건설교통연구기획사업

R&D / 14RDPP-C089824-01

플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구 최종보고서

2016. 01.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 고등기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 01.

주관연구기관명 : 고등기술연구원
주관연구책임자 : 윤용승 선임연구위원
연 구 원 : 유영돈 연구위원
연 구 원 : 이진욱 수석연구원
연 구 원 : 김형진 수석연구원
연 구 원 : 이재용 선임연구원
연 구 원 : 이춘식 선임연구원

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>14RDPP-C089824-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2014.12.26.-
2015.12.25</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>윤용승</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 6명
내부 : 6명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부 :
120,000천원
기업 : 천원
계 : 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">고등기술연구원
플랜트엔지니어링본부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>718</td></tr>
<tr><td colspan="6">플랜트 R&D 유관 부처 간 개방형 융복합 연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 위한 R&D 공동 추진이 가능한 분야를 제시하였다. 각 부처에서 지원된 플랜트 개발 R&D 성과와 국내 가용 핵심역량을 결집시켜 민간에서 국내외 시장 진출이 절실하면서 대용량 설비 실증이 요구되는 5개 분야를 최종 선정하였으며 이들 플랜트 분야에 대한 기획보고서를 작성하였다.
1차 63개의 후보 플랜트 기술분야를 도출하였으며, 유사 중복된 기술분야를 통합하여 1차 후보과제 57개를 도출하였다. 동시에 국내 민간기업에서 관심이 있는 플랜트분야 수요조사를 통해서 5개를 발굴하여 총 62개 플랜트 분야 후보군으로 압축하였다. 이후 1단계후보군 17개를 선정하였으며 최종 5개로 후보군을 압축하였다.
5개 후보 플랜트 기술분야로 압축된 연구진의 결과에 대해서 산업부의 의견을 수렴하였으며 우선순위와 협력 방안에 대한 의견을 정리하였다.
본 기획연구를 통하여 제시된 5개 플랜트분야 후보과제 중 2개 과제(저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트, 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)는 국토교통과학기술진흥원에서 2015년 10월 7일에 플랜트 분야 상세기획 과제로 공고되어 2015년 12월 중순에 상세기획 과제로 최종 선정되었다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">플랜트, 공동로드맵, 기술개발, 융복합, 다부처</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Plant, Joint roadmap, R&D, Integrated, Multi-ministerial</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목 : 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획

Ⅱ. 연구개발과제 개요

플랜트 분야는 2010~2013년 4년간 연속으로 600억불 이상(636~650억불)을 수주한 이후 2014년 528억불, 2015년 317억불로 최근 크게 감소하고 있다. 매년 600억불 이상 수주되고 미래 고부가가치 산업으로 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하는 분야이지만, 이 분야 특성상 R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제경쟁력 확보에 기여도 부족한 상황이었다. 이를 타개하기 위한 플랜트 R&D 관련 부처 간 공동기획 가능한 분야 및 공동기획 과제 발굴에 대한 필요성이 지속적으로 제기된 바 있다. 특히, 플랜트 분야에 대한 유관 부처 간 R&D를 개방형 융복합 연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 위한 R&D 관련 부처 간 공동기획 가능한 분야를 도출하고 이를 구체적인 공동기획 과제 발굴로 연계시킬 필요가 있다.

플랜트 분야에서 부처 간 협력과 공동 대처가 지속적으로 필요하다고 국가과학기술위원회 등에서 지적되어 왔다. 2012년 정부 연구개발투자방향(안) 때부터 플랜트 부분에서 원천기술 확보와 부처 간 협력 강화가 지속적으로 지적되었고, 2016년도 정부 연구개발 투자방향 내용에서도 계속 부처 간 협력이 지적된 바 있다. 2016년 정부 연구개발 투자방향 자료에 플랜트 분야에 대해 구체적으로 적시된 내용을 보면, 산업부(엔지니어링, 기자재)-국토부(실증, 통합) 간 역할을 분담하고 공동기획 등 부처 간 긴밀한 협조 추진(플랜트 R&D 협의회 활성화 및 역할 확대(공동 기획, 공동 로드맵 수립))이 필요하다고 기술되어 있어 공동기획의 필요성이 강조된 바 있다.

각 부처에서 지원된 플랜트 개발 R&D 성과와 국내 가용 핵심역량을 결집시켜 민간에서 국내외 시장 진출이 절실하면서 대용량 설비 실증이 요구되는 분야들에 대한 R&D 기획내용을 발굴하고, 이들의 우선순위 선정을 하여 이 중 가장 현실적인 10개 이내의 분야를 선정, 집중 분석하는 전략도 필요하다. 이를 위해서는 기존 부처별 플랜트 분야 로드맵과 기존 추진된 연구추진 현황 조사 분석과 본 과제를 통해서 기획되는 다 부처 공동 기획가능 연구과제 중 다 부처 공동 연구 시 시너지효과가 큰 대표과제를 선정하여 사전 기획할 현실적 필요성이 증대되고 있다.

본 기획연구에서는 그 동안 각 정부부처별로 다양하게 플랜트 분야 지원이 이루어졌지만 여러 이유로 인해서 실제 실용화 단계에는 이르지 못한 플랜트 기술들을 바탕으로 하여, 부처 간 이해 충돌이 최소화될 공동 기획 가능 분야 및 공동기획 과제를 취합 선별하면서 이를 구체화하는 내용이 수행되었다. 본 기획연구에서는 플랜트 각 분야가 여러 부처로 분산되어 있는 국내 현실을 인지하면서 가장 현실적인 플랜트 분야 기획 가능 분야 및 공동기획 과제를 제시하고자 하였다.

본 기획연구에서 플랜트 분야의 범위는 국내에서 일반적으로 구분하는 6개 부분(오일/가스, 발전, 해양, 수자원, 환경, 엔지니어링)을 기준으로 하였지만, 본 기획은 국토교통부 참여를 전제로 하므로 해양과 관련된 부분은 국토해양부에서 해양 관련 업무가 2013년 3월 해양수산부로 이관되었으므로 제외토록 하였으며 원자력 부분도 부처 간 공동으로 새로 기획을 추진할 영역이 아니므로 제외하였다.

궁극적으로 국내 시장 상황과 국내 기술개발 실적 등 제반 현실에 비추어 대규모 민간 참여가 가능하면서 국내외 시장에서 경쟁력 확보가 가능하고 자체운영이 가능(sustainable)한 test-bed로서 기술실증이 필요한 플랜트 기술분야를 설정하는 작업이 본 기획의 핵심이다. 이러한 규모의 플랜트 연구개발은 정부의 R&D 예산이 정체 또는 축소되는 상황에서는 다 부처의 공동추진이나 협력이 없이는 추진이 어렵다. 본 기획연구는 이러한 배경에서 지금까지 국내에서 추진된 다양한 플랜트 기술개발 성과 및 로드맵 등 자료를 기반으로 1차로 10개 내외의 기술분야를 제시하였고 2차로는 이 중 5개에 대한 집중 기획연구를 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과

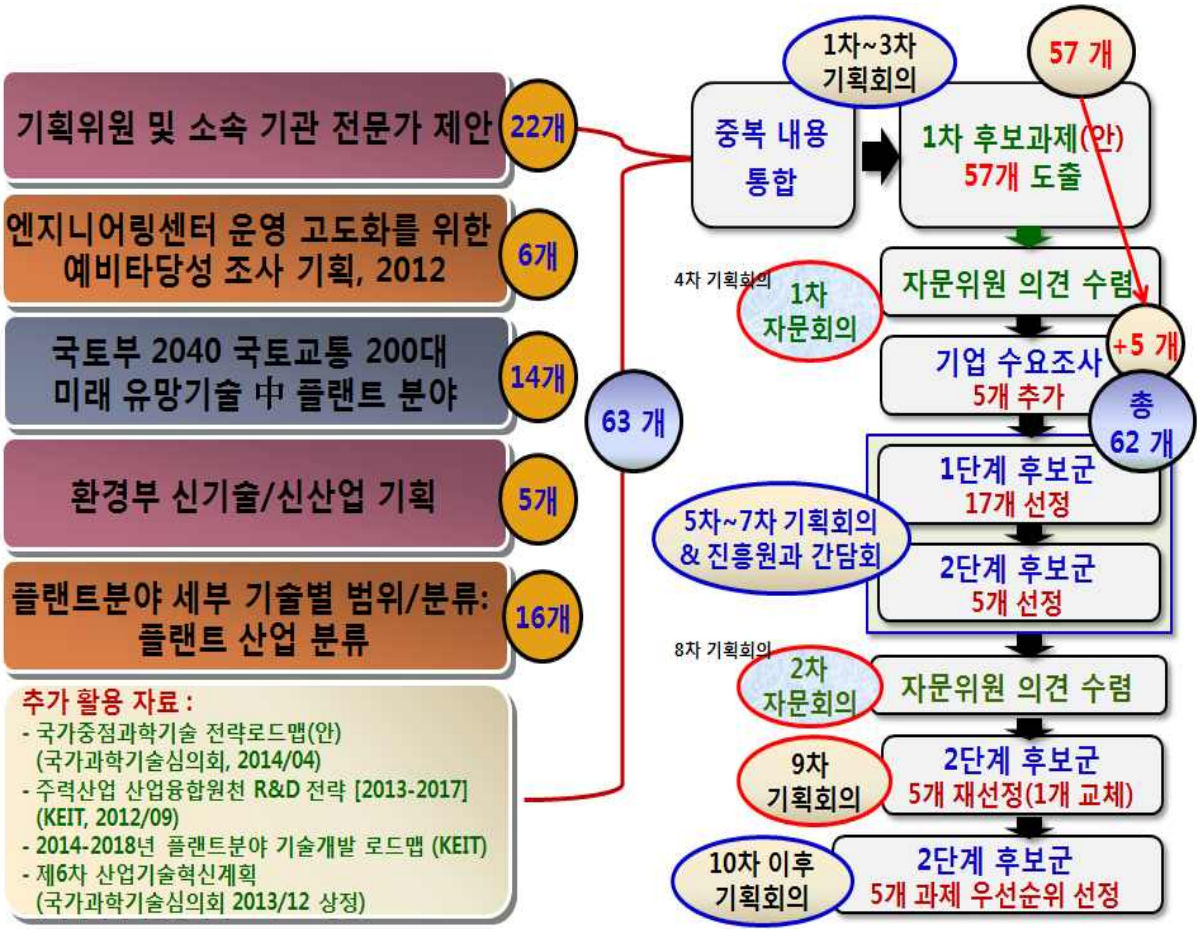
플랜트 R&D 유관 부처 간 개방형 융복합 연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 위한 R&D 공동 추진이 가능한 분야를 본 기획연구를 통하여 제시하였다. 각 부처에서 지원된 플랜트 개발 R&D 성과와 국내 가용 핵심역량을 결집시켜 민간에서 국내외 시장 진출이 절실하면서 대용량 설비 실증이 요구되는 5개 분야를 최종 선정하였으며 이들 플랜트 분야에 대한 기획보고서를 작성 제시하였다.

본 기획연구는 주관기관의 6명 연구진과 9명의 기획위원, 6명의 자문위원이 참여하여 수행되었다. 총 10회의 기획위원회와 2회의 자문위원회가 개최되어 기획의 상세내용에 대해 토론과 기획을 하였다. 최종 5개 플랜트 분야에 대해서는 산업통상자원R&D전략기획단과 2회의 공식 토론을 포함한 여러 협의를 통하여 협력이 가능할 방향과 세부 내용에 대해 토의하였다.

플랜트 분야에 대한 R&D는 정부 각 부처에서 수행되고 있지만, 가장 핵심이 되는 부처는 국토교통부(이하 국토부)와 산업통상자원부(이하 산업부)이므로 이 2개 부처 간 공동수행이 가능할 분야를 우선하여 점검 기획하였다.

연구수행 과정을 요약하면 아래 그림과 같다. 1~3차 기획회의를 통해서 1차 63개의 후보 플랜트 기술분야를 도출하였고 이 중 유사 중복된 기술분야를 통합하여 1차 후보과제 57개를 도출하였다. 동시에 국내 민간기업이 관심이 있는 플랜트분야 수요조사를 통해서 5개를 발굴하여 총 62개 플랜트 분야 후보군으로 압축하였다 (이들 62개 플랜트 후보군 자료는 첨부에 과제카드 형태로 정보 수록함). 이후 5~7차 기획회의 및 국토교통과학기술진흥원과 회의, 1차 자문회의를 통해서 1단계후보군 17개를 선정하였으며 최종 5개로 후보군을 압축하였다. 9~10차 기획회의에서는 최종 5개 후보를 정하고 이에 대한 연구진과 기획위원들의 각 점수 부여로 우선순위를 연구진 차원에서 결정하였다.

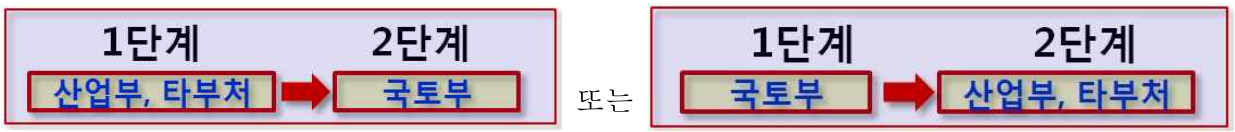
5개 후보 플랜트 기술분야로 압축된 연구진의 결과에 대해서 산업부의 의견을 수렴하는 절차가 과제의 마지막 3개월에 걸쳐 수행되었고 우선순위와 협력 방안에 대한 의견을 파악하였다.



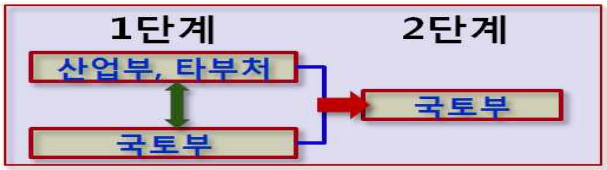
<본 기획연구에서 최종 후보 5개 플랜트분야 압축까지의 기획 과정>

공동기획이 가능할 분야별로 어떻게 협력이 가능할지를 아래 4개 모델로 좁혀서 살펴보았으며, 본 기획의 최종 5개 플랜트 분야에 대해 적합한 모델을 제시하였다.

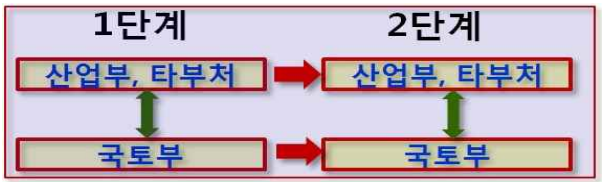
① 한 부처에서 개발된 파일럿 규모 기술개발 성과를 이관 받아 타 부처에서 집중 대형플랜트로 실증 후 국내외 사업에 적용



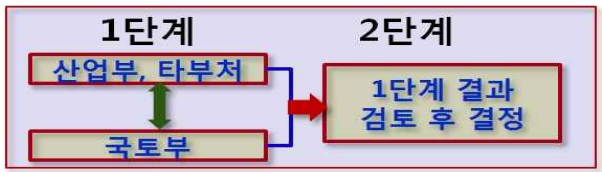
② 각 부처가 최종 결과물의 목표를 동일로 두고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하면서 상호 교류를 통하여 방향성을 일치시키는 1단계를 수행하고, 각 부처의 결과를 통합하는 2단계를 한 부처에서 대형사업으로 추진하여 최종 목표를 달성



③ 각 부처가 최종 결과물의 목표를 동일로 두고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하면서 상호 교류를 통하여 방향성을 일치시키는 1~2단계를 수행



④ 각 부처가 최종 결과물의 목표를 같은 방향으로 설정 추진하고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하고, 1단계 시점에 대형 플랜트 test-bed 사업으로서 타당한지 검토 후 실제 추진여부 결정



후보과제 후보군 62개에 대하여 기술성, 타 부처 연계성, 경제성/사업성, 중소/중견기업 참여도, 소요기간, 대상사업의 금액 규모 등 항목에 대한 참여 연구진과 기획위원들의 정량 평가를 실시하였고, 이를 통해서 17개 기술분야의 우선순위를 1차 도출하였고, 이 17개 분야에 대해 2차 정량평가를 실시하여 5개 후보군으로 압축하였다.

<1차 선정된 17개 후보과제에 대한 정량평가 순위 결과>

No	분야	후보과제 분류	평가 점수	순위	선정 여부 및 선정/제외 과제 검토 내용
1	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등)	86.27	6	- 선정 : • 기후변화대응 중요성
2	청정연료 & 비전통연료	모듈화 compact GTL 플랜트	89.33	1	- 선정 : • 국내 기반기술 축적 충분 • 부생 천연가스/바이오가스 활용 • Bio-DME/Bio-GTL(8/17) 포함
3	부유플랜트	Mega floating/Barge 발전 플랜트	77.20	15	- 제외 : • 시장성에 대한 불확실성 존재 • 부유시스템은 해수부와 협의 필요
4	수소 이용	수소 제조 국산화 플랜트	77.80	13	- 제외 : • 기존 상업화된 해외 기술의 국산화시 경쟁력 확보가 불확실하며, 석탄/폐기물 등에서 수소를 제조하면 가스화 플랜트와 중복
5	수소 이용	SNG 플랜트 합성가스 활용 수소제조 플랜트	79.13	8	- 일부 선정 (6/17 과제에 포함)
6	청정 연료	저급자원 변환 합성가스 플랜트	88.80	2	- 선정 : • 해외 기술 국내잠식 분야 • SNG 합성가스(5/17) 포함 • 폐기물 가스화 (17/17) 포함
7	발전 & 바이오매스	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트	78.47	11	- 제외 : • 바이오매스 연료 수급의 한계 • 우드칩을 이용한 열병합발전소는 이미 가동하고 있으며, 열병합 자체는 일반적인 기술 • 참여 가능 기업 존재 여부 불확실
8	바이오매스	Bio-DME 생산 플랜트 & Bio-DME /Bio-GTL 병산 플랜트	78.53	10	- 일부 선정 (2/17 과제에 포함)
9	바이오매스	Bio-SNG 생산 플랜트 & 바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 국산화 플랜트	77.20	15	- 제외 : • 대용량 바이오가스 소스 부재 • 자동차 연료로 활용하기 위한 인프라 부족
10	수소 이용 & 극저온	극저온 플랜트(수소액화, 냉열발전)	86.73	4	- 선정 : • 수소 경제 대비 • 차세대 ASU(16/17)와 통합 • 냉열발전 제외 (고가 수입부품만 활용 등)
11	도시건설	에너지/자원 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	78.93	9	- 제외 : • 국토부에서 기획을 완료하여 2016년 과제로 추진 준비 중
12	극한지역 건설	해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	85.20	7	- 선정 : • 극한지 시장 크기 고려 • 시장 팽창 가능성
13	플랜트설비	냉각수 무방류 냉각 재활용 시스템	76.53	17	- 제외 : • 현실적으로 제시할 만한 기술이 없음
14	담수화	저에너지 차세대 정삼투식 해수담수화 플랜트	77.33	14	- 제외 : • 최근 사업단 과제 종료 • 일부 차세대 관련 내용은 현재 과제로 진행 중에 있음
15	기술 융합	ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트	86.53	5	- 선정 : • 국내 ICT/IoT 기반 창조미래 사회 구현
16	극저온	차세대 중소형 ASU 플랜트	87.13	3	- 선정 : • 산소 활용 증가 • 수소액화(10/17)와 통합
17	폐기물	폐기물 가스화 화학원료 생산 플랜트	77.93	12	- 일부 선정 (6/17 과제에 포함)

위 17개 1차 후보군에서 최종 압축된 5개 후보군은 아래와 같다. 이들 5개 플랜트 분야 후보군에 대한 사전기획보고서를 별첨에 첨부하였다.

<본 기획연구에서 최종 제시된 5개 플랜트 분야 후보과제 (무순)>

No.	구분	주제 (과제명)	과제별 특성 및 강점
1	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)	- 충분한 국내 기반기술 축적 - 소형천연가스전 대상 기술은 선진국도 개발 중인 기술로서 선진국과 동등 이상 기술 수준 확보 가능 - 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능
2	청정연료	합성가스 고부가가치화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트)	- 국내 시장 잠식 분야 (SNG/IGCC 등) - 합성가스 활용성 높음 - 충분한 국내 기반 기술 축적
3	수소 및 극저온	수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)	- 즉시 독자 운영이 가능한 수요기반 상용화플랜트 - 국토부 LNG 사업단 성과 연계 및 활용 가능 - 미래 수소 경제 대비 인프라 구축 가능
4	극한지 플랜트	극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)	- 미개척 극한지 석유&가스 개발 시장 확대 흐름 - 시장 진입시기 고려 EPC 기술역량 강화 필요 - 선행 기획, 이송망 설계/시공 연구개발 연계하여 시너지 제고
5	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)	- 지구온난화에 따른 온실가스 감축 - 국내의 온실가스 감축목표 설정

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

본 기획연구를 통하여 제시된 5개 플랜트분야 후보과제 중 2개 과제(저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트, 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)는 국토교통과학기술진흥원에서 2015년 10월 7일에 플랜트 분야 상세기획 과제로 공고되어 2015년 12월 중순에 상세기획 과제로 최종 선정되었다. 10개월간 본 기획연구보다 심도가 있는 예비타당성조사분석보고서 수준의 기획으로 추진된다.

<국토부의 상세기획 사업으로 2015년 12월부터 추진되는 플랜트 분야 과제>

분야	과 제 명	연구기간 (개월)	정부출연금 (백만원)	과제 유형	공고 기간
플랜트	저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 건설기술 개발	10	210	기획	30일
	중규모 수력플랜트 건설기술 개발	7	75		
	극한지 이송 스테이션 건설플랜트 기술 개발 기획	10	210		

최종 5개 플랜트 분야 중에서 산업통상자원R&D전략기획단에서 우선순위로 제시한 2개 사업(모듈화 compact GTL 플랜트, 수소 액화 극저온 플랜트)은 산업부와 구체적 협력 방식에 대해 논의가 추가 요구되지만 2016년 상반기에 국토교통과학기술진흥원의 상세기획 과제로 공고되어 구체적인 타 부처와의 협력방안에 대한 예비타당성조사분석보고서 수준의 상세한 기획이 예상된다.

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

본 기획과제를 통하여 발굴하는 플랜트 분야 사업을 통해서 아래와 같은 기술적 성과가 가능하다.

- ○ 국내 기술이 없다면 해외기술을 도입해서 건설될 국내 플랜트 사업에 상업용과 Test-bed 성격을 겸하면서 저렴한 기술 대안 제공, 이후 고유기술화 하여 해외시장 진출이 가능
- ○ 규모의 경제가 요구되는 플랜트분야(예: 원유대체 석탄화학, 가스플랜트, 기후변화 대응 등)에서 중국, 일본 등의 최근 기술경쟁력 강화에 상응하는 효과
- ○ 2020년 이후 플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 감축/이용, 병산, 모듈화, IT화 등 기술융복합 시장에 대응할 국내 기반 인프라 제공
- ○ 플랜트 R&D 공동기획 가능 분야 발굴을 통하여 유관부처 간 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출

사회·경제적으로는 아래와 같은 파급효과를 기대할 수 있다.

- ○ 국토부, 산업통상자원부 등 관련부처에서 각각 추진해온 플랜트 R&D사업에 대한 부처별 역할 분담 및 연계 방안 제시를 통하여 국가 R&D투자 효율성 제고
- ○ 국내 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응과 자체기술 능력 제고를 통하여 국내외 시장 진출 효과
- ○ 국내 타 부처 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트기술 개발과 시장 대응
- ○ 급팽창하는 고부가가치 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 기술 test 교두보 제공
- ○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 및 국내 플랜트엔지니어링 교육의 모델 역할

궁극적으로 본 기획연구의 결과물을 아래와 같이 활용이 가능하다.

- ○ 대형 Test-bed가 필수적인 플랜트분야의 국내 기반 확보 및 해외시장 진출을 위한 플랜트 1호기 추진 계획으로 활용
- ○ 플랜트 분야 R&D 지원분야 다 부처 연계성 부족 지적에 대응한 공동 추진과제 pool로 활용
- ○ 다 부처 공동 추진이 가능한 신규과제 도출 및 사전기획 자료로 활용

Ⅵ. 연구성과 활용계획

국토부에서 중점을 두는 플랜트 분야 기술개발은 타 부처와는 상이하게 건설기술에 기반한 대형 상용 규모의 test-bed가 가능한 분야이다. 국토부에서는 이미 해수담수화플랜트와 LNG플

랜트 2개 분야에서 소형 사용규모에 해당하는 test-bed를 포함하는 대형 프로젝트를 통하여 경쟁력 있는 플랜트 분야 기술개발이 국내에서도 성공적으로 추진이 가능하다는 점을 확인시켜주었고 나름대로 상당한 노하우를 축적한 바 있다. 이 2개 선행 플랜트 분야 사업의 연계선상에서 본 기획을 통해서 선정된 5개 플랜트 분야는 국토부가 타 부처의 협조를 받아 성공적으로 추진에 성공한다면 플랜트 분야 국가경쟁력 제고에 큰 역할을 할 것이다.

결국은 국내외 시장상황과 국내 민간업계의 투자 여력에 따라 5개 기술 분야 중에서 추진할 대상이 최종 선정되겠지만, 본 기획연구에서 취합된 1차 62개 사업들도 그 자체로는 상당한 투자 효과와 기술개발의 필요성이 있는 분야들이다. 이들 자료도 향후 필요시 다시 꺼내어 그 시점에 맞게 정보를 보완하면 기반 자료로 손색이 없을 것이다. 특히, 1차 62개 대상 분야에서 추려진 17개 플랜트 분야는 시장 상황 등 때문에 이번 5개 대상에서는 빠졌지만 향후 시장 상황에 따라 필요성이 커질 수 있고, 한국이 플랜트분야 기술 강국으로 부상하려면 모두 필요한 부분들이다. 단지 아직은 국내업계의 기술과 인력 능력이 부족하고 시장 진입이 어려워서일 뿐이다.

본 기획결과로 제시된 5개 플랜트 분야는 기존 국내에 널리 알려진 분야들로서 작은 규모에서는 상당한 국내 기술축적이 진행되어 온 분야들이면서 국내외 시장이 크고 test-bed 규모로 기술개발 성공 시에 파급효과가 큰 분야들이다. 해외 선진사들이 이미 차지하고 있는 대형 플랜트 사업들로서 예전 방식의 소규모핵심기술 위주의 기술개발로는 기술개발이 이루어지더라도 적용 실적이 중요한 플랜트 분야 특성상 항상 실용화 단계에 이르지 못한 바 있다. 이를 극복할 수 있는 현실적인 플랜트 대상으로서 5개 분야가 선정 제시되었으므로 이를 보다 구체화하여 실제 국내에서 구현되기를 기대한다. 5개 플랜트 분야에 대해서는 국토부가 타 부처와 협력을 논의할 기반자료를 요약 제시하였으므로 이를 기반으로 보다 확대된 플랜트 분야에서의 다 부처 협력방안 논의가 가능할 것이다.

목 차

제1장 연구개발과제 개요 ····· 19
제1절 연구개발의 필요성 및 목적 ····· 19
제2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징 ····· 23

제2장 미래전망 및 현황 분석 ····· 28
제1절 미래전망 분석 ····· 28
제2절 플랜트 분야의 국내 기술개발 현황 ····· 34
제3절 국내외 플랜트 분야 시장·기술·정책 동향 분석 ····· 37
제4절 부처별/분야별 연구개발 추진현황 ····· 66

제3장 다 부처 공동 R&D 추진전략 및 세부 추진방안 도출 ····· 80
제1절 다 부처 공동기획 R&D 추진 분야 선정 ····· 80
제2절 국내외 다 부처 공동연구 사례 조사 ····· 85
제3절 다 부처 공동기획 절차 및 포함 내용 ····· 91
제4절 공동기획 가능분야 발굴 원칙 도출 ····· 94
제5절 정부 및 부처별 역할 도출 ····· 101
제6절 다 부처 공동 R&D를 추진하기 위한 제도 개선방안 도출 ····· 107
제7절 다 부처 공동 R&D 세부 추진 방안 및 시나리오 도출 ····· 112

제4장 다 부처 공동기획 가능분야 및 과제 도출 ····· 117
제1절 다 부처 공동기획 가능분야 성격 및 범위 설정 ····· 117
제2절 다 부처 공동기획 및 공동수행 가능 과제 도출 ····· 120
제3절 최종 후보과제 내용 및 추진전략 ····· 163
제4절 최종 후보과제 타 부처 협의 및 우선순위 결정 ····· 184

제5장 신규 다 부처 공동 추진 연구과제 사전 기획 ····· 198
제1절 가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화 ····· 198
제2절 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 ····· 204
제3절 공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발 ····· 209
제4절 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·장치 개발 ····· 213
제5절 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축 ····· 218

제6장 결론 ····· 224

참고 문헌 ····· 226

부록1. 국내외 플랜트 전략 R&D 로드맵 ····· 228
A1-1 국가과학기술심의회/자문회 로드맵 ····· 229
A1-2 산업자원부(에너지기술평가원) 전략 로드맵 ····· 239
A1-3 국토교통부(국토교통과학기술진흥원) 기술 로드맵 ····· 284
A1-4 미래창조과학부 전략 로드맵 ····· 289
A1-5 해외 플랜트 전략 로드맵 ····· 298

부록2. 산업통상자원R&D전략기획단 협의 자료 ····· 329
협의 자료 본문 ····· 330
붙임 1. 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 ····· 333
붙임 2. 5개 후보과제(안) 요약서 ····· 338
붙임 3. 후보과제 선정 기준/비중 및 5개 후보과제(안) 도출 과정 ····· 343
붙임 4. 5개 후보과제(안) 수요조사서 ····· 345

부록3. 최종후보 플랜트 5개 사전기획보고서 ····· 373
A3-1 GTL 플랜트 사전기획보고서 ····· 374
A3-1-1 가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화 사전기획 보고서 ····· 374
A3-1-2 GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 플랜트 실증 및 기자재 국산화 기술개발 사전기획보고서 ····· 398
A3-2 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 사전기획보고서 ····· 430
A3-3 공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발 사전기획보고서 ·· 460
A3-4 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·장치 개발 사전기획보고서 ····· 482
A3-5 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축 사전기획보고서 ····· 521

부록4. 최종후보 플랜트 5개 기술수요조사서 ····· 544
A4-1 기술수요조사서 (1) : GTL 플랜트 ····· 545
A4-2 기술수요조사서 (2) : 합성가스 플랜트 ····· 550
A4-3 기술수요조사서 (3) : ASU/수소액화 플랜트 ····· 556
A4-4 기술수요조사서 (4) : 극한지 플랜트 ····· 561
A4-5 기술수요조사서 (5) : CO_2 활용 플랜트 ····· 567

부록5. 제1차 선정 플랜트 후보과제 62개 과제카드 ····· 574

표 목 차

표 1-1-1. 본 연구의 중점 연구목표 ····· 22
표 2-1-1. 미국의 기후변화 액션플랜 주요내용 ····· 30
표 2-1-2. 미국의 2015년도 수력을 제외한 에너지원별 신규 전력생산 설비 규모 ····· 32
표 2-2-1. 한국의 플랜트 설비 분야별 수주실적 ····· 34
표 2-3-1. 세계건설시장의 공종별 매출 규모 ····· 37
표 2-3-2. 국내 해외플랜트 설비분야별 2012-2013년도 수주 실적과 점유율 ····· 41
표 2-3-3. 국내 해외플랜트 규모별 2012-2013년도 수주 실적 ····· 41
표 2-3-4. 국내 플랜트 분야 정책 동향 ····· 50
표 2-4-1. 담수화 기술 중장기 목표 ····· 67
표 2-4-2. 가스·비전통 자원화 기술 중장기 목표 ····· 68
표 2-4-3. 자원 이송 및 순환 기술 중장기 목표 ····· 69
표 2-4-4. 플랜트 건설 지원 인프라 기술 중장기 목표 ····· 70
표 2-4-5. GTL 과제 정부 지원 연구개발 진행 현황 ····· 76
표 2-4-6. 미래창조과학부의 첨단플랜트 기술 비전 ····· 77
표 3-1-1. 플랜트에 대한 국내의 일반적 분야 분류 및 정의 ····· 80
표 3-1-2. 산업 목적에 따른 플랜트엔지니어링분야 분류의 예 ····· 81
표 3-1-3. 과학기술 제3차 기본계획('13-'17) 5대 중점 추진분야 ····· 82
표 3-1-4. 플랜트 기획에서 중점을 두어야 할 Impact 요소별 역할 가능성 ····· 82
표 3-1-5. 플랜트 분야 국토부와 산업부의 2011-2013년 기간 연구과제 지원 규모 ····· 83
표 3-1-6. 2014~2015년도 산업부의 주요 기술개발 사업의 예산규모 ····· 83
표 3-2-1. 유럽연합 7차 Framework Program에 참여한 EU외 국가와 지원 규모 ····· 85
표 3-2-2. 일본 부처간 융합 전략적혁신창조프로그램의 10대 연구개발과제 (2014.05 선정) ····· 86
표 3-2-3. 2015년도 다부처공동기획사업 공동기획연구 대상으로 선정된 3개 사업 ····· 89
표 3-2-4. 2015년도 다부처공동기획사업 공동기획연구 대상으로 선정이 안 된 3개 사업 ····· 90
표 3-2-5. 2016년도 다부처공동기획사업 중점 추진분야 ····· 90
표 3-4-1. 다부처공동기획사업 운영지침에 제시된 사전기획연구 대상 선정 체크리스트 ····· 99
표 3-4-2. 다 부처 공동기획 후보사업의 선정평가 지표 ····· 99
표 3-6-1. 산업체 수요조사에 의하여 제시된 후보과제 5개 ····· 108
표 3-6-2. 산업체 수요 조사 설문조사서 ····· 109
표 3-6-3. 최종 후보과제의 부처별 역할 ····· 111
표 3-7-1. 국가과학기술위원회의 플랜트 부분에 대한 지적과 제시 방향 ····· 113
표 4-1-1. 기존 R&D사업과 다부처공동기획사업 비교 ····· 117
표 4-1-2. 사업 시행 중인 다부처공동기획사업 ····· 117
표 4-1-3. LNG플랜트사업단 개요 ····· 119
표 4-1-4. LNG플랜트사업단 주요 연구 내용 ····· 119
표 4-2-1. 기획위원 명단 및 역할 ····· 121

표 4-2-2. 자문위원 명단 ····· 121
표 4-2-3. STEEP 분석의 일반적인 항목 ····· 122
표 4-2-4. PEST 분석의 일반적인 항목 ····· 122
표 4-2-5. 국내 플랜트산업 분야에 대한 SWOT 분석 ····· 123
표 4-2-6. 후보 과제 후보군 (62개) 내용 및 후보과제 포함 근거 ····· 128
표 4-2-7. 1차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 131
표 4-2-8. 2차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 132
표 4-2-9. 3차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 134
표 4-2-10. 1차 자문회의(4차 기획회의 겸) 주요 내용 ····· 136
표 4-2-11. 후보과제 선정 기준 ····· 140
표 4-2-12. 1차 후보 과제 17개 ····· 141
표 4-2-13. 1차 후보 과제 17개의 R&D 과제 현황 및 실증플랜트로 연결 시 성공 가능성 ····· 142
표 4-2-14. 1차 후보과제 선정 여부 및 제외된 과제의 제외 사유 ····· 146
표 4-2-15. 5차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 149
표 4-2-16. 1차 후보과제 평가 결과 및 검토 내용 ····· 153
표 4-2-17. 6차 기획위원회 선정 6개 과제 ····· 154
표 4-2-18. 6차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 155
표 4-2-19. 7차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 157
표 4-2-20. 최종 선정 후보과제 (무순) ····· 160
표 4-2-21. 2차 자문회의(8차 기획회의 겸) 회의 주요 내용 ····· 161
표 4-3-1. 최종 선정 후보과제 (무순) ····· 163
표 4-3-2. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 과제 내용 ····· 164
표 4-3-3. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 과제 내용 ····· 165
표 4-3-4. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 과제 내용 ····· 166
표 4-3-5. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 과제 내용 ····· 167
표 4-3-6. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 과제 내용 ····· 168
표 4-3-7. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 과제 추진 전략 ····· 170
표 4-3-8. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 과제 추진 전략 ····· 171
표 4-3-9. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 과제 추진 전략 ····· 172
표 4-3-10. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 과제 추진 전략 ····· 173
표 4-3-11. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 과제 추진 전략 ····· 174
표 4-3-12. 최종 후보과제의 원활한 진행을 위한 산업부에 요청 사항 ····· 175
표 4-3-13. 9차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 176
표 4-3-14. 전문가 방문 청취 자문 의견 주요 내용 ····· 179
표 4-3-15. 10차 기획위원회 회의 주요 내용 ····· 181
표 4-4-1. 각 후보과제에 대한 산업통상자원R&D전략기획단 1차 의견 ····· 185
표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동 연구 방안 수립 업무회의 내용 ····· 186
표 4-4-3. 최종 후보과제 주요 특성 요약 ····· 191
표 4-4-4. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성 ····· 192

표 4-4-5. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성 ····· 193
표 4-4-6. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성 ····· 194
표 4-4-7. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성 ····· 195
표 4-4-8. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성 ····· 196
표 4-4-9. 최종 후보과제 다 부처 공동기획 가능 우선 순위 ····· 197
표 5-1-1. GTL 이전 연구개발 내용 ····· 200
표 5-1-2. Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024 ····· 200
표 5-1-3. Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024 ····· 200
표 5-1-4. GTL 세계시장규모 합산 ····· 201
표 5-1-5 GTL 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모 ····· 203
표 5-1-6. GTL 플랜트 과제 진행 시 파급 효과 ····· 203
표 5-2-1. 합성가스 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모 ····· 208
표 5-2-2. 합성가스 플랜트 과제 진행 시 파급 효과 ····· 208
표 5-3-1. ASU/수소액화 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모 ····· 212
표 5-3-2. ASU/수소액화 플랜트 과제 진행 시 파급 효과 ····· 212
표 5-4-1. 극한지 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모 ····· 217
표 5-4-2. 극한지 플랜트 과제 진행 시 파급 효과 ····· 217
표 5-5-1. 세계 CCU 시장 전망 ····· 220
표 5-5-2. CO_2 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모 ····· 222
표 5-5-3. CO_2 플랜트 과제 진행 시 파급 효과 ····· 223
표 6-1-1. 5개 후보과제 요약 ····· 225

그 림 목 차

그림 1-2-1. 한국 플랜트엔지니어링 산업의 비전과 전략 ····· 25
그림 1-2-2. 국가별 플랜트 분야 기업들의 수익성 비교 ····· 25
그림 1-2-3. 선진국 대비 한국의 플랜트 사업 세부과정별 경쟁력 및 부가가치 ····· 26
그림 2-1-1. 2000-2015년 기간의 브렌트 원유가격 변화 추이 ····· 29
그림 2-1-2. 중국 석탄화력발전 효율 증가 추이 ····· 31
그림 2-1-3. EU의 저탄소 로드맵 2050에 제시된 각 분야별 2050년까지 온실가스 80% 저감을 위한 목표 ····· 32
그림 2-1-4. 2000~2014년 기간의 전 세계 재생가능에너지원 설치규모 누적 규모 ····· 33
그림 2-2-1. 한국의 플랜트 수주 금액 및 증감률 ····· 35
그림 2-2-2. 플랜트 수출 산업의 외화가득율 및 지출 구조 ····· 35
그림 2-2-3. 2014-2018년 기간의 플랜트 분야 기술개발 로드맵 ····· 35
그림 2-3-1. 세계 수처리 및 공급 시장 (2013) ····· 38
그림 2-3-2. 세계 오일샌드 시장 ····· 38
그림 2-3-3. Alaska Natural Gas Transportation Project ····· 39
그림 2-3-4. Global Construction Outlook (IHS Global Insight) ····· 39
그림 2-3-5. 글로벌 에너지 수요 전망 ····· 40
그림 2-3-6. 세계 오일샌드 시장 연평균 성장률 (2011-2021) ····· 40
그림 2-3-7. 미국의 2012년 기준 온실가스별 비중과 산업별 발생 비중 ····· 44
그림 2-3-8. 환경부의 2011년 기후변화대응 R&D 분야 도출 과정 ····· 45
그림 2-3-9. 기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜에 제시된 중점기술 36개 ····· 45
그림 2-3-10. 녹색기술 연구개발 종합대책상 27대 중점 녹색기술 ····· 46
그림 2-3-11. 국가중점과학기술 전략로드맵(안)에 제시된 30개 대상기술 중 본 사업과 관련된 10개 중점기술 ····· 46
그림 2-3-12. 한국의 국가 온실가스 감축로드맵 주요 내용 ····· 47
그림 2-3-13. 일본의 석탄화력분야 효율향상 기술 전략 ····· 49
그림 2-3-14. Roadmap Vision of Geothermal Power Production by Region ····· 51
그림 2-3-15. EU Concentrating Solar Power Technology Roadmap ····· 51
그림 2-3-16. EU Wind Energy Technology Roadmap ····· 52
그림 2-3-17. European Hydrogen Vision ····· 53
그림 2-3-18. 일본 수소 에너지 및 연료전지 기술 로드맵 ····· 53
그림 2-3-19. EU's Projected Offshore Renewable Energy Deployment Timeline ····· 54
그림 2-3-20. EU's Device & System Demonstrators and Sub-components Timeline for Offshore Wind Sector ····· 54
그림 2-3-21. EU Bio-energy Technology Roadmap ····· 55
그림 2-3-22. Europe's Biofuels Technology Roadmap ····· 55
그림 2-3-23. 일본 경제산업성 바이오매스 에너지 분야 기술전략맵 (2007) ····· 56
그림 2-3-24. High Efficiency, Low Emission Roadmap (Coal Thermal Power Generation) ····· 57
그림 2-3-25. J-Coal CCT R&D Roadmap (중장기 연구개발) ····· 58

그림 2-3-26. 일본의 차세대 청정화력발전 기술 로드맵 ····· 58
그림 2-3-27. Low Carbon Energy Technology Roadmap ····· 59
그림 2-3-28. 일본 환경에너지/고효율 발전 기술 전략맵 ····· 59
그림 2-3-29. 일본 차세대 청정화력 기술개발 로드맵 ····· 60
그림 2-3-30. IEA의 산업분야별 CO_2 포집 기술 방향과 현재 기술수준 ····· 61
그림 2-3-31. EU Carbon Capture & Storage Technology Roadmap ····· 62
그림 2-3-32. US Energy Policy Framework and the DOE Fossil Energy and CCS Programs, 2010 ····· 62
그림 2-3-33. 일본의 CCS 기술전략 로드맵 ····· 63
그림 2-3-34. 타이완의 CCS 기술 로드맵 ····· 63
그림 2-3-35. Long-term R&D Strategy of Japan ····· 64
그림 2-3-36. ProcessIT, European Roadmap for Industrial Process Automation, 2013 ·· 65
그림 2-3-37. 일본 정부 내각의 에너지 자원 기술 로드맵 ····· 65
그림 2-4-1. 국토교통과학기술진흥원, 국토교통R&D중장기전략 (2014-2023), 2014 ····· 66
그림 2-4-2. 국토교통과학기술진흥원, 담수화 기술 로드맵 (2014-2023), 2014 ····· 67
그림 2-4-3. 국토교통과학기술진흥원, 가스·비전통 자원화 기술 로드맵 (2014-2023), 2014 ····· 68
그림 2-4-4. 국토교통과학기술진흥원, 자원 이송 및 순환 기술 로드맵 (2014-2023), 2014 ····· 69
그림 2-4-5. 국토교통과학기술진흥원, 플랜트 건설 지원 인프라 기술 로드맵 (2014-2023), 2014 ····· 70
그림 2-4-6. 한국에너지기술평가원, 그린에너지 전략 로드맵, 2011 ····· 71
그림 2-4-7. 한국에너지기술평가원, 온실가스감축기술 전략 로드맵, 2011 ····· 71
그림 2-4-8. 한국에너지기술평가원, 자원개발기술 전략 로드맵, 2011 ····· 72
그림 2-4-9. 한국에너지기술평가원, 에너지기술개발 전략 로드맵, 2012 ····· 72
그림 2-4-10. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 비전 로드맵, 2013 ····· 73
그림 2-4-11. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 이노베이션 로드맵, 2014 ····· 73
그림 2-4-12. 한국산업기술평가관리원, 주력산업 산업융합원천R&D전략: 플랜트엔지니어링, 2012 ····· 74
그림 2-4-13. 한국산업기술평가관리원, 산업기술 RNBD 전략보고서: 시스템산업(플랜트), 2012 ····· 74
그림 2-4-14. 한국산업기술진흥원, 산업기술로드맵: 플랜트/엔지니어링, 2012 ····· 75
그림 2-4-15. 한국화학연구원의 모듈형 GTL 파이롯 플랜트와 한국과학기술연구원의 Sloshing GTL 파일롯 플랜트의 전경 ····· 76
그림 2-4-16. 미래창조과학부, 플랜트 산업 영역 확대, 2014 ····· 77
그림 2-4-17. 국가과학기술심의회, 첨단 플랜트 핵심기술 로드맵, 2014. 4. 23 ····· 78
그림 2-4-18. 미래창조과학부, 미래성장동력 분야, 2014. 3 ····· 79
그림 2-4-19. 미래창조과학부, 심해저 해양플랜트 목표 및 추진 전략, 2014. 3 ····· 79
그림 3-2-1. SIP를 중심으로 한 일본정부의 부처 간 협업과제 수행 사례 ····· 87
그림 3-2-2. 일본의 부처 간 협력 프로그램 사례 (혁신적 구조재료를 이용한 신구조 시스템 건축물 기술개발, 2004~2008년)의 세부 추진구조 ····· 88

그림 3-2-3. 미래창조과학부 고시 제2014-32호(2014.4.25)의 공동기획사업의 추진 절차 ····· 89
그림 3-3-1. 다부처공동기획사업 사업추진 절차도 ····· 91
그림 3-3-2. 다부처공동기획사업 운영지침에 제시된 추진 절차 ····· 91
그림 3-4-1. 국가 R&D사업 예비타당성 조사에서 점검하는 항목들의 내용 ····· 100
그림 3-4-2. 기술개발사업의 단계와 내용 ····· 100
그림 3-5-1. 미국 Kemper 프로젝트 2014/02 기준 건설현장 모습 ····· 101
그림 3-5-2. 일본 Osaki CoolGen 프로젝트 설비 건설 중인 사진 (2014/10/16) ····· 103
그림 3-5-3. 다개체 무인이동체계 네트워크 연구개발 추진체계 ····· 104
그림 3-5-4. 개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 개발 추진체계 ····· 105
그림 3-5-5. 원거리 선박 식별 관리시스템 구축 사업 추진체계 ····· 106
그림 3-7-1. 다 부처 공동기획 사업추진 기본 모델 6개 ····· 115
그림 3-7-2. 다 부처 공동기획 사업추진 기본 모델 재분류 ····· 115
그림 3-7-3. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (성과 이관형) ····· 116
그림 3-7-4. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (공동 추진 후 한 부처 추진형) ····· 116
그림 3-7-5. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (1~2단계 공동 추진형) ····· 116
그림 3-7-6. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (1단계 추진 후 검토형) ····· 116
그림 4-2-1. 상세 기획 추진체계 ····· 120
그림 4-2-2. 다 부처 공동기획 가능분야 도출을 위한 본 기획연구의 전체 프로세스 요약 ····· 124
그림 4-2-3. 후보과제 선정 절차 ····· 126
그림 4-3-1. 추진 전략 기본 모델 ····· 169
그림 5-1-1. GTL 프로세스 개념도 ····· 199
그림 5-2-1. 합성가스 활용 플랜트 용량 추이 및 대규모 합성가스 활용 플랜트 건설 현황 ····· 207

제1장 연구개발과제 개요

제1절 연구개발의 필요성 및 목적

1. 필요성

플랜트 산업은 한국이 중진국 이상 선진국으로 가기 위해서는 반드시 국제 경쟁력을 확보해야만 하는 핵심 산업분야로서, 2010년 이후 해외플랜트 수주액이 연간 600억불 이상으로 급증하면서 우리나라 경제성장의 핵심동력으로 부상하였다. 하지만, 최근 여러 대기업 건설회사들이 신규 수주한 플랜트에 대한 기술 역량 부족으로 공기가 지연되고 적자로 이어지는 악순환이 반복되고 있다.

플랜트 분야는 기술개발 및 적용 범위가 다양하고 넓기 때문에 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부, 해양수산부 등 여러 부처와 연관되는 플랜트 산업 분야가 존재하며, 각 부처별로 연구개발 투자가 이루어지게 된 경우가 상당히 있었음을 부인할 수 없다. 이와 같은 정부 개별부처 차원의 연구개발 정책 추진 결과, 세계 시장에서 경쟁력을 갖춘 핵심원천기술 확보 사례는 드물며, 소규모 연구과제가 난립하는 경향도 있었다.

지난 수년 동안에 국내에서는 해외기술을 도입하여 건설한 다양한 세계 최고 기술수준의 플랜트가 존재하지만 이들 경험이 향후 국내와 해외진출을 위한 플랜트 기술로 축적되지 못하고 사업별로만 존재하는 현실이므로 이러한 상황을 극복할 체계적인 기획이 조기에 필요하다. 예를 들면, 석탄 합성가스 발전, SNG 생산플랜트 및 추진 중인 폐기물 합성가스 변환 고순도 CO 생산 플랜트 등의 경험을 충분히 반영하여 국내 유사플랜트에 조기 적용하는 연구기획이 필요하다.

플랜트는 기본적으로 기계적 장치를 통해서 원하는 물질을 생산하거나 물질 상태를 변화시키는 모든 설비를 통칭한다. 최근에는 이러한 플랜트에 ICT화, 모듈화, 3D 설계화, 데이터베이스화, 플랜트 생애주기 관리화 등 기술이 융복합되는 형태로 차별화된 경쟁력 확보가 시도되고 있다. 플랜트의 대표적 종류에는 Oil&Gas(오일 및 가스의 탐사, 채굴, 저장, 수송 관련 플랜트로 원유, LNG, BTL, GTL, CTL, Gas To Hydrate, Oil Sand 플랜트 포함), 정유/석유화학(원유를 정제(정유)하거나 석유제품 및 천연가스를 원료로 하여 합성수지, 에탄올 등의 석유화학제품을 제조(석유화학)하는 플랜트), 발전(중유, 가스, 석탄. 원자력 등을 원료로 하여 전기에너지를 생산하는 플랜트로 신재생에너지, IGCC, IGFC 등 포함), 물처리(수자원 공급, 해수담수화, 수자원 재이용, 오폐수 처리 등 수처리에 관련된 플랜트), 해양(해양의 석유, 가스 등의 자원을 시추하거나 생산된 에너지 자원을 저장, 처리, 하역하는 해상 및 해저 설비 플랜트), 환경(폐기물 및 오염물질 저감 플랜트)가 포함된다. 최근에는 석탄, 바이오매스, 폐기물 등을 사용한 원유대체 플랜트 및 셰일가스 관련 플랜트가 부각되고 있으며, 소요되는 부품과 설비의 전문화 및 대형화가 두드러지고 있다.

중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등지에서 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세인데, 한국은 그 과실을 제대로 얻지 못하였고 최근에는 석탄화학 등 여러 분야에서 중국에 뒤지기 시작하였다. 중국 플랜트 시장이 최근 세계 시장 확대의 대부분을 차지하고 있지만, 중국은 2000년대 해외기술을 습득한 이후에 중국 자체기술화와 중국의 EPC 능력이 크게 제고되어 해외에 진출하는 단계에 이르고 있다. 따라서 범정부 차원의 적절한 대응이 조속히 이루어지지

않는다면 미래 고부가가치 플랜트기술 분야에서 도태될 위험성도 있는 현실에서 플랜트 R&D 부처 간 공동기획 가능 분야 및 과제 발굴의 필요성이 커지고 있다.

에너지와 관련된 플랜트들은 대부분 1기가 10~40억불에 달하는 대형플랜트 사업으로서, 먼저 상용화 실적이 있는 기존 유럽/미국/일본 업체 위주로 독과점 시장을 형성하고 있기 때문에 국내업계 자체 노력만으로는 국제경쟁력 확보가 이미 불가능한 상황이다. 외국의 경우 상용 실적을 확보하기 위한 실증설비 건설운영에 미국은 DOE(에너지성)가, 일본은 MITI(Ministry of International Trade & Industry, 한국의 산업통상자원부에 해당)가, 중국은 정부가 지원 중이다. 특히 중국 정부는 중국 내 대형 플랜트 건설시 자국 업체에서 설계 및 제작을 하는 것을 의무화하여 자국기술 확보 후 자체기술화에 성공하고 있다. 중국 업체들의 부상으로 인하여 플랜트 분야에서 국내 업체들은 점차 기술경쟁력 약화가 현실화되고 있다.

일본, 중국, 대만 등의 국가에서는 플랜트기술 개발에 정부 주도 지원이 1980년대부터 지금까지 계속 진행 중이므로, 한국도 과감한 top-down 방식의 정부 주도 지원이 필요하다. 일본은 플랜트기술 개발에 소요되는 총비용의 33~90%를 MITI를 통해 지원 중이고, 대만도 선택된 플랜트 분야에 플랜트 Park 건설을 추진하고 있다. 중국은 국가출연연구소, 공기업 소속 연구소, 대학소속 연구소를 중심으로 상용규모 플랜트 독자기술 개발 및 상용화 실적 확대를 진행 중이며 중국내 상호기술 경쟁가능 단계 진입에 있다. 미국 에너지성은 산업계 기술의 상용규모 실증에 총비용의 10~50% 규모의 예산을 지원 중이다.

이와 같은 해외의 플랜트 기술개발 경쟁에 대한 국내 플랜트 업계의 대응방안으로, 해외플랜트 수출시장의 60% 이상에 해당하는 오일/가스, 석유화학, 해양 플랜트의 기술집약적 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실하다. 최근 수조원 규모의 사우디아라비아와 인도에서 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내업계가 탈락한 바 있고, 새로운 플랜트 기술 분야에 대한 진입 능력도 부족하다. 구체적 예로서 사우디아라비아의 Aramco사에서 발주한 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불을 제시해서 24억불을 제시한 국내 H중공업을 이기고 수주(2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐)를 한 최근 사례가 있다. 이 프로젝트에서 중국 업체는 주로 컨소시엄 형태로 참여하였고 기술부분은 ENI, Saipem사 등이 담당하였다.

인도 Reliance사의 Jamnagar 정유공장에서 Pet-coke 기반의 합성가스를 사용하는 세계 최대 병산(poly-generation, 전기/수소/SNG/화학원료 생산, 2013/04 건설 시작됨) 프로젝트에도 해외 선진사만 참여하였고 국내사는 전무한 실정이다.

이들 사례의 공통점은 중국이 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야에서 시장경쟁력을 급부상시키고 있는데 대한 한국 내 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 조기에 필요한 점을 웅변하고 있다.

지금까지 국내 현실을 요약해 보면 다음과 같다. 플랜트 분야는 매년 600억불 이상 수출되고 미래 고부가가치 산업으로 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하지만, R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제경쟁력 확보에 기여가 부족한 상황이었다. 이를 타개하기 위한 플랜트 R&D 관련 부처 간 공동기획 가능한 분야 및 공동기획 과제 발굴을 시도할 시점이 되었다. 세부적으로는 플랜트 분야에 대한 유관 부처 간 R&D를 개방형 융복합 연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 위한 R&D 관련 부처 간 공동기획 가능한 분야를 도출하고 이를 구체적인 공동기획 과제 발굴로 연계시킬 필요가 있다.

2012년 정부 연구개발투자방향(안) 때부터 플랜트 부분에서 원천기술 확보와 부처 간 협력 강화가 지속적으로 지적되었고, 2016년도 정부 연구개발 투자방향 내용에서도 계속 부처 간 협

력이 지적된 바 있다. 2016년 정부 연구개발 투자방향 자료에 플랜트 분야에 대해 구체적으로 적시된 내용을 보면, 산업부(엔지니어링, 기자재)-국토부(실증, 통합) 간 역할을 분담하고 공동기획 등 부처 간 긴밀한 협조 추진(플랜트 R&D 협의회 활성화 및 역할확대(공동 기획, 공동 로드맵 수립))이 필요하다고 기술되어 있어 공동기획의 필요성이 강조되고 있다.

또한, 본 기획과제의 연구결과인 플랜트 R&D 부처 간 공동기획 가능 분야 및 과제는 플랜트 핵심주력분야에 해당되어야 하며 이를 뒷받침할 수 있는 우수성과 차별성을 반드시 가지고 있어야 한다.

실제적으로는 각 부처에서 지원된 플랜트 개발 R&D 성과와 국내 가용 핵심역량을 결집시켜 민간에서 국내외 시장 진출이 절실하면서 대용량 설비 실증이 요구되는 분야들에 대한 R&D 기획내용을 발굴하고 이들의 우선순위 선정을 하여 이 중 가장 현실적인 10개 이내의 분야를 선정, 집중 분석하는 전략도 필요하다. 이를 위해서는 기존 부처별 플랜트 분야 로드맵과 기존 추진된 연구추진 현황 조사 분석과 본 과제를 통해서 기획되는 다 부처 공동 기획가능 연구과제 중 다 부처 공동연구 시 시너지효과가 큰 대표과제를 선정하여 사전 기획할 현실적 필요성이 증대되고 있다.

2. 목적

본 기획연구의 추진 전략을 아래와 같이 정하고 연구를 수행하였다.

○ 가용한 국내외 기술을 조합(기존 국가지원 기술개발 결과 + 해외기술 + 틈새기술 추가 개발)하여 국내외 시장 진출을 위한 Turn-key 수준의 고부가가치 상용급 플랜트 기술개발을 위한 기획을 추진한다. 국내 건설사와 엔지니어링사가 국내외 사업에 활용 가능토록 EPC 플랫폼 개발을 병행한다.

○ 국내 가용설비 연계와 국내외 기술 최적 조합을 통한 국내 추가설비 시장용 패키지 기술을 확보하고 해외플랜트 시장 진입용 특화기술과의 접목을 통하여 경쟁력 있는 플랜트 기술이 도출되도록 한다. 기존 국가지원 R&D 프로젝트 성과를 해외수출이 가능한 플랜트 기술로 집적화시키고, 국내에 건설•운영될 상용규모 플랜트 시설에 연계 등을 추진하여 Test-bed 비용을 최소화하며, 기존 정부지원으로 추진한 기술개발 결과물과 파일럿 설비와 상용 설비를 본 사업단에 연계 활용이 가능토록 추진한다.

○ 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 제품 연계 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업으로서 추진한다. 국내 업계의 플랜트 분야 세계시장 진출을 위한 실증 기반 제공이 가능한 Test-bed 구축으로서 진행시킨다.

○ 국내 업계가 핵심설비와 부품 국산화를 이루기 위한 세부항목과 목표를 제시한다.

기획의 중점 목표는 아래와 같이 제시하였으며 이를 표 1-1-1에 나타내었다.

○ 한국이 처한 현실에서 가장 적합한 플랜트 신성장동력 분야 발굴이 목적이며, 여러 부처가 공동으로 추진함으로써 플랜트 분야 기술개발에 필요한 규모의 경제를 가능케 하고 국내외 시장에 적합한 모델 개발을 지향한다.

표 1-1-1. 본 연구의 중점 연구목표

연구기관	중점 연구목표
주관연구기관 (고등기술연구원)	- 한국이 처한 현실에서 가장 적합한 플랜트 신성장동력 분야 발굴 - 여러 부처에서 공동 추진 가능한 국내외 시장에 적합한 모델 개발 - 플랜트 R&D 유관부처 간 시너지 창출을 위한 R&D 공동로드맵 수립 - 신규 다 부처 공동 추진 연구과제 사전기획

제2절 연구개발의 정의, 범위 및 특징

플랜트는 광범위하게 표현하면 발전, 담수, 정유, 석유화학, 원유/가스처리, 해양설비, 환경설비 시설 등과 같은 산업 기반시설 및 산업기계, 공작 기계, 전기 통신기계 따위의 종합체로서의 생산시설이나 공장을 말한다. 플랜트는 엔지니어링, 기계설비, 건설 등이 복합된 산업으로서 산업들 간의 연관효과가 높고 산업구조의 고도화에 기여하면서 중소/중견 기자재 관련기업들의 활성화와 국내 부품소재 산업의 확대에도 기여가 가능한 분야이다.

본 기획연구는 그 동안 각 정부부처별로 다양하게 플랜트 분야 지원이 이루어졌지만 다양한 이유로 실제 실용화 단계에는 이르지 못한 플랜트 기술을 부처 간 이해 충돌이 최소화될 공동기획 가능 분야 및 공동기획 과제를 취합 선별하고 이를 구체화하는 내용이다. 본 기획연구에서는 플랜트 각 분야가 여러 부처로 분산되어 있는 국내 현실을 인지하면서 가장 현실적인 플랜트 분야 기획 가능 분야 및 공동기획 과제를 제시하고자 한다.

본 기획연구에서 포함하는 연구 내용 및 범위는 다음과 같다.

○ 미래전망 및 현황 분석
- 미래전망 분석
- 국내외 플랜트 분야 시장·기술·정책 동향 분석
  ·국외 기술개발 로드맵 조사 및 분석 필요
- 부처별 분야별 연구개발 추진현황 분석
- 기존 부처별 중장기전략 분석
- 부처별 R&D 특성 및 장·단점 분석
- 기존 추진 플랜트분야 예산 중복성, 효율성 검토

○ 다 부처 공동 R&D 추진전략 및 세부 추진방안 도출
- 국내 다 부처 공동연구 성공·실패 사례 조사 및 분석
- 공동 로드맵의 수립 원칙 도출
- 부처별 역할 도출
- 다 부처 공동 R&D를 추진하기 위한 제도 개선방안 도출
- 다 부처 공동 R&D 세부 추진 방안 및 시나리오 도출

○ 다 부처 공동 기획 가능 분야 및 공동기획 과제 발굴
- 다 부처 공동 기획 가능 분야의 성격 및 범위 설정
- 공동기획 프레임 설정
- 비전 및 목표 설정
  ·세부 목표 및 성과지표 설정 필요
- 추진 방향 도출
- 전략 및 중점 프로젝트 도출
- 연구과제 도출
  ·개발기술, 관련 기술·정책·시장 동향, 소요예산, 국내외 기술수준, 기대효과 등 이 포함된 과제카드 작성
  ·연구과제별 부처별 역할과 세부 추진 방안 및 시나리오 도출
- 예산 투자규모 설정
- 다 부처 공동 기획가능 분야 및 공동기획 과제 제시

○ 신규 다 부처 공동 추진 연구과제 사전 기획

- 작성된 다 부처 공동 기획 가능분야의 연구과제 중 다 부처 공동연구 시 시너지효과가 큰 대표과제를 선정하여 사전 기획 보고서 작성

그리고, 본 기획연구의 범위는 다음과 같이 세분화될 수 있다.

○ 국내외 플랜트 분야 시장·기술·정책 동향 분석
○ 국내외 플랜트 분야 기술 로드맵 및 연구추진 현황 조사·분석
○ 국내 다 부처 공동연구 사례 조사 및 분석
○ 다 부처 공동 R&D 추진전략 및 세부 추진방안 마련
  - 다 부처 공동 R&D 추진 시나리오 및 제도 개선사항 포함
○ 플랜트 분야 다 부처 공동기획 가능 분야 및 공동기획 과제 마련
○ 신규 다 부처 공동 추진 연구과제 사전기획

타 부처 R&D 결과물을 활용하여 세계 시장에서 요구되는 플랜트기술로 집적시켜서, 중국 등 신흥 기술경쟁국들이 관련 플랜트 시장에 진입하기 전인 2020년 이전에 시장 선점이 필요한 분야가 많다. 합성가스 생산과 활용분야를 예로 보면, 국가지원 R&D 투자가 지난 20여년간 이루어졌고, 파일럿급 기술에 대해서는 국내 경험이 풍부하나 대형 상용급 플랜트기술로 집행은 예산 등 이유로 한계가 있었다. 국내 상용규모 시장도 관련 시장 해외기술에 의존이 심화되고 국내업체는 해외 대형 사업에서 배제되고 있다.

한국이 처한 열악한 상황을 타개하기 위해서는 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행이 필요하다. 한 예로서, 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모에 비하여 100분의 1보다도 작은 파일럿 설비만을 대상으로 진행되면서 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능했고 해외기술 의존도가 심화되면서 해외 고부가가치 플랜트 시장에는 참여가 원천 차단되는 상황이 진행되고 있다.

플랜트 R&D 사업은 국토교통부, 산업통상자원부 등 관련부처에서 각각 추진함에 따라 기획과 기자재 조달, 현장적용 등 부처별 역할 분담 및 연계가 부족해서 투자 효율화 및 시너지 창출에 한계가 있는 것이 사실이다. 플랜트 분야에 지적된 사항들은 다음과 같다.

○ 중복투자 최소화를 통한 절감재원 재투자, 운영실적 확보 등 플랜트 경쟁력 증진을 위해 연계협력 강화가 필요 (전문위 지적사항)
○ 국과심 산하 주력전문위원회에서 기술개발의 일관성 확보와 성과연계 등을 위해 신규과제의 공동기획 및 역할 분담이 필요함을 지속 제기
○ 현재 관계부처 (산업통상자원부, 국토교통부) 실무자 수준의 플랜트 비상설 협의회 운영을 통해 신규과제의 유사 중복성 만을 검토하는 수준에 머물고 있음

전후방 플랜트 사업 연계강화를 위한 부처별 역할이 고려된 기술 공동기획 가능분야 발굴 및 공동기획 과제 기획이 필요한데, 구체적으로는 아래와 같이 정리될 수 있다.

○ 기존 각 부처의 중장기 계획을 바탕으로 시너지 효과를 제고할 수 있는 포괄적인 기획 가능 분야 및 공동기획 과제 마련 필요
  - 국토부 “국토교통 R&D 중장기 전략”('14~'23) 및 산업부 “신산업-산업 융합 원천 R&D 전략”('12~'16) 등 반영
  - 관련 법정계획: 산업융합발전 기본계획(관계부처 합동, '13~'17) 등

○ 각 부처의 특성을 고려한 전략적 접근으로 예산 집행 효율 및 연구성과 사업화율 제고 필요

플랜트 기술과 산업의 중요성은 2000년 이후 세계시장에 진출하는 사례가 늘고 해외수주 금액이 최근 600억불을 상회하면서 인식은 충분히 되고 있고 세부 분야에 대한 비전과 전략은 다양하게 제시되고 있지만, 실제 국내외 시장에서 내세울만한 고유기술과 이를 기반으로 고수익을 창출하면서 세계시장에서 1~2위를 다투는 분야는 거의 없는 형편이다. 2012년 8월에 KEIT에서 발표한 주력산업 산업융합원천 R&D전략(2013-2017)에서도 한국의 주력산업으로서 플랜트엔지니어링 분야에 대한 비전과 전략을 그림 1-2-1과 같이 제시한 바 있다.

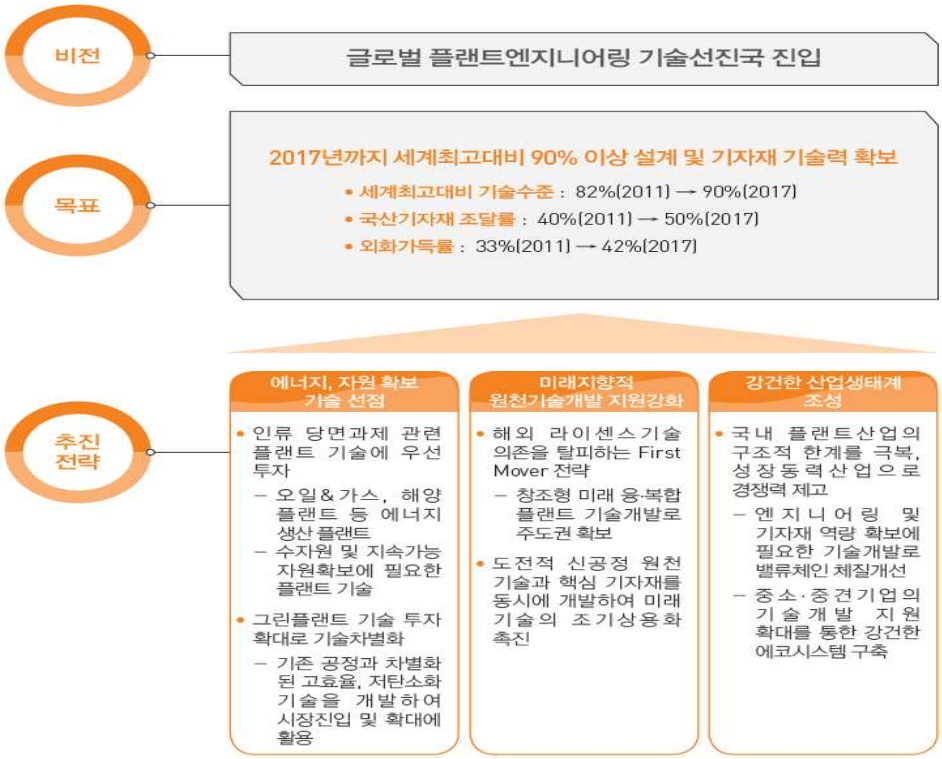


그림 1-2-1. 한국 플랜트엔지니어링 산업의 비전과 전략 (출처: KEIT, 2012. 8)

또한, 해외 선진국 업체들 대비 국내의 플랜트 분야별 수익률 자료도 그림 1-2-2와 같이 제시하고 있다.

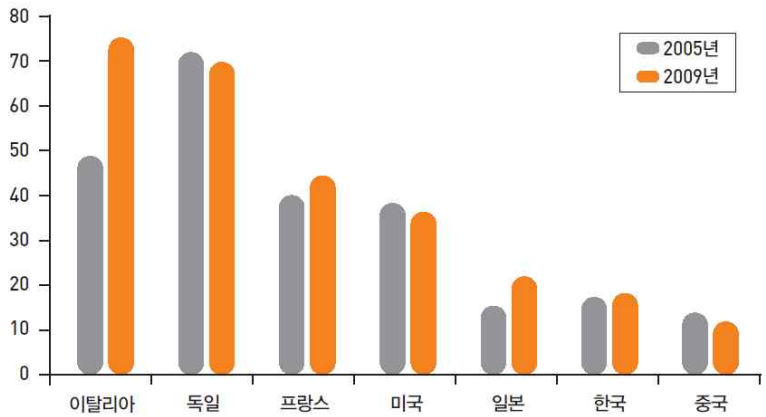


그림 1-2-2. 국가별 플랜트 분야 기업들의 수익성 비교 (출처: KEIT, 2012. 8)

그리고 그림 1-2-3에 나타낸 것처럼 한국 업체들이 어느 부분에서 경쟁 열위인지도 충분히 파악되고 있다.

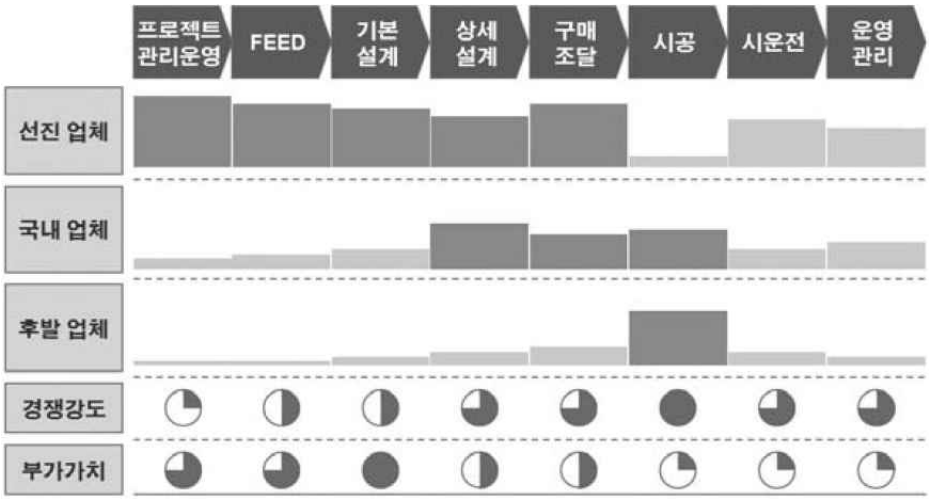


그림 1-2-3. 선진국 대비 한국의 플랜트 사업 세부과정별 경쟁력 및 부가가치
(출처: KEIT, 2012. 8)

이렇게 현황은 충분히 인지되고 있지만, 통합되고 집중화된 기술개발 지원체계와 어느 플랜트 분야를 집중 육성해서 세계시장에서 통할 분야를 확보해야하는가 등에 대한 세부 내용은 매우 취약한 형편이다. 그림 1-2-3을 살펴보면, 한국이 플랜트분야에서 노력해야 할 부분들은 프로젝트 관리운영, FEED, 기본설계, 시운전, 운영관리 분야이고 가장 부가가치가 높은 영역이 기본설계, FEED, 프로젝트 관리운영임을 알 수 있다.

이런 플랜트 분야들에 대한 기술을 확보하기 위해서는 상용규모의 플랜트 경험이 반드시 있어야 하는데 이 분야 진입장벽이 높고 한국의 원천 기반기술이 부족하여 참여기회가 원천 봉쇄되는 경우가 대부분이다. 중국은 이전에 위에 언급된 플랜트 고부가가치의 모든 영역에서 한국에 뒤졌지만, 정부의 강력한 자국화 전략에 힘입어 비록 처음에는 해외기술을 사용해서 대형 상용급 플랜트를 상세설계, 건설, 운전했지만 수십 기를 건설하고 운영하는 과정에서 모든 설계기술과 운영기술을 습득하여 이를 바탕으로 자국기술화에 하나하나 성공하는 단계에 있다. 한국은 시장규모가 작아 이런 기회는 적지만, 그래도 상당한 플랜트가 국내에 건설되고 있고 해외시장에서도 요구가 많다. 이런 국내 건설 기회에 연계시키려는 장기적 비전이 부족했고, 여러 요인들을 볼 때 상용규모 플랜트 분야에 대한 Test-bed가 있어야만 국제 경쟁력이 그나마 확보될 수 있는 가능성이 있음을 짐작할 수 있다.

최근 국토교통부는 플랜트 분야에서 LNG플랜트사업단과 해수담수화사업단을 성공적으로 출범시켜 상용화 성과를 보이고 있고, 산업통상자원부는 플랜트 분야에서 부품산업을 키우고자 노력하고 있다. 향후 국토부가 추진할 상용규모 실증 플랜트 분야가 출범하는데 그 간 산업부에서 개발된 기술이 기반이 되고 추가 개발되는 각 부품산업의 결과가 집적·융합될 수 있다면 재원이 한정된 한국 입장에서 중국 등 기술추격자와 경쟁이 가능하고 선진업체들의 독과점 시장에 진입할 가능성이 높아질 것이다.

본 기획과제를 통하여 발굴하는 플랜트 분야 사업을 통해서 아래와 같은 기술적 성과가 가능하다.

○ 국내 기술이 없다면 해외기술을 도입해서 건설될 국내 플랜트 사업에 상업용과 Test-bed

성격을 겸하면서 저렴한 기술 대안 제공, 이후 고유기술화 하여 해외시장 진출이 가능

○ 규모의 경제가 요구되는 플랜트분야(예: 원유대체 석탄화학, 가스플랜트, 기후변화 대응 등)에서 중국, 일본 등의 최근 기술경쟁력 강화에 상응하는 효과

○ 2020년 이후 플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 감축/이용, 병산, 모듈화, IT화 등 기술융복합 시장에 대응할 국내 기반 인프라 제공

○ 플랜트 R&D 공동기획 가능 분야 발굴을 통하여 유관부처 간 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출

사회·경제적으로는 아래와 같은 파급효과를 기대할 수 있다.

○ 국토부, 산업통상자원부 등 관련부처에서 각각 추진해온 플랜트 R&D사업에 대한 부처별 역할 분담 및 연계 방안 제시를 통하여 국가 R&D투자 효율성 제고

○ 국내 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응, 자체기술 능력 제고 ⇨ 국내외 시장 진출 효과

○ 국내 타 부처 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트기술 개발과 시장 대응

○ 급팽창하는 고부가가치 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 기술 test 교두보 제공

○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 및 국내 플랜트엔지니어링 교육의 모델 역할

궁극적으로 본 기획연구의 결과물을 아래와 같이 활용이 가능하다.

○ 대형 Test-bed가 필수적인 플랜트분야의 국내 기반 확보 및 해외시장 진출을 위한 플랜트 1호기 추진 계획으로 활용

○ 플랜트 분야 R&D 지원분야 다 부처 연계성 부족 지적에 대응한 공동 추진과제 pool로 활용

○ 다 부처 공동 추진이 가능한 신규과제 도출 및 사전기획 자료로 활용

제2장 미래전망 및 현황 분석

제1절 미래전망 분석

2015년 이후 플랜트 분야에서 시장 파라다임이 급격히 변화되고 있다. 그 주요 큰 축은 저유가 지속, 신기후변화체계(CO_2 저감 강제화 시대) 진입, 재생가능에너지 활용 확대, 중국의 플랜트분야 능력 급성장으로 요약될 수 있다.

우선, 플랜트 분야에 대한 큰 틀의 전망을 살펴보면 다음과 같다.

글로벌 플랜트건설사업 수행에 있어 국가별 TBT(무역기술장벽) 강화, 중요기반시설의 대형화·복잡화에 따른 사고 등 재난 위험이 증가될 것으로 전망된다. 플랜트건설 기자재, 인력 등 국제조달에 있어서 상대국간 기술규정, 표준 및 적합성 평가절차 등에 의한 TBT가 증가 추세에 있으며 플랜트건설의 설계, 생산, 수송, 사용, 폐기 등 전주기적인 재난재해 방지기술 요구가 증가되고 있다. 플랜트분야에서도 시장 참여 주체별 역량에 따라 국제적 기능분화 심화, 플랜트건설사업의 대형화 및 핵심기술의 독점, 글로벌 협업 활동 가속화가 전망된다.

플랜트 건설 사업은 점차 복잡화, 대형화, 기술 집약화 될 것으로 예측되며, 참여 주체별 역량에 따라 우위 및 열위 집단으로 기능이 분화되는 추세이다. 이종기술의 결합을 통해 기존 기술이 고도화되고 시장과 사업영역, 기술이 다양화되고 있다. 참여 주체 간 협업기능과 역량이 경쟁력의 원동력으로 부상하면서 글로벌 아웃소싱 네트워크 강화로 생산성 향상 및 비용절감을 도모하고 있다. ICT 기반의 기술, 인력, 기자재, 엔지니어링, 인프라 등 전주기 사업수행 통합 환경 실현이 점차 요구되는 추세이다.

플랜트현장에서 활동하는 기능 및 기술인력 부족에 따른 자동화·무인화, 도시·산업단지 집중화에 따른 공급·처리망 고도화가 전망된다. 플랜트 건설 사업에 있어서 인력 대체·보조를 위한 자동화·전산화, 무인화, 원격건설, 디지털 네트워크화 등이 확산되고 있다. 그리고, 도시·산업단지 집중에 따른 물·에너지·자원 공급과 이용·처리를 위한 차세대 첨단기술, 공급과 수요 불균형 해소를 위한 효율화 기술의 진보가 요구되는 추세가 강화되고 있다.

경제·사회활동에 수반되는 환경·에너지·자원 플랜트건설 수요 대응 기술 발전과 ICT기반 가상·원격건설 등 융·복합 기술 실현이 예상된다.

플랜트 부문에 있어서 경제·사회 현안 해결을 위한 물·에너지 생산, 이송, 저장, 이용에 관한 일련의 가치사슬도 확대될 전망이다. 또한, ICT, 신소재, 극한기술 발전에 따라 플랜트건설 분야 극한지 건설공사의 원격수행, 전주기 사업관리 등이 실현될 것이다.

파라다임이 변화하는 큰 축을 하나씩 살펴보면 아래와 같다.

1) 저유가 지속

2015년 들어 플랜트분야에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 저유가가 상당기간 지속될 가능성이다. 2008년 유가가 배럴당 140불을 넘었을 당시에는 국내 중공업/조선사들의 해양플랜트 수주가 몰려 호황기였지만 2015년 이후 2016년에 들어서는 배럴당 30불이 되는 시점에 도달하였다. 국내업계가 해외에서 수주한 플랜트 분야의 상당부분이 오일/가스와 이와 관련된 분야에 집중되어 있었던 상황을 고려하면 국내 플랜트 분야에 상당기간 영향을 미칠 수밖에 없다.

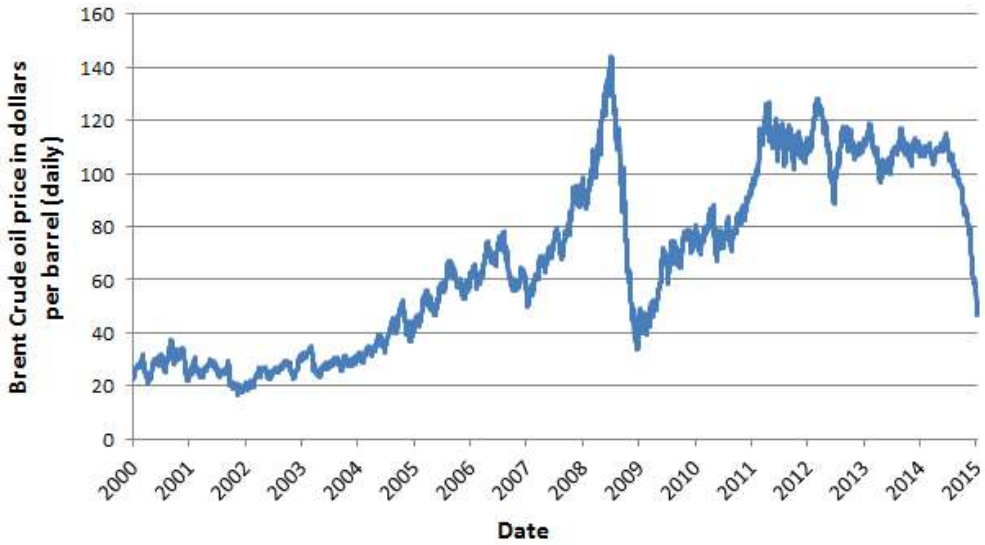


그림 2-1-1. 2000-2015년 기간의 브렌트 원유가격 변화 추이
(출처: http://blogs.lse.ac.uk/europpblog/2015/01/21)

2) 신기후변화체계(CO_2 저감 강제화 시대) 진입

기후변화·환경오염에 대비한 청정생산기술 적용, 에너지·자원 수요 증가에 따른 미개척 극한지(동토, 극지 등)와 오일샌드, 석탄 청정 가스화, 대심도 지중 가스화 등 기존 석유 및 가스 채굴 등과 다른 방식으로 생산하는 탄화수소 함유 에너지원인 비전통에너지 플랜트 투자는 지속적으로 증가할 전망이다. 기후변화·환경오염에 능동적인 대응을 위하여 대규모 친환경 발전단지, 수소인프라, 순환이용 등 분야에 수요가 증가될 전망이다. 에너지·물 자원 확보(다변화, 자립화 포함)를 위한 담수화, 미개척지(동토, 극지, 심해저 등), 비전통에너지 개발을 위한 투자가 지속적으로 증가될 것으로 예상된다.

특히, 2015년 12월 파리 COP21 기후변화 회의 이후 한국 입장에서는 해외만이 아니라 국내에도 적용할 기후변화 대응 플랜트가 2020년을 전후하여 매우 필요하게 되겠다. 기후변화는 장기 관점에서 대응이 필요한 분야이기 때문에 기술개발을 통한 플랜트 측면의 구현이 더딜 수도 있지만, 범지구적 현상이기 때문에 적정한 기술개발이 성공할 경우 시장이 크다는 양면성이 존재한다. 해외에서 정부지원이 초기에 투입되고 이를 바탕으로 신기술 개발과 신산업 창출기회를 확대한다는 점에서 한국도 이에 대한 국제경쟁력 확보가 더욱 중요해지고 있다.

국내에서도 지난 5년간 기후변화에 대응한 여러 로드맵과 기술 분야가 제시되어 추진되고 있는 상황이지만, 기후변화에 대한 거시적 국제적 차원의 협약 제시는 계속 지연되고 있다. 이에 반해서 석탄화력에 대한 CO_2 규제와 같은 경우는 미국과 EU에서 도입되기 시작되어 세부 산업별로 이미 큰 영향을 미치기 시작하는 등 최근에 상황 변화가 많아 이에 대응할 필요성이 증대하고 있다.

신기후변화체계의 파라다임을 바꾸는 주체는 이전까지 기후변화 대응에 소극적이었던 미국과 중국의 태도 변화에 있다.

2008년 오바마가 대통령에 당선된 이후, 미국은 교토의정서 이행을 위한 적극적인 대처를 위해 기후변화 국제협상에 참여하면서 중장기 온실가스 감축목표의 설정, 연방차원의 배출권거래제, 청정에너지 정책 등을 적극적으로 이행할 것을 제시하였다. 미국은 신재생에너지의 사용확대, 차량의 연비 향상, 화석연료 사용시 CCS(Carbon Capture & Storage, 이산화탄소 포집 및 저장) 기술 적용 등의 강력한 환경보호 프로그램을 추진을 통해 기후변화에 적극적으로 대

응하였다. 미국은 2005년 기준 2020년에 17%, 2050년에 83%의 온실가스 감축목표를 정하고, 재생에너지 보급과 에너지 효율 향상을 촉진하는 총량제한 배출권 거래제(Cap and Trade) 도입을 핵심으로 하는 청정에너지안보법(American Clean Energy and Security Act, ASESA)이 2009년에 하원에 상정되어 통과되었다. 그러나 소위 기후변화 법안이라고 불리는 이 법안은 상원의 다수를 차지하고 있는 공화당 의원들과 민주당 일부 의원들의 반대와 에너지관련 기업 및 이익집단의 로비활동 등으로 상원에서는 본회의 표결도 해보지 못한 채 사장되었다.

집권 2기 최우선 과제로 기후변화 대응계획을 내세운 오바마 대통령은 연방정부 기후변화관련 법안이 의회에서 통과되지 못하고 있는 상황을 비판하고, 전 세계의 핵심 쟁점으로 거론되고 있는 에너지 및 기후변화 문제에 대한 대응 방안으로 2013년 6월 기후변화 액션플랜과 대규모 투자계획을 발표하였다. 탄소배출을 줄이기 위한 규제를 강화하고 신규 신재생에너지 개발을 통해, 2020년까지 미국의 온실가스 배출량을 2005년 기준 17% 줄이고 글로벌 협력을 추진한다는 방침이다. 기후변화 액션플랜은 의회의 입법 없이 EPA의 권한 행사를 통해 기후변화 대책을 추진하고 있으며, 표 2-1-1과 같이 탄소 오염 감소, 기후변화 영향에 대처, 국제적인 기후 변화대응 선구적 위치 확보 등을 주요 목표로 하고 있다.

표 2-1-1. 미국의 기후변화 액션플랜 주요내용

대응 분야	주요 내용
탄소 배출량 저감	- EPA에서 신규 및 기존 발전플랜트의 탄소 오염 기준 마련 - 다양한 첨단의 화석 에너지 및 효율 향상을 위한 혁신기술 투자 - 2020년까지 풍력 및 태양광 같은 재생에너지 공급 확대 - 상업용, 산업용, 다가구 빌딩을 대상으로 20% 이상 에너지 소비 효율을 향상시킬 수 있도록 지원 - 2030년까지 누적기준 최소 30억톤의 탄소 배출 저감 (행정부 전자제품 및 연방정부 건물의 에너지 효율 표준 제정을 통해 에너지 부분에서 매년 탄소 배출 저감량의 절반이상 달성 목표) - 대형 차량에 대해 2018년 이후 경제적인 연비 표준 마련 - 온실 효과가 큰 메탄, HFC의 감축과 산림보존의 확대
기후변화 영향에 대한 대비	- 기후변화 대비 강하고 안전한 사회 기반시설 구축 - 기후변화 주요 활동을 조언할 한시적인 국가 테스크 포스팀 운영 - 미래 극단적인 기후변화 영향에 대비하여 지역사회 강화를 위한 혁신적인 전략 추진 수립과 홍수 등의 재난 피해를 줄이기 위한 표준 코드개발 - 기후변화 영향에 대비한 의료보건 정책, 가뭄, 대규모 산불 등에 대비한 농·임업·토지 등에 관리 정책 마련 - 중앙 집중된 툴키트와 새로운 기후 데이터 관리를 통하여 기후변화에 대비한 툴과 정보 제공
글로벌 기후변화에 대한 국제적인 노력 주도	- 온실가스 배출량의 획기적인 저감, 기후 변화 영향에 대한 대비, 국제협력 프로그램 추진 등 기후 변화에 대한 범지구적 해결을 위해 국제 공동 노력 강화 추진 - 중국, 인도 및 주요 온실가스 배출국들과 국제협력 강화 - 화석연료 소비를 장려하는 화석연료 보조금은 단계적으로 폐지하되, 석탄 사용과 관련하여 극빈 국에 적용 가능한 가장 효율적인 기술이나 CCS가 적용된 석탄화력 기술에 대해서는 지원 계획 - 에너지와 기후에 관한 수준 높은 포럼 출범과 신재생에너지 사용 및 에너지 낭비를 줄이기 위해서 20개 이상 국가와 합의를 진행하고 있다.

그동안 미국의 경우 자국 내 기후변화 대응에 대한 통일되지 않은 여론으로 인해(공화당과 전통에너지 산업계의 경우 비용 상승, 산업 경쟁력 약화 등의 이유로 적극적인 기후변화 대응에는 반대 입장) 자구적인 감축 노력은 지속하여 왔지만 적극적이고 효과적인 감축 정책은 추진하지 않았으며, 미국의 이러한 태도로 인해 범지구적인 온실가스 감축 논의가 교착상태에 있었다. 그러나 오바마 행정부에서는 기후변화에 대한 적극적인 대처를 위해 미국 의회 승인이 필요 없는 대통령 행정명령을 통해 "기후변화 액션플랜"을 가동하여 추진에 박차를 가하고 있다. 미국은 자국뿐만 아니라 "기후변화 액션플랜"을 성공시키기 위해 중국, 인도 등 온실가스를 많이 배출하는 국가들과 협력을 강화할 계획이며, 이들 국가들과 협력하여 기후변화 대응관련 각종 기술 및 규제를 글로벌 표준으로 선점할 경우, 향후 기후변화 대응 시장에 엄청난 영향을 미칠 것으로 예상된다.

중국은 자국 내 미세먼지 등 공해문제에 대응이 불가피한 상황을 맞아 화석연료 사용량을 획기적으로 줄이고 공해처리 시설을 설치하는 등 다양한 노력을 기술이면서 이에 부수적으로 CO_2도 저감이 되기 때문에 2015년부터 전향적으로 온실가스 저감에 적극적인 입장으로 급속히 전환하고 있다. 또한, 중국내 전력 수요의 급증으로 인해 계속해서 신규 석탄화력 건설 예정이므로 이 분야 CO_2 저감기술 개발과 실증에도 주력하고 있다. 중국 국무원은 2016년부터 CO_2 배출 절대량을 석탄에 의존한 발전비율을 70%에서 65%로 감축하겠다고 발표하였다. 2012년 5월에 발표된 중국 전력산업의 12차 5개년 계획의 기본 방침은, (1) 수력발전 우선개발, (2) 석탄발전 고도화, (3) 원자력발전의 고효율 발전, (4) 신재생에너지의 적극적 추진, (5) 천연가스 집중발전의 적절한 추진, (6) 지역별 분산식 발전 개발이다.

2007년 6월 4일에 국가 기후변화 프로그램(National Climate Change Program)을 발표하였는데, 여기서 CCUS를 기후변화 대응을 위한 중요한 분야로 선정한 바 있다. 최근 중국에서는 다수의 CCUS 연구 실증 프로젝트들이 진행되고 있는데, 석탄화력발전과 유전에서 발생하는 CO_2의 포집 저장과 화학물질로의 활용 분야가 대부분이다.

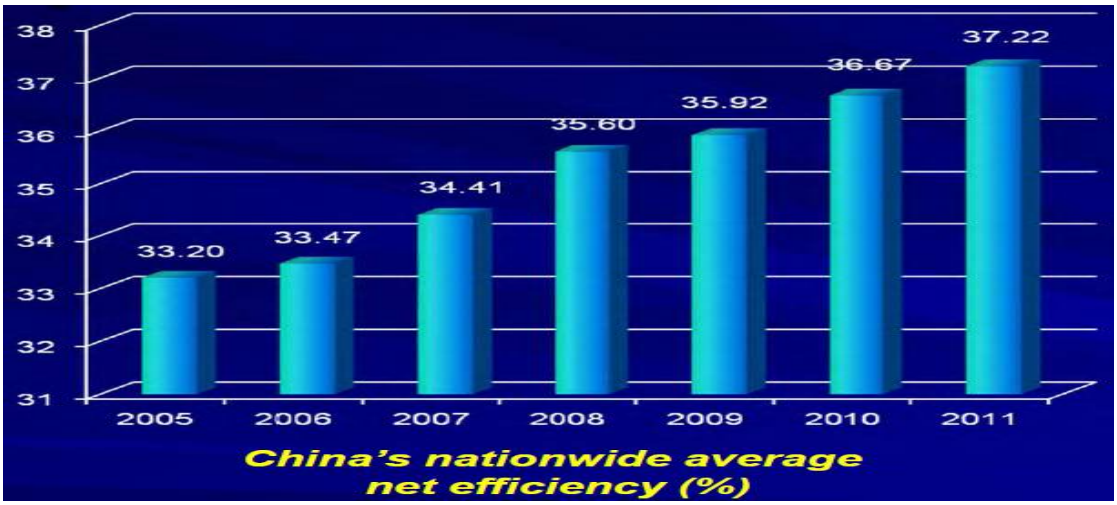


그림 2-1-2. 중국 석탄화력발전 효율 증가 추이 (출처: J. Mao, 칭화대, 2012/09)

EU(유럽연합)는 기후변화에 대응하기 위한 국제적 노력에 앞장서고 있다. EU 및 회원국들은 광범위한 기후/에너지 관련 정책 목표를 세우고 이를 달성하기 위한 구체적 방안을 입안하였다. EU의 경우 2009년 온실가스 배출은 1990년 기준 16% 감소한 반면, 같은 기간 동안 경제 성장률은 40% 증대되었다. EU는 "Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2040)"에서 온실가스 배출량을 1990년 기준 2020년 25%, 2030년 40%, 2040년

60%로 단계적으로 저감하고, 궁극적으로는 2050년 80% 저감하기 위한 장기적인 계획을 수립하였다.

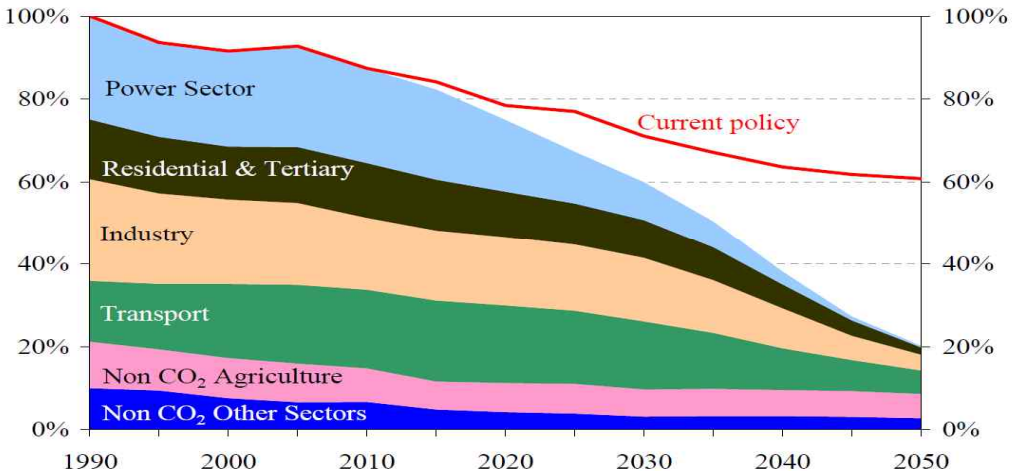


그림 2-1-3. EU의 저탄소 로드맵 2050에 제시된 각 분야별 2050년까지 온실가스 80% 저감을 위한 목표 (출처: EU Commission, A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, 2011)

3) 재생가능에너지 활용 확대

세계 재생가능에너지원의 설치 규모는 2014년에는 2010년 대비 120%로 확대되었으며, CO_2 저감 의무화 등 추세에 따라 화석연료 사용량이 줄면서 재생가능에너지원의 확대는 분명한 추세이다. 플랜트 분야에서 관심을 갖는 재생가능에너지분야는 풍력과 바이오에너지, 해양에너지 등이 있지만 한국이 기술적 강점을 가진 분야는 별로 없는 현실이다.

2015년도에 미국에서 건설된 전기 생산 설비를 보면, 수력발전을 제외하고 총 63%가 재생가능에너지 설비였다. 풍력발전 설비는 7,977 MW에 달해서 천연가스 발전의 5,942 MW를 훨씬 상회하였다. 태양광 발전은 2,042 MW가 신규 설치되었다. 반면 신규 석탄화력 설비는 전무하였다.

표 2-1-2. 미국의 2015년도 수력을 제외한 에너지원별 신규 전력생산 설비 규모

Primary Fuel Type	Total capacity (MW)	New in 2015 (MW)
Natural Gas	500,690	5,942
Coal	305,670	3
Nuclear	107,030	0
Water	100,060	153
Wind	73,680	7,977
Oil	44,840	15
Biomass	16,730	305
Solar	14,020	2,042
Geothermal stream	3,910	48

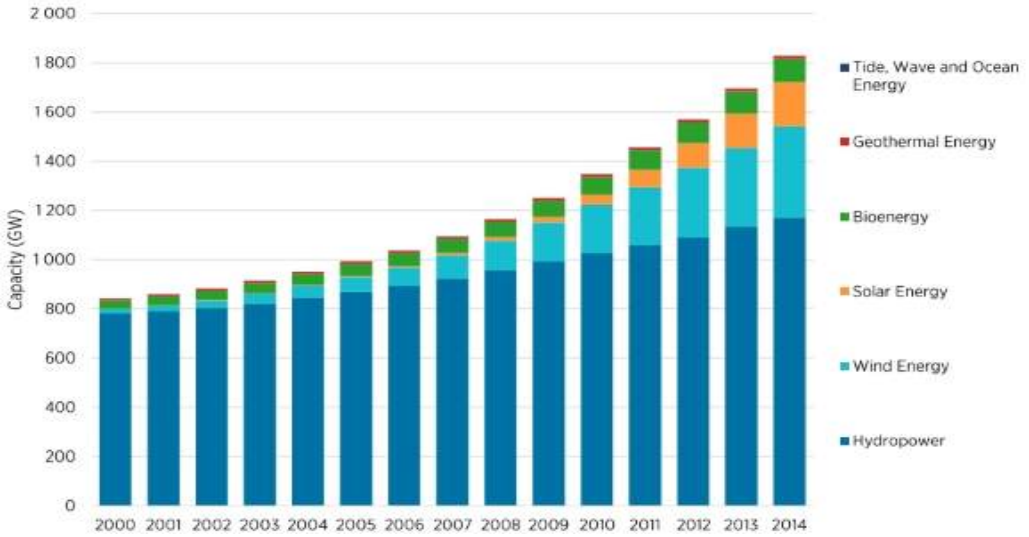


그림 2-1-4. 2000~2014년 기간의 전 세계 재생가능에너지원 설치규모 누적 규모
(출처: IRENA, Renewable Energy Capacity Statistics 2015)

4) 중국의 플랜트분야 능력 급성장

중국은 자국내 많은 인프라 구축과 에너지 및 산업에 필요한 플랜트 건설을 하면서 정부 주도하에 체계적인 접근방식을 2000년대 초부터 시행해서 대부분의 플랜트 분야에서 상당한 기술과 사업 경쟁력을 확보하였다. 접근방식을 요약하면, 우선 플랜트 분야별로 선진기술을 보유한 해외업체 기술별로 10기 내외의 상용플랜트 건설을 추진하고 이 과정에서 중국의 Engineering/제작/건설업체들이 프로젝트에 공동참여를 의무화하였다. 이 과정을 10여년 경험하면서 해외선진기술 보유 각 사별 장점을 취합해서 중국내 대학이나 출연기관에서 중국형 기술개발을 하도록 지원하고 이를 상용화하는 정책을 추진하였다. 대부분 분야에서 중국기술을 초기에는 여러 문제점이 노출되었지만 상용규모의 플랜트를 자체기술화한 기술별로 다시 중국내에 수십기를 건설토록 정책적으로 배려하여 실증과 상업적 경험을 축적토록 하면서 중국내에 부품 supply chain도 각 플랜트분야별로 상당히 완성시켰다. 2014년 이후 석탄화학플랜트, 폐기물플랜트 등 자국 내에 많은 실적이 있는 분야를 중심으로 해외 수출 산업화를 추진하고 있다. 이들 중국이 상당한 경험과 실적을 보유한 플랜트 분야에서는 한국도 정부주도의 집중화된 노력이 없이 국내 민간업계의 능력에만 의존한다면, 여러 플랜트 분야에서 중국 기술과 중국 업체, 중국 부품들이 국내시장도 차지할 것으로 예상된다.

제2절 플랜트 분야의 국내 기술개발 현황

한국 플랜트 산업의 현실은 '중요성은 인식하고 시장 진출에 노력하고 있지만 기본 실력도 경험도 일천해서 너무 많은 시행오차를 겪는 중'으로 요약할 수 있다. 플랜트 시장의 특징과 한국의 현실을 요약하면 다음과 같다 (출처: KIET 2014. 5, 플랜트 연구개발 현황과 전망).

○ 프로젝트 대형화 및 고부가가치화
○ 기술독점 및 시장 진입장벽 강화
○ Hull 중심 기술은 우수, Topside 및 Subsea 기술 취약
○ 엔지니어링과 기자재 등 고부가가치 기술 경쟁
○ 원천기술, 기자재 등 고부가가치 기술 부재
○ 해외 수주액 증가에도 불구 외화 가득률 저조
○ 중소, 중견기업의 해양플랜트 경쟁력 미흡
○ 성능 인증, 검증 시스템 취약
○ 시공분야는 경쟁력을 보유하고 있으나, 엔지니어링과 일부 기자재의 경쟁력이 부족
○ 분야별로는 Oil&Gas 및 해양플랜트의 원천기술이 취약

표 2-2-1을 보면, 2013년도에는 2012년에 비해서 발전, 해양, 석유화학 분야의 수주는 전반적으로 하락하였으나, Oil&Gas(79.1%) 분야는 큰 폭으로 상승하였다. 결과로서 그림 2-2-1에 나타낸 바와 같이 플랜트 총 수주 금액은 2010년 이후 정체 상태에 있음을 알 수 있다.

그리고, 그림 2-2-2를 살펴보면 플랜트 분야의 외화가득율은 자동차, 조선, 반도체 등의 다른 분야에 비하여 비교적 낮음을 알 수 있고, 지출 구조에서 해외 기자재와 해외 시공을 합한 해외 재지출 비율이 약 70%로서 비교적 높음을 알 수 있다.

이에 산업통상자원부의 산업기술평가관리원에서는 플랜트 분야의 해외 의존도를 줄이기 위한 방안으로서 플랜트 설계 기술 및 핵심 기자재 기술 자립 등을 위하여, 그림 2-2-3에 나타낸 바와 같은 '2014-2018년 기간의 플랜트 분야 기술개발 로드맵'을 작성・제시한 바 있다.

표 2-2-1. 한국의 플랜트 설비 분야별 수주실적 (출처: 나라지표, www.index.go.kr)

구분		2012년(누계)		2013년(누계)		증감율(%)
		실적(백만불)	점유율(%)	실적(백만불)	점유율(%)	
계		64,759	100.0	63,676	100.0	△ 1.7
설비	발전/담수	19,367	29.9	17,504	27.5	△ 9.6
	해양	21,785	33.6	18,166	28.5	△16.6
	Oil&Gas (육상)	10,196	15.7	18,263	28.7	79.1
	석유화학	8,161	12.6	5,191	8.2	△36.4
	산업시설	4,932	7.6	4,184	6.6	△15.2
	기자재	318	0.5	368	0.6	15.7

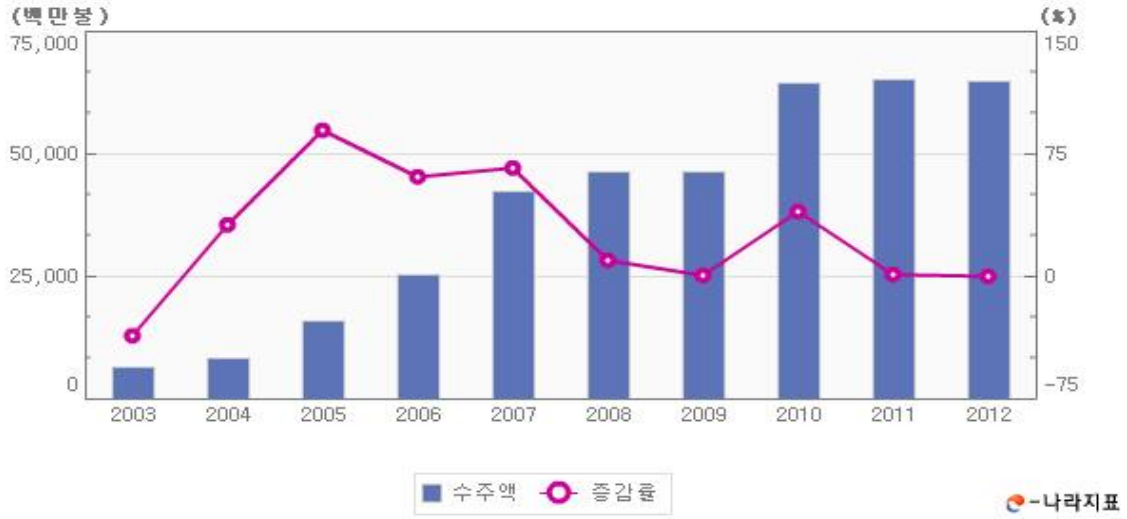


그림 2-2-1. 한국의 플랜트 수주 금액 및 증감률 (출처: 나라지표, www.index.go.kr)

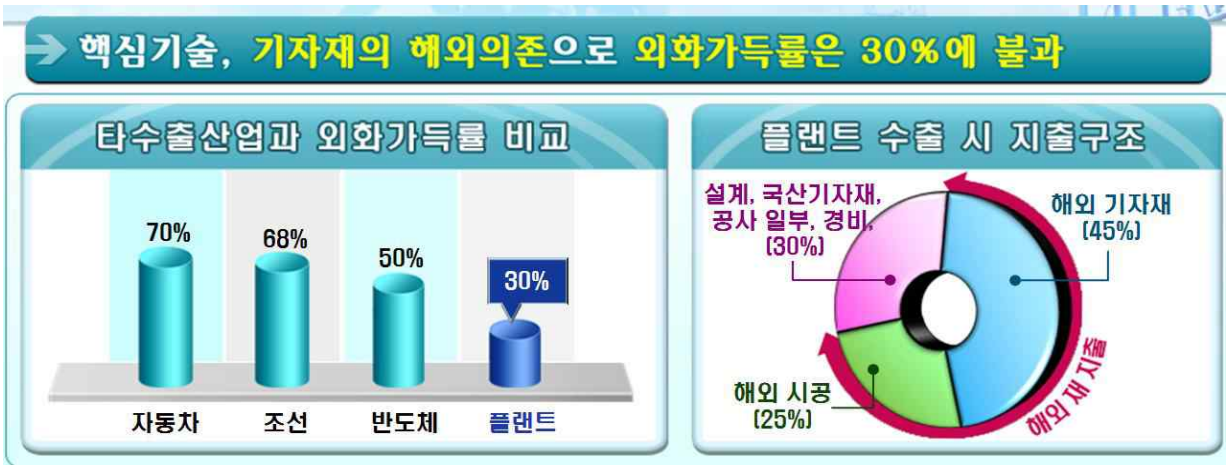


그림 2-2-2. 플랜트 수출 산업의 외화가득율 및 지출 구조



그림 2-2-3. 2014-2018년 기간의 플랜트 분야 기술개발 로드맵 (출처: 산업기술평가관리원)



그림 2-2-3. 2014-2018년 기간의 플랜트 분야 기술개발 로드맵, 계속
(출처: 산업기술평가관리원)

제3절 국내외 플랜트 분야 시장·기술·정책 동향 분석

1. 국내외 플랜트 분야 시장 동향 분석

가. 국외 플랜트 분야 시장 동향 분석

2013년 세계 건설시장 규모는 9조 달러를 상회하였으며, 이 중에서 플랜트건설시장은 약 1조 달러 규모로 나타났다. (Global insight 2013) 해외에 개방된 세계건설시장의 공종별 매출규모를 보면 석유화학, 전력, 산업시설 등 플랜트건설분야가 40% 내외를 점유하고 있다.

○ 플랜트부문 매출규모 추이(억 달러): (2010) 1,488 → (2011) 1,807 → (2013) 2,137

표 2-3-1. 세계건설시장의 공종별 매출 규모 (출처: ENR, 해외에 개방된 최근 3년간 공종별 매출액(2013))

(단위: 억 달러, %)

순위	공종	매출액(비율)		
		2012	2011	2010
1	교통시설	1,307.1(25.6)	1,214.4(26.8)	1,090.0(28.4)
2	석유화학	1,197.7(23.4)	1,042.3(23.0)	893.2(23.3)
3	건축	1,032.6(20.2)	911.0(20.1)	830.3(21.6)
4	전력	519.0(10.2)	470.4(10.4)	386.0(10.1)
5	산업시설	421.2(82.2)	295.7(6.5)	209.5(5.5)
6	상수도	154.1(3.0)	153.5(3.4)	123.8(3.2)
7	제조공장	79.5(1.6)	60.8(1.3)	46.5(1.2)
8	하수도	71.7(1.4)	70.9(1.6)	63.9(1.7)
9	통신	57.6(1.1)	59.5(1.3)	29.6(0.8)
10	유해폐기물	20.8(0.4)	8.3(0.2)	6.3(0.2)
-	기타	249.1(4.9)	243.3(5.4)	157.5(4.1)
합 계		5,110.5	4,530.2	3,836,6

수자원 개발, 공급망, 처리(상하수, 폐수)등 시설과 운영부분을 포함하는 수처리 및 공급시장 투자규모는 2013년 기준 5,568억 달러 규모로 평가되며, 이중 시설분야는 2,120억 달러이며, 운영분야는 3,447억 달러 규모로 추정된다(GWI, 2013). 최근 3년간 담수화 시장의 추이를 보면 2011년 44억 달러에서 2013년 61억 달러 규모로 성장하였다.

가스·비전통 에너지 관련 메탄석탄층(coal-bed methane, 이하 CBM)은 세계 60여 개국에 약 25조 톤이 부존되어 있으며, LNG로 환산할 경우 약 800억~1,400억 톤으로 추정된다. 대표적인 CBM 생산국인 미국은 2007년 기준으로 610억 m^3(2.15 Tcf)을 생산하여 미국 내 천연가스 공급량의 10% 이상을 차지하고 있다.

세계 오일샌드 전체 시장은 2011년에 249억 달러 수준으로 현재 개발 및 투자의 대부분인 전 세계의 약 76% 수준을 캐나다가 점유하고 있으며, 이후 베네수엘라, 미국 등의 순으로 시장이 형성되어 있다.

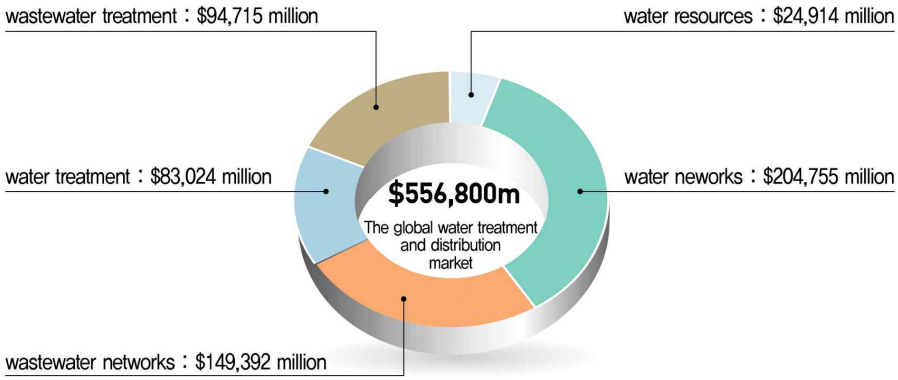


그림 2-3-1. 세계 수처리 및 공급 시장 (2013) (출처: Global Water Intelligence (GWI), 2013)

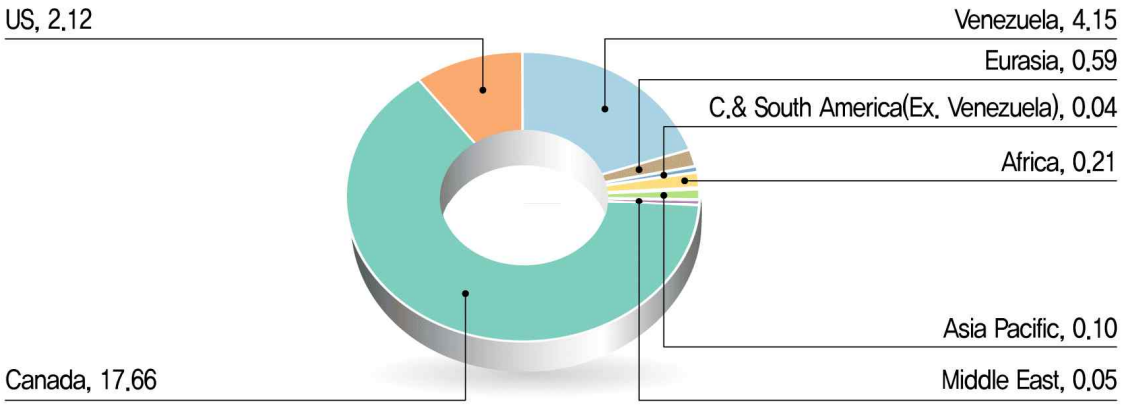


그림 2-3-2. 세계 오일샌드 시장
(출처: Visiongain, 세계 오일샌드 주요국가 시장 가치(십억 달러)(2011))

전 세계 미발견 석유자원의 43%, 가스자원의 58%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있다. (United States Geological Survey 2012) 2013년 세계 자원 탐사 및 개발(생산) 시장 지출은 6,440억 달러 수준으로 2012년 대비 7%가 증가하였다(Cambridge Energy Research Associates, CERA upstream cost index, 2000-2012 (2013)).

현재 전 세계적으로 건설 중이거나 계획이 수립된 파이프라인은 188,030km 규모로 추정된다. 북미, 동유럽에 건설예정이 약 84,000km, 아시아 국제 가스배관 건설계획 연장이 약 75,000km로 동토 지역에 건설될 가스 이송망의 시장규모는 약 477조원에 이를 것으로 추정된다(Pipeline & Gas Journal (2013)). 미국은 2008년 Trans-Alaska 파이프라인 건설 프로젝트를 착수하여 2016년 착공을 목표로 중소형 프로젝트를 수행 중이며, 건설예산 280억 달러 이상의 Alaska Natural Gas Transportation Project를 진행 중이다.



그림 2-3-3. Alaska Natural Gas Transportation Project

2012년 말 기준, 세계 수소시장은 총 438억 달러 규모로 추산된다. 세계적으로 매년 5,000만 톤 정도의 산업용 수소가 소요되며, 산업용 유통량은 208억 달러 규모이다(한국에너지, 2014). 글로벌 건설 시장은 2022년까지 연평균 4.1% 증가할 것으로 전망된다(IHS Global Insight). 에너지플랜트는 3.9% 증가하여 13,550억 달러 수준으로, 산업플랜트는 4.1% 증가하여 11,150억 달러 수준으로, 화공플랜트는 4.4% 증가하여 1,570억 달러 수준으로, 석유화학 플랜트는 2.3% 증가하여 920억 달러 수준으로 증가할 것으로 전망된다.

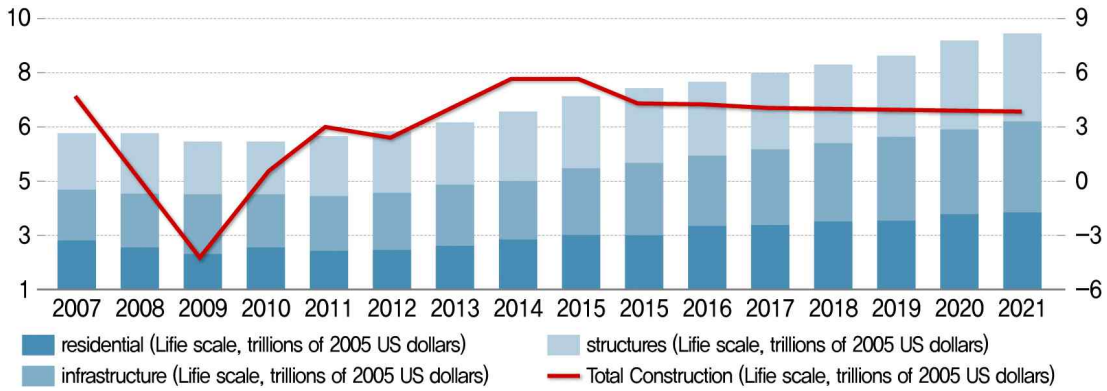


그림 2-3-4. Global Construction Outlook (출처: IHS Global Insight)

IIR, BMI report에 따르면 세계 플랜트건설시장은 2015년까지 아시아·태평양 지역을 중심으로 지속적인 성장이 전망된다.

○ IIR, BMI report (십억 달러): (2011) 948 → (2012) 989 → (2013) 1,042 → (2014) 1,115 → (2015) 1,183

세계 수자원 개발 분야 투자규모는 2013년 299억 달러에서 2018년 442억 달러로 48% 성장할 것으로 전망되며, 그 중 담수화 시장의 경우 2013년 62억 달러에서 2018년 152억 달러(약 2.5배 규모)로 크게 성장할 것으로 전망된다. 글로벌 에너지 수요는 2010년부터 2035년까지 연평균 약 1.2% 내외의 성장률을 유지하면서 지속적으로 증가할 전망이다. 2035년까지 원전 및 수력, 풍력 등 신재생에너지의 수요가 증가하며, 전통에너지 중 석탄 및 원유의 수요는 감소하나 가스 수요는 증가할 것으로 전망된다.

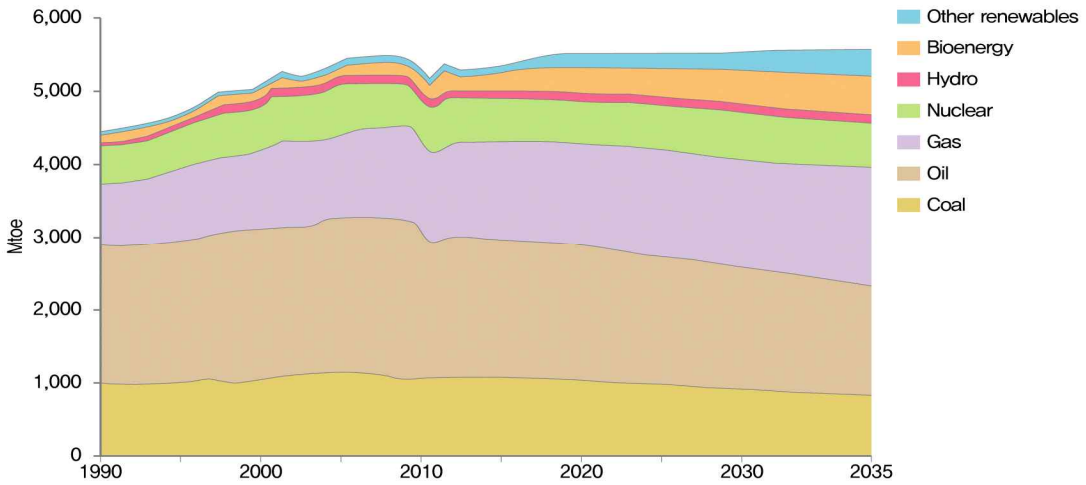


그림 2-3-5. 글로벌 에너지 수요 전망 (출처: World Energy Outlook 2012, IEA))

발전연료 중 화석연료의 비중은 감소하나 석탄은 미래에도 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다. 석탄가스화 공정의 가용도가 80% 이상으로 확보가 가능함에 따라 2000년대 들어와 대규모 석탄가스화 및 복합발전플랜트의 건설이 증가 추세에 있다.

세계적으로 오일샌드는 베네수엘라, 캐나다 앨버타주와 사스카치안(Saskatchewan)주에 대규모로 부존되어 있다. 세계적으로 2010년까지 23개 오일샌드 프로젝트에 490억달러 투자되며, 2015년 386만배럴이 생산될 예정이다.

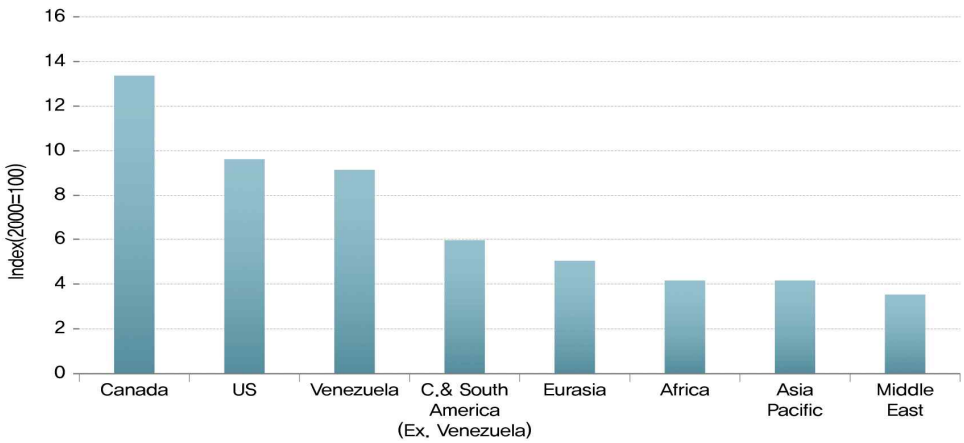


그림 2-3-6. 세계 오일샌드 시장 연평균 성장률 (2011-2021) (출처: Visiongain)

2013년 이후 각국의 셰일가스 개발이 확대될 경우, 2035년 무렵 세계 천연가스 생산의 9%를 점유할 전망이다. (IRS글로벌, 2013년 셰일가스보고서) 중국 국가에너지청(NEA)은 12차 5개년 셰일가스계획(2012.3)에서 2015년경 셰일가스 생산목표를 6.5bcm로 설정하고, 2035년 가스생산의 62%를 셰일가스가 차지할 것으로 전망하였다. 유럽은 환경문제로 셰일가스 개발에 부정적이나, 석유회사를 중심으로 개발을 추진하여 2015년까지 유럽소비의 6%를 공급하고 2020년까지 25% 수준으로 증산할 계획이다.

전세계 석유 및 가스 파이프라인 시장규모는 지속적으로 성장하여 2022년 1,053억 2천만 달러 규모가 될 것으로 예상된다(Visiongain, The Oil & Gas Pipelines Market Analysis 2012-2022(2012)).

나. 국내 플랜트 분야 시장동향 분석

한국건설협회 자료에 따르면, 국내 플랜트 건설시장의 규모는 2012년도에 12조 6,938억원이었다.

○ (2006) 54,931 → (2007) 78,116 → (2009) 94,453 → (2010) 95,843 → (2011) 95,950 → (2012) 126,938 (한국건설협회 2013, 억원)

전체 건설시장에서 플랜트건설부문은 9.5%를 점유하며, 공종별 점유율은 건설 59.5%, 토목 28.9%, 플랜트 9.5%, 조경 2.1%이다. 플랜트 종류별로는 하·폐수 종말처리장 2조 1625억원, 쓰레기 소각시설 7,211억원, 발전소 2조 6,004억원, 에너지 저장시설 1조 2,203억원, 산업생산 3조 3,324억원, 기타플랜트 설치 2조 6,569억원이다(대한건설협회 2013, 종합건설업통계 2012).

전체 플랜트건설 관련 기업 중 중소기업은 2,907개사로 95.9%를 차지하고 있으나 하도급 수행 업체에 불과하다(한국엔지니어링협회, '2014 엔지니어링 통계편람'). 플랜트 건설사업 실적은 전년대비 32.3% 증가 추세이고, 쓰레기 소각시설을 제외한 플랜트 설치, 산업생산, 하·폐수 종말처리장 등 전반적으로 호조를 보이고 있다(대한건설협회, '2012년도 민간건설백서'(2014)).

국내업계의 플랜트 분야 주요 사업은 해외에서 창출되고 있다. 한국플랜트산업협회에서 취합한 국내업계의 해외수주가 600억불을 넘긴 2012년도와 2013년도 자료에 따르면, 2013년도에는 발전, 해양, 오일/가스 분야가 전체 수주액의 84.7%를 차지하였고 5억불 이상 대형 프로젝트가 전체 수주 84.4%를(537억불) 점유한 바 있다. 10억불 이상 규모 프로젝트가 60.6%에 달하기도 했다. 이러한 대형 수주가 2015년도에 여러 국내기업의 실적 악화로 이어진 바 있는데, 이는 플랜트 산업과 기술에 대한 경험과 지식, 인력 등 모든 면에서 충분히 대비가 있지 못한 데 기인한다.

표 2-3-2. 국내 해외플랜트 설비분야별 2012-2013년도 수주 실적과 점유율 (출처: 국가지표체계-경제-플랜트수주동향, http://www.index.go.kr)

구분		2012년(누계)		2013년(누계)		증감율(%)
		실적(백만불)	점유율(%)	실적(백만불)	점유율(%)	
계		64,759	100.0%	63,676	100.0	△1.7
설비	발전/담수	19,367	29.9	17,504	27.5	△9.6
	해양	21,785	33.6	18,166	28.5	△16.6
	Oil&Gas(육상)	10,196	15.7	18,263	28.7	79.1
	석유화학	8,161	12.6	5,191	8.2	△36.4
	산업시설	4,932	7.6	4,184	6.6	△15.2
	기자재	318	0.5	368	0.6	15.7

표 2-3-3. 국내 해외플랜트 규모별 2012-2013년도 수주 실적 (출처: 국가지표체계-경제-플랜트수주동향, http://www.index.go.kr)

구분	'12년(누계)		'13년(누계)		
	실적(백만불)	점유율(%)	실적(백만불)	점유율(%)	증감율(%)
5억 미만 프로젝트	12,337	19.1	9,955	15.6	△3.5
5억 이상 프로젝트	52,422	80.9	53,721	84.4	3.5
계	64,759	100	63,676	100	

2. 국내외 플랜트 분야 기술 동향 분석

가. 담수화 기술 동향 분석

2007년 이전 역삼투막은 8 inch 모듈이 시장지배적인 상황이었으나 2010년 들어 싱가포르에서 16 inch 모듈이 파일럿 플랜트에서 검증된 이후로 점차 확대되고 있는 상황이다.

현 에너지 회수장치 효율은 압력교환 타입기준으로 95% 이상으로 극대화된 상황으로 효율성 면에서는 한계에 달하여 새로운 공정 개발을 모색 중이다. 프라운호퍼 태양열 에너지 시스템 연구소(Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems)에서는 독립적 전력 공급을 통한 분산된 소형 막 증발 방식의 수처리설비를 개발 및 시험에 성공하였다.

압력지연삼투(pressured reverse osmosis)의 경우 미국, 유럽, 싱가포르 등지에서 막의 제조 및 막의 성능 평가가 이루어지고 있다. 막증발법(membrane distillation)은 현재 기업과 연구소를 중심으로 기술이 개발되고 있으며, 크게 소재와 공정개발 분야로 크게 구분되고 있다. 소재 부분은 막증발법에 적용되는 모듈을 개발하기 위한 부분으로 투과율(flux)의 증대와 열손실을 최소화 하는 형태로 기술개발이 되고 있다. 공정 부분은 에너지원 확보 측면에서 태양열 및 폐열을 활용하는 방법과 함께 열손실 저감 및 효율 향상을 위한 AGMD(Air Gap MD), VMD (vacuumed MD) 등의 다양한 공정 개발을 추진 중이다.

GWI에서는 주요 연구개발 주제를 스케일 형성, 전처리 시스템, 복합방식, 에너지 회수, 대용량 및 고 투과성능 등으로 분석하고 연구방향을 다음과 같이 제시하고 있다.

- ○ 스케일링 방지제(anti-scalant) 개발과 더불어 역세척과 화학적 세정에 의한 파울링(fouling) 저감기술 개발이 필요하다. (운영기술 개발)
- ○ 역삼투(reverse osmosis)를 위한 표준 전처리 공정은 없으나, 한외여과막(Ultrafiltration membrane) 공정을 표준화하는 경향이다.
- ○ 기존 역삼투 방식에서 정삼투 방식을 결합하는 복합방식으로 변화하면서 에너지에 대한 효율성 증대를 위한 회수기술 접목 추세이다.

나. 가스·비전통 자원화 기술 동향 분석

가스 분야는 천연가스 액화 및 전환, 저장 및 공급 기술 위주로 초저온 액화 및 저장 용량을 증가하는 추세로 기술개발이 진행되고 있다. 혼합냉매를 사용하는 응용공정, 연산 500만톤 이상의 단일 트레인 등을 개발하여 적용하고 있다. LNG 저장탱크는 기존 지상식 강재 탱크방식에서 멤브레인 방식으로 대체되고 있으며 용량을 20만㎘급 이상으로 대형화하는 추세로 상대적인 시공비 절감에 목적이 크다. LNG 플랜트에 있어서 중심이 되는 액화공정은 C3MR 공정이 세계시장의 84%를 점유하고 있으나 향후 신기술 개발로 감소할 것으로 예상된다. 가스 플랜트 주요 기자재로 압축기, 열교환기, 터보 익스팬더(turbo expander), 펌프, 가스 개질기 등이 있으며, 기술개발 동향은 주로 성능향상과 컴팩트한 외관 사이즈에 있다.

오일샌드 플랜트 건설 기술의 발전 동향은 현장 제작, 시공방식에서 공장제작-모듈운송 후 조립하는 모듈방식 설계/시공으로 발전하고 있다. 높은 인건비, 저온 공사환경에 따른 현장 품질 생산성 저하 등으로 모듈러 건설로 전환 중이다. 오일샌드 채굴기술은 최근 환경 및 효율적인 생산을 위하여 다양한 지하회수법이 개발되어 적용되고 있다. 중점적으로 개발되는 기술로

는 지하에서 오일을 직접 회수하는 지하회수기술과 역청을 일반경질유로 바꾸는 개질기술이 주류를 이루고 있다.

다. 자원 이송 및 순환 기술 동향 분석

동토지역에서 자원이송망 건설 생산성 제고, 비용의 최소화를 위해 시공자동화, 맞춤형 건설기계장비, 신뢰성 기반의 시공계획 등에 관한 기술이 개발되고 있다.

초장거리 파이프라인 현장수동 용접에 따른 연결부 품질편차, 작업시간 등 개선을 위하여 파이프 정렬관련 장치 집적화를 통한 작업시간 개선 기술과 정량적 품질확보를 위한 고효율 용접자동화 기술 등이 개발 중이다. 파이프라인의 매설시 긴 구간에 파이프 안착에 소요되는 인력, 정밀도 제고를 목적으로 자동화 시스템 도입이 추세이다. 석유류와 가스류의 이송망 설치 방식은 초기투자비용, 운용성 등을 고려하여 고상식과 매립식이 개발되어 적용되고 있다.

수소네트워크분야는 1980년대 중반 독일에서 수소 기술개발계획이 발표된 후 1990년대 미국, 1993년 일본이 대규모 수소에너지 개발 프로그램(WE-NET, World Energy NETwork) 을 시작하였다. 수소네트워크의 핵심기술은 수소의 생산, 이송, 저장, 공급 기술로서 기존 관망 및 저장 방식, 소재의 적용에 제한이 있어 장기적인 투자가 요구되는 분야이다. 수소 생산기술은 물을 전기분해하는 방식이 대표적이며, 이의 대량생산을 위한 원자력 발전 이용, 바이오/미생물을 이용한 대체 생산기술 등에 관한 연구가 추진되고 있다. 수소 저장 또는 탑재기술은 기존 고압가스 방식과 액화방식, 합금저장방식 등이 개발되고 있으나 경제적 수준에서 적용에 한계가 있다. 수소 이송/운반기술은 단기적으로 트레일러, 장기적으로는 파이프라인이 유력하다.

폐기물의 소각처리 기술은 크게 직접 소각방법, 열분해 방법, 건류화 방법의 세 가지 기술로 분류되며, 1990년대 말 이후에는 열분해 가스화 및 용융 등의 신기술이 개발되고 있다. 최근 10,000℃ 이상의 고온 상압의 플라즈마를 이용한 폐기물 열분해 용융기술이 개발되어 적용되고 있다. 슬러지 투기금지 등 국제규약에 따라 관련 기술의 개발의 증가하고 있으며, 기존 지상식 습식산화기술에 비하여 획기적인 에너지 절감 효과가 있는 대심도 방식 반응기에 관한 연구가 증가 추세이다.

라. 플랜트 건설 지원 인프라 기술 동향 분석

플랜트 설계단계에서 시공 및 운영 단계에서 발생할 수 있는 다양한 문제점들을 미리 도출 및 분석하여 설계오류 검증, 비용 감소/공기 단축 등을 목적으로 하는 가상현실 기반의 설계 협업 시스템이 개발되고 있다. 위치 및 지리정보 기반의 시공계획/관리 시뮬레이터, 가상현실 기반의 플랜트 공정 시스템 실시간 운영 시뮬레이터 기술이 개발되고 있다. 최근 개발되고 있는 작업자훈련시스템(OTS)은 가상·증강현실 기술을 이용한 몰입형 3D 환경을 작업자(제어실, 현장)에게 제공하고 협업 및 정보 공유가 가능하며, 동적 공정 시뮬레이션과 사고 시뮬레이션의 연계를 통하여 이상상태 발생 시 훈련 기능까지 확장되고 있다.

마. 기후변화 대응 기술 동향 분석

기후변화에 대응하는 R&D는 미국, 일본, EU에서 가장 활발히 해오고 있고, 최근 중국이 활발한 노력을 보이고 있다. 물론 한국도 여러 정부부처에서 다양한 기후변화 대응과 온실가스

저감을 위한 기술개발을 해오고 있지만 실용적 성과는 아직 미흡한 형편이다.

미래 기후변화 대응 기술개발의 중점을 어디에 둘 것인가는 매우 중요한 선택이다. 먼저, 어느 산업분야에서 많은 온실가스가 발생하는가를 살피고 가장 효과적으로 많은 양의 온실가스를 저감할 분야를 선택해서 집중하는 방안이 고려될 수 있다.

미국의 2012년 온실가스별 배출비중과 각 산업별 발생 비중을 보면, 전력 부분에서 가장 많은 32%가 발생되고 자동차 이용이 많은 국가인 만큼 교통부분에서 28%를 차지한다. 따라서 미국은 전력 부분에서 온실가스를 줄이기 위해 CO_2 포집저장(CCS)에 많은 투자를 하고 있고 교통부분에서는 전기자동차 및 연비기준 강화 등 정책을 취하고 있다.

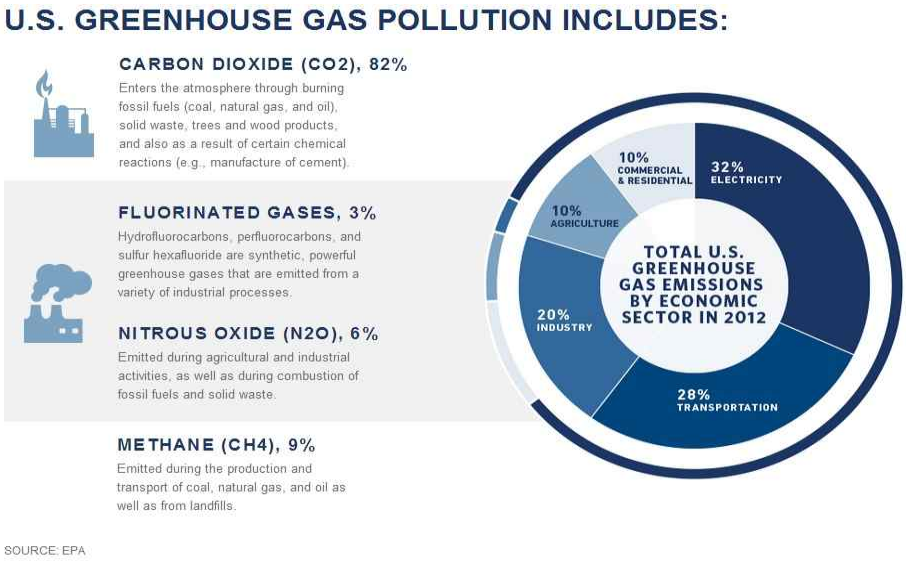


그림 2-3-7. 미국의 2012년 기준 온실가스별 비중과 산업별 발생 비중

유럽연합(EU)은 온실가스를 20%씩 각 회원국들이 2020년까지 저감토록 하고 있으며, 유럽연합의 재생가능에너지 비율 20%를 2020년에 도달키 위한 각 회원국의 할당비율을 만족하도록 하고 있다. 유럽연합은 2011년 2월에 2050년까지 1990년 대비 80%의 온실가스 저감을 공표한 바 있다. 최근 경제가 안 좋은 상황에서 상당한 지연이 예상되나 미국과 마찬가지로 큰 방향은 설정되어 변경은 없을 것으로 예상된다.

2014년 5월에 발표된 세계 국가/지역별 배출권거래제 해당 산업과 총배출량에서 배출권거래제가 차지하는 비중에 대한 세계은행 보고서 자료를 보면, 유럽연합은 산업/항공/전력 분야에서 총 발생량의 45%를 배출권거래제를 통해 거래하면서 온실가스 저감을 추진하고 있으며 한국도 2015년부터 전체 발생량의 60%를 산업과 전력 분야에서 거래를 통해 저감을 시도하고 있다. 배출권거래제의 대상인 분야는 발생량이 많은 분야들로서 산업, 전력, 항공, 교통, 주택, 운송 등이 대상이다. 이들 분야들에서 온실가스를 저감시킬 수 있는 경제적이고 실용적인 기술개발이 제공되어야 하지만 아직 누구도 기술 측면에서 만족할 성과를 보이지 못하고 있다. 대부분 가격이 비싸고 운영비가 많이 들며 신뢰도가 낮은 경우가 많아 이들 부분에 대한 기술개발이 필요하다. 시장 자체의 기능만으로는 아직 경제성을 확보하기 어렵기 때문에 정부의 정책과 지원이 필요한 것이며, 각국이 자국의 기술개발과 실증에 지원을 하고 있는 배경이기도 하다.

국내에서 환경부는 2011년 기후변화대응 환경기술사업의 영역을 아래와 같이 도출한 바 있다. '기후변화 대응 통합관리 공공기술'과 '환경부문 온실가스 감축 및 모니터링 사업화 기술'의

2 분야에 대해 아래와 같이 중점기술을 기획하였다.



그림 2-3-8. 환경부의 2011년 기후변화대응 R&D 분야 도출 과정
(출처: 환경부 기후변화대응 환경기술개발사업 기획보고서, 2011/02)

교육과학기술부에서 2009년에 발표한 기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜에 제시된 중점기술 36개는 아래와 같다. 또한, 국가과학기술위원회는 2009년 1월에 녹색기술 연구개발 종합대책상 27대 중점 녹색기술을 제시한 바 있다.

중점 기술 (36)	- 결정질 실리콘 태양전지 - 실리콘 박막 태양전지 - 유기소재(유기고분자 염료감응) 태양전지 - 인공광합성에 의한 액체연료 제조 - 해상 풍력발전 - 수송용 바이오 연료 - 목질계 바이오매스 - 고분자폐기물 열분해유화 - 가연성 폐기물 가스화 - RDF발전 - 수송용(PEMFC, MCFC) - 발전용(MCFC, SOFC, PAFC) - 수소 제조·저장 - IGCC(석탄가스화복합발전) - 소듐냉각고속로(SFR) 기술 - 원자력 수소 생산기술 - 화석연료대체 원자력 고온열 이용 기술 - 사용후 연료 수송/저장 기술 - 고효율 단열·공조 기술	- 차세대 조명 기술 - 열변화·전력변화 소자 개발 - 고성능 발전/전동기 기술 - 고효율 반응분리 기술 - 차세대 연소 기술 - IT연계 수송 시스템 기술 - 엔진효율 및 연비향상 기술 - 연소후 CO_2 포집 기술 - 연소전 CO_2 포집 기술 - 연소중 CO_2 포집 기술 - 기후변화메카니즘 연구 - 지구시스템모델 개발 - 온실가스 추적시스템 개발 - 생태환경 영향평가 - 해양환경 영향평가 - 농/임업 적응부문 - 수산업 적응부문

그림 2-3-9. 기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜에 제시된 중점기술 36개
(출처: 교과부, 2009/01)

대분류	중분류	소분류
에너지원기술 (input)	재생에너지	실리콘계 태양전지
		비실리콘계 태양전지
		바이오에너지
	원자력/핵융합	개량형 경수로
		고속로
		핵융합
	수소·연료전지	수소에너지
		연료전지
	작물 에너지	친환경 식물성장
에너지 고효율화기술 (process)	화석연료 활용성 향상 및 고효율화	IGCC
	전력 효율성 향상	조명용 LED
		지능형전력망(전력IT)
		2차전지
산업·공간의 녹색화 기술 (process)	수송부분 효율성향상	지능형 교통물류
		고효율 저공해 차량
	녹색국토	도시재생
		친환경 건축
	친환경 제조공정/소재 효율성 향상	그린 프로세스
환경보호·자원순환기술	기후변화예측 및 영향평가	기후변화예측
		지구환경변화 영향평가·적응
	대기오염 모니터링 및 제어	CO_2 포집저장처리
		Non-CO_2 모니터링 및 처리
	수질환경	수계수질 관리
		대체수자원 확보
	폐기물	폐기물 저감
	환경보건	유해성 물질
무공해산업경제 활동지원기술	CT, 소프트기반 IT, 지식서비스 등	가상현실

그림 2-3-10. 녹색기술 연구개발 종합대책상 27대 중점 녹색기술 (출처: 국과위, 2009/01)

2014년 4월에 관계부처 합동으로 제시된 국가중점과학기술 전략로드맵(안)에서 과학기술 기반 경제 부흥과 국민 삶의 질 향상을 위한 5개 분야 120개 전략분야 중 30개 기술에 대한 전략로드맵 수립을 목표로 제시한 바 있다.

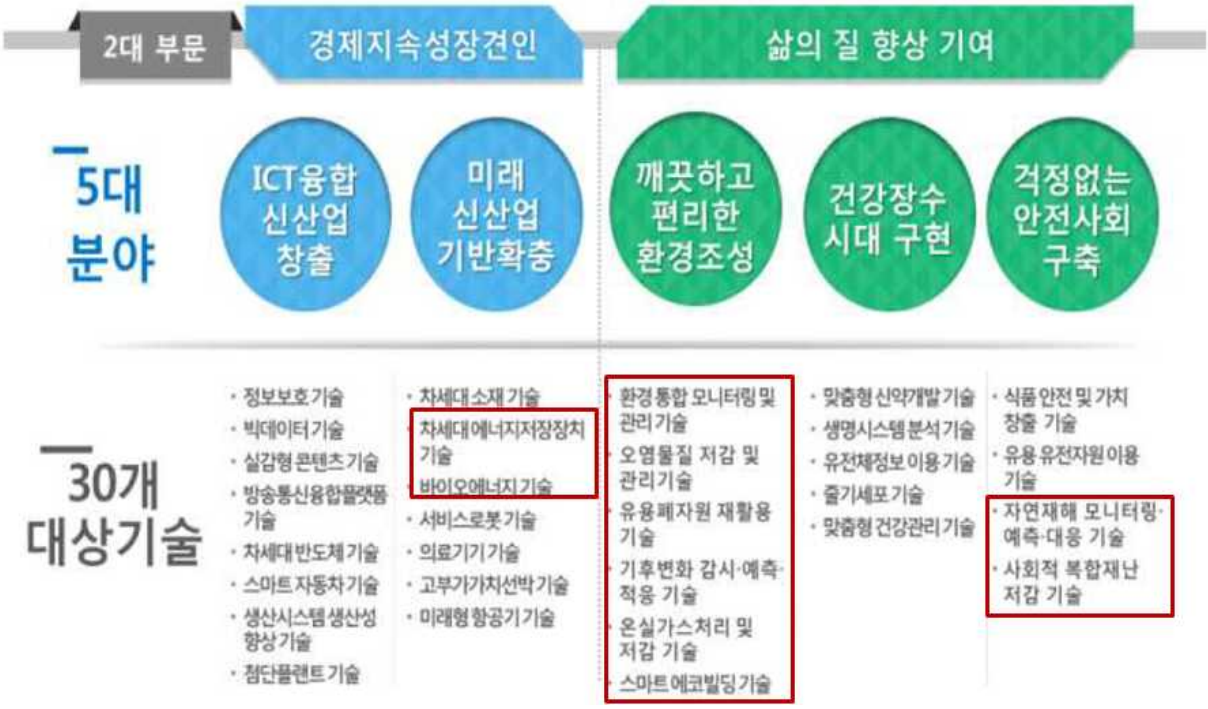


그림 2-3-11. 국가중점과학기술 전략로드맵(안)에 제시된 30개 대상기술 중 본 사업과 관련된 10개 중점기술 (출처: 국과과학기술심의회 자료, 2014/04)

한국은 2020년 온실가스 배출전망치 대비 30%를 저감하기로 한 계획 이행을 위한 세부 산업별 감축로드맵을 아래와 같이 제시하고 있다.



그림 2-3-12. 한국의 국가 온실가스 감축로드맵 주요 내용

바. 차세대 화력발전 기술 동향 분석

석탄을 사용하는 기존의 화력발전 기술은 2015년 12월 파리 COP21 회의 이후 CO_2 대응측면에서 매우 불리한 상황이 되고 있으며 미국 등에서는 값싼 천연가스 등 요인으로 석탄화력 신규건설이 2015년 동안 전혀 없었다. 최근의 이 분야 기술동향을 요약하면 다음과 같다.

○ CO_2 대응 차세대 석탄화력발전 기술의 필요성 부각
- 신규 석탄화력에 대해 CO_2 발생 기존 대비 50% 이상 저감 의무화 추세가 미국과 유럽연합(EU)에서 이미 시작. 한국도 향후 탄소세 도입 및 CO_2 발생량 규제에 대비가 필요
  - 미국: 캘리포니아주는 2007년부터 석탄화력발전 CO_2 발생허용량을 500g-CO_2/kWh로 규제, 오바마 정부는 석탄화력 CO_2를 2005년 대비 2030년까지 30% 감소 발표 (2014. 6)
  - EU: 석탄화력발전 CO_2 발생허용량을 미국 캘리포니아와 같은 500g-CO_2/kWh로 정하고 석탄화력 CCS에 10억유로 배정(2008. 10)하여 12개 화력발전 연계 CCS 프로젝트 지원 예정으로 2014년 3개 프로젝트 진행 중
  - 중국: 2016년부터 CO_2 배출 절대량 규제 발표 (2014. 6)

○ 고효율 차세대 화력발전기술 시장 본격화
- 저유가 지속에 따른 기존 석탄화력 기술의 확대 대신 고효율화 추진
- 기존 석탄화력 발전기술을 대체할 차세대 신기술로서, 석탄가스화 복합발전(IGCC/IGFC 포함), 초초임계(USC :Ultra Supercritical) 기술과 극초임계(HSC, Hyper Supercritical) 기술 개발 중(EU, 일본, 미국)
- 2020년에 발전효율 45~50%급 고효율 발전소를 상용화하는 프로젝트 추진 중(EU)

유럽연합에서는 2020년까지 CO_2 배출이 없는 청정 화력발전소 개발을 위한 HypoGen 프로젝트 추진하고 있다. 목표는 화석연료의 탈탄화(Decarbonization), CO_2의 지질학적 저장, 전기와 수소생산이 적용되는 최초의 대규모 실증설비 건설이다.

차세대 화력발전 기술개발에는 일본이 산학연 협력체계를 구성하여 가장 적극적으로 대응하고 있다. 일본 정부는 2002년 에너지기본법, 2003년 기본에너지계획, 2004년 장기에너지전망 계획을 바탕으로 2004년부터 고효율 청정화력발전에 대한 2030년까지의 기술개발 로드맵을 수립하여 지금까지 지속적으로 추진 중이며, 자국 상용기술(USC, IGCC 등)의 세계 시장 진출을 적극 지원하고 있다. 일본 NEDO는 Clean Coal Technology R&D를 지원하여 CO_2 배출을 최소화하는 고효율 CO_2 포집 기술을 개발하고 있다. 또한 석탄발전 효율 향상 활동을 통해 현재 발전효율 약 41%(HHV, net)를 기록하고 있는 USC(Ultra Super Critical) 기술과 병행하여, IGCC와 IGFC의 기술 개발을 촉진하고 있다.

구체적으로는 발전효율 50%대 석탄화력 발전기술 확보를 목표로 CoolGen (석탄IGCC + CO_2 포집 + 연료전지) 프로젝트(2012-2022년)를 아래와 같이 진행 중이다.

○ Osaki CoolGen Corporation社(Chugoku Electric Power 50% + Electric Power Development 50%)는 IGCC + CO_2 Capture와 IGFC 실증을 위해 히로시마 Osaki 근처에 167 MW 플랜트를 건설 진행 중임

일본은 이외에도 EAGLE(Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity) 프로젝트를 통해 150 톤/일 규모의 산소공급 분류층 가스화기 및 주변 기술을 개발하였고, '13년까지 CO_2 포집 기술 개발 완료를 목표로 진행 중이고, 석탄가스화복합발전(IGCC) 경우에는 일본은

500 MW급 발전소를 2020년대 초반에 후쿠시마에 건설을 추진 중으로 USC에 이어 IGCC, IGFC도 장기적으로 일본기술이 국제적인 경쟁력 구현 가능성 높다.

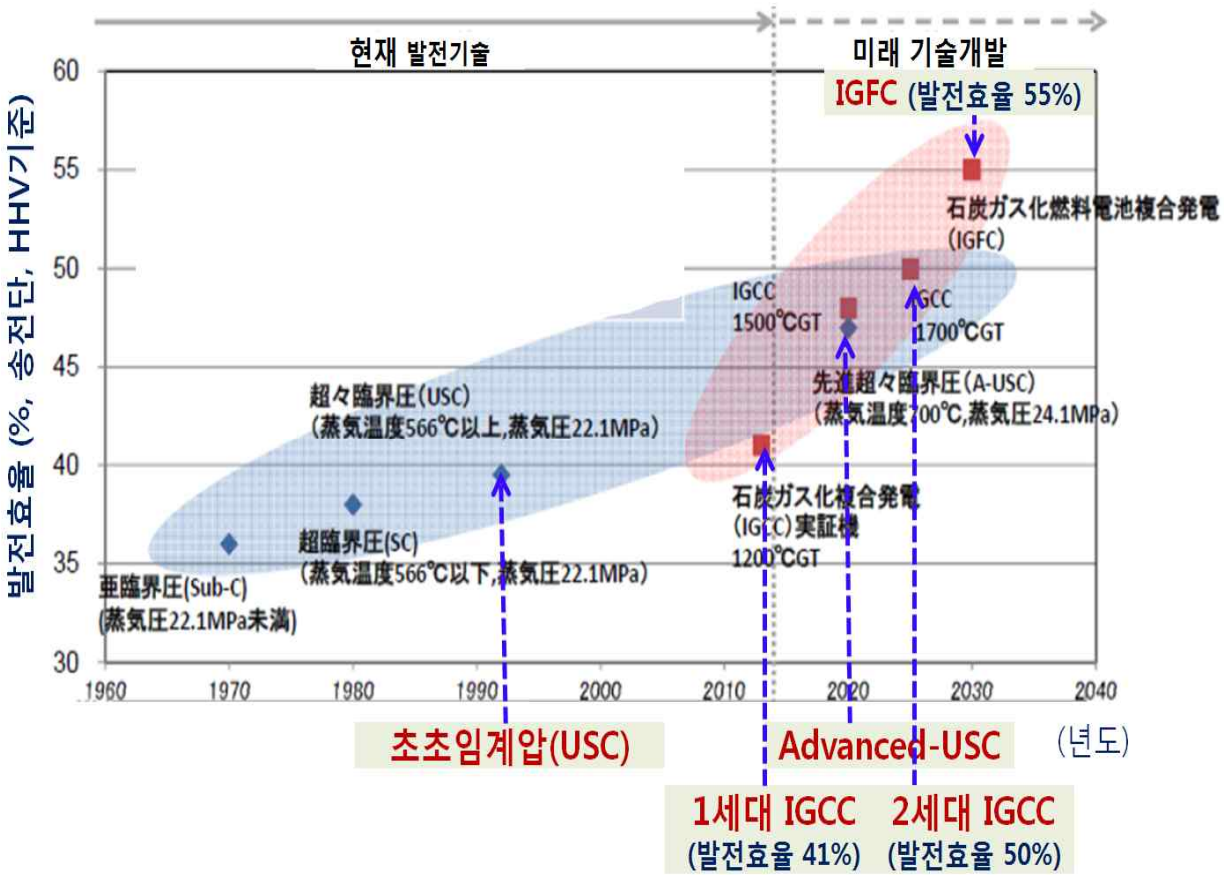


그림 2-3-13. 일본의 석탄화력분야 효율향상 기술 전략 (출처: 國立研究開發法人 新エネルギー・産業技術總合開發機構, “火力發電技術(石炭,ガス)の技術開發の現狀“, 次世代火力發電協議會 (第 1 回會合) 資料 2 -1, 2015.06)

3. 국내외 플랜트 분야 정책 동향 분석

가. 국내 플랜트 분야 정책 동향 분석

국내의 플랜트분야 정책동향을 요약하면 다음과 같다.

표 2-3-4. 국내 플랜트 분야 정책 동향

정책 분야	정책 내용	정책 사례
해외수주지원	자원개발+인프라 건설 패키지딜 진출 지원, SOC 개발경험 전수와 시장 개척 연계	
	공적개발원조(ODA) 지원을 신흥시장 개척과 연계, 중점 개척시장 다변화 및 진출지원 강화, 해외진출 기업 보호를 위해 관련 협정의 제·개정 추진	해외건설 지원 종합대책(2008년), 플랜트 수출확대 및 경쟁력 제고방안(2009년), 해수담수화플랜트 산업 육성 방안(2010년), 해외건설 현황 및 활성화 방안(2010년), 해외건설 인력 확충 방안(2012년)
연구개발 투자	2006년 이후 시장성이 높은 선진국 추격형 핵심기술(해수담수화 RO공정, LNG 액화기술 등)을 선정하여 연구개발 및 실증 지원	플랜트기술고도화사업 출범(2006년~2015년, 국토부) 플랜트엔지니어링원천기술개발사업(2010년~, 산업부)
중소기업 지원	통합 정보제공 기능 강화, 해외 건설 인력 지원, 투자개발형 프로젝트 금융지원 강화	
	해외벤더등록 지원사업 강화 및 국산 기자재 사용 확대를 통한 수익성 증대	해외건설 지원 종합대책(2008년), 해외건설 현황 및 활성화 방안(2010년)
전문인력 양성	단기 직무과정 지속, 원전 시공인력 양성 확대, 해외현장 OJT* 채용연계 강화, 실무학기제 도입 등	OJT(On-the-Job Training), 해외건설 지원 종합대책(2008년), 해외건설 인력 확충 방안(2012년)
금융지원	'글로벌인프라펀드(GIF) 타당성조사' 지원 대상사업 발굴(2013.2, 국토해양부) 등 해외투자 개발형 사업 집행 확대	해외건설 지원 종합대책(2008년), 해외건설 현황 및 활성화 방안(2010년)

총 270억 달러 규모 UAE 원전 수주를 비롯하여 2009년 이후 해외 플랜트건설 수주가 350억 달러 이상 지속 유지하는 등 해외 플랜트건설 세계 7위권을 달성하였다.

○ (2006) 109억 달러 → (2009) 354억 달러 → (2011) 433억 달러 → (2012) 395억 달러

양적인 성과는 괄목할 만하나 질적인 측면에서 과잉 경쟁 등에 따른 수익성 악화 문제가 대두되었다.

시장성이 높은 선진국 추격형 핵심기술(해수담수화 역삼투공정, LNG 액화기술 등)을 선정하여 연구개발 및 실증을 지원하였다. 하지만, 설계, 해석, ICT 융합, 교육훈련, 정보지식, 사업다각화, 사업모델, 국내외 네트워크 교류 등 플랜트 산업 생태계 조성이 미흡하며, 일반건설과는 차별화된 정책방안 마련 및 추진이 필요하다고 인식되고 있다.

나. 국외 플랜트 분야 기술개발 정책동향 분석

(1) 국외 신재생에너지 플랜트 기술 로드맵

세계 지역별 지열 발전 로드맵이 수립되었다. 2015년 전세계 발전 용량의 0.4%를 지열이 차지하고 있지만, 2050년에는 2.8%를 지열로 하겠다는 목표이다.

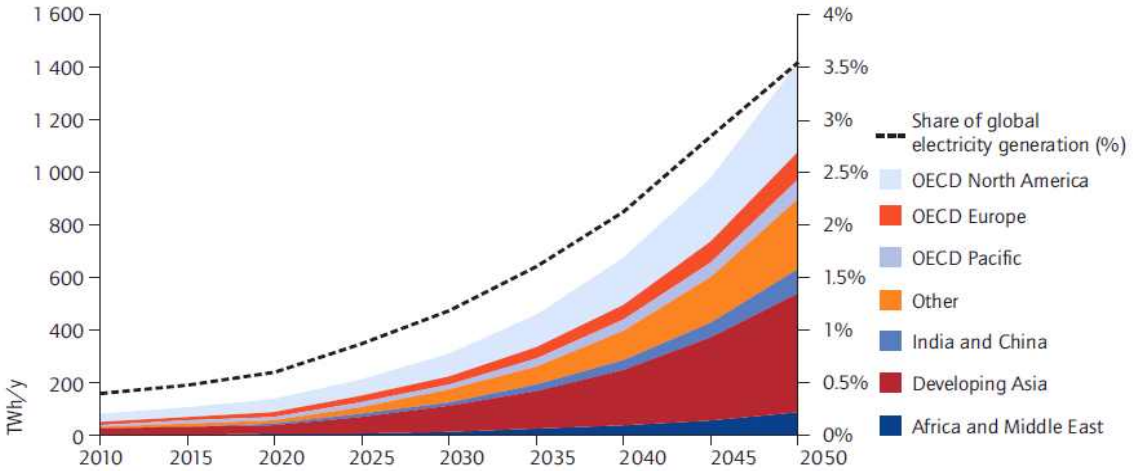


그림 2-3-14. Roadmap Vision of Geothermal Power Production by Region (출처: International Energy Agency, Technology Roadmap Geothermal Heat And Power, 2011. 5)

유럽의 태양열 발전 기술 로드맵에서는 2020년까지 발전 및 유지보수 비용을 20% 감소시키고, 발전 효율을 20% 상승시키며, 저장 및 하이브리드화 성능을 20% 상승시키고, 물 사용량과 토지 사용량을 크게 감소시키는 계획을 수립하였다.

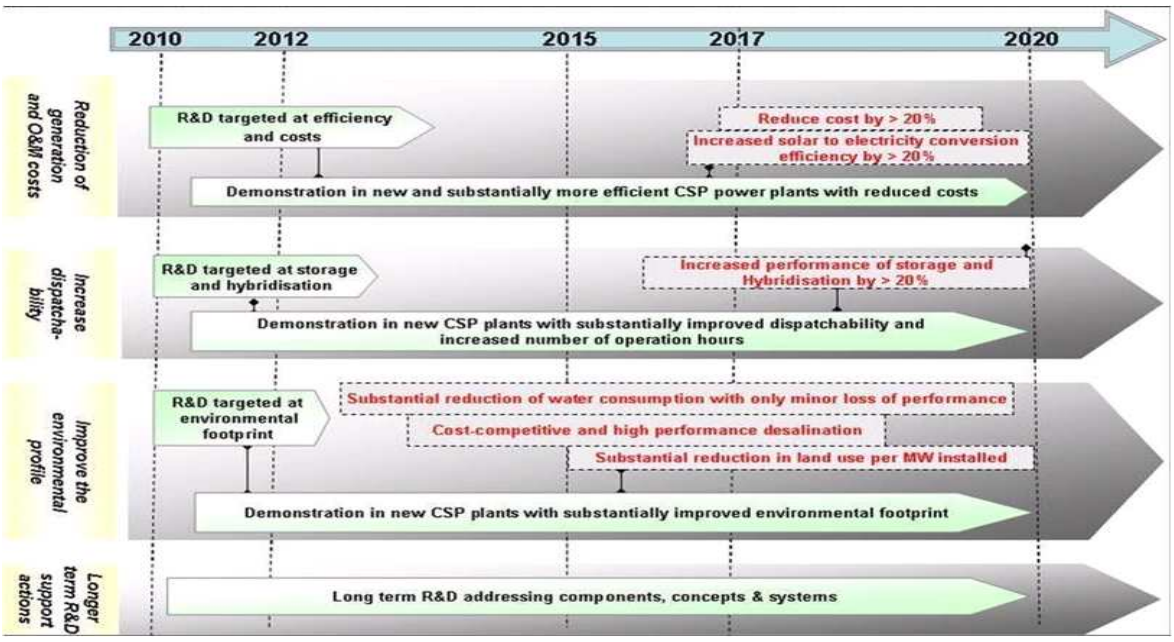


그림 2-3-15. EU Concentrating Solar Power Technology Roadmap (출처: European Industrial Initiative on Solar Energy, Roadmap)

유럽에서는 2010년~2020년 풍력 발전 로드맵을 수립하였다. 2020년까지 20 MW급 터빈 프로토타입을 완성하고, 5개의 테스트 설비와 5개의 실증 설비를 구축하며, 4개의 해양 구조물을 환성하며, 2개의 전력망 통합용 운전 사이트를 구축하는 계획들이 포함되어 있다.

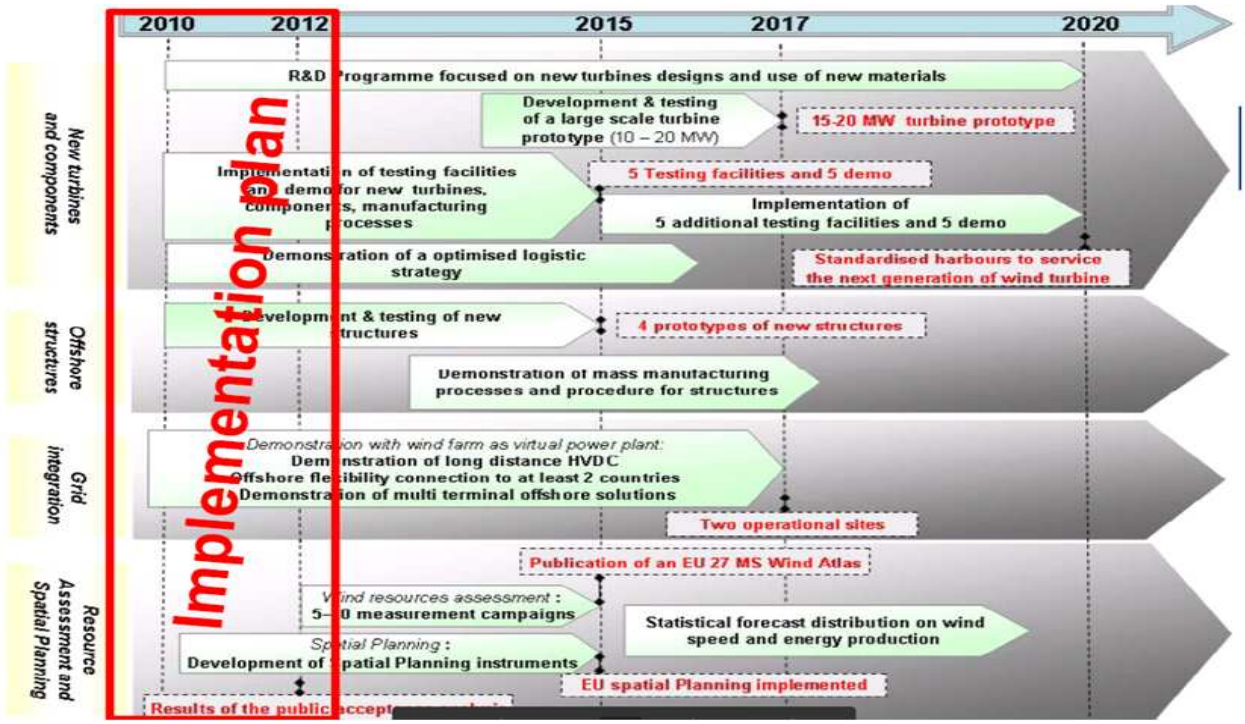


그림 2-3-16. EU Wind Energy Technology Roadmap (출처: European Wind Energy Technology Platform, Wind Energy Technology Roadmap, 2010. 7)

사우디아라비아의 신재생에너지 로드맵에서는 2032년까지의 목표 용량을 다음과 같이 설정하였다(태양광: 16 GW, 태양열: 25 GW, 풍력: 9 GW, 폐기물: 3 GW, 지열: 1 GW).

유럽의 수소 비전에 따르면, 2050년까지 신재생에너지로부터 직접 수소를 생산하여 탄소가 없는 수소 사회를 만들고 항공 연료로서 수소를 사용하는 수소 중심 경제를 구현하겠다는 로드맵을 수립 제시하였다. 유럽의 수소 로드맵에서는 정치적, 사회경제적 이슈로서, 유럽의 수소 연료 시장 점유율을 2015년 2%에서 2020년 5%까지 높임으로써, 수송과 관련하여 노동/복지 분야에 큰 영향을 미치기 시작할 것이라고 예측하였다.

2040년에는 수소가 에너지로서의 대중적인 신뢰를 확보할 것이며, 수소 생산 방법도 물의 전기화학적 분해, 생물학적인 공정, 원자력 열-화학적 물 분해 등으로 다양화될 것이라고 예측하였다. 수소의 수송, 저장, 변환 분야에서도 다양한 발전이 이루어 질 것이며, 수소 활용 분야에서는 유틸리티 시스템, 연료/발전 통합시스템 등으로 발전될 것으로 전망되었다.

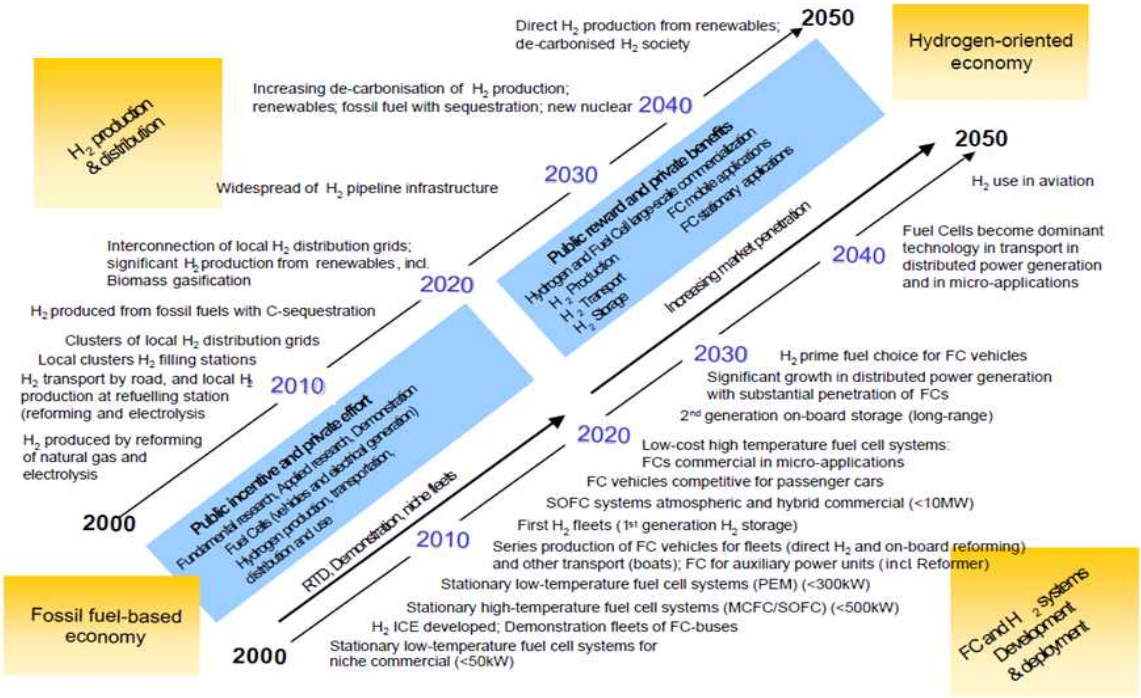


그림 2-3-17. European Hydrogen Vision

(출처: European Commission, Hydrogen Energy And Fuel Cells, 2003)

일본 NEDO에서는 2040년 이후까지의 수소 에너지 및 연료전지 기술 로드맵을 구축하였다. 활용, 수송, 저장, 생산 등 모든 단계에서의 기술을 시장 중심 supply chain 관점에서 로드맵을 구축하였다.

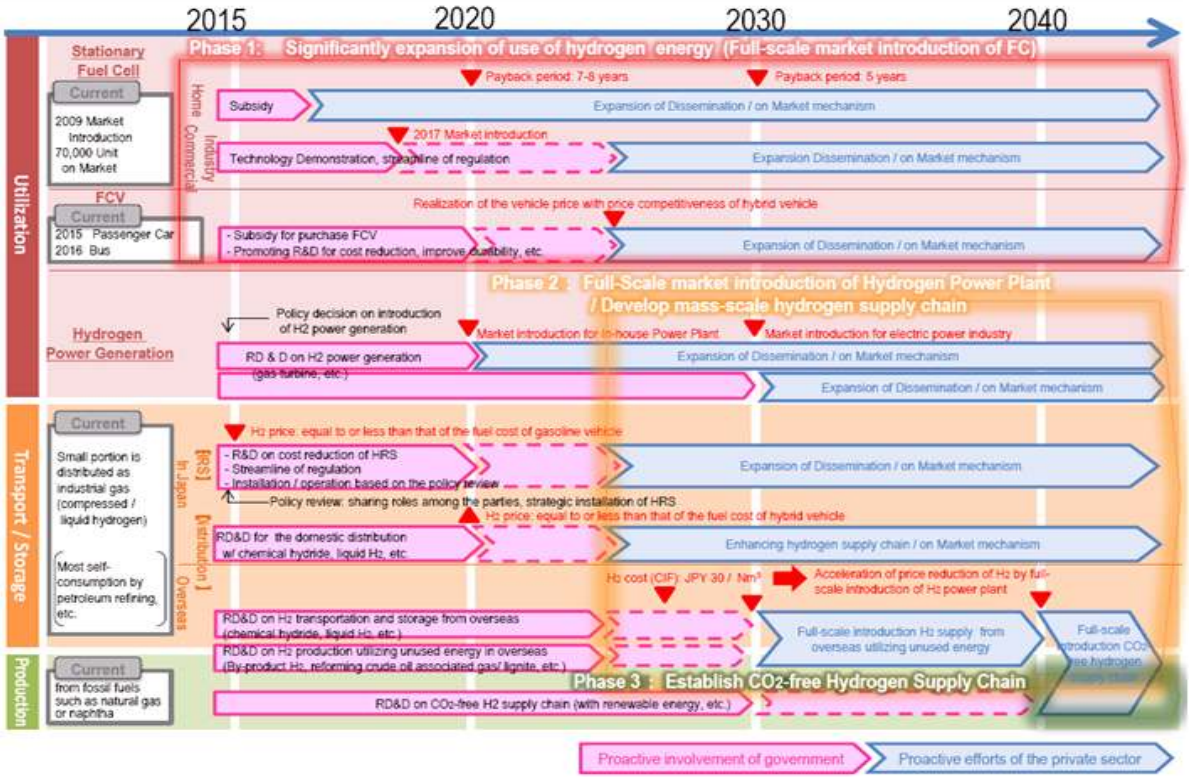


그림 2-3-18. 일본 수소 에너지 및 연료전지 기술 로드맵 (출처: NEDO, 2014)

(2) 국외 해양 플랜트 기술 로드맵

유럽에서는 해양 신재생에너지 기술 로드맵을 수립하였다. 해양 에너지 분야에서는 2030년까지 100 MW 규모를 확장시키는 프로젝트를 완료하고, 고정형 및 부유식 해양 풍력 발전 분야에서는 2030년까지 100 MW 규모 확장 프로젝트를 완료하는 목표를 설정하였다.

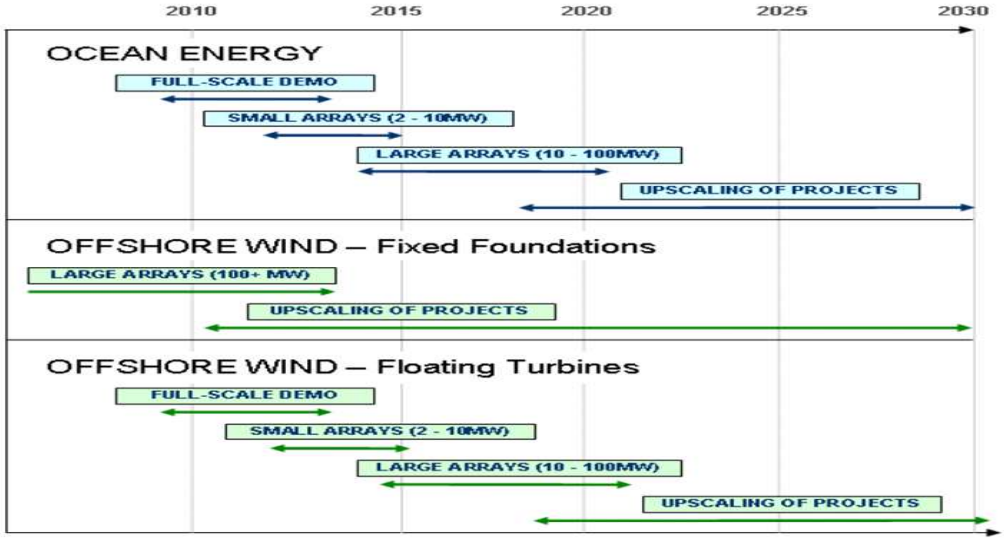


그림 2-3-19. EU's Projected Offshore Renewable Energy Deployment Timeline (출처: ORECCA, European Offshore Renewable Energy Roadmap, 2011. 9)

해양 풍력 발전 기자재와 시스템 실증 분야에서는 2030년까지 6 MW 이상급의 터빈 시스템을 완료하고 향후 2050년까지 3세대 시스템 최적화를 추진하며, 부품 분야에서는 150m 이상의 대규모 블레이드, 심해 콘크리트 기초, 초전도 마그넷, 제어시스템 등을 개발하는 내용들이 포함되어 있다.

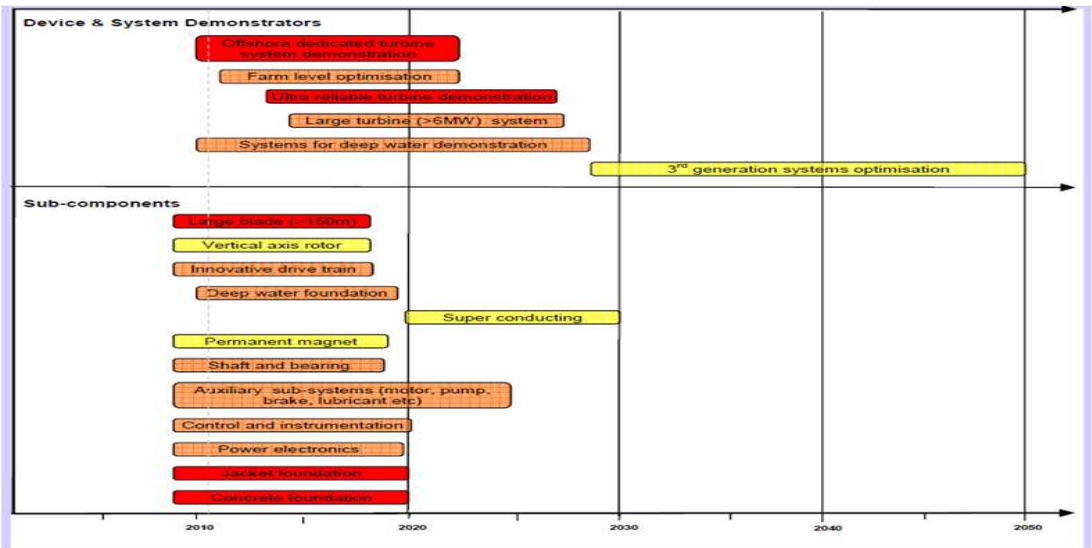


그림 2-3-20. EU's Device & System Demonstrators and Sub-components Timeline for Offshore Wind Sector (출처: ORECCA, European Offshore Renewable Energy Roadmap, 2011. 9)

(3) 국외 바이오에너지 플랜트 기술 로드맵

유럽의 2025년 및 2050년까지의 바이오에너지 기술 로드맵에서는 유체 연료 및 화학 물질의 가스화와 바이오메탄 및 합성 가스 연료의 가스화를 2021년까지 완료하고, 가축 배설물로부터 에탄올과 알콜 생성 공정을 2021년까지 완료하며, 바이오매스로부터의 탄화수소 생성과 바이오에너지로부터의 수송 연료 생산을 2024년까지 완료하는 계획을 수립하였다(그림 2-3-21). 2009년 유럽의 바이오기술 플랫폼에서는 2030년까지의 바이오매스 연구개발 및 실증 계획을 수립하였다(그림 2-3-22).

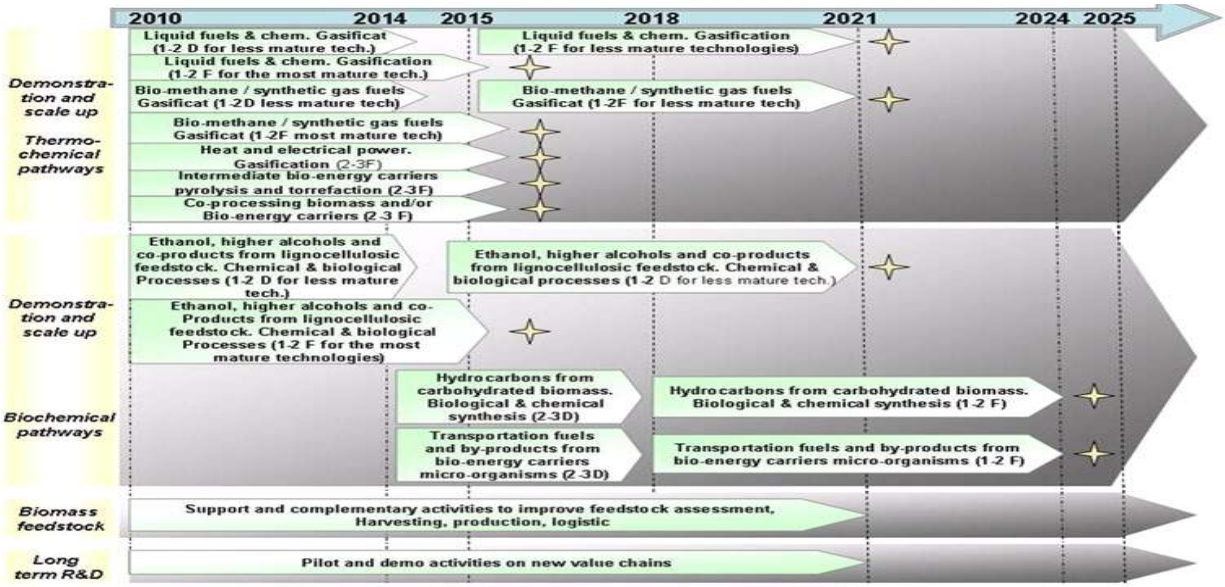


그림 2-3-21. EU Bio-energy Technology Roadmap
(출처: European Industrial Initiative on Bioenergy, Roadmap)

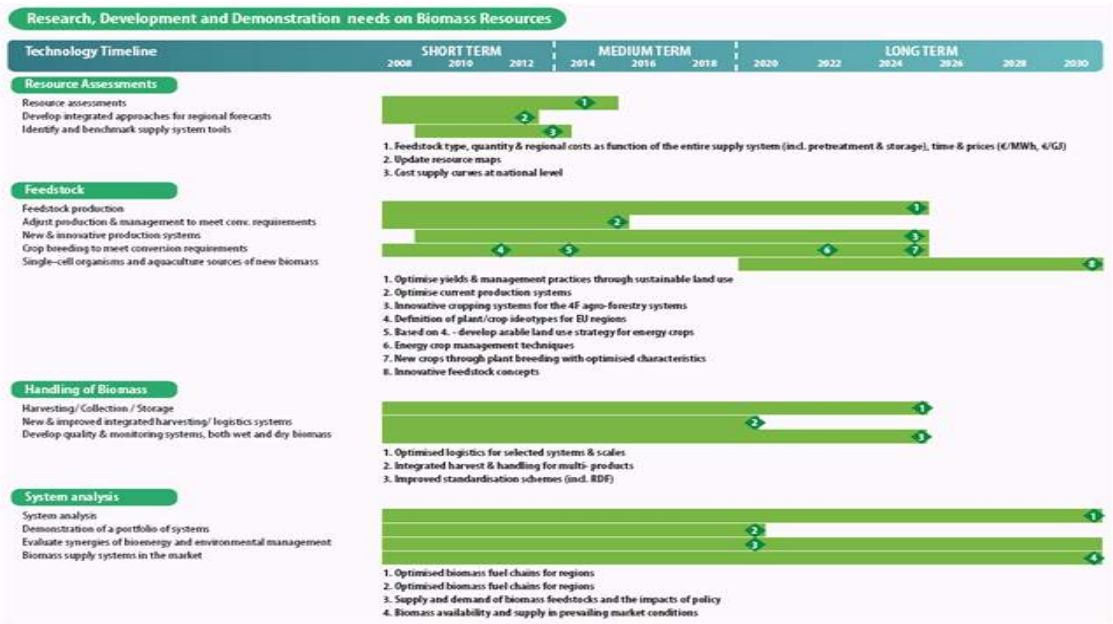


그림 2-3-22. Europe's Biofuels Technology Roadmap (출처: European Biofuels Technology Platform, Strategic Research Agenda and Strategy Deployment Document, 2008. 1)

일본에서 바이오매스의 연료화 기술은 고효율 BDF 제조, 가스화기술(목질/슬러지류), 물질·에너지 병산(코프로덕션), 가정용에너지 전환 기술로 구성되어 있고, 바이오매스의 가스화개질+전력, GTL, 수소제조가 단기-장기, CO_2 프리 수소와 카본 코프로덕션 및 연료제조와 에너지(전력, 열)의 코프로덕션이 중기-장기에 걸쳐 개발이 이루어진다.

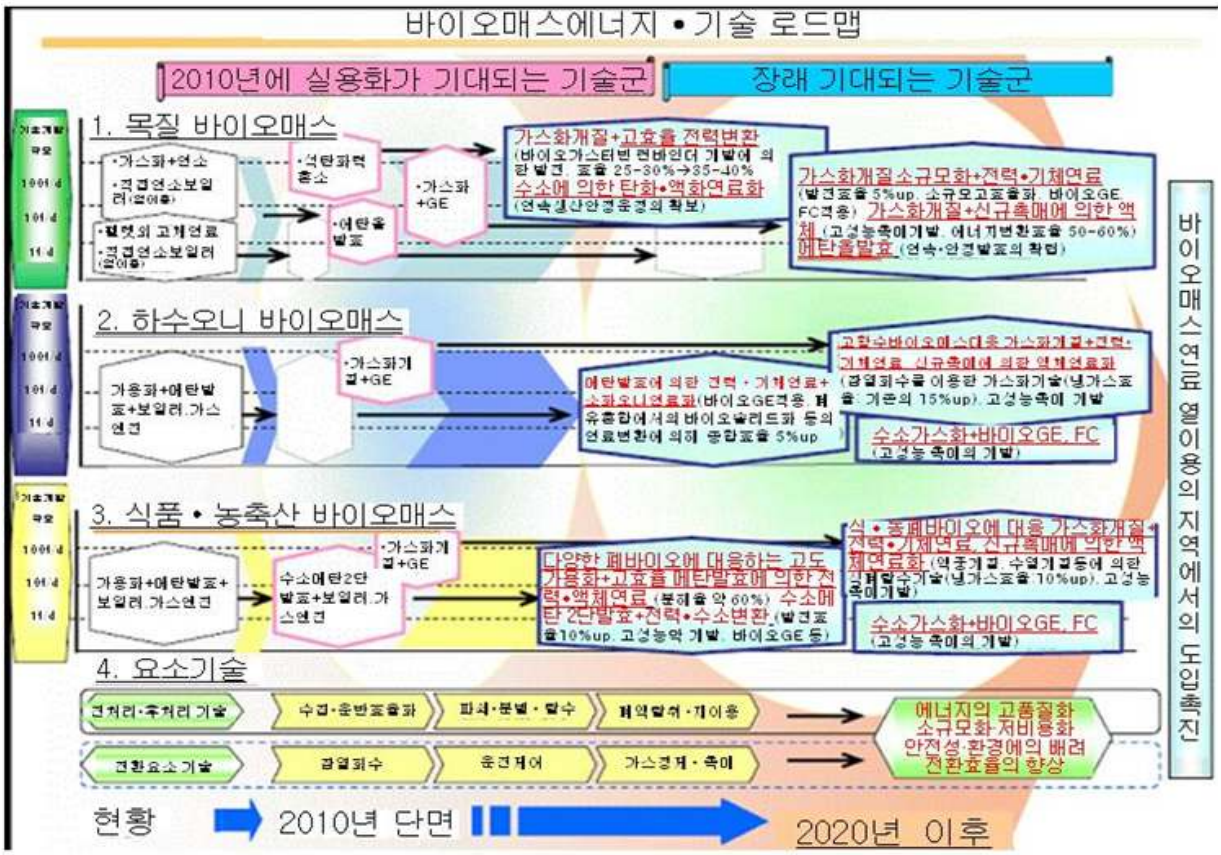


그림 2-3-23. 일본 경제산업성 바이오매스 에너지 분야 기술전략맵 (2007)

일본의 바이오매스에너지 기술로드맵에서 목질바이오매스는 단기적으로 가스화+연소, 펠렛 고체연료 직접연소, 석탄화력 혼소, 에탄올 발효, 가스화+가스엔진이 단기간에 실용화가 기대되는 기술군으로 분류되고 고효율 가스화발전, 수열 탄화·액화, 가스화+연료전지, 가스화+액체연료화가 장기적으로 기대되는 기술군으로 분류되어 있다.

바이오매스에너지 기술로드맵에서 하수슬러지는 메탄발효+전력·기체연료+소화슬러지 연료화, 고함수바이오매스대응 가스화개질+전력·기체연료+액체연료화가 중장기적으로 기대되는 기술군으로 분류되어 있다.

바이오매스에너지 기술로드맵에서 식품·농축산물은 고도가용화+고효율 메탄발표+전력·기체연료, 수소메탄 2단발효+전력·수소변환, 식품·농축산물 대응 가스화개질+전력·기체연료, 액체연료화, 수열가스화+바이오가스엔진, 연료전지가 중장기적으로 기대되는 기술군으로 분류되어 있다.

이러한 중요기술군의 전처리·후처리 요소기술은 수집·운반 효율화, 파쇄·분별·탈수, 폐액탈취·재이용이고, 전환요소기술은 잠열회수, 운전제어, 가스정제·촉매로 분류되어 있다.

(4) 국외 발전 플랜트 기술 로드맵

IEA(International Energy Agency)에서 발표한 석탄 화력 발전 기술 로드맵에서는 700℃ 기술, CCS 기술 등을 활용하여 2020년 이산화탄소 배출량을 2005년 대비 91% 감소시킬 계획이다. 에너지 효율 38%, 이산화탄소 배출량 84 g/kWh 등을 목표로 설정하였다.

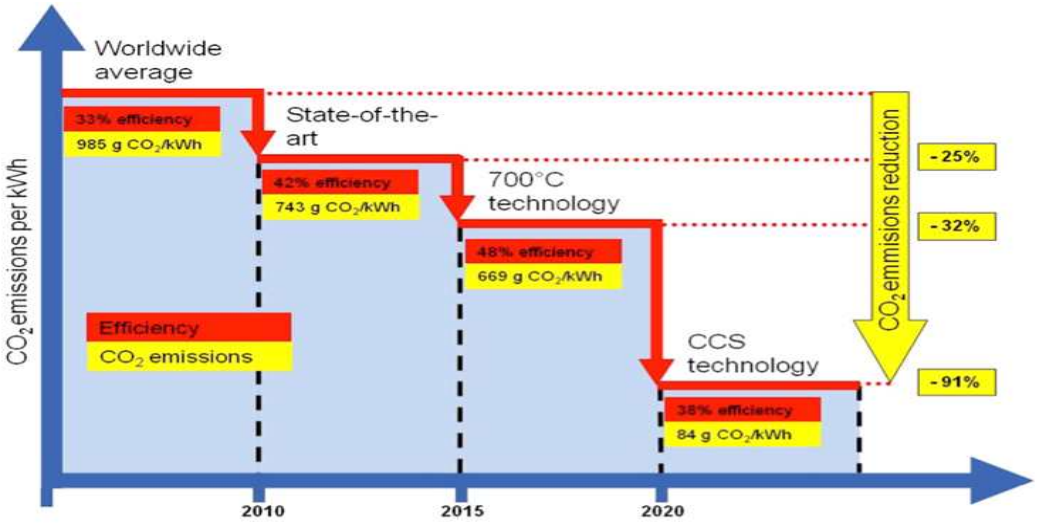


그림 2-3-24. High Efficiency, Low Emission Roadmap (Coal Thermal Power Generation)
(출처: International Energy Agency, 21st Century Coal, 2012)

일본의 Japan Coal Energy Center에서는 2010년 청정석탄 기술로드맵을 발표하였다. 2013년에는 Revision을 발표하였다. NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)가 발표한 'Technological Roadmap in the Area of Coal Usage (2012. 3)'와 기존 로드맵으로부터 28개 기술이 선정되었다. 최신 청정 석탄 기술의 목표, 용량, 개발 단계 등이 제공된다. 목적과 개발 단계에 따라 3개의 그룹으로 분류하였다.

○ 중장기 연구개발: 해결해야 할 기술적 이슈가 있는 기술
○ 경제적 향상: 기술적 난제는 없지만, 경제적 향상을 위해 추가 개발이 필요한 기술
○ 공급망 형성: 생산, 처리, 운송, 배포 등 종합적인 청정에너지 공급망 구축에 필요한 기술

일본 정부는 2030년까지 온실가스 배출량을 2013년 대비 26% 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 하지만, 현재와 같은 석탄화력 발전 방식으로는 온실가스 배출량이 많으므로 이를 근본적으로 해결하는 기술을 자체 보유하고자 하고 있다. 차세대화력발전기술을 개발하기 위하여 일본 경제산업성은 2015년 6월에 차세대 화력발전 협의회를 발족시켰다. 석탄화력발전 분야에서는 석탄을 가스화 해서 발전하는 석탄가스화복합발전(IGCC)을 2020년대 초까지, 석탄 가스화 연료전지 복합 발전(IGFC) 실증실험을 2025년경까지 완료할 계획이며, LNG 가스 화력발전 분야에서는 가스터빈과 연료전지를 결합하여 발전효율을 더 높인 가스터빈 연료전지 복합발전(GTFC) 기술을 2025년까지 확립할 예정이다. 이러한 차세대 청정석탄 발전기술 개발을 통해서 2025년에는 석탄화력 발전효율을 55%(현재 40%), LNG 화력의 발전효율을 63%(현재 약 53%)로 개선할 수 있는 기술개발을 목표로 하고 있다. 상세한 로드맵은 아래와 같다.

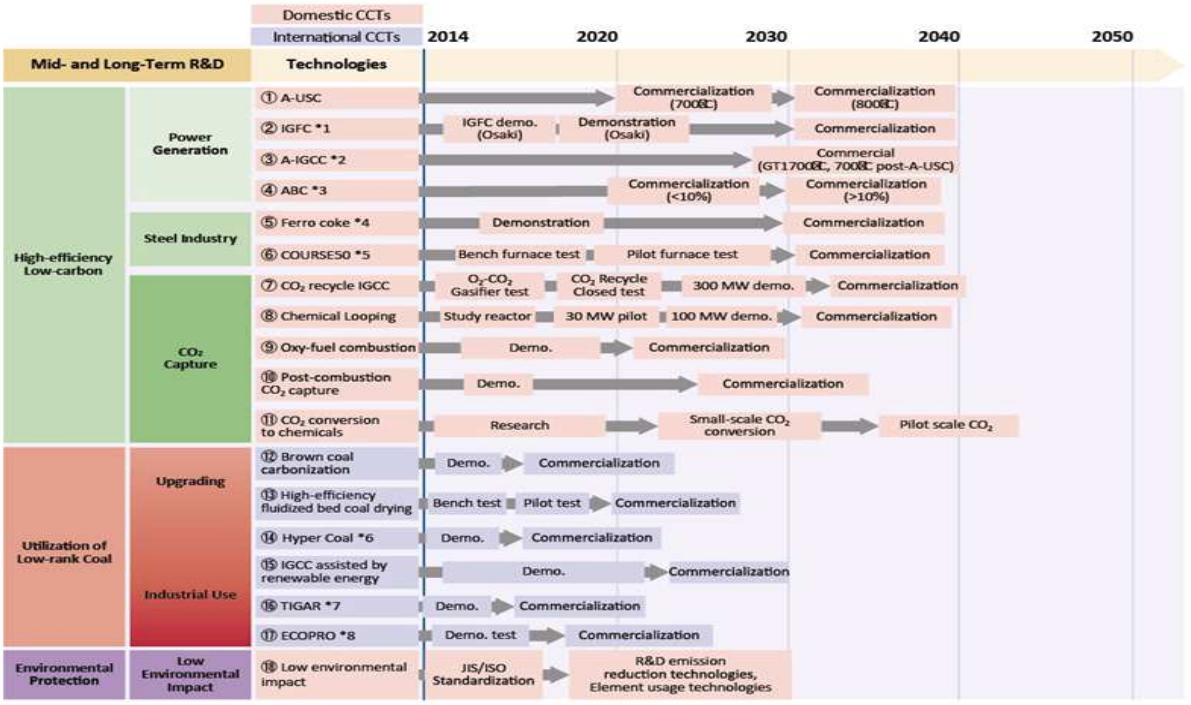


그림 2-3-25. J-Coal CCT R&D Roadmap (중장기 연구개발) (출처: Uichiro Yoshimura, Global Need for Clean Coal Technologies and J-COAL's Roadmap to Get There)

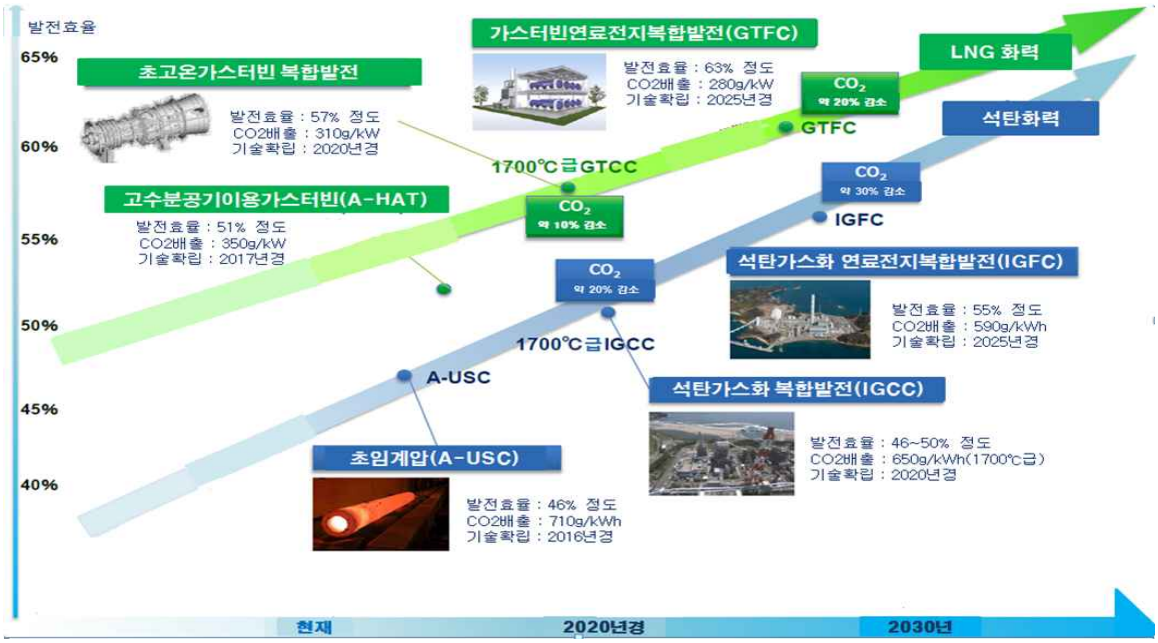


그림 2-3-26. 일본의 차세대 청정화력발전 기술 로드맵
(출처: KOTRA 오사카무역관 요약자료, 2015/7/10)

유럽연합에서 추진하는 EUROGIA2020은 1985년 시작되어 국제 프로젝트에 참여하는 기업, 연구소, 학교를 지원하여 유럽의 경쟁력 강화를 목적으로 하는 정부간 네트워크인 EUREKA의 프로젝트로서, 에너지기술 혁신을 지원한다. 특히 탄소배출 감소, 태양, 풍력, 바이오매스, 지열 에너지 등을 지원한다. EUROGIA2020에서는 오일 및 가스를 포함한 에너지 섹터별로 기술 로드맵을 발표하였다.

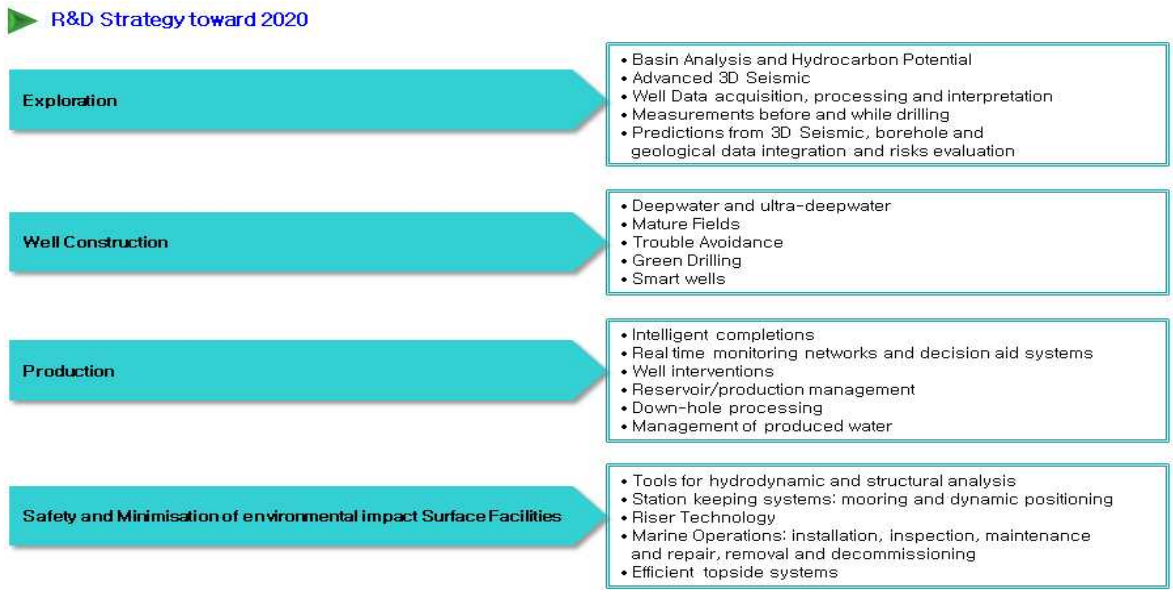


그림 2-3-27. Low Carbon Energy Technology Roadmap

(출처: EUROGIA2020 For Low Carbon Energy Technologies, Technology Roadmap, 2013. 5)

일본 경제산업성 NEDO에서는 3R, 바이오매스 에너지, 고효율 발전, CO_2 고정화/유효이용 등 분야에 대한 그림 2-3-28과 같은 2000-2050년 환경에너지/고효율 발전기술 전략맵을 발표하였다.

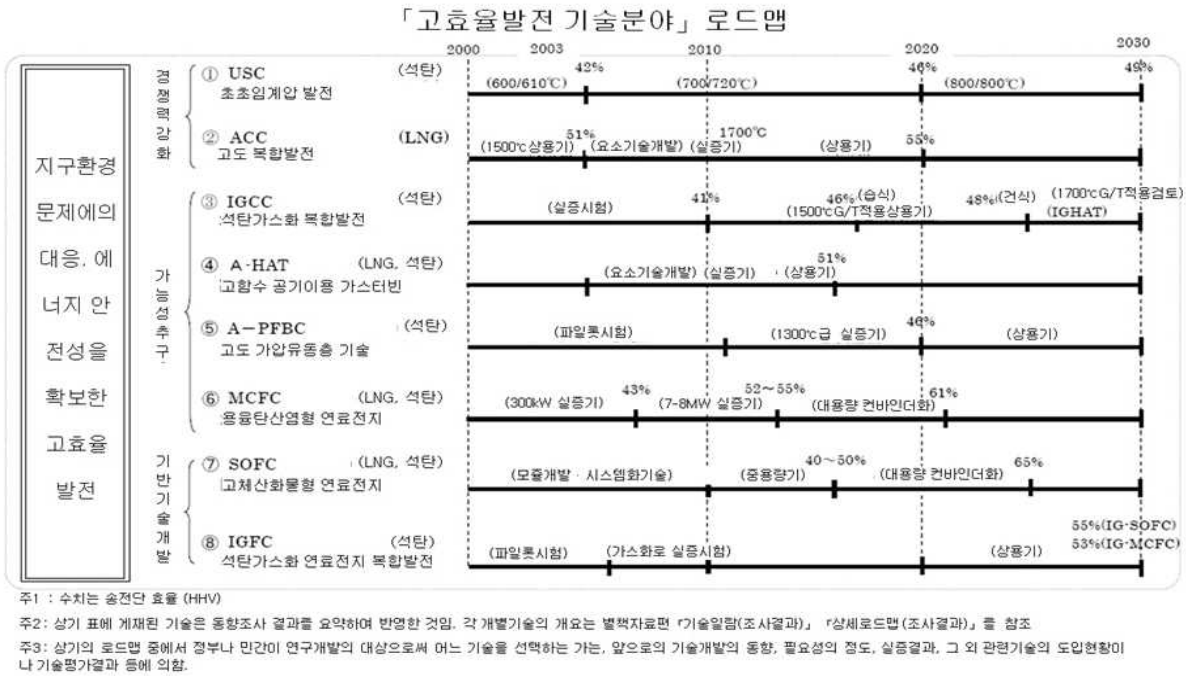


그림 2-3-28. 일본 환경에너지/고효율 발전 기술 전략맵 (출처: NEDO, 2010)

일본은 위 계획을 2015년도에 더 구체화한 기술개발 로드맵을 제시하였다.

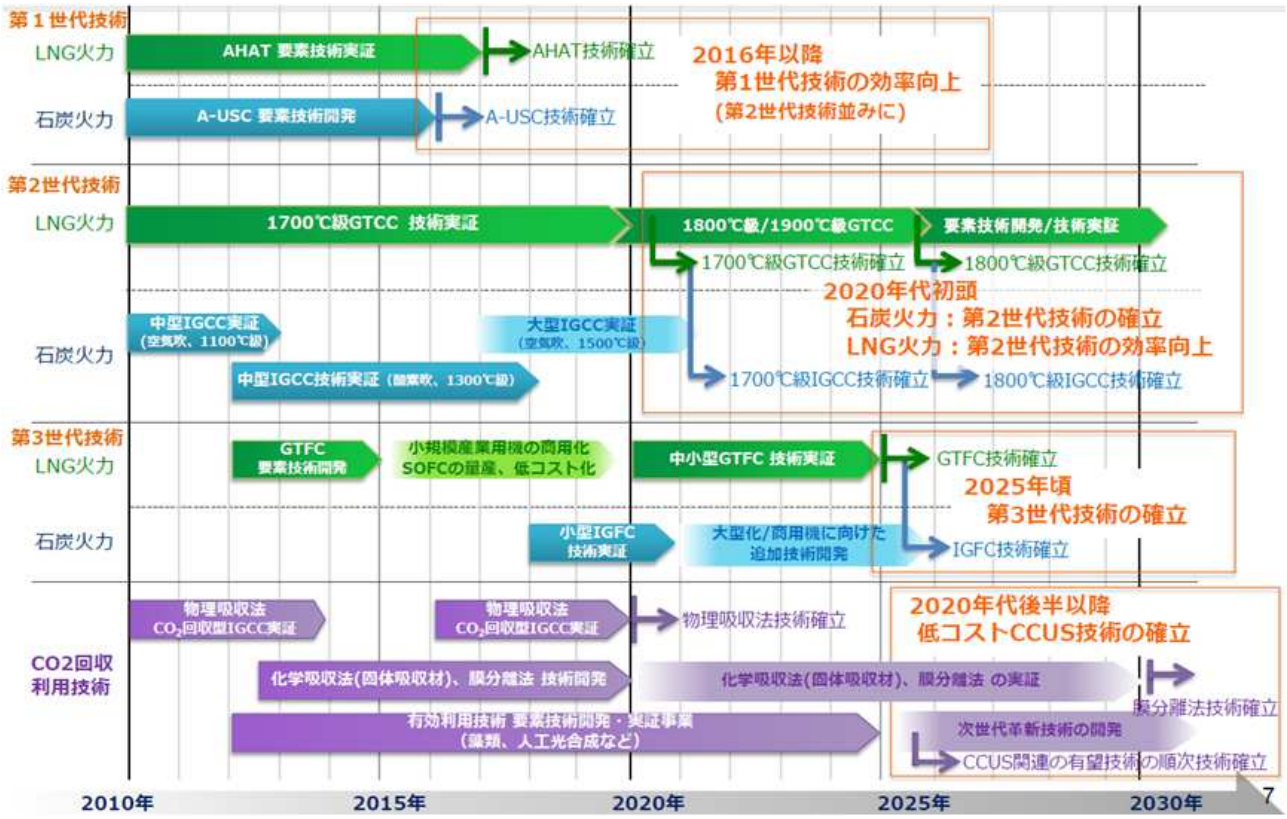


그림 2-3-29. 일본 차세대 청정화력 기술개발 로드맵

(출처: 국립연구개발법인 신에너지/산업기술총합개발기구, 차세대화력발전협의회, 2015/07)

(5) 국외 Carbon Capture & Storage (CCS) 플랜트 기술 로드맵

국제에너지기구(IEA)에서 2013년 제시한 산업분야별 CO_2 포집기술 추진 방향과 기술수준을 요약 제시하였다.

		Syngas-hydrogen capture	*Post-process capture*	*Oxy-fuel combustion*	*Inherent separation*
First-phase industrial applications	Gas processing	-	-	-	Sweetening
	Iron and steel	direct reduced iron (DRI)*, smelting (*e.g.* Corex)		-	DRI*
	Refining	-	-	-	Coal-to-liquids; synthetic natural gas from coal
					Hydrogen production
	Chemicals	-	-	-	Ammonia/methanol
	Biofuels	-	-	-	Ethanol fermentation
Power generation	Gas	Gas reforming and combined cycle	Natural gas combined cycle	Oxy-fuel combustion	Chemical looping combustion
	Coal	Integrated gasification combined cycle (IGCC)	Pulverised coal-fired boiler	Oxy-fuel combustion	Chemical looping combustion
	Biomass	IGCC	Biomass-fired boiler	Oxy-fuel combustion	Chemical looping combustion
Second-phase industrial applications	Iron and steel	Hydrogen reduction	Blast furnace capture	Oxy-fuel blast furnace	-
	Refining	Hydrogen fuel steam generation	Process heater and combined heat and power (CHP) capture	Process heater and CHP oxy-fuel	-
	Chemicals	-	Process heater, CHP, steam cracker capture	Process heater and CHP oxy-fuel	-
	Biofuels	Biomass-to-liquids	-	-	Advanced biofuels
	Cement	-	Rotary kiln	Oxy-fuel kiln	Calcium looping
	Pulp and paper	Black liquor gasification	Process heater and CHP capture	Process heater and CHP oxy-fuel	-

Legend: technical maturity of operational CO_2 capture plants to date.

Commercial | Demonstration | Pilot | Lab or concept

그림 2-3-30. IEA의 산업분야별 CO_2 포집 기술 방향과 현재 기술수준
(출처: IEA, CCS Technology Roadmap, 2013)

유럽의 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술 로드맵에서는 2015년까지 15개의 CCS 실증 플랜트 건설을 추진하며, 2020년까지 기존 기술을 활용한 CCS 생태계를 시연하고 50% 에너지 효율의 발전 플랜트 건설, 40% 에너지 효율의 CCS 플랜트 건설, 저장 사이트 지도 작성, CCS의 산업계 활용 등을 목표로 설정하였다.

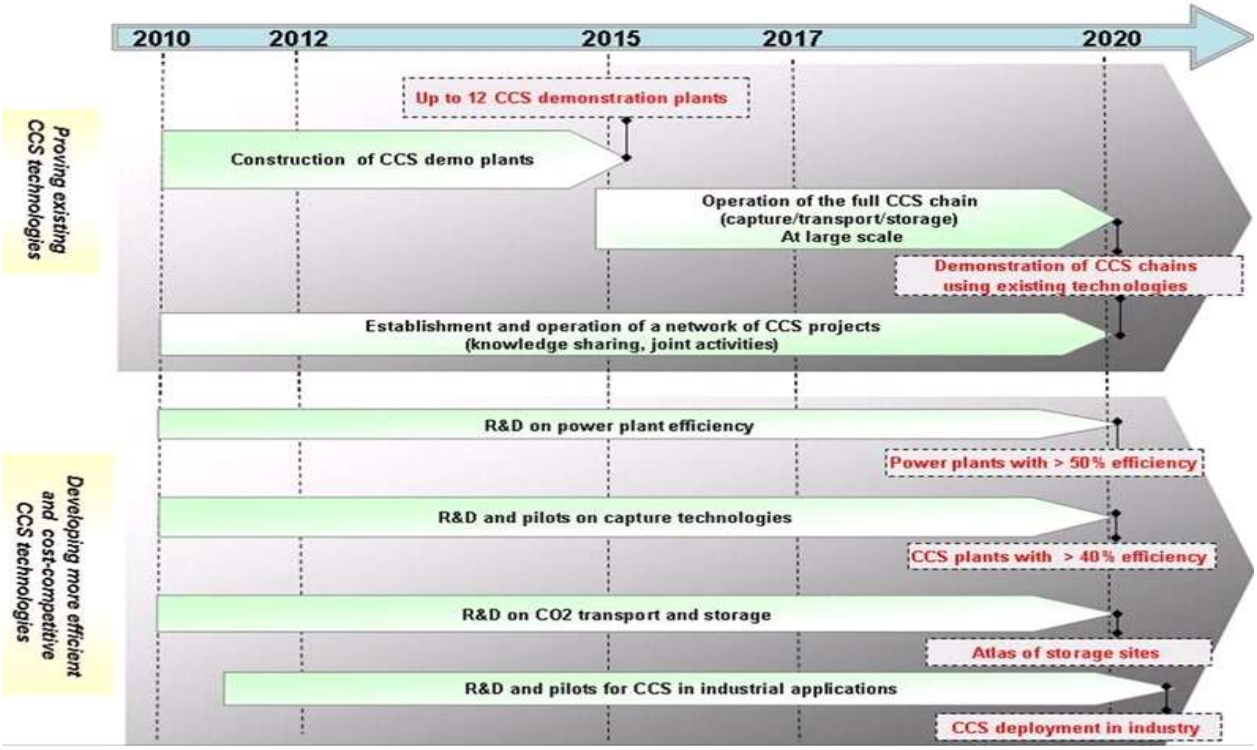


그림 2-3-31. EU Carbon Capture & Storage Technology Roadmap
(출처: European Industrial Initiative on Carbon Capture and Storage, Roadmap)

미국 에너지성에서는 화석 에너지 및 CCS 프로그램을 2010년에 발표하였다. 1단계 2016년까지는 IGCC 3개, 연소후 3개, 산소 연소 1개, 산업용 CCS 3개 등 10개의 상용급 플랜트 시연을 수행하고, 2단계 2020년까지는 차세대 혁신 플랜트 시연을 계획하고 있다.

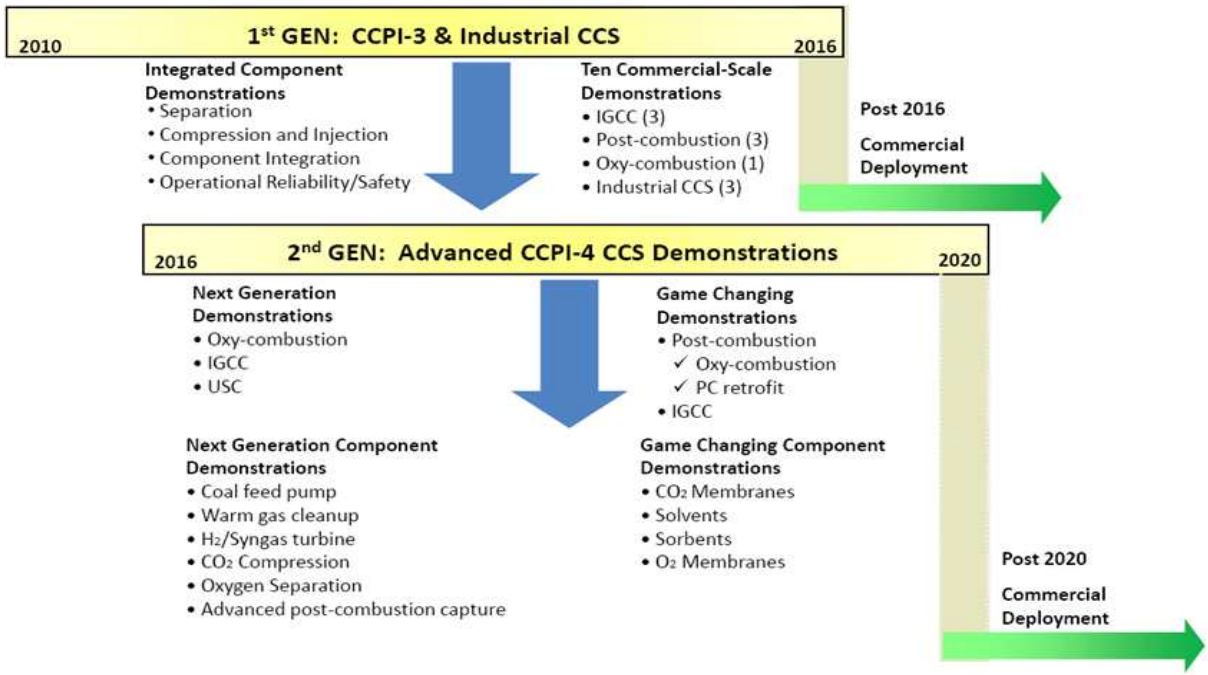


그림 2-3-32. US Energy Policy Framework and the DOE Fossil Energy and CCS Programs, 2010 (출처: National Energy Technology Laboratory, DOE's CCS Program, 2010)

일본은 온실가스 회수 이용하는 방안으로써 화력발전소에서 배출되는 온실가스를 회수해 땅속에 저장하는 기술(CCS)과 CO_2를 회수해서 화학원료로 변환 생산에 사용하는 기술(CCUS)을 2020년대 후반부터 본격 실용화할 계획이다.

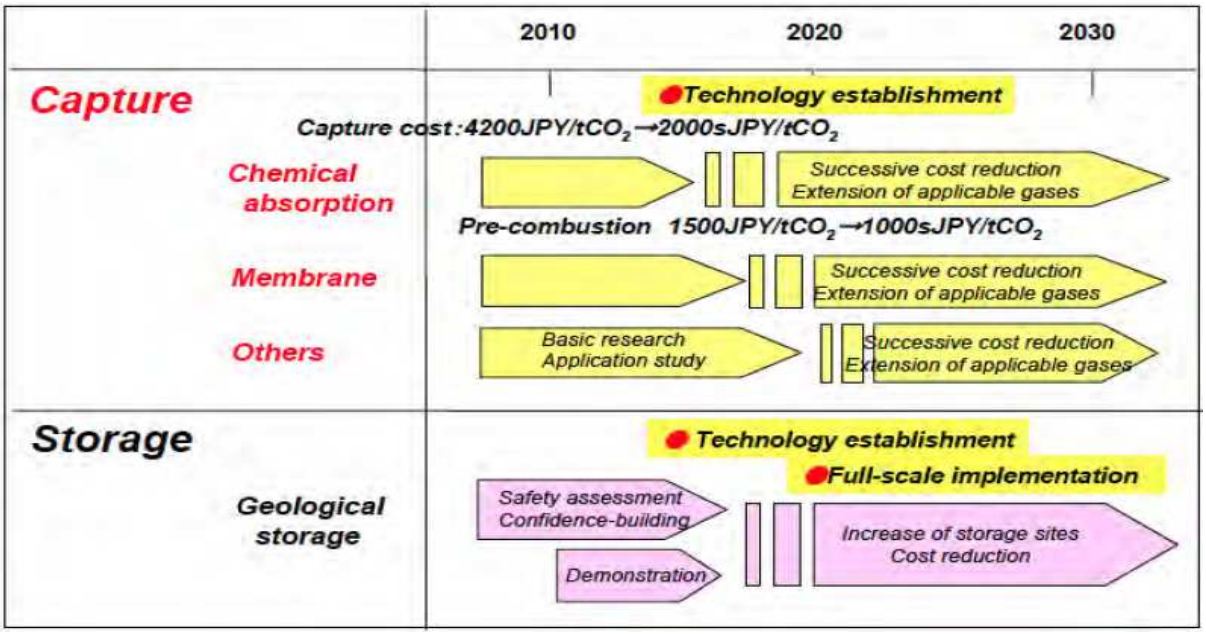


그림 2-3-33. 일본의 CCS 기술전략 로드맵
(출처: 아시아개발은행, Review of CCS Roadmaps, 프로젝트 No. 46052, 2015/03)

타이완의 국가 에너지 프로그램 2단계에서는 2025년 이후까지의 이산화탄소 포집/저장(CCS), 활용 및 고도 연소 시스템 기술 로드맵을 구축한 바 있다.

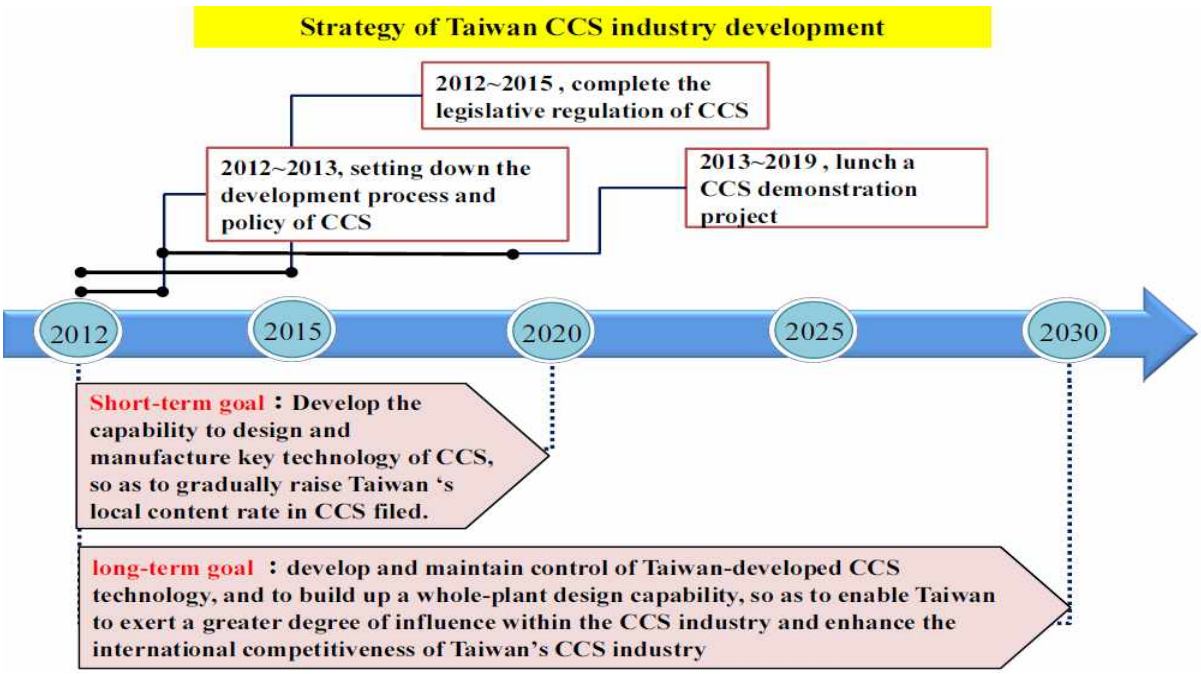


그림 2-3-34. 타이완의 CCS 기술 로드맵 (출처: TIER, Conceptual Strategies of developing CCS technology roadmap and industry cluster in Taiwan, 2012/11)

(6) 국외 에너지 자원 플랜트 기술 로드맵

일본 JOGMEC에서 2007년 발표한 'Long-term R&D Strategy toward 2030'에는 석유 채굴 최대화, 오일 & 가스전 발굴, 오일 & 가스전 드릴링 및 필드 개발, 비전통 탄화수소 개발, 오일 & 가스의 효과적 활용, 친환경 오일 & 가스 개발 등 6개 분야에 대해 기술 로드맵을 구축하였다.

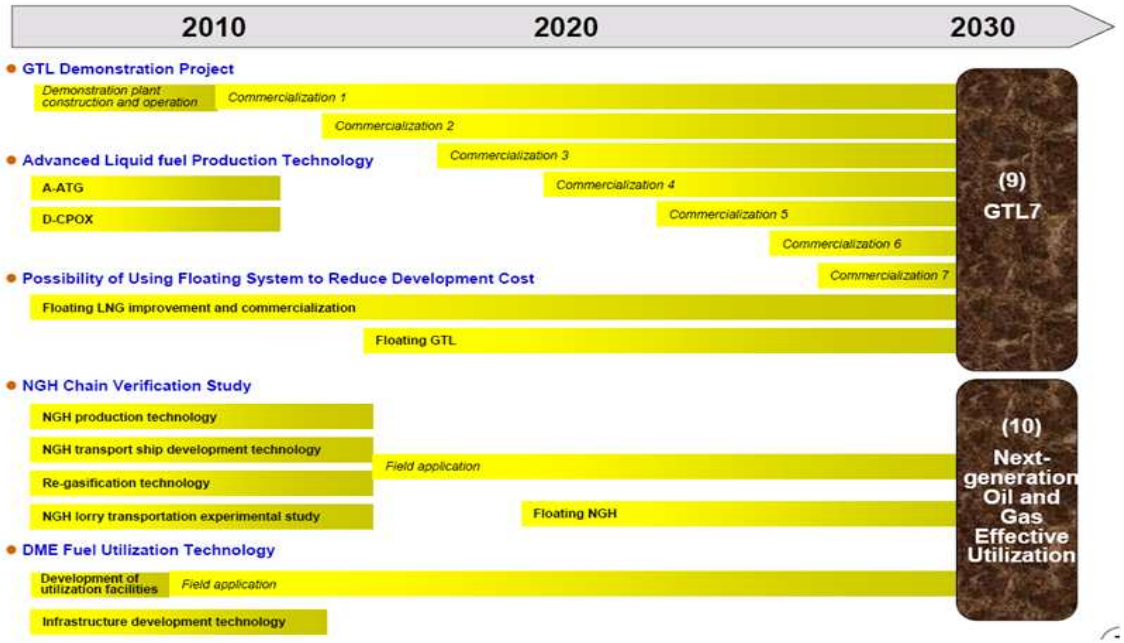


그림 2-3-35. Long-term R&D Strategy of Japan
(출처: JOGMEC, Long-term R&D Strategy toward 2030, 2007. 12)

이외 여러 나라에서 다양한 로드맵들이 제시되었는데, 그 내용은 아래와 같다.

UAE에서는 2030년까지의 석유 정제 산업의 연구개발 전략기획을 2012년에 수립하였다. (UAE Petroleum Refinery Department, Strategic Planning in R&D for the Oil Refining Industry, 2012)

유럽의 ProDes 프로젝트에서는 신재생에너지기반의 담수화 개발 로드맵을 수립하였다. (ProDes Project, Roadmap for the Development of Desalination Powered by Renewable Energy, 2010)

싱가포르에서는 수자원 연구개발 투자 계획을 2013년에 수립하였다. (Singapore International Water Week, The Singapore Water Story: Investing in R&D to Overcome Our Water Challenges, 2013)

2030년까지의 이집트 담수화 기술 로드맵을 2007에 수립하였다. (Reham Mohamed Yousef and Mostafa Lotfy Sakr, Desalination Technology Roadmap 2030, 2007)

2010년 유럽의 건설기술 플랫폼에서는 건설 연구개발 혁신 로드맵을 구축하였다. (Construction R&D Innovation Roadmap for a Positive Living Environment for Society, 2010)

2012년 호주에서는 2020년과 2030년까지의 건축분야 연구개발 우선순위 로드맵을 구축하였다. (Sustainable Built Environment National Research Centre, A Roadmap for R&D

Priorities for Australia's Built Environment, 2012)

2013년 유럽의 ProcessIT에서는 ICT 플랜트 분야의 산업 공정 자동화 로드맵을 구축하였다.

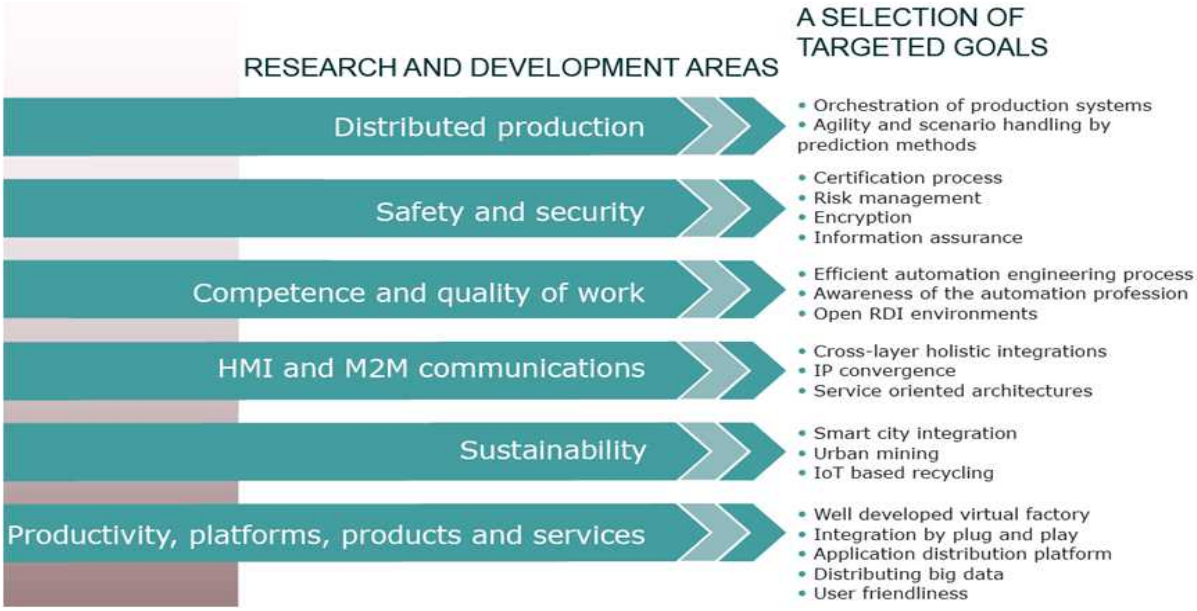


그림 2-3-36. ProcessIT, European Roadmap for Industrial Process Automation, 2013

2009년 말레이시아 과학기술혁신부에서는 2020년까지의 국가 전략 ICT 로드맵을 구축하였다(Malaysian Ministry of Science, Technology & Innovation, The National Strategic ICT Roadmap, 2009).

일본 정부에서는 메탄 하이드레이트, 차세대 해양자원 개발 기술, 혁신적 촉매 기술, 바이오 연료 등 4가지 에너지 자원에 대한 2030년까지의 기술 로드맵을 구축하였다.

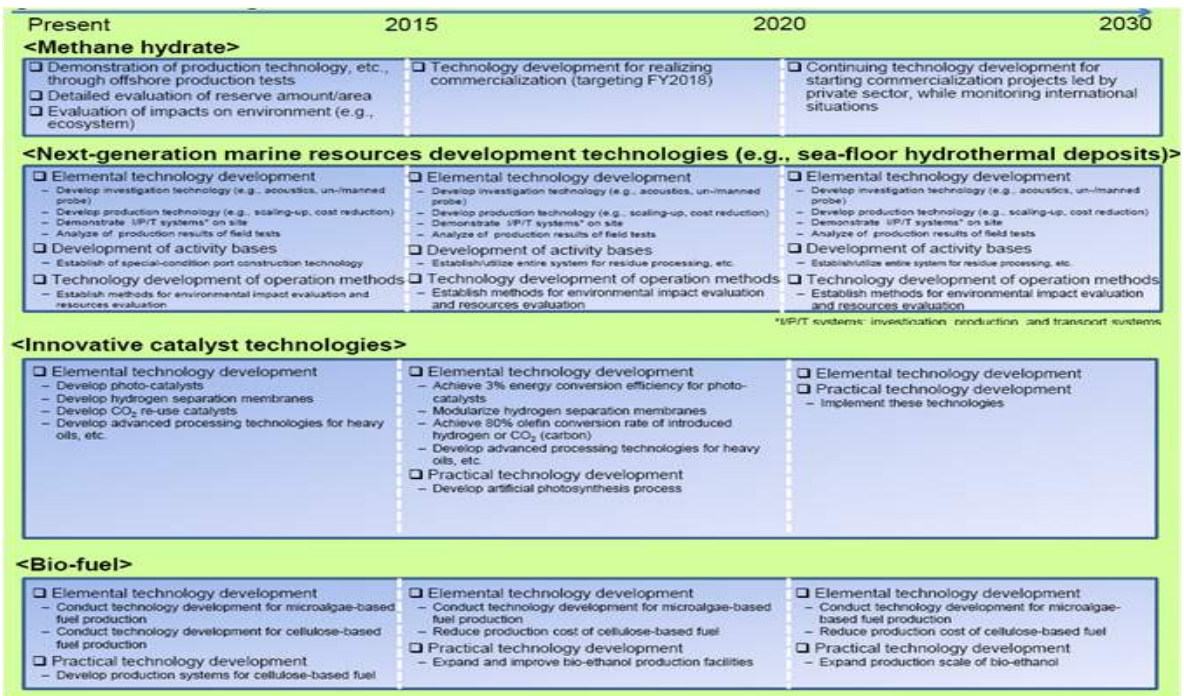


그림 2-3-37. 일본 정부의 에너지 자원 기술 로드맵

제4절 부처별/분야별 연구개발 추진현황

1. 국토교통부 연구개발 추진현황

국토교통과학기술진흥원에서는 국토교통R&D중장기전략 (2014-2023)을 통해 플랜트연구사업에 대한 중장기 전략을 구축하였다(2014. 7).

글로벌 Top 플랜트 건설 기술 달성을 비전으로 하여, 2006년 이후 해외건설 수주 60% 이상을 점유하는 플랜트 건설의 시장 다변화 및 부가가치 제고를 위해 담수화, 자원화, 자원 이송 순환 등 미래 유망 플랜트의 건설·시공에 대한 전주기적 핵심기술 개발을 추진하고 있다. 국토부의 부처 특성을 반영하여 플랜트에 필요한 건설기술(기 개발 기술 포함)을 중심으로 실증 및 시스템 기술 개발을 목표로 하고 있다.



그림 2-4-1. 국토교통과학기술진흥원, 국토교통R&D중장기전략 (2014-2023), 2014

가. 담수화 기술 로드맵

○ 연구 목표: 생산수 단가를 30% 절감할 수 있는 해수담수화플랜트 공정기술 개발

표 2-4-1. 담수화 기술 중장기 목표

중기 목표 (~2018)	장기 목표 (~2023)
- 에너지 소모량 3.5 kWh/ton 이하 확보 - 생산수 단가 10% 절감 공정기술 확보 - 기술수준 75%	- 에너지 소모량 2.5 kWh/ton 이하 확보 - 생산수 단가 30% 절감 공정기술 확보 - 기술수준 95%

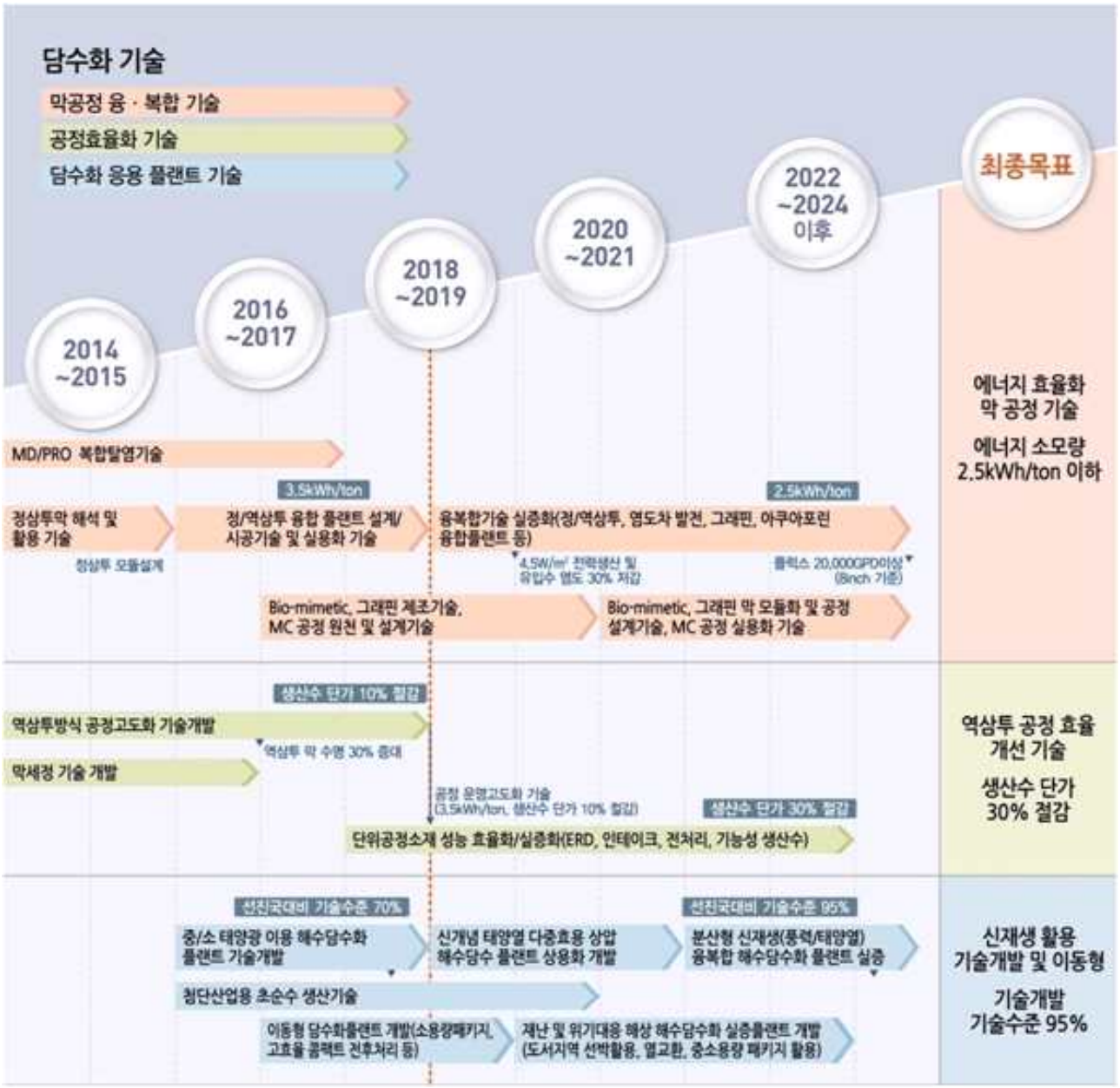


그림 2-4-2. 국토교통과학기술진흥원, 담수화 기술 로드맵 (2014-2023), 2014

나. 가스·비전통 자원화 기술 로드맵

○ 연구 목표: 글로벌 에너지·자원 시장 진출을 위한 극한지 탐사/채굴/자원화 플랜트 기술 개발 및 실증

표 2-4-2. 가스·비전통 자원화 기술 중장기 목표

중기 목표 (~2018)	장기 목표 (~2023)
- LNG 액화 공정 효율 3% 개선 - 탐사/개발깊이 1 km - 비전통 자원화 플랜트 기술수준 65%	- LNG 액화 공정 효율 5% 개선 - 탐사/개발깊이 3 km - 비전통 자원화 플랜트 기술수준 80%

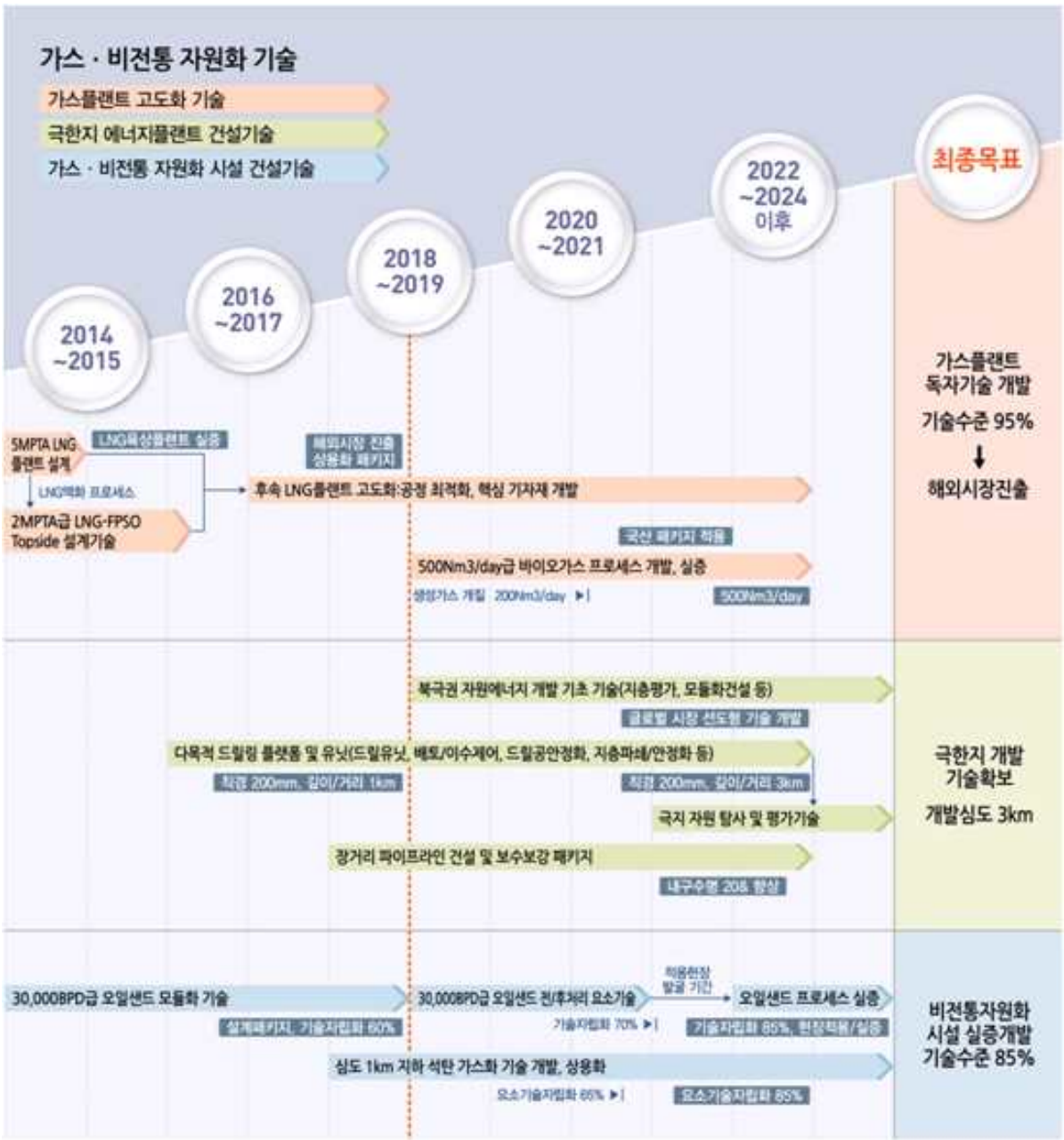


그림 2-4-3. 국토교통과학기술진흥원, 가스·비전통 자원화 기술 로드맵 (2014-2023), 2014

다. 자원 이송 및 순환 기술 로드맵

○ 연구 목표: 1,000 km 급 광역 대용량 가스·오일 이송망 및 스테이션, 수소 인프라 및 수퍼그리드, 에너지 및 물 자족률 30% 이상이 가능한 공급·처리·자원 순환 기술 개발

표 2-4-3. 자원 이송 및 순환 기술 중장기 목표

중기 목표 (~2018)	장기 목표 (~2023)
- 자원 이송망 1,000 km(- 20℃이하)급 설계 기술 - 도시·지역 에너지 소비 10% 절감 - 도시 액상 유기폐기물 무해화 85% 이상	- 1,000 km(- 20℃이하)급 자원 이송 스테이션 및 기자재 - 5만명 규모 수소네트워크 구축기술 개발 - 도시·지역 에너지 소비 30% 절감 - 도시 액상 유기폐기물 무해화 95% 이상 - 난분해성 폐기물 초임계 반응처리(200 bar) 실현

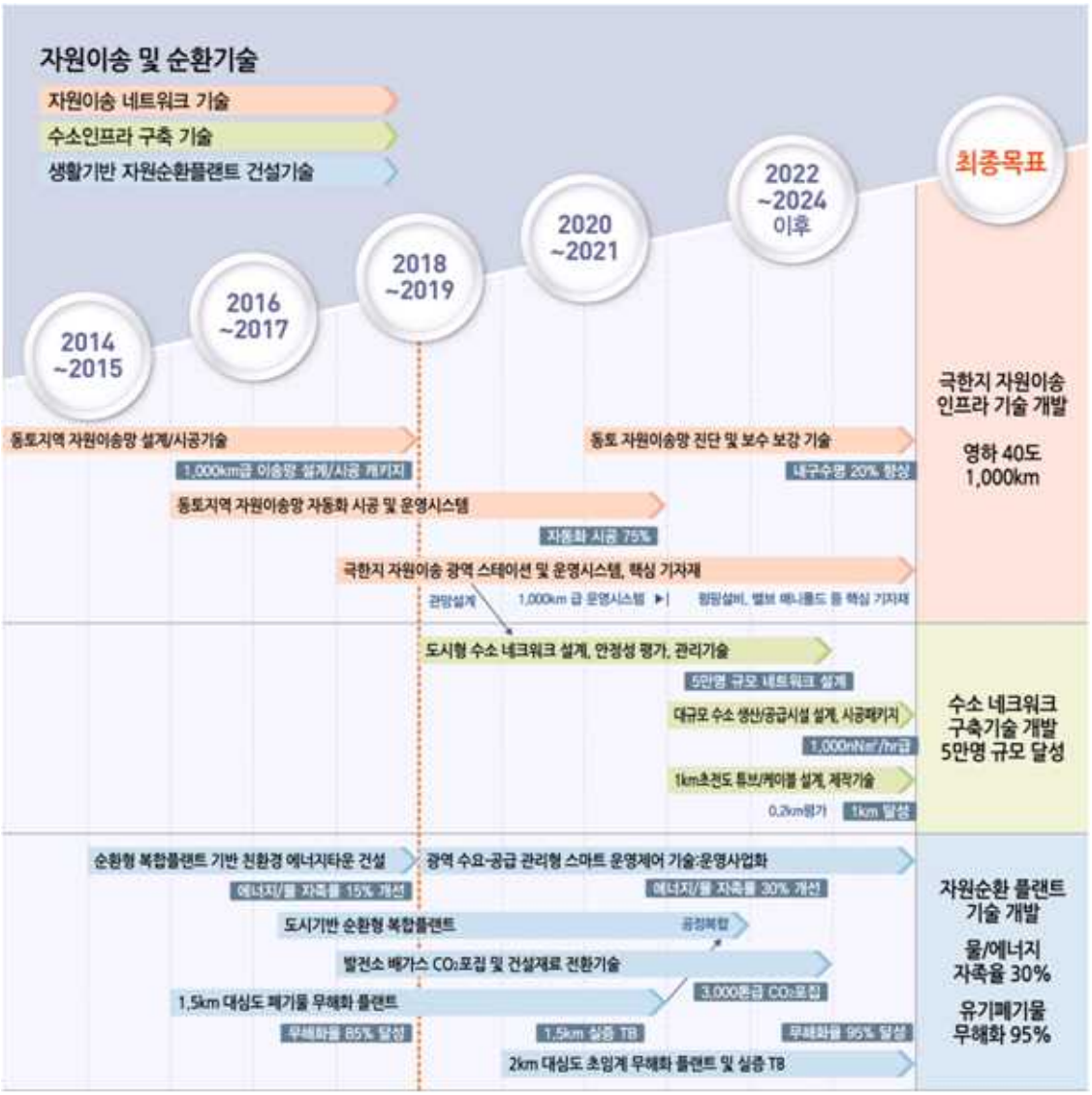


그림 2-4-4. 국토교통과학기술진흥원, 자원 이송 및 순환 기술 로드맵 (2014-2023), 2014

라. 플랜트 건설 지원 인프라 기술 로드맵

○ 연구 목표: 플랜트 건설수행 생산성 15% 이상 개선하고 SIL-4급 신뢰·안전성 확보할 수 있는 설계·해석·사업관리기술 개발 및 국내 플랜트건설관련 기업들의 해외시장 진출 지원 시스템 구축

표 2-4-4. 플랜트 건설 지원 인프라 기술 중장기 목표

중기 목표 (~2018)	장기 목표 (~2023)
- SIL-3급 신뢰·안전성 독자 설계 - 건설수행 생산성 10%개선 - 국내기업 해외 수주·수출 지원 6건(누적)	- SIL-4급 신뢰·안전성 독자 설계 - 건설수행 생산성 15% 개선 - 국내기업 해외 수주·수출 지원 12건(누적) - 중소형 실증플랜트 2건(누적)

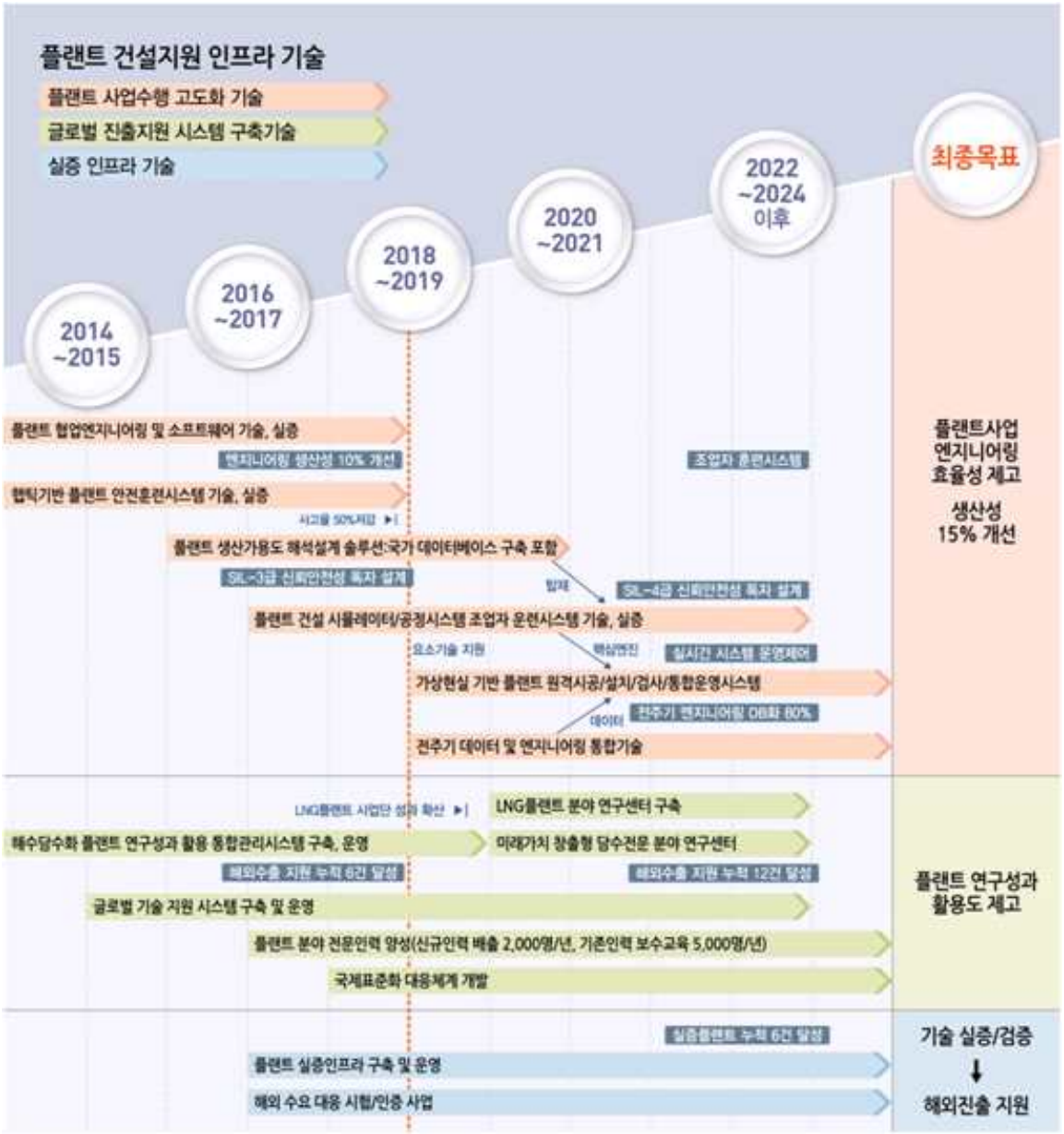


그림 2-4-5. 국토교통과학기술진흥원, 플랜트 건설 지원 인프라 기술 로드맵 (2014-2023), 2014

2. 산업통상자원부 연구개발 추진현황

산업통상자원부에서 작성한 플랜트 분야에 해당하는 여러 기술개발 로드맵은 다음과 같다. 2011년부터 매년 로드맵을 작성 공개하고 있는데, 2011년부터 최근 자료인 2014년 자료까지 아래에 핵심부분만 열거하였다. 원본은 에너지기술평가원 홈페이지(http://www.ketep.re.kr)에서 다운받아 볼 수 있다.

가. 그린에너지 전략 로드맵 (2011)



그림 2-4-6. 한국에너지기술평가원, 그린에너지 전략 로드맵, 2011

나. 온실가스감축기술 전략 로드맵 (2011)



그림 2-4-7. 한국에너지기술평가원, 온실가스감축기술 전략 로드맵, 2011

다. 자원개발기술 전략 로드맵 (2011)



그림 2-4-8. 한국에너지기술평가원, 자원개발기술 전략 로드맵, 2011

라. 에너지기술개발 전략 로드맵 (2012)

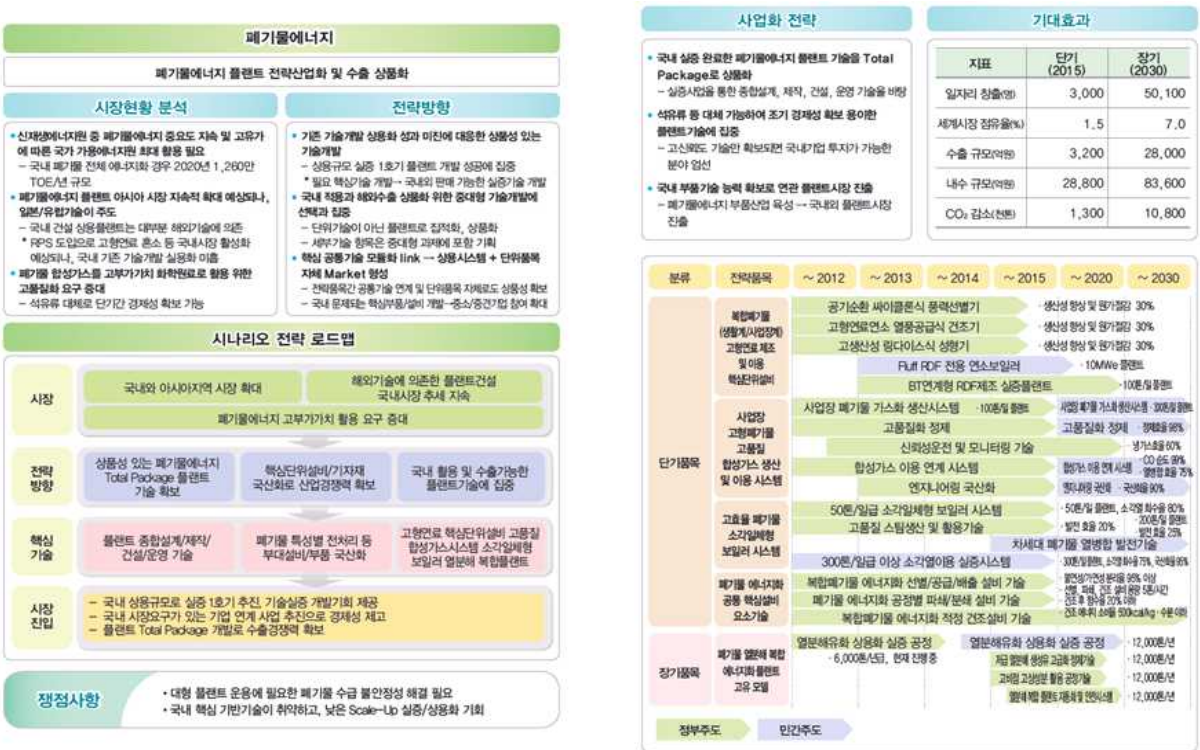


그림 2-4-9. 한국에너지기술평가원, 에너지기술개발 전략 로드맵, 2012

마. 에너지기술 비전 로드맵 (2013)



그림 2-4-10. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 비전 로드맵, 2013

바. 에너지기술 이노베이션 로드맵 (2014)



그림 2-4-11. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 이노베이션 로드맵, 2014

사. 주력산업 산업융합원천R&D전략: 플랜트엔지니어링 (2012)



그림 2-4-12. 한국산업기술평가관리원, 주력산업 산업융합원천R&D전략: 플랜트엔지니어링, 2012

아. 산업기술 RNBD 전략보고서: 시스템산업(플랜트) (2012)

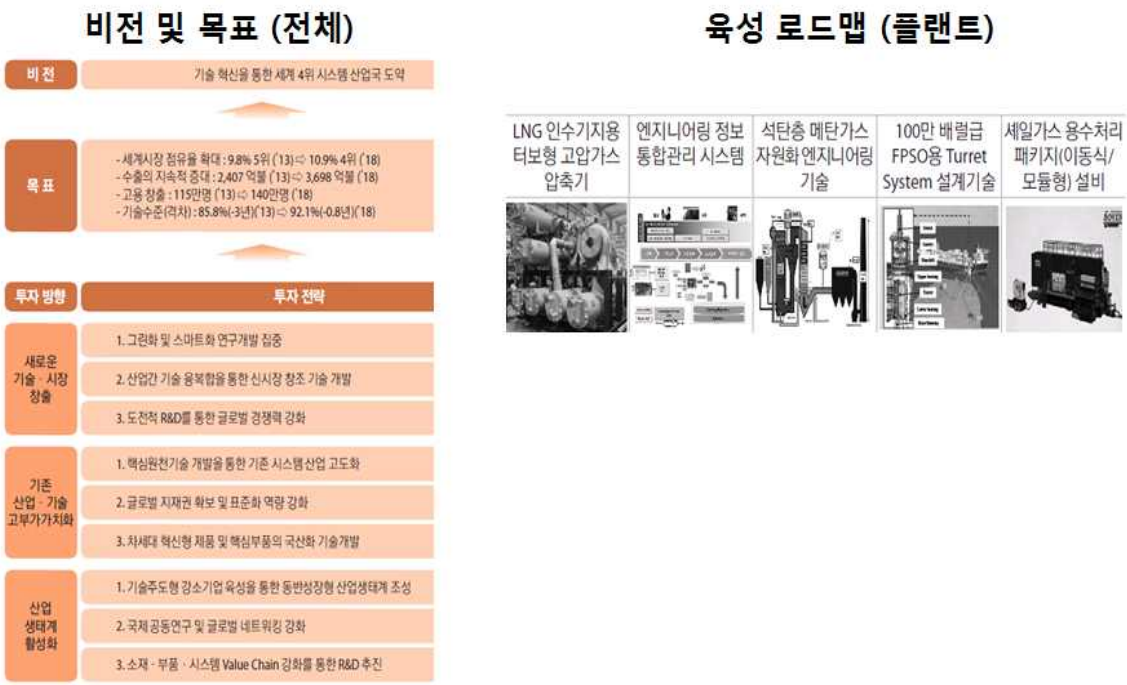


그림 2-4-13. 한국산업기술평가관리원, 산업기술 RNBD 전략보고서: 시스템산업(플랜트), 2012

자. 산업기술로드맵: 플랜트/엔지니어링 (2012)

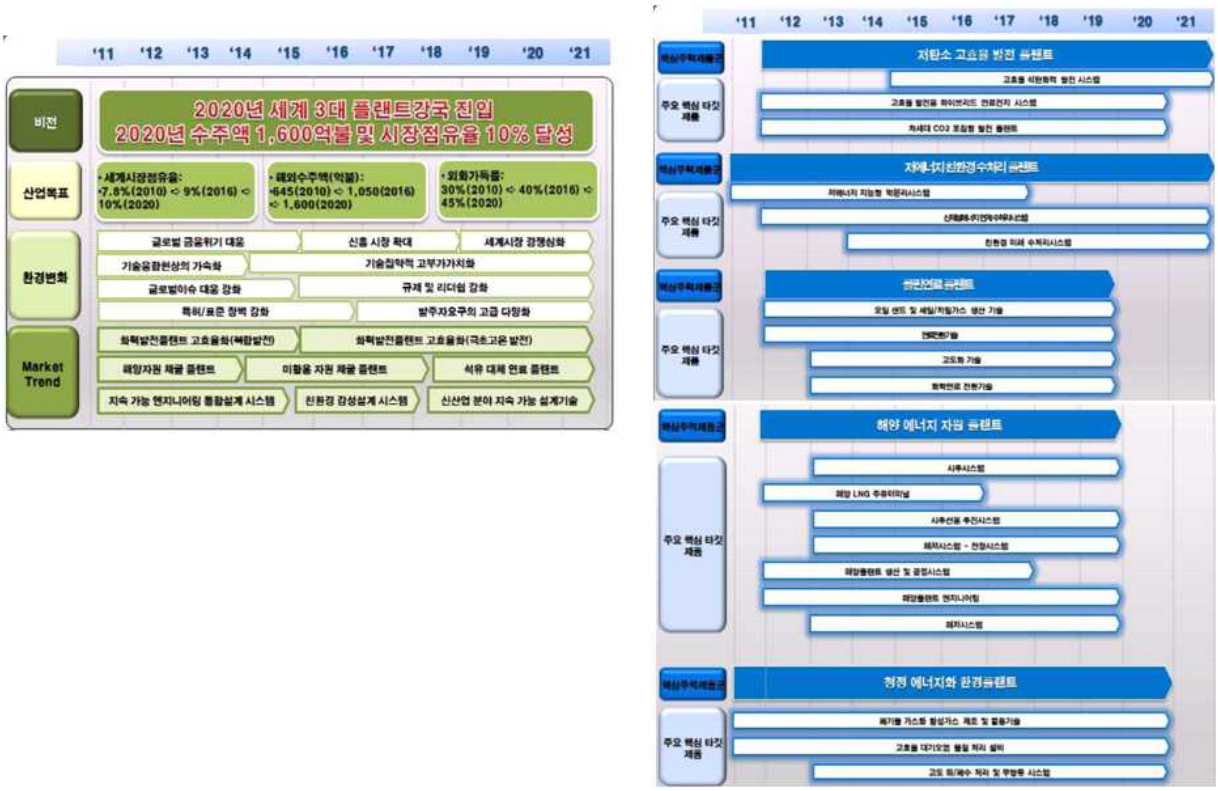


그림 2-4-14. 한국산업기술진흥원, 산업기술로드맵: 플랜트/엔지니어링, 2012

차. 산업부 완료 및 완료 예정과제 개발 수준 (GTL의 경우)

GTL 상용 공정은 생산량 34,000 BPD 이상의 대형 규모에서 경제성 있는 공정으로 개발되고 있으며, 중소규모 가스전 (associated gas 또는 stranded gas) 및 국내 국소 메탄가스 발생처에 적용 가능한 '모듈형 마이크로 GTL 반응 공정' 개발 (대형공정 대비 반응기 부피 90% 이상 축소)을 통하여, 고유가시대와 석유자원고갈에 대비한 에너지자원 다변화에 대응하기 위한 기술을 확보할 필요성이 있다. 국내에서 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 파일럿 규모(1배럴/일)에서 연구가 수행되어 2012년에 종료되었다. 그리고 산업부의 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2 BPD급 모듈형 GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중(한국에너지기술연구원 리포밍 반응 + 한국화학연구원 FT 반응)이며 2015년 종료되었으며 후속연구를 준비 중에 있다.

Compact GTL 기술의 경우 제한된 공간에 공정을 배치하기 위한 공정 단순화 및 효율 극대화를 위한 연구가 매우 중요하며, 또한 변화가 심한 외부 영향에 대하여 안정성을 가질 수 있는 설계 기술이 매우 중요하다. 이에 국내에서는 소규모에서도 GTL 기술의 경제성을 향상시키기 위하여 투자비용을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있다. 또한, 중기적으로 FPSO에 적용 가능한 기술을 위하여 장치 및 공정의 컴팩트화 및 모듈화가 요구된다. 그리고 컴팩트화 및 모듈화 이외에 GTL 전체공정 중 합성가스 제조공정의 단순화와 에너지 효율 제고가 요구된다. 이와 같은 Compact GTL 기술을 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요한 수준이다. 이와 같은 GTL 과제의 연구개발 현황을 표 2-4-5에 나타내었다.

표 2-4-5. GTL 과제 정부 지원 연구개발 진행 현황

부처	과제명	과제 기간	주요 참여기관
산업통상 자원부	천연가스로부터 FT합성유의 제조 및 통합공정기술개발	2006.08. ~ 2012.08.	한국가스공사, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원
산업통상 자원부	모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	2010.06. ~ 2015.05.	한국화학연구원, 한국에너지기술연구원, 현대중공업

한국과학기술연구원에서는 GTL-FPSO 공정의 조기시장 진입을 목표로 GTL-FPSO 공정의 핵심기술 개발과 GTL-FPSO 공정 개념설계 개발에 관한 연구로서 산업통상자원부의 “GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반기술개발”과제를 현재 수행 중에 있다(1단계 3년 + 2단계 2년). 해상환경의 offshore의 경제적 개발에 의한 핵심기술로서 GTL-FPSO 공정 및 DME-FPSO 공정에 관한 국내외 특허를 보유하고 있으며, 핵심공정에 관련된 Reforming 및 FT 촉매개발 연구를 수행하고 있다. 현재 총 2단계 5년 과제기간 중 5차년도 진행 중으로 0.01 BPD의 GTL-FPSO 통합공정을 개발하고 있다.

상기와 같이 Compact GTL과 GTL-FPSO 분야에서 산업부의 지원 하에 GTL 관련 기술개발을 수행하여 기반기술을 충분히 축적하였으나 상업화를 위해서는 test-bed를 활용한 실증연구를 통하여 격상(scale-up) 설계 기술 확보 및 실적(track record) 확보 등이 필요한 수준으로 평가된다. 그림 2-4-15에 한국화학연구원의 모듈형 GTL 파일럿 플랜트와 한국과학기술연구원의 Sloshing GTL Plant의 전경을 나타내었다.



그림 2-4-15. 한국화학연구원의 모듈형 GTL 파일럿 플랜트와 한국과학기술연구원의 Sloshing GTL 파일럿 플랜트의 전경

3. 미래창조과학부 연구개발 추진현황

가. 국가중점과학기술 전략로드맵(첨단 플랜트 기술, 바이오에너지 기술, 유용폐자원 재활용 기술, 온실가스처리 및 저감 기술 분야)

미래창조과학부에서는 신성장동력 창출, 삶의 질 향상 등에 필요한 국가중점과학기술의 효과적 확보를 위해서는 국가차원의 종합전략 수립이 필요하다고 판단하였으며, R&D투자 확대, 과학기술의 첨단·융복합화, R&D사업의 대형화 등으로 전략적 R&D기획을 통한 투자효과성 제고 필요에 따라 제3차 과학기술기본계획 ('13.7.8)에 따라 범부처 전략로드맵을 수립하였다. 대상기술에 첨단 플랜트 기술이 포함되었다.

제조업, 조선, 플랜트 분야의 강점을 바탕으로 미래기술 선도 및 고부가가치 시장 주도를 위한 한국형 성장모델 구축을 아래와 같은 기본 방향을 설정한 바 있다.

○ 제조기술의 고도화 및 ICT와의 융합을 통해 공정시스템 운용성능을 극대화하고 생산성 향상시킨다.

○ 기술의 융복합, 극한환경 기술, 엔지니어링 기술 및 기자재 국산화를 통해 플랜트의 고효율성·친환경성·신뢰성 및 안정성을 확보한다.

표 2-4-6. 미래창조과학부의 첨단플랜트 기술 비전

	항목	내용	
첨단 플랜트 기술	비전	글로벌 플랜트 엔지니어링 기술 선진국 진입	
	핵심기술 및 추진전략	(핵심기술) 융복합 플랜트 기술 외 3개 (요소기술) 해양발전플랜트 기술 외 17개	(주요전략) ·실적 확보를 위한 실증사업 추진 ·융복합 플랜트 엔지니어링 클러스터 지원 강화 ·공정종류별 표준 PQ 절차 구축



그림 2-4-16. 미래창조과학부, 플랜트 산업 영역 확대, 2014



그림 2-4-17. 국가과학기술심의회, 첨단 플랜트 핵심기술 로드맵, 2014. 4. 23

나. 심해저 해양플랜트 기술 로드맵

미래창조과학부에서는 미래성장동력 발굴·육성계획(2014. 3)을 통해 미래성장동력으로 9대 전략산업 + 4대 기반산업 도출 결과를 발표하였으며, 그 중 심해저 해양플랜트를 9대 전략산업의 하나로 선정하였다.



그림 2-4-18. 미래창조과학부, 미래성장동력 분야, 2014. 3

심해저 해양플랜트는 심해저 오일·가스를 효율적으로 생산·공급하기 위한 시스템으로서 기존 해양플랜트보다 고부가가치 제품 생산이 가능해 조선해양분야의 수출 증대 및 고도화 달성이 가능하다.

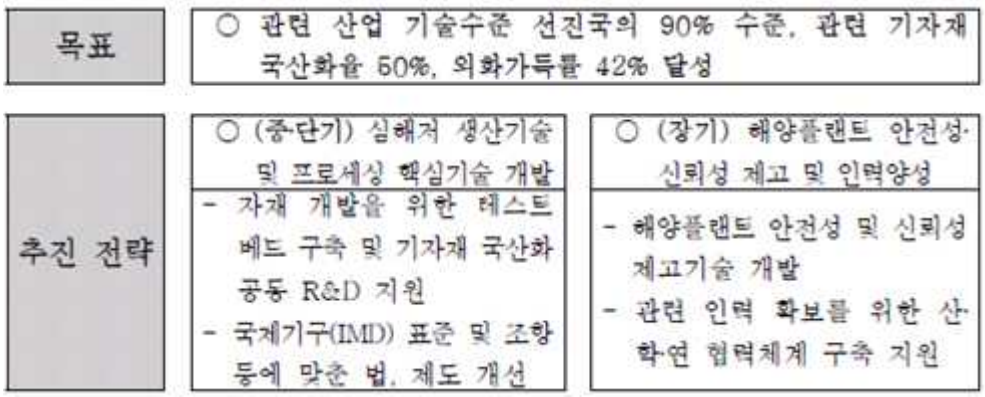


그림 2-4-19. 미래창조과학부, 심해저 해양플랜트 목표 및 추진 전략, 2014. 3

제3장 다 부처 공동기획 R&D 추진 전략 및 세부방안 도출

제1절 다 부처 공동기획 R&D 추진 분야 선정

국가과학기술위원회(2010)에서 다 부처 공동개발사업에 대해 정의한 문구는 다음과 같다.

국가연구개발사업의 초기 기획 단계부터 2개 이상의 다 부처가 공동으로 참여하는 사업으로 각 부처의 기존사업 또는 신규 추진사업을 대상으로 국과위의 조정 하에 다 부처 간 역할 분담 및 연계가 필요한 분야를 도출, 부처 간 공동으로 추진하는 형태의 사업 (출처: 조현대 외, 다 부처 R&D 사업 기획 및 추진 방안, STEPI 정책연구 2011-18, p.29)

다부처공동개발사업은 국가과학기술위원회에서 주관하여 추진하였는데, 2대 전략분야와 3대 사업유형을 제시하였다. 2대 전략분야는 기후변화 대응 등 국가적 차원이 신속히 필요한 공동대응분야와 신기술 융복합/미래 신산업 창출분야 2개이고, 3대 사업유형으로서 신규사업 기획, 기존사업 보완 및 연계, 기존사업 재구조화로 구분하였다.

국내에서 플랜트 분야는 일반적으로 아래 6개 부분(오일/가스, 발전, 해양, 수자원, 환경, 엔지니어링)으로 대별하고 있다. 다 부처 공동기획이 가능할 대상 분야로 모두 가능하겠지만, 국토해양부에서 해양 관련 업무가 2013년 3월 해양수산부로 이관되고 국토교통부로 개편되었고, 본 기획은 국토교통부 참여를 전제로 공동기획을 하므로 해양과 관련된 부분은 제외토록 하였다.

표 3-1-1. 플랜트에 대한 국내의 일반적 분야 분류 및 정의

분류	정 의
Oil&Gas	오일 및 가스의 탐사, 채굴, 저장, 변환 및 자원이송 인프라구축 관련 플랜트*와 원유를 정제(정유) 하거나 석유제품 및 천연가스를 원료로 하여 석유화학제품을 제조 및 생산하는 플랜트
발 전	중유, 가스, 석탄, 원자력 등을 원료로 하여 전기에너지를 생산하는 플랜트**
해 양	해양의 석유, 가스 등의 자원을 시추하거나 생산된 에너지 자원을 저장, 처리, 하역하는 해상플랫폼***및 해저 생산 설비
수자원	정수, 해수담수화, 산업용수처리 등 수자원 공급관련 플랜트
환 경	대기오염 정화, 하 · 폐수처리, 폐기물 무해화 및 자원화를 포함한 환경관련 플랜트
엔지니어링	연구 · 기획, 타당성조사, 개념 · 기본설계, 상세설계, 구매 · 조달, 시공, 감리, 설치, 유지 · 보수, 해체, 개조 등에 공통적으로 적용되는 엔지니어링 기술

* LNG(Liquified Natural Gas의 약어로 액화천연가스), BTL(Biomass to Liquid 또는 Bio to Liquid), GTL(Gas to Liquid), DME(Diethyl Ether), SNG(Synthetic Natural Gas), CTL(Coal to Liquid), Oil Sand, Shale Gas 플랜트 포함

** 분산 및 하이브리드 발전, IGCC(Integrated gasification combined cycle), IGFC(Integrated Gasification Fuel Cell) 등 포함

*** FPSO(Floating production storage and offloading), LNG-FPSO, FSRU(Floating Storage Regasification Units), 드릴십 등

출처: 국가중점과학기술 전략로드맵, 미래창조과학부, 2014

플랜트 산업 목적에 따라 플랜트엔지니어링분야로 국한하여 아래와 같이 분류하기도 한다. 주로 산업부에서 중점을 두는 플랜트 분야들이다.

표 3-1-2. 산업 목적에 따른 플랜트엔지니어링분야 분류의 예

플랜트 명	비교 사업명
석유가스	○ 지하나 심해유정에서 오일과 가스를 채굴하는 과정부터 공장으로 이송하는 과정까지의 단계 및 선적 또는 오일탱커 저장단계가지의 과정에서 필요한 플랜트 기술
정유/석유화학	○ 정유는 원유를 분리·정제하여 가스, 나프타, 가솔린, 등유, 경유, 중유, 피치(아스팔트) 등으로 증류하여 분리하는 플랜트 산업 ○ 석유화학은 정유산업에서 분리된 석유가스나 나프타 등을 이용하여, 에틸렌, 프로필렌, 부타디엔, 벤젠, 톨로엔, 자일렌 등 석유화학 기초원료를 생산하는 플랜트 산업
발전	○ 에너지 Resource를 이용하여 최종적으로 전기를 생산하는 설비로써 화력발전소, 원자력발전소, 복합화력발전소, 풍력발전소 등의 플랜트 산업군
신재생에너지	○ 기존의 화석연료 대신 햇빛, 지열, 생물유기물체 등의 에너지원으로부터 전기, 연료 등 활용가능한 에너지를 얻는 기술 ○ 재생에너지로는 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열 등이 있으며, 신에너지는 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질잔사유 가스화, 수소에너지 등으로 분류
수자원	○ 수자원은 처리원수의 종류에 따라 해수, 담수, 공장수로 기술을 분류함
해양	○ 해양플랜트는 해양에서 원유/가스/LNG 등을 생산하거나 공급하는 대형 해양플랜트이고, 해상발전 플랜트는 해양에너지를 이용한 신재생 발전시스템이 주류를 이룸 ○ 크게 해양플랜트와 해상발전 플랜트 엔지니어링으로 이분
환경	○ 환경분야는 대기오염 제어, 하폐수 처리, 폐기물 자원화 및 연료화를 포함한 환경적으로 무해화하고 재이용하는 플랜트 및 엔지니어링 기술로 분류

*출처 : "2011 산업기술로드맵 - 플랜트엔지니어링분야", 2012

2012년 4월 25일 개최된 국가과학기술위원회 '2012년 정부연구개발투자 방향 및 기준' 자료에 제시된 플랜트 분야의 중점추진 내용은 아래와 같다.

○ 세계 시장 규모는 큰 편이나, 국내 기술력이 부족한 발전, 환경 담수, 오일·가스분야 플랜트 기술 투자 지속
- 2006년 세계 플랜트 시장 규모는 약 7,000억불로 다른 산업에 비해 매우 큰 편 (반도체 약 2,500억불, 디스플레이 약 850억불, 조선 약 800억불 등)
- 세계시장규모(억불) : 발전(1,639), 환경(524), 오일·가스(3,242), 정유(235), 석유화학 (213)
- 국내업체시장점유율(%) : 발전(1.1), 환경(0.3), 오일·가스(0.7), 정유(4.0), 석유화학(9.5)

○ 부가가치가 높고 고용창출 효과가 큰 엔지니어링 핵심 기술(개념 기본설계 및 프로젝트 종합관리 등) 병행 확보

○ 부처 간 역할분담, 연구성과의 산업화 연계를 통해 투자 효율성 제고

이를 토대로 보면, 공동기획의 큰 분야 틀은 오일/가스(석유가스, 정유/석유화학), 발전, 신재생에너지, 수자원, 환경, 엔지니어링(공통기술)이 된다. 여기에 한국이 인프라 측면에서 강점을 가지고 있는 ICT 기술과 융합하는 분야가 추가될 수 있다. 최근 이슈로 부각되고 있는 지구온난화 대응 CO_2 저감관련 플랜트 분야는 오일/가스와 발전, 환경에 모두 연계되므로 각 세부 플랜트 분야에 포함시켜 구분할 수도 있고 발생된 CO_2를 포집한 이후는 공통된 플랜트 적용이 가능하므로 별도로 상세히 구분할 수도 있다.

과학기술기본법에 따라 매 5년 마다 수립하는 법정 중장기 계획이자 과학기술분야 최상위 계획인 과학기술기본계획의 2013-2017년 기간 제3차 기본계획에 제시된 국가전략기술개발 5대 추진분야는 아래와 같다.

제3차 과학기술기본계획의 연구개발 부분에서 강조된 사항은 경제성장 뿐만 아니라 삶의 질 분야도 고려, 연구개발 결과를 활용한 기술이전·사업화, 일자리 창출과 연계 강화이다. 즉, 플랜트 분야에서도 국민 삶의 질 향상에도 기여하면서 사업 수행 후 사업화도 되면서 일자리 창

출 효과도 큰 분야에 대한 사업도출을 위한 기획이 필요하다는 의미이다.

표 3-1-3. 과학기술 제3차 기본계획('13-'17) 5대 중점 추진분야

5대 추진분야	중점기술*(예)
◦ IT융합 신산업창출	-차세대 유무선 통신 네트워크 기술(5G 등) -첨단 소재기술, 환경친화 자동차 기술 등 10개
◦ 미래성장동력 확충	-태양에너지기술, 우주발사체 기술 등 12개
◦ 깨끗하고 편리한 환경 조성	-오염물질 제어 및 처리기술(수질·대기 등) -고효율 에너지 빌딩 기술 등 4개
◦ 건강 장수시대 구현	-맞춤형 신약기술, 질병진단 바이오칩 기술 등 6개
◦ 걱정없는 안전사회 구축	-사회적 재난 예측·대응기술(원자력 안전, 환경사고 등) -식품 안정성 평가·향상 기술 등 6개

표 3-1-4. 플랜트 기획에서 중점을 두어야 할 Impact 요소별 역할 가능성

플랜트분야	오일/가스	발전	신재생에너지	수자원	환경	지구온난화 대응
삶의 질 향상 기여	△	△	○	○	◎	◎
기술개발 결과 사업화	△	○	◎	○	◎	○
일자리 창출	△	△	○	△	○	○
IT융합 신산업 창출	◎	○	◎	△	◎	◎

플랜트 분야에 R&D를 추진하는 대표 부처는 국토부와 산업부로서, 지난 2011-2013년 기간 연구과제 지원 규모를 보면 23-34%를 국토부가 예산 지원을 했고 산업부는 56-58%를 예산지원을 해서 정부의 플랜트 분야 R&D 지원금액의 78-91%를 담당했다(표 3-1-5).

플랜트 분야에 대한 국내 기술개발 투자규모를 통해서 어느 분야가 경쟁력이 있고 신업과 일자리 창출에 기여할 수 있을지를 간접적으로 살펴볼 수 있다. 2014년도 사업별 예산을 보면, 국토부 플랜트연구사업은 2014년도 224억원에서 2015년도에 275억원으로 증액 편성되었고, 산업부의 플랜트엔지니어링 원천기술개발사업도 2014년 112억원에서 2015년에 127.7억원으로 증액되었다.

표 3-1-6에서 보듯이 산업부는 에너지, 부품소재 등 플랜트 분야의 기술별로 다양한 기술개발 프로그램을 지원하고 있다. 하지만, 해당 기술별 예산투입 금액이 해외기술과 경쟁하기 위한 대규모 실증설비로 가기에는 부족한 현실이다. 플랜트연구사업은 연간 200~300억원, 플랜트엔지니어링사업은 110~130억원/년 규모로 대규모 플랜트 실증사업에는 부족한 규모이고 실증사업별 따로 예산을 배정 추진하는 형태를 취하고 있다. 산업부에서 2009~2016년 기간 수행중인 석탄가스화복합발전(IGCC)사업의 경우는 대규모 예산이 투입된 사업으로서, 총 사업비 14,327억원 중 민간에서 13,046억원을 부담하고 산업부에서 1,281억원을 사업을 분리하여 지원한 경우도 있다. 이런 경우는 극히 예외적인 경우이고, 대부분은 수백억원을 넘지 않는 규모로 플랜트 기술개발이 추진되어 왔다. 해외에서 국내보다 더 많은 전문가와 예산, 설비가 투입되

어 개발된 플랜트 기술과 경쟁하기에는 출발부터 매우 불리함을 알 수 있다.

2000년대 들어 국내에서 플랜트 분야에서 대형 실증을 통한 경쟁력 있는 기술개발을 위한 사업이 진행되었다. 대표적 사업 예로는 IGCC, 가스터빈, 바이오화학, 에너지저장(이상 산업부), 해수담수화, LNG(이상 국토부) 실증플랜트 사업이 있다. 민간이 단독으로 추진하기에는 너무 대규모 사업이고 플랜트분야 기술을 확보할 때는 시장 파급효과가 큰 분야들로 선정되었다.

국내에서 정부/민간에서 투입할 수 있는 재원이 제한되어 있으므로 여러 플랜트 분야를 동시에 대규모로 기술개발을 추진할 여건이 안 되는 사실을 인지하고, 어떤 플랜트 산업을 선정하여 국내외 시장에서 경쟁력이 있으면서 시장 진입이 가능할지 등에 대한 사전기획은 매우 중요하다. 특히, 각 부처별 특성이 있고 부처별 공동사업 추진 경험이 일천한 상황에서는 정밀한 사업기획이 요구된다.

표 3-1-5. 플랜트 분야 국토부와 산업부의 2011-2013년 기간 연구과제 지원 규모

[단위 : 백만원, %]

분류	2011년	2012년	2013년	연평균 증가율
총 액	128,546	118,646	110,617	△7
국토부	43,187 (33.6%)	39,364 (33.2%)	25,601 (23.1%)	△23
산업부	73,927 (57.5%)	68,509 (57.7%)	61,972 (56.0%)	△8

(출처: 이윤빈, '정부R&D정책 사이클에서 플랜트분야의 위치 고찰', Plant Journal, 11(2), 8-18, 한국플랜트학회 (2015))

표 3-1-6. 2014~2015년도 산업부의 주요 기술개발 사업의 예산규모

세부사업명	14년예산	15년도 예산(단위:백만)				부처
		일반예산	특별예산	기금	합계	
산업융합기술산업원천기술개발사업(산업융합핵심기술개발사업)	49,054	50,247			50,247	산업부
석유화학공정기술교육센터 구축	신규		700	0	700	산업부
소재부품기술기반혁신	43,844	55,100			55,100	산업부
수출전략형미래그린상용차부품기술개발사업	8,564		13,450		13,450	산업부
스마트공장고도화기술개발	신규	5,000	0	0	5,000	산업부
자동차 100만대 생산기지 및 클러스터 조성					0	산업부
장비연계형 3D프린팅 소재기술개발사업	신규	4,000	0	0	4,000	산업부
제조기반산업원천기술개발	92,190	101,795			101,795	산업부
차부품고급브랜드화연구개발	14,871		10,561		10,561	산업부
첨단메디컬신소재(섬유)개발	15,400				0	산업부
클린디젤자동차핵심부품산업육성사업	14,980		17,000		17,000	산업부
탄소밸리구축	285				0	산업부
플랜트연구사업	22,400	27,506			27,506	국교부
플랜트엔지니어링원천기술개발사업	11,223	12,769			12,769	산업부
해양 융복합소재 산업화 사업	신규	3,000	0	0	3,000	산업부

공동기획 R&D 추진 분야를 선정하기 위해서는 현재 한국이 처한 플랜트 분야 문제를 살펴보고 이를 효율적으로 극복이 가능한 분야로 선정이 필요하다. 가장 큰 문제는 (1) 선진국 대비 원천기술 수준이 60%에 불과하여 정부가 지원하더라도 경쟁력 있는 기술성과로 귀결될지 의문인 경우가 많고, (2) 국산 기자재 조달율이 50% 수준과 외화가득률이 42% 수준이어서 국

내업체가 참여하는 기자재 개발과 외화 가득률 제고하기 위한 국내 업계능력이 따라와 주어야 하는 문제가 있다. 따라서 해외와 경쟁이 가능한 기술확보 가능성과 국내 부품·기자재 국산화율 제고가 사업 기간 내에 가능한 분야로 선정이 필요하며 각 부처별 관심도와 역할이 분명한 분야로 추진되어야 한다. 나아가 선정된 분야가 국내에 부품/기자재/엔지니어링/제작/건설/운영 등 단계별로 대/중견/중소기업이 같이 생존하는 산업생태계를 조성할 수 있을 플랜트 기술 분야가 제시되어야 한다.

아마도 가장 중요한 인자는 공동기획 대상 플랜트가 실증설비로 국내에 건설 운영될 때 기술개발과 더불어 플랜트 자체가 이익을 내지는 못하더라도 자체 운영비용 도출이 가능(self-sustainable)한 플랜트 분야여야 한다는 점일 것이다.

플랜트 분야에서 계속 강조되어 왔지만 더욱 강조될 부분은 국내 기자재 기술을 확보하고 국내 생산/유지보수가 가능한 구도를 만들어 국제 경쟁력 확보는 물론 중소/중견기업들과 상생하는 산업 생태계 조성이다. 플랜트 기자재는 기계장치, 배관재, 전기장치, 계장설비, safety 설비로 구분되므로, 이 각 부분에 대한 상세한 기획이 요구된다.

최근 국내 해양플랜트 부분에서 연간 수조원대의 적자가 발생한 배경의 하나로도 지적되는 부족한 부분이다. 하지만, 대형 플랜트 사업의 대부분은 기술적, 사업 경험적 우위에 있는 선진 회사들이 독과점하고 있어 국내 기자재의 신뢰도를 문제 삼고 있으므로 해외 원천기술에 의존한 플랜트의 경우는 국내외 사업에 국내 기자재가 사용되기는 쉽지 않은 현실이다. 국산 기자재가 납품실적(track record)을 획득하기 위해서는 사전심사(PQ: Pre-Qualification)를 거쳐서 AVL(Approved Vendor List)에 등재되어야 하는 사전 절차가 필수적인데, 이를 거쳐나갈 기회가 원천적으로 적고 기술력도 부족하여 악순환이 반복되고 있다. 따라서 국내 실증규모로 추진하는 플랜트 기획에서는 해외 시장에 진출할 수준의 기술력과 인증을 확보하기 위한 세부과제 추진이 반드시 포함되어야 한다. 실증설비 구축과 운영을 통한 국내 기자재 업체가 track record를 쌓을 수 있도록 기회를 제공하고 성장할 바탕을 플랜트 분야 기획에서 포함해야 한다.

플랜트 분야기획에서 중요한 핵심 내용은 2014년 13대 미래성장동력 산업의 하나로 제시되었던 심해저해양플랜트 추진전략이 좋은 예를 제시하고 있다. 플랜트 설계·엔지니어링 역량 강화, 플랜트 핵심기술 개발, 핵심 소재·기자재 국산화 제고가 핵심 전략 내용으로서, 국내 현실에서 전체 플랜트 분야에 공히 적용될 수 있는 사항들이다.

2014년 미래창조과학부가 발표한 국가중점과학기술전략로드맵의 30대 대상기술에 포함된 첨단플랜트기술에서 핵심기술로는 융복합플랜트기술, 플랜트 설계·운영기술, 엔지니어링기술, 핵심기자재기술이 제시되었다.

이를 살펴보았을 때 플랜트분야 기술로 포함되어야 할 세부적 사항으로는 플랜트 설계·운영기술, 플랜트 ICT 적용 등 융복합화기술, 플랜트 핵심 고유기술 개발, 엔지니어링 EPC 기술, 핵심 소재·기자재 기술로 파악된다.

제2절 국내외 다 부처 공동연구 사례 조사

과학기술 선진국인 미국, 일본, EU는 다 부처 및 다 멤버 국가들 간의 공동 기술개발을 촉진하는 조직을 갖추고 있다.

미국은 대통령을 위원장으로 하는 NSTC(National Science and Technology Council)를 1993년 11월에 설치한 이후 운영하고 있는데, 여기서 중요한 국가과학기술 정책을 조율한다. National Nano Initiative(NNI)를 25개 연방부처와 기관이 참여하는 공동기획을 수행한 바 있다. 미국 국방부, 에너지성, 국립보건원(NIH), 국가과학재단(NSF), 국가표준원, 농림부 등이 참여하고 있으며, 2016년 예산은 14.95억불이다.

미국은 다 부처 사업 중에서 참여부처 수가 많고 사업규모가 큰 경우 업무수행의 효율성을 기하기 위해 상설기구인 국가조정사무국(NCO)을 설치하여 운영한다.

한국은 일본과 유사한 정책과 조직 운영을 하고 있으므로 일본 사례를 중심으로 살펴보고, 유럽연합은 2014년 Horizon 2020 프로그램을 통해서 국제협력도 강화하고 있는 사례를 살펴보고자 한다.

1. 유럽연합(EU)의 회원국간/국제 공동연구 현황

유럽연합(EU)는 회원국들이 참여하는 Framework 프로그램을 통해서 국가간 연구협업을 공동기획하고 회원국을 아우르는 민간기업들간의 파트너쉽 사업을 추진하고 있다. EU전체로 추진하는 공동연구 프로그램과는 별도로 영국, 프랑스 등은 자체적으로 범부처 기술개발을 지원하고 있다.

1984년 이후 지난 30년간 추진해온 세계 최대 R&D 프로그램인 Framework Programme(FP)을 8차 사업(2014~2020년)부터는 Horizon 2020이라는 새로운 명칭을 적용하고 있다. 2014년에 출범한 Horizon 2020은 지금까지 EU의 기술개발 프로그램 중에서 가장 예산 규모가 큰 프로젝트이다. 실험실에서부터 시장까지 아우르는 기술개발을 목표로 2014~2020년 기간에 800억유로 예산 투자를 계획하고 있다. 세계에서 가장 오픈된 예산지원을 바탕으로 국제 공동 기술개발 사업을 지원 예정이다.

2013년까지 수행된 FP 7차사업에서 EU 프로젝트에 공동참여한 EU외 국가의 비중은 6%에 달했는데, 주요 참여국가는 러시아, 미국, 인도, 중국, 남아공, 브라질이다.

표 3-2-1. 유럽연합 7차 Framework Program에 참여한 EU외 국가와 지원 규모

국가	성공적인 프로젝트 참여 기관 수	EU 자금 (백만 유로)
러시아	281개 프로젝트, 452개 기관	54.9
미국	287개 프로젝트, 369개 기관	36.4
인도	164개 프로젝트, 254개 기관	34.6
중국	237개 프로젝트, 369개 기관	30.1
남아공	158개 프로젝트, 195개 기관	27.5
브라질	166개 프로젝트, 235개 기관	26.5

(출처: KIAT 산업기술정책브리프, 'Horizon 2020의 예산 및 주요 특징', 2012.10)

Horizon 2020 프로그램에서는 한국을 지정해서 국제협력 사업을 공고하기도 하는데, 2015년 10월 27일 공고되는 'International Cooperation with South Korea on new generation high-efficiency capture processes' 프로젝트(LCE-24-2016)가 한 예이다. (참조:https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/2179-lce-24-2016.html).

이 프로젝트는 한국이 석탄화력발전소에서 발생되는 CO_2를 대규모로 포집하는 실증설비를 구축하고 운영에 나름 성공한 이력이 바탕이 되어 제안된 내용으로서, 2016년 2월까지 한국-EU 공동연구팀의 제안서를 받으며 총 1,700만유로 예산이 배정되어 있고 한 프로젝트당 200~500만유로가 지원된다.

2. 일본의 다 부처 공동연구 현황

일본은 부처 간 융합과제를 선정하여 기초-실용화/사업화 연계 연구개발 추진을 통한 산업 경쟁력 강화 및 고용창출 확대, 나아가 일본경제부흥을 도모하고자 전략적혁신창조프로그램(SIP, cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)을 시작한 바 있다. 이 프로그램은 일본의 과학기술혁신종합전략(2013.6)과 일본부흥전략(신성장전략,2013.6) 실현의 일환으로 추진되고 있다.

SIP에서는 과제를 각 부처에서 직접 맡는 것이 아니고 과제별로 프로그램디렉터(PD)를 선정하여 담당토록 하여 각 부처 역할을 PD가 조율토록 하고 있다. 각 과제담당 PD는 기초연구부터 실용화·사업화까지를 고려하고 규제 및 제도 개혁과 특구제도 활용까지 감안하여 사업을 추진하도록 되어 있다. 에너지, 차세대 인프라, 지역자원, 건강장수의 4개 분야를 특정하였고, 그 중 에너지, 차세대 인프라, 지역자원 분야의 부처 칸막이를 뛰어넘는 융합형 프로그램 10개를 2014년 5월에 아래와 같이 선정하였다.

표 3-2-2. 일본 부처 간 융합 전략적혁신창조프로그램의 10대 연구개발과제 (2014.05 선정)

정책과제	연구개발과제 (기술)	14년 예산 (억엔)
깨끗하고 경제적인 에너지 시스템의 실현	혁신적 연소 기술	20
	차세대 전력전자기술	22
	혁신적 구조 재료	36.08
	에너지 저장	33.06
	차세대 해양자원조사기술	61.6
선구적 차세대 인프라 구축	자동 주행 시스템	25.35
	인프라 유지보수/관리 기술	36.0
	재해 방지 및 예방 기능 강화	25.7
지역자원을 활용한 신산업육성	차세대 농림수산업 창조 기술	36.2
	혁신적 설계/제조 기술	25.5

10대 전략적혁신창조프로그램 중 에너지저장(에너지캐리어)과제에서 부처 간 협업의 내용을 보면 경제산업성과 문부과학성이 세부기술개발을 각각 담당하고 이를 SIP 융합과제에서 총괄하여 목표를 달성하는 구조이다.



그림 3-2-1. SIP를 중심으로 한 일본정부의 부처 간 협업과제 수행 사례 (출처: STEPI 동향과 이슈 제19호, '저성장에 대응하는 일본의 과학기술혁신정책 변화와 정책적 시사점, 2015.02.16.)

또한, 부처 간 기술개발 R&D 연계를 강화시킬 목적으로 내각부 산하에 과학기술예산전략회의를 2013년 6월 설치하여 운영하고 있다. 이 회의체의 목적은 범정부 차원에서의 연구개발예산 종합조정을 통해 중점화하여 과학기술 관련 예산을 전략적으로 편성, 부처 간 중복에 따른 비효율성을 없애는 것이다.

일본 부처간 협력 프로젝트로 추진된 상세 사례의 하나로 2004~2008년 기간에 진행된 (사)일본철강연맹의 혁신적 구조재료를 이용한 신구조 시스템 건축물 연구개발 추진이 있다 (출처: http://www.jisf.or.jp/business/tech/build/project/). 내각부의 종합과학기술회의에서 부처연계프로젝트로서 추진 결정을 받아 시작한 "혁신적 구조재료를 이용한 신구조 시스템 건축물의 연구개발"(2004-2008년도)이다. 경제산업성과 국토교통성이 협력 추진하는 사업으로서 각 부처가 담당하는 역할은 다음과 같다.

경제산업성＝일본철강연맹／일본강구조협회(JSSC) 수행
＜혁신적 구조재료 · 부재 제조기술 개발 등＞
- ○ 고기능강재의 개발(민간주체)
- ○ 각종부재 · 부품의 제조기술의 개발(성형 · 접합)
- ○ 최적모듈 개발(제조면)
- ○ 부재의 재생기술 개발
- ○ 부재의 열화진단기술의 개발(Reuse)
- ○ 국제기준화(규격화) 등

국토교통성＝신도시 하우징협회/국토기술정책종합연구소 수행
＜고기능강재를 이용한 새로운 설계·시공법의 개발／환경정비／신산업·사업화 검토 등＞
- ○ Infill system 개발
- ○ 최적 모듈 검토(설계면)
- ○ 신 접합법 개발
- ○ 국내법 정비(건축기준법 · 시장형성 지원 모델 등)
- ○ 새로운 건설업의 비전, 사업화 등

양부처 간 연계 진행 테마

<주 기관프레임 시스템 개발/신산업 · 사업화 검토 등>

○ 신구조 시스템 뼈대의 신설계

○ 합리적 단면부재 개발

○ 내진 고강도 부재의 접합법 개발

○ 환경 매니지먼트 및 Recycle/Reuse 사업개발

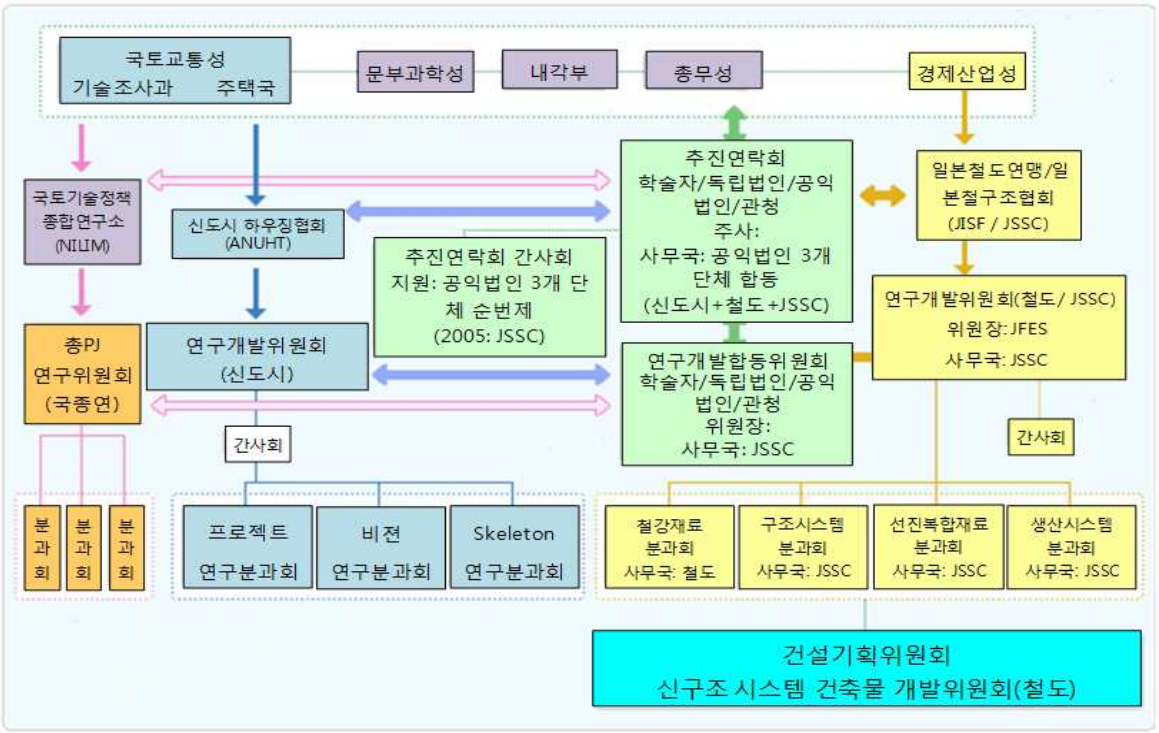


그림 3-2-2. 일본의 부처 간 협력 프로그램 사례 (혁신적 구조재료를 이용한 신구조 시스템 건축물 기술개발, 2004~2008년)의 세부 추진구조

3. 국내 다 부처 공동연구 사례 조사 및 분석

국내에서는 2010년 10월 27일 국가과학기술위원회 심의자료에서 국가연구개발 다부처공동기획사업 추진 방안(안)을 제시한 바 있다. 부처 간「전주기적 R&D 상시 연계시스템」구축을 통해, R&D 투자성과 극대화, 미래 지속가능 성장동력 창출 촉진을 목표로 하며 세부 추진전략으로서 아래 3개 세부사항을 제시한 바 있다. 하지만 다 부처 공동연구 분야는 지금도 2010년 자료에 제시된 출발선상에 있다고 보아야 할 것이다.

○ 최적의 공동기획 대상사업을 발굴하고 사업 유형별 차별화된 전략 적용

○ 선행적 기획연구에서부터 세부기획, 사업추진·관리, 평가까지의 전 주기에 걸쳐 부처 간 연계체제 구축

○ 정부부처 뿐만 아니라 출연연구소·학계·민간기업 등 연구개발 주체 간 새로운 파트너쉽 형성 병행

미래창조과학부가 주관이 되어있는 다부처공동기획사업에 대한 구체적 운영지침은 고시 제

2014-32호(2014.4.25)에 나타나있다. 여기에 있는 공동기획사업의 추진 절차는 아래와 같다.

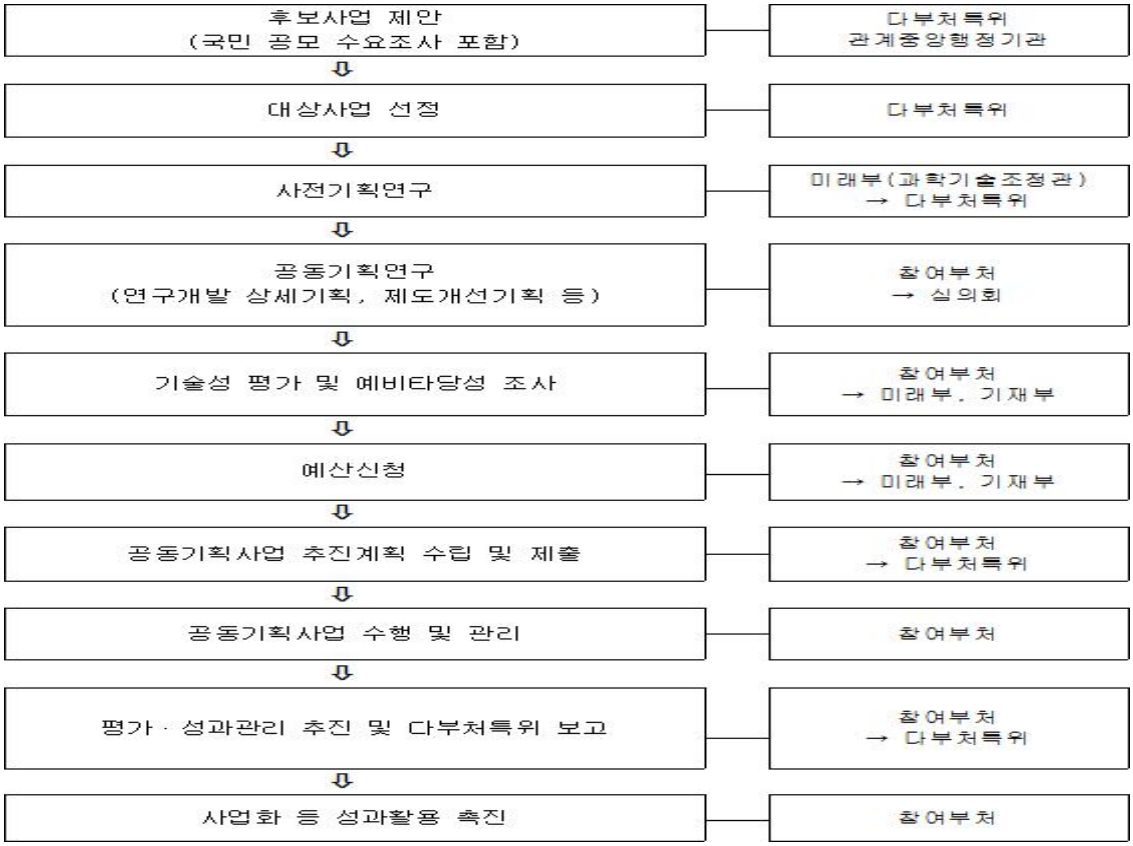


그림 3-2-3. 미래창조과학부 고시 제2014-32호(2014.4.25)의 공동기획사업의 추진 절차

2015년 다부처공동기획사업 공동기획연구결과(안)(2014.07.30.)에서는 공동기획연구 대상으로 선정된 3개 사업과 비선정된 3개 사업은 아래와 같고, 선정된 3개 사업은 2015년도에 시행되고 있다.

표 3-2-3. 2015년도 다부처공동기획사업 공동기획연구 대상으로 선정된 3개 사업

	사업명 (가나다순)	참여 부처	사업 규모 (백만원)	주요내용
1	고신뢰도 다개체 무인이동체계 네트워크 연구개발 및 기술 검증	(국토부) (미래부) (해수부)	37,000 ('15~'20)	· 다수 무인선 또는 이종 무인시스템(무인선-무인기)가 협업운용 기술의 개발, 인증/운용기준 수립, 운용기반 구축, 시범운용
2	실감 미디어를 위한 개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 개발	(미래부) (문체부) ※ 공동주관	40,000 ('15~'19)	· 맞춤형 문화 IT 융합 콘텐츠 서비스를 위해 개방형 유통 환경을 구축하고, 레고 블록형 SW 기반 협업형 실감 콘텐츠 저작 도구 개발
3	해양 주권 확보를 위한 원거리 선박 식별 관리시스템 구축	(해수부) (미래부) (외교부) ※ 공동주관	12,000 ('15~'17)	· 국내 EEZ내 중국 어선의 불법 조업 단속을 위해 원거리에서 조업하거나 여부를 신속하게 확인할 수 있는 식별 관리 시스템 개발 및 보급

이때 비선정된 3개 사업은 다음과 같다. 비선정된 평가의견을 보면, 한 개 부처의 업무로 인식이 되는 경우에 탈락하였고 기존 사업들과 차별성이 중요함을 볼 수 있다.

표 3-2-4. 2015년도 다부처공동기획사업 공동기획연구 대상으로 선정이 안 된 3개 사업

구분	사업명 (가나다순)	참여부처	예산 (기간)	평가 의견	기획연구 변경 내용
비선정	태양광을 이용한 지속 가능한 친환경 화학원료 생산 플랫폼 개발	(미래부) (산업부)	36,500 (10년)	·기초·원천의 성격이 강하여 미래부 단독 사업으로 추진하는 것이 바람직	·태양광을 활용한 신재생 에너지원 개발은 기존 사업과의 중복 문제로 삭제
	암생존자를 위한 다층 네트워크의학	(복지부) (산업부)	25,000 (5년)	·복지부 단독 역할이 강하여 단일사업으로 R&D 추진하고 산업부 등 관련부처가 활용하는 형태가 바람직	·변경사항 없음
	인간 뇌모방 전자 IT 두뇌	(미래부) (복지부) (산업부) (국방부/ 방사청)	100,000 (10년)	·기초·원천의 성격이 강하여 중장기의 미래부 단독 사업으로 추진하는 것이 바람직 ·예산이 과다 책정되었으며, 기존 기술과의 차별성 불명확 ※ 예) 글로벌프론티어 사업과 연계·협력	·변경사항 없음

2016년도 다부처공동기획사업 중점 추진분야는 아래와 같이 제시된 바 있다. 대분야와 중분야로 구분하면서 중점을 둔 핵심이 사회문제 해결, 미래대비 신산업 개발, 중소/벤처기업 활성화이다. 한 부처가 해결하기 힘든 사회전반을 아우르는 거시적 부분에 대응하는 기술개발이라야 다 부처 기술개발로 적절하다는 해석이 가능하다.

이런 측면에서 플랜트 분야의 기술개발은 다 부처 공동사업으로서 출발부터 매우 어려운 상황임을 짐작할 수 있다. 사회문제를 해결하기 보다는 일부 대기업의 핵심 주력분야를 강화시키고 크게 보아서 국가 경쟁력을 강화하는 데는 도움이 되겠지만 사회적으로 직접 영향을 주기보다는 대부분 간접적인 효과이어서 필요성을 설득하는 데 어렵다. 미래대비 신산업 측면에서는 플랜트 분야를 잘 기획한다면 나름대로 다 부처 사업의 필요성이 이해될 수 있겠고, 국내 중소/벤처기업 활성화 측면에서도 향후 해야 할 분야가 많아 다 부처 공동기획이 가능할 것이다.

표 3-2-5. 2016년도 다 부처 공동기획사업 중점 추진분야

대분야	중분야	소분야
사회문제 해결형 (Ⅰ)	(1) 사회격차 해소	① **(의료격차)** 취약계층 의료서비스 전달체계 개선
		② **(정보, 문화, 교육격차)** 지식·정보, 문화, 교육 불균형 완화
		③ **(생활불편)** 취약계층의 주거, 교통, 에너지 등 불편 해소
	(2) 재난대응	① **(재난감지)** 안전진단센서, 지능형 CCTV
		② **(재난 시뮬레이션)** 우리나라 지형특성에 적합한 시뮬레이션 개발
		③ **(첨단구난장비)** 재난용 무인기, 재난안전로봇, 현장지원 특수차량, 개인방호 스마트장비
미래대비 기술 (Ⅱ)	(1) 주력산업 기술개발	① **(5G통신)** 5G 통신 사용자 체감형 실감 통신기술
		② **(스마트카)** 스마트카 운전자를 위한 편의 콘텐츠 개발기술
		③ **(심해저)** 심해 구난장비 및 시스템 개발 기술
	(2) 미래 신산업 기술개발	① **(지능로봇)** 간병 및 장애인 서비스 지원장비 개발 기술
		② **(착용스마트기기)** 생활밀착형 착용형 스마트기기 개발기술
		③ **(실감형 콘텐츠)** 가정 및 교육용 실감형 콘텐츠 구현기술
중소·벤처 활성화 (Ⅲ)	(1) ICT기반 서비스 체계지원 기술개발	① **(저작권)** 디지털 저작권 보호 및 서비스 혁신 기술
		② **(금융보안)** 스마트폰 연계 금융보안 코드 및 SW
		③ **(결제기술)** 모바일기반 금융결제 기술
	(2) 제조 고도화 기술개발	① **(컴퓨터SW)** 컴퓨터와 센서, 네트워크 연계 SW 기술
		② **(디지털콘텐츠)** 디지털을 활용한 제작 및 가공 기술
		③ **(3D프린팅)** 3D프린팅 SW, 소재, 장비 기술

제3절 다 부처 공동기획 절차 및 포함 내용

현재 추진하는 다부처공동기획사업의 세부 추진 절차 및 내용은 2014년 4월 25일 시행된 미래창조과학부 고시 제2014-32호에 상세히 기술되어 있다. 우선, 사업추진 절차를 살펴보면 다음과 같다. 다부처공동기획사업 운영지침 제정 자료(2013년 6월)에 나타난 사업추진 절차는 아래와 같이 요약할 수 있다.

다부처공동기획사업의 추진 절차는 국과위 운영위원회 2010년 자료에도 잘 도시되어 있다.

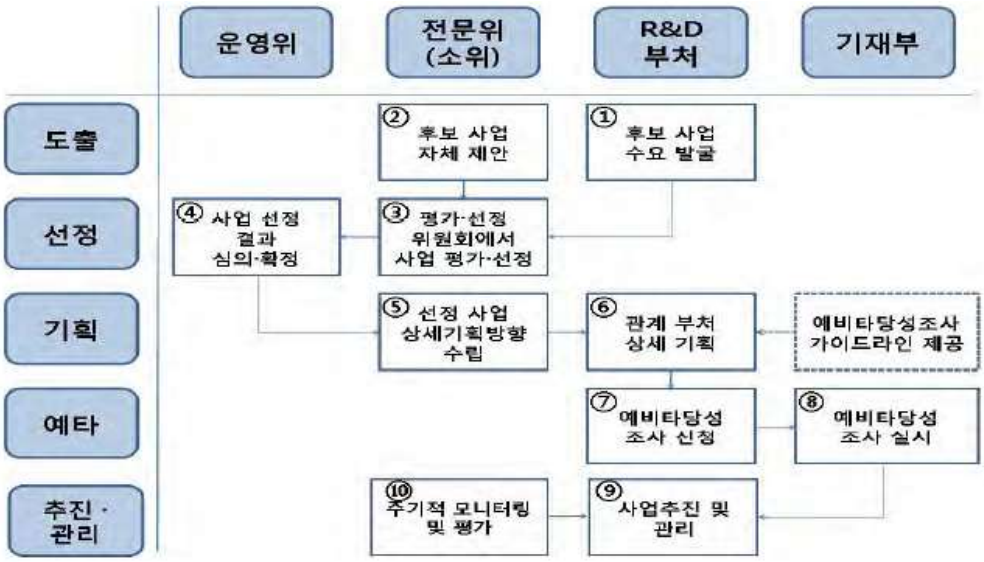


그림 3-3-1. 다부처공동기획사업 사업추진 절차도

(출처: 국과위, “국가연구개발 다부처공동기획사업 추진 방안(안)”, 2010/10/27)

다부처공동기획사업의 추진 절차는 아래 그림 3-3-2에 다시 상세히 나타나 있다. 우선 R&D 부처인 각 중앙행정기관이나 다 부처 전문특위에서 후보사업을 제안하는데 국민을 대상으로 공개 공모한 수요조사 내용도 포함한다. 다 부처 특위에서 일단 대상사업을 선정하고 이어서 사전기획 연구에 들어가게 된다. 참여부처에서는 공동기획 연구를 수행한 후 기술성평가와 예비타당성 조사평가 단계를 통과하면 예산신청을 하는 절차가 이어진다.

< 추진절차>

○ **(미래부)** ①후보사업발굴 → ②사전기획연구

○ **(참여부처)** ③공동기획연구(기술/제도(필요시)기획) → ④기술성평가 및 예비타당성(필요시) → ⑤예산반영 → ⑥사업집행 관리 → ⑦사업평가 및 성과확산

그림 3-3-2. 다부처공동기획사업 운영지침에 제시된 추진 절차.

(출처: 미래창조과학부고시 제2014-32호, 2014/04/25 시행]

다부처공동기획사업의 후보군 선정은 아래 기준을 고려토록 미래창조과학부 제 2014-32호 다부처공동기획사업 운영지침에 제시되어 있다.

① 공동기획의 필요성

② 목표설정의 구체성

③ 사업간 또는 관계중앙행정기관의 소관 분야 간 연계성

미래창조과학부고시 제2014-32호(2014.4.25)에 포함되어 있는 다부처공동기획사업 운영지침에서 사전기획연구의 범위와 공동기획연구에서 수행할 상세기획에 포함될 내용으로 제시된 사항들은 아래와 같다.

제12조(사전기획연구의 범위) 사전기획연구에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 사업목적
    - 가. 사업수요 및 근거
    - 나. 달성 가능한 목표의 도출 등
2. 사업추진의 필요성
    - 가. 국내·외 및 민간·공공 분야의 기술수준, 기술역량, 연구동향 등
    - 나. 공동기획사업의 기술적·사회적·경제적 파급효과
    - 다. 정책적 타당성
    - 라. 관계중앙행정기관 간 협력 및 연계의 필요성
    - 마. 투자의 효율성
3. 사업내용
    - 가. 사업기간 및 재원규모 등 사업목적과 부합한 사업내용
    - 나. 사업 목적의 달성 및 역량 강화 방안
4. 사업 추진전략
    - 가. 기술획득 전략
    - 나. 사업 및 성과관리 등 주관과 협력부처 간 역할분담 방안
    - 다. 성과활용 및 연계 방안

제12조(사전기획연구의 범위) 사전기획연구에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 사업목적
    - 가. 사업수요 및 근거
    - 나. 달성 가능한 목표의 도출 등
2. 사업추진의 필요성
    - 가. 국내·외 및 민간·공공 분야의 기술수준, 기술역량, 연구동향 등
    - 나. 공동기획사업의 기술적·사회적·경제적 파급효과
    - 다. 정책적 타당성
    - 라. 관계중앙행정기관 간 협력 및 연계의 필요성
    - 마. 투자의 효율성
3. 사업내용
    - 가. 사업기간 및 재원규모 등 사업목적과 부합한 사업내용
    - 나. 사업 목적의 달성 및 역량 강화 방안
4. 사업 추진전략
    - 가. 기술획득 전략
    - 나. 사업 및 성과관리 등 주관과 협력부처 간 역할분담 방안
    - 다. 성과활용 및 연계 방안

제14조(사전기획연구 과제의 심의 및 선정) ① 미래창조과학부장관은 다부처특위 심의를 거쳐 사전기획연구를 수행할 주관연구기관을 선정한다.

② 다부처특위는 다음 각 호의 기준에 따라 사전기획연구 신청과제를 심의한다.

1. 연구과제 추진의 적합성 및 필요성
2. 주관연구기관과 연구책임자 및 연구진의 연구수행 능력
3. 연구과제의 범위와 방법 등 계획의 적절성

4. 연구결과의 정책적 활용 가능성
5. 연구비 규모의 적절성 및 타당성
6. 기타 다부처특위 위원장이 필요하다고 인정하는 사항

제20조(연구개발 상세기획) ① 공동기획연구에는 연구개발 상세기획(이하 "상세기획"이라 한다)이 포함되어야 한다.

② 상세기획에는 다음 각 호의 내용을 포함한다.

1. 연구개발 목표 및 성과지표
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향 (논문·특허 조사)
3. 연구개발 내용
4. 연구개발 추진방법(추진전략, 추진체계)
5. 연구기간 및 소요예산, 재원마련 방안
6. 연구개발 기대성과
7. 연구개발 관련 법·제도, 인프라 관련 장애요인
8. 연구개발 결과의 구체적 활용방안
9. 연구개발 성과관리·평가 방안
10. 기타 효율적인 연구개발 추진을 위해 필요한 사항

③ 필요한 경우, 연구개발 추진에 따른 결과가 경제·사회·문화·윤리·환경 등에 미치는 영향을 분석하는 사전연구를 실시할 수 있다.

④ 필요한 경우, 상세기획에서 다양한 연구개발 방안을 모색하기 위한 개방형 공모 등을 실시할 수 있다.

다부처공동기획사업으로 추진되게 되면 대부분 예비타당성조사분석 예산범위(총 사업비 500억원 이상, 국고 지원 300억원 이상)에 드는 규모로 기획될 가능성이 높다. 예타 단계에서 가장 우선 만족시켜야 하는 관문이 기술성평가 단계이다. 실제 사업으로 성립되기 위해서는 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성 모두 만족이 되어야 하지만, 플랜트 분야에서는 기술적 타당성이 가장 중요한 지표이다. 시장의 규모와 신뢰도 높고 저렴한 플랜트 기술로 개발되어 경제적 타당성도 만족시켜야 하지만, 플랜트 특성상 기술적 타당성이 현재 기술대비 우월하다면 최소한 틈새시장은 찾을 수 있기 때문이다.

과학기술기본법 시행령(대통령령 제26551호, 2015.9.25.) 제21조의3항(예비타당성조사 대상사업 선정을 위한 의견제출)에 기술성평가에 포함될 내용이 아래와 같이 제시되어 있다.

○ 미래창조과학부장관이 법 제12조의3제1항에 따라 국가연구개발사업의 기술성을 평가할 때에는 다음 각 호의 사항을 중심으로 평가하여야 한다.

1. 기술개발의 필요성
2. 기술개발의 시급성
3. 사업계획의 구체성
4. 기존 기술 및 사업과의 유사·중복성
5. 연구개발투자 동향 및 국고 지원의 적합성
6. 논문, 특허, 표준화 등 기술개발 동향

따라서, 플랜트 분야에 대한 다 부처 공동기획에는 기술성평가 단계에 대응한 기획 방향과 기술별 내용이 충실히 포함되어야 한다.

제4절 공동기획 가능분야 발굴 방향 및 원칙 도출

가장 최근 자료인 미래창조과학부고시 제2014-32호(2014.4.25)에 있는 다부처 공동기획사업 운영지침의 후보 사업군을 선정할 때 고려할 기준은 다음과 같다.

1. 공동기획의 필요성
2. 목표설정의 구체성
3. 사업간 또는 관계중앙행정기관의 소관 분야 간 연계성

또한, 다 부처 사전기획연구 신청과제 심의 때 다 부처 특위가 따라야 할 기준은 다음과 같이 제시되어 있다.

1. 연구과제 추진의 적합성 및 필요성
2. 주관연구기관과 연구책임자 및 연구진의 연구수행 능력
3. 연구과제의 범위와 방법 등 계획의 적절성
4. 연구결과의 정책적 활용 가능성
5. 연구비 규모의 적절성 및 타당성
6. 기타 다부처 특위위원장이 필요하다고 인정하는 사항

위에 제시된 사업 선정과 심의 기준들에 맞는 플랜트 기술분야 영역을 발굴해야만 공동기획이 추진되더라도 선택되어 의미 있는 사업으로서 수행이 가능하다.

2015년 4월 6일 국가과학기술심의회'2016년도 정부연구개발투자 방향 및 기준'자료에서 제시된 중점추진 분야 및 주요 방향은 아래와 같다.

(중점추진분야) 선택과 집중을 통해'질 중심의 투자전략'구현

○ ICT 등 첨단기술을 활용한 기존 산업의 스마트화, 미래성장동력 창출, R&D성과의 사업화 등에 대한 우선 지원
- 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 심해저해양플랜트 등 19대 미래성장동력 기술분야
・경제혁신 3개년계획, 미래성장동력 종합실천계획, 바이오미래전략 등 주요 정책과 예산의 연계를 강화

○ 시장수요 반영* 강화, R&D 개방성** 확대 등을 통해 정부 R&D 실효성을 제고
*기업이 기획·선제안하고 정부가 역매칭, 기업주관 비중이 높은 사업 지원 확대 등
**민군 협력 강화, 산·학·연 협력 촉진, 전략적 국제협력 강화, 부처 간 협업 강화 등
- 정부R&D 기획-관리-평가 등 전 과정의 산업계 참여를 확대

○ 성과분석, 기술동향 및 미래전망 등에 근거한 기술분야별 중기투자포트폴리오 마련 등을 통해 전략적 투자방향에 따른 정부R&D 지원

(효율화) 강력한 R&D 효율화를 통하여 신규 투자재원 마련

○ 「유사·중복사업 검토 가이드라인」을 마련하여 핵심사업 중심으로 유사사업을 통·폐합
- 사업기획, 예산 편성, 사업 시행 과정에서 주관부처 자율적 정비를 위한 지침

○ 非R&D성 사업을 정비하고 10년 이상의 장기계속사업은 종료연도를 특정한 일몰형 사업으로 개편하는 등 사업구조 개선 추진

○ 메모리반도체, 디스플레이, 대형 플랜트 실증 등 대기업 중심으로 민간역량이 성숙한 분야에 대한 정부 직접투자를 축소

○ 출연(연)의 연구장비 구입 관련 예산은 별도의 세부사업으로 분리하는 등 연구장비·시설 운영의 효율성 확보

○ 신규사업은 기술동향·전망 등을 바탕으로 철저한 사전기획에 기반하여 추진하고 계속사업은 평가 결과, 집행실적 등을 심층 점검

(부처 간 협업 강화) 창조경제 성과 창출 가속화를 위해 개별적으로 추진하던 각 부처의 사업 간 연계·협업을 통한 시너지 제고

○ 사업기획 단계부터 부처 협업과 함께 제도개선 노력을 병행하는 분야에 대한 우선투자를 통해 사업의 효율성 제고

(부처 간 역할조정) 다수 부처와 관련된 R&D분야는 부처 간 사전 공동기획, 사업 연계 등을 통해 협업 및 역할분담 강화

○ 관련부처 및 부처별 전담관리기관 등이 참여하는 협의체 구성·운영 활성화

(다부처 사업) 부처 간 역할분담이나 집중투자분야 설정 및 내역 사업의 조정이 필요한 경우, 미래부와 협의를 거쳐 역할분담 제시

※ 다부처사업은 예산요구서 상 다부처사업임을 반드시 명기(내역사업 포함)

(정부R&D 연구성과의 다각적 사업화 촉진)

○ 기업 先제안(기획)-사업추진(정부 역매칭), 기업 주관 비중이 높은 사업 지원 확대 등 기업의 사전 참여 촉진

○ 기술이전 후 애로를 겪는 기업 대상의 공급-수요의 갭 보완, 정부R&D 성과사업화 연계 사업에 대한 우선 지원 등으로 사업화 기반을 확충

(R&D지원주체 간 역할분담 확립)

○ 세계적 기술수준 및 민간 R&D 인프라가 구축된 분야는 정부 지원을 점진적으로 축소

※ 건강·안전·에너지·건설교통 등 사회문제해결형 연구를 위한 공공기관의 R&D투자 확대 유도

○ 지역기반의 R&D사업은 파급효과 등을 감안하여 지자체의 주도적 참여로 추진

○ 다수부처와 관련된 R&D분야는 부처 간 사전공동기획, 사업연계 등을 통해 협업 및 역할분담을 강화

(대기업 지원축소)

○ 대기업 직접지원 비중이 일정 수준 이상인 사업에 대해 단계적 지원 축소

(에너지 신산업 창출) 기후·에너지 분야 신시장·신산업 창출을 위해 혁신기술을 에너지산업에 접목한 온실가스 저감 R&D 지원 강화

○ 에너지소비 저감을 위해 ICT 기술과 연계한 건물·수송·산업 분야 에너지 효율향상 기술* 과 차세대 청정에너지 기술** 등에 중점 지원

*제로에너지빌딩 기술, 전기차 기술, ICT와 연계한 에너지다소비산업공정 개선 기술 등

**태양전지, 연료전지, 바이오에너지 기술 등

(선순환구조 구축) 수요자 눈높이의 상용화 기술 이전·보완, 범부처 협업체계 강화 등을 통한 원활한 기술이전과 매출증대의 선순환 촉진

○ 기술이전 후 애로를 겪는 기업 대상, 공급-수요의 갭 보완* 지원

*추가 기술개발, 시험평가, 시제품 제작, 공정개선 등 지원

○ 정부R&D 성과 사업화 단계별 연계 추진 사업(다부처 포함)에 대한 우선 지원 및 연구성과 징검다리 지원* 강화로 사업화 기반 확충

*신규예산 일부를 후속연구 의무 할당, 기초(원천)과제 수행기간 내 사업화 기간 편성

등

(목적형 융합연구 확대) 문제해결·목적지향형* 융합연구 투자 확대를 통한 미래성장 기반 확보 및 융합연구 지원성과 제고

*기술·연구자 중심 → 건강·환경·재난안전 등 생활밀착형 사회적 문제해결 중심

○ 기존기술에 문화를 접목하는 등 다양한 융합을 통해 기존기술의 한계를 극복하는 신기술을 개발하고, 신기술과 기존산업과의 융합을 통한 신산업 창출에 투자 강화

※ 빅데이터, 융합형 콘텐츠 등 15대 융합기술(창조경제 실현을 위한 융합기술 발전전략, 2014년)

○ 융합사업 내 '경쟁R&D트랙' 및 연구수행의 모험성을 반영하는 평가 체계를 강화하여 창의·도전적 성과창출 도모

※ 대형융합사업의 경우 성과보다는 사회적 파급효과 중심의 평가 강화

○ '다부처공동기획'을 통한 전주기적 다부처 R&D 협업 및 투자 효율성 제고 강화

(기계/제조-플랜트·엔지니어링)

○ 기후변화 대응, 에너지·수자원의 확보를 위한 그린 플랜트 및 해양자원 개발에 따른 해양플랜트 성장, 고부가가치 엔지니어링 기술개발 요구 증대

○ 창의·시스템 산업의 고부가가치화를 목표로 엔지니어링 등 기반분야 핵심기술 적극 육성 추진

○ 국내 플랜트 및 건설산업의 급격한 쇠퇴가 우려되는 상황에서, 고부가가치 영역인 엔지니어링 기술역량 확보에 주력

○ 대규모 실증 등 대기업 주요추진 분야는 지원을 축소하고, 엔지니어링 전문기업 육성 및 핵심기자재 역량을 갖춘 전문기업 육성에 주력

○ 플랜트 분야 산업부(엔지니어링, 기자재)-국토부(실증, 통합) 간 역할을 분담하고 공동기획 등 부처 간 긴밀한 협조 추진

※ 플랜트 R&D 협의회 활성화 및 역할확대(공동 기획, 공동 로드맵 수립)

이들 발표된 방향을 살펴보면, 아래와 같은 다 부처 공동기획 가능분야 발굴 방향으로 축약될 수 있다.

① 19대 미래성장동력 기술분야에 연계되는 플랜트 분야로 발굴이 필요

② 기업이 기획·선제안하고 기업주관 비중이 높은 사업, 즉 민간의 수요가 확실한 플랜트 분야

③ 대형 플랜트 실증 등 대기업 중심으로 민간역량이 성숙한 분야에 대한 정부 직접투자를 축소하는 정책 방향에 대응 논리가 확실하면서, 대기업 중심이 아닌 중소/중견기업의 역할이 큰 플랜트 분야

④ 기존 정부 R&D 결과 성과가 사업화로 연계될 수 있는 플랜트 분야

⑤ 플랜트 분야에서 사회문제 해결 역할이 강조될 수 있는 세부분야 강화

⑥ ICT와 연계되어 실용화 및 효율성이 강화되는 플랜트 분야

플랜트 분야에서 부처 공동으로 추진이 가능할 분야를 선정할 때 어떤 원칙으로 할지는 현재와 같이 플랜트 분야가 일반적인 공동기획 분야 절차로는 선정 가능성이 매우 낮기 때문에 매우 중요하다. 앞서 2절에서 설명된 2015년도에 추진되는 공동기획 대상사업과 2016년도의 중

점 추진분야의 면면을 보면, 기술의 구체성도 있고 매우 구체적인 적용처가 있으면서 여러 부처의 소관업무가 연계된 사업들만이 선정되었다. 2015년 기간에 다부처공동기획 사업 6개 후보 중에서 플랜트에 관련된 1개 사업은 1개로서 '태양광을 이용한 지속가능한 친환경 화학원료 생산 플랫폼 개발'인데 최종 결과는 '기초·원천의 성격이 강하여 미래부 단독 사업으로 추진하는 것이 바람직'이라는 평가의견에 따라 탈락되었다.

STEPI에서 2011년 발간한 '다부처 R&D 사업 기획 및 추진 방안' 정책연구보고서에서 국가과학기술위원회 주도의 다 부처 사업분야를 아래 4가지로 구분하였다.

○ 적용 분야가 여러 부처의 고유 업무에 걸쳐 있는 분야
예: 자립형 센서기반 지능형 환경관리시스템 개발, 범부처 u-health 서비스통합 구축
○ 기반기술로 여러 부처에서 활용 가능성이 높은 분야
예: 4세대 IT 혁신 프로그램, 미래 융합산업 창출을 위한 지능형 로봇
○ 다 부처적인 공동 참여로 문제 해결이 필요한 분야
예: 대형 화산활동 예측·대응
○ 기초원천 연구성과를 사업화하기 위한 다부처간 후속 연구지원 사업 분야
예: 공공(연) R&D 성과 확산을 위한 부처 간 협력모델

또한, STEPI에서 2011년 발간한 '다부처 R&D 사업 기획 및 추진 방안' 정책연구보고서에서는 다부처 R&D 사업의 발굴이 가능한 분야를 다음과 같이 제시한 바 있다.

○ 첫째, 유사 중복 가능 분야 : 신생기술(첨단 6T: IT, BT, NT, ST, ET, CT) 분야
- 미래수요가 높아 현재 투자 우선순위가 높은 영역으로 부처 간 연구개발 투입이 가장 활발한 분야로서, 두 개 부처 이상에서 6T 영역에 투자하고 있는 것으로 나타남.
- 세부기술 분야별로 부처 간 시너지효과나 정책부합성 등을 고려하여 기존 사업의 틀은 유지하면서 전략적 연계가 필요한 사업, 부처 공동 기반사업 혹은 공백부분에 대한 보완 사업 등의 다양한 다 부처 R&D 사업 추진이 가능함.
○ 둘째, 핵심 국정과제 해당 분야 : 향후 국민의 먹거리 창출 및 지속적 발전과 직결된 새로운 국가 전략분야
- 예를 들어 녹색기술과 신성장동력 관련 분야 등은 부처별 병행 추진보다 부처 간 공동 추진이 효과적일 수 있음.
- 실제로 녹색기술의 경우, 「녹색기술연구개발종합대책」이 발표되었음에도 불구하고 개별 부처별로 추진되는 정책에 따라 사업이 확장되고 있어 향후 부처 간 역할분담, 기술분야별 협력방안 등이 요구되고 있음.
○ 셋째, 산학연간, 출연(연)연구회간 협력 연구가 필요한 분야
- 현재 정부연구개발사업은 우선적으로 과제단위에서 협력 연구를 활성화하고 있어 외적인 양적 측면에서의 협력연구는 활성화되고 있으나, 질적인 측면에서 실효성 있는 수행 주체 간 협력연구는 한계가 있음.
- 원천기술의 신속하고 효율적인 사업화 연계를 위해서는 전주기적 수행 주체 간 협력 도모가 요구됨.
○ 넷째, 대규모 비용이 발생하고 복잡성이 큰 분야
- 일반적인 투자규모를 넘어선 초대형의 '메가'프로젝트는 그 특수성을 고려하여 기존의

연구개발사업의 관리방식과는 차별화된 접근이 필요하여 사업 수행 시 단일 수행주체 또는 단일 부처차원에서의 수행보다는 다수 부처가 합동으로 수행하는 것이 바람직할 수 있음.

- 특히, 대형 연구시설장비의 경우 부처 간 중복적인 사업 추진으로 시설장비의 활용도가 매우 낮은 상태로 보고되고 있어 다 부처 합동의 공동사업을 추진하는 것은 시설의 공동 활용을 촉진할 수 있음.

○ 다섯째, 재난재해, 국가안보 등 국가사회적인 현안으로서 공동 대응이 필요한 분야

- 기후변화 등과 같은 전 지구적인 환경변화에 대한 신속한 국가적 대응 및 대국민 피해를 저감하기 위해서는 다 부처적 공동대응이 체계적·전략적으로 이루어질 필요가 있음.
- 미국 등 선진국에서는 기후변화나 국가안보에 관련된 분야는 다 부처 공동 전략을 마련하여 추진하고 있음.

여기에 더하여, 각 부처가 담당하는 연구결과의 성격을 연계시키는 사업과 공동개발을 통한 기술 플랫폼 사업분야가 공동기획의 대상분야가 될 수 있다. 각 부처에서 개발된 기초원천기술 개발 결과를 다른 정부부처의 연구개발사업에 연계시켜 기술개발 결과가 사업화되는 형태로 기간과 소요 예산을 줄일 수 있겠고, 다양한 유관분야에 공통으로 사용할 수 있는 플랫폼 기술 개발 분야는 플랫폼 기술을 부처공동으로 개발한 후 각 부처가 각자 적합한 사용모델로 추가 개발하는 전략도 좋은 분야가 될 수 있다. 예를 들어 미래부나 산업부에서 개발한 플랜트 요소 기술과 파일럿급 기술을 국토부에서 이전받아 실제 시장에 활용할 실증/상용급 규모로 집중 투자하여 국내외 시장 진출하는 결과물을 도출하는 방식도 가능하다.

공동플랫폼 기술개발 전략은 일본이 지난 수십년간 성공적으로 개발한 방식이다. 대표적인 사례로서는 석탄가스화 플랜트와 폐기물가스화 플랜트가 있다. 석탄가스화 플랜트 기술은 1980년대초에 정부출연연구소 성격인 전력중앙연구소(CRIEPI)에서 3톤/일급 2단 석탄가스화기술을 유럽기술에 근간하여 10년 이상 개발하였고 그 결과를 미쯔비시중공업과 히다치중공업에 전수했다. 이들 2개사는 이 플랫폼 기술을 기반으로 개량하여 미쯔비시중공업은 공기사용 분류층 2단 1,700톤/일급 석탄가스화기술로, 히다치중공업는 산소사용 2단 1,100톤/일급 석탄가스화기술로 특화 발전시켰다. 폐기물가스화용융 플랜트기술도 실증단계에 있는 유럽기술을 도입하여 플랫폼기술로 개발하고 각 회사에 전수하였고 각 회사는 이를 개량하고 각사의 고유기술로 개발 상업화에 성공하였다. 이들 기술들은 외관으로 보면 매우 유사한데 그 이유는 같은 플랫폼 기술에서 출발하였기 때문이고, 현재 한국에 여러 일본회사들의 기술이 도입되어 도시생활폐기물 처리에 사용되고 있다. 플랜트 기술개발에 투자할 수 있는 전체 예산규모가 미국이나 일본 대비 작은 한국 입장에서는 적극 채택할 방식으로 사료된다.

미래창조과학부 고시에 있는 다부처공동기획사업 운영지침 사전기획연구 대상 선정 체크리스트는 다음과 같다.

표 3-4-1. 다부처공동기획사업 운영지침에 제시된 사전기획연구 대상 선정 체크리스트

항목	판단기준	검토내용
다부처 추진필요성	중복성	부처간 유사 · 중복적으로 또는 경쟁적으로 사업을 추진할 가능성이 있는 지
	포괄성	사업의 내용 및 대상분야가 다부처를 포괄하고, 기술대상 및 활용범위가 다양한 지
	연계성	사업목적 달성을 위해 기술·성과활용 등 측면에서 연계가 필요한 지
사업 정책 부합성	전략성	사업이 국가적 전략적 수요*에 부합하는 지 *국정과제 수행, 안보 및 국방, 사회현안 등
	공공성	사업의 내용이 공공R&D영역에 해당되어 정부주도의 연구개발사업 수행이 필요한 지
	시급성	시급한 대응을 위해 다부처 대응이 필요한 지
사업 효과성	파급효과 및 투자효율성	다부처 공동사업 수행이 단일부처 사업 수행보다 더 높은 경제적 · 사회적 · 기술적 파급효과와 투자효율성이 예상되는 지
사업목적의 적절성	사업목적의 적절성	사업목적이 구체적이고, 그 근거가 명확하고 타당한 지
사업관리 구조의 명확성 및 적절성	사업관리 구조의 적절성	다음 사항에 대해 부처간 역할분담이 적절하고 명확하게 설정되었는지 [기획/사업수행/재원분담/사업관리 및 연구수행/ 성과관리 및 활용]
예비타당성 조사의 추진 필요성	추진 필요성	총사업비 500억 원 규모 이상의 사업으로 추진해야 되는 지
사업성과 관리 및 활용전략 구체성	활용전략의 구체성	성과지표가 적절하고 성과의 관리에 관한 사항이 구체적이고 명확한지

그리고, 다 부처 공동기획 후보사업의 선정평가 지표는 아래와 같다(국가과학기술심의회, 다부처공동기획사업 선정 및 추진계획(안), 2013.12.30. 자료 및 다부처공동기획사업 운영지침 제11조 2항).

표 3-4-2. 다 부처 공동기획 후보사업의 선정평가 지표 (국과위 2013/12/30 자료)

평가요소	평가지표	평가항목
다부처 추진필요성 (40)	부처 중복성	부처 간 유사·중복적으로 또는 경쟁적으로 사업을 추진할 가능성이 있는 지
	사업 포괄성	사업의 내용 및 대상분야가 다부처를 포괄하고, 활용범위가 다양한 지
	부처간 연계성	참여부처 간 연계협력이 시너지 효과를 창출할 수 있는지
사업내용의 타당성 (30)	사업목적의 구체성	해당 사업 목적 및 필요성이 구체적으로 제시되었는지
	사업내용의 적절성	해당 사업의 내용이 연구목표 달성을 위해 적절히 구성되었는지
사업추진 필요성 (20)	정책 부합성	사업 목적이 국가적 전략적 수요*에 부합하는 지 * 국정과제, 사회현안 등
	정부주도 필요성	해당 사업이 정부 주도의 연구개발사업 수행이 필요한 지
연구규모 및 기대효과 (10)	사업규모의 적절성	해당 사업의 예산규모, 사업기간 등이 적절히 제시되었는지
	기대효과의 적절성	사업 추진을 통한 기대효과가 적절히 제시되었는지

결국, 공동기획이 가능한 플랜트 분야로 발굴 토의되는 구체적인 사업 대상이 이들 대상사업 선정 체크리스트와 평가지표들에 맞도록 평가하는 과정도 필요하다.

본 기획에서 대상으로 하는 플랜트는 기본적으로 정부의 예비타당성조사 단계를 거치는 대형 예산투입이 요구되는 사업 규모(총 사업비 500억원 이상, 국고 지원 300억원 이상)이다. 정부의 예산이 투입되므로 바로 상용화 운전이 가능한 플랜트를 대상으로 하지 않고 상업적 기술 판매를 위한 전단계인 실증 플랜트를 대상으로 한다. 2014년도 KISTEP의 보고서에서는 실증플랜트실험실 규모 이후 기술검증 및 사업화 가능성 판단을 위해 건설 운용되는 상용플랜트보다 상대적으로 작은 규모의 연구시설이라는 개념에 부합하면 실증플랜트라고 정의한 바 있다.

따라서, 본 기획가능 플랜트 분야는 아래의 예비타당성 항목에도 부합되어야 한다.

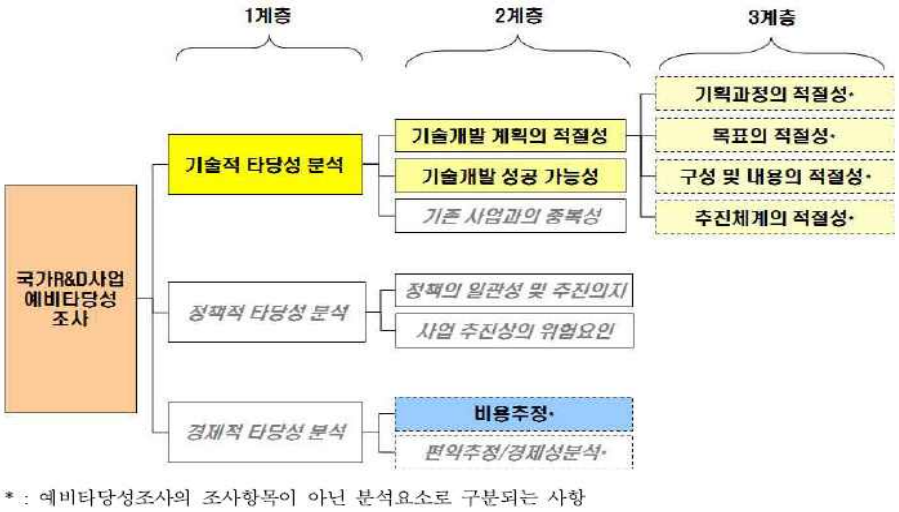


그림 3-4-1. 국가 R&D사업 예비타당성 조사에서 점검하는 항목들의 내용 (출처: KISTEP, 실증플랜트 구축사업 타당성조사를 위한 분석방안 마련 연구, 2014)

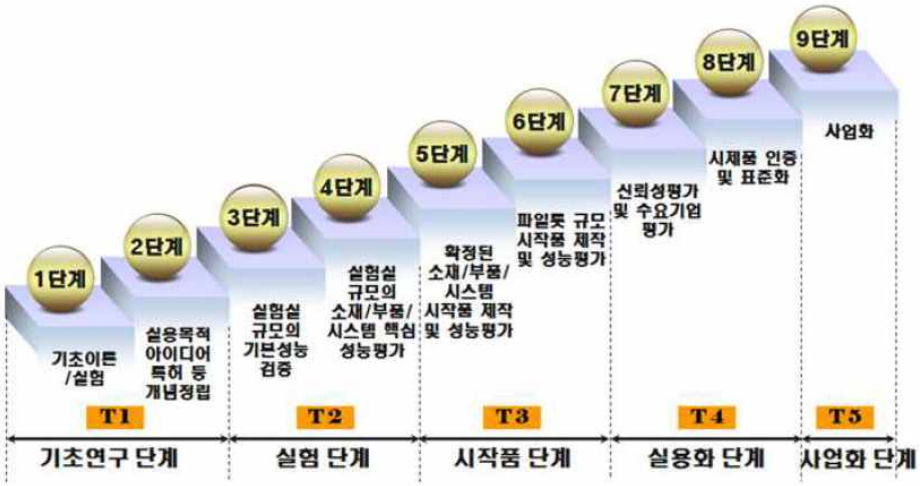


그림 3-4-2. 기술개발사업의 단계와 내용

또한, 기획 대상 사업은 상기 TRL 단계에서 최소한 5단계이상으로 9단계에 도달치 못한 상태로 국내에 기반기술이 상당히 축적되어 있으면서 민간의 참여의지가 확인된 분야라야 한다.

제5절 정부 및 부처별 역할 도출

1. 정부의 역할

부처별 역할 이전에 정부가 대형 플랜트 실증사업을 지원할 타당성이 있는가라는 질문은 이전부터 항시 있어왔다. 마침 국토부가 수행한 플랜트기술고도화사업에 대한 심층평가 최종보고서가 2009년 9월 KISTEP에서 발간된 바 있다. 이 보고서에서 살펴본 핵심은 테스트베드에 내포된 상당한 비 R&D 특성 및 비 공공성, 일부 민간기업 역량의 높은 수준 등에 의해 정부 R&D지원의 적절성 문제였으며, 세부적으로 살펴본 사항은 (1) '테스트베드(Test-bed)'의 건설이 이 사업의 연구개발 성격과 관련된 쟁점부분, (2) 필요한 연구개발이라고 하더라도 이에 대해 정부가 개입해야만 하는가에 대한 쟁점부분이었다. 도출된 결론은 실증플랜트의 성격상 본 사업은 산업활동과 연구개발의 경계에 위치하지만, 생산품이나 공정의 기술적 향상이라는 일차적인 목적에 비추어 연구개발의 범위로 볼 수 있으며 플랜트산업의 특성상 수출을 위해서는 실적이 필수적인데, 이에 필요한 대규모 실증플랜트를 건설하기는 어려운 요소 핵심기자재 업체들을 위한 지원이라는 측면에서 정부지원의 당위성이 존재한다고 적시하여 정부 R&D 지원이 적절하다고 판별하였다.

이 부분은 미국과 일본의 대형 실증사업 지원 사례를 보면 타당성은 더 명확해진다. 소위 WTO 규정에 문제가 발생할 수 있다는 부분은 이러한 해외 유사 실증사업의 경우를 보면 문제가 없음을 명확히 알 수 있다.

○ 미국 Kemper(순환유동층 석탄 IGCC + CO_2 포집 + EOR) 프로젝트
- 미국 저급탄(갈탄) 사용, 미국 KBR사/Southern Company 공동 개발한 순환유동층 가스화기술의 524MWe 상용규모 실증 + 300만톤/년 CO_2 포집, 원유채굴 활용(Enhanced Oil Recovery) 연계
- 운영주체: Southern Company 자회사인 Mississippi Power
- 예산: 총 26.7억불 (미국정부 DOE 2.7억불 지원)
- 위치: 미국 미시시피주 Kemper 카운티

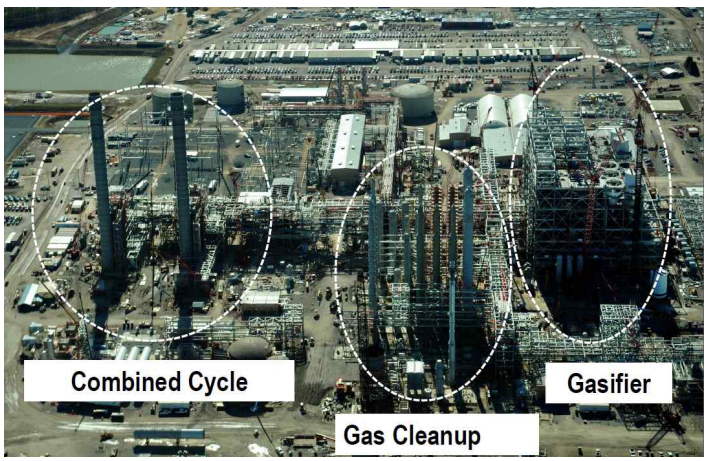


그림 3-5-1. 미국 Kemper 프로젝트 2014/02 기준 건설현장 모습
(출처: Kemper County TRIG Based IGCC Power Plant, Southern Co., 2014/02)

○ 미국 Summit Power Texas Clean Energy (석탄 IGCC + CO_2 포집 + EOR + 비료 생산) 프로젝트

- 예산이 초기 22억불에서 2014년 4월 35억불로 증가 (인력, 재료비 상승이 주요 원인)
- 미국 DOE Clean Coal Power Initiative (CCPI)에서 4.5억불 지원
- 2013년 시작된 미국-중국 U.S.-China Climate Change Working Group CCUS Initiative 일환으로, Summit Power사와 중국 Huaneng그룹이 2014/07/08에 본 프로젝트 및 중국 텐진에서 운영 중인 250MWe GreenGen 프로젝트에 협력하기로 합의문을 북경에서 사인
- 독일 Siemens 석탄가스화기+가스터빈 적용
- 400MW 상응한 전기/비료 생산, 90% CO_2(약 200만톤/년) 포집
- 중국 Huanqui Contracting & Engineering Co.가 엔지니어링서비스
- 일정 : 2015년 여름에 건설 시작, 2018년에 운전 시작할 계획
- 위치 : 미국 텍사스주 Penwell

○ 일본 CoolGen (석탄 IGCC + CO_2 포집 + 연료전지) 실증 프로젝트 (2012-2022년)

- 일본 자체개발 기술들을 연계하여 최종 300~600MWe급 고효율청정화력 실증
  - 일본 J-Coal 개발 석탄가스화기 + 미쯔비시 가스터빈 + CO_2 포집 + 연료전지 연계 실증
  - 1,100톤/일 석탄가스화를 통한 170MWe IGCC 전기 생산
  - 다음 단계인 300~600MWe 상용 석탄 IGCC 추진을 위한 검증, 최종 발전효율 50%를 목표
- 일본 NEDO 지원의 J-Coal 주관 EAGLE 프로젝트 결과를 scale-up하는 실증 프로젝트
  * EAGLE 프로젝트(step 1 2002-2006년, step 2 2007-2009년): 150톤/일 산소 사용 석탄가스화기 + 1천Nm^3/h CO_2 습식 포집
- 1단계 2016년~ IGCC, 2단계 2019년~ IGCC+CCS, 3단계 2020년~ IGFC(가스화복합연료전지)+CCS 실증 운영
- 운영주체: Osaki CoolGen Co. (일본 중부전력(50%), J-Coal (50%) 합작, 2009/07 설립)
- 예산: 정부(일본 METI) 전체소요 예산의 33% 지원
- 위치: 일본 히로시마 (사진: 건설 예정인 설비조감도)
- 프로젝트 목적: 일본은 개도국에서 CO_2 저감의 가장 현실적 방안으로 고효율 청정석탄화력을 기후변화대응 전략으로 2014년부터 강력히 제시하고 있음. 이는 자국 산업경쟁력을 높여 자국의 산업수출과 국제사회에 대한 CO_2 저감 명분을 일치시키는 전략임.

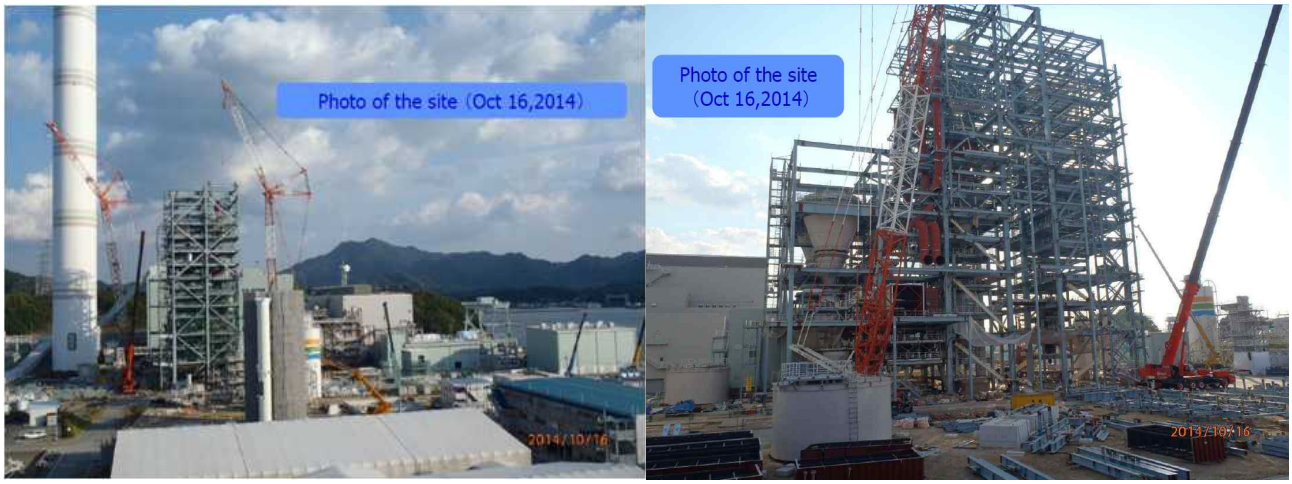


그림 3-5-2 일본 Osaki CoolGen 프로젝트 설비 건설 중인 사진(2014/10/16)
(출처: Osaki CoolGen Project Update, EPRI GUA Annual Meeting, 2014/10/29)

2. 부처별 역할

국토부가 이전 추진한 플랜트기술고도화사업은 해외 플랜트시장 진출을 위한 국내실증을 수행하고 이를 기반으로 국내업계가 국내외 시장 진출을 할 수 있는 분야로 선정된 바 있다. 해수담수화플랜트와 가스플랜트가 사업단 형태로 수행되었다. 해수담수화플랜트사업단(2007-2012년)의 연구목표는 세계시장의 경쟁력 유지를 위한 세계 최고수준의 역삼투 방식 해수담수화플랜트 기술개발이었으며, 가스플랜트사업단(2008-2015년)의 연구목표는 고효율·대용량 LNG 플랜트 핵심 공정기술 및 설계·시공기술 및 저비용·고효율 GTL 플랜트 공정 원천기술 확보 및 FEED패키지·시공기술 개발이었다. LNG 플랜트 사업단이 추진코자 했던 GTL 부분은 산업부(당시 산업통상자원부)에서 추진하고 있던 국내 기술개발과 맞물려 추진되지 못한 바 있다.

기본적으로 국토부와 산업부의 플랜트 분야에 대한 역할 분담은 아래에 기반 한다. 이 방향이 포괄적이기는 하지만 각 부처의 담당업무 성격을 반영한 구분이므로 이 방향에 맞는 공동기획이 추진되어 플랜트 분야에서 실제 대형 국가지원 사업으로서 국내외 시장에서 경쟁할 수 있는 성과가 나오기를 기대한다.

○ (국토부) 단위(요소)기술의 연계·통합, 실증 및 시공기술 등 실용화 기술

○ (산업부) 단위(요소) 공정기술과 부품·기자재 등 기반기술

다부처공동기획사업으로 실제 시행되고 있는 사업들에서 각 부처가 맡은 역할로 제시된 자료를 우선 살펴서 지금까지의 현황을 파악하였다. 먼저, 2015년 시행된 3개 사업의 다 부처 추진필요성, 부처 간 역할분담 내용, 추진체계는 아래와 같다.

(1) 고신뢰도 다개체 무인이동체계 네트워크 연구개발 및 기술 검증

(多부처 추진 필요성) 사업 목적 달성을 위해 사업 초기 단계부터 활용범위 및 목적을 고려한 기술 개발이 필수이므로 다부처 추진이 타당

- 본 사업은 원천기술 개발부터 시스템의 구축·검증·활용까지 고려하는 사업으로 **부처간 협력을 통한 다부처 추진이 필수**

※ 원천기술 개발과 활용부처간 상세한 업무 협력체계가 부재할 경우 연구결과가 사장되거나 중복 개발되는 선례 존재

※ 사생활 침해, 무인이동체계 운행에 대한 법령, 기본 법제와의 충돌 등에 대한 판단 필요

<다개체 무인이동체계 네트워크 사업 부처 역할 분담>

	부처명	사유 및 근거	역할 분담	
			사업 수행	성과 활용
주관부처	국토교통부	무인이동체계 구현 및 검증(공중)	민간무인항공기 안전성 보장기술 개발 실용화 종합운영체계 개발	공중 분야 검증 및 시연
협력부처1	미래창조과학부	원천 기술 개발	무인시스템 핵심운용기술 고속/고신뢰성 통신망기술 보안기술	기술 검증 통합 테스트 베드 구축 및 평가
협력부처2	해양수산부	무인이동체계 구현 및 검증(해양)	해양 감시 응용 개념 연구	해양 분야 검증 및 시연

<다개체 무인이동체계 네트워크 사업 추진체계>

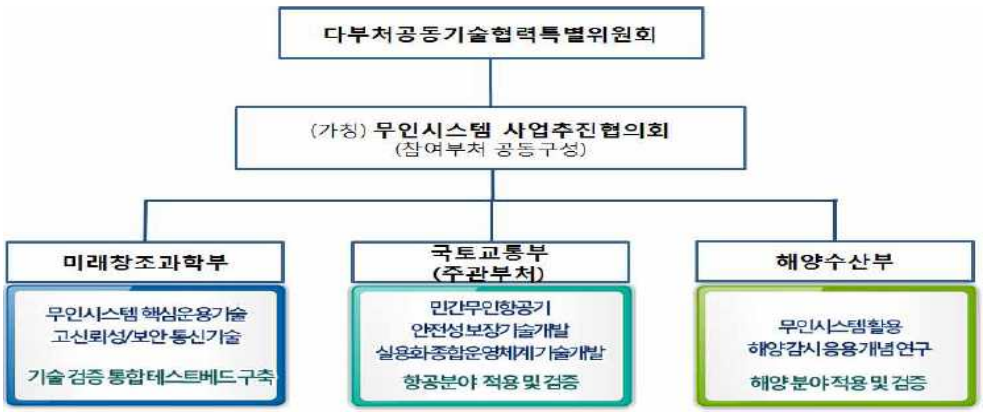


그림 3-5-3. 다개체 무인이동체계 네트워크 연구개발 추진체계

(2) 실감 미디어를 위한 개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 개발

- (多부처 추진 필요성) 통합 콘텐츠 플랫폼 개발을 위해서는 부처별로 나누어져 있는 응용 분야(기술)간 융합이 필수이므로 다부처 추진이 반드시 필요

- 응용 분야에 따라 부처별 지원 영역이 나뉘어져 있으나 핵심 원천 기술은 각 부처의 연구개발에 공통으로 요구되어 R&D의 효율성이 저하되고 있는 상황

※ 미래부는 디지털콘텐츠 원천 기술, 문체부는 문화콘텐츠 원천 기술을 주관하고 있어 원천 기술 R&D 투자에 중복성 발생

	부처명	사유 및 근거	역할 분담	
			사업 수행	성과 활용
주관부처1	미래창조과학부	디지털콘텐츠 원천 기술 개발 주관 부처	디지털콘텐츠 원천 기술 개발, 개방형 통합 저작 플랫폼 개발	SW 플랫폼 개발을 통해 제조, 국방, 의료, 교육 분야로 적용/확산
주관부처2	문화체육관광부	장르별 문화예술 콘텐츠 핵심 기술 개발 주관 부처	문화콘텐츠 원천 기술 개발, 콘텐츠 장르별 제작/서비스 개발	5대 장르별/장르간 융합형 콘텐츠 제작에 성과활용, 차세대 디지털생태계에 적합한 콘텐츠 제작환경 제공

<개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 사업 추진체계>

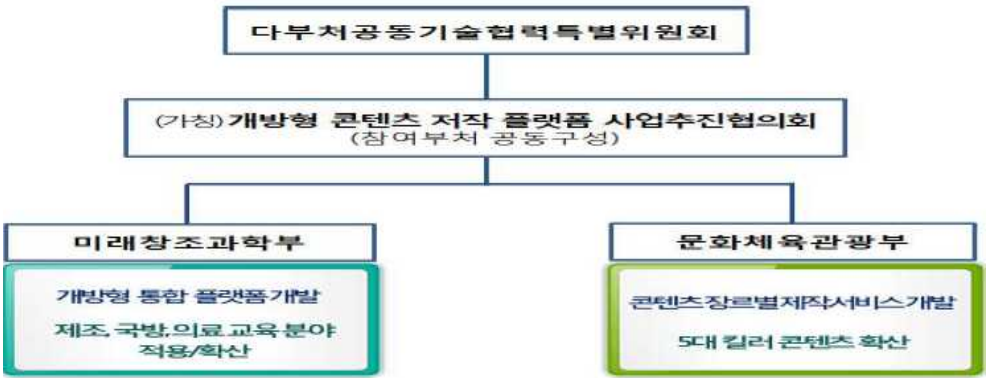


그림 3-5-4. 개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 개발 추진체계

(3) 해양주권 확보를 위한 원거리 선박 식별 관리시스템 구축

- (多부처 추진 필요성) 동 사업 목적 달성을 위해 부처 간 연계 협력 및 외교적 교류가 요구되므로 다부처 추진이 타당
- 효율적인 단속 방안 도출 및 기술 개발, 한·중간의 외교협력 지원 등을 위하여 여러 관계 부처 및 기관이 협의체를 구성하여 추진 필요

	부처명	사유 및 근거	역할 분담	
			사업 수행	성과 활용
주관부처	미래창조과학부	원거리 선박의 위치 정보를 수집 관리하는 기능의 ICT 기술 개발 및 주파수 확보	후보기술의 기술성, 경제성 검토, 기술 및 시스템 개발, 주파수 소요량 산출 및 확보	기술 개발 결과물 타 융합 서비스와 연계 활용
	해양수산부	중국어선의 전자허가증 제도 도입 시스템 성능 검증 및 현장 적용	시스템 구축 요구사항 도출	타국 어선의 전자허가증 제도 정착
협력부처	외교부	한중간의 외교협력 지원	한중 어업협정 안정적 운영	-
	해양경찰청/어업관리단	개발시스템 적용 및 활용	현장 적용, 운용, 시험 검증	의견 수렴 및 서비스 개선 사항 도출

<원거리 선박 식별 관리시스템 사업 추진체계>

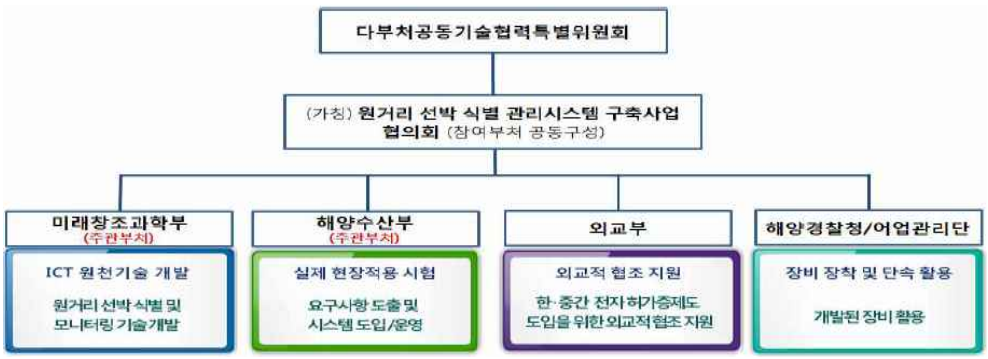


그림 3-5-5. 원거리 선박 식별 관리시스템 구축 사업 추진체계

이들 2015년에 수행되는 3개의 다부처공동기획사업의 특징을 살펴보면, 세부 핵심기술개발별 주관부처가 있고 실제 현장적용 시험이 다른 부처의 소관이면서 안전성과 인허가 등 제반 규정/법령 업무가 담당인 부처가 연계되어 최종 결과물이 실용화되는 과정에 연관되는 부처들 간의 공동사업이다. 이러한 선택된 특성이 어떤 플랜트 기술분야에서 가능할지 선정하고 이를 각 부처의 역할에 맞도록 조각을 맞추는 과정이 필요한데 이 부분에서 각 부처의 능동적 역할이 요구된다. 지금까지 국내 사례를 보면, 한 부처에서 제안하는 사업에 대해 다른 부처는 무관심 또는 지연시킬 사유를 찾는데 중점을 두고 있다는 인상이 깊은 사례가 대부분이었다. 앞으로 이들 부분을 극복하기 위해서는 정책적 의지도 중요하지만, 플랜트 기술 부분의 선택과 사업화 로드맵 등 세부사항 측면에서도 기획의 정교성이 요구된다.

제6절 다 부처 공동 R&D를 추진하기 위한 제도 개선방안 도출

미래창조과학부 제 2014-32호 다부처공동기획사업 운영지침에 제21조(제도개선기획)에 제도 개선에 관한 내용은 구체적으로 기술되어 있다.

① 공동기획연구에는 연구개발사업의 촉진 및 성과확산에 필요한 제도개선기획이 포함될 수 있다.

② 제도개선기획은 다음 각 호의 내용을 포함한다.

1. 관련 법·제도 및 인프라 개선목표
2. 관련 법·제도 현황 및 문제점
3. 관련 인프라 현황 및 문제점
4. 법·제도 및 인프라 개선방안 (추진전략 및 부처 간 역할방안 등)
5. 기타 공동기획사업의 효율적 추진 및 성과확산을 위한 필요 사항

다 부처 사업인 경우 실제 추진에 많은 법과 제도, 인프라 개선이 필요할 수 있기 때문에 제도 개선방안 도출이 기술개발 결과가 사업화되는데 매우 중요하다. 플랜트 분야의 경우는 수백~1천억원대의 대규모 예산이 투입되는 대형사업인 경우, 특히 관련 법·제도 및 인프라에 대한 사전 검토와 개선 절차가 중요하다.

플랜트 사업은 플랜트를 건설할 부지가 필요하고 이를 건설하는 과정에서 다양한 법과 규정을 따라야 한다. 상용 플랜트 건설의 경우는 당연히 모든 법과 규정을 따라 건설되고 운영되어야 하지만, 다 부처 공동으로 추진되는 플랜트 분야의 Test-bed 건설 및 운영은 상용설비가 아닌데도 모든 절차와 규정을 상용규모 플랜트에 따르다보니 건설비용이 상당히(20~100%) 높아진다는 점이 문제로 부각된다. 또한 Test-bed는 특성상 기술개발의 과정에 있기 때문에 많은 부품과 설비가 계속 up-grade 대체되면서 공정의 상당부분이 시간이 지남에 따라 달라지는데 국내의 현재 법과 제도는 이를 허용하지 않고 있다. 50톤/일급 규모 등 일정규모 이하의 Test-bed는 건설과 환경 측면의 규제를 일부 완화하여 비용의 비현실적인 상승으로 이어지지 않도록 해야 한다.

플랜트에서 생산된 결과물이 판매되어 Test-bed가 궁극적으로는 운전 운영비용을 자체 조달 가능하도록 되어야 하는데 이 결과물이 간혹 아직 기존 법령 틀에 포함되지 않고 새롭게 포함시켜야 하는 경우에 대부분 규정/법령 개정이 늦어져 기술개발에는 성공하였지만 공정자체로 실증 상용화하는 데는 실패하는 사례가 다수 있었다. 해외시장까지 내다보는 플랜트 분야 공동기획이 실제 사업으로 추진되고 결실을 보기 위해서는 규정/법령을 담당하는 부처의 참여와 시장 활성화에 대한 능동적인 참여가 있어야만 한다.

법·제도와 더불어 중요한 부분이 다 부처간 공동기획과 공동 기술개발 사업을 추진하는 실체가 있는 협력 창구/기구가 있어야 한다는 점이다. 다부처공동기획사업 운영지침(미래창조과학부고시 제2014-32호, 2014.4.25.)에 제시된 공동기획사업의 추진체계 제7조 실무협의회 조항에는 아래와 같이 적시되어 있다.

① 참여부처는 공동기획사업의 효율적 추진을 위해 사업별로 실무협의회(이하 "협의회"이라 한다)를 구성·운영할 수 있다.

② 협의회는 참여부처의 과장급 공무원과 관련 민간 전문가로 구성하여 자율적으로 운영하

되, 부처 간 이견 조율이 필요할 경우 협의회는 미래창조과학부의 참여 및 다부처특위에 조정을 요청할 수 있다.

③ 협의회는 다음 각 호의 사항을 담당한다.

1. 공동기획사업의 수행과 관련한 총괄 조정·기획 관련 세부사항
2. 심의회 및 다부처특위 심의 관련 지원사항
3. 기타 관계중앙행정기관 간의 역할분담 관련 세부사항

국가과학기술위원회 산하 주력전문위원회에서 기술개발의 일관성 확보와 성과 연계 등을 위해 신규과제의 공동기획 및 역할 분담이 필요함을 지속 제기된 바 있다. 하지만 현재는 관계부처(산업부, 국토부) 실무자 수준의 플랜트 비상설 협의회 운영을 통해 신규과제의 유사 중복성만을 검토하는 수준에 머물고 있다.

현재와 같이 부처별로 독립된 기술개발 추진체계가 지속되는 한, 플랜트 분야에서 국내외 시장에 진출할만한 결과를 만들기는 요원하다. 현재의 국토부/산업부간 플랜트 비상설협의회가 실체가 있고 구속력이 있는 기구로 안착하도록 관련된 제도의 개선이 요구된다.

플랜트 R&D 사업의 경우, 국토부, 산업부 등 관련 부처에서 각각 추진됨에 따라 기획과 현장적용 등 부처별 역할 분담 및 연계가 부족하여 투자 효율화 및 시너지 창출에 한계가 있는 상황이다. 이에 본 기획연구에서는 플랜트 R&D 유관 부처 간 개방형 융복합연구를 통해 사업 간 중복배제, 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 위한 공동추진 가능 분야 및 과제 발굴을 진행하였다. 국내의 플랜트 분야 산학연 전문가들로 총괄기획위원회를 구성하여 공동 추진 가능분야 및 과제 도출을 위한 기획업무를 수행하였다. 또한 국토부 이외 부처의 연구 기획, 과제 관리 및 평가 등 분야의 관련 전문가와 학계 전문가들로 자문위원회를 구성하여 기획 진행의 방향성 및 도출된 대상 후보과제의 적절성 등에 대한 자문의견을 수렴하였다. 이와 같은 과정을 거쳐서 최종 후보과제 5개를 선정하였으며 선정 과정은 다음과 같다.

- ○ 62개 과제 후보군 선정 : 각 부처 로드맵, 기획자료, 플랜트 분야 관련자료 및 기업체 수요조사
- ○ 1차 후보과제 17개 선정 : 기술성, 타 부처 연계성, 경제성/사업성, 중소·중견기업 참여도 및 소요기간 등을 종합한 선정 기준 적용
- ○ 최종 후보과제 5개 선정 : 산학연 전문가로 구성된 기획위원들의 토론에 의한 17개 과제에 대한 정성 평가, 선정기준에 의한 정량 평가, 유사 성격 과제의 통합 및 자문위원들의 자문의견 반영 등

상기의 후보과제 선정 과정의 산업체 설문조사에서 제시된 후보과제 5개를 다음의 표 3-6-1에 나타내었으며, 산업체 수요조사를 위한 설문 내용은 표 3-6-2에 나타내었다.

표 3-6-1 산업체 수요조사에 의하여 제시된 후보과제

번호	분야	과제 내용	제안기관
1	수소이용	수소 Station을 기반으로 한 에너지자급형 도시모델 개발	포스코건설
2	바이오매스	유기성폐기물의 油中 반탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합발전	한국지역난방공사
3	기후변화대응	이산화탄소로부터 친환경적 방식 폴리카보네이트 생산시스템 (Non-phosgene PC from CO_2)	CGT(주)
4	담수화	해양 부유식 이동형 해수담수화 실증 플랜트	두산중공업
5	부유플랜트	Mega floating/barge 발전플랜트	한국건설기술연구원

표 3-6-2. 산업체 수요 조사 설문조사서

플랜트분야 국토부 지원 플랜트 기술개발 사업 후보 추천 요청

안녕하십니까?

국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서는 국가 플랜트 산업 경쟁력 강화를 위하여 사업단 규모(총 정부투자 500억원 이상)의 대형 신규 과제를 발굴하고자 아래와 같은 기획연구가 수행되고 있으며, 현재 후보 과제를 발굴하고 있습니다. 이에 귀사에서 건설 추진 계획 또는 관심이 있으신 플랜트 사업에서 기술개발 분야가 있으면 후보과제로 추천하여 주시기 바랍니다.

<플랜트 R&D 부처간 공동 기획 가능 분야 및 과제 발굴 기획 개요>

- 기획과제 명 : 플랜트 R&D 부처간 공동 기획 가능 분야 및 과제 발굴 기획
- 기획과제 수행 기간 : 2014년 12월 27일 ~ 2015년 12월 26일 (12개월)
- 기획과제 최종 목표 :
  - 플랜트 R&D 유관 부처간 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 위한 R&D 공동로드맵 수립
  - 공동기획 가능분야 및 대표과제 발굴
- 본 후보 발굴 목적 : 국내 업계 참여 가능하고 기술개발 필요가 있으면서 정부 지원으로 국내외 시장에서 플랜트분야 경쟁력 제고가 가능한 대형과제 발굴

상세 내용에 대해 궁금하신 사항이 있으시면 아래로 연락 주시기 바랍니다.

후보과제 추천을 위한 연락처 :
- 실무 담당자 : 고등기술연구원 수석연구원 이진욱
- 연락처 : (O) 031-330-7851, (M) 010-2723-8750, (mail-to) jwlee@iae.re.kr
- 추천 방법 : 유선 또는 이메일(유선/이메일 협의 후 필요시 귀사 방문)로 플랜트 분야/설비규모/사업기간/투자예상금액 등 제시
- 회신 기한 : 4월 20일(화) 이전

첨부 : 기획 대상 대표과제 및 참고용 선행과제 개요
1) 본 기획 대표과제 발굴 개요
2) 국토부에서 수행한 플랜트분야 선행 사례(1) 개요 (LNG플랜트사업단)
3) 국토부에서 수행한 플랜트분야 선행 사례(2) 개요 (해수담수화플랜트사업단)

2015년 4월 1일

표 3-6-2. 산업체 수요 조사 설문조사서 (계속, 첨부문서)

첨부 1. 본 기획 대표과제 발굴 개요

▶ 예산 규모

- 500억원 ~ 1,500억원 (사업단 규모, 정부 지원금 기준)

▶ 기획 대상과제 우선 순위 평가 기준

- 국토부, 산업부, 미래부의 연계 용이성 (각 부처 고유 업무 성격이 강한 분야 제외)
- 민간기업 요구도 : 대형 투자 R&D 사업으로서 민간 현금부담 가능한 분야
- 국내기술 역량 : 처음부터 새로 시작이 필요한 분야는 제외
- 국가 R&D로 지원되어 국내 기반기술 확보 수준 : 국내기반이 상당히 이미 확보되어 시작 5년 내 가시적 실용성과가 가능할 분야
- 해당 플랜트의 2020년 이전 국내 건설계획 유무
- 해외 틈새시장 존재 가능성
- 2030년까지 국내외 시장 규모
- 유럽/미국/일본과 중국 등 기술경쟁국들과 시장 분할 가능성

▶ 대표 과제 선정 추가 세부 기준

- Business Model 구체성/합리성
- 해외 플랜트기술 수출 가능성
- 국내 중소/중견 기업 활용/참여도
- 2020년 이전 국제경쟁력 확보 가능성 (중국 등 신흥기술 개발국 대비)
- 고수익 가능 분야의 구체성
- 원천기술, 기본설계기술 확보 가능성

▶ 향후 진행 절차

- 플랜트 분야 기술 개발 대상 후보과제 도출 및 정보 카드 작성
- 후보 대상 플랜트 요약서 작성 (대상 과제 10개 ~ 20개)
- 후보 대상 플랜트 선정 (대상 과제 5개 내외, 최대 10개)

▶ 기획과제 종료 이후 진행 절차(안)

- 후보 플랜트 특성 및 국가 기술개발 사업 방향 고려하여 최종 대표과제 선정
- 예비타당성 평가 통과 확정 후 과제 시작

상기와 같은 과정에 대한 상세한 내용을 이어지는 제4장에 상세하게 설명하여 나타내었으며, 표 3-6-3에 최종 후보과제 5개에 대한 부처별 역할을 나타내었다.

표 3-6-3. 최종 후보과제의 부처별 역할

<table>
<tr><th rowspan="2">분야
(과제명)</th><th colspan="2">부처별 역할</th></tr>
<tr><th>국토부</th><th>산업부</th></tr>
<tr><td>모듈화 플랜트
(가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)</td><td>- Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발
- 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증</td><td>- Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발
- Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발</td></tr>
<tr><td>청정연료 플랜트
(저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트)</td><td>- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 integration 기술 개발
- Test-bed 건설 및 운영
- 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발</td><td>- 가스화기, 합성 원료/연료 생산을 위한 각종 반응기 설계/제작 기술 최적화
- 각종 촉매 선정 및 최적 촉매 제조 기술 개발
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발</td></tr>
<tr><td>수소 및 극저온 플랜트
(공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)</td><td>- 플랜트 설계 및 건설 기술 개발
• 공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계
• 극저온 플랜트 시공/운전 기술
• 극저온 배관 단열 기술</td><td>- 극저온 플랜트 핵심기기 기술개발
• 원심압축기 및 터보 팽창기
• 극저온 열교환기, 분별증류탑 및 상분리기
• 극저온 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">극한지 플랜트
(극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)</td><td>- 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술
- 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술
- 국외 현장 검증/실증기술, 현지 시험인증에 대응한 사용 적합성 평가기술, 사업모델 개발</td><td>- 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술
- 극한소재, 모듈장치, IoT 기반 통합제어시스템(SCADA 등) 기술
- 러시아, 북미 등 현지 기준에 적합한 장치, 기자재 시험인증 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">주) 극한지 : 동토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CO_2 활용 플랜트
(포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)</td><td>- CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발
- 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립
- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 process integration 기술 개발
- 상용급 플랜트 디자인 패키지 (PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발</td><td>- CO_2 포집 분리 공정 기술 개발
- 반응기 및 촉매 제조 기술 개발
- 친환경 고분자를 활용한 제품화
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발
- 기존 활용 산업 활성화 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">환경부</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 온실가스 전환 제품/공정 평가 기술 개발
- 온실가스 전환 제품에 대한 지원 정책
- 부처 관련 미활용 탄소원 개발 및 고부가가치화</td></tr>
</table>

제7절 다 부처 공동 R&D 세부 추진 방안 및 시나리오 도출

KISTEP에서 2014년도 수행된 '실증플랜트 구축사업 타당성조사를 위한 분석방안 마련 연구'에서 제시된 플랜트 분야 기획 시 중요한 특성은 다음과 같다. 이는 당연한 분석이지만, 수십년의 기술개발과 실증의 경험이 있는 해외 선진사들과 경쟁할 수준의 복잡한 플랜트 기술개발은 초기 사업기획이 매우 중요하다는 점을 일깨워주고 있다.

□ 플랜트의 특성을 고려할 때, 체계적이고 구체적인 사업기획은 매우 중요함

○ 플랜트사업은 유기적이고 체계적인 생산설비를 구축하고 운영한다는 점에서 타 R&D사업 대비 이해관계자가 다양하고, 단일기술이 아닌 다수의 기술을 적용하는 등 복잡도가 상당히 높음

○ 이러한 특성을 고려할 때 플랜트사업은 가볍게 결정하고 추진될 수 없으므로, 플랜트 건설사업의 계획단계에서는 사업계획(Project planning)이 철저하고 신중하게 이루어져야 함

- 또한, 체계적이고 구체적인 사업계획의 수립은 성공적인 수행을 좌우할 정도로 매우 중요함

1. 국가과학기술위원회 제시 플랜트 분야 방향

국가과학기술위원회에서 지금까지 플랜트 관련하여 제기된 사항을 요약하면 아래와 같다(표 3-7-1 참조). 여기서 일관되게 지적된 사항은 플랜트 부분에서 원천기술 확보와 부처 간 협력 강화가 중요하다는 부분이다. 또한, 대기업 중심의 대형 플랜트 실증은 정부 참여를 축소한다는 점과 플랜트에 대한 소프트웨어적 역량 확보, 핵심기자재 전문기업 육성이 강조되었다. 최근 정부의 다 부처공동 R&D 방향에 대해 여러 중요한 지침을 제시하고 있는데, 그중 하나가 대기업 지원축소 부분으로서 대기업 직접지원 비중이 일정 수준 이상인 사업에 대해 단계적 지원 축소를 지향하고 있다. 세부추진 방향 설정할 때 이 부분들에 대한 반영이 반드시 필요하다.

2012년 정부 연구개발투자방향(안) 때부터 플랜트 부분에서 원천기술 확보와 부처 간 협력 강화가 지적되었지만, 2016년도 정부 연구개발 투자방향 내용에서도 계속 부처 간 협력이 지적된 것은 역으로 부처 간 협력이 어려움을 보여주고 있다고 판단할 수 있다.

가장 중요한 부분은 2016년 정부 연구개발 투자방향 자료 83 페이지에 구체적으로 적시된 플랜트 분야 산업부(엔지니어링, 기자재)-국토부(실증, 통합) 간 역할을 분담하고 공동기획 등 부처 간 긴밀한 협조 추진 (※ 플랜트 R&D 협의회 활성화 및 역할확대(공동 기획, 공동 로드맵 수립) 내용일 것이다.

플랜트 분야에서 다 부처 공동 R&D 추진 방향은 산업부와 국토부의 영역으로서 큰 구분으로 제시된 엔지니어링/기자재와 실증/통합의 기준에서 출발하고, 국과위에서 제시한 방향에 부합하도록 시나리오를 구체화하는 것으로 본 과제에서는 진행하였다.

표 3-7-1. 국가과학기술위원회의 플랜트 부분에 대한 지적과 제시 방향

회의 제목 (일시)	해당 내역	세부 내용	해당 Page
2012년 정부연구개발 투자방향(안) (2011.04.25.)	기술분야별 투자이슈 도출 결과	기계제조분야 : 플랜트 부문 원천기술 확보 및 부처간 협력 강화	5, 11, 15
	분야별 R&D 투자전략 - (9)기계·제조	유사 중복 우려가 제기되는 플랜트 기술분야의 부처 간 역할 분담 및 연계강화를 통해 수출 성장 동력화 가속	7
	[투자이슈(25)] 플랜트 부문 원천기술 확보 및 부처간 협력 강화	○ R&D 사업 추진 체계 정립을 위한 부처간 협력 권고 의견* 반영 현황 점검 및 신규 플랜트 사업 추진의 타당성 심층 검토 - 유사한 기계 장비(펌프, 압축기 등)의 중복 배제 및 연계 강화 · '11년 예산배분방향 국과위 심의의견 : 주요사업별 부처간 연계·협력을 위한 범부처 논의 기구 마련을 통한 효율성 제고 필요	39
2016년도 정부연구개발 투자 방향 및 기준 (2015.04.06	**(효율화)** 강력한 R&D 효율화를 통하여 신규 투자재원 마련	메모리반도체, 디스플레이, 대형 플랜트 실증 등 대기업 중심으로 민간역량이 성숙한 분야에 대한 정부 직접투자를 축소	ii
	인프라구축 효율화	R&D지원주체 간 역할분담 확립	iii
	R&D지원주체 간 역할분담 확립	다수부처와 관련된 R&D분야는 부처 간 사전공동기획, 사업 연계 등을 통해 협업 및 역할분담을 강화	ix
	일본 전략적혁신창조프로그램(SIP) 개요	(목표) 부처 간 융합 과제를 선정하여 기초-실용화/사업화 연계 연구개발 추진 및 전략적 제휴 도모, 나아가 일본의 산업경쟁력 강화 및 고용창출 확대 등 경제부흥에 기여	6
	(7) 창의적 기초연구 및 목적형 융합연구 확대	'다부처공동기획'을 통한 전주기적 다부처 R&D 협업 및 투자효율성 제고 강화	22
	(9) 개방형 협력을 통한 연구역량 강화	○ 협력연구 풍토 조성, 부처 간 협업 및 전략적 국제공동연구 강화 ○ (부처 간 협업 강화) 창조경제 성과 창출 가속화를 위해 개별적으로 추진하던 각 부처의 사업 간 연계·협업을 통한 시너지 제고 ○ 사업기획 단계부터 부처 협업과 함께 제도개선 노력을 병행하는 분야에 대한 우선투자를 통해 사업의 효율성 제고	24
	(8) R&D지원주체 간 역할분담 확립	(부처 간 역할조정) 다수 부처와 관련된 R&D 분야는 부처 간 사전 공동기획, 사업 연계 등을 통해 협업 및 역할분담 강화 ○ 관련부처 및 부처별 전담관리기관 등이 참여하는 협의체 구성·운영 활성화	28, 29
	기계제조: (2)정책동향	**(플랜트·엔지니어링)** 창의·시스템 산업의 고부가가치화를 목표로 엔지니어링 등 기반분야 핵심기술 적극 육성 추진	75

	기계제조: (3)성과 및 평가	국내 해양플랜트의 건조기술은 세계최고 수준이나, 기자재 및 원천 설계기술 분야는 해외에 전적으로 의존	77
	기계제조: (4)기술동향 및 미래전망	기후변화 대응, 에너지·수자원의 확보를 위한 그린 플랜트 및 해양자원 개발에 따른 해양플랜트 성장, 고부가가치 엔지니어링 기술개발 요구 증대	78
	기계제조: (5) 투자포트폴리오(중기)조정방향	(플랜트·엔지니어링) - 핵심공정 설계 및 기자재 국산화 지원을 위한 비중 유지 시공위주로 성장한 산업구조를 탈피하기 위해 핵심 원천기술 및 기자재 분야에 대한 정부의 지속적 투자 지원 ○ 설계 및 공정기술 자립화를 지원하여 산업을 고부가가치화하고, IT, ET 등 기술의 융·복합화 및 그린 엔지니어링을 통해 신성장동력을 견인	79, 80
	기계제조: (6) '16년도 투자방향	**(플랜트·엔지니어링)** 플랜트 및 SOC 건설의 핵심 소프트파워 강화 및 엔지니어링 전문기업 육성 ○ 개념·기본설계(FEED) 및 프로젝트 종합관리(PMC), 핵심기자재 등 고부가가치 영역에 선택과 집중을 통한 지원 - 플랜트 관리 고도화, CPS 기반 엔지니어링, 플랜트 O&M 플랫폼 및 안전대응 시뮬레이션 등 ICT 기반 융·복합 엔지니어링 집중 ○ 대규모 실증 등 대기업 주요추진 분야는 지원을 축소하고 엔지니어링 전문기업 육성 및 핵심기자재 역량을 갖춘 전문기업 육성에 주력 ○ 개념·기본설계 등 국내 취약분야에 글로벌 역량을 갖춘 전문인력 양성 및 중소기업 전문인력 수요 대응	81, 82
	기계제조: (7) 효율화 방향	플랜트 분야 산업부(엔지니어링, 기자재)-국토부(실증, 통합) 간 역할을 분담하고 공동기획 등 부처 간 긴밀한 협조 추진 ※ 플랜트 R&D 협의회 활성화 및 역할확대(공동 기획, 공동 로드맵 수립)	83
	2016년도 R&D사업 예산 작성 기준: 공통기준	**(다부처 사업)** 부처 간 역할분담이나 집중투자분야 설정 및 내역사업의 조정이 필요한 경우, 미래부와 협의를 거쳐 역할분담 제시	134

2. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 도출 프로세스

플랜트 분야에서 공동기획 가능분야는 기존 미래부의 일반 방향 설정대로 추진한다면 대부분 단독부처 추진사업으로 구분되고 있어서 탈락될 개연성이 높다. 국토부가 다른 부처와 공동추진을 한다고 할 때 일단 2단계로 구분할 필요가 있다. 왜냐하면 본 기획에서 추진하는 플랜트 사업은 기존 가용할 국내 플랜트 기반기술이 있다는 전제하에 출발하고 전혀 새로운 기술을 새로 개발하는 대상은 제외하였기 때문이다.

기획회의에서 토의되어 제시된 공동기획으로 추진할 사업의 모델은 아래 6개 모델이었다.

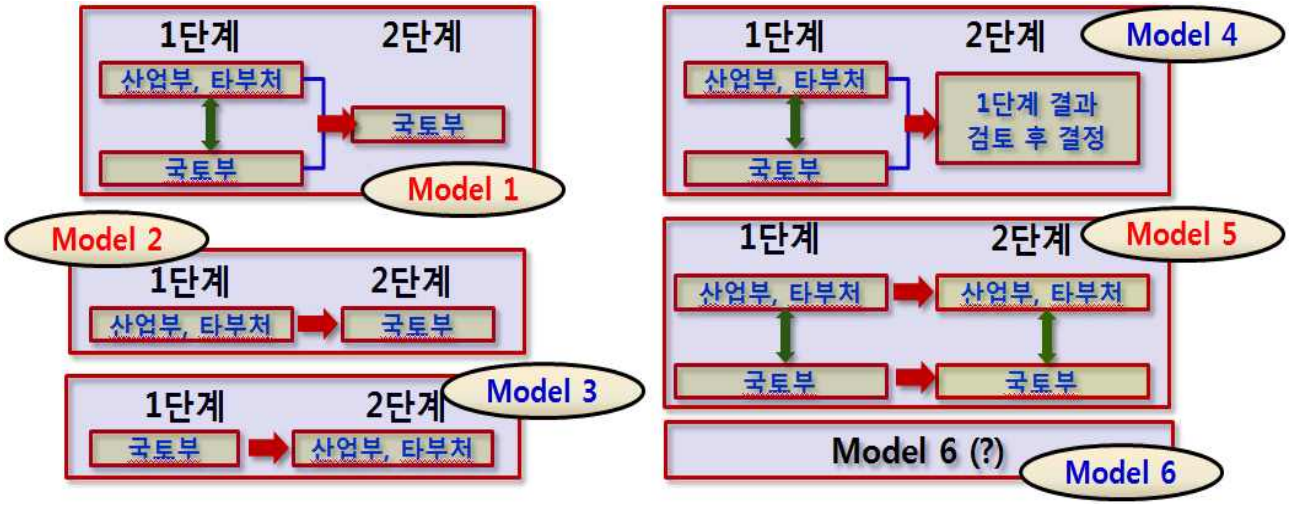


그림 3-7-1. 다 부처 공동기획 사업추진 기본 모델 6개

이 6개 모델을 재분류하여 아래의 6개 모델로 재구성하였다. 기존 국내 플랜트 기술개발 결과를 활용할 수 있는 분야에서 실용성 담보가 용이하고 타 부처 결과를 활용한다는 측면에서 협력이 용이할 수 있으므로 Model 2를 2-1과 2-2로 세분하여 6개 모델을 최종 제시하였다.

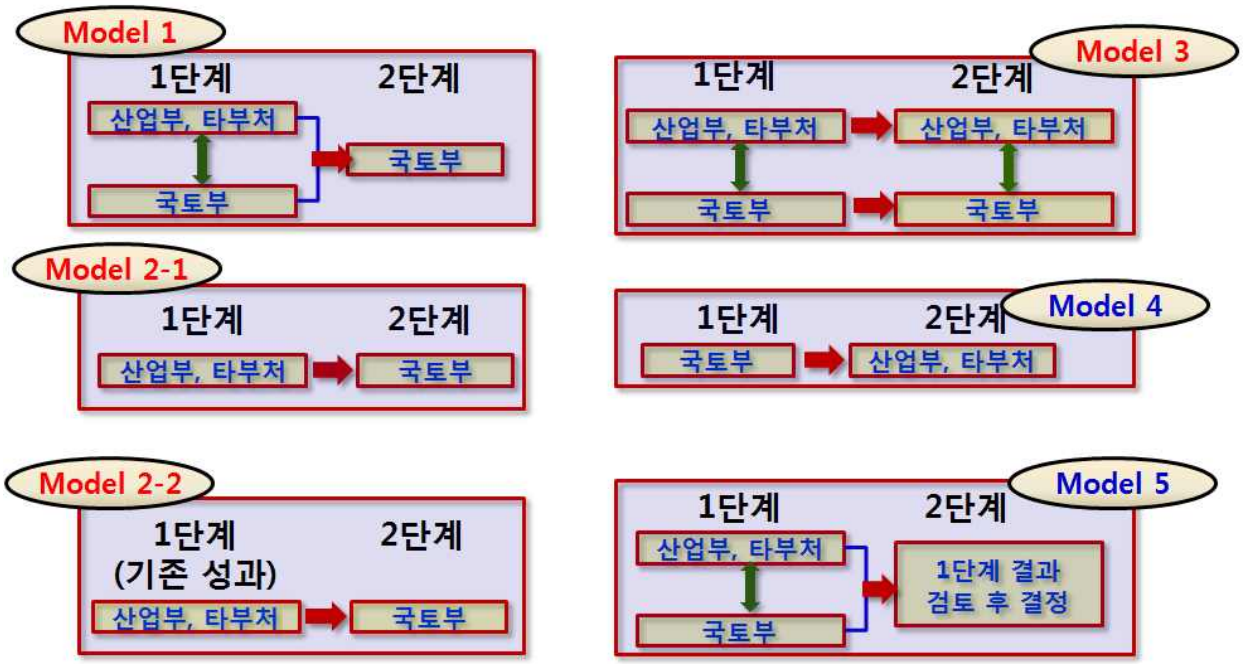


그림 3-7-2. 다 부처 공동기획 사업추진 기본 모델 재분류

이 6개 모델 중에서 가장 현실성이 있는 방향으로서 아래 4개 모델이 본 과제의 기획위원회 회의를 통해 제시되었다. 여기서 논의된 주요 전제는, 현재 국내 여건상 각 부처의 기술개발 예산을 한 곳으로 모아 사업을 수행하는 것은 현실상 불가능하며 한 부처의 사업예산으로서 일괄 추진하면서 사업의 일부 기술개발 세부과제를 타 부처 관리기관에서 관리하는 형태는 가능하다고 보았다. 본 기획과제에서는 최종 선정된 5개 후보 사업들에 대해 위 4개 모델 중 어느 것이 적절할지를 2차에 걸친 기획위원회에서 토의하여 결정하였다.

① 한 부처에서 개발된 파일럿 규모 기술개발 성과를 이관받아 타 부처에서 집중 대형플랜트로 실증 후 국내외 사업에 적용

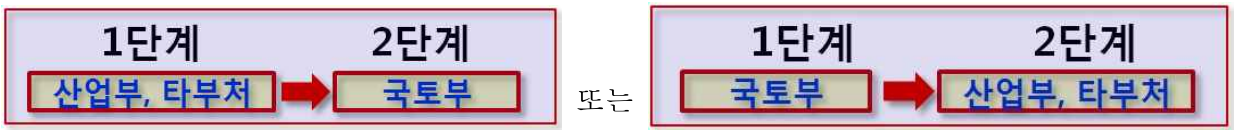


그림 3-7-3. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (성과 이관형)

② 각 부처가 최종 결과물의 목표를 동일로 두고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하면서 상호 교류를 통하여 방향성을 일치시키는 1단계를 수행하고, 각 부처의 결과를 통합하는 2단계를 한 부처에서 대형사업으로 추진하여 최종 목표를 달성

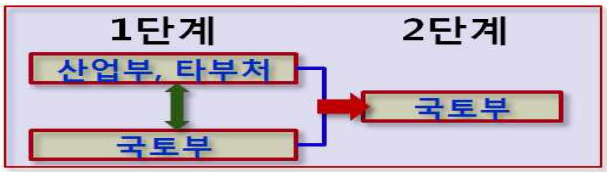


그림 3-7-4. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (공동 추진 후 한 부처 추진형)

③ 각 부처가 최종 결과물의 목표를 동일로 두고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하면서 상호 교류를 통하여 방향성을 일치시키는 1~2단계를 수행

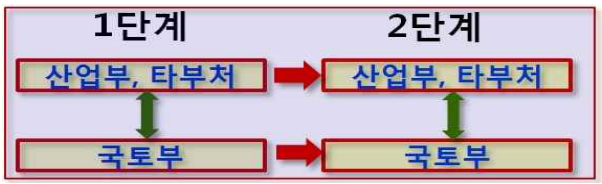


그림 3-7-5. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (1~2단계 공동 추진형)

④ 각 부처가 최종 결과물의 목표를 같은 방향으로 설정 추진하고 일정시간 각 부처 특성에 맞는 기술개발을 하고, 1단계 시점에 대형 플랜트 Test-bed 사업으로서 타당한지 검토 후 실제 추진여부 결정

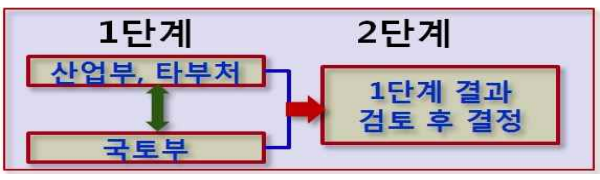


그림 3-7-6. 다 부처 공동기획 사업추진 모델 (1단계 추진 후 검토형)

이 4개 모델을 기반으로 본 기획연구에서 최종 도출된 5개 공동기획 가능 플랜트 분야별로 타당한 부처 간 협력모델의 개념을 제시하였다.

제4장 다 부처 공동기획 가능분야 및 과제 도출

제1절 다 부처 공동 기획 가능분야 성격 및 범위 설정

1. 다 부처 공동기획 가능분야 및 과제도출 기획과제의 성격

다부처공동기획사업의 개념은 '특정한 공통의 목표를 달성하기 위해 2개 이상의 부처가 초기 기획단계부터 공동으로 추진하는 국가연구개발사업'을 의미한다. 기획부터 사업화까지 종합적인 지원 및 참여 인센티브 강화로 기획부터 실증까지 지속가능한 범부처 협력시스템을 정착하는 것을 주요 내용으로 한다. 과학기술의 융·복합화 수요 증가에 따른 대응과 국가 R&D 투자 효율성 제고를 위해 부처 간 R&D 연계·협력 필요성이 증대되고 있으며, 개별부처 및 기존 R&D 사업 방식으로는 창조경제 실현 가능성이 희박하다는 판단에 이르렀다. 이에 정부연구개발 예산 확대와 연구개발 활동 수행기관 수 증가에 따라 기획단계부터 공동기획과 사전조정을 통해 투자 효율화를 도모하자는 배경 하에 추진되고 있다(국과심 2014. 07. 30). 아래의 표 4-1-1은 기존 R&D사업과 다부처공동기획사업을 비교하여 보여주고 있다. 실제로 20'13년 하반기에 수요조사를 통해 발굴된 3개 사업에 대하여 사전·공동기획연구를 거쳐 2015년에 예산 확보 및 사업을 시행하기에 이르렀으며 이에 대한 개요를 표 4-1-2에 나타내었다(표 출처 : 미래창조과학부 보도자료 2015. 03. 16.).

표 4-1-1. 기존 R&D사업과 다부처공동기획사업 비교

구분	AS-IS (기존 R&D)	TO-BE (다부처 R&D)
협업 시기	· 개별부처 예산요구 후 사후적 검토·심의 · 기 추진 사업의 과제단위 연계·조정	· 사업기획단계부터 사전조정
특징	· 개별부처에서 기획 완료된 사항에 대한 사후적 연계·조정 애로	· 공동기획을 통한 R&D 전주기적 협업
추진 체계	· 한시적으로 조정 및 연계 시스템 가동	· 국과심 산하 특별위원회를 통한 상시적·제도적 협력체계 구축
규정	· 사업별 별도 규정 운영	· R&D 전주기적 협업을 위한 통일된 운영규정 제시

표 4-1-2. 사업 시행 중인 다부처 공동 기획사업

사업명	사업기간 / 예산	참여부처
고신뢰도 다개체 무인이동체계 네트워크 연구개발 및 기술 검증	'15~'20년(6년)/370억원	**국토부,** 미래부, 해수부
실감 미디어를 위한 개방형 조립식 콘텐츠 저작 플랫폼 개발	'15~'19년(5년)/400억원	**미래부, 문체부**
해양 주권 확보를 위한 원거리 선박 식별 관리시스템 구축	'15~'17년(3년)/120억원	**해수부, 미래부,** 외교부

플랜트 R&D사업의 경우, 국토부, 산업부 등 관련부처에서 각각 추진함에 따라 기획과 기자재 조달 현장적용 등 부처별 역할 분담 및 연계가 부족해서 투자 효율화 및 시너지 창출에 한계가 있는 것이 현 상황이다. 이에 플랜트 분야 및 부처 간 협업에 대하여 외부에서 공동 기획 및 역할 분담 등에 대한 외부 지적 사항이 제기되어 왔으며 그 내용은 다음과 같다.

○ 2012년도 국가과학기술위원회 예산 배분·조정(안) : 플랜트 연구개발 분야의 부처 간 역할 분담을 통한 효율성 제고

○ 2014년도 국가과학기술심의회 예산 배분·조정(안) : 부처 간 협업 R&D 활성화를 위하여 혁신적인 연구성과를 도출할 수 있도록 범부처 R&D 협력사업 지원을 강화하기로 하였으며, 중복투자 최소화를 통한 절감재원 재투자, 운영실적 확보 등 플랜트 경쟁력 증진을 위해 연계협력 강화 필요함 지적

상기와 같이 국가과학기술심의회 산하 주력전문위원회에서 기술개발의 일관성 확보와 성과 연계 등을 위해 신규과제의 공동기획 및 역할 분담이 필요함을 지속적으로 제기하였다. 현재는 관계부처(산업부, 국토부 등) 실무자 수준의 플랜트 비상설 협의회 운영을 통해 신규과제의 유사 중복성 만을 검토하는 수준에 머물고 있다.

따라서 이와 같은 현실을 고려하여 본 기획에서는 플랜트 R&D 유관부처 간 개방형 융복합 연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 위한 공동 기획 가능 분야 및 과제를 발굴하고자 하였다.

2. 다 부처 공동기획 가능분야 및 과제도출 기획과제의 범위

플랜트의 범위가 워낙 광범위해서 각 부처 간 연구개발에 있어 이해가 필요하며 그 이해관계를 미리 파악하고, 플랜트 연구개발의 공동기획 가능분야를 파악하여 보다 효율적이고 신속하게 플랜트 관련 연구개발을 하는데 있다. 특히 국토교통부에서 플랜트 관련 사업을 추진함에 있어 여러 부처 간의 협조를 통해서 범부처 플랜트 사업을 하고자 함에 있으며, 산업부, 환경부 등 각 부처에서 펀드를 조성하여 함께 사업에 참여할 수 있는 방법 혹은 펀드 조성은 힘들더라도 국토교통부에서 기획한 플랜트 사업을 함께 추진할 수 있는 공동 기획 가능 분야를 파악하고 공동 수행 가능한 과제를 도출하여 진행함으로써 시너지 효과를 창출하고자 하는 데 목적이 있으며 이를 정리하면 다음과 같다.

○ 각 부처 지원으로 이루어진 플랜트 분야 기술을 취합하여 실용화 추진

○ 부처 간 이해 충돌이 최소화될 공동 기획 가능분야 취합 선별 및 구체화

○ 국내 현실을 인지하고 가장 현실적인 플랜트 분야 기획 가능 분야 도출

본 기획에서는 전통적으로 각 부처에서 진행하고 있는 플랜트 사업을 배제하지는 않겠지만 가능한 지양하고, 다 부처에서 공동으로 진행할 수 있고 플랜트 틈새시장을 공략할 수 있는 분야를 발굴하는 것이 가장 바람직하며 현실적이라고 판단하였다. 각 부처의 고유 성격이 강한 플랜트로는 다음과 같은 분야를 들 수 있다.

○ 신재생에너지플랜트는 산업부 고유 성격이 강함.

○ 해양플랜트는 해수부 고유성격이 강함.

○ 원자력플랜트는 미래부의 고유 성격이 강하고, 또한 실물 Test-bed를 건설하기가 어렵다는 점이 있음.

또한 향후 진행과제의 결과물을 상용화로 직접 연결시키기 위해서는 기업의 참여의사가 있는 분야가 바람직하므로 가능한 국내 여러 기업의 요구 사항 및 현장 경험을 반영하여 플랜트

연구 개발 사업 분야를 발굴하고자 하였다.

천연가스의 경우 화석연료 중에서 상대적으로 가장 적은 이산화탄소를 발생하는 청정연료로서 향후 시장확대가 예상된다. 이에 국내에서 대형 연구사업으로 진행되고 있는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 연구개발 내역을 조사하였으며 이를 표 4-1-3과 표 4-1-4에 나타내었다. 표 4-1-3과 표 4-1-4에서 알 수 있듯이 LNG플랜트사업단은 'LNG 플랜트 및 LNG-FPSO 개발기술의 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발'을 목표로 하여 총괄과제 및 5개 핵심연구과제가 진행되었다. 2008년 6월에 과제가 시작되어 총 연구기간은 8년 4개월로서, 핵심 1,2,3 과제는 2015년 12월 종료되었으며, 핵심 4,5 과제는 2016년 종료할 예정이며, 연구기간 중 77개 기관이 참여하였고 1,687억원의 연구비가 투입되었다. 이와 같이 대형 연구사업이 곧 종료될 예정이므로, 천연가스 플랜트의 경우 LNG플랜트사업단 과제의 종료 후에 후속 연구사업의 진행방향을 설정하는 것이 적절한 것으로 판단하였다.

표 4-1-3. LNG플랜트사업단 개요

사업단명	LNG플랜트사업단
총괄기관	한국가스공사
연구기간	2008년 6월 18일 ~ 2016년 10월 7일(8년 4개월)
총괄과제	2008년 9월 10일 ~ 2016년 10월 7일(1~8차년도)
핵심1,2,3과제	2008년 9월 10일 ~ 2015년 12월 17일(1~6차년도)
핵심4,5과제	2011년 7월 18일 ~ 2016년 10월 7일(4~8차년도)
총연구비	1,687억원(정부출연금: 1,083억원, 기업부담금: 604억원)
참여기관	연구기관 51개, 참여기업 26개, 참여인력 600여명

표 4-1-4. LNG플랜트사업단 주요 연구 내용

구분	주요 연구 내용
총괄과제	LNG 플랜트 시스템 엔지니어링 기술 개발
	LNG 플랜트 및 LNG-FPSO 개발기술의 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발
핵심1과제	LNG 플랜트의 미래 지향적 핵심 기반기술 구축
	해외 선진기업 주도로 형성되어 있는 해외 LNG플랜트 시장 진입을 위한 EPC 필수 기술을 개발하고, 해외 시장 진출을 위한 사업모델 개발
핵심2과제	고효율 LNG 액화공정 기술 및 핵심기기 개발
	신규 천연가스 액화공정 라이선스를 확보와 함께 LNG 액화플랜트 기본설계 패키지를 획득하고, 액화 플랜트의 용량을 결정하는 핵심기기인 냉매용 고압 압축기와 극저온용 열교환기의 설계기술 개발
핵심3과제	핵심 개발기술 실증을 위한 LNG 테스트베드 설계 및 건설, 운영
	선진기업과 경쟁 가능한 설계와 시공기술 보유국가로 진입하고 독자적인 세계 시장 진출을 위하여 LNG플랜트 설계와 건설기술 개발
핵심4과제	높은 신뢰성을 갖는 LNG-FPSO Topside 공정 최적설계 기술개발
	원거리 해양에 있는 가스전을 개발하여 해상에서 LNG를 생산, 저장 및 출하할 수 있는 LNG-FPSO의 핵심기술인 Topside Plant 공정설계 기술 확보
핵심5과제	LNG-FPSO 플랜트 상용급 기본/ 상세 설계
	국제 경쟁력을 갖춘 LNG-FPSO 플랜트의 EPC 기술을 개발하고, 국내 조선사의 해외 수주 LNG-FPSO프로젝트에 우선 적용하여 국익창출에 기여할 수 있는 핵심역량 확보

제2절 다 부처 공동기획 및 공동수행 가능 과제 도출

1. 기획 추진체계

본 기획에서는 국내의 플랜트 분야 산학연 전문가들로 총괄기획위원회를 구성하여 기획업무를 수행하며, 과제의 참여연구원들이 총괄기획위원회를 지원하며 상세 기획을 추진하였다. 또한 국토부 이외 부처의 연구 기획, 과제 관리 및 평가 등 분야의 관련 전문가와 학계 전문가들로 자문위원회를 구성하여 상세 기획을 추진함에 있어서 기획 진행의 방향성 및 도출된 대상 후보과제의 적절성 등에 대한 자문의견을 수렴하고 이를 반영하여 기획연구의 방향성 설정 및 후보과제 도출에 직접적으로 적용하였다. 이와 같은 기획 추진체계를 아래의 그림 4-2-1에 나타내었다. 그리고 표 4-2-1에 본 기획연구에 참여한 기획위원들의 명단과 역할을, 표 4-2-2에는 자문위원들의 명단을 각각 나타내었다.

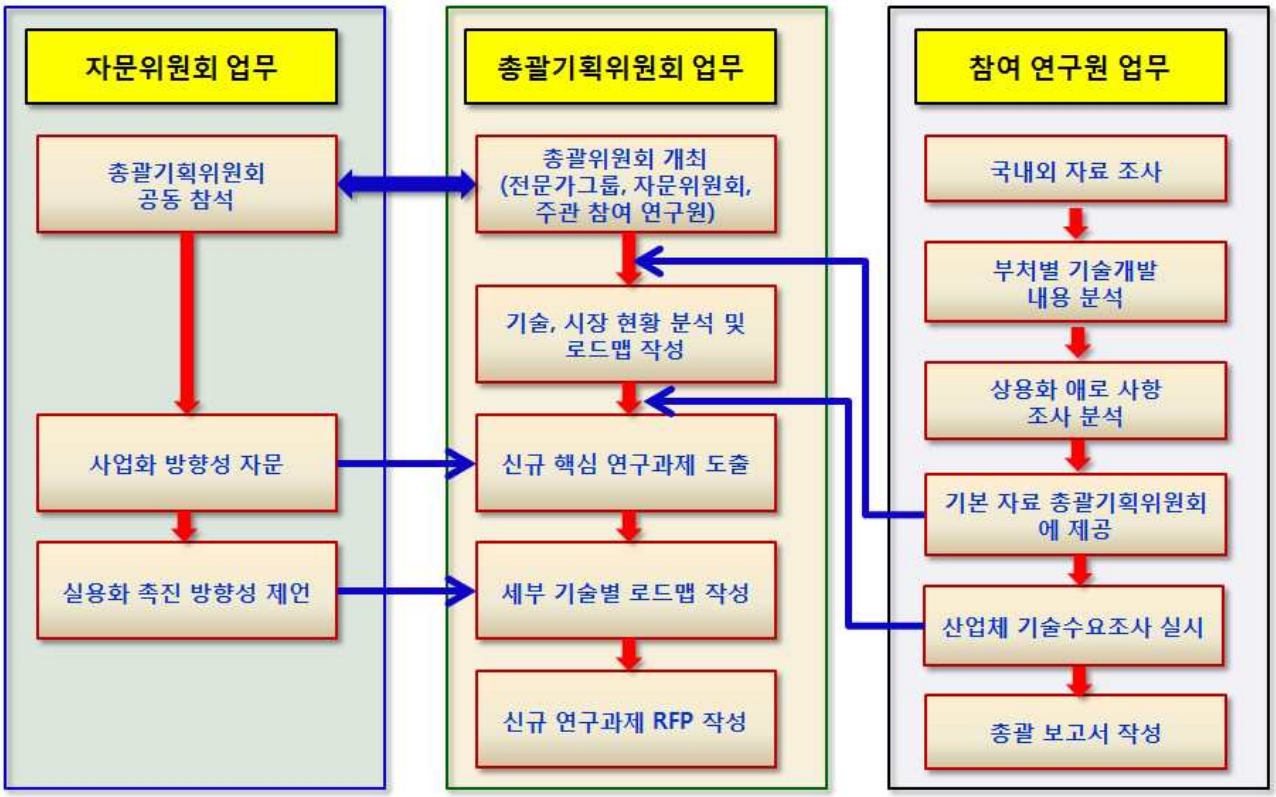


그림 4-2-1. 상세 기획 추진체계

표 4-2-1. 기획위원 명단 및 역할

기관	성명	직위	역할
고등기술연구원	윤용승	본부장	위원장 (기획 총괄)
고등기술연구원	유영돈	센터장	합성가스 플랜트
고등기술연구원	이진욱	수석연구원	기획 일반 및 실무 간사
한국건설기술연구원	황인주	연구위원	극한지 플랜트
한국기계연구원	최병일	책임연구원	극저온 플랜트
한국가스안전공사	이재훈	책임연구원	가스 플랜트 일반 및 안전
한국화학연구원	전기원	본부장	모듈화 플랜트
연세대학교	문일	교수	플랜트 안전
현대오일뱅크	김재호	연구소장	저급 자원 활용
POSCO건설	남성현	에너지그룹장	에너지 플랜트 일반
대림산업	이봉진	부장	엔지니어링/건설
우병엔지니어링	김학진	대표	국내 엔지니어링 동향
해외건설협회	김석화	처장	해외 플랜트 동향
한국화학연구원	김범식	연구위원	CO_2 활용

표 4-2-2. 자문위원 명단

기관	성명	직위
국토교통과학기술진흥원	최광호	플랜트PD
산업통상자원R&D전략기획단	박상덕	에너지산업MD
한국에너지기술평가원	원장묵	전략기획본부장
한국과학기술기획평가원	이윤빈	성장동력사업실장
POSTECH	이인범	엔지니어링대학원장

2. 대상 후보과제 도출 방법론

가. 미래전망 및 현황분석 방법론

미래전망과 현황을 분석하는 방법으로는 STEEP(Social, Technological, Economic, Ecological, Political/Legal) 분석, PEST(Political, Economic, Social, Technological) 분석, SWOT(Strength, Weakness, Opportunity, Threat) 분석이 있다(표 4-2-3, 표 4-2-4). 대표적인 거시 환경 분석 기법인 STEEP 분석 산업의 경쟁력에 영향을 끼칠 수 있는 거시적 환경요인이 무엇인지 파악하기 위한 프레임워크를 제시할 수 있다. 사회적, 기술적, 경제적, 생태학적, 정치적/법적 부분에 대한 요인을 분석하여 큰 틀의 전망을 하는 방법이다. PEST 분석과 SWOT 분석도 STEEP 분석방법과 항목이 일부 다르지만 큰 틀에서는 같은 분석 툴로 사용이 가능하다.

표 4-2-3. STEEP 분석의 일반적인 항목

환경 요인＼항목	현재	미래	기회	위협
정치/법				
경제				
사회/문화				
기술				
생태				
기타				

표 4-2-4. PEST 분석의 일반적인 항목

환경 요인＼항목	기회 요인	위험 요인
정치 환경		
경제 환경		
사회/문화 환경		
기술 환경		

기술 분야에 대한 현황 분석에는 SWOT 분석이 많이 사용되고 있다. SWOT의 항목을 연계한 아래와 같은 분석 툴이 많이 사용된다. 본 과제에서는 이 방법을 사용하여 플랜트 분야에 대한 분석을 수행하였고 그 결과를 표 4-2-5에 제시하였다.

이 SWOT 분석 자료를 통하여 다음과 같은 핵심 방향을 설정할 수 있었으며, 이 방향을 플랜트 분야 후보과제 선정의 큰 틀로 활용하였다.

○ 국내 관련기업 간 공동 추진이 가능할 실증플랜트 프로젝트 기회 제공 (Test-bed 등 형태)이 절실

○ 중국과 차별화(ICT기술, 모듈화 적용 등)된 플랜트 세부기술 경쟁력 제고 방안 분석과 추진 방향에 맞는 후보군 선택

○ 일본정부가 추진하는 방식과 같은 정부 주도의 플랜트 Platform 기술개발과 민간 이전 상용화 지원 전략 등 구체화 추진에 부합하는 후보군 선택

○ 플랜트 분야 소재, 부품, 설비, 설계, 건설, 운영의 체계적 supply chain 구현이 용이할 후보과제 선정

○ 국내 공기업에 건설될 대형 플랜트에 참여 기회 제공으로 기술축적 기회 제공으로서 Test-bed 구현

○ 대규모 투자 소요되는 플랜트에 대한 민간투자 위험성 분산 모델로서 Test-bed 구현

○ 해외 자원 산지에 실증 플랜트 건설기회 발굴 연계가 가능한 분야도 고려

○ 해외수입이 많은 플랜트 소재부품 분야의 우수한 중소/중견기업 발굴이 가능할 후보 선정

○ 핵심 플랜트 분야에 대한 국내 supply chain 구축이 용이한 후보 선택

○ Test-bed 대규모 실증을 통한 핵심 플랜트분야 실적 확보와 이를 통한 해외사업 추진의 목표에 부합하는 후보군 선택

○ 필요시 해외기술 접목을 통한 중간진입전략 추진도 추진

○ 작은 국내 플랜트시장이라도 국내 건설이 필수적인 플랜트분야 선정, 집중 지원

표 4-2-5. 국내 플랜트산업 분야에 대한 SWOT 분석

외부환경＼내부환경	Strength	Weakness
	-국내 중대형 플랜트 제작이 가능한 상세설계, 제작, 건설, 운영 등 중공업 인프라 우수 -산학연 고급인력 풀 존재 -다양한 플랜트 건설, 제작 경험 풍부 -선박 형태와 모듈화 분야 국내 hardware 인프라 우수 -국내 기업들의 세계시장 사업경험과 네트워크 존재 -세계 최고수준의 ICT 기술경쟁력 보유 -다양한 플랜트분야에 대한 우수한 pilot급 기술개발 실적 확보	-주요 플랜트분야에 대한 국내 기본설계기술 거의 전무 -핵심 원천기술 보유 극히 미흡 -고부가가치 소재부품 국내기반 미흡으로 핵심 부품/설비 해외의존도 높음 -플랜트 분야의 국내 supply chain 구축 미흡 -대규모 실증 프로젝트 경험 부족 -작은 국내시장 규모로 다양한 플랜트 시도 곤란 -국내 부존자원 부족으로 해외자원 활용의 제한성
Opportunity	**SO 전략**	**WO 전략**
-전세계 플랜트시장 규모 대비 진출영역 많음 -친환경 및 저탄소 기술을 적용한 신규시장 시작 단계 -ICT 등 신규기술 적용한 플랜트시장 분야 선진국과 격차 적음 -동남아, 중국, 인도 등 신규시장 급팽창 중 -플랜트분야 활성화 시 고용 등 사회전반 파급효과 큼	-대규모 투자가 필요한 전략적 플랜트분야에 대한 적극적 투자 가능할 요인 제시 -우수한 국내 중공업 인프라를 활용할 핵심분야 설정, 상용급 핵심기술 확보 전략 추진 -국내 우수한 ICT 기술과 인프라가 활용될 국내 기반 조성과 기술경쟁력 확보 -기존 고급인력이 선진국과 경쟁 가능할 전문성 보유토록 체계적 양성 -해외 신규시장 조기 선점을 위한 전략적 분야 설정과 test-bed 운영을 통한 실적 확보 -신규시장에 적합할 플랜트분야 조기 발굴과 체계적 기술/산업 생태계 조성	-국내 여건에서 경쟁력 확보 가능할 플랜트분야 기본설계 기술 축적위한 전략 구현 -해외수입이 많은 플랜트 소재부품 분야의 우수한 중소/중견기업 발굴과 지원 -핵심 플랜트 분야에 대한 국내 supply chain 구축 -Test-bed 대규모 실증을 통한 핵심 플랜트분야 실적 확보와 이를 통한 해외사업 추진 -필요시 해외기술 접목을 통한 중간진입전략 추진 -작은 국내 플랜트시장이라도 국내 건설이 필수적인 플랜트분야 설정, 집중 지원
Threat	**ST 전략**	**WT 전략**
-기술선진국들 기술독과점 공고화 추세 -핵심특허 피해갈 전략과 실력 부족 -중국의 플랜트 분야 경쟁력 급부상 중 -대규모 투자 위험성 감수 국내여건 갈수록 악화	-국내 관련기업 간 공동 추진이 가능할 실증플랜트 프로젝트 기회 제공(Test-bed 등 형태) -국내 기존 pilot급 플랜트기술을 상용급 확대 위한 핵심특허 확보 전략 추진 -중국과 차별화(ICT기술, 모듈화 적용 등)된 플랜트 세부기술 경쟁력 제고 방안 분석과 추진 -핵심플랜트 분야 국제특허 확보 구체화 및 지원체계 구축 -일본정부 추진하는 방식과 같은 정부주도의 플랜트 Platform 기술개발과 민간 이전 상용화 지원 전략 등 구체화 추진	-국내 경험한 핵심 플랜트별 기본설계 DB 구축과 실제 활용 전략 구체화 실행 -핵심 플랜트 원천기술 확보가 가능할 장기 투자전략과 지원체계 구축 -플랜트 분야 소재, 부품, 설비, 설계, 건설, 운영의 체계적 supply chain 구현 -국내 공기업에 건설될 대형 플랜트에 참여 기회 제공으로 기술축적 기회 제공 -대규모 투자 소요되는 플랜트에 대한 민간투자 위험성 분산 모델 제시 -해외 자원 산지에 실증 플랜트 건설 기회 발굴과 지원체계 추축

나. 후보과제 도출 프로세스

플랜트 분야에서 다 부처 공동기획이 가능한 후보사업을 도출하기 위해서 본 연구에서는 아래와 같은 프로세스를 수행하였다. 10회의 기획위원회와 2회 자문위원회를 운영하였으며, 최종 5개 후보군으로 좁혀진 다음에 산업통상자원R&D전략기획단과 토의를 통하여 국토교통부-산업통산자원부가 공동으로 추진할 가능성을 점검하는 단계를 거쳤다.

기술 후보군을 도출 선정하는 방법은 다양할 수 있다. 하지만, 기술별로 시장규모, 국내외 국가별 상세한 시장상황 자료, 특허분석 자료, 국내 민간기업들의 플랜트 사업 추진계획 등을 최근 자료로 확보가 가능하다면 심도 있는 분석이 가능하겠지만 현실적으로 60개가 넘는 플랜트 기술별로 이들 자료를 같은 시점 기준으로 확보할 가능성은 거의 없기 때문에 가장 현실적이면서 타당한 방법을 제시하여야 한다. 본 기획의 최종 목적은 5개 내외로 다 부처 공동기획이 가능할 플랜트 분야를 제시하는 것이므로, 초기 제시되는 모든 플랜트 분야에 대해 상세자료 취합에 노력하기 보다는 10개 내외로 좁혀질 단계까지는 거시적 분석을 통해 가능성이 높은 분야군을 설정하고, 이 10개 내외(본 기획에서는 17개) 플랜트 분야에 대해 가장 최근 상황을 알고 정보를 가지고 있는 전문가 집단의 집단지식을 활용해서 범위를 좁히면서 최종 우선순위를 제시하는 방법을 채택하였다. 이러한 방법을 통해서 본 기획에서 추진한 프로세스를 아래 그림 4-2-2에 요약하였다.

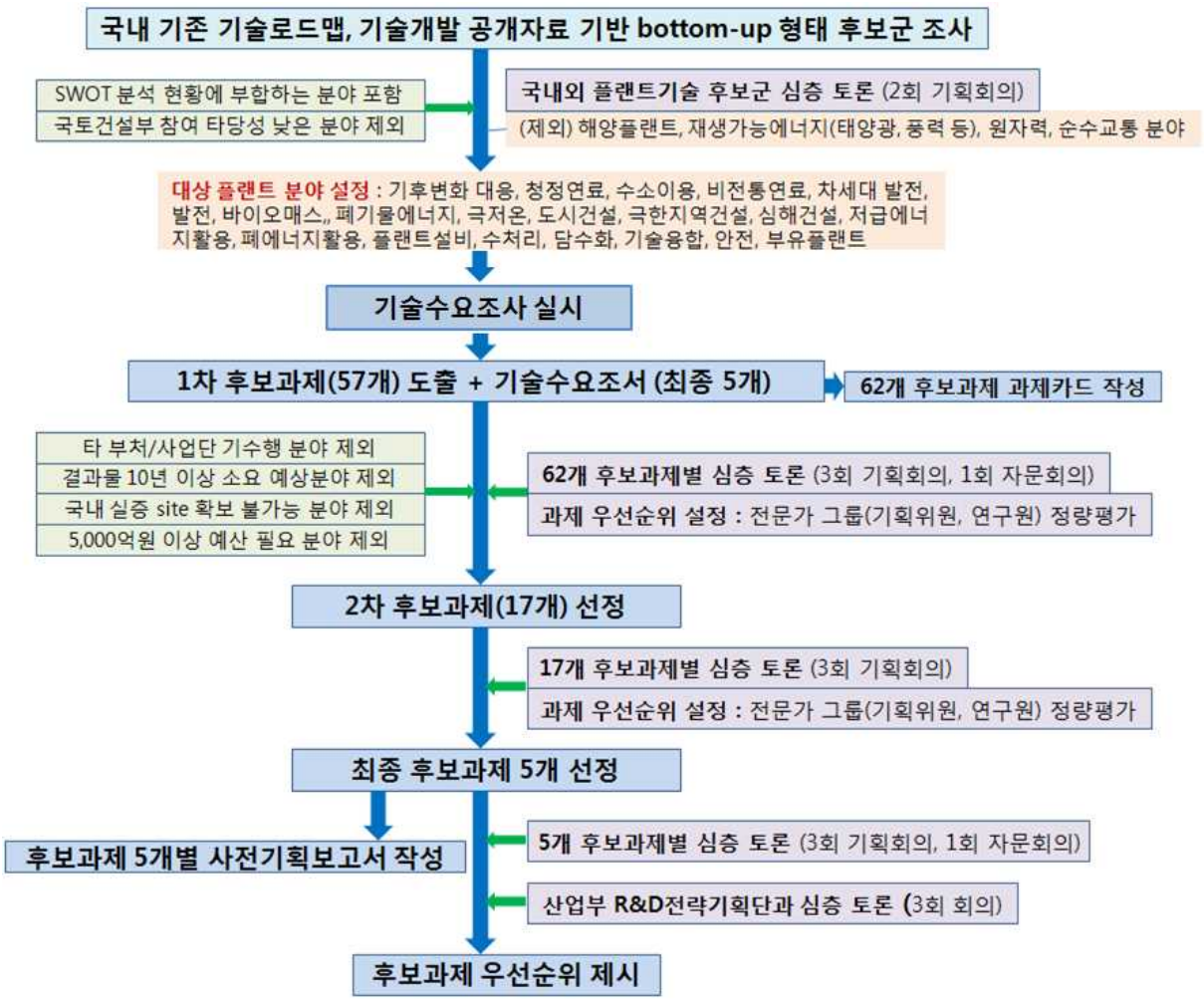


그림 4-2-2. 다 부처 공동기획 가능분야 도출을 위한 본 기획연구의 전체 프로세스 요약

3. 대상 후보과제 선정 절차

본 기획과제에서는 충분한 수의 후보과제 후보군을 선정하고 점차 중요도가 높은 과제로 축약해 가는 과정으로 최종 대상 후보과제 5개를 선정하였다. 이와 같은 과정을 요약하면 다음과 같다.

○ 국내 기존 플랜트 관련 기술 로드맵, 각 부처 기술개발 계획자료, 국가과학기술심의회에 상정된 기술개발 분야, 기획위원과 출연연구기관 전문가로부터 받은 제안 분야 등 취합하여 기획회의에 초안으로 제시

○ 1차~3차 기획회의 : 기존 자료, 기획위원 및 소속기관 전문가 제안 등으로 후보과제 후보군 선정 (57개)

○ 2차 기획회의 : 후보과제군에서 국토부에서 추진이 용이치 않은 후보군 제외키로 결정
- 해양 플랜트는 국토해양부에서 해양수산부가 분리되어 해수부 소관으로 제외
- 태양광, 풍력 등 순수 재생가능에너지 플랜트는 산업부 중심 추진 영역으로 제외
- 원자력 플랜트는 일반 민간기업이 원한다고 추진할 성격이 아니고, 미래부/산업부 중심으로 추진되므로 제외
- 순수 교통 관련 분야는 플랜트와 연계성 부족 등으로 본 기획 플랜트 범위를 대부분 벗어나므로 제외

○ 1차 자문회의 : 이미 예비타당성조사사업 신청이 진행되고 있는 후보군은 제외키로 결정
- (제외) 초임계 CO_2 싸이클 고효율 발전 플랜트

○ 기업수요조사 : 후보과제 후보군 추가 (5개 추가하여 총 62개)

○ 5차~7차 기획회의 : 1차 후보군 선정 (17개), 2차 후보군 선정 (5개)
- 1차 후보군에서 제외 과정과 적용 기준

(1) 타 부처/사업단에서 이미 중대형 실증사업으로 진행되고 있는 분야이면 제외

(제외) 연소전 CO_2 포집 플랜트(진행 중), 연소후 CO_2 포집 플랜트(진행 중), 순산소 연소 & CO_2 포집 플랜트(완료 후 실증플랜트 대상 선정 중), 가스하이드레이트 채굴/저장/이송/활용 시스템(별도 사업단 존재), 초임계압 CO_2 싸이클 고효율 발전 플랜트(별도 추진단 존재), 저급탄의 고품위화 플랜트-호주/인도네시아 등 생산 저급탄 활용(진행 중)

(2) 상용/실용적 결과물 제시까지 너무 장기간 필요한 분야이면 제외

(제외) 저가 혼합 탄산염 이용 공기정화 및 고순도 CO_2 회수 플랜트, 저가 혼합 탄산염 이용 공기정화 및 고순도 CO_2 회수 플랜트, CO_2 액화/수송/저장 플랜트, 마이크로기기 동력원 초소형 발전 시스템, 저NOx MILD 연소 석탄발전 플랜트, 대심도 초임계 압력 조건 활용 폐기물처리 및 에너지생산 플랜트

(3) 국내 실증할 대상 원료나 부지 확보가 불가능한 분야이면 제외

(제외) 초목계 바이오매스의 바이오원유화 제조 플랜트, 셰일가스 생산/저장/수송 플랜트, 셰일가스 downstream 공정 제로에미션 모듈화 플랜트, 석탄층 메탄가스 자원화 플랜트, 오일 샌드 오일 성분 추출/분리/활용 시스템

(4) 타 부처의 업무로 명확하여 국토부가 참여하여 다 부처 공동 추진이 불가능한 분야이면 제외

(제외) CO_2 포함 배가스 활용 녹조류 바이오고형연료 플랜트(해수부 고유 성격), 가

스화 연료전지 발전 시스템(산업부 고유 성격), 가스화공정 연계 대용량 고온형 연료전지 열병합발전 플랜트(산업부 고유 성격), 유기성 폐기물 바이오가스 활용 연료전지 열병합 발전 플랜트(산업부 고유 성격), 대수심용 이동형 플랫폼-해저 깊은 곳에서 유지/가동 가능(해수부 고유 성격))

(5) 총 예산이 5,000억원 이상이 예상되어 별도의 국가적 아젠다가 있어야 하는 분야이면 제외

(제외) 석탄으로부터 합성석유 생산 플랜트, Advanced 초임계압(A-USC, HSC) 발전 플랜트, 대용량 유동층 연소 발전 플랜트

○ 8차 자문회의 : 2차 후보군 재선정 요청

○ 9차 기획회의 : 2차 후보군 재선정 (5개, 1개 교체)

○ 10차 기획회의 이후 : 2차 후보군 5개 과제 내용 구체화

이와 같은 과정을 요약하여 그림 4-2-3에 나타내었다.



그림 4-2-3. 후보과제 선정 절차

4. 대상 후보과제 선정

가. 후보과제 Pool 선정

본 기획의 1단계로 50~100개 수준의 충분한 후보과제 대상군을 확보하고자 하였다. 이를 위하여 산학연 전문가 집단 기획위원 및 기획위원들의 소속기관 전문가들의 제안을 받으면서 동시에 각 부처 및 유관기관에서 발행된 R&D 전략, 기술 분류 및 미래 유망기술 분야 등을 대상으로 후보군 과제를 확보하고자 하였다. 1차부터 3차까지 3차례의 총괄기획위원회 회의를 거치면서 기획위원 및 소속기관 전문가들로부터 22개의 과제가 제안되었으며, 각 부처 및 유관기관 등에서 발행된 자료로부터 41개의 후보군 과제를 도출하여 총 63개 후보과제 군(pool)을 확보하였다. 이들을 합한 63개 과제에서 중복/유사 내용을 통합하여 1차 후보군으로 57개 과제 후보군을 도출하였다. 41개의 후보과제를 도출하는 과정에서 참고한 각 부처별 주요 자료는 다음과 같다.

- ○ 2040 국토교통 200대 미래 유망기술 중 플랜트 분야 (출처 : '창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기전략(안), 국가과학기술심의회, 국토교통부 제출 자료, 2014. 07. 30.)
- ○ 주력산업 산업융합원천 R&D 전략 [2013-2017], 한국산업기술평가관리원, 2012. 09.
- ○ 플랜트 분야 세부 기술별 범위/분류: 플랜트 산업 분류
- ○ 환경부 신기술/신산업 기획
- ○ 엔지니어링센터 운영 고도화를 위한 예비 타당성 조사 기획, ㈜더비엔아이, 2012
- ○ 국가 중점 과학기술 전략로드맵(안), 국가과학기술심의회, 2014. 04.
- ○ 2014-2018년 플랜트 분야 기술개발 로드맵,
- ○ 제6차 산업기술혁신계획, 국가과학기술심의회, 2013. 12.

상기 57개 과제를 기반으로 하여 산업부, 미래부, 국토부 등의 과제 기획, 평가 및 관리 분야의 전문가들로 구성된 자문위원회를 개최하였으며, 1차 자문회의에서의 자문의견 중에서 산업체 의견을 반영함이 필요하다는 의견을 반영하여 산업체 수요조사를 수행하였으며, 이로부터 5개 과제를 추가로 발굴하여 총 62개의 과제를 과제 후보군(후보과제 pool)으로 선정하였다. 이와 같이 선정된 후보과제를 분야별로 정리하고 요약하여 아래의 표 4-2-6에 나타내었으며, 62개 후보군(pool) 각 과제를 간략하게 요약한 후보군 과제요약서를 별도로 첨부하였다.

아래의 표 4-2-6에 나타낸 62개의 후보과제 후보군을 선정하기까지의 3차례의 기획회의(1차~3차 기획회의)에서의 회의 내용을 아래의 표 4-2-7~표 4-2-9에, 그리고 1회의 자문회의(1차 자문회의, 4차 기획회의 겸)에서의 자문의견 내용을 아래의 표 4-2-10에 나타내었다. 표 4-2-11에는 자문위원들의 의견을 반영하여 수행한 산업체 수요조사 신청서를 나타내었다.

표 4-2-6. 후보 과제 후보군 (62개) 내용 및 후보과제 포함 근거

No.	분야	후보과제 분류	후보과제 포함 근거
1	기후변화대응	CO_2 폴리머 상업화 플랜트 (수십톤/년 파일럿 플랜트 기술의 상업화)	기획위원 소속기관 제안 (SK이노베이션)
2	기후변화대응	화학적 전환에 의한 CO_2 자원화 플랜트 (무기탄산염 등 신제품 생산)	국토교통 200대 유망기술
3	기후변화대응	연소전 이산화탄소 포집 플랜트	플랜트 산업분류
4	기후변화대응	연소후 이산화탄소 포집 플랜트	플랜트 산업분류
5	기후변화대응	순산소 연소 및 이산화탄소 포집 플랜트	플랜트 산업분류
6	기후변화대응	CO_2 액화/수송/저장 플랜트	플랜트 산업분류
7	기후변화대응	저가 혼합 탄산염 이용 공기정화 및 고순도 CO_2 회수 플랜트	환경부 신기술/신산업 기획
8	기후변화대응	CO_2 포함 배가스 활용 녹조류 바이오고형연료 플랜트(Carbon-Negative 바이오 연료)	환경부 신기술/신산업 기획
9	청정연료	모듈화 GTL 플랜트 (셰일가스, 한계가스 전, 동반가스 전 개발)	기획위원 소속기관 제안 (한국화학연구원)
10	청정연료	석탄으로부터 합성석유 생산 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (고등기술연구원)
11	청정연료	초목계 바이오매스의 바이오원유화 제조 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
12	청정연료	저급원료 활용 고부가가치 화학원료 및 합성연료 생산 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (고등기술연구원)
13	청정연료	저급탄 활용 가스화 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국가스안전공사)
14	수소이용	수소 제조 국산화 플랜트 (정유공장 사용 가능 대용량)	기획위원 소속기관 제안 (한국화학연구원)
15	수소이용	수소 대량 생산 및 공급 시스템 (5만명 이상 대단지 보급)	국토교통 200대 유망기술
16	수소이용	SNG 플랜트 합성가스 활용 수소 제조 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국가스안전공사)
17	수소이용	고농도 수소 해저 수송 시스템 (SNG에서 생산 가능한 고농도 수소 수송)	기획위원 소속기관 제안 (한국가스안전공사)
18	비전통연료	셰일가스 생산/저장/수송 플랜트	플랜트 산업분류, ENG센터 운영고도화 기획
19	비전통연료	셰일가스 downstream 공정 제로에미션 모듈화 플랜트 (물 오염, 온실가스, VOCs 등 배출 제로화)	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
20	비전통연료	석탄층 메탄가스 자원화 플랜트	플랜트산업분류
21	비전통연료	가스하이드레이트 채굴/저장/이송/활용 시스템	ENG센터 운영고도화 기획

표 4-2-6. 후보과제 후보군 (62개) 내용 및 후보과제 포함 근거 (계속)

No.	분야	후보과제 분류	후보과제 포함 근거
22	비전통연료	오일 샌드 오일 성분 추출/분리/활용 시스템	플랜트 산업분류, ENG센터 운영고도화 기획, 기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
23	차세대발전	초임계압 CO_2 싸이클 고효율 발전 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
24	차세대발전	Advanced 초초임계압(USC) 발전 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (POSCO건설)
25	차세대발전	가스화 연료전지(IGFC) 발전 플랜트	플랜트 산업분류
26	차세대발전	가스화공정 연계 대용량 고온형연료전지 열병합발전 플랜트	플랜트 산업분류, 국토교통200대 유망기술
27	차세대발전	마이크로기기 동력원 초소형 발전 시스템	국토교통 200대 유망기술
28	발전	가스화 플랜트 활용 병합(poly-generation) 플랜트 (전기, 청정연료, 화학원료 동시생산)	플랜트 산업분류
29	발전	유동층 연소발전 플랜트 (대용량 유동층 연소 플랜트)	플랜트 산업분류, ENG센터 운영고도화
30	발전	저NOx MILD 연소 석탄발전 플랜트 (고온 FGR 기술 적용 저 NOx 기술)	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
31	바이오매스	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트(폐산림자원, 고형연료 활용)	기획위원 소속기관 제안 (고등기술연구원)
32	바이오매스	유기성 폐기물 바이오가스 활용 연료전지 열병합 발전 플랜트	플랜트 산업분류
33	바이오매스	Bio-DME 생산 플랜트 (바이오매스 가스화에 의한 DME 생산)	플랜트 산업분류
34	바이오매스	Bio-SNG 생산 플랜트 (바이오매스 가스화에 의한 SNG 생산)	플랜트 산업분류
35	바이오매스	대체 부산물 활용 바이오디젤/에탄올 대량 생산 플랜트	국토교통 200대 유망기술
36	바이오매스	생화학물질(Bio-Chemical) 생산 마이크로 플랜트	국토교통 200대 유망기술
37	폐기물에너지	유기성폐자원 사용 바이오가스 생산 및 고부가가치 연료 생산 플랜트	환경부 신기술/신산업 기획
38	폐기물에너지	바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 플랜트	환경부 신기술/신산업 기획
39	극저온	수소액화극저온플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
40	극저온	심냉법 공기액화 분리 플랜트	기획위원 소속기관 제안 (한국기계연구원)
41	도시건설	에너지 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	국토교통 200대 유망기술
42	극한지역건설	해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	기획위원 소속기관 제안 (한국교통과학기술진흥원)

표 4-2-6. 후보과제 후보군 (62개) 내용 및 후보과제 포함 근거 (계속)

No.	분야	후보과제 분류	후보과제 포함 근거
43	극한지역건설	운영/유지관리 모듈화/자동화를 통한 극한지 무인 자원 플랜트	국토교통 200대 유망기술
44	심해건설	대심도 초임계 압력 조건 활용 폐기물처리 및 에너지생산 플랜트	국토교통 200대 유망기술
45	심해건설	대수심용 이동형 플랫폼 (해저 깊은 곳에서 유지/가동 가능)	국토교통 200대 유망기술
46	저급에너지활용	저급탄의 고품위화 플랜트 (호주/인도네시아 등 생산 저급탄 활용)	기획위원 소속기관 제안 (한국가스안전공사)
47	저급에너지활용	펫코크 최적 활용 플랜트	ENG센터 운영고도화 기획
48	폐에너지활용	배출 폐수증기 재활용 플랜트 (슬러지 건조, 발전소 등)	환경부 신기술/신산업 기획
49	플랜트설비	냉각수 무방류 냉각 시스템 (증발로 손실되는 냉각수 무방류 기술)	기획위원 소속기관 제안 (현대오일뱅크)
50	수처리	다중수원 처리 가능한 대용량 물순환/재생 통합플랜트	국토교통 200대 유망기술
51	담수화	초순수 제조 담수화 플랜트	플랜트 산업분류, ENG센터 운영고도화 기획
52	담수화	나노튜브 기반 역삼투막 해수담수화 플랜트 (플럭스 10배 향상)	국토교통 200대 유망기술
53	담수화	저에너지 차세대 정삼투식 해수담수화 플랜트 (0.5 kWh/ton 이하)	국토교통 200대 유망기술
54	담수화	신재생에너지 활용 해수담수화 플랜트 (물부족 지역, 태양광/풍력/지열 등 활용)	기획위원 소속기관 제안 (고등기술연구원)
55	기술융합	ICT 융합 플랜트 및 ICT 기반 엔지니어링	플랜트 산업분류
56	기술융합	스마트 플랜트용 빅데이터 플랫폼 기술	기획위원 소속기관 제안 (고등기술연구원)
57	안전	플랜트 유출 독성가스 실시간 감지 및 자동 중화처리 기술	국토교통 200대 유망기술
58	수소이용	수소 Station을 기반으로 한 에너지자급형 도시모델 개발	기업수요조사 (포스코건설)
59	바이오매스	유기성폐기물의 油中 반탄화 및 가스화 복합 공정에 의한 열병합발전	기업수요조사 (한국지역난방공사)
60	기후변화대응	이산화탄소로부터 친환경적 방식 폴리카보네이트 생산시스템 (Non-phosgene PC from CO_2)	기업수요조사 (CGT)
61	담수화	해양 부유식 이동형 해수담수화 실증 플랜트	기업수요조사 (두산중공업)
62	부유플랜트	Mega floating/barge 발전플랜트	기업수요조사 (한국건설기술연구원)

표 4-2-7. 1차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
기획과제 특성	- 본 기획 과제의 취지 : 플랜트 범위가 워낙 광범위해서 각 부처 간 연구개발에 있어 이해가 필요하며 그 이해관계를 미리 파악하고 플랜트 연구개발의 로드맵을 작성하여 보다 효율적이고 신속하게 플랜트 관련 연구개발을 하는데 있음. - 국토교통과학기술진흥원에서 본 수요조사서를 작성할 때에도 국토교통부에서 플랜트 관련 사업을 추진함에 있어 여러 부처 간의 협조를 통해서 범부처 플랜트 사업을 하고자 함에 있었고, 상세하게는 산업부, 환경부 등 각 부처에서 펀드를 조성하여 함께 사업에 참여할 수 있는 방법 혹은 펀드 조성은 힘들더라도 국토교통부에서 기획한 플랜트 사업을 함께 추진할 수 있는 분야를 발굴하여 시너지 효과를 창출하고자 하는 데 목적이 있음. - 전통적으로 각 부처에서 진행하고 있는 플랜트 사업은 제외하고(예를 들어 산업부의 재생가능에너지 플랜트 및 해수부의 해양플랜트), 플랜트 틈새시장을 공략하는 분야를 발굴하는 것이 가장 현실적인 작성 방법이 될 수 있음. 하지만 여기에 국한할 필요는 없으며 기획위원들의 모든 의견을 수렴하여 진행함. - 기업에 소속하고 있는 기획의원들은, 각 기업에서 요구사항을 잘 받아들이고자 하는 데 목적이 있음을 고려하여, 각 기획위원들 및 소속 기업의 현장 경험을 토대로 플랜트 연구개발 기획에 적극적인 참여가 필요함. - 각 기획위원들이 적극적으로 참여하여 범부처 플랜트 기획 아이템에 대한 여러 가지 아이디어를 제시하여 줌이 바람직하겠음.

표 4-2-8. 2차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
기획업무 방향	- 기획 대상 과제 선정 기준으로 원천 기술 및 차별화 가능한 핵심 기술, 5년 이내 달성 가능한 범위와 수준 정의, 중동 및 대기업 중심에서 탈피, 핵심 기자재 국산화율 향상, 민간의 기술 개발 투자 유인 가능 등을 고려함. - 회의자료에 플랜트 산업 분류표에 나타난 해양, 신재생에너지, 원자력, 교통, 환경 플랜트 등은 기획 과제 대상으로서 범위와 제한요건을 고려해야 함. • 해양 플랜트는 해양수산부 중심, 재생가능에너지 플랜트는 산업부 중심 추진, 원자력 플랜트는 미래부 중심 과제 추진 등으로 국토부와의 공동 기획이 어려운 분야 • 교통 분야는 플랜트와 연계성 부족 등으로 본 기획 플랜트 범위를 대부분 벗어남. • 환경 플랜트는 본 기획의 연구비 규모(500 - 1,500억원)로 세계 선도 수준의 플랜트 건설이 가능하나 시장이 작은 제한성 있음.
기획실무 추진 절차	- 후보 플랜트 정보 카드 50개 내외 ⇨ 후보 플랜트 요약서 10-20개 ⇨ 후보 플랜트 기획 보고서 5개 -> 최종 선정 플랜트 기획 보고서 2개 ⇨ 최종 보고서 1개 - 기획위원 제안 과제 + 기존 부처별 로드맵 제시된 플랜트 분야 과제 + 완료/진행중인 산업부 등 정부지원 플랜트 분야 과제리스트에서 뽑은 과제 + 산업체 수요조사 등을 통한 추가 과제를 병행함.
대표과제 도출 선정 기준	- 국회입법조사처 2014/12/31 발간한 '해외건설 발전을 위한 정책과제' 현안보고서에 제시된 현재의 문제점을 보면 선정기준 추가할 항목 제시가 가능함. • 원천기술 부족, 경쟁업체와 차별화되는 핵심기술 부족 ⇨ 사업 출범 5년 기간에 달성 가능한 원천기술 수준을 어디까지로 정의할지가 플랜트 분야 선정에 중요한 차이점 부각 요소 • 중동지역을 중심으로 플랜트 위주의 사업 포트폴리오 ⇨ 중동지역 이외 사장에서 경쟁력 가질 플랜트 분야 도출 • 지나치게 대기업에 편중 ⇨ 참여할 중소/중견기업이 많은(확보 가능한) 플랜트 분야 도출 • 핵심 플랜트 기자재의 기술력 부족 ⇨ 국내 중소/중견 부품/기자재 업체 관심도 높고 기술경쟁력도 있는 플랜트 분야 도출, 핵심기자재 중심의 기술개발 포함 • 해외 건설인력에의 높은 의존 ⇨ 모듈화 등 국내 대부분 제작 후 해외 이송, IT 기술 접목 원격정보 이용 기술 등 적용 용이한 형태의 플랜트기술 도출 • 엔지니어링 부분의 취약한 경쟁력 ⇨ FEED, EPC 포함한 플랜트 기술개발 도출 • (제4차 건설산업진흥기본계획 상 주요 key 워드) '핵심기술 해외의존도를 낮추고 시장 창출형·기업연계형 R&D 로드맵 수립·시행', '시장선도형 고부가 기술개발이 필요', '민간이 개발한 기술의 사업화를 촉진'
기획위원별 의견	- 국토부 성격에 맞는 과제를 선정해야 함. • 국토부는 국민의 안전과 편익, 건설/운영 비용 절감, 인프라에 관심 • 국토부, 산업부, 미래부 부처간 과제 성격을 명시한 문서 참고 필요
	- 후보 플랜트 정보 카드를 만드는 것이 급선무임. • 발전 플랜트와 수처리 분야 보완 필요 • 건기연, LG화학, 대림산업 등의 의견을 들을 필요성 있음. • 화학 플랜트 메이저 업체 의견 청취 필요성이 있음.
	- 국토진흥원은 해양, 발전 플랜트에는 큰 관심 없음. • 주력 분야는 수자원, 에너지 자원, 인프라 • 수자원은 해수 담수화 플랜트 • 에너지 자원은 LNG 플랜트와 셰일가스 플랜트 • 인프라는 도시를 기반으로 하는 환경 플랜트 • 산업부 에기평과 산기평에서 수행한 플랜트 관련 로드맵과 과제 리스트를 정리하면 도움이 될 것임.

표 4-2-8. 2차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
기획위원별 후보과제 제안	- CO_2를 활용한 폴리머(GreenPol) 생산 플랜트 • 국내에서 10톤/년 규모 파일럿 플랜트 건설을 완료했으며, 45톤/년 규모로 확장 중 • 5,000-50,000톤/년 규모 상업용 플랜트를 최종 목표로 하고 있음. • 건설비로 1,000-2,000억원을 예상하며, 1년 판매 후 손익분기점을 넘길 수 있을 정도의 시장성 있음. • 촉매기술이 핵심이며, 국내 기술이 중국 등에 비교해서 경쟁력 있음.
	- GTL 플랜트 • 국토부에서 2007년 기획, 본 과제로 연결되지 못함. • 최근 유가 하락으로 경제성 확보가 관건 • 산업부에서 CTL 등 유사 과제 있음.
	- 가스 공급용 해저 터널 건설 기술 • POSCO에서 생산한 SNG는 H_2 성분이 과다하여 한국가스공사 요구 조건을 만족시키지 못해, 여수산업단지에 해저 터널 배관망을 통해 공급 • 건설 기술 연구보다는 공정 기술을 연구해야 하는데 공정은 전혀 새로울 것이 없음. • 산업단지에서 많은 수요가 있는 고가의 H_2의 고농도화, 패키지화, 모듈화 등을 연구개발해야 함.
	- 세일가스 수처리 분야
	- CO_2 초임계 발전 분야
	- 극저온 분야 • LNG, H_2, CO_2 액화 플랜트에 관심이 많음. • 경제성 문제를 해결해야 상용화 가능 • 국토부에 범 공통 Cryo 플랜트를 제안한 적 있음. • 액체수소 기술을 확보하면 액체산소 제조 등 액체수소보다 높은 온도에서 액화되는 기술 확보가 용이
기획위원별 후보과제 제안	- 대용량 수소 제조 국산화 기술 • 국내에 많이 사용하나 모두 외국 기술
	- 바이오 폐기물을 가스화한 후 액화시켜 수송 연료화 하는 기술 • 에기연과 기계연이 공동으로 BTL 기술을 개발 중 • 경제성 확보 문제가 있으며, 상용화 사례가 아직 없음. • 공정이 복잡하지 않고, 중소기업에서 관심이 많음.
	- 액체수소 제조 플랜트 기술(SNG 플랜트 생산 합성가스 이용)
	- 극한지 자원 이송망 기술 • 해저 터널 등과 연계하여 기술 개발 가능
	- Advanced USC(Ultra Super Critical) 기술개발
	- 호주 갈탄 같은 저급탄 활용 고급화, 가스화, 연료화 기술 개발 • CCS 분야에서 산업부 CCS 입법화가 흐지부지되고 있음. • 화력 발전소 탄소 배출량은 300만톤/년으로 상당히 많지만 묻을 장소가 부족함. • 산업부에서 에기연과 GS건설이 공동 개발하여 인도네시아에 적용하려는 사례가 있음.

표 4-2-9. 3차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
기획업무 방향	- 후보 플랜트 기획보고서 작성 대상 과제 5개~10개를 도출하고 우선 순위를 정함. 2차 회의록에 표현된 최종 선정 플랜트 기획보고서 2개와 최종보고서 1개는 연구 대상 범위를 지나치게 한정시키는 표현이므로 삭제함. 향후 산업부와의 공동 기획 협의에 대비해서라도, 최종 대상 범위에 대한 여지를 만들어 두어야 함. 본 기획과제 완료 이후에 다른 예산과제로 별도의 상세기획과제를 추진하는 절차이며, 본 기획과제에서는 후보 플랜트 5개 내외 도출과 우선순위 결정까지를 최종 목표로 함. - 국토부 규제를 해제함으로써 산업부에 도움이 되는 과제가 제시되면 타 부처 협조 받는데 유리할 수 있음. 산업부에서 국토부와의 공동 기획 메리트와 이익이 있어야 함. 대규모 사업단 과제, 혹은 중규모 연구단 과제로 추진하기 위해서는 구체적인 연구개발 과제가 도출되어야 결정 가능함. - 공동 기획 과제 추진 방법으로 1) 산업부는 원천기술 개발, 국토부는 시스템 통합 및 scale-up 등과 같이 개발 분야를 분담해서 개발하고 통합하는 형태, 혹은 2) 산업부과 국토부에서 연구비를 각각 확보해서 출연하는 형태가 있을 수 있음. 1)의 형태가 더 바람직한 형태라고 볼 수 있음. 산업부에서 예타 통과에 실패한 과제를 국토부와의 공동 기획으로 예타 신청하면 통과할 가능성이 높아질 가능성 있음. 예를 들면 CO_2 초임계 발전 과제와 같은 경우를 들 수 있음. - 기존 시장 진출 장벽 극복 방안도 고려해야 함. 기술만 가지고는 해결하기 어려움이 있음. - 과제 선정 절차의 객관화가 필요함. 기획위원만의 의견으로는 부족함. 대기업과 중소기업 의견 수렴이 필요함. 대기업과 중소기업이 동반 해외 진출하는 모델이 가장 이상적임. 대기업 대표를 직접 만나거나 설문 조사 등의 방법이 있을 수 있음. - 후보 플랜트 분야 대분류/중분류/소분류 분류체계를 먼저 구축한 뒤에, 담당 기획위원을 전문 분야에 지정하는 방식을 제안함. 본인 전문 분야가 아닌 분야를 맡은 경우, 과제 카드 작성 및 향후 기획보고서 작성에 애로사항이 있음. - 현재 국내업체들은 시공에서 적자가 나고 있음. 기술이 없어서가 아님. 하이테크 아닌 시공기술(신공법 등) 개발로 시너지가 가능한 분야 개발이 중요함.
후보 플랜트 검토	- Advanced USC는 산업부 로드맵 석탄 분야에 포함되어 있으며, 두산중공업에서 개발하여 남부발전에서 실증 과제 추진하고 있음. - 현대오일뱅크 공장에서 30,000톤/일 규모의 냉각수를 사용하는 데 40%가 냉각탑에서 스팀으로 버려짐. 이를 회수, 활용하는 기술이 필요함. 절감 금액은 크지 않지만, 중소기업형 과제로서 좋은 과제가 될 수 있음. - IGFC는 산업부 로드맵에 포함되어 있으며, 서부발전에서 관심을 갖고 있음. - ICT 융합 플랜트는 그 대상과 범위를 기획하기에 따라 다양하게 할 수 있음. - 바이오가스는 자동차 연료를 목표로 할 수 있음. - Big data는 구체성과 현실성을 고려해야 함. - 대림산업에서 생각하는 몇 가지 과제 안을 준비하겠음. 건설회사에게 좋은 기회로 잘 활용할 수 있음.
후보 과제 선정 기준	- 과제 선정 기준 의견 (I) (1) 중복성: 이미 실증, 상용 플랜트 등 수행된 과제는 제외가 바람직. 기획과제만 진행된 과제는 가능 (2) 과제 소요기간: 지나치게 장기적인 과제는 제외, 5-6년 기간 과제로 추진 (3) 특수 분야: 지나치게 특수한 분야의 과제 제외 (4) 각 부처 사업 등으로 기반이 있는 분야 우선 (처음부터 새 출발하는 과제는 제외) (5) 경제성: 경제성 규모가 일정 수준 미달이면 제외 (6) 건설 계획: 실제로 건설 계획이 있지 않으면 제외 (7) 다 부처 기능적 역할 있는 분야 우선: 부처별 역할 분담이 가능해야 선정 가능 (부처 역할 모델 있고 시너지 가능한 분야 선정) (8) 국토부 규제 해제로 활성화 가능한 분야

표 4-2-9. 3차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
후보 과제 선정 기준	- 과제 선정 기준 의견 (II) (1) 시장성(세계시장 규모 등), 경제적 타당성: 제일 중요 * 5-10년 내 세계시장 규모, 점유율 큰 분야 (2) 개발 가능성 (3) 투자비, 소요 기간, 연구비 적절성 (4) 국내업체 관심도 (참여 기업 확보 가능성, 민간기업 요구도) (5) 선진기술과의 차별성 (6) 중복성 (7) 기술성 - 공동 기획의 명분, 필요성 확보 필요 (1) 플랜트 기자재 국산화 (2) license 확보: 실적 record가 없고 그동안 실증 사업이 지원되지 않았음. (3) 국가 현안 문제 해소 (4) 정부 역할인 산업 창출에 다 부처 공동 대응 필요 (5) 미래 먹거리 산업 창출 - 미래부 재난 안전 범 부처 공동 기획을 벤치마킹 (1) 부처 특성별 역할 분담 필요: 산업부에서 기자재 국산화 개발에 성공하더라도, 해외 진출에 애로사항이 있음. 이 문제를 타 부처에서 해결해 줌. (2) 시너지 효과에 대한 판단 필요: 시장, 가치 창출, 성공 가능성 등 - 플랜트 공통 시공 분야 선정 필요함. High tech가 아닌 저변 범용 기술이 적용되는 시공 분야에서 건설회사 적자가 발생함. 시공 방법에 관한 기술 개발은 국토부가 적합함. 이 분야는 ICT 융합 기술에서 흡수 가능함. - 안전 분야, ICT 융합 분야 등은 요소기술로서 제대로 큰 과제를 도출해야 함. - LNG플랜트사업단 등 타 기획을 벤치마킹하여, 우선순위 기준 등을 참고할 수 있음. - 바이오가스 플랜트는 시장성 의문 - 선정 기준으로 최적화 constraint 적용하면 많이 걸러질 수 있음. - 3단계 혹은 5단계로 정량 평가 가능함. - 해외건설협회에 대기업 본부장 출신이 대부분인 플랜트 분야별 협의회의 자문을 통하여 과제 선정 절차에 활용 가능함.

표 4-2-10. 1차 자문회의(4차 기획회의 겸) 주요 내용

구분	의견
자문위원 대상 기획연구 개요 설명	- 사례로 든, 사우디아라비아 Jazan 프로젝트의 경우, refinery와 gasification 등 두 종류의 플랜트가 발주되었는데, 기술적으로 어렵지 않은 대규모 플랜트였으며, 중국이 수주하였음. 이 프로젝트에서 중국 업체는 주로 컨소시엄 형태로 참여하였고 기술부분은 ENI, Saipem사 등이 담당하였음. - 본 기획의 향후 대략적인 일정은 2015년 3월에 대기업 및 중소기업 대상 기술수요 조사, 2015년 4월에 후보 플랜트를 10개 (최대 20개) 정도로 압축, 2015년 5월에 최종 후보 5개 (최대 10개) 정도 선정 예정. - KISTEP에서 2015년 1월-2월에 다부처공동기획사업을 진행중임. 2015년 사업 시행 예정인 3개 사업 중 국토부 주관, 미래부 및 해수부 참여의 '고신뢰도 다개체 무인이동체계 네트워트 연구개발 및 기술 검증' 사업이 있음. - 본 기획 결과 사업단 규모는 1,000-1,500억원/5-6년이며, 국토부의 LNG플랜트사업단, 해수담수화플랜트사업단 규모와 유사함.
자문위원 별 자문의견	- 해수담수화플랜트사업단 연구 단계는 이미 완료되어 부산 기장에 45,000톤 규모 실증 플랜트를 건설 완료 및 운영 중이며, 사업화를 위한 후속 과제가 진행 중임. 부산시 상수도사업본부에서 일정 비용을 지불하고 담수를 공급받음. 성공 사례로 평가되고 있음. - LNG플랜트사업단은 2015년에 마무리가 우선이고, 후속 과제는 고민 중임. - 본 기획 결과 사업단은 기본적으로 국토부 funding이 맞으며, 다만, 타 부처에서 추가 funding이 필요함. - 국토부 플랜트 연구개발의 큰 방향은 1) 도시 인프라와 같은 공공 성격의 플랜트 2) 해외 수출 플랜트 등 2가지임.
	- 기존 사업단 후속 과제가 필요하지만, 공동 기획 가능 분야는 아님. 공동 기획이 가능한 다른 분야를 찾는 것이 좋겠음. - 초임계 CO_2 과제는 이미 예타 준비 중이기 때문에, 본 기획에서는 제외 요망 - 선정 기준을 grouping해서 우선 순위를 정하면 평가 시간을 절약할 수 있겠음. - 해외 플랜트 시장의 메인 플레이어로 들어가기 위해서는 엔지니어링 기술 자립 필요하다. hardware + software + humanware - Sustainable demo plant가 되어야 함. 스스로 유지 가능하고, 정부가 조금만 지원하면 돌아가는 플랜트. - 국내 시장을 해외 업체가 잠식해가는 분야도 기획 필요 - 열저장 분야: 신재생 hybrid, 계절간 필요시 열을 전력화 - 폐기물 분야: 기후변화 대응, 국토부, 산업부, 환경부 공동 기획 가능 - 원자력 분야: 소형 원전 지하화 (국토부), 소형 원전 바지선 탑재 (해수부)

표 4-2-10. 1차 자문회의(4차 기획회의 겸) 주요 내용 (계속)

구분	의견
자문위원 별 자문의견	- 플랜트의 정의와 영역 설정이 중요함. 바이오 등 제품 생산 설비 전체를 플랜트로 정의하면 그 범위가 너무 넓어짐. - 산업부는 pilot 규모, 국토부는 demo 규모로 연구비 지원하면 됨. - 부처 협력의 의미, 시너지 효과가 명확하지 않으면, 공동 기획을 왜 하는지 의문이 들 수 있음. 어쩔 수 없이 공동 기획을 하지 않을 수 없도록 만들어야 함. 양 부처에 모두 benefit이 있어야 함. - Bottom-up 형식보다는 차라리 top-down 형식도 고려할 수 있음. - 목표 플랜트를 여러 개 설정하지 말고, 단일 또는 최소한의 플랜트를 정해서 깊게, 끝까지 연구개발하는 방향으로 가야함. - CCS, 발전 분야에 대규모 연구비 필요함. Scale-up이나 건설 및 운영 단계 비용까지 고려하면 연구비가 3-5배 필요함. - 산업부가 국토부와 공동 기획할 수 있는 분야로는, 투자 사업과의 연계, 대기업과 co-funding을 들 수 있음. - 국토부+산업부 funding mix는 회계상 어려움이 매우 큼.
	- 우리나라는 아직 플랜트 선진국이 아니므로, 할 일도 많으며, 호흡을 길게 가져가야 함. - 다 부처 대표 사업인 위성 사업의 경우, 4개 부처가 협력하며, 부처별로 일정 및 예산 분기 다르고 공학적 spec 논의 어려우 존재함. - 플랜트 분야 밖에서 볼 때에도 정당성 확보 필요함 - 공동 기획 방식으로 부처별 영역 구분보다는 부처 간 협업 방향으로 가야, 국토부, 산업부 모두 만족할 수 있음. - 미래부 및 기재부 예타 심의에서 탈락되는 주요 사유는 중복성, 협업성 부족 등 2가지임. - 예타 시에 플랜트 분야 정부 지원 필요성을 설명할 수 있는 자료 마련 필요함. - 선정된 연구 테마에 대한 소명력 확보 필요함. - Market spill-over, network spill-over, knowledge spill-over (타 분야에 미치는 영향) 강조 필요 - Benefit/Cost ratio 분석 필요, 최근에는 (예를 들면, 50%에서 40%로) 낮추는 경향, 최근에는 B/C ratio를 고려하지 않는 경우도 있음. - 대기업/중견기업/중소기업 연결고리 확보 필요함. - 플랜트 생태계에 대기업이 있어야 함. - 사업 선정전에 예비타당성검토를 통과해야 하고, 사업 시작 후 사업 적정성 재검토를 수행함.
기획위원 의견	- 파일럿 플랜트 output이 일부 경제성을 확보하여야 함. 그러기 위해서는 license를 확보해야 하고, 설계 결과를 판단하기 위해 파일럿 플랜트 운영 데이터 확보가 필요하고, 계속해서 운영하려면 지속적인 연구비 투자가 필요함. 사이클적인 연구가 되어야 함. 파일럿 플랜트도 사용하지 않으면 고철이 됨.

나. 후보과제 선정 기준

3차 기획회의(2015/02/04)에서 후보과제 선정기준에 대한 심층 토론을 통하여 아래와 같은 기준의견을 도출하였다.

○ 과제 선정 기준 의견 (I)
(1) 중복성: 이미 실증, 상용 플랜트 등 수행된 과제는 제외가 바람직. 기획과제만 진행된 과제는 가능
(2) 과제 소요기간: 지나치게 장기적인 과제는 제외, 5-6년 기간 과제로 추진
(3) 특수 분야: 지나치게 특수한 분야의 과제 제외
(4) 각 부처 사업 등으로 기반이 있는 분야 우선 (처음부터 새 출발하는 과제는 제외)
(5) 경제성: 경제성 규모가 일정 수준 미달이면 제외
(6) 건설 계획: 실제로 건설 계획이 있지 않으면 제외
(7) 다 부처 기능적 역할 있는 분야 우선: 부처별 역할 분담이 가능해야 선정 가능 (부처 역할 모델 있고 시너지 가능한 분야 선정)
(8) 국토부 규제 해제로 활성화 가능한 분야

○ 과제 선정 기준 의견 (II)
(1) 시장성(세계시장 규모 등), 경제적 타당성: 제일 중요
* 5-10년 내 세계시장 규모, 점유율 큰 분야
(2) 개발 가능성
(3) 투자비, 소요 기간, 연구비 적절성
(4) 국내업체 관심도 (참여 기업 확보 가능성, 민간기업 요구도)
(5) 선진기술과의 차별성
(6) 중복성
(7) 기술성

○ 과제 선정 기준 의견 (III)
(1) 국토부, 산업부, 미래부의 연계 용이성 (각 부처 고유 업무 성격이 강한 분야는 제외)
(2) 민간기업 요구도 : 대형 투자 R&D 사업으로서 민간 현금부담 가능한 분야
(3) 국내기술 역량 : 처음부터 새로 시작이 필요한 분야는 제외
(4) 국가 R&D 지원되어 국내 기반기술 수준 : 국내기반이 상당히 이미 확보되어 시작 5년 내 가시적 실용성과가 가능할 분야
(5) 해당 플랜트의 2020년 이전 국내 건설계획 유무
(6) 해외 틈새시장 존재 가능성
(7) 2030년까지 국내외 시장 규모
(8) 유럽/미국/일본과 중국 등 기술경쟁국들과 시장 분할 가능성
(9) Business Model 구체성/합리성
(10) 해외 플랜트기술 수출 가능성
(11) 국내 중소/중견 기업 활용/참여도
(12) 2020년 이전 국제경쟁력 확보 가능성 (중국 등 신흥기술 개발국 대비)

(13) 고수익 가능 분야의 구체성

(14) 원천기술, 기본설계기술 확보 가능성

이와 같이 제시된 다양한 기준을 취합하여 주요 항목으로는 기술성, 타부처연계성, 경제성/사업성, 중소/중견기업 참여도, 소요기간, 기타로 구분하였고 이들 항목별로 위에 제시된 의견을 반영하여 기준과 세부기준을 설정하였다.

본 기획의 목적이 국내 플랜트 기술개발 분야 중에서 다 부처 공동기획으로 가장 타당할 10개 이내의 사업을 선정 제시하는데 있고 후보 10번 이후의 플랜트 후보과제는 큰 의미가 없기 때문에 큰 범위의 평가를 통하여 1차로 10~20개의 후보군으로 좁히고자 하였다. 과제 62개에 대해 세부기준별로 세분화하여 객관적인 1~62번의 순위를 제시한다면 국내 플랜트 기술개발에 좋은 기본 자료가 되겠으나, 기술별로 확보할 수 있는 현재 시점에서의 기술성, 경제성, 사업성들에 대한 객관적으로 입증된 자료 확보는 사실상 국내에 존재하지 않고 확보 가능한 자료들도 시점이 대부분 달라 객관적 비교가 본 거의 불가능한 현실이다. 기획범위와 목표 입장에서는 궁극적으로 5개 이내의 가장 적합한 다 부처 공동기획 가능 분야를 도출하는데 초점을 두어 10~20개로 축약하는 단계는 아래 표의 배점기준을 적용하였다.

다 부처 공동기획이 가능할 플랜트 분야에서는 타 부처와 연계가 가능할지가 사실 가장 중요하다고 판단하여 30%의 비중을 할애하였다. 다 부처 사업으로 추진될 때 큰 정부예산이 투입될 때 결과로서 가장 중요한 점인 경제성/사업성에 30%를 배정하였고, 기술성에 20%, 중소/중견기업 참여도에 10%, 사업이 실제 추진될 때 결과를 보여줄 수 있는 기간도 중요하므로 5%, 총 사업예산 규모 등을 지표에 대한 평가로 5% 비중을 부여하였다. 본 기획은 다 부처 공동기획 가능 플랜트 분야 도출에 목적이 있으므로, 30% 비중을 배정한 항목은 이 항목이 기준에 미치지 못할 때 사업 자체가 성립될 수 없기에 비중을 높게 산정하였다.

각 플랜트 분야 특성상 이러한 기준이 달리 적용될 근거도 충분히 제시될 수 있겠지만, 본 기획에 참여한 기획위원과 연구진의 토론을 거쳐서 아래 표 4-2-11의 후보과제 선정 기준과 비중을 결정하여 10~20개 1차 후보과제 선정에 적용하였다.

세부 플랜트 분야별로 선정기준의 기준 항목에서 비중이 각기 다를 충분한 배경이 있는 경우가 많지만, 이를 각 플랜트 분야가 처한 현실을 반영하여 객관화된 일반 수치로 제시하는 데는 자료의 신뢰성과 그 시점 등이 너무 상이하여 수치로 제시하더라도 결과적으로는 큰 의미를 부여하기 어렵다. 따라서 본 기획에 참여한 연구진과 기획위원 들의 집단 전문성에 기반한 통일된 평가 기준으로서 2회 회의를 거쳐서 아래 표의 선정기준 비중을 도출하여 적용하였다.

1차 후보과제 선정을 통해 도출된 플랜트 분야 기술은 세부기준을 상세히 고려한 2차 선정과정을 통하여 최종 5개로 압축되었다. 2차 선정단계에서 적용한 기준은 타 부처/사업단에서 이미 진행되고 있는 분야인지, 너무 장기적 결과만이 가능한 분야인지, 국내 실증할 대상 원료나 부지 확보가 불가능한 분야인지, 3,000억원 이상의 예산 투입이 요구되는 분야로 별도의 국가적 아젠다가 있어야 하는 분야인지, 타 부처의 업무영역으로 명확하여 국토부가 참여하여 다 부처로 추진이 불가능한 분야인지를 판별하여 2차 후보 대상군으로 압축하였다.

표 4-2-11. 다 부처 공동기획 가능 플랜트 분야 후보과제 선정 기준

항목	기준	세부기준	비중
기술성	국내기술 역량	기존 국내기술개발 수행 정도	20
		실증 이전단계 기술개발 실적	
	틈새시장 진출시 경쟁력		
	선진사 기술 대비 차별성/경쟁력		
	신흥기술 개발국 대비 차별성/경쟁력		
	원천기술 확보 가능성	원천기술 국내개발 가능성	
	대상기술의 범용성	지나친 특수 분야 기술 여부	
타부처 연계성	부처 고유업무 적합도	부처 고유업무 비포함 정도	30
	각 부처 기존사업 존재 여부		
	각 부처 기능적 역할 명확도		
	각 부처 시너지효과 구체성		
	국토부 규제 해제로 활성화 해당도		
경제성/ 사업성	민간기업 요구도	민간 현금부담 가능도	30
		기업 사업추진 계획의 구체성	
	해외 틈새시장 유무		
	참여기업 확보 가능성		
	2020년, 2030년까지 국내/해외 시장규모		
	Business Model의 구체성/합리성		
	수익 가능성		
	미래 먹거리 산업 창출 가능성		
	Sustainable Demo Plant 구현 가능성		
중소/중견기업 참여도	국내 중소/중견기업 활용도		10
	국내대상 기업수		
	국내 기자재 국산화 참여 가능성		
소요 기간	5년 내 가시적 성과 도출 가능성		5
	2020년도 이전 국내 건설계획 유무/구체성		
기타	이전 사전기획 정도	이전 기획과제 상세성	5
	국가현안 문제 해소 해당 여부		
	대상사업의 금액 규모	300-1,500억원 사업규모 적합성	
	기자재 국산화 대상금액 규모		

다. 1차 후보과제 17개 선정

5차 기획위원회(2015/03/25)에서는 자문위원회 의견 검토, 후보과제(62개) 도출 과정 검토, 후보과제 선정 기준 및 산업체 수요조사 과정 및 결과에 대한 설명 등이 진행되었다. 그리고 최종 후보과제 도출 방안에 대한 논의가 진행되었다. 또한 미래부의 다부처공동기획사업 수요조사 신청에 관한 논의를 진행하였다. 마지막으로는 62개 과제 후보군을 대상으로 20개 내외의 2차 후보군 과제를 도출하기 위한 토의를 진행하였다. 또한 후보과제 후보군 62개에 대하여 기술성, 타 부처 연계성, 경제성/사업성, 중소/중견기업 참여도, 소요기간 등의 각종 항목 등을 종합하여 설정된 후보과제 도출 기준에 의하여 참여 기획위원들의 정량 평가를 실시하였다. 2차 후보군 과제 도출 시의 주요 기준은 상기에 언급한 표 4-2-11과 같다.

상기 표 4-2-11과 같은 기준에 의한 기획위원들의 의견 및 정량 평가 결과를 종합하여 유사성격 과제의 취합, 기준에 부적합한 과제 제외 등의 과정을 거쳐서 1차 후보과제 17개를 선정하였으며 이를 표 4-2-12에 나타내었다. 이와 같이 선정된 17개 과제에 대한 정부 R&D 과제 현황 및 이를 바탕으로 한 실증플랜트로 연결 시의 성공 가능성을 표 4-2-13에 정리하여 나타내었다. 그리고 최초 62개 과제로부터 최초 62개 과제로부터 선정 여부 및 제외된 과제의 제외 사유를 표 4-2-14에 나타내었다. 그리고 2차 과제 후보군을 도출하는 과정인 5차 기획위원회의에서의 주요 내용을 표 4-2-15에 나타내었다.

표 4-2-12. 1차 후보 과제 17개

NO	구분	후보과제 분류	선정 근거 (후보군 Pool 62개 중의 번호)
1	기후변화대응	CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등)	- 1/62 + 2/62 + 60/62
2	청정연료 & 비전통 연료	모듈화 compact GTL 플랜트	- 9/62
3	부유 플랜트	Mega floating/barge 발전플랜트	- 3/62
4	수소 이용	수소 제조 국산화 플랜트	- 14/62 + 15/62 + 58/62
5	수소 이용	SNG 플랜트 합성가스 병산 활용 수소제조 플랜트 (광양 POSCO SNG 플랜트 연계)	- 16/62 + 17/62
6	청정 연료	저급자원 변환 합성가스 플랜트	- 12/62 + 13/62 + 28/62 + 47/62
7	발전 & 바이오매스	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트	- 31/62
8	바이오매스	Bio-DME 생산 플랜트 & Bio-DME/Bio-GTL 병산 플랜트	- 33/62 + 35/62 + 36/62
9	바이오매스	Bio-SNG 생산 플랜트 & 바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 국산화 플랜트	- 34/62 + 38/62
10	수소 이용 & 극저온	극저온 플랜트(수소액화, 냉열발전)	- 39/62
11	도시건설	에너지/자원 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	- 41/62
12	극한지역 건설	해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	- 42/62 + 43/62
13	플랜트설비	냉각수 무방류 냉각 재활용 시스템	- 48/62 + 49/62
14	담수화	저에너지 차세대 해수담수화 플랜트	- 51/62 + 52//62 + 53/62 + 54/62 + 61/62
15	기술 융합	ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트	- 55/62 + 56/62 + 57/62
16	극저온	차세대 중소형 ASU 플랜트	- 40/62
17	폐기물	폐기물 가스화 화학원료 생산 플랜트	- 37/62 + 59/62

표 4-2-13. 1차 후보 과제 17개의 R&D 과제 현황 및 실증플랜트로 연결 시 성공 가능성

NO & 분류	부처	정부지원 R&D 사업명	기간	주요 과제 참여기관	성공 가능성
(1) CO_2 활용 플랜트	국토 교통부	Nano-Pore 기술을 활용한 고성능 단열재 개발	2008.07.~ 2013.04.	SK이노베이션, 아주대학교, 한국과학기술원	기반기술의 충분한 축적 및 지속적인 정부 R&D 과제를 기반으로 성공가능성 높음.
	산업통상 자원부	이산화탄소 함량 30% 이상인 폴리알킬렌카보네이트 제조 및 응용제품개발	2011.06.~ 2014.05.	SK이노베이션, SPCI, 동우테크	
	산업통상 자원부	이산화탄소 기반 폴리알킬렌카보네이트 제조 고효율 촉매 및 생산공정 개발	2011.06.~ 2014.05.	SK이노베이션, 한농화성 SPCI	
	산업통상 자원부	부생가스를 이용한 녹색기술 실용화 사업	2010.07.~ 2013.04.	SK이노베이션, 동성화학, 아주대학교	
	국토 교통부	건설 폐기물 및 산업 부산물에 액상 촉진 탄산화 기술을 적용한 pH 저감형 건설 자재 개발	2013.06.~ 2016.05.	고등기술연구원, 에니텍, 대우건설	
	한국 연구재단	이산화탄소를 활용한 친환경 폴리카보네이트 제조 및 단량제 제조 원천기술 개발	2011.11.~ 2020.05.	아주대학교	
	한국 연구재단	이산화탄소의 폴리카보네이트/폴리에스터로의 혁신적 전환 촉매 기술	2011.11.~ 2020.05.	아주대학교	
(2) GTL	산업통상 자원부	천연가스로부터 FT합성유의 제조 및 통합공정기술개발	2006.08.~ 2012.08.	한국가스공사, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원	충분한 국내 기반기술 축적 및 정부의 대형 R&D 과제를 기반으로 성공가능성 높음
	산업통상 자원부	모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	2010.06.~ 2015.05.	한국화학연구원, 한국에너지기술연구원, 현대중공업	
(3) Mega floating/ barge 발전플랜트	산업통상 자원부	심해용 부유식 풍력발전 substructure/platform 기반 기술개발	2011.09.~ 2014.08.	부산대학교	중대형과제 미진행 및 경험 부족으로 성공가능성 낮음
	해양 수산부	부유체 복합구조물 핵심요소기술 개발	2014.06.~ 2015.05.	한국해양과학기술원	
(4) 수소 제조 국산화 플랜트	산업통상 자원부	신재생에너지기술개발	2008.10.~ 2011.07.	한국에너지기술연구원	기반기술 축적하여 기술적 성공 가능성은 높으나 시장의 미전개로 상업적 성공가능성은 높지 않음
	산업통상 자원부	신재생에너지융합원천기술개발	2013.06.~ 2016.05.	한국과학기술원, 한국가스공사, 한국에너지기술연구원	
	산업통상 자원부	수소스테이션 국산화 기술 개발	2004.09.~ 2009.08.	㈜SK	
	산업통상 자원부	수소 스테이션용 다이어프램 압축기 개발	2006.12.~ 2009.11.	광신기계공업(주)	

표 4-2-13. 1차 후보 과제 17개의 R&D 과제 현황 및 실증플랜트로 연결 시 성공 가능성 (계속)

NO & 분류	부처	정부지원 R&D 사업명	기간	주요 과제 참여기관	성공 가능성
(5) SNG 플랜트 합성가스 병산 활용 수소제조 플랜트	과학 기술부	중질탄소원으로부터 수소생산 기술 개발	2007.01.~ 2007.12.	한국에너지기술연구원	수소제조기술 개발의 성공 가능성은 높으나 수소인프라 구축은 성공가능성 낮음
	과학 기술부	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소제조 공급시스템 개발	2007.05.~ 2008.03.	한국에너지기술연구원	
	산업통상 자원부	수소공급을 위한 제조와 저장 연계 시스템 기술 개발	2010.07.~ 2011.04.	㈜프로템	
	국무 총리실	미래 수소경제 실현을 위한 기반구축 연구: 수송부문의 수소공급 인프라 구축	2009.01.~ 2009.12.	에너지경제연구원	
(6) 저급자원 변환 합성가스 플랜트	산업통상 자원부	석탄가스화기로부터 발생된 합성가스를 사용한 화학원료 전환기술 개발	2004.06.~ 2007.05.	고등기술연구원	관련분야 다양한 연구개발 경험으로 국내기반기술 축적이 충분하여 성공가능성 높음
	산업통상 자원부	저급탄 고효율 가스화 기술	2011.07.~ 2014.06.	SK이노베이션, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원	
	산업통상 자원부	무공해 석탄 가스화 기술 개발	2010.08.~ 2011.01.	SK이노베이션, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원	
	산업통상 자원부	한국형 300MW급 IGCC 실증플랜트 기술개발	2011.02.~ 2016.11.	서부발전, 두산중공업, 고등기술연구원	
(7) 고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트	국립환경 과학원	수입 바이오 고형연료제품 실증화 시범사업 환경성 분석	2013.12.~ 2014.06.	국립환경과학원	기술적 성공가능성은 높으나 바이오매스 시료 공급의 한계로 상업적 성공가능성 낮음
	산업통상 자원부	바이오매스 가스화 열병합 시스템 개발	2005.03.~ 2008.02.	한국에너지기술연구원	
(8) Bio-DME 생산 플랜트 & Bio-DME/ Bio-GTL 병산 플랜트	산업통상 자원부	10 TPD DME 실용화 기술개발	2004.12.~ 2009.12.	한국가스공사	관련분야 충분한 연구개발 경험으로 국내기반기술 축적이 충분하여 성공가능성 높음
	산업통상 자원부	해양가스전 상용급 DME FPSO 핵심기술개발	2010.07.~ 2013.06.	한국가스공사, DSME	
	산업통상 자원부	조류이용 바이오연료 생산요소기술개발	2009.01.~ 2013.12.	한국에너지기술연구원	
	산업통상 자원부	산업용 식물바이오매스 생분해처리 기술개발	2009.12.~ 2014.11.	SK이노베이션	
	산업통상 자원부	마이크로 반응 시스템을 활용한 고효율 F-T 합성 반응공정 개발	2010.06.~ 2015.05.	한국화학연구원	
	산업통상 자원부	모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	2013.06.~ 2015.05.	한국화학연구원	

표 4-2-13. 1차 후보 과제 17개의 R&D 과제 현황 및 실증플랜트로 연결 시 성공 가능성 (계속)

NO & 분류	부처	정부지원 R&D 사업명	기간	주요 과제 참여기관	성공 가능성
(9) Bio-SNG 생산 플랜트 & 바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 국산화 플랜트	산업통상 자원부	석탄 SNG 제조 공정 국산화를 위한 실증 기술 개발	2011.07.~ 2015.06.	POSCO	관련기술의 축적으로 Bio-SNG 생산플랜트 성공가능성은 높으나 자동차연료용으로는 성공가능성 낮음
	산업통상 자원부	석탄 이용 합성천연가스(SNG) 신공정 개발 및 설계 기술 국산화	2009.07.~ 2011.01.	POSCO	
		바이오가스 정제를 통한 다양한 활용기술에 대한 연구개발 사업이 진행되었으나 자동차 연료용(수송용)에 국한된 국가 연구개발 사업은 NTIS의 정보에서 확인할 수 없음			
(10) 극저온 플랜트(수소 액화, 냉열발전)	산업기술 연구회	폐기물 합성가스 액화 시스템 설계 기술 개발	2009.01.~ 2011.12.	한국기계연구원	기술적 성공가능성은 높으며, 수소액화만으로는 시장 미성숙이므로 ASU와 연계 필요
(11) 에너지/자원 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	산업통상자원부	100kW급 고온 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템 엔지니어링 기술 개발	2014.06.~ 2017.05.	한국기계연구원	국내 저변기술 확보 및 시장의 실질적 필요성으로 성공가능성 높음
	산업통상자원부	신재생발전 마이크로그리드와 통합 연동하는 200톤급 해수담수화(SWRO) 시스템 개발	2012.09.~ 2013.08.	가천대학교	
(12) 해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	국토 교통부	동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술 개발	2013.10.~ 2018.10.	한양대학교	다양한 기술개발 과제를 통하여 기반기술 축적하여 성공가능성 높음
	국토 교통부	극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발	2013.10.~ 2018.10.	한양대학교	
	국토 교통부	극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술개발	2013.10.~ 2018.10.	한국건설기술연구원	
	국토 교통부	극한지 자원 이송망 유지관리 및 평가기술 개발	2013.10.~ 2018.10.	한국가스안전공사 가스안전연구원	
	국토 교통부	극한지용 고성능 파이프 및 현장 연결 기술 개발	2013.10.~ 2018.10.	포항산업과학연구원	
	국토 교통부	극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발	2013.10.~ 2018.10.	한양대학교	
	해양 수산부	무인시스템 플랫폼 기술개발	2014.08.~ 2017.07.	대양전기공업	
(13) 냉각수 무방류 냉각 재활용 시스템	중소 기업청	폐수증기 재활용을 위한 고압 수증기 압축장치 개발	2012.06.~ 2014.05.	한밭대학교	현실적인 대안 기술 부족으로 성공가능성 낮음

표 4-2-13. 1차 후보 과제 17개의 R&D 과제 현황 및 실증플랜트로 연결 시 성공 가능성 (계속)

NO & 분류	부처	정부지원 R&D 사업명	기간	주요 과제 참여기관	성공 가능성
(14) 저에너지 차세대 해수담수화 플랜트	국토 교통부	해수담수화플랜트사업단	2006.12.~ 2013.08.	두산중공업, GIST, 한국건설기술연구원	사업단 과제 등 다양한 과제를 통한 기반기술 축적하였으나, 차세대 플랜트의 경우 단기간내에 성공가능성 높지 않음
	국토 교통부	GMVP 연구단	2013.06.~ 2018.05.	GS건설, KIST, 한국건설기술연구원	
	미래창조 과학부	기능성 혼합 탄소나노튜브 역삼투막기술 개발 및 응용	2010.09.~ 2014.09.	서울대학교	
	산업통상 자원부	정삼투식 담수 공정기술 개발	2009.10.~ 2014.09.	한국기계연구원	
	해양 수산부	해양선박용 삼투에너지 구동 담수화 시스템 개발	2013.12.~ 2014.09.	한국건설기술 연구원	
	해양 수산부	폐열 활용 해양선박 삼투구동 담수화 시스템 개발	2014.10.~ 2015.09.	한국건설기술 연구원	
(15) ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트	국토 교통부	스마트 운영 기술 및 ICT 기반 O&M 통합 시스템 개발	2014.12.~ 2015.05.	두산중공업	국내 ICT 분야 기반기술이 매우 우수하여 성공가능성 높음
	환경부	스마트기기와 ICT복합기술을 활용한 부지집약형 에너지절감 하수폐수처리기술 개발	2014.05.~ 2015.04.	(주)아쿠아테크	
	산업통상 자원부	원전 안전성 향상을 위한 Big Data 기반 시범 플랫폼 개발	2014.12.~ 2016.11.	M&D, 세종대학교	
	과학 기술부	CANDU 노심 감시 및 운전 시스템 개발(I, II)	1999.11.~ 2005.02.	한국수력원자력, 한국전력연구원, 한국전력기술	
	미래창조 과학부	원거리 유해가스 검출 및 모니터링 기술개발	2014.01.~ 2014.12.	한국건설기술연구원	
	산업통상 자원부	가스안전관리 통합시스템 개발 및 구축	2007.10.~ 2009.09.	한국가스안전공사	
(16) 차세대 중소형 ASU 플랜트	산업통상 자원부	심랭식 공기분리장치 개발에 관한 연구	1997.~ 2000.	㈜대성산소	대형 플랜트 시공 경험 및 기반기술 활용하여 성공가능성 높음
(17) 폐기물 가스화 화학원료 생산 플랜	환경부	유기성폐기물 병합처리 및 바이오가스 발전시스템 개발	2007.12.~ 2014.05.	한국환경공단, 대우건설, 금호산업	국내에서 다양한 연구활동 진행으로 기반기술 축적이 충분하여 성공가능성 높음
	산업통상자원부	고농도 유기성 물질을 이용한 검식혐기소화기술 및 바이오가스 정제를 통한 대체천연가스 제조활용 시스템 개발	2011.07.~ 2014.11.	포스코건설, 영남에너지서비스 에코에너지홀딩스	
	산업통상 자원부	유기성폐기물의 유중건조탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합발전 시스템 개발	2014.06.~ 2014.10.	건민이앤씨	
	산업통상 자원부	고효율 반탄화 바이오펠릿연료 제조기술 개발	2010.06.~ 2013.05.	전남대학교	
	산업통상 자원부	탄화펠릿 생산을 위한 200kg/h급 연료과농 무산소 반응형 Torrefaction 설비 상용화 개발	2011.11.~ 2014.10.	한국생산기술연구원, 전북대학교, 티아이지	
	산업통상 자원부	폐바이오매스를 이용한 발전용 고발열량 연료생산 기술 개발	2014.12.~ 2017.11.	씨이에스, 고등기술연구원,	
	산업통상 자원부	에너지작물 부산물로부터 유효성분 추출 및 열분해 그린연료 생산	2012.12.~ 2015.11.	한국에너지기술연구원, SCION	

표 4-2-14. 1차 후보과제 선정 여부 및 제외된 과제의 제외 사유

No	분야	후보과제 분류	평가 점수	순위	선정 여부 및 및 제외 과제 사유
1	기후변화 대응	CO_2 폴리머 상업화 플랜트	86.07	2	- 선정 (과제 1/17의 일부)
2	기후변화 대응	화학적 전환 CO_2 자원화 플랜트	83.40	6	- 선정 (과제 1/17의 일부)
3	기후변화 대응	연소전 CO_2 포집 플랜트	69.67	48	- 산업부에서 중대형 과제 진행 중
4	기후변화 대응	연소후 CO_2 포집 플랜트	70.73	39	- 산업부에서 중대형 과제 진행 중
5	기후변화 대응	순산소 연소 & CO_2 포집 플랜트	68.73	52	- 산업부에서 중대형 과제 완료 후 실증플랜트 대상 선정 중
6	기후변화 대응	CO_2 액화/수송/저장 플랜트	69.93	46	- CO_2 액화/수송/저장 기술은 LNG 액화/수송/저장 기술과 유사하여, 기존 연구결과 활용. 또한 5-10년 이내 상용화 어려움
7	기후변화 대응	저가 혼합 탄산염 이용 공기정화 및 고순도 CO_2 회수 플랜트	68.07	56	- CO_2 감축 효과 약함, - 5-10년 이내 상용화 어려움
8	기후변화 대응	CO_2 포함 배가스 활용 녹조류 바이오 고형연료 플랜트	67.07	59	- 해수부 고유 성격 강함 - 5-10년 이내 상용화 어려움
9	청정연료	모듈화 GTL 플랜트	88.33	1	- 선정 (과제 2/17)
10	청정연료	석탄으로부터 합성석유 생산 플랜트	70.73	39	- 산업부에서 장기간 과제 진행 중 (에기연 기간고유사업 등) - 실제 플랜트의 경우 수조원 필요한 사업으로서 risk 큼
11	청정연료	초목계 바이오매스의 바이오원유화 제조 플랜트	68.60	53	- 시료(커피찌꺼기)의 한계 (대용량화 한계) - 5-10년 이내 상용화 어려움
12	청정연료	저급원료 활용 고부가가치 화학원료 및 합성연료 생산 플랜트	84.73	3	- 선정 (과제 6/17의 일부)
13	청정연료	저급탄 활용 가스화 플랜트	83.27	7	- 선정 (과제 6/17의 일부)
14	수소이용	수소 제조 국산화 플랜트 (정유공장 사용 가능 대용량)	80.67	17	- 선정 (과제 4/17의 일부)
15	수소이용	수소 대량 생산 및 공급 시스템 (5만명 이상 대단지 보급)	80.53	20	- 선정 (과제 4/17의 일부)
16	수소이용	SNG 플랜트 합성가스 활용 수소 제조 플랜트	81.73	10	- 선정 (과제 5/17의 일부)
17	수소이용	SNG에서 생산 가능한 고농도 수소 해저 수송 시스템	81.60	11	- 선정 (과제 5/17의 일부)
18	비전통 연료	셰일가스 생산/저장/수송 플랜트	68.53	54	- Test-bed 국내 건설 어려움
19	비전통 연료	셰일가스 downstream 공정 제로에미션 모듈화 플랜트	67.87	58	- Test-bed 국내 건설 어려움 - 5-10년 이내 상용화 어려움
20	비전통 연료	석탄층 메탄가스 자원화 플랜트	69.07	50	- Test-bed 국내 건설 어려움 - 산업부에서 과제로 수행했음
21	비전통 연료	가스하이드레이트 채굴/저장/이송/활용 시스템	66.80	60	- 별도 사업단 존재

표 4-2-14. 1차 후보과제 선정 여부 및 제외된 과제의 제외 사유 (계속)

No	분야	후보과제 분류	평가 점수	순위	선정 여부 및 및 제외 과제 사유
22	비전통 연료	오일 샌드 오일 성분 추출/분리/활용 시스템	68.13	55	- Test-bed 국내 건설 어려움 - 5-10년 이내 상용화 어려움
23	차세대 발전	초임계압 CO_2 싸이클 고효율 발전 플랜트	70.67	41	- 별도 추진단 존재
24	차세대 발전	Advanced 초임계압(A-USC, HSC) 발전 플랜트	70.33	43	- 실증 플랜트 필요하며, 막대한 예산 필요
25	차세대 발전	가스화 연료전지 발전 시스템	70.00	45	- 산업부에서 별도 기획 중 - 산업부 고유 성격 강함 (연료전지 : 신재생에너지)
26	차세대 발전	가스화공정 연계 대용량 고온형 연료전지 열병합발전 플랜트	69.27	49	- 산업부 고유 성격 강함 (연료전지 : 신재생에너지) - 5-10년 이내 상용화 어려움
27	차세대 발전	마이크로기기 동력원 초소형 발전 시스템	65.87	61	- 본 기획 대상 플랜트로 분류하기에 어려움 있음 - 5-10년 이내 사업화 어려움
28	발전	가스화 플랜트 활용 polygeneration 플랜트	81.33	14	- 선정 (과제 6/17의 일부)
29	발전	대용량 유동층 연소 발전 플랜트	69.87	47	- 실증 플랜트 필요하며, 막대한 예산 필요
30	발전	저NOx MILD 연소 석탄발전 플랜트	70.40	42	- 파일롯 단계로서, 5-10년 이내 사업화 어려움
31	바이오 매스	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트(폐산림자원, 고형연료 활용)	81.27	15	- 선정 (과제 7/17의 일부)
32	바이오 매스	유기성 폐기물 바이오가스 활용 연료전지 열병합 발전 플랜트	70.20	44	- 산업부 고유 성격 강함 (연료전지 : 신재생에너지) - 산업부에서 과제로 수행 중
33	바이오매스	Bio-DME 생산 플랜트 (바이오매스 가스화에 의한 DME 생산)	80.20	23	- 선정 (과제 8/17의 일부)
34	바이오 매스	Bio-SNG 생산 플랜트 (바이오매스 가스화에 의한 SNG 생산)	79.27	27	- 선정 (과제 9/17의 일부)
35	바이오 매스	대체 부산물 활용 바이오디젤/에탄올 대량 생산 플랜트	79.93	25	- 선정 (과제 8/17의 일부)
36	바이오 매스	생화학물질(Bio-Chemical) 생산 마이크로 플랜트	77.93	36	- 선정 (과제 8/17의 일부)
37	폐기물 에너지	유기성폐자원 사용 바이오가스 생산 및 고부가가치 연료 생산 플랜트	78.53	33	- 선정 (과제 17/17의 일부)
38	폐기물 에너지	바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 플랜트	80.33	21	- 선정 (과제 9/17의 일부)
39	극저온	수소액화 극저온 플랜트	83.93	4	- 선정 (과제 10/17)
40	극저온	심랭법 공기액화 분리 플랜트	81.20	16	- 선정 (과제 16/17)
41	도시건설	에너지 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	80.67	17	- 선정 (과제 11/17)
42	극한지역 건설	해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	82.47	8	- 선정 (과제 12/17의 일부)

표 4-2-14. 1차 후보과제 선정 여부 및 제외된 과제의 제외 사유 (계속)

No	분야	후보과제 분류	평가 점수	순위	선정 여부 및 및 제외 과제 사유
43	극한지역 건설	운영/유지관리 모듈화/자동화를 통한 극한지 무인자원 플랜트	81.40	12	- 선정 (과제 12/17의 일부)
44	심해건설	대심도 초임계 압력 조건 활용 폐기물 처리 및 에너지생산 플랜트	68.00	57	- 해수부 고유 성격 강함 - 5-10년 이내 상용화 어려움
45	심해건설	대수심용 이동형 플랫폼 (해저 깊은 곳에서 유지/가동 가능)	65.40	62	- 해수부 고유 성격 강함 - 5-10년 이내 상용화 어려움
46	저급에너지 활용	저급탄의 고품위화 플랜트 (호주/인도네시아 등 생산 저급탄 활용)	71.33	38	- 산업부에서 중대형 과제 진행 중
47	저급에너지 활용	펫코크 최적 활용 플랜트	81.40	12	- 선정 (과제 6/17의 일부)
48	폐에너지 활용	배출 폐수증기 재활용 플랜트 (슬러지 건조, 발전소 등)	79.53	26	- 선정 (과제 13/17의 일부)
49	플랜트 설비	냉각수 무방류 냉각 시스템 (증발로 손실되는 냉각수 무방류 기술)	79.07	29	- 선정 (과제 13/17의 일부)
50	수처리	다중수원 처리 가능한 대용량 물순환/재생 통합플랜트	68.93	51	- 국토부 고유 성격 강함
51	담수화	초순수 제조 담수화 플랜트	78.67	32	- 선정 (과제 14/17의 일부)
52	담수화	나노튜브 기반 역삼투막 해수담수화 플랜트 (플럭스 10배 향상)	78.87	31	- 선정 (과제 14/17의 일부)
53	담수화	저에너지 차세대 정삼투식 해수담수화 플랜트 (0.5kWh/ton 이하)	78.20	34	- 선정 (과제 14/17의 일부)
54	담수화	신재생에너지 활용 해수담수화 플랜트	78.00	35	- 선정 (과제 14/17의 일부)
55	기술융합	ICT 융합플랜트 및 ICT 기반 엔지니어링	83.47	5	- 선정 (과제 15/17의 일부)
56	기술융합	스마트 플랜트용 빅데이터 플랫폼 기술	80.00	24	- 선정 (과제 15/17의 일부)
57	안전	플랜트 유출 독성가스 실시간 감지 및 자동 중화처리 기술	79.27	27	- 선정 (과제 15/17의 일부)
58	수소이용	수소 Station을 기반으로 한 에너지 자급형 도시모델 개발	80.67	17	- 선정 (과제 4/17의 일부)
59	바이오매스	유기성 폐기물의 油中 반탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합발전	77.93	36	- 선정 (과제 17/17의 일부)
60	기후변화 대응	이산화탄소로부터 친환경적 방식 폴리카보네이트 생산 시스템	82.07	9	- 선정 (과제 1/17의 일부)
61	담수화	해양 부유식 이동형 해수담수화 실증 플랜트 기술 개발	79.07	29	- 선정 (과제 14/17의 일부)
62	부유 플랜트	Mega floating/barge 발전플랜트	80.33	21	- 선정 (과제 3/17)

표 4-2-15. 5차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
후보과제 도출 방안	- 자문위원 중 한분이 1차 자문회의에서 제시한 “Sustainable Demo Plant” 개념에 적합한 플랜트가 가장 적격임. - 대기업 연구소 의견 수렴 필요함. 국내 몇 군데 대기업(두산중공업, LG화학, 대림산업 연구소 등)에 의견 요청했음. - 대기업 건설사 추가 의견은 추가로 명단을 확보하여(A 기획위원 제공) 접촉함. 대기업 신사업개발실 같은 부서에서 3-5년 내 추진할 영업, 사업 정보를 파악하고 있음. - B 기획위원이 제공하는 대기업 임원 명단을 활용하여 접촉함. - 가능한 많은 기업체 의견을 수렴하기로 함. - 제안된 다수의 안을 기반으로 큰 줄거리를 찾아야 함. 현재까지 거론된 후보 과제만 가지고도 그룹화해서 다듬으면 최종 후보 10-15개 도출은 충분히 가능함. - 소속 기관이나 주위 의견 반영되도록 노력해야 함. - 62개 후보 과제를 keyword 중심으로 분류 -> 20개 내외로 정리 -> 최종 후보 선정.
미래부 다부처공동 기획사업 수요조사 신청	- 미래부 다부처공동기획사업에 국토부 주관 사업 중 플랜트 분야가 전혀 없음. 국토진흥원에서는 본 기획연구 결과를 기반으로 플랜트 분야에 수요조사 신청을 하고자 계획하고 있음. 본 기획연구 결과물이 결국 부처 간 공동기획으로 연결되어야 하므로, 본 기획과제와 동시에 진행할 수 있는 좋은 기회이며 부처 협의가 자동으로 되는 효과를 지님. - 2016년 추진을 위한 수요조사 신청 마감이 2015년 5월이며, 이 일정에 맞추어 기획일정을 조정할 필요가 있음. 연구개발계획서 일정보다 신속히 진행해야 함.
석유화학 설비, 공정 투자 동향	- 2015년 국내 최대 투자는 SK이노베이션에서 하는 4-5조원 규모의 정유 플랜트 upgrading임. - 롯데에서 에틸렌 공장 투자함. (위 사례는 성숙된 기술 투자이지 연구개발 투자는 아님)
기획위원 별 후보과제에 대한 의견	(1) 모듈화 플랜트 - 3~5년후 모듈화 플랜트가 크게 각광받을 것임. Refinery, LNG 플랜트 등에 적용 가능함. - 한진중공업과 같은 대기업 신사업실 의견 수렴 필요함. - 해외건설협회로부터 contact list 받아서 접촉 필요함. - 기업의 사업 모델 분야, 영업 시도하는 분야 - 산업부와의 연계로 매력있는 분야, 플랜트 산업 생태계의 기자재 및 건설 부문의 해당 분야 - 모듈화가 신기술 개발은 아니지만 제대로 하는 곳은 없음. 설계 + 제작 같이 하는 곳 필요함. - 모듈화 + IoT와 같이 각색해서 사업성 있는 분야로 추진이 바람직. - 셰일가스 플랜트 모듈화, 오일샌드 플랜트 모듈화 연구개발 진행 중 - 대형 프로젝트 추세는 모듈화가 맞음.
	(2) 자원 이송망 - 극한지 자원이송망 규모가 어마어마함. - 대상 지역은 시베리아, 알라스카, 캐나다 북극 지역이며, 동토 -> 극지 -> 해저로 대상 지역이 확장 중임. - 기존 연구 분야: 배관망, 지반에 초점 - 향후 연구 분야: pumping, refining, feeding station 연결, 운영, 제어, 유지보수에 초점

표 4-2-15. 5차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
기획위원 별 후보과제에 대한 의견	(3) 수소 플랜트 - 국가 차원 중장기 과제로 필요함. - 환경부와 공동으로 기획 가능 - 수소 인프라 개발 가능 - 수소 플랜트도 최종 후보 10개 중 1개는 포함되어야 함. - 에기연 수소 station 연구 그룹이 해체되었음. - 한국가스공사에서 수소 station 연구 진행 중임. - 수소 + 연료전지 또는 수소 및 연료전지 분리 연구 - GS건설 + 현대자동차 + 한국가스안전공사 + 자동차부품연구원 + 효성에서 수소 + 연료전지 연구 중임. 2015년 울산 테크노파크에 실증 및 안전 연구 단지 출범하였음. 수소 station의 모델화, 울산 지역 특화를 목표로 함. - 국토부는 지역 특화보다는 범용성이 있어야 함.
	(4) Sulfur 회수 공정 플랜트 - 몇년 전 생기원 주관 플랜트 과제 기획에서 15개의 구체적 플랜트 과제가 도출되었으나, 실제로 연구개발이 진행되지는 않았음. - GS건설이 제안한 sulfur 회수 공정(SRU)이 있었으며, burner, reactor, furnace 개발이 필요함.
	(5) CO_2 활용 플랜트 - CO_2 저장만 해서는 안되며, 활용 기술이 필요함. - 초저온 액화 기술은 LNG 플랜트 기반 기술을 활용하면 됨. - Chemical feed로 쓸 수 있는 수준 - Polycarbonate 만들 때 CO_2 많이 필요 - 국내 발전소에서 활용하려면 purity 중요 - 거의 무한대의 공급 가능성에 비해 적은 수요가 단점 - 최종 후보 중 CO_2 플랜트가 포함되는 것이 바람직함.
	(6) Mega floating structure - 국토부에서 연구 진행 중 - Power plant, 기자재, 모듈화 접목 - Barge mounted power plant 예비타당성검토용 기획보고서 나왔음. - 유사 과제 기획 15년전부터 시작되었음 - Mega floating structure: 건기연 진행 중, 원자력연구원 참여, - Mega floating power plant: 기계연 진행 중 - 기후 변화가 심해서 해안선을 따라 이동하면서 발전 - 소규모로 compact해야 함. - 두산중공업 참여 의사가 불확실함. - 산업부에서 기자재 개발 진행 중, 국토부에서 demo 플랜트 건설 가능, 해수부에서 부유 시스템 개발 가능
	(7) SMART 원자로 - POSCO건설에서 SMART 원자로 건설 참여한 경험 있음. - 산업부, 미래부, 한국전력공사 모두 반대 - 원자력 플랜트는 기본적으로 미래부 소관으로 산업부에서도 배제
	(8) 열병합 발전소 - 열병합 발전소 필요함.
	(9) 차세대 해수담수화 플랜트 (고기원 윤용승 박사) - 차세대 해수담수화 플랜트가 적어도 1개 정도는 최종 후보에 들어갈 수 있겠음.
	(10) Compact GTL 플랜트 - GTL 플랜트는 compact해야 경쟁력 있음. - 현재 진행 과제 2단계 2015년 완료되며, 후속 과제 기획 필요함.

표 4-2-15. 5차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
기획위원 별 후보과제에 대한 의견	(11) Biomass 플랜트 - 중견기업 관심 많음. - 기존 중소기업 biomass 플랜트에서 연료화 등 차세대쪽으로 가는 고부가가치 플랜트, biomass DME, biomass GTL 등 필요함. - 참여 가능 기업 있는지 검토 필요함.
	(12) Advanced USC - Advanced USC 기획되었으며, 에기평 로드맵에 포함되어 있음. - 두산중공업 참여 의사 있으며, steam tube 등 재료가 핵심 기술임. - 소규모는 무의미하고, 규모가 커야 함. 500 MW 이상 용량이 되어야 하며 7,000억원 - 8,000억원 규모의 건설비 필요하여 연구개발로 추진하기에는 규모가 너무 큼.
	(13) 가스플랜트 or LNG 플랜트 후속 - 연구비 300억원 미만으로 접근해야 함. - 한국가스공사는 국토부, 산업부 공동 과제 가능
	(14) 셰일가스 + 오일샌드 플랜트 - 셰일가스 + 오일샌드를 1개로 묶어서 공동 개발함. - LNG, GTL과 연관성 있음.
	(15) 냉열 발전소 - LNG 인수기지 냉열 활용 발전 - LNG플랜트사업단에서 후속 후보과제로 고민 중 - 냉열 발전 기자재 개발, 부분 공정 개발 2가지 분야 가능함. - 10년전에도 기획된 적이 있음. - 평택 LNG 인수기지 냉열 설비가 미활용되고 있음. - 개념은 좋으나, 고가의 수입 부품을 쓰고 있음(국산 부품 없음).
	(16) SNG 등 합성가스 활용 플랜트 - 자문위원이 제시한 국내시장 해외 기업 잠식 분야 - SNG 플랜트는 전부 해외 기술 사용 중 - POSCO는 광양에 건설 중, 남부발전은 삼척과 하동에 SNG 플랜트 건설 예정, BASF는 여수에 석탄 연료 SNG 플랜트 건설 예정 - 국내 기술 개발 늦었음. 단위 공정 reactor 등 국내 기자재 개발은 가능하나, 써주질 않음. 국내에서 제작은 다 하지만 설계 기술과 촉매 기술 등 원천 기술 없음. - 국내 현실에 맞게 어디에 초점을 맞출 것인지 고민해야 함.
	(17) 차세대 ASU 플랜트 - ASU는 국내에서 대성산업가스가 license를 가지고 있음. - 현대오일뱅크는 FCC capacity 늘리는 데 ASU 사용함. - GTL 같이 산소 공급 용량 큰 곳에 필요함. - 대용량 부문은 해외기업 과점 상태여서 국내 기업이 진입하지 못함. - PSA 특화 등 연구개발과제는 할 수 있는데, 사업화하기에는 부족한 점이 있으며 sustainable하지 않음. - 차세대 ASU 플랜트를 후보 과제로 생각하는 것이 바람직하겠음.
	(18) 폐기물 가스화 플랜트 - 삼성BP에서는 폐기물 -> 가스화 -> CO_2 공정 개발 중임.

다. 2차 후보과제 대상 선정

6차 기획위원회에서는 기획위원들의 토론과 후보과제 선정 기준 채점표를 활용하여 보다 축약하고 유사 성격 과제의 통합 및 수정 등을 거쳐 최종 후보과제를 선정하는 과정을 거쳤다. 기획위원들의 토의 및 17개 과제에 대한 정량 평가를 통하여 6개 과제를 최종 후보 과제의 대상 과제로 선정하였다. 17개 과제에 대한 정량 평가 결과 및 정성적 토의 내용에 대한 요약을 표 4-2-16에 나타내었으며, 이를 6개 과제로 정리하여 요약한 내용을 표 4-2-17에 나타내었다. 그리고 17개 과제에 대한 토의 내용이 주를 이루는 6차 기획위원회의 회의 내용을 표 4-2-18에 나타내었다.

7차 기획위원회에서는 표 4-2-17에 나타난 6차 기획위원회에서 선정된 6개 과제를 중심으로 각 개별과제의 특성을 보다 심도있게 논의하여 과제에 포함될 내용에 대한 검토 및 과제 주제를 보다 명확히 하기 위한 논의를 진행하였는데, 7차 기획위원회에서의 주요 논의 사항을 정리하여 표 4-2-19에 나타내었다.

6차 기획위원회에서 우선순위는 떨어지지만 수자원의 중요성을 고려하여 최종 후보과제에 포함 여부를 결정하지 못하였던 차세대 해수 담수화 과제의 경우, 이전에 이미 사업단 과제로 추진되었던 전력 및 추가적으로 후속과제가 진행되고 있는 점을 고려하여 7차 기획위원회에서의 논의 대상 과제에서 제외하였다. 대신 미래 수소경제 시대를 대비한 수소 제조 및 수소 인프라 내용을 포함하여 논의를 진행하였다. 6개 과제 및 수소에 대한 주제를 포함하여 기술개발의 중요성 및 사업성 등을 논의하였으며 과제 내용의 일부 변경 및 통합 등을 논의하였다. CO_2 활용 플랜트(CO_2 폴리머)의 경우 CO_2 폴리머는 미래를 선점하는 개념의 중요성을 지니지만 당분간 경제성을 확보하기가 어렵다는 특성으로 인하여 우선순위가 상대적으로 낮은 것으로 논의되었다. 이와 같은 과정을 통하여 최종 후보과제 대상으로 5개와 우선순위가 낮은 과제 1개를 포함하여 총 6개 과제에 대한 내용을 보다 구체화하고 과제의 명칭을 결정하였다.

표 4-2-16. 1차 후보과제 평가 결과 및 검토 내용

No	분야	후보과제 분류	평가 점수	순위	선정 여부 및 선정/제외 과제 검토 내용
1	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등)	86.27	6	- 선정 : • 기후변화대응 중요성
2	청정연료 & 비전통연료	모듈화 compact GTL 플랜트	89.33	1	- 선정 : • 국내 기반기술 축적 충분 • 부생 천연가스/바이오가스 활용 • Bio-DME/Bio-GTL(8/17) 포함
3	부유플랜트	Mega floating/Barge 발전플랜트	77.20	15	- 제외 : • 시장성에 대한 불확실성 존재 • 부유시스템은 해수부와 협의 필요
4	수소 이용	수소 제조 국산화 플랜트	77.80	13	- 제외 : • 기존 상업화된 해외 기술의 국산화시 경쟁력 확보가 불확실하며, 석탄/폐기물 등에서 수소를 제조하면 가스화 플랜트와 중복
5	수소 이용	SNG 플랜트 합성가스 병산 활용 수소제조 플랜트	79.13	8	- 일부 선정 (6/17 과제에 포함)
6	청정 연료	저급자원 변환 합성가스 플랜트	88.80	2	- 선정 : • 해외 기술 국내잠식 분야 • SNG 합성가스(5/17) 포함 • 폐기물 가스화 (17/17) 포함
7	발전 & 바이오매스	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전플랜트	78.47	11	- 제외 : • 바이오매스 연료 수급의 한계 • 우드칩을 이용한 열병합발전소는 이미 가동하고 있으며, 열병합 자체는 일반적인 기술 • 참여 가능 기업 존재 여부 불확실
8	바이오매스	Bio-DME 생산 플랜트 & Bio-DME/Bio-GTL 병산 플랜트	78.53	10	- 일부 선정 (2/17 과제에 포함)
9	바이오매스	Bio-SNG 생산 플랜트 & 바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 국산화 플랜트	77.20	15	- 제외 : • 대용량 바이오가스 소스 부재 • 자동차 연료로 활용하기 위한 인프라 부족
10	수소 이용 & 극저온	극저온 플랜트(수소액화, 냉열발전)	86.73	4	- 선정 : • 수소 경제 대비 • 차세대 ASU(16/17)와 통합 • 냉열발전 제외 (고가 수입부품만 활용 등)
11	도시건설	에너지/자원 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	78.93	9	- 제외 : • 국토부에서 기획을 완료하여 2016년 과제로 추진 준비 중
12	극한지역 건설	해저 및 극한지역 자원 이송 시스템	85.20	7	- 선정 : • 극한지 시장 크기 고려 • 시장 팽창 가능성
13	플랜트설비	냉각수 무방류 냉각 재활용 시스템	76.53	17	- 제외 : • 현실적으로 제시할 만한 기술이 없음
14	담수화	저에너지 차세대 해수담수화 플랜트	77.33	14	- 제외 : • 최근 사업단 과제 종료 • 일부 차세대 관련 내용은 현재 과제로 진행 중에 있음
15	기술 융합	ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트	86.53	5	- 선정 : • 국내 ICT/IoT 기반 창조미래 사회 구현
16	극저온	차세대 중소형 ASU 플랜트	87.13	3	- 선정 : • 산소 활용 증가 • 수소액화(10/17)와 통합
17	폐기물	폐기물 가스화 화학원료 생산 플랜트	77.93	12	- 일부 선정 (6/17 과제에 포함)

표 4-2-17. 6차 기획위원회 선정 6개 과제

No.	구분	후보과제 분류	정성적 특성 검토
1	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트	- 기후변화대응 중요성
2	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트	- 청정연료와 바이오가스 과제 취합 • 모듈화 compact GTL 플랜트 • Bio-DME/Bio-GTL 플랜트
3	청정연료	합성가스 상용화 플랜트	- 수소와 가스화 관련된 3 과제 취합 • SNG 플랜트 합성가스 병산 활용 수소 제조 플랜트 • 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 (SNG 등) • 폐기물 가스화 화학원료 생산 플랜트
4	수소이용 & 극저온	수소 액화, 냉열발전, 차세대 ASU	- 산소 이용 증대(SNG/IGCC 등) 및 국내 기반 기술 성숙 고려 - 수소 경제 대비
5	극한지 건설	극한지 건설 플랜트	- 극한지 시장 팽창 가능성 고려
6	ICT 기술융합	ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트	- ICT/IoT/빅데이터 등 창조미래 사회 구현의 중요성 고려

표 4-2-18. 6차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
후보과제 부연 설명	- 남부발전에서 삼척과 하동에 SNG 플랜트 건설 계획 중이며, 2조원대의 투자가 필요함에 따라 경제성 확보 문제로 산업부 허가가 나지 않고 있음. 해외 기술 도입으로 건설하는 개념인데, 남부발전의 사업 의지는 큼. - 삼성BP에서 폐기물 가스화 및 CO 생산 사업 추진 중임.
후보과제 선정 기준	- 미래부 다부처공동기획사업에 국토부 주관 사업 중 플랜트 분야가 전혀 없음. 국토진흥원에서는 본 기획연구 결과를 기반으로 플랜트 분야에 수요조사 신청을 하고자 계획하고 있음. - 본 기획연구 결과물이 결국 부처간 공동기획으로 연결되어야 하므로, 본 기획과제와 동시에 진행할 수 있는 좋은 기회이며 부처 협의가 자동으로 되는 효과를 지님.
후보과제 대상 (17개)	- CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등) : CO_2로 무엇을 할지 구체화 필요하다. 해수담수화플랜트사업단처럼 사업단명이 필요하다. 산업부, 해양수산부, 환경부의 반발이 예상됨. - 모듈화 compact GTL 플랜트 - Mega floating/barge 발전 플랜트 - 수소 제조 국산화 플랜트 - SNG 플랜트 합성가스 병산 활용 수소 제조 플랜트 - 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 (SNG 등) - 고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전 플랜트 - Bio DME/bio GTL 플랜트 - 바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 국산화 플랜트 - 극저온 플랜트 (수소제조, 수소 액화, 냉열 발전 등) - 에너지/자원 순환형 분산형 도시기반 복합 플랜트 - 해저 및 극한 지역 자원 이송 시스템 - 냉각수 무방류 냉각 재활용 시스템 - 저에너지 차세대 해수 담수화 플랜트 - ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트 - 차세대 중소형 ASU 플랜트 - 폐기물 가스화 화학 연료 생산 플랜트
기획위원별 의견	- CO_2 활용 플랜트의 경우 국토부 성격상 integration하는 부분이 강조되어야 하며, 도시에 자원 공급을 위한 대형 도시 인프라 플랜트가 필요함. 단위 플랜트로 보지 않고 인프라 측면에서 보면 CO_2 활용 플랜트를 포함시킬 수 있음. - SNG 플랜트 사업화의 가장 큰 걸림돌이 CO_2 처리임. 따라서 SNG 생산 플랜트 + CO_2 활용 플랜트를 합하면 됨. - 부정적 의견으로 보면, 연구 내용이 너무 많으며 연구비 규모에 따라 가능할지 모르겠음.
	- CO_2 활용 플랜트는 분리하는 것이 좋겠음. 타 플랜트와 통합하면 발란스가 맞지 않음.
	- 고효율 컴팩트 바이오매스 열병합발전 플랜트는 이미 상용화가 완료되었음. 더 이상 기술 개발 여지가 적음.
	- 극저온 플랜트 (수소 액화, 냉열 발전, 차세대 ASU)는 좋은 과제임. 기술적으로 좋은 과제이나, 민간 기업 참여가 관건임. - 중소중견기업의 열교환기, 압축기 등 기자재 개발과 대기업의 실증이 통합되면 좋은 과제가 될 수 있음.

표 4-2-18. 6차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
기획위원별 의견	- 기본적으로 국토부가 수행하는데 타 부처에서 반대하지 않는 과제이어야 함. 대기업 건설사 + 중소중견기업 기자재 제작사 + 연구소/학교의 조합으로 과제가 구성되어야 함. - 토목 공사가 포함되어야 국토부 과제로서 의미가 있음.
	- 해수 담수화 플랜트의 경우 10년 연구를 했고 추가적으로 후속 과제를 지금도 하고 있는데, 5년을 더 연구한다고 하면, 그 필요성에 대해 의문을 가질 수 있음. - 막과 펌프 개발이 핵심 기술임.
	- 국토부에서 하기 좋고, 산업부에서 반대하지 않을 과제로서 극한지 플랜트와 모듈화 플랜트가 바람직함. - 극한지 플랜트의 예로서 사할린 GTL 플랜트는 대우건설이 C(Construction)만 했고 E(Engineering), P(Procurement)는 외국 것을 도입해서 수행하였음. - 극한지 플랜트의 예로서 해저 토목공사용 로봇 개발을 들 수 있음. - 이 분야는 건기연에서 5년 이전부터 삼성중공업, 대우조선해양 등과 함께 기획을 하였음.
	- 극한지 플랜트 과제는 1) 극한지 자원 이송, 2) 극한지 건설 플랜트, 3) 극한지 기자재, 부품 등으로 나눌 수 있음. - 3개를 하나로 묶을 것인가 검토 필요함. - 극한지는 동토, 해저를 포함하며, E, P, C 모든 분야에서 개발해야 함.
	- 극한지/극저온 건설 플랜트를 통합 고려 필요함. 예를 들어, 비전통 자원 개발 시스템과 같이 통합 고려 가능함. - 극한지 플랜트는 극한지에 가서 건설하고 실증을 해야 하지만, 극저온 플랜트는 실험 환경에서 설비로서 실증이 가능함. - 시추선 등을 설계할 때 극한지를 통과하는 것을 고려함. - 러시아나 캐나다 등과 국제 공동 연구 가능함.
	- 극저온 플랜트, 극한지 건설 플랜트 둘 다 모두 후보 과제로서 고려하는 것이 바람직함.
	- 해수 담수화 플랜트는 부정적 관점에서 보면, 1개 최종 과제 선정 시 탈락될 가능성 있음. 웅진 Chemical에서 18 인치 막 개발을 했는데 일본 Toray Chemical에게 회사가 인수되었음.
	- ICT 융합 플랜트도 고려할 수 있음. 그러나 ICT 융합 플랜트는 세부 기술이지 플랜트 대상이 아니고, 별도의 테스트베드 건설이 어려우므로 후보 과제로는 부적합하다고도 볼 수 있음. - ICT는 공통 기술 개념으로 어떤 플랜트에도 적용하여 과제화하는 데에는 문제가 없음.
검토 결과 대상 과제	- 6개 후보 과제와 1개 고려대상 과제 1) CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등) 2) 모듈화 compact GTL 플랜트 + bio DME/bio GTL 플랜트 3) 합성가스 상용화 플랜트 (SNG, 수소, 폐기물 가스화) 4) 극저온 플랜트 (수소액화, 냉열 발전, 차세대 ASU) 5) 극한지 건설 플랜트 (동토 및 해저의 자원 이송 시스템, 플랜트, 기자재, 로봇) 6) ICT 융합 플랜트 7) 저에너지 차세대 해수 담수화 플랜트 (고려 대상 과제)

표 4-2-19. 7차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
논의 대상 후보과제	1) 모듈화 compact GTL 플랜트 (천연가스 & 바이오가스) 2) 합성가스 상용화 플랜트 (저급원료 가스화, SNG 등) 3) 극저온 플랜트 (차세대 ASU, 냉열발전) 4) 수소 제조 및 수소 인프라 5) CO_2 활용 플랜트 (CO_2 폴리머 등) 6) 극한지 건설 플랜트 (동토 및 해저의 자원 이송 시스템, 플랜트, 기자재, 로봇 등) 7) ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트
후보과제별 검토 내용	(1) 모듈화 compact GTL 플랜트 - 천연가스 + 바이오가스 통합하기가 어려움. - 바이오가스는 양이 적음 - 수십~수백 m^3/hr 규모로 실증할 수 있으며, 경제성이 관건임. - 천연가스와 바이오가스 주성분은 메탄으로 동일함. - 해외 GTL 플랜트 수주에 활용 가능하나, 해외 중소가스전 확보가 어려워서 한국가스공사에서 포기한 바 있음. - Test-bed는 해외에 건설 불가능하며 국내에 건설해야 함. - 인도네시아 지하 가스 많음. Compact LNG 수요가 compact GTL 수요보다 많음. - 국내 GTL 수요가 있는지 의문이 있으며, 근래 원유가가 수년전에 예상한 것보다 높지 않기 때문에 필요성이 감소했음을 고려하여야 함. - 우리 license를 확보하고, 생산량이 많고 거리가 멀면 경제성이 충분히 있음. - 소형 GTL이나 LNG + GTL 묶으면 투자비 절감 가능함. - 모든 후보 과제에 경제성 평가 필요함. - 한국가스공사에서 경제성 문제로 DME를 포기했고 GTL도 경제성을 고려해야 함. - 20~30년 후를 보는 것이 아니라 10년 후를 바라보고 객관적인 경제성 검토를 해야 함. - Compact GTL + SNG 통합 가능
	(2) 합성가스 상용화 플랜트 - 삼성BP에서 150ton/day급 폐기물 가스화 플랜트 2기 개발 - 충분한 폐기물을 확보가 어려운 경우가 있음. - 원유가 폭락으로 경제성 확보 문제 - 호주 CSIRO 연구소: 호주산 천연가스 내수용 $3~4, 해외수출용 $7~8 - 호주 북부 바이오매스의 SNG화 - 호주 저급 석탄 가스화, SNG화 - 위 기술들은 모두 sustainable demo plant로서 실증 건설이 가능(새로운 기술인가에 대한 의문 해소 필요) - 호주 Victoria 주정부와 일본 Mitsubishi사는 20년 이상 호주 갈탄 연구를 수행했으며, 원자력 발전을 대체할 용도로 파일럿 플랜트 건설 중 - 1,000~1,500억원 규모 투자 필요하며, 국내 플랜트만 적용하고 끝나면 안됨

표 4-2-19. 7차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
후보과제별 검토 내용	(3) 극저온 플랜트 - 차세대 ASU + 냉열발전 통합 어려움. - ASU는 규모의 경제이므로 PSA 기반 소규모 ASU는 본 과제로는 부적절 - 극저온기반 수소 액화 고려할 수 있음. - 최종 파일럿 플랜트로 ASU or 수소 플랜트 고려 - 수소만 한다고 하면 파일럿 플랜트를 건설할 확률이 낮음. 설비 위주로 봐야 함. - 산업부는 기자재 개발이 중심인데, 국토부는 기자재를 묶어서 무엇을 할 수 있는지 고민 필요함. - 차세대 ASU에서 '차세대' 정의 필요하며, 불분명하면 '차세대' 삭제 요망. 필요시 '장치 국산화'로 개명 가능함. - 가장 중요한 기자재로 expander를 들 수 있음. - Air Products Korea 자회사에서 다수의 기자재 제작 가능함.
	(4) CO_2 활용 플랜트 - CO_2 폴리머는 경제성이 당분간 없음. - 미래 선점 개념 과제임. - 이 과제는 가능한 배제하는 것으로 결정함.
	(5) 극한지 건설 플랜트 - 국내 Test-bed 건설 불가 문제이지만, 시베리아 외부 환경 고려해서 국내 Test-bed 건설 가능 - 핵심은 compressor station 450개 건설, 200~400km, 건설비 3,000억원~2조원 - 러시아 PNG는 삼척과 포항과 연결 - Compressor 개발에 400억원 투자 필요 - 산업부에서 compressor 개발 시작, 매우 정교한 장치 - Gas compressor 개발 과제 거의 완료, 20억원/년 x 3년 = 60억원 연구비 투입 - 전투기, 우주 분야에 들어가는 compressor는 모두 수입산 - 러시아, Canada, 독일에 compressor station 있음. 국내 40인치 밸브 전무하고, 배관 신뢰성도 떨어지며, 센서도 100% 외산임. - 기자재 개발 성격이 강해서, 국토부 연구에 부합하는지 검토 필요함. - 국토부에서 이미 수행중인 극한지 건설 플랜트와의 차별화 필요함. - 자원 이송 관망과 자원 이송 station (기자재)로 크게 나눌 수 있음.
	(7) ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트 - 요즘 keyword 반영 - 다른 과제에 녹아 들어갈 수 있도록 반영 가능함. - 단독 과제로는 규모가 작으므로 타 과제에 포함하여 진행도 고려할 수 있음. - 각 부서 엔지니어링 데이터를 한군데 모아서 관리, remote control, 무선 센서, 실시간 데이터 분석, 크레인/철판 관리, 실시간 재고 관리, ZigBee 통신 등 다양한 과제 가능 - 산업부 플랜트 기획 사례: 빅데이터 연계하여 안전 예측, 수명 예측, overall 관리, 원자력 발전소에서 화력 발전소로 확장 적용 가능, 빅데이터 분석 항목 많음. - ICT 융합 요소 기술은 많이 개발되었는데 제대로 패키지화한 곳은 없음. - 극한지 건설 플랜트 + ICT 융합 플랜트 통합 가능

표 4-2-19. 7차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
후보과제별 검토 내용	(7) 추가 주제 : 수소 제조 및 수소 인프라 - 수소 경제로 가려면 생산 단가 맞춤 필요 - 이미 천연가스 reforming 기술 상용화 - 경제성 약하기 때문에 국가 차원 지원 필요 - 산업부 2016년 가스관련 과제 기획 현황, 3~4년 시설 운영하면서 연구, 433억원 연구비 투자, 4개 부처 공동 기획 • LNG + CO 융합 station • CNG + H_2 융합 station • LPG + H_2 융합 station • 도심형 충전소, 일본 benchmarking • trailer - 환경부 VIP 오더 과제로서 이동형 충전 station 개발, 50~100개 단기간 보급, 자동차부품연구원-현대자동차-현대건설 참여, 양산용 수소연료전지 승용차 개발했으나 Toyota가 이미 출시 - 기체 수소 저장 방식 --> 액화 수소 저장 방식 제안 - 액화 수소를 다시 기화할 것인가? 충전소를 건설할 것인가? 딜레마 - 산업부 ESS 대두, 배터리 이용한 H-ESS 개발, 경제성 분석 및 용처 필요, 자동차로 한정하면 용처가 너무 적음. 하절기에 발전하면서 액체 수소 저장했다가 동절기에 수소 투입 - 수소의 원료 확보와 최종 수요처가 중요하고 명확히 해야 함. 타 과제도 해당사항
공통 사항	- 모든 과제에 '건설'과 관련된 keyword가 과제 명에 포함되어야 국토부 성격 과제에 알맞음. - GTL, SNG 등 기술 위주의 과제명만 놓고 보면 산업부 성격의 과제로 보일 수 있으며, 따라서 건설 개념이 들어가야 함.
후보 과제 대상 선정	(1) 5개 후보 과제로 정리함 ① 모듈화 compact GTL 플랜트 ② 합성가스 상용화 플랜트 ③ 극저온 플랜트 + 수소 제조 ④ 극한지 건설 플랜트 ⑤ ICT 융합 엔지니어링 적용 플랜트 (2) 다음 후보 과제는 우선순위가 낮은 과제로 분류함. ⑥ CO_2 활용 플랜트

라. 최종 후보과제 5개 선정

6차~7차 기획위원회에 이르기까지 선정기준에 대한 채점표와 후보과제 대상 과제에 대한 토론 등을 거쳐 6개의 과제를 선정하였으며, 우선순위가 낮은 후보과제인 CO_2 활용 플랜트 과제를 제외한 5개 과제를 중심으로 정리하여 2차 자문회의(8차 기획회의 겸)를 개최하였다. ICT 기반 융합 엔지니어링 적용 플랜트의 경우 Test-bed를 건설할 실체가 없다는 점 등의 자문위원들의 의견을 반영하여 최종 후보과제에서 제외되었다. CO_2 활용 플랜트의 경우 7차 기획위원회에 이르기까지 6개 후보과제 중에서는 우선순위가 낮았으나 2차 자문회의 개최 시점에 CO_2를 2030년 BAU 대비 37%를 감축하는 것으로 결정되는 등의 범국가적인 필요성 및 이에 따른 자문위원들의 적극적인 추천이 있었다. 이에 CO_2 감축과 관련된 국가 연구개발 사업 진행 현황에 대하여 조사하였으며, 산업부 관련기관 소속 자문위원으로부터 CO_2 회수 및 저장과 관련하여 다음과 같은 현황 정보를 확보할 수 있었다.

○ 저장(storage)에 대한 프로젝트를 국토부에서 8,000억원 규모로 예타를 신청하였고, 국토부 차관회의에서 재검토 의견
○ 2010년 CCS 종합계획에 의하여 T/F 구성하여 올해(2015년) 11월까지 산업부/미래부/환경부/국토부 차원에서 검토 중이며, 윤곽이 나오면 범부처 사업으로 진행할 예정

상기와 같이 2015년 CO_2 감축을 위한 연구개발 사업이 2015년 11월 이후 윤곽이 나와서 2016년 이후에 진행될 가능성이 있는 점 등을 고려하여 CO_2 활용플랜트를 최종 후보과제에 포함하였다.

이와 같이 최종 선정된 5개의 후보과제를 표 4-2-20에 나타내었다. 그리고 2차 자문회의(8차 기획회의 겸) 회의에서 논의된 주요 내용을 다음의 표 4-2-21에 나타내었다.

표 4-2-20. 최종 선정 후보과제 (무순)

No.	구분	주제 (과제명)	선정근거
1	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)	- 국내 기반기술 축적 - 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능
2	청정연료	합성가스 상용화 플랜트 (복합에너지원 생산을 위한 저급자원 변환 합성가스 플랜트)	- 국내 시장 잠식 분야 - 합성가스 활용성 높음 - 국내 기반 기술 축적
3	수소 및 극저온	수소 액화 극저온 플랜트 (액화공기분리장치(ASU) 및 수소액화 통합플랜트 개발 및 핵심 기자재 국산화)	- 차세대 ASU 플랜트와 통합 - 수소 경제 대비
4	극한지 플랜트	극한지 건설 플랜트 (극한지 건설 플랜트·핵심장치 개발)	- 극한지 시장 팽창 가능성 고려 - 국내에서 C는 가능, E와 P는 약한 분야
5	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 CO_2 Network 구축)	- 지구온난화에 따른 온실가스 감축 - 국내의 온실가스 감축목표 설정 (2차 자문회의 자문위원 중점 추천)

표 4-2-21. 2차 자문회의(8차 기획회의 겸) 회의 주요 내용

구분	의견
국토부 • 산업부 플랜트, 엔지니어링 R&D 협의회 (2015. 6. 11) 내용 검토	- 미래부 요구로 매년 협의 - 국토부 플랜트연구사업 2016년 신규 과제 3건 ① 태양광 활용 저에너지 해수담수화플랜트 건설 기술 개발 ② 도시자원 순환형 복합 플랜트 건설 기술 개발 ③ 첨단산업단지 고순도 용수 공급 플랜트 건설 기술 개발 - 플랜트 분야 2016년 계속 과제: 국토부 9건, 산업부 7건 - 공동 로드맵 기획을 국토부 연구비로 수행하는 것에 대해 산업부의 문제 제기 → 공동기획과제 발굴로 범위 축소 → 2015년 하반기에 공동기획과제 추진 협의 (2015. 9) - 국토부가 2014년부터 진행하는 '정·역삼투 융합 플랜트 기술 개발' 연구단 과제와 산업부가 진행하는 '정삼투압식(FO) 해수담수화 설비 공정 설계 기술 개발'과 '무방류 지향 고효율 하이브리드 담수화 공정 기술 개발' 과제 등 유사 과제를 연계 - 산업부 제안 공동기획 추진 후보 과제 ① 무방류형 하이브리드 담수화플랜트 기술 ② 플랜트 및 산업용 열에너지 네트워크 기술 - 국토부 제안 공동기획 추진 후보 과제 ① 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 ② 수소제조 및 극저온 액화플랜트 ③ 모듈형 GTL 플랜트 실증화기술 - 국토부에서 2015. 7까지 공동기획과제 후보 제안받음. - 본 기획의 화두는 전략과 과제로 나누어 볼 수 있음. 전략은 국토진흥원, 산기평, 에기평 등 평가관리기관이 모여서 협의해야 할 부분이며, 본 기획에서는 과제에 집중하고 있음. 산업부와 같이 가지 않으면 무의미함. 부처별로 공동기획추진 동인이 필요함.
자문위원별 의견	(1) 자문위원 A - '극한지 건설 플랜트 • 핵심 장치 개발' 과제는 산업부에서 기 추진한 과제의 예타 탈락 선례를 참고하여 추진할 필요가 있음. 특히, 시장성 확보 문제를 해결해야 함. - 북극은 5년, 남극 10년이내 시장이 열릴 것으로 예측함. - 'ICT 기반 빅데이터 활용 플랜트 기술개발' 과제는 산업부에서 추진 중인 제조업 3.0과의 조화를 어떻게 유지할지 사전 준비 필요하며 차별화 전략과 보강이 필요함. - 플랜트, 엔지니어링 R&D 협의회 운영은 산업부 1차관 산하 창의산업과 외에 2차관 산하 에너지기술과 또는 에기평의 참여가 필요하다. 에기평은 1차관-2차관 사이의 중간 역할을 수행하면 됨. 과제 중복성 문제를 사전에 검토하여 해소하면 기재부의 연구비 확보에 도움이 되겠음. - 2단계 후보과제 5개를 보면, 전반적으로 화학/가스플랜트에 집중된 경향이 있음. 객관적인 기준/근거/논리가 필요함. - 시장과 소비자의 의견을 반영할 단계가 되었음. 수요가 있음을 극명하게 부각시킬 수 있는 과제이어야 함. - 사업에 대한 정부 지원 타당성이 필요함. 대기업과 중견중소기업간 상생 효과를 강조할 필요가 있음. - 최근 산업부는 기후변화에 관심이 있으며, 기재부에서도 지원이 가능하다는 이야기가 있음. - CO_2 polymer 과제를 다시 고려해야 함.

표 4-2-21. 2차 자문회의(8차 기획회의 겸) 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
자문위원별 의견	(2) 자문위원 B - 부처협력사업의 추진체계 정립과 fund 문제 정리가 필요함. 즉, 관리체계 점검이 필요함. - 플랜트 특성 상 매년 계속해서 운영비를 필요로 함. 이를 연구비에 반영해야 함. - 국토부는 R&D가 아닌 투자 사업으로 추진하는 것도 고려해야 함. - 1단계는 산업부 추진, 2단계는 국토부 추진과 같이 단계별 부처 추진안도 고려해야 함. - 부처협력사업의 의미와 필요성을 설득해야 함. 부처별 역할 분담을 명확화, 구체화해야 함. 필요성 설득을 먼저 하고 그 이후에 기술에 대해 설명해야 함. - '가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화' 과제는 화학연, KIST에서 수행 중인 1단계 과제를 평가한 후 2단계 과제 추진 여부를 결정할 것이며 이에 대한 검토가 필요함다. 실증화 투자비 과다로 인해 타 과제 연구비 확보에 불이익이 돌아가는 형평성 문제를 해소해야 함. - '복합에너지원 생산을 위한 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트' 과제는 저급자원별 형태로는 단위기술로 추진된 과제가 다수 있어서, 중복성 발생이 우려됨. 저급자원에 대한 새로운 개념의 Test-bed 형태가 바람직함. - '액화 공기분리장치(ASU) 기반 수소액화플랜트 개발' 과제는 생산 단가, 적용처에 따라 의미가 다를 수 있음. - '극한지 건설 플랜트 • 핵심 장치 개발' 과제와 'ICT 기반 빅데이터 활용 플랜트 기술개발' 과제는 현재 수준에서 재검토가 필요함.
	(3) 자문위원 C - 기획 초기 57개에서 2단계 후보과제 5개로 압축되었음. 선정 결과뿐만 아니라 선별과정의 기준과 로직에 대한 구체적인 설명이 제시되어야 함. - 제안된 후보과제별로 정부 개입의 근거가 제시됨이 바람직함. - 플랜트 건설 대기업에 대한 정부 지원에 대해 반론이 많음. 대기업 지원 논리가 필요함. - 대형 연구사업의 기준, 논리, 예산 집행 체계 등에 대한 설명이 보충되어야 함. - 산업부를 설득하려면 기술보다는 합리적 논리와 늘어놓지 않는 핵심적인 설명이 필요함. - 3-5년의 큰 틀에서 보는 '정부 R&D 중장기 투자전략'을 2015. 2에 작성했음. 기술분야 9개, 중분류 59개 중에서 2-3개가 플랜트와 관련있음. (4) 자문위원 D - '가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화' 과제는 산업부에서 개발 중인 GTL FPSO 개발 과제 결과를 활용할 필요가 있음. 참여기관을 추가할 필요가 있음. 예: 화학연, KIST, 현대중공업, 현대오일뱅크, 삼성중공업, 대우조선해양 등 - '복합에너지원 생산을 위한 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트' 과제는 석탄, 폐기물, 바이오매스에서 발생되는 합성가스가 많을 것으로 예상되므로 통합된 최적 실증사업으로 추진되어야 함. 산업단지 석유화학/정유공장 부생 수소를 정제하여 순도를 높여서 극저온으로 냉각하여 활용하는 방안, 즉, 수소경제 사업을 고려해야 함. - '액화 공기분리장치(ASU) 기반 수소액화플랜트 개발' 과제는 수소 분리에서의 에너지를 고려한 분리 방법과의 경쟁력을 고려해야 함. 부생 수소 활용과의 경쟁도 고려해야 함.
기획위원 의견	(1) 기획위원 A - 플랜트 생태계를 고려해서 주체들의 역할, 연결 고리와 중소기업의 역할 규명, 정의가 필요함. (2) 기획위원 B - 수소 과제는 수소 제조가 아니며, 극저온 수소 액화임. - ASU는 국내에 원천 기술이 없음. (3) 기획위원 C - 화학연에서 GTL 과제 5년 완료했으며, 파일럿 플랜트 운전함. - KIST에서 GTL FPSO 연구했으며, 마이크로 반응기가 없음.

제3절 최종 후보과제 내용 및 추진전략

1. 최종 후보과제 내용

본 기획에서 2차례의 자문회의 및 8차례의 기획회의(2회는 자문회의와 공동으로 진행)를 통하여 우선순위가 없는 상태에서 총 5개의 최종 후보과제를 도출하였다. 상기와 같이 최종 선종된 후보과제에 대하여 9차 기획회의에서 과제의 내용을 사회적인 필요성, 부처별 필요성 및 역할분담에서의 적절성, 과제의 강점 등을 고려하여 과제명과 기술개발 내용 등을 보다 정교하게 수정하였다. 그리고 이러한 자료를 기반으로 하여 산업부 관련 기관인 산업통상자원R&D전략기획단 소속 전문가와 한국에너지기술평가원 소속 전문가를 방문하여 산업부 입장을 수렴하였다. 이러한 9차 기획회의 결과 및 산업부 관련 기관 전문가 의견을 바탕으로 하여 10차 기획위원회에서 각 과제 별로 최종 상세 검토 및 제목과 내용 등을 보다 정교하게 가다듬어 5개 과제를 최종 후보과제로 선정하고 후보과제 명칭을 확정하였으며 이를 표 4-3-1에 나타내었다.

상기와 같이 최종 선정되고 정리된 최종 후보과제 5개의 개요를 다음의 표 4-3-2～표 4-3-6에 정리하여 나타내었다. 그리고 각 후보과제에 대한 사전기획보고서를 '부록3. 최종후보 플랜트 5개 사전기획보고서'로 첨부하였다.

표 4-3-1. 최종 선정 후보과제 (무순)

No.	구분	주제 (과제명)	과제별 특성 및 강점
1	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)	- 충분한 국내 기반기술 축적 - 소형천연가스전 대상 기술은 선진국도 개발 중인 기술로서 선진국과 동등 이상 기술 수준 확보 가능 - 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능
2	청정연료	합성가스 고부가가치화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트)	- 국내 시장 잠식 분야 (SNG/IGCC 등) - 합성가스 활용성 높음 - 충분한 국내 기반 기술 축적
3	수소 및 극저온	수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)	- 즉시 독자 운영이 가능한 수요기반 상용화플랜트 - 국토부 LNG 사업단 성과 연계 및 활용 가능 - 미래 수소 경제 대비 인프라 구축 가능
4	극한지 플랜트	극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)	- 미개척 극한지 석유&가스 개발 시장 확대 흐름 - 시장 진입시기 고려 EPC 기술역량 강화 필요 - 선행 기획, 이송망 설계/시공 연구개발 연계하여 시너지 제고
5	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)	- 지구온난화에 따른 온실가스 감축 - 국내의 온실가스 감축목표 설정

표 4-3-2. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 과제 내용

과제명	가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화
사업의 목적	세계 화학산업 변화 대응을 위한 중소규모 가스자원 활용 모듈형 GTL 통합공정 실증화
사업의 필요성	- 한계가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원 (바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요 - GTL 기술은 가스자원을 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 진행 단계이기 때문에, 기술 선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황 - Compact GTL 기술에는 공기업부터 중소기업까지 연관되어, 기술개발을 통해 동반성장기회 제공
사업의 내용	- Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발 - Compact 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발 • 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 상용반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응시스템 단위 모듈 개발 - 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발 • 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화, 공정모사를 통한 반응기/공정해석 • 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증플랜트 경제성 평가 기술 개발 • 3,000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계 - 바이오가스 원료 사용 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증 • 기존 국내 개발 규모인 파일럿 공정을 모듈화한 compact 플랜트 기술 개발과 국내 실증
다부처 공동 기획사업의 필요성	- 다부처 연구사업 추진을 통한 해외 중•소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약 • 현재 파일럿 플랜트 수준의 기술은 확보하였으나 상용화 기술 미흡 • 해외 셰일 가스전에서의 개발 및 활용사업 진출 경쟁력 확보, 국내 소규모 가스 부산물 활용에 의한 환경 처리 및 폐자원 활용 • GTL 플랜트 기술 자체 라이선스로 해외 플랜트 수주 경쟁력 제고
시장진입 전략	- 실제 시장에 적용할 수 있는 플랜트 규모는 3,000~5,000 BPD임 - Test-bed에서 200 BPD 단위 플랜트 실증, 20~30 단위를 통합한 플랜트로 상업용 시장 진입
사업비/ 사업기간	- 총 75,000백만원 (정부 55,000백만원, 민간 20,000백만원) / 5년

표 4-3-3. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 과제 내용

과제명	저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트
사업의 목적	저급원료(폐기물, 바이오매스, 석탄, 정유공장 부산물)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외), 합성연료(SNG, DME) 등(수요처에 따라서 전기/열 포함)을 생산하여 산업단지에 공급할 수 있고, 향후 해외 수출이 가능한 플랜트 기술개발
사업의 필요성	- 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG), 고순도 CO의 화학원료 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한해 외 진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기 - 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망 - 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 조기에 필요하며, 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실
사업의 내용	- 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발 - 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발 - 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발 - 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술 개발 - 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보
다부처 공동 기획사업의 필요성	- 저급자원을 활용하여 합성가스를 생산하고 이를 활용하는 플랜트 분야는 활용성이 크고 국내 및 해외시장 규모가 막대한 미래 고부가가치산업으로서 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하지만, R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제 경쟁력 확보에 기여가 부족한 상황임. - 플랜트 R&D 유관부처간 개방형 융복합 연구를 통해 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 통하여 활용성이 아주 높은 합성가스 상용화 플랜트 분야에서 미래 신성장동력 창출 필요성이 아주 강함.
시장진입 전략	- 실제 시장에 적용 플랜트 최소 모듈 규모는 저급원료 기준 50톤/일임 - Test-bed에서 100톤/일(50톤/일 모듈 2기 + 1기 spare) 플랜트 실증 및 신뢰성 확보(100톤/일급 Test-bed는 실증기간 후 자체 상업운전), 50톤/일급 모듈 기반 100톤/일 규모 이상 국내외 시장 1단계 진입, 100톤/일급 단일모듈로 scale-up 2단계 시장 추진
사업비/ 사업기간	- 총 100,000백만원 (정부 65,000백만원, 민간 35,000백만원) / 5년 (단일단계 5년 또는 3년 + 2년)

표 4-3-4. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 과제 내용

과제명	공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발
사업의 목적	산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 공기분리장치 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 기술 개발을 통한 산업 수요 충족 및 미래 수소사회 인프라 구축
사업의 필요성	- IGCC, GTL, 순산소 연소 등의 신규기술 개발로 대용량/저단가 산소 수요 증가 - 미래 수소에너지 시대에 대비를 위한 수소 생산/저장/공급 인프라 요구 확대
사업의 내용	- 공기분리장치 및 수소액화 통합 플랜트의 신공정 기술 개발 - 공정용 압축기, 터보 팽창기, 열교환기, 분별증류탑 등의 핵심기자재 개발 및 인증기술 개발 - 극저온 플랜트 건설/평가/운전/유지관리 기술 개발
다부처 공동 기획사업의 필요성	- 부처별 기 수행 사업을 통해 확보된 특화기술의 연계를 통한 고부가가치 극저온 플랜트 기술 확보 • 플랜트 설계 및 건설 기술: 국토교통부의 LNG플랜트사업단 보유기술 활용 • 핵심기자재 기술: 미래창조과학부, 산업통상자원부에서의 특화기술 활용 • 가스 전처리 및 환경영향 평가 기술: 환경부의 특화 기술 활용 • 플랜트 안전 및 위험관리: 미래창조과학부, 산업통상자원부 및 국민안전처의 전문기능 활용
시장진입 전략	- 실제 시장에 적용할 수 있는 플랜트 규모는 산소기준 50톤/일, 수소기준 5톤/일 이상 - Test-bed에서 상용화 규모의 수소 5톤/일, 산소 175톤/일, 질소 500톤/일 규모 플랜트 실증 - 산소/질소의 경우 국내 및 세계 가스시장 및 플랜트 건설 시장 즉시 진입, 수소의 경우 에너지 효율이 높은 세계 최초 공기분리장치와의 통합공정 개발로 신규 수소액화 플랜트 시장 선점
사업비/ 사업기간	- 총 200,000백만원 (정부 100,000백만원, 민간 100,000백만원) / 5년

표 4-3-5. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 과제 내용

과제명	극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발
사업의 목적	미래지역 개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장여건을 극복하고 시장경쟁력을 확보할 수 있는 “극한지 맞춤형 플랜트•장치기술”을 개발하기 위함
사업의 필요성	- 극한지 에너지자원 개발 가속화에 따라 플랜트 건설 수요 증가에 대비한 진출 전략 마련 필요 • 전 세계 미 발견 석유·가스 부존량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 • 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 고부가가치 측면에서 시장 확대 전망 - 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 큼 • 극한지에서 플랜트 사업 경쟁력 확보의 핵심 키워드로 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요 • 신뢰도가 높은 시공계획 및 플랜트 설계, 맞춤형 장치•기자재, 자동화 시공기술 혁신이 필요
사업의 내용	- 극한지 맞춤형 플랜트 (모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 설계 기술 - 극한지 이송 스테이션, 장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술 - 극한지 하부 구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공 기술 - 극한지 굴착, 매설, 설치 등 자동화 시공 시스템 (로봇, 장치 등) 기술 - 극한 환경 플랜트 가상 원격 건설 및 통합운용 기술
다부처 공동 기획사업의 필요성	- 부처별 R&D 투자방향(역할)과 특성 및 강점을 결집하여 미개척 극한지 시장경쟁력 제고 필요 - 특히 극한지 현장시스템(국토부), 핵심소재 및 장치(산업부), ICT 융합운용(미래부)의 결합을 통한 현장 엔지니어링 - 공급체인 - 운용 등 산업 전•후방 연관 시너지 극대화 - 기계/소재, 자동화 시공, 핵심장치, ICT 등 핵심기술의 융복합을 통하여 구현되는 대규모 극한지 건설, 엔지니어링 사업의 기술개발 투자리스크 쉐어가 필요
시장진입 전략	- 기본방향: 극한지 시장 니즈(blue ocean, niche market)를 고려한 독자기술과 실증실적(핵심성공요인)을 확보하여 현지 업체와 협업전략 (설계, 설치, 운영 등) 추진 - 핵심장치 및 건설기술에 대한 0℃ 이하 동토지역 운용성, -40℃이하 운용성능 검증/실증확보
사업비/ 사업기간	- 총 120,000백만원 (정부 80,000백만원, 민간 40,000백만원) / 7년

주) 극한지: 동토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역

표 4-3-6. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 과제 내용

과제명	포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축
사업의 목적	포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 재배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현
사업의 필요성	- 포집 CO_2 격리를 위한 사후 처리 기술의 필요성 증대(2030년 BAU 대비 37% CO_2 저감 필요) - CO_2 활용 극대화를 위해선 각각의 포집 사용 기술을 연계시켜줄 공급시스템이 필수적으로 필요함 - 지속적인 소비와 생산을 위해 석유 등 자원고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요 - 안정한 자원 선순환 사회 구축을 위한 원천적 친환경 제조 기술 및 제품의 개발 필요
사업의 내용	- CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축 - CO_2 격리효과 및 고부가화를 위한 친환경 고분자 제조 플랜트 개발 - 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비 - CO_2 파이프라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축
다부처 공동 기획사업의 필요성	- CO_2 활용 기술의 보급확대를 통한 온실가스 저감 효과 극대화시키기 위해서 공급 네트워크, 산업 생산공정 및 환경규제와 관련된 관련 부처들 협력을 통해 국가 온실가스 감축목표 달성 및 저탄소사회 기반 구축 필요 - 이를 위해서 국토부, 산업부, 환경부 등 관련 기관들의 공동기획 필요
시장진입 전략	- 공급망의 설계, 구축 제어기술을 통한 활용 극대화 시스템을 통해 CO_2를 이용한 관련 산업의 최대 효율화를 추구하여 신시장을 창출하고 통합시스템의 해외 수출을 통한 시장 선점 - 국내 환경에 적합한 CO_2 활용 원천 상용기술 개발을 통해 신규 성장하고 있는 국내 및 해외 저탄소 환경제품/기술시장 선점을 통해 대외 국제 경쟁력 확보 및 고용 창출 - 국가 주도의 대규모 화재 방재 시스템을 동시에 구축하여 국가 안정 관련시장을 확대하고, 농업 생산력 증가를 통해 경쟁력 확보 및 농작물 수입 시장 대응 - 국제경쟁력을 갖추고 있는 플랜트 산업 및 석유화학 산업 등과 연계하여 관련 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 통하여 온실가스 전환 상용화 플랜트 분야에서 국가 미래 신성장동력 창출
사업비/ 사업기간	- 총 150,000백만원 (정부 130,000백만원, 민간 20,000백만원) / 7년 (단일단계 7년 또는 4년 + 3년)

2. 최종 후보과제 추진 전략

본 기획에서 선정한 최종 후보과제가 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계 활용 등을 통하여 시너지 창출이란 동일한 목표를 달성하기 위해 나아가기 위해서는 부처 간 역할 분담, 각 부처에서의 필요성, 각 부처에서 확보할 수 있는 성과 및 추진 모델 등이 뚜렷하여야 한다고 판단하였다. 이에 본 기획에서는 이와 같은 방향성을 찾기 위한 논의를 9차 기획회의 및 이후의 기획회의를 거쳐 정립하였다. 후보과제별 추진전략으로서, 제3장의 그림 3-7-2에 나타낸 바와 같이, 5개의 기본 모델(세부 모델 포함 6개)을 설정하여 검토하였는데, 이를 다시 그림 4-3-1에 나타내었다. 검토 결과 모델 4와 모델 5는 현실적으로 의미가 없는 모델로 판단되었다. 이와 같은 점을 검토한 후 각 과제에 대한 부처별 역할 분담, 성과 및 필요성, 추진 전략 등을 요약하여 표 4-3-7에서 표 4-3-11에 나타내었다.

이와 같이 국토부에서 제안한 과제가 다 부처 사업으로서 원활하게 진행되기 위해서는 산업부의 협조가 특히 필요하다고 판단되었다. 이에 각 과제별로 산업부의 협조를 받기 위한 요청사항을 정리하여 표 4-3-12에 나타내었다.

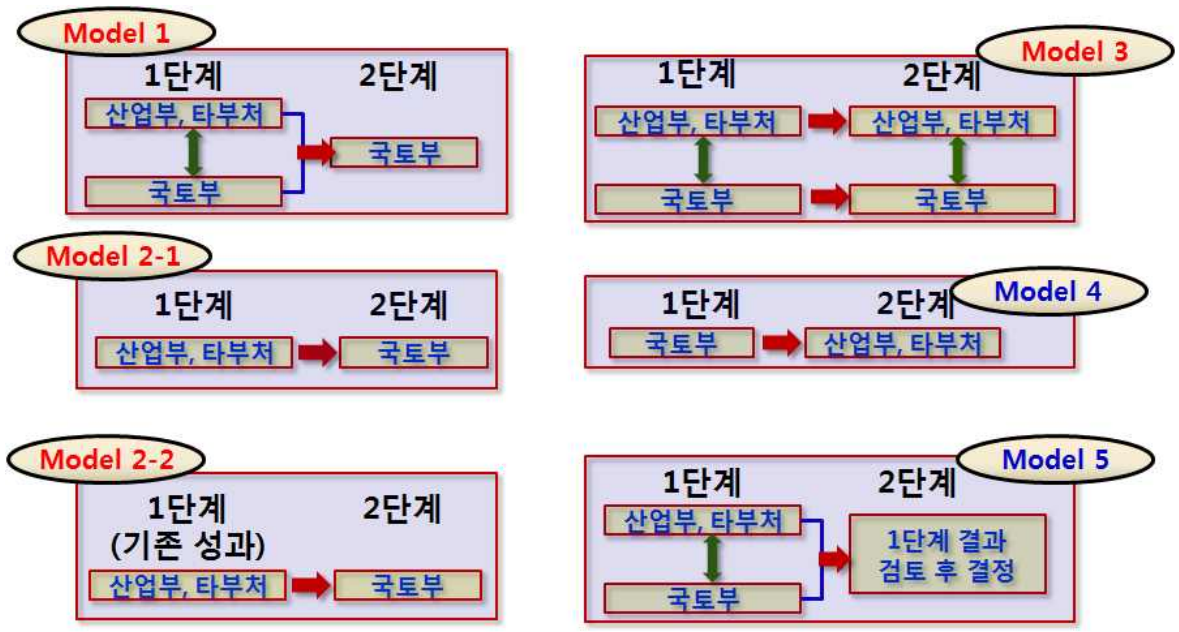


그림 4-3-1. 추진 전략 기본 모델

표 4-3-7. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 과제 추진 전략

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="2">가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장의
특성 및
국내 관심
기업</td><td colspan="2">- 국내외 시장의 크기 : 2014년에는 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 52조 원 규모 (GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain) 자료 참조, GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장 합산)</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 주요 시장 : 북미, 카타르 등 서남아시아, 러시아 및 극동지역 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 국내 예상 관심 기업 : 자원개발사(가스/석유 공사 등),
플랜트/엔지니어링사(대우건설, 현대중공업, 현대건설, SK 건설 등),
조선업계(대우조선해양 등) 및 촉매제조사</td></tr>
<tr><td>부처</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>부처 별
담당 역할</td><td>- Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발
- 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증</td><td>- Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발
- Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발</td></tr>
<tr><td>부처별
필요성 및
성과</td><td>- 산업부의 기존 성과 활용 가능
- Compact GTL 기술의 실증 경험에 의한 해외 가스플랜트 사업 참여 기회 및 이익창출 제고
- 가스플랜트 EPC 역량 강화</td><td>- 기 산업부 에너지자원기술개발 사업에서 개발한 기술의 실증 필요
- 국내 마이크로 반응기와 모듈형 플랜트 설계 시장의 창출
- 셰일가스 및 수반가스의 flaring 방지기술로서 온실가스 배출 저감 기술로서의 활용
- 기존 산업부 개발기술을 이용한 대형 플랜트 설계 및 시공기술 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진 전략</td><td colspan="2">- 기본 모델 : Model 2-2 (1단계는 기존 성과물)
- 2단계에서 국토부 중심으로 진행하되, 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화, 엔지니어링 수행</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

표 4-3-8. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 과제 추진 전략

<table>
<tr><th>과제명</th><th colspan="2">저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트</th></tr>
<tr><td rowspan="3">시장의
특성 및
국내 관심
기업</td><td colspan="2">- 국내외 시장의 크기 : 전 세계 50조원/년 이상 (약 50GWth_syngas/년 = 2,500 톤/일 기준 100개 플랜트 이상, 최대 100조원/년 이상)</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 주요 시장 : 중국, 중동, 인도, 인도네시아 및 국내(발전사, 에너지 기업 등)</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 국내 예상 관심 기업 : 국내 대부분의 건설사, 엔지니어링사, 에너지기업, 중공업 및 화력발전 자회사 등</td></tr>
<tr><td>부처</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>부처 별
담당 역할</td><td>- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 integration 기술 개발
- Test-bed 건설 및 운영
- 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발</td><td>- 가스화기, 합성 원료/연료 생산을 위한 각종 반응기 설계/제작 기술 최적화
- 각종 촉매 선정 및 최적 촉매 제조 기술 개발
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발</td></tr>
<tr><td>부처별
필요성 및
성과</td><td>- 산업부의 기존 성과 활용 가능
- 복합 에너지원 생산으로 국토의 효율적 활용 및 관리 (산업단지 등)
- 5~10년 이내 상용 가능성
- 나프타 대체 빠른 시장 진출</td><td>- 기존 산업부 성과로서 국내 기반기술 확보
- 나프타 대체하여 경제성 확보 가능 시장 상황 (합성가스 구매 의사 대기업 존재 등)
- 기존 산업부 성과를 활용하여 저급 원료로 고부가가치 물질 또는 연료/열/전기 에너지 생산</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진 전략</td><td colspan="2">- 기본 모델 : Model 2-2 (1단계는 기존 성과물)
- 2단계에서 국토부 중심으로 진행하되, 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화, 엔지니어링 수행</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

표 4-3-9. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 과제 추진 전략

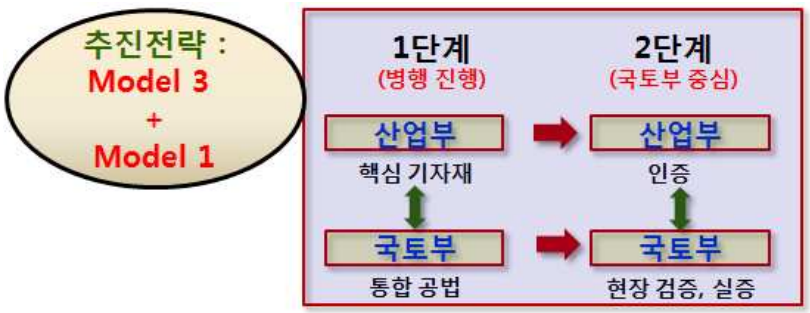
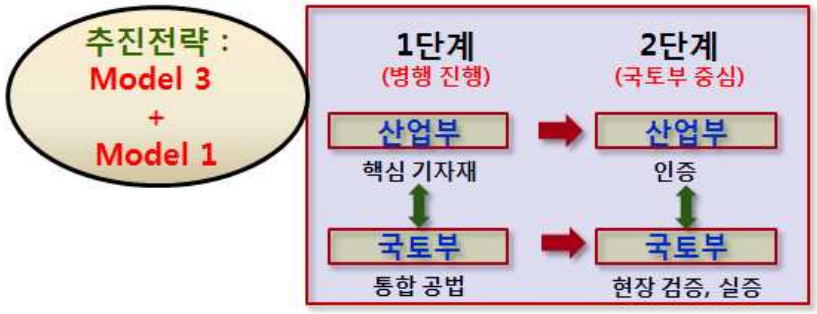
<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="2">공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장의 특성 및 국내 관심 기업</td><td colspan="2">- 국내외 시장의 크기 : 산업용 가스 액화 플랜트 시장(2015) - 세계 460억 달러(약 53조원), 국내 11.5억 달러(약 13조원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 주요 시장 : 공기분리 및 수소액화 플랜트 건설 시장 -중국, 인도 등 산업성장 개발도상국</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 국내 예상 관심 기업 : 대성산업가스(플랜트), 동화엔텍, 대주기계, 삼성테크윈 등(플랜트기자재)</td></tr>
<tr><td>부처</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>부처 별 담당 역할</td><td>- 플랜트 설계 및 건설 기술 개발
• 공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계
• 극저온 플랜트 시공/운전 기술
• 극저온 배관 단열 기술</td><td>- 극저온 플랜트 핵심기기 기술 개발
• 원심압축기 및 터보 팽창기
• 극저온 열교환기, 분별증류탑 및 상분리기
• 극저온 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증</td></tr>
<tr><td>부처별 필요성 및 성과</td><td>- LNG 사업단의 극저온 가스 플랜트 성과의 연계 및 직접적 활용 가능
- 차세대 에너지저장장치 및 미래 수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 인프라 구축</td><td>- 플랜트 실증을 통한 플랜트 핵심 기자재(전체 플랜트 비용의 60% 이상) 국산화 및 성능평가 인증체계 구축
- 산소 활용도 증가 추세(순산소 연소, IGCC 등 고순도 산소 필요)에 따른 산업용 가스 산업 활성화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진 전략</td><td colspan="2">- 기본 모델 : Model 3 + Model 1
- 1단계에서는 기자재 및 공정/건설 기술 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 핵심기자재 인증은 산업부 중심, 플랜트 건설 및 실증은 국토부 중심</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

표 4-3-10. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 과제 추진 전략

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="2">극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장의 특성 및 국내 관심 기업</td><td colspan="2">- 국내외 시장의 크기 : 1) 북미/동유럽/아시아 동토지역 국제 이송망 (스테이션 포함) 477조 규모(2013, Pipeline & Gas Journal), 2) 캐나다 동토지역 오일샌드 중상류 시장은 2010년 기준 240억불 규모</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 주요 시장 : 극한지 석유&가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표되며, 지역적으로 미국 및 캐나다 등 북미시장, 러시아 시베리아 및 캄차카 지역시장, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 국내 예상 관심 기업 : 1) 건설사: 포스코건설, SK건설, 현대건설 등, 2) 제작사: 한진중공업, 광신기계, 덕원이엔티, 나라콘트롤 등, 3) 엔지니어링사: 포스코엔지니어링, 성진이앤티 등</td></tr>
<tr><td>부처</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>부처 별 담당 역할</td><td>- 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술
- 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 금속 시공기술
- 국외 현장 검증/실증기술, 현지 시험인증에 대응한 사용 적합성 평가기술, 사업모델 개발</td><td>- 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작 기술
- 극한소재, 모듈장치, IoT 기반 통합제어시스템(SCADA 등) 기술
- 러시아, 북미 등 현지 기준에 적합한 장치, 기자재 시험인증 기술</td></tr>
<tr><td>부처별 필요성 및 성과</td><td>- 극한지 현장 중심의 플랜트 설계, 시공기술 실증을 통한 국외 신시장 창출 필요
- 극한지 시장진입을 위한 실증형 독자기술(교두보) 확보, 해외 수주 지원 정책목표 실현 등 성과제고</td><td>- 극한지용 핵심 장치 및 기자재 supply chain을 확대 필요
- 러시아 등 극한지 맞춤형 핵심장치/기자재 기술수준 제고, 산업생태계 활성화 실현 등 성과제고</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진 전략</td><td colspan="2">- 기본 모델 : Model 3 + Model 1
- 1단계에서는 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 국토부 중심</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

주) 극한지 : 동토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역

표 4-3-11. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 과제 추진 전략

<table>
<tr><td>과제명</td><td colspan="2">포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장의
특성 및
국내 관심
기업</td><td colspan="2">- 국내외 시장의 크기 : CO_2 포집/ 공급 플랜트 시장 규모(세계: 15조/년, 국내: 5000억/년), 공급 Network 관련 산업 규모(전세계 약 100조/년 이상)</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 주요 시장 : 국내 신규 공급망 구축, 중국 산업단지, 베트남, 동유럽</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 국내 예상 관심 기업 : 포집 공급(제철사, 화력발전사), 고분자(LG화학, OCI, SKI, 효성 등 화학대기업), 기존시장(식품 음료 회사, 가스 공급사), 화재 진압(방재 관련 회사, 정밀 전자회사 등)</td></tr>
<tr><td>부처</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td rowspan="3">부처 별
담당 역할</td><td>- CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발
- 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립
- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 process integration 기술 개발
- 상용급 플랜트 디자인 패키지 (PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발</td><td>- CO_2 포집 분리 공정 기술 개발
- 반응기 및 촉매 제조 기술 개발
- 친환경 고분자를 활용한 제품화
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발
- 기존 활용 산업 활성화 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">환경부</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 온실가스 전환 제품/공정 평가 기술 개발
- 온실가스 전환 제품에 대한 지원 정책
- 부처 관련 미활용 탄소원 개발 및 고부가가치화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">부처별
필요성 및
성과</td><td>국토부</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>- 산업부와 미래부에서 추진한 성과를 연계하여 극대화하기 위한 필수 기술
- CO_2 공급망을 통한 산업단지 및 지역 발전 계획은 국토부 본연의 역할을 잘 살릴 수 있음
- 산업부의 E(Engineering) 기술을 토대로 C(Construction)에 활용하여 시스템을 수출할 수 있음</td><td>- CO_2의 고가 제품화를 통하여 탄소세가 높을 경우 대비 가능
- 발생원 포집 및 고부가 상업화 시장은 산업부의 기술 개발 결과가 필수임</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진 전략</td><td colspan="2">- 기본 모델 : Model 1
- 1단계에서는 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 국토부 중심</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

표 4-3-12. 최종 후보과제의 원활한 진행을 위한 산업부에 요청 사항

No.	주제 (과제명)	산업부에 요청사항
1	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)	- 국토부에서 산업부의 기존성과 활용에 대한 승인 - 공동 연구 : 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행)
2	합성가스 상용화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 모듈화 플랜트)	- 국토부에서 산업부의 기존 성과 활용에 대한 승인 - 공동 연구 : 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행)
3	수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)	- 공동 연구: 핵심기자재 개발 & 인증 - 기존 산업부 결과 적극 활용 및 추가 부분 가능한 공동 투자 (또는 국토부의 위탁 사업으로 진행) - 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사용 승인
4	극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)	- 공동 연구: 극한지 대상으로 맞춤형 핵심기자재 개발 (공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업 등 모색) - 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사업에 적용을 위한 정책 협력
5	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)	- 공동 연구: 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행) - 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사용 승인

표 4-3-13. 9차 기획위원회 회의 주요 내용

구분	의견
기획업무 방향	- 후보 과제 5개중에서 2~3개 과제 상세기획은 별도 과제로 예비타당성검토 수준으로 진행 - 우선 순위 결정 → 상세기획 대상 과제 선정 - 선정 기준 1안과 2안중에서 경제성이 타 부처 연계성보다 더 중요하므로 잠정적으로 1안 채택 - 미래부 2016년도 정부연구개발투자 방향 및 기준(안)은 대기업 지원 축소 - 플랜트는 대기업 참여가 필요하므로, 중견중소기업과의 상생 방안을 마련해야 함.
기획위원 의견	- 국토부의 다 부처 공동과제 추진 의도는 기존 연구비에서 연구비를 확보하는 차원이 아니라, 기존 연구비를 확대하려는 것임. 산업부와 공동 연구를 하면 연구비 확대에 도움이 될 것임. - 좀 더 국토부 성격에 맞아야 함. - 수소 액화 극저온 플랜트: 이송, 저장 등이 있으면 좋겠음. - 극한지 건설 플랜트: 건설 site 등이 명분 있음. - CO_2 활용 플랜트: 기후 변화 대응, 에너지 절감 등 사회 통념상 필요성이 있으면 좋겠음. - 모듈화 compact GTL 플랜트: 너무 플랜트에만 집중하지 말고, 건설할 때 어떤 GTL이 필요한지 분명히 해야 함.
	- 우선순위 결정 기준 관련해서 모든 과제가 기술성을 갖추고 있다고 판단됨. 차이점은 시장성과 진입 시기에 있음. 우선순위로 GTL, 극한지 플랜트를 추천함. GTL은 과거 국토부에서 기획했던 과제이며, 극한지 플랜트는 산업부와 국토부 역할이 명확함. 기자재, 토목, 시스템 엔지니어링 등 모든 분야가 포함됨. - 러시아 프로젝트는 국제 표준을 따르지 않고 러시아의 독특한 사양을 따르는 점과, 러시아 국내 기자자만을 사용해야 하는 특성이 있음.
	- 후보 과제 62개 → 5개 과정에서 선정되지 않은 과제 중 일부는 버리는 것이 아닌, 선정 과제에 묶어서 반영되었음. - 산업부 설득 논리 공통점 ① 기자재 개발 ② 기술 무역 장벽 (TBT, Technical Barriers to Trade) 대응 ③ 국제 표준 선정 ④ 시험 인증 기관 - 산업부 설득 논리로서, 연구개발 결과물이 산업부에 소속되어야 함. - 산업부 관계자(장관, 국장 등)가 tape cutting 행사에 참여할 수 있는 결과물이 나와야 함. - 기자재 개발은 너무 루틴하고 technical함. 산업부에 더 매력있는 이득이 있어야 함.
과제별 특성 의견 교환	(1) 모듈화 compact GTL 플랜트 - 추진 방법 ① model 2-1: 1단계 산업부 → 2단계 국토부 완전 이관 ② model 2-2: 1단계 산업부 → 2단계 국토부 실증, 산업부 기자재, 모듈화 엔지니어링 계속

표 4-3-13. 9차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
과제별 특성 의견 교환	(2) 합성가스 상용화 플랜트 - 예비타당성검토에서 중복성 문제 크다. - 미래부 2016년도 정부연구개발투자 방향 및 기준(안)은 대기업 지원 축소 - GTL과 같은 추진 방법 - 산업부에서 SNG 과제는 많이 수행하였음. - 기업에서는 SNG에 관심 많고, 상대적으로 DME에는 관심 적음. - SNG + 폐기물 → 합성가스 → 화학 공장 공급이 가장 현실적임 - SNG는 국토부 방침인 국토의 효율적 관리, 활용에 부합됨. - 산업단지 부생가스의 복합적 활용 - 100~200톤/일 처리 가능 - 현재에도 사업성 있다. 삼성BP에서 추진 중. - 국내 기반 기술 확보 필요 - SNG는 한국가스공사의 입장이 있음. 50만톤/년 생산 시설이 있어도 판매할 곳이 없음. 대안으로 여수 공단에 판매 계획. 과제명에 SNG라는 명칭은 신중해야 함. 한국가스공사에 판매하지 못하면 산업용 연료로 활용 가능. - 미국 North Dakota에는 20년째 SNG 사용하고 있음. - 추진 방법 ① model 2-2: 1단계 산업부 → 2단계 국토부 실증, 산업부 기자재, 모듈화 엔지니어링 계속
	(3) 수소 액화 극저온 플랜트 - 새로운 과제명: 공기 분리 및 수소 액화 통합 플랜트 - Output 3가지 ① 수소: 산업단지 부생가스 → 전처리 → PSA → 액화 질소로 예냉 ② 질소: 공기 → 액화 질소로 예냉 ③ 산소: 공기 → 액화 질소로 예냉 - 산업부 2016년 신규 과제로 부생가스 활용 과제가 추진됨. - 과제명에 수소를 강조하면 분야가 너무 협소하므로 부생가스 활용을 강조하는 것이 좋겠음. - 생산된 액체 수소 활용 시장이 있어야 함. - ASU와 수소가 통합된 플랜트 개발 사례는 외국에서도 없음. - 기자재 개발이 매우 중요함. - ASU 수요처 많으므로 경제성 확보 가능함. - 국내에서 수소 가스 생산은 가능하나 액화가 어려움. - 액화 수소 활용처 논리 보강 필요 - LNG 플랜트사업단 성과 활용한 후속 과제 논리 좋음. - 순산소연소, CO_2 저장에 큰 기여 가능함. - 통합 공정에 초점을 맞추어야 함. - 추진 방법 ① model 5: 1단계 산업부 > 국토부 → 2단계 산업부 기자재, 인증 < 국토부 실증 ② model 1: 1단계 산업부, 국토부 → 2단계 국토부

표 4-3-13. 9차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
과제별 특성 의견 교환	(4) 극한지 건설 플랜트 - 산업부: 기자재, 인증, 중견중소기업 중요 - 국토부: 극지 동토 적용, 현장 시험 검증, 공정, 이송망 - 국토부에서 해양은 고려 대상 아님. - 산업부에서 4,300억원 규모의 예비타당성검토에서 탈락된 플랜트 과제는 육상이 2/3, 해양이 1/3이었는데, 해양 플랜트의 가장 중요한 시장성 확보에서 실패했음. 육상과 해양이 통합 또는 육상 → 해양으로 확대하면 예비타당성검토를 통과할 수도 있었음. - 근해, 심해, receiving terminal, 모듈화 등을 연구할 수 있음. - 추진 방법 ① model 5: 1단계 산업부 > 국토부 → 2단계 산업부 기자재, 인증 < 국토부 실증 ② model 1: 1단계 산업부, 국토부 → 2단계 국토부
	(5) CO_2 활용 플랜트 - SK이노베이션에서는 polymer 생산 기술 관련 외부 회의 참석 불가 - 외국은 실용화 전단계까지 개발되어 있음. - 한국은 SK에서 PPC를 자체 개발했으나, 물성 경쟁력 확보에 실패해서, 중간 생성물체로 시장 확보 중임. - PC, PU 등은 소량 생산되며 고가임. - CO_2 발생량: 300만톤/년, 37% 줄여야 함. - CO_2 공급망 필요 - 국토부 관할 CO_2 source: 건설 소재, 도시 - CO_2 포집량 확보 필요 → CCS와 연계 → 산업 활용 - CO_2 활용: 소량, 다품종 → 효과 극대화 - 2,000 - 5,000톤/년 규모 - keyword: (대규모보다는) 고부가가치 + 해외 수출용 + 국토부 CO_2 source + 탄소세 - 국토부 명분 필요: 너무 산업부 특성이 강하면 안됨. EPC의 Construction 강조 필요함. - polymer: polycarbonate + polyurethane + 기타, 고가이며 좋은 사용처 있음. 보관하고 있다가 사용할 수 있음. 대량 처리 필요함. - 추진 방법 ① model 6: 1단계 산업부 → 2단계 산업부, 국토부 → 3단계 국토부 해외 수출용 플랜트

표 4-3-14. 전문가 방문 청취 자문 의견 주요 내용

구분	의견
자문위원별 의견	(1) 자문위원 A - 후보과제 검토 • 모든 과제에서 산업부의 역할이 필요한 것으로 추진 모델이 설정되었음. • 따라서 산업부의 협조가 필요하며 자료를 정리하여 산업부와 업무 협의가 필요함. - 산업부와 업무 협의를 위하여 준비 필요사항 • 시장 진입전략은 설정되었으나 시장의 크기, 시장의 위치 등에 대한 자료를 추가 정리할 필요가 있음. • 국토부에서 산업부에 요구하는 사항(협조 받고 싶은 사항)을 분명하게 정리해야 함 (공동 과제 추진, 국토부 단독 진행 동의 등) • 기술개발 완료시 예상 사업자 정보(수행 기업)가 필요함. • 협의자료는 주관연구기관(고등기술연구원)의 자료가 아닌 국토부(예, 국토교통과학기술진흥원) 자료 형식으로 작성되어야 함. - 향후 산업부 협의 추진 사항 • 상기와 같이 자료를 작성하여 산업통상자원 R&D 전략기획단에 송부 • 전략기획단에서 일단 플랜트를 총괄하는 부서에 자료를 보내고 Review • R&D 전략기획단에서 산업부 플랜트 총괄부서와 업무 회의 주선 • 공동관심 --> 공동 프로젝트 추진 또는 필요한 경우 산업부 기술 사용 동의 등으로 협의
	(2) 자문위원 B - 과제 우선순위 부여 방법 • 몇 가지 기준(지표)을 두고 전문가의 평가를 받는 것이 좋겠음. 지표로서는 상용화 가능성, 국내의 기반기술 역량 등 • 기획위원들이 본인(또는 소속기관) 제안 과제를 제외하고 상대평가를 하는 방안 • 전문가에 객관적인 외부 인원을 포함하는 방안을 고려할 수 있음. - 부처간 협력 방법 • 1단계는 산업부 결과를 활용하고, 2단계에서는 국토부에서 산업부 결과를 받아서 투자의 개념으로 진행하는 것이 바람직함. • 산업부와 공동으로 수행하기 위하여 예산을 혼합(mix)하는 것은 현실적으로 매우 어려움. • 국토부에서 전체 과제에 대한 예산을 산정하여 예타를 신청하고(즉 예산은 국토부에서 확보하고), 예타 신청 시에 산업부에서 필요한 개발 사항에 대한 예산을 명시하여 과제 진행 시에 일부(예, 20~30%)를 위탁을 주는 방안을 고려할 수 있으며 현실성이 있음 - 후보과제 검토 1, GTL • 현재 산업부 과제로 진행 중인 과제의 종료 후 평가 의견을 base로 하여 진행 방향 검토 필요 • KIST에서 진행 중인 GTL-FPSO와의 관련성(연관성/유사성/중복성 등)에 대한 검토를 진행하는 것이 바람직 - 후보과제 검토 2, 합성가스 플랜트 • 특정 end-user로 진행하면 일회성으로 마칠 우려가 있음. • 각 site 마다 변수가 있음. 따라서 사이트에서 필요로 하는 후단공정에 대한 모듈화를 진행하는 것이 바람직함. • 필요한 모듈을 적절히 개발하고, 각 사이트에 필요한 모듈을 제공하는 개념(예를 들어 4~5개 모듈을 개발하여, A 사이트에는 a 모듈과 b 모듈을, B 사이트에는 c 모듈과 d 모듈을, C 사이트에는 a, b, c 모듈을 제공 등)을 고려할 수 있음. • 현장에서 생산 제품을 사용할 수 있는 플랜트(생산 제품의 이동이 따르면 어려움 발생)로 고려되어야 함.

표 4-3-14. 전문가 방문 청취 자문 의견 주요 내용 (계속)

구분	의견
자문위원별 의견	(2) 자문위원 B (계속) - 후보과제 검토 3, 극저온 플랜트 • 통합 이유와 통합할 경우의 시너지(기술적보다는 시장 차원에서)가 무엇인지 명확화 필요 • 순산소와 수소 등의 사용처가 다를 수 있으므로 수소와 산소가 동시에 필요한 시장 검토 필요 - 후보과제 검토 4, 극한지 플랜트 • 시장성에 대한 검토 필요 • Player(실시 기업)에 대한 검토 필요 • 산업부에서는 극한지 자원개발 관련 지원 중 - 후보과제 검토 5, CO_2 활용 플랜트 • 저장(storage)에 대한 프로젝트를 국토부에서 8,000억원 규모로 예타를 신청하였고, 국토부 차관회의에서 재검토 의견 • 2010년 CCS 종합계획에 의하여 T/F 구성하여 올해 11월까지 산업부/미래부/환경부/국토부 차원에서 검토 중이며, 윤곽이 나오면 범부처 사업으로 진행할 예정임.

표 4-3-15. 10차 기획위원회 회의 주요 내용

<table>
<tr><th>구분</th><th>의견</th></tr>
<tr><td>기획진행
방향</td><td>
- 국토진흥원 의견:
① 사업단 예타, ② 300억원 이하 연구단 등 2 track 전략
- 예타 2년은 너무 길고 대규모 연구비도 부담되며, 산업부에서도 유사한 요청 예상됨.
- 300억원 이하 연구단 추진 가능성을 사전기획보고서에 추진전략 option으로 제공하는 방안을 고려할 필요성이 있음.
- 연구단 형태는 국토부 단독으로 진행할 것이 예상되므로 다부처 공동연구의 취지가 희석됨.
- 사업단으로 진행해야 다부처 공동연구가 가능함.
<table>
<tr><th>플랜트</th><th colspan="2">300억원 이하 연구단 추진 가능성</th></tr>
<tr><td>GTL</td><td>- 연구단으로는 일부 모듈만 구현 가능
- 사업단이면 전체 가능</td><td>규모에 따라 가능</td></tr>
<tr><td>합성가스</td><td>- 150억원 규모 상용급 50톤/일 폐기물, 바이오매스 합성가스 플랜트 가능</td><td>가능</td></tr>
<tr><td>ASU
수소액화
통합</td><td>- 규모의 경제로 상용급으로 해야 경제성 확보 가능
- ASU 규모는 줄일 수 있다.
- 200-250억원 규모로 먼저 시작 가능한가?</td><td>ASU 가능
수소액화 어려움</td></tr>
<tr><td>극한지</td><td>- 일부 연구 분야는 별도로 먼저 시작 가능</td><td>일부 가능</td></tr>
<tr><td>CO_2 활용</td><td>- network 구축을 연구단 규모로 가능한가?</td><td>어렵다.</td></tr>
</table>
- sustainable demo plant가 가능해야 하며, 운영비도 정부 연구비 지원이 아닌 자체 조달이 가능해야 함.
- 과제 우선수위 결정에는 어려움이 있음.
- 국토부가 산업부에 위탁으로 연구비를 제공하는 형태 : 국토부 입장에서는 가능함.
- 산업통상자원 R&D 전략기획단 주선으로 산업부에 협조 공문 송부 예정
- 국토부에서 산업부 협조 공문 송부 시 주요 사항: ① 부처별 역할 분담, ② 추진 전략, ③ 산업부에 요청 사항
- 국토부에서 산업부 협조 공문 송부 시 추가 사항: 시장 크기, 관심 기업
- 미래부 다부처공동기획사업 수요조사 신청(8/26)에 논의 내용 반영하고 구체화하여 5건 제출
- 3 track 진행 중
• 미래부 다부처공동기획사업 수요조사 신청 (8/26): KISTEP 평가하여 60~70% 탈락, 현재 에너지자원플랜트 분야 전혀 없음. 주로 생활밀착형 과제로 구성되어 있음. 미래부, KISTEP, 국과심에서 통과되면 예타 통과는 거의 확실해짐.
• 산업부 플랜트 총괄부서(창의혁신관련 부서) 협의 예정 (2015. 8)
• 국토부 플랜트 공동기획 가능 분야/과제 발굴 진행 중 (2014.12~2015.12), 상세기획 예정 (2016)
</td></tr>
</table>

표 4-3-15. 10차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
후보과제 별 특성 및 의견	(1) GTL - 산업부 지원으로 화학연에서 10년 연구, 200BPD 실증 목표, 50BPD 모듈 개발 - 산업부 지원 화학연 GTL 플랜트: 모듈형 0.2BPD - 산업부 지원 KIST GTL 플랜트: 개념 설계 20,000BPD, 대우조선해양 선박 설치 실험 compact GTL FPSO 0.01BPD - 화학연 2015. 10 완료, KIST 2016 완료되는 GTL 과제에 대한 에기평 평가 결과 검토 의도는 국토부와 산업부 진행 시점이 겹치는 것을 피하기 위함 - 산업부 연구비 최대 투입 30억원/년 가능, 에기평의 대부분 과제 연구비 20억원/년 이하, 총 500억원 규모 투입 불가 - 국토부에서 산업부에 위탁 형식이 가장 현실적
	(2) 합성가스 - 서부발전 태안 IGCC 300MW: 해외 기술 도입, 투자비 1조 3,500억원, 석탄 사용량 2,800톤/일, 20톤/일 가스화기 국산화 성공 - POSCO 광양 합성가스 플랜트 건설 중 - 중간 단계로 150톤/일 규모 가능 - 모듈화를 통해 다양한 대상에 따라 조합하여 사용 가능하므로, 범용화, 공통 사용, 정부과제 합리화 가능 - 수행 방법 구체화 필요
	(3) ASU 수소액화 통합 - ASU로부터 나오는 냉열을 활용하여 수소액화 가능하므로 에너지 절감으로 통합 시너지 효과 기대 - 현재로서는 액화 수소 수요처 찾기 어려움. - 로켓에 액화 수소 및 액화 산소 연료 필요, 향후 수소 사회 도래 시 수요처 발굴 가능 - ASU 경제성, 액화수소 미래 인프라를 강조 - 울산공단에서 부생 수소가 남음. 부생 수소 처리를 위해 액화시켜 수송하는 수요가 있으며 좋은 수요처임. - 통합의 의미가 어려우므로 쉬운 표현 필요
	(4) 극한지 - 자원 이송망, 오일샌드 모듈화 등 기존 국토부 과제에서 진행하지 않는 것 위주로 정리 - mid-stream, up-stream gas treatment 분야 제안 - 카르텔 기업 구성으로 사업 진출 어려움. - Supply chain상 펌프, 압축기, 매니폴드 등 경남지역 기자재 제작 중견기업이나 대기업 (한진중공업)에서 관심 많음. - 국내 기업의 EPC 수주는 한계가 있으며, 러시아, 캐나다 프로젝트에 하청으로 참여하는 기업은 있음. - 기자재 개발과 시험 인증은 연계 필요 - 모니터링, 데이터 처리, 인공위성 활용 등을 내용으로 하는 예타 신청 2회 모두 탈락 - 접근 가능 분야 • supply chain • 엔지니어링 • treatment • 시험 인증 • 현장 접근성 - 극한지 소재 재료 분야도 중요 - 본 사업은 블루오션 성격

표 4-3-15. 10차 기획위원회 회의 주요 내용 (계속)

구분	의견
후보과제 별 특성 및 의견	(5) CO_2 활용 - CO_2 활용 분야는 시장에 의해 움직이기 때문에 단발성이 많음. - CO_2 포집, 이송에 문제점 많다. CO_2 활용에 중점을 두어야 함. - CO_2 공급처로부터 수요처까지 network 구축 필요 • pipeline • 농업단지 생물학적 전환 • 건식 대량 소방 방재 - CCS 저장, 이송에 연계하여 활용 가능하므로 다부처 공동 사업 성격에 적합 - 환경부 CCS 역할은 규제, 제도, 정책 분야 - 기존 LNG 공급망과 연결, 병행 처리 가능 - 산업부 추진: 삼천포 화력발전소 CO_2 포집하여 배관이나 선박으로 동해전으로 이송 - 별도의 배관망 건설은 비용 과다 우려되며, 기존 배관에서 분기하는 대안 고려 - POSCO에서 온실 파프리카 재배에 CO_2 활용 - 과제명이 network 구축이면, SOC 성격이 강하고 기술개발 성격이 부족하므로, polymer 생산이 제목에 포함되어야 함. polymer + network = 전체 실증 - 유럽, 미국에서는 폭발 위험 때문에 주민들의 반대로 CO_2 network 구축하지 않고 있음. - CO_2는 LNG, CNG보다 안전

제4절 최종 후보과제 타 부처 협의 및 우선순위 결정

1. 최종 후보과제 타 부처 협의

본 기획연구에서는 플랜트 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 위한 공동 기획 가능분야 및 과제를 발굴하고자 하였다. 이를 위하여 우선 상기에서 언급한 바와 같이 기획위원회를 구성하여 국토부의 안으로서 5개 후보과제(안)을 도출하였다. 다 부처 융복합연구를 위한 첫 단계로서 우선 현실적으로 협조가 가능한 부처로 산업부를 고려하였다.

산업부의 경우 플랜트 관련한 여러 기반기술 개발 과제를 진행하여 소규모 실험실 규모 또는 파일럿 규모의 플랜트에서 많은 성과를 확보하였다. 요소기술 또는 소규모 플랜트에서 세계적인 성과를 이룬 분야도 있으며 일부 연구진들의 능력도 선진국 또는 선진기업 연구진/기술진들을 능가하고 있다. 반면에 다양한 플랜트 분야의 연구개발을 지원하는 특성으로 인하여 특정 과제에 대규모 연구비를 투입하기가 어려운 실정이었으며, 따라서 상용화를 위하여 꼭 거쳐야 하지만 대규모 연구비 투입이 필요한 실증플랜트 단계로 진행하기에는 어려움이 있는 것이 현실이다.

이와 같은 현실을 고려할 때에 플랜트 분야 대형 과제를 진행함에 있어서 산업부에서는 기존성과를 최대한 활용하며 플랜트를 완성하기 위하여 추가로 필요한 또는 격상(scale-up)이 필요한 핵심기자재 개발 및 인증 등의 연구개발을 수행하고 국토부에서는 산업부의 기존성과를 활용하여 실증급/상용급 플랜트의 시스템 최적화 및 연계(integration) 기술 개발, 이를 통한 상용급 플랜트 디자인 패키지 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발 등의 연구개발을 수행하는 것이 국가적인 차원에서 기존 성과 활용의 극대화 및 시너지 효과 창출 등에 매우 적절하다고 판단하였다.

산업부의 경우 플랜트 관련 업무가 여러 부서에 산재되어 있는 점을 고려하여 우선 산업부에서 산업기술 R&D 정책 발굴, 산업기술 R&D 전략수립 및 기획, 산업기술 R&D 투자방향 및 전략적 예산 배분안 제시, 미래 먹거리 창출을 위한 대형 R&D 과제 발굴 등을 목적으로 설립된 '산업통상자원R&D전략기획단(이하 R&D전략기획단)'과 5개 후보과제(안)에 대한 검토 및 방향 설정 등을 위한 협의를 진행하였다. 국토부 측 입장에서는 본 기획연구 과제를 추진한 국토교통과학기술진흥원(이하 국토진흥원)과 본 기획연구 과제의 주관기관인 고등기술연구원(이하 고기원)의 책임자급 실무진들이 참석하였다. 산업부 측 입장에서는 R&D전략기획단의 에너지산업MD실과 신산업MD실 및 한국산업기술평가관리원 창의산업기술본부(이하 산기평)에서 참석하였다.

다음의 표 4-4-1에는 제1차 업무 회의에서 산업통상자원R&D전략기획단 입장에서 본 각 후보과제에 대한 1차 의견을 요약하여 나타내었는데, 산업부 입장에서 본다면 과제 1과 과제 3이 상대적으로 좋은(favorable) 과제라는 의견을 제시하였다. 표 4-4-2에는 R&D전략기획단과의 회의 내용 전체를 나타내었다.

표 4-4-1. 각 후보과제에 대한 산업통상자원R&D전략기획단 1차 의견

후보과제	산업통상자원R&D전략기획단 의견
모듈화 compact GTL 플랜트	- 산업부 입장에서 본다면 상대적으로 좋은(favorable) 과제로 보임
합성가스 상용화 플랜트	- 합성가스를 활용하는 여러 분야 중에서 SNG(합성천연가스)에 대해서는 부정적인 의견이 산업부 내에서 있으므로 고려가 필요함
수소 액화 극저온 플랜트	- 산업부 입장에서 본다면 상대적으로 좋은(favorable) 과제로 보임
극한지 건설 플랜트	- '극한지 자원개발용' 관련 과제가 예타에서 탈락한 사례가 있음. 다시 진행하려면 대책 마련이 필요한 점 등의 일부 어려움 있음
CO_2 활용 플랜트	- CO_2 이용 관련 현황 조사 결과 현재 저장을 못하므로 이용 분야를 검토하여야 하며, 국내에 70만톤/년 정도 소요가 있으며 95%가 용접 관련인데, 조선 분야 경기 불황 등으로 현재 수요가 줄어들고 있어 사용할 데가 없기에 걸림돌이 있음

표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동연구 방안 수립 업무회의 내용

<table>
<tr><th>구분</th><th>의견</th></tr>
<tr><td>참석기관</td><td>- 국토부 측 :
• 국토교통과학기술진흥원
• 고등기술연구원
- 산업부 측 :
• 산업통상자원R&D전략기획단 에너지산업MD팀
• 산업통상자원R&D전략기획단 신산업MD팀
• 한국산업기술평가관리원 창의산업기술본부</td></tr>
<tr><td>배경 설명</td><td>(국토부 측)
- 국토교통과학기술진흥원(이하 국토진흥원)에서 타 부처(산업부)와 공동으로 추진 가능한 범부처 플랜트 R&D 사업 기획 중</td></tr>
<tr><td>기획 진행 내용 설명</td><td>(국토부 측)
- 국토진흥원의 기획과제 진행 배경, 추진경과 및 기획 결과물로서 국토부의 안으로 선정한 5개 후보과제(안) 설명
<table>
<tr><th>과제 번호</th><th>주제 (과제명)
예산 (백만원)</th><th>선정 근거
개발 기간 (년)</th></tr>
<tr><td>1</td><td>모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)</td><td>- 충분한 국내 기반기술 축적
- 소형천연가스전 대상 기술은 선진국도 개발 중인 기술로서 선진국과 동등 이상 기술 수준 확보 가능
- 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능</td></tr>
<tr><td></td><td>합계 : 75,000
(정부 : 55,000, 민간 : 20,000)</td><td>5년</td></tr>
<tr><td>2</td><td>합성가스 고부가가치화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트)</td><td>- 국내시장 잠식 분야 (SNG/IGCC 등)
- 합성가스 활용성 높음
- 충분한 국내 기반 기술 축적</td></tr>
<tr><td></td><td>합계 : 100,000
(정부 : 65,000, 민간 : 35,000)</td><td>5년
(단일 단계 5년 또는 3년 + 2년)</td></tr>
<tr><td>3</td><td>수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)</td><td>- 즉시 독자 운영이 가능한 수요기반 상용화 플랜트
- 국토부 LNG 사업단 성과 연계 및 활용 가능
- 미래 수소 경제 대비 인프라 구축 가능</td></tr>
<tr><td></td><td>합계 : 200,000
(정부 : 100,000, 민간 : 100,000)</td><td>5년</td></tr>
<tr><td>4</td><td>극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)</td><td>- 미개척 극한지 석유&가스 개발 시장 확대 흐름
- 시장 진입시기 고려 EPC 기술역량 강화 필요
- 선행 기획, 이송망 설계/시공 연구개발 연계하여 시너지 제고</td></tr>
<tr><td></td><td>합계 : 120,000
(정부 : 80,000, 민간 : 40,000)</td><td>7년</td></tr>
<tr><td>5</td><td>CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)</td><td>- 지구온난화에 따른 온실가스 감축
- 국내의 온실가스 감축목표 설정</td></tr>
<tr><td></td><td>합계 : 150,000
(정부 : 130,000, 민간 : 20,000)</td><td>7년
(단일단계 7년 또는 4년 + 3년)</td></tr>
</table>
(국토부 측) 배경 보충 설명
- 미래부에서 플랜트 분야에 대한 부처 간의 연계 협력에 대한 요구가 있었음.
- ‘플랜트 R&D 협의회’를 만들어 공동협력분야 등 기본적인 논의를 해왔음.
- 미래부의 ‘공동으로 추진할 수 있는 방안 설정이 바람직함’이라는 의견에 따라 공동으로 추진 가능한 과제를 발굴하고자 국토부에서 기획과제를 진행함(기획과제 수행 기관 고등기술연구원, 수행책임자 윤용승박사).
- 산업부에서는 플랜트에 대한 원천기술, 설계 엔지니어링, 장치/기자재 등 담당, 국토부에서는 시스템 integration, 실증, 상용화 플랜트 등 담당으로 크게 역할 분담은 되어 있는 상황임.</td></tr>
</table>

표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동연구 방안 수립 업무회의 내용(계속)

구분	의견
과제의 특성에 대한 질의 응답 및 의견	(산업부 측: 질의) - 5개 과제 중에 산업부 역할은 거의 끝나서 기술이전만 하면 되는 과제와 산업부도 공동 역할을 할 수 있는 과제로 구분하여 주길 바람. (국토부 측: 답변) - 과제 1(GTL)과 과제 2(합성가스)는 산업부 역할이 어느 정도 이상 진행된 과제이며, 과제 3(극저온), 과제 4(극한지), 과제 5(CO_2)는 1단계에서 병행 진행 후 3년 정도 지난 2단계에서 묶어서 진행되어야 하는 과제임. (산업부 측: 산업부 분위기 설명 및 의견) - 극한지(과제 4) 관련 : '극한지 자원개발용' 관련 과제가 예타에서 탈락한 사례가 있음. 다시 진행하려면 대책 마련이 필요한 점 등의 일부 어려움 있음. - 합성가스(과제 2) 관련 : 합성가스를 활용하는 여러 분야 중에서 SNG(합성천연가스)에 대해서는 부정적인 의견이 산업부 내에서 있으므로 고려가 필요함. - CO_2 활용(과제 5) 관련 : CO_2 이용 관련 현황 조사 결과 현재 저장을 못하므로 이용 분야를 검토하여야 하며, 국내에 70만톤/년 정도 소요가 있으며 95%가 용접 관련인데, 조선 분야 경기 불황 등으로 현재 수요가 줄어들고 있어 사용할 데가 없기에 걸림돌이 있음. - 산업부 입장에서 본다면 과제 1과 과제 3이 상대적으로 좋은(favorable) 과제로 보임.
산업부 측 의견 및 질의 응답 (1)	(산업부 측: 질의) - 큰 틀에서 국토부와 산업부가 상기 설명(최광호PD 설명)에 대하여 역할분담에 대한 합의가 되었는가? (국토부 측: 답변) - 기존의 플랜트협의회에서 논의가 되었음. (산업부 측: 의견) - 산업부가 전체를 안하는 것이 아니라 예산의 한계로 기자재 단계만 진행할 수 있는 상황임. 따라서 현재의 역할 분담이 rigid해 보이지는 않고 의문점 있음. (산업부 측: 질의) - 국토부 예산으로 산업부가 협조한다는 의미는? 국토부 예산을 산업부에 할당하는 것이 현실적으로 불가능하지 않은가? (국토부 측: 답변) - 산업부에서 국토부의 위탁의 개념으로 진행하는 것은 가능하다고 알고 있음(에기평에 확인한 사항임). - 방법을 찾아야 하는데, 국토부에 타사례가 있으므로 불가능하지는 않을 것임. - 예산을 섞는 것은 관리의 문제가 있어서 현재 사업 관리기관들의 예산 관리측면상 불가능하다고 이번 기획과제의 기획회의와 자문회의에서 내린 결론임. (산업부 측: 의견) - 산업부 성과를 사용할 경우, 소유권이 기업체에 있는데 이를 가져 올 방법을 모색해야 함. - 62개 과제에서 5개로 필터링하는 과정에서 산업부는 전혀 관여하지 않은 상태에서 (공동으로 기획을 한 것이 아닌 상태에서) 상당히 많이 진행되었는데, 산업부 입장에서는 'best of best'는 아니라고 판단함.

표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동연구 방안 수립 업무회의 내용(계속)

구분	의견
산업부 측 의견 및 질의 응답 (1) 계속	(산업부 측: 의견) - 국토부 입장에서 관심이 있는 플랜트 분야를 정리, 제시한 것으로 볼 수 있음(국토부 측 동의). - 산업부 입장에서는, 관심이 없다면 '관심 없음'이라고 입장 정리, 관심이 있다면 '어떤 식으로 협력할 것인가?' 라는 입장으로 정리하는 것이 좋겠음(예를 들어 과제 1의 경우 협조한다면 기술을 이전하도록 협조하는 방안 등). - 5개 산업부에서 관심이 있는 과제가 있으면 앞으로 공동기획을 하면 됨. (국토부 측: 설명) - 올해 초에 산기평 플랜트분야 PD에게 일차 설명을 드린 바 있음. - 산업부에서는 담수화 관련 및 다른 과제 하나를 제안한 적이 있음. (국토부 측: 설명) - 산업부에서 관심이 있는 분야가 결정되면 국토부 기획사업 예산으로 기획사업 아이템을 선정하여 예타로 가기 위한 사전 기획을 거칠 것임. - 5개를 모두 하는 것이 아니라 우선순위를 결정할 예정임. (국토부 측: 설명) - 초기에 하나를 선정하려고 계획을 하였는데, 하나로 선정하여 산업부에서 관심이 없으면 곤란하므로 다수 개를 선정하여 좁혀가는 것이 좋겠다는 의견에 의하여 현재 5개를 제시함. - 산업부에서 호응을 하는 과제는 예타 통과 가능성이 높아질 것으로 예상함.
산업부 측 중간 의견 정리	(산업부 측: 의견) - 기재부 입장에서는 중복성 우려를 하며, 산업부가 입장을 명확히 해주면 문제가 없게 될 수 있음. - 과제 2, 4, 5의 경우 선해결하여야 할 사항이 있음. - 과제 1과 과제 3의 경우, 현재로서는 걸림돌이 될 만한 점이 없어 보임.
산업부 측 의견 및 질의 응답 (2)	(산업부 측: 의견) - 5개 중에서 산업부가 관심을 가지는 과제가 무엇인지 입장 정리하여 주면 됨. (산업부 측: 질의) - 과제 1 또는 과제 3을 같이 해보자고 한다면 다음 단계는 무엇인가? (국토부 측: 의견) - 산업부 관심 과제에 대하여 우선순위를 높여서 진행하고자 함. (산업부 측: 질의) - '산업부에서는 이의 없음, 국토부 입장으로 진행하길 바람'이라는 답변을 준다면 향후는? (국토부 측: 답변) - 그것도 일종의 부처간 협조라고 볼 수 있음. 서로 간에 협력이 되고 장벽이 없음을 미래부/기재부에 설명하면 되고, 실질적으로 예산을 어떻게 배분할지 등의 문제에 대해서는 가장 좋은 방법을 찾아야 함.

표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동연구 방안 수립 업무회의 내용(계속)

구분	의견
과제의 특성 및 진행 방향에 대한 상호 토론	(산업부 측: 질의) - 산업부에서 유사한 과제가 진행된 적이 없는가? (산업부 측: 답변) - 과제 4를 제외하고 4개 과제는 소형과제들이 진행되었음. (국토부 측: 답변) - 국토부에서는 기존에 했던 것을 다시 할 생각이 있는 것이 아니고, 기존에 했던 것을 잘 모아서 integration하여 실증하고 해외에 진출하는 것이 목적임. (산업부 측: 의견) - 확실히 눈에 띄는('이거다'라고 선택할 수 있는) 과제가 없음. 해외 진출이라면 입장이 좀 다르다고 볼 수 있지만, 'global market에서 경쟁 가능한가?' 등의 관점에서는 예타 통과가 만만하지 않다고 판단됨. 시장성/경제성 등에 대한 확신이 필요함. 산업부 입장에서는 '국토부에서 잘 알아서 하고 산업부 입장에서는 문제없음(O.K.)' 정도로 입장을 정리하는 결과가 될 수 있음. (국토부 측: 의견) - '산업부 입장에서는 문제없음' 정도라도 최소한이 되어야 함. 산업부가 한 과제에 큰 예산을 지원할 수 없는 상태에서 국내에서 플랜트를 실증할 수 있는 기회가 없고, 향후 방향을 명확하게 할 수가 없음. (산업부 측: 의견) - 산업부에서는 대형과제를 진행할 예산 여력이 없으며, 국토부에서 관심이 있는 대형과제 5개를 제시하였음. 산업부 시각이 포함되어 있지 않으므로 좋은 과제인가 하는 시각을 가질 수 있음. 그러나 5개 중에서 'global 시장에서 점유가 가능한가?' 라는 질문에 대해서는 확실하게 대답을 못하더라도, 기획을 7~8개월 진행하였으므로 이 과제가 될 수 있다 정도의 설명은 현재에도 가능하지 않은가? (국토부 측: 답변) - 보다 상세한 내용에 대해서는 국토부에서 예산을 사용하여 상세기획을 하여 상세기획보고서를 작성할 예정임. (산업부 측: 의견) - 참여하겠다는 대기업이 있는지 여부가 중요함. 대기업에서 관심을 가지고 '시장이 보이므로 해외에 나가겠다.'라고 하면 문제가 없음. 대기업과 중소중견기업이 함께 참여할 수 있으면 더욱 좋음. (국토부 측: 의견) - 국토부에서는 대형 사업(해수담수화, LNG) 마무리 단계이며, 새로운 사업단 규모 사업을 마련할 필요성이 있음. 이왕이면 다부처 사업으로 추진하면 더 좋겠고 미래부/기재부의 동의/호응을 얻기에도 유리한 조건으로 보고 있음. (산업부 측: 질의) - 각 과제에 대한 챔피언(사업 관심 기업, player)이 있는 것인지? (국토부 측: 답변) - 기획의 전제 조건으로서, 새로 출발하는 과제는 배제하고 기존에 기업체의 관심, 적은 규모라도 기반기술 확보 등이 있는 분야에 대하여 선정하였음. 하나 이상의 관심 기업은 당연히 있지만 투자 규모 등은 상세기획에서 결정될 것임.

표 4-4-2. 산업통상자원R&D전략기획단과의 다 부처 공동연구 방안 수립 업무회의 내용(계속)

구분	의견
과제의 특성 및 진행 방향에 대한 상호 토론 (계속)	(산업부 측: 의견) - 정부 R&D 자금은 마중물임. 플랜트의 경우, 엔지니어링회사/건설회사 등에서 예산의 수십% 이상을 내겠다는 적극성을 가지면 설득력이 있을 것으로 판단함. (국토부 측: 의견) - 상세기획단계에서 세부적으로 반영될 것임. 현재 국내 관심 대기업들이 일부 있지만, 특정 대기업을 위한 기획으로 오해될 소지를 없애기 위해서 대기업의 구체적 사업항목에서 출발하지는 않았음. (산업부 측: 의견) - 기존 국내에서 기술개발한 것과 차별성이 크지 않아 보임. (국토부 측: 답변) - 지금까지 국내에서 기술개발한 대부분은 연구설비들로서, 해외 수출 수준이 되기 위해서는 가격, 기술 신뢰도, 유지보수 편이성 등이 감안된 상당한 추가 기술개발과 튜닝이 요구됨.
연구 내용의 결과물 (원천기술 및 FEED)에 대한 의견 교환	(산업부 측: 의견) - 산업부에서는 FEED를 해야 한다는 의견이 있음. 이 과제들 내용에 FEED가 포함되지 않은 것으로 보임. ㈜ FEED: Front End Engineering Design (국토부 측: 답변) - FEED가 중요하며 포함되어 있음. - 본 선정 과제에서는 완전하지는 않지만 제안과제별로 국내에 80% 정도 FEED 능력을 가지고 있다고 판단하고 있음. (산업부 측: 질의) - 외국에서 인정이 되는 FEED인가? (국토부 측: 답변) - 외국에서 인정을 안 하니까 실증을 해서 완벽하게 만들어서 해외 시장에 나가겠다는 의미임. 국토부 해수담수화사업단에서 수행한 부산 기장에 있는 해외담수화 플랜트를 동일한 모델로 보면 될 것임. 핵심되는 것은 국내 기술로 만들었음.(국토부 측: 답변, 계속) - 원천기술이라 함은 외국사가 가지고 있는 경우에는 라이선스가 될 것이며, 라이선스(원천기술)를 가지고 있는 경우에는 건설회사에서는 FEED를 만들 수 있음. 그러나 실 규모로 실증해보지 않으면 해외로 나갈 수 없음. 사업을 위해서는 대비를 하여야 함. 국토부 LNG사업단의 경우 2개의 FEED 패키지를 가지고 있음. 하나는 개발 기술을 이용한 FEED 패키지이며, 다른 하나는 외국 라이선스를 이용한 FEED 패키지임.
산업부 측 중간 의견 정리	(산업부 측: 의견) - 이번에 제안된 5개에 대하여 과제 1과 과제 3의 경우 신규성은 없지만 추진해볼 만한 과제라고 생각함. 규모가 매우 크므로 두 건에 대하여 보고를 드리고 협의하여 보겠음.

구분	의견
향후 진행 사항	(산업부 측 중심으로 정리) - 산업부에서는 국토부가 제안한 내용에 상응하는 새로운 안을 만들기에는 올해 일정상 가능하지가 않음. - 국토부에서 제안한 5개에 대하여 산업부의 입장을 정리하는 것이 좋겠음. - 다음과 같이 3가지를 정리하여야 함. • Player(관심 기업)와 시장이 분명히 있는가? 현재 언급된 것보다 더 상세해야 함. * (국토부 측 답변) 초안은 기술되어 있지만, 더 상세한 내용으로 보완하겠음. • 국토부에서 국토부 예산으로 하는데, 에기평으로 일부 예산을 할당하여 진행하는 프로세스가 가능한가? 여부를 확인하여야 함. * (국토부 측 답변) 국토부 측면에서도 혹시 문제가 있는지 파악하겠음. • 산업부 입장에서 보는 5개 과제에 대한 우선순위에 대한 입장을 정리하여야 함. - 상기 3가지를 합하여 전략기획단과 국토진흥원의 pre-meeting이 필요하며, 입장을 정리하여 산업부 창의산업과와 미팅(필요하다면 에기평 포함)을 진행하도록 하겠음. - 산업부에서는 창의산업과가 창구임. 기술별(플랜트별)로는 담당하는 과가 다를 수 있음.

2. 최종 후보과제 시장 현황 및 기술의 특성

산업통상자원R&D전략기획단과의 1차 회의의 내용인 표 4-4-2에 나타낸 바와 같이 R&D전략기획단에서 최종 5개 후보과제 각각에 대한 시장 현황, 관심 기업 및 Test-bed 규모 등에 대한 정보를 요청하였다. 이에 각각 5개 후보과제에 대하여 관련 내용을 요약하여 표 4-4-3에 나타내었으며, 표 4-4-4～표 4-4-8에 각 후보과제별 상세 내용을 나타내었다.

표 4-4-3. 최종 후보과제 주요 특성 요약

후보과제	주요 해외시장	Test-bed 예상 규모	응용(spin-off) 가능 분야
모듈화 compact GTL 플랜트	북미, 카타르, 러시아 등	- 합성가스 생산: 3,000 Nm^3/h - 합성석유 생산: 50 BPD	Oil-GTL 병합 FPSO 등
합성가스 상용화 플랜트	중국, 호주 인도네시아 등	- 가스화: 100～500톤/일급 - 합성가스 정제 및 화학원료 생산: 8,000～40,000 Nm^3/h	수십 MW 규모 분산전원 등
수소 액화 극저온 플랜트	전 세계	- 산소: 175 톤/일 - 질소: 500 톤/일 - 수소액화 : 5 톤/일	미래 수소시대 대비 (국가 차원 인프라 구축)
극한지 건설 플랜트	북미, 동유럽, 아시아 등	- Boosting 모듈설비: 1,200 BPD	오일샌드 모듈화 기술 등
CO_2 활용 플랜트	중국, 베트남, 동유럽 등	- CO_2 network: 30 km - 친환경 고분자 폴리카보네이트: 300톤/년 폴리우레탄: 300 톤/년	직접 활용 시장(소화방제 등), CCS 연계, 전환 기술 분야 등

표 4-4-4. 최종 후보과제 1 (모듈화 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성

과제명		가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 2014년에는 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 52조원 규모 (GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain) 자료 참조, GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장 합산)
	해외 시장	- 북미, 카타르 등 서남아시아, 러시아 및 극동지역 등 - 모듈형 GTL 공정: 중소규모 가스전(셰일가스, 동반가스, 한계가스 등) 개발 활용, 비전통가스 세계시장 규모: 939억 달러(2012년) - 합성유 활용: 세계 석유화학 제품 시장 : 1.8조 달러(2011년) - 모듈형 GTL 요소기술 및 반응기 제조 기술 활용: 열교환기 시장 규모 133억 달러(2011년)
	국내 시장	- 한국은 세계 4위 석유 수입국, 세계 2위 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가로서, 국내 석유제품은 나프타를 제외하면 휘발유, 경유의 수송연료로 주로 소비 - GTL 기술은 값싼 가스자원으로부터 휘발유, 경유의 수송연료를 합성할 수 있어, 국내 및 세계 연료시장에서 경쟁력 확보 가능
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 현대중공업, 현대오일뱅크, 삼성중공업, 한국알파라발(주), 포스코건설, 대림산업, 현대엔지니어링, 한국석유공사, 플랜트 엔지니어링 중소기업체, 플랜트 시설 및 장비 관련 중소기업체 등
	참여기업 분담금	- 2006~2012년에 한국석유공사, 한국가스공사, 대림산업, 현대엔지니어링이 산업부 GTL 사업에 50% 현금+현물 분담 - 현재 모듈형 GTL 사업에 현대중공업, 현대오일뱅크, 삼성중공업, 한국알파라발, 일솜 등이 산업부 과제에 50% 현금+현물 분담 - 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	현대중공업 또는 현대오일뱅크 부지
	예상 규모	- 합성가스 생산 : • NG 공급량 : 750 Nm^3/h • CO_2 공급량 : 300 Nm^3/h • 합성가스 생산량 : 3,000 Nm^3/h - Compact F-T 합성 : • 합성석유 생산량 : 50 BPD • CO_2 공급량 : 300 Nm^3/h • 컴팩트화 지수 : 0.025 m^3/BPD
본 기술의 응용 분야		- 국내 조선업체는 FPSO와 같은 고부가가치 선박 기술 보유 희망 - 모듈형 GTL 기술 개발을 통해 수반가스의 처리를 위한 소형 GTL을 탑재할 수 있는 Oil-GTL 병합 FPSO 건조 기술 조기 확보 가능
기타		- 현대중공업은 2011년 카타르 라스라판 지역에 14만 BPD 급의 GTL 플랜트를 완공하였으나, 핵심 라이센스 미보유 - 현재 산업부 과제로 파일럿 플랜트 수준 GTL 기술이 개발 예정이며, 이의 상용화를 위한 실증플랜트 개발 사업 필요

표 4-4-5. 최종 후보과제 2 (청정연료 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성

과제명		저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 플랜트 시장: 전 세계 60조원/년 이상 (50 GW_{th}_syngas/년 = ~ 60 GW_{th}_coal/년, 1 GW_{th}_coal 플랜트 건설 비용 1조원 이상) - 합성가스 시장 : 석유화학 기반의 대부분 연료/원료 대체생산 가능
	해외 시장	- 중국: 현재 기당 수조원 플랜트 7기 건설 중 - 인도/중동: 정유공장 부산물 활용 수조원/기 이상 플랜트 건설 중(인도 Jamnagar 프로젝트) 및 건설 예정(사우디아라비아) - 인도네시아: 저급자원(저급탄) 대량 보유국으로서 안정적 전기 생산 및 SNG 생산에 높은 관심 - 호주: 자국 내 저급자원(갈탄, 바이오매스) 사용하여 해외수출되는 LNG 대체용 자국 소비할 SNG 생산 관심
	국내 시장	- 여수 산업단지 등 석유화학단지 기존 원유기반 합성가스 대체 시장 - 삼성BP에서는 합성가스 구매 희망 (삼성BP, 한라산업개발, 이수건설, 한솔 등에서 합성가스 플랜트 건설 SPC 설립 협의 중) - 후속 IGCC 사업(전력수급기본계획 300 MW급 2기) - SK이노베이션 화학원료 생산 사업 구상 중(유가 상승 시)
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 서부발전, 남부발전, POSCO, SK이노베이션, 현대오일뱅크, 삼성BP, 한라산업개발, 이수건설, 석유화학단지 합성가스 사용사 - 국내 다수 건설사, 엔지니어링사, 에너지기업, 중공업 및 화력발전 자회사 - 촉매, 반응기/열교환기, 고온집진필터, 고온고압밸브 제작사 등 관련 다수 중소/중견기업
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	- 울산 산업단지 (삼성BP에서는 현재 중유로 생산 중인 합성가스를 대체할 수 있도록 합성가스를 판매한다면 구매하겠다는 의지가 있으며 인근의 부지) - 여수 산업단지, 구미 산업단지 등 합성가스 사용공정 인근 부지 - 대산 현대오일뱅크 부지
	예상 규모	- 가스화 공정 : 100~500톤/일급 (최종 수요처 조건에 따라 결정) - 합성가스 정제공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h - 화학원료 생산공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h - 합성가스 원료 생산공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h
본 기술의 응용 분야		- (1단계 해외수출 모델) 저급석탄 100~300톤/일급 합성가스 생산 가스엔진 적용 전기 생산 (분산전원 형태로 수십 MW규모 공급) - (1단계 국내 타겟시장) 저급석탄 100~500톤/일급 합성가스 생산 정제 후 화학/정유 수요처에 합성가스, 정제된 고순도 원료가스 공급 - 정유공장부산물(pet-coke, 아스팔트) 100~300톤/일급 합성가스 생산 석유화학공장 원료가스 및 전기/열 복합 생산 공급 - 합성가스 정제 이하의 하류 공정기술은 모든 저급자원 활용 합성가스 생산·활용 공정에 공통 사용가능 기술로서 폐기물, 바이오매스 등 합성가스 생산·활용 플랜트에 spin-off 활용 - 동남아 등 현지 플랜트 제작 어려운 지역 진출용 모듈화/컴팩트화 합성가스 생산/정제/활용 플랜트 모델
기타		- 원유/천연가스 기반 합성가스를 사용하는 석유화학제품을 저급자원 합성가스로 생산할 수 있으므로 석유/천연가스 가격 상승 시점에는 경제성 확보 더 용이 - 산업부 지원으로 파일럿급으로 수행된 다양한 합성가스 제조, 정제, 변환기술에 대한 국내 R&D 결과물을 실제 시장이 요구하는 플랜트규모(최소 50~100톤/일급 이상) 기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 동남아 시장 등 선점이 2020년 이전에 필요

표 4-4-6. 최종 후보과제 3 (수소 및 극저온 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성

과제명		공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 수소/산소/질소 등 산업용 가스 세계시장 규모 : 380억달러(2011년)→ 584억 달러(2018년), GAGR(연평균성장률) 6.3% (“Industrial Gas Market”, Transparency Market Research, 2013) - 공기분리플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 150억달러/년(2020년) - 수소액화플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 180억달러/년(2020년)* * 전세계 수소 소비량 중 1.4%를 액화수소로 공급시 추정액
	해외 시장	- 산업용 가스의 시장 구조는 대부분 가스의 액화, 분리, 저장, 이송 및 유지보수를 같은 회사에서 관리하는 구조로 되어 있으며, 극저온 냉각 및 분별 증류 기술을 가지고 있는 회사가 주도하고 있음. Air Liquids, Air Products, Linde, Praxair 등 4개 사가 전세계 시장의 73%를 점유 - 순산소 연소, 산소부화연소, IGCC, GTL 등 대규모로 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 ASU 수요도 함께 증가할 것으로 예상됨. 2009 년 미국전력연구원(EPRI) 보고서에 의하면 2009 년 미국 전력산업의 산소 시장 점유율은 4 % 이내이나, 2040 년 약 60 %까지 증가할 것으로 예측된 바 있음 - 2010년 기준 세계 수소액화플랜트 총 규모는 335 ton/day 규모로 전체 수소가스 수요의 0.23% 수준. 향후 수송용 연료로서 액화수소의 활용이 활성화 될 경우 액화수소플랜트의 수요의 급격한 증가 예상
	국내 시장	- 국내 산업용 가스 시장 규모 : 13.8억 달러 - 국내 산업용 가스시장은 대성산업가스 및 Air Liquide, Air Products, Linde, Praxair의 국내 법인이 독점. 산업용 액화가스 플랜트는 상기한 외국 선진기업을 통해 건설 - 2004년 대성산업가스에 의해 약 50 ton/day급의 ASU가 상용화된 바 있으나 핵심기술은 외국기업을 통해 도입됨. - 현재 국내에 상업용 액화수소 플랜트는 없음.
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 플랜트시스템: 대성산업가스(산업용가스 공급사), 정유 및 석유화학, 발전사(산업용가스 수요 및 공급사) - 플랜트기자재 : 동화엔텍, 대주기계, 한국터보, 뉴로스, 광신기계 등
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상되나, - 개발될 시스템 중 공기분리장치의 경우 즉시 상용화 가동 및 제품 판매가 가능하므로, 참여기업의 보다 적극적인 분담 예상됨
Test bed 설치	예상 부지	- 플랜트 공급사 또는 수요사 부지
	예상 규모	- ASU 공정 : 산소 175 톤/일과 질소 500 톤/일 생산 규모 - 수소액화 공정 : 5 톤/일 생산 규모 * 상기 규모는 실제 상용 플랜트의 용량 이상으로, 연구비 규모를 고려하여 생산규모를 50% 이상 하향 조정하여도 즉시 상용화 가능
본 기술의 응용 분야		- 에너지 효율이 높은 공기분리장치 및 수소액화 통합 공정개발(세계최초)로 산업용 가스액화플랜트 시장진출 및 선도 - 인공위성 및 달탐사 등의 국내 우주개발사업을 위한 로켓연료로 액체산소 및 액체수소 활용
기타		- 미래 수소시대를 대비하기 위한 국가 차원의 인프라 구축 필요 - 국토부의 LNG 플랜트 사업단의 극저온 설계기술 성과 및 산업부의 플랜트 기자재 개발 성과와의 연계 활용을 통하여 기술개발 성공 가능성 및 상용화 가능성 증대

표 4-4-7. 최종 후보과제 4 (극한지 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성

과제명		극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 북미/동유럽/아시아 동토지역 국제 이송망 (스테이션 포함): 477조 규모 (2013, Pipeline & Gas Journal) - 미국은 2008년 Trans-Alaska에 파이프라인 건설 프로젝트 착수하여 2016년 착공을 목표로 중소형 프로젝트를 수행 중 (건설예산 280억 달러 이상의 Alaska Natural Gas Transportation Project) - Infield 사는 향후 5년간(2012~2016년) 설치될 해저 파이프라인과 컨트롤라인의 총 길이가 89,000 ㎞에 달할 것이라고 발표(Pipeline & Control Lines Market Report to 2016, Infield 2013))
	해외 시장	- 극한지 오일&가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표됨 - 미국 및 캐나다 등 북미시장, 러시아 시베리아 및 캄차카 지역시장, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등 미진출 지역이 많음 - 북극지역 개발을 위한 북극위원회 발족, 우리나라는 옵저버 자격 참여 - 극한지 및 극지역(남북극권)의 천연자원과 그린에너지 확보를 위한 미국, 캐나다, 노르웨이, 일본, 러시아 등의 전초기지 구축 및 투자 증대 - 가스프롬(러시아)-쉘(다국적)은 북극석유개발에 합의(2013)
	국내 시장	- 해당국가에서 오일·가스를 수입하는 가치사슬임 - 캐나다, 러시아 시장에 일부 기자재, 모듈, 소규모 설계 등 참여
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 건설사: 포스코건설(중앙아시아 진출계획), SK건설(캐나다 오일샌드 진행중), 현대건설, GS건설(캐나다 경험) 등 - 제작사: 현대중공업, 두산중공업, 한진중공업, 광신기계, 덕원이엔티, 나라콘트롤 등 - 엔지니어링사: 현대엔지니어링, 포스코엔지니어링, 성진이앤티 등
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담으로 참여 예상 - 오일샌드 모듈화기술의 경우에 광신기계, 덕원이앤티 등 중소기업 중심으로 평균 30% 내외 - 협업엔지니어링 현대건설의 경우에 50% 이상
Test bed 설치	예상 부지	- 국내 : 경기도 연천 KICT, 강원도 영월 KGS 실증단지를 활용 - 국외 : 1) 캐나다 : Alberta 주정부 관할 오일가스 개발 승인지역에서 현지 연구기관(C-FER, Calgary 대학 등)과 공동 2) 러시아 : 시베리아, 중앙아시아지역에서 가스프롬사 등과 공동
	예상 규모	- boosting 모듈설비 기준 : 1,200 bbl/day 급 파일럿 실증 - 공정유닛 및 핵심 기자재 : 사용조건 - 20℃ ~ - 60℃, 가용도 85% 이상
본 기술의 응용 분야		- 본 기술은 극한지 오일·가스 중·상류부분 설비를 대상으로 계획·설계·조달·자동화 시공·유지관리 등 전주기 응용이 가능 - 특히 조달부문에 있어서 국내 중견·중소기업의 우수한 품질확보가 가능한 제작·제조기술의 공급체인 활성화에 응용성이 큼 - 또한 동토나 극지의 오일·가스 개발을 위한 탐사지원을 위한 설비나 장비 개발에 응용성이 높음
기타		- 현재 오일샌드플랜트 모듈 중 Pipe&Rack 위주로 진출경험(구.성진지오텍)이 있으나, 핵심처리설비분야에는 공정원천기술, FEED, 극한성능조건, 시험인증 등의 기술장벽이 존재함 - 현재 국토부 중심으로 동토지역 자원이송망 설계 및 시공기술(2013 착수), 오일샌드 모듈화기술(2014 착수) 개발 등은 R&D 진행중

주) 극한지 : 동토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역
주) upstream : 오일·가스 탐사, 채굴을 중심으로 지중, 지상, 처리공정 설비를 포함(본 연구에서는 웰패드, 수집관 및 매니폴더 시스템, 처리공정 등 지상 플랜트 위주로 추진)
주) midstream : 오일·가스 파이프라인·스테이션 등을 중심으로 일부 처리 및 저장설비 등을 포함

표 4-4-8. 최종 후보과제 5 (CO_2 활용 플랜트) 시장 현황, 관심기업 및 기술 특성

과제명		포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- CO_2 포집/ 공급 플랜트 시장 규모: 세계: 15조/년, 국내: 5,000억/년) - 공급 Network 관련 산업 규모 : 전 세계 약 100조/년 이상 - 국내 폴리카보네이트 제조사 연간 생산규모 : 400 KT/년 (2010) - 전해질 첨가제 국내 시장 현황 : 약 9조(2013), 약 40조(2020) - CO_2 용접 등 기존 직접 활용 시장과 전환 제품 시장이 있음. - 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망 - 2011~2021 전기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높고, 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러, 2021년 5.10억 달러로 전망(따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러의 시장 창출 예상)
	해외 시장	- 중국 산업단지, 베트남, 동유럽 등
	국내 시장	- 국내 신규 공급망 구축 - 기존 이산화탄소 직접 사용하는 시장과 이산화탄소를 전환하여 부분적으로 제품화에 사용하는 시장 형성 - 직접 활용 시장: CO_2 용접, 식품포장, 드라이아이스, 비닐하우스
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 포집 공급: 제철사, 화력발전사 - 고분자: LG화학, OCI, SKI, 효성 등 화학대기업 - 기존시장: 식품 음료 회사, 가스 공급사 - 화재 진압: 방재 관련 회사, 정밀 전자회사 등 - 온실가스 사후 저감 기술 부재에 따른 기업 관심 높음. 특히 철강산업(고순도 이산화탄소 대량 발생원)에서 큰 관심 - 이산화탄소의 처리 및 석유화학 원료화에 따른 각 사업별 직간접 활용에 따른 온실가스 저감량 보상 등 인센티브 제도 필요
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	- 남부발전, 광양제철소와 비닐하우스단지, 여천산업단지를 연결(길이 30 km 내외)하는 지역 부지 : CO_2 network 구축을 통해 CO_2의 포집, 이송 등의 기술을 확립하고 이를 소화방재, 비닐하우스 공급. 이산화탄소를 전환하여 화학물질 제조에 활용할 수 있는 석유화학, 정밀화학 업체에 공급 - 이산화탄소를 직접 활용하는 사업체(드리이아이스, 용접, 자연 냉매, dry cleaning 등) 인근 부지
	예상 규모	- CO_2 network : 30 km - 친환경 고분자(폴리카보네이트/폴리우레탄/폴리켑톤) 생산 플랜트 : 각각 300 톤/년
본 기술의 응용 분야		- CO_2의 주요 시장인 중공업의 CO_2용접, 식품 포장, 비닐하우스, 소화방제 등 직접 활용 시장 - 국내 추진할 CCS 프로젝트와 연계: CCS 주요 기술인 이산화탄소의 압축, 수송. 관리 등 공통기술의 연계 활용 - 확보된 실증 데이터를 기반으로 국가 온실가스 관리 시스템 운영에 대한 전반적인 기술 필요분야 - 기존 이산화탄소 활용 기술에 연계한 전환기술 분야: (예) 건식 개질을 통해 CO 또는 합성 가스 제조 기술을 확보하면 이들을 사용하는 기존 화학제품 제조 기술에 연결하여 석유화학 기반 기술 전반에 대한 기술 확대 가능
기타		- CO_2 용접, 식품 포장, 비닐하우스, 소화방제 등 시장 관련 중소기업이 수혜 기업으로 예상

3. 후보과제 우선순위

상기에 나타낸 표 4-4-4~표 4-4-8의 자료 제출 후 산업통상자원R&D전략기획단과의 2차 업무 협의를 진행하였다. 산업통상자원R&D전략기획단의 주요 의견은 다음과 같다.

○ 각 과제들은 예비타당성을 신청하여야 할 규모의 과제임. 따라서 공동추진을 진행할 경우, 예타 내에서 산업부 역할과 국토부 역할을 구분하고 예산을 따로 받아서 공동추진을 하는 것이 바람직함.
○ 플랜트 엔지니어링에 대해서는 산업부(창의산업국)에서 계속 역할을 담당하는 것이 바람직함.
○ GTL 과제(과제번호 1)와 ASU&H_2(과제번호 3) 과제는 산업부 입장에서는 적합하다고 판단함.
○ 합성가스 과제, 극한지 과제 및 CO_2 활용 과제는 향후 전망에 불투명한 부분이 있거나 너무 장기적인 관점의 기술개발이 필요하다고 판단됨.
○ GTL 과제와 ASU&H_2 과제에 대해서는 산업부 입장을 정리하고자 함.

상기와 같이 산업통상자원R&D전략기획단의 입장을 정리하였으며, 우선순위에 대한 정보를 확보하였다. 또한 본 기획과제에 참여한 5명의 자문위원들의 우선순위에 대한 자문의견을 확보하였다. 이와 같은 배경을 바탕으로 하여 산업부와 공동 기획 가능의 측면에서 바라 본 우선순위를 상・중・하로 그룹화하여 표 4-4-9에 나타내었다.

표 4-4-9. 최종 후보과제 다부처 공동기획

No.	후보과제	R&D 전략기획단 순위 의견	자문위원 순위 의견[1)]	다부처 공동기획 순위 종합 의견
1	모듈화 compact GTL 플랜트	1	1	상
2	합성가스 상용화 플랜트	4	3	중
3	수소 액화 극저온 플랜트	2	3	상
4	극한지 건설 플랜트	5	5	하
5	CO_2 활용 플랜트	3	2	중

주 1) 5인 자문위원 우선순위 점수 합산(1위 5점, 2위 4점, 3위 3점, 4위 2점, 5위 1점)

제5장 신규 다 부처 공동 추진 연구과제 사전 기획

제1절 가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화

1. 사업의 목적

세계 화학산업 변화 대응을 위한 중소규모 가스자원 활용 Compact GTL 통합공정 실증화

2. 사업의 필요성

○ 대형 가스전은 이미 세계 메이저 회사에 선점되어 LNG, PNG, 대형 GTL 등으로 활용되고 있으나, 중소규모 가스전 (< 1 TCF)은 전체 가스자원의 60% 이상을 차지 하지만 개발기술과 경제성 문제로 인해 상당부분 미개발 상태로 놓여있음

○ 석유 채취/정제과정에서 발생하는 동반가스의 flaring 금지 규제가 세계적으로 확대되고 있는 추세임

○ 한계가스전 등의 중소규모 가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원 (바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요

○ 지금까지 상용화에 가까운 바이오연료 생산기술은 주로 생물학적 공정에 기반을 둔 알콜류 제조에 집중되어 있으나 향후 바이오 화학산업의 발전방향 및 기존 석유화학 infrastructure와의 연계방향을 감안할 때 열화학공정을 기반으로 하는 바이오연료 제조기술 개발이 동시에 수행되어야 경제성 확보가 가능함

○ GTL 기술은 가스자원을 저장/수송이 용이한 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에, 기술선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황임

○ Velocys와 CompactGTL사에서 실증규모에서 기술이 개발 중이나 이들 회사의 기술이전 정책은 가스전 보유국과 합작회사를 만드는 방법을 채택하거나 막대한 기술료 요구 또는 사용권 제약이 있기 때문에 국내에서 자체기술 확보가 필요함

○ Compact GTL 기술개발에 연관된 업체로는 자원개발사의 공기업, 엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업체와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사 등과 같은 중소기업이 있으며, 기술개발 및 상업화를 통해 동반성장기회를 제공함

○ 소형 compact GTL 기술 확보시 동남아 지역 등 바이오가스 생산이 용이한 지역에 특화된 플랜트 수출산업으로 경쟁력 확보 가능

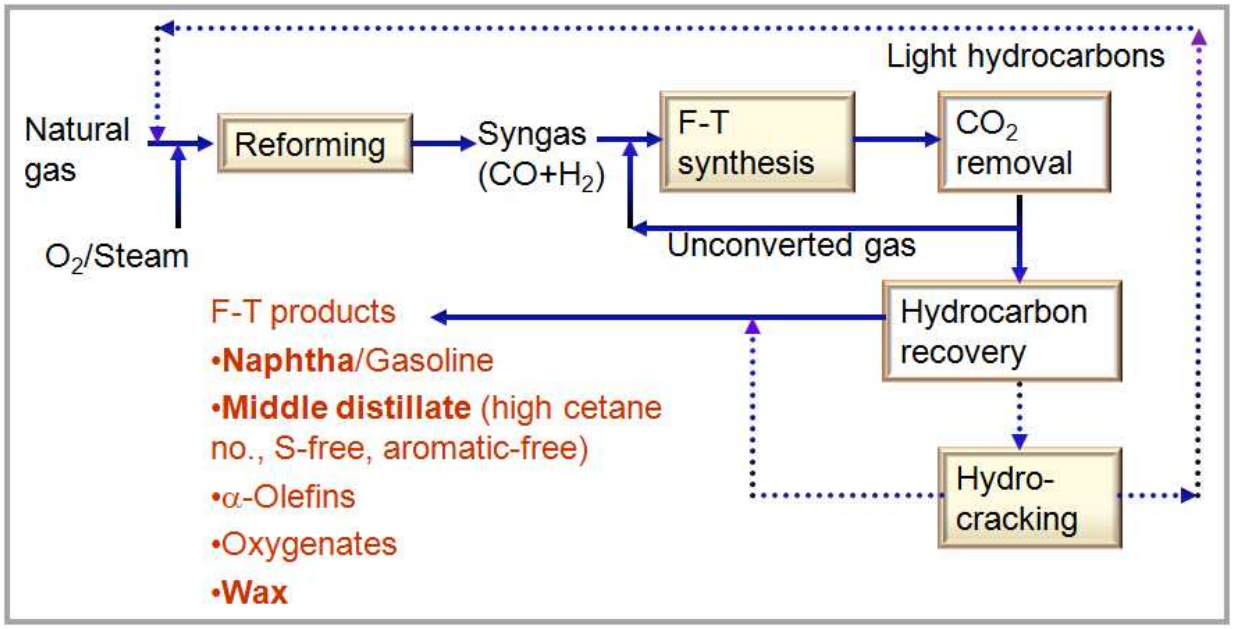


그림 5-1-1. GTL 프로세스 개념도

3. 사업의 내용

1) Compact GTL 반응기용 고성능 촉매

○ Compact 리포밍 및 피셔-트롭시 반응기용 촉매 성능개선 및 촉매 대량 제조 기술 개발

2) Compact 피셔-트롭시 합성반응시스템

○ 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 상용반응기 대비 20 배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 (C5+ 생산량 기준 0.025m^3/BPD 이하 Compact FT 반응기) 개발

3) 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발

○ 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화

○ 공정모사를 통한 반응기/공정해석

○ 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증플랜트 경제성 평가 기술 개발

○ 200 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계

4) 바이오가스 사용 소형 모듈화된 compact GTL 공정기술 개발 및 실증

○ 기존 국내기술 규모인 1 배럴/일급 공정기술을 모듈화한 comapct 공정기술 개발과 국내 실증

4. 다 부처 공동기획사업의 필요성

○ 다 부처 연구사업 추진을 통한 해외 중소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약

○ 현재 파일럿 플랜트 수준의 기술은 확보하였으나, 중소규모 가스자원 확보 미흡

○ 국토교통부, 산업통상자원부 및 미래창조과학부의 전문기능을 이용하여 해외 중소규모 가

스전을 확보 및 국내 소규모 가스자원 개발과 함께 고효율 플랜트 상용기술 개발

5. 이전사업 검토

표 5-1-1. GTL 이전 연구개발 내용

과제명	수행기간	연구내용
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발	'06.08~ '12.07	대형 GTL 또는 이산화탄소가 포함된 가스전에 적용하기 위한 기포상 반응기 및 FT 촉매 개발
천연가스로부터 FT 합성용 합성가스의 제조 기술 개발	'06.08~ '12.07	튜브형 리포머에서 천연가스를 물과 이산화탄소를 함께 반응시켜 합성가스 제조
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	'10.06~ '15.05	0.2배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발
GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반 기술 개발	'11.07~ '16.06	해상 자원활용 기술을 GTL로 한정짓고, 전적으로 GTL만을 위한 FPSO 상용화를 위한 기반기술 개발

6. 사업수요 및 투자 현황 분석

○ "GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)" 자료 참조하여 아래의 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산

표 5-1-2. Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024 ($m, AGR %, CAGR%, Cumulative)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CAPEX ($m)	2,739	2,647	4,963	7,387	11,668	15,783	19,783	20,647	23,372	19,773	18,405	18,405
AGR (%)		-3.3	87.5	48.8	57.9	35.3	25.3	4.4	13.2	-15.4	-6.9	0.0
CAGR (%) 2014-2019		49.5					2019 -2024	-1.4				
CAGR (%) 2014-2024		21.4										

표 5-1-3. Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024 (bpd, AGR %, CAGR %)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
bpd	151,140	165,460	175,558	185,656	195,754	210,889	282,591	404,156	550,240	701,446	812,837	919,855
AGR (%)		9.5	6.1	5.8	5.4	7.7	34.0	43.0	36.1	27.5	15.9	13.2
CAGR (%) 2014-19		11.3					2019 -2024	26.6				
CAGR (%) 2014-24		18.7										

표 5-1-4. GTL 세계시장규모 합산 (단위 : 억원)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GTL Capex	27,388	26,473	49,630	73,873	116,676	157,828	197,827	206,468	233,719	197,732	184,048	184,048
GTL Liquids	55,166	60,393	64,079	67,764	71,450	76,974	103,146	147,517	200,838	256,028	296,686	335,747
Sum	82,554	86,866	113,709	141,637	188,126	234,802	300,973	353,985	434,557	453,760	480,734	519,795

○ GTL 산업은 소수의 기술 보유사가 관련 사업을 독점 중. 국내 업체들은 기술 라이센싱 불가능

○ 바이오가스, 셰일가스, 한계가스 등의 개발에 적용하는 GTL 기술이 많은 관심을 받고 있음. 가스 자원의 개발 및 향후 GTL의 시장은 매우 커질 것으로 예상

○ 가스자원의 전환 플랜트 기술개발에 대한 정부차원의 대폭적인 지원이 필요함

7. 기술동향

1) 국내

○ 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있으며, 이를 기반으로 100 BPD급 실증플랜트 라이선스 패키지를 완성함.

○ 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2BPD급 Compact GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나(리포밍 반응 + FT 반응), 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함

2) 국외

○ 중소규모 가스전 자원활용을 위한 Compact GTL 업체는 Velocys (Oxford Catalyst group, 미국)사와 CompactGTL (영국)사가 있음

○ CompactGTL사는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 유지/보수가 쉽고 수 cm의 채널 사이즈를 갖음. Velocys는 파우더 형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용하여 열교환 효율을 극대화시킴

○ Velocys는 6 BPD급에서, CGTL은 20 BPD급에서 demonstration 운전을 마친 상태임.

○ Velocys는 미국에서 CGTL은 카자흐스탄에서 GTL project를 진행 중

8. 기술역량

1) 국내

○ 전체적인 가스화학의 기술 수준은 선진국에 비해 국내기술은 많이 뒤쳐져 있음. 가스화학은 원료중심산업으로 입지적 요인에 의해 많은 영향을 받음. 지금까지 국내 석유화학산업은 원료의 수송이 편한 납사원료기반 석유화학제품 생산 중심이었음

○ 현대엔지니어링은 투르크메니스탄에서 39억 달러 규모의 GTL 플랜트 EPC를 수주함
○ 국내사 미국회사 기술 사용한 미국 내 사업 추진 중임
○ 국내 플랜트 기술의 고도화를 위하여 국내 자체 라이센스에 의한 플랜트 실증 경험이 요구됨

2) 국외
○ 2014년까지 운영 중인 GTL 상용공정은 4개이며, 2018년까지 7개로 늘어날 전망임
○ 대부분 GTL 공정은 대규모의 가스전을 기반으로 상용화되었음
○ 이외에도 미국, 유럽, 일본, 호주 등에서 100 BPD 이상의 실증규모의 GTL 공정을 실증한 바 있음

9. 시장동향

1) 국내
○ 한국은 세계 4위의 석유 수입국이자, 세계 2위의 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지(PED, Primary Energy Demand)의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임
○ 국내에서는 가스자원을 이용하여 화학제품이나 연료 생산을 통해 내부수급이나 수출이 전혀 이루어져 있지 않으며, LNG 형태로 전량 수입되는 가스자원은 연료나 발전용으로 대부분 사용됨

2) 국외
○ GTL 기술은 전 세계적으로 대형은 상업화 전파 단계이고 중소형은 상업화 이전 단계로 2014년 현재 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 86,866억원 규모이며 2023년에는 480,734억원으로 성장할 전망, 연평균 성장률(CAGR) 12% 이상 급성장 (Visiongain, 2014)
○ 2010년 GTL연료 공급량은 7만 BPD 규모에서 2020년 33만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상되고 2040년에는 61만 BPD까지 증가할 것으로 예상됨
○ 원유를 제외하고 대체원료로부터 생성된 액체연료 (NGL, Biofuel, CTL, GTL, Kerogen, Refinery gain) 중에 공급 증가량은 2040년 까지 GTL이 7.6%로 가장 크게 나타남 (2014 International Energy Outlook, US DOE)
○ 세계시장규모의 증가세는 2010년에서 2020년 까지 5배의 지속적인 시장증가세를 보였으며, 2040년까지 최대 9배까지 성장할 전망임 (2014 International Energy Outlook, US DOE)
○ 세계적으로 산재해 있는 중소가스전이나 flaring 가스의 활용 비중이 늘어나면서 총 GTL 합성유 생산규모에서 비OPEC 국가의 시장 선도비율이 크게 늘어날 것으로 예상됨 (2014 International Energy Outlook, US DOE)

10. 시장규모

표 5-1-5. GTL 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모

연도	현재의 시장규모 (2015 년)	5년후 시장규모 (2020 년)	8년후 시장규모 (2023 년)
국내	-	10,620 억원	48,073 억원
국외	113,709 억원	353,985 억원	480,734 억원
산출 근거	- 프로젝트가 진행/완료되면서 생산되는 제품의 국내외 시장 규모 * 프로그램(분과) 전체 시장 규모 × oo% 로 시장 규모 예측 가능 - GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)를 참조하여 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산		

11. 파급효과

표 5-1-6. GTL 플랜트 과제 진행 시 파급 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
내용	- 화학공정분야 기술수출국으로 도약 가능	- 기존 공정의 생산비용을 절감시켜 공정의 혁신 유도	- 자주개발 원유의 확보로 에너지 자립국가 실현
근거	- 셰일가스와 화학산업의 대응방안('13)	- 저탄소 녹색성장을 위한 기술, 산업 및 노동('08)	- 새로운 유전을 만드는 GTL 기술('11)

제2절 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트

1. 사업의 목적

저급원료(중점: 석탄, 정유공장부산물; Spin-off: 폐기물, 바이오매스)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외) 및 합성연료(SNG, DME)로 생산하는 해외수출이 가능한 플랜트 기술 개발

2. 사업의 필요성

1) 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG), 고순도 CO의 화학원료 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기
   - ○ 국내 석탄사용 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG) 생산은 POSCO가 미국/독일/덴마크 기술로 건설완료, 2015/08 생산단계(민간자체 프로젝트로 약 1.5조원 투자)
   - ○ 국내 산업폐기물 사용 합성가스 제조 후 고순도 CO를 생산하여 벙커C유로부터 생산하는 CO 대체 플랜트 건설 추진 중 (유럽기술 기반 1,600억원 투자)

2) 타 부처 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요
   - ○ 합성가스 생산과 활용에 대한 국가지원 R&D 투자가 지난 20여년간 있어서 파일럿급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계 ⇨ 국내시장도 관련 시장 해외기술 의존 심화, 해외 대형 사업에서 배제

3) 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행 필요
   - ○ 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일럿 설비를 대상으로 진행 → 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황
   - ○ 한국도 해외기술 적용한 상용 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용설비가 2015-2016년부터 운전 예정 → 이 경험 활용 적기

4) 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망
   - ○ 석탄/정유공장부산물 해당 플랜트는 1기당 1조원 이상 고부가가치 시장으로 해외 선진업계 독과점 영역
   - ○ 폐기물/바이오매스 해당 플랜트는 1기당 수백~수천억원 투자 규모로 미국, EU업계가 주도하나, 상용급 실적이 없어서이지 국내 기술수준은 이미 해외선진업계에 도달

5) 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응 조기 필요
   ○ 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 활용 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업 필요

6) 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실
   ○ 최근 수조원 규모의 사우디, 인도 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내업계 탈락 및 진입 능력 부족
   ○ 사우디 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불 제시해 수주하였고 한국업체 참여는 없었음 (2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐)
   ○ 인도 Jamnagar Pet-coke 합성가스 사용 세계 최대 poly-generation(전기/수소/SNG/화학원료 생산) 프로젝트에 해외선진사만 참여, 국내사 전무(2013/04 건설 시작)

7) 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄 등 화석연료가 적어도 30년 이상 전기생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용되어야 함이 현실
   ○ 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세 (중국시장이 대부분 차지하였고, 중국 자체기술화와 중국의 EPC 능력 크게 제고)
   ○ 나프타, LNG기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용할 경우 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물 사용시 더 원가절감 가능

3. 사업의 내용

1) 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발
   ○ 합성가스 생산에서 에너지소모 원인인 H_2O와 CO_2 발생 저감 개선 공정
   ○ 고가설비 저가화 기술(고가재료 대체, compact 반응기 개발 등)
   ○ 원하는 합성가스조성(H_2/CO)비 안정적 제어기술
   ○ 합성가스 고온 고도정제기술 (기존 습식 저온기술 대비)
   ○ 화학원료 합성용 국내 독자 촉매기술
   ○ 공정 중 스팀 소모량 저감 및 coke 생성 방지기술
   ○ CO_2 재이용 공정연계 기술

2) 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발
   - 대용량 1기 대신 중소형모듈 연계 기술개발 (50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 선진업계 1,000~5,000톤/일 상용플랜트와 경쟁가능 기술개발) ⇨ 표준화, 저단가화, 유지보수 기간 단축, 저가 spare 설비 통한 availability 증대 ⇨ 해외 상용설비 건설/운영에서 밝혀진 시행오차 최소화
   - 주요 손상부위 컨베이어식 교체개념 등 유지보수 측면 간편화 기술 개발
   - 제어 계측과 원격 유지관리가 가능한 설비 IT화, 반응기 compact화로 한국 고유모델 개발

3) 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발

○ 국내업계가 고부가가치 영역 참여가 가능하도록 Test-bed 실증경험을 통한 EPC 기술 개발 ⇨ EPC 플랫폼 개발 ⇨ 다양한 사업형태 대응

○ 기술경쟁력 입증을 위한 software 기술 개발 (다양한 해외사업에 대응할 해외업계 동등 이상 수준의 공정해석 package 개발)

- 전통적 공정해석 tool + 안전해석 + 운전원 training용 시뮬레이터 + 3D Design + IT 기능

4) 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술 개발

○ 해외기술제공사 직접 공급 핵심설비 국산화/자체기술화 ⇨ 설비 저가화, 대외경쟁력 확보

5) 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보

4. 다 부처 공동기획사업의 필요성

○ 저급자원을 활용하여 합성가스를 생산하고 이를 활용하는 플랜트 분야는 활용성이 크고 국내 및 해외 시장 규모가 막대한 미래 고부가가치 산업으로서 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하지만, R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제경쟁력 확보에 기여가 부족한 상황임

○ 플랜트 R&D 유관부처 간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 통하여 활용성이 아주 높은 합성가스 상용화 플랜트 분야에서 미래 신성장동력을 창출할 필요성이 아주 강함

5. 이전사업 검토

1) 산업통상자원부에서 각 분야별로 다수의 소규모 파일럿 규모 연구가 진행되었음

○ 합성가스 생산 기술 : 석탄 또는 폐기물 수 ~ 수십톤/일급 파일럿 기술

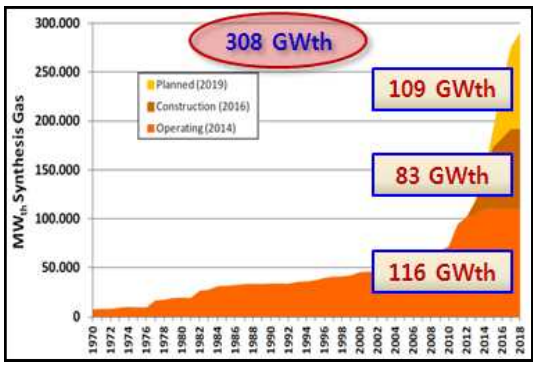
○ 합성가스 활용 합성연료/합성원료 생산 기술 : CTL/SNG/DME 등 투입 시료 기준 수톤/일급 파일럿 기술

2) 가용한 국내외 기술을 조합(기존 국가지원 기술개발 결과 + 해외기술 + 틈새기술 추가 개발)하여 국내외 시장 진출을 위한 Turn-key 수준의 고부가가치 상용급 플랜트 기술개발이 필요하며, 이와 같은 기술 개발을 위하여 실증급 Test-bed를 구비한 이전 사업이 진행된 적이 없음

6. 사업수요 및 투자 현황 분석

향후 수년 이내 192 GWth 규모의 합성가스 활용 플랜트 시장 규모가 예상됨.

1) 이중 7개 플랜트에서 합성가스 생산 용량이 7~10 GWth 수준으로서 수요가 팽창하고 있음.



Top 10 Commercial Gasification Projects

Plants	Location	Techno -logy	Gasifiers	MWth Syngas	Start year	Feedstocks/ Products
Pearl GTL	Qatar	Shell	18 + 0	10936	2011	Natural Gas / FT Liquids
Sinopec Changji SNG Plant	China	Unspecified	20 + 2	10000	2017*	Coal / SNG
Sinopec Urumqi SNG Plant	China	Unspecified	24 + 4	10000	2017*	Coal / SNG
Yinchuan CTL Plant	China	Siemens	22 + 2	9300	2016*	Coal / FT Liquids
Jamnagar Gasification Plant Phase I	India	E-Gas	10 + 0	8893	2015*	Petcoke / Electricity-SNG-CO-Acetic acid
CPI Yili SNG Phase II	China	Unspecified	20 + 2	7500	2016*	Coal / SNG
Huadian Changji SNG Plant	China	Unspecified	20 + 2	7500	2017*	Coal / SNG
Datang Ningxia SNG Plant	China	SEDIN	45 + 3	7125	2015*	Lignite / SNG
Sasol Synfuels West	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1977	Subbit. coal / FT liquids
Sasol Synfuels East	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1982	Subbit. coal / FT

그림 5-2-1. 합성가스 활용 플랜트 용량 추이 및 대규모 합성가스 활용 플랜트 건설 현황
(출처 : Higman, GTC 2014)

2) 단위 플랜트의 건설 비용이 수조원에 이르는 리스크를 동반하는 플랜트 기술인 관계로 국내 기업의 직접적인 단독 투자는 없으며, 국책과제를 통한 소규모 투자가 진행되고 있음.

7. 기술동향

1) 국내

○ 파일럿급 설비를 활용하여 기반기술, 요소기술 및 단위기술의 지속적 개발 및 확보

2) 국외

○ 상업화 플랜트 기술 보유로 시장 주도 기업들이 플랜트 실증 및 상업화 경험을 토대로 대용량화 및 고효율화 scale-up 기술 개발 중

8. 기술역량

1) 국내

○ 합성가스 생산 기술, 합성가스 활용 기술 등에서 파일럿급 기술 보유

2) 국외

○ 합성가스 생산 기술 분야에서는 미국의 GE Energy, 유럽의 Shell 등이 상용급 가스화 기술을 선도하고 있으며, 일본과 중국도 상용급 합성가스 생산 기술을 확보하고 있음

○ SNG/CTL 등 합성가스 활용 분야에서도 미국/유럽 등의 기술이 시장을 주도하고 있음

9. 시장동향

1) 국내

○ 서부발전과 POSCO에서 IGCC 및 SNG 각 1.3조원이상/기 플랜트 건설 중

○ 남부발전에서 2기의 SNG 플랜트 검토 중 (각 기당 1.5조원 이상 추정)

○ 영남과 군장에 IGCC 발전소 계획 포함 (각 300 MWe)

2) 국외

○ 현재 국외에서 건설 중 및 계획 중인 합성가스 활용 플랜트는 192 GWth(건설 중 83 GWth + 계획 중 109 GWth, 포스코 광양 SNG 플랜트 120기 규모) 규모임

○ 특히 중국 시장이 급속도로 팽창하고 있으나 중국 자체 기술과 미국/유럽 기술이 시장을 분할하고 있으며, 국내 건설사/엔지니어링사가 참여하지 못하고 있음

○ 인도(Reliance사)와 사우디(Aramco사)에서 대규모 상용화 합성가스 플랜트를 건설 중(인도, 5GWth) 및 건설 예정(사우디, 4.5GWth)이며, 향후 정유공장 부산물 시장 팽창 예상

10. 시장규모

표 5-2-1. 합성가스 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모

연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
국내	- 약 30,000 억원	- 약 45,000 억원	- 약 60,000 억원
국외	- 약 300,000 억원	- 약 450,000 억원	- 약 600,000 억원
산출 근거	- 2015년 현재 국내 건설 중인 SNG/IGCC 각 약 1.5조/기 x 2기 = 3조 - 2015년 현재 합성가스 활용 중국 시장만 국내 시장의 최소 10배 이상으로 보고되고 있음. - 매 5~6년 동급 규모 이상 시장이 창출되어 6년 후 시장 규모는 현재의 2배 이상으로 예상됨.		

11. 파급효과

표 5-2-2. 합성가스 플랜트 과제 진행 시 파급 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
내용	- 국내 타부처 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트 기술 개발 - 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 교두보 제공 - 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 역할 제공	- 국내시장만도 2030년까지 5~10조원 규모 합성가스 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응 - 자체기술 능력 제고로 국내외 시장 진출 효과 - 50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 해외시장 진출	- CO_2 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO_2 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대 - 2020년 이후 합성가스 플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 연계 병산플랜트 시장에 대응
근거	- 유사 규모의 국책사업 결과 (해수담수화 플랜트 사업 결과물인 Test-bed는 sustainable demo plant 역할을 수행하고 있음)	- 현재 국내 건설 중인 2기의 합성가스 활용 플랜트 건설비용 및 국외 기술 의존 정도 참조	- 국제 사회 CO_2 규제 추이 - 2015년부터 국내에서 CO_2 배출권 거래제 시작

제3절 공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발

1. 사업의 목적

에너지 안보 및 산업 적용을 위해 산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 극저온 이용 공기분리장치 기반 수소액화플랜트 기술 개발

2. 사업의 필요성

1) 에너지 및 산업용 가스 수요 지속적인 증가
   - ○ 에너지 및 산업용 가스의 세계시장 규모는 2014년 기준으로 530억달러, 2019년 기준으로 750억달러로 예상되며, 연평균 8% 이상의 성장이 예상됨
   - ○ 산소는 주로 철강 및 의료분야, 수소와 질소는 석유·화학공정, 아르곤은 제조공정용으로 사용되고 있으며, 최근에 이산화탄소 저감을 위한 순산소연소 발전의 도입이 적극 검토되고, 이에 따른 산소 수요 급증
   - ○ 특히 연료전지 및 수소 자동차 등 청정에너지원인 수소를 사용하는 기술이 보급 확대됨에 따라 수소 인프라가 요구되며, 신규 수소플랜트 수요 급증
   - ○ 산소, 질소, 수소 등은 대량 생산시 극저온을 이용한 액화를 통해 저장 및 이송하여 활용하기 때문에 공기분리 및 수소 액화 기술 필요
2) 가스 플랜트 기술 확보를 통해 플랜트 산업 성장 유도
   - ○ 순산소연소, 수소 산업의 활성화로 가스 액화, 분리, 저장 기술 확보 필요
   - ○ 발전, 석유화학, 담수 플랜트에 비해 가스플랜트에 대한 국내 기술 미비
   - ○ 가스 플랜트 엔지니어링 기술 및 핵심기자재 경쟁력 강화를 통해 EPC업체와 중소, 중견기업의 산업네트워크에 의한 토탈 솔루션 확보로 창조경제 구현
3) 향후 가스산업에서 세계 가스시장의 선도적 역할 견인
   - ○ 신규 가스산업의 추종이 아닌 선도적 역할을 위해 시장 형성 초기에 가스플랜트 산업 인프라에 대한 선행 기술 확보 필요
   - ○ 특히 에너지원으로서의 가스에 대한 액화, 분리, 저장 기술은 에너지 안보 측면에서 정부의 지속적인 지원 아래 개발 및 보급되어야 함.
   - ○ ASU 기반 수소액화플랜트 기술 개발은 가스플랜트산업 및 에너지, 가스 전처리 등의 환경보전 등을 고려할 때, 범정부부처와 산학연의 적극적인 참여가 요구됨.

3. 사업의 내용

1) ASU 기반 수소액화플랜트 공정 기술 개발
   - ○ 극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발
   - ○ 수소액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발
   - ○ Feed gas 공급 및 가스 전처리 기술 개발
   - ○ 가스 안전 및 위험도 평가 기술 개발
2) ASU 기반 수소액화플랜트 핵심 기술 개발

○ 공정용 공기, 수소 압축기 기술 개발
○ 극저온 터보 팽창기 기술 개발
○ 극저온용 다채널 열교환기 기술 개발
○ 가스 분리용 증류탑 기술 개발

3) ASU 기반 수소액화플랜트 설계 및 건설 기술 개발
○ ASU 기반 수소액화플랜트 설계 기술 개발
○ ASU 기반 수소액화플랜트 건설 기술 개발
○ ASU 기반 수소액화플랜트 평가 기술 개발
○ ASU 기반 수소액화플랜트 운용/유지 관리 기술 개발

4. 다 부처 공동기획사업의 필요성

다 부처 연구개발을 통한 공통기술 확보 및 특화기술 연계 필요

○ ASU 기반 수소액화플랜트 설계 및 건설기술은 국토교통부의 LNG플랜트사업단의 보유기술을 활용하고, 압축기, 팽창기, 열교환기 등의 핵심기자재 기술은 미래창조과학부, 산업통상자원부에서의 특화 기술을 활용하여 범부처의 기술개발 연계가 요구됨.
○ 공정 기술은 국토교통부, 산업통상자원부와 미래창조과학부에서의 공통 기술 확보가 필요하고, 가스전처리 및 환경영향 평가 기술은 환경부의 특화 기술을 활용
○ 또한 플랜트 건설, 운용에 따른 안전 및 위험 관리는 미래창조과학부, 산업통상자원부와 국민안전처의 전문 기능 및 기술 적용성을 높일 필요가 있음.

5. 이전사업 검토

1) LNG 플랜트 사업단 (한국가스공사, 2008. 6. 18 - 2016. 10. 7)
○ 육상 LNG 액화 플랜트 및 부유식 해양 LNG 액화 플랜트 기술 개발
○ LNG (-162℃) 액화 공정 및 핵심기술 개발 과제로써, 질소(-196℃), 산소(-183℃), 수소(-253℃)를 액화 생산하는 ASU 기반 수소액화플랜트에 비해 온도가 높고 공정이 다르지만, 개발 기술을 보완하고, 연계하면 효율적인 기술 개발이 가능

2) 한국과학기술연구원과 한국기계연구원에서는 소용량 수소액화기에 대한 기초 연구를 수행했으나, 수소액화플랜트 공정과는 다른 소형 극저온 냉동기를 이용한 전도 냉각 방식이었으며, 수소액화에 대한 기초연구자료 확보 수준임.
○ 도출된 기초기술은 본 연구과제에 적용 가능

3) 대성산업가스는 소용량(1,000 ~ 6,000Nm^3/h)의 질소 및 산소 생산용 ASU를 개발하였으나, 지속적인 연구개발을 통해 공정의 다양화, 대형화, 고효율화를 이루고 있는 선진업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음.
○ 대성산업가스는 극저온 이용 공기분리장치에 대한 운용, 유지 관리 경험이 풍부하여 본 과제에 적용 가능

6. 사업수요 및 투자 현황 분석

1) 국토해양부, 미래창조과학부와 산업통상자원부를 중심으로 IGCC, GTL, 순산소연소 및 산소부화연소 등의 대규모 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 극저온 이용 공기분리장치의 수요도 함께 증가
   ○ 특히 이산화탄소 저감을 위한 CCS 기술의 개발에 따라 순산소 연소 발전 기술이 적극 도입되고 있음
2) 또한 산업통상자원부와 미래창조과학부를 중심으로 연료전지, 수소자동차 등의 수소기반 기술에 대한 지원이 꾸준히 진행되어 대규모 수소액화플랜트에 의한 수소공급이 요구됨
   ○ 최근 수소경제를 위한 인프라 구축을 위해 수소스테이션 건설이 요구되고 있고, 고압식이 아닌 고밀도의 액체수소 저장스테이션이 유력
   ○ 향후 미래창조과학부에서 주력하고 있는 인공위성 및 달탐사 등의 우주개발사업을 위한 로켓 발사에도 연료로써 액체산소 및 액체수소의 수요는 증가할 것으로 예상됨

7. 기술동향

1) 국내
   ○ 제조 산업의 대형화 및 발전시스템으로의 응용 확대에 따라 공기액화분리장치의 대용량화 개발과 함께 운전비용 절감을 위한 에너지 효율 향상 기술에 대한 기초 연구
   ○ 소용량의 질소 및 산소 생산용 ASU를 개발하였으나, 액화공기분리장치 구현에 머물러 있어 선진업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음
   ○ 소용량 수소액화기는 기초 연구단계에 있음
2) 국외
   ○ 액화공기분리장치는 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 미국의 경우 250-300 TPD(ton/day)급 플랜트가 평균적임
   ○ 상용 발전 규모인 40 MW급 석탄화력발전소의 보일러에 순산소 연소 기술 도입이 성공함에 따라, 발전소 분야에서의 액화공기분리 장치 시스템 적용 활성화
   ○ 대형 수소액화플랜트에 대해 수소 클라우드, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 하는 혼합냉매사이클, 네온 사이클 등 다양한 공정 개발에 주력

8. 기술역량

1) 국내
   ○ LNG플랜트사업단 사업을 통해 극저온 플랜트 Test-bed에 대한 경험은 있으나, 액화공기분리 및 수소액화플랜트에 대한 경험은 미흡
   ○ 소용량 수소액화기 및 액화공기분리장치에 대한 기초연구를 수행하였으나, 극저온 플랜트에 대한 기술역량은 미흡
2) 국외
   ○ 산업용 가스 및 관련 플랜트의 생산/제조는 Linde(독), Air Liquide(프), Air Products(미), Praxair(미), 일본산소 등 주요 가스회사에 의해 독점적인 시장 형성
   ○ 일본의 경우, 1930년대 국가적인 지원을 바탕으로 액화공기분리 플랜트의 국산화에 성공하여 현재는 해외 선진업체의 기술 수준에 근접한 것으로 평가

○ 중국의 CALT 등은 수 ton/day 이상 급의 수소액화플랜트를 개발, 운용 중에 있음

9. 시장동향

1) 국내

가) 국내 가스시장

○ 가스 부피 기준으로 년 4.5% 성장 예상

○ 2014년 기준 136억m^3, 13.8 억달러, 2019년 기준 198 억m^3, 16.8 억달러

나) 국내 액화플랜트 시장

○ 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장

○ 2015년 기준 11.5억달러, 2021년 기준 14.3 억달러

2) 국외

가) 세계 가스시장

○ 가스 부피 기준으로 년 5% 성장 예상

○ 2014년 기준 5,320억m^3, 524 억달러, 2019년 기준 6,690억m^3, 746억달러

나) 세계 액화플랜트 시장

○ 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장

○ 2015년 기준 460억달러, 2021년 기준 617 억달러

10. 시장규모

표 5-3-1. ASU/수소액화 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모

연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
국내	11.5 억달러	12.6 억달러	14.3 억달러
국외	460 억달러	533 억달러	617 억달러
산출 근거	- “World Industrial Gases”, The Freedonia Group. Inc., 2010.		

11. 파급효과

표 5-3-2. ASU/수소액화 플랜트 과제 진행 시 파급 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
내용	- ASU 기반 수소액화플랜트 독자기술 보유 - Test-bed 건설, 운영으로 극저온 액화플랜트 실적 확보	- 2022년 기준 세계 650억달러, 국내 15억달러 시장 진출 - 해외시장 참여시 국내 플랜트 산업 활성화 및 고용창출 효과	- 청정가스에너지 사용으로 환경 개선에 기여 - 국가에너지 자급율 향상에 기여
근거	- 합성가스 액화시스템 설계 기술 개발 보고서 (한국기계연구원, 2011)	- “World Industrial Gases”, (The Freedonia Group. Inc., 2010)	- Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업 (지식경제부, 2009)

제4절 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·장치 개발

1. 사업의 목적

미래 자원개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 극한지 맞춤형 플랜트·장치 기술을 확보하기 위함

2. 사업의 필요성

1) 극한지 에너지자원 개발 가속화에 따라 플랜트 건설 수요 증가에 대비한 진출전략 마련 필요
   ○ 전세계 미발견 석유· 가스 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장
   ○ 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 부가가치 등 고려한 시장 확대 전망
2) 자원공급의 새 전초기지이자 글로벌 경제허브로 떠오른 북극권 개발에 세계 각국은 경쟁적으로 참여하여 북극연구 및 극한지 자원탐사에 집중적인 투자 실시
   ○ 정부는 러시아와의 전략적 협력관계를 구축하고 시베리아 북방동토의 에너지 도입을 위해 노력하고 있음(한·러 정상회담, 유라시아 이니셔티브 등)
   ○ 북극권의 에너지·자원은 대부분 동토지역 또는 해빙환경에서 존재하므로 이를 극복할 탐사기술과 플랜트 건설기술이 필요
3) 북극 개발을 주도하는 국제기구인 북극이사회의 정식 옵서버 자격 획득으로 본격적인 북극 연구 방향 설정 및 추진 필요
   ○ 정부는 자원개발, 플랜트, 해상운송, 조선·수산업 등 파급 효과가 높은 산업을 중심으로 국내 기업의 북극 개발 참여 기회를 높이려 노력 중
   ○ 대부분의 북극권은 특정국가 소유(러시아, 캐나다, 미국, 노르웨이, 덴마크 등)이므로 극저온, 동토환경 및 얼음환경 등을 극복할 수 있는 원천기술을 확보해야만 북극권 자원개발을 주도(적극 참여)할 수 있음
4) 향후 남극권 연구개발 및 선도를 위한 극한환경 대응 건설 기술 확보가 반드시 필요
   ○ 남극대륙에서의 에너지·자원 탐사, 개발(건설) 및 활용(수송기술 포함)기술 확보로, 향후 남극에서의 세계각국의 자원전쟁에 대비해야 함
   ○ 남극조약협의당사국회의(ATCM)에서 결정한 남극에 대한 무소유(무국적), 비자원개발 등에 대한 사항은 2048년 새롭게 논의될 전망임
   ○ 남극대륙의 에너지·자원 분포 및 개발을 위해서는 반드시 남국내륙 기지를 확보해야 하며, 이를 위해서는 남극대륙 연안에 위치한 장보고과학기지를 활용하여 남극 제 3기지 건설이 필요
5) 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 큼
   ○ 극한지에서 플랜트 건설 경쟁력 확보를 위해서는 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요함
   ○ 이의 해결을 위해서는 신뢰성 기반의 시공계획 및 플랜트 설계, 시공자동화, 모듈화 설계

및 시공법, 맞춤형 건설장비 등에 관한 기술혁신이 필요함

6) 초속 50m/s 이상의 blizzard에 견딜 수 있는 특수구조물의 설계 및 시공 기술 개발과 지속가능한 구조물 설계를 위해 적설현상 (Snowdrift)을 고려한 건축물 설계 및 배치 기법 개발이 필요

3. 사업의 내용

1) 극한지용 모듈형 자원 개발 플랜트 설계, 제작, 시공기술
   - ○ 설비의 제작, 운송, 설치여건을 고려한 모듈공법, 사업관리, 엔지니어링 등
   - ○ 극한지용 소재, 기자재 국산화 등
2) 극한지용 자원이송스테이션 및 장치·기자재 개발
   - ○ 극한지 자원 수집 및 이송스테이션, 운영시스템 등
   - ○ 펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등
3) 극한지 하부구조(지반, 골조, 프레임 등) 기술
   - ○ 동토나 극지에서 플랜트 설비 설치를 위한 지반 안정성, 급속시공 기초 등
4) 극한지 자동화 시공시스템(로봇, 장치 등) 기술
   - ○ 극지나 동토현장의 작업 효율성과 안전성을 제고하기 위한 로봇 시스템이나 자동화 장치 등
5) 남북극 환경 및 자원 탐사 기술
   - ○ 저중력 및 고압(심해저 또는 우주환경)에서의 탐사, 조사 등
   - ○ Ice 및 Snow와 같은 특수환경에서의 구조물 건설기술
   - ○ 온도・압력・바람・중력 등 일반 대기 환경과 다른 극한 환경에서 탐사・개발 등을 지원할 수 있는 Shelter 또는 기지 건설이 가능한 소재-부품-시공-관리 등
6) 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술
   - ○ 극지나 동토현장의 작업상 장벽을 극복하기 위하여 가상 계획, 시공, 운영 등에 관한 시뮬레이터 등
   - ○ 극한환경에서 사용 가능한 모바일 센서, 센서 네트워크, 통합 현장관리기술 등

4. 다 부처 공동기획사업의 필요성

- ○ 대규모 극한기술 성격의 사업으로서 기계, 소재, 자동화 모듈시공, 지반, ICT 등 핵심기술분야의 융복합을 통한 시너지 제고 및 기술개발 투자 리스크 쉐어가 필요
- ○ 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역 간 기후환경, 법제도 등 민간기업이 접근하기 어려운 리스크 요인을 고려하여 정부주도의 다 부처 공동연구사업으로 연구개발이 바람직 함
- ○ 부처별간 역할과 강점을 결집하여 민간의 시장 경쟁력을 선도할 필요가 있으며, 특히 극한 현장 시스템(국토부), 핵심적인 에너지자원 소재 및 장치(산업부), ICT 기반 원격기술(미래부), 남북극 관련(해수부)의 결합을 통한 산업 전후방 연관효과 등 시너지 제고 필요

5. 이전사업 검토

1) 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 (한양대, 2013.10.31～2018.10.30)
   ○ 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발을 개발을 최종목표로 구체적으로는 극한지 기후조건을 고려한 -40℃～+20℃대응 2,000km급의 자원이송망-기반구조물 최적 설계·평가기술 개발, 극한 환경에 대응 가능한 조관 후 고성능의 인성과 변형능이 확보된 파이프 및 현장 연결구조 기술 개발, 위험인자 극복형 파이프라인 접합부 방식기술 및 환경영향평가 기법 개발, 극한지 자원이송망 통합안전관리 기술 확보를 목표로 현재 연구진행 중
   ○ 남·북극권과 같은 극지 그리고 북극권 해저지반에 대한 연구내용(보다 혹독한 자연환경)은 포함되어 있지 않지만, 일부 육상 동토지역에서의 연구성과는 연계하면 좋을 것 같음
2) 남극 제2기지 건설사업 (극지연구소, 2006.06.01～2014.06.30)
   ○ 환경 친화적 신개념 공법을 적용한 강소형의 남극 대륙기지 건설을 목표로 남극 장보고과학기지를 건설하였음.
   ○ 연구사업 성격보다는 건설에 포커싱이 맞추어져 있었으며, 실제로 새로운 극한환경 대응 건설기술을 개발하거나 적용한 사례는 극히 미진함.
   ○ 그러나 극한환경에서의 구조물 성능평가, 유지관리 기술 등은 장보고과학기지를 활용하여 연계가능 할 것으로 판단됨
3) 극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술 개발 (한국건설기술연구원, 2010.01.01～2014.12.31)
   ○ 육상 동토지역에서의 구조물 건설을 위한 하부구조에 대한 기초연구(재료개발, 설계기술 등)를 진행하였으며, 일부 연구성과는 연계 필요
4) 오일샌드 모듈화 플랜트 설계, 제작, 시공기술 개발 (성진이앤티, 2014.12～2019.12)
   ○ 동토지역에서 오일샌드 채굴을 위한 지상설비의 국내 제작, 운송, 현장설치를 포함한 기술 개발을 진행 중임
   ○ 현지 여건(작업환경, 노무비, 기후조건, 법규 등등)을 고려하여 모듈방식으로 설계, 제작, 시공이 필수적이며, 시공자동화, 가상현장 등에 관한 기술로 연계 발전을 모색 필요

6. 사업수요 및 투자 현황 분석

1) 영구동토를 포함한 극한지 에너지라인 건설시장 진출을 부가가치 창출
   ○ 시베리아 에너지라인: 2조 4천억원으로 예상
   ○ 소재비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 약 10%, 시공비용이 20%를 점유
   ○ 미 발견 자원량의 약 22%가 북극권을 포함한 극한지에 매장
2) 극한지 Life line 최적화 설계 기술로 자원이송 에너지 비용 절감 및 핵심운영설비 해외 수출 가능
3) 설계 기술 확보를 통한 엔지니어링 체인(수주-설계-시공-유지관리) 구축으로 극한지 대형 자원개발 사업 참여 기회 증대 및 국가 신성장 동력 창출 효과

7. 기술동향

1) 국내
   ○ 국내에서는 극한지 플랜트 건설과 직접 관련된 연구 사례가 아주 미비한 수준이라고 할

수 있음

○ 최근 한국건설기술연구원에서 남극 제2기지 건설사업 및 극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술개발 과제와 같은 기초연구를 수행하였으며, 한양대에서 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 연구를 수행중이나, 일부 육상지역의 동토를 대상으로 하고 있으며, 남극대륙과 북극권 빙해저를 대상으로 하는 연구는 전무함

2) 국외

○ 2000년대 이전에는 미국에서도 상대적으로 극한지에 대한 설계 및 시공경험이 많지 않았으나 최근 몇 년간 오일샌드에 대한 미국 에너지기업의 직·간접적인 투자로 인해 미국의 많은 설계·시공회사들이 ExxonMobil, Shell을 비롯한 에너지기업과 함께 캐나다 등의 동토지역에 진출함

○ 북극권 에너지·자원 탐사 및 개발을 위하여 북극권을 점유하고 있는 일부 국가에서 극한환경과 얼음을 포함한 플랜트 건설기술 확보를 위하여 노력하고 있으나, 실용화 단계에 도달하기 위해서는 더 많은 투자와 연구개발이 필요함

8. 기술역량

1) 국내

○ LNG플랜트사업단 사업을 통해 극저온 플랜트 Test-bed에 대한 경험은 있으나, 극한환경(남·북극권)을 대상으로 하는 플랜트 건설기술 경험은 아주 미흡함

○ 해저파이프라인 건설을 위한 무인 굴삭장비는 가동 중에 있으며, 커팅헤드를 활용한 기계식 굴착장비 개발이 진행 중에 있어 자동화 및 기계식 굴착장비 개발은 충분히 제작 가능하지만, 극한환경과 동토지반을 대상으로 장비 적용성과 시스템에 대한 검증 연구는 전무함

2) 국외

○ 글로벌 에너지기업(ExxonMobil, Shell, BP)에서는 일부 북극권 동토지역에서 시험시추 정도의 경험은 있으며, 상용화를 위해서 독자적인 기술확보를 위하여 노력하고 있음

9. 시장동향

1) 국내

○ 국내 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 에너지 확보에 대한 필요성이 대두됨

○ 국내 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있으며 수입에너지의 83%를 화석연료가 차지함

○ 도쿄의정서 등 전 세계적인 지구 온난화 방지를 위한 온실가스(GHG ; Green House Gases) 배출 억제 및 각종 국제적인 환경규제의 강화에도 불구하고 기간산업의 화석연료에 높은 의존도

2) 국외

○ 극지역(남북극권)의 천연자원과 그린에너지 확보를 위한 미국, 캐나다, 노르웨이, 일본, 러시아 등의 전초기지 구축 및 투자 증대

○ 오일 가격 상승대비 및 고갈로 미개발 화석자원 플랜트 건설이 활성화 되고 있으며, 대표적으로 베네수엘라의 초중질유, 북미지역의 쉐일가스(암반에 포함되어 있는 천연가스)

생산, 캐나다 샌드오일 사업 투자 증대

10. 시장규모

표 5-4-1. 극한지 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모

연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
국내	-	-	-
국외	60,246 억원	76,898 억원	93,551 억원
산출 근거	○ 캐나다 Black Gold 사업의 정부투자 현황을 근거로 산정 - 2007년 180억달러에서 2020년 1,000억달러 선형으로 증가한다고 가정 (자료: 캐나다 페트로리엄협회(CAPP), 2007), 총사업비 기준 토목기초 관련 설계 및 시공 비용 8% 고려, 환율 1,100원/$		

11. 파급효과

표 5-4-2. 극한지 플랜트 과제 진행 시 파급 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
내용	- 해외 극한지 자원플랜트 프로젝트에 참여가능 - Test-bed 건설, 운영으로 극한 환경 대응 플랜트건설기술 확보	- 시베리아 에너지 라인 건설, 북극권 자원개발사업이 지속적으로 추진될 예정이며, 원천기술 확보로 일부구간 수주시 국내 플랜트 산업 활성화 및 고용창출 효과 극대화 가능	- 지속적인 국가 에너지 자원 확보 및 에너지 자급율 향상에 기여 - 에너지 자원 외교력 강화 가능
근거	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)

제5절 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축

1. 사업의 목적

포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 재배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현

2. 사업의 필요성

1) 포집 CO_2 격리를 위한 사후 처리 기술의 필요성 증대 (2030년 BAU 대비 37% CO_2 저감)
   - ○ 지구 온난화 문제를 극복하기 위한 방편으로 산업공정에서 대량으로 배출되는 CO_2를 모아 폐기물처럼 지하나 해저에 매립 혹은 저장하는 CCS(Carbon Capture and Storage, CO_2 포집 및 저장기술)에 초점을 맞추어 진행되어 왔음
   - ○ 하지만, CO_2 포집시 소요되는 막대한 비용, 저장 공간의 확보 및 유출시의 잠재 위험성 등으로, CO_2를 보다 효율적으로 안정하게 처리할 수 있는 친환경 사후 처리 기술이 요구되고 있음
2) 지속적인 소비와 생산을 위해 석유 등 자원 고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요
   - ○ 발전소 및 철강산업과 같은 고농도 인위적 CO_2발생원이 풍부하여 새로운 탄소원으로 충분히 새로운 feedstock 역할 가능
   - ○ CCU(Carbon Capture and Utilization, CO_2 포집 및 재활용)는 CO_2를 단순히 포집할 뿐만 아니라, CO_2를 폐기물이 아닌 유용한 자원으로 재활용하여 부가가치가 높고 안정한 물질(Value-added Compounds)을 만드는 데 초점을 맞추고 있어 온실가스 저감 측면에서 장기적으로 훨씬 유용한 기술임
   - ○ 따라서, 최근 온실가스를 폐기물이 아닌 자원으로 재사용하여 제품화하기 위한 경제성 기술인 CCU 기술에 관심이 집중되고 있고, 폐자원 활용 및 신재생 에너지와 연계한 CCU 적용을 통한 공정 전주기 효율화 연구가 활발히 진행되고 있음
3) 안정한 자원 선순환 사회 구축을 위한 원천적 친환경 제조 기술 및 제품의 개발 필요
   - ○ 화석 원료의 고갈은 시간의 문제인 반면 고농도 CO_2의 인위적인 발생원은 풍부하며 이를 이용한 CO_2전환 기술은 CO_2를 새로운 feedstock의 활용 가능하게 함
   - ○ CO_2 전환 기술은 현재 이슈가 되고 있는 탄소 자원 선순환을 위해서 필요한 기술이며 이는 자연계의 탄소 순환과 유사한 특성을 갖으며 관련한 다양성 기술 확보를 통해 자원 선순환 사회를 구축 할 수 있음
4) 친환경 저탄소 제품 세계 시장 선점
   - ○ CCU는 현재 초기 단계로, CCS(carbon capture & storage) 기술 단계와 격차를 보이고 있으나, CCU 기술들이 내재하고 있는 다양한 유용성으로 인하여 전 세계적으로 원천 기

술 개발이 진행되고 있고, 경제적 가치가 높아 세계적 규모의 신산업 창출이 예상됨

○ 특히 CCU의 세부 기술들이 상용화되고 있는 산업 공정과 유사하므로, 국내의 CCU 기술 중 실증화에 도달한 기술을 중심으로 상용화하기 위한 전략적 개발이 필요

3. 사업의 내용

1) 재생가능 원료활용 폴리카보네이트 고분자 제조 및 물성 조절 기술 개발을 통한 상용 플랜트 개발

○ CO_2 직접이용 PPC 제조 공정 기술

○ PPC 제조 수율 및 단량체 조합의 다양화를 위한 촉매 시스템

○ CO_2 활용 polyol 카보네이트를 이용한 폴리카보네이트 제조 공정

○ 물성 조절을 위한 단량체 조합 코폴리머 제조 공정 기술

○ 자연 분해를 통한 탄소 순환이 가능한 물성을 갖는 고분자 제조 기술

2) 비 포스겐 공정 개발로부터 이소시아네이트가 없는 인체 친화 폴리우레탄계 고분자 제조 상용 플랜트 개발

○ CO_2 활용 단량체 및 폴리아민을 이용한 폴리우레탄 제조 신공정 실증

○ 바이오 유래 폴리아민을 조절한 물성 조절 기술

○ 신제조 공정을 위한 고분자 플랜트 설계 기술

3) 재생 가능한 원료로부터 축합 고분자용 단량체 제조 상용 플랜트 개발

○ CO_2를 직접 반응에 도입하여 단량체를 생산하는 CO_2 활용 공정

○ CO_2 활용 cyclic carbonate 단량체 합성용 독자 촉매 기술

○ 단량체 제조 공정의 수율을 개선하는 반응기 설계 기술

○ 바이오 기반 재처리 공정 기술을 통한 다양한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조

○ 물성 조절을 위한 바이오 기반 단량체 2차 후처리 기술

4) CO_2 유래 고분자 이용을 위한 물성 조절 기술 개발을 통해 제품화 기술 상용화

○ 상용 제품을 위한 고분자 성형 기술 (발포폼, 필름 등)

○ 신규 나노 소재 및 천연 고분자 조합을 통한 제품화 기술

○ 특수 시장을 겨냥한 특수 물성 제품 제조 기술

4. 다 부처 공동기획사업의 필요성

○ CO_2 활용 기술의 보급 확대를 통한 온실가스 감축 목표 달성 및 저탄소사회 기반구축을 위해서는 관련 부처들의 협력이 필요함

○ CO_2 저감 및 활용 문제는 산업, 에너지, 환경 및 국가 대형 개발 정책등과 모두 맞물려 있는 국가 주요 미래 아젠다로 각각 유관부처간 플랜트 R&D 융합연구사업을 통해 성과를 연계 활용하여 국제 사회의 새로운 흐름을 대비하고 선도기술을 창출해야 할 필요성이 있음

○ CO_2 활용 기술의 대형 실증 성과를 확보하기 위해서는 온실가스로서의 이산화탄소 저감 효과, 자원화를 통한 신산업 창출 및 기존 사업 대체 효과, 대단위 효과를 위한 플랜트설계 및 운영 등 부처들의 주요 역할이 모두 동원되어야 경쟁력을 확보할 수 있음

5. 이전사업 검토

1) Korea CCS2020 사업을 통해 이산화탄소 포집·저장(CCS) 및 전환이용(CCU)기술 개발 지원
   ○ 미래창조과학부 주관으로, 2011년부터 2020년까지 총 1,727억 규모의 예산지원
   ○ 대량배출원의 이산화탄소를 감축할 수 있는 경제성 있는 기술적 수단 확보를 목적으로, 4개의 핵심전략프로젝트와 57개 세부과제 실행
      - 3세대 CO_2 포집 원천기술개발 프로젝트 (879.5억원)
      - CO_2 포집-저장 통합 프로젝트(495.5억원)
      - CO_2 전환이용(CCU) 원천기술개발 프로젝트(139억원)
      - CCS R&D기반조성 프로젝트(213억원)
2) CO_2 전환이용(CCU) 원천기술개발 프로젝트 투자 부족
   ○ CO_2 전환이용(CCU) 원천기술개발 프로젝트 투자되는 예산은 139억원으로, 전체예산 1,727억원 중 8% 수준으로 상대적 비중이 낮은 상황이며 실증 및 상용화를 위한 기술개발이 이뤄지지 않고 있음
   ○ 현재 세계 각국이 기술 선점을 위해 다국적 기업들을 중심으로 중점 추진되고 있는 저탄소 친환경 고분자 실증 연구에 대한 진행이 이뤄지지 못하고 있음

6. 사업수요 및 투자 현황 분석

   ○ 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망
   ○ 2011~2021 전기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높고, 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러(2,940억 원), 2021년 5.10억 달러(6,120억 원)로 전망됨
   ○ 따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러(4조7900억 원)의 시장이 창출될 것으로 예상됨

표 5-5-1. 세계 CCU 시장 전망 (출처: Visiongain사)

(단위 : 십억 달러)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CAGR (%)
유럽	3.9	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.7	7.3	8.0	8.8	8.6
북미	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.4	4.9	8.0
아시아	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	7.6
호주	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	5.2
중동	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	5.7
남미	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	5.6
계	11.9	12.6	13.4	14.3	15.3	16.4	17.7	19.0	20.6	22.3	24.3	7.4
한국	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.51	7.6

7. 기술동향

1) 국내

○ 이분열 교수팀(아주대)은 2008년 이산화탄소와 프로필렌옥사이드의 반응으로 친환경 플라스틱 개발, SK에너지로의 촉매기술 특허이전 및 연구협력 계약으로 상용화 추진

○ 경희대 김훈식 교수팀은 독성 포스젠을 이산화탄소로 대체하여 환경 친화성 헥사메틸렌 디이소시아네이트(HDI) 합성에 성공, 2015년에는 상용화를 목표로 하고 있음

○ 한국화학연구원의 온실가스자원화센터에서는 이산화탄소와 부생가스인 메탄의 상압 개질반응을 통해 합성가스를 생산하고 활성물질인 이를 플렛폼 화합물로 이용하여 고부가 화합물을 합성하는 연구를 진행중. CO_2 유래 DMC(dimethyl carbonate) 합성 공정을 기술이전 하였으며, 에너지기술평가원 지원 하에 초산생산 실증화 사업을 진행중임

○ 한국화학연구원의 탄소자원화연구센터에서는 이산화탄소와 메탄을 사용하여 일 10 ton의 메탄올을 생산할 수 있는 실증 플랜트를 준공하였음 (2015.6.16. 현대오일뱅크)

○ 한국가스공사는 메탄과 이산화탄소로부터 합성가스를 생산하고, 이를 이용하여 DME를 생산하는 데모플랜트 (3천톤/년)를 설계하여 운용중임

○ 한국화학연구원 탄소자원연구센터에서는 이산화탄소와 diol를 이용하여 cyclic carbonate 단량체 제조 연구를 자체 수행중임

2) 국외

○ 영국, Newcastle University 연구팀은 이산화탄소(발전소 배가스)와 옥시렌을 활용한 에틸렌카보네이트로 전환 촉매 개발에 성공, Dymeryx사에서 상용화 기술을 개발중임

○ 독일, Bayer는 독일 정부의 지원(1,780억원)으로 Dream production″ 프로젝트를 추진 중이며, CO_2를 포집해 바이엘의 촉매를 사용해 직접 폴리우레탄(단열재)을 제조하는 파일럿 플랜트 건설, 2015년 상업화를 목표

○ 미국, Albemarle & Novomer는 DOE의 지원을 받아 이산화탄소(폴리머 중량 중 40% 이상)와 에폭시드의 공중합 반응으로 폴리프로필렌카보네이트(PPC)의 대규모 생산에 성공

○ 일본, 아사히 화학은 유독 포스겐을 대체하여 이산화탄소로부터 폴리우레탄 원료인 이소시아네이트를 합성하였음

○ 중국, CAS 창춘 응용화학연구소는 이산화탄소 중합체 합성 촉매를 개발하였으며, 2004년 2월 Mengxi 그룹과 제휴하여 3천톤급 이산화탄소 중합체 생산 라인 구축

8. 기술역량

1) 국내

○ CO_2 직접 이용을 통한 PO(Propylene Oxide)로부터 고분자 제조는 SKI에서 데모플랜트 기술을 보유

○ CO_2 전환을 통한 합성가스 및 화합물 생산 기술은 파일럿급 기술 보유

○ 세계 수준의 석유화학 기술과 플랜트 엔지니어링 기술 보유

2) 국외

○ 독일과 미국의 기업에선 CO_2를 이용한 폴리카보네이트 생산 기술을 보유하고 있으며, 이소시아네이트를 거치지 않는 폴리우레탄 제조 합성가스 생산 기술 분야에서는 BASF 등

독일의 화학 기업들이 자국 내 상용 플랜트를 건설 중으로 있음.

○ 일본 기업을 위주로 CO_2 전환을 통한 플랫폼 화합물 합성 기술을 상용화 단계 수준으로 보유하고 있음

9. 시장동향

1) 국내

○ 세계적 흐름인 이산화탄소 활용과 친환경 공정에 대한 수요에 맞춰 국내 기업들도 기술 개발 투자를 통해 기존 시장 대체를 대비하고 있음

○ 화학연구원을 중심으로 한국가스공사, 남부발전, POSCO 등에서 이산화탄소 유래 화합물 제조 시스템을 데모급으로 운영 중이며 상용화를 목표로 진행중이며 기존 석유화학 유래 화합물 시장을 점진적으로 대체할 것으로 예상

○ SKI에서 CO_2를 이용한 PPC를 시장진입 전 단계까지 진행하였으며 LG화학, OCI 등 국내 기업에서도 기존 공정 시장을 대체하기 위해 기술 개발 투자

○ Alkylene oxide의 독성 및 폭발성 등으로 보다 안전한 산업 공정 개발 및 인체 무독성 제품에 대한 수요 증가

2) 국외

○ 유럽을 중심으로 국가와 기업의 공동투자를 통해 발전설비의 대단위 이산화탄소 배출과 연계한 화합물 제조 공정에 대한 실증연구가 진행되고 있으며 기존 설비를 대체하는 친환경 시장을 확장하기 위해 기술 개발에 투자하고 있음

○ 환경 및 안전에 대한 관심 증가로 친환경 원료를 이용한 고분자 재료 시장이 기존 재료 시장과는 별도로 빠른 속도로 성장하고 있으며, 의료 소재와 같은 고기능 소재 시장의 발굴로 인해 가격 경쟁력이 아닌 기술 경쟁 소재들이 시장에 진출하고 있음

○ 이산화탄소 감축 및 친환경 신기술 확보에 대한 요구로 인해 이산화탄소 활용 화합물 시장이 활기를 띠고 있으며, 선진국들이 화학 산업의 신성장동력으로 선정하여 기술 선점을 통한 시장발굴에 집중하고 있음

○ 이산화탄소 활용 고분자 재료 시장에서는 노보머사가 개발한 이산화탄소 활용 PPC 상용제품이 시장에 진입하였으며, 북유럽을 중심으로 바이오 유래 친환경 순환 물질을 이용한 신규 고분자 재료 시장에 대한 투자가 이루어지고 있음

10. 시장규모

표 5-5-2. CO_2 플랜트 과제 진행 시 국내외 시장 규모

연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
국내	약 3,630 억원	약 4,510 억원	약 5,610 억원
국외	약 168,300 억원	약 209,000 억원	약 267,300 억원
산출 근거	- 세계 CCU 시장 전망, 출처 : Visiongain 사, 1100원/달러 기준		

11. 파급효과

표 5-5-3. CO_2 플랜트 과제 진행 시 파급 효과

구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
내용	- 기존 여러 부처의 지원을 통해 개발된 다양한 수준의 연구 개발 결과물을 기본 활용하고 결집하여 대단위 상업용 플랜트 기술을 개발 - 범정부차원에서 기술 개발 투자를 진행중인 해외 선진국들과의 경쟁력을 확보할 수 있는 상용 기술 확보 - 민간 기업 위주의 기술 개발 투자로는 가격경쟁력 확보가 어려운 이산화탄소 활용 분야에 대한 다부처 투자로 국내업계의 경쟁력을 단기간에 확보	- 신규 이산화탄소 활용 시장 및 감축으로 인한 탄소배출 관련 기업의 직간접적 경제적 효과를 얻을 수 있음 - 친환경 공정을 통해 생산된 고분자는 최대 2000만톤 수준인 기존 폴리우레탄 시장 점진적으로 대체할 것으로 예상되어, 신공정을 통한 시장 재편 시 시장 선점 효과 - 신규 특수 소재 시장 창출을 통한 고용 효과 및 관련 기술 시장 투자 효과	- CO_2 저감 뿐 아니라 기존 석유시장 대체 및 친환경 소재 개발을 통한 환경 문제 등이 총망라된 분야로 국가 운영의 한 축을 담당할 기술로 기대 - 안전한 산업 공정 개발과 인체 무독성 등 친환경 제품을 통한 안전한 사회 - 자원 선순환 사회 구현
근거	- 유럽연합 및 산하 각국의 정부 주도 대형 개발 사업을 통해 단기간에 상용 플랜트 수준의 기술을 확보하였음	- 이산화탄소 감축 의무제와 탄소배출권으로 인한 기업 부담 및 이산화탄소 활용 대체연료를 통한 기존 고분자 시장 규모의 대체 가능성	- 국내에서 시작되는 CO_2 배출권 거래제 및 온실가스 감축 목표량 - 석유 고갈 및 자원 무기화에 따른 대체 원료/연료 시장 대응 - 친환경 공정 및 소재에 대한 수요 증가

제6장 결 론

플랜트 분야는 한국이 중진국 이상으로 도약하기 위해서는 반드시 확보해야만 하는 핵심 분야로서 세계시장에서 경쟁할 수 있는 기술과 실적을 확보해야만 한다. 한국이 지향해야 할 선진국 모델로 스위스, 오스트리아, 덴마크 등과 같은 유럽의 강소국가가 적합하다는 의견이 제시되고 있다. 이들 국가들의 강점은 핵심 플랜트분야에 원천기술을 갖고 고부가 가치화된 산업과 전문인력을 운용한다는 점이다.

그 동안 국내에서 다양한 플랜트 분야가 해외시장 진출에 힘입어 다양하게 발전해 왔지만, 최근 해양플랜트 사업의 적자상황에서 보듯이 확실한 기술과 경험 및 설비/부품에 대한 이해도, 해당 전문인력 등 제반요소가 뒷받침되지 않으면 한국이 선진국으로 도약하기 위한 미래 성장동력 산업으로 발전이 요원하다.

본 기획은 다 부처가 공동으로 추진할 플랜트 가능 분야 및 과제 발굴을 목표로 추진되었다. 국내에서 정부/민간에서 투입할 수 있는 재원이 제한되어 있으므로 여러 플랜트 분야를 동시에 대규모로 기술개발을 추진할 여건이 안 되는 사실을 인지하고, 어떤 플랜트 산업을 선정하여 국내외 시장에서 경쟁력이 있으면서 시장 진입이 가능할지 등에 대한 사전기획은 매우 중요하다. 특히, 각 부처별 특성이 있고 부처별 공동사업 추진 경험이 일천한 상황에서는 정밀한 사업기획이 요구되므로 이를 고려한 다 부처 공동가능 플랜트 분야 기획을 수행하였다.

공동기획 R&D 추진 분야를 선정하기 위해서는 현재 한국이 처한 플랜트 분야 문제를 살펴보고 이를 효율적으로 극복이 가능한 분야로 선정이 필요하였는데, 지금까지 국내 현실은 (1) 선진국 대비 원천기술 수준이 60%에 불과하여 정부가 지원하더라도 경쟁력 있는 기술성과로 귀결될지 의문인 경우가 많고, (2) 국산 기자재 조달율이 50% 수준과 외화가득률이 42% 수준이어서 국내업체가 참여하는 기자재 개발과 외화 가득률 제고하기 위한 국내 업계능력이 따라와 주어야 하는 문제가 있었으므로 이를 분야 선정에 고려하였다. 해외와 경쟁이 가능한 기술확보 가능성과 국내 부품·기자재 국산화율 제고가 사업 기간 내에 가능한 분야로 선정이 필요하며 각 부처별 관심도와 역할이 분명한 분야로 추진되어야 하고, 나아가 선정된 분야가 국내에 부품/기자재/엔지니어링/제작/건설/운영 등 단계별로 대/중견/중소기업이 같이 생존하는 산업생태계를 조성할 수 있을 플랜트 기술 분야가 제시되도록 하였다.

가장 중요하게 고려한 인자는 공동기획 대상 플랜트가 실증설비로 국내에 건설 운영될 때 기술개발과 더불어 플랜트 자체가 이익을 내지는 못하더라도 자체 운영비용 도출이 가능(self-sustainable)한 플랜트 분야여야 한다는 점으로서 최종 5개 플랜트 분야는 모두 이 조건을 충족하도록 선정하였다.

본 기획연구에서 최종 제시된 5개 플랜트 분야 후보과제는 다음과 같다. 이 5개 분야에 대해서 산업통상자원R&D전략기획단과 협의를 거쳐 산업부에서 관심이 있을 2개 분야와 협력방안을 제시하였다.

표 6-1-1. 5개 후보과제 요약

No.	구분	주제 (과제명)	과제별 특성 및 강점
1	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화)	- 충분한 국내 기반기술 축적 - 소형천연가스전 대상 기술은 선진국도 개발 중인 기술로서 선진국과 동등 이상 기술 수준 확보 가능 - 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능
2	청정연료	합성가스 고부가가치화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트)	- 국내 시장 잠식 분야 (SNG/IGCC 등) - 합성가스 활용성 높음 - 충분한 국내 기반 기술 축적
3	수소 및 극저온	수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발)	- 즉시 독자 운영이 가능한 수요기반 상용화플랜트 - 국토부 LNG 사업단 성과 연계 및 활용 가능 - 미래 수소 경제 대비 인프라 구축 가능
4	극한지 플랜트	극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)	- 미개척 극한지 석유&가스 개발 시장 확대 흐름 - 시장 진입시기 고려 EPC 기술역량 강화 필요 - 선행 기획, 이송망 설계/시공 연구개발 연계하여 시너지 제고
5	기후변화 대응	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축)	- 지구온난화에 따른 온실가스 감축 - 국내의 온실가스 감축목표 설정

본 기획연구를 통하여 제시된 5개 플랜트분야 후보과제 중 2개 과제(저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트, 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발)는 국토교통과학기술진흥원에서 2015년 10월 7일에 플랜트 분야 상세기획 과제로 공고되어 2015년 12월 중순에 상세기획 과제로 최종 선정되었다. 이를 통하여 국가 지원의 필요성이 담보되면서 국토부가 추진할 대형 플랜트 사업이 구체적으로 예비타당성 조사분석보고서 수준으로 나아갈 기반자료를 제공하였다.

본 기획연구에서 취합된 1차 62개 사업들도 그 자체로는 상당한 투자 효과와 기술개발의 필요성이 있는 분야들이다. 1차 62개 대상 분야에서 추려진 17개 플랜트 분야는 시장 상황 등 때문에 이번 5개 대상에서는 빠졌지만 향후 시장 상황에 따라 필요성이 커질 수 있고, 한국이 플랜트분야 기술 강국으로 부상하려면 모두 필요한 부분들이다. 이들 자료를 본 보고서의 별첨으로 제시하였으므로 향후 각 분야별로 필요시 기반자료로 활용이 가능할 것이다.

참고 문헌

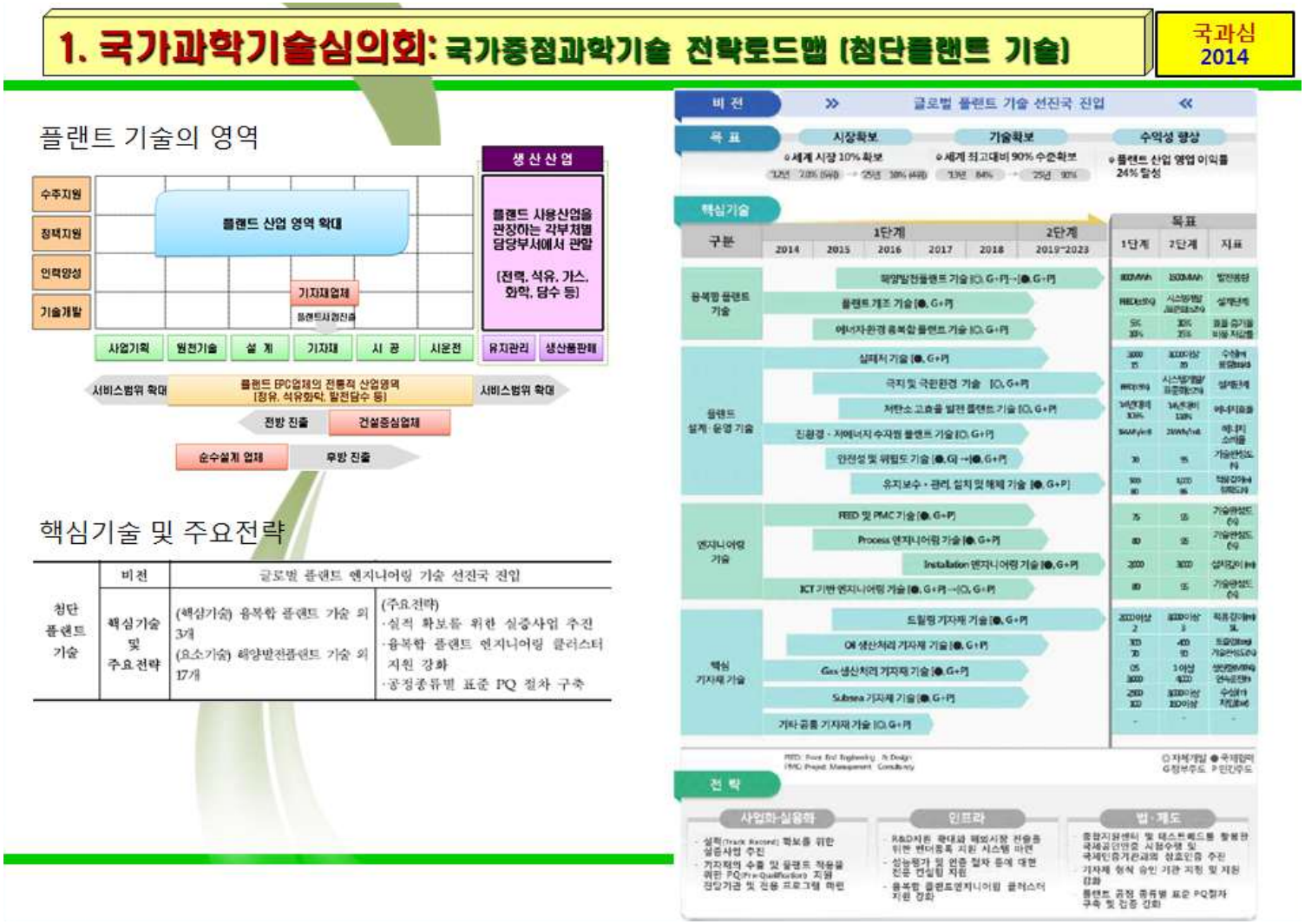
1. 한국산업기술평가관리원, 주력산업 산업융합원천 R&D 전략 [2013-2017], 플랜트엔지니어링, 2012. 9
2. 나라지표, www.index.go.kr, 플랜트 수주 동향, 2014
3. 한국산업기술평가관리원, 플랜트 연구개발 현황 및 전망, 2014. 5
4. 국토교통과학기술진흥원, 국토교통 R&D 중장기 전략 (2014-2023), 2014. 7
5. Engineering News-Record (ENR), 세계 건설 시장 공종별 매출 규모, 2013
6. Global Water Intelligence (GWI), Global Water Market 2013, 2013
7. Visiongain, Oil Sands Market 2014-2024, 2014. 9
8. IHS, IHS Global Insight, Global Construction Outlook, 2014
9. International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2012, 2012
10. Visiongain, The Oil & Gas Pipelines Market Analysis 2012-2022, 2012
11. King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy, Saudi Arabia's Renewable Energy Strategy and Solar Energy Deployment Roadmap
12. International Energy Agency (IEA), Technology Roadmap Geothermal Heat And Power, 2011. 5
13. European Commission, Hydrogen Energy And Fuel Cells, 2003
14. ORECCA, European Offshore Renewable Energy Roadmap, 2011. 9
15. European Wind Energy Technology Platform, Wind Energy Technology Roadmap, 2010. 7
16. European Industrial Initiative on Bioenergy, Roadmap
17. European Industrial Initiative on Sustainable Nuclear Energy, Roadmap
18. European Industrial Initiative on Solar Energy, Roadmap
19. European Industrial Initiative on Carbon Capture and Storage, Roadmap
20. International Energy Agency, 21st Century Coal, 2012
21. Uichiro Yoshimura, "Global Need for Clean Coal Technologies and J-COAL's Roadmap to Get There"
22. EUROGIA2020 For Low Carbon Energy Technologies, Technology Roadmap, 2013. 5
23. National Energy Technology Laboratory, DOE's CCS Program, 2010. 10
24. JOGMEC, Long-term R&D Strategy toward 2030, 2007. 12
25. US Department of Energy, Technology Roadmap for Petroleum Industry, 2010
26. Process IT, European Roadmap for Industrial Process Automation, 2013
27. European Biofuels Technology Platform, Strategic Research Agenda and Strategy Deployment Document, 2008. 1
28. NEDO, 일본 수소 에너지 및 연료전지 기술 로드맵, 2014
29. NEDO, 일본 3R, 바이오매스 에너지, 고효율 발전, CO_2 고정화/유효이용 등 분야에 대한 2000-2050년 환경에너지 기술전략맵, 2010
30. 국토교통과학기술진흥원, 국토교통R&D중장기전략 (2014-2023), 2014
31. 한국에너지기술평가원, 그린에너지 전략 로드맵, 2011
32. 한국에너지기술평가원, 온실가스감축기술 전략 로드맵, 2011

33. 한국에너지기술평가원, 자원개발기술 전략 로드맵, 2011
34. 한국에너지기술평가원, 에너지기술개발 전략 로드맵, 2012
35. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 비전 로드맵, 2013
36. 한국에너지기술평가원, 에너지기술 이노베이션 로드맵, 2014
37. 한국산업기술평가관리원, 주력산업 산업융합원천R&D전략: 플랜트엔지니어링, 2012
38. 한국산업기술평가관리원, 산업기술 RNBD 전략보고서: 시스템산업(플랜트), 2012
39. 한국산업기술진흥원, 산업기술로드맵: 플랜트/엔지니어링, 2012
40. 국가과학기술심의회, 첨단 플랜트 핵심기술 및 주요전략, 2014. 4. 23
41. 미래창조과학부, 미래성장동력 발굴・육성계획, 2014. 3
42. 미래창조과학부, 원자력연구개발 5개년 계획 (2012~2016), 2011
43. 미래창조과학부, 핵융합에너지개발진흥 기본계획: 국가핵융합로드맵 (2007~2036), 2011
44. 국가중점과학기술전략로드맵, 미래창조과학부, 2014
45. 2011 산업기술로드맵 - 플랜트엔지니어링분야, 2012
46. 이윤빈, '정부R&D정책 사이클에서 플랜트분야의 위치 고찰', Plant Journal, 11(2), 8-18, 한국플랜트학회, 2015
47. KIAT 산업기술정책브리프, 'Horizon 2020의 예산 및 주요 특징', 2012
48. STEPI 동향과 이슈 제19호, '저성장에 대응하는 일본의 과학기술혁신정책 변화와 정책적 시사점, 2015
49. Kemper County TRIG Based IGCC Power Plant, Southern Co., 2014
50. Osaki CoolGen Project Update, EPRI GUA Annual Meeting, 2014

[부록1]

국내외 플랜트 전략 R&D 로드맵

A1-1 국가과학기술심의회/자문회 로드맵



1. 국가과학기술심의회: 국가중점과학기술 전략로드맵 (첨단플랜트 기술)

국과심
2014





1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (1-1)

과학기술기본계획(2013-2017) 정의 120개 국가전략기술 (10대분야), 국과심 홈페이지(www.nstc.go.kr)

Strategic Technology

과학기술기본계획('13~'17)에 정의된

120개 국가전략기술(10대분야)

01 정보·전자·통신
02 의료
03 바이오
04 기계·제조·공정
05 에너지·자원·극한기술
06 항공·우주
07 환경·지구·해양
08 나노·소재
09 건설·교통
10 재난·재해·안전

05 Focus Technology Field

에너지·자원·극한기술

- 스마트그리드기술
- 환경친화형 고성능 전력수송기술
- 고효율 전지기술
- 열에너지네트워크기술
- 폐자원 에너지화기술
- 고효율 석탄 가스화·액화 발전기술
- 바이오에너지기술
- 지열기술
- 태양에너지기술
- 풍력발전기술
- 수소에너지기술
- 해양플랜트 실용화 기술
- 해양에너지기술
- 자원탐사기술
- 자원개발처리기술
- 핵융합기술
- 원자력 안전확보기술
- 차세대 가속기기술
- 원자력기술
- 기계적 에너지저장기술
- 무선전력전송·무선충전기술

07 Focus Technology Field

환경·지구·해양

- 환경 통합 모니터링 및 관리기술
- 오염물질 제어 및 처리기술(수질, 대기 등)
- 환경·인체 위해성 평가기술
- 수자원 통합관리시스템기술
- 폐기물 감량 및 처리기술
- 유용 폐자원 재활용기술
- 자연생태계 보전 및 복원기술
- 기후변화 감시·예측·적응기술
- 이산화탄소 포집·저장·이용기술
- Non-CO2 온실가스 저감기술
- 온실가스 감축 통합관리기술

09 Focus Technology Field

건설·교통

- 해양공간 개발기술
- 초고층 건물 건설기술
- 지능형 건물제어기술
- 고효율 에너지 빌딩기술
- 슈퍼 건설재료 및 자재기술
- 서비스 로봇기술(건설)
- 미래첨단 도시건설기술
- 복합지하 대공간 활용기술
- 국토정보구축 및 활용기술
- 첨단철도기술
- 지능형 물류체계기술
- 최첨단 인프라구조물 건설기술
- IT기반 친환경 도로기술
- 지능형교통시스템기술
- 극한공간개발기술
- 첨단플랜트 원천기술

1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (1-2)

제 6차 산업기술혁신계획(2014-2018)(안), 산업자원부에서 제출한 자료, 2013/12/19

◇ 플랜트는 엔지니어링, 기자재, 시공 등이 복합된 종합산업
- 프로젝트 종합관리, 설계, 기자재, 시공, 기술개발이 통합적이고 체계적으로 이루어져야 시너지 효과 구현이 가능
- 우리나라는 시공중심의 산업구조로, 원천기술·기본설계·핵심기자재 등 고부가가치 영역의 기술력은 상대적으로 미흡

비 전 글로벌 플랜트엔지니어링 기술선진국 진입

목 표
- 세계시장 점유율 확대 : 7.0% ('13) → 10.0% ('18)
- 수출의 지속적인 증대 : 650 억불('13) → 1,150 억불('18)
- 산업 고용 확대 : 7.1만명 ('13) → 12만명 ('18)
- 선진국 대비 기술수준(격차) : 84%(-1.9년) ('13년) → 90%(-1.0년)('18)

비 전 글로벌 플랜트엔지니어링 기술선진국 진입

목 표
- 세계시장 점유율 확대 : 7.0% ('13) → 10.0% ('18)
- 수출의 지속적인 증대 : 650 억불('13) → 1,150 억불('18)
- 산업 고용 확대 : 7.1만명 ('13) → 12만명 ('18)
- 선진국 대비 기술수준(격차) : 84%(-1.9년) ('13년) → 90%(-1.0년)('18)

산업 전략기술	현황('13)	목표('18)	세부 요소기술	확보전략	
세일가스 생산·활용 기술	시장미진입	시장진입 ('20)	- 용수집합형 및 용수대체형 세일가스 채굴 기술 - 세일가스 발생폐수/생산수 처리 핵심 공정기술 - 이동가능형 세일가스 분리 및 액화플랜트 핵심공정	다부처 공동	국외 공동 개발
해양플랜트 개조·해체 엔지니어링 기술	시장미진입	선진기술대비 90%수준	- 해양플랜트 개조 엔지니어링 기술 - 해양플랜트 해체 프로세스 엔지니어링 기술	산업부 단독	자체 개발
해양발전 플랜트 기술	시장미진입	신시장 창출 ('20)	- LNG FPSO, LNG FSRU 등과 같은 심해역에서 입증된 기술을 접목하는 기술	다부처 공동	국외 공동 개발
친환경·저에너지 첨단 수자원 플랜트 기술	-발전용 PW -선진국대비 60%	-65m급 UPW -선진국대비 95% ('19	- 고효율 초순수 제조기술 - 대형선박 및 해상구조체용 폐에너지 통합생산 기술 - 단위공정 기술의 융·복합화 기술	산업부 단독	자체 개발
해양플랜트 핵심 벌크형 기자재 기술	육상 SIL1급	심해 3000m 압력 300bar SIL3급('20)	- 심해 해양플랜트용 Separator 설계 및 제작 기술 - 해양플랜트용 Well Tree 및 Well Control 시스템 설계 및 제작 기술 - 해양플랜트용 밸브 설계 및 제작 기술	산업부 단독	자체 개발
플랜트 관리 고도화 엔지니어링 기술	-	국산 플랜트 관리 시스템 및 요소기술 확보	- 엔지니어링 플랜트 관리 고도화 기술 - 기반 엔지니어링 효율화 기술 - 플랜트 O&M 플랫폼 및 FEED 시스템 연계 기술	산업부 단독	자체 개발

1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (2-1)

국가중점과학기술 전략로드맵(안), 2014/04/25

【1】 ICT 융합 신산업 창출

⑧ 첨단플랜트 기술





1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (2-2)

국가중점과학기술 전략로드맵(안), 2014/04/25

【2】 미래 신산업 기반 확충

③ 바이오에너지 기술



핵심기술

구분	1단계 2014	2015	2016	2017	2018	2단계 2019~2023	목표 1단계	2단계	지표
목초본계 바이오매스 당전환 기술 및 바이오연료 생산 기술	목초본계 바이오매스 전처리·당화 기술 [●, G+P] → [○, G+P]						70	80	당회수율 (wt.%)
	바이오연료 전환 기술 [○, G] → [○, G+P]						1.5	2.0	발효생산성 (kg/m³hr)
		상업화 기술 (Scale-up·엔지니어링) [○, G+P] → [○, P]					1~5	700	공정규모 (ton/day)
	바이오화학제품 생산기술 [●, G] → [○, G+P]						70	95	수율 (wt.%)
촉매 열분해에 의한 바이오오일 생산 및 Upgrading 기술	열분해 촉매 기술 [●, G] → [○, G+P]						5ton/day	20ton/day	촉매 생산 시설 용량
	바이오매스 열분해 반응 기술 [●, G] → [○, P]						8,000 ▲	8,000 ▲	에너지밀도 (kcal/kg)
		바이오디젤 품질화 기술 [●, G+P] → [○, P]					80	80 ▲	탈산소율 (%)
C1가스의 바이오연료 생산용 생촉매 및 공정 기술	C1 가스 전환 생촉매 기술 [○, G] → [○, G+P]						100	200	효소활성
	C1 가스 전환 공정 기술 [●, G] → [○, G+P]						500	1200	물질전달 계수 (h⁻¹)
		C1 바이오화학 기술 [●, G] → [○, G+P]					30	50	메탄올 농도 (g/L)
조류 대량 배양 및 바이오 연료 생산 기술	조류 바이오매스 생산 기술 [○, G+P] → [○, G+P]						12	20	바이오매스 생산성 (t/ha/year)
	바이오연료 전환 기술 [●, G+P] → [○, G+P]						90	95	바이오연료 전환율(%)
		조류 기반 바이오리파이너리 기술 [●, G+P] → [○, G+P]					5	10	부산물 종류(종)
고효율 바이오가스화 시스템 및 제어 기술	유기성폐기물 에너지 잠재성 [○, G] → [●, G+P]						65	75	에너지 전환율(%)
		분산형 고효율 바이오가스 시스템 [●, G+P] → [●, P]					80	95	가동률(%)
			생태공학 정보 기반의 제어 기술 [○, G] → [●, P]				30	80	설비 진단 및 모니터링 활용 비율(%)

○ 자체개발 ● 국제협력
G 정부주도 P 민간주도

1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (2-3)

국가중점과학기술 전략로드맵(안), 2014/04/25

【3】 깨끗하고 편리한 환경 조성

③ 유용폐자원 재활용 기술

비 전 » 자원순환형 산업구축을 통한 자원수급 안정화 «

목 표

- 재자원화규모 확대: '12년 20조원 → '25년 40조원
- 매립소각비용저감: '09년 16% → '25년 5%
- 유용폐자원의 순환이용시스템 구축

전 략

사업화·실용화	인프라	법·제도
· 우수 재활용기술 사업화를 지원하는 저금리 융자펀드 조성 · 폐자원 재활용설비 제작 엔지니어링 업체 육성 · 글로벌 진출을 위한 해외 테스트베드 구축 및 기술 패키지화	· 지자체 중심의 광역별 유용폐자원 순환이용시스템 마련 · 국내외 폐자원에 대한 자원정보 제공시스템 구축	· 「폐기물관리법」 등 폐자원 재활용 촉진을 위한 법률 개정 · 폐자원재활용기업의 산업단지입주규제 완화 · 도시광산 회수 금속의 우수재활용제품에 인증기준 마련 · 생산자책임재활용제도(EPR) 대상제품 확대

핵심기술

구분	1단계 2014	1단계 2015	1단계 2016	1단계 2017	1단계 2018	2단계 2019~2023	목표 1단계	목표 2단계	목표 지표
고효율 친환경 폐자원 전처리 기술	폐자원의 친환경 무해화 처리 기술 [○, G+P]						≥99 %	≥99.9 %	유해물질 회수율
	친환경 자동차 고효율 해체·선별·모니터링 기술 [●, G]→[○, G+P]						≥95 %	≥98 %	회수율
		신재생에너지 노후 생산설비 해체선별 기술 [○, G]→[○, G+P]					≥95 %	≥99 %	저장부품 회수율
			차세대 디스플레이 부품별 해체선별 기술 [○, G+P]				≥95 %	≥99 %	박막 회수율
	EPR 대상제품 고효율 해체·선별 자동화 기술 [○, G+P]→[○, P]						≥75 %	≥90 %	공정 자동화율
		건설자재 고효율 전처리 기술 [○, G+P]					≥99 %	≥99 %	건설폐기물 회수율
업계 경쟁력 제고형 폐자원 회수·공정수율 극대화 기술	범용비철(Cu, Al, Zn, Pb)의 재자원화 공정혁신 기술 [○, G+P]→[○, P]						≥40 %	≥60 %	재자원화율
		첨단산업용 폐 희소금속의 산업원료화 기술 [○, G] →[○, G+P]					≥30 %	≥50 %	재자원화율
		EPR 대상제품의 토탈 리사이클링 기술 [○, G] →[○, G+P]					≥20 %	≥40 %	대상제품 비율
		해외 폐자원을 이용한 유가금속회수 기술 [●, G+P]					≥10 %	≥20 %	해외자원 비율
순환활용 극대화를 위한 폐자원의 소재화 및 고부가가치화 기술	폐자원의 건식법을 이용한 극한환경용 소재 제조 기술 [○, G+P]						40,000 ton	200,000 ton	생산규모
		폐자원을 이용한 정단 나노소재 제조 기술 [○, G] →[○, G+P]					≤200 nm	≤100 nm	분말크기
	폐자원을 이용한 에너지 저장용 소재화 기술 [●, G+P]→[○, G+P]						5개	10개	소재개수
				폐자원을 활용한 3D 프린터용 소재화 기술 [○, G]→[○, G+P]			-	50%	재활용률
	6N급 이상 고순도화 금속 정련 기술 [○, G+P]						≥99.9999%	≥99.9999%	순도
고효율·융합형 폐자원의 재사용·재제조 기술	원가 절감형 산업계 원료 재사용 기술 [○, G+P]→[○, P]						≥150 %	≥ 200 %	사용기간 증가율
		생활계 제품의 사용기간 연장을 위한 표면처리 기술 [○, G+P]					≥120%	≥ 150%	사용기간 증가율
		친환경 자동차부품 재제조 기술 [●, G+P]→[○, G+P]					≥75%	≥ 95%	재제조율
		3D 프린터 재제조 기술 [○, G]→[○, G+P]					-	≥ 75%	재제조율
		친환경 측매 재제조 기술 [○, G+P]					≥95%	≥ 98%	신품대비 성능
		산업기계 재제조 기술 [○, G]→[○, G+P]					≥75%	≥ 95%	재제조율
		제품-서비스를 위한 ICT 융합 기술 [○, G]					≥5개	≥ 20개	적용분야
자원 수급 안정화를 위한 천연자원 대체저감 기술	국제 환경변화에 민감한 금속사용 저감을 위한 대체저감 기술 [●, G]→[●, G+P]						-	20%	대체율
				원자 가공기술을 이용한 물리적 특성 확보 기술 [○, G]			-	10%	대체율

EPR: Extended Product Responsibility
GR: Good Recycled Product

○ 자체개발 ● 국제협력
G 정부주도 P 민간주도

1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (2-4)

국가중점과학기술 전략로드맵(안), 2014/04/25

【3】 깨끗하고 편리한 환경 조성

⑤ 온실가스처리 및 저감 기술

비 전 » 온실가스 처리기술 강국 도약 «

목 표

- $30/tCO₂ 포집 비용 달성
- 100만톤급 CCS 기술 실증화
- $50/tCO₂eq Non-CO₂ 처리 비용 달성

전 략

사업화/실용화	인프라	법제도
· 포집 발전설비 플랜트 핵심기술의 자립화 및 수출 산업화 · 저장·수송기술의 장기적 안전성 확보를 위한 실증 강화 · Non-CO₂ 삼중을 통한 이용분야 발굴확대 및 시범보급	· 대형사업 추진을 위한 국제 CO₂ 공동저장소 확보 및 국제네트워크 강화 · CO₂ 장기 누출검증체계 구축 및 안정성 평가 강화 · 연안 및 해양 CO₂ 수송 체계 구축 · CCS 및 Non-CO₂ 처리 관련 전문인력 양성	· 일정규모 이상 온실가스 대량 배출원의 CCS설비 의무화 검토 · 대기환경 및 폐기물 관리 등에서 관리대상 오염물질로 지정 · 국제표준화 활동 적극 참여 및 인증시스템 강화

핵심기술

구분	1단계 2014	1단계 2015	1단계 2016	1단계 2017	1단계 2018	2단계 2019~2023	목표 1단계	목표 2단계	목표 지표
저비용 CO₂ 포집 기술	건식 CO₂ 흡수기술 1MW급 [Ⓞ, G+P] 습식 아민 CO₂ 흡수기술 10MW급 [Ⓞ, G+P]			건식 습식 CO₂ 흡수기술 100MWe [Ⓞ, G+P]		건식 습식 CO₂ 흡수 300MWe [Ⓞ, G+P]	<30 $/tCO₂	<30 $/tCO₂	포집비용
	연소 전 고체 CO₂ 흡수기술, 1MW [Ⓞ, G+P]					10MW [●, G+P]	>90 %	>90 %	CO₂회수율
	분리막 기술, 1MW [Ⓞ, G+P]					10MW [Ⓞ, G+P]	>90 %	>90 %	CO₂회수율
		순산소 연소 기술 10MWth 실증 [Ⓞ, G+P]				50MWth 상용화 [Ⓞ, G+P]	100MWth	500MWth	실증규모
		매체순환 연소 기술 3MW 실증 [Ⓞ, G+P] → [●, G+P]				10MW 실증 [●, G+P]	>98 %	>98 %	CO₂ 회수농도
고효율 친환경 CO₂ 저장 기술	저장소 선정 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, P]						1 Mton	3 Mton	규모
		저장 설계 기술 [●, G+P] → [Ⓞ, P]					80 %	100 %	설계성능
			저장시설 구축 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]				90 %	100 %	설비성능
	고성능 주입 기술 [●, G+P] → [Ⓞ, P]						40 $/ton	25 $/ton	주입비용
		모니터링 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]					OBS	OBC	주구물의 상태도
		통합 운영관리 기술 [●, G+P] → [Ⓞ, P]					0.5 day/yr	상시운전	연속운전
			환경안전 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]				80 %	90 %	성능
100만톤급 포집·수송·저장 통합실증	대규모 포집 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]						3000 ton/day	6000 ton/day	CO₂포집량
	100만톤급 실증저장소 평가선정·특성화 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, G+P]						>1억 ton	>3억 ton	저장용량
	100만톤급 실증포집·수송·주입저장 통합FEED설계 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]						100만 ton/yr	300만 ton/yr	주입량
	플랫폼 및 주입정 설계, 설치 및 운용 기술 [●, G+P] → [Ⓞ, P]						100만 ton/yr	300만 ton/yr	주입량
		대규모 저장 주입 제어, 관측 및 운영기술 [●, G+P] → [Ⓞ, P]					1000 ton/day	3000 ton/day	주입량
		누출 감시 및 평가관리 기술 [Ⓞ, G]					수 개월	수 일	관측주기및 시그대응성
안전한 CO₂ 수송 기술	CO₂ 전처리 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]						100만 ton	300만 ton	처리용량
	CO₂ 파이프라인 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]						65 km	300 km	수송거리
			CO₂ 수송선 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]				100만 ton	300만 ton	처리용량
			CO₂ 플랫폼 기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]				100만 ton	300만 ton	처리용량
CO₂ 이용 및 전환 기술	탄화 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, G+P]						100 %	100 %	기술수준
	화학적 전환 및 이용 기술 [Ⓞ, G+P]						< 1	< 0.5	에너지사용/생성에너지
	생물학적 전환 기술 [Ⓞ, G] → [●, G+P]						6 L/m²/yr	10 L/m²/yr	유용물질 생산성
	고정화 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, G+P]						< 0.5	< 0.2	CO₂배출/CO₂고정화
	CO₂ EOR 활용 기술 [●, G+P] → [●, P]						90 %	100 %	기술수준
Non-CO₂ 회수·분해 및 활용 기술	CH₄ 포집 회수 및 활용 기술 [Ⓞ, G+P]						95 %	99 %	회수율
	N₂O 처리 및 제어기술 [Ⓞ, G+P] → [Ⓞ, P]						90 %	95 %	전환효율
	불화가스 분리, 회수, 처리 및 재활용 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, G+P]						93 %	99 %	처리효율
	모니터링 및 관리 기술 [Ⓞ, G] → [Ⓞ, G+P]						95 %	100 %	기술수준
온실가스 감축 통합관리	한국형 온실가스 감축모형 기술 [Ⓞ, G]						60 %	80 %	기술수준
	기후대기 통합관리 기반 기술 [Ⓞ, G+P]						50 %	70 %	기술수준
	부문별 배출, 흡수 계수 검증, 평가 기반 기술 [Ⓞ, G+P]						60 %	70 %	기술수준
	온실가스 인벤토리 고도화 기반 기술 [Ⓞ, G+P]						60 %	80 %	기술수준

CCS: Carbon Capture & Storage
CO₂ EOR: CO₂ Enhanced Oil Recovery
FEED: Front & End Engineering & Design

Ⓞ 자체개발 ● 국제협력
G 정부주도 P 민간주도

1. 국가과학기술심의회 : 플랜트 관련 사항 (3)

창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기전략(안), 국토교통부에서 제출한 자료, 2014/07/30

② 글로벌 TOP 플랜트 건설기술

추진 목표

○ '06년 이후 해외건설 수주 60% 이상을 점유하는 플랜트건설의 시장 다변화 및 부가가치 제고를 위해 담수화, 자원화, 자원 이송·순환 등 미래 유망 플랜트의 건설·시공에 대한 전주기적 핵심기술 개발 추진

※ 플랜트에 필요한 건설기술(기 개발 기술 포함)을 중심으로 실증 및 시스템 기술 개발

□ 기술개발 방향

○ **(담수화 플랜트)** 건설·시공비용 최소화를 위한 막공정 융·복합 및 기술개발 단계에 따른 담수화 플랜트의 효율적 건설기술 개발 등 추진

- MD/PRO 복합탈염공정 담수화 기술, 정·역삼투융합 담수화 기술, 역삼투막 고급 세정기술, 재난 및 위기대응 해상 해수담수화플랜트 등

○ **(자원화 플랜트)** 현재 추진 중인 **LNG 가스 플랜트의 성공적인 마무리** 및 지속적으로 성장중인 **자원화 플랜트의 핵심 건설기술** 확보

- 한국형 LNG 액화공정설계기술, LNG 공정 설계 및 건설기술, 일반 건설 조건과는 다른 극한지 등에서의 자원화 플랜트 건설기술

○ **(자원 이송 및 순환 플랜트)** 세계 석유 및 가스 파이프라인 시장에 진출하기 위한 **자원 이송망 건설 기술**과 자원의 효율적 활용을 통해 **국민부담 경감이 가능한 자원 순환 인프라 건설기술** 추진

- 동토지역 자원이송망 설계·자동시공 및 유지관리 기술, 자원이송 광역 스테이션 및 운영시스템, 수소네트워크, 순환형 도시복합인프라 등



2. 국가과학기술자문회

플랜트 엔지니어링 산업 역량 제고 방안, 2015/02/03

주요 이슈 및 문제점 분석

	세부 분야	주요 이슈	원인 분석
1 기술역량 열위	R&D	국책 R&D의 대기업 중심 과제 선정/참여 및 낮은 성공률	• 핵심목표인 기술 상용화, Upstream 영역에 연계된 R&D 과제 부재
	경험	경험을 중시하는 해외 시장진입 시 Death Valley 극복	• 사업 프로세스 별 체계적 관리가 미흡하고, 수주 성과와 연결되지 못함
2 고급인재 부족	인력	고급 엔지니어링 인력 부족	• 경험 및 지식을 보유한 전문 엔지니어링 인력이 부족하고, 수급 불균형 심화
	교육	현장 니즈와 괴리된 교육 프로그램 이슈	• 유사한 전문 교육이 복수 기관에서 중복 제공되고 있는 비 효율 발생
3 산업구조 취약	대기업 협업	협업 결속력 약화 및 불평등한 계약 관계	• 대기업/중소기업간 협업을 담보하는 실질적 인센티브 정책 부재
	제도	글로벌 경쟁 조건에 부합하지 않는 낙후된 국내 제도	• 글로벌 스탠다드에 부합하지 않게 운영되는 국내제도

우리의 전략은....

> 핵심 기술역량 확보

[전략1] 선택과 집중형 엔지니어링 메가프로젝트 추진

빔부처 차원 메가프로젝트 추진을 통한 Upstream 영역의 고부가가치 기술개발

>> 고급인재 양성

[전략2] 지식과 경험이 결합된 실무형 전문인재 양성

엔지니어링 전문성 확보를 중심으로 지식과 경험을 겸비한 인재양성

[전략3] 해외 고급인력 유치 및 활용 확대

해외 우수 인력 리턴 제도를 통한 글로벌 전문인력 확보

플랜트 엔지니어링산업 분석

시장 변화에 대응한 기획·설계 역량 강화 및 원천기술 확보 등 핵심기술개발 필요

> 글로벌 플랜트 시장 변화에 대응한 고부가가치화 요구 증대

- 글로벌 경기 침체 회복에 따른 플랜트 규모의 성장
  * 2010년에서 2020년까지 연평균 6% 성장 예상
- '12년 이후 중동에서 미국으로 주력시장 변화
  * 셰일가스 혁명의 영향으로 시장 중심이 이동 (공급자→발주처)
- '08년 이후 국내 기업의 수주 대부분이 화공플랜트에 집중
  * 수주의 85% 내외가 정유, 석유화학 등 화공플랜트에 집중

>> 국내 산업 역량 분석

- 중동시장에서 시장점유율 1위 브랜드 파워
- 시공 품질·공사기간 단축을 기반으로 세계 6위 달성
- 조립, 가공, 시공 등에 기술력 강점 보유

>> 문제점 분석

- 높은 R&D 투자율에 비해 핵심기술역량 부족
- 글로벌 시장변화 대응 미흡
- 선진국과 신흥국 사이에서 입지 약화

성공 사례 : 오션엔지니어링㈜ : 플랜트 설계 전문기업(석유화학, 발전소, 수처리시설 등)
* 중동 가스전 해외 첫 직장 수주, 중국·싱가폴 등 플랜트 설계 엔지니어링 기술 수출

우리의 전략은....

>>> 제도 및 인프라 구축

[전략4] 대기업-중소기업 간 협업생태계 구축

대·중소기업간 기술협력 강화 및 저가수주경쟁 억제 제도 개선

[전략5] 엔지니어링 규제총량제 실시

기술경쟁 환경 조성을 위한 규제완화 및 운영성과 기반 규제총량제

A1-2 산업자원부 전략 로드맵

1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.1) 풍력

산자부
(에기평)
2011

풍 력

국산풍력 세계 최고 기술력 확보를 통한 세계 시장진출

시장현황 분석

- 풍력시장은 연평균 약 16% 이상 급속한 성장 추세
  - 미국, 유럽시장으로부터 중국, 인도 등 아시아권의 수요 급증
  - 중국의 경우 2020년까지 250 GW 설치목표로 성장 예상
- 육상은 2~3 MW급, 해상은 3 MW이상으로 시장확대
  - 1.5 MW급 이하는 시장점유율 대폭 감소 예상
- 육상단지 고갈로 해상풍력단지로의 개발확대 가속화
  - 기술발전을 통한 5~10 MW급이 주력상품화로 전망
  - 부유식의 경우 해외는 기존모델 개조 및 SCALE-DOWN 형식을 통하여 실증시험 중
- 세계시장점유 시스템 제조자들의 구성품 자체제작 및 수직계열화를 통한 다양생산체제 강화

전략방향

- 국내에서 개발된 시스템의 경쟁력 강화를 통한 수입대체 및 수출상품 육성
  - 육상 2~3 MW급, 해상 3 MW 이상을 주력상품화
  - 중요부품의 국산화 및 경쟁력 확보를 통한 Supply Chain 안정화
- 실증단지 확대 및 시범단지 개발을 통한 인프라 구축 및 Track Record 확보를 통한 세계시장 진출
- 국제인증시스템 구축을 통한 풍력 리더국으로의 전환
  - 국제경쟁력을 갖춘 인증 및 성능평가기관 육성
- 부유식 해상풍력을 통한 풍력 미래시장 대응
  - 조선기술 응용 차세대 풍력시장으로서 부유식 기술 선점

시나리오 전략 로드맵

시장	유럽을 중심으로 시스템 대형화	유럽주도의 풍력시장에서 아태지역으로 확장
	육상단지의 제한성으로 해상풍력시장 확대	
전략 방향	국내개발 풍력 발전기의 경쟁력 강화	해상풍력관련 기술확보를 통한 미래시장 대응
		인프라구축을 통한 풍력 리더국으로 도약
주요 기술	상용화, 원천기술개발을 통한 기술경쟁력 확보	해양환경분석기술, 하부구조물 및 부유체기술 확보
		해상풍력단지개발 종합기술 확보
시장 진입	국내시장 개발을 통하여 제조자의 TRACK RECORD를 확보하고 단지개발과 관련된 종합 엔지니어링 기술을 습득하여 세계시장 진출의 교두보 마련	

쟁점사항

- 국내시스템 제조자 과평창으로 인한 과다경쟁 우려
- 기술력 외국의존도가 높아 독자기술력 확보 난항

사업화 전략

- 단기전략방안
  - 국내개발 2~3 MW급(육상), 3~5 MW급(해상) 주력상품화
  - 구성품의 국산화 및 기술확보를 통한 Supply Chain강화
  - 국제 경쟁력 있는 인증시스템 구축을 통한 해외수출기반 마련
- 중장기전략방안
  - 신뢰성, 가격 및 기술경쟁력 강화를 통한 해외수출시장 확보
  - 부유식 풍력발전기술 선점을 통한 차세대 풍력시장 공략

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리 창출(명)	47,740	170,900
세계시장 점유율(%)	5	20
수출 규모(억원)	82,500	660,000
내수 규모(억원)	20,000	125,000
CO_2 감축량(천 톤)	1,175	5,944



1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.2) 연료전지

산자부
(에기평)
2011

연료전지

2020년 세계 1위 연료전지 강국 달성

시장현황 분석

- **연료전지는 저탄소 녹색 발전 장치로, 연료전지 스택, 연료변환장치, BOP 및 제어기술을 포함하는 통합 기술**
  - 열병합 발전시 전체 효율 80% 이상(전기효율~40%)
  - 기존 화력 대비 CO_2 배출량 40%, 에너지 사용량 26% 감소
  - 휴대용 전원, 수송용, 건물용, 분산 발전용 등 다양한 시장 진입 가능
- **신 산업 창출 및 막대한 시장 잠재력**
  - 2000개의 산업군과 동반 성장하여 하나의 새로운 산업 체계 형성
  - 시장규모 : 2013년 $1,968로 예상하나, 시장이 본격적으로 형성될 2015년을 전후로 폭발적으로 성장하여 2020년 $120B 예상
- **시장 선점을 위한 기술 경쟁 심화**
  - 미국, 일본, EU, 중국 등 정부의 대규모 지원 하에 기술 개발 및 실증 사업 추진 중이며, 일본은 2009년 건물용 연료전지 상용 판매 개시

전략방향

- **부품/소재 등 핵심 기술의 국산화 및 양산화를 통한 가격 경쟁력 확보**
  - 시스템 기술은 선진국 수준에 이르렀으나, 핵심 부품 및 소재의 Supply chain 미비로 인한 가격 경쟁력 약화 및 향후 기술 종속 우려
- **가격저감 및 내구성 향상을 위한 기술 개발지원**
  - 연료전지 산업화를 위한 제반 기술적 장애요인은 가격과 내구성 문제
- **보급 사업을 통한 초기 시장 창출 및 대량 생산 체계 구축**
  - 내수시장 창출을 통한 기술 및 가격경쟁력 강화
  - 정부의 연도별 보급 계획 공표 및 부품 소재 표준화를 통해 중소기업의 참여를 유도하여 육성하고, 이를 통해 supply chain 구축
  - 이산화탄소 감축을 위하여 정부 및 기업간의 신재생에너지 의무할당제 합약 및 신재생에너지에 대한 지원 확대

시나리오 전략 로드맵

시장	고성능 저가 고내구 소재 부품	경쟁 제품 대비 시장성 확보
	RPS 실행 등 보급확대 정책에 따른 시장규모 증가	
전략방향	핵심소재/부품 국산화 기술 개발 및 가격 경쟁력 확보	건물용/수소용 PEMFC 시스템으로 시장 창출
		다목적/대형 연료 전지 시스템 개발
주요기술	촉매, 전극, 전해질, matrix, 분리판, 일본제 converter, blower 등 국산화	Reliable 양산 기술용도에 따른 시스템 최적화
		고효율화 기술 장기 신뢰성 확보 상용화 기술
시장진입	• 내수시장 강화와 함께 수출 주도형 산업으로 육성 • 다양한 응용분야에 적합한 차별화된 제품 개발 • 저가 · 고효율 · 고내구 연료전지 개발을 통한 신규시장 선점	

쟁점사항
- 가격저감과 내구성 확보를 위한 기술경쟁 심화
- 부품소재 등 supply chain 구축 / 수소 인프라

사업화 전략

- **저가/고효율/고내구 연료전지 시스템 기술 개발**
  - 시장 경쟁력 확보
- **보급 사업을 통해 시장 창출**
  - 중소기업의 연료전지 산업 진입을 유도
- **중소기업 중심의 supply chain 구축**
- **기술 국산화 및 양산화를 통한 가격 저감**
- **세계 시장 선점**
  - 자동차, 조선, 발전소 등 국내 기업들의 세계 시장 선도 유지

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리창출(명)	10,064	119,330
세계시장 점유율(%)	12	30
수출 규모(억원)	11,524	143,583
내수 규모(억원)	4,909	54,051
CO_2 감소(천 톤)	430	4,460



1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.3) 바이오연료

산자부
(에기평)
2011

바이오연료

바이오연료 산업 육성을 통한 수송 부문의 온실가스 저감과 신규 수출산업 창출

시장현황 분석

- **중장기적으로 수송용 바이오연료는 온난화 대응의 가장 실질적 수단으로 인식되어 바이오연료 시장은 지속 성장**
  - 2050년 기존 수송 부문 총 에너지 소비의 25% (8억 toe) 예상
- **바이오연료 시장 확대 및 기술 선점 가능**
  - 2012년부터 수송용 바이오연료 의무 사용제(RFS) 시행 검토중
  - 2030년까지 국내 수송용 바이오연료 500만 toe 보급 목표
- **시장 선점을 위한 기술경쟁 심화**
  - 미국, 일본, EU, 중국 등 정부의 대규모 지원 하에 바이오연료 기술 개발 및 실증 사업 추진 중임

전략방향

- **돌파/원천 기술 개발**
  - 비식용 원료 기반 바이오연료 산업화 실현에 필요한 돌파기술 및 원천기술 확보
  - 다양한 원료로부터 석유계 수송연료를 대체하는 바이오연료 생산관련 기술의 국산화 및 supply chain 완성으로 신성장동력원으로의 바이오 연료산업 창출
- **조기시장 진입 가능 바이오연료의 기술개발 및 상용화에 전략적 투자**
  - 조기 시장 진입이 가능한 바이오가스, 바이오디젤, 바이오부탄올, 비알콜계 탄화수소를 중심으로 상용화 기술확보에 주력
  - 바이오매스 원료가 풍부한 적도 부근 국가와의 전략적 기술개발로 추격형에서 선도형 산업으로 육성

시나리오 전략 로드맵

시장	가격 경쟁력 강화를 위한 바이오매스 전처리공정	기존 석유계연료와의 호환성 강화 기술개발 미흡	
	RFS 및 정부 보급정책에 따른 시장규모 증가		
전략 방향	비식용원료 활용에 의한 원료 수급 안정성 제고 및 가격 경쟁력 강화	조기 시장진입 가능 바이오연료 시장창출 지원	석유계 연료와 유사한 구조의 탄화수소형 바이오연료개발
주요 기술	리그닌, 셀룰로즈 분리 기술 및 고효율 당화효소 국산화	바이오가스, 바이오디젤 바이오부탄올 관련 시스템 최적화	알콜계, 비알콜계 고탄소 바이오연료 생산 미생물 재설계 기술
시장 진입	• 내수시장 강화와 함께 수출 주도형 산업으로 육성 • 다양한 응용분야에 적합한 차별화된 바이오연료 제품 개발 • 가격 경쟁력있는 수송용 바이오연료 개발을 통한 세계시장 선점		

쟁점사항

- 원료 수급 불안정성 및 낮은 경제성
- 시장 선점을 위한 기술 및 가격 경쟁 심화
- 차세대 바이오연료 관련 국내 독자기술 취약

사업화 전략

- **바이오연료 supply chain 완성**
  - 중소/중견 기업 중심
- **바이오연료 특성별 독자 business 모델 수립**
- **RFS 및 정부 실증/보급 사업에 적극 참여하여 활용**
- **원천 및 돌파기술 개발에 의한 시장 선점**

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리창출(명)	2,000	8,300
세계시장 점유율(%)	1	5
수출 규모(억원)	900	15,000
내수 규모(억원)	18,600	75,900
CO_2 감소(천 톤)	3,930	16,500

분류	전략품목	~2011	~2012	~2013	~2015	~2020	~2030
단기 품목	해양/목질계 전처리공정			· 당 생산 단가 0.2$USD/kg		· 당 생산 단가 0.1$USD/kg	
			목질계 바이오매스 전처리 및 당화효소 개발			맞춤형 바이오매스 설계기술	
				· 지질 생산성 : 0.06g/L/d		· 지질 생산성 : 0.15g/L/d	
				미세조류 고농도 배양 및 수확기술		미세조류 배양/수확/추출 통합 시스템	
	바이오디젤			고체촉매기술개발	· 촉매수명 : 6개월이상	범용 유지 활용 BD 생산공정 개발	
				비식용 유지 및 미세조류 활용 HBD 생산기술			
	바이오가스			· 액화효율 20%, 메탄순도 97% 이상			
				바이오가스 정제 및 액화기술 개발		시범/보급	· 바이오가스 생산량 60㎥/톤
				· 바이오가스 생산량 기존대비 2배 증산	수송수단 엔진개조 및 인프라 구축		
				바이오가스 증산기술 개발		바이오매스 바이오가스화 기술 개발	
	바이오부탄올 비알콜계연료			· 부탄올 생산성 : 3g/L/h			
				바이오부탄올 생산 기술 실증 연구	부탄올 양산기술		
				비알콜계 바이오연료 기반물질 생산기술개발 및 실증연구	비알콜계 바이오연료 양산기술 개발	· 생산성 : 3g/L/h	
장기 품목	바이오 Syn-gas			· 탄소전환율 : 100% · 순도 : 99%		· 합성가스 전환율 : 95%	
				바이오 Syn-gas 생산 및 정제기술 개발		액체 수송용연료 전환기술 개발	
	고탄소 바이오연료				· 생산성 : 0.5g/L/h		
				고탄소 함유 탄화수소 생합성 경로 및 효소체 개발		휘발유, 디젤유, 항공유 대체 고탄소 바이오연료 생산기술	

정부주도 | 민간주도

1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.4) 청정연료

산자부
(에기평)
2011

청정연료

무공해 청정연료로 국가 에너지 자립

시장현황 분석

- 2035년까지 합성석유 시장의 지속적 성장 예측
  - 시장전망 : 21만 배럴/일('07)→416만 배럴/일('35)
  - ※CTL(16만→331만 배럴/일), GTL(5만→85만 배럴/일)
  - ※Source: 미국 DOE, EIA의 IEO 2010 발표자료
- CTL, GTL 등 상용기술의 접근성이 제한적이나 플랜트 시장규모는 큼
  - 향후 25년간 플랜트 시장 규모 : 395조원
- 산업에서 천연가스를 전환하는 GTL-FPSO 기술은 국내 조선 사업과 연계시 큰 부가가치 창출 가능
  - 국내기업의 소유가 가능한 중소형 천연가스전 활용
- 매장량이 풍부하고 저렴한 저급석탄 자원의 활용 확대
  - 저급석탄을 고효율로 전환시키는 가스화기 기술 확보 필요

전략방향

- 최단기 시장진입이 가능한 핵심 단위기술 확보에 주력
- 저급탄 가스화기 개발을 통한 석탄전환사업 경제성 확보
  - 저급탄 가스화 기술, 저급탄 정제/검증 기술과 산기술의 접목으로 개발 기간 단축
- 합성천연가스(SNG) 기술 확보를 통한 경쟁력 강화
- 천연가스 이용 기술에 대한 핵심 원천 기술 확보
  - GTL 공정의 실증화를 통한 사업화
  - GTL-FPSO 통합 설계를 위한 조선사와 전략적 공동 연구 추진
- F-T 합성기술에 대한 통합 개발 및 가스화기/리포머 등과 연계 실증 및 상용화
  - 저급탄 가스화기와 연계된 CTL 공정 상용화

시나리오 전략 로드맵

시장	합성 천연가스 수요 증가 가격이 저렴한 저급 석탄 이용	천연가스 합성석유 수요 부유식 해양플랜트 발주 증가
	유가 급등에 의한 석탄/천연가스 합성석유 수요 증가	
전략방향	석탄 : 저급탄 개발	천연가스 : 중소규모 및 비재래 가스전 개발
주요 기술	저급탄 가스화기 석탄 SNG 합성	합성석유	마이크로반응기/ 모듈형 촉매, GTL FPSO
시장 진입	• 최단기 사업화 가능한 핵심 단위 기술 확보 • 2015년까지 실증운전, 2020년 이후 상용플랜트 건설 및 기술 수출, 시장 진입		

쟁점사항
- 대규모 투자 요구, 신뢰도 높은 기술 확보
- 원료 석탄 및 천연가스 수급 문제

사업화 전략

- 실증설비에 대한 기술검증을 통해 단계적 시장진입
  - 실증급 1호기의 국내 건설 및 국내시장 적용을 통한 기술 검증
  - 기술 실증을 통한 기업 참여 및 상용화 추진
  - 2030년 상용화 후, 국외 플랜트 시장점유율 12% 확보 전망
- 자원보유국과의 공동사업 추진
  - 현지에서 실증설비 개발을 통해 설계, 운전 및 EPC 능력확보
- 차별화된 핵심원천 기술 확보
  - 핵심공정에 대한 기술 라이센스 확보
  - 기 보유한 FPSO 설계기술과 compact GTL 기술접목

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리 창출(명)	13,000	54,000
세계시장 점유율(%)	5	15
수출 규모(억원)	13,336	36,000
내수 규모(억원)	-	18,000
CO_2 감축량(천 톤)	-	4,400

분류	전략품목	~2011	~2012	~2013	~2015	~2020	~2030
단기품목	저급탄 가스화기	저급탄 가스화기 성능 혁신 및 실증 설계	도입기술 기반 국내 실증 추진		개발가스화기 실증	상용 제품 개발 상용설비 해외건설	라이센스 확보 수출산업화
			저급 탄광 개발 및 투자				
	석탄 SNG 합성기술	석탄 SNG 합성 촉매 및 공정 실증 기술 개발				상용 SNG 합성 공정 설계 기술	
		석탄 SNG 실증 플랜트 운영				석탄 SNG 상용 설비 건설	라이센스 확보 EPC 추진
	F-T 합성 액화기술	15bpd CTL 액화 공정 개발 완료	저급탄 가스화기 이용 300bpd 액화 demo plant 개발			수천 bpd급 통합공정개발	수만 bpd급 통합공정개발
		1bpd급 GTL 통합 공정 개발		100bpd급 GTL 통합 공정 개발		합성석유 시장진입	플랜트 기술 수출
		청정연료 test bed 구축 및 운영				합성석유 생산 대표 에너지기업 설립	
장기품목	모듈형 GTL기술	0.1 bpd급 마이크로 채널 리포머 및 F-T 개발				Demo급 기술개발	GTL FPSO 적용 기술 개발
	GTL FPSO 기술	GTL FPSO 타당성 조사	FPSO 개념 및 기본 설계 개발			한계 가스전 을 이용한 GTL FPSO 상용 제품 개발	

정부주도 / 민간주도

1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.5) IGCC

산자부
(에기평)
2011

IGCC

고효율 고청정 IGCC 플랜트 수출 산업화

시장현황 분석

- 전력수요증가, 석탄이용 지속, 기후변화 대응 CO_2 저감 필요 증대로 IGCC 플랜트 시장 급성장 진행
  - 2030년 시장 예상규모 : 약 250 GW(약 8,300억불)
    - 미국, 네덜란드, 독일이 독과점 → 현재 일본, 중국 가세
- 국내에서도 석탄 IGCC와 석탄가스화 SNG 플랜트 건설이 추진중
  - 국내시장 규모 : 현재 2조원 → 2020년 5~7조원
  - 국내 중공업체, 에너지회사의 IGCC 시장 참여 확대 중
- 국내 건설 예정인 석탄가스화 플랜트 설비/부품 국산화 시급
- 향후 기후 변화협약 대비 IGCC+CCS연계가 핵심
  CCS기술 개발시 신규 석탄화력발전 기술의 상당 부분 담당

전략방향

- 300 MW급 IGCC 실증사업을 통한 리스크 최소화, 시장진입 기반 조기구축
  - 해외 실증 가스화기술 바탕 → 상용급 플랜트 건설/설계/제작기술 조기 확보
- 핵심 단위설비 및 기자재 국산화 추진 → 건설비/운영비 절감
  - 실증플랜트용 주기적 교체 설비/부품 우선 국산화 추진
    - 연관 플랜트 부품소재산업으로 확대 재생산
- 500 MW급 격상 플랜트 설계기술 개발과 시스템 표준화
  - 국내 석탄화력발전소 설계/건설 운영에서 축적된 기술 적용
    - 표준화로 기술성, 안전성, 이용률 향상과 건설비 절감
    - 수출용 플랜트 기술로 특화

시나리오 전략 로드맵

시장	노후 화력발전 대체 시장 확대	CO_2 대응 신석탄발전기술 필요성 증대	
	고부가가치 플랜트 독과점 시장으로 재편 중		
전략 방향	300 MW급 IGCC 플랜트 상용 기술 조기 확보	핵심 설비/ 기자재 /공정 원천기술 확보	HYBRID IGCC 플랜트
주요 기술	플랜트 종합설계/ 운영기술	독자 모델 가스화기 / 핵심부품 국산화	IGCC+CCS, IGCC+SNG, IGCC+FC, CTL+IGCC
시장 진입	• 300 MW급 IGCC시장 국내기반 확보 및 500 MW급 시장확대 • 석탄가스화기술 적용 SNG/화학 • 원료 제조 플랜트 시장으로 확대 고부가가치 석탄가스화/ IGCC플랜트 EPC 시장 진입		

쟁점사항

- 가스화공정 원천기술을 소유한 선진국 업체에 의한 독과점시장 형성 진행 중
- 일본, 중국 기술의 급성장으로 경쟁 심화

사업화 전략

- 300 MW급 IGCC 플랜트 대상 2015년 이후 시장 진입
  - 실증 사업을 통한 종합설계, 제작, 건설, 운영 기술을 바탕
  - IGCC 시장 Fast Follower 전략 추진
- 한국형 IGCC 발전소 표준모델 개발 → 시장 경쟁력 강화
  - 기존 석탄화력발전소 경험 기반, 500 MW급 격상 플랜트까지 표준화
- 국내 부품기술 능력 확보로 연관 플랜트시장 진출
  - IGCC부품산업 육성 →국내외 IGCC, CTL, SNG, GTL, DME 플랜트 시장 진출

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리 창출(명)	11,078	9,958
세계시장 점유율(%)	20	25
수출 규모(억원)	1,925	8,571
내수 규모(억원)	5,500	4,980
CO_2 감축량(천 톤)	178.7	2,809.4



1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.6) CCS

산자부
(에기평)
2011

CCS

포집, 수송, 저장 통합 실증을 통한 상용화 역량 확보 및 국제 CCS 시장 선점

시장현황 분석

- **세계시장 현황**
  - CCS 해외 시장은 2015년 초기 시장이 형성되기 시작, '20~'30 사이 OECD+의 신규화력발전의 90%이상에 CCS 보급전망(WEO 2009)
  - 화석에너지 사용의 지속적 증가 및 기간산업(발전, 제철, 시멘트, 정유, 석유화학)의 청정화를 위한 유일한 대안인 CCS 기술의 중요성 증가
- **국내시장 현황**
  - '20 BAU대비 30% 감축 목표 달성을 위한 실질적 감축 방법으로의 CCS 기술의 중요성
  - '13~ '17년 신규화력발전(111 GW)에 CCS 기술 적용 시작 전망
  - 상용화 시점인 '20년에는 약 2조 6천 억원의 규모

전략방향

- **실증 저장소 및 국제협력을 통한 관련 기술 조기 확보**
  - 소규모 실증 저장소 및 대용량 상업 규모 저장소 확보
- **포집, 압축, 수송, 저장의 통합 실증 달성 및 국제 인지도 확보**
  - 1만톤급 포집 · 수송 · 저장 통합 실증을 통한 CCS 전주기 기술 완성
  - 100만톤급 통합 실증을 통한 상용화 역량 확보
- **CCS 전체비용의 80%를 차지하는 포집 비용 대폭 저감을 위한 핵심 기술 개발 병행 추진**
  - * 포집비용 : $30/tCO₂('12) → $20/tCO₂('20) → $10/tCO₂('30)

시나리오 전략 로드맵

시장	'20년 세계 탄소시장 1조 달러 추정	'13~'17 신규발전(111 GW)에 CCS 적용전망	
	발전 및 중공업계 전세계적 CCS 투자 확대		
전략 방향	각 기술에 따른 차별화 전략으로 조기실증성공 달성	혁신적 비용 저감포집기술 개발로 경쟁력 향상	국제공동연구를 통한 100만톤 규모조기 저장 실증
주요 기술	포집플랜트 설계 및 운영기술	혁신적 비용 저감 포집기술	저장소 탐사, 시추, 수송 기술	저장소 통합 유지관리기술
시장 진입	실증을 통한 신뢰성 확보로 국제 CCS 초기 시장 선점	저비용 핵심기술 확보로 시장 확대	포집, 수송, 저장 연계를 통한 조기 상용화 기술 확보

쟁점사항

- CO_2 실증 저장을 위한 저장소 조기 평가 및 확보
- EU, 미국 등 선진국의 CCS 기술개발 가속화로 기인한 경쟁체제 돌입의 가능성

사업화 전략

- **발전사와 건설, 중공업계간 컨소시움으로 실증사업을 추진하여 실적확보 후 세계시장 진출**
  - 대규모 통합실증 규모는 100 MW급, 필요시 EU ZEP Project 참여
  - 실증이후에는 민간주도로 300 MW급 이상 상용플랜트 사업화 추진
- **국제 공동 연구 및 협력 체계 강화**
  - 조기 저장소 확보 및 저장 기술 도입을 위한 CSLF, IEAGHG, APP 등 국제기구와의 긴밀한 협력체계 구축
  - 포집, 저장 기술에 대한 국제 사회에서의 검증 및 CCS 강국으로서의 브랜드 및 신뢰성 확보

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리 창출(명)	1,528	9,705
세계시장 점유율(%)	0	20
수출 규모(억원)	-	97,050
내수 규모(억원)	-	6,470
CO_2 감축량(천 톤)	-	32,000



1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.7) 청정화력발전

산자부
(에기평)
2011

청정화력발전

고효율 · 친환경 청정화력발전시스템 기술개발을 통한 수출전략모델 확보

시장현황 분석

- **세계발전시장의 67%를 화력발전이 담당, 시장규모는 연간 120조원 규모(2010년 기준), 연평균 성장율은 2.5%임**
- **가스터빈 시장규모는 16조원, 연평균 4.6% 성장**
  - 100MW급 시장은 3조원, 200MW급은 6.3조원 규모이며 GE, Siemens, Alstom, MHI등 4사의 시장점유율 68%.
  - 고온부품 시장규모는 연간 6.3조원
  - 가스터빈 및 고온부품은 전량 수입에 의존
- **석탄화력발전 시장규모는 연간 97조원**
  - 신규시장 규모는 연간 70조원, 이중 아시아 시장이 약 56조원
  - 노후설비 개 · 보수 시장규모는 연간 27조원
- **2010년 국내업체의 화력발전 수주실적은 약 12조원임**

전략방향

- **한국형 가스터빈 및 고성능 고온부품**
  - 100MW급, 200MW급, 고온부품 개발
  - 선진사와 공동개발을 통한 설계기술 확보
  - 수출전략모델 확보
  - 고온부품은 역설계를 통한 고성능 부품 개발
- **청정석탄화력발전**
  - 노후발전소 고효율 초청정 전환기술, 스마트기술 적용 무인자동화 운전기술, 700℃급 HSC 고효율 발전시스템
  - 기 개발된 USC*기술, IMCS**기술을 기반으로 개발
- **부품소재 국산화율 제고 및 중소기업 Supply Chain 구축**

시나리오 전략 로드맵

시장	선진국의 CO_2 감축을 위한 청정연료 발전설비 수요 증대		개도국의 대용량 저비용 전력 공급시스템 투자 확대	
	CO_2 대응 고효율, 고청정 , 대용량 화력발전시스템 니즈 증대			
전략방향	가스터빈(100/200MW) : 해외업체 모델 공동개발	가스터빈 고온부품 : D/E/F급 고온부품 기술 확보	노후석탄화력 고효율화 : 실증사업화	700℃ HSC/ 무인자동화 제어 : 기반기술확보
주요기술	100MW GT 엔진/ 200MW F급 대형 모델	블레이드, 베인, 연소기 개발	플랜트 Cycle 최적화/출력증강 모듈	대형초합금 제조/지능형 플랜트 진단 무선 VPD시스템
시장진입	• 국내 시장에서 Track Record 확보 • 국내기업의 경쟁력이 높은 해외 플랜트 사업 연계 제품 공급 • 기술이전 등을 통한 아시아 Emerging Market 진출			

쟁점사항
- GT 공동개발을 위한 해외업체 기술제휴
- 실증사업 주관발전사 선정과 정부지원 확대

사업화 전략

- **한국형 가스터빈 및 고성능 고온부품**
  - 국내 실증을 통한 Track Record 확보
  - 100MW는 나치아켓 공략, 200MW는 해외플랜트 EPC* 연계
  - 고성능 고온부품 : 중소 전문기업 활용 개발/수입대체/수출
- **청정석탄화력발전**
  - 노후발전소 초청정 전환기술 : 500MW표준화력 Retrofit 실증
  - 스마트 무인자동화 운전 : 국내 화력 실증 후, 해외 BOT** 사업
  - HSC 고효율발전시스템 : 국내화력 신규 혹은 Retrofit 실증
- **기술이전 등을 통한 아시아 Emerging Market 진출**

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리창출(명)	5,200	213,100
세계시장 점유율(%)	7	15
수출 규모(억원)	9,064	285,650
내수 규모(억원)	17,390	104,950
CO_2 감소(천 톤)	4,905	7,989



1. 그린에너지 전략로드맵 : 1.8) 원자력

산자부
(에기평)
2011

원 자 력

최상의 안전성 확보를 통한 세계 3대 원전 수출국 달성

시장현황 분석

- 원전이 녹색성장의 주요 수단으로 평가
- 선진 원전 공급사들은 경쟁력 강화를 통한 시장 장악력 확대 노력
- UAE에 APR1400 수출을 계기로 정부는 국가 발전전략으로 원전 산업을 강력하게 추진
- 일본 사고를 계기로 원전 안전 및 규제 강화 예상

전략방향

- **기술 경쟁력 강화로 그린에너지 세계시장 선도**
  - 미자립 기술 국산화로 선진국 기술종속 탈피
    - RCP, 핵심코드, APR+ : 2010 개발 완료
  - 명품원전 개발로 국제 경쟁력 강화
  - 신개념 원전 개발로 세계시장 선도
- **중소기업 및 연관사업 육성을 통한 산업체질 강화**
  - 장수명 원전소재 및 터빈발전기용 소재 개발
  - 원전 기기 성능 인증 및 표준화 체계 구축
- **수출형 원전, 운영 정비기술 등 맞춤형 기술개발**
  - EU-APR1400, NRC 설계인증, APR1000 개발 등
- **안전성 향상을 최우선으로 추구**

시나리오 전략 로드맵

시장	저탄소 녹색성장 시대	선진 공급사 경쟁력 강화	
	세계 원전시장 증가와 함께 치열한 경쟁 예상		
전략방향	그린에너지 세계 시장선도	주력 수출산업화 및 연관산업 육성	양질의 고부가가치 분야 고용창출
주요 기술	APR+ 핵심기기/APR+ 표준설계, 미확보핵심기술 등)	1500MW 명품원전 및 혁신적 안정성을 갖춘 신개념 원전	중소형 및 4세대원자로
시장 진입	맞춤형 시장 접근 다양한 원전 line-up		

쟁점사항
- 중국의 AP1000 건설, CAP1400과 CPR1000노형 개발로 향후 수출시장 경쟁자로 부상
- 일본 사고로 안전 및 규제 강화 예상

사업화 전략

- 단기적 : 기존노형 플랜트 수출, APR+ 기술개발, 해외 DC취득
- 장기적 : APR+ 명품화, 대용량 신개념 원전 개발 및 수출, 4세대 원자로 실증
  - 자력형, 국가별 차별화된 종합 Package 상품 브랜드로 진출
  - 중소형(SMR) 기존 상용화(SMART 병행)에 수출 노력 다변화
  - 원자로형 개발과 연계된 고성능 핵연료, 선진폐주기 기술 및 첨단 운영 기술 개발 병행추진으로 국제 경쟁력 제고
  - 시장 수요에 따라 4세대 원자로의 개발 및 전략적 육성

기대효과

지표	단기(2015)	장기(2030)
일자리 창출(명)	34,020	306,180
세계시장 점유율(%)	3	20
수출 규모(억원)	18,000	270,000
내수 규모(억원)	10,000	100,000
CO_2 감축량(천 톤)	14,000	42,000



2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.1) 석유화학공정 및 혁신제철기술

산자부
(에기평)
2011

석유화학공정 및 혁신제철기술

고효율 분리공정, 저에너지 저비용 석유화학원료 및 청정유 생산, 수소환원제철기술

시장현황 분석

- 에너지다소비 공정인 중화설비의 지속적인 에너지 효율화 노력
  - 외부 열교환, 고효율 인터널 기술적용을 통한 에너지 효율화
- 석유화학공정의 유효 기초유분을 함유한 Off-gas는 현재 단순 연소처리되고 그 양은 839,500 톤/년 이상으로 유효유분 30% 함유
- 기초유분(올레핀) 및 방향족 시장은 '11년 450조원(3.2 억톤/년), 성장률 5%/년 이상 견조세 유지
- 국제유가 폭등 및 신흥국의 석유수요 급증세에 의한 중질유 및 비튜멘 고부가 청정연료화 및 화학원료화 기술에 대한 설비투자 급증 예상
- 세계6위(10년 WSD 평가결과) 철강생산능력 보유, 부가가치 20조원, 수출 220억불로 총 수출의 6.1% 차지

전략방향

- 차세대 내부열교환형 증류 기술개발 및 상업화 적용
- 분리막을 이용한 배가스 중의 유효성분 회수 활용으로 에너지 절감 및 온실가스 감축 실현
- 중질유분에서 방향족과 올레핀을 생산하는 하이브리드크래커 개발 및 보급과 플랜트 수출
- 초임계유체 기반 저비용 중질유 및 역청 고도화 기술 개발 및 수출
- FINEX('06년 세계 최초 상용화) 핵심기술인 유동층 환원기술의 수소환원제철기술에 접목하여 기술개발기간 단축 및 선도기술개발국과의 국제공동연구 참여

시나리오 전략 로드맵

시장	고유가 지속, 온실가스 배출 지속	Off-gas 유효유분 회수, 청정연료 수요 증가	온실가스 최다 배출 철강산업		
	에너지절감 및 석유화학원료와 연료 수요 대응, CO2-Free 차세대 철강제조 원천기술 개발 필요				
전략 방향	에너지 다소비 증류공정 에너지효율 향상	Off-gas 중 유효성분 회수	중질유분을 이용한 방향족, 올레핀 생산	중질유, 역청 고도화로 청정연료 및 납사 생산	CO2-Free 차세대 제철기술 개발
핵심 기술	저에너지 내부열교환형 차세대 증류공정	석유화학 유분 분리용 선택분리막	중질유분에서 석유화학원료 생산을 위한 하이브리드크래커 기술	초임계유체 공정 이용 중질유 및 비튜멘 고도화 기술 개발	수소환원제철기술, CO2중 수소회수/제조, 고온내식성 소재, 직접환원철(괴) 제조
시장 진입	– 정부주도형 원천기술개발 – 국내 상업화 후 세계 시장 진출		– 기업주도 실증 및 설계기술 개발		

쟁점사항

- 석유화학 공정의 신기술 적용에 대한 개방성
- 중동/중국/인도와 석유화학원가경쟁력 및 규모 경제 경쟁
- 내수 시장 정체에 따른 해외 수출 시장 개척
- 온실가스 최다 배출산업인 철강산업의 차세대 제철기술개발

사업화 전략

- 단계적 기술 개발을 통한 검증 및 사업화 추진
  - 실증 적용을 통한 기술의 완성도 배가 후 확대적용
- 국내 정유사와 협력체계를 구축, 중질유의 고효율 고도화 및 기술 사업화 토대 마련
- 하이브리드크래커 기술의 先 국내상업화 後 해외 수출
- Off-gas로부터 유분 회수용 선택 분리막 모듈화 및 상업화
- 차세대 제철기술 '20년까지 원천기술확보 및 Pilot 구축완료, '20년부터 주물선 고로의 수소환원제철용으로 개조하여 상용화 검증

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	298	11,936	31,006
세계시장 점유율(%)	–	9.0	14.0
수출 규모(억원)	–	3,438	82,475
내수 규모(억원)	–	25,096	11,100
CO_2 감소(천톤)	–	4,245	17,965



2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.2) 차세대 건조기

산자부
(에기평)
2011

차세대 건조기

2020년 세계 4위 건조기술 강국 도약

시장현황 분석

- 건조기 해외시장은 고성능화, 대형화, 복합화 및 친환경 건조기술 등 첨단기술 시장 중심으로 확대 중
  - IT, ET, NT, BT 산업의 급성장으로 첨단 건조기 시장수요 크게 확대
  - 열풍건조기의 고성능화, 복합화 및 친환경 건조기 수요 증대
- 전기열설비는 On-site 가열이 가능하고 제어가 용이하며 청정 환경에 적합하여 시장수요 증가
  - 첨단산업 및 초정밀 제조공정용 건조 가열장치 수요증가 예상
- 바이오매스, 고수분 저급 석탄 사용 증가로 대형플랜트용 고체입자 건조기 시장 확대
  - 고수분 저급석탄 고품위화 및 바이오매스 건조를 위한 새로운 대형 고효율 건조기 수요 증대

전략방향

- 소형화, 고성능화, 고효율화 및 복합화 특성을 갖는 첨단건조기술 개발 추진
  - 건조에너지 비용 절감 및 온실가스 저감기술 확보
- 건조가열 시스템의 통합적 설계 및 정밀제어기술 개발
  - 고효율 및 고성능 제품의 첨단건조기술 확보
- 시스템 혁신화 효과가 큰 원천소재 부품의 전략적 개발
  - 고온에서 안정한 단열재, 열전도체, 복사체 등의 소재개발을 통한 첨단가열 원천기술 확보 및 첨단 건조기술 국산화 실현

시나리오 전략 로드맵

시장	기존 가열설비 산업은 정체	첨단산업 분야 고효율 수요증대	건조설비 단독보다는 주변장치와 통합된 시스템으로 발주
	나노 및 바이오 소재 등 첨단산업용 복합건조기 시장 확대		
전략 방향	조기 상품화가 가능한 품목의 단기 집중개발	원천소재 및 다기능 정밀제어 건조기술 개발	장기 기술개발을 통한 고부가치 산업용 첨단건조 기술 국산화
주요 기술	• 하이브리드 열풍건조기 • 융복합 열전도건조기	• FIR/NIR히터 및 가열장치 기술 • 고성능 복사파 건조기	• 친공복합건조기 요소기술 • 친공 복합 건조시스템
시장 진입	• 혁신적 원천기술을 활용한 저열용량 건조가열장치 보급 • 고효율 복합건조기 국산화 개발 및 실증화를 통한 보급 확대 • 첨단산업용 복합건조기 시스템 수입 대체		

쟁점사항

- 수요기업인 대기업이 첨단 공정장비를 턴키로 수입하기 때문에 주변 설비들과의 전략적 시스템화 필요
- 대상 피가열물에 따라 건조 가열장치의 사양이 다양하여 표준화가 어려움

사업화 전략

- 에너지 효율 개선과 첨단 분야 수요대응 방안 수립
  - 시스템 설계기술 및 첨단가열 원천기술 확보
- 핵심부품/장치의 체계적 평가를 통한 건조기 효율 및 신뢰성 확보
  - 실증실험을 통한 기술의 신뢰성 검증
- 중장기적 고부가가치 산업용 복합건조기술 확보
  - 원천소재 및 첨단공정용 복합건조 시스템 국산화

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	2,943	7,630	23,980
세계시장 점유율(%)	1.5	2.0	5.0
수출 규모(억원)	700	3,000	12,000
내수 규모(억원)	2,000	4,000	10,000
CO_2 감소(천톤)	276	461	691



2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.3) 지열

산자부
(에기평)
2011

지열

천부/심부지열 이용 냉난방 및 지열발전 기술의 성장동력 다각화 추진

시장현황 분석

- **전 세계 78개국에서 지열 직접이용 시장은 '05년 이후 연 성장률 12.3% 이상 성장 추세**
  - 2009년 설비용량 51GWth → 이중 지열원 열펌프 35GWth(69.7%)
  - 2009년 지열원 열펌프 장비 시장 3조4천억원, 시공시장 4조1천억원
  - 미국, 스웨덴, 독일을 포함한 EU 국가, 중국 등이 보급시장 주도
- **지열발전은 주로 화산지대를 중심으로 '10년 설비용량은 10.7GWe로 가하급수적으로 증가 추세**
  - 2050년 설비용량 200GWe, 연간 발전량 1,400TWh 예측
  - 저온 지열발전 급신장으로 바이너리 지열발전 시장확대
- **대규모 지역열공급 및 EGS 지열발전 기술 확대**
  - 중대형 규모의 지열 열펌프 및 심부지열 직접 이용기술 관심 증대
  - 비화산지대의 EGS 지열발전 기술 상용화 추진 중

전략방향

- **지열원 냉난방 시스템의 고성능 대용량화 및 하이브리드 열원 최적 통합화 전략 추진**
  - 대용량 열펌프 고온출력(70℃) 및 고성능화(APF 3.5)를 통한 수출산업 육성과 하이브리드 열원 최적 통합 시스템 구축에 따른 그린홈 100만호 보급정책과 연계 확대보급
  - 3km 이상 심부지열 개발로 인한 직접 지열열공급 50MWth 설비 보급형 모델 구축
- **EGS 지열발전 기술 상용화 및 차세대 저온발전 사이클 원천기술 확보를 통한 수출산업 육성 추진**
  - 지열정 네트워크 및 대심도, 고유량의 지열수 순환기술, 20MWe 지열발전 구축
  - 저온발전 플랜트 세계 최고 원천기술 확보 → 수출동력산업 육성

시나리오 전략 로드맵

시장	지열 열펌프 고온출력 및 대용량화, 하이브리드 시장 형성	비화산지대 지열발전을 위한 대심도 천공 및 EGS 기술 요구
	지열 냉난방 다각화 및 대용량 시스템 구축과 저온 지열발전 고성능화를 위한 지열수 순환 및 플랜트 모듈화 시장 증가 예상	
전략 방향	대용량 지열원 냉난방 시스템 고온출력 및 고성능화 기술 확보	심부지열 직접 지역열공급 보급모델 구축 / 지열정 네트워크, 대심도 천공, 지열수 순환 및 고성능 플랜트 기술 확보
핵심 기술	압축기 및 사이클 최적화 기술, 지중 열교환 다변화 및 고성능화 기술	지열조사 및 심부천공 기술, 열공급 플랜트 설계 및 운전기술 / 대심도 굴착 및 모니터링 기술, EGS 기술 및 저온 발전 플랜트 기술
시장 진입	국내 기술력 및 보급 시장 확보로 기업의 기술 신뢰성 구축을 통한 세계 시장 진출로 차세대 수출성장동력산업으로 육성	

쟁점사항
- 열펌프 핵심기술 해외 의존도가 높기 때문에 국내 기술력 향상 지연
- EGS 지열발전기술 : Immerging Technology

사업화 전략

- **국내·외 지열 열펌프 및 발전 업체와 협력체계를 구축하여 신시장 창출 전략 마련**
  - 대용량 지열 열펌프 : 고온출력 및 고성능화 기술력 우위
  - 하이브리드 열원 통합시스템 : 그린홈 100만호 보급정책 연계
  - 50 MWth 지역열공급 : 심부천공기술 및 보급모델 경제성 확보
  - 20 MWe EGS 지열발전 : 국내 기술력 확보 → 세계시장 진출
- **지열 냉난방 및 지열발전 산업인력 양성**
  - 선진국과 공동 기술개발로 설계 및 엔지니어링 기술 확보

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	1,363	9,402	55,935
세계시장 점유율(%)	1.0	5.0	10.0
수출 규모(억원)	95	4,315	43,380
내수 규모(억원)	1,653	7,798	24,652
CO_2 감소(천톤)	12	196	1,774



2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.4) 미활용에너지

산자부
(에기평)
2011

미활용에너지

미활용에너지 상용화를 통한 국내보급 확대 및 신시장 창출

시장현황 분석

- **해외선도기업은 미활용 에너지 효율화 방안 연구**
  - 전력의 과잉 · 양여를 막기 위한 전력시장 운영 중 (예) 유럽 NordPool
  - 통합 에너지 효율화 시스템에 대한 기초 연구 수행 중
- **배가스열회수 및 수열원 냉난방 열에너지 네트워크**
  - 산업용 보일러 설치 대수 약 4만대
  - 이용가능량 : 하천수 2,000Tcal/yr, 하수처리수 7,800Tcal/yr
- **플랜트 배열이용 온도차발전**
  - 시장전망 : 1,500억원('11)→6,000억원('17)→3조원('20) · 우리나라는 설치된 바 없음. 2020년 6,000억원으로 추정
- **지능형 전력망과 연계한 미활용에너지 공급시스템**
  - 건물 에너지 peak 부하의 30%이상을 차지하는 냉난방 상당부분을 지능형 전력망과 연계한 미활용에너지 공급시스템이 적용될 전망

전략방향

- **기술개발 및 산업화 지원**
  - 미활용 에너지 기술의 특허 경쟁력 강화
  - 내수 시장 활성화 및 해외시장 진출 지원
- **법 · 제도적 기반 정비**
  - 미활용 에너지 관련 법령 개정 및 제도 보완 추진
  - 유관산업의 세제, 융자, 보조 등 제도 마련 필요
- **실증을 통한 사업화 모델 제시**
  - 실증단지 구축을 통한 Record track 확보 및 기술 검증
  - 기업 투자 활성화를 위한 단계적 확산, 유인책마련
- **타 기반시설 이용한 인프라의 조기 구축**

시나리오 전략 로드맵

시장	실증사업을 통한 조기시장 창출	미활용에너지를 이용한 시장규모 지속 확대 예상
	선진국 및 에너지 부족 국가의 미활용 에너지 시장 확대	
전략방향	배가스 열회수 및 수열원 냉난방 열에너지 네트워크	플랜트 배열 이용 온도차 발전 / 지능형 전력망 연계를 통한 에너지 효율화
주요기술	• 고온열펌프 성능 및 승온기술 • 플랜트 최적화 기술	• 고효율 열교환기 • 저온저압 터빈 • 지지 구조물 • 계통 연계 기술
		• 지능형 전력망 연계 기술 • 에너지 융 · 복합기술 • 통합운영기술
시장진입	• 국내 실증 사업 및 보급사업을 기반으로 내수시장 및 Track Record 확보 • 해외 실증 사업, 국제 인증 및 표준화를 통하여 글로벌 시장 창출, 진출	

쟁점사항
- 핵심기술의 국산화 및 수출경쟁력 확보
- 미활용 에너지 활용 법/제도의 보완필요
- 개발도상국의 미활용 에너지 통합운영 전략 필요

사업화 전략

- **배가스 열회수 및 냉난방 열에너지 네트워크**
  - 열펌프 중합 열회수 시스템 국내외 시장 보급
  - 수열원 열에너지 네트워크 실증을 통한 수출경쟁력 확보
- **플랜트 배열이용 온도차 발전**
  - 정부-민간 컨소시엄을 통한 대규모 실증설비 검증
  - 플랜트 설계 및 설비제작 기술을 통한 국내외 진출
- **지능형 전력망과 연계한 미활용에너지 공급시스템**
  - 정부-민간 컨소시엄을 통해 대규모 실증설비 검증
  - 국내의 플랜트 설계/설비 제작 기술을 통해 해외신사업 진출

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	2,157	11,433	37,774
세계시장 점유율(%)	0.7	3.1	6.7
수출 규모(억원)	1,209	11,742	41,800
내수 규모(억원)	1,479	2,774	5,607
CO_2 감소(천톤)	1,137	3,307	6,798

분류	전략품목	~2012	~2013	~2014	~2015	~2020	~2030
단기품목	1.5~3MW급 배가스열회수 시스템			응축열회수 열교환기 설계 및 최적화 기술 개발	• COP:5.0 응축열회수 열교환기 최적화		• 보일러효율향상:6%
				고온 열펌프 성능 및 열출력 승온기술 개발	고효율 고온 열펌프 개발		
				열펌프 조합 열회수 시스템 실증 및 최적화	시스템 인테그레이션 및 신뢰성 확보		
	대용량 수열원 냉난방 열에너지 네트워크			저온 열회수 및 전처리 기술 개발	• 온수온도:90℃ 저온 열회수 증발기 기술	고온출력 응축기 기술	• 온수온도:100℃
				냉온열 열기지제조 및 저장 구축기술 개발	부하변동 대응 열펌프 기술		
				열에너지 네트워크 제어 및 운영	플랜트 최적화 및 실증		
	플랜트 배열이용 온도차 발전			터빈 설계 및 제작기술 (핵심기기 설계 및 제작)	• 5MW	효율 및 경제성 향상	• 5MW×10대
				사이클 최적화 기술 (플랜트 실증)	구축설비 모듈화	대용량설비구축 및 상용화	
				배열에너지 회수 기술(구조물 건설)		설비 및 유지보수 경제성 향상	
장기품목	지능형 전력망과 연계한 미활용에너지 공급 시스템			미활용에너지와 타기반시설 (상하수도, 전력망, 담수화 플랜트 등) 연계기술 확보	• 에너지효율 50% 타에너지원과의 미활용에너지원 통합 운영		• 에너지효율 65%
				에너지 변환을 통한 미활용에너지 저장/활용 기술 개발	지능형 전력망 연계형 미활용 에너지 공급 및 관리 시스템 실증		
				지능형 전력망 연계형 미활용 에너지 공급 및 관리 시스템 개발			

정부주도 → 민간주도

2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.5) 연소기기

산자부
(에기평)
2011

연소기기

산업체 수요중심의 차세대 연소기술 도입으로 온실가스 저감량 극대화

시장현황 분석

- **(공업로) 인도 · 중국의 소비증가로 공업로 시장의 지속적인 성장이 예상**
  * 시장전망 : 270억불('10) → 350억불('15) → 500억불('20)
- **(산업용 보일러) 연소시스템 전문기업이 대부분 시장을 점유**
  * 미국(GTI, Coen), 영국(ham worthy), 일본(volcano) 등에서 고효율화 및 유해가스 배출 저감을 위한 R&D 및 제작을 선도적으로 수행
- **(발전용 보일러) 바이오매스 이용 발전량 증가**
  * (EU) 총 대체에너지의 70% 이상을 바이오에너지로 공급
  * 발전차액, 의무할당제 등의 국가의 정책적 지원 병행
- **(가정용 보일러) 성숙기 단계로 연 100만대 이상의 시장**
  * 콘덴싱 보일러 기준 최대효율 92% 수준으로 효율한계 수준
  * 해외에서는 보일러 효율한계 극복을 위해 히트펌프 연계 상품 출시

전략방향

- **산업체에서 요구되는 기술개발로 R&D 이후 보급효과 제고**
  - 초고효율 대형 산업용, 발전용 보일러 개발
    * 국내 총량규제 사업장 2,000여개의 대형 연소기 대체 가능
  - 순산소연소의 가열로 적용기술 개발
    * 소재추출 용광기준 50~250 ton/h급으로 실제 철강기업에서 요구하는 기술에 대한 R&D를 통해 향후 보급효과 극대화
- **연료 다변화를 통한 화석연료 사용량 저감**
  - 발전부분에서 현실적 대안인 바이오매스 혼소를 우선 적용
    * 화석연료 대비 30% 이상 수준의 열량을 바이오매스로 대체
- **타분야 기술 융합으로 기존 효율한계 극복**
  - 히트펌프 연계 가정용 보일러 개발

시나리오 전략 로드맵

시장	온실가스 및 유해가스 규제 심화	화석연료에서 신재생에너지원으로의 변화 요구	
	일부 선도 연소기술 보유기업에서 대부분 시장을 점유		
전략방향	산업체 수요기술 개발을 통한 보급효과 제고	연료 다변화를 통한 화석연료 의존도 저감	타분야 기술 융합으로 효율한계 극복
핵심기술	초저공연비 연소 및 배열회수 기술/순산소 연소용 로 설계 및 조업 기술	바이오매스 혼소기술	히트펌프 연계 보일러 최적설계 기술
시장진입	신연소기술 개발을 실증사업과 연계하여 설계, 제작 및 운전 신뢰성을 선확보하고 중장기적으로 해외시장 진출		

쟁점사항 : 산업 · 발전용 대형 연소기기의 높은 수입의존도
화석연료사용 절감을 위한 연료다변화 필요

사업화 전략

- **수요업체 · 제조업체 공동 R&D 성과를 실증 및 시범적용과 연계하여 신뢰성 장기운용성 검증 후 수출 상품화**
  - (대형 보일러) 유해가스 총량규제 대상 사업체(국내 1000여개) 중심으로 개발품을 시범보급하여 점진적 수입대체
  - (가열로) 가열능력 취약 zone에 순산소 가열로를 우선 적용하여 효과를 실증하고 타 공업로 분야로 확대
  - (발전용 보일러) 신시스템개발과 노후된 시스템 retrofit을 병행
  - (가정용 보일러) 기존 보일러 대체를 위한 compact 설계

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	326	6,923	34,016
세계시장 점유율(%)	0.4	5.0	15.9
수출 규모(억원)	0	3,250	27,060
내수 규모(억원)	366	4,604	11,798
CO_2 감소(천톤)	32	4,092	11,908

분류	전략품목	~ 2012	~ 2013	~ 2014	~ 2015	~ 2020	~ 2030
단기품목	CO_2 저감형 초고효율 대형 산업용/발전용 연소시스템	초고효율 초저공해 연소기술					
		다종연료 대응기술을 위한 화염 안정화 및 혼소기술					
		고효율 배열회수 및 실시간 스마트 연소제어기술					
	차세대 순산소 연소 가열로	Multi fuel 대응 산소연소기술					
		산소연소시스템에 적합한 로 설계 기술				CO_2 회수 실증기술	
		로내 연소제어를 포함한 로 조업기술					
	GHG 감축형 바이오매스 혼소 시스템	바이오매스 연료 고열량화 및 혼입제어 기술					
		연료별 저공해 고효율 연소기 및 재연소 장치 설계기술					
		부식문제 해결 및 혼소시스템 제어기술					
	가정용 하이브리드 보일러	히트펌프 연계 보일러 최적설계기술					
			시스템 인테그레이션 기술				
			컨트롤러 및 제어 솔루션			보급 확대	
장기품목	대용량 NZE 연소시스템	초 저공해 대형 NZE 연소기 및 연소로 설계기술					현장적용 및 장기성능 테스트
				멀티버너 화염 및 배열 최적화 기술			
		시스템 진단 및 스마트 운전 제어기술					

정부주도 / 민간주도

2. 온실가스감축 전략로드맵 : 2.6) 소형열병합

산자부
(에기평)
2011

소형열병합

新비즈니스 모델개발에 따른 기술개발로 내수시장 확대 및 해외 시장 진입

시장현황 분석

- **소형열병합 보급 증가율이 급격히 감소**
  - 주연료인 LNG 가격 증가세 대비 전력요금 동결로 사업성 저하
    * 보급 증가율 : 94%('05) → 19%('06) → 8%('08)
    * 총발전설비 용량대비 0.3% 보급(219MW, 2009)
- **대체연료 기반 소형열병합 발전 수요 증대**
  - 화석연료 가격의 급등 및 국내 장기 LNG 해외도입 계약 만료
  - 국내 비화석연료 사용 소형열병합발전 시장은 미형성
- **국내 도서지역 대다수는 디젤발전으로 전력공급(총201개)**
  - 수산물 가공시설, 숙박업소 건설 등으로 연평균 5.7% 증가
  - 발전단가가 높으며 배열회수/후처리장치 미적용으로 유해가스 배출량이 많음

전략방향

- **신규 비즈니스 모델 개발 후 요구되는 R&D 도출**
  - 도서지역에 적용가능성이 높은 LNG-디젤 혼소 열병합 발전
    * R&D 수행중인 LNG 도서지역 공급기술과 연계
  - 폐기장 근처 On-site 형태의 소형열병합 발전 구축
    * 폐기물 소각, 가스생산, 발전 과정을 일원화
- **연료다변화로 화석연료 사용량 저감**
  - 폐기물 가스화 기술을 소형열병합 발전으로 연계
  - 혼소/전소 형태로 폐기물 가스를 주연료원으로 활용
- **국내 실증을 통한 해외시장 진입**
  - 국내 도서지역 및 폐기물 처리장 인근 시설 적용 평가를 통해 시스템 운용 신뢰성을 확보 후 해외시장 진출

시나리오 전략 로드맵

시장	화석연료의 가격 상승으로 높은 발전 단가	화석연료 대비 낮은 전력요금	
	사업성 저하로 보급 증가율 감소		
전략방향	新비지니스모델 개발	연료 다변화로 화석연료 사용량 저감	국내 실증 후 수출상품화
핵심기술	• 도서지역 디젤발전 대체기술 • 폐기장 부근 On-site 발전기술	폐기물 가스화 기술	• 도서지역 LNG 연료공급 기술 • 합성가스 이용 엔진기술
시장진입	• 비즈니스 모델에 따라 요구되는 기술개발을 실증사업과 연계하여 시스템운영 신뢰성 확보 • 연료공급인프라-발전의 패키지 형태로 해외 수출		

쟁점사항

- 원료 공급을 위한 새로운 인프라구축 필요
- 낮은 국산화율로 자생적 시장 경쟁력 미확보

사업화 전략

- **연료공급 인프라와 소형열병합 시스템을 일체화하여 Package 형태의 사업화 추진**
  - (LNG-디젤 혼소) LNG 도서지역 운송기술과 혼소 기반 열병합 시스템을 일체화
  - (Syngas) 생활폐기물 집합지에 합성가스 생산 기술 등 전처리 기술을 포함한 소형열병합 발전 시스템 개발
- **기술수요가 예상되는 해외 지역 진출**
  - LNG 자원이 풍부하나 도서지역 한계가 있는 동남아시아를 대상으로 해외 수출 연계

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	222	1,036	1,906
세계시장 점유율(%)	1.5	2.7	3.8
수출 규모(억원)	0	100	1,200
내수 규모(억원)	300	1,300	1,375
CO_2 감소(천톤)	8	519	1,632



3. 자원개발기술 전략로드맵 : 3.1) 신석유(Unconventional Oil)

산자부
(에기평)
2011

신석유

신석유 자원 개발 핵심기술 개발 및 자립화를 통한 원유자급률 증대 목표 달성

시장현황 분석

- 오일샌드, 초중질유, 치밀오일, 오일셰일과 신석유 자원은 점성과 밀도가 매우 높거나 공극이나 투수율이 현저히 낮아 그 동안 상업적 생산이 어려웠음
- 최근 고유가가 지속되고 회수기술이 발달함에 따라 신석유 자원을 상업적으로 생산되는 유전이 증가하고 있음
- 전세계적으로 치밀오일을 제외한 신석유자원의 생산량은 현재 150만 b/d이며, 2015년에는 500만 b/d을 초과할 것으로 예상됨
- 치밀오일의 전세계 부존량은 현재 약 2.8조 배럴로 추산되고 있음

전략방향

- 선진국이 이미 선점한 핵심기술은 선진국과 협력하여 기술을 습득한 후 자립화하여 국내 기업이 투자한 사업에 적용, 비용 절감, 고용 창출, 수익성 극대화를 도모
- 국내기업이 해외에 투자하고 있는 다수의 프로젝트와 각종 정보 공유 및 협력관계를 유지하여 개발된 기술의 현장 적용성을 극대화 및 전략적 협력체계 구축
- 한국석유공사가 보유한 오일샌드 광구와 같은 국내 기업이 보유한 생산광구에 대한 고해상 저류층 지질모델 제공 및 최적생산기술 개발을 통해 단기적으로 개발기술 실증 및 성과 확산

시나리오 전략 로드맵

시장	캐나다 앨버타 오일샌드	베네수엘라 오리노코 오일벨트		
	미국, 유럽, 중국, 러시아, 호주 등 치밀오일 및 오일셰일			
전략 방향	오일샌드 개발의 생산효율 극대화	초중질유 개발의 회수율 향상	치밀오일 개발 생산 최적화	오일셰일 특성분석
핵심 기술	고해상 저류층 분석 및 생산최적화 기술	심부저류층 회수효율 증진기술	지질/공학 특성화 및 생산완결기술	근원암 특성분석 기술 및 저류층 형성 모델링
시장 진입	• 선진기술력 확보 및 기술 자립화를 통한 경쟁력 확보 • 지속적인 연구개발투자를 통해 전문인력 및 관련 인프라 구축 • 개발지역의 평가/특성화/설계/시추/완결/회수/판매에 이르는 통합 운영 체계 마련을 통한 수익성 및 사업성 확보			

쟁점사항

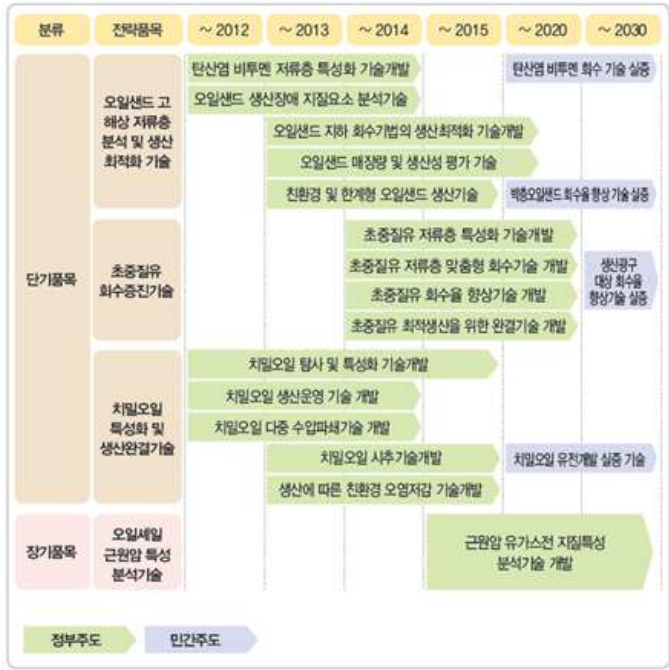
- 근원암/저류층 특성화 및 지질 모델링 기술
- 신석유 회수효율 극대화 생산 신기술
- 생산정 시추/완료/관리 통합 기술

사업화 전략

- 오일샌드 기술개발
  - 한국석유공사 블랙골드 광구 대상 생산정 설계 및 개발 참여
- 초중질유 기술개발
  - PDVSA와 공동연구 및 기술이전/국내기업 생산광구 확보를 통한 실증 사업화
- 치밀오일 기술개발
  - 한국석유공사 텍사스 Eagle Ford 치밀유전 대상 실증 사업화
- 오일셰일 기술개발
  - 국제 공동연구 네트워크 기반 중소개발광구 중심 개발 자문

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
수입대체효과(억원)	18,200	40,200	98,500
일자리창출(명)	400	800	1,500
국내 매출규모(억원)	1,820	4,020	9,850
수출규모(억원)	50	160	300



3. 자원개발기술 전략로드맵 : 3.2) 신가스(Unconventional Gas)

산자부
(에기평)
2011

신가스

신가스 자원 원천기술 개발로 석유/가스 자주개발율 목표 달성 및 녹색성장 기여

시장현황 분석

- 현재 세일가스, 치밀가스, 석탄층 메탄가스 등 신가스 자원개발 이용은 주로 미국 및 캐나다가 주도, 상업화에 성공, 본격적 생산단계에 있음
- 호주, 중국, 몽골 등은 CBM에 대한 관심 고조
- 유럽 및 중국은 세일가스에 대한 관심 고조
- 신가스 자원의 비중 확대, 신가스 산업의 발전 잠재력이 매우 큼

전략방향

- 표준화된 지질평가 모델, 분지 D/B 구축, 신가스자원 매장량 평가 모델개발
- 최적 수압파쇄 평가 및 설계 기술의 자립화 또는 개발
- 국내기업의 해외투자 프로젝트와 협력관계 유지, 개발된 기술의 현장 적용성 극대화를 위해 국내에 파일럿 시험 시스템 구축 등의 원천기술 확보
- 선진국이 확보하지 못한 틈새기술 발굴, 연구투자 집중
- 해외 세일/치밀가스전 신규 발굴 진출 시 우리나라 독자적으로 경제성을 평가하고 최적 시추계획 및 다단계 수압파쇄를 설계하여 운영할 수 있는 원천 핵심기술 자립화

시나리오 전략 로드맵

시장	미국, 캐나다 등 전 세계 세일가스 개발시장 및 개발업체		
	몽골, 호주 등의 석탄층 메탄가스 개발 시장 및 개발업체		
전략방향	비재래 저류층 분포 및 평가기술 개발	신가스 자원 개발기술 확보	신가스 자원 생산기술 확보
핵심기술	저류층 평가 모델링 기술 및 분석 기술	수평시추, 수압파쇄 평가 및 설계기술 자립화	수직정 및 수평정 수압파쇄기술
시장진입	• 선진국 선정기술은 기술협력으로 기술습득, 자립화 • 특화 연구분야는 자체개발, 독자적인 전략기술로 발전 • 국내기업이 추진하고 있는 사업을 기반으로 관련사업 기술개발 지원, 연관 사업 범위 확대		

쟁점사항

- CBM 개발시 탄층 자연발화 가능성
- ECBM 기술 미정립
- 경사/수평정 시추 및 수압파쇄, 수처리 외 환경오염

사업화 전략

- 석탄층 메탄가스
  - 몽골 석탄층 가스 공동 탐사/개발 추진
  - 호주 블루에너지 등 관련 해외기업의 현장 참여
- 세일가스
  - 한국가스공사의 캐나다 엔카나 공구 개발사업의 기술개발 지원
- 치밀가스
  - 한국가스공사의 캐나다 키위가나 공구 등에 기술지원

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
수입대체효과(억원)	7,236	19,848	48,240
일자리창출(명)	584	791	3,555
국내 매출규모(억원)	724	1,985	4,824
수출규모(억원)	723	2,508	4,824

분류	전략품목	~2012	~2013	~2014	~2015	~2020	~2030
단기품목	석탄층 메탄가스 생산기술	석탄층 메탄가스 공구설계 기술					
		석탄층 메탄가스 생산증진기술					
		석탄층 메탄가스 석유 지화학적 분석 및 평가기술					
		석탄층 메탄가스 처리 공정 및 플랜트 연계기술					
	세일/치밀가스 생산기술	세일/치밀가스전 탐사 및 저류층 특성화 기술 개발					
		세일/치밀 가스전 생산 평가 기술 개발					
		세일/치밀 가스전의 안정적 시추 및 운영기술 개발					
		다단계 수압파쇄 평가 기술개발					
		세일/치밀 가스전의 개발/생산에 따른 친환경 오염저감 기술개발					

정부주도 민간주도

3. 자원개발기술 전략로드맵 : 3.3) 일반석유가스

산자부
(에기평)
2011

일반석유가스

석유개발 R&D전략 수립을 통한 기술자립 및 석유가스 자급도 제고

시장현황 분석

- **지속적인 석유가스자원의 수요 전망**
  - 2010년 전 세계 에너지자원 중 석유가스 비중 : 54.3%
    * 매년 일반석유 3.1%, 천연가스 7.4% 소비 증가추세
- **일반 석유가스자원 시장은 매년 6.1% 성장 중**
  - 2008년 시장규모는 3조불, 2004년 이후 연평균 6.1% 시장성장
- **중국, 인도 등 Non-OECD국가 중심의 대규모 소비시장**
  - 2035년 중국이 전 세계 에너지자원의 25%이상 소비 예상
    * OECD국가: 에너지효율, Non-OECD국가 : 성장유주 정책
- **일반석유가스 개발 · 생산 기술수요 급증**
  - 회수증진법, 환경친화적 기술(천연가스 프리미엄시대) 요구 증대
  - 심해 및 극한지 석유자원 관심 고조

전략방향

- **산업체 기술수요의 시급성**
  - M&A, 개발 · 생산공구 집중 투자 → 개발 · 생산 기술자립화
    * 2010년 개발 · 생산자산 : 총 투자의 90%
- **정부정책방향의 부합성**
  - 자주개발율 제고에 기여
    * 2019년 석유 25%/699 천배럴/일), 가스 45%(39 천톤/일)
- **사회적 · 경제적 파급효과(지속발전성/동반성장)**
  - 경제 · 환경 · 기술 · 정책의 메가트렌드에 부합
    * 현상획득 경험과 R&D확보기술을 구분
    * 지속발전가능성/동반산업성장 효과

시나리오 전략 로드맵

시장	석유가스자원의 수요 지속	석유가스자원의 안정적 수급 국가정책 상 자주개발율 제고	
	개발 · 생산기술의 효율성, 환경친화성, 활용성 강조		
전략방향	석유개발 산업체 기술확보의 시급성	정부정책방향 부합 (자주개발율 제고) (친환경/활용도)	사회적 · 경제적 파급효과 (지속발전/시너지)
핵심기술	저류층 특성화 유가스전 운영관리 (저류시스템 복합 모델링)	회수증진기술 이산화탄소 저감 (유가스전 융복합 회수증진기술)	심해 유가스전 극한지 유가스전 개발 및 생산
시장진입	단기 : 기술자립화가 필수적인 공통핵심기술 (정부/민간 공동) 중장기 : 산업체 동반성장 및 파급효과가 큰 고비용 하이테크 (정부주도 후 민간 기술이전)		

쟁점사항

- 국제적 에너지자원 확보경쟁 가속화
- 자원민족주의 확산 및 자원보유국의 불확실성 증대
- 장기적이면서 지속적 R&D투자 필요

사업화 전략

- **핵심공통기술 중심으로 R&D 집중투자**
  - 산업체 기술수요의 시급성에 부합
  - 개발 · 생산자산의 효율적 운영 및 관리
- **독자개발 및 실용화 중심**
  - 핵심과제 중심으로 독자개발, 실용화를 추진
- **중장기 핵심기술 : 국제협력, 공동연구**
  - 현장지향적 실증 및 실용화 연구 추진

기대효과

지표	단기 (2015)	중기 (2020)	장기 (2030)
수입대체효과(억원)	231,474	276,366	339,450
일자리창출(명)	2,722	2,858	3,058
국내 매출규모(억원)	23,147	27,637	33,945
수출규모(억원)	33,250	83,074	141,186



4. 에너지기술개발 전략로드맵 : 4.1) 폐기물에너지

산자부
(에기평)
2012

폐기물에너지

폐기물에너지 플랜트 전략산업화 및 수출 상품화

시장현황 분석

- 신재생에너지원 중 폐기물에너지 중요도 지속 및 고유가에 따른 국가 가용에너지원 최대 활용 필요
  - 국내 폐기물 전체 에너지화 경우 2020년 1,260만 TOE/년 규모
- 폐기물에너지 플랜트 아시아 시장 지속적 확대 예상되나, 일본/유럽기술이 주도
  - 국내 건설 상용플랜트는 대부분 해외기술에 의존
  - * RPS 도입으로 고형연료 혼소 등 국내시장 활성화 예상되나, 국내 기존 기술개발 실용화 미흡
- 폐기물 합성가스를 고부가가치 화학원료로 활용 위한 고품질화 요구 증대
  - 석유류 대체로 단기간 경제성 확보 가능

전략방향

- 기존 기술개발 상용화 성과 미진에 대응한 상품성 있는 기술개발
  - 상용규모 실증 1호기 플랜트 개발 성공에 집중
  - * 필요 핵심기술 개발→ 국내외 판매 가능한 실증기술 개발
- 국내 적용과 해외수출 상품화 위한 중대형 기술개발에 선택과 집중
  - 단위기술이 아닌 플랜트로 집적화, 상품화
  - 세부기술 항목은 중대형 과제에 포함 기획
- 핵심 공통기술 모듈화 link → 상용시스템 + 단위품목 자체 Market 형성
  - 전략품목간 공통기술 연계 및 단위품목 자체로도 상품성 확보
  - 국내 문제되는 핵심부품/설비 개발→중소/중견기업 참여 확대

시나리오 전략 로드맵

시장	국내와 아시아지역 시장 확대	해외기술에 의존한 플랜트건설 국내시장 추세 지속	
	폐기물에너지 고부가가치 활용 요구 증대		
전략방향	상품성 있는 폐기물에너지 Total Package 플랜트 기술 확보	핵심단위설비/기자재 국산화로 산업경쟁력 확보	국내 활용 및 수출가능한 플랜트기술에 집중
핵심기술	플랜트 종합설계/제작/건설/운영 기술	폐기물 특성별 전처리 등 부대설비/부품 국산화	고형연료 핵심단위설비 고품질 합성가스시스템 소각일체형 보일러 열분해 복합플랜트
시장진입	– 국내 상용규모로 실증 1호기 추진, 기술실증 개발기회 제공 – 국내 시장요구가 있는 기업 연계 사업 추진으로 경제성 제고 – 플랜트 Total Package 개발로 수출경쟁력 확보		

쟁점사항

- 대형 플랜트 운용에 필요한 폐기물 수급 불안정성 해결 필요
- 국내 핵심 기반기술이 취약하고, 낮은 Scale-Up 실증/상용화 기회

사업화 전략

- 국내 실증 완료한 폐기물에너지 플랜트 기술을 Total Package로 상품화
  - 실증사업을 통한 종합설계, 제작, 건설, 운영 기술을 비롯
- 석유류 등 대체 가능하여 조기 경제성 확보 용이한 플랜트기술에 집중
  - 고신뢰도 기술만 확보되면 국내기업 투자가 가능한 분야 업선
- 국내 부품기술 능력 확보로 연관 플랜트시장 진출
  - 폐기물에너지 부품산업 육성 → 국내외 플랜트시장 진출

기대효과

지표	단기 (2015)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	3,000	50,100
세계시장 점유율(%)	1.5	7.0
수출 규모(억원)	3,200	28,000
내수 규모(억원)	28,800	83,600
CO_2 감소(천톤)	1,300	10,800



4. 에너지기술개발 전략로드맵 : 4.2) 바이오매스에너지

산자부
(에기평)
2012

바이오매스에너지

바이오매스에너지 비즈니스 모델화 및 핵심요소기술 상용화

시장현황 분석

- **바이오에너지 분야 급속 성장하여 10년후 현재의 3배 수준**
  - 바이오에너지 전체 세계시장은 2010년 564억불에서 2020년 1,128억불로 성장 전망 (Cleanedge, 2011.3)
  - 2010년 국내 가용바이오매스 13백만톤/년(발생량의 20%)으로 547만 TOE/년 생산 가능(1,740만 TCO_2 탄소감축)
- **바이오매스 에너지화는 일본/유럽이 주도적**
  - 발전용량 10MW_e 급 기준으로 연소발전의 중대형화 및 가스화/열분해 발전의 소형화 기술 보급이 진행됨
- **바이오매스 에너지화시 신재생에너지 생산은 물론 높은 CO_2 감축효과로 국가 경쟁력 향상 및 경제적 이익 발생**
  - RPS, RFS 규제로 바이오매스 에너지 활용도 상승 전망

전략방향

- **바이오매스 에너지의 신재생 에너지 비율 확대 달성 목표**
  - 2010년 바이오에너지 75만TOE로 신재생에너지의 11% 달성
  - 2030년 바이오에너지 300만TOE(신재생에너지의 30%수준) 목표
- **핵심 요소기술 해결을 통한 플랜트 엔지니어링 패키지 기술 완성도를 높여 국내시장 확대 적용과 해외수출 상품화 확대**
  - 공정을 분석하여 시장진입 저해요인인 병목기술을 중점 해결
  - 병목 요소기술 해결 및 성능향상 핵심부품/설비 개발을 통해 Scale-up 인자를 확보함으로서 중대형 과제 기획
- **바이오매스 에너지화 위해 원료의 확보는 물론 핵심기반 기술로서 고체바이오연료화 기술의 우선 확보가 관건**
  - 연소, 가스화, 열분해, 바이오가스화 적용을 위해서는 적정 수준 전처리가 요구됨으로 고체 바이오연료화 기술 우선 확보 필요

시나리오 전략 로드맵

시장	국내와 해외로부터 바이오매스 원료수급 안정적 확보	병목기술 해결 및 성능향상 핵심기술 개발로 경쟁력 확보	
	바이오매스로부터 신재생에너지 생산 요구 증대		
전략 방향	신재생에너지 보급비율 확대 기여 (2030년 정부정책 신재생에너지의 34.4%로 비중확대)	병목기술 및 성능향상 핵심 요소기술 개발	엔지니어링 패키지 개발 및 수출상품화
핵심 기술	가용바이오매스의 고체바이오 연료화 및 활용도 제고	효율 향상을 위한 소재/부품의 개발 및 국산화	실증 통해 수출상품 모델 기반 기술 개발로 동남아 위주 진출
시장 진입	– 다양한 원료 확보 및 에너지 활용도 높은 고체바이오연료 생산기술 확보로 국내 시장 확대 – 동남아 등 원료 수급량이 많은 지역 대상으로 수출상품화 추진		

쟁점사항

- 국내 바이오매스 원료 수급 부족하므로 중소규모 지역분산형 에너지화 플랜트 및 수출상품화 주력
- 국내 핵심기술 및 병목 요소기술 중점 해결하여 실증 공정 완성도 높이고 상용화 확대 필요

사업화 전략

- **운전.제어기술을 포함하는 플랜트 엔지니어링 패키지 기술 개발 및 수출 상품화**
  - 실증사업을 통한 종합 엔지니어링 기술 및 운영 기술을 확보
- **에너지 효율 향상 및 고부가 연료전환 기술 확보**
  - 에너지 생산량 증대 및 효율향상은 물론 경제성 증대 확보
- **국내 부품 요소기술 능력 확보**
  - 소재,부품산업 육성을 통한 시장진입 저해 요인을 해결하여 국내외 시장 진출 가능성 제고

기대효과

지표	단기 (2015)	장기 (2030)
일자리 창출(명)	1,719	33,516
세계시장 점유율(%)	5.95	16.14
수출 규모(억원)	558	27,186
내수 규모(억원)	1,409	9,392
CO_2 감소(천톤)	548	8,812



5. 에너지기술 비전 로드맵 : 선정절차

산자부
(에기평)
2013

▶ 전략로드맵(38개)→ 통합목표 설정가능분야(14개) → 발전부문(5개)
: 태양광, 풍력, 연료전지, 에너지저장, 화력발전(CCS 포함)



〈 비전로드맵 대상기술 선정 절차 〉

5. 에너지기술 비전 로드맵 : 5.1) 풍력

산자부
(에기평)
2013



5. 에너지기술 비전 로드맵 : 5.2) 연료전지

산자부
(에기평)
2013



5. 에너지기술 비전 로드맵 : 5.3) 석탄화력발전

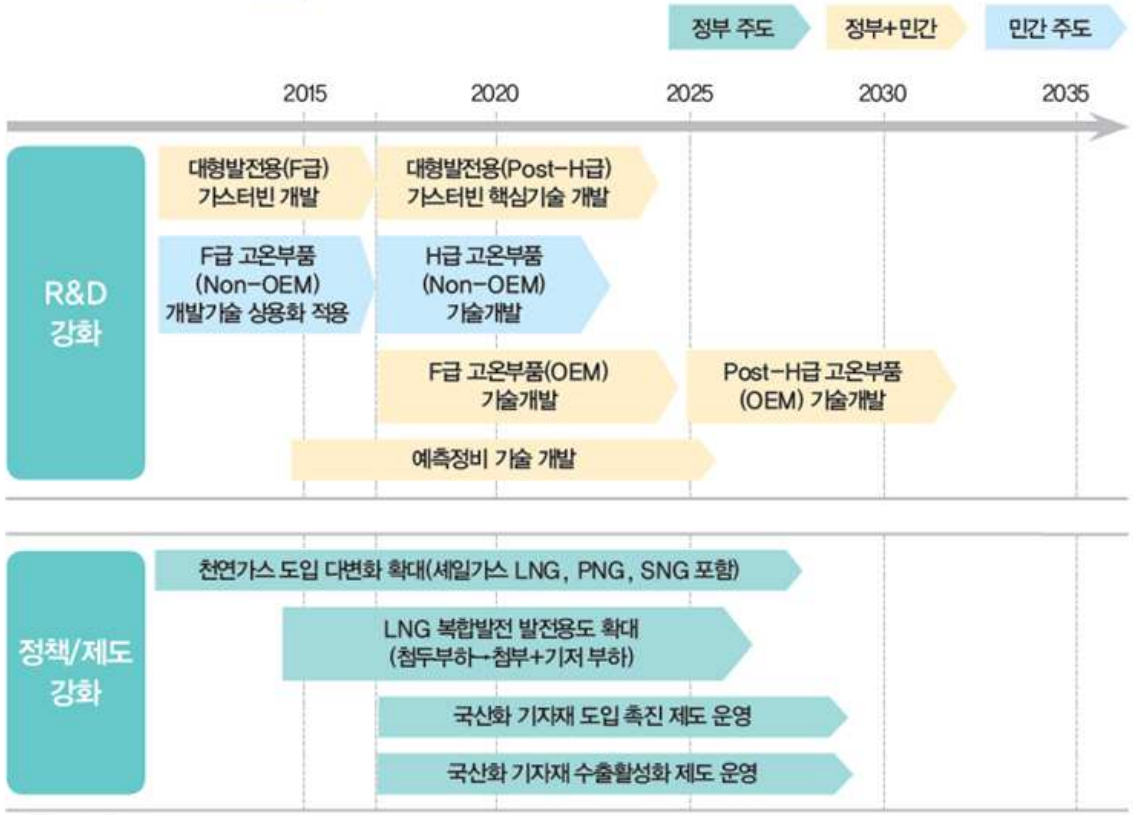
산자부
(에기평)
2013



HSC : 극초임계압 (AUSC)

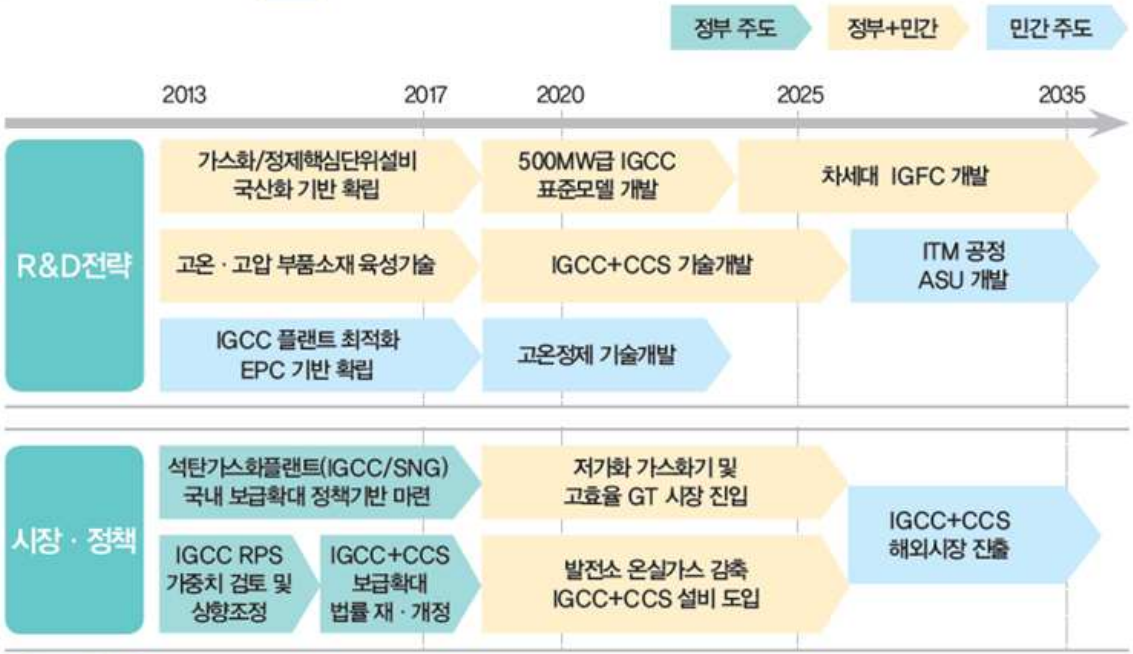
5. 에너지기술 비전 로드맵 : 5.4) 발전용 가스터빈

산자부
(에기평)
2013



5. 에너지기술 비전 로드맵 : 5.5) IGCC

산자부
(에기평)
2013



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 로드맵 정의

산자부
(에기평)
2014

■ (로드맵의 진화) 2006년 에너지 분야 기술개발 체계 구축으로 시작으로 2011년 시장환경을 고려한 에너지 분야 전략품목 도출, 2014년 미래 에너지시스템 선제적 대응을 위한 기술 융·복합 프로그램으로 연결

- (로드맵 1.0) 에너지 분야 5개 기술군별(효율향상, 온실가스처리, 자원, 신재생에너지, 전력 등)의 108개 기술분류로 기술개발 체계 구축
- (로드맵 2.0) 시장환경 변화에 따른 에너지 분야(태양광, 풍력, 에너지저장 등) 전략품목(기술 및 제품)별 핵심기술 발굴로 글로벌 시장 진입
  - (2009년) 그린에너지 56개 전략품목 및 203개 핵심기술 도출, (2011년) 그린에너지 88개 전략품목 288개 핵심기술 도출, 온실가스감축기술 54개 전략품목 177개 핵심기술 도출, 자원개발기술 26개 전략품목, 84개 핵심기술 도출
- (로드맵 3.0) 에너지시스템 변화를 주도하는 대형 프로그램(Program)내 프로젝트(Project)별 산업간, 에너지원간 기술 융·복합을 통한 중점기술(Technology)발굴로 글로벌 시장 주도

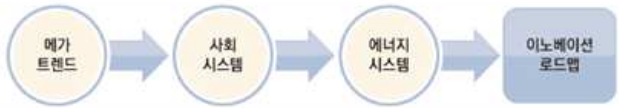


■ (로드맵 3.0 개념) 단위기술, 품목에서 탈피하여 에너지원간, 첨단기술간 융·복합을 통한 에너지 산업의 신시장 창출 및 신성장동력 토대를 마련하는 대형 프로그램 형태의 기술개발 이정표

- (Why) 기존 전략로드맵의 단위기술, 단위품목으로는 융합, 하이브리드 시스템에 대한 기술개발 전략에 한계
- (How) 기술이력지도를 활용한 기술별 Baseline을 제시한 'R&D Warehouse', Product별 가격, 비용, 성능 등을 제시한 '비전로드맵', 국내시장 규모 및 국내경쟁력을 제시한 '에너지기술 국내시장전망' 등을 활용



- (What) 사회시스템 변화를 일으키는 글로벌 메가트렌드를 분석하고, 시장 분석과 국내 역량을 분석하여 에너지시스템 이노베이션을 주도하는 R&D 이정표



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 17대 프로그램 선정

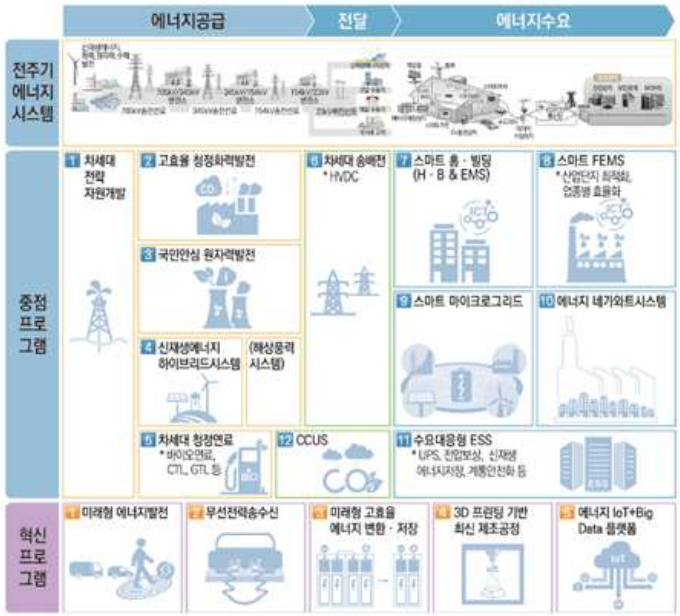
산자부
(에기평)
2014

17대 프로그램

- (에너지공급) 청정·안전한 사회친화형 에너지공급기술 6대 프로그램
  - 에너지플랜트를 위한 기술간 연계와 차세대 국가에너지망의 실현을 위한 기반조성, 자원의 안정적 수급을 위한 틈새시장 공략에 주력

- (에너지수요관리) 고효율 사회 구현을 위한 에너지수요기술 6대 프로그램
  - 효율향상 시스템·기술간 연결성을 극대화하여 개별주체(공장·빌딩)부터 지역(마을, 산단), 국가단위까지 확장 적용할 수 있는 기반 마련
    * 기술의 집적, 플랫폼화를 통해 에너지 Smart 사회 구현 선도

- (에너지혁신) 신시장 창출을 위한 선도적 기술개발 5대 프로그램
  - 우수한 제조업 역량을 적극 활용하고 소극적으로 활용되던 ICT기술을 에너지제품 전방위로 확대하여 미래사회 변화*에 대응
    * 기존 에너지 산업의 도약과 융합신산업 창출을 위한 ICT·NT·BT 연계 혁신



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.1) 차세대 전략자원 개발

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	차세대 전략 자원개발	비 전	세일가스, 전략광물 등 차세대 자원을 효율적으로 개발·확보하여 국가 에너지안보 강화
정 의	차세대 전략 자원 확보를 위한 비전통 자원의 탐사, 시추, 생산기술 및 전략광물 탐사 · 개발 기술		

글로벌 트렌드

- 중국, 인도 등 개발도상국의 자원수요 급증으로 자원확보 경쟁이 심화되면서 Easy resource 시대에서 Extreme resource 시대로 전환
- 주요국들은 정책 패러다임이 큰 지역(심부, 시막, 정글, 오지, 고산지대, 극한지)의 개발을 목적으로 탐사 역량 개발 및 강화 중
- 세일가스 등 비전통자원이 에너지시장 판도를 변화시킬 에너지원으로 부상

시장현황/전망

- (석유) 국제 유가는 2035년 배럴당 145달러까지 상승할 전망 (IEA 2013)
- (가스) 세일가스 생산증가로 급락했던 미 현물시장 천연가스 가격은 재상승 예상, 아시아 수입가는 소폭 하락 전망
- (광물) 글로벌 수요 증가로 지난 10년간 상승한 광물 가격은 최근 세계 경기침체로 다소 하락, 고품위 광석 고갈로 인한 생산비 상승, 경업 메이저들의 독과점 심화로 향후 경기 회복시 수급 · 가격 불안 요인 잠재

기술 동향

- 심해, 심부 및 극한지 탐사 개발사업이 증가함에 따라 미국을 중심으로 심해 시추기술개발에 대한 투자 확대 중
- IT 기술과 융합하여 시뮬레이션 연구를 통한 최적 생산 기술의 중요성 증대
- 프론티어 지역에 대한 탐사 기술 고도화 기술, 채광자동화와 원격제어를 통한 생산성, 안정성, 작업 환경 개선 기술개발에 투자중

전략방향

- (ICT 기술 융합) ICT 기술을 활용한 원격 통제 기술과 유전개발 사업 경험을 융합하여 유전운영에 대한 틈새 시장 (자원서비스산업) 진출 필요
- (자원기술보유국과의 네트워크 구축) 중국 등 자원보유국과 사업, 네트워크를 보유한 국내 공기업/대기업을 중심으로 관련 인적/물적 네트워크 형성 → 자원 시장 진출

사업화 전략

BM 니즈
- 세일가스 혁명에 따라 비재래 자원의 생산이 증대, 신규 비재래 유가스 유망 지역에 대한 진입 경쟁 심화
- ICT 기술과의 융합을 통해 탐사 기술 경쟁력 강화 필요

프로젝트 (BM)

석유 · 가스	광물
전략지 세일가스/오일 개발 운영 기술	금속 광물 차세대 선광/제련 기술
유가스전 스마트 운영 기술	광물자원 스마트 개발 기술
극한 지역 자원개발 기술	

사업화 전략
- 국내 공기업-연구기관-서비스기업의 컨소시엄을 구성, 기초연구, 기술개발, 테스트베드 사업의 추진으로 해외 자원개발 시장 진입

장점 사항
- 자원민족주의 확산 및 자원보유국의 불확실성 증대 Conventional site는 이미 메이저社가 적극적으로 개발 중, 향후 국내 공사와 투자사와의 협력 방안 구축이 필요

기대 효과

일자리창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
4,239	7,787	270,203



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.2) 고효율 청정화력발전

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	고효율 청정화력발전	비 전	기후변화 및 에너지안보 대응형 고효율 청정화력 발전기술 및 수출 산업화 기반 확보

정 의 저급 연료 등 연료다변화를 활용하여 기존 화력발전 대비 고효율화 및 CO_2 저감을 달성할 수 있는 기후변화 대응형 청정화력 발전시스템

글로벌 트렌드

- 2050년까지 석탄 대량 이용 예상, 화력발전 연료수급문제가 지속적 대두
- RPS 대응기술 요구에 따라 신재생연료 활용에 관심 증가, 석탄기반 폴리제너레이션 등 수요대응형 발전시스템 확대
- 미국 및 EU는 신규 석탄화력에 기존 CO_2 발생의 50%이상 저감 의무화 추세 ,향후 탄소세 도입 및 CO_2 발생량 규제 대비 필요
- 7차 전력수급계획은 석탄발전규모유지, 신석탄/신재생 역할 확대 등 제시 예정

시장현황/전망

- 전력수급계획에 따라 2020년까지 석탄IGCC 3기 운영, 석탄가스 SNG는 건설중(1기, 포스코) 및 추진예정(2기, 남부발전)
- 석탄화력을 포함한 발전시장에 민간 발전사들도 참여하여 신규 건설 예정인 발전소 증가 예상
- 국내외 노후발전소 활용을 위한 Retrofit 시장확대 예상 (2015년 이후)
- 개도국 및 저급탄 매장국가들의 신규 발전설비 시장 급증 (인도네시아, 호주, 독일, 터키 등)

기술 동향

- IEA는 차세대 고효율 석탄화력발전기술로 USC와 IGCC 등 제시 (현재 USC발전에서 고효율 HSC발전방식으로 전환 중)
- 노후발전소 개조활용 등 대체용 다변증이며, 기존 연료수급문제와 RPS대응을 위해 저급연료 및 신재생(바이오매스, 연료전지 등) 활용기술 요구 증대
- 저등급 석탄 upgrade 기술은 일본, 호주와 경쟁하고 있는 CCT의 최종활용분야
- 2013년부터 250MW 발전용 대형 가스터빈 국산화 정부과제 추진(두산중공업)

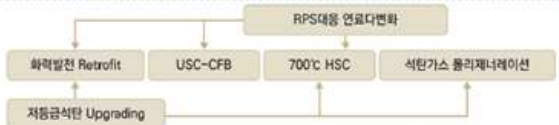
전략방향

- 실증화 Target 대형 프로그램 중심으로 R&D를 추진하고 Track record 확보를 기반으로 한 국내/해외 사업 적용 확대
- 글로벌 트렌드 대응형 프로젝트 구성 추진: 연료수급 · RPS대응 · CO_2저감(고효율화 포함) · 발전 Target 폴리제너레이션이 가능한 형태로 프로젝트 구성
- 한국형 IGCC 발전소 실증, 표준화 등을 통해 추속 호기의 국산화율 제고(주기적 교체 설비/부품 국산화부터 연관 플랜트 부품소재산업까지 확대)

사업화 전략

BM 니즈
- 국내외 신규 화력발전소 건설 수요 및 기존 노후화력발전 설비개선 수요 증가
- 해외 신흥 개도국의 전력수요 증가에 의한 신규 화력 발전 시스템 시장 확대

프로젝트 (BM)



시장 진입 전략
- 국내 건설 예정인 석탄화력발전소에 개발 기술 적용, 상용화
- 노후 화력발전의 설비개선 기술을 확보하여 해외 선진업체 진입 차단 및 수출경쟁력 확보
  * 표준 500 MW 석탄화력발전소 출력 및 효율 향상 실증 병행으로 신뢰성 확보
- 국내 기건설된 발전소 Slip-stream 연계를 통한 중소형 규모 기술 검증과 단계적 상용화
- 해외 시장 확보를 위해 실증화를 통한 Track Record 확보 및 컨소시엄 구성 체계 강화
  * EPC, 주기기 공급, 시스템, 운영기술 등 포함
- HSC 발전은 플랜트시스템 평가를 통해 터빈/보일러 등 독자 모델 확보
- 연료다변화 기술 확보는 필요시 엔지니어링사와 공동연구로 추진

정책 사항
- 해외사업 수요(용량, 연료, 수익체계 등) 대응 실증 site 확보 필요
- HSC 기술은 해외 주요사의 독점 기술로 기술이전 및 확보 곤란
- 기술 상용화를 위한 투자비 확보, 가격 경쟁력 및 실적 확보의 어려움

기대 효과

일자리 창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
1,295	114,691	233,103

고효율 청정화력발전 프로젝트

프로젝트	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년 – 2023년	프로젝트 Target
대용량 초초임계 순환유동층 발전 기술		P 순환유동층 연소계통 대형화 기술				P USC-CFB 실증	• 미국/EU : 노후발전소 Retrofit • 아시아(개도국) : 신규발전소 • 한국/일본 : 신규 및 노후발전소Retrofit • 대용량화 (600MW), 고효율화(USC급)
		증기계통 초초임계 고도화 및 순환유동층 연계 기술					
		저급연료 운영기술 개발(연료 다변화 기술)				G CCS-Ready 실증	
		G CCS Ready 기술개발					
고효율/저비용 석탄가스 기반 폴리제너레이션	G 300MW급 IGCC 신뢰도 향상 및 저비용화 기술개발, IGCC - SNG 플랜트 적용						• 석탄가스화 기반 IGCC/SNG플랜트 (장기적 CCS 연계) 호주, 인도네시아 등 풍부한 저등급 석탄 보유국가(Turn-key 대상시장) IGCC건설비 1/3 이상 절감, 노후발전소 대체
	G 저등급탄 활용 고효율/저비용 IGCC 기술개발, 300~500톤/일급 플랜트 상용화						
	G 석탄가스 기반 전기/SNG/케미칼 병산시스템 기술개발 및 상용화						
	G 차세대 고효율 IGFC 기술개발 및 시스템 상용화				G IGFC 상용화, 수출산업화		
				G 폴리제너레이션 시스템의 CCS연계 요소기술 개발			
저등급석탄의 Upgrading 및 화력발전 적용기술		G 고품위화 석탄 제조공정 최적화 및 안정성 확보기술			G 실 발전소 (500MW) 적용기술		• 인니 저등급석탄 고품위화(1천만톤) 및 석탄건조설비 수출(50기) 시장, 무회분탄 전소발전소 (중위대체) 시장 DICE 발전효율50%
		G 발전소 현장 미활용에너지 이용 저등급석탄 건조기술					
	G 무회탄 제조와 고효율 일전 융합기술(진탄 혼소, 무회분탄 전소 및 가스화)						
		G 고품위화 석탄 사용 엔진 개발(MRC 생산 및 DICE 개발)					
화력발전소 Retrofit 실증 기술		G 출력증강/성능향상용 발전소 설계/제작 기술				G HSC급 Retrofit 기술개발	• 국내 500MW급 20개 호기의 표준 석탄화력 발전소, 중국 · 인도 등 발전효율이 40% 이만 노후 발전설비
		G 출력증강(Retrofit) 발전소 운전 및 연소 최적화 시스템 기술개발					
700℃급 고효율 HSC 발전기술		P Plant System 평가					• USC 발전소 이후 국내/외 Retrofit 및 신규 HSC 화력발전소
		G HSC 터빈 설계 기술 및 모델 개발				P Component Test	
		G HSC 보일러 설계 기술 및 모델 개발					
		G HSC 소재 신뢰성 평가					
RPS 대응 연료 다변화 발전 실증 기술 (Negative CO_2 발전 기술)	G 폐기물 및 바이오매스 혼소/전소 기술						• RPS 제도 도입에 대응하는 순산소-바이오매스 발전소 (PC화력발전 대상)
	G 순산소 연소 신재생연료 혼소/전소 기술				G 바이오매스-순산소 연소 발전 실증		
	G Bio-oxyfuel 발전 시스템 기술						

범 례: 정부주도 | 민간주도 | G 시스템 | P 품목

6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.3) 국민안심 원자력

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	국민안심 원자력발전	비 전	세계 최고 수준의 원전 안전성 확보
정 의	원전산업의 패러다임이 국민 수용성에 기반한 안전성 최우선으로 변화함에 따라, 이에 대응할 수 있는 '원전 안전 및 수용성'을 강화하는 기술		

글로벌 트렌드

- 제2차 에너지기본계획에서는 (1)원전산업 혁신을 통한 안정성 강화, (2)경쟁력부한 원전 수출 강국 도약 비전을 제시
- 해외에서는 시장주도권 확보를 위한 원전 경제성 · 안전성 향상 기술 도입 중
- 전세계적으로 수명한계에 도달한 원전 증가로 원전 사후관리 시장 확대 중

시장현황/전망

- 후쿠시마 사고 후 세계 각국은 원자력 안전을 더욱 강화
- IAEA는 전 세계 440여개의 원전 10%를 상호점검 계획 추진
- 최근 원자력 이용 침체에도 불구하고 한국, 미국, 프랑스 등 대부분 국가는 기존원전 정책의 유지를 표명
- IAEA는 후쿠시마 사고 후 2030년까지 전세계 90~300여기 원전 추가건설을 예측 (기존대비 7~8% 하향 조정)

기술 동향

- 미국, 일본, 프랑스 등은 설계기술 혁신 및 건설기간 단축으로 대형 원전시장 지배력을 강화
- 우리나라는 2009년에 연구용원자로 요르단 수출 및 상용원전 UAE 수출(EU-APR1400)
- 우리나라는 원전운영, 정비, 진단 등 분야는 기술이 고도화 되었지만 해외 진출을 위해서는 원전, 핵심기술 측면 강화 필요

전략방향

- (안전성 최우선) 원전산업 효율성 위주를 탈피, 국내 원전 안전성 확기적 개선을 위한 R&D를 최우선 지원
- (ICT 융합) 국내 ICT 기술의 강점을 활용해 데이터 기반의 원전운영 안정성 개선 R&D 지원 강화
- (세계최고 수준 신규원전) 세계 최고 수준의 안전성 확보를 위한 신규원전 핵심기술 개발

사업화 전략

- **BM 니즈**
  - 후쿠시마 원전사고 이후 자연재해 등에 대비한 설비 건전성 개선대책과 원전운영 개선 종합 대책 추진 등 안정성 강화에 대한 국민적 요구 증대
  - 기존 표준형 원전(OPR1000)보다 안정성이 대폭 향상된 신형원전(APR+1000) 등 세계 최고수준의 안정성 확보된 기술수요 증대
- **프로젝트 (BM)**
  - 원전산업 안전성 강화 기술
  - 원전수출 경쟁력 향상 기술
  - 원전 사후관리 기술
  - 원전산업 생태계 활성화 기술
- **시장 진입 전략**
  - 차원조달 능력, 정책 신뢰도, 전력수요 전망 등을 고려해 중점 수출대상국 선정 및 맞춤형 수주활동을 범정부적으로 추진

정책 사항

- Nu-Tech 2012 종료 이후 원전산업의 비리 등 현안사항으로 2010년부터 원전 국가 로드맵인 Nu-Tech 2030 수정 중이므로 추후 이와 연계한 국가적으로 일관성 있는 기술개발 추진 필요

기대 효과

일자리창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
20,275	119,693	144,492

국민안심 원자력발전 — 프로젝트

프로젝트	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년 ~ 2023년	프로젝트 Target
원전산업 안전성 강화 기술	중대사고 및 DEC 예방/대처 기술						• 국내 원전의 지진/안전재해에 대응한 안전성 강화
	원전 설비 안전 강화 기술						
	IT 융합 원격 자동화 기술					신개념/고신뢰도 비파괴검사	
	정비 프로세스 최적화 기술						
	인적오류 저감 및 자동화 기술						
	사이버재난 안전 확보 기술						
	사고저항성 혁신 핵연료 기술						
	원전 안전문화 향상기술						
원전수출 경쟁력 향상 기술	EU-APR1400						• 세계최고수준 안전성을 확보한 신규 원전기술 확보 및 수출
	APR+1000						
	APR+						
	i-Power						
	중소형 원전						
	원자력 수소						
원전 사후관리 기술	원자력시설 해체기술						• 미래 원전해체에 적접 적용할 수 있는 실증화 R&D
	중저준위 폐기물 및 NORM 관리 기술						
	사용후핵연료 관리 기술						
	SFR						
원전산업 생태계 활성화 기술	가동원전 I&C 설비개선						• 중소형 제품 및 해외진출부품 개발
	원전기기 구조상태 감시용 측정기기						

범례: 정부주도 | 민간주도 | (S) 시스템 | (P) 품목

6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.4) 신재생에너지 하이브리드 시스템

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	신재생에너지 하이브리드시스템	비 전	기술간 Hybrid를 통한 신재생에너지화 시장 창출
정 의	에너지 효율 향상 및 발전단가 저감, 안정적인 에너지공급을 위해 신재생에너지를 포함하는 둘 이상 기술을 융합한 시스템		

글로벌 트렌드

- (미국) 2020년까지 연방정부 전력사용량의 20%를 재생에너지로 대체 (기후변화 액션 플랜,2013년 6월)
- (EU) 2020년 신재생에너지 발전 비율 20% 달성 전략 수립 (에너지 2020년 전략, 2011년 10월)
- (독일) 2020년까지 재생에너지 전력 생산 비중 38.5% 전망 (국가재생에너지확대계획, 2010년)

시장현황/전망

- '신재생에너지+저장장치+수요관리시스템', '신재생에너지+산업제품' 등 토탈 솔루션 시스템 사업으로 확대
- 신재생에너지 발전 시스템의 하이브리드화에 따라 기존의 B2B 시장이 B2C시장으로 확산
- 정책적으로 에너지자립 뉴타운, 실증 강화, RPS 추진 등 보급 확대 및 시장활성화 지원 지속

기술 동향

- 다양한 신재생에너지를 이용한 Off-grid 전원공급 실증 증대
- 신재생에너지 발전의 불안정성 해결하기 위한 장기 에너지 저장 방식으로써 "Power to Gas" 대두
  - (독 , 美) 풍력, 바이오가스, 열병합과 통합한 메탄 생산시스템 개발/운영
- 美 Solar Roadway 프로젝트, 태슬라의 Solar City 등 신재생에너지 기반 타산업 활용 증대

전략방향

- (목표시장 설정) 도심 - 도서지역 등 목표시장 맞춤형 R&D 추진을 통한 신재생에너지 보급 및 수출시장 창출에 기여
- (통합관리 솔루션) 다양한 에너지원간 하이브리드 시스템의 통합 운영에 따른 효율향상 R&D 추진
- (기술 융합 추진) 일반 제품이나 사회간접시설, 다른 에너지 기술에 신재생에너지를 접목한 R&D 추진

사업화 전략

- **BM 니즈**
  - 임양 송전탑, 정전사태 등에 대응한 새로운 에너지 솔루션에 대한 요구는 국내 뿐 아니라 전세계적으로 필요성 증대
  - 화력, 원자력만으로는 국민의 다양한 요구 충족에 한계적, 고효율 · 저가 · 친환경을 동시 만족하는 Breakthrough 필요
- **프로젝트(BM)**



- **시장 진입 전략**
  - 중국, 동남아시아, 아프리카를 중심으로 하는 전세계 디젤전원 사용 Off-grid 시장을 하이브리드 발전시스템으로 대체
  - 주요 선진국 및 개도국의 도심 내 신재생에너지원 수요가 있는 Low-end 시장을 발굴, 국내 실증 Track-record를 확보 후 수출 추진

정책 사항

- 국내 실증사이트 마련을 위한 정부, 공기업, 지자체의 지원
- 다양한 신재생원 및 저장기술 간 유기적 협력, 공조, 경쟁 필요
- 타에너지원 수준의 저가화 기술 확보 및 조기시장 창출 정책 필요

기대효과

일자리 창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
6,058	97,001	475,628



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.5) 차세대 청정연료

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	차세대 청정연료	비 전	환경친화형 청정연료 제조기술을 통한 원유에 대한 의존도 저감 및 플랜트 시장 진출

정 의 저가의 화석연료자원(저등급 석탄, 비전통 유분, 가스 등)과 재생가능한 유기성자원인 바이오매스와 유기성폐자원을 화학적 · 생물학적 전환기술을 이용하여 청정 액체 및 기체 연료를 생산하는 기술

글로벌 트렌드
- 육 · 해상 천연가스 가격의 하향 안정화에 따른 GTL 및 GTL-FPSO 기술 등과 같은 활용기술 제조맹
- 런던협약(2013년)에 따른 유기성폐자원 해양배출 전면 금지 시행
- IATA(국제항공운송협회), 2017년까지 10% 바이오항공유 사용 추진
- 국내 신재생에너지연료 혼합의무제도 (RFS) 2015년 7월 시행 예정
- 제2차 에너지기본계획, '1,000배럴/일 CTL 데모플랜트 실증'을 핵심기술로 선정

시장현황/전망
- 육 해상의 중소규모 한계가스전의 상당부분은 기술적/경제적 이유로 미개발 상태로 개발 모색
- 고산도원유의 생산 증가(2020년 3백만배럴/일) 및 도입 확대
- 2050년 전체 항공유의 25%를 바이오 항공유로 보급 전망(IEA)
- 환경규제 대응형 신재생 수송연료 보급 확대
- 전세계 석탄액화 시장 6배 확대 예상 (20만 배럴/일 → 120만 배럴/일)

기술 동향
- 현재 GTL-FPSO (0.01백럴/일 실증, 20000배럴/일 예비기본설계) 및 마이크로 GTL 파일럿플랜트 (0.2배럴/일) 규모의 연구 진행 중
- 유럽에서는 바이오 DME 차량 도로주행 시험을 완료(2012년)
- 바신유국의 재래원유 구득력감소, 상대적 저급원유처리 기회증가
- 육상작해입 및 해양배출 전면금지에 따른 고함수 유기성폐자원 활용기술 개발 필요
- 파일럿급 CTL기술이 국내 개발 완성 및 데모급 설계 진행 중

전략방향
- 독자적 기술력 확보
  - GTL 기술은 상업화 단계이므로 국내의 현천/ 전략응용기술 개발에 집중
  - 조선업 강점활용 GTL-FPSO공정 개발
  - 바이오매스가 풍부한 동남아 지역 대상 바이오연료 독자기술개발
- 수송연료 대체 기술 확보
  - 바식용 및 미활용 유지를 이용한 수송용 연료 제조기술개발
  - 바이오DME기술개발을 통한 LPG 대체 연료 기술개발
- 전문기업 중심 컨소시움 구축 : 컨소시움을 구축을 통한 공정의 사업화 선도 및 경제성 파악

사업화 전략

BM 니즈	• 육 · 해상 가스전 적용 GTL 기술과 CTL(석탄액화) 기술을 통한 청정연료 제조공정 기술 선도 요구 • 수송용 바이오연료 수요 증가 전망 • 저급원유 국내 도입·업그레이딩을 통한 석유제품 수출 및 유기성폐자원의 에너지 잠재형 가스화 기술 필요
프로젝트 (BM)	환경친화형 청정연료 제조 비전통 화석원료 활용기술: GTL (Gas-to-Liquid), CTL (Coal-to-Liquid), 저급유분 활용 기술 재생가능한 바이오원료 활용기술: BTL (Biomass-to-Liquid), 융합기술 기반 수송용 연료, 폐자원으로부터 청정연료 제조
시장 진입 전략	• GTL 및 GTL-FPSO 기술을 통해 가스전 보유국과 국내의 수송연료 보급 • 바이오DME 및 바이오연료 생산 등을 통해 항공 및 차량용 연료 대체 • 수소연료전지 자동차 및 발전소 확대에 따른 신재생 수소 활용

쟁점사항
- 신재생에너지 연료 혼합의무제도(RFS) 시행(2015년 7월)에 따른 관련 기술 조기 확보 필요
- 천연가스전 확보 및 활용기술 확보를 위한 산업 경쟁력 강화 요구

기대효과

일자리창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
6,281	183,274	233,444



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.6) CCUS(기후변화대응)

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	CCUS (CO_2 포집/활용/저장)	비 전	국제적 2℃ 목표 달성을 위한 CO_2 포집 ~ 저장 ~ 활용 추진으로 Low Carbon Economy Future 구현
정 의	발전소/제철소 등 대형 배출원에서 CO_2를 저비용 고효율로 포집하고, 안전하게 저장하거나, 포집된 CO_2를 직접 또는 전환하여 활용하는 사업		

글로벌 트렌드

- IPCC 5차보고서 및 IEA ETP-2014년에서 CCS 중요성과 탄소시장 언급
- 이에 CCS 포집/저장 기술개발 및 실증에 대규모 투자 진행중
- 저비용 고효율의 CO_2 포집 기술과 신뢰할 수 있는 저장 기술이 핵심
- 대규모 투자에 따라 정부/민간의 협력 프로젝트로 개발, 실증 추진
- 국제협력을 통한 효율적 실증 추진 및 시장 개발 선점에 노력
- 포집 CO_2의 EOR 등에의 직접 활용 외에 전환을 통한 유용한 자원으로 변환, 이용에도 노력중

시장현황/전망

- 온실가스 배출제한 등으로 배출 저감 기술 필요성 증대 (국가배출 목표: 6.6억 톤(2014년) → 5.4억 톤(2020년))
- 2차 녹색성장 5개년계획(2014년)에서 탄소시장 활성화 및 CCUS 중요성과 추진계획 제시
- 발전부문에서는 고효율/저비용의 포집기술과 고신뢰 저장기술 요구
- IGCC 등 저열량 석탄 사용 증가 예상으로 연소전 및 연소중 CO_2 포집 기술개발 및 상용화 요구
- CCS 시장 본격 활성화 이전의 포집 CO_2 활용 요구 증대

기술 동향

- "국가CCS종합추진계획(2010년)"을 통해 대규모 CO_2 포집~저장 통합 실증 추진 계획 수립
- 미국도 온실가스감축계획 발표에서(2014년 6월) CCUS 적극 추진 언급
- 국제적으로 2개 CCS 통합 실증 프로젝트 추진을 공모하였으나, 현재 추진일정상 일부 조정 필요
- 포집부문은 고효율/저비용 포집 기술개발이, 저장부문은 신뢰성 높은 기술실증이 요구됨
- 활용부문은 유럽 등에서 CO_2 전환 원료/연료화 실증 추진중

전략방향

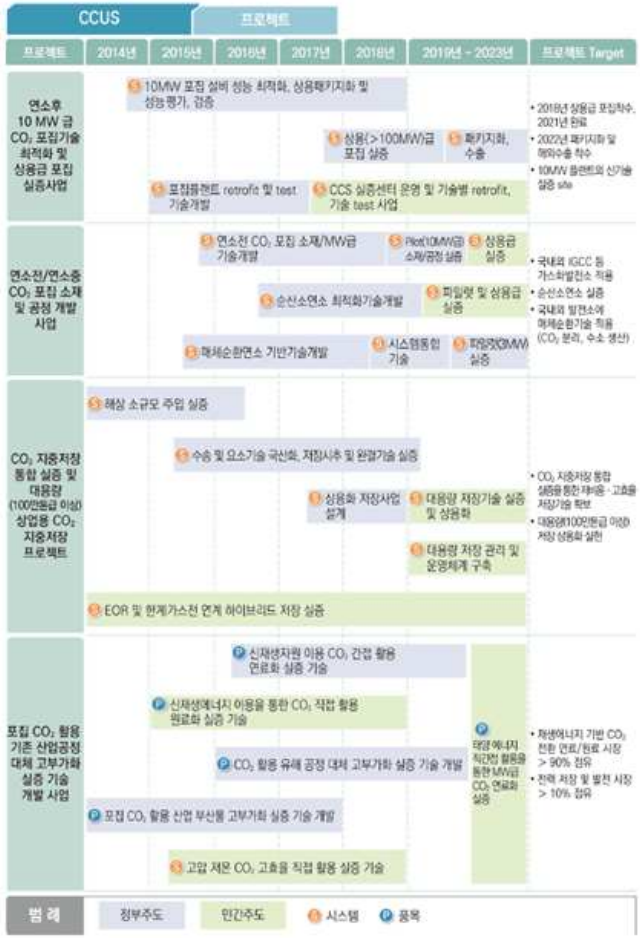
- 포집 ~ 저장 기술의 대규모 통합공정 구축을 통해 국가 CCS 실증 및 상용화 달성
- 석탄 이용 및 친환경 발전 요구 증대로 연소전 및 연소중 포집 기술 개발 및 pilot급 실증 추진
- 저장부문에서 부처간 역할 담당을 통해 대규모 온실가스 감축 실현
- CO_2 활용, 연료화/원료화 기술개발 및 민간/정부 공동 실증 수행으로 불확실성 제거 및 수익모델 확보

사업화 전략

BM 니즈	• 국제적 경쟁력을 가진 파일럿 및 상용규모 포집 기술 및 플랜트 Package화를 통한 해외 CCS 시장 및 EPC 시장 진출 • 포집 CO_2 전환, 고부가제품화를 통한 신규시장 창출 • 발전소, 제철소 등에 대규모 CO_2 포집/저장/활용 활성화를 통해 온실가스 저감 의무량 준수로, 감축옵션티 비용 절감 가능
프로젝트 (BM)	연소후 10 MW급 포집기술 최적화, 상용급 실증 및 수출 패키지화 (실증플랜트 활용, 신기술 검증) → CO_2 자중저장 통합실증 및 대용량(100만톤 이상) 상업용 CO_2 자중저장 연소전 및 연소중 CO_2 포집 소재 및 공정 개발 사업 → 포집 CO_2 활용 기존 산업공정 대체 고부가화 실증기술 개발 사업
시장 진입 전략	• 저비용/고효율의 파일럿 및 상용급 포집 실증 원료 및 패키지화로 국제시장 진출 • 국제적 기관과의 협력을 통한 기술제휴 진입전략 또는 해외직접 투자(FDI)를 통한 해외 진출 추진 • CO_2 활용 분야는 신규창출을 통한 Greenfield 진출 전략 추진

정책 사항	• 포집 ~ 저장 연계 실증사업의 조속한 추진을 통한 실질적인 대규모 온실가스 감축 실현 및 비즈모델화 추진 필요 • CO_2 전환/활용의 경제성 부각으로 투자 확대 필요

기대효과	일자리 창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
	22,439	33,073	44,257



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 6.7) 에너지 IoT+Big Data 플랫폼

산자부
(에기평)
2014

프로그램명	에너지 IoT+Big Data 플랫폼	비 전	IoT와 빅데이터 기술 융합으로 스마트에너지 구현 및 신 에너지 시장 창출

정 의 : IoT 에너지 데이터 수집과 빅데이터 분석 기술을 기반으로 한 개방형 정보관리 및 에너지 효율화 기술

글로벌 트렌드
- 인터넷에 연결된 사물은 2012년 약 40억 개에서 2020년 약 800억 개로 증가할 전망
- 미국은 IoT를 2025년까지 국가 경쟁력에 영향을 미칠 '6대 혁신적인 파괴적 기술' 중 하나로 2008년에 선정함
- 우리나라도 창의적 사물인터넷(IoT) 서비스 시장창출 및 확산을 위한 '사물인터넷 기본계획'을 발표(2014. 5, 미래부)

시장현황/전망
- 전 세계 사물 인터넷 시장은 2013년 2,000억 달러 규모에서 2022년 약 1.2조 달러까지 커질 것으로 전망(정보화진흥원)
- 선진 각국에서는 에너지분야의 다양한 기기와 데이터를 IoT 기반의 개방형 비즈니스 플랫폼으로 추진하고자 하는 노력 시도(구글 NEST 인수, Belkin WeMo 등)
- 국내 IoT 경쟁력은 아직 미흡하나 우수한 인프라로 잠재력은 충분

기술 동향
- 센싱, 신호처리, 통신 기능을 포함한 스마트센서 기술이 주목받으며 웨어러블, 스마트카 분야의 글로벌 대기업들이 경쟁중
- IoT 디바이스 증가로 인한 데이터 트래픽을 유연하게 처리하기 위한 HW/SW 네트워크 기술 개발중
- 구글, MS, KT, 삼성 등 글로벌 기업 중심으로 플랫폼 경쟁중이나 시장 주도형 플랫폼으로 자리잡지 못함
- IoT 빅데이터 분석용 인공지능 SW 개발 경쟁중

전략방향
- IoT 기반기술개발 : IoT 활성화의 기초인 디바이스, 플랫폼, 네트워크 기술개발
- IoT 빅데이터 분석 통한 BM 발굴 : IoT 에너지 빅데이터 분석 위한 인공지능 SW 개발 등을 통해 Cloud BAS와 같은 에너지시스템 혁신 BM 실현
- IoT Waste 최소화 : 불필요한 IoT 디바이스 및 에너지 낭비 최소화를 위한 방지 및 효율화 기술개발

사업화 전략

BM 니즈	• 에너지 IoT 확산에 따라 다양한 정보를 활용하여 건물 에너지 효율화 등의 신사업 기회들이 나타나고 있음 • IoT 디바이스, 데이터, 네트워크 증가로 인한 에너지 소비 급증으로 IoT-Waste 관리기술개발과 사업화 수요 증가
프로젝트 (BM)	기술기반 구축 : 대화형 에너지 IoT 기술 → 지능형 에너지 빅데이터 플랫폼 기술 비즈니스 구현 : IoT 기반 오브젝트 에너지 관리 시스템 → IoT 에너지 Waste 복합 관리 기술
시장 진입 전략	• 정책연계형 R&D를 통해 IoT 기반기술 개발 및 확산 • IoT 기반 EMS의 실증사업을 통해 성공모델 확산

정책 사항
- 글로벌 대기업 중심의 플랫폼 경쟁에 정부R&D 투입 타당성
- 민간의 창의성을 끌어낼 수 있는 R&D 체계 구축 가능성
- 에너지 업계는 IoT 관련 기술 융복합화에 미온적 대응

기대 효과

일자리창출(명)	국내매출(억 원)	국외매출(억 원)
3,922	118,046	290,616



6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 프로젝트별 중점 기술 (1)

산자부
(에기평)
2014

프로그램	프로젝트	중점기술
차세대 전략 자원개발	전략지 셰일가스/오일 개발 운영 기술	전략지 셰일가스/오일 개발유망성 평가 및 사업성 평가 기술
		전략지 셰일광구 적용을 위한 시추/파쇄/유정완결 등 최적 개발설계 기술 및 현장운영 기술 확보
		친환경개발 및 전략지 진출 경쟁력 확보를 위한 Waterless 파쇄기술 분석 및 전략 파쇄기술 개발
	유가스전 스마트 운영 기술	유가스전 스마트운영을 위한 유전개발 기술/사업 최적화
		유가스전 스마트운영을 위한 ICT 융합기반기술
		유가스전 스마트 모니터링 인프라구축
	극한 지역 자원개발 기술	극한지 자원 탐사 및 유망성 분석 기술
		극한지 자원환경 평가 기술
		극한지 자원 개발생산 핵심기술
		극한지 자원개발을 위한 동토공학 및 장비개발 기술
	금속광물 차세대 선광/제련 기술개발	에너지절약형 파분쇄기술 및 기기 개발
		저품위 금속복합광물 물리적 농축기술 및 시스템 개선
		다종 복합금속광물 동시회수 가능형 습식회수 공정/시스템 개발
	광물자원 스마트 개발 기술	스마트 자원탐사 기술
		원격제어 지하광산 자동화 기술
		자동제어 선광 기술

프로그램	프로젝트	중점기술
고효율 청정화력 발전	대용량 초초임계 순환유동층 발전 기술	순환유동층 연소계통 대형화 기술
		증기계통 초초임계 고도화 및 순환유동층 연계 기술
		초초임계압 순환유동층 연료 다변화 기술
		초초임계압 순환유동층 보일러의 CCS-ready 기술
	고효율/저비용 석탄가스 기반 폴리제너레이션	300MW급 IGCC 신뢰도 향상 및 저비용화 기술
		저등급탄 활용 고효율/저비용 IGCC 기술
		석탄가스 기반 전기/SNG/케미칼 병산시스템 기술
		차세대 고효율 IGFC 기술
		폴리제너레이션 시스템의 CCS연계 요소기술
	저등급 석탄의 Upgrading 및 화력발전 적용 기술	고품위화 석탄 제조공정 최적화 및 안정성 확보기술
		발전소 현장 미활용에너지 이용 저등급석탄 건조기술
		무회탄 제조와 고효율 발전 융합기술
		고품위화 석탄 사용 엔진 개발
	화력발전소 Retrofit 실증 기술	출력증강/성능향상용 발전소 설계/제작 기술
		출력증강 발전소의 운전 및 연소최적화 시스템 기술개발
	700℃급 고효율 HSC 발전 기술	Plant System 평가
		HSC 터빈 설계 및 모델 개발
		HSC 보일러 설계 및 모델 개발
		HSC 소재 신뢰성 평가
		Component Test
	RPS 대응 연료 다변화 발전 실증 기술 (Negative CO_2 발전 기술)	폐기물 및 바이오매스 혼소/전소 기술
		순산소 연소 신재생연료 혼소/전소 기술
		Bio-oxyfuel 발전시스템 기술

6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 프로젝트별 중점 기술 (2)

산자부
(에기평)
2014

프로그램	프로젝트	중점기술
국민안심 원자력발전	원전산업 안정성 강화	중대사고 및 DEC 예방/대처 기술
		원전 설비 안전 강화 기술
		IT 융합 원격 자동화 기술
		신개념/고신뢰도 비파괴검사 기술
		정비 프로세스 최적화 기술
		인적오류 저감 및 자동화 기술
		사이버재난 안전 확보 기술
		사고저항성 혁신 핵연료 기술
		원전 안전문화 향상기술
	원전수출 경쟁력 향상 기술	EU-APR 1400
		APR+ 1000
		APR+
		I-Power
		중소형 원전
		원자력수소
	원전 사후관리 기술	원자력시설 해체 기술
		중저준위 폐기물 및 NORM 관리 기술
		사용후 핵연료 관리 기술
		SFR
	원전산업 생태계 활성화 기술	가동원전 I&C 성능개선 기술
		원전기기 상태감시용 측정기기 기술

프로그램	프로젝트	중점기술
신재생 에너지 하이브리드 시스템	도심형 신재생 에너지 발전소	신재생에너지 기반 융복합 발전 및 열생산/저장 시스템
		도심형 분산발전의 전력계통 안정화 및 선택적 전력분배 기술
		신재생에너지기반 친환경차 충전인프라 요소 및 최적화 기술
	독립형 에너지 자립시스템	전원독립형 연료전지-태양광-풍력 하이브리드 발전
		연료전지-히트펌프 Tri-generation 시스템
		지열 에너지 기반 하이브리드 발전 및 에너지 저장 기술
	Advanced Power to Gas 하이브리드 솔루션	신재생에너지 하이브리드 고효율 에너지변환 시스템
		차량일체형 태양전지 및 광전기화학전지(VIPV, VIPEC)

프로그램	프로젝트	중점기술
차세대 청정연료	육·해상 가스전 적용 GTL 기술	해외가스전 적용 대형 실증플랜트 국산화 기술 개발
		중소형가스전 개발을 위한 마이크로 GTL 기술 개발
		해상 한계가스전 적용 상용 GTL-FPSO 공정 국산화 기술개발
	석탄액화(CTL) 데모플랜트 실증 및 소형 CTL플랜트 수출모델	청정연료 Test Bed 구축 및 운영(파일럿급 CTL 운전)
		1000배럴/일급 CTL 데모플랜트 실증
		오지형 소형 CTL 플랜트 개발
	저급원유 처리를 위한 개질 기술	고산도 원유 처리 기술(유기산 부식 저감, Ca제거, Na제거)
		비전통원유 처리 기술(탈염/유수분리, 금속저감, 아스팔텐저감)
		비전통원유 전환 기술(중질분자분해, 촉매합성, 수소공여, 유동층반응기)
	BTL 기반 바이오연료 제조 기술	바이오 기체상 연료 제조기술
		바이오매스 액화 및 고품질 연료 제조기술
	융합기술 기반 수송용 연료 제조기술	저급 알코올 및 유기산의 고탄소 연료 전환 기술
		고탄소 알코올 생합성 기술
		고탄소 탄화수소 생합성 기술
		고탄소 연료 무산소화 기술
	폐자원 이용 청정연료 제조기술	유기성폐자원의 전처리/슬러리화 기술 및 연속 투입 기술
		전처리된 원료의 초임계유체 액화 기술
		전처리된 원료의 초임계수 가스화 기술
		고가 무기물 회수 및 분리·정제 기술

6. 에너지기술 이노베이션 로드맵 : 프로젝트별 중점 기술 (3)

산자부
(에기평)
2014

프로그램	프로젝트	중점기술
CCUS	연소후 10MW급 CO_2 포집기술 최적화 및 상용급 포집 실증사업	10MW 연소후 CO_2 포집 설비 장기운전/최적화 및 성능평가/검증
		상용급 연소후 CO_2 포집 실증 시범사업 및 상용패키지 보급/수출
		실증 플랜트와 포집 CO_2를 이용한 포집, 활용 신기술 테스트 기반
	연소전/연소중 CO_2 포집 소재 및 공정 개발 사업	연소전 CO_2 포집용 가스정제 및 SEWGS 기술
		순산소 연소 기술
		매체순환 이용 CO_2 원천분리 포집 기술
	CO_2 지중저장 통합 실증 및 대용량(100만 톤급 이상) 상업용 CO_2 지중저장 프로젝트	해상 소규모 주입 실증(모항분지)
		수송 및 요소기술 국산화, 저장 시추 및 완결 기술 실증
		상용화 저장사업 설계
		대용량(100만 톤급 이상) 저장기술 및 상용화
		대용량 저장 관리 및 운영 체계 구축
		EOR 및 한계가스전 연계 하이브리드 저장 실증
	포집 CO_2 활용 기존 산업공정 대체 고부가화 실증기술 개발 사업	신재생 자원 이용 CO_2 간접 활용 연료화 실증 기술
		신재생에너지 이용을 통한 CO_2 직접 활용 원료화 실증 기술
		CO_2 활용 유해 공정 대체 고부가화 실증 기술 개발
		포집 CO_2 활용 산업 부산물 고부가화 실증 기술 개발
		고압 저온 CO_2 고효율 직접 활용 실증 기술

프로그램	프로젝트	중점기술
에너지 IoT + Big Data 플랫폼	대화형 에너지 IoT기기 기술 (Energy Aware IoT)	IoT 기반 에너지 정보 수집 및 예측/제어 시스템
		Energy Aware IoT 자원 관리 기술
		IoT 기반 지능형 에너지 개체 기술
	IoT 기반 오브젝트 에너지관리시스템	사용자 중심 IoT 기반 에너지 최적 제어 시스템
		에너지 오브젝트 지능형 정보 관리 기술
		에너지 상황 기반 소비 분석 기술
	지능형 에너지 빅데이터 플랫폼 기술	에너지 빅데이터 분석기술
		빅데이터 기반 수용가 에너지 진단 기술
		빌딩 그룹 대상 지능형 에너지 검색 기술
	IoT 에너지 Waste 복합관리 기술	에너지 Waste 관리 플랫폼
		에너지 Waste 분석 클라이언트 시스템
		Waste 저장, 공유, 재생 시스템

7. 전략적 수요 발굴 사전 기획 : 7.1) 바이오/폐기물

산자부
(에기평)
2014

바이오 에너지

✓ 전략적 수요발굴 활동을 통해 접수한 수요제안 pool를 바탕으로 **총 8개의 주제(안) 발굴**, 전략응용으로 5개, 수요대응 1개, 시장선도(목표연계) 1개, 혁신기술 1개로 R&D 프로그램 추진 가능

구분	전략주제	발굴주제(안)	프로그램 유형(안)
1	중소중견 글로벌 강소기업	에너지 저소비형 전처리 공정개발	전략응용
2		바이오연료 물성 개선 기술개발	
3		미세조류에너지화	수요대응(단기)
4	기술융복합	Electrofuel 기술	전략응용(신재생 융합)
5		바이오에너지활용 전기생산기술	전략응용
6	목표연계형	바이오연료 저비용 분리 정제기술	시장선도(목표연계)
7	국제공동(해외기관참여형)	고탄소 함유 바이오연료 생산기술	전략응용
8	미래혁신	차세대 바이오연료 생산기술	혁신기술

폐기물 에너지

✓ 전략적 수요발굴 활동을 통해 접수한 수요제안 pool를 바탕으로 **총 5개의 주제(안) 발굴**, 전략응용으로 2개, 수요대응 1개, 혁신기술 2개로 R&D 프로그램 추진 가능

구분	전략주제	발굴주제(안)	프로그램 유형(안)
1	중소중견 글로벌 강소기업	폐기물에너지 고부가화 기술	전략응용
2		폐기물 고형연료 고품질화	
3		에너지 저소비형 폐기물 열화학적 공정 개발	수요대응(단기)
4	미래혁신	목본계폐기물 고부가 연료화 기술	혁신기술
5	기타	소규모 분산 폐기물 에너지화 기술	혁신기술

7. 전략적 수요 발굴 사전 기획 : 7.2) 자원 개발

유형별 주제 도출 결과

유형	주제	PD 검토의견
중소·중견 글로벌 강소기업	지르코늄 제련 및 원료소재 제조융합기술	'저가공정 페로티탄 제조기술'의 응용발전과제로서 페로티탄 과제의 기획에 반영하거나 후속과제로 기획가능
	재활용 가능한 광주 지보재 개발	단기핵심과제로 추진하거나 석탄관련 중대형 과제의 세부과제로 기획
	갱도 굴착 및 안정성 해석 시뮬레이션 기술	'장벽식 채탄광산 개발을 위한 기술개발' 중장기 기획과제의 수정보완 기획 시 세부과제로 반영가능
Move Monkey (최신기술 응용)	박테리아를 활용한 석유회수증진 핵심기술	한-캐나다 국제공동과제로 추진할 비투멘 개질 과제의 세부과제로 기획 예정
기술 융복합	희토류 광물개발에 따른 오염원 처리	현재 진행과제인 희토류 추출정제가공 과제의 수정 보완작업 시 세부과제로 기획 가능
	극한지의 석유가스 생산향상 및 최적화를 위한 소재, 공정 및 FEED Package국산화 기술	한국지질자원연구원과 캐나다 지질조사소 간의 한-캐나다 극지공동연구 프로그램이나 한-그린란드 국제공동연구프로그램으로 기획추진
목표연계형	화력발전소 발생부산물을 활용한 지하광산 개발기술	폐기물/자원순환 분야 전문가와 공동으로 기획 여부 타진
국제공동연구		
스타브랜드 (미래혁신)	저류층 고유 박테리아를 통한 친환경 MEOR	한-캐나다 국제공동과제로 추진할 비투멘 개질 과제의 세부과제로 기획 예정
기타(전략 등)		

유형별 주제 도출 결과

유형	기술 주제	PD 검토의견
중소·중견 글로벌 강소기업	블레이드 결빙방지, 경량화 DD 발전기, 요 브레이크, 소형 풍력	국내 부품산업 육성 및 산업 생태계 활성화에 기여 CAPEX 저감을 통해 시스템 경쟁력 확보에 기여
Move Monkey (최신기술 응용)	ICT 기반 O&M	OPEX 저감을 위한 필수적 기술 서남해 해상풍력발전단지 운영에 기여
기술 융복합	마이크로 그리드	실증 위주 개발을 통한 국내외 시장 확대 효과 기대
국제공동연구	하중감소 블레이드	선진 연구기관과의 공동연구를 통해 핵심원천기술 확보
스타브랜드 (미래혁신)	부유식 해상풍력, 블레이드 Inspection, 대형 WT	미래 성장잠재력 확충을 위해 지속적 연구개발 필요 해외 기술개발 및 시장 동향에 따른 탄력적 추진전략
기타(전략 등)	신뢰성 시험단지 인프라, 단지입지 평가, 해양 환경 모니터링	관련 인프라 구축을 통한 LCOE 저감에 필수적 해외 주요국(미국, 덴마크, 네델란드)은 국가 주도로 기 확보 시스템/부품 공급사슬 강화를 위한 공공적 성격의 주요 기술

유형별 주제 도출 결과

유형	주제	PD 검토의견
중소·중견 글로벌 강소기업	SOFC 스택의 내구성 향상을 위한 연료처리장치 핵심부품 및 제어 기술	급속열화 요인이 큰 연료극 내구성 확보와 발전효율 향상을 위한 요소기술
	SOFC 스택의 제조공정 재현성 확보 및 성능 검사기술	시스템 개발의 시발점이자 신뢰성의 근원으로 SOFC 경제성은 스택수율에 의하여 지배될 것으로 예상
	건물용 PEMFC용 연료처리장치 핵심소재 및 부품 국산화 (바이오 가스 포함)	대용량 PEMFC 부품의 수입의존도를 줄이고 가격저감효과를 기대
Move Monkey (최신기술 응용)	분산발전용 중저온 SOFC 기술	다양한 중저온 SOFC 제안기술을 취합하여 내구성향상 대안기술로 검토
	질화수소계 연료 (무탄소) 연료전지 기술	온실가스 저감과 연료다변화 대응기술
	고효율 가역연료전지 기술	소규모 재생에너지와의 연계로 재생에너지 이용율 확대
기술 융복합	고효율 다목적 연료전지 기술	전기-열-연료의 에너지 수요패턴에 대응한 고효율화
	고효율 석탄가스화 연료전지 기술 개발	IGCC와 SNG 플랜트의 부생가스를 활용한 연료전지기술
목표연계형	건설기계용 연료전지 기술	사용 목적(추진, 보조)과 용량에 따라 다양한 연료전지 가능하므로 적정 경계목표를 통해 유형별 경쟁 유도

7. 전략적 수요 발굴 사전 기획 : 7.5) 원자력

산자부
(에기평)
2014

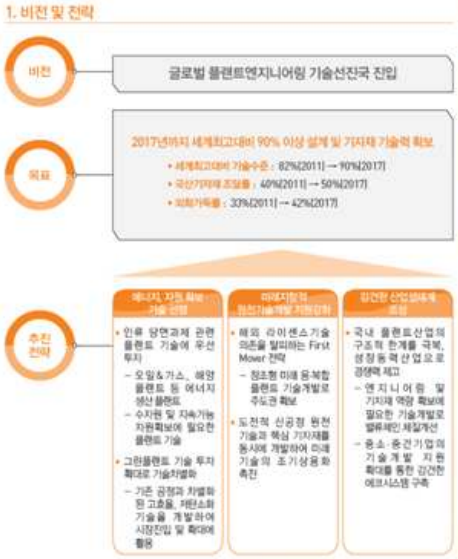
유형별 주제 도출 결과

유형	주제	PD 검토의견
중소·중견 글로벌 강소기업	Q등급 소재 부품 개발(밸브, 전자모듈)	원전 중소기업 생태계 육성을 위한 소재 부품 육성 R&D로 추진 가능 분야
	원전 배관용 비접촉식 검사 장비 개발	
	사용후연료저장조 수위 측정 감시 장비 개발	
	글로브 박스형 중수제염지 처리기 개발	
	고정밀 실시간 원자로계통 냉각재 붕소농도 감시 기술 개발	
Move Monkey (최신기술 응용)	3D 프린팅 융합 원전 기자재 소재 부품 제작 기술	다품종 소량 생산 원전 소재 부품 육성에 도입가능 R&D로 추진 가능 분야
기술 융복합	원전 피동 용융노심 냉각계통 (PMCCS) 개념개발	히트파이프 산업 기술 융합하여 원전 피동 안전성 획기적 향상 가능 분야
스타브랜드 (미래혁신)	원전 주요기기 경년열화 완화 기술	국내 노후 가동원전 안전성 확보를 위하여 추진 필요 분야
	원전 화재 방호 안전 강화 기술	국내 원전구조물에 화재방호 안전성 확보를 위하여 추진 필요
	원전 방사선 계측 및 응용 기술	원전 사고 방사능 누출시 방사능 계측에 필요한 미래 선도 기술

8. 산업자원부 한국산업기술평가관리원 R&D 전략 (1)

주력산업 산업융합원천 R&D 전략 : 플랜트엔지니어링 (2012)

비전 및 전략



기술이슈 트리



연차별 달성목표 및 마일스톤

구분		2013	2014	2015	2016	2017
연도별 주요 목표 (성과)		LNG Main Cargo 펌프	LNG 인수기지용 터보형 고압가스 압축기	엔지니어링 정보 통합관리 시스템	석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술	100만 배럴급 FPSO용 Turret System 설계기술
발전	혁신제품	차세대 CO_2 포집형 발전 플랜트 기술				
	원천기술	30MW급 목질계 Biomass 발전플랜트 엔지니어링 기술	고효율 하이브리드 발전 시스템 기술			
			700°C 급 석탄화력 발전 핵심기술			
수자원	혁신제품	저에너지 소비형 수처리 기술				
		수자원플랜트 전문가 시스템 기술				
		대용량 고효율 초순수 제조기술				
	원천기술	정삼투압식FO) 해수담수화 설비 공정 설계기술				
		무방류 지향 고효율 하이브리드 담수화 공정기술				
오일&가스/정유/석유화학	혁신제품	Hydrocarbon용 특고온 다단펌프	가스화를 기반으로한 DME 생산 플랜트 개발 기술			
		오일샌드 개발 및 생산 고부가화 통합공정 기술				
	원천기술	석유화학공정 배가스 VOCs 분리 증기투과막 플랜트 기술				
		석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술				
		세일가스 생산 플랜트 설계 기술				
해양	혁신제품	LNG Main Cargo 펌프	해저시스템용 진력 및 유량 제어기술			
		LNG 인수기지용 터보형 고압가스 압축기				
		극한지 Topside 프로세싱 핵심기술 개발				
		Subsea Production 기술				
	원천기술	100만 배럴급 FPSO용 Turret System 설계기술 개발				
		Drilling Package 핵심기자재 및 통합제어 기술				
		해양플랜트 안전성 및 신뢰성 제고기술				
환경	혁신제품	유기성 폐기물 고품질 바이오 메탄 생산기술				
		고효율 통합 유해가스 기술처리				
	원천기술	폐기물 복합 열처리 이용 에너지 고효율 생산기술				
		나노기술 응용 분리막 수처리 기술				
엔지니어링	원천기술	경량진절 시스템 및 운영 고도화를 위한 시스템 엔지니어링				
		플랜트 FEED 설계 및 최적화 기술				
		극한 환경 대응 플랜트 엔지니어링 고도화 기술				
		플랜트 신뢰성 평가 및 수명관리 기술				

8. 산업자원부 한국산업기술평가관리원 R&D 전략 (2)

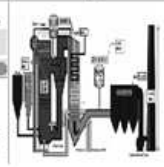
산업기술 RNBD 전략보고서 : 시스템산업(플랜트), 2013

비전 및 목표 (전체)

비 전	기술 혁신을 통한 세계 4위 시스템 산업국 도약
목 표	- 세계시장 점유율 확대 : 9.8% 5위 ('13) ⇨ 10.9% 4위 ('18) - 수출의 지속적 증대 : 2,407 억불 ('13) ⇨ 3,698 억불 ('18) - 고용 창출 : 115만명 ('13) ⇨ 140만명 ('18) - 기술수준(격차) : 85.8%(-3년)('13) ⇨ 92.1%(-0.8년)('18)

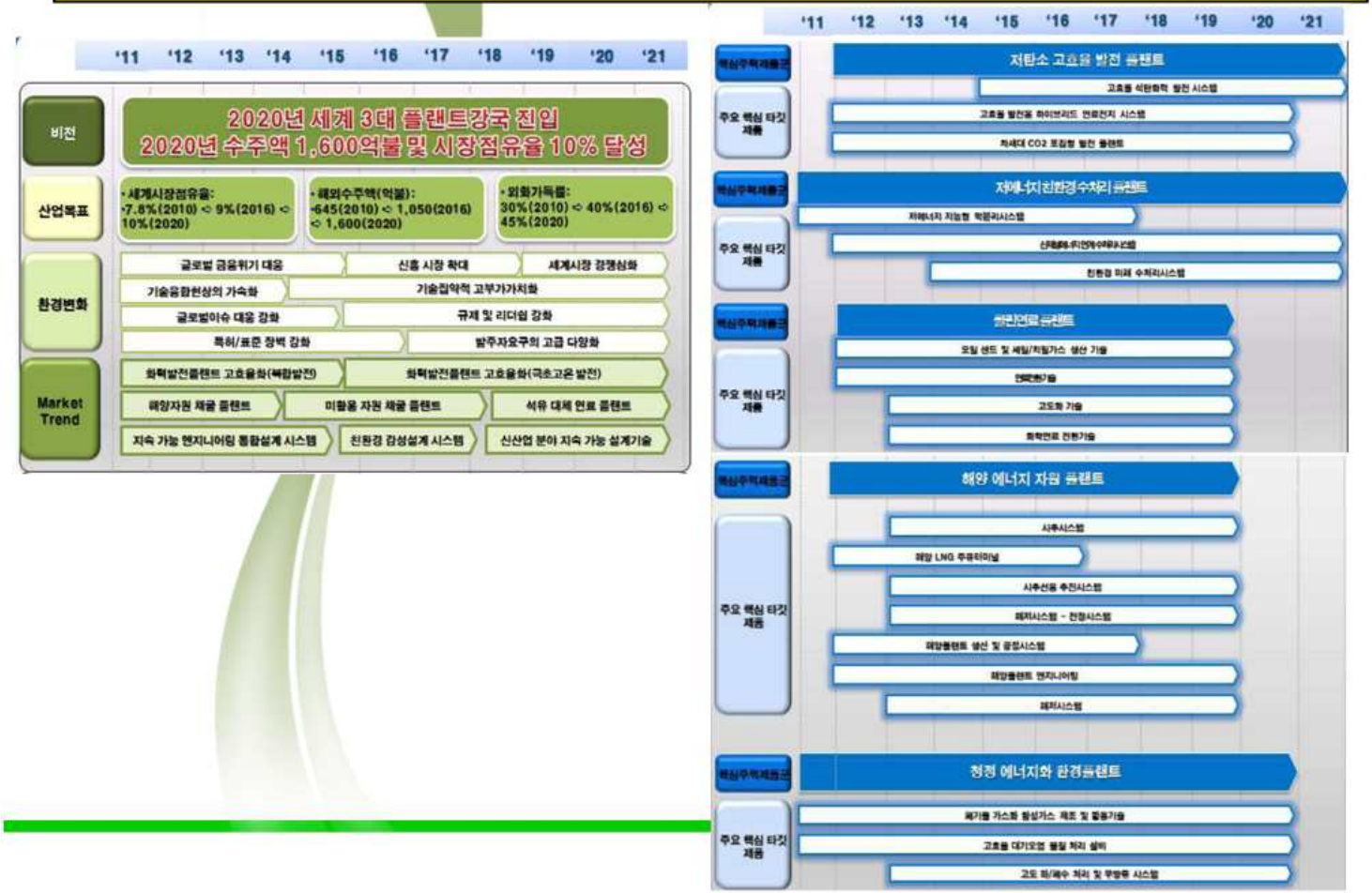
투자 방향	투자 전략
새로운 기술 · 시장 창출	1. 그린화 및 스마트화 연구개발 집중
	2. 산업간 기술 융복합을 통한 신시장 창조 기술 개발
	3. 도전적 R&D를 통한 글로벌 경쟁력 강화
기존 산업 · 기술 고부가가치화	1. 핵심원천기술 개발을 통한 기존 시스템 산업 고도화
	2. 글로벌 지재권 확보 및 표준화 역량 강화
	3. 차세대 혁신형 제품 및 핵심부품의 국산화 기술개발
산업 생태계 활성화	1. 기술주도형 강소기업 육성을 통한 동반성장형 산업생태계 조성
	2. 국제공동연구 및 글로벌 네트워킹 강화
	3. 소재 · 부품 · 시스템 Value Chain 강화를 통한 R&D 추진

육성 로드맵 (플랜트)

2014	2015	2016	2017	2018
LNG 인수기지용 터보형 고압가스 압축기	엔지니어링 정보 통합관리 시스템	석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술	100만 배럴급 FPSO용 Turret System 설계기술	세일가스 용수처리 패키지(이동식/ 모듈형) 설비
				

9. 산업자원부 한국산업기술진흥원 R&D 전략

2011 산업기술로드맵 : 플랜트/엔지니어링, 2012/03



A1-3 국토교통부(국토교통과학기술진흥원) 기술 로드맵



1. 플랜트연구사업 기술로드맵 : 1.1) 담수화 기술

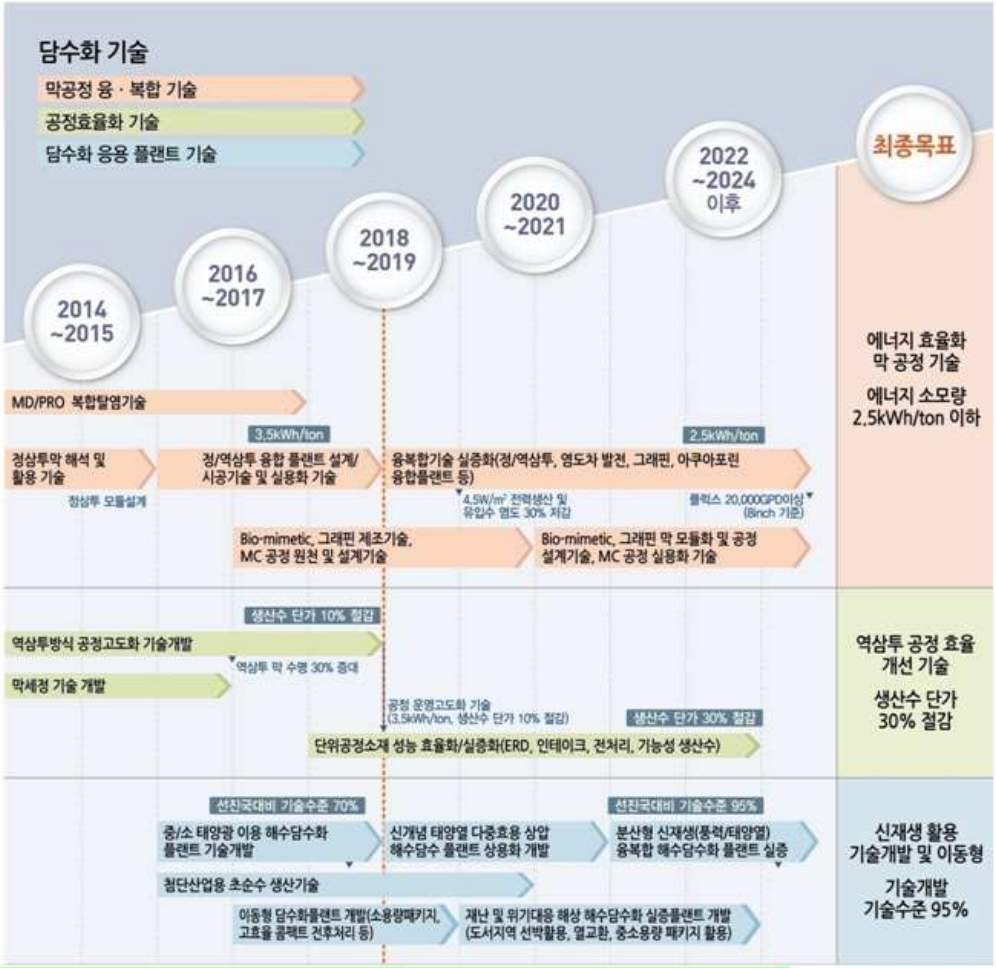
국토부
(진흥원)
2014

연구 목표

생산수 단가를 30% 절감할 수 있는 해수담수화플랜트 공정 기술 개발

중기 목표(-2018)
- 에너지 소모량 3.5kWh/ton 이하 확보
- 생산수 단가 10% 절감 공정기술 확보
- 기술수준 75%

장기 목표(-2023)
- 에너지 소모량 2.5kWh/ton 이하 확보
- 생산수 단가 30% 절감 공정기술 확보
- 기술수준 95%



1. 플랜트연구사업 기술로드맵 : 1.2) 가스 · 비전통 자원화 기술

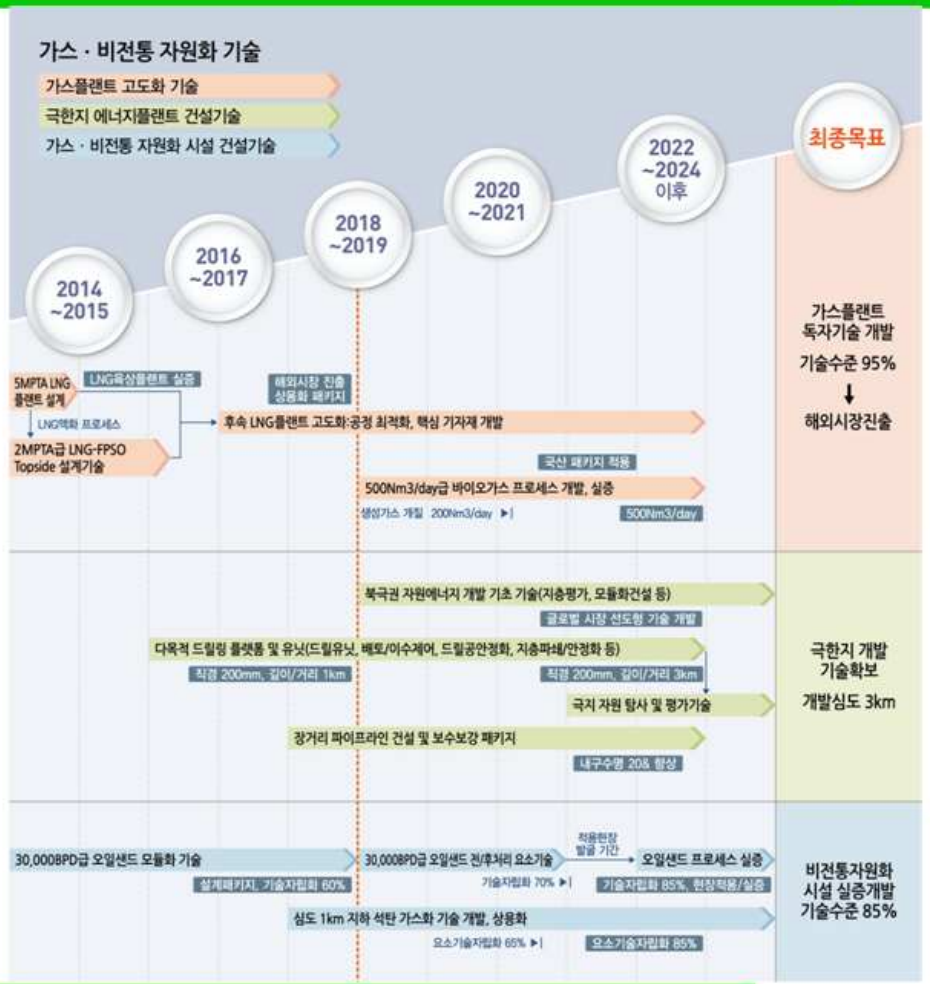
국토부
(진흥원)
2014

연구 목표

글로벌 에너지·자원 시장진출을 위한 극한지 탐사/채굴/자원화 플랜트 기술개발 및 실증

중기 목표(-2018)
- LNG액화공정 효율 3% 개선
- 탐사/개발깊이 1 km
- 비전통 자원화 플랜트 기술수준 65%

장기 목표(-2023)
- LNG액화공정 효율 5% 개선
- 탐사/개발깊이 3 km
- 비전통 자원화 플랜트 기술수준 80%



1. 플랜트연구사업 기술로드맵 : 1.3) 자원 이송 및 순환 기술

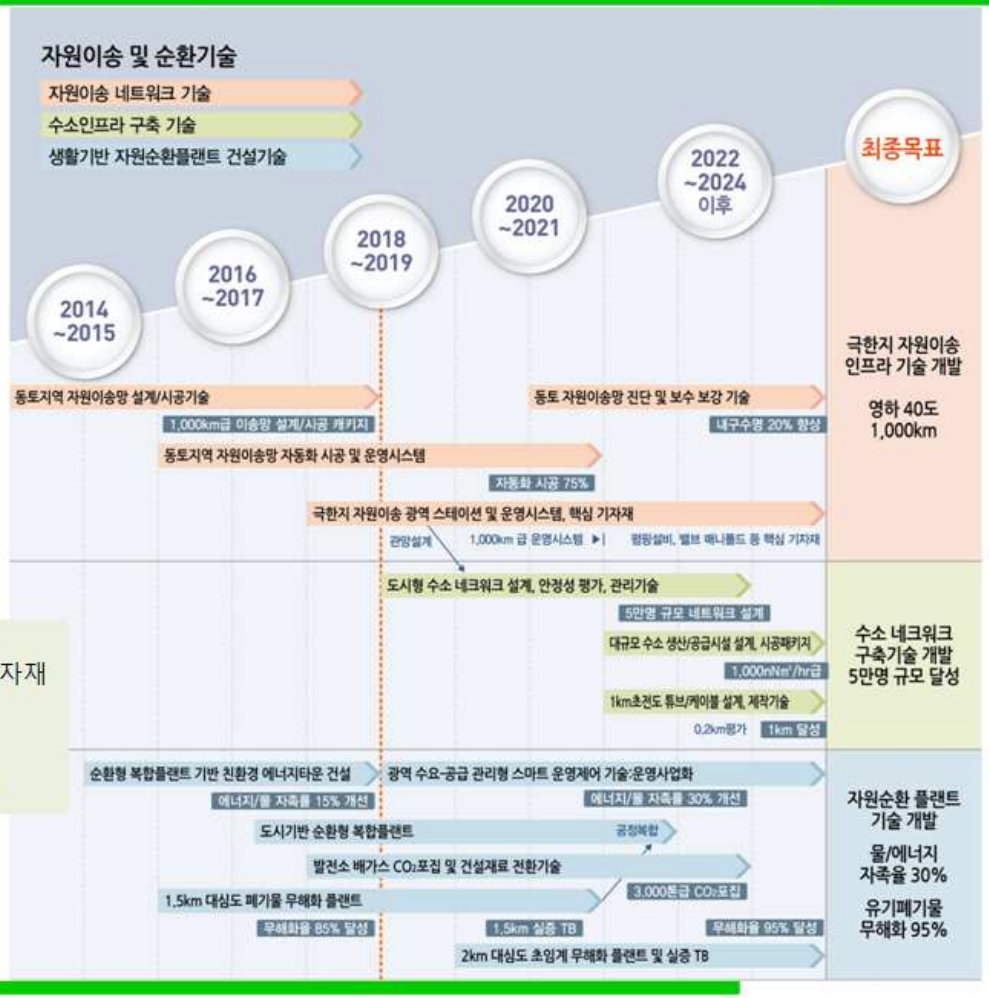
국토부
(진흥원)
2014

연구 목표

1,000 km 급 광역 대용량 가스·오일이송망 및 스테이션, 수소 인프라 및 수퍼그리드, 에너지 및 물 자족률 30% 이상이 가능한 공급.처리·자원순환기술 개발

중기 목표(-2018)
- 자원 이송망 1,000km(- 20℃이하)급 설계기술
- 도시·지역 에너지 소비 10% 절감
- 도시 액상 유기폐기물 무해화 85% 이상

장기 목표(-2023)
- 1,000km(- 20℃이하)급 자원 이송스테이션 및 기자재
- 5만명 규모 수소네트워크 구축기술 개발
- 도시·지역 에너지 소비 30% 절감
- 도시 액상 유기폐기물 무해화 95% 이상
- 난분해성 폐기물 초임계 반응처리(200 bar) 실현



1. 플랜트연구사업 기술로드맵 : 1.4) 플랜트 건설 지원 인프라 기술

국토부
(진흥원)
2014

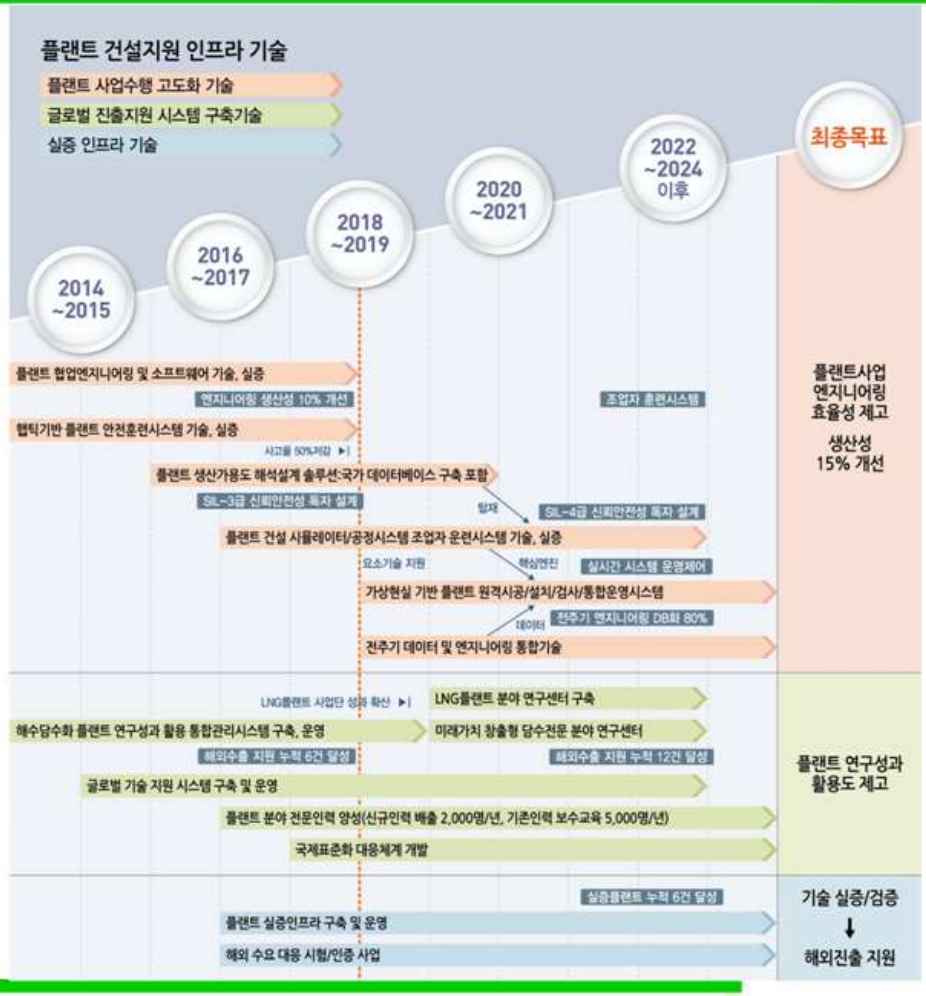
연구 목표

플랜트 건설수행 생산성 15% 이상 개선하고 SIL-4급 신뢰·안전성 확보할 수 있는 설계·해석·사업관리기술 개발

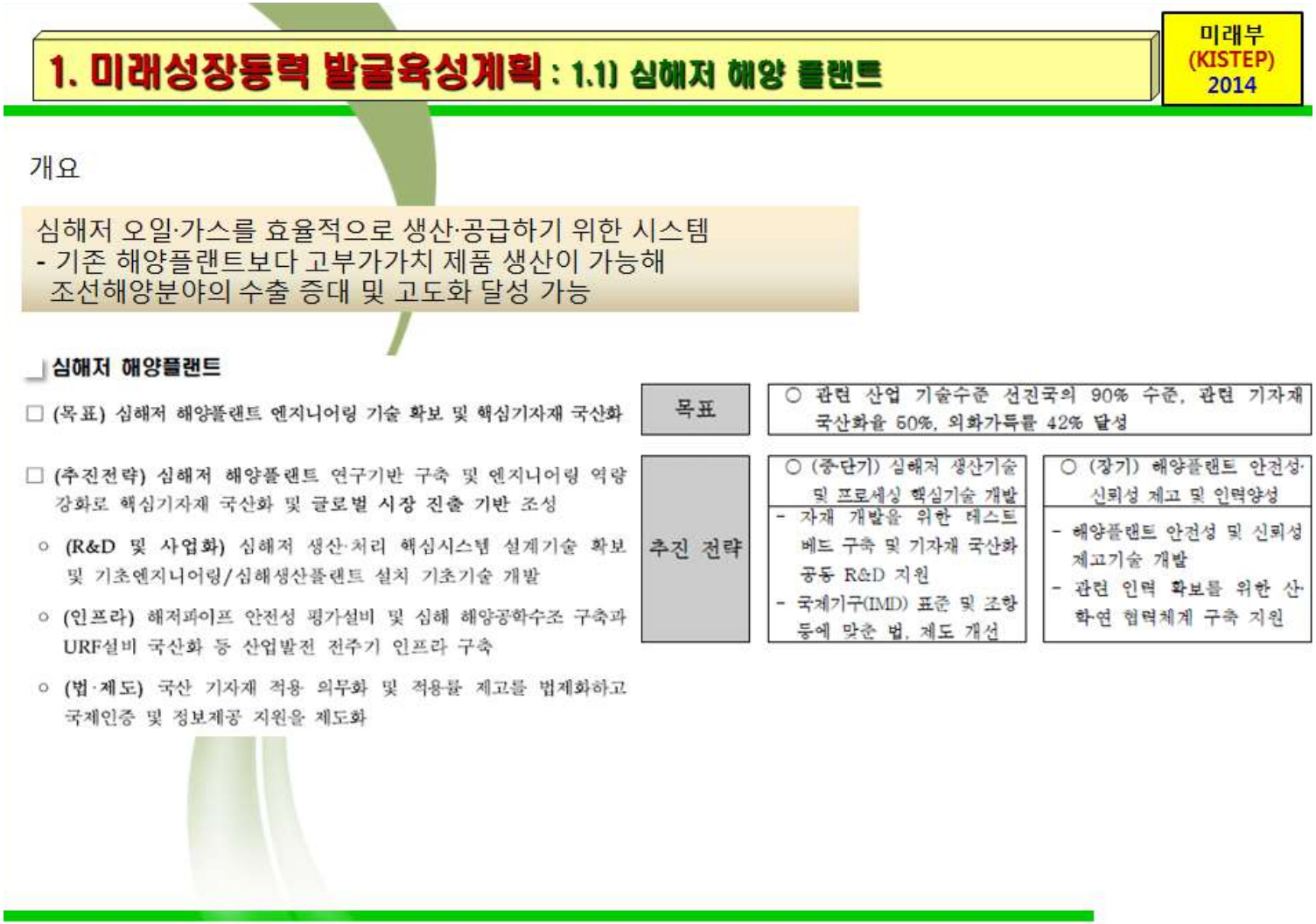
국내 플랜트건설관련 기업들의 해외시장 진출 지원시스템 구축

중기 목표(-2018)
- SIL-3급 신뢰·안전성 독자 설계
- 건설수행 생산성 10%개선
- 국내기업 해외 수주·수출 지원 6건(누적)

장기 목표(-2023)
- SIL-4급 신뢰·안전성 독자 설계
- 건설수행 생산성 15% 개선
- 국내기업 해외 수주·수출 지원 12건(누적)
- 중소형 실증플랜트 2건(누적)

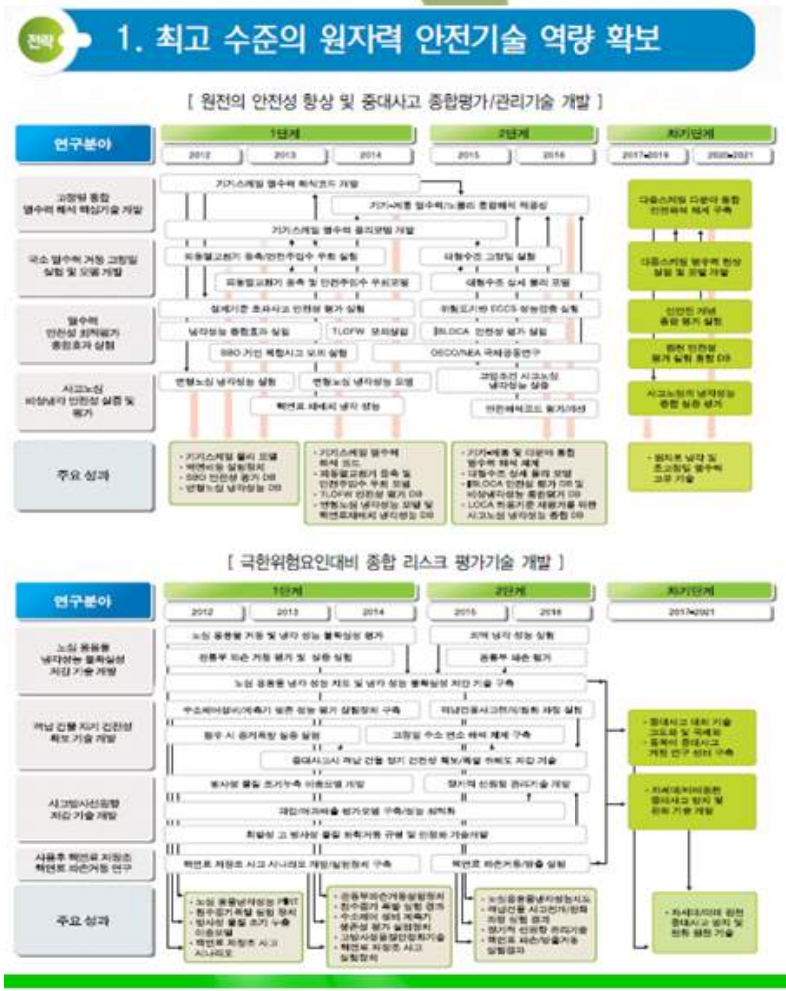


A1-4 미래창조과학부 전략 로드맵

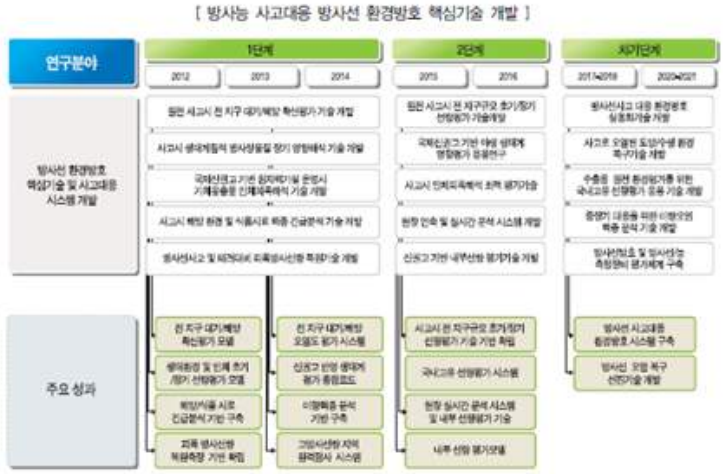


2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.1) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011







2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.2) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011

[중수로 안전성 증진 및 검증 핵심기술 개발]



2. 미래원자력시스템 핵심 · 원천기술 확보

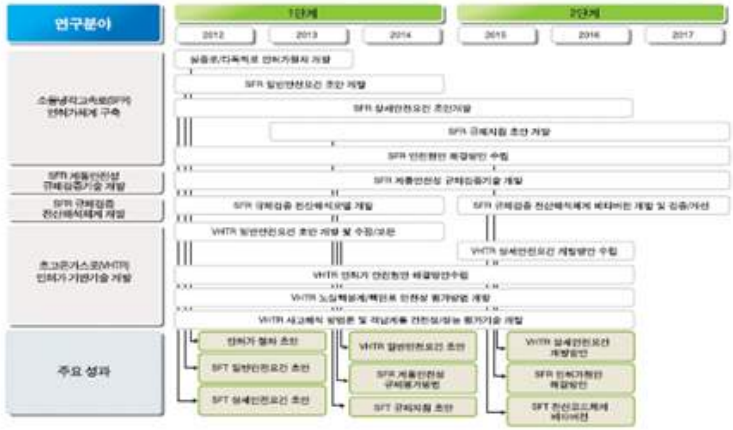
[소듐냉각고속로 원형로 설계 추진('17년 완료)]



[원자력수소생산시스템 핵심 · 원천기술 개발]



[미래원자력시스템 인허가 기반기술 개발]



2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.3) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

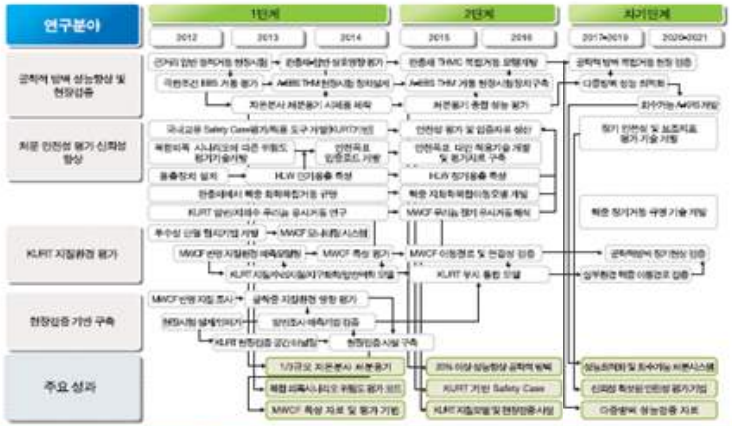
미래부
2011

3. 환경 친화적 핵연료주기기술 개발

[핵비확산성 핵연료주기(Pyroprocess)기반기술 개발]



[고준위폐기물 처분관련 기반연구시스템 구축]



[원자력시설 제염/해체 및 부지복원기술 개발]



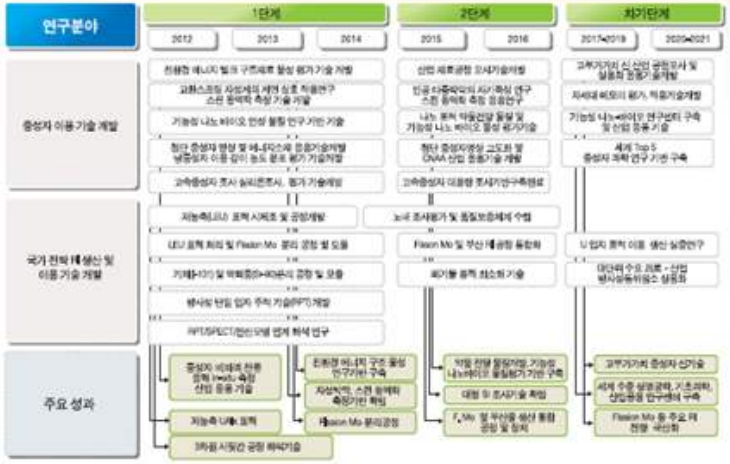
[핵연료주기기술 핵심 · 공통기술 확보]



2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.4.1) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011





전략 4. 방사선기술 고도화를 통한 신물질 · 신기술 확보

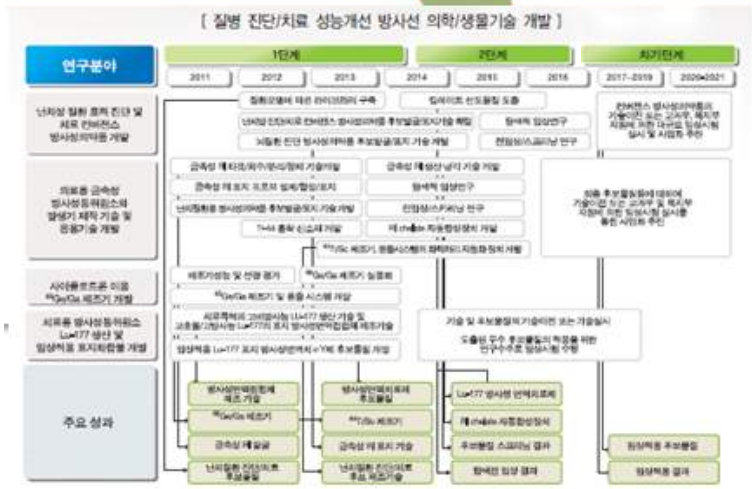
[고부가가치 방사선 융 · 복합기술개발]

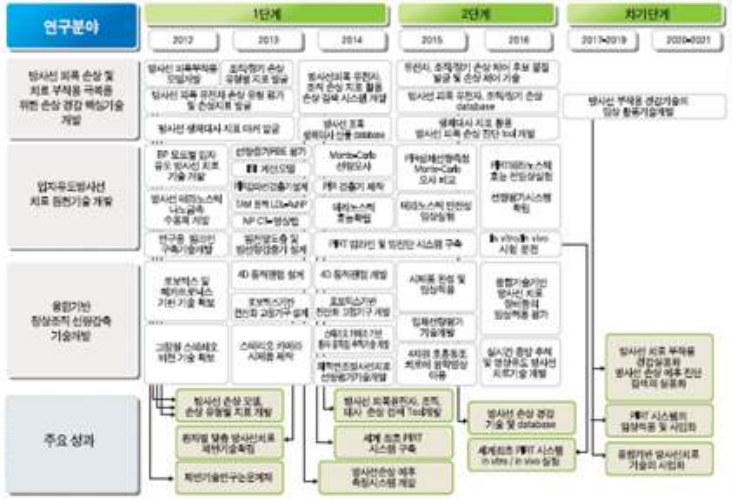


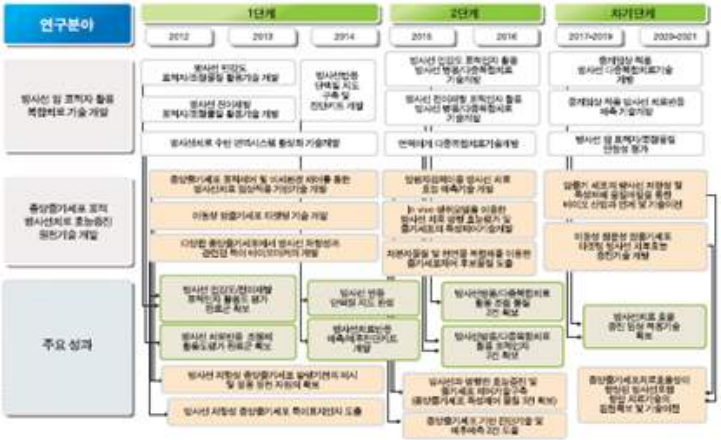


2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.4.2) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011



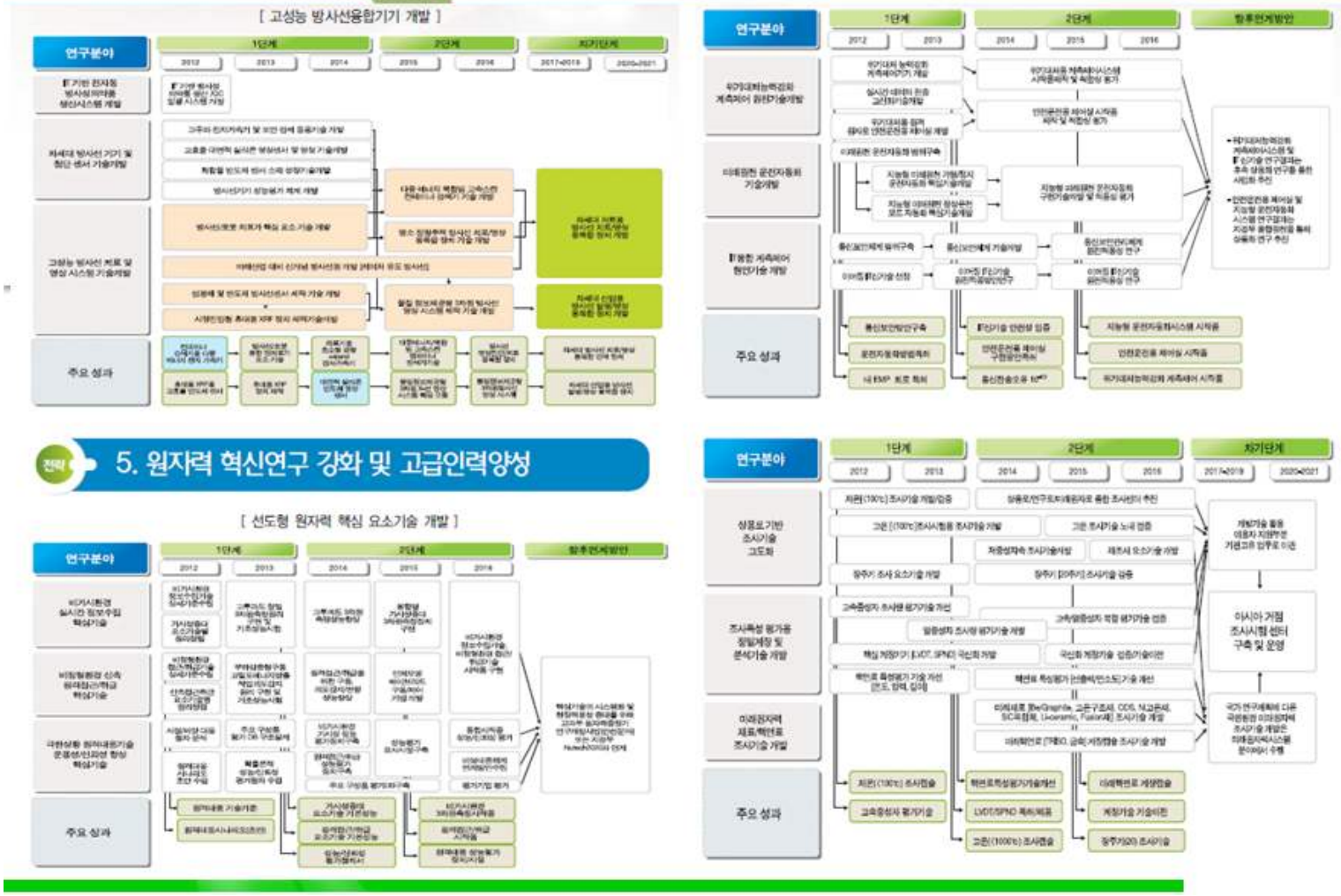






2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.5.1) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011



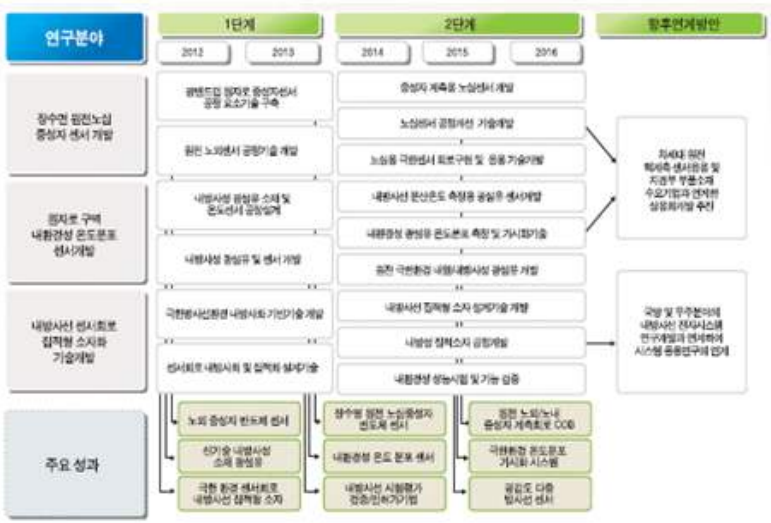
2. 원자력연구개발 5개년 계획 : 2.5.2) 중점추진과제별 로드맵 (2012~2016)

미래부
2011



[고위험 혁신형 도전기술 개발]



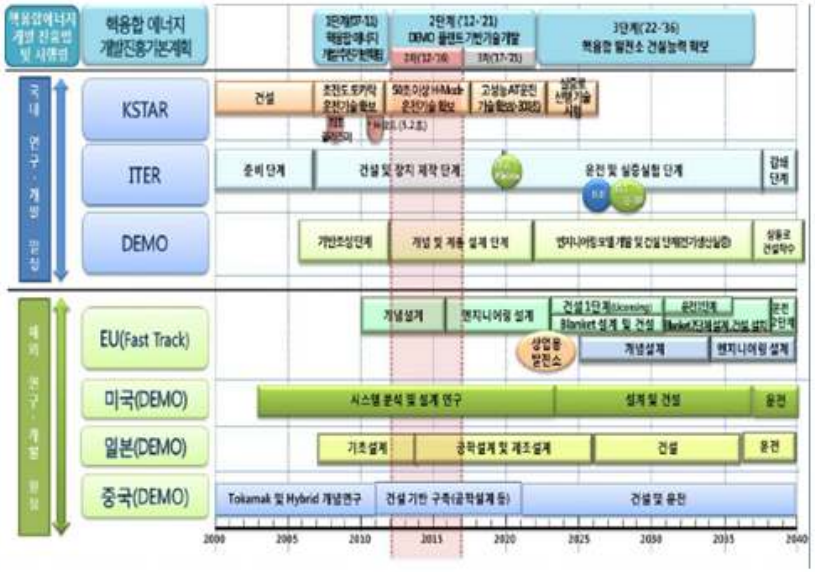




3. 핵융합에너지개발진흥 기본계획 : 3.1) 국가핵융합로드맵 (2007~2036)

미래부
2011





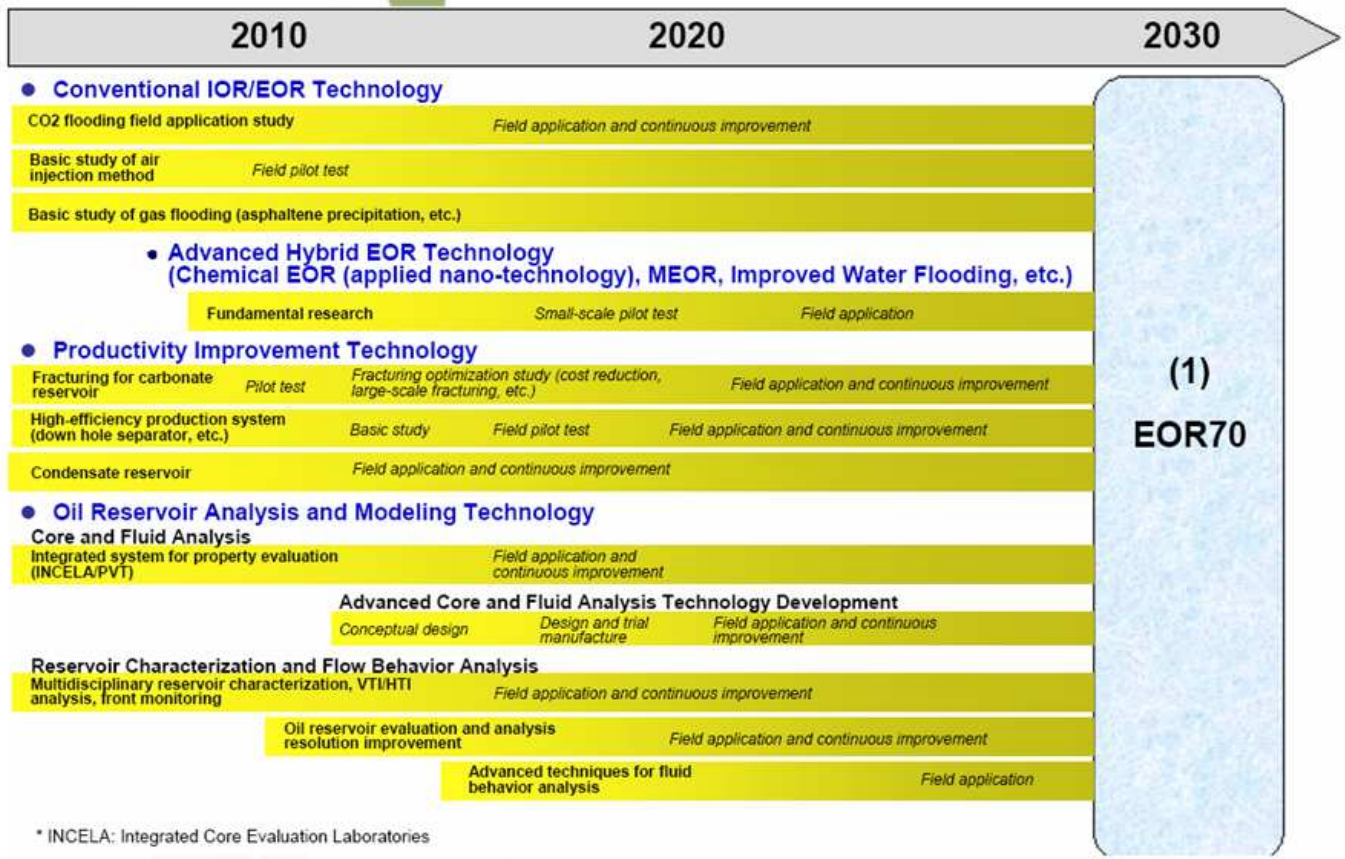
A1-5 해외 플랜트 전략 로드맵



Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ① Maximizing Oil Recovery

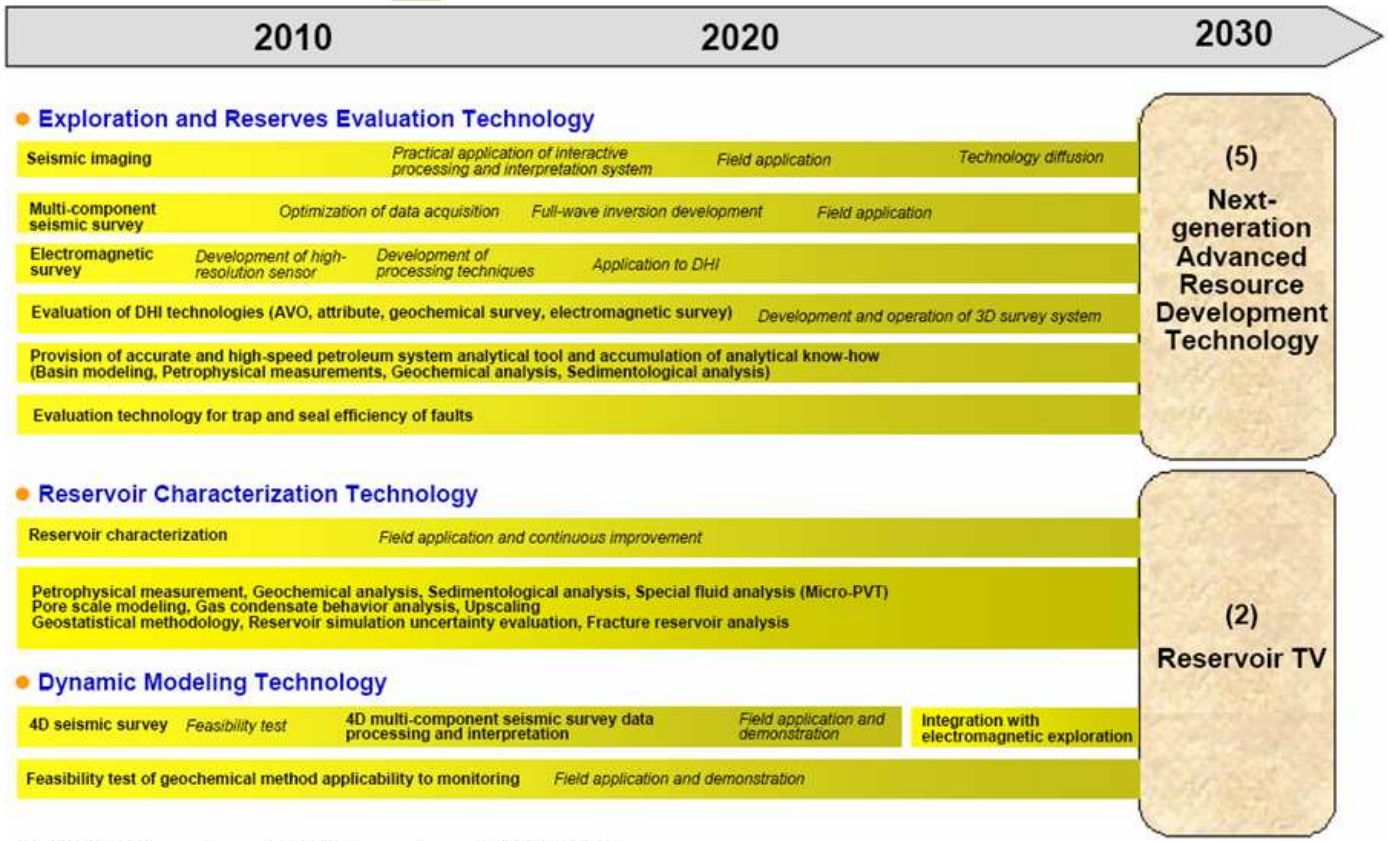


*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ② Oil and Gas Reservoir Detection and Characterization

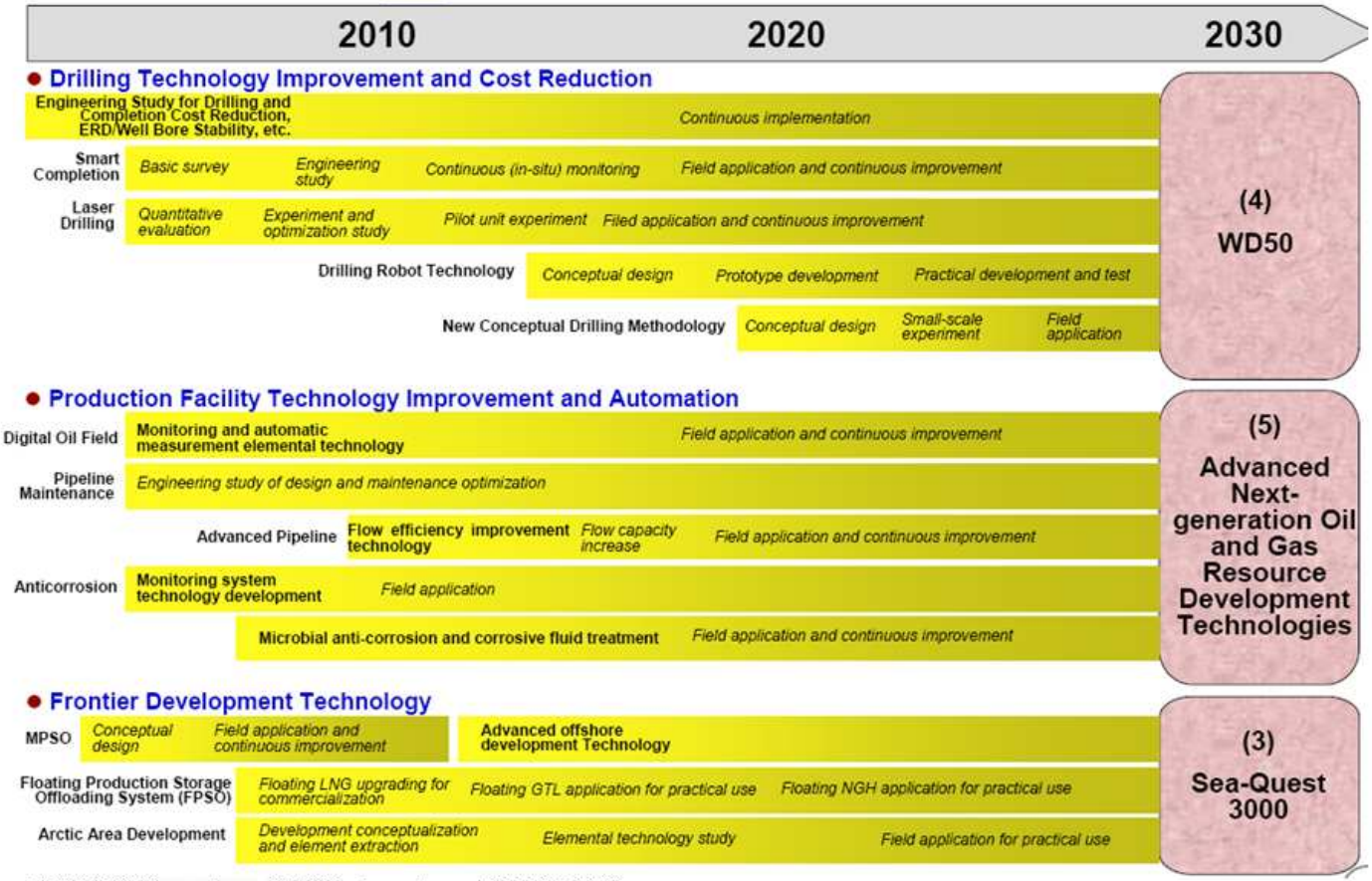


*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ③ Well Drilling and Field Development

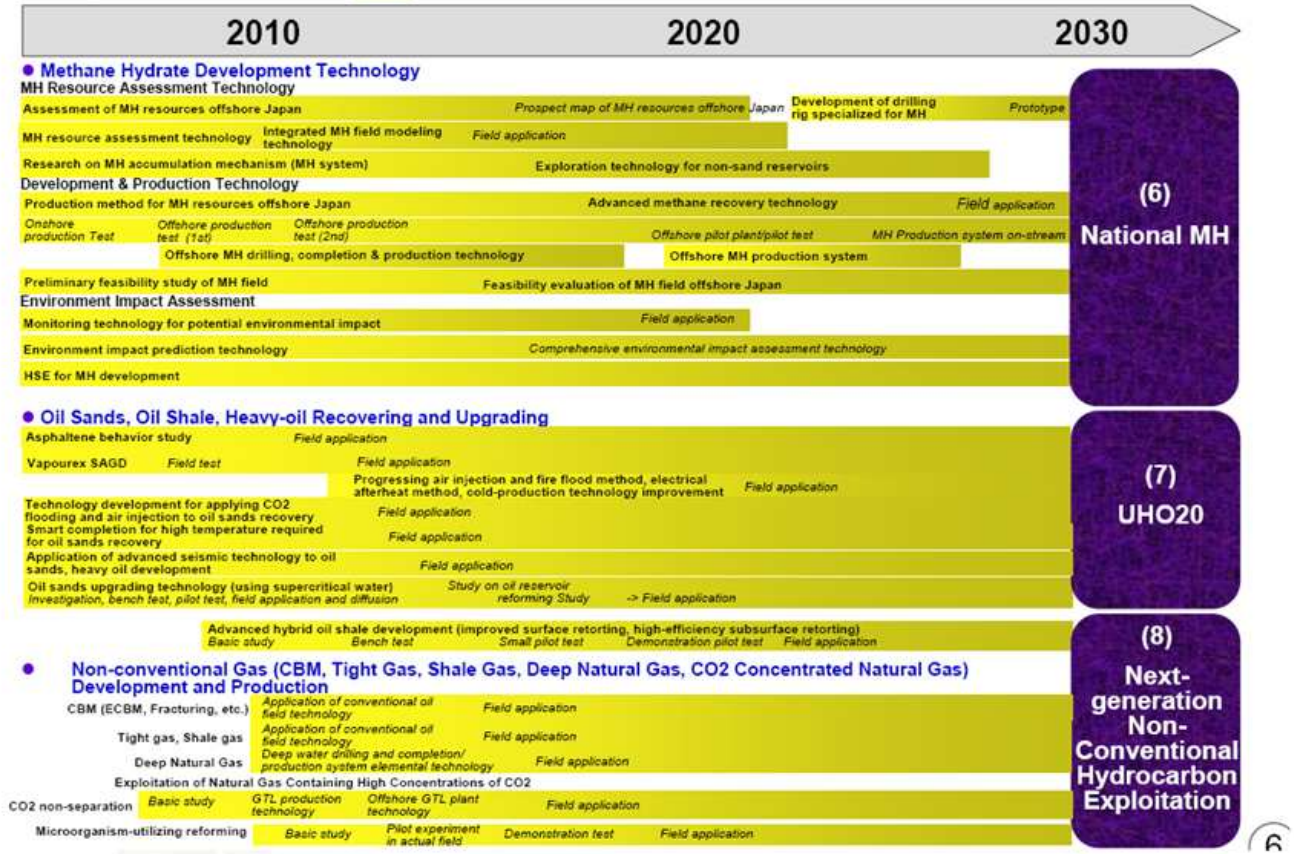


*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ④ Nonconventional Hydrocarbon Exploitation

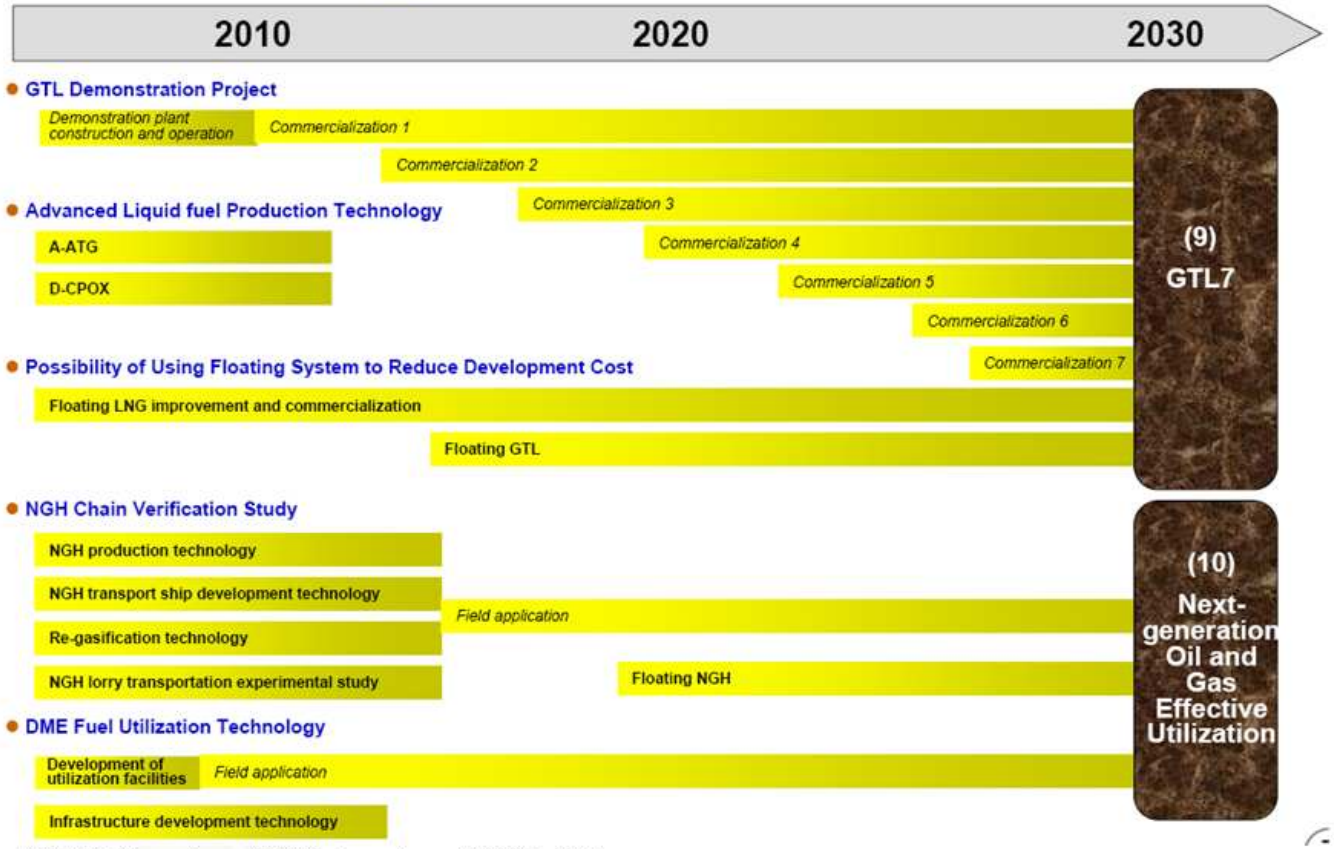


*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ⑤ Effective Utilization of Oil and Gas



*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

Oil and Gas 플랜트 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030, ⑥ Environment Conscious Oil and GasExploitation

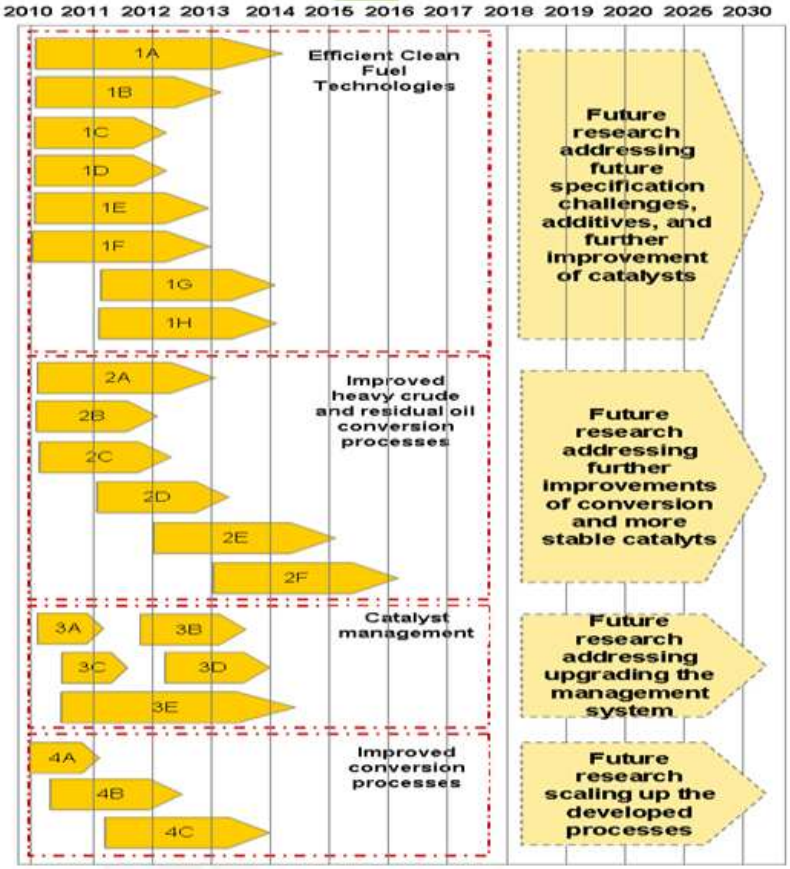


*Source : JOGMEC, "Long-term R&D Strategy toward 2030", 2007

정유/석유화학 플랜트 전략로드맵 : UAE

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030



1A – Screening of potential catalyst for deep HDS at NRP and CFP
1B – Preparation of improved catalyst for ultra deep desulphurisation of diesel fuel
1C – Deep desulphurisation of gas oil streams from Kuwait heavy crudes to produce ultra low sulphur diesel
1D – Impact of gas oil feedstock blending on processability to produce low sulfur diesel
1E – Investigations of the effect of feedstock quality and ammonia addition on the performance of the hydrocracking process
1F – Development of selective isomerization catalyst for gasoline isomerization
1G – Inhibition effects of H_2S and their impact on catalytic sites
1H – New approach for selective separation of N_2 molecule before deep HDS
2A – Performance improvement of MAB on-stream catalyst replacement (OCR) reactor through cold flow modeling and non-invasive monitoring techniques
2B – Assessment of hydrogen addition for lower Fars heavy crude oil upgrading
2C – Understanding the chemistry of the catalysis at molecular level
2D – Mild hydrocracking of residue to enhance middle distillate yield
2E – Optimisation of catalyst systems to increase the life cycle of ARDS process
2F – Development of improved catalyst for on-line catalyst replacement (OCR) and ARDS life cycle
3A – Combined non-oxidative rejuvenation method of deactivated catalysts (Lab scale); 3B – Pilot scale
3C – Reclamation of metal components (lab scale); 3D – Pilot scale
3E – Upgrading of catalyst database
4A – Kuwait Heavy Crude Oil Upgrading: Feasibility of thermal cracking
4B – Assessment of slurry type resid hydrocracking
4C – Solvent-deasphalting process with integrated catalytic and non-catalytic processes

***Source :** "Strategic Planning in R&D for the Oil Refining Industry", Petroleum Refinery Department, UAE, 2012

수자원 플랜트 전략로드맵 : 싱가폴

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2020



Biological Processes
- UASB-MBR
- Anaerobic / Anammox Systems
- Biogas production
- Energy recovery systems

Chemical Redox
- Advanced oxidation technologies
- Disinfection technologies

Water Distribution
- WQ sensor development
- Smart grid development (data mining and data analytics)
- Network Modelling / Cloud computing

Watershed Management and Flood Management
- WQ sensor development
- Intelligent watershed management (data mining and analytics)
- Climate change modelling
- Phytoremediative treatment of water

Membranes for Desal & NW
- Ceramic Membranes
- Electrochemical desalting
- Biomimetics / Biomimicry
- Membrane fouling control
- Process improvements
- Membrane improvements

Sludge and Brine Management (EWW Nexus)
- Osmotic power PRO/RED
- Sludge-to-energy conversion
- Resource recovery from residues
- Sludge management

Sensors and Instrumentation
- Rapid detection of emerging pollutants, PPCPs, nanoparticles
- Fish biosensors
- Rapid microbial detection
- Sensors for membrane systems

Groundwater / Underground Caverns
- Geophysical/geotechnical surveys
- Water quality management/treatment
- Sustainable water extraction and use
- Energy recovery

Decentralised Water Treatment Technologies
- Small-scale point of use technologies
- Greywater Recycling
- Stormwater technologies

Industrial Water Technologies
- Industrial wastewater treatment
- Membrane distillation
- Seawater cooling
- Adsorption chillers
- Novel heat exchangers
- Reduction in evaporative loss

*Source : Singapore International Water Week, The Singapore Water Story: Investing in R&D to overcome our water challenges, 2013

수자원 플랜트 전략로드맵 : 이집트

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2030

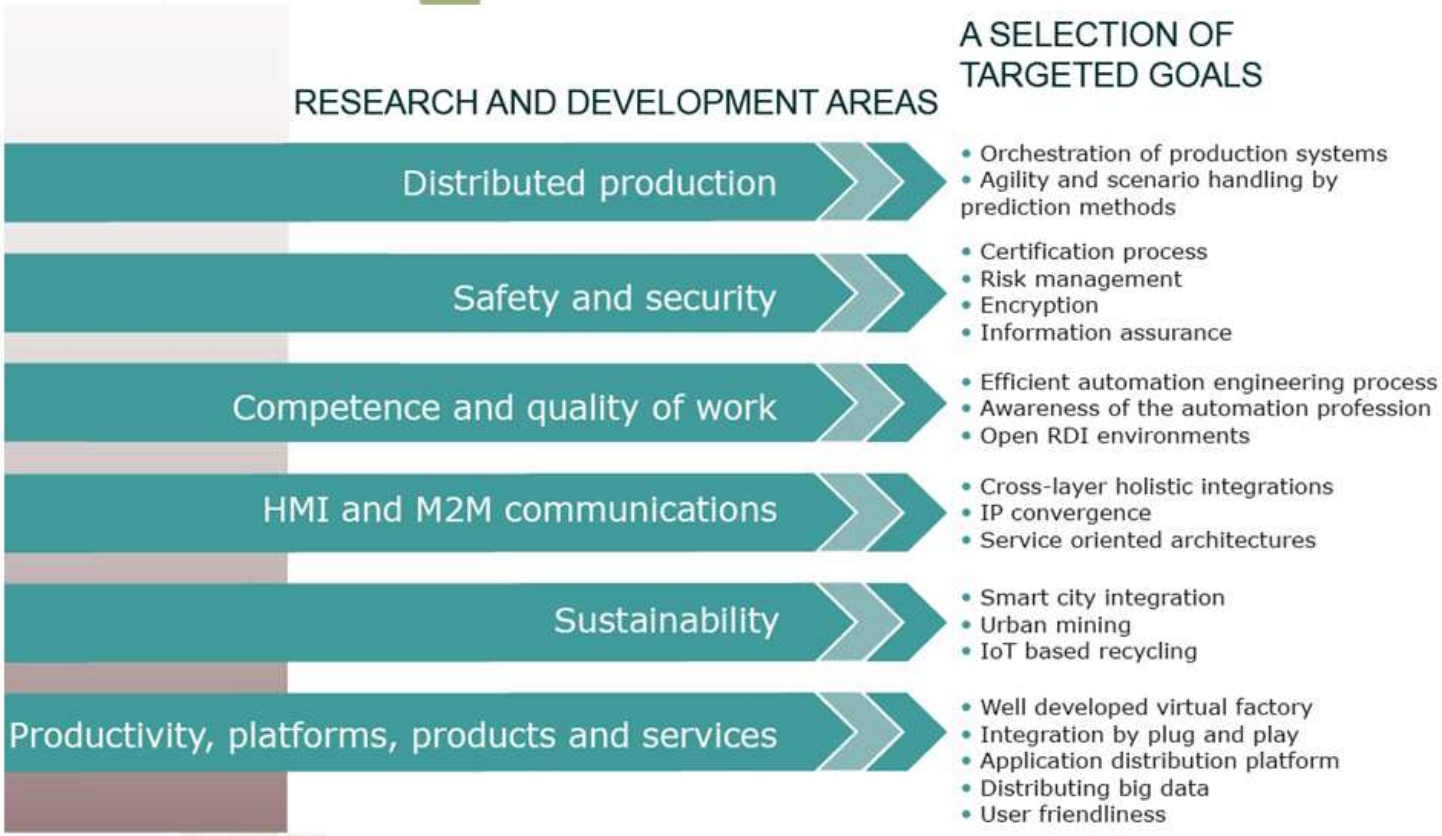
National Needs	Mid/Long Term Critical Objectives (2030)	Suggested R&D Projects	Duration
Provide Cost Effective Water	• Reduce capital cost by 50% • Increase energy efficiency by 50% • Reduce operating cost by 50% • In-house Manufacture of Multi Stage Flashing (MSF)/ Multi Effect Distillation (MED) Desalinating Plants	• Multistage evacuated solar desalination system • Manufacturing of stand alone small desalination units(1.0 - 20 m3/day) • Multiple effect humidification/ dehumidification at ambient temperature (solar)	10 years 10 years 10 years
Provide Drinkable Water	• Address cumulative issues related to concentrate and enhance regulations • Develop small desalination units for remote areas	• Bio technology using bacteria, micro, plants...etc that reduce amount of salt in seawater (e.g. Man-Grove)	12 years
Water Fits for its Uses	• Provide water for supplementary irrigation coupled with greenhouse irrigation • Water use in industry	• Solar multistage condensation evaporation cycle • Enhancement of in- house manufacture of RO technology	10 years 10 years
Provide Sustainable Water	• Reduce cost of desalinated water between 60-80% • Development of New systems projects • Use of nuclear energy for large desalination plants (CANDU)	• Enhancement of reverse engineering of national made (5000 m3/day) MSF (or MED) units (existing 5000 m3/day of Sidi Krir & Euon Mosa could be used for verification) • Combined Nuclear power & Desalination Plants	15-20 years 20 years

*Source : Reham Mohamed Yousef and Mostafa Lotfy Sakr, Desalination Technology Roadmap 2030, 2007

ICT플랜트 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2020

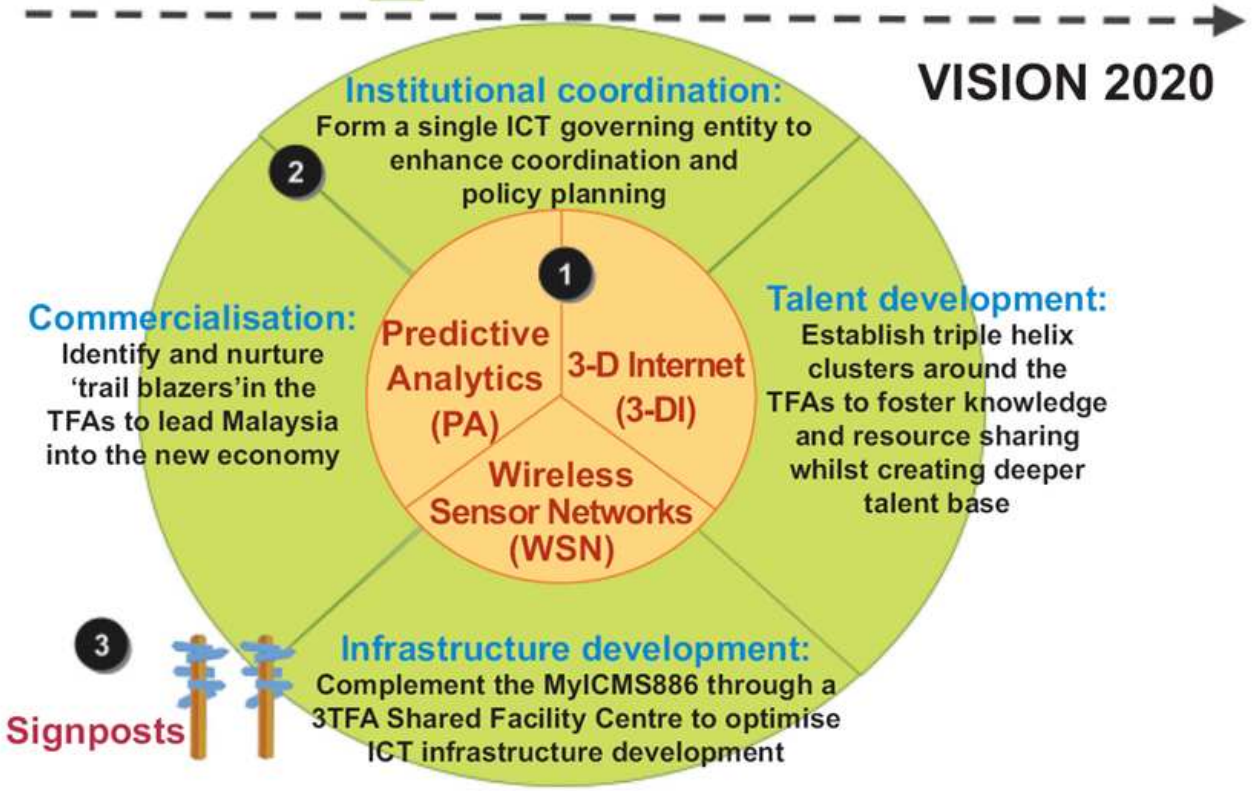


*Source : ProcessIT.EU, "European Roadmap for Industrial Process Automation", 2013

ICT플랜트 전략로드맵 : 말레이시아

해외 플랜트

R&D Strategy toward 2020

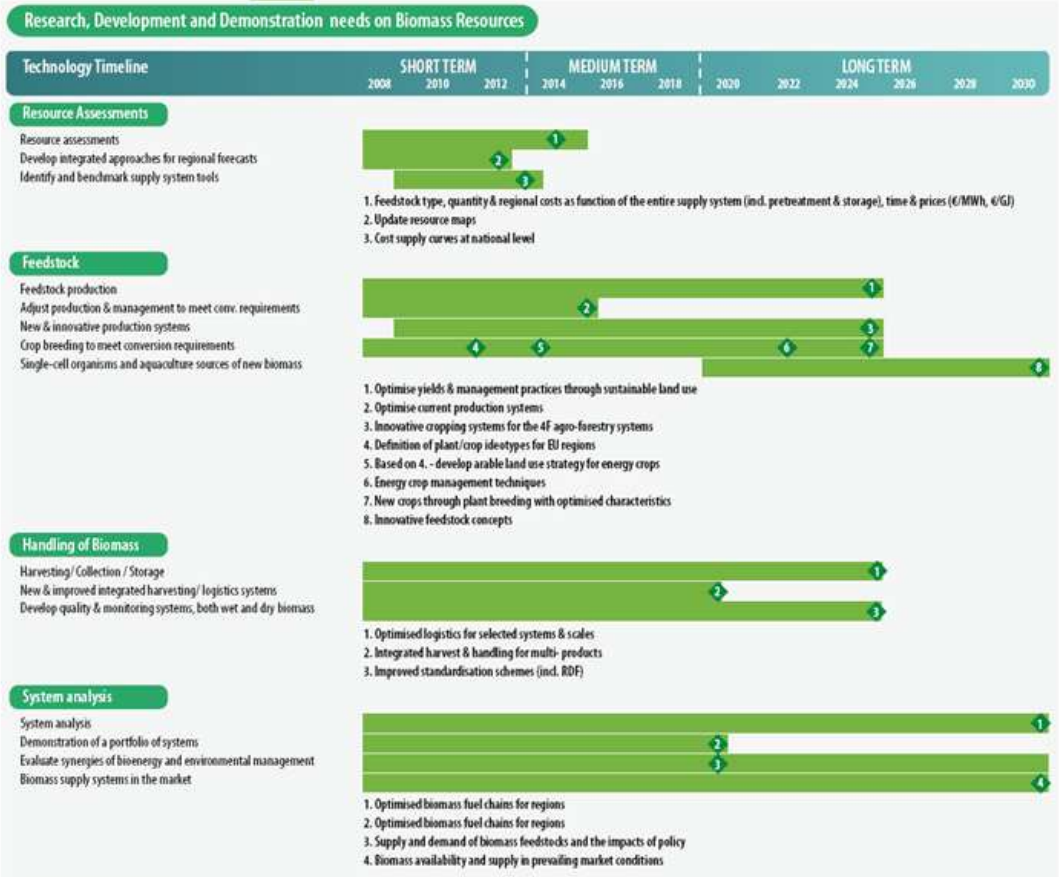


*Source : Ministry of Science, Technology & Innovation, "The National Strategic ICT Roadmap", 2009

바이오 에너지 기술 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

세부기술 : Biomass Resources technology

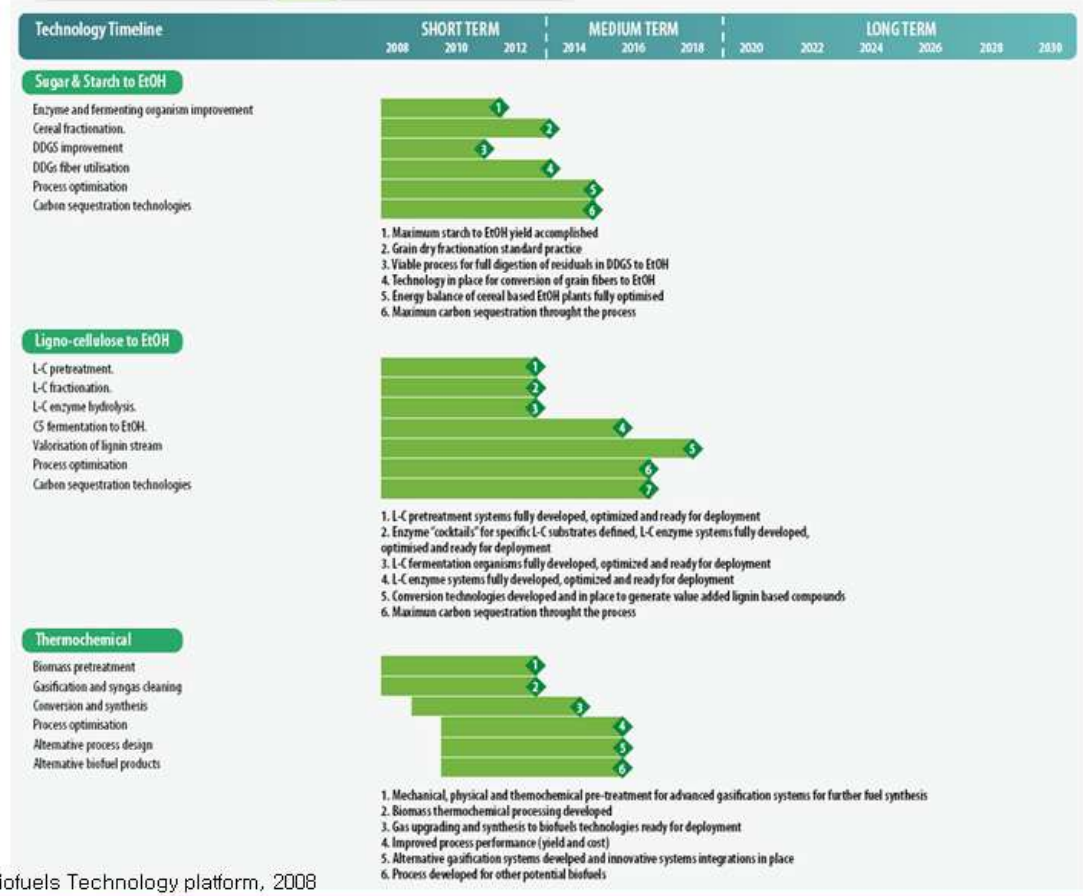


*Source: Europe Biofuels Technology platform, 2008

바이오 에너지 기술 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

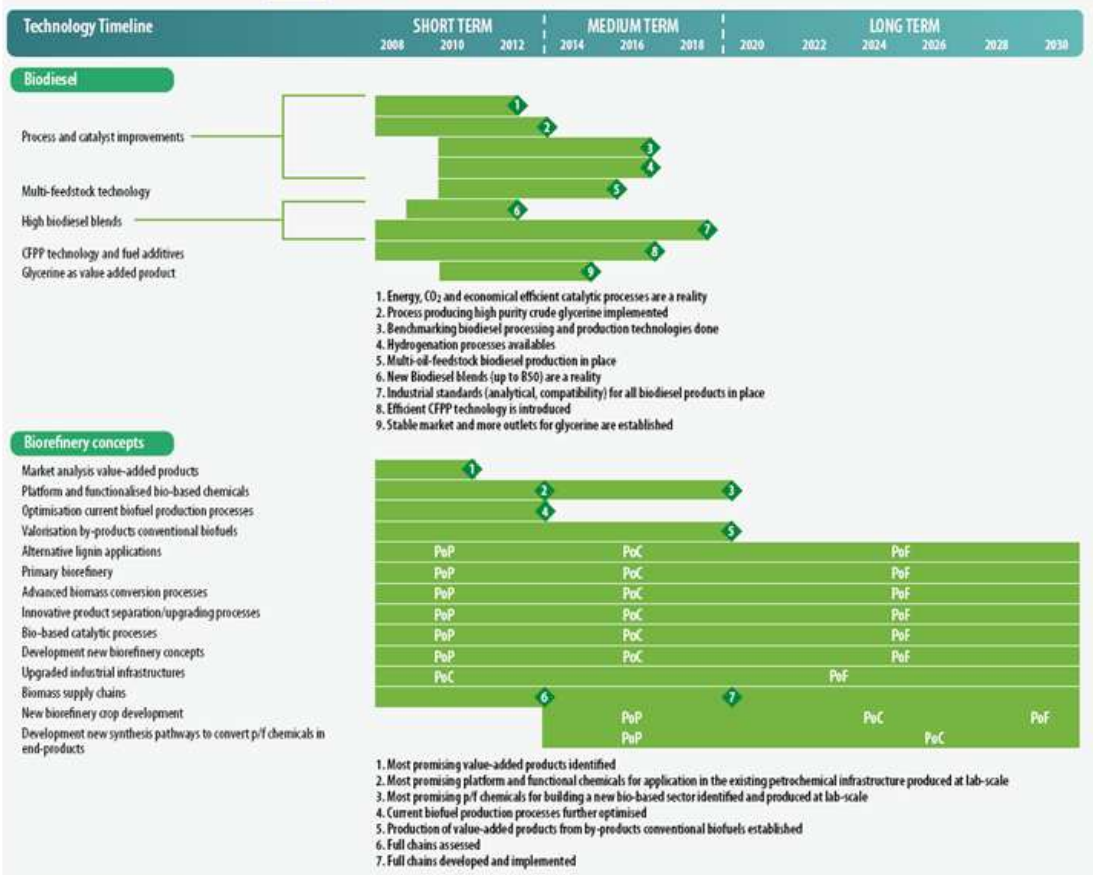
세부기술 : Biomass conversion technology (1/2)



***Source:** Europe Biofuels Technology platform, 2008

바이오 에너지 기술 전략로드맵 : 유럽

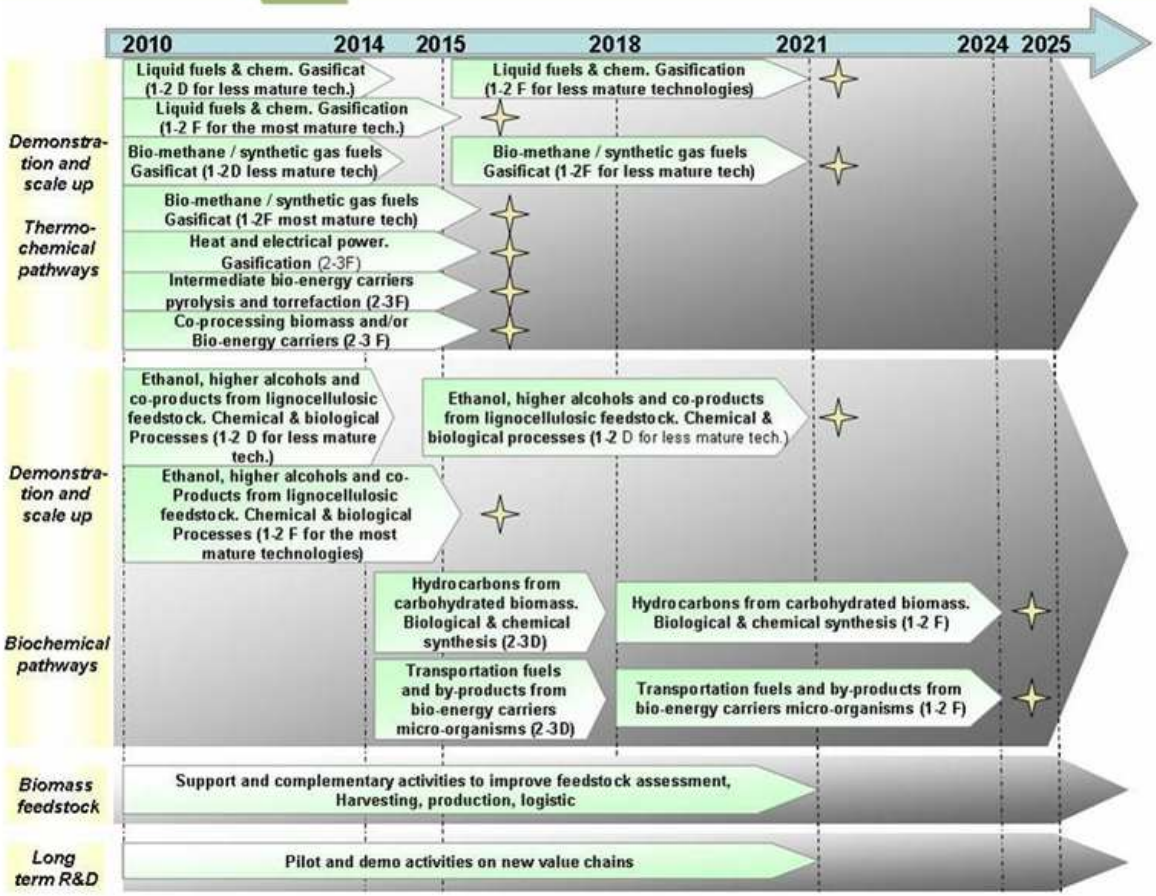
세부기술 : Biomass conversion technology (2/2)



*Source: Europe Biofuels Technology platform, 2008

바이오 에너지 기술 전략로드맵 : 유럽

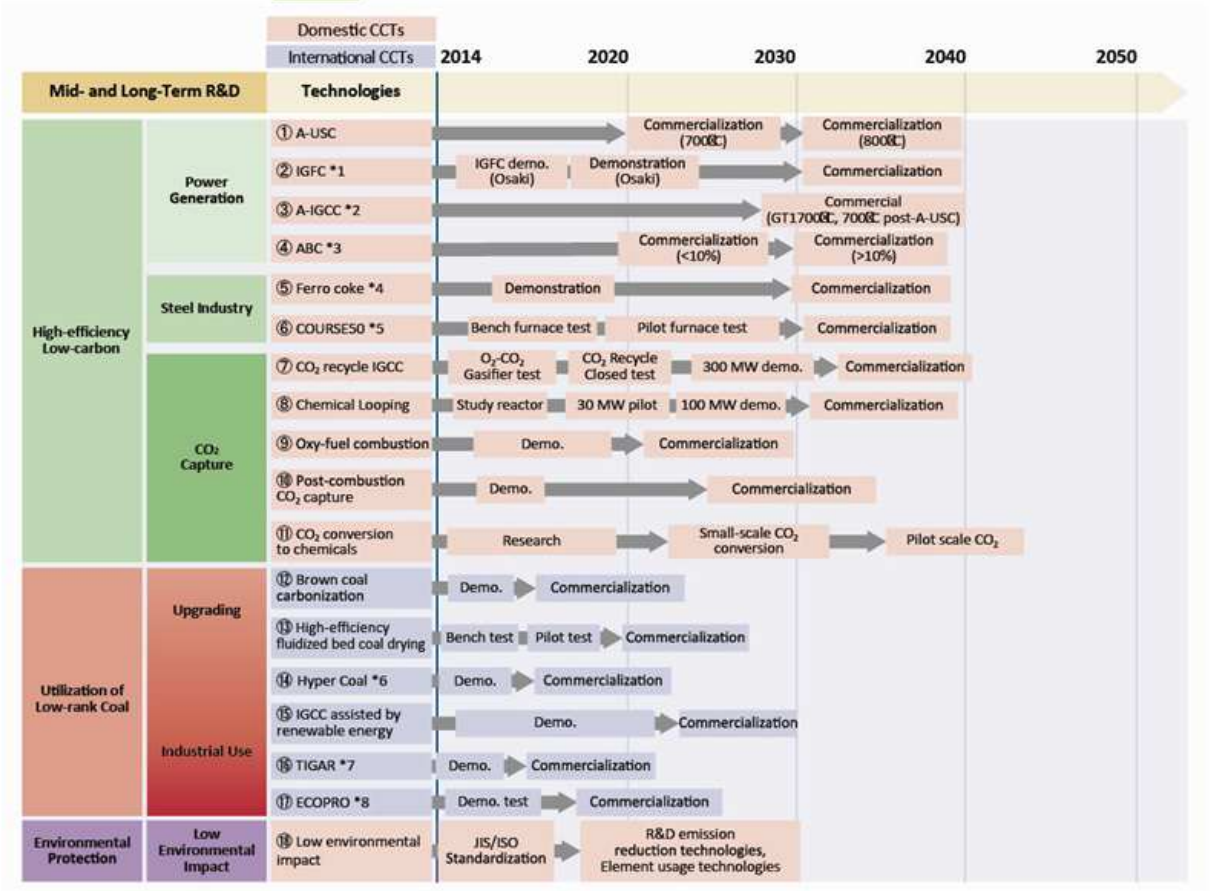
해외
플랜트



*Source: Strategic Energy Technologies Information System, "European Industrial Initiative on bioenergy"

석탄 기술 전략로드맵 : 일본

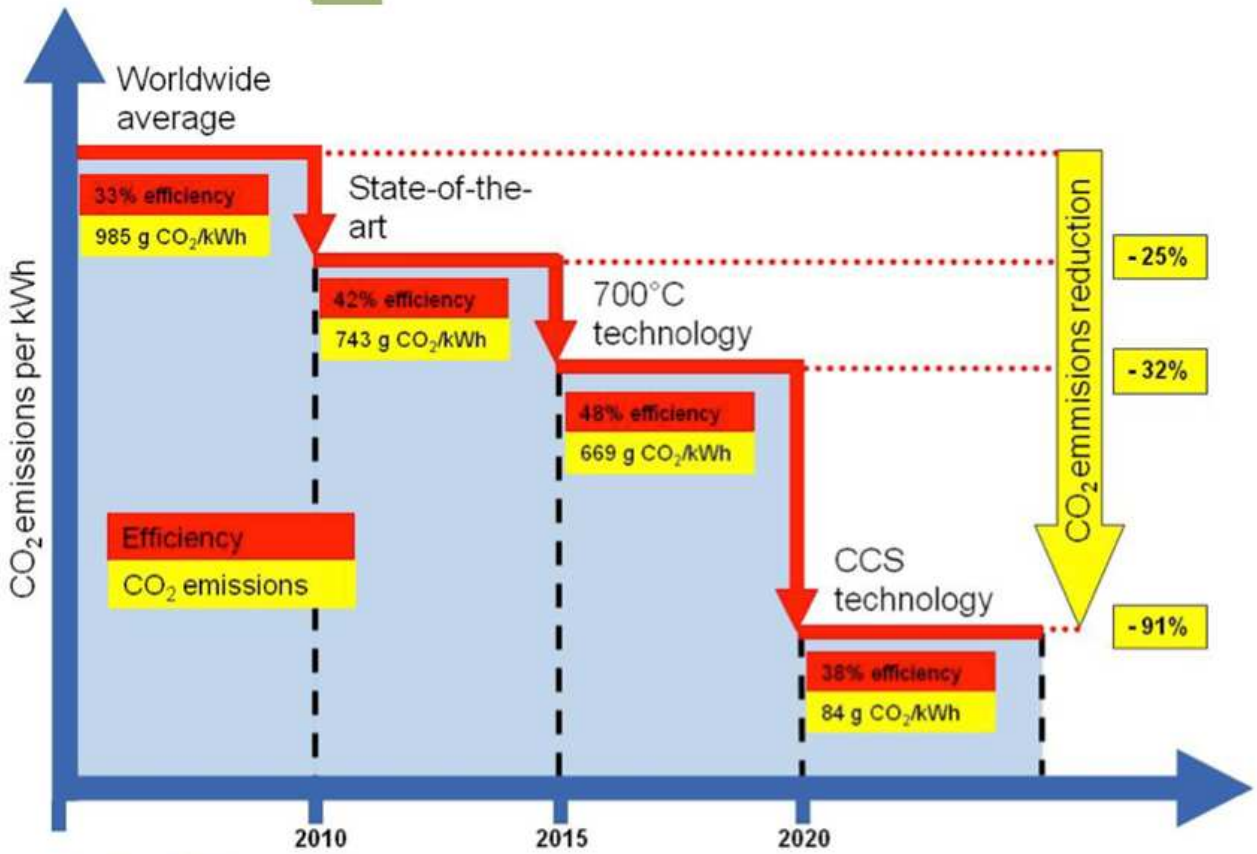
해외 플랜트



*Source : Japan Coal Energy Center

저탄소, 고효율 석탄발전 비전 : international

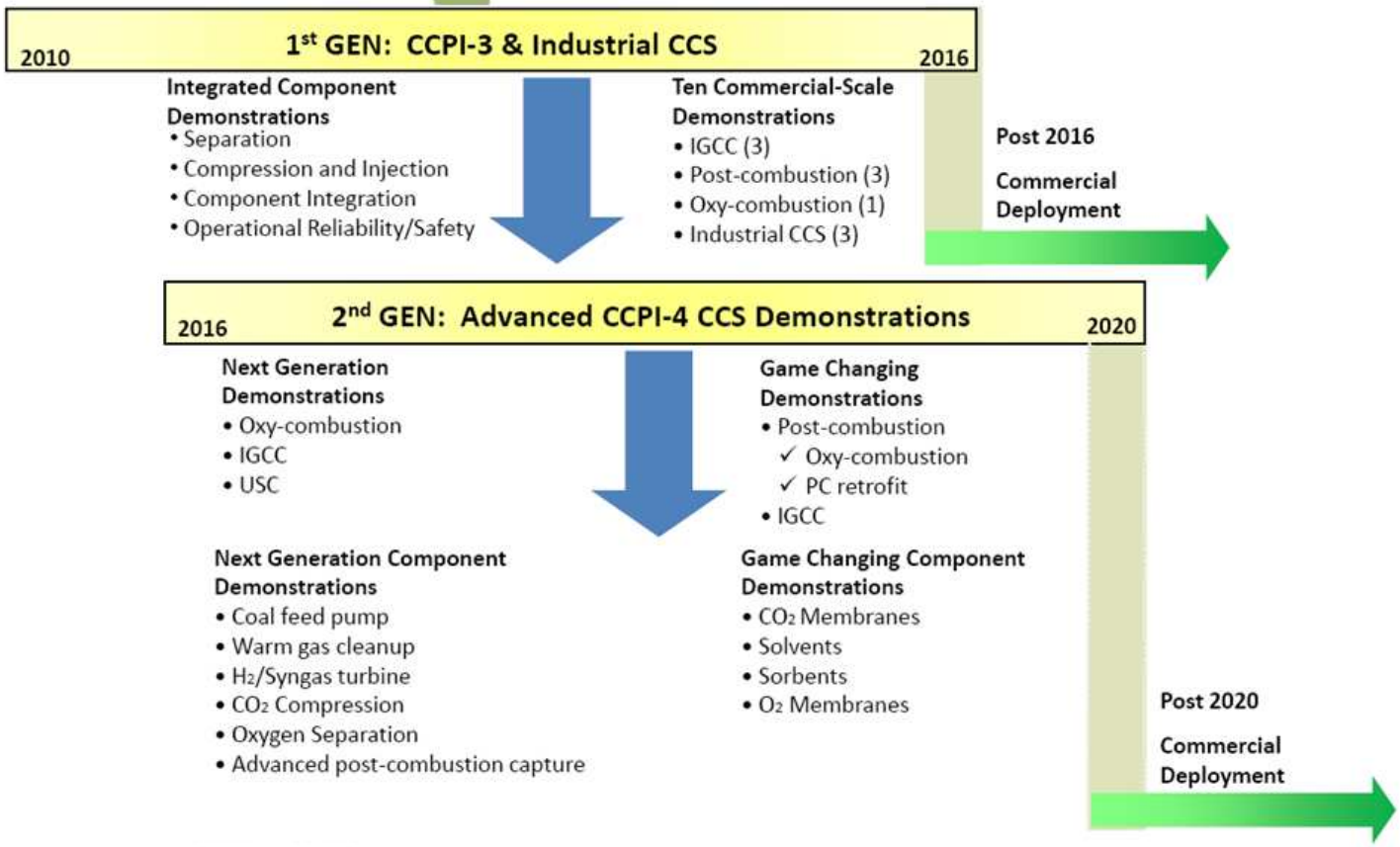
해외 플랜트



*Source : International Energy Agency, 21st Century Coal, 2012

CCS 기술 전략로드맵 : 미국

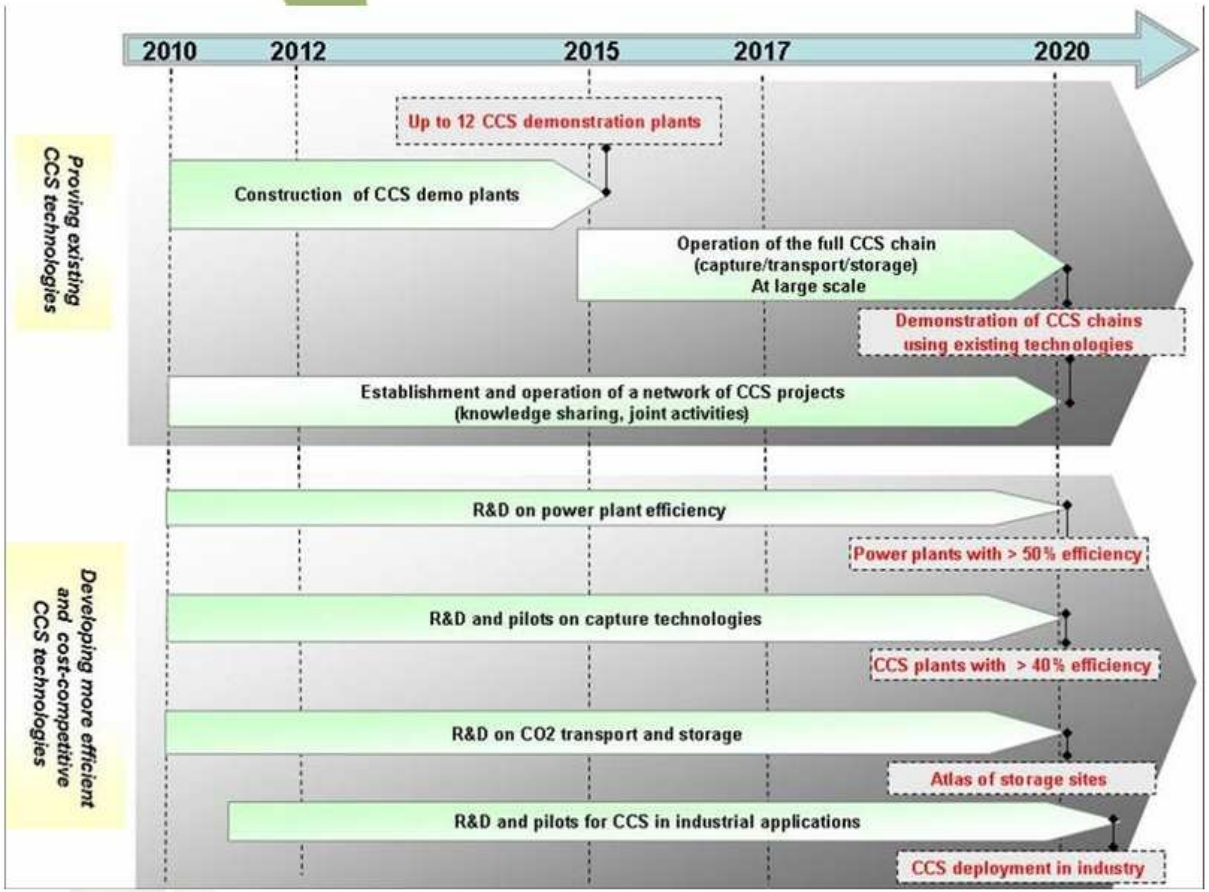
해외 플랜트



*Source : U.S. DOE, "US Energy Policy Framework and the DOE Fossil Energy and CCS Programs", 2010

CCS 기술 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

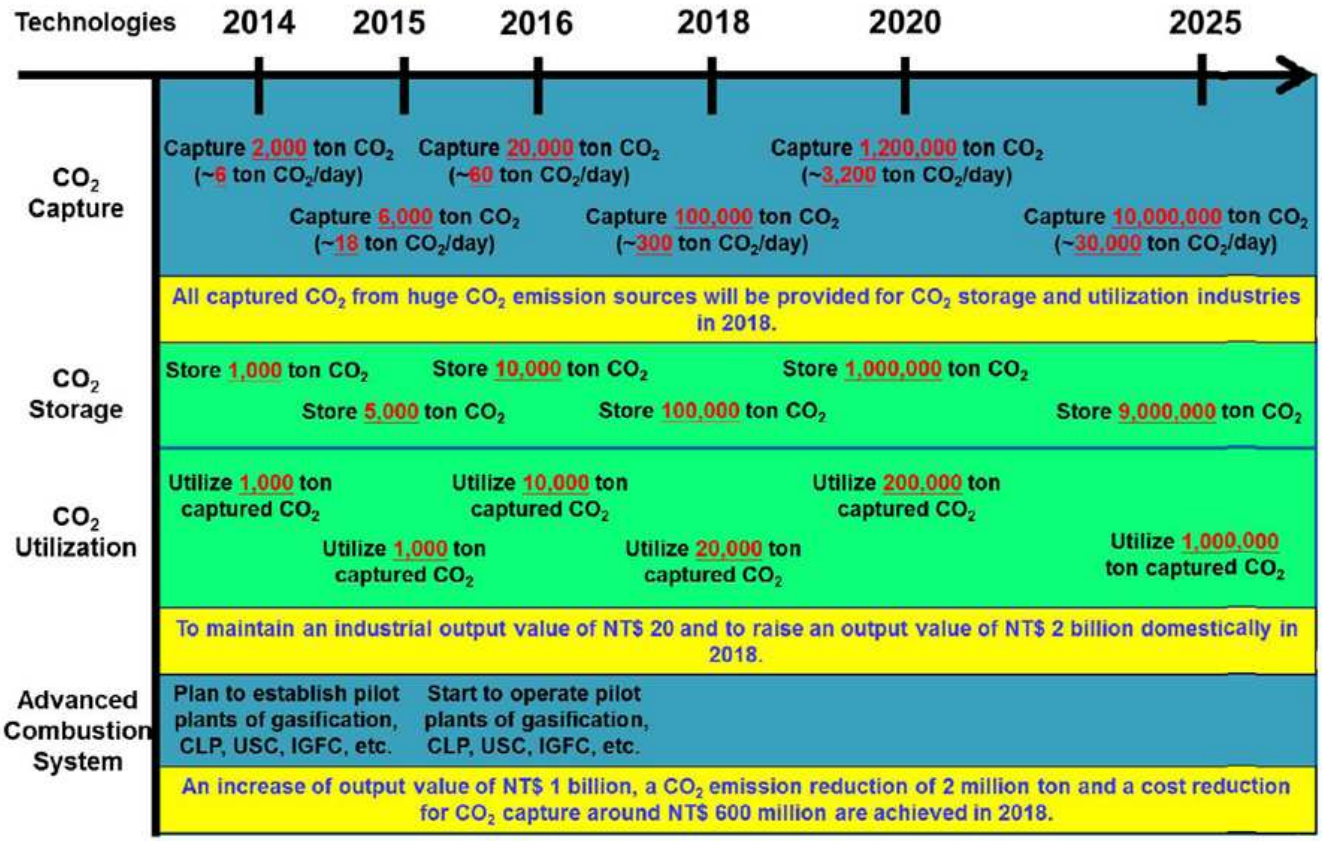


*Source : : Strategic Energy Technologies Information System, "European Industrial Initiative on CCS"

CCS 기술 전략로드맵 : 대만

해외 플랜트

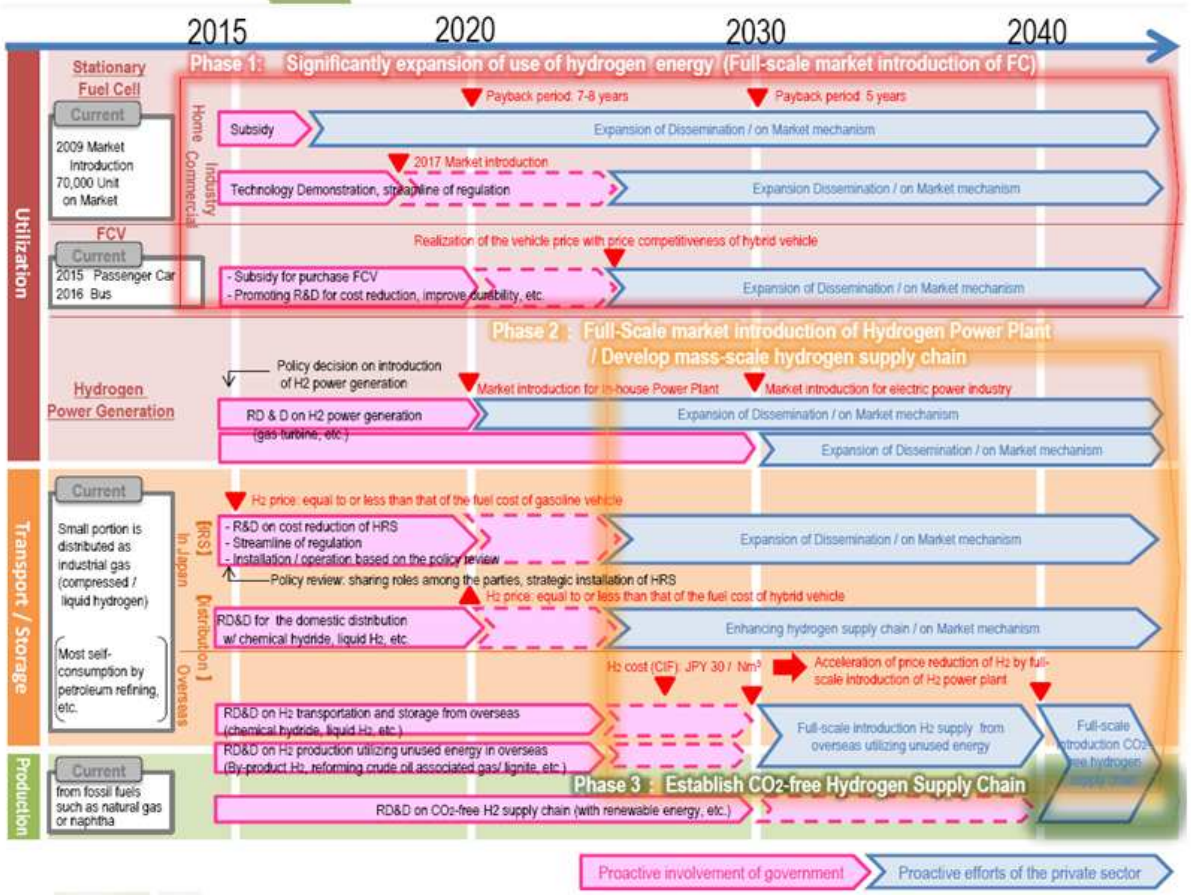
세부기술 : CRCCFC technology



*Source : Taiwan's National Energy Program – Phase II

수소, Fuel cell 기술 전략로드맵 : 일본

해외 플랜트

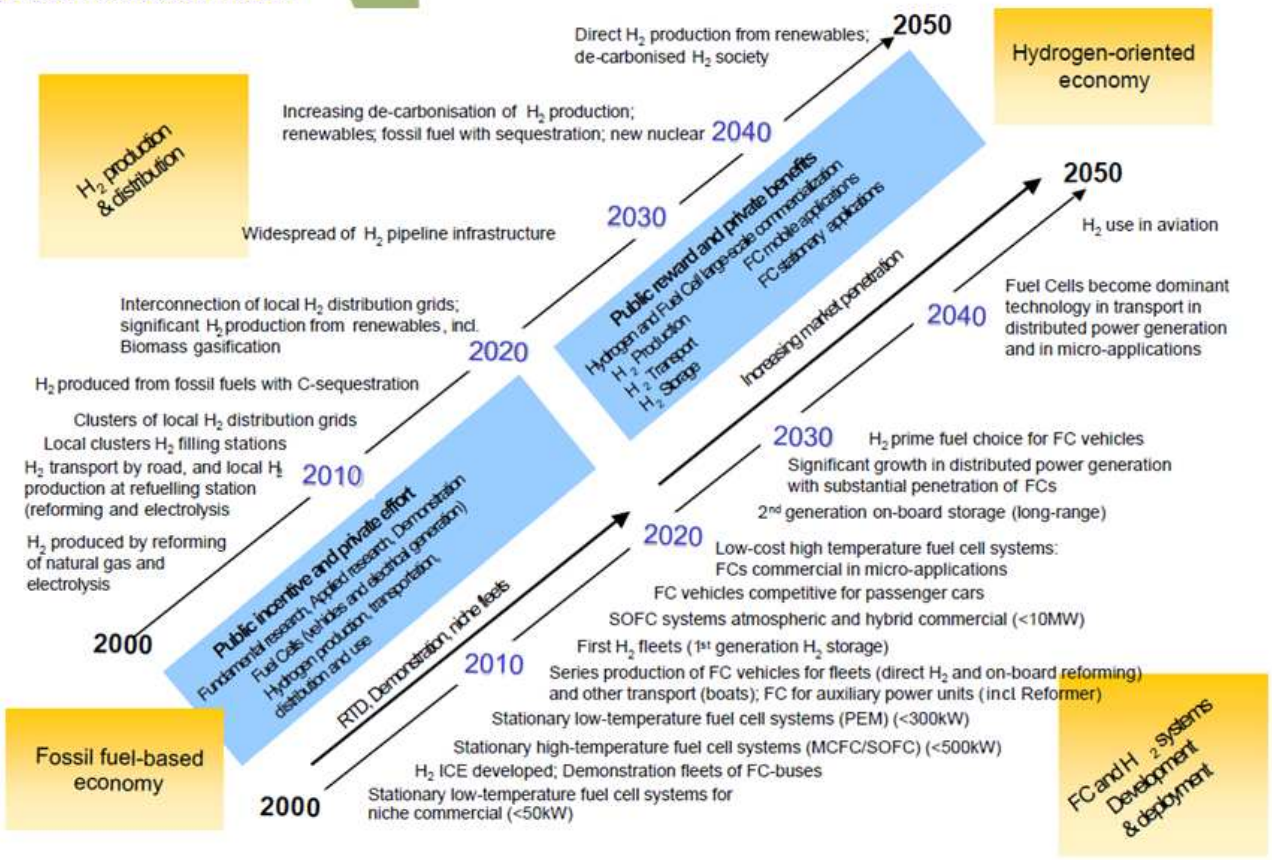


*Source : Japan NEDO, 2014

수소, Fuel cell 기술 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

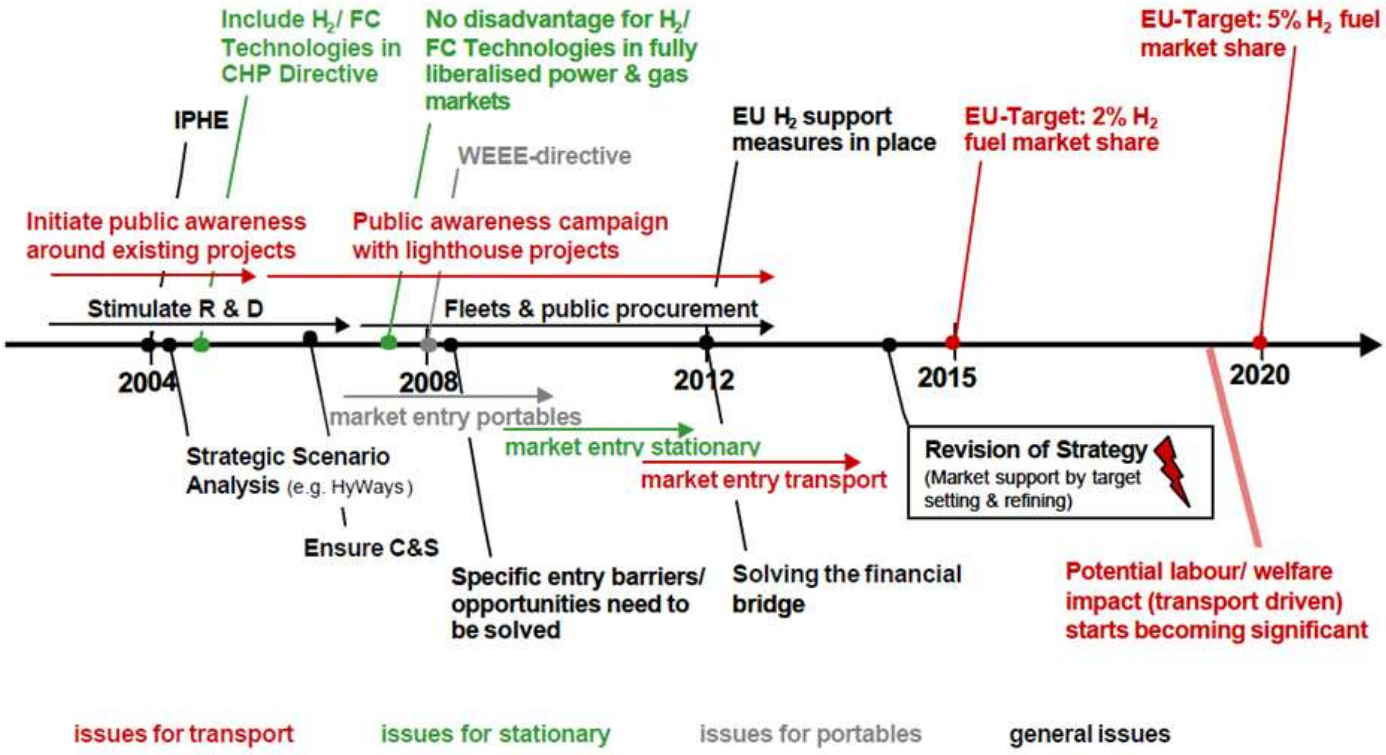
European Hydrogen Vision



*Source : European Commission, "Hydrogen Energy and Fuel Cells"

수소, Fuel cell 기술 전략로드맵 : 유럽

Political and Socio-Economic Issue for EU Hydrogen Roadmap

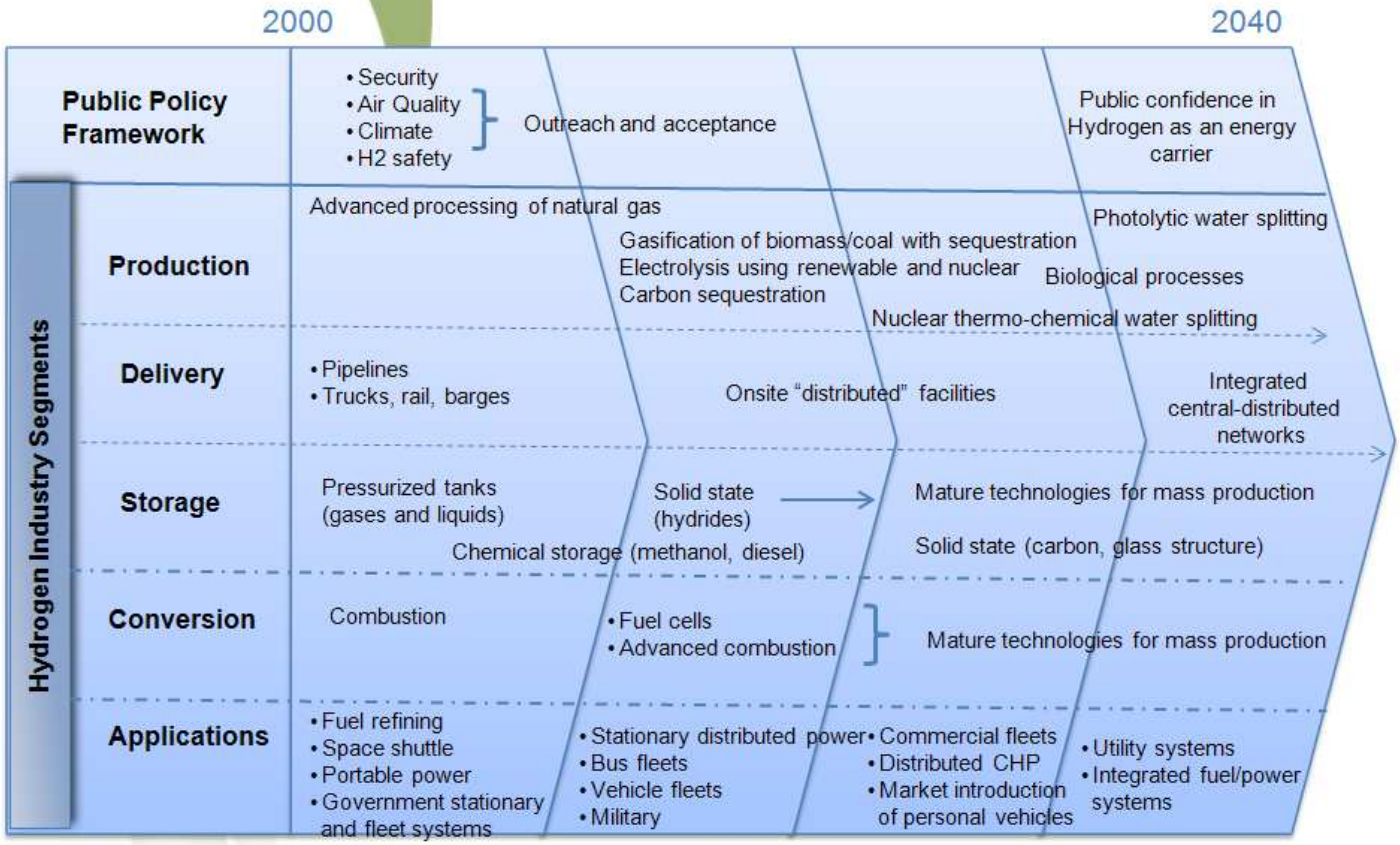


*Source : European Commission, "Hydrogen Energy and Fuel Cells"

수소, Fuel cell 기술 전략로드맵 : 유럽

해외 플랜트

Political and Socio-Economic Issue for EU Hydrogen Roadmap

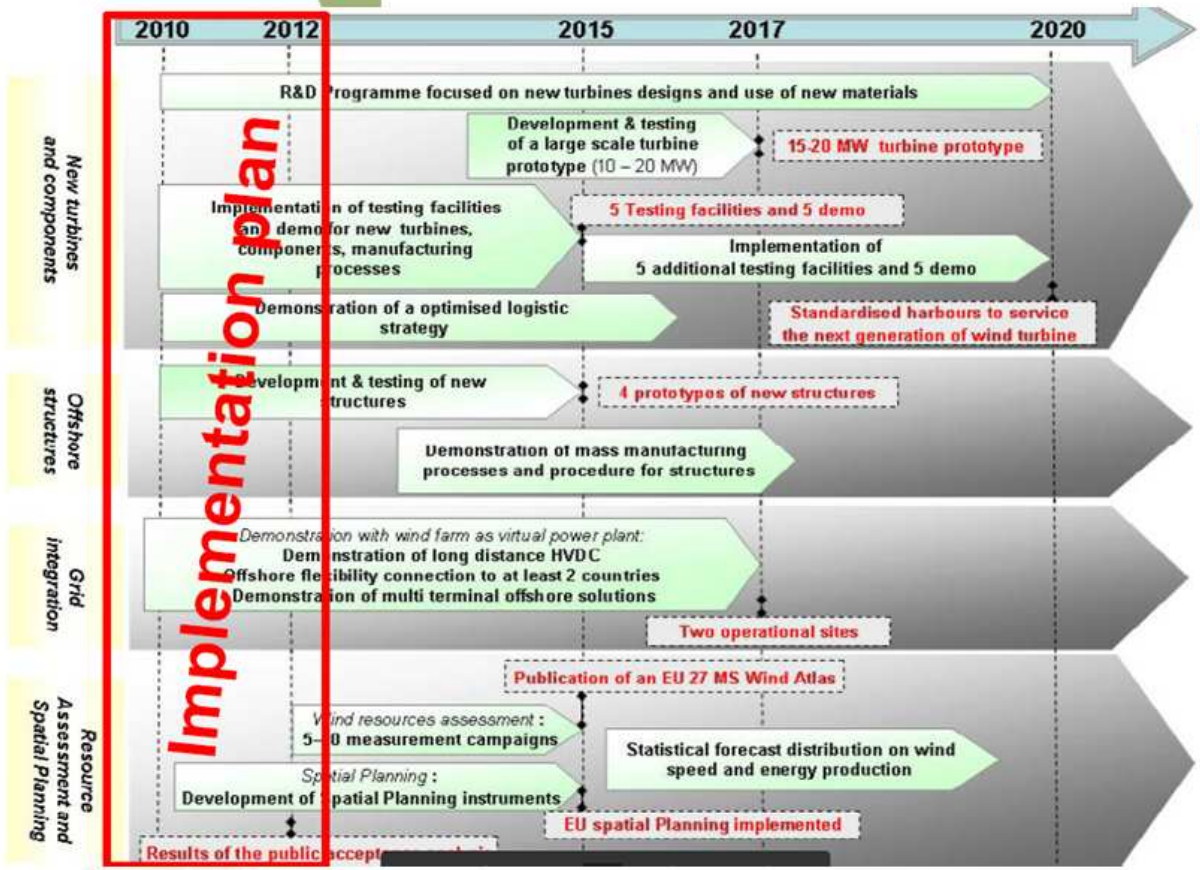


*Source : European Commission, "Hydrogen Energy and Fuel Cells"

풍력에너지 기술 전략로드맵 : 유럽

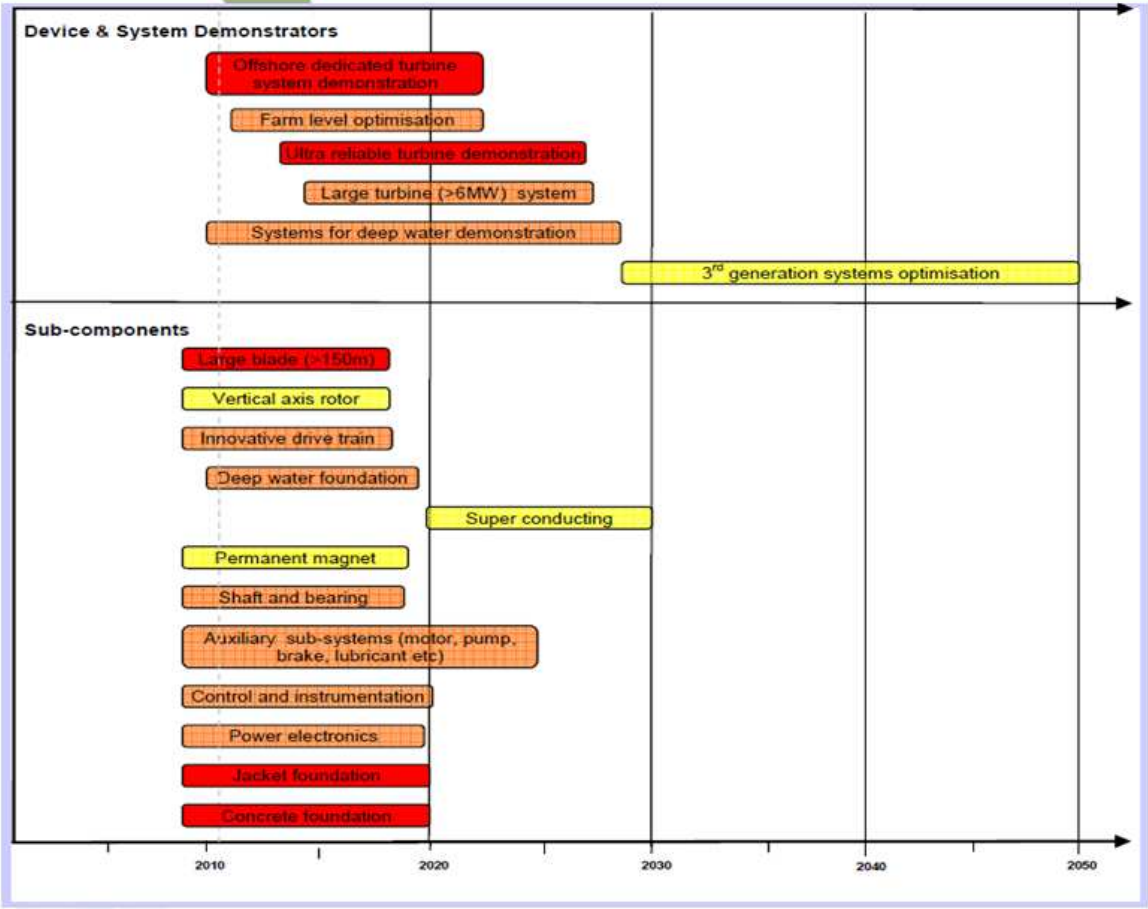
해외 플랜트

EU Wind Energy Technology Roadmap



*Source : Strategic Energy Technologies Information System, "European Industrial Initiative on wind energy"

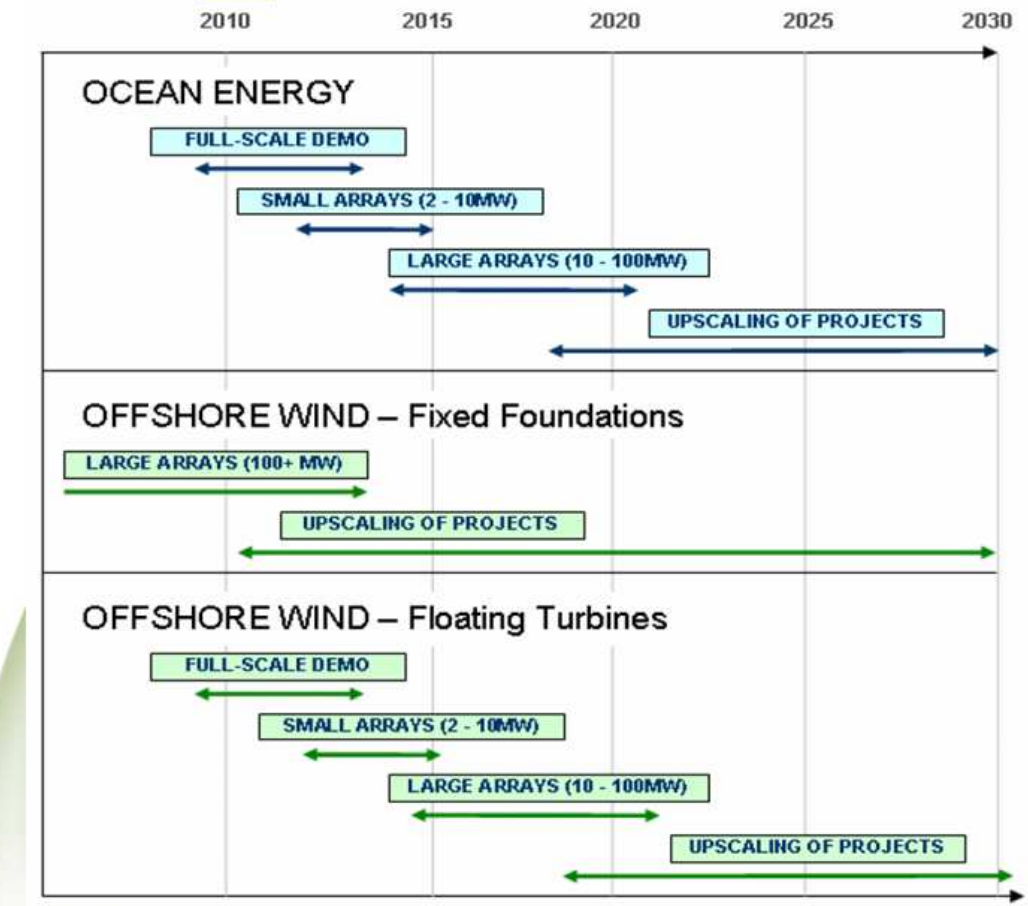
해상 풍력자원을 위한 기기, 시스템 기술개발 비전 : 유럽



*Source: ORECCA, European Offshore Renewable Energy Roadmap, 2011. 9

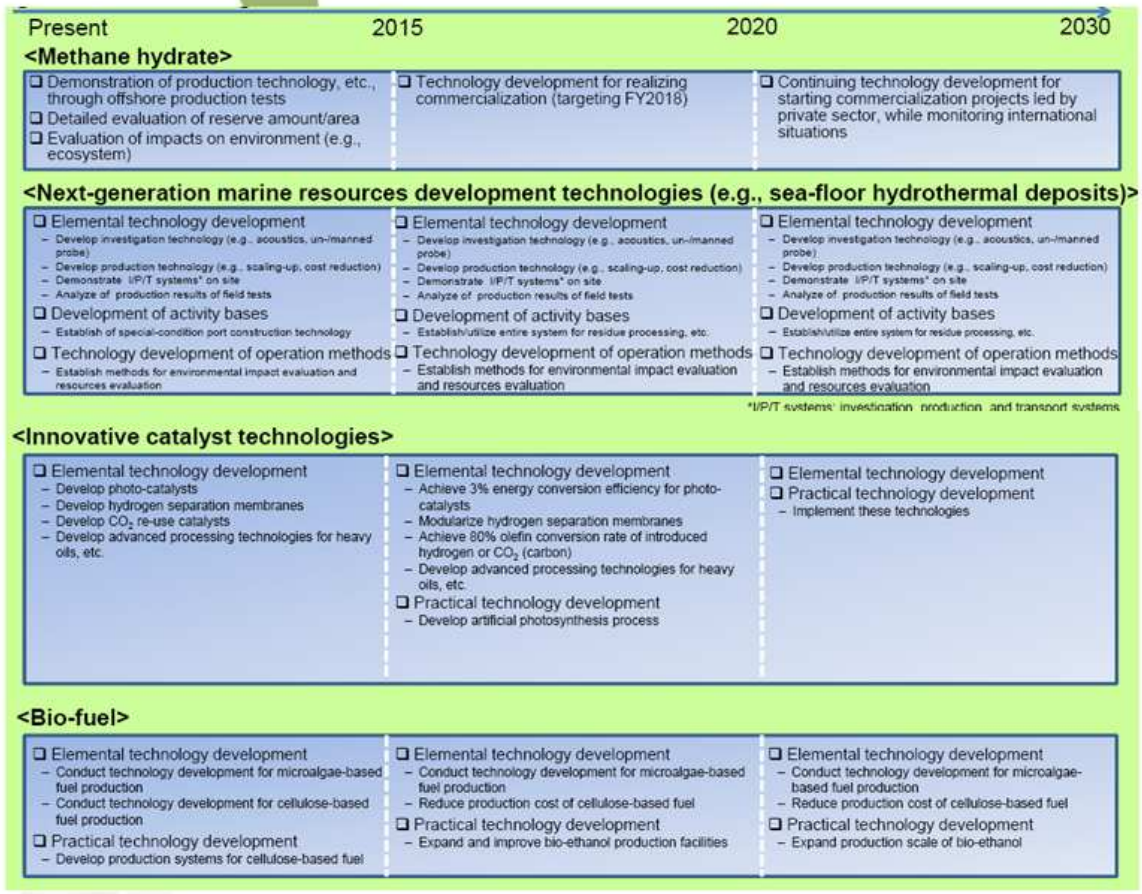
해양에너지 발전량 비전 : 유럽

해외 플랜트



에너지자원 기술 전략로드맵 : 일본

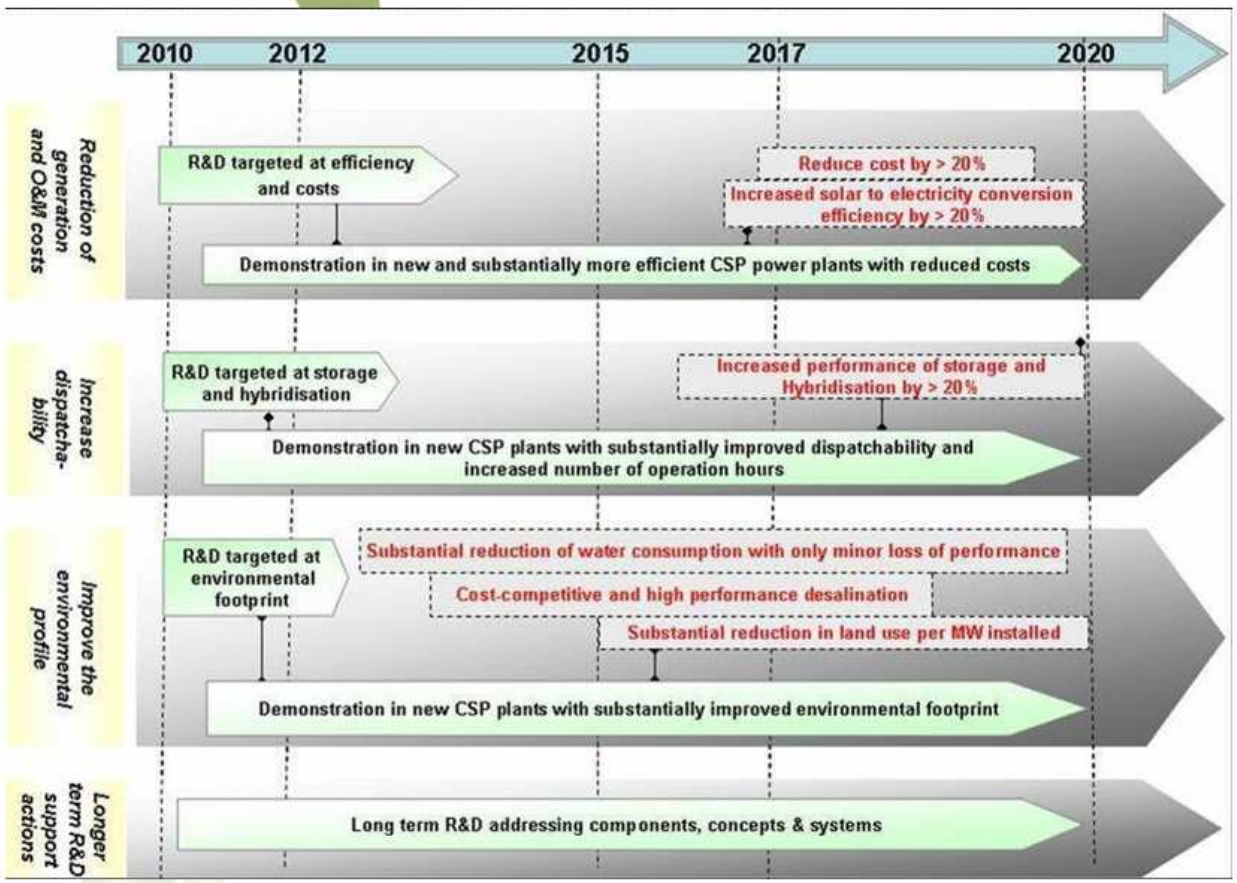
해외 플랜트



*Source : cabinet office of japan gov.

태양열 발전 기술 전략로드맵 : 유럽

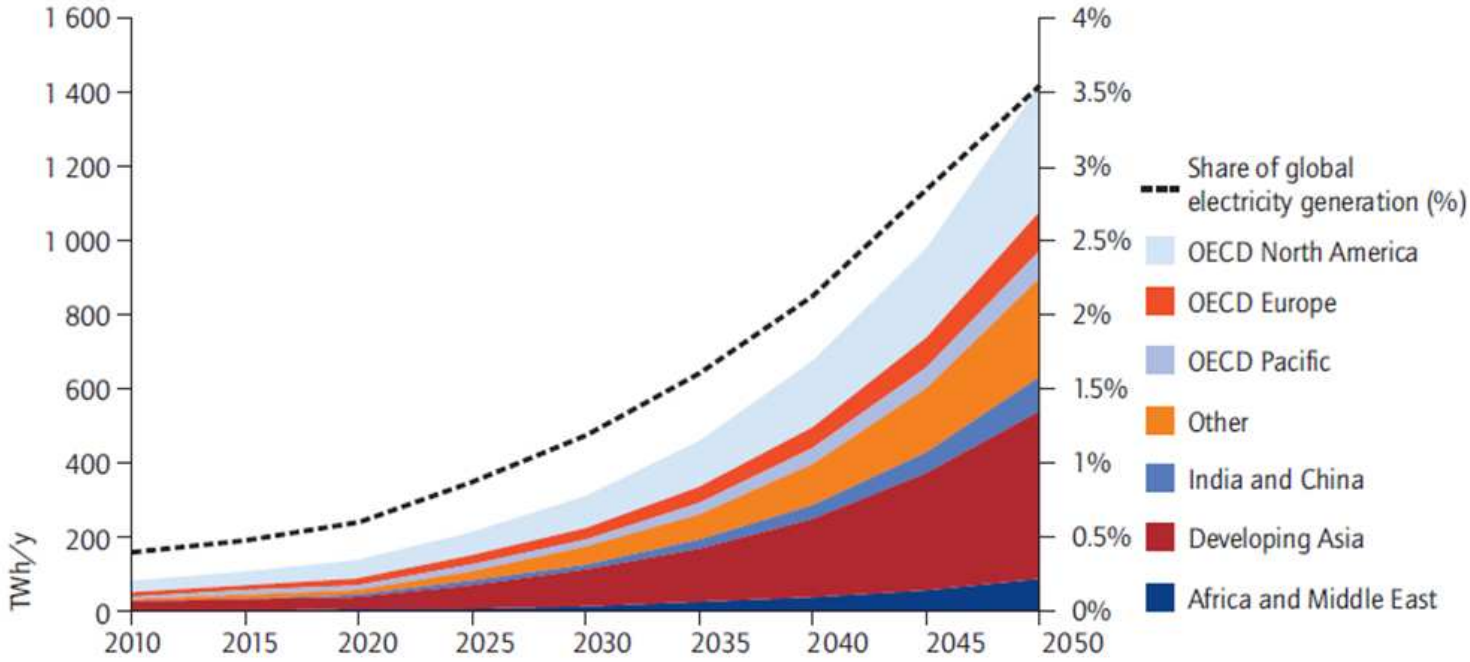
해외 플랜트



*Source : Strategic Energy Technologies Information System, "European Industrial Initiative on solar power"

지열 발전량 비전 : international

해외
플랜트



[부록2]

산업통상자원R&D전략기획단 협의 자료
<플랜트 R&D 부처간 공동 추진 가능 분야 및 과제(안)>

협의 자료 본문:

1 배경 및 목적

□ 플랜트 분야에 대한 **부처 간 협업에 의한 공동 기획 및 역할 분담** 등 필요

ㅇ 플랜트 R&D 사업의 경우, 국토부, 산업부 등 관련 부처에서 각각 추진됨에 따라 기획과 현장적용 등 부처별 역할 분담 및 연계가 부족하여 투자 효율화 및 시너지 창출에 한계가 있는 상황

〈 2014년도 국가과학기술심의회 예산 배분·조정(안) 〉

◈ 부처간 협업 R&D 활성화를 위하여 혁신적인 연구성과를 도출할 수 있도록 범부처 R&D 협력사업 지원 강화

◈ 중복투자 최소화를 통한 절감재원 재투자, 운영실적 확보 등 플랜트 경쟁력 증진을 위해 연계협력 강화 필요함 지적

□ 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서는 플랜트 R&D 유관 부처간 개방형 융복합연구를 통해 사업간 중복배제, 기술 및 성과 연계 활용 등 시너지 창출을 위한 **공동추진 가능 분야 및 과제 발굴 진행**

2 추진 경과

□ 국토부(국토교통과학기술진흥원)에서는 여러 부처 간의 협조를 통한 플랜트 R&D 관련 사업 추진을 위한 **범부처 플랜트 R&D 사업** 기획 중

< 범부처 플랜트 R&D 사업 >

◈ 각 부처 지원으로 이루어진 플랜트 분야 기술을 연계 활용하여 실용화 추진

◈ 부처간 이해 충돌이 최소화될 공동 추진 가능 분야 선별 및 구체화

◈ 국내 현실을 인지하고 가장 현실적인 플랜트 분야 추진 가능 분야 도출

□ 상기와 같은 목적 달성을 위하여 국토교통부의 안으로 **최종 후보과제(안) 5개 선정**

ㅇ 2014년 12월, 국내의 플랜트 분야 산학연 전문가들로 총괄기획위원회를 구성하여 공동 추진 가능분야 및 과제 도출을 위한 기획업무 수행

ㅇ 국토부 이외 부처의 연구 기획, 과제 관리 및 평가 등 분야의 관련 전문가와 학계 전문가들로 자문위원회를 구성하여 기획 진행의 방향성 및 도출된 대상 후보과제의 적절성 등에 대한 자문의견 수렴

〈 후보과제 도출 과정 〉

- **62개 과제 후보군 선정 :** 각 부처 로드맵, 기획자료, 플랜트 분야 관련자료 및 기업체 수요조사
- **1차 후보과제 17개 선정 :** 기술성, 타부처 연계성, 경제성/사업성, 중소·중견기업 참여도 및 소요기간 등을 종합한 선정 기준
- **최종 후보과제(안) 5개 선정 :** 산학연 전문가로 구성된 기획위원들의 토론에 의한 17개 과제에 대한 정성 평가, 선정기준에 의한 정량 평가, 유사 성격 과제의 통합 및 자문위원들의 자문의견 반영 등

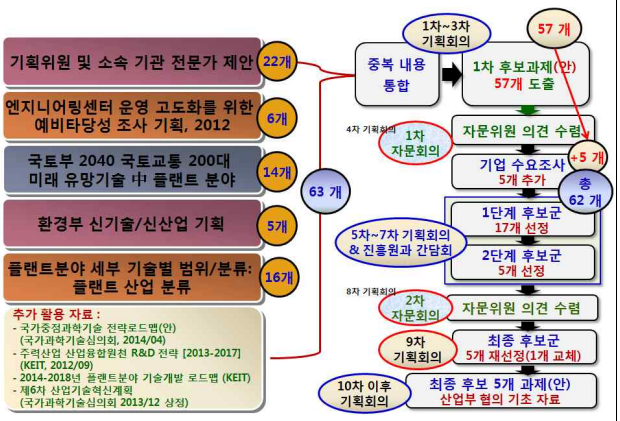


그림 1 후보과제 도출 과정

3 추진 결과

□ 상기와 같은 과정을 거쳐서 선정한 후보과제(안) 5개를 다음 <표 1>에 요약

4 협의 요청 사항

□ <표 1>에 나타난 5개 후보과제(안)에 대한 **국토부와 산업부의 역할 분담 및 공동추진 방안** 등에 대한 협의를 제안드림

- ㅇ 후보과제(안)에 대한 배경 설명(국토진흥원 → R&D 전략기획단, 2015년 9월 16일)
- ㅇ R&D 전략기획단 요청에 따라 시장과 관심기업에 대한 자료 추가(붙임 1)

<표 1> 최종 선정 5개 후보과제(안) 요약 (무순)

No.	구분	주제 (과제명) 예산 (백만원)	선정 근거 개발 기간 (년)	국토부 역할(안)	산업부 역할(안)
1	모듈화 플랜트	모듈화 compact GTL 플랜트 (가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화) 합계 : 75,000 (정부 : 55,000, 민간 : 20,000)	- 충분한 국내 기반기술 축적 - 소형천연가스전 대상 기술은 선진국도 개발 중인 기술로서 선진국과 동등 이상 기술 수준 확보 가능 - 부생 천연가스와 바이오가스 활용 가능 5년	- Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발 - 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증	- Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발 - Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발
2	청정연료 플랜트	합성가스 고부가가치화 플랜트 (저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트) 합계 : 100,000 (정부 : 65,000, 민간 : 35,000)	- 국내시장 잠식 분야 (SNG/IGCC 등) - 합성가스 활용성 높음 - 충분한 국내 기반 기술 축적 5년 (단일 단계 5년 또는 3년 + 2년)	- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 integration 기술 개발 - Test-bed 건설 및 운영 - 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발	- 가스화기, 합성 원료/연료 생산을 위한 각종 반응기 설계/제작 기술 최적화 - 각종 촉매 선정, 최적 촉매 제조 기술 개발 - 단위 공정 최적화 - 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 개발
3	수소 및 극저온 플랜트	수소 액화 극저온 플랜트 (공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발) 합계 : 200,000 (정부 : 100,000, 민간 : 100,000)	- 즉시 독자 운영이 가능한 수요기반 상용화 플랜트 - 국토부 LNG 사업단 성과 연계 및 활용 가능 - 미래 수소 경제 대비 인프라 구축 가능 5년	- 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 ·공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계 ·극저온 플랜트 시공/운전 기술 ·극저온 배관 단열 기술	- 극저온 플랜트 핵심기기 기술 개발 ·원심압축기 및 터보 팽창기 ·극저온 열교환기, 분별증류탑 및 상분리기 ·극저온 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증
4	극한지 플랜트	극한지 건설 플랜트 (극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발) 합계 : 120,000 (정부 : 80,000, 민간 : 40,000)	- 미개척 극한지 석유&가스 개발 시장 확대 흐름 - 시장 진입시기 고려 EPC 기술역량 강화 필요 - 선행 기획, 이송망 설계/시공 연구개발 연계하여 시너지 제고 7년	- 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술 - 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술 - 국외 현장 검증/실증기술, 현지 시험인증에 대응한 사용 적합성 평가기술, 사업모델 개발	- 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술 - 극한소재, 모듈장치, IoT 기반 통합제어시스템(SCADA 등) 기술 - 러시아, 북미 등 현지 기준에 적합한 장치, 기자재 시험인증 기술
5	기후변화 대응 플랜트	CO_2 활용 플랜트 (포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축) 합계 : 150,000 (정부 : 130,000, 민간 : 20,000)	- 지구온난화에 따른 온실가스 감축 - 국내의 온실가스 감축목표 설정 7년 (단일단계 7년 또는 4년 + 3년)	- CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발 - 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립 - 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 process integration 기술 개발 - 상용급 플랜트 디자인 패키지 (PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발	- CO_2 포집 분리 공정 기술 개발 - 반응기 및 촉매 제조 기술 개발 - 친환경 고분자를 활용한 제품화 - 단위 공정 최적화 - 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발 - 기존 활용 산업 활성화 기술 개발

붙임 1. 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업
붙임 2. 5개 후보과제(안) 요약서
붙임 3. 후보과제 선정 기준/비중 및 5개 후보과제(안) 도출 과정
붙임 4. 5개 후보과제(안) 수요조사서

붙임 1. 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업

붙임 1.1 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 (과제 1: 모듈화 플랜트)

과제명		가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 2014년에는 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 52조원 규모 (GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain) 자료 참조, GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장 합산)
	해외 시장	- 북미, 카타르 등 서남아시아, 러시아 및 극동지역 등 - 모듈형 GTL 공정: 중소규모 가스전(셰일가스, 동반가스, 한계가스 등) 개발 활용, 비전통가스 세계시장 규모: 939억 달러(2012년) - 합성유 활용: 세계 석유화학 제품 시장 : 1.8조 달러(2011년) - 모듈형 GTL 요소기술 및 반응기 제조 기술 활용: 열교환기 시장 규모 133억 달러(2011년)
	국내 시장	- 한국은 세계 4위 석유 수입국, 세계 2위 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가로서, 국내 석유제품은 나프타를 제외하면 휘발유, 경유의 수송연료로 주로 소비 - GTL 기술은 값싼 가스자원으로부터 휘발유, 경유의 수송연료를 합성할 수 있어, 국내 및 세계 연료시장에서 경쟁력 확보 가능
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 현대중공업, 현대오일뱅크, 삼성중공업, 한국알파라발(주), 포스코건설, 대림산업, 현대엔지니어링, 한국석유공사, 플랜트 엔지니어링 중소기업체, 플랜트 시설 및 장비 관련 중소기업체 등
	참여기업 분담금	- 2006 ~ 2012년에 한국석유공사, 한국가스공사, 대림산업, 현대엔지니어링이 산업부 GTL 사업에 50% 현금+현물 분담 - 현재 모듈형 GTL 사업에 현대중공업, 현대오일뱅크, 삼성중공업, 한국알파라발, 일솜 등이 산업부 과제에 50% 현금+현물 분담 - 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	현대중공업 또는 현대오일뱅크 부지
	예상 규모	- 합성가스 생산 : • NG 공급량 : 750 Nm^3/h • CO_2 공급량 : 300 Nm^3/h • 합성가스 생산량 : 3,000 Nm^3/h - Compact F-T 합성 : • 합성석유 생산량 : 50 BPD • CO_2 공급량 : 300 Nm^3/h • 컴팩트화 지수 : 0.025 m^3/BPD
본 기술의 응용 분야		- 국내 조선업체는 FPSO와 같은 고부가가치 선박 기술 보유 희망 - 모듈형 GTL 기술 개발을 통해 수반가스의 처리를 위한 소형 GTL을 탑재할 수 있는 Oil-GTL 병합 FPSO 건조 기술 조기 확보 가능
기타		- 현대중공업은 2011년 카타르 라스라판 지역에 14만 bpd 급의 GTL 플랜트를 완공하였으나, 핵심 라이센스 미보유 - 현재 산업부 과제로 파일럿 플랜트 수준 GTL 기술이 개발 예정이며, 이의 상용화를 위한 실증플랜트 개발 사업 필요

붙임 1.2 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 (과제 2: 청정연료 플랜트)

과제명		저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 플랜트 시장: 전 세계 20조원/년 이상 (15 GW_{th}_syngas/년 = 2,500 톤/일 기준 17기 플랜트 규모, 20조원/년 이상) - 합성가스 시장 : 석유화학 기반의 대부분 연료/원료 대체생산 가능
	해외 시장	- 중국: 현재 기당 수조원 플랜트 7기 건설 중 - 인도/중동: 정유공장 부산물 활용 수조원/기 이상 플랜트 건설 중(인도 Jamnagar 프로젝트) 및 건설 예정(사우디아라비아) - 인도네시아: 저급자원(저급탄) 대량 보유국으로서 안정적 전기 생산 및 SNG 생산에 높은 관심 - 호주: 자국 내 저급자원(갈탄, 바이오매스) 사용하여 해외수출되는 LNG 대체용 자국 소비할 SNG 생산 관심
	국내 시장	- 여수 산업단지 등 석유화학단지 기존 원유기반 합성가스 대체 시장 - 삼성BP에서는 합성가스 구매 희망 (삼성BP, 한라산업개발, 이수건설, 한솔 등에서 합성가스 플랜트 건설 SPC 설립 협의 중) - 후속 IGCC 사업(전력수급기본계획 300 MW급 2기) - SK이노베이션 화학원료 생산 사업 구상 중(유가 상승 시)
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 서부발전, 남부발전, POSCO, SK이노베이션, 현대오일뱅크, 삼성BP, 한라산업개발, 이수건설, 석유화학단지 합성가스 사용 사 - 국내 다수 건설사, 엔지니어링사, 에너지기업, 중공업 및 화력발전 자회사 - 촉매, 반응기/열교환기, 고온집진필터, 고온고압밸브 제작사 등 관련 다수 중소/중견기업
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	- 울산 산업단지 (삼성BP에서는 현재 중유로 생산 중인 합성가스를 대체할 수 있도록 합성가스를 판매한다면 구매하겠다는 의지가 있으며 인근의 부지) - 여수 산업단지, 구미 산업단지 등 합성가스 사용공정 인근 부지 - 대산 현대오일뱅크 부지
	예상 규모	- 가스화 공정 : 100~500톤/일급 (최종 수요처 조건에 따라 결정) - 합성가스 정제공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h - 화학원료 생산공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h - 합성가스 원료 생산공정 : 8,000~40,000 Nm^3/h
본 기술의 응용 분야		- (1단계 해외수출 모델) 저급석탄 100~300톤/일급 합성가스 생산 가스엔진 적용 전기 생산 (분산전원 형태로 수십 MW규모 공급) - (1단계 국내 타겟시장) 저급석탄 100~500톤/일급 합성가스 생산 정제 후 화학/정유 수요처에 합성가스, 정제된 고순도 원료가스 공급 - 정유공장부산물(pet-coke, 아스팔트) 100~300톤/일급 합성가스 생산 석유화학공장 원료가스 및 전기/열 복합 생산 공급 - 합성가스 정제 이하의 하류 공정기술은 모든 저급자원 활용 합성가스 생산·활용 공정에 공통 사용가능 기술로서 폐기물, 바이오매스 등 합성가스 생산·활용 플랜트에 spin-off 활용 - 동남아 등 현지 플랜트 제작 어려운 지역 진출용 모듈화/컴팩트화 합성가스 생산/정제/활용 플랜트 모델
기타		- 원유/천연가스 기반 합성가스를 사용하는 석유화학제품을 저급자원 합성가스로 생산할 수 있으므로 석유/천연가스 가격 상승 시점에는 경제성 확보 더 용이 - 산업부 지원으로 pilot급으로 수행된 다양한 합성가스 제조, 정제, 변환 기술에 대한 국내 R&D 결과물을 실제 시장이 요구하는 플랜트규모(최소 50~100톤/일급 이상) 기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 동남아 시장 등 선점이 2020년 이전에 필요

붙임 1.3 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 (과제 3: 수소•극저온 플랜트)

과제명		공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 수소/산소/질소 등 산업용 가스 세계시장 규모 : 380억달러(2011년)→ 584억 달러(2018년), GAGR(연평균성장률) 6.3% (“Industrial Gas Market”, Transparency Market Research, 2013) - 공기분리플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 150억달러/년(2020년) - 수소액화플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 180억달러/년(2020년)* * 전세계 수소 소비량 중 1.4%을 액화수소로 공급시 추정액
	해외 시장	- 산업용 가스의 시장 구조는 대부분 가스의 액화, 분리, 저장, 이송 및 유지보수를 같은 회사에서 관리하는 구조로 되어 있으며, 극저온 냉각 및 분별 증류 기술을 가지고 있는 회사가 주도하고 있음. Air Liquids, Air Products, Linde, Praxair등 4개 사가 전 세계 시장의 73%를 점유 - 순산소 연소, 산소부화연소, IGCC, GTL 등 대규모로 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 ASU 수요도 함께 증가할 것으로 예상됨. 2009 년 미국전력연구원(EPRI) 보고서에 의하면 2009 년 미국 전력산업의 산소 시장 점유율은 4 % 이내이나, 2040 년 약 60 %까지 증가할 것으로 예측된 바 있음 - 2010년 기준 세계 수소액화플랜트 총 규모는 335 ton/day 규모로 전체 수소가스 수요의 0.23% 수준. 향후 수송용 연료로써 액화수소의 활용이 활성화 될 경우 액화수소플랜트의 수요의 급격한 증가 예상
	국내 시장	- 국내 산업용 가스 시장 규모 : 13.8억 달러 - 국내 산업용 가스시장은 대성산업가스 및 Air Liquide, Air Products, Linde, Praxair의 국내 법인이 독점. 산업용 액화가스 플랜트는 상기한 외국 선진기업을 통해 건설 - 2004년 대성산업가스에 의해 약 50 Ton/Day급의 ASU가 상용화된 바 있으나 핵심기술은 외국기업을 통해 도입됨. - 현재 국내에 상업용 액화수소 플랜트는 없음.
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 플랜트시스템: 대성산업가스(산업용가스 공급사), 정유 및 석유화학, 발전사(산업용가스 수요 및 공급사) - 플랜트기자재 : 동화엔텍, 대주기계, 한국터보, 뉴로스, 광신기계 등
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상되나, - 개발될 시스템 중 공기분리장치의 경우 즉시 상용화 가동 및 제품 판매가 가능하므로, 참여기업의 보다 적극적인 분담 예상됨
Test bed 설치	예상 부지	- 플랜트 공급사 또는 수요사 부지
	예상 규모	- ASU 공정 : 산소 175 톤/일과 질소 500 톤/일 생산 규모 - 수소액화 공정 : 5 톤/일 생산 규모 * 상기 규모는 실제 상용 플랜트의 용량 이상으로, 연구비 규모를 고려하여 생산규모를 50% 이상 하향 조정하여도 즉시 상용화 가능
본 기술의 응용 분야		- 에너지 효율이 높은 공기분리장치 및 수소액화 통합 공정개발(세계최초)로 산업용 가스액화플랜트 시장진출 및 선도 - 인공위성 및 달 탐사 등의 국내 우주개발사업을 위한 로켓연료로 액체산소 및 액체수소 활용
기타		- 미래 수소시대를 대비하기 위한 국가 차원의 인프라 구축 필요 - 국토부의 LNG 플랜트 사업단의 극저온 설계기술 성과 및 산업부의 플랜트 기자재 개발 성과와의 연계 활용을 통하여 기술개발 성공 가능성 및 상용화 가능성 증대

붙임 1.4 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 (과제 4: 극한지 플랜트)

과제명		극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심장치 개발
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- 북미/동유럽/아시아 동토지역 국제 이송망 (스테이션 포함): 477조 규모 (2013, Pipeline & Gas Journal) - 미국은 2008년 Trans-Alaska에 파이프라인 건설 프로젝트 착수하여 2016년 착공을 목표로 중소형 프로젝트를 수행 중 (건설예산 280억 달러 이상의 Alaska Natural Gas Transportation Project) - Infield 사는 향후 5년간(2012~2016년) 설치될 해저 파이프라인과 컨트롤라인의 총 길이가 89,000 ㎞에 달할 것이라고 발표(Pipeline & Control Lines Market Report to 2016, Infield 2013))
	해외 시장	- 극한지 오일&가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표됨 - 미국 및 캐나다 등 북미시장, 러시아 시베리아 및 캄차카 지역시장, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등 미진출 지역이 많음 - 북극지역 개발을 위한 북극위원회 발족, 우리나라는 옵저버 자격으로 참여 - 극한지 및 극지역(남북극권)의 천연자원과 그린에너지 확보를 위한 미국, 캐나다, 노르웨이, 일본, 러시아 등의 전초기지 구축 및 투자 증대 - 가스프롬(러시아)-쉘(다국적)은 북극석유개발에 합의(2013)
	국내 시장	- 해당국가에서 오일·가스를 수입하는 가치사슬임 - 캐나다, 러시아 시장에 일부 기자재, 모듈, 소규모 설계 등 참여
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 건설사: 포스코건설(중앙아시아 진출계획), SK건설(캐나다 오일샌드 진행중), 현대건설, GS건설(캐나다 경험) 등 - 제작사: 현대중공업, 두산중공업, 한진중공업, 광신기계, 덕원이엔티, 나라콘트롤 등 - 엔지니어링사: 현대엔지니어링, 포스코엔지니어링, 성진이앤티 등
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담으로 참여 예상 - 오일샌드 모듈화기술의 경우에 광신기계, 덕원이앤티 등 중소기업 중심으로 평균 30% 내외 - 협업엔지니어링 현대건설의 경우에 50% 이상
Test bed 설치	예상 부지	- 국내 : 경기도 연천 KICT, 강원도영월 KGS 실증단지를 활용 - 국외 : 1) 캐나다 : Alberta 주정부 관할 오일가스 개발 승인지역에서 현지 연구기관(C-FER, Calgary 대학 등)과 공동 2) 러시아 : 시베리아, 중앙아시아지역에서 가스프롬사 등과 공동
	예상 규모	- boosting 모듈설비 기준 : 1,200 bbl/day 급 파일럿 실증 - 공정유닛 및 핵심 기자재 : 사용조건 - 20℃ ~ - 60℃, 가용도 85% 이상
본 기술의 응용 분야		- 본 기술은 극한지 오일·가스 중·상류부분 설비를 대상으로 계획·설계·조달·자동화 시공·유지관리 등 전주기 응용이 가능 - 특히 조달부문에 있어서 국내 중견·중소기업의 우수한 품질확보가 가능한 제작·제조기술의 공급체인 활성화에 응용성이 큼 - 또한 동토나 극지의 오일·가스 개발을 위한 탐사지원을 위한 설비나 장비 개발에 응용성이 높음
기타		- 현재 오일샌드플랜트 모듈 중 Pipe&Rack 위주로 진출경험(구.성진지오텍)이 있으나, 핵심처리설비분야에는 공정원천기술, FEED, 극한성능조건, 시험인증 등의 기술장벽이 존재함 - 현재 국토부 중심으로 동토지역 자원이송망 설계 및 시공기술(2013 착수), 오일샌드 모듈화기술(2014 착수) 개발 등은 R&D 진행중

주) 극한지 : 동토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역

주) upstream : 오일·가스 탐사, 채굴을 중심으로 지중, 지상, 처리공정 설비를 포함(본 연구에서는 웰패드, 수집관 및 매니폴더 시스템, 처리공정 등 지상 플랜트 위주로 추진)

주) midstream : 오일·가스 파이프라인·스테이션 등을 중심으로 일부 처리 및 저장설비 등을 포함

붙임 1.5 5개 후보과제(안) 시장과 관심기업 (과제 5: CO_2 활용 플랜트)

과제명		포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축
시장의 특성	국내외 시장의 크기	- CO_2 포집/ 공급 플랜트 시장 규모: 세계: 15조/년, 국내: 5,000억/년) - 공급 Network 관련 산업 규모 : 전 세계 약 100조/년 이상 - 국내 폴리카보네이트 제조사 연간 생산규모 : 400 KT/yr (2010) - 전해질 첨가제 국내 시장 현황 : 약 9조(2013), 약 40조(2020) - CO_2 용접 등 기존 직접 활용 시장과 전환 제품 시장이 있음. - 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망 - 2011~2021 전 기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높고, 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러, 2021년 5.10억 달러로 전망(따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러의 시장 창출 예상)
	해외 시장	- 중국 산업단지, 베트남, 동유럽 등
	국내 시장	- 국내 신규 공급망 구축 - 기존 이산화탄소 직접 사용하는 시장과 이산화탄소를 전환하여 부분적으로 제품화에 사용하는 시장 형성 - 직접 활용 시장: CO_2 용접, 식품포장, 드라이아이스, 비닐하우스
국내 관심 기업	예상 참여 기업	- 포집 공급: 제철사, 화력발전사 - 고분자: LG화학, OCI, SKI, 효성 등 화학대기업 - 기존시장: 식품 음료 회사, 가스 공급사 - 화재 진압: 방재 관련 회사, 정밀 전자회사 등 - 온실가스 사후 저감 기술 부재에 따른 기업 관심 높음. 특히 철강산업(고순도 이산화탄소 대량 발생원)에서 큰 관심 - 이산화탄소의 처리 및 석유화학 원료화에 따른 각 사업별 직간접 활용에 따른 온실가스 저감량 보상 등 인센티브 제도 필요
	참여기업 분담금	- 해당 정부 과제의 규정에 따라 현물+현금으로 분담 예상
Test bed 설치	예상 부지	- 남부발전, 광양제철소와 비닐하우스단지, 여천산업단지를 연결(길이 30 km 내외)하는 지역 부지 : CO_2 network 구축을 통해 CO_2의 포집, 이송 등의 기술을 확립하고 이를 소화방재, 비닐하우스 공급. 이산화탄소를 전환하여 화학물질 제조에 활용할 수 있는 석유화학, 정밀화학 업체에 공급 - 이산화탄소를 직접 활용하는 사업체(드라이아이스, 용접, 자연 냉매, dry cleaning 등) 인근 부지
	예상 규모	- CO_2 network : 30 km - 친환경 고분자(폴리카보네이트/폴리우레탄/폴리켑톤) 생산 플랜트 : 각각 300 톤/년
본 기술의 응용 분야		- CO_2의 주요 시장인 중공업의 CO_2용접, 식품 포장, 비닐하우스, 소화방제 등 직접 활용 시장 - 국내 추진할 CCS 프로젝트와 연계: CCS 주요 기술인 이산화탄소의 압축, 수송. 관리 등 공통기술의 연계 활용 - 확보된 실증 데이터를 기반으로 국가 온실가스 관리 시스템 운영에 대한 전반적인 기술 필요분야 - 기존 이산화탄소 활용 기술에 연계한 전환기술 분야: (예) 건식 개질을 통해 CO 또는 합성 가스 제조 기술을 확보하면 이들을 사용하는 기존 화학제품 제조 기술에 연결하여 석유화학 기반 기술 전반에 대한 기술 확대 가능
기타		- CO_2용접, 식품 포장, 비닐하우스, 소화방제 등 시장 관련 중소기업이 수혜 기업으로 예상

붙임 2. 5개 후보과제(안) 요약서

붙임 2.1 5개 후보과제(안) 요약서 (과제 1: 모듈화 플랜트)

1. 모듈화 Compact GTL(Gas-To-Liquid) 플랜트 (1/2)

과제명	가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화
사업의 목적	세계 화학산업 변화 대응을 위한, 중소규모 가스자원 활용 모듈형 GTL 통합공정 실증화
사업의 필요성	o 한계가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원(바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요 o GTL 기술은 가스자원을 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 진행 단계이기 때문에, 기술선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황 o Compact GTL 기술에는 공기업부터 중소기업까지 연관되어, 기술개발을 통해 동반성장기회 제공
사업의 내용	o Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발 o Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발 - 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 기존 대형 반응기 대비 10 배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응시스템 단위 모듈 개발 o 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발 - 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화, 공정모사를 통한 반응기/공정해석, 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증플랜트 경제성 평가 기술 개발, 3,000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계 o 바이오가스 원료 사용 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증 - 기존 국내 개발 규모인 파일럿 공정을 모듈화한 compact 플랜트 기술 개발과 국내 실증
다부처 공동기획사업의 필요성	o 다부처 연구사업 추진을 통한 해외 중·소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약 - 현재 파일럿 플랜트 수준의 기술은 확보하였으나, 상용화 기술 미흡 - 해외 셰일 가스전에서의 개발 및 활용사업 진출 경쟁력 확보, 국내 소규모 가스 부산물 활용에 의한 환경 처리 및 폐자원 활용, GTL 플랜트 기술 자체 라이선스로 해외 플랜트 수주 경쟁력 제고
시장 진입 전략	o 실제 시장에 적용할 수 있는 플랜트 규모는 **3,000~5,000 BPD**임 o **Test bed에서 200 BPD 단위 플랜트 실증, 20~30 단위를 통합한 플랜트로 상업용 시장 진입**
사업비/사업기간	o 총 75,000백만원 (정부 55,000백만원, 민간 20,000백만원) / 5년

1. 모듈화 Compact GTL(Gas-To-Liquid) 플랜트 (2/2)

과제명	가스자원 활용을 위한 모듈형 GTL 플랜트 실증화	
시장의 특성 및 국내 관심 기업	o 국내외 시장의 크기 : 2014년에는 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 52조원 규모 (GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)" 자료 참조, GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장 합산)	
	o 주요 시장 : 북미, 카타르 등 서남아시아, 러시아 및 극동지역 등	
	o 국내 예상 관심 기업 : 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사(대우건설, 현대중공업, 현대건설, SK 건설 등), 조선업계(대우조선해양 등) 및 촉매제조사	
	국토부 역할	**산업부 역할**
부처별 역할 분담	o Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발 o 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증	o Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발 o Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발
국토부 필요성 및 성과	o 산업부의 기존 성과 활용 가능 o Compact GTL 기술의 실증 경험에 의한 해외 가스플랜트 사업 참여 기회 및 이익창출 제고 o 가스플랜트 EPC 역량 강화	
산업부 필요성 및 성과	o 기 산업부 에너지자원기술개발사업에서 개발한 기술의 실증 필요 o 국내 마이크로 반응기와 모듈형 플랜트 설계 시장의 창출 o 셰일가스 및 수반가스의 flaring 방지기술로서 온실가스 배출 저감 기술로서의 활용 o 기존 산업부 개발기술을 이용한 대형 플랜트 설계 및 시공기술 확보	
추진 전략	o 기본 모델 2-2 선정 (1단계는 기존 성과물) o 2단계에서 국토부 중심으로 진행하되, 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화, 엔지니어링 수행	
산업부에 요청사항	o 국토부에서 산업부의 기존성과 활용에 대한 승인 o 공동 연구 : 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행)	



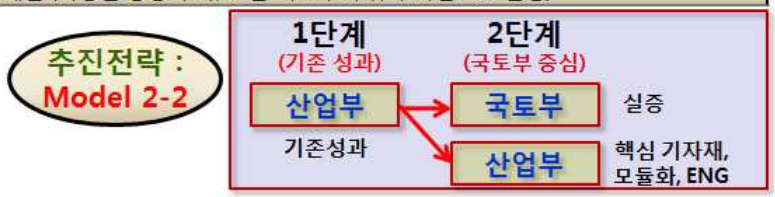
붙임 2.2 5개 후보과제(안) 요약서 (과제 2: 청정연료 플랜트)

2.2 합성가스 고부가가치화 플랜트 (1/2)

과제명	저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트
사업의 목적	o 저급원료(석탄, 정유공장 부산물, 폐기물, 바이오매스)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외), 합성연료(SNG, DME) 등(수요처에 따라서는 전기/열 포함 가능)을 생산하여 산업단지에 공급할 수 있고, 향후 해외수출이 가능한 플랜트 기술 개발
사업의 필요성	o 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG), 고순도 CO의 화학원료 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기 o 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망 ⇨ 고부가가치 플랜트시장 핵심기술 실증 test-bed 운영/실적 통한 해외시장 진출 기반 확보 필요 o 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 조기에 필요하며, 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실
사업의 내용	o 국내 기존 추진되어 온 독자기술 개발결과를 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발 o 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능한 주요 공정별 모듈화를 통한 기술개발 (표준화, 저단가화, 유지보수기간 단축, availability 증대용 저렴한 spare 반응기 사용 등 경쟁력 확보) : 100톤/일급 test-bed는 건설/실증 후 상용설비로 상업운전 o 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발 o 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술 개발 o 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보
다부처 공동기획사업의 필요성	o 저급자원을 활용하여 합성가스를 생산하고 이를 활용하는 플랜트 분야는 활용성이 크고 국내 및 해외 시장 규모가 막대한 미래 고부가가치 산업으로서 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하지만, R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제경쟁력 확보에 기여가 부족한 상황임. o 플랜트 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출이 가능하며, 기존 부처에서 지원된 요소기술을 모듈로 집적화 특화 시키면 세계시장 경쟁력 확보 가능한데 중국 등 기술경쟁국 추세로 볼 때 한국에 기회는 향후 5년 이내로 판단됨.
시장 진입 전략	o 실제 시장에 적용 플랜트 최소 모듈 규모는 저급원료 기준 50 톤/일임 o **Test bed에서 100 톤/일(50톤/일 모듈 2기 + 1기 spare) 플랜트 실증 및 신뢰성 확보(100톤/일급 test-bed는 실증기간 후 자체 상업운전), 50톤/일급 모듈 기반 100톤/일 규모 이상 국내외 시장 1단계 진입, 100톤/일급 단일모듈로 scale-up 2단계 시장 추진**
사업비/사업기간	o 총 100,000백만원 (정부 65,000백만원, 민간 35,000백만원) / 5년 (단일단계 5년 또는 3년 + 2년)

2.2 합성가스 고부가가치화 플랜트 (2/2)

과제명	저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트	
시장의 특성 및 국내 관심 기업	o 국내외 시장의 크기 : 전 세계 50조원/년 이상 (약 50GW$_{th}$-syngas/년=2,500 톤/일 기준 100개 플랜트 이상, 최대 100조원/년)	
	o 주요 시장 : 인도네시아, 몽골, 호주, 인도, 중국, 북한, 국내(발전사, 에너지 기업 등)	
	o 국내 예상 관심 기업 : 국내 대부분의 건설사, 엔지니어링사, 에너지기업, 중공업 및 화력발전 자회사 등	
	국토부 역할	**산업부 역할**
부처별 역할 분담	o 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 integration 기술 개발 o 100톤/일급 Test-bed 건설 및 운영 o 상용급 플랜트설계 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발	o 국내 기존 지원한 기술 기반의 가스화기, 합성 원료/연료 생산 위한 반응기 설계/제작 기술 최적화 o 각종 촉매 설계 및 최적 촉매 대량 제조기술 개발 o 고온고압 부식성환경 핵심 설비/부품 국산화 개발 o 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발
국토부 필요성 및 성과	o 산업부의 기존 성과 활용 가능 o 복합 에너지원 생산 공급으로 저급자원의 효율적 활용 및 관리 (산업단지 등에 적용) o 5년 이내 상용화 및 해외시장 진출 가능, o 국내외 저가 자원의 고부가가치 활용을 통한 분산전원 형태의 에너지/화학원료 수급체계 구현	
산업부 필요성 및 성과	o 기존 산업부 지원 성과로서 국내 기반기술 확보 o 나프타 대체하여 경제성 확보 가능 시장 상황 (합성가스 구매 의사 대기업 존재 등) o 기존 산업부 지원 성과를 활용하여 저급 원료로 고부가가치 물질 또는 연료/열/전기 에너지 생산	
추진 전략	o 기본 모델 : 2-2 (1단계는 기존 성과물) o 2단계에서 국토부 중심으로 진행하되, 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화, 엔지니어링 수행	
산업부에 요청사항	o 국토부에서 산업부의 기존 성과 활용에 대한 승인 o 공동 연구 : 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행)	



붙임 2.3 5개 후보과제(안) 요약서 (과제 3: 수소 및 극저온 플랜트)

3. 수소 및 극저온 플랜트 (1/2)

과제명	공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발
사업의 목적	o 산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 공기분리장치 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 기술 개발을 통한 산업 수요 충족 및 미래 수소사회 인프라 구축
사업의 필요성	o IGCC, GTL, 순산소 연소 등의 신규기술 개발로 대용량/저단가 산소 수요 증가 o 미래 수소에너지 시대에 대비를 위한 수소 생산/저장/공급 인프라 요구 확대
사업의 내용	o 공기분리장치 및 수소액화 통합 플랜트의 신공정 기술 개발 o 공정용 압축기, 터보 팽창기, 열교환기, 분별증류탑 등의 핵심기자재 개발 및 인증기술 개발 o 극저온 플랜트 건설/평가/운전/유지관리 기술 개발
다부처 공동기획사업의 필요성	o 부처별 기 수행 사업을 통해 확보된 특화기술의 연계를 통한 고부가가치 극저온 플랜트 기술 확보 - 플랜트 설계 및 건설 기술 : 국토교통부의 LNG 플랜트 사업단 보유 기술 활용 - 핵심기자재 기술 : 미래창조과학부, 산업통상자원부에서의 특화기술 활용 - 가스전처리 및 환경영향 평가 기술 : 환경부의 특화기술 활용 - 플랜트 안전 및 위험관리 : 미래창조과학부, 산업통상자원부 및 국민안전처의 전문기능 활용
시장 진입 전략	o 실제 시장에 적용할 수 있는 플랜트 규모는 **산소기준 50톤/일 수소기준 5톤/일** 이상. o **Test bed에서 상용화 규모의 수소 5톤/일, 산소 175톤/일, 질소 500톤/일 규모 플랜트 실증** o 산소/질소의 경우 국내 및 세계 가스시장 및 플랜트 건설 시장 즉시 진입, 수소의 경우 에너지 효율이 높은 세계최초 공기분리장치와의 통합 공정개발로 신규 수소액화 플랜트 시장 선점
사업비/사업기간	o 총 200,000백만원 (정부 100,000백만원, 민간 100,000백만원) / 5년

3. 수소 및 극저온 플랜트 (2/2)

과제명	공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발	
시장의 특성 및 국내 관심 기업	o 국내외 시장의 크기 : 산업용 가스 액화 플랜트 시장(2015) - 세계 460억 달러, 국내 11.5억 달러	
	o 주요 시장 : 공기분리 및 수소액화 플랜트 건설 시장 – 중국, 인도 등 산업성장 개발도상국	
	o 국내 예상 관심 기업 : 대성산업가스(플랜트), 동화엔텍, 대주기계, 삼성테크윈 등 (플랜트기자재)	
	국토부 역할	**산업부 역할**
부처별 역할 분담	o 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 - 공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계 - 극저온 플랜트 시공/운전 기술 - 극저온 배관 단열 기술	o 극저온 플랜트 핵심기기 기술 개발 - 원심압축기 및 터보 팽창기 - 극저온 열교환기, 분별증류탑 및 상분리기 - 극저온 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증
국토부 필요성 및 성과	o LNG 사업단의 극저온 가스플랜트 성과의 연계 및 직접적 활용 가능 o 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 인프라 구축	
산업부 필요성 및 성과	o 플랜트 실증을 통한 플랜트 핵심 기자재(전체 플랜트 비용의 60% 이상) 국산화, 성능평가 인증체계 구축 o 산소 활용도 증가 추세(순산소연소, IGCC → 고순도 산소 필요)에 따른 산업용 가스 산업 활성화	
추진 전략	o 기본 모델 : Model 3 + Model 1 o 1단계에서는 기자재 및 공정/건설 기술 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 핵심기자재 인증은 산업부 중심, 플랜트 건설 및 실증은 국토부 중심	
산업부에 요청사항	o 공동 연구: 핵심기자재 개발 & 인증 - 기존 산업부 결과 적극 활용 및 추가 부분 가능한 공동 투자 (또는 국토부의 위탁 사업으로 진행) o 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사용 승인	



붙임 2.4 5개 후보과제(안) 요약서 (과제 4: 극한지 플랜트)

2.4 극한지 플랜트 (1/2)

주) 극한지 : 등토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역

과제명	극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심 장치 개발
사업의 목적	o 미래 지역개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 "극한지 맞춤형 플랜트·장치 기술"을 개발하기 위함
사업의 필요성	o 극한지 에너지자원 개발 가속화에 따라 플랜트 건설 수요 증가에 대비한 진출전략 마련 필요 - 전세계 미발견 석유·가스 부존량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 - 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 고부가가치 측면에서 시장 확대 전망 o 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 큼 - 극한지에서 플랜트 사업 경쟁력 확보의 핵심 키워드로 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요 - 신뢰도가 높은 시공계획 및 플랜트 설계, 맞춤형 장치· 기자재, 자동화 시공기술 혁신이 필요
사업의 내용	o 극한지 맞춤형 플랜트(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 설계기술 o 극한지 이송 스테이션, 장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술 o 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술 o 극한지 굴착, 매설, 설치 등 자동화 시공시스템(로봇, 장치 등) 기술 o 극한환경 플랜트 가상· 원격 건설 및 통합운용 기술
다부처 공동기획사업의 필요성	o 부처별 R&D 투자방향(역할)과 특성 및 강점을 결집하여 미개척 극한지 시장 경쟁력 제고 필요 o 특히, 극한지 현장 시스템(국토부), 핵심 소재 및 장치(산업부), ICT 융합 운용(미래부)의 결합을 통한 현장 엔지니어링-공급체인-운용 등 산업 전후방 연관 시너지 극대화 o 기계/소재, 자동화 시공, 핵심장치, ICT 등 핵심기술의 융복합을 통하여 구현되는 대규모 극한지 건설, 엔지니어링 사업의 기술개발투자 리스크 쉐어가 필요
시장 진입 전략	o 기본방향: 극한지 시장 니즈(blue ocean, niche market)를 고려한 **독자기술과 실증실적(핵심성공요인)을 확보하여 현지 업체와 협업전략(설계, 설치, 운영 등) 추진** o 핵심장치 및 건설기술에 대한 0℃ 이하 동토지역 운용성, -40℃ 이하 운용성능 검증/실증 확보
사업비/사업기간	o 총 120,000백만원 (정부 80,000백만원, 민간 40,000백만원) / 7년

2.4 극한지 플랜트 (2/2)

주) 극한지 : 등토, 해저, 극지, 격오지 등 작업환경이 열악한 지역

과제명	극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 및 핵심 장치 개발	
시장의 특성 및 국내 관심 기업	o 국내외 시장의 크기 : 1) 북미/동유럽/아시아 동토지역 국제 이송망(스테이션 포함) 477조 규모(2013, Pipeline & Gas Journal), 2) 캐나다 동토지역 오일샌드 중상류 시장은 2010년 기준 240억불 규모	
	o 주요 시장 : 극한지 석유&가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표되며, 지역적으로 미국 및 캐나다 등 북미시장, 러시아 시베리아 및 캄차카 지역시장, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등	
	o 국내 예상 관심 기업 : 1) 건설사: 포스코건설, SK건설, 현대건설 등, 2) 제작사: 한진중공업, 광신기계, 덕원이엔티, 나라콘트롤 등, 3) 엔지니어링사: 포스코엔지니어링, 성진이앤티 등	
	국토부 역할	**산업부 역할**
부처별 역할 분담	o 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술 o 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 자동화 시공기술 o 국외 현장 검증/실증기술, 현지 시험인증에 대응한 사용 적합성 평가기술, 사업모델 개발	o 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술 o 극한소재, 모듈장치, IoT 기반 통합제어시스템 (SCADA 경쟁기술 등은 미래부 협력) 기술 o 러시아, 북미 등 현지 기준에 적합한 장치, 기자재 시험인증 기술
국토부 필요성 및 성과	o 극한지 현장 중심의 플랜트 설계, 시공기술 실증을 통한 국외 신시장 창출 필요 o 극한지 시장진입을 위한 실증형 독자기술(교두보) 확보, 해외수주지원 정책목표 실현 등 성과제고	
산업부 필요성 및 성과	o 극한지용 핵심 장치 및 기자재 supply chain을 확대 필요 o 러시아 등 극한지 맞춤형 핵심장치/기자재 기술수준 제고, 산업생태계 활성화 실현 등 성과제고	
추진 전략	o 기본 모델 : Model 3 + Model 1 o 1단계에서는 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 국토부 중심	
산업부에 요청사항	o 공동 연구: 극한지 대상으로 맞춤형 핵심기자재 개발 (공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업 등 모색) o 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사업에 적용을 위한 정책 협력	



붙임 2.5 5개 후보과제(안) 요약서 (과제 5: CO_2 활용 플랜트)

5. CO_2 활용 플랜트

과제명	포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축
사업의 목적	o 포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리 효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 재배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현
사업의 필요성	o 포집 CO_2 격리를 위한 사후 처리 기술의 필요성 증대 (2030년 BAU대비 37% CO_2 저감 필요) o CO_2 활용 극대화를 위해선 각각의 포집 사용 기술을 연계시켜줄 공급 시스템이 필수적으로 필요함 o 지속적인 소비와 생산을 위해 석유 등 자원 고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요 o 안정한 자원 선순환 사회구축을 위한 원천적 친환경 제조 기술 및 제품의 개발 필요
사업의 내용	o CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축 o CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 플랜트 개발 o 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비 o CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축
다부처 공동기획사업의 필요성	o CO_2 활용 기술의 보급 확대를 통한 온실가스 저감 효과 극대화시키기 위해서 공급 네트워크, 산업 생산공정 및 환경 규제와 관련된 관련 부처들 협력을 통해 국가 온실가스 감축 목표 달성 및 저탄소 사회 기반 구축 필요 o 이를 위해서 국토부, 산업부, 환경부 등 관련 기관들의 공동 기획 필요
시장 진입 전략	o 공급망의 설계, 구축 제어 기술을 통한 활용 극대화 시스템을 통해 CO_2를 이용한 관련 산업의 최대 효율화를 추구하여 신시장을 창출하고 통합 시스템의 해외 수출을 통한 시장 선점 o 국내 환경에 적합한 CO_2 활용 원천 상용 기술 개발을 통해 신규 성장하고 있는 국내 및 해외 저탄소 환경 제품/기술 시장 선점을 통해 대외 국제 경쟁력 확보 및 고용 창출 o 국가 주도의 대규모 화재 방재 시스템을 동시에 구축하여 국가 안정 관련 시장을 확대하고, 농업 생산력증가를 통해 경쟁력 확보 및 농작물 수입 시장 대응 o 국제 경쟁력을 갖추고 있는 플랜트 산업 및 석유화학 산업 등과 연계하여 **관련 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 통하여 온실가스 전환 상용화 플랜트 분야에서 국가 미래 신성장동력 창출**
사업비/사업기간	o 총 150,000백만원 (정부 130,000백만원, 민간 20,000백만원) / 7년 (단일단계 7년 또는 4년 + 3년)

5. CO_2 활용 플랜트

과제명	포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축		
시장의 특성 및 국내 관심 기업	o 국내외 시장의 크기 : CO_2 포집/ 공급 플랜트 시장 규모(세계: 15조/년, 국내: 5000억/년), 공급 Network 관련 산업 규모(전세계 약 100조/년 이상) o 주요 시장 : 국내 신규 공급망 구축, 중국 산업단지, 베트남, 동유럽 o 국내 예상 관심 기업 : 포집 공급(제철사, 화력발전사), 고분자(LG화학, OCI, SKI, 효성 등 화학대기업), 기존시장(식품 음료 회사, 가스 공급사), 화재 진압(방재 관련 회사, 정밀 전자회사 등)		
	국토부 역할	**산업부 역할**	**환경부 역할**
부처별 역할 분담	o CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발 o 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립 o 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 process integration 기술 개발 o 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발	o CO_2 포집 분리 공정 기술 개발 o 반응기 및 촉매 제조 기술 개발 o 친환경 고분자를 활용한 제품화 o 단위 공정 최적화 o 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발 o 기존 활용 산업 활성화 기술 개발	o 온실가스 전환 제품/공정 평가 기술 개발 o 온실가스 전환 제품에 대한 지원 정책 o 부처 관련 미활용 탄소원 개발 및 고부가가치화
국토부 필요성 및 성과	- 산업부와 미래부에서 추진한 성과를 연계하여 극대화 하기 위한 필수 기술 - CO_2 공급망을 통한 산업단지 및 지역 발전 계획은 국토부 본연의 역할을 잘 살릴 수 있음 - 산업부의 E(Engineering) 기술을 토대로 C(Construction)에 활용하여 시스템을 수출할 수 있음		
산업부 필요성 및 성과	- CO_2의 고가 제품화를 통하여 탄소세가 높을 경우 대비 가능 - 발생원 포집 및 고부가 상업화 시장은 산업부의 기술 개발 결과가 필수임		
추진 전략	- 기본 모델 : Model 1 - 1단계에서는 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 국토부 중심		
산업부에 요청사항	- 공동 연구: 핵심기자재 개발 (가능한 공동 투자, 또는 국토부의 위탁 사업으로 진행) - 1단계 산업부의 연구개발 결과를 2단계에서 국토부 사용 승인		



붙임 3. 후보과제 선정 기준/비중 및 5개 후보과제(안) 도출 과정

붙임 3.1 후보과제 선정 기준 및 비중

항목	기준	세부기준	비중
기술성	국내기술 역량	기존 국내기술개발 수행 정도	20
		실증 이전단계 기술개발 실적	
	틈새시장 진출시 경쟁력		
	선진사 기술 대비 차별성/경쟁력		
	신흥기술 개발국 대비 차별성/경쟁력		
	원천기술 확보 가능성	원천기술 국내개발 가능성	
	대상기술의범용성	지나친 특수 분야 기술 여부	
타부처 연계성	부처 고유업무 적합도	부처 고유업무 비포함 정도	30
	각 부처 기존사업 존재 여부		
	각 부처 기능적 역할 명확도		
	각 부처 시너지효과 구체성		
	국토부 규제 해제로 활성화 해당도		
경제성/ 사업성	민간기업 요구도	민간 현금부담 가능도	30
		기업 사업추진 계획의 구체성	
	해외 틈새시장 유무		
	참여기업 확보 가능성		
	2020년, 2030년까지 국내/해외 시장규모		
	Business Model의 구체성/합리성		
	수익 가능성		
	미래 먹거리산업 창출 가능성		
	Sustainable Demo Plant 구현 가능성		
중소/중견 기업 참여도	국내 중소/중견기업 활용도		10
	국내대상 기업수		
	국내 기자재 국산화 참여 가능성		
소요 기간	5년 내 가시적 성과 도출 가능성		5
	2020년도 이전 국내 건설계획 유무/구체성		
기타	이전 사전기획 정도	이전 기획과제 상세성	5
	국가현안 문제 해소 해당 여부		
	대상사업의 금액 규모	300-1,500억원 사업규모 적합성	
	기자재 국산화 대상금액 규모		

붙임 3.2 5개 후보과제(안) 도출 과정



붙임 4. 5개 후보과제(안) 수요조사서

붙임 4.1 5개 후보과제(안) 수요조사서 (과제 1: 모듈화 플랜트)

1. 사업명 및 사업 구분

<제안분야>

대분야	중분야	소분야
기타	-	-

사 업 명	가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화			
주요참여부처	국토교통부, 산업통상자원부			
사업기간	☐ 단기 (4년 이내)	☑ 중기 (4~7년)	☐ 장기 (7년 이상)	
사업범위	☐ 기초연구	☐ 응용화개발	☑ 실용화개발	
사업유형	☐ 기반조성사업		☑ 연구개발사업	
	☐ 기반구축 ☐ 인력양성 ☐ 기술이전·확산		☑ 산업연구실용화 ☐ 산업연구선도 ☐ 공공연구 ☐ 기초연구	
주요기술	Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 Compact 피셔-트롭시 합성반응 시스템 Compact GTL 통합공정 최적화			
기술분류 Code No.	**국가과학기술 표준분류체계**	대분류	화공	건설/교통
		중분류	화학공정	시설물 설계/해석 기술
		소분류	촉매/반응기술	플랜트
	산업기술 분류표	대분류	화학	에너지·자원
		중분류	화학공정	자원
		소분류	촉매 응용기술	석유·가스개발

2. 사업의 개요

사업의 목적	세계 화학산업 변화 대응을 위한 중소규모 가스자원 활용 Compact GTL 통합공정 실증화
사업의 필요성	○ 대형 가스전은 이미 세계 메이저 회사에 선점되어 LNG, PNG, 대형 GTL 등으로 활용되고 있으나, 중소규모 가스전 (<1TCF)은 전체 가스자원의 60% 이상을 차지하지만, 개발기술과 경제성 문제로 인해 상당부분 미개발 상태로 놓여있음 ○ 석유 채취/정제과정에서 발생하는 동반가스의 flaring 금지 규제가 세계적으로 확대되고 있는 추세임 ○ 한계가스전 등의 중소규모 가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원 (바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요 ○ 지금까지 상용화에 가까운 바이오연료 생산기술은 주로 생물학적 공정에 기반을 둔 알콜류 제조에 집중되어 있으나 향후 바이오 화학산업의 발전방향 및 기존 석유화학 infrastructure와의 연계방향을 감안할 때 열화학공정을 기반으로 하는 바이오연료 제조기술 개발이 동시에 수행되어야 경제성 확보가 가능함 ○ GTL 기술은 가스자원을 저장/수송이 용이한 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에, 기술선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황임 ○ Compact GTL 기술개발에 연관된 업체로는 자원개발사의 공기업, 엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업체와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사 등과 같은 중소기업이 있으며, 기술개발 및 상업화를 통해 동반성장기회를 제공함 ○ 소형 compact GTL 기술 확보시 동남아 지역 등 바이오가스 생산이 용이한 지역에 특화된 플랜트 수출산업으로 경쟁력 확보 가능
사업의 내용	○ Compact GTL 반응기용 고성능 촉매: Compact 리포밍 및 피셔-트롭시 반응기용 촉매 성능개선 및 촉매 대량 제조 기술 개발 ○ Compact 피셔-트롭시 합성반응시스템 - 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 상용반응기 대비 20 배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 (C5+ 생산량 기준 0.025m^3/bpd 이하 Compact FT 반응기) 개발 ○ 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발 - 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화, 공정모사를 통한 반응기/공정해석, 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증플랜트 경제성 평가 기술 개발, 3000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계 ○ 바이오가스 사용 소형 모듈화된 compact GTL 공정기술 개발 및 실증 - 기존 국내기술 규모인 1 배럴/일급 공정기술을 모듈화한 comapct 공정기술 개발과 국내 실증
다부처 공동기획사업의 필요성	○ 국토교통부 - 산업부의 기존 성과 활용 가능 - Compact GTL 기술의 실증 경험에 의한 해외 가스플랜트 사업 참여 기회 및 이익창출 제고 - 가스플랜트 EPC 역량 강화 ○ 산업통산자원부 - 기 산업부 에너지자원기술개발사업에서 개발한 기술의 실증 필요 - 국내 마이크로 반응기와 모듈형 플랜트 설계 시장의 창출 - 셰일가스 및 수반가스의 flaring 방지기술로서 온실가스 배출 저감 기술로서의 활용 - 기존 산업부 개발기술을 이용한 대형 플랜트 설계 및 시공기술 확보 ○ 다부처 연구사업 추진을 통한 중소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약

3. 기본 현황 분석

이전 사업 검토

○ Compact GTL 관련 연구 현황

과제명	수행기간	연구내용
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발	'06.08~ '12.07	대형 GTL 또는 이산화탄소가 포함된 가스전에 적용하기 위한 기포상 반응기 및 FT 촉매 개발
천연가스로부터 FT합성용 합성가스의 제조 기술 개발	'06.08~ '12.07	튜브형 리포머에서 천연가스를 물과 이산화탄소를 함께 반응시켜 합성가스 제조
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	'10.06~ '15.05	0.2배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발
GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반기술 개발	'11.07~ '16.06	해상 자원활용 기술을 GTL로 한정짓고, 전적으로 GTL만을 위한 FPSO 상용화를 위한 기반기술 개발

- 중소규모 가스전 및 바이오가스와 같은 소규모 자원의 활용에 대한 연구는 미진함
- 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나, 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함

사업수요 및 투자 현황 분석

○ "GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)" 자료 참조하여 아래의 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산

- 표 1. Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024($m, AGR %, CAGR%, Cumulative)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CAPEX ($m)	2,739	2,647	4,963	7,387	11,668	15,783	19,783	20,647	23,372	19,773	18,405	18,405
AGR (%)		-3.3	87.5	48.8	57.9	35.3	25.3	4.4	13.2	-15.4	-6.9	0.0
CAGR (%) 2014-2019		49.5					2019 -2024	-1.4				
CAGR (%) 2014-2024		21.4										

- 표 2. Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024 (bpd, AGR %, CAGR%)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
bpd	151,140	165,460	175,558	185,656	195,754	210,889	282,591	404,156	550,240	701,446	812,837	919,855
AGR (%)		9.5	6.1	5.8	5.4	7.7	34.0	43.0	36.1	27.5	15.9	13.2
CAGR (%) 2014-19		11.3					2019 -2024	26.6				
CAGR (%) 2014-24		18.7										

- 표 3. 세계시장규모 합산 (단위 : 억원)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GTL Capex	27,388	26,473	49,630	73,873	116,676	157,828	197,827	206,468	233,719	197,732	184,048	184,048
GTL Liquids	55,166	60,393	64,079	67,764	71,450	76,974	103,146	147,517	200,838	256,028	296,686	335,747
Sum	82,554	86,866	113,709	141,637	188,126	234,802	300,973	353,985	434,557	453,760	480,734	519,795

○ GTL 산업은 소수의 기술 보유사가 관련 사업을 독점 중. 국내 업체들은 기술 라이센싱 불가능

○ 바이오가스, 셰일가스, 한계가스 등의 개발에 적용하는 GTL 기술이 많은 관심을 받고 있음. 가스 자원의 개발 및 향후 GTL의 시장은 매우 커질 것으로 예상

○ 최근 유가가 하향세를 보이고 있지만, 곧 다시 상승 할 전망. 저유가 상황으로 인한 관련기술 개발 침체시기에 고유기술을 개발한다면 기술선진국으로 도약할 수 있음

참여부처 현황 및 참여 범위			
	참여부처	국토교통부	산업통상자원부
	참여범위	플랜트 실증	핵심기자재 모듈화 및 ENG
	사전협의여부	○ (국토교통과학기술진흥원)	○ (에너지신산업정책과)

4. 동향 분석 및 사업의 파급효과

<table>
<tr><td rowspan="2">기술 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있으며, 이를 기반으로 100 BPD급 실증플랜트 라이선스 패키지를 완성함.
○ 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2bpd급 Compact GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나(리포밍 반응 + FT 반응), 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 중소규모 가스전 자원활용을 위한 Compact GTL 업체는 Velocys (Oxford Catalyst group, 미국)사와 CompactGTL (영국)사가 있음
- CompactGTL사는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 유지/보수가 쉽고 수 cm의 채널사이즈를 갖음. Velocys는 파우더형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용하여 열교환 효율을 극대화시킴
- Velocys는 6bpd 급, CGTL은 20bpd급에서 demonstration 운전을 마친 상태임.
- Velocys는 미국에서 CGTL은 카자흐스탄에서 GTL project를 진행 중</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술 역량</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 전체적인 가스화학의 기술 수준은 선진국에 비해 국내기술은 많이 뒤쳐져 있음. 가스화학은 원료중심산업으로 입지적 요인에 의해 많은 영향을 받음. 지금까지 국내 석유화학산업은 원료의 수송이 편한 납사원료기반 석유화학제품 생산 중심이었음
○ 현대엔지니어링은 투르크메니스탄에서 39억 달러 규모의 GTL 플랜트 EPC를 수주함
○ 국내사 미국회사 기술 사용한 미국 내 사업 추진 중임
○ 국내 플랜트 기술의 고도화를 위하여 국내 자체 라이센스에 의한 플랜트 실증 경험이 요구됨</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 2014년까지 운영 중인 GTL 상용공정은 4개이며, 2018년까지 7개로 늘어날 전망임. 대부분 GTL 공정은 대규모의 가스전을 기반으로 상용화되었으며, 이외에도 미국, 유럽, 일본, 호주 등에서 100 BPD 이상의 실증규모의 GTL 공정을 실증한 바 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 한국은 세계 4위의 석유 수입국이자, 세계 2위의 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지(PED, Primary Energy Demand)의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임
○ 국내에서는 가스자원을 이용하여 화학제품이나 연료 생산을 통해 내부수급이나 수출이 전혀 이루어져 있지 않으며, LNG 형태로 전량 수입되는 가스자원은 연료나 발전용으로 대부분 사용됨</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ GTL 기술은 전 세계적으로 대형은 상업화 전과 단계이고 중소형은 상업화 이전 단계로 2014년 현재 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 86,866억원 규모이며 2023년에는 480,734억원으로 성장할 전망, 연평균 성장률(CAGR) 12% 이상 급성장 (Visiongain, 2014)
○ 2010년 GTL연료 공급량은 7만 BPD 규모에서 2020년 33만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상되고 2040년에는 61만 BPD까지 증가할 것으로 예상됨. 원유를 제외하고 대체원료로부터 생성된 액체연료 (NGL, Biofuel, CTL, GTL, Kerogen, Refinery gain) 중에 공급 증가량은 2040년 까지 GTL이 7.6%로 가장 크게 나타남 (2014 International Energy Outlook, US DOE)
○ 세계시장규모의 증가세는 2010년에서 2020년 까지 5배의 지속적인 시장증가세를 보였으며, 2040년까지 최대 9배까지 성장할 전망임 (2014 International Energy Outlook, US DOE)
○ 세계적으로 산재해 있는 중소가스전이나 flaring 가스의 활용 비중이 늘어나면서 총 GTL 합성유 생산규모에서 비OPEC 국가의 시장 선도비율이 크게 늘어날 것으로 예상됨 (2014 International Energy Outlook, US DOE)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장 규모</td><td>연도</td><td>현재의 시장규모
(2015 년)</td><td>5년후 시장규모
(2020 년)</td><td>8년후 시장규모
(2023 년)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>-</td><td>10,620 억원</td><td>48,073 억원</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>113,709 억원</td><td>353,985 억원</td><td>480,734 억원</td></tr>
<tr><td>산출 근거</td><td colspan="3">○ 프로젝트가 진행/완료되면서 생산되는 제품의 국내외 시장 규모
(프로그램(분과) 전체 시장 규모 × oo% 로 시장 규모 예측 가능)
- GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)를 참조하여 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산</td></tr>
<tr><td rowspan="3">파급 효과</td><td>구분</td><td>기술적 효과</td><td>경제적 효과</td><td>사회적 효과</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>○ 화학공정분야 기술수출국으로 도약 가능</td><td>○ 기존 공정의 생산비용을 절감시켜 공정의 혁신 유도</td><td>○ 자주개발 원유의 확보로 에너지 자립국가 실현</td></tr>
<tr><td>근거</td><td>○ 세일가스와 화학산업의 대응방안('13)</td><td>○ 저탄소 녹색성장을 위한 기술, 산업 및 노동('08)</td><td>○ 새로운 유전을 만드는 GTL 기술('11)</td></tr>
</table>

5. 총 사업비, 사업 기간 및 소요 인력(추정치)

<table>
<tr><td>정부출연금</td><td colspan="2">○ 참여부처 1 : 국토교통부
○ 참여부처 2 : 산업통상자원부
55,000 백만 원</td></tr>
<tr><td>민간부담금</td><td colspan="2">20,000 백만 원</td></tr>
<tr><td rowspan="6">합계</td><td>바이오가스 공급 및 조성 조절</td><td>12,500 백만 원</td></tr>
<tr><td>가스자원 리포밍 공정 개발</td><td>12,500 백만 원</td></tr>
<tr><td>피셔-트롭시 합성공정 개발</td><td>12,500 백만 원</td></tr>
<tr><td>업그레이딩 공정 개발</td><td>12,500 백만 원</td></tr>
<tr><td>통합 플랜트 공정 설계 및 운전</td><td>25,000 백만 원</td></tr>
<tr><td>총 사업비</td><td>75,000 백만 원</td></tr>
<tr><td>사업 기간</td><td colspan="2">60 개월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">소요 인력</td><td>바이오가스 공급 및 조성 조절</td><td>15 명</td></tr>
<tr><td>가스자원 리포밍 공정 개발</td><td>15 명</td></tr>
<tr><td>피셔-트롭시 합성공정 개발</td><td>15 명</td></tr>
<tr><td>업그레이딩 공정 개발</td><td>15 명</td></tr>
<tr><td>통합 플랜트 공정 설계 및 운전</td><td>40 명</td></tr>
<tr><td>총 소요인력</td><td>100 명</td></tr>
<tr><td>산출 근거</td><td colspan="2">
(단위 : 백만원)
<table>
<tr><th colspan="2">인력별 연간 사업비</th><th>소요인력</th><th colspan="2">연간 사업비</th><th>사업년수</th><th>총 사업비</th></tr>
<tr><td colspan="2">150</td><td rowspan="4">100</td><td colspan="2">15,000</td><td rowspan="4">5</td><td rowspan="4">75,000</td></tr>
<tr><td>인건비</td><td>60 (40%)</td><td>인건비</td><td>6,000 (40%)</td></tr>
<tr><td>직접비</td><td>67.5 (45%)</td><td>직접비</td><td>6,750 (45%)</td></tr>
<tr><td>간접비</td><td>22.5 (15%)</td><td>간접비</td><td>2,250 (15%)</td></tr>
</table>
* 인력별 연간 사업비 × 소요인력 × 사업년수 = 총사업비
</td></tr>
</table>

붙임 4.2 5개 후보과제(안) 수요조사서 (과제 2: 청정연료 플랜트)

1. 사업명 및 사업 구분

<제안분야>

대분야	중분야	소분야
(Ⅰ) 플랜트	(1) 청정연료	① 합성가스활용

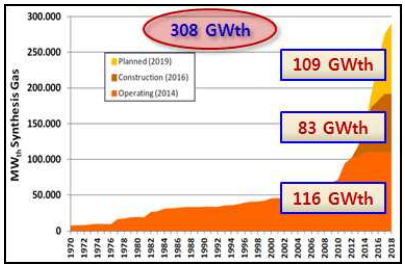
<table>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="5">저급자원 변환 합성가스의 고부가가치 활용 상용화 플랜트</td></tr>
<tr><td>주요참여부처</td><td colspan="5">국토교통부, 산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="5">☐ 단기 (4년 이내) ☑ 중기 (4~7년) ☐ 장기 (7년 이상)</td></tr>
<tr><td>사업범위</td><td colspan="5">☐ 기초연구 ☐ 응용화개발 ☑ 실용화개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사업유형</td><td colspan="2">☐ 기반조성사업</td><td colspan="3">☑ 연구개발사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">☐ 기반구축
☐ 인력양성
☐ 기술이전·확산</td><td colspan="3">☑ 산업연구실용화
☐ 산업연구선도
☐ 공공연구
☐ 기초연구</td></tr>
<tr><td>주요기술</td><td colspan="5">- 합성가스 활용 기술(합성연료, 화학원료), 합성가스 생산 기술, 합성가스 정제 기술,
- 합성가스 활용 플랜트를 위한 ICT 기반 엔지니어링 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술분류
Code No.</td><td rowspan="3">국가과학기술
표준분류체계</td><td>대분류</td><td>건설/교통(EI)</td><td colspan="2">에너지자원(EF)</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>시설물 설계/해석 기술
(EI03)</td><td colspan="2">신재생에너지(EF06)</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>플랜트(EI0305)</td><td colspan="2">석탄가스화액화(EF0611)
폐기물(EF0604)
바이오연료(EF0603)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">산업기술
분류표</td><td>대분류</td><td>건설/교통 (P)</td><td colspan="2">에너지자원(M)</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>시설물 설계/해석 기술
(P03)</td><td>자원탐사/개발/활용(M02)</td><td>신재생에너지
(M06)</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>플랜트 (P0305)</td><td>자원활용
(M0204)</td><td>석탄가스화액화
(M0611)
폐기물(M0604)
바이오연료
(M0603)</td></tr>
</table>

2. 사업의 개요

사업의 목적	○ 저급원료(석탄, 정유공장 부산물, 폐기물, 바이오매스)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외) 및 합성연료(SNG, DME 등)로 생산하는 해외수출이 가능한 모듈화 플랜트 기술 개발
사업의 필요성	○ 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG), 고순도 CO의 화학원료 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 상용규모 설계/제작/건설 경험 활용의 적기 - 국내 석탄사용 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG) 생산은 POSCO가 미국/독일/덴마크 기술로 건설완료, 2015/08 생산단계(민간자체 프로젝트로 약 1.5조원 투자) - 국내 산업폐기물 사용 합성가스 제조 후 고순도 CO를 생산하여 벙커C유로부터 생산하는 CO 대체 플랜트 건설 추진 중 (유럽기술 기반 1,600억원 투자) ○ 타 부처 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요 - 합성가스 생산과 활용에 대한 지난 20여년간 국가지원 R&D 투자를 통하여 파일롯급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계 ⇨ 국내시장도 관련 핵심기술의 해외기술 의존도 심화, 국내 업계의 해외 대형 사업에서 배제되는 상황에 대한 대응 필요 ○ 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행 필요 - 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일롯설비를 대상으로 진행 ⇨ 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황 - 한국도 해외기술 적용한 상용 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용설비가 2015~2016년부터 운전 예정 ⇨ 이 경험 활용 적기 ○ 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망 - 석탄/정유공장부산물 해당 플랜트는 1기당 1조원 이상 고부가가치 시장으로 해외 선진업계 독과점 영역 - 폐기물/바이오매스 해당 플랜트는 1기당 수백~수천억원 투자 규모로 미국, EU 업계가 주도하나, 상용급 실적이 없어서이지 국내 기술수준은 이미 해외선진업계에 도달 ○ 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응 조기 필요 - 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며, 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 활용 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업 필요 ○ 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실 - 최근 수조원 규모의 사우디, 인도 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내 업계 탈락 및 진입 능력 부족 - 사우디 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불 제시해, 국내 H중공업 24억불을 이기고 수주 (2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐) - 인도 Jamnagar Pet-coke 합성가스 사용 세계 최대 poly-generation(전기/수소/SNG/화학원료 생산) 프로젝트에 해외선진사만 참여, 국내사 전무(2013/04 건설 시작) ○ 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄 등 화석연료가 적어도 30년 이상 전기생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용할 수밖에 없는 국내 현실 - 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세 (중국시장이 가장 크고, 중국은 자국 내 건설/운영 경험을 활용하여 자체기술화와 EPC 능력을 크게 제고시킴) - 나프타, LNG기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용할 경우 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물 사용할 때 더 원가절감이 가능

다부처 공동기획사업의 필요성	○ 저급원료를 활용하여 합성가스를 생산하고 이를 활용하는 플랜트 분야는 활용성이 크고 국내 및 해외 시장 규모가 막대한 미래 고부가가치 산업으로서 한국이 반드시 경쟁력을 확보해야 하지만, R&D 성과가 대형 실증 Test-bed까지 연결되지 못하여 국제 경쟁력 확보에 기여가 부족한 상황임. ○ 플랜트 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출이 가능하며, 기존 부처에서 지원된 요소기술을 모듈로 집적화 특화시키면 세계시장 경쟁력 확보 가능한데 중국 등 기술경쟁국 추세로 볼 때 한국에 기회는 향후 5년 이내로 판단됨.
사업의 내용	○ 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발 - 합성가스 생산/정제는 대상 저급원료에 공통 사용할 범용적인 가스화기(150톤/일 규모)와 합성가스 정제 시스템으로 국내 고유형태로 특화시키고, 정제된 합성가스를 사용하여 다양한 고부가가치화 제품(SNG/DME/메탄올/아세트산/고순도CO 등)별로 합성가스 전환공정 모듈을 개발하여 국내제작, 이동, 유지보수, IT접목이 용이한 모듈화 기술개발 - 고가설비 저가화 기술(고가재료 대체, 비용융 방식의 저가 고효율 가스화기, compact 반응기 개발 등) -가스화/가스정제/집진/초청정정제/촉매반응기/열회수/utility공급/분진재활용/폐수처리/잔여가스처리의 주요 공정단계별 모듈화 기술을 개발하여 다양한 저급원료(폐기물, 바이오매스, 석탄, 정유공장 부산물 등)에 최적 적용기술 개발 (저가화, 유지보수 편이, 오지지역 수출 편이, IT적용 표준화 등 목적) - 합성가스 고온 고도정제기술 (기존 습식 저온기술 대비) - 화학원료 합성용 국내 독자 촉매기술 - 합성가스 생산에서 에너지소모 원인인 H_2O와 CO_2 발생 저감, 공정 중 스팀 소모량 저감 및 coke 생성 방지기술 개발 - CO_2 재이용 공정연계 기술 - 미활용 탄소원을 활용한 CO_2 개질 및 CO/H_2 비율 안정적 제어기술 - 저급 원료 사용에 따른 중금속 등 환경 물질의 안정적 처리 공정 개발 - 폐기물 가스화/열분해, 이산화탄소 개질 통합 공정 기술 개발 ○ 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발 - 대용량 1기 대신 중소형모듈 연계 기술개발 (50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 선진업계 1,000~5,000톤/일 상용플랜트와 경쟁가능 기술개발) ⇨ 표준화, 저단가화, 유지보수 기간 단축, 저가 spare 설비 통한 availability 증대 ⇨ 해외 상용설비 건설/운영에서 밝혀진 시행오차 최소화 - 주요 손상부위 컨베이어식 교체개념 등 유지보수 측면 간편화 기술 개발 - 제어 계측과 원격 유지관리가 가능한 설비 IT화, 반응기 compact화로 한국 고유모델 개발 ○ 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발 - 국내업계가 고부가가치 영역 참여가 가능하도록 Test-bed 실증경험을 통한 EPC 기술 개발 ⇨ EPC 플랫폼 개발 ⇨ 다양한 사업형태 대응 - 기술경쟁력 입증을 위한 software 기술 개발 (다양한 해외사업에 대응할 해외업계 동등 이상 수준의 공정해석 package 개발) *전통적 공정해석 tool + 안전해석 + 운전원 training용 시뮬레이터 + 3D Design + IT 기능 ○ 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술개발 - 해외기술제공사 직접 공급 핵심설비 국산화/자체기술화 ⇨ 설비 저가화, 대외경쟁력 확보 ○ 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보

3. 기본 현황 분석

<table>
<tr><td>이전 사업 검토</td><td colspan="6">○ 산업통상자원부에서 각 분야별로 다수의 소규모 파일롯 규모 연구가 진행되었음.
- 합성가스 생산 기술 : 석탄 또는 폐기물 수 ~ 수십톤/일급 파일롯 기술
- 합성가스 활용 합성연료/합성원료 생산 기술 : CTL/SNG/DME 등 투입 시료 기준 수톤/일급 파일롯 기술
○ 가용한 국내외 기술을 조합(기존 국가지원 기술개발 결과 + 해외기술 + 틈새기술 추가 개발)하여 국내외 시장 진출을 위한 Turn-key 수준의 고부가가치 상용급 플랜트 기술개발이 필요하며, 이와 같은 기술 개발을 위하여 실증급 Test-bed를 구비한 이전 사업이 진행된 적이 없음.</td></tr>
<tr><td>사업수요 및 투자 현황 분석</td><td colspan="6">○ 향후 수년 이내 192 GWth 규모의 합성가스 활용 플랜트 시장 규모가 예상됨.
○ 이중 7개 플랜트에서 합성가스 생산 용량이 7~10 GWth 수준으로서 수요가 팽창하고 있음.
 

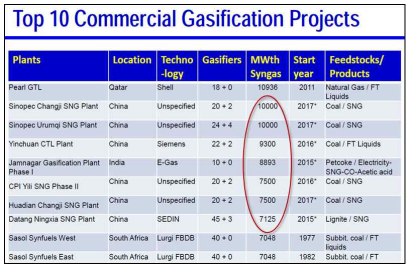


그림 1. 합성가스 활용 플랜트 용량 추이 및 대규모 합성가스 활용 플랜트 건설 현황
(출처 : Higman, GTC 2014)

○ 단위 플랜트의 건설 비용이 수조원에 이르는 리스크를 동반하는 플랜트 기술인 관계로 국내 기업의 직접적인 단독 투자는 없으며, 국책과제를 통한 소규모 투자가 진행되고 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">참여부처 현황 및 참여 범위</td><td>참여부처</td><td>국토교통부</td><td>산업통상
자원부</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>참여범위</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사전협의 여부</td><td>○
(국토교통과학 기술진흥원)</td><td>×
(000과)</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

4. 동향 분석 및 사업의 파급효과

<table>
<tr><td rowspan="2">기술 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 파일롯급 설비를 활용하여 기반기술, 요소기술 및 단위기술의 지속적 개발 및 확보</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 상업화 플랜트 기술 보유로 시장 주도 기업들이 플랜트 실증 및 상업화 경험을 토대로 대용량화 및 고효율화 scale-up 기술 개발 중</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술 역량</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 합성가스 생산 기술, 합성가스 활용 기술 등에서 파일롯급 기술 보유
○ 해외기술 사용한 상용급 석탄가스화 설비를 서부발전과 POSCO에서 건설, 시운전 단계</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 합성가스 생산 기술 분야에서는 미국의 GE Energy, 유럽의 Shell 등이 상용급 가스화 기술을 선도하고 있으며, 일본과 중국도 상용급 합성가스 생산 기술을 확보하고 있음.
○ SNG/CTL 등 합성가스 활용 분야에서도 미국/유럽 등의 기술이 시장을 주도하고 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 서부발전과 POSCO에서 IGCC 및 SNG 각 1조원이상 투입된 플랜트 건설 완료 단계
○ 남부발전에서 2기의 SNG 플랜트 검토, 현재 보류 중 (각 기당 1.5조원 이상 추정)
○ 남해군 400 MW IGCC프로젝트 제7차전력수급계획에 포함 발표 (2015/07)</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 현재 국외에서 건설 중 및 계획 중인 합성가스 활용 플랜트는 192 GWth(건설 중 83 GWth + 계획 중 109 GWth, 포스코 광양 SNG 플랜트 120기 규모) 규모임.
○ 특히 중국 시장이 급속도로 팽창하고 있으나 중국 자체 기술과 미국/유럽 기술이 시장을 분할하고 있으며, 국내 건설사/엔지니어링사가 참여하지 못하고 있음.
○ 인도(Reliance사)와 사우디(Aramco사)에서 대규모 상용화 합성가스 플랜트를 건설 중(인도, 5GWth) 및 건설 예정(사우디, 4.5GWth)이며, 향후 정유공장 부산물 시장 팽창 예상</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장 규모</td><td>연도</td><td>현재의 시장규모
(2015년)</td><td>3년후 시장규모
(2018년)</td><td>6년후 시장규모
(2021년)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>약 30,000 억원</td><td>약 45,000 억원</td><td>약 60,000 억원</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>약 300,000 억원</td><td>약 450,000 억원</td><td>약 600,000 억원</td></tr>
<tr><td>산출 근거</td><td colspan="3">○ 2015년 현재 국내 건설 중인 SNG/IGCC 각 약 1.5조/기 x 2기 = 3조
○ 2015년 현재 합성가스 활용 중국 시장만 국내 시장의 최소 10배 이상으로 보고되고 있음.
○ 매 5~6년 동급 규모 이상 시장이 창출되어 6년 후 시장 규모는 현재의 2배 이상으로 예상됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">파급 효과</td><td>구분</td><td>기술적 효과</td><td>경제적 효과</td><td>사회적 효과</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>○ 국내 타부처 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트 기술 개발
○ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 교두보 제공
○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 역할 제공</td><td>○ 국내시장만도 2030년까지 5~10조원 규모 합성가스 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응
○ 자체기술 능력 제고로 국내외 시장 진출 효과
○ 50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 해외시장 진출</td><td>○ CO_2 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO_2 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대
○ 2020년 이후 합성가스플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 연계 병산플랜트 시장에 대응</td></tr>
<tr><td>근거</td><td>○ 유사 규모의 국책사업 결과 (해수담수화 플랜트 사업 결과물인 Test-bed는 sustainable demo plant 역할을 수행하고 있음)</td><td>○ 현재 국내 건설 중인 2기의 합성가스 활용 플랜트 건설비용 및 국외 기술 의존 정도 참조</td><td>○ 국제 사회 CO_2 규제 추이
○ 2015년부터 국내에서 CO_2 배출권 거래제 시작</td></tr>
</table>

5. 총 사업비, 사업 기간 및 소요 인력(추정치)

정부출연금	○ 참여부처 1: 국토교통부 50,000백만원 ○ 참여부처 2: 산업통상자원부 15,000백만원 정부출연금 계 : 65,000백만원
민간부담금	35,000백만원
합계	100,000백만원
사업 기간	60개월 (단일 단계로서 5년 또는 1단계 3년 + 2단계 2년)
소요 인력	250명
산출 근거	○ 합성가스 생산 실용화 기술 개발 (300억원/60명) ○ 합성가스 정제 실용화 기술 개발 (200억원/50명) ○ 합성가스 전환공정 모듈화 기술 개발(SNG/DME/메탄올/비료/아세트산/CO분리 사용 등 route 중 참여기업 수요에 따라 선별 수행) (430억원/90명) ○ ICT 기반 플랜트 엔지니어링 기술 개발 (50억원/30명) ○ 스마트 플랜트 빅데이터 플랫폼 기술 개발 (20억원/20명)

붙임 4.3 5개 후보과제(안) 수요조사서 (과제 3: 수소 및 극저온 플랜트)

1. 사업명 및 사업 구분

<제안분야>

대분야	중분야	소분야
미래대비기술	미래신산업기술개발	가스액화플랜트기술 개발

<table>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="6">공기분리(ASU, Air Separation Unit) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발</td></tr>
<tr><td>주요참여부처</td><td colspan="6">국토교통부, 미래창조과학부, 산업통상자원부, 환경부, 국민안전처</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="6">☐ 단기 (4년 이내) ■ 중기 (4~7년) ☐ 장기 (7년 이상)</td></tr>
<tr><td>사업범위</td><td colspan="6">☐ 기초연구 ☐ 응용화개발 ■ 실용화개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사업유형</td><td colspan="3">☐ 기반조성사업</td><td colspan="3">■ 연구개발사업</td></tr>
<tr><td colspan="3">☐ 기반구축
☐ 인력양성
☐ 기술이전·확산</td><td colspan="3">■ 산업연구실용화
☐ 산업연구선도
☐ 공공연구
☐ 기초연구</td></tr>
<tr><td>주요기술</td><td colspan="6">극저온 이용 공기분리기술, 수소액화 기술, 터보팽창기 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술분류
Code No.</td><td rowspan="3">국가과학기술
표준분류체계</td><td>대분류</td><td>건설/교통(EI)</td><td>기계(EA)</td><td>화공(EC)</td><td>에너지자원(EF)</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>건설시공/재료
(EI04)</td><td>에너지/환경기계
시스템(EA07)</td><td>화학공정
(EC01)</td><td>신재생에너지
(EF06)</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>플랜트 시공
기술(EI0403)</td><td>공기조화/냉동
기계(EA0701)</td><td>공정시스템
기술(EC0103)</td><td>수소
(EF0609)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">산업기술
분류표</td><td>대분류</td><td></td><td>기계</td><td>화학</td><td>에너지자원</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td></td><td>에너지/환경기계
시스템</td><td>화학공정</td><td>신재생에너지</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td></td><td>공기조화/
냉동기계</td><td>공정시스템
기술</td><td>수소</td></tr>
</table>

2. 사업의 개요

사업의 목적	○ 산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 공기분리장치와 수소액화 극저온 통합 플랜트 기술 개발을 통한 산업 수요 충족 및 미래 수소사회 인프라 구축
사업의 필요성	○ 에너지 및 산업용 가스 수요 지속적인 증가 - 에너지 및 산업용 가스의 세계시장 규모는 2014년 기준으로 530억달러, 2019년 기준으로 750억달러로 예상되며, 연평균 8% 이상의 성장이 예상됨 - 산소는 주로 철강 및 의료분야, 수소와 질소는 석유·화학공정, 아르곤은 제조공정용으로 사용되고 있으며, 최근에 이산화탄소 저감을 위한 순산소연소 발전의 도입이 적극 검토되고, 이에 따른 산소 수요 급증 - 특히 연료전지 및 수소 자동차 등 청정에너지원인 수소를 사용하는 기술이 보급 확대됨에 따라 수소 인프라가 요구되며, 신규 수소플랜트 수요 급증 - 산소, 질소, 수소 등은 대량 생산시 극저온을 이용한 액화를 통해 저장 및 이송하여 활용하기 때문에 공기분리 및 수소 액화 기술 필요 ○ 가스 플랜트 기술 확보를 통해 플랜트 산업 성장 유도 - 순산소연소, 수소 산업의 활성화로 가스 액화, 분리, 저장 기술 확보 필요 - 발전, 석유화학, 담수 플랜트에 비해 가스플랜트에 대한 국내 기술 미비 - 가스 플랜트 엔지니어링 기술 및 핵심기자재 경쟁력 강화를 통해 EPC업체와 중소, 중견기업의 산업네트워크에 의한 토탈솔루션 확보로 창조경제 구현 ○ 향후 미래 가스산업에서 세계 가스시장의 선도적 역할 견인 - 신규 가스산업의 추종이 아닌 선도적 역할을 위해 시장 형성 초기에 가스플랜트 산업 인프라에 대한 선행 기술 확보 필요 - 특히 에너지원으로서의 가스에 대한 액화, 분리, 저장 기술은 에너지 안보 측면에서 정부의 지속적인 지원 아래 개발 및 보급되어야 함. - 우주발사체, 차세대 에너지저장창치 등 미래 수소에너지 사회의 인프라 구축 을 위하여 수소의 저장 및 이송방법, 안전기술등에 대한 선행 기술 확보 필요 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 기술 개발은 가스플랜트산업 및 에너지, 가스 전처리 등의 환경보전, 미래 사회 인프라 구축의 측면에서, 범정부부처와 산학연의 적극적인 참여가 요구됨.
사업의 내용	○ 공기분리장치(ASU, Air Separation Unit) 및 수소액화 통합 플랜트 공정 기술 개발 - Feed gas 공급 및 가스 전처리 기술 개발 - 극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발 - 공기분리 싸이클 기반 수소액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발 - 가스 안전 및 위험도 평가 기술 개발 ○ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 핵심 장치 개발 및 성능평가/인증기술 개발 - 공정용 공기, 수소 원심 압축기 - 극저온 터보 팽창기 기술 개발 - 극저온용 다채널 열교환기 기술 개발 - 가스 분리용 분별 증류탑 및 상분리기 ○ 세계 최초 ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 <Test Bed 용량 : 상업스케일 (공기분리 750 ton/day, 수소액화 5 ton/day)> - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 건설 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 평가 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 운용/유지 관리 기술 개발
다부처 공동기획사업의 필요성	○ 다부처 연구개발을 통한 공통기술 확보 및 특화기술 연계 필요 - ASU 및 수소액화 통합플랜트 설계 및 건설기술은 국토교통부의 LNG 플랜트 사업단의 보유 기술을 활용하고, 압축기, 팽창기, 열교환기 등의 핵심기자재 기술은 미래창조과학부, 산업통상자원부에서의 특화 기술을 활용하여 범부처의 기술개발 연계가 요구됨. - 공정 기술은 국토교통부, 산업통상자원부와 미래창조과학부에서의 공통 기술 확보가 필요하고, 가스전처리 및 환경영향 평가 기술은 환경부의 특화 기술을 활용 - 또한 플랜트 건설, 운용에 따른 안전 및 위험 관리는 미래창조과학부, 산업통상자원부와 국민안전처의 전문 기능 및 기술 적용성을 높일 필요가 있음.

3. 기본 현황 분석

<table>
<tr><td>이전 사업 검토</td><td colspan="6">○ LNG 플랜트 사업단 (한국가스공사, 2008. 6. 18 - 2016. 10. 7)
- 육상 LNG 액화 플랜트 및 부유식 해양 LNG 액화 플랜트 기술 개발
- LNG (-162℃) 액화 공정 및 핵심기술 개발 과제로써, 질소(-196℃), 산소(-183℃), 수소(-253℃)를 액화 생산하는 ASU 기반 수소액화플랜트에 비해 온도가 높고 공정이 다르지만, 개발 기술을 보완하고, 연계하면 효율적인 기술 개발이 가능
○ 한국과학기술연구원과 한국기계연구원에서는 소용량 수소액화기에 대한 기초 연구를 수행했으나, 수소액화플랜트 공정과는 다른 소형 극저온 냉동기를 이용한 전도 냉각 방식이었으며, 수소액화에 대한 기초연구자료 확보 수준임.
- 도출된 기초기술은 본 연구과제에 적용 가능
○ 대성산업가스는 소용량(1,000 ~ 6,000Nm^3/h)의 질소 및 산소 생산용 ASU를 개발하였으나, 지속적인 연구개발을 통해 공정의 다양화, 대형화, 고효율화를 이루고 있는 선진업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음.
- 대성산업가스는 극저온 이용 공기분리장치에 대한 운용, 유지 관리 경험이 풍부하여 본 과제에 적용 가능</td></tr>
<tr><td>사업수요 및 투자 현황 분석</td><td colspan="6">○ 국토해양부, 미래창조과학부와 산업통상자원부를 중심으로 IGCC, GTL, 순산소연소 및 산소부화연소 등의 대규모 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 극저온 이용 공기분리장치의 수요도 함께 증가
- 특히 이산화탄소 저감을 위한 CCS 기술의 개발에 따라 순산소 연소 발전 기술이 적극 도입되고 있음.
○ 또한 산업통상자원부와 미래창조과학부를 중심으로 연료전지, 수소자동차 등의 수소기반 기술에 대한 지원이 꾸준히 진행되어 대규모 수소액화플랜트에 의한 수소공급이 요구됨.
- 최근 수소경제를 위한 인프라 구축을 위해 수소스테이션 건설이 요구되고 있고, 고압식이 아닌 고밀도의 액체수소 저장스테이션이 유력
- 향후 미래창조과학부에서 주력하고 있는 인공위성 및 달탐사 등의 우주개발사업을 위한 로켓 발사에도 연료로써 액체산소 및 액체수소의 수요는 증가할 것으로 예상됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">참여부처 현황 및 참여 범위</td><td>참여부처</td><td>국토교통부</td><td>미래창조
과학부</td><td>산업통상
자원부</td><td>환경부</td><td>국민
안전처</td></tr>
<tr><td>참여범위</td><td>플랜트 설계 및 건설 기술 개발</td><td>플랜트 공정 기술 개발</td><td>플랜트 핵심기기 기술 개발</td><td>가스 전처리 및 환경 평가 기술 개발</td><td>안전 및 위험 관리 기술 개발</td></tr>
<tr><td>사전협의 여부</td><td>×
(000과)</td><td>×
(000과)</td><td>×
(000과)</td><td>×
(000과)</td><td>×
(000과)</td></tr>
</table>

4. 동향 분석 및 사업의 파급효과

<table>
<tr><td rowspan="2">기술 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 제조 산업의 대형화 및 발전시스템으로의 응용 확대에 따라 공기액화분리장치의 대용량화 개발과 함께 운전비용 절감을 위한 에너지 효율 향상 기술에 대한 기초 연구
○ 소용량의 질소 및 산소 생산용 ASU를 개발하였으나, 액화공기분리장치 구현에 머물러 있어 선진업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음.
○ 소용량 수소액화기는 기초 연구단계에 있음</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 액화공기분리장치는 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 미국의 경우 250 - 300 tpd(ton/day)급 플랜트가 평균적임
○ 상용 발전 규모인 40 MW급 석탄화력발전소의 보일러에 순산소 연소 기술 도입이 성공함에 따라, 발전소 분야에서의 액화공기분리 장치 시스템 적용 활성화
○ 대형 수소액화플랜트에 대해 수소 클라우드, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 하는 혼합냉매사이클, 네온 사이클 등 다양한 공정 개발에 주력</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술 역량</td><td>국내</td><td colspan="3">○ LNG 플랜트 사업단 사업을 통해 극저온 플랜트 Test bed에 대한 경험은 있으나, 액화공기분리 및 수소액화플랜트에 대한 경험은 미흡
- 소용량 수소액화기 및 액화공기분리장치에 대한 기초연구를 수행하였으나, 극저온 플랜트에 대한 기술역량은 미흡</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 산업용 가스 및 관련 플랜트의 생산/제조는 Linde(독), Air Liquide(프), Air Product(미), Praxair(미), 일본산소 등 주요 가스회사에 의해 독점적인 시장 형성
- 일본의 경우, 1930년대 국가적인 지원을 바탕으로 액화공기분리 플랜트의 국산화에 성공하여 현재는 해외 선진업체의 기술 수준에 근접한 것으로 평가
- 중국의 CALT 등은 5 tons/day 이상 급의 수소액화플랜트를 개발, 운용 중에 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 국내 가스시장
- 가스 부피 기준으로 년 4.5% 성장 예상
- 2014년 기준 136 억m^3, 13.8 억달러, 2019년 기준 198 억m^3, 16.8 억달러
○ 국내 액화플랜트 시장
- 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
- 2015년 기준 11.5억달러, 2021년 기준 14.3 억달러</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 세계 가스시장
- 가스 부피 기준으로 년 5% 성장 예상
- 2014년 기준 5,320 억m^3, 524 억달러, 2019년 기준 6,690 억m^3, 746 억달러
○ 세계 액화플랜트 시장
- 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
- 2015년 기준 460억달러, 2021년 기준 617 억달러</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장 규모</td><td>연도</td><td>현재의 시장규모
(2015년)</td><td>3년후 시장규모
(2018년)</td><td>6년후 시장규모
(2021년)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>11.5 억달러</td><td>12.6 억달러</td><td>14.3 억달러</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>460 억달러</td><td>533 억달러</td><td>617 억달러</td></tr>
<tr><td>산출 근거</td><td colspan="3">○ “World Industrial Gases”, The Freedonia Group. Inc., 2010.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">파급 효과</td><td>구분</td><td>기술적 효과</td><td>경제적 효과</td><td>사회적 효과</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>○ 세계 최초 ASU/수소액화 통합 플랜트 기술개발
○ 액화산소, 액화수소 등 미래 우주개발 인프라 확보</td><td>○ 세계 650억달러, 국내 15억달러 시장 진출(2020년)
○ 플랜트 핵심 기자재 국산화를 통한 플랜트 산업 고부가가치화</td><td>○ 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 구축</td></tr>
<tr><td>근거</td><td>○ 합성가스 액화시스템 설계 기술 개발 보고서 (한국기계연구원, 2011)</td><td>○ “World Industrial Gases” (The Freedonia Group. Inc., 2010)</td><td>○ Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업 (지식경제부, 2009)</td></tr>
</table>

5. 총 사업비, 사업 기간 및 소요 인력(추정치)

정부출연금	○ 국토교통부 : 40,000 백만원 ○ 산업통상자원부 : 30,000 백만원 ○ 미래창조과학부 : 15,000 백만원 ○ 환경부 : 10,000 백만원 ○ 국민안전처 : 5,000 백만원 ○ 합계 : 100,000 백만원
민간부담금	100,000 백만원
합계	200,000 백만원
사업 기간	60 개월
소요 인력	350 명
산출 근거	○ ASU 및 수소액화플랜트 통합 공정 기술 개발 (5년/400억원/120명) ○ 가스전처리, 안전 및 가스 핵심기반 기술 개발 (3년/200억원/30명) ○ 압축기, 팽창기 등 회전기기 기술 개발 (5년/400억원/80명) ○ 열교환기 및 증류탑 기술 개발 (3년/200억원/50명) ○ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (3년/800억원/70명)

붙임 4.4 5개 후보과제(안) 수요조사서 (과제 4: 극한지 플랜트)

1. 사업명 및 사업 구분

<제안분야>

대분야	중분야	소분야
미래대비기술	미래신산업기술개발	극한지 플랜트·장치 기술 개발

<table>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="6">극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·핵심장치 개발</td></tr>
<tr><td>주요참여부처</td><td colspan="6">국토교통부, 산업통상자원부, 미래창조과학부</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="6">☐ 단기 (4년 이내) ☐ 중기 (4~7년) ■ 장기 (7년 이상)</td></tr>
<tr><td>사업범위</td><td colspan="6">☐ 기초연구 ■ 응용화개발 ☐ 실용화개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사업유형</td><td colspan="3">☐ 기반조성사업</td><td colspan="3">■ 연구개발사업</td></tr>
<tr><td colspan="3">☐ 기반구축
☐ 인력양성
☐ 기술이전·확산</td><td colspan="3">☐ 산업연구실용화
■ 산업연구선도
☐ 공공연구
☐ 기초연구</td></tr>
<tr><td>주요기술</td><td colspan="6">극한지 upstream/midstream 핵심설비(스테이션 및 핵심장치, 하부구조 및 모듈, 자동화 시공장비, 극지용 소재·장치, 가상 원격건설·통합운용 기술 등</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술분류
Code No.</td><td rowspan="3">국가과학기술
표준분류체계</td><td>대분류</td><td>EI. 건설/교통</td><td>EF. 에너지/자원</td><td>EA. 기계</td><td>EE. 정보통신</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>EI03. 시설물 설계해석기술, EI04. 건설시공/재료</td><td>EF02. 자원탐사/개발/활용</td><td>EA07. 에너지/환경 기계 시스템, EA05. 로봇/자동화 기계</td><td>EE02. 소프트웨어, EE09. RFID/USN</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>EI0305, 플랜트, EI0403 플랜트 시공기술, EI0405, 시공자동화 기술</td><td>EF0202. 석유/가스 개발</td><td>EA0501. 로봇 설계기술, EA0703, 유체기계</td><td>EE0203, 시스템 통합, EE0903. 모바일-RFID</td></tr>
<tr><td rowspan="3">산업기술
분류표</td><td>대분류</td><td>기계·소재</td><td>에너지자원</td><td>정보통신</td><td></td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>에너지환경기계 시스템, 산업일반기계, 금속재료</td><td>자원</td><td>RFID/USN, 소프트웨어</td><td></td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>유체기계, 건설광산기계, 기계전자부품소재기술</td><td>자원조사탐사, 석유가스개발,</td><td>RFID기술, USN 기술, 모바일-RFID, 시스템통합</td><td></td></tr>
</table>

2. 사업의 개요

사업의 목적	○ 미래 지역개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 극한지 맞춤형 플랜트·장치 기술을 확보하기 위함
사업의 필요성	○ 극한지 유·가스 개발 가속화에 따라 플랜트 건설 수요 증가에 대비한 진출전략 마련 필요 - 전세계 미발견 석유· 가스 부존량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 - 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 부가가치 등 고려한 시장 확대 전망 ○ 유·가스 공급의 새 전초기지이자 글로벌 경제허브로 떠오른 북극권 개발에 세계 각국은 경쟁적으로 참여하여 북극연구 및 극한지 개발에 집중적인 투자 실시 - 정부는 러시아와의 전략적 협력관계를 구축하고 시베리아 북방동토의 에너지 도입을 위해 노력하고 있음(한·러 정상회담, 유라시아 이니셔티브 등) - 극한지 개발 프로젝트 계획 및 설계기술을 기반으로 **중규모 프로젝트 참여가 가능**하며, 국내 핵심장치·기자재 품질 강점을 활용한 supply chain을 확장 필요 ○ 북극 개발을 주도하는 국제기구인 북극이사회의 정식 옵서버 자격 획득으로 본격적인 북극연구 방향 설정 및 추진 필요 - 정부는 에너지 개발, 플랜트, 해상운송, 조선·수산업 등 파급 효과가 높은 산업을 중심으로 국내 기업의 북극개발 참여 기회를 높이려 노력중 - 대부분의 북극권은 특정국가 소유(러시아, 캐나다, 미국, 노르웨이, 덴마크 등)이므로 극저온, 동토환경 및 얼음환경 등을 극복할 수 있는 원천기술을 확보해야만 북극권 자원개발을 주도(적극 참여)할 수 있음 ○ 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 **생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈**가 매우 크며, **미개척 시장 진출을 위한 교두보 확보**가 필요한 시점임 - 극한지에서 플랜트 건설 경쟁력 확보의 핵심 키워드로 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요함 - 이의 해결을 위해서는 신뢰성 기반의 시공계획 및 플랜트 설계, 시공자동화, 모듈화 설계 및 시공법, **맞춤형 건설 플랜트·핵심장치 등에 관한 기술혁신** 시급
사업의 내용	○ 극한지 맞춤형 모듈 플랜트 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발 - 현장설비의 제작, 운송, 설치여건을 고려한 모듈공법 계획, 설계기술 - 적층형 모듈 프레임. Up-stream 공정설비 FEED, 스테이션 계획·운용 ○ 극한지 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션 및 장치·기자재 개발 - 극한지 유·가스 수집 및 매니폴더 설비 시스템, - 부스팅, 미터링, 피깅 설비 등 - 극한지용 소재, 기자재 국산화 등 ○ 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술 개발 - 동토나 극지에서 플랜트 설비 설치를 위한 지반 기초공법 - 급속시공 기초, 지반모니터링, 안정화 기술 등 ○ 극한지 굴착, 매설, 설치 등 자동화 시공시스템(로봇, 장치 등) 개발 - 현장의 작업 효율성과 안전성을 제고하기 위한 자동화 시공기술 - 굴착, 매설, 설치 등 작업공정 응용 로봇 시스템 등 ○ 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술 - 극한지 건설사업의 가상 계획, 시공, 운영 등을 위한 시뮬레이터 등 - 극한환경에서 사용 가능한 모바일 센서, 센서 네트워크, 통합현장기술 등
다부처 공동기획사업의 필요성	○ 부처별간 역할과 강점을 결집하여 민간의 시장 경쟁력을 선도할 필요가 있으며, 특히 극한 현장 시스템(국토부), 핵심적인 에너지자원 소재 및 장치(산업부), ICT 기반 원격기술(미래부), 남북극 관련(해수부)의 결합을 통한 산업 전후방 연관효과 등 시너지 제고 필요 ○ 기계, 소재, 자동화 모듈시공, 지반, ICT 등 핵심기술분야의 융복합을 통하여 구현되는 대규모 극한기술 성격의 사업으로서 기술개발 투자 리스크 쉐어가 필요

	○ 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경, 법제도 등 민간기업이 접근하기 어려운 리스크 요인을 고려하여 정부주도의 다부처 공동연구사업으로 연구개발이 바람직 함

3. 기본 현황 분석

이전 사업 검토	○ 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 (한양대, 2013. 10. 31 - 2018. 10. 30) - 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발을 개발을 최종목표로 구체적으로는 극한지 기후조건을 고려한 -40℃ ~ +20℃대응 2,000km급의 자원이송망-기반구조물 최적 설계·평가기술 개발, 극한 환경에 대응 가능한 조관 후 고성능의 인성과 변형능이 확보된 파이프 및 현장 연결구조 기술 개발, 위험인자 극복형 파이프라인 접합부 방식 기술 및 환경영향평가 기법 개발, 극한지 자원이송망 통합안전관리 기술 확보를 목표로 현재 연구진행 중 - 남·북극권과 같은 극지 그리고 북극권 해저지반에 대한 연구내용(보다 혹독한 자연환경)은 포함되어 있지 않지만, 일부 육상 동토지역에서의 연구성과는 연계하면 좋을 것 같음 ○ 남극 제2기지 건설사업 (극지연구소, 2006. 06. 01 - 2014. 06. 30) - 환경 친화적 신개념 공법을 적용한 강소형의 남극 대륙기지 건설을 목표로 남극장보고과학기지를 건설하였음. - 연구사업 성격보다는 건설에 포커싱이 맞추어져 있었으며, 실제로 새로운 극한환경 대응 건설기술을 개발하거나 적용한 사례는 극히 미진함. - 그러나 극한환경에서의 구조물 성능평가, 유지관리 기술 등은 장보고과학기지를 활용하여 연계가능 할 것으로 판단됨 ○ 극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술 개발 (한국건설기술연구원, 2010.01.01. - 2014.12.31. - 육상 동토지역에서의 구조물 건설을 위한 하부구조에 대한 기초연구(재료개발, 설계기술 등)를 진행하였으며, 일부 연구성과는 연계 필요 ○ 오일샌드 모듈화 플랜트 설계, 제작, 시공기술 개발 (성진이앤티, 2014.12 - 2019.12) - 동토지역에서 오일샌드 채굴을 위한 지상설비의 국내 제작, 운송, 현장설치를 포함한 기술 개발을 진행 중임 - 현지 여건(작업환경, 노무비, 기후조건, 법규 등등)을 고려하여 모듈방식으로 설계, 제작, 시공이 필수적이며, 시공자동화, 가상현장 등에 관한 기술로 연계 발전을 모색 필요			
사업수요 및 투자 현황 분석	○ 국내 유·가스 이송 스테이션은 천연가스 관말압력 유지를 위하여 경주, 마산 등 2개소의 스테이션을 설치운영중이며 1개소 추가 증설 예정 ○ 극지역(남북극권)의 천연자원과 에너지 확보를 위한 미국, 캐나다, 노르웨이, 일본, 러시아 등의 전초기지 구축 및 투자 증대 ○ 북미, 동유럽에 건설예정이 약 84,000 km, 아시아 국제 가스배관 건설계획 연장이 약 75,000 km로 동토 지역에 건설될 가스 이송망의 시장규모는 약 477조원에 이를 것으로 추정(Pipeline & Gas Journal(2013) - 건설이 완료될 경우 이송스테이션의 경우 약 530개소가 설치 예정 (평균 300km에 1개소가 설치 기준) ○ 미국은 2008년 Trans-Alaska에 파이프라인 건설 프로젝트 착수하여 2016년 착공을 목표로 중소형 프로젝트를 수행 중 - 예산 280억 달러 이상의 Alaska Natural Gas Transportation Project 진행 ○ 영구동토를 포함한 극한지 에너지라인 건설시장 진출을 부가가치 창출 - 시베리아 에너지라인: 2조 4천억원으로 예상 - 소재비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 약 10%, 시공비용이 20%를 점유			
참여부처 현황 및 참여 범위	**참여부처**	국토교통부	미래창조과학부	산업통상자원부

	참여범위	- 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템 계획 및 설계, 시공분야 R&D - 플랜트 시스템 설계, 원격 자동화 시공, 해외 현장 실증, 사업모델 개발 등	- IoT 기반 원격건설 및 현장 통합운영 시스템(SCADA 등) 개발	- 극한지 맞춤형 핵심 장치, 기자재 등 supply chain 확장을 위한 R&D
	사전협의 여부	× (000과)	× (000과)	× (000과)

4. 동향 분석 및 사업의 파급효과

기술 동향	**국내**	○ 동토지역 자원 이송망 설계 및 시공기술 개발(2013, 국토교통부)을 위한 연구단급 과제가 진행 중이며, 파이프라인 및 이의 지지구조, 전용강관, 유지관리기술을 포함 ○ 북미 지역 오일샌드 모듈화 설계, 제작, 시공기술 개발(2014, 국토교통부)을 위한 연구단급 과제가 진행 중이며, 모듈 상세설계 및 제작, 운송, 설치 등 포함 - 주요 공정에 대한 FEED 등은 해외에 의존 ○ 최근 한국건설기술연구원에서 남극 제2기지 건설사업 및 극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술개발 과제와 같은 기초연구를 수행 - 남극대륙과 북극권 빙해저를 대상으로 하는 연구는 전무 ○ 국내에서는 극한지 플랜트 건설과 직접 관련된 연구 사례가 아주 미비한 수준이라고 할 수 있음
	국외	○ 극한지 유·가스 이송을 위한 이송스테이션은 미국, 러시아, 유럽 등에 설치운영되고 있으나, 국내 기업의 진출이 용이한 이송스테이션에 설치되는 핵심 장치·기자재 국산화는 초기단계임 ○ 이송스테이션분야 선진국인 미국 캐나다의 경우 핵심설비인 대용량 압축시스템의 표준 모듈을 개발 완료하고 효율 향상, 이산화탄소 저감, NOx 저감방향으로 연구 진행 - 운전비용 절감, 운전의 유연성 확보, 운전수명 연장, 환경비용 저감방안 등 ○ GE, MAN,SOLAR TURBINE등 대용량 및 중소용량 이송스테이션의 핵심설비인 압축설비의 컴팩트화를 위하여 지속적인 연구개발 투자중 - 상세 연소 모델링, 엔진내 공기흐름 모델링 - 부품의 최적화(점화, 연료인젝센, 터보차저 도입, 공기 배기, 폐회로 시스템 등 ○ 육상 및 해상에서 생산, 저장, 운반되는 천연가스는 환경조건에 따라 급격한 물성 변동이 발생하며 자원 이송망설계를 핵심 물성이며, 생산된 천연가스의 판매를 위한 계량에 중요한 인자로 미국의 경우 AGA8-DC92 규정을 운영중 ○ 동토지역에서 오일샌드 플랜트 건설 기술의 발전 동향은 현장 제작, 시공방식에서 공장제작-모듈운송 후 조립하는 모듈방식 설계/시공으로 발전 - 높은 인건비, 저온 공사환경에 따른 현장 품질 생산성 저하 등으로 모듈러 건설로 전환 중임 ○ 초장거리 파이프라인 현장수동 용접에 따른 연결부 품질편차, 작업시간 등 개선을 위하여 파이프 정렬관련 장치 집적화를 통한 작업시간 개선 기술과 정량적 품질확보를 위한 고효율 용접자동화 기술 개발 ○ 동토지역 파이프라인의 매설시 긴 구간에 파이프 안착에 소요되는 인력, 정밀도 제고를 목적으로 자동화 시스템 도입 추세 - 멀티 안착장비 컨트롤용 커맨드 시스템, 작업자간의 효율적이고 안전한 협업을 위한 3D 테스크 네비게이션 개발 - 안착 공법 자동화를 위한 로워링(lowering) 장비, 파이프의 정밀 로워링을 위한 포지셔닝(positioning) 장치 등 개발
기술 역량	**국내**	○ LNG플랜트사업단(국토부 지원)에서 초저온 액화공정 Test bed에 대한 경험은 있으나, 극한환경(동토, 남·북극권 등)에 적용이 가능한 up/midstream 공정 및 플랜트설비 설계, 제작, 건설기술 역량은 선진기술 대비 70% 수준으로 평가 ○ 해저파이프라인 건설을 위한 무인 굴삭장비는 가동 중에 있으며, 커팅헤드를 활용한 기계식 굴착

<table>
<tr><td></td><td></td><td>장비 개발이 진행 중에 있어 기계식 굴착장비 개발은 충분히 가능함
○ 극한환경과 동토지반을 대상으로 장비 적용성과 시스템에 대한 검증 연구는 동결심도연구(한국건설기술연구원), 동토지역 자원 이송망 설계 및 시공기술(국토교통부 지원) 등이 지원되고 있어 이를 기반으로 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술 개발이 가능할 것으로 분석
○ 국내 제조기반 및 ICT 역량, 유사분야 해외 건설실적 등을 기반으로 gathering, boosting, treatment, pipeline station, SCADA 등 설계, 제작, 건설분야 독자기술력 확보는 가능할 것으로 분석</td></tr>
<tr><td></td><td>국외</td><td>○ Alyeska Pipeline Service Company, Technip, NOV, RPD Scan, FOX-TEK 등 유·가스 개발 중·상류부문 실적을 기반으로 강점을 더욱 강화하고 있으며, FEED(기술 라이센스, 기본설계 등 포함) 및 사업관리 역량을 기반으로 사업을 주도
○ 상세설계, 조달, 시공부문은 아웃소싱을 추진하고 있으나 철저한 실적검증과 시험·인증에 기반하여 사업리스크 관리역량이 높음
○ 오일가스 서비스 업체들 (Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes)는 첨단 시추시스템 구축을 위해 음파 분석, 이미징, 밀도 분석, 감마 분석, 핵자기 영동 분석, 뉴트론 분석, 저항분석, 드릴스트링 진동, 유정 압력 등을 종합적으로 활용
○ 글로벌 에너지기업(Exxon Mobil, Shell, BP)에서는 일부 북극권 동토지역에서 시험시추 정도의 경험은 있으며, 상용화를 위해서 독자적인 기술확보를 위하여 노력하고 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장
동향</td><td>국내</td><td>○ 관련 건설 및 엔지니어링, 공급 체인 등은 확보하고 있으나 국내 시장은 제한적인 여건으로 해외 기술 및 시스템, 장비·기자재를 도입하는 실정임 (일부 천연가스 인수 및 1차 공급, 도시가스 공급 및 분배, 유류 송유망 등)</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>○ 전세계 미발견 석유자원의 43 %, 가스자원의 58%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 (United States Geological Survey 2012)
○ 최근 Infield 사는 향후 5년간(2012~2016년) 설치될 해저 파이프라인과 컨트롤라인의 총 길이가 89,000 ㎞에 달할 것이라고 발표(Pipeline & Control Lines Market Report to 2016(Infield 2013)
○ 2013년 세계 유·가스 탐사 및 개발(생산) 시장 지출 6,440 억불 수준으로 2012년 대비 7% 증가(CERA upstream cost index, 2000-2012 (Cambridge Energy Research Associates, 2013)
- 2010-2012년 기간 중 상류부문 연평균 증가율은 5% 수준 증가
○ 유럽, 러시아, 캐나다, 미국 등 일부 국가 및 글로벌 기업이 up/midstream 시장 카르텔을 형성하여 고부가가치 영역을 독점하는 실정이나 하청(엔지니어링, 시공, 기자재 공급 등)부문은 실적이나 시험·인증을 통하여 아웃소싱하고 있음
○ 40에서 100mile 간격으로 설치되는 천연가스 이송스테이션은 미국의 경우 1,600개 이상을 운영중이며(EIA web site), 이산화탄소 감축목표에 따라 발생하는 CO_2의 이송저장을 위한 스테이션은 천연가스 이송스테이션과 유사한 기술로 향후 설치가 지속 증가 예상</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장
규모</td><td>연도</td><td>현재의 시장규모
(2015년)</td><td>3년후 시장규모
(2018년)</td><td>6년후 시장규모
(2021년)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>60,246 억원</td><td>76,898 억원</td><td>93,551 억원</td></tr>
<tr><td>산출
근거</td><td colspan="3">○ 캐나다 BlackGold 사업의 정부투자 현황을 근거로 비관적 시장규모를 추함
- 2007년 180억달러에서 2020년 1,000억달러 선형으로 증가한다고 가정 (자료: 캐나다 페트로리엄협회(CAPP), 2007), 총사업비 기준 토목기초 관련 설계 및 시공 비용 8% 고려, 환율 1,100원/$</td></tr>
</table>

	구분	기술적 효과	경제적 효과	사회적 효과
파급 효과	내용	- Test bed 건설, 운영으로 독자적인 극한환경 대응 플랜트 건설기술 확보 - 극한조건에서 운용이 가능한 플랜트·핵심장치의 설계, 제작, 시공기술 응용	- 성장동력분야인 극한지 가치사슬 및 장치·기자재 등 국내적 공급체인 (수주-설계-시공-유지관리)확장 - 극한지 대형 개발 사업 참여 교두보 확보 및 국가 신성장 동력 창출 효과	- 안정적인 에너지 수급 기반을 확보하여 국가 리스크 저감 - 극한지분야 공급체인(수주-설계-시공-유지관리) 확장을 통하여 고용창출
	근거	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)	- 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획 보고서 (국토과학기술진흥원, 2012)

5. 총 사업비, 사업 기간 및 소요 인력(추정치)

정부출연금	○ 국토교통부 : 45,000백만원 ○ 산업통상자원부 : 20,000백만원 ○ 미래창조과학부 : 15,000백만원
민간부담금	40,000백만원
합계	120,000백만원
사업 기간	84 개월
소요 인력	180 명
산출 근거	○ 모듈형 복합구조 및 기초공법 개발 (5년/100억원/30명) ○ 극한지 유·가스 이송스테이션 및 핵심 기자재 (7년/450억원/50명) ○ 시공 자동화 장치 개발 (5년/250억원/40명) ○ 극한 소재 개발 (5년/50억원/20명) ○ 원격 건설 및 통합현장 운용시스템 개발 (7년/150억원/20명) ○ 극한지 Test bed 실증 (4년/200억원/20명)

붙임 4.5 5개 후보과제(안) 수요조사서 (과제 5: CO_2 활용 플랜트)

1. 사업명 및 사업 구분

<제안분야>

대분야	중분야	소분야
(Ⅰ) 플랜트	(1) CCU	① CO_2 활용 고분자 합성

<table>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="5">포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축</td></tr>
<tr><td>주요참여부처</td><td colspan="5">국토교통부, 미래창조과학부, 산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="5">☐ 단기 (4년 이내) ☑ 중기 (4~7년) ☐ 장기 (7년 이상)</td></tr>
<tr><td>사업범위</td><td colspan="5">☐ 기초연구 ☐ 응용화개발 ☑ 실용화개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사업유형</td><td colspan="2">☐ 기반조성사업</td><td colspan="3">☑ 연구개발사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">☐ 기반구축
☐ 인력양성
☐ 기술이전·확산</td><td colspan="3">☑ 산업연구실용화
☐ 산업연구선도
☐ 공공연구
☐ 기초연구</td></tr>
<tr><td>주요기술</td><td colspan="5">CO_2 직접 활용 기술, CO_2 기반 고분자 제조 기술, 바이오 증산 기술, 고압 CO_2 이송 및 관리 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기술분류
Code No.</td><td rowspan="3">국가과학기술
표준분류체계</td><td>대분류</td><td>건설/교통(EI)</td><td colspan="2">에너지자원(EF)</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>시설물 설계/해석 기술 (EI03)</td><td colspan="2">온실가스처리(EF01)</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>플랜트(EI0305)</td><td colspan="2">CO_2 전환기술(EF0102)
폐기물(EF0604)
바이오연료(EF0603)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">산업기술
분류표</td><td>대분류</td><td>건설/교통 (P)</td><td colspan="2">에너지자원(M)</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>시설물 설계/해석 기술 (P03)</td><td>온실가스처리 (M01)</td><td>신재생에너지 (M06)</td></tr>
<tr><td>소분류</td><td>플랜트 (P0305)</td><td>CO_2 전환기술 (M0102)</td><td>달리 분류되지 않는 신재생에너지 (M0699)
폐기물(M0604)
바이오연료 (M0603)</td></tr>
</table>

2. 사업의 개요

사업의 목적	○ 포집된 CO_2의 활용을 극대화하기 위한 파이프라인 공급 네트워크 기술을 개발하고, CO_2격리 효과가 크고 화석원료의 수요를 줄인 친환경 고분자 상용 공정 기술 개발 및 농업, 안전망 시설과 연계하여 CO_2 저감/활용 극대화를 위한 CCU통합 패키지 개발
사업의 필요성	○ 포집 CO_2 격리를 위한 사후 처리 기술의 필요성 증대 (2030년 BAU 대비 37% CO_2 저감) - 온실가스 감축을 위해서 대량으로 배출되는 CO_2를 모아 폐기물처럼 지하나 해저에 매립 혹은 저장하는 CCS(CO_2 포집 및 저장기술)에 초점을 맞추어 진행되어 왔음 - 하지만, CCS 기술 적용에 따른 막대한 소요 비용, 저장 공간의 확보 및 유출시의 잠재 위험성 등으로, CO_2를 보다 효율적으로 안정하게 처리할 수 있는 친환경 사후 처리 기술의 동반 개발이 요구되고 있음 ○ 지속적인 소비와 생산을 위해 화석연료 고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요 - 발전소 및 철강산업과 같은 고농도 인위적 CO_2발생원이 풍부하여 새로운 탄소원으로 충분히 새로운 feedstock 역할 가능 - 따라서, 최근 온실가스를 폐기물이 아닌 자원으로 재사용하여 제품화하기 위한 경제성 기술인 CCU 기술에 관심이 집중되고 있고, 폐자원 활용 및 신재생 에너지와 연계한 CCU 적용을 통한 공정 전주기 효율화 연구가 활발히 진행되고 있음 ○ CO_2 저감 및 활용 극대화를 위해선 각각의 포집 및 활용 기술을 연계시켜줄 공급 시스템(CCS-CCU 연계 병목해소 기술)이 필수적으로 필요함 - 안정적인 CO_2 활용하여 자원화하기 위한 투입 에너지를 최소화하여 경제적 경쟁력을 확보하기 위해선 저에너지 소비 포집 CO_2 공급 시스템이 필요 - 미국의 경우 포집된 CO_2를 파이프라인을 이용해 석유회수증진(EOR) 플랜트에 공급하여 CO_2의 저장과 활용을 동시에 꾀하고 있으며, 더 나아가 CO_2를 자원화하기 위한 기술을 개발중 - 그러나 자원 빈국인 우리나라의 경우 자원화를 위한 활용에 초점을 두고 포집된 이산화탄소의 활용처 발굴, 안정적인 공급망 구축, 저에너지 소비 공급을 통한 활용 산업 경쟁력 확보가 동시에 맞물려 개발되어야 함 ○ CCU 기술중 실증화에 도달한 기술을 중심으로 CO_2 공급 네트워크와 결합하여 상용화하기 위한 전략적 개발이 필요, 이는 향후 CCS기술 사용화 시 이송/관리 기술로 활용 - 이산화탄소 유래 고분자 화합물 생산 신공정 플랜트 개발을 통한 미래 고부가 화합물 생산 및 장기적인 이산화탄소 고정 효과를 얻을 수 있는 연계 통합 시스템에 대한 기술 개발이 필요함 - CO_2 이용 친환경 고분자 제조 기술은 CO_2를 고분자 단량체의 원료로 사용하여 CO_2격리 효과와 화석원료 대체 효과가 매우 뛰어나며, 가격 경쟁력을 갖춘 미래 소재 기술로 주목받고 있어 신공정 기술 개발 및 포집-공급망 연계 기술 개발을 위한 적극적인 투자가 요구되고 있는 분야 - 공급망 구축을 통해 부가 CO_2의 농어촌 작물 생산 촉진 설비 구축이 가능해져 CO_2활용과 더불어 지역 소득 증가 유도로 국토 균형 발전에 기여할 수 있음 ○ 경제 발전 및 생활 수준 증가로 인해 사회 안전 시스템에 대한 요구가 증가하고 있음 - 포집 CO_2의 파이프라인 공급망을 통해 대단위 정밀 산업 시설 및 공동 주거 공간에 화재 진압 시스템을 구축하여 신규 CO_2 소비 시장 창출과 동시에 공공의 목적을 위한 기술 개발을 이룰 수 있음 - 안전에 대한 욕구를 충족하는 사회 안전망은 아직 부족한 상태로 수처리와 같이 국가 주도의 대단위 방재 설비 구축에 대한 필요성이 있음 ○ 친환경 저탄소 제품 세계 시장 선점 - CCU는 현재 초기 단계로, CCS(carbon capture & storage) 기술 단계와 격차를 보이고 있으나, CCU 기술들이 내재하고 있는 다양한 유용성으로 인하여 전 세계적으로 원천 기술 개발이 진행되고 있고, 경제적 가치가 높아 세계적 규모의 신산업 창출이 예상됨 - CO_2 발생량에 비해 소비/활용 시장이 열악한 국내환경을 고려할 경우 경제성을 확보한 이산화탄소 감축 시스템을 개발하기 위해서는 포집, 포집된 이산화탄소 활용을 위한 공급망, CO_2 자원화 신기술 개발을 통한 신수요 산업 창출이 모두 융합된 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 공급 네트워크 패기지 기술 개발이 핵심

다부처 공동기획사업의 필요성	○ CO_2 활용 기술의 보급 확대를 통한 온실가스 감축 목표 달성 및 저탄소사회 기반구축을 위해서는 관련 부처들의 협력이 필요함 ○ CO_2 저감 및 활용 문제는 산업, 에너지, 환경 및 국가 대형 개발 정책등과 모두 맞물려 있는 국가 주요 미래 아젠다로 각각 유관부처간 플랜트 R&D 융합연구사업을 통해 성과를 연계 활용하여 국제 사회의 새로운 흐름을 대비하고 선도기술을 창출해야 할 필요성이 있음 ○ CO_2 활용 기술의 대형 실증 성과를 확보하기 위해서는 온실가스로서의 이산화탄소 저감 효과, 자원화를 통한 신산업 창출 및 기존 사업 대체 효과, 대단위 효과를 위한 플랜트설계 및 운영 등 부처들의 주요 역할이 모두 동원되어야 경쟁력을 확보할 수 있음
사업의 내용	○ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 시범 네트워크 구축 - 포집 CO_2의 안정적인 공급을 위한 액화/고압 저장 시스템 개발 - 유체 제어를 위한 실시간 분석 시스템 개발 - CO_2 포집/이송/관리 등 통합 플랜트 설계 기술 - 공급용 CO_2의 에너지 효율 최적화를 위한 물성 조절 기술 - 공급용 파이프 소재 개발 및 유지 관리 기술 - CO_2 gas 수송 파이프라인 경로 선택, 건설을 위한 설계 - CO_2 분배 설비 개발 및 제어 기술 - 폭발 및 질식과 관련된 안전 대비 시스템 연구 ○ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 상용 플랜트 개발 - 연속 공급 CO_2 이용 polyol 제조 연계 공정 설계 - Polyol 카보네이트를 이용한 폴리카보네이트(PC) 제조 연속공정 개발 - 수율 최적화를 위한 CO_2 공급 조건 최적화 기술 - PC 제조 수율 및 단량체 조합의 다양화를 위한 촉매 시스템 개발 - 물성 조절을 위한 CO_2 합량 및 코폴리머 제조 공정 기술 - CO_2 활용 단량체 및 폴리아민을 이용한 폴리우레탄(PU) 제조 신 공정 실증 - 바이오 기반 재처리 공정 기술을 연계한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조 플랜트 - 상용 제품을 위한 고분자 성형 기술 (발포폼, 필름 등) - 신규 나노 소재 및 천연 고분자 조합을 통한 제품화 기술 - CO_2 공급-polyol제조-PC,PU 제조 연계 플랜트 설계 기술 ○ Network의 부가 CO_2 활용 극대화를 위한 통한 농작물 생산 촉진 설비 연계 - 온실(비닐하우스, 유리 온실) 용 CO_2 공급 설비 기술 - 특용 작물용 및 미세 조류 등 바이오 연료용 작물 제배 설비 설계 ○ CO_2 파이프라인 Network를 활용한 화재 방재 시스템 구축 - 연속 공급 CO_2를 이용한 소방 설비 기술 개발 - 대단위 공단 및 작업장에 CO_2 화재 진압 시스템 구축 - LNG 공급라인과 근접 공급 설비 구축을 통한 대형 사고 조기 진압 시스템

3. 기본 현황 분석

이전 사업 검토	○ Korea CCS2020 사업을 통해 이산화탄소 포집·저장(CCS) 및 전환이용(CCU)기술 개발 지원 - 미래창조과학부 주관으로, 2011년부터 2020년까지 총 1,727억 규모의 예산지원 - 대량배출원의 이산화탄소를 감축할 수 있는 경제성 있는 기술적 수단 확보를 목적으로, 4개의 핵심전략프로젝트와 57개 세부과제 실행 · 3세대 CO_2 포집 원천기술개발 프로젝트 (879.5억원) · CO_2 포집-저장 통합 프로젝트(495.5억원) · CO_2 전환이용(CCU) 원천기술개발 프로젝트(139억원) · CCS R&D기반조성 프로젝트(213억원) ○ CO_2 전환이용(CCU) 원천기술개발 프로젝트에 투자되는 예산은 139억원으로, 전체예산 1,727억원 중 8% 수준으로 상대적 비중이 낮은 상황이며 실증 및 상용화를 위한 기술 개발이 이뤄지지 않고 있음. 현재 세계 각국이 기술 선점을 위해 다국적 기업들을 중심으로 중점 추진되고 있는 저탄소 친환경 고분자 실증 연구에 대한 진행이 이뤄지지 못하고 있음.

사업수요 및 투자 현황 분석	○ 이산화탄소 포집과 관련된 프로젝트들의 규모만 해도 현재 65조원에 달하고 있음. 이는 2020년 내에 5배로 증가할 것으로 예상되고 있으며, 이에 따라 이산화탄소를 활용하는 시장도 크게 증가할 것으로 예상함. ○ 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망 ○ 2011~2021 전기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높고, 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러(2,940억 원), 2021년 5.10억 달러(6,120억 원)로 전망됨. 따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러(4조7900억 원)의 시장이 창출될 것으로 예상됨

(단위 : 십억 달러)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CAGR (%)
유럽	3.9	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.7	7.3	8.0	8.8	8.6
북미	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.4	4.9	8.0
아시아	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	7.6
호주	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	5.2
중동	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	5.7
남미	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	5.6
계	11.9	12.6	13.4	14.3	15.3	16.4	17.7	19.0	20.6	22.3	24.3	7.4
한국	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.51	7.6

그림 1. 세계 CCU 시장 전망, 출처 : Visiongain 사

○ CO_2 활용 고부가 고분자 시장은 기존 유사 고분자 시장 (연간 약 60조 규모)을 대체할 가능성이 있는 대규모 시장으로 미국 Novomer사, 독일 Bayer사 및 국내 SKI 등 민간 기업에서 관심을 가지고 투자를 진행하고 있음

○ CO_2 포집/공급 플랜트 및 파이프 네트워크, 연계 신규 공정 플랜트, 방재 시스템 등은 CCU 기술의 극대화 통합 플랜트 기술로 기술 수출 가능성이 충분하여, 화합물 거래를 통한 수출입 효과에 버금가는 큰 시장을 형성할 것으로 예상

참여부처 현황 및 참여 범위	**참여부처**	국토교통부	산업통상 자원부	미래창조 과학부		
	참여범위					
	사전협의 여부	○ (국토교통과학기술진흥원)	O (한국에너지기술평가원)	× (000과)		

4. 동향 분석 및 사업의 파급효과

기술 동향	**국내**	○ 파일롯급 포집 설비를 운영중에 있으며, CO_2 활용을 통한 고부가 화합물 및 고분자 제조 관련 요소기술 및 단위기술의 지속적 개발 및 확보
	국외	○ 대형 포집 및 EOR을 통한 공급 활용이 상업화 단계에 있으며, CO_2를 이용한 유사 고분자 제조 기술이 파일롯급 플랜트로 시범 운영
기술 역량	**국내**	○ 발전소에 습식, 건식 CO_2 포집 실증 플랜트를 운영중에 있으며, 저장을 위한 기술 개발은 아직 개발 중에 있음 ○ 이분열 교수팀(아주대)은 2008년 이산화탄소와 프로필렌옥사이드의 반응으로 친환경 플라스틱 개발, SK에너지로의 촉매기술 특허이전 및 연구협력 계약으로 상용화 추진 ○ 한국화학연구원의 온실가스자원화센터에서는 이산화탄소와 부생가스인 메탄의 상압 개질 반응을 통해 합성가스를 생산하고 활성물질인 이를 플렛폼 화합물로 이용하여 고부가 화합물을 합성하는 연구를 진행중. CO_2 유래 DMC(dimethyl carbonate) 합성 공정을 기술 이전 하였으며, 에너지기술평가원 지원 하에 초산생산 실증화 사업을 진행중임 ○ 한국화학연구원 탄소자원연구센터에서는 보다 환경 친화적인 제품 생산을 위해 이산화탄소와 diol를 이용하여 cyclic carbonate단량체 제조 연구를 자체 수행중임.
	국외	○ CO_2 저장이 충분히 가능한 북미를 중심으로 포집 및 저장에 대한 대단위 국가 프로젝트가 활발하게 수행중이며, 포집 후 저장을 위한 플랜트 및 공급 라인 설치가 진행중에 있음

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">○ 영국, Newcastle University 연구팀은 이산화탄소(발전소 배가스)와 옥시렌을 활용한 에틸렌카보네이트로 전환 촉매 개발에 성공, Dymeryx사에서 상용화 기술을 개발중임
○ 독일, Bayer는 독일 정부의 지원(1,780억원)으로 Dream production″ 프로젝트를 추진 중이며, CO_2를 포집해 바이엘의 촉매를 사용해 직접 폴리우레탄(단열재)을 제조하는 파일럿 플랜트 건설, 2015년 상업화를 목표
○ 미국, Albemarle & Novomer는 DOE의 지원을 받아 이산화탄소(폴리머 중량 중 40% 이상)와 에폭시드의 공중합 반응으로 폴리프로필렌카보네이트(PPC)의 대규모 생산에 성공</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장 동향</td><td>국내</td><td colspan="3">○ 세계적 흐름인 이산화탄소 활용과 친환경 공정에 대한 수요에 맞춰 국내 기업들도 기술개발 투자를 통해 기존 시장 대체를 대비하고 있음
○ 화학연구원을 중심으로 한국가스공사, 남부발전, POSCO 등에서 이산화탄소 유래 화합물 제조 시스템을 데모급으로 운영 중이며 상용화를 목표로 진행중이며 기존 석유화학 유래 화합물 시장을 점진적으로 대체할 것으로 예상
○ SKI에서 CO_2를 이용한 PPC를 시장진입 전 단계까지 진행하였으며 LG화학, OCI 등 국내 기업에서도 기존 공정 시장을 대체하기 위해 기술 개발 투자</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="3">○ 유럽을 중심으로 국가와 기업의 공동투자를 통해 발전설비의 대단위 이산화탄소 배출과 연계한 화합물 제조 공정에 대한 실증연구가 진행되고 있으며 기존 설비를 대체하는 친환경 시장을 확장하기 위해 기술 개발에 투자하고 있음
○ 환경 및 안전에 대한 관심 증가로 친환경 원료를 이용한 고분자 재료 시장이 기존 재료 시장과는 별도로 빠른 속도로 성장하고 있으며, 의료 소재와 같은 고기능 소재 시장의 발굴로 인해 가격 경쟁력이 아닌 기술 경쟁 소재들이 시장에 진출하고 있음
○ 이산화탄소 감축 및 친환경 신기술 확보에 대한 요구로 인해 이산화탄소 활용 화합물 시장이 활기를 띠고 있으며, 선진국들이 화학 산업의 신 성장 동력으로 선정하여 기술 선점을 통한 시장발굴에 집중하고 있음
○ 미국에서는 대량 포집 CO_2의 파이프라인을 통한 수송에 대한 기술 개발이 진행중이며, 몇몇 프로젝트에서는 상용가동을 시작하였음.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장 규모</td><td>연도</td><td>현재의 시장규모
(2015년)</td><td>3년후 시장규모
(2018년)</td><td>6년후 시장규모
(2021년)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>약 3,630 억원</td><td>약 4,510 억원</td><td>약 5,610 억원</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>약 168,300 억원</td><td>약 209,000 억원</td><td>약 267,300 억원</td></tr>
<tr><td>산출 근거</td><td colspan="3">○ 세계 CCU 시장 전망, 출처 : Visiongain 사, 1100원/달러 기준</td></tr>
<tr><td rowspan="2">파급 효과</td><td>구분</td><td>기술적 효과</td><td>경제적 효과</td><td>사회적 효과</td></tr>
<tr><td>내용</td><td>○ 기존 여러 부처의 지원을 통해 개발된 다양한 수준의 연구 개발 결과물을 기본 활용하고 결집하여 대단위 상업용 플랜트 기술을 개발
○ 범정부차원에서 기술 개발 투자를 진행중인 해외 선진국들과의 경쟁력을 확보할 수 있는 상용 기술 확보
○ 민간 기업 위주의 기술 개발 투자로는 가격경쟁력 확보가 어려운 이산화탄소 활용 분야에 대한 다부처 투자로 국내업계의 경쟁력을 단기간에 확보</td><td>○ 신규 이산화탄소 활용 시장 및 감축으로 인한 탄소배출 관련 기업의 직간접적 경제적 효과를 얻을 수 있음
○ 친환경 공정을 통해 생산된 고분자는 최대 2000만톤 수준인 기존 폴리우레탄 시장 점진적으로 대체할 것으로 예상되어, 신공정을 통한 시장 재편 시 시장 선점 효과
○ 신규 특수 소재 시장 창출을 통한 고용 효과 및 관련 기술 시장 투자 효과</td><td>○ CO_2 저감 뿐 아니라 기존 석유시장 대체 및 친환경 소재 개발을 통한 환경 문제 등이 총망라된 분야로 국가 운영의 한 축을 담당할 기술로 기대
○ 안전한 산업 공정 개발과 인체 무독성 등 친환경 제품을 통한 안전한 사회
○ 자원 선순환 사회 구현</td></tr>
</table>

	근거	○ 유럽연합 및 산하 각국의 정부 주도 대형 개발 사업을 통해 단기간에 상용 플랜트 수준의 기술을 확보하였음	○ 이산화탄소 감축 의무제와 탄소배출권으로 인한 기업 부담 및 이산화탄소 활용 대체연료를 통한 기존 고분자 시장 규모의 대체 가능성	○ 국내에서 시작되는 CO_2 배출권 거래제 및 온실가스 감축 목표량 ○ 석유 고갈 및 자원 무기화에 따른 대체 원료/연료 시장 대응 ○ 친환경 공정 및 소재에 대한 수요 증가

5. 총 사업비, 사업 기간 및 소요 인력(추정치)

정부출연금	○ 참여부처 1: 국토교통부 100,000백만원 ○ 참여부처 2: 미래창조과학부 10,000백만원 ○ 참여부처 3: 산업통상자원부 20,000백만원 정부출연금 계 : 130,000백만원
민간부담금	20,000백만원
합계	150,000백만원 (시범 단지 규모에 따라서 축소 가능)
사업 기간	84개월 (단일 단계로서 7년 또는 1단계 4년 + 2단계 3년)
소요 인력	280명
산출 근거	○ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축(600억원/120명) ○ CO_2 격리 효과 및 고부가화를 위한 친환경 고분자 제조 공정(600억원/120명) ○ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비(100억원/20명) ○ CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축(100억원/20명)

[부록3]

최종후보 플랜트 5개
사전기획보고서

A3-1. GTL 플랜트 사전기획보고서

A3-1-1. 가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화 사전기획보고서

요 약 문

사업명	가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화	정의/개념	상용화에 직접 적용가능한 Compact GTL의 실증규모 유닛 모듈 기술 개발 및 이를 통한 중소가스자원에 적합한 GTL 기술 상용화
비전	Compact GTL 기술 수출국으로의 도약	사업의 타당성	Compact GTL은 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 적고, 세계적으로 상용화 전단계임. 때문에, 기술선진국을 넘어선 기술개발 가능

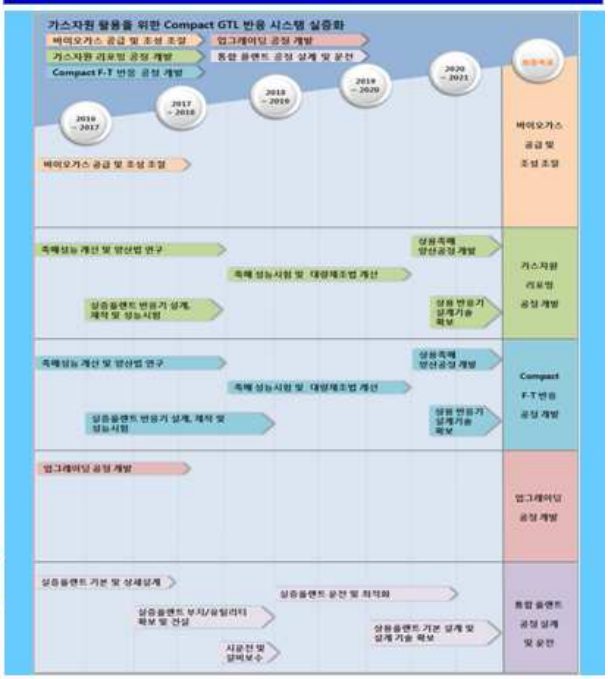
시장 현황/전망

- 한국은 세계 4위의 석유 수입국으로 세계 기본 에너지의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임
- GTL 기술은 전 세계적으로 대형은 상업화 전파 단계이고 중소형은 상업화 이전 단계
- 현재 GTL plant와 합성유의 시장의 규모는 86,866억원 규모, 2023년에는 480,734억원으로 성장할 전망됨
- 2010년 GTL연료 공급량은 7만 BPD 규모에서 2020년 33만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상되고 2040년에는 61만 BPD까지 증가할 것으로 예상됨.
- 세계시장규모의 증가세는 2010년에서 2020년 까지 5배의 지속적인 시장증가세를 보였으며, 2040년까지 최대 9배까지 성장할 전망임

기술 동향

- 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있음
- 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2bpd 급 Compact GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중중소규모 가스전 자원활용을 위한 Compact GTL 업체는 Velocys사와 CompactGTL사가 있음
- CompactGTL 사는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 수 cm의 채널사이즈를 갖음. Velocys는 파우더형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용

로드맵



사업추진 전략

- 모듈형 GTL 기술을 가지고 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나 컨소시움 형태로 간접 참여 가능
- 연관 업체로는 자원개발사, 플랜트/엔지니어링사, 조선 및 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 엔지니어링사, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 기술 개발/상업화에 컨소시움을 구성함으로서 동반성장함
- 가스가격은 오일에 비해 열량기준으로는 1/5 수준이며, 중소가스전의 경우 이보다 낮은 가격으로 활용가능함으로 경제성이 높음
- 그 외 요소기술 활용은 수소 스테이션용 모듈형 리포머와 군사용 모듈형 합성디젤유 제조용으로도 사용 가능

비지니스 모델

- 전체 가스 가채량의 60% 이상을 차지하나 대부분 미활용 상태인 중소규모 가스전을 개발도구로서 모듈형 GTL 기술 이용. 이미 주인이 정해진 대규모 가스전에 비해 중소규모 가스전은 기술적/경제적인 이유로 미개발 상태로 가스전 확보 가능성이 높음
- 모듈형 GTL 기술 이용하여 가스자원을 저장/운송이 용이한 합성유로 전환함으로서 가스전 니치마켓에 진출가능
- 육상이나 해상의 동반가스 처리기술은 현재 시급히 요구되는 기술로서 모듈형 GTL 기술로 해결 가능
- 모듈형 반응기 제작기술은 중소기업의 사업영역 확대에 적합한 기술로 기존 대기업에서 주도하던 대규모 반응기 제작과는 차별화됨

참여부처별 역할/모델	▪ 국토부 - Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발 - 모듈화된 compact GTL 플랜트 실증 ▪ 산업부 - Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발 - Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성 반응시스템 단위 모듈 개발
소요기간/ 인력/ 예산	▪ 사 업 기 간 : 60 개월 ▪ 예 산 : 정부출연금 55,000 백만원 민간부담금 20,000 백만원 총 사업비 75,000 백만원 ▪ 총 소요인력 : 100 명
기대효과	▪ 화학공정분야 기술 수출국으로 도약 기대 ▪ 기존 공정의 생산비용의 절감과 공정의 혁신을 유도 가능 ▪ 자주개발 원유의 확보로 에너지 자립국가 실현 가능

제1장 사업의 필요성

○ 대형 가스전은 이미 세계 메이저 회사에 선점되어 LNG, PNG, 대형 GTL 등으로 활용되고 있으나, 중소규모 가스전 (< 1 TCF)은 전체 가스자원의 60% 이상을 차지 하지만, 개발기술과 경제성 문제로 인해 상당부분 미개발 상태로 놓여 있음

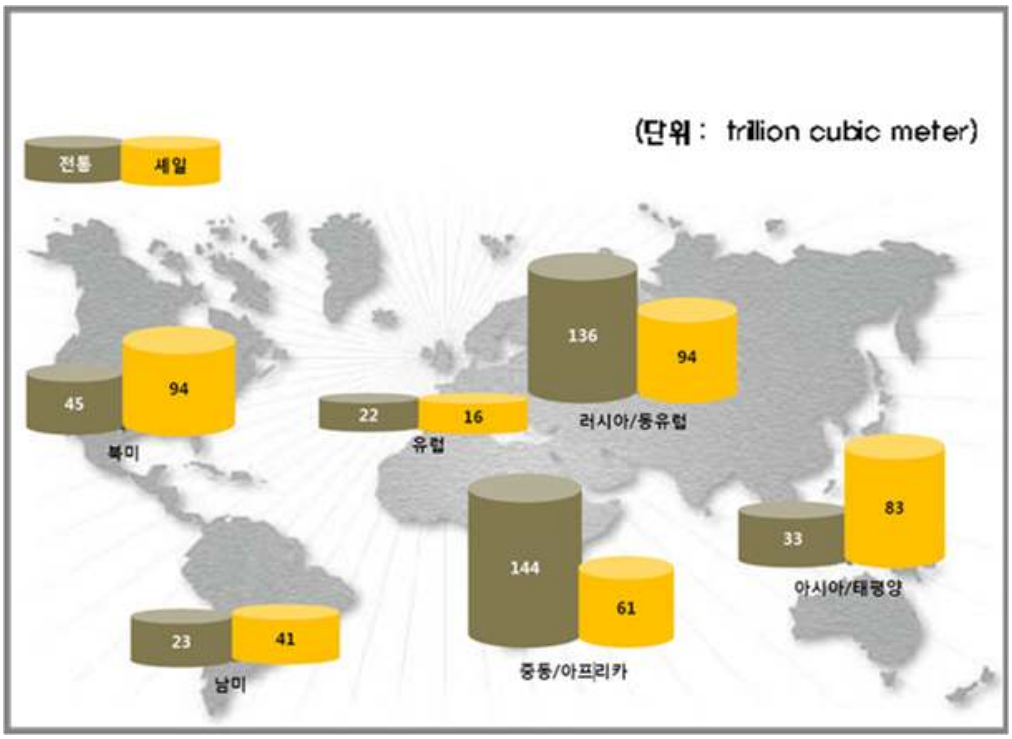


그림 1. 전통가스 및 셰일가스 매장량 분포도 [1]

○ 석유 채취/정제과정에서 발생하는 동반가스의 flaring 금지 규제가 세계적으로 확대되고 있는 추세임

○ 한계가스전 등의 중소규모 가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원 (바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요

○ 지금까지 상용화에 가까운 바이오연료 생산기술은 주로 생물학적 공정에 기반을 둔 알콜류 제조에 집중되어 있으나 향후 바이오화학산업의 발전방향 및 기존 석유화학 infrastructure와의 연계방향을 감안할 때 열화학공정을 기반으로 하는 바이오연료 제조기술 개발이 동시에 수행되어야 경제성 확보가 가능함

○ GTL 기술은 가스자원을 저장/수송이 용이한 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에, 기술선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황임

○ Velocys와 CompactGTL사에서 실증규모에서 기술이 개발 중이나 이들 회사의 기술이전 정책은 가스전 보유국과 합작회사를 만드는 방법을 채택하거나 막대한 기술료 요구 또는 사용권 제약이 있기 때문에 국내에서 자체기술 확보가 필요함

○ Compact GTL 기술개발에 연관된 업체로는 자원개발사의 공기업, 엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업체와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사 등과 같은 중소기업이 있으며, 기술개발 및 상업화를 통해 동반성장기회를 제공함

○ 소형 compact GTL 기술 확보시 동남아 지역 등 바이오가스 생산이 용이한 지역에 특화된 플랜트 수출산업으로 경쟁력 확보 가능

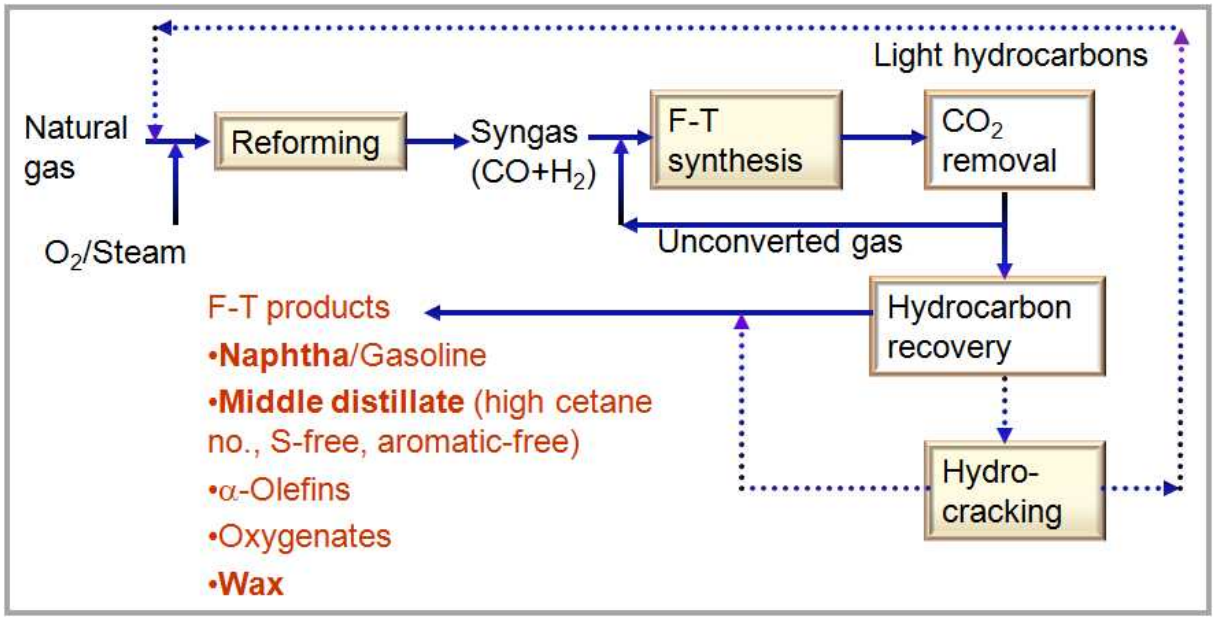


그림 2. GTL 기술의 개요

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 기술의 개념

○ GTL은 천연가스로부터 액상의 합성석유를 생산하는 화학공정 기술이며, compact GTL은 공정 및 장치를 컴팩트화 및 모듈화하여 작은 규모에서도 경제성이 있으면서, 효율이 높아 중소규모 가스전에 적용이 용이한 기술

○ GTL 상용 공정은 생산량 34,000 BPD 이상의 대형 규모에서 경제성 있는 공정으로 개발되고 있으며, 중소규모 가스전 (associated gas 또는 stranded gas) 및 국내 국소 메탄가스 발생처에 적용 가능한 '모듈형 마이크로 GTL 반응 공정' 개발 (대형공정 대비 반응기 부피 90% 이상 축소)을 통하여, 고유가시대와 석유자원고갈에 대비한 에너지자원 다변화에 대응하기 위한 기술을 확보하고자 함

○ 한계가스전 (stranded gas)이란 규모가 작아서(중소규모 가스전) LNG로의 이용이 곤란하고 지리적 특성 등으로 파이프 라인으로 이송이 곤란한 가스전을 뜻하며 전세계 가스 매장량 중 약 50~75%인 4,500 TCF (trillion cubic feet)가 이에 해당하나 아직까지는 적절하게 활용되지 못하고 있음

○ 동반가스 (associated gas)란 유전 개발시 수반되는 가스로서 지금까지는 대기중에 그냥 태워왔으나 최근 환경문제로 인하여 규제되고 있는 실정이라, 유전 개발시에 이의 적절한 처리 및 이용방안이 선행되어야 함

○ Compact GTL 기술의 경우 제한된 공간에 공정을 배치하기 위한 공정 단순화 및 효율 극대화를 위한 연구가 매우 중요하며, 또한 변화가 심한 외부 영향에 대하여 안정성을 가질 수 있는 설계 기술이 매우 중요함

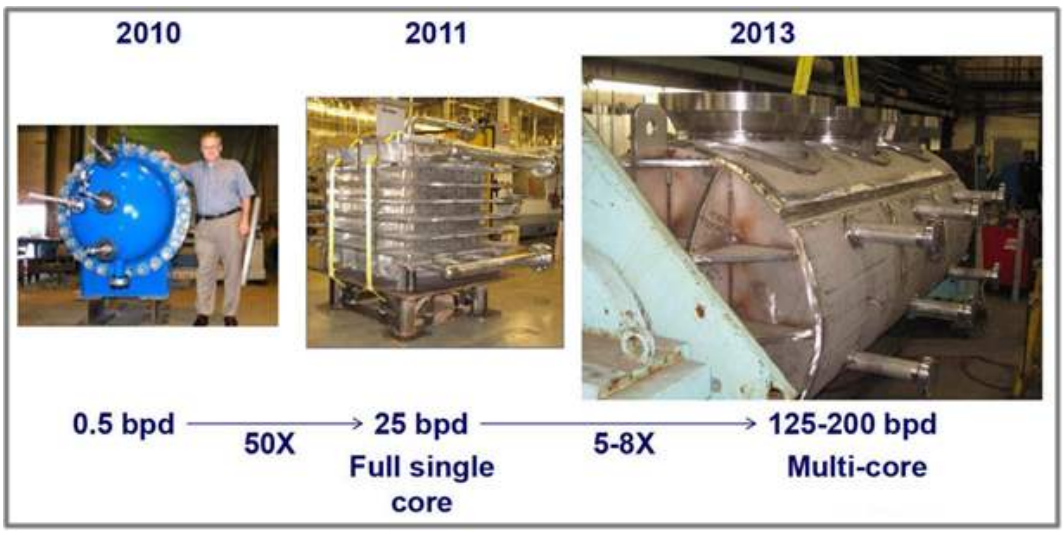


그림 3. Velocys사의 데모 및 상용 모듈형 F-T 합성 반응기

○ 소규모에서도 GTL 기술의 경제성을 향상시키기 위하여 투자비용을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있음. 또한, 중기적으로 FPSO에 적용 가능한 기술을 위하여 장치 및 공정의 컴팩트화 및 모듈화가 요구됨

○ 컴팩트화 및 모듈화 이외에 GTL 전체공정 중 합성가스 제조공정의 단순화와 에너지 효율 제고가 요구됨

2.2 국내외 기술 동향

2.2.1 국내 기술 동향

○ 국내에서 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 파일럿 규모(1배럴/일)에서 연구가 수행된 적이 있음



그림 4. BPD급 SBCR GTL 파일롯 플랜트 전경

○ 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2 bpd급 모듈형 GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나(에기연-리포밍 반응 + 화학연-FT 반응), 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함



그림 5. 0.2 BPD급 모듈형 GTL 파일롯 플랜트 전경 및 F-T 합성 공정 파트



그림 6. 0.2 BPD급 모듈형 GTL 파일롯 플랜트에 사용된 마이크로 채널형 F-T 합성 반응기

2.2.2 국외 기술 동향

○ 해외에서의 compact GTL 기술은 마이크로 반응기를 이용한 기술로서 대표적으로 Velocys(Oxford catalyst group)사와 CompactGTL(CGTL)사가 있음
○ CGTL과 Velocys의 마이크로 반응기 기술을 비교할 때 “mini vs. micro”로 표현됨 (반응기 내의 채널 크기가 CGTL은 2.5~5 cm인 반면, Velocys 는 수 mm 수준이기 때문)
○ Velocys는 6 bpd 급에서, CGTL은 20 bpd급에서 demonstration 운전을 마친 상태임
○ Velocys는 미국에서 셰일가스를 이용한 소형 GTL project를 진행 중 (Karns City 1,400 bpd. Norther Ohio 2,800 bpd). CGTL은 카자흐스탄에서 flaring gas 활용 목적으로 상업화 project를 진행중 (3,000 bpd 2017년 가동 목표)


그림 7. Velocys 사의 1000-1500 BPD급 FT 모듈 [2]

2.3 국내외 시장 동향

2.3.1 시장동향 및 규모

○ 한국은 세계 4위의 석유 수입국이자, 세계 2위의 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지(PED, Primary Energy Demand)의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임
○ 국내에서는 가스자원을 이용하여 화학제품이나 연료 생산을 통해 내부수급이나 수출이 전혀 이루어져 있지 않으며, LNG 형태로 전량 수입되는 가스자원은 연료나 발전용으로 대부분 사용됨
○ GTL 기술은 전 세계적으로 대형은 상업화 전파 단계이고 중소형은 상업화 이전 단계로 2014년 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 86,866억원 규모이며 2024년에는 549,795억원으로 성장할 전망, 연평균 성장률(CAGR) 12% 이상 급성장 (Visiongain, 2014)
○ 2010년 GTL연료 공급량은 7만 BPD 규모에서 2020년 33만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상되고 2040년에는 61만 BPD까지 증가할 것으로 예상됨. 원유를 제외하고 대체원료로부터 생성된 액체연료 (NGL, Biofuel, CTL, GTL, Kerogen, Refinery gain) 중에 공급 증가량은 2040년 까지 GTL이 7.6%로 가장 크게 나타남 [3]
○ 세계시장규모의 증가세는 2010년에서 2020년 까지 5배의 지속적인 시장증가세를 보였으며, 2040년까지 최대 9배까지 성장할 전망임 [3]
○ 세계적으로 산재해 있는 중소가스전이나 flaring 가스의 활용 비중이 늘어나면서 총 GTL 합성유 생산규모에서 비 OPEC 국가의 시장 선도비율이 크게 늘어날 것으로 예상됨 [3]
○ “GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)” [4] 자료 참조하여 아래의 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산

표 1. Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024 ($m, AGR %, CAGR%, Cumulative) [4]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CAPEX ($m)	2,739	2,647	4,963	7,387	11,668	15,783
AGR (%)		-3.3	87.5	48.8	57.9	35.3
CAGR (%) 2014-2019		49.5				
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CAPEX ($m)	19,783	20,647	23,372	19,773	18,405	18,405
AGR (%)	25.3	4.4	13.2	-15.4	-6.9	0.0
CAGR (%) 2019-2024		-1.4				
CAGR (%) 2014-2024		21.4				

표 2. Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024 (bpd, AGR %, CAGR%) [4]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
bpd	151,140	165,460	175,558	185,656	195,754	210,889
AGR (%)		9.5	6.1	5.8	5.4	7.7
CAGR (%) 2014-2019		11.3				
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
bpd	282,591	404,156	550,240	701,446	812,837	919,855
AGR (%)	34.0	43.0	36.1	27.5	15.9	13.2
CAGR (%) 2019-2024		26.6				
CAGR (%) 2014-2024		18.7				

표 3. Table. 세계시장규모 합산 (단위 : 억원)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GTL Capex	27,388	26,473	49,630	73,873	116,676	157,828
GTL Liquids	55,166	60,393	64,079	67,764	71,450	76,974
Sum	82,554	86,866	113,709	141,637	188,126	234,802
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GTL Capex	197,827	206,468	233,719	197,732	184,048	184,048
GTL Liquids	103,146	147,517	200,838	256,028	296,686	335,747
Sum	300,973	353,985	434,557	453,760	480,734	519,795

○ GTL 산업은 소수의 기술 보유사가 관련 사업을 독점 중. 국내 업체들은 기술 라이센싱 불가능
○ 바이오가스, 셰일가스, 한계가스 등의 개발에 적용하는 GTL 기술이 많은 관심을 받고 있음. 가스 자원의 개발 및 향후 GTL의 시장은 매우 커질 것으로 예상
○ 가스자원의 전환 플랜트 기술개발에 대한 정부차원의 대폭적인 지원이 필요함

2.3.2 수출・입 효과

○ 해외 중소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약
○ 현재 파일롯 플랜트 수준의 기술은 확보하였으나, 중소규모 가스자원 확보 미흡
○ 해외 중소규모 가스전을 확보 및 국내 소규모 가스자원 개발과 함께 고효율 플랜트 상용기술 개발

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 최근 미국을 중심으로 한 셰일가스 개발 붐은 천연가스 공급확대에 의한 천연가스 가격의 하향 안정화가 이루어짐에 따라(열량기준 원유의 1/5 수준(미국)), 이의 활용기술로서 보다 고부가 가치의 고급 디젤유나 왁스를 제조하는 GTL (gas-to-liquids) 기술이 재조명되고 있음

○ 최근 유가가 하향세를 보이고 있지만, 곧 다시 상승 할 전망. 저유가 상황으로 인한 관련 기술 개발 침체시기에 고유기술을 개발한다면 기술선진국으로 도약할 수 있음

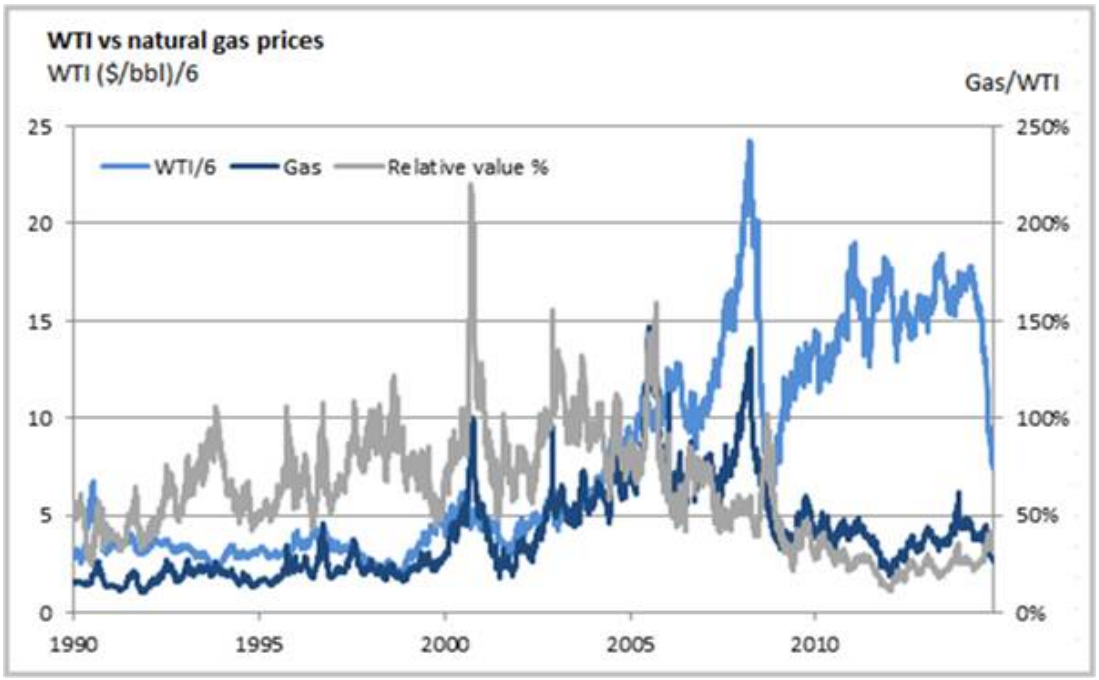


그림 8. 석유 및 천연가스 가격 추이 [5]

○ 기존기술(LNG, PNG, 대형 GTL)로 적용이 어려운 틈새시장 (셰일가스, 동반가스, stranded 가스(해상가스전 포함))인 중소규모 가스전 개발에 적용 가능한 기술이 필요함

○ 채굴기술 개발에 의해 가채량이 급격히 증가하는 가스자원의 개발에 가스 활용기술을 이용하여 자원개발에 참여함으로서 국가 에너지 자립과 다변화 정책에 부응

○ 에너지·자원기술개발사업으로 (과제명: 모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응시스템 개발, 2015년 종료 예정)에 의하여 모듈형 GTL 기술이 파일럿 플랜트 수준까지 개발될 예정이며 이의 상용화를 위해서는 실증플랜트 개발 사업이 요구됨

3.2 사회·경제적 타당성

○ 석유화학 산업은 자동차, 전자, 건설 등의 주력산업을 비롯한 대부분의 산업에 원자재를 공급하는 국가 핵심 기간산업임

○ 2008년까지는 한국은 세계에서 가장 경쟁력 있는 석유화학 국가였으나 셰일가스 출현으로 석유화학산업 및 이의 하류 기초소재 산업의 경쟁력이 약화 되고 있음 (2011년 경질올레핀 생산 기준 세계 5위)

○ 활용 가능한 안정적인 화석자원 확보 및 이의 활용 산업은 고용창출 문제를 초월한 국가 에너지 안보 차원의 이슈이며, 실행단계에서 대규모 자본투자 뿐 아니라 기술투자도 가능한 정부주도

신 대형공정 기술개발이 필요함

○ 중동 및 미국의 값싼 NGL(Natural Gas Liquids: 에탄이 주성분)을 원료로 한 폴리에틸렌, PVC 등의 범용 화학제품의 가격 경쟁력으로 인해 국내 나프타 기반 화학산업의 해외 수출이 심각한 타격을 받고 있음

○ 장차 셰일가스 개발이 전 세계(특히 중국)로 확대될 때는 국내 화학산업의 심각한 위기를 가져올 것임 [6]

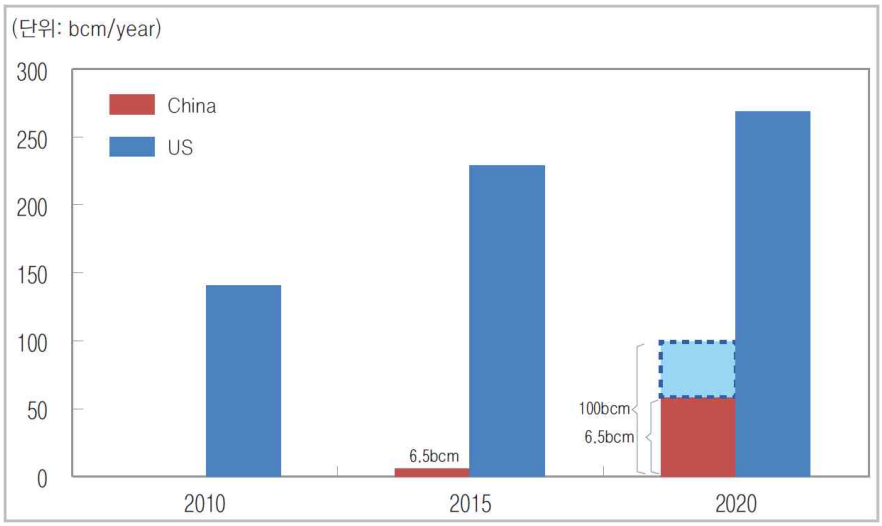


그림 9. 미국과 중국의 셰일가스 개발계획 비교 [6]

○ 국내 E&P 업체 및 유화업체들의 가스분야의 해외 사업 연계진출 및 화공 플랜트 산업의 경쟁력을 강화하기 위한 셰일가스 활용기술의 선도적 개발 및 이의 산업계 파급이 절실히 요구됨

○ 한정된 탄소 자원을 보다 더 효율적으로 화학 기초원료나 청정합성유로 전환시킬 수 있는 화학 촉매 및 공정 기술이 요구됨

○ 셰일가스 개발은 에탄/NGL 활용에 의해 경제성이 보완되고 있으며, 메탄의 초과 공급으로 인해 메탄의 합성 석유 및 화학제품으로의 전환에 대한 경제성이 높아지고 있음

○ 산업프레임의 전환(석유화학 기반 → 가스원료(셰일가스)의 낮은 가격을 바탕으로 기초유분 등 생산)이 예상됨에 따라, 관련 원천기술 확보를 통한 국내산업의 경쟁력 확보가 필요 [7]
- 중국의 셰일가스 개발 → 국내 전 사업 경쟁력 악화 우려 예상 [6]
- 값싼 셰일가스로부터 고부가 화학제품 및 고급 합성유 제조

○ 산업 및 국가에 미치는 파급효과 고려 시, 시급한 기술개발이 필요하나 민간 주도하에 해당 분야 연구에 대한 투자는 기대하기 어려움
- 해외 기술 선진국에서의 해당 기술 이전도 극히 제한

○ 이에, 미래 에너지 기술경쟁력 확보를 위해 정부가 지원하여 기술개발을 통한 원천기술 확보가 반드시 필요

○ 최근 미국 발 셰일혁명 등 에너지·경제 이슈를 넘어 세계의 이목이 집중 되고, 일본, 중국 등은 셰일가스의 개발 및 활용기술 확보를 위한 국가적 노력을 기울이고 있음
- 소규모의 분산된 셰일가스전 특성에 적합한 차세대 GTL 원천기술 개발에 의해 기술선점 기회가 될 것임

3.3 정책적 타당성

○ (국정과제) 100.안정적인 에너지 수급 및 산업구조 선진화

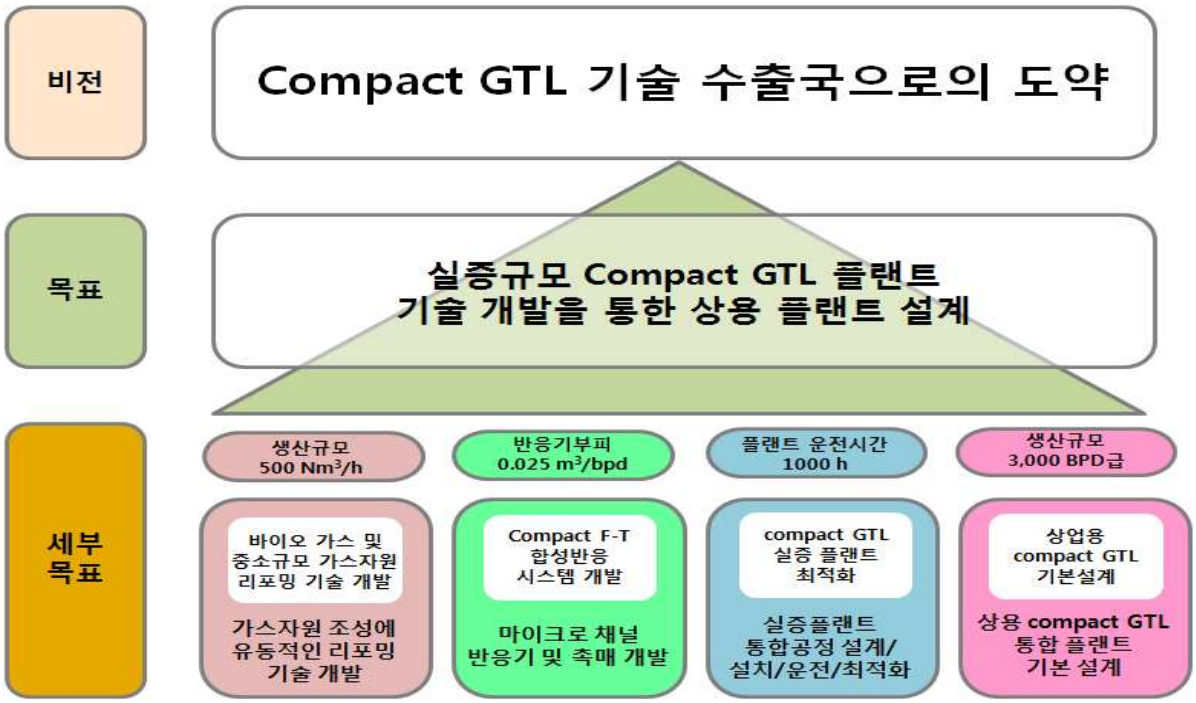
○ (국가중점과학기술 전략로드맵) 지경부(산자부)가 수립한 '그린에너지 전략로드맵 2011'에 15개 분야별로 중장기 계획이 있음. 이중 "청정연료" 분야는 값싸고 부존량도 많은 천연가스를 이용해 무공해 청정연료인 합성석유(GTL)를 만들어 에너지 자립을 확보하는 것임.

○ (한미 정상회담 2014. 4. 25) 셰일가스의 경우 양국 정부 간 진행하고 있는 협력 논의를 민

간 분야로 확대하기로 함. 미국의 셰일가스 사업에 한국 기업 참여를 확대해줄 것을 요청.
○ 산업통상자원부와 석유화학업계가 석유화학산업의 글로벌 현안에 대응하기 위한 전략을 논의 [8]
○ 북미의 셰일가스 개발 확대가 국내 석유화학기업들에 미칠 영향을 고려해 조속히 대응전략을 마련해야 함
○ 북미의 신증설이 완료되는 2016-2018년부터 값싼 셰일가스를 원료로 석유화학제품 생산을 확대하나 국내 석유화학 시장은 나프타(Naphtha)를 원료로 사용해 가격 경쟁력이 악화될 것 우려
○ 국내 석유화학기업은 범용제품 중심의 생산구조이고, 중국수출 비중이 높아 중국의 경기변동에 취약한 상황
○ 어려운 대외환경을 극복하기 위해 정부와 업계가 힘을 합쳐야 함
○ 정부는 석유화학기업과 공동으로 셰일가스 등 천연가스 개발을 위한 해외 설비 구축을 적극 검토하기로 결정 [8]
○ 셰일가스는 자원 보호 장벽이 비교적 큰 미국, 중국 뿐 아니라 세계 각지에 골고루 분포되어 있음 (미국 862 Tcf 대비 아프리카 1,042 Tcf, 호주 396 Tcf, 미국 제외 북미 1,069 Tcf, 남미 1,225 Tcf)
○ 가스자원 개발로 국가 에너지 분산 정책 호응 및 에너지 자립 도모
  - 중소규모 가스전(<1TCF)은 전체 가스자원 60% 이상 차지하지만 개발기술과 경제성 문제로 인해 상당 부분 미개발 상태임. 개발기술 보유시 자원개발 수단으로 활용 가능
  - 미국 이외에 대부분 미개발인 셰일가스전 및 기타 소규모 자원(바이오매스, 매립가스 등) 개발에 적합한 기술 필요

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전



4.2 사업의 목표

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

가. 핵심기술

○ Compact GTL용 고성능 촉매 개발
- 열교환 성능이 우수한 마이크로 채널 반응기에 적합한 고성능 촉매 필요. 반응 활성, 선택성 및 내구성이 우수한 촉매가 요구됨. 촉매성능이 반응기 크기를 좌우하므로 중요한 기술임.
- 핵심기술 : 열전달 향상 기술, 고활성 촉매 제조 기술, 촉매 내구성 향상 기술, compact GTL용 고활성 촉매

○ Compact GTL용 리포머 및 F-T 반응기 모듈 시스템
- GTL에서 천연가스에서 합성가스를 제조하는 리포밍 반응은 강한 흡열반응으로서 촉매로의 열전달이 반응기의 성능을 좌우함. 합성가스에서 합성유를 제조하는 Fischer-Tropsch 반응은 강한 발열반응으로서, 반응열을 효과적으로 제거하지 않아 온도가 올라가면 합성유의 선택도가 급격히 떨어지는 문제가 있음. 반응물의 높은 유속에서도 효과적으로 반응열 제어가 가능한 단위 반응기 부피당 열전달 면적이 큰 마이크로 채널 반응기의 개발이 필요함
- 핵심기술 : 열전달 성능이 우수한 compact 리포머 제작 기술, 내열성이 우수한 반응기 제작 기술, 열교환 성능이 우수한 마이크로 채널 반응기의 유로 설계 기술, diffusion 접합에 의한 일체형 반응기 설계/제작 기술, 반응열 제어 시스템 기술

○ 모듈형 GTL 통합공정 기술 및 상용플랜트 설계

- GTL 통합공정에는 리포밍 반응시스템과 FT 반응시스템 외에도 천연가스의 전처리공정, pre-reforming 공정, excess H_2 분리 공정, 합성가스 처리공정, 합성유 분리 공정, 반응 후 합성가스 재순환공정 및 기타 GTL 공정 유틸리티 등을 통합 설계/설치/운전하는 것이 있으며 이들을 유기적으로 최적화 설계/개발하는 것이 필요함
- 핵심기술 : 전산모사 및 실험자료에 의한 GTL 통합공정 기본/상세 설계기술, 통합공정 운전/최적화 기술, 상용플랜트 설계 기술, GTL 공정 모듈화 기술

나. 핵심개발 내용

○ Compact GTL 반응기용 고성능 촉매: Compact 리포밍 및 피셔-트롭시 반응기용 촉매 성능 개선 및 촉매 대량 제조 기술 개발

○ Compact 피셔-트롭시 합성반응시스템

○ 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 상용반응기 대비 10배 이상 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 (C5+ 생산량 기준 0.025m^3/bpd 이하 Compact FT 반응기) 개발

○ 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발
- 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화, 공정모사를 통한 반응기/공정해석, 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증 플랜트 경제성 평가 기술 개발, 200BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계

○ 바이오가스 사용 소형 모듈화된 compact GTL 공정기술 개발 및 실증
- 기존 국내기술 규모인 1 BPD급 공정기술을 모듈화한 compact 공정기술 개발과 국내 실증

4.2.2 설비규모

구분	규모		비고
합성가스 생산	NG 공급량 (Nm^3/h)	750	복합리포밍으로 합성가스 생산을 기준으로 함
	CO_2 공급량 (Nm^3/h)	300	
	합성가스 생산량 (Nm^3/h)	3000	
Compact F-T 합성	합성석유 생산량 (BPD)	50	
	컴팩트화 지수 (m^3/BPD)	0.025	

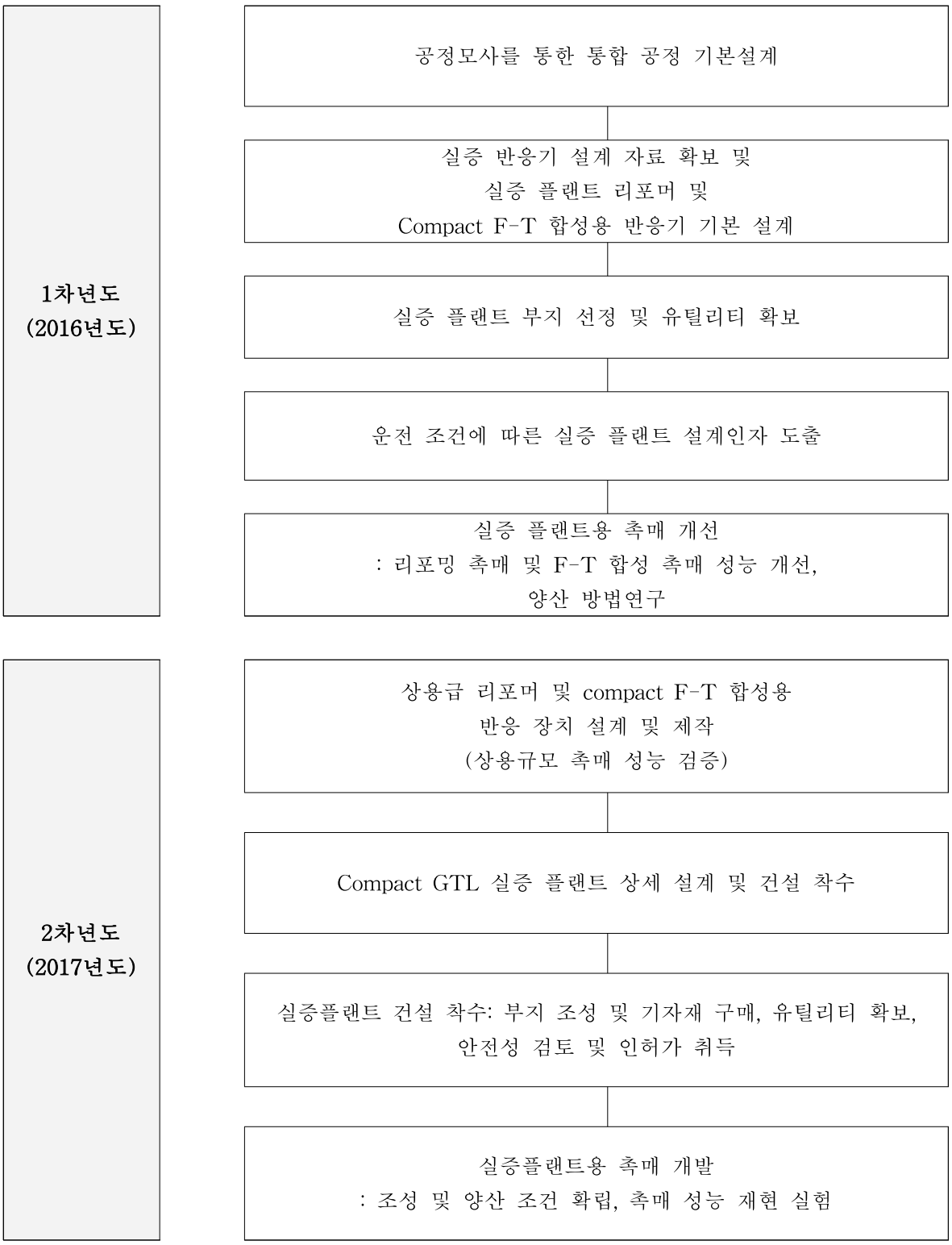
4.2.3 사업의 로드맵

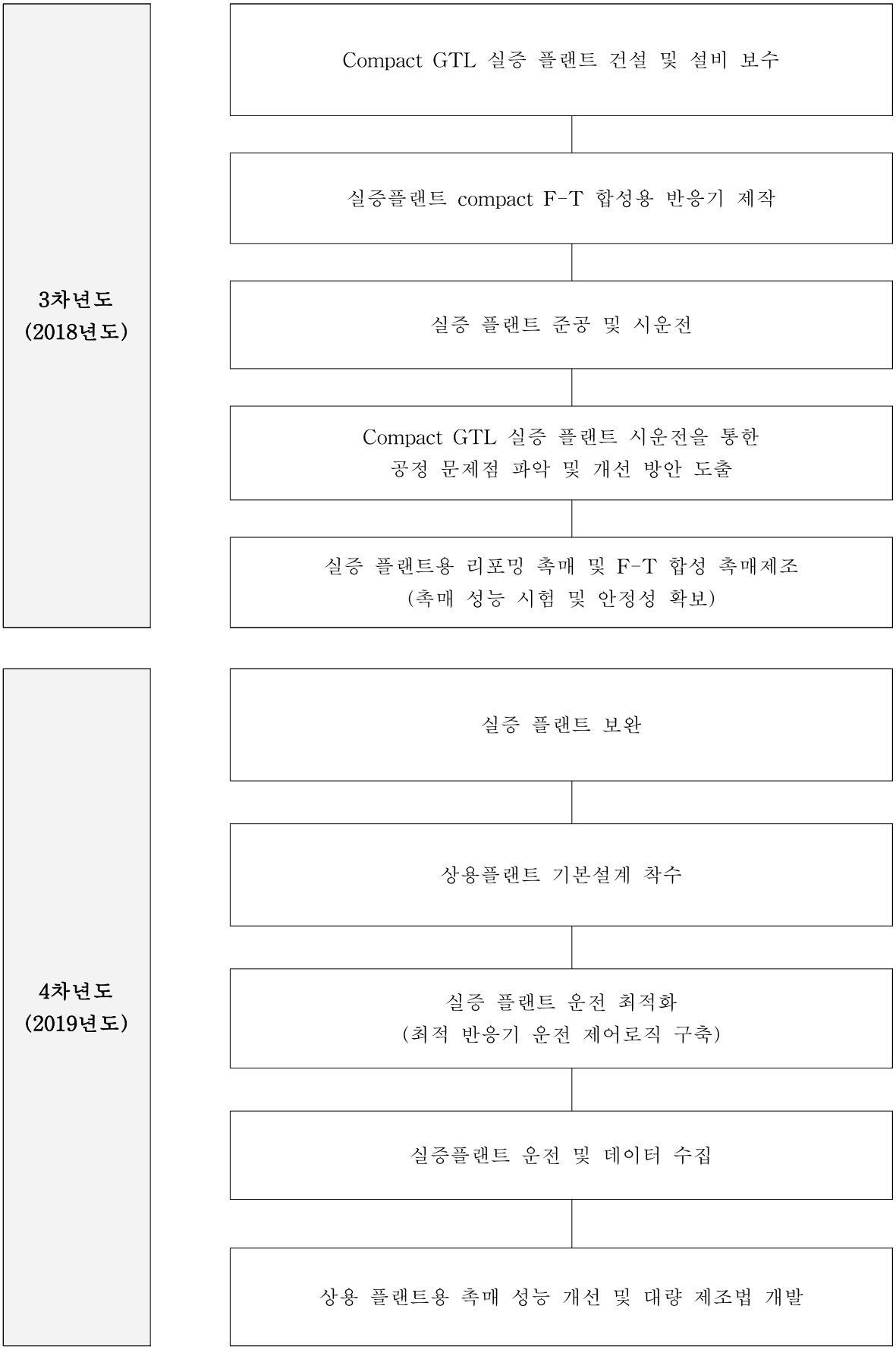

가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응 시스템 실증화
바이오가스 공급 및 조성 조절
업그레이딩 공정 개발
가스자원 리포밍 공정 개발
통합 플랜트 공정 설계 및 운전
Compact F-T 반응 공정 개발
2016 ~ 2017
2017 ~ 2018
2018 ~ 2019
2019 ~ 2020
2020 ~ 2021
최종목표
바이오가스 공급 및 조성 조절
바이오가스 공급 및 조성 조절
촉매성능 개선 및 양산법 연구
촉매 성능시험 및 대량제조법 개선
실증플랜트 반응기 설계, 제작 및 성능시험
상용촉매 양산공정 개발
상용 반응기 설계기술 확보
가스자원 리포밍 공정 개발
촉매성능 개선 및 양산법 연구
촉매 성능시험 및 대량제조법 개선
실증플랜트 반응기 설계, 제작 및 성능시험
상용촉매 양산공정 개발
상용 반응기 설계기술 확보
Compact F-T 반응 공정 개발
업그레이딩 공정 개발
업그레이딩 공정 개발
실증플랜트 기본 및 상세설계
실증플랜트 운전 및 최적화
실증플랜트 부지/유틸리티 확보 및 건설
상용플랜트 기본 설계 및 설계 기술 확보
시운전 및 설비보수
통합 플랜트 공정 설계 및 운전

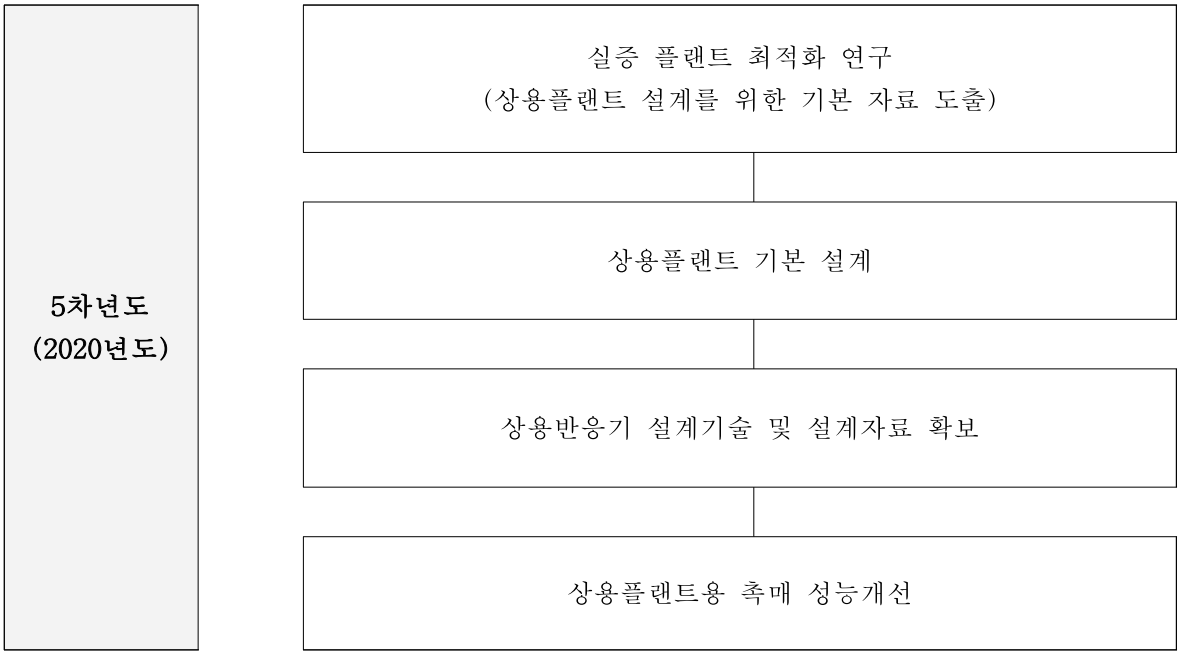
제5장 사업 추진체계

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

5.1.1 추진대상 과제




3차년도
(2018년도)
Compact GTL 실증 플랜트 건설 및 설비 보수
실증플랜트 compact F-T 합성용 반응기 제작
실증 플랜트 준공 및 시운전
Compact GTL 실증 플랜트 시운전을 통한
공정 문제점 파악 및 개선 방안 도출
실증 플랜트용 리포밍 촉매 및 F-T 합성 촉매제조
(촉매 성능 시험 및 안정성 확보)
4차년도
(2019년도)
실증 플랜트 보완
상용플랜트 기본설계 착수
실증 플랜트 운전 최적화
(최적 반응기 운전 제어로직 구축)
실증플랜트 운전 및 데이터 수집
상용 플랜트용 촉매 성능 개선 및 대량 제조법 개발


5차년도
(2020년도)
실증 플랜트 최적화 연구
(상용플랜트 설계를 위한 기본 자료 도출)
상용플랜트 기본 설계
상용반응기 설계기술 및 설계자료 확보
상용플랜트용 촉매 성능개선

5.1.2 추진일정

1차년도														
일련번호	개발내용	추진 일정												기간(주)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	촉매 성능 개선													20
2	Kinetics 도출위한 파일럿 반응실험													20
3	반응기 설계 위한 kinetics 확립													28
4	실증플랜트용 반응기 기본 설계													24
5	실증플랜트 설계인자 도출													12
6	실증플랜트 기본 설계													24
7	실증플랜트 상세 설계													24
8	촉매 양산법 연구													24
2차년도														
1	통합공정 상세설계(계속)													12
2	실증플랜트 부지/유틸리티 확보													12
3	실증플랜트 기자재 구매													48
4	실증플랜트 인허가													8
5	실증플랜트 건설													28
6	실증플랜트 개질 반응기 제작													24
7	실증플랜트 반응기 성능시험													24
8	실증플랜트용 촉매개선													24
9	실증플랜트용 촉매 시작품 제조													SS24

3차년도														
일련번호	개발내용	추진 일정												기간(주)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	실증플랜트 건설(계속)													20
2	실증플랜트 compact F-T 합성 반응기 제작													20
3	실증플랜트 시운전													12
4	공정 문제점 파악 및 개선방안 도출													12
5	실증플랜트 설비보수													12
6	실증플랜트용 촉매 제조													24
7	촉매성능 시험 및 안정성 확보													24
4차년도														
1	실증플랜트 운전 및 데이터 수집													8
2	최적반응기 운전 제어로직 구축													12
3	실증플랜트 보완													12
4	실증플랜트 운전 최적화													12
5	상용플랜트 기본 설계													16
6	촉매 대량 제조법 개선													48
5차년도														
1	실증플랜트 최적화													8
2	실증플랜트 추가운전													8
3	상용플랜트 설계자료 확보													12
4	상용 플랜트 기본설계													36
5	상용 반응기 설계 기술 확보													32
6	상용 촉매 양산공정 개발													48

5.2 예산소요 계획

정부출연금	참여부처	국토교통부	백만 원
		산업통상자원부	백만 원
		총 55,000 백만 원	
민간부담금	20,000 백만 원		
합계	바이오가스 공급 및 조성 조절		12,500 백만 원
	가스자원 리포밍 공정 개발		12,500 백만 원
	피셔-트롭시 합성공정 개발		12,500 백만 원
	업그레이딩 공정 개발		12,500 백만 원
	통합 플랜트 공정 설계 및 운전		25,000 백만 원
	총 사업비		75,000 백만 원
사업 기간	60 개월		

5.3 인력투입 계획

소요 인력	바이오가스 공급 및 조성 조절	15 명
	가스자원 리포밍 공정 개발	15 명
	피셔-트롭시 합성공정 개발	15 명
	업그레이딩 공정 개발	15 명
	통합 플랜트 공정 설계 및 운전	40 명
	총 소요인력	100 명

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

○ 모듈형 GTL 기술을 가지고 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나 컨소시움 형태로 간접 참여 가능. 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용
○ 향후 활용 가능성이 높을 것으로 예상되는 중소형 가스전을 대상으로 하여 작은 규모에서도 경제성 있는 compact GTL 기술 개발을 목표로 설정하여 연구를 수행
○ 연관 업체로는 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 엔지니어링사, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 기술 개발/상업화에 컨소시움을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음
○ 가스가격은 오일에 비해 열량기준으로는 1/5 수준이며, 중소가스전의 경우 이보다 낮은 가격으로 활용 가능하므로 경제성이 높음
○ 그 외 요소기술 활용은 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조용으로도 사용 가능
○ 본 기술 개발은 실증규모의 대규모 연구이기 때문에 관련 부처 및 산업계에서 GTL 통합공정 설계/설치/운전 등을 주도적으로 수행하는 것이 바람직함 (모듈형 GTL 기술에서 핵심기술인 모듈형 반응기를 제작하는 중소기업도 대기업과 컨소시움을 구성하여 주도적으로 참여할 수 있음).
○ GTL용 촉매와 반응기 개발은 그 동안 관련분야에서 많은 연구를 수행해온 출연연 중심의 연구소에서 축적기술을 계승 발전시키는 것이 바람직하며, 학계에서는 반응기 개발을 위한 수치모사, 공정개발을 위한 공정모사 및 차세대 적용 가능한 신촉매개발 등을 수행하여 모듈형 GTL 기술개발을 위해 산학연 협력 체계를 이루는 것이 필요함

6.2 비지니스 모델

○ 전체 가스 가채량의 60% 이상을 차지하나 대부분 미활용 상태인 중소규모 가스전을 개발도구로서 모듈형 GTL 기술 이용. 이미 주인이 정해진 대규모 가스전에 비해 중소규모 가스전은 기술적/경제적인 이유로 미개발 상태로 가스전 확보 가능성이 높음
○ 모듈형 GTL 기술 이용하여 가스자원을 저장/운송이 용이한 합성유로 전환함으로서 가스전 니치마켓에 진출가능
○ 육상이나 해상의 동반가스 처리기술은 현재 시급히 요구되는 기술로서 모듈형 GTL 기술로 해결 가능
○ 모듈형 반응기 제작기술은 중소기업의 사업영역 확대에 적합한 기술로 기존 대기업에서 주도하던 대규모 반응기 제작과는 차별화됨
○ 석유의 업그레이딩 기술을 보유한 업체(현대오일뱅크 등)는 본 과제 핵심기술과 연계하여 사업진출이 가능. 에너지업체(현대오일뱅크, 한국석유공사, 한국가스공사 등)는 해외 유전/가스전 개발을 하는 방식으로 참여가 가능. 엔지니어링업체 (대림산업, 현대엔지니어링 등)는 상기 에너지업체들의 GTL 사업에 공조할 수 있음. 그 경험을 바탕으로 해외 GTL 플랜트 건설에 진출할 수 있음. 뿐만 아니라, 중소규모의 반응기 제작업체, 공정설계업체, 자동화설비업체 등도 협력하여 사업진출이 가능함
○ 정유/에너지업체는 본 사업의 결과를 활용하여 해외 유·가스를 개발하는 E&P에 적극적으로 참여. 플랜트 관련 참여 중소업체는 MR-GTL 파일럿 및 실증 플랜트 시공 경험을 바탕으로 EPC역량을 강화하여 해외 중소형 가스전 개발 프로젝트에 적극적으로 참여

6.3 참여 부처별 역할 및 모델

6.3.1 국토교통부

○ 역할
- Compact GTL(모듈당 50 BPD 이상) 통합공정 최적화 기술 개발
- 모듈화된 Compact GTL 플랜트 실증

○ 필요성 및 성과
- 산업부의 기존 성과 활용 가능
- Compact GTL 기술의 실증 경험에 의한 해외 가스플랜트 사업 참여 기회 및 이익창출 제고
- 가스플랜트 EPC 역량 강화

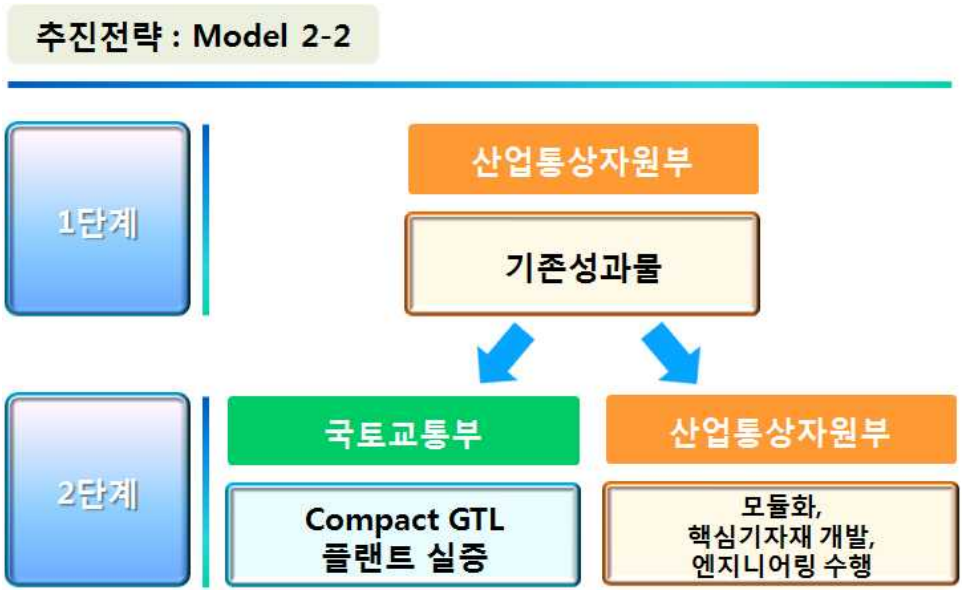
6.3.2 산업통상자원부

○ 역할
- Compact GTL 반응기용 고성능 촉매 대량 제조 기술 개발
- Compact 리포머 및 피셔-트롭시 합성반응시스템 단위 모듈 개발

○ 필요성 및 성과
- 산업부 에너지자원기술개발사업에서 기 개발한 기술의 실증 필요
- 국내 마이크로 반응기와 모듈형 플랜트 설계 시장의 창출
- 셰일가스 및 수반가스의 flaring 방지기술로서 온실가스 배출저감 기술로서의 활용
- 기존 산업부 개발기술을 이용한 대형 플랜트 설계 및 시공기술 확보

6.3.3 추진전략 모델

○ 기본 모델 2-2 선정 (1단계는 기존 성과물)
○ 2단계에서 국토부 중심으로 진행함. 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화 및 엔지니어링 수행



제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

○ 컴팩트한 GTL 상용 플랜트 개발을 위한 기반기술을 개발하고 이를 통하여 실증 플랜트 규모의 설계기술을 국내 자체 기술에 의하여 단기간에 확보하여 국내 엔지니어링/석유화학/재료 등과 관련된 산업의 대외 경쟁력을 향상하고자 함
○ 기존 대형 GTL 기술에 비해 모듈형 컴팩트 GTL 기술의 완성도는 아직까지는 전 세계적으로 미진한 편이기 때문에 선진국을 추월할 수 있는 가능성이 충분함. 따라서 본 기술개발을 통하여 화학공정 관련 분야에서의 기술 수출국으로의 도약이 가능함
○ 국내 주요 기업의 동향은 자원개발업체는 효율적인 자원개발을 위해 동반가스 처리를 위한 GTL 기술 보유를 희망하며, 엔지니어링・플랜트 건설업체는 GTL 플랜트 사업의 적극적인 참여를 위해서 플랜트 설계 기술 보유를 희망함. 또한 플랜트 장비업체는 모듈형 GTL 플랜트 설비 관련 고도기술 보유 희망함
○ 최근 국내 주요 EPC 기업인 대우건설, 현대중공업, 현대건설, SK건설, 한화건설 등이 쿠웨이트에 정유공장 사업을 수주하는 등 국내 건설사들의 해외 수주가 활발하지만 100% 국산기술을 보유하지는 못한 실정. Compact GTL 기술 개발 및 보유 시, 플랜트 기술 수출에 있어서 시장을 선점하고 Global leader 기업으로의 성장이 가능함

7.2 사회・경제적 효과

○ 50 BPD의 단위모듈로 개발된 GTL 플랜트는 병렬화/적층화해서 상용화 플랜트로 scale-up 될 수 있고, 50 BPD 그 자체로도 가스 소각규제지역의 자원개발에서 발생하는 동반가스전을 처리하는데 사용될 수 있음
○ 한국의 석유화학관련 산업은 upstream이 차지하는 비중이 극히 적기 때문에 공급 원료를 대부분 수입해야하는데, 이는 제품 가격경쟁력과 에너지 안보적인 측면에서 불리함을 가져옴. 따라서 본 기술개발을 통해 자원 자주개발 비율 증가정책에 부응할 수 있음
○ 국내 순수기술로 셰일가스 원료로부터 화학기초제품을 기존 석유화학 대비 30% 저렴하게 생산 할 수 있는 공정 기술의 개발 및 이의 세계 최초 상업화
○ 셰일가스 원료로부터 프로필렌, 아로마틱스, 청정 합성유 등을 얻을 수 있는 촉매·공정 원천기술 선점으로 주력산업인 석유화학 산업 경쟁력 회복 및 후방의 다운스트림 및 소재산업 지속 발전 (2011년 우리나라 석유화학 제품의 생산액은 71조원으로 GDP 중에서 5.76%를 차지하고 있음) [9]
○ 셰일가스로부터 석유화학 기초유분과 청정 합성유를 제조하는 촉매-공정 원천기술을 선점함으로서 주력산업인 석유화학과 후방의 다운스트림 및 소재 산업 지속 발전에 기여
○ 본 연구 관련 산업계 업체로는 크게 석유화학, 엔지니어링(EPC), 촉매 업체 등으로 나눌 수 있음. 상용급 촉매 제조와 플랜트 장비 및 제작, 공정 설계 엔지니어링, 공정 소재 개발은 중소・중견기업에 적합하므로 대기업과 상생・협력 가능. 석유화학 기초유분의 다운스트림의 제품이나 소재산업은 중소기업 적합업종이 많으므로, 본 기술개발은 관련 중소・중견기업 발전에 기여 가능
○ 해외 진출하는 가스자원 개발업체 및 석유화학 업체의 경쟁력 강화 및 사업진출 기회 확대. 국내 관련 업체들이 해외 가스자원 개발 및 석유화학 분야에 합작투자 노력 중이나 기술 없이 자본만으로는 사업 참여기회나 이익분배(지분율)에서 불리. (예: 석유공사, 가스공사, 롯데케미칼, 한화케미칼, SK이노베이션 vs. SASOL, Shell, Shevron, ExxonMobil)
○ 국내 석유화학 기초원료의 약 10%를 고효율의 가스자원 전환 융합기술로 대체할 경우 '25년동안 연간 시장 5조원 (올레핀 3조 + 아로마틱스 2조원)의 파급 효과 발생
○ 전 세계 셰일가스 개발에 1% 참여하여 석유제품 및 석유화학 제품을 생산시, 국내 석유 연간 도입량의 27%($270억)에 해당

7.3 정책적 기대효과

○ 자원개발과 석유화학산업, 소재산업과 직/간접적으로 연관된 일자리를 보존하고 새로운 분야의 고용을 지속적인 성장으로 이끌 수 있음
○ 대체원료로부터 에너지 절감형 고효율 석유화학 및 청정연료 제조 원천기술 확보를 통해 지속가능한 청정 사회 구현에 기여
○ 세일가스 활용기술 개발에 의해 세일가스전 뿐만 아니라 유전 동반가스 (associated gas), 한계가스전과 같은 중소규모 가스전이나 flaring 가스에 활용가능 (flaring 가스 활용에 의해 환경문제 해결)
○ 천연가스전은 분포가 제한적인데 반해 세일가스전은 전 세계에 골고루 분포되어 있음. 최근까지는 미국을 중심으로 세일가스의 개발이 활발히 되어왔지만, 점차 중국, 동유럽, 남미, 호주, 아프리카 등지로 세일가스 개발이 확대될 것이며, 이들 지역에서의 세일가스전 개발은 기술 보유국이 가스전 개발 참여에 유리하게 될 것임.
○ 석유화학산업의 한계를 탈피하여 산업 및 국가 기술경쟁력 강화에 기여
○ 해외 가스자원 개발과 화학산업 연계 진출에서의 우위 점유에 기여

[참고문헌]

1. 셰일가스(Shale gas), 세계경제의 저성장 돌파구, 2013
2. Modular design of smaller-scale GTL plants, 2013
3. International Energy Outlook, US DOE, 2014
4. GTL Market Forecast 2014-2024, Visiongain, 2014
5. The future of oil versus natural gas price, 2015
6. 중국 셰일가스(Shale gas) 개발사례와 한국에 대한 시사점, 2012
7. MK 뉴스, 2013
8. 씨스켐닷컴, 2013
9. 석유화학편람

A3-1-2. GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 플랜트 실증 및 기자재 국산화 기술개발 사전기획보고서

요 약 문

사업명	GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 플랜트 실증 및 기자재 국산화 기술개발	정의/개념	청정연료를 제조하는 GTL-FPSO 공정의 해상실증 및 GTL-FPSO 기본설계 기술개발
비전	GTL-FPSO 상용화에 의한 GTL-FPSO 플랜트 및 청정연료 세계시장 선도	사업의 타당성	해상 청정연료 제조용 GTL-FPSO 플랜트의 실증 및 설계기술 확보로 석유화학, 조선 및 환경 분야 등에 파급효과가 지대함

시장 현황/전망

- 최근 저유가로 인해 천연가스의 가격이 떨어져서 GTL기술의 경제성에 대한 의구심이 커지고 있으나, 향후 유가가 $60-70/bbl로 상향 안정화되면 GTL기술은 크게 주목 받을 것으로 판단됨.

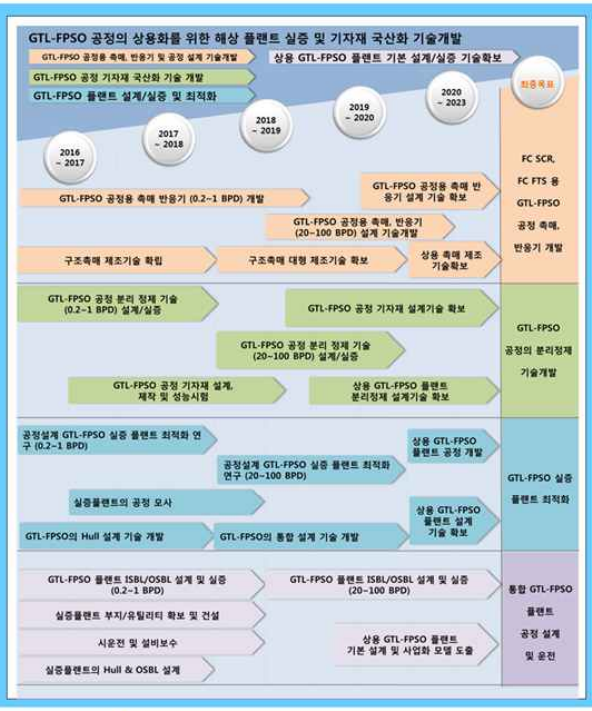
- 국내 조선업계의 강점을 활용한 GTL-FPSO 플랜트의 국산화는 차세대 조선 및 청정연료 시장의 신성장동력으로 재조명 되고 있음.

- 전 세계 가스전의 80%을 차지하는 중소형 가스전과 석유 부생 천연가스의 5 TCF가 매년 연소되고 있고, 환경문제로 인한 Flaring의 금지가 가시화되면서, 특히 해상 GTL-FPSO 기술의 수요가 증가가 예상됨.

기술 동향

- 해상 GTL-FPSO 공정은 KIST에서 0.01 BPD 통합공정을 개발하고, 20,000 BPD급 예비기본설계 기술을 확보하여 선도하고 있음.
- 미국은 셰일가스 개발 촉진정책에 힘입어 잉여 메탄의 고부가화 필요성이 증대되어, SASOL은 Oryx GTL을 운영 중이며, 루지애나 주에 140억 달러를 투자, 96,000 BPD급 GTL 플랜트 건설을 추진하였으나 저유가로 연기 상태에 있음.
- 영국의 Shell사는 SMDS 공정 기반 고정층 반응기 및 촉매공정을 기반으로 하는 POX Reforming 반응과 고정상 Co계 촉매 FTS 촉매반응을 사용하는 상용 GTL 기술을 보유.
- 말레이시아 Bintulu에 12,000 BPD 규모의 공장을 운영 중이며, 카타르 Ras Laffan에 Qatar Petroleum 사와 함께 140.000 BPD 규모급 Pearl GTL을 운영 중.

로드맵



사업추진 전략

- 현재는 저유가로 인해 조선 및 플랜트업계가 어려움에 처해 있으나, 조선사, 출연연 및 기자재 업체는 상호협력에 의해 GTL-FPSO 공정의 국산화를 위한 설계변수를 도출하고, 대학은 출연연과 협력하여 해상환경에 내구성을 갖는 FC GTL용 촉매 및 반응기의 상용화 기술개발이 필요함.
- 출연연은 조기 시장 진입을 위해 조선업계와 협력하여 선급인정을 위한 GTL-FPSO 공정의 예비기본설계를 완성하고, 산학연관 간의 긴밀한 상호협력에 의해 0.2-1 BPD 규모의 해상환경 GTL-FPSO 공정 실증 후 해양가스전을 보유한 국가와의 국제협력에 의해 20-100 BPD 규모의 해상 실증 후 상용설계기술을 확보하고 세계시장을 선도.

비지니스 모델

- 한계가스전을 보유한 호주, 동남아, 중동 등의 국가의 GTL 그룹과 국제공동연구를 기반으로 상용화 전 단계의 R&D 펀딩을 위해 적극적인 투자유치가 필요함.

- 유가스전 보유 해외기업에서 해상실증을 위해 한국과 해외국가의 컨소시엄이 50 % 씩 각각 투자하고, IP는 50 : 50으로 공동으로 소유하는 비지니스 모델을 구체화하는 Joint venture를 설립한 후 해외시장을 선도함.

- 한국 측은 KOGAS, DSME, Hy-lok Korea 등을 포함하는 한국측 컨소시엄을 구성함.

참여부처별 역할/모델	▪산업부 – GTL-FPSO 공정의 촉매, 반응기 및 공정 및 기자재의 국산화 기술개발 지원 ▪국토부 – GTL-FPSO Plant의 실증 지원 ▪환경부 – CO_2 분리 및 해상 저장 실증기술 지원
소요기간/ 인력/ 예산	▪ 사 업 기 간 : 84 개월(7년) ▪ 예 산 : 정부출연금 50,000 백만원 민간부담금 50,000 백만원 총 사업비 100,000 백만원 ▪ 총 소요인력 : 110 명/년
기대효과	▪GTL-FPSO 1기당 1%의 원유 수입 대체 효과 ▪GTL-FPSO 1기당 2.5~3조 원의 외화수입 대체 ▪GTL-FPSO 공정 상용화 기술은 석유화학, 정밀화학, 에너지, 조선, 및 환경 산업의 동반성장에 기여

제1장 사업의 필요성

○ 본 과제의 목적은 해상의 한계가스전(stranded gas field) 및 유전 수반가스(associated gas)를 활용하여 선상에서 GTL(gas to liquids) 청정연료를 제조하는 GTL-FPSO(floating production, storage and offloading) 공정의 국산화 설계기술을 개발하는데 있음

○ 상용기술의 확보를 위해, 해상환경의 Floating Compact(FC) GTL 공정에 대한 핵심공정(FC 개질, FC FT 및 FC Hybrid FT)에 대한 선행연구결과를 바탕으로 GTL-FPSO 플랜트의 응용기술을 개발하고, 해상환경에 대한 실증(0.2 ~ 1 BPD) 및 해상(20 ~ 100 BPD) 실험을 수행한 다음 Safety/Risk 설계 및 공정모사를 통한 최적 Layout 설계기술을 확보하고, 상업화를 위한 GTL-FPSO 공정의 기본설계 기술 및 3D 모형을 개발하고자 함

○ 육상의 GTL 플랜트와는 달리 해상의 GTL-FPSO 플랜트에서는 그림 2에 나타낸 바와 같이 Topside 및 Hull(storage 포함)의 통합 설계가 필요함

○ 해상환경조건(파도, 조력, 바람, 해수 온도 등), 위치, 가스전 조건들, 물의 깊이, Feed Gas의 조성, 합성가스나 탄화수소 그리고 고온고압의 장치들에 대한 Safety & Risk, Topside와 Hull의 Interface 장비들, Standard & Code 등을 고려한 단위공정의 선정 및 공정설계가 요구됨

○ 또한, 해양플랜트는 한정된 영역에 많은 장비를 배치해야 하므로 최적 Layout 설계가 중요하며, 해상환경에 최적화된 핵심기술의 개발과 해상환경조건에 따른 선박의 동요(wave motion)가 촉매 및 공정의 성능에 미치는 영향에 대한 해상환경실증 및 해상 실증연구가 필요함

○ 모듈화를 통한 공간최소화, 제한된 무게와 장치 수, 단순한 공정조건, 최소한의 장치관리장비, 운동해석 등을 통해 해상환경에 최적화된 FC(Floating Compact) GTL-FPSO 공정 개발이 필요함

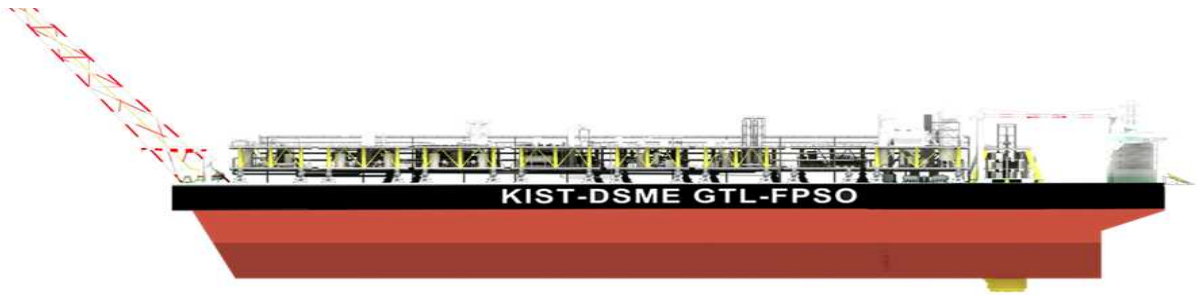


그림 1. KIST-GTL-FPSO Process (1~2단계 연구결과)

○ GTL-FPSO 공정의 Hull Part 및 Interface 측면에서는 해상조건 및 Topside 모듈조건을 고려한 Hull Part의 개념 및 기본 설계가 이루어져야 함

○ 청정연료의 저장을 위한 Cargo 조건 및 Topside 시스템을 고려한 Cargo/Machinery/Utility 시스템의 개념 및 기본 설계기술의 개발과 Risk Assessment 및 Safety 설계기술, 최적배치(layout) 설계기술, FPSO Topside와 Hull-Part 인터페이스의 설계기술에 대한 개발이 필요함

○ 아울러 GTL-FPSO 공정의 상용화 기술을 확보하기 위해서는 국내 조선업계 및 기자재 업계의 동반성장을 위해서는 전처리 공정, 반응공정, 분리공정 및 정제공정에 관련된 기자재의 국산화 기술개발과 GTL-FPSO 공정의 핵심 기술을 최적화하기 위해 R&D는 계속해서 병행하는 것이 필요함

○ 세계 최고의 국내 조선/해양 플랜트의 건조기술과 해상환경의 FC GTL을 융합한 GTL-FPSO 기술은 국내에서 유전개발의 효과에 상응하는 파급효과가 있기 때문에, 한계가스전 확보에 의한 자원개발의 자주율 향상은 물론 해상 GTL 청정연료의 확보에 의한 에너지 안보, CO_2 저감에 의한 기후변화의 대응 및 세계 해양 에너지 플랜트 산업을 선도할 수 있음

○ 또한, 최근 주목받고 있는 셰일가스의 활용에도 적용할 수 있다는 측면에서 GTL-FPSO 기본설계 기술의 개발은 국내 조선업계의 미래 성장 동력이 아니라 국가의 미래에너지 문제를 해결할 수 있는 국가 에너지 기반을 확보할 수 있는 신 성장 동력분야임

○ 따라서 GTL-FPSO 플랜트에 의한 해상청정연료의 국산화 기술 확보는 물론 해상 GTL-FPSO Plant의 세계시장 선도를 위해 국토교통부의 범부처간 협력연구 사업으로 산업통상자원부, 국토교통부 및 환경부 간의 적극적인 지원이 필요함

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 GTL-FPSO 기술의 개념

○ 본 과제의 목적은 해상의 한계가스전(stranded gas field)의 천연가스 및 유가스전의 수반가스(associated gas)를 활용하여 선상에서 GTL(gas to liquids) 청정연료를 제조하는 GTL-FPSO(floating production, storage and offloading) 공정의 상용화를 위한 국산화 기반 GTL-FPSO 플랜트의 기본설계기술을 개발하는데 있으며, 본 과제 GTL-FPSO의 공정 개념도를 아래에 도시하였음

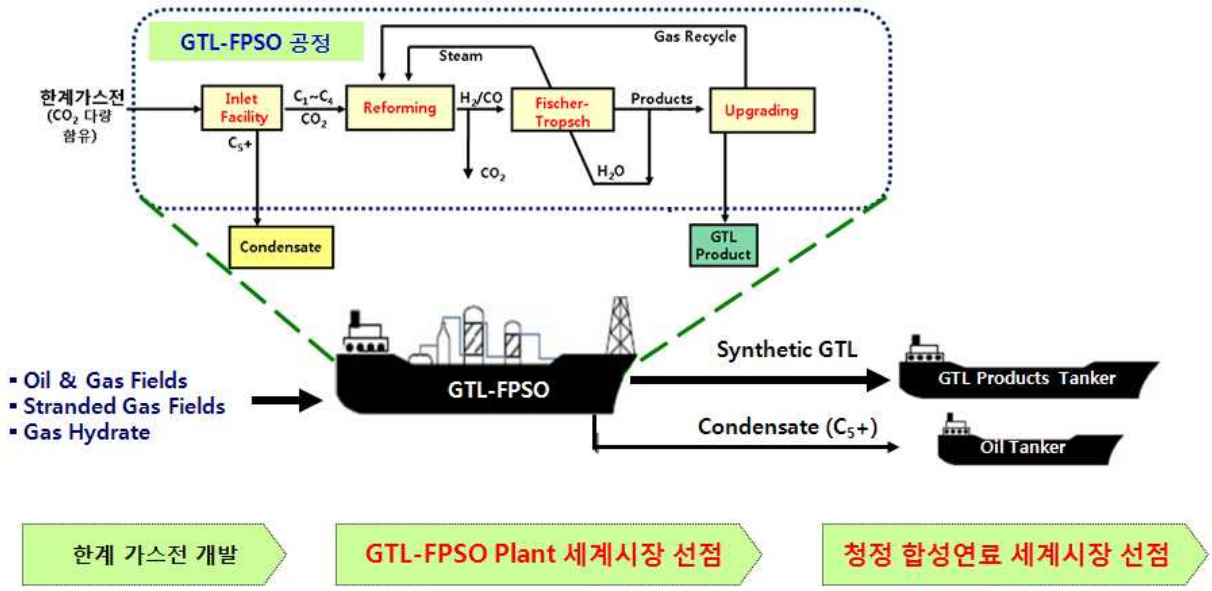


그림 2. 해상(Offshore) 한계가스전의 천연가스 이용 청정연료의 생산을 위한 GTL-FPSO 플랜트의 공정 개요도

2.2 국내외 기술 동향

2.2.1 국내 해상 GTL-FPSO 기술 동향

○ KIST는 다양한 화학공정의 기본설계, 상세설계 및 상용공정의 건설 및 지원연구를 수행한 경험을 바탕으로 GTL-FPSO 공정의 조기시장 진입을 목표로 GTL-FPSO 공정의 핵심기술 개발과 GTL-FPSO 공정 개념설계 개발에 관한 연구를 수행 중에 있음

○ 해상환경의 offshore의 경제적 개발에 의한 핵심기술로서 GTL-FPSO 공정 및 DME-FPSO 공정에 관한 국내외 특허를 보유하고 있으며, 이와 관련하여 개선된 GTL-FPSO 공정 및 상기공정에 적용을 위한 마이크로-매크로 반응기에 대한 특허는 물론 핵심공정에 관련된

Reforming 및 FT 촉매개발 연구도 수행하고 있음



그림 3. KIST Sloshing GTL Plant의 전경

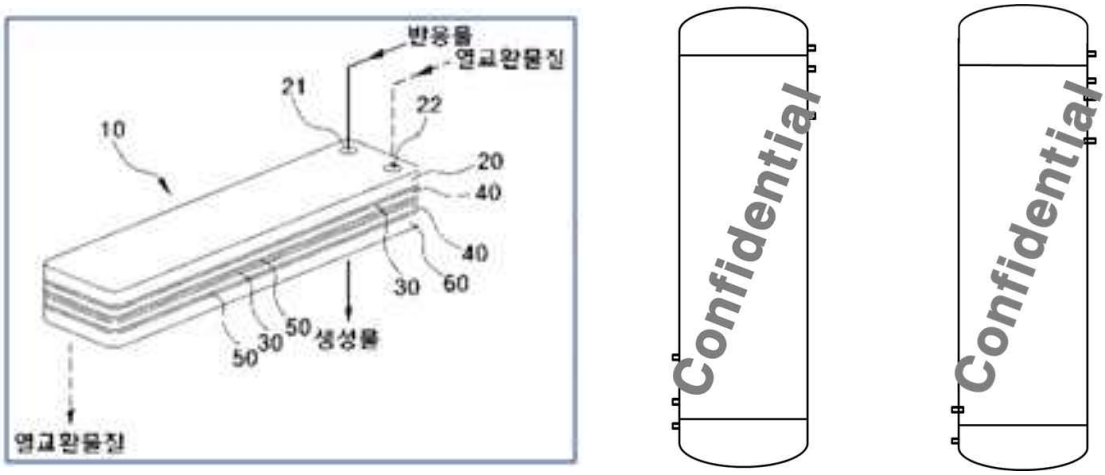


그림 4. KIST의 마이크로-매크로 반응기 개요도 (KP 등록번호: 10-1200930-00-00) (USP 등록번호 : 8585990), 그림 5-2. Shell and Double Concentric-Tube Multi-Tubular Fixed-Bed Reactor [한국, PCT 및 주요국 특허 출원 중 (2015)]

○ 일반적으로 FT반응은 발열반응이기 때문에 반응 시에 촉매로부터 고온의 열이 발생하며 이 반응열을 제어하는 것이 매우 중요한 문제로 확인되고 있음. 따라서 Fisher-Tropsch 발열 반응의 원활한 열적 제어를 위해서 반응열의 전달을 위한 넓은 표면적의 열전달 매개체가 필수적이고 반응기 내부의 촉매층과 열전달 매체가 포함된 열교환기의 접촉 면적이 넓을수록 반응열의 원활한 배출이 가능하여 반응 시 반응 media에서 발생하는 hot spot의 생성을 용이하게 억제할 수 있음

○ 또한 이러한 고온의 급격한 반응열은 촉매의 활성물질인 철 혹은 코발트 입자의 급격한 응집을 유발하기 때문에 촉매의 비활성화를 억제하기 위해서도 넓은 표면적을 가진 열교환 장치의 장착이 필수적임

○ KIST는 1단계에서 마이크로-매크로 반응기를 개발하였고, 최근에 KIST는 발열반응의 온도를 제어하고 선택도를 조절할 수 있는 “Shell and Double Concentric-Tube type Multi-Tubular Fixed-Bed Reactor의 설계를 바탕으로 실증을 완료하여 기존의 MTFBR을 대체할 수 있는 FTS 촉매반응기를 개발하여 국내외 특허출원 중에 있음

○ 아래 그림 5는 KIST에서 진행 중인 산업통상자원부“GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반

기술개발"과제의 1단계 KIST GTL-FPSO 공정설계 결과로 KOGAS, DSME 및 Hylok-Korea 등의 국내 기업과 전남대, 성균관대, 조선대, 명지대 및 인하대 등의 대학들과 연구를 진행 중에 있으며, 현재 총 2단계 5년 과제기간 중 5차년도 진행 중으로 0.01 BPD의 GTL-FPSO 통합공정을 개발하고 있음

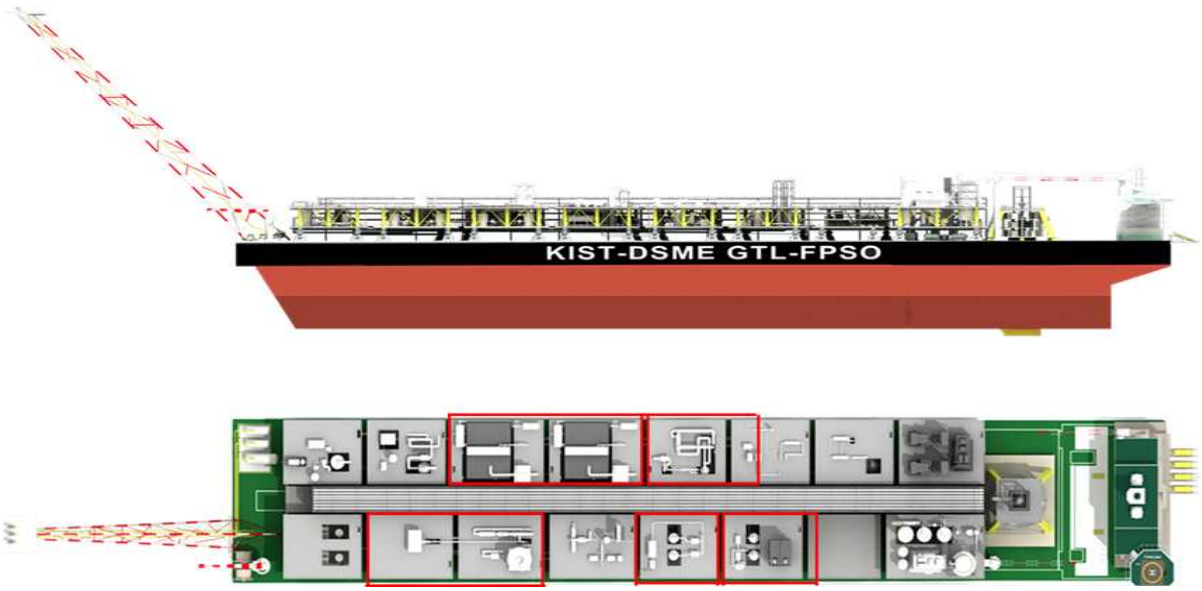


그림 5. KIST GTL-FPSO Process 모형도

- 국내 GTL 공정에 관한 연구 중 마이크로 반응 시스템을 활용한 Fischer-Tropsch 합성 반응공정을 화학연구원과 에너지기술연구원에서 0.1 BPD 실증급 연구한 사례가 있음.
- 그러나 마이크로 GTL 공정은 GTL-FPSO 공정에 적용하기에는 규모적인 측면에서 한계가 있으며, Oil-FPSO의 유전에서 나오는 Offgas의 처리용으로 1,000 BPD 규모의 소형 장치로 Oil-FPSO에 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- 고비점 유분 (FT-wax)의 유동성을 높이기 위한 Upgrading 반응 공정을 위한 수소첨가 분해반응과 유사한 기존의 석유화학 upgrading 공정용 촉매반응 시스템은 선진국의 기술 도입에 의한 것으로 관련 기술의 종속화가 심화되고 있으며, 관련분야에 대한 기술개발이 부족하여 외국 기술에 대한 의존도가 전혀 개선되지 않는 문제점이 존재함
- 기존의 단순 열분해 공정에 의한 고비점 유분 (FT-wax)분해는 에너지 소비가 클 뿐만 아니라 분해 효율이 낮다는 단점을 지니고 있으며 촉매를 적용한 고비점 유분 (FT-wax)분해 반응을 통해 분해 온도의 감소 및 C_{10}-C_{20}의 선택도 향상의 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상됨
- 현재 사용되고 있는 upgrading 기술은 대부분 접촉분해 반응기술에 기반한 FCC공정 및 riser cracker공정으로 촉매의 산성도가 수율을 결정하는 것으로 알려져 있으며, 이에 따라 고체 산성도가 강한 것으로 알려져 있는 HY zeolite촉매가 가장 보편적으로 사용되어 왔음
- 현재 촉매 자체의 산점 조절에 의한 반응 수율의 개선은 한계에 도달한 것으로 알려져 있기 때문에 더욱 향상된 반응수율을 얻기 위해서는 새로운 개념의 촉매설계가 요구되고 반응 중 발생하는 coke는 새로운 촉매의 교체비용으로 인한 생산성 및 경쟁력 약화의 원인이 될 것임
- GTL-FPSO 공정에서는 상기의 핵심 반응공정 이외에도 해상환경에 특화된 H_2O, CO_2 및 H_2 등의 분리정제공정 개발에 대한 연구는 아직 수행한 바 없기에, 해상환경요건을 고려한 연구개발이 필요함

2.2.2 국외 해상 GTL-FPSO 기술 동향

○ 국외의 GTL-FPSO 공정은 CompactGTL, Velocys, Syntroleum, Petrobras 등에서 활발하게 개발 중에 있으며, CompactGTL-Petrobras는 GTL-FPSO의 Pilot Plant(20 BPD)개발과 상용화를 목표로 공동연구를 수행 중임

○ 최근 경제적인 한계가스전 개발의 일환으로 FC GTL 기술은 중소형가스 (한계/수반가스)전 개발을 위한 장치의 Compact화 및 모듈화를 통한 FPSO에 적용 가능한 GTL 플랜트 기술 개발이 진행되고 있음
- BP의 Compact Reformer 기술
- GTLpetrol의 Compact/Modular GTL Plant 기술
- 일본 JOGMEC의 SCR기술
- CompactGTL사의 모듈화 기술
- Air Products사의 ITM 기술 등

○ Syntroleum 사에서는 산소를 분리하지 않고 공기를 직접 사용하는 ATR 방식으로 합성가스를 생산하고 두 단계의 Slurry FT 반응기를 거치고(코발트 촉매 사용) Tail Gas는 재순환하지 않는 공정을 개발하였음
- 타 공정에 비해서 경제적이고 소규모 가스전에도 사용할 수 있는 장점이 있다고 주장하고 있음(현재 Oklahoma에서 100 BPD의 실증플랜트 운영 중임)

○ 해상 환경 적용을 위한 CompactGTL 기술개발 과제는 Bluewater사와 Syntroleum사가 FPSO 기술을 이용하여 나이지리아 가스수반 유전에 대한 경제성을 검토한 바 있음(2006년 런던 GTL Syntroleum 발표자료)

○ 최근 기존 대규모의 GTL방식과 더불어 소규모이면서 이동 가능한 Movable GTL 플랜트 기술개발도 함께 이루어지고 있음
- 소규모 플랜트는 입지조건이 훨씬 유리하고 대상 가스전 선정에 제한이 줄어드는 이점이 있음
- 산소공급, 냉각시설 등의 많은 부대공정 설비를 필요로 하는 GTL 플랜트에서 소형화는 GTL 플랜트가 지향하는 방향임
- 또한, 플랜트를 바지선 위에 구축하는 기술도 개발되는 등 신규기술이 발전되고 있음

○ Offshore의 Floating Compact GTL 기술은 제한된 공간의 FPSO에 설치되므로 소형의 반응기 모듈 개발 및 통합 공정 모듈 개발이 핵심 기술이며, 또한 소형의 반응기에서 높은 반응성을 보이는 고성능의 촉매 개발과 공정 설계 기술이 중요함

○ CompactGTL사는 합성유 생산을 위한 Micro 반응기 (합성가스 + FT합성)를 개발하여 오일전에 수반되는 가스 처리 (1,000~5,000억 cf 용량)를 목적으로 2008년 Petrobras와 함께 10~20 BPD pilot plant에 적용할 예정인 것으로 알려져 있으며, 2010년도 실증플랜트를 운전하고 있으며, 투자비는 3,500~17,500만$를 예상하고 있음(참고자료: GTLtec(2007) - CompactGTL 발표자료)

○ Velocys사는 Microchannel 기술을 이용하여 Comapct GTL 플랜트를 개발하고 있음.
- SMR용 Microchannel 반응기와 코발트 촉매를 사용하는 FT Micro 고정층 반응기 개발
- 현재까지 2.5 gallon/day 규모 (CO 전환율은 70%수준, 메탄 선택성은 15%미만임)의 Pilot Plant를 개발

○ Velocys사와 CompactGTL사에서는 Compact GTL 기술개발을 위한 Microchannel 반응기를 활용하는 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있으나, 아직까지는 촉매의 장기 안정성 확보 문제 및 Channel 내부의 Wax 침적에 의한 반응기 성능저하 현상 등 해결할 과제가 많이 있는 것으로 알려져 있음

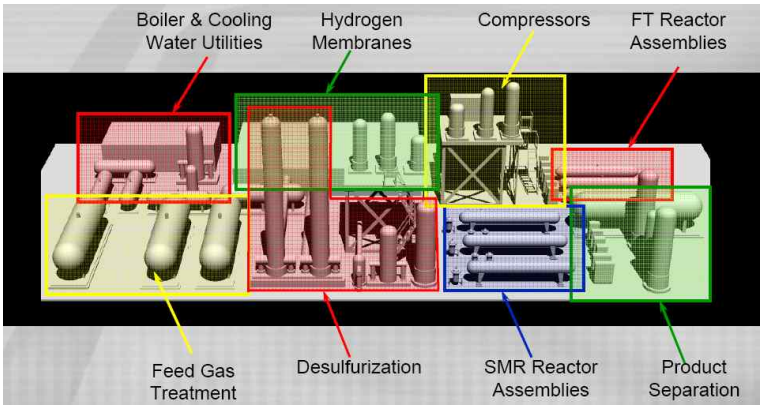


그림 6. Velocys의 GTL-FPSO 공정 개략도

○ 한계가스전의 천연가스 및 석유 생산 시 발생하는 수반가스를 합성연료로 전환하기 위한 FC(Floating Compact) GTL 기술이 많은 관심을 받고 있으며, 세계적으로는 석유 생산 부산물인 천연가스의 5 TCF가 매년 연소되어지고 있고, 전 세계 가스전의 80%가 중소 가스전임을 고려 시 향후 GTL-FPSO 시장은 매우 커질 것으로 예상됨



그림 7. Conventional GTL과 GTL-FPSO

○ 현재 국내의 GTL 합성연료 시장은 전무하나 원유를 100% 수입에 의존하는 국내의 현실을 감안 시 국내 조선업의 강점을 최대한 활용하여 GTL-FPSO의 성공적인 기술 개발을 통한 상업화가 이루어진다면 국내시장 전망은 매우 밝고, 해외 GTL-FPSO 시장의 선점이 가능할 것으로 예상됨
○ 또한 국내외의 수조 원 규모의 GTL-FPSO 플랜트 기술 수출 등을 통한 부가가치를 창출할 수 있으며, 기술을 활용한 해외자원 확보 등의 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 예상됨
○ Pearl GTL 사업의 경우 국내의 현대중공업 (Chiyoda와 컨소시엄)과 현대건설 (현대엔지니어링, Toyo 등과 컨소시엄)이 각각 가스전처리 및 Upgrading 부문의 EPC를 수행한 바 있음
○ 최근에 Sasol은 미국 루이지애나에 140억$를 투자하여 GTL plant의 건설을 추진하였으나 최근에 저유가로 인해 사업을 연기하고 있음
○ Small scale GTL Plant 등은 Velocys 등에서 발주하여 진행 중에 있음
○ 현재는 저유가로 인해 GTL plant의 사업화 타당성에 대한 인식이 떨어진 것이 현실이나 향후 유가가 60-70$/bbl로 안정화 되면 GTL-FPSO 및 GTL 공정의 상용화에 대한 시장의 요구는 커질 것으로 판단됨

2.2.3 국내 육상 GTL 기술 동향

○ 국내 에너지 플랜트업계(현대중공업, 두산중공업, 성진 지오텍 등)는 공정 설계 기술로 분류되는 반응기 관련 기술은 주로 공정 Licensor로부터 제공되는 Detail Engineering Drawing

수준의 기본 설계의 자료를 받아 상세설계를 수행한 다음 반응기를 제작하고 있음

○ 국내 업체는 공정 License를 보유하지 않아 반응기 설계의 원천 기술이 없다는 점에 기인하는 점이 있으나 점차 기술 Licensing Biz 창출을 통한 수익구조의 다양화 및 고급화를 지향하기 위해서는 국내 기업의 경쟁력을 고려하여 GTL-FPSO 공정의 핵심요소 기술의 개발이 필요함

○ 2006년부터 산업부 1단계 연구사업으로 육상 GTL에 대한 천연가스 개질 및 FT 촉매 개발에 대한 연구는 KIER 및 KRICT에서, 그리고 FT 반응기의 설계 기반기술 개발에 관한 연구는 KIST에서 수행하였음

○ 산업부 2단계 사업은 2009년에 착수되어 합성가스로부터 청정합성석유를 제조하기 위한 통합공정 개발과제가 KIER, KRICT 및 KOGAS에서 수행되고 있으며, 1 BPD 규모의 실증 및 통합운전 연구가 2012년에 완료되었음

○ 또한 모듈형 마이크로 GTL Plant의 개발에 대한 연구가 KRICT와 KIER에서 수행되었으며, 2010년에 과제가 착수되어 2015년에 완료되었음



그림 8. 한국가스공사 인천 LNG 인수기지, 1 BPD GTL 파일럿 플랜트 시운전 (2012)

2.2.4 국외 육상 GTL 기술 동향

○ 해외의 GTL 기술은 주로 SASOL, Shell, Exxon과 같은 Oil 메이저 회사에서 주도하고 있으며, Compact FT 반응기에 대한 후발주자의 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세임

○ SASOL사는 새로운 공정으로 SBCR(Slurry Bubble Column Reactor)을 개발하고 기존의 고정상 반응기에 비해 대형 반응기의 제작비용이 저렴하고 운전비용을 25~30% 절감할 수 있음을 보고하였음

- SBCR을 이용하여 17,000 BPD 규모의 대형 FT 합성 반응기를 개발하여 카타르에서 34,000 BPD 규모의 GTL Plant를 건설하였음
- 새로운 열교환방식(Heat exchange Reforming)의 리포밍 기술을 개발하여 기존의 리포밍 기술의 최대 Single Train Capacity 24,000BPD 규모를 34,000BPD 규모까지 증대할 수 있는 Compact 리포밍기술을 개발하였다고 보고하였음

○ Shell사의 SMDS(Shell Middle Distillate Synthesis) 공정은 촉매를 사용치 않는 부분 산화반응으로 합성가스를 제조하고, FT 반응기는 다관식 Fixed Bed Reactor를 사용하고 후단에 고비점 유분을 Hydrocracking에 의해 분해시켜 Middle Distillate로 변환시키는 공정을 개발한 바 있음

- 현재 카타르의 Pearl GTL Project (총규모: 140,000 BPD)는 KBR/JGC가 주 Contractor로 EPC를 수행 중이며, 2009년 1단계에 70,000 BPD 규모의 GTL Plant가 2013년에 2단계 Plant가 완공되어 정상운행 중에 있음

○ Exxon사는 AGC-21(Advanced Gas Conversion for the 21st Century) 계획하에 천연가스에서부터 합성연료로의 전환과제를 10년 이상 총 1억$ 이상을 투자하여 100개 이상의 특허를 획득하였음. Exxon사는 합성가스를 ATR 방식으로 생산하고 FT 반응기로는 SBCR, 촉매로는 코발트를 사용하는 상용공정을 개발하였음

○ 일본의 JOGMEC사는 이산화탄소를 반응물로 사용하는 SCR 리포밍 공정을 사용하고 있음
  - 이산화탄소가 30~40% 포함된 가스전 (동남아 가스전 적용 검토)에 적용이 유리하고, 특히 공기분리공정(ASU), CO_2 제거공정 및 합성가스 비율조절공정 등이 불필요하여 전체 플랜트의 건설비용을 20% 이상 절감이 가능한 리포밍 기술을 개발하였다고 보고하였음
○ 최근에는 GTL F1 프로젝트로서 Statoilhydro(FT반응기; 노르웨이), PetroSA (GTL), Lurgi (ATR) 및 Johnson Matthey(FT catalyst 제조)사가 공동으로 GTL Partnership을 2004년에 형성하여 500~1,000 BPD규모의 실증플랜트 운전을 성공적으로 수행한 것으로 알려져 있음
○ GTLpetrol은 GTL의 열효율을 극대화시키기 위해 ATR+GHR의 결합, 중압 스팀 이용 및 터빈에 의한 발전, 고효율의 Compact GTL Plant 설계, 모듈화 등에 의한 25,000 BPD 급 상용화 기술을 개발한 것으로 보고하였음
○ 2007년 가동을 시작한 Oryx Plant와 2013년에 완공된 Pearl GTL Plant의 전경은 그림 9에 도시하였음
  - Pearl Project는 Arabian Gulf 의 North Field 로부터 파이프라인으로 가스를 Onshore 로 끌어와 Upstream 생산과 결합된 형태로 경제성이 Oryx의 경우와 매우 다르게 산출됨
  - Shell이 Pearl Project를 계획 중일 때는 40~50 억불의 투자비를 예상했으나 원자재비와 건설비가 급격히 상승하여 현재는 120~180 억불로 산출되고 있는데, 급격한 CAPEX의 증가로 인한 경제성 저하 효과는 유가의 상승에 의해 상쇄될 것으로 기대하고 있음



그림 9. Oryx GTL plant(좌), GTL World scale plant - Pearl in Qatar(우)

○ FTS 촉매의 성능은 촉매의 제조방법에 강하게 의존하는 것으로 알려져 있으며(Chem. Rev. 107 (2007) 1692-1744.) 특히 Co 계 촉매의 경우, 활성 성분을 기공을 갖는 지지체에 고루 분산되도록 Co 전구체를 지지체에 제공하는 방법이 중요한 것으로 알려져 있음
○ 대표적인 촉매의 제조 방법으로는 (1) Impregnation, (2) Co-precipitation, (3) Deposition-precipitation 및 (4) Sol-Gel Method 방법 등이 있음
○ 특히 Monolithic 촉매의 경우에는 확산 한계에 의한 영향을 제거할 수 있으며, 큰 반응기에서도 압력강하가 작게 할 수 있다는 장점을 가지고 있어서(*Catal. Today* 66 (2001) 133-144.), 현재까지 높은 표면적을 갖도록 Al_2O_3 나 SiO_2 와 같은 금속 산화물 등을 지지체로서 얇게 코팅하는 방법들이 연구되고 있음
○ 이외에도 FTS 고정층 반응기용 촉매 및 반응기 성능 향상을 위하여 열전도도가 우수한 SiC 지지체를 이용하여 촉매를 제조하는 방법에 대한 연구가 있으며, polar한 용매의 연속 주입에 의한 올레핀의 선택성을 향상하는 기술에 대한 연구가 일부 진행되고 있음
○ 따라서 본 연구에서는 이러한 선행 기술을 활용하여 물질전달 계수의 증가 및 고비점 탄화수소의 생성 억제를 통한 고정층 FTS 반응기에서의 촉매 비활성화를 효과적으로 억제할 수 있는 새로운 촉매반응 시스템을 개발할 필요성이 있음[그림 10]

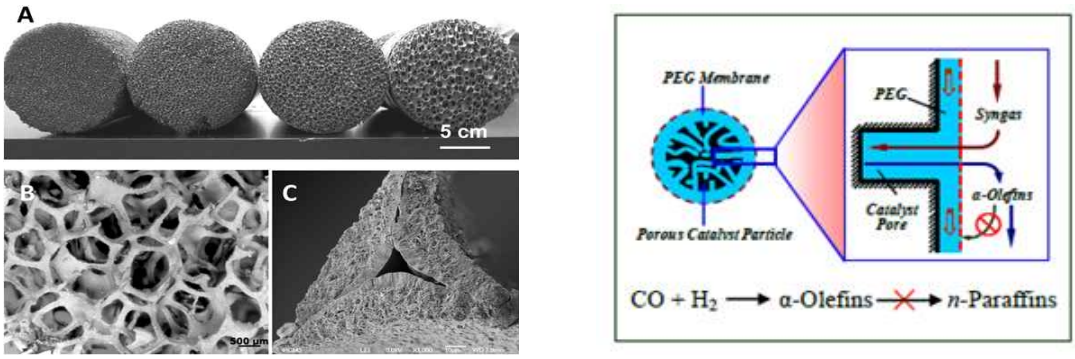


그림 10. 촉매의 열전도도 향상 및 비활성화 억제
[*Appl. Catal. A* 397 (2011) 62; *J. Mol. Catal. A* 329 (2010) 103)]

2.3 국내외 시장 동향

2.3.1 시장동향 및 규모

○ APEC에서 2005년 11월 발표한 2030년까지 아시아지역 국가들의 원유 수입 예측자료에 의하면, 현재 원유 산유국들인 인도네시아, 말레이시아, 베트남이 2030년에는 오히려 원유 수입국이 되고 한국은 일본과 더불어 계속 100% 원유 수입국으로 남을 것으로 전망하였음
○ 전 세계적으로 원유 수요량은 2000년 76억 BPD 규모에서 2030년에는 120억 BPD 규모로 증가가 예상되고 있으며, 특히 OECD 국가들과 중국을 포함한 아시아 지역에서 그 증가세가 두드러질 것으로 예상됨
○ 전 세계적으로 산유국도 원유 수입국이 되는 상황이고, 거대 원유 소비처인 중국의 수입비중도 2배 이상 증가가 예상되는 현실 하에서 특별한 국가적 노력이 수반되지 않으면 고유가와 원유 자체의 부족현상이 겹쳐 국내 경제에 큰 파장이 우려됨
○ 천연가스나 석탄, 바이오매스 등도 규모가 확보된다면 원유 형태로 전환하는 것은 기술적으로 충분히 가능하므로, 다양한 에너지원으로 확대하는 노력이 필요함
○ 특히 국내 조선업의 강점을 활용하는 GTL-FPSO 공정은 조선업계의 미래 신성장동력 기술이며, 에너지 다변화 및 안보 측면에서 국가적인 에너지 안보를 해결할 수 있는 유전개발에 상응하는 효과를 나타내는 중요한 분야이므로 국토교통부와 산업통상자원부가 선도해야 될 미래 신성장동력 분야임
○ GTL-FPSO 기술 개발이 시장성을 가지는 이유는 유가의 증가에 있음
  - 1990년대에 원유가격은 20~30 $/bbl이었고, 천연가스 가격은 2~3 $/MMBtu(1,055 MJ)로 천연가스 가격이 낮았음에도 불구하고 GTL 프로젝트에 관심이 많았음
  - 2000년대 초반에 천연가스 가격은 8~12 $/MMBtu대로 크게 증가하였지만 원유값은 60~70 $/bbl에서 100$/bbl에 진입하였음
  - 이러한 고유가가 지속되는 경우에는 GTL 플랜트에서 생산하는 청정연료의 경제성은 매우 큼
  - 그러나 2007년부터 급격히 상승하고 있는 원자재 단가와 고유가로 인하여 원유에 관련된 많은 프로젝트가 동시 다발적으로 진행됨에 따른 공급능력 부족으로 인하여 GTL 플랜트의 건설단가가 크게 증가하였음
  - 그렇지만 구체적으로 얼마나 증가하고 있는가에 대한 정확한 투자비용 자료의 산출은 어려운 상황임
○ GTL-FPSO의 시장의 미래가 밝은 이유는 공정의 원료가 유입물인 천연가스라는 점임
  - 전 세계 천연가스 확인매장량은 2011년 기준으로 187조 m^3이고, 약 1/3이 러시아와 유럽에 매장되어 있고, 1/3은 중동지역에 분포하고 있음
  - 원유 매장량은 약 65%가 중동에 집중되어 있는 점을 고려하면 천연가스는 원유보다는 분포도가 넓다고 볼 수 있음
  - 확인된 천연가스 매장량은 전 세계에서 60.7년 사용할 수 있을 것으로 보고된 바 있음

- 일반적으로 GTL 공정에서 생산하는 최종 생산물이 주로 청정디젤유이기 때문에, GTL 플랜트의 경제성은 천연가스 단가보다는 원유가격이 높아질수록 경제성이 높은 것으로 판단됨

○ 또한 새로운 유전과 가스전 개발을 위해서는 2030년 까지 총 8.4조 $(2007년 불변가격 기준)의 투자가 필요하며, 2030년까지 약 64 MBPD의 추가 생산능력 확충이 필요함(근거: IEA의 World Enenrgy Outlook 2008)

○ 본 GTL-FPSO 연구가 시장성을 더 높이기 위해서 목표로 삼고 있는 전 세계의 한계가스(Stranded Gas)전은 3,000~6,000 TCF(1 TCF : 100 Million bbls)의 매장량을 가지고 있으며, 10%의 한계가스전을 개발하면 약 300~600 TCF의 청정 합성연료의 개발이 가능하며 이는 합성석유를 300~600만 BPD로 30년간 공급 가능한 양에 해당됨

○ 전 세계 한계가스전은 전체 가스전의 80%에 상당하고, 대부분은 0.1~5 Tcf 규모의 경제성이 낮은 중소형 가스전임(그림 11)

○ 그리고 부차적인 목표로 삼고 있는 동반가스(Associated Gas)란 원유 채굴 및 정제 시 부생되는 수반가스로서 전 세계적으로 150 billion m^3/y이 Flaring되어 태워 버려지고 있음

- 이 양은 미국 가스 소비량의 1/3에 상당한 양으로 CO_2 배출량은 390 Million TPY에 이를 것으로 예상됨
- 수반가스를 GTL 합성유로 전환하면 410만 BPD의 청정연료의 공급이 가능하며 수반가스가 있는 유전의 효율적인 활용에 유리함
- 연간 15 TCF의 수반가스가 Flaring 되거나 재주입(Re-injection)되고 있는데, 향후에는 지구 온난화에 따른 환경문제로 인해 태우는 것이 금지되고 재주입시는 추가비용(GTL 합성연료 1베럴 생산에 대해서 US$ 15~20)이 소요되기 때문에 수천억 배럴의 석유 생산에 지장을 초래할 수 있음(근거: Compact GTL@GTLtec 2007, Velocys@GTLtec 2008)

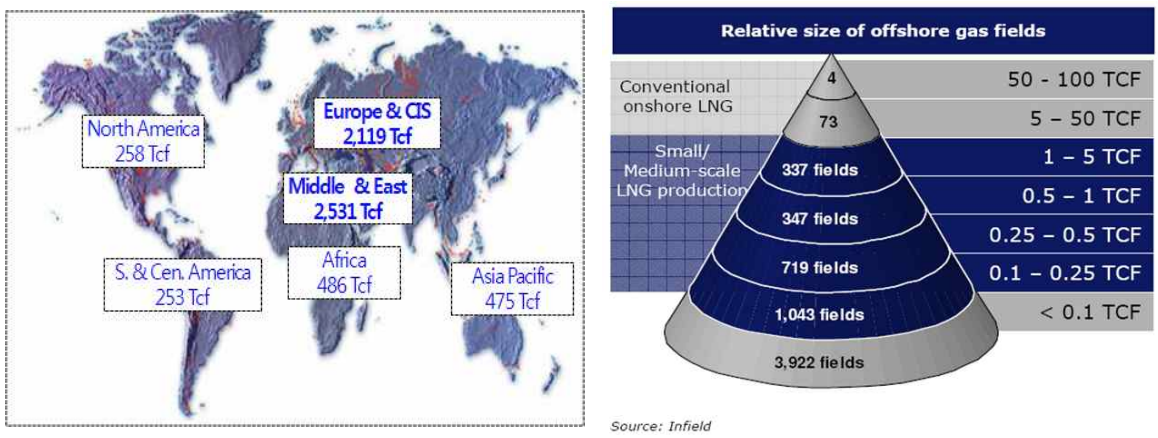


그림 11. 한계가스전의 추정 규모 및 수량

○ 2013년 World Oil Production & Consumption Outlook에서 발표된 내용에 따르면, 향후 Non-OECD 국가들에 의한 원유 소비량의 급증으로 원유의 생산량보다 소비량이 많아질 것으로 전망되어 그 차이를 보상하기 위한 대체에너지 기술로 GTL 기술의 적합성이 논의되고 있음

○ 그림 13에 도식화된 자료는 최근 Shale Gas의 개발로 천연가스의 가격이 낮아지고 원유의 가격이 지속적으로 증가함에 따라 GTL의 생산량 또한 증가될 것이며, 그 중 해상의 한계가스전 또는 동반가스를 활용하는 GTL-FPSO의 생산량은 증가함을 보여주고 있음

○ 본 과제에서 개발한 GTL-FPSO 기술을 적용한 해상 GTL-FPSO 연료의 생산은 2025년 이후에 가능할 것으로 예상되며 그 이후 본 기술이 적용된 GTL-FPSO에서 생산하는 GTL이 지속적으로 증가하여, 2030년에는 약 160,000 BPD의 생산력을 갖출 것으로 전망됨

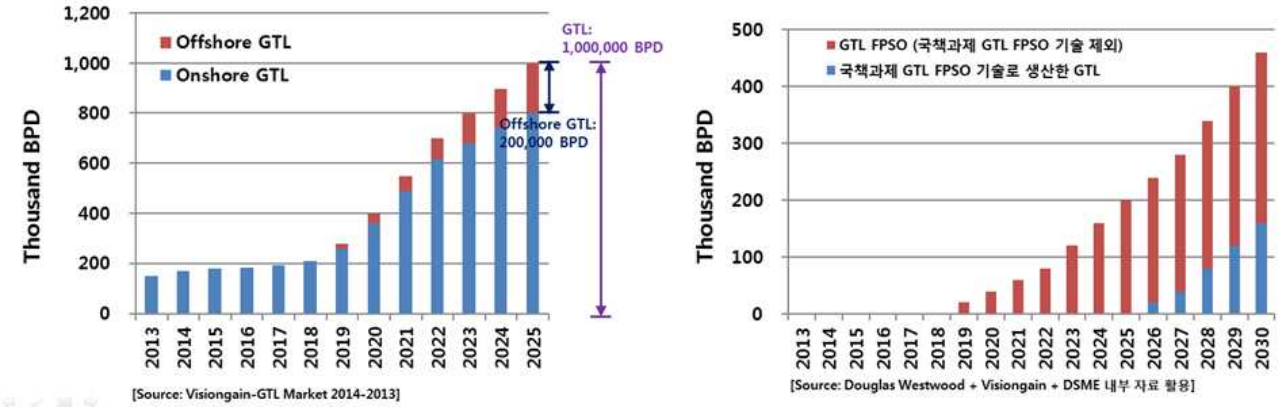


그림 12. GTL-FPSO의 생산량 및 운전 전망

○ 그림 13과 표 1에 나타낸 자료는 2019년에서 2030년 까지 누적된 전 세계 GTL-FPSO CAPEX는 총 $58.4 Bn로 산정되고, 그 중 본 과제의 기술을 적용한 GTL-FPSO CAPEX는 총 $22.8 Bn으로 전체 CAPEX 중 39%를 차지할 것으로 예상됨

○ 또한 전 세계 GTL-FPSO 운역척수는 총 23척(*20,000 BPD GTL-FPSO 기준)으로 산정되며, 그 중 본 과제의 기술을 적용한 GTL-FPSO 척수는 총 8척으로 전체 운영척수 중 35% 이상을 차지할 것으로 예상됨

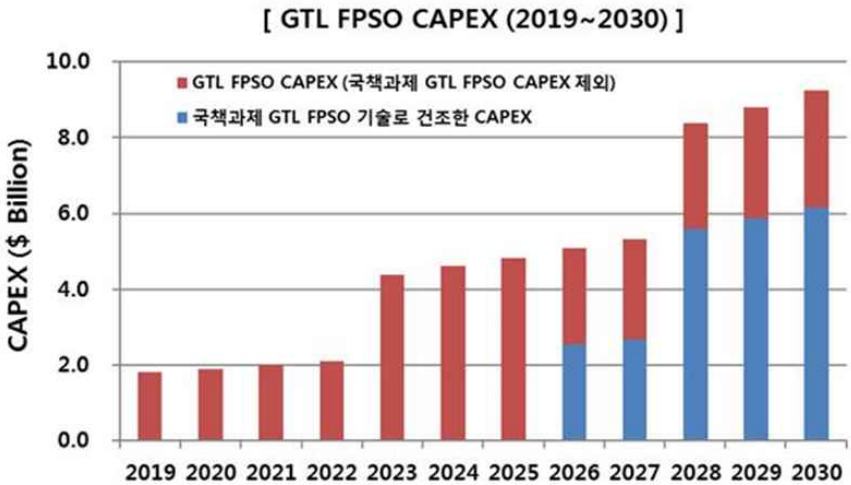


그림 13. GTL-FPSO CAPEX(2019~2030)

표 1. GTL-FPSO CAPEX 및 운영척수 비교.

	구분	2019~2030 (누적)	비율
CAPEX	전세계 GTL-FPSO	$58.4 Bn	100 %
	국책과제 기술을 적용한 GTL-FPSO	$22.8 Bn	39 %
운영 척수	세계 GTL-FPSO	23 Units	100 %
	국책과제 기술을 적용한 GTL-FPSO	8 Units	35 %

○ 육상 GTL 공정에 의한 GTL 연료의 생산현황은 표 2에 정리하였으며, 육상 GTL 플랜트의 사업화 현황은 그림 14에 도시하였음

○ 천연가스로부터 GTL 연료의 생산은 남아공의 PetroSA(구 Mossgas 공장)에서 1991년에 상용화되어 가솔린과 디젤을 생산하고 있으며, Shell이 Malaysia의 Bintulu 공장에서는 디젤, 왁스 및 화학제품을 생산하고 있음

○ GTL 연료의 경우, 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 청정연료에 대한 수요가 급증할 것으로 기대되고 천연가스를 원료로 하여 합성석유를 생산하는 GTL 사업은 고유가 상황에서 경제성이 있는 것으로 평가됨

○ 카타르의 Oryx Plant의 경우는 경제성이 높아 2008년도에 이미 투자금의 회수가 이루어지고 큰 수익을 안겨 주고 있는 것으로 알려져 있으며, 그보다 늦게 추진된 Pearl GTL은 투자비용이 훨씬 높지만 유가 50 $/bbl에서 투자비용 회수가 4년이면 충분한 것으로 평가되고 있어 석유와의 경쟁력은 충분하다고 인정되고 있음

표 2. 육상 GTL 공정에 의한 합성유 생산 현황.

회사명	공장위치	일일 생산량 (BPD)	생산 시작년도	주요 생산품
Petro SA	South Africa	22,500	1991	Gasoline and Diesel
Shell	Malaysia	14,700	1993	Waxes, Chemicals, Diesel
Sasol	Qatar	34,000	2007	Middle Distillate, Naphtha, LPG
Shell	Qatar	140,000	2013	LPG and GTL product

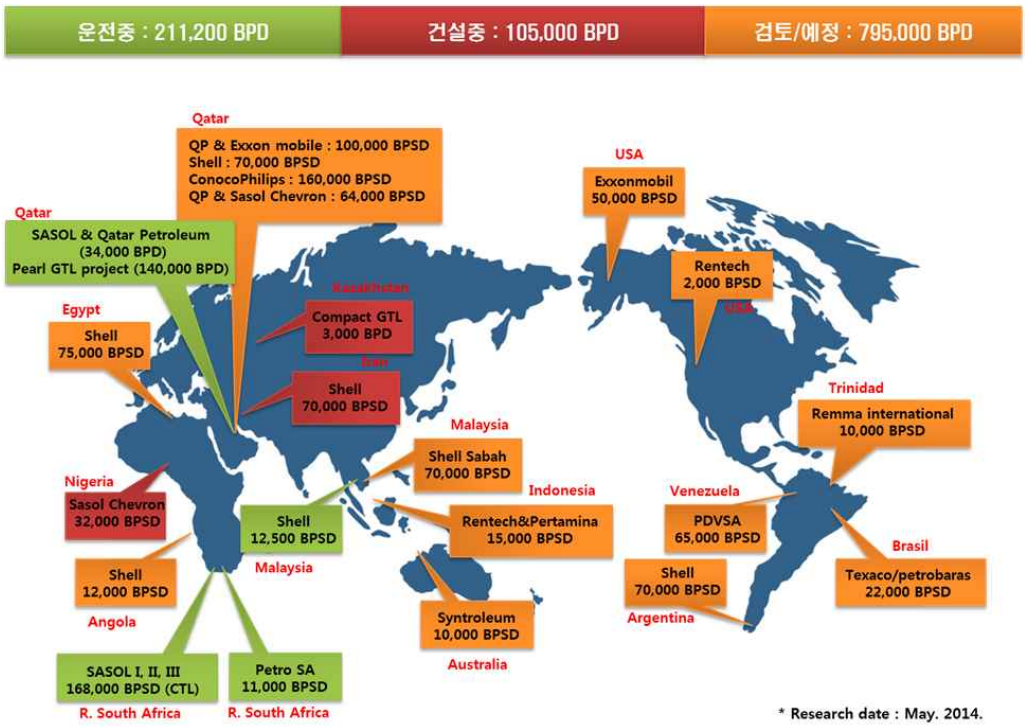


그림 14. 세계적인 육상 GTL 사업현황 (2014 기준)

○ GTL-FPSO 공정은 천연가스의 전처리, 천연가스를 이용한 개질공정, BOP 공정, FT 공정, Upgrading 공정, CO_2의 분리정제 등의 공정으로 구성되며, 이 중 GTL-FPSO 상용공정의 개념설계, 수반가스의 FC 개질공정, FC FT 반응공정, FC Upgrading 및 FC 열교환기는 GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 핵심공정이라 할 수 있음

○ 수반가스가 부생되는 유전이 Onshore에 있을 경우는 Pipeline 등의 다양한 활용기술이 가능하나, 해상 한계가스전의 경우는 재투입 시 비용이 15~20 $/bbl이 소요되기 때문에 GTL-FPSO가 경제적인 한계 가스전 활용기술로 부각되고 있으며, 특히 제한된 공간의 Floating Plant를 설계한다는 측면에서 공정 최적화 및 Business Model 개발이 병행되어야 함

○ 향후 on-shore의 가스전의 가스 생산량이 줄어들고 천연가스의 가격은 상승하고, GTL 플랜트의 운전은 결국 기존의 원유가격과 천연가스의 가격에 의해 큰 영향을 받게 될 것임.
○ 결국 유가가 50 $/bbl 이상이 유지될 경우, 저가의 해상 한계가스전의 천연가스를 사용하여 선상에서 부가가치가 높은 GTL-FPSO 연료를 생산하게 되면 경제성이 커질 것으로 판단됨
○ 고유가가 지속될 경우, 천연가스 이용 합성석유를 제조하는 GTL 산업의 수요는 전세계적으로 급격하게 증가할 것으로 예상되며, 미국 DOE는 2030년 GTL 합성 연료 생산량은 80만 BPD로 예측하였음[표 3]

표 3. 미국 DOE의 2035년 합성 연료 생산량 예측(*) (백만 BPD).

	Oil Sand	초중질유	CTL	GTL	바이오연료	합계
2020	4.9	0.5	0.7	0.4	3.3	9.8
2035	6.9	0.5	3.3	0.8	6.0	17.9

(*) DOE, International Energy Outlook 2010

○ 세계적인 Oil Major 회사인 SASOL, Shell 등은 GTL 핵심기술을 독점하고 카르텔을 형성하고 있으며, Rentech, Conocophilips, Syntroleum 등은 실증기술을 보유하고 있으나 엄청난 기술 이전비를 요구하고 있기 때문에 독자적인 기술을 확보하는 것이 본 연구의 핵심임
○ 최근에 Offshore 한계유·가스전 및 수반가스를 활용하여 합성석유를 제조하는 기술은 블루오션 분야로 부각되고 있음
○ GTL-FPSO 공정은 일반적인 GTL 공정과는 적용대상 가스전이 다르고 핵심기술의 반응기 및 공정설계의 접근방식이 다르므로, 기존의 육상 GTL 공정과는 차별화된 해상환경에 적용 가능한 실증연구의 수행은 물론 선급 인정(AP)을 위한 Safety와 Risk를 고려한 최적 Layout 등에 관한 공정 최적화 연구가 수행해야 됨
○ 2004년 일본의 경제 산업성은 동남아시아와 오세아니아에서의 해양 가스전을 대상으로 FPSO 상에서 천연가스를 액체연료인 GTL, DME 또는 LNG로 변화하고 저장과 출하를 탱커로 운반하는 개발 개념의 경제성을 평가하였음
  - 이 조사에서 새로운 해양가스전 개발 시스템의의 경제적인 천연가스의 액체 연료화, FPSO의 개발을 위한 조건 선정과 시스템의 기본설계, 설계한 시스템의 해상환경 실증실험, 안정성 검토 및 기술적인 유래와 경제적인 실현 가능성에 대한 평가를 하였음
  - 대상 한계가스전은 가스층 압력 6000 psi, 가스 생산량(공급량)은 275 MMSCFD(million standard cubic feet pre day: 779만 m^3/일)로서 20년간 사용할 수 있는 것으로 상정함
  - 공장 가동률을 100%로 하면 20년간에 필요한 총 가스량은 2TCF(Trillion Cubic Feet: 570억m^3), 천연가스는 메탄 70%, 에탄 10%, CO_2 8%, 기타(C_3, C_4등) 12%로 구성된 조성을 사용함
○ 천연 가스의 전환공정 및 FPSO를 설계하기 위하여 다음과 같은 조건을 설정하였음
  - 275 MMSCFD의 천연 가스를 원료 및 연료로 하여 액화하는 공장을 FPSO상에 탑재
  - 20일분의 제품과 액화물 및 필요한 1일분의 중간 제품을 저장
  - 플랜트와 FPSO를 운전하기 위하여 필요한 유틸리티를 선체 내부에 배치
  - 선수부에 Internal Turret, 100명분의 주거시설, 제품출하용 하역설비
○ 상기의 FPSO 시스템의 해상환경의 조건은 유의파고 7.7 m, 최대파고 14.3 m, 파도의 스펙터 빅 주기 13.6 sec, 조류속도 1.8 m/sec, 10분간 평균풍속 30.7 m/sec로 최소 100년 이내의 폭풍우에도 내구성을 갖도록 설계하였으며, GTL-FPSO, DME-FPSO 및 LNG-FPSO 공정에 대한 경제성을 평가하였음
○ GTL 제조 공정은 원료 천연가스를 ATR 방법을 사용하여 먼저 수소와 일산화탄소 가스로 구성되는 합성가스로 변환시킨 다음, 합성가스로부터 FT 합성반응에 의하여 직쇄상 파라핀을 제조하는 일반적인 GTL 공정을 사용하였음
○ 원료 천연가스 275 MMSCFD로부터 GTL 2만 8,000 BPD, Condensate 1만 4,300 BPD가

얻을 수 있는 것으로 발표하였음. 각 제품의 투자비용과 운전비용은 아래의 표 4에서 보는 바와 같이 GTL-FPSO가 DME-FPSO와 LNG-FPSO에 비해서 가격 경쟁력이 우월한 것으로 발표하였음

표 4. 한계가스의 액체연료-FPSO 전환공정에 의한 경제성 비교.

Category	비용 (백만 $)		
	LNG-FPSO	GTL-FPSO	DME-FPSO
CAPEX	1,137	1,100	1,205
OPEX/Decommissioning	2,598	2,053	2,283
합 계	3,735	3,153	3,480

2.3.2 수출・입 효과

○ 해상 청정연료 제조공정에 대한 기술의 발전추세와 시장은 2020년에서 2035년까지는 미국 DOE에서 예측한 GTL 시장 자료를 바탕으로, 2035년 이후는 DSME와 KIST에서 예측한 사업화 전망 보고서를 바탕으로 시장을 예측하였으며, 청정연료 가격($121.43/베럴)은 2011년 1월 현재 석유공사의 경유 공시가격보다 10 % 비싸고, 물가 상승률 3%를 가정하여 추정하였음

○ 향후에 Onshore의 유・가스전은 생산량이 감소하고 자원개발이 가속화됨에 따라 Offshore의 경제적 한계가스전의 개발이 가능하게 되어 GTL-FPSO 시장은 2030년 이후부터 급성장 할 것으로 예측됨[그림 15]

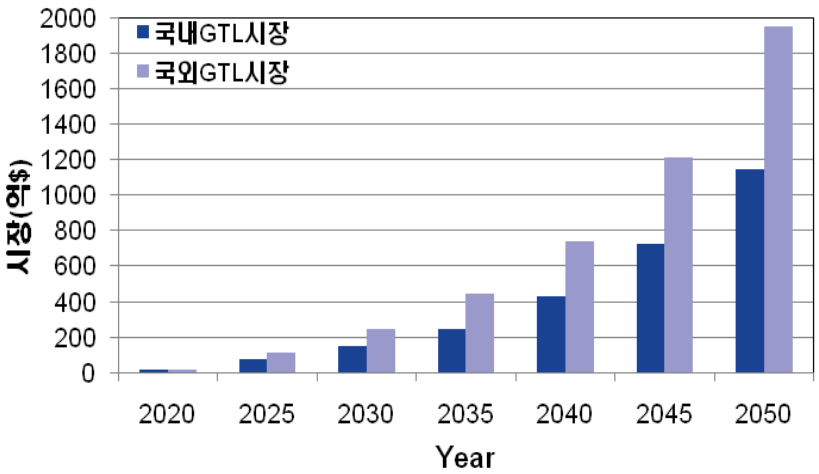


그림 15. GTL 기술 발전추세와 시장전망.

○ 세계 FPSO 시장은 2010년 기준 국내조선사에 의해 40 %정도 점유하고 있기 때문에, 상기 분야의 기술을 선점하면 2030년에는 GTL-FPSO의 연료시장의 점유율이 50% 이상이 되고, 2040년에는 65 %가 될 것으로 전망됨

○ 2030년 이후에는 세계 청정연료 수요의 대부분은 해상 한계가스전의 경제적인 개발에 의해 제조될 것으로 전망되기 때문에 청정연료 제조공정은 육상에서 해상으로 전이될 것으로 판단됨

○ 고유가 시대에 한계 석유 가스전의 경제적 개발을 위한 기술수요의 증가에 따라 많은 사업이 전개될 것으로 전망되나, GTL의 기술력은 진입장벽이 높아 당장 급성장은 어려우나 향후 GTL-FPSO 공정은 국내 조선업의 장점을 최대한 활용 시, 시장 상황 및 기술 여하에 따라 성장 가능성이 매우 높음

○ 특히 조선업계의 FPSO 설계능력, 국내기업의 가스전 사업 운영 경험 및 다양한 가스관련 플랜트의 상용공정개발 경험 등을 융합시키면 성공 가능성은 매우 높음
○ GTL-FPSO 과제는 해상환경 적용 FC GTL 핵심공정에 대한 원천기술과 응용기술 및 GTL-FPSO 공정의 예비 기본설계 기술을 확보한 후, 상용화 연구기간 중에 사업화를 위한 promotion을 수행하면서 해상의 한계가스전과 사업화 모델을 확보한 다음 2017-2018년에 사업화에 착수하면 2020년 말에 최초의 GTL-FPSO Plant를 건조하여 GTL 연료생산이 가능할 것으로 판단됨

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 국내 조선업계의 FPSO 설계능력, 출연연의 상용공정 기본설계 및 상용화 공정개발 경험을 최대한 활용 시, GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 기반기술 개발의 가능성은 매우 큼
○ 정부의 한계가스전 확보지원, 국내기업의 가스전 운영경험 및 범정부차원의 지원 시, 사업화 성공 가능성은 매우 높음
○ KIST는 해양 한계가스전을 보유한 베트남과 GTL-FPSO 공정 사용화를 위한 KIST-VPI MOM을 체결(2012.12)하였고, 최근에 호주 Perth의 북서부에 위치한 해양 한계 가스전을 활용하여 GTL-FPSO 공정을 상용화하기 위한 10년간의 국제 협력 과제의 추진을 위한 KIST-CSIRO의 MOU를 추진하였고 후속 방향의 연구를 추진 중에 있음
○ 국내 출연연 비공개로 출원한 GTL-FPSO 공정 및 Floating Compact 반응기에 관한 국내외 특허(한국, 미국)를 개선하고 최적화시 국산화 공정 확보가 가능하고 세계시장을 선도할 수 있음

3.2 사회·경제적 타당성

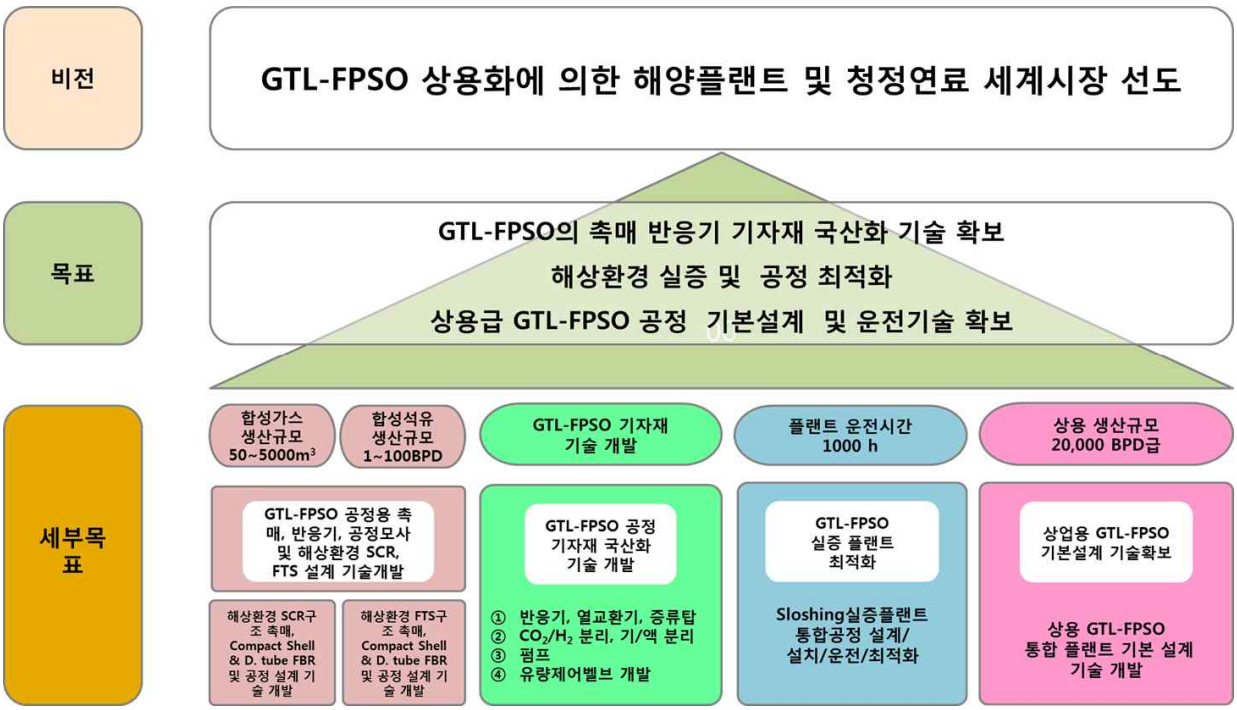
○ Offshore 자원의 합리적 개발 및 통합 생산시스템의 구축으로 CO_2 배출을 최소화할 수 있으며, 생산증진을 위해 CO_2 저장 시 추가적인 석유생산과 함께 온난화가스를 해상지중에 저장할 수 있어 친환경적이며, CDM 사업이 가능함
○ 경제적인 한계가스전을 개발하고 Oil FPSO의 수반가스를 활용하면, 해저 파이프라인 제거에 의한 생산단가 및 CO_2 처리비용 감소 등으로 인해 GTL-FPSO 연료의 경제성이 높음
○ GTL 기술력에 대한 진입장벽이 높아 당장 급성장은 어려우나 향후 GTL-FPSO 공정은 유가시장 상황 및 기술 여하에 따라 시장성이 매우 높음
○ 한계가스전은 유전과 다르게 세계각처에 분포되어 있고 특히 해양 한계가스전은 국내조선업의 FPSO 건조능력을 고려할 때, FPSO 플랜트 및 청정연료의 시장전망은 매우 밝음

3.3 정책적 타당성

○ 석유와 가스는 국가성장의 주요 에너지원으로서, 석유자원의 고갈에 대비하여, 한계가스전 이용 GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 기반기술 개발은 청정합성연료 및 플랜트의 세계시장 선점은 물론 국가 에너지안보의 측면에서 매우 전망이 밝음
○ 전 세계 유·가스전은 부존지역이 다양하며 해상 한계가스전은 새로운 블루오션으로 주목받고 있으며, GTL-FPSO 공정에 활용 시 CO_2 저감에 의한 기후변화 대응에 바람직하고 해상의 지하에 CO_2 저장시 효과의 극대화가 가능함
○ 국내 조선업의 차세대 시장으로 GTL-FPSO는 세계 시장의 선도가 가능한 기술 집약 산업으로 고용창출은 물론 타산업에 파급효과가 큼

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전



4.2 사업의 목표

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

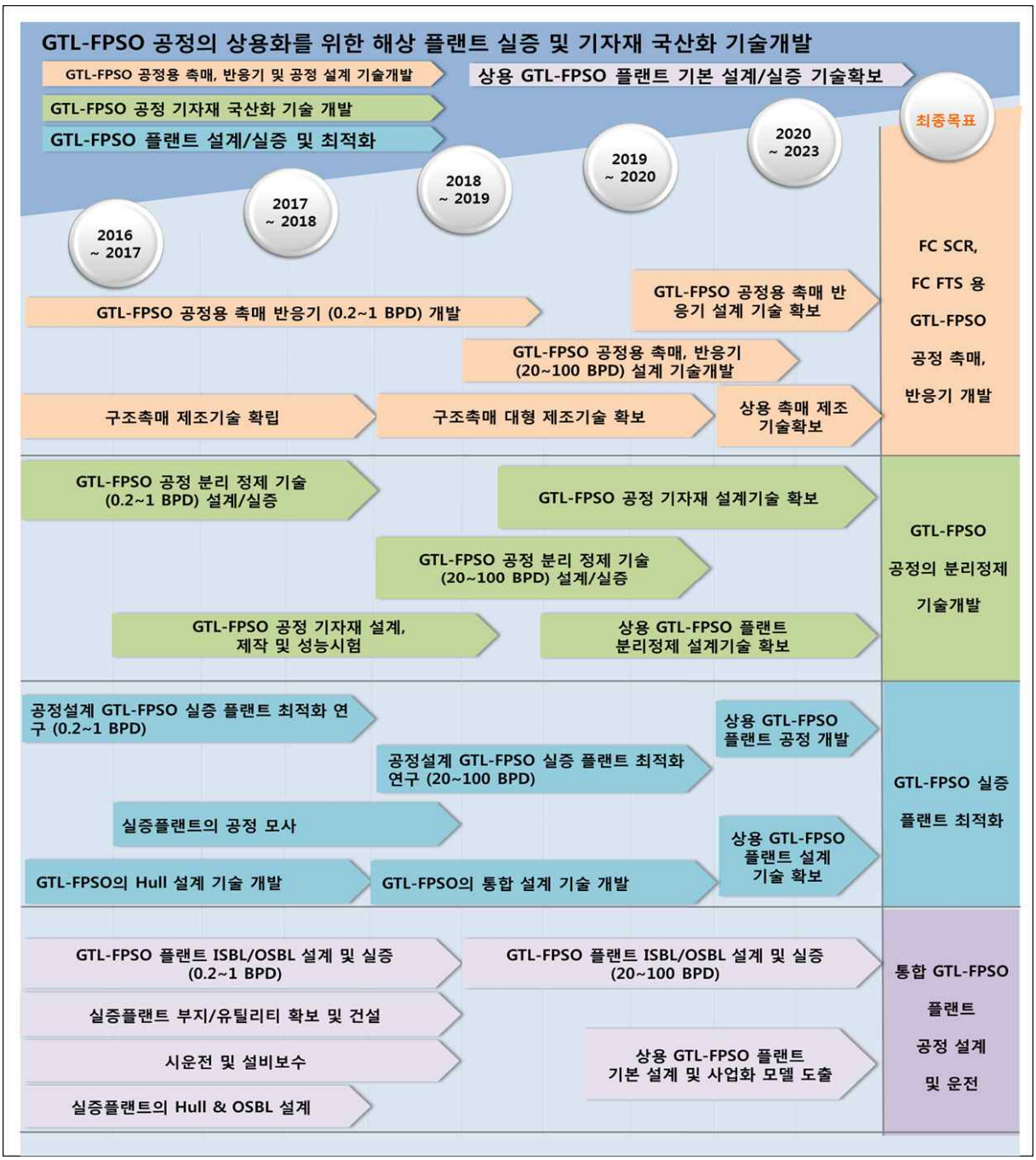
	상세핵심기술	기술획득방안	근거 및 세부방안
GTL FPSO	해상환경 개질 공정	핵심기술	해상환경 적용 가능한 FC 개질 촉매, Compact 반응기 및 공정 개발 CH_4 Conv.>75%, CO_2 Conv.>40%, 장기운전(>1000h) 해상환경 개질공정 반응속도식 도출 (오차율 < 5%) 상용급 반응기설계 기술, 전처리 및 반응기술 개발
	해상환경 FT 공정	핵심기술	해상환경에 적용 가능한 FC FT 촉매 및 Compact FT 반응기 및 공정 개발 C_5+선택도 : > 80 %, 고비점 유분 생성율 >0.85 해상환경 FT 공정 반응속도식 도출 (오차율 < 5%) 상용급 반응기설계 기술 및 생성물 분리정제기술 개발 (CO_2, H_2 등)
	해상환경 Upgrading 공정	핵심기술	해상환경에 적용 가능한 FC Upgrading 촉매, Compact 반응기 및 공정 개발 Wax Conv. > 55%, Disel Sel. > 50% 해상환경 Upgrading 공정 반응속도식 도출 (오차율 < 5%)
	대용량 촉매제조기술	핵심기술	상용급 대용량 구조촉매 제조기술 확보 (20,000 BPD급)
	GTL-FPSO 공정 (예비) 기본설계	응용기술 설계기술	해상환경 적용 GTL-FPSO 공정을 개발하고 기본설계 기술 개발
	해상환경 GTL 공정 실증	설계기술	해상환경조건에 내구성이 있는 촉매, 반응기 및 공정의 실증
		응용기술	선상 동요(wave motion) 해석 및 설계 최적화 - 시작품단계 : 1단계(0.2-1 BPD)
	해상 GTL Plant의 해상 실증	응용기술 설계/운전 기술	- 해상실증 Plant 설계, 제작 및 운전: 2단계 (20-100 BPD)
	GTL-FPSO용 핵심 기자재 기반기술	응용기술 설계기술	해상환경조건에 특화된 GTL-FPSO용 핵심 기자재의 국산화 설계 기반기술 개발 (반응기, 증류탑, 열교환기, 펌프, 기액분리기, CO_2, H_2 분리공정 등)
	GTL-FPSO의 FPSO 설계	응용기술 설계기술	○ GTL Cargo Handling & 저장 시스템 설계 1. 저장 시스템 - GTL의 유동성 확보를 위해서 Heating Coil을 사용한 Cargo 설계 - GTL Product의 종류에 따른 Cargo의 구조 및 운동 해석 2. Handling - GTL 유동성 확보용 Heater & Pump 개발
	상용 GTL-FPSO 공정 Topside 기본설계	응용기술 설계기술	○ GTL-FPSO Topside 설계 1. 공정설계/ 최적화 - 공정 개선 및 최적설계, 공정 응용기술, 공정모사 및 최적화 2. Preliminary Basic Design - BFD/PFD/Process Estimation, Topside Layout/Weight Estimation - Design Review, Safety/Risk 설계 ○ 상용급 GTL-FPSO 공정 기본설계서 개발 (20,000 BPD, 5,000 BPD 단위공정)
	GTL-FPSO 3D Animation, Plastic Model	응용기술 설계기술	System Integration 검증 및 사업개발을 위한 3D Animation 및 Plastic Model 개발

4.2.2 설비규모

○ 1단계 (2016~2019, 3년)
- GTL-FPSO 플랜트의 해상환경 실증(0.2-1 BPD) 및 Demo Plant 설계(20 - 100 BPD)
- Pilot plant 내 Sloshing GTL System을 통한 해상환경 모사실증
- 기자재 국산화기술 및 시제품 개발

○ 2단계 (2019~2023, 4년)
- GTL-FPSO 플랜트 해상 실증(20-100 BPD) 및 상용공정 설계기술 개발
- 해양 한계가스전 및 유가스전 보유국과의 국제협력에 의한 해상실증
- 또는 바지선 형태의 GTL-FPSO 실증 플랜트 설계 및 실증
- 기자재 국산화 기술 및 시제품 개발

4.2.3 사업의 로드맵



제5장 사업 추진체계

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

5.1.1 추진대상 과제

○ **1단계**
- 총괄 : GTL-FPSO 플랜트의 해상환경 실증(0.2-1 BPD) 및 Demo Plant 설계 (20 - 100 BPD)
- 1세부 : GTL-FPSO 공정 해상환경 실증기술 개발(0.2 - 1 BPD)
  - GTL-FPSO 공정용 촉매 및 반응기 설계기술 확보
  - GTL-FPSO 공정용 촉매 대량제조기술 확보
- 2세부 : GTL-FPSO Demo Plant의 기자재 국산화 기술
  - GTL-FPSO 공정의 Utility 및 기자재 기술개발
  - GTL-FPSO 공정 반응기술 설계 기술개발
  - GTL-FPSO 공정 분리 정제기술 설계 기술개발

○ **2단계**
- 총괄 - GTL-FPSO 플랜트 해상 실증(20-100 BPD) 및 상용공정 설계기술 개발
- 1세부 : GTL-FPSO 공정의 기본설계를 위한 촉매 반응기 및 공정의 최적화 기술개발
  - GTL-FPSO 공정용 촉매, 반응기 및 공정최적화 기술 확보
  - GTL-FPSO 플랜트용 촉매의 재생 및 성능개선 연구
  - 해상실증 플랜트의 운전지원
  - 상용 GTL-FPSO 공정의 촉매 및 공정 기본설계기술 확보
- 2세부 : GTL-FPSO 공정의 해상실증, Plant 설계 및 상용공정 기본설계기술 개발
  - 공정설계 GTL-FPSO 실증 플랜트의 설계, 건설 및 실증
  - GTL-FPSO 통합설계 기술개발 (ISBL, OSBL, FPSO)
  - 상용 GTL-FPSO 통합설계기술 확보
- 3세부 : GTL-FPSO 플랜트의 기자재 국산화 기술개발
  - GTL-FPSO 공정 반응공정 설계기술 확보
  - GTL-FPSO 공정 분리 정제공정 설계 실증
  - 상용 GTL-FPSO 공정 기자재 설계기술 확보

5.1.2 추진일정

순서	추진대상과제	단계별 추진일정													비고
		1단계						2단계							
		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년		2021년		2022년	
총괄	GTL-FPSO 플랜트의 해상환경 실증(0.2-1 BPD) 및 Demo Plant 설계(20 - 100 BPD)														
1세부	GTL-FPSO 공정 해상환경 실증기술 개발(0.2 - 1 BPD)														
2세부	GTL-FPSO Demo Plant의 기자재 국산화 기술														
총괄	GTL-FPSO 플랜트 해상 실증(20-100 BPD) 및 상용공정 설계기술 개발														
1세부	GTL-FPSO 공정의 기본설계를 위한 촉매 반응기 및 공정의 최적화 기술개발														
2세부	GTL-FPSO 공정의 해상실증, Plant 설계 및 상용공정 기본설계기술 개발														
3세부	GTL-FPSO 플랜트의 기자재 국산화 기술개발														

5.2 예산소요 계획

(단위: 천원)

구 분	1단계			2단계				합계
	1차(2016)	2차(2017)	3차(2018)	4차(2019)	5차(2020)	6차(2021)	7차(2022)	
현 금	5,000,000	5,000,000	5,000,000	5,000,000	20,000,000	15,000,000	10,000,000	65,000,000
현 물	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	12,500,000	7,500,000	5,000,000	35,000,000
합 계	7,500,000	7,500,000	7,500,000	7,500,000	32,500,000	22,500,000	15,000,000	100,000,000

○ 항목 산정근거 (정부출연 연구기관 연구비 계상기준)
- 내부인건비 : 책임급 5백만원/월, 선임급 4백만원/월, 원급 3백만원/월 급여기준
- 시작품 : GTL-FPSO 개질장치 100억, GTL-FPSO FT 및 Upgrading 장치 150억, BOP 50억 (0.2 - 1 BPD)
- 정부 : 500억 원 (현금)
- 민간 : 150억 원 (현금), 350억 원 (현물)

5.3 인력투입 계획

○ **1단계**
- 총괄 : GTL-FPSO 플랜트의 해상환경 실증(0.2-1 BPD) 및 Demo Plant 설계(20 - 100 BPD)
  - 투입인력 : 5 명/년
  - 책임급 5 명/년
- 1세부 : GTL-FPSO 공정 해상환경 실증기술 개발(0.2 - 1 BPD)
  - 투입인력 : 50 명/년
  - 책임급 10 명/년, 선임급 10 명/년, 학연 15 명/년, 대학참여 15 명/년
- 2세부 : GTL-FPSO Demo Plant의 기자재 국산화 기술
  - 투입인력 : 50 명/년

○ **2단계**
- 총괄 : GTL-FPSO 플랜트 해상 실증(20-100 BPD) 및 상용공정 설계기술 개발
  - 투입인력 : 5 명/년
  - 책임급 5 명/년
- 1세부 : GTL-FPSO 공정의 기본설계를 위한 촉매 반응기 및 공정의 최적화 기술개발
  - 투입인력 : 40 명/년
  - 책임급 10 명/년, 선임급 10 명/년, 학연 10 명/년, 대학참여 10 명/년
- 2세부 : GTL-FPSO 공정의 해상실증, Plant 설계 및 상용공정 기본설계기술 개발
  - 투입인력 : 30 명/년
- 3세부 : GTL-FPSO 플랜트의 기자재 국산화 기술개발
  - 투입인력 : 30 명/년

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

6.1.1 한국가스공사

○ GTL기술은 경유제품을 직접 생산함으로써 즉시 판매가 가능하고 또 고가에 판매될 수 있다는 장점이 있으므로 기존 국내 경유 시장의 일부를 대체할 수 있으며 청정연료로서의 가치가 높기 때문에 경유 승용차의 보급과 수반하여 시장을 확대하는 전략을 구사할 수 있음
○ GTL기술은 수요지로부터 멀리 떨어져 있는 중소규모의 가스자원(Stranded/Remote gas)의 유효한 활용이 가능하도록 하므로 해외 유전/가스전 개발에서 부산되는 가스전의 개발에 활용되도록 함(6조 평방피트 이상의 대규모 가스 매장량이 필요한 LNG방식에 비해 GTL의 경우 매장량 약 1조 입방피트만 확보되어도 경제성이 확보되며, 일반 가스전에서 발생하는 다양한 어려움을 배제할 수 있고 파이프라인 건설 등의 별도의 운반 설비 구축이 필요 없어 비용을 절약할 수 있음)
○ GTL의 사업화를 위한 1단계로 2011년 7월부터 2015년 6월까지 4년에 걸쳐 기술 고도화에 따른 원천 핵심기술 확보(촉매, 반응기, 공정 등), 상용급 핵심기술 고도화 및 운전기술 확보, 상용급 설계기술을 개발하여 원천기술을 확보할 수 있도록 함
○ 2단계로 2015년 7월부터 2018년 6월까지 상용급 설계기술 실증(Demonstration Plant 설계 및 건설), 원천 핵심기술 검증(상용화를 위한 경제성 평가), Feasibility Study(사업 타당성 평가)를 통하여 GTL 기술을 실증화하여 상용화에 이용할 수 있도록 함
○ 마지막으로 상용 설계 확보(Front End Engineering Design), 가스전으로부터 상용 플랜트 설계 및 건설, 운전기술 고도화 적용 및 상용 생산으로 2018년 7월 이후 상용화 및 사업화 사업을 수행하여 국산 GTL 기술을 통하여 국내외의 시장에 진출할 수 있음
○ 이러한 사업화가 추진된다면 현재 중동, 동남아, 아프리카, 캐나다, 호주 등의 가스전에 보유하고 있는 자원과 해외 가스전 개발에 대한 컨소시엄 지분참여 및 가스전 확보 예정 중인 지역에 상용화를 진행하여 사업화에 활용할 수 있을 기회가 많을 것임
○ 특히, 한국가스공사는 예상 가스 매장량이 70T입방피트 이상으로 확인된 모잠비크 해상 광구를 대상으로 가스전 개발에 참여하고 있으며 예상 단가 10억에 4년간 7명의 개발 인원을 투입하여 2018년부터 해양플랜트 공정설계 검증용 해저-해상 통합모델 개발 프로그램 시제품을 개발함으로써 해양플랜트 공정 FEED설계에 활용이 가능할 것으로 예상됨

6.1.2 대우조선해양

구분	구체적인 내용
형태/규모	▪ 상용화 형태: GTL FPSO 해양플랜트 ▪ 수요처: Oil Major 및 National Oil Company ▪ 예상단가: 약 1.8조원 ▪ 개발 투입인력 및 기간: 설계 200명 & 건조 2,000명 / 기간 4~5년
상용화 능력 및 자원보유	▪ 다수의 FPSO 건조 실적 보유 ▪ FPSO 건조를 위한 생산설비 및 우수한 설계/연구 인력 보유
상용화 계획 및 일정	▪ 2024년까지 GTL FPSO Generic FEED 수행 후, 완성된 Package와 홍보자료를 이용하여 Oil Major 및 National Oil Company와 Consortium을 맺고 Specific FEED 수행

[2/3/4단계(총 10년) 사업화 전략 Roadmap]

연도	2011-2014	2014-2016	2016-2020	2020-2024	2024-2030
단계	1단계(3년)	2단계(2년)	3단계(4년)	4단계(4년)	5단계(6년)
Capacity	0.002 BPD	0.01 BPD	0.2~1 BPD	100 BPD	상업화
DSME Activities	F/S & 개념설계 (상용화된 기술) • Technology Selection • Process Simulation Model 개발 • 사업화 가능성검토	Generic Pre-FEED (상용화된 기술) • 설계 기반 확립 • OSBL, Hull 설계 • GTL FPSO 경제성 분석	Specific Pre-FEED (국책과제 기술) • HAZID/HAZOP • 사업자 Promotion • 프로젝트 경제성 분석 • Pre-FEED Package 완성 • 선급인증	Generic FEED (국책과제 기술) • 해상 실증 지원 - Barge - T/S Integration • Consortium 구성	Specific FEED + Detail Engr. • Generic FEED Package 완성 • 상세설계 수행

6.2 비지니스 모델

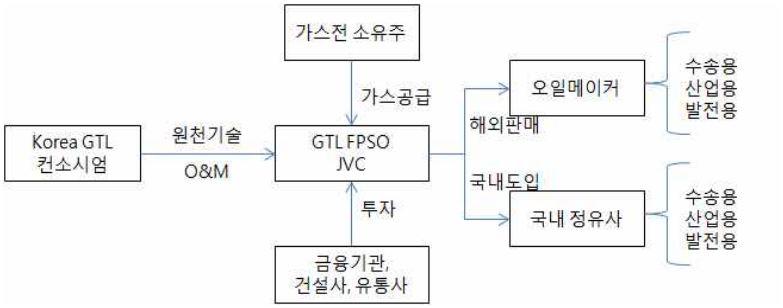
6.2.1 한국가스공사

○ BM 목표 : 해양 가스전 대상 (모잠비크, 동남아시아, 호주 등) 20,000bpd급 GTL-FPSO 핵심원천 기술 개발 및 기술 수출

○ 핵심경쟁 요인
- Module화된 Compact Reactor 설계 보유
- 세계 최고 수준의 해양 플랜트 건조 설치 및 상품 품질 보장

○ 주유 고객군 :
- 해양 가스 광수 소유주
  - 동남아시아 해양가스전은 대부분 자국에 보유하고 있으며, 대규모 투자사업으로 세계 5대 Oil major 기업이 소유하고 있음 (Exxon-Mobil, Shell, BP등)
  - 고유가와 석유고갈을 대비하여 육상 가스전의 가스로부터 LNG 사업을 전개한 Oil major사들을 최근 해당 가스전을 대상으로 석유대체 청정연료인 GTL 개발에 박차를 가하고 있음
  - 석유화학 제품의 국외 지속가능한 시장개방을 위한 노력의 일환으로 GTL-FPSO의 주요 최대 고객은 가스를 소유하고 있는 광구주임
- 청정연료 소비자 층
  - 연간 1억 배럴을 수입하는 우리나라의 경우 오일쇼크에 의한 유가상승은 국내 경제뿐만 아니라 삶의 질의 저하가 우려됨
  - 석유화학, 정밀화학 등 원유를 기본으로 하는 정제·가공 시설 원료로 GTL의 제품을 활용하여 지속가능한 석유계 산업을 발전 육성할 수 있음
  - 자동차, 선박 등 대량 소비처의 주요 고객은 국민에게 보다 청정한 연료를 공급할 수 있으며, 신재생에너지 시대전환에 맞춘 중간 매개체 연료 시장을 창출할 수 있음

○ 수익창출 방안 : 대규모 투자사업의 수익 모델 도출
- 원료가스(해양가스) 확보를 위한 가스전 소유주와 협상
- 금융기관, 건설사, 유통사(SK, GS등)에서 대규모 투자 사업 참여, 프로젝트 파이낸싱으로 수익모델 창출
- GTL 생산품의 국내의 수요처 확보
- GTL-FPSO Joint Venture 회사엣 총 투자비 1.5조원 투자시 IRR 15% 확보, 년간 6000만 bbl 원유 생산 가능



GTL-FPSO 사업의 투자 수익 모델

6.2.2 대우조선해양

○ BM 목표 : 해상환경에서의 GTL 공정에 적합한 GTL FPSO 최적설계 개발
○ 핵심경쟁요인
- GTL 공정과 FPSO와의 통합 설계 및 건조 역량 확보
- 설계 최적화를 통한 가격 경쟁력 확보
- ISBL/OSBL/Hull 통합 운전 Philosophy 확보

○ 주요 고객군
- 한계가스전을 보유한 Oil Majors 및 National Oil Companies
  • Oil Majors: Shell, ExxonMobil, Chevron, BP, Total 등
  • National Oil Company: Sasol, Petronas, Petrobras, 한국석유공사 등
- 해상에서 동반가스(Associated Gas)가 다량으로 방출되는 에너지업체

○ 수익창출 방안
- BP Statistical Review 2014에 따르면, 아시아의 급속한 인구 및 경제성장에 따른 에너지 소비량 급증으로, 원유 생산량보다 원유 소비량이 증가할 것으로 전망하고 있음
- 위 격차에 의해 부족해진 원유는 전통적인 원유가 아닌, 비전통적인 원유가 채워줄 것으로 예측되고 있음
- 특히 육상 및 천해의 석유 생산량은 이미 감소하고 있으며, 반대로 심해 유전개발이 점차 확대되고 있는 실정임
- 비전통적인 원유 중, GTL은 천연가스를 원료로 하여 촉매변환을 통해 합성원유를 생산하는 기술로서, Oil의 가격이 높을수록, 또한 Gas의 가격이 낮을수록 그 경제성이 높아짐
- 현재 Shale Gas 개발로 천연가스 가격이 많이 낮아져서 비록 2015년에 유가가 일시적으로 낮아진 상태이지만, 여전히 MMBTU 당 가격 차이는 4배 가량으로서, GTL 공정을 통한 Gas의 고부가가치화가 가능함
- 향후, 유가가 다시 정상궤도를 찾고, 해상의 한계가스전 또는 동반가스의 활용에 대해 관심 및 관련 기술이 연구/개발되면, 점차 해양의 천연가스를 활용하여 생산되는 GTL 양이 증가할 것으로 전망됨
- 해양에서 생산하는 GTL 중, 본 국책과제에서 개발한 GTL FPSO 기술을 적용한 GTL 생산은 2026년 이후에 가능할 것으로 예상됨
- 그 이후 위 기술이 적용된 GTL FPSO에서 생산하는 GTL이 지속적으로 증가하여, 2030년에는 약 160,000 BPD이 생산될 수 있을 것으로 전망됨

(A) Global Population Growth & Energy Demand 1965-2012

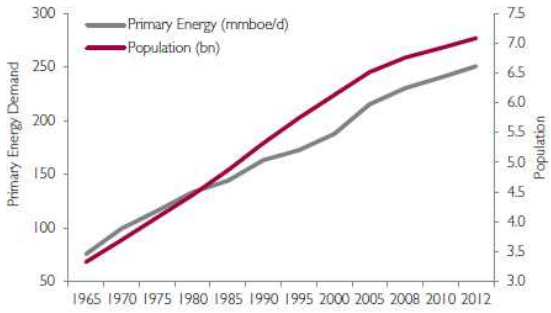


Figure 2: Global Population Growth & Energy Demand 1965-2012
Sources: BP Statistical Review 2014

(B) Historic Primary Energy Demand by Region



Figure 3: Historic Primary Energy Demand by Region
Source: BP Statistical Review 2014

(C) Global Oil Supply - Onshore/Offshore 1965-2020

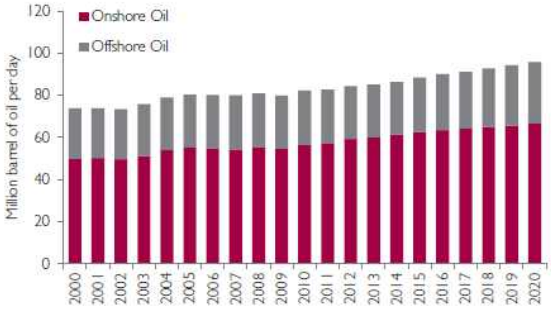


Figure 10: Global Oil Supply – Onshore/Offshore 1965-2020

(D) Subsea Completed Wells by Water Depth

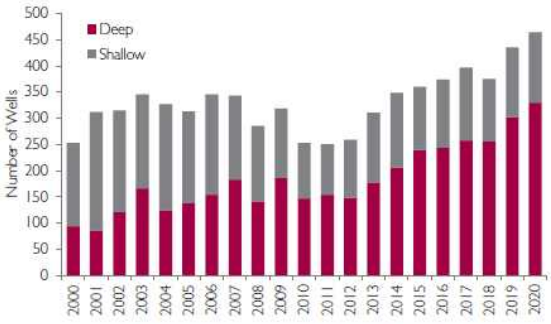
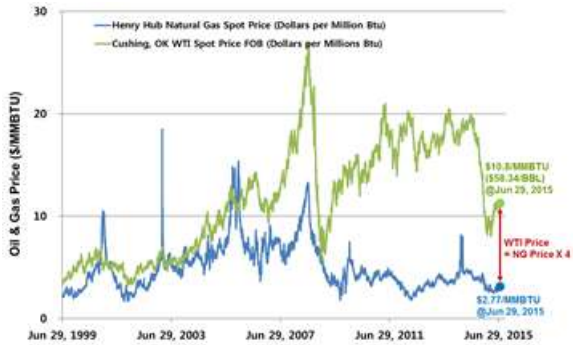
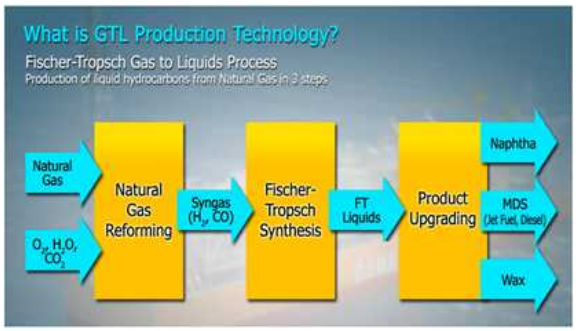


Figure 12: Subsea Completed Wells by Water Depth

(E) Historical Oil and NG Prices



(F) Schematic Illustration of the GTL Process



- 2019~2030년까지 누적된 전 세계 GTL FPSO CAPEX는 총 $58.4 Bn로 산정되고, 그 중 본 과제에서 개발한 기술을 적용한 GTL FPSO CAPEX는 총 $22.8 Bn으로 전체 CAPEX 중 39%를 차지할 것으로 예상됨
- 같은 기간 동안, 전 세계 GTL FPSO 운영척수는 총 23척(*20,000 BPD GTL FPSO 기준)으로 산정되며, 그 중 본 과제에서 개발한 기술을 적용한 GTL FPSO 척수는 총 8척으로 전체 운영척수 중 35%를 차지할 것으로 전망됨

6.3 참여 부처별 역할 및 모델

○ **국토교통부**
- 신산업 육성으로 국토교통 신성장동력 창출
- 중소기업 지원을 통한 창조경제 주역화
- 해외 해상한계가스전의 확보를 위한 정부차원의 협조요청

○ **산업통상자원부**
- 미래 선도형 신성장 동력 창출

- GTL-FPSO 기본설계 기술의 개발로 차세대 세계 해양 에너지 플랜트 산업시장주도
- 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축, 에너지 수요관리를 위한 핵심기술 확보
- 석유 및 천연가스 수입대체 및 해외진출 기술기반 강화
- 선진국과 해외펀딩 공동연구 추진 및 해외시장 진출 지원을 위한 동남아 국가와 협력기반 마련
- 해외 해상한계가스전의 확보를 위한 정부차원의 협조요청



국토교통부 부처간 융합과제의 역할 및 모델

○ **추진전략 모델**

구 분	성공 요인
정부시책의 부합성	- 석유와 가스는 국가성장의 주요 에너지원으로서, 석유자원의 고갈에 대비하여, 한계가스전 이용 GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 기반기술 개발은 청정합성연료 및 플랜트의 세계시장 선점은 물론 국가 에너지안보의 측면에서 매우 전망이 밝음 - 전 세계 유·가스전은 부존지역이 다양하며 해상 한계가스전은 새로운 블루오션으로 주목받고 있으며, GTL-FPSO 공정에 활용 시 CO_2 저감에 의한 기후변화 대응에 바람직하고 해상의 지하에 CO_2저장효과의 극대화가 가능함 - 국내 조선업의 차세대 시장으로 GTL-FPSO는 세계 시장의 선도가 가능한 기술집약 산업으로 고용창출과 타 산업에 파급효과가 큼
에너지환경 효과	- Offshore 자원의 합리적 개발 및 통합 생산시스템의 구축으로 CO_2 배출을 최소화할 수 있으며, Oil 생산증진을 위해 CO_2 활용에 의한 저장 시 추가적인 석유생산과 함께 온난화가스를 해상지중에 저장할 수 있어 친환경적이며, CDM 사업이 가능함
경제성	- 경제적인 한계가스전을 개발하고 Oil-FPSO의 수반가스를 활용하면, 해저 파이프라인 제거에 의한 생산단가 및 CO_2 처리비용 감소 등으로 인해 GTL-FPSO 연료의 경제성이 높음
시장성	- GTL 기술력에 대한 진입장벽이 높아 당장 급성장은 어려우나 향후 GTL-FPSO 공정은 유가시장 상황 및 기술 여하에 따라 시장성이 매우 높음. - 한계가스전은 유전과 다르게 세계각처에 분포되어 있고 특히 해양 한계가스전은 국내 조선업의 GTL-FPSO 건조능력을 고려할 때, GTL-FPSO 플랜트 및 청정연료의 시장전망은 매우 밝음
상용 가능성	- 국내 조선업계의 FPSO 설계능력, 출연연의 상용공정 기본설계 및 상용화 공정개발 경험을 최대한 활용 시, GTL-FPSO 공정의 상용화를 위한 기반기술 개발의 가능성은 매우 큼 - 정부의 한계가스전 확보지원, 국내기업의 가스전 운영경험 및 범정부차원의 지원 시, 사업화 성공 가능성은 매우 높음 - KIST는 해양 한계가스전을 보유한 베트남과 GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 KIST-VPI MOM을 체결(2012.12)하였고, 최근에 호주 Perth의 북서부에 위치한 해양 한계 가스전을 활용하여 GTL-FPSO 공정을 상용화하기 위한 10년간의 국제 협력 과제의 추진을 위한 KIST-CSIRO의 MOU를 추진하였으며 중동의 국가와도 GTL-FPSO의 상용화를 위한 협력방안을 협의 중임
기술성의 독창성	- 국내 출연연 비공개로 출원한 GTL-FPSO 공정 및 Floating Compact 반응기에 관한 국내외 특허(한국, 미국)를 개선하고 최적화시 국산화 공정 확보가 가능하고 세계시장을 선도할 수 있음

제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

7.1.1 이산화탄소 감축효과

○ 본 과제의 수행에 의해, 2050년 기준 GTL-FPSO 공정의 개발로 예상되는 국내 CO_2 배출량 감소 효과는 4,860만 톤의 CO_2 감소효과가 있을 것으로 예상됨

○ 본 과제에서 수행 시 이산화탄소 감축 효과

이산화탄소 감축 효과	2020 년	2030 년	2040 년	2050 년
국내 감축 잠재량 (만톤CO_2)	162	1,134	2,430	4,860

<자료 출처 및 가정>

- 국내 GTL 시장은 해외에서 수입하는 석유의 일정량을 청정합성석유인 GTL연료로 대체한다는 가정 하에, 해외 GTL-FPSO 생산량의 50%를 국내에 공급하고 나머지 50%는 해외시장에 공급된다고 가정함 [Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- 유전의 동반가스를 Flaring할 경우의 CO_2 배출량에서 Flaring하지 않고 청정연료로 전환 시의 CO_2 배출량과의 차이를 CO_2 저감효과로 정의함
- 만약에 대상가스전이 한계가스전이 50% 그리고 유전의 동반가스가 50%이면, 상기의 CO_2 저감량은 각각 50%씩 감소하는 것으로 정의함
- 평가대상 기술의 천연가스 조성 : 국내 A조선사의 향후 사업화 대상 한계가스전의 가스조성, 2009.
- 상기의 천연가스를 활용하여 GTL-FPSO공정에 의해 청정합성석유를 제조(30000 BPD/척)하는 공정에서, 반응공정에서 배출되는 CO_2의 양은 KIST의 선행연구결과와 ASPEN Plus를 활용한 GTL-FPSO 공정을 모사를 통하여 예측하였음
- 총 CO_2 저감량/년 = 반응기에 투입되는 CO_2 양(TPY) + 반응기에 투입되는 NG 연소 시 생성되는 CO_2 양(TPY) - GTL 제조공정에서 생성되어 배출되는 CO_2 양(TPY)
- 국내 CO_2 저감량= 총 CO_2 저감량 x GTL-FPSO 공정에서 생산되어 국내로 유입되는 연료의 비율(%) 본 연구에 의한 GTL-FPSO 연료 생산량의 50%만 국내로 유입되므로 국내의 CO_2 저감량은 총 CO_2 저감량의 50%로 가정함

○ GTL에 의한 수송용 청정 합성 연료의 생산 및 이의 보급으로 대기환경의 개선 효과를 기대할 수 있음

- GTL 합성연료는 유황성분 및 방향족이 없고 매연 및 질소 산화물이 낮기 때문에 기존 제품에 비해 대기 산성화도를 40% 이상 감소시키며 PM 배출을 40% 저감
- 청정 연료인 FT 합성유에 의한 경유 승용차의 보급 확대로 수송용 연료 소모에 있어서 열효율 증가에 의한 이산화탄소 배출 저감이 가능
- SASOL의 결과에 따르면 GTL을 사용할 경우 기존 석유 제품에 비해 온실가스 배출이 12% 저감

○ 유황 성분을 거의 포함되지 않은 청정 액체 연료인 GTL 제품들이 원유를 정제하여 만들어지는 기존의 석유 제품에 비하여 높은 시장 가치를 얻을 수 있음

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서 자동차용 연료인 경유의 황 함유량 규제치를 기존의 500 ppm에서 2004년부터 이미 50 ppm으로 강화하고 미래에는 10 ppm 이하로 규제를 강화시킬 전망

7.1.2 에너지 절감효과

○ 본 과제는 한계가스전 또는 유전의 동반가스를 활용하여 청정연료를 제조하는 GTL-FPSO의 통합 공정 국산화 설계 기술을 개발하는 과제로서 에너지 절약효과는 청정연료와 FPSO의 시장성과 CO_2 저감효과에 비해 상대적으로 적기 때문에 에너지 절약효과는 상대적으로

무시할 수 있는 수준이나, 공정의 Compact화에 의한 에너지 절감효과는 큰 것으로 판단됨

○ GTL연료 및 GTL-FPSO 시장 규모

- 2013년 US DOE의 International Energy Outlook 자료에 의하면, 2020년에는 GTL연료 공급량이 100만 BPD 규모로 커지고 2035년에는 약 200만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상됨
- 이 같은 근거로 추정해보면 2040년 전 세계 GTL연료 수요는 약 310만 BPD로 예상된다. 2040년에 국내에서 19대의 GTL-FPSO를 생산하였을 때, 생산량의 50%를 국내 공급 시 발생되는 국내 시장규모는 552 억$/년으로 예상되며 국내와 국외를 합친 시장규모는 1,044 억$/년으로 예상됨

○ 본 과제에서 개발된 GTL-FPSO 공정기술은 석유공사, 대우조선해양(주), 한국가스공사 및 SK에너지(주) 등 민간 소유의 중소형 가스전 및 유전에서 실증한 다음, 독자적인 사업화 모델을 확보할 경우 국내에서 유전개발에 상응하는 효과를 얻을 수 있으므로 국가적인 에너지 다변화 및 안보화가 가능하며 이를 기반으로 민간 항공유 및 군용 항공유를 대체하고 더 나아가 수송용 차량의 연료까지 대체가 가능할 것으로 판단됨

○ 본 과제에서 생산된 GTL 연료의 경제성 분석

항목	GTL-FPSO Plant 및 GTL 연료시장 예측				
	~2025	2026-2027	2028-2030	2031-2035	2036-2040
전세계 GTL 시장수요(만 배럴/일)[1]	133	144	169	196	308
전세계 GTL-FPSO plant의 누적건조 척수[2]	10	14	23	33	48
국내 GTL-FPSO plant의 누적건조 척수[3]	0	2	6	11	19
GTL-FPSO plant의 세계 GTL 생산량 (만 배럴/일)[4]	30	48	87	132	201
전세계 GTL-FPSO Plant의 시장 규모 (억$)[5]	187	84	204	256	444
전세계 GTL-FPSO Plant의 시장 규모 (누적 억$)[5]	187	295	521	842	1420
국내 GTL-FPSO Plant의 시장 규모 (억$)[5]	0	42	91	128	237
국내 GTL-FPSO Plant의 시장 규모 (누적 억$)[5]	0	42	136	281	562
전세계 GTL-FPSO 연료의 시장 규모 (억$)[5]	192	173	280	525	1044
전세계 GTL-FPSO 연료의 시장 규모 (누적 억$)[5]	192	346	676	1154	2038
국내 GTL-FPSO 연료의 시장 규모 (억$)[5]	0	86	140	263	552
국내 GTL-FPSO 연료의 시장 규모 (누적 억$)[5]	0	43	139	288	578
GTL-FPSO 연료의 국외 GTL시장 점유율(%)	0	12	20	25	28
GTL-FPSO Plant의 건조시장 점유율(%)[6]	0	14	26	33	40
GTL-FPSO 시장 (Plant 및 연료) 규모 (억$)[5]	379	257	484	781	1488

<자료 출처 및 가정>

- 2011년부터 2020년 까지는 합성연료 생산량은 미국의 DOE 자료를 활용[Source : US DOE "International Energy Outlook 2013"]하고, 2020년 시장 100만 BPD 기준, 그 이후의 자료는 y = 13.8897 e0.0522 x의 지수함수에 따라 증가한다고 가정함 [Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- GTL 연료시장을 GTL FPSO를 통하여 초기에는 8%를 대체하며 2050년에는 66%까지 대체한다고 가정함[Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- 국내 조선업계의 FPSO 건조능력과 향후 GTL 시장을 고려하여, 초기 대부분의 건조가 국내 조선업계를 통하여 이루어지지만 2030년 이후에는 55~60% 수준을 유지한다고 가정함[Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- GTL-FPSO의 연료생산량은 1척당 30,000 배럴/일로 가정함[Source : 대우조선해양 사

업화 추진 계획, 2009]
- 2015년 GTL-FPSO 가격은 15 억불/척으로 가정하고, 물가상승률은 3%/년으로 가정하였음[Source : 대우조선해양 자체예측]
- 국내 GTL FPSO 건조 시장점유율 (%) = (국내 GTL FPSO건조 량 / 전 세계 GTL FPSO건조 량) X 100 [Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- 국내 GTL 시장은 해외에서 수입하는 석유의 일정량을 청정합성석유인 GTL연료로 대체한다는 가정하에, 해외 GTL-FPSO 생산량의 50%를 국내에 공급하고 나머지 50%는 해외시장에 공급된다고 가정함[Source : 대우조선해양/KIST 자체예측]
- 생산된 GTL-FPSO 연료가격은 2011년 1월 석유공사 공시 경유가격(110.39$/베럴)보다 10% 비싸다고 가정함
- 물가상승률은 3%/년으로 가정[Source : KIST 자체예측]

7.2 사회·경제적 효과

○ 국내 조선산업 분야의 고용 유지 및 신규 고용창출에 기여, 2006년 기준 국내 중대형 조선소 인력규모는 11만 3천여 명이며, 2007년 기준 기술인력이 매년 900여명, 기능 인력이 연간 5천 명씩 신규 취업되고 있음. GTL-FPSO가 상용화되어 지금과 같은 조선 산업의 경쟁력 유지에 기여한다면, 2020년 기준 연간 6천명의 신규 고용창출에 크게 기여할 것으로 기대됨

○ FC GTL 제조공정의 국산화기술 개발로 국내 에너지 플랜트 기업의 반응기, 열교환기, 증류탑, 고압용기, 펌프, 컴프레서 등의 기자재 업체에 GTL-FPSO의 1척당 연간 6천명 규모의 고용창출이 예상됨

○ Floating 개질촉매, FT 촉매 및 Upgrading 촉매 반응기의 국산화 기술 개발로 정밀화학, 석유화학 및 공정설계 분야의 고급인력에 대한 고용창출 및 파급효과가 클 것으로 예상된다. 해외 에너지플랜트의 경쟁력을 크게 증가시킬 수 있을 것으로 기대됨

○ 본 과제를 총괄하고 있는 KIST는 GTL-FPSO공정의 상용화 모델을 구축하기 위하여, 해상한계 가스전을 보유하고 있으며, GTL 연구를 수행하고 있는 베트남의 석유 연구소와 MOM을 2012년 12월에 체결하였으며, 최근에 제 27차 한-호주 에너지 자원 개발 협력 위원회에 KIST-GTL-FPSO 공정의 Activity를 소개하고 KIST-CSIRO간의 MOU협정을 발표하였으며 한-호주 산업부 차관의 입회하에 KIST-CSIRO MOU를 체결(2014.4.29.)하고 10년(3+3+4)의 국제 협력 과제에 합의하고 호주 Perth 북서부에 위치한 해양 한계 가스전에서 100 BPD의 실증 및 상용화를 추진하기로 협의하였으며 20,000 BPD의 플랜트 상용화 시, 1% 석유수입 대체로 인한 2.5-3조원의 외화획득이 가능할 것으로 예측됨

7.3 정책적 기대효과

○ 해상한계가스전을 보유한 국가와의 공동협력과제에 의해 해상실증연구를 수행하고 해상청정연료 및 GTL-FPSO plant의 세계시장진출을 위한 협력관계를 구축하면 최근에 저유가로 인해 침체의 늪에 빠져있는 조선업계와 plant 업계의 신성장동력을 구축하게 됨으로써 국내외 조선, 플랜트, 석유화학, 정유, 정밀화학, 세라믹, 에너지 및 환경 분야의 동반성장에 기여가 예상됨

○ 특히 많은 인력이 필요한 국내외 조선 및 플랜트 업계의 신성장동력의 발굴로 인해 고용창출은 물론 지역경제의 활성화에도 기여하게 되어 국가의 경쟁력 향상이 기대됨

○ 해상의 한계가스전을 활용한 GTL-FPSO 공정에 의해 해상청정연료를 확보하면, 국가에너지 안보의 다변화에 기여하고 대외적인 석유의존도를 낮출 수 있기에 안정적 성장이 가능

[참고문헌]

1. 엑손모빌 리서치 앤드 엔지니어링 컴퍼니, 피셔 - 트로프 유도된 탄화수소를 포함하는 저배출 연료 유제, 미국, (2004.12.17), 2004-0106282
2. 에너지 인터내셔날 코포레이션, 도핑 된 열적으로 안정한 촉매 지지물을 사용하는 높은 활성 피셔-트롭시 합성, 미국, (2003.05.23), 2003-0041105
3. 바텔리 메모리얼 인스티튜트, 촉매 구조체 및 피셔•트롭쉬 합성 방법, 미국, (2002.05.30), 2002-0040777
4. 에너지 인터내셔날 코포레이션, 알루미나상 코발트 촉매의 개선된 피셔-트롭슈 활성, 미국, (2002.02.04), 2002-0010673
5. 쉘 인터내셔날 리서치, 코발트 기재의 피셔-트롭쉬 촉매, 네덜란드, (2001.04.25), 2001-0033709
6. 사솔테크놀로지(프로프라이어터리)리미티드, 합성가스로부터 탄화수소를 제조하는 방법 및 이의 촉매, 남아프리카공화국, (2001.05.15), 2000-7009206
7. 한국에너지기술연구원, 마이크로채널 반응기의 제조 방법과 마이크로채널 반응기, 한국, (2006.05.10), 2004-0089410
8. Battelle Memorial Institute, 액티브 마이크로채널 열교환기, 미국, (2001.03.15), 1999-7012292
9. 엑손 리써치 앤드 엔지니어링 컴파니, 촉매의 마모 및 불활성화를 감소시키는 슬러리 탄화수소합성 방법, 미국, (2001.04.16), 2001-0031287
10. 사솔 테크날러지리미티드, 합성 가스로부터 탄화수소를 제조하는 방법 및 이의 촉매, 남아프리카공화국, (2001.05.15), 2001-0041156
11. 비피 익스플로레이션 오퍼레이팅 컴파니 리미티드, 합성 가스의 고급 탄화수소로의 전환방법, 영국, (2002.07.19), 2002-0060976
12. 바텔리 메모리얼 이스티튜트, 촉매 구조체 및 피셔•트롭슈 합성 방법, 미국, (2002.05.30), 2002-0040777
13. 신닛뽄세이테쯔카부시 키카이샤, 합성 가스로부터 탄화수소를 제조하는 촉매 및 촉매의 제조 방법, 일본, (2006.01.23), 2006-0007013
14. Air products & chemicals Inc., 마이크로채널 촉매 반응기 중 액체 연료의 탈수소화법, 미국, (2006.07.07), 2006-0000540
15. BP Exploration Operating Company, Fischer-Tropsch synthesis process carried out on a floatable structure, 영국, (2006.05.02), 7037947
16. ExxonMobil, Titania catalysts, their preparation and use in Fischer-Tropsch synthesis, 미국, (2000.07.11), 6087405
17. Velocys Corp., Catalysts,in microchannel apparatus,and reactions using same, 미국, (2009.01.08), 2008-014743
18. UT-Battelle, LLC, Method of Producing Microchannel and Nanochannel Articles, 미국, (2008.09.18), 2007-687201
19. Fuji xerox co., Ltd., Microchannel device, 일본, (2008.01.24), 2007-783394
20. Syntroleum Corporation, Structured fischer-tropsch catalyst system and method, 미국, (2001.07.17), 6262131
21. ExxonMobil Research and Engineering Company, Carbon monoxide hydrogenation process, 미국, (2003.09.23), 6624204
22. ExxonMobil Research and Engineering, Fischer-tropsch process, 미국, (2003.11.04), 6642281
23. ConocoPhillips Company, Fischer-Tropsch processes and catalysts using aluminum borate supports, 미국, (2004.05.04), 6730708
24. Battelle Memorial Institute, Catalyst structure and method of fischer-tropsch synthesis, 미국, (2006.01.03), 6982287
25. Wei Zhou, Jian-Gang Chen et. al., The deactivation of Co/SiO_2 catalyst for Fischer-.Tropsch synthesis at different ratios of H_2 to CO, Fuel Processing Technology 87,

(2006), 609
26. Howard P. Withers, Jr. and John W. Mitchell, Slurry-Phase Fischer-Tropsch Synthesis and Kinetic Studies over Supported Cobalt Carbonyl Derived Catalysts, Ind. Eng. Chem. *Res.* 29, (1990), 1807
27. M.K. Carter, A molecular mechanism for Fischer‐Tropsch catalysis, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 172, (2001), 193
28. Travis Conant, Abhaya Datye* et al., Coating of steam reforming catalysts in non-porous multi-channeled microreactors, Catalysis Today 125, (2007), 11
29. Guangwen Chen* et al., Pd-Zn/Cu-Zn-Al catalysts prepared for methanol oxidation reforming in microchannel reactors, Catalysis Today 120, (2007), 63.
30. Andrey A. Troshko, Franz Zdravistch, CFD modeling of slurry bubble column reactors for Fisher‐Tropsch synthesis, Chemical Engineering Science, 5, (2009), 892
31. Malin Liu, JinfuWang, Hydrodynamics of a slurry airlift reactor at high solid concentrations, Chem. Engin. Science, 62-24, (2007), 7098
32. DIMETHYL ETHER AS ALTERNATE FUEL, (2002. 07.), SRI Consulting
33. Process Economics Program Report 245 DIMETHYL ETHER AS FUEL, Setember (2005), SRI Consulting
34. 세계 최대 "Agbami FPSO" Project, 전산구조공학 제21권 제1호, (2008. 03)
35. 일본 경제산업성 외, 天然ガス液体燃料化FPSOの開發, 일본, (2004)
36. Oil and Gas Expolration and Production(Reserves, costs, contracts), Edition Technip, Paris, (2007)
37. A. Van Loenhout, Commercialization of Stranded Gas with a combined Oil and GTL FPSO, OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, (2006), OTC 17781, 10
38. Abel Mendez, GTL offshore: The Marine Perspective, GASTECH (2002), 24
39. 전기원, GTL(Gas To Liquid) 기술 개발 동향, NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, 25-1, (2007)
40. 전기원, GTL 기술개발 및 사업추진 현황, 에너지 공학, (2007), 63
41. 문동주 et al., 해상 유전 및 한계 가스전의 가스를 액상연료로 전환하는 GTL-FPSO 공정 및 이를 이용한 합성연료 제조방법, 한국, (2009. 11. 27), KP 10-2009-0116000/
42. 문동주 et al., 해상 유전 및 한계 가스전의 가스를 액상연료로 전환하는 GTL-FPSO 공정 및 이를 이용한 합성연료 제조방법, 미국, (2010. 11. 24) USP 12/954,072.
43. 문동주 et al., 해상 유전 및 한계 가스전의 가스를 액상연료로 전환하는 DME-FPSO 공정 및 이를 이용한 합성연료 제조방법, 한국, (2010.5.6), KP 10-2010-0042446.
44. 문동주 et al., 마이크로-매크로채널 반응기, 한국, (2010. 5.6), KP 10-2010-0042107/ USP 특허 출원중(2011)
45. 삼성경제연구소(2012), 한국수출입은행(2013), Frost & Sullivan
46. www.oilgas-info.jogmec.go.jp
47. IEA WEO 2006, 기준 시나리오
48. SasolChevron in GTLtec 2005
49. Gas-to-Liquids Market 2013-2023, Visiongain
50. Forbes@SMi GTL 2008
51. 에너지경제연구원. 주간 세계 에너지시장 인사이트. 제12-19호
52. 한국에너지자원기술기획평가원.2009.4
53. 한국에너지자원기술기획평가원.2009.4
54. 해외경제연구소 산업투지조사실,2008.11

A3-2. 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 사전기획보고서

요 약 문

사업명	청정연료 플랜트	정의/개념	저급자원 이용 합성가스 생산, 화학원료 및 합성연료로 전환하여 고가가치화 및 CO_2 저감 달성
비전	에너지안보와 기후변화 대응 및 국토의 효율적 활용 가능 고효율 복합에너지원 생산기술 확보	사업의 타당성	국내 및 해외 시장수요에 필요한 고유모델 개발을 통하여 국내 독자기술의 세계 시장 선도 가능

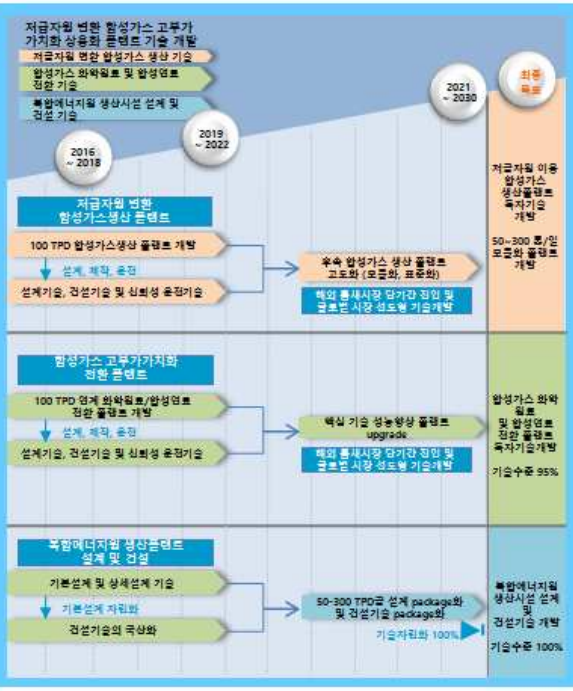
시장 현황/전망

- 저급원료활용 합성가스 생산 및 화학원료/합성연료 생산시장은 국내시장 및 세계시장 지속적 성장 중, 특히 중국 시장 급성장
- 미국, 유럽, 일본, 중국 등에서 2,000~3,000 톤/일급 석탄가스화 플랜트 상업 운전 중
- 일본, 캐나다 등에서 100-300톤/일급 폐기물 가스화 플랜트 상업운전 중
- 국내 시장도 석유화학계 위주로 수요처의 요구 증가 추세임
- 수십~수백 톤/일급 틈새시장 존재

기술 동향

- 미국, 유럽, 일본: 수천톤/일급 석탄가스화 기술 자립
- 중국: 독자 기술개발과 해외 기술도입 병행하여 상용화 실적 다수 확보
- 일본, 캐나다: 수백톤/일급 폐기물 가스화 상업운전 기술 확보
- 상기 선진기술 보유국에서는 고효율화, 대용량화 기술 개발 진행 중
- 한국: Pilot급 기술개발 진행 중이며, 요소기술에서는 선진국 수준, 용량에서는 최대 수십톤/일급에서 정체

로드맵



사업추진 전략

- Test bed에서 100톤/일(50톤/일x3기, 1기는 standby) 플랜트 실증 및 신뢰성 확보
- 다부처(국토부, 산업부) 협력을 통한 개발
- 50-300톤/일급 실제 시장 진입 가능한 모델 설계 패키지(PDP) 개발
- 제작/건설기술 패키지 개발
- Test bed는 개발 후 상업 운전용으로 사용하여 데모 플랜트로 지속적 활용

비지니스 모델

- 50-300톤/일급 규모에 적용 가능한 Test bed 개발로 시장 보급
- 개발된 100톤/일(50x3, 1기는 standby) Test bed를 상업용 운전플랜트로 사업화 추진
- Test bed의 상업운전 데모 플랜트로 track record 확보 및 국내/해외 수요처에 홍보
- 기존 석유화학 플랜트의 대체 기술로 기술보급
- SPC 설립을 통한 플랜트 운영 사업화

참여부처별 역할/모델	▪ 국토부 ✓시스템 최적화 및 integration기술 개발 ✓Test-bed 건설 및 운영 ✓상용급 PDP 및 해외 사업화모델 개발 ▪ 산업부 ✓설계/제작 기술 최적화 ✓기 개발된 파일롯규모 상용급 scale-up 설계 기술개발 ✓단위공정최적화 및 최적 촉매개발
소요기간/ 인력/예산	▪ 소요기간 : 5년 ▪ 연구인력 : 250명 ▪ 예산 : 100,000백만원
기대효과	▪ CO_2 포집이 가장 용이한 플랜트로서 탄소감축 ▪ 저급자원의 고부가가치 원료/연료로 생산 ▪ 국내 독자기술로 단기간 내 해외 틈새시장 진입

제1장 사업의 필요성

○ 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 석탄가스화복합발전(IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle), 메탄올/DME/합성천연가스(SNG: Synthesis Natural Gas) 생산, 고순도 CO 생산 후 화학원료로 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기
- 국내 석탄사용 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG) 생산은 POSCO가 미국/독일/덴마크 기술로 건설완료, 2015/08 생산단계(민간자체 프로젝트로 약 1.5조원 투자)
- 국내 산업폐기물 사용 합성가스 제조 후 고순도 CO를 생산하여 벙커C유로부터 생산하는 CO 대체 플랜트 건설 추진 중 (유럽기술 기반 1,600억원 투자)

○ 타 부처 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요
- 합성가스 생산과 활용에 대한 국가지원 R&D 투자가 지난 20여년간 있어서 파일롯급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로의 진행은 예산 등 이유로 한계 ⇨ 국내시장도 관련 시장 해외기술 의존 심화, 해외 대형 사업에서 배제

○ 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행 필요
- 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일롯급 설비를 대상으로 진행 → 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황
- 한국도 해외기술 적용한 상용 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용설비가 2015-2016년부터 운전 예정 ⇨ 이 경험 활용 적기

○ 다양한 환원제를 활용할 수 있는 혁신적이며 경제적인 이산화탄소 활용 기술을 개발하여 이산화탄소 저감을 통한 배출권 확보 및 이산화탄소 활용 기술의 범용성, 경제성 확보
- 버려지는 폐기물을 이용하여 개질 반응의 환원제를 얻음으로써 기존 개질 반응의 단점으로 지적되어온 환원제 가격과 열에너지 투입에 의한 경제성 문제를 극복할 수 있을 것으로 예상됨
- CO_2를 원료로 하여 고부가 화학제품 원료를 합성하는 기술은 석유화학 기반 화학제품 제조 산업의 새로운 패러다임을 제시할 수 있으며, 아울러 무용의 이산화탄소로부터 고부가가치 화합물을 합성한다는 의미에서 경제적 가치 또한 매우 클 것으로 판단됨

○ 폐기물 혹은 하수슬러지와 같은 유기성 폐기물의 안정적 처리 방법의 필요성
- CO_2 열처리 등의 방법을 이용하여 처리함으로써 개질반응을 통한 자원화와 동시에 친환경적인 처리 방법을 제공함으로써 국민에게 안전한 삶을 제공할 수 있는 사회적 공공성을 가진 기술 개발이 될 것으로 예상
- 저급연료의 재처리 사용에 따른 중금속등 환경물질을 금속탄산염과 같은 안정적인 화합물로 처리하는 기술 개발이 수반되어야 할 필요성이 있음

○ 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망
- 석탄/정유공장부산물 해당 플랜트는 1기당 1조원 이상 고부가가치 시장으로 해외 선진업계 독과점 영역
- 폐기물/바이오매스 해당 플랜트는 1기당 수백~수천억원 투자 규모로 미국, EU업계가 주도하나, 상용급 실적이 없어서이지 국내 기술수준은 이미 해외선진업계에 도달
- CO_2 개질을 통한 합성가스 생산 기술 및 이를 활용한 초산, 메탄올과 같은 범용 고부가 플랫폼 화합물 제조 공정을 플랜트 설비화할 수 있는 기회

○ 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응 조기 필요
- 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 활용 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업 필요

○ 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실
- 최근 수조원 규모의 사우디, 인도 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내업계 탈락 및 진입 능력 부족
- 사우디 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불 제시해, 국내 H중공업 24억불을 이기고 수주 (2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐)
- 인도 Jamnagar Pet-coke 합성가스 사용 세계 최대 poly-generation(전기/수소/SNG/화학원료 생산) 프로젝트에 해외선진사만 참여, 국내사 전무(2013/04 건설 시작)

○ 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄 등 화석연료가 적어도 30년 이상 전기생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용되어야 함이 현실
- 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세 (중국시장이 대부분 차지하였고, 중국 자체기술화와 중국의 EPC 능력 크게 제고)
- 나프타, LNG기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용할 경우 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물 사용시 더 원가절감 가능
- CO_2 유래 합성가스 제조 및 이를 원료로 하는 고부가 화합물 제조 공정이 개발될 경우 석유 가격 변동에 따른 경제적 안정성을 확보할 수 있음

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 기술의 개념

○ 가스화기에서 생산되는 합성가스를 이용한 기체 및 액체 연료 생산 기술
- 기존의 가스화 기술을 기반으로 기체 및 액체 연료를 생산 가능한 기술

○ 선진국(미국, EU, 일본, 캐나다 등)에서는 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 가스화를 통한 합성가스를 이용하여 고부가가치 연료 및 원료인 수소, 합성천연가스(SNG), 에탄올, 메탄올, 바이오디젤, 암모니아, 수송용 연료 등을 생산하는 기술을 개발하여 상용화를 통해 상업운전 중임.

○ 중국에서도 1990년대 이후 기술개발을 시작하여 현재는 수천톤/일급 석탄가스화 독자기술을 개발완료하여 자국에서 다양한 상업화 활동을 진행하여 기술실적을 쌓아 해외로 진출하려고 시도하고 있음.

○ 본 연구과제의 목적은 국내에서 기존에 개발된 수십톤/일급 가스화 기술을 바탕으로 현실적 및 기술적으로 가능한 규모로 scale-up하여 기존 기술보유업체들이 관심을 가지고 있지 않은 틈새시장에 진출할 수 있는 규모의 합성가스를 생산한 후 고부가가치화 연료 및 원료로 활용할 수 있는 원천 기술의 개발임.

○ 국내에서도 납사 및 중유 가스화를 통해 합성가스를 생산하여 일산화탄소 및 수소 등 의 고부가가치 물질을 생산 중에 있으며, 일산화탄소를 이용하여 2차 생산물인 초산을 생산하고 있음. 인도네시아 등 동남아시장에서는 50톤/일급 가스화기 수대를 활용하여 가스엔진을 활용한 전기 생산 기술을 적용하고 있는 등으로 저급자원(중점: 석탄, 원유공장 부산물, spin-off: 폐기물, 바이오매스) 가스화를 통한 합성가스를 활용하여 고부가가치 연료/원료 생산기술의 확보가 절실히 필요한 시점임.

○ 고부가가치 가스화 합성가스로부터의 연료 및 원료회수 활용기술 개요
- 다양한 시료의 가스화를 통해 얻어진 합성가스는 CO, H_2가 주성분으로서 적절한 공정을 거쳐 합성되면 다양한 원료물질의 제조가 가능함.
- 그림 1은 현재 폐기물, 석탄 등의 다양한 원료를 이용한 가스화 반응에 의해 발생된 합성가스로부터 생산 가능하거나 상업화 가능성이 있는 원료물질의 예를 나타낸 것임.
- 생산 가능한 주요 물질은 F-T(Fischer-Tropsch) 합성을 통한 인조합성석유, Non F-T 합성을 통한 메탄올, DME(Dimethyl Ether) 등이 있으며, 합성가스는 발열량이 천연가스의 1/3~1/4 수준이므로 합성가스를 직접 천연가스용 연소기기에 공급하여 사용할 수는 없지만, 합성가스의 메탄화 반응을 통해 대체천연가스(SNG, Substitute Natural Gas)로 제조하여 활용하는 방안도 가능함.
- 또한 현재 상업용 규모의 수소 제조 방법 중에서 가장 경제적인 방법으로 천연가스를 개질하여 CO, H_2가 주성분인 합성가스를 만든 다음 수성가스 전환 및 PSA(Pressure Swing Adsorption) 과정을 거쳐서 CO_2와 H_2를 분리하여 생산하고 있지만 원료인 천연가스의 가격상승으로 인하여 경제성을 확보할 수 있는 대체기술의 개발이 시급한 실정임.
- 따라서 향후 경제성 확보를 위해 다양한 시료의 가스화를 통한 수소 제조 방법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 석탄 및 폐기물 가스화를 통해 얻어진 합성가스로부터의 수소 제조 공정의 개발 및 상업화가 추진되고 있음.

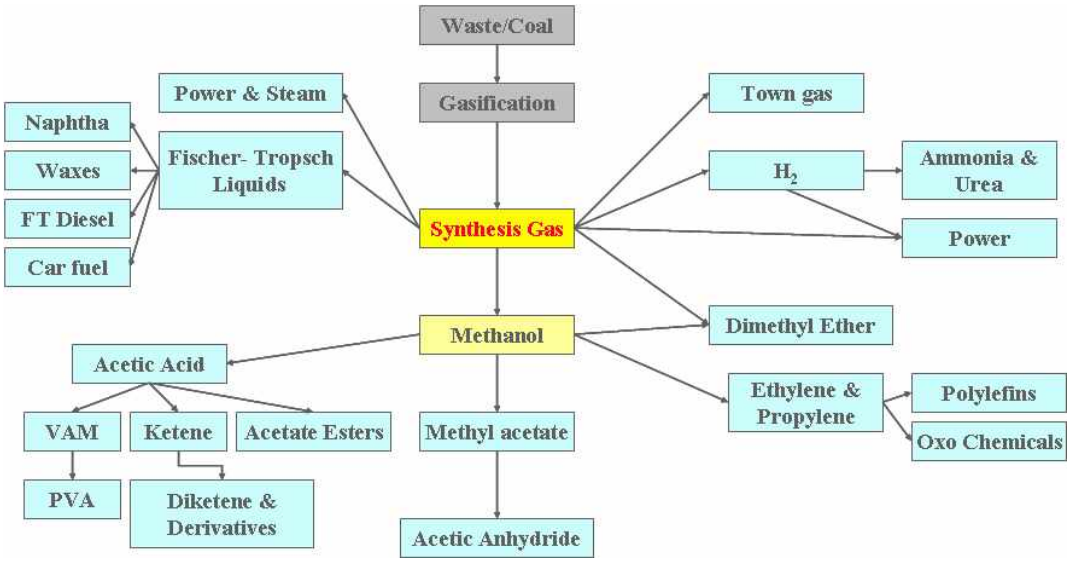


그림 1. 합성가스로부터 생산 가능한 연료 및 원료 물질

○ 다음의 그림 2는 저급자원을 가스화 및 합성가스 정제 과정을 거친 후 합성가스를 다양한 분야에 이용하는 기술의 구성도를 나타내고 있음.

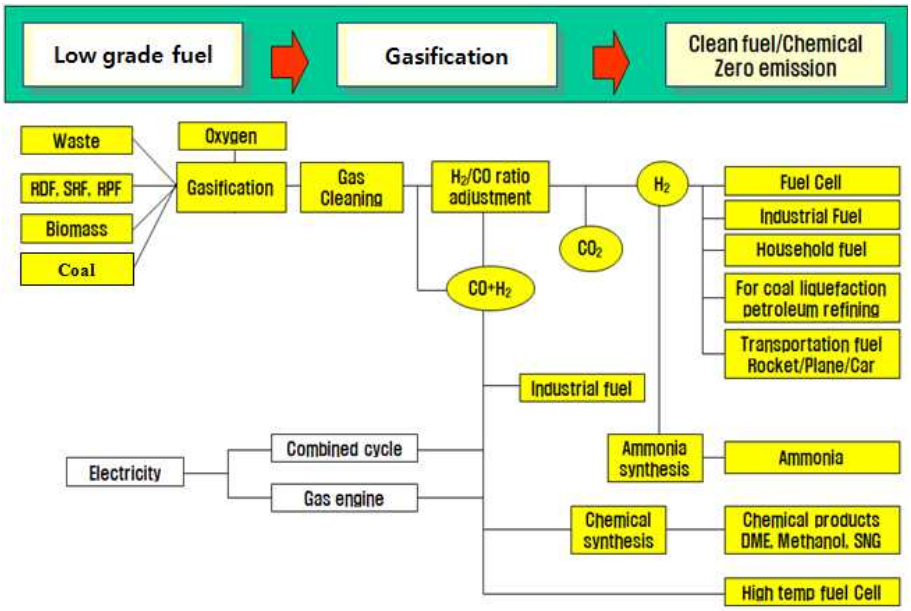


그림 2. 저급자원 유래 합성가스의 이용 기술 구성도

○ 핵심요소기술 1 : 저급자원으로부터 합성가스를 생산하는 가스화 기술
- 고유 가스화기 기본설계 및 안정적 운전 제어 기술

○ 핵심요소기술 2 : 저급자원 유래 합성가스 정제기술
- 합성가스의 활용 설비에 적합한 오염물질 정제기술 (고도 정제기술 포함)

○ 핵심요소기술 3 : 합성가스의 연료 및 원료 전환기술
- 합성가스 조성 비율 제어 기술
  • 생산된 합성가스내의 주요 성분인 CO와 H_2 비율 제어 기술
  • 고부가가치 연료 및 원료로 전환하는 전환공정의 효율 향상을 위한 핵심기술임.
- 합성가스 분리기술
- 합성가스의 산업용 연료, 연료전지 연료, 수소, SNG, DME, Chemical(암모니아, 메탄올, 초산 등) 생산 기술

2.2 국내외 기술 동향

2.2.1 국내 기술개발 동향

■ 석탄가스화 국내기술 현황

○ 석탄가스화 관련 연구는 1990년대 들어 한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, 한전전력연구원 등에서 파일롯 단계의 시험가동을 추진해 왔음. 가스화 기술을 독자적으로 개발하고 있지만 소규모 투자라는 한계로 인하여 기반기술 및 파일롯급 규모 기술의 설계, 건설 및 운전기술 개발에 주력하여 왔음. 주된 기술개발로는 파일롯급 분류층 가스화기 개발, 고온탈황 및 고온집진 기술 개발 등을 추진하여 왔으며, 일부 요소기술에서 세계적인 수준을 보유하고 있으나 설비규모면에서는 선진국에 비해 크게 뒤지고 있음.

○ 2000년대 말부터 최근까지 SK이노베이션에서 저급탄 활용을 위하여 저급탄에 특성화된 고속순환유동층 기술을 적용한 3톤/일급 가스화 기술을 개발하였음. 유사한 시기에 포항산업과학연구원에서는 해외기술에 기반한 1톤/일급 슬러리 가스화 기술 개발을 추진하였음.

○ 2010년대 들어서 한국에너지기술연구원에서 10톤/일급 석탄가스화기를 활용한 석탄간접액화기술을 개발하고 있으며, 최근(2015년) 고등기술연구원에서는 20톤/일급 석탄가스화기를 개발하여 수차례의 시운전을 성공적으로 수행하였음.

○ 상업용 가스화 및 합성가스 활용 기술로는 다음과 같이 두 개의 프로젝트가 진행되고 있으며, 두 프로젝트 모두 조만간(2015년 또는 2016년) 가동을 목표로 2015년 9월 현재 시운전 단계에 와 있음. 그러나 이와 같은 국내의 상업용 프로젝트에서는 모두 해외 기술을 도입하여 플랜트를 건설하였음.

- POSCO에서는 5,500톤/일의 아역청탄을 사용하여 연간 50만톤의 SNG를 생산하는 프로젝트를 광양에서 추진하고 있음. 석탄가스화기 3기를 건설하여 2기 운전 및 1기 대기 기준으로 건설되었으며, CB&I(이전 ConocoPhillips) 가스화 기술을 적용하였음.
- 서부발전에서는 2,500톤/일의 석탄(역청탄 또는 아역청탄)으로 300MWe 발전 용량의 IGCC 프로젝트를 진행하고 있음. 석탄가스화기 1기 및 복합발전 싸이클을 채택하였으며, Shell 가스화 기술을 적용하였음.

○ 합성가스 정제기술로는 파일롯급 가스화설비를 활용한 고온탈황 및 고온집진 기술개발이 1990년대 이후부터 꾸준히 개발되어 왔음.

○ 특히 2008년부터는 국내 다수의 연구기관 및 기업(한전전력연구원, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전력공사, 한국전력기술 등)이 공동으로 CO_2 포집기술 개발의 일환으로서 고온·고압 오염가스 정제시스템 및 CO_2 회수시스템의 석탄가스화기 연계 공정기술 개발 및 scale-up 기술 개발이 현재까지 이루어지고 있음.

- 최근(2015년)에는 그림 3에 나타낸 20톤/일급 석탄가스화기에서 생산되는 합성가스를 이용하는 1 MWe급 고온 오염가스 정제설비를 구축하고 H_2S + COS 농도 5 ppm 이하(탈황효율 최대 99% 이상)를 달성하였음.
- 또한 탈황된 합성가스를 이용하는 0.1 MW급 고온 CO_2 포집설비를 구축하고 CO_2 포집효율 80% 이상을 달성하였음.



그림 3. 국내 기술로 건설되어 운전 중인 20톤/일급 석탄가스화 시스템

■ **폐기물 가스화 국내기술 현황**

○ 폐기물 가스화 관련 연구는 2000년 이후부터 본격적인 연구가 시작되었으며, 현재 가스화 용융로, 합성가스 정제 및 이용 기술에 대하여 Pilot 규모의 연구가 주로 진행되고 있으며, 상용 플랜트의 보급 실적은 아직까지 없음.

- 폐기물 가스화는 주로 Pilot Plant급 위주로 연구가 진행되었고, 상용화 설비 국내 설치 사례는 소형설비로 소수에 불과한 실정임.
- 폐기물 가스화 합성가스를 이용한 발전기술은 스팀발전, 가스엔진 발전 등이 이루어지고 있으나, 합성가스를 이용하여 고부가가치 연료회수 기술은 현재까지 미미한 수준으로 개발되고 있는 실정임.

○ 합성가스 정제 및 분리기술 연구는 30 kg/h 용량의 폐기물 플라즈마 열분해 가스화에 의한 수성가스전환과 PSA를 통해 CO_2를 분리하여 수소 제조 기술 연구가 최근에 진행되었으며, 고등기술연구원에서 2009년까지 35Nm^3/hr급의 폐기물 가스화 합성가스의 H_2/CO 생산비 제어시스템 개발을 진행하였음.

○ 폐기물을 가스화 하면서 산화제로 순산소를 사용하여 합성가스를 생산하는 기술을 개발한 국내에서 가장 큰 규모는 창광실업에서 병원성 폐기물 가스화 공정(24톤/일급) 설비를 환경부과제로 개발하여 상업운전까지 진행하였으나, 경영상의 문제로 현재 운전이 중단된 상태임.

○ 국내 폐기물 합성가스 연료회수 기술개발로서는 신재생에너지 기술개발사업으로 GS플라텍에서 5톤/일급 플라즈마 순산소 가스화로 개발과 수소 회수 개발이 현재 진행되고 있는 정도임.

○ 폐기물 가스화기 및 합성가스 정제기술은 Pilot 규모로서 개발이 활발히 진행되었고 30~50톤/일급 설계기술은 확보되어 있으나, 합성가스를 고부가가치의 연료회수를 위한 기술개발이 부족하여 가스화 플랜트의 보급이 어려운 실정임.

○ 국내 폐기물 가스화 기술의 Pilot급 수준의 기술개발이 진행되고 있는 사항은 그림 4와 같이 폐기물, 바이오매스, RDF, RPF 등 저급연료를 활용한 가스화로, 합성가스 정제기술은 Pilot 규모로 개발이 되어 있으며, 합성가스 활용기술로서 중간 단계의 합성가스 조성 제어기술이 일부 진행된 정도임.

- 국내 폐기물 가스화 플랜트 시장 및 해외 시장의 성장에 대응하기 위해 시장 점유를 조기에 달성하기 위한 목적으로 해외 기술도입과 국내 기술개발을 병행하여 추진하는 상용화 기술 국산화 조기진입 전략으로 정부과제를 2012년부터 상용규모(100톤/일급 이상)

개발을 추진하였음.

- 2014년 12월부터 국제 유가의 급락으로 국내에서의 폐기물 가스화 합성가스 생산플랜트의 경제성이 악화되어 사업추진이 어려운 실정으로 조기진입 전략의 기술개발이 지연되고 있음.
- Pilot 급으로 개발된 폐기물 합성가스 생산기술과 연료화 기술의 실증플랜트 또는 상용규모 기술개발이 추진되지 못하고 있음에 따라 국가 주도의 기술개발이 필요한 실정임.



그림 4. 국내 폐기물 가스화 기술개발 동향

2.2.2 해외 기술개발 동향

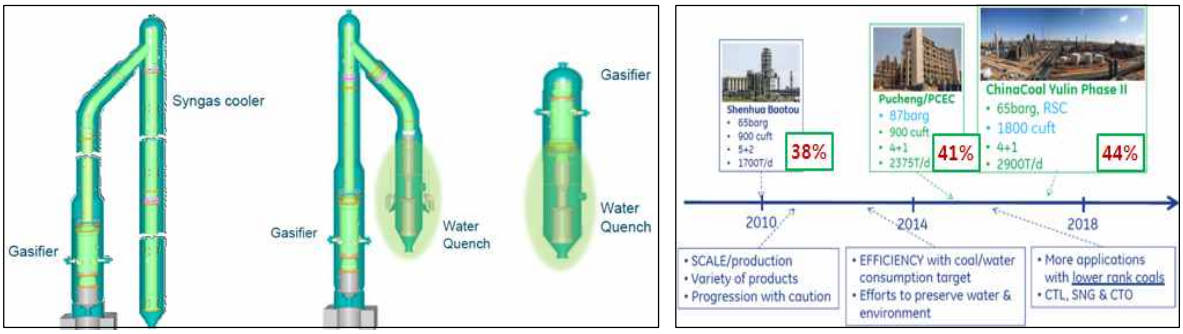
■ 석탄가스화 국외기술 현황

○ 대형 가스화 시장에서 가장 높은 비중을 차지하는 반응기로서 분류층 가스화 기술을 들 수 있으며, 미분탄을 기류(주로 질소)로 수송하는 건식 기술과 물과 혼합하여 슬러리 상태로 공급하는 습식 기술로 나눌 수 있고, Shell사와 GE Energy사가 각 기술의 최강자 자리를 지켜왔음.

- Shell사는 높은 에너지 효율 및 높은 이용률 등으로 가스화 기술의 세계 최강자 자리를 지켜왔으나 Shell사 가스화기의 가격이 높다는 이야기가 지속적으로 제기되어 왔음. 이에 Shell사는 이를 해결하기 위하여 합성가스 급랭 기술을 채택한 가스화 시스템을 개발하고 있음.
- 건설비를 낮추기 위한 방안으로서 그림 5(a)에 나타낸 바와 같이 일단계로 합성가스 냉각기의 하류 부분에 물을 분사하여 합성가스 냉각기의 크기를 대폭 줄이는 기술을 채택하였음. 다음 단계로는 하향류 형식을 택하여 가스화기의 하부에 급랭용기를 설치하여 대류형 냉각기를 완전히 없애는 가스화기를 채택함으로써 건설비를 보다 낮출 수 있도록 개념을 설정하여 기술개발을 진행하고 있음[1].

○ 습식 가스화 기술의 최강자인 GE Energy사는 중국에서만 59개(고체 시료 프로젝트 47개)의 프로젝트에 197개의 가스화기를 건설 완료 또는 건설 중으로 보고되고 있는데, 최근 매우 활발하게 석탄가스화기를 계속적으로 건설하고 있는 중국시장에서 가장 높은 시장 점유율을 보이고 있음.

- 최근 4년간에만 2013년과 2014년에 중국에서 가동을 시작한 24개의 가스화기를 포함하여 50여개의 가스화기를 추가로 건설 또는 건설 중임. 상업용 가스화기의 숫자에서는 이미 Shell사를 앞질렀으며, 발생 합성가스 용량 기준으로도 곧 Shell사를 추월할 것으로 예상되고 있음.
- GE Energy사는 기술개발의 방향으로서 그림 5(b)에 나타낸 바와 같이 가스화기의 운전압력을 높이고, 체적을 증가시킴으로써 최대 3,000 톤/일급으로 처리 용량을 증가시킴과 동시에 시스템 효율 향상을 도모하고 있음[2].



(a) (b)

그림 5. (a) Shell사와 (b) GE Energy사의 기술개발 방향

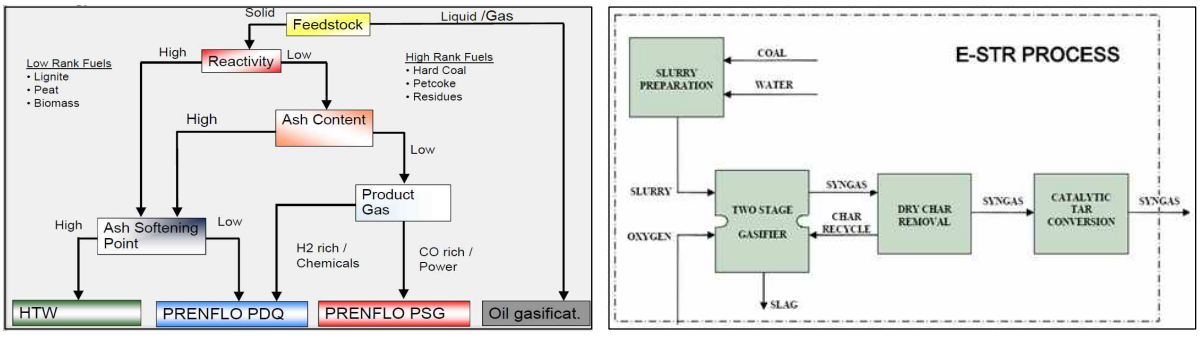
○ 또 다른 대형 분류층 가스화 기술의 강자로서 건식 기술을 보유한 Uhde사와 습식 기술을 보유한 CB&I사를 들 수 있음.

○ Uhde사 기술은 스페인의 Puertollano에 건설된 300 MW_e급 IGCC 플랜트에 적용되었으며 대류형 합성가스 냉각기를 포함하는 PSG(PRENFLO Steam Generation)와 급랭 기술을 채택한 PDQ(PRENFLO Direct Quenching) 분류층 가스화 기술과 유동층 가스화 기술인 HTW 가스화 기술을 보유하고 있음.

- 회재 또는 수분 함유량 및 회재의 용융 온도 등의 석탄의 특성, 발전 또는 화학원료 생산 등 합성가스의 응용 분야에 맞추어 기술을 제공하고자 시도하고 있음(그림 6(a))[3].
- Uhde사는 국내에서는 한국전력(주)와 합작회사인 KEPCO-Uhde를 설립하여 국내외 프로젝트 수주를 위한 활동을 진행하고 있음.

○ CB&I사는 POSCO의 광양 SNG 프로젝트에 가스화 기술을 제공한 ConocoPhillips사의 E-Gas™ 기술을 보유하고 있으며, 2015년에 가동을 목표로 건설 중인 인도 Jamnagar 프로젝트(가스화기 10기)를 수주하는 등으로 시장을 확대하고 있음[4].

- E-Gas™ 기술은 2단 가스화 기술인데, 2단에서는 산소를 공급하지 않고 슬러리만을 공급하여 냉가스효율을 높이고자 시도하고 있으며, 최근에는 2단에서 공급하는 슬러리의 비중을 현재보다 증가시키는 E-STR™ 기술을 개발하고 있음(그림 6(b)).



(a) (b)

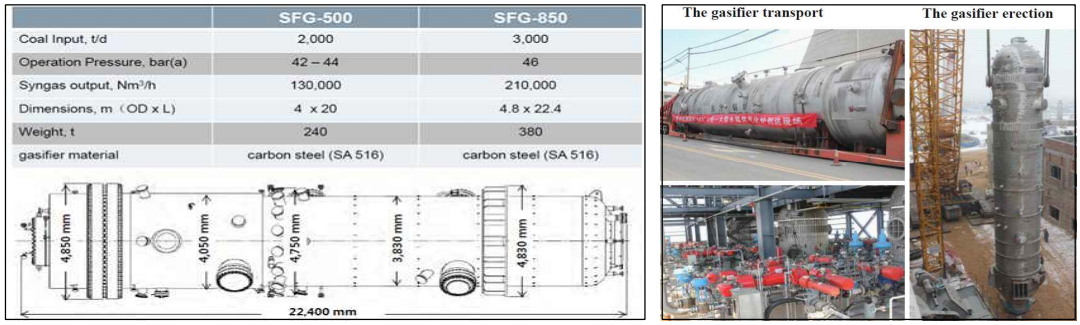
그림 6. (a) 시료 및 응용 분야에 따른 Uhde 기술 및 (b) CB&I에서 개발 중인 E-STR 기술

○ 최근 2000년대 이후에 들어서는 유럽의 Siemens사와 중국의 ECUST가 각각 건식과 습식 기술에서 약진을 보이고 있음.

○ Future Energy사의 기술을 2006년에 인수한 Siemens사는 위에서 언급한 기술사들에 비하여 대용량 플랜트 건설에의 진입은 늦었지만 2010년경부터 매우 활발한 상업화 활동을 전개하고 있음.

- Siemens사는 회재 함량에 따라서 나선형 멤브레인 벽을 채택한 가스화기(회재 함량 2% 이상)와 내화재 가스화기(2% 이하)를 각각 적용하고 있음.
- 기술개발의 방향으로는 GE Energy사와 마찬가지로 가스화기의 크기와 운전 압력을 증가시키는 개념을 채택하여 SFG-850(850 MW_{th}) 가스화기를 개발하고 있음(그림 7(a))[5].

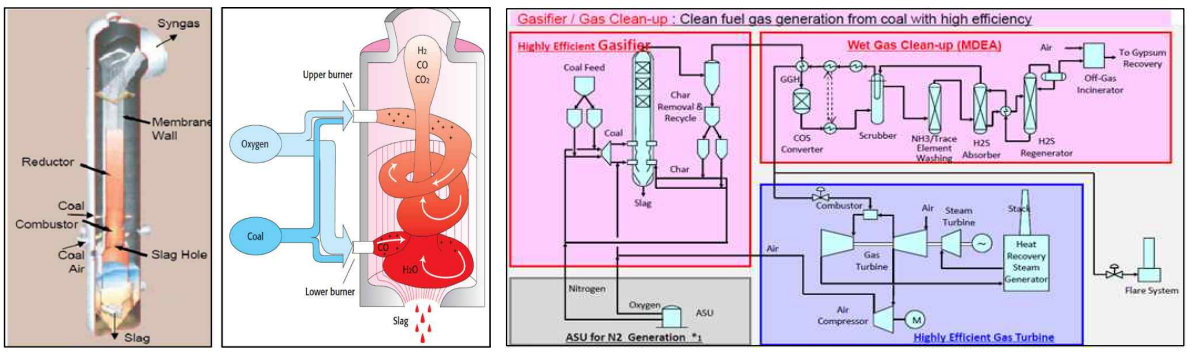
○ ECUST는 상부의 측면에 4개의 버너를 서로 마주 보게 설치하는 OMB(Opposed Multi-Burner) 가스화 기술을 보유하고 있음.
- 1990년대 이후 중국 정부의 대폭적인 지원에 힘입어 단시간에 대용량화를 이루었으며, 2014년 현재 총 40 프로젝트에 127개(수 개의 건식 가스화기 포함) 가스화기의 상업화 실적을 확보하는 등으로 급속도로 시장을 확대하여 가고 있음.
- ECUST 가스화기의 운전 온도와 운전 압력은 1,500 ℃ 이상 및 최대 65 bar 정도이며, 세계 최대 용량인 3,000톤/일 가스화 및 합성가스 활용 시스템을 건설하였음(그림 7(b))[6].



(a) (b)

그림 7. (a) Siemens사 가스화 기술 및 (b) 중국 ECUST의 3,000 톤/일급 가스화기

○ 이외에도 대용량 상업화 기술을 꾸준히 개발하고 있는 업체로서 일본의 MHI(미쓰비시)사, 미국의 KBR사 및 유럽의 Lurgi사 등을 들 수 있음.
○ MHI사는 공기공급형(실제로는 산소 농도 약 25%), 건식 미분탄 공급, 2단 2실 상향류식, 수관벽 등의 기술을 채택한 석탄가스화기 기술을 개발하여 왔으며, 최근에는 Hitachi사와 합작으로 MHPS(Mitsubishi-Hitachi Power Systems)사를 설립하였음.
- MHPS사는 후쿠시마에 2기의 500 MW_e(gross)급 IGCC 플랜트의 건설을 추진하고 있으며, 이 플랜트에서는 공기공급형(산소 농도 약 25%) 가스화기를 채택하여 발전효율 48%(LHV 기준)를 목표로 하고 있음(그림 8)[7].

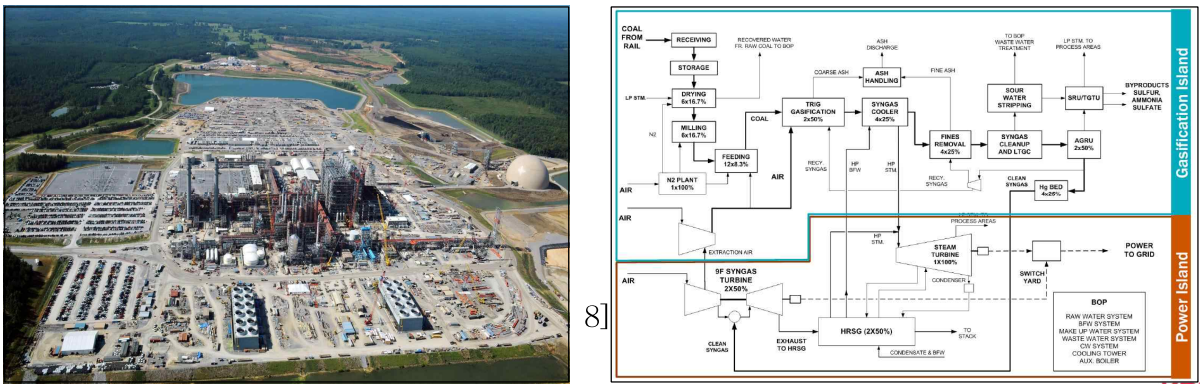


(a) (b)

그림 8. (a) MHI사와 Hitachi사의 가스화기 및 (b) MHPS사의 500 MWe급 IGCC 시스템

○ 미국의 KBR사는 고속순환유동층 기술인 TRIG(Transport Reactor Integrated Gasification) 기술을 보유하고 있으며, 분류층 가스화 기술에 비하여 탄소전환율이 낮은 점을 고려하여 반응성이 높은 저급탄(low rank coal) 또는 유동층 기술에 적합한 고회분 석탄 활용에 중점을 두고 있음.
- 현재 미국의 Kemper County에 건설 중인 582 MW_e(합성가스로는 524 MW_e) 발전소는 65%의 이산화탄소 포집 공정을 포함하였다는 점을 고려하면 실제로는 현존 가장 대형 IGCC 프로젝트라고 할 수 있으며, 이산화탄소 포집공정을 채택한 관계로 발전효율은 비교적 낮은 32.1%(LHV 기준)를 예상하고 있음.
- KBR사는 단일 가스화기로 석탄 4,000 톤/일 이상을 처리할 수 있으며, 850MWe급 가스

화 발전 플랜트에 대한 타당성 조사를 완료하여 미분탄 이용 초임계압 발전소보다 발전 효율을 높일 수 있음을 확인하였음(그림 9)[8].



8]

(a) (b)

그림 9. (a) KBR사 가스화기를 적용한 Kemper County IGCC 플랜트 및 (b) 850 MWe급 IGCC 시스템

○ 고정층 가스화 기술의 가장 강자인 Lurgi사는 운전 압력 약 30 bar, 처리용량 240~340 MWth 수준인 Mark 4와 Mark 5 기술을 보유하고 있는데, 최근에는 운전압력을 60 bar 수준으로 증가시키고 가스화기의 크기도 증가시켜 450 MW_{th}(약 1,500 톤/일급) 용량의 Mark Plus™ 기술을 개발하고 있음(그림 10)[9].



(a) (b)

그림 10. (a) Lurgi사의 가스화기 기술개발 이력 및 (b) 최신 가스화 모델인 Lurgi Mark Plus™ 가스화기

■ **폐기물 가스화 국외기술 현황**

○ 캐나다의 경우, R&D 프로그램을 통해 개발된 폐기물 가스화 기술이 상업화 단계에 있으므로 자국내 보급과 캐나다 접근 지역의 미국에의 플랜트 보급을 추진하고 있으며, 동남아시아 정부와의 협력으로 자본과 기술 투자를 추진하고 있음(그림 11).

- 가스화 기술은 주로 MSW, 바이오폐기물, 폐타이어에 주로 적용되고, 멕시코도 폐타이어 가스화 설비를 도입한 경험이 있음.



그림 11. 캐나다 Enerkem사의 폐기물 가스화 화학원료회수 시스템

○ 일본의 경우, 최근에는 가스화 용융방식의 폐기물 처리 시스템이 활발히 보급되고 있음.
- JFE은 1997년도 TS 기술과 제휴하여 전 세계 10여 곳에 폐기물가스화 설비를 건설, 가동 중에 있음. 치바현 제철소공장 내에 150톤/일 2기 가스화 용융 플랜트를 건설 가동 중이며 현재는 9~11기의 상용급 폐기물 가스화 플랜트가 상업운전 중에 있음.
- 폐기물 가스화 합성가스 생산을 통해 300kW급 연료전지 발전 실증플랜트 가동
- EBARA와 UEDE는 200톤/일급 폐기물 가스화 시스템과 합성가스를 이용한 연료회수 플랜트가 상업운전 중임.
- 폐기물에너지 고부가가치 이용으로 전환 하고 있음.
- 폐기물 가스화 합성가스 생산시스템이 다수의 플랜트가 상업운전 중에 있음.
- 폐기물 가스화 합성가스로부터 연료회수 플랜트로서 EBARA와 UEDE가 쇼와덴코 공장에 200톤/일급 플랜트 건설하여 상업운전 중임(그림 12).



그림 12. 일본 UBE사의 폐기물 가스화 화학원료회수 시스템

○ 일본의 경우 대부분 유럽에서 기술을 도입한 후에 그 기술에 대하여 추가적으로 별도의 연구를 수행하여 상용화에 따르는 문제점을 해결하고 자체 기술화하는 방식을 주로 취하고 있으며, 생활폐기물 및 사업장 폐기물 가스화 플랜트 가동현황은 다음의 표 1과 같음.

표 1. 일본의 가스화플랜트 가동현황

Location	Capacity (Tpa)	Process	Date	Type
Ibaraki	135,000	Nippon Steel	1980	Gasification+Melting
Amori	135,000	Ebara	2001	FB Gasification+Combustion+Melting
Kawasaki	125,000	Ebara	2002	FB Gasification+Combustion+Melting
Toyohashi	120,000	Mitsui	2002	Pyrolysis+Combustion+Melting
Akita	120,000	Nippon Steel	2002	Gasification+Melting
Oita	115,000	Nippon Steel	2003	Gasification+Melting
Chiba	100,000	Thermoselect	2002	Gasification+Melting
Kawasaki	66,000	Ube	2005	Gasification+Melting+Chemical
Ube	33,000	Ube	2003	Gasification+Melting+Chemical

○ 미국의 경우, 폐기물로부터 발생한 합성가스를 자원화 사례는 국내와 마찬가지로 부족한 실정이며, 합성가스를 혼합된 상태에서 연료화 함.
- 벨트란, PRME 등 가스화 시설 보급업체에서 폐기물을 이용한 합성가스 생산을 통해 가스엔진 발전 및 스팀발전을 터키, 이태리 등에 보급하여 상업운전 중임.
- 2005년에 설치된 실적이 폐기물 가스화 시설이 설치되어 운전 중에 있으며, 폐기물 가스화에 대해서는 일본 및 유럽에 비해 미흡한 실정임.
- 가스화의 이미지는 좀 더 긍정적이나 고가이며 복잡하고 특정화된 산업폐기물의 취급에 보다 유용할 것으로 여겨짐. 여기서 특정화된 산업폐기물이란 하수슬러지나 목질계 바이오매스보다 석유화학 산업에서 배출되는 폐기물을 지칭함.
- 최근 폐기물가스화 기술 보급을 위해 DOE 및 지방정부에서 적극 검토 추진을 진행중이며, 뉴욕 R&D 센터에서는 폐기물 가스화 기술 개발 및 보급을 위해 추진중에 있음.
- 미시시피주의 경우 300톤/일급 폐기물 가스화 및 합성가스를 이용한 메탄올, 에탄올 생산을 위한 플랜트가 건설 중에 있음.

○ 유럽에서는 현재 가스화 용융 시스템에 대한 연구개발이 활발히 진행되어 다양한 형태와 조성을 가진 폐기물들을 처리하고 있음.
- 독일은 도시폐기물과 biomass, 석탄 등을 가스화 연구개발. 330톤/일급 고정층 폐기물 가스화기를 상용화하여, 100,000Nm^3/h의 합성가스를 공급능력 확보함.또한 독일 Lurgi사는 SVZ Schwarze Pumpe에 50MW 가스화시설을 건설 운영중임.
- 네덜란드는 1940년대 후반부터 가스화에 대한 연구 시작하여 1999년 이탈리아에 500MW급 플랜트를 건설하는 등 세계적으로 100여개의 상용화 플랜트를 건설하였음. 특히, 최근에는 유해폐기물이나 슬러지, 폐플라스틱 등을 가스화하여 생성되는 합성가스를 이용하여 메탄올 혹은 수소 등을 제조하는 공정 개발하였음.
- 이태리 Grave-in-Cianti에는 1992년부터 가스화 플랜트 운전 중에 있음.
- 핀란드는 Lahti에 산업폐기물 가스화 플랜트 50MW급을 1998년부터 운전 중임.

○ 합성가스 정제 분야의 국외 기술 수준은 다음과 같음.
- 집진 : 건식 습식기술 분야 국내기술 해외기술과 거의 동등수준
- 탈황(H_2S) : 대규모 상업화 기술은 미국(메르켐) 혹은 독일(Shell 사)
- 산알칼리 정제 : 일반화된 상용기술로 국내외 기술 동등수준

○ 합성가스의 자원화(분리 및 고순도화)하는 방향으로 적극 검토 중
- 석유자원의 수소 제조 대안 기술로 활용 검토 (분산 수소 제조 및 연료전지)
- Chemical 제조(C1 chemistry) 및 Gas retail 사업화
- 브라운가스 발생기술 : 국내 소형설비 수준 상업화 공정 운전 중
- CO_2 분리기술 : 국내 소재개발은 완료되었으나, 현장 적용사례 부족
- CO 분리기술 : 화학공정 플랜트용 상업화, 기타 사례 없음

- H_2 분리기술 : 국내 소재 및 공정 로직 개발 완료 수준
- Enerchem의 경우 가스화를 통해 메탄올 생산 공정을 상업운전 중에 있음.

2.3 국내외 시장 동향

2.3.1 국내 시장 동향

■ 석탄가스화 국내 시장 현황

○ 1960년대 말 석탄가스화 기술을 이용한 국내 첫 사업사례는 전남 나주비료공장에 설치된 국내 무연탄을 이용한 석탄가스화 암모니아 제조 플랜트임

○ GS칼텍스(여천)와 LG화학(나주)은 Shell 공정으로, 삼성BP(울산)는 GE 공정으로 1990년대 중반 이후부터 중유 가스화기 운전 중임.

○ 서부발전에서는 실증플랜트로 300 MW급 IGCC 1기를 건설 중이며, 2015년 현재 시운전을 진행 중에 있으며 총 사업비는 1조 3천억원 이상인 것으로 보고되고 있음.
- 2015년 10월 현재 시운전 진행 중이며, 2016년 전기 생산 실증 운전을 예정하고 있음.

○ POSCO는 미국 CB&I(이전 ConocoPhillips)사 석탄가스화 공정기술을 도입하여 연산 50만톤 규모의 합성천연가스(SNG) 생산 플랜트를 광양에 건설 중이며 2015년 9월 현재 거의 완공단계에 이르렀으며, 총 사업비로 1조 3천억원 이상을 투자한 것으로 알려지고 있음.
- 2015년 10월 현재 공사를 완료하였으며, 국내 천연가스 도입 가격 및 시장 변동 추이를 살피며 가동 시점을 고려하고 있는 것으로 알려지고 있음.

■ 폐기물 가스화 국내 시장 현황

○ 국내의 가연성 폐기물이 보유한 에너지 잠재량은 2005년도 기준으로 821만 TOE로 생활폐기물 314만 TOE(38%), 사업장폐기물 288만 TOE(35%), 건설 폐기물 91만(11%), 지정폐기물 128만 TOE(16%)가 발생됨.

○ 가연성 폐기물의 에너지 잠재량은 2030년에 1,470만 TOE/년으로 예측되었고, 폐기물분야의 신재생에너지 보급기여도는 2030년에 770만 TOE/년 정도로 전망되었음.

○ 전국 8대 권역 14개 지역에 “환경에너지타운”을 2013년까지 폐자원/에너지화 시설을 90곳에 설치, 2030년까지 폐자원 237만TOE를 신재생에너지로 활용 계획

○ 국내의 경우 생활폐기물의 에너지 자원화를 위해 환경부에서도 폐기물의 50 %를 에너지 활용하는 것으로 정책적으로 결정하여 추진하고 있으며 산자부를 비롯하여 건설교통부, 농림부에서도 폐기물 에너지 자원화 기술개발을 통한 보급 및 수출을 증대하려고 노력하고 있음.

○ 이러한 정부의 폐자원 에너지화를 위한 노력에 부합하여 산업계에서도 폐기물 에너지화를 위한 기술 확보와 자금력을 투입하여 기술보급을 위한 다양한 방법을 모색하고 있다. 기존의 소각기술에 대한 해외기술 의존성의 문제점을 인식하고 신기술에 대한 기술 국산화의 중요성을 인식하고 있어서 국내 고유 독자기술 개발을 위한 노력을 기울이고 있으며 이를 토대로 해외 수출을 위한 기술경쟁력을 확보하려고 하고 있음.

○ 특히 폐기물 가스화 기술은 해외 기술도 일본을 중심으로 유럽의 기술이 해외 시장뿐만 아니라 국내시장을 선점하고 있는 실정임.

○ 국내 폐기물 가스화 시장은 산업폐기물을 대상으로 많은 업계에서 관심이 고조되고 있어서 상용플랜트 시장의 도입기에 접어들었고, 계속적으로 성장될 것으로 예상됨.

○ 산업폐기물뿐만 아니라 생활폐기물의 경우에도 발열량이 증가되고 있어서 폐기물 가스화 시장은 발열량이 높은 산업폐기물에 국한되지 않고 생활폐기물로의 접목이 증가할 것으로 예상됨.

○ 삼성BP에서는 자사에서 납사를 원료로 합성가스를 생산하고 있는 기존 가스화 시스템에 100톤/일급 폐기물 가스화 시스템으로 일부 합성가스 용량을 대체하고자 계획하여 정부과제로 2012년부터 상용규모(100톤/일급 이상) 개발을 추진하였음.
- 최근 국제 유가의 급락으로 경제성이 악화되어 국가과제로서는 사업추진이 어려운 실정이나 민간사업으로 가스화 시스템을 건설한다면 합성가스를 구매하겠다는 입장으로서 충분한 시장은 형성되어 있는 상황임.

■ 석탄가스화 국내 시장 전망

○ 정부는 최근(2015년 6월) 국가 온실가스 감축목표를 '30년 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축을 확정함. 온실가스 배출량의 25%가 전력산업에서 기인됨에 따라 고효율 발전설비 구축을 통한 국가 온실가스 배출 저감 필요

○ 석탄가스화에 기반한 IGCC 발전소는 기술특성상 기존 연소에 근간한 미분탄연소발전 방식에 비해서 CO_2 대응이 유리함. 친환경성, 고효율, CCS 기술 결합에 대한 장점 등으로 지속적인 시장 확대 예상됨

- 제5차 전력수급기본계획(2010년 12월)에 300MW급 2기의 IGCC/CCT (Clean Coal Technology) 플랜트 건설계획이 반영되어 있음.
- 향후 국내 폐지발전소에 차세대 친환경 화력발전설비 구축 필요성에 따라 장기적으로는 시장 확대 예상됨.

○ 국내의 경우 2012년부터 신재생에너지 의무할당제도(RPS : Renewable Portfolio Standard)가 시행됨에 따라, 각 발전사업자마다 의무할당량을 충당하기 위해 IGCC 건설계획 수립중이며, IGCC는 비거래 공급인증서 가중치 0.25 인정으로 향후 시장 확대가 예상됨.

■ 폐기물 가스화 국내 시장 전망

○ 장기적으로 기존의 폐기물 소각시장은 고효율 에너지 회수 기술인 폐기물 가스화 시장이 증가할 것으로 예측되며, 일본의 경우 발주되는 소각시설이 가스화 시장으로의 전환이 이루어지고 있으며, 국내의 경우에도 이러한 일본과 유사한 배경을 가지고 있고 유가 상승 등의 세계적으로 재생에너지의 중요성이 높음에 따라 가스화 기술의 보급 시장은 확대될 것으로 추정됨.

○ 국내 폐기물 가스화 시장의 경우, 산업폐기물을 대상으로 많은 업계에서 관심이 고조되고 있어서 상용플랜트 시장의 도입기에 접어들었고, 계속적으로 국내시장은 성장될 것으로 예상됨.

- 산업폐기물뿐만 아니라 생활폐기물의 경우에도 발열량이 증가되고 있어서 폐기물 가스화 시장은 발열량이 높은 산업폐기물에 국한되지 않고 생활폐기물로의 접목이 증가할 것으로 예상됨.
- 장기적으로 기존의 폐기물 소각시장은 고효율 에너지 회수 기술인 폐기물 가스화 시장이 증가할 것으로 예측됨.

○ 국내 시장은 단순한 합성가스의 고효율 전력생산 기술 보급 시장을 넘어서 고부가가치의 화학원료 생산기술 시장으로 확대될 것으로 전망됨.

○ 국내 폐기물 가스화 시장규모는 4조 1천억 원으로 전망됨.

- 신재생에너지 RD&D 2030전략(폐기물) 자료와 국내 가연성폐기물 발생량을 기준으로 폐기물에너지 기술별 보급 전망 고려
- 국내 가연성폐기물 발생량은 약 1,873만 톤/년(2006기준)이며, 발생량 중 10%인 188만 톤을 가스화 기술로 보급할 수 있을 것으로 전망
- 가스화 플랜트 부분과 회수된 연료의 대체연료 생산부분을 포함하여 시장규모 산출
- 실질적인 보급은 가스화 시장규모의 2017년 기준 3.5% 공급, 2030년 기준 11% 정도로 보급이 기대됨.

2.3.2 해외 시장 동향

○ 최근 미국의 셰일가스 생산 증가 등 여러 대외적인 환경으로 인하여 유가가 하락하고 있지만 석탄가스화 기술이 대표적인 청정석탄활용기술(CCT: Clean Coal Technology)이라는 점과 석유와 천연가스에 비해 가채년수가 훨씬 길다는 점 등으로 인하여 석탄가스화 시장은 지속적으로 성장하고 있음.

○ 중국, 일본 및 우리나라와 같이 천연가스 가격이 비싸거나 자원이 부족한 나라에서는 석탄가스화에 의한 천연가스 생산 플랜트가 지금도 충분한 경제성을 가지며, 미래에는 석탄가스화 기술이 이산화탄소 포집 기술을 채택할 경우 매우 매력적인 기술이라는 점과 계속 진보 중인 가스터빈이나 산소 제조 기술 등의 관련 기술의 발달로 인하여 더욱 고효율화와

경제성을 확보할 것이라는 점 등이 고려되어 석탄가스화 기술은 여전히 성장하고 있음.

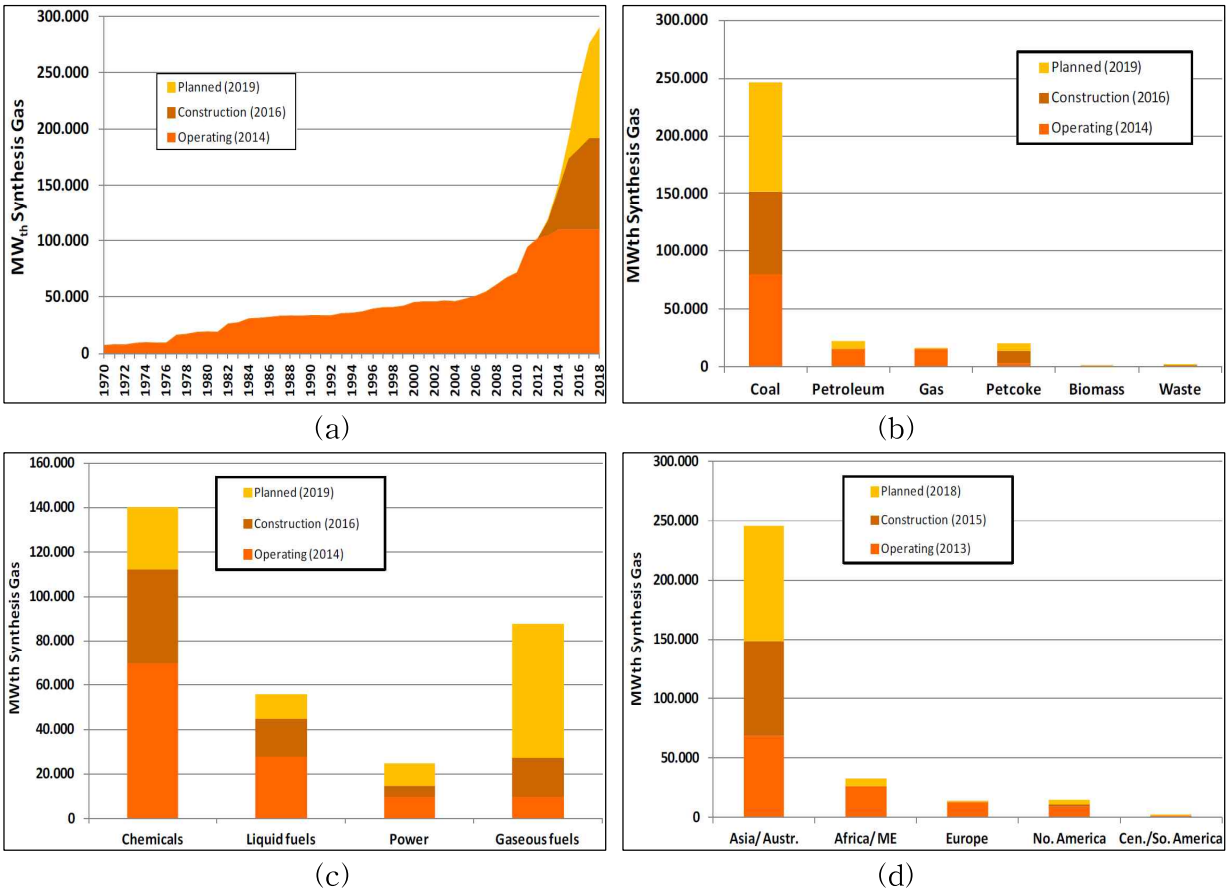
○ 다음의 그림 13은 가스화 시장의 팽창 동향을 나타내고 있는데, 상기와 같은 가스화 기술의 중요성으로 인하여 관련 플랜트 시장은 그림 13(a)에 나타낸 것처럼 지속적으로 팽창하고 있음. 2010년 이후 현재까지도 계속 많은 가스화 플랜트가 건설 중임을 알 수 있으며 2019년까지 건설 계획이 수립된 것을 보면 시장의 성장 속도가 매우 빠른 것을 알 수 있음[10].

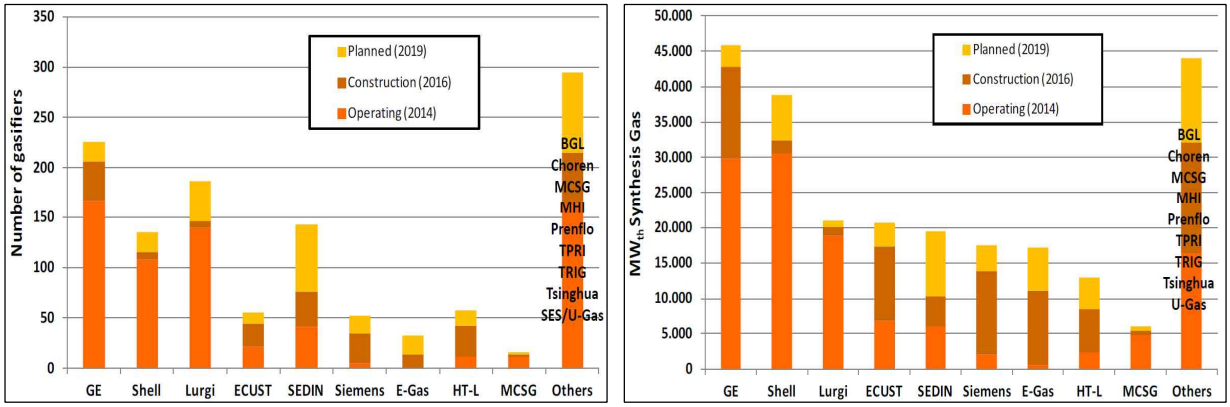
○ 가스화의 시료로는 석탄이 주를 이루고 있으며(그림 13(b)), 응용 분야로는 화학원료 생산에 가장 많은 비중을 두고 있고(그림 13(c)]), 시장으로는 중국 시장의 성장으로 인하여 아시아 시장이 가장 큼(그림 13(d)).

○ 기술 보유사별로 시장 현황을 살펴보면, 21014년 현재 GE Energy사의 기술이 가동 중인 가스화기 숫자 기준으로 Shell사를 앞질렀으며(그림 13(e)) 총 용량 측면에서도 곧 앞지를 것으로 예상되고 있음(그림 13(f)).

○ 중국의 경우 2019년에는 [그림 13(f)에 나타난 ECUST, SEDIN, HT-L, MCSG, TPRI, Tsinghua, ICC 기술 등의 총 용량을 합하면 미국의 GE Energy사와 CB&I(E-GAS)사를 합한 용량과 거의 대등한 수준으로 성장하고 있다는 점은 주목할 만한 사실임.

○ 중국의 실질적인 가스화 관련 기술개발의 시작이 우리나라와 비슷하였음에도 자국 정부의 전폭적인 지지를 받아서 이와 같이 가스화 기술의 강자가 되었다는 점으로부터 막대한 연구비가 필요하고 사업 위험도가 높은 플랜트 신기술 분야에서 정부 지원 중심 연구의 중요성을 느낄 수 있음.





(e) (f)

그림 13. 전 세계 가스화 시장 database [10]

○ 표 2는 세계 10대 상업용 프로젝트의 현황을 나타내고 있음[10].
○ 국가별 시장으로는 중국, 시료로는 석탄, 생산품으로는 SNG 중심의 시장을 알 수 있으며, 특히 최근에 진행 중인 프로젝트로는 10기 이상의 가스화기를 설치하는 대형 플랜트가 주를 이루고 있음을 알 수 있음.
○ 이와 같이 가스화 시장은 지속적으로 팽창할 것으로 예상되므로 단기적인 유가의 흐름이나 시장 상황에 일희일비하지 말고 지속적으로 기술개발을 수행할 필요성이 매우 강하다고 판단됨.

표 2. Top 10 commercial gasification projects [7]

Plants	Location	Technology	Gasifiers	MW_{th} syngas	Start year	Feedstock / Products
Pearl GTL	Qatar	Shell	18 + 0	10,936	2011	NG / FT Liquids
Sinopec Changji SNG	China	unspecified	20 + 2[*1)]	10,000	2017[*2)]	Coal / SNG
Sinopec Urumqi SNG	China	unspecified	24 + 4	10,000	2017[*2)]	Coal / SNG
Yinchuan CTL	China	Siemens	22 + 2	9,300	2016[*2)]	Coal / FT Liquids
Jamnagar Phase I	India	E-Gas	10 + 0	8,893	2015[*2)]	Petcoke / Electricity, SNG, CO, Acetic acid
CPI Yili SNG Phase II	China	unspecified	20 + 2	7,500	2016[*2)]	Coal / SNG
Huadian Changji SNG	China	unspecified	20 + 2	7,500	2017[*2)]	Coal / SNG
Datang Ningxia SNG	China	SEDIN	45 + 3	7,125	2015[*2)]	Lignite / SNG
Sasol Synfuels West	S. Africa	Lurgi	40 + 0	7,048	1977	Coal / FT liquids
Sasol Synfuels East	S. Africa	Lurgi	40 + 0	7,048	1982	Coal / FT liquids

[*1)] Number of gasifiers, 20 + 2 = 20 operating + 2 spares
[*2)] Planned / under construction

○ 상기 표 2에 나타난 바와 같이 현재 진행 중인 대형 가스화 프로젝트의 경우 대부분이 중국이며, 인도에서 대형 프로젝트를 진행중임을 알 수 있음. 또한 사우디아라비아의 Aramco 사에서 Jazan 석유화학 단지에 2.4 GWe 규모의 IGCC 프로젝트를 계획하고 있음.
○ 유럽에는 석탄, 폐기물 등 모든 Feedstock을 통틀어 총 48개의 가스화 플랜트가 가동 중임. 아직까지는 주로 석탄가스화 플랜트가 우세하지만 Feedstock의 다양화, 기술의 다양화, 생산품의 다양화를 추구하고 있음. 2004년 현재의 유럽지역의 가스화 플랜트 가동 현황은 다음과 같으며, 합성가스 생산규모로 12,382 MWth로서 전세계 가스화 용량의 약 28 %를 차지하고 있음.
  - 체코 : Petroleum-Based 가스화 플랜트(화학원료물질 생산), 석탄가스화 플랜트(발전)
  - 유고슬라비아 : 2개 플랜트 운전 중이며, 둘 다 화학원료물질 생산(석탄가스화 플랜트, 천연가스 사용 플랜트)

- 핀란드 : 1965년과 2001년 사이 5개 플랜트 운전, 바이오매스/폐기물을 사용하여 가스상 연료 및 발전, 1개의 플랜트는 석유(Bunker유)사용하여 화학원료물질 생산.
- 프랑스 : 2개의 천연가스이용 가스화 플랜트, 화학원료물질 생산
- 독일 : 20개의 플랜트 운전중(석탄가스화플랜트 1개소, 폐기물 가스화 플랜트 4개소, 석유가스화 플랜트 14개소, 천연가스이용 가스화 플랜트 1개소), 이중 화학원료물질 생산 14개소, 가스상 연료 생산 1개소, 발전 5개소
- 이탈리아 : 5개의 플랜트 운전(Refinery Residue 사용 플랜트 3곳으로 발전 및 수소를 생산하여 소내 이용, 2개의 천연가스를 이용하여 화학원료물질을 생산하는 오래된 플랜트 가동중)
- 네덜란드 : 3개 플랜트 가동중, Nuon Buggenum IGCC Plant(세계 3대 IGCC 플랜트 중의 하나, 나머지 2곳은 미국의 Polk와 Wabash River), Pernis Refinery의 Petroleum Residue 플랜트로, 발전, 스팀, 정유공장 내의 사용을 위한 수소생산.
- 포르투갈 : 1개의 Petroleum-Based 플랜트로 화학원료물질생산, 1개의 바이오매스 플랜트는 가스상 연료 생산
- 스페인 : 1개의 석탄가스화 플랜트(발전)과 1개의 천연가스 이용 가스화 플랜트 가동(화학원료물질 생산)
- 스웨덴 : 2개의 바이오매스 가스화 플랜트(발전 및 가스상 연료 생산), 1개의 Petroleum-Based 가스화 플랜트(화학원료물질 생산)
- 영국 : 2개의 천연가스 사용 가스화 플랜트 가동(화학원료물질 생산)

○ 일본에서는 후쿠시마에 2기의 540 MWe급 IGCC 플랜트를 건설하고자 계획하고 있는데, 가스화기부터 발전 분야에 이르기까지 모든 장치를 자국의 기술을 이용할 계획으로 프로젝트 개발을 진행하고 있음.

○ 또한 일본에서는 폐기물 가스화 합성가스 생산시스템으로서 다수의 플랜트가 상업운전 중에 있는데, 폐기물 가스화 합성가스로부터 연료회수 플랜트로서 Ebara와 Uede가 쇼와덴코 공장에 200톤/일급 플랜트 건설하여 상업운전 중임.

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄 등 화석연료를 적어도 30년 이상 전기 생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용할 수밖에 없는 것이 국내 현실임.

○ 가스화 기술은 석탄, 원유공장 최종 잔류 제품(중질잔사유, 펫코크 등), 폐기물 등의 저급 원료를 시료로 하여 완전연소에 비하여 충분하지 않은 산화제(산소, 수증기, 공기 등)를 공급하여 주성분이 일산화탄소(CO)와 수소(H_2)인 합성가스를 생산하고 정제 공정을 거친 후 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle), CTL(Coal to Liquid, 합성석유 생산), SNG(Substitute Natural Gas, 대체천연가스 생산), 메탄올/DME/암모니아 등 화학물질 생산 등의 공정에 다양하게 응용되는 기술임.

○ 이 기술은 시료의 에너지화 변환 효율이 높고 가스 정제공정에서 저급 원료 속에 포함되어 있는 불순물(특히 황화합물)을 매우 청정한 수준으로 처리할 수 있는 특성으로 인하여 현재에도 대표적인 청정석탄활용기술(CCT: Clean Coal Technology)로 인식되고 있으며, 석유와 천연가스의 가채년수가 점차 짧아질 차세대에는 더욱 효용성이 높은 기술이 될 것으로 예상되고 있음.

○ 또한 석탄가스화 기술은 짧은 미래에 탄소세에 의한 이산화탄소 포집이 의무화될 시점에는 다른 석탄 활용 기술과 비교하여 가장 적은 비용으로 이산화탄소 포집장치를 건설할 수 있는 장점을 지니고 있음.

○ 석탄, 펫코크, 바이오매스 폐기물 등의 저급자원 에너지화 기술에서 단순 연소에 의한 열회수 기술의 경우 기술개발의 포화단계에 이르렀음. 따라서 저급원료를 고부가가치 에너지원으로 활용할 수 있고, 온실가스 감축효과가 높은 가스화를 통한 합성가스의 고부가가치 자원화 기술 개발이 전략적으로 추진해야 하는 단계임.

○ 국내뿐만 아니라 해외 가스화 시장이 급성장하고 있으며, 저급원료 가스화를 통한 합성가스의 고부가가치 연료 생산기술이 개발되어 상용화 되고 있음에 따라 국내에서도 국가 주도로 중점 투자를 통한 개발이 필요하다고 판단됨.

○ 특히 산업부의 기존 R&D 결과물을 활용하고, 다부처 공동추진을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트 기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전으로 예상되는 2020년 이전에 시장을 선점할 필요성이 강함.
  - 합성가스 생산과 활용에 대한 지난 20여년간 국가지원 R&D 투자를 통하여 파일롯급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계 ⇨ 국내시장도 관련 핵심기술의 해외기술 의존도 심화, 국내 업계의 해외 대형 사업에서 배제되는 상황에 대한 대응 필요

○ 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발을 병행할 필요성이 있음.
  - 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일롯 설비를 대상으로 진행 ⇨ 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황
  - 한국도 해외기술 적용한 상용 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용설비가 2015~2016년부터 운전 예정 ⇨ 이 경험 활용 적기

○ 산업부 성과로 기 개발된 수톤/일급~수십톤/일급 기술을 현실적으로 위험부담이 거의 없는 50~100톤/일급 플랜트로 scale-up하여 단기간 내에 국내외 시장 진입이 가능한 기술을 개발할 수 있음.

3.2 사회·경제적 타당성

○ 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망임.

- 석탄/정유공장부산물 해당 플랜트는 1기당 1조원 이상 고부가가치 시장으로 해외 선진업계 독과점 영역
- 전 세계 50조원/년 이상(약 50GW_{th}-syngas/년=2,500 톤/일 기준 100개 플랜트 이상, 최대 100조원/년) 시장 이미 형성(참고문헌 [9] 기준)
- 저급자원 가스화 및 고부가가치화 해당 플랜트는 1기당 최소 수백억에서 최대 수조원 이상 투자 규모로 미국, EU 업계가 주도하나, 상용급 실적이 없어서이지 국내의 기반기술 수준은 이미 해외선진업계에 도달

○ 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 조기에 필요함.
- 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며, 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 활용 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업 필요

○ 해외플랜트 고부가가치 시장 진출을 위한 국내 기반 확보가 절실히 필요함.
- 최근 수조원 규모의 사우디, 인도 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내업계 탈락 및 진입 능력 부족
- 사우디 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불 제시해, 국내 H중공업 24억불을 이기고 수주 (2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐)
- 인도 Jamnagar Pet-coke 합성가스 사용 세계 최대 poly-generation(전기/수소/SNG/화학원료 생산) 프로젝트에 해외선진사만 참여, 국내사 전무(2013/04 건설 시작)

○ 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세임(중국시장이 가장 크고, 중국은 자국 내 건설/운영 경험을 활용하여 자체기술화와 EPC 능력을 크게 제고시킴).

○ 나프타, LNG기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용할 경우 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물 사용할 때 더 원가절감이 가능

○ 상기와 같은 사회적·경제적 파급효과를 고려하면, 국내 고유 가스화 기술 및 합성가스 활용 고부가가치 연료화/원료화 기술 확보를 통하여 플랜트 수출산업화를 달성할 수 있으며 신규산업 및 고용창출의 효과가 상당히 클 것으로 전망됨.

3.3 정책적 타당성

○ 우리나라는 1차 에너지의 97% 이상을 해외 수입에 의존하고 있으며 최근 유가가 낮은 가격을 유지하고 있으나 언제 다시 상승할지 모르는 점과 에너지 안보의 측면을 고려하면 석탄, 펫코크 등의 저급자원을 고효율과 환경 친화적으로 활용할 필요성이 점차 증대되고 있으며, 동시에 CO_2 저감을 위한 대안도 요구되는 시점임.

○ 따라서 저급자원의 고부가가치 연료화/원료화 및 온실가스감축 효과 증대를 위하여 가스화 기술의 보급 정책이 추진되어야 할 필요성이 매우 강함.

○ 1990년대 이후부터 본격적인 연구가 시작된 가스화 분야의 경우, 석탄 및 폐기물 가스화 기술, 합성가스 정제 및 이용 기술 등에 대한 Pilot 규모의 연구가 주로 진행되었으며 아직 본격적인 상용 플랜트의 국내 자체 개발 보급실적은 없음. 또한 합성가스로부터 고부가가치 연료/원료 회수기술에 대한 개발 실적은 없음.

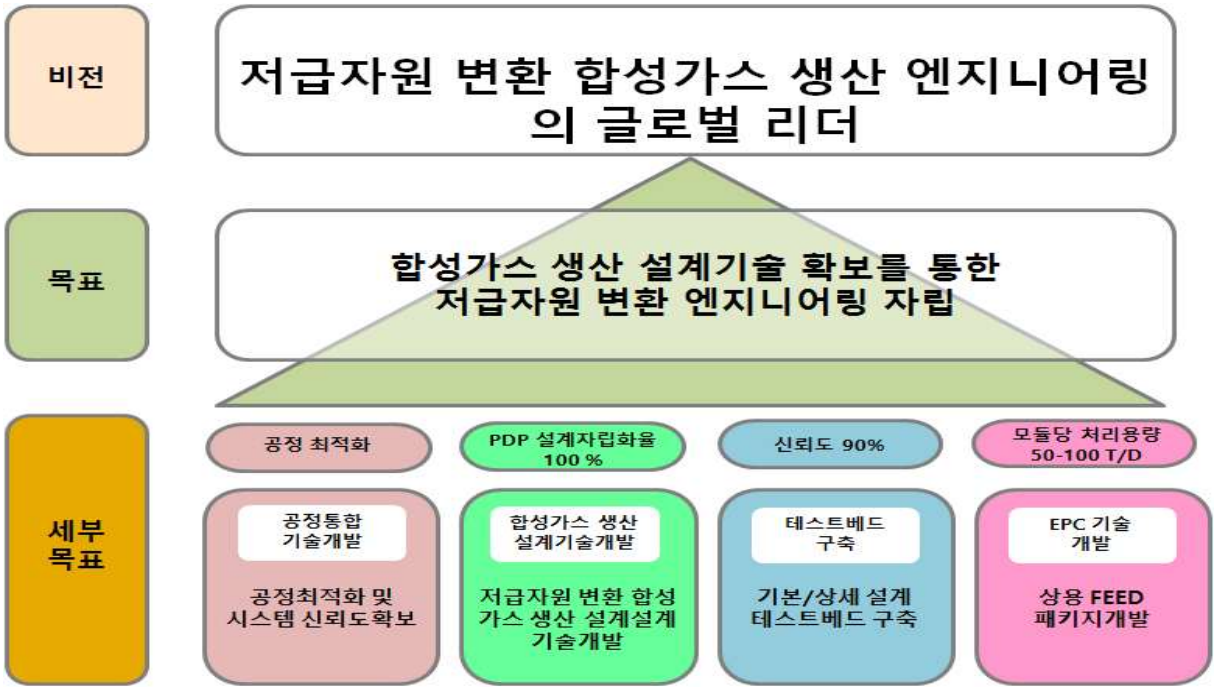
○ 정부는 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축한다는 목표를 세웠으며, 저급자원 가스화 기술의 경우 에너지화 효율이 높은 기술임과 동시에 이산화탄소 포집 기술 채택에 있어서 가장 경제적인 기술인 점을 고려하면 국가적 온실가스 감축목표에 크게 기여할 수 있다고 판단할 수 있음.

○ 상기와 같은 사업적 타당성으로 인하여, 2011년 그린에너지로드맵(청정연료 분야), 2012년 에너지기술개발로드맵(폐기물에너지 분야 및 바이오매스에너지 분야), 2013년 에너지기술비전로드맵(IGCC 분야), 2014년 에너기술이노베이션로드맵(고효율 청정화력발전 분야) 등에 지속적으로 포함되어 기술개발의 필요성이 제기되어 왔음.

○ 또한 과학기술기본계획(2013-2017)에 정의된 10대 분야 120개 국가전략기술 중 에너지·자원·극한기술 분야에 '고효율 석탄가스화·액화 발전기술'이 포함되는 등으로 국가 정책과도 매우 잘 일치하고 있음.

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전



4.2 사업의 목표

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

■ 개발 목표

○ 저급원료(중점: 석탄, 정유공장부산물; Spin-off:폐기물 & 바이오매스)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외) 및 합성연료(SNG, DME) 등(수요처에 따라 전기/열 포함 가능)을 생산하여 산업단지에 공급함으로써 국토를 효율적으로 활용할 수 있게 하고, 향후 해외수출이 가능한 플랜트 기술 개발

■ 개발 내용

○ 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발

- 합성가스 생산/정제는 대상 저급원료에 공통 사용할 범용적인 가스화기(150톤/일 규모)와 합성가스 정제 시스템으로 국내 고유형태로 특화시키고, 정제된 합성가스를 사용하여 다양한 고부가가치화 제품(SNG/DME/메탄올/아세트산/고순도CO 등)별로 합성가스 전환 공정 모듈을 개발하여 국내제작, 이동, 유지보수, IT접목이 용이한 모듈화 기술개발
- 고가설비 저가화 기술(고가재료 대체, 비용융 방식의 저가 고효율 가스화기, compact 반응기 개발 등)
- 가스화, 가스정제/집진, 초청정정제, 촉매반응기, 열회수, utility 공급, 분진재활용, 폐수처리, 잔여가스처리의 주요 공정단계별 모듈화 기술을 개발하여 다양한 저급원료(석탄, 정유공장 부산물, 폐기물, 바이오매스 등)에 최적 적용기술 개발(저가화, 유지보수 편이, 오지지역 수출 편이, IT적용 표준화 등 목적)
- 합성가스 고온 고도정제기술 (기존 습식 저온기술 대비)
- 화학원료 합성용 국내 독자 촉매기술
- 합성가스 생산에서 에너지소모 원인인 H_2O와 CO_2 발생 저감, 공정 중 스팀 소모량 저감 및 coke 생성 방지기술 개발

- CO_2 재이용 공정연계 기술
- 미활용 탄소원을 활용한 CO_2 개질 및 CO/H_2 비율 안정적 제어기술
- 저급 원료 사용에 따른 중금속 등 환경 물질의 안정적 처리 공정 개발
- 저급자원 가스화/열분해, 이산화탄소 개질 통합 공정 기술 개발
- CO/H_2 제어기술을 통한 합성가스 고부가화 및 활용확대 기술 개발

○ 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발
- 대용량 1기 대신 중소형모듈 연계 기술개발 (50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 선진업계 1,000~5,000톤/일 상용플랜트와 경쟁가능 기술개발) ⇨ 표준화, 저단가화, 유지보수 기간 단축, 저가 spare 설비 통한 availability 증대 ⇨ 해외 상용설비 건설/운영에서 밝혀진 시행오차 최소화
- 주요 손상부위 컨베이어식 교체개념 등 유지보수 측면 간편화 기술 개발
- 제어 계측과 원격 유지관리가 가능한 설비 IT화, 반응기 compact화로 한국 고유모델 개발

○ 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발
- 국내업계가 고부가가치 영역 참여가 가능하도록 Test-bed 실증경험을 통한 EPC 기술 개발 ⇨ EPC 플랫폼 개발 ⇨ 다양한 사업형태 대응
- 기술경쟁력 입증을 위한 software 기술 개발 (다양한 해외사업에 대응할 해외업계 동등 이상 수준의 공정해석 package 개발) : 전통적 공정해석 tool + 안전해석 + 운전원 training 시뮬레이터 + 3D Design + IT 기능

○ 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술 개발
- 해외기술제공사 직접 공급 핵심설비 국산화/자체기술화 ⇨ 설비 저가화, 대외경쟁력 확보

○ 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보

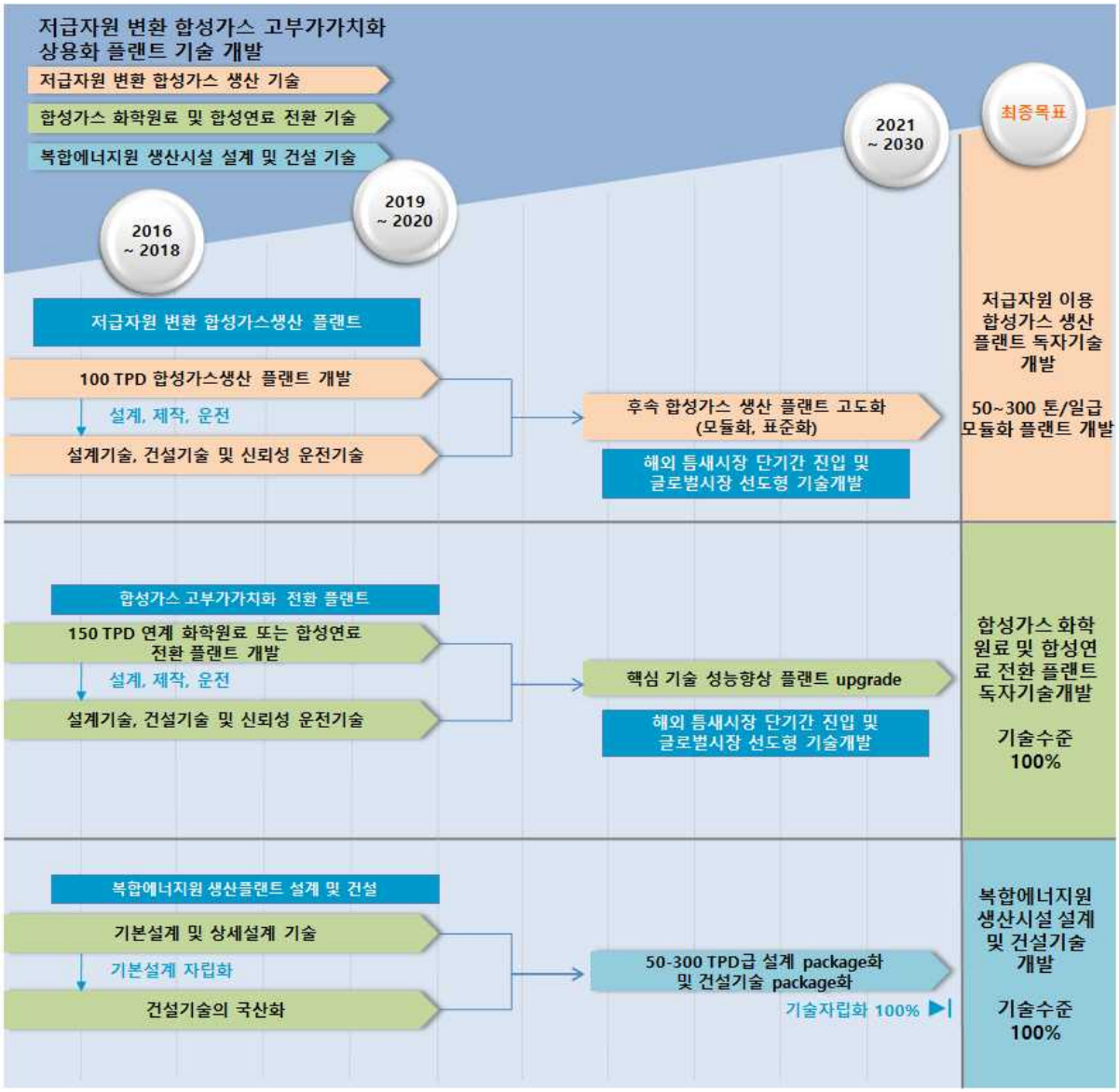
■ 세부 요소기술 분야별 기술 내용

구 분	세부 요소기술
저급자원 가스화 (합성가스 생산) 실용화기술	○ 국내 10~20톤/일급 기반기술 활용하여 50톤/일급 가스화기 기술 개발 ○ 저급자원 가스화를 통한 합성가스 생산 운전 기술 개발 - 안정적인 균일한 합성가스 생산 기술 - 합성가스 조성 및 유량 유지를 위한 운전 기술
합성가스 정제 실용화기술	○ 생산된 합성가스내 오염물질의 정제공정 적정 운전기술 - 분진, H_2S, HCl, NH_3, 중금속류 등 오염물질 정제기술 ○ 연료회수 공정에 적합한 정제공정의 성능개선 기술개발
합성가스 활용 합성연료 생산기술	○ 합성가스 연료 전환 공정 개발 - 고부가가치 가스연료 생산(고순도 H_2 및 고순도 CO 등 생산) - 합성가스의 메탄올 생산 공정 - 합성가스를 이용한 고부가가치 연료로 전환하는 공정을 채택할 수 있도록 구성 (메탄올, 수소, CO 생산에 국한하지 않고, 사업화 가능한 연료/원료 생산기술 개발 가능함)
ICT 기반 플랜트엔지니어링 기술	○ 데이터 수집 장치 기술 개발 - 고온/고압/장거리의 플랜트 운전 환경에서도 신뢰성 있는 데이터 수집 장치 기술 개발(무선 측정부품/센서 등 기자재/부품 개발) ○ 운전 중 이상 상황 조기 진단 및 대응 기술 개발 - 실 플랜트 운전 경험 기반 운전 이상 상황 데이터베이스 개발 - 플랜트 이상 상황 위험도 평가 기술 개발 - 이상 상황 별 자동 대응 시나리오 개발
스마트 플랜트 빅데이터 플랫폼 기술 개발	○ 플랜트 통합 안전성 향상 지원 빅데이터 플랫폼 개발 - 플랜트 빅데이터의 특성에 맞는 수집, 저장, 처리, 분석, 시각화까지의 엔지니어링 활동을 통합적으로 지원하는 플랜트 빅데이터 플랫폼개발 - 플랜트 빅데이터로부터 이상상황 조기진단을 위한 빅데이터 분석기술 개발

4.2.2 설비규모

○ 실제 시장에 적용할 수 있는 플랜트 규모는 저급원료 기준 100 톤/일급임.
○ Test bed에서 100 톤/일(50 톤/일 x 3, 1기 standby) 플랜트 실증 및 신뢰성 확보, 100 톤/일급 국내외 상업용 시장 진입

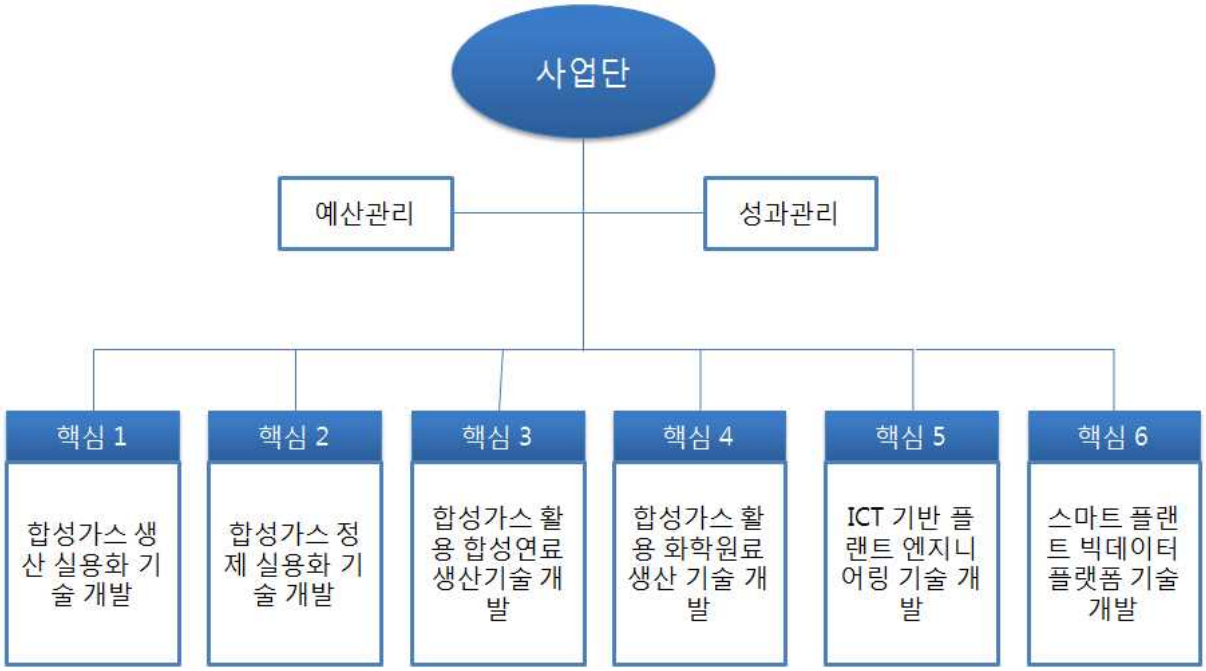
4.2.3 사업의 로드맵



제5장 사업 추진체계

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

○ 추진체계



5.2 예산소요 계획

○ 연도별 소요 예산

(단위 : 백만원)

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
연구비	정 부	8,000	15,000	20,000	12,000	10,000	65,000
	민 간	4,000	7,000	10,000	8,000	6,000	35,000
	합 계	12,000	22,000	30,000	20,000	16,000	100,000
개발 기간		5년	소요인력				250명

5.3 인력투입 계획

○ 기술개발 분야별 인력투입 계획

기술개발 분야		투입 인력 (명)
합성가스 생산 실용화 기술 개발		60
합성가스 정제 실용화 기술 개발		50
합성가스 전환공정 모듈화 기술 개발	합성가스 활용 합성연료 생산기술 개발	45
	합성가스 활용 화학원료 생산기술 개발	45
ICT 기반 플랜트 엔지니어링 기술 개발		30
스마트 플랜트 빅데이터 플랫폼 기술 개발		20
합계		250

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

○ 저급원료(석탄, 정유공장부산물, 폐기물, 바이오매스)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외), 합성연료(MeOH, DME) 등(수요처에 따라서 전기/열 포함)을 생산하여 산업단지에 공급할 수 있고, 향후 해외수출이 가능한 플랜트 기술 개발
○ Test bed에서 100톤/일(50톤/일 x 3기, 1기는 standby) 플랜트 실증 및 신뢰성 확보
○ 50톤/일급 모듈 기반 100톤/일 규모 이상 국내외 시장 1단계 진입, 100톤/일급 단일모듈로 scale-up 2단계 시장 추진
○ 50~300톤/일급 실제 시장 진입 가능한 모델별 설계 패키지(PDP) 개발
○ 제작/건설기술 패키지 개발
○ Test bed는 실증기간 후 데모 플랜트로 지속적 활용 및 상업 운전용으로 사용

6.2 비지니스 모델

○ 50~300톤/일급 규모에 적용 가능한 Test bed(100톤/일 규모) 개발로 시장 보급
○ 개발된 Test bed 100톤/일(50x3, 1기는 standby) 상업용 운전플랜트로 사업화 추진
○ Test bed의 상업운전 데모 플랜트로 track record 확보로 국내 및 해외 수요처에 홍보 이후 단기간 내 국내외 시장 진출
○ 기존 석유화학플랜트의 대체 기술로 기술 보급
○ SPC 설립을 통한 플랜트 운영 사업화

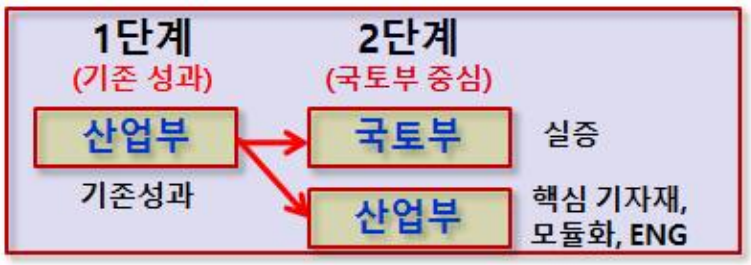
6.3 참여 부처별 역할 및 모델

○ **국토부 역할**
- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 integration 기술

개발
- 100톤/일급 test-bed 건설 및 운영
- 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발

○ 산**업부 역할**
- 국내에서 기존 지원한 가스화기, 합성 원료/연료 생산을 위한 각종 반응기 설계/제작 기술 최적화
- 각종 촉매 설계 및 최적 촉매 대량 제조기술 개발
- 고온고압 부식성환경 핵심 설비/부품 국산화 개발
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발

○ **사업추진 모델**
- 산업부의 파일롯급 저급자원(석탄, 폐기물 등) 가스화 기술 개발 관련 기존 성과 활용
- 국토부 중심으로 기술개발 및 상용화를 진행하되 산업부에서는 핵심기자재 개발, 모듈화 및 엔지니어링 등 수행



사업추진 모델

- 고유의 가스화기 기술과 고유의 가스화 프로세스 기술로 사업을 추진하되, 일부 핵심기자재 개발이 지연되는 경우에도 상용화를 대비하여 기자재 공급 관련한 back-up 플랜 마련하여 기술개발 진행

제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

○ 국내 타부처에서 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트 기술 개발
○ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 교두보 제공
○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 역할 제공
○ 저급자원 이용의 다변화
  - 저급자원의 고부가가치 에너지 활용기술로의 패러다임 변화
  - 저급자원의 고효율 및 고부가가치 이용으로의 전환
○ 다양한 가스화 원료 및 합성가스 이용기술에 부합되는 정제기술 확보
  - 합성가스 이용 기술에 따라 적용처에서 요구하는 정제수준이 다양하므로, 이에 대응하는 정제기술 필요
○ 저급자원의 에너지화 효율 극대화
  - 저급자원이 가지는 에너지를 합성가스 형태인 화학에너지(chemical energy)로 전환하여 화학원료 합성의 원료로 이용함과 동시에, 고온 합성가스의 현열(sensible heat)을 회수하여 에너지 이용 효율 극대화 및 다변화 기술 확보
○ 상용 100톤/일급 저급자원 가스화 및 합성가스 정제기술과 연계한 합성가스 연료회수 기술 개발 추진을 통해 합성가스의 고부가가치 이용 기술 확보
  - 100톤/일급(50톤/일 x 3기, 1기는 standby) 규모 단기 개발이 가능하며, 이에 따라 해외에서 틈새시장 확보 가능한 수백톤/일급 규모 개발로 세계 시장 진출을 위한 국산 고유 모델 확보가 가능함.
  - 상용규모 플랜트 운전을 통해 가스화 효율이 높은 가스화로 원천기술 확보 가능
  - 100톤/일급 상용규모 합성가스 생산 플랜트 설계·제작 연속운전 기술개발 및 국산화로 저급자원에서 확보한 합성가스로부터 고부가가치 화학원료인 고순도 CO, H_2 등 생산이 가능
  - 고부가가치 화학원료 생산으로 해외에서 수송용 연료 혼합원료로 이용되는 메탄올, 에탄올, 수소 등의 화학원료 생산기술을 저급자원 유래 합성가스로부터 생산할 수 있는 total system 기술 확보 가능
  - 상용규모 플랜트 인프라가 확보됨에 따라 합성가스 정제장치 및 고효율 발전 등 핵심 단위장치의 신기술 개발 활성화로 국내 중소기업의 기술경쟁력 확보 가능
  - 고품질 합성가스 생산플랜트의 상용규모 가동과 연계하여 관련 기술(예, 고효율 연료전지 발전기술 등)이 연계된 복합기술 개발 가속화 가능
○ 상용규모 고품질 합성가스 생산시스템의 핵심 단위 설비 설계/제작 기술 확보로 국내 전문업체 기술 경쟁력 향상, 국외 선진사의 원천설계기술 국산화를 통한 핵심 단위 설비/공정 국산화로 가스화 플랜트 핵심 기자재 자체 제작 가능.
○ 고품질 합성가스의 고부가가치 이용시스템과의 연계 시스템 구축을 통해 상용 규모 연계운전 기술 확보, 연속 운전기술 확보 및 이를 통한 시스템의 신뢰성 확보, 운전제어기술 및 모니터링 기술 확보
○ 기후변화협약, RPS 추진, 유가 상승 등을 대비할 수 있고, 저급자원 가스화를 통해 메탄올 생산 등 화학원료 전환 및 열병합 연료 이용 등 기술 확보로 플랜트 시장 진출 가능
○ 저급자원(폐기물, 바이오매스의 경우)의 단순한 처리가 아닌 가스화를 통한 에너지 이용 및 온실가스 감축 사업 연계 가능
  - 해외에서 온실가스 감축사업을 수행할 수 있으며, 폐기물 에너지화 분야의 CDM 사업의 선점 가능
○ CCS(Carbon Capture & Storage)의 기초 기술 확보
  - CO_2를 경제적이고 효율적으로 흡착하는 기술을 통해 CO_2 분리 및 회수 공정의 기초 기술 확보

7.2 사회·경제적 효과

■ 경제적 효과

○ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 교두보 제공
○ 국내시장만도 2030년까지 5~10조원 규모 합성가스 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응
○ 자체기술 능력 제고로 국내외 시장 진출 효과
○ 50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 해외시장 진출
○ 향후 수년 이내 192 GWth 규모의 합성가스 활용 플랜트 시장 규모 예상([그림 2-10(a)] 참조)
○ 이중 최근 건설 중인 7개 플랜트에서 합성가스 생산 용량이 7~10 GWth 수준으로서 수요가 급팽창 중(<표 2-1> 참조)

■ 해외 시장에서의 파급효과

○ 상용규모 100톤/일급 용량의 고품질 저급자원 합성가스 생산시스템의 국산화 기술개발을 통하여 국내 및 해외시장 조기 진입 가능
  - 세계 가스화 시장은 유가 상승의 영향으로 지속적으로 성장하고 있고, 상용 가스화 플랜트의 운전 경험 축적 등으로 기술에 대한 노하우와 검증이 이루어지고 있는 상황
  - 에너지 다변화에 대응하는 고품질 저급자원 유래 합성가스 생산 및 이용 시스템의 국내 고유 모델 확보로 국내 시장 확보 및 해외 틈새시장 진출 가능

■ 국내 시장에서의 파급효과

○ 장기적으로 저급자원 활용 시장에서는 고효율 에너지 회수 기술인 가스화 시장이 증가할 것으로 예측되며, 해외의 경우 단순 연소를 통한 전력 등의 에너지 회수 시장에서 가스화를 통한 고부가가치화 시장으로의 전환이 이루어지고 있으며, 국내의 경우에도 이러한 세계시장과 유사한 배경을 가지고 있고 유가 상승 및 기후변화 대응 등의 중요성이 높음에 따라 가스화 기술의 보급 시장은 확대될 것으로 추정됨.
  - 국내 시장은 단순한 합성가스의 고효율 전력생산 기술 보급 시장을 넘어서 고부가가치의 화학원료 생산기술 시장으로 확대될 것으로 예상됨.
  - 고부가가치 합성가스 애용시스템의 상용규모 연계운전기술 확보로 고순도 일산화탄소, 수소 및 화학원료(메탄올 등) 생산 플랜트로서 시장 보급이 가능해짐.
  - 상용규모의 고품질 합성가스 생산시스템에서 생산된 합성가스의 고부가가치 화학연료 및 원료화, 고효율 에너지 생산 시스템 연계로 경제성 확보 가능
○ 국내 연료시장 다변화 및 가격 안정성 확보
  - 합성가스 조성 제어 기술의 확보로 합성가스로부터 고부가가치 연료 생산 산업의 경제성 확보
  - 저급자원 연료화/원료화 기술의 국내 시장 선점 및 세계시장 진입
  - 고부가가치 화합물 겸 대체에너지인 메탄올의 경제적인 제조 기술의 확보로 지속적 유가 상승에 선제적 대응

■ 사회적 효과

○ CO_2 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO_2 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대
  - 국제 사회 CO_2 규제 강화의 현실화
  - 2015년부터 국내에서 CO_2 배출권 거래제 시작
○ 합성가스를 전력생산에 사용할 경우 고청정 발전플랜트로서 장기적으로 기존 미분탄발전 대체 및 신재생에너지 의무량 충족에 기여 가능
  - 2012년부터 발전사업자는 총 발전량의 일정비율을 신재생에너지로 공급하여야 하며, 의무비율은 2012년 2%에서 2022년에는 10%로 점진적으로 증가함.
  - IGCC는 신재생에너지 공급인정서(REC: Renewable Energy Certificate) 비율이 0.25이며, 총 의무량의 10%까지 신재생에너지로 인정을 받음.
  - 석탄을 가스화한 SNG를 발전용으로 사용하는 경우에는 “신에너지 및 재생에너지 개발·

이용·보급촉진법"에 의하여 신재생에너지로 인정을 받음.
○ 2020년 이후 합성가스플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 연계 병산플랜트 시장에 대응
○ 해외 저급자원 보유국과의 경제적 및 사회적 협력체계 구축으로 에너지 안보 확대 및 저급자원 지속적 확보 가능
  - 최근 인도네시아의 경우 저급석탄 수출을 제한하는 정책 추진 중
  - 한해 발전용 석탄 7,000만톤을 수입하고 있는 우리나라의 경우 원활한 석탄 수급, 저급자원 에너지화 효율 향상 및 CO_2 발생 저감이 가능한 가스화 기술 분야 협력체계 구축 가능

■ 다부처 사업으로서 부처별 성과

○ 국토부 성과
  - 산업부의 기존 성과 활용 가능
  - 복합 에너지원 생산 공급으로 저급자원의 효율적 활용 및 관리 (산업단지 등에 적용 가능)
  - 5년 이내 상용화 및 해외시장 진출 가능,
  - 국내외 저가 자원의 고부가가치 활용을 통한 분산전원 형태의 에너지/화학원료 수급체계 구현
○ 산업부 성과
  - 기존 산업부 지원 성과로서 국내 기반기술 확보
  - 나프타 대체하여 경제성 확보 가능 시장 상황 (합성가스 구매 의사 대기업 존재 등)
  - 기존 산업부 지원 성과를 활용하여 저급 원료로 고부가가치 물질 또는 연료/열/전기 에너지 생산

7.3 정책적 기대효과

○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 역할 제공
○ 국가의 미래 핵심 분야인 신재생에너지 분야의 에너지 확보
○ 고유가 시대에 대량 저급자원으로부터 고부가가치 연료/원료 회수
  - 대체 연료/원료 생산에 따른 원유 수입 억제
  - 저급자원의 에너지화 활용에 따른 원유 수입 억제
  - 에너지의 고효율화 활용에 따른 온실가스 발생 저감
○ 국내 실정에 맞는 저급자원 유래 합성가스로부터 연료/원료 회수 기술 확보
  - 상용급 설계기술 확보를 통한 가스화 설비 상용화 촉진
○ 신규 고용 창출
  - 기업체 및 지자체 등에 신규 가스화 플랜트 보급에 따른 신규 고용 증대
  - 관련 산업(원료, 제품운반, 장치 유지보수 업체 등)의 활성화에 의한 신규 고용 창출
  - 플랜트 해외 수출에 따른 신규 고용창출
○ 고용창출 효과 (누적 연인원, 플랜트 가동 최소 20년 가정)

구분	직접적인 효과	간접적인 효과	계
플랜트 건설	34,860	-	34,860
플랜트 운영	36,000	-	36,000
생산품 판매 서비스	-	298,800	298,800
계	70,860	298,800	20년 누적 369,660 연-명 (순수 취업자 18,483명 가능)

<산출 근거>
  - POSCO 광양 플랜트의 경우 5,500~6,000톤/일급 가스화 플랜트 건설 중이며, 이 정도 규모 플랜트를 100톤/일급 플랜트 60기로 대체한다고 가정, 기당 건설비용 약 350억원 가

정하면 건설부분의 소요비용은 약 21,000억원으로 예상되며, 건설부문 취업유발계수[11] 16.6인/10억을 적용하면 가스화 플랜트 건설에 의한 직접적인 고용 창출 효과는 34,860명

- 100톤/일급 가스화 플랜트를 운영하는데 필요한 인력으로 30명(10명 3교대) 가정하면 가스화 플랜트 60기 운영에 필요한 직접적인 고용 창출 효과는 1,800명/년(폐기물 가스화 기술의 82,782원/톤, 년간 330일 가동 기준으로 계산하면 약 1,640억원/년으로서 운영부문(사회/기타서비스) 취업유발계수 24.9인/10억[11] 적용하면 약 4,000명/년으로 계산되나 보수적인 값 적용)이며 설비 가동 기간 20년 누적인원 36,000명
- 합성가스 또는 연료/원료 판매수익은 플랜트 당 100억원/년 가능하여 년간 총 6,000억원으로, 설비를 20년간 가동한다고 하면 총 수익은 120,000억원이며, 서비스 등의 운영부문 취업유발계수[11] 24.9인/10억을 적용하면, 합성가스 또는 연료/원료 판매에 따른 서비스 부문의 간접적인 고용창출 효과는 20년 누적인원 298,800명

[참고문헌]

1. R. Berg, Demonstration of the Shell-Wison Bottom Quench Coal Gasification Process, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
2. H. Dong, GE Gasification Global solution, China focus, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
3. M. Heinritz-Adrian Optimized Process Solutions from Feed to Product based on Uhde HTW™ and PRENFLO® gasification technologies, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
4. P. Amick, E-Gas™ Technology 2014 Outlook, 2010 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2010
5. H. Morehead, Gasification Trends and Opportunities, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
6. J. Xu, ECUST Coal Gasification Updates: New Projects and Operations Experience, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
7. K. Sakamoto, MHPS IGCC Technology, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
8. Q. Zhuang, TRIG™ for Low Rank Coal: A New Perspective on IGCC, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
9. M. Weiss, Lurgi FBDB Coal Gasification Co-Products: A High Value Economic Asset, 2013 Gasification Technologies Conference, Colorado Springs, USA, October 2013
10. C. Higman, State of the Gasification Industry: Worldwide Gasification Database 2014 Update, 2014 Gasification Technologies Conference, Washington DC, USA, October 2014
11. 한국은행, “우리나라의 고용구조와 노동연관효과”, 2008

A3-3. 공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발 사전기획보고서

요약문

사업명	공기분리(ASU) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발	정의/개념	공기(산소/질소) 액화 분리 및 이의 냉열 활용 수소액화 통합 플랜트를 통한 산업용가스 시장 선도
비전	공기분리 및 수소액화 극저온 플랜트 기술 선도를 통한 산업용가스 시장의 글로벌리더	사업의 타당성	국토부 LNG 사업단의 극저온 성과 및 산업부의 플랜트기자재 개발 성과 통합 연계를 통한 산업용가스시장 선도 및 차세대 수소사회 기반 구축

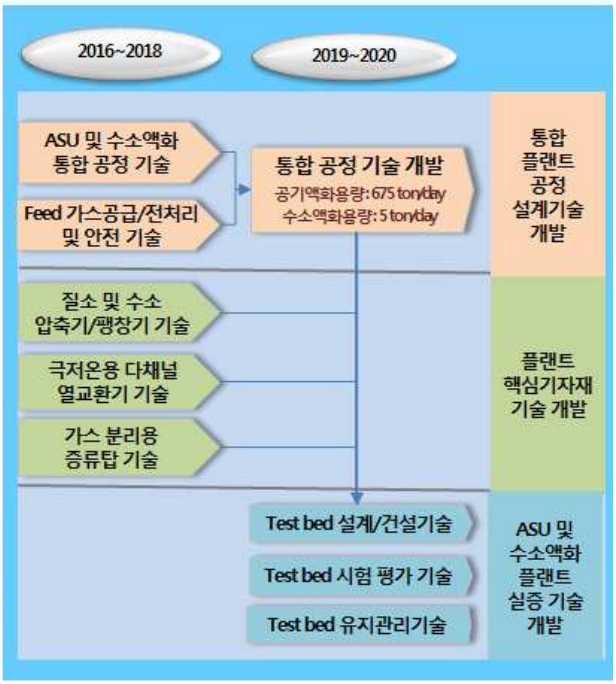
시장 현황/전망

- 순산소 연소, 산소부화연소, IGCC, GTL 등 대규모로 산소를 소비하는 신규 기술 ASU 수요 증가 예상. 미국 전력산업의 산소시장 점유율은 2040 년 약 60 %까지 증가할 것으로 예측
- 수소/산소/질소 등 산업용 가스 세계시장 규모 : 380억 달러(2011 년)→ 584억달러 (2018년)
- 공기분리플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 150억달러/년(2020년)
- 수소액화플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 83억달러/년 (2020년)
- Air Liquids, Air Products, Linde, Praxair등 4개 사가 전 세계 시장의 73%를 점유

기술 동향

- 산업용 가스의 시장 구조는 대부분 가스의 액화, 분리, 저장, 이송 및 유지보수를 같은 회사에서 관리하는 구조로 극저온 냉각 및 분별 증류 기술을 가지고 있는 회사가 기술 및 시장 주도
- 국내의 경우 LNG 플랜트 사업단 사업을 통해 극저온 플랜트 Test bed에 대한 경험은 있으나, 액화공기분리 및 수소액화플랜트에 대한 경험은 미흡
- 수소액화플랜트에 대해 수소 클라우드, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 하는 혼합냉매 사이클, 네온 사이클 등 다양한 공정 개발에 주력

로드맵



사업추진 전략

- LNG 사업단의 극저온 가스 플랜트 성과 및 산업부 플랜트핵심기자재 개발 성과의 연계 및 직접적 활용
- 플랜트 실증을 통한 플랜트 핵심 기자재(전체 플랜트 비용의 60% 이상) 국산화 및 성능평가 인증체계 구축



비지니스 모델

- 산소 활용도 증가 추세(순산소연소, IGCC 고순도 산소 필요)에 따른 산업용 가스 산업 활성화 예상
- 사업의 경제성 확보를 위해 시장 진입이 수월한 공기분리 시장 우선 진출
- 국내 중소/중견기업 위주의 기자재 개발 및 공기분리 플랜트 회사의 참여를 통한 상생 발전 도모
- 국내 우주개발 계획에 따른 신규 액화수소/및 산소 공급 인프라 구축에 활용
- 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 인프라 구축에 활용

참여부처별 역할/모델	▪ 국토교통부 - 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 - 공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계 - 극저온 플랜트 시공/운전 기술 ▪ 산업통상자원부 - 원심압축기 및 터보 팽창기, 극저온 열교환기, 분별증류탑 등의 플랜트 핵심 기자재 기술 - 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증
소요기간/ 인력/ 예산	▪ 1단계 3년, 2단계 2년 총 5년 ▪ 총 350명 연구/개발/실증 인력 ▪ 정부 1,000억원, 민간 1,000억원 총 2,000억원
기대효과	▪세계 최초 ASU/수소액화 통합 플랜트 기술개발 ▪ 2020년 기준 세계 333억달러, 국내 14억달러 시장 진출 ▪ 플랜트 핵심 기자재 국산화를 통한 플랜트 산업 고부가가치화 ▪ 액화산소/수소 등 미래 우주개발 인프라 확보

제1장 사업의 필요성

○ 산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 공기분리장치 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 기술 개발을 통한 산업 수요 충족 및 미래 수소사회 인프라 구축 필요

○ 에너지 및 산업용 가스 수요 지속적인 증가
- 에너지 및 산업용 가스의 세계시장 규모는 2014년 기준으로 530억달러, 2019년 기준으로 750억달러로 예상되며, 연평균 8% 이상의 성장이 예상됨
- 산소는 주로 철강 및 의료분야, 수소와 질소는 석유·화학공정, 아르곤은 제조공정용으로 사용되고 있으며, 최근에 이산화 탄소 저감을 위한 순산소연소 발전의 도입이 적극 검토되고, 이에 따른 산소 수요 급증
- 특히 연료전지 및 수소 자동차 등 청정에너지원인 수소를 사용하는 기술이 보급 확대됨에 따라 수소 인프라가 요구되며, 신규 수소플랜트 수요 급증
- 산소, 질소, 수소 등은 대량 생산시 극저온을 이용한 액화를 통해 저장 및 이송하여 활용하기 때문에 공기분리 및 수소 액화 기술 필요

○ 가스 플랜트 기술 확보를 통해 플랜트 산업 성장 유도
- 순산소연소, 수소 산업의 활성화로 가스 액화, 분리, 저장 기술 확보 필요
- 발전, 석유화학, 담수 플랜트에 비해 가스플랜트에 대한 국내 기술 미비
- 가스 플랜트 엔지니어링 기술 및 핵심기자재 경쟁력 강화를 통해 EPC업체와 중소, 중견기업의 산업네트워크에 의한 토탈솔류션 확보로 창조경제 구현

○ 향후 미래 가스산업에서 세계 가스시장의 선도적 역할 견인
- 신규 가스산업의 추종이 아닌 선도적 역할을 위해 시장 형성 초기에 가스플랜트 산업 인프라에 대한 선행 기술 확보 필요
- 특히 에너지원으로서의 가스에 대한 액화, 분리, 저장 기술은 에너지 안보 측면에서 정부의 지속적인 지원 아래 개발 및 보급되어야 함
- 우주발사체, 차세대 에너지저장창치 등 미래 수소에너지 사회의 인프라 구축 을 위하여 수소의 저장 및 이송방법, 안전기술등에 대한 선행 기술 확보 필요
- ASU 및 수소액화 통합 플랜트 기술 개발은 가스플랜트산업 및 에너지, 가스 전처리 등의 환경보전, 미래 사회 인프라 구축의 측면에서, 범정부부처와 산학연의 적극적인 참여가 요구됨

○ 풍력, 태양열 등 신재생에너지를 이용하여 물 전기분해에 의한 수소의 생산, 액화, 수송 등의 광역 수소에너지네트워크 구축을 통해 그린에너지의 고밀도 에너지로의 전환 및 경제성 제고 가능

○ 공기분리장치 및 수소액화플랜트는 질소, 산소, 수소 및 가스 압축기/팽창기, 열교환기, 콜드박스(저온용기), 밸브 등의 핵심요소기기로 구성되며, 핵심기기는 천연가스액화, 헬륨액화 등 가스액화플랜트의 공통핵심기기임

○ 다부처 연구개발을 통한 공통기술 확보 및 특화기술 연계 필요
- ASU 및 수소액화 통합플랜트 설계 및 건설기술은 국토교통부의 LNG 플랜트 사업단의 보유 기술을 활용하고, 압축기, 팽창기, 열교환기 등의 핵심기자재 기술은 미래창조과학부, 산업통상자원부에서의 특화 기술을 활용하여 범부처의 기술개발 연계가 요구됨
- 공정 기술은 국토교통부, 산업통상자원부와 미래창조과학부에서의 공통 기술 확보가 필요하고, 가스전처리 및 환경영향 평가 기술은 환경부의 특화 기술을 활용
- 또한 플랜트 건설, 운용에 따른 안전 및 위험 관리는 미래창조과학부, 산업통상자원부와 국민안전처의 전문 기능 및 기술 적용성을 높일 필요가 있음



그림 1. 수소에너지 네트워크

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 기술의 개념

○ 액화 공기분리장치(ASU, Air Seperation Unit) 및 수소액화 통합 플랜트
- 액화 공기분리장치에 의해 산소, 질소 및 아르곤 등의 산업용 가스를 액화
- 액화 공기분리장치에 의해 생산된 액체질소의 일부를 수소액화플랜트에서의 원료 수소가스를 77 K으로 예냉
- 수소액화플랜트에서 예냉된 수소가스를 약 30 K까지 더욱 냉각한 다음 쥴톰슨(Joule-Thomson) 팽창에 의해 액화하는 통합플랜트

○ ASU(공기 분리) 플랜트 : 압축 및 예비 정제된 원료 공기를 액화점 근처까지 냉각한 후, 극저온 분별증류를 통해 산소, 질소, 아르곤 등과 같은 산업용 가스를 생산하는 공정
- 공기를 냉각하여 혼합가스를 순수 가스로 분리하여 가스 상태의 제품을 생산하기 위한 극저온 분별증류 시스템과 가스 상태의 순수가스를 액화하여 액화가스를 생산할 수 있는 액화시스템으로 구성됨

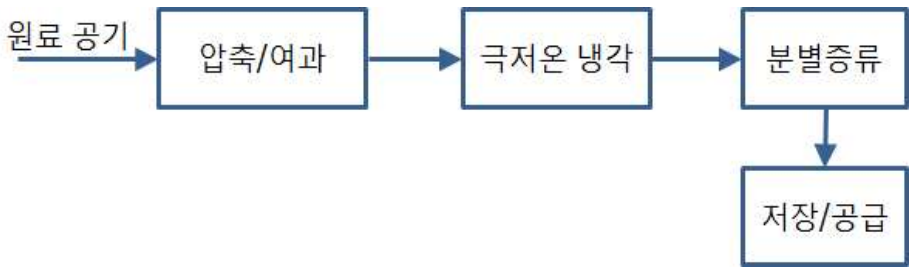


그림 2. ASU 플랜트 구성 핵심시스템 Block Diagram

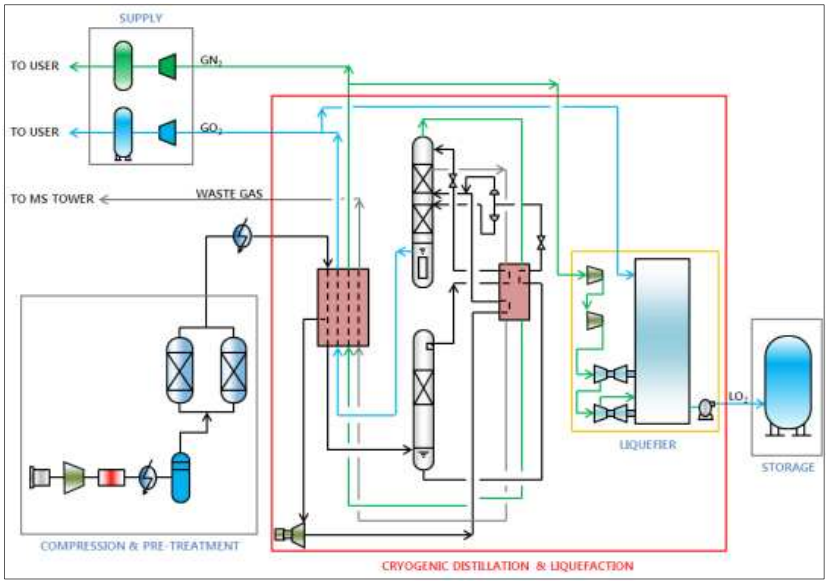


그림 3. ASU Plant 공정 개략도

○ 수소액화 플랜트 : 고압의 수소가스는 상온으로부터 77 K 까지 공기분리 플랜트에 의해 액화된 액체질소와의 열교환을 통해 예냉되고, 80 K에서 30 K까지는 브레이튼 사이클을 통해 냉각되어 쥴톰슨 팽창에 의해 액화수소를 생산

- 고압의 수소가스는 열교환기를 통해 냉각되면서 열교환기 내부의 변환촉매에 의해 o-H_2의 p-H_2로의 변환이 진행됨

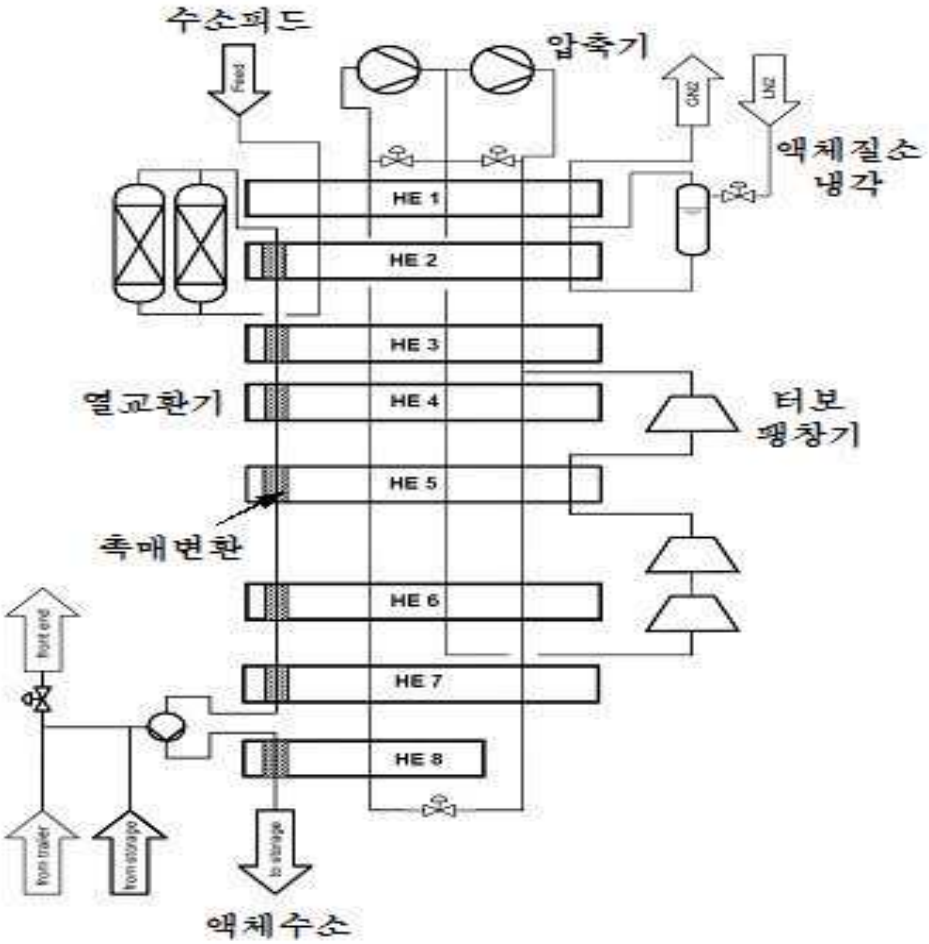


그림 4. 수소액화플랜트 공정도

2.2 국내외 기술 동향

2.2.1 국외 기술 동향

○ 산업용 가스인 산소는 주로 철강 및 의료분야, 질소는 화학공정, 아르곤은 제조공정용으로 많이 사용되어지고 있으며, 산업용가스는 산업 전 분야에 필수적인 요소로 자리 잡고 있음
○ 공기분리 기술은 비냉각방식과 냉각 방식으로 분류되고, 멤브레인 또는 PSA 방식이 주로 사용되는 비냉각 방식은 소용량에 적합하며, 극저온 냉각 방식은 100 tpd 이상의 중대용량에 적합함. 우리 나라가 강점을 갖고 있는 대형 제조 산업과 향후 유망한 것으로 예측되는 산소가스를 활용하는 발전 시스템에 안정적인 가스 공급을 위해서는 투자 비용 단가가 낮은 대용량 공기액화분리장치가 요구되며, 핵심기술인 극저온 냉각 및 분별증류 시스템의 개발이 요구됨

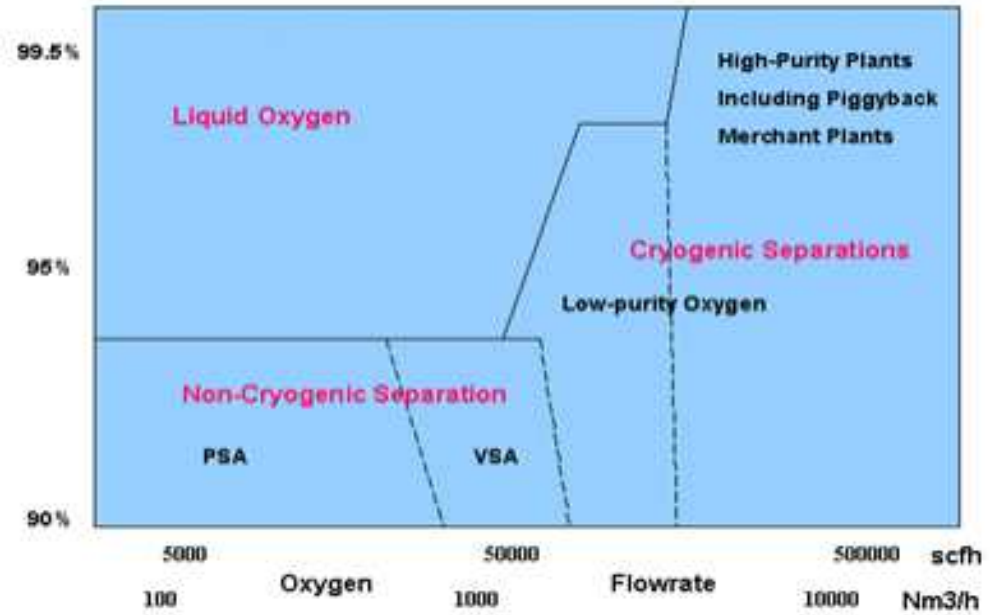


그림 5. ASU 방식에 따른 용량 및 순도 영역분류, From Nishi Corp.(2006)

○ 액화공기분리장치는 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 미국의 경우 250 - 300 tpd(ton/day)급 플랜트가 평균적임
○ IGCC, GTL 플랜트의 도입 등 시장 환경의 변화에 따라 대용량 ASU의 개발이 진행되고 있음

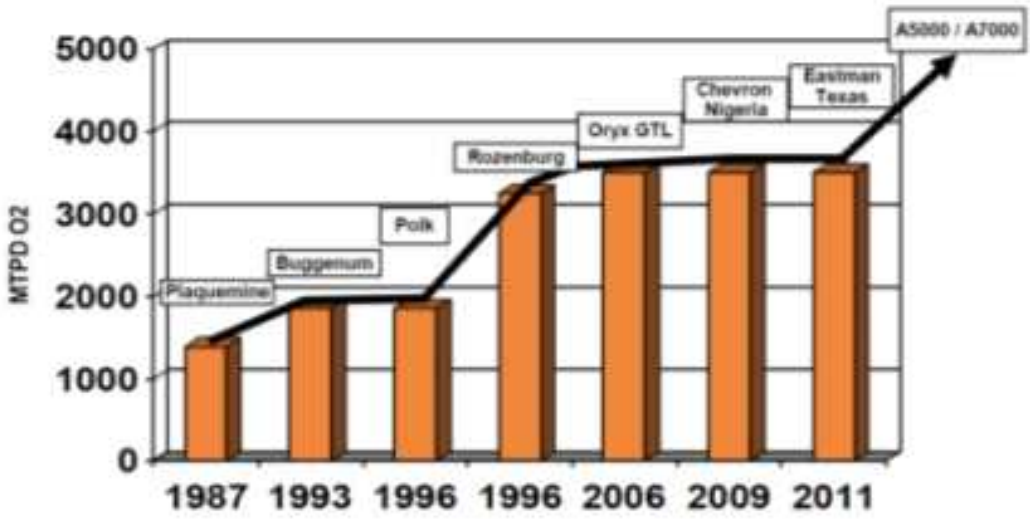


그림 6. ASU의 개발동향 (Air products(미))

○ 상용 발전 규모인 40 MW급 석탄화력발전소의 보일러에 순산소 연소 기술 도입이 성공함에 따라, 발전소 분야에서의 순산소 공급을 위한 액화공기분리 장치 시스템 적용 활성화
○ 대형 수소액화플랜트에 대해 수소 클라우드, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 하는 혼합냉매사이클, 네온 사이클 등 다양한 공정 개발에 주력
○ 산업용 가스 및 관련 플랜트의 생산/제조는 Linde(독), Air Liquide(프), Air Product(미), Praxair(미), 일본산소 등 주요 가스회사에 의해 독점적인 시장 형성
  - 일본의 경우, 1930년대 국가적인 지원을 바탕으로 액화공기분리 플랜트의 국산화에 성공하여 현재는 해외 선진업체의 기술 수준에 근접한 것으로 평가
  - 중국의 CALT 등은 5 tons/day 이상 급의 수소액화플랜트를 개발, 운용 중에 있음.
○ 대형 수소액화플랜트는 1960년대 미국에서 아폴로우주계획의 지원을 위해 건설시작
○ 2003년 미국 부시대통령은 장래 에너지원을 수소로 변환, 저장, 이송하여 연료전지 등을 통해 전력생산을 하고 수송에너지로 사용되는 수소경제 시나리오(수소 이니셔티브)를 제시
○ 미국 DOE는 2017년에 천연가스 및 신재생에너지를 이용한 물 전기분해 등 다양한 기술을 통해 $2~3/GGE (Gasoline Gallon Equivalent)을 목표로 경제성 높은 수소액화플랜트 개발 수행중
○ 현재 수소액화를 위한 소요동력은 10~15 kWh/kg(LH_2)이고, 30 tons/day급 수소액화플랜트의 효율은 33% (% Carnot)에 불과하나 대형의 수소액화플랜트는 팽창터빈 등을 통한 에너지 회수가 가능하기 때문에 운전효율의 향상이 기대됨
○ APCI(미), Praxair(미), Linde(독), Air Liquide(프), Iwatani(일), CALT(중) 등은 tons/day 이상급의 수소액화플랜트를 개발/운용중이며, 헬륨 클라우드(Claude) 사이클 냉동 또는 수소 클라우드 사이클 냉동을 이용한 수소액화 플랜트를 개발하였음
○ 1980년대 중반 독일에서 수소 기술개발 계획이 발표된 후, 1990년대 미국, 1993년 일본이 대규모 수소에너지 개발 프로그램(WE-NET, World Energy NETwork)을 시작

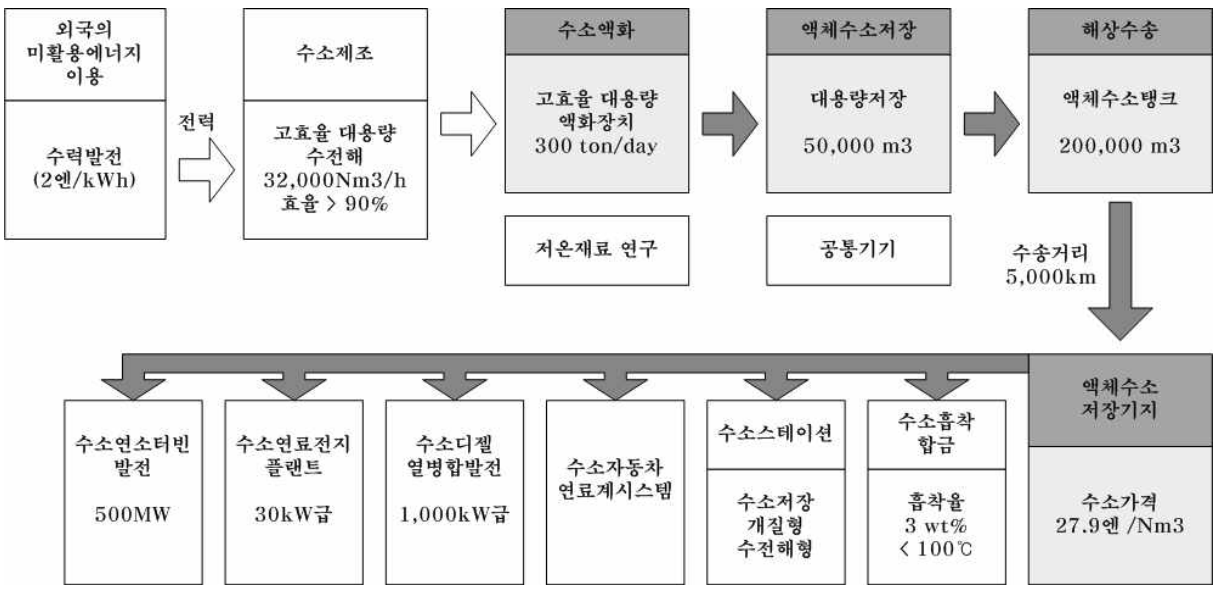


그림 7. WE-NET 전체시스템 및 기술개발 목표

○ EU-캐나다 공동 EQHHPP(Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project) 프로그램 (1986년~1998년)
  - 100 MW의 수력발전을 통해 얻은 전력으로 16,000 ton/yr의 수소를 생산하고, 이를 유럽으로 해상 운송하여 연료를 이용하는 것을 목표
  - 수소의 운송방법 및 액체수소의 저장기술 뿐만 아니라, 자동차, 항공기, 선박, 제철 등의 분야에서의 수소 이용기술 개발을 수행
○ 전 세계적으로 연료전지 자동차의 수소충전을 위해 100여개(2005년)의 수소 충전스테이션이 시험운영중이고, 독일은 수소자동차용 9.4 ton/day 용량의 수소액화플랜트를 운용중이며, 선박 등 다양한 수송 분야에서 액체수소 연료의 적용을 확대 중

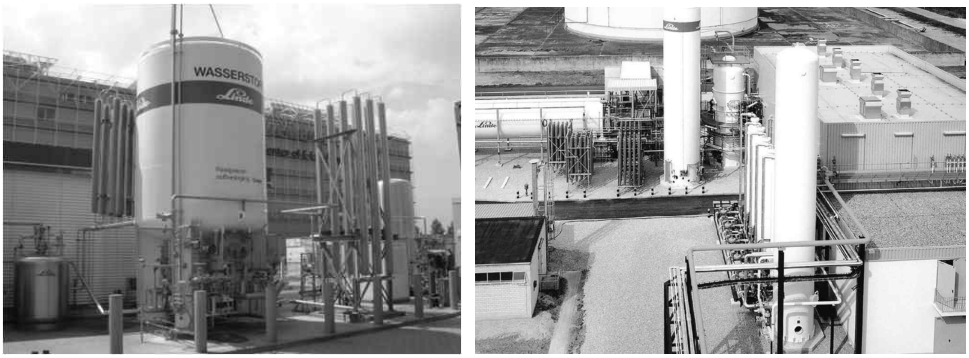


그림 8. 액체수소 스테이션 및 9.4 ton/day급 수소액화플랜트 (독일)

○ 일본의 경우 반도체 및 태양전지 등 산업용 액체수소 수요의 지속적으로 증대로 수소액화플랜트 건설
- 6,000 liter/hr급 대형 수소액화플랜트를 가동 중이며, 액체수소 수요증대에 대응하기 위해 3,000 liter/hr급 플랜트를 건설중
- 소규모의 액체수소 수요에 대응하기 위한 2,000 liter급의 액체수소형 이동식 수소 스테이션을 개발



그림 9. 6,000 liter/hr급 수소액화플랜트(일본)

○ 최근 액화플랜트의 경제성제고를 위한 자기냉동, 열음향냉동 등 신냉동기술 및 마이크로채널 열교환기 등의 적용을 검토
- 자기냉동은 카르노(Carnot) 성적계수(COP, coefficient of performance)가 40~50 %로 매우 높고, 6~20 K의 낮은 온도영역에서 동작가능
- 소형 수소액화용 냉동시스템으로 활용도가 높을 것으로 기대되고 있으나, 현재의 기술수준에서는 대형 액화플랜트에 적용하기에는 기술적 한계성을 지니고 있음

○ LNG 냉열을 이용한 수소액화플랜트의 경제성 향상
- 대부분 버려지고 있는 LNG 인수기지의 LNG의 증발열을 이용 액체질소에 의한 예냉과정을 대치함으로써 수소액화플랜트의 경제성을 제고
- LNG는 대기압에서의 비등점이 -160.3℃로, 수소가스의 예냉 또는 예냉용 질소의 재액화, 압축기에 LNG 냉열이용 등이 가능

○ 풍력, 지열 등 신재생에너지를 이용한 수소생산 및 액화 공정
- 혼합냉매를 냉동사이클을 이용한 액화효율 향상
- 혼합냉매 냉동사이클(헬륨/네온 혼합냉매(20% 네온)의 브레이튼 사이클을 채택)을 통한 액화효율 향상(Quack (2002))

2.2.2 국내 기술 동향

○ 국내에서는 1960년대 중반 가스메이저들이 등장하기 전부터 국가경제개발계획의 일환으로 포항제철소, 석유화학단지 등에서 ASU 플랜트의 도입이 추진되면서 본격적인 산업용 가스 산업이 시작되었으며, 고로(高爐)에 사용되는 산소 생산을 위해 포항제철소(現 포스코)가

국내 최초로 1,000 Nm^3/hr 이상의 ASU를 건설한 이래 울산에 대규모 석유화학단지가 조성되며 많은 업체들이 플랜트 규모의 ASU 도입을 추진
- 국내 기술 수준은 대성산업가스(주)에서 질소 생산 및 산소 생산용 ASU의 기술 개발에 성공하여 중소규모(1,000 ~ 6,000 Nm3/h)의 질소 생산용 ASU 및 소규모(1,000 이하) 산소 생산용 ASU 플랜트의 상용화에 성공하였으나, 지속적인 기술개발을 통해 공정의 다양화, 대형화, 고효율화를 이루고 있는 선진 업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음
- 제조 산업의 대형화 및 발전 시스템으로의 응용 확대에 따라 공기액화분리 장치의 대용량화 개발과 함께 운전 비용 절감을 위한 에너지 효율 향상 기술에 대한 개발이 활발히 진행 중임.

○ 최근 제조 산업의 대형화 및 발전시스템으로의 응용 확대에 따라 공기액화분리장치의 대용량화 개발과 함께 운전비용 절감을 위한 에너지 효율 향상 기술에 대한 기초 연구

○ LNG 플랜트 사업단 사업을 통해 극저온 플랜트 Test bed에 대한 경험은 있으나, 액화공기분리 및 수소액화플랜트에 대한 경험은 미흡
- 소용량 수소액화기 및 액화공기분리장치에 대한 기초연구를 수행하였으나, 극저온 플랜트에 대한 기술역량은 미흡

○ 1989년 과학기술처 국책연구개발사업으로 “초저온을 이용한 수소저장 기술개발사업”이 KIST에서 시작
- 대형과제의 기획으로 중도에 중단되어 소기의 성과를 달성하지 못함

○ 산업자원부 에너지기술개발사업의 일환으로 KIST 주관으로 1996년부터 1998년까지 “수소액화 및 저장시스템 개발” 과제 수행으로 실험실급 수소액화시스템 기술개발
- G-M(Gifford-McMahon) 극저온냉동기를 이용한 소형 수소액화시스템(0.5 liter/ hr) 개발
- 5.5 liter급 액체수소 저장용기, 액체이송장치 개발

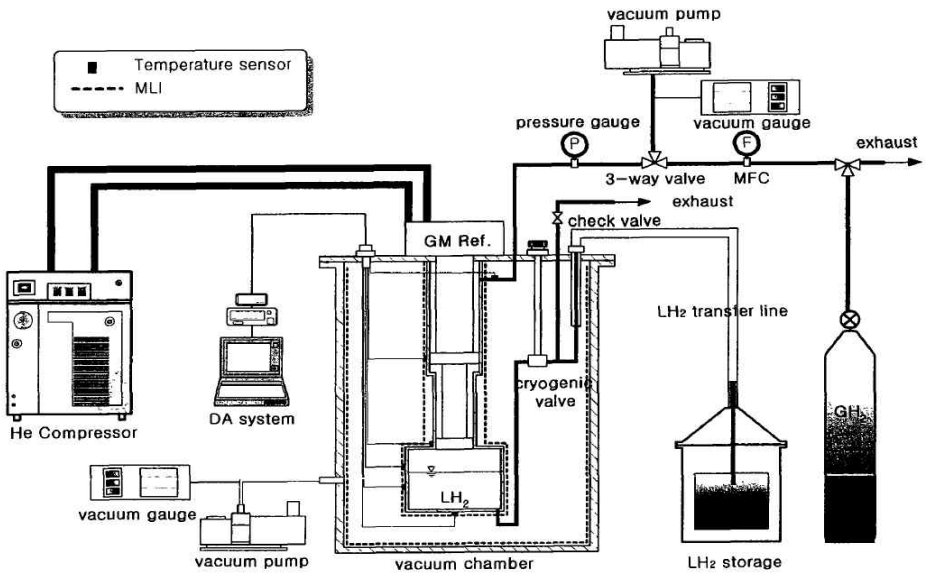


그림 10. 0.5 liter/hr급 수소액화시스템(KIST)

○ 산업자원부 에너지·자원기술개발사업의 일환으로 2001년부터 2005년까지 가스공사주관으로 “천연가스로부터 대량 수소제조 및 수소저장 기술개발” 과제 수행
- 천연가스로부터 대량 수소제조 기술
- 고밀도 수소에너지 저장기술 (수소액화 및 저장기술 기반기술)
- 수소 제조 및 수소저장 Engineering 기술개발
- 수소액화기술은 실험실 규모의 소규모 연구수행

○ 고효율 수소에너지 제조·저장·이용 기술개발사업단 (21C 프론티어 사업, 2003년 ~)
- 자연에너지 활용 5 Nm^3/hr급 물 분해 수소 제조기술 및 금속/화학 수소화물, 나노재료

를 이용한 저장기술, 수소에너지 이용기술 개발을 목표로 연구개발을 수행
- 수소액화기술과 관련된 기술개발은 수행하고 있지 않음

○ LNG 플랜트 사업단 (한국가스공사, 2008. 6. 18 - 2016. 10. 7)
- 육상 LNG 액화 플랜트 및 부유식 해양 LNG 액화 플랜트 기술 개발
- LNG (-162℃) 액화 공정 및 핵심기술 개발 과제로써, 질소(-196℃), 산소(-183℃), 수소(-253℃)를 액화 생산하는 ASU 기반 수소액화플랜트에 비해 온도가 높고 공정이 다르지만, 개발 기술을 보완하고, 연계하면 효율적인 기술 개발이 가능

○ 한국기계연구원은 고온초전도 전력케이블용 냉각시스템 개발, 초전도전력저장장치(SMES)용 Cryostat 개발, 소형 극저온냉동기 개발 등 극저온관련 연구를 통해 극저온 온도영역의 냉각시스템, 콜드박스 설계기술을 일부 확보하고 있으며, KAIST, 홍익대 등의 학계에서 극저온 기초기술을 일부 확보하고 있음

2.3 국내외 시장 동향

2.3.1 국외 시장 동향

○ 산업용 가스의 시장 구조는 대부분 가스의 액화, 분리, 저장, 이송 및 유지보수를 같은 회사에서 관리하는 구조로 되어 있으며, 극저온 냉각 및 분별 증류 기술을 가지고 있는 회사가 주도하고 있음

○ 현재 산업용 가스의 최대소비국은 미국이나 2014년까지 중국이 미국을 추월할 것으로 예측되어 중국의 신규산업용 가스에 대한 수요는 크게 증대될 것으로 예측되고 있음.

○ 반도체, 디스플레이산업의 성장에 따라 제조공정 및 클린룸에서의 산업용 가스 수요가 크게 증대되고 있으며, 특히 한국, 중국, 대만에서는 TFT-LCD 산업의 발전에 힘입어 고순도의 산업용 가스 수요가 증대되고 있음.

○ 수소/산소/질소 등 산업용 가스 세계시장 규모 : 380억달러(2011년)→ 584억달러(2018년), GAGR(연평균성장률) 6.3% (“Industrial Gas Market”, Transparency Market Research, 2013)

○ 세계 액화플랜트 시장
- 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
- 2015년 기준 460억달러, 2021년 기준 617 억달러

표 1. 세계 가스액화플랜트 시장

	연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
시장 규모	국외	460 억달러	533 억달러	617 억달러
	산출 근거	○ “World Industrial Gases”, The Freedonia Group. Inc., 2010.		

○ ASU를 통해 생산되는 산업용 가스의 시장은 세계적으로 Linde, Air Liquide, Air Products, Praxair 등 4대 메이저 업체의 시장점유율이 70%를 상회하며 한국시장 역시 이들의 자회사와 합작법인이 주도
- Linde(독일) : 세계시장의 약 19.3 %를 점유하고 있으며, 2006년에 영국의 BOC 그룹을 인수하여 세계 최대의 가스제조 회사가 되었고, 가스 액화 기술에 대해서는 Linde cycle이 있을 정도로 역사가 깊은 업체로써 산업용 가스 대부분의 응용 분야에 가스 제조 및 극저온 냉각/액화 설비를 공급하고 있음
- Air Liquide(프랑스) : 세계 시장의 약 19 %를 점유하고 있으며, 철강, 화학공정, 전자, 의료 및 식품공정 등의 대부분의 분야에 자체 가스 제조 및 극저온 냉각/액화 설비를 공

급하고 있음
- Air Products and Chemical(미국) : 세계 시장의 약 16.3 %를 점유하고 있으며, 산업용 가스 대부분의 응용분야에 공급하고 있지만, 특히 수소 가스의 제조 및 액화 기술은 세계 1위의 업체임
- Praxair(미국) : 세계 시장의 약 14.3 %를 점유하고 있으며, 위의 3개 업체에 비해 경쟁력이 있는 분야에 진출하고 있으며, 특히 중국과 인도 시장 확대에 주력
- 그 외 주요업체로는 Taiyo Nippon Sanso(일본)가 아시아, 미국 및 러시아 시장에 추력하고 있고, Messer(독일)은 중남미 시장에 주력하고 있음

○ 특히, ASU 플랜트의 신규 수요로 산소 소비가 폭발적으로 증가될 것으로 예측되며, 이는 순산소 연소, 산소부화연소, IGCC, GTL 등 대규모로 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 ASU 수요도 함께 증가할 것으로 예상됨. 2009 년 미국전력연구원(EPRI) 보고서에 의하면 2009 년 미국 전력산업의 산소 시장 점유율은 4 % 이내이나, 2040 년 약 60 %까지 증가할 것으로 예측된 바 있음

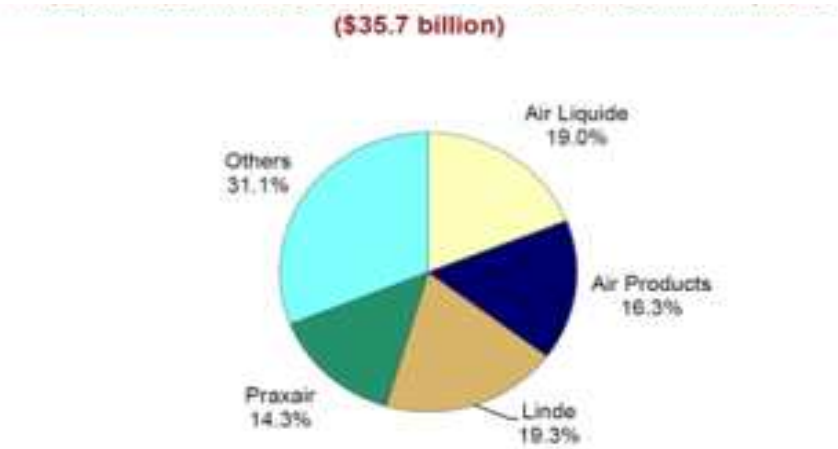


그림 11. 산업용 가스 시장 점유율 (The Freedonia Group, 2009)

○ 전 세계 수소생산량은 연간 5천만 톤이며, 현재는 대부분 암모니아, 메탄올 등 화학연료의 제조와 석유정제공정에 사용되고 있고, 2020년 수소생산량은 약 2억 톤의 규모로 성장할 것으로 예측
○ 수소/산소/질소 등 산업용 가스 세계시장 규모 : 380억달러(2011년)→ 584억달러(2018년), GAGR(연평균성장률) 6.3% (“Industrial Gas Market”, Transparency Market Research, 2013)
○ 공기분리플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 150억달러/년(2020년)
- 공기분리플랜트 추가 생산규모(55,980,000CMPH 및 평균 건설비(271.5$/CMPH) 기준 (Global Air Separation Plant Industy Report, QYResearch Machinery and Equipment Research Center, 2015)
○ 2010년 기준 세계 수소 시장은 5천 3백만톤 규모이며 매년 5.6% 정도의 성장이 예상됨. (http://www.hypersolar.com/market.php)
○ 2010년 기준 세계 수소액화플랜트 총 규모는 335 ton/day 규모로 전체 수소가스 수요의 0.23% 수준. 향후 수송용 연료로써 액화수소의 활용이 활성화 될 경우 액화수소플랜트의 수요의 급격한 증가 예상
○ 수소액화플랜트 추가건설 세계시장 규모 : 83 달러/년(2020년)*
- 전세계 수소 소비량 중 1.4%을 액화수소 공급, 건설비 110억원/(ton/day) 기준 추정액

2.3.2 국내 시장 동향

○ 국내 산업용 액화가스 설비는 주로 외국 선진기업인 Air Liquide, Air Products, Linde, Praxair 등의 4대 기업을 통해 건설됨

○ 국내 산업용 가스는 에어프로덕츠코리아(이하 APK), 대성산업가스(이하 DIG), 프렉스에어코리아(이하 PKC), 린데코리아(이하 LDK) 등 주로 외국 선진기업들의 투자에 1970년대 후반과 80년대에 이르러서야 시작됨.
○ 2004년 대성산업가스에 의해 약 50 Ton/Day급의 ASU가 상용화된 바 있으나 핵심기술은 외국기업을 통해 도입됨.
○ 국내 가스시장
  - 가스 부피 기준으로 년 4.5% 성장 예상
  - 2014년 기준 136 억m^3, 13.8 억달러, 2019년 기준 198 억m^3, 16.8 억달러
○ 국내 액화플랜트 시장
  - 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
  - 2015년 기준 11.5억달러, 2021년 기준 14.3 억달러

표 2. 국내 가스 액화플랜트 시장

	연도	현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
시장 규모	국내	11.5 억달러	12.6 억달러	14.3 억달러
	산출 근거	○ “World Industrial Gases”, The Freedonia Group. Inc., 2010.		

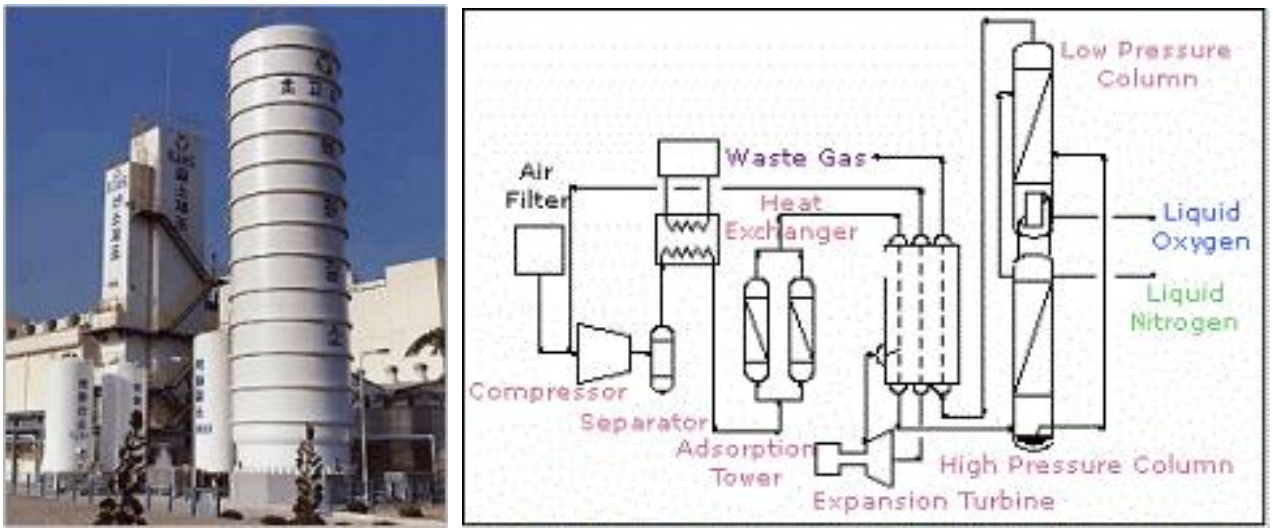


그림 12. ASU(액화공기분리장치), 대성산업가스

○ 국내 수소생산량은 연간 56만톤으로 약 1조원의 시장규모
  - 대부분의 수소가 화학공장에서 자체 생산, 사용
  - 연 10만톤의 수소가 고압가스형태로 반도체, 재료, 전자, 우주항공산업 등에 사용
  - 2020년에는 538만톤의 수소시장이 형성될 것으로 기대
○ 우리나라도 지난 2005년 수소경제 마스터플랜을 수립하여 2040년까지 최종에너지 중 수소 비중을 15%, 연료저지 산업의 국내총생산(GDP) 비중을 5%까지 높이겠다는 수소경제 장기 비전을 제시
○ 향후 5년간 수소 연료전지, 태양광, 풍력 등의 그린 에너지산업에 집중적으로 투자하는 “그린에너지 발전전략”이 수립되어 수소 및 수소액화플랜트의 시장은 지속적으로 증대될 것으로 기대

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 국내 기업의 경우 세계의 질소, 산소, 수소 등 가스액화플랜트 시장이 확대되고 있음에도 기본설계, 시스템 엔지니어링, 운영기술 등의 원천기술의 부족으로 주로 주변기술 또는 유틸리티 중심의 부분적인 참여만을 하고 있음
○ 국토해양부, 미래창조과학부와 산업통상자원부를 중심으로 IGCC, GTL, 순산소연소 및 산소부화연소 등의 대규모 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 극저온 이용 공기분리장치의 수요도 함께 증가
○ 또한 수소를 에너지원으로 하는 연료전지, 수소자동차, 초전도분야에서의 연구개발에 힘입어 수소액화플랜트에서 요구하는 압축기, 극저온 열교환기 등의 핵심기기의 원천기술의 확보가 진행중임
○ 건설교통부 가스플랜트 사업단에서는 선진기업의 주도로 형성되어 있는 해외 가스플랜트 시장진입을 위한 LNG 플랜트 개발을 진행 중에 있으며, -160℃의 LNG 생산을 위한 기반기술을 활용하여 공기분리 및 수소 액화 통합플랜트 기술에 확대 적용하면 효율적인 기술개발이 가능

3.2 사회·경제적 타당성

○ 산업통상자원부와 미래창조과학부를 중심으로 연료전지, 수소자동차 등의 수소기반 기술에 대한 지원이 꾸준히 진행되어 대규모 수소액화플랜트에 의한 수소공급이 요구됨.
  - 최근 수소경제를 위한 인프라 구축을 위해 수소스테이션 건설이 요구되고 있고, 고압식이 아닌 고밀도의 액체수소 저장스테이션이 유력
  - 향후 미래창조과학부에서 주력하고 있는 인공위성 및 달탐사 등의 우주개발사업을 위한 로켓 발사에도 연료로써 액체산소 및 액체수소의 수요는 증가할 것으로 예상됨.
○ 가스 액화 플랜트 산업을 신성장동력 산업으로 육성해야 함
  - 고유가 및 신흥공업국의 수요 증가에 따라 세계 가스 액화 플랜트 시장 지속적 성장
  - 플랜트 산업은 수출에 따른 국가 간 마찰이 적은 편으로 선진국들 사이에선 전략적인 수출방법으로 각광
  - 우리나라가 겪는 제조업 중심의 수출산업화 한계, 구조조정 지연과 설비투자 부진 등 불안한 현실 속에서 수출의 돌파구를 마련하고 신성장동력을 창출할 수 있는 대안
○ 국내 가스 액화 플랜트 산업의 운영모델 고도화 필요
  - 현재의 가스 액화 플랜트 산업의 후발업체와 선진업체 사이의 벽을 극복하지 못하면 세계 시장 위축 시, 우리 플랜트 산업도 급격한 퇴보 우려
  - 선진국형의 경쟁력 높은 엔지니어링 및 사업관리 중심(EPc, PM+EPc)의 사업모델로의 전환할 수 있는 핵심기술 개발 전략 필요
○ 가스 액화 원천기술 및 핵심기자재 개발 필요
  - 수익률이 높은 원천기술, 기본설계, 기자재 분야에 대한 체계적인 국가연구개발 사업을 통하여 국내 가스 액화 플랜트 산업의 고부가가치를 실현해야 함
  - 가스 액화 플랜트 산업(수주)과 연관 산업과의 산업적 연계 고리를 강화하고, EPC 사 및 중소기자재 제조업체와의 동반 성장을 도모할 수 있는 사업이 필요
○ 현장의 수요를 반영한 국가적인 가스 액화 플랜트 관련 기반구축 필요
  - 국내외 EPC사가 국산 가스 액화 플랜트 기자재를 사용하지 않는 주요 이유는 '국제적으로 품질/신뢰성 인증 미확보'(63.1%), '기자재 관련 독자 설계기술 및 원천기술 미확보'(48.3%), '미확보플랜트 기자재 업체의 브랜드 인지도 저하'(44.8%)등의 순서로서, 주요 기자재의 성능 입증 및 신뢰성 확보와 가 시급한 과제임
  - 플랜트 산업의 특성상 국내에서 우수하게 개발된 기자재이더라도 성능 실증 및 신뢰성을 입증할 수 없으면 시장경쟁력을 확보하지 못하고 사용 불가능
  - 플랜트용 기자재 인증기반은 민간이 구축하기 어려운 분야이므로 국가적인 차원에서 지

원하는 것이 타당함
- 현재 국내 엔지니어링 업계의 현실은 고부가가치 기술인 FEED설계 부분을 대부분 해외 업체에 위탁하는 실정임

3.3 정책적 타당성

○ 가스 액화 플랜트 산업의 국가경쟁력 확보 필요성 증대
- 우리나라 플랜트 산업은 국가 성장동력으로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있음
- 산업연관 효과에 있어서도 일반 서비스업이나 제조업 보다 약 2~3배 높은 산업연관 효과를 갖고 있어, 국가 경쟁력 확보에 공헌하는 바가 높은 산업이라 할 수 있음
- 국내 플랜트 산업의 중요성에 비하여 플랜트 산업의 수익성은 낮음
- 일반적으로 가스 액화 플랜트 사업은 플랜트의 규모와 특성 때문에 매우 보수적인 산업으로 구분되어 있으며, 이러한 보수적 산업에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 핵심 기술에 대한 높은 기술력을 기반으로 다양한 경험이 수반되어야 함
- 하지만, 국내 가스 액화 플랜트 산업에서는 해외 선진업체 대비 뛰어난 기술력을 확보하지도 못하였으며 그 경험도 부족하여, 비교적 수익성이 높지 못한 분야에 집중을 하고 있는 상황임
- 가스 액화 플랜트 산업의 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 핵심기술 및 경험을 확보해야 할 필요성이 있음

○ 가스 액화 플랜트는 고부가가치 복합 산업
- 가스 액화 플랜트 산업은 부가가치가 높은 집약형 산업, 제조업과 서비스업의 성격을 동시에 갖고 있는 융합산업임
- 가스 액화 플랜트 산업은 엔지니어링, 기계설비, 건설 등의 복합 산업으로서 산업 연관 효과가 높고 산업구조의 고도화에 기여하는 바가 큼
- 가스 액화 플랜트 수주가 후속 기계류 수출확대로 이어져 중소 기자재업체의 해외진출을 촉진함으로써 해외 플랜트 수주증가에 따라 일반기계류 수출도 늘어나는 추세가 강하게 나타남

○ 외화가득률과 수익률이 낮음
- 주요 핵심 설계 분야 및 기자재 공급에서 많은 부분을 선진국에 의존하게 되어 수주금액 대비 실질적 외화가득률 및 이윤 창출이 매우 낮음
- 플랜트 수출 외화 가득률은 약 30%로 자동차(70%), 조선(68%) 등에 비해서 매우 낮은 상황임

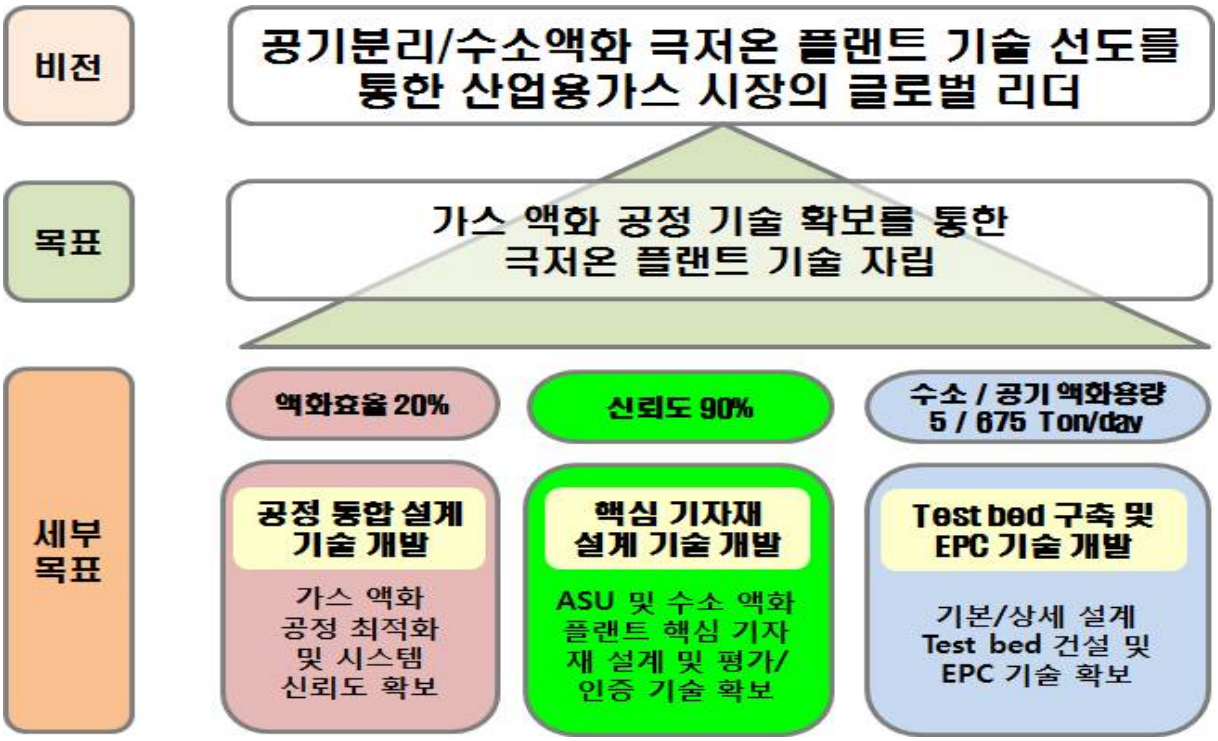
○ 세계시장 점유율이 낮고 지역적 편중이 심함
- 우리나라의 세계 플랜트 시장 점유율은 2006년 기준, 2% 미만인 상황이며 미국, 중국, 프랑스, 일본, 스페인 등 선진 5개국이 세계 시장의 76% 정도를 점유하고 있는 실정임
- 가스 액화 플랜트의 분야적 편중 및 중동 등 지역적 편중 현상이 심함

○ 가스 액화 플랜트 기자재의 국산화율이 낮음
- 대부분의 가스 액화 플랜트 기자재를 미국, 영국, 프랑스, 독일 등 선진국 업체에서 조달함으로 인해, 국내 업체의 플랜트 기자재 시장 참여가 미흡함
- 이러한 문제점은 신성장동력 산업으로의 위상 정립에 걸림돌로 작용
- 특히 고부가가치인 압축기, 팽창기 및 열교환기 등의 핵심 기자재의 경우에는 심각한 수준임

○ 기후변화 대응 필요성 증대
- 에너지는 국가 안보와 직결된 분야로써 국가적 차원에서 차세대 기술을 확보하기 위한 기술개발 사업이 수행되어야 할 분야이며, 기후변화 협약에 대응하기 위한 기술력도 확보를 해야 함
- 가스 액화 플랜트를 통해 생산되는 산소 및 수소 등의 청정가스는 이산화탄소 감축에 기여

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전



4.2 사업의 목표

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

○ 공기분리장치(ASU, Air Separation Unit) 및 수소액화 통합 플랜트 공정 기술 개발
- Feed gas 공급 및 가스 전처리 기술 개발
- 극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발
- 액체질소 예냉 수소액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발
- 가스 안전 및 위험도 평가 기술 개발

○ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 핵심 기술 개발
- 공정용 공기, 수소 원심 압축기 기술 개발
- 극저온 터보 팽창기 기술 개발
- 극저온용 다채널 열교환기 기술 개발
- 가스 분리용 분별 증류탑 및 상분리기 기술 개발

○ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발
<Test Bed 용량 : 상업스케일 (공기분리 675 ton/day, 수소액화 5 ton/day)>
- ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 기술 개발
- ASU 및 수소액화 통합 플랜트 건설 기술 개발
- ASU 및 수소액화 통합 플랜트 평가 기술 개발
- ASU 및 수소액화 통합 플랜트 운용/유지 관리 기술 개발

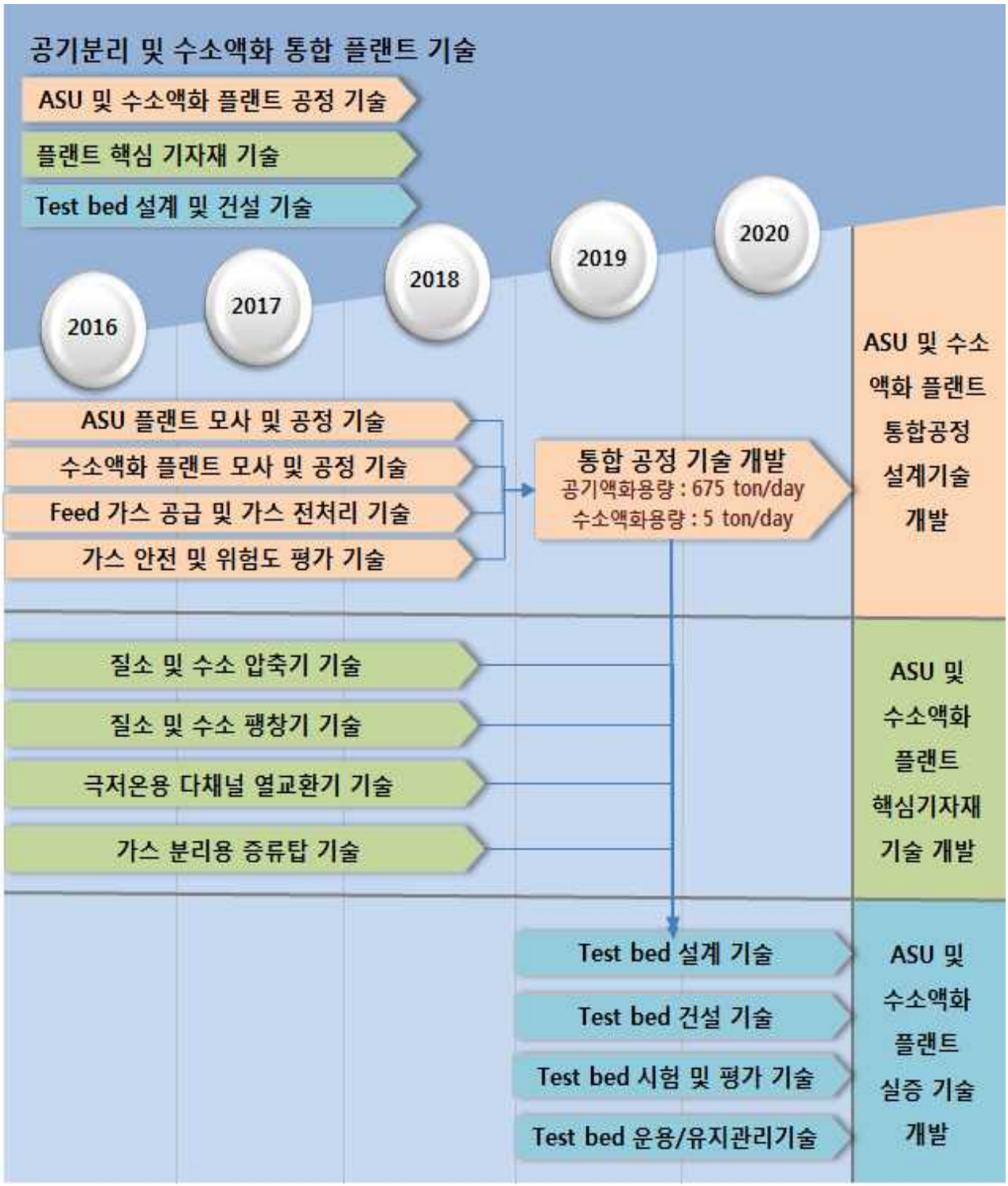
4.2.2 설비규모

항목 (주요성능)	단위	개발목표치
질소액화용량(Test bed)	Ton/day	500
산소액화용량(Test bed)	Ton/day	175
수소액화용량(Test bed)	Ton/day	5
수소액화용량(설계)	Ton/day	30
공기액화분리플랜트 입력	MW	5
수소액화플랜트 입력	MW	3

4.2.3 기술적 목표

주요성능	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
가. 공기분리 및 수소액화 통합플랜트 설계 자립화율	%	100	20	100
나. 극저온액화플랜트 핵심 기자재 국산화율	%	100	20	80
다. 공기액화분리플랜트 효율 (at 675ton/day)	ton/day/MW	150	-	150
라. 수소액화플랜트 효율 (at 5ton/day)	ton/day/MW	1.5	-	1.7

4.2.4 사업의 로드맵


공기분리 및 수소액화 통합 플랜트 기술
ASU 및 수소액화 플랜트 공정 기술
플랜트 핵심 기자재 기술
Test bed 설계 및 건설 기술
2016
2017
2018
2019
2020
ASU 플랜트 모사 및 공정 기술
수소액화 플랜트 모사 및 공정 기술
Feed 가스 공급 및 가스 전처리 기술
가스 안전 및 위험도 평가 기술
통합 공정 기술 개발
공기액화용량 : 675 ton/day
수소액화용량 : 5 ton/day
ASU 및 수소액화 플랜트 통합공정 설계기술 개발
질소 및 수소 압축기 기술
질소 및 수소 팽창기 기술
극저온용 다채널 열교환기 기술
가스 분리용 증류탑 기술
ASU 및 수소액화 플랜트 핵심기자재 기술 개발
Test bed 설계 기술
Test bed 건설 기술
Test bed 시험 및 평가 기술
Test bed 운용/유지관리기술
ASU 및 수소액화 플랜트 실증 기술 개발

제5장 사업 추진체계

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

단계	세부과제	추진대상과제
1단계 (3년)	세부 1 : ASU 및 수소액화 통합 플랜트 공정 기술 개발	극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발
		수소액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발
		Feed gas 공급 및 가스 전처리 기술 개발
		가스 안전 및 위험도 평가 기술 개발
	세부 2 : ASU 및 수소액화 통합 플랜트 핵심 기술 개발	공정용 공기, 수소 압축기 설계 기술 개발
		극저온 터보 팽창기 설계 기술 개발
		극저온용 다채널 열교환기 기술 개발
		가스 분리용 증류탑 기술 개발
2단계 (2년)	세부 1 : ASU 및 수소액화 통합 플랜트 공정기술 개발	극저온을 이용한 공기분리 사이클 및 액화, 증류 공정 신뢰도 향상 기술 개발
		수소액화 공정 신뢰도 향상 기술 개발
	세부 2 : ASU 및 수소액화 통합 플랜트 핵심 기술 개발	공정용 공기, 수소 압축기 제조 공정 기술 개발
		극저온 터보 팽창기 제조 공정 기술 개발
	세부 3 : ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발	ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 기술 개발
		ASU 및 수소액화 통합 플랜트 건설 기술 개발
		ASU 및 수소액화 통합 플랜트 평가 기술 개발
		ASU 및 수소액화 통합 플랜트 운용/유지 관리 기술 개발

5.2 예산소요 계획

○ 총 소요예산 : 2,000억원 (정부출연금 : 1,000억원, 민간부담금 : 1,000억원)
○ 총 소요기간 : 5년
○ 참여부처별 예상 예산소요액 : 총 1,000억원
  - 국토교통부 : 60,000 백만 원
  - 산업통상자원부 : 60,000 백만 원
○ 기술별 예상 예산소요액
  - ASU 및 수소액화플랜트 통합 공정 기술 개발 (5년/400억원)
  - 가스전처리, 안전 및 가스 핵심기반 기술 개발 (3년/200억원)
  - 압축기, 팽창기 등 회전기기 기술 개발 (5년/400억원)
  - 열교환기 및 증류탑 기술 개발 (3년/200억원)
  - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (3년/800억원)

5.3 인력투입 계획

○ 총 소요인력 : 350명
○ 기술별 예상 인력투입계획
  - ASU 및 수소액화플랜트 통합 공정 기술 개발 (5년/120명)
  - 가스전처리, 안전 및 가스 핵심기반 기술 개발 (3년/30명)
  - 압축기, 팽창기 등 회전기기 기술 개발 (5년/80명)
  - 열교환기 및 증류탑 기술 개발 (3년/50명)
  - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (3년/70명)

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

○ 공기분리 및 수소액화 통합 플랜트 기술의 확보를 위해서는 핵심공정과 기본공정설계 패키지 (Process Design Package) 및 다양한 설계 패키지 (FEED, Basic Engineering Package, Detail Engineering Package) 개발과 이의 테스트 베드(Test-Bed) 실증을 통해 플랜트기술을 고도화하기 위한 중장기적인 민관, 산학연 공동의 기술개발 사업 추진이 필요
○ 공통기반 및 핵심 기술의 선택 및 집중을 통한 해외의 유수한 전문가 네트워크를 활용한 연구-개발-실증의 단계별 전략으로 추구
○ 국내의 기술수준을 감안하여, 기술개발을 2단계의 기술심화과정으로 구성하여 위험도 분산 및 회피 도모
  - 1단계 : 공기분리 및 수소액화 통합 플랜트 공정 및 핵심기기 설계기술 개발 등 핵심 원천기술 확보에 주력한 연구개발을 우선적으로 수행
  - 2단계 : 상용화가 가능한 규모의 공기분리 및 수소액화 통합 플랜트의 실증을 위한 Test-Bed의 구축 및 운전을 통한 수소액화 플랜트의 운전 및 안전/신뢰성 기술의 확보, 대용량 수소액화플랜트의 설계기술 개발을 추진
○ 공기분리 및 수소액화플랜트 핵심시스템 국산화를 통한 기업 경쟁력 강화
  - 섹터별 공기분리 및 수소액화 플랜트 핵심시스템 및 핵심기자재(모듈) 국산화 전략 추진
  - 핵심시스템별 국내 기술 경쟁력, 제품 개발 성공 가능성 및 세계 시장 규모, 원가 비중, 경쟁 강도 등을 고려하여 핵심 기자재 국산화 전략 추진
    · 공기분리 및 수소액화 공정 시뮬레이션 기술, 공기 및 수소 압축기, 공기 및 수소 팽창기, 극저온용 다채널 열교환기, 증류탑, 가스 전처리 기술 등
  - 핵심 기자재 조기상용화 추진
  - 핵심기자재(모듈)의 통합 적용을 통한 공기분리 및 수소액화플랜트 통합 기술 개발 및 국내외 상용화 진행

6.2 비지니스 모델

○ 기업 육성을 통한 창조경제 실현
  - 글로벌 핵심시스템 기업 육성을 통해 핵심시스템 산업 가치사슬 경쟁력 향상 및 창조경제 실현에 기여
  - 중견기업 주도(핵심시스템 개발 및 엔지니어링 기술) 및 중소기업 참여(핵심시스템 구성 기자재(모듈) 개발)을 통해 고용 창출 등 국가 경제 활성화에 기여
○ 핵심시스템 미래선도 가치사슬 창조
  - 핵심시스템 산업 가치사슬 경쟁력 강화
  - 핵심시스템 중견기업 육성은 구성 기자재 모듈 및 요소 부품 생산 업체 등 가치사슬 전체의 경쟁력 강화를 견인
  - 중견기업 중심의 산학연 컨소시엄의 지원을 통해 활용 가능한 핵심 기술 및 엔지니어링 기술 개발, 축적 및 기술 파급 효과 극대화
○ 미래 성장동력 발굴을 통한 시장 점유율 확대 추진
  - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 원천기술 개발
  - 주기적인 시장 변화에 따라 시장 요구에 부합한 기술개발 방향 및 전략품목을 업데이트하고 상시 과제 개발 지원 체제 운영
○ 산소 활용도 증가 추세(순산소연소, IGCC 고순도 산소 필요)에 따른 산업용 가스 산업 활성화 예상
○ 사업의 경제성 확보를 위해 시장 진입이 수월한 공기분리 시장 우선 진출
○ 국내 중소/중견기업 위주의 기자재 개발 및 공기분리 플랜트 회사의 참여를 통한 상생 발전 도모
○ 국내 우주개발 계획에 따른 신규 액화수소/및 산소 공급 인프라 구축에 활용

○ 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 인프라 구축에 활용

6.3 참여 부처별 역할 및 모델

○ 참여부처 및 역할
- 플랜트 연구개발 특성에 맞는 개발 모델 설정 (국토교통부/산업통상자원부 위주)

참여 부처	국토교통부	산업통상자원부
참여 역할	플랜트 설계 및 건설 기술 개발	플랜트 핵심기기 기술 개발

- 국토교통부
  - 플랜트 설계 및 건설 기술 개발
  - 공기분리 및 수소액화 통합 공정 설계
  - 극저온 플랜트 시공/운전 기술
- 산업통상자원부
  - 원심압축기 및 터보 팽창기, 극저온 열교환기, 분별증류탑 등의 플랜트 핵심 기자재 기술
  - 플랜트 핵심기기 성능평가 및 인증
- 기타 다부처 참여 가능 범위
  - 미래창조과학부 : 플랜트 사이클 모사 및 시뮬레이션 기술 개발
  - 환경부 : 가스 전처리 및 환경 유해 평가 기술 개발
  - 국민안전처 : 가스 안전 및 위험관리 기술 개발

○ 추진전략
- LNG 사업단의 극저온 가스플랜트 성과 및 산업부 플랜트핵심기자재 개발 성과의 연계 및 직접적 활용
- 플랜트 실증을 통한 플랜트 핵심 기자재(전체 플랜트 비용의 60% 이상) 국산화 및 성능평가 인증체계 구축
- 단계별 산업부/국토부 협력관계 유지



<추진전략 모델>

제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

○ 세계 최초 ASU/수소액화 통합 플랜트 기술 개발
○ 가스 액화, 분리, 대용량 저장 및 수송 시스템의 공통기술 확보
  - 미래의 수소사회를 지원하기 위해서는 300 tons/day 급의 수소액화플랜트 설계 원천기술 확보
  - 압축기, 열교환기, 팽창기 등 수소, 헬륨, 네온 등 가스액화플랜트 핵심 기자재 원천 설계 기술 확보
○ 압축기, 열교환기, 팽창기 등 수소, 헬륨, 네온 등 가스액화플랜트 핵심 기자재 원천 설계 기술 확보
  - 대형 가스플랜트급 압축기, 열교환기, 팽창기의 원천설계기술 확보
  - 대형 압축기, 열교환기, 팽창기 등 시험 및 인증 인프라 구축
  - 대용량 극저온 콜드박스 등 극저온기기 기술개발을 통한 초전도 전력기기, 우주/항공, 반도체 등 관련 분야의 기반기술 확보 및 기술 파급 효과
○ Test-Bed 실증 및 운전을 통한 대형가스액화플랜트 제어 및 안전/신뢰성 기술 확보
○ 액화산소, 액화수소 등 미래 우주개발 인프라 확보

7.2 사회·경제적 효과

○ 산업용 가스 제조 설비의 핵심인 극저온 냉각 및 분별증류 시스템 개발을 통해 2020년 기준 세계 330억달러, 국내 14억달러 규모로 예상되는 가스 액화 관련 극저온 냉각 시스템 시장의 수입대체 효과 및 세계시장 진입 기대
○ 플랜트 핵심 기자재 국산화를 통한 플랜트 산업 고부가가치화
○ 산업가스용 극저온 냉각 시스템의 국산화를 통해 가스액화 및 분리 장치의 국산화율을 향상시키며, 이는 산업용 가스 액화 시장의 표준화 경쟁에서 국내 업체의 경쟁력을 제고
○ 전자, 철강, 의료분야, 화학공정, 연료전지, 수소/천연가스 자동차 및 IGCC 등의 에너지 분야로 기술 영역 확대
○ 수소액화플랜트의 액화효율 향상을 통한 경제성 제고
○ 청정가스에너지 사용으로 환경개선에 기여
○ 국가에너지 자급율 향상에 기여

7.3 정책적 기대효과

○ 원천기술 확보를 통한 공기분리 및 수소액화 플랜트 산업 경쟁력 강화 및 미래 시장 선점
  - 원천(라이센스) 기술 확보로 공기분리 및 수소액화 플랜트 산업의 선진화
  - 세계 최초로 공기분리 및 수소액화플랜트의 통합 기술로 가스 극저온 플랜트 시장 선점 및 향후 플랜트 해외 수출 향상에 기여 ➡ 관련 산업의 국가 新 성장동력화
  - 국가 신성장동력에 부응한 산업 육성을 통한 신흥 시장 구축 및 환경 문제 해소

○ 플랜트 핵심시스템 기술 개발을 통한 플랜트 산업 경쟁력 제고 및 핵심시스템 분야 글로벌 기업 육성
  - IGCC, GTL, 순산소연소 및 산소부화연소 등의 대규모 산소를 소비하는 신규 기술 개발은 국가 에너지 자원 안보와 직결
  - 공기분리 및 수소액화 플랜트의 핵심요소기술은 LNG, 헬륨 등 가스액화플랜트의 공통 핵심 기술로, 액화플랜트 핵심기술의 확보로 대형 에너지플랜트 시장에서의 국가 경쟁력 제고
  - 공기 분리 및 수소액화 플랜트용 압축기, 팽창기 및 열교환기 등의 핵심기자재 개발은 한·미, 한·일, 한·EU FTA 등 시장개방에 대비한 국내 산업 보호 전략이 될 수 있으

며 동시에 관세철폐를 기회요인으로 활용 시 수출전략산업화 가능
- 플랜트 산업에서 원가비중이 가장 높은 기자재 공급 분야의 국산화율 제고를 통하여 플랜트산업의 고부가가치화 및 수출동력화에 기여하고, 기자재 개발과 생산을 위한 중소기업 육성과 고용창출 효과
- 플랜트 산업과 관련된 자본재 산업 전반에 걸친 성장 촉진 및 일자리 창출

○ 공기 분리 및 수소액화 플랜트를 통한 광역 수소에너지 네트워크 구축
- 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 구축
- 풍력, 태양광 등 신재생 에너지에 의한 질소, 산소, 수소 생산/액화를 통해 그린에너지의 고밀도 에너지로의 전환, 경제성 제고
- 연료전지, 수소자동차용 수소스테이션의 보급 확대를 위한 인프라 구축

[참고문헌]

1. The Freedonia Group Inc., “World Industrial Gases”, 2010.
2. D.R.Vinson, “Air separation and liquefaction : recent developments and prospects for the beginning of the new milennium”, Int.J. of Refrigeration, Vol. 25, 2002.
3. 문흥만, 박두선, 손무룡, “공기분리기술과 전망”, 화학공업과 기술, 제 15권, 제 3호, 1997.
4. 문흥만, 용평순, 민승환, “가스의 저온분리 기술”, 초전도와 저온공학, 제 7권, 제 1호, 2006.
5. Ohira, K., "A Summary of Liquid Hydrogen and Cryogenic Technologies in JAPAN's WE-NET Project", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 49, pp. 27-34, 2004.
6. Gretz, J., Drolet, B., Kluyskens, D., Sandmann, F., Ullmann, O., "Status of the hydro-hydrogen pilot project (EQHHPP)", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 19, No. 2, pp. 169-174, 1994.
7. T. Nakayama, K. Otomo, T. Yagai, M. Tsuda and T. Hamajima, "Survey of Hybrid Energy Transportation System Combined with Liquid Hydrogen Pipeline and Superconducting Cable", TEION KOGAKU, Vol. 43, No. 10, pp. 417-422, 2008
8. United States Government Accountability Office, "HYDROGEN FUEL INITIATIVE", GAO-08-305, 2008
9. J. M. Ogden, "Hydrogen Delivery Model for H2A Analysis: A Spreadsheet Model for Hydrogen Delivery Scenarios", DOE Report, Contract number SCM-2-32067-01, 2004
10. K. D. Timmerhaus and R. P. Reed, "Cryogenic Engineering : Fifty Years of Progress", Springer, 2007
11. R. F. Barron, "Cryogenic Systems", Oxford University Press, NewYork, 1985
12. B. A. Hands, "The First Hydrogen Liquefier in th USA", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 49, pp. 3-8, 2004
13. J. Evans, "The Economics of Small to Medium Liquid Hydrogen Facility", CryoGas International, May 2003, pp. 28-33, 2003
14. K. Ohira, "A Summary of Liquid Hydrogen and Cryogenic Technologies in JAPAN's WE-NET Project", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 49, pp. 27-34, 2004
15. J. Gretz, B. Drolet, D. Kluyskens, F. Sandmann, O. Ullmann, "Status of the hydro-hydrogen pilot projetc(EQHHPP)", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 19, No. 2, pp. 169-174, 1994
16. M. T. Syed, S. A. Sherif, T. N. Veriroglu and J. W. Sheffield, "Second law analysis of hydrogen liquefiers operating on the modified Collins cycle", International Journal of Energy Research, Vol. 25, pp. 961-978, 2001
17. V. V. Belyakov, B. D. Krakovskii, O. M. Popov, G. Kh. Step and V. N. Udut, "Low-Capacity Hydrogen Liquefier with a Helium Cycle", Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 28 No. 3-4, pp. 150-153, 2002
18. H. Quack, "Conceptual design of a high efficiency large capacity hydrogen liquefier",

Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 47, pp. 255-263, 2002
19. N. Yamashita, "A Study of the Hydrogen Liquefaction Process", TEION KOGAKU, Vol. 38, No. 5, pp. 204-221, 2003
20. G. Assink, B. Jan, G. J. Kramer, "Liquefying Hydrogen", World Intellectual Property Organization, WO 2005/080892 A1, 2005
21. M. Kanoglu, I. Dincer, M. A. Rosen, "Geothermal energy use in hydrogen liquefaction", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 32, pp. 4250-4257, 2007
22. L. Zhang, S. A. Sherif, A. J. Degregoria, C. B. Zimm, T. N. Veziroglu, "Design optimization of a 0.1 ton/day active magnetic regenerativce hydrogen liquefier", Cryogenics, Vol. 40, pp. 269-278, 2000
23. United States Government Accountability Office, "Hydrogen fuel initiative", GAO-08-305, 2008.
24. Ogden, J. M., "Hydrogen Delivery Model for H2A Analysis: A Spreadsheet Model for Hydrogen Delivery Scenarios", DOE Report, Contract number SCM-2-32067-01, 2004.
25. H. Quack, "Conceptual design of a high efficiency large capacity hydrogen liquefier", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 47, pp. 255-263, 2002.
26. E. Shoko et al, "Hydrogen from coal: Production and utilisation technologies", International Journal of Coal Geology, 2009.
27. 산업연구원 보고서, 2010년 플랜트 수주 300억불 달성을 위한 플랜트수출산업 중장기 발전방안 연구(2004)
28. 산업연구원 보고서, 고유가시대의 대중동 산업협력전략 - FTA와 플랜트 수출을 중심으로 - (2006)
29. 건설교통부, 세계 플랜트·엔지니어링 시장동향과 선진기업의 기술개발 실태 및 수주전략(2006)
30. 건설기술 2007년 가을호(Vol. 44), 한국 플랜트 건설산업의 현재와 미래
31. 한국설비기술협회, 우리나라 플랜트 기자재 생산기술 및 경쟁력 분석(2007)
32. 한국건설산업연구원 건설산업 동향, 세계플랜트 건설시장 전망과 시사점(2004)
33. 산업연구원 산업경제분석, 중동 플랜트 시장 동향과 우리의 대응(2006)
34. 한국건설산업연구원 건설산업 동향, 해외플랜트 시장에서 국내 업체의 경쟁력 제고방안(2007)
35. G5 대한민국 플랜트 강국 보고서, KOPIA, ADL, mbn, 라이트북닷컴, 2007
36. 지식경제부, “저탄소 녹색성장의 열쇠, 그린에너지산업 발전전략”, 2008년 9월 지식경제부 보도자료, 2008.
37. 산업자원부, “수소액화 및 저장시스템 개발에 관한 최종보고서”, 1996 N-HY02-P-01, 1999
38. 산업자원부, “천연가스로부터 대량 수소제조 및 수소저장 기술개발”, 2001-N-HY02-P-01, 2006
39. “Industrial Gas Market”, Transparency Market Research, 2013
40. Global Air Separation Plant Industy Report, QYResearch Machinery and Equipment Research Center, 2015
41. http://www.hypersolar.com/market.php

A3-4. 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·장치 개발 사전기획보고서

요 약 문

사업명	극한지 건설 플랜트 및 핵심 장치 개발	정의/개념	미래 자원개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 극한지 플랜트· ·장치 기술
비전	극한지 건설 플랜트 시장 진출을 위한 교두보 확보	사업의 타당성	극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 큼

시장 현황/전망

▪ 국내시장은 제한적임 (가스 인수 및 공급, 유류 송유망 등)

▪ 북미/동유럽/아시아 동토지역 국제 이송망(스테이션 포함) 477 조 규모 (2013, Pipeline & Gas Journal)

▪ 캐나다 동토지역 오일샌드 중상류 시장은 2010년 기준 240억불 규모

▪ 전세계 미발견 유가스 부존량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(USGS 2012)

▪극한지 오일&가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표되며 관련국의 투자개발이 증가하고 있음

기술 동향

▪ 극한지에 전처리공정, 이송 스테이션 건설용 모듈공법, 신뢰성 설계, 소재, 응축, 안전 등에 관한 기술개발 증가

▪극한지용 설비들은 주로 ASME(B31.3)/API/CSA(Z662-03) 표준 등과 규제당국의 기술기준을 따름

▪지적재산권은 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 증가 추세에 있으며, 일본, 중국, 한국 등도 관심이 증가하고 있음

▪표준관련은 해외 전문 코드나 ISO를 따르나 자국의 여건에 맞는 기준이나 표준, 시험인증제도를 강화하고 있음

로드맵



사업추진 전략

▪ (연구 효율성 제고를 위한 선별적, 단계적 개발 추진) 중점분야와 세부기술의 특성을 고려하여 선별적인 연구개발을 추진

▪ (시스템 엔지니어링 관점에서 연구개발 단계화 추진방안을 마련) 기술개발 요구조건과 개발단계를 설정하고 이를 모니터링과 동시에 개발된 기술을 파일럿이나 테스트베드(test-bed)로 통합과 효율적 운영을 정착

- 1단계 : 기반/핵심요소기술 확보(3년)
- 2단계 : 중점기술 성능 검증(2년)
- 3단계 : 개발시스템 실증 확보(2년)

비지니스 모델

▪ 주요 시장 :
- 극한지 오일· 가스 개발 upstream/midstream 시장
- 캐나다 등 북미, 러시아 시베리아 지역, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등

▪ 가치사슬
- 공정설비 엔지니어링
- 핵심모듈 및 장치류 등 공급체인
- 극한지 하부구조 및 기초, 모듈화, 급속 자동화시공
- SCADA 등 모니터링 및 유지보수 등

▪ 시장진입전략
- 극한지 시장 니즈(blue ocean, niche market)를 고려한 독자기술과 실증실적(핵심성공요인) 확보

참여부처별 역할/모델	▪ **국토교통부** - 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술 ▪ **산업통상자원부** - 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링, 피깅 설비 등) 제작기술 ▪ **미래창조과학부** - 극한지 가상 원격 시공 및 현장 통합운용기술
소요기간/ 인력/ 예산	▪ **소요기간 : 7년** ▪ **소요인력 : 180 m/yr** ▪ **소요예산 : 1,200억원(민간 400억원)**
기대효과	▪극한지 현장 중심의 플랜트 설계, 시공기술 실증을 통한 국외 신시장 창출 필요 ▪극한지 시장진입을 위한 실증형 독자기술(교두보) 확보, 해외수주지원 정책목표 실현 등

제1장 사업의 필요성

○ 극한지에 속한 국가는 러시아(시베리아), 미국(알래스카), 캐나다, 노르웨이, 덴마크이고, 이들 국가는 북극해 연안 5개국이라 함. 북극해는 세계 석유 생산량의 약 10 %와 세계 가스 생산량의 25 %의 자원을 보유한 지역임.(OGP, Environmental management in Arctic oil and gas operations: Good practice guide, 2013)
- 2012년 5억 배럴 이상의 Oil & Gas가 부존한 지역은 러시아 43개, 캐나다 11개, 알래스카 6개, 노르웨이 1개로 조사됨

○ 영구동토를 포함하는 극한지에서 오일 및 가스의 이송방법은 다소 제한적이며, 아래 그림에 나타낸 바와 같이 지리적 여건에 따라 3,000 km 전후 이송거리를 고려하면 파이프라인, 이송 스테이션, 처리공정 등의 건설수요가 점증할 것으로 전망됨
- 파이프라인 프로젝트의 비용은 지형이나 지질과 같은 영향인자 보다는 주로 파이프 지름과 길이에 영향을 받으며, 파이프라인의 경제성은 이송체적, 공급-수요 거리, 작동 압력, 예상 수명 및 다양한 위험요소들에 의해 제한을 받음(육지보다는 해상에서 더욱 제한을 받음)

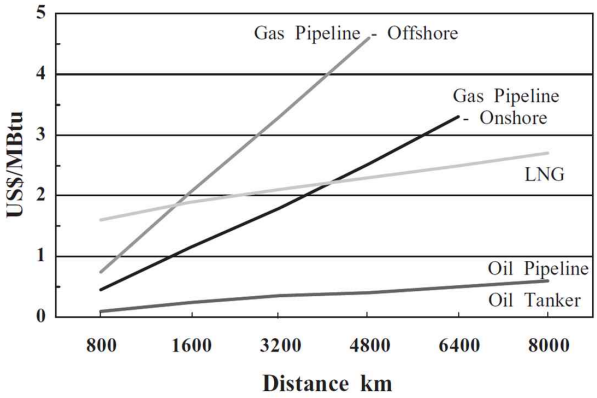


그림 1. 오일 및 가스의 이송 비용(출처: Concepts for increased natural gas supply - a pipeline perspective, 16th World Petroleum Congress, 2000)

○ 오일가스 공급의 새 전초기지이자 글로벌 경제허브로 떠오른 동토, 북극권 개발에 세계 각국은 경쟁적으로 참여하여 북극연구 및 극한지 개발에 집중적인 투자 실시
- 정부는 러시아와의 전략적 협력관계를 구축하고 시베리아 북방동토의 에너지 도입을 위해 노력하고 있음
- 극한지 개발 프로젝트 계획 및 설계기술을 기반으로 중규모 프로젝트 참여가 가능하며, 국내 핵심장치·기자재 품질 강점을 활용한 조달·공급체인의 확장 필요

○ 우리나라는 북극 개발을 주도하는 국제기구인 북극이사회의 정식 옵서버 자격 획득으로 본격적인 북극연구 방향 설정 및 추진 필요
- 정부는 에너지 개발, 플랜트, 해상운송, 조선·수산업 등 파급 효과가 높은 산업을 중심으로 국내 기업의 북극 개발 참여 기회를 높이려 노력 중
- 대부분의 북극권은 특정국가 소유(러시아, 캐나다, 미국, 노르웨이, 덴마크 등)이므로 극저온, 동토환경 및 얼음환경 등을 극복할 수 있는 원천기술을 확보해야만 북극권 오일·가스 개발을 주도(적극 참여)할 수 있음

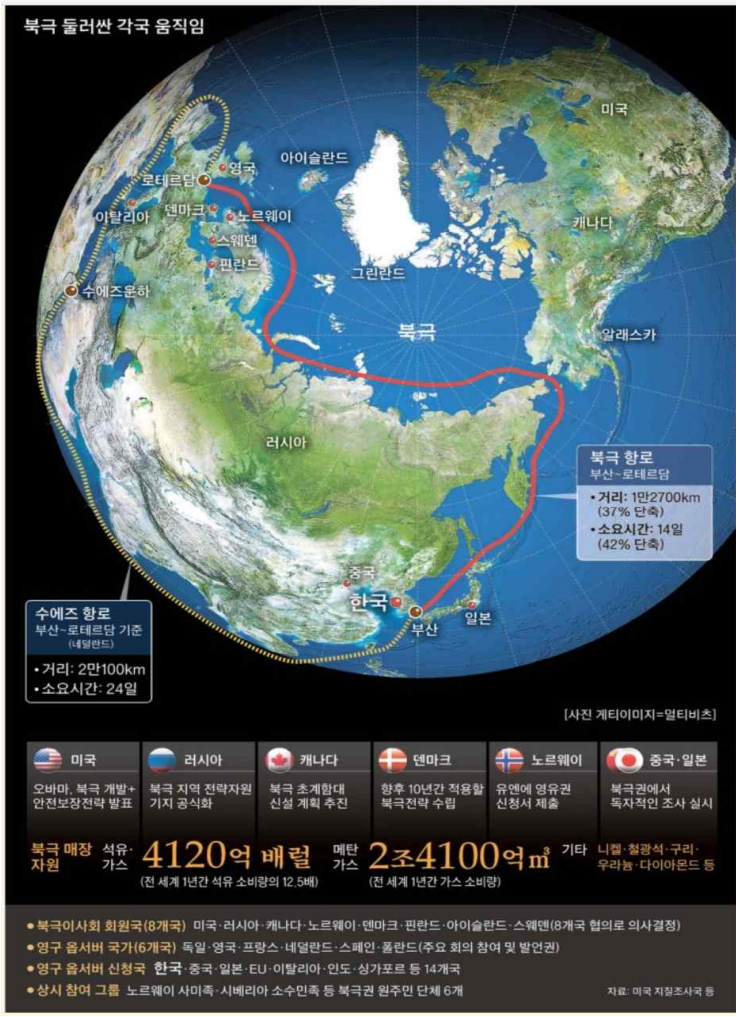


그림 2. 극한지(북극)을 둘러싼 각국 움직임

○ 극한지 오일·가스 개발 가속화에 따라 플랜트 건설수요 및 기술투자 증가에 대비한 진출전략 마련 필요

- 전세계 미발견 석유의 43 %, 가스의 58%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(United States Geological Survey 2012)
- 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 부가가치 등 고려한 시장 확대

○ 극한지에서 석유와 가스 개발 시 개발승인, 석유와 가스 수요 전망, 경제성, 규제 및 제도, 기술 개발 수준, 라이센스 기술의 확보, 작업자나 관련 기관의 안전, 지진과 폭풍과 같은 자연재해, 짧은 운영 기간 등 많은 어려움이 예상됨 (출처 : OGP, Environmental management in Arctic oil and gas operations: Good practice guide, 2013)

○ 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 크며, 미개척 시장 진출을 위한 교두보 확보가 필요한 시점임

- 극한지에서 플랜트 건설 경쟁력 확보의 핵심 키워드로 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요함
- 이의 해결을 위해서는 신뢰성 기반의 시공계획 및 플랜트 설계, 시공자동화, 모듈화 설계 및 시공법, 맞춤형 건설 플랜트·핵심장치 등에 관한 기술혁신이 시급

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 기술의 개념

○ 극한지 Up/Mid-stream 오일·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 기술은 오일가스전으로부터 오일가스를 수집, 처리공정을 포함하고 있으며, 대상지까지 오일 및 가스의 장거리 수송을 원활하게 수행하기 위하여 파이프라인의 중간에 설치하는 승압기지로 정의됨

- 이송 스테이션은 원유/가스를 가압, 이송하기 위한 시설로서, 이송 배관 및 밸브 시스템, 펌프 또는 압축기 유닛(모터/가스터빈), 스크러버/필터, 냉각시스템, 윤활유 공급 시스템, 연료 가스 시스템, 비상정지 시스템 및 자동화된 유량제어 시스템, 피깅 시스템 등으로 구성됨(최근에는 SCADA 시스템을 이용하여 원격으로 통합관리를 하고 있음)
- 이송 스테이션을 구성하고 있는 장치·기자재에 대한 설계·제작기술을 개발하고 스테이션의 이송 성능, 안전성 및 가용도(availability)를 향상시키기 위한 레이아웃 최적화 기술을 포함

※ 극한지 : 영구동토, 극지 등 기온이 낮아 작업환경이 열악한 지역으로 미개척 오일·가스 잠재량이 큼

※ 이송 스테이션 : 오일·가스 스테이션 및 처리공정·저장설비 등을 포함한 지상 플랜트

○ (개발 대상) 영구동토와 극지를 포함하는 영구동토에서 오일·가스 개발을 위한 상류부문에서 수집, 분배, 전처리공정을 포함하고 중류부문에서 처리공정과 저장, 스테이션을 포함하고 지반 안정화 및 구조물 급속 시공법과 장비를 포함함

- (계획·설계) 극한지 오일·가스 이송 스테이션 건설플랜트 계획, 설계(FEED 등)
- (공정·설비) 극한 조건하의 처리공정유닛, 부스팅 스테이션 등 장치·기자재 등
- (건설공법) 극한지 플랜트 건설을 위한 지반 안정화·급속 건설공법 등

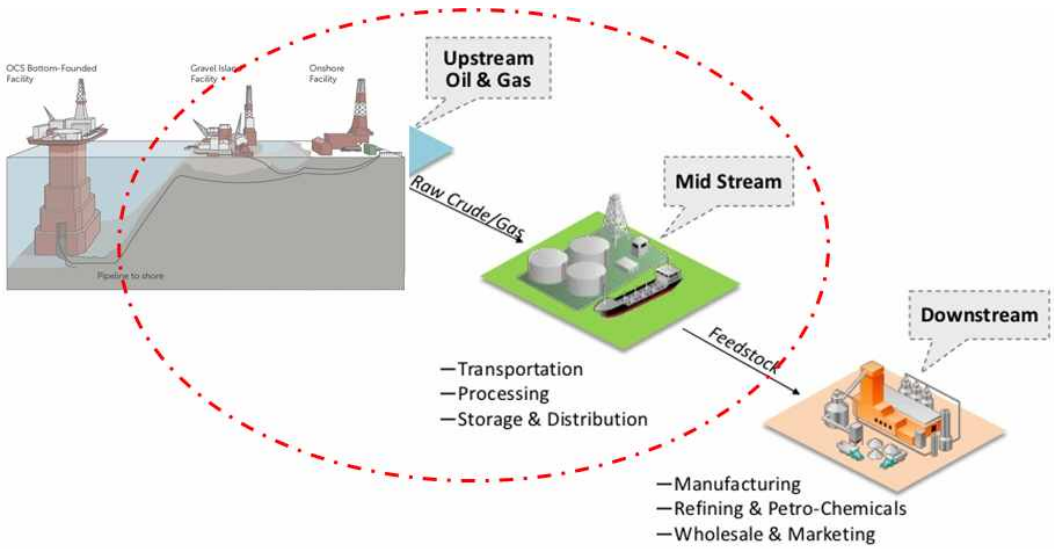


그림 3. 극한지 이송 스테이션 건설 플랜트 기술 기획 대상 및 범위

2.2 국내외 기술 동향

요 약
□ 국내에서는 극한지 관련 가치사슬(시장, 기술 등)이 미미한 여건으로 일부 강관 수출시장, 계절 동토 지반기초 및 건설기계 작동성 등에 관한 기술개발이 진행됨 □ 국내 지재권 관련사항은 지반기초관련 실적이 일부 있으나 극한지 플랜트 설비관련 사항은 극히 미미한 것으로 조사되고 표준관련 사항은 해외 코드나 ISO를 원용하는 수준이고 플랜트 유관 560 여개 중에서 약 60여건 정도 국내 시험인증이 가능한 실정임 □ 극한지에 적용되는 엔지니어링, 건설, 조달제품 등은 일부 독점기업이나 카르텔에 의하여 시장진입이 어려운 여건임 □ 극한지 시장은 현재 계절동토 지역을 개발하고 있으며, 점진적으로 영구동토와 극지로 확장될 갈 것으로 예측됨(일부 영구 동토 및 극지 및 극지 연근해 개발사례가 증가하고 있음) □ 지적재산권은 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 증가 추세에 있으며, 일본, 중국, 한국 등도 관심이 증가하고 있음. 표준관련은 해외 전문 코드나 ISO를 따르나 자국의 여건에 맞는 기준이나 표준, 시험인증제도를 강화하고 있음 □ 선행실적이나 개발현장을 보유하고 있는 국가, 기관과 교류협력이 시급하며, 극한지 이송 스테이션 건설 플랜트 분야의 R&D 기반 확충을 통하여 성장동력으로 발전을 지원 필요 □ 극한지 여건을 고려한 기술개발과 이의 실증, 시험인증에 관한 전주기 역량을 확보하여 건설 및 엔지니어링사와 조달체인에 해당하는 중견·소기업의 동반진출 모델을 확립 필요

2.2.1 국내 기술 현황

○ 국내에서 극한지 플랜트 기술은 국내에 관련 가치사슬이나 현장이 형성되지 못한 여건으로 주로 해외 지역을 대상으로 지반분야, 건설장비의 작동성 등에 관한 연구개발이 진행됨

○ 영구 동토층과 계절 동토층의 경계지역에서 주로 사용이 가능한 한국형 온도제어형 말뚝 기초구조물 설계기술 관련 연구를 수행한 바 있음(한국건설기술연구원, 2014)

- 새로 개발된 말뚝 기초구조물 기술은 냉매재를 이용한 강관말뚝 시술로 섭씨 0℃ 이하인 극지방 현장에 적용할 수 있는 고난도 기술로 영구동토 지역에 적용하기 위한 추가 연구 및 실용화를 위한 검토가 필요

○ 현재 국토과학기술진흥원 연구단 과제인 “극한지 자원이송망 기반구조물 설계 및 평가기술 개발, 오일샌드 플랜트 모듈화 설계, 제작, 시공기술”과제를 수행 중임

- 동토지역 자원 이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발(-20℃ 이하, 2,000km 자원이송망 설계 시공기술 확보, 2013-1018)를 목적으로 함
- 오일샌드 모듈화 플랜트 기술 개발(4×5 m 단면, 집적율 20% 확보, 2015-2019)을 목적으로 함

○ 경상북도, 포항시 등에서 포스코, 연관 중견기업 지원을 위하여 에너지 강관 소재, 응용제품 등에 관한 지역사업을 신청예정(2015)

○ 플랜트기자재는 성능/신뢰성 입증이 시장경쟁력 확보의 필수 요소이며 성능/신뢰성이 입증되더라도 성능 및 품질에 대한 국제표준에 의한 인증이 없으면 시장진출이 어려움

- 국내 EPC社가 국산 기자재를 사용하지 않는 이유로 ‘국제적인 품질·인증 미확

보’(63.1%)를 가장 많이 지적 (‘08.11, 한국기계연구원 조사)

○ 국가기술표준원을 중심으로 기자재 인증시스템을 구축하고 대한기계학회가 자문역할 수행 및 ASME, API 등 국제 표준 대응을 위한 기계학회 내에 플랜트부문 신설

○ 국내 주요 플랜트기자재 업체 532개사 대상 국제표준 인증획득 현황 조사 결과 총 65종에 대한 인증을 획득하였으며, 532개사 65종의 인증 중 1위는 356개사(67%)가 보유한 미국기계학회(ASME) 인증

- 65종의 인증을 범주화 하면 ASME, API, CE 등의 단체·지역표준과 인증수요가 큰 경우로 구분할 수 있고 이는 11개 군으로 분류가 가능

(출처 : KATS 기술보고서, 플랜트기자재분야 산업 및 표준·인증 현황(2014))

○ 대용량, 극한환경분야 고가 기자재분야 대응을 위하여 초저온펌프분야 인증을 위한 LNG 극저온 성능평가센터(기계연), 열교환기 인증을 위한 차세대열교환기센터(부산테크노파크), 해양플랜트 화재폭발시험연구소(부산대), 조선해양기자재연구원 등의 시험·인증기관 운영중

2.2.2 국외 기술 현황

○ 가스 이송 스테이션 및 공급망에 대한 최적화는 비용, 투자 규모면에서 절감효과가 매우 크며, 특히 sour gas를 포함한 공급망에 대해서는 환경영향을 고려할 때 더욱 필수적임. 가스 스테이션 내부에서는 다양한 압축기 조합을 통해서 요구되는 압축비와 유량을 공급하고 있음(직렬/병렬/조합)

- 가스 이송망의 최적화와 관련된 많은 연구들이 수행되었으며, 특히 연료 최소화를 목표로 다양한 모델과 기법 도입
- 엑서지(exergy) 분석을 통한 가스 스테이션에서의 최적 압축기 조합방식에 대하여 연구함

(출처: Exergetic approach to investigate the arrangement of compressors of a pipeline boosting station, Energy Technology, 2014)

○ 미국 FERC(Federal Energy Regulatory Commission) 및 USDOT(미국, Department of Transportation)에서는 주정부간 파이프라인 압축기 스테이션에 대한 합법적인 장소와 안전 요구사항을 수립하였음. 또한 EPA(Environmental Protection Agency)에서는 압축기 스테이션에서의 배기가스 및 소음방출을 엄격하게 규제하고 있음

- 압축기를 구동시키는 터빈의 경우 NOx 배출량을 25 ppm까지 규제하고 있음. 미국 오하이오 주에서는 15 ppm까지 규제하고 있음
- FERC는 가스 스테이션 압축기에 대하여 55 dB(A) 이하의 소음을 규제하고 있으며, 스테이션 시공전후에 이를 검증하고 있음

○ 가스 스테이션은 압축기 유닛, 스크러버/필터, 냉각시스템, 비상정지시스템 및 자동화된 유량제어 시스템으로 구성되며, 최근에는 SCADA 시스템을 이용하여 원격으로 통합관리를 하고 있음

- 보통 50-100 mile 마다 가스 스테이션이 설치되어 있으며, 가스는 최고 7 MPa의 압력으로 이송되며, 시간당 약 40 km 이동함
- 한 개 이상의 압축기 유닛으로 구성되어 효율을 최적화하고, 스테이션 장비의 수명을 연장할 수 있음
- 대부분의 압축기 스테이션은 스테이션을 흘러가는 천연가스를 연료로 사용하고 있지만 일부 지역/국가에서는 환경 및 안전을 이유로 전기를 사용하고 있음
- 압축기 스테이션의 3/4은 소형(20,000 마력 이하)이며, 대부분 10억 ft3/day의 용량으로 운전되고 있음

○ 부스터(booster) 스테이션은 파이프라인의 압력손실, 고도차이를 보상하고 일정한 흐름을 보장하기 위해서 이송 파이프라인 일정 장소에 설치됨. 파이프라인 펌프는 압력을 높여주고 수집(gathering) 및 메인 라인 이송 시스템에서 액체를 이송하기 위해서 사용되며, 원심형, 왕복동형, 용적식 펌프가 일반적으로 사용됨

- 보통 25-100 km 마다 부스터 스테이션이 설치되어 있으며, 파이프라인 형태 및 유체의 점도에 영향을 받음. 이송유체는 시간당 약 4-8 km 이동함

- 압축기 개발은 효율이나 안전성 보다는 온실가스 및 주변 환경오염을 최소화 할 수 있는 방향으로 진행되고 있음
- 대형 이송라인에 위치한 부스터 스테이션에서는 보통 1개 또는 그 이상의 고용량 단단(또는 다단) 원심형 펌프가 설치되며, 가스터빈, 디젤엔진, 또는 전기모터를 사용하여 약 30MW 까지 구동될 수 있음
- 이송유체가 점성이 낮은 경우(물, 가솔린, 디젤유, 경질원유 등)에는 원심형 펌프가 경제적이고 신뢰성 및 효율이 높지만, 점성이 증가할수록 마찰손실에 의해 펌핑효율이 급격히 감소하게 되므로 중질원유, 벙커유, 아스팔트 등을 이송하는 경우에는 보통 용적식 펌프를 사용함

○ 마찰손실(가스유량이 증가할수록 커짐)을 극복하기 위해서 가스 파이프라인 시스템에서는 압축이 요구되며, 공급 및 수요처 사이의 파이프라인에서는 가스의 팽창, 마찰손실, 고도차이, 온도차이에 의해 압력강하가 발생됨. 설계점을 초과하는 유량증가가 발생되는 경우 요구되는 압력을 유지하기 위하여 다음과 같은 3가지 방법이 사용되고 있음
- 파이프라인 추가(사용중인 파이프라인과 평행한 파이프 설치) : 유량감소, 속도저하, 마찰에 의한 압력손실 감소
- 요구 압력을 유지하기에 충분한 압력을 발생시키기 위한 압축기 스테이션(compressor station)의 추가
- 파이프라인 추가 및 압축기 스테이션 추가 방식의 결합

○ Santos 등은 볼리비아-브라질 국경의 가스 파이프라인 프로젝트(Gasbol)의 압축기 스테이션에 대한 가용도 해석을 몬테칼로(Monte Carlo) 모사방법과 계획 및 미계획 유지보수 방법을 이용하여 해석하였음(압축기 유닛에 대한 비가용도는 이항분표를 이용하여 계산)
- 가용도 해석을 통해 이송 시스템에 대한 가용도를 정량화 하였으며, 계약 물량을 이송할 수 있는 설치에 필요한 예비 압축기의 필요 수량을 계산하였음

○ Ning and Bin(2008)은 그루브(GROOVE)가 있는 콘크리트 파일을 새롭게 개발하여 동토지역에 활용하고자 노력함
- 기존 말뚝과 비교하여 주변 토양이 냉각되는 시간이 40%이상 저감
- 극한 지지력이 16% 증가, 비교적 따뜻한 극한지방에서는 Pre-cast의 경우 지지력이 21% 이상 증가, 동착력 80% 감소 효과 확인
- 시공에 있어 약간의 불편함은 있지만 복잡한 기술을 요구지 않음. 또한, 가격이 비싸지 않고, 특히 추운 지역에서 경제적인 효과가 있음

○ 프랑스 Schneider Electric사는 전기모터로 구동되는 원심형 펌프를 이용한 유체이송 관련 펌프 스테이션의 전력공급, 제어 및 자동화 장비에 강점을 보이고 있음. 천연가스 연료를 이용한 터빈구동 천연가스 이송라인용 장비는 OEM을 통해 시장에 공급하고 있음
- 모든 관련 기자재들은 CE, IEC 및 NEMA 표준에 따라 제작되며, 일부 장비들은 TUV SIL 1 및 SIL 2 인증을 취득하고 있음
- 파이프라인은 SCADA 시스템(위성, 인트라넷, 통신선 등을 활용)을 이용하여 실시간으로 모니터링하고 있으며, 사용자가 컨트롤 센터 한 곳에서 파이프라인 전체에 대한 제어 수행이 가능함
- SCADA 시스템은 센서 및 장비, PLC/RTU, MTU, 컨트롤 센터로 구성됨. RTU 및 PLC를 통해 필드 정보(밸브상태, 전력공급, 온도, 압력 등)를 수집하고, RTU는 사용자에게 목표값과 실제 유량 및 압력을 비교할 수 있게 결과값을 제시함

○ 미국 Flowserve사는 오일, 정제유, CO_2, 물 및 슬러리 이송용 파이프라인에 필수적인 펌프를 생산, 공급하고 있으며, 단단 및 다단형 축류, 원심형 펌프를 오일 파이프라인 및 해양 플랫폼에 적용하고 있음
- ISO 21049/API 682 표준(축 실링)을 적용한 최대 유량 9,500 m3/h, 수두 6,000 m급의 펌프를 생산, 해양 파이프라인에 적용하고 있음
- IPS(intelligent process solutions) 시스템을 통해 플랜트 가동시간을 늘리고 장비에 대한 LCC 비용을 낮출 수 있도록 소비자가 주도적인 입장에서 플랜트 자산을 관리할 수 있도록 소비자에게 제공함

○ Alyeska Pipeline Service사는 BP가 46.9%, ConocoPhillips가 28.3%, ExxonMobil이 20.3%의 지분을 각각 보유한 컨소시엄 형태의 다국적 회사로서 TAPS(Trans-Alaska Pipeline

System)를 운영하고 있음
  - 1974년에 공사를 시작하여 1977년에 완공되었으며, 오일 이송용 파이프라인의 직경은 48인치(두께는 0.462~0.562인치), 총 길이는 1,288 km, 대기온도 -62~35℃ 범위에서 작동되고 있음. 최대 설치 경사각도는 Thompson Pass 지역에서의 55o이며, 총 178개의 밸브와 수직 파이프 서포트 78,000개로 구성됨
  - 파이프라인 내부 세척을 위해 스마트 피그(pig) 시스템은 3년에 1번씩 운영되며 Scraper 피그는 7~14일에 1번씩 작동됨. 파이프는 직경 48 인치, 길이 40 및 60 피트용 파이프 100,000개 이상을 일본에서 제작함
  - 파이프 내부 벽면의 부식이나 피팅 등을 탐지하기 위해 피그를 이용하며, 부식 데이터를 수집하여 기록함. 수집방식에 따라 마그네틱 및 초음파 방식 2가지가 사용되고 있음
○ 캐나다의 Pembina Pipeline사는 8천 5백만 달러를 투자하여 Vantage 파이프라인 시스템(North Dakota Bakken 지역에서 앨버타 지역으로 이송하는 총 길이 700 km의 고압 파이프라인)을 확장할 계획에 있음
  - 주요 펌프 스테이션에 대한 펌프 추가를 통해 Vantage 주 파이프라인 용량을 40,000 bpd에서 68,000 bpd 규모로 증대시킬 수 있음
○ 플랜트 분야 국제 표준은 AGA,AISC,AISI,ANSI,API,ASME,ASTM,ASTME 등 미국 표준을 위시한 유럽등 약 41개 표준과 표준을 구성하는 세부 기술기준으로 구성되며 그 양이 방대하고 기술무역장벽 효과
○ 산업용 압력 관련 제품을 캐나다로 수출하기 위해서는 ASME35) 및 ASTM36)등의 품질규격이 요구되며, CSA(Canadian Standards Association) 인증 및 CRN37) 등록이 필요
  - 산업용 압력제품 관련 요구되는 CSA 인증은 아래와 같음
    · CSA B51: Boiler·Pressure Vessel·Pressure Piping Code
    · CSA B52: Mechanical Refrigeration Code
    · CSA Z662: Oil and Gas Piping Systems
○ 전통적으로 미국의 배관 표준 및 가이드라인은 표준 개발 기구(SDO), 미국 석유 검정 협회(API), 미국 기계학회(ASME), 국제 NACE와 미국 재료시험협회(ASTM)과 같은 기관들에 의해서 포럼, 워크숍, 회의, 선택적인 프로젝트를 통해 개발 및 수정되며 특히, PHMSA의 정책은 배관 설계, 시공, 유지, 검사 및 보수에 적용 가능할 경우 자발적인 합의 표준을 도입하기 위한 것임
○ 미국연방기준인 49 CFR Parts 192, 193, 195는 API, ASME, ASTM, 미국 가스협회(AGA), 밸브 피팅 표준화 협회, 미국 방화협회(NFPA), 플라스틱 파이프 인스티튜트, 국제 배관 연구 위원회(PRCI)등의 기술 기관이 개발하고 발표한 60개 이상의 표준과 시방서 전부 혹은 일부를 참조로 통합하고 3년에서 5년 마다 개선 및 수정 작업이 이뤄짐
○ 캐나다는 60년이 넘는 기간 동안 도합 60만 km 규모의 배관망 시스템을 개발·구축해온 경험을 바탕으로 설계·시공·운영에 이르는 전 과정에서 국가 배관망 표준인 "Oil and Gas Pipeline Systems CSA Z662"와 함께 API-RP-1111 및 ASTM 표준을 준용
  - 캐나다 에너지정책위원회(NEB)와 미국 배관 위험물질 안전청(PHMSA)의 협력을 통해 배관 인프라의 상호연관성과 지속적인 안전 운영 및 확장을 고려
○ (캐나다) 오일 및 가스 파이프라인 시스템에 대한 CSA 안전관련 표준화 활동
  - CSA(캐나다 표준협회) 표준 Z662(Oil & Gas Pipeline Systems)
    · 오일 및 가스 산업에서의 파이프라인 시스템에 대한 설계, 시공, 작동 및 유지보수에 대한 표준(설계, 소재, 설치, 연결, 압력 시험, 부식 제어, 작동 및 유지보수 등 17개 항목과 15개의 부속서로 구성되어 있음)
    · 육상 및 해양 파이프라인 파이핑, 장비, 탱크 저장소, 펌프 및 가스 스테이션, 압력조절 스테이션 및 측정 스테이션을 취급
    · 250명(공급자 및 조립자, 이송관련업체 및 분배관련업체, 연방정부 관계자 등) 이상으로 구성된 안전 위원회
    · 위원회 하부에 10개의 기술위원회(TSC, Technical Subcommittees)를 운영하고 있음
    · ISO TC67/SC2(해양플랜트 파이프라인 시스템) 활동에 참여
  - 400,000 km의 파이프라인이 캐나다 앨버타 지역에서 작동중이며, AER(Alberta Energy Regulator)에 의해 규제를 받고 있음

  - 앨버타 지역의 파이프라인은 직경이 대부분 6 인치(168 mm)이며, 약 900개의 파이프라인 회사들이 운영하고 있음
  - AER은 운영자들에게 파이프라인과 관련된 사고(파열이나 시험 불합격 등)에 대한 보고서를 요구하고 있음
- 파이프라인 운영자는 CSA Z662 표준을 반드시 따라야 하며, 정부 관리자는 주도적으로 적합성을 판별하기 위한 검사활동을 실시해야 함
  - Z662(Table 5.3)는 또한 강관 및 부속품들이 Z245.12(Steel Flanges), Z245.1(Steel Pipe), Z245.11(Steel Fittings), Z245.15(Steel Valves) 또는 동등 규격들을 따라야 할 것을 요구하고 있음

○ (노르웨이) 육상 파이프라인 검증관련 표준화 활동
- 노르웨이 DNV-DSS-316 표준(Verification of Onshore Pipeline)
  - 육상 파이프라인 시스템에 대한 기준, 안내 및 파이프라인 건전성 검증을 위한 표준
  - 이 표준은 육상 파이프라인에 대한 DNV 인증 프로세스를 포함하지는 않으며, 별도의 지정기관이 정의해야 함
  - 이 표준은 상위 표준인 DNV-OSS-300(위험도 기반 검증)의 영향을 받으며, 설계, 시공 및 운영 중에 육상 파이프라인 시스템에 대한 검증 활동을 규정함

○ IEC/TC 56에서는 1965년 신뢰성(reliability) 표준을 도입하였으며, 1989년 최종적으로 TC 명칭을 신인성(dependability)으로 결정함
- 신인성은 작동 준비상태와 관련된 가용도(availability), 서비스 제공의 연속성(reliability), 예방 및 고장 정비의 편리성(maintainability), 정비 지원 제공 및 정비업무 수행을 위한 조달 제공(supportability)의 특성으로 구성됨
- 신인성은 필요할 때 작동할 수 있는 능력으로 정의되며, 시스템, 생산제품, 공정 또는 서비스와 같은 물리적 자산(asset)에 적용할 수 있음
- 장비나 시스템의 성능에 대한 요구사항은 기능적(functional) 및 비기능적(non-functional) 요소로 구분할 수 있으며, 기능적 요구사항은 시스템의 기본적인 목적이며, 비기능적 요구사항은 안전성, 신인성 및 사용성(usability)과 같은 요구사항들을 수립하기 위한 근본적인 기준으로 정의됨

○ 파이프라인 설계 단계에서 신뢰성 및 유지보수성(maintainability)을 고려하는 것은 매우 중요하며, IEC/TC 56과 같은 국제표준을 비롯한 많은 기술적 방법들이 이용되고 있음
- 신뢰성과 관련하여 현재 산업계에서 가장 많이 이용되는 해석방법들로는 FMEA/FMECA가 80%, 와이블(Weibull) 해석이 60%를 차지하며, 이외에 FRACAS(failure reporting, analysis and corrective action system)가 56%, 일반적 통계 및 6-sigma가 53%, 위험도/안전도 분석이 51%를 차지하고 있음
- 설계단계에서 유지보수성을 고려하는 주요 목적은 예방 및 고장 정비와 같은 유지보수에 소요되는 시간 및 비용을 최소화 하는데 있음
- 이러한 목적 달성을 위해 모듈화(modularization), 부품 표준화 및 상호 호환성, 진단 및 고장 격리, 유지보수성 예측 및 증명 단계로 세분화 하여 진행됨
- 유지보수 측면에서는 RCM(reliability-centered maintenance) 방법이 매우 효과적인 위험도 기반 기법으로 잘 알려져 있음

2.3 국내외 시장 동향

2.3.1 국내 시장 현황

○ 국내 대형 건설사들은 중동 Oil & Gas 플랜트와 남극, 캐나다 등의 건설 경험을 바탕으로 해외 극한지에서 채굴된 가스, 오일 등 에너지자원을 처리, 이송할 수 있는 스테이션 건설을 통하여 미개척 비전통 에너지원을 확보하고 해외 시장 확대를 고려하고 있음

○ 또한 해외 시장 확대를 위하여 영구동토 등 다양한 지역으로 진출을 시도하고 있으나, 동토층 시공법, 기후변화에 따른 장비고장 및 시공관리문제, 기지건설 공법인 모듈러 공법 등 리스크 요인과 극한환경에서의 설계 및 시공경험이 미비로 진출에 애로를 겪고 있음

○ 국내는 대부분 원재료(철강, 파이프, 건축구조 형강) 제작과 남극 장보고 과학기지를 설치가 유일함
○ 국내 업체 중 포스코, 현대제철에서 극한지에서 사용되는 파이프나 건축구조 형강 개발 중이나 그 외에 기술개발과 경험이 전무함
○ 최근 현대건설은 남극에 과학기지를 건설한 경험이 있으며, SK건설과 GS건설은 신사업으로 성장하고 있는 캐나다 오일샌드 플랜트를 수주하면서 해외진출 지역을 넓히고 있음
  - 1988년 대한민국 최초의 남극 연구기지인 '세종과학기지'를 완공하고, 2014년 2월 '장보고 과학기지'를 완공하는 등 시공능력을 갖고 있으며, 장보고 과학기지 설계는 현대엔지니어링, 건축구조용 형강 재료는 현대제철이 담당함
○ GS건설은 2010년 캐나다 앨버타 주 콩클린 지역에서 중질원유가 섞인 오일샌드에서 석유성분을 뽑아내는 '블랙골드 프로젝트'를 수주함. FEED는 캐나다 Oil & Gas EPC 전문기업인 IMV projects Inc.가 수행함
○ SK건설은 2014년 캐나다 포트힐스(Fort Hills) 오일샌드 프로젝트를 단독 수주하여 2017년 말 완공예정

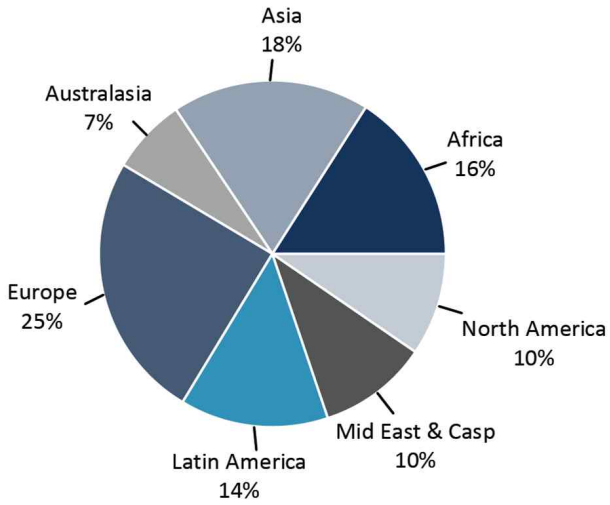
표 1. 국내 건설사의 극한지 수주 현황

구 분	현대건설	SK건설	GS건설
국 가	남극	캐나다[1)]	캐나다[1)]
위 치	남극 빅토리아랜드 테라노바 만	앨버타 주, 포트힐스	앨버타 주, 콩클린
시 설	장보고 과학기지	오일샌드 처리플랜트	오일샌드 처리플랜트
공사기간	2012.11 ~ 2014.02	2014.07 ~ 2017.10	2010.08 ~
수주액(억원)	721	26,000	3,600

- 주 1) 캐나다는 북극해 연안 5개국으로 극한지에 속하는 국가이지만, 현재 공사가 진행되는 앨버타 지역은 계절 동토에 해당됨

2.3.2 국외 시장 현황

○ 전 세계 파이프라인 및 컨트롤라인 투자비용은 직전 5년(2008년-2012년) 대비 향후 5년간 59.8% 증가할 것으로 예상됨(Infield, 2013)
  - 해당 기간 동안 Onshore 기준 270,834 km 규모의 파이프라인 시공이 예정되어 있으며, 이는 직전 5년 대비 10% 증가함(Oil and Gas Facilities, 2013)
  - 이 같은 증가 추세의 주요 원인으로는 셰일가스와 석탄층 메탄가스와 같은 비전통에너지원의 투자 증가를 들 수 있음
  - 현재 유럽지역은 가장 큰 파이프라인 시장(25%)을 보유하고 있으며, 동유럽으로부터의 장거리 파이프라인에 의해 지속적인 성장세를 보이고 있음



Global Pipeline Capex (%) by Region 2013-2017

Source: Infield Systems' Pipelines & Control Lines Market Report to 2017

그림 4. 2013-2017년 기준 지역별 대륙간 파이프라인 설비투자 비율.

○ 최근 Infield 사는 향후 5년간(2012년-2016년) 설치될 해저 파이프라인과 컨트롤라인의 총 길이가 89,000 km에 달할 것이라고 예측하였으며, 지역별로는 유럽과 아시아가 총 길이의 42%를 차지할 것으로 전망하고 있음

- 유럽에서는 특히 영국과 노르웨이가 시장을 주도할 것으로 보이며, 영국에서는 주로 한계 유·가스전을 개발하고 있는 독립 운영사들이 시장을 주도할 것으로 예측됨
- 다국적 회사(IOCs)들 중 Laggan 가스전의 Total 및 Rosebank 유·가스전의 Chevron이 시장을 선도할 주요 기업들이며, 노르웨이에서는 Statoil사가 직전 5년(2007년-2011년) 대비 4배 이상 투자할 계획임

○ 향후 투자 부문별 초기 비용(시공 및 설치) 점유율은 파이프라인 시공에47%, 라인 파이프에 27%에 달하는 것으로 나타나는데, 관련 피팅에 총 비용의 3%가 소모되는 반면, 가스 스테이션은 설치관련 비용에만 6%가 소모되는 것으로 나타남(Oil and Gas Facilities, 2013)

- 파이프라인 직경은 24에서 42인치 미만이 전체 45%, 42인치 이상이 전체 31%를 차지하고 있는데 전체적으로 증가 추세를 보이고 있기 때문에 이와 관련한 철강 제조업계의 개발 경쟁이 지속될 것으로 예측됨
- 일반적으로 천연가스 이송망의 핵심 요소인 승압기지 운전비용은 전체 이송 비용의 50%에 육박하고 있음

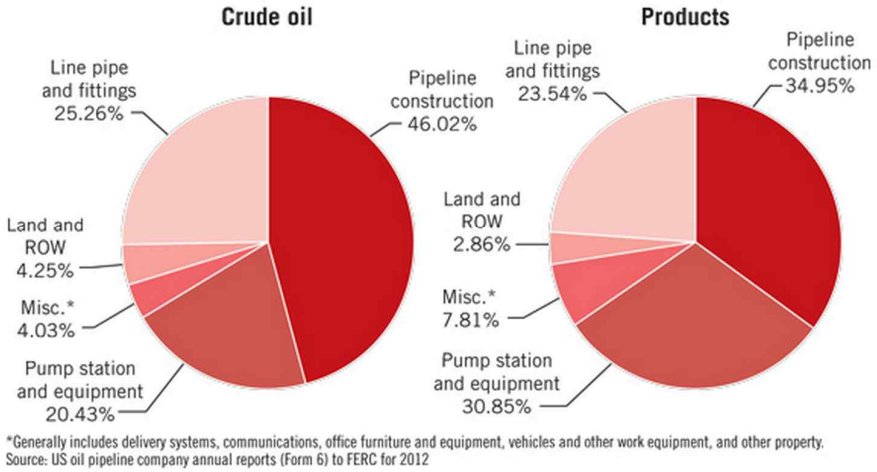


그림 5. investment split in the crude oil and products pipeline companies.

○ 이상적인 상태에서 이송 파이프라인은 설치비용이 1 km당 약 10억원 정도 소요되며, 압축

기 스테이션은 건설비용이 약 270억원에 달함(자료: Schneider Electric사, 2006)

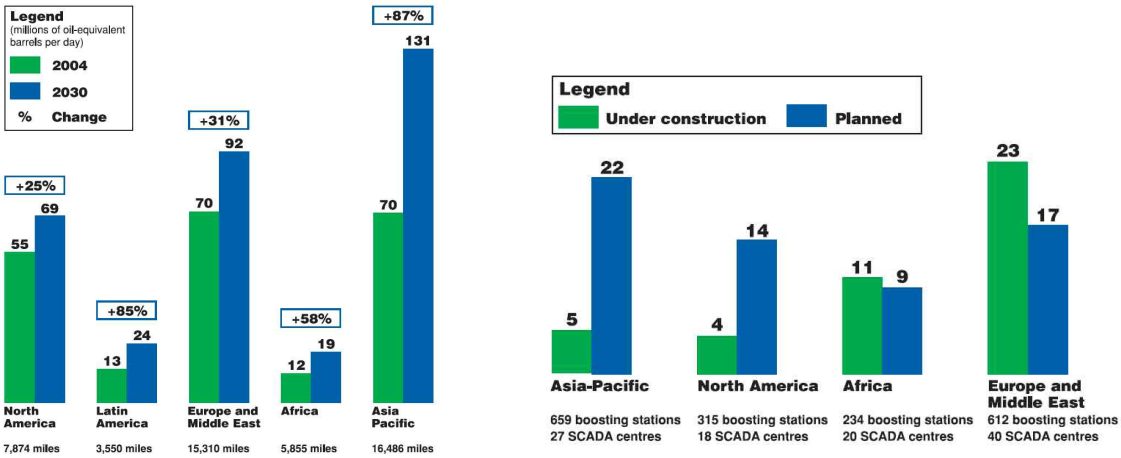


그림 6. 파이프라인 길이와 에너지 수요의 증가. 그림. 계획 및 건설중인 파이프라인 프로젝트, 부스터 스테이션 및 SCADA 설치 개수

○ 러시아(시베리아)

- 러시아 영토의 60%는 영구동토로, 북반구의 약 25%에 해당하며, 세계에서 가장 큰 crude oil 생산국이자, 미국과 사우디 다음으로 가장 큰 석유 생산국임(2014년 기준) (EIA, International energy data and analysis, 2015)
- 러시아 정부는 2035년까지 아·태평양 지역 가스수출 비중을 2014년 7%에서 2035년 42~44% 까지 크게 증대시킬 계획임. 2035년 아·태평양 지역 가스수출은 128 Bcm(2014년 대비 8배 증가), 석유수출은 1.1억톤(2배 증가) 각각 전망함
- 또한, 러시아는 전통 자원(Oil & Gas)외에도 1,606억 배럴 상당의 비전통 자원(셰일오일)이 부존하고 있으며, 러시아 정부는 전통 원유생산지역인 서시베리아의 원유 생산량 감소 만회를 위하여 비전통 석유 개발을 장려하고 있음 (한국수출입은행, 석유가스 등 에너지시장 2014년 1분기 동향 및 전망)

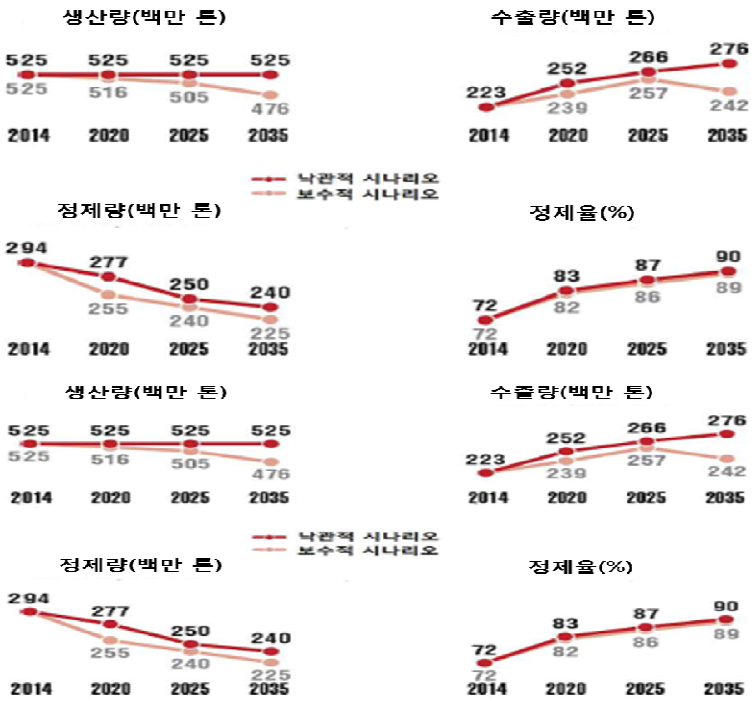


그림 7. Oil(상), Gas(하) 생산량, 수출량, 정제량 및 정제율
(출처 : 에너지경제연구원, 2015. 10, 세계에너지시장 인사이트 Weekly)

- 이러한 전통·비전통 자원을 이용하여 러시아는 다양한 에너지관련 프로젝트가 진행 중임. Yamal LNG 프로젝트를 비롯하여, Baltic LNG, Vladivostok LNG, Sakhalin-1, 2, Kaliningrad LNG 재기화 터미널 등 다양한 프로젝트를 진행 중이며, 이 밖에 러시아를 전역에 가스관 공사가 진행 중임
- Yamal LNG는 러시아 Yamal 반도에 위치하며 세계에서 가장 큰 LNG 프로젝트로 용량 16.5 MTPA, 프로젝트 비용 270 억 USD이며, 2013년 말 착공하여 2017년 12월에 완공 예정임
- Sakhalin-2 프로젝트는 기존에 운영되고 있는 사할린 LNG 플랜트 확장공사로 현재 러시아 국영 천연가스회사인 가즈프롬(GAZPROM)사가 계획 중임 (그림 4)
- Crude oil과 gas 이송을 위한 gas pipeline 건설 공사는 서부 시베리아를 중심으로 건설 중이거나 계획 중임. 다음은 러시아에서 gas pipeline 공사 현황을 나타냄(표 2) (출처 : EIA Beta, International energy data and analysis, Russsia, 2015)

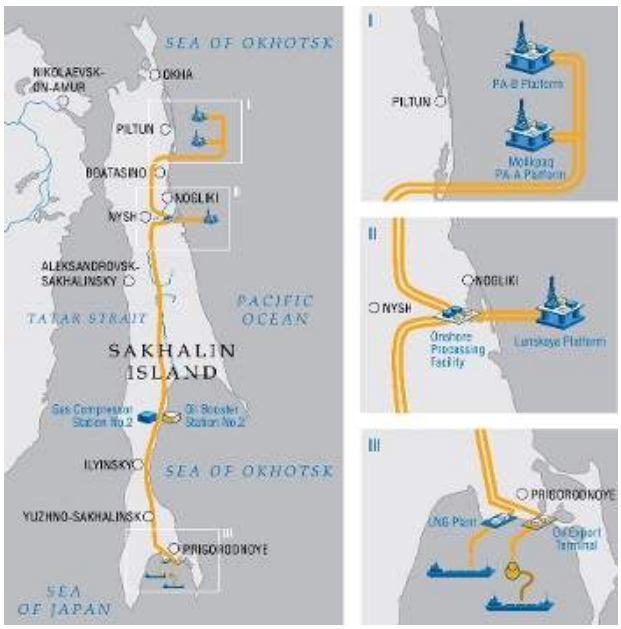


그림 8. Sakhalin-2 프로젝트 개요 (출처 : GAZPROM사 홈페이지, www.gazprom.com)

○ 북미 지역(미국 알래스카, 캐나다)
- 알래스카에서는 세계에서 가장 큰 천연가스 개발 프로젝트인 'Alaska LNG project'가 계획 중이며, Gas treatment plant, Liquefaction plant, storage and loading plant를 비롯하여 pipeline 공사가 대규모로 계획되어 있는데, 현재 pre-FEED 수행 중이고 2016년 완료될 예정
- 캐나다에서는 2014년 이전까지 LNG 수출시설이 존재하지 않고, 오직 New Brunswick에 위치한 Canaport LNG 수입시설이 존재함. 캐나다 정부기관인 Natural Resource Canada에 따르면, 2014년 브리티시콜럼비아(British Columbia) 지역에 16개, Nova Scotia 지역에 1개, 총 17개의 LNG 수출 터미널이 계획 중에 있음

○ 노르웨이
- 노르웨이는 세계에서 러시아와 카타르 다음 세 번째로 가장 큰 천연가스 수출국이며, 영구동토 영역은 북반구의 약 24%에 해당함
- 노르웨이의 Gas(Natural Gas) 생산량은 3.97 조 ft3(Tcf)로 세계 3위 수출국이며, Oil의 경우 세계 10위 수출국임
- 노르웨이 천연가스의 주요 수입국은 영국, 독일, 프랑스, 네덜란드 등 주변 유럽국가임 (EIA, International Energy Statistics)

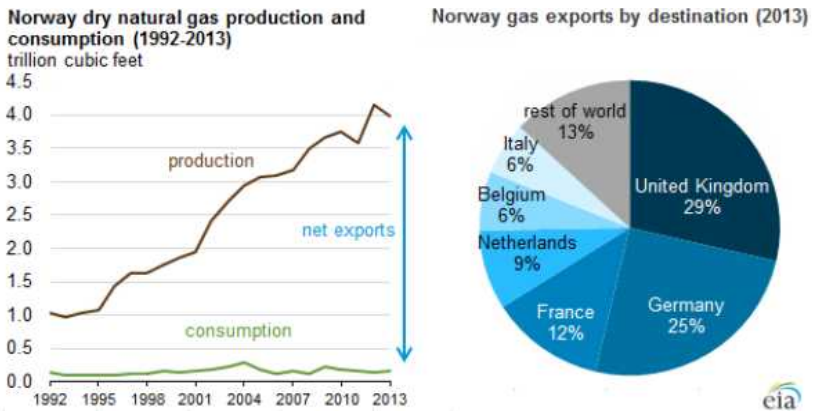


그림 9. 노르웨이 천연가스 생산 및 소비량, 노르웨이 가스 수입국
(출처 : U.S. EIA, International Energy Statistics)

- 노르웨이에 현재 진행 중인 프로젝트는 Martin Linge와 Aasta Hansteen 프로젝트 등이 있음
  - Marin Linge 프로젝트는 2016년 완공될 예정
  - Aasta Hansteen 프로젝트는 2014년 4월 착공되어 2017년 말 완공되어 생산된 gas를 노르웨이 Nyhamna로 이송할 예정
- 노르웨이에는 영국, 프랑스를 연결하는 gas pipeline이 유기적으로 건설되어 있으며, 2015년 현재 Aasta Hansteen-Nyhamna gas pipeline 등이 건설 중에 있음

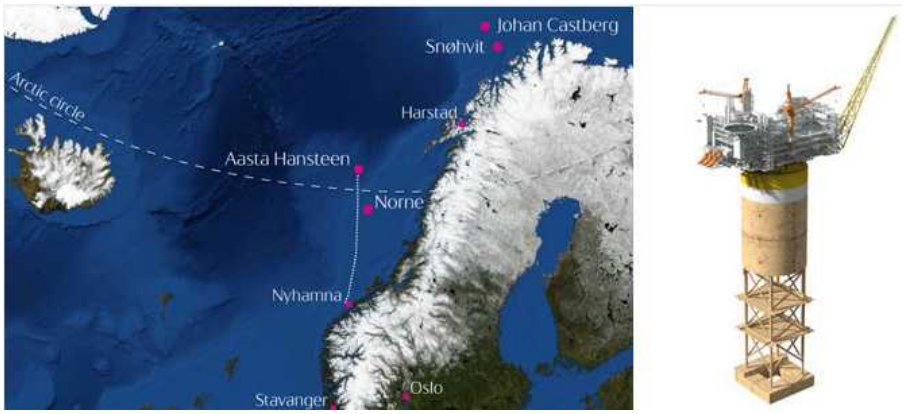


그림 10. 노르웨이 Aasta Hansteen gas 생산지 및 생산시설
(출처 : Statoil website, Aasta Hansteen project, http://www.statoil.com/)

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 기획과정의 적절성
- 본 사업은 국토교통기술 연구개발사업 시행계획에 의거하여 추진되는 건설교통연구기획사업으로 기술기획위원회 운영 및 수요예측조사를 실시하여 세부 사업계획을 수립함
- 시장, 정책, 기술 동향분석, 특허분석, 인프라 및 역량, 종합환경 분석, 추진전략 및 로드맵, 타당성 분석 등의 과정을 진행함
- 시장 및 기술동향에 있어서 과거, 현재, 미래 전망에 관한 충분한 자료 수집과 분석과정을 통하여 세부적인 흐름과 시사점을 분석함
- 기술수요조사 등에 필요한 기술트리나 키워드 등을 제시하여 분석의 목적과 결과의 신뢰성을 제고하고 각종 시장자료, 인용 및 발췌자료 등의 출처를 제시하였음

○ 목적/목표의 적절성
- 본 사업의 필요성과 관련된 문제 및 이슈를 시장수요, 기술격차 해소, 기술의존 대응 등으로 정의하고 있음
- 본 연구사업은 현장에서 건설·운영되는 플랜트시설의 기획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지, 사업관리 기술의 실증연구 개발을 통하여 국가적 현안을 해소하고 신사업 창출과 해외수주경쟁력을 증대하기 위한 연구개발사업임
- 특히 해외 수주형 플랜트건설사업을 육성하기 위한 연구사업으로 건설생애주기 가치사슬(계획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지관리 등)을 현장에 구현하기 위한 단계적 기술개발 및 실증 연구가 반드시 필요
- 제시된 사업의 성과목표와 중점분야 및 세부기술 간 목표는 상호 연계성을 가지고 있으며, 정량적인 목표를 제시하였음
- 핵심과제별로 시장수요 전망 및 소비자 니즈변화 등을 반영해 핵심기술을 도출함으로써 기술개발 계획 수립의 객관성, 투명성 확보

○ 추진체계 및 구성내용의 적절성
- 사업추진체계는 사업 주관부처로 국토교통부, 관리기관으로 국토교통과학기술진흥원, 수행주체로 사업단 및 연구단과 세부주관기관 등으로 정의하고 주체별 역할을 제시함
- 본 사업의 목적 달성을 위하여 4개의 핵심과제와 10개의 세부기술로 분류하여 연구사업의 비전과 목표에 부합되는 세부과제를 구성하였음
- 이러한 구성은 환경분석, 이슈 도출, 니즈 파악 등을 통하여 진행하였으며, 기존 사업과 신규 수요도출 결과를 반영
- 이슈와 니즈에 따라 목적별 중점분야를 설정하고 후보기술은 조정과정을 거쳐서 세부기술분야 및 추진과제로 분류함

○ 기술추세 및 성공가능성
- 새로운 시장형성이 예상되는 유망 영역에 대하여 사전 조사·분석을 통해 유망기술을 발굴하고 세계최고기술로 육성하기 위한 방향과 전략을 제시
- 국토교통부 업무특성과 미래 유망분야를 결합하여 극한지 건설 플랜트의 新패러다임 전환기 마련(추격형→선도형)
- 기존 선점분야의 후속 연계·파급기술 발굴 및 지원을 통하여 기술영역을 확장하고 안정적인 연구개발 추진계획을 마련

○ 기존기술 및 사업과 중복성 분석
- 핵심과제별 핵심 키워드, 과제명을 활용하여 중복성을 검토하였음

3.2 사회·경제적 타당성

○ 사회·경제적 타당성 및 파급효과 분석은 본 사업의 기술 개발로 인한 직접적 경제 효과와 간접적 파급효과 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

○ 본 사업 수행을 위해 발생하는 비용은 총 투입 연구비의 현재가치로 산정하고, 과제수행 결

과 발생하는 편익은 부가가치 접근법을 이용하여 산정함

○ 발생 편익은 극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트·핵심장치 개발에 따르는 부가가치로서 글로벌 시장에서의 국내 기업의 수주 증가 및 R&D 과제의 수행으로 인한 기여율을 평가하여 분석함

○ 다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업의 투입 편익, 비용은 현재가치로 환산하여 평가

$$\frac{B}{C}=\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+r)^t}/\sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$$

○ 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 사회적 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함

○ 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단됨

○ 본 사업의 편익/비용 분석을 위한 총 연구 수행 기간인 2016년부터 2022년까지를 비용 투입 기간으로 가정하였으며, 특허권리기간을 고려한 2023년부터 2042년까지 총 20년을 편익 발생 기간으로 가정

○ 본 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 KDI의 예비타당성 일반지침에 따라 5.5%를 적용하여 적용

○ 본 사업의 편익 추정은 실천과제별 연구목표 및 내용 등을 고려하여 '시장수요접근법'을 적용함. 일반적으로 응용·개발 단계 사업의 경우 화폐환산 및 계량화가 가능한 시장수요접근법이 적용됨

표 2. R&D사업 편익 추정방법 분류

대분류	세부분류	비고
가치창출	시장수요접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익계산
비용감소	생산비용접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

○ 비용 분석 : 비용-편익 분석을 위한 비용의 추정은 총 연구비를 현재가치로 환산하여 적용
- 연구 수행 기간은 2016년부터 2022년까지 총 7년 소요
- 본 사업 수행에 소요되는 총 비용은 782.5억원(정출금 기준)
- 연도별 연구비 투입계획을 2015년 기준 불변가와 현가로 정리하면 다음과 같음

표 3. 연구사업 비용 구성 (단위: 억원)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
핵심1	35.00	49.00	49.00	56.00	56.00	56.00	49.00	350.00
핵심2	32.50	32.50	32.50	32.50	32.50	-	-	162.50
핵심3	24.00	24.00	24.00	30.00	30.00	24.00	24.00	180.00
핵심4	-	-	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	90.00
총액	91.50	105.50	123.50	136.50	136.50	98.00	91.00	782.50
현가	87.00	95.00	105.00	110.00	104.00	71.00	63.00	635.00

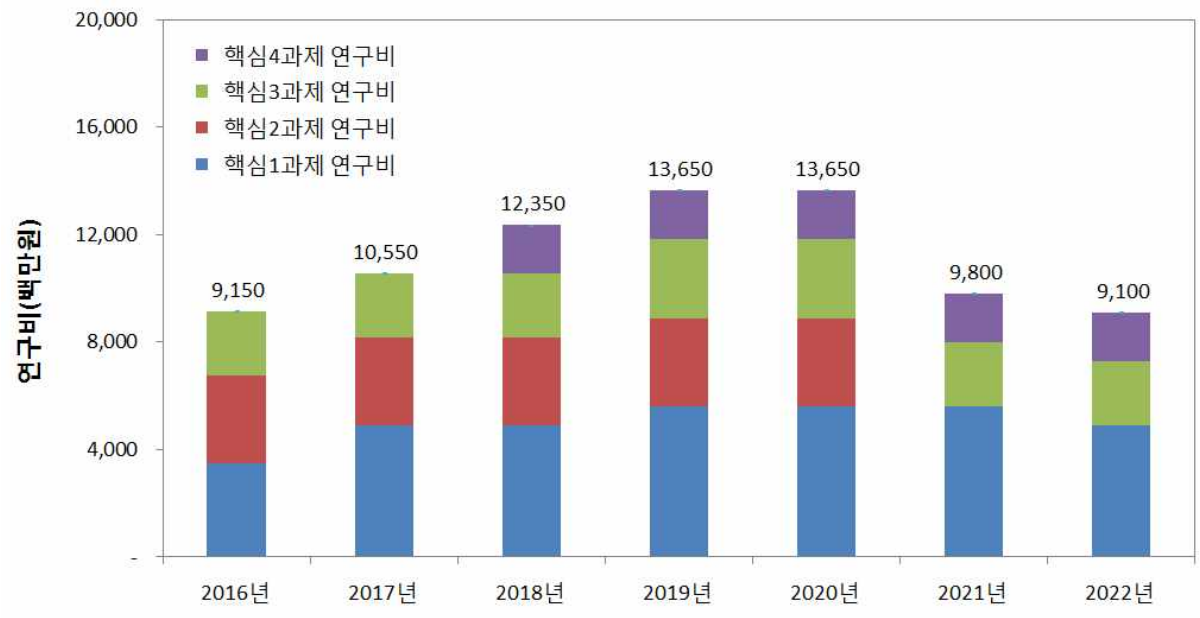


그림 11. 연차별 연구사업비

○ **편익 분석**

- 부가가치 창출 편익의 추정은 연구개발부문 표준지침(KISTEP)에서 제시하고 있는 시장수요접근법을 적용함
- 부가가치 창출 편익은 미래시장 규모, 부가가치율, 사업기여율, R&D 기여율, 사업화 성공률 등을 종합 고려하여 평가함
- 미래상황에 대한 글로벌 시장점유율은 매우 주관적인 전망 지표로서 편익 계산을 위한 정량화 개량을 위하여 기획팀과 외부전문가 집단의 의견조회를 통하여 결정함
- 부가가치 유발비율은 한국은행의 산업연관표를 준용하여 적용함
- 연구과제 기여도는 매우 주관적인 전망 지표로서 기획팀과 전문가 의견 조회를 통하여 최종 개량치를 결정함. 다만, 연구과제 기여도는 '연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침'의 R&D 기여율과 '2014 해외거널 기술경쟁력 연구개발사업'의 국토교통 R&D 과제 최근 3년간 사업화 성공률에 기초하여 의견 조회를 진행함.
- 원/달러 환율은 한국은행 고시 환율(2015년 2월 현재)을 준용하여 적용함
- 사회적 할인율은 한국개발연구원의 지침을 준용하여 적용함.

표 4. 편익 평가를 위한 개량 지표

설문사항		개량치	비고
글로벌 시장 점유율(%)		1.09	현업 전문가 설문
건설업 부가가치율(유발비율)		0.324	한국은행 산업연관표
시장 점유 과제 기여도(%)		10.88	현업 전문가 설문결과 (R&D 기여율, 사업화 성공률에 기초)
	R&D 기여율	35.4%	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)
	사업화 성공율	26.2%	2014 해외건설 기술경쟁력 연구개발사업 (국토교통 R&D 과제 최근 3년간 사업화 성공률)
원/달러 환율		1,026.2	한국은행 고시 환율(2015년 2월 현재)
사회적 할인율		5.5%	KDI 지침

표 5. 연구사업 편익 (단위: 억원)

	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	2031년	2032년	합계
	2033년	2034년	2035년	2036년	2037년	2038년	2039년	2040년	2041년	2042년	
글로벌 시장규모 (억원, 절대가)	602,440	614,489	626,779	639,314	652,101	665,143	678,446	692,014	705,855	719,972	
	734,371	749,059	764,040	779,321	794,907	810,805	827,021	843,562	860,433	877,642	
국내기업 수주 (억원, 절대가)	6,567	6,698	6,832	6,969	7,108	7,250	7,395	7,543	7,694	7,848	
	8,005	8,165	8,328	8,495	8,664	8,838	9,015	9,195	9,379	9,566	
부가가치 발생액 (억원, 절대가)	2,128	2,170	2,214	2,258	2,303	2,349	2,396	2,444	2,493	2,543	
	2,594	2,645	2,698	2,752	2,807	2,863	2,921	2,979	3,039	3,099	
R&D 기여액 (억원, 절대가)	197	201	205	209	214	218	222	227	231	236	4,795
	241	245	250	255	260	266	271	276	282	287	
연구개발이익 (억원, 현가)	129	124	120	116	112	109	105	102	98	95	1,902
	92	89	86	83	80	78	75	72	70	68	
고용유발효과 (명, 현가기준)	39	38	36	35	34	33	32	31	30	29	575
	28	27	26	25	24	23	23	22	21	20	

○ 편익/비용, 사회간접효과 분석
- 총 연구기간(2016~2022년) 중 투입 비용은 현가(2015년) 기준 635억원
- 연구기간 후 20년간(2023~2042년) 관련분야 사업수행 편익은 현가 기준 1,902억원, 편익/비용 비는 3.00, 고용유발효과는 575명
- 연구기간 후 10년간(2023~2032년) 관련분야 사업수행 편익은 현가 기준 1,110억원, 편익/비용 비는 1.75, 고용유발효과는 336명

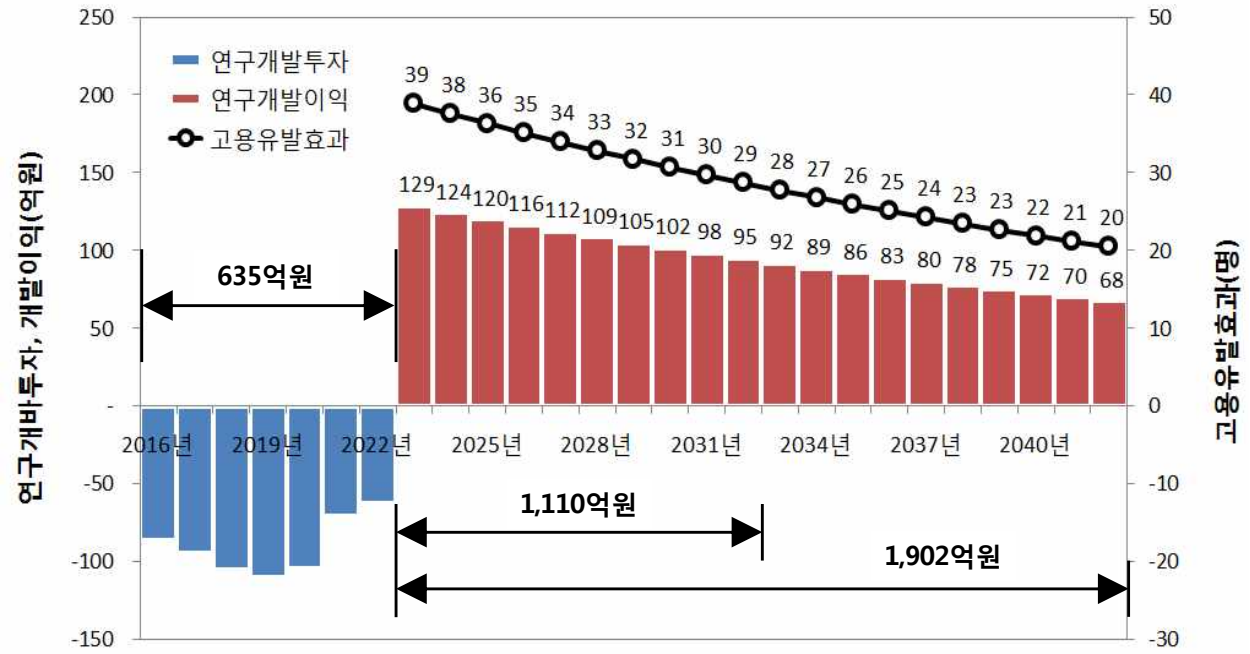


그림 12. 연구사업 비용-편입 평가(단위: 억원, 명)

3.3 정책적 타당성

○ 정책적 타당성 분석은 동 사업이 국가 전략적 측면에서 가지는 의미를 판단하고 국가에서 추진 중인 정책 및 R&D 상위 계획에 대한 부합성 여부를 분석함과 동시에 사업 추진체계의 일관성, 추진력 등을 종합적으로 조사·분석하는 것이 목적임

○ 국가 전략적 중요성
- 플랜트 건설기술은 물, 오일·가스, 환경, 엔지니어링, 기자재 조달 등 전후방 산업과 연과 파급효과가 크고, 안보차원의 물 및 에너지 확보 경쟁이 가열되고 있어 국가 차원의 전략적 지원이 필요
- 비교적 난이도와 규모가 큰 기술로서 국내 개발경험이 전무하여 초기 리스크 쉐어를 위한 국가차원의 지원이 필요
- 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역 간 무역장벽, 극한지 기후환경, 법제도 및 표준 등 도전적인 신시장 주도를 위한 연구개발 선도 필요
- 육상 및 해양 플랜트 모든 분야에 있어 기자재 개발 및 국산화는 중소 기자재 업계가 주도하고 있으나, 경험 부족 및 규모의 영세성으로 인하여 성공적인 국산화 실적은 매우 저조한 실정임
- 민간기업 중심으로 시장에 진입하고 기술개발을 해나갈 경우, 상세설계 및 시공 위주의 국내 기업간 경쟁만 가열되고 전주기를 고려한 산업 생태계 보다는 사업성만을 고려하여 기술개발이 될 것으로 예측되므로 정부주도의 리더십이 필요함

○ 상위계획과의 부합성
- 국정과제와 부합되는 기술도출 및 세부추진계획을 수립함
- (8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성) 과학기술의 책임과 역할을 확장하여, 신산업을 창출하고 사회 이슈를 해결하는 등 국민행복에 실질적으로 기여
  ⇒ 에너지 자원 개발을 위한 플랜트 건설 시스템 및 기자재, 이를 이용한 서비스 산업 진출, 극한지 오일가스 생산시설 건설을 위한 이송 스테이션 등 미확보 기술의 개발 및 적용사업 확대를 통하여 신산업 창출에 기여
- 경제혁신 3개년 계획에 부합되는 연구주제를 도출하여 정책방향인 신산업 육성을 뒷받침할 수 있음
- (26. 융합 신산업 육성) 기계・조선・플랜트 등 주력산업의 연관서비스업 육성
  ⇒ 지반조사, 오일·가스 개발, 집하 및 이송을 위한 전처리 공정 시스템, 부스터 스테이션, 건설 공법 및 장비 등을 이용하여 연관 산업 활성화
- 현 정부 출범 후 과학기술과 산업이 융합하는 창조경제 실현을 뒷받침하기 위한 과학기술 역할과 방향을 정립하기 위해 제3차 과학기술기본계획('13～'17)을 수립
- 경제부흥과 국민행복을 위한 하이 파이브(High Five) 전략 추진으로 5개 전략분야를 고도화(High)하고, 19개 분야 78개 과제 추진
- 추진전략 중 신시장 개척 지원, 미래성장 동력 확충, 과학기술 글로벌화 등에 부합하는 사업임
  ⇒ 미개척지 에너지자원 개발 시장에 진출하기 위하여 극한지 건설 플랜트 및 핵심장치, 지반조사 및 기초공법과 관련 장비를 개발 필요

○ 사업추진상의 위험요인과 대응방안
- 재원 투입이 계획된 시점과 규모에 있어서 문제가 발생할 경우, 연구개발사업의 원활한 추진이 어려울 수 있으며, 재원조달 가능성 측면에서의 위험요인 분석을 수행하여 그 결과를 제시해야 함
- 국토교통부 건설교통 R&D 예산의 증가율을 토대로 국토교통부 R&D 예산 규모를 추정하여 동 사업의 예산규모와 비교하고 재원조달 가능성을 검토함
- 건설교통 R&D 투자는 2000년대 중반부터 지원확대 및 급속 성장. 건설교통 R&D 예산은 '04년을 기점으로 매년 연평균 28% 증가하여 '11년도까지 총 2.1조원 투자 규모 확대됨
- 플랜트연구사업의 연도별 사업비(평균 240억원)는 국토교통부 건설교통 R&D 예산의 약 6% 수준으로 분석됨 (상세설계, 시공 위주에서 중·상류 부문으로 투자 전환 필요)

표 6. 최근 7년간 플랜트분야 투자예산 2,052억원 수준(2013년 예산 250억원)

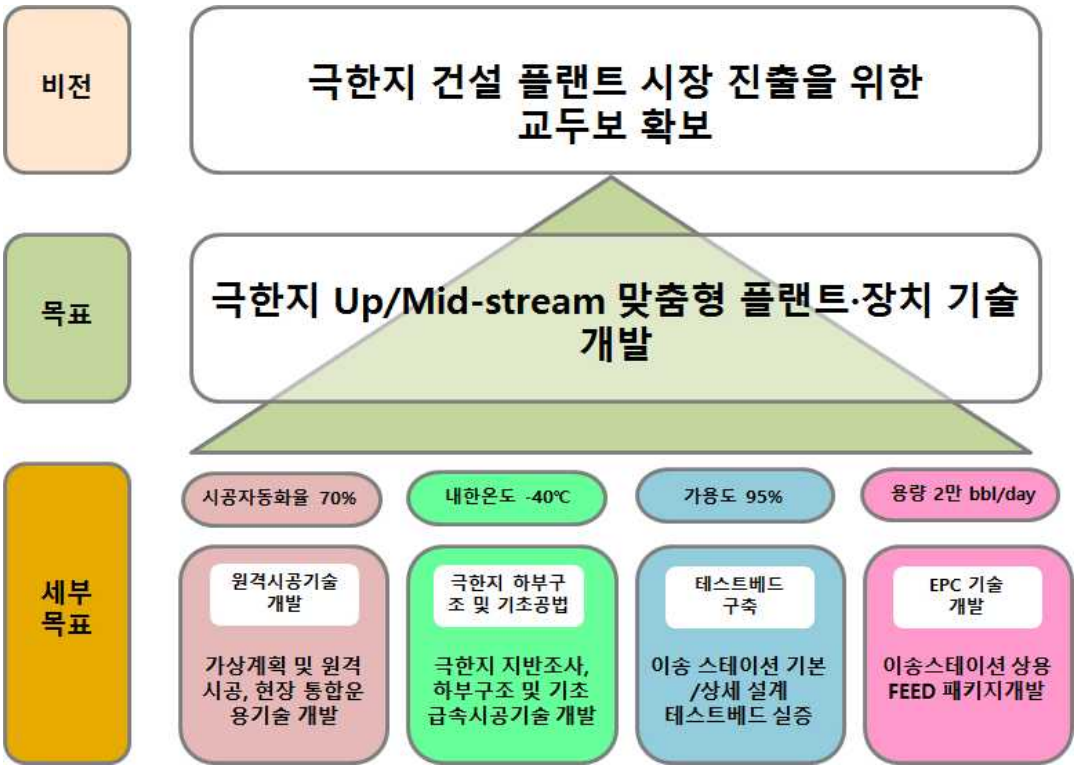
(단위 : 억원, %)

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	계
국가 R&D	예산	97,629	110,784	123,437	137,014	148,902	160,244	171,471	949,481
	증가율	-	13%	11%	11%	9%	8%	7%	-
국토교통 R&D	예산	3,277	3,459	3,924	4,092	4,310	4,159	4,014	27,235
	증가율	-	2%	13%	4%	5%	△4%	△3%	-
플랜트연구사업	예산	145	111	422	333	424	367	250	2,052
	증가율	202%	△23%	280%	△21%	27%	△13%	△32%	-

- 대규모 사업단 급 과제로 계획함에 따라 재정 조달 리스크가 매우 크며, 해외 현지 시장의 여건에 따른 시장진입시기 등을 고려 필요
- 추진과제별 파일럿 검증, 테스트베드 실증을 위한 재원과 부지확보 문제는 수요가 있는 현지 관계 기관과 업무협의, 국가간 무역협력, 기관간 양해각서(MOU) 등을 지속 추진하여 사전에 협력관계 확립 필요

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전 및 목표



○ 성과목표 :
- Up-stream 공정설비 및 FEED 패키지 실증
- Mid-stream 유·가스 이송 스테이션 및 핵심 장치
- 자동화 시공 시스템
- 가상·원격 건설 및 통합운용시스템
- 극한지 하부구조 및 극지 건설기반기술

○ 성능목표 :

주요성능목표	단위	세계최고수준	국내수준	개발목표치
시공 자동화율	%	60	50	70
내한온도	℃	-40	-20	-40
가용도(RAM)	%	85	65	85
모듈 최대용량	bbl/day	20,000	10,000	20,000
설비 안전성	SIL	2	1	2

4.2 사업의 내용 및 추진계획

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

<핵심1과제>

○ 연구목표
- 극한지역 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 핵심기술 개발 및 현장실증 기술 개발
- 극한지용 소재 및 기자재 국산화

1단계	2단계	3단계
• 안전무결도 SIL-2 • 스테이션 가용도 90% • 15,000m^3/h급 펌핑 시스템 설계 • 1,200×$10^3$$Nm^3$/h급 압축 시스템 설계	• 안전무결도 SIL-2 • 스테이션 가용도 93% • 12,000m^3/h급 펌핑 시스템 달성 • 1,000×$10^3$$Nm^3$/h급 압축 시스템 달성	• 안전무결도 SIL-3 • 스테이션 가용도 95% • 15,000m^3/h급 펌핑 시스템 달성 • 1,200×$10^3$$Nm^3$/h급 압축 시스템 달성

○ 핵심기술별 목표 및 주요내용

핵심기술분야	핵심개발목표	핵심연구내용
1. 이송 스테이션 통합설계 및 실증 기술	(1단계) · 안전무결도 SIL-2 · 스테이션 가용도 90% (2단계) · 안전무결도 SIL-2 · 스테이션 가용도 93% (3단계) · 안전무결도 SIL-3 · 스테이션 가용도 95% 달성	· 이송 스테이션 시스템 설계 - 시스템 통합설계기술 개발 - 이송 스테이션에 대한 신뢰성 검증 · 이송 스테이션에 대한 Pilot Test - 구성 설비에 대한 파일럿 테스트 설비 구축 - Pilot Test 적용 및 피드백 - 현장 운용기술 개발
2. 펌프 시스템 설계 및 제작 기술	(1단계) · 유량 15,000m^3/h급 설계 · 양정 570m급 설계 · 압력 150bar급 설계 (2단계) · 유량 12,000m^3/h 달성 · 양정 450m 달성 · 압력 120bar 달성 (3단계) · 유량 15,000m^3/h 달성 · 양정 565m 달성 · 압력 150bar 달성	· 펌프 설계 기술 개발 - 블레이드 형상 최적 설계 기술 개발 - 오링/가스켓 등 실링 기술 개발 - 모터 설계/제작 기술 개발 - 미케니컬 씰 기술 개발 · 펌프 패키지 상세설계 기술 개발 - 스마트형 펌프 패키지 설계 기술 개발 · 펌프 시제품 제작 - 펌프 시제품 설계 및 제작 - 신뢰성 검증 및 국내외 인증 · 펌프 패키지 통합 시제품 제작 및 실증 테스트 - 통합 시제품 제작 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증
3. 압축기 시스템 설계 및 제작 기술	(1단계) · 흡입압력 80bar급 설계 · 유량 1,200×$10^3$$Nm^3$/h급 설계 · 출구압력 700bar급 설계 (2단계)	· 압축기 설계 기술 개발 - 극한지 맞춤형 컴팩트형 천연가스 압축기 설계기술 개발 - 가변속도 제어형 고효율 전동기 기술 개발

	· 흡입압력 80bar · 유량 1,000×$10^3$$Nm^3$/h 달성 · 출구압력 500bar 달성 (3단계) · 흡입압력 80bar · 유량 1,200×$10^3$$Nm^3$/h 달성 · 출구압력 700bar 달성	· 압축기 패키지 상세설계 기술 개발 - 스마트형 압축기 패키지 설계 기술 개발 · 압축기 시제품 제작 - 원심형 압축기 시제품 설계 및 제작 - 신뢰성 검증 및 국내외 인증 · 압축기 패키지 통합 시제품 제작 및 실증 테스트 - 통합 시제품 제작 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증
4. 가스터빈 시스템 설계 및 제작 기술	(1단계) · 출력 100MW급 설계 · 압축비 42:1급 설계 · NOx emissions 25ppm급 설계 · 터빈효율 46%급 설계 (2단계) · 출력 80MW 달성 · 압축비 30:1 달성 · NOx emissions 20ppm 달성 · 터빈효율 40% 달성 (3단계) · 출력 100MW 달성 · 압축비 42:1 달성 · NOx emissions 25ppm 달성 · 터빈효율 46% 달성	· 100MW급 가스터빈 패키지 설계 기술 개발 - 초고온 내열소재 기술 개발(터빈 입구온도: 1,500℃) - 증기냉각방식 시스템 설계 - 고효율/고출력(100MW) 설계기술 개발 - 가스터빈 윤활 시스템 개발 (단일기기방식) - 설계 안전성 평가 · 100MW급 가스터빈 패키지 시제품 제작 - 터빈 블레이드용 초내열합금 및 국산화 내열코팅 기술 개발 - 소음 및 진동 30% 저감 - 신뢰성 검증 및 국내외 인증 · 100MW급 가스터빈 패키지 실증 테스트 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증
5. 제어 시스템 기술	(1단계) · 펌프효율 10% 향상 설계 · 전자제어 15% 향상 설계 (2단계) · 펌프효율 5% 향상 · 자동화율 10% 향상 (3단계) · 펌프효율 10% 향상 · 자동화율 15% 향상	· Control system 설계 - 펌프/압축기 자동제어 시스템 설계 - 공정제어 설계기술 개발 - 펌프/압축기 모니터링 기술 개발 · 지능형 제어 솔루션 구축 - 출력 최적화 및 장비 보호 프로그래밍 기술 개발
6. 비상 정지 시스템 기술(emergency shutdown system)	(1단계) · 응답속도 < 1sec 설계 · 유속 30m/sec 설계 (2단계) · 응답속도 < 2sec · 유속 20m/sec (3단계) · 응답속도 < 1sec · 유속 30m/sec	· Emergency shutdown system - 통합 시스템 기술 개발 - Fire safe 기술 개발 - Tight shut off · Emergency shutdown valve - Fast acting 시스템 개발 · Emergency shutdown system 실증테스트 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증
7. 분리 시스템 기술	(1단계)	· 고효율 Liquid-removal equipment 시스템

(Liquid-removal equipment)	· 수분제거효율 10% 향상 설계 (2단계) · 수분제거효율 5% 향상 (3단계) · 수분제거효율 10% 향상	설계 - Liquid/Gas/Oil 분리 기술 개발 - Liquid-removal 시스템에 대한 신뢰성 검증 · Liquid-removal equipment 실증테스트 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증
8. 냉각 시스템 기술 (Cooling system)	(1단계) · 압력 35bar 설계 (2단계) · 압력 30bar 달성 (3단계) · 압력 35bar 달성	· Cooling system 통합 설계 기술 개발 - 냉각펌프 설계 기술 개발 - 배관/단면/핀 형상 최적화 설계 기술 개발 - 냉각 시스템 시뮬레이션/평가 - 열전달 해석 및 평가 시스템 개발 · Cooling system 시제품 제작 기술 개발 - 신뢰성 검증 및 국내외 인증 · Cooling system 실증테스트 - 통합성능 및 시험평가 - 테스트베드 구축 및 실증

<핵심2과제>

○ 연구목표

- 북극권 동토지역(Onshore 중심)에서의 지반조건을 고려한 Up-stream, Mid-stream 건설기술 개발과 실증기술 확보

1단계	2단계	3단계
• -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 설계 • 급속시공이 가능한 Up-stream, Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (기초공법 개발 및 장비설계) • 극한환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(장비설계)	• -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 시작품 • 급속시공이 가능한 Up-stream, Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (시작품) • 극한환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(시작품)	• -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 성능검증 • 급속시공이 가능한 Up-stream, Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (시공속도 10% 향상) • 극한환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(검증)

○ 핵심기술별 목표 및 주요내용

핵심기술분야	핵심개발목표	핵심연구내용
1.1 Up-stream/Mid-stream 건설기술 및 실증기술	(1단계) • -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 설계 • 급속시공이 가능한 Up-stream,	• 무인항공기 및 지반평가장비 개발 - 극한환경 대응형 UAV 및 지반평가 장비 설계 및 제작 - 탐사장비 성능개선 및 운영·관제시스템 개발

	Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (기초공법 개발 및 장비설계) • 극환환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(장비설계) (2단계) • -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 시작품 • 급속시공이 가능한 Up-stream, Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (시작품) • 극환환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(시작품) (3단계) • -40℃환경에서의 조사(무인항공기) 및 지반평가장비 성능검증 • 급속시공이 가능한 Up-stream, Mid-stream 구조물 급속시공 기법 및 시공장비 개발 (시공속도 10% 향상) • 극환환경(Ice, Snow)에 대응가능한 경량장비 또는 맞춤형 건설장비 개발(검증)	- 현장에서의 신뢰성 검증 및 보완 - 현장 사용 매뉴얼 개발 • 극한지 Up-stream/mid-stream 구조물 하부구조 급속시공 공법 및 시공장비 개발 - 동토지반 평가 및 지반개량 기술개발 - 극저온 온도 및 동토특성을 반영한 특수 기초 공법 및 재료 개발 - 극한환경을 고려한 구조물 급속시공 기술(공법) 개발 - 하부구조 급속시공을 위한 기초시공 장비 설계, 제작 및 검증 • Ice, Snow에서 활용가능한 극한환경 대응 맞춤형 건설장비 개발 - 동토 또는 얼음지반 굴착장비 설계 및 제작 - 동토 또는 얼음지반 다짐장비 설계 및 제작 - 현장에서의 신뢰성 검증 및 보완 - 현장 사용 매뉴얼 개발

<핵심3과제>

○ 연구목표

- 극한지 플랜트 현장 특성별 시공 작업의 모듈화 및 시공 환경에 대한 가상현실 기반 원격
  작업 시스템 구현 기술 확보
- 극한 환경 작업용 플랜트 원격시공 및 건설 작업 효율 향상을 위한 시뮬레이터 통합운용
  시스템 개발 및 실증

1단계	2단계	3단계
• 시공 공정별 모듈화 5% • 시공환경 인식률 10% 완성 • 시공속도 5% 향상 설계	• 시공 공정별 모듈화 10% • 시공환경 인식률 15% 완성 • 시공속도 10% 향상 설계	• 시공 공정별 모듈화 20% • 시공환경 인식률 20% 완성 • 시공속도 15% 향상 설계

○ 핵심기술별 목표 및 주요내용

핵심기술분야	핵심개발목표	핵심연구내용
1. 극한지 플랜트 원격 시공 실증기술	(1단계) • 시공 공정별 모듈화 5% • 시공 환경 인식 10% 완성 • 시공속도 5% 향상 (2단계) • 시공 공정별 모듈화 10% • 시공 환경 인식 15% 완성 • 시공속도 10% 향상 설계 (3단계) • 시공 공정별 모듈화 20% • 시공 환경 인식 20% 완성 • 시공속도 15% 향상 설계	• 시공 시스템 가상 시뮬레이터 - 현장 특성별 작업 모듈화 - 설계 및 시공도면 3D 인식완료 • 시공 가상 시뮬레이터 작업 모듈화 • 시공 단위공정 최적화 설계 - 조업자-시뮬레이터 통합운용 - 가상 시뮬레이터 운용 - 설계 및 시공현장 3D 스캐닝
2. 플랜트 자동화 시공장비 가상운용 시뮬레이터 운용기술	(1단계) • 극한지 3D 시공현장 매핑 10% • 조업자 훈련시스템 10% 완성 • 조업자-시뮬레이터 통합운용율 30% (2단계) • 극한지 3D 시공현장 매핑 40% • 조업자 훈련시스템 50% 완성 • 조업자-시뮬레이터 통합운용율 60% (3단계) • 극한지 3D 시공현장 매핑 100% • 조업자 훈련시스템 100% 완성 • 조업자-시뮬레이터 통합운용율 90%	• 극한환경 플랜트 시공 3D 현장 스캐닝 및 매핑 - 플랜트 시공현장 3D 시뮬레이션 완료 • 시공로봇 매니퓰레이터 기초설계 및 기능별 작업해석 - 매니퓰레이터 역기구학적 커플링 기술 완성 - 시공 작업 모듈 및 단위 공정별 로봇의 기구학적 자유도 선정

4.2.2 설비규모

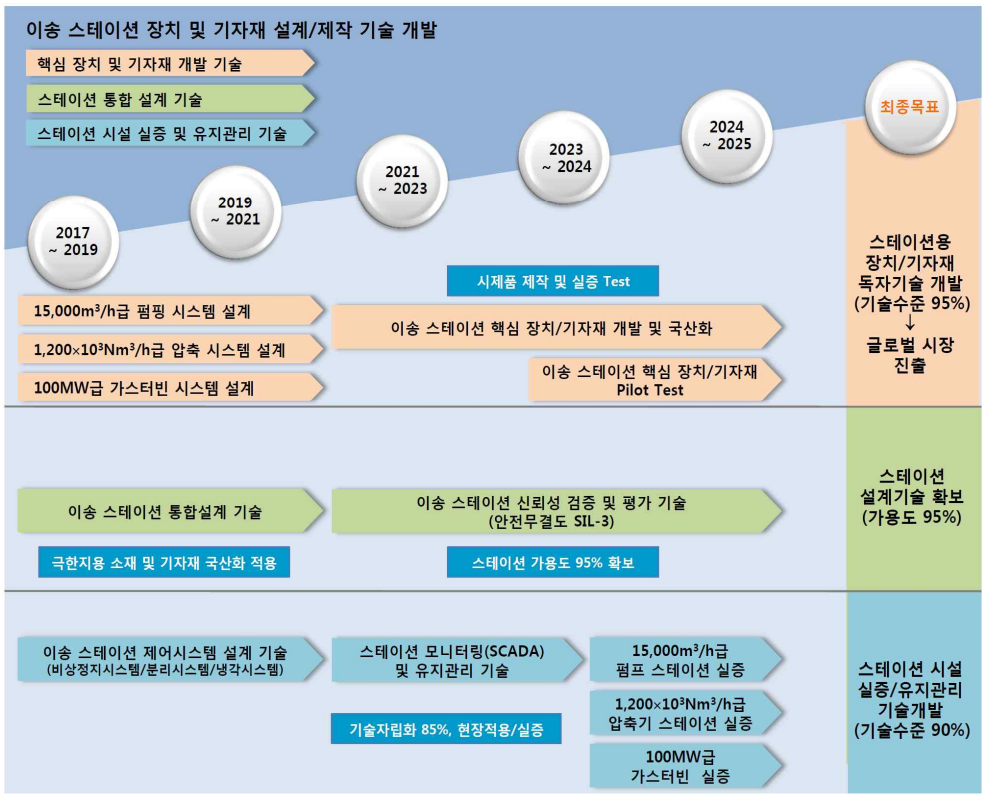
장비 번호	장비명	제작사	모델명	주요 사양	주요 용도	설치 예정 지역	단가	수량	금액 (억원)	비고
1	빙해수조			・크기 : 5X5X2.5m(LXWXD) ・극저온 콜드룸(-50 ℃)	빙수조 모형시험, 극저온 기자재 저온성능 시험 등			1	2.5	
2	극저온챔버용 만능재료시험기			・저온챔버(0~-10 ℃) ・극저온챔버(-20~-40 ℃) ・만능재료시험기(100톤)	극저온 기자재 저온성능 시험/평가 등			1	1	
3	설빙방재 테스트룸			・Snowfall intensity : 0~1 mm/h ・Crystal type : dendrites 등(size : 0.5~5 mm) ・Area : 3m X 5m	극저온 기자재 저온성능 시험/평가 등			1	2	
4	열분석 시스템 (Thermal Analysis System)	Ta Instruments	Q400EM	- 온도 : -150 °C to 1000 °C Diameter(Max) : 10mm Displacement Range : ±2.5mm Loading : 0.001 to 1.0 Newton (+1N)	- 시료 크기 선형, 부피 변화를 시간, 온도, 힘(Force)에 대한 함수로 측정, 시료가 사용목적에 적합한지 파악			1	0.5	
5	진동측정장비(Vibration Measurement & Analysis System)	Bruel&kjaer	3160-A-042	장치구성 - Front panel, Lan-XI Module, PC Software	- 진동현상의 물리량(변위, 속도, 가속도)과 소음 현상의 물리량(압력변동)을 측정센서를 이용하여 진동/소음 신호의 시간이력 데이터와 푸리에 주파수 분석을 통한 스펙트럼 데이터를 취득			1	0.5	
6	누설/내압 시험기 (Valve Leakage and Internal Press Tester)	제철에프에이	모델명 없음	장치구성 - High pressure Air Compress, Tank 및 Temp. Controller, 데이터 처리 시스템, 내압 반복(진동) 시험	- 밸브누설 및 내압 반복(진동)시험으로 실시간 모니터링을 통해 상태진단			1	0.2	
7	유압 펌프 성능 시험(Hydro pump perfomance test bench)	금아유압	KA-08-01-02	주요사양 - 모터 : 300kW - 회전수 : 1600rpm - 통과유량 : 750lpm	- 고용량 펌프 테스트 장비로서, 선박엔진에서 연료승압 및 배기밸브 작동용 오일 공급 펌프 시험장비			1	1.5	

				- 사용압력 : 300bar - 압력조정 : 비례제어밸브 - 구동축 형식 : DIN5480 W55x2x30x26x9g - 펌프 압력 제어 : 0~2A	이다. 원하는 회전수에서 압력을 조정하여 토출 유량 및 압력, 맥동 등을 측정할 수 있다.					
8	극저온밸브시험리그(Cryogenic Valve Test Rig)	(주)정우이엔이	모 델 명 없음	장비구성 - 메인전원판넬, 액체질소탱크, 기화기모듈, 저장탱크, 소형 극저온 챔버, 대형 극저온 챔버, 가스 조절기, 압력공급용 가스 집합 장치대, 극저온 이송펌프, 극저온 이송펌프 제어반, 크레인, 회전형 지그 주요사양 - Test cryojecni storage tank 6800 m3 Pressure 1.0 Mpa Pressure buil-up regulator, Pressure bull-up vaporizer 100m3/HR Temp. : -196, size of test valve : 1″ ~ 8″	- 액화 질소를 이용하여 다양한 크기(1인치 ~8인치)의 극저온용 밸브에 대해 실시간 압력, 온도, 유속 등을 측정함과 동시에 유량을 측정 및 기본 성능 테스트 수행 가능한 장비			1	1.5	
9	내마모성 시험평가 장비(Erosion Flow Loop Test)	우진 시스템	모델명 없음	주요사양 - 슬러리(물+Oil+Sand) 유동 순환에 의한 파이프 재료의 마모(침식-부식)량 측정 시스템 - 파이프 내경 : 최대 150 mm - 슬러리 순환 시스템	- 유체 및 슬러리 (일+물+Sand)에 의한 파이프라인 및 각종 소재의 침식(erosion)에 대한 영향을 파악			1	0.5	
10	고속회류수조	광성텍	모델명 없음		- 고속 유체흐름에서 각종 유체시험, 즉 마찰저항, 점성저항, 난류시험, 경계층 시험, 표면부식시험, 페인트 침식 시험 등이며 특히 유체공학해석 기초연구에 사용			1	1.5	

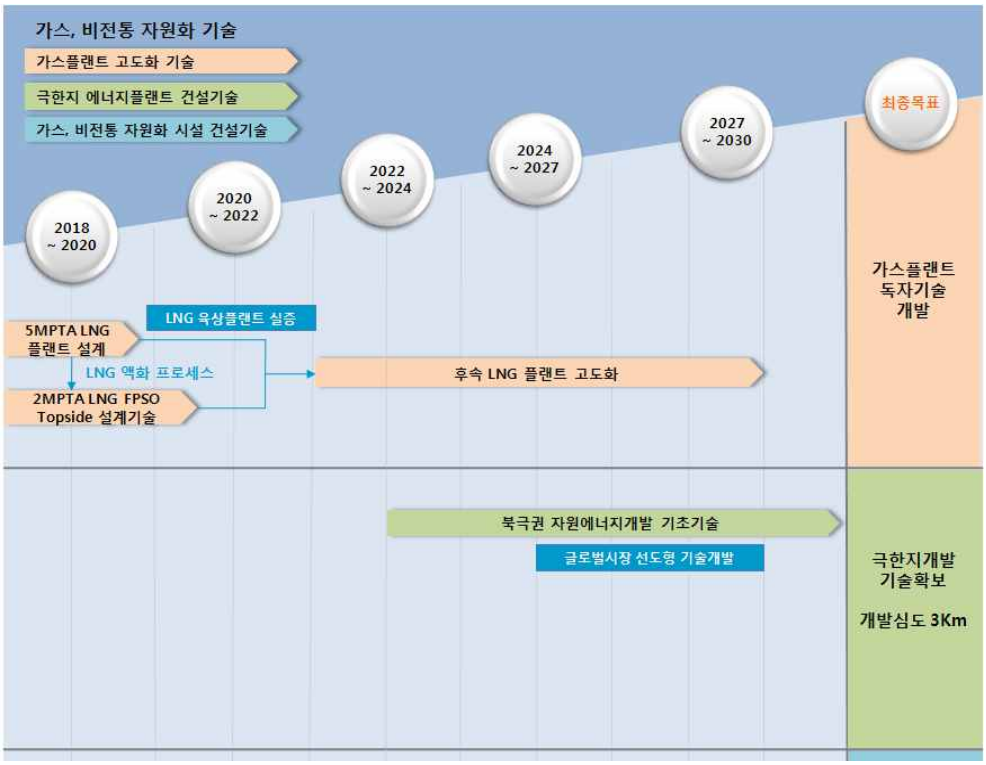
11	극저온 냉동 챔버 (Cold chamber)	국내외 냉동공조 회사	개별 주문제작	장비 구성 : - 극지환경 실대형 및 극저온동토 챔버 - 온도 : -70 ~ 50 ℃ (수평온도 분포 : ±0.5 ℃) - 온도하강시간 : 25 ℃에서 -50 ℃까지 75분 이내 도달(1.0 ℃/min) - 크기 : 최소 10,000W × 5,000D × 5,100H - 강설 및 얼음 제어 장치	-동상, 동결융해, 동결팽창, 열전도 거동분석 -동토지역의 기초 및 구조물 거동 분석 -결빙에 의한 구조물 평가 - 극한 온도조건에서의 건설 자재 및 재료 성능평가 -극한 온도조건에서의 계측장비의 내구성, 신뢰성 평가 -극한 온도조건에서의 건설장비 성능평가 등	주관기관	3,000	1	3,000	 

4.2.3 사업의 로드맵

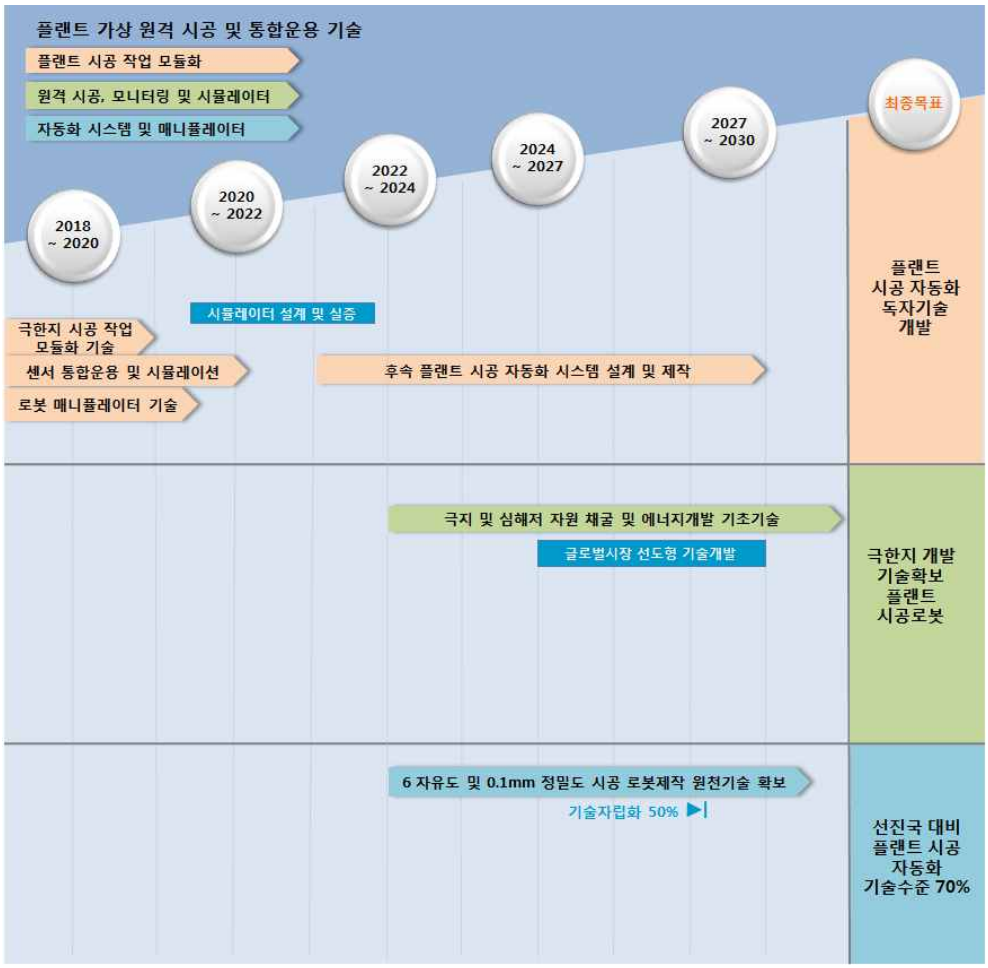
<핵심1과제>



<핵심2과제>



<핵심3과제>


플랜트 가상 원격 시공 및 통합운용 기술
플랜트 시공 작업 모듈화
원격 시공, 모니터링 및 시뮬레이터
자동화 시스템 및 매니퓰레이터
2018 ~ 2020
2020 ~ 2022
2022 ~ 2024
2024 ~ 2027
2027 ~ 2030
최종목표
시뮬레이터 설계 및 실증
극한지 시공 작업 모듈화 기술
센서 통합운용 및 시뮬레이션
로봇 매니퓰레이터 기술
후속 플랜트 시공 자동화 시스템 설계 및 제작
플랜트 시공 자동화 독자기술 개발
극지 및 심해저 자원 채굴 및 에너지개발 기초기술
글로벌시장 선도형 기술개발
극한지 개발 기술확보 플랜트 시공로봇
6 자유도 및 0.1mm 정밀도 시공 로봇제작 원천기술 확보
기술자립화 50%
선진국 대비 플랜트 시공 자동화 기술수준 70%

제5장 사업 추진체계

○ 과제의 성격 및 규모 : 계획 및 설계기술과 핵심장치·기자재, 지반 및 기초, 통합운용 등 신시장 제품(시스템, 장치, 공법 등) 등 응용개발하는 성격을 가지며, 7년 이내의 사업단 과제 규모로 제안함

○ 추진체계 : 산(핵심주관)·학·연(주관), 컨소시움
- 사업 주관부처로 국토교통부, 공동투자부처로 산업통상자원부, 미래창조과학부 등이 참여
- 전문기관으로 국토교통과학기술진흥원, 산업기술평가관리원 등이 참여
- 수행주체로 사업단 및 연구단과 세부주관기관 등으로 구성하여 연구사업을 구성하는 4개의 핵심기술 간 연계성을 가지도록 추진체계를 구성함

○ 추진전략 : 기술개발 단계화
- (연구 효율성 제고를 위한 선별적, 단계적 개발 추진) 중점분야와 세부기술의 특성을 고려하여 선별적인 연구개발을 추진
- (시스템 엔지니어링 관점에서 연구개발 단계화 추진방안을 마련) 기술개발 요구조건과 개발단계를 설정하고 이를 모니터링과 동시에 개발된 기술을 파일럿이나 테스트베드(test-bed)로 통합과 효율적 운영을 정착
  • 1단계 : 기반/핵심요소기술 확보
  • 2단계 : 중점기술 성능 검증
  • 3단계 : 개발시스템 실증 확보

○ 기술개발 수행주체별 역할 정의
- 산업체(산): 기술개발과 기술실시의 주체로서 시장수요와 현장의 문제점을 파악하여 실용성이 있는 개발을 주도
- 연구소(연): 시스템 개발, 대규모 실증평가, 개발단계 관리 등을 주도적으로 추진하여 기술개발 성과의 실증성을 강화
- 대학교(학): 첨단기술의 접목, 데이터베이스 축적, 국제교류 선도 등을 주도적으로 추진하며 기술개발 성과의 우수성을 제고

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

세부기술분야	추진과제(Project)	1단계 (3년)	2단계 (2년)	3단계 (2년)
핵심1과제	이송 스테이션 통합설계 및 실증 기술	○	○	○
	제어 및 운용 시스템 기술		○	○
핵심2과제	펌핑 시스템 설계 및 제작 기술	○	○	
	압축 시스템 설계 및 제작 기술		○	○
	오일·가스 분리 공정 시스템 기술	○	○	
	가열·냉각 시스템 기술		○	○
핵심3과제	극한지 플랜트 건설을 위한 지반조사 및 기초공법 개발	○	○	
	극한지 플랜트 건설을 위한 고효율 시공장비 개발		○	○
핵심3과제	극한지 플랜트 원격 시공 시뮬레이터기술	○	○	
	극한지 플랜트 현장 통합운용 기술		○	○

5.2 예산소요 계획

○ 향후 7년간 총 1,200억원 투자(정부 782.5억원, 민간 417.5억원)
- 극한지 모듈형 전처리 공정 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발(7년, 500억원)
- 극한지 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 개발(5년, 250억원)
- 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공/장비기술 개발(7년, 300억원)
- 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술(5년, 150억원)

핵심분야		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
(핵심1) 극한지 모듈형 전처리 공정 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발	정부	3,500	4,900	4,900	5,600	5,600	5,600	4,900	35,000
	민간	1,500	2,100	2,100	2,400	2,400	2,400	2,100	15,000
	소계	5,000	7,000	7,000	8,000	8,000	8,000	7,000	50,000
(핵심2) 극한지 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 개발	정부	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	-	-	16,250
	민간	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	-	-	8,750
	소계	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000			25,000
(핵심3) 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공/장비기술 개발	정부	2,400	2,400	2,400	3,000	3,000	2,400	2,400	18,000
	민간	1,600	1,600	1,600	2,000	2,000	1,600	1,600	12,000
	소계	4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	4,000	4,000	30,000
(핵심4) 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술	정부	-	-	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	9,000
	민간	-	-	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	6,000
	소계			3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	15,000
총합	정부	9,150	10,550	12,350	13,650	13,650	9,800	9,100	78,250
	민간	4,850	5,450	6,650	7,350	7,350	5,200	4,900	41,750
	합계	14,000	16,000	19,000	21,000	21,000	15,000	14,000	120,000

○ 핵심1 : 극한지 모듈형 전처리 공정 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발

비목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비
직접비	인건비	정부현금	1,050	1,470	1,470	1,680	1,680	1,680	1,470	21.0
		민간현물	914	1,279	1,279	1,462	1,462	1,462	1,279	18.3
	연구장비 재료비	정부현금	1,400	1,960	1,960	2,240	2,240	2,240	1,960	28.0
		민간현물	392	548	548	626	626	626	548	7.8
	연구활동비	정부현금	385	539	539	616	616	616	539	7.7
		민간현금	195	273	273	312	312	312	273	3.9
	연구수당		210	294	294	336	336	336	294	4.2
간접비			455	637	637	728	728	728	637	9.1
연구비	정부출연금		3,500	4,900	4,900	5,600	5,600	5,600	4,900	70.0
	기업부담금	현금	195	273	273	312	312	312	273	3.9
		현물	1,305	1,827	1,827	2,088	2,088	2,088	1,827	26.1
	합계		5,000	7,000	7,000	8,000	8,000	8,000	7,000	100.0

○ 핵심2 : 극한지 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 개발(5년, 250억원)

비목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비
직접비	인건비	정부현금	975	975	975	975	975	-	-	19.5
		민간현물	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	-	-	21.3
	연구장비 재료비	정부현금	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	-	-	26.0
		민간현물	457	457	457	457	457	-	-	9.1
	연구활동비	정부현금	358	358	358	358	358	-	-	7.2
		민간현금	228	228	228	228	228	-	-	4.6
	연구수당		195	195	195	195	195	-	-	3.9
간접비			423	423	423	423	423	-	-	8.5
연구비	정부출연금		3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	-	-	65.0
	기업부담금	현금	228	228	228	228	228	-	-	4.6
		현물	1,523	1,523	1,523	1,523	1,523	-	-	30.5
	합계		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	-	-	100.0

○ 핵심3 : 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공/장비기술 개발(7년, 300억원)

비목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비
직접비	인건비	정부현금	720	720	720	900	900	720	720	18.0
		민간현물	974	974	974	1,218	1,218	974	974	24.4
	연구장비 재료비	정부현금	960	960	960	1,200	1,200	960	960	24
		민간현물	418	418	418	522	522	418	418	10
	연구활동비	정부현금	264	264	264	330	330	264	264	7
		민간현금	208	208	208	260	260	208	208	5.2
	연구수당		144	144	144	180	180	144	144	3.6
간접비			312	312	312	390	390	312	312	7.8
연구비	정부출연금		2,400	2,400	2,400	3,000	3,000	2,400	2,400	60.0
	기업부담금	현금	208	208	208	260	260	208	208	5.2
		현물	1,392	1,392	1,392	1,740	1,740	1,392	1,392	34.8
	합계		4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	4,000	4,000	100.0

○ 핵심4 : 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술(5년, 150억원)

비목			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	구성비
직접비	인건비	정부현금	-	-	540	540	540	540	540	18.0
		민간현물	-	-	731	731	731	731	731	24.4
	연구장비 재료비	정부현금	-	-	720	720	720	720	720	24.0
		민간현물	-	-	313	313	313	313	313	10.4
	연구활동비	정부현금	-	-	198	198	198	198	198	6.6
		민간현금	-	-	156	156	156	156	156	5.2
	연구수당		-	-	108	108	108	108	108	3.6
간접비			-	-	234	234	234	234	234	7.8
연구비	정부출연금		-	-	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	60.0
	기업부담금	현금	-	-	156	156	156	156	156	5.2
		현물	-	-	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	34.8
	합계		-	-	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	100.0

5.3 인력투입 계획

○ 향후 7년간 연인원 총 964명 투입
- 극한지 모듈형 전처리 공정 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발(7년, 370명)
- 극한지 Mid-stream 유·가스 이송 스테이션용 장치·기자재 개발(5년, 210명)
- 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공/장비기술 개발(7년, 254명)
- 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술(5년, 130명)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	합계
(핵심1) 극한지 모듈형 전처리 공정 및 이송 스테이션 설계 및 실증 기술 개발	책임연구원	10	16	16	20	20	20	16	118
	연구원	12	18	18	20	20	20	18	126
	연구보조원	10	10	10	10	10	10	10	70
	보조원	8	8	8	8	8	8	8	56
	소계	40	52	52	58	58	58	52	370
(핵심2) 극한지 Mid-stream 유·가스 이송스테이션용 장치·기자재 개발	책임연구원	10	10	10	10	10			50
	연구원	12	12	12	12	12			60
	연구보조원	10	10	10	10	10			50
	보조원	10	10	10	10	10			50
	소계	42	42	42	42	42			210
(핵심3) 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공/장비 기술 개발	책임연구원	8	8	8	12	12	8	8	64
	연구원	10	10	10	14	14	10	10	78
	연구보조원	8	8	8	8	8	8	8	56
	보조원	8	8	8	8	8	8	8	56
	소계	34	34	34	42	42	34	34	254
(핵심4) 극한환경 플랜트 가상 원격 건설 및 통합 운용 기술	책임연구원			6	6	6	6	6	30
	연구원			8	8	8	8	8	40
	연구보조원			6	6	6	6	6	30
	보조원			6	6	6	6	6	30
	소계			26	26	26	26	26	130

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

○ (타겟시장 및 수요자 중심의 기술개발을 통한 사업성 확보) 미래 지역개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 맞춤형 플랜트·장치 기술을 확보

○ (기술 및 시장 장벽 극복을 위한 실증적 트랙 레코드 확보 및 국제교류 확대) 극한지 전처리 공정 및 이송 스테이션 시장에 적합한 장치 및 현장 서비스 등 실적이 중요하므로 실증 실적 확보

- 실증 기술 확보를 통하여 자원 개발 장비 및 서비스 시장 경쟁력을 확보할 것이며 개발 기술의 라이센스화를 통하여 해외 비즈니스 모델 창출

○ (대기업, 중소기업, 연구기관, 대학 win-win 전략) 대기업이 지닌 마케팅 역량과 연구기관 및 대학의 기술을 접목하여 해외진출 시너지 효과를 창출함

6.2 비지니스 모델

○ 주요 시장 :

- 극한지 오일가스 개발 upstream/midstream 시장으로 대표됨
- 지역적으로 미국 및 캐나다 등 북미시장, 러시아 시베리아 및 캄차카 지역시장, 동유럽 및 중앙아시아, 북극대륙 등임
- 가치사슬 측면에서는 1) 공정설비 엔지니어링, 2) 핵심모듈 및 장치류 등 공급체인, 3) 극한지 하부구조 및 기초, 모듈화, 급속 자동화시공, 4) SCADA 등 모니터링 및 유지보수 등

○ 시장진입전략

- 극한지 시장 니즈(blue ocean, niche market)를 고려한 독자기술과 실증실적(핵심성공요인)을 확보하여 현지 업체와 협업전략(설계, 설치, 운영 등) 추진
  - 1단계 : 이송 시스템 테스트베드 현장 설치, 실증을 통한 독자기술 및 현장 운용 기술 확보
  - 2단계 : 수요자 연계를 통한 수요기업들에 기술이전 및 기술실시를 통한 사업화 진입 추진 단계
  - 3단계 : 이송 시스템 적용 및 기자재 사업화를 위한 국내외 인증 및 개발 핵심장비의 신뢰성 검증 확보를 통하여 수요기업의 사업모델에 적용

○ 국내 예상 관심 기업

- 건설사: 포스코건설, SK건설, 현대건설 등
- 제작사: 한진중공업, 광신기계, 덕원이엔티, 나라콘트롤 등
- 엔지니어링사: 포스코엔지니어링, 성진이앤티 등

6.3 참여 부처별 역할 및 모델

○ 부처별간 역할과 강점을 결집하여 민간의 시장 경쟁력을 선도할 필요가 있으며, 특히 극한 현장 시스템(국토부), 핵심적인 에너지자원 소재 및 장치(산업부), ICT 기반 원격기술(미래부), 남북극 관련(해수부)의 결합을 통한 산업 전후방 연관효과 등 시너지 제고

- 기계, 소재, 자동화 모듈시공, 지반, ICT 등 핵심기술분야의 융복합을 통하여 구현

되는 대규모 극한기술 성격의 사업으로서 기술개발 투자 리스크 쉐어
- 각국의 에너지 안보차원 접근추세, 국가 및 지역간 기후환경, 법제도 등 민간기업이 접근하기 어려운 리스크 요인을 고려하여 정부주도의 다부처 공동연구사업으로 연구개발 추진

국토부 역할	산업부 역할
o 극한지 현장 중심의 플랜트 시스템(모듈 프레임, 공정계통, 스테이션 등) 계획 및 설계기술 o 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 자동화 시공기술 o 국외 현장 검증/실증기술, 현지 시험인증에 대응한 사용 적합성 평가기술, 사업모델 개발	o 극한지용 핵심장치 및 기자재 (펌핑 및 매니폴드, 미터링,피깅 설비 등) 제작기술 o 극한소재, 모듈장치, IoT 기반 통합제어시스템(SCADA 경쟁기술 등은 미래부 협력) 기술 o 러시아, 북미 등 현지 기준에 적합한 장치, 기자재 시험인증 기술

제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

○ 극한지 건설기술의 기술선도 및 기술집약적 고부가가치 기술 개발 체계 정립
○ 남 · 북위 60도 이상에서의 구조물 건설 및 유지관리 가능
○ -40℃ 이하에서 적용 가능한 건설재료 및 건설기술 확보
○ 극한지 진출 시 해외 정보 의존도 기존대비 50% 이상 해소와 기술독립의 기반을 마련
○ 극한지 건설기술의 기술선도 및 기술집약적 고부가가치 기술 개발 체계 정립
○ Ice Engineering 기술정립을 통한 새로운 공학(건설)분야 창출
○ 극지 건설기술 관련 특허등록 및 신기술 창출을 통한 극한지 건설기술 경쟁력 강화 및 원천기술 확보
○ 실시간적 무인탐사·정찰 지원을 통한 극한지 활동의 안전성 및 기동성 확보
○ 극한지용 건설재료 및 시공공법은 플랜트, 해양 및 에너지 관련 산업으로 확장 가능
○ 극한지 전진기지 설계-시공 데이터 관리기술 확보로 프로젝트 설계 및 엔지니어링 매니지먼트 기술력 향상이 가능

7.2 사회·경제적 효과

○ 동토지대 건설기술 진출을 통한 외화 획득(예를 들어, 러시아-극동개발 비용 약170억 달러, 극동·바이칼 지역개발-약223억 달러, 시베리아 에너지 라인 건설 2조 4천억원 등)
○ 제3국(개발도상국)의 극한지 구조물 건설 시 관련 기술 수출 (남극 기지 건설 비용 약 1,000억원 이상 소요)
○ 남극 및 극한지 변화탐지, 기후변화 등 국제사회 이슈에 대한 정보 제공 또는 공동연구 등 국제사회 기여를 통한 국가 위상 제고
○ 에너지 수입 고비용 절감 및 에너지 안보 강화와 러시아와의 관계를 한층 심화할 수 있는 외교 전략적 효과
○ 극한지연구 지원 및 극한지 공학(건설, 재료공학, 소재실험 등)과 같은 응용과학분야에

막대한 파급효과 유발
○ 남극 및 극한지 변화탐지, 기후변화 등 국제사회 이슈에 대한 정보 제공 또는 공동연구 등 국제사회 기여를 통한 국가 위상 제고
○ 민간 건설업체의 남·북극 건설사업(동남아시아, 아프리카 등) 및 시베리아 진출시 기술지원 가능
○ 적설현상 규명 및 예측기술 활용을 통한 동절기 SOC 시설물 유지관리 비용 절감 가능

7.3 정책적 기대효과

○ 에너지 자주 개발율 제고 : 정부에서는 100대 국정과제 중 “에너지 자주 개발율 제고”를 선정하여 에너지 안보 강화를 위한 정책적 지원을 강화함
○ 국가 R&D 기술동향 : 자원 고갈 및 고유가 지속에 따라 동토/심해저 개발 및 에너지 개발 수요 증대됨에 따라 동토 생산 및 수송설계 기술을 주목함
  - 국토해양부에서는 2012년 국토교통 연구기획사업을 통해 “극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술” 기획연구를 추진하여 핵심기술 선정 및 우선과제를 도출
  - 지경부, 자원개발기술 전략로드맵(2011.12) : 2020년까지 자원개발 분야의 핵심기술 개발 중에서 “극한지 유·가스전 개발기술” 등 확보에 주력
○ 정부 차원의 시베리아 가스와 석유 도입을 위한 러시아와의 협상 추진: 1996년부터 시베리아 가스와 석유 도입을 위해 적극적으로 러시아와 협상을 추진하는 등 시베리아 에너지 도입을 위한 매우 구체적이고 가시적인 계획을 추진 중
  - 러시아 천연가스 국내 도입 : 2008년 9월 한·러 정상회담을 통해 향후 30년 동안 연간 750만 톤을 공급하기로 합의
  - G20 정상회의 : 2011년 개최된 G20 정상회의에서 한·러 양국 정상회담을 통한 러시아 유·가스전 및 광물자원 개발 협력 강화를 재확인
  - 2012년 블라디보스토크 아시아태평양경제협력체(APEC)회의 : 현재 한국과 러시아는 수교 20주년을 맞아 각종 교류가 활발히 진행되고 있으며, 우리 기업들은 APEC 회의의 각종 건설 사업에 주요 계약자로 참여
  - 박근혜 정부 한·러 FTA 추진 : 2013년 9월 러시아 상트페테부르크의 G20 정상회의에서 한·러 정상회담 개최 및 지속적인 한·러 관계 협의

[참고문헌]

1. 최병일 외 3인, 플랜트 IT 융합기술 현황 및 전망, 한국기계연구원, 2012
2. 김홍조 외 5인, Fuzzy 추론 및 컴퓨터 비넌 기반 건설현장 개채 안전상태 평가기술, KICEMC 2014
3. 2014~15 KETI 기술사업화 대상기술
4. S. Lichiardopol, A survey on teleoperation
5. ETRI, The State of the Art and R&D Perceptives on Haptics, 2006. 10
6. 이광명, 건설분야의 ICT 현황 및 가상건설기술을 활용한 혁신
7. 장달식, 최신 IT 기반 지능형 굴착 시스템의 개발현황, 두산 인프라코어 기술본부, 2012)

A3-5. 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 고부가 전환 및 CO_2 Network 구축 사전기획보고서

요 약 문

사업명	포집 CO_2 활용 극대화를 위한 CO_2 Network 구축	정의/개념	포집된 CO_2의 파이프라인 공급 네트워크를 구축하고 신규 활용 기술을 통합하여 CO_2 감축 및 고부가화를 위한 활용 통합 패키지 기술 개발
비전	CO_2 활용을 통한 탄소자원 선순환 사회구축	사업의 타당성	포집과 활용의 단위 요소 기술 개발 사업으로 이루어진 연구사업들을 통합 할 수 있는 이산화탄소 공급 네트워크 기술 개발이 이루어져야 각 기술의 활용을 극대화 할 수 있음

시장 현황/전망

▪ 세계 CO_2 포집 프로젝트들의 규모는 현재 65조원에 달하고 있음. 국내 CO_2 포집과 관련된 시설도 현재 4조원 수준의 시설들이 가동

▪현재 CCU 기술 시장은 시장 형성 단계로, 세계 CCU 시장은 2021년 25조원에 달할 것으로 전망

▪EOR과 같은 유사 포집-공급-활용 통합 기술의 경우 단일 시스템이 약 10조원 규모로 운영

▪활용 기술 개발을 통해 약 40조원 규모의 고분자 시장이 대체 될 수 있으며, 농업 및 안전 시설 시장 규모는 매년 크게 증가할 것으로 예상

기술 동향

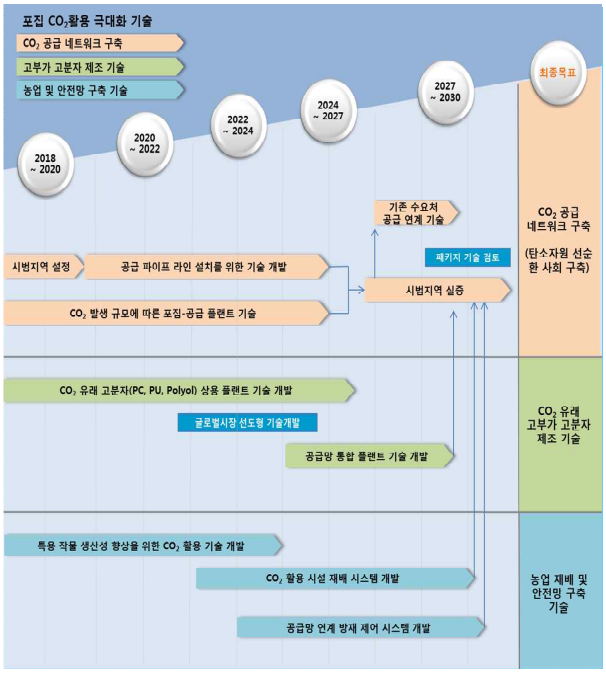
▪미국에선 대규모 포집-EOR 활용 프로젝트가 개발중이며, 유럽 및 중국은 화합물 제조를 통한 고부가 활용에 대한 대규모 기술 투자를 시행중

▪ 국내는 화력발전소를 모델로 CO_2 포집 파일럿 기술이 개발되어 있으며, 화합물 전환용 실증 플랜트들이 개발중

▪국내 및 세계 기업에서는 CO_2를 원료로 하는 차세대 고부가 고분자 생산 기술을 상용화 단계로 개발하였음

▪공급망 및 활용기술 통합 CO_2활용 패기지 기술에 대한 개발은 이루어 지지 않았으나, 최근 미국 DOE정책 방향이 통합 CCUS으로 수정

로드맵



사업추진 전략

▪ 공급망의 설계, 구축 제어 기술을 통한 활용 극대화 시스템을 개발하여 CO_2를 활용 산업의 최대 효율화를 추구

▪국내에 적합한 CO_2 활용 원천 상용 기술 개발을 통해 신규 저탄소 환경 제품/기술 시장 선점

▪국가 주도의 대규모 화재 방재 시스템을 동시에 구축하고, 농업 생산력증가를 통해 경쟁력 확보 및 수입 시장 대응

▪국제 경쟁력을 갖춘 플랜트 및 화학 산업과 연계한 관련 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술/성과 연계활용 등 시너지 창출을 통한 CO_2 전환 상용화 플랜트 분야에서 미래 신성장동력 창출

비지니스 모델

▪시장의 니즈
-온실가스 감축 계획에 따른 포집 설비 및 활용 산업에 대한 수요 증가, 포집 CO_2활용을 위한 신산업 및 활용 시장의 확대

▪프로젝트 비지니스 전략
-포집 CO_2의 처리 및 저에너지 소비 CCU산업 활성화를 위한 공급 네트워크 구축
-고분자 제조 기술과 연계를 통한 고부가 재료 시장 진입
-농업 재배 기술 적용으로 C 고부가 농업 시장 활성
-원활한 CO_2 공급을 바탕으로 직접활용 시장 규모 확대
-CO_2 공급망을 이용한 건식 화재 진압 시스템 구축
-통합 패키지 시스템 개발을 통한 탄소활용 경쟁력 확보 및 플랜트 수출서술

참여부처별 역할/모델	▪국토부 - CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발 - 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립 -상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 수출 사업화 모델 개발 -산업부의 E(Engineering) 기술을 토대로 C(Construction)에 활용 ▪산업부: - CO_2 포집 분리 공정 기술 개발 - 친환경 고분자를 활용한 제품화 - 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 scale-up 설계 기술 개발 - 기존 활용 산업 활성화 기술 개발 ▪1단계에서는 병행 진행, 2단계에서는 병행 진행하되 국토부 중심
소요기간/ 인력/ 예산	▪ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축(600억원/120명) ▪ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정(400억원/80명) ▪ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비(200억원/40명) ▪CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축(200억원/40명)
기대효과	▪대한민국의 특성상 포집된 CO_2 활용을 극대화 하는 방향으로 수송/공급 시스템을 구축하여 CO_2 저감 뿐 아니라 기존석유시장 대체 및 친환경 소재 개발을 통한 환경 문제 등이 총망라된 분야로 국가 운영의 한 축을 담당할 기술로 기대

제1장 사업의 필요성

○ 19세기 후반 산업화와 더불어 화석연료 사용량이 급증하기 시작하였고, 온실가스(CO_2, CH_4, N_2O, 불화가스 등) 배출로 인한 지구 온난화가 가속화되고 있음
- 지구 연평균 기온이 19세기 이후 약 0.85℃ 상승하는 결과를 초래하였고, 2100년까지 3.7℃ 상승을 전망
- 이에 따라 세계적으로 다양한 재해가 발생되고 있으며 특히 해수면 상승이 가장 큰 문제임

○ 지구온난화로 인한 그린란드의 빙하가 녹아내리고 있으며, 1년에 약 500억 톤 이상의 물이 해양으로 유입되어 지난 100년 동안 해수면이 약 23cm 상승하였음 (NASA, 2000)
- 현재 다양한 동/식물들이 멸종 위기에 처해있고 이상 기후 및 자연재해가 증가하는 중이며, 관련 피해액은 전 세계 GDP 1.6%에 해당하는 1.2조 달러/년으로 추정

○ NOAA(National Oceanic and Atmospheric Adminstration)는 “미국을 비롯한 세계의 대기온도가 20세기 초에 비해 1°F 상승하였으며, 과거 30년 동안 기온의 상승 속도가 가속화되고 있으며, 70년대 중반 이후부터의 상승 속도는 수세기 전에 비하여 3배 이상”이라고 발표 (NOAA, 2007)

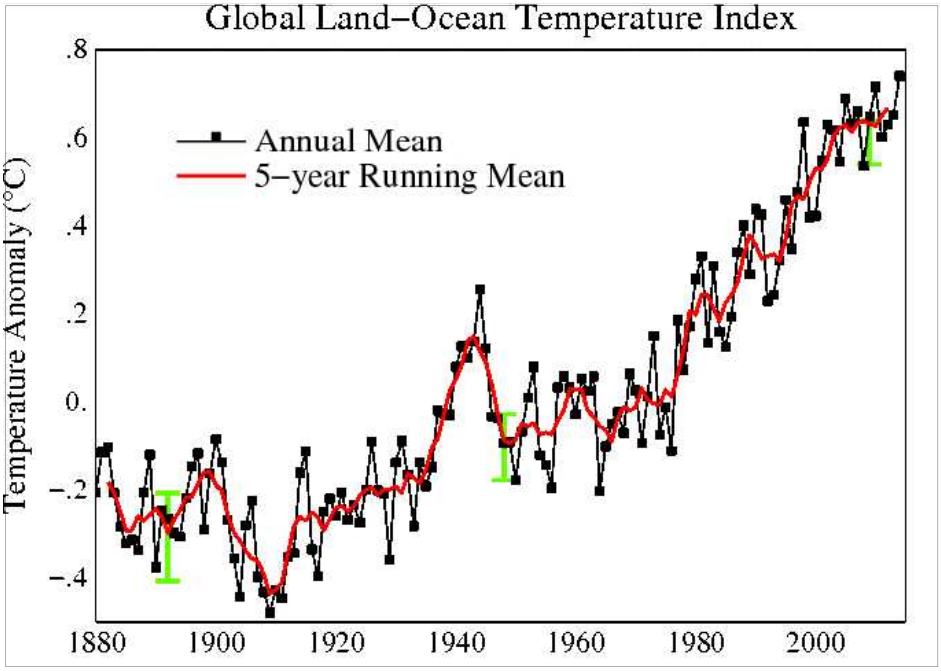


그림 1. 글로벌 기온 상승 추이
(Source: NASA GISS, http://data.giss.nasa.gov/gistemp/)

○ 2013년 제19회 기후변화협약당사국총회(COP 19)에서는 전 세계 각국이 2020년 이후의 감축목표 제출에 합의하였으며, 차 년도에 개최된 COP 20에서는 기존에 세계 각국이 제시한 2020년 감축목표인 지구 평균온도 상승 2℃ 또는 1.5℃ 이하 억제에 문제가 있음을 확인하였고, 보다 강화된 감축노력의 필요성을 제기
- 그 동안 자국 산업보호 문제 등으로 교토의정서에서 탈퇴하는 등 글로벌 기후변화 대응체제 참여에 소극적이었던 미국 및 세계 최대 온실가스 배출국인 중국(중-미 이산화탄소 배출: 전 세계 배출량의 45%)이 베이징 양자 정상회담 (2014.11.12.)을 통하여 변화하는 모습을 보이고 있음
- 미국은 2025년까지 2005년 대비 배출량을 26~28%로, 중국은 특정 목표치를 제시하

는 대신 배출량 감축이 시작되는 배출 정점을 2030년 이내가 될 것이라고 감축 공약을 발표

- 뿐만 아니라 유럽 연합 등 세계 주요국들의 기후변화문제에 대한 인식이 적극적인 태도로 변화하고 있음

○ 우리나라는 2009년에 2020년까지 온실가스 배출을 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축하기로 하는 온실가스 감축목표를 설정하고 국제사회에 공표한 바 있으며, 2014년에 2030년 온실가스 감축 목표를 BAU 대비 37%로 공표하고, 이를 구체화하기 위한 온실가스 감축목표 달성 로드맵을 수립하는 등 대외적 대응을 위한 지속적인 노력을 기울이고 있음

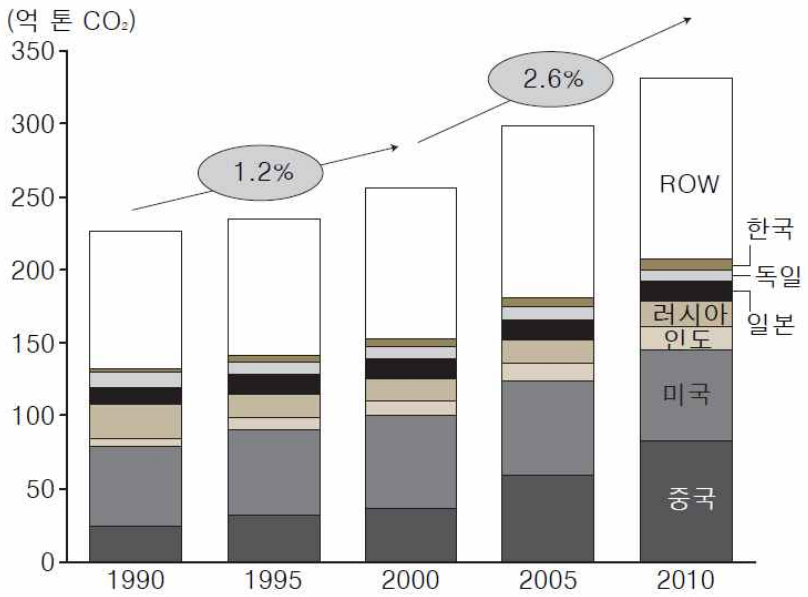
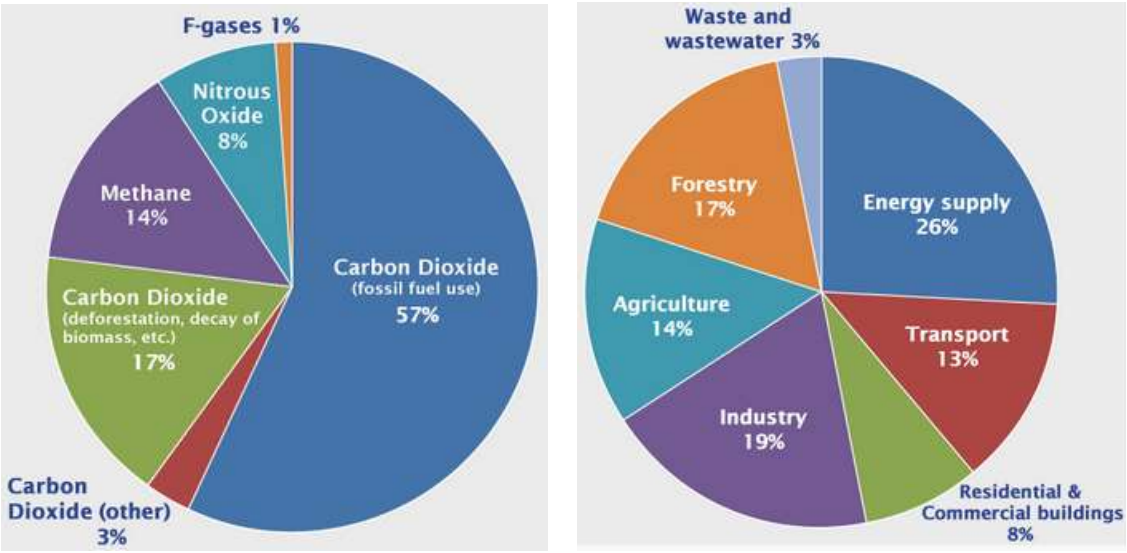


그림 2. 전 세계 이산화탄소 배출 현황 (Source: BP Statistical Review of World Energy(2011))

○ 온실가스 중 이산화탄소(CO_2)는 가장 큰 비중을 차지하며, 산업유형 별 CO_2 배출량은 발전소 등 에너지 공급원에서 가장 많고, 발전을 포함한 시멘트/철강/화학/정제 산업 등에서 발생되는 CO_2가 전 세계 발생량의 절반을 차지함



<배출 온실가스 성분> <산업별 온실가스 배출>

그림 3. 배출 온실가스 성분 및 산업별 온실가스 배출 (Source: IPCC(2007)

○ CO_2 저감을 위한 방편으로 산업공정에서 대량으로 배출되는 CO_2를 모아 폐기물처럼 지하나 해저에 매립 혹은 저장하는 CCS(Carbon Capture and Storage, CO_2 포집 및 저장기술)에 초점을 맞추어 진행되어 왔음

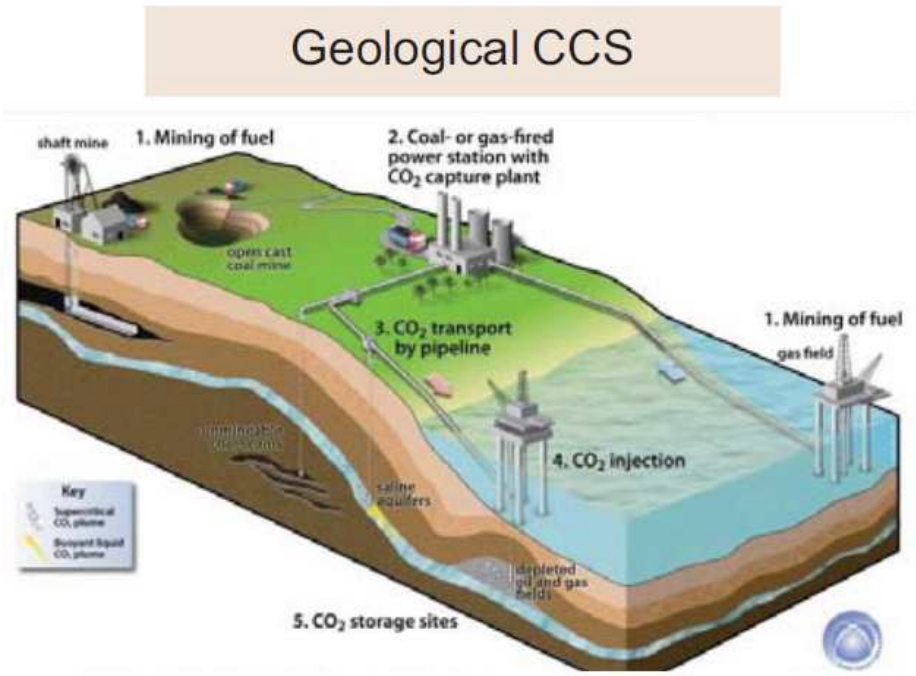


그림 4. CO_2 포집 및 저장기술

○ 하지만, CO_2 포집시 소요되는 막대한 비용, 저장 공간의 확보 및 유출시의 잠재 위험성 등으로, CO_2를 보다 효율적으로 안정하게 처리할 수 있는 친환경 사후 처리 기술이 요구되고 있음

○ 또한 지속적인 소비와 생산을 위해 석유 등 자원 고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요. 발전소 및 철강산업과 같은 고농도 인위적 CO_2 발생원이 풍부하여 새

로운 탄소원으로 충분히 새로운 feedstock 역할 가능

- CCU(Carbon Capture and Utilization, CO_2 포집 및 재활용)는 CO_2를 단순히 포집할 뿐만 아니라, CO_2를 폐기물이 아닌 유용한 자원으로 재활용하여 부가가치가 높고 안정한 물질(Value-added Compounds)을 만드는 데 초점을 맞추고 있어 온실가스 저감 측면에서 장기적으로 훨씬 유용한 기술임
- 따라서, 최근 온실가스를 폐기물이 아닌 자원으로 재사용하여 제품화하기 위한 경제성 기술인 CCU 기술에 관심이 집중되고 있고, 폐자원 활용 및 신재생 에너지와 연계한 CCU 적용을 통한 공정 전주기 효율화 연구가 활발히 진행되고 있음
- 미국의 경우 백악관의 강력한 정책적 의지로 에너지성(DOE)를 통해 온실가스 포집기술(CCS)와 활용기술(CCU) 기술을 연계/융합한 CCUS 기술 개발을 다각적으로 추진하고 있음

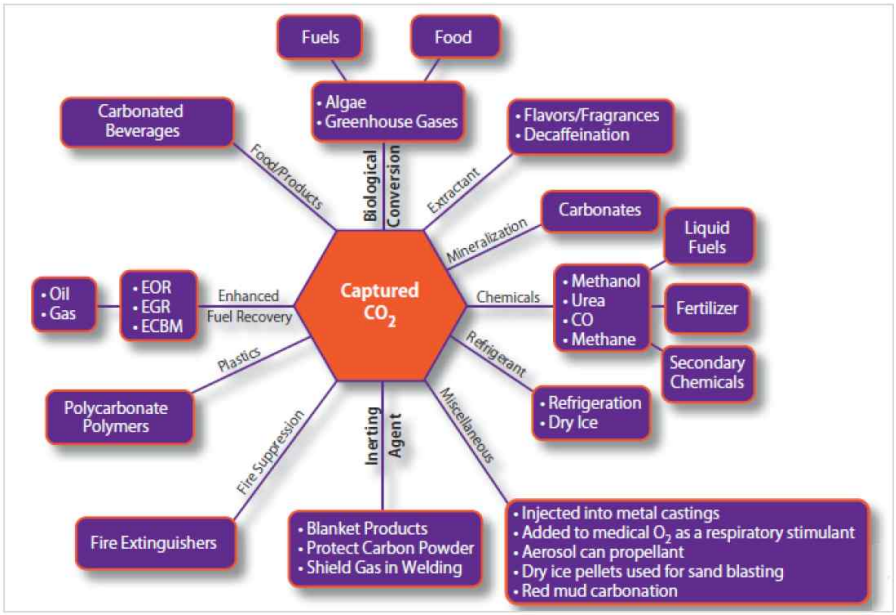


그림 5. CCUS를 통한 이산화탄소 저감 (Source: US DOE (2013))

- CO_2 저감 및 활용 극대화를 위해선 각각의 포집 및 활용 기술을 연계시켜줄 공급 시스템이 필수적으로 필요함
- 안정적인 CO_2 활용하여 자원화하기 위해서는 안정한 상태의 이산화탄소를 활성화하기위한 에너지 투입이 필수임. 따라서 성공적인 기술 개발을 위해선 원료인 포집 이산화탄소의 저비용/저에너지 소비 포집 CO_2 공급 시스템이 필요함
- 미국의 경우 포집된 CO_2를 파이프라인을 이용해 석유회수증진(EOR) 플랜트에 공급하여 CO_2의 저장과 활용을 동시에 꾀하고 있으며, 더 나아가 CO_2를 자원화하기 위한 기술을 개발 중
- 그러나 우리나라의 경우 지상이나 근교 해상 유전을 보유하고 있지 못하여, 포집된 이산화탄소를 저장하기 위한 저장소 구축이 용이하지 않음
- 따라서 자원화를 위한 활용에 초점을 두고 포집된 이산화탄소의 활용처 발굴, 안정적인 공급망 구축, 저에너지 소비 공급을 통한 활용 산업 경쟁력 확보가 동시에 맞물려 개발되어야 함

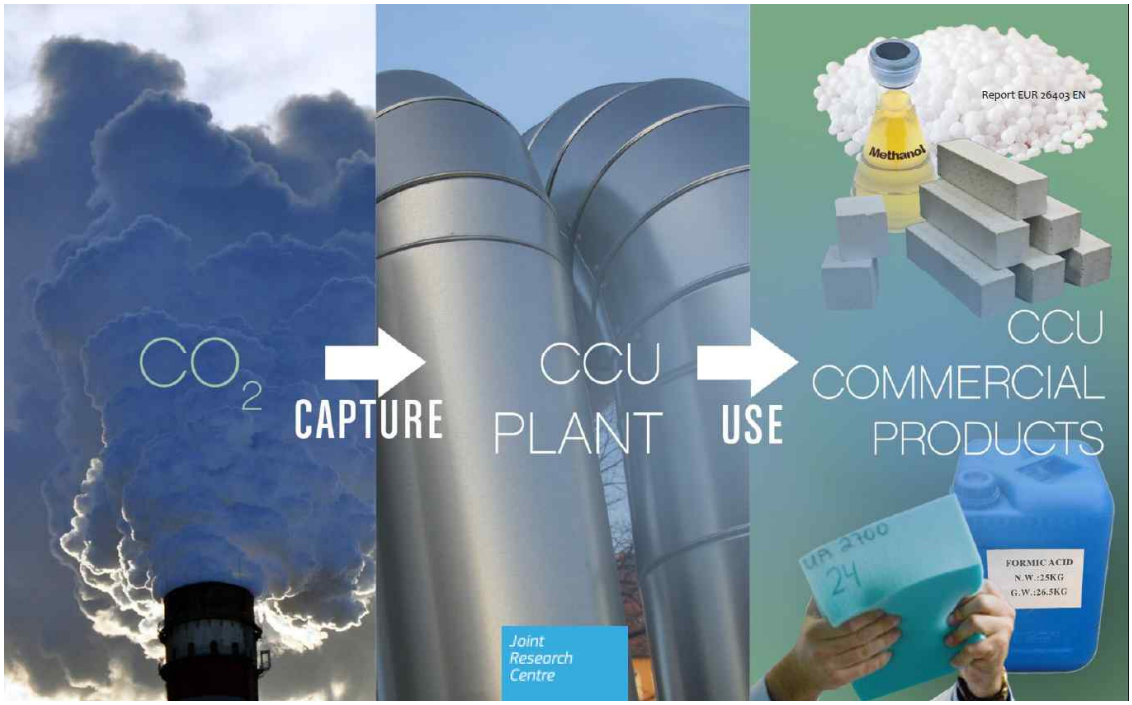


그림 6. 이산화탄소 포집, 공급, 활용 기술 모식도
(Source: European Commission Joint Research Center)

- 특히 CCU의 세부 기술들이 상용화되고 있는 산업 공정과 유사하므로, 국내의 CCU 기술 중 실증화에 도달한 기술을 중심으로 CO_2 공급 네트워크와 결합하여 상용화하기 위한 전략적 개발이 필요
- 이산화탄소 유래 고분자 화합물 생산 신공정 플랜트 개발을 통한 미래 고부가 화합물 생산 및 장기적인 이산화탄소 고정 효과를 얻을 수 있는 연계 통합 시스템에 대한 기술 개발이 필요함
- 공급망 구축을 통해 산업 공정뿐만 아니라 농어촌 작물 생산 촉진 설비 구축이 가능해져 CO_2 활용과 더불어 지역 소득 증가 유도로 국토 균형 발전에 기여할 수 있음. 고부가 특용 작물 재배를 위한(하우스 작물) 이산화탄소 영향력 평가 및 재배 기술 개발을 통해 CO_2 공급망을 이용한 산업공단과 근교에 위치한 농촌지역의 산업 네트워크가 가능
- 공급망(국토부)와 산업부간의 부처간 협력 및 철강업체와 화합업체의 협력 기술 개발 필요하기 때문에 통합 패키지 개발을 추구하는 다부처간의 협력 기술 개발 과제가 필요한 상황
- 경제 발전 및 생활 수준 증가로 인해 사회 안전 시스템에 대한 요구가 증가하고 있으나, 안전에 대한 욕구를 충족하는 사회 안전망은 아직 부족한 상태로 하수 처리와 같이 국가 주도의 대단위 방재 설비 구축에 대한 필요성이 있음
  - 도시가스와 같이 포집 CO_2의 파이프라인 공급망을 통해 대단위 시설 및 공동 주거 공간에 화재 진압 시스템을 구축하여 신규 CO_2 소비 시장 창출과 동시에 공공의 목적을 위한 기술 개발을 이룰 수 있음
  - 최근 텐진항 폭발 사고와 같이 대규모 재난 시 건식 소화 시스템으로 활용할 수 있음
- CO_2 발생량에 비해 소비/활용 시장이 열악한 국내환경을 고려할 경우 경제성을 확보한 이산화탄소 감축 시스템을 개발하기 위해서는 포집, 포집된 이산화탄소 활용을 위한 공급망, CO_2 자원화 신기술 개발을 통한 신수요 산업 창출이 모두 융합된 포집 CO_2 활용 극대화를 위한 공급 네트워크 패기지 기술 개발이 핵심

제2장 국내외 기술 및 시장 동향

2.1 기술의 개념

○ 이산화탄소 대량 발생원에서 포집한 이산화탄소의 활용 및 저감효과를 극대화하기 위해 파이프라인을 통한 이산화탄소의 직접적이고 효율적인 공급망을 설치하고 이를 활용하는 관련 신기술을 개발하고 통합하여 포집-공급-활용 융합 기술 개발

2.2 국내외 기술 동향

○ 해외 북유럽과 북미를 중심으로 대량 발생원의 이산화탄소를 포집하는 다양한 프로젝트가 진행 중에 있음
○ 미국을 중심으로 한 북미지역에 대규모 포집 프로젝트가 계획되고 있으며, 2015년 기준 3기의 대량 포집 플랜트가 가동을 시작함
○ 미국의 경우 이렇게 포집된 대량의 이산화탄소의 활용처로 석유회수증진 공정(EOR)에 파이프라인을 통한 공급망을 설치하고 자연 이산화탄소를 대체하여 사용하고 있음. 이 양은 전 세계 이산화탄소 활용 시장의 절반에 해당하는 양임

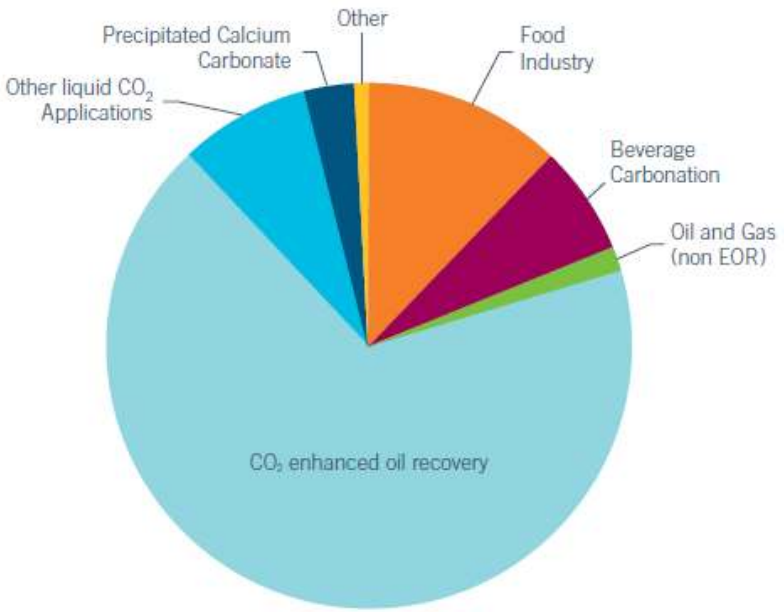


그림 7. CO_2 수요 현황 (Source: Global CCS Institute (2011))

○ 현재까지 미국은 대형 CO_2 포집 설비와 단일 시설 활용을 위한 파이프라인 공급 기술에서 가장 앞서고 있으며, 이를 바탕으로 적극적으로 요소 기술 개발에 투자를 했던 유럽 연합을 제치고 단숨에 CO_2 저감 및 활용 시장에서 기술적 리더의 위치에 도달하였음
○ 전체 CO_2 포집량이 연 1,000만 톤이 넘는 6개의 프로젝트가 세계적으로 개발 계획 단계에 있으며, 이 중 절반인 3개의 프로젝트(레이크 찰스 CCS 프로젝트, NRG 에너지 구역 CCS 프로젝트, 미국 텍사스 클린 에너지 프로젝트)가 미국내에서 진행되고 있어 세계 이산화탄소 저감 프로젝트에서 미국의 비중이 지속적으로 증가하고 있음
○ 미국 Dakota Gasification Company에서는 합성연료 생산 공정에서 발생한 이산화탄소를 파이프라인을 통해 톤당 19달러에 공급하고 있음. 상용 파이프라인 공급은 파이

프라인 설치비와 금융비용이 포함되어 톤당 9 ~ 26달러에 공급되며, 대량 공급이 가능하여 상용화가 가능하다는 것을 확인하였음

- 또한 미국은 이산화탄소 저감을 위한 대형 사업을 추진하고 있으며, 원천 기술 개발 및 상용화를 위한 지원 정책을 수립 중. 또한 국제 대응을 위한 전략을 심도 있게 수립 중이며, 전략 기술로 EOR(Enhanced Oil Recovery)과 CCS를 고수하여 왔으나, CCU가 필수부가결 함을 인지하여 기존 CCS 기술개발 전략 포트폴리오에 탄소 활용 및 재사용(Carbon Use and Reuse) 기술을 포함시킴
- 미국 에너지부(DOE)는 화학적, 생물학적 전환기술을 미래 탄소자원 관련 혁신기술로 분류하고 2010년 이후로 1억 6백만불을 투자하고 있음
  - 특히 ARPA-E(Advanced Research Projects Agency - Energy) 프로그램을 통해 범용성 고분자 제조 기술개발과 균주를 이용한 이산화탄소 고정 및 전환 기술 개발에 투자를 진행중
- 최근 미국, Albemarle & Novomer는 DOE의 지원을 받아 이산화탄소(폴리머 중량 중 40% 이상)와 에폭시드의 공중합 반응으로 폴리프로필렌카보네이트(PPC)의 대규모 생산에 성공

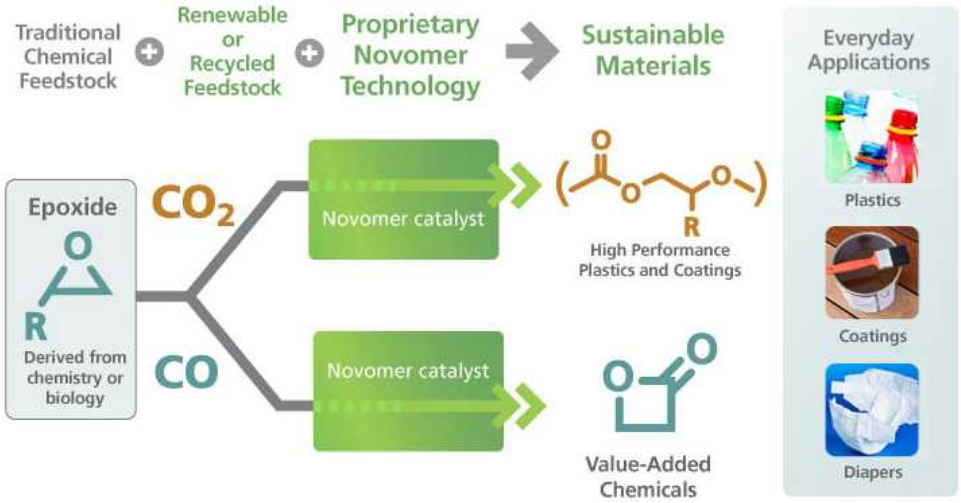


그림 8. Novomer사의 이산화탄소 활용 PPC

- 유럽의 경우 이산화탄소 포집 기술 개발과는 별도로 고부가 자원화하기 위한 다양한 기술 개발이 이루어지고 있음
- 독일의 화학 회사를 중심으로 석유화학 원료를 대체하는 탄소원으로 이산화탄소를 사용하고자 하는 연구가 진행중이며, 이산화탄소가 포함된 다양한 종류의 고분자 화합물 생산 공정이 시험 가동중
  - 이 고분자 화합물들은 이산화탄소를 활용하여 20배 이상의 고부가화를 이룰 수 있는 미래 소재 기술로 포집 기술과 연계되어 이산화탄소 대량 공급망을 염두해 두고 기술을 개발하고 있음
- 독일, Bayer는 독일 정부의 지원(1,780억원)으로 Dream production" 프로젝트를 추진중이며, CO_2를 포집해 바이엘의 촉매를 사용해 직접 폴리우레탄(단열재)을 제조하는 파일럿 플랜트 건설, 2015년 상업화를 목표

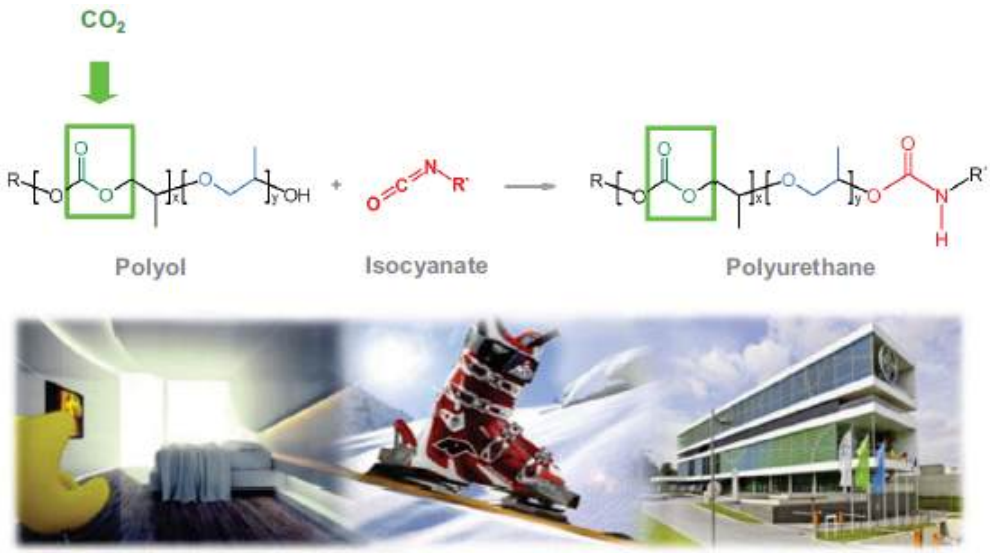


그림 9. Bayer사의 이산화탄소 활용 PU (Dream Production)

- ○ 영국, Newcastle University 연구팀은 이산화탄소(발전소 배가스)와 옥시렌을 활용한 에틸렌카보네이트로 전환 촉매 개발에 성공, Dymeryx사에서 상용화 기술을 개발 중
- ○ 노르웨이는 북해 유전을 활용한 EOR기술을 주로 개발하고 있으며, 활용기술로는 미세조류를 이용한 바이오디젤 생산 연구 추진
- ○ 이탈리아는 광화학적 방법에 의한 고분자 물질 개발 연구를 미래 기술로 추진하고 있으며, 네델란드는 CO_2 자원화 유럽공동연구 리딩으로 핵심원천기술개발 추진 중
- ○ 중국 산업의 발전에 따라 기하급수적으로 늘어나는 이산화탄소 방출량을 줄이기 위해 다양한 포집 및 활용 기술을 개발하고 있음
  - 특히 미국과의 연구 개발 협정을 통해 이산화탄소 활용을 염두해 둔 다양한 포집 처리 기술을 개발하고 있음
  - 또한 유럽과 같이 포집 CO_2를 활용한 고부가 화합물 제조 기술에 대한 투자를 진행중에 있음
- ○ 중국, CAS 창춘 응용화학연구소는 이산화탄소 중합체 합성 촉매를 개발하였으며, 2004년 2월 Mengxi 그룹과 제휴하여 3천톤급 이산화탄소 중합체 생산 라인 구축
- ○ 일본은 2011년 대지진 이후 전력수급 불안정에 따라 그동안 실행중이던 이산화탄소 감축 개발 프로그램을 상당량 축소하였으나, 최근 경제 활성화에 힘입어 이산화탄소 활용 기술에 대한 국가 주도 연구가 다시 시작되고 있음
  - RITE주도로 폐콘크리트나 콘크리트 슬러지 형태의 재활용 가능한 탄산화 기술 개발 추진하고 있으며, CO_2를 이용한 고분자 제고 기술, 조류를 이용한 CO_2 고정화 기술 개발 중
- ○ 국내의 경우 화력발전소를 모델로 하여 이산화탄소 포집에 대한 다양한 연구가 이루어졌으며, 상용 전단계의 파일럿 플랜트 기술이 개발되고 있음
- ○ 그 외에 이산화탄소를 원료로 하여 고부가 화합물을 만드는 이산화탄소 활용 기술에 대한 실증화 연구가 진행 중
  - 이산화탄소 활용 기술의 경우 비활성의 이산화탄소를 원료로 하기 위해서는 이산화탄소 공급 시스템의 가격 경쟁력이 매우 중요한 요인임
- ○ 2010년부터 교과부 주도로 이산화탄소 포집 저장(CCS)를 연구 개발하기 위해 KCRC 프로젝트를 시작하여 이산화탄소 저장을 위한 기술 개발을 진행 중에 있음
- ○ 발전소에 습식, 건식 CO_2 포집 실증 플랜트를 운영중에 있으며, 저장을 위한 기술 개발은 아직 개발 중에 있음
- ○ 이분열 교수팀(아주대)은 2008년 이산화탄소와 프로필렌옥사이드의 반응으로 친환경

플라스틱 개발, SK에너지로의 촉매기술 특허이전 및 연구협력 계약으로 상용화 추진

- 한국화학연구원의 온실가스자원화센터에서는 이산화탄소와 부생가스인 메탄의 상압 개질 반응을 통해 합성가스를 생산하고 활성물질인 이를 플렛폼 화합물로 이용하여 고부가 화합물을 합성하는 연구를 진행중. CO_2 유래 DMC(dimethyl carbonate) 합성 공정을 기술 이전 하였으며, 에너지기술평가원 지원 하에 초산생산 실증화 사업을 진행중임
- 한국화학연구원의 탄소자원화연구센터에서는 이산화탄소와 메탄을 사용하여 일 10 ton의 메탄올을 생산할 수 있는 실증 플랜트를 준공하였음 (2015.6.16. 현대오일뱅크)
- 한국가스공사는 메탄과 이산화탄소로부터 합성가스를 생산하고, 이를 이용하여 DME를 생산하는 데모플랜트 (3천톤/년)를 설계하여 운용중임
- 한국화학연구원 탄소자원연구센터에서는 이산화탄소와 diol를 이용하여 cyclic carbonate단량체 제조 연구를 자체 수행중임
- 한국 지역난방공사에서는 이산화탄소를 활용한 미세 조류 재배 기술에 대한 실증화 연구를 진행하였으며, 남부발전에서는 고농도 이산화탄소 환경을 이용한 온실 작물 재배에 대한 기술 개발을 시도하고 있음

2.3 국내외 시장 동향

- 이산화탄소 포집과 관련된 프로젝트들의 규모만 해도 현재 65조원에 달하고 있음. 이는 2020년 내에 5배로 증가할 것으로 예상되고 있으며, 이에 따라 이산화탄소를 활용하는 시장도 크게 증가할 것으로 예상함
- 2020년까지 100개, 2050년까지 약 3,500개의 대형 프로젝트가 시행될 것으로 예측되며, 프로젝트 투자 금액 또한 65조원 규모에서 3,000조 규모로 증가할 것으로 IEA는 예상하고 있음
  - 프로젝트의 기술은 기존 천연가스 처리나 수소 생산용 플랜트, 발전 및 중공업에까지 CCS프로젝트를 적용하는 방향으로 기술 개발이 이루어지고 있음

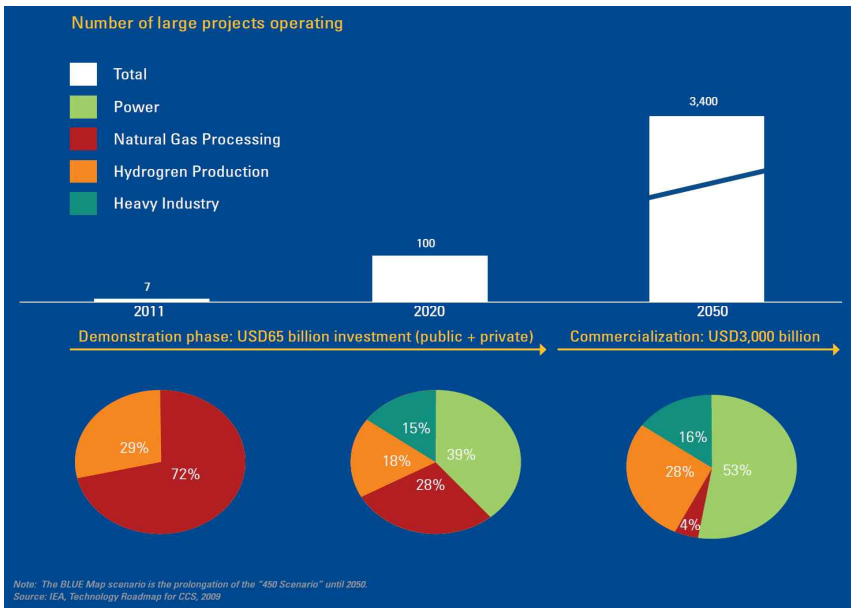


그림 10. 지구온난화 2℃ 제한을 위한 IEA의 CCS 로드맵
(Source: IEA (2009), SBC Energy Institute (2012))

- 본 연구 개발 사업과 비견되는 포집-공급-EOR활용 시스템의 경우 미시시피 주의 켐퍼 카운티 IGCC 582 메가와트(MW) 프로젝트에서 플랜트는 전체 CO_2 배출량의 65%, 즉 연간 약 350만 톤을 포집하여 CO_2-EOR 작업에 사용하고 있음

- 이 과정에서 CO_2를 비롯한 부산물 판매로 발생하는 단일 시스템 매출이 연간 미화 약 5천만 달러에서 1억 달러에 이를 것으로 예상
- 각각의 공정 투자 비용을 고려하면 100억 달러 규모의 시장규모임

○ 세계적 흐름인 이산화탄소 활용과 친환경 공정에 대한 수요에 맞춰 국내 기업들도 기술 개발 투자를 통해 기존 시장 대체를 대비하고 있음
- CO_2 포집과 관련된 시설도 현재 4조원 수준의 시설들이 가동되고 있으며 20년 내에 5배 이상 성장할 것으로 예상됨
- 포집 시설과 결합된 수송 및 자원화 활용 시설들도 이와 비례해서 성장할 것으로 예상됨

○ 현재 이산화탄소 활용 시장에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 EOR이며, 그 밖에 다양한 활용 시장이 증가하고 있는 추세임. 특히 화학적 전환을 통한 고부가 화합물을 만드는 CCU 산업 규모가 급속하게 증가하고 있는 추세임

○ 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망
- 2011~2021 전 기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높음
- 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러(2,940억 원), 2021년 5.10억 달러(6,120억 원)로 전망됨
- 따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러(4조7900억 원)의 시장이 창출될 것으로 예상됨

표 1. 세계 CCU 시장 전망

(단위 : 십억 달러)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CAGR (%)
유럽	3.9	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.7	7.3	8.0	8.8	8.6
북미	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.4	4.9	8.0
아시아	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	7.6
호주	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	5.2
중동	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	5.7
남미	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	5.6
계	11.9	12.6	13.4	14.3	15.3	16.4	17.7	19.0	20.6	22.3	24.3	7.4
한국	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.51	7.6

○ Urea나 메탄올, 금속 탄산염을 이산화탄소 유래 화합물 제조로 대체함으로써, 기존 이산화탄소 시장의 몇 배에 달하는 신규 시장이 창출될 것으로 기대되고 있음

표 2. CCU 제품의 특징 및 현재 시장 수요

Chemical Product or Application	Annual Market (Mt/yr)	Mt CO2 used per Mt Product	Lifetime
Urea	100	70	**6 months**
Methanol	40	14	**6 months**
Inorganic carbonates	80	30	**decades to centuries**
Organic carbonates	2.6	0.2	**decades to centuries**
Poly(urethane)s	10	<10	**decades to centuries**
Technological	10	10	**decades to years**
Food	**8**	**8**	**months to years**

(Source: Centre for Low Carbon Futures (2011))

○ 지금과 같은 수준으로 EOR, Urea 생산과 같은 CO_2 활용 기술 개발 프로젝트가 이루어질 경우, 현재 형성 시장 기준으로 2020년에는 CO_2 연간 수요량이 약 1억 4천만 톤에 이를 것으로 예상 (Industrial Use of Captured Carbon Dioxide, Global CCS Institute, 2011.03.)
○ CO_2 포집/공급 플랜트 및 파이프 네트워크, 연계 신규 공정 플랜트, 방재 시스템 등은 CCU기술의 극대화 통합 플랜트 기술로 기술 수출 가능성이 충분하여, 화합물 거래를 통한 수출입 효과에 버금가는 큰 시장을 형성할 것으로 예상
○ 유럽을 중심으로 국가와 기업의 공동투자를 통해 발전설비의 대단위 이산화탄소 배출과 연계한 화합물 제조 공정에 대한 실증연구가 진행되고 있으며 기존 설비를 대체하는 친환경 시장을 확장하기 위해 기술 개발에 투자하고 있음
○ 이산화탄소 감축 및 친환경 신기술 확보에 대한 요구로 인해 이산화탄소 활용 화합물 시장이 활기를 띠고 있으며, 선진국들이 화학 산업의 신 성장 동력으로 선정하여 기술 선점을 통한 시장발굴에 집중하고 있음
○ 이산화탄소 유래 고분자 공정의 부생성물인 고리형 카보네이트 화합물은 리튬 이온 이차전지 및 각종 전지 분야에 사용이 가능한 전해액 첨가제로 사용되고 있으며, 기술 개발 및 이차 전지 고도화에 따라 기존 전해질 시장을 대체해나가고 있음. 이차전지 관련 에너지 시장은 가장 큰 폭으로 증가세를 보이는 시장으로 2020년경엔 현재 시장의 4배에 이를 것으로 전망되고 있음

표 3. 전해질첨가제의 국내 시장현황

(단위:억원)

구분	년도	2009	2013	2017	2020
이차전지	국내시장규모	32,000	86,000	231,000	397,000
전해액첨가제	국내시장규모	1,600	4,300	11,550	19,850

- 출처 : 교육과학기술부
- 전해액이 이차전지에서 차지하는 금액 구성비율은 평균 5%로 산정됨

표 4. 그린 솔벤트 첨가제(전해액)의 세계 시장현황

(단위:억원)

구분	년도	2009	2013	2017	2020
이차전지	세계시장규모	100,000	245,714	513,333	794,000
전해액첨가제	세계시장규모	5,000	12,286	25,667	39,700

- 출처 : 교육과학기술부
- 전해액이 이차전지에서 차지하는 금액 구성비율은 평균 5%로 산정됨

○ 화학연구원을 중심으로 한국가스공사, 남부발전, POSCO 등에서 이산화탄소 유래 화합물 제조 시스템을 데모급으로 운영 중이며 상용화를 목표로 진행중이며 기존 석유화학 유래 화합물 시장을 점진적으로 대체할 것으로 예상
○ 환경 및 안전에 대한 관심 증가로 친환경 원료를 이용한 고분자 재료 시장이 기존 재료 시장과는 별도로 빠른 속도로 성장하고 있으며, 의료 소재와 같은 고기능 소재 시장의 발굴로 인해 가격 경쟁력이 아닌 기술 경쟁 소재들이 시장에 진출하고 있음
○ SK에서 아주대 이분열 교수팀의 신규 촉매를 기술 이전 받아 고분자 내에 43%의 CO_2를 저장하는 PPC 제조 공정을 개발하여 시장진입 전 단계 기술까지 완료하였으며, LG화학, OCI 등 국내 기업에서도 기존 PU 제조 공정을 대체하기 위한 기술 개발 투자를 진행중에 있음

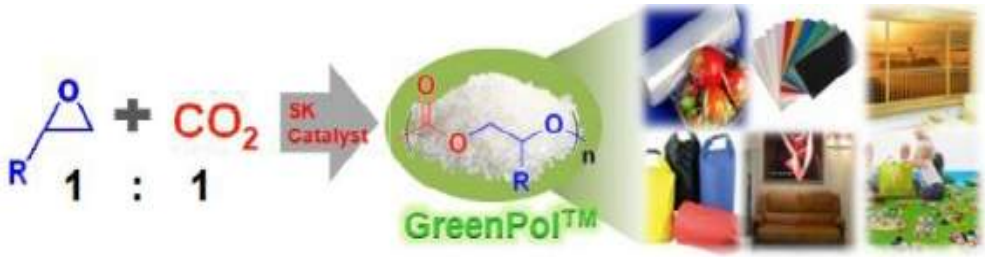


그림11. SK이노베이션의 이산화탄소 활용 폴리머 Green-Pol

표 5. 국내 폴리카보네이트 제조사 연간 생산규모

제조사	삼양사	LG	제일모직	호남석유
Capacity (KT/yr)	110	150	65	65

- 출처 : KSCIA (2010).

○ 이산화탄소 활용 고분자 재료 시장에서는 노보머사가 개발한 이산화탄소 활용 PPC 상용 제품이 시장에 진입하였으며, 북유럽을 중심으로 바이오 유래 친환경 순환 물질을 이용한 신규 고분자 재료 시장에 대한 투자가 이루어지고 있음

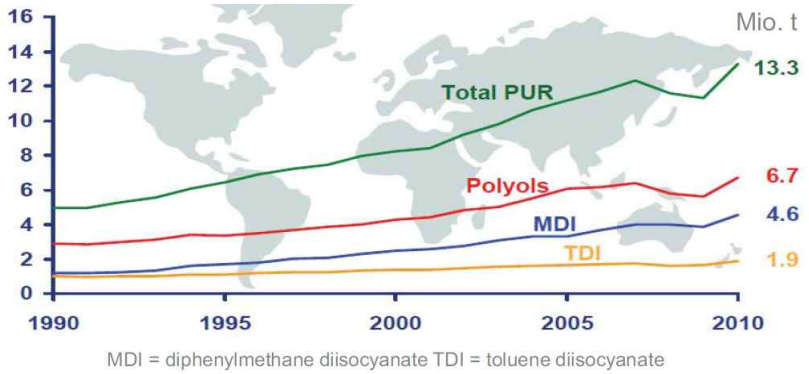


그림 12. 폴리우레탄 관련 세계 시장의 생산량 추이(2010년까지)

○ 농업 대국의 기업형 작물에 대응하기 위한 고부가 특용작물 시장이 나날이 성장하고 있으며, 미래 농가의 소득 증가 여부가 농업 산업의 생존을 결정할 것으로 예상되어, 이에 대한 기술 개발이 필요한 시점

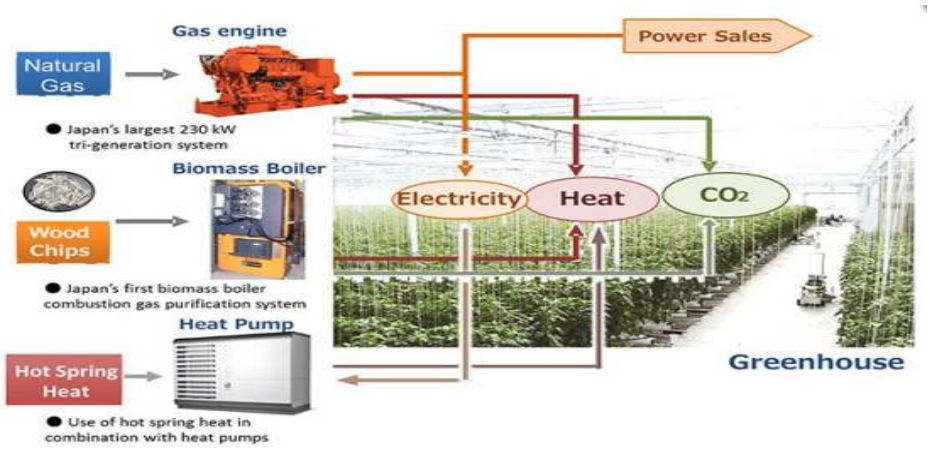


그림 13. 이산화탄소 및 폐열을 이용한 온실 작물 재배 시스템
(Source: Tomakomai Smart-Agriculture Plant)

○ CO_2를 이용한 방재 설비가 물이나 기타 화학제를 쓸 수 없는 삼성전자와 같은 대규모 사업장에 이미 설치되어 있으며, 그 수요는 개인 사업장 까지 증가하는 추세임. 그러나 실린더를 통한 공급, 방재 설비는 지속적인 유지비 투입으로 인한 어려움이 존재하여 이를 극복할 수 있는 공급망이 설치될 경우 수요는 급격하게 증가할 것으로 예상

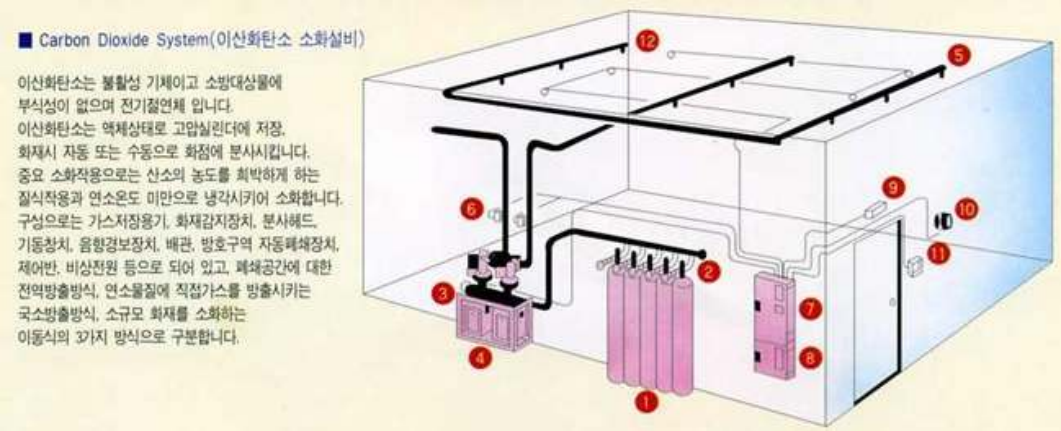


그림 14. 이산화탄소를 이용한 소화설비 모식도

제3장 사업의 타당성

3.1 기술적 타당성

○ 현재 국내 화력발전소 발생 이산화탄소의 포집에 대한 연구 개발이 상당 부분 이루어지고 있으며, 또한 이산화탄소 활용 시장에 대한 기술 개발도 다각도로 진행중
○ 이러한 기술 개발 사업의 연계성을 확장하기 위해선 포집 이산화탄소의 공급망 구축에 대한 기술 개발이 필수적인 상황임.
○ 이산화탄소의 대규모 공급망에 대한 기술 개발은 아직 국내에선 이루어진 적이 없기 때문에 가스 특성에 따른 공급 플랜트 및 파이프 라인, 각 지역 분배 제어 시스템에 대한 포괄적인 기술 개발이 필요함.


그림 15. 이산화탄소 분리/ 파이프라인 공급 플랜트

○ 또한 발전소를 제외한 철강 산업과 같은 산업 부생가스로서 이산화탄소 대량 발생원

의 효율적인 처리를 위한 새로운 포집 플랜트 기술 개발이 필요한 시점임

○ 이는 미래 탄소배출권을 통한 산업 경쟁력과 밀접한 관계를 가지고 있으나, 발전소 배가스에 비해 다양한 혼합가스가 발생하기 때문에 이를 처리하기 위한 분리 정제, 포집 및 공급을 위한 새로운 통합 플랜트 기술 개발이 매우 중요함

○ 미국을 중심으로한 선진국에선 EOR에 사용하기 위한 포집 이산화탄소 파이프라인 공급 시스템이 이미 갖추어지고 있는 상태임

- 이를 위해 공급 플랜트 및 파이프라인 설비에 대한 다양한 기술 투자가 이루어졌으며, 기술적 우위를 차지해나가고 있음
- 이러한 기술의 격차를 줄이기 위해선 다양한 활용 분야에 공급하기 위한 제어 시스템까지 통합된 기술 개발 투자가 필요함



그림 16. 미국내 이산화탄소 포집설비 및 파이프라인 구축맵(2011)

○ 국내 여건상 포집 이산화탄소의 저장 공간이나 EOR과 같은 단일 분야 대량 활용 분야가 없는 실정임

- 다양한 활용처에 공급하기 위한 공급 제어 시스템과 복잡한 파이프라인 설계, 시공 기술 개발이 중요함
- 또한 이에 맞는 대규모 이산화탄소 활용 기술에 대한 동시다발적인 기술 개발이 요구되고 있음

○ 따라서 대표적인 이산화탄소 고부가 활용처인 이산화탄소 유래 고분자 제조 기술에 대한 연구 개발이 이루어져야 함

- 현재 산업부와 미래부 주관으로 이루어지고 있는 신규 공정에 대한 기술 개발 결과를 공급망 시스템과 연결하여 발생기업과 수혜기업 공동의 기술 개발을 통해 활용 기술을 극대화할 필요성이 있음

○ 결국 단위 요소 기술 개발 사업으로 이루어진 연구 사업들을 통합 할 수 있는 이산화탄소 공급 네트워크 기술 개발이 동시에 진행되어야 각 기술의 활용을 극대화 할 수 있음

- 이를 통해 대량 발생원 산업 단지와 고부가화 화학산업 단지, 주변 농업 단지의 발전 및 산업 현장 화재 방재 시스템 구축과 같은 플랜트 패키지 기술을 개발하여, 국내 대단위 산업 단지들에 적용 가능함
- 또한 개발도상국의 미래 산업 발전과 이산화탄소 감축에 대한 솔루션을 수출할 수 있는 기술 개발 사업임

3.2 사회・경제적 타당성

○ 온실가스 감축에 대한 국제 사회의 끊임없는 노력이 진행되고 있으며, 우리나라도 2030년까지 의무감축에 대한 목표를 설정하고 이를 위한 기술 개발이 이루어져야 함
○ 2015년 정부의 2030년 목표치 설정에 따라 이산화탄소 감축을 위한 기술 개발에 대한 사회적 합의는 그 어느 때보다 확고한 상황이며, 정부와 산업계 모두 문제 해결을 위한 강력한 의지를 가지고 있음
○ 국내 산업계에선 아직 탄소배출권과 관련된 산업 생산 제재에 대한 명확한 해결책을 가지고 있지 못한 상황에서 단일 기술들에 대한 기술 개발만으로는 대규모 사업단지의 산업 경쟁력을 보장할 수 없는 상황임
○ 최근 여수 국가 산업단지 및 국내 산업 단지의 시설 고도화 및 집적화에 따라 한 곳에서 발생한 화재로 인한 대형 인명, 물적 손실이 발생하고 있음. 또한 중국 텐징항 폭발 사고와 같이 방재 안전시설을 갖추기 어려운 항구 및 물류 센터에서 발생하는 화재로 큰 피해가 발생하고 있음



그림 17. 여수 국가 산업단지에서 발생한 화재 사고 사진

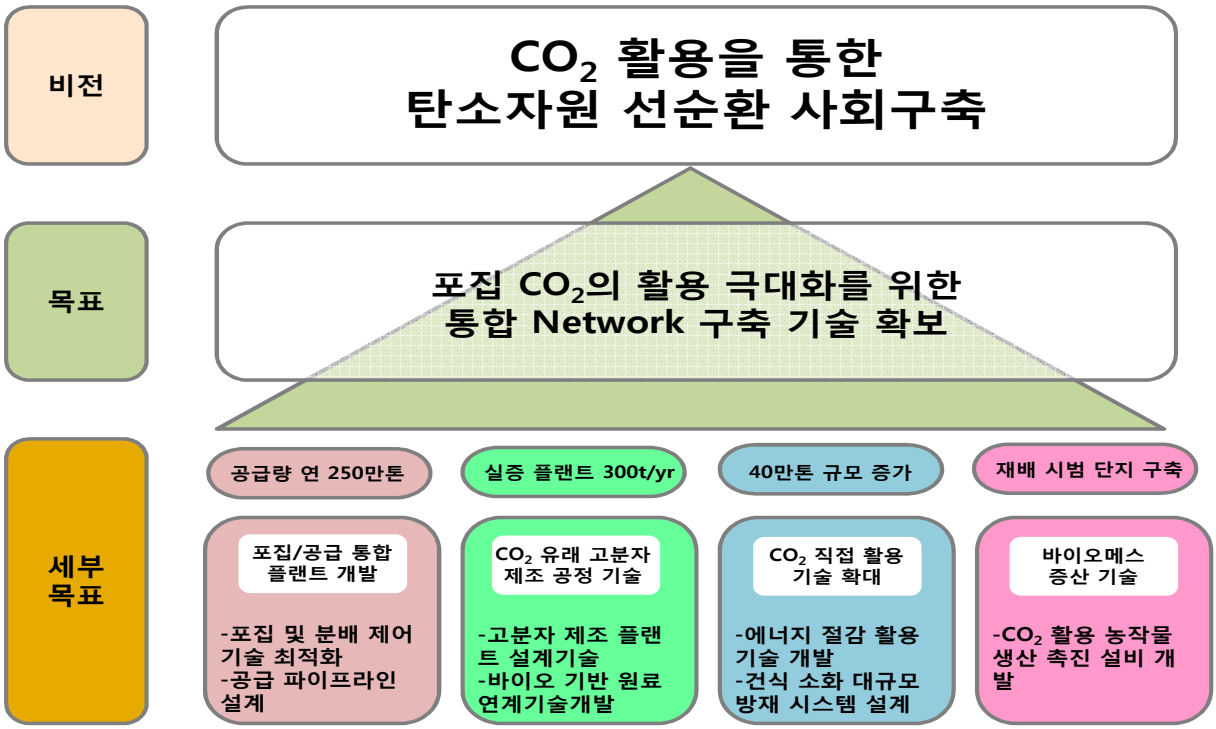
○ 대기업과 달리 안전시설이 열악한 중소기업 집중 산업단지에서는 개인 사업장에서 대규모 방재 시설을 갖추기가 쉽지 않음. 따라서 산업단지 조성 시 기본 인프라로 이산화탄소 공급망을 이용한 방재 시설 구축이 필요함

3.3 정책적 타당성

○ 지금까지 이산화탄소 관련 기술 개발에 대한 정책은 이산화탄소의 포집 및 저장에 중점을 두고 있었으며, 활용을 통한 저감 및 고부가화에 대한 단일 연구과제들이 추진되고 있는 상황임. 그러나 최근 발표한 감축량을 만족시키면서 산업계의 경제적인 부담을 줄이기 위해선 활용을 통한 감축에 대한 기술 개발이 이루어져야 함
○ 이산화탄소 포집 기술과 활용을 통한 고부가화 및 경제성 확보를 위해선 둘 사이를 연결 시켜 줄 수 있는 공급 네트워크에 대한 기술 개발이 필요함. 이를 통해 포집, 공급, 활용으로 이루어지는 통합 이산화탄소 활용에 대한 포괄적인 정책 수립을 수립해야 국제 사회의 이산화탄소 절감에 대한 효과적인 대응과 국내 산업 경쟁력 확보가 가능할 것으로 예상
○ 또한 이산화탄소 활용 패키지 기술에 대한 선점으로 국제 사회에서 리더로서 목소리를 낼 수 있으며, 향후 개발도상국의 탄소 규제 사회 진입 시 국가 간 협력을 위한 카드를 확보할 수 있음

제4장 사업의 목표 및 내용

4.1 비전



4.2 사업의 목표

○ 포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리 효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 제배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현

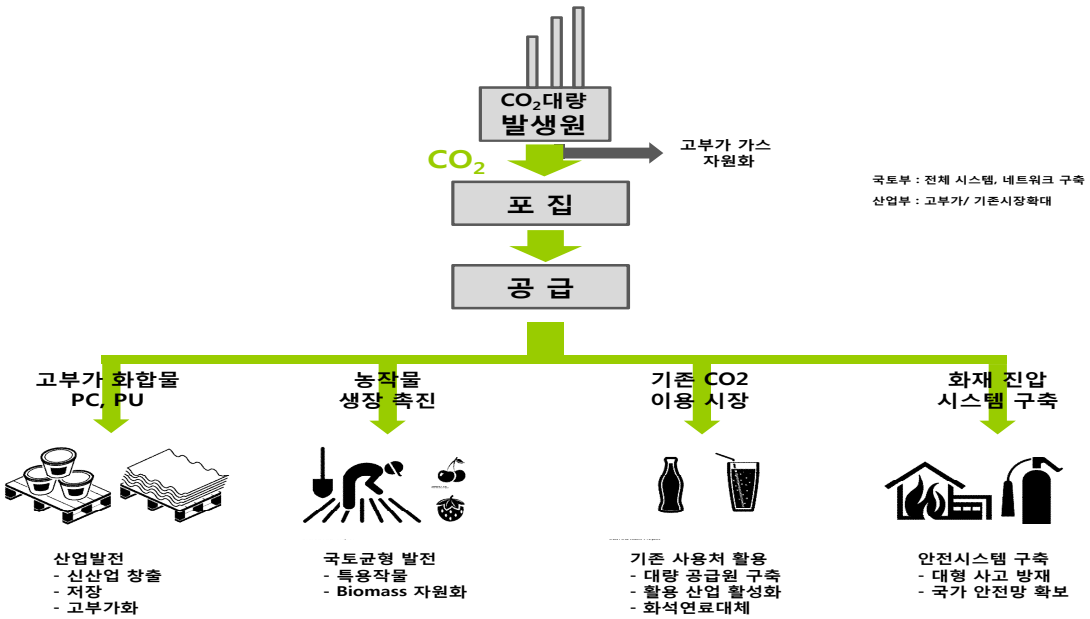


그림 18. 이산화탄소 활용 극대화를 위한 포집 이산화탄소 공급 활용 기술 모식도

4.2.1 핵심기술/핵심개발내용

○ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축
- CO_2 포집/공급 용 플랜트 설계 기술
- 발생원 별 포집 처리 시스템 설계
- CO_2 gas 수송 파이프 라인 설치 설계
- 공급용 파이프 소재 개발 기술
- CO_2 분배 설비 개발 및 제어 기술
- 기존 CO_2 사용처(식용 탄산 가스 제조 설비 등)에 파이프를 통한 직접 공급 설비 구축

○ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정
- CO_2 활용 polyol 카보네이트를 이용한 폴리카보네이트(PC) 제조 공정
- CO_2 활용 단량체 및 폴리아민을 이용한 폴리우레탄(PU) 제조 신 공정 실증
- 바이오 기반 재처리 공정 기술을 통한 다양한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조 플랜트
- 신제조 공정을 위한 고분자 플랜트 설계 기술
- 상용 제품을 위한 고분자 성형 기술 (발포폼, 필름 등)
- 신규 나노 소재 및 천연 고분자 조합을 통한 제품화 기술

○ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비
- 온실(비닐하우스, 유리 온실) 용 CO_2 공급 설비 기술
- 특용 작물용 시범 단지 구축
- 미세 조류 등 바이오 연료용 작물 제배 설비 설계

○ CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축
- CO_2를 이용한 소방 설비 기술 개발
- 대단위 공단 및 작업장에 CO_2 화재 진압 시스템 구축
- LNG 공급라인과 근접 공급 설비 구축을 통한 대형 사고 조기 진압 시스템

4.2.2 설비규모

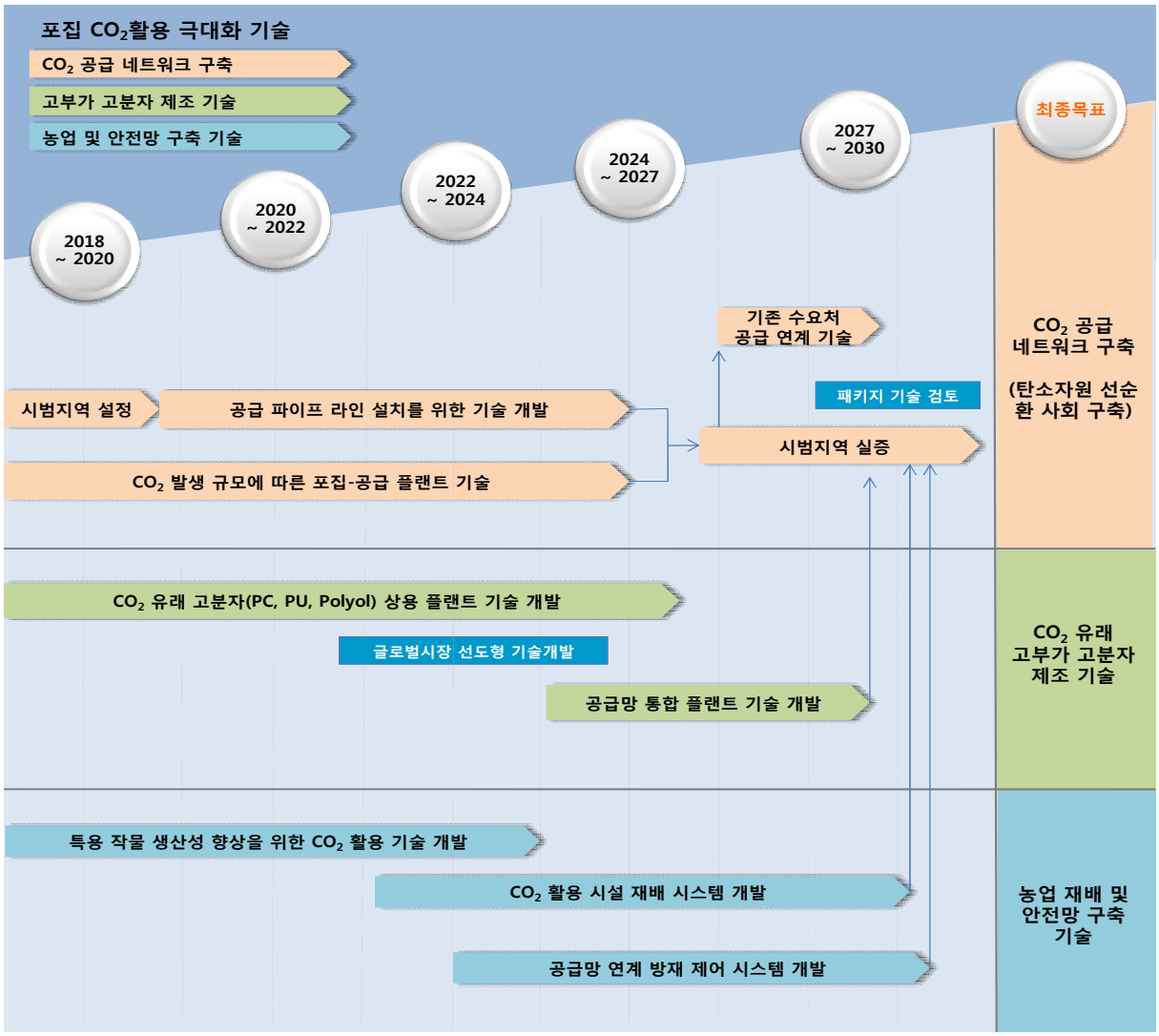
○ 포스코 광양제철소의 합성가스 생산 공정을 기준으로 하여 연간 약 250만톤의 이산화탄소를 포집하고 처리하여 공급하고 활용할 수 있는 규모의 통합 CO_2 활용 네트워크 패키지 기술을 개발하고자 함

○ 남부발전, 광양제철소와 비닐하우스단지, 여천산업단지를 연결(길이 30km내외)하는 CO_2 network 구축을 통해 CO_2의 포집, 이송 등의 기술을 확립하고 이를 소화방재, 비닐하우스 공급. 이산화탄소를 전환하여 화학물질 제조에 활용할 수 있는 석유화학, 정밀화학 업체에 공급하고, 그 밖에 이산화탄소를 직접 활용하는 사업체 (드라이아이스, 용접, 자연 냉매, dry cleaning 등)에 공급하고자 함



그림 19. 포스코 합성가스 생산 플랜트(좌)와 광양 제철소 및 인근 산업단지(우)

4.2.3. 사업의 로드맵



제5장 사업 추진체계

5.1 단계별 추진대상 과제 및 일정

○ 각 기술별로 산(협회, 기업)·학·연·관이 참여하는 협의체를 구성하여 산업계 수요 중심의 구체적인 R&D 추진 전략을 수립하고 기술 개발을 추진하고자 함

○ 1단계 (2018~2020)

- 시범단지 설정
  - 광양만 지역을 시범지역으로 설정하여, 관련 기업의 협의체를 구성하고 구체적인 R&D 추진 전략을 수립
  - 시범 단내 예상 규모에 따른 포집-공급 플랜트 기술 예측
- 고분자 제조 기술
  - 이산화탄소 유래 고분자 제조 상용 플랜트 후보 기술 선정
  - 기존 보유 기술의 통합 기술 검토
- 농업 재배 및 안전망 구축
  - 시범 단지 근처 소규모 농업지역 물색 및 공급 가능 작물 수요 검토

• 시범단지내 방재 시스템 검토 및 공급망 연계 방재 시스템 수요 예측

○ **2단계 (2020~2024)**

- 공급망 기술 개발
  • 시범단지 규모의 공급 파이프 라인 설치를 위한 기술 개발
  • CO_2 gas 수송 파이프 라인 설치 설계
  • 공급용 파이프 소재 개발 기술 개발
  • CO_2 분배 설비 개발 및 제어 기술 개발
  • 발생 이산화탄소 포집 처리 시스템 구축
  • CO_2 포집/공급 용 플랜트 설계 기술
  • 발생원 별 포집 처리 시스템 설계
- 고분자 제조 기술
  • 이산화탄소 유래 고분자 제조 신공정을 위한 고분자 플랜트 설계 개발
  • 이산화탄소 활용 폴리올을 이용한 폴리카보네이트(PC) 제조 공정
  • 이산화탄소 활용 단량체 이용한 폴리우레탄(PU) 제조 신 공정 실증
  • 바이오 기반 재처리 공정 기술을 통한 다양한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조 플랜트
  • 공급망 통합 고분자 제조 공정 기술 검토
- 농업 재배 및 안전망 구축
  • 시범 단지 적용 가능한 적정순도 이산화탄소 활용 고도생장 특용 작물 재배 기술 극대화
  • 이산화탄소 공급을 통한 재배 시설 설계 및 구축 기술
  • 온실(비닐하우스, 유리 온실) 용 CO_2 공급 설비 기술
  • 특용 작물용 시범 단지 구축
  • 미세 조류 등 바이오 연료용 작물 제배 설비 설계
- CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축
  • 공급 이산화탄소를 이용한 소방 설비 기술 개발
  • 대단위 공단 및 작업장에 CO_2 화재 진압 시스템 설계 및 구축

○ **3단계 (2024~2030)**

- 통합 기술 개발을 위한 시범 단지 실증
  • 공급원에 따른 공급 및 제어 기술 실증
  • 이산화탄소 유래 고분자 제조 실증 설비와 공급망 연계 설계 및 공급망 연계 파일럿 플랜트 개발
  • 기존 이산화탄소 수요처 공급 시설 연결 설비 구축을 위한 설계
  • 이산화탄소 공급망을 통한 대형사고 조기 진압 시스템의 안전성 확보를 위한 추가 설비 구축

5.2 예산소요 계획

○ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축: 600억원
○ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정: 400억원
○ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비: 200억원
○ CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축: 200억원

5.3 인력투입 계획

○ 총 연간 280명의 연구 개발 인력 투입
○ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축: 120명
○ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정: 80명
○ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비: 40명
○ CO_2 파이프라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축: 40명

제6장 사업 추진전략

6.1 사업화 전략

○ 공급망의 설계, 구축 제어 기술을 통한 활용 극대화 시스템을 통해 CO_2를 이용한 관련 산업의 최대 효율화를 추구하여 신시장을 창출하고 통합 시스템의 해외 수출을 통한 시장 선점
○ 국내 환경에 적합한 CO_2 활용 원천 상용 기술 개발을 통해 신규 성장하고 있는 국내 및 해외 저탄소 환경 제품/기술 시장 선점을 통해 대외 국제 경쟁력 확보 및 고용 창출
○ 국가 주도의 대규모 화재 방재 시스템을 동시에 구축하여 국가 안정 관련 시장을 확대하고, 농업 생산력증가를 통해 경쟁력 확보 및 농작물 수입 시장 대응
○ 국제 경쟁력을 갖추고 있는 플랜트 산업 및 석유화학 산업 등과 연계하여 관련 R&D 유관부처간 개방형 융복합연구를 통해 기술 및 성과 연계활용 등 시너지 창출을 통하여 온실가스 전환 상용화 플랜트 분야에서 국가 미래 신성장동력 창출.

6.2 비지니스 모델

○ 시장의 니즈
- 온실가스 감축 계획에 따른 포집 설비 및 활용 산업에 대한 수요 증가
- 포집 CO_2활용을 위한 신산업 및 활용 시장의 확대 필요성

○ 프로젝트를 통한 비지니스 전략
- 포집 CO_2의 처리 및 저에너지 활용 활성화를 위한 공급 네트워크 구축
- 고분자 제조 기술과 연계를 통한 고부가 재료 시장 진입
- 농업 재배 기술 적용으로 활용기술 확대 및 특용 고부가 농업 시장 활성
- 원활한 CO_2 공급을 바탕으로 한 직접 활용 시장 양적 규모 확대
- CO_2 공급망을 이용한 건식 화재 진압 시스템 구축
- 통합 패키지 시스템 개발을 통한 탄소활용 경쟁력 확보 및 플랜트 수출

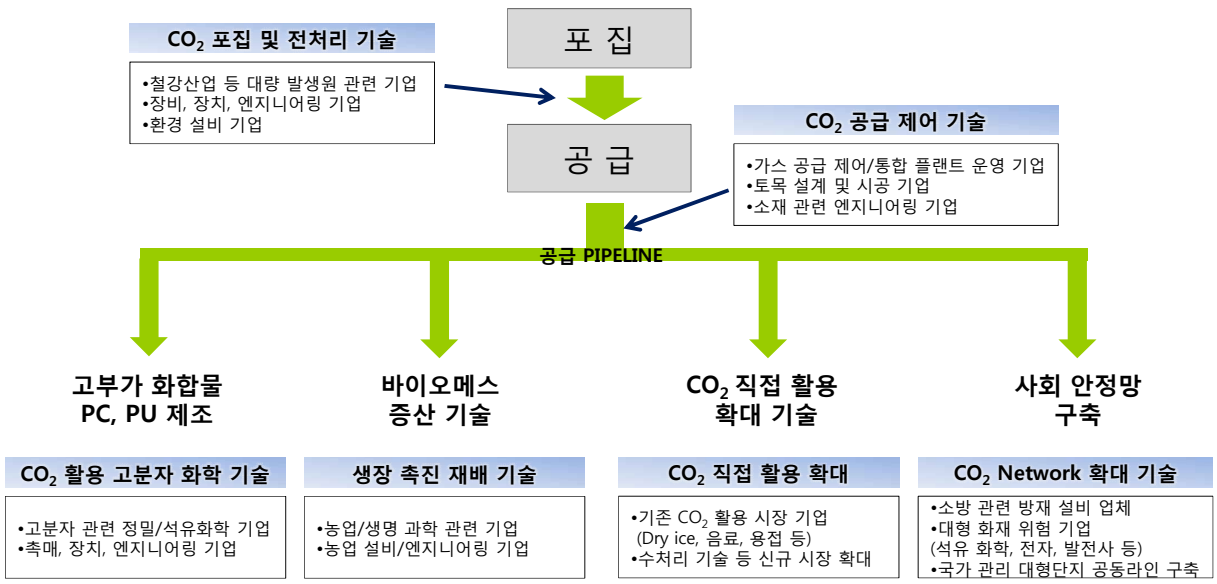


그림 20. 개발 기술의 기술별 비니지스 모델

6.3 참여 부처별 역할 및 모델

○ CO_2 활용 기술의 보급 확대를 통한 온실가스 저감 효과 극대화시키기 위해서 공급 네트워크, 산업 생산 공정 및 환경 규제와 관련된 관련 부처들 협력을 통해 국가 온실가스 감축 목표 달성 및 저탄소 사회 기반 구축 필요. 이를 위해서 국토부, 산업부, 환경부 등 관련 기관들의 공동 기획 필요

○ 국토부
- 산업부와 미래부에서 추진한 성과를 연계하여 극대화하기 위한 필수 기술 제공
- CO_2 공급플랜트-망 설계, 구축 및 운영 제어 기술 개발
- 효율적인 통합 단지 구축 및 국토 균형 개발 계획 수립
- 실증급 또는 상용급 규모 scale-up 설계 기술 검토, 시스템 최적화 및 process integration 기술 개발
- 상용급 플랜트 디자인 패키지(PDP) 개발 및 해외 수출 사업화 모델 개발
- CO_2 공급망을 통한 산업단지 및 지역 발전 계획은 국토부 본연의 역할을 잘 살릴 수 있음
- 산업부의 E(Engineering) 기술을 토대로 C(Construction)에 활용하여 시스템을 수출할 수 있음

○ 산업부
- CO_2 포집 분리 공정 기술 개발
- 반응기 및 촉매 제조 기술 개발
- 친환경 고분자를 활용한 제품화
- 단위 공정 최적화
- 기 개발된 파일롯 규모 기술들의 실증급 또는 상용급 규모로의 scale-up 설계 기술 개발
- 기존 활용 산업 활성화 기술 개발
- CO_2의 고가 제품화를 통하여 탄소세가 높을 경우 대비 가능
- 발생원 포집 및 고부가 상업화 시장은 산업부의 기술 개발 결과가 필수임

제7장 사업의 효과

7.1 기술적 효과

○ 기존 여러 부처의 지원을 통해 개발된 다양한 수준의 연구 개발 결과물을 기본 활용하고 결집하여 대단위 상업용 플랜트 기술을 개발

○ 범정부차원에서 기술 개발 투자를 진행 중인 해외 선진국들과의 경쟁력을 확보할 수 있는 상용 기술 확보

○ 민간 기업 위주의 기술 개발 투자로는 가격경쟁력 확보가 어려운 이산화탄소 활용 분야에 대한 다부처 투자로 국내업계의 경쟁력을 단기간에 확보

7.2 사회·경제적 효과

○ 신규 이산화탄소 활용 시장 및 감축으로 인한 탄소배출 관련 기업의 직간접적 경제적 효과를 얻을 수 있음

○ 최대 수천조 규모의 CO_2 포집 활용 시스템 시장의 기술 패기지 수출을 통한 경제적 수익 및 CO_2 저감 분야의 리더 그룹 형성

○ 친환경 공정을 통해 생산된 고분자는 최대 2000만톤 수준인 기존 폴리우레탄 시장(연

간 약 40조원 규모) 점진적으로 대체할 것으로 예상되어, 신공정을 통한 시장 재편 시 시장 선점 효과
- 신규 특수 소재 시장 창출을 통한 고용 효과 및 관련 기술 시장 투자 효과
- CO_2 저감 뿐 아니라 기존석유시장 대체 및 친환경 소재 개발을 통한 환경 문제 등이 총망라된 분야로 국가 운영의 한 축을 담당할 기술로 기대
- 안전한 산업 공정 개발과 인체 무독성 등 친환경 제품을 통한 안전한 사회
- 자원 선순환 사회 구현

7.3 정책적 기대효과

- 해외 선진국에서 시도하지 않은 CCS+CCU기술의 통합 시스템으로 새로운 기술 분야와 시장을 개척하고 선점할 수 있으며, CCS와 CCU로 나누어진 CO_2 저감에 대한 국가 정책을 하나로 통합하여 국가 아젠다 및 장기적인 관점의 기술개발 투자가 가능
- 기존 여러 부처의 지원을 통해 개발된 다양한 수준의 연구 개발 결과물의 활용을 최대화하여 각 부서에서 추진하고 있는 정책의 궁극적인 활용 및 중복 투자 방지를 통한 국가 역량의 최대 효율화를 도모할 수 있음
- 선진국들과 같은 범정부차원에서 기술 개발 투자를 통해 공공성을 갖는 미래 기술 개발에 대한 정부의 명확한 의지를 표명하여 민간 기업의 투자 활성화를 통한 국내업계의 경쟁력을 확보가능
- 신규 이산화탄소 활용 시장 및 감축으로 인한 국제 사회 감축 압박에 대응할 수 있는 정책적, 기술적 배경 확보
- 산업계뿐 만 아니라 신규 농업 재배 기술에 대한 투자로 국토 및 산업 균형 발전을 통한 안정적인 사회 유지 및 농업 산업의 경쟁력 확보
- 안전과 환경과 같은 국민 밀접 시설에 대한 국가 주도의 대규모 연구 개발 투자를 통한 공공성 및 복지 시설 확충에 정책적 기여를 할 것으로 예상

[참고문헌]

1. Global CCS Institute, Accelerating the Uptake of CCS: Industrial Use of Captured Carbon Dioxide, (2011.3)
2. National Oceanic and Atmospheric Adminstration, 2007
3. NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS)
4. BP Statistical Review of World Energy(2011)
5. International Panel on Climate Change (IPCC, 2007)
6. US Department of Energy (2013)
7. European Commission Joint Research Center
8. Global CCS Institute (2011)
9. International Energy Agency (IEA), Technology Roadmap for CCS (2009)
10. IEA (2009), SBC Energy Institute (2012)
11. 세계 CCU 시장 전망, 출처 : Visiongain
12. Centre for Low Carbon Futures (2011)
13. Tomakomai Smart-Agriculture Plant
14. www.ico2n.com
15. The American Oil&Gas Reporter, 2011

[부록4]

최종후보 플랜트 5개
기술수요조사서

A4-1. 기술수요조사서 (1) : GTL 플랜트

1. 연구개발과제명

연구개발과제명	가스자원 활용을 위한 Compact GTL 반응시스템 실증화		
제 안 기 관	한국화학연구원		
기 술 분 류	국가과학기술표준 분류체계	화공-화학공정 -촉매/반응기술	기초( ), 응용( ), 개발(ㅇ)

2. 연구개발의 목표 및 내용

연구개발의 목표	세계 화학산업 변화 대응을 위한, 중소규모 가스자원 활용 Compact GTL 통합공정 실증화
연구개발의 내용	◦ Compact GTL 반응기용 고성능 촉매: Compact 리포밍 및 피셔-트롭시 반응기용 촉매 성능 개선 및 촉매 대량 제조 기술 개발 ◦ Compact 피셔-트롭시 합성반응시스템 - 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피 당 생산량이 상용반응기 대비 20 배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 (C5+ 생산량 기준 0.025m3/bpd 이하 Compact FT 반응기) 개발 ◦ 50 BPD Compact GTL 통합공정 최적화 기술 개발 - 모듈 당 50 BPD(배럴/일)급 GTL 실증플랜트 통합공정 설계/설치/운전/최적화, 공정모사를 통한 반응기/공정해석, 모듈 당 50 BPD 급 Compact GTL 실증플랜트 경제성 평가 기술 개발, 3000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계 ◦ 바이오가스 사용 소형 모듈화된 compact GTL 공정기술 개발 및 실증 - 기존 국내기술 규모인 1 배럴/일급 공정기술을 모듈화한 comapct 공정기술 개발과 국내 실증
성과물 유형	시스템(ㅇ), 공법·기법( ), 재료·자재( ), 소프트웨어( ), 장비·장치( )
TRL단계	TRL 3단계 ~ TRL 7단계

3. 연구개발 동향 및 파급효과

연구개발의 필요성	◦ 대형 가스전은 이미 세계 메이저 회사에 선점되어 LNG, PNG, 대형 GTL 등으로 활용되고 있으나, 중소규모 가스전 (<1TCF)은 전체 가스자원의 60% 이상을 차지 하지만, 개발기술과 경제성 문제로 인해 상당부분 미개발 상태로 놓여있음 ◦ 석유 채취/정제과정에서 발생하는 동반가스의 flaring 금지 규제가 세계적으로 확대되고 있는 추세임 ◦ 한계가스전 등의 중소규모 가스전을 활용하고, 환경문제를 갖는 동반가스의 처리, 나아가 셰일가스 및 기타 소규모 자원 (바이오가스, 매립가스 등) 개발에 적합한 소규모 형태의 가스 전환 기술 필요 ◦ 지금까지 상용화에 가까운 바이오연료 생산기술은 주로 생물학적 공정에 기반을 둔 알콜류 제조에 집중되어 있으나 향후 바이오화학산업의 발전방향 및 기존 석유화학 infrastructure와의 연계방향을 감안할 때 열화학공정을 기반으로 하는 바이오연료 제조기술 개발이 동시에 수행되어야 경제성 확보가 가능함 ◦ GTL 기술은 가스자원을 저장/수송이 용이한 고부가 가치의 고급디젤유나 왁스를 제조하는 것이며, Compact GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용, 개발기간이 짧고, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에, 기술선진국을 넘는 독자기술 확보가 가능한 상황임 - Compact GTL 기술개발에 연관된 업체로는 자원개발사의 공기업, 엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업체와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사 등과 같은 중소기업이 있으며, 기술개발 및 상업화를 통해 동반성장기회를 제공함

		- 소형 compact GTL 기술 확보시 동남아 지역 등 바이오가스 생산이 용이한 지역에 특화된 플랜트 수출산업으로 경쟁력 확보 가능
연구개발동향	국 내	◦ 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있으며, 이를 기반으로 100 BPD급 실증플랜트 라이선스 패키지를 완성함. ◦ 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2bpd급 Compact GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나(리포밍 반응 + FT 반응), 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함
	국 외	◦ 중소규모 가스전 자원활용을 위한 Compact GTL 업체는 Velocys (Oxford Catalyst group, 미국)사와 CompactGTL (영국)사가 있음 - CompactGTL사는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 유지/보수가 쉽고 수 cm의 채널사이즈를 갖음. Velocys는 파우더형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용하여 열교환 효율을 극대화시킴 - Velocys는 6bpd 급에서, CGTL은 20bpd급에서 demonstration 운전을 마친 상태임. - Velocys는 미국에서, CGTL은 카자흐스탄에서 각각 GTL project를 진행 중
파 급 효 과		◦ 기술적 효과 - 화학공정분야 기술수출국으로 도약 가능 ◦ 경제적 효과 - 기존 공정의 생산 비용을 절감 시켜 공정의 혁신 유도 ◦ 사회적 효과 - 지주개발 원유의 확보로 에너지 자립국가 실현

4. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

가. 시장동향 및 규모

◦ 한국은 세계 4위의 석유 수입국이자, 세계 2위의 LNG 수입국으로 세계 기본 에너지 (PED, Primary Energy Demand)의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임

◦ 국내에서는 가스자원을 이용하여 화학제품이나 연료 생산을 통해 내부수급이나 수출이 전혀 이루어져 있지 않으며, LNG 형태로 전량 수입되는 가스자원은 연료나 발전용으로 대부분 사용됨

◦ GTL 기술은 전 세계적으로 대형은 상업화 전파 단계이고 중소형은 상업화 이전 단계로 2014년 현재 GTL plant와 합성유를 합친 시장의 규모는 86,866억원 규모이며 2023년에는 480,734억원으로 성장할 전망, 연평균 성장률 (CAGR) 12% 이상 급성장 (Visiongain, 2014)

◦ 2010년 GTL연료 공급량은 7만 BPD 규모에서 2020년 33만 BPD 규모로 증가될 것으로 예상되고 2040년에는 61만 BPD까지 증가할 것으로 예상됨. 원유를 제외하고 대체원료로부터 생성된 액체연료 (NGL, Biofuel, CTL, GTL, Kerogen, Refinery gain) 중에 공급 증가량은 2040년 까지 GTL이 7.6%로 가장 크게 나타남 (2014 International Energy Outlook, US DOE)

◦ 세계시장규모의 증가세는 2010년에서 2020년 까지 5배의 지속적인 시장증가세를 보였으며, 2040년까지 최대 9배까지 성장할 전망임 (2014 International Energy Outlook, US DOE)

◦ 세계적으로 산재해 있는 중소가스전이나 flaring 가스의 활용 비중이 늘어나면서 총 GTL 합성유 생산규모에서 비OPEC 국가의 시장 선도비율이 크게 늘어날 것으로 예상됨 (2014 International Energy Outlook, US DOE)

◦ “GTL Market Forecast 2014-2024 (Visiongain)” 자료 참조하여 아래의 GTL plant 시장과 GTL 합성석유 시장을 합산

표 1. Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024 ($m, AGR %, CAGR%, Cumulative)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CAPEX ($m)	2,739	2,647	4,963	7,387	11,668	15,783	19,783	20,647	23,372	19,773	18,405	18,405
AGR (%)		-3.3	87.5	48.8	57.9	35.3	25.3	4.4	13.2	-15.4	-6.9	0.0
CAGR (%) 2014-2019		49.5					2019 -2024	-1.4				
CAGR (%) 2014-2024		21.4										

표 2. Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024 (bpd, AGR %, CAGR%)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
bpd	151,140	165,460	175,558	185,656	195,754	210,889	282,591	404,156	550,240	701,446	812,837	919,855
A G R (%)		9.5	6.1	5.8	5.4	7.7	34.0	43.0	36.1	27.5	15.9	13.2
CAGR (%) 2014-19		11.3					2019 -2024	26.6				
CAGR (%) 2014-24		18.7										

표 3. 세계시장규모 합산 (단위 : 억원)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
GTL Capex	27,388	26,473	49,630	73,873	116,676	157,828	197,827	206,468	233,719	197,732	184,048	184,048
GTL Liquids	55,166	60,393	64,079	67,764	71,450	76,974	103,146	147,517	200,838	256,028	296,686	335,747
Sum	82,554	86,866	113,709	141,637	188,126	234,802	300,973	353,985	434,557	453,760	480,734	519,795

◦ GTL 산업은 소수의 기술 보유사가 관련 사업을 독점 중. 국내 업체들은 기술 라이센싱 불가능

◦ 바이오가스, 셰일가스, 한계가스 등의 개발에 적용하는 GTL 기술이 많은 관심을 받고 있음. 가스 자원의 개발 및 향후 GTL의 시장은 매우 커질 것으로 예상

◦ 가스자원의 전환 플랜트 기술개발에 대한 정부차원의 대폭적인 지원이 필요함

나. 수출·입 효과

◦ 해외 중소규모 가스자원 활용이 가능한 Compact GTL 상용기술 개발 및 선점하여 에너지기술 수출국으로 도약

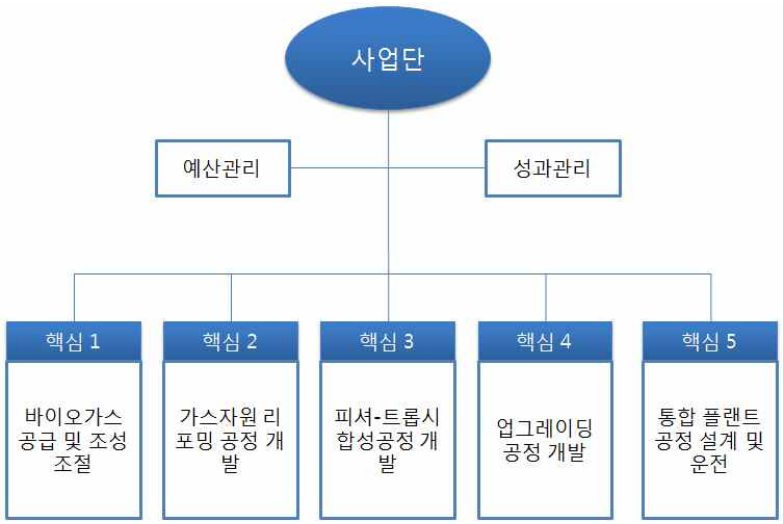
- 현재 파일롯 플랜트 수준의 기술은 확보하였으나, 중소규모 가스자원 확보 미흡
- 해외 중소규모 가스전을 확보 및 국내 소규모 가스자원 개발과 함께 고효율 플랜트 상용기술 개발

5. 연구개발사업의 규모 및 추진체계

가. 연구개발사업의 규모

구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
연구비	정 부	5,000백만원	20,000백만원	15,000백만원	10,000백만원	5,000백만원
	민 간	2,000백만원	7,000백만원	5,000백만원	4,000백만원	2,000백만원
	합 계	7,000백만원	27,000백만원	20,000백만원	14,000백만원	7,000백만원
개발기간		5년	연 소요인력			100명

나. 연구개발사업의 추진체계



6. 기대효과 및 특기사항

◦ 화학공정분야 기술 수출국으로 도약 기대

◦ 기존 공정의 생산비용의 절감과 공정의 혁신을 유도 가능

◦ 자주개발 원유의 확보로 에너지 자립국가 실현 가능

7. 기존의 선행연구

구분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (2009~2012)	전기원	피셔-트롭시 촉매와 슬러리 버블 컬럼 반응기를 이용하여 합성가스로부터 합성유를 효율적으로 제조하는 기술 개발	- 1 BPD급 F-T 합성 슬러리 기포탑 반응기 개발 - 100 BPD급 슬러리 기포탑 반응기 기본 설계기술 개발 - 촉매 소모량 < 30 ml - FT합성유 제조 Pilot plant 운전 (0.1 및 1 BPD 누적) >3000h	- 코발트, 백금을 성분으로한 고활성의 Pt-Co/M-Al촉매 개발 - 합성석유 조성 및 생산성 분석 기술 개발 - 0.1 및 1 BPD 급 슬러리 버블 컬럼 반응기 설계 및 제작 - 0.1 및 1 BPD 급 파일럿 반응기 누적 운전 3000 시간 달성 - 100 BPD 급 피셔-트롭시 합성공정 설계 완료	기존과제는 대형 GTL에 적용하기 위함. 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 소규모 GTL에 적용을 위함.	- 중소 및 한계가스전에 적용하기 용이하도록 반응기 크기를 1/10 이상 소형 모듈화 - 모듈형 반응기용 코발트계 촉매 개발	- 모듈형 반응기용 촉매 및 대량생산 기술 개발 - 열교환 성능이 뛰어나며, 단위 부피당 생산량이 상용 반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 개발 (C5+ 생산량 기준 0.025m^3/bpd 이하)
2	천연가스로부터 FT합성용 합성가스의 제조 기술 개발 (2006~2009)	주현규	FT용 합성가스 제조촉매 및 반응기 개발 : 0.1 bpd 규모 합성유 제조용 ATR 및 SCR 리포머 개발 및 1bpd급 파일롯 설계	- FT용 합성가스 제조 촉매 및 반응기 개발 - 0.1bpd 규모 합성유 제조용 ATR 및 SCR 리포머 개발 - 1bpd급 (10,000 NG cfd) 파일롯 설계	- ATR용 Pd계 촉매와 Ni계 촉매 기초 활성 평가 - 0.1bpd급 ATR 반응기 설계 인자 도출 - SCR 니켈계 촉매 설계 - SCR 라이저튜브형 반응기 설계	기존과제는 천연가스 개질의 단일 공정 연구. 제안과제는 세일가스, 바이오가스 및 매립가스 등 중소규모 및 한계가스자원을 이용하며 가스개질과 FT합성의 통합공정을 위함.	- 세일가스 및 바이오가스로부터 FT 합성유 생산이 가능한 GTL 통합공정 연구 - 리포밍 반응용 촉매 성능 개선	- 세일가스 및 바이오가스 개질용 촉매 및 반응기 개발 - 세일가스 및 바이오가스 사용 소형 모듈화 된 compact GTL 공정기술 개발 및 실증
3	모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 (2013~2015)	전기원	18Nm3/hr급 마이크로 리포머 개발, 시운전 및 FT 공정과 연계한 50bpd급 마이크로 리포머 공정 설계	- 마이크로 FT 반응기 컴팩트화 - 촉매성능 = CO 전환율 70% - 촉매 수명 = 비활성화 속도 3%/month - 열교환 미세유로 설계 - 마이크로 반응 시스템용 FT 반응기 설계/시험	- 합성가스 생산량 18Nm3/h급 마이크로 리포머 개발 및 시운전 - 마이크로 리포머 부피 최소화 - 수소/일산화탄소 비 제어를 위한 고분자 분리막 공정 개발 - FT 공정과 연계한 50bpd급 마이크로 리포머 공정 설계 - 파일럿 공정 운전 결과 분석을 통한 0.2bpd급 GTL 공정 모델 해석 결과 검증 - 에너지 효율을 고려한 50bpd급 GTL-FPSO Topside 공정 최적화 수행	기존 과제는 0.2 배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발. 제안과제는 기존 규모를 더욱 발전시켜 상업화에 필요한 최소 모듈을 개발.	- unit 모듈의 number up에 의해 플랜트 규모를 키움. - 공정모사를 통한 반응기/공정 해석 - 모듈 당 50 BPD급 Compact GTL 실증 플랜트 공정해석 및 경제성 평가	- 모듈형 반응기용 촉매 대량생산 기술 개발 - 3000BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본 설계

8. 연구개발사업의 제안자 인적사항

성 명	전 기 원	소속기관명	한국화학연구원	
소속부서	그린화학공정연구본부	직 위	그린화학공정연구 본부장	
주 소	대전광역시 유성구 가정로 141 한국화학연구원 (TEL) 042-860-7671	(FAX) 042-860-7388	(E-mail) kwjun@krict.re.kr	
소속기관주소	대전광역시 유성구 가정로 141 한국화학연구원			

9. 제안기술에 대한 평가의 주안점

	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
제안기술에 대한 평가	가. GTL 실증 규모	BPD	100	1	50
	나. Compact GTL 실증플랜트 운전시간	시간	수백시간 이상 (영국, Compact GTL)	-	500
	다. Compact GTL 제작비용	만달러/bpd	10 (미국, Velocys)	-	10
	라. 단위생산량 기준 모듈형 FT 반응기 부피	m^3/bpd	0.032 (미국, Velocys)	0.038	0.025
	마. 상업용 compact GTL 기본설계	bpd	1,000 (영국, Compact GTL)	1	3000

「국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침」 제4조제4항에 따라 기술수요사서를 제출합니다.

2015년 7월 31일

국토교통과학기술진흥원장 귀하

A4-2. 기술수요조사서 (2) : 합성가스 플랜트

1. 연구개발과제명

연구개발과제명	복합에너지원 생산을 위한 저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트		
제 안 기 관	고등기술연구원		
기 술 분 류	국가과학기술표준 분류체계	EI-EI03-EI0305	기초( ), 응용( ), 개발(O)

2. 연구개발의 목표 및 내용

연구개발의 목표	저급원료(중점: 폐기물 & 바이오매스; Spin-off: 석탄, 정유공장부산물)를 합성가스로 변환시켜 고부가가치 화학원료(메탄올, 비료, 아세트산, 수소, 고순도 CO 외) 및 합성연료(SNG, DME) 등(수요처에 따라 전기/열 포함)을 생산하여 산업단지에 공급함으로써 국토를 효율적으로 활용할 수 있게 하고, 향후 해외수출이 가능한 플랜트 기술 개발
연구개발의 내용	◦ 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과 경쟁 가능한 틈새기술 개발 - 합성가스 생산에서 에너지소모 원인인 H_2O와 CO_2 발생 저감 개선 공정 - 고가설비 저가화 기술(고가재료 대체, compact 반응기 개발 등) - 원하는 합성가스조성(H_2/CO)비 안정적 제어기술 - 합성가스 고온 고도정제기술 (기존 습식 저온기술 대비) - 화학원료 합성용 국내 독자 촉매기술 - 공정 중 스팀 소모량 저감 및 coke 생성 방지기술 - CO_2 재이용 공정연계 기술 ◦ 미활용 탄소원을 활용한 CO_2 개질 CO/H_2 제어기술 - 폐목재, 바이오매스, 하수슬러지와 같은 폐자원의 열분해를 통해 CO_2 개질의 환원 물질 생산 공정 - 저급 원료 사용에 따른 중금속 등 환경 물질의 안정적 처리를 위한 처리 공정 개발 - 미활용 탄소원 유래 환원제를 적용하기 위한 상압, 저온 개질 반응 시스템 용 촉매 시스템 개발 - 폐기물 가스화/열분해, 이산화탄소 개질 통합 공정 기술 개발 - CO/H_2 제어기술을 통한 합성가스 고부가화 및 활용확대 기술 개발 ◦ 해외 플랜트시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발 - 대용량 1기 대신 중소형모듈 연계 기술개발 (50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 선진업계 1,000~5,000톤/일 상용플랜트와 경쟁가능 기술개발) ⇨ 표준화, 저단가화, 유지보수 기간 단축, 저가 spare 설비 통한 availability 증대 ⇨ 해외 상용설비 건설/운영에서 밝혀진 시행오차 최소화 - 주요 손상부위 컨베이어식 교체개념 등 유지보수 측면 간편화 기술 개발 - 제어 계측과 원격 유지관리가 가능한 설비 IT화, 반응기 compact화로 한국 고유모델 개발 ◦ 국내외 합성가스플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발 - 국내업계가 고부가가치 영역 참여가 가능하도록 Test-bed 실증경험을 통한 EPC 기술 개발 ⇨ EPC 플랫폼 개발 ⇨ 다양한 사업형태 대응 - 기술경쟁력 입증을 위한 software 기술 개발 (다양한 해외사업에 대응할 해외업계 동등 이상 수준의 공정해석 package 개발) : 전통적 공정해석 tool + 안전해석 + 운전원 training 시뮬레이터 + 3D Design + IT 기능 ◦ 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술 개발 - 해외기술제공사 직접 공급 핵심설비 국산화/자체기술화 ⇨ 설비 저가화, 대외경쟁력 확보

	◦ 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외사업 참여 사업화 모델 확보
성과물 유형	시스템(0), 공법·기법( ), 재료·자재( ), 소프트웨어( ), 장비·장치( )
TRL단계	TRL 3단계 ~ TRL 8단계

3. 연구개발 동향 및 파급효과

연구개발의 필요성	◦ 국내에서 석탄, 폐기물 등을 사용하여 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG), 고순도 CO의 화학원료 활용 등의 프로젝트가 수행되나 전적으로 해외기술에 의존 ⇨ 국내 프로젝트 경험 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가 ⇨ 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요, 지난 5년여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기 - 국내 석탄사용 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG) 생산은 POSCO가 미국/독일/덴마크 기술로 건설완료, 2015/08 생산단계(민간자체 프로젝트로 약 1.5조원 투자) - 국내 산업폐기물 사용 합성가스 제조 후 고순도 CO를 생산하여 벙커C유로부터 생산하는 CO 대체 플랜트 건설 추진 중 (유럽기술 기반 1,600억원 투자) ◦ 타 부처 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요 - 합성가스 생산과 활용에 대한 국가지원 R&D 투자가 지난 20여년간 있어서 파일롯급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계 ⇨ 국내시장도 관련 시장 해외기술 의존 심화, 해외 대형 사업에서 배제 ◦ 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행 필요 - 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일롯설비를 대상으로 진행 → 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황 - 한국도 해외기술 적용한 상용 석탄가스화복합발전(IGCC), 합성천연가스(SNG) 생산 프로젝트를 통해 상용설비가 2015-2016년부터 운전 예정 → 이 경험 활용 적기 ◦ 다양한 환원제를 활용할 수 있는 혁신적이며 경제적인 이산화탄소 활용 기술을 개발하여 이산화탄소 저감을 통한 배출권 확보 및 이산화탄소 활용 기술의 범용성, 경제성 확보 - 버려지는 폐기물을 이용하여 개질 반응의 환원제를 얻음으로써 기존 개질 반응의 단점으로 지적되어온 환원제 가격과 열에너지 투입에 의한 경제성 문제를 극복할 수 있을 것으로 예상됨 - CO_2를 원료로 하여 고부가 화학제품 원료를 합성하는 기술은 석유화학 기반 화학제품 제조 산업의 새로운 패러다임을 제시할 수 있으며, 아울러 무용의 이산화탄소로부터 고부가가치 화합물을 합성한다는 의미에서 경제적 가치 또한 매우 클 것으로 판단됨 ◦ 폐기물 혹은 하수슬러지와 같은 유기성 폐기물의 안정적 처리 방법의 필요성 - CO_2 열처리 등의 방법을 이용하여 처리함으로써 개질반응을 통한 자원화와 동시에 친환경적인 처리 방법을 제공함으로써 국민에게 안전한 삶을 제공할 수 있는 사회적 공공성을 가진 기술 개발이 될 것으로 예상 - 저급연료의 재처리 사용에 따른 중금속등 환경물질을 금속탄산염과 같은 안정적인 화합물로 처리하는 기술 개발이 수반되어야 할 필요성이 있음 ◦ 석탄/정유공장부산물/폐기물/바이오매스 등 유기물질을 합성가스로 변환시켜 기존 원유로부터 얻었던 화학물질을 생산하는 플랜트 시장은 2020년대 더욱 커질 전망 - 석탄/정유공장부산물 해당 플랜트는 1기당 1조원 이상 고부가가치 시장으로 해외

		선진업계 독과점 영역 - 폐기물/바이오매스 해당 플랜트는 1기당 수백~수천억원 투자 규모로 미국, EU업계가 주도하나, 상용급 실적이 없어서이지 국내 기술수준은 이미 해외선진업계에 도달 - CO_2 개질을 통한 합성가스 생산 기술 및 이를 활용한 초산, 메탄올과 같은 범용 고부가 플랫폼 화합물 제조 공정을 플랜트 설비화할 수 있는 기회 ◦ 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응 조기 필요 - 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며 국내업계 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 활용 플랜트에 집중된 국내 Test-bed 사업 필요 ◦ 해외플랜트 고부가가치 시장 진출 국내 기반 확보가 절실 - 최근 수조원 규모의 사우디, 인도 발주한 대형 정유부산물 활용 프로젝트에 국내업계 탈락 및 진입 능력 부족 - 사우디 Jazan 정유부산물 가스화발전 프로젝트에 중국 Sepco가 17억불 제시해, 국내 H중공업 24억불을 이기고 수주 (2014/06 최종 계약 20억불 정도로 알려짐) - 인도 Jamnagar Pet-coke 합성가스 사용 세계 최대 poly-generation(전기/수소/SNG/화학원료 생산) 프로젝트에 해외선진사만 참여, 국내사 전무(2013/04 건설 시작) ◦ 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄 등 화석연료가 적어도 30년 이상 전기생산, 화학원료, 합성연료 원료로 상당기간 사용되어야 함이 현실 - 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세 (중국시장이 대부분 차지하였고, 중국 자체기술화와 중국의 EPC 능력 크게 제고) - 나프타, LNG기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용할 경우 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물 사용시 더 원가절감 가능 - CO_2 유래 합성가스 제조 및 이를 원료로 하는 고부가 화합물 제조 공정이 개발될 경우 석유 가격 변동에 따른 경제적 안정성을 확보할 수 있음
연구개발동향	국 내	◦ 파일롯급 설비를 활용하여 기반기술, 요소기술 및 단위기술의 지속적 개발 및 확보
	국 외	◦ 상업화 플랜트 기술 보유로 시장 주도 기업들이 플랜트 실증 및 상업화 경험을 토대로 대용량화 및 고효율화 scale-up 기술 개발 중
파 급 효 과		◦ CO_2 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO_2 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대 ◦ 2020년 이후 합성가스플랜트 시장의 변화 형태인 CO_2 연계 병산플랜트 시장에 대응

4. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

가. 시장동향 및 규모

◦ 서부발전과 POSCO에서 IGCC 및 SNG 각 1.3조원이상/기 플랜트 건설 중

◦ 남부발전에서 2기의 SNG 플랜트 검토 중 (각 기당 1.5조원 이상 추정)

◦ 영남과 군장에 IGCC 발전소 계획 포함 (각 300 MWe)

◦ 현재 국외에서 건설 중 및 계획 중인 합성가스 활용 플랜트는 192 GWth(건설 중 83 GWth + 계획 중 109 GWth, 포스코 광양 SNG 플랜트 120기 규모) 규모임.

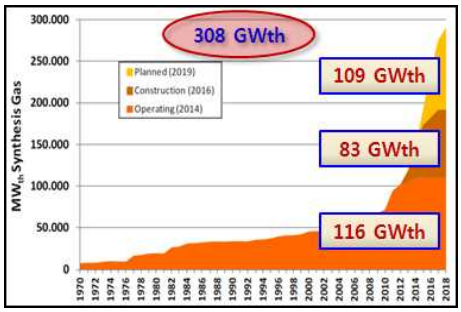
◦ 특히 중국 시장이 급속도로 팽창하고 있으나 중국 자체 기술과 미국/유럽 기술이 시장을 분할하고 있으며, 국내 건설사/엔지니어링사가 참여하지 못하고 있음.

◦ 인도(Reliance사)와 사우디(Aramco사)에서 대규모 상용화 합성가스 플랜트를 건설 중(인도, 5GWth) 및 건설 예정(사우디, 4.5GWth)이며, 향후 정유공장 부산물 시장 팽창 예상

나. 수출·입 효과

◦ 향후 수년 이내 192 GWth 규모의 합성가스 활용 플랜트 시장 규모가 예상됨.

◦ 이중 7개 플랜트에서 합성가스 생산 용량이 7~10 GWth 수준으로서 수요가 팽창하고 있음.



Top 10 Commercial Gasification Projects

Plants	Location	Techno-logy	Gasifiers	MWth Syngas	Start year	Feedstocks/ Products
Pearl GTL	Qatar	Shell	18 + 0	10936	2011	Natural Gas / FT Liquids
Sinopec Changji SNG Plant	China	Unspecified	20 + 2	10000	2017*	Coal / SNG
Sinopec Urumqi SNG Plant	China	Unspecified	24 + 4	10000	2017*	Coal / SNG
Yinchuan CTL Plant	China	Siemens	22 + 2	9300	2016*	Coal / FT Liquids
Jamnagar Gasification Plant Phase I	India	E-Gas	10 + 0	8893	2015*	Petcoke / Electricity-SNG-CO-Acetic acid
CPI Yili SNG Phase II	China	Unspecified	20 + 2	7500	2016*	Coal / SNG
Huadian Changji SNG Plant	China	Unspecified	20 + 2	7500	2017*	Coal / SNG
Datang Ningxia SNG Plant	China	SEDIN	45 + 3	7125	2015*	Lignite / SNG
Sasol Synfuels West	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1977	Subbit. coal / FT liquids
Sasol Synfuels East	South Africa	Lurgi FBDB	40 + 0	7048	1982	Subbit. coal / FT

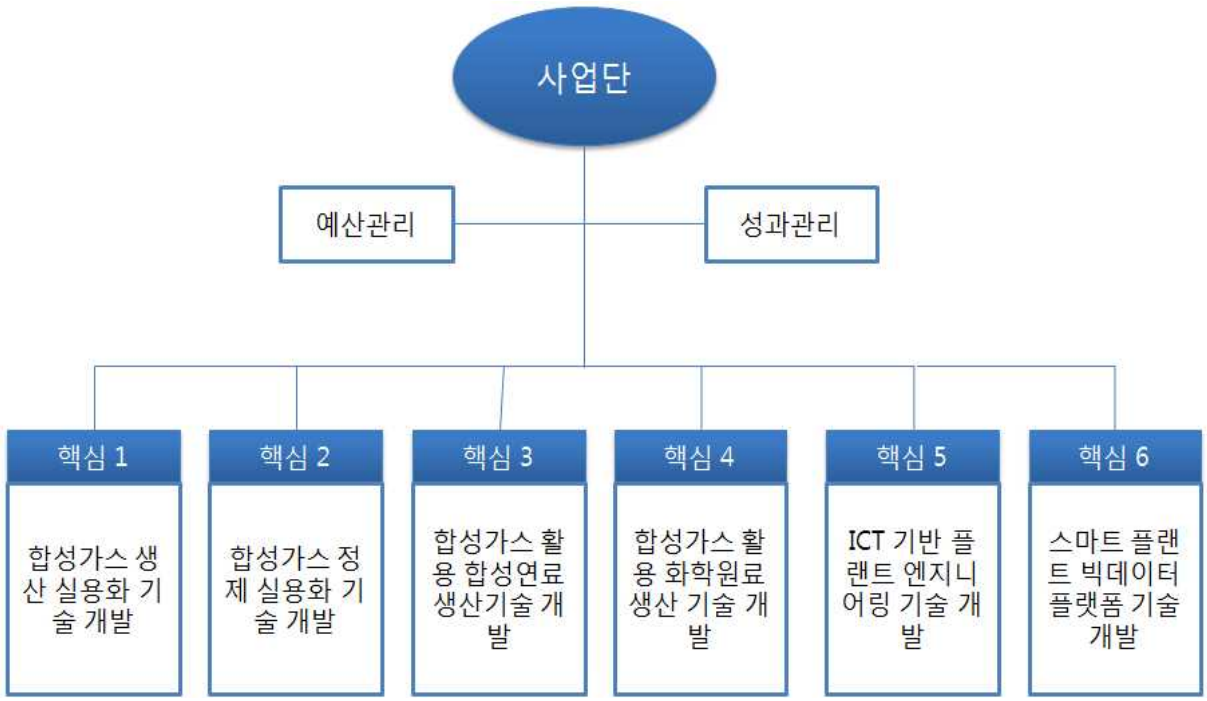
그림 1. 합성가스 활용 플랜트 용량 추이 및 대규모 합성가스 활용 플랜트 건설 현황, 출처 : Higman, GTC 2014

5. 연구개발사업의 규모 및 추진체계

가. 연구개발사업의 규모

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
연구비	정 부	10,000백만원	30,000백만원	30,000백만원	25,000백만원	15,000백만원	10,000백만원	10,000백만원
	민 간	4,000백만원	10,000백만원	10,000백만원	9,000백만원	6,000백만원	4,000백만원	4,000백만원
	합 계	14,000백만원	40,000백만원	40,000백만원	34,000백만원	21,000백만원	14,000백만원	14,000백만원
개발기간		7년	연 소요인력		300명			

나. 연구개발사업의 추진체계



6. 기대효과 및 특기사항

◦ 국내 타부처 지원한 대형 기술개발 결과물을 결집한 상업용 플랜트 기술 개발
◦ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업계 진출을 위한 교두보 제공
◦ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업계 연계한 대응센터 역할 제공
◦ 국내시장만도 2030년까지 5～10조원 규모 합성가스 플랜트 시장에 해외기술 도입 심화에 대응
◦ 자체기술 능력 제고로 국내외 시장 진출 효과
◦ 50～300톤/일 단위 패키지 모듈화로 해외시장 진출

7. 기존의 선행연구

구 분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	폐기물 가스화/용융 처리를 통한 합성가스 생산 및 이용 시스템 실증 연구 (2006)	윤용승	50톤/일급 핵심 장치 적용 폐기물 가스화 용융 실증플랜트에서의 연속 운전 성능 검증	-Pilot plant 연구를 통해 확보한 핵심 설비인 버너, 가스화/슬랙균질화로 내화물, 고온부 벽면 냉각 설비, 합성가스 냉각 세정 장치의 50톤/일 용량 시스템 scale-up 설계 제작	50톤/일급 scale-up 되는 단위 핵심설비들의 성능 실증 50톤/일급 국내/국외산 내화물의 적용성 비교 실증 연구 대상 폐기물 가스화 용융시 발생하는 폐수 분석을 통한 실증 플랜트 냉각 폐수 처리시스템 설계 및 공정 기술 확립 50톤/일급 핵심설비의 단위성능 실증 및 연계 실증 연구 실증플랜트 신뢰성 확보를 위한 연속운전 50톤/일급 플랜트 실증운전에 따른 분석 및 해석	저급 원료를 이용해서 합성가스를 전환 후 고부가가치 화학원료 및 합성원료를 생산하는 플랜트 기술 개발	- 50~300톤/일 단위 패키지 모듈화로 선진업계 1000~5000톤/일 상용 플랜트와 경쟁 가능한 기술 개발 - 국내업계가 고부가가치 영역 참여가 가능하도록 테스트베드 실증경험을 통한 EPC 기술 개발 및 플랫폼 개발	- 독자기술 개발 연계를 통한 해외기술과의 경쟁 가능한 틈새기술 개발 - 해외 플랜트 시장 선진사 대응 경쟁력 가능 기술 개발 - 국내외 합성가스 플랜트 사업용 EPC 플랫폼 개발 - 중견/중소기업 참여 핵심부품/설비 국산화 기술개발 - 국내/해외 원천 지적재산권 확보 및 해외 사업 참여 사업화 모델 확보

8. 연구개발사업의 제안자 인적사항

성 명	윤용승	소속기관명	고등기술연구원
소속부서	플랜트엔지니어링본부	직 위	본부장
주 소	경기도 용인시 상현동 상원상떼빌 3차아파트 222동 702호 (TEL) 031-330-7486	(FAX) 031-330-7850	(E-mail) ysyun@iae.re.kr
소속기관주소	(449-863) 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28		

9. 제안기술에 대한 평가의 주안점

	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준 *1)	연구개발전 국내수준 *2)	개발목표치
제안기술에 대한 평가	가. 냉가스효율	%	60	55	60
	나. 합성가스 내 $CO+H_2$	%	55	50	55
	다. 플랜트 원료*3) 처리 용량	톤/일	300	5	150
	라. 탈황/탈염 정제 효율	%	99	98	99
	마. 상업용 플랜트 모듈화 기본설계 패키지(PDP) 작성	톤/일	300	-	50, 100, 150, 200, 300
	바. PDP 설계 자립화율	%	100	60	100 *4)

*1) 세계최고수준은 외국의 상업용 플랜트, *2) 국내수준은 국내 운전 중인 파일롯 플랜트
*3) 원료로서 폐기물, 바이오매스 또는 혼합, *4) 정제 및 압축 공정까지

「국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침」 제4조제4항에 따라 기술수요사서를 제출합니다.

2015년 7월 31일

국토교통과학기술진흥원장 귀하

A4-3. 기술수요조사서 (3) : ASU/수소액화 플랜트

1. 연구개발과제명

연구개발과제명	공기분리(ASU, Air Seperation) 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 개발		
제 안 기 관	한국기계연구원		
기 술 분 류	국가과학기술표준 분류체계	EI-EI04-EI0403	기초( ), 응용( ), 개발(O)

2. 연구개발의 목표 및 내용

연구개발의 목표	산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 공기분리장치 및 수소액화 극저온 통합 플랜트 기술 개발을 통한 산업 수요 충족 및 미래 수소사회 인프라 구축
연구개발의 내용	◦ 공기분리장치(ASU) 및 수소액화 통합 플랜트 공정 기술 개발 - Feed gas 공급 및 가스 전처리 기술 개발 - 극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발 - 공기분리 싸이클 기반 수소액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발 - 가스 안전 및 위험도 평가 기술 개발 ◦ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 핵심 장치 개발 및 성능평가/인증기술 개발 - 공정용 공기, 수소 원심 압축기 - 극저온 터보 팽창기 기술 개발 - 극저온용 다채널 열교환기 기술 개발 - 가스 분리용 분별 증류탑 및 상분리기 ◦ 세계 최초 ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 - Test Bed 용량 - 중소규모 상업스케일 : 공기분리 750 ton/day, 수소액화 5 ton/day - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 설계 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 건설 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 평가 기술 개발 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 운용/유지 관리 기술 개발
성과물 유형	시스템(0), 공법·기법( ), 재료·자재( ), 소프트웨어( ), 장비·장치(0)
TRL단계	TRL 3단계 ~ TRL 7단계

3. 연구개발 동향 및 파급효과

연구개발의 필요성	◦ 에너지 및 산업용 가스 수요 지속적인 증가 - 에너지 및 산업용 가스의 세계시장 규모는 2014년 기준으로 530억달러, 2019년 기준으로 750억달러로 예상되며, 연평균 8% 이상의 성장이 예상됨 - 산소는 주로 철강 및 의료분야, 수소와 질소는 석유·화학공정, 아르곤은 제조공정용으로 사용되고 있으며, 최근에 이산화 탄소 저감을 위한 순산소연소 발전의 도입이 적극 검토되고, 이에 따른 산소 수요 급증 - 특히 연료전지 및 수소 자동차 등 청정에너지원인 수소를 사용하는 기술이 보급 확대됨에 따라 수소 인프라가 요구되며, 신규 수소플랜트 수요 급증 - 산소, 질소, 수소 등은 대량 생산시 극저온을 이용한 액화를 통해 저장 및 이송하여 활용하기 때문에 공기분리 및 수소 액화 기술 필요

		◦ 가스 플랜트 기술 확보를 통해 플랜트 산업 성장 유도 - 순산소연소, 수소 산업의 활성화로 가스 액화, 분리, 저장 기술 확보 필요 - 발전, 석유화학, 담수 플랜트에 비해 가스플랜트에 대한 국내 기술 미비 - 가스 플랜트 엔지니어링 기술 및 핵심기자재 경쟁력 강화를 통해 EPC업체와 중소, 중견기업의 산업네트워크에 의한 토탈솔류션 확보로 창조경제 구현 ◦ 향후 미래 가스산업에서 세계 가스시장의 선도적 역할 견인 - 신규 가스산업의 추종이 아닌 선도적 역할을 위해 시장 형성 초기에 가스플랜트 산업 인프라에 대한 선행 기술 확보 필요 - 특히 에너지원으로서의 가스에 대한 액화, 분리, 저장 기술은 에너지 안보 측면에서 정부의 지속적인 지원 아래 개발 및 보급되어야 함. - 우주발사체, 차세대 에너지저장창치 등 미래 수소에너지 사회의 인프라 구축 을 위하여 수소의 저장 및 이송방법, 안전기술등에 대한 선행 기술 확보 필요 - ASU 및 수소액화 통합 플랜트 기술 개발은 가스플랜트산업 및 에너지, 가스 전처리 등의 환경보전, 미래 사회 인프라 구축의 측면에서, 범정부 부처와 산학연의 적극적인 참여가 요구됨.
연구개발동향	국 내	◦ 제조 산업의 대형화 및 발전시스템으로의 응용 확대에 따라 공기액화분리장치의 대용량화 개발과 함께 운전비용 절감을 위한 에너지 효율 향상 기술에 대한 기초 연구 ◦ 소용량의 질소 및 산소 생산용 ASU를 개발하였으나, 액화공기분리장치 구현에 머물러 있어 선진업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있음. ◦ 소용량 수소액화기는 기초 연구단계에 있음
	국 외	◦ 액화공기분리장치는 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 미국의 경우 250 - 300 tpd(ton/day)급 플랜트가 평균적임 ◦ 상용 발전 규모인 40 MW급 석탄화력발전소의 보일러에 순산소 연소 기술 도입이 성공함에 따라, 발전소 분야에서의 액화공기분리 장치 시스템 적용 활성화 ◦ 대형 수소액화플랜트에 대해 수소 클라우드, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 하는 혼합냉매사이클, 네온 사이클 등 다양한 공정 개발에 주력
파 급 효 과		◦ 플랜트 핵심 기자재 국산화를 통한 플랜트 산업 고부가가치화 ◦ 세계 최초 ASU/수소액화 통합 플랜트 기술개발로 신규 플랜트 시장 개척 ◦ 차세대 에너지저장장치 및 미래수소사회 대비 수소 이송/저장/네트워크 구축

4. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

가. 시장동향 및 규모

◦ 국내 가스시장
- 가스 부피 기준으로 년 4.5% 성장 예상
- 2014년 기준 136 억m3, 13.8 억달러, 2019년 기준 198 억m3, 16.8 억달러

◦ 국내 액화플랜트 시장
- 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
- 2015년 기준 11.5억달러, 2021년 기준 14.3 억달러

◦ 세계 가스시장
- 가스 부피 기준으로 년 5% 성장 예상

- 2014년 기준 5,320 억m3, 524 억달러, 2019년 기준 6,690 억m3, 746 억달러

◦ 세계 액화플랜트 시장

- 가스 시장의 성장에 따른 추가 액화플랜트 건설 시장
- 2015년 기준 460억달러, 2021년 기준 617 억달러

나. 수출·입 효과

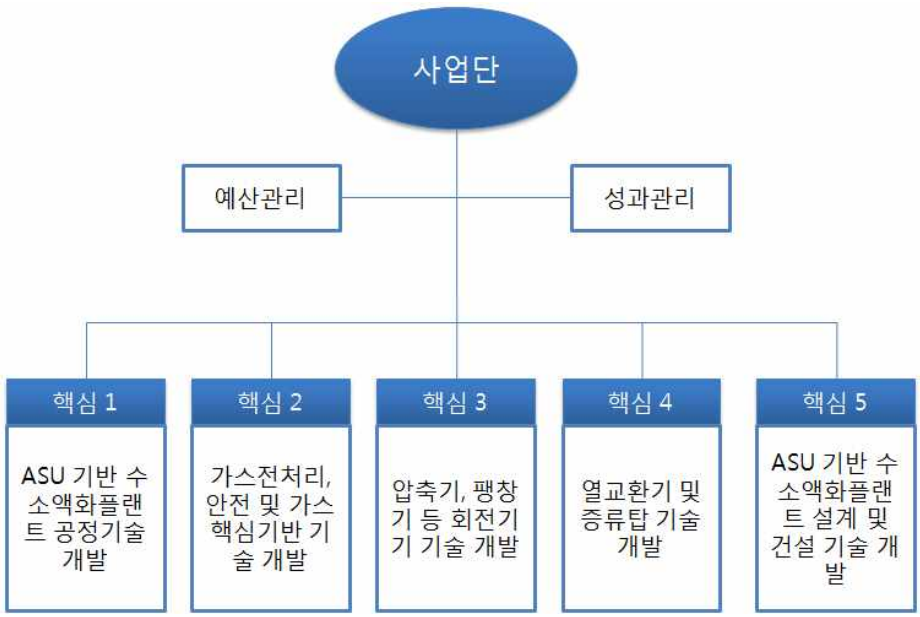
현재의 시장규모 (2015년)	3년후 시장규모 (2018년)	6년후 시장규모 (2021년)
11.5 억달러	12.6 억달러	14.3 억달러
460 억달러	533 억달러	617 억달러

5. 연구개발사업의 규모 및 추진체계

가. 연구개발사업의 규모

구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	계
연구비	정 부	20,000백만원	20,000백만원	20,000백만원	25,000백만원	25,000백만원	100,000백만원
	민 간	10,000백만원	10,000백만원	20,000백만원	25,000백만원	25,000백만원	100,000백만원
	합 계	30,000백만원	30,000백만원	40,000백만원	5,000백만원	50,000백만원	200,000백만원
개발기간		5년	연 소요인력				350명

나. 연구개발사업의 추진체계



6. 기대효과 및 특기사항

◦ ASU 및 수소액화 통합 플랜트 독자기술 보유

◦ Test bed 건설, 운영으로 극저온 액화플랜트 실적 확보

◦ 2022년 기준 세계 650억달러, 국내 15억달러 시장 진출

◦ 해외시장 참여시 국내 플랜트산업 활성화 및 고용창출 효과

◦ 즉시 독자 운영이 가능한 공기분리장치 상용화플랜트 건설 및 미래 사회 수소 인프라 구축 동시 추진

7. 기존의 선행연구

구 분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	LNG 플랜트 사업단 (2008)	안영명	육상 LNG 액화 플랜트 및 부유식 해양 LNG 액화 플랜트 기술 개발	총 5핵심으로 구성된 사업단에서 각 핵심별로 기반기술 연구, LNG 액화 플랜트의 주요 기자재 개발, LNG 플랜트 설계 기술 및 건설기술 개발, LNG FPSO 설계 기술 개발, LNG-FPSO 건설 기술 개발	- RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발 - 동적공정 설계 시뮬레이터 개발 - LNG 비지니스 통합 솔루션 개발 - 고효율 천연가스 액화 공정 기술 개발 - 천연가스 전처리 기술 개발 - LNG 플랜트 열교환기 개발 - LNG 플랜트 압축기 개발 - LNG 플랜트 설계기술 개발 - LNG 플랜트 건설 및 운영유지 관리 기술 개발 - 초대용량 LNG 저장 탱크 설계 기술 개발 - LNG-FPSO 공정 최적 설계기술 개발 - 천연가스 해상 전처리 기술 개발 - LNG-FPSO 안전설계 및 신뢰성 공학기술 개발 - LNG-FPSO 플랜트 설계기술 개발 - LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	에너지 안보 및 산업 적용을 위해 산소, 질소, 수소 등의 주요 가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 극저온 이용 공기분리장치 기반 수소 액화 플랜트 기술 개발	- ASU 기반의 수소 액화 플랜트 공정 기술 개발 - ASU 기반 수소 액화 플랜트 핵심 기술 개발 - ASU 기반 수소 액화 플랜트 설계 및 건설 기술 개발	- 극저온을 이용한 공기분리 사이클 모사 및 액화, 증류 공정 기술 개발 - 수소 액화 사이클 모사 및 공정 기술 개발 - 극저온 터보 팽창기 기술 개발 - 가스 분리용 증류탑 기술 개발 - ASU 기반 수소 액화 플랜트 설계, 건설, 평가 및 운용/유지관리 기술 개발

8. 연구개발사업의 제안자 인적사항

성 명	박성제/최병일	소속기관명	한국기계연구원	
소속부서	환경에너지기계연구본부	직 위	책임연구원	
주 소	(TEL) 010-8225-6123	(FAX)		(E-mail) bchoi@kimm.re.kr
소속기관주소	대전광역시 유성수 가정북로 156			

9. 제안기술에 대한 평가의 주안점

	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
제안기술에 대한 평가	가. 공기분리 및 수소액화 통합 플랜트 설계 자립화율	%	100	20	100
	나. 극저온액화플랜트 핵심 기자재 국산화율	%	100	20	80
	다. 공기액화분리플랜트 효율 (at 750ton/day)	ton/day/MW	150	-	150
	라. 수소액화플랜트 효율 (at 5ton/day)	ton/day/MW	1.5	-	1.7

「국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침」 제4조제4항에 따라 기술수요사서를 제출합니다.

2015년 7월 31일

국토교통과학기술진흥원장 귀하

A4-4. 기술수요조사서 (4) : 극한지 플랜트

1. 연구개발과제명

연구개발과제명	극한지 환경에서 효과적인 운용을 위한 맞춤형 건설 플랜트 · 장치 개발		
제 안 기 관	한국건설기술연구원		
기 술 분 류	국가과학기술표준 분류체계	E1-E103-E10305	기초( ), 응용(ㅇ), 개발( )

2. 연구개발의 목표 및 내용

연구개발의 목표	미래 지역개발 니즈가 증가하고 있는 극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보할 수 있는 “극한지 맞춤형 플랜트 · 장치 기술”을 개발
연구개발의 내용	◦ 극한지 맞춤형 모듈 플랜트 및 이송 스테이션 설계기술 개발 - 현장설비의 제작, 운송, 설치여건을 고려한 모듈공법 계획, 설계기술 - 적층형 모듈 프레임. 공정계통 FEED, 이송 스테이션 계획 및 운용 ◦ 극한지 유 · 가스 이송 스테이션 및 장치 · 기자재 개발 - 극한지 유 · 가스 수집 및 매니폴더 설비 시스템, - 부스팅, 미터링, 피깅 설비 등 - 극한지용 소재, 기자재 국산화 등 ◦ 극한지 하부구조(지반, 기초, 공법 등) 및 급속 시공기술 개발 - 동토나 극지에서 플랜트 설비 설치를 위한 지반 기초공법 - 급속시공 기초, 지반모니터링, 안정화 기술 등 ◦ 극한지 굴착, 매설, 설치 등 자동화 시공시스템(로봇, 장치 등) 개발 - 극지나 동토현장의 작업 효율성과 안전성을 제고하기 위한 자동화 시공기술 - 굴착, 매설, 설치 등 작업공정 응용 로봇 시스템 등 ◦ 극한환경 플랜트 가상 원격건설 및 통합운용 기술 - 극한지 건설사업의 가상 계획, 시공, 운영 등을 위한 시뮬레이터 등 - 극한환경에서 사용 가능한 모바일 센서, 센서 네트워크, 통합 현장관리기술 등 ◦ 남북극 환경 및 유 · 가스 채굴을 위한 건설기반기술 개발 - 저중력 및 고압(심해저 또는 우주환경)에서의 조사, 분석기술 등 - Ice 및 Snow와 같은 특수환경에서의 구조물 건설공법 - 온도·압력·바람·중력 등 일반 대기 환경과 다른 극한 환경에서 Shelter 또는 기지 건설이 가능한 소재-부품-시공-관리 등
성과물 유형	시스템(○), 공법·기법(○), 재료·자재( ), 소프트웨어(○), 장비·장치(○
TRL단계	TRL 4단계 ~ TRL 7단계

3. 연구개발 동향 및 파급효과

연구개발의 필요성	◦ 극한지 에너지자원 개발 가속화에 따라 플랜트 건설 수요 증가에 대비한 진출전략 마련 필요 - 전세계 미발견 석유· 가스 부존량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 - 일부 선진기업 시장/기술 독점 상태이나, 에너지안보, 부가가치 등 고려한 시장 확대 전망 ◦ 유 · 가스 공급의 새 전초기지이자 글로벌 경제허브로 떠오른 북극권 개발에 세계 각국은 경쟁적으로 참여하여 북극연구 및 극한지 개발에 집중적인 투자 실시 - 정부는 러시아와의 전략적 협력관계를 구축하고 시베리아 북방동토의 에너지 도입을 위해 노력하고 있음(한 · 러 정상회담, 유라시아 이니셔티브 등) - 북극권의 에너지원은 대부분 동토지역 또는 해빙환경에서 존재하므로 이를 극복할 탐사

		기술과 플랜트 건설기술이 필요 ◦ 북극 개발을 주도하는 국제기구인 북극이사회의 정식 옵서버 자격 획득으로 본격적인 북극연구 방향 설정 및 추진 필요 - 정부는 에너지 개발, 플랜트, 해상운송, 조선·수산업 등 파급 효과가 높은 산업을 중심으로 국내 기업의 북극 개발 참여 기회를 높이려 노력 중 - 대부분의 북극권은 특정국가 소유(러시아, 캐나다, 미국, 노르웨이, 덴마크 등)이므로 극저온, 동토환경 및 얼음환경 등을 극복할 수 있는 원천기술을 확보해야만 북극권 자원개발을 주도(적극 참여)할 수 있음 ◦ 향후 남극권 연구개발 및 선도를 위한 극한환경 대응 건설기반기술 확보가 반드시 필요 - 남극대륙에서의 에너지 조사, 개발(건설) 및 활용(수송기술 포함)기술 확보로, 향후 남극에서의 세계 각국의 에너지 전쟁에 대비해야 함 - 남극조약협의당사국회의(ATCM)에서 결정한 남극에 대한 무소유(무국적), 비자원개발 등에 대한 사항은 2048년 새롭게 논의될 전망임 - 남극대륙의 에너지원 분포 및 개발을 위해서는 반드시 남국내륙 기지를 확보해야 하며, 이를 위해서는 남극대륙 연안에 위치한 장보고과학기지를 활용하여 남극 제 3기지 건설이 필요 ◦ 극한지에서 초속 50m/s 이상의 blizzard에 견딜 수 있는 특수구조물의 설계 및 시공기술 개발과 지속가능한 구조물 설계를 위해 적설현상 (Snowdrift)을 고려한 건축물 설계 및 배치 기법 개발이 필요 ◦ 극한지에서 기후와 가혹한 현장여건에 따른 생산성과 신뢰성 확보를 위한 기술 니즈가 매우 큼 - 극한지에서 플랜트 건설 경쟁력 확보의 핵심 키워드로 생산성 제고, 비용의 최소화가 중요함 - 이의 해결을 위해서는 신뢰성 기반의 시공계획 및 플랜트 설계, 시공자동화, 모듈화 설계 및 시공법, 맞춤형 건설장비 등에 관한 기술혁신이 반드시 필요함
연구개발동향	국 내	◦ 동토지역 자원 이송망 설계 및 시공기술 개발(2013, 국토교통부)을 위한 연구단급 과제가 진행 중이며, 파이프라인 및 이의 지지구조, 전용강관, 유지관리기술을 포함 ◦ 북미 지역 오일샌드 모듈화 설계, 제작, 시공기술 개발(2014, 국토교통부)을 위한 연구단급 과제가 진행 중이며, 모듈 상세설계 및 제작, 운송, 설치 등을 포함 - 주요 공정에 대한 FEED 등은 해외에 의존 ◦ 최근 한국건설기술연구원에서 남극 제2기지 건설사업 및 극한지 하부구조 급속시공 플랫폼 기술개발 과제와 같은 기초연구를 수행 - 남극대륙과 북극권 빙해저를 대상으로 하는 연구는 전무
	국 외	◦ 동토지역에서 오일샌드 플랜트 건설 기술의 발전 동향은 현장 제작, 시공방식에서 공장제작-모듈운송 후 조립하는 모듈방식 설계/시공으로 발전 - 높은 인건비, 저온 공사환경에 따른 현장 품질 생산성 저하 등으로 모듈러 건설로 전환 중임 ◦ 초장거리 파이프라인 현장수동 용접에 따른 연결부 품질편차, 작업시간 등 개선을 위하여 파이프 정렬관련 장치 집적화를 통한 작업시간 개선 기술과 정량적 품질확보를 위한 고효율 용접자동화 기술 개발 ◦ 동토지역 파이프라인의 매설시 긴 구간에 파이프 안착에 소요되는 인력, 정밀도 제고를 목적으로 자동화 시스템 도입 추세 - 멀티 안착장비 컨트롤용 커맨드 시스템, 작업자간의 효율적이고 안전한 협업을 위한 3D 테스크 네비게이션 개발 - 안착 공법 자동화를 위한 로워링(lowering) 장비, 파이프의 정밀 로워링을 위한 포지셔닝(positioning) 장치 등 개발

파 급 효 과	◦ 지속적인 국가 에너지 안보 대응 및 에너지 자급율 향상에 기여 ◦ 에너지 자원 외교력 강화 가능

4. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

가. 시장동향 및 규모

◦ 전세계 미발견 석유자원의 43 %, 가스자원의 58%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(United States Geological Survey 2012)

◦ 북미, 동유럽에 건설예정이 약 84,000 ㎞, 아시아 국제 가스배관 건설계획 연장이 약 75,000 ㎞로 동토 지역에 건설될 가스 이송망의 시장규모는 약 477조원에 이를 것으로 추정(Pipeline & Gas Journal(2013))

◦ 최근 Infield 사는 향후 5년간(2012~2016년) 설치될 해저 파이프라인과 컨트롤라인의 총 길이가 89,000 ㎞에 달할 것이라고 발표(Pipeline & Control Lines Market Report to 2016(Infield 2013))

◦ 극한지 및 극지역(남북극권)의 천연자원과 그린에너지 확보를 위한 미국, 캐나다, 노르웨이, 일본, 러시아 등의 전초기지 구축 및 투자 증대

나. 수출·입 효과

◦ 영구동토를 포함한 극한지 에너지라인 건설시장 진출을 부가가치 창출
  - 시베리아 에너지라인: 2조 4천억원으로 예상
  - 소재비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 약 10%, 시공비용이 20%를 점유

◦ 극한지 Life line 최적화 설계 기술로 자원이송 에너지 비용 절감 및 핵심운영설비 해외 수출 가능

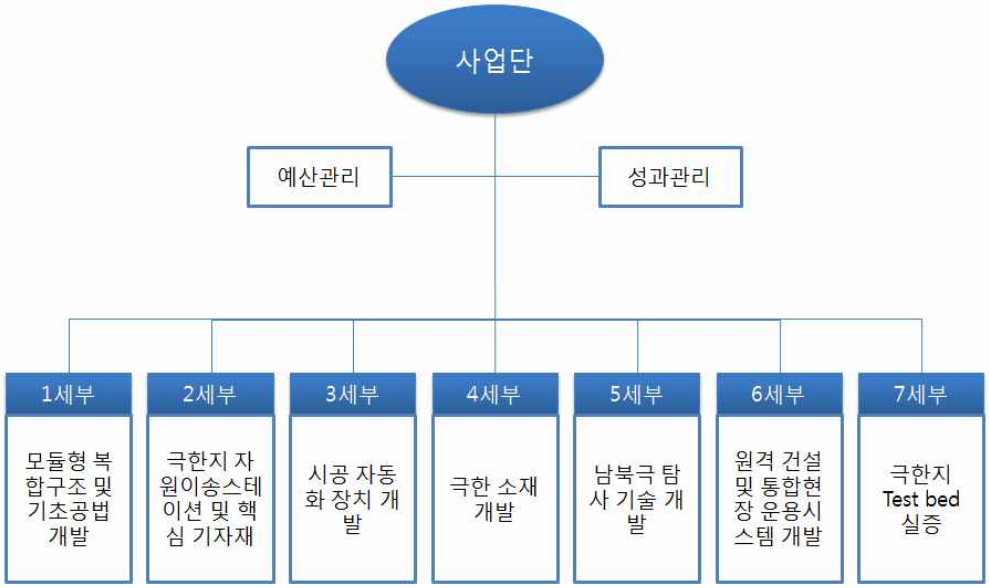
◦ 설계 기술 확보를 통한 엔지니어링 체인(수주-설계-시공-유지관리) 구축으로 극한지 대형 자원개발 사업 참여 기회 증대 및 국가 신성장 동력 창출 효과

5. 연구개발사업의 규모 및 추진체계

가. 연구개발사업의 규모

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
연구비	정 부	10,000백만원	20,000백만원	30,000백만원	25,000백만원	20,000백만원	20,000백만원	15,000백만원
	민 간	10,000백만원	10,000백만원	15,000백만원	15,000백만원	10,000백만원	10,000백만원	10,000백만원
	합 계	20,000백만원	35,000백만원	45,000백만원	40,000백만원	40,000백만원	35,000백만원	35,000백만원
개발기간		7년	연 소요인력		290명			

나. 연구개발사업의 추진체계



6. 기대효과 및 특기사항

◦ Test bed 건설, 운영으로 극한환경 대응 플랜트 건설기술을 확보하여 해외 극한지 지역개발 및 플랜트 건설 프로젝트에 참여가능

◦ 시베리아 에너지 라인 건설, 북극 개발사업이 지속적으로 추진될 예정이며, 원천기술 확보로 일부구간 수주시 국내 플랜트 산업 활성화 및 고용창출 효과 극대화 가능

◦ 특허기술, 실증, 기술이전 및 상용화 지원 등 전주기 연구개발로 R&BD(Research & Business Development) 활성화 기여

◦ 과학기술 혁신역량 강화에 기여할 수 있는 대표적 융복합 협력모델로 발전

7. 기존의 선행연구(필요시 별지 작성)

구 분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	극한지 자원 이송망 유지관리 및 평가기술 개발(2014)	이재훈	- 극한 환경 자원이송망 안전성능유지를 위한 변형진단, 안전기준 및 평가기법, 데이터관리체계 확보	극한지 에너지 자원이송망 설계-시공 데이터 관리기술개발을 위하여 설계 및 시공 품질 향상을 위한 정보관리 체계를 구축하고 연구개발 성과에 대한 적용성 검증	- 극한환경 설비 배치에 따른 피해영향 및 안전설비의 그리드 분석 및 에너지 자원이송망 내압, 방폭 누설 등 통합안전관리기준 수립 - 파이프라인/기반구조물/지반거동의 안전성능 유지관리 기술을 통한 평가기술의 적합성 평가 기법 및 현장 적용 성능 검증 - 배관의 계측 시스템 개선, 최저 온도와 장거리 배관 건전성 평가기술 및 극한온도 환경에서 데이터 수집을 위한 측정시스템이 적용 가능한 기자재 개발 기반 마련	극한지에서 가혹한 현장 여건을 극복하고 시장 경쟁력을 확보 할 수 있는 극한지 맞춤형 플랜트 장치 기술의 확보	극한지용 모듈형 플랜트 설계 제작 및 시공 기술과 자원 이송을 위한 장치 기자재를 개발하고 나아가 자동화 시공 시스템을 구축	- 극한지용 모듈형 자원 개발 플랜트 설계, 제작 시공기술개발 - 극한지용 자원이송스테이션 및 장치, 기자재 개발 - 극한지 하부구조 기술 개발 - 극한지 자동화 시공시스템 개발 - 남북극 환경 및 자원탐사 기술 개발 - 극한환경 플랜트 가상 원격 건설 및 통합 운용 기술 개발

2	- 남극 제2기지 건설사업	- 김예동	- 환경 친화적 신개념 공법을 적용한 강소형의 남극 제2기지 건설	- 남극 제2기지 건설을 통한 본격적인 극지연구 수행으로 극지에서의 조사기술을 유지/발전시킴은 물론 남극조약체재 내에서 발언권 확대 및 기득권 확보를 통한 국가적 이익 추구	- 설계/시공 일괄입찰을 통한 실시설계 적격자 선정 - 극지연/건축 학회 공동명의로 국내의 공모/설계업체 선정 및 시행 - 남극 제2기지 건설을 위한 포괄적 환경영향평가스 작성 및 제출 - 남극 제2기지 건설 예정지 정밀조사 계획 수립 - CEE 작성을 위한 건설예정지에 대한 기초자료 수집 - 남극 제2기지 건설을 위한 성능평가 및 운용 프로그램 구축 - 극한 환경대응 모니터링 구성 - 설계도서에 기초한 건설단계의 온실가스 배출량 선정			
3	- 극한지 하부구조 급속 시공 플랫폼 기술 개발	- 최창호	- 극한지 지반평가 및 극한환경 모니터링 시스템 개발, 극한지 지반 안정화 기술 개발, 극한지 지반거동을 고려한 변위대응형 지지 시스템 개발, 극한 환경 대응 재료 및 급속 시공기술 개발	- 남·북극권 구조물 건설을 위한 극한지 건설기술 개발에 초점을 맞추고 범국가적 사업인 미래에너지 자원개발을 위한 동토지역 내에 극한 환경 건설기술 실용화에 중점을 두고 연구	- 극한지 지반 평가 및 극한 환경 모니터링 시스템 개발 - 극한지 지반 안정화 기술 개발 - 극한지 지반거동을 고려한 변위대응형 지지 시스템 개발			

8. 연구개발사업의 제안자 인적사항

성 명	황인주	소속기관명	한국건설기술연구원
소속부서	환경·플랜트연구소	직 위	연구위원
주 소	경기 고양시 일산구 고양대로 283 (TEL) 031-910-0492	(FAX) 031-910-0291	(E-mail) ijhwang@kict.re.kr
소속기관주소			

9. 제안기술에 대한 평가의 주안점

	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
제안기술에 대한 평가	가.모듈화율	%	70	30%	70%
	나.자동화율	%	60	50%	70%
	다.내한온도	℃	-40	-20℃	-40℃
	라.가용도(RAM)	1)	85	65%	85%
	마.최대용량	bbl/day	20,000	10,000	20,000
	바.설비 안전성	SIL	2	1	2

「국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침」제4조제4항에 따라 기술수요사서를 제출합니다.

2015년 7월 31일

국토교통과학기술진흥원장 귀하

A4-5. 기술수요조사서 (5) : CO_2 활용 플랜트

1. 연구개발과제명

연구개발과제명	포집 CO_2 활용 극대화를 위한 CO_2 Network 구축		
제 안 기 관	한국화학연구원		
기 술 분 류	국가과학기술표준 분류체계	EI-EI03-EI0305	기초( ), 응용( ), 개발(○)

2. 연구개발의 목표 및 내용

연구개발의 목표	포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리 효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 제배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현
연구개발의 내용	◦ CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축 - CO_2 포집/공급 용 플랜트 설계 기술 - 발생원 별 포집 처리 시스템 설계 - CO_2 gas 수송 파이프 라인 설치 설계 - 공급용 파이프 소재 개발 기술 - CO_2 분배 설비 개발 및 제어 기술 - 기존 CO_2 사용처(식용 탄산 가스 제조 설비 등)에 파이프를 통한 직접 공급 설비 구축 ◦ CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정 - CO_2활용 polyol 카보네이트를 이용한 폴리카보네이트(PC) 제조 공정 - CO_2 활용 단량체 및 폴리아민을 이용한 폴리우레탄(PU) 제조 신 공정 실증 - 바이오 기반 재처리 공정 기술을 통한 다양한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조 플랜트 - 신제조 공정을 위한 고분자 플랜트 설계 기술 - 상용 제품을 위한 고분자 성형 기술 (발포폼, 필름 등) - 신규 나노 소재 및 천연 고분자 조합을 통한 제품화 기술 ◦ 적정순도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비 - 온실(비닐하우스, 유리 온실) 용 CO_2 공급 설비 기술 - 특용 작물용 시범 단지 구축 - 미세 조류 등 바이오 연료용 작물 제배 설비 설계 ◦ CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축 - CO_2를 이용한 소방 설비 기술 개발 - 대단위 공단 및 작업장에 CO_2 화재 진압 시스템 구축 - LNG 공급라인과 근접 공급 설비 구축을 통한 대형 사고 조기 진압 시스템
성과물 유형	시스템(), 공법·기법(0), 재료·자재( ), 소프트웨어( ), 장비·장치( )
TRL단계	TRL 3단계 ~ TRL 7단계

3. 연구개발 동향 및 파급효과

연구개발의 필요성	◦ 포집 CO_2 격리를 위한 사후 처리 기술의 필요성 증대 (2030년 BAU 대비 37% CO_2 저감) - 지구 온난화 문제를 극복하기 위한 방편으로 산업공정에서 대량으로 배출되는 CO_2를 모아 폐기물처럼 지하나 해저에 매립 혹은 저장하는 CCS(Carbon Capture and Storage, CO_2 포집 및 저장기술)에 초점을 맞추어 진행되어 왔음 - 하지만, CO_2 포집시 소요되는 막대한 비용, 저장 공간의 확보 및 유출시의 잠재

		위험성 등으로, CO_2를 보다 효율적으로 안정하게 처리할 수 있는 친환경 사후 처리 기술이 요구되고 있음 ◦ 지속적인 소비와 생산을 위해 석유 등 자원 고갈에 대비한 새로운 feedstock 활용 기술 필요 - 발전소 및 철강산업과 같은 고농도 인위적 CO_2 발생원이 풍부하여 새로운 탄소원으로 충분히 새로운 feedstock 역할 가능 - CCU(Carbon Capture and Utilization, CO_2 포집 및 재활용)는 CO_2를 단순히 포집할 뿐만 아니라, CO_2를 폐기물이 아닌 유용한 자원으로 재활용하여 부가가치가 높고 안정한 물질(Value-added Compounds)을 만드는 데 초점을 맞추고 있어 온실가스 저감 측면에서 장기적으로 훨씬 유용한 기술임 - 따라서, 최근 온실가스를 폐기물이 아닌 자원으로 재사용하여 제품화하기 위한 경제성 기술인 CCU 기술에 관심이 집중되고 있고, 폐자원 활용 및 신재생 에너지와 연계한 CCU 적용을 통한 공정 전주기 효율화 연구가 활발히 진행되고 있음 ◦ CO_2 활용 극대화를 위해선 각각의 포집 사용 기술을 연계시켜줄 공급 시스템이 필수적으로 필요함 - CO_2 활용을 위한 투입 에너지를 최소화하여 경제적 경쟁력을 확보하기 위해선 저에너지 소비 공급 시스템이 필요 - 공급망 구축을 통해 산업 공정이 아닌 농어촌 작물 생산 촉진 설비 구축이 가능해져 CO_2 활용과 더불어 지역 소득 증가 유도로 국토 균형 발전에 기여할 수 있음 ◦ 경제 발전 및 생활 수준 증가로 인해 사회 안전 시스템에 대한 요구가 증가하고 있음 - 안전에 대한 욕구를 충족하는 사회 안전망은 아직 부족한 상태로 하수 처리와 같이 국가 주도의 대단위 방재 설비 구축에 대한 필요성이 있음
연구개발동향	국 내	◦ 2010년부터 교과부 주도로 이산화탄소 포집 저장(CCS)를 연구 개발하기 위해 KCRC 프로젝트를 시작하여 이산화탄소 저장을 위한 기술 개발을 진행 중에 있음 ◦ 발전소에 습식, 건식 CO_2 포집 실증 플랜트를 운영중에 있으며, 저장을 위한 기술 개발은 아직 개발 중에 있음 ◦ 이분열 교수팀(아주대)은 2008년 이산화탄소와 프로필렌옥사이드의 반응으로 친환경 플라스틱 개발, SK에너지로의 촉매기술 특허이전 및 연구협력 계약으로 상용화 추진 ◦ 한국화학연구원의 온실가스자원화센터에서는 이산화탄소와 부생가스인 메탄의 상압 개질 반응을 통해 합성가스를 생산하고 활성물질인 이를 플렛폼 화합물로 이용하여 고부가 화합물을 합성하는 연구를 진행중. CO_2 유래 DMC(dimethyl carbonate) 합성 공정을 기술 이전 하였으며, 에너지기술평가원 지원 하에 초산생산 실증화 사업을 진행중임 ◦ 한국화학연구원의 탄소자원화연구센터에서는 이산화탄소와 메탄을 사용하여 일 10 ton의 메탄올을 생산할 수 있는 실증 플랜트를 준공하였음 (2015.6.16. 현대오일뱅크) ◦ 한국가스공사는 메탄과 이산화탄소로부터 합성가스를 생산하고, 이를 이용하여 DME를 생산하는 데모플랜트 (3천톤/년)를 설계하여 운용중임 ◦ 한국화학연구원 탄소자원연구센터에서는 이산화탄소와 diol를 이용하여 cyclic carbonate단량체 제조 연구를 자체 수행중임 ◦ 한국 지역난방공사에서는 이산화탄소를 활용한 미세 조류 재배 기술에 대한 실증화 연구를 진행하였으며, 남부발전에서는 고농도 이산화탄소 환경을 이용한 온실 작물 재배에 대한 기술 개발을 시도하고 있음
	국 외	◦ CO_2 저장이 충분히 가능한 북미를 중심으로 포집 및 저장에 대한 대단위 국가 프로

		젝트가 활발하게 수행중이며, 포집 후 저장을 위한 플랜트 및 공급 라인 설치가 진행중에 있음 ◦ 영국, Newcastle University 연구팀은 이산화탄소(발전소 배가스)와 옥시렌을 활용한 에틸렌카보네이트로 전환 촉매 개발에 성공, Dymeryx사에서 상용화 기술을 개발중임 ◦ 독일, Bayer는 독일 정부의 지원(1,780억원)으로 Dream production" 프로젝트를 추진 중이며, CO_2를 포집해 바이엘의 촉매를 사용해 직접 폴리우레탄(단열재)을 제조하는 파일럿 플랜트 건설, 2015년 상업화를 목표 ◦ 미국, Albemarle & Novomer는 DOE의 지원을 받아 이산화탄소(폴리머 중량 중 40% 이상)와 에폭시드의 공중합 반응으로 폴리프로필렌카보네이트(PPC)의 대규모 생산에 성공 ◦ 일본, 아사히 화학은 유독 포스겐을 대체하여 이산화탄소로부터 폴리우레탄 원료인 이소시아네이트를 합성하였음 ◦ 중국, CAS 창춘 응용화학연구소는 이산화탄소 중합체 합성 촉매를 개발하였으며, 2004년 2월 Mengxi 그룹과 제휴하여 3천톤급 이산화탄소 중합체 생산 라인 구축
파 급 효 과		◦ CO_2 저감 뿐 아니라 기존석유시장 대체 및 친환경 소재 개발을 통한 환경 문제 등이 총망라된 분야로 국가 운영의 한 축을 담당할 기술로 기대 ◦ 저장 공간이 부족한 대한민국의 특성상 포집된 CO_2 활용을 극대화 하는 방향으로 수송/공급 시스템을 구축하여 CCU기술의 빠른 발전과 조기 상업화를 기대할 수 있음 ◦ 안전한 산업 공정 개발과 인체 무독성 등 친환경 제품을 통한 안전한 사회 ◦ 자원 선순환 사회 구현 ◦ 농업에 적용 가능한 시스템을 구축하여 소득 증대를 통한 국토/사회 균형 발전을 도모할 수 있을 것으로 기대 ◦ 국가 주도의 사회 안정망 구축

4. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

가. 시장동향 및 규모

◦ 세계적 흐름인 이산화탄소 활용과 친환경 공정에 대한 수요에 맞춰 국내 기업들도 기술 개발 투자를 통해 기존 시장 대체를 대비하고 있음

◦ CO_2 포집과 관련된 시설도 현재 4조원 수준의 시설들이 가동되고 있으며 20년 내에 5배 이상 성장할 것으로 예상되어 포집 시설과 결합된 수송 및 자원화 활용 시설들도 이와 비례해서 성장할 것으로 예상됨

◦ 화학연구원을 중심으로 한국가스공사, 남부발전, POSCO 등에서 이산화탄소 유래 화합물 제조 시스템을 데모급으로 운영 중이며 상용화를 목표로 진행중이며 기존 석유화학 유래 화합물 시장을 점진적으로 대체할 것으로 예상

◦ SK에서 CO_2를 이용한 PPC를 시장진입 전 단계까지 진행하였으며 LG화학, OCI 등 국내 기업에서도 기존 공정 시장을 대체하기 위해 기술 개발 투자

◦ Alkylene oxide의 독성 및 폭발성 등으로 보다 안전한 산업 공정 개발 및 인체 무독성 제품에 대한 수요 증가

◦ 유럽을 중심으로 국가와 기업의 공동투자를 통해 발전설비의 대단위 이산화탄소 배출과 연계한 화합물 제조 공정에 대한 실증연구가 진행되고 있으며 기존 설비를 대체하는 친환경 시장을 확장하기 위해 기술 개발에 투자하고 있음

◦ 환경 및 안전에 대한 관심 증가로 친환경 원료를 이용한 고분자 재료 시장이 기존 재료 시장과는 별도로 빠른 속도로 성장하고 있으며, 의료 소재와 같은 고기능 소재 시장의 발굴로 인해 가격 경쟁력이 아닌 기술 경쟁 소재들이 시장에 진출하고 있음

◦ 이산화탄소 감축 및 친환경 신기술 확보에 대한 요구로 인해 이산화탄소 활용 화합물 시장이 활기를 띠고 있으며, 선진국들이 화학 산업의 신 성장 동력으로 선정하여 기술 선점을 통한 시장발굴에 집중하고 있음

◦ 이산화탄소 활용 고분자 재료 시장에서는 노보머사가 개발한 이산화탄소 활용 PPC 상용 제품이 시장에 진입하였

으며, 북유럽을 중심으로 바이오 유래 친환경 순환 물질을 이용한 신규 고분자 재료 시장에 대한 투자가 이루어지고 있음

◦ 농업 대국의 기업형 작물에 대응하기 위한 고부가 특용작물 시장이 나날이 성장하고 있으며, 미래 농가의 소득 증가 여부가 농업 산업의 생존을 결정할 것으로 예상되어, 이에 대한 기술 개발이 필요한 시점

◦ CO_2를 이용한 방재 설비가 물이나 기타 화학제를 쓸 수 없는 삼성전자와 같은 대규모 사업장에 이미 설치되어 있으며, 그 수요는 개인 사업장 까지 증가하는 추세임. 그러나 실린더를 통한 공급, 방재 설비는 지속적인 유지비 투입으로 인한 어려움이 존재하여 이를 극복할 수 있는 공급망이 설치될 경우 수요는 급격하게 증가할 것으로 예상

나. 수출·입 효과

◦ 현재 CCU 기술 시장은 시장형성 단계로, 세계 CCU 시장이 2011년 119억 달러에서 2021년 243억 달러에 달할 것으로 전망

◦ 2011~2021 전기간의 연평균성장률(CAGR)은 7.4%로, 그중 유럽의 성장률이 8.6%로 가장 높고, 국내 CCU 시장은 2011년 2.45억 달러(2,940억 원), 2021년 5.10억 달러(6,120억 원)로 전망됨. 따라서 2011~2021년간 총 39.92억 달러(4조7900억 원)의 시장이 창출될 것으로 예상됨

표 1. 세계 CCU 시장 전망 (출처: Visiongain사)

(단위 : 십억 달러)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CAGR (%)
유럽	3.9	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.7	7.3	8.0	8.8	8.6
북미	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.4	4.9	8.0
아시아	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	7.6
호주	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	5.2
중동	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	5.7
남미	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	5.6
계	11.9	12.6	13.4	14.3	15.3	16.4	17.7	19.0	20.6	22.3	24.3	7.4
한국	0.25	0.26	0.28	0.31	0.33	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.51	7.6

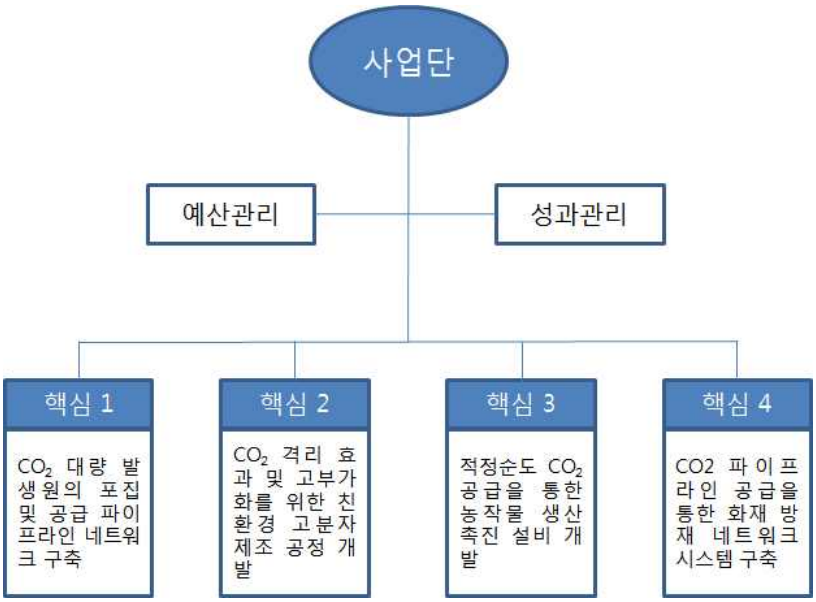
◦ CO_2 포집/공급 플랜트 및 파이프 네트워크, 연계 신규 공정 플랜트, 방재 시스템 등은 CCU기술의 극대화 통합 플랜트 기술로 기술 수출 가능성이 충분하여, 화합물 거래를 통한 수출입 효과에 버금가는 큰 시장을 형성할 것으로 예상

5. 연구개발사업의 규모 및 추진체계

가. 연구개발사업의 규모

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
연구비	정 부	10,000백만원	20,000백만원	30,000백만원	25,000백만원	20,000백만원	15,000백만원	10,000백만원
	민 간	4,000백만원	7,000백만원	10,000백만원	9,000백만원	7,000백만원	5,000백만원	4,000백만원
	합 계	14,000백만원	27,000백만원	40,000백만원	34,000백만원	27,000백만원	20,000백만원	14,000백만원
개발기간		7년	연 소요인력		280명			

나. 연구개발사업의 추진체계



6. 기대효과 및 특기사항

◦ 기존 여러 부처의 지원을 통해 개발된 다양한 수준의 연구 개발 결과물을 기본 활용하고 결집하여 대단위 상업용 플랜트 기술을 개발

◦ 범정부차원에서 기술 개발 투자를 진행 중인 해외 선진국들과의 경쟁력을 확보할 수 있는 상용 기술 확보

◦ 해외 선진국에서 시도하지 않은 CCS+CCU기술의 통합 시스템으로 새로운 기술 분야와 시장을 개척하고 선점할 수 있음

◦ 민간 기업 위주의 기술 개발 투자로는 가격경쟁력 확보가 어려운 이산화탄소 활용 분야에 대한 다부처 투자로 국내업계의 경쟁력을 단기간에 확보

◦ 신규 이산화탄소 활용 시장 및 감축으로 인한 탄소배출 관련 기업의 직간접적 경제적 효과를 얻을 수 있음

◦ 친환경 공정을 통해 생산된 고분자는 최대 2000만톤 수준인 기존 폴리우레탄 시장 점진적으로 대체할 것으로 예상되어, 신공정을 통한 시장 재편 시 시장 선점 효과

◦ 신규 특수 소재 시장 창출을 통한 고용 효과 및 관련 기술 시장 투자 효과

◦ 균형 발전을 통한 사회 균형 유지 및 농업 산업의 경쟁력 확보

◦ 사회 안정망 구축

7. 기존의 선행연구

구 분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	연구방법	주요 연구내용	선행과제와의 차별성		
						연구목적	연구방법	연구내용
1	한국이산화탄소 포집 및 처리 연구 개발 센터 (11.11~20.05)	박상도	- CCS 원천기술 개발을 통한 세계 1등 CCS 기술력확보 - 대량 배출원에 적용 가능한 CCS원천기술 개발	- $20/t$CO_2$ 이하의 라이센싱 가능한 CO_2 포집기술 4종 이상 확보 - CO_2 지중저장 핵심기술 확보를 통해 파일롯규모 지중저장 실증 - 대량배출원에 적용가능한 신개념 CO_2 전환이용기술 2종 이상 확보	- 에너지 교환형 건식 CO_2 포집기술 개발 - 저수계/비수계 CO_2 포집기술 - 저장소 선정 및 특성화 - CO_2 확산 모델링 및 위험도 분석 - 시추/저장 설비 인프라 확보 - 무기탄산/합성가스 제조 기술 - 고분자 제조 기술 - CCS 싱크탱크 기획연구 - IPR-사업화 전략	- 포집된 CO_2의 활용을 위한 파이프라인 공급 네트워크 구축을 통해, 격리 효과가 크고 화석원료의 원천적 수요를 줄일 수 있는 친환경 고분자 제품화 기술 적용 및 농어촌 특용 작물 재배를 통한 국토 균형발전, CO_2를 이용한 화재 방재 시스템을 구축하여 저탄소 자원 선순환 사회 구현	- CO_2 대량 발생원의 포집, 공급 네트워크 구축 - CO_2 격리 효과 및 고부가 화를 위한 친환경 고분자 제조 공정 - 고농도 CO_2 공급을 통한 농작물 생산 촉진 설비 - CO_2 파이프 라인 공급을 통한 화재 방재 시스템 구축	- CO_2 포집/공급용 플랜트 설계 기술 - 발생원 별 포집 처리 시스템 설계 - CO_2 gas 수송 파이프 라인 설치 설계 - 공급용 파이프 소재 개발 기술 - CO_2 분배 설비 개발 및 제어 기술 - 기존 CO_2 사용처(식용 탄산

					기획 연구			가스 제조 설비 등)에 파이프를 통한 직접 공급 설비 구축 - CO_2 활용 polyol 카보네이트를 이용한 폴리카보네이트(PC) 제조 공정 - CO_2 활용 단량체 및 폴리아민을 이용한 폴리우레탄(PU) 제조 신공정 실증 - 바이오 기반 재처리 공정 기술을 통한 다양한 폴리올 및 폴리아민의 대량 제조 플랜트 - 신제조 공정을 위한 고분자 플랜트 설계 기술 - 상용 제품을 위한 고분자 성형 기술(발포폼, 필름 등) - 신규 나노 소재 및 천연 고분자 조합을 통한 제품화 기술 - 온실(비닐하우스, 유리온실) 용 CO_2 공급 설비 기술 - 특용 작물용 시범 단지 구축 - 미세 조류 등 바이오 연료용 작물 제배 설비 설계 - CO_2를 이용한 소방 설비 기술 개발 - 대단위 공단 및 작업장에 CO_2 화재 진압 시스템 구축 - LNG 공급라인과 근접 공급 설비 구축을 통한 대형 사고 조기 진압 시스템
2	이산화탄소-해양바이오매스 기반 플랫폼 화합물 제조 및 EcoPolymer의 기능화 연구 (12.11~16.07)	김용진	- 지속가능 자원으로부터 에코폴리머를 제조하는 신공정 개발 - 원료 화합물인 이소시아네이트 단량체를 이산화탄소와 바이오매스로부터 합성	- 단량체 합성을 위한 고활성 신촉매 시스템의 개발 - 단량체의 조합을 통한 물성이 조절된 에코폴리머 합성 - 에코폴리머의 의료용 폴리머 적용 가능성을 타진	- CO_2와 해양 바이오매스로부터 치환우레아, 카바메이트 등의 이소시아네이트 전구체를 제조하여 단량체로 사용하는 방법 개발 - 방향족 니트로 화합물의 수소화 반응에 의한 치환족 아민 화합물 제조용 촉매 개발 - 치환우레아, 카바메이트 제조용 촉매 개발 - 해양 바이오매스로부터 폴리올을 제조하기 위한 신규 전환경로 개발 - 플랫폼 화합물로부터 에코폴리우레탄의 중합특성 연구 및 의료용 폴리머 응용에 대한 연구			
3	이산화탄소를 활용한 친환경 폴리카보네이트 제조 및 단량체 제조 원천기술 개발 (11.11~20.05)	이분열	- 이산화탄소 활성화를 위한 고활성, 저단가 촉매기술 개발하여 이산화탄소 유래 폴리카보네이트 직접 제조 - 이산화탄소 저감용 핵심 원천 촉매 기술을 확보하고, 촉매 반응의 생산성 및 경제성 확보를 위한 다양한 유도체의 성능평가를 통해 상업 생산 공정 적용 가능성 타진	- 이산화탄소 유래 단분자인 신규 카보네이트 유도체 개발 - DPC 제조	- 라디칼 중합을 통한 신규 폴리카보네이트 제조 - 올레핀이 함유된 카보네이트 제조법 개발 - 탈수소화 촉매 및 반응 개발 - 이산화탄소 전환 유기카보네이트(DPC) 제조 수율 향상			

8. 연구개발사업의 제안자 인적사항

성 명	김 범 식	소속기관명	한국화학연구원
소속부서	온실가스자원화연구센터	직 위	책임연구원
주 소	대전광역시 유성구 한빛@ 115-206 (TEL)042-860-7507	(FAX)042-860-7283	bskim@krict.re.kr (E-mail)

소속기관주소	대전 유성구 가정로 141 한국화학연구원 3동

9. 제안기술에 대한 평가의 주안점

	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
제안기술에 대한 평가	가. CO_2 공급량	톤/년	-	-	100만톤/년
	나.이산화탄소 유래 폴리올 제조 시 기존 공정 대비 이산화탄소 감축량	Kg_{CO2}/Kg_{Polyol}	$-0.95Kg_{CO2}/Kg_{Polyol}$ (독일 Bayer)	-	$-0.6Kg_{CO2}/Kg_{Polyol}$
	다.이산화탄소 유래 폴리카보네이트 제조	톤/년	2000톤/년 (2015년, 미국 Novomer, Pilot plant)	12(~40)톤/년 (2014, SK innovation)	200톤/년
	라.이산화탄소 유래 폴리우레탄 제조	톤/년	5000톤/년 (2014년, 독일 Bayer, Pilot plant)	Lab scale 연구 진행 중 (Pilot 규모 없음)	200톤/년

「국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침」 제4조제4항에 따라 기술수요사서를 제출합니다.

2015년 7월 31일

국토교통과학기술진흥원장 귀하

[부록5]

제1차 선정 플랜트 후보과제 62개
과제카드

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 01)

플랜트 후보과제 명			CO_2 폴리머 상업화 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		SK이노베이션/팀장/권태욱
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국토교통부 (前 국토해양부)
		사업명	[건설기술혁신사업] Nano-Pore 기술을 활용한 고성능 단열재 개발
		기간	5년 (2008.7.1.~2013.4.30.)
		예산	20.4억원
		주요 참여기관	SK이노베이션 (SK에너지), 아주대학교, 한국과학기술원
	과제 2	부처	산업통상자원부 (前 지식경제부)
		사업명	[산업융합원천기술개발사업] 이산화탄소 함량 30% 이상인 폴리알킬렌카보네이트 제조 및 응용제품개발
		기간	3년 (2011.6.1.~2014.5.31.)
		예산	60.9억원
		주요 참여기관	SK이노베이션 (SK에너지), SPCI, 동우테크, 한농화성, 건설화학, 울산테크노파크, 공주대학교, 아주대학교
	과제 3	부처	산업통상자원부 (前 지식경제부)
		사업명	[산업융합원천기술개발사업] 이산화탄소 기반 폴리알킬렌카보네이트 제조 고효율 촉매 및 생산공정 개발
		기간	3년 (2011.6.1.~2014.5.31)
		예산	37.2억원
		주요 참여기관	SK이노베이션 (SK에너지), 한농화성, SPCI,, 아주대학교, 공주대학교
	과제 4	부처	산업통상자원부 (前 지식경제부)
		사업명	[광역경제권연계협력사업] 부생가스를 이용한 녹색기술 실용화 사업
		기간	3년 (2010.7.1.~2013.4.30)
		예산	45.6억원
		주요 참여기관	SK이노베이션 (SK에너지), 동성화학, 아주대학교, 경상대학교, 부경대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- CO_2 폴리머_기술 개발 로드맵
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- CO_2 폴리머_특허분석
핵심기술 리스트			- 촉매 제조기술 - 중합/공정 기술 (분자량 control, 촉매제거 등) - 제품 기술 (필름, 인조피혁, 접착제/코팅, binder 등)
기술보유사	국내		- SK 이노베이션
	국외		- 미국: Empower, Novomer (유사 촉매 사용) - 중국: Bang Feng, Guangzhou Tiancheng, Tianguan, Jinlong 등 (기술 상이, 촉매 잔사 문제 있음)
국내	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)

사업현황	5년내 국내건설 계획	유 (O), 무 ( )
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 미국: 약 2 kton 규모 추정 - 중국: 약 100 kton 규모 추정
	주요 대상 지역	- Global market (생산: 미국, 중국)
	시장 크기	- CO_2 폴리머 (Polypropylene carbonate)는 현재 시장 진입 단계임 - 탄소 배출권 거래등 환경 관련 시장이 점차 확대됨에 따라, 향후 CO_2 폴리머시장은 지속 성장할 것으로 기대됨
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK 이노베이션, 르노삼성자동차, 삼성전자
	중견기업	건설화학, 한농화성, 정산 인터내셔널
	중소기업	SM Tech
	연구기관	신발피혁연구소
	대학	아주대학교

틈새 시장 접근 방식

<친환경 측면과 물성을 동시에 고려한 Specialty polymer로 접근>
- 친환경 polymer: CO_2 저감/활용이라는 친환경성 강조, 생분해 가능, CO_2와 물로 분해되는 clean polymer
- Specialty polymer: Alkylene carbonate가 가지는 독특한 물성으로 기능을 부여할 수 있는 용도에 targeting

Business Model

<Resin 또는 compounding/masterbatch 공급>
- Value chain: resin -> 1차 compounding -> 2차 compounding -> 가공/성형 -> Final 제품
- SK 이노베이션은 resin 생산 또는 1차 compounding/masterbatch 생산을 고려
- Coating과 같은 용도의 경우 solvent에 용해하여 공급

기타 중점 내용

<검증된 기술 보유를 통한 사업 성과 달성 가능>
◎ 사업 목표 → 年 10~45 ton 생산 Pilot Plant 제작을 통한 상용화 기술 확보 및 국산화 생산 기반 구축
- 관련 사업에 대한 기반 기술은 국내에서 SK 이노베이션이 유일하게 보유 중임.
- 자사는 2009년에 Pilot Plant 구축을 통해 검증된 기술 기반을 이미 보유하고 있음.
- 제조 기술은 완성 단계이며, 용도/제품 개발에 대한 응용 단계 수준으로 중점 연구 중임.

<대량 CO_2 발생 설비 대응에는 규모면에서 아직 한계, 고부가가치 제품으로 기술개발 경쟁중>
- 국내 석탄화력 표준규모인 500 MW에서 발생하는 CO_2양이 300만톤-CO_2/년인데, 이에 비해서 폴리머 플랜트 규모는 아직 너무 작음.
- 하지만, 고부가가치 제품으로 CO_2를 변환 판매가 가능할 수 있다는 가능성 때문에 많은 기술개발 경쟁이 있음.

<기존 화석연료 기반 제품과 가격 경쟁력 확보가 관건>
- 기술개발이 되더라도 기존 화석연료 기반(특히 원유)의 최종 제품 대비, 현재는 가격 경쟁력이 대부분 낮음. 탄소세 등 시장상황 변화가 관건임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 02)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>화학적 전환에 의한 CO_2 자원화 플랜트
(무기탄산염 등 신제품 생산)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>현대오일뱅크/상무/김재호
고등기술연구원/본부장/윤용승</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1~3월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>천연가스로부터 10 ton/day급 고효율 메탄올 생산기술 실증</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012.6.1 ~ 2017.5.31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>정부출연금 총 100억원 규모</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국화학연구원, 현대오일뱅크, 에코프로</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>국토교통부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>건설 폐기물 및 산업 부산물에 액상 촉진 탄산화 기술을 적용한 pH 저감형 건설 자재 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013.6.1 ~ 2016.5.31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>정부출연금 총 23억원 규모</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>고등기술연구원, 에니텍, 주영에스티에스, 대우건설</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 천연가스/메탄올 생산기술 연차 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 천연가스/메탄올 촉매 관련 특허 Map</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- CO_2 화학적 전환을 위한 촉매 및 공정 기술
- 생성된 합성 가스를 활용한 신제품 생산 반응 및 공정 기술
- CO_2와 무기물의 화학반응에 의한 무기탄산염 합성기술
- 무기탄산염 제조 공정 자동화를 위한 공정 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 현대중공업/현대오일뱅크 (CO_2 화학적 전환 촉매 및 공정 기술 개발 중)
- 에니텍/주영에스티에스/대우건설 기술개발 및 실증단계
- 에너지기술연구원: CO_2 포집 고순도 탄산염으로 회수 기술 개발 중</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Bayer, CO_2 화학적 전환 기술 활용 폴리올 생산 기술 보유
- Asahi Kasei Chemical, CO_2 화학적 전환 기술 활용 폴리카보네이트 기술 보유</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (O), 무 ( ) :
(국내현황 - 무기탄산화) ㈜대우건설, ㈜극동환경화학에서 CCU(Carbon Capture and Utilization, 이산화탄소 재활용) 적용 Pilot plant를 준공하여 하루 약 10t의 이산화탄소를 처리하고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (O), 무 ( ) : 소각 등 환경설비 연계 CO_2를 포집, 탄산염으로 회수 scale-up 플랜트</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 2015년 6월 정부의 2030년 우리나라 온실가스 감축목표 BAU(851백만톤) 대비 37% 감축으로 확정에 따라 시장 급격히 형성 예상</td></tr>
<tr><td>세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- Bayer, 1만톤/년 규모 CO_2 함유 폴리올 플랜트 건설 운영 중
- 미국의 Calera사는 포집된 CO_2를 탄산염으로 전환하는 대규모 저에너지 공정을 개발하여 생산하고 있음</td></tr>
</table>

	주요 대상 지역	- 현재는 시장이 형성되어 있지 않으나 시장 형성 시점에는 전 세계를 대상으로 사업화 가능
	시장 크기	- 현재는 CO_2 가격이 낮아 아직 민간시장이 열리지는 않았으나, 2020년 이후 시장 형성 시점에는 시장 크기는 막대할 것으로 예상할 수 있음.
	기타	- 2015년 12월 파리 COP21 기후변화 회의 이후 전세계 CO_2 저감을 위한 실질적 기술 상용화 추진이 본격화되는데, CO_2 자원화가 우선적으로 적용이 가능한 기술 분야임.
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	현대중공업, 현대오일뱅크, 대우건설 등 엔지니어링/건설/제품생산 업체
	중견기업	중견기업 엔지니어링 업체
	중소기업	
	연구기관	에너지기술연구원, 화학연구원, 고등기술연구원
	대학	성균관대, 서울대, KAIST, 연세대, 고려대, 아주대

틈새 시장 접근 방식

본 연구과제는 아래와 같은 접근방식을 채택하고 연구개발을 진행하는 것이 타당할 것으로 판단됨.

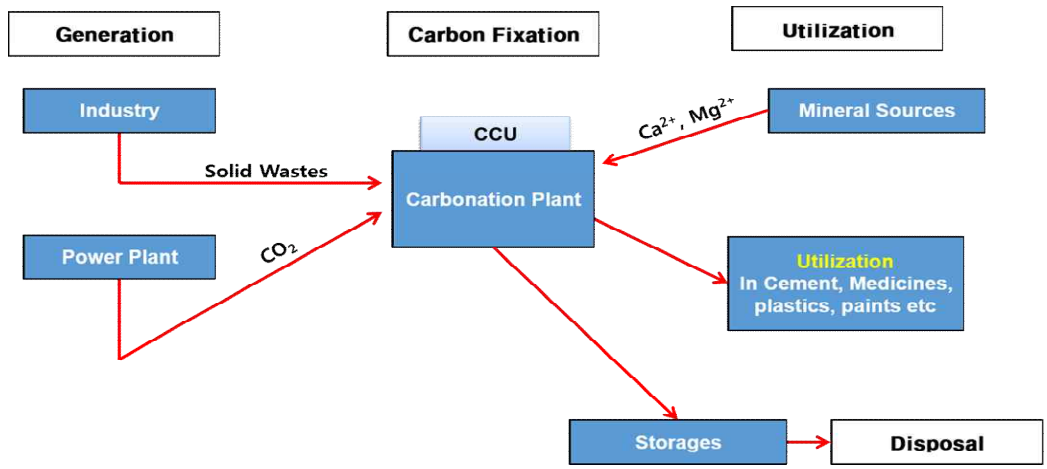
1. 대규모 CO_2 배출이 이루어지고 있으며 향후 CO_2 공급을 할 수 있는 업체를 대상으로 수요 기반 조사
   - 대규모 CO_2 배출에 따른 탄소세 부과 등 본 기술의 필요성 검증
   - CO_2를 활용한 석유화학 제품 및 건자재 제품 용도별 예측수요량, 향후 시장의 성장 가능성 검토
2. 대규모 CO_2 공급이 가능한 원료검토, 관련 촉매 및 공정개발
   - 기존 석유화학 대비 가격 경쟁력 확보 가능한 촉매/공정 기술 개발
3. 대규모 CO_2 공급이 가능한 공급시스템 개발

Business Model

1. 개 요

CO_2는 지구 온난화를 유발하는 물질로서 기후변화 협약 등 이슈가 지기되고 있다. 이에 대한 해결책으로 CCS(Carbon Capture & Storage) 기술이 제시되었으나 최근 보다 더 적극적인 방안으로 CO_2를 자원으로 인식하고 기술적인 Breakthrough를 통하여 제품으로 전환시키기 위한 CCU(Carbon Capture Utilization) 기술이 주목받고 있다.

자원으로 활용 가능한 대표적인 방안으로 CO_2를 합성가스 성분으로 바꾸어 기초 화학 제품의 원료로 사용하는 방안, 반응성이 낮은 CO_2 자체를 반응성이 높은 석유화학 제품과 반응시켜 기존보다 더 값싼 석유화학 제품을 생산하는 방안, CO_2와 무기물의 산-염기 반응을 활용한 무기 소재 제품을 생산하는 방안이 주요 관심 대상이 되고 있다.

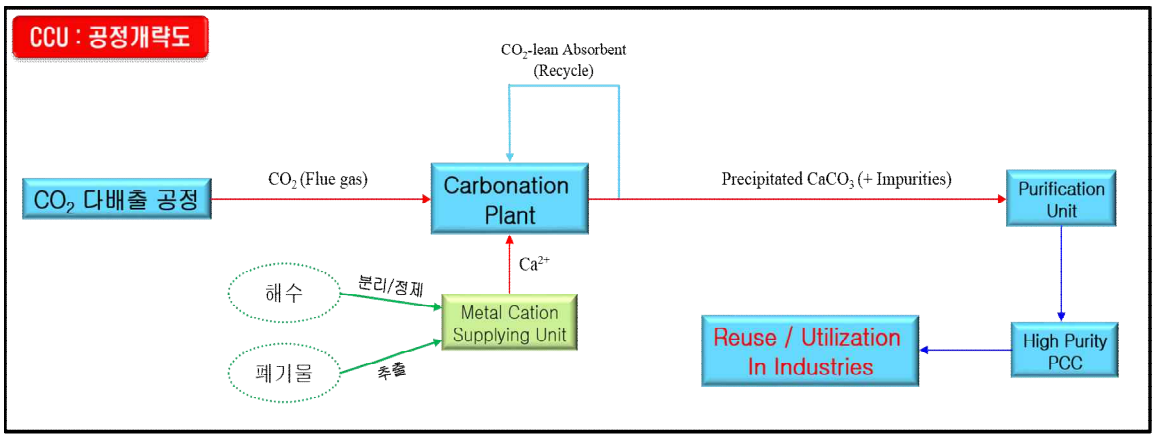


<이산화탄소 재활용 개념도 및 이익창출 방안(Utilization)>

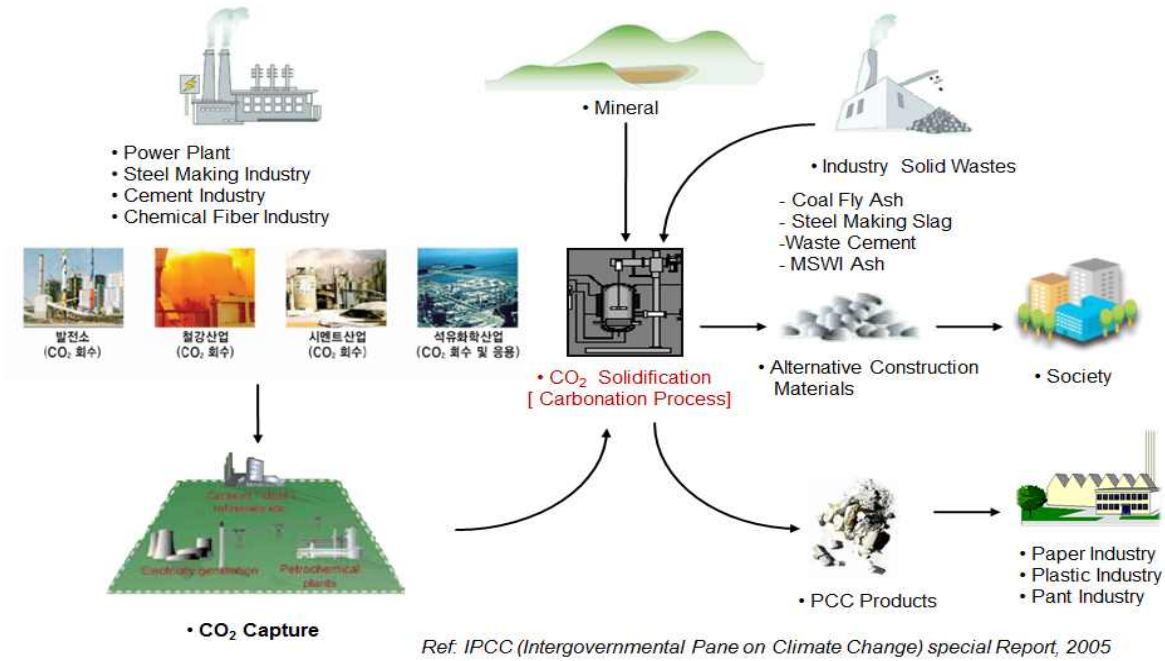
2. 사업모델 제안
CCU 공정을 이용하여 배가스 내에 포함된 이산화탄소를 폐기하지 않고 경제성 높은 제품으로 전환하여 수익을 창출할 수 있다.
ㅇ (3년 이내 단기 BM)
* 고순도의 금속탄산염 생산을 통한 이익 창출
- 이산화탄소 포집 후 금속양이온의 첨가 시 탄산칼슘과 같은 금 속탄산염이 형성되며 이에 대한 수요가 다수 존재함
- 정제 공정을 통해 고순도 금속탄산염으로 재활용이 가능하다면 제지, 건설 산업분야에서 큰 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 전망
- 고속도로 포장, 댐건설 등에서의 건설 자재로 국가차원에서 활용 가능함
ㅇ (중장기 BM)
* 특정 결정구조의 금속탄산염 생산을 통한 이익 창출(중장기적)
- 포집된 이산화탄소를 aragonite의 형태로 분리 및 정제 할 수 있다면 기계공학, 항공우주공학 등에서 사용되는 강화플라스틱의 제조에 사용될 수 있을 것으로 전망됨
- 포집된 이산화탄소를 vaterite의 형태로 분리 및 정제 할 수 있다면 의약산업, 의료연구 등의 분야에서의 원료 및 첨가제로 사용할 수 있을 것으로 전망되며 이 경우 불순물 제거가 반드시 필요하여 고순도 분리정제가 보장되어야 함
기술개발 방향은 크게 2개로 나누어 진행할 수 있다.
1) 대규모 CO_2 생산이 가능한 공정 및 촉매 기술개발 및 상업화 플랜트 설계기술 개발
- 대규모 CO_2 생산이 가능한 분리 공정 기술 개발
- CO_2 반응 관련 촉매/공정 기술 및 상업화 플랜트 설계기술 개발
2) CO_2 원료 사용 생산 제품 시장 개발
- 대규모 CO_2 공급을 통한 가격 경쟁력 있는 제품에 대한 용도 및 시장 개발

기타 중점 내용

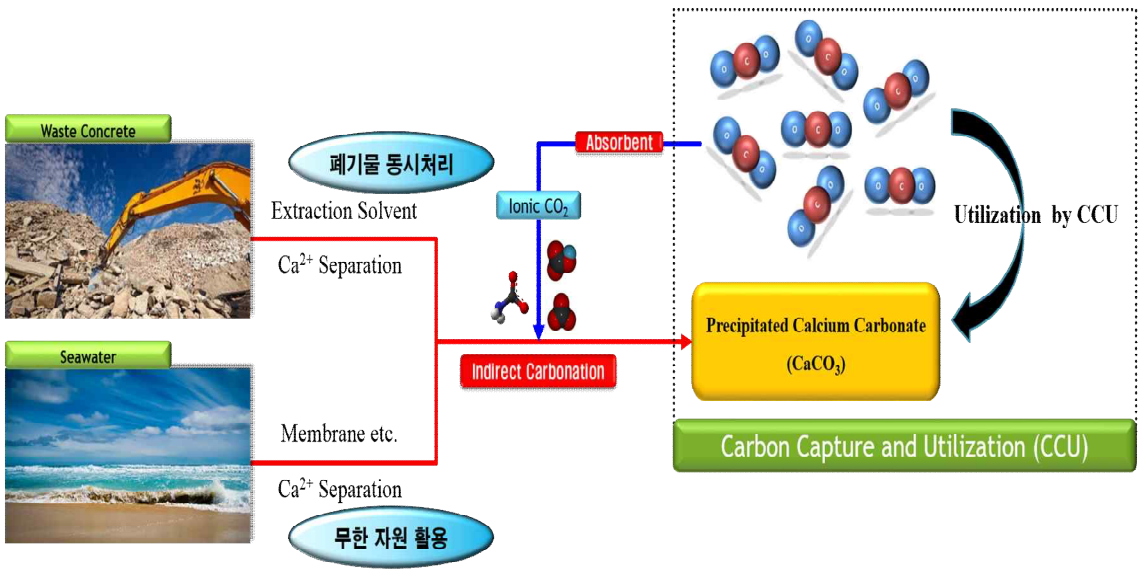
(현황과 기술개발 방향)
* CO_2를 포집하여도 지하저장 공간이 없는 국내 현실에서 알카리 함량이 높은 폐자원을 사용, 배가스 내 CO_2와 반응시켜 유용제품화 하고 해외기술과 차별화된 공해물질을 동시 저감 가능 일체화 기술개발을 통해 CCU의 현실적 방안 제공이 단기간 내 필요
- 지하 수 km에 CO_2를 저장할 수 있는 지형구조가 한국, 일본, 대만은 없는 상황에서 국토 여건에 적합한 CO_2 대응기술 제시
- 단기간에 대용량으로 기후변화 대응이 가능하면서 국내 산업현황에 적합한 국내고유의 현실적 기술 필요
(현재 기술의 문제점)
* 실용화를 위해 고순도 정제 및 분리 등을 통해 상품가치를 향상시켜야 하나, 분리정제 기술이 미흡함
* 이산화탄소의 화학적 안정성으로 인해 재활용을 위해 고에너지 공정이 요구될 수 있으며, 저에너지 공정 실현을 위해 촉매 및 고효율 흡수제 개발이 요구됨
* 배가스(flue gas)에는 이산화탄소 뿐 아니라 여러 공해물질이 다량 포함되어 있으나 현재의 연구는 이산화탄소의 화학적 전환에 초점이 맞추어져 있어 공해물질까지도 제거할 수 있는 일체화 기술개발이 필요함
(아직 시장에서 CO_2 자원화에 대한 가격 보상 메카니즘 부재)
* 기존 제품 대비 가격경쟁력이 낮은 상태로, 큰 경제적 부가가치 창출보다는 CO_2를 처리하는 개념에서 접근이 이루어지고 있음.
* 2020년 이후 탄소세 등 여러 형태로 지구온난화 대응 차원에서 인센티브 시스템이 도출될 것은 거의 확실시됨.
(산업계에서 CO_2를 처리하면서 고부가가치는 아니지만 판매가 가능한 제품 생산 목족에서는 가장 우선 상용화될 기술 분야)
* 기술적으로 접근이 용이하며, 미국 등에서 이미 준상용급 플랜트 운영이 시작되고 있음.



<CCU 공정의 개략도 및 포집된 이산화탄소 재활용 방안>



<CCU 기술의 개념도>



<폐기물 및 해수를 활용한 이산화탄소 재이용/자원화 방안 모식도>

<CO_2 포집 및 재활용 분야 국내외 동향>

국가	현황	생산량/처리량	연도	연구기관
국내	CCU를 적용한 Pilot plant 준공	하루 10t의 CO_2 처리	2012	㈜ 대우건설 ㈜ 극동환경화학
	CO_2의 polycarbonate/polyester로의 전환 촉매기술	기존에 비해 45만톤의 석유 절약	2011	아주대학교
	CO_2의 전환공정 개발을 위한 효소 고정화 및 안정화	-	2012	고려대학교
미국	CO_2를 Plastic 합성 원료로 사용	연간 1백만톤의 CO_2 재활용	2012	Cornell 대학 (Geoffery Coates)
	조류공장 개발을 통한 에탄올 생산계획	연간 약 6백만톤 CO_2 재활용, 최대 10억 갤런 에탄올 생산	2010	Algenol社
	CO_2를 탄산염으로 전환하기 위한 대규모 저에너지 공정개발	연간 30만톤의 CO_2 포집, 1백만톤 이상의 건축재료 전환	2014	Calera社
일본	바이오매스 에너지시설 내에 CCU test plant 준공	하루 20 kg의 CO_2 포집	2013	Toshiba社
	CO_2를 통한 탈수소화 촉매 및 상업화 연구	연간 25만톤의 CO_2 재활용	2002	Mitsubishi Chemical社
	CO_2 활용 탄화수소 합성	-	1998	교토대학
유럽	세계 최대 규모 CCU plant 건설 계약 체결	연간 50만톤의 CO_2 감축, 하루 200톤의 액화 CO_2를 식음료산업에 공급	2013	독일 Linde Group & SABIC
	석탄층 메탄회수 증진법(CO_2-ECBM) 기술 개발	- 연간 40만톤의 CO_2감축 (폴란드) - 연간 75만톤의 CO_2 포집 (영국)	2003 (폴란드) 2004 (영국)	- Upper Silesian Basin(폴란드) - Continetial Shelf(영국)
	FTS 사용을 통한 합성원유 합성	-	2007	독일 Karlsruhe 대학

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 03)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>연소전 이산화탄소 포집 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>차세대 석탄발전용 연소전 CO_2 회수 핵심기술 개발(에너지자원융합원천기술개발)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>1단계: 2008-10-01~2011-09-30 (3년)</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1단계: 163억원 (정부: 83억원, 민간: 80억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>전력연구원, 에너지기술연구원, 고등기술연구원, 한전전력공사, 한국서부발전, 한국전력기술, 영남대학교, 경북대학교, 고려대학교, 건국대학교, 충남대학교, 경상대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>차세대 석탄발전용 연소전 CO_2 회수 핵심기술 개발(에너지자원융합원천기술개발)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2단계: 2011-10-01~2015-09-30 (4년)</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>2단계: 290억원 (정부: 147억원, 민간: 143억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>전력연구원, 에너지기술연구원, 고등기술연구원, 한전전력공사, 한국서부발전, 한국전력기술, 영남대학교, 경북대학교, 고려대학교, 건국대학교, 충남대학교, 경상대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 그린에너지 전략로드맵 2011 – CCS (에너지기술평가원)
- 2014 에너지기술 이노베이션로드맵 –> 에너지수요관리 –> CCUS (에너지기술평가원)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 미국 DOE, Clean Coal Research Program – Carbon Capture Technology Program Plan (2013/01)
- IEA CCS Roadmap – and what's next (2015/04)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 석탄가스화 기술
- 습식 흡수제 및 흡수 공정 기술
- 건식 흡수제 및 흡수 공정 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 전력연구원,
- 에너지기술연구원
- 고등기술연구원 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 저온공정(습식) : UOP, Linde/Lurgi
- 중고온공정(건식) : RTI</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●, 태안 서부발전 구내에 0.1 MW급 파일롯급 연구설비), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (●, 1 MW급 연구설비 건설 계획이었으나 현재 중단 상태), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- Polk Power Station (50 MWe급 slip stream)
- 미국 미시시피주 (580 MWe급 발전소, 65% Capture 플랜트 건설 중)</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 발전 분야의 특성 상 전세계</td></tr>
</table>

	시장 크기	- 전체 CCS 시장 규모 3,300억 USD, 한국시장 44억 USD (2020년 기준, KISTEP 동향브리프 2010-01) - 연소전 포집이 1/3을 차지한다면 세계시장 약 1,100억 USD 및 한국시장 약 15억 USD
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한전, 발전 5사, EPC 업체 등
	중견기업	- 환경설비, 단위 공정 등에 장치사업 관련 중견기업 참여 가능
	중소기업	- 종합 플랜트 사업의 특성상 많은 부품/소재 기업 참여 가능
	연구기관	한전전력연구원, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원
	대학	경북대, 영남대, 고려대, 충남대, 건국대, 경상대학교

틈새 시장 접근 방식

- 중소형 석탄가스화 복합발전(100 MWe급) 또는 석탄가스화 화학원료(석탄 기준 수백톤/일급) 생산 플랜트 기술 개발과 병행하여 연소전 CO_2 포집 기술 개발 및 적용
- 국내 및 동남아 국가에 상업화 플랜트 적용

Business Model

- 중소형 석탄가스화 복합발전(100 MWe급) 또는 석탄가스화 화학원료(석탄 기준 수백톤/일급) 생산 플랜트 기술 개발과 병행하여 연소전 CO_2 포집 기술 개발 및 적용
- 국내 및 동남아 국가에 중소형급 상업화 플랜트 적용하여 Track Record 확보
- 수백 MWe급 플랜트 기술로 Scale-up 및 국내/국외 해외시장 진출
- 고온건식 CO_2 포집의 핵심기술인 Sorption Enhanced 반응기 기술을 석유화학 산업에 spin-off 적용
- 화학원료/청정연료 시장 진출
- 플랜트 시장 진출

기타 중점 내용

- 연소전 CO_2 포집은 합성가스를 대상으로 하는데, 국내 합성가스 플랜트 건설이 저유가 상황에서 추가 진행되지 못하여 적용할 대상설비 확대가 이루어지지를 못하고 있음. 이는 이미 존재하는 대규모 설비를 대상으로 하는 연소후 CO_2 포집에 비해 기술의 시급성에 대한 시장의 인식이 낮음.
- 현재 국내에서 개발하고 있는 sorption-enhanced 연소전 CO_2 포집기술은 세계 1~2위에 해당하는 원천기술로서, 개발 성공시 석유화학 반응기 시장에 파급효과가 매우 큼. 하지만, 2015년 10월에 정부지원 중단으로 7년간 1-2단계 개발 후 중단 상태임.
- 국내 산업부 과제 7년 기간을 통하여 세계 1~2등 원천기술 확보 실적을 달성함. 규모는 실제 적용 규모 대비 0.1 MW급으로 작아 1 MW급 장기간 연속운전을 통한 공정 실증을 추진하였으나 현재 산업부 예산 미확보로 중단 상태임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 04)

플랜트 후보과제 명			연소후 이산화탄소 포집 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/이진욱
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	10 MW 연소후 건식 CO_2 포집기술 개발 (에너지자원기술개발)
		기간	2010. 11. 01 ~ 2014. 09. 30. (2014. 12. 2단계 시작)
		예산	460억원 (정부 + 민간 현금/현물)
		주요 참여기관	한국전력연구원, 한국에너지기술연구원, 한전, 발전 5사
	과제 2	부처	해양수산부
		사업명	100만톤급 해양 CCS 실증사업 예비타당성조사
		기간	2015년 4월 ~
		예산	2015년 시작되는 과제이므로 NTIS상 예산 관련 정보 불확실
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원, 발전 5사 등
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 그린에너지 전략로드맵 2011 – CCS (에너지기술평가원) - 2014 에너지기술 이노베이션로드맵 – 에너지수요관리 – CCUS (에너지기술평가원)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 미국 DOE, Clean Coal Research Program – Carbon Capture Technology Program Plan (2013/01) - IEA CCS Roadmap – and what's next (2015/04) - CCS Demonstration Projects – Prospect Activities up to 2015 (일본 CCS 실증프로젝트)
핵심기술 리스트			- 습식 : CO_2 습식 흡수 공정 기술 - 건식 : CO_2 건식 흡수제 제조 기술 및 흡수 공정 기술
기술보유사	국내		- 한전전력연구원 - 한국에너지기술연구원 - 토다이수 (건식흡수제 생산)
	국외		- 아민계 : MHI(일본) 등 다수 - 탄산칼륨 : UOP(Benfield 공정) 등 - 유동층 건식 : RTI(미국) - 막분리 : MTR(미국)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (●, 10 MW급, 보령화력(습식), 하동화력(건식) 현장), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●, 현재로서는 10 MW급 보령화력/하동화력 이후로는 추가 건설 계획이 없는 것으로 파악되고 있음)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 국내: 보령화력/하동화력(10 MW급) 이후 현재로서는 추가 계획 없음. - 국외: COP21 이후 CCS 계획이 현실화될 경우, 본 기술은 기존 발전소 대상 기술인 특성으로 인하여 가장 먼저 상업화가 이루어질 분야로 예상할 수 있음.

	주요 대상 지역	- 기존 화력발전소 전체
	시장 크기	- 전체 CCS 시장 규모 3,300억 USD, 한국시장 44억 USD (2020년 기준, KISTEP 동향브리프 2010-01) - 연소후 포집이 1/3을 차지한다면 세계시장 약 1,100억 USD 및 한국시장 약 15억 USD
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한전 및 발전 5사, 대다수 EPC 업체
	중견기업	KC코트렐
	중소기업	토다이수(주)
	연구기관	한국전력연구원, 한국에너지기술연구원, 한국기초과학지원연구원
	대학	경북대, 인하대, 창원대, 건국대

틈새 시장 접근 방식

- 현재 개발을 완료한 10 MWe급 건식 CO_2 포집 기술을 100 MWe급으로 scale-up 개발
- 국내/해외 100 MWe급 화력발전소 진출을 목표로 추진 중

Business Model

- 100 MWe급 건식 CO_2 포집기술을 상업화 적용하여 Track record 확보
- 100 MWe급 플랜트 기술 사업화 및 CO_2 배출권 거래제 활용
- 500~1000 MWe 급으로 scale-up
- 국내/해외 플랜트 시장 진출 및 CO_2 배출권 사업화

기타 중점 내용

- 석탄화력발전소, 제철소 등 대규모 CO_2가 발생되는 이미 존재하는 설비를 대상으로 CO_2를 포집 처리하는 플랜트이므로 탄소세 등 CO_2 저감이 의무화/강제화될 때는 엄청난 국내/해외 시장이 존재함.
- 연소후 CO_2 포집에서 습식(솔벤트 사용 형태), 건식(고체 흡수제 사용 형태)가 있는데, 대규모로 CO_2 발생설비에 사용할 현재기술은 습식이 우선으로 예상됨. 건식 방식은 한국이 상당한 기술우위를 점하고 있고, 에너지소모량 저감과 고체 흡수제 마모 등 개선이 되면 틈새시장 플랜트로서 가능성이 높음.
- 연소후 습식 CO_2 포집기술 개발에는 규모가 큰 세계적 기업들이 대부분 참여하여 경쟁하고 있어서, 국내에서 개발하는 습식기술이 특별한 기술/가격적 장점이 부각되지 않으면 해외시장 진출은 쉽지 않을 수 있음.
- 국내 동해 가스전 사용 후 지하공간에 100만톤-CO_2/년 또는 150만톤-CO_2/년 규모로 CO_2 저장 프로젝트를 추진 중. 지상 CO_2 발생원으로부터 CO_2를 액화하고 이를 운송할 수 있는 선박을 개발 이송하여 지하에 저장하는 개념으로 추진.
- (연소후 습식 국내 기술개발) 중부발전 보령화력(2013년 5월 준공), 10 MW급 연간 7만톤 포집, 1,000 시간 연속운전 실적, CO_2 제거율 90% 이상
- (연소후 건식 국내 기술개발) 남부발전 하동화력(2014년 4월 준공) 10 MW급 연간 7만톤 포집, 1,000 시간 연속운전 실적, CO_2 제거율 80% 이상, CO_2 순도 95% 이상

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 05)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>순산소 연소 및 이산화탄소 포집 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>1단계 : 청정화력발전과 연계한 온실가스처리시스템 구축
2단계 : 순산소 연소를 통한 온실가스 처리시스템 개발
(에너지자원융합원천기술개발)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>1단계 : 2007. 10. ~ 2010. 09.
2단계 : 2010. 10. ~ 2012. 09.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1단계 : 110억원(정부지원금 86억원)
2단계 : 68억원(정부지원금 50억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한전전력연구원, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원, 두산중공업, 한국지질자원연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통산자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>연료 고도분리 순산소연소 핵심기술 개발 (한국기계연구원 운영비 지원)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012. 01. ~ 2014. 12.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>30억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- People's Republic of China: Roadmap for Carbon Capture and Storage Demonstration and Deployment
- Component B: Oxy-fuel Combustion Technology Assessment, 2015/03.</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 순산소 연소
- 연소가스 재순환
- 복사 방열 특성을 고려한 보일러 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국전력연구원, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원, 두산중공업 등 (파일롯급 기술)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 독일(Vattenfall), 호주(Callide) 등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●, 파일롯 연소 장치), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●, 영동화력 대상 실증설비 구축을 추진하였으나 현재는 진행되지 않고 있음)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 국내: 파일롯 설비 이외 건설 실적 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전세계 화력발전소(특히 노후 발전소 re-powering)</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 전체 CCS 시장 규모 3,300억 USD, 한국시장 44억 USD (2020년 기준, KISTEP 동향브리프 2010-01)
- 순산소 연소 후 포집이 1/3을 차지한다면 세계시장 약 1,100억 USD 및 한국시장 약 15억 USD</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>- 한국전력, 발전 5사, 두산중공업, KEPCO-ENC</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>- 산소/질소 제조 업체 (대성 산소 등)</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>- 다수 부품(밸브, 펌프 등) 및 소재 기업 참여 가능</td></tr>
</table>

	연구기관	한국생산기술연구원, 한국기계연구원
	대학	부산대학교, 성균관대학교

틈새 시장 접근 방식

- 국내 100~200 MWe급 노후 화력발전소 Repowering Project 실증 플랜트 건설 및 운영을 통하여 Track Record 확보
- 국내외 중소도시 또는 동남아 도서지역 등 100-200 MWe급 순산소연소 화력발전소 건설 또는 Repowering Project에 진입

Business Model

- 100~200 MWe급 화력발전소 Repowering Project 활용
- 특히 영동화력, 서천화력 등의 노후화력 Repowering에 활용 가능
- 충분한 실적 쌓으면서 Scale-up 기술 확보한 후 국내외 500~1,000 MWe급 시장 진출

기타 중점 내용

- 국내 영동화력 re-powering을 하는 기술로 적용이 고려되었지만, 현재는 계획이 취소된 상태임.
- 수백 MW급 대형설비가 아닌 산업용 설비와 같은 수십 MW급 중소형 규모 적용기술로 경쟁력이 있을 수 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 06)

<table>
<tr><td colspan="2">플랜트 후보과제 명</td><td colspan="2">CO_2 액화, 수송, 저장 (CCS) 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국화학연구원/그린화학공정연구본부 본부장/전기원</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="6">과제
1</td><td>부처</td><td>교육과학기술부, 기획재정부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부, 녹색성장위원회</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>KOREA CCS 2020 사업</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011.11.01. - 2020.05.31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1,727억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국에너지연구원, 한국화학연구원, 지질자원연구원, 전력연구원, 서강대, 경희대, 광주과기원, 경북대, 고려대, 전남대, 울산과기대, 성균관대, 명지대, 공주대, 한양대, 충남대, 경상대, 동국대, KAIST, 연세대, 광운대, 국민대, 아주대</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- CCS 국내외 로드맵 (첨부)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- CCS 국내외 특허분석 (첨부)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td colspan="2">- 이산화탄소 포집기술
:연소 후 포집기술, 연소 전 포집기술
- 운송 및 저장기술
:고갈된 유전 및 가스전 저장, 원유회수증진 저장, 대수층 저장, 석탄층 저장</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국전력
- SK 이노베이션</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>국외에서 총괄적으로 상업을 목적으로 CCS 중대형 프로젝트가 국가단위로 진행되고 있음
- 노르웨이 Sleipner, Snohvit 프로젝트
- 알제리 In Salah 프로젝트
- 북아메리카 Rangely 프로젝트
- 북아메리카 Weyburn-Midale 프로젝트
기업체 기술보유 현황
- Cambridge Carbon Capture사
- Shell, Air Product, SaskPower, RWE, FutureGen Power, Carbon Clean Solution, 전원개발(일본), IHI, 미쓰이</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 현재 세계최초, 최대규모의 10MW 연소 후 건식 CO_2 포집플랜트, 하동 화력 8호기가 건설 중에 있음
- 소규모 플랜트는 제철 및 제강, 시멘트, 정유산업, 선박 등에 유사 규모로 직접 활용할 수 있어 새로운 시장 창출이 기대되는 상황임</td></tr>
<tr><td>세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- Air Product 사는 포집된 이산화탄소를 원유 매장지역에 분사하여 잔존해있는 원유를 시추하는 기술을 성공적으로 시연
- Cambridge Carbon Capture社는 이산화탄소를 미네랄화 하는 탄산염 광물화(Mineral carbonation)기법을 이</td></tr>
</table>

		용한 CO_2 분리·격리(sequestration)기술의 상업화를 시작할 예정 - RWE는 발전소로부터 방출되는 온실가스를 감축하기 위한 프로젝트에서 이산화탄소를 포집하기 시작하였고 향후 2년 동안 Aberthaw 석탄발전소에서 3MW급 발전기에서 방출되는 이산화탄소를 포집하는 테스트를 추진하고 실증 - 호주: 석탄 화력발전소에서 나오는 이산화탄소(CO_2)를 회수해 땅속에 저장하는 CCS 기술 실증실험 설비가 호주 동부 빌로엘라의 발전소에 완공, 신기술 설비는 호주와 일본기업이 설비건설에 공동으로 출자한 것으로 2012년 12월 15일에 준공식 개최, 지구온난화 대책 프로젝트가 본격 시동
	주요 대상 지역	- 이산화탄소가 대량으로 발생하는 화력발전소, 철강산업, 일부 석유/화학 공장
	시장 크기	- Visiongain 보고서, 2013년 이산화탄소 포집 및 저장기술 세계시장 규모, $77.8억에 이를 것으로 예상
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국전력 및 그 자회사(동부발전, 서부발전, 남부발전 등), 포스코, SK이노베이션, LG화학, GS칼텍스, 대성산업가스, 삼성중공업, STX, 대우조선해양
	중견기업	국내 환경설비 업체, 중소 조선업체 등
	중소기업	㈜상원이엔씨, 다수 부품/소재 업체(밸브, 펌프, 집진기)
	연구기관	한국전력공사, 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, 한국지질자원연구원
	대학	서강대, 경희대, 광주과기원, 경북대, 고려대, 전남대, 울산과기대, 성균관대, 명지대, 공주대, 한양대, 충남대, 경상대, 동국대, KAIST, 연세대, 광운대, 국민대, 아주대
틈새 시장 접근 방식		
- 배출원과 저장소를 가까이하여 CO_2의 운송비용을 줄여야 함(천연가스와 유사한 수송관 네트워크를 계획·발달시키고 새롭고 가벼운 수송관 물질과진보된 CO_2 압축기술을 개발) - CO_2 초기 발생지와 저장소 사이의 평균적인 거리와, 발달된 운송 시스템의 최적의 정도를 고려하여 수송관 배치에 대한 간단한 예측을 수행하여야함 - CO_2 운송과 관련이 있는 잠재적 유출에 대한 지식 또한 더 효과적으로 향상되고 공유되어야 하며 북아메리카에서 알려진 초기 지식에 근거하여 제도적인 시스템 또한 적용되어야 함 - 저장에 있어서, 장소평가, 시추공 설치, 편의시설(압축기, 플랫폼 등), 저장소 폐쇄, 시추공 막음에 비용이 소요될 것으로 예상되고, 작동비용의 관점에서는 관리비용, 보증과 보상비용, 연료비용이 주요한 요소 - 지표 밑의 CO_2가 어떻게 될지를 예측하고 이것의 위치를 증명하기 위한 향상된 탄성파 모델링과 모니터링 기술; 탐지, 정류, 회계를 포함하는 누출에 대한 더 많은 지식; 염수이동과 같은 지표 밑의 CO_2 저장으로 인한 영향에 대한 이해 필요		
Business Model		
- CO_2 저장을 위한 저장소 초기 평가에 예상되는 시간은 10년을 전후하며, 이것은 대규모 포집시설의 설계 시공에 필요한 시간보다 더 큼. 따라서 배출/수송 평가 지출에 앞서 저장소 확보에 필요한 탐사와 평가를 계획해야함. - 지구온난화 증가 속도를 100년에 2°C 미만으로 제한하기 위해서는 CO_2 수송 기반시설을 30~40년 동안 현재 가동 중인 CO_2 파이프라인 연결망의 100배를 초과하여야 함. (CO_2 수송		

에 최적화 된 pipe 설계 및 제작 business model)
- 한 개 이상의 대규모 CO_2 포집장치/저장장치를 연결하는 대용량의 수송 네트워크를 구축함 (실제로 미 앨버타 탄소 트렁크 라인은 최대 용량으로 다양한 산업분야에서 배출된 CO_2를 최대 14.6 Mtpa까지 수송할 수 있음)
- 중장기적으로 세계적인 저장 기반시설의 수송망 연결 시장을 고려할 경우, 전략적으로 수송망에 대한 기회를 확충 그 방안을 마련/지원해야 함.

기타 중점 내용

- 우리나라의 2010년의 "국가 CCS 종합 추진계획"에 따라 2016년 이후부터 시행하고자 연간 100만 톤급 CCS 실증사업을 해양수산부에서 추진하였고, 이 사업 결과를 바탕으로 2020년 이후 연간 300만 톤급 CCS 보급을 추진하고 2030년경 이후 이산화탄소 총배출량 대비 10%를 CCS로 감축을 추진할 계획을 수립한 바 있음.

해수부의 100만톤급 해양CCS 실증사업 개요

◈ **사업목표**: **대규모 해양저장소 확보 및 수송·해양저장 기술실증 완료**

◈ **사업기간/규모:** '16~'25년 / **약7,255억원**(국고 5,999억)

◈ **단계별 추진계획**

실증 기반조성 (~'15)	⇨	해양CCS 실증사업 (10년간)	⇨	확대·상용화 (실증사업 이후)
·기초 R&D 완료 ·예타 조사		·해양저장지 확보(2년) ·인프라 건설(4년) ·실증·주입(4년)		·민간운영·확대 ·시장진출

※ 예타조사 결과에 따라 추진일정·계획, 예산 등 변동 가능

- 하지만, 해양수산부 주관으로 동해가스전에 CO_2를 지하 저장하는 예타사업(100만톤급 해양CCS 실증사업)으로 2015/04에 추진되었으나 성사되지 못함. 추진은 계속되고 있으며, 산업부에서도 대형 CO_2 포집사업을 추진하려는 노력이 있었음.
- 국내 지하저장이 가능한 대상지가 매우 한정되어 있다고 알려져 있고, 서해지역과 남해지역에 상당한 CO_2 지하저장이 가능할 수 있다고 추정되고 있지만 실제 자료를 갖고 분석한 사례는 없음. 석유공사에서 원유시추를 위해 그동안 확보한 한반도 대륙붕 지하탐사 자료를 활용한 분석도 가능하겠지만, 자료 공개가 되지 않아 시도되지 못하고 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 07)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>저가 혼합 탄산염 이용 공기정화 및 고순도 CO_2 회수 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이재용</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>미래창조과학부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>연소 배가스내 CO_2 제거를 위한 탄산염 생성 및 재이용</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011.9~2014.8</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>18.3억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>연세대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>교육부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>용융탄산염 연료전지를 이용한 고온 이산화탄소 포집 및 저장기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013.6~2016.5</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>0.5억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>카톨릭대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- CO_2 분리 회수기술
- 국내발전소 실증기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 연세대학교
- 카톨릭대학교
- 한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- SRI
- Texas University</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>미국 SRI에서 상업적으로 구매할 수 있는 알카리염을 혼합 개선해서 석탄화력발전소 배가스에 적용 파일롯 단계 연구 중 (실제 가로수 크기와 형태로 CO_2 포집기에도 적용 실증 중)</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 미국은 범부처프로젝트인 CCTP 프로젝트의 하나로 '15년까지 실용화가 가능한 기술적 검증을 완료한다는 목표 하에 CCS R&D 프로젝트를 역점적으로 추진
- EU는 FP7 프로그램 중 Zero Emission fossil fuel Power를 통해 '20년까지 이산화탄소 무배출 화력발전소의 가동을 목표로 관련 연구에 32억 유로를 투입</td></tr>
</table>

		- 일본은 RITE를 중심으로 '15년까지 CCS 기술의 실증을 완료한다는 목표를 가지고 전략적으로 관련 연구를 추진 중 - IEA는 2015년경 CCS 시장이 형성되어 2020년경 본격적인 시장이 열릴 것이라 추정
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	현대중공업(주)
	중견기업	해당사항 없음
	중소기업	해당사항 없음
	연구기관	한국에너지기술연구원
	대학	해당 없음

틈새 시장 접근 방식

- 화석연료의 안정적 사용을 위한 이산화탄소포집 및 저장기술은 궁극적 기후변화 대응기술인 신재생에너지기술의 상용화 전까지 현실적 정책적 대안이 될 수 있음
- 선진국에서는 CCS 기술을 블루오션 산업으로 정의하고 국가 차원의 연구개발을 적극 추진중으로 해당 기술을 선점해서 CCS 시장 중 일부 시장을 확보
- 이산화탄소포집분야의 세계 최고 수준인 일본MHI의 KS-1은 약 20$/t$CO_2$로 경제성 문제가 극복되지 못하고 있어 경제성있는 고순도 CO_2 회수 플랜트 시장 공략 필요
- 경제성 효과가 좋지만 이산화탄소 배출 규제로 인해 발전하지 못하는 발전공정들에 이산화탄소 저감 공정 추가 가능

Business Model

○ 기존 탄산염은 CO_2 포집율이 낮으므로 탄산염 특성을 개선하고 혼합된 탄산염을 1 mm 이하 입자로 제조하여 대기 바람 등 자연에너지를 활용하여 공기 중 CO_2 포집, 고순도로 회수 판매

- (단기) 가로수 형태나 중소형 건물의 공조기에 연계하여 건물 내 공기정화와 CO_2 포집효과
- (중장기) 석탄화력발전소 배가스나 대형건물 내 공기 중 CO_2 포집하고 고순도 CO_2로 회수하여 경제성 확보

○ 가로수 형태 등으로 국민 일상생활과 밀접한 구역에서 경제적이고 효율적인 CO2 저감을 시현함으로써 국내외 대표 사례로 발전 가능

- Compact한 중소형 CO_2 포집 회수 설비 형태로 모듈화 대량생산이 가능한 기술로서 기존 상용 알칼리 탄산염을 개조 사용하는 방법

○ (3년 이내 단기 BM)

* 공기정화 비용 저감 + CO_2 저감 탄소세 + 고순도 CO_2 판매가 가능한 대상 선정하여 기술 산업화
* 중소형(원료 30-50톤/일급)규모 에너지환경설비 발생 CO_2를 전환한 고체생산물 판매 + 공해 물질 저감설비 건설/운영비 저감을 통한 수익 창출
* 국내 중소형 규모 고농도 CO_2 포함된 배가스 배출의 환경에너지 설비

○ (중장기 BM)

* 중형(원료 100-300톤/일급)규모로 1단계 결과 scale-up 한 설비 사업
* 1단계 사업화 실적을 바탕으로 동남아, 몽골 등 지역 진출
* 국내 중대형 CO_2 배가스 배출의 환경에너지 설비와 해외 수출 시장
* 미적 요소가 가미된 가로수 형태나 건물 옥상 구조물 형태로 기술개발 및 산업화

기타 중점 내용

- 기존의 CCS 기술과의 차별성을 강조해야 함
- 향후 개발될 CO_2 재활용과 연계하여 개발한다면 큰 부가가치를 창출 할 수 있음

(현재기술의 문제점)

* 실험실/파일롯 규모의 결과는 우수하나, 안정적 CO_2 포집과 고순도 CO_2 회수까지 실증 규모의 일괄 시스템으로 경제성과 기술성 장기 실험을 통한 검증 결과는 아직 없음

- 먼지 및 새/곤충에 의한 공간 폐색, 급격한 일교차 및 기상 상태 등에 따른 흡수제 성상 변형 등에 대한 대응 기술 부족

* 실용화를 위해 고순도 정제 및 분리 등을 통해 상품가치를 향상시켜야 하나 분리정제 기술이 미흡하고, 생산된 제품의 경제성도 미흡. 현재의 단순 광물탄산화 차원을 넘어 공해물질도 동시 제거 등 민간기업 입장에서 CO2 문제를 새롭게 볼 아이디어 보강이 필요
* CO_2는 실제로 매우 안정한 물질임에 따라 화학적 및 물리적 방법을 통한 재활용에는 많은 에너지가 투입됨. CO_2 포집과 회수에 다량의 에너지를 사용하는 현재의 방식은 높은 탄소세(CO_2톤당 30-40불 이상)가 현실화되기 전에는 경제성 확보가 곤란 --> 자연에너지를 주로 이용한 혁신적 대안기술이 필요
* CO_2의 화학적 안정성으로 인해 재활용을 위해 고에너지 공정이 요구될 수 있고, 저에너지 공정 실현을 위해 촉매 및 고효율 흡수제 개발이 요구되나 경제적 방안은 아직 미진
* 중소규모 환경설비 등에서 CO_2 감축에 대응할 현실적 기술 방안에 대한 업계 요구에 대응기술 부족
* 바람 등 자연에너지 이용 CO_2 포집기 설계기술 부족
* 포집된 CO_2 고순도화 활용에 비용이 많이 소요



<미국 SRI의 공기 중 CO_2 포집/고순도 회수 파일롯설비>

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 08)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>CO_2 포함 배가스 활용 녹조류 바이오고형연료 플랜트
(Carbon-Negative 바이오 연료)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>신재생에너지융합원천기술배갈
(해양 바이오연료 생산을 위한 Pilot Plant 구축사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2009. 12. ~ 2012. 11.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>115억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>바이올시스템즈, SK이노베이션</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>해양수산부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>해조류바이오매스에너지화
(해조류 바이오매스 에너지화 및 통합적 활용 기반 구축)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2(010. 10. ~ 2020. 12.)</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>2010년~2013년 4년간 35억원 (전액 정부)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>부경대학 등</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 그린에너지전략로드맵(에기평, 2011) 중 바이오연료</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 생산 능력이 높은 조류 확보 기술
- 생산성이 높은 조류 재배 기술
- CO_2 배출원과 해조류 생산 시설 연계 기술
- 폐수 배출원과 해조류 생산 연계 기술
- 생산 비용 저감을 위한 기술 (현재 생산비 너무 높음)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 바이올시스템즈, SK이노베이션</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Sapphire Energy, Aurora Biofuels, Algenol Biofuels, Blue Marble Production, Solazyme, Sapphire Energy, Origin Oils, Proviron, Genifuels 외 많은 업체가 존재</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영
실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설
계획</td><td>유 (●, 실험실급/파일럿급), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해양 바이오매스의 이용은 기존의 바이오매스 이용의 문제점인 식량과의 상충 문제 및 국토 이용 문제를 극복할 수 있고 높은 성장속도와 CO_2 고정화 가능한 특징으로 많은 연구가 진행되고 있음.
- 해양수산부, 국토부 및 환경부 등에서 해양바이오에너지 관련 연구단 또는 사업단을 만들어 연구개발을 진행하고 있고, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국해양연구원, 인하대, 충남대 등에서 활발히 연구가 진행되고 있음.
- 국내 대부분의 해양 바이오매스 이용 연구 분야는 조류 선정 및 개량, 배양, 수확, 추출 및 전환의 기술로 최종 생성물을 바이오디젤 또는 바이오에탄올을 목표로 하는 연구가 대부분임.</td></tr>
</table>

		- 석탄발전 연소배가스와 저가 광생물반응기를 이용해 생산된 녹조류로부터 바이오디젤을 생산기술 소규모 실증 진행되고 있음(한국에너지기술연구원).
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 국외에서는 바이오디젤과 에탄올 생산 관련 연구를 넘어서 바이오항공유, 고형연료 등의 다양한 바이오 연료 생산, 바이오케미컬과 바이오플라스틱 등 유용물질 생산관련 연구와 환경 분야에 적용하여 이산화탄소 저감과 폐수처리 등에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있음.
	주요 대상 지역	- 상용화 될 경우에는 전 세계를 대상으로 시장 확대가 가능함 (특히 녹조류 대량 생산 가능 바다 근처 지역)
	시장 크기	- 400억갤런/년(2020년 전망) (출처 : 해조류 바이오연료의 성장 전망, 해양산업동향, www.siss.re.kr)
	기타	- 미국은 정부와 기업 차원의 해양바이오매스 개발 투자가 가장 활발 - 미국 전역에서는 100개 이상의 미세조류 관련 기업 및 연구기관이 활동 중 - 미국 에너지부는 현재 30여 개의 미세조류 개발 프로젝트에 9,900만 달러의 자금을 지원 중 - 유럽, 인도, 일본 등은 기업을 중심으로 미세조류에 대한 투자 및 기술 개발 노력을 진행 중
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- SK이노베이션
	중견기업	- 중소/중견 엔지니어링 업체
	중소기업	- 바이올시스템즈
	연구기관	- 한국생산기술연구원, 한국기계연구원
	대학	- 부경대학
틈새 시장 접근 방식		
- 당분간은 현실적으로는 상용화 가능한 수준의 경제성을 갖춘 기술이 없음. 따라서 우선 CO_2 배출원과 해조류 생산 시설 연계 기술 및 폐수 배출원과 해조류 생산 연계 기술 등을 확보하고, 이후 생산 비용 저감을 위한 획기적인 기술을 확보하여야 함. 이후 발전소 근처 등 CO_2 배출원과 해조류 생산 시설을 연계하여 track-record를 확보한 후 CO_2 배출권 거래제 등과 연계하여 시장 접근 방법을 모색하여야 함.		
Business Model		
- 현재 해조류 이용 바이오연료 생산비용이 너무 높으므로 생산 비용 저감을 위한 혁신적 기술을 개발할 수 있다며 무한 잠재력을 지닌 시장 창출 가능함 (출처 : 기지개 켜는 조류 바이오연료 시장, LG Business Insight 2010). ㅇ (3년 이내 단기 BM) * 연료 대체비용 + CO_2 탄소세 + RPS의 REC 가격을 통한 사업모델 개발 * 환경오염 처리와 연계하는 통합공정으로 경쟁력을 극대화 하는 비즈니즈 모델 개발 - 폐수처리, 배가스 내 CO_2 저감, 석탄계 연료 대체 등으로 무배출 통합 공정 ㅇ (중장기 BM) * 바이오디젤 연료가격 + CO_2 탄소세 + RPS의 REC 가격을 통한 사업모델 개발 * 바이오연료와 다양한 산업적 활용 분야 사업모델 개발 - 식품, 의약품, 기타 소재 관련분야		
기타 중점 내용		
- 해양바이오매스의 특징인 높은 성장속도와 바이오디젤 생산성으로 생산공정의 경제성만 확보되면 기존의 바이오연료보다 우위를 점할 것을 판단되어 경제성에서 높음 - 조류 이용 바이오 고형연료에 대한 자료 확보가 매우 어려움. 대부분 액체연료에 대하여 기술개발의 초점이 맞추어지고 있음.		

- 바이오 고형연료 개발은 획기적인 아이디어이지만 기술개발에 대한 전력을 확보하기가 매우 어려움.

<국외 해양바이오매스를 이용한 연구 및 상용화 사례>

미세조류 연료의 시험사용을 확대 중인 美 해군

▷ 美 해군은 2020년까지 전체 연료 소비의 절반을 대체에너지로 충당한다는 계획하에 미세조류 연료의 시험사용을 확대 중

- 2011년 6월 미세조류로 만든 항공유를 주유한 시호크 헬리콥터의 시험 비행에 성공
  · 사용된 항공유는 솔라자임이 공급
- 2012년 3월에는 4,000톤급 구축함이 미세조류 디젤로 2,000㎞를 운행하는 시험에 성공



(자료: 솔라자임 홈페이지 <http://solazyme.com/>; 위키피디아)

미세조류에서 바이오에탄올을 생산하는 기업: 알게놀

▷ 알게놀은 미세조류의 유전자를 조작하여 조류가 에탄올을 분비하도록 하는 기술을 개발

- 조류에서 분비된 에탄올은 증발하면서 투명한 필름으로 제작된 지붕을 타고 저장탱크로 이동
- 현재 年 38만 리터의 에탄올을 생산하는 시설을 건설 중



(자료: 알게놀 홈페이지; 케미컬 테크놀러지 홈페이지)

조류 기반 플라스틱 제품을 선보인 알직스

▷ 알직스는 조류 성분이 70%인 플라스틱 수지를 제조

- 카펫 공장의 폐수를 이용해 배양한 조류를 활용
- 석유계 플라스틱 성형 공정에 적용 가능한 물성이 우수한 수지를 확보



▷ 조류 기반 플라스틱 수지를 포장재나 생활용품 등 다양한 용도로 개발하기 위해 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등과의 복합화 기술을 개발 중

(자료: Plastics Today <http://www.plasticstoday.com/articles/Dordan-successfully-thermoformed-algae-plastic-will-display-sample-at-Pack-Expo-08072012012%20>)

<주요 기업별 미세조류 관련 투자 및 개발 동향>

기관명	국가	연도	협력 회사	주요 내용
엑손모빌	미국	2009	신세틱지노믹스	바이오 연료 개발 (5년간 6억 달러 투자)
BP	영국	2009	마텍	바이오 연료 개발
바스프	독일	2010	솔릭스	정밀화학 제품 개발
유니레버	영국	2010	솔라자임	비누, 위생용품 개발
히타치플랜트	일본	2010	유글레나	미세조류 기반 항공유 개발
몬산토	미국	2011	사파이어에너지	유용한 미세조류 유전자 발굴



개방형 배양시설



폐쇄형 배양시설(광생물 반응기)

<미세조류 배양 시설 사진>

<미세조류의 다양한 산업적 활용 분야와 시장 규모>

활용 분야	주요 내용	시장 규모
농업적 활용	·토양개량제 및 생물비료로 활용 ·주요 미세조류 : *Chlamydomonas, Nostoc, Anabaena, Tolypothrix, Aulosira*	·세계 생물비료 시장 – 2011년 약 50억 1,310만$, 2017년 102억 9,850만$ ·북미의 생물비료 시장 – 2011년 132.9백만$, 2018년 205.6백만$
대체에너지	·바이오에탄올, 바이오디젤, amphidinol 생산 ·주요 미세조류 : *Chlamydomonas, Tetraselmis, Chlorella, Euglena gracilis, Prymnesium, Amphidinium*, 규조류	·바이오연료 세계 수요 2030년 1억톤 ·수송용 연료 중 바이오연료 비중 9.3% – 미국은 2022년까지 수송용 연료에 바이오에탄올 20% 혼합 – 유럽과 중국은 2020년까지 수송용 연료의 10%를 바이오 연료로 사용
식품 및 의약품	·식품, 건강보조식품, 의약품 원료로 활용(색소, 지방산, 항산화제, 항생물질, 항암제) ·주요 미세조류 : *Chlorella, Schizochytrium, Aphanizomenon, Nostoc,*	·클로렐라 전 세계 연간 생산량은 약 5,000~7,000톤 ·건강식품 시장규모 1억$ 이상, 건강보조식품 시장규모 1천만$ ·제약 세계시장 규모 1억$ 이상, 의학적 진단시장 1천만$ ·의약품의 국내 시장 규모는 연간 500억원 이상
사료 및 첨가제	·생물사료, 사료첨가제 활용 ·주요 미세조류 : *Tetraselmis, Chlorella, Spirulina*, 규조류	·미국 내 사료 소모량은 900억$, 세계시장은 4,000억$ 이상 – 동물사료 시장 연간 100억$ – 어분사료는 가격은 1,200$/톤(동물사료의 3배) ·미생물 사료첨가제 시장은 2010년 1.8억$, 2011년 2.1억$, 2016년 5억$, 2011~2016 연평균성장률 19.3%
폐수 처리 및 환경정화	·폐수처리, 중금속 흡착, 환경정화에 활용 ·주요 미세조류 : *Chlorella*	·2010년 기점으로 높은 성장률 ·2016년 1,100억$ 이상
기타	·건축재료, 동위원소물질, 기후변화 연구, 우주 개발, 방사능 완화 등 활용 ·주요 미세조류 : *Chlorella vulgaris*	·동위원소 물질 시장규모는 연간 1,300만$ 이상

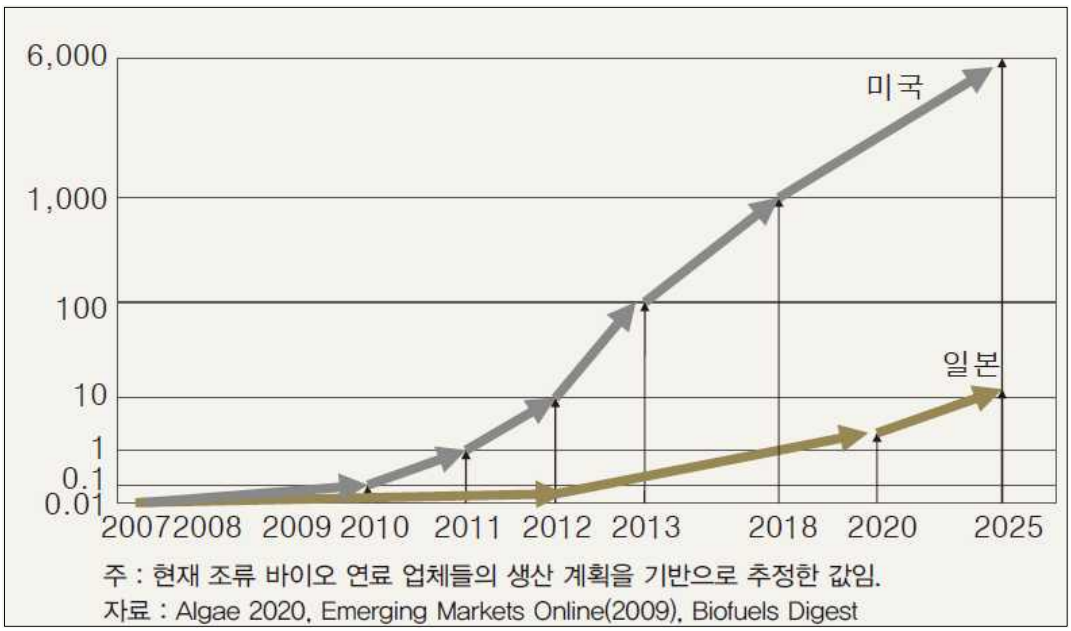
*주 : 농림수산식품기술기획평가원(2011), 최승필과 심상준(2012) 등 요약 정리

Oil Source	Biomass (Mt/ha/yr)	Oil Content (% drymass)	Biodiesel (Mt/ha/yr)	Energy Content (boe/1000ha/day)
Soya	1-2.5	20%	0.2-0.5	3-8
Rapeseed	3	40%	1.2	22
Palmoil	19	20%	3.7	63
Jatropha	7.5-10	30-50%	2.2-5.3	40-100
Microalgae	140-255	35-65%	50-100	1,150-2,000

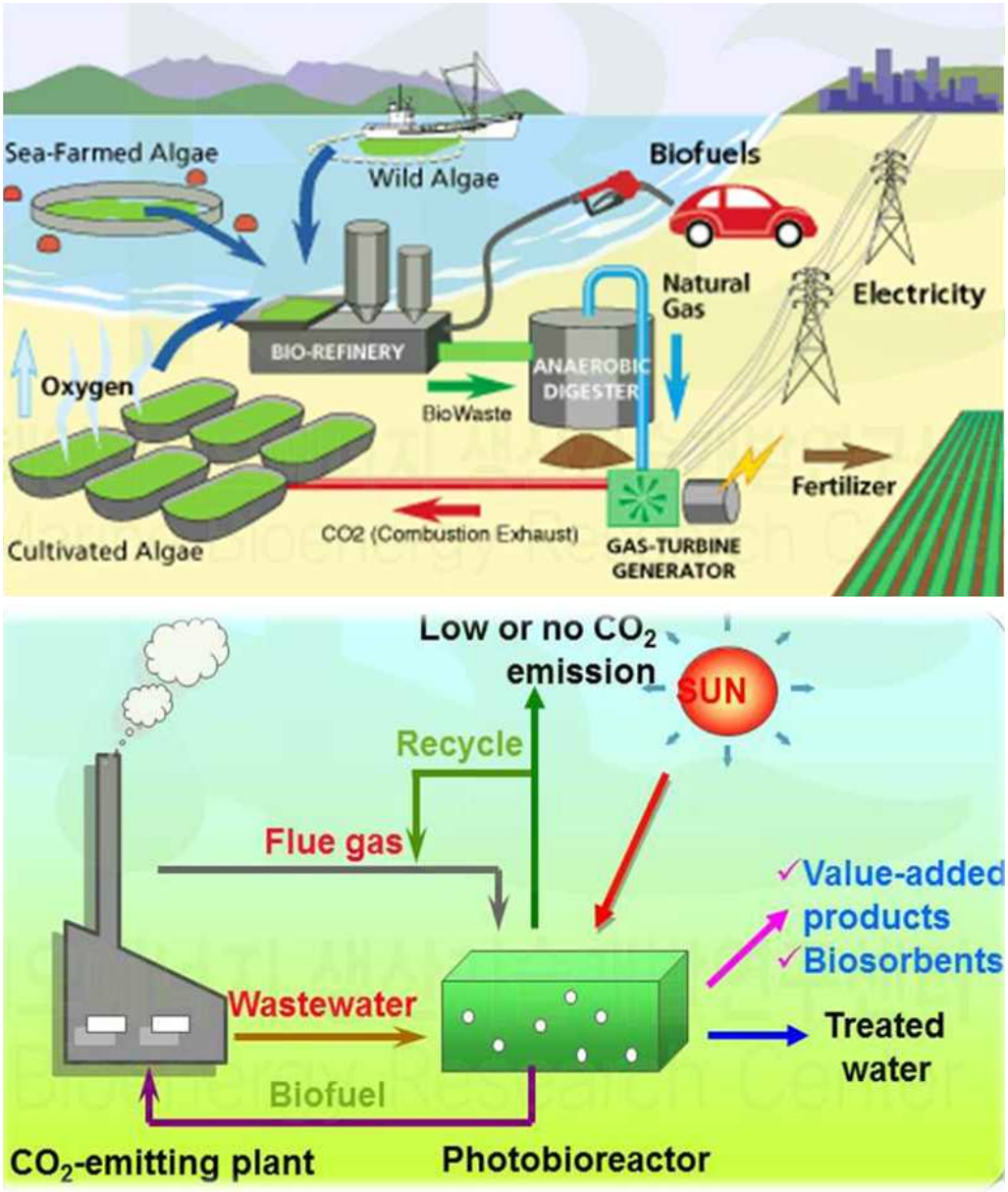
mt = metric tons, ha = hectare, boe = barrel of oil equivalents



<기존의 육상 바이오매스와 미세조류의 바이오디젤 생산성 비교>



<조류 바이오연료 시장 확대 예상 시나리오(백만갤런/년)>



<환경오염처리와 연계한 친환경 해양바이오매스 이용 통합공정도 예시>

플랜트 후보과제 과제 카드(NO. 09)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>모듈화 GTL 플랜트
(셰일가스, 한계가스전, 동반가스전 개발)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국화학연구원/그린화학공정연구본부 본부장/전기원</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>천연가스로부터 FT합성유의 제조 및 통합공정기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2006-08-01 ~ 2012-08-31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>232억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국가스공사, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, 대림산업(주), 현대엔지니어링(주), 충남대학교, 아주대학교,</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010-06-01 ~ 2015-05-31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>104억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국화학연구원, 한국에너지기술연구원, 현대중공업, 삼성중공업, 현대오일뱅크, 아주대학교,</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- GTL 기술 로드맵 (첨부)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- GTL 기술 특허분석 (첨부)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 천연가스로부터 합성가스 생산을 위한 리포밍 기술
- 합성가스로부터 합성유를 생산하는 피셔-트롭시 합성 기술
- 합성유를 액체연료/석유화학원료로 만드는 업그레이딩/정제/분리 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국화학연구원
- 한국에너지기술연구원
- 한국가스공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Velocys
- Compact GTL</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 현재까지 연구수준의 pilot plant 2기를 건설/운영하였으며, 실증플랜트 설계 및 건설을 준비하고 있음</td></tr>
<tr><td>세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="3">국내외 건설 실적</td></tr>
</table>

공정 이름	나라	소유자	규모(BPD)	상태
Mossel Bay	남아프리카 공화국	PetroSA	36,000	운영중
Bintulu	말레이시아	Shell	14,700	운영중
Oryx	카타르	QP, Sasol	34,000	운영중
Pearl	카타르	QP, Shell	140,000	운영중
Novokuybyshevsky	러시아	Rosneft	100,000	pilot test
Uzbekistan GTL	우즈베키스탄	Sasol, UP	38,000	건설중
Escravos GTL	나이지리아	Chevron, NNPC	32,400	최종점검중

	주요 대상 지역	- GTL 플랜트는 1TCF 이상의 대규모 가스전에서 경제성 확보가 가능하기 때문에 상용 GTL 플랜트는 대형 가스전위주의 원료지향성 사업임 - 북미 중심의 셰일가스, 한계가스 전 개발을 위한 소규모 GTL 개발이 상용화를 앞두고 있음 - 유/가스 자원 개발에 함께 나오는 동반가스전의 Flaring 규제정책으로 Flaring 방지를 위한 해양유전 FPSO나 셰일가스 개발지역의 소규모 GTL 개발 수요가 증대됨
	시장 크기	- 모듈형 GTL 공정: 중소규모 가스전 (셰일가스, 동반가스, 한계가스 등) 개발 활용 (비전통가스 세계 시장 규모: 939억 달러, 2012년 기준) - 합성유 활용: GTL 공정으로 제조한 나프타, 가솔린, 디젤 등 합성유의 석유화학제품 시장 (세계 석유화학 제품 시장 : 1.8조 달러, 2011년 기준) - 모듈형 GTL 요소기술: 모듈형 리포머는 소형 합성가스 및 수소 제조용으로 활용가능, 모듈형 FT 반응기는 소규모 합성가스 전환용 (바이오매스에서 합성유, 군사용 합성유 제조 등) 사용가능
	기타	- 가스화학기술은 실질적으로 원료중심 산업으로 기술의 발전은 입지적 요소에 영향을 많이 받기 때문에, 가스자원 활용 시장에 뛰어들기 위해서는 가스자원 확보가 우선 되어야 함. - 전세계적으로 분포한 가스자원 확보에 유리한 가스활용기술을 확보하여 가스개발시장 진입에 서둘러야 함. (추후 가스자원 확보가 큰 걸림돌이 될 것임)
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	현대오일뱅크, 현대중공업, 삼성중공업, 대림산업, 대우해양조선, 희성촉매
	중견기업	
	중소기업	반응기 제작업체
	연구기관	한국화학연구원, 한국에너지기술연구원, 한국가스공사, 고등기술연구원, KIST
	대학	서울대학교, 아주대학교, 충남대학교, 고려대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 모듈형 compact GTL 반응시스템 개발은 scale-up 기술이 필요한 GTL 공정분야에 원천기술을 제공하여 해상/육상에 관계없이 한계/동반가스전에 경제적으로 활용이 가능함 - 전세계 곳곳에 중소규모/국지적으로 위치한 셰일가스에 적합한 자원활용기술로써, 차후 진행될 셰일가스 자원확보 시장에 적극적인 진출을 가능하게 함 - 자원개발 시 수반되는 동반가스는 수송/저장의 문제로 대부분 대기 중으로 태워졌으나 최근 환경문제로 인해 규제 대상임. 공간제한이 많은 해상자원 개발설비나 셰일가스 개발지역에 활용될 수 있음 - 자원개발과 함께 가스자원으로부터 기초유분, 연료를 제조하는 촉매-공정기술을 선점함으로서 국내 주요산업인 석유화학과 후방 downstream 및 소재산업의 지속적인 발전에 기여함		
Business Model		
- 가스 원료로부터 프로필렌, 아로마틱스, 청정 합성유 등을 얻을 수 있는 촉매·공정 원천기술 선점으로 주력산업인 석유화학 산업 경쟁력 회복 및 후방의 다운스트림 및 소재 산업 지속 발전 (2011년 우리나라 석유화학 제품의 생산액은 71조원으로 GDP 중에서 5.76%를 차지하고 있음. 자료: 석유화학편람) - 셰일가스 활용기술 개발에 의해 셰일가스전 뿐만 아니라 유전 동반가스(associated gas), 한계가스전과 같은 중소규모 가스전이나 flaring 가스에 활용가능 (flaring 가스 활용에 의해 환		

경문제 해결)

- 가스원료로부터 석유화학기초유분과 청정 합성유를 제조하는 촉매-공정 원천기술을 선점함으로서 주력산업인 석유화학과 후방의 다운스트림 및 소재 산업 지속 발전에 기여
- 연구 관련 산업계 업체로는 크게 석유화학, 엔지니어링(EPC), 촉매 업체 등으로 나눌 수 있음. 상용급 촉매 제조와 플랜트 장비 및 제작, 공정 설계 엔지니어링, 공정 소재 개발은 중소.중견기업에 적합하므로 대기업과 상생.협력 가능. 석유화학기초유분의 다운스트림의 제품이나 소재산업은 중소기업 적합업종이 많으므로, 본 기술개발은 관련 중소.중견기업 발전에 기여 가능

기타 중점 내용

- 국내기술 수준은 1 배럴/일급 규모로서 세계시장에서 경쟁하기 위한 scale-up과 틈새시장 확보가 관건임. 2015년까지 산업부 지원으로 기술개발이 진행됨.
- 한국이 강점을 보유한 선박과 off-shore 플랜트 기술을 접목한 GTL FPSO 기술 전략도 국내 KIST에서 2016년까지 에너지기술평가원 지원으로 추진됨.



<대우조선해양의 GTL FPSO 형태>

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 10)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>석탄으로부터 합성석유 생산 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>석탄이용 합성석유 제조기술개발 (기관고유사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2007. 01. ~ 2011. 12.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>280억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 석탄가스화 기술
- 합성가스 정제기술
- 합성가스 액화 촉매 기술 및 촉매 반응 공정 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국에너지기술연구원 (합성가스 액화기술)
- 고등기술연구원 (석탄가스화 기술)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Sasol (남아프리카공화국, F-T 기술)
- Rentech (미국, 연구개발 단계)
- Shell (Gasification, GTL))
- Exonmobil (미국, Non-FT(Methanol to Gasoline))</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●, 15 bbl/day급 파일롯플랜트), 무 (　)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 대전 에너지기술연구원에 석탄기준 10톤/일급 습식 분류층 가스화기가 설치되어 발생 합성가스를 간접액화하는 실험이 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 남아프리카공화국 Sasol 1호기, 2호기, 3호기</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 중장기적으로 중국, 일본, 한국 등의 비산유국 또는 저산유국으로서 에너지 다소비 국가</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 2020년 기준 합성석유 520억 USD 및 합성석유 플랜트 100억불, 2020년 기준 (출처 : 저급탄 고효율 가스화기술개발 연구기획보고서, 2011, 2.)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심
기관
(국내 Value
Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>SK이노베이션, EPC 업체 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>워낙 대규모 사업이라 현재는 관심기업 정보 없음. 사업화 진행시에는 단위 공정 또는 단위 장치 관련 많은 중견기업 참여 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>사업화 진행시에는 단위 부품 및 소재 관련 많은 중소기업 참여 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국에너지기술연구원(액화), 고등기술연구원(석탄가스화)</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>촉매 등 기초 기술 보유 대학 다수</td></tr>
<tr><td>틈새 시장
접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 합성석유 생산의 경우 최소 수만배럴/일(건설비 > 10억불/1만배럴) 정도는 되어야 사업성이 있는 특성으로 볼 때에 기본적으로 틈새시장 존재하지 않는다고 판단함. 그러나 향후 유가</td></tr>
</table>

	상승을 대비하여 지속적으로 기술을 축적할 필요성이 있으며, 원천특허를 보유하고 있다가 향후 유가 상승 등의 환경 변화에 대비하여야 함.
Business Model	- 기술보유사와 상업용 플랜트 공동 개발 (Joint Venture 등) - 상업용 플랜트 운영을 통하여 기술보유사의 공정 기술 습득 - 촉매 및 공정 등 국내 고유 기술 접목을 통한 부분적 독자 모델 개발 - 장기적으로 국내 고유 모델 개발 (POSOC에서 추진하고 있는 SNG 공정 국산화 개발 모델 참조할 필요성 있음)
기타 중점 내용	- 중장기적 관점에서 유가 상승 가능성이 높으므로 본 사업과 같은 석유 대체 자원을 확보할 수 있는 기술개발에 지속적인 관심을 기울일 필요성이 있음. - 석탄을 대상으로 개발된 액화기술을 바이오매스에 적용하는 기술개발이 많이 진행되고 있음. - 기본적으로 원유가격이 높아야 경제성이 확보되는데, 현재 기준으로는 최소한 80불/배럴 원유가격이 되어야 경쟁력이 있을 것임. - 최종제품이 원유에서 생산되는 제품과 동일하므로, 이미 대부분 감가상각이 끝난 정유공장과 경쟁하는 상황이 되어 신규 설비투자가 어려움. 또한, 대규모 설비인 정유공장과 경쟁하기 위해서는 석탄액화 플랜트가 1기당 수조원이 소요되는 규모의 경제를 갖추어야 하는 제한점이 있음. 중국과 같이 정부 정책에 따라 석탄액화 플랜트를 추진하는 경우가 아니라면, 플랜트 건설 후 20년 원유가격 등 대비 경제성을 살펴보아야 하는데 이는 매우 어려운 상황이므로 이 플랜트 사업은 해당국 정부의 확실한 지원과 허가가 수반되어야 함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 11)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>초목계 바이오매스의 바이오원유화 제조 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국기계연구원/책임연구원/최연석</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2013년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>폐기물고형연료 제조플랜트 개발사업</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2002-2006</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>약 30억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>삼성엔지니어링, ㈜고려자동화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 급속열분해 반응기술
- 급속냉각기술
- 유동층 연소기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 다이나모티브(캐)
- BTG(네)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (o)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 고전적 기포유동층 방식 바이오원유 제조플랜트가 사용화 규모로 건설되었음.
- 경제성과 운전안정성에서 미흡한 것으로 평가되고 있어서 신규 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 북미, 유럽, 동남아</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 시장 형성 단계</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관
(국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>SK 등 국내 정유사</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>대경에스코</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국기계연구원, 에너지기술연구원, 화학연구원, 생기원</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>서울대, 연세대, 서울시립대</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 세계적으로 시장이 시작되는 단계이므로 틈새시장과 무관함</td></tr>
</table>

Business Model	
- 이 분야의 세계시장은 상업화 시작단계이지만 기술방식이 다양하지 않음. 따라서 기존 기술보다 운영비가 저렴한 방식을 개발할 여지가 많고, 경쟁력을 갖출 수 있는 가능성이 큼 - 독자적 신기술을 갖춘 플랜트를 개발하면 세계시장에 충분히 진출할 수 있음. 예로서 기존 기포유동층 방식의 유동화가스 공급에 따른 건설비 및 운영비 증가 부분을 해결할 수 있는 신기술 개발	
기타 중점 내용	
- 바이오매스는 산림부산물인 목질계 바이오매스와 농업부산물에서 발생하는 초목계 바이오매스로 구분됨. 농업활동 부산물로는 왕겨, 사탕수수 껍데기 등이 있음. - 바이오매스 활용에서 문제가 되었던 식용으로 사용할 수 있는 옥수수 등 곡물을 사용하여 바이오디젤을 생산하는데 대한 반대를 극복할 바이오매스 대상물질로 초목계 바이오매스를 사용하고자 하는 기술임. - 초목계 바이오매스는 전환하는데 기술적 어려움이 많아 아직 본격 활용은 안되고 있으나, 향후 나아갈 방향으로는 매우 적합함.	

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 12)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>저급원료 활용 고부가가치 화학원료 및 합성연료 생산 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>석탄가스화기로부터 발생된 합성가스를 사용한 화학원료 전환기술 개발 (신재생에너지기술개발사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2004. 06. 2007. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>30억원 (정부지원금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>고등기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>저급탄 고효율 가스화 기술 개발 (청정연료 생산을 목표로 한 가스화 기술 개발, 융합원천기술개발사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011. 07. ~ 2014. 06.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>187억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>SK이노베이션, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●, 청정연료 로드맵 있음), 무 (　　)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 저급탄 고효율 가스화 기술 개발 연구기획 보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 석탄/펫코크 가스화 기술
- 폐기물/바이오매스 활용 가스화 기술
- 합성가스 정제 기술
- 합성가스로부터 화학원료 생산 촉매 및 공정 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 연구 규모(화학연, 에기연, 고기원 등)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Sasol, Shell, Uhde, 엑슨모빌 등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●, 고등기술연구원 파일롯급 DME, 에너지기술연구원 파일롯급 CTL), 무 (　　)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td>세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- China Inner Mongolia Chemical Plant (Methanol)
- China Henan Jinkai (Ammonia)
- Canada Long Lake (H_2)
- Germany Leuna (Methanol) 등
- 2010년부터 2014년까지 연 50GW_{th_syngas} 수준으로 매우 많은 건설 실적
- 석탄분야에서 Shell사와 GE Energy사가 세계 시장을 양분하고 있으며, 중국에 폭발적으로 많은 건설 실적이 존재함.
- 중국 자국의 ECUST가 2000년대 중반이후 2000톤/일급 이상의 시장에 자체 기술로 진입 중
- 국내에서는 합성천연가스인 SNG와 복합발전(IGCC) 분야에서 각각 상업용 1기씩 건설되고 있음.
- 국내에서 화학원료 생산의 경우 아직 실적 없음.</td></tr>
</table>

		- 폐기물 가스화 기술을 활용하여초산 제조를 위한 플랜트 건설이 삼성BP(현재 롯데BP) 주도록 예정되어 있음.
	주요 대상 지역	- China, EU 등
	시장 크기	- 청정연료 시장 200억 ~ 1500억 USD (56만 ~ 416만배럴/일, 2035년 기준, 1배럴 = 100$ 기준, 에기평 청정연료분과 기술위원회 상정 안, 2010. 12..) - 플랜트 시장 약 4,000억불 이상 가능(출처 동일)
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK이노베이션 등 에너지/화학회사, EPC 업체
	중견기업	대규모 사업의 특성 상 현재는 관심기업 정보 없음. 사업화 진행시에는 단위 공정 또는 단위 장치 관련 많은 중견기업 참여 가능
	중소기업	단위 부품 및 소재는 공통 항목이므로 사업화 진행시에는 많은 관련 중소기업 참여 가능
	연구기관	한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, 고등기술연구원
	대학	성균관대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 석탄 등 저급원료 기준 수십톤/일급 Test-bed 구축으로 수백톤/일급 독자 기술 개발 - 저급원료 기준 수백톤/일급 플랜트 개발을 통하여 동남아 시장 진출 (모든 주요 선진 기술사들이 대형급(석탄 등 저급원료 기준 수천톤/일) 플랜트 개발에 치중하고 있음)		
Business Model		
- 저급원료 중 특히 저급탄 수급이 용이한 인도네시아 등지에 탄광 확보와 함께 플랜트 설치 - 저급탄 고품위화 기술과 동시에 현지 진출(인도네시아sms 저급탄 자체를 수출하는 것을 금지하려는 정책을 펼치려고 계획 중) - 저급탄으로부터 청정연료/화학원료 생산 후 군내 반입 또는 해외 수출		
기타 중점 내용		
- 저급자원으로는 저급석탄, 바이오매스, Pet-coke, 폐기물이 있음. 이들 자원을 합성가스로 생산하여 정제함으로써 청정한 가스형태 연료로 사용하는 방식의 플랜트 기술임. - 합성가스 조성이 일산화탄소와 수소로 대부분 이루어져 폭발성과 유독성이 있으므로 취급이 어렵고 안전측면의 투자와 설비가 요구됨. 따라서 현재까지 선진기술보유사가 세계시장을 대부분 독과점하고 있음. 기술개발 성공시 고부가가치 시장에서는 선진기술과 경쟁하여야 하며, 간단한 설비시장에서는 중국과 경쟁이 되어야 함. - 선진사들은 대부분 대형 설비규모이면서 고부가가치 플랜트 분야에 집중하고 있으며, 중소형 합성가스 플랜트 시장은 같은 노력 투입 대비 발생이익이 적어서 관심이 적음. - 합성가스 생산과 정제 기술은 독일을 위시한 유럽이 가장 앞서 있으며 이 기술을 도입하여 자국 상용규모 기술로 성공시킨 일본 업체가 있음. 일본은 석탄과 폐기물 분야에서 정부의 지원을 받아 자국 플랫폼 기술을 개발하고, 이를 기술개발에 참여한 민간업체에 이관하고 이를 각 회사별로 추가 개발하여 자국 내 실적을 쌓은 후에 한국, 중국, 동남아 지역에 플랜트 기술을 수출하고 있음. 일본, 유럽, 미국의 합성가스 플랜트 기술은 대부분 고가인 설비를 기반으로 한 기술로서, 시장 확대에 한계가 많음. - 저가 합성가스 플랜트 시장은 중국업체가 동남아 등지에 많이 진출하였지만, 아직 상업적으로 안정되게 운영되고 있는 곳은 없는 상태로 국내기술의 진출 가능성은 아직 많음.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (No. 13)

플랜트 후보과제 명			저급탄 활용 가스화 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이춘식
	작성 일자		2015년 2월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	저급탄 고효율 가스화 기술 개발
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06.
		예산	93.5억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	SK이노베이션(주)
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	무공해 석탄 가스화 기술 개발
		기간	2010. 08. ~ 2011. 01.
		예산	170.3억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	에스케이에너지
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		에너지기술개발 로드맵(청정연료 분야) 등
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		저급탄 고효율 가스화 기술개발 기획보고서 내
핵심기술 리스트			- 탄소포집, 저장 기술(CCS) - 황산화물, 질소산화물 제거 - 청정석탄 기술
기술보유사	국내		- 한국전력, SK 이노베이션, SK 에너지
	국외		- UTC(a United Technologies Company) Power(미국), KBR(미국), Lurgi(독일), Shell(네덜란드), GE Energy(미국), CB&I(미국), Uhde(독일) 등 - J Power(일본), MHI(일본) - ECUST(중국), SEDIN(중국) 등
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (●, 광양 SNG), 무 ( ), 서부발전 IGCC의 경우 고급탄/저급탄 사용 예정
	5년내 국내건설 계획		유 (●), 무 ( ), 남해시 IGCC의 경우 계획은 있으나 유가 등으로 현재는 건설 여부 불투명함
	기타		
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 미국은 IGCC상용화, 2400톤/일급 루이지에나 가스화 플랜트 실증 - 이탈리아는 3개의 대형 IGCC플랜트 (1,388MW 규모) 건설 - 일본은 NEDO주관하 석탄가스화복합발전기술 연구조합 발족
	주요 대상 지역		- 전 세계, 특히 중국 시장이 급성장하고 있으며, 사우디 아라비아 등 중동 국가 시장 형성 중
	시장 크기		- 석탄 가스화 기술은 궁극적으로 석탄을 이용한 발전 기술에 포함되는 사항 - 플랜트의 잠재적 시장은 2011년 기준 778억달러 정도이고 2015년 현재 약 1000억달러로 예상됨

	기타	세계 에너지시장 수요공급 변동 폭이 크기에 미래에 대한 예측이 불투명함
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국전력, 서부발전, SK 이노베이션, SK 에너지
	중견기업	화공장치 산업 업체 다수
	중소기업	부품/소재 업체 다수
	연구기관	한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, 한국기계연구원 등
	대학	홍익대학교, 수원대학교, 아주대학교 등 다수

틈새 시장 접근 방식

- 무공해 석탄 가스화 기술 개발
- CTL, SNG 기술과 융합
- 수천톤/일급 가스화 기술의 경우 기술선진사에서 이미 기술을 선점하여 독과점 시장을 형성하고 있으나, 수십톤~수백톤/일급 시장에는 관심을 가지고 있으므로 가격경쟁력을 갖춘 중소형 가스화 기술을 개발하여 인도네시아 등 분산형 전원 또는 중고규모 화학원료 생산 시장에 접근 가능함.

Business Model

- 호주 등에서 대량으로 생산되는 저급탄(갈탄)의 공동개발을 통해
  갈탄 가스화 플랜트 통해 해외시장 공략
- 몽골 수도 인근에서 발생하는 저급탄 휘발분에 포함되어 있는 심각한 대기오염을 해소하기 위한 저급탄 up-grading 과정에서 가스화를 공동개발
  (몽골 바가누르 탄광, 시베오보 탄광, 타반톨고이 탄광에 대한 경제성 확보)
- 호주의 저급탄 SNG 시장 등 진출 가능

기타 중점 내용

- 저급탄(아역청탄, 갈탄)은 고급탄종인 유연탄 대비 가격이 50%까지 낮음. 높은 휘발분 때문에 운송시 화재발생 가능성이 높고 수분함량도 높아서 해외로 수출에 제약이 있음. 저급탄 산지에서 활용이 가장 타당한데, 현지 전기 등 요구시장 규모가 작아 시장 확대가 여려웠음. 최근 인도네시아와 호주 등에서 산지 저급탄을 사용한 분산형 전기 생산과 천연합성가스(SNG) 생산에도 관심이 있는 경우가 있음.
- 기후변화에 대응한 CO_2 저감 측면의 고려가 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드(NO. 14)

플랜트 후보과제 명			수소 제조 플랜트 국산화 플랜트 (정유공장 사용 가능 대용량)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		한국화학연구원/그린화학공정연구본부 본부장/전기원
	작성 일자		2015. 01.
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	지식경제부
		사업명	신재생에너지기술개발
		기간	2008-10-01~2011-07-31
		예산	1,430,000,000 원
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	신재생에너지융합원천기술개발
		기간	2013-06-01~2016-05-31
		예산	2,673,000,000 원
		주요 참여기관	한국과학기술원, 한국가스공사, 한국에너지기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (√), 무 ( )
	보유 파일명		- 국제 에너지 현황 및 수소에너지 연구개발 동향 - H_2 production road map (Technology pathway to the future)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (√), 무 ( )
	보유 파일명		- 국제 에너지 현황 및 수소에너지 연구개발 동향 - 수소제조 기술특성 및 특허분석에 의한 기술동향 - 천연가스의 수증기 개질에 의한 수소 제조기술 특허동향
핵심기술 리스트			- 천연가스 개질 촉매/공정 기술 및 수성가스전환 기술 - 수소가스 분리/정제 기술 (PSA) - 수소가스 저장, 운송 기술
기술보유사	국내		- 한국화학연구원 - 한국에너지기술연구원 - 한국가스공사
	국외		- Haldor-Topsoe - Johnson Matthey/Davy - Linde
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (√), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (√)
	기타		- 국내 정유사에 수소플랜트는 많이 있으나 자체 라이센스는 없음 - 연료전지 관련 수소 스테이션 개발 과제가 다수 수행되었으므로 수소 플랜트 라이센스 국산화 기반은 있음 - ㈜덕양과 SPG산업 2개사를 중심으로 사업권 형성 - 정유공장, 화학공장, 반도체 공장 등 기존 산업뿐 아니라 신재생 에너지 분야에도 수요가 있음 - 수소에너지 생산 개발분야는 대체에너지 기술 개발 분야 중 우선순위가 낮아 투자 및 지원이 미흡한 실정
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- ㈜덕양은 2014년 50,000 Nm^3/h 급의 천연가스 개질방식 수소플랜트 준공 (울산) - GS 칼텍스는 2007년 여수공장 120,000 Nm^3/h 급 나프타 분해방식 수소플랜트 건설 - Air product 사는 2006년 캐나다 온타리오주에 1,400만

		bbl/day 규모 수소플랜트 가동 - Airgas 사는 최근 미국 켄테키주에 10 ton/day 규모의 수소플랜트 건설을 계획 - 미국 정부는 오는 2018년까지 원자력 수소 생산 플랜트 건설 추진 - Linde 사는 BASF 사와 독일 르트비히스하펜 지역에 고순도 수소플랜트 건설 - Air Liquid 사는 네덜란드 암스테르담에 130,000 Nm^3/h 규모의 수소플랜트 건설
	주요 대상 지역	- 현재 유럽 국가들에 주로 건설되어 있지만, 북미가 대규모 수소플랜트 건설계획을 발표했으며, 이후 중국 내 플랜트 건설이 활발해질 것으로 예상
	시장 크기	- 수소에너지 시장은 20015년 현재 약 600억 달러 규모이지만 기하급수적으로 성장하여 2050년에는 약 1조 3500억 달러에 달할 것으로 예상 - 현재 유럽국가들이 수소에너지 시장을 견인하고 있으며, 2050년에는 북미 중국 시장이 크게 성장하여, 유럽시장과 나란히 할 것으로 예상 - 수소 자체의 수요는 현재 1600억 Nm^3에서 2050년엔 7조 5천억Nm^3으로 성장할 것으로 예상
	기타	- 2040년경에는 수소에너지가 현재 미국의 1일 석유 수입량 수준을 대체할 것으로 추산 - NEDO와 RITE 주관 환경조화형 수소제조기술로 최근 10년간 24억엔 투자 - 그 밖에 프랑스, 영국, 중국, 이스라엘 등에서 수소에너지 개발 중
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	GS 칼텍스, 한국가스공사, 대림산업, GS건설
	중견기업	㈜덕양, SPG산업
	중소기업	RTI, J&K 히터, 온시스, 일솜
	연구기관	한국화학연구원, 에너지기술연구원
	대학	서울대학교, 성균관대학교, 충남대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 정유플랜트 내 수소플랜트는 필수요소지만, 국내에는 상용화된 수소플랜트 기술이 전무하여 해외 기술을 라이센스하는 실정 - 수소플랜트 기술 국산화를 통하여 플랜트 건설 및 운영에서 가격 경쟁력 확보하여 정유플랜트 건설 산업에 파급 - 산업적으로 필요한 수소는 대부분 수증기 개질공정(Steam Methane Reforming, SMR)으로부터 제조 - 수증기 개질공정은 현재 선진국과 기술 수준이 동일하며, 가격 경쟁측면에서 가장 효율적 - 하지만, 화석연료를 사용하여 총에너지 효율이 낮고, 자원고갈에 따라 점차 생산 비용이 증가할 것으로 예상 - 염가의 고효율 수증기 개질용 촉매 및 공정을 개발하여 가격 경쟁력 확보 - 수소의 저장 및 운송 기술을 동시에 개발하여 수소 인프라를 창출하여 수소시장 경쟁력 확보		
Business Model		
- 기존 보유설비(천연가스개질, 나프타분해, PSA 설비 등) 및 시스템을 이용하여 건설비용과 운용비용을 저감 - 국산 플랜트 기술의 상용화를 통하여 가격 경쟁력을 확보하고 해외시장으로의 기술수출 - 생산된 수소의 저장 및 운송을 위한 소재, 설비, 시스템 개발을 동시에 추진하여 중·소기업		

육성
- 안정적인 수소생산, 저장, 운송 기술 확보로부터 연료전지, 수소자동차 시장진입으로의 파급

기타 중점 내용

◆ 국내 수소 제조 기술 현황
- 국내 수소시장은 2000년대 초반 2개사 300~400억원 규모에서 현재 5개사 2000여 억원의 시장으로 성장하고 있으며, 매년 시장규모 및 수요량의 지속적 증가
- 국내 수소 생산량은 시간당 연간 110만톤 정도이며, 2020년에는 약 538만톤으로 증가할 것으로 전망
- 현재 생산량 중 약 90%가 생산공정에 자가수급 되며, 자가수급분 외에도 시간당 28만 루베, 연간 약 20만톤이 판매
- 주요 용도는 화학공장, 반도체 및 철강산업 분야 이며, 향후 태양전지, 연료전지의 개발 및 보급에 따라 난방, 조명, 발전, 자동차 연료 등으로 이용분야가 확대되어, 수요 및 시장성은 기하급수적으로 증가할 것으로 예상
- 하지만, 국내 수소경제 전환 추진전략은 2040년경으로 예상되는 화석연료 고갈 및 환경규제 강화에 발맞추기 위한 것으로 선진국에 비하여 10년 이상 더딤

◆ 해외 수소 제조 기술 현황
- 미국 DOE는 2030년 경 현재의 내연기관과 같은 수준으로 기술발전을 목표로 4단계 계획 수립
- 일본은 2020년 까지 3단계 상용화 계획에 기반을 두고 수소제조, 연료전지 및 수송과 저장 기술과 연료전지 자동차 소비 확대를 위한 정책 수립
- EU는 2020년에는 전체 차량의 약 5%, 2040년에는 약 35%가 수소연료를 사용하는 것을 목표로 자동차 산업 중심의 수소 경제 체제로 변화를 계획
- 독일은 수소에너지 개발 분야에서 유럽 내 선두에 위치해 있으며, 연료전지 자동차를 중심으로 수소제조, 저장, 전환 기술 개발을 지원
- 캐나다는 정부차원에서 Hydrogen highway, Hydrogen village, Vancouver Fuel cell vehicle 등의 실증사업을 진행 중
- 아이슬랜드는 2030년 까지 수소에너지 체계로 전환을 목표로 이미 연간 2000톤의 수소를 생산 중. 또한, 2030년 까지 모든 자동차 및 어선을 수소 연료전지를 사용하도록 교체할 예정

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 15)

플랜트 후보과제 명			수소 대량생산 및 공급 시스템 (5만명 이상 대단지 공급)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반정보 제공자 : 현대오일뱅크/상무/김재호 정리 및 보충 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015.01.19
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	해양수산부
		사업명	고효율 수소 생산을 위한 고압 수성가스 전환 생물반응기 개발
		기간	2015. 12. ~ 2020. 05.
		예산	7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	부생수소를 활용한 실증단지 산업발전 로드맵 수립
		기간	2015. 09. ~ 2017. 08.
		예산	1억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	(사)한국수소산업협회
	과제 3	부처	해양수산부
		사업명	해양 고세균이용 바이오수소 생산 실용화 기술개발
		기간	2015. 12. ~ 2020. 05.
		예산	13.4억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국해양과학기술원
	과제 4	부처	미래창조과학부
		사업명	고효율 태양에너지 하베스팅 및 전환을 통한 재생 수소 제조
		기간	2015. 11. ~ 2018. 10.
		예산	3억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	울산과학기술원
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	청정 수소 생산 및 활용을 위한 고효율 저가 촉매 및 시스템
		기간	2014. 10. ~ 2019. 09.
		예산	14억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	울산과학기술원
	과제 6	부처	과학기술부
		사업명	수소생산용 고온가스로 기술 기초연구
		기간	2003. 01. ~
		예산	3.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국원자력연구소
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- Renewable Fuel-Hydrogen - An Analysis of Hydrogen Production from Renewable Electricity Resources - Hydrogen Production and Storage - 수소경제-어떻게 대비할 것인가 (2005)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 수소 생산저장기술 특허맵 보고서 (2005)

		- 수소제조 기술특성 및 특허분석에 의한 기술동향 - 수소에너지 제조기술 동향
핵심기술 리스트		- 수소생산용 촉매 제조기술 : 기존 화석연료 및 신재생에너지원 사용 - 상업화 플랜트 설계기술 - 수소이송 및 저장기술
기술보유사	국내	- 와가텍 (산업폐기물에서 수소가스 생산 화학로 제작)
	국외	- 기존 수소 제조기술 보유사 : Haldor Topsoe, Technip - 신규 수소 제조기술 보유사 : 없음
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 없음
	주요 대상 지역	- 울산, 여수, 대산 (대규모 석유화학단지)
	시장 크기	- 장기적으로 시장 확대 예상
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK이노베이션, GS칼텍스, 현대오일뱅크, S-Oil (국내정유사) 원자력을 이용해 차세대 청정 에너지인 수소를 대량 생산하는 `원자력 수소생산 시스템' 기술협력을 위한 '원자력 수소 협의체' 출범 (한국원자력연구원 주관, 한국수력원자력, 두산중공업, 한국전력기술, 한전원자력연료, 한국전력, POSCO, SK에너지, GS칼텍스, 현대차, GS건설 등 11개 기관, 2009. 12. 17)
	중견기업	중견기업 엔지니어링 업체
	중소기업	중소기업 촉매 개발업체
	연구기관	한국에너지기술연구원, 화학연구원,
	대학	성균관대, 서울대, KAIST, 연세대, 고려대

틈새 시장 접근 방식

본 연구과제는 아래와 같은 접근방식을 채택하고 연구개발을 진행하는 것이 타당하다고 생각됨.

1. 대규모 수소공급을 위한 수요기반 조사
   - 대규모 수소생산 기술의 필요성 검증
   - 용도별 예측수요량, 향후 시장의 성정가능성
2. 대규모 수소공급이 가능한 원료검토, 관련 촉매 및 공정개발
   - 기존 화석연료를 바탕으로 하는 공정의 개선
   - 신재생에너지원을 바탕으로 하는 신공정 개발
3. 대규모 수소공급이 가능한 수소 공급시스템 개발

Business Model

1. 개 요

수소에너지는 청결에너지로서 장기적으로 에너지문제를 해결하는 대체에너지원으로서 유망함.
화석연료의 고갈에 따른 대체에너지로 중요하며 지구온난화 방지를 위한 환경 친화적 에너지임.
최근 수소에너지를 이용한 기술들이 각광을 받고 있으며 이에 대한 전망 또한 매우 밝음.
이러한 시점에서 수소에너지 제조, 저장 및 공급기술을 확립하는 것은 매우 중요함.

2. 사업모델 제안
본 연구의 사업모델은 크게 2개로 나누어 진행할 수 있다.
1) 대규모 수소생산이 가능한 공정 및 촉매 기술개발 및 상업화 플랜트 설계기술 개발
   - 대규모 수소생산이 가능한 공정 및 촉매 기술개발 (화석연료 및 신재생에너지원 사용)
   - 상업화 플랜트 설계기술 개발 및 기술이전 사업
2) 대규모 수소공급 시스템 개발
   - 대규모 수소공급 시스템 개발 및 기술이전을 통한 사업 (기술이전 사업)

기타 중점 내용

- 수소사회 도래에 대응하는 기술 아이템임. 아직은 이 단계에 도달치 못하고 있지만 미래에너지 사회의 큰 방향에서는 맞은 방향임.
- 제주도 등 한정된 섬지역 등에서 정부의 지원과 주민의 적극적인 참여가 전제된다면 성공할 가능성이 있는 플랜트 분야임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 16)

플랜트 후보과제 명			SNG 플랜트 합성가스 활용 수소 제조 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이춘식
	제안 일자		2015년 3월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	과학기술부
		사업명	중질탄소원으로부터 수소생산 기술 개발
		기간	2007. 01. ~ 2007. 12.
		예산	16.5억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
	과제 2	부처	과학기술부
		사업명	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소제조 공급시스템 개발
		기간	2007. 05. ~ 2008. 03.
		예산	6.3억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- 합성가스로부터 고순도 수소 회수 기술 - 합성가스 제조공정의 수증기 개질 - 대용량 리포머 기술
기술보유사	국내		- 포스코가 외국(CB&I) 기술 도입하여 SNG를 생산(2016년 가동)할 예정이나, 수소제조 플랜트에 대한 기술을 보유하고 있지는 않음.
	국외		- 미국 GE, 일본 오사카가스 등에서 관심을 가지고 있으며, 합성가스 활용하여 수소 제조 및 분리 등에 대한 연구가 미국 등에서 진행되고 있음.
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 일본 오사카시 시간당 30Nm3급 실증, 수소연료전지 자동차로 활용
	주요 대상 지역		- 전 세계
	시장 크기		- 세계 수소시장 규모는 2012년 기준 800억달러 - 2020년까지 연평균 12.9% 수준으로 급격히 성장해서 2020년에는 2100억달러 예상 (자료: "세계 수소 시장 규모 및 전망", 지식경제부, 에너지/환경 산업용 다공성 금속 소재 개발 기획 보고서, 2013)
	기타		
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		GS Fuelcell, GS 플라텍, 포스코
	중견기업		수소 외 특수고압용기 관심기업 (덕양 에너젠 등)
	중소기업		하이리움(주) (수소 저장 및 공급 분야)
	연구기관		한국에너지기술연구원

	대학	SNG 관련 관심 대학 다수, 수소 관련 관심 대학 다수,

틈새 시장 접근 방식

- 한국가스공사 수소 스테이션과 연계 가능한 실증 플랜트
- 전기자동차 시대 대비 구동용 80kw급 PEMFC 발전 모듈,
  보조전원용 고체산화물 연료전지(SOFC) 발전시스템 등
  수소연료전지 시장과 접목
- 합성가스로부터 고순도 수소 외 이산화탄소 동시 회수를 통해
  수소는 연료전지 외 석유고도화 산업, 반도체 산업 등에 이용 가능하고
  이산화탄소를 선박용접과 탄산수 생산 등에 활용함으로서
  경제성 향상

Business Model

- GS 폴라텍 자료에 따르면
  생활폐기물 15톤 처리시 수소 1톤, 이산화탄소 10톤 생산
  산업폐기물 10톤 처리시 수소 1톤, 이산화탄고 10톤 생산이 가능하므로
  (폐기물 --> 합성가스 --> 수소)의 통합된 플랜트 건설을 통한 경제성 확보
- 생성된 수소를 연료전지 발전과 연계함으로서
  소규모 도시, 자립형 도시 등에 필요한 전력을 감당하는 Smart Grid 구축의 일환으로 진행
- 수소 스테이션 보급화 시점과 맞물려
  고속도로를 따라 스테이션을 체인으로 연결해서
  대량의 수소를 공급할 수 있는 합성가스 활용 수소 제조 플랜트 규모의 경제화

기타 중점 내용

- 석탄가스화를 통해서 천연합성가스를 생산하여 천연가스 복합발전이나 제철소용 고순도 천연가스로 사용하는데, 이 과정에서 잉여의 천연합성가스를 수소로 개질하여 활용하는 플랜트 형식임. 일반적인 상황에서는 너무 여러 단계를 거치므로 경제성이 없지만, 바로 인근에 수소를 요구하는 석유화학 플랜트가 있던가 수소스테이션 등 수소를 필요로 하는 인프라 존재시 경제성이 확보되는 경우가 있겠음.
- 구체적으로는 광양에 건설된 50만톤/일 규모 SNG 플랜트에서 생산되는 합성천연가스를 여수단지로 파이프로 이송하여 수소로 변환 고부가가치 제품으로 판매하는 전략이었음. 하지만, 여수만을 가로지르는 배관 수송망 건설에 너무 많은 비용이 소요될 것으로 추산되어 추진이 안 된 사업임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 17)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>고농도 수소 해저 수송 시스템
(SNG에서 생산 가능한 고농도 수소 수송)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이재용</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>수소공급을 위한 제조와 저장 연계 시스템 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010.7~2011.4</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>75억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>㈜프로템</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>국무총리실</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>미래 수소경제 실현을 위한 기반구축 연구: 수송부문의 수소공급 인프라 구축</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2009.1~2009.12</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>25억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>에너지경제연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 수소 제조/수송/저장 설계기술
- 안전성 평가 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국가스안전공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- JX홀딩스(일본)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 해저 터널 실적은 있으나 수소 수송에 대한 건은 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 미국, 유럽 등 선진국</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 전 세계가 수소경제로 전환을 꾀하고 있고 그때의 시기가 온다면 인프라 부분에서 해저수송 시스템이 각광받을 가능성이 큼</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관
(국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>한국가스안전공사
포스코</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>광신기계공업(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국가스안전연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>토목/건축 관련 다수 대학에서 관심을 보일 것으로 예상</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 해외 가스전은 심해저와 한랭지로 이동하고 있어 가스 배관의 기술적 가지가 더욱 중요해져 기존에 연구한 배관 기술력을 바탕으로 해외 가스 배관 시장 선점
- 특히 해저 가스배관은 수송효율증대와 안성성 확보를 위해서 고압, 대구경화 추세로 발전 될</td></tr>
</table>

것이기 때문에 그것에 대한 연구와 실증으로 해당 부분 기술을 확보 - 해저 배관의 시장 선점 및 기술확보를 위해서는 먼저 국내 해저배관 독립 규격 등의 확정이 필요하고 관련 법규 개정이 필요 - 수소는 부피당 에너지밀도가 천연가스의 1/3이므로 주어진 배관 관경에 같은 양의 에너지를 공급하기 위해서는 더 높은 고압 또는 20% 더 큰 관경이 필요해서 배관 설계 관련 시장을 공략해 볼 수 있다.	
Business Model	
- 중국에서는 서쪽의 타림분지로부터 상하이로 연결되는 길이 4,200km의 서기동수 파이프라인 프로젝트가 진행되었고 향후 계속해서 진행 예정 - 러시아의 Vyborg와 독일의 Greifswald를 연결하는 해저 파이프라인 총 길이는 1,198km에 이르며 해저파이프라인을 고려하여 강제 두께는 26.8mm~41mm에 이르며 2012년에 완공되었음.	
기타 중점 내용	
- 수소의 운송이 추후에 수소 경제에 큰 역할을 할 것이라는 것을 강조 - 해저 운송을 하였을 때 이점 등을 강조	

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 18)

플랜트 후보과제 명			셰일가스 생산/저장/수송 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015. 1. 30
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스층 파쇄효율 향상을 위한 탐사프로세스 및 실증연구
		기간	2013. 12. ~ 2017. 09.
		예산	61억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스공사 연구개발원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일 및 치밀가스전 생산평가 기술 개발
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06.
		예산	4.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스공사 연구개발원
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	다단계 수압파쇄 평가기술 개발
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06.
		예산	4억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	서울대학교
	과제 4	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스 저류층 특성화 및 평가기법 개발
		기간	2013. 01. ~ 2013. 12.
		예산	8.3억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국지질자원연구원
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스 테스트베드사업을 위한 채굴/기자재용 소재 및 강관 개발
		기간	2014. 06. ~ 2017. 05.
		예산	49.93억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국금속재료연구조합, 세아제강, 아주베스틸, POSCO, POSCO특수강
	과제 6	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스전 발생폐수 재이용 및 생산수 처리 시스템 엔지니어링 기술개발
		기간	2014. 06. ~ 2017. 05.
		예산	28억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	부강테크
	과제 7	부처	산업통상자원부
		사업명	Shale Gas 개발에 사용되는 고강도 후육 ERW 강관 개발
		기간	2013. 06. ~ 2015. 05.
		예산	2억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	넥스틸
	과	부처	산업통상자원부

	제 8	사업명	셰일가스 유정관 고기능 Premium Connections System의 부품을 위한 첨단 지능형 생산기술 개발
		기간	2014. 09. ~ 2017. 08.
		예산	8.9억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	아주베스틸
	과제 9	부처	국토교통부
		사업명	셰일가스 개발에 따른 오염방지기술 개발 기획연구
		기간	2014. 08. ~ 2015. 02.
		예산	0.8억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국건설기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 자원개발기술 전략로드맵 2011 신가스 - 신가스 기술개발 전략
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 셰일가스 생산플랜트 기술 특허동향 보고서
핵심기술 리스트			- 수평정 시추 기술: 실시간 방향성 시추, 코일튜빙 시추 시스템(Coil Tubing Drilling, CTD), 시추 위치 선정, well spacing optimization - 수압 파쇄 기법: 다단계 파쇄, 미소 진동 분석, 저류층 물성 분석, 환경 오염 방지, 수처리 - 가스 생산 및 수송 기술: 산성 가스/수분/질소 제거, 수송 - 이동형 처리 장치, 수처리 분야가 최근 급속히 성장
기술보유사	국내		- 한국석유공사 - 한국가스공사 연구개발원 - 한국지질자원연구원 - POSCO - STX - 한진디엔비 - 서울대학교
	국외		- US Geological Survey (USGS) - BJ Service - XTO - EOG - Pioneer Natural Resources - Chesapeake - Corelab - Shell - Encana - Haliburton - Schlumberger - Baker Hughes - Exxon Mobile - Air Products and Chemicals - PetroChina - China Petrochemical
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		-
세계 시장	국내외 건설 실적		- 북미 상업생산 셰일가스 플랜트 다수 (북미 기업 건설)

현황 및 전망	주요 대상 지역	- 국가별 매장량(Tcf): 중국 1,115, 아르헨티나 802, 알제리 707, 미국 665, 캐나다 573, 멕시코 545, 호주 437, 남아공 390, 러시아 285 - 2013년 세계 셰일가스 매장량은 7,299Tcf, 전세계 58년 사용 가능
	시장 크기	- 북미 셰일가스 플랜트 시장규모 전망 (2012-2020): $76,000,000,000 - $113,000,000,000
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	STX, 대우인터내셔널, LG상사, POSCO
	중견기업	한진디엔비, 지오스캔, 부강테크, 아주베스틸, 넥스틸
	중소기업	KPF (셰일가스 플랜트 부품 개발)
	연구기관	한국가스공사 연구개발원, 한국지질자원연구원, 한국건설기술연구원
	대학	서울대학교

틈새 시장 접근 방식

- 셰일가스 생산에 사용되는 시추장비, 밸브류, 혼합기, 혼합물 공급 고압펌프, 수처리 시스템, 불순물 제거 여과기, 굴삭기를 비롯해 수송·저장에 필요한 저장탱크, 파이프라인, 가스액화 플랜트 기자재 등 관련 시장 진출
- 셰일가스 개발 확대로 향후 중형(30~100 MW) 가스터빈 시장에서 후발 주자의 틈새 시장 형성도 가능해 국내 기업의 중형 가스터빈 시장 진입

Business Model

- 한국가스공사는 2010년 2월 신가스 유망지역으로 꼽히는 캐나다 광구(키위가나, 잭파인 및 노엘 등 3개 광구)사업에 지분 참여 계약을 맺고 비전통 신가스 탐사개발에 본격적으로 나섰으며, 사업기간 동안 약 2,000만 톤(가스공사 추정치)의 가스를 확보하게 되며, 2010년부터 생산을 시작해 2017년 106만 톤을 생산함으로써 천연가스 자주개발물량 증대(3.5%)에 기여할 전망
- 캐나다의 경우 현재까지 상업적으로 생산중인 셰일가스전은 없으나 서부캐나다 퇴적층의 다수의 지층에서 셰일가스 매장량이 확인되어 한국가스공사, 한국석유공사 등의 국내기업들도 M&A와 자산매입 등의 방법으로 활발하게 사업을 추진 중에 있음

기타 중점 내용

- 국내에 시험할 가스전이 없고 해외에 국내기업이 확보한 가스전을 대상으로 해야하는 제한점이 있으나, 워낙 이 분야의 기술 시장 규모와 기술 확장성이 크므로 어떤 형태로든 국내 엔지니어링과 설계, 제작, 시공분야 전문성을 보유하는 것이 국가적으로나 해당 회사 측면에서 모두 필요함.
- 해외 선진기술보유사 대비 경험과 이력 모두 뒤지므로, 명확한 틈새시장과 핵심기술 분야를 정하고 추진이 되어야 함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 19)

플랜트 후보과제 명			셰일가스 downstream 공정 제로에미션 모듈화 플랜트 (물, 오염, 온실가스, VOCs 등 배출 제로화)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반정보 제공자 : 한국기계연구원/책임/한방우 정리 및 보충 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015.2.2
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스 채굴 시 물을 사용하지 않는 플라즈마 파쇄기술 개발
		기간	2014. 12. ~ 2017. 09.
		예산	4억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	(주)그린사이언스
	과제 2	부처	미래창조과학부
		사업명	셰일가스 회수수 실시간 오염도 측정 및 원격 모니터링 서비스 기술 개발
		기간	2015. 05. ~ 2017. 04.
		예산	2.7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	에코에너지솔루션즈
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스 테스트베드사업을 위한 채굴/기자재용 소재 및 강관 개발
		기간	2014. 06. ~ 2017. 05.
		예산	0.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국금속재료연구조합
	과제 4	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스용 고심도 Drill, Casing/Tubing Seamless 강관 개발
		기간	2014. 06. ~ 2017. 05
		예산	7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	세아창원특수강
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일·치밀 가스전 개발기술
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06.
		예산	1.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스공사 연구개발원
	과제 6	부처	산업통상자원부
		사업명	다단계 수압파쇄 평가기술 개발
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06
		예산	12억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	서울대학교
	과제 7	부처	산업통상자원부
		사업명	Shale Gas 개발에 사용되는 고강도 후육 ERW 강관 개발
		기간	2013. 06. ~ 2015. 05.
		예산	4억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	넥스틸(주)
	과	부처	산업통상자원부

	제 8	사업명	셰일 및 치밀가스전 생산평가 기술 개발
		기간	2011. 07. ~ 2014. 06.
		예산	13.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스공사 연구개발원
	과제 9	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스 유정관 고기능 Premium Connections System의 부품을 위한 첨단 지능형 생산기술 개발
		기간	2014. 09. ~ 2017. 08.
		예산	8.9억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	아주베스틸
	과제 10	부처	국토교통부
		사업명	셰일가스 개발에 따른 오염방지기술 개발 기획연구
		기간	2014. 08. ~ 2015. 02.
		예산	0.8억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국건설기술연구원
	과제 11	부처	산업통상자원부
		사업명	셰일가스층 파쇄효율 향상을 위한 탐사프로세스 및 실증연구
		기간	2013. 12. ~ 2017. 11.
		예산	141억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스공사 가스기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 자원개발기술 전략로드맵 2011 신석유
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)
핵심기술 리스트			- 셰일가스 단위 처리공정 제로에미션 기능모듈 컴팩트화 개발 - 컴팩트 모듈 유닛 집적 모듈화 개발 - 셰일가스 플랜트 집적 모듈 실증 기술 개발
기술보유사	국내		- ㈜그린사이언스, 에코에너지솔루션즈, 세아창원특수강, 넥스틸(주), 아주베스틸
	국외		- Schlumberger - Halliburton - Baker Hughes
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 국내 대기업 건설회사의 국내외 셰일가스 플랜트 건설 실적은 없음
	주요 대상 지역		- 미국, 캐나다 등 북미 지역은 개발이 활발하게 진행 중이나, 세계 최대 매장지인 중국을 포함하여 아시아/호주 지역은 아직 생산기술 부재로 개발되지 못하고 있음
	시장 크기		- 비전통가스의 생산플랜트 시장은 2011년 616억불에서 2016년 913억불로 연평균 8.2%로 성장할 것으로 예상

		되고 있고 특히 아시아/호주 지역에서는 2011년 55억불에서 2016년 190억불로 연평균 28.1%로 성장할 것으로 예상됨(BCC Research, 2012)
	기타	- 유럽 등에서는 아직 물 오염, 온실가스, VOCs 등의 오염물질 배출 등의 환경이슈로 개발이 반대되고 있음
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국석유공사, 한국가스공사, GS건설, 삼성엔지니어링
	중견기업	㈜그린사이언스, 에코에너지솔루션즈, 세아창원특수강, 넥스틸(주), 아주베스틸
	중소기업	선보, SCT, 삼강엠앤티, 화성산업기계, 부강테크
	연구기관	한국기계연구원, 한국에너지기술연구원
	대학	한양대학교

틈새 시장 접근 방식

- 셰일가스 downstream 공정은 천연가스와 유사하나 현장 설치성이 우수한 이동형 모듈화 설비로 개발되어야 함
- 최근 동남아 지역의 중소형 천연가스 개발에도 현장 설치성이 우수한 모듈형 플랜트 기술의 필요성이 높아지고 있음
- 셰일가스 모듈화 플랜트를 국내 업체들이 활발하게 진출하고 있는 동남아 지역의 중소형 천연가스 플랜트에서 우선 충분한 Track record 확보 필요
- 현재 개발이 활발하게 진행되고 있는 북미 지역보다는 매장량이 풍부하고 접근성이 좋은 중국, 인도 등의 아시아 시장과 호주 시장으로 진출하는 방향으로 시장 개발 추진 필요

Business Model

- 셰일가스 개발의 핵심 이슈인 환경 문제를 극복하기 위해서 셰일가스 downstream 공정을 친환경 제로에미션 공정기술로 개발하여 새로운 비전통자원의 환경 비즈니스 모델을 창출
- 또한 아시아 지역의 셰일가스는 주로 사막이나 산간지역에 있으므로 현장 설치성을 향상시키기 위해 플랜트 집약도 향상을 통한 모듈화 개발로 현장 시공시간을 최소화하는 방향으로 모델 개발

기타 중점 내용

- 외국 기술선진사 대비 강점부분과 틈새시장 및 한국이 담당할 부분에 대한 명확한 구분이 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 20)

플랜트 후보과제 명			석탄층 메탄가스 자원화 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/이진욱
	작성 일자		2015년 2월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	에너지자원융합원천기술개발 (석탄층 메탄가스 생산기술 최적화 및 현장실증 연구)
		기간	2012. 06. ~ 2018. 05.
		예산	년간 47억원 수준(총 약 280억원, NTIS 연간 예산 정보로부터 추정)
		주요 참여기관	한국가스공사, 한진디엔비, 지오뷰, 동아대학, 한양대학 등
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	플랜트엔지니어링원천기술개발 (석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 핵심기술 개발)
		기간	2010. 12. ~ 2016. 05.
		예산	2013년까지 주관기관 25억원(총액: 주관 약 40억원, 참여 약 25억원, NTIS 연간 예산 정보로부터 추정)
		주요 참여기관	한국가스공사, GS건설, 한양대학
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 자원기술개발로드맵 (에기평, 2011) 중 신가스 분야
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- 석탄층 압력 강하를 통한 메탄가스 탈착 및 생산 기술 - 메탄가스를 CO_2로 대체하여 메탄가스 탈착 유도 기술 - 분리/포집/정제 융복합기술
기술보유사	국내		- 한국가스공사, GS건설 (연구개발 참여 업체)
	국외		- 미국 업체들이 주도
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 중국 : 추정 매장량 87~297억톤 (2007년까지 600여개 생산정 확보, 1,060톤/일 생산 중)
	주요 대상 지역		- 미국, 중국, 호주, 캐나다, 인도네시아, 몽골 등 석탄자원 보유 국가
	시장 크기		- 미국 : 추정 매장량 89~194억톤 (2011년 생산량은 미국 가스 소비량의 약 11%) - 호주 : 추정 매장량 2억3천만톤 - 중국 : 추정 매장량 87~297억톤 (2007년까지 600여개 생산정 확보, 1,060톤/일 생산 중) - (출처: 에너지데일리, 2013/10/11, 백영순박사 ED 컬럼)
	기타		-
국내 관심 기관	대기업		- 한국가스공사, GS건설 (상기 과제 참여 기관)
	중견기업		- 현재는 국내 시장이 형성되어 있지 않으므로 국내에서

(국내 Value Chain)		관심을 가지는 중견 기업은 없으나 사업화 진행 시에는 설계/엔지니어링 분야 및 단위 공정 또는 단위 장치 참여 가능성 높은 기업 다수 존재로 예상함.
	중소기업	- 한진디엔비, 지오뷰
	연구기관	-
	대학	- 동아대학, 한양대학
틈새 시장 접근 방식		
- 국내에는 Track record를 쌓을 수 있는 현장(적절한 탄광)이 없으므로, 석탄자원은 많지만 전반적인 플랜트 기술력이 없는 국가에 공동 개발 형식으로 1차 시장 진출 - 상기와 같은 접근으로 Track record 확보 후 단독으로 대형 시장 진출 모색		
Business Model		
- 캐나다, 호주, 몽골 등 석탄자원 부국에서 정부차원에서 개발이 적극적이므로 공동 기술/사업화 방안 모색 - 호주지역 에너지산업 진출을 위한 네트워크 구축 도모 (출처: CBM의 탐사개발, petro.kmou.ac.kr)		
기타 중점 내용		
- 가스공사에서 몽골에 석탄층메탄가스(CBM: Coal Bed Methane)을 가지고 DME 생산을 추진하였지만 아직 상용적 실적을 얻지는 못함. - 한국가스공사는 2015년 8월 12일 몽골 타반 톨고이(Tavan Tolgoi)에서 자원화 플랜트기술의 국산화개발 연구과제 현장실증을 위한 CBM(석탄층메탄가스) 파일럿 플랜트 준공식을 개최함. - 국내 관련 기술기반이 상당히 갖추어져 있으므로, 대상 매탄가스전을 잘 선택하고 생산한 제품을 판매 또는 국내로 반입에 경제적일 수 있는 수단만 가미된다면 중장기적으로 매우 타당한 플랜트 분야임.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 21)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>가스하이드레이트 채굴/저장/이송/활용 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이재용</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>교육부(한국연구재단)</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>신에너지원 가스하이드레이트 생산을 위한 치환 원천 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010. 09. ~ 2015. 8.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>5.5억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국과학기술원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>가스하이드레이트 개발생산 연구</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011.01.01.~2011.12.31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>20.2억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국지질자원연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 가스하이드레이트 특허분석.pdf</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 하이드레이트 저류층 부존 평가
- 압력 코아 채취기 개발
- 사질 저류층을 대상으로 초임계 CO_2 주입으로 메탄가스 추출</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국과학기술원
- 한국지질자원연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Geomar (독일)
- ConocoPhillips(미국)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 국내 가스하이드레이트 사업단에서 연구개발 진행</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 미국 영구동토지역 On-shore Alaska Prudhoe Bay
- 일본 Off-shore Japan (~1000 m 이상 해저)</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 수심이 깊은 해저</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 중장기적으로 LNG 시장 뿐 아니라 석유 및 석탄 시장을 대체할 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 시장 정의 및 범위
<table>
<tr><th>제품</th><th>편익</th><th>시장 정의</th><th>시장 범위</th></tr>
<tr><td>하이드레이트를 이용한 천연가스 저장방법</td><td>화석연료의 고갈로 인한 새로운 형태의 에너지 시장 개발</td><td>심해 가스 하이드레이트의 개발 가능성 및 천연가스 저장·수송의 새로운 시장 확보</td><td>천연가스 시장 (LNG 시장 대체 및 잠정적 석유시장 포함)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>한국가스공사
한국석유공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>에너지 관련 공급 기업들 다수 가능</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>에너지 관련 공급 기업들 다수 가능</td></tr>
</table>

	연구기관	한국지질자원연구원, 에너지 기술 평가원, 가스안전공사연구원
	대학	한국과학기술원 등 외 다수

틈새 시장 접근 방식
- 단기적으로는 LNG 및 석유 시장을 대체할 수는 없지만 중장기적 관점에서 LNG 및 석유의 가격이 불안정할 때 대체할 수 있는 에너지원이 될 수 있음. - 기존의 천연가스보다도 적은 CO_2 배출 등으로 환경적인 각광을 받을 수 있는 만큼 전세계적으로 이산화탄소 배출 규제에 직면하였을 때 대체 할 수 있는 자원이 될 수 있음 - 우리나라 동해에는 약 6억톤에 해당하는 가스 하이드레이트가 매장되어 있다고 알려져 있어 채굴 및 저장기술이 발전한다면 차기 국내 에너지 시장에서의 점유율을 높일 수 있음
Business Model
- 캐나다 말릭(Mallik) : 2008년 세계최초로 메탄가스 연속 생산 성공 - 미국 알래스카 영구동토 Alaska Prudhoe Bay 지역(On-shore) : 2012.5월 메탄 하이드레이트 천연가스 생산 - 일본 난카이 해역(Off-shore): 2013년 3월 세계 최초로 해저에 매장된 메탄 하이드레이트 천연가스 생산
기타 중점 내용
- LNG, LPG 등 현재 가장 많이 사용하고 있는 연료의 대체 연료로 가능하나, 경제성 분석 등의 자료 조사가 필요 - 세계 유가 등의 변동으로 경제성이 나오지 않을지라도 CO_2 저감 부분에 많은 이점을 가지고 있으므로 개발 가치가 큼 - 심해저에서 가스하이드레이트 채굴에 따른 지반 침하와 이로 인한 지진 우려 등이 있으며, 채굴시 leak되는 메탄가스에 의한 지구온난화 우려가 있으므로 이에 대비한 기술개발이 요구됨. - 가스하이드레이트 원천기술은 CO_2 포집 등 분야에 spin-off 적용이 가능함. 미국 DOE 지원의 SIMTECHE CO_2-Hydrate 분리 공정 프로젝트가 대표적인 사례임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 22)

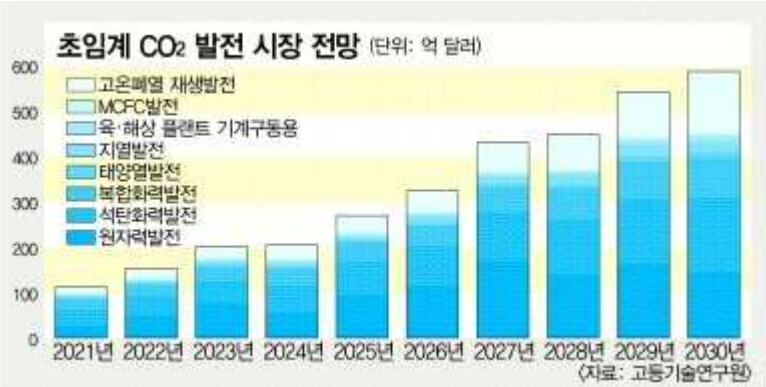
플랜트 후보과제 명			오일샌드 오일 성분 추출/분리/활용 시스템
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반정보 제공자 : 한국기계연구원/책임/송동근 정리 및 보충 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015. 1. 30
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	오일샌드 저류시스템 지층정보화 기술개발
		기간	2008. 10. ~ 2011. 09.
		예산	6.3억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국지질자원연구원
	과제 2	부처	국토교통부
		사업명	오일샌드 육상플랜트 고유모듈기술 개발
		기간	2014. 12. ~ 2019. 12.
		예산	15.92억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	성진이앤티, 덕원이엔티
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	오일샌드개발을 위한 지상설비 기술개발
		기간	2007. 10. ~ 2010. 09.
		예산	3억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	세종대학교
	과제 4	부처	산업통상자원부
		사업명	박층 오일샌드 생산공법 최적화 연구
		기간	2007. 10. ~ 2010. 09.
		예산	2.95억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국석유공사
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	조석기원 오일샌드 저류층 지질형성 특성연구
		기간	2009. 01. ~ 2009. 12.
		예산	3.7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국지질자원연구원
	과제 6	부처	산업통상자원부
		사업명	조석기원 오일샌드 저류층 추적 기법 개발 연구
		기간	2007. 01. ~ 2007. 12.
		예산	2.7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국지질자원연구원
	과제 7	부처	산업통상자원부
		사업명	오일샌드 저류층 지질모델링 및 생산정 최적설계 기술개발
		기간	2011. 10. ~ 2014. 09.
		예산	5.1억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국지질자원연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 자원개발기술 전략로드맵 2011 신석유 - Oil Sands Technology Roadmap
국내/국외	자료 유무		유 (O), 무 ( )

기술개발 특허분석	보유 파일명	- 오일샌드 기술의 특허 정보 분석 - 에너지 자원 IP 전략 보고서 - 에너지기술개발사업 특허기술동향조사
핵심기술 리스트		- 비투멘 채굴 기술 - 비투멘 회수 기술 - 비투멘 처리 기술 - 오일샌드 플랜트 표준 모델 시스템 및 상세설계 기술 - 극한 환경 대응용 고인성, 내마모성, 내부식성 소재기술 - 소성 변형을 고려한 정밀 제작 기술 - 효율적인 오일샌드 플랜트 운영 및 시공 관리 기술 - 급속 시공 기술
기술보유사	국내	- 한국지질자원연구원, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, SK건설
	국외	- DOE NETL, Schlumberger, CMG, PetroCanada, PetroBank, University of Alberta, University of Calgary
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- Canada Alberta주 60여개소 - 성진지오텍 모듈 제작 공급
	주요 대상 지역	- Canada Alberta주, 전세계 매장량의 81%
	시장 크기	- 2011년 249억 달러, 2021년 789억 달러
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK건설, 한국석유공사, 한국가스공사
	중견기업	성진이앤티, 성진지오텍
	중소기업	플랜트 모듈 운송업체
	연구기관	한국지질자원연구원, 에너지기술연구원, 화학연구원
	대학	세종대학교
틈새 시장 접근 방식		
- VCI, Exxon, Husky, Suncor와 같은 오일사들과 국내 업체 제휴 - Black Gold, Rush Lake, Kearl, Fort Hills 등 프로젝트 참여 및 track record 확보 - 실적 프로젝트 FEED를 수행했던 발주처를 중심으로 추가 프로젝트 수주 계획 수립 - Fort Hills 프로젝트 등 프로젝트를 성공적으로 수행하여, 향후 초대형 프로젝트를 추가 수주		
Business Model		
- 주요 시설은 국내에서 모듈 부품으로 제작해 해상으로 캐나다까지 운송하고, 이 모듈들은 캐나다 현지 건설사들을 최대한 활용해 조립·시공 (성진지오텍, Canada Kearl 오일샌드 프로젝트, $1,500,000,000, 1.6조원, 2011) - 기본설계 (FEED) 과정 사전 수행 (SK건설, Fort Hills 프로젝트) - 상세설계·구매·시공관리 (EPCM) 주계약자로 오일샌드 플랜트 건설 사업에 참여 (SK건설, Canada Fort Hills 오일샌드 프로젝트, $2,550,000,000, 2.6조원, 2014. 8)		
기타 중점 내용		
- 오일샌드가 부존되어 있는 지역 특성(동토 지역, 물 부족 지역, 인력확보 어려움, 설비이송 어려움 등)에 맞는 플랜트 세부사항들에 대한 세부 고려가 요구됨. - 오일샌드에서 원유성분을 추출, 분리하는 기술은 기존 상용화된 기술들이 있으나, 추가로 최적화할 부분이 있음. 캐나다 등 산지에서는 시료의 반출을 엄격히 통제하고 있어서 국내에 대량을 들여와 실험하기는 어렵고 국내기업이 확보한 해외 광구에서 시험이 진행되어야 하는 제한점이 있음.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 23)

플랜트 후보과제 명			초임계압 CO_2 싸이클 고효율 발전 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반정보 제공자 : 한국기계연구원/책임/최병일 정리 및 보충 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	미래부
		사업명	초임계 CO_2 발전시스템용 핵심기계 기술 기반 구축
		기간	2015.01.01-2019.12.31
		예산	90억원
		주요 참여기관	한국기계연구원
	과제 2	부처	미래부
		사업명	초임계 CO_2 발전시스템 기술개발
		기간	2015.01.01-2019.12.31
		예산	
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		-
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		-
핵심기술 리스트			- 초임계 CO_2 발전시스템 사이클 기술 - 초임계 CO_2 발전시스템 핵심기자재 설계/성능해석/성능시험 기술
기술보유사	국내		- 한국원자력연구원 - POSTECH - KAIST
	국외		- MIT - Sandia National Laboratory - Barber & Nichols - Dresser Rand 자회사 Ecogen - 미해군 원자력연구소 Knolls Atomic Power Laboratory - Argonne National Laboratory - Pratt Whitney Rocketdyne - GE - Toshiba, Internet Power, Chicago Bridge & Iron, Exelon
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 300 kWe급 종합실험장치 (Sandia Lab) - 10 MWe급 실증실험장치 (DOE, Sandia Lab, Ecogen)
	주요 대상 지역		- 미국, 일본, 한국
	시장 크기		- 국내 시장 2조원, 세계 시장 40조원 이상으로 추정
	기타		-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		현대중공업, 삼성테크윈
	중견기업		대주기계
	중소기업		진솔터보기계
	연구기관		한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국항공우주연구원, 한국원자력연구원
	대학		서울대학교, 포항공대, KAIST

틈새 시장 접근 방식



1. 전 세계적으로 시장형성 초기단계임
2. 선진업체와의 기술격차가 심하지 않으므로 단기간의 노력으로 시장을 선도할 수 있음

Business Model

- 2030년까지 47조원 글로벌 시장이 형성되고, 12만명의 고용을 창출할 수 있을 것으로 전망됨
- 미국은 이미 수백 kW급 발전 기술을 넘어 수십 MW급 발전 상용화 개발 단계에 돌입했으며, 우리나라는 일본과 함께 2위 그룹을 형성하고 있음
- 미국이 조금 앞서 있지만, 사실상 거의 출발선 상에 있기 때문에 결국 얼마나 빨리 대응하여 원천 기술 및 시장을 선점하느냐에 따라 미래 에너지 시장에서의 지위가 좌우될 수 있음
- 10MW급 초임계 CO_2 발전시스템은 대기업보다 중소·중견기업이 사업화할 수 있는 적합한 규모인 만큼, 초임계 CO_2 발전시스템에 도움이 될 수 있는 기술을 가진 모든 분야의 중소·중견기업이 사업에 참여할 수 있음
- 향후 초임계 CO_2 발전시스템 기술개발을 위해 중소·중견기업들과 협력하며 실제 시장에 진입할 수 있도록 규제 개선, 기술 개발, 기업 육성, 인력 양성이 필요함
- 다양한 에너지 동력과 융합이 가능하므로, 기존의 화력, 원자력, 지열, 태양열, 연료전지 등 거의 대부분의 열원과 연계 및 다양한 폐열 활용에 적용될 수 있음

기타 중점 내용

- 초임계 CO_2 발전시스템은 산업통상자원부에서 2013년 신(新)산업생태계 창출을 위해 발굴된 13개 산업엔진 프로젝트 중 하나로 선정되었으며, 이후 초임계 CO_2 발전시스템 추진단이 운영 중에 있음.
- 산업자원부에서 주도 추진하는 사업으로서 국토부 플랜트 사업으로 추진하는데는 산업자원부와 구체적인 협의가 요구됨. 따라서, 본 과제의 다부처 공동기획 대상에서는 제외한 바 있음.
- 지금까지 물을 수증기로 변환시켜서 스팀터빈을 구동하여 전기를 생산하던 기존방식에서 물을 CO2로 대체 사용하는 기본 파라다임을 변화시키는 차세대 발전기술 방향임. 원천기술 특허 확보가 관건인데, 이를 위해서는 일정 규모 이상의 실조건하 플랜트가 구동되면서 검증된 자료 제시가 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드(NO. 24)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>Advanced 초초임계압(USC) 발전 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>포스코건설/ 그룹장/남성현</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015.1.30</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>차세대 화력발전 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2002.09 ~ 2008.08</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>7,408,400천원 (650억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국전력공사 전력연구원, 두산중공업</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>차세대 화력발전 상용화 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2008.09 ~ 2016.08</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>5,690억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국전력공사 전력연구원, 두산중공업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- AUSC 발전 시스템 설계기술
- AUSC용 보일러, 터빈 제작기술
- 고온고압용 대형 초합금 파이프 제작 및 용접기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국전력기술
- 두산중공업</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- MHPS (Mitsubishi Hitachi Power Systems)
- Siemens</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 현재 국내에는 USC 발전소 건설 중</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 현재 USC 발전 운영 중
- 일본, 유럽, 미국 등은 '15년 실증을 거쳐 '20년 실용화</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 일본, 유럽 등 선진시장 이후 동남아 시장</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 세계발전시장은 연 2.2% 성장, 약 60% 화력발전 점유</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>한국전력, 한전기술, 두산중공업, 국내 건설사 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>특수강 및 Seamless Pipe 제조사 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>전력연구원, 에너지기술연구원 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>부산대학교 Clean Coal Center 등</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4"><석탄 화력 발전 연계 사업>
- 현재 전 세계적으로 발전 플랜트의 상당 부분을 차지하는 것이 석탄 화력 발전소인데, 근래 CO_2 저감 등의 온실가스 배출 규제의 문제에 직면해 있다. 그것을 해결하는 가장 현실적이</td></tr>
</table>

	고 쉬운 방법 중 하나가 USC를 적용한 방법이 될 수 있다. - USC 화력발전플랜트 기술을 RAM과 실적을 확보하면 시장요구의 맞춤형 용량과 증기조건의 첨단 발전소를 공급할 수 있기 때문에, 화력발전기술의 기술자립 뿐 아니라 세계최고의 경쟁력을 확보하고 있는 건설과 제작, 설치 및 운영기술을 결합 선도 할 수 있다.
Business Model	**<Advanced USC 화력발전 주기기 및 BOP 설비 제조사업, EPC 및 IPP 사업>** - Advanced USC 화력발전은 일반적인 화력발전과 Business Model은 동일하며, 부품소재, 터빈시스템, 보일러시스템, BOP설비, 설계, 발전소 건설 및 운영 기술의 단독 또는 단위기술의 조합 형태로 수요자의 요구에 따라 다양 - 일본과 유럽은 1980년대부터 600℃급 USC 기술개발을 정부주도로 실시해 1990년대 후반과 2000년대 초반 상용화에 성공. - 일본은 1980년부터 정부 통산성과 EPDC 주도로 600℃급 USC 기술개발을 phase 1과 phase 2로 구분해 2001년까지 수행했으며, 각 단계별 목표가 완료되는 시점에 기술개발을 증명하기 위해 대상발전소에 적용해 상용화하는 RD&D 전략을 적용해 성능과 신뢰성 입증에 성공함으로써 USC 석탄화력발전 기술과 시장을 선도하는 리더가 되었다.
기타 중점 내용	- 단기적으로 바로 적용할 수 있는 지역 및 플랜트를 선정하고 효율 증진에 대한 부분을 집중해야함. - USC 기술에 가장 앞서있는 일본에서 Advanced-USC 기술개발을 주도하고 있고, 중국은 USC 기술을 대규모로 적용한 실적을 바탕으로 자국시장에 건설할 기술 A-USC 발전플랜트는 자국 기술화 하려고 노력중임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 25)

플랜트 후보과제 명			가스화 연료전지(IGFC) 발전 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이춘식
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	미래창조과학부
		사업명	이산화탄소 저감형 석탄 가스화 연료전지 복합발전 시스템 개발
		기간	2013. 06. ~ 2016. 05.
		예산	1.5억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	부산대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		유 (●), 무 ( )
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- 고온연료전지 기술(Ex. MCFC, SOFC) - 탄소포집, 저장 기술(CCS) - 가스터빈, 스팀터빈 발전 기술 - 폐열 재활용 발전 기술
기술보유사	국내		- Fuel Cell Power (현 두산 Fuel Cell)
	국외		- Fuel Cell Energy (미국) - UTC(a United Technologies Company) Power (미국) - National Energy Technology Laboratory(미국) - J Power(일본)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획		유 (●), 무 ( ): 서부발전의 태안 300 MW IGCC 플랜트에서 slip-stream 연계 1 MW와 10 MW IGFC 발전을 계획 중
	기타		
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 미국은 DOE 지원 Coal-Based IGFC Project(2010년~)를 통한 UTC Power사에서 50kW급 Test Stand 실증, 1500시간 내구성 시험 - 일본은 경제통상산업부 지원 Japan's National Cool Gen Project(2013년~)를 통해 IGFC 플랜트 건설을 진행중으로 2020년 이후 상용화 계획
	주요 대상 지역		- 전 세계
	시장 크기		- 국제에너지기구(IEA)에서 2011년에 발표한 자료에 의하면 전기생산을 목표로 한 모든 에너지원에 대한 석탄의 비율은 27% 수준 - 세계 발전시장 규모는 2011년 British Chambers of Commerce(BCC) 보고서에 따라 2,880억달러 수준 - 따라서 석탄을 이용한 발전을 모두 고려했을 때 IGFC 플랜트의 잠재적 시장은 2011년 기준 778억달러 정도이고 2015년 현재 약 1000억달러로 예상됨
	기타		- 석탄에 대한 수요 변화폭이 크므로 미래 시장예측은 불투명함
국내 관심	대기업		한국전력, 서부발전, 두산중공업, 포스코에너지, 코오롱하

기관 (국내 Value Chain)		이드로제닉스, LG Fuel Cell Sys.
	중견기업	미코: SOFC 스택 기술
	중소기업	부산연료전지발전(주): 연료전지발전소 운영기술
	연구기관	전력연구원, 고등기술연구원, 에너지기술연구원, 기계연구원, 화학연구원
	대학	포항공과대학교, 부산대학교

틈새 시장 접근 방식

- IGFC 플랜트 요소기술 개발(고온연료전지, 탄소포집과 저장 기술, 폐열 회수 발전 등)
- IGFC 플랜트 모듈화 기술, 단위 모듈 개발
- 중소형 규모 IGFC 플랜트 개발
- 국내 서부발전의 기술개발 추진전략

(Track 1, 단기) 태안 상용급 IGCC 플랜트에서 여유 석탄가스를 분기하여 기 상용화된 MW급 연료전지(PEMFC,MCFC 등)와 연계하는 1 MW급 IGFC 시스템을 구축하여 핵심 기반기술 확보 → 2단계로 10 MW급 IGFC 상용화 기술개발 추진

(Track 2, 장기) 고효율 IGFC 기술개발을 위해 250 kW급 IG-SOFC 기술개발을 2단계(6년)로 추진 → 2025년 이후 Multi-MW급 SOFC 기반 고효율 IGFC 시스템 상용화 추진

- (타겟 시장) 기존 석탄화력을 대체할 고효율 청정 석탄화력 신발전 시장
  * IGFC는 전세계적으로 설치된 사례가 아직 없으며 석탄발전의 최고 고효율 정점기술로 평가되어 상용화시 석탄발전시장의 상당부분을 대체할 것으로 예상
- (사업화 예상시점) 석탄가스화 연료전지는 2020년까지 국내 SNG와 IGCC 플랜트와 연계한 실증기술 개발 시 2025년 이후에는 상용화 단계로 진입 예상
  * 일본은 NEDO 지원의 Osaki CoolGen 프로젝트로 산소 주입형 IGCC 플랜트 개발에 추가하여 2020년대에 IGFC 실증할 계획

Business Model

- 국가적 지원에 의해 기술개발 후 국내 발전플랜트시장의 보급 확대, 이 후 해외시장 공략
- Global Coal Risk Assessment에서 2012년에 발표한 자료에 의하면 석탄을 사용한 발전량 기준 상위 10개국은 중국, 인도, 러시아, 터키, 베트남, 남아프리카, 미국, 우크라이나, 폴란드, 독일 순으로 일본은 25위에 한국은 35에 랭크됨
- 석탄을 활용한 발전량은 많으나 발전기술이 약한 베트남, 남아프리카 등과 전략적 제휴를 맺고 공동기술 개발 후 현지 플랜트에 적용 함

기타 중점 내용

- 미래에는 발전효율 65%까지 달성 가능하여 석탄화력발전 중에서 가장 효율이 높고 온실가스 및 환경오염 물질 배출저감에 크게 기여할 수 있는 고효율 융복합 발전기술임. 정부의 RPS 정책을 반영하여 국내 기술을 조기에 개발하여 선진국보다 앞서서 상용화 기술을 선도할 필요가 있음.
- IGFC는 현존하는 실현가능한 가장 고효율의 석탄화력발전기술임. 석탄가스화/고도정제/연료전지/복합발전의 융복합 발전기술로 기술선점시 고부가가치 산업으로 창출이 가능하며, 연관 플랜트/설비/부품 산업의 활성화 및 고용증대에 크게 기여 가능함.
- 한국은 1.35조원을 투자한 300 MW급 석탄IGCC발전소가 2016년 가동되고, 세계 최대규모 연료전지 발전단지가 구축되어 있는 등 선진국 대비 관련 인프라 조건이 현재는 경쟁우위임. 일본의 CoolGen프로젝트와 미국 DOE의 IGFC 실증이 구현되는 2020년 이전에 국내 유리한 조건을 적극 활용이 요청됨.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 26)

플랜트 후보과제 명			가스화공정 연계 대용량 고온형연료전지 열병합발전 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		한국화학연구원/그린화학공정연구본부 본부장/전기원
	작성 일자		2015년 1월 30일
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	교육부
		사업명	이산화탄소 저감형 석탄 가스화 연료전지 복합발전 시스템 개발
		기간	2013-06-01 ~ 2016-05-31
		예산	51 백만원
		주요 참여기관	부산대학교
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	한국형300MW급 IGCC 실증플랜트 기술개발
		기간	2011-02-01 ~ 2016-11-30
		예산	1조 4,000억
		주요 참여기관	두산중공업, 에너지기술연구원, 부산대학교, 성균관대학교, 영남대학교, 한국서부발전, 현대중공업, 고등기술연구원, 홍익대학교, 수원대학교, 아주대학교, 현대중공업, 서울대학교, 한양대학교, 한밭대학교, 인하대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 가스화 연료전지 1 - 가스화 연료전지 2
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 가스화 연료전지 1
핵심기술 리스트			- IGCC 가스화 및 정제기술 - 고효율 고온형 연료전지 공정기술 - 연료전지 off-gas 활용 열병합 기술
기술보유사	국내		- 포스코에너지 - 두산중공업 - LG Fuel Cell Sys. - 에너지기술연구원, KIST
	국외		- Fuel Cell Energy - Shell - GE energy
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		- 경기그린에너지(주) : LNG 활용 58.8 MW급 연료전지 전기생산 및 중온수 공급 - IGCC + 연료전지 기술은 정부예산 725억원 규모를 이용, 2030년까지 석탄 300톤/일 용량의 플랜트 완공을 목표로 함
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 일본 CoolGen (석탄 IGCC + CO_2 + 연료전지) 프로젝트 ('12~'22년) : 일본석탄에너지 센터 (JCOAL) 개발 석탄가스화기 + 미쯔비시 가스터빈 + CO_2 포집 + 연료전지 연계 실증 - 미국 Coal based IGFC Project (DOE 지원) : 50 kW SOFC-IGFC Test (3,000 시간 이상 운전)

		- 중국은 중국내 5개 발전회사와 2개의 석탄회사 및 1개의 투자회가등이 GreeGen 설립 후 가스화 공정에 대한 250 MW급 Plant 기술개발 및 실증 추진과 더불어 수소 터빈과 연료전지 연구 추진중
	주요 대상 지역	- 미국(DOE), 일본(통상산업성)을 중심으로 연구개발 진행 - IGCC 프로젝트와 병행 연구
	시장 크기	- 2000년부터 대형 석탄가스화 플랜트 건설 증가 - 2010년말 기준 가스화 플랜트는 총 144개 (가스화기 : 412개) 총 용량 70,817 MWth임. 사용연료는 석탄 51%, 중질유 25%, 천연가스 22%, 그 외 석유코크스 및 바이오매스가 2%임. 최종생산물은 화학연료 45%, FT 연료 38%, 전기 11%, 그 외 연료가스 6% 비율임
	기타	- IGCC 프로젝트가 2020년경 플랜트 시장 형성 이후 효율성이 높은 FC 공정과 연계가능성이 높음
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	두산중공업, 포스코에너지, 현대중공업
	중견기업	GS 파워
	중소기업	부품/소재 업체 다수
	연구기관	KIST, 에너지기술연구원, 전력연구원, 고등기술연구원
	대학	서울대학교, 한양대학교, 한밭대학교, 인하대학교, 부산대학교, 성균관대학교, 영남대학교, 홍익대학교, 수원대학교, 아주대학교

틈새 시장 접근 방식

- 가스화연료전지 복합발전은 열효율성 증대, 물 소비량 감소를 통한 IGCC 보다 우수한 전기 생산경쟁력 획득
- IGCC 플랜트의 value chain 확대 및 에너지원 다변화에 기여
- 연료전저기술 뿐만아니라 CCS 기술등 각종기술을 연계하여 고유가 및 기후변화대응 기술
- IGFC 플랜트의 고부가가치화 및 온실가스 규제 대응 및 에너지 안보강화

Business Model

- IGCC 및 고온형 연료전지산업의 원천기술을 확보
- 국내 제작 플랜트 활용으로 부품소재산업 육성 및 인프라 구축
- 국내 중공업사 강점인 모듈화 설계/제작능력과 IT 기술을 접목한 설비와 공정기술 개발
- IGCC 및 고온형 연료전지산업의 설계/건설/운영기술을 확보하고 이를 바탕으로 국내 강점 기술인 플랜트 제조 기술을 활용하여 적극적인 수출산업화 추진
- 고부부가치 플랜트 독과점 시장 선점

기타 중점 내용

- IGFC 플랜트 기술개발 내용과 유사한 부분이지만, 열병합까지 분야를 확대한 내용임.
- 고온형 연료전지로는 MCFC와 SOFC가 있지만, 아직 MW급 상용화까지는 상당한 시간이 필요함. MCFC는 운전중단시 연료전지에 균열이 생기는 문제가 있어서 국내 D중공업의 경우 거의 1,000억원 기술개발 투자 후 폐기한 바도 있으며, SOFC는 일본 등에서 5 kW급 시판단계이고 250 kW급을 시험 중임. SOFC 기술개발은 예상보다 더디게 진행되어 MW급 규모까지 가는데는 적어도 5년 이상이 필요해보임. 따라서, 고온형 연료전지는 연료전지 자체개발에 아직 문제가 있어서 IGFC로 연계에 한계가 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 27)

플랜트 후보과제 명			마이크로기기 동력원 초소형 발전 시스템
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015. 2. 23
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	차세대 Micro-Factory 시스템 기술 개발
		기간	2004. 09. ~ 2011. 08.
		예산	0.8억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국기계연구원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	동력 및 수소 발생용 마이크로 연소 시스템 설계에 관한 연구
		기간	2004. 11. ~ 2007. 10.
		예산	0.27억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	성균관대학교
	과제 3	부처	국무조정실
		사업명	마이크로 동력원 개발을 위한 기반기술연구
		기간	2002. 01. ~ 2002. 12.
		예산	13억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국과학기술연구원
	과제 4	부처	교육과학기술부
		사업명	초소형 추진기관을 위한 마이크로 연소기의 설계와 가공 공정 확립
		기간	2006. 03. ~ 2009. 02.
		예산	1.2억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국과학기술원
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	Micro/Meso부품 대응형 마이크로 기계가공 시스템 기술 연구
		기간	2004. 09. ~ 2011. 08.
		예산	5.77억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국기계연구원
	과제 6	부처	과학기술부
		사업명	마이크로 동력원 개발을 위한 기반 기술 연구
		기간	2004. 01. ~ 2004. 12.
		예산	13.75억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국과학기술연구원
	과제 7	부처	과학기술부
		사업명	유비쿼터스 마이크로 동력원 개발
		기간	2005. 11. ~ 2006. 04.
		예산	2억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국과학기술연구원
	과제	부처	미래창조과학부
		사업명	완전피동 초소형원자로 기술개발

	8	기간	2011. 12. ~ 2017. 12.
		예산	10억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국원자력연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 2040 국토교통 미래기술 예측조사
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)
핵심기술 리스트			- 초소형발전 핵심설비와 시스템 기술 - Piezoelectric MEMS 기법을 이용한 에너지 하베스팅 기술 - 운용제어기술
기술보유사	국내		- 음력발전: 소음, 진동으로부터 전기에너지 생산 - 인하대학교 기계공학과 김재환 교수
	국외		- Ferro Solution - nanoNet - Innowattech: 압전 에너지 발전기 - MIT, DARPA: 전투화 발전기 - UC Berkeley의 MEMS Rotary Engine - Honywell 연구소는 미네소타 대학과 공동으로 MEMS free piston nook 엔진 개발 - 소형 가스터빈 - Capstone Turbine - Ebara - ABB - Bowman - Ingersoll Rand - GE - MIT: 10W급 MEMS형 초소형 가스터빈 - 동북대학: 10W급 MEMS형 초소형 가스터빈 - 동북대학, IHI: 100W급 palm top형 초소형 가스터빈, 700W급 개발 - Stanford 대학교, 혼다: 100W급 palm top형 초소형 가스터빈 - M-dot: 100W급 palm top형 초소형 가스터빈 - 동경대학 주도 국제 공동 ONERA, CIAM, VKI: 2-3kW급 palm top형, 10W급 finger top형 초소형 가스터빈 - KU Leuvain: 1kW급 초소형 가스터빈
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 미국 캘리포니아 산타마리아 래디슨호텔 Integrated CHP (배가스 열교환기 내장형) 시스템 - 뉴욕 Ithaca에 있는 천연가스 전송 플랜트
	주요 대상 지역		- 북미, 아시아, 일본
	시장 크기		- 마이크로 가스터빈 세계시장 5조원/연
	기타		- 휴대용 기기의 미세 진동에너지 및 소산에너지 등을 MEMS 기술을 이용하여 전기에너지로 변환하는 기술개발 - 미국 Ferro Solution Inc.는 Energy Harvester라는 이름의 에너지 발전시스템을 개발하여 각종 센서 및 MEMS

		장치 등에 응용 - 독일 회사인 nanoNet 사(社)는 Macro Fiber Component (MFC) 블레이드의 진동을 이용하여 발전을 진행함과 동시에 RF로 신호를 보내는 기술을 보유 - 가정용 보일러를 대체할 초소형 열병합 발전시장은 유럽을 중심으로 보급이 시작되어 2010까지 급격하게 성장 - 영국에서는 2010년까지 약 100만 가구, 2025년까지 전 세대의 절반인 약 1천3백만 가구에 가정용 열병합이 보급될 것으로 전망 (2000.09.01 가디언지) - 2001년 영국의 BG그룹과 일본의 Rinnai가 가정용 열병합 시스템의 공동개발 및 제조에 합의하여 양산체제를 구축 중. 2004년부터 유럽을 중심으로 보급을 시작할 예정임 (2002.01.30 한국가스신문) - 유럽은 가정용 열병합 발전시스템의 안전 및 성능과 계통연계를 위한 표준화를 마련하기 위한 노력을 공동으로 진행 - 미국에서도 최근 가정용 열병합발전 시스템 개발과 보급을 위해 엔진 벤처회사, 보일러회사, 에너지회사가 연계하여 Consortium을 결성
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	삼성물산, 한국가스공사, 대형선박엔진 제조사, 자동차용 천연가스 엔진 제조사, 산업용 가스엔진 제조사, 두산인프라코어, 효성, 삼성전자
	중견기업	대형선박엔진, 열병합 발전용 가스엔진, 바이오 가스엔진, 열병합 마이크로 가스엔진 부품 제작사
	중소기업	대형선박엔진, 열병합 발전용 가스엔진, 바이오 가스엔진, 열병합 마이크로 가스엔진 부품 제작사
	연구기관	초소형 가스터빈: 기계연구원, 한국과학기술연구원, 전력연구원, 에너지기술연구원, 원자력연구원
	대학	초소형 가스터빈: 서울대학교 인하대학교, 성균관대학교, 한국과학기술원
틈새 시장 접근 방식		
- 아파트 베란다에 가정용 계통연계형 미니 태양광 발전기를 설치하여 전기요금을 한달에 15~24 kWh의 전기 생산 가능 - 타이어 휠 진동 에너지를 압전 재료를 이용한 전기에너지 변환 - 왕복동형 엔진을 사용한 연속 및 열병합 발전 시장에 접근 가능하며, 초소형 터빈이나 연료전지 대비 비용 측면에서 우수함 - 공장 현장 발전이 어려운 고무, 플라스틱, 금속 가공, 전자 분야에 초소형 발전 적용성이 가장 높은 반면에, 식료품, 종이 생산 공장에서는 공장 현장 발전이 많이 사용되어 왔음에도, 적용성이 높은 분야임		
Business Model		
- 공정, 장비, 소재의 개발과 함께 산업 전 분야에 핵심 원천기술의 확보 - 에너지 발생 및 전송 시스템 기술이 에너지 집적 시스템 모듈화와 병행하여 표준화 선도 - 폐열 스팀을 활용한 열병합 발전에 활용 - peak shaving (수요 peak 때를 대비한 비축)에 활용 - 법정 의무 사항인 병원, 공항 등에 사용 가능한 전력 공급 신뢰성 확보를 위한 대기/긴급 발전용도로 개발 - 가스 압축기, 공기 압축기, 냉동기, 칠러, 펌프 등 기계 동력을 위한 초소형 전력시스템 활용 - 용접, 반도체 생산에 사용되는 DC 전력 생산에 도입 - 식료품, 출판, 고무/플라스틱, 금속 가공, 산업/통신 기계 분야에서 가장 활용도가 높을 것으		

로 기대됨
- 군사용 위험물 처리, 정찰용 로봇 전원 공급 장치로 사업화
- 군용 견마 로봇 동력원 실용화
- 민수용 휴대용 발전기 사업화
- 초소형 항공기 또는 무인 항공기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV), 초소형 인공위성 동력원으로 실용화
- 원자로 냉각용 세관 및 화학 플랜트 가스관 검사/보수 Micromachine의 동력원으로 사업화

기타 중점 내용

- 미래 에너지사업으로서 소재 및 전지전자 등 핵심 원천기술과 연관이 큰 분야로서, spin-off 적용분야가 매우 다양함.
- 초소형(micro) 가스터빈의 경우 10여년전부터 가격이 자동차엔진 정도로 저렴한 제품으로 상용화될 것으로 많은 기대가 있었지만 아직 저렴한 제품 출시는 안 된 상태임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 28)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>가스화 플랜트 활용 병합(poly-generation) 플랜트
(전기, 청정연료, 화학원료 동시 생산)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국화학연구원/그린화학공정연구본부 본부장/전기원</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="6">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>한국형 300MW급 IGCC 실증플랜트 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011-02-01 ~ 2016-11-30</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1조 4,000억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>서부발전, 두산중공업, 현재중공업, 고등기술연구원, 에너지기술연구원, 부산대학, 성균관대학, 영남대학, 홍익대학, 수원대학, 아주대학, 서울대학, 한양대학, 한밭대학, 인하대학</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 가스화 병합 발전 1
- 가스화 병합 발전 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 가스화 병합 발전 1</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 석탄가스화 연계 석탄액화기술
- 석탄가스화 연계 SNG 촉매/공정기술
- 합성 생성물 고도 정제 분리기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 에너지기술연구원
- 고등기술연구원
- SK 에너지 GS Caltex</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Sasol
- Haldor Topsoe
- Exxon Mobil/BP/Shell</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- IGCC+청정 syngas이용 기술은 정부예산 625억원 규모를 이용, 2030년 까지 석탄 300톤/일 용량의 플랜트 완공을 목표로 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- Summit Power Texas Clean Energy 석탄 IGCC + CO_2 포집 + EOR + 비료생산 프로젝트를 진행 중 (2018년 운전 목표)
- Eastman Chemical사는 80년대 초반부터 화학연료 생산을 위한 가스화 설비를 운전해오고 있음
- POSCO는 2조원 규모 석탄가스와 SNG 생산플랜트 건설 2011년 시작, SK에너지는 KBR과 기술합작으로 2010년 유동층 석탄가스화기 자체개발 착수</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- IGCC 병산 프로젝트가 2020년경 큰 세계 플랜트 시장 형성 예상
- 상용 실적 확보에 미국 DOE, 일본 MITI, 중국 정부가 지원 중</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 1기가 10~40억불에 달하는 대형 플랜트 사업
- 2010년말 기준 전 세계에서 가동 중인 가스화 플랜트는 총 144개 (가스화기: 412개)이며 총 용량은 70.817 MWth임. 최종 생산물은 45%, 연료 38%, 전기 11%,</td></tr>
</table>

		그 외 연료가스 6%의 비율로 생산됨.
	기타	- 상용화 실적이 있는 업체 위주로 독과점 시장 형성이 예상됨
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK에너지, 두산중공업, POSCO, 현대중공업
	중견기업	우양에이치씨, 아하엠텍
	중소기업	세운T&S
	연구기관	서부발전, 한국가스공사, 고등기술연구원, 화학연구원, 에너지기술연구원
	대학	서울대학, 한양대학, 한밭대학, 인하대학, 부산대학, 성균관대학, 영남대학, 홍익대학, 수원대학, 아주대학

틈새 시장 접근 방식

- 국내 보유 및 건설되는 설비를 활용한 설비와 기자재 원천 신기술 개발과 검증
- 부품/소재국산화, 실증지원 및 인프라 구축
- 안정단계에 진입한 국내 발전기술을 고효율, 환경친화적인 기술로 육성시켜 수출품목화함으로써 녹색성장 창출
- 높은 건설비용을 상쇄할 고부가가치 화학연료 병산시스템으로의 모색: IGCC 플랜트의 Value chain 확대 및 에너지원 다변화 (석탄의 청정연료화)

Business Model

- IGCC 플랜트에 각종 화학원료 생산기술 등을 연계하여 전기생산과 다양한 원료 및 화학원료(FT 연료, DME, SNG, 수소 등)을 생산하는 병산(Poly-generation)시스템을 구축할 경우 건설비용과 운영비용을 저감함과 동시에 에너지 전환효율을 향상할 수 있음
- IGCC 연계기술에 대한 국내 시장의 주요 공급자이면서 수요자는 석유화학, 에너지(발전) 및 기초원자재 산업을 주도하는 공기업 및 대형 사기업이라 할 수 있음
- IGCC 연계기술에 의한 발생 품목을 시장 수요에 맞게 원활한 공급을 위해서는 IGCC 연계기술의 핵심요소 기술의 개발이 선행되어야 함. 핵심요소기술에는 IGCC 플랜트 설계/운전기술과 더불어 다양한 연료 및 원료를 제조하는 공정에 대한 설계 및 운전기술과 2가지 이상의 공정을 연계한 플랜트의 운전 신뢰성등이 확보되어야 함

기타 중점 내용

- 석탄, Pet-coke, 폐기물, 바이오매스 등 유기물로부터 합성가스를 생산하고 이를 정제한 후 전기, 열병합, 화학원료 등으로 다양하게 병합(poly-generation)하는 플랜트 분야로서, 다양한 원천기술이 확보되고 조합되어 연계 실증이 되어야 시장에 진출이 가능함.
- 저유가 시대에는 원료가격이 더 낮은 유기물(예: pet-coke, 폐기물)을 합성가스로 변환시켜 고부가가치 제품으로 만드는 플랜트 기술로 진화할 것임.
- 대부분 원천기술은 유럽과 미국업체들이 보유하고 있고 중국이 해외기술을 도입 개량하여 자체기술화한 상태로 한국이 진출하려면 명확한 틈새시장을 제시할 필요가 있음.
- 국내에서도 합성가스 사용 전기생산(태안 300MW IGCC 발전소)과 SNG 생산 상용규모 플랜트(포스코 광양제철소 연산 50만톤 석탄가스화 SNG 플랜트)가 2016년에 준공됨.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 29)

플랜트 후보과제 명			유동층 연소발전 플랜트 (대용량 유동층 연소 플랜트)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이재용
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	RDF 연소 순환유동층 열병합 발전시스템 개발
		기간	2003. 07. ~ 2007. 6.
		예산	10억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
	과제 2	부처	환경부
		사업명	슬러지와 폐플라스틱 혼합 RPF 연소 유동층 보일러 개발
		기간	2004. 06. ~ 2005. 5.
		예산	3.2억원 (정부연구비)
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- USC-CFB 모델개발 기술 - >500MW급 USC-CFB 종합설계기술 - 국내발전소 실증기술
기술보유사	국내		- 한국에너지기술연구원 - 서부발전 - 한국전력
	국외		- Foster Wheeler(핀란드) - 고베 제철(일본)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (●, 300MW급 발전플랜트, 남동발전, 2011), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 (●, 500MW급 삼척그린파워발전소, 2016), 무 ( )
	기타		- 해당 없음
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 프랑스, Porvence 발전소(250MV, 1995) - 폴란드, Turow 발전소(235×3MW, 1998) - 미국, ASE Warrior Run 발전소(200MW, 1999) - 미국, Red Hill 발전소(250×2MW, 2002) - 푸에트리코, Guyama 발전소(255×2, 2002) - 미국, JEA 발전소(300×2 MW, 2002) - 폴란드, Turow 발전소(260×3 MW, 2004) - 미국, Weward 발전소(292×2 MW, 2004) - 중국, Baima 발전소(300MW, 2005) - 이탈리아, Sulcis 발전소(340MW, 2005) - 폴란드, Lagisza 발전소(460MW, 2005)
	주요 대상 지역		- 전 세계 화력발전소
	시장 크기		- 연간 4GW(순환 유동층 보일러 세계 시장 규모)
	기타		- 해당 없음
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		두산중공업, STX, 두산 파워시스템
	중견기업		가스 및 에너지 관련 기업 다수
	중소기업		해당사항 없음

	연구기관	한국에너지기술연구원
	대학	에너지관련 대학 다수

틈새 시장 접근 방식
- 지역난방공사의 열병합발전설비에 적용하여 가격경쟁력 극대화 - 열병합 발전설비와의 복합으로 중국시장 진출 - 분산 전원의 이점을 활용해서 분산전원에 대한 홍보와 분산 전원 정책의 주요 설비로 유동층 연소발전 플랜트 시장을 넓힐 수 있음

Business Model
- 국내 실증발전소 건설 및 운영을 통한 기술 검증을 통한 국내외 신발전시장 진출을 위한 수익형 국산모델 개발 - EPC, BOT, BOO 등 다양한 발전플랜트 시장 진입 모델 개발을 통한 국내 발전설비 운영사, 중공업사의 동반 해외진출 - 국내 동해 화력 순환유동층 연소로 운영. 형태는 외부 열교환기 설치, 3개의 사이클론, 3개의 FBHE 1개의 FBAC로 구성

기타 중점 내용
- 현재 관련 연구를 많이 진행하였으며, 상용 발전 기술에 접목된 기술로 차별성을 강조해야 함. - 유동층 연소기술은 중국이 자체 기술화하여 자국 내 많은 실적을 바탕으로 세계 정상급 기술을 보유하기 시작함. 원천기술은 독일 등 유럽에서 개발 상용화되었지만 현재는 바이오매스 분야에만 적용하고 있고, 일본이 전통적으로 유동층 연소/열분해 반응기 기술에 강점이 있었음. 일본은 폐기물 분야에도 많은 기술개발을 하여 유동상 열분해가스화 기술도 상용화시켜 한국에도 공급함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 30)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>저NOx MILD연소 석탄발전 플랜트
(고온 FGR 기술 적용 저 NOx 기술)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국기계연구원/책임연구원/심성훈</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015. 1. 30</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>한국기계연구원</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>자체연구사업</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012.1.1.-2014.12.31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>524,000천원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원, 충북대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 고온 FGR(Flue Gas Recycle)을 이용한 MILD 연소기술
- 코안다효과를 이용한 고온 FGR기술
- 미분탄 사이클론 연소기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국기계연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 밥콕Co.에서 차세대연소기술로 개발 중</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 미분탄 발전플랜트</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 저 NOx 시장으로 시장 크기 막대함</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관
(국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>두산중공업, 남동발전</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>버너 및 각종 부품/소재 업체 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국기계연구원,</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>충북대학교, 계명대학교, 부산대학교</td></tr>
<tr><td colspan="4">틈새 시장 접근 방식
- 소형 열병합 발전 연소설비에 적용 성능 평가
- 중형 및 대형 설비 적용 확장</td></tr>
<tr><td colspan="4">Business Model
- MW급 실증 플랜트 개발 성능 실증
- 국내 신설 혹은 기존 플랜트 성능 개선에 적용 성능 평가
- 표준 모델 확립, 수입 대체 및 수출</td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 중점 내용
- 유럽 등 선진국에서 차세대 연소기술로 개발 중인 기술
- 미분탄 연소과정에서의 NOx저감으로 후처리 부하 50% 이상 저감 가능
- NOx후처리용 SCR 설비비 및 운영비 50% 이상 절감 가능
- MW급 실증용 플랜트 개발 필요</td></tr>
</table>

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 31)

플랜트 후보과제 명			고효율 컴팩트 바이오매스 열병합발전 플랜트 (폐산림자원, 고형연료 활용)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/연구위원/유영돈
	작성 일자		2015. 02. 02
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국립환경과학원
		사업명	수입 바이오 고형연료제품 실증화 시범사업 환경성 분석
		기간	2013. 12 ~ 2014. 6
		예산	2.9억원
		주요 참여기관	국립환경과학원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	바이오매스 가스화 열병합 시스템 개발
		기간	2005. 3 ~ 2008. 2
		예산	4.8억원
		주요 참여기관	에너지기술연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (○), 무 ( )
	보유 파일명		- 에너지기술개발 전략로드맵 (바이오매스 에너지)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
핵심기술 리스트			- 바이오매스 종류별 로내 공급기술 - 바이오매스 고효율 연소 기술 - 열회수보일러의 부식 저감 기술
기술보유사	국내		- 조선내화이엔지 - 한솔신텍 - 포스코건설
	국외		- Foster Wheeler - Metso - AE&E
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (○), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 (○), 무 ( )
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 150톤/일*2기 Bio-SRF 연소보일러 (포천)
	주요 대상 지역		- 중국, 동남아, 러시아
	시장 크기		- 바이오매스 확보가 용이한 동남아시아 국가를 중심으로 시장확대 예상됨.
	기타		-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		포스코건설, 한솔신텍, 코오롱글로벌, SK E&S, 삼성에버랜드
	중견기업		천일에너지, 조선내화이엔지
	중소기업		그린에코, 대림로얄보일러, 동원이엔텍, 동림이엔지, CDS글로벌, 부창
	연구기관		고등기술연구원, 에너지기술연구원, 생산기술연구원, 기계연구원
	대학		공주대학교, 연세대학교, 서울시립대학교 등

틈새 시장 접근 방식
- 국내 대기업 건설업체와 국내 연소로 및 보일러 전문 중소/중견 기업을 주축으로 바이오매스 열병합 발전시스템 국내 고유모델 확보하여 국내 및 해외시장 진출 기반 마련 - 국내 중견/중소 - 국내 다양한 품질의 폐바이오매스(폐가구, MDF, 나무뿌리 등)와 미활용 바이오매스의 혼합 열병합 발전에의 적용 - 소규모 산업용 집단에너지 공급시설(2~10MWe) 요구 시장에의 보급 - 태국/캄보디아/베트남/인도네시아 등 동남아와 러시아, 중국의 2~10MWe 열병합발전 시장에의 진입 - 기술개발을 통한 국내 독자 모델의 바이오매스 열병합 발전플랜트 보급
Business Model
- 국내 바이오매스 열병합발전 플랜트 수요기업을 R&D 컨소시엄으로 구성하여 개발하는 플랜트 개발완료 후 상업운전으로 전환하여 사업화 모델화 함. - 개발 플랜트에서 국내 및 해외 바이오매스를 연소 시험할 수 있는 시스템으로 구축하여 플랜트 보급전 대상 바이오매스에 대한 시험 검증체계 확보 - 동남아, 중국, 러시아에 적합한 2~10MWe급 바이오매스 열병합 플랜트의 보급 추진 - 캄보디아 정부에서 지방에 공급하기 위한 2 MWe급 플랜트의 보급 사업화 추진
기타 중점 내용
- 바이오매스 열병합플랜트 분야 기술은 바이오매스 자원이 풍부하고 날씨가 추워 열병합 수요가 큰 유럽의 스칸디나비아 국가에서 가장 활발히 개발 상용화되고 있고 기술을 리드하고 있음. - 폐바이오매스 자원이 많은 동남아, 호주 북부 지역 등에서 지역 자원을 활용한 에너지원 개발에 관심이 많지만 날씨가 따뜻한 관계로 난방 수요가 적어 열병합 활용은 제한적임. - 국내는 발전소 등에서 신재생에너지 의무할당량을 달성하기 위한 수단으로서 바이오매스 혼소를 석탄투입량의 2~3%를 하여 바이오매스 펠렛에 대한 수요가 많음. - 산업부에서는 동남아 등지로부터 수입하는 바이오매스 펠렛량이 많아져 신재생에너지 활성화라는 원래 취지가 희석되므로 신재생에너지원으로 인정하는 바이오매스 종류와 양을 제한하려는 움직임이 가시화되고 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 32)

플랜트 후보과제 명			유기성폐기물 바이오가스 활용 연료전지 열병합발전 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		포스코건설 / 부장 / 남성현
	작성 일자		2015년 2월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부/에너지기술평가원
		사업명	신재생에너지기술개발사업
		기간	2011.7.1.~2015.1.31
		예산	14,800,000천원
		주요 참여기관	포스코건설, 영남에너지서비스, 진명환경산업, 에코에너지홀딩스, 포항산업과학연구원
	과제 2	부처	한국환경공단
		사업명	바이오가스를 활용한 고효율 연료전지 패키지화 발전 시스템 개발
		기간	2009.7.5.~2010.11.5
		예산	1,895,000천원
		주요 참여기관	포항산업과학연구원, 포스코건설, 나스텍이앤씨
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
핵심기술 리스트			- 회수/선별기술, 전처리기술, 혐기소화기술, 정제기술, 연료전지, 통합패키지화 기술
기술보유사	국내		- 포스코건설, 현대건설, 대우건설, 한국환경공단, 한솔이엠이, 태영건설, 금호건설
	국외		- Cambi(노), Linde AG Wies-Baden(독), Veolia Environment(프), CITEC Environment(핀), Organic Waste Systems(벨)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (○), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 (○), 무 ( )
	기타		- 바이오가스 플랜트 증가 예상
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 국외 2,000여개, 국내 70여개
	주요 대상 지역		- 독일, 프랑스, 스웨덴, 네덜란드, 스위스, 오스트리아, 미국, 일본, 베트남, 중국
	시장 크기		- 세계시장은 2017년에 90억달러 예상(년 10%성장) - 국내시장은 2020년에 3,300억원 예상(년 9%성장)
	기타		- 세계 연료전지 시장은 2018년에 599억달러 성장 - 국내 연료전지 시장은 2018년에 1.8억달러 성장
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		현대건설, 대우건설, 태영건설, 금호건설, 서희건설, 쌍용건설, 코오롱글로벌 등
	중견기업		한솔이엠이, 에코에너지홀딩스, 코오롱환경서비스, TSK 등
	중소기업		나스텍이앤씨, 정봉, 디에이치엠, 파일리포먼스, 코리아바이오가스, 유니슨하이테크 외
	연구기관		포항산업과학연구원, 고등기술연구원, 한국과학기술연구원
	대학		포항공과대학교, 한양대학교, 한경대학교, 한밭대학교, 부

		경대학교, 강원대학교, 전남대학교, 서울시립대학교 등

틈새 시장 접근 방식

<신도시 맞춤형 바이오가스 + 연료전지 통합프로세스 및 운영 기술 확보로 신규 시장 개척>

국가에너지기본계획은 자원순환형 사회 및 신재생에너지 수요증가로 분산형 전원을 15%까지 확대 예정에 있으며, 정부의 신재생에너지공급의무제도(RPS)와 열생산의무화제도(RHO) 시행으로 연료전지에 대한 수요가 증가할 것으로 예상됨('12년 3MW에서 '14년 300MW)

따라서, 아파트 등 가정에서 배출되는 음식물 등 유기성폐기물을 이용하여 혐기소화 공정으로 바이오가스를 생산하고, 생산된 바이오가스를 연료전지와 연계하여 전력은 생산하여 판매하고, 발생되는 열은 혐기소화공정의 가온용과 가정의 난방용 온수로 공급하게 되면 자원순환형 에너지기반사회를 구현할 수 있음

신도시 개발 계획시 본 기술을 적용하게 되면 에너지 자립형 신도시를 구축할 수 있고, 전기가 부족한 도서지역에 본 프로세스를 응용하면, 섬에서 발생하는 생선 등의 유기성폐기물을 이용하여 바이오가스를 생산하고, 연료전지와 연계하여 전기와 열을 생산하여 지역에 공급하는 프로세스로 틈새 시장 진출이 가능할 것임

Business Model

<유기성 폐기물 바이오가스 발전 플랜트 설비 제조사업, EPC 및 O&M 사업>

- 본 기술의 프로세스는 유기성폐기물 -> 전처리 -> 혐기소화 -> 정제 -> 바이오가스 -> 연료전지 -> 전기, 열 생산으로 구성되어 있음
- 신도시 개발이나 대단위 아파트 단지를 계획할 때 계내에서 발생하는 음식물, 분뇨, 축분 등의 유기성폐기물을 혐기소화공정과 연료전지를 연계하여 전기 및 열을 생산하여 판매함으로써 에너지 자족형 신도시 시스템 구축으로 사업화 가능
- 2010년 국내 바이오가스 발생량은 약157백만m^3/년이며, 석유환산톤으로 약73,000TOE로 국내 발생 유기성폐기물을 바이오가스화 할 경우 경제적인 효과는 8,500억원으로 예상(년간 76,000TOE 발생)
- 세계 연료전지 시장은 2018년까지 599억달러까지 확대 예상되며, 온실가스 감축으로 탄소배출권 시장 진출이 가능함
- 또한, 본 바이오가스 발전 시설의 제조, EPC, O&M 기술을 접목하면 대기업, 중견기업, 중소기업간 상생협력 사업을 추진할 수 있음(연료전지는 MCFC, SOFC, PEMFC 등 응용)

※ MCFC : 용융탄산염 연료전지, SOFC: 고체산화물형연료전지, PEMFC : 인산형연료전지

기타 중점 내용

<유기성 폐기물 전처리 및 운영기술 >

혐기소화 공정은 유기성폐기물은 안정적인 원료의 공급과 수집된 폐기물의 안정적인 전처리 기술이 매우 중요하며, 전처리 방법에 따라 혐기소화 공정의 안정적인 운전과 바이오가스 생산량을 결정하는 중요한 기술이 됨. 또한, 바이오가스 발전 시스템의 원격 무인 운전을 위해서는 통합 관리시스템의 자동화 기술과 트러블 사전 예방 프로그램 개발은 반드시 필요함.

그리고, 바이가스를 연료전지에 투입하기 위해서는 고순도 정제기술이 필요하며, 전체 바이오가스 발전 프로세스의 경제성 확보를 위해서는 경제적인 정제기술 개발이 필수적임

※ 연료전지 요구 조건 : Total Inorganic Sulfur < 0.8ppm(H_2S < 0.5, COS < 0.4, CS_2 < 0.02), Total organic Sulfur < 6ppm, Molecular weight sulfur < 0.3ppm, Halogens < 100ppb, Siloxanes < 0.1ppm, PM10 < 0.1ppm, CO_2 < 30%

- 음식물류폐기물로부터 바이오가스를 생산하는 해외에서 기술을 도입 설치 운영한 국내의 여러 설비에서 많은 운전상 시행오차가 발생함. 환경부에서는 '음식물류폐기물 바이오가스화시설 기술지침'(2nd Ed., 2015/12)을 만들어 이러한 시행오차가 반복되지 않도록 하고 있음.
- 환경부의 친환경에너지타운 사업의 첫번째인 홍천 친환경에너지타운에는 바이오가스화시설 100톤/일(가축분뇨 80톤/일 + 음식물류 20톤/일)이 설치 운영하고 있으며 생산된 바이오가스는 도시가스로 전환하여 사용함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 33)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>Bio-DME 생산 플랜트
(바이오매스 가스화에 의한 SNG 생산)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/연구위원/유영돈</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월 6일</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>10톤/일급 DME 실용화 기술개발(에너지자원기술개발사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2004-12 ~ 2009-12</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>49억원 (정부: 13억원/민간 36억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>가스공사</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>해양가스전 상용급 DME FPSO 핵심기술개발(에너지자원기술개발사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010-07-01 ~ 2013-06-30</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>16억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국가스공사, DSME</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (○), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- Biomass 가스화를 통해 합성가스 생산 기술
- 합성가스 내 오염물질 제거 및 성분 제어 기술
- 합성가스 이용 DME 합성기술
- Bio-DME전체 공정 FEED 기술 및 EPC 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 가스공사(DME 합성기술)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Biomass 가스화 기술 : Chemrec
- DME 합성기술 : Jutai chemicals, JFE</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 상업용 Bio-DME 플랜트는 아직까지 건설된 실적은 없음
- Bio-DME 플랜트에서 가장 핵심 공정은 Biomass 가스화 공정은 현재 pilot 규모 연구단계이며, 합성가스를 이용한 DME 합성공정은 이미 실증연구를 완료하여 상업화 가능한 수준에 도달한 상태임
- 따라서, Biomass 가스화 공정만 상용화 된다면 Bio-DME 플랜트 상업화가 가능한 기술 수준에 도달될 것으로 예상됨
- 그러나, 국내에서 Bio-DME 사업이 진행되기 위해서는 상용화가 biomass를 경제성 확보가 가능한 수준으로 값싸게 확보할 수 있을지가 관건임</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- Bio-DME 상용화 실적은 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- Bio-DME는 탄소 중립연료로, 기존 화석연료로부터 생산된 액체연료와 비교하여 경쟁력을 갖기 위해서는 온실가스 배출에 대한 규제가 현실화 되어야 함.</td></tr>
</table>

		- 가장 상업화가 유력한 지역으로는 탄소 거래와 온실가스 배출량 규제가 엄격히 적용이 예상되며, biomass 확보가 가능한 유럽일 것으로 예상됨
	시장 크기	- 5년 내로 1-2기의 Bio-DME 플랜트가 건설된다면 1조원 규모의 시장 규모일 것으로 예상됨
	기타	
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국가스공사
	중견기업	-
	중소기업	-
	연구기관	고등기술연구원
	대학	영남대, 공주대

틈새 시장 접근 방식

- 유럽시장은 이미 biomass 가스화 기술, 합성가스 이용 DME 합성기술을 보유하고 있어 사업성만 확보된다면 즉시 사업에 참여할 수 있는 여건이 형성되어 있어 우리나라와 같이 후발주자가 참여할 여지는 매우 약함
- 반면, 동남아시아는 biomass 확보 측면에서 유리하지만, 아직까지 자체 기술을 보유하고 있지 않고 자본과 기술을 제공할 경우 사업 참여를 우선적으로 할 수 있음. 따라서, 우리나라 대기업과 같이 자금 조달 능력이 있고 EPC 경험을 보유하고 동남아 지역의 Bio-DME 사업 참여에 유리한 측면이 강함

Business Model

- 단기적 모델 : 동남아 지역과 전략적인 win-win 사업 모델 개발을 통한 참여
  예) 동남아 국가 : biomass 제공
  우리나라 : 자금 보유 능력이 있는 대기업 주도로 사업 개발
  해외 플랜트 분야 프로젝트 경험을 보유한 업체의 EPC 주도
  외국 라이센스사 : 국외 핵심기술(가스화기, DME 합성 등) 보유사를 우리나라 EPC사에 의해 평가 및 선정

- 중장기적 모델 : 동남아 지역과 전략적인 win-win 사업 모델 개발을 통한 참여
  예) 동남아 국가 : biomass 제공
  우리나라 : 자금 보유 능력이 있는 대기업 주도로 사업 개발
  해외 플랜트 분야 프로젝트 경험을 보유한 업체의 EPC 주도
  국내 라이센스사 : 국내 보유기술(가스화기 또는 DME 합성 등) 참여를 통해 실적 확보

기타 중점 내용

- 동남아 등지에서 저렴하고 풍부하게 구할 수 있는 바이오매스를 가스로 변환시켜 LPG 대용이나 디젤자동차 연료로 사용할 수 있는 DME를 생산하는 플랜트임.
- 중국에 석탄을 가스화하고 생산된 합성가스로부터 메탄올을 생산 후 DME로 변환하는 플랜트가 여럿 가동되고 있음.
- 국내 가스공사, 화학연구원 등에서 합성가스로부터 DME를 생산하는 기반기술은 보유하고 있으나, 상용규모 검증은 추가로 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 34)

플랜트 후보과제 명			Bio-SNG 생산 플랜트 (바이오매스 가스화에 의한 SNG 생산)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/연구위원/유영돈
	작성 일자		2015년 2월 6일
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	석탄 SNG 제조 공정 국산화를 위한 실증 기술 개발 (에너지자원융합원천기술개발)
		기간	2011-07 ~ 2015-06
		예산	349억원 (정부: 175억원/민간 175억원)
		주요 참여기관	포스코
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	석탄 이용 합성천연가스(SNG) 신공정 개발 및 설계 기술 국산화(스마트 프로젝트)
		기간	2009-07-01 ~ 2011-01-31
		예산	163억원 (정부: 81억원/민간 82억원)
		주요 참여기관	포스코
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
핵심기술 리스트			- Biomass 가스화를 통해 합성가스 생산 기술 - 합성가스 내 오염물질 제거 및 성분 제어 기술 - 합성가스 이용 SNG 합성기술 - Bio-SNG 전체 공정 FEED 기술 및 EPC 기술
기술보유사	국내		- 포스코 (SNG 합성기술)
	국외		- Biomass 가스화 기술 : Chemrec - SNG 합성기술 : Haldor Topsoe, Lurgi, Davy
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (○)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (○)
	기타		- 상업용 Bio-SNG 플랜트는 아직까지 건설된 실적은 없음 - Bio-SNG 플랜트에서 가장 핵심 공정은 Biomass 가스화 공정은 현재 pilot 규모 연구단계이며, 합성가스를 이용한 SNG 합성공정은 실증연구를 진행하는 수준임. 향후 3-5년 이내 상업화 가능한 기술 수준 도달 예상됨 - 따라서, 3-5년 이내에 Biomass 가스화 공정만 상용화 된다면 5년 이후에는 Bio-SNG 플랜트 상업화가 가능한 기술 수준에 도달될 것으로 예상됨 - 그러나, 국내에서 Bio-SNG 사업이 진행되기 위해서는 상용화가 가능한 수준의 대량의 biomass를 경제성 확보가 가능한 수준으로 값싸게 확보할 수 있을지가 관건임
세계 시장 현황 및	국내외 건설 실적		- Bio-SNG 상용화 실적은 없음
	주요 대상 지역		- Bio-SNG는 탄소 중립연료로, 기존 화석연료로부터 생

전망		산된 천연가스와 비교하여 경쟁력을 갖기 위해서는 온실가스 배출에 대한 규제가 현실화 되어야 함. - 가장 상업화가 유력한 지역으로는 탄소 거래와 온실가스 배출량 규제가 엄격히 적용이 예상되며, biomass 확보가 가능한 유일 것으로 예상됨
	시장 크기	- 5년 내로 1~2기의 Bio-DME 플랜트가 건설된다면 1조원 규모의 시장 규모일 것으로 예상됨
	기타	
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	포스코
	중견기업	
	중소기업	부품/소재 업체 다수
	연구기관	고등기술연구원, RIST
	대학	영남대, 서울대, 아주대

틈새 시장 접근 방식

- 유럽시장은 이미 biomass 가스화 기술, 합성가스 이용 SNG 합성기술을 보유하고 있어 사업성만 확보된다면 즉시 사업에 참여할 수 있는 여건이 형성되어 있어 우리나라와 같이 후발주자가 참여할 여지는 매우 약함
- 반면, 동남아시아는 biomass 확보 측면에서 유리하지만, 아직까지 자체 기술을 보유하고 있지 않고 자본과 기술을 제공할 경우 사업 참여를 우선적으로 할 수 있음. 따라서, 우리나라 대기업과 같이 자금 조달 능력이 있고 EPC 경험을 보유하고 동남아 지역의 Bio-SNG 사업 참여에 유리한 측면이 강함. 다만, SNG의 특성상 배관망을 통해 공급이 가능하므로, 가스공급망이 형성된 지역에서만 적용 가능함

Business Model

- 단기적 모델 : 동남아 지역과 전략적인 win-win 사업 모델 개발을 통한 시업 참여
  예) 동남아 국가 : biomass 제공
  우리나라 : 자금 보유 능력이 있는 대기업 주도로 사업 개발
  해외 플랜트 분야 프로젝트 경험을 보유한 업체의 EPC 주도
  외국 라이센스사 : 국외 핵심기술(가스화기, SNG 합성 등) 보유사를 우리나라 EPC사에 의해 평가 및 선정

- 중장기적 모델 : 동남아 지역과 전략적인 win-win 사업 모델 개발을 통한 시업 참여
  예) 동남아 국가 : biomass 제공
  우리나라 : 자금 보유 능력이 있는 대기업 주도로 사업 개발
  해외 플랜트 분야 프로젝트 경험을 보유한 업체의 EPC 주도
  국내 라이센스사 : 국내 보유기술(가스화기 또는 SNG 합성 등) 참여를 통해 실적 확보

기타 중점 내용

- 동남아 등지에서 저렴하고 풍부하게 구할 수 있는 바이오매스를 합성가스로 변환시킨 후 천연합성가스(SNG)를 생산하는 플랜트임.
- 중국에 석탄을 가스화하고 생산된 합성가스로부터 SNG를 생산하는 플랜트가 여럿 가동되고 있음.
- 저렴한 셰일가스 공급이 가능한 지역에서는 경제성이 낮아 추진의 필요성이 낮지만, 고가인 LNG 형태로 도입 사용이 되는 한국, 일본, 대만, 인도, 중국 지역에서는 지역 특성에 따라 사업 가능성이 존재함.
- 특히, 바이오매스 자원이 풍부하면서 지역별로 천연가스 가격이 높은 경우인 호주 북구지역과 인도네시아 내륙지역 등은 사업이 가능함. 이때 해당 국가의 정책과 지원 여부가 매우 중요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 35)

플랜트 후보과제 명			대체 부산물 활용 바이오디젤/에탄올 대량 생산 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이재용
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	조류이용 바이오연료 생산요소기술개발
		기간	2009.1~2013.12
		예산	150억원
		주요 참여기관	한국에너지기술연구원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	산업용 식물바이오매스 생분해처리 기술개발
		기간	2009.12~2014.11
		예산	75억원
		주요 참여기관	SK 이노베이션(주)
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 바이오매스 기술로드맵.pdf
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 바이오에너지 특허분석.pdf - 바이오가스 특허분석.pdf
핵심기술 리스트			- 촉매 및 반응조건 최적화 기술 - 반응기 개발 - 에너지 복합 전환공정 개발
기술보유사	국내		- 한국에너지기술연구원
	국외		- Biogas Energy Inc. (미국) - POWER-X (미국) - Microgy Inc. (미국)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		- 해당 없음
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 브라질, 사탕수수경작지 개발 바이오에탄올 생산 - 미국, 옥수수를 이용한 바이오에탄올 생산 -> 목질계 바이오매스 전환 기술 개발
	주요 대상 지역		- 바이오 폐기물 배출 지역
	시장 크기		- 2020년까지 연간 2000억원 규모(국내) - 2021년까지 연간 2000억달러 규모(전세계)
	기타		- 전세계 바이오연료 수요는 연간 718억 갤런인 반면 생산량은 수요에 못미치는 연간 294억 갤런임
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		SK 이노베이션 GS 칼텍스 SK 케미칼 애경유화
	중견기업		창해 에탄올
	중소기업		바이올 시스템즈
	연구기관		한국에너지기술연구원

		고등기술연구원 (가스화 기술, DME 기술로 확장 가능)
	대학	바이오매스 관련 연구 대학 다수

틈새 시장 접근 방식
- 전세계적으로는 바이오 디젤/에탄올 등의 바이오에너지의 투자가 둔화된 상태이나 중국, 일본, 영국은 지속적으로 바이오에너지 투자가 증가해 우리나라와 밀접한 일본 및 중국과의 기술 교류를 통해서 상대적으로 기술이 뒤처지는 지역 시장 선점 - 공정 단계별 전체 요소 기술 중 섬유질계 바이오매스 생산 확보(65.8%) 및 바이오매스 전처리 및 당화기술(67.0%)이 가장 저조함. 따라서 본 요소기술을 집중 투자해서 바이오매스 요소기술의 우위를 가져가 바이오매스 생산 시장을 선점
Business Model
- EU에서는 재생가능에너지지령(Renewable Energy Directive)에 따라 2020년까지 10%까지 의무혼합비율 상승 조정을 검토함. 특히 10%의 수송연료의 목표 중 90%이상을 바이오 연료로 달성을 추진함에 따라 그에 따른 관련 산업 부흥 예상 - 일본에서는 경제 산업성 및 농림수산성이 공동으로 '바이오연료 기술혁신계획'을 수립하고 '15년까지 셀룰로오스계 바이오매스를 이용하는 바이오 에탄올 생산기술에 대하여 미이용계 바이오매스 100엔/L의 제조 비용 달성 목표 설정 - '10년 브라질에서 생산된 차량의 72%가 플랙스 자동차로 총 290만대 판매량 기록. 플랙스 자동차는 2003년 폭스바겐사가 브라질에서 최초로 출시한 '이중연료 자동차'로서 플랙스 자동차의 등장으로 실제적인 에탄올 수요가 급등하기 시작, 이후 피아트, GM 등도 앞다퉈 플랙스 자동차 모델을 선보임
기타 중점 내용
- 바이오 디젤과 바이오에탄올의 수요는 전 국가적으로 매년 꾸준히 상승할 전망이라 해당 사업의 전망은 밝으나, 과제에서 차별화된 생산 방법을 제시해 주어야 함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 36)

플랜트 후보과제 명			생화학물질(Bio-Chemical) 생산 마이크로 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015. 2. 23
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	중소기업청
		사업명	고효율 콤팩트 2kW급 PCHE 열교환기 개발
		기간	2007. 07. ~ 2008. 06.
		예산	0.48억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국생산기술연구원
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술개발
		기간	2001. 10. ~ 2011. 10.
		예산	0.75억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국기계연구원
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	고품격 화학소재생산용 마이크로플랜트 모듈개발
		기간	2001. 10. ~ 2011. 10.
		예산	4.8억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	LG화학기술연구원
	과제 4	부처	산업통상자원부
		사업명	마이크로 반응 시스템을 활용한 고효율 F-T 합성 반응공정 개발
		기간	2010. 06. ~ 2015. 05.
		예산	7.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국화학연구원
	과제 5	부처	산업통상자원부
		사업명	모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발
		기간	2013. 06. ~ 2015. 05.
		예산	0.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국화학연구원
	과제 6	부처	교육과학기술부
		사업명	나노채널을 이용한 삼투와 전기삼투 기반 해수담수화 기술 개발
		기간	2011. 05. ~ 2014. 04.
		예산	0.58억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	서강대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 2040 국토교통 미래기술 예측조사
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)
핵심기술 리스트			- MEMS 기술을 이용한 구동장치 - MEMS 기반 유체제어장치 - MEMS 기반 화학반응장치

기술보유사	국내	- 한국화학연구원 - 한국기계연구원 - 한국생산기술연구원 - LG화학 - 아주대학교 마이크로시스템연구실 - KAIST 마이크로펌프연구실 - 한국전자통신연구원 마이크로펌프연구실 - 서강대학교 마이크로펌프연구실 - POSTECH 마이크로펌프연구실 - 명지대학교 나노바이오연구센터
	국외	- Ferro Solution - nanoNet - 도레이엔지니어링 - 독일 FZK(Forschungszentrum Karlsrushe)사, Chemnitz 대학: 다적층 (multilamination) 마이크로 믹서 - 독일 IMM (Instiut fur Mikrotechnik Mainz GmbH)사 - 독일 BASF: miniplant
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 독일 Axiva사의 interdigital 마이크로믹서 - 독일 Merck사에서 기존의 회분식 공정을 마이크로 믹서로 대체 - 독일 BASF사의 miniplant - 독일 BASF사의 microreactor - MIT의 마이크로 충진층 반응기
	주요 대상 지역	- 독일, 일본, 미국
	시장 크기	- 마이크로 팩토리의 시장대체 효과 2015년 16억 달러 - 마이크로 팩토리의 새로운 시장수요 전망 2015년 19억 달러 (출처: 한국과학기술정보연구원, 마이크로 팩토리 기술동향, 2002)
	기타	- 휴대용 기기의 미세 진동에너지 및 소산에너지 등을 MEMS 기술을 이용하여 전기에너지로 변환하는 기술개발 - 미국 Ferro Solution Inc.는 Energy Harvester라는 이름의 에너지 발전시스템을 개발하여 각종 센서 및 MEMS 장치 등에 응용 - 독일 회사인 nanoNet 사(社)는 Macro Fiber Component (MFC) 블레이드의 진동을 이용하여 발전을 진행함과 동시에 RF로 신호를 보내는 기술을 보유
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	LG화학, 삼성종합기술원, LG전자기술원
	중견기업	MEMS 장치 제작사, 반도체 장비 제작사
	중소기업	압력 센서 제작사
	연구기관	한국과학기술연구원, 한국화학연구원, 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원
	대학	서울대학교, 아주대학교, KAIST, 서강대학교, POSTECH, 명지대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 반도체 기술의 급속 성장으로 인하여 MEMS 기술도 지속적인 성장세를 보이고 있으며, 2018년까지 매년 13% 이상의 성장률과 약 230억불의 시장 규모를 이룩할 것으로 예측되고 있음		

- 압력센서 및 에너지 활용기술 분야가 크게 성장하고 있으며 MEMS 시장의 20% 이상을 차지할 것으로 예상
- 일본은 신에너지 산업기술종합개발기구(NEDO)의 지원하에 마이크로 화학 플랜트 기술 및 마이크로 칩 기술의 확립에 주력하고 있으며, 또한 마이크로 화학 공정기술을 산업계의 공통 기반기술로 체계화하는데 목표를 두고 있음

Business Model

- 물질 개발 단계에서부터 생산에 이르는 기간 동안 동일한 장치를 사용함으로써 scale-up을 위한 공정 개발에 소요되는 시간 및 비용을 대폭 절감하는 실용화 기술 적용
- 짧아지는 제품의 life-cycle에 기민하게 대처 기술 실용화
- 산업 공정에서의 마이크로 믹서의 활용 시장 개발
- 열전달용 가열 모듈 상용화
- 기존 실험 장치에서 얻을 수 없는 생산 공정의 공정 최적화에 대한 정보를 제공하는 마이크로 열교환기-반응기로 공정 최적화 활용함으로써 많은 비용 절감 효과 기대
- 연료 전지에 적용할 미니 리포머 상용화

기타 중점 내용

- 고부가가치 제품인 생화학물질을 생산하는 마이크로 플랜트 기술은 제조업 기반이 강한 모든 선진국에서 개발을 하는 첨단기술 분야로서, 여러 기반분야의 기술수준이 갖추어져야 경쟁력 확보가 가능함
- 국내 기반기술 확보 및 최종 제품에 대한 정밀한 타겟팅이 요구됨.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 37)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>유기성폐자원 사용 바이오가스 생산 및 고부가가치 연료 생산 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="9">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>환경부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>차세대에코이노베이션기술개발사업
(유기성폐기물 병합처리 및 바이오가스 발전시스템 개발)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2007. 12 ~ 2014. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>총 약 180억원 (NTIS 2011~2013 136억원, 2014년 예산은 추정)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국환경공단, 대우건설, 금호산업</td></tr>
<tr><td rowspan="4">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>신재생에너지융합원천기술개발사업
(고농도 유기성 물질을 이용한 검식혐기소화기술 및 바이오가스 정제를 통한 대체천연가스 제조활용 시스템 개발)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011. 07 ~ 2014. 11</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>총 44억원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 그린에너지전략로드맵 (에기평, 2011) 중 바이오가스</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 유기성 폐기물의 혐기성소화를 통한 바이오가스 생산 기술
- 유기성 폐기물의 통합 소화 공정 기술
- 바이오가스 정제 기술
- 바이오가스로부터 CO_2 분리 기술
- 바이오가스 활용기술 (열원, 열병합, 연료전지, 자동차연료, 마이크로터빈)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 포스코건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 슈라덴(Schraden Biogas GmbH), 연간 매출액 450만유로 (출처: 바이오가스 산업 현황, www.konetic.or.kr)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (●, 소규모 설비 건설 추가 가능으로 예상), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 음식물/음폐수 바이오가스 활용 시설 16개소
- 가축분뇨 바이오가스 활용 시설 7개소
- 하수슬러지 바이오가스 활용 시설 20개소
- 병합처리 바이오가스 활용 시설 20개소
(출처: 2013 유기성폐자원 에너지 활용시설 현황, 환경부, 2014)</td></tr>
<tr><td>세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 전세계 바이오가스 정제 플랜트 약 210개(2012년 기준), (출처 : KIC News, 2013)
- 스웨덴에서 233기 가동 중(2005년 기준)</td></tr>
</table>

		(출처: 선진국의 바이오가스 생산 및 활용기술 현황, 농어촌과 환경, No. 99)
	주요 대상 지역	- 원료의 특성상 전세계가 대상지역이 될 수 있음.
	시장 크기	- 2020년 전세계 바이오가스 플랜트 시장 37조43000억원 (midasasset.tistory.com)
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 포스코건설, 대우건설, 금호건설, 코오롱건설
	중견기업	- 한라산업개발 등
	중소기업	- 영남에너지서비스, 에코에너지홀딩스, 진명환경산업, 서희건설, 동운 IRS, 한솔 EME 등 다수
	연구기관	- 포항산업과학연구원
	대학	- 바이오가스 정제, CO_2 분리 기술 등에 관심 대학 다수

틈새 시장 접근 방식

- 신재생에너지로서 바이오가스의 가능성 및 지구온난화 지수가 이산화탄소의 21배인 메탄 배출 효과가 있으므로 국내에 소형 분산발전 또는 난방용 연료 사업화에 우선 적용
- 소형 분산 발전 및 난방용 기술의 동남아 등 해외 수출 사업화 모색
- 점차 대형화 기술 확보를 통하여 자동차 연료 사업 진출에 교두보 확보
- 장기적으로는 국내외 시장 선점

Business Model

- 소규모 발전을 통한 RPS 실적 확보 등을 통하여 경제성을 향상시키고 지속적으로 Track record 확보
- 국내 하수슬러지 해양 투기 금지에 따른 대체 기술로 하수슬러지 유래 바이오가스 활용한 사업화 모색(우선 소규모 발전 또는 난방용 사업화)
- 장기적으로는 청정 정제 기술 확보로 자동차 연료 활용 모색

기타 중점 내용

- 신재생에너지로서 국내에서는 RPS 대응으로 시장 접근이 가능한 장점이 있음.
- 음식물류폐기물로부터 바이오가스를 생산하는 해외에서 기술을 도입 설치 운영한 국내의 여러 설비에서 많은 운전상 시행오차가 발생함. 환경부에서는 '음식물류폐기물 바이오가스화시설 기술지침'(2nd Ed., 2015/12)을 만들어 이러한 시행오차가 반복되지 않도록 하고 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 38)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="6">과제 1</td><td>부처</td><td rowspan="6">바이오가스 정제를 통한 다양한 활용기술에 대한 연구개발 사업이 진행되었음. 그러나 자동차 연료용(수송용)에 국한된 국가 연구개발 사업은 NTIS의 정보에서 확인할 수 없음.</td></tr>
<tr><td>사업명</td></tr>
<tr><td>기간</td></tr>
<tr><td>예산</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 그린에너지전략로드맵 (에기평, 2011) 중 바이오가스 (자동차 연료용으로 활용 관련 로드맵은 미확보)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 유기성 기물의 혐기성소화를 통한 바이오가스 생산 기술
- 유기성 폐기물의 통합 소화 공정 기술
- 바이오가스 정제 및 고질화(CH_4 96% 이상) 공정 기술
- 바이오가스로부터 CO_2 분리 기술
- 바이오가스 액화기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 정제관련 기술 보유사 다수
(자동차 연료용 정제 기술 보유사는 정보 미확보)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 정제관련 기술보유사 다수
(자동차 연료용 정제 기술 보유사는 정보 미확보)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 스웨덴 4천5백만 Nm3 (자동차연료, 2006년 기준) (출처: 선진국의 바이오가스 생산 및 활용기술 현황, 농어촌과 환경, No. 99)
- 스웨덴 Henriksdal (1,400Nm3/hr) 등
- 서남물재생센터 차량연료화사업(정제가스 2,940 Nm3/day) (출처: 바이오가스화 시설 기술포럼(에코에너지홀딩스)</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 스웨덴 등 북유럽 중심 전세계</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 스웨덴: 100만 Nm3/년 (차량용 바이오가스)
- 오스트리아: 바이오메탄 17개소 중 80%
(출처: 천연가스 대체 수송용 바이오가스의 연료화 개발 동향, KIC News, Vol. 16)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당사항 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>- 현대건설, 한국가스공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>- 한라산업개발 등 참여 가능으로 예상</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>- 에코에너지홀딩스 등 참여 가능으로 예상</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>- 한국생산기술연구원, 고등기술연구원 등 참여 가능으로 예상</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>- 다수 대학에서 정제 분야 기술 관심 보유</td></tr>
</table>

틈새 시장 접근 방식
- 바이오가스를 자동차 연료로 사용하기 위해서는 우선 관련 법규가 뒷받침되어야 함. 따라서 농촌 등 지자체에서 시범사업으로 농기계에 적용하는 방법 등으로 관련 법규 제정을 위한 관련 자료를 제공, 실적(track-record) 확보 및 소규모 시장에 접근할 수 있을 것으로 판단됨.
Business Model
- 우선 국내 농촌에서 발생하는 가축분뇨 등을 이용한 바이오가스 생산 설비를 통하여 농기계(트랙터 등)에 우선 활용하여 자동차용 연료로서의 가능성 확보 - 지속적인 초청정 정제 기술 확보를 통하여 중장기적으로 승용차 연료용 시장 진출 모색
기타 중점 내용
- 자동차 연료용 바이오가스 규격에 대한 관련 법규 제정 등이 병행되어야 함. - 환경부의 친환경에너지타운 사업의 첫번째인 홍천 친환경에너지타운에는 바이오가스화시설 100톤/일(가축분뇨 80톤/일 + 음식물류 20톤/일)이 설치 운영하고 있으며 생산된 바이오가스는 도시가스로 전환하여 사용함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 39)

플랜트 후보과제 명			수소 액화 극저온 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		한국기계연구원/책임/박성제
	작성 일자		2015.2.2
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업기술연구회
		사업명	폐기물 합성가스 액화 시스템 설계 기술 개발
		기간	2009.1 – 2011.12.31
		예산	16억원
		주요 참여기관	한국기계연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- 핵심기술 1 : 가스 전처리 기술 ◦불순물/수분 제거기술, BOG 회수 기술, Feed gas 공급 기술, 가스 분석 및 평가 기술, 극저온 재료 기술 - 핵심기술 2 : 액화/분리 기술 ◦가스 액화 기본공정 기술, 가스 물성 DB, 극저온 열교환기, 압축기, 터보팽창기 기술, 증류탑 기술, 극저온 유체 저장/이송 기술, 극저온 단열기술, 촉매반응 기술, 극저온 배관 설계 및 평가 기술, 성능평가 기술 - 핵심기술 3 : Test bed 운용 기술 ◦Test bed 기본, 상세 설계 기술, Test bed 제작 기술, Test bed 건설 및 운용 기술, 통합운전 환경기술, 공정 제어 기술, 모니터링 및 평가 기술, 신뢰성평가 기술, 수명연장 기술, 유지, 보수 기술, 안전 및 위험도 평가 기술, 현장 관리 및 피드백 기술
기술보유사	국내		- 해당사항 없음
	국외		- Linde(독일) - Air Liquide(프랑스) - Air Products and Chemicals(미국) - Praxair(미국) - Taiyo Nippon Sanso(일본)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●), - 국내의 경우 현재까지 수소는 에너지원이 아닌 석유화학공정용 또는 화학공업의 원료로 사용되어, 수요처에 인접한 장소에 수소생산플랜트가 설치(3,000 ~ 100,000 Nm^3/hr급의 플랜트 수십기 도입 가동 중)되고 가스배관을 통해 공급
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 소형 수소 액화플랜트(150 ~ 600 liter/h) ◦Beijing(China), Mahendrahhiri(India), Kimitsu(Japan) - 중형 수소 액화플랜트(600 ~ 3,000 liter/h) ◦Ingolstadt(Germany), Saggonda(India) - 대형 수소 액화플랜트(> 3,000 liter/h)
	주요 대상 지역		

		◦ East Chicago, etc.(USA), Magog(Canada), Osaka(Japan), Leuna(Germany) - 세계 수소액화플랜트 설치 현황(참조 1)
	시장 크기	- 세계가스시장 : 357억달러(2009), 524억달러(2014) - 수소가스시장 : 112억달러(2009), 166억달러(2014)
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 대성산업가스, 삼성엔지니어링, 현대엔지니어링, 테크윈, 현대중공업, 삼성중공업, 대우중공업, GS 건설, SK 건설, POSCO 건설 등 - 외국 투자기업 : 에어프로덕츠코리아(이하 APK), 대성산업가스(이하 DIG), 프렉스에어코리아(이하 PKC), 린데코리아(이하 LDK) 등
	중견기업	
	중소기업	
	연구기관	한국기계연구원, 한국과학기술연구원 등
	대학	홍익대학교, KAIST 등

틈새 시장 접근 방식

- 수소에너지는 가채량 및 지역 편재성이 없고 환경 친화적이기 때문에 에너지 안보와 환경보호를 위해 세계 각국에서 막대한 연구비를 투자하고 있음
- 온실가스 배출을 줄일 수 있는 신 재생에너지 기술개발이 절실한 상황에서 수소에너지 사회 구현을 위해 수소 액화, 저장, 이송 기술 확보는 반드시 필요함
- 단기적으로 기술 완성단계인 천연가스 개질기술의 상용화 지원으로 완제품 생산을 유도하고, 장기적으로 신재생에너지원으로부터의 수소 제조기술을 추진
- 수소경제를 위한 인프라 구축을 위해 수소스테이션 건설이 요구되나 아직 건설비용이 매우 높아 정부주도의 기술개발이 지속적으로 이루어져야 함
- 수소저장기술은 본격적인 시장형성까지는 시간이 소요되는 분야이므로, 시장형성 초기까지는 정부의 지속적인 지원 아래 개발 및 보급되어야 함
- 특히 수소액화 기술은 대용량 수소저장 및 장거리 수송에 용이한 고밀도 액체수소 기술로써 본격적인 시장형성을 위해 필수 선행기술임.
- DOE 및 EU등 선진국 중심으로 차세대 수소저장재료의 주요한 연구 방향으로 다공성 나노재료를 선정함에 따른 국가적 대응 연구 필요
- 천연가스 개질을 통한 수소 제조기술은 촉매를 포함한 소재 기술과 시스템 기술이 복합된 기술로 연관 산업의 발달이 가능함
- 수소액화 및 저장 기술은 선진국을 중심으로 상업화가 되어 있지만 국내에서의 신속한 기술개발을 통해 원천 기술의 수출 및 에너지 국가 경쟁력 제고에 기여

Business Model

- 수소액화플랜트는 수소 및 가스압축기/팽창기, 열교환기, 콜드박스(cold box, 저온용기), 밸브 등의 핵심요소기기로 구성되며, 수소의 액화를 위해 다양한 형태의 액화사이클이 적용되어 왔으며, 2 ton/day급의 소형 수소액화플랜트의 경우 액체질소에 의한 예냉을 통한 단순 쥴톰슨 사이클, 5 ton/day급에는 복잡한 형태의 복합 쥴톰슨 사이클, 대형에는 다단의 질소 예냉을 통한 터보팽창기가 사용되고 있음.
- 대형 수소액화플랜트를 위한 사이클은 수소를 냉동사이클의 냉매로 하는 수소 클라우드사이클, 헬륨 브레이튼 사이클, 수소와 탄화수소의 혼합물을 냉매로 사용하는 혼합냉매 사이클, 네온 사이클 등이 있으며, 수소 클라우드 사이클이 가장 유망
- 미국의 APCI사, Praxair사, 독일의 Linde사, 프랑스의 Air Liquide사, 일본 Iwatani사, 중국의 CALT 등은 tons/day 이상 급의 수소액화플랜트를 개발/운용 중이며, 헬륨 클라우드(Claude) 냉동사이클 또는 수소 클라우드 냉동사이클을 이용한 수소액화플랜트를 개발
- 중형급 수소 클라우드 냉동 사이클을 이용한 수소액화플랜트는 2 MPa의 압력으로 공급된 고압의 수소가스는 열교환기를 통해 냉각되면서 열교환기 내부의 변환촉매에 의해 o-H_2의 p-H_2로의 변환이 진행되며, 팽창장치에 의해 팽창되어 액체가 발생하며, 열교환기 8에 의해

탱크에서 증발된 수소가스의 재액화가 이루어짐.
- 수소액화플랜트 건설 비용을 고려하여 약 5 ton/day 용량(> 750억원)의 Test bed 건설을 목표로 연구 개발(참조 2 수소액화플랜트 가격 예상)
- 시스템 설계 및 제작 업체를 중심으로 불순물/수분제거 기술, 액화/분리기술 및 Test bed 운용기술 등의 핵심기술을 대기업 또는 중견기업이 담당하여 기술을 개발하고, 수소액화플랜트 뿐만 아니라 핵심 기기별로도 비즈니스모델을 개발하여 사업화 진행 필요
- 연료전지, 수소연료자동차, 우주 로켓 연료 등의 응용분야에 적용할 수 있도록 시험모델 개발

기타 중점 내용

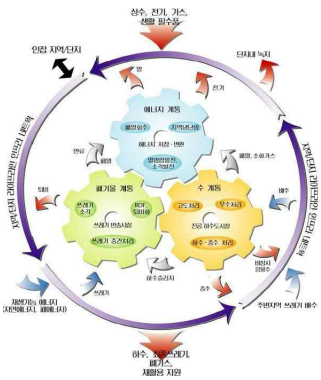
- 수소액화플랜트의 경우 효율의 증대를 위해 터보형 압축기의 도입, 혼합가스를 이용한 수소 전처리기술, 터보팽창기를 채용한 역브레이튼 극저온 냉동기술, 마이크로 열유체 기술을 활용한 고효율 마이크로 열교환기 등 첨단 고부가가치의 기술이 채택될 것으로 판단됨.
- 수소가스제조기술은 전기분해(electrolysis), coke oven gas, ethylene off gas, Reforming of Methane and Methanol 등이며, 과제 수행에 적합한 방식을 선정하여 수행할 필요가 있음.
- 수소자동차 등 정부의 수소사회를 향한 의지에 따라 플랜트 사업의 방향이 결정되는 측면이 강함. 자동차 연료로 제공하기 위한 수소스테이션 인프라 구축 등 사회전반에 많은 비용이 수반되는 정책과 연계되어 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 40)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>심냉법 공기액화 분리 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>한국기계연구원/선임연구원/고준석</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015. 1. 30</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>심랭식 공기분리장치 개발에 관한 연구</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>1997-2000</td></tr>
<tr><td>예산</td><td></td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>㈜대성산소</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 전처리 기술(여과, 압축, 건조)
- 극저온 액화 기술(열교환기, 팽창기, 극저온 단열)
- 극저온 분별증류 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 대성산업가스</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Air Liquide (프)
- Linde (독)
- Air Product (미)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 산업가스 생산플랜트 외에도 제철소 등에 대량 가스 수요가 있는 곳에 유틸리티로 건설</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 서부발전 IGCC 플랜트, POSCO 제철로 등 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 중국 등 합성가스 수요가 많은 국가에서 산소 시장 확대 중임</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 합성가스 활용, 순산소 연소 시장 확대 예상 등으로 점진적으로 시장 확대가 예상됨,</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>대성산업가스(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국기계연구원, 한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>KAIST</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 핵심부품 국산화를 통한 시스템 국산화율 제고
- 액화 공정 개선을 통한 에너지 효율 향상</td></tr>
<tr><td>Business Model</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- On-site 플랜트 규모의 개발 대상 선정
- 순산소 발전 시스템 등의 대용량 산소 수요 시스템과의 연계를 통한 적용 영역 확장</td></tr>
<tr><td>기타 중점 내용</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 고순도 산소가 소요되는 산업의 수요는 매우 큼. 전세계 시장을 Air Products사와 Air Liquide사가 양분하고 있어서 이 분야에 새로 사업으로서 진출은 매우 어려움.
- 중소규모 저가 공기분리 플랜트 기술은 아직 개발 여지가 많음.</td></tr>
</table>

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 41)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>에너지 순환형 분산형 도시기반 복합 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>제안 및 기반 정보 제공자 : 현대오일뱅크/상무/김재호
정리 및 보충 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015.01.19</td></tr>
<tr><td rowspan="21">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>100kW급 고온 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템 엔지니어링 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014.06.~2017.05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>60억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원 등</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>신재생발전 마이크로그리드와 통합 연동하는 200톤급 해수담수화(SWRO) 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012.09.~ 2013.08</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>7억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>가천대학교 등</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
3</td><td>부처</td><td>국토교통부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>도시기반 순환형 복합 플랜트 기술 기획</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013. 05. ~ 2014. 03.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>4.9억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국건설기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
4</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>모듈형 복합 분산전원 시스템 개발 및 실증</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013. 06. ~ 2016. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>45억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>케이씨코트렐</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 환경친화적 순환형 분산형 도시기반시설 구축
- 도심지 지하공간 활용 (지하공간 굴착, 설계 기술)
- On-site형 복합플랜트 구축 (시설의 연계 복합화 기술)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 해당사항 없음(연구개발 시작 단계)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- KBR, Technip(불), Snamprogetti(이), Bechtel(미), Chiyoda(일), Sasol 등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (O), 무 ( )
국토부 연구개발로서 파일롯 플랜트 건설 예상됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 연기군 남면 (복합1, 2) 복합공급처리시설 계획</td></tr>
<tr><td>세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 노르웨이 오슬로시 하수처리장+열병합발전 (지하화)
- 서울 중구 자원재활용처리장
- 연기군 남면 복합공급처리시설(가스공급, 열병합, 재활용 연료화, 하수종말 등)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td>주요 대상 지역</td><td>- 인구 5만 이상 도시기반 환경, 에너지 복합 플랜트</td></tr>
<tr><td>시장 크기</td><td>- 중장기적으로 전세계로 시장 확대 예상됨</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td>대기업</td><td>현대건설, 대우건설, 엔지니어링사</td></tr>
<tr><td>중견기업</td><td>중견건설사 엔지니어링 업체, 압축기, 열교환기, 열펌프, 소각로 제작사</td></tr>
<tr><td>중소기업</td><td>하수처리시설 설비 제작사, 분산 전원 공급망 설비 제작사, 폐기물 수거/처리/재활용 시설 제작사</td></tr>
<tr><td>연구기관</td><td>한국건설기술연구원, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국기계연구원</td></tr>
<tr><td>대학</td><td>가천대학교, 아주대학교, 수원대학교</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="2">▷기존 문제점
- 에너지원별 수요편차 극심, 에너지원별 개별적 공급 및 운영 시스템
- 전력수요 중심의 에너지 공급체계 및 운영
- 원자력, 석탄 기반 발전체계
- 수요와 공급의 시스템화 및 연계 부족
- 임기대응적 수동적 수요 관리
▷ 대응 방식
- 에너지 사용계획 협의 절차 현실화, 내실화
- 열수요 중심의 에너지 공급, 운영
- 도심복합화력 기반 발전체계
- 커뮤니티 단위 복합 Micro Grid 구축 기술. 복합 시스템 운영, 관리 기술</td></tr>
<tr><td>Business Model</td><td colspan="2">▷도시계획시 자원.에너지 수요.공급 및 처리에 대한 검토
▷지역 단위 도시기반 공급처리시설의 단일 사업자화
▷시설의 능동적, 유기적인 설치, 운영
▷On-site 중소규모의 복합플랜트 구축
- 각종 자원에너지 순환형 연구개발 모델의 현장 적용
- 신재생에너지 등 분산형 시설의 접목
- 웁살라시, 고텐베르그시, 함마비신도시 등 모범사례 다수
▷자본 및 기술집약적 고부가가치 기술개발 및 제도적 지원
- 세계적 순환형 도시기반 복합플랜트 모델도시 건설/홍보
▷순환형 도시자원 복합플랜트 사업단 추진
  </td></tr>
<tr><td>기타 중점 내용</td><td colspan="2">- 국토부에서 2016년도 플랜트분야 신규사업으로 출발시키는 분야이기 때문에 본 기획에서는 대상에서 제외시킴.</td></tr>
</table>

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 42)

플랜트 후보과제 명			해저 및 극한지역 자원 이송 시스템
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015. 2. 23.
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국토교통부
		사업명	동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술 개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	225억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한양대학교
	과제 2	부처	국토교통부
		사업명	극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	9.6억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한양대학교
	과제 3	부처	국토교통부
		사업명	극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	15억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국건설기술연구원
	과제 4	부처	국토교통부
		사업명	극한지 자원 이송망 유지관리 및 평가기술 개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국가스안전공사 가스안전연구원
	과제 5	부처	국토교통부
		사업명	극한지용 고성능 파이프 및 현장 연결 기술 개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	6.3억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	포항산업과학연구원
	과제 6	부처	국토교통부
		사업명	극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발
		기간	2013. 10. ~ 2018. 10.
		예산	5.7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한양대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 건설교통 R&D 중장기계획 (2013-2017) (2012. 5) - 국토교통창조경제 로드맵 (2013. 7) - 창조경제 R&D 중장기전략 (2013. 12) - 자원개발기술 전략로드맵 2011
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)

핵심기술 리스트		- 극한 조건에서 자원을 이송할 수 있는 플랜트의 설계 및 시공 기술: -20℃ 이하, 2,000 km 자원이송망 설계 시공기술 - 관로 등 소재 및 유지관리 기술 - 시공자동화 통합시스템 기술
기술보유사	국내	- 한양대학교 - 한국가스공사 - 한국건설기술연구원
	국외	- Shimizu - Nippon Steel - Tokyo Gas - Osaka Gas - China University of Petroleum - Tianjin University - Southwest Petroleum University - DNV
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- Trans-Alaska Oil Pipeline System: 1974년부터 1977년까지 건설되었으며, 80억 달러의 예산이 소요 - 야말반도 및 티만-페초라 지역 자원 이송망: 러시아 북극지역의 최대 가스, 석유 매장지역으로 대형 매장지 개발과 함께 파이프라인 건설이 병행 - TAPS (Trans Alaska Pipeline System) 건설 전망 - Sakhalin Ⅱ Pipeline 건설 전망
	주요 대상 지역	- 러시아 시베리아 - 미국 알라스카
	시장 크기	- 극한지의 자원 이송망은 주로 파이프라인을 통해 수송 : 극한지에서의 석유,가스의 수송은 주로 파이프라인을 통하여 이루어지고 있음 - Trans-Alaska Oil Pipeline System : 1974년부터 1977년까지 건설되었으며, 80억 달러의 예산이 소요 - 야말반도 및 티만-페초라 지역 자원 이송망 : 러시아 북극지역의 최대 가스, 석유 매장지역으로 대형 매장지 개발과 함께 파이프라인 건설이 병행 - 극한지 에너지 자원 수송 시장의 전망 : 극한지 에너지 자원 수송을 위한 파이프라인 건설의 여러 사례가 있으나, 관련 기술에 대한 시장의 수요(needs)는 증가하는 추세임
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국가스공사, POSCO
	중견기업	대형 배관 제작사
	중소기업	극저온용 특수 밸브/배관 제작사, 코밸
	연구기관	한국가스공사 연구개발원, 한국건설기술연구원, 한국해양과학기술원
	대학	한양대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 러시아로부터 연간 100억㎥ (LNG 730만톤, 전체 가스 수입의 약 30%, 연간 수입 금액은 약 50억 달러)의 천연가스를 도입 예정		

- 러시아 국영가스회사 Gazprom과의 국내 건설회사 사업 진출 협력
- 러시아에서 생산된 LNG와 가스 화학제품인 PE (Polyethylene)와 PP(Polypropylene) 등을 아. 태 지역으로 수출
- 우미악(Umiak) 가스전 참여 : 한국가스공사가 2011년 캐나다 MGM Energy사의 우미악(Umiak) 가스전 지분 20%를 매입키로 결정함에 따라 북극권 진출의 교두보를 마련함
- 우미악(Umiak) 광구의 발견 잠재 자원량은 347bcf (LNG 환산 약 729만톤)로 우리나라는 약 69Bcf (LNG환산 약 145만톤)의 가스를 확보하게 될 전망

Business Model

- 러시아 지역의 에너지 개발사업이 본격화될 경우 플랜트 건설에 대한 수요는 계속적으로 증가할 것으로 예상
- 러시아로부터 도입이 예상되는 천연가스량은 연간 100억㎥로 추정되며, 연간 수입 금액은 약 50억 달러
- 러시아 천연가스 도입과 연계한 패키지형 사업으로 극동지역에 투자: 약 90억 달러 투자 규모의 LNG 플랜트, 가스 화학 플랜트 등을 공동으로 건설하고 운영하는 사업에 합의함

극한지 파이프라인 건설 프로젝트 (출처: 기계저널, 에너지배관 기술개발 동향, 2014)

프로젝트	특 징	기 간	위 치
Northstar for BP	북 알래스카의 천해지역에 건설	1996~2001	미국
Haltenpipe for Statoil	고르지 않은 해저에 설치: 0.5%의 변형률을 설계한계로 설정	1994~1996	노르웨이
Norman Wells for Enbridge	영구동토층을 가로지르는 육상 파이프라인 / 사면위 건설 시 변형률기반 설계 도입	1983~1985	캐나다
Badami for BP	북 알래스카의 강을 가로질러 건설	1997~1998	미국
Nova Gas Transmission Line in Alberta	불연속적인 영구동토층의 파이프 설계에 변형률기반 설계 도입	1998	캐나다
TAPS fuel gas pipeline	영구동토층의 융기에 의한 좌굴: 변형률기반 설계 도입	1975~1977	미국
Ekofisk Ⅱ pipelines for ConocoPhillips	침하중인 해저지형위의 건설: 한계상태 설계	1999	노르웨이
Malampaya for Shell	지진지형 및 지형이동: 한계상태 설계	1996~1998	필리핀
Elgin/Franklin flowlines and gas export line	파이프라인 여러 개를 한계상태 설계	1999	영국
Mallard in North Sea	이중관 배관(pipe-in-pipe) 시스템: 한계상태 설계	1997	영국
Sakhalin Island for ExxonMobil	육지의 지진 지형에 건설	2001~2002	러시아
Liberty in offshore Alaska for BP	극지방의 천해에 건설	1999~2001	미국
Thunder Horse for BP	HP/HT flowlines: 한계상태 설계	2001~2008	멕시코

기타 중점 내용

- 건설기술연구원에서 기술개발을 위한 다양한 기획을 진행하고 있고, 국내에서 203년부터 일부 세부사항들에 대한 기술개발이 시작됨.
- 국내 여러 건설회사에서 관심을 가지고 있는 분야로서, 기술 확보시 한반도에 인접한 러시아 지역 등 진출할 대상은 넓고 건설기술의 고부가가치화가 가능함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 43)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>운영/유지관리 모듈화/자동화를 통한 극한지 무인 자원 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/김형진</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015. 2. 23</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="6">과제 1</td><td>부처</td><td>해양수산부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>무인시스템 플랫폼 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 08. ~ 2017. 07.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>0.4억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>대양전기공업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 2040 국토교통 미래기술 예측조사
- 자원개발기술 전략로드맵 2011</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 현지의 지리정보와 데이터베이스를 이용한 가상계획 및 설계기술
- 현장의 플랜트 시공/설치/검사를 위한 원격조작기술
- Global/Local sensing 기반의 원격현장통합운용기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국해양대학교: 해양 플랜트 원격 관제 시스템
- 한국 National Instrument: 월성 1, 2호 원자력발전소 안전 계통 감시 시스템
- 삼창기업, 한국원자력연구원: SMART (System-integrated Modular Advanced ReacTor) 원격 정지반
- 한국플랜트관리: USN 기반 가스 안전 관리 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 도시바 전력 사회 시스템사: 플랜트 원격 감시 진단 서비스
- Siemens: TeleService, TeleControl 제품군</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- SK건설: 2011년 카타르에서 복수의 가스플랜트 설비를 원격으로 관리하기 위한 플랜트 통신 프로젝트를 1천 900만 달러 (200억원 상당) 수주
- Trans-Alaska Oil Pipeline System: 1974년부터 1977년까지 건설되었으며, 80억 달러의 예산이 소요
- 야말반도 및 티만-페초라 지역 자원 이송망: 러시아 북극지역의 최대 가스, 석유 매장지역으로 대형 매장지 개발과 함께 파이프라인 건설이 병행
- TAPS (Trans Alaska Pipeline System) 건설 전망
- Sakhalin Ⅱ Pipeline 건설 전망</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 러시아
- 시베리아
- 미국 알라스카
- 중동</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 건설 제어·자동화 장비산업의 시장규모는 노동력과 고령화 추세와 맞물려 2006년 국토해양부 보고자료에 따르면 5년 단위로 평균 50% 증가가 예상되며 IT 건설기</td></tr>
</table>

		술의 경우 국내건설시장 규모가 약 80조 원임을 감안할 때 약 0.4%인 3200억 원 정도의 IT융합건설기술시장규모를 가지고 있는 것으로 예측됨
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	한국가스공사, SK건설
	중견기업	한국 National Instrument, 한국 Siemens, 삼창기업
	중소기업	한국플랜트관리
	연구기관	한국가스공사 연구개발원, 한국건설기술연구원
	대학	한양대학교, 한국해양대학교

틈새 시장 접근 방식
- 본 기술은 미래 기술로 시장 형성은 아직 되어있지 않다고 판단되며, 2020년대가 되어야 기술실현이 가능하고, 시장 보급 시기는 그 이후로 예상됨 - 러시아, 미국, 캐나다 등 극한지 자원개발 플랜트 건설 사업 수주량 확보 선행 필요

Business Model
- 에너지·자원 개발이 기존 육상에서 해저, 극·한지, 극지 등 신공간으로 확대 - 전세계 미개척 에너지의 약 20%가 북극권에 매장되어 있다고 있어, 남·북극을 대상으로 하는 탐사, 채굴, 수송 등 가치사슬에 대한 투자가 점증 (각국의 남극 기지 건설 증대, 북극권 개발 관심 증대) - 극한지에서 작업은 기후여건과 작업여건의 제약으로 인하여 생산성 및 신뢰정이 저하되는 어려움 있음 - 극한지 플랜트 원격건설기술 융·복합 연구개발을 통해 원천특허의 확보를 통하여 산업체 해외진출 기반 마련 - 플랜트 엔지니어링 및 건설과 ICT, 로보틱스, UI 센서기술 등을 융합하여 새로운 건설현장을 실현하여 경제영토 확대 및 국민 일자리 창출에 실질적 기여

기타 중점 내용
- 장기간 현장인력 배치가 어려운 지역에 있는 플랜트를 안정적으로 원격 파악하고 조치를 취할 수 있는 IT기술은 플랜트기술이 가야할 당연한 방향임. - 해외 대부분 오지는 IT 인프라 등이 매우 열악하므로 고급 IT기술이 요구되기 보다는 최소의 정보자료로 전체 플랜트의 상황을 파악하거나 수리지침을 제시하는 등의 실제적인 사례에 대한 노하우 축적과 실증 경험이 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 44)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>대심도 초임계 압력 조건 활용 폐기물 처리 및 에너지 생산 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/수석/김형진</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015. 2. 23</td></tr>
<tr><td rowspan="16">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>중소기업청</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>폐변압기에 포함된 고농도 PCBs 함유 폐절연유의 PCBs 분해기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010. 06. ~ 2012. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>3억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국생산기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>미래창조과학부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>청정연료 핵심 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013. 01. ~ 2013. 12.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>51억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 3</td><td>부처</td><td>중소기업청</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>초임계 이산화탄소와 막을 이용한 폐유의 재활용 공정개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2007. 07. ~ 2008. 06.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>0.34억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>경희대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 4</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>지속가능 그린발전플랜트 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2009. 01. ~ 2011. 12.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>2억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 2040 국토교통 미래기술 예측조사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (O)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 대심도 반응기를 이용한 유기성 폐기물 처리기술
- 대심도 초임계 반응기를 이용한 난분해성 폐기물 처리기술
- 초임계조건을 이용한 바이오가스 생산기술
- 초임계압 화력발전 시스템 기술
- 초임계압 발전 보일러, 증기터빈 설계/제작 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 한국에너지기술연구원
- 한국기계연구원
- 한국생산기술연구원
- 경희대학교</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- GeneSyst
- Providentia Envio. Solutions
- Kobe Steel
- 미쓰비시화학</td></tr>
</table>

		- 미쓰이석유화학 - 올가노 (Organo) - 도요다자동차 - Tohoku University - Modar - NASA - Argonne National Lab - 미쯔비시중공업
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 일본 올가노 (Organo corp.)는 新에너지산업기술종합개발기구 (NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization, 1980년 8월 설립)의 위탁으로 초임계 水중의 산화 분해반응을 이용한 공장 폐액 처리의 대형 파일럿 플랜트를 건설, 1999년 봄부터 실험 운전을 개시. 반도체 제조 공장에서 쓰여지는 난분해성의 유해 화학 물질이 10% 혼합된 공장 폐액을 완전히 분해할 수 있으며 처리 능력은 1일당 약 1톤으로 세계 최대 규모 - 일본 도오호꾸전력과 미쓰비시중공업은 폐플라스틱을 초임계수로 유화시키는 실증시험을 진행. 고온 고압의 물인 초임계수를 사용하여 폐 플라스틱을 기름으로 재생하는 기술로서, 1일 약 0.5톤 처리용량의 실증플랜트를 건설하여 폐플라스틱으로부터 기름을 재생하고, 재생된 기름은 보일러 연료로 사용 - 미국 Auburn University에서는 해중합을 통하여 단량체로의 화학적 재활용이 어려운 가교 SBR의 재활용에 초임계 유체를 적용하여 벤젠 등 원료물질로 재생하는 공정 개발 - 815MW급 인도네시아 아역청탄 연소 초임계압 화력발전 플랜트 (일본 미쯔비시 중공업)
	주요 대상 지역	- 미국, 유럽, 일본
	시장 크기	- 초기투자비 및 LCC 비용이 소각시설에 비하여 약 60% 수준으로 예측되며, 차세대 하수처리장 및 매립장의 주요기술로 보급 가능 - 하수슬러지 및 유기성 폐기물 처리용 플랜트 시장 (2017년 국내 1,000억원, 세계 5조원 시장형성 전망) - 난분해성 유해 폐기물의 무해화 처리를 통한 환경 보전기술 확보
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	두산중공업, 한국전력기술
	중견기업	보일러, 증기터빈 제작사
	중소기업	제어계통설비 제작사
	연구기관	한국에너지기술연구원, 한국기계연구원, 한국생산기술연구원
	대학	경희대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 국내 발전설비 산업은 1970년대 말부터 시작 초임계압 500MW 표준석탄화력 발전소 건설과 병행, 설계·제작 분야 기술개발이 추진돼왔음 - 초임계압 화력발전소에 대한 기술은 제작 국산화 단계, 기술제휴 및 기술이전 단계를 거쳐		

현재 기술독립 단계에 도달한 상태
- 발전소 종합설계 기술 분야는 한국전력기술(주)에서 미국 Burns & Roe, Parsons, Bechtel, Black & Veach, Surgen & Lundy, Ebasco사 등과 기술제휴로 기술도입 혹은 공동설계를 수행, 현재는 초임계압 화력발전기술은 확보한 상태
- 제어계통 설계분야는 분산제어시스템(DCS)을 국산화 개발, 일부 화력발전소에 적용한 실적있음
- 원자력발전소 디지털제어시스템 또한 국산화, 제어계통 전범위의 제어 및 감시계통 구축이 가능하게 됐으며 원자력 및 화력발전소 시뮬레이터를 개발, 발전소 운전에 크게 기여하고 있음
- 보일러, 터빈설계 및 제작기술은 두산중공업(주)에서 터빈분야는 미국 GE사, 미국 보일러분야는 Alstom Power사 및 CE사 에서 기술을 도입, 현재는 초임계압 발전기술에 대해서는 기술독립단계에 도달

Business Model

- 도시, 산업단지 등에서 배출되는 생활쓰레기, 하수 슬러지, 폐유, PCB 등과 같은 폐기물에 대한 관리 및 처리, 이동 등에 관한 규제가 강화 추세
- 최근 지상에서 가압하는 방식으로 초임계 수 산화 (SCWO, Supercritical Water Oxidation) 기술 소규모 운전 성공
- GeneSyst나 Providentia Envio. Solutions 등에서는 심정의 깊이에 따른 가압 수준에 대응하는 최적조건과 적합한 반응기를 개발 중
- 관류형 배열회수보일러 시장의 약 20% 정도를 초임계압 배열회수보일러가 차지할 것으로 전망되며, 세계 시장에서 초임계압 관류형 배열회수보일러 기술의 중요성이 더욱 높아지고 있음 (두산중공업, 배열회수보일러 세계 시장 점유율 1위, 배열회수보일러 세계 시장 1조 6천억원, 관류형 배열회수보일러 세계 시장 3천억원)
- 초임계압 순환유동층 (CFB) 보일러 시장 진출
- 초임계 이산화탄소 발전기술은 특히 폐열을 활용할 수 있는 시멘트, 철강 등 산업 플랜트 발전설비용으로 각광받고 있으며, 이러한 플랜트에서 나오는 폐열은 온도가 높지 않아 보통 버려지는데, 이 기술을 이용하면 발전용으로 활용할 수 있음
- 시멘트, 철강 플랜트 발전 설비용만 놓고 볼 때 세계시장은 연간 2조원 규모로 추산되며, 두산중공업은 매년 1000억원 이상의 매출 달성을 목표로 함

기타 중점 내용

- 초임계가 가지는 용매적 특성 등을 잘 활용하면 매우 우수한 효과가 가능한데, 이 때 사용되는 재질문제 해결이 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 45)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>대수심용 이동형 플랫폼</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이재용</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="6">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>해양 플랜트용 수직이동형 시추시스템의 Derrick, Riser, Compensator 핵심 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010. 04. ~ 2015. 3.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>0.5억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국지질자원연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 해양플랜트 로드맵.pdf, pp 1~5
- 심해저 해양플랜트 로드맵.pdf</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 적정수심 향상기술
- Leg 제작/설치 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 대우조선해양
- 삼성중공업</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Lmaprell (UAE)
- Ensco Intercontinential GmbH(영국)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 현재 국내외 건설실적 파악되지 않고 있으며, 기술의 특성으로 판단할 때에 실적이 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계 심해</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 2030년 560억불 시장 예상(Marine tech KOREA 2014)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>대우조선해양, 삼성중공업, 현대중공업 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>동화엔텍 등 해양플랜트 기자재 업체 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>코밸 등 해양플랜트 기자재 업체 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국에너지기술연구원
한국지질자원연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>해당 없음</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 북극권 석유 매장량은 약 900억 배럴에 달하고, 천연가스 매장량을 석유 매장량 수치로 환산하면 총 4120억 배럴에 달하기 때문에 장기적으로 해양 플랫폼 기술을 확보해서 미래 해양 플랫폼을 이용한 자원 개발 시장을 선점
- 아프리카와 같은 경우 offshore에서 많은 양의 석유가 발견되었지만 경제적 상황과 파이프라인과 같은 인프라가 구축되어 있지 않아서 개발에 제약이 있음. 이것을 이동식 심해저 플랫폼을 이용해서 효과적으로 개발할 수 있게 함으로써 경제성을 높일 수 있음
- 대수심용 플랫폼은 엄청난 힘을 버틸 수 있는 견고한 설계가 필요하고 이는 해상 풍력에도</td></tr>
</table>

	똑같이 적용될 수 있는 기술이다. 현재 유럽에서 많은 개발을 하고 있는 해상 풍력의 해상 플랫폼 기술의 적용으로 틈새시장을 공략할 수 있음.
Business Model	- 아프리카 등 파이프라인과 같은 자원 개발 인프라가 갖추어져 있지 못한 지역 같은 경우 FPSO를 이용한 자원 개발이 가능하다. 그래서 해당 지역의 경우에 충분한 저장공간을 갖춘 FPSO의 수요가 늘고 있음. - 브라질의 모든 프로젝트는 국영 석유회사 Petrobras에 의해 진행되며 현재 유전개발에 필요한 대형 자원 개발 플랜트(drill ship과 semi-submersible) 건조를 계획 중임. - 호주 고르곤 LNG 프로젝트 : 호주 북서쪽 해상 130~200m 떨어진 해상 가스전에 총 공사비 320억 달러 규모로 조선업체들이 참여하여 플랜트 건설
기타 중점 내용	- 현재 설치된 고정형 해상 플랫폼과의 차별성을 강조할 필요가 있음. - 이동형 플랫폼을 사용할 수 있는 구체적인 지역을 조사해서 이동형 플랫폼이 취할 수 있는 장점들을 모아 추진할 필요가 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드(NO. 46)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>저급탄의 고품위화 플랜트
(호주/인도네시아 등 생산 저급탄 활용)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 3월</td></tr>
<tr><td rowspan="6">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>생물학적 전환에 의한 저등급 석탄 고품위화
및 합성 천연가스/화학연료 통합생산 원천 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013. 12. ~ 2015. 09.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>18억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- Briquetting
○ UBC (Upgrading Brown Coal)
○ BCB (Binderless Coal Briquettes)
○ CUB (Coal Upgrading Briquette)
- 석탄건조 기술
○ MTE (Mechanical Thermal Expression)
○ RWE/WTA
(Steam Fluidized Bed Drying with Int. Heat Circ.)
○ K-Fuel (Steam)
○ Coaltek (Microwave)
○ EXERGENT (HTD)
○ Coalcreak (Fluidized Bed Drying)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- SK에너지, 한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Kobe Steel(일본)
- White Energy(오스트리아)
- 독일 RWE</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 일본 Kobe Steel은 2011년 Sumatra에 상용화
- 오스트리아 White Energy사는 2010년 인도네시아에 상용화</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 석탄 고품위화 기술은 가스화와 별개로 석탄을 활용하는 기술
- 궁극적으로 에너지화 관점에서 석탄의 잠재적 시장은 011년 기준 778억달러 정도이고 2015년 현재 약 1000억달러로 예상됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내 관심
기관</td><td colspan="2">대기업</td><td>동서발전, 남부발전, SK에너지, GS건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>(주)메탈켓코리아: 석탄에 바이오매스 접목 하이브리드화</td></tr>
</table>

(국내 Value Chain)	중소기업	한국테크놀로지: 석탄 건조 기술
	연구기관	에너지기술연구원, 고등기술연구원, 전력연구원
	대학	포항공과대학교, 아주대학교
틈새 시장 접근 방식	-	
- 인도네시아, 몽골로부터의 기술을 적용 후 제품을 도입 가능 - 소규모 주거용 연료로 활용할 수 있는 발열량 5,500 kcal/kg 이상의 저휘발분 char 제조 - 독일 RWE사의 WTA 기술 등을 사용할 시 갈탄 연소보일러 효율을 4% 증가 가능		
Business Model		
- "IEEJ Asia/World Energy Outlook, Oct. 2009" 자료에 따르면 인도네시아의 경우 전체 장량 104.8 billion tone 중 5700kcal/kg이하 Low rank coal의 매장량이 89.5 billion ton으로 약 90%에 근접하므로 인도네시아와의 저급탄 고품위화 공동개발 - 몽골 바가누르 탄광, 시베오보 탄광, 타반톨고이 탄광에 대한 공동 개발		
기타 중점 내용		
- 저급탄은 가격이 저렴한 대신에 수분이 많고 휘발분 함량이 높으면서 발열량이 낮아 원래 형태 그대로 수입이 불가능함. 대부분 산지에서 석탄화력 원료탄으로 사용되고 있음. - 일본에서 지난 수십년간 인도네시아 갈탄을 업그레이드 하여 수입코자 다양한 기술을 개발 상용화 전단계까지 도달함. 그러나 경제성이 아직 부족하여 실현되지는 못하고 있음. - 저급탄에서 수분을 낮추고 수분 재흡수를 막는 기술을 개발 적용하여 장시간 운송에 문제가 없으면 한국과 일본 등에 상당한 매력이 있음. - 최근에는 저급탄 산지에 많이 존재하는 바이오매스를 같이 혼합하여 발열량을 높이면서 수분 재흡수도 막는 기술개발이 국내 에기연 등에서 시도되어 우수한 초기 결과가 제시됨.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 47)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>펫코크 최적 활용 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/연구위원/유영돈</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월 6일</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>에너지기술개발사업(신재생에너지융합핵심기술개발사업)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012-11-01 ~ 2015-10-31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>25.8억원 (정부: 12.6억원)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>고등기술연구원, 현대오일뱅크, 전북대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>에너지자원기술개발사업</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2005-08-01 ~ 2008-07-31</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>7.01 억원</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>에너지기술연구원, 홍익대학교, ㈜이에프시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 펫코크 합성가스내 고농도 산성가스의 저비용 고효율 제거기술
- 펫코크의 안정적 주입기술 및 가스화기술
- 펫코크 합성가스 정제기술
- 펫코크 합성가스 이용 수소/메탄올/스팀 생산기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 고등기술연구원
- 에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- GE
- Uhde
- CB&I (E-GAS)
- ECUST</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (○)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 국내의 경우 현대오일뱅크에서 펫코크를 이용하여 CFB(순환유동층) 보일러에서 스팀을 생산하고 있고 일부 시멘트 킬른 등에서 연료로 이용하고 있지만, 국내 석유화학 산업의 이용이 거의 전무한 실정임
- 석탄과의 혼합 연료 이용은 저급탄의 공급 증가와 국내 무연탄의 이용 확대 측면에서 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원 등을 중심으로 일부 연구가 진행됨
- 에너지기술연구원에서 펫코크의 가스화 이용을 위한 타당성 검토 및 기초 연구자료 확보 등 이용기술 개발에 초점을 맞춰 Lab-scale 규모 기술개발이 추진됨
- 고등기술연구원에서 석탄/펫코크 혼합연료로부터 합성가스를 생산하여 고농도 H_2S를 용이하게 제거하는 기술을 개발 중임</td></tr>
<tr><td>세계 시장</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 상용플랜트 6기 가동 중(펫코크 또는 펫코크/석탄혼합),</td></tr>
</table>

현황 및 전망		2기 건설 중, 3기 계획 중
	주요 대상 지역	- 미국(7기), 일본(2기), 유럽(1기), 인도(1기)
	시장 크기	- 11조원(1조원/1기 기준)
	기타	- 전세계적으로 펫코크 발생량은 2010년 1억 2천만톤/년으로 지속적으로 증가 - 펫코크의 고부가화 활용을 위해 점차 시장규모 확대하여 2020년 20조원 이상 예상
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	현대오일뱅크
	중견기업	화공플랜트 관련 다수 중견기업 관심 대상으로 예상
	중소기업	청해소재 (석유코크스 수입업체)
	연구기관	고등기술연구원, 에너지기술연구원
	대학	전북대학교, 홍익대학교

틈새 시장 접근 방식

- 펫코크의 고부가화 이용을 위한 국내 가스화기술 수준은 선진 기술 대비 50% 정도로 기술적 불확실성이 크고 대규모 투자가 필요하여, 현재까지 기술개발이 본격적으로 추진되지는 않은 상황임
- 펫코크는 석탄에 비해 반응성은 떨어지지만, 발열량이 높은 단독 이용과 석탄과의 혼합 이용이 진행되고 있으며, 전기뿐만 아니라 수소, 암모니아, 화학 산업 원료 공급 등의 목적으로 이용되고 있음
- 펫코크는 석탄과는 다르게 고정탄소가 85-92%, 유황성분이 5-8%인 고탄소 성분의 고유황 연료로 발열량은 8,300-8,700kcal/kg 수준이기 때문에, 발열량이 낮은 저급탄, 바이오매스 등과의 혼합이용에 의해 연료적 성상을 상호보완적 관계를 이룰 수 있음
- 따라서 펫코크와 갈탄 등 저품위 석탄 또는 바이오매스를 혼합한 연료를 효율적으로 활용하는 기술개발과 이를 이용한 고품위화 기술을 확보할 경우 선진외국과 경쟁할 수 있을 것으로 예상됨
- 이밖에 황성분이 높은 펫코크의 활용을 위해서는 황성분의 제거가 필수적이므로, 황을 효과적이고 경제적으로 제거할 수 있는 에너지저감형 compact한 황성분 제거기술을 개발할 경우 선진외국과 경쟁할 수 있을 것으로 예상됨

Business Model

- 펫코크 및 갈탄 혼합연료 활용기술
- 펫코크 및 바이오매스 혼합연료 활용기술
- 고효율/저비용/에너지저감형 고농도 산성가스 정제기술

기타 중점 내용

- 한국 인근인 중국에서 저유황 함유 pet-coke를 수입하여 열병합 원료로 사용하는 사례가 추진되고 있음.
- 고유황 pet-coke은 세계적으로 가용한 유기성 에너지원 중 가장 저렴한 원료 중 하나로서, 미국의 경우 석탄IGCC 발전소 원료가 현재는 석탄 대신 모두 고유황 pet-coke로 대체된 상황임.
- Pet-coke는 유황 성분만 제외하면 대부분이 탄소로 구성되어 발열량 측면에서는 우수한 에너지원임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 48)

플랜트 후보과제 명			배출 폐수증기 재활용 플랜트 (슬러지 건조, 발전소 등)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/수석/이진욱
	작성 일자		2015년 2월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	중소기업청
		사업명	폐수증기 재활용을 위한 고압 수증기 압축장치 개발
		기간	2012. 06. ~ 2014. 05.
		예산	3.83억원
		주요 참여기관	한밭대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 폐기물에너지 기술개발 전략로드맵 수립 연구 (지식경제부, 2012)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 폐기물에너지 기술개발 전략로드맵 수립 연구 (지식경제부, 2012)
핵심기술 리스트			- 고함수 폐기물 건조공정에서 직접 발생하는 폐수증기와 건조용 폐수증기를 재활용할 수 있는 기술 - 고압 수증기 고압 압축 및 재활용 기술 - 절전형 폐수증기 압축 장치 - 수증기 잠열 활용 기술 - 저온 폐수증기 재활용 기술 (출처 : 폐기물에너지전략로드맵 보고서)
기술보유사	국내		- 한밭대학교
	국외		- 대형플랜트화 사례가 없으며 관련 정보 없음
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		- 폐수증기 활용 에너지 저감 시도는 연구개발 수준으로 있으나 활용을 위한 사업은 없는 것으로 조사됨.
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 해당사항 없음
	주요 대상 지역		- 적절한 대상 기술이 없으며, 경제성을 가지는 관련 기술 개발 시에는 전세계를 대상으로 사업화 가능함.
	시장 크기		- 경제성을 보유한 관련 기술이 개발된다면 전세계 발전소 등에 적용 가능 등으로 시장 크기는 무한함.
	기타		- 발전소의 냉각탑 등에서 대량으로 발생하는 폐수증기를 활용할 수 있는 현실적으로 제시할 수 있는 기술이 없는 것으로 판단됨.
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		- 시장 미성숙으로 직접적으로 관심을 가지는 기업은 없는 것으로 판단되나, 경제성이 있는 기술을 개발할 수 있을 경우, 워낙 시장이 크므로 국내 대부분의 건설업체 및 엔지니어링 업체 참여 가능으로 예상함.
	중견기업		- 잠재력 자체는 대단하지는 현실적으로 사업화 방안을 찾기 어려운 개념 상태이므로 현 시점에는 관심기업이 없다고 판단됨. 미래에 사업화 진행 시에는 많은 설계/엔지니어링 업체 등이 참여할 수 있는 잠재력을 지니고 있다고 판단함.
	중소기업		- 가이아(주)가 관련 기술에 관심을 가졌으며, 본 사업은

		잠재력 자체는 대단하지만 현실적으로 사업화 방안을 찾기 어려운 개념 상태이므로 현 시점에는 관심기업이 없다고 판단됨.
	연구기관	-
	대학	- 한밭대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 건조시 수증기의 증발잠열이 크므로 폐수증기를 회수하여 건조 열원으로 재사용 방안으로 폐기물 에너지화 플랜트 시장에 진출		
Business Model		
- 폐수증기의 증발잠열을 재활용할 수 있는 기술개발로 폐기물 에너지화에 투입되는 전처리 비용의 획기적인 절감과 타 산업에 응용할 수 있는 기술로서, 폐기물 에너지화 플랜트 국내시장 확보 및 해외 수출에 기여 (현재로서는 경제성을 갖출 수 있는 적절한 대안 기술이 없음)		
기타 중점 내용		
- 건조에는 많은 에너지가 소모되는데, 제지공장이나 고수분 석탄의 건조 등에는 저렴한 건조 열원이 필요함. 이 때 폐수증기가 인근에 가용하다면 매우 유용한 건조 에너지원으로 활용이 가능함. 단, 폐수증기의 질이 낮으면, 폐열회수에 필요한 장치투자비가 오히려 직접 보일러 추가보다 더 많아 경제성이 안나올 가능성이 있음.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 49)

플랜트 후보과제 명			냉각수 무방류 냉각 시스템 (증발로 손실되는 냉각수 무방류 기술)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반자료 제공자 : 현대오일뱅크/상무/김재호 정리 및 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015년 1월 27일
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	산업통상자원부
		사업명	공장내 냉각수를 이용한 에너지 회수 System 개발
		기간	2011. 11. ~ 2012. 10.
		예산	1.6억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	(주)한국피이엠
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	발전소 온배수를 이용한 1,500kW급 수력발전 상용화기술 개발
		기간	2004. 04. ~ 2007. 03.
		예산	1.2억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	전력연구원
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	냉각수 폐열회수 소형 흡수식 히트펌프 개발
		기간	2011. 06. ~ 2012. 05.
		예산	0.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	경기과학기술대학
	과제 4	부처	산업통상자원부
		사업명	선박 엔진의 폐열을 이용한 흡수식 고효율 냉동공조 시스템 개발
		기간	2011. 12. ~ 2013. 11.
		예산	3.5억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	현대메카텍㈜
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (O)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (O)
핵심기술 리스트			- 냉각탑에서 대기로 방출되는 수증기 포집 기술 - 회수된 물을 냉각수에 적합한 수질로 처리하는 기술
기술보유사	국내		- ㈜한국피이엠 - 전력연구원 - 경기과학기술대학 - 현대메카텍㈜
	국외		- 냉각수 무방류 냉각탑 관련 기술 보유 업체 정보 없음
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (O), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 (O), 무 ( )
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 소규모 냉각수 회수 활용 설비 건설 실적 다수
	주요 대상 지역		- 전세계

	시장 크기	- 현실적으로 구현 가능한 기술을 개발한다면 수자원 재활용 측면 등에서 적지 않은 시장 형성이 예상됨.
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 한국에너지공단, 현대오일뱅크, 현대메카텍㈜, 현대자동차
	중견기업	- 효성
	중소기업	- 실트론, ㈜한국피이엠, 금강화섬, 기성이앤씨
	연구기관	- 전력연구원
	대학	- 경기과학기술대학

틈새 시장 접근 방식

- 반도체 공정에서 사용하는 전기로를 냉각하기 위해 냉각탑을 이용하여 공정 냉각수를 냉각하고 있으며, 냉각된 폐열(31℃)은 대기 중으로 배출되고 있는데, 공정 냉각수의 저온 폐열을 회수하여 이용하는 틈새시장을 고려할 수 있음
- 열처리로의 경우에는 담금질용으로, 전기로의 경우 로체 보호와 코일의 과열을 방지하고자 냉각수를 공급하여 냉각하고 있으며, 냉각수는 냉각탑을 거쳐 재순환 가능
- 중수도 시스템은 방류수를 회수 처리하는 설비를 설치하여 재활용함으로써 중수도에 대한 공업용수 기본 요금을 감면받아 비용을 절감
- 중수도(中水道)는 빌딩이나 주택 단지, 공장 시설에서 중수도 시스템 (하수 처리를 한 폐수 또는 방류수를 회수하는 침전지, 여과 시설 또는 소독 시설 및 유량계)을 설치하여 음료수 이외의 생활 용수, 공업 용수로 재활용하는 것을 말함
- 2004년 2월 수돗물 공급규정이 개정되어 냉각수 회수수에 대해 중수도가 적용이 되면 중수도에 대해 공업 용수 요금중 설비 요금 (계약량 x 설비요금단가 58원/㎥)에서 중수도 적용량에 대한 금액 (중수도 적용량 x 설비요금단가 58원/㎥)을 감면 받을 수 있으므로 중수도 시스템을 도입하여 공장 공업용수비를 절감할 수 있음
- Dow ejector의 냉각수가 열매체유를 포함하고 있어 일과성 냉각수로만 사용하여 폐수로 집수되었던 것을 저수 탱크와 열교환기 및 펌프를 설치하여 냉각후 재공급함으로 폐수 발생량 및 용수량을 절감
- 자동차 생산 공장 냉각탑에서 발생되는 폐열을 히트 펌프로 1차 온수 온도를 승온 (57℃)시키고, RTO에서 발생되어 방출되는 폐열을 회수하여 도장 공장 전처리 공정 온수로 공급하고, 여분의 열원은 히트 펌프에서 생산한 온수를 2차 가열하여 생산 난방용 온수 (65℃)로 생산하여 보일러 스팀 사용량 절감
- 석유화학 공장에서 공정열을 제거하여 냉각탑으로 회수되는 냉각수의 폐열을 회수하여 보일러 급수를 예열하여 탈기기에 사용되는 저압 스팀의 사용량을 감소하여, 에너지 절감

Business Model

- 현대오일뱅크 대산공장에서 외부로부터 공급받은 물은 35,000톤/일 중 냉각탑에서 배출되는 물은 14,000톤/일로 40%에 해당하고 이를 회수하여 재사용할 경우 년간 511만톤 41억원을 절감할 수 있음
- 정유화학공장을 운영하는 대부분의 나라에서 기후변화 등으로 인해 갈수기가 늘어나고 물부족 정도가 심해지고 있으며 향후 생활용수와 농업용수에 우선 공급하는 정책에 밀려 안정적인 공장 운영이 어려워질 가능성이 매우 큰 상황이므로 활용도가 높을 것으로 예상함

기타 중점 내용

- 물이 부족한 지역이 많고 물이 점차 자원으로서 가격이 높아질 수 밖에 없는 현실에서 냉각탑용 냉각수가 방류되지 않고 최대한 재활용하는 방안이 필요함. 현실적으로 증발 등으로 인해 보충되는 냉각수 양이 많음.
- 냉각수 회수와 에너지 회수를 동시에 진행하면서 병합하는 시너지를 얻을 수 있는 방안의 도출이 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (과제 NO. 50)

플랜트 후보과제 명			다중수원 처리가능한 대용량 물순환/재생 통합플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		제안 및 기반자료 제공자 : 현대오일뱅크/상무/김재호 정리 및 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진
	작성 일자		2015.01.19
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국토교통부
		사업명	수변지하수 활용 고도화
		기간	2011. 10. ~ 2016. 06.
		예산	1.7억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	한국수자원공사
	과제 2	부처	환경부
		사업명	하수 처리수와 빗물의 스마트 재이용 시스템 개발
		기간	2010. 03. ~ 2012. 02.
		예산	14.4억원 (정부출연금)
		주요 참여기관	코오롱건설(주)
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 물산업 기초분석 - Integrated Urban Water Cycle Management System in Korea - Smart Water Grid
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (O), 무 ( )
	보유 파일명		- 다중수원에 대하여 중수도 활용을 위한 유비쿼터스 기반 중수처리 시스템 및 중수처리 방법 - 다중 대체수자원을 원수로 하는 유비쿼터스 기반의 중수도 시스템
핵심기술 리스트			- 다중수원 통합관리 시스템 구축 : 수원별 실시간 공급관리 시스템 - 워터루프 시스템개발 : 물순환 시스템 및 관리기술개발 - 다중수원 수처리 기술개발 : 수원별 수처리 기술개발
기술보유사	국내		- 코오롱건설(주)
	국외		- GE - Siemens - 베올리아
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (O)
	기타		-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- GE사의 수처리 플랜트 다수 - Siemens사의 수처리 플랜트 다수
	주요 대상 지역		- 울산, 여수, 대산 (대규모 석유화학단지)
	시장 크기		- 물재이용 세계 시장: 2007년 10억달러, 2025년 210억달러 (출처: 기획재정부, 물의 세계적 중요성 및 시사점, 2012)
	기타		-
국내 관심 기관 (국내 Value	대기업		한국수자원공사, GE, Siemens, 베올리아, Nalco Korea, 한국농어촌공사, 포스코건설, 두산중공업
	중견기업		도화엔지니어링, 평화엔지니어링, 주식회사 헥코리아

Chain)	중소기업	레오테크(주), 패스테크
	연구기관	국토교통과학기술진흥원, 한국건설기술연구원, 스마트워터그리드연구단(국토교통부소속)
	대학	광주과학기술원, 성균관대학교, 고려대학교, 을지대학교, 인천대학교

틈새 시장 접근 방식

1. 접근방식
선진국의 사례(영국, 미국)의 경우르 보면, 수자원 인프라 운영관리 효율화와 물사용 효율성 등을 우선적으로 고려(수원별 실시간 공급/관리 시스템) 하고, 이후에 수원별 관리를 바탕으로 수원별 수처리 기술에 대한 연구 수행(워터루프 시스템 개발, 수원별 수처리 기술개발)함. 본 연구도 이와 같은 방향을 기준으로 하여 진행되는 것이 타당하겠음.

Business Model

1. 개 요
최근 수자원 관리에 대한 패러다임의 변화와 더불어 물 관리의 국제적 추세는 공급위주에서 수요관리로 이동하고 있음. 특히 물관리 체계는 물순환의 과정에 있는 지표수와 지하수를 포함한 모든 상의 상호 연관된 물이 균형을 이루도록 하는 통합적인 관리체제로 전환되는 추세임 (이재현, 2006).

2. 사업모델 제안
본 연구의 사업모델은 크게 2개로 나누어 진행이 가능함.
1) 수원별 실시간 공급/관리 시스템
   - 수원별 효율적 관리가 가능한 시스템 개발 후 기술이전을 통한 사업 (기술이전 사업)
   - 국내 수원별 관리에 적용을 통한 이익 창출
2) 수처리 관련 기술
   - 수원별 수처리 기술개발 및 워터루프 시스템 개발 후 기술이전을 통한 사업(기술이전 사업)
   - 국내 수처리 설비에 도입을 통한 이익창출

기타 중점 내용

- 다양한 수원 사용에 따는 재생하는 방법은 경우에 따라 다양할 수 있음. 모든 기술을 다 적용하면 물 재생은 되겠지만 고가일 것이므로 가장 최적 비용을 투자하는 사례별 플랜트 기술의 제시가 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 51)

플랜트 후보과제 명			초순수 제조 담수화 플랜트
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		포스코건설/그룹장/ 남성현
	작성 일자		2015.1.30
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국토교통부
		사업명	해수담수화플랜트사업단
		기간	2006.12 ~ 2013.08
		예산	1,800억원
		주요 참여기관	두산중공업, GIST, KICT, RIST, 고려대, 국민대, 중앙대
	과제 2	부처	국토교통부
		사업명	GMVP 연구단 (MD/PRO 복합탈염공정 실증플랜트 기술개발 연구단)
		기간	2013.6 ~ 2018.5
		예산	332억원
		주요 참여기관	GS건설, KIST, KICT, RIST, 서울대, 경남대, 국민대, 한양대
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 ( )
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
핵심기술 리스트			- 원수 맞춤형 전처리기술 - 순수처리 공정 - 초순수처리 공정 - 재이용 및 후처리 공정 - 미량물질 측정기술
기술보유사	국내		- (주)포스코건설 (제철플랜트) - Kwater(용수공급사업), 두산중공업 (발전플랜트) 등
	국외		- Kurita. Organo, Resui, GE, Veolia 등
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (○)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (○)
	기타		- 관련 업계 자체 생산 & 산업단지 대상 시설 계획 중 (전기전자, 발전, 제약, 석유화학, 섬유, 제철 등)
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 대한민국은 현재 세계최대의 반도체 및 평판디스플레이 생산국이며 '20년까지 연평균 5.5% 시장 성장 예상
	주요 대상 지역		- 해외시장은 동남아, 남미 등 산업플랜트 개도국 시장의 성장과 비례할 것으로 기대 (발전, 전기전자 분야 산업개발과 깊은 연관)
	시장 크기		- 2015년부터 2025년까지 세계산업용수 시장은 120억 달러에서 290억 달러로 증가 예상, - 초순수 시장은 37억 달러('10)에서 49억 달러 ('15년)로 32% 성장 예상
	기타		- 실적 확보 및 기술력이 우위인 주요 다국적기업들의 시장 지배력이 매우 강함
국내 관심 기관 (국내 Value	대기업		- Kwater, 두산중공업, 대림산업, 삼성엔지니어링 등
	중견기업		- SSENG, 효림산업, 부강테크, 에코니티 등
	중소기업		- 경일워터ENG, 크로시스, 웰크론한텍, 필로스 등

Chain)	연구기관	- KIST, 한국건설기술연구원, 고등기술연구원 등
	대학	- 성균관대학교, 고려대학교, GIST, 경희대학교 등
틈새 시장 접근 방식		
- 국내 시장은 해외 실적 보유 및 기술력 우수한 외국계 기업들이 선점 (ex. 하이닉스 반도체의 산업용수 시설은 2000년부터 (佛) VEOLIA社 수탁) - 개별기업 용수시장은 외국계 기업에 비해 사업성 및 수주력이 취약하므로, 특목 산업단지와 같이 대량의 안정적 수요가 필요하며, 공공성 보장이 필수인 시장 발굴시 국내기업의 시장접근이 가능함.		
Business Model		
- 초순수 시설의 시공만 사업 대상으로 제한할 시, 단발성 사업 발주 및 기업간 경쟁 심화의 결과로 인해 수익성 악화와 생산수 품질 저하 발생 및 이로 인한 시장 위축의 악순환이 예상됨. - 이에 사업 대상에 대한 용수공급, 수처리, 재이용 등을 고려한 토탈 물관리시스템의 계획. 그리고 EPC 후 O&M 사업으로 연계시 사업성 확보 및 이익율 제고를 기대할 수 있음		
기타 중점 내용		
- 막분리를 포함한 초순수제조 관련요소기술의 일반화 및 적용가능한 다양한 응용기술의 발전으로 인해 신기술 개발의 가능성이 넓은 시기가 도래 - 국내 유관 산업의 발달로 인한 시장 성장이 예상되며, 국내 제조업 진출 국가의 신규 시장이 형성되는 중 - 이에 산학연의 협업을 통한 원천 및 핵심기술개발로 한국형 초순수제조기술의 실용화/상용화를 적극 추진하여 향후 해외시장 진출을 도모할 필요가 있음		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 52)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>나노튜브 기반 역삼투막 해수담수화 플랜트
(플럭스 10배 향상)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 3월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="6">과제
1</td><td>부처</td><td>미래창조과학부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>기능성 혼합 탄소나노튜브 역삼투막기술 개발 및 응용</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010. 09. ~ 2014. 09.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>3.8억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>서울대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>미래창조과학부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>Graphene 활성층에 CNT 수직성장을 통한 세라믹-탄소구조 복합막의 고도 수처리 가능성 연구</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013. 11. ~ 2015. 10.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1.9억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>광주과학기술원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 탄소나노튜브(CNT, Carbon Nano Tube) 제작 기술
- 수직배열 CNT기반 역삼투막 제조, 평가 기술
- 혼합 CNT기반 역삼투막 제조, 평가 기술
- 전기제어를 통한 CNT 거동, 성능 분석
- CNT기반 역삼투막 수처리 시스템 설계, 구성</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- CNT기반 역삼투막 해수담수화 : 현대건설
- 역삼투법 : 두산중공업, 포스코건설</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- CNT기반 역삼투막 해수담수화 : 해당없음
- 역삼투법 : 아이오닉스(미국), IDE(이스라엘)
- 역삼투막 기술 : 도레이(일본)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●), 무 ( )

- 현대건설은 한국수자원공사, 도레이케미칼과 함께 탄소나노튜브기반 역삼투막 해수담수화 공정기술을 연구해 세계에서 처음으로 2014년도 시화호 인근 부지에 하루 200㎥ 규모의 해수담수화 실증 플랜트 건설, 2016년 3월까지 운전 계획
(자료: 디지털타임즈 2014.07.03일자 보도자료)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 현대건설은 2016년 3월까지 해수담수화 현장실증 플랜트 국내 운전을 계획 (자료: Business Watch 2014.07.02일자 보도자료)</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 해수담수화 시장규모는 2015년 기준 462억 달러 예상
(자료: GWI 2007보고서)</td></tr>
</table>

	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 현대건설, 한국수자원공사, 두산중공업, 포스코건설
	중견기업	- 도레이케미칼
	중소기업	- 필로스(멤브레인 제작)
	연구기관	- 한국해양연구원, 한국에너지기술연구원
	대학	- 서울대, 경남대, 광주과학기술원, 고려대, 국민대 등

틈새 시장 접근 방식

- K-water에서는 나노기술이 융합된 신소재 수처리용 역삼투막 원천기술 확보를 위해 2011년부터 산,학,연이 공동 참여하는'CNT 역삼투막 기술개발 연구사업단'을 구성하여 CNT(Carbon Nanotube) 기반의 역삼투막 기술을 개발중
- 고투수율 막 생산기술 확보,
  고투수율의 경제성에 대해 BWRO(Brackish Water Reverse Osmosis)를 예로 들어보면, 투수율이 1.5배 증가함에 따라 기존 RO 막 교체 비용 전액을 절감할 수 있음 때문에 고투과율 막은 경제력에서 엄청난 이득을 가지고 있음
  (자료: 워터저널 2011.08월호)

Business Model

- 현대건설은 역삼투막에 탄소나노튜브를 코팅해 막을 통과하는 물의 속도를 높이고 기존 역삼투막 기술에 비해 물 투과량을 30% 이상 향상
- 다양한 공정개선 방법을 적용해 담수 생산에 소요되는 에너지를 약 20%까지 낮출 계획
- 권오혁 현대건설 연구개발본부장은 2016년 3월까지 CNT 기반의 해수담수화 현장실증 플랜트 국내 운전을 성공적으로 마무리한 후 물 부족에 시달리고 있는 중동과 북아프리카 지역을 대상으로 해외 수주에 나설 계획(Business Watch 2014.07.02일자 보도자료)

기타 중점 내용

- 국토부에서 사업단 사업으로 추진한 해수담수화 플랜트 사업의 후속 기술개발 항목으로 구분될 수 있는데, 국토부에서는 이미 광주과기원에 후속 연구단을 구성하여 해수담수화의 후속 사업을 수행하고 있으므로 본 플랜트 기획에서는 분야에서 제외함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 53)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>저에너지 차세대 정삼투식 해수담수화 플랜트
(0.5 KWh/ton 이하)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 3월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>정삼투식 담수 공정기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2009. 10. ~ 2014. 09.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>45억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>정삼투식 다목적 담수화플랜트 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2009. 10. ~ 2014. 09.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>2억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국기계연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 유도물질(draw solution) 기술
- 유도물질 분리 효율</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 웅진케미칼, 한국기계연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 미국 HTI</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>- 정삼투-역삼투 적용 해수담수화 플랜트는 2013.07월 부산해양대에 하루 20톤의 담수를 생산할 수 있는 규모로 설치돼 운영 중</td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 2006년 미국 예일대 Elimelech 교수팀에서 파일럿 규모의 정삼투 해수담수화 플랜트 운전</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 해수담수화 시장규모는 2015년 462억 달러 예상
(자료: GWI 2007보고서)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">국내 관심 기관
(국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>- 포스코건설, 두산중공업</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>- 도레이케미칼</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>- 필로스(멤브레인 제작)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>- RIST, 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">대학</td><td>- 서울대, 경남대, 광주과학기술원, 고려대, 국민대 등</td></tr>
<tr><td>틈새 시장 접근 방식</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">- 기존 해수담수 시장 외 규모가 상대적으로 적은 하수처리수 재 이용 기술에 활용
- 분리막 성능이 확보되기 전 정삼투-역삼투 하이브리드 방식의 접근
- 정삼투 방식은 핵심기자재에 대한 기술 성숙이 미흡하므로 플랜트 건설이 아닌 기자재 개발</td></tr>
</table>

에 집중할 경우 비교적 적은 자본으로도 시장진입 시도 가능
Business Model
- Desal Market 조사에 따르면 2010~2030년 담수화 시장규모 20위 국가 중 사우디아라비아(1위), 쿠웨이트(5위), 리비아(6위), UAE(7위)로서 중동국가의 규모가 큰 편 - 한국과 교류가 활발한 UAE는 2020년까지 400억 달러 규모의 담수 생산시설을 설립할 계획 - 담수설비는 정부의 중장기 수자원 확보 계획에 의해 진행되기 때문에 통상마찰이나 규제가 적고 각 수전력청이 독립적으로 지역별 정부와 함께 전력산업 정책을 수립 (자료: 한국수출입은행, 사우디아라비아, UAE의 전력산업 동향과 우리기업의 진출 확대방안, 2012년도) - 특히 담수화 플랜트에서 기자재가 차지하는 비율은 약 75%로 높음 (자료: 환경부, UAE 해수담수화 플랜트 진출전략) - 따라서 신진 기술인 정삼투식 해수담수화는 효율이 높기 때문에 유도물질을 분리하는 핵심 기자재에 대한 원천기술 확보를 통해 가격경쟁력을 가진다면 중동시장을 선점할 수 있음
기타 중점 내용
- 국토부에서 사업단 사업으로 추진한 해수담수화 플랜트 사업의 후속 기술개발 항목으로 구분될 수 있는데, 국토부에서는 이미 광주과기원에 후속 연구단을 구성하여 해수담수화의 후속 사업을 수행하고 있으므로 본 플랜트 기획에서는 분야에서 제외함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 54)

플랜트 후보과제 명			신재생에너지 활용 해수 담수화 플랜트 (물부족 지역, 태양광/풍력/지열 등 활용)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/연구위원/유영돈
	작성 일자		2015년 2월 6일
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	국토해양부
		사업명	플랜트고도화사업(해수 담수화 플랜트 사업단)
		기간	2006-12 ~ 2012-8
		예산	1,529억원 (정부: 823억원/만간 706억원)
		주요 참여기관	광주과학기술원, 두산중공업
	과제 2	부처	산업통상자원부
		사업명	신재생에너지융합원천기술개발사업
		기간	2011-07-01 ~ 2013-06-30
		예산	6억원
		주요 참여기관	한국기계연구원
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (○)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (○)
핵심기술 리스트			- 신재생에너지(태양열, 태양광, 지열, 풍력 등)과 담수화 플랜트간의 연계 기술 - 저에너지/저비용/저막오염 친환경 담수화 플랜트 설계 및 운영 기술 - 신재생에너지와 담수화 플랜트 모듈화 기술
기술보유사	국내		- 두산중공업 - 현대중공업
	국외		- GE - Veolia - Suez
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (○), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (○)
	기타		- 한국기계연구원에서는 2011년부터 상용 태양열 집열기를 사용하지 않는 태양열 해수 담수화 시스템을 개발 - 한국 에너지기술연구원에서 상용 태양열 집열기를 사용한 간접 가열식으로 이젝터를 채용한 진공 상태에서 증발이 일어나는 담수장치 개발. 또한 태양열 및 태양전지 등의 신재생에너지를 이용한 해수 담수화 장치의 연구개발도 수행 - 중소기업인 코네스코퍼레이션에서는 역삼투압 태양열 담수화 플랜트 개발 성공(총 사용에너지 중 신재생에너지 비율이 97% 이상 달성)
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 두산중공업, 현대건설, 현대중공업, 대림산업에서 2005년부터 2010년까지 17개의 담수화 플랜트 수주 실적이 있음
	주요 대상 지역		- 중동 지역(쿠웨이트, 카타르, 오만, 사우디 등)에 편중
	시장 크기		- 126억불 수준(설비투자 60억불, 운영비용 66억불)

	기타	- 해수 담수화 시장은 2010년 126억불 수준에서 2016년 300억불 수준으로 급격하게 증가되고 있음 - 최대 시장은 중동지역이지만, 최근 미국, 호주 등 전세계적으로 확대
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	두산중공업
	중견기업	
	중소기업	코네스코퍼레이션
	연구기관	에너지기술연구원, 기계연구원
	대학	제주대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 중동 지역 물을 공급한 유일한 방법이 해수 담수화이지만, 세계적 메이져 기업들의 극심한 경쟁 시장임 - 최근 아시아 지역에서 인도 및 중국에서의 물수요의 급격한 증가로 신규 시장이 형성 - 국외에서는 일사 조건이 우수하지만 물부족 국가인 북아프리카가 신흥 시장임 - 국내에서는 낙도 및 산간지역 물부족 문제를 해결할 수 있는 현실적인 대안임		
Business Model		
- 지역 여건에 따라 경제적으로 확보할 수 있는 신재생에너지원과 해수 담수화 기술을 연계 예) 도시지역에서는 풍력과 해수담수화 플랜트 연계 예) 대도시 및 산업단지에는 대형, 산간 및 도서지역에는 소형 모델 개발을 통한 차별화 - 신재생에너지의 hybrid를 통한 한계극복 예) 풍력과 태양열의 hydrid화를 통해 주간과 야간에도 안정적인 플랜트 가동 모델 제시를 통한 차별화		
기타 중점 내용		
- 국토부에서 사업단 사업으로 추진한 해수담수화 플랜트 사업의 후속 기술개발 항목으로 구분될 수 있는데, 국토부에서는 이미 광주과기원에 후속 연구단을 구성하여 해수담수화의 후속 사업을 수행하고 있으므로 본 플랜트 기획에서는 분야에서 제외함.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 55)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>ICT 융합 플랜트 및 ICT 기반 엔지니어링</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 2월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>국토교통부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>스마트 운영 기술 및 ICT 기반 O&M 통합 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 12. ~ 2015. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>3.8억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>두산중공업</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>환경부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>스마트기기와 ICT복합기술을 활용한 부지집약형 에너지절감 하수폐수처리기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 05. ~ 2015. 04.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>3.2억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>(주)아쿠아테크</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- Enterprise Resource Planning(전사적 자원관리)
- Key Performance Indicators(주요 성능인자 관리)
- Total Production Maintenance(전 제품 유지 보수)
- Supervisory Control And Data Acquisition
(원방감시시스템)
- Product Lifecycle Management(제품 수명주기 관리)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>국내에는 다수 ICT 기업 존재하며, 플랜트 기술과 융복합화하여 시너지효과를 창출할 수 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- General Electric (미국)
- Toshiba, Hitachi (일본)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 ( ), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 미국은 DOE 지원 2000년부터 핵에너지연구계획(Nuclear Energy Research Initiative, NERI) smart-NPP(Nuclear Power Plant)를 통한 플랜트 기기와 시스템 평가 툴, 스마트 기자재에 관한 관련한 폭넓은 연구와 2012년 45억 달러 규모의 스마트 미터, 전력 데이터 송신 등 스마트 그리드 사업 수행
- 중국은 2012년 '국가 스마트시티 시행지역 공지'(12.5계획)를 통해 2015년까지 5천억 위안을 투자
- 일본은 '신성장전략(2010~2020)'을 기반으로 스마트시티 사업을 통해 3조 2천억 엔의 경제효과 기대</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 전 세계</td></tr>
</table>

	시장 크기	- 글로벌 ICT 융합산업 시장규모는 2020년까지 3.7조 달러 전망 - 반면 국내시장 규모는 11개 주력산업, 신산업을 통 2020년까지 1,275억 달러 전망 (자료: 한국기계연구원 2014년 기계기술정책 제74호)
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	두산중공업, 포스코ICT
	중견기업	히텍스
	중소기업	디노ICT
	연구기관	한국기계연구원, 한국과학기술연구원
	대학	서울대, KAIST, 포항공과대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 제품, 생산공정, 서비스에 IT기술 접목 - 스마트 플랫폼을 활용한 도시의 스마트 시티화		
Business Model		
- 국내에서 진행 중에 있는 U-City 사업을 더욱 확대해서 스마트 시티화로 발전 - 전력 수요 급증을 대비한 VPP(가상발전소) 기술을 더욱 발전, 스마트 그리드 기술 상향 - 사물 인터넷을 활용한 스마트 팩토리 기술 개발		
기타 중점 내용		
- 최근 모든 플랜트에 공통으로 적용이 요구되는 기술 분야로서, 기반기술의 개발과 이를 적용한 실증결과 도출이 중요함. - 본 플랜트 기획에서는 이 과제를 별도 독립적으로 추진하기 보다는 최종 선정된 5개 플랜트 분야 모두에 공통으로 적용함. 이는 플랜트 과제 대상이 되기 위해서는 test-bed를 구축하고 실증하여야 하는데, ICT 융합 플랜트의 큰 이름으로는 구체적인 플랜트로서 구현시키기가 어렵기 때문임.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 56)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>스마트 플랜트용 빅데이터 플랫폼 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/SE그룹장/염충섭</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 1월</td></tr>
<tr><td rowspan="8">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>원전 안전성 향상을 위한 Big Data 기반 시범 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014.12 - 2016.11 (24개월)</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>10억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>M&D, 세종대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="4">과제
2</td><td>부처</td><td>과학기술부(2002당시)</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>(센서 데이터 기반) CANDU 노심 감시 및 운전 시스템 개발(I, II)</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>1999. 11 - 2005.2 (64개월)</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>14억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국수력원자력, 한국전력연구원, 한국전력기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- [첨부1] 한국 정부3.0 발전계획 전체보고서 (2013)
- [첨부2] 일본 Active Japan ICT 전략 (NIA, 2012)
- [첨부3] 호주 ICT roadmap for minerals and energy resources (2013)
- 국가원자력기술로드맵(Nu-Tech 2030) : 장관최종결재 전</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (●), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- [첨부4] 빅데이터 특허 분석 동향 (ETRI, 2014)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 국토/지역 이용 계획 및 도시 개발 계획/운영과 플랜트 산업 고유 특성을 동시에 고려한 빅데이터 플랫폼 (빅데이터 플랫폼 for 플랜트) 기술
◆ 지역 균형 발전을 위한 에너지 분산 및 순환 체계 요건 구축
◆ 수집 기술: 지역/플랜트의 다양한 형태의 데이터 (정형/반전형/비정형 데이터)를 실시간으로 유실되지 않고 수집하는 기술
◆ 저장 기술: 수집 된 데이터를 효율적인 빅데이터 분석을 위한 형태로 저장하는 기술
◆ 처리 기술: 대규모의 다양한 데이터를 실시간으로 처리하기 위한 기술
◆ 분석 기술: 실시간으로 축정되는 대규모의 다양한 데이터 집합으로부터 숨겨진 패턴을 분석하고, 의미 있는 결과를 도출하기 위한 기술
◆ 활용 기술: 분석 된 결과를 사용자에게 효과적으로 전달하고 표현하기 위한 기술
- 다양한 이해당사자의 요구를 누락 없이 반영한 빅데이터 플랫폼 개발을 위한 시스템 엔지니어링 (SE) 기반의 플랫폼 개발 기술
- 지역 및 플랜트 생애주기를 고려하여 지역/플랜트 건전성, 일치성, 추적성 확보를 위한 형상관리 기술
- 기존 플랜트 운전, 정비 데이터와 지역운영 기반의 플랜트 FEED 프레임워크 개발 기술</td></tr>
<tr><td>기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- KT NexR, Gurter, Cloudine 등 국내 빅데이터 플랫폼</td></tr>
</table>

		기업 등은 자체적인 범용 플랫폼을 보유 중
	국외	- Hortonworks, MS Azure, IBM, SAP 등 해외 빅데이터 플랫폼 기업 등은 자체적인 범용 플랫폼을 보유 중
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (●)
	5년내 국내건설 계획	유 (●), 무 ( )
	기타	- 국내 빅데이터 플랫폼 기업 등 자체적인 범용 플랫폼을 보유 중에 있지만, 플랜트 산업 고유 전문 지식 부족과 데이터 접근에 대한 높은 진입 장벽으로 플랜트 산업에 적용하지 못하고 있음 - 한편, 2015년 말부터 원전 분야를 대상으로 빅데이터 시범 플랫폼 개발 사업을 진행 중에 있음 (원전 안전성 향상을 위한 Big Data 기반 시범 플랫폼 개발, 한국에너지기술평가원, 2015~2016)
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 없음
	주요 대상 지역	- Smart Grid, Oil&Gas 산업 일부에 부분적으로 적용한 시도가 있지만, 아직까지 플랜트 산업에 체계적으로 적용 및 보고 된 사례는 부재
	시장 크기	- IT 시장분석 기관인 IDC는 전체 빅데이터 시장이 2012년부터 2016년까지 연평균 31.7%로 성장하며, 2016년에는 23억 8천만 달러의 시장 규모가 될 것으로 예측 - KISTI는 국내 빅데이터 시장규모가 매년 70% 후반대의 고성장을 하며, 2020년에는 1조원에 이를 것으로 예측
	기타	- 플랜트 분야에 전문화 된 빅데이터 시장 예측 조사는 존재하지 않으나, 이는 다음 기존 시장에 영향을 미칠 것으로 판단 됨 - 전통적인 빅데이터 플랫폼 시장 + 플랜트의 조기 고장/진단/예측/정비 시장 외
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 대규모 SoC 및 건설 관련 기업 - 대규모의 운전 데이터 보유 및 이를 활용하고자 하는 다양한 플랜트 산업 (정유, 석유화학, 제철, 원자력 등)의 대기업들
	중견기업	- 설계 및 건설 기업 - 다양한 플랜트 산업 (정유, 석유화학, 제철, 원자력 등)의 운전 중 고장진단, 정비 수행 및 관련 솔루션을 제공하는 중견기업들
	중소기업	- 도시/교량/건물 설계 특성화 기업 - 다양한 플랜트 산업 (정유, 석유화학, 제철, 원자력 등)의 운전 중 고장진단, 정비 수행 및 관련 솔루션을 제공하는 중소기업들
	연구기관	- 건설기술연구원, 국토개발연구원 등의 국토 개발 및 건설 관련 연구소 - 고등기술연구원, 한국원자력연구원, 한국기계연구원, 한국정보통신연구원, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원 플랜트 산업 관련 정부출연기관 및 민간/산업체 연구기관
	대학	- 서울대, 연세대, 고려대, 세종대, 숭실대, 중앙대, KAIST, UNIST, POSTECH 등 플랜트 관련 학과 및 빅데이터 관련 학과 보유 대학
틈새 시장 접근 방식		

틈새 시장 현황 요약

○ 지역의 균형 발전 측면에서 제안 기술의 활용은 다음과 같이 정의할 수 있음.
- ◆ 중공업 기반 지역/노후화 도시 지역/신도시 건설 계획 등에 활용
- ◆ 에너지 생산, 운영, 배급, 소비, 폐자원 활용 측면에서의 에너지의 수명주기를 고려한 지역 기반의 에너지 생산, 배급, 소비 패턴을 분석하여 지역 재건설 계획 수립 시 활용

○ 지역에서의 에너지 관련 데이터 및 플랜트 산업에서 수집되는 실시간/대량/다양한 데이터의 가치와 분석의 필요성을 인식하고 있으나, 이를 종합적으로 지원하는 플랫폼 부재로 대부분의 데이터들이 사용되지 않고 있는 것이 현실임

○ 현재 대부분의 빅데이터 플랫폼은 산업 별 데이터 특성을 고려하지 않은 범용적 플랫폼 제시 중에 있음

○ 이들 빅데이터 플랫폼의 주 적용 대상은 SNS, 금융, 통신 분야 등이며, 플랜트 산업에서의 적용은 거의 찾아보기 어려움

○ 이는 지역 및 플랜트 산업의 데이터가 높은 보안성과 가치 및 분석 노하우를 가지는데서 기인하며, 이러한 플랜트 산업의 요구를 만족시킬 수 있는 빅데이터 플랫폼 개발을 한다면, 플랜트 산업에서의 비교적 낮은 경쟁으로 통해 빠른 시장 확보를 기대할 수 있을 것임

플랜트 산업 특성을 고려한 체계적인 빅데이터 플랫폼 개발

○ 지역 개발 및 플랜트 산업의 진입 장벽을 넘어 지역 및 에너지의 융합 산업 특성에 맞는 빅데이터 플랫폼 개발을 위해, 현장 경험이 풍부한 도메인 전문가 (플랜트 운전자, 플랜트 계측/진단/분석 전문가, 플랜트 설계자 등)와 함께 통합 개발 팀 (Integrated Product Team; IPT)를 구성하여 개발

○ 개발자 중심이 아닌 다양한 플랜트 이해당사자 (운전자, 정비자, 경영자 등)가 현실적으로 요구하는 플랫폼을 체계적으로 개발하기 위해 기 검증된 시스템 엔지니어링 (SE) 접근 방법에 기반한 플랫폼 개발 수행

기 존재하는 시범/운전 플랜트 개발 된 플랫폼의 실질적 검증을 통한 차별

○ **빅데이터 플랫폼 개발에 따른 검증을 위해서는 데이터의 축적 및 공유, 특히 이상운전에 대한 이력 관리 및 인위적 이상 시나리오에 따른 빅데이터 측면의 검증이 필수적이나, 이를 위해 운전 중인 상용 플랜트를 활용하는 것은 현실적으로 어려움**

○ 기존 BSU, 또는 파일럿, 실증 플랜트 등을 활용하여 이를 건설/운영한 플랜트 도메인 지식 , 플랜트 데이터 분석 경험 등을 활용함과 동시에 빅데이터 기반의 응용 기술 검증을 위한 시나리오 구성에 제약사항을 최소화 할 수 있으므로 **여러 개의 검증용 파일럿을 보유한 기관을 중심으로 연구 수행**

Business Model

플랜트 산업 별 빅데이터 플랫폼 특허 획득을 통한 기술 선점 및 공격 방어

- 서로 특성이 다른 플랜트 산업 별로 빅데이터 플랫폼 기술 특허를 출원함으로써, 기술을 선점하고, 해외/국내 플랫폼 사업자의 공격을 회피 및 방어

플랜트 산업 별 빅데이터 플랫폼의 상용화를 통한 플랫폼 공급 및 적용 컨설팅 서비스 운영

- 개발 된 플랫폼의 쉬운 현장 적용을 위해 플랜트 산업 별 상용 패키지화
- 플랫폼 개발에 참여한 전문가를 중심으로 한 플랜트 빅데이터 현장 적용 컨설팅 서비스 운영

중소/중견기업의 빅데이터 기술 경쟁력 강화

- 국내 중소/중견기업 경쟁력 및 국내 빅데이터 생태계 강화를 위해 중소/중견기업을 대상으로 한 기술 이전 및 저가 보급
- 플랫폼 개발에 참여한 전문가를 중심으로 한 플랜트 빅데이터 인재 양성

기타 중점 내용

- 빅데이터를 사용한 플랜트 운영기술 향상은 기반기술로서 우수한 미래 플랜트기술의 큰 방향임. 정부 지원의 검증용 test-bed 구축과 기술개발이 필요함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 57)

플랜트 후보과제 명			플랜트 유출 독성가스 실시간 감지 및 자동 중화처리 기술
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이재용
	작성 일자		2015년 1월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	미래창조과학부
		사업명	원거리 유해가스 검출 및 모니터링 기술개발
		기간	2014.01~2014.12
		예산	61억
		주요 참여기관	한국건설기술연구원
	과제 2	부처	산업자원부
		사업명	가스안전관리 통합시스템 개발 및 구축
		기간	2007.10~2009.9
		예산	60억
		주요 참여기관	한국가스안전공사
	과제 3	부처	산업통상자원부
		사업명	독성가스 중화 취급 및 안전에 관한 실증연구
		기간	2013.12~2016.9
		예산	35억
		주요 참여기관	한국가스안전공사
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
핵심기술 리스트			- 독성가스 실시간 감시 기술 - 독성가스 중화기술 - 실시간 모니터링 기술
기술보유사	국내		- 한국가스안전공사
	국외		- RAE systems (미국) - Honeywell (미국)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 (●, 각종 독성가스 취급 플랜트), 무 ( )
	5년내 국내건설 계획		유 (●,), 무 ( )
	기타		- 국내 독성가스 누출 관련 사고 급증 및 다수의 피해 사례로 수요가 꾸준히 증가 예상
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 독성가스 취급 플랜트에 시스템 적용 사례 다수
	주요 대상 지역		- 각종 독성가스 처리 플랜트
	시장 크기		- 1조 8천억원(독성가스 센서, 세계시장), 국내 580억원 *※ 출처 : 한국세라믹기술원*
	기타		- 해당 없음
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업		한국가스안전공사
	중견기업		해당사항 없음
	중소기업		세화하이테크
	연구기관		한국가스안전연구원, 고등기술연구원
	대학		서울대학교

틈새 시장 접근 방식
- 반도체, LCD, 태양전지 등 첨단산업 발달로 독성가스 수요가 증가함에 따라서 관련 산업 현장 및 주민들의 불안이 커져 독성가스의 안정성을 담보할 수 있는 시스템의 수요가 꾸준히 증가 할 것으로 예상된다. 이러한 산업단지에 해당 기술에 대한 사업이 가능함. - 구미 불산 유출 등의 사고 등으로 인해서 국민들의 독성가스에 대한 불안감이 커져 있는 상황에서 국가적으로 독성가스에 대한 충분한 안전장치를 두게 할 가능성이 높기 때문에 독성가스의 처리 및 감시 기술이 꾸준한 수요가 예상됨. - 국내에서 유통되고 있는 모든 독성가스 용기에 대한 잔가스를 중화처리 할 수 있는 공익적 중화처리 시설의 설립이 필요해 질 것으로 수요가 예상되어 시장을 선점할 필요가 있음. - 안전 훈련 측면에서 시뮬레이션 기술들을 병합하여 효과적인 독성가스 누출 대비 시스템을 구성해서 독성가스 취급 기관 및 업체에 배포 가능.
Business Model
- 미국과 일본에서는 정부에서 지정하는 중화처리 업체가 설립되어 운영되고 있음. - 캐나다 CANUTEC의 독성가스 실시간 정보지원 센터와 한국석유공사 페트로넷의 유통현황관리시스템을 통합한 형태의 실시간 정보제공 시스템 구축 - 독성가스의 특성상 취급이 어렵고 관리원들의 관리가 어려운 점이 있기 때문에 비슷한 상황으로 소방방제청의 가상 훈련 시스템과 같은 시스템 등의 훈련 프로그램이 필요 할 수 있음
기타 중점 내용
- 산업적인 측면 뿐 아니라 국가 정책적 측면으로 접근 가능함.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 58)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>수소 Station을 기반으로 한 에너지 자급형 도시 모델 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>제안 및 기반 정보 제공자 : 포스코건설/책임/정현태
정리 및 추가 작성: 고등기술연구원/수석/김형진&이진욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 3월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="6">과제 1</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>대체에너지기술개발 : 수소스테이션 국산화 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2004. 09. ~ 2009. 08.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>약 68억원 (정부연구비 기준)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>㈜SK 등</td></tr>
<tr><td rowspan="4">과제 2</td><td>부처</td><td>지식경제부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>신재생에너지기술개발 : 수소 스테이션용 다이어프램 압축기 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2006. 12. ~ 2009. 11.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>약 40억원 (정부연구비 기준)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>광신기계공업(주) 등</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 바이오매스 가스화 기술 (수소 생산)
- 유기성 폐기물 혐기소화 기술 (수소 생산)
- 정제 기술(가스화 또는 혐기소화 발생 가스로부터 CO_2 회수 등)
- 폐열회수를 이용한 냉난방 기술 (공정 연계)
- 미생물을 이용한 수소 생산기술 (수소 생산)
- 압축 저장 기술 (고압 용기 기술)
- 연료전지 이용 발전 연계 기술
- 스마트 ICT 기술
- 수소 차량 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 수소를 기체 상태로 사용할 경우 매우 고압 용기 및 수소 팽창 시의 열교환기 기술이 필요하며, 국내에서 중소기업인 하이리움(주)에서 관련 기술개발을 시도하고 있음.
- 과제 성격상 국가에서 주도하여 관련 산업체들을 이끌고 나가야 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 과제 성격상 국가에서 주도하여 관련 산업체들을 이끌고 나가고 있는 것으로 파악되고 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (●, 2012년 현재 15개, 정부 사업), 무 (　)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td></tr>
<tr><td>세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 일본 24개소 (2012년 기준)
- 미국 65개소 (2008년 기준)
- 캐나다 13개소 (2012년 기준)
- EU 143개소 (2012년 기준) 등
(출처: 이영철, 수소에너지정보, Vol. 38, 2012)</td></tr>
</table>

	주요 대상 지역	- 전 세계
	시장 크기	- 분산형 전원시장과 수소용 및 IT 기기용 이동전원 분야에서의 잠재적 시장규모가 천문학적 규모로 예상 (출처: 양세일, 공학기술논문지 Vol. 2, 2009) - 중장기적으로는 수소연료전지 자동차 적용 시장이 매우 클 것으로 예상됨.
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK(주), 포스코건설, 한국가스공사, 현대기아차, GS칼텍스
	중견기업	동덕가스(주)
	중소기업	하이리움(주)
	연구기관	한국에너지기술연구원, KIST
	대학	

틈새 시장 접근 방식

- 에너지 수요에서 수송 분야는 타 분야보다 더 이산화탄소 절감을 요구 받고 있으며, 하이브리드 엔진 개발 등의 기술발전에 의한 효율향상으로 이미 이산화탄소 배출의 상당부분 절감했지만 더 많은 감소 요구를 피할 수 없으며, 그 대안 수소 연료전지 자동차이다. 이를 위한 수소 인프라 확충은 필수적임.
- 수소 인프라 확충 및 도시 모델을 구축하기 전 안전 기술에 대한 수요가 많아 질 것이다. 수소는 다른 가연성 및 폭발성 가스에 비해서 확산 속도가 빨라서 위험성은 낮은 편이나 폭발력은 크기 때문에 가스 안전 장치 및 관련 매뉴얼 등의 시장이 커 질 것임.
- 수소 스테이션을 기반으로 하는 도시 모델에서 휴대용으로 사용가능한 수소 연료 시장도 점차 늘 것으로 연료로는 수소 뿐 아니라 LPG, 부탄, 메탄올 등을 연료로 사용하는 방식이 있을 수 있음.
- 바이오매스 가스화 기술, 유기성 폐기물 혐기소화 기술 등을 통하여 수소를 저렴한 가격으로 생산할 수 있는 기술 확보
- 국내 수소연료전지 차량용 시장 진입
- 소형 IT 기기용 이동전원 분야 진출

Business Model

- 광주 광역시는 수소자동차 허브도시 추진위원회를 열고 수소허브도시 조성을 위한 산업 육성 전략 수립. 수소 융합스테이션, 수소버스 등 실증단지 조성으로 세계 수소차 산업 선점 여건을 마련하고 기반을 다질 계획
- 국내의 수소충전소를 2010년도 발표한 그린 발전 로드맵에 의하면 2020까지 168개소를 보급목표로 하고 있고, 현재 국내에 16개소가 설치되어 있음.
- 국내 수소연료전지 차량용 시장 진입을 통하여 실적 확보
- 국내 시장 시장 확보 후 해외 시장 진출 가능성 모색
- 수소연료전지 자동차의 상용화 시점이 아주 짧은 미래에 열릴 가능성은 약하므로 시범사업 등을 통하여 실적 확보 및 최소한의 경제성을 확보한 후, 중장기적으로 국내외 시장 진입 모델 설정이 바람직하다고 판단됨.
- 미래에 시장이 열리는 시점에는 폭발적인 성장이 예상되므로 국가 지원 하의 지속적인 연구개발을 통하여 기술개발을 꾸준히 개발하여야 할 분야로 판단됨.

기타 중점 내용

- 2050년의 장기적인 관점에서 바라봐야 할 과제이며, 그 일환으로 수소 스테이션을 기반으로 한 도시모델을 만드는 것으로 선행연구 성격 및 인프라 구축 성격임.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 59)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>유기성폐기물의 油中 반탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합발전</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>제안 및 기반정보 제공자: 한국지역난방공사/책임/장원석
정리 및 추가 작성자 : 고등기술연구원/수석/김형진</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015. 2. 23</td></tr>
<tr><td rowspan="21">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="6">과제 1</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>유기성폐기물의 유중건조탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합발전 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 06. ~ 2014. 10.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>0.5억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>건민이앤씨</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>고효율 반탄화 바이오펠릿연료 제조기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2010. 06. ~ 2013. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>1.5억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>전남대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 3</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>탄화펠릿 생산을 위한 200kg/h급 연료과농 무산소 반응형 Torrefaction 설비 상용화 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011. 11. ~ 2014. 10.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>4억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국생산기술연구원, 전북대학교, 티아이지</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 4</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>폐바이오매스를 이용한 발전용 고발열량 연료생산 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 12. ~ 2017. 11.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>13억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>씨이에스, 고등기술연구원,</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 5</td><td>부처</td><td>산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>에너지작물 부산물로부터 유효성분 추출 및 열분해 그린연료 생산</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2012. 12. ~ 2015. 11.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>4.5억원 (정부출연금)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국에너지기술연구원, SCION</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 에너지기술개발 전략로드맵 2012
- 에너지기술 이노베이션 로드맵 2014</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (O), 무 ( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>- 유기성 폐기물을 이용한 열병합 발전 통합 에너지화 시스템 및 방법, 10-1507956, 2015, 한국지역난방공사
- 연료 농후형 바이오매스 반탄화 장치, 1020120147542, 2012, 한국생산기술연구원
- 연료 농후형 바이오매스 반탄화 장치, 10-1287184-0000, 2013, 한국생산기술연구원
- 바이오매스 반탄화 장치, 1020120044906, 2012, 전남대학교산학협력단</td></tr>
</table>

		- 목질계 바이오매스 반탄화에 의한 연료용 분탄 및 제조방법, 10-2013-0061439, 2013, 유니바이오
핵심기술 리스트		- 불순물 선별/공급 기술 (유기성 폐기물 내의 수분(H_2O) 성분 제거 기술) - 반탄화 처리 연료화 기술 - 고형 연료를 일정 크기로 분쇄 공급 기술 - 발열 및 흡열 반응을 통한 가스화 기술 (무산소 분위기 배기가스 생성 기술) - 가스를 열원으로 하는 열병합 발전 기술 (반탄화 반응에서 발생하는 일부 가용성분 가스를 모두 열원으로 사용하는 기술)
기술보유사	국내	- 건민이앤씨 - 티아이지 - 씨이에스
	국외	- 네덜란드 Topell Energy - 프랑스 Thermya - 호주 Delta Electricity - 독일 E.ON, RWE - 네덜란드 Essent - 독일 누르기 (가스화)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적	유 ( ), 무 (O)
	5년내 국내건설 계획	유 ( ), 무 (O)
	기타	-
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적	- 네덜란드 Topell Energy, 7 tons/hour 데모 플랜트, 네덜란드 Duiven에 건설, 2010년 - 오스트리아 Andritz/네덜란드 ECN, 1 ton/hour, 덴마크에 건설, 2012년 - 벨기에, 2011년 유럽에서 처음으로 바이오매스를 이용한 중저온 연료화 상용화 플랜트를 완공 운전 중 - 일본, 고형연료시설은 2003년 기준 57개소의 생활폐기물 고형연료생산시설과 5개소의 고형연료 전용발전소가 가동 중
	주요 대상 지역	- 유럽, 일본, 호주
	시장 크기	- 국내 시장 430억원 (2016년) - 세계 시장 61억달러 (2016년) (출처: 한국에너지기술평가원, 폐기물 합성가스로부터 연료회수 원형설비 개발 상세기획보고서, 2011)
	기타	-
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	POSCO건설, 한국지역난방공사, GS건설, 동부건설, 효성에바라환경, 코오롱건설
	중견기업	서희건설, 태영선설, 한라산업개발
	중소기업	건민이앤씨, 티아이지, 씨이에스
	연구기관	한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 고등기술연구원
	대학	전남대학교, 전북대학교, 한밭대학교
틈새 시장 접근 방식		
- 탄화수소로 구성된 폐기물을 부분산화 및 수증기 반응에 의해 CO, H_2 및 CH_4 등으로 구성되는 혼합가스 형태로 전환하여 화학원료 합성, 전력 및 증기 생산 등에 활용하는 기술임 - 국내에서 폐기물 에너지화는 일부 대기업이 참여중인 SRF 제조설비, 대형 소각설비(대형 용융 가스화 설비 포함)를 제외한 많은 분야에 영세 규모의 중소기업들이 다수 참여하고 있기 때문에 체계적인 관리와 대규모 설비 가동을 통한 경제성 확보에 장애 요인이 되고 있음		

- 가스화 분야에서는 포스코건설(주), GS건설(주), 동부건설(주), 효성에바라환경(주) 등의 대기업들이 2000년대 중반부터 가스화/용융 설비 시장에 본격적으로 진출하였으며, 몇몇 중소기업들이 중소 규모의 가스화 설비를 보급중임
- 유기성 폐기물의 바이오가스화 설비 사업과 관련된 업체로는 서희건설, 태영건설, 한라산업개발, 대우건설, 코오롱건설, 쌍용건설, 효성에바라, 효성건설, 동문IRS, 미렌, 전테크, 울트라텍, 지엘이엔지, 유니슨하이테크, 삼올, 디에치엠, 에코데이 등이 있음
- 가스화 공정 시스템 설계, 열분해 가스화 설비 제작, 합성가스 이용 장치 제작 시장이 있음
- 폐기물에너지 분야 중소기업의 니즈분석을 통한 현황을 살펴보면, 다양한 중소기업들이 융합을 기반으로 하는 다양한 제품을 개발, 판매를 진행하고 있음
- 구체적으로 폐기물 연료화 시설 및 장치, 폐기물 소각후 폐열회수 스팀 제조장치, MW plasma torch, 돈분소각보일러, 폐열을 이용한 발전장치, 폐열, 폐압 회수 터보발전기, 열교환기 및 압력 탱크, 열유체기기, 대기오염 방지기술, 폐자원 열병합발전 기술, 슬러지 건조 및 열회수 기술, VOC 및 악취 방지설비 기술, 폐타이어를 이용한 열분해 기술, 하이브리드 폐열회수 환기유닛 및 그 시스템 등이 있음
- 폐기물에너지분야의 중소기업들은 기술을 기반으로 다양한 산업분야, 적용분야의 시장 진입을 위한 개발 계획을 가지고 있음
- 구체적으로 폐기물 선별 장치 및 성형장치, MW plasma torch, 음식물쓰레기 소각보일러, 고형연료, SRF소각기술, 폐기물 고형연료의 탄화 및 활용 기술, 고효율 열교환기용 전열관, 재생에너지 사용 열전발전시스템 등의 제품을 미래에 생산할 계획을 가지고 있음

Business Model

- 유기성 폐기물 원료 공급 관리자인 지자체, 발전 운영사인 발전사 등 운영/수요 기관과 건설사, 기자재 공급사, 연구개발 기관 등 건설/공급 기관이 Win-Win할 수 있는 business model 구축 필요
- 상세 benefit/cost 분석 필요
- 아직은 기술 완성도가 낮아 기술 개발 단계이나 경제성과 안정성을 기반으로 하는 상용화가 가능할 경우 유기성 폐기물을 연료화 하는데 필요한 건조에 투입되는 에너지 효율을 높일 수 있을 것으로 기대됨

기타 중점 내용

- 국내에 유중 반탄화와 폐기물 가스화에 대한 상당한 기반기술이 축적되어 있고, 일부 기업에서는 유중 반탄화를 적용 상업화 실적이 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 60)

플랜트 후보과제 명			이산화탄소로부터 친환경적 방식 폴리카보네이트 생산시스템 (Non-phosgene PC from CO_2)
작성 이력	주작성자 (소속/직급/성명)		고등기술연구원/선임/이재용
	작성 일자		2015년 5월
국내 주요 기술개발 이력	과제 1	부처	한국연구재단
		사업명	이산화탄소를 활용한 친환경 폴리카보네이트 제조 및 단량제 제조 원천기술 개발
		기간	2011.11~2020.5
		예산	5억원
		주요 참여기관	아주대학교
	과제 2	부처	한국연구재단
		사업명	이산화탄소의 폴리카보네이트/폴리에스터로의 혁신적 전환 촉매 기술
		기간	2011.11~2020.05
		예산	2억
		주요 참여기관	아주대학교
국내/국외 기술개발 로드맵	자료 유무		유 ( ), 무 (●)
	보유 파일명		유 ( ), 무 (●)
국내/국외 기술개발 특허분석	자료 유무		유 (●), 무 ( )
	보유 파일명		- 이산화탄소를 이용한 폴리카보네이트 제조 특허분석.pdf
핵심기술 리스트			- Salen-Cr, Salen-Co 촉매기술 - 아연계 촉매기술 - 신규촉매 설계 합성기술
기술보유사	국내		- LG CHEM - POSCO - 한국 화학연구원
	국외		- HALLIBURTON ENERGY(미국) - CRYOVAC(미국) - BASF(독일) - AIR PRODUCT(미국) - SHELL(미국)
국내 사업현황	기존 건설/운영 실적		유 ( ), 무 (● , 2020년 기술이전 및 상용화 계획)
	5년내 국내건설 계획		유 ( ), 무 (●)
	기타		- 해당 없음
세계 시장 현황 및 전망	국내외 건설 실적		- 해당 없음
	주요 대상 지역		- 에너지를 생산하는 모든 지역, CO_2 배출 규제 강화 시 매우 큰 시장 형성 예상됨.
	시장 크기		- 현재는 제품 생산량이 소규모임. 가격경쟁력을 갖춘 대형 상용화 기술을 개발할 경우 폭발적인 시장 형성을 예상할 수 있음.
	기타		- 네덜란드의 화학회사인 DSM은 이산화탄소 기반 폴리카보네이트 제품 생산기술을 보유한 노보머(Novomer)와 공동으로 친환경 코팅소재를 개발 중 - 미국의 Albemarie Corp.와 Novomer는 공동으로 이산

		화탄소와 에폭시드의 공중합 반응으로 폴리프로필렌카보네이트의 대규모 생산에 성공
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	SK 이노베이션, LG 화학, 포스코, 삼양홀딩스
	중견기업	해당 없음
	중소기업	해당 없음
	연구기관	한국화학연구원
	대학	아주대학교, 서울대학교

틈새 시장 접근 방식

- 기본적으로 폴리카보네이트가 가진 소수성(hydrophobic)을 친수성(hydrophilic)의 성질로 바꿀수 있는 기술과 이 둘을 조절할 수 있는 기술을 개발하여 활용범위를 확대해서 시장을 확대하고 진입함.
- 최근 이산화탄소의 저감 노력으로 이산화탄소 포집 기술이 많이 향상되어 있지만, 포집된 이산화탄소의 사용 및 저장기술은 따라가지 못하고 있음. 이산화탄소를 이용한 폴리카보네이트 생산 기술은 CCS 기술의 중요 필요 기술이 될 수 있음.
- 현재 CCS 기술은 많은 발전을 이루었지만 궁극적으로 이산화탄소를 저장하는데 있어 드는 비용과 노력이 필요한데 이보다는 이산화탄소를 재활용하는 CCU(Cabon Capture Utilization) 기술이 이상적인 기술로 대두 되고 있으며, 폴리카보네이트 생산 기술이 CCU 기술의 핵심에 있을 수 있음.

Business Model

- 미국 에너지부 산하의 '아르곤 국립 연구소'에서는 최근 '구리 사합체'를 이용하여 이산화탄소를 메탄올로 바꿔주는 새로운 촉매를 개발함. 이산화탄소를 이용해서 메탄올의 생산이 가능해지게 되고 또한 대량생산까지 가능해 지게 되면 해당 시장의 엄청난 성자이 예상됨.
- 바이엘 머티리얼 사이언스에서는 이산화탄소에서 탄소만을 추출해 폴리우레탄 폼을 생산할 수 있는 기술을 확보해서 세계 최초 생산 기술을 상용화 함.

기타 중점 내용

- CCS 기술에서 포집된 CO_2를 사용하는 것이 어렵기 때문에 CO_2의 재사용에 대한 관심이 늘고 있으며, 플리카보네이트 생산이 좋은 대안이 될 수 있음.
- CO_2를 활용하여 폴리머를 생산하는 가장 실용화에 근접한 기술분야로서, 국내 기업에서 상당한 기술을 축적 상용화에 노력하고 있음.

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 61)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>해양 부유식 이동형 해수담수화 실증 플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 6월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요 기술개발 이력</td><td rowspan="5">과제 1</td><td>부처</td><td>해양수산부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>해양선박용 삼투에너지 구동 담수화 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2013.12~2014.09</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>2억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국건설기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제 2</td><td>부처</td><td>해양수산부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>폐열 활용 해양선박 삼투구동 담수화 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014.10~2015.09</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>3.2억</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국건설기술연구원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외 기술개발 특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">핵심기술 리스트</td><td>- 플랜트 경량화, 무게중심 기술
- 심해수 흡입 해수담수화
- 해수 흡입시 미생물 흡입방지
- 선박에서 육지로의 파이프라인 물 운송 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>국내 조선사(현대중공업, 대우조선해양, 삼성중공업 등)에서 Barge-mounted 플랜트 등 관련 기술 보유</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- Water Standard Company (미국)
- Hyflux (싱가폴)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내 사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">세계 시장 현황 및 전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>- 태국, 2006년 테스트, 40,000m3/day 담수화
- 사우디아라비아, 2009년 준공, 52,000m3/day 담수화</td></tr>
<tr><td colspan="2">주요 대상 지역</td><td>- 잠재적 시장크기는 중동, (아시아&오세아니아), 미국, 유럽, 아프리카 순 이므로 중동과 아시아가 가장 유력</td></tr>
<tr><td colspan="2">시장 크기</td><td>- 해양 부유식 담수화 플랜트의 2025년 시장크기는 년간 15억 달러 ~ 40억 달러 예상 (자료 : Kokubun(Deloitte Tohmatsu Consulting社), 2014년 OECD Shipbuilding Workshop 발표자료, "Shift to Floating Seawater Desalination".</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">국내 관심 기관 (국내 Value Chain)</td><td colspan="2">대기업</td><td>- 두산중공업, 한국수자원공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">중견기업</td><td>- 도레이케미칼</td></tr>
<tr><td colspan="2">중소기업</td><td>- 필로스</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구기관</td><td>한국건설기술연구원, 한국해양연구원</td></tr>
</table>

	대학	서울대, 국민대, 부산대
틈새 시장 접근 방식		
- 우리나라는 해양플랜트 건조, 해운에 있어 세계 5위권으로 실적을 활용할 경우 수주 유리 - 담수화에 필요한 전력을 파력, 해수온도차발전 등으로 활용할 수 있을 경우 경쟁력 지님		
Business Model		
- 해양 부유식 이동형 담수화 플랜트는 해당지역의 물 수요 예상을 통한 담수량 결정, 수요와 리스크 변화에 따라 해상에서 원하는 곳으로 이동 할 수 있는 있는 구조로 바다와 접해있는 도시가 많은 나라에 더욱 유리 - 해안 인근에 악영향을 줄 수 있는 환경적 부작용을 배제하고 친환경적 설계 - 담수에 필요한 물을 바다에서 공급 받음으로서 경제적 - 기존의 폐 선박을 활용할 수도 있고 대규모 육상플랜트와 달리 건설기간이 짧기에 재난지역, 공사현장 등 일시적으로 많은 담수가 필요한 곳에 유동적으로 활용할 수 있는 시스템		
기타 중점 내용		
- 국토부에서 사업단 사업으로 추진한 해수담수화 플랜트 사업의 후속 기술개발 항목으로 구분될 수 있음. - 한국이 강점을 가지고 있는 해양플랜트 기술과 접목한 해수담수화의 틈새시장임.		

플랜트 후보과제 과제 카드 (NO. 62)

<table>
<tr><td colspan="3">플랜트 후보과제 명</td><td>Mega floating/Barge 발전플랜트</td></tr>
<tr><td rowspan="2">작성 이력</td><td colspan="2">주작성자
(소속/직급/성명)</td><td>고등기술연구원/선임/이춘식</td></tr>
<tr><td colspan="2">작성 일자</td><td>2015년 8월</td></tr>
<tr><td rowspan="10">국내 주요
기술개발
이력</td><td rowspan="5">과제
1</td><td>부처</td><td>산업통상부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>심해용 부유식 풍력발전 substructure/platform
기반 기술개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2011. 09. ~ 2014. 08.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>25억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>부산대학교</td></tr>
<tr><td rowspan="5">과제
2</td><td>부처</td><td>해양수산부</td></tr>
<tr><td>사업명</td><td>부유체 복합구조물 핵심요소기술 개발</td></tr>
<tr><td>기간</td><td>2014. 06. ~ 2015. 05.</td></tr>
<tr><td>예산</td><td>42.5억원 (정부연구비)</td></tr>
<tr><td>주요 참여기관</td><td>한국해양과학기술원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
로드맵</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국내/국외
기술개발
특허분석</td><td colspan="2">자료 유무</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">보유 파일명</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="3">핵심기술 리스트</td><td>- 고효율화, 경제성, 컴팩트화를 고려한 해양 발전플랜트 설계(FEED 설계 포함) 및 시스템 안정성 설계, 평가 기술
- 가스터빈 등 핵심부품, 장비, 기자재 국산화 기술
- 파랑・충격・진동에 대한 제어, 방진, 계류 안정성 등 해양환경 적응 기술
- 유지, 보수, 개조, 운영 등에 대한 발전플랜트 서비스 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술보유사</td><td colspan="2">국내</td><td>- 대우조선해양, 현대중공업, 한국전력</td></tr>
<tr><td colspan="2">국외</td><td>- 설계기술: Technip(프랑스), Linde(독일)
- 핵심기자재: GE(미국), Simens(독일), 미쓰비시(일본)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내
사업현황</td><td colspan="2">기존 건설/운영 실적</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">5년내 국내건설 계획</td><td>유 (　　), 무 (●)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td></td></tr>
<tr><td>세계 시장
현황 및
전망</td><td colspan="2">국내외 건설 실적</td><td>FccPP (Floating combined cycle Power Plant) :
- KIMM&한국전력기술 해양 발전플랜트 사업 협력
FLRP (Floating LNG Regasification & Power Plant) :
- 디섹(DSEC) 900MW급 제품개발 완료(2013년)
Powership :
- 현대중공업 800MW급 개발 추진(2013년)
BMPP (Barge Mounted Power Plant) :
- 대우조선&남부발전 MOU(2013년)
- "해외발전 사업 입찰 및 사업개발을 위해 한국-프랑스 공동건설안", VIP 유럽순방 중 파리에서 전경련 부회장이 프랑스 경제인연합회에 제안(2013년),</td></tr>
</table>

		대우조선 지지의사 표명(자료: 조선비즈 2013.11.11)
	주요 대상 지역	- 전 세계
	시장 크기	- 세계전력수요 관점 2025년까지 년간 62억불 예상 (자료: KEIT, "부유식 해양 발전플랜트 기술현황 및 전망", 2015)
	기타	
국내 관심 기관 (국내 Value Chain)	대기업	- 대우조선해양, 현대중공업, 한국전력
	중견기업	- 네오밸류파트너즈
	중소기업	- 에네스지
	연구기관	- 한국기계연구원
	대학	- 한국해양과학기술원, 부산대학교

틈새 시장 접근 방식

- 플랜트 건설기간을 단축해서 경쟁력 높임
  ○ 부유식 해양 플랜트는 육상 플랜트와 비교해 공기 단축됨(4년→2년 이내)
  ○ 플랜트 모듈화 시공 시 더욱 공기를 단출할 수 있음
- 부유식 발전 플랜트를 외국에서 추진 중에 있는 신재생에너지 분야와 달리 전통적으로 큰 발전시장에 속하는 화력발전으로 기술 개발

Business Model

- 해양수산부, 남부발전 등 정부기관에서 부유식 해양 발전플랜트에 투자계획을 가지고 있으므로 이를 활용해 국내 기업이 적극 기술개발, 국내에서 Track Record 확보
- 부유식 해양플랜트에 적용되는 원천기술 대부분이 해외기업 소유이므로 외국과의 적절한 기술 합작을 통한 Win-Win 전략 수립
  (Ex. 외국: 설계능력, 부품기술, 국내: 플랜트 건설, 시공 기술)

기타 중점 내용

- Barge mounted 플랜트는 국내에서 20여년간 상당한 논의가 진행된 분야이지만, 실제로 구현된 사례는 거의 없음.
- 한국이 강점을 보유하고 있는 해양플랜트 건설 능력을 활용하는 과제로서, 현지에서 제작이 어려운 지역에 한국에서 모두 제작한 플랜트를 바지선 형태로 얹어 현지로 이송하고 설치하는 플랜트 방식임. 한국의 석탄발전 표준모델 규모인 500 MW 보다는 작은 수십 MW 발전 플랜트를 주요 대상으로 함.

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술 연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.