

17RDPP-  
C135247  
-01

상  
용  
급  
가  
스  
·  
액  
화  
플  
랜  
트  
기  
술  
개  
발  
기  
획  
최  
종  
보  
고  
서

2019

국토교통과학기술진흥원  
국  
토  
교  
통  
부

Technology Development Planning for Commercial-scale  
Gas-Liquefaction Plants R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )  
국토교통연구기획 사업 최종 보고서

R&D /  
17RDPP-C135247-01

# 상용급 가스·액화 플랜트 기술개발 기획 최종 보고서

(부록) 석유 코크스 활용  
수소생산 실용화 기술개발 요약 보고서

2019. 05.

주관연구기관 / 고등기술연구원

국 토 교 통 부  
(전문기관) 국토교통과학기술진흥원

## 제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "상용급 가스·액화 플랜트 기술개발사업 기획" 과제의 부록으로서,  
“석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술개발 기획” 보고서로  
제출합니다.

2019년 5월 일

주관연구기관명: 고등기술연구원

주관연구책임자: 윤용승

연구원: 이진욱, 박영수, 변용수,

이재용

공동연구기관명: 네모파트너즈(주)

공동연구책임자: 윤석호

## 보고서 요약서

과제 고유 번호	R&D/17RDPP-C135247-01	해당 단계 연구 기간	2017.09.01. ~2019.05.31	단계구분	총 1 단계
연구사업명	중사업명				
	세부사업명	국토교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	상용급 가스·액화 플랜트 기술개발사업 기획 (부록 : 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술개발 사업 기획)			
연구책임자	윤 용 승	해당단계 참여 연구원 수	총 : 8명 내부 : 5명 외부 : 3명	해당단계 연구개발비	정부:190,000천원 기업 : 천원 정부 외 : 천원 계 :190,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총 : 8명 내부 : 5명 외부 : 3명	총 연구개발비	정부:190,000천원 기업 : 천원 정부 외 : 천원 계 :190,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	고등기술연구원/플랜트엔지니어링본부			참여기업명: 네모파트너스	
국제공동연구	상대국명: 해당사항 없음			상대국 연구기관명: 해당사항 없음	
위탁연구	연구기관명: 해당사항 없음			연구책임자: 해당사항 없음	
요약				보고서 면수: 235 쪽	

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소생산 플랜트 건설기술 개발을 위하여 세부과제를 4개로 구분하여 각 세부기술별 연구개발 내용 도출 및 세부과제별 예산안을 산출하여 제시
- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소생산 플랜트 건설기술 개발을 위한 구체적인 기획을 수행하였고 각 세부과제별 플랜트 용량 등 기술개발 방안을 제시
- 정책적, 기술적 타당성 분석을 수행하여 기획에 반영
- 가스화를 통한 합성가스 제조, 전환 및 수소 생산을 위한 시스템 구성, 설계, 최적화 및 연계 공정 등에 대한 기술개발 방안을 제시
- 국내 중견/중소기업이 참여하여 국내 기자재 활용 고유기술 개발 및 기술이전을 통해 사업성과물의 중소/중견기업 공유가 가능한 분야를 포함한 기획을 수행
- 합성가스 제조, 정제, 전환 및 수소 분리를 통한 고순도화 등을 연계하여 실증 테스트 베드를 구현할 수 있도록 각 세부과제의 기술개발 세부 내용을 제시
- 4개의 세부과제에 대한 각각의 RFP를 작성하였으며, 과제 평가를 위한 성과목표, 지표, 최종성과물 등 평가에 필요한 방법과 기준을 설정하여 제시

## 요 약 문

### I. 제 목: 석유 코크스 활용 수소생산 실용화 기술개발

### II. 기술의 정의 및 필요성

#### □ 기술의 정의

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 기술은 석유 코크스를 가스화하여 합성가스를 만들고, 합성가스로부터 수소를 생산하는 기술로서, 미세먼지 저감, CO<sub>2</sub> 활용 또는 발생 최소화를 포함하는 기술
  - 저급자원인 석유 코크스로부터 합성가스를 생산하고 이를 정제, 전환 및 분리하여 수소를 생산하는 기술
  - 합성가스 내 일산화탄소를 수소로 전환할 때 발생하는 이산화탄소의 활용 또는 광물탄산화 등으로 고정시키는 기술
  - 기존의 CO<sub>2</sub> 포집 기술(광물화, 습식 및 건식 포집 기술 등)과 쉽게 연계하여 효율적으로 CO<sub>2</sub>를 포집할 수 있으며, 고순도로 CO<sub>2</sub>를 포집하여 친환경 시멘트 등 건설소재 전환 등으로 활용 가능한 친환경 기술

#### □ 추진 배경

- 한국 플랜트 경쟁력 약화와 해외시장 위축 심화
  - 특히, 첨단 플랜트 기술수준은 최근 급격 하락 중
- 플랜트 산업은 고부가가치 지식집약적 대표적 산업으로서, 합성가스 및 수소 생산 플랜트는 실증 test-bed를 통한 기술개발에 적임 분야
- 21세기 주요 에너지원은 천연가스, 전기, 초청정연료유와 더불어 수소가 대세이며, 재생가능에너지원 전기와 CO<sub>2</sub>의 고부가가치 가스화/연료화가 부각
  - 기존 구비된 사회 에너지 인프라는 천연가스, 전기와 액체연료를 기반으로 지속 발전이 예상
  - 세계에너지기구 예측에 따르면 2040년까지 세계 최종에너지 수비 증가량의 40%가 전기이며, BP 에너지 전망에서도 2035년 전기가 1차 에너지원의 47% 차지 예상
  - 청정하면서 사용이 용이한 가스/액체연료유 사용 확대가 대세이며, 특히 수소 에너지원을 저렴하게 확보하여야 할 필요성이 크지만 아직 경제성 미확보로 기술개발과 실증이 요구
- Technology-based 수소자원 확보 가능 시대 도래로 에너지자원 빈국인 한국에 도전할 만한 기회
- 국내 발생 저급자원인 석유 코크스에서 국가 수소사회 구현에 필요한 수소량의 수십%를 해외의존 없이 공급 가능한 방안
  - 재생가능에너지 생산 전기에 기반한 Green 수소가 실용적 보급되기 전까지는 합성가스에 기반한 Gray 수소가 가교역할을 하는데 한국 기술력으로 도전이 충분히 가능

- 국내 발생하는 석유 코크스(120만톤/년) 전량을 합성가스로 변환 및 수소 추출시 수소 500톤/일급 생산 가능
  - \* 2022년/2030년 국내 수소 소요예상량 47만톤/194만톤의 약 37%/9% 담당 가능
- 2020~2030년대 해외 가스 에너지원 인프라의 수소중심 전환이 구체화
  - 일본은 도쿄올림픽 통한 수소연료전지차 수소사회 기술우위 홍보전략
  - 일본 사례로 볼 때 한국도 2025년경 초기 수소사회 진입 예상
  - 수소사회에 대응한 체계적 가스자원 국토인프라 관리 및 플랜트 기술 확보가 중요
- 수소사회에 필요한 수소생산 source 다양화 필요성 증대 및 해외선진사들이 독과점한 대량공급 방식보다는 분산형으로 기술중속 탈피한 자체기술력의 플랜트 구현 가능
- 수소생산 플랜트의 핵심은 합성가스화 기술, 고도정제 기술, 수성가스 전환 및 수소분리기술, 탈탄소사회를 위한 CO<sub>2</sub> 대응기술로서 2030년 이후 대비한 이들 플랜트 분야의 핵심 기술확보가 필요
- 아직 충분히 활용되지 못하고 있는 저급자원인 석유 코크스를 분산형 수소생산에 활용하는 해외플랜트 수출시장이 시작 단계로서 국내 기술능력 결집시 경쟁력 확보 가능
- 천연가스/합성가스 플랜트 분야에서 국내에서 TRL 5단계 수준까지 수행된 각 부처 지원 파일럿급 개발 결과들의 연계 활용이 미진
- 가스 생산/사용 과정에서 미세먼지, 온실가스 저감 등 환경적 수요 대응기술 요구
- 수소사회 대응 수소생산 플랜트 분야에 EPC 업체와 중소/중견기업의 해외 동반진출을 위해서는 대상 플랜트기술의 track record 확보가 필요

#### □ 기술개발 필요성

- 플랜트기술은 반도체 산업에 버금가는 경제성장의 핵심동력으로서, 고부가가치 산업에 기반한 선진국으로 진입을 위해서는 필요한 국가 미래산업의 핵심 분야
- 저급자원에서 합성가스 생산과 수소 추출 과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>와 미세먼지 등 NIMBY의 주원인인 환경오염물질 배출 near-zero화를 위한 기술개발 적용이 없이는 실제 산업화가 어려운 추세
  - 본 기획의 오염물질 저감기술과 CO<sub>2</sub> 활용기술 개발 연계를 통한 극복 추진이 필요
  - 합성가스에서 수소 추출시 99.5%대 순도 CO<sub>2</sub> 생산과 탄산화 등 CO<sub>2</sub> 대응방안이 필요
- 과감한 실증과 상용화를 통한 국내 기술자립이 필요
  - 수소 및 합성가스 플랜트는 주요 국가/기업의 독과점이 심한 분야로 진입장벽이 높아 기술적용의 실적이 매우 중요한 분야
  - 장기간 시장이 확보된 고부가가치 플랜트 분야에는 핵심 원천기술 또는 강점기술의 보유와 더불어 높은 가동율(availability)이 필수
  - 국내 기업들의 다양한 고부가가치 플랜트 해외시장 진출에는 실증 R&D를 통한 실적 확보와 유지보수 등 기술대응이 필수
- 수소 및 합성가스 플랜트는 핵심 고부가가치 플랜트기술로서 미래 청정환경 사회의 근간이나 한국은 대응이 아직 미진

- 에너지 96% 수입국 차원에서 가스자원의 국내 자체 확보를 위한 지속적 노력이 필요
  - 2017년 한국의 에너지 수입량은 3.4억TOE
  - 2017년 에너지 수입액은 1095억 달러로서 총 수입액 4575억 달러의 23.9%를 차지하므로 장기적으로 국내 미활용 자원을 활용한 수입대체를 위한 노력이 필요
  - 다양한 자원에서 생산이 가능한 가스자원으로 합성가스와 수소가 핵심이며, 에너지 안보 차원에서도 집중 육성할 분야
- 합성가스-수소-전기 연계된 플랜트 기술로 연관 산업간 시너지 효과가 가능
- 국내 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 초에는 필요
  - 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행이 필요
  - 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 중으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 필요

### III. 국내의 동향 및 환경 분석

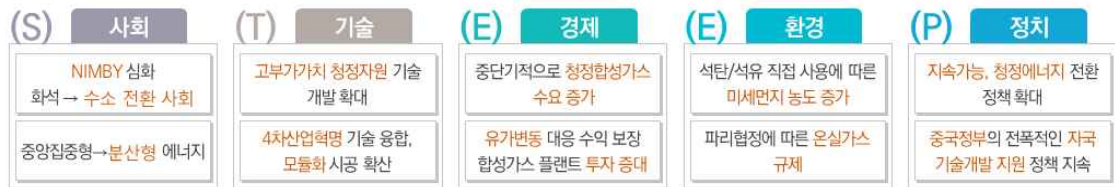
#### □ 메가트렌드 분석

- 지속가능(sustainable)하고 환경친화적(environment friendly)인 에너지가 강조되는 시대로 변화
  - 석탄, 원유 대신 재생가능에너지(태양광, 풍력, 바이오매스 등)와 천연가스를 주로 하는 환경친화적 에너지원 사회로 변화 추세
  - 화석연료 대신 CO<sub>2</sub> 및 매립지 메탄가스 등 지구온난화 가스를 저감할 수 있는 에너지 자원 활용 본격화
  - 수소사회에 대비한 수소 생산도 화석연료 대신 탄소중립적(carbon-neutral)인 자원(예: 바이오매스)으로부터 생산 선호도 증가
- 화석연료 사용 축소와 천연가스 및 재생가능에너지 확대
  - 원유(부산물인 석유 코크스 포함), 석탄 등 유한한 화석연료 사용을 줄이는 방향으로 OECD 수준의 국가들은 에너지 정책을 지향하는 추세
  - 세계 주요 에너지전망 예측기관 모두 2035년까지 에너지 수요증가를 담당할 에너지원으로는 천연가스와 수력/재생가능에너지로 공통적으로 적시
- 아시아 지역의 전기 수요가 급증하는 추세
- 바이오매스 자원에 대한 관심도 증가
  - 전 세계 필요에너지의 14%까지 바이오매스로 충당이 이론적으로 가능
  - 동남아 지역 에너지생산 원료로서 바이오매스(폐기물 포함)의 중요도 증가 추세

#### □ 대내외 환경분석(STEEP 분석)

- Social
  - NIMBY 심화로 인한 청정에너지 필요성 증대와 CO<sub>2</sub> 저감 및 미세먼지 대응 등 사유

- 로 화석연료 기반 사회에서 수소경제 사회로 장기적으로 전환이 진행 중
- 중앙집중형 에너지 확보 사회에서 분산형 에너지 기반 사회로 변화
  - Technological
    - 고부가가치 청정에너지 자원 확보를 위한 기술개발 확대
    - 4차 산업혁명 시대 진입에 따른 기술의 융합, ICT/IoT/빅데이터 활용 및 분산형에 유리한 모듈화 형태의 플랜트 적용이 확산 중
  - Economical
    - 단기적/중기적으로도 청정합성가스의 수요는 중국을 중심으로 증가 중이며, 중장기적으로는 수소사회 진행에 따라 수소 수요의 대폭 증가가 예상
    - 유가에 민감한 국내 플랜트 산업의 구조를 고려하면 유가변동에 대응하여 수익을 보장할 수 있는 플랜트 기술 확보와 관련투자 증대가 예상되나 국내기업의 능력은 취약
  - Ecological
    - 석유/석탄/석유 코크스 등 직접 사용에 따른 미세먼지/CO<sub>2</sub> 발생량 증가와 이에 따른 사회적 비용 증가를 수소를 통한 저감 가능성에 대해서 사회적 이해도 증가
    - 파리 협정 이후 전 세계적으로 온실가스 규제 강화가 지속되며, 지구온난화 대응에 사회적 공감대 형성
  - Political
    - 전 세계적으로 지속가능 청정에너지 정책 확대, 특히 국내의 경우 수소경제 시대를 대비한 기술개발 로드맵 수립 중
    - 중국, 일본의 경우 정부의 전폭적인 자국 기술개발 지원 정책 지속



<합성가스 기반 수소 생산 플랜트 STEEP 분석 결과>

### □ 사회적 환경 분석

- 모든 플랜트에 대한 NIMBY 현상 심화
- 미세먼지 등 환경오염물질에 대한 국민 관심도 급증과 해결기술에 대한 요구 증대
  - 미세먼지 직접 제거 및 생성 원인물질 초정정 제거가 필수 요구
  - 환경부는 2019년 1월부터 대기오염물질 배출허용기준을 현재보다 2배 가량 강화된 기준 적용 시작
- 자국 내 기술/설비/부품 기반 부족시 공급 해외 supply chain의 불안정성 증대
  - 합성가스는 저급자원을 청정한 가스자원으로 변환시키는데 핵심기술이며, 수소사회 진입에 저렴한 청정수소 공급원으로서 중요하여 핵심기술과 산업기반의 국내 확보의 필요성 증대

- 2018년부터 미국의 중국에 대한 핵심부품/설비 고입 중단 및 2019년 일본의 한국에 대한 핵심부품소재 공급 중단 등 사례의 확대에 대한 대응방안이 필요
- 중앙집중형 대신 지역적 수요 대응에 적합한 분산형 형태 선호도 증가 추세
- 미활용 폐기물을 환경친화적 에너지원으로 사용할 기회가 아시아 지역에 크게 존재

## □ 기술적 환경 분석

- 미래 청정에너지원으로서 수소 생산기술 확보에 다각적 노력이 집중
  - 유럽에서는 우리 삶을 변화시킬 10대 기술의 하나로 전기를 수소로 저장하는 기술을 제시(Ten technologies which could change our lives, European Parliamentary Research Service, 2015. 11)
  - 일본은 호주에서 석탄을 개질하여 수소를 생산하고 기체수소를 액체수소/액상수소로 변환하여 배로 이동할 계획에 따라 기술개발 시범사업을 호주정부와 진행 중
  - 국내의 경우 천연가스 개질, 장기적으로 재생에너지 시대를 대비한 잉여전기를 활용한 수소 생산 기술개발 계획하고 있으나 대용량 생산, 저장 및 운송 기술이 미흡
- 에너지자급률 낮은 국가들의 다양한 에너지원 확보를 위한 기술 확보 노력이 진행
  - 일본은 유사시에도 다양한 에너지 공급이 가능하도록 에너지원별 다각적 공급구조 실현을 5차 에너지기본계획에 명시
- 합성가스 생산 기술 분야
  - 유럽과 북미를 중심으로 한 고효율 발전 및 고부가가치 합성가스 활용 기술의 상용화 단계
  - 국내의 경우, 2000년 이후부터 본격적인 연구가 시작되어 현재 Pilot 규모의 연구가 주로 진행되고 있으며 상용 플랜트의 보급 실적은 아직 전무한 상태
- 고도정제, 수성가스 전환 및 고순도 수소 분리 기술 분야
  - 국외의 경우 수소생산을 위한 합성가스 및 천연가스의 초정밀 정제 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중
  - 국외 고순도 수소분리 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중
  - 국내의 경우, Pilot 규모의 합성가스 및 바이오가스의 초정밀 정제 기술에 대한 기술개발이 주로 진행되고 있으며 상용화 보급 실적은 아직 미미한 실정
  - 국내 수소 PSA(pressure swing adsorption)의 경우 상용화 진입단계에 있으며, 수소 분리막의 경우 대부분 소규모 기술개발을 추진 중
  - 대규모 수소생산을 위한 가스화 기술 또는 개질 기술 활용 시 수성가스 전환 기술이 병행하여 기술개발이 진행되고 있으나, 해외(유럽 등) 업계 제품 대비 국내제품의 기술능력은 크게 부족

## □ 국내외 시장 환경 분석

- 한국의 해외 플랜트시장 중심축이 동남아로 이전 시작

- 중동 발 플랜트 수출은 약 10년간의 호황이 마무리되는 시점
- 2018년 1~4월 기간에 중동 35억 달러 대비 동남아시아 지역 65억불 수주
- 그린 에너지와 에너지 안보가 각 국가들의 핵심사항으로 강조되는 시기
  - 환경과 기후온난화 해결을 위한 그린에너지의 중요도 부각
  - 에너지 부존자원 부족 국가들의 에너지 패러다임 변혁 시작
  - 기존 화석연료는 부족하나 바이오매스 등 자원 풍부한 적도 인근 개발도상국들의 자국 미활용 에너지원 활용 극대화를 위한 플랜트 기술에 큰 관심
- 개도국들의 환경보호와 편의성 측면에서 효과가 큰 가스 에너지의 보급 선호
- 일본은 세계 처음 수소사회로의 이행을 2017년 12월 발표하고, 수소관련 부품, 설비, 제품, 플랜트 등 관련시장 선점을 추진
- 청정연료가스 및 고순도 수소 가스 국내외 시장 확대 중
  - 다양한 연료가스 종류 중에서 현재의 시장 요구사항을 만족하는 유망한 분야는 청정 연료가스와 수소

#### IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

##### □ 대상 선정 기준 설정

- 국내/국외 기술을 조합한 플랜트건설 산업의 국내외 해외진출 경쟁력 확보가 우선
  - 국내 TRL 5 이상 기반 확보된 기술 연계활용을 우선
  - 반드시 국내기술만일 필요는 없으나 해외진출에 제한이 없도록 전략 수립 필수
- 국내 중소/중견기업 참여 가능 분야
  - 중소형급 규모의 국내외 건설 프로젝트에 적합한 기업 참여
  - 핵심 기자재를 국내 제작/공급/유지보수 가능한 기업 참여
  - 모듈화 설계, 엔지니어링 전문기업 참여
- 핵심 설비/부품은 국내기업 공급 가능하도록 기술개발 및 국산화
  - 해외시장 진출 시 가격 경쟁력과 유지보수 편이성 등 확보에 필수적인 핵심 설비/부품을 대상

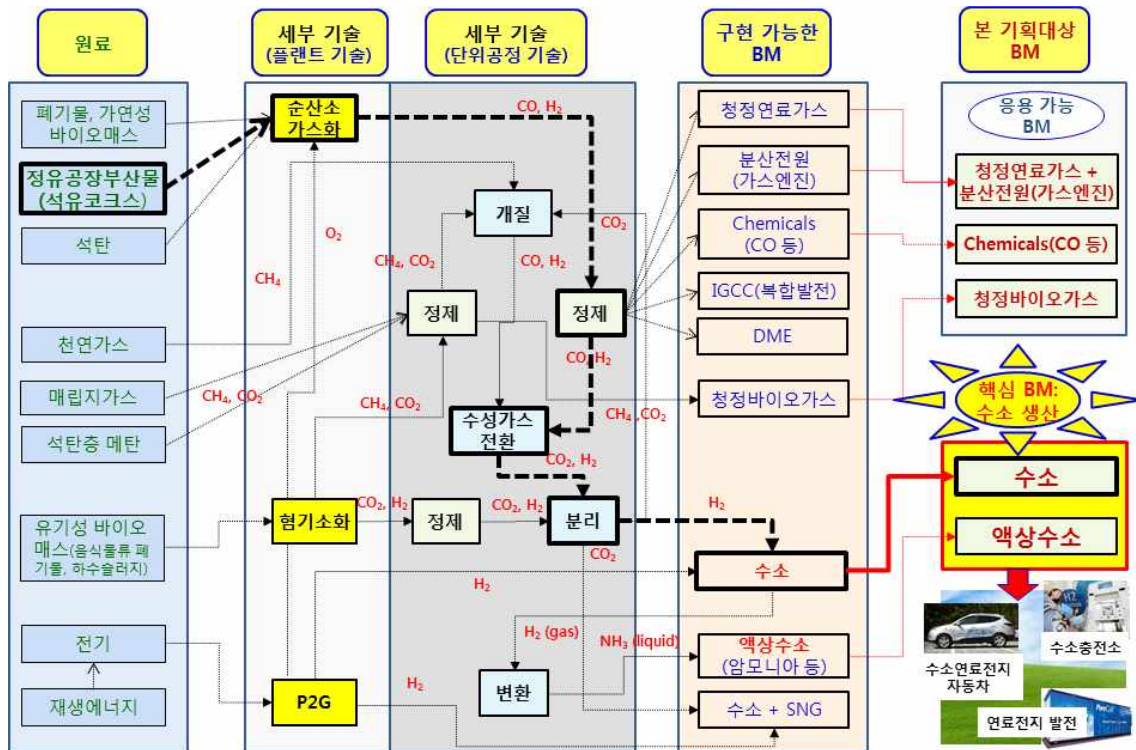
##### □ 연구개발 추진을 위한 기본 방향 설정

- 국내 기술수입이 필연적인 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야에 대한 국내기술 최대 적용이 가능하도록 추진
  - 상용 실적이 없어 부득이 해외기술 도입이 예상되는 분야에 대한 사전 국내기술 실증을 통한 기술제공 능력 확보
- 기존 기술 대비 차별화된 기술우위 가능분야 개발 실증과 해외수출까지 연계

##### □ 사업의 Target

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술을 최종 성과 및 사업화 모델로 설정

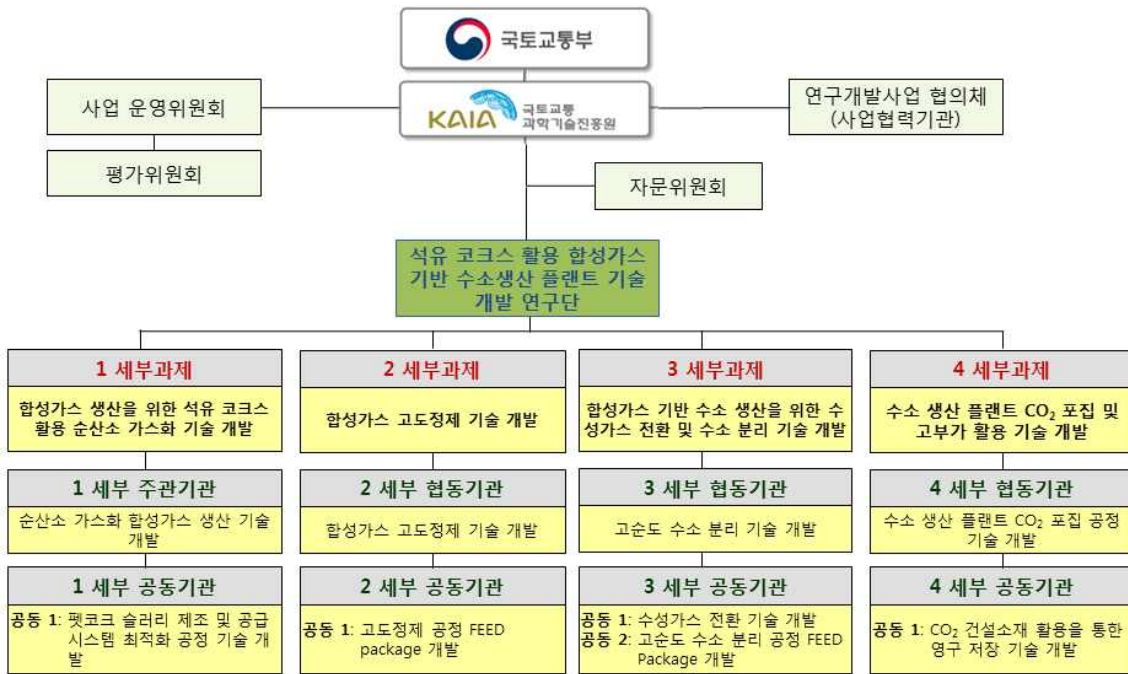
- 기존 천연가스 인프라 사회에서 수소 사회로 넘어가는 단계에서 합성가스 기반 수소 인프라 연계 핵심 플랜트 기술 개발
  - 미세먼지, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등 공해물질 발생량을 천연가스 연소기술 수준 이하로 저감
- 본 기획의 핵심 비즈니스 모델로 수소생산 플랜트 기술로 설정
  - 리스크 관리 및 투자비 회수 최대화를 위한 응용 가능한 비즈니스 모델도 제시: 청정 연료가스, 분산전원용 연료가스, 화학물질(CO 등)



<핵심 비즈니스 모델 및 응용 가능 비즈니스 모델 개념도>

#### □ 연구단 형태

- 4개의 중점 기술에 대한 세부과제로 기술개발을 추진하는 구조로 연구단 구성
- 각 세부과제별로 주관기관(또는 협동기관) 과제와 함께 1~2개의 공동기관 과제로 산학연 전문기관이 참여할 수 있도록 구성



<4개의 세부과제로 구성된 연구단 구조>

□ 비전 및 목표 설정

- ‘2030년 합성가스 기반 수소 산유국으로 도약’을 비전으로 설정하고 이를 달성할 수 있는 전략목표를 수립
- 비전과 전략목표를 달성할 수 있도록 중점추진분야 4개를 설정하고, 각각의 중점추진분야를 하나의 세부과제에서 추진하는 것으로 하여 총 4개의 세부과제로 구성
- 본 세부과제를 통하여 달성할 3개의 성과목표와 타 부처 개발 기술 또는 추가로 개발할 기술 등과 연계하여 달성할 하나의 성과목표 등 총 4개의 성과목표를 설정



<본 기획 사업의 비전을 달성하기 위한 중점 추진분야 및 세부과제 개념도>

## V. 자원투입 계획

### □ 자원투입 계획

- 본 사업은 2021년~2025년 5년간 총 사업비 387억원을 조달하여 운영
- 총 사업비 중 290억원을 국토교통부가 정부출연금 형태로 지원하고 나머지 96.7억원은 민간의 부담금으로 충당
- 각 개별 연구과제는 정부출연금과 민간부담금으로 구성하였으며 정부출연금 : 민간부담금 비율 = 75% : 25%로 구성
  - 본 사업은 중소·중견기업이 중심으로 참여하는 것으로 기획되었으며, 참여기업 중 중소기업의 비율이 2/3 이상인 것을 전제로 기획 예산 도출
- 민간부담금의 경우 대기업군에 속하는 엔지니어링 기업의 참여 가능성, 각 세부 연구과제별 컨소시엄 구성 및 핵심과제의 사업화 모델 등에 따라서 획일적 적용보다는 탄력적으로 적용하는 것으로 예상하고 소요 예산을 산출
- 기획된 과제별·연차별 소요 예산을 아래와 같이 표로 정리

단위: 백만원

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	
세부 1) 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	정부	1,710.0	3,710.0	5,010.0	4,910.0	2,310.0	17,650.0	
	민간	현금	114.0	247.3	334.0	327.3	154.0	1,176.7
		현물	456.0	989.3	1336.0	1309.3	616.0	4,706.7
		소계	570.0	1236.7	1670.0	1636.7	770.0	5,883.3
	합계	2280.0	4946.7	6680.0	6546.7	3080.0	23,533.3	
세부 2) 합성가스 고도 정제 기술 개발	정부	400.0	600.0	850.0	950.0	500.0	3,300.0	
	민간	현금	26.7	40.0	56.7	63.3	33.3	220.0
		현물	106.7	160.0	226.7	253.3	133.3	880.0
		소계	133.3	200.0	283.3	316.7	166.7	1,100.0
합계	533.3	800.0	1133.3	1266.7	666.7	4,400.0		
세부 3) 합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스전환 기술 및 고순도 수소분리 기술 개발	정부	600.0	1,000.0	1,400.0	1,400.0	750.0	5,150.0	
	민간	현금	40.0	66.7	93.3	93.3	50.0	343.3
		현물	160.0	266.7	373.3	373.3	200.0	1,373.3
		소계	200.0	333.3	466.7	466.7	250.0	1,716.7
합계	800.0	1333.3	1866.7	1866.7	1000.0	6,866.7		
세부 4) 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	정부	400	600	660	640	600	2900	
	민간	현금	26.7	40.0	44.0	42.7	40.0	193.3
		현물	106.7	160.0	176.0	170.7	160.0	773.3
		소계	133.3	200.0	220.0	213.3	200.0	966.7
합계	533.3	800.0	880.0	853.3	800.0	3,866.7		
총계	정부	<b>3,110.0</b>	<b>5,910.0</b>	<b>7,920.0</b>	<b>7,900.0</b>	<b>4,160.0</b>	<b>29000</b>	
	민간	현금	207.3	394.0	528.0	526.7	277.3	1,933.3
		현물	829.3	1576.0	2112.0	2106.7	1109.3	7,733.3
		소계	<b>1036.7</b>	<b>1970.0</b>	<b>2640.0</b>	<b>2633.3</b>	<b>1386.7</b>	<b>9,666.7</b>
	총계	<b>4146.7</b>	<b>7880.0</b>	<b>10560.0</b>	<b>10533.3</b>	<b>5546.7</b>	<b>38,666.7</b>	

○ 전체 사업에 투입되는 인력은 총 165명으로 추산되었으며, 과제별 또는 세부기술별로 투입되는 인력은 아래와 같이 표로 정리

구분	과제명	개발 인력
세부 1	합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	60
세부 2	합성가스 고도 정제 기술 개발	35
세부 3	합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스전환 기술 및 고순도 수소분리 기술 개발	55
세부 4	수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	15
합계	합계	165

## VI. 과제공모 방안

### □ 본 사업의 구성

- 본 사업은 총 예산 금액 500억원 이하 및 정부 지원금 300억원 이하로서 연구단급 규모의 기술개발 사업
- 4개의 세부기술에 세부과제를 공모하도록 구성
- 각 세부과제 공모용 RFP는 총 4개로서 연구개발 목표, 연구개발 필요성 및 기술동향, 연구개발 내용, 연구개발 추진방법, 최종 성과물, 연구기간 및 지원예산 등으로 구성

### □ 제 1 세부과제 : 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발

- 국내 또는 해외에서 생산되는 석유 코크스를 활용하여 청정연료가스를 생산할 수 있는 합성가스 플랜트 기술 및 합성가스 고도정제를 통하여 수소를 생산할 수 있는 기술 개발

### □ 제 2 세부과제 : 합성가스 고도정제 기술 개발

- 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로 합성가스로부터 산성가스, 분진, HCl 등의 오염물질을 최종 수소 활용처인 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 고도 정제하는 저비용 고효율 정제 기술 개발

### □ 제 3 세부과제 : 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 기술 및 고순도 수소 분리 기술 개발

- 주성분이 수소와 이산화탄소인 혼합가스로부터 수소자동차 또는 수소연료전지에 활용 가능한 수준으로 수소를 고순도로 분리하는 저비용·고효율 수소 분리 기술 개발
- 합성가스 내 일산화탄소를 수소로 전환하는 수소 생산량 1,400 Nm<sup>3</sup>/h(3톤/일)급 수성가스전환 공정 개발

### □ 제 4 세부과제 : 수소 생산 플랜트 CO<sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술과 연계가 가능한 CO<sub>2</sub> 전환 및 포집 기술 선정, 250Nm<sup>3</sup>/h급 Bench scale 공정 개발
- 향후 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 적용 가능한 실공정(50톤 CO<sub>2</sub>/일급) 기본설계

## VII. 원료 수급 및 test-bed 부지 확보 계획

### □ 원료 수급 계획

- 본 사업은 test-bed를 구성하여 상업용급 실증 플랜트의 운전 및 이를 통한 track-record 확보가 매우 중요한 사항을 RFP에 적시

- 현실성이 있는 원료수급 계획 제시 필수

□ test-bed 부지 확보 계획

- 세부과제별로 단독 또는 타 세부과제와 연계하여 test-bed 부지 확보 (Test-bed 부지를 제공할 수요기업 또는 지자체 참여 필수)
  - 정유 계통 대기업에서 원료 수급 가능 의사 표시
  - 반응기 제작 중소기업에서 부지 제공 가능하다는 의사 표시

# 목 차

<b>제 1 장 사업 개요</b> .....	<b>1</b>
<b>제1절 배경 및 필요성</b> .....	<b>1</b>
1. 사업 추진배경 .....	1
2. 정부지원의 필요성 .....	14
3. 사업추진의 시급성 .....	19
4. 기술개발의 필요성 .....	22
<b>제2절 사업 추진현황 및 근거</b> .....	<b>29</b>
1. 사업 추진현황 .....	29
2. 사업 추진근거 .....	30
<b>제3절 기획 추진 체계 및 경과</b> .....	<b>34</b>
1. 사업기획 추진체계 .....	34
2. 사업기획 추진절차 .....	37
<b>제 2 장 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 개념 및 사업환경 분석</b> ...	<b>38</b>
<b>제1절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 정의 및 범위</b> .....	<b>38</b>
1. 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 관련 용어의 정의 .....	38
2. 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업의 정의 및 범위 정립 .....	38
<b>제2절 대내외 환경 분석</b> .....	<b>49</b>
1. 메가트렌드 분석 .....	49
2. 사회적 환경 분석 .....	49
3. 기술적 환경 분석 .....	50
4. 국내외 시장 환경 분석 .....	59
5. 생태적 환경 분석 .....	73
6. 정책적 환경 분석 .....	77
7. 주요 시사점 .....	87

<b>제3절 국내 R&amp;D 역량분석</b>	<b>89</b>
1. R&D 투자 현황	89
2. 논문/특허 동향 분석	93
3. 기술수준 분석	99
4. R&D 인프라 현황	100
5. 주요 시사점	101
<b>제 3 장 기존 사업 성과 분석</b>	<b>102</b>
<b>제1절 기존 사업현황 및 추진경과</b>	<b>102</b>
1. 기존 사업 현황	102
2. 기존 사업 추진경과	104
<b>제2절 기존 사업 성과분석</b>	<b>106</b>
1. 종합적 성과분석	106
2. 대표적 성과분석	107
3. 성과분석 결과	110
<b>제3절 종합분석</b>	<b>111</b>
1. 기존 사업의 우수점	111
2. 기존 사업의 시사점	112
3. 기존 성과 활용방안	113
<b>제 4 장 사업설계를 위한 조사분석</b>	<b>115</b>
<b>제1절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업 관련 사전조사</b>	<b>115</b>
1. 기술수준 조사	115
2. 기술수요 조사	120
3. 공청회	124

<b>제2절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 관련 사업 추진현황</b> .....	<b>129</b>
1. 유사사업 현황 및 중복성 검토 .....	129
2. 국토교통부 고유 사업과의 중복성 검토 .....	130
3. 과제단위 중복성 검토 .....	131
4. 민간기술 연계방안 .....	138
<b>제3절 주요 시사점</b> .....	<b>139</b>
<b>제 5 장 사업 추진계획</b> .....	<b>140</b>
<b>제1절 사업추진방향 및 과제 도출</b> .....	<b>140</b>
1. 사업 추진방향 도출 방법 .....	140
2. 종합분석 .....	141
3. 종합분석을 통한 사업 전략방향 도출 .....	143
4. 중점과제 및 핵심기술의 도출 .....	146
5. 종합 분석 .....	148
<b>제2절 사업 비전 및 목표</b> .....	<b>152</b>
1. 비전 체계도 .....	152
2. 기본 방향 .....	152
3. 사업 목표 .....	153
4. 논리모형 .....	154
5. 추진전략 .....	155
6. 국내 보유기술 연계체계 .....	159
<b>제 6 장 중점 기술개발 내용</b> .....	<b>160</b>
<b>제1절 세부기술별 상세내용</b> .....	<b>160</b>
1. 연구 설계도: Level 1 .....	160
2. 연구 설계도: Level 2 .....	160
3. 연구 활동 .....	161
4. 연구 설계도: 총괄 .....	162

<b>제2절. 중점기술별 핵심 R&amp;D 필요기술 추진계획</b> .....	<b>163</b>
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 .....	163
2. 합성가스 고도 정제 기술 .....	170
3. 합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 .....	176
<b>제3절 핵심기술 확보를 위한 세부과제별 기술로드맵 및 성과로드맵</b> .....	<b>189</b>
1. 기술개발 성과목표 .....	189
2. 기술개발 로드맵 .....	190
4. 성과목표의 선정근거 .....	191
<b>제4절 성과 활용 및 사업화 전략</b> .....	<b>192</b>
<b>제5절 파급효과</b> .....	<b>193</b>
1. 과학기술적 파급효과 .....	193
2. 경제사회적 파급효과 .....	194
<b>제 7 장 사업운영계획 및 소요예산</b> .....	<b>197</b>
<b>제1절 사업추진체계 및 관리방안</b> .....	<b>197</b>
1. 사업추진체계 .....	197
2. 사업관리방안 .....	198
<b>제2절 소요예산 및 자원조달방안</b> .....	<b>201</b>
1. 사업비 .....	201
2. 자원조달방안 .....	202
3. 소요인력 .....	203
<b>제 8 장 사전타당성 분석</b> .....	<b>204</b>
<b>제1절 정책적 타당성 분석</b> .....	<b>204</b>
1. 정부 지원의 필요성 .....	204
2. 정책적 일관성 및 사업 추진의지 .....	207

<b>제2절 기술적 타당성 분석</b> .....	<b>209</b>
1. 사업 기획의 적절성 .....	209
2. 기존 사업과의 중복성 검토 .....	210
3. 기술개발 성공 가능성 .....	210
4. 기대효과 및 파급효과 .....	211
 <b>첨부</b>	
<b>프로젝트 제안 요청서 (RFP)</b> .....	<b>213</b>

# 제 1 장 사업 개요

## 제1절 배경 및 필요성

### 1. 사업 추진배경

□ 한국 플랜트 경쟁력 약화와 해외시장 위축 심화. 특히, 첨단 플랜트 기술수준은 최근 급격 하락 중

- 플랜트가 포함된 해외건설 수주액이 최근 2011~2013년의 반토막 수준
  - 한국은 해외건설 수주에서 플랜트가 60% 이상 차지
  - 2016년 플랜트 분야 해외수출 수주 감소율은 전년 대비 50% 수준

<표 1-1-1> 공종별 해외건설 수주액 현황

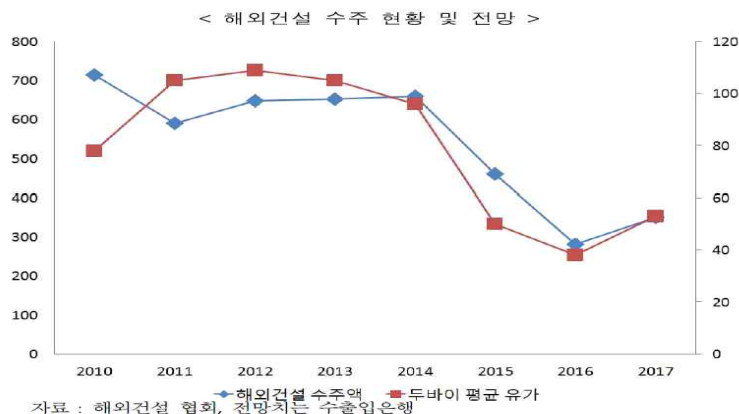
(출처: 2017년 건설사업 위기와 기회요인 점검, 한국수출입은행, 2017)

< 공종별 해외건설 수주액 현황 >

(단위 : 억달러)

공 종	2014		2015		2016		증감율 (%)
	건수	금액	건수	금액	건수	금액	
계	708	660	697	461	606	282	△38.8
토 목	63	56.6	70	85	53	64.4	△24.2
건 축	244	49.3	245	71.1	201	53.3	△25.0
플 랜 트	75	517.2	50	264.9	56	132.4	△50.0
전 기	45	14	34	8.5	52	14.8	74.1
통 신	5	1.9	15	1.8	5	0.03	△98.3
용 역	276	21	283	30	239	16.9	△43.7

자료 : 해외건설협회



[그림 1-1-1] 해외건설 수주 현황 및 전망

(출처: 2017년 건설사업 위기와 기회요인 점검, 한국수출입은행, 2017)

- 한국 건설사의 성장해법은 해외시장 개척뿐 (출처: 수출입은행 2017 이슈페이퍼, 2017.04)
  - 한국은 내수시장 규모가 작아 해외시장 중요도가 높은 비중 차지
    - \* 주요 경쟁국 내수 건설시장 비중: 중국 86%, 일본 80%

<표 1-1-2> 한·중·일 해외건설 매출액 비중  
(출처: 2017년 건설업 위기와 기회요인 점검, 한국수출입은행, 2017)

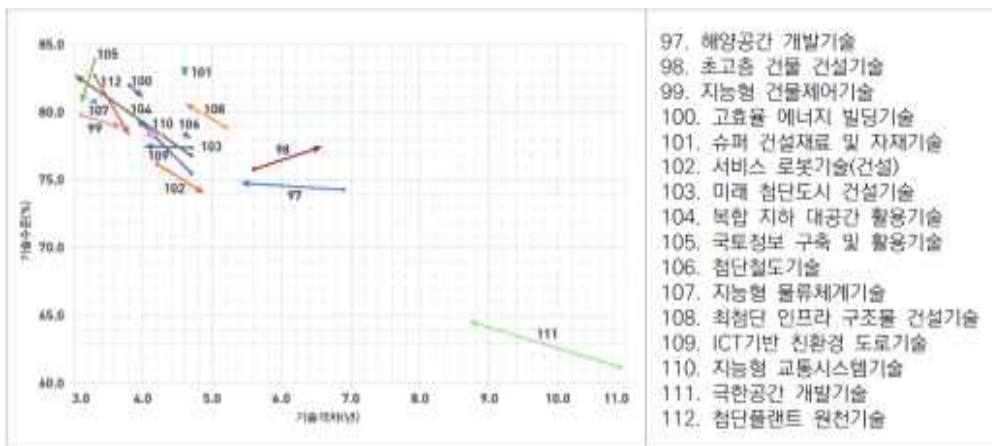
표 10 한·중·일 해외건설 매출액 및 비중

단위: 억 달러, %

연도	한국		중국		일본	
	해외 매출액	비중	해외 매출액	비중	해외 매출액	비중
2009	163.4	31.4	505.9	17.1	175.7	18.6
2010	183.1	34.6	571.6	15.0	155.7	17.1
2011	257.7	41.9	627.8	14.2	188.4	17.8
2012	414.1	50.3	671.7	13.4	210.2	20.6
2013	424.2	49.0	791.4	13.9	222.4	23.1
2014	370.6	46.3	900.2	14.0	218.1	24.0

자료: 해외건설협회

- 국내 플랜트 시장 규모가 작아 플랜트 분야는 필연적으로 해외시장 수출을 염두에 두고 접근이 필연적
- 하지만 한국의 첨단플랜트 기술수준은 최근 급격히 하락 중
  - 2014년 대비 첨단플랜트 원천기술 수준은 82.7%에서 78.3%로 크게 하락 (전체 건설 교통 분야 기술수준 조사 항목 중 가장 크게 감소)
  - \* 첨단플랜트: 중장기 미래플랜트 건설시장 진출을 위한 선진국 수준의 탈추격형 신공정 라이선스화 원천기술



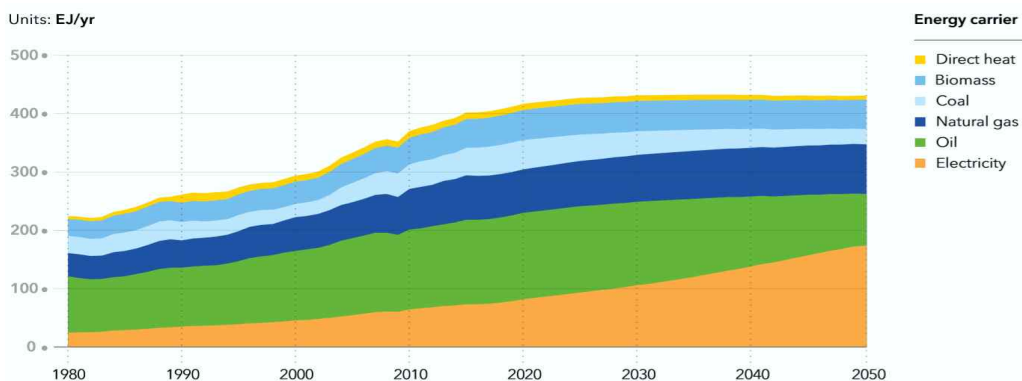
[그림 1-1-2] 최고기술국 대비 건설교통분야 국가전략기술별 기술수준 및 기술격차 변동 (2014-2016) (출처: 2016년 기술수준 평가, KISTEP, 2017/7)

□ 플랜트 산업은 고부가가치 지식집약적 대표적 산업으로서, 합성가스 및 수소 생산 플랜트는 실증 test-bed를 통한 기술개발에 적절한 분야

- 합성가스/수소 플랜트는 국내 자체 건설 수요도 많아 준상업용 규모의 국내기술 실증용 test-bed 추진에 유리
  - (국내 수요처) 석유 코크스를 사용한 수소, 청정 연료가스, 고순도 일산화탄소
- 산재된 국내 pilot 규모 관련기술 개발 결과들을 결합 및 추가 개발하여 실증규모로 추진할 적정 대상
  - 플랜트 산업 특성상 실제 건설과 운영 실적의 입증에 시장 진출에 긴요
- 최근 수소사회 화두가 부각되면서 수소생산 플랜트가 부각되는 추세
  - 일본은 “에너지 안보”와 “제조업 활력”이라는 두 개 키워드와 잘 맞는 수소사회를 위한 플랜트기술 우위 확보에 전력 중
    - \* 2011년 동일본 대지진으로 원자력발전에 중대한 타격을 받은 후 세계에서 가장 치열하게 수소경제 인프라 확대에 주력
  - 중국도 자국 제조업 활력과 글로벌 에너지 시장 참여정책의 일환으로 수소관련 기술 경쟁에 적극 참여 시작
    - \* FC-Expo(동경)에 2019년 10개 업체 참여에서 2020년 60여개 회사 사전예약
    - \* 2030년에 세계 최대 수준인 100만대의 수소차 생산능력과 1,000기 이상 충전소 보급 구상

□ 21세기 주요 에너지원은 천연가스, 전기, 초청정연료유와 더불어 수소가 대세이며, 재생가능에너지원 전기와 CO<sub>2</sub>의 고부가가치 가스화/연료화가 부각

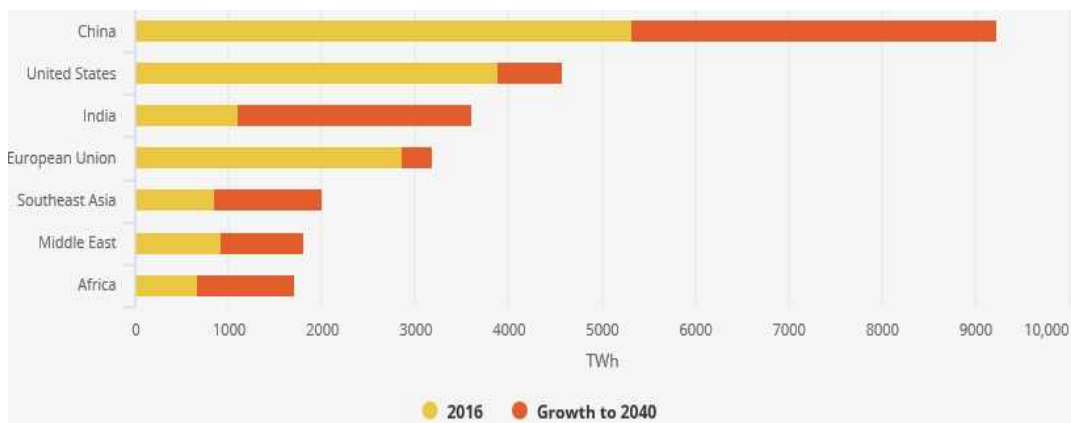
- 기존 구비된 사회 에너지 인프라는 천연가스, 전기와 액체연료를 기반으로 지속 발전이 예상
  - 2030년 이후 전기의 비중이 가장 크게 증가로 예측
    - \* 전기는 청정하고 이용 편리성으로 선호도 지속 증가 예상
  - 액체연료는 점차 축소되며 환경오염 감소를 위한 초청정 연료유로 대체 예상



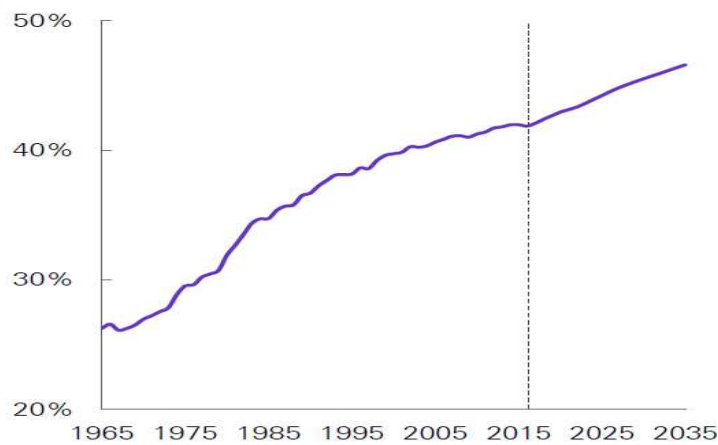
[그림 1-1-3] 에너지 carrier 형태별 세계 에너지 수요

(출처: Energy Transition Outlook 2017, DNV)

- 세계에너지기구 예측에 따르면 2040년까지 세계 최종에너지 수비 증가량의 40%가 전기이며, BP 에너지 전망에서도 2035년 전기가 1차 에너지원의 47% 차지 예상
  - 지난 25년간 원유가 담당했던 역할과 동일한 전기 증가량
  - 중국, 인도, 동남아, 중동, 아프리카의 개발도상국 중심으로 크게 증가 예상
  - “미래는 전기화“라는 세계에너지기구 보고서 내용의 핵심은 전기차 보급
    - \* 세계 전기차 보급: 2017년 기준 200만대에서 2040년 2.8억대로 예상
  - BP 에너지보고서는 2015년 세계 1차에너지원 중 전기 비중이 42%였으며, 2035년경 47%까지 증가를 예상
    - \* 세계 에너지사용량 증가되는 추세에서도 전기 비중 지속 증가 예상



[그림 1-1-4] 주요 국가/지역별 2016년 전기생산량과 2040년까지 전기 증가 예상량  
(출처: World Energy Outlook 2017, IEA)



[그림 1-1-5] 세계 1차 에너지원 중 전기 비중의 증기 추이  
(출처: BP Energy Outlook, 2017)

- 청정하면서 사용이 용이한 가스/액체연료유 사용 확대가 대세이며, 특히 수소 에너지원을 저렴하게 확보하여야 할 필요성이 매우 강하나 아직 경제성 미확보로 기술개발과 실증이 요구

- 재생가능에너지 전기 생산량의 급격한 확대에 발생된 기존 전기 인프라 수용에 한계문제를 CO<sub>2</sub>와 결합시키는 기술개발 방식으로 해결 노력이 시작
  - 지구온난화 문제 해결과 잉여 재생가능에너지로부터 생산되는 전기 활용을 결합시킨 수소, 합성천연가스 생산이 기술적으로 가능하나 경제성 확보까지는 미도달

#### □ Technology-based 청정 수소 자원 확보 가능 시대 도래

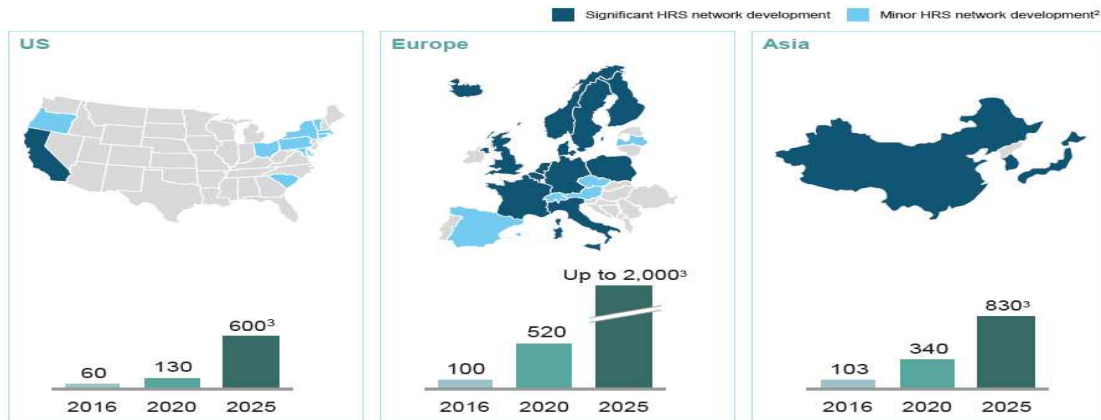
- 에너지는 더 이상 자원이 아니라 기술로 정의되는 시대에 진입
  - 아직 확실한 중소형 플랜트 기술은 시작 단계로 한국에 기회 존재
- 지하자원에서 자원을 채굴하는 방식이 아닌 기존 저급 또는 잉여 자원으로부터 수소를 변환/합성하여 사용하는 시대 도래
  - 잉여전기에서 수소 생산(P2G), 천연가스/바이오가스, 석유 코크스 및 폐기물/바이오매스 등에서 합성가스를 생산한 후 수소를 생산하는 방식이 대표적
- 이들 잉여 또는 저급자원으로부터 수소로 변환/합성하는 기술을 보유하면 미래의 청정 자원인 수소 확보와 신산업 창출의 이중 효과
- 한국, 일본, 중국이 수소분야 주도권을 위한 기술 및 경제성 경쟁 최근 본격화
  - 미국, EU도 기술선점 위한 정부/EU 차원의 다양한 지원 지속 중

#### □ 분산전원 선호 추세로 관련 Emerging 시장 시작단계

- 개발도상국 등에서 자국 내 미활용 저급자원\* 사용한 가스자원 확보 이용 추세이나, 신뢰도 있는 기술은 아직 미흡
  - \*저급자원: 바이오매스, 폐기물, 석유 코크스, 저급석탄 등이 주요 대상
- 중소형(500 kW~20 MW급) 가스플랜트에 대한 동남아 국가를 중심으로 한 시장 수요 팽창 중이며, 수소자원 확보 가능 시 수소연료전지 기술을 활용하여 시장 진입 가능할 것으로 예상
- 저급자원 및 잉여전기로부터 수소자원을 확보함에 있어서 경제성과 기술신뢰도 있는 기술을 상용 규모로 입증하지 못하고 있는 상황
  - 국내의 수소도시 등에 사용하고 해외 진출을 위해서는 상용규모 test-bed 실증을 통한 기술개발이 필수

#### □ 2020~2030년대 해외의 가스 인프라의 수소중심 전환 구체화

- 일본은 도쿄올림픽 통한 수소연료전지자동차 수소사회 기술우위 홍보전략
- 일본 사례로 볼 때 한국도 2025년경 초기 수소사회 진입 예상
- 수소사회에 대응한 체계적 가스자원 국토인프라 관리 및 플랜트 기술 확보가 중요
  - 인구 밀집지역 미세먼지 근본적 대책으로 수소사회 개념은 계속 유효
  - \* 수소자원 확보와 경제성, 주민수용성 제고 등 문제



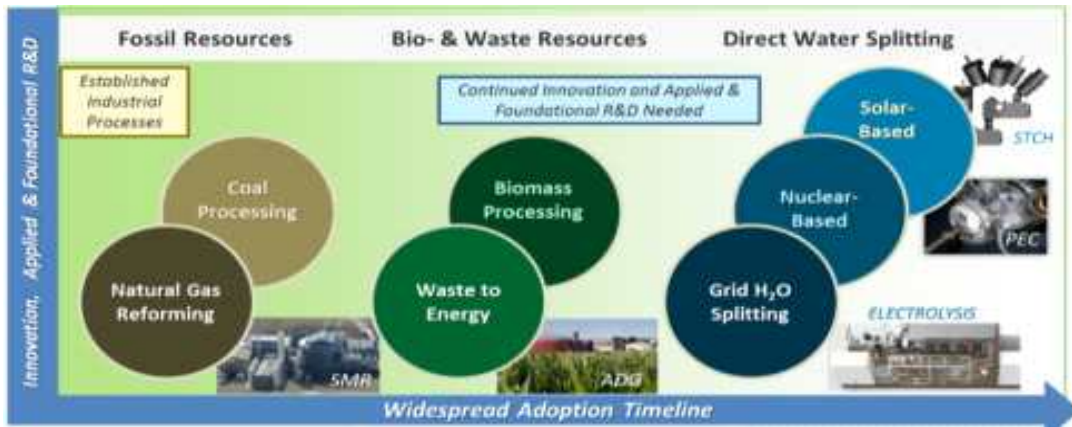
[그림 1-1-6] 세계 주요지역 HRS(Hydrogen Refueling Station, 수소충전소) 인프라 추진 숫자 (출처: 수소 Council, 2017/01)

□ 수소사회에 필요한 수소생산 source 다양화 필요성 증대 및 해외와 동일한 대량공급 방식에 의한 기술종속 방지수단 필요

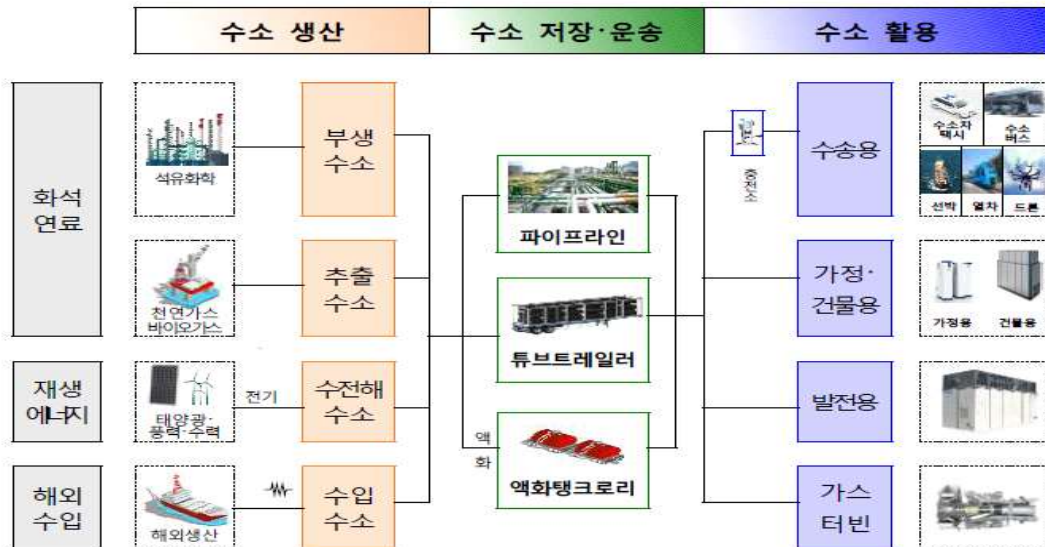
- 해외와 수소사회에 필요한 수소자원 다변화에 대한 중장기적 대응이 요구
  - 수소사회에 적극적인 일본, EU, 미국 모두 수소생산은 석탄가스화, 천연가스/부생가스 개질, P2G에 집중
    - \* 일본과 미국은 석탄가스화 수소생산, 천연가스 개질, P2G에 집중
    - \* EU는 천연가스 개질(CO<sub>2</sub> 포집저장 연계)과 P2G에 집중
    - \* 한국은 국내에서 수소생산은 일본과 EU 사례에 집중 + 해외도입 수소는 일본 전략을 채택하나 다양한 분산형 수소생산 추진을 통한 에너지안보 전략 필요



[그림 1-1-7] EU의 수소생산 공급기술 방향 (출처: Hydrogen Roadmap Europe, 2019/02)



[그림 1-1-8] 미국의 수소생산 로드맵  
(출처: Hydrogen Production Tech Team Roadmap, USDRIVE, 2017)



[그림 1-1-9] 한국의 수소경제 활성화 로드맵에서 수소생산 방안  
(출처: 산업통상자원부 보도자료, 2019/01/17)

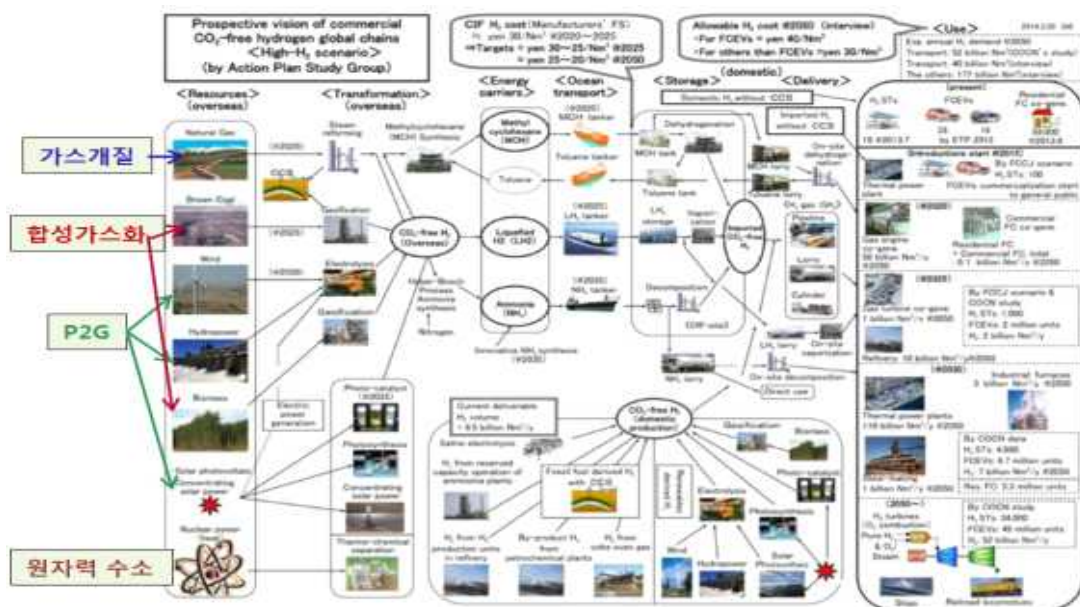
- 에너지수입국인 일본은 수소를 해외에서 생산, 환경친화적 물질로 전환 도입 전략
  - 화석연료기반은 석탄 가스화, 천연가스/부생가스 개질 방식
  - 재생가능에너지 기반은 미국, 일본, 한국과 같은 P2G 방식
  - 일본의 HySTRA: 이와타니산업, 가와사키중공업, Shell Japan, J-Power, 마루베니사가 합작 설립한 협회
  - \* 2030년까지 호주 생산 CO<sub>2</sub> free 수소를 9,000 km 떨어진 일본 고베항으로 수송하고 최종 수소 30만톤/년 규모의 실증프로젝트 진행 중



[그림 1-1-10] 일본의 화석연료 기반 해외 수소생산 도입방안

(출처: Japan's Challenge for Realizing Hydrogen-based Society, Deutsch-Japanisches Umwelt-und Energiedialogforum, 2018/04)

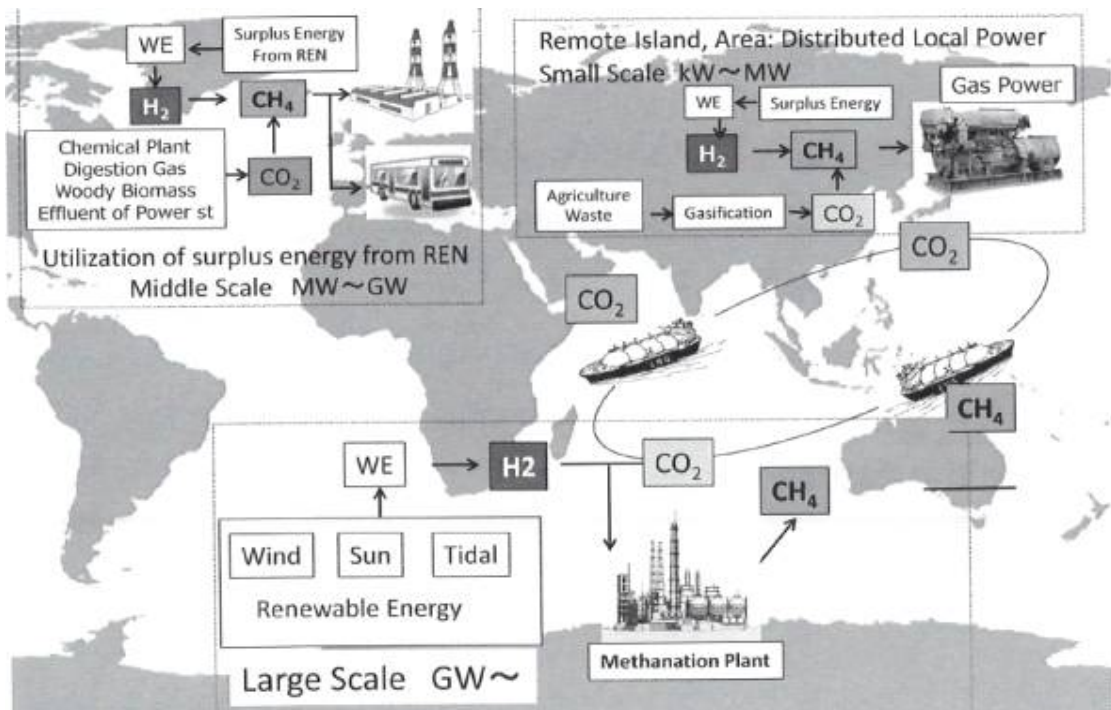
- 수소생산 플랜트의 핵심은 가스 합성가스화 기술, 개질기술, P2G 기술과 탈탄소사회를 위한 CO<sub>2</sub> 대응기술로서 2030년 이후 대비 핵심 플랜트 기술 확보 전략이 필요
- 에너지수입국으로 한국과 유사한 상황인 일본 사례를 보면, 가스개질, 합성가스화, P2G가 수소생산의 핵심 기반기술이며 해외에서 수소생산 전략이 핵심
  - 단기간 수소공급은 천연가스/부생가스 개질이 천연가스 배관망이 구비된 지역/국가에서 가장 현실적/경제적
  - 가스배관망 부족한 지역/국가는 합성가스, DME 등 다양한 수소저장 매개체를 이용한 분산형에 관심
- \* 특히 미활용 저급자원(석유 코크스 등) 및 지역에 산재한 미활용 바이오매스/폐기물 적용한 분산형 에너지플랜트가 유리



[그림 1-1-11] 일본의 수소사회 국내/해외 수소생산부터 활용까지 전략 요약도

(출처: 2016년 FISITA Partners Forum, Ken Oakazaki, 도쿄공업대학)

- 재생가능에너지 유래 수소생산을 제외하고는 필연적 발생하는 CO<sub>2</sub> 저감/활용 기술개발과 활용이 장기적 핵심 사항
  - 수소생산 방향은 Grey 수소 → Blue 수소(CO<sub>2</sub> free) → Green 수소(재생가능/sustainable)이나, 2020년대에는 Grey 수소가 대량공급 측면에서 필연적이며 이 때 발생하는 CO<sub>2</sub>의 저감/활용기술 확보가 관건
    - \* Grey 수소는 기존 인프라/기술을 적용하여 대량 수소생산이 가능한 장점이 있어 가격 저렴화 위한 플랜트 핵심기술 확보가 관건
  - CO<sub>2</sub>를 수소와 합성시켜 합성천연가스로 에너지화하는 전략이 세계적 기술 대세
    - \* 하지만, 자연계에서 안정적인 CO<sub>2</sub>를 변환시키는 기술은 기초단계로서 상용화는 2030년대 이후 예상
  - 일본은 해외수소 생산 국가와 협업을 통해 해외 산지에서 CO<sub>2</sub>를 처리/자원화하는 정책방향 추진
    - \* 대량 CO<sub>2</sub> 발생하는 석탄가스화 수소에서는 CCS로 지하 저장 또는 EOR에 활용
    - \* 중소형 규모는 풍력/태양광/조력 잉여전기를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 천연합성가스(SNG) 생산 원료로 사용



[그림 1-1-12] 일본의 해외 수소도입과 발생 CO<sub>2</sub>의 연계 합성천연가스화 전략  
 (출처: 히다치조선사, Production of Fuel Converted from CO<sub>2</sub> with Renewable H<sub>2</sub>, FC-Expo 2019)

□ 아직 충분히 활용되지 못하고 있는 지역별 저급자원을 분산형 수소생산에 활용하는 해외플랜트 수출시장이 시작 단계

- 저급자원: 바이오매스, 폐기물, 석유 코크스, 저등급석탄 등

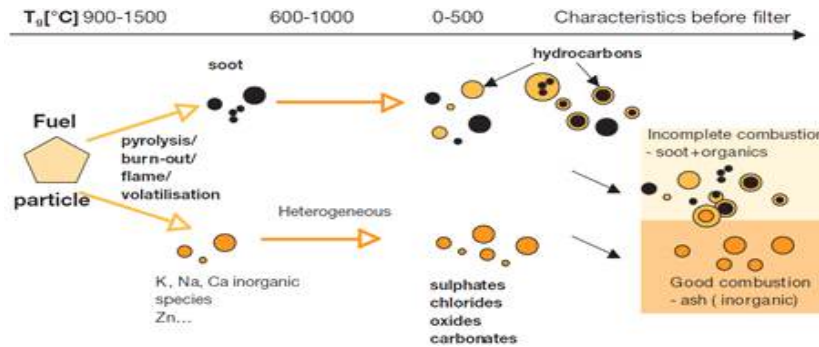
- 한국이 수소생산 분야에서 독자적인 원천기술을 보유에 유리한 기술 분야
  - 1~20톤/일급 기반기술이 국내에 존재하며 국내시장도 다수 존재하여 대형 test-bed 사업으로 추진에 적합
- 50~200톤/일 규모 분산형 플랜트로서 해외산지 저활용 자원을 사용하여 분산전기, 분산열병합, 분산형 수소 생산
  - 기술보유 선진국 대형회사들은 중소형 규모 시장에 관심도 낮은 틈새시장
  - 동남아에 중국업체 적극 진출 추진하였으나 기술부족과 원거리 유지보수 어려움 경험
    - \* 한국의 원거리 IT 운전/유지보수/진단기술의 플랜트기술화를 통한 경쟁력 확보 가능
- 바이오매스의 경우, CO<sub>2</sub> free 수소생산을 통한 CO<sub>2</sub> 해외 감축 사업의 일환으로 역할 기대
  - 탄소중립 성격인 바이오매스를 사용한 수소 자원화 플랜트 공급을 통해 CO<sub>2</sub> 저감의 부수적 기능이 가능
    - \* 동남아 지역 선호하는 가스변환 원료는 바이오매스로서, 국가 해외 온실가스 저감목표 달성 수단의 하나로 모델 제시 가능
- 폐기물, 석유 코크스 등 저급자원의 경우, NIMBY 극복 방안으로 청정합성가스 또는 수소를 생산함이 에너지화에 유리
  - 소각은 환경오염 물질 배출에 대한 우려로 항상 NIMBY 대상
    - \* 홍콩 Skeu 소각장 경우 주민들은 기존 소각로 대신 고가이나 환경적으로 우수한 플라즈마 가스화 설비로 대체 요구
    - \* 국내 폐기물 고형연료인 SRF 열병합발전소 신규 설치는 주민반대로 모두 중단 (폐플라스틱 활용처 상실 등 후속 여파 발생)
  - 개발도상국들도 폐기물 시설에 대한 NIMBY로 기술 대안 필요
    - \* 하지만, 기존 가스화 설비는 건설비/운전비 고가로 도입이 불가능한 상태

#### □ 합성가스/천연가스 플랜트 분야 국내 TRL 5단계 수준 타부처 지원 파일럿급 개발결과 연계 활용 미진

- 천연가스와 합성가스 생산과 활용에 대한 지난 10년 이상의 국가지원 R&D 투자를 통하여 파일럿급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계
  - 국내시장도 관련 핵심기술의 해외기술 의존도 심화, 국내 업계의 해외 대형 사업에서 배제되는 상황
  - 지금까지 국내에서 기술개발한 대부분은 최대 파일럿급 연구 설비들로서, 해외 수출 수준이 되기 위해서는 가격, 기술 신뢰도, 유지보수 편이성 등이 감안된 상당한 추가 기술개발과 튜닝 필요
  - 기 확보된 국내 TRL 5 수준 기술들은 범용성, 환경 적용성 등의 검증이 되지 않았으며, 상용급 실제 또는 유사 환경에서 적용 시험이 거의 전무

□ 가스 생산/사용 과정에서 미세먼지, 온실가스 저감 등 환경적 수요 대응기술 요구

- 고체 물질에서 가스 생산 시 미세먼지가 필연적 발생하는데 이를 방지하는 근원적 기술이 요구되는 추세
  - 산화제가 불충분하고 혼합이 충분치 않으면 미세먼지가 발생하는데, Compact하게 집적화된 가스플랜트로 대응 필요
- 중국, 인도 등 미세먼지 민감 지역 수출용 플랜트 핵심기술로서 역할 가능



[그림 1-1-13] 나무 등 바이오매스 연소시 미세먼지 발생 메카니즘

(출처: Combating Particulate Emissions in Energy Generation and Industry, VTT Technical Research Centre of Finland, 2006.)

□ 수소사회 대응 수소생산 플랜트 분야에 EPC 업체와 중소/중견기업 동반진출을 위하여 track record 확보 필요

- 플랜트 EPC 공사에서 가장 비중이 큰 부분이 기자재 구매(procurement) 비용으로서 60% 이상이며, 국내 기자재 비중 확대가 필요
- EPC 업체와 기자재 제조업체(대기업 중공업사, 중소/중견기업 등)가 동반 진출하기 위해서는 함께 관련 기술과 실적(track record)을 보유할 필요성이 매우 강하게 대두
  - 기본설계 능력을 보유한 기술사(라이선스사)가 주요 기자재의 제조업체를 지정하므로 기본설계 능력을 갖추면 국산 기자재 선택 가능
  - 우선적으로 공정 또는 주요 기자재의 기본설계 능력 필요
  - 국내 EPC 업체에서 국산 기자재를 구매하여 사용하기 위해서는 국내의 기자재 제조 업체에서 track record 확보 필요
- 기본설계 기술에서부터 1차 기자재 제품 선정, 이에 따라 2차 및 3차 기자재 업체로 연쇄적으로 이어짐.
- 국내에서 기본설계 능력을 보유하고 공동으로 track record를 확보하여 supply chain을 구성함으로써 국내 품목 비중 확대에 더하여 원가 경쟁력 확보 가능
  - 기자재 제작, 시공, 시운전, 하자보수 등의 전 과정에서 원활한 협조체계 구축으로 납기 단축 가능
  - 설계 변경에 대한 유연한 대처 가능
  - Supply chain 구축으로 표준화가 가능하므로 기자재 단가 대폭 감소 가능

□ 2020년대 중반 이후 가스플랜트 기술방향 핵심 이슈의 요약

- **2030년대 수소 사회 진입:** 일본은 2020년 도쿄올림픽을 수소사회 기술 시연장으로 준비 중이며, 수소사회 관련 기술 우위 선점에 가장 노력하고 있으며, 수소의 안정적 생산과 사회 인프라가 요구되는 상황
- **개도국 중심 분산전원 수요 급증:** 개발도상국 대부분 국가에서 자국에서 가용한 저급 원료(폐기물, 바이오매스, 저급석탄 등)를 활용하여 분산전원 형식의 전기공급을 선호하고 저렴하면서 신뢰도 있는 기술을 요구
- **재생가능에너지 생산 잉여전기를 사용한 가스자원 생산:** 2020년대 후 한국도 풍력, 태양광에서 불규칙한 전기가 대량 가용한데 이를 수소로 변환시켜 ESS 형태의 전기저장 방식을 보완하는 Power-to-Gas (P2G) 혁신기술 개발 보급이 예상
- **Technology-based 수소자원 확보가능 시대 도래:** 지하자원에서 자원을 채굴하는 방식이 아닌 미활용자원/저급자원으로부터 수소를 합성하여 사용하는 시대가 열릴 것으로 전망되며, 잉여전기에서 수소 생산(P2G), 폐기물/바이오매스/석탄/석유 코크스 등에서 합성가스 생산 후 수소로 변환하여 사용하는 기술 등이 대표적인 기술
- 상기와 같은 추진배경을 통해 뽑은 핵심이슈를 아래 표에 정리

<표 1-1-3> 본 기획의 추진배경 및 핵심이슈 요약표

추진 배경	핵심 이슈 도출
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 한국 플랜트 경쟁력 약화와 해외시장 위축 심화, 특히 한국의 첨단플랜트 기술수준은 최근 급격히 하락 중</li> <li><input type="checkbox"/> 21세기 주요 에너지원은 천연가스, 전기, 초청정연료유가 대세이며, 재생가능에너지원 전기와 CO<sub>2</sub>의 고부가가치 가스/연료화가 부각</li> <li><input type="checkbox"/> 재생에너지 생산 비활용 전기를 가스(수소, 메탄), 청정연료유로 변환 장기저장 활용하는 기술기반 시작 단계</li> <li><input type="checkbox"/> Technology-based 수소 자원 확보 가능 시대 도래</li> <li><input type="checkbox"/> 동남아 지역 등 기존 가스자원 수출국도 수입국 전환 예상으로 분산형 가스자원 플랜트 수요 발생</li> <li><input type="checkbox"/> 분산전원 선호 추세로 관련 Emerging 시장 시작단계</li> <li><input type="checkbox"/> 폐기물/저급자원의 경우, NIMBY 극복 방안으로 합성가스 방식이 에너지화에 유리</li> <li><input type="checkbox"/> 2020-2030년대 해외의 가스 인프라를 수소 중심사회로 전환 구체화</li> <li><input type="checkbox"/> 한국의 CO<sub>2</sub> 해외 감축 사업의 일환으로 역할 기대</li> <li><input type="checkbox"/> 가스플랜트 분야 국내 TRL 5 단계 타부처 지원 파일럿급 개발결과 연계 활용 미진</li> <li><input type="checkbox"/> 수소 및 합성가스 생산/사용 과정에서 미세 먼지, 온실가스 저감 등 환경적 수요 대응 기술 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 미래 플랜트기술로 미래 고부가가치가 가능한 가스플랜트 분야의 수출 경쟁력 제고 - 부각되고 있는 청정한 수소 시장과 중소형 합성가스 플랜트 시장을 플랜트분야의 신성장동력화</li> <li><input type="checkbox"/> 수소사회 도래에 대응한 Technology-based 청정 합성가스 및 수소 생산/변환 기술 기반 구축</li> <li><input type="checkbox"/> NIMBY 극복 청정에너지화 수요대응 기술 확보</li> </ul>

## 2. 정부지원의 필요성

### □ 플랜트기술은 반도체 산업에 버금가는 경제성장의 핵심동력으로 국가 미래산업에서 핵심 분야

- 세계 플랜트시장은 지속 증가 중이며, 신흥시장(중동, 아시아, 아프리카, 남미 등)은 연 10% 이상 확대 전망 (출처: KISTEP 보고서, 2014)
  - 세계 플랜트시장 규모: 9,090억 달러('08년) ⇨ 8,240억 달러('10년) ⇨ 11,100억 달러('15년) ⇨ 15,810억 달러('20년)
- 파급효과 측면에서 플랜트는 엔지니어링, 기계설비 구매, 건설 등이 복합된 산업으로 산업연관효과가 높고 산업구조의 고도화에 기여가 높은 것이 특징

<표 1-1-4> 전후방 산업연관효과 (산업연구원)

	농림수산물	전기·전자	건축	금융·보험	플랜트
전방연관효과	1.03	1.08	0.56	1.32	1.25
후방연관효과	0.77	1.25	0.97	0.65	1.18

(출처 : 산업연구원, 해외 플랜트 수주동향 및 지원시책, 2007)

### □ 과감한 실증과 상용화를 통한 국내 기술자립 필요

- 수소 및 합성가스 플랜트는 주요 국가/기업의 독과점이 심한 분야로 진입장벽이 높아 기술적용의 실적이 매우 중요한 분야
  - 플랜트분야에서 대외 경쟁력 보유를 위해서는 과감한 실증 R&D와 이들 결과를 활용한 상용화 추진이 중요
  - 국내 기업들은 가스플랜트 핵심기술 분야 수주에서 소외되고 있는 실정
    - \* 현 시점에서 가장 대규모 합성가스 플랜트 사업인 인도 Jamnagar 프로젝트에 한국업체 참여 전무
    - \* 합성가스 분야 원천기술 보유사와 주요 공정사 대부분이 참여했고 한국업체는 전무

<표 1-1-5> 인도 Jamnagar 합성가스 프로젝트 건설 참여사

<b>Contractor:</b>		<b>Licensor:</b>	
PMC	Fluor	Gasification	CB&I Lummus (Phillips 66)
EPCM	Fluor	Open art	Fluor
O&U	Bechtel		
Construction	L&T	<b>Equipment suppliers:</b>	
		Reactor + vessels	L&T
<b>Package suppliers:</b>		HTHR boilers	Alstom
ASU	Linde	Rod mills	Cemtec
AGR	Linde	Slurry pumps	Geho/Flow serve
PSA	Linde	Char filters	Porvair
SRU/TGT	Worley Parsons	Syngas rec. comp.	Siemens
SFU	Enersul	Superheater	Linde/Selas
GTG/GTG Mods	GE	Cooling tower	SPIG
		Stacker/reclaimer	Thyssen Krupp

(출처: P. Maitra, "The Jamnagar Gasification Project," Gasification Technologies Conference 2013)

- 장기간 시장이 확보된 고부가가치 플랜트 분야에는 핵심 원천기술 또는 강점기술의 보유와 더불어 높은 이용율(availability)이 필수
  - 실증플랜트 설계, 건설, 운영, 유지보수, 부품개발의 전 과정의 경험과 know-how가 해외 플랜트 수출시 시행오차 줄이는데 필수
- 국내 기업들의 다양한 고부가가치 플랜트 해외시장 진출에는 실증 R&D를 통한 실적 확보와 유지보수 등 기술대응이 필수
  - 원료와 지역 등 환경에 따라 같은 플랜트 기술이라도 세부운영 분야기술에서 큰 차이가 존재하므로 이에 대한 대응이 가능할 실증설비의 back-up이 매우 중요
  - \* 물 동결기간 유무, 지역 지하수/냉각수/용수 성상 등에 따라 운전 시행오차 사례 다수

#### □ 수소 및 합성가스 플랜트는 핵심 고부가가치 플랜트기술로서 미래 청정환경 사회의 근간이나 한국은 대응이 미진

- 중진국 이상 사회에서 선호되는 에너지 형태는 가스(수소 또는 청정합성가스)와 전기이며, 수소 플랜트 또는 수소 플랜트의 기반인 합성가스 플랜트로 대응 가능
  - 편이성, 청정성의 요인으로 가스를 매개로 한 사회 에너지 인프라가 대세
  - 분산형인 경우, 가스엔진을 사용한 전기 생산이 대표적 루트이나, 저렴하게 수소를 생산할 수 있는 플랜트 기술 확보 시 수소연료전지(발전 및 자동차) 기술로 적용 가능
- 장기적으로는 수소 플랜트, 단기적으로는 청정합성가스 플랜트가 해외수출 플랜트 시장에서 핵심 분야로 가능
  - 해외 강소국들은 기술투자 대비 효율적 분야에 집중
    - \* 덴마크: 가스분야 촉매, 풍력발전 등 시장 세계 1등
    - \* 스위스: 원천기술 개발 후 해외건설 통한 기술 업그레이드 전략
    - \* 네덜란드: 차세대 기술 조기 개발을 통한 선점 전략
  - 한국은 자체 합성가스 시장도 크고 장기적으로는 수소도시, 수소연료전지자동차 등 수소시장이 급속 성장할 것으로 예상되고 있으며, 해외 수소 분산전원 시장 형성이 초기이므로 한국에 기회 존재
    - \* 실증→사업화→해외수출→국부창출의 국토부 플랜트 기술투자 정책에 적합한 분야
- 한국 내에서도 수소 생산 플랜트 및 합성가스 플랜트 시장의 지속 성장이 예상되어 신뢰도 있는 국내기술 요구 상존
  - 에너지 안보차원의 수소자원 및 합성가스 자원 확보 필요
    - \* 폐벌목, 폐기물, 축산분뇨 등 사용한 분산형 수소/합성가스 자원 확보 가능
  - 납사/중유/천연가스 대체 저렴하고 청정한 기술기반 수소/합성가스 국내 수요 증가
    - \* 국내기술 부재 시 해외기술 도입하여 건설 예상
- 중국의 플랜트 분야 기술력 급속 부상으로 한국의 플랜트 수출경쟁력과 기회 급속 소진 중
  - 몽골 SNG 프로젝트에 중국기술 사용한 한국기업 주도 추진 중 (2018년)
    - \* 한국은 상업적 보증을 위한 해당규모 실증/실적 부족

- 플랜트 산업은 높은 경제적 파급효과와 더불어 가치사슬에서 중소기업과 대기업의 동반성장이 가능한 분야

□ 에너지 96% 수입국 차원에서 가스자원의 자체 확보를 위한 지속적 노력이 필요

- 2017년 한국의 에너지 수입량은 3.4억TOE. 2017년 에너지 수입액은 1095억 달러로 총 수입액 4575억 달러의 23.9% 차지
- 다양한 자원에서 생산이 가능한 가스자원으로 합성가스와 수소가 핵심이며, 에너지 안보 차원에서도 집중 육성할 분야
  - 일본은 2017년 12월 수소기본전략 발표를 통하여 해외에너지 수입을 줄이는 에너지안보 전략을 시작
    - \* 일본 아베총리 발언 (2018/01): “Hydrogen energy holds the trump card for energy security and measures to address global warming.”
  - 화석연료는 합성가스 방식을 통하여 청정가스, 수소로 변환 이용

□ 해외 주요국 플랜트 고부가가치화 기반 구축위한 정부지원 사업에 대응하여 한국은 실증플랜트 분야에 국토부 역할이 중요

- 미국: RAPID(Rapid Advancement in Process Intensification Development, 2016/12), Clean Energy Smart Manufacturing (2017/06) 산학연 연구소 설립
  - Manufacturing USA 프로그램(정부 10억불/민간 20억불 출연)의 10번째, 12번째 연구소



[그림 1-1-14] RAPID 연구소 운영 중인 Test-bed 설비 예  
(텍사스 오스틴 대학과 Easy Energy 시스템사 Test 설비)

- 독일: ‘인더스트리 4.0’ 출범 (2011/01)
  - 전통적 제조 산업에 정보통신기술(ICT)을 결합 스마트 공장 구현을 목표
- 중국: ‘중국제조 2025’ 출범 (2015/05)
  - 2025년까지 제조 강국 대열에 진입, 2035년 세계 제조 강국 중간 수준 진입, 신중국 성립 100주년인 2049년 제조업 대국 지위 확보
- 일본: 정부지원 platform 플랜트기술 개발 → 여러 기업에 기술이전 → 자국 내 사업경

쟁 → 기업별 해외진출 모델로 완성 → 국부창출의 과정을 정부주도로 수행

- 사례: 석탄가스화 플랜트, 폐기물 열분해용 플랜트

○ 한국

- (산업통상자원부) 플랜트 software적 설계와 파일럿급 설비에 국한된 R&D 지원 중으로 실증급 가스플랜트 지원은 전무

- (국토부) 해수담수화사업단, LNG 사업단 통한 실증/사업화 규모 지원 실적

#### □ 합성가스-수소 연계된 플랜트 기술로 시너지 효과 가능

○ 합성가스-수소 플랜트의 핵심기술인 반응기 기술과 가스 전환/정제 기술은 다양한 에너지/환경 산업에 활용도가 높은 기반기술로 플랜트 산업의 경쟁력 강화에 크게 기여

- 가스화 기술: 다양한 저급 자원을 활용하여 가스자원화 분야에 다양하게 활용

- 수소가스변환 액상수소(암모니아 등)화 기술: 화학공정의 고급기술인 삼상반응기, 촉매반응기, 열매체 운용 최적화 기술 등은 화학산업에 다양하게 활용

- 고불순물 포함 환경적 청정 제거기술: 타르, VOC, 미립자 등 매우 다양한 불순물을 제거하는 기술은 최근 높아지는 환경요구에 부합하는 매우 활용도가 높은 분야

#### □ 국내 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요

○ 합성가스 생산과 활용, 천연가스/바이오가스 개질 등 가스플랜트 기술에 대한 지난 10년 이상의 국가지원 R&D 투자를 통하여 파일럿급 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

○ 지금까지 국내에서 기술개발한 대부분은 연구설비들로서, 해외 수출 수준이 되기 위해서는 가격, 기술 신뢰도, 유지보수 편이성 등이 감안된 상당한 추가 기술개발과 튜닝 필요

○ 정부 R&D 지원을 받아 기 확보된 국내 TRL 5 이상의 기술들은 범용성, 환경 적용성 등의 검증이 되지 않았으며, 또한 플랜트의 경우 규모의 scale-up을 통한 실제 상용화를 위해서는 실제 또는 유사 환경에서 적용 시험이 필요

- 국내에서 타 부처에서 개발된 TRL 5 수준의 합성가스 플랜트 기술은 단기 운전에서는 비교적 높은 성과를 거두고 있으나 상용화에 필요한 장기 연속운전 실험은 이루어지지 못하였으며, test-bed에서 실증 필요

- 국내 기 보유 가스화 기술, 합성가스 정제 기술의 경우 상용화를 위해서는 scale-up이 필요하므로, test-bed 실증사업을 통하여 규모의 scale-up 시 발생할 수 있는 trouble-shooting 등의 적용 시험 필요

○ 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행이 필요

- 국내에서 수소/합성가스 분야 기술개발은 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일럿 설비를 대상으로 진행 ⇨ 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참

여는 불가능 ⇨ 해외기술 의존도 심화 ⇨ 해외 고부가가치 플랜트 시장 참여 원천 차단 상황

- 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 증으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 필요
  - 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며, 국내업체 해외사업 진출에 관심이 높은 고부가가치 합성가스 생산 및 활용 플랜트에 집중된 국내 test-bed 사업 필요
  - 합성가스로부터 수소를 저렴, 안전 및 안정적으로 생산할 수 있는 국내 test-bed 사업 필요
- 재생가능에너지가 대량 보급되기 전까지는 석탄/석유 코크스/폐기물/바이오매스/바이오가스 등 저급자원을 상당기간 사용할 수밖에 없는 국내 현실에서 국내기술 기반으로 저급자원을 활용한 수소/합성가스 플랜트 기술이 필요
  - 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 가스 플랜트 수요는 2000년대 이후 폭발적 증가 추세(중국시장이 가장 크고, 중국은 자국 내 건설/운영 경험을 활용하여 자체기술화와 EPC 능력을 크게 제고)
  - 나프타, LNG 기반의 합성가스 사용 대비, 정유공장 부산물인 석유 코크스를 사용할 때 최소 10% 이상 원가절감이 가능

#### □ 정부지원 타당성

- 정부 R&D의 가장 기본적인 역할은 기술개발 위험분담을 통한 과학기술 분야의 시장 실패 방지가 중요한 부분
  - 단순 상업시설에 대한 민간 지원이 아닌 기존기술로는 상업성이 부족한 기술들을 연계 실증하여 생산품이나 공정의 기술적인 향상을 도모하는 업무로 OECD 규정에도 부합
    - \* OECD 산하 국제에너지기구(IEA)에서는 연구개발과 연계된 실증의 중요성을 고려하여 연구개발 및 실증(RD&D)으로 표현 (KISTEP, 2009 기획평가보고서)
- 플랜트산업의 특성상 수출을 위해서는 실적이 필수적인데, 이에 필요한 대규모 실증플랜트를 건설하기는 어려운 요소 핵심기자재 업체들을 위한 지원이라는 측면에서 정부 지원의 당위성 존재 (KISTEP, 2009 기획평가보고서)
- 수소/합성가스 플랜트는 해외플랜트 수주 증가를 위한 기술기반 반전 계기 가능한 과급효과 큰 분야
  - 국내 플랜트산업은 2014년 이후 지속 감소하다가 2017년 일부 반등하였지만, 2006~2007년 이후 첫 2년 연속 분기당 수주금액이 100억달러 미만
  - 정부지원을 통해 국내 확보된 TRL 5 이상 기술을 접목시킨 가스분야 해외수출형 플랜트 조기실현 가능
    - \* 폐기물 합성가스 플랜트 등 조기 상용화 가능 기술이 국내 미활용 상태
  - 가격경쟁력 있는 가스자원 청정화/저렴화 대체 수요의 증가 추세에 적기 대응이 필요
    - \* (예) 석유 코크스 또는 폐기물/바이오매스 기반 수소 생산용 청정 합성가스 플랜트

- 한국이 처한 열악한 플랜트기술 상황을 타개하기 위해서는 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발 병행이 필요
  - (예) 국내에서 합성가스 생산에 대한 기술개발은 석탄, 석유 코크스, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모에 비하여 1/10~1/100 보다 작은 파일럿 설비만을 대상으로 진행되면서 수백~수천톤/일 규모 상용 플랜트 참여는 불가능했고 해외기술 의존도가 심화되면서 해외 고부가가치 플랜트 시장에는 참여가 원천 차단되는 상황이 진행 중
- Emerging 해외플랜트 시장 대응 Technology(기술) 중심의 합성가스·수소 플랜트 상용화 능력 확보가 시급
  - (아시아/아프리카 지역 선점용 플랜트기술 필요) 한국의 해외플랜트 대상 시장 확대가 중동, 미주에서 아시아, 아프리카로 전환 중이며, 이들 Emerging 시장 선점을 위한 핵심기술 기반 플랜트 수출 능력이 필요
    - \* 합성가스 기반 지역밀착 분산형(Locally Distributed) 전원 등 Emerging 시장에 대응
- 2020년 이후 도래 예상되는 새로운 가스 산업 대응 플랜트기술 필요
  - (수소사회 대응) 수소의 안정적 생산과 사회 인프라가 요구됨.
    - \* (일본) 2020년 도쿄올림픽을 수소사회 기술 시연장으로 준비 중이며, 수소사회 관련 기술/시장 선점 추진 중
  - (Technology-based 수소/청정합성가스 자원 확보시대 도래) 지하자원에서 자원을 채굴하는 방식이 아닌 가스를 합성하여 사용하는 기술기반 가스시대가 도래
    - \* (예) 태양광/풍력 미활용 전기로 천연가스 생산(P2G), 쓰레기/바이오매스에서 합성가스 생산 후 활용 또는 추가로 수소로 전환하여 사용
- 고부가가치 플랜트 영역인 상류 가스부문 진출에 경쟁이 가능할 기반 기술개발은 기업 독자적 대응이 한계
  - 국토교통 R&D 중장기 전략(2014)에 중점 프로젝트로 가스·비전통 자원화 플랜트가 포함
  - 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 가스플랜트 고도화와 지속적으로 성장 중인 비전통 자원개발 플랜트 건설 실증기술 확보 추진이 필요

### 3. 사업추진의 시급성

#### □ 추진 시급성

- 2020년대가 분산형 수소 플랜트 또는 청정합성가스 생산 플랜트의 주요 해외수출 대상지인 동남아시아 지역 진출의 적기
- 2020년대초까지가 중국보다 수소·합성가스 플랜트 동남아 등 시장 선점할 마지막 기회
  - 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년대 초 이전에 필요
  - 중국은 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링 서비스 등 분야 시장경쟁력 급부상 등으로 국내 산학연 역량이 결집된 체계적 대응이 시급

- \* 중국은 해외기술 기반 가스플랜트 건설/운영 경험을 활용하여 자체기술화와 EPC 능력을 크게 제고 중
- 분산형, 모듈형 중소형 규모의 수소/합성가스 플랜트 시장이 시작단계
  - 국내 기술개발 투자된 pilot급 기술성과를 결집하면 중간단계에서 시작 가능
  - 기존 국내 기술개발 대부분은 연구설비들로서, 상용플랜트 기술이 되려면 가격, 기술 신뢰도, 유지보수 편의성, 환경성 등 상당한 추가 기술개발과 튜닝 필요
  - 합성가스 생산과 활용, 천연가스/바이오가스 개질 및 변환 기술 등에 대한 지난 10년 이상의 국가지원 R&D 투자를 통하여 파일럿급 기술은 국내 경험 풍부하나, 대형 상용급 플랜트기술로 진행은 예산 등 이유로 한계로 인해 국내시장의 해외기술 의존도 심화에 대응 필요
  - 지금까지 국내에서 기술개발한 대부분은 연구설비들로서, 해외 수출 수준이 되기 위해서는 가격, 기술 신뢰도, 유지보수 편의성 등이 감안된 상당한 추가 기술개발과 튜닝 필요
  - \* 정부 R&D 지원을 받아 기 확보된 국내 TRL 5 이상의 기술들은 범용성, 환경 적용성 등의 검증이 되지 않았으며, 또한 플랜트의 경우 규모의 scale-up을 통한 실제 상용화를 위해서는 실제 또는 유사 환경에서 적용 시험이 필요
  - \* 국내 기 보유 가스화 기술, 합성가스 정제 기술의 경우 상용화를 위해서는 scale-up 실증이 절실하며 test-bed 실증사업을 통하여 trouble-shooting 등의 적용 시험 필요
- 국내외 저렴하게 가용한 미활용 에너지원 사용을 통한 에너지원 다변화에 조기 대응
  - 석유 코크스, 바이오매스, 폐기물 등 그 동안 미활용 에너지자원을 국내기술 기반의 합성가스 및 수소 플랜트 기술 조기 확보로 시장 선점이 시급
  - 중국, 인도, 몽골, 동남아, 남미 등 합성가스 및 수소 플랜트 수요는 2000년대 이후 증가 추세

#### □ 과학·기술적 타당성

- 수소 생산, 화학원료 및 합성연료 원료로 지금까지 활용이 미진한 석유 코크스 자원을 사용하여 환경적합적인 플랜트 기술 개발 가능
  - 개별 기술은 존재하지만 중소형 규모로 환경성, 효율성, 경제성을 모두 만족하는 플랜트 기술로는 구현이 안된 상태
- 상용규모 플랜트에 접목할 체계적인 기술 조합과 틈새시장용 기술개발을 병행하면 국내 및 해외 고부가가치 플랜트 시장 확보가 가능
  - 국내에서 합성가스/수소 플랜트에 대한 기술개발은 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
- 타 부처의 기술개발 성과로 기 개발된 파일럿급 기술을 현실적으로 위험부담이 적은 중소형급 플랜트로 scale-up하여 단기간 내에 국내외 시장 진입이 가능한 기술의 개발

이 가능: (예) 합성가스 수톤/일급 ⇨ 20~100톤/일급 scale-up

- 국내 개발된 파일럿 설비 scale-up시 scale-up factor들의 보완 및 검증을 위한 test-bed 구현이 절실
  - 대용량의 원료처리에 따른 체류시간, 체적, 열전달, 열손실, 유동분포, 유속, 형상, 재질 등 여러 가지 factor들에 미치는 영향 고려가 필요
  - Scale-up 기술개발에 수백억원의 개발비가 소요되지만 국내 관련시장과 부품/설비에 대한 value-chain/supply-chain이 아직 형성되지 않아 국내 기업의 적극적인 참여를 유도하기 어렵고 정부의 전략적인 지원 또한 미비하여 국내 본격적으로 진행되지 않은 상황 ⇨ 미세먼지 등 환경오염물질 및 온실가스의 저감과 대체자원의 활용 등으로 국내외 수소/합성가스 플랜트 시장이 점차 커지고 있어 조속한 시일 내에 시장진출을 위한 기술 확보가 필요
  - Scale-up 기술의 경우 합성가스 플랜트에 대한 자체 기술력을 확보하기 위해서는 반드시 필요한 기술로, scale-up 설비 구축 후 이에 대한 기술 검증 필요 ⇨ Scale-up 기술 개발 시 일반적으로 10배~30배 규모 이내에서 추진
  - 일본의 경우 상용 합성가스 플랜트 기술을 확보하기 위해 2톤/일 규모의 pilot급 기술 개발 ⇨ 이후 100배 scale-up하여 200톤/일 규모 기술개발 추진 (200톤/일 규모 설비 검증에 많은 시행착오) ⇨ Scale-up factor를 수정/보완한 후 24톤/일급 규모로 scale-down된 설비를 구축하여 scale-up factor에 대한 검증 진행 ⇨ 이후 1,700톤/일 규모로 scale-up 하여 상용 규모 합성가스 플랜트 기술을 확보하였을 정도로 scale-up factor에 대한 기술개발 및 검증 필요

#### □ 법적·제도적·환경적 제약

- 본 기술개발 사업은 합성가스 생산 분야에서 기존 산업부, 국토부 등에서 진행하여 온 분야와 기술적인 측면에서 유사성이 있어 산업부와 의견 조율이 큰 관건
- 동 사업에서는 기존 TRL 5 단계의 기술을 기반으로 기술향상과 경제성 확보를 위해 test-bed를 구축하여 상용급으로 실증사업을 수행함으로써 해당 기술을 해외에 수출하는 것이 목표
- 동 사업을 통하여 상용급 기술을 개발하고 국내 실증 및 track record 확보를 통하여 국내 시장 진입과 동시에 해외시장 진출이 목표라는 점을 산업부측을 설득할 필요
  - 플랜트분야 업무 구분: 산업부는 파일럿급까지 기술개발, 해외수출 가능한 상용급 플랜트 실증은 국토부 영역

#### □ 본 사업이 추진되지 않을 경우 문제점

- 본 사업이 추진되지 않을 경우, 중국의 합성가스 플랜트 및 이에 기반한 수소 생산 플랜트 기술 분야 급부상으로 시장 진출 기회의 차단 및 국내 사업장에 해외 기술 도입 심화 예상

<표 1-1-6> 합성가스/수소 플랜트 분야 주요 이슈 및 본 사업의 미추진시 예상 문제점

이슈	미추진시 예상 문제점
<input type="checkbox"/> 국내 TRL 5 단계 기존투자 결과 활용	<input type="checkbox"/> 1994년부터 국내 기술개발 투자되었지만 상용규모로 진입 기회 없었던 기반기술 사장 우려
<input type="checkbox"/> 중국의 가스화 플랜트기술 분야 급부상	<input type="checkbox"/> 중국은 2000년대 이후 미국/유럽 해외기술 도입하여 대형 가스화플랜트 설계/제작/건설/운영 경험을 기반으로 자체 가스화 원천기술을 개발 다방면 활용 시도 시작단계(석탄사용 가스화플랜트에 집중)로 현재 추세로는 2030년까지 폐기물/바이오매스 플랜트기술도 고도화 예상
<input type="checkbox"/> 국내사업장 해외 가스화기술 도입	<input type="checkbox"/> 국내 산업계의 저렴/청정한 수소와 청정합성가스 대기 수요가 크지만 중국기술에는 의구심 존재. 국내 플랜트기술이 있으면 사용을 희망하나, 상용규모 국내기술 실증 전무로 해외기술 도입가능성 농후
<input type="checkbox"/> Emerging 플랜트 시장 선점기회	<input type="checkbox"/> 화석연료 대신 바이오매스, 폐기물, 석유 코크스 등에서 합성가스/수소 에너지를 만들려는 방향은 세계적 추세임. 특히, 동남아, 남미, 인도, 아프리카 등 개도국은 자국자원 활용에 큰 관심, 중소형 가스화 및 수소 플랜트 주도기술 정립은 2020년대 초반 예상
<input type="checkbox"/> 저급자원 활용의 가장 근간이 되는 원천기술 성격인 가스화플랜트	<input type="checkbox"/> 모든 유기물질을 청정한 합성가스, 수소 등 가스자원으로 변화 활용하는 가스화 기술은 가스플랜트 분야의 근간기술로 국가 전략적 보유가 필요. 미확보 시 고부가가치 장기간 활용할 플랜트 분야 기회 상실

#### 4. 기술개발의 필요성

##### 4.1 석유 코크스 활용 합성가스 생산 기술

###### 수소자동차 및 수소스테이션 보급 촉진

- 석유 코크스를 이용한 합성가스는 수소자동차 보급 초기 수소공급원으로 기여 가능
- 특히 석유 코크스의 경우 단일 플랜트에서 수십~수백톤/일 대용량 수소를 생산할 수 있는 대용량화가 가능한 기술

###### 국내업계의 관심도는 높지만 국내 고유 기술 부재로 해외 기술에 대한 의존도가 높음

- 국내 프로젝트 경험을 활용한 해외진출용 플랜트 기술 확보 가능성 및 국내업계 관심도 증가
- 국내역량 집결시킨 플랜트 기술로 발전 필요하며, 지난 5년 여간 국내에 축적된 경험 활용의 적기
  - 국내 석탄사용 합성가스 제조 후 천연합성가스(SNG) 생산은 POSCO가 미국/독일/덴마크 기술로 건설완료, 2017/08 생산단계 (민간자체 프로젝트로 약 1.5조원 투자)

- 국내 산업폐기물 사용 합성가스 제조 후 고순도 CO를 생산하여 병커C유로부터 생산하는 CO 대체 플랜트 건설 추진 중 (유럽기술 기반 1,600억원 투자)

**□ 타 부처 R&D 결과물 활용을 통해 실제 시장이 요구하는 플랜트 기술로 집합시켜 중국 등 신흥 기술경쟁국들 진입 이전에 시장 선점이 2020년 이전에 필요**

- 합성가스 생산과 활용에 대한 국가지원 R&D 투자가 지난 20여 년간 있어서 파일럿급 기술은 국내 경험이 풍부하나, 대형 상용급 플랜트 기술로의 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, 석유 코크스, 폐기물, 바이오매스에 대해 장기간 추진되어 왔지만 상용규모와는 100배 이상 작은 파일럿급 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 ⇨ 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 예상
  - CO<sub>2</sub>를 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 판단

**□ 중국의 관련 플랜트 EPC, 엔지니어링서비스 분야 등 시장경쟁력 급부상 증으로 산학연 역량이 결집된 체계적 대응 조기 필요**

- 국내 시장도 존재하면서 해외시장 규모가 크며 국내업체 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 국내업체 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 추정)
  - 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, 석유 코크스, 폐기물, 바이오매스 등 저급자원이 앞으로 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, LNG 기반의 합성가스 사용 대비, 석탄 사용 시 최소 10% 이상 원가절감 가능하며 정유공장 부산물인 석유 코크스(중질잔사유도 가능) 사용 시 더 원가절감 가능

□ **환경친화적인 가스화 기술 적용 미세먼지 등 주민 NIMBY 현상 극복 필요**

- 국내의 경우 미세먼지 문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있는데, 환경친화적인 가스화 기술을 적용함으로써 주민들의 NIMBY 현상을 극복하면서 저급자원으로부터 청정한 에너지를 확보할 필요성이 강하게 대두

<표 1-1-7> 가스화의 장점 및 효과

항목	장점	효과
생성가스 성상	발열량 함유가스로 청정연료 가스, 합성천연가스로 활용이 용이	• 가스터빈 사용이 가능하여 고효율 복합 발전이 가능
가스상 공해물질	공해가스인 SOx, NOx 대신 H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> 가스로 생성되어 재활용 가능	• H <sub>2</sub> S는 황, 황산 원료로 사용 • NH <sub>3</sub> 는 비료 원료로 사용
미세먼지	Near zero 배출 가능	• 세라믹필터 등 적용으로 분진제거 고효율 가능
회재(ash)	무해한 slag으로 배출	• 빗물 등에 의한 중금속 용출 최소화 가능하며, Slag은 도로 기반재, 아스팔트 filler, 벽돌 등으로 활용
다이옥신	반응자체에서 원천 저감	• 다이옥신은 산소가 충분한 조건에서 발생. 가스화는 산소불충분 조건 화학반응으로 원천적 저감 가능 • 고온인 가스화 조건은 만일 다이옥신이 미량 발생하더라도 유기물질인 다이옥신이 열적분해 무해화
주민생활환경 (NIMBY)	다이옥신, 미세먼지 우려 해소 가능	• 폐기물 소각 대비 가장 현실적인 대안
CO <sub>2</sub> 대응	CO <sub>2</sub> 포집에 유리	• 가스화시 CO <sub>2</sub> 농도가 높아 포집에 유리
수요 대응	가스화 합성가스는 poly-generation(병합생산)이 가능	• 수요에 따라 수소, 청정합성가스, DME, 합성천연가스, 전기 생산 등에 분산사용 가능 (가스화 방식이 아닌 연소/소각인 경우는 발생 스팀 수요가 없을 경우 대기 중 폐기)

## 4.2 합성가스 고도정제 기술

### □ 국내 고유 상용기술 부재로 국외 기술에 대한 의존도 높음

- 국내 합성가스 고도 정제 기술의 경우, 파일럿 규모에서는 선진기술과 비교하여 동등 또는 우위에 있는 기술
- 그러나 상용기술의 부재로 합성가스 정제 기술의 경우 국외 기술에 대한 의존도가 높은 실정

### □ 국내 고유 기술 확보를 위한 실증기술 개발 추진 필요

- 국내 기술의 상용 적용을 위해서는 기술 및 신뢰성 검증을 위한 실증기술 개발 추진이 필요
- 파일럿 규모 설비 및 랩규모 설비 기술개발을 통해 국내 축적된 기술개발 경험과 연구 자원을 기반으로, 실증기술 개발을 통한 기술 검증 및 장기 운전을 통한 신뢰성 검증이 필요
  - 과기부, 교육부, 환경부, 산업부 등 여러 부처의 기술개발을 통해 확보된 원천 및 핵심 기술을 기반으로 실제 시장에서 요구하는 플랜트 공정설비 및 시스템 개발 추진 필요
  - 실증기술 개발을 통해 원천 및 핵심 기술에 대한 검증과 장기 운전을 통한 시스템 신뢰성 확보 필요

### □ 기술 및 시장 경쟁력 향상위한 기술개발 추진 필요

- 국내 고유 기술 기반으로 시장 진입 및 확대를 위해서는 기존 국외 상용기술과 비교하여 기술 및 시장 경쟁력을 갖춘 기술의 확보 필요
  - 또한 기존 상용화된 국외 기술뿐만 아니라 국외에서 개발 중인 기술과 동등 또는 우위에 있는 기술을 확보하여야 실질적인 경쟁력 확보 가능
- 기존 상용 기술 및 국외 개발 중인 기술과 비교하여 경쟁력을 갖추기 위해서는 설비의 고효율화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등에 대한 기술개발 추진이 필요

### □ 수소 경제사회 진입에 따른 시장 진입을 위한 핵심 기술 및 기반 확보 필요

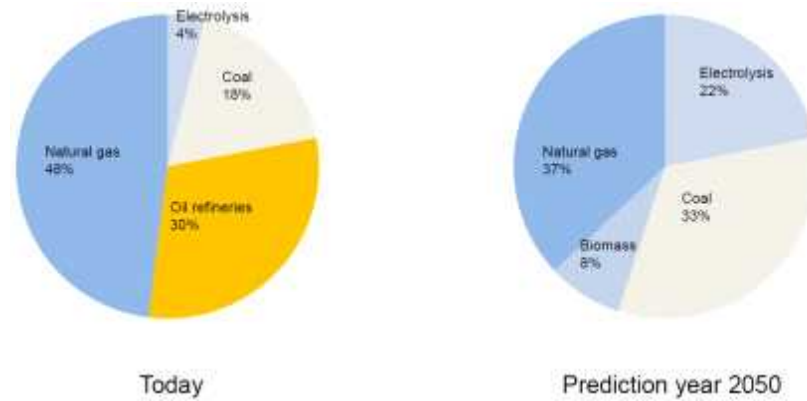
- 일본, 미국, 유럽 등을 중심으로 수소사회 진입 중으로, 고순도 수소 제조에 필수적으로 필요한 정제 및 분리 설비의 조기 시장 진입을 위해서는 관련 기술의 확보가 시급
- 기술 우선 확보를 통해 조기 시장 진입하여 선점 또는 동등한 조건에서 국외 기술과 경쟁하는 기반을 확보하고 기술경쟁력 강화를 통해 시장 확대 및 강화 필요

## 4.3 수성가스 전환 및 수소 분리 기술

### □ 수소 생산을 위한 원료로서 당분간 화석연료가 차지하는 비중이 큰 현실

- 수소 활용과 연료전지를 위한 세계적인 수소생산 원료

- 최근 2015까지 수소생산을 위한 원료는 화석연료(석탄 18%, 천연가스 48%, 원유정제 30%)가 대부분을 차지하고 있는 실정임. 이외의 기술로는 수전해가 4%를 차지
- 2050년 수소생산을 위한 원료는 화석연료(석탄 33%, 천연가스 37%)의 비중이 상대적으로 낮으며, 수전해 22%와 바이오매스 8%의 비중이 증가할 것으로 예측



[그림 1-1-15] 2015년 수소 활용과 연료전지를 위한 수소 원료의 변화  
(출처: International Conference on Electrolysis, Copenhagen, 2017)

○ 일본의 수소 활용을 위한 원료 다변화

- 일본의 수소전략 로드맵에서는 2030년까지 부생수소나 천연가스 개질과 같은 화석연료유래 수소를 사용하는 것과 동시에 수소 공급망을 구축하며, 이후 CCS와 연계된 갈탄의 가스화와 신재생에너지를 활용한 암모니아를 수입하여 사용하는 것을 기반으로 구성
- 이에 따른 수소가격도 20엔/Nm<sup>3</sup>까지 낮아질 것으로 예측하고 있지만, 현재에는 대량의 수소를 생산하기 위해 화석연료를 기반으로 계획 중



[그림 1-1-16] 일본의 수소 전략 로드맵 (출처: 일본수소기본전략, 관계자료회의, 2017)

○ 국내의 수소 생산 분야 로드맵 분석

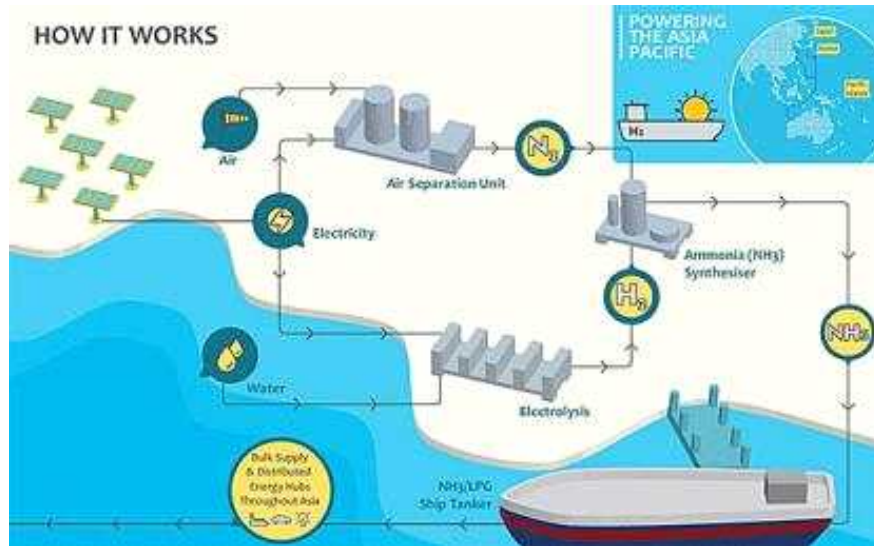
- 2019년 정부에서 발표한 “수소경제 활성화 로드맵”에서는 현재의 경우 부생수소와 추출수소(천연가스나 바이오가스 개질)를 기반으로 공급이 가능하지만, 장기적으로는 수소의 수요량이 증가하기 때문에 수전해의 비중을 늘리고 50% 이상은 해외에서 수입하는 것으로 계획 수립
- 해외 생산 수소는 CO<sub>2</sub> free인 재생에너지를 활용하여 생산된 수소

<표 1-1-8> 국내 유통되는 수소의 생산공정별 비율

구분	현재	2022년	2030년	2040년
구성	①부생수소 ②추출수소	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소, ②추출수소 ③수전해, ④해외생산 ※ ①+③+④ : 50% ② : 50%	①부생수소, ②추출수소 ③수전해, ④해외생산 ※ ①+③+④ : 70% ② : 30%
	-	수도권 인근 대규모 생산	해외 수소 활용	CO <sub>2</sub> free 수소 대량 도입
공급	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年

○ 한국과 일본의 수소 미래 공급 방안

- 풍부한 천연자원(태양광, 풍력)을 보유하고 있는 호주에서 생산된 수소를 NH<sub>3</sub>로 전환한 후 해상으로 이송하는 방안이 제안되고 있는 중
- 암모니아 합성을 위한 수소는 수전해로부터 확보, 질소는 공기에서 분리하여 사용



[그림 1-1-17] 한국과 일본의 미래 수소 공급 방안

(출처: <http://www.hanhodaily.com/news/articleView.html?idxno=52259>, 2017)

□ 수소생산을 위한 개질기술의 적용

- 수소생산을 위한 천연가스와 바이오가스의 개질기술

- 국내의 수소 공급 로드맵에서는 2030년까지 개질기술을 통한 수소생산을 50%로, 2040년에는 30%이지만 이의 기술을 통한 수소생산량은 증가할 것으로 보고
- 천연가스는 기존 공급망을 활용하여 300~1,000 Nm<sup>3</sup>/h 이상 급의 수소 개질기를 구축하여 대량의 수소 생산이 가능
- 도시 내의 LPG, CNG 충전소 또는 CNG 버스 차고지 등에 300 Nm<sup>3</sup>/h급 개질기를 구축하여 분산형 소규모 수소생산기지로 활용이 가능
- 특히, 바이오가스의 경우 “탄소중립(carbon neutral)”이라는 장점을 가지고 있어 CO<sub>2</sub>를 제거한 후 천연가스 배관망에 공급하여 사용하거나 바이오가스 생산지에서 직접 개질하여 수소 생산 가능

**□ 수성가스 전환 기술은 합성가스 및 천연가스 기반 수소 제조를 위한 필수적인 핵심 기술**

- 상기와 같이 수소 생산을 위한 원료로서 향후 수 십년 동안에는 화석연료 의존도에서 탈피하기가 힘이 드는 현실
- 화석연료 기반 수소 생산의 경우, 가스화(석탄, 석유 코크스, 폐기물, 바이오매스(가연성)) 또는 개질(천연가스, 바이오매스(유기성)) 기술은 반드시 필요한 핵심 기술
- 가스화 또는 개질 기술을 활용하게 되면 합성가스가 생산되며, 수성가스 전환 기술 없이는 합성가스로부터 수소를 확보하는 것이 원천적으로 불가능

**□ 수소분리 기술의 경우, 국내 고유 상용기술 부재로 국외 기술에 대한 의존도 높음**

- 국내 압력변동흡착(PSA, Pressure Swing Adsorption) 방식의 수소 분리 기술의 경우, 파일럿 규모에서는 선진기술과 비교하여 동등 또는 우위에 있는 기술
- 분리막을 이용한 수소 분리 기술의 경우 대부분 랩규모 및 파일럿 규모 기술이 개발되고 있는 중이나, 상용기술의 부재로 수소 분리 기술의 경우 국외 기술에 대한 의존도가 높은 실정
- 국내 기술의 상용 적용을 위해서는 기술 및 신뢰성 검증을 위한 실증기술 개발 추진이 필요
- 파일럿규모 설비 및 랩규모 설비 기술개발을 통해 국내 축적된 기술개발 경험과 연구자원을 기반으로, 실증기술 개발을 통한 기술 검증 및 장기 운전을 통한 신뢰성 검증이 필요
- 국내 고유 기술 기반으로 시장 진입 및 확대를 위해서는 기존 국외 상용기술과 비교하여 기술 및 시장 경쟁력을 갖춘 기술의 확보 필요
  - 또한 기존 상용화된 국외 기술뿐만 아니라 국외에서 개발 중인 기술과 동등 또는 우위에 있는 기술을 확보하여야 실질적인 경쟁력 확보 가능
- 기존 상용 기술 및 국외 개발 중인 기술과 비교하여 경쟁력을 갖추기 위해서는 설비의 고효율화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등에 대한 기술개발 추진이 필요

## 제2절 사업 추진현황 및 근거

### 1. 사업 추진현황

- 환경부, 산업통상자원부 및 국토교통부 등에서 추진한 주요 사업과 과제 현황을 아래 표에 정리

<표 1-2-1> 석유 코크스 기반 수소 생산 플랜트 관련 기존 사업 및 과제 현황

분야	사업명	주관부처	과제명	연구기간
합성가스 생산	신재생에너지 융합원천기술개발	산업통상자원부	상용규모 사업장폐기물 이용 고품질 합성가스 생산시스템 개발	‘12~’15
			고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	‘11~’14
	폐자원에너지화·Non-CO <sub>2</sub> 온실가스사업	환경부	보급형 중·소규모 생활폐기물 가스화 발전 시스템 개발	‘10~’14
	폐자원에너지화 기술개발사업	산업통상자원부	비성형 고형연료의 혼합산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발	‘13~’18
	신재생에너지 핵심기술개발	산업통상자원부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	‘16~’19
고도정제	기후변화대응 기술개발	과기부	유기성 폐자원 유래가스 초정정 전처리 요소기술 개발	‘17~’21
	신재생에너지핵심 기술개발	산업부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	‘16~’19
	중소기업기술혁신 개발	중기부	바이오가스 중 황화수소, 암모니아, 실록산 동시제거 흡착제 제조기술	‘18~’20
	글로벌담환경 기술개발사업	환경부	LFG 중질화 및 활용기술 개발	‘16~’19
	글로벌담환경 기술개발사업	환경부	혐기소화 발생 바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기초응용 기술의 개발	‘11~’16
수성가스 전환 및 수소 분리	일반사업	해양수산부	고효율 수소 생산을 위한 고압 수성가스 전환 생물반응기 개발	‘15~’20
	BK21플러스사업	교육과학기술부	흡착부과 글리세롤 수증기 개질반응으로부터의 고순도 수소생산을 위한 고온 이산화탄소 흡착제의 개발	‘16~’21
	에너지수요관리핵심 기술개발	산업부	이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	‘18~’21
	신재생에너지핵심 기술개발	산업부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	‘16~’19

## 2. 사업 추진근거

- 법적 추진근거로는 국토교통과학기술 육성법과 건설산업 기본법, 건설기술 진흥법 그리고 해외건설 촉진법에 명시되어 있으며 아래 표와 같이 법조문에서는 플랜트라는 단어의 직접적인 사용보다는 건설산업 관련 기술, 산업설비, 건설공사, 건설기술 등의 관련문구로 표기

<표 1-2-2> 법적 추진근거와 관련된 관계 법령

관계 법령	
국토교통과학기술 육성법	
제2조	<p>(정의) "국토교통과학기술"이란 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 위하여 필요한 국토교통분야 산업의 발전에 관한 과학기술로서 다음 각 호의 기술을 말한다.</p> <p>1. 「건설기술 진흥법」 제2조, 「건설산업기본법」 제2조, 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제2조, 「해외건설 촉진법」 제2조 등에 따른 <u>건설산업 관련 기술</u></p>
건설산업 기본법	
제2조	<p>(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <p>4. "건설공사"란 토목공사, 건축공사, <u>산업설비공사</u>, 조경공사, 환경시설공사, 그 밖에 명칭에 관계없이 시설물을 설치·유지·보수하는공사(시설물을 설치하기 위한 부지조성공사를 포함한다) 및 기계설비나 그 밖의 구조물의 설치 및 해체공사 등을 말한다.</p>
건설기술 진흥법	
제2조	<p>(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <p>1. "<u>건설공사</u>"란 「건설산업기본법」 제2조제4호에 따른 건설공사를 말한다.</p> <p>2. "<u>건설기술</u>"이란 다음 각 목의 사항에 관한 기술을 말한다. 다만, 「산업안전보건법」에서 근로자의 안전에 관하여 따로 정하고 있는 사항은 제외한다.</p> <p>가. 건설공사에 관한 계획·조사(지반조사를 포함한다. 이하 같다)·설계·시공·감리·시험·평가·측량(수로조사를 포함한다. 이하 같다)·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토</p> <p>나. 시설물의 운영·검사·안전점검·정밀안전진단·유지·관리·보수·보강 및 철거다. 건설공사에 필요한 물자의 구매와 조달</p> <p>라. 건설장비의 시운전(試運轉)</p> <p>마. 건설사업 관리</p> <p>바. 그 밖에 건설공사에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항</p>
해외건설 촉진법	
제1조	<p>(목적) 해외건설업의 신고와 <u>해외공사에 대한 지원</u> 등 해외건설을 촉진하는 데에 필요한 사항을 정함으로써 <u>해외건설업의 진흥</u>과 국제수지의 향상에 이</p>

	<p>바지함을 목적으로 한다.</p> <p>(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <p>1. "해외공사"란 해외건설공사, <u>해외건설 엔지니어링 활동</u> 및 해외인프라·도시개발사업을 말한다.</p> <p>2. "해외건설공사"란 해외에서 시행되는 토목공사·건축공사·<u>산업설비공사</u>·조경공사와 전기공사·정보통신공사 또는 그 밖에 이와 유사한 것으로서 대통령령으로 정하는 공사를 말한다.</p> <p>3. "해외건설 엔지니어링활동"이란 해외건설공사에 관한 <u>기획·타당성조사·설계·분석·구매·조달(調達)·시험·감리·시운전(試運轉)·평가·자문·지도</u> 또는 그 밖에 이와 유사한 것으로서 대통령령으로 정하는 활동을 말한다.</p>
제2조	
제15조의4	<p>(해외건설 정책 및 연구개발 등 지원) 국토교통부장관은 해외건설의 진흥을 위하여 다음 각 호의 사항을 지원할 수 있다.</p> <p>5. <u>해외건설 시장개척을 위한 연구·조사사업</u></p>

- 정책추진 근거로는 우리나라의 플랜트 산업정책을 살펴보면, 플랜트 산업을 건설 산업의 고부가가치화의 선두에 있는 산업군으로 인식, 해외 진출을 지원하기 위한 다양한 정책을 제시하고 있으며, 또한 플랜트 산업의 해외진출을 위한 경쟁력 확보를 위해 R&D 투자 지원을 확대하는 중
  - (해외건설 지원 종합대책('08. 07)) 기획재정부 등 관계부처 공동으로 해외 건설산업의 고부가가치화를 위한 R&D 투자지원을 확대하기로 계획
  - (플랜트 수출 확대 및 경쟁력 제고 방안('09.07)) 제23차 비상경제대책회의에서 기획재정부, 국토교통부 등 관계부처 합동으로 '플랜트 수출 확대 및 경쟁력 제고 방안'을 수립
- 2016년 정부 R&D 사업 부처 합동설명회에서 발표한 국토교통부의 R&D 투자방향으로 부터 본 기획과 관련된 사업의 추진 의지와 방향성 파악 가능
- 국토교통부의 기본적 사업 추진 방향은 연구개발 사업을 통해 산업경쟁력을 강화하고 첨단기술 융복합 촉진을 통해 창조경제를 실현하고 국민안전 및 국민체감형 R&D를 지원하여 국민행복에 기여하는 것으로 그 대상으로 건설기술부문, 교통기술부문, 기반구축부문으로 분류
- 특히 건설기술부문의 플랜트 연구사업의 추진계획 목적을 보면 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술개발을 통해 국내 적용뿐만 아니라 해외 플랜트 수주에서 경쟁력을 증대시키는 것이라는 점에서 본 기획과 같은 맥락
- 중점적으로 추진되는 분야를 보면 자원 이송 및 순환 기술, 플랜트 건설 지원 인프라 기술, 담수화 기술, 가스·비전통 자원화 기술 등
- 국토해양R&D 발전전략('10.10): "Green-up 30" 미래핵심기술: 미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인, 신성장동력 창출을 위해 미래핵심기술 "Green-up 30" 도출

<표 1-2-3> 국토해양R&D 발전전략의 “Green-up 30” 미래핵심기술 (2010. 10)

분야	에너지 고효율· CO <sub>2</sub> 저감	공공 및 성장동력 창출
건설 (12)	· 탄소저감형 건설재료	· 네트워크 기반 SOC시설물 관리기술
	· 첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성기술	· 지능형 친환경 교량(Intelligent Green Bridge)
	· 순환형 도시자원 복합 플랜트	· 첨단 수자원 관리 기술
	· 능동형 녹색빌딩(Active Green Building) 기술	· 해저터널 기술
	· 하이브리드 담수화플랜트 기술	· 해상부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술
	· 하천관리 선진화 기술	· 차세대 국토해양 공간정보 기술
교통 (9)	· 차세대 녹색도로교통운영기술	· 미래형 개인용항공기(PAM) 종합운영체계 기술
	· 그린카(Green Car) 인프라 기술	· 친환경 화물운송수단
	· 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술	· 도심도 교통·물류 네트워크 구축 기술
	· 탄소중립형도로(Carbon Neutral Road)	· 차세대 항공시스템 친환경 선도기술
	· 에너지 절감형 물류시설/장비 및 운영기술	
해양 (9)	· 친환경 해양장비 및 기반기술	· 해양재난재해 대응기술
	· 그린쉽(Green Ship) 기술	· 자원순환형 항만 기술
	· 해양바이오(Ocean Bio) 기술	· 항만물류 시설/장비 고도화
	· 해양 녹색 금속자원(Ocean Green Metal) 추출 기술	· 극한지 탐사로봇 및 장비개발(탐사로봇)
	· 해상에너지 복합단지(Ocean Energy Farm) 조성기술	

- 정부는 국무회의에서 2030년 국가 온실가스 감축목표를 ‘배출전망치(BAU) 대비 37% 감축’하는 것으로 최종 결정하여 BAU 8억 5,060만톤에서 5억 3,590만톤으로 감축하되 국내에서 25.7%, 해외에서 11.3% 감축 계획
- 수소 및 합성가스 생산 플랜트와 관련하여 저급자원 가스화 기술로서 에너지화 효율이 높은 기술임과 동시에 이산화탄소 포집 기술 채택에 있어서 가장 경제적인 기술인 점을 고려하였을 때 국가적 온실가스 감축목표에 크게 기여 가능
- 2008년 신재생에너지 RD&D 2030 전략, 2012년 에너지기술개발로드맵(폐기물에너지 분야 및 바이오매스에너지 분야), 2014년~2015년 폐기물에너지 전략기획보고서 등에 지속적으로 포함되어 기술개발의 필요성이 제기되는 상황
- 합성가스 활용 플랜트와 관련하여 기 개발된 국내 수십톤/일급 가스화 기술을 가지고 현실적·기술적으로 가능한 규모로 변환하여 틈새시장에 진출할 수 있는 합성가스 생산 후 수소 생산, 고부가가치화 연료 및 원료로 활용할 수 있는 원천기술을 개발한다는 점에서 국토부의 플랜트 건설 부문 사업 방향 및 계획과의 적합성 확인 가능
- ‘국토교통 R&D 중장기 전략’과의 부합성에서는, 10대 중점 프로젝트 중 ‘글로벌 TOP 플랜트 건설기술’의 중점분야로 ‘가스·비전통 자원화 플랜트’를 제시하고 있으며, 과제로 이 사업과 직접적으로 관련된 ‘가스플랜트 공정 고도화’를 언급하고 있어 이 사업과의 부합성은 높은 것으로 분석
- 2019년 이후 기존 국토교통 플랜트 R&D사업 중 약 40.6억원 규모의 R&D 사업이 종료됨에 따라 이에 상당하는 규모의 예산 투자가 가능할 것으로 판단

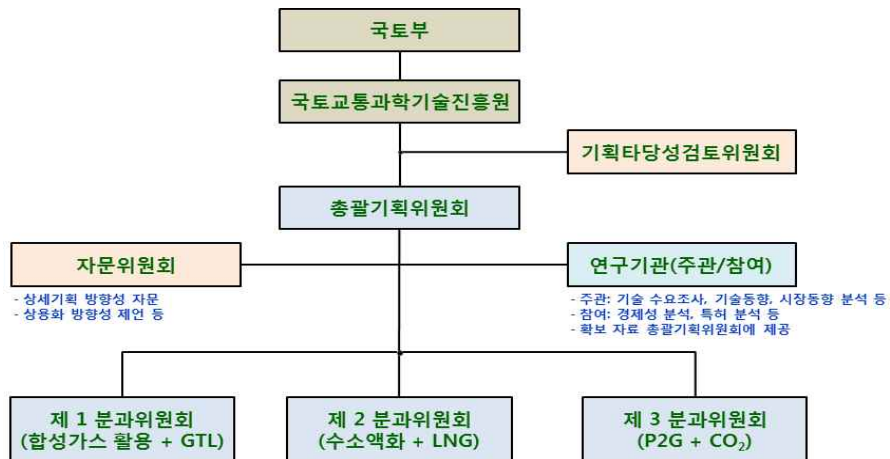
- 2013~2017 건설교통 R&D 중장기계획('13.03): 9대 R&D사업 중 '플랜트연구' 분야 포함
  - 글로벌 마켓 선도를 위한 독자기술 확보 및 장기적으로 미래원천 라이선서 확보를 목표로 추진
- 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)에서 중점 추진과제 쾌적하고 편안한 생활환경 조성의 추진과제에 다음의 항목 명시
  - 온실가스 감축 관리 및 탄소저감·자원화기술 개발 및 상용화
    - \* 효율적 국가 온실가스 감축 관리체계를 구축하고 이산화탄소 포집, 저장 및 탄소자원화 기술 실증을 통한 조기상용화 지원
    - \* 메탄, 이산화질소, 불화가스 저감 등 비이산화탄소계 온실가스 저감 기술 개발
    - \* 탄소저감 관련 차세대 상용화기술 중심의 기후산업육성모델을 발굴 육성하여 관련 시장 선점

## 제3절 기획 추진 체계 및 절차

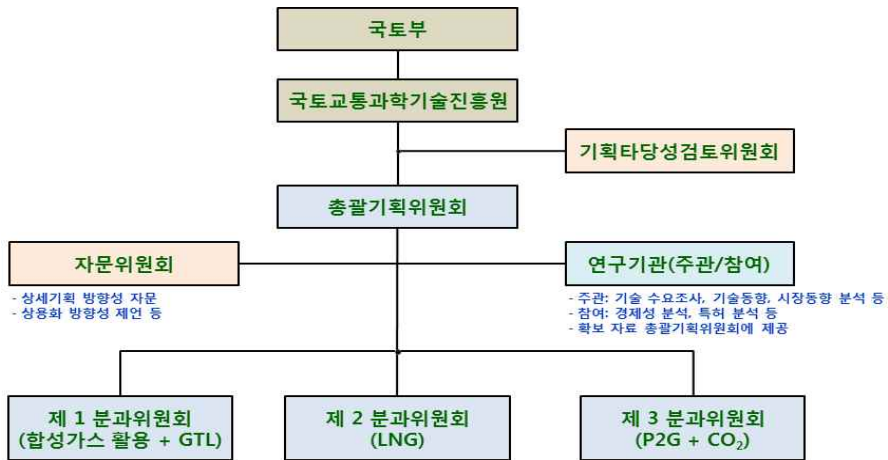
### 1. 기획 추진 체계

#### □ 기획 추진체계

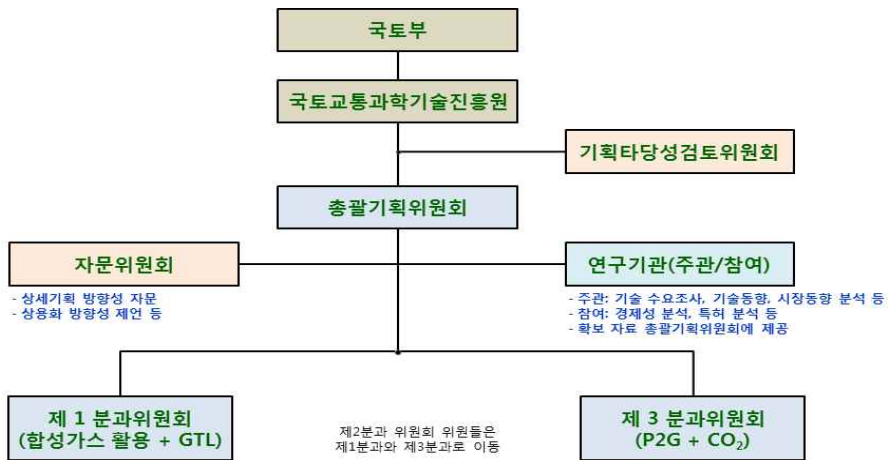
- 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원 관리 하에 총괄 기획위원회를 구성하고, 합성가스 활용 및 GTL 분과 기획위원회, 수소 액화 및 천연가스 액화 분과 기획위원회, P2G 및 CO<sub>2</sub> 활용 분과 기획위원회로 구성된 기획위원회가 ‘상용급 가스·액화 플랜트 기술개발 기획’ 과제를 기획
- 기획 과정을 거치면서 제2 분과에서는 수소액화를 제외하고 천연가스 액화 부분을 집중적으로 기획
- 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원과 기획 주관기관 사이의 지속적인 업무협의 및 기획타당성검토위원회 등을 거치면서 기술개발 방향을 설정 및 수정하면서 기획추진 체계를 유연하게 수정하면서 기획을 진행
- 천연가스 액화 부분 제외로 인하여 2분과를 없애고 1분과와 3분과 활동
- 최종적으로는 **합성가스 기반 수소생산 플랜트 분야로 기획 역량 집중**
  - 폐기물/바이오매스(가연성)/석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기획 결과 중 **석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트**를 별도의 기획 보고서로 작성



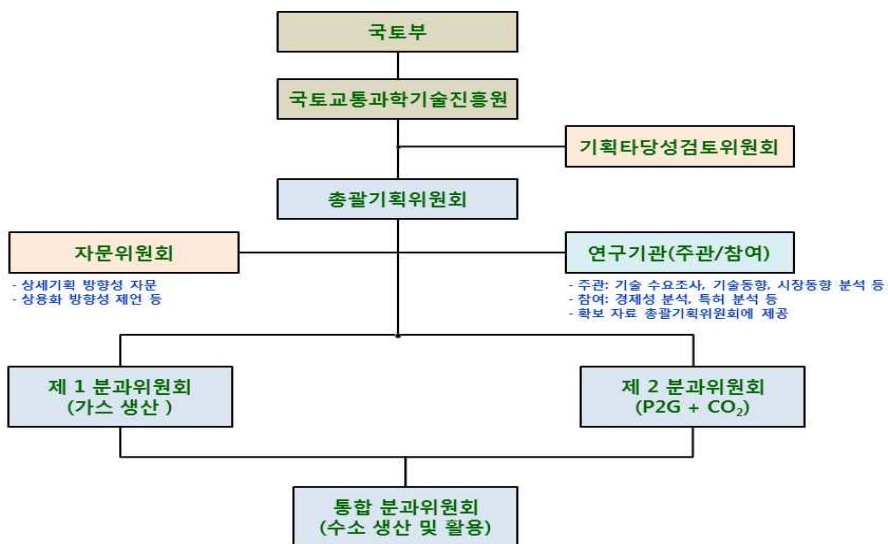
[그림 1-3-1] 사업기획 추진체계 (초반)



[그림 1-3-2] 사업기획 추진체계 (중반)



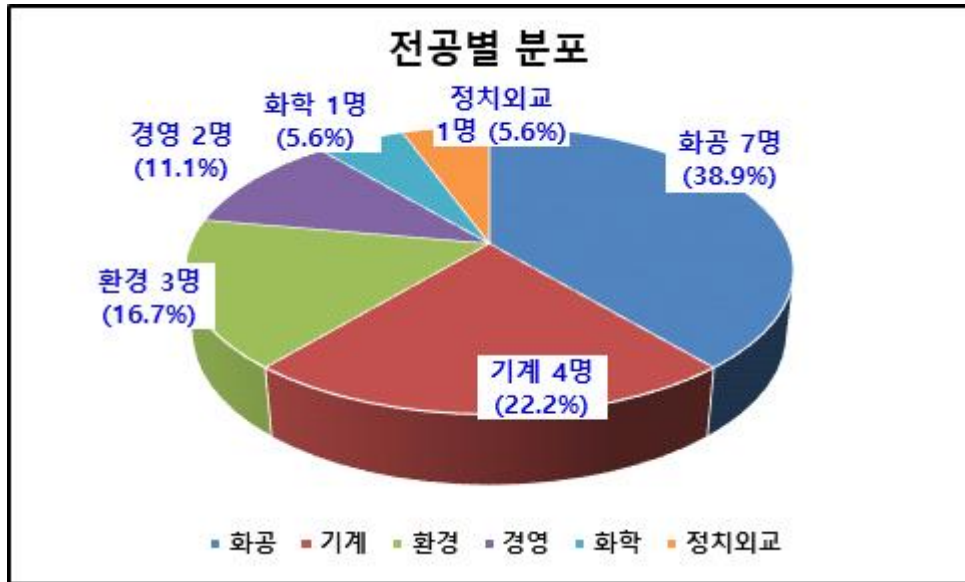
[그림 1-3-3] 사업기획 추진체계 (후반)



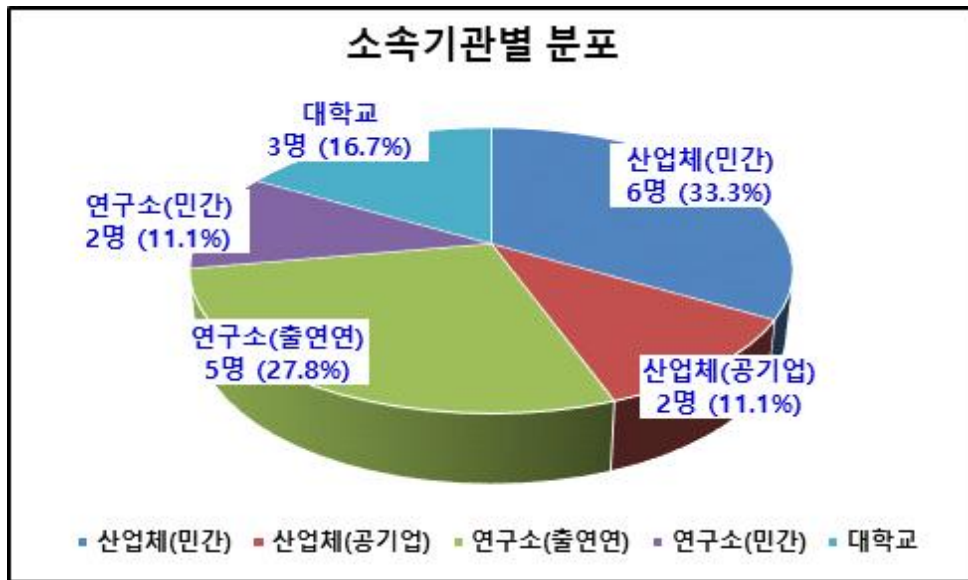
[그림 1-3-4] 사업기획 추진체계 (최종)

□ 기획위원 분포

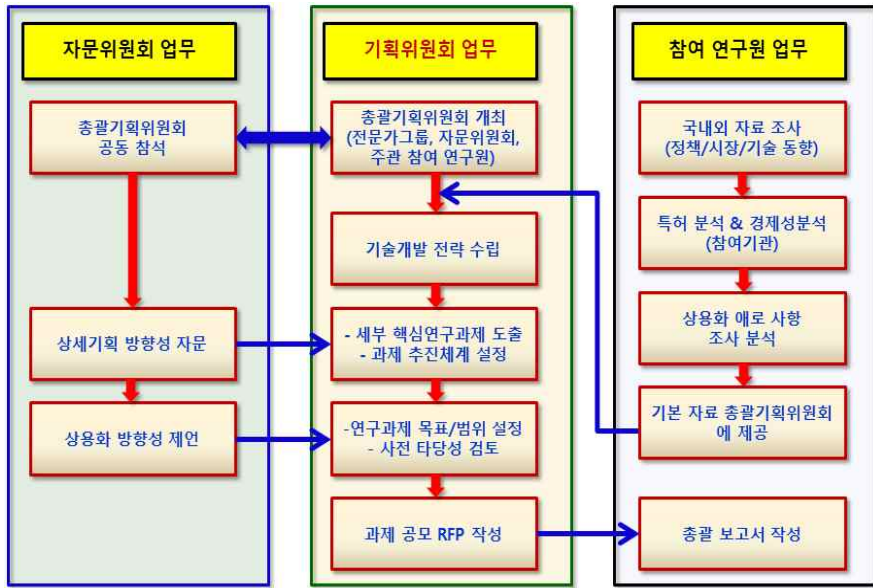
- 본 사업기획에서는 다양한 전공 및 다양한 소속기관에 포함된 기획위원들이 기획에 참여함으로써 사업기획의 객관성을 높이고자 시도
- 본 기획과제에 참여한 기획위원들의 전공별 분포 및 소속기관별 분포를 아래 그림에 도시



[그림 1-3-5] 기획위원의 전공별 분포



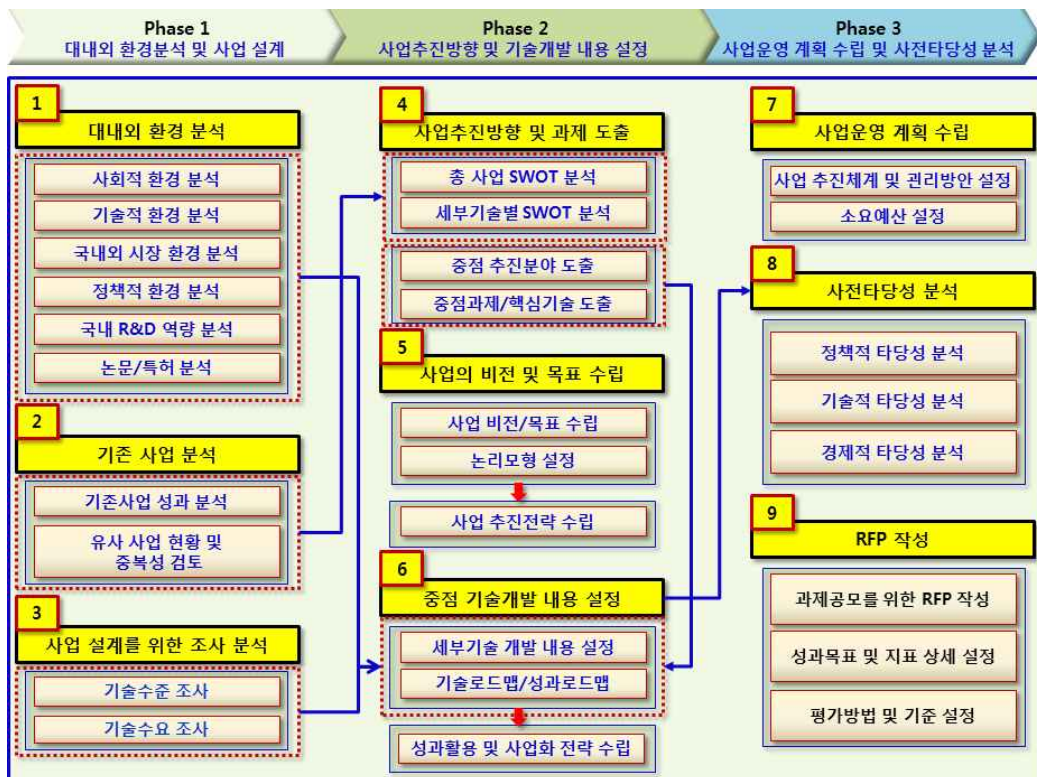
[그림 1-3-6] 기획위원의 소속기관별 분포



[그림 1-3-7] 사업기획 추진 체계

## 2. 기획 추진 절차

- 사업기획 추진절차를 요약하여 아래 그림과 같이 도시



[그림 1-3-8] 사업기획 수립 추진 절차

## 제 2 장 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 개념 및 사업환경 분석

### 제1절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 정의 및 범위

#### 1. 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 관련 용어의 정의

- 합성가스 기반 수소 생산 기술: 합성가스, 천연가스(메탄)/바이오가스(메탄이 주성분), 매립지가스(LFG) 등의 가스 자원 및 잉여전기로부터 수소를 생산하는 기술로서 CO<sub>2</sub> 중립, 활용 또는 발생 최소화를 포함하는 기술
  - 폐기물, 바이오매스(가연성), 석탄, 석유 코크스 등의 저급자원으로부터 합성가스를 생산하는 기술
  - 음식물폐기물, 하수슬러지 등 유기성 바이오매스로부터 바이오메탄을 생산하는 기술
  - 천연가스/바이오가스 등을 개질하여 합성가스를 생산하는 기술
  - 합성가스를 정제, 전환 및 분리하여 수소를 생산하는 기술
  - 합성가스 내 일산화탄소를 수소로 전환할 때 발생하는 이산화탄소를 개질 등의 공정에 활용하는 기술
- 특히 본 요약 보고서는 고유황/고탄소 특성을 지니는 저급자원인 석유 코크스로부터 합성가스를 생산하고, 이로부터 수소를 생산하는 기술에 중점

#### 2. 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업의 정의 및 범위 정립

##### 2.1 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업의 정의

- 수소 생산의 규모는 전기생산 기준으로 최대 40 MW로 하며, 최소 규모는 250 kW로 산정
  - 최대 규모 기준: 22.9kV 배전선로(2회선 기준)에 연결할 수 있는 최대 전력용량
  - 최소 규모 기준: 국내 가스엔진 제조 현재 대표적 용량
- 수소 생산 기술의 적용처는 수소자동차 및 수소연료전지 등을 주 대상으로 선정
  - 가스터빈 적용은 제외: 수소 가스터빈이 미개발 상태인 점을 고려하여 제외
- 본 기획의 수소생산 플랜트 기술은 기존의 CO<sub>2</sub> 포집 기술(광물화, 습식 및 건식 포집 기술 등)과 쉽게 연계하여 효율적으로 CO<sub>2</sub>를 포집할 수 있으며, 고순도로 CO<sub>2</sub>를 포집하여 화학물질 전환 등으로 활용하여 CO<sub>2</sub> 발생이 near-zero인 친환경 기술로 확장 가능

## 2.2 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업의 범위 정립

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트에 대한 세부분야별 건설기술 개발 방안과 세부 기술 개발 로드맵을 작성하고, 국내 적용 및 해외시장 진출의 최종 목표가 가능하도록 각 분야 플랜트에 대한 정책적/기술적/경제적 상세분석이 본 기획의 해당 범위
- 본 기획의 핵심내용은 아래와 같이 정리 가능
  
- **(합성가스 생산 기술)** 저급자원인 석유 코크스로부터 합성가스로 변환시키는 기술 개발 방안 수립
  - 고비용 기존 에너지를 대체하여 저급자원으로부터 고순도 수소 생산을 위한 모듈화 합성가스 플랜트 기술개발 방안
  - 해외수출형 분산전원 활용이 가능한 모듈화 합성가스 플랜트 기술개발 방안
  - Spin-off 기술로 합성가스 이용 분산전원, 화학원료(고순도 CO 등), 고효율/친환경적으로 정제된 청정연료가스 등으로 활용 가능
- **(합성가스 고도정제 기술)** 합성가스로부터 이산화탄소, 황산화물, 타르(원료가 폐기물/바이오매스인 경우) 등 오염물질을 최종 수소 활용처인 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 정제하는 기술 분야 개발 방안 및 수소 활용 플랜트와 연계 방안 수립
- **(수성가스 전환 및 고순도 수소 분리 기술)** 가스화 또는 개질로부터 생산된 합성가스 내의 일산화탄소를 수소로 전환하는 기술 및 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소를 분리하는 기술 분야 개발 방안 및 수소 활용 플랜트와 연계 방안 수립

## 2.3 대상 가스의 플랜트 측면 특성 분석

### 2.3.1 합성가스

- 합성가스는 모든 유기물질로부터 생산이 원리적으로 가능
  - 지역수급 가능한 저급자원(저급석탄, 폐기물, 바이오매스 등) 활용에 적합
  - CO와 수소는 화학 산업의 기초물질
  - 천연가스 부족한 지역에 대체 청정가스로 활용 가능
  - 천연가스, 셰일가스와 더불어 미래 대규모 가스 공급의 기반



[그림 2-1-1] 합성가스 생산 기술 흐름도

- 합성가스에 대한 전문기술 없이는 시장 진출이 어려운 고급기술 분야
  - CO, 황화수소, HCN, COS의 유독성
  - 합성가스 주성분인 CO, 수소의 폭발성
  - \* 합성가스에 포함된 가스들은 폭발범위가 아래 표에 나타난 바와 같이 넓어 높은 폭발 가능성

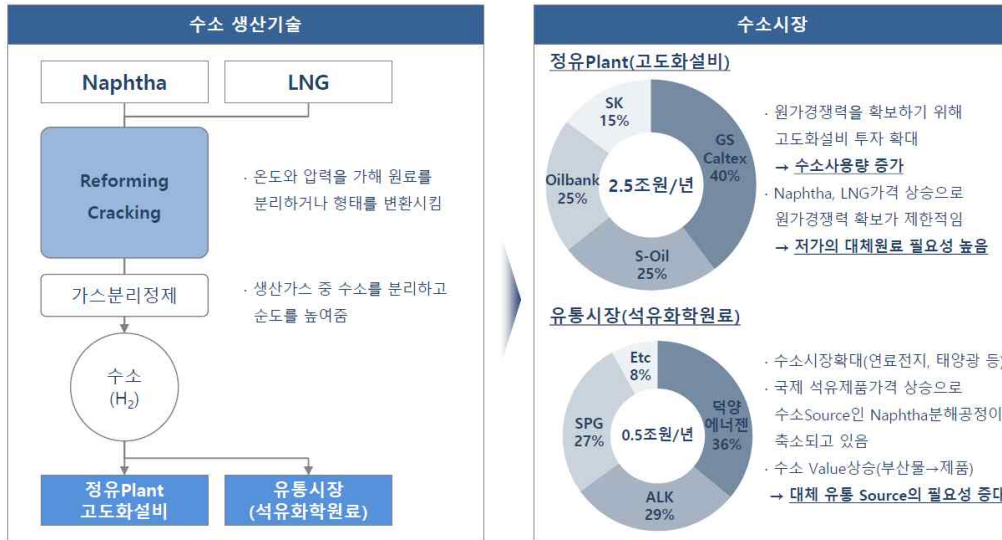
<표 2-1-1> 합성가스에 포함된 가스의 폭발 범위

Item	Threshold Limit Value (ppm)	TLV (8-hour TWA) (ppm)	OSHA Permissible Exposure Level*	Lethal Dose (low)	Explosive Limits (%)
CO	50	-	35	4000 ppm (human, 30 min) 5000 ppm (human, 5 min)	12.5-74.2
H <sub>2</sub>	-	-	-	-	18.3-59
H <sub>2</sub> S	10	1	10	600 ppm (human, 30 min) 800 ppm (human, 5 min)	4.3-46
HCN	10 (skin)	-	10 (skin)	107 ppm (human, 10 min) 357 ppm (human, 2 min)	5.6-40
COS	-	5	-	-	12-29

### 2.3.2 수소

- 다양한 자원에서 추출이 가능
  - 해외의 미 이용 에너지와 풍부한 재생에너지 등 저렴한 자원에서 수소 생산 가능성으로 중요한 미래 에너지원
- 수소를 연료로 사용 시 CO<sub>2</sub> 발생이 없는 에너지원
  - 화석연료에서 수소를 제조하는 경우에는 CO<sub>2</sub>가 배출되지만, 지하저장(CCS) 기술 상용화시 CO<sub>2</sub> 감축 대안으로 가능
  - 바이오매스를 원료로 하여 수소를 생산하면 CO<sub>2</sub> free로 계상
  - 수소를 생산하는 과정에서는 CO<sub>2</sub>가 발생되나, 이를 사용하는 단계에서는 CO<sub>2</sub> 배출이 거의 없으며, 따라서 대도시 등 인구밀집지역의 청정환경 확보에 유리
- 수소 공급시장 현황 및 기회

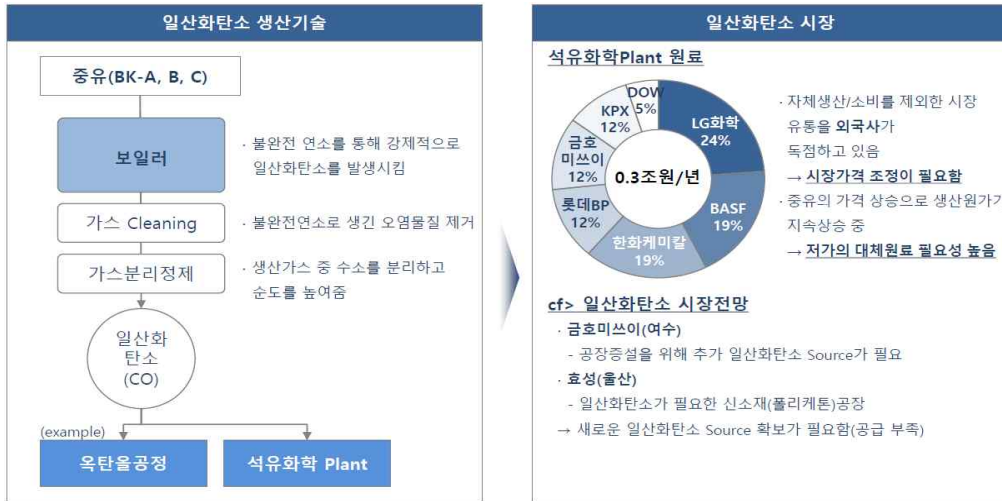
- 정유 플랜트의 고도화 설비나 석유화학 원료로 사용되는 수소의 시장규모는 국내 3조 원/년이며, 원료로 사용하는 납사와 천연가스의 가격 상승 시 수급의 어려움 발생
- 국내 수소 수요는 확대되고 있지만 대체 수급자원이 필요한 상황
- 원가 경쟁력이 있는 대안을 확보한다면 시장진입이 용이한 현황



[그림 2-1-2] 한국의 현재 수소의 생산방식과 시장 분석

### 2.3.3 일산화탄소(CO)

- 일산화탄소는 합성가스로부터 생산 가능한 고부가가치 화학원료로서, 수소 생산 플랜트 기술 개발 시 일산화탄소 생산 플랜트 기술은 spin-off 기술로서 시장 진입 모색 가능
- CO 공급시장 현황 및 기회
  - 옥탄올 등 석유화학제품의 원료로 사용되는 CO 시장은 증유 등 원료가격 상승으로 생산 및 수급 환경이 악화
  - 국내는 LG화학 나주공장에서 증유가스화를 통해 생산중이며 3,000억원/년 시장 규모
  - 일산화탄소 시장 규모는 증가하는 편으로 원가경쟁력을 갖춘 증유 외 대안이 확보된다면 핵심플랜트 사업으로 높은 발전 가능성



[그림 2-1-3] 한국의 현재 일산화탄소(CO)의 생산방식과 시장 분석

## 2.4 세부 기술별 기술의 정의 및 기술 내용

### 2.4.1 합성가스 생산 기술

#### □ 기존의 가스화 기술을 기반으로 기체 연료 생산이 가능한 기술

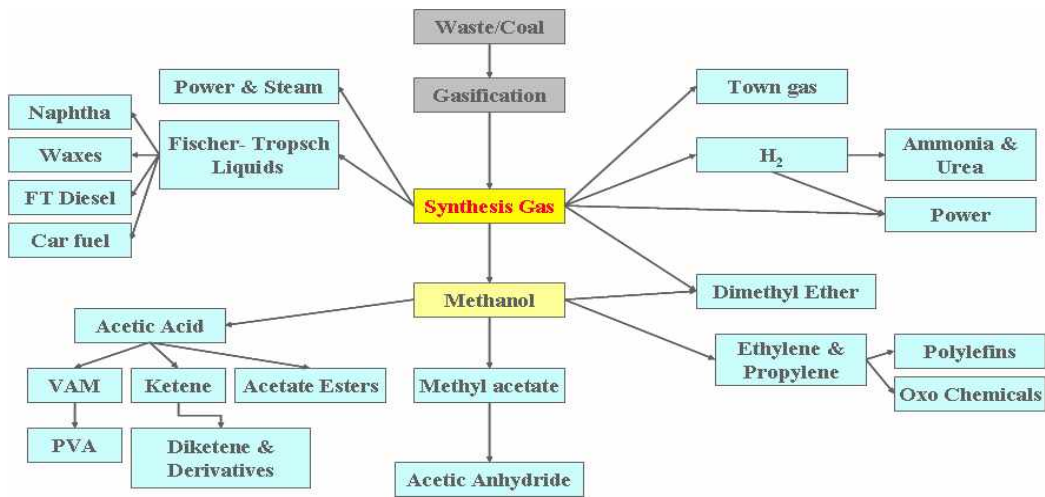
- 합성가스 플랜트는 유기성물질(C, H, O, N, S 성분)을 산소가 충분치 않은 상태에서 화학반응 시켜 C, H, O 성분은 일산화탄소와 수소가 주성분인 가스(합성가스)로 변환시키고 N, S 공해물질 유발성분은 제거와 재활용이 용이한 형태로 발생되어 청정이용이 가능토록 하는 설비
  - 석유 코크스/석탄을 원료로 활용할 경우에는 분류층 가스화 기술을 많이 적용
  - 산화제로서 산소, 공기, 산소부화 공기 등이 사용될 수 있는데, 고순도 수소를 생산해야 하는 수소 생산 플랜트에서는 산소를 산화제로 사용하는 것이 바람직
- 합성가스는 청정가스 연료, 고순도 일산화탄소나 수소, 전기생산에 효율적으로 활용이 가능
- 국내에서 기존에 개발된 파일럿 규모의 가스화 기술을 바탕으로 현실적 및 기술적으로 가능한 규모로 scale-up
- 기존 기술보유업체들이 관심을 가지고 있지 않은 틈새시장에 진출할 수 있는 규모의 합성가스를 생산한 후 고순도 수소로 활용할 수 있는 원천 기술 개발
  - 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 중
  - 중국에서도 1990년대 이후 기술개발을 시작하여 현재는 수천톤/일급 석탄가스화 독자 기술 개발을 완료하여 자국에서 다양한 상업화 활동을 진행하여 기술실적을 쌓아 해

외로 진출하려고 시도 중

- 국내에서도 납사 및 중유 가스화를 통해 합성가스를 생산하여 일산화탄소 및 수소 등의 고부가가치 물질을 생산 중에 있으며, 일산화탄소를 이용하여 2차 생산물인 초산을 생산
- 인도네시아 등 동남아시아에서는 50톤/일급 가스화기 수대를 활용하여 가스엔진을 활용한 전기 생산 기술을 적용하고 있는 등으로 저급자원 가스화를 통한 합성가스를 활용하여 고부가가치 연료/원료 생산기술의 확보가 절실히 필요한 시점

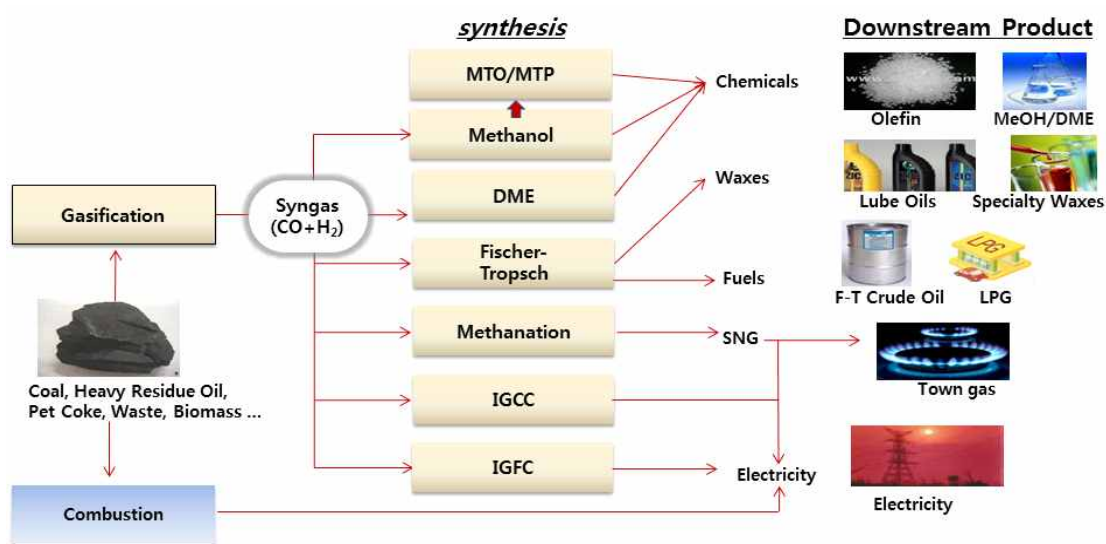
#### □ 고부가가치 가스화 합성가스로부터의 연료 및 원료회수 활용기술

- 다양한 시료의 가스화를 통해 얻어진 합성가스는 CO, H<sub>2</sub>가 주성분으로서 적절한 공정을 거쳐 합성되면 다양한 원료물질의 제조가 가능
- 아래 그림은 현재 폐기물, 석탄 등의 다양한 원료를 이용한 가스화 반응에 의해 발생된 합성가스로부터 생산 가능하거나 상업화 가능성이 있는 원료물질의 예를 나타낸 것임.
- 생산 가능한 주요 물질로는 F-T(Fischer-Tropsch) 합성을 통한 인조합성석유, Non F-T 합성을 통한 메탄올, DME(Dimethyl Ether) 등
- 합성가스는 발열량이 천연가스의 1/3~1/4 수준이므로 합성가스를 직접 천연가스용 연소기에 공급하여 사용할 수는 없지만, 합성가스의 메탄화 반응을 통해 대체천연가스(SNG: Substitute Natural Gas)로 제조하여 활용하는 방안도 가능



[그림 2-1-4] 합성가스로부터 생산 가능한 연료 및 원료 물질

- 저급자원을 가스화 및 합성가스 정제 과정을 거친 후 합성가스를 다양한 분야에 이용하는 기술의 흐름도를 다음의 그림과 같이 요약하여 도시



[그림 2-1-5] 저급자원 유래 합성가스의 이용 기술 흐름도

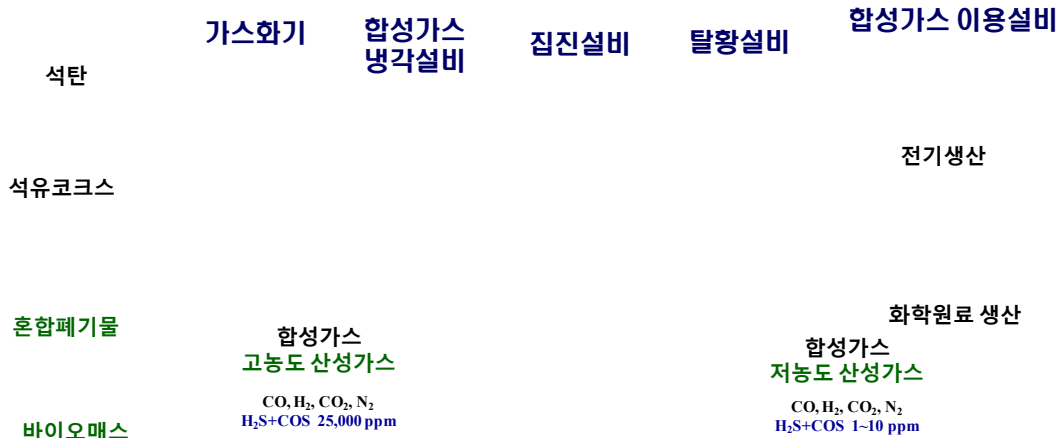
## 2.4.2 고도정제 기술

### □ 합성가스 및 바이오가스로부터 유해물질 제거 기술

- 저급자원인 폐기물, 바이오매스, 석탄 및 석유 코크스 등으로부터 합성가스를 생산할 경우, 합성가스 내에는 분진, 유황화합물(H<sub>2</sub>S, COS), 타르(원료가 폐기물 또는 바이오매스인 경우) 등의 유해 성분이 포함되어 있으므로, 이를 정제하는 기술의 포함이 필요
- 음식물류 폐기물 또는 하수슬러지로부터 바이오가스를 생산할 경우, 바이오가스 내에는 이산화탄소, 유황화합물 및 일부 분진 등이 포함되어 있으므로, 바이오가스로부터 유황화합물과 분진 등을 제거하는 기술의 포함이 필요

### □ 탈황 기술

- 폐기물, 바이오매스, 석탄 및 폐기물 등과 같은 연료를 가스화하게 되면 가연분은 CO와 H<sub>2</sub>가 주성분인 합성가스로 전환되며, 가스화반응으로 인해 연료에 함유된 황(S) 성분은 SO<sub>x</sub>가 아니라 H<sub>2</sub>S와 COS로 배출
- 합성가스 탈황기술은 가스화 반응으로 생산된 합성가스를 전기를 생산하거나 화학원료 또는 청정연료 생산을 위해 합성가스에 함유된 산성가스(H<sub>2</sub>S와 COS, 주로 H<sub>2</sub>S)를 제거하는 기술



[그림 2-1-6] 가스화를 통해 생산된 합성가스내 산성가스 제거용 탈황설비 개요도  
(출처: 고등기술연구원 자료 취합 및 정리)

- 합성가스 탈황기술은 크게 습식 탈황기술과 건식 탈황기술로 분류됨
  - 습식 탈황기술의 경우 COS를 H<sub>2</sub>S를 가수분해한 후 저온(혹은 상온)에서 H<sub>2</sub>S를 제거하는 기술로 현재 정유/화학공장 가스 정제, 천연가스 전처리, 코크오븐가스 정제 등 여러 분야의 상용 공정에 널리 활용되고 있으며, 대부분의 상용 가스화 플랜트에도 적용되어 활용되고 있는 기술
  - 건식 탈황기술은 합성가스 플랜트의 효율을 극대화하기 위해 고온(400℃~750℃)에서 산성가스를 제거하는 기술로 현재 상대적으로 처리 용량이 작은 바이오가스 정제, LFG 가스 정제 등에 상용 적용되고 있으며 합성가스 플랜트와 같이 처리 용량이 큰 규모에 대해서는 세계적으로 상용화 적용을 위한 실증 연구가 진행 중
- 건식 탈황공정
  - 고온(400℃~750℃)에서 산성가스를 제거하는 건식 탈황공정은 크게 가스화기 내부(in-situ 혹은 in-bed) 탈황공정과 외부(external) 탈황공정으로 분류
  - 내부 탈황공정은 가스화기 내에 황제거 흡수층매를 연료와 함께 첨가시켜 황을 제거하는 공정이고, 외부 탈황공정은 가스화기 하류의 흡수층매와 합성가스를 접촉시켜 산성가스를 제거하는 공정
  - 내부 탈황공정은 설비투자비를 낮출 수 있고 설계가 간단한 반면, 외부 탈황공정은 황 제거율이 매우 높고 이 공정에서 나오는 황 또는 황화합물을 상품화 할 수 있는 가능성 내포
  - 외부 탈황공정은 가스화기에서 방출된 산성가스를 제거하는 공정으로 국내외에서 집중적으로 개발되고 있는 기술
  - 외부 탈황공정에서 주로 사용되는 금속산화물의 경우 촉매와 유사한 역할을 하여 재가용율이 높고 황 제거율도 90%~99.9%로 매우 우수



[그림 2-1-7] 건식 탈황공정 개요도 (출처: 고등기술연구원 정리)

○ 습식 탈황공정

- 습식 탈황공정은 가스화기에서 생산된 고온의 합성가스를 열교환기에서 열전달을 통하여 저온으로 냉각 후 산성가스를 제거하는 공정으로 정유화학, 가스산업 등에 널리 적용되고 있으며, 대부분의 가스화 플랜트에 적용되는 기술
- 공정에 따라 차이는 있으나 대략 30°C ~ 50°C 근처에서 운전되고 있으며, 현재 상용 적용 중인 공정의 종류는 30여종 이상인 것으로 보고
- 습식 탈황공정의 경우 일반적으로 크게 ‘용매흡수공정’과 ‘황 직접 전환공정’으로 분류되며, 용매흡수공정을 다시 용매 종류별로 구분하면 화학용매공정, 물리용매공정 및 혼합용매공정으로 구분 가능

**용매 흡수 공정**

**화학 용매**

**아민(AMINES) 계열**

- ❖ MEA
- ❖ DEA
- ❖ MDEA
- ❖ ACTIVATED MDEA
- ❖ DIPA/SHELL ADIP
- ❖ DGA/FLUOR ECONAMINE

**탄산염(CARBONATES) 계열**

- ❖ BENFIELD (UNION CARBIDE)
- ❖ CATACARB (EICKMEYER)
- ❖ FLEXSORB HP (EXXON)

**기타**

- ❖ ALKAZID
- ❖ DIAMOX
- ❖ DRAVO/STILL

**물리 용매**

- ❖ SELEXOL (UOP)
- ❖ RECTISOL (LURGI/LINDE)
- ❖ PURISOL (LURGI)
- ❖ PROPYLENE CARBONATE (FLUOR SOLVENT)
- ❖ SEPASOLV (BASF)

**혼합 용매**

- ❖ SULFINOL (SHELL)
- ❖ AMISOL (LURGI)
- ❖ FLEXSORB (EXXON)

**황 직접 전환공정**

- ❖ LO-CAT (MERICHEM)
- ❖ SULFEROX (SHELL)
- ❖ STRETFORD
- ❖ UNISULF
- ❖ TAKAHAK

[그림 2-1-8] 대표적인 탈황공정 (출처: 산업통상자원부, 석탄/코크스 합성가스내 고농도 H<sub>2</sub>S 제거용 직접 황회수 정제기술 개발, 최종보고서, 2015)

## 2.4.3 수성가스 전환 기술 및 고순도 수소 분리 기술

### □ 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술

- 합성가스또는 개질가스의 주성분은 CO와 H<sub>2</sub>이며, 수소를 주 생산품으로 활용할 경우에는 다음과 같은 반응이 원활하게 진행되는 반응기 기술 확보 필요
  - WGS(Water Gas Shift) Reaction:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- 저온 WGS는 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>계 촉매를 사용하여 200~400℃ 범위에서 운전되며, 고온 WGS는 Fe계 촉매를 사용하여 400~500℃ 범위에서 운전

### □ 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 고순도 수소 분리 기술

- 합성가스 또는 개질가스의 주성분은 CO와 H<sub>2</sub>이며, 위에서 언급한 일산화탄소의 수소 전환 기술을 적용하면 CO<sub>2</sub>와 미량의 CO가 혼합된 약 50~70% 수준의 저순도 수소(H<sub>2</sub>) 확보 가능
- 따라서 저순도 수소(H<sub>2</sub>)를 고순도 수소(H<sub>2</sub>)로 전환하기 위해서는 수소를 분리하는 기술을 본 사업에 필수적인 기술로 반영 필요
- 대표적인 수소 분리 기술로는 압력변동흡착공정(PSA, Pressure Swing Adsorption)
  - 분리막을 이용하여 여러 가지 혼합가스로부터 선택적으로 수소를 분리할 수 있는 막 분리 공정과 흡착제를 사용 특정물질을 선택적으로 흡착하여 수소를 분리한 후 압력 차이를 이용하여 흡착된 가스를 배출하는 기술
- PSA 공정의 경우, 현재 1~100,000 Nm<sup>3</sup>/h급이 상용화되어 대부분의 수소생산 공정에서 사용되고 있으며, 수소의 순도는 최고 99.999%
  - PSA 공정에는 활성탄(Activated Carbon) 또는 분자체(Molecular-Sieve)가 사용되는 흡착제로 주로 사용
  - PSA 방식에 따른 수소분리에 대해 간략하게 살펴보면 흡착제가 충전된 용기내부로 가압상태(보통 5기압에서 20기압)에서 수소가 포함된 혼합가스를 통과시켰을 때 수소만 선택적으로 흡착제의 기공 사이를 통과하여 고순도 수소가 생산되고, 다른 불순물들은 흡착제의 기공을 통과하지 못하고 잔류
  - 일정시간 운전 후 잔류중인 불순물들을 제거하기 위하여 용기의 압력을 상압(또는 저압)으로 낮추어 주면 불순물들이 흡착제의 기공 사이에서 탈착 및 배출되어 흡착제를 다시 사용할 수 있는 상태로 전환
  - 상기와 같은 운전을 연속적으로 수행하기 위하여 다수의 용기 및 밸브시스템이 필요하고, 수소에 혼합된 분리 대상 가스에 따른 흡착제의 종류, 운전 압력, 운전 주기, 최종 결과물로 얻어지는 수소 순도 등에 따라, 2개에서 16개까지의 용기를 시리즈로 연결하여 사용
  - 많은 수의 용기를 사용할 경우, 건설비와 운영비가 높고 설치 부지가 많이 소요되기 때문에, 이를 저감하기 위해, 설비의 콤팩트화 및 제어/운전 기술의 개발과 흡착제 개발이 필요

- 또한 CO<sub>2</sub>의 활용 및 전환을 위해서는 수소뿐만 아니라 CO<sub>2</sub> 또한 분리할 필요가 있으며, 건설비 및 운영비를 저감하기 위한 CO<sub>2</sub>와 수소를 동시에 분리하기 위한 PSA 공정 및 기술 개발이 필요
- 막분리 공정의 경우, 주로 수소 분리용으로 폴리이미드, 폴리술폰, 폴리페닐렌옥사이드 등의 소재를 사용한 고분자 분리막이나 세라믹 또는 팔라듐계 분리막을 개발 중
  - 현재 고분자 소재로 제조된 중공사 형태의 분리막이 수소 분리막으로 주로 사용되고 있으며, 주로 정유공장이나 제철소에서 발생하는 수소를 분리 및 회수하는 목적으로 사용
  - 향후 수소 연료전지차의 보급 확대 및 수소 사회로 본격 진입할 경우, 고순도의 수소를 생산할 수 있는 세라믹이나 팔라듐계의 소재를 사용한 분리막의 개발이 필요
  - 국내 수소 분리막의 경우, 소용량 실험실 규모에서는 선진 제조사와 동등한 성능의 분리막을 개발하였으나, 상용화 적용은 부족하여 실질적인 시장 확대가 더딘 상황으로, 실증기술 개발을 통해 상용화 적용기술의 확보가 요구되는 실정

## 제2절 대내외 환경 분석

### 1. 메가트렌드 분석

#### □ 지속가능(sustainable)하고 환경친화적(environment friendly)인 에너지가 강조되는 시대

- 화석연료 대신 CO<sub>2</sub>, 메립지 메탄가스 등 지구온난화 가스를 저감할 수 있는 에너지자원 활용 본격화
  - 탄소중립적인 바이오매스 자원 활용 확대에 관심도 증대
  - 생활폐기물, 음식물류 폐기물, 하수슬러지 등 가연성/유기성 폐기물의 환경적합하면서 고효율 에너지 회수, 고부가가치 자원으로 활용할 수 있는 기술에 관심
  - \* 2020년대는 아시아 지역 여러 국가들이 폐기물 처리/활용 플랜트를 사회적으로 필요로 하는 단계에 진입하기 시작하는 시점으로 시장적 측면에서 매우 중요한 시기
- 수소사회에 대비한 수소 생산의 경우 단기적으로는 화석연료 의존, 중장기적으로는 탄소중립적(carbon neutral)인 자원으로부터 생산 필요

### 2. 사회적 환경 분석

#### □ 미세먼지 등 환경오염물질에 대한 국민 관심도 급증과 해결기술에 대한 요구

- 미세먼지 직접 제거 및 생성 원인물질 초정정 제거가 필수 요구
  - 미세먼지 2차 생성 원인물질에는 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 등이 있으며, 저감규제가 강화되고 있음
  - \* 국내 현재 문제를 기술로 극복하는 단계를 거쳐 해외수출형 플랜트기술로 완성 기회 존재
- 환경부는 2019년 1월부터 대기오염물질 배출허용기준을 현재보다 2배가량 강화된 기준 적용 예정
  - 석탄화력발전소 등 미세먼지를 다량으로 배출하는 4개 업종 31개 사업장을 대상
  - \* 석탄화력발전소 배출허용 기준 항목별로 1.4~2배 강화: 먼지 현행 20~25 mg/m<sup>3</sup>에서 10~12 mg/m<sup>3</sup>, 황산화물 80~100 ppm에서 50~60 ppm, 질소산화물 70~140 ppm에서 50~70 ppm으로 강화
  - \* 석유정제업 가열시설: 먼지 30 mg/m<sup>3</sup>에서 15 mg/m<sup>3</sup>, 황산화물 180 ppm에서 120 ppm, 질소산화물 70~180 ppm에서 50~130 ppm으로 강화

#### □ 자국 내 기술/설비/부품 기반 부족시 공급 해외 supply chain의 불안정성 증대

- 국내 산업에 전후방 효과가 크고 중장기적 효용성이 큰 기술과 설비/부품에 대한 확보 전략의 필요성 증대
  - 합성가스는 저급자원을 청정한 가스자원으로 변환시키는데 핵심기술이며, 수소사회 진입에 저렴한 청정수소 공급원으로서 중요하여 핵심기술과 산업기반의 국내 확보의

필요성 증대

- 2018년부터 미국의 중국에 대한 핵심부품/설비 고입 중단 및 2019년 일본의 한국에 대한 핵심부품소재 공급 중단 등 사례의 확대에 대한 대응방안이 필요

#### □ 모든 플랜트에 대한 NIMBY 현상 심화

- 개도국도 폐기물 소각장은 다이옥신 등 문제를 제기하며 반대 중
  - 홍콩의 대형 소각장 건설 반대 사례: 2019년 홍콩의 매립장이 포화 예상되어 2008년 처음 계획 발표되었지만 시민 반대로 지연 후 2018년 공사 시작 예정 (총 9,200톤/일 규모, 해양매립 공사 포함 301억 홍콩달러 공사)



[그림 2-2-1] 홍콩의 폐기물 소각장 건설반대 시위 사례

### 3. 기술적 환경 분석

#### □ 미래 청정에너지원으로서 수소 생산 기술 확보에 다각적 노력 집중

- 일본은 호주에서 석탄을 개질하여 수소를 생산하고 기체수소를 액체수소/액상수소로 변환하여 배로 이동할 계획에 따라 기술개발을 진행 중
- 국내의 경우 천연가스 개질, 장기적으로 재생에너지 시대를 대비한 잉여전기를 활용한 수소 생산 기술개발 계획하고 있으나 대용량 생산, 저장 및 운송 기술이 미흡
  - 산업통상자원부에서는 수소경제활성화 계획을 수립하고 수소기술 로드맵(안)을 제시 (산업통상자원부 2019. 01. 07)

수소 기술로드맵(안)														
구분	주요과제	기술개발 시기 → 상용화 시기												
		'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30~	
생산	개질	천연가스이용 수소추출 기지 국산화 및 효율 향상												
		대용량 알칼라인 수전해 기술 확보												
	수전해	알칼라인 수전해 부품 국산화 및 표준화												
		대용량 고분자전해질 수전해 기술 확보												
		고분자전해질 수전해 부품 국산화 및 표준화												
		재생전력 연계 수전해 통합시스템 기술 확보												
		수전해 시스템 수명 및 전력소비량 향상												
		수전해 기반 수소생산 플랜트 상용화												
	기타	폐기물 등 바이오매스 활용 수소생산 기술 확보												
	저장	기체	수소가스 대규모 기체 저장·운송 실증(450bar)											
수소충전소용 고압(900bar 이상) 복합용기 개발														
액화		액화수소 저장·운송 관련 설계 및 핵심 부품 개발												
		운송용 고체수소저장(탱크로리) 기술개발												
고체		고압기체-고체 액상-고체 하이브리드 저장 기술 개발												
액상	액상화합물 소재 발굴 및 저장·운송 기술 개발													
운송	파이프라인	근거리 배관 공급 인프라 구축(10km이내)												
		배관 이송 수소도시 실증												
	TT	대규모 수소 공급 배관 구축(인수기지-소비처)												
		초고압(450, 900bar) 튜브트레일러 개발												
	탱크로리	저압(3bar) 액화수소 운송(탱크로리) 및 충전기술 개발												
선박	액화수소 저장 인수기지 구축													
활용	수소차	충돌·전복·화재 안전 향상 연구												
		버스용 수소고압용기, 고전압 컨버터 기술 확보												
		수소택시 실증을 통한 부품 내구성 분석 및 향상												
		5톤 및 10톤 수소트럭 개발												
		전장부품(인버터, 컨버터) 국산화 기술개발												
		핵심부품(압축기, 고압밸브, 저장용기 등) 및 충전기술 국산화												
		부품 양산 및 핵심부품 가격저감(스택 백금층에 수소탱크 등)												
		충전소 성능 및 부품 안전성 평가방법 개발												
		수소저장밀도(MG) 향상 및 안전사고 최소화 기술 개발												
	광역 수소버스(전세버스) 기술 개발(설계, 모터, 수소용기 등)													
	충전소	충전용량 1일 1~2톤급 수소 충전 기술개발												
		액화수소 충전소 기술개발												
		수소충전소용 고압(900bar 이상) 복합용기 개발												
	기타 운송	수소 연료전지 선박 핵심기술 개발 및 실증												
		수소 열차 효율성 향상 및 안전성 검증												
연료 전지	고출력 연료전지 기술개발													
	발전용 연료전지 소부품 국산화 및 부품 표준화													
	부생수소를 활용한 상업용 수소발전 상용화													
	가정/건물용 부품 수명 및 효율 향상기술개발													
	연료, 열 이용을 극대화 위한 IoT 연계 제품 개발													
수소가스 터빈 기술개발 및 국산화														
발전용 연료전지 제조 자동화 기술 개발														

[그림 2-2-2] 산업통상자원부의 수소기술 로드맵(안)

- 에너지자급률 낮은 국가들의 다양한 에너지원 확보를 위한 기술 확보 노력
  - 일본은 유사시에도 다양한 에너지 공급이 가능하도록 에너지원별 다각적 공급구조 실현을 5차 에너지기본계획에 명시

### 3.1 합성가스 생산 기술

#### □ 유럽과 북미를 중심으로 한 고효율 발전 및 고부가가치 합성가스 활용 기술의 상용화 단계

- 석탄가스화 기술은 발전, 화학원료 생산, 합성천연가스 생산 등의 응용 분야가 넓은 관계로 수천톤/일급의 다양한 기술의 개발 완료 및 현재에도 진행 중
  - 석유 코크스는 석탄과 비슷한 특성을 지니므로, 대부분의 기술사들은 석탄가스화 기술 개발 시에 석유 코크스 가스화 기술에 대한 실증 수행
- 석탄/석유 코크스 가스화 분야의 대표적인 기술을 아래에 요약
  - 미국의 GE Energy사와 CB&I사는 슬러리 공급에 기반한 습식 가스화 기술을 개발하여 수천톤/일급의 상용화 기술을 보급하고 있으며, 특히 GE사는 가장 높은 시장 점유율을 확보
  - 유럽의 Shell사, Siemens사, Uhde사 등은 건조한 미분탄을 공급하는 건식 가스화 기술을 개발하여 수천톤/일급 기술을 보급하고 있는데, 특히 Shell사는 가장 진보된 기술을 보유
  - 중국의 경우 ECUST에서 습식 가스화 기술을 확보하고 있으며, 세계 최대 규모인 3천톤/일급의 가스화기 건설 실적을 보유
    - \* 이외에도 Tsinghua, CAST, SEDIN 등 여러 연구기관 또는 기업에서 다양한 석탄가스화 기술을 보유
  - 일본은 MHI사와 Hitachi사가 각각 공기공급형(산소부화형) 및 산소공급 분류층 가스화 기술을 보유하고 있는데, 현재에는 MHPS사로 통합하여 상업용 기술, 특히 IGCC 기술보급을 주도
  - 유동층 가스화 기술로는 KBR사가 그리고 고정층 가스화 기술로는 Lurgi사가 대용량 가스화 기술을 보유
- 석유 코크스 가스화 기술은 석탄가스화 기술과 동일한 기술을 적용하여 수천톤/일급 상용화기술개발이 진행
  - 석유 코크스를 원료로 사용할 경우에는 습식 슬러리 공급기술을 적용한 가스화 기술이 유리한 특성으로 인하여 미국의 GE에너지사와 CB&I(전 ConocoPhillips)사가 자사의 실증 플랜트에 석유 코크스 가스화 기술을 적용하여 발전 등 실증운전을 수행

#### □ 석유 코크스 가스화 시장 동향

- 합성가스 생산에서 석유 코크스는 석탄 다음으로 중요한 자원
  - 2014년 기준 가장 큰 석유 매장량을 보유한 상위 3개 국가는 베네수엘라(17.83%), 사우디아라비아(15.93%), 캐나다(10.42%) 순
  - 원유 정제과정에서 최종 잔류물인 석유 코크스는 발열량은 높지만 유함 함량이 높아서 활용에 제한적이었지만 가스화를 통하여 저렴한 에너지원으로 부각
  - 석유 코크스를 합성가스 생산을 위한 원료로 활용하기 위한 플랜트 건설은 인

- 도 등지에서 진행되고 있고 앞으로 더 성장할 것으로 예상된다(여타 다른 석유 부산물을 활용한 신규 플랜트 계획은 없는 것으로 파악)
- 지역적 측면에서 보았을 때 아시아-태평양 지역이 석유 기반 합성가스 생산 시장의 44.7%에 해당하는 가장 큰 점유율을 보이고 있으며 그 뒤를 유럽이 뒤따르고 있음(36.7%, 2014년 기준)
  - 사우디아라비아, 중국, 인도, 인도네시아와 같은 아시아 국가에서 매장된 석유를 활용할 수 있는 가용성 때문에 석유 코크스를 활용한 합성가스 생산의 성장 요인

<표 2-2-1> 석유기반 합성가스 생산량 전망 (단위: MW<sub>th</sub>)

구분	2013	2014	2015	2020	CAGR(2015~2020)
아시아-태평양	12,390.4	14,026.0	15,469.4	23,688.6	8.9%
유럽	11,157.3	11,513.7	12,747.3	13,553.2	1.2%
북미	4,095.7	4,999.8	5,476.9	6,646.2	3.9%
남미	753.8	816.2	946.8	1,022.9	1.6%
합계	28,397.2	31,355.7	34,640.3	44,910.8	5.3%

(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

○ 석유 코크스의 2015년 12월 기준 공급과 수입 단가를 보면 유향함량에 따라 가격에 큰 차이가 있고 미국, 베네주엘라가 주요 생산국이며 일본, 브라질 등이 주요 수입국

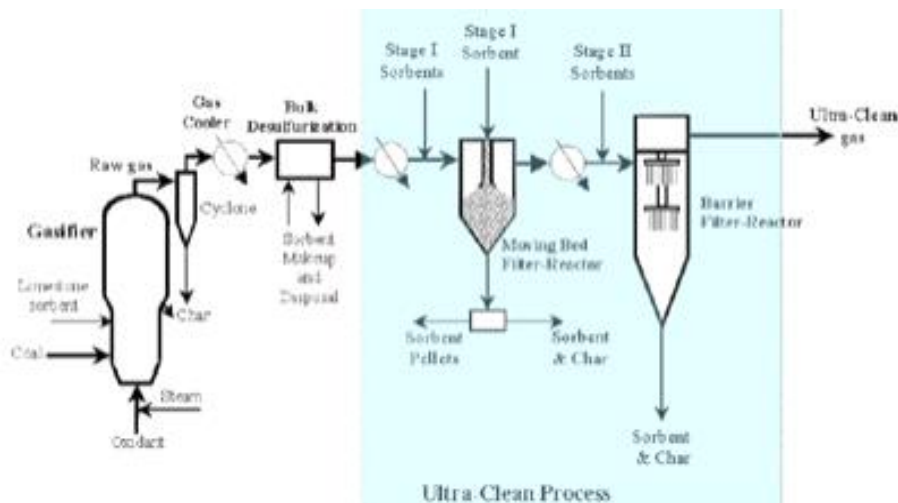


[그림 2-2-3] 세계 석유 코크스 주요 생산/소비 국가들에서의 유향함유량별 가격 (US\$/톤) (출처: Energy Argus Petroleum Coke, Issue 15-48, 2015/12)

### 3.2 고도정제 기술

□ 국외의 경우 수소 생산을 위한 합성가스 및 천연가스의 초정밀 정제 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중

- 유럽 Siemens사의 초정밀 탈황기술은 연료가스 중의 H<sub>2</sub>S 농도를 60 ppb 이하로 정제하는 기술을 개발하였으며, 미국 DOE에서는 전력생산과 동시에 수소를 생산하는 목적으로 수은, 분진, 질소산화물, 이산화탄소와 더불어 초정밀탈황 기술개발을 진행 중
- 일본의 경우 암모니아와 할로겐화합물을 제거하기 위하여 세정탑, COS 가수분해반응기, MDEA 흡수탑 등 습식탈황 방식과 건식방식을 이용한 정밀 탈황설비에 대한 기술개발을 추진 중



[그림 2-2-4] Siemens사의 초정밀 탈황기술 개요도  
(출처: NETL, The Ultra-Clean Gas Cleanup Process for IGCC, 2001)

□ 국내의 기술 개발

- Pilot 규모의 합성가스 및 바이오가스의 초정밀 정제 기술에 대한 기술개발이 주로 진행되고 있으며, 상용화 보급 실적은 아직 미미한 수준
- 흡수제(또는 흡착제)를 이용하는 방법, 생물학적 처리방법, 막분리 방법 등 여러 가지 H<sub>2</sub>S를 제거하는 기술개발이 진행 중
- 한국에너지기술연구원에서는 MDEA와 HMDA를 혼합하여 합성가스내의 H<sub>2</sub>S를 제거하는 습식 탈황공정에 대한 pilot 규모 공정기술을 확보, 고등기술연구원에서는 철킬레이트 용매를 사용 pilot 규모 황 직접 전환공정 기술을 확보
- 고등기술연구원의 경우 석탄 합성가스를 화학원료로 전환하기 위해 철킬레이트 용매를 이용하여 1,000 ppm의 H<sub>2</sub>S를 0.5 ppm 이하로 제거하는데 적용하였으며, 석탄과 석유 코크스를 혼합한 혼합원료 가스화시 발생하는 200 Nm<sup>3</sup>/h의 합성가스에 함유된

5,000 ppm 이상의 H<sub>2</sub>S를 10 ppm 이하로 제거하는 기술을 개발

- 현재 바이오가스를 연료전지 연료로 활용하기 위한 초정밀 정제시스템에 대한 기술개발과 합성가스를 연료전지용 연료로 활용하기 위해 초정밀 정제 후 고순도 수소를 생산하기 위한 기술개발이 진행 중

[그림 2-2-5] 국내 개발 중인 황 직접 전환에 의한 습식 H<sub>2</sub>S 제거설비 모습

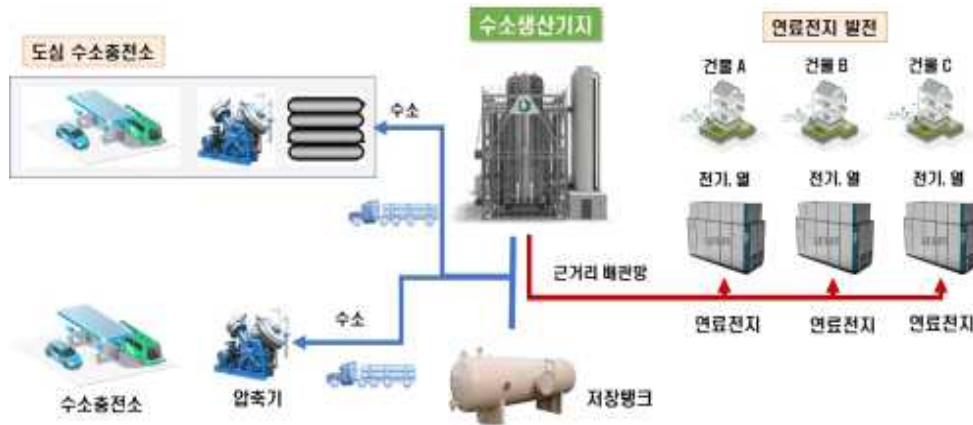
(출처: 고등기술연구원 정리)

### 3.3 수성가스 전환 기술 및 고순도 수소 분리 기술

#### □ 대규모 수소생산을 위한 천연가스의 개질기술 활용

- 수성가스 전환 기술은 아래의 천연가스 개질 기술을 활용한 수소생산 기술의 핵심 기술로서 대부분의 경우 개질 기술과 병행하여 기술개발이 진행
- 천연가스의 개질 기술은 GTL(Gas To liquids) 개발을 통해 대규모로 개발
  - Sasol사의 34,000 bpd 규모(오일생산 기준) ATR 방식, Exxon사의 100 bpd 규모(오일생산 기준) ATR 방식, Shell사의 부분산화법(200BPD, 오일생산 기준), 일본 JOGMEC사의 복합개질 등
  - Compact GTL사와 Velocys사에서는 수증기 개질방식으로 micro-channel 반응기를 적용하여 실증규모까지 개발
- 대표적인 기술 보유사는 Linde, Haldor Topsøe, ZTEK Corporation 등이며, 천연가스 뿐 아니라 LPG, Naptha, Refinery gas, gasoline, methanol 등과 같은 탄화수소계들의 개질에 대한 기술을 보유
- 상기와 같은 대규모의 개질기술은 거점형 수소생산기지에 적용할 수 있으나 국내에서는 아직 기술 미확보
  - GTL과 메탄올합성을 위한 복합개질 기술개발이 파일럿과 실증규모로 수행
  - 연간 수소 생산 100,000톤 규모의 대형 수증기 개질기로 약 100만 대의 연료전지 자동차에 공급이 가능

- 중소형 수소생산을 위한 천연가스 또는 바이오가스의 개질기술 활용
  - 분산형 수소생산기지는 수요처 인근 도심지내의 천연가스 배관망을 이용하거나 LPG 또는 바이오가스를 활용할 수 있으며, 300 Nm<sup>3</sup>/h급 수소를 생산하여 권역별로 충전소에 공급하는 Mother station으로 운영 (1일 수소 생산량 500kg: 수소버스 20대, 수소차 90~100대 분량)



[그림 2-2-6] 수소 생산기지 개념도 (출처: 수소경제 활성화 로드맵, 2019)

- 이러한 규모로 개발된 개질기는 일본의 오사카가스의 HYSERVE 모델인데, 30, 100, 300 Nm<sup>3</sup>/h 규모의 수소를 생산할 수 있는 기술을 보유
- 국내의 경우에도 수소스테이션용으로 30 Nm<sup>3</sup>/h 규모의 개질기를 개발한 경험을 가지고 있어 수년 내에 중소형급의 개질기 기술을 확보할 수 있을 것으로 예상
- 한편, 발전용으로 개발된 에스퓨얼셀의 PAFC(인산형 연료전지 시스템)는 천연가스, 수소, 바이오가스 등과 같은 다양한 연료를 사용하고 있으며, 100kW의 전력을 생산할 수 있는 규모까지 개발
- 바이오가스를 활용한 수증기 개질이나 복합개질에 관한 많은 연구는 수행되지 않았으나 천연가스 또는 액상탄화수소와 같은 개질의 경험을 바탕으로 빠른 시일내에 기술 확보가 가능
- 소형 수소생산을 위한 천연가스 또는 바이오가스의 개질기술 활용
  - 10 Nm<sup>3</sup>/h 미만의 수소생산용 소형 개질기는 주로 가정용 및 산업용 연료전지를 위한 기술
  - 제한된 공간에 설치되어야 하므로 일체형 통합 엔지니어링 설계 기술이 적용되며, 탈황, 개질, 수성가스전환, 선택적 산화 등의 단위공정으로 구성
  - 일본의 경우 1,000개 이상의 가정용 연료전지 발전시스템에 대해 실증테스트를 수행
    - \* 소형의 경우 일일 시동/정지 운전으로 인한 연료전지와 개질기의 성능저하가 발생할 수 있어 내구성 검증이 요구됨.
  - 소형 개질기의 대부분은 천연가스 개질에 집중되어 국내와 일본에서 최적화된 상태이나 바이오가스의 적용은 없는 것으로 보고

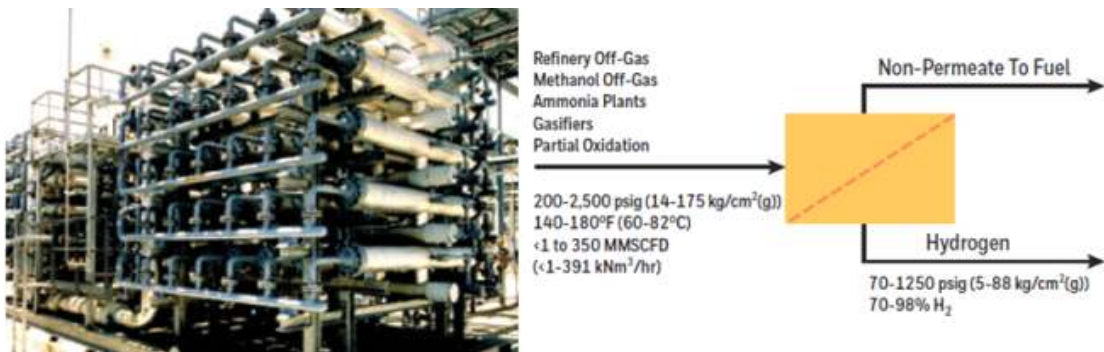
□ 국외 고순도 수소 분리 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중

- PSA 기술은 현재 수소분리 분야에 있어 1~100,000 Nm<sup>3</sup>/h급에 이르기까지 대부분의 수소생산공정에 적용되고 있으며, 활성탄이나 분자체(Molecula Sieve)가 흡착제로 주로 사용
- PSA의 경우 에너지 소비, 운영비, 건설비 등의 저감을 위한 흡착제 및 공정/설비 콤팩트화에 대한 기술개발 및 상용화 진행 중이며, 중국 Xebec사의 경우 콤팩트한 로터리 형태의 PSA 기술을 개발하여 상용화 진입 중



[그림 2-2-7] 상용 적용중인 Xebec사의 고순도 수소 분리를 위한 콤팩트한 PSA 설비  
(출처: Xebec homepage, <https://www.xebecinc.com/hydrogen-purification-h3200.php>, 2019)

- 수소 분리막의 경우 PSA에 비해 아직 상용화 보급이 많이 되지 않는 않지만, 지속적인 기술개발을 통하여 점차적으로 시장에 진입 중
- 미국 UOP사의 경우 391,000 Nm<sup>3</sup>/h 규모의 상용 수소 분리막 시스템을 skid 형태로 개발하여 상용화 적용 중



[그림 2-2-8] 대용량 적용중인 UOP사의 수소 분리막 설비  
(출처: UOP, UOP Polysep Membrane Systems for Hydrogen Recovery and Purification, 2016)

## □ 국내의 수소 PSA 기술

- PSA 기술의 경우 상용화 진입단계에 있으며, 수소 분리막의 경우 대부분 소규모 기술 개발이 추진 중
- 젠스엔지니어링에서는 한국에너지기술연구원에서 개발한 고순도 수소 분리용 PSA 기술을 이전 받아 국내외 상용화 적용 중이며, 설비 건설비 저감과 효율 향상을 위한 흡착제 및 콤팩트화 기술 등에 대한 개발 필요



[그림 2-2-9] 국내 덕양에너지사에 구축된 젠스엔지니어링사의 수소 PSA 설비  
(출처: 한국에너지신문, <http://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=55517>, 2011)



[그림 2-2-10] 인도에 구축된 젠스엔지니어링 사의 수소 PSA 설비  
(출처: 인더스트리뉴스, <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=21550>, 2018)

- 수소 분리막의 경우 소재 및 단위 모듈화 등 소규모 기술개발이 활발히 추진되고 있으며, 상용화 보급을 위한 대용량화, 고효율화, 콤팩트화, 저가화, 내구성 향상 등에 대한 기술개발과 실증화 기술개발이 필요



[그림 2-2-11] 국내 개발 중인 평판형 수소 분리막 및 모듈  
(출처: Energy Innovator, 고성능 수소분리막 및 이의 모듈화 기술, 한국에너지기술연구원)

#### 4. 국내외 시장 환경 분석

##### □ 한국의 해외 플랜트시장 중심축이 동남아로 이전 시작

- 중동 발 플랜트 수출은 약 10년간의 호황이 마무리되는 시점
  - 중동 국가들이 석유/천연가스를 직접 활용하는 석유화학 플랜트 적극 투자가 마무리 되는 중
- 2018년 1~4월 기간에 중동 35억 달러 대비 동남아시아 지역 65억불 수주
  - 베트남 16.5억불, 싱가포르 10.6억불, 태국 6.5억불, 말레이시아 4.7억불, 인도네시아 1.6억불 등 (출처: 해외건설종합정보서비스)
  - \* 베트남의 경우로 보면, 석탄 화력발전소/LNG터미널/정유공장 고도화 플랜트 등이 주요 대상
- 한국 내 플랜트 설계/건설/운영 경험이 많은 석유화학과 복합화력 플랜트가 주도
  - 한국 자체 플랜트 시장에서의 적정 규모 시장과 경험이 기반으로 작용

##### □ 그린 에너지와 에너지 안보가 각 국가들의 핵심사항으로 강조되는 시기

- 환경과 기후온난화 해결을 위한 그린에너지의 중요도 부각
- 에너지 부존자원 부족 국가들의 에너지 패러다임 변혁 시작
- 기존 화석연료는 부족하나 바이오매스 등 자원 풍부한 적도 인근 개발도상국들의 자국 미활용 에너지원 활용 극대화 전략
  - 아직 저렴하고 신뢰할 기술은 부족

##### □ 개도국들의 환경보호 측면 효과 큰 가스 에너지의 보급 확대 추진

- 미얀마는 2020년까지 100만 가구에 IPG 공급 계획 발표
  - 2017년 현재 15만 가구에 LPG 공급 수준을 대거 확대 (출처: 월간 플랜트기술, 2018.5)

□ 일본은 세계 처음 수소사회로의 이행을 2017년 12월 발표

- 2020년 도쿄올림픽을 일본이 강점을 가진 연료전지 연계 수소사회로 홍보 전략 수립
  - 일본은 1964년 도쿄올림픽에서는 신칸센 고속열차를 성공적으로 홍보



[그림 2-2-12] 일본 수소기본전략상 수소 공급 시나리오 (출처: Challenges for Japan's Energy Transition - Basic Hydrogen Strategy, EHEC 2018, MITI, 2018)

- 저렴한 자국 에너지원료 사용을 선호
  - 원료 이동이 필요없이 인근 에너지를 사용하여 전기, 청정연료 등으로 활용을 선호
  - 고급에너지 원료는 대부분 수출을 하고, 수출에 경쟁력이 낮은 지역의 저급원료 사용을 선호
  - 호주, 인도네시아: 고급 유연탄은 수출을 하고, 자국 갈탄 등 수출이 어렵고 운송시 경쟁력이 낮은 원료를 산지 인근에서 활용 희망

□ 메이저 기업들 동향

- 메이저기업들은 FEED 및 PMC 역량을 바탕으로 단순 EPC는 한국 등 후발국에 넘겨 주고 플랜트 가치사슬 중 고부가가치 영역에 집중
- 기존 원천기술 라이선스 판매와 EPC 업무에서 자동화 솔루션, 운전교육용 동적 시뮬레이션, 가상 설계(virtual design), 예측적 유지보수 등 새로운 고부가가치 사업화로 이전 추진 중
  - (사례) 에머슨사: 심해원유 채굴 북해 BP 프로젝트에 운영지원서비스, 원격 모니터링, 자동진단기능(Smart Meter Verification), 예측적 유지보수 기술을 제공 (출처: 월간 플랜트기술, 2018/5)

□ 기술 후발국 동향

- 중국 등 경우는 정부 주도과 지원을 통해 기술개발을 수행하며 test-bed를 통한 실증과 track record 확보를 위하여 높은 간접적 지원 비중
- 개도국은 플랜트 건설에 소요되는 자금조달이 가장 난관으로, 해외 사업자가 프로젝트 financing까지 책임져주기를 대부분 희망
- 동구 유럽의 경우, 유럽연합의 51% 자금지원을 받아 폐기물처리 플랜트를 건설하고자 하나 신뢰도 높고 독일/스위스 등 기술 대비 저렴한 기술에 대하여 높은 수요
  - 한국의 100~500톤/일급 폐기물 가스화 플랜트 등의 기술이 확보될 경우 2020년대 초까지가 시장진입의 최적 시기

□ 합성가스 시장

- 미세먼지, 폐기물 처리 곤란 등 환경변화로 인해 폐기물 가스화 처리 활용방식에 대한 관심도 증가
- 가스자원이 없거나 부족한 개도국 중심으로 자국 내 풍부한 바이오매스 자원과 폐기물, 저급석탄, 석유 코크스 등을 사용하여 자국 내에서 가스자원 확보에 높은 관심도

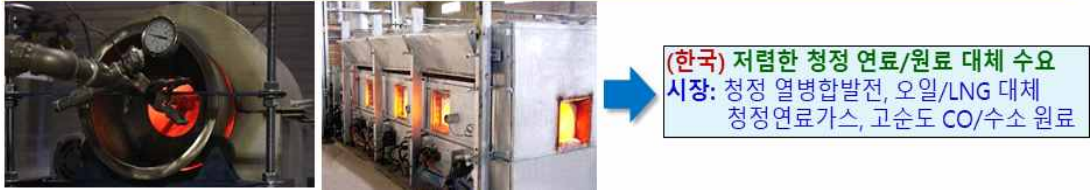
□ 청정연료가스 및 고순도 가스 국내외 시장 확대 중

- 다양한 연료가스 종류 중에서 현재의 시장 요구사항을 만족하는 유망한 분야는 청정연료가스
  - 시장 요구사항은 저렴하면서 환경적으로 청정해야 하고 원료수급이 용이하여 생산에 차질이 없어야 하면서 다양한 활용이 가능하여 플랜트 건설시 다양하게 시장에 대처가 가능하여야 한다는 점 등
  - 기존에는 합성가스가 초청정까지는 필요가 없는 가스엔진 발전 등에 주로 활용이 논의되었다면, 천연가스에서 생산되는 연료가스 수준으로 깨끗한 청정연료가스가 값싸게 생산될 수 있다면 대체할 시장은 대단히 많은 것으로 판단



[그림 2-2-13] 원료별 생산 가능한 연료가스 종류와 시장요구사항을 반영하여 선택한 연료가스

소성로/유리용해로/HGG설비 LNG/중유 대체 수요에 대응 → 저렴/청정한 합성연료가스 시장

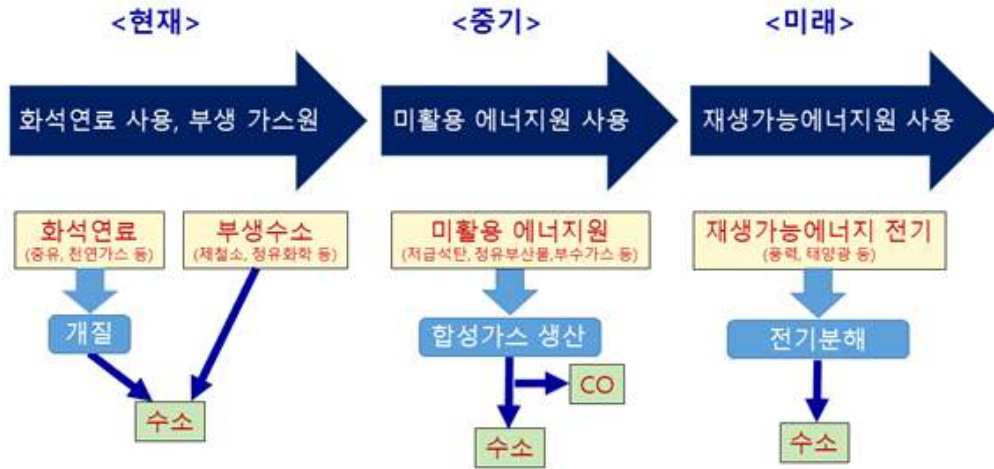


(한국) 저렴한 청정 연료/원료 대체 수요  
 시장: 청정 열병합발전, 오일/LNG 대체  
 청정연료가스, 고순도 CO/수소 원료

[그림 2-2-14] 청정연료가스의 국내 시장수요와 시장 target

□ 수소 시장

- 일본 수소시장은 정부의 적극추진 정책에 따라 2030년 90억불(¥1 trillion), 2050년에 720억불(¥8 trillion)로 예상 (출처: <https://www.metering.com/industry-sectors/smart-energy/hydrogen-japan/>, 2018/5/4 기사)



[그림 2-2-15] 수소 생산방식의 변화 추이

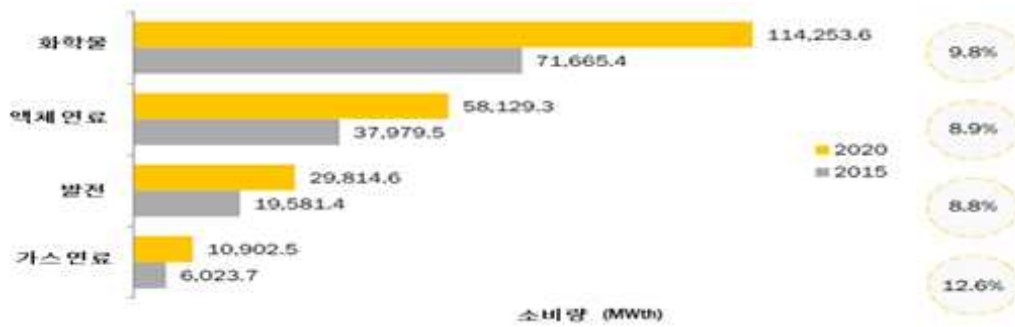
□ 해외 플랜트 시장 진출을 위한 전략

- 해외 플랜트 시장 다변화와 동남아 등 진출을 위한 플랜트 핵심분야 기술 확보가 필요
- 동남아, 인도 등 지역에서 장기간 우위가 가능할 플랜트 분야 정립 및 해외진출 추진이 필요
- 석유 코크스의 경우, 고유황 원료를 이영하여 안정적으로 수소를 생산할 수 있는 플랜트 기술 성공 시 높은 해외시장 진출 가능성 보유
  - 저렴한 건설비/운영비 가능한 기술로 완성 및 원격 운전유지보수 등 신기술 적용이 관건
- 국내의 미래 수소도시 및 수소연료전지 자동차 확대 등 수소에너지 사회에 대한 준비가 필요
  - 단기적으로는 저급자원(폐기물, 바이오매스, 석탄, 석유 코크스 등) 가스화 및 천연가스/바이오가스 개질에 의한 수소 확보가 필요

- 장기적으로는 잉여전기 활용 수소 생산 기술(P2G 등)에 의한 수소 확보가 필요하며 이때 발생하는 산소를 활용할 수 있는 기술이 필요

□ 합성가스 활용분야 시장의 지속적인 성장

- 석탄, Pet-coke으로부터 생산된 합성가스 전체 활용분야 별 시장현황과 성장률 전망은 아래 그림과 같으며, 화학물질, 액체연료, 발전, 가스연료에 대한 시장성장률은 각각 9.8%, 8.9%, 8.8%, 12.6%로 예측



[그림 2-2-16] 합성가스 활용 시장 현황 및 전망 (출처: Global Industry Analysts, Inc.)

□ 석유기반 합성가스 시장의 증가에 따른 석유 코크스 활용 가스화 시장 성장 예상

- 원유 정제과정에서 최종 잔류물인 석유 코크스는 발열량은 높지만 유함 함량이 높아서 활용에 제한적이었지만 가스화를 통하여 저렴한 에너지원으로 부각
- 석유 코크스를 합성가스 생산을 위한 원료로 활용하기 위한 플랜트 건설은 인도 등지에서 진행되고 있고 앞으로 더 성장할 것으로 예상
  - 지역적 측면에서 보았을 때 아시아-태평양 지역이 석유 기반 합성가스 생산 시장의 44.7%에 해당하는 가장 큰 점유율을 보이고 있으며 그 뒤를 유럽이 추격 중 (36.7%, 2014년 기준).
  - 사우디아라비아, 중국, 인도, 인도네시아와 같은 아시아 국가에서 매장된 석유를 활용할 수 있는 가용성으로 석유 코크스를 활용한 합성가스 생산의 성장 요인으로 가능

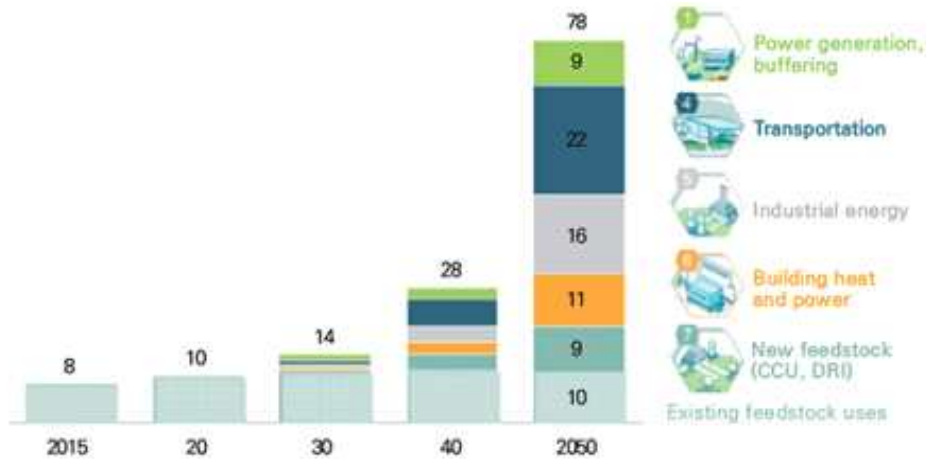
<표 2-2-2> 석유기반 합성가스 생산량 전망 (단위: MW<sub>th</sub>)

구분	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015~2020)
아시아-태평양	12,390.4	14,026.0	15,469.4	23,688.6	8.9%
유럽	11,157.3	11,513.7	12,747.3	13,553.2	1.2%
북미	4,095.7	4,999.8	5,476.9	6,646.2	3.9%
남미	753.8	816.2	946.8	1,022.9	1.6%
합계	28,397.2	31,355.7	34,640.3	44,910.8	5.3%

(출처: Syngas and Derivatives Market, Markets and Markets)

□ 글로벌 수소시장 확대 전망

- 수소에너지가 2050년에 전 세계 에너지 수요량의 대략 20%를 담당하며 2050년까지 수소와 관련된 산업 분야에서 연간 2조5,000억달러의 시장가치 유발효과 및 3,000만개 이상의 일자리 창출이 가능할 것으로 예측
- 2050년까지 수송부문은 전체 수소 수요에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 향후 수송용 연료전지가 연료전지 시장 성장을 주도할 것으로 전망



[그림 2-2-17] 세계 수소시장 전망 (단위: EJ)  
( 출처: Hydrogen Council, Hydrogen scaling up, 2017)

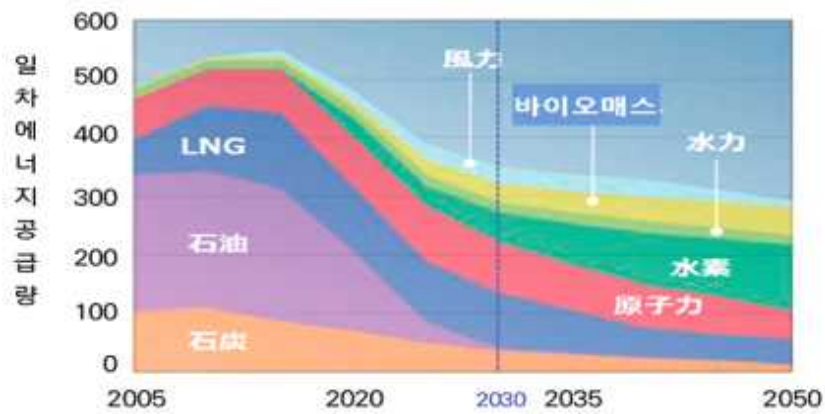
- 맥킨지는 2050년 수소사회 구상을 통해서 수소의 시장규모를 2조5,000억달러, 일자리 3,000만개, 에너지의 18%, 전력의 10%를 담당할 것으로 예측



	2030 milestones	2050 target picture
Transportation	전세계 수소차 1천5백만대, 트럭 50만대 수소열차, 수소여객선 운행	전세계 수소차 4억대(25%), 트럭 5백만대(30%), 버스 1천5백만대(25%), 석유대체 2천만배럴/일, CO <sub>2</sub> 연간 32억톤 감축
Industry energy	수소 4백만톤 사용(0.6 EJ)	전세계 산업에너지 수요 12% 수소 사용(16 EJ), CO <sub>2</sub> 연간 10억톤 감축
Building heat and power	650만 가구에 수소 350만톤 사용	전세계 건물에너지 사용의 8%를 수소에너지(열, 전력) 활용, CO <sub>2</sub> 연간 7억톤 감축
Industry feedstock	철강, 정유, 화학 공장에서 수소 260만톤 사용	철강, 정유, 화학 공장에서 수소 2억톤 사용(철강, 메탄올 생산용), CO <sub>2</sub> 연간 9억9천만톤 감축
Energy system	신재생에너지 300 TWh 수소 변환, 200 TWh의 수소 발전 연간 10 만톤의 수소 해외 유통, 200 TWh 수소 저장(소금동굴)	신재생에너지 500 TWh 수소 변환, 1,500 TWh의 수소 발전 5,500만톤 수소 해외 유통, 3,000 TWh 수소 저장(수소 수요의 55일 분량)

[그림 2-2-18] 맥킨지의 2050 수소사회 구상

- 일본의 수소시장 규모는 2030년에 약 10조원, 2050년에 80조원으로 예측



[그림 2-2-19] 일본 수소시장 전망(단위: MTOE)

(출처: 가와사키중공업, 해외운송 수소인프라 구축 실현을 향한 노력, 2016)

- 현재의 수소시장 규모는 산업용 유통량만으로도 세계시장 \$208억(자체소비량 230억 포함 총 \$438억), 국내는 적어도 6,000억원 수준
- 산업용으로의 수소는 석유화학산업, 전자, 재료, 반도체 제조공업, 제철공업 및 우주항공 산업 등에서 꾸준한 수요증가
- 향후 선진국들의 온실가스 감축의무이행에 따른 수소 연료전지 자동차 및 연료전지의 보급 등이 이루어진다면, 이에 따른 에너지용도로서의 수소 사용량이 급증할 것으로 전망
- 시장조사업체인 리서치앤마켓에서는 2014년 9월 보고서에서, 수소생산시장이 청정에너지를 요구하는 수요에 따라 연평균 성장률이 5.9%라는 가정 하에, 2019년에는 1,382억 달러에 이를 것이라고 추산
- 현재는 다양한 시료의 가스화를 통한 수소 제조 방법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 석탄 및 폐기물 가스화를 통해 얻어진 합성가스로부터의 수소 제조 공정의 개발 및 상업화가 계속해서 추진 중
- 2014년 세계의 수소 소비는 66,044.6 킬로톤(이하 kT)을 기록하였으며 2020년까지 92,147.9 kT에 도달할 것으로 기대(연평균 성장률 5.7%, 2015-2020)
- 중동 및 아프리카 지역은 정제 및 암모니아 생산에 대한 증설로 인해서 수소에 대한 소비 시장이 가장 크게 성장할 것으로 기대

<표 2-2-3> 지역별 수소 소비 시장 규모 (단위: 킬로톤, kT)

응용 분야	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015~2020)
아시아-태평양	25,376.7	26,873.9	28,459.5	39,996.1	7.0%
유럽	14,796.0	15,669.0	16,593.5	19,053.9	2.8%
북아메리카	11,240.7	11,903.9	12,606.2	14,821.4	3.3%
중동&아프리카	7,672.2	8,124.9	8,604.2	13,093.7	8.8%
남아메리카	3,279.4	3,472.9	3,677.8	5,182.8	7.1%
총	62,365.0	66,044.6	69,941.2	92,147.9	5.7%

(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

- 수소 부문은 2014년에 10,445,350만 달러 상당의 가치가 있는 것으로 평가되었으며 2020년에는 14,956,630만 달러에 도달할 것으로 기대
- 아시아-태평양이 수소 부문의 가장 큰 시장이며 2014년 기준으로 4,250,100만 달러의 수익을 달성
- 메탄올, 합성가스 및 가스화 잔여물과 같은 제품의 회수 정제소로부터 요구가 증가하는 등 아시아-태평양 지역에서 수소에 대한 수요가 점차 늘고 있으며, 수소가 화석연료, 석탄, 천연가스의 대안 역할을 하기 때문에 앞으로 수소에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상

<표 2-2-4> 지역별 수소 시장 수익 규모 (단위: 백만 US\$)

응용 분야	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015~2020)
아시아-태평양	40,133.1	42,501.0	45,008.6	64,932.9	7.6%
유럽	23,363.9	24,742.4	26,202.2	30,887.3	3.3%
북아메리카	17,749.8	18,797.1	19,906.1	24,024.1	3.8%
중동&아프리카	12,200.0	12,919.8	13,682.1	21,308.1	9.3%
남아메리카	5,187.2	5,493.2	5,817.3	8,413.8	7.7%
총	98,634.1	104,453.5	110,616.2	149,566.3	6.2%

(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

- 현재, 수소의 88%가 직접적 사용자에게 의해 현장에서 생산되며, 직접생산(captive production)의 시장 동향은 전체 수요 생산 및 동향과 같은 방향
- 이탈리아에서는 5개의 가스화 플랜트가 운전 중인데 이 중 3곳이 발전과 수소를 생산하여 직접 자가 사용하는 것으로 알려져 있으며, 네덜란드 역시 정유공장 내의 직접 사용을 위한 수소를 생산 중
- 향후 5년 동안 아프리카와 아시아는 정유 생산 증가로 인하여 직접생산에 대한 의미있

는 성장을 보일 것으로 예상

<표 2-2-5> 제조타입 별 수소 소비 시장 규모 (단위: 킬로톤, kT)

Type	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015~2020)
직접생산(Captive)	53,549.9	56,709.4	60,055.2	76,166.1	4.9%
외주가공(Merchant)	8,815.1	9,335.2	9,886.0	15,981.8	10.1%
총	62,365.0	66,044.6	69,941.2	92,757.5	5.8%

(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

- 정제 부문은 2014년 기준으로 전체 소비의 28.5%를 차지하는 수소의 가장 큰 응용분야이며, 이 부문은 2015년에서 2020년 사이에 5.5 %의 CAGR로 성장할 것으로 예상되며, 모든 응용 분야 중 가장 높이 성장하는 응용 분야가 될 것으로 예상

<표 2-2-6> 응용분야별 수소 소비 시장 규모 (단위: 킬로톤, kT)

응용 분야	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015~2020)
정제	17,760.6	18,808.5	19,918.2	26,047.6	5.5%
암모니아	15,834.7	16,769.0	17,758.4	20,809.8	3.2%
메탄올	1,330.5	1,409.0	1,492.1	1,768.4	3.5%
기타	2,033.9	2,153.9	2,280.9	2,828.7	4.4%
총	62,365.0	66,044.6	69,941.2	92,147.9	5.7%

(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

- 정제 부문이 수소 시장에서 가장 높은 수익을 발생시키는 분야인 가운데 그 뒤를 암모니아가 잇고 있으며, 수소가 제조 분야에 널리 쓰이기 때문에 정유의 증가는 수소 시장 촉발을 의미

<표 2-2-7> 응용분야별 수소 시장 수익 규모 (단위: 백만 US\$)

응용 분야	2013	2014	2015	2020	CAGR (2015-2020)
정제	41,454.7	43,900.5	46,490.6	64,405.3	6.7%
암모니아	36,959.7	39,140.4	41,449.6	51,454.5	4.4%
메탄올	3,105.6	3,288.8	3,482.8	4,372.9	4.7%
기타	4,748.2	5,028.4	5,325.1	6,994.6	5.6%
총	86,268.2	91,358.0	96,748.1	127,227.3	5.6%

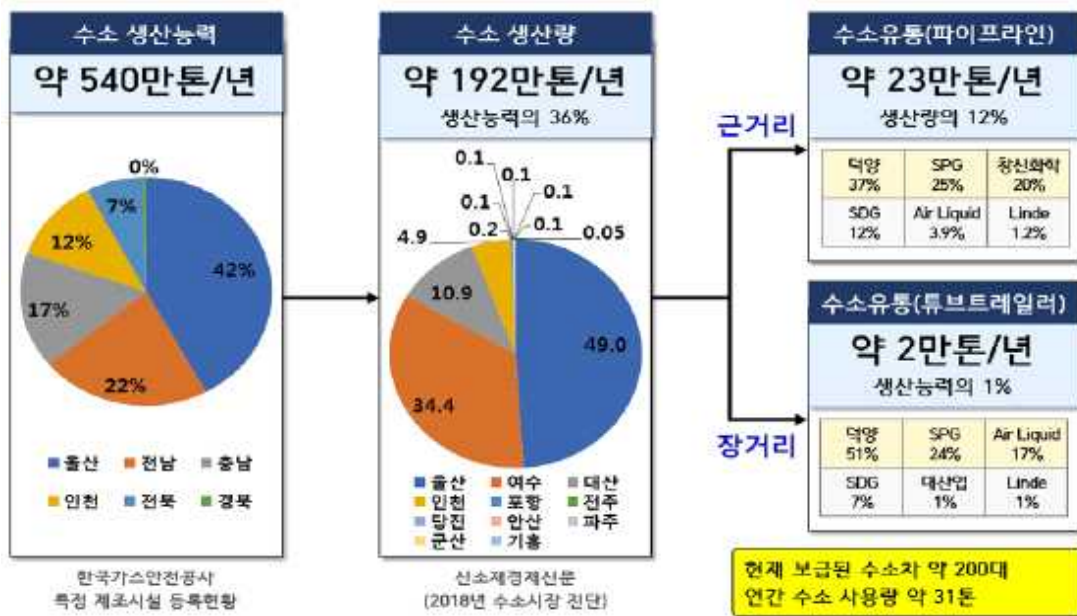
(출처: Syngas & Derivatives Market, Markets and Markets)

□ 국내 발생 석유 코크스의 고부가가치화 원료로서 활용 가능성 존재

- 우리나라에서 석유 코크스는 현대오일뱅크(주)에서만 생산(연간 25만~30만톤)이 발생되고 있으며, 현재는 주로 순환유동층연소보일러 연료로 사용되어 인근 공단에 스팀공급원으로 사용
- 본 기획에서 대상으로 하는 석유 코크스 합성가스 test-bed 플랜트 규모는 20톤/일급이며, 사업적용 규모는 최대 300톤/일(연간 조업일 300일 적용시 9만톤)로서 국내 연간 발생량을 최소 25만톤으로 보면 현대오일뱅크(주) 대산단지 한 곳에 2기의 상용 플랜트가 가능

□ 수소경제 시장

- 국내 수소는 주로 정유공정의 납사 분해 과정에서 생산되고 대부분 자체 소비
  - 연간 190~200만톤 수소가 정유 산업 납사 분해 공정에서 생산(울산지역에서 50% 이상 생산)
  - 87%는 정유공정 내부에서 자체 소비(13%가 외부에 유통)
  - 그 밖에는 대부분 산업용 화학 연료로 사용 중



[그림 2-2-20] 국내 수소 생산 및 유통 현황

(출처: 수소에너지 제조기술 현황과 이슈, KIER)

- 최근 정부는 수소에너지 시장 확대를 위한 여러 정책들을 발표하면서 수소경제의 강력한 의지를 표명
- 수소에너지는 미래 에너지믹스에 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 앞으로 수소 규모가 커지고 관련 기술개발의 향상 등으로 수소 경제성은 향상될 것으로 전망
- 정부는 수소경제 활성화 로드맵을 통해서 수소공급량을 2018년 13만톤/년, 2022년 47

만톤/년 2040년 526만톤/년으로 순차적으로 확대

- 수소가격은 2022년 기준 6,000원/kg, 2040년 기준 3,000원/kg으로 공급 목표
- 수소 공급 가격의 결정 요인
  - 생산 방법(개질, 가스화, Bio, 수전해)
  - 원료(천연가스, 석탄, 전기, 잉여 재생에너지, 바이오매스, 폐기물)
  - CCS 여부(CO<sub>2</sub> 배출권 확보)
  - 설비 규모
  - CSD(Compression, Storage, Distribution)
  - 수소충전소(현지 설치형, Trailer 운송형, 이동식, 융복합식)

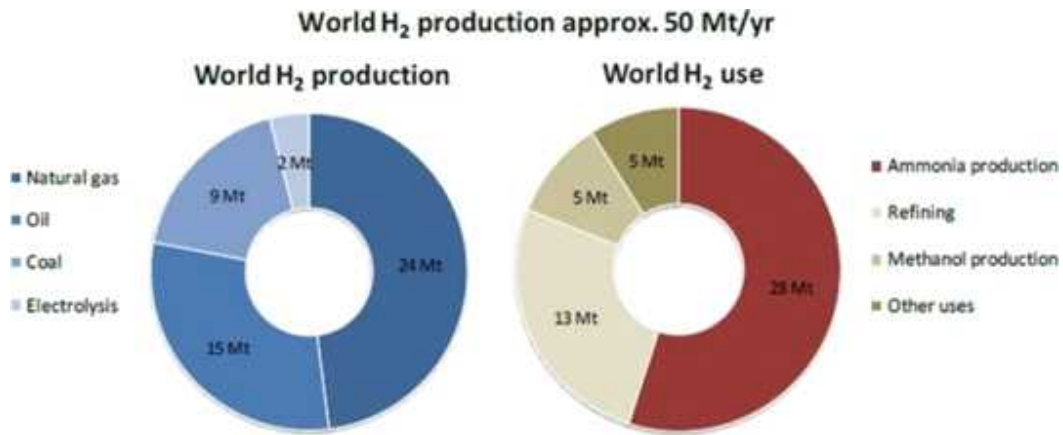
		2018년	2022년	2040년	
<b>목표</b>	<b>수 소 차</b> (수출) (내수)	<b>1.8천대</b> (0.9천대) (0.9천대)	<b>8.1만대</b> (1.4만대) (6.7만대)	<b>620만대</b> (330만대) (290만대)	
	<b>연 료 전 지</b>	<b>발전용</b> (내수)	<b>307MW</b> (전체)	<b>1.5GW</b> (1GW)	<b>15GW</b> (8GW)
		<b>가정·건물용</b>	<b>7MW</b>	<b>50MW</b>	<b>2.1GW</b>
	<b>수 소 공 급</b>		13만톤/年	47만톤/年	526만톤/年 이상
	<b>수 소 가 격</b>		-	6,000원/kg	3,000원/kg

[그림 2-2-21] 수소경제 활성화 로드맵 - 주요 목표

- 국내의 경우, 세계 10위 수준의 에너지소비국인 동시에 해외 에너지원에 대한 의존율이 97%에 이르고 있어, 에너지 자립에 기여할 지속가능한 수소에너지 개발은 지속적으로 이루어져야 할 필요성 부각

**□ 수소시장 확대에 따라 합성가스나 개질가스의 정제 및 고순도 수소 분리시장도 증가할 것으로 전망**

- 현재 세계 수소시장규모는 208억\$(자체소비량 230억 포함 총 438억\$)로 이중 천연가스, 납사 등 화석연료부터 생산되는 세계 수소량은 95% 이상
- 셰일가스의 영향으로 개질가스를 이용한 수소 생산은 지속적으로 증가 예상되며, 이에 따른 개질가스의 정제시장 규모도 증가할 것으로 예상
- 개질가스뿐만 아니라 바이오가스나 폐기물, 바이오매스, 코크스 등으로부터 수소 생산 규모가 점차 증가할 것으로 전망되며, 이에 따른 합성가스와 바이오가스의 정제시장과 고순도 수소 분리시장도 증가 예상

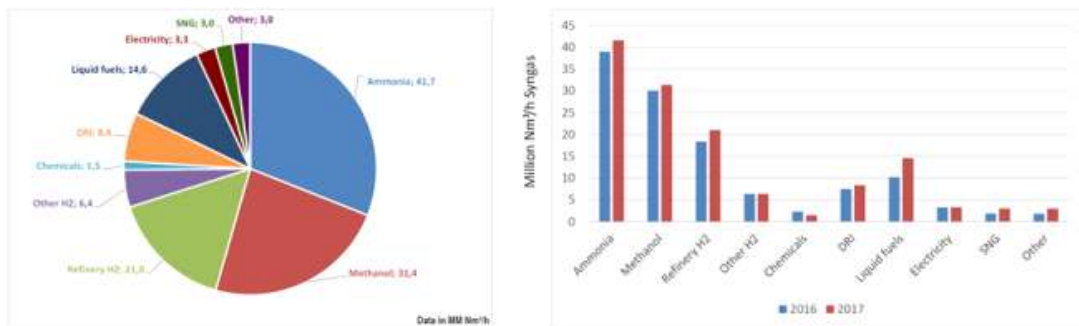


[그림 2-2-22] 세계 수소 생산 및 소비량

(출처: www.innovationtoronto.com, A green, safe, efficient and inexpensive hydrogen production system that operates at room temperature in air, 2016.)

□ 합성가스에서 추출되는 수소량은 점차 증가 추세

- 2017년 기준 전세계 합성가스 생산 규모는 약 132백만 Nm<sup>3</sup>/h이며, 합성가스로부터 수소생산량은 약 27백만 Nm<sup>3</sup>/h 정도



[그림 2-2-23] 2016년 및 2017년 전세계 합성가스에서 생산된 수소량 (출처: Chris Higman, GSTC Syngas Database: 2017 Update, Gasification & Syngas Technologies Conference, 2017)

□ 합성가스로부터 수소 대량 생산 시장은 이미 상용화 되어 보급 중

- 천연가스 개질, 바이오매스 가스화를 통해 대량의 합성가스를 생산한 후 수소를 생산하여 이용하는 기술은 이미 상용화되어 보급 중으로 대부분 정유공장에서 소요
- 기존 대용량 합성가스 정제 및 수소 분리 기술은 대부분 미국, EU의 기술에 의존

□ 저가화, 고효율화에 초점을 맞춘 정제 및 분리설비에 대한 요구 지속적으로 증가

- 경제성 있고 효율이 높은 정제 및 분리 설비의 보급을 시장에서 지속적으로 요구할 것으로 예상되며, 저가화·고효율화에 초점을 맞춘 기술개발이 진행 및 시장 진입 중
- 중국 Xebec사의 경우 로터리 형태의 PSA 기술을 개발하여 상용화 진입 중
- 미국 UOP사의 경우 모듈화된 수소 분리막을 개발하여 상용화 적용 중

□ 국내 시장 현황

- 2016년 국내 수소 생산량은 약 164만톤으로 대부분 자체 소비되고 약 14%인 23만톤 정도가 외부 유통 및 관계 업체에 판매
- 국내 생산되는 수소의 주요 용도는 화학공업의 원료물질, 탈황, 포화탄화수소 제조 등 매우 다양하며, 덕양, SPG케미칼, 에어리퀴드, 린데, 대성산업가스 등이 대표적인 제조 및 판매 업체
- 국내 수소 공급단가는 배관, 튜브트레이러 등 공급방식과 공급량에 따라 달라지며, 대략 kg당 4,000원 내외

<표 2-2-8> 국내 산업용 수소 총 공급가능량 (출처: 에너지공단, 신재생에너지백서, 2016)

업체명	원료공급처	지역	제조방식	생산능력(m <sup>3</sup> /h)		
				2014	2013	2012
덕양	한화석유화학	여수	소금물분해	35,000	35,000	20,000
	SK	울산	나프타분해	10,000	10,000	10,000
	삼성정밀화학	울산	소금물분해	15,000	15,000	9,000
	삼성토탈	서산	나프타분해	9,000	9,000	9,000
	태광화학	울산	프로판탈수소	14,000	14,000	7,000
	LG화학	여수	소금물분해	11,000	11,000	-
	백광화학	군산	소금물분해	5,000	5,000	5,000
		여수	소금물분해	1,500	1,500	1,500
	롯데케미칼	서산	나프타분해	3,000	3,000	3,000
		여수	나프타분해	3,000	3,000	-
삼성BP화학	울산	나프타분해	2,500	2,500	2,500	
덕양*1	울산	NG분해	50,000	-	-	
	소계			159,000	109,000	67,000
SPG케미칼	SPG케미칼	안산	메탄올개질	2,000	-	-
	롯데케미칼, LG화학	여수	나프타분해	45,000	40,000	40,000
		대산	나프타분해	10,000	4,000	4,000
	삼성토탈	대산	나프타분해	-	2,000	2,000
	삼성BP화학	울산	나프타분해	3,000	2,000	2,000
	이수화학	울산	프로판탈수소	-	1,000	1,000
	효성	울산	나프타분해	-	1,000	1,000
	소계			60,000	50,000	50,000
에어리퀴드	에어리퀴드1	여수	나프타분해	15,000	7,000	7,000
	에어리퀴드2	여수	나프타분해	38,000	38,000	38,000
	소계			53,000	45,000	45,000
린데	LG화학	대산	나프타분해	9,000	9,000	9,000
	삼성	기흥	CNG개질	1,600	1,600	1,600
	린데	포항	나프타분해	1,200	1,200	1,200
	포스코	포항	코크스	300	300	300
	소계			12,100	12,100	12,100
SDG	대한유화	울산	나프타분해	5,000	6,000	6,000
	태광산업	울산	나프타분해	3,000	-	-
	효성	울산	나프타분해	2,000	-	-
	소계			10,000	6,000	6,000
대성산업가스	대성산업가스	과주	메탄올	2,000	2,000	2,000
창신화학	롯데케미칼,	서산	나프타분해	3,200	2,800	-

	LG화학			
	총계	299,300*2	226,900	182,100

\*1.2014.7.1.일 완공된 덕양의 수소제조공장에서는 천연가스 개질로 부생되는 이산화탄소를 하루 300톤 공급 가능, 현재는 LPG의 가격이 낮아짐에 따라 공정을 보완하여 LPG 개질 수소제조공정으로 운용중임. 동일 용량의 공정을 1기 증설 중

\*2.총 유통가능량: 299,300 m<sup>3</sup>/h은 24시간, 년 330일 가동을 기준으로 본다면 211,647톤H<sub>2</sub>/년에 해당됨.  
(출처: 신소재경제신문, 2014.7.1.)

#### □ 국내의 수소 생산

- 국내의 경우 주로 나프타분해나 소금물전기분해 또는 천연가스개질 등으로 수소를 생산
- 이 중 나프타전기분해가 54.1 가장 비율이 높고 소금물전기분해에 의한 방식이 22.6%, 천연가스개질에 의한 방식이 17.2%임

<표 2-2-9> 국내 유통되는 수소의 생산공정별 비율

공정	생산능력 (m <sup>3</sup> /h)	비율(%)
나프타분해	161,900	54.1
소금물전기분해	67,500	22.6
천연가스개질	51,600	17.2
프로판 탈수소화	14,000	4.7
메탄올개질	4,000	1.3
COG	300	0.1
합계	299,300	100

(출처: 에너지공단, 신재생에너지백서, 2016)

#### □ 국내의 경우 대부분 국외기술을 도입하여 수소 생산

- 국내 적용되고 있는 수소 분리 설비의 경우, 덕양에서 국내 개발된 기술을 일부 시설에 적용한 것 이외에는 대부분 국외기술을 도입
- 천연가스나 COG 가스로부터 수소 생산을 위해서는 정제 설비가 필요하며, 국외기술을 적용하여 수소를 생산 중

#### □ 수소 경제시대 진입에 따른 수소 생산시설 국산화 필요성 증대

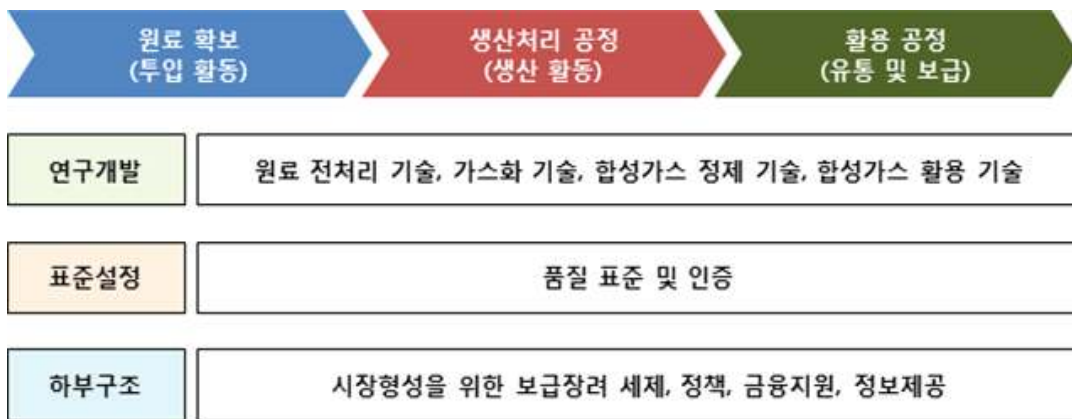
- 수소 경제시대 진입에 따라, 유통 수소의 생산량을 2040년 526만톤으로 확대하고, 대량 안정적 공급으로 수소 가격을 3,000원/kg 이하로 공급 계획
- 저가의 수소를 대량 공급하기 위해 수소 공급원 다양화, 생산시설 저가화 및 국산화 등이 필요하며, 합성가스로부터 수소를 저가로 생산하기 위해서는 정제 및 분리 설비의 저가화 및 국산화 개발이 필요

## 5. 생태적 환경 분석

### 5.1 세부기술별 Value Chain 분석

#### □ 석유 코크스 /석탄/폐기물/바이오매스 합성가스 활용 플랜트 산업의 가치사슬 구조

- ‘원료 확보(투입 활동)’ → ‘생산처리 공정(생산 활동)’ → ‘활용 공정(유통 및 보급)’으로 구분
- 원료 확보 단계에서는 발생원에서 원료를 수집하여 처리시설까지 운반한 후 저장하는 일련의 과정으로 수행되며, 바이오매스의 경우는 장기적으로 볼 때 바이오매스의 생산 과정을 포함
- 생산 공정 단계에서는 선별, 파쇄, 건조 등의 전처리 과정과 가스화를 통한 합성가스 생산 과정 그리고 최종 활용처의 품질 요구사항에 맞게 오염물질을 처리하는 합성가스 정제과정으로 수행
- 활용 공정 단계에서는 가스엔진, 가스터빈, 증기터빈 등을 통한 전기 생산과 에탄올, 메탄올, FT 합성을 통한 화학물질 생산 그리고 전기 및 화학물질의 병산으로 구분되며, 정제/전환/변환 등의 과정을 거쳐서 수소를 생산 가능
- 원료 확보의 경우 지자체, 폐기물 중간처리업체, 산림조합, 공기업 등이 수행할 수 있으며, 생산 처리 공정 및 활용 공정은 가스화 플랜트 엔지니어링사, 건설사, 화학기업 등이 수행할 수 있으며, 이러한 가치사슬 일련의 활동이 유기적으로 연결 필요
- 또한 합성가스 생산, 정제, 활용 등 일련의 가치사슬 활동에 대한 연구개발과 가치사슬 전 과정에 걸친 품질 표준 및 인증 활동의 표준 설정 그리고 안정적 시장형성을 위한 보급 장려, 세제, 정책, 금융지원, 정보제공 등의 기타 하부 활동이 포함



[그림 2-2-24] 합성가스 활용 산업의 가치 사슬(Value chain)

#### □ 합성가스/개질가스 정제 플랜트 산업의 가치사슬 구조

- 합성가스/개질가스 정제 플랜트 산업의 가치사슬 구조는 ‘흡수/흡착 물질 제조’→‘제거 공정’→‘후처리 공정’으로 구분

- 흡수/흡착 물질 제조 단계에서는 합성가스/개질가스에 함유된 산성가스, 분진, 미량성분 등을 효과적이고 에너지소비가 적으면서 수소 생산에 문제가 없도록 제거하는 흡수/흡착 물질을 개발 및 제조하는 것이 관건
- 제거 공정 단계에서는 개발된 흡수/흡착 물질을 이용하여 산성가스, 분진, 미량성분 등을 제거하기 위한 최적 공정과 운전제어 기술을 개발하고, 흡수/흡착 물질의 재생 또는 재순환 활용을 위한 제반적인 과정을 포함
- 후처리 공정 단계에서는 재생/재산환 단계에서 발생하는 환경오염물질의 안정적인 처리를 위한 전반적인 과정을 포함
- 흡수/흡착 물질의 제조/개발의 경우 대학, 연구소, 중소기업 등이 수행하며, 제거 공정은 엔지니어링사, 중공업사, 건설사 등이 수행하고, 후처리 공정은 엔지니어링사, 중공업사, 중소기업에서 수행하도록 하면서, 이러한 가치사슬 일련의 활동이 유기적으로 연결이 필요
- 또한 일련의 가치사슬 활동에 대한 연구개발과 가치사슬 전 과정에 걸친 품질 표준 및 인증 활동의 표준 설정 그리고 안정적 시장형성을 위한 보급 장려, 세제, 정책, 금융지원, 정보제공 등의 지원 활동 포함이 필요

#### □ 수소 분리 플랜트의 가치사슬 구조

- 수소 분리 플랜트의 가치사슬 구조는 ‘소재 제조’→‘분리 공정’으로 구분
- 소재 제조 단계에서는 에너지 소비가 적고 고효율로 수소를 분리하는 소재와 내구성이 우수한 모듈을 제조 및 개발하는 것
- 분리 공정 단계에서는 소재 및 모듈을 이용하여 고순도 수소를 분리하기 위한 최적 공정과 운전제어 기술을 개발하는 과정을 포함
- 소재/모듈 제조의 경우 대학, 연구소, 중소기업 등이 수행하며, 분리 공정은 엔지니어링사, 중공업사, 건설사 등이 수행하면서, 이러한 가치사슬 일련의 활동을 유기적으로 연결함이 필요
- 또한 일련의 가치사슬 활동에 대한 연구개발과 가치사슬 전 과정에 걸친 품질 표준 및 인증 활동의 표준 설정 그리고 안정적 시장형성을 위한 보급 장려, 세제, 정책, 금융지원, 정보제공 등의 지원 활동 포함이 필요

## 5.2 세부기술별 국내 Supply Chain 분석

<표 2-2-10> 합성가스 생산 기술 국내 Supply chain

분야	업종	기업	중소/중견기업 공유 가능 여부
합성가스 플랜트	EPC	한라산업개발	
		대우건설	
		현대건설	
		대림산업	
		포스코건설	
	설계/건설	한솔이엠이	

	합성가스활용	롯데비피화학	초산생산에 활용 가능
	연구개발	고기원 에기연	
연료 전처리/공급	전처리 설비, 공급 설비	영진기계	상용급 합성가스 플랜트에 국내 기자재 활용으로 사업성과물 중소/중견기업 공유 가능 분야
		서흥인테크	
		슈레텍	
		성한기계	
한라산업			
산소, 질소	대성산업개발		
연구개발	고등기술연구원		
	에너지기술연구원		
가스화	EPC	포스코건설	
		코오롱글로벌	
		대우건설	
	엔지니어링, 가스화기 제작	한라산업개발	
		한솔이엠이	
	ATS	순산소 가스화기 제작 가능	
분류층(건식/습식), 고정층 가스화 연구개발	고등기술연구원		
	에너지기술연구원		
	생산기술연구원		
합성가스 정제	EPC	대우건설	
		현대건설	
		포스코건설	
	저온탈황	롯데비피화학	상용급 합성가스 플랜트에 국내 기자재 활용으로 사업성과물 중소/중견기업 공유 가능 분야
	필터	필텍	
		두리FS	
	전기집진	KC코트렐	
	엔지니어링, 반응기 제작	CES	
CGT			
연구개발 (저온탈황/고온탈황 등)	전력연구원		
	고등기술연구원		
	에너지기술연구원		
합성가스 활용	가스엔진 발전	대우과워	
		테너지	
		하나티이씨	
	SNG	가스공사	
		포스코	
초산	롯데비피화학		
운영/제어/ 모니터링	각종 제어/계측 시스템	LG산전	
		삼우인스텍	
		동우엔	
		모아정보기술	
		사우엔	
		보성기전	
		동화이앤아이	
	신한 ENG		
	시스템 설치 및 운영	롯데비피화학	
		한라산업개발	
소재/부품	내화재	조선내화	상용급 합성가스 플랜트에 국내 기자재 활용으로 사업성과물
		원진	

	촉매	코캣	중소/중견기업 공유 가능 분야
	버너	컴버스텍	
	필터	필텍	
		두리FS	

<표 2-2-11> 고도정제 기술 국내 Supply chain

분야	업종	기업	중소/중견기업 공유 가능 여부
합성가스 고도 정제	EPC	대우건설	
		두산중공업	
		포스코건설	
	탈황	KC코트렐	
		가스기술공사	
		PTK	
	집진	태린	
		금호환경	
		에너지기술연구원	국내 기자재 활용 고유기술 개발 및 기술이전을 통해 사업성과물의 중소/중견기업 공유 가능 분야
		과학기술연구원	
	고등기술연구원		
	연구개발(집진/탈황)	에너지기술연구원	
		과학기술연구원	
고등기술연구원			
전력연구원			

<표 2-2-12> 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 국내 Supply chain

분야	업종	기업	중소/중견기업 공유 가능 여부	
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리	EPC	대우건설		
		두산중공업		
		포스코건설		
	PSA	젠스엔지니어링		
	분리막	에어레인		
	연구개발 (PSA/분리막)	가스공사	국내 기자재 활용 고유기술 개발 및 기술이전을 통해 사업성과물의 중소/중견기업 공유 가능 분야	
		에너지기술연구원		
		고등기술연구원		
과학기술연구원				
화학연구원				
수성가스전환공정	연구개발	한국에너지기술연구원		
		고등기술연구원		
		RIST		

## 6. 정책적 환경 분석

### 6.1 국정과제 분석

#### □ 국내에서 최근 관계부처 합동으로 수소경제 활성화 로드맵 발표

(출처: 수소경제 활성화 로드맵, 관계부처 합동, 2019. 01)

- 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제 체제로 전환을 계획
  - 새로운 성장동력으로 미래경제의 핵심 + 친환경 에너지 혁명
- 수소경제 활성화 국가 비전으로서 ‘세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약’으로 제시
  - 수소차·연료전지 세계시장 점유율 1위 달성
  - 화석연료 자원 빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입

#### □ 최근 수소경제 활성화 계획 발표(2019년 1월 17일)

- 혁신성장 관계 장관회의(2018년 8월 13일)에서 전략투자 방향으로 3대 전략 투자분야 선정
  - 1) 데이터, 블록체인, 공유 경제, 2) AI (인공지능), 3) 수소경제
- 산업부, 기재부, 과기부 등 관계부처가 참여하는 수소경제 추진위원회 구성
  - 수소경제 활성화 계획 총괄 전문위 (산학연 전문가 30여명 참여)
  - 생산, 저장/운송, 활용-1(수송), 활용-2(발전/산업)에 이르는 총괄적인 수소경제와 관련된 계획 수립 중

#### □ 정부차원에서 추진된 플랜트 산업 관련 지원정책과 중장기 계획

- 2007년 이후 다양한 계획이 발표 추진됨.
  - ‘박근혜 정부 10대 국정과제’ (2013. 02)
  - ‘엔지니어링 산업진흥 기본계획 (2012-2016)’ (2012)
  - ‘해양플랜트산업 발전방향’ (2012)
  - ‘엔지니어링 산업 발전방향’ (2010)
  - ‘플랜트 수주 확대 및 경쟁력 제고방안’ (2009)
  - ‘해외플랜트 수주동향 및 지원시책’ (2007)
- 플랜트 수주확대 및 경쟁력 제고방안(2009)의 세부내용에서 추진/미추진된 내용을 아래 표로 정리

<표 2-2-13> 플랜트 산업 분야별 주요 정부 지원 사업추진 내용

분야	세계시장 전망	우리 기술수준	중점 개발기술	이후 사업추진 내용
① Oil and Gas	·세계 Oil&Gas 수요 증가 ·플랜트 발주 지속 증가전망('10년 세계시장규모 846억불 전망)	·주요 플랜트 원천기술 미보유	·가스액화 및 합성공정(GTL) 기술	·국토부 기획만 수행 ·소규모 산업부 사업('17) 종료
			·FLNG 등 플랜트 기본설계기술	·국토부 LNG플랜트사업단 사업('20) 종료 예정
② 담수	·물부족 현상심화 및 유가 상승으로 수요 급증 ·'10년 69억불 전망	·중발식: 세계 1위 ·역삼투식:분리막 등 일부기술만 확보 ·핵심기자재 국산화율 저조	·중발식이 아닌 역삼투식 원천기술 개발	·국토부 해수담수화사업단 사업('18) 종료
③ 원전	·현재 전세계 440기 정도 ·'30년까지 약 310기 신규건설 전망('08, IEA)	·해외기술 도입 국산화 후 자체기술화	·한국형원전 설계, 제작, 건설, 운영기술	·한국형 원전기술 해외수출
④ 화력발전	·발전플랜트는 세계플랜트시장의 50% 차지 ·신흥국의 전력 수요 증대로 지속성장 예상	·현존 세계 최고수준의 火電 기반기술 획득 ·상용화 미실현	·초초임계형(USC) 고효율 석탄발전기술	·USC기술 국산화 사업 결과물을 1 GW급 건설
⑤ 석탄 가스화 복합발전		·설비 제작기술 경쟁력 有 ·상용화 설계능력 부족	·300MW급 IGCC 발전플랜트 기술 ·국내고유 가스화기술	·IGCC사업단('06-'17) 통한 태안 300 MW급 IGCC발전소 건설 운영 중
⑥ 해양	·원유가격 하락, 셰일가스 부상으로 시장 축소 ·극한지역 특수시장은 확대 예상	·해양플랜트 고부가가치 플랜트분야는 국내 중공업 3사가 경쟁력 확보 ·자체 고유기술 미흡으로 고부가가치화 실패	·심해 원유채굴선, 천연가스 선박에서 변환 플랜트 등	·해양플랜트 부품기술개발 지원

- 2009년 계획된 플랜트 중점분야에서 가스액화와 GTL을 제외한 분야는 집중 지원이 되어 결과를 도출

## 6.2 국내외 트렌드 분석

### □ 에너지플랜트는 원유, 천연가스, 석탄 가격 변화에 민감한 분야로 상호 보완적 관계

- 미국 셰일가스 대량생산과 2014년부터 유지되고 있는 저유가는 에너지플랜트 건설시장의 투자 감소를 유발하여 대규모 사업은 당분간 예전 수준을 회복하기가 쉽지 않을 전망
- 에너지수요가 급증하고 있는 개발도상국들에서는 자국 내 가용한 값싼 자원을 활용하여 늘어나는 전기 등 에너지수요에 대응하려는 수요는 매우 커지고 있는 상황
- 하지만, 이를 수용할 저렴하고 신뢰도 있는 기술은 아직 체계적으로 취합되지 못하여, 결과적으로 상용화 되지는 못하고 있는 실정

### □ 기후변화 대응 신기후 체제 급속 진입 시작

- CO<sub>2</sub> 저감 의무화/강제화 추세
  - \* 미국 및 EU는 이미 신규 석탄화력 발전소 건설은 반드시 CO<sub>2</sub> 포집 저감에 대한 대안을 제시해야만 하는 쪽으로 진행되고 있으며, 신규 석탄 화력에 대해 CO<sub>2</sub> 발생 기준 대비 50%이상 저감 의무화 추세가 시작
  - \* 기존 환경오염물질로서 규제 대상이었던 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 미세먼지 등에 대한 강화된 기준 적용 추세가 시작되었는데, 중국은 자국 내 심각한 대기오염 문제로 저감과 청정화가 강화되고 있으며 한국도 PM2.5 미세먼지 저감에 강화된 기준이 2018년부터 적용 시작이 예상
- 풍력, 태양광 등 재생가능에너지원 확대
  - \* 국제에너지기구가 발표한 2015년 전 세계의 전기 생산량을 보면, 석탄발전 39%, 신재생 에너지가 23%이고, 2021년에는 신재생에너지의 점유율이 28%에 달할 것으로 예상, 특히, 2021년이 되면 신재생에너지를 통한 전기 생산량이 7,600 TWh로 증가가 예측되는데 이 규모는 미국과 유럽연합(EU)에서 생산된 전력을 합친 수준의 양
- 석탄 등 화석연료 사용 시 지속가능성 강조되는 추세
  - \* 지구환경에 부정적 영향을 적게 주는 지속가능한(sustainable) 물건과 서비스가 강조되는 사회에 점차 진입하고 있으며, 인도와 아프리카 등 개발도상국에서도 이에 대한 인식이 고조되고 있으므로 에너지플랜트 건설시 매우 중요한 고려사항
- CO<sub>2</sub> 포집 자원화 (Carbon Capture & Utilization) 부각
  - 지구온난화를 저감하기 위해서 CO<sub>2</sub>를 적게 배출하는 고효율 에너지플랜트를 넘어서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 포집하여 유용한 물질로 변환 활용하는 기술개발과 실용화에 대한 관심이 급격히 높아지고 있는 추세
  - 아직 CO<sub>2</sub> 포집 자원화 단계에서 에너지와 비용이 너무 많이 소요되어 기존 방식대비

경제성이 없으므로 이를 극복하려는 노력이 이루어지고 있는 상황

- 심지어 미국 캘리포니아 주에서는 포도주 생산 발효과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 포집하여 calcium carbonate (분필 원료)를 생산하는 실제 공정이 시험되는 등 이전에 생각했던 시기보다 실제 작은 규모로도 실용화 적용되는 사례가 앞으로 5~10년 사이에 크게 증가할 것으로 확실히 전망

#### □ 저유가 시대 지속에 따른 에너지 분야 변혁 예고

- 미래 저유가 지속 여부에 따라 미래 에너지플랜트 건설시장의 방향 변혁 가능
  - 미래 원유가 예측은 아래 상충되는 대표적 논리에 따라 이루어지지만, 원유 생산국가 석탄, 폐기물 등 자원 대비 제한된 관계로 이들 국가의 정치군사적 등 예측 못할 상황 발생 시 매우 불규칙
  - ‘석유수요 증가세 급속 둔화에 따른 저유가 지속 가능성’ vs. ‘원유 개발투자 감소로 공급능력 부족으로 중단기적 원유가격 상승 가능성’이 작용



[그림 2-2-25] 1946~2016년 기간의 원유가격 변동 추이

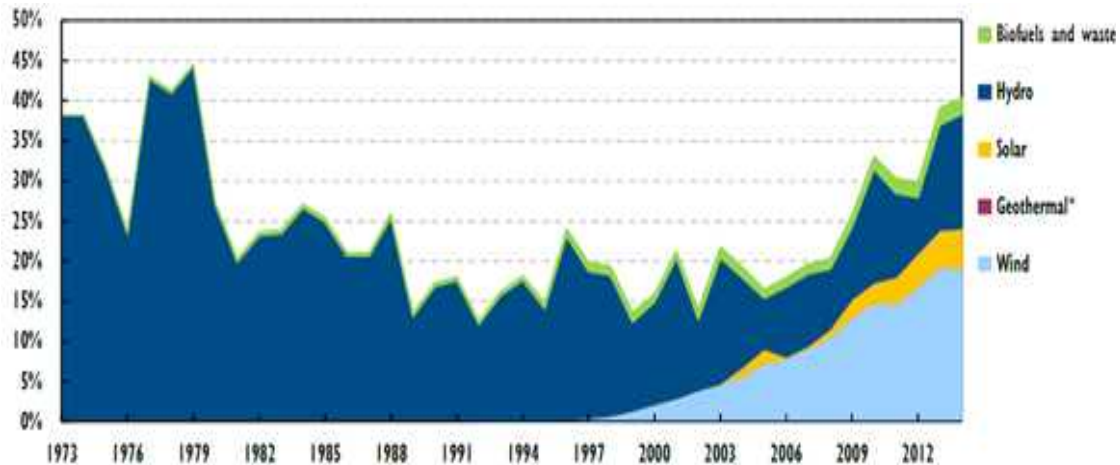
(출처: <http://www.tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>)

- 국제 정치적 요인 등에 대비한 최악의 시나리오 대응 능력 보완이 요구되는 추세
  - 한국과 같이 1차 에너지를 96% 수입하는 경우에는 최악의 시나리오를 가정하여 에너지설비를 준비함이 필요하고 이러한 방향이 기술개발과 에너지원 확보 측면에서 고려 필요
  - 자국 내 보유한 저급 에너지자원 활용 타당성 조사가 인도, 터키, 폴란드, 남아공 등 OECD 국가 외 여러 나라에서 심도 있게 진행 중
- 석유수요 둔화와 전기수요 증가 가능성에 대한 대응 필요
  - 세계적으로 석유수요 증가세가 예상보다도 빠른 속도로 둔화되고 있다고 보고되고 있

- 는데, 자동차 연비의 향상과 전기차 등 석유 대체 에너지의 확대가 주요 요인으로 분석
- 전기수요는 선진국과 개발도상국을 망라하여 지속 증가가 확실시되며, 수요자 인근에서 공급하는 분산형태가 확산 예상

□ 재생가능에너지의 실제 적용과정에서 시행오차 발생 및 조정 단계

- 보조금에 의한 재생가능에너지 확대의 한계
  - 스페인의 경우를 보면, 풍력과 태양광에서 전기를 생산하는 회사들은 2013년까지 재생가능에너지 생산 전기에 대한 높은 보조금으로 두 자리 수의 투자회수율(Return on Investment)을 거두었지만 이는 국가재정에 큰 부담이 되어, 2013년 7월 투자회수율을 기존과 신규 재생가능에너지 전기생산업에 각 7.4%와 7.5%의 상한 설정하여 시행
  - 스페인의 풍력/태양광 전기에 대한 FIT(Feed in Tariffs) 금액은 총 2,000억 유로로 2014년부터 20년간 1,430억 유로 소요 예상  
(출처:<https://stopthesethings.com/2014/06/02/spains-renewable-energy-disaster-draws-to-a-close/>)
- 스페인의 풍력발전 설비 용량은 22,988 MW이며, 2015년 이후 신규설치 사례는 없는 것으로 조사
  - 스페인 정부는 태양광 파크에 투자시 14%/년 투자회수율을 약속하고 미국 등 투자 유치
  - 스페인의 태양광 발전량은 2007년 53 GWh에서 2010년 313 GWh로 크게 증가하였으며, 2016년 1분기 전기생산 123,692 GWh는 풍력 23.6%, 수력 20.4%, 태양광 3.1%, 태양집광 1.9%, 원자력 22.7%에서 생산

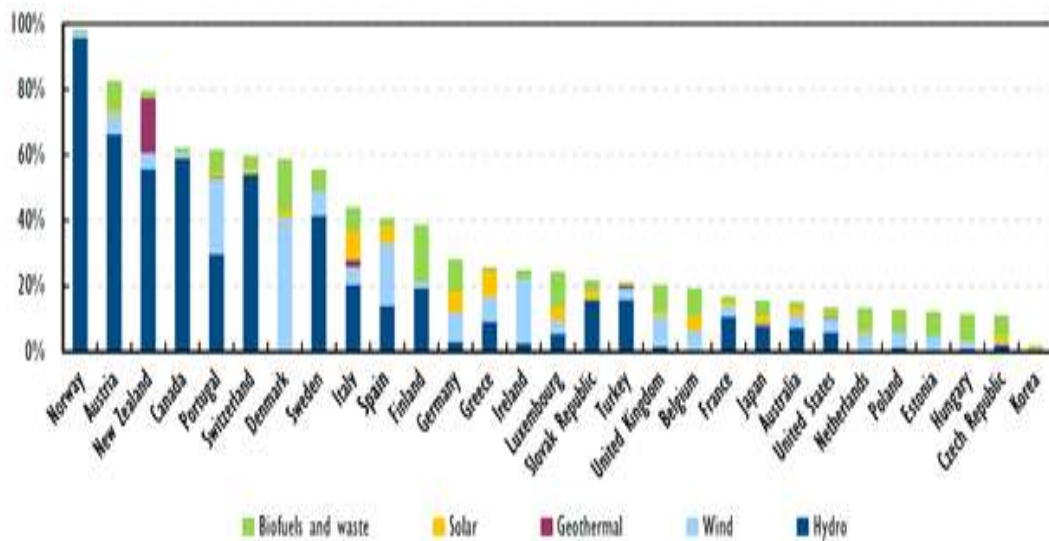


[그림 2-2-26] 스페인의 1차 에너지원에서 재생가능에너지 원별 퍼센트의 1973-2014년 변화 추이 (출처: Energy Policies of IEA Countries - Spain 2015 Review, IEA, 2015, p.125)

- 신재생에너지원 + ESS 시스템 상용화까지 상당한 비용과 기간 소요가 예상
  - 한국에서 중점 개발되고 있는 신재생에너지원 + ESS는 경제성 있도록 개발되면 매우 바람직한 방향이지만, OECD 국가 등 선진국 외 개발도상국에 적용되려면 상당한 시

행오차와 저렴화 단계가 필요

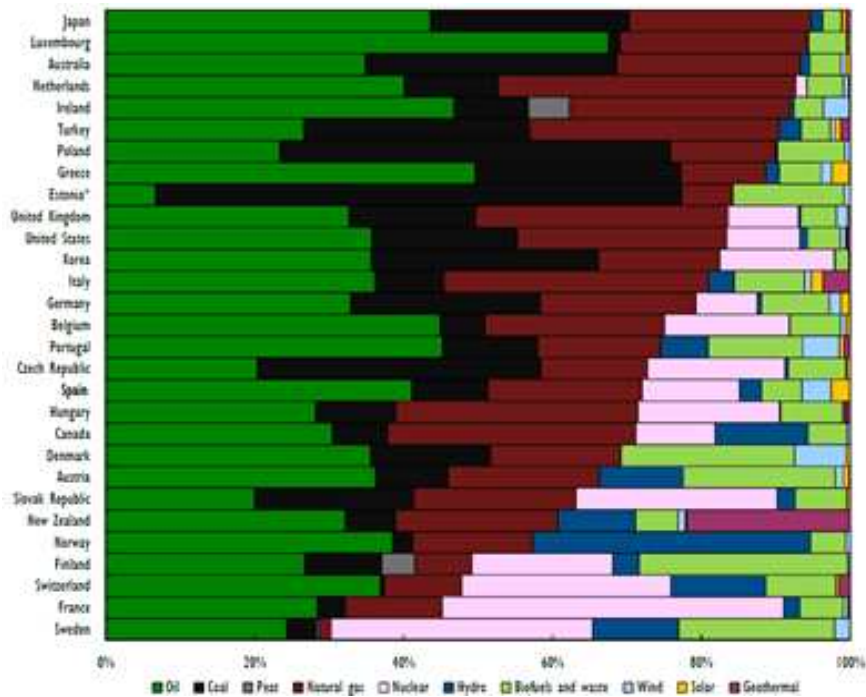
- 개도국 등 투자재원이 부족한 지역에는 적절한 기술개발 이후에도 실제 적용까지는 상당한 기간 소요가 예상
- 개도국들의 신재생에너지 건설비용 상당기간 부담 어려움 지속
  - 개도국들은 소규모 저렴한 태양광, 폐기물 등 신재생에너지원 개발 이외 선진국의 재생가능에너지를 본격 활용하기에는 아직 고가인 관계로 폐기물, 폐바이오매스 등 자국 내 가용한 에너지를 저렴하게 에너지화하는 신재생 플랜트 설비에 많은 관심이
- 한국은 재생가능에너지가 세계 평균치에 도달하려면 상당한 보조금과 에너지원 확보가 관건
  - 한국은 OECD 국가 중 재생가능에너지를 통한 전기생산 비율은 거의 꼴찌 수준이면서 이 전기도 거의 대부분이 폐기물에서 생산되는 양



[그림 2-2-27] 주요 국가별 전기생산량 중 재생가능에너지에서 생산 비율 (2014년 자료) (출처: Energy Policies of IEA Countries - Spain 2015 Review, IEA, 2015, p. 126)

#### □ 자국 에너지자원 활용 에너지 자급률 확보 신보호주의 확대

- 자국 내 저렴한 에너지원 활용도 제고를 통한 에너지 해외의존도 저감과 자국 산업육성 추세
  - 셰일가스를 통해 에너지원 가격이 낮게 유지되고 있어 다양한 에너지원을 스폿시장에서 구입함으로써 경제성을 높일 수 있지만 외부에 과다 의존의 불안감은 상존
  - 터키, 우크라이나 등의 러시아 천연가스 의존에 따른 수급 불안과 같은 상황을 피하려는 노력이 각국별로 지속
- 대부분 석탄을 사용하여 합성천연가스화에 관심이 많으나, 투자비용이 많아 실제 구현 사례는 제한적
  - 해외 수입에 의존하는 1차 에너지원을 자국 에너지자원으로 대체하려는 욕구는 상존하나, 기술적으로 안정되면서 저렴한 에너지플랜트 기술은 매우 부족한 상태



[그림 2-2-28] 주요 국가들의 1차 에너지 원료별 비중 (2014년 자료)  
 (출처: Energy Policies of IEA Countries - Spain 2015 Review, IEA, 2015, p. 17)

- 자국 탄광 폐쇄 어려워 고가라도 사용 원하는 사례(폴란드, 남아공 등)가 다수
  - 한국도 경험한 바와 같이 석탄산업 폐쇄 시 발생할 실업과 지방지역 경제약화 등 요인으로 석탄수요 축소 시 상당량의 석탄채고가 발생함을 참고 가능
  - 폴란드, 남아공은 매년 남는 자국 석탄을 사용 합성천연가스 등을 생산하여 수입되는 원유나 천연가스를 대체 희망
- 각국이 보유한 에너지자원은 지금까지 경제적 활용이 어려웠던 저급자원인 폐기물과 바이오매스가 핵심 대상이며, 일부 국가의 경우 석유 코크스가 대상이 될 수 있고, 장기적으로는 해외에서 석탄이 대상으로 가능
  - 자국 에너지원 활용 원하는 대상: (인도, 터키) 회분함량이 40-50%에 달하는 저급석탄, (호주) 호주 북부에 위치한 갈탄과 폐바이오매스, (인도네시아) 채굴이 어려운 지역의 석탄
  - 채굴로는 경제성이 아주 부족하거나 전혀 없는 석탄층에 대해서는 미래에는 지중석탄 가스화 기술을 적용할 수 있으므로 장기적으로 활용 가능성 모색

□ 가격경쟁력 위한 에너지원 청정화/저렴화 대체 수요 증가

- 중국산업계 납사/중유 대체 석유 코크스 사용에 대응한 국내 산업수요도 증가 추세
  - 중국과 제품 경쟁관계에 있는 소성로 등 국내산업계는 중국이 이미 도입하여 저렴한 에너지공급원으로 사용하는 석유 코크스 사용 청정연료가스 활용을 시도 중
- 납사/오일을 사용하는 에너지설비를 저급자원(폐기물)으로 대체 수요 증가하나, 기술

적으로 책임질 기업 부재

- 유럽 등 해외선진사들 기술을 도입 사용이 가능하나, 전체 플랜트를 책임지고 보증할 기업은 부재
- 국내 기업 대응 부족 시 관련 산업적용 경험이 있는 중국기업의 한국 진출 및 국내기업의 해외진출 어려움 예상
  - 해외기술을 도입하여 사행오차를 겪으면서 경험한 산업 실증 경험이 있는 중국기업들은 한국시장을 통해 국제시장 진출의 실적으로 활용함에 따라 국내기업의 관련 플랜트 분야 해외진출 점차 어려워지는 상황

#### □ 에너지플랜트 산업의 IT화

- 원격 서비스, 예지 보전(Predictive maintenance)을 통한 경쟁력 제고 노력이 시작
  - 국내 기술의 해외진출 시 유지보수, 수리를 위한 인력파견을 최소화하고 원격으로 한국 등 원하는 지역에서 정보를 획득 처리하고 대응함으로써 인력과 장비의 효율적 운용이 가능
  - 건설장비 업계에 활용되고 있는 개별 장비의 상태를 원격으로 파악하는 기법을 에너지플랜트에 원용하여 수출산업의 경쟁력 강화가 가능
- 한국의 IT 기술 인력과 능력을 접목한 실증사례 조기도출에 대한 필요성 증대
  - 국내 흩어져있는 세부기술을 접목하여 실제 상황에서 세밀한 부분들에 대한 점검이 이루어지고 1~3년 기간의 실측경험을 요구
- 실시간 플랜트 운전 현황을 장소에 상관없이 접속함으로써 공정 오류 및 운전중단 상황 등을 조기 파악하고 조치가 가능
  - 센서 및 통신 인프라가 중요하지만 열악한 지역에서도 최소한의 핵심정보를 파악 분석이 되도록 저렴한 방식의 구현이 중요
  - 장기적으로는 플랜트에 내장된 센서가 장비의 고장을 파악 또는 예측할 수 있는 자료를 전송하고 이를 통해 최소한의 인원과 비용으로 예방조치를 가능토록 구현
- IT 기능에 장기간 운전결과를 통계 처리한 Big Data를 접목시켜 플랜트의 운전 이상 유무를 조기에 진단하는 기능을 부여하는 체계가 석유화학공장에는 이미 상당수 응용되고 있는 중
  - 대형 플랜트에는 비용 투자가 가능하지만 소형 플랜트에 적합한 Big Data 연계방식은 개발 및 실증 필요

#### □ 중국의 에너지플랜트 분야 기술력 부상

- 중국 내 건설된 에너지플랜트 시장 경험을 바탕으로 국가 주도 자체기술화를 성공적으로 마치고 해외 건설플랜트 시장 진출 시작단계에 돌입
  - 최근 10년간 합성가스 플랜트 건설은 95% 이상이 중국내 시장이었고 이 경험을 바탕으로 단순 건설이 아닌 설계와 운영, 유지보수 등 EPC 전반을 중국기업들이 수주하려 노력하고 있으며 한국에도 진출 초기단계

- 에너지플랜트 분야는 초기 성공적인 실적이 중요한데 중국이 한국 및 동남아 지역을 선점하는 단계로 한국의 노력이 수년 내에 없으면 중국기업의 독과점 진출이 우려
  - 한국 내 산업기반 구축의 동력이 상실되어 에너지플랜트 산업계 전체의 낙후화 우려

### 6.3 국내외 정책 동향

#### □ 미국

- 에너지부(DOE) 주관으로 ‘Wind2H2 project’ 진행
- 캘리포니아주는 ‘배기가스 제로’정책으로 2025년까지 무공해차 판매 비율을 전체 15% 목표 2020년까지 수소차 10만대 보급 및 충전소 최소 100개 구축을 목표로 하여 보조금 지급 계획을 발표
- 미국은 EPACT2005에 전력 생산뿐만 아니라 산업용 측면 모두 포괄하여 가스화 기술의 확산을 가속화시킬 수 있는 조항을 포함
- IGCC 그리고 산업용 가스화 프로젝트에 대해 20% 투자세액을 공제하며 가스화 포함 고급 석탄 기반 전력생산을 장려하기 위해 대출, 비용 분담, 협정 계약 등을 제공하기 위한 Clean Air Coal Program을 포함
- 용자 보증과 세액 공제 등은 산업용 천연가스와 치열하게 경쟁하는 합성가스의 생산을 가능하게 할 것으로 기대
- 가스화 기술의 확산은 미국이 석탄, 바이오매스와 같이 자국의 풍부한 자원을 활용가능하게 하고 에너지 보안을 강화하며 이산화탄소 배출을 줄일 수 있는 기술적 경로를 확립할 것으로 기대

<표 2-2-14> 미국 EPACT2005 주요 내용 요약

구분	절 (Section)	인센티브 (Incentive)	승인 내용 (Authorization)
Energy Policy Tax Incentives	Section 1307	20% 투자 세액 공제 (Investment Tax Credits)	IGCC: 8억 달러 산업용 가스화: 3.5억 달러
Incentives for Innovative Technologies	Section 1701-1704	80% 용자 보증 (Loan guarantees)	필요에 따라 수권펀드 (authorized funds)
Coal	Subsection A (Clean Coal Power Initiative)	최대 50% 비용 분담 (Cost-share Grants)	가스화: 12.6억 달러
	Subsection B (Clean Power Projects)	프로젝트 별 인센티브 (Project-specific Incentives)	필요에 따라 수권펀드 (authorized funds)
	Subsection C (Coal & Related Programs)	최대 50% 비용 분담 (Cost-share Grants)	가스화 및 연소기술에 25억 달러
R&D	Sections 962, 932	R&D, 데모&상업화에 대한 보조금	석탄: 11.37억 달러 바이오에너지: 3.75억 달러

(출처: Media Clipping & Eastman Gasification Services Company)

#### □ 유럽연합

- 독일은 국가 프로젝트 ‘CEP(Clean Energy Partnership)’ 시행
- 바이오 폐자원으로부터 친환경 에너지를 생산하는 바이오가스화는 독일, 영국, 오스트리아, 스웨덴 등 유럽국가 다수에서도 주목

- 유럽연합은 “매립지침(Landfill Directive, '99)”을 통해 에너지화가 되는 폐자원에 대한 직매립을 금지하였고, 특히 생분해성 폐기물에 대한 연차별 감축목표를 제시하고 있으며, 아울러 생분해성 폐기물 매립장에는 매립가스 에너지화 설비를 설치하도록 규정하였고, 가스이용의 경제성을 확보할 수 없는 매립장에도 포집설비와 간이소각시설을 설치하도록 유도
  - 영국과 프랑스는 발전차액지원제도(Feed - In-Tariff), 독일은 열병합발전에 대한 발전차액지원제도, 스웨덴과 스위스는 주로 시장주도 발전에 대하여 정책적 지원
  - 영국은 하수처리장의 슬러지에서 혐기성 소화를 통해 가스를 생산하지만 독일은 바이오가스 공급원으로 작물을 활용하고 있으며, 스웨덴은 전체 도시의 그리드 기반시설을 갖추기 보다는 바이오메탄을 직접 활용하는 것이 특징
  - 독일은 열병합 발전, 네덜란드와 영국은 열에너지 시장이 발전
  - 이러한 국가별 차이를 감안하여 유럽집행위원회는 인텔리전트 에너지 프로그램 등 회원국 간 시장개발연구를 수행 중

#### □ 중국

- 과학기술부, 공업정보화부 등 정부부처 지원 하에 국가에너지투자그룹 주도로 17개 기업, 기관이 참여한 ‘중국 수소에너지 및 연료전지산업혁신전략연맹’ 출범
- 중국 국가발전개혁위원회(National Development and Reform Commission)의 공격적인 국가 에너지 절약 및 온실가스 감축 목표 정책으로 가스화 기술 개발과 적용에서 상당히 진보
- 중국의 제12회 5개년 계획(2011 - 2015)(이하 FYP)에서 중국 정부는 주, 도시 각각 경제 상태에 맞는 목표를 설정하였으며 세금 우대, 에너지 보조금, 다양한 전기요금과 같은 정책의 구현으로 목표를 달성하는데 일조
- 중국의 특이한 에너지 소비 패턴으로 인해, 대부분의 에너지 저감 프로젝트들이 산업 분야에 초점
  - 석탄 가스화 산업은 중국 에너지 시스템에서 큰 비중을 차지하는 역할을 수행하기 때문에 가스화 기술 현대화 프로젝트가 프로젝트들 중에서 주요 부분을 차지

<표 2-2-15> 중국 5개년 계획 목표(11회 & 12회)

구분	제 11회 FYP	제 12회 FYP
GDP당 에너지소비 감소	-20%	-16%
GDP당 CO <sub>2</sub> 배출 저감	N/A	-17%
주요 오염물질원	-10%	-8%

(출처: National Development and Reform Commission)

## □ 일본

- 경제산업성(METI)과 신에너지산업기술종합개발원(NEDO) 주도 수소사회 진입을 추진 중에 있고, 2020년 도쿄올림픽까지 수소전기차 4만대 보급 목표
- 2013년 에너지기본계획에 수소사회 명시, 2014년 ‘수소-연료전지 전략 로드맵’ 수립하여 단계별 세부 계획을 실천 중

## □ 국내 정책동향

- 수소차 보급 및 시장 활성화 계획, 미세먼지 관리 종합대책 발표
- 수소경제 활성화 로드맵을 통해 2040년까지 수소차 620만대 이상, 수소충전소 1,200개소 이상, 연료전지 발전 15GW 이상, 수소공급량 526만톤/년 이상 목표로 설정

## □ 상용 플랜트의 국내 자체 개발 보급실적은 전무

- 1990년대 이후부터 본격적인 연구가 시작된 가스화 분야의 경우, 석탄, 석유 코크스 및 폐기물 가스화 기술, 합성가스 정제 및 이용 기술 등에 대한 Pilot 규모의 연구가 주로 진행되었으며 아직 본격적인 상용 플랜트의 국내 자체 개발 보급실적 전무

## □ 정부 정책 연관성

- 정부는 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축 목표
- 2011년 그린에너지 로드맵(청정연료 분야), 2012년 에너지기술개발로드맵(폐기물에너지 분야 및 바이오매스에너지 분야), 2013년 에너지기술비전로드맵(IGCC 분야), 2014년 에너지기술이노베이션로드맵(고효율 청정 화력발전 분야) 등에 지속적으로 포함되어 기술개발의 필요성이 제기되어 오고 있는 중
- 또한 기후변화 대응을 위한 정부 차원의 대응기술 중 하나로 ‘바이오에너지’기술이 6대 기후변화대응기술로 선정되었으며 관련 기술개발을 위한 국가연구 개발사업과 관련 산업체의 시장 확대에 필요한 지원 활성화를 위한 근거가 마련
- 국토교통 R&D 중장기 전략(2014)에서 중점 프로젝트로 가스·비전통 자원화 플랜트가 포함
  - 또한 고부가가치 영역인 상류부문 진출을 위해 추진방향으로서 핵심 독자기술 경쟁력 확보를 위한 가스플랜트 고도화와 지속적으로 성장 중인 비전통 자원개발 플랜트 건설 실증기술 확보 추진이 필요함이 기술

## 7. 주요 시사점

- 상기와 같은 대내외 환경 분석, 특히 시장 동향 및 해외 메이저사들의 기술개발 전략 분석을 통한 주요 시사점을 아래 표에 정리
- 또한 test-bed 규모에 상응하는 주요 대상기업의 분석을 통하여 도출한 핵심 내용 및 주요 시사점을 아래 표에 정리

<표 2-2-16> 시장 동향 및 해외 메이저사들의 기술개발 전략 분석에 의한 주요 시사점

기술명	시장 동향	해외 Major 업체들의 기술개발 전략	주요 시사점
합성가스 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세계 합성가스 시장 급팽창 중, 고유가 시대 도래 시 더욱 팽창할 것으로 예상</li> <li>- 중국, 동남아, 인도 등에서 폐기물/바이오매스/석유코크스/석탄 등 활용 합성가스 시장 및 분산전원형 가스엔진 발전 플랜트 시장 급속 성장 예상</li> <li>- 수소 자원 확보로 수소연료전지 분산전원 시장 팽창 예상</li> <li>- 수실 ~ 수백톤/일급 규모가 주력 시장규모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CHOREN 독일 Schwedt에 Σ 플랜트(160 MW X 4기) 건설 계획</li> <li>- Lurgi &amp; KIT Bioliq® 프로젝트로 반경 200km 이내의 바이오매스 자원을 이용한 DME 또는 메탄올 생산</li> <li>- Enerkem Mississippi 플랜트 프로젝트 추진(폐기물 10만톤/년)</li> <li>- CB&amp;I 인도 Jamnagar (펄코크 2만톤/일 처리) 프로젝트 추진 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오매스는 수송거리를 고려하여 발생지 근처에서 이용</li> <li>- 열, 전기를 병행하여 생산하는 것이 효율 극대화</li> <li>- 안정적인 원료 확보 및 운영 노하우 확보가 중요</li> <li>- 석유코크스의 고유황 특성 상 탈황 기술 확보가 필수</li> </ul>
수성가스 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 촉매설계가 주된 기술이며, 수많은 상용공정에 적용되고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 촉매와 반응기를 패키지 또는 촉매만을 대량으로 판매하고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 촉매와 반응기를 패키지 형태로 납품하고 있어 국내 기술로는 시장진입에 어려움이 있음</li> </ul>
고도정제 및 수소 분리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세계 합성가스/개질가스 활용 시장 팽창에 따른 정제 시장 동반 성장 예상</li> <li>- 미국, 일본을 중심으로 수소경제 시대 점진적 진입에 따른 수소 분리 시장 성장 전망</li> <li>- 중국, 동남아, 인도 등에서 폐기물/바이오매스 활용 합성가스 정제 및 분리 시장 진입 및 수요 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 UOP사의 경우 고순도 수소 분리를 위해 고효율 콤팩트한 PSA 및 분리막 모듈을 개발하여 상용화 적용 중</li> <li>- 중국 Xebec사의 경우 기존 설비에 비해 획기적으로 설비 규모를 줄이면서도 고순도의 수소를 생산할 수 있는 로터리 방식의 PSA 설비를 개발하여 상용화 적용 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 효율 향상 및 경제성 있는 기술 및 공정 개발이 필요</li> <li>- 수소스테이션 확대에 따른 소규모 콤팩트화/모듈화된 정제 및 분리 설비의 개발 및 보급이 중요</li> <li>- 장기 안정적으로 운영 가능한 소재/모듈 개발이 필요</li> </ul>

<표 2-2-17> 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 대내외 환경 분석을 통한 시사점

기술명	Test-bed 규모 상용 대상 기업	대내외 환경 분석 핵심 내용	시사점
합성가스 생산	Enerkem/캐나다	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 대상 40톤/일 순산소 유동층 가스화 + 수증기 개질</li> <li>• 합성가스 이용 메탄올, 메탄올 생산</li> <li>• 전처리 시스템 필요(성형 SRF)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순산소 가스화를 통해 폐기물로부터 고부가가치의 화학물질 생산 실증플랜트 운영 사례</li> <li>• 비성형 SRF 대상 고정층 가스화기 개발로 전처리 비용 절감 필요</li> </ul>
	Gussing/오스트리아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스 대상 유동층 방식의 50톤/일 규모로 2MWe, 4.5 MWth 생산하는 열병합 발전설비</li> <li>• Ni계 촉매에 의한 타르 분해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소형 규모의 바이오매스 가스화 열병합 발전 실증플랜트 운영 사례</li> <li>• 타르 발생이 미미한 분류층의 무촉매 가스화 기술 개발을 통해 운영비 절감 필요</li> </ul>
	CB&I/미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인도에 20,000톤/일 석유 코크스를 사용하여 열병합과 수소 생산에 적용할 계획으로 플랜트 건설 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유 코크스가 발생하는 국가 또는 저렴하게 수입 가능한 조건에서는 가스화의 원료로서 잠재력이 풍부</li> </ul>
수성가스 전환	Osaka Gas/일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30, 100, 300 Nm<sup>3</sup>/h 수소생산이 가능한 천연가스 개질기를 개발 하였음</li> <li>• 수성가스전환과 PSA를 통해 수소의 농도를 99.999%까지 생산하고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 천연가스 개질을 통한 수소생산 공정의 중요한 사례임</li> <li>• 중소형 규모에 적합한 제품으로서 이와 비교하여 경제성, 효율성 등 다양한 항목에 대해 우수성이 확보되어야 국내는 물론 해외시장에서 경쟁할 수 있을 것으로 판단됨</li> </ul>
	MKK/일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Hygeia'라는 상표명으로 50, 100, 200 Nm<sup>3</sup>/h 수소생산이 가능한 천연가스 개질기를 상용화하였음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osaka Gas의 기술과는 비교되는 기술로써 중소형 규모의 제품 사례임</li> </ul>
	Air Products/미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2006년에 천연가스 개질을 이용하여 1일 수소생산 100 kg의 HCNG 수소충전소를 펜실베이니아 주립대학교 내에 설치하여 버스 1대 및 밴 2대를 시범운행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천연가스와 혼합하여 사용하기 위한 수소를 생산하기 때문에 고순도의 수소를 얻을 필요는 없음</li> <li>• 하지만 중소형 규모의 수소충전소와 연계한 기술이므로 사업화 모델로는 참고할 가치가 있는 기술임</li> </ul>
고도정제 및 수소 분리	Siemens/독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 ppb이하로 정제하는 초정밀 탈황기술 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소, 화학원료, 전기 등 최종 생산품에 따라 적정하게 산성가스를 제거하는 초정밀 탈황기술 개발 사례</li> </ul>
	UOP/미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 콤팩트한 수소 분리막 모듈 개발하여 상용 적용 중 (391,000 Nm<sup>3</sup>/h 규모)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분리막 모듈화, 소형화를 통한 대용량 적용 사례</li> </ul>

주) 수성가스 전환 기술의 경우, 대부분 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행

## 제3절 국내 R&D 역량분석

### 1. R&D 투자 현황

#### 1.1 세부기술(중분류)별 R&D 투자 동향

- 세부적으로 합성가스 분야, 개질 및 수성가스 전환 분야, 정제 및 분리 분야 등 3개의 분야로 구분하여 국내 R&D 투자 동향을 살펴볼 때 국가과학기술정보서비스 (NTIS) 사이트를 이용하여 각 분야별 지난 10년간(2008년~2018년) R&D 투자현황을 조사
- 3개 분야의 R&D 투자 동향을 알아보기 위해서 가장 최근인 2018년도 국가 R&D 투자 금액을 국가과학기술정보서비스(nits.go.kr)를 통하여 분석
- 과제 수에 비해서 합성가스 분야가 상대적으로 많은 투자를 한 것으로 분석됨

<표 2-3-1> 3개 분야별 지난 2018년도 R&D 투자현황

(단위: 백만원)

구분	합성가스	개질 및 수성가스 전환	고도정제 및 수소 분리
R&D 투자비용	30,440	42,904	22,412

- 기술트리 대분류 4개 분야별 검색어와 조회건수는 <표 2-3-2>와 같이 파악

<표 2-3-2> 3개 분야별 NTIS 검색어 및 관련 조회건수

*국가과학기술정보서비스 ( <a href="https://www.ntis.go.kr/">https://www.ntis.go.kr/</a> ) 검색어 및 관련 조회건수			
검색어	합성가스	개질 및 수성가스 전환	고도정제 및 수소 분리
건수	614	937	649

#### 1.2 정부 R&D 투자 동향

- 우리나라 정부와 민간 2015년 GDP 대비 R&D 투자 비중은 4.23%로 세계 2위, 연구개발비 규모는 세계 5위(약 793.5억달러, 2016년 기준)이며, 정부 R&D 증가율은 둔화추세(2014년 5.1% → 2018년 1.1%)이나, 기초연구, 중소기업 성장, 4차 산업혁명 대응 등 중점투자 분야는 규모 확대 기조 견지
- 2018년도 정부 R&D 예산은 [그림 2-3-3]과 같이 전년대비 1.1% (2,066억원) 증가한 19조 6,681억원



[그림 2-3-1] 정부 R&D 부처별 예산규모 및 R&D예산  
 (출처: 2018년도 정부R&D 합동설명회)

- 정부연구개발예산 투자방향으로는 미래 대비 과학기술 혁신 역량을 강화하는 가운데, 경제 활력과 국민행복을 창출하고 R&D 투자 효율성 개선에도 박차
- ‘제1차 정부 R&D 중장기 투자전략(2016~2018)’에 입각하여 9대 분야 세부 기술별 투자방향을 설정
- 이에 4차 산업혁명 대응, 창의·도전연구 지원 강화, 과학기술의 경제·사회적 책무 등을 수행하기 위한 ‘3대 분야 9대 투자방향’을 제시

<표 2-3-3> 2018년도 정부연구개발예산의 3대 분야 9대 중점투자방향

중점추진분야	내용
미래선도 과학기술 역량강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율적인 창의·도전연구 강화</li> <li>• 개방·공유·협력의 연구개발 생태계 구축</li> <li>• 4차 산업혁명 선도를 위한 기술·시장 선점형 R&amp;D 투자</li> </ul>
경제 역동성 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 新성장엔진 가동을 위한 신시장·신사업 R&amp;D 확대</li> <li>• 국민경제 조기 회복을 위한 산업 R&amp;D 투자</li> <li>• 과학기술 기반의 새롭고 유망한 일자리 창출</li> </ul>
국민 삶의 질 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공공서비스의 스마트화·고도화 추진</li> <li>• 협업 중심의 재난·재해 대응체계 혁신</li> <li>• 중장기 경제·사회 위험요인에 선제 대응</li> </ul>

- 우리나라 R&D 역할 창의 도전적 연구를 토대로 성장 동력 확보에 주력할 필요
- 주로 속도, 범위, 영향력 등에서 차별화되는 4차 산업혁명에 대한 적응력과 추진동력 확보를 위해 R&D 투자방향 재정립 그리고 신산업 육성, 창업 지원 등을 통해 과학기술 기반의 질 좋은 일자리를 창출하고, 복지와 사회문제 해결을 위한 신 솔루션을 제공
- 또한 R&D 재정의 대폭 확충이 어려운 상황에서 기초연구 확대, 국정과제 등을 뒷받침하기 위한 지출구조조정 지속 추진이 필요

### 1.3 국토교통부 R&D 투자 동향

- 국토교통부의 정부연구개발예산은 2017년 대비 6.8%(320억원)가 증가한 5,058억원이며, 국토교통부의 2018년 정부 연구 개발 사업은 국토기술(2,113억원), 교통기술(1,970억원), 기반구축(975억원) 등 세 개 유형으로 추진 중

<표 2-3-4> 정부 부처별 연구개발예산 증감 현황(2017~2018)

(단위: 억원, %)

구 분	2017년(A)		2018년(B)		증감(B-A)	증감(%)
	금액 <sup>1)</sup>	비중(%)	금액	비중(%)		
<b>합 계</b>	<b>194,615</b> (195,018)	<b>100.0</b>	<b>196,681</b>	<b>100.0</b>	<b>2,066</b>	<b>1.1</b>
과학기술정보통신부	67,484 (67,700)	34.7	67,357	34.2	△128	△0.2
산업통상자원부	32,057 (32,173)	16.5	31,623	16.1	△434	△1.4
방위사업청	27,838	14.3	29,017	14.8	1,179	4.2
교육부	17,481 (17,491)	9.0	17,488	8.9	7	0.0
중소벤처기업부	11,172 (11,223)	5.7	10,917	5.6	△256	△2.3
농촌진흥청	6,356 (6,367)	3.3	6,533	3.3	176	2.8
해양수산부	5,935	3.0	6,145	3.1	209	3.5
보건복지부	5,243	2.7	5,479	2.8	237	4.5
국토교통부	4,738	2.4	5,058	2.6	320	6.8
국무조정실 국무총리비서실	4,546	2.3	4,784	2.4	238	5.2
환경부	3,026	1.6	3,010	1.5	△15	△0.5
농림축산식품부	2,095	1.1	2,198	1.1	104	4.9
기상청	1,286	0.7	1,328	0.7	42	3.3
산림청	1,038	0.5	1,093	0.6	55	5.3
식품의약품안전처	844	0.4	857	0.4	12	1.5
문화체육관광부	753	0.4	761	0.4	9	1.1
원자력안전위원회	645	0.3	692	0.4	47	7.3
행정안전부	430	0.2	576	0.3	146	34.0
국방부	383	0.2	456	0.2	73	19.1
문화재청	403	0.2	451	0.2	48	12.0
특허청	372	0.2	368	0.2	△4	△1.0
기타 <sup>2)</sup>	491	0.3	491	0.2	△0	△0.0

(출처: 2018년도 정부연구개발예산 현황분석)

- 국토교통부 2018년 정부 R&D사업 부처 합동설명회 자료에 따르면 정부전체 R&D 예산과 국토교통부 R&D 예산은 아래와 같은 추세로 증가



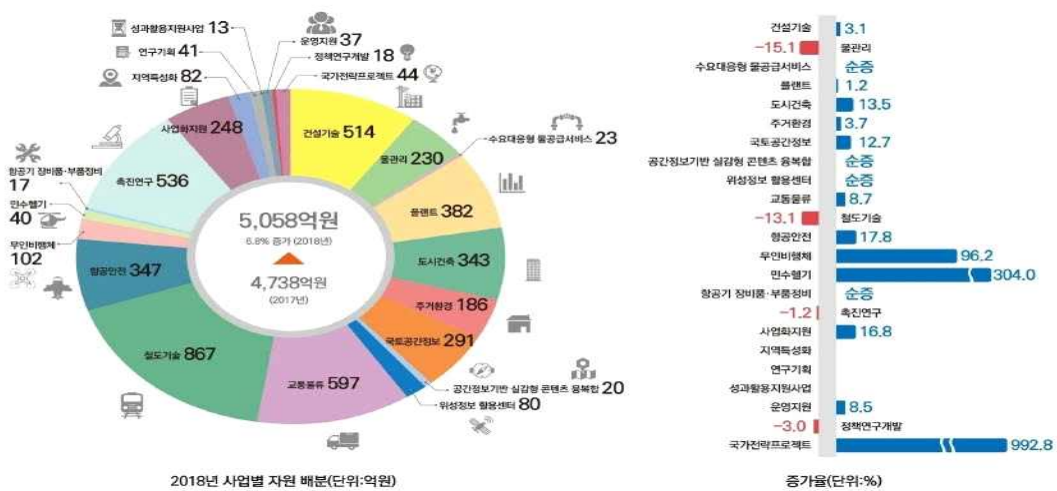
[그림 2-3-2] 정부전체 R&D 예산과 국토교통부 R&D 예산 비교

- 국토교통부는 추진목적, 수요자 및 수행주체 등 측면에서 공공 기술적 성격이 강하여 국민 생활기반 인프라 및 시설물에 적용 등 국가의 공공적 목적에 활용

구분	국토교통부	산업통상자원부	과학기술정보통신부
목적	인프라 안전·편의 증진 건설·운영비용 저감	산업경쟁력 확보 기업 지원	연구역량 제고 원천기술 확보
수요자	정부·공공기관·국민	기업체	대학·연구소
성격	시스템 R&D	제품개발 R&D	지식창출 R&D
수행주체	공공기관 위주	기업 위주	대학·연구소 위주

[그림 2-3-3] 국토교통부 R&D 특성 (출처: 2018년도 정부R&D 합동설명회)

- 국토교통부 대상 사업에 대한 2018년도 자원배분 현황에서 플랜트 사업 분야가 약 1.2% 증가



[그림 2-3-4] 2018년 사업별 자원 배분 현황과 증가율 비교 (출처: 2018년도 정부R&D 합동설명회)

## 2. 논문/특허 동향 분석

### 2.1 특허 분석

#### 2.1.1 목적

- 기술별 특허출원 대상국, 출원인, 피인용 분석 등을 통해 기술순환주기, 기술수준, 공백기술, 시장진입 경쟁수준 등을 분석

#### 2.1.2 범위

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 기술 개발의 필요성을 고려하여 2019년 03월 까지 출원공개 또는 출원등록 된 한국, 미국, 일본 및 유럽 특허사 분석 대상
- 한국, 미국, 일본 및 유럽특허에 대해 출원일 기준으로 분석
  - 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 이후 출원 관련정보를 대중에게 공개
  - 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2017~2018년 자료는 유효하지 않으므로 정량분석에서 2017년 및 2018년을 미공개 구간으로 정의

<표 2-3-5> 특허 검색을 위한 검색 DB 및 검색 범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	WIPS ON	~ 현재(검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국 (USPTO)	WIPS ON		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	일본 (JPO)	WIPS ON		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽 (EPO)	WIPS ON		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

### 2.1.3 유효특허의 도출

#### □ 분석대상 기술

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 기술의 범위 중 본 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트와 관련된 기술을 발췌하여 아래와 같이 분류

<표 2-3-6> 분석대상 기술 분류

세부 기술	세부 추진 기술
석유 코크스 이용 분류층 순산소 가스화 기술(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정유공장 부산물인 석유 코크스(Pet-coke, petroleum coke)를 원료로 하고, 산화제로는 산소, 산소/수증기 등을 공급하여 주성분이 CO와 수소인 합성가스로 변환시키는 기술</li> <li>- 공급 방식(건식 또는 습식) 및 반응기의 종류 등에 따라 실시(적용) 가능한 기술</li> </ul>
합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술(B)	- 합성가스, 개질가스 및 바이오가스에 함유된 분진, 유황화합물(H <sub>2</sub> S, COS 등), 타르 등의 유해성분을 수소 생산에 영향이 없도록 제거하는 고도 정제기술
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술(C)	- 합성가스내 CO를 수성가스전환(CO+H <sub>2</sub> →CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> )을 통해 수소로 전환하는 기술
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술(D)	- CO <sub>2</sub> 와 미량의 CO가 혼합된 약 50~70% 수준의 저순도 수소를 고순도로 분리하는 기술

#### □ 특허 검색식

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 기술분류 및 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출, 추가적으로 기술미팅을 거쳐 2차 키워드를 도출

<표 2-3-7> 특허 검색식

세부 기술	검색식
석유 코크스 이용 분류층 순산소 가스화 기술(A)	(산소* 순산소* 옥시* oxygen* (pure* adj2 oxygen*) oxy*) and (가스화* 가스화로* 개스화* 개스화로* gasify* gasification* syngas* gasifier*) and (석유 코크스* ((석유* 페트로*) adj2 (코크* 코크스*)) 석탄* pet-coke* (pet* adj2 coke*) coal*) not (발전* generat*)
합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술(B)	(합성가스* 합성개스* 개질가스* 개질개스* ((합성* 개질*) adj2 (가스* 개스*)) ((syn* reform*) adj2 gas*)) and (정제* 분리* 제거* purif* separat* remov*) and (탈진* 탈염* 탈황* 제진* dedust* dechlorinat* desulfuriz* de-dust* de-chlorinat* de-sulfuriz*)
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술(C)	(합성가스* 합성개스* 개질가스* 개질개스* ((합성* 개질*) adj2 (가스* 개스*)) ((syn* reform*) adj2 gas*)) and (수성가스전환* 수성개스전환* ((가스* 개스* 일산화탄소*) adj2 전환*) (수소* adj2 생산*) (이산화탄소* adj2 분리) (gas* adj2 shift*) (hydrogen* adj2 produc*) ((carbon adj2 dioxide*) adj2 separat*)) and (천연가스* 천연개스* 바이오가스* 바이오개스* ((천연* 바이오*) adj2 (가스* 개스*)) ((natural* bio*) adj2 gas*))

세부 기술	검색식
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술(D)	((합성가스* 합성개스* 개질가스* 개질개스* ((합성* 개질*) adj2 (가스* 개스*)) ((syn* reform*) adj2 gas*)) and (수소* 일산화탄소* 이산화탄소* hydrogen* (carbon* adj2 monoxide*) (carbon* adj2 dioxide*)) and ((고순도* adj2 분리*) 분리막* 압력변동흡착* ((pure* purity*) adj2 (separat* remov*)) membrane* PSA (pressure* adj2 swing* adj2 adsorption*))

□ 유효특허 수

<표 2-3-8> 유효특허 선별 결과

세부 기술	유효데이터 건수				
	KIPO	US PTO	JPO	EPO	합계
석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술(A)	45	81	100	41	267
합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술(B)	65	52	174	26	317
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술(C)	90	56	30	24	200
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술(D)	72	241	158	114	585

□ 시장진입 경쟁수준 분석

<표 2-3-9> 세부 요소기술의 국가별 HHI 값 기반 시장 특성 구분

세부 기술	시장 특성				
	한국	미국	일본	유럽	전체
석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술(A)	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장
합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술(B)	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술(C)	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	경쟁적 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술(D)	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장	비(非) 집중 시장

## □ 특허분석의 시사점 및 연구개발 방향

- 소분류별 출원인국적별 동향 기반 최종적인 한국의 기술위치 및 연구개발 방향 도출

<표 2-3-10> 특허분석을 통한 기술위치 및 연구개발 방향

세부 기술	한국의 기술위치(선도국가)	연구개발 방향
석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술(A)	추격(일본)	적극 R&D 및 원천특허 확보, 기존 구축기술 개량 활용, 보유 지재권 다각적 이용
합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술(B)	추격(일본)	적극 R&D 및 원천특허 확보, 기존 구축기술 개량 활용, 보유 지재권 다각적 이용
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술(C)	선도(한국)	기존 구축기술 개량 활용, 보유 지재권 다각적 이용
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술(D)	추격(일본)	적극 R&D 및 원천특허 확보, 기존 구축기술 개량 활용, 보유 지재권 다각적 이용

## 2.2 논문분석

### 2.2.1 목적

- 국가별/기술 분야별 논문 수, 연관기술 분야, 국가별/기술분야별 피인용 등의 분석을  
통해 합성가스 기반 수소 생산 플랜트건설 기술과 관련된 국내외 논문 동향을 파악
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 논문 검색 중 본 요약 보고서와 관련된 내용만 발  
췌하여 정리

### 2.2.2 범위

- (검색 DB) Scopus
- (대상 기간) 2004~2018(15개년)

### 2.2.3 유효논문의 도출

#### □ 분석대상 기술 및 검색식

<표 2-3-11> 논문분석 검색식

세부 기술	검색식
[A] 석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술	TITLE-ABS-KEY ( ( oxygen* OR ( pure* PRE/2 oxygen* ) OR oxy* ) AND ( gasify* OR gasification* OR syngas* OR gasifier* ) OR ( pet-coke* OR ( pet* PRE/2 coke* ) ) ) AND DOCTYPE ( ar ) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2019 AND ( EXCLUDE ( AFFILCOUNTRY , "China" ) ) )
[B] 합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술	TITLE-ABS-KEY ( ( ( syn* OR reform* ) PRE/2 gas* ) OR ( purif* AND separat* AND remov* ) OR ( dedust* AND dechlorinat* AND desulfuriz* AND de-dust* AND de-chlorinat* AND de-sulfuriz* ) ) AND DOCTYPE ( ar ) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2019 AND ( EXCLUDE ( AF FILCOUNTRY , "China" ) ) )
[C] 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	TITLE-ABS-KEY ( ( ( syn* OR reform* ) PRE/2 gas* ) OR ( gas* PRE/2 shift* ) OR ( hydrogen* PRE/2 produc* ) ( ( carbon PRE/2 dioxide* ) PRE/2 separat* ) OR ( ( natural* OR bio* ) PRE/2 gas* ) ) AND DOCTYPE ( ar ) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2019 AND ( EXCLUDE ( AFFILCOUNTRY , "China" ) ) )
[D] 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술	TITLE-ABS-KEY ( ( ( syn* OR reform* ) PRE/2 gas* ) OR ( hydrogen* OR ( carbon* PRE/2 monoxide* ) OR ( carbon* PRE/2 dioxide* ) ) OR ( pure* OR purity* ) PRE/2 ( separat* OR remov* ) OR membrane* OR psa OR ( pressure* PRE/2 swing* PRE/2 adsorption* ) ) AND DOCTYPE ( ar ) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2019 AND ( EXCLUDE ( AFFILCOUNTRY , "China" ) ) )

#### □ 기술분야·연도 별 논문 수

<표 2-3-12> 기술별 논문 수

세부 기술	논문수(건)
(A) 석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술	2,485
(B) 합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술	14,019
(C) 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	2,980
(D) 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술	4,698

<표 2-3-13> 연도별 논문 수 추이

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	계
A	61	64	99	121	115	142	162	163	185	176	189	264	215	302	227	2,485
B	453	500	568	615	657	817	973	1,032	1,040	1,141	1,123	1,290	1,314	1,336	1,160	14,019
C	57	76	113	151	150	189	192	203	226	241	233	270	290	319	270	2,980
D	178	182	217	243	310	317	312	310	295	324	365	382	433	443	387	4,698

\* (A): 석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술  
 (B): 합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술  
 (C): 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술  
 (D): 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술

## 2.2.4 우리나라 논문분석

### □ 기술 분야별 논문 수

<표 2-3-14> 기술별 논문 수

세부 기술	논문
	논문 수 (건)
[A] 석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술	104
[B] 합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술	915
[C] 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	154
[D] 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술	326

<표 2-3-15> 우리나라의 피인용 현황

소분류	피인용수 (회)
[A] 석유 코크스 이용 분류층 순산화 가스화 기술	858
[B] 합성가스 및 바이오가스 고도 정제 기술	10,087
[C] 합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	1,561
[D] 수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술	3,980

### 3. 기술수준 분석

- 각 세부과제에 대한 국내의 대표기관들을 조사하고 이들 기관들의 기술수준을 국외의 대표기관과 비교 및 분석한 결과를 아래 표에 정리

<표 2-3-16> 세부기술별 국내외 대표기관 비교 분석

세부기술명	대표기관		비교 분석
	국내	국외	
석유 코크스 이용 분류층 순산소 가스화 기술	포스코건설, 코오롱글로벌, 대우건설, 한라산업 개발, 한솔이앤씨, ATS, 상호환경기술, 상양에코너지, 고등기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국생산기술연구원	CB&I, GE Energy, ECUST	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내의 경우 1990년 이후부터 본격적인 연구가 시작되었으나 주로 파일럿 플랜트급 위주로 연구가 진행되었으며, 또한 석탄 위주로 연구가 진행되어 펄코크 가스화에 대한 연구 실적은 짧은 기간 동안만 이루어진 실정</li> <li>• 해외의 경우 상용급 석탄 가스화 기술 보유 업체 위주로 펄코크에 대한 기술개발 실적을 확보하였으며, 특히 CB&amp;I의 경우 인도에 세계 최대 규모(2000톤/일급 12기, 2만톤/일 처리) 펄코크 활용 가스화 프로젝트 추진 중</li> </ul>
합성가스 고도 정제 기술	대우건설, 두산중공업, 포스코건설, KC코트렐, 가스기술공사, 금호환경, 태린, PTK, 에너지기술연구원, 과학기술연구원, 고등기술연구원, 전력연구원	UOP, Merichem, Eastman Chemical, Lurgi, Shell, MHPS, Siemens, Ube	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 집진 기술 분야는 국외 기술과 국내 기술이 거의 동등한 수준</li> <li>• 합성가스 내 산성가스 제거관련 대규모 상업화 기술은 미국(UOP, Merichem), 독일(Siemens), 네덜란드(Shell) 등이 보유</li> <li>• 국내 Pilot 규모 합성가스 내 산성가스 제거기술은 국외 기술과 동등한 수준으로 대규모 설비에 대한 실증기술 개발 필요</li> </ul>
수성가스전환 촉매 및 반응기 기술	한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, RIST	Alfa Aesar, Client, Haldor Topsoe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 상용촉매가 시장을 잠식한 상황이기에 반응기나 공정 개발 분야로 연구가 수행되고 있음</li> </ul>
수소/이산화탄소 혼합가스로부터 수소 분리 기술	대우건설, 두산중공업, 포스코건설, 가스공사, 젠스엔지니어링, 에어레인, 에너지기술연구원, 과학기술연구원, 화학연구원, 고등기술연구원	UOP, Air Products and Chemicals, Air Liquide, Linde, Messer, TECNALIA Research & Innovation, HyGear B.V., Norsk, BOC, Praxair, Velocys, RTI, GTI, Katalistiks International Inc, Showa Denko, MHPS, Xebec	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국외 PSA 기술의 경우 미국(Air Products and Chemicals), 프랑스(Air Liquide), 독일(Linde) 등이 대규모 상업화 기술을 보유하고 있으며, 고효율화 위한 기술개발 추진 중</li> <li>• 국내의 경우 수소 분리를 위한 PSA 기술이 개발되어 상용화 적용 중에 있으며, 건설비 저감 및 고효율화를 위한 기술개발 추진이 필요</li> <li>• 국외 수소 분리막 기술의 경우 미국(UOP)에서 대용량 처리를 위한 기술을 개발하여 상용화 적용 중이며, 지속적인 기술개발을 통해 점차적으로 시장에 진입 중</li> <li>• 국내 수소 분리막 기술의 경우 소재 및 단위 모듈 개발 등 소규모 기술개발이 추진되고 있으며, 상용화를 위한 대용량화, 고효율화, 저가화, 내구성 향상 등에 대해서는 지속적인 기술개발과 실증 기술 개발이 필요</li> </ul>

#### 4. R&D 인프라 현황

○ 각 세부과제에 대한 국내의 연구개발 인프라 현황을 조사한 결과를 아래 표에 정리

<표 2-3-17> 합성가스 생산 기술 국내 연구개발 인프라 현황

분야	관련 연구기관	연구시설 규모	주요 연구내용	역량분석	연계 및 활용 가능 기술
가스화 (일반)	고등기술연구원/대우건설	5톤/일	고정층 순산소 가스화를 이용한 합성가스 생산 및 합성가스 정제/이윤	합성가스 생산, 정제, 이윤 관련 기술력 확보 100톤/일급 가스화 설비 설계기술 확보 Pilot 규모에서의 2주 이상의 연속운전 경험 보유 Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 상업화를 위한 운전/설계 등의 관련 기술 확보	합성가스 생산, 정제, 이윤 관련 기술력 100톤/일급 가스화 설비 설계 기술 Pilot 규모 연속운전 경험
	한국에너지기술연구원	5톤/일	합성가스 제조 및 원료를 줄여 회수	합성가스 생산, 정제, 이윤 관련 기술력 확보 Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원 화학원료 전환을 위한 100톤/일급 가스화 설비 설계기술 확보	합성가스 생산, 정제, 이윤 관련 기술력
	롯데비피화학 (고등기술연구원 보유 설비)	5톤/일	고정층 순산소 가스화를 이용한 고순도 CO/H <sub>2</sub> 생산	합성가스 생산, 정제, 이윤 관련 기술력 확보 Pilot 규모에서의 2주 이상의 연속운전 경험 보유 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원	100톤/일급 가스화 설비 설계 기술
	삼호환경기술	8톤/일	고정층 공기가스화를 이용한 합성가스 생산 및 가스엔진 발전	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 80톤/일급 scale-up 예정 연구인력 부족	Pilot 규모 연속운전 경험
	코오롱건설	10톤/일	로타리클론 가스화 및 합성가스 연소 열회수	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 과제종료로 설비 철거 Pilot 규모로 간헐적인 운전수행	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	포성에바라 엔지니어링	10톤/일	하수슬러지 유동층 가스화 및 합성가스 연소 열회수	상업용 연계 부족 과제종료로 설비 철거 연구인력 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	GS플라텍	10톤/일	공기유동 플라즈마 가스화 응용	상업용 규모의 scale-up 기술 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	대학(연세대/공주대/군산대/전주대/서울과학기술대)	합규모	가스화특성/공정모사/합성가스 정제특성	Lab 규모의 실험을 통한 가스화, 정제, 이윤 관련 요소 기술 개발 연속적이지 못한 예산지원	요소기술 및 전산화석 기술
	대원 GSI	20톤/일	황겨의 공기가스화 가스엔진 발전	상업용 규모의 scale-up 기술 부족 연구인력 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 가스엔진 발전 경험
	한국에너지기술연구원	2톤/일	목질계 바이오매스 가스화를 통한 가스엔진 발전	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 가스엔진 발전 경험
	한국생산기술연구원	1톤/일	바이오매스 이종 유동층 가스화에 의한 고부가가치 합성가스 연료 생산	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 합성가스 연료화 기술
	대학(군산대/전북대/한경대/공주대/성균관대/서울시립대 등)	합규모	가스화특성/공정모사/합성가스 정제특성	Lab 규모의 실험을 통한 가스화, 정제, 이윤 관련 요소 기술 개발 연속적이지 못한 예산지원	요소기술 및 전산화석 기술
가스화 (석유 코크스)	고등기술연구원	2톤/일	자체 펠트크 슬러리 가스화 버너 기술	자체 펠트크 슬러리 가스화 버너 기술 보유 소규모로 짧은 기간 연구 경험에 국한됨	우수한 펠트크 슬러리화 기술
한국에너지기술연구원	10톤/일	합성석유 생산을 위한 연구	주요 성탄슬러리 가스화 연구 간헐적으로 펠트크에 대한 연구 수행 경험 보유	펠트크 슬러리 가스화 버너 기술	

<표 2-3-18> 합성가스 고도정제, 수성가스 전환 및 고순도 수소 분리 기술 국내 연구개발 인프라 현황

분야	관련 연구기관	연구시설 규모	주요 연구내용	역량분석	연계 및 활용가능 기술
합성가스 고도정제	고등기술연구원	250 Nm <sup>3</sup> /hr	H <sub>2</sub> S 0.1 ppm 이하 제거 미량가스 고순도 제거 분진제거용 금속필터 개발 고온 탈황 통합공정 운전기술 개발	파일럿규모 합성가스내 습식 H <sub>2</sub> S 0.1 ppm 이하 저리율 고효율 제거 기술 확보 파일럿규모 합성가스 정제 설비 통합 운전기술 확보	저리율 고효율 H <sub>2</sub> S 제거기술 개발된 필터 적용 분진 제거기술 시스템 운전제어 기술
	한국에너지기술연구원	800 Nm <sup>3</sup> /hr	H <sub>2</sub> S 및 COS 1 ppm 이하 동시 제거 분진제거용 세라믹필터 개발	파일럿규모 고온 산성가스 정제 기술 확보 파일럿규모 합성가스 정제 설비 운전 기술 확보	고온 합성가스 정제기술 고온 분진제거기술
	한국과학기술연구원	파일럿규모	분진제거용 세라믹필터 개발	파일럿규모 고온 집진 기술 확보	고온 분진 제거기술
	대학(영남대, 경북대, 건국대 등)	랩규모	산성가스/미량가스 제거용 소재 개발	산성가스/미량가스 제거용 소재 제조 기술 확보 합성가스 정제 설비 해석기술 확보	산성가스 및 미량가스 고도 정제기술
수성가스 전환	한국에너지기술연구원	-	SMR과 연계	상용축매 적용 반응기 설계 기술 확보	반응기 설계 기술
	고등기술연구원	-	가스화기와 연계	축매 및 반응기 설계 기술 확보	축매 및 반응기 설계 기술
	RIST	-	제철부생가스와 연계	축매 및 반응기 설계 기술 확보	축매 및 반응기 설계 기술
고순도 수소 분리	켄스엔지니어링	상용규모 (소용량)	고순도 수소 분리를 PSA 기술	고순도 수소 분리를 PSA 설비 상용화 (소규모 설비) 수소 분리를 흡착소재 기술 확보	대용량 수소 분리 기술
	가스기술공사	100 Nm <sup>3</sup> /hr	수소 분리막 소재 및 모듈 개발	수소 분리막 소재/모듈 개발 및 상용화 적용 중	수소 분리 고도화 기술
	한국에너지기술연구원	100 Nm <sup>3</sup> /hr	고순도 수소 분리를 PSA 기술 개발 수소 분리막 소재 및 소규모 모듈 개발	수소 분리를 PSA 소재/설비 개발 및 기술 이전 수소 분리막 소재 및 공정기술 확보	대용량 수소 분리 흡착 소재 수소 분리 고도화용 소재 및 공정 기술
	전력연구원	250 Nm <sup>3</sup> /hr	합성가스 이용 수소 전환 소재 개발 수소 분리 기술 개발	파일럿규모 합성가스 이용 수소전환 및 분리 기술 확보	수소 전환 및 분리 기술
	화학연구원	100 Nm <sup>3</sup> /hr	수소 분리막 개발	파일럿규모 수소 분리막 소재 및 모듈화 기술 확보	수소 분리 고도화용 소재 및 공정 기술

## 5. 주요 시사점

- 세부 기술별 기존 국내기술의 한계점 및 해결 방안을 분석하여 아래와 같이 개발전략을 도출

<표 2-3-19> 세부 기술별 기존 국내기술의 한계점 및 해결 방안 분석을 통한 개발전략

세부 기술명	한계점	해결방안	시사점 및 개발전략
합성가스 생산	- 핵심적인 원천기술 및 축적된 노하우 부족 - 석유 코크스 가스화는 장치비용이 기존 소각방식에 비하여 1.5배 정도로 높음 - 원격 O&M 서비스 경험 부족 - 수소 생산 경험 부족 - 연료전지 활용 수준의 고순도 수소 생산 경험 부족	- 모듈화/표준화/ICT적용 - 핵심 고유기술 확보 - 해외 지역별 특화 전략 - 초기단계 시장에 신속 대응 - 고도 정제 기술 자체 개발	- 기존 국가 R&D TRL 6 이상 기술 연계 및 활용 극대화 필요 - 국내고유 핵심 고리 기술 확보 - 상용급 test-bed 건설/운전을 통한 수출용 기술 검증 - ICT와 빅데이터 활용 공정 모니터링 및 유지보수 기술 확보
수성가스 전환 기술	- 1,400 Nm <sup>3</sup> /h급의 중소형 개질기 또는 수성가스 전환에 대한 실증개발에 투자가 미비함 - 스팀개질의 경우 축매는 많이 개발되었지만, 실제 가스와의 연계운전 실적이 부족함	- 실증을 위한 집중적인 연구 지원이 필요함 - 반응기뿐 아니라 고유의 축매설계 기술 확보와 더불어 국내기술을 활용할 수 있는 저변확대가 요구됨 - 특히, 바이오가스를 활용한 수소생산에 관심을 돌 필요가 있음	- 개발 기술들의 안정적인 운영을 위한 개발전략 필요함 - 해외 시장보다는 국내 시장을 목표로 집중적인 지원이 필요함
고도정제 및 수소 분리	- 장기 내구성 있는 소재 및 부품 기술 부족 - 축적된 운전 자료 및 노하우 기술 부족 - 실증 규모 설비 설계/시공/운전 기술 부족 - 적용 분야별 전문화된 기술 표준 부족 - Supply Chain, 전문가 및 인력 부족	- 내구성 향상 기술 확보 - 기 확보된 핵심 요소기술을 기반 실증화 기술 - 설비 표준화/모듈화 기술 개발 - 국내 시장의 기반 형성을 위한 세제지원, 정책지원 등 - 전문가 양성/기술 훈련 추진	- 기 확보된 국내 핵심 요소기술을 기반으로 한 실증화 기술 확보 및 설비 국산화 - 실증 규모 기술개발 추진을 통한 내구성 검증 및 실증화 기술 확보 - 설비 표준화/모듈화 기술 확보 - 국내 시장 보급을 위한 세제/정책 지원 및 전문인력 양성

주 1) 수성가스전환 기술은 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행

주 2) 합성가스 고도정제 기술과 고순도 수소분리 기술의 경우 국내 상황이 유사

## 제 3 장 기존 사업 성과 분석

### 제1절 기존 사업현황 및 추진경과

#### 1. 기존 사업 현황

##### □ 합성가스 생산 기술

- 환경부와 산업통상자원부를 중심으로 관련 과제가 주로 진행되었으며, 아래 표에 중요 사업과 과제현황을 정리

<표 3-1-1> 합성가스 생산 분야의 기존 사업 및 과제 현황

사업명	주관부처	과제명	연구기간
신재생에너지 융합원천기술개발	산업통상 자원부	상용규모 사업장폐기물 이용 고품질 합성가스 생산시스템 개발	'12~'15
		고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	'11~'14
폐자원에너지화· Non-CO <sub>2</sub> 온실가스사업	환경부	보급형 중·소규모 생활폐기물 가스화 발전 시스템 개발	'10~'14
폐자원에너지화 기술개발사업	환경부	비성형 고형연료의 혼합산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발	'13~'18
신재생에너지 핵심기술개발	산업통상 자원부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	'16~'19

##### □ 수성가스 전환 기술

- 과기부와 산업부를 중심으로 개질 촉매와 공정 기술개발을 위한 과제가 주로 진행되었으며, 아래 표에 중요 사업과 과제현황을 정리
  - 수성가스전환 기술은 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행
- 최근에는 암모니아 개질과 관련된 연구도 산업부에서 지원 중

<표 3-1-2> 수성가스 전환 기술 분야의 기존 사업 및 과제 현황

사업명	주관부처	과제명	연구기간
21C 프론티어연구 개발사업	교육과학 기술부	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급 시스템 개발	'06~'09
온실가스저감 기술개발사업	과학기술부	이산화탄소를 이용한 DME 생산 Pilot Plant 공정개발	'03~'06
에너지기술개발 사업	산업통상 자원부	천연가스로부터 고효율 메탄올 생산 기술 실증	'13~'16
에너지기술개발 사업	산업통상 자원부	합성가스로부터 FT합성유의 제조기술 개발	'09~'12
신재생에너지융 합 원천기술개발사 업	산업통상 자원부	소형 선박용 보조전력 공급을 위한 3 kW급 열교환형 디젤 연료 개질기 개발	'13~'16
에너지기술개발 사업	산업통상 자원부	미세먼지 대응 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술 개발	'18 ~ '20

주) 수성가스전환 기술은 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행

#### □ 고도정제 및 수소 분리 기술

- 과기부, 산업부, 환경부 등 여러 부처에서 소재 및 원천기술 개발과 파일럿 규모 기술 개발로 관련 과제가 주로 진행되었으며, 아래 표에 중요 사업과 과제현황을 정리

<표 3-1-3> 고도정제 및 수소 분리 분야의 기존 사업 및 과제 현황

사업명	주관부처	과제명	연구기간
기후변화대응 기술개발	과기부	유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 요소기술 개발	'17~'21
농업정책지원 기술개발사업	농림부	가축분뇨 유래 바이오가스 고질화(순도개선) 기술 개발	'17~'19
신재생에너지핵심 기술개발	산업부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	'16~'19
에너지수요관리 핵심기술개발	산업부	이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	'18~'21
중소기업기술 혁신개발	중기부	바이오가스 중 황화수소, 암모니아, 실록산 동시제거 흡착제 제조기술	'18~'20
글로벌담환경 기술개발사업	환경부	LFG 중질화 및 활용기술 개발	'16~'19
글로벌담환경 기술개발사업	환경부	혐기소화 발생바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기초응용 기술의 개발	'11~'16

## 2. 기존 사업 추진경과

### □ 합성가스 생산 기술

- 산업통상자원부의 신재생에너지 융합원천기술개발사업과 환경부의 폐자원에너지화·Non-CO<sub>2</sub> 온실가스사업을 중심으로 연구개발이 진행
- 폐기물을 이용한 합성가스 생산 분야에서는 주로 고정층 타입의 가스화 방식을 이용한 파일럿 규모의 가스엔진 발전, 고순도 CO 생산, 합성가스로부터 메탄올 합성 기술 개발이 진행
- 환경부의 폐자원에너지화기술개발사업 과제인 ‘비성형 고형연료의 혼합산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발’의 경우 5일 연속운전을 완료하여 그 결과에 대한 최종평가 단계, 산업통상자원부의 신재생에너지 핵심기술개발사업 과제인 ‘IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발’의 경우 2019년까지 연구진행 예정
- 한국에너지기술연구원에서 기관고유사업으로 합성석유 생산을 최종 목표로 석탄과 석유 코크스를 이용한 합성가스 생산 기술 분야의 연구개발을 진행하였으며(10톤/일급), 고등기술연구원이 한국지역난방공사의 지원을 받아서 2톤/일급(슬러리 기준) 석유 코크스 가스화 기술 개발 연구를 수행하여 고유 버너 기술을 확보

### □ 수성가스 전환 기술 (천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발 진행)

- “수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급 시스템 개발”의 후속으로 한국에너지기술연구원에서는 중소형 수증기 개질기의 운영기술 개발을 수행 중
- “이산화탄소를 이용한 DME 생산 Pilot Plant 공정개발” 과제 종료 이후에는 진행되고 있는 연구과제나 사업이 없는 것으로 확인
- “천연가스로부터 고효율 메탄올 생산 기술 실증”과 “합성가스로부터 FT합성유의 제조 기술 개발”의 경우는 천연가스에 CO<sub>2</sub>를 추가하는 복합개질로써 실증규모까지 개발된 상태
- “소형 선박용 보조전력 공급을 위한 3 kW급 열교환형 디젤 연료 개질기 개발”은 디젤 개질을 위한 촉매와 개질기를 개발하였으며, 후속과제는 진행되지 않은 것으로 확인
- “미세먼지 대응 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술 개발”은 현재 수행되고 있는 과제이며, VOCs를 개질하여 합성가스를 생산하여 가스엔진과 연계하는 과제

### □ 고도정제 및 수소 분리 기술

- 과기부, 산업부, 환경부를 중심으로 연구개발이 진행되고 있으며, 과기부의 경우 주로 소재 및 원천기술 개발 위주로 진행되고, 산업부 및 환경부의 경우 소재 및 파일럿규모 공정기술 개발 위주로 연구개발이 진행
- 과기부는 기후변화대응기술개발, 산업부는 신재생에너지핵심기술개발사업과 에너지수요관리핵심기술개발사업, 환경부는 글로벌탄환경기술개발사업을 중심으로 연구개발이 진행 중

- 합성가스 정제 기술의 경우 주로 산성가스(특히 H<sub>2</sub>S) 제거를 중심으로 연구개발이 진행되고 있으며, 수소 분리의 경우 분리막 소재 및 모듈 개발을 중심으로 연구개발이 진행 중
- 파일럿규모 기술개발 결과를 활용하여 실증규모 scale-up 기술개발과 고효율화, 고질화 기술개발이 추진 중

## 제2절 기존 사업 성과분석

### 1. 종합적 성과분석

#### □ 합성가스 생산 기술

- 대부분 파일럿 플랜트 단계의 운전실적을 보유하고 있으며, 일부 과제의 경우 연구계획 단계에서는 상용규모의 플랜트 건설 및 운영까지 연구개발 내용에 포함시켰지만 유가의 하락 등 외부요인에 의해 업체에서 사업을 중단한 상태

#### □ 고도정제 기술

- 정제기술의 경우 대부분 pilot 플랜트 단계의 운전실적을 보유하고 있으며, 바이오가스 플랜트 등 일부 소용량 상용화 가능한 플랜트에 대해 상용 적용되고 있지만, 설비 고효율화, 경제성 향상, 콤팩트화, 장기 안정성 검증 등에 대한 기술개발 및 검증 필요

#### □ 수성가스전환 기술 (천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발 진행)

- 복합개질과 액상연료의 개질의 경우 실증규모까지 촉매와 개질기에 대한 기술 확보가 이루어졌지만, 천연가스의 수증기개질분야는 상용촉매(모노리스 형태만 개발)를 적용하고 있는 상태
- 액상연료의 개질분야는 국내에서 고유의 기술을 확보
- 바이오가스를 적용한 수소생산 분야는 아직 개발되지 않은 상태

#### □ 수소 분리 기술

- PSA를 적용한 수소 분리기술의 경우, 소규모 상용 플랜트에 대해 시장진입 단계에 있으며, 수소 분리막의 경우 대부분 lab-scale 또는 pilot 플랜트 단계 혹은 소규모 실증 단계의 운전실적을 보유

## 2. 대표적 성과분석

### □ 합성가스 생산 기술

<표 3-2-1> 합성가스 생산 분야의 기존 대표 사업 성과분석

사업명	과제명	연구내용	활용가능 분야
폐자원에너지화 기술개발사업	비성형 고정연료의 혼합산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비성형 고정연료 이용 8톤/일급 고정층 Down-draft 공기(산소부화 포함)가스화기 기술 개발</li> <li>- 합성가스 습식정제 기술 개발</li> <li>- 합성가스 이용 가스엔진 발전 기술 개발</li> <li>- 타르 분석기법 개발 및 가스화 반응 공정모사 기술 개발</li> <li>- 실시간 공정모니터링, 데이터 수집 및 분석기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 600 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 습식정제 기술 이용 scale up 기반 기술 연계 활용</li> <li>- 가스화 반응 공정모사 기술 이용 설계 및 운전조건 설정 연계 활용</li> <li>- 실시간 모니터링, 데이터 수집 및 분석기술 이용 test-bed O&amp;M 연계 활용</li> </ul>
신재생에너지 융합원천기술 개발	상용규모 사업장폐기물 이용 고품질 합성가스 생산시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업장 폐기물 이용 3톤/일급 고정층 순산소 가스화기 기술 개발</li> <li>- 합성가스 습식/건식정제 기술 개발</li> <li>- 합성가스 열회수 보일러 기술 개발</li> <li>- 240톤/일급 가스화 시스템 개념설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- scale-up 설계 기술 활용</li> <li>- 합성가스 정제폐수 처리기술 활용</li> </ul>
신재생에너지 융합원천기술 개발	고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 가스화로의 합성가스 생산비 제어 운전기술 개발</li> <li>- CO/H<sub>2</sub>비 제어 기술 개발</li> <li>- 합성가스 압축 기술 확보</li> <li>- 합성가스 기체 분리막 기술 확보</li> <li>- 합성가스의 메탄올 전환 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 250 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 품질 균질화 및 CO/H<sub>2</sub>비 제어 기술 이용 scale up 기반 기술 연계 활용</li> </ul>

□ 고도정제 기술

<표 3-2-2> 고도정제 분야의 기존 대표 사업 성과분석

사업명	과제명	연구내용	활용가능 분야
신재생에너지 핵심기술개발 (산업부)	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 Nm<sup>3</sup>/h급 석탄 합성가스 이용 고순도 정제 및 수소 전환공정 개발</li> <li>- 연료전지 연계를 위한 고순도 H<sub>2</sub> 분리공정 개발</li> <li>- 합성가스 정제·전환 공정 및 연료전지 연계 통합공정 운전 및 검증</li> <li>- 석탄 IGCC 실증플랜트 slip-stream 연계 1 MW급 IGFC 시스템 scale-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스/바이오가스의 정제 기술과 수소 전환/분리 기술 개발과 연계 활용</li> <li>- 현재 연구개발 중인 파일럿 규모 과제 (과제기간: 2016.12-2019.9)로 개발되는 기술을 응용/활용하여 실증화 기술개발과 연계할 경우 원천기술 개발에 필요한 비용 절감</li> </ul>
기후변화대응 기술개발 (과기부)	유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 요소기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 세계 최고 수준의 신기술 개발</li> <li>- 신규 분리소재를 이용한 파일럿 규모 전처리 기술 검증 및 최적화</li> <li>- 유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 미니-파일럿규모 공정 기술개발</li> <li>- 흡수법과 흡착법을 이용한 황화수소 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오가스 정제기술개발과 연계 활용</li> <li>- 현재 연구개발 중인 파일럿 규모 과제 (과제기간: 2017.9-2021.12)로 개발되는 기술을 응용/활용하여 바이오가스 정제기술개발과 연계할 경우 원천기술 개발에 필요한 비용 절감</li> </ul>
글로벌탄환경 기술개발사업(환경부)	혐기소화 발생 바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기초응용 기술의 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유속, 온도, pH, 소재의 평형 및 안정화상수, 화학반응식 그리고 흡수탑의 제원 등의 화공양론실험을 통한 유해가스 제거용 흡수 및 흡착소재의 성능(흡수탑, 흡착탑 성능동시 실시) 테스트</li> <li>- 유해가스 처리효율 90% 이상 달성을 위한 흡수소재 기초실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오가스 정제기술개발과 연계 활용을 통해 원천기술 개발에 필요한 비용 절감</li> </ul>

□ 수성가스 전환 기술

○ 수성가스전환 기술은 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행

<표 3-2-3> 수성가스전환 분야의 기존 대표 사업 성과분석

사업명	과제명	연구내용	활용가능 분야
21C 프론티어연구 개발사업	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 Nm<sup>3</sup>/h급 수소생산용 개질시스템 개발</li> <li>- 수소의 순도는 99.99%를 목표로 설정하였음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 기술 중 수성가스 전환 공정 기술 운전 경험 활용</li> <li>- 단위공정들의 연계운전에</li> </ul>

	시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PSA에 의한 수소제조 효율은 60% 이상</li> <li>- “천연가스의 수증기개질+수성가스전환+수소분리” 등의 공정을 연계하여 운전</li> </ul>	대한 기술개발 결과 활용
에너지기술개발사업	천연가스로부터 고효율 메탄올 생산 기술 실증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GTL기술의 일환으로 메탄 tri-reforming 기술을 개발하여 methanol를 합성하는 실증 기술 개발</li> <li>- CO/H<sub>2</sub>비 제어 기술 개발</li> <li>- 합성가스의 메탄올 전환 기술 개발</li> </ul>	- Scale up 기반 기술로 활용
신재생에너지 융합원천기술 개발사업	소형 선박용 보조전력 공급을 위한 3 kW급 열교환형 디젤 연료 개질기 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 kW급 디젤 자열개질용 열교환형 연료개질기의 설계 및 제작</li> <li>- 노즐 분사식 연료공급기의 설계 및 제작</li> <li>- 열교환형 연료개질기에 적합한 마이크로 채널 플레이트를 지지체로 사용한 매크로-메조 기공을 가지는 다공성 촉매개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개질 기술 중 수성가스 전환 공정 기술 운전 경험 활용</li> <li>- 단위공정들의 연계운전에 대한 기술개발 결과 활용</li> </ul>

## □ 수소 분리 기술

<표 3-2-4> 수소 분리 분야의 기존 대표 사업 성과분석

사업명	과제명	연구내용	활용가능 분야
에너지수요관리핵심기술개발(산업부)	이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Nm<sup>3</sup>/h급 수소분리막/이산화탄소 흡수제 하이브리드 시스템 설계/제작</li> <li>- 수소분리막 수소투과도: 70 ml/min/cm<sup>2</sup> (압력차 1 bar, 온도 500℃ 기준)</li> <li>- 2 Nm<sup>3</sup>/h급 반응기 모듈 설계 및 제작</li> <li>- 상업용 공정설계 프로그램을 이용한 5 Nm<sup>3</sup>/h급 이산화탄소포집과 수소생산 동시공정 모델 개발</li> <li>- 하이브리드 리포머 공정 조건에 적합한 고온 이산화탄소 흡수제 선정 및 기초성능 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소/이산화탄소에서 고순도 수소 분리기술 개발과 연계 활용</li> <li>- 현재 연구개발 중인 파일럿 규모 과제 (과제기간: 2018.12-2021.4)로 개발되는 기술을 응용/활용하여 모듈화/컴팩트화 기술개발과 연계할 경우 원천기술 개발에 필요한 비용 절감</li> </ul>

### 3. 성과분석 결과

#### □ 합성가스 생산 기술

- 기존 사업의 성과분석 결과 파일럿 규모에서의 원료 전처리, 합성가스 생산, 정제 및 활용 관련 여러 성과가 있는 것이 파악되었으며, 연구계획 당시에는 파일럿 연구결과를 활용하고 연계하여 상용 플랜트를 건설 및 운영하는 계획이 있었지만 사업 중간에 중단된 사례가 존재
- 기존 사업을 통해서 개발된 파일럿 규모의 고정층 방식의 가스화 기술, 습식방식의 합성가스 정제기술, 가스엔진 발전의 합성가스 활용 기술 등은 본 기획에서 목표로 하는 20톤/일 규모의 분산형 폐기물/바이오매스 가스화 발전을 위한 실증 플랜트 설계, 제작, 운전에 활용 가능

#### □ 수성가스 전환 기술 (천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발 진행)

- 수증기 개질과 복합개질에 대한 여러 성과가 있는 것이 파악되었으며, 합성가스를 생산한 후 메탄올, DME, 합성유, 연료전지 및 가스엔진 등과 연계하여 수행
- 한국에너지기술연구원에서만 천연가스로부터 고순도 수소를 생산하는 연구를 수행하였으며, 수성가스전환과 수소분리 부분은 상용기술로 연계
- 기존 사업을 통해서 개발된 촉매와 개질기 및 운전기술은 수소생산을 위한 개질과 분리기술 개발에 활용 가능

#### □ 고도정제 및 수소 분리 기술

- 기존 사업의 성과분석 결과 lab-scale 규모나 파일럿 규모에서의 합성가스/바이오가스의 정제, PSA 및 분리막을 활용한 수소 분리관련 다양한 성과가 있는 것이 파악되었으며, 일부 PSA 기술은 상용화 적용 사례 존재
- 기존 사업을 통해서 개발된 파일럿 규모의 합성가스/바이오가스 정제기술과 수소 분리 기술을 응용 및 활용하여 실증 플랜트 설계, 제작, 운전에 활용 가능

## 제3절 종합분석

### 1. 기존 사업의 우수점

#### □ 합성가스 생산 기술

- 석탄 및 석유 코크스 가스화기 및 버너 설계기술 확보 등 파일럿급 석탄/석유 코크스 이용 합성가스 생산 기술 확보
- 가장 핵심기술 요소인 가스화 기술과 합성가스 정제 기술 관련 다양한 원료에 대한 파일럿 규모의 기술 검증을 완료하였으며, 관련 분석방법, 장비, 시험 시설, 시뮬레이션 하드웨어 등 상용화 연구에 필요한 주요 기자재들을 기존 사업을 통해서 확보

#### □ 고도정제 기술

- 파일럿 규모 합성가스 초고순도 정제 및 고순도 수소 생산기술 개발을 통해 합성가스로부터 고순도 수소 생산을 위한 핵심 요소기술 확보 및 소규모 설비에 대한 기술 검증
- 시장 경쟁력 강화, 신규시장 창출을 위한 고효율, 저비용의 원천기술을 확보하고, 관련 기자재 국산화를 위한 기반 확보

#### □ 수성가스 전환 기술 (천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발 진행)

- 복합개질의 경우 바이오가스의 조성파 유사한 조건으로 운전하였기 때문에 바이오가스의 개질기술 개발의 기초 자료로 활용 가능
- 유틸리티와 개질기를 실증급까지 기술 개발한 결과를 사용하여 수소생산용 scale-up 기반 기술 연계 활용이 가능

#### □ 수소 분리 기술

- 합성가스, 바이오가스 등 유해가스 제거를 위한 가스 정제기술은 핵심 원천기술과 소규모 설비에 대한 운전기술 등 TRL 5 단계 수준의 기술개발을 통해 실증연구를 위한 기반 확보
- 시장 경쟁력 강화, 신규시장 창출을 위한 고효율, 저비용의 원천기술을 확보하고, 관련 기자재 국산화를 위한 기반 확보

## 2. 기존 사업의 시사점

### □ 합성가스 생산 기술

- 석유 코크스를 이용한 합성가스 생산에 있어서 가스화기 및 버너 기술이 핵심 기술로서 가스화 효율(냉가스효율 및 탄소전환율)을 높일 수 있는 버너 기술과 이에 매칭되는 가스화기 형상 적용한 가스화 설계 기술 확보 필요
- 국내기술로 모듈형태 분산형 합성가스 플랜트 건설기술 개발과 미세먼지, CO<sub>2</sub> 발생을 저감시킬 수 있는 저가형의 청정기술 개발 필요

### □ 고도정제 기술

- 합성가스와 바이오가스의 정제에 있어 산성가스인 H<sub>2</sub>S가 가장 주요한 해결 과제로 이를 경제적이고 효과적으로 제거하는 습식 H<sub>2</sub>S 직접 분해 기술의 적용 필요
  - H<sub>2</sub>S 뿐만 아니라 실록산, HCl, NH<sub>3</sub> 등 여러 가지 유해가스를 효과적으로 제거할 수 있는 흡착 기술 적용 필요
- 국내기술로 모듈형태의 분산형 합성가스/바이오가스 정제기술에 대한 개발 필요

### □ 수성가스 전환 기술 (천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발 진행)

- 천연가스나 바이오가스를 활용하여 중소형급 수소생산을 위한 최적화된 국산화 기술은 미확보
- 촉매와 개질기에 대한 평가도 장기 운전을 통해 운전기술 확보가 필요
- 수성가스전환 촉매와 수소분리용 흡착제의 기술개발을 통해 개질기와 연계된 통합공정의 패키지 설계기술 확보가 필요

### □ 수소 분리 기술

- 고효율, 저비용의 수소를 대용량으로 분리할 수 있는 PSA 기술의 개발 및 적용 필요하며, 이와 병행하여 고순도 수소 분리할 수 있는 수소 분리막의 개발 및 적용 필요
- 국내기술로 모듈형태의 분산형 수소 분리기술에 대한 개발 필요

### 3. 기존 성과 활용방안

#### □ 합성가스 생산 기술

<표 3-3-1> 기존 사업의 성과 활용 방안 (합성가스 생산 기술)

유사/중복 과제			주요 성과	본 기획 연계가능 세부기술 명	연계/활용 방안
과제명	부처	기간			
비성형 고품연료의 혼합산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발	환경부	'13.07 ~ '18.06	<ul style="list-style-type: none"> <li>비성형 고품연료 이용 8톤/일급 공기 및 산소부화 조건의 고정층 Down-draft 가스화기 기술 개발</li> <li>합성가스 습식정제 및 가스엔진 발전 기술 개발</li> <li>타르 분석기법 개발</li> <li>가스화 반응 공정모사 툴 확보</li> <li>실시간 공정모니터링, 데이터 수집 및 분석 기술 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스 정제기술</li> <li>합성가스 활용 분산 전환/열병합 기술</li> <li>ICT와 빅데이터를 활용 공정 모니터링 및 유지보수 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>600Nm<sup>3</sup>/hr급 합성가스 정제 기술 이용 Scale up 기반 기술 연계 활용</li> <li>파일럿급 가스화 반응 공정모사 툴 이용 설계, 운전조건 설정 연계 활용</li> <li>파일럿급 실시간 모니터링, 데이터 수집 및 분석기술 Scale up 기반 기술 연계 활용</li> </ul>
상용규모 사업장 폐기물 이용 고품질 합성가스 생산 시스템 개발	산업부	'12.10 ~ '15.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업장 폐기물 이용 3톤/일급 고정층 순산소 가스화기 기술 개발</li> <li>합성가스 습식/건식정제 기술 개발</li> <li>합성가스 열회수 보일러 기술 개발</li> <li>240톤/일급 가스화 시스템 개념설계 완료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>순산소 가스화 합성가스 생산기술</li> <li>합성가스 정제기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>250Nm<sup>3</sup>/hr 고순도 CO 생산용 순산소 가스화 기술 이용 Scale up 기반 기술 연계 활용</li> <li>10톤/시간 합성가스 정제폐수 처리 기술 이용 Scale up 기반 기술 연계 활용</li> </ul>
석탄슬러리를 이용한 습식가스화 기술개발 및 적용기술 연구	한국지역난방공사	'14.07. ~ '17. 07.	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유 코크스 이용 1톤/일급 슬러리 가스화 기술 개발</li> <li>국내 고유 버너 기술 확보</li> <li>상용급에 준하는 우수한 전환 효율 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유 코크스 활용 합성가스 생산 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>버너 기술 활용</li> <li>Scale-up에 적용</li> </ul>
고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	산업부	'11.07 ~ '14.06	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 가스화로의 합성가스 생산비 제어 운전기술 개발</li> <li>CO/H<sub>2</sub> 제어 기술 개발</li> <li>합성가스 압축 기술 확보</li> <li>합성가스 기체 분리막 기술 확보</li> <li>합성가스의 메탄올 전환 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>순산소 가스화 합성가스 생산기술</li> <li>합성가스 정제기술</li> <li>고순도 CO 생산용 합성가스 분리 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>250Nm<sup>3</sup>/hr 합성가스 품질 균질화 및 CO/H<sub>2</sub> 제어 기술 이용 Scale up 기반 기술 연계 활용</li> </ul>

#### □ 고도정제 및 수소 분리 기술

<표 3-3-2> 기존 사업의 성과 활용 방안 (고도정제 기술)

유사/중복 과제			주요 성과	본 기획 연계가능 세부기술 명	연계/활용 방안
과제명	부처	기간			
IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	산업부	'16.12 ~ '19.09	<ul style="list-style-type: none"> <li>100 Nm<sup>3</sup>/h급 석탄 합성가스 이용 고순도 정제 및 수소 전환공정 개발</li> <li>연료전지 연계 위한 고순도 H<sub>2</sub> 분리 공정 개발</li> <li>합성가스 정제-전환 공정 및 연료전지 연계 통합 공정 운전 및 검증</li> <li>석탄 IGCC 실증플랜트 slip-stream 연계 1 MW급 IGFC 시스템 격상 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스/바이오가스 고순도 정제기술</li> <li>H<sub>2</sub> 분리 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 고순도 정제기술 이용 scale-up 연계 활용</li> <li>고순도 H<sub>2</sub> 분리 기술 scale-up 연계 활용</li> </ul>
유기성 폐자원 유래가스 초정정 전처리 요소기술 개발	과기부	'17.09 ~ '21.12	<ul style="list-style-type: none"> <li>유기성 폐자원 유래가스 초정정 전처리 세계 최고 수준의 신기술 개발</li> <li>신규 분리소재를 이용한 파일럿 규모 전처리 기술검증 및 최적화</li> <li>유기성 폐자원 유래가스 초정정 전처리 미니-파일럿규모 공정 기술개발</li> <li>흡수법과 흡착법을 이용한 황화수소 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오가스 고순도 정제기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>파 일럿 급 바이오 가스 정제기술 이용 scale-up 연계 활용</li> </ul>
혐기소화 발생바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기초응용 기술의 개발	환경부	'11.08~'16.04	<ul style="list-style-type: none"> <li>유속, 온도, pH, 소재의 평형 및 안정화상수, 화학반응식 그리고 흡수탑의 제원 등의 화공양론실험을 통한 유해가스 제거용 흡수 및 흡착소재의 성능(흡수탑, 흡착탑 성능동시실험) 테스트</li> <li>유해가스 처리효율 90%이상 달성을 위한 흡수소재 기초실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오가스 정제기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>흡수/흡착 정제 기술 이용 바이오가스 정제기술 scale-up 연계 활용</li> </ul>

## □ 수성가스 전환 기술

<표 3-3-3> 기존 사업의 성과 활용 방안 (수성가스 전환 기술)

유사/중복 과제			주요 성과	본 기획 연계가능 세부기술 명	연계/활용 방안
과제명	부처	기간			
수소중전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급 시스템 개발	교육과학기술부	'06 ~ '09	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 Nm<sup>3</sup>/h급 수소생산용 개질기 개발</li> <li>수소제조 효율 60% 이상</li> <li>"천연가스의 수증기개질+수성가스전환+수소분리" 등의 연계운전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천연가스 개질을 통한 수소생산 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체 기술 중 수성가스 전환 공정 기술 운전 경험 활용</li> <li>단위공정들의 연계운전에 대한 기술개발 결과 활용</li> </ul>
천연가스로부터 고효율 메탄올 생산 기술 실증	산업통상자원부	'13 ~ '16	<ul style="list-style-type: none"> <li>실증급 메탄 tri-reforming 기술 개발</li> <li>CO/H<sub>2</sub>비 제어 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오가스 개질을 통한 수소생산 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>scale-up 기반 기술로 활용</li> </ul>
소형 선박용 보조전력 공급을 위한 3kW급 열교환형 디젤 연료 개질기 개발	산업통상자원부	'13 ~ '16	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 kW급 디젤개질기 설계.운전</li> <li>매크로-메조 기공을 가지는 다공성 촉매개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소생산을 위한 컴팩트형 개질기 및 촉매 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개질 기술 중 수성가스 전환 공정 기술 운전 경험 활용</li> <li>단위공정들의 연계운전에 대한 기술개발 결과 활용</li> </ul>

주) 수성가스전환 기술은 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 개발 진행

## □ 수소 분리 기술

<표 3-3-4> 기존 사업의 성과 활용 방안 (고도정제 및 수소 분리 기술)

유사/중복 과제			주요 성과	본 기획 연계가능 세부기술 명	연계/활용 방안
과제명	부처	기간			
이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	산업부	'18.12 ~ '21.04	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Nm<sup>3</sup>/h급 수소분리막/이산화탄소 흡수제 하이브리드 시스템 설계 및 제작</li> <li>수소분리막 수소투과도: 70 ml/min/cm<sup>2</sup> (압력차 1 bar, 온도 500°C 기준)</li> <li>2 Nm<sup>3</sup>/h급 반응기 모듈 설계 및 제작</li> <li>상업용 공정설계 프로그램을 이용한 5 Nm<sup>3</sup>/h급 이산화탄소포집과 수소 생산 동시공정 모델 개발</li> <li>하이브리드 리포머 공정 조건에 적합한 고온 이산화탄소 흡수제 선정 및 기초성능 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소/이산화탄소 분리 기술</li> <li>설비 모듈화/컴팩트화 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Nm<sup>3</sup>/h급 분리막 모듈 이용 고순도 수소 분리 scale-up 기술 개발과 연계 활용</li> <li>모듈화/컴팩트화 기술개발과 scale-up 연계 활용</li> </ul>

## 제 4 장 사업설계를 위한 조사분석

### 제1절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설 사업 관련 사전조사

#### 1. 기술수준 조사

##### 1.1 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 연관기술 분야

###### □ 분산형 가스플랜트와 연관된 주요 기술분야를 국가 10대 기술분야와 120개 국가전략 기술의 틀에서 선정하고 분석

- (전자·정보·통신 분야) 18개 세부 국가전략기술 중 3개 기술이 연관성 존재
  - 지식기반 빅데이터 활용기술: 플랜트 I/O 포인트별 데이터의 장기간 수집 분석을 통한 빅데이터 기반 ICT 기술로서 개발 적용이 필요
  - 지식정보보안기술: 해외 및 장거리 원격 플랜트 유지보수 자료의 통신단계에서 보안 기술의 적용이 요구
  - 융합서비스 플랫폼기술: 해외플랜트 수요처 대응을 위한 플랫폼 모델 개발과 적용이 필요
- (기계·제조·공정 분야) 7개 세부 국가전략기술 중 1개가 연관
  - 생산시스템 생산성 향상기술: 플랜트의 효율화와 유지보수 최적화 등 생산성 향상 측면의 특화된 기술개발 적용이 필요
- (에너지·자원·극한기술 분야) 21개 국가전략기술 중 3개가 연관
  - 수소에너지기술: 화석연료가 아닌 저급자원과 재생가능에너지 잉여전기로부터 수소를 생산하고 활용하는 플랜트기술이 연관
  - 폐자원 에너지화 기술: 본 기획의 기술과 상당 부분이 연관
  - 바이오 에너지기술: 본 기획의 기술과 상당 부분이 연관
- (환경·지구·해양 분야) 11개 국가전략기술 중에서 3개가 연관 기술
  - 오염물질 제어 및 처리기술 (수질, 대기 등): NIMBY 극복을 위한 가스플랜트의 핵심 영역으로 개발 적용이 필수적 요소
  - 폐기물 감량 및 처리기술: 폐기물 감량/처리를 하면서 동시에 에너지 및 화학원료로 사용할 가스를 생산하는 플랜트로서 연관
  - 이산화탄소 포집·저장·이용기술: 지구온난화 가스인 CO<sub>2</sub>를 가스생산 원료로 생산하는 기술개발이 범위에 포함
- (나노·소재 분야) 5개 국가전략기술 중 1개가 연관 기술
  - 멀티스케일 금속소재기술: 부식성 황화수소가 포함된 합성가스, 바이오가스 등에 적용이 가능한 금속소재 대응기술이 필요

- (건설·교통 분야) 6개 국가전략기술 중 1개가 직접 해당
  - 첨단플랜트 원천기술: 가스플랜트에 대한 국내 축적된 기술을 바탕으로 해외수출이 가능할 원천기술로 집합 실증이 필요
- 총 120개의 국가전략기술 중에서 6개 분야 12개 기술이 가스플랜트와 연관된 기술로 분석
  - 연관된 12개 국가전략기술에서 아래 4개는 본 기획과 상당히 깊은 연관성
    - \* 폐자원 에너지화 기술, 바이오 에너지기술, 수소에너지기술, 첨단플랜트 원천기술
  - 합성가스 기반 수소 생산 플랜트는 국가 10대 기술분야 중에서 에너지·자원·극한기술과 건설·교통 분야와 연관성이 매우 높고 기계·제조 공정과 환경·지구·해양분야와도 높은 연관성이 존재
    - \* 특히, 국가전략기술로 제시된 내역 중 폐자원에너지화기술, 바이오 에너지기술, 수소 에너지기술, 첨단플랜트 원천기술은 가스플랜트 사업을 통해 큰 기여가 가능

<표 4-1-1> 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 해당기술의 국가전략기술과 연관성

국가 10대 기술분야 중 해당분야	연관성	연관 국가전략기술
전자·정보·통신	보통	2. 지식기반 빅데이터 활용기술 9. 지식정보보안기술 15. 융합서비스 플랫폼기술
기계·제조·공정	높음	53. 생산시스템 생산성 향상기술
에너지·자원·극한기술	매우 높음	59. 폐자원 에너지화 기술 61. 바이오 에너지기술 65. 수소에너지기술
환경·지구·해양	높음	82. 오염물질 제어 및 처리기술(수질, 대기 등) 85. 폐기물 감량 및 처리기술 89. 이산화탄소 포집·저장·이용기술
나노·소재	보통	92. 멀티스케일 금속소재기술
건설·교통	매우 높음	112. 첨단플랜트 원천기술

(분야/기술 출처: 2016년 기술수준평가 총괄본, KISTEP, 2017.7)

## 1.2 한국의 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 분야 기술수준

### □ 국가전략기술 120개 중 가스플랜트 관련 전략기술 12개 국내 기술/연구 수준 분석

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트에 관련된 국가전략기술의 국내 기술수준은 최고 기술 보유국 대비 평균 79.1%이며 아직 상당한 기술격차가 존재
  - 2016년 기준 10대 기술분야 전체에서는 모두 최고기술 보유 국가는 미국이며, 중국은 항공·우주분야를 제외하고는 한국이 기술수준 우세로 분석
    - \* 가스플랜트 관련된 세부 전략기술별로는 일본이 우세인 분야(생산시스템 생산성 향상기술, 폐기물 감량/처리기술), EU가 우세인 분야(폐자원에너지화기술)이 존재
    - \* 최근 몇 년에 플랜트 분야는 중국이 자국 내 다양한 건설 운영 경험을 기반으로 여

- 러 세부 플랜트 품목별로는 한국을 상회한 것으로 예상
- 최고 기술수준을 보유한 국가 대비 한국의 기초연구 수준은 기초연구가 평균 78.3%, 응용·개발연구가 평균 79.8%로 분석
    - 기초연구 수준이 더 낮으나 모두 80% 이하 수준으로 격차 존재
      - \* 선진국은 대형 상용급 가스플랜트 기술에서 경험과 원천기술 우위 확보
    - 한국은 응용·개발연구수준이 대부분 기초연구수준보다 높으나, 기초연구수준이 더 높은 분야가 존재
      - \* 기초연구수준이 응용·개발연구보다 수준이 높게 분석된 분야는 바이오에너지기술, 오염물질 제어/처리기술, CO<sub>2</sub>포집저장이용기술로서, 기초연구 활용 방안이 필요
    - 기술수준 차이를 극복할 전략과 방향 설정이 중요
      - \* 중소형 규모, ICT적용 특화 등 틈새시장 전략 설정과 국내기술이 강점을 보일 분야 파악이 필요
  - 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 연관 국가전략기술 차원의 기초기술 수준은 지식정보보안기술(ICT분야)와 CO<sub>2</sub>포집저장이용기술 분야가 80%대로 상대적으로 높고 최근 4차산업 핵심인 빅데이터 활용기술 분야가 가장 낮은(75%) 것으로 파악
    - 국내 강점인 ICT기술 연계 활용을 통한 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 경쟁력 제고와 빅데이터 등 열세인 기술에 대한 집중 연계투자가 필요

<표 4-1-2> 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야 국가전략기술의 국내 기술수준 (2016년 기준)

기술분야	연관 국가전략기술	기술수준	기초연구 수준	응용·개발연구
전자·정보·통신	2. 지식기반 빅데이터 활용기술	77.3	75.0	79.6
	9. 지식정보보안기술	81.5	80.0	83.0
	15. 융합서비스 플랫폼기술	80.7	79.5	81.8
기계·제조·공정	53. 생산시스템 생산성 향상기술	82.0	81.3	82.7
에너지·자원·극한 기술	59. 폐자원 에너지화 기술	78.9	77.3	80.4
	61. 바이오 에너지기술	74.4	74.5	74.2
	65. 수소에너지기술	77.7	77.0	78.4
환경·지구·해양	82. 오염물질 제어 및 처리기술 (수질, 대기 등)	77.6	77.8	77.3
	85. 폐기물 감량 및 처리기술	83.5	82.9	84.1
	89. 이산화탄소 포집·저장·이용기술	80.1	80.5	79.6
나노·소재	92. 멀티스케일 금속소재기술	77.2	76.3	78.1
건설·교통	112. 첨단플랜트 원천기술	78.3	78.0	78.6
평균		79.1	78.3	79.8

(출처: 2016년 기술수준평가 총괄본, KISTEP, 2017.7)

□ 합성가스 기반 수소생산 플랜트 관련 국가전략기술의 연구주체별 국내 기술수준 분석

- 연구계가 평균 79.2%로 가장 높고 중소기업이 72.7%로 가장 낮은 것으로 분석
- 국내 대기업은 ‘첨단플랜트 원천기술’(84.6%)과 ‘폐기물 감량 및 처리기술’(83.9%)에서 상대적으로 국내 최고기술수준을 보유
  - 이들 기술들은 플랜트 전 분야 중 상세설계, 건설, 운영 측면의 국내외 수주 건설공사 경험에 의한 것으로 해외 선진기술사들과 직접 경쟁할 기술수준은 아닌 것으로 추정
  - \* 플랜트를 자체 브랜드로 국내외 시공 건설 운영한 사례가 거의 전무
- 중소기업 기술수준은 대기업, 연구계, 학계 대비 모두 가장 낮아 중소기업 중심의 플랜트 추진은 일반적 접근으로는 어려움 예상
- 실용화를 위한 기반으로 활용이 가능할 연구계가 다른 기술주체들보다 높은 수준을 보이는 분야로는 ‘지식정보보안기술’, ‘융합서비스 플랫폼기술’, ‘폐자원에너지화기술’, ‘수소에너지기술’, ‘오염물질 제어/처리기술’, ‘CO<sub>2</sub> 포집저장이용기술’, ‘멀티스케일 금속소재기술’이 존재
  - 이들 연구계 보유기술의 해외수출형 플랜트 기술로 연계 활용이 중요

<표 4-1-3> 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야 국가전략기술의 연구주체별 기술수준 (2016년 기준)

기술분야	연관 국가전략기술	대기업	중소기업	연구계	학계
전자·정보·통신	2. 지식기반 빅데이터 활용기술	78.4	75.4	77.8	77.6
	9. 지식정보보안기술	80.6	79.8	82.0	78.0
	15. 융합서비스 플랫폼기술	80.0	74.7	80.7	77.0
기계·제조·공정	53. 생산시스템 생산성 향상기술	84.1	77.3	79.7	79.4
에너지·자원·극한 기술	59. 폐자원 에너지화 기술	78.7	76.0	81.0	78.4
	61. 바이오 에너지기술	68.7	62.3	75.7	77.7
	65. 수소에너지기술	75.2	71.0	79.8	79.0
환경·지구·해양	82. 오염물질 제어 및 처리기술 (수질, 대기 등)	70.4	70.4	77.4	75.2
	85. 폐기물 감량 및 처리기술	83.9	79.4	80.9	79.9
	89. 이산화탄소 포집·저장·이용기술	72.7	63.9	81.0	79.1
나노·소재	92. 멀티스케일 금속소재기술	76.8	67.7	77.7	77.4
건설·교통	112. 첨단플랜트 원천기술	84.6	74.8	76.2	73.6
평균		77.8	72.7	79.2	77.7

(출처: 2016년 기술수준평가 총괄본, KISTEP, 2017.7)

□ **합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야 최고기술 보유국가 대비 한국의 기술격차 분석 (2014/2016년 기준)**

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야와 연관성이 높은 국가전략기술별 기술 최고국은 미국과 EU로 분석
  - 미국 최고기술 분야: 바이오에너지기술, 수소에너지기술, 첨단플랜트 원천기술
  - EU 최고기술 분야: 폐자원에너지화기술
- 2016년 기준 기술최고 수준 국가 대비 격차가 가장 적은 기술은 ‘융합서비스 플랫폼기술’(2.3년)이며, ‘바이오에너지기술’(4.9년)이 가장 큰 차이
- ‘바이오에너지기술’(4.7년→4.9년)과 ‘CO<sub>2</sub>포집저장이용기술’(3.8년→4.3년), ‘첨단플랜트 원천기술’(3.3년→3.8년)은 오히려 기술격차가 확대
  - 특히 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 핵심기술로 분류되는 바이오에너지화 기술과 첨단플랜트 원천기술의 기술격차 확대는 우려되는 부분

<표 4-1-4> 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야 국가전략기술의 외국과의 기술수준 격차 (2016년 기준)

기술분야	연관 국가전략기술	기술 최고국	기술격차 (년, 2014기준)	기술격차 (년, 2016기준)
전자·정보·통신	2. 지식기반 빅데이터 활용기술	미국	3.4	3.3
	9. 지식정보보안기술	미국	2.8	2.7
	15. 융합서비스 플랫폼기술	미국	2.7	2.3
기계·제조·공정	53. 생산시스템 생산성 향상기술	일본	3.0	3.0
에너지·자원·극한 기술	59. 폐자원 에너지화 기술	EU	4.8	3.7
	61. 바이오 에너지기술	미국	4.7	4.9
	65. 수소에너지기술	미국	5.6	3.9
환경·지구·해양	82. 오염물질 제어 및 처리기술 (수질, 대기 등)	미국	5.4	4.8
	85. 폐기물 감량 및 처리기술	일본	4.1	2.9
	89. 이산화탄소 포집·저장·이용기술	미국	3.8	4.3
나노·소재	92. 멀티스케일 금속소재기술	미국	4.7	4.5
건설·교통	<b>112. 첨단플랜트 원천기술</b>	미국	3.3	3.8
평균				

(출처: 2016년 기술수준평가 총괄본, KISTEP, 2017.7)

## 2. 기술수요 조사

- 산·학·연 전문가들의 의견수렴을 위한 기술수요조사를 총 5차에 걸쳐 진행
  - 1 ~ 4차는 ‘상용급 가스 플랜트/액화 플랜트 기술’과 관련된 연구개발 과제 도출을 목적으로 기술수요 조사 실시
  - 5차의 경우 ‘합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설기술’과 관련된 연구개발 과제 도출을 위해 실시
- 수요조사 방법으로는 이메일을 이용한 문서 송부 방식과 웹사이트 설문프로그램을 이용한 방식으로 진행하였으며 기술수요조사서는 제안 기술의 분류와 기술개발 유형 그리고 연구목표 및 내용으로 구성하여 수요조사에 대한 세부사항을 기입하게 하였으며 향후 시장형성 및 민간기술 연계를 위해 국내외 관심기관과 회사를 작성
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설기술과 관련된 5차 기술수요 조사를 2019년 3월에 진행하였으며, 총731명에게 수요조사를 의뢰하였고 회신된 응답 건은 총 13건으로 집계
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설기술과 관련하여 수행한 5차 기술수요 조사 중 본 석유 코크스 기반 수소 생산 플랜트와 관련된 분야만을 발췌하여 아래와 같이 정리

<표 4-1-5> 기술수요조사서 기술개발 과제명 및 연구내용 정리(합성가스 기반 수소 생산 플랜트 건설기술)

기술개발 과제명	연구목표	연구내용	목표사항	실증설비 규모	소요 기간 (년)	연구비 (백만원)	사업화 예상 시점
고순도수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 대용량 분리막 정제기 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소정제기 개발</li> <li>- 고순도 수소정제를 위한 대면적 수소분리막 제조기술 개발 (단위면적 450 cm<sup>2</sup>)</li> <li>- 고효율 수소정제기 개발 (수소 순도 및 회수율: 99.99% 이상 및 80% 이상(수소농도 75% 합성가스 기준))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기공율이 우수하고 평균기공 크기가 균일한 튜브형 금속지지체 개발</li> <li>- 금속지지체 대면적화 및 양산기술 개발</li> <li>- 고순도 수소분리가 가능한 고선택/고투과성 분리막 제조기술 개발</li> <li>- 고효율 수소정제 단위공정 시스템 구축 및 운전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단위분리막 단면적: 450 cm<sup>2</sup></li> <li>- 합성가스 처리 용량: 50 Nm<sup>3</sup>/h</li> <li>- 수소 순도 99.99% 이상 및 회수율 80% 이상 (수소농도 75% 합성가스 기준)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소정제 플랜트 및 시스템</li> </ul>	8	9,000	2027
합성가스 기반 CO <sub>2</sub> Free 수소 병산 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IGCC 공정 활용 CO<sub>2</sub> Free 수소 생산 및 분리정제 공정 기술 개발 및 연료전지 연계 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IGCC 플랜트 및 수소생산 Test Bed 공정 연계 기술 개발</li> <li>- CO<sub>2</sub> Free 수소 생산 및 분리/정제 공정기술 개발</li> <li>- CO<sub>2</sub> Capture 및 수소 생산 설비 효율 향상</li> <li>- ICT 기반 수소생산/활용 연료전지 연계 시스템 O&amp;M 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,000 Nm<sup>3</sup>/h 급 CO<sub>2</sub> Free 수소 생산 및 연료전지 발전 연계 시스템</li> <li>- ICT 기반 CO<sub>2</sub> Free 수소 병산 공정 기술 (90% 효율)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,000 Nm<sup>3</sup>/h 급 CO<sub>2</sub>- free 수소 생산 연료전지 발전 Capacity &gt; 1.5 MW</li> </ul>	5	10,000	2024
합성가스 내 일산화탄소 제거를 동반한 수소 생산량 증대, 이를 위한 고효율, 고안정성의 수성가스전환 촉매 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오매스 가스화를 통하여 생성되는 합성가스 중 일산화탄소를 이용하여 수소를 생산하는 고안정성, 고효율 수성가스전환 촉매기술 개발</li> <li>- 나노기술을 적용하여 기존에 개발된 촉매보다 합성 비용이 저렴하고, 활성은 향상된 촉매 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오랜 기간 안정적으로 수성가스전환 반응을 운용 가능한 니켈계열의 나노촉매 개발</li> <li>- 타르제거 촉매 및 고온, 저온 수성가스전환에 적합한 최고수율의 촉매 연구</li> <li>- 최적의 촉매 효율을 가지는 형태의 반응기 모델 구상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수성가스전환 반응기 규모 &gt; 5 Nm<sup>3</sup>/일</li> <li>- 촉매 안정성: 1주일 이상 초기의 촉매 활성 유지</li> <li>- 일산화탄소 전환율: 파울렛 플랜트 &gt; 85%, 실증급 플랜트 &gt; 90%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 Nm<sup>3</sup>/일급 수소 생산이 가능한 규모</li> </ul>	5	1,000	2024
합성가스 또는 바이오가스 내의 분진, 타르 및 수분 정제기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스 또는 혐기성 소화조에서 바이오가스의 생산시 가스에 포함된 불순물인 타</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스 내 이물질인 고농도 타르의 제거를 위한 습식 스크러버 기능이 포함된 제습 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노점 7도 이하의 수분제어</li> <li>- 합성가스화 설비용 정제설비 용량: &gt;80톤/일급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오매스 80톤/일급 실증 플</li> </ul>	6	1,800	2024

기술개발 과제명	연구목표	연구내용	목표사양	실증설비 규모	소요 기간 (년)	연구비 (백만원)	사업화 예상 시점
	<p>르, 분진 및 수분의 제거로 후단 공정(고질화 설비)의 이물에 의한 문제 발생을 예방하는 정제기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 여러 단계의 정제기술을 단일화 공정으로 처리하는 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분진과 타르 여과용 코어레서 필터의 수명 연장 기술개발</li> <li>- 가스 사용목적에 따른 노점(포화수분) 제어 설비 기술개발</li> <li>- 화학식 및 기계식 제습설비기술 융복합 설비 개발</li> <li>- 가스발생량에 따른 정제 시스템 구축 및 운전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 코어레서 필터 제거능: &gt;99%</li> <li>- 코어레서 필터 수명: 과일 &gt;60일, 실증급 &gt;180일</li> </ul>	<p>플랜트 및 바이오 가스 2,000/일 급 실증 플랜트</p>			
<p>바이오가스 및 산소 가스화의 하이브리드 공정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3세대 바이오매스, 유기 폐기물 등 한국 시장에서의 바이오매스 연료의 타당성 조사</li> <li>- 중온 소화를 통해 수소가 풍부한 바이오 가스 생산을 위한 실험, 공정 설계 및 최적화 진행</li> <li>- 고체 소화물의 산소 가스화 혐기성 소화를 통한 수소가 풍부한 합성가스 생산 실험, 공정 설계 및 최적화 진행</li> <li>- 혐기성 소화 및 산소 가스화 연계 하이브리드 공정의 통합 및 개선 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오매스 유효성의 광범위한 조사 및 가장 유망한 공급 원료의 기초적인 분석 진행</li> <li>- 특정 바이오매스의 중온 혐기성 소화를 통한 수소 생산을 최대화하기 위한 정확한 물질 및 에너지 수지식 수립 및 스케일업 인자 파악</li> <li>- 공기/중기, 산소/중기 혐기성 소화의 가스화의 수소 생산 최대화 및 스케일업 인자 파악을 위한 최적화</li> <li>- 혐기성 소화 및 산소 가스화 통합 단일 정상 상태 공정 설계, 기술 경제성 평가 및 전과정 평가를 통해 하이브리드 공정과 각각의 단일 공정 비교</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상적인 바이오매스 공급원료 후보군의 특성 파악 및 검토</li> <li>- 중온 혐기성 소화의 실험적 최적화 및 실제와 유사한 공정 설계 모델 개발</li> <li>- 산소 가스화의 혐기성 소화의 실험적 최적화 및 실제와 유사한 공정 설계 모델 개발</li> <li>- 산업 규모 하이브리드 공정의 공정 설계, 기술 경제성 평가 및 전과정 평가를 통해, 경제적 실현 가능성 및 환경적 영향 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 벤치 규모의 혐기성 소화 및 기초 측정 장치, GC-MS</li> <li>- 벤치 규모의 가스 발생기 및 기초 측정 장치, 기체 열량계</li> </ul>	4.5	1,350	2025
<p>수소-선택적 막을 이용한 바이오가스와 합성가스의 다양한 조성에 최적화된 수성가스 전환 (water-gas-shift, WGS) 반응기</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소 분리막을 이용한 수성가스 전환 반응기의 동향 조사 및 반응에 적합한 바이오/합성가스 선정</li> <li>- 다양한 원료가스 조성에 따른 수소 정제와 원료 조성의 최적화 실험 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오매스 종류에 따른 바이오/합성가스 조성 및 수소 정제에 미치는 영향에 대한 통계학적 결정</li> <li>- 최적 원료가스 조성/최적 반응 조건 /최대 수소 정제를 위한 수소 분리막 선정</li> <li>- 시스템 scale-up 및 기술·경제성/전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 ~ 100 L/h급 수소 생산량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lab scale</li> </ul>	4.5	1,800	2025

기술개발 과제명	연구목표	연구내용	목표사양	실증설비 규모	소요기간 (년)	연구비 (백만원)	사업화 예상 시점
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전산유체역학을 이용한 반응기 구조에 따른 수소 생산량 연구</li> <li>- 기술·경제성 평가 기반 공정 design 및 scale-up</li> </ul>	과정평가 수행					
막 반응기를 응용한 합성가스 개질, 분리 및 잔류 CO2 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스 내의 H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>에 대한 선택성이 높은 막 반응기를 적용하여 정제된 고순도 수소 생산 플랜트 설계 및 최적화</li> <li>- 막반응기에서 발생된 일산화탄소를 이용한 수성가스 전환을 통해 수소 전환 플랜트 설계 및 최적화</li> <li>- 수소 생산 과정에서 발생된 CO<sub>2</sub>의 포집, 응용 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>에 대한 다양한 선택성을 가지는 소재를 적용해 최적의 소재와 가공방법 개발</li> <li>- 잔여 CO<sub>2</sub> 포집을 위한 기술 개발: 흡착 또는 Biofixation</li> <li>- 0.5 ~ 5톤/일급 수소 생산기술 설계 및 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소 생산 설계 기준 0.5톤/일 이상</li> <li>- CO<sub>2</sub> 포집 및 전환율 90% 이상</li> <li>- 생산, 정제된 H<sub>2</sub> 순도 99% 이상</li> </ul>		5.5	1,800	2025

<표 4-1-6> 기술수요조사 제안 기술명 및 반영 여부(합성가스 기반 수소 생산 플랜트 중 본 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소생산 플랜트와 관련 부분)

No	기술 분류	제안 기술명	반영 여부	반영된 부분 또는 미반영 사유
1	수소 분리	고순도 수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 대용량 분리막 정제기 개발	일부 반영	수소 막분리 기술의 경우 소규모로 진행하는 것으로 참여기관(위탁기관) 과제 등으로 진행하는 것도 가능
2	수소 병산	합성가스 기반 CO <sub>2</sub> Free 수소 병산 기술 개발	일부 반영	ICT 기반 CO <sub>2</sub> Free 수소 생산 공정 기술은 반영하였으나, 연료전지 연계의 경우는 생산된 수소의 활용 부분이므로 제외
3	변환	합성가스 내 일산화탄소 제거를 동반한 수소 생산량 증대. 이를 위한 고효율, 고안정성의 수성가스전환 촉매 개발	반영	개질 및 변환 기술의 일부로 수성가스전환 촉매 개발 반영
4	정제	합성가스 또는 바이오가스 내의 분진, 타르 및 수분 정제기술	반영	합성가스 정제 기술에 반영
5	바이오 가스/ 합성가스	바이오가스 및 산소 가스화의 하이브리드 공정	미반영	바이오가스 분야를 반영하였으나, 석유 코크스 만을 대상으로 한 본 기획에서는 미반영, 산소가스화 하이브리드 공정은 중장기 별도과제로 추진하는 것이 바람직하다고 판단
6	변환	수소-선택적 막을 이용한 바이오가스와 합성가스의 다양한 조성에 최적화된 수성가스 전환 (water-gas-shift, WGS) 반응기	반영	개질 및 변환 기술에 수성가스전환 반응기 기술 개발 포함
7	개질 및 분리	막 반응기를 응용한 합성가스 개질, 분리 및 잔류 CO <sub>2</sub> 활용기술 개발	일부 반영	수소 막분리 기술의 경우 소규모로 진행하는 것으로 참여기관(위탁기관) 과제 등으로 진행하는 것도 가능

### 3. 공청회

#### 3.1 공청회 개최 개요

- 상용급 가스·액화 플랜트 기술개발 기획 과제는 2017년 9월 1일부터 시작하여 2019년 5월 31일까지 진행된 과제로서 2019년 4월 26일 제주 ICC에서 관련 산업의 업체, 학계 관계자를 모시고 그 간 기획의 결과를 설명하고 기획의 타당성 및 진행 방향에 대한 의견을 듣는 자리를 마련

### 3.2 공청회 진행 내용

- 본 기획과제의 공청회는 국토교통과학기술진흥원 부원장 및 국토부 기술정책과 사무관의 인사말로 시작하여 기획위원장인 고등기술연구원 윤용승 부원장이 합성가스 기반 수소생산의 국내외 기술현황과 전망에 대해 발표하였으며, 성호진 국토교통과학기술진흥원 PD가 합성가스기반 수소생산 플랜트 건설기술 개발사업(안)을 발표



[그림 4-1-1] 기획과제 공청회 전경

- 첫 번째 세션에서 합성가스 기반 수소생산의 국내외 기술현황과 전망에 대해 기획위원장인 윤용승 고등기술연구원 부원장이 발표
- 수소 사회에 필요한 수소 생산 원료의 다양화에 대한 필요성 증대 및 Technology-based 수소자원 확보 가능 시대 도래로 인한 배경 설명

**■ Technology-based 수소자원 확보 가능 시대 도래**

- 에너지는 더 이상 자원이 아니라 기술로 정의되는 시대에 진입
- 지하자원에서 자원을 채굴하는 방식이 아닌 기존 저급 또는 잉여 자원으로부터 수소를 변환/합성하여 사용하는 시대 도래
  - \* 잉여전기에서 수소 생산(P2G), 천연가스/바이오가스 및 쓰레기/바이오매스 등에서 합성가스를 생산한 후 수소를 생산하는 방식이 대표적
- 한국, 일본, 중국이 수소분야 주도권을 위한 기술 및 경제성 경쟁 최근 본격화

**■ 수소사회에 필요한 수소생산 source 다양화 필요성 증대**

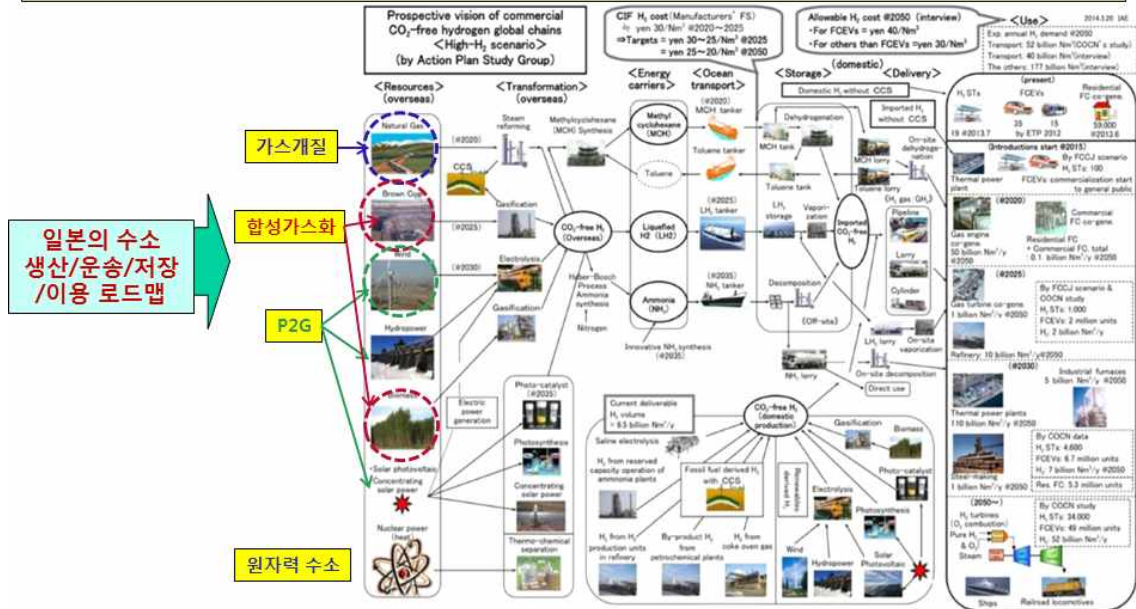
- 해외와 수소사회에 필요한 수소자원 다변화에 대한 중장기적 대응이 요구
- 수소사회에 적극적인 일본, EU, 미국 모두 수소생산은 석탄가스화, 천연가스/부생가스 개질, P2G에 집중
  - \* 일본, 미국 : 석탄가스화 수소생산, 천연가스 개질, P2G에 집중
  - \* EU : 천연가스 개질(CCS 연계)과 P2G에 집중
  - \* 한국 : 국내 수소생산은 일본/EU 전략 + 해외도입수소는 일본 전략

[그림 4-1-2] 합성가스 수소생산 필요 배경

- 국내 상황과 유사한 일본의 수소 생산 기술방향을 설명하고 국내에서 수소 생산을 위한 방향에 대한 제시

**■ 수소생산 플랜트 핵심 : 가스개질기술, 합성가스화 기술, P2G기술, 탈탄소사회를 위한 CO2 대응기술 → 2030년 이후 대비 핵심플랜트 기술확보 전략이 필요**

- 에너지수입국으로 한국과 유사한 상황인 일본의 전략방향 : 가스개질, 합성가스화, P2G가 수소생산의 핵심 기반기술 + 해외에서 수소생산 전략이 핵심



[그림 4-1-3] 일본의 수소생산 기술 방향

(바탕그림 출처: 2016년 FISITA Partners Forum, Ken Oakazaki, 도쿄공업대학)

- 국내의 최근 합성가스 생산 및 활용에 대한 현황을 발표하고 합성가스를 이용한 수소 생산에 대한 인프라 및 가능성을 제시

**■ 국내 폐비닐/폐플라스틱 재활용 거부 사태 발생으로 재활용이 힘든 고발열량 폐기물의 열적처리 방식이 대안으로 부각**

- 재활용이 우선되어야 하나, 이물질 함유된 폐비닐/폐플라스틱은 현실적으로 재활용이 곤란
- 충분한 환경정제설비가 구비된 열적처리 플랜트에서 처리가 필수
- 폐플라스틱 고형연료(RPF)를 산업단지 스팀공급원으로 이용한 국내 성공사례 다수 있음.  
\*예: 국내 T사의 울산 스팀공급설비
- 일본 동경도는 10년 전부터 폐플라스틱은 소각처리 중
- 국내 폐기물플랜트 추진 시 세계에서 가장 낮은 환경오염물질 배출기준 요구 상황  
\*국내 N시 SRF 발전소 사례: 천연가스 수준의 배출기준 제시에도 주민들 반대

**■ 합성가스 시장**

- 미세먼지, 폐기물 처리 곤란 등으로 인해 폐기물가스화 처리 활용방식에 관심 증가
- 가스자원이 없거나 부족한 개도국 중심으로 자국 내 풍부한 바이오매스 자원과 폐기물, 저급석탄 등을 사용하여 자국 내에서 청정가스 자원 확보에 관심이 높음
- 폐기물의 경우 에너지 자원 확보와 환경적 처리가 동시 가능하여, 플랜트기술로 정립되면 시장성 높음



[그림 4-1-4] 국내 합성가스 현황

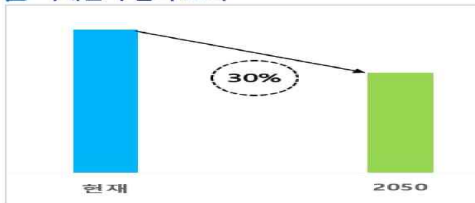
- 두 번째 세션에서 합성가스 기반 수소생산 플랜트 건설 기술개발 사업(안)에 대해 국토교통과학기술진흥원 성호진 PD가 발표
- 합성가스 기반 수소생산 플랜트 건설 기술개발 사업의 필요성으로 미세먼지 악화 대책으로서의 수소 사용, 온실가스 저감, 국내 건설 경기 저하 및 경제적 산업적 파급효과가 큰 미래 성장 동력으로서 수소 경제를 제시

**▶ (수소경제) 온실가스 감축 등 친환경 에너지로 에너지 자립에 기여**

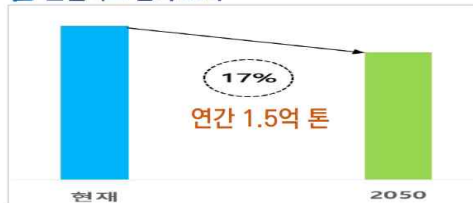
- ↳ (친환경 에너지) 온실가스 17% 감축, 미세먼지 30% 저감 등 깨끗하고 안전한 청정사회 진입을 촉진
- ↳ (에너지 자립) 최종 에너지 소비량의 20%를 대체해 에너지공급 리스크를 완화하고 에너지 자립 제고
- ↳ (신성장동력) 수소 생산-저장/이송-활용 생태계 구축으로 약 70조 원 경제효과 및 60만 명의 고용효과 창출



**▶ 미세먼지 감축 효과**

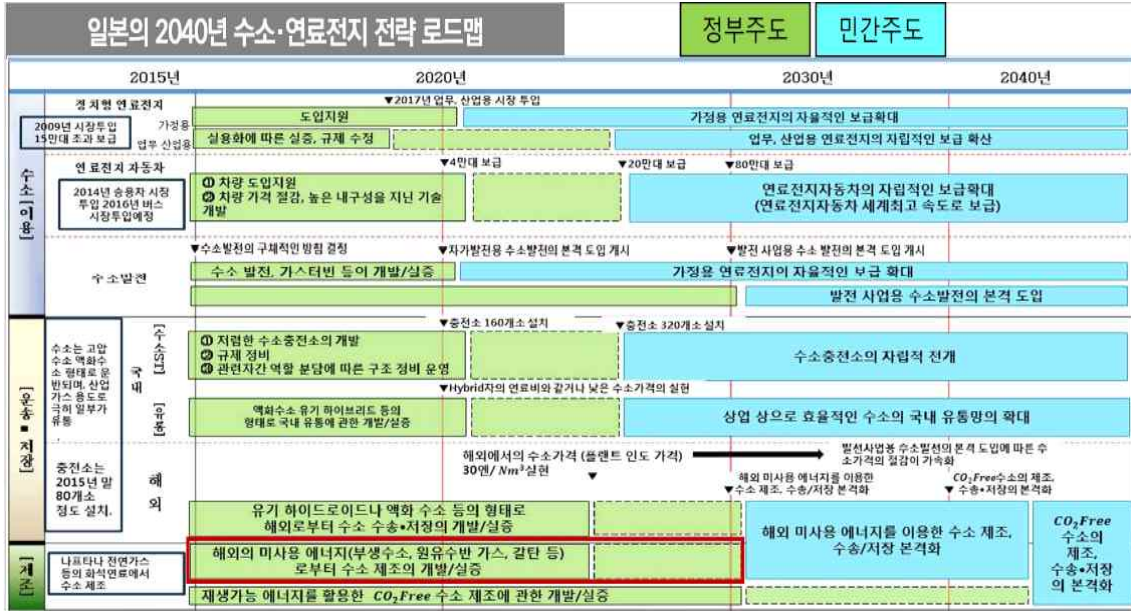


**▶ 온실가스 감축 효과**



[그림 4-1-5] 합성가스 기반 수소 생산사업 추진의 필요성

- 국내외 수소 생산 관련 추진 현황으로 국내 사정과 유사한 일본의 수소 관련 정책 설명하고 이후 미국, 호주, 독일, 중국 등 해외 관련 사업 추진 현황에 대한 발표



[그림 4-1-6] 일본의 2040년 수소·연료전지 전략 로드맵

- 수소 생산을 위해서 수소 추출 방법에 대한 현황, 추출 원료의 잠재량, 비용 및 기술수준에 대한 분석
- 합성가스 기반 수소생산 플랜트 건설 기술개발 사업 추진에서 중점 분야 도출 내용과 사업 비전 및 목표 그리고 중점분야 내용 및 예산을 제시

## 제2절 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 관련 사업 추진현황

### 1. 유사사업 현황 및 중복성 검토

- 유사·중복성 분석은 국가연구개발사업의 예비타당성조사에 대한 기존 사업과의 중복 가능성을 판단하며, 더 나아가 국가 재정운용과 건전재정을 확보할 수 있도록, 정부 연구개발투자의 투자균형 여부를 분석하기 위한 항목
- 국가재정의 중복투자는 비능률적이고 무용한 부정적인 개념으로 간주되기 때문에, 정부는 유사·중복사업에 대한 선택과 집중을 통한 투자 효율성의 극대화가 요구되므로 유사·중복성 분석은 재정운용상의 낭비 요인을 최소화하기 위해 중요한 부분
- 국가연구개발사업의 중복성 검토는 조사 대상사업과 비교검토 사업과의 일대일 비교를 원칙으로 하며, 각각 사업목표, 지원 대상, 지원 분야의 전부 또는 부분이 일치되는 상태를 파악
- 그러나 유사·중복성 분석은 대상사업이 중복사업이라는 최종적인 결론을 도출하기 위함이 아니라, 정부로부터 연구개발비가 전달되는 체계가 기존 사업과 실질적으로 유사·동일하여 신규투자가 우려되는 수준인지에 대한 정보

#### □ 사업수준의 중복성

- 기존 사업과 동 사업을 사업목표, 지원분야, 지원대상 등을 중심으로 유사·중복성 검토를 실시하였으며, 검토 대상 사업의 선정에는 국가과학기술지식정보 사이트 ([www.ntis.go.kr](http://www.ntis.go.kr))에서 도출된 정보를 활용하여 중복가능성 대상사업을 참고
- 유사·중복성 검토 결과로는 동 사업과 유사연구를 수행할 가능성이 존재하는 대상사업으로 산업통상자원부의 청정연료 Test-bed 구축 및 활용사업 및 한국형 300 MW급 IGCC 실증플랜트 운영기술 개발과 국토교통부의 LNG 플랜트 설계기술 개발이 중복 가능성이 있을 것으로 판단
- 상용급 가스·액화 플랜트 기술개발사업 기획을 위해 국가과학기술지식정보 사이트 ([www.ntis.go.kr](http://www.ntis.go.kr))에서 주요 기술 분야 관련 정부 R&D 과제 진행 현황에 대해 조사를 실시하고 중복성 검토를 실시

<표 4-2-1> 동 사업과 연관된 대형 정부지원 프로젝트

사업명	한국형 300 MW급 IGCC 실증플랜트 운영기술 개발
사업비	180억원
기간	'11~15
사업목표	- 가스화기 운전감시 핵심기술 확보 - 석탄가스 연소 기반기술 개발
추진체계	산업통상자원부/현대중공업
연구내용	- 태안 IGCC 가스화공정 기본설계 자료 분석

	- 태안 IGCC 가스화공정 모델링 - 석탄가스용 가스터빈 데이터를 이용한 복합발전 성능 모델링 수행
--	-------------------------------------------------------------

- 상기 사업과 동일한 부처에서 수행하였던 한국형 300 MW급 IGCC 실증플랜트 운영기술 개발은 동 사업이 추진하려는 합성가스 생산 분야와 중복되는 부분이 있으나 기 사업을 토대로 해당 분야의 기술수준을 향상시키는 목적으로 사업내용을 차별화
- 또한, 동 사업에서는 단독으로 합성가스 Test-bed를 운영하는 것이 아니라 다른 분야와 연계하여 Test-bed를 구축할 계획
- 주 생산품이 수소라는 측면에서는 기술개발의 중심과 사업의 목표 등 내용이 상이

## 2. 국토교통부 고유 사업과의 중복성 검토

- 국토교통부 소관 총 23개 고유 사업이 있으며 국토기술분야 10개 사업, 교통기술분야 6개 사업, 기반구축분야 7개 사업으로 구성

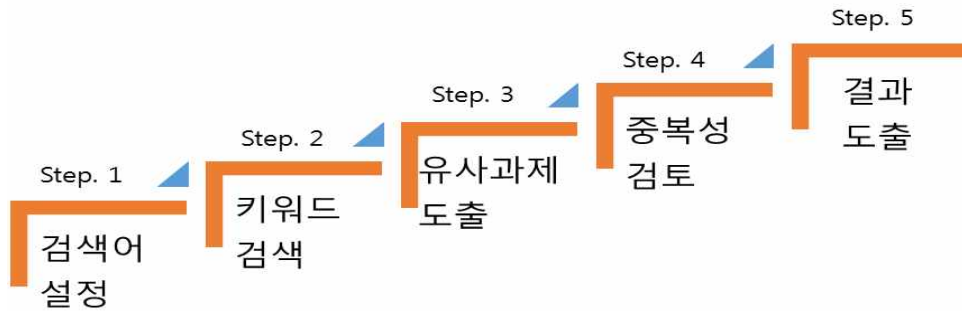
<표 4-2-2> 국토교통부 고유 사업 리스트

사업명	사업세부분야	개수
국토기술분야	건설기술연구	10개
	물관리연구	
	수요대응형 물공급 서비스	
	플랜트 연구	
	도시건축연구사업	
	주거환경연구사업	
	국토공간정보연구사업	
	공간정보기반 실감형 콘텐츠 융복합 및 혼합현실 제공기술 개발	
	위성정보 활용센터 설립 운영	
	국가전략프로젝트	
교통기술분야	교통물류연구	6개
	철도기술연구사업	
	항공안전기술개발	
	무인비행체안전지원기술개발	
	인수헬기인증기술개발	
	항공기 장비품 부품 등 제작정비 인증기술 개발	
기반구축분야	국토교통기술촉진연구	7개
	국토교통기술사업화지원	
	국토교통기술지역특성화	
	국토교통연구기획	
	국토교통연구성과활용지원	
	국토교통연구개발운영지원	
	정책연구개발사업	

- 국토기술분야 중 플랜트연구 사업에서 수행하였던 사업으로서 대상 물질로 가스를 취급하는 사업으로는 LNG 플랜트설계 기술개발 사업이 있으나, 적용 기술 및 최종 생산품 등에서 중복성이 전혀 없는 것으로 판단

### 3. 과제단위 중복성 검토

- 과제수준의 중복성을 검토한 결과, NTIS사이트에서 제공하는 유사과제 검색시스템을 통해 동 사업의 과제명과 연구목표, 연구내용, 기대효과, 한글/영문키워드로 웹검색을 하여 검색한 결과 기본설정 유사도 60% (NTIS 표준기준)에서는 유사과제 미검색
- 세부 기술 4개 분야에 대해서도 개별적으로 중복 가능성 검토를 실시
  - 합성가스, 고도 정제, 수성가스환 및 수소 분리의 각 분야가 예전부터 수행하고 있었고 현재 동 사업에서 기술향상과 경제성 확보를 위해 Test-bed를 구축하여 상용급으로 실증사업을 수행함으로써 해당 기술을 해외 수출하는 것이 목표
- 그러므로 유사 사업과의 중복성이 아닌 동 사업을 통한 상용급 기술도출 단계로 보며 됨. 아래 결과는 플랜트 설비 및 건설기준의 최근 기술 적용을 위해 지난 10년간 수행한 과제를 대상으로 조사하여 표와 같은 결과를 도출
- 검토 대상 과제의 선정에는 NTIS 사이트의 유사과제시스템 적용이 안 되기 때문에 각 분야별 검색을 통해 도출된 정보를 이용하였으며 동 사업의 각 대분류별 한글 키워드를 입력하여 기 수행된 세부과제와의 중복성 검토를 실시



[그림 4-2-1] 과제 중복성 검토 프로세스

- 중복성 판단은 0~10 단계로 표현하여 각 4개 분야별 대상 과제와 어느 정도 중복성이 있는지 전문가를 활용하여 판단하였으며 기술트리 대분류 기준으로 중복성 검토를 실시하였으며, 각 부처별로 중복 가능성에 대한 유사과제가 산업 통상자원부에서 주로 수행하였다는 것을 판단 가능

<표 4-2-3> 4개 세부기술 분야별 과제수준의 중복 가능성 검토 내용

분야	부처	과제명	중복성 판단*1)
합성가스 생산	산업통상 자원부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	7
		가스화기 연계 CO <sub>2</sub> 포집 통합공정 구축 운전 및 10 MW 급 통합공정 설계기술 개발	6
		연소전 CO <sub>2</sub> 포집용 핵심소재 개발 (습식)	2
		상용급 합성가스 제조 공정 적용을 위한 내부식성 금속필터 국산화 기술 개발	2
		Dry base 20톤/일급 저타르 합성가스 생산용 복합바이오 매스 가스화 및 에너지 활용시스템 개발	6
		미분탄 화력발전 효율개선 및 이산화탄소 감축을 위한 바 이오매스/저급탄 하이브리드 연료 제조공정 개발	2
		저급탄 고효율 가스화 기술 개발	5
		석탄 SNG 제조 공정 국산화를 위한 실증 기술 개발	3
		고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	5
		실증 가스화 플랜트 종합설계 및 자립 기술 개발	4
		순산소 연소를 통한 온실가스 처리 시스템 개발	2
		석탄가스화 Test-bed 구축 및 고유 가스화기 모델 개발	6
		1,000 MW 초초임계압(USC) 주 기기시스템 상용화 기술 개발	2
		폐목재를 이용한 가스화 열병합 발전 실증 기술 개발(100 kWe)	5
	이동식 초소형 액체산소 및 액체질소 제조장치 개발	2	
	석탄이용 합성석유 제조기술개발	5	
	환경부	보급형 중소규모 생활폐기물 가스화 발전시스템 개발	6
비성형 고품질연료의 혼합 산화제 가스화를 통한 고품질 합 성가스 제조 기술 개발		7	
중소기업 청	고온 /고압 분체 수송시스템 적용을 위한 수냉식 팽창시 트 밸브 시스템 개발	2	
고도정제 기술	산업부	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	7
	과기부	유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 요소기술 개발	5
	환경부	혐기소화 발생바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기 초응용 기술의 개발	5
개질 및 수성가스 전환 기술	교육과학 기술부	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급 시스템 개발	6
	산업통상 자원부	천연가스로부터 고효율 메탄올 생산 기술 실증	3
		소형 선박용 보조전력 공급을 위한 3kW급 열교환형 디젤 연료 개질기 개발	2
수소 분리 기술	환경부	이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이 산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	6

※ 1) 중복성판단: 0점 중복 전혀 없음~10점 매우 중복

※ 2) 향후 수행예정인 과제로 에너지기술평가원에서 2018년도 RFP로 공고되었음

### 3.1 합성가스 생산 기술

- 합성가스 생산 기술 관련 정부 R&D과제 진행 현황 조사결과 2006년부터 2015년 까지 약 160여건으로 파악
- 각 부처별 정부출연금 지원현황을 살펴보면 산업통상자원부가 약 80%로서 높은 비율

<표 4-2-4> 합성가스 생산 기술 관련 정부 R&D과제 진행 현황

단위: 백만원

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	정부연구비	
											계	비율(%)
교육부							219	209	101	50	579	0.6
국토교통과학기술부										210	210	0.2
미래창조과학부	23	1,000	435	417	194	212	59	548	740	805	4,433	4.9
산업통상자원부	5,939	2,589	4,715	8,151	16,558	9,404	6,966	8,995	6,835	1,750	71,902	79.5
중소기업청					180	360	240	507		79	1,366	1.5
해양수산부									524		524	0.6
환경부		150	245	249	800	710	1,350	1,220	3,790	2,950	11,464	12.7
부처별 합계	5,962	3,739	5,395	8,817	17,732	10,686	8,834	11,479	11,990	5,844	90,478	100.0

- 검토된 합성가스 생산 기술 관련 160개 사업(연구비 약 905억원) 중 대표적 과제와 중복성 검토 결과를 아래 표에 정리

<표 4-2-5> 합성가스 생산 플랜트 관련 유사과제 리스트

부처	시작 연도	과제명	연구비 (백만원)	중복성 검토
산업 통상 자원부	2016	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	5,812	합성가스 정제/전환 공정 개념/기본 설계 및 부분 구축 및 단위공정 운전
	2014	가스화기 연계 CO <sub>2</sub> 포집 통합공정 구축 운전 및 10 MW급 통합 공정 설계기술 개발	4,188	본 사업에서는 석유 코크스 활용 및 모듈화, 타부처 사업결과 활용추진
	2014	연소전 CO <sub>2</sub> 포집용 핵심소재 개발 (습식)	1,680	소재개발
	2014	상용급 합성가스 제조 공정을 위한 내부식성 금속필터 국산화 기술 개발	970	요소기술 (필터) 개발
	2013	Dry base 20톤/일급 저타르 합성가스 생산용 복합바이오매스 가스화 및 에너지 활용시스템 개발	3,334	고정층 가스화 기술이며, 본 사업에서는 분류층 가스화 기술
	2012	미분탄 화력발전 효율개선 및 이	2,650	새로운 연료 개발

		산화탄소 감축을 위한 바이오매스/저급탄 하이브리드 연료 제조 공정 개발		
	2011	저급탄 고효율 가스화 기술 개발	18,700	3톤/일급 소규모, 유동층 가스화 공정 개발
	2011	석탄 SNG 제조 공정 국산화를 위한 실증 기술 개발	5,150	합성가스 활용 기술, 외국 도입기술 활용 SNG 제조 공정 개발
	2011	고열량 폐기물 합성가스로부터 메탄올 회수 기술 개발	1,343	5 톤 /일급 소규모 고정층 가스화 기술
	2011	실증 가스화 플랜트 종합설계 및 자립 기술 개발	3,007	외국 도입 기술의 상세 설계 기술
	2011	순산소 연소를 통한 온실가스 처리 시스템 개발	120	기존 연소 기술에서 순산소를 이용하는 기술
	2011	석탄가스화 Test-bed 구축 및 고유 가스화기 모델 개발	16,850	본 사업에서는 석유 코크스 활용 및 모듈화, 타부처 사업결과 활용추진
	2010	1,000 MW 초초임계압(USC) 주기기시스템 상용화 기술개발	7,964	기존 연소 기술 이용
	2008	폐목재를 이용한 가스화 열병합 발전 실증 기술 개발 (100 kWe)	385	바이오매스만 연료로 사용, 본 사업에서는 석유 코크스 활용 분류층 가스화 기술
	2007	이동식 초소형 액체산소 및 액체 질소 제조장치 개발	280	유틸리티 공급 시스템 개발
	2007	석탄이용 합성석유 제조기술개발	10,000	10톤/일급, 석탄 활용 합성 석유 목표, 본 사업에서는 석유 코크스 활용 수소 생산 목표
환경부	2012	보급형 중소규모 생활폐기물 가스화 발전시스템 개발	4,446	고정층 가스화 기술이며, 본 사업에서는 분류층 가스화 기술
	2013	비성형 고품연료의 혼합 산화제 가스화를 통한 고품질 합성가스 제조 기술 개발	8,850	고정층 가스화 기술이며, 본 사업에서는 분류층 가스화 기술
중소 기업청	2010	고온/고압 분체 수송시스템 적용을 위한 수냉식 팽창시트 밸브 시스템 개발	460	요소기술 (밸브) 개발

### 3.2 수성가스 전환 기술

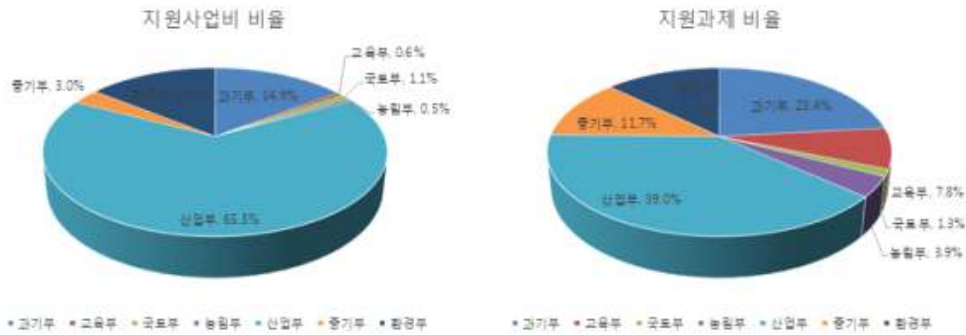
- 수성가스 전환 기술의 경우 대부분의 경우 천연가스 개질 기술과 병행하여 기술개발이 진행되었기에, 천연가스 개질 기술과 함께 조사
- 수소 생산을 위한 천연가스 개질 및 수성가스 전환 기술에 대한 연구는 산업통상자원부, 교육과학기술부, 해양수산부 등에서 과제를 통한 기술개발을 시행
- 수증기를 이용한 천연가스 개질은 전통적으로 많이 수행한 연구 내용이 있으나 CO<sub>2</sub>를 활용한 개질에 대한 연구 내용은 2건의 유사과제
- 검토된 천연가스 개질 및 수성가스 전환 기술 관련 사업 중 대표적 과제와 중복성 검토 결과를 아래 표에 정리

<표 4-2-6> 천연가스 개질 및 수성가스 전환 기술을 이용한 수소 생산 기술 관련 유사과제 리스트

부처	시작 연도	과제명	연구비 (백만원)	중복성 검토
산업통상 자원부	2017	수소분리 복합구조체를 이용한 5Nm <sup>3</sup> /h급 고효율 천연가스 개질기 개발	527	고효율 개질을 위한 촉매기술 개발
	2018	암모니아(NH <sub>3</sub> ) 분해 수소 생산/정제 시스템 개발	706	1 Nm <sup>3</sup> /h 암모니아 분해 반응기 개발
교육과학 기술부	2005	생물학적 변환기술에 의한 수소 생산	525	혐기성/광합성 미생물 및 관련효소를 이용한 물 및 유기성 폐기물로부터 수소 생산
	2016	흡착부와 글리세롤 수증기 개질 반응으로부터의 고순도 수소생산을 위한 고온 이산화탄소 흡착제의 개발	15	글리세롤 수증기 개질반응 공정을 통해 >99.9% 수소 생산
해양 수산부	2015	고효율 수소 생산을 위한 고압 수성가스 전환 생물반응기 개발	700	산업부생가스 등 신재생자원 활용 바이오수소 실용화 기술 개발

### 3.3 합성가스 고도정제 및 고순도 수소 분리 기술

- 합성가스 정제 및 수소 분리 기술 관련 정부 R&D과제 진행 현황 조사결과 2003년부터 2019년 상반기까지 약 77여건으로 파악
- 각 부처별 정부출연금 지원현황은 산업통상자원부가 약 65.5%이고 지원과제수도 약 39%로서 가장 높은 비중



[그림 4-2-2] 합성가스 정제 및 수소 분리 분야 각 부처 지원 대표적 기술개발 과제

○ 검토된 합성가스 정제 및 수소 분리 기술 관련 77개 사업(연구비 약 441억원) 중 대표적 과제와 중복성 검토 결과를 아래 표와 같이 정리

<표 4-2-7> 합성가스 정제 및 수소 분리 관련 유사과제 리스트

부처	시작 연도	과제명	연구비 (백만원)	중복성 검토
과기부	2019	합성가스(SynGas)의 전처리 및 성분별 분리/농축을 위한 유기 크러스트레이트 화합물 매체 및 재가스화 기술 연구	100	합성가스 중 CO <sub>2</sub> 를 선택적으로 제거한 후 합성가스의 성분별 분리/농축에 적용할 수 있는 기술을 개발
	2018	부생가스내 화학원료가스 막분리/정제기술	195	부생가스 정제용 분리막 투과 특성 평가 및 분석기반 구축 (수소, 이산화탄소, 메탄, 일산화탄소 등)
	2017	유기성 폐자원 유래가스 초정정 전처리 요소기술 개발	125	흡수법과 흡착법을 이용한 황화수소 제거
	2016	바이오가스내 황화수소 제거기술 (1/1)	115	바이오가스내 저비용 탈황기술 개발
	2011	지속가능 에너지/환경을 위한 다공성 나노구조체 개발	210	상용 가능한 수소 또는 이산화탄소 분리 기술 개발
	2009	2단 발효공정(혐기+광합성)에 의한 생물학적 수소생산 실증연구	770	2 단(혐기발효+광합성발효) 수소생산 통합공정 개발
	2007	고순도 수소분리 및 저장 핵심원천 기술개발	962	고심도 탈황용 흡착제 및 고온 이산화탄소 흡수제를 이용 반응개질 공정 개발
	2007	수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소제조 공급 시스템 개발	630	현장 생산형 수소 제조 장치 설계 기술 개발
	2006	중질탄소원으로부터 수소생산 기술 개발	1,642	5 kW급 Zero-Emission 청정 수소 생산 시스템 개발
	2003	차세대 신발전 기술에 요구되는 초정밀 정제를 위한 고온건식 탈황제 개발	260	고온건식 탈황제의 고효율화 기술 개발
국토부	2015	천연가스 해상 전처리기술 개발	468	2.5 MTPA급 LNG-FPSO 전처리 공정 (CO <sub>2</sub> 및 H <sub>2</sub> S 제거 및 처리공정) 기술개발
농림부	2018	가축분뇨 유래 바이오가스 고질화(순도개선) 기술 개발	105	가축분뇨 유래 바이오가스 정제 기술 확립
	2015	축산분뇨 에너지화를 위한 가스 분리 및 활용 기술 연구	85	축산분뇨 가스의 CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> 순도향상 최적 정제 및 분리 기술 분석 및 확립
산업부	2018	IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스	1,975	연료전지 연계를 위한 100

		정제 및 전환 기술개발		Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 정제 및 고순도 H <sub>2</sub> 제조기술 개발
	2018	이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	639	2 Nm <sup>3</sup> /h급 수소분리막/이산화탄소 흡수제 하이브리드 시스템 개발
	2016	500 nm급 튜브형 금속-세라믹 복합 수소 분리구조체를 이용한 천연가스 기반 고효율 수소 제조기술 개발	534	고투과 Ni, Fe계 분리구조체 코팅기술 적용 수소/질소 분리막 개발
	2016	수소 정제 및 분리용 다공성금속지지체 개발	420	수소 정제/분리용 니켈 다공성 지지체 개발 및 평가
	2014	가스화기 연계 CO <sub>2</sub> 포집 통합공정 구축 운전 및 10MW급 통합공정 설계기술 개발	4,188	Pilot급 및 1MW급 석탄가스화, 오염가스 정제 및 CO <sub>2</sub> 포집 연계 통합공정 개발
	2014	석탄/코크스 합성가스내 고농도 H <sub>2</sub> S 제거용 직접 황회수 정제기술 개발	860	합성가스내 고농도 H <sub>2</sub> S 제거를 위한 직접 황회수 정제설비 개발
	2014	폐기물 유래 합성가스를 활용한 알코올계 수송연료 생산기술 개발	1,907	합성가스 정제 및 H <sub>2</sub> /CO 물비 제어 System 개발
	2010	고온고압 합성가스 중 오염가스 정제 핵심기술 개발	1,262	고온고압 합성가스 정제용 탈황제/탈할로젠제/황회수축매 개발 및 개선
	2010	폐기물의 플라즈마 가스화용용-수소회수-연료전지 발전 실증시설 구축	1,059	CO <sub>2</sub> PSA 및 수소 PSA에 의한 수소 정제 시스템 개발
	2009	연소전 CO <sub>2</sub> 포집을 위한 내열성 고분자 분리막 기술개발	239	고투과성, 고선택성 (H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ) 내열성 고분자 분리막 소재 및 모듈의 개발
	2007	초청정 고온가스 정제용 세라믹 캔들필터 개발	380	합성가스 정제용 고온 고압 캔들 세라믹 필터 국산화 기술 개발
	2006	석탄가스화 합성가스 제조공정 및 발전시스템 기술개발	1,320	고온, 고압 석탄가스화/고온집진/고온탈황 시스템을 연계한 합성가스 제조설비의 신뢰성 향상 운전기술 개발
중기부	2019	바이오가스 중 황화수소, 암모니아, 실록산 동시제거 흡착제 제조기술	204	황화수소, 암모니아, 실록산을 동시에 흡착제거할 수 있는 흡착제 개발
	2016	바이오가스 정제 및 대기용 고효율 황화수소 무기흡착제 개발 및 사업화	128	대기용 고효율 황화수소 흡착제 개발
	2016	바이오매스 합성가스 중 타르 및 분진제거를 위한 습식전기집진기 개발	167	합성가스 내 타르 및 분진 제거를 위한 습식전기집진기의 상용모델 개발
	2014	전기화학적 수소생산장치의 유무기 복합소재 분리막 개발	105	수소가스의 순도를 높이는 복합소재 고체분리막 개발
	2011	바이오가스의 고순도 정제를 위한 분리막 및 공정 개발	218	바이오가스의 정제를 위한 중공사형 분리막 및 모듈 개발
	2010	바이오가스 활용을 위한 최적 전처리 설비 기술 개발	231	혐기성 소화조 및 매립지가스 중의 H <sub>2</sub> S, 실록산 등을 제거하기 위한 전처리 설비 개발
환경부	2018	바이오가스 고품질화 및 CO <sub>2</sub> 회수·이용 기술 개발	558	바이오가스 고품질화 및 CO <sub>2</sub> 회수·이용 기술 개발
	2017	LFG 증질화 및 활용기술 개발	1,067	LFG 60Nm <sup>3</sup> /h 규모 증질가스 정제 파일럿 플랜트 건설 및 실증
	2013	혐기소화 발생바이오가스내 메탄가스 분리정제를 위한 기초응용 기술의 개발	120	바이오가스내 유해가스 제거위한 흡기초/응용기술 개발

(출처: NTIS 홈페이지, [www.ntis.go.kr](http://www.ntis.go.kr))

#### 4. 민간기술 연계방안

○ 국내의 TRL 5 이상 수준으로 보유하고 있는 기술을 다음과 같이 연계 또는 활용 가능

<표 4-2-8> 연계 및 활용 가능 국내 기술 (합성가스 생산 분야)

분야	관련 연구기관	연구시설 규모	주요 연구내용	역량분석	연계 및 활용 가능 기술
가스화 (일반)	고등기술연구원/ 대우건설	5톤/일	고정층 순산소 가스화를 이 용한 합성가스 생산 및 합성 가스 정제/이송	합성가스 생산, 정제, 이송 관련 기술력 확보 100톤/일급 가스화 설비 설계기술 확보 Pilot 규모에서의 2주 이상의 연속운전 경험 보유 Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 상업화를 위한 운전/설계 등의 관련 기술 확보	합성가스 생산, 정제, 이송 관련 기술력 100톤/일급 가스화 설비 설계 기술 Pilot 규모 연속운전 경험
	한국에너지기술연 구원	5톤/일	합성가스 제조 및 원료를 줄 리수	합성가스 생산, 정제, 이송 관련 기술력 확보 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원 연속적이지 못한 예산지원 화학원료 전환을 위한 100톤/일급 가스화 설비 설계기 술 확보	합성가스 생산, 정제, 이송 관련 기술력
	롯데비피화학 (고등기술연구원 보유 설비)	5톤/일	고정층 순산소 가스화를 이 용한 고순도 CO/H <sub>2</sub> 생산	상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원 상업화를 위한 자체 설계 기술력 확보	100톤/일급 가스화 설비 설계기술
	삼표환경기술	8톤/일	고정층 공기가스화를 이용한 합성가스 생산 및 가스연진 발전	Pilot 규모에서의 2주 이상의 연속운전 경험 보유 상업용 연계 부족 80톤/일급 scale-up 예정 연구인력 부족	Pilot 규모 연속운전 경험
	코오롱건설	10톤/일	로타리클론 가스화 및 합성 가스 연소 열회수	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 과제종료후 설비 철거 Pilot 규모로 간헐적인 운전수행	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	포성여바라 엔지니 어링	10톤/일	하수슬러지 유동층 가스화 및 합성가스 연소 열회수	상업용 연계 부족 과제종료후 설비 철거 연구인력 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	GS플라텍	10톤/일	공기이용 플라즈마 가스화 용융	상업용 규모의 scale-up 기술 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험
	대학(연세대/공주 대/군산대/전주대/ 서울과학기술대)	합규모	가스화특성/공정모사/합성 가스 정제특성	Lab 규모의 실험을 통한 가스화, 정제, 이송 관련 요소 기술 개발 연속적이지 못한 예산지원	요소기술 및 전산화 기술
	대원 GST	20톤/일	원거의 공기가스화 가스연진 발전	상업용 규모의 scale-up 기술 부족 연구인력 부족	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 가스연진 발전 경험
	한국에너지기술연 구원	2톤/일	목질계 바이오매스 가스화를 통한 가스연진 발전	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 가스연진 발전 경험
한국생산기술연구 원	1톤/일	바이오매스 이중 유동층 가 스화에 의한 고부가가치 합 성가스 연료 생산	Pilot 규모로 간헐적인 운전수행 상업용 연계 부족 연속적이지 못한 예산지원	Pilot 규모 플랜트 건설 및 운전 경험 합성가스 연료화 기술	
대학(군산대/전북 대/환경대/공주대/ 성균관대/서울시립 대 등)	합규모	가스화특성/공정모사/합성 가스 정제특성	Lab 규모의 실험을 통한 가스화, 정제, 이송 관련 요소 기술 개발 연속적이지 못한 예산지원	요소기술 및 전산화 기술	
가스화 (석유 코크스)	고등기술연구원	2톤/일	자체 펌프 슬러리 가스화 버너 기술	자체 펌프 슬러리 가스화 버너 기술 보유 소규모로 짧은 기간 연구 경험에 국한됨	우수한 펌프 슬러리화 기술
한국에너지 기술연구원	10톤/일	합성석유 생산을 위한 연구	주요 석탄슬러리 가스화 연구 간헐적으로 펌프에 대한 연구 수행 경험 보유	펌프 슬러리 가스화 버너 기술	

<표 4-2-9> 연계 및 활용 가능 국내 기술 (고도정제, 수성가스 전환, 수소 분리 분야)

분야	관련 연구기관	연구시설 규모	주요 연구내용	역량분석	연계 및 활용가능 기술
합성가 스 고도 정제	고등기술연구원	250 Nm <sup>3</sup> /hr	H <sub>2</sub> S 0.1 ppm 이하 제거 미량가스 고순도 제거 분진제거용 금속필터 개발 고온 탈황-탈황공정 운전기술 개발	파일럿규모 합성가스내 습식 H <sub>2</sub> S 0.1 ppm 이하 저비 용 고효율 제거 기술 확보 파일럿규모 합성가스 정제 설비 통합 운전기술 확보	저비용 고효율 H <sub>2</sub> S 제거기술 개발된 필터 적용 분진 제거기술 시스템 운전제거 기술
	한국에너지기술연구원	800 Nm <sup>3</sup> /hr	H <sub>2</sub> S 및 COS 1 ppm 이하 동시 제거 분진제거용 세라믹필터 개발	파일럿규모 고온 산성가스 정제 기술 확보 파일럿규모 합성가스 정제 설비 운전 기술 확보	고온 합성가스 정제기술 고온 분진제거기술
	한국과학기술연구원	파일럿규모	분진제거용 세라믹필터 개발	파일럿규모 고온 집진 기술 확보	고온 분진 제거기술
	대학(영남대, 경북대, 건국 대 등)	합규모	산성가스/미량가스 제거용 소재 개발	산성가스/미량가스 제거용 소재 제조 기술 확보 합성가스 정제 설비 해석기술 확보	산성가스 및 미량가스 고도 정제기술
수성가 스 전환	한국에너지기술연구원	-	SMR과 연계	상업용매 적용 반응기 설계 기술 확보	반응기 설계 기술
	고등기술연구원	-	가스화기와 연계	상업용매 적용 반응기 설계 기술 확보	반응기 설계 기술
	RIST	-	제철부생가스와 연계	촉매 및 반응기 설계 기술 확보	촉매 및 반응기 설계 기술
고순도 수소 분리	젠스엔지니어링	상용규모 (소용량)	고순도 수소 분리를 PSA 기술	고순도 수소 분리를 PSA 설비 상용화 (소규모 설비) 수소 분리용 흡착소재 기술 확보	대용량 수소 분리 기술
	가스기술공사	100 Nm <sup>3</sup> /hr	수소 분리막 소재 및 모듈 개발	수소 분리막 소재/모듈 개발 및 상용화 적용 중	수소 분리 고도화 기술
	한국에너지기술연구원	100 Nm <sup>3</sup> /hr	고순도 수소 분리를 PSA 기술 개발 수소 분리막 소재 및 소규모 모듈 개발	수소 분리를 PSA 소재/설비 개발 및 기술 이전 수소 분리막 소재 및 공정기술 확보	대용량 수소 분리 흡착소재 수소 분리 고도화용 소재 및 공정 기술
	전력연구원	250 Nm <sup>3</sup> /hr	합성가스 이용 수소 전환 소재 개발 수소 분리 기술 개발	파일럿규모 합성가스 이용 수소전환 및 분리 기술 확 보	수소 전환 및 분리 기술
	화학연구원	100 Nm <sup>3</sup> /hr	수소 분리막 개발	파일럿규모 수소 분리막 소재 및 모듈화 기술 확보	수소 분리 고도화용 소재 및 공정 기술

### 제3절 주요 시사점

- 개발하고자 하는 세부기술들의 민간역량 대비 산업 수명주기 분석을 통하여 개발이 필요한 기술과 기존 기술을 활용할 수 있는 기술들을 구분할 수 있었으며, 전체적으로는 정부는 민간과 협력하여 개발필요기술에 대한 상용화를 지원하는 것이 적절하다고 판단 가능
  - 특히 합성가스 생산 기술의 경우 고유가 시대에 시장이 급속도로 팽창할 수 있는 기술이며, 천연가스/바이오가스 개질 기술의 경우 저유가 시대에 시장 경쟁력을 가질수 있는 기술이므로, 산업수명주기와 민간역량이 중하급으로서 정부와 민관이 협력하여 상용화를 추진하는 것이 바람직하다고 판단
- 동 사업과 연관된 대형 정부지원 프로젝트들과의 중복성을 검토하여 본 결과 중복 가능성은 상당히 낮은 것으로 판단되며, 반면에 연관된 사업의 경험 중 일부는 직접 활용 또는 연계가 가능할 것으로 판단
  - ‘한국형 300 MW급 IGCC 실증플랜트 운영기술 개발’ 사업에서 확보한 가스화 공정 모델링 기술 등
- 산업통산자원부와 과학기술부 등에서 다양한 요소기술들이 수행되는 과정에서 국내 여러 연구소 및 대학교에 기반기술이 축적되어 있으므로 이를 결집하면 성공 가능성을 더욱 높일 수 있을 것으로 예상
- 본 사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 각 세부기술별 기술개발에서 scale-up 기술 및 연속운전 기술 확보가 매우 중요함을 확인
  - 국내 주요 기업 및 관련 연구기관에서 관련기술 분야 또는 유사기술 분야에서 파일럿 급 경험은 충분하지만 지속적인 연구비 지원의 부재 등의 사유로 상용화를 위한 scale-up 경험은 매우 부족
  - 파일럿 규모의 특성 및 연구비의 부족 등으로 대부분 간헐적인 운전이 수행되었으며 최대 연속운전 기간 1~2주 수준으로서 track record로는 부족한 상황
  - 본 사업기획 보고서의 일부로 제출하는 RFP에 상기 내용을 반영할 필요성 확인

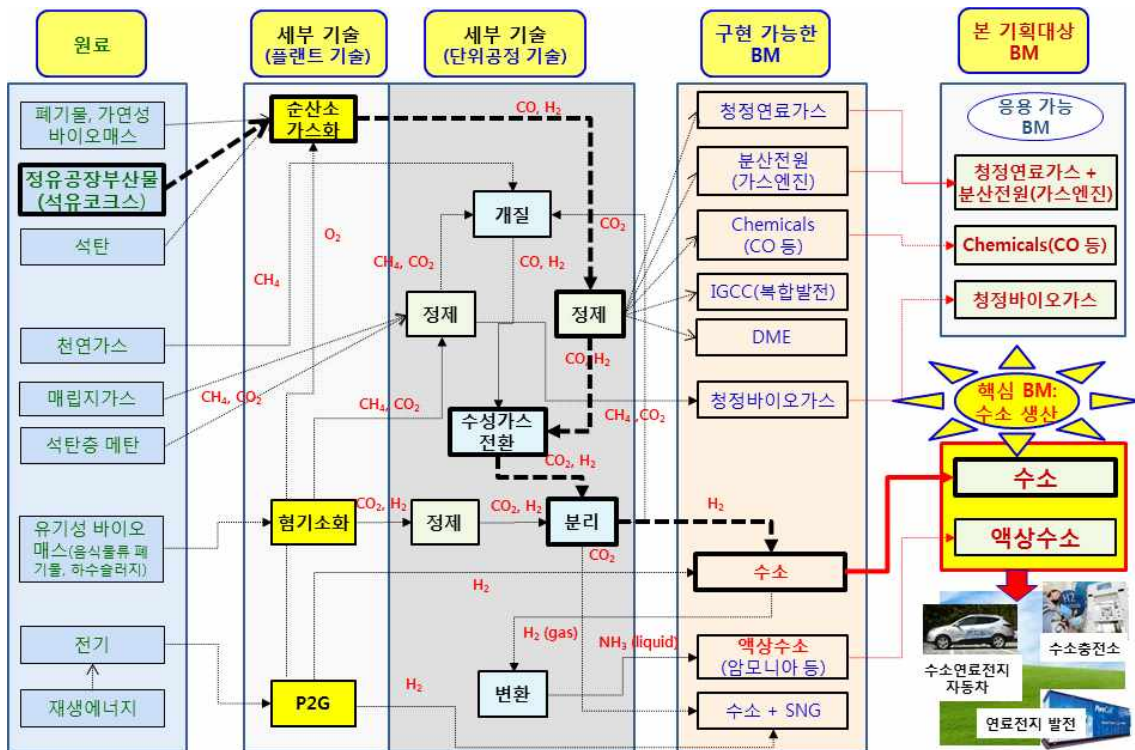
# 제 5 장 사업 추진계획

## 제1절 사업추진방향 및 과제 도출

### 1. 사업 추진방향 도출 방법

#### □ Test-bed 건설 방안 분석

- 본 사업에서는 4개의 세부 기술이 포함되어 있으므로 기술적 특성에 따라 최대의 기술적 시너지 효과를 확보함과 동시에 test-bed를 효율적으로 활용하기 위한 방안으로 사업을 추진하기 위하여 동일한 위치에서 하나의 test-bed를 건설하는 방안을 도출
- 아래 그림에 원료로부터 출발하여 합성가스를 제조하기 위한 기술, 합성가스 처리 기술 및 활용기술에 이르는 흐름도와 최종 생산품의 연관 관계를 도시
  - 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기획 중, 본 '석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트'의 원료-기술-생산품 흐름 및 이에 기초한 사업모델(BM: Business Model)을 굵은 줄로 표시

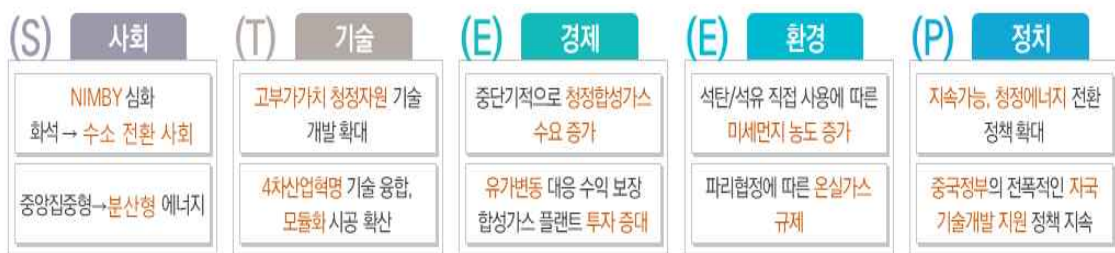


[그림 5-1-1] 구현 가능한 사업모델에 따른 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 test-bed에서 원료 및 생산품 물질의 흐름 개념도

## 2. 종합분석

### 2.1 대내외 환경분석 (STEEP 분석)

- Social
  - NIMBY 심화로 인한 청정에너지 필요성 증대, 이로 인한 화석연료 기반 사회에서 수소경제 사회로 전환 진행
  - 중앙집중형 에너지 확보 사회에서 분산형 에너지 기반 사회로 변화
- Technological
  - 고부가가치 청정자원 확보를 위한 기술개발 확대
  - 4차산업혁명 시대 진입에 따른 기술의 융합, ICT/IoT/빅데이터 활용 및 모듈화 시공 확산
- Economical
  - 단기적/중기적으로도 청정합성가스의 수요는 중국을 중심으로 증가 중이며, 중장기적으로는 수소 수요의 대폭적 증가 예상
  - 유가에 민감한 우리나라 플랜트 산업의 구조를 고려하면 유가변동에 대응하여 수익을 보장할 수 있는 플랜트 투자 증대 필요
- Ecological
  - 석탄/석유 직접 사용에 따른 미세먼지 농도 증가 및 이에 따른 사회적 비용 증가
  - 파리 협정에 따른 전 세계적으로 온실가스 규제 강화
- Political
  - 전 세계적으로 지속가능 청정에너지 정책 확대, 특히 국내의 경우 수소경제 시대를 대비한 기술개발 로드맵 수립 중
  - 중국의 경우 정부의 전폭적인 자국 기술개발 지원 정책 지속



[그림 5-1-2] 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 STEEP 분석 결과

- 대내외 환경분석을 통한 시사점
  - 청정 고부가가치 합성가스 수요 및 투자 증가와 동시에 중국의 기술진보로 해외 합성가스 시장을 선점하고 있으며 국내 합성가스 시장 위협에 대한 대응 필요
  - 저급자원 기반 중소규모(분산형) 수소생산 플랜트 기술 확보 필요

## 2.2 SWOT 분석

<표 5-1-1> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 SWOT 분석

	Strength	Weakness
외부환경 \ 내부환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>-범정부 차원의 수소사회 추진의지 높음</li> <li>-미세먼지, 지구온난화에 대한 국민 관심도 높아 Green 에너지 공급단 위성 증대</li> <li>-국내 중대형 플랜트 제작이 가능한 상설설계, 제작, 건설, 운영 등 중공업 인프라 우수</li> <li>-산학연 고급인력 풀 존재</li> <li>-중소형플랜트 모듈화 분야 국내 hardware 인프라 우수</li> <li>-세계 최고수준의 ICT 기술경쟁력 보유</li> <li>-천연가스/합성가스 플랜트분야에 대한 우수한 pilot급 기술개발 실적 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-주요 관련분야에 대한 국내 핵심원천기술과 기본설계기술 부족</li> <li>-합성가스/천연가스/수소분야 핵심 부품/설비 해외의존도 높음</li> <li>-플랜트 분야의 국내 supply chain 구축 미흡</li> <li>-대규모 실증 프로젝트 경험 부족</li> <li>-국내 부존자원 부족으로 해외자원 활용에 따른 불확실성</li> <li>-에너지사업 전체에 대한 NIMBY 현상 고조</li> <li>-Carbon tax 가격이 낮아 CO<sub>2</sub> free에 대한 경제성 부족</li> </ul>
Opportunity	SO 전략	WO 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>-일본,중국,EU가 수소를 통한 Green 에너지사회로 변혁 추세로 한국도 동참이 불가피</li> <li>-국내 미활용자원의 Green에너지화로 화석연료 수입량 대체가 가능하여 국가 에너지자립도 향상과 에너지수입액 저감의 기회</li> <li>-친환경 및 저탄소 기술을 적용한 신규시장은 전 세계 모두 시작 단계</li> <li>-ICT 등 신규기술 적용한 플랜트시장 분야 선진국과 격차 적음</li> <li>-동남아, 중국, 인도 등 합성가스 신규시장 급팽창 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 미활용자원의 Green에너지화 활용을 통해 국제 경쟁력 있는 핵심기술 확보</li> <li>-우수한 국내 중공업 인프라를 활용할 핵심분야 설정, 상용급 핵심기술 확보전략 추진</li> <li>-국내 우수한 ICT 기술과 인프라가 활용될 국내 기반 조성과 기술경쟁력 확보</li> <li>-해외 신규시장 조기 선점을 위한 전략적 분야 설정과 test-bed 운영을 통한 조기 실적 확보</li> <li>-신규시장에 적합할 중소 분산형 등 플랜트분야 조기 발굴과 체계적 기술/산업 생태계 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 여건에서 경쟁력 확보 가능할 플랜트분야 기본설계 기술 축적위한 전략 구현</li> <li>-해외수입이 많은 플랜트 소재부품 분야의 우수한 중소/중견기업 발굴과 지원</li> <li>-핵심 플랜트 분야에 대한 국내 supply chain 구축</li> <li>-Test-bed 대규모 실증을 통한 핵심 플랜트분야 실적 확보와 이를 통한 해외사업 추진</li> <li>-필요시 해외기술 접목을 통한 중간 진입전략 추진</li> <li>-작은 국내 플랜트시장이라도 국내 건설이 필수적인 플랜트분야 설정, 집중 지원</li> <li>-NIMBY 최소화 가능한 사업모델 개발 및 실증</li> </ul>
Threat	ST 전략	WT 전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>-일본의 관련기술 수준과 일본/중국의 정부차원 산업육성 규모 대비 한국의 열세 상황</li> <li>-국내보유 에너지 자원이 없어 국내 관련 산업 확대발전의 어려움</li> <li>-기술선진국들 기술 독과점 공고화 추세</li> <li>-핵심특허 피해갈 전략과 실력 부족</li> <li>-중국의 플랜트 분야 경쟁력 급부상 중</li> <li>-대규모 투자 위험성 감수할 국내여건 갈수록 악화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 관련기업 간 공동 추진이 가능한 실증플랜트 프로젝트 기회 제공 (Test-bed 등 형태)</li> <li>-국내 기존 pilot급 플랜트기술을 상용급 확대 위한 핵심특허 확보 전략 추진</li> <li>-중국과 차별화(ICT기술, 모듈화 적용 등)된 플랜트 세부기술 경쟁력 제고 방안 분석과 추진</li> <li>-핵심플랜트 분야 국제특허 확보 구체화 및 지원체계 구축</li> <li>-일본정부 추진하는 방식과 같은 정부 주도의 플랜트 Platform 기술개발과 민간 이전 상용화 지원 전략 등 구체화 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 경험한 핵심 플랜트별 기본설계 DB 구축과 실제 활용 전략 구체화 실행</li> <li>-핵심 플랜트 원천기술 확보가 가능할 장기 투자전략과 지원체계 구축</li> <li>-플랜트 분야 소재, 부품, 설비, 설계, 건설, 운영의 체계적 supply chain 구현</li> <li>-국내 공기업에 건설될 대형 플랜트에 참여 기회 제공으로 기술축적 기회 제공</li> <li>-대규모 투자 소요되는 플랜트에 대한 민간투자 위험성 분산 모델 제시</li> <li>-해외 자원 산지에 실증 플랜트 건설 기회 발굴과 지원체계 구축</li> </ul>

### 3. 종합분석을 통한 사업 전략방향 도출

#### 3.1 종합분석의 시사점

##### □ 적어도 2035년까지는 세계시장에서 에너지 이용형태는 청정하고 편리한 전기와 가스 (청정합성가스, 수소) 위주로 진행

- 국내외 플랜트 시장 측면에서 한국의 기술개발과 대응 방향 설정이 시급
  - 국내시장도 자체 기술개발 노력 등한시 해외기술의 일방적 진입이 예상
  - \* 합성가스, 수소, DME 등 가스 플랜트는 중국 EPC업체, 부품업체들의 한국 진입 예상
- 미래 가스에너지는 수소와 재생가능에너지 잉여전기 활용한 가스가 중요한 역할을 담당할 것이 확실시 되는 상황
  - 전기자동차, 수소연료전지자동차를 통한 도시지역 미세먼지 등 환경저감 추진
  - \* 일본은 2020~2030년대에 수소경제 사회 진입과 세계시장 선도 추진

##### □ 플랜트 분야에 다양하게 존재하는 국내 강점 활용의 극대화 방안이 필요

- 아직 국제 경쟁력 있는 중공업 플랜트건설 기반이 국내에 존재
  - 효율적 활용방안 도출 방향설정과 추진이 필요
  - 선박 및 해상플랜트 건설에 성공적 반영된 모듈화 기술의 국내 경쟁력 존재
- 아직은 해외 대비 기술 강점인 ICT 기술 존재
  - 플랜트 분야에 적용하여 실제로 성공한 사례 도출이 필요
- 가스플랜트 분야의 핵심요소 기술 분야에 다양한 pilot급 기술개발 실적 보유
  - 실증, 상용급으로 확대에는 실패
  - 요소기술이 조각조각 있는 형태로 상용급 플랜트로는 기술과 실적이 아직 전무

##### □ 고부가가치 플랜트 분야에서 해외 선진그룹 대비 현저한 약점 존재

- 플랜트 핵심기술에 대한 국내 기본설계기술 매우 취약
  - 기본설계는 대부분 해외에서 도입하고 상세설계와 건설시공에 기반한 플랜트 산업으로 발전
  - \* 기본설계 영역이 플랜트 고부가가치화를 위한 핵심이나, 이의 부재로 국내 플랜트산업 발전의 약점
- 고부가가치 플랜트의 경우 핵심 부품과 설비의 높은 해외의존도
  - 가스플랜트 경우, 가스엔진, 가스터빈, 스팀터빈 등 에너지화 설비의 대부분이 외산인 것이 현실
- 바이오매스, 폐기물, 석탄, 석유 코크스 등을 사용하는 가스화 및 수소 생산 플랜트는 수백톤/일 규모 이하로서 중견기업 사업 규모이나 국내 관련기업의 기술적 능력은 매우 부족

- **합성가스 기반 수소 생산 플랜트는 국내업계에서도 활용이 필수적이고 이를 기반으로 해외 플랜트수출로 확대가 가능**
  - 에너지원 97%를 해외에 의존하고 수입액이 수출금액의 1/3에 달하는 분야의 수입대체 노력은 항시 필요
  - 폐기물 소각 등 NIMBY 현상이 심하여 처리 자체가 어려운 경우의 대체 가능한 환경성 높은 플랜트의 틈새시장 부각
    - 미세먼지에 대한 사회적 관심도가 높아 근원적 해결기술의 필요성 증대
      - \* 환경적 문제해결이 확실하다면 경제성 부족은 일부 수용 가능
    - 동남아 등 개도국은 2020~2030년대에 NIMBY 극복 방안으로서 환경적합하고 sustainable한 플랜트 기술의 사회적 요구 시작 단계
  
- **중소/중견기업 해외 플랜트 시장 진출의 가능성 높은 분야로서 가스플랜트가 유망**
  - 플랜트 설비 규모는 대부분 30~300톤/일이며 프로젝트 총 건설액은 1,000억원대로 국내 중소/중견기업 성격에 적합
  
- **화석연료 대체 재생가능에너지 확대는 세계적 추세로 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야에서는 기술을 통한 합성가스 및 수소 자원 생산 가능성 확대**
  - 자국 및 지역 내 가용한 에너지원을 사용하여 합성가스와 수소로 변환 활용하는 플랜트기술에 대한 수요 증가
    - 장기적으로는 해외 사업장에서는 석유 코크스(또는 석탄)를 활용하여 합성가스 생산, 이어서 수소를 생산하여 액상 수소(액체수소 또는 암모니아 등)로 운송하는 방안이 바람직

### 3.2 사업 전략방향 도출

- **국내 강점분야 기술 및 기반의 효율적 연계 실증을 통한 상용급 플랜트로 구현**
  - 국내 관련기업간 공동추진이 가능할 Test-bed 형태의 준상용급 프로젝트 기회 제공
    - 국내 산업 수요에 대체하면서 이 경험을 기반으로 해외 플랜트시장에 진출 추진
  - Sustainable한 Test-bed를 통해 충분한 국내 운전경험 확보가 가능하도록 프로젝트 설계가 중요
  - 국내시장과 해외시장에서 중견기업 규모에서 사업이 가능한 플랜트 규모로 접근
    - 국내 TRL 5 단계에 머문 pilot급 기술들을 연계하고 scale-up하여 중단기 기간별 가스플랜트 target 시장 설정
  
- **핵심 플랜트 분야에 국내 EPC업계, 부품/설비 업계의 동반 능력 배양이 필요**
  - Test-bed가 EPC 기자재(부품기업, package 품목) 기업의 기술개발 기반을 제공

- 가스플랜트에서 핵심부품/설비인 고압 압축기, 극저온/극고온 열교환기, 모듈형 반응기, 가스전환 리포머 등 기술개발과 상용급 적용을 통한 부품산업 생태계 지원
  - 이들 핵심부품/설비는 유관 플랜트산업 경쟁력 제고에 기여

#### □ 해외 선진기술 그룹 및 최근 중국의 플랜트 분야 기술과 차별화된 경쟁력 확보 전략이 필요

- 고효율 신개념의 고반응성 가스플랜트 기술개발 추진
  - 천연가스/바이오가스 개질 기술의 경우 CO<sub>2</sub>를 원료의 전부 또는 일부로 사용할 수 있도록 기술개발 추진
  - 바이오매스의 경우, 기존 불가능하다고 배제되었던 분류층 반응기를 적정한 전처리(반탄화, 수열탄화 등) 기술을 통해 mm 단위의 입자로 변환하여 분류층 가스화기에 이용 등 기존기술 접목 연계기술 추진도 고려

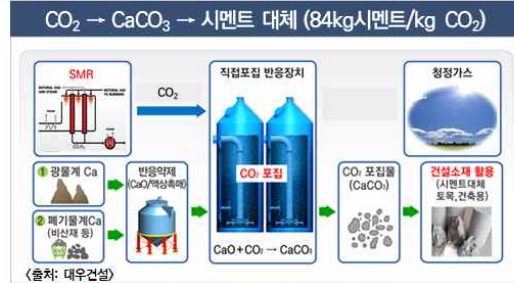
#### □ 핵심기술 효과가 극대화될 수 있는 Target 시장 설정 및 기술개발 대응

- 수십톤/일 규모로 한국 플랜트 인프라가 대응이 용이한 시장을 발굴 우선적 사업화
  - 국내 test-bed에서 sustainable한 장기간 운영과 실증을 우선 추진 후 해외플랜트 시장 진출 추진

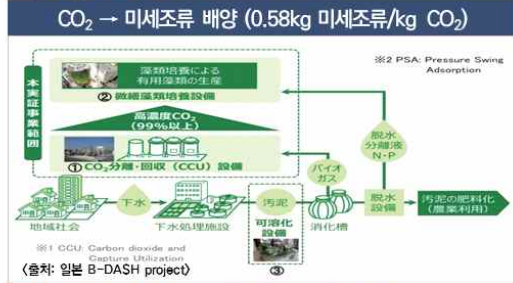
#### □ 중점 추진분야 도출

- 합성가스 생산 기술: 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 적용
  - 석탄의 경우 해외 산지에서 합성가스 생산 고려 가능(본 기획에서는 제외)
  - 장기적으로는 지중석탄가스화 기술에 의한 합성가스 생산 고려 가능(본 기획에서는 제외)
- 수성가스 전환 기술: 천연가스 개질 기술과 함께 진행되어 개발된 수성가스 전환 기술의 이용
- 고도정제 및 수소 분리 기술
  - 상기 기술개발들과 연계하여 합성가스의 고도 정제 기술: 탈황 기술, 집진 기술 등
  - 상기 기술들을 활용하여 생산된 수소를 함유한 혼합가스로부터 수소를 고순도로 분리하는 기술: PSA 기술 및 분리막 기술 중 본 사업에서는 대응량이 가능한 PSA 기술 선택
- CO<sub>2</sub> free 달성 및 저비용/고효율화를 위하여 본 기획에서 도출한 상기 기술들과 연계, scale-up 또는 신규 개발 등 고려(본 기획에서는 제외, 이후 석유 코크스 기반 수소 생산 플랜트 관련 부분에 별도로 포함)
  - CO<sub>2</sub> 광물화, 건설소재 활용, 미세조류 배양 및 탄산화 기술 등
  - 바이오촉매 이용 수성가스전환 기술 등
  - 연계 추진 가능 분야 중 CO<sub>2</sub> 광물화 및 건설 소재 활용 기술을 석유 코크스 기반 수소 생산 플랜트와 연계하는 것으로 추가

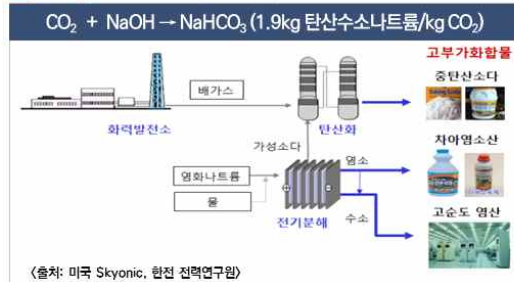
▶ (CO<sub>2</sub> 저감 및 활용) 광물화, 건설소재 활용



▶ (CO<sub>2</sub> 저감 및 활용) 미세조류 배양



▶ (CO<sub>2</sub> 저감 및 활용) 탄산화, 고부가화합물



▶ (저비용/고효율) 바이오족매 수성가스전환



[그림 5-1-3] 본 기획과 연계하여 추진 가능한 기술 분야

4. 중점과제 및 핵심기술의 도출

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 세부기술을 아래 표에 정리

<표 5-1-2> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 세부기술 분류

과제명	세부기술	CTE 여부
석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트	1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 분류층 순산소 가스화 기술	○
	2. 합성가스 고도정제 기술	○
	3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 기술 및 수소 분리 기술	○
	4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술	○

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 세부기술별 핵심 실증적용 기술을 아래 표에 정리

<표 5-1-3> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 세부기술별 핵심 실증적용 기술

사업명	세부 기술 (세부 과제)	핵심 실증적용 기술 (세세부 과제)
석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트	1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 분류층 순산소 가스화 기술	1.1 석유 코크스 가스화 실증 기술
		1.2 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 공정 실증 기술
	2. 합성가스 고도정제 기술	2.1 2,000 Nm <sup>3</sup> /h(합성가스)급 모듈형 컴팩트 합성가스 정제 설비 설계, 구축 및 최적 운전제어 기술
		2.2 합성가스 고도 정제를 위한 모듈형 컴팩트 정제 설비 FEED 패키지
	3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 기술 및 수소 분리 기술	3.1 고온 및 저온 수성가스 전환 촉매 설계 기술 및 반응기 설계기술
3.2 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급(합성가스) 모듈형 컴팩트 고순도 수소 분리 설비 설계, 구축 및 최적 운전제어 기술		
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술	- 핵심 실증 적용 기술 없음 (250 Nm <sup>3</sup> /h급 Bench Scale 실험 및 설계 기술 개발)	

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 세부기술별 핵심적으로 R&D 수행을 필요로 하는 기술을 다음과 같이 표로 정리

<표 5-1-4> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 핵심 R&D 필요 기술

사업명	세부기술 (세부 과제)	핵심 R&D 필요 기술
석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트	1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 분류층 순산소 가스화 기술	1-CRT-1 석유 코크스 순산소 가스화 시스템 scale-up 설계 및 실증 기술
	2. 합성가스 고도정제 기술	2-CRT-1 합성가스 고도 정제 기술
	3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 기술 및 수소 분리 기술	3-CRT-1 합성가스로부터 수소생산을 위한 수성가스전환 촉매 및 공정 기술
		3-CRT-2 모듈형 컴팩트 고순도 수소 분리 고도화 기술
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술	Bench scale급 R&D : 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 건설소재 활용 기술	

## 5. 종합 분석

### 5.1 현재 문제점 분석

- 중소규모 분산형 에너지플랜트의 고비용 소요
  - 분산형 에너지플랜트의 원천적 고비용 문제 해결을 위한 기술적 방안이 필요
    - \* 분산형은 규모의 경제가 가능한 대규모 중앙집중식 에너지(수소, 전기 등) 생산 플랜트 대비 단위 에너지 생산당 비용이 원천적으로 높으며, 대형 에너지 생산 플랜트 인 근에서는 경쟁력 확보는 불가능
    - \* 모듈화 및 IT 기술 연계 등 전체 비용과 유지보수 비용 절감이 없으면 경쟁력 확보 어려움 존재
  - 합성가스 기반 수소 생산 설비의 소수 기업 세계적 독과점에 의한 고가정책으로 플랜트 건설비용 증가
    - \* 국내 시장이 작아 현대중공업과 두산중공업은 기술개발 능력은 되나 실제 노력은 미흡
  - 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술개발 시 수소연료전지자동차용 수소충전 및 수소연료전지 발전시스템 등에서 미래 시장 경쟁 우위 확보 가능
  - 중국의 저가시장 진출에 대비한 비용절감 방안이 필요
    - \* 이미 중국은 동남아 시장에 해외업체 대비 1/2 이하 수준으로 진출하였으나, 아직은 기술신뢰도와 유지보수 미흡으로 시장 확대로 이어지지 않는 실정
- 저급자원 대상 에너지플랜트의 신뢰도 높은 기술의 부족
  - 해외 선진사들은 저급자원 사용 중소규모 에너지플랜트는 리스크가 커서 사업 참여를 꺼리는 실정
    - \* 대용량 기존 고급자원 사용 시장에는 고가의 비용으로 대응하나, 저급자원으로 중소규모 에너지플랜트에는 리스크가 커서 사업 참여를 꺼리는 실정
    - \* 신뢰도 있는 기술자체는 존재하지만, 저급자원에 맞으면서 중소규모로 신뢰도 있는 세계시장 주도기술은 미확보
    - \* 일반적으로 고체 원료를 사용하는 플랜트 경우는 설비규모가 커질수록 문제 발생률이 낮아지는 경향 보유
- 검증된 기술 선호로 인한 first mover 기피
  - 특히 한국의 경우는 확실히 검증된 기술을 선호하고 국내기술에는 높은 의구심
    - \* 기술 사용자 입장에 국한되어 있고, 기술자체를 추가 보완 개발하여 사업하는 사업 모델에는 낮은 관심
  - 국내기술에 대한 기업들의 낮은 신뢰도
    - \* 국내기술이 장기간 검증기간을 거치면서 세세한 문제에 대한 대응 보완을 마치고 사업 보급이 이루어져야 하지만, 기반기술로 사업에 적용하면서 많은 시행오차 발생한 이력으로 자체기술에 대한 낮은 신뢰도

- 실제 적용실적 미흡
  - 작은 국내시장만을 대상으로 접근하여 장기간 기술 검증을 위한 투자 타당성 부족
    - \* 해외시장 진출을 위해서는 장기간에 걸친 다양한 적용실적이 입증되어야 하나, 국내 현실은 정부지원 사업 등 특별한 경우나 해당기업의 결단이 없으면 불가능한 상태
  - 에너지플랜트와 같이 오래전부터 있어온 설비들이 있는 분야에 대한 신규 기술 산업화에 대한 정부 등 관심이 부족
    - \* 새로운 기술 분야에 대한 투자와 관심이 높지만 저급자원 등 저지분한 원료를 취급하는 산업은 대상기술로 선택 자체가 어려운 현실
- 신규 에너지플랜트 건설에 대한 NIMBY 극복을 위한 방안 부족
  - 저급자원은 특성상 적절한 설비투자가 동반되지 않을 경우 환경오염 발생소지가 큼
    - \* 저급자원에 고가의 환경 설비 투자는 경제적 타당성이 없는 경우가 대부분
    - \* 고비용임에도 불구하고 사회 환경적으로 타당한 경우가 있으므로 이를 대상으로 하는 환경적합성 등이 특화된 기술개발이 요구
  - 미세먼지, 냄새 등 환경오염물질 발생을 최소화하는 플랜트의 청정성 확보 필요
    - \* 사용자가 자체 필요에 의해 에너지플랜트에서 생산된 에너지를 이용하면서 경제적 이득과 함께 현재 가용한 최고수준의 환경성을 담보할 수 있는 방안이 최적

## 5.2 시사점 및 사업추진 방향

- 석유 코크스 자원의 유용한 활용은 세계적으로 아직 미진
  - 석유 코크스 자원의 현재 주요방식은 연소방식에 근간한 열에너지 위주
    - \* 대규모 설비에 적합한 연소보일러나 소각 방식을 주로 사용하여 열에너지를 주로 생산하는데 주위에 열을 활용한 곳이 없는 경우 버려지는 경우도 다수
    - \* 국내의 미래 청정에너지 도입 방향을 고려하면 청정합성가스로 변환하여 사용 또는 수소로 전환하여 활용함이 가장 바람직
  - 합성가스 활용 방식은 가스자체의 폭발성, 유독성에 대한 대응 어려움으로 중소규모 활용은 극히 미진
    - \* 대용량 플랜트의 경우는 안전설비에 충분한 투자가 가능하지만 중소형 규모는 건설 단가 상승을 유발하여 상용화 미진
    - \* 저렴하면서 안전에 대응할 기술이 필요: IT화, ICT화 등 활용한 기존 고가의 설비 대체기술 강구 필요
    - \* 미래에는 수소를 이용한 연료전지 발전 및 수소연료전지자동차가 대세
- 국내기술로 모듈형태 석유 코크스 활용 합성가스 생산 및 수소 생산 플랜트 건설기술 개발 추진
- 저렴한 공해방지 청정기술이 핵심으로 필수
- Emerging 시장 조기선점 필요
- 선진국 시장 진출 추진 방향

- 석유 코크스 활용 합성가스 플랜트 주요 부품/설비 저가화가 긴요
- 고신뢰도 기술 조기 확보가 필요
- 해외시장 조기 성공사례 확보 필요

### 5.3 시장 대응 기술개발 방향

- 중소형 모듈화 가스 플랜트 형태로 가격 경쟁력 확보
  - 중소형 모듈화 플랜트의 건설비용과 운전비용 가격 경쟁력이 합성가스 플랜트 건설시장 진출 성공의 가장 중요한 요소
- 자체기술 경쟁력 확보
  - 플랜트 건설시장에서 단발성 사업에 의존한 이전의 사업모델들이 지속성 없음이 확인된 만큼 핵심부분에 대한 자체기술력을 통해 가격 조절능력, 부품 조달, 유지보수 신속성을 확보해야만 사업의 연속성과 이를 기반으로 기술 투자가 지속 가능
  - 자체기술력이 소규모 설비에서 확보되었다고 하지만 실제 상용 조건에서 장기간 시행 오차를 극복하고 검증된 플랜트 기술로는 국내 기술이 매우 부족하므로, 이를 극복하기 위한 실증규모 검증단계가 필수
- 해외 지역별 시장에 특화된 전략 필요
- 초기단계 시장에 신속 대응 Timing
- 수소 생산 플랜트 시장에 적합할 에너지원 설정의 방향
  - 세계적으로 저렴하면서 활용이 적극적이지 못했던 원료를 활용
  - 정유공장 부산물인 석유 코크스가 가장 대표적으로 높은 황함유량으로 인해 활용방안이 제한적이나, 국내 소성로 업체 등에서 석유 코크스 사용 합성가스로 청정연료 생산을 안정적으로 제공할 기술 공여처를 찾고 있는 현황
- 석유 코크스 활용 합성가스 생산 반응기 형태 대응 방향
  - 합성가스 생산의 가장 핵심기술인 가스화기 기술에서 분류층 가스화기술은 반드시 확보라는 전제 필요
    - \* 합성가스 생산의 가장 핵심기술이 가스화기술로서 이 부분에 대한 자체기술의 확보 없이는 가격 경쟁력 확보자체에 어려움 존재
    - \* 가스화기술을 해외업체에 의존 시 수출 진출이 매우 제한됨이 이전 폐기물 소각시장 등에서 확인
  - 원료 형상이 비교적 균일한 석유 코크스 이용 합성가스 합성가스 생산 시 원료를 일정한 분말 형태로 공급이 가능하므로 분류층 방식이 매우 유리
  - 분류층 방식은 반응 소요시간이 3~10초이므로 많은 원료를 처리하더라도 상대적으로 반응기 크기가 작아 건설시 유리
- 합성가스 플랜트 건설 분야 틈새시장 발굴과 한국형 기술우위 확보
  - 합성가스 플랜트 건설 틈새시장의 범위
    - \* 원료 공급 규모 측면에서 20~500톤/일 규모가 대형(800~3,000톤/일급) 대비 시장

주도권을 가진 업체가 없는 틈새시장

- \* 이중 20~200톤/일급 플랜트가 동남아 등 소규모 지역용으로 가장 시장수요가 많은 틈새시장
- 모듈화, IT화, Data화 등을 통한 한국형 기술우위 기술의 확보
- \* 원천기술과 실제 건설 운영 실적이 많은 선진국 기관들과 저렴하면서 자체 설비 공급이 가능한 중국 기관들 사이에서 경쟁력을 가질 요소로는 모듈화, IT화, ICT 접목을 통한 유지보수의 편리성과 저렴화 달성이 관건
- \* 운송 편이성만을 강조한 모듈화 대신 자동차 등에서 적용되는 부품 모듈화로 해외지역 유지보수 편이성과 운전상태 조기진단 능력의 획기적 향상된 복합기능의 모듈화 기술 개발이 중요

#### 5.4 기대효과

- 화석연료 대체할 수소 분야 및 가스 신산업 창출
  - 미활용 자원을 활용하여 화석연료 대체할 가스 신산업 한국형 플랜트 구현
  - 안전하고 깨끗한 수소/합성가스 에너지 자원을 기술 기반 신산업 개발로 다양화 확보
  - 미래사회 사용 확대가 분명한 청정합성가스와 수소연료전지 발전 및 수소연료전지자동차용 수소 산업에서 한국의 미래 성장동력 창출
- 해외플랜트 시장 진출 확대
  - 해외 분산전원과 청정가스 플랜트 건설 틈새시장 30년 이상 경쟁력 확보
  - 동남아, 인도, 동구, 남아메리카, 아프리카 지역 진출 중소형 플랜트시장 진출 기반 확보
- 정부지원 미활용 사업결과 연계 상업적 활용
  - 국내 강점기술 융합한 가스·액화플랜트 국내사업 연계실증 및 플랜트 수출
  - \* 환경부, 산업부에서 그 동안 지원한 TRL 5 이상의 성과 활용을 통한 조기 사업화

## 제2절 사업 비전 및 목표

### 1. 비전 체계도



[그림 5-2-1] 비전 체계도

### 2. 기본 방향

#### □ 향후 국내로 기술수입이 필연적인 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 분야에 대한 국내기술 최대 적용가능토록 추진

- 상용실적이 없어 부득이 해외기술 도입이 예상되는 분야에 대한 사전 국내기술 실증을 통한 기술제공 능력 확보
- 미래 에너지 keyword는 안정공급, 저렴, 편리성, 청정성(미세먼지, 초미세먼지 포함), CO<sub>2</sub> 저감, 재생가능에너지 확대, 수소경제로 정리 가능
- 이 keyword들을 아우르는 에너지 형태는 청정합성가스, 수소 및 전기로 집약됨.
- 한국도 자체 가스화 전기 인프라에 소요되는 에너지자원을 안정적으로 확보하는 방안을 지속적으로 강구하는 과정으로 핵심기술을 확보하고 이를 기반으로 에너지 요구도 충족하면서 플랜트 수출이라는 산업적 효과도 확보
- 환경(미세먼지, 초미세먼지, 극미세먼지), 국민생활 안전(수소에 대한 사회적 우려 등), 재생가능에너지 확대(석유 코크스 및 기타 저급자원 활용 방안 강구 등), 젊은 일자리 창출, 지구온난화(CO<sub>2</sub> 저감), 지속가능 자원순환 사회 등에 대응이 필요
- 현 정부에서 중점을 두는 과학기술정책 요약 내용에서 언급한 수소 생산 플랜트 분야

와 연관되는 사항

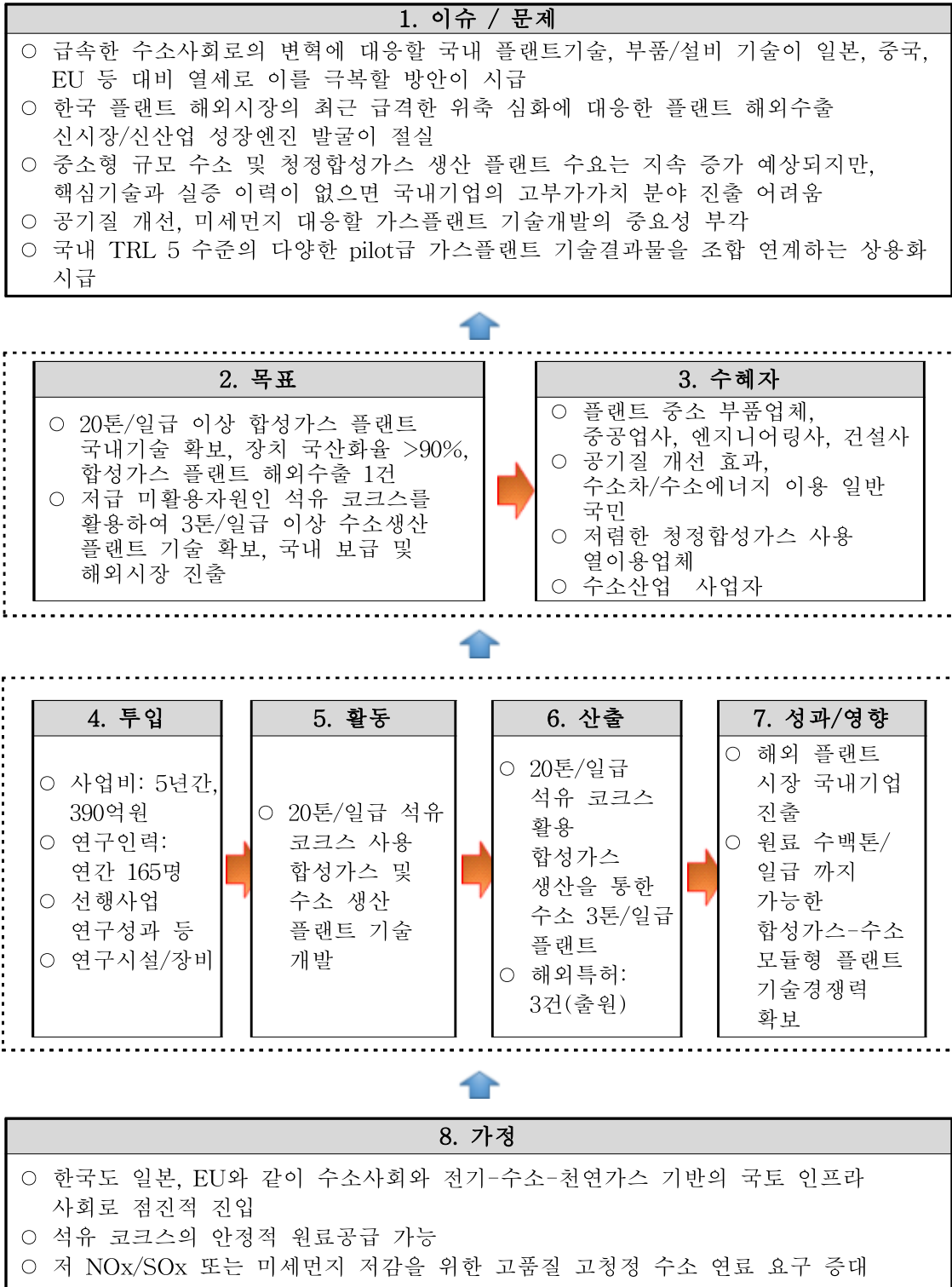
- 성장 동력이 넘치는 대한민국 ⇨ 제조업 부흥과 산업경쟁력 강화
- 과학기술발전이 선도하는 4차 산업혁명 ⇨ (34) 미래형 신산업 발굴 육성, (37) 친환경 미래에너지 발굴 육성
- 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 ⇨ (60) 안전하고 깨끗한 에너지로 전환
- 본 연구개발 과제를 성공시키기 위한 목표
  - 안전하고 깨끗한 청정합성가스 및 수소 에너지 자원을 기술 기반 신산업 개발로 다양화 확보
  - 미래사회 사용 확대가 분명한 청정합성가스 산업, 수소 연계 연료전지 발전 및 연료전지자동차 산업에서 한국의 미래 성장 동력 창출
  - 미활용 자원인 석유 코크스를 활용하여 화석연료 대체할 가스 신산업 한국형 플랜트 구현
  - 국내 강점기술 융합한 수소 생산 플랜트 국내사업 연계 실증 및 플랜트 수출
  - 해외의 청정가스 플랜트 건설 및 중소규모 수소생산 플랜트 틈새시장 30년 이상 경쟁력 확보
  - 연료전지, 수소, 재생가능에너지 변환 청정가스 등 미래사회 가스 인프라 대응 핵심기술 확보와 실증
- 본 과제에서 가장 중요한 부분이 복합 test-bed 구축을 통한 기술개발인데, 국내에서 수소 생산 플랜트를 준상용 규모로 실증할 위치는 매우 제한적
- 현재 고려 대상 후보지
  - 국내 중소기업 소재 부지 (P사, 화성) : 대표이사의 참여의사 확인
  - 국내 발전사 석탄가스화 test-bed 부지 : 검토 중

### 3. 사업 목표

- 본 연구개발 과제를 성공시키기 위한 목표
  - 안전하고 깨끗한 수소 및 청정합성가스 형태의 에너지 자원을 기술 기반 신산업으로 다양화 확보
  - 미래사회 사용 확대가 분명한 수소 및 청정합성가스 산업, 수소 활용 연료전지발전/연료전지자동차 산업에서 한국의 미래 성장동력 창출
  - 미활용 저급자원을 활용하여 화석연료를 대체할 가스 신산업 한국형 플랜트 구현
  - 국내 강점기술을 융합한 중소규모 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 국내사업 연계 실증 및 플랜트 수출
  - 해외 중소규모 수소 생산 및 청정 합성가스 플랜트 건설 틈새시장에서 30년 이상 경쟁력 확보
  - 연료전지, 수소, 재생가능에너지 변환 청정가스 등 미래사회 가스 인프라 대응 핵심기술 확보와 실증

#### 4. 논리모형

<표 5-2-1> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 사업의 논리모형



## 5. 추진전략

### 5.1 전체사업 추진 방향

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 사업 추진 방향은 다음과 같이 요약 가능
  - 실증단계까지 포함하는 국토부 성격 사업으로 맞도록 test-bed 자체가 track-record 확보 가능하고 준상용급으로 활용될 수준으로 추진
  - 해외 플랜트 수출까지 포함한 설계기술 확보
- 타 부처의 기술개발 업무영역과 구분
  - (산업통산자원부/환경부) 기획대상 기술들의 파일럿 규모까지 기술개발 실적은 대부분 산업부와 환경부 실적으로서 기술자체만 보면 부처 중복으로 비쳐질 소지에 대한 대응이 필요
    - \* (타 부처) 파일럿 규모까지 기술지원, 현재 규모 키운 플랜트 지원 미존재
    - \* (국토부) 실증 Test-bed 규모로 해외수출 가능한 플랜트기술로 완성

### 5.2 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 분류층 순산소 가스화 기술

#### 5.2.1 세부기술 주요내용

- (석유 코크스 이용 분류층 순산소 가스화 기술) 기존 국내에서 석탄 및 석유 코크스를 이용하여 장기간 축적된 파일럿급 R&D 실적에서 확보한 기술을 결집하고 연계하여 국내에서 원료 수급이 가능한 석유 코크스를 대상으로 상용화 규모 합성가스 생산 플랜트 기술개발
  - 처리용량 현 국내 기술 건식 2~20톤/일, 습식 1~2톤 → 습식 20톤/일 수준으로 향상

#### 5.2.2 추진전략

- 시장 동향 및 해외 메이저사들의 기술개발 전략 분석을 통한 추진전략 수립
  - 안정적인 원료확보 및 운영 노하우 확보 등 중요
- 해외시장 진출을 위한 test-bed 설비규모 선정
  - 국내에서 기존에 개발된 수톤/일급 가스화 기술을 바탕으로 실증단계까지 포함하는 test-bed 자체가 준상용급으로 활용될 수준인 20톤/일급 설비를 구축
  - 합성가스와 관련된 미래 플랜트 건설규모를 예상할 때 세계시장의 10%는 한국이 확보

- 한다는 전략으로 해외시장용으로 특화된 규모와 적용처를 target으로 시장 진출 목표
- 단기적으로는 석유 코크스에 특화된 시장을 규정, 중장기적으로는 다양한 저급자원별 특화된 시장을 규정하고 이에 상응하는 1차 국내 시장을 test-bed로 실증하고 이를 기반으로 다양한 지역의 해외시장용 버전으로 대응
- 지금까지 국내 기술개발 규모로 볼 때 단기간 내 하루 수천 톤(원료 기준)의 대형 합성가스 플랜트 기술로 해외선진사와 경쟁이 불가능하므로 수십~수백톤 규모로 기술개발 방향을 설정

#### □ 모듈화 및 IT 기술 연계를 통한 경쟁력 확보

- 중국의 저가시장 진출에 대비하여 전체 비용과 유지보수 비용을 저감시킬 수 있는 중·소규모 설비 모듈화, ICT/빅데이터 기반 공정 모니터링 및 유지보수 기술 연계
- 합성가스를 사용하는 가스엔진과 가스터빈 등 전기변환 설비에 기술을 보유한 국내업체와 협력하여 국산화 및 저가화 실현

#### □ 저급자원인 석유 코크스 대상 고효율/친환경 가스화 기술 신뢰성 확보

- 석유 코크스에 알맞으면서 중소규모로 신뢰도 있는 기술 확보
- 국내에 존재하는 합성가스 사용 시장을 대상으로 실증 test-bed 구현과 장기간 운전자료 확보를 기반으로 고신뢰도 기술 확보

#### □ Emerging 시장 조기선점 필요

- 선진국 기술사와 차별화된 시장 구체화와 집중화된 수소 및 합성가스 사업모델 개발이 필요

#### □ 선진국 시장 진출 추진

- 향후 선진국에서도 저급자원 기반 수소 생산 플랜트에서 기존 천연가스에서 수소를 생산하는 공정을 대체하는 화학공업 플랜트를 주 타겟 시장으로 추진

### 5.3 합성가스 고도정제 기술

#### 5.3.1 세부기술 주요내용

- (합성가스 고도정제 기술) 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로 상용화 규모(합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급) 합성가스 고도 정제 설비 개발
- 합성가스 처리용량 현행 250 Nm<sup>3</sup>/h → 2,000 Nm<sup>3</sup>/h 수준으로 향상 및 수소 생산을 위한 고도정제

### 5.3.2 추진전략

#### □ 고도정제 분야 국외 선진사들의 기술개발 추진 현황 파악 및 분석을 통한 기술개발 추진전략 수립

- 시장 진입을 위한 대용량 정제 및 분리 상용화 기술 조기 확보를 위한 기술개발 추진
- 시장 경쟁력 향상 위한 고도화 기술 확보 위한 중장기 기술개발 추진
- 시스템 최적화, 설비 모듈화, 저가화, 컴팩트화, IT화 등을 통한 기술 및 시장 경쟁력 향상 및 test-bed 운영을 통한 기술 실증

#### □ 저비용, 고효율의 설비 신뢰성 확보

- 국외 중소규모 시장 진출을 위한 저비용, 고효율의 정제 및 분리 설비의 신뢰도 있는 기술 확보
- 합성가스 정제시 분진, 산성가스 등이 주요 제거 대상물질로 이를 고순도로 안정적으로 제거할 수 있는 기술 개발을 통한 운전 신뢰성 축적
- 국내 실증용 test-bed 구축 및 운영을 통한 기술 검증 및 국내 시장 진입 및 보급을 통한 설비 신뢰성 및 장기간 운전자료 확보를 기반으로 국외시장 진출

## 5.4 합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술

### 5.4.1 세부기술 주요내용

- (합성가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술) 일산화탄소의 수성가스전환을 통한 수소 생산 기술 개발
  - 고온 및 저온 수성가스전환촉매 설계 기술 개발
    - \* 촉매 설계 및 대량 생산 기술 개발
    - \* 촉매의 내구성 및 비활성화 방안 연구
  - 반응기 설계기술 개발
    - \* 열교환망 최적화를 통한 효율 증대
  - 수소농도 99.99%이상 분리기술 개발
    - \* 수소분리를 위한 흡착제 개발
    - \* 흡착탑 설계 및 재질선정
    - \* PSA 운전 제어로직 최적화
- (고순도 수소 분리 기술) 고순도 H<sub>2</sub> 생산을 위한 상용화 규모 PSA 기술 개발
  - 대용량 고순도 수소 분리용 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 PSA 설비 개발 (수소 3톤/일급)

## 5.4.2 추진전략

- 현재 국내에서 보유하고 있는 파일럿급 수성가스 전환 기술 및 수소 분리 기술을 기반으로 중소형 반응기 설계/운영 기술 및 전환 촉매 대량 생산 기술 개발
- 현재 보유하고 있는 상용촉매를 적용한 공정 설계 및 운영기술을 기반으로 촉매설계의 국내화와 개발 촉매를 적용한 공정 설계 기술 개발

## 5.5 수소 생산 플랜트 CO<sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술

### 5.4.1 세부기술 주요내용

- (수소 생산 공정 CO<sub>2</sub> 포집 기술) 합성가스 소수생산 공정의 수소분리 후 잔존 가스에 존재하는 이산화탄소를 광물탄산화 공정을 통한 전환 및 포집 공정 개발
  - 합성가스 수소생산 공정 발생 CO<sub>2</sub>는 고압 탄산화 공정 개발
  - (1~2년차) Lab. Scale 기초 테스트
  - (3~5년차) 250Nm<sup>3</sup>/h급 Bench Scale 플랜트 설치 운영
  - 실공정 (50톤 CO<sub>2</sub>/일급) 수소생산 공정 적용 CO<sub>2</sub> 전환 포집공정 기본설계
- (CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용기술) CO<sub>2</sub> 포집물을 건설용 소재로 활용하기 위한 친환경 시멘트 제조기술 개발
  - CO<sub>2</sub> 포집물 활용 친환경 시멘트 제조 기술 개발
  - 친환경 시멘트 이용 보도블럭 등 제조 및 물성 평가

### 5.4.2 추진전략

- 수소제조공정 발생 CO<sub>2</sub> 전환 및 포집공정 기 개발기술 활용한 수소생산 공정 접목 가능 기술로 Up Grade
  - 기 확보 발전 배출가스 CO<sub>2</sub> 포집공정 40ton CO<sub>2</sub>/일 급을 수소제조공정에 접목
  - 고압공정 적용가능 한 공정 구현
- 경제성 제고를 위한 폐촉매 등 반응원료물질 다변화
  - CO<sub>2</sub> 포집물 활용 용도에 따른 원료물질 활용 폭 확대
  - 반응약제로 폐촉매 활용방안 집중 연구
- CO<sub>2</sub> 포집물 친환경 시멘트 제조 및 활용을 통한 CO<sub>2</sub> 영구저장 기반 마련
  - CO<sub>2</sub> 포집물 친환경 시멘트 활용으로 영구저장으로 안전성 기반확보 (1,000년동안 100% 안전저장)

## 6. 국내 보유 기술 연계 체계

<표 5-2-2> 세부기술별 국내 주요 성과 및 연계 방안 (합성가스 생산 기술)

국내 보유 기술	주요 성과	성과 연계 방안
석탄 이용 분류층 순산소 가스화 기술	- 20톤/일급 건식 파일럿 플랜트 설계, 구축 및 운영	가스화기 및 가스화 버너 설계 기술을 석유 코크스 특성에 맞도록 설계 변경의 기초 자료로 활용 및 공정 운전 결과 활용
석유 코크스 이용 분류층 순산소 가스화 기술	- 2톤/일급 및 10톤/일급 파일럿 플랜트 설계, 구축 및 운영	
가스화 설비 설계 기술	- 100톤/일급 고정층 가스화 시스템 설계 적용	Test-bed 설계에 활용
공정모사 기술	- 파일럿 플랜트 적용	Test-bed 설계와 운전에 활용

<표 5-2-3> 세부기술별 국내 주요 성과 및 연계 방안 (합성가스 고도정제 기술)

국내 보유 기술	주요 성과	성과 연계 방안
합성가스내 산성가스 제거기술	- 250 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 내 H <sub>2</sub> S를 0.1 ppm 이하 제거 - 설비 콤팩트화 및 공정 단순화를 통한 저비용 설비개발	합성가스 고도 정제시스템 scale-up 설계와 운전에 활용
분진/타르 제거기술	- 250~600 Nm <sup>3</sup> /h급 습식 정제 파일럿 플랜트 적용 개발	

<표 5-2-4> 세부기술별 국내 주요 성과 및 연계 방안 (수성가스 전환 및 수소 분리 기술)

국내 보유 기술	주요 성과	성과 연계 방안
수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소 제조공급 시스템 개발 기술	- 20 Nm <sup>3</sup> /h급 수소생산용 개질기 개발 - 수소제조 효율 60% 이상 - “천연가스의 수증기개질+수성가스전환+수소분리” 등의 연계운전	- Scale-up 기술로 활용 - “수성가스전환+수소분리” 등의 통합공정 운전기술 활용 - 천연가스 개질기에서 수성가스 전환 공정과 연계 기술 활용
PSA 방식 적용 수소 분리 기술	- 소용량 상용 플랜트 적용	고순도 수소 분리용 소재 개발 및 설비 운전 제어기술 개발에 활용

<표 5-2-5> 세부기술별 국내 주요 성과 및 연계 방안 (CO<sub>2</sub> 포집 및 활용 기술)

국내 보유 기술	주요 성과	성과 연계 방안
발전 배출가스 직접반응을 통한 CO <sub>2</sub> 포집 및 대량활용 저장기술 개발	- 40톤 CO <sub>2</sub> /일 규모 연소공중 개발 - 배출가스 CO <sub>2</sub> 포집 효율 90% 이상	CO <sub>2</sub> 고순도 전환 포집공정에 접목하여 수소생산공정 고압탄산화 공정으로 Upgrade

## 제 6 장 중점 기술개발 내용

### 제1절 중점기술별 상세내용

#### 1. 연구 설계도: Level 1

<표 6-1-1> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 개발의 최종 성과물

세부 과제명	최종성과물	최종성과물 유형
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	20톤/일급 석유 코크스 가스화 설비	시스템
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	2,000 Nm <sup>3</sup> /h 규모 합성가스 고도 정제 설비 (수소 3 톤/일급)	시스템
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	3톤/일급 수소생산 설비	시스템
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	250 Nm <sup>3</sup> /h급 Bench scale CO <sub>2</sub> 전환 및 포집 설비	시스템

#### 2. 연구 설계도: Level 2

<표 6-1-2> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 개발의 목표 성능

세부 과제명	목표 성능	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	냉가스효율 > 75% 탄소전환율 > 99% 연속운전 > 14일 처리 용량 > 20톤/일 슬러리농도 > 65%	시스템	5	○
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	용량 2,000 Nm <sup>3</sup> /h (합성가스) 분진 < 0.1 mg/m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> S < 0.1 ppm HCl < 0.1 ppm	시스템	5	○
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	<수성가스 전환> 용량 > 수소 1,400 Nm <sup>3</sup> /h (3톤/일) CO 전환율 > 99.5% 이상	공법/ 기법	7	○
	<수소 분리> 용량 > 수소 1,400 Nm <sup>3</sup> /h (3톤/일) 수소 순도 > 99.99%	시스템	5	○
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	용량 250 Nm <sup>3</sup> /h CO <sub>2</sub> 포집 효율 > 90%	시스템	4	○

### 3. 연구 활동

<표 6-1-3> 합성가스 생산을 위한 순산소 가스화 기술 개발의 산출물

세부 과제명	연구 활동	산출물	연구 기간
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	1.1. 석유 코크스 가스화 실증 기술	상세설계 자료집 및 설비	5
	1.2. 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 기술 개발	상세설계 자료집 및 설비	5
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	2.1 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 모듈형 컴팩트 합성가스 정제 설비 설계 구축 및 최적 운전제어 기술	상세설계 자료집 및 고도 정제효율 분석보고서	5
	2.2 합성가스 고도 정제를 위한 모듈형 컴팩트 정제 설비 FEED 패키지	FEED 설계 자료집	5
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	3.1 고온 및 저온 수성가스 전환 촉매 설계 기술	시작품	5
	3.2 수성가스전환 반응기 설계 기술	시작품	5
	3.3 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 모듈형 컴팩트 고순도 수소 분리 설비 설계, 구축 및 최적 운전제어기술	고순도 분리효율 분석보고서	5
	3.4 고순도 수소 분리를 소재 개발	고순도 수소 분리 시험보고서	5
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	4.1 250 Nm <sup>3</sup> /h급 Bench scale급 고압 CO <sub>2</sub> 포집 공정 기술 개발	개념설계 자료집 및 설비	5
	4.2 CO <sub>2</sub> 포집물 활용 친환경 시멘트 등 건설소재 활용 공정 개발	시작품	5

4. 연구 설계도: 총괄

<표 6-1-4> 합성가스 생산을 위한 순산소 가스화 기술 개발 연구설계도 총괄표

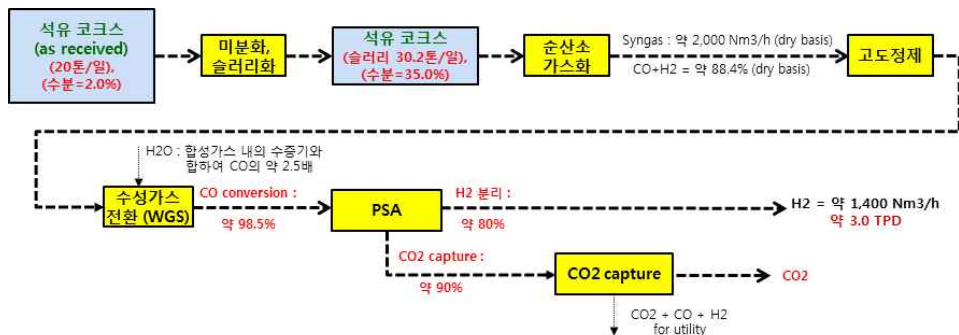
Level 1			Level 2			Level 3			
세부 과제명	최종 성과물	최종 성과물 유형	목표 성능	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부	연구 활동 (소분류)	산출물	연구 기간
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	20톤/일급 석유 코크스 가스화 설비	시스템	냉가스효율 >72% 탄소전환율 >97% 연속운전 >14일 처리용량 >20톤/일 슬러리 농도 >65%	시스템	5	○	1.1 석유 코크스 가스화 실증 기술	상세설계 자료집 및 설비	5
							1.2 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 기술 개발	상세설계 자료집 및 설비	5
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	2,000 Nm <sup>3</sup> /h 규모 합성가스 고도 정제 설비	시스템	용량 2,000 Nm <sup>3</sup> /h 분진 < 0.1 mg/m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> S < 0.1 ppm HCl < 0.1 ppm	시스템	5	○	2.1 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 모듈형 콤팩트 합성가스 정제 설비 설계 구축 및 최적 운전제어 기술	상세설계 자료집 및 고도 정제효율 분석보고서	5
							2.2 합성가스 고도 정제를 위한 모듈형 콤팩트 정제 설비 FEED 패키지	FEED 설계 자료집	5
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	3톤/일급 규모 수소생산	시스템	처리 용량 > 수소 1,400 Nm <sup>3</sup> /h CO 전환율 >99.5%	공법 /기법	7	○	3.1 고온 및 저온 수성가스 전환 촉매 설계 기술	시작품	5
							3.2 수성가스 전환 반응기 설계 기술	시작품	5
			수소생산 용량 > 1,400 Nm <sup>3</sup> /h 수소 순도 >99.99%	시스템	5	○	3.3 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 모듈형 콤팩트 고순도 수소 분리 설비 설계, 구축 및 최적 운전제어기술	상세설계 자료집 및 고순도 분리효율 분석보고서	5
							3.4 고순도 수소 분리용 소재 개발 및 소규모 시험	고순도 수소 분리 시험보고서	5
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	250Nm <sup>3</sup> /h급 Bench scale CO <sub>2</sub> 포집 장치	시스템	CO <sub>2</sub> 포집효율 > 90%	시스템	4	0	4.1 250 Nm <sup>3</sup> /h급 고압 CO <sub>2</sub> 포집 공정 기술 개발	개념설계 자료집 및 설비	5
							4.2 친환경 건설소재 활용 공정 개발	시작품	5

## 제2절. 세부기술별 핵심 R&D 필요기술 추진계획

### 1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술

#### □ 핵심기술 명: (핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1) 석유 코크스 순산소 가스화 시스템 scale-up 설계 및 실증 기술

- (기술의 정의) 국내 보유 파일럿급(수톤/일급 또는 수십톤/일급) 석유 코크스 가스화 또는 석탄 가스화 기술을 기반으로 본 과제의 목적에 알맞은 규모인 석유 코크스 기준 20톤/일급 또는 이상의 분류층 순산소 가스화기 및 가스화 시스템의 설계, 주요 장치들을 포함한 공정 구성 및 제작, 최종적으로는 연속운전을 통하여 실증하는 전 과정의 기술
- 저급자원인 석유 코크스 또는 석탄으로부터 CO와 H<sub>2</sub>가 주 성분인 합성가스를 생산하는 가스화 기술로서 현재 국내 보유 기술인 수톤/일급 가스화 기술을 기반으로 석유 코크스 기준 20톤/일급 순산소 가스화기 설계, 제작 및 운전
    - 파일럿급(보유 플랜트 또는 신규 플랜트, 수톤/일급 이상) 가스화기 운전, 최적 제어 시스템 구성 및 운전을 통한 최적 운전조건 도출
    - 최적의 미립화(atomization) 조건을 달성할 수 있는 석유 코크스 슬러리 주입 버너 설계
    - 파일럿급 가스화기 운전 경험을 바탕으로 석유 코크스 미립화 버너 scale-up 설계, 가스화기 체적 및 형상 scale-up 설계
  - 합성가스 열교환기(또는 급랭장치) 및 금속(또는 세라믹) 집진기 설계, 제작 및 가스화기와 연계하여 운전
  - 매우 높은 유황 함유 합성가스로부터 연료전지에 사용할 수 있는 수준의 합성가스 탈황장치, 수성가스전환 반응기 및 수소분리 장치(PSA) 등과 연계하여 운전, 즉 석유 코크스로부터 수소를 생산하는 전 공정을 연계하여 운전
    - 2세부(합성가스 고도정제 장치), 3세부(수성가스전환 반응기 및 수소분리 장치) 등 세부과제 수행기관들과 협조하여 전체 공정 구성



[그림 6-2-1] 20톤/일급 석유 코크스 순산소 가스화 시스템 구성도의 예

□ (개발 최종 목표)

- (정성적 목표)
  - 국내 또는 해외에서 생산되는 석유 코크스를 활용하여 청정연료가스를 생산할 수 있는 합성가스 플랜트 기술 개발
  - 타 세부과제에서 개발하는 합성가스 고도정제 장치, 수성가스전환 장치, 수소분리 장치 등과 연계하여 고순도 수소를 생산할 수 있는 실증 플랜트 운영 기술 개발
- (정량적 목표) 아래 표에 정리

<표 6-2-1> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 개발 목표

구분	성능지표	현재 스펙	개발 목표 스펙
핵심 R&D 필요기술 1-CRT-2: 석유 코크스 순산소 가스화 시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	탄소전환율 (%)	95%	> 97%
	냉가스효율 (%)	70%	> 72%
	석유 코크스 슬러리 내 고체 농도 (%)	60%	> 65%
	연속운전 (연계 공정)	7 days	> 14 days

□ (목표 설정 근거)

- 석유 코크스 순산소 가스화 기술의 상업화를 위해서는 높은 에너지 효율이 필요하며, 해외의 수백~수천 톤/일급 플랜트의 성능 수준 달성을 위한 지표로 구성
  - 탄소전환율, 냉가스효율, 석유 코크스 슬러리 내 고체 농도: 기술개발 완료 후 플랜트의 상업화를 목표로 하여 슬러리 가스화 기술의 세계 최고수준을 보유하고 있는 미국 GE사의 가스화 성능 달성
- 연속운전: 상업용 중소형 플랜트에 해당하는 test-bed를 이용하여 track record를 쌓기 위해서는 모든 장치가 연계된 전체 공정의 연속운전이 매우 중요하며, 기술개발 단계에서 확보해야 할 수준으로 설정

□ 최근 국내·외 R&D동향

- 해외의 경우, 석유 코크스 가스화 기술은 석탄가스화 기술과 동일한 기술을 적용하여 수천톤/일급 상용화기술개발이 진행
  - 석유 코크스를 원료로 사용할 경우에는 습식 슬러리 공급기술을 적용한 가스화 기술이 유리한 특성으로 인하여 미국의 GE에너지사와 CB&I(전 ConocoPhillips)사가 자사의 실증 플랜트에 석유 코크스 가스화 기술을 적용하여 발전 등 실증운전 수행
- 국내의 경우, 습식가스화 기술에 기반한 수톤/일급~십톤/일급 파일럿 규모로 연구개발이 진행
- 한국에너지기술연구원
  - 석유 코크스 슬러리 제조, 1톤/일급 및 10톤/일급 가스화기를 이용하여, 최종 목표로 서 합성가스 기반 합성유 제조기술 개발을 위하여 가스화 기술개발 연구 수행

- 슬러리 내 고체 농도가 60% 이상 수준의 상업용급에 근접하는 파일럿급 규모 슬러리 제조 기술 보유
- 고등기술연구원
  - 한국지역난방공사와 함께 비용용 가스화 기술을 적용하여 1톤~2톤/일급 파일럿급 가스화 기술개발 연구 수행
  - 자체 개발한 가스화 버너를 사용하여 2톤/일급(슬러리 기준) 석유 코크스 가스화 실험에서 핵심 성능지표인 탄소전환율과 냉가스효율에서 상업용급에 근접하는 성능을 확보하였으나 적은 실험 수행 횟수

<표 6-2-2> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 국내·외 기술개발동향 요약

구분	국외 동향	국내 동향
석유 코크스 슬러리 순산소 가스화 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GE에너지와 CB&amp;I에서 상용급 석탄가스화/석유 코크스가스화 기술 보유</li> <li>• CB&amp;I: 경우 인도에 2만톤/일 석유 코크스 활용 가스화(2,000톤/일급 12기) 플랜트 건설 완료 및 일부 상업 운전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 파일럿 플랜트급 위주로 연구 진행</li> <li>• 석탄 위주로 연구가 진행되어 석유 코크스 가스화에 대한 연구 실적은 비교적 적지만 상업용에 근접하는 성능 달성</li> </ul>
석유 코크스 슬러리 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GE에너지(미), CB&amp;I(미), ECUST(중) 등에서 상업용(수천톤/일급) 슬러리 제조 기술 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국에너지기술연구/고등기술연구원원에서 파일럿급 석탄슬러리/석유 코크스슬러리 생산 기술 보유</li> </ul>

<표 6-2-3> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100 (미국)	75
TRL	9	5
기술 성숙도	대형 상업용 플랜트 기술 보유	파일럿 플랜트 기술 보유, 틈새시장인 중소형 (20~100톤/일급) 플랜트 기술 개발 모색 중
주요성능	냉가스효율 > 75% 탄소전환율 > 99%	최고 기술보유국에 근접한 성능을 확보하고 있으나 소수, 짧은 시간 동안의 실험 결과

□ 핵심 R&D 필요기술 도출 근거

- 석유 코크스는 에너지 보유량(발열량) 대비 가격이 가장 저렴한 원료인 특성으로

인하여 저렴하게 수소를 생산할 수 있을 것으로 예상

- 국내에 규모는 작으나 가스화 기술 및 슬러리 제조 기술 등 핵심 원천기술을 보유하고 있는 점을 고려하면 scale-up 설계를 통한 실증 플랜트 건설, 운전 조건 최적화 및 연속운전을 통하여 track record를 확보할 경우 중소형급 플랜트로 상업화 가능

□ (핵심 R&D 필요기술 유사·중복성, 차별성, 연계 활용방안)

- (유사성)
  - 석유 코크스 슬러리 가스화 기술 및 슬러리 제조 기술 개발을 수행하였다는 유사성 존재
  - 고농도 H<sub>2</sub>S 함유 합성가스로부터 고도정제 기술개발 수행 유사성 존재
- (차별성)
  - 국내에서 수행된 모든 기술개발 과제가 소규모 파일럿 플랜트를 이용하여 기술개발을 수행한 것으로서 상용급 기술을 개발하려는 본 사업과 규모의 측면에서 차이 존재
  - 각 기술개발 과제들이 단위공정에 대한 기술에만 집중하여 전체 공정의 연계를 통한 최종적인 응용(유용한 화학원료 또는 전기 생산 등)을 시도하지 못하였으나, 본 사업에서는 전 공정의 연계 및 연속운전을 통한 사업화가 목표

<표 6-2-4> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
석탄가스화 Test-bed 구축 및 고유 가스화기 모델 개발	고등기술연구원, 아주대학교 등 컨소시엄	2011. 03. ~ 2017. 11.	석탄을 원료로 건식 공급 기술 적용하여 20톤/일급 test-bed 구축 및 운영. 원료와 공급 방식에서 차별적
석탄이용 합성석유 제조기술개발	한국에너지기술연구원	기관고유 사업으로 지속 수행	1톤/일급 및 10톤/일급 석탄슬러리 이용 가스화 기술 수행. 석유 코크스슬러리 이용 단기간 실험 수행. 기술적 유사, 석유 코크스의 경우 규모에서 차별성
석탄슬러리를 이용한 습식가스화 기술개발 및 적용기술 연구	고등기술연구원/한국지역난방공사	2014. 07 ~ 2017. 07	1톤/일급 파일럿급 규모로 석탄 및 석유 코크스 슬러리 가스화 기술개발. 기술적으로는 유사, 규모에서 차별성
석탄/코크스 합성가스내 고농도 H <sub>2</sub> S 제거용 직접 황회수 정제기술 개발	고등기술연구원/현대오일뱅크	2012. 11 ~ 2015. 10	-석탄과 석유 코크스 혼합원료를 사용하여 1톤/일급 파일럿 규모로 5,000 ppm급 H <sub>2</sub> S 포함 합성가스를 1 ppm급 합성가스로 정제하는 기술개발 수행. 원료 공급 방식에서 차별적 -정제기술의 scale-up을 통하여 본 사업에 적용할 필요성 존재

- (연계 활용방안)
  - 본 사업에서는 상가에서 언급한 파일럿급 소규모 기술개발 과제에서 확보한 원천기술들을 기반으로 하여 scale-up 설계, 제작, 운전을 통하여 실증을 목표

<표 6-2-5> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		본 핵심 R&D 필요기술명	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	<ul style="list-style-type: none"> <li>파일럿급 석탄 및 석유 코크스 슬러리 가스화 기술</li> </ul>		석유 코크스 순산소 가스화 시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	기술명
연계 대상물	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유 코크스 순산소 가스화 기술</li> </ul>	대상 성과물		<ul style="list-style-type: none"> <li>석유 코크스 가스화 시스템</li> </ul>
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>scale-up 시 base model로 활용</li> </ul>	활용 방안		<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스 기반 수소 생산 플랜트 상류의 핵심 단위공정으로 활용</li> </ul>
		⇩		
에너지 기술개발사업 및 민간 기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안	
	과제명: 석탄가스화 Test-bed 구축 및 고유 가스화기 모델 개발 기간: 2011. 03.~2017. 11. 내용: 20톤/일급 석탄가스화 test-bed 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스 생산, 정제 및 활용 전 공정 연계 운전 경험 및 제어시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별성) 상업용급 규모, 원료 및 원료공급 방식</li> <li>(활용방안) 소규모 플랜트에서 확보한 연계공정 제어시스템 및 운전 경험 활용</li> </ul>	
	과제명: 석탄/코크스 합성가스내 고농도 H <sub>2</sub> S 제거용 직접 황회수 정제기술 개발 기간: 2012. 11.~2015. 10. 내용: 5,000 ppm급 고농도 H <sub>2</sub> S 고도정제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>고농도 H<sub>2</sub>S포함 합성가스 고도정제 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별성) 상업용급 규모, 원료 및 원료 공급 방식</li> <li>(활용방안) 연계 공정의 연속운전 시 정제 시스템의 안정적 운영을 위한 기초 자료로 활용</li> </ul>	

□ (핵심 R&D 필요기술 확보전략)

- 국내 기 투자된 관련 파일럿급 설비(건식 2~20톤/일, 습식 1~2톤/일) 기술을 활용한 석유 코크스 20톤/일급 중소형 가스화 플랜트 scale-up 설계
- 국내 중소·중견기업의 건식 분쇄기 개조 개발 또는 해외 중소형급 습식분쇄/슬러리제조 장치를 활용하여 슬러리 제조 및 공급 시스템 개발
- 합성가스를 기반으로 수소를 생산하는 일련의 공정을 개발하는 타 세부과제(4세부와 5세부) 수행 기관들과의 정보공유 및 협조체계 구축으로 원활한 연속운전을 위한 최적화된 제어시스템 개발

<표 6-2-6> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 한계점 및 기술개발방안

개발내용	현안 문제점 및 기술한계	기술개발방안
석유 코크스 슬러리 순산소 가스화 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 연구기관에서 소규모 파일럿급 플랜트만 운영하여 증대형급에 대한 경험이 전무</li> <li>- 제한된 연구비/연구인력으로 인하여 장시간 연속운전 경험 미보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보유하고 있는 기반 기술을 활용하고, 외국기술을 도입하여 상용 플랜트 제작 경험이 있는 기업들의 경험을 활용하여 자체 개발</li> </ul>
석유 코크스 슬러리 제조 기술		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분쇄 기술 등 기술종속이 되지 않는 단위 장치는 기존 외국제품을 사용하더라도 고유 공정을 가질 수 있도록 자체 개발</li> </ul>
가스화 공정과 정제/전환/분리 등 수소 생산 공정과 연계 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 공정의 대부분의 단위 장치에 대한 경험은 보유하고 있으나 수소 생산에 이르는 연계 공정에 대한 기술개발 경험 미보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발 초기 단계부터 사업화 의지가 있는 중소/중견기업이 참여하고 원천기술을 보유한 연구기관과 협력체계를 구축하여 부족한 실증 경험을 보완</li> </ul>

<표 6-2-7> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 확보전략

핵심 R&D 필요기술	구성기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
석유 코크스 순산소 가스화 시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	석유 코크스 슬러리 순산소 가스화 기술	응용개발	○	●			
	석유 코크스 슬러리 제조 기술	응용개발	○	●			
	가스화 공정과 정제/전환/분리 등 수소 생산 공정과 연계 기술	응용개발		●			

●: 주, ○: 부

□ (개발내용-구성기술별 연도별 추진계획)

- 개발내용(구성기술 1): 석유 코크스 슬러리 순산소 가스화 시스템 scale-up 실증기술

<표 6-2-8> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 구성기술1 추진 계획

연도	추진 계획
1차년도 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○국내 고유 파일럿급 가스화 기술 활용 중소형급인 석유 코크스 20톤/일급 사용 합성가스 생산 가스화 시스템 scale-up 설계 (모듈화 플랜트 개념 기반 합성가스 생산 플랜트 기초 설계)</li> <li>○합성가스 플랜트 테스트베드 EPC 설계</li> <li>○Lab(or pilot)-scale 가스화 기초 실험</li> </ul>
2차년도 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Pilot-scale 가스화 실험 및 테스트베드에서의 초기 운전 조건 확립(기보유 또는 신규제작 pilot-scale 가스화 실험)</li> <li>○모듈화 플랜트 기초설계 기반 52톤/일급 석유 코크스 사용 합성가스 생산 test-bed 제작 및 설치(공정률 약 20%)</li> </ul>
3차년도 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○합성가스 생산 test-bed 설치(공정률 약 80%) 및 단위 공정별 시운전</li> <li>○석유 코크스 가스화 설비 제작, 설치 및 시운전</li> </ul>
4차년도 (2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○합성가스 생산 test-bed 설치 완료</li> <li>○석유 코크스 가스화 성능 시험</li> <li>○집진 시스템 최적화 운전 및 설계 기술 확보</li> </ul>
5차년도 (2024)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○합성가스 생산 test-bed 성능 최적화 시험</li> <li>○중형급(석유 코크스 20톤/일급) 합성가스 생산 모듈화 플랜트 최적화/표준화 설계 (공통 핵심기술의 모듈화 플랜트 설계 분야에 상세 설계 자료 제공)</li> <li>○100톤/일급 합성가스 생산 모듈화 플랜트 PDP(Process Design Package) 완성 (50톤/일 2기 병렬 또는 100톤/일 1기)</li> </ul>

- 개발내용(구성기술 2): 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 공정 실증 기술

<표 6-2-9> 핵심 R&D 필요기술 1-CRT-1의 구성기술2 추진 계획

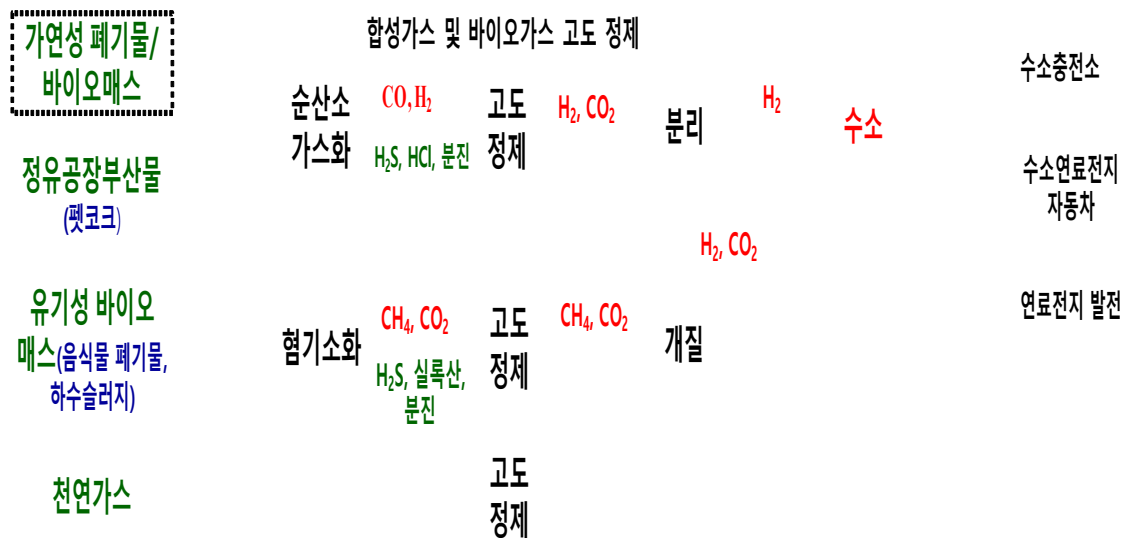
연도	추진 계획
1차년도 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lab-scale 슬러리 점도 특성 실험 및 DB 확보</li> <li>○ 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급장치 설계 및 공정 설계</li> </ul>
2차년도 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lab-scale 슬러리 점도 특성 실험 및 DB 확보 완료</li> <li>○ 50톤/일급 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급장치 제작 (공정률 약 30%)</li> </ul>
3차년도 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 20톤/일급 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급장치 제작 완료 및 시운전</li> </ul>
4차년도 (2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 20톤/일급 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급장치 최적 운전조건 도출</li> </ul>
5차년도 (2024)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 합성가스 생산 test-bed 시스템과 연계하여 성능 최적화 시험 및 표준화 모델 정립</li> </ul>

## 2. 합성가스 고도정제 기술

### □ 핵심기술 명: (핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1) 합성가스 고도 정제 기술

□ (기술의 정의) 석유 코크스 유래 합성가스에 함유된 산성가스, 분진, HCl 등의 오염물질을 최종 수소 활용처인 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 고도 정제하는 저비용 고효율 정제 기술

- 석유 코크스 가스화를 통해 생산된 합성가스에 함유된 산성가스, 분진, HCl 등의 오염물질을 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 고도 정제하는 기술
- 국내 고유기술 기반으로 공정 단순화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등을 통해 저비용/고효율의 고도 정제 기술을 개발
  - 1세부(석유 코크스 이용 합성가스 생산) 수행기관들과 협조하여 전체 공정 구성



[그림 6-2-2] 합성가스/바이오가스 고도 정제 시스템 구성도의 예

### □ (개발 최종 목표)

- (정성적 목표)
  - 소규모 상용 합성가스 플랜트 규모인 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스에 함유된 산성가스 (H<sub>2</sub>S), 분진, HCl 등을 고도로 제거하는 저비용 고효율의 콤팩트화된 정제 기술 개발
- (정량적 목표) 아래 표에 정리

<표 6-2-10> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 개발 목표

구분	성능지표	현재 스펙	개발 목표 스펙
핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1: 석유 코크스 유래 합성가스 고도 정제 기술	합성가스 처리용량	250 Nm <sup>3</sup> /h	2,000 Nm <sup>3</sup> /h
	분진	0.5 mg/m <sup>3</sup>	0.1 mg/m <sup>3</sup>
	H <sub>2</sub> S	0.1 ppm	0.1 ppm
	HCl	0.3 ppm	0.1 ppm

□ (목표 설정 근거)

- 핵심기술 1-CRT-1의 20톤/일급 석유 코크스 가스화 플랜트에서 생산되는 합성가스의 용량은 2,000Nm<sup>3</sup>/h급
  - 상기와 같이 생산되는 가스의 용량을 고려하여, 합성가스 정제 설비 규모를 2,000 Nm<sup>3</sup>/h로 산정
- 합성가스 및 바이오가스로 부터 수소 생산 및 이용을 위해 제거 대상인 분진, H<sub>2</sub>S, HCl 등의 오염물질을 0.1 ppm(또는 mg/m<sup>3</sup>) 이하로 제거하도록 설정

□ 최근 국내·외 R&D동향

- 국외의 경우, 수소 생산을 위한 합성가스 및 천연가스의 초정밀 정제 기술은 상용화 보급 중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중
  - 유럽 Simens사의 초정밀 탈황기술은 연료가스 중의 H<sub>2</sub>S 농도를 60 ppb 이하로 정제하는 기술을 개발하였으며, 미국 DOE에서는 전력생산과 동시에 수소를 생산하는 목적으로 수은, 분진, 질소산화물, 이산화탄소와 더불어 초정밀탈황에 대한 기술개발이 진행 중
  - 일본의 경우 암모니아와 할로젠화합물을 제거하기 위하여 세정탑, COS 가수분해반응기, MDEA 흡수탑 등 습식탈황 방식과 건식방식을 이용한 정밀 탈황설비에 대한 기술개발을 추진
- 국내의 경우, Pilot 규모의 합성가스 및 바이오가스의 초정밀 정제 기술에 대한 기술개발이 주로 진행되고 있으며, 상용화 보급 실적은 아직 미미
  - 국내의 경우, 흡수제(또는 흡착제)를 이용하는 방법, 생물학적 처리방법, 막분리 방법 등 여러 가지 H<sub>2</sub>S를 제거하는 기술개발이 진행 중
  - 한국에너지기술연구원에서는 MDEA와 HMDA를 혼합하여 합성가스내의 H<sub>2</sub>S를 제거하는 습식 탈황공정에 대한 pilot 규모 공정기술을 확보하고 있으며, 고등기술연구원에서는 철킬레이트 용매를 사용 pilot 규모 황 직접 전환공정 기술을 확보
  - 고등기술연구원의 경우 석탄 합성가스를 화학원료로 전환하기 위해 철킬레이트 용매를 이용하여 1,000 ppm의 H<sub>2</sub>S를 0.5 ppm 이하로 제거하는데 적용하였으며, 석탄과 석유 코크스를 혼합한 혼합원료 가스화시 발생되는 200 Nm<sup>3</sup>/h의 합성가스에 함유된 5,000 ppm 이상의 H<sub>2</sub>S를 10 ppm 이하로 제거할 수 있는 기술을 개발

- 현재 바이오가스를 연료전지 연료로 활용하기 위한 초정밀 정제시스템에 대한 기술개발과 합성가스를 연료전지용 연료로 활용하기 위해 초정밀 정제 후 고순도 수소를 생산하기 위한 기술개발이 진행 중

<표 6-2-11> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 국내·외 기술개발동향 요약

구분	국의 동향	국내 동향
2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 고도 정제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽 Siemens사는 연료가스 중의 H<sub>2</sub>S 농도를 60 ppb 이하로 정제하는 기술을 개발</li> <li>• 미국 DOE의 경우 전력생산과 동시에 수소를 생산하는 목적으로 초정밀 정제 기술개발 중</li> <li>• 일본은 암모니아, 할로젠 화합물, 산성가스 제거위한 정밀 정제 설비 개발 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDEA와 HMDA를 혼합 합성가스내의 H<sub>2</sub>S를 제거하는 pilot 규모 공정기술 확보</li> <li>• 철길레이트 용매 사용 250 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스내 H<sub>2</sub>S를 0.1 ppm 이하 제거기술 개발 중</li> </ul>

<표 6-2-12> 핵심 R&D 필요기술 5-CRT-1의 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100 (독일)	70
TRL	9	5
기술 성숙도	대용량 상업용 플랜트 FEED 및 운전기술 보유	Pilot규모 플랜트 FEED 및 운전기술 보유
주요성능	H <sub>2</sub> S < 0.1 ppm HCl < 0.1 ppm 분진 < 3 mg/m <sup>3</sup> (대용량)	Pilot규모에서는 최고기술에 근접한 기술을 보유하고 있으나, 대용량 장기 운전에 대한 기술 미흡

□ 핵심 R&D 필요기술 도출 근거

- 저급자원인 폐기물, 바이오매스 및 석유 코크스 등으로부터 합성가스나 바이오가스를 생산할 경우, 합성가스에 함유된 유해물질의 고순도 제거를 위한 정제 설비 구축/운전에 많은 건설비와 에너지가 소요되므로, 이를 최소화하는 기술의 개발 및 적용이 필요
- 가연성 폐기물 및 바이오매스나 석유 코크스의 가스화를 통해 생산된 합성가스 내에는 분진, 유황화합물(H<sub>2</sub>S, COS), 타르(원료가 폐기물 또는 바이오매스인 경우) 등의 유해 성분이 포함되어 있으므로, 전기나 수소 생산을 위해서는 이러한 유해 성분들을 고도 정제하는 기술이 필요
- 또한 음식물류, 축분 또는 하수슬러지로부터 바이오가스를 생산할 경우, 바이오가스 내에는 이산화탄소, 유황화합물, 실록산 및 일부 분진 등이 포함되어 있으므로, 바이오가스로부터 이러한 유해 물질들을 고도 정제하는 기술이 필요

- 합성가스나 바이오가스의 고도 정제시 가장 중요한 기술은 산성가스 제거기술
  - 폐기물, 바이오매스, 석유 코크스 등과 같은 저급 원료를 가스화하게 되면 가연분은 CO와 H<sub>2</sub>가 주성분인 합성가스로 전환되며, 저급 원료에 함유된 황(S) 성분은 SO<sub>x</sub>가 아니라 H<sub>2</sub>S와 COS로 배출
  - H<sub>2</sub>S의 경우 타 유해 성분에 비해 부식성이 강하고 농도가 높아(일반적으로 수백 ppm 이상) 다른 유해 성분에 비해 가장 우선적으로 제거 필요
  - 고도 정제를 위해 기존 상용화된 기술을 적용할 경우 경제성이 낮고 에너지 소비가 크므로, 국내 기술 기반의 저비용 고효율 고도 정제 기술 개발 및 적용 필요
- 국내에서는 합성가스의 경우 대부분 Pilot 규모 고도 정제 설비에 대한 운전실적을 보유하고 있으며 바이오가스 플랜트 등 일부 소용량 상용화 가능한 플랜트에 대해 상용 적용되고 있지만, 설비 고효율화, 경제성 향상, 콤팩트화, 장기 안정성 등에 대한 기술 개발 및 검증 필요

□ (핵심 R&D 필요기술 유사·중복성, 차별성, 연계 활용방안)

- (유사성)
  - 기 수행된 과제외의 경우 대부분 합성가스나 바이오가스를 연료로 활용하기 위한 정제 기술 위주로 개발되었으며, 일부 랩규모나 pilot 규모의 고도 정제 기술이 개발
    - \* 합성가스로부터 수소생산 및 연료전지 연계를 위한 pilot 규모 고도 정제 기술 보유
    - \* 바이오가스로부터 고순도 메탄을 생산하는 pilot 규모 초청정 정제 기술 개발 중
- (차별성)
  - 기존 과제의 경우 소규모 pilot 플랜트나 랩규모 설비에서 기술개발을 수행한 것으로, 상용화를 위한 실증기술을 개발하려는 본 사업과는 규모면에서 차이
  - 기존 과제의 경우 핵심기술 확보를 위한 기술개발이 주로 수행되었으며, 본 사업의 경우 확보된 핵심기술을 이용하여 scale-up 기술개발과 운전 최적화 및 최적 공정 제어 등을 통한 실증플랜트의 운영기술을 개발하는 것이 목표

<표 6-2-13> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발	진력연구원, 고등기술연구원, 영남대, PTK 서부발전	2016. 12. ~ 2019. 09.	Pilot급 석탄 합성가스의 고순도 정제 및 수소 전환공정 개발과제로 유사성 있으며, 이러한 기술을 기반으로 scale-up 활용
유기성 폐자원 유래 가스 초청정 전처리 요소기술 개발	에너지기술연구원	2017. 09. ~ 2021. 12.	Pilot 규모 바이오가스 초청정 정제 기술 개발과제로 유사성 있으며, 이러한 기술을 기반으로 scale-up 활용

○ (연계 활용방안)

- 요소기술이나 단위 공정기술 위주로 개발되어 국내 보유하고 있는 고도 정제 기술을 기반으로 scale-up하여 실증플랜트 운전 최적화 및 최적 공정 제어 기술 개발에 활용

<표 6-2-14> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		본 핵심 R&D 필요기술명	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)
선행 기술명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilot급 석탄 합성가스 고도 정제 기술</li> <li>• 바이오가스 초청정 정제 기술</li> </ul>	합성가스 및 바이오가스 고도 정제시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	기술명 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물/바이오매스/석유 코크스 유래 합성가스 및 바이오가스 기반 수소 생산 플랜트 기술</li> </ul>
연계 대상물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스/바이오가스 고도 정제 기술</li> </ul>		대상 성과물 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고도 정제시스템</li> </ul>
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scale-up시 base 기술로 활용</li> </ul>		활용 방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스 및 바이오가스 기반 수소생산 플랜트의 중류 핵심공정으로 활용</li> </ul>
		↑	
에너지 기술개발사업 및 민간 기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안
	과제명: IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환 기술개발 기간: 2016. 12.~2019. 09. 내용: 석탄 합성가스 고순도 정제 및 수소 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스 고도 정제 시스템 설계, 시공 및 운전 경험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (차별성) 실증 규모 폐기물 및 바이오매스/석유 코크스 유래 합성가스 고도 정제</li> <li>• (활용방안) 소규모 플랜트에서 확보한 시스템 설계, 시공 및 운전 경험 활용 실증 플랜트 운영기술 확보</li> </ul>
	과제명: 유기성 폐자원 유래가스 초청정 전처리 요소 기술 개발 기간: 2017. 09.~2021. 12. 내용: Pilot 규모 바이오가스 초청정 정제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신규 분리소재 (흡수제, 흡착제) 이용 산성가스(H<sub>2</sub>S) 고도정제 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (차별성) 실증 규모 바이오가스 고도 정제 (용매 사용)</li> <li>• (활용방안) 소규모 설비에서 개발된 기술의 scale-up 및 부분 적용을 통한 고도 정제 플랜트 운영 기술 개발에 활용</li> </ul>

□ (핵심 R&D 필요기술 확보전략)

- 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로, 상용화 규모(합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급) 합성가스 고도 정제 설비 개발 추진
  - 합성가스 처리용량 현행 250 Nm<sup>3</sup>/h급에서 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급으로 상향 및 수소 생산을 위한 고도 정제 기술 개발
  - 국내외 시장 진입을 위한 대용량 상용화 정제 기술의 조기 확보 위한 기술개발 추진
  - 시장 경쟁력 향상 위해 고도화 기술 확보 위한 중장기 기술개발 추진
  - 시스템 최적화, 저가화, 콤팩트화, 설비 모듈화/IT화 등을 통한 기술 및 시장 경쟁력 향상과 실증설비 운영을 통한 기술 검증
- 저비용, 고효율의 설비 신뢰성 확보
  - 국외 중소규모 시장 진출을 위한 저비용/고효율 정제 설비의 신뢰도 있는 기술 확보
  - 분진/타르, 산성가스 등이 주요 고도 정제를 위한 제거 대상물질로 이를 안정적으로 고순도 제거할 수 있는 기술 개발을 통한 운전 신뢰성 축적

- 국내 실증용 test-bed 구축 및 운영을 통한 기술 검증과 국내 시장 진입 및 보급을 통한 설비 신뢰성 및 장기간 운전자료 확보

<표 6-2-15> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 한계점 및 기술개발방안

개발내용	현안 문제점 및 기술한계	기술개발방안
고도 정제시스템 scale-up 설계 및 제작 기술	국내 연구기관에서 소규모 pilot급 플랜트만 운영하여 중대형급에 대한 경험 전무	국내 보유하고 있는 기반기술 활용 실증기술을 자체 개발
고도 정제시스템 scale-up 운전/공정 제어 최적화 기술	제한된 연구비/연구인력으로 인하여 장시간 운전 경험 미보유	연구인력 확보 및 실증설비 활용 장시간 운영 통한 경험 축적 및 운전제어 최적화
제거 소재 및 부품 개발 기술	소규모 소재/부품 개발 진행하여 실증화 경험 부재	기술개발 초기부터 관련 기업이 실증기술 개발과제에 참여하여 제거 소재/부품 검증 및 신뢰성 확보
부산물 처리/활용 기술	소규모 부산물 처리 기술개발 진행하여 대용량 처리/활용에 대한 경험이 전무	실증기술 개발을 통해 부산물 대용량 처리/활용 기술 확보
고도 정제 공정과 합성가스/바이오가스 생산 및 수소 생산 공정과의 연계 운영기술	단위 공정에 대한 경험 보유하고 있으나, 전체 공정 연계 운영기술 미흡	사업화 의지가 있는 중소/중견기업이 참여하여 국내 핵심 기술을 보유하고 있는 연구기관과의 협력체계를 구축하여 실증 플랜트 운영기술 축적

<표 6-2-16> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 확보전략

핵심 R&D 필요기술	구성기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
합성가스 고도 정제시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	고도정제 시스템 scale-up 설계 및 제작 기술	응용개발	●	●			
	고도 정제시스템 scale-up 운전/공정 제어 최적화 기술	응용개발	○	●			
	제거 소재 및 부품 개발 기술	응용개발	○	●			
	부산물 처리/활용 기술	응용개발	-	●			
	고도 정제 공정과 합성가스 생산 및 수소 생산 공정과의 연계 기술	응용개발	-		●		

●: 주, ○: 부

□ (개발내용-구성기술별 연도별 추진계획)

- 개발내용(구성기술 1): 석유 코크스 유래 합성가스 고도 정제 기술

<표 6-2-17> 핵심 R&D 필요기술 2-CRT-1의 구성기술1 추진 계획

연도	추진 계획
1차년도 (2020)	○국내기술 기반 정제기술 활용 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 고도 정제 설비 scale-up 기본설계 (모듈화 및 IT화 개념 반영) ○2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 고도 정제 설비 FEED 작성
2차년도 (2021)	○모듈화/IT화 기초설계 기반 2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 고도 정제 설비 상세설계, 제작 및 설치(공정률 약 40%) ○Lab규모 산성가스 제거설비 시험 및 초기 운전조건 확립 ○Lab규모 오염물질 제거 소재/부품 기초 실험 및 초기 운전조건 확립
3차년도 (2022)	○2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 합성가스 고도 정제 설비 설치 및 단위 공정별 시운전 ○합성가스 생산 플랜트 연계 합성가스 고도 정제 설비 시운전 ○Lab 규모 합성가스 고도 정제 설비 기초시험 및 운전조건 확립 ○고도 정제 설비 부산물(황, 폐수 등) 활용(또는 처리) 기반 확립 및 lab규모 설비 구축
4차년도 (2023)	○합성가스 생산 플랜트 연계 합성가스 고도 정제 설비 운전안정화 시험 ○미량 오염물질 제거 소재/부품 적용 운전시험을 통한 성능 확인 ○원격 모니터링 운영을 통한 운영관리 기반 확립 ○고도 정제 설비 부산물 활용(또는 처리)위한 lab규모 설비 시험
5차년도 (2024)	○합성가스 고도 정제 설비 운전 최적화 및 최적 공정 제어 ○미량 오염물질 제거 소재/부품 성능 최적화 ○원격 모니터링 운영을 통한 운영관리 기술 개발 ○고도 정제 설비 부산물 활용(또는 처리) 기술 실증 ○합성가스 고도 정제 플랜트 PDP 완성

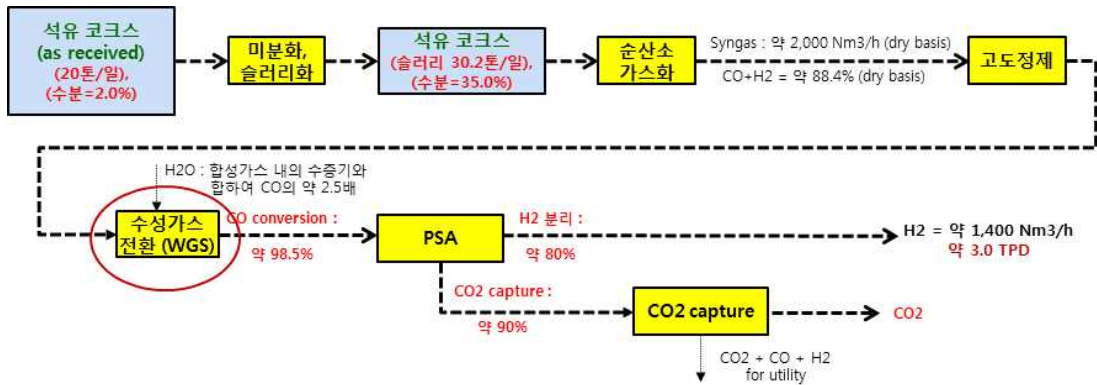
3. 합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술

3.1 (핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1) 합성가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술

□ (기술의 정의) 1,400 Nm<sup>3</sup>/h(3톤/일) 규모의 수소를 생산하기 위해 천연가스 개질로부터 얻은 합성가스를 전환하기 위한 수성가스전환공정을 개발하기 위해 촉매, 반응기, 주요장치들을 설계 및 구축하여 설계기술뿐만 아니라 연속운전을 통한 운영기술을 확보하는 전 과정의 기술

- 현재 수성가스전환의 경우 상용촉매가 시장을 잠식한 상황이기 때문에 반응기나 공정 개발 분야로 연구가 진행 중
- 대부분 촉매설계 보다는 주된 공정과 연계하여 안정적으로 운전하는데에만 초점을 두고 있는 실정

- 반응기도 단순히 설계가 가능하여 고유의 설계 기술 확보에 어려움 존재
- 반응기뿐 아니라 고유의 촉매설계 기술 확보와 더불어 국내기술을 활용할 수 있는 저변확대가 요구되며, 활용분야는 많지만 국내시장 진입에 어려움 존재
- 수소 활용을 위해서는 합성가스내 일산화탄소를 분리하거나 수소로 전환하는 수성가스전환공정이 반드시 필요하며, 이의 적용을 위한 신규 촉매와 반응기 및 공정 개발 분야가 필요 (기존에는 HT+LT 적용)



[그림 6-2-3] 천연가스 개질 시스템에서의 수성가스 전환 기술

□ (개발 최종 목표)

- (정성적 목표)
  - 합성가스로부터 3톤/일급 규모 수소 생산을 위한 수성가스전환공정 기술 개발
  - CO 전환을 위한 촉매와 반응기 개발
- (정량적 목표) 아래 표에 정리

<표 6-2-18> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 개발 목표

구분	성능지표	현재 스펙	개발 목표 스펙
핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1 : 합성가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	CO 전환율	-	99.5%
	수소생산량	10 Nm <sup>3</sup> /h	1,400 Nm <sup>3</sup> /h (약 3톤/일)

□ (목표 설정 근거)

- 수소생산량은 천연가스 공급망과 연결하여 1,400 Nm<sup>3</sup>/h의 수소를 생산할 수 있는 양을 기준으로 산정
- 이의 규모는 거점형 중·대규모 수소생산기지로 사용할 수 있으며, 하루 3톤(1,400Nm<sup>3</sup>/h)의 수소를 생산하여 500대의 수소자동차(1대당 6kg의 수소를 충전)에 충전 가능

□ 최근 국내·외 R&D동향

- 국내의 경우 한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, RIST 등에서 합성가스나 부생가스를 사용하여 상용촉매를 적용한 수성가스전환공정을 운전한 경험을 가지고 있으며, 일부 대학에서 실험실 규모로 촉매 개발 연구 수행
- 또한, 국내에서는 상용촉매가 시장을 잠식한 상황이기 때문에 반응기나 공정개발 분야로 주공정과 연계에 대한 연구가 수행 중
- 국외의 경우 Alfa Aesar, Client, Haldor Topsoe 등에서 촉매와 공정에 대한 라이선스를 확보하여 사업화를 진행

<표 6-2-19> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 국내·외 기술개발동향 요약

구분	국외 동향	국내 동향
수성가스전환 촉매 및 반응기 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 촉매설계가 주된 기술이며, 수많은 상용공정에 적용되고 있는 수준</li> <li>● 촉매와 반응기를 패키지 또는 촉매만을 대량으로 판매하고 있는 상황</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 실험실 규모에서의 연구결과를 보고하는 수준</li> <li>● 대부분 상용촉매를 사용하여 상용설비로 운전</li> </ul>

<표 6-2-20> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100 (일본)	75
TRL	9	4
기술 성숙도	대규모 상업용 플랜트 기술 보유	상용촉매에 대한 운전결과 확보, 상용공정의 운전 기술 보유
주요성능	CO 전환율 : 99.5% 수소생산량 : 300 Nm <sup>3</sup> /h	유사한 규모에 대한 결과는 보유하고 있지 않음

□ 핵심 R&D 필요기술 도출 근거

- 수성가스전환공정에 대한 기술 확보는 천연가스 개질 후단뿐 아니라 가스화로부터 생산된 합성가스의 전환에도 활용 가능
- 국내의 경우 천연가스는 배관망 구성이 잘 되어 있어 대량의 수소를 생산하거나 분산형의 중소규모로 수소를 생산할 수 있는 최적의 에너지원
- 국내에서 운전되고 있는 개질기 대부분은 대용량이며, 해외기술을 도입하여 운영되기 때문에 국내에서는 라이선스 미보유
- 수소의 중요성이 높아지고 있는 현 시점에서 중소규모의 개질공정에 대한 기술 확보는

매우 필요하며, 기술개발 이후 빠른 시일내에 상업화가 가능할 것으로 예상

□ (핵심 R&D 필요기술 유사·중복성, 차별성, 연계 활용방안)

- (유사성)
  - 상용촉매를 사용할 경우에는 중복성 존재
- (차별성)
  - 국내 상용으로 운전되고 있는 수성가스전환공정은 대용량으로 규모면에서 차이
  - 또한, 대부분의 연구과제는 소규모 파일럿 플랜트를 이용하여 기술개발을 수행한 것으로서 본 사업에서 제안하는 중소형 규모와는 차이
  - 기존 “HT+LT”의 조합으로 촉매를 적용하지 않고, MT(중온반응)용 촉매를 적용하면 차별성과 지식재산권 확보가 어렵지 않을 것으로 예상

<표 6-2-21> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
석탄가스의 대용량 CO의 수성가스전환 반응용 신규 촉매 반응시스템 개발	전북대학교	'10 ~ '12	유동층반응기에서의 수성가스전환 촉매개발
석탄가스화기로부터 발생된 합성가스를 사용한 화학원료 전환기술 개발	고등기술연구원	'05 ~ '07	상업용 고온 수성가스전환 촉매를 사용하여 운전 결과 확보
건식 재생 CO <sub>2</sub> 흡수제 및 유동층 WGS 촉매 개발	한국전력공사	'10 ~ '11	상업용 고온 수성가스전환 촉매를 사용하여 유동층반응기에서의 특성 평가

- (연계 활용방안)
  - 상용촉매의 운전결과를 분석하여 개발 촉매의 운전 조건 확립에 적용
  - 본 사업에서는 상기의 기술들을 경험을 바탕으로 1,400 Nm<sup>3</sup>/h급 수소를 생산하는 수성가스전환 공정 개발에 활용 가능

<표 6-2-22> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		본 핵심 R&D 필요기술명	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	•수성가스전환 공정설계 및 운영 기술	합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	기술명	•수성가스전환용 촉매 및 공정 기술
연계 대상물	•수성가스전환 촉매 및 공정설계 기술		대상 성과물	•수성가스전환 공정의 설계서
활용 방안	•수성가스전환 공정설계 및 운영기술로 활용		활용 방안	•천연가스 기반 수소 생산 플랜트의 핵심 공정으로 활용
		↑		
에너지 기술개발사업 및 민간 기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안	
	과제명: 석탄가스의 대용량 CO의 수성가스전환 반응용 신규 촉매 반응시스템 개발 기간: 2010.~2012. 내용: 합성가스내 CO를 전환하기 위한 신규 촉매 개발	• 실험실 규모에서의 유동층반응기에 적용 가능한 신규촉매 개발	• (차별성) 국내 고유의 촉매 개발 및 대량 생산 기술 • (활용방안) 신규 촉매의 설계에 활용	
	과제명: 석탄가스화기로부터 발생된 합성가스를 사용한 화학원료 전환기술 개발 기간: 2005.~2007. 내용: 석탄가스화기 후단에서 상용촉매를 활용한 수성가스전환공정 연계 실험 수행	• 파일럿 규모의 수성가스전환공정 결과 도출	• (차별성) 통합공정에 대해 연계운전 결과 확보 • (활용방안) 1,400 Nm <sup>3</sup> /h급 scale-up 기술로 활용, 유틸리티 설계 기술 활용	

□ (핵심 R&D 필요기술 확보전략)

- 현재 보유하고 있는 실증 및 상용규모 운영기술 경험을 적용
- 해외기술 도입을 통한 운영기술 확보
- 중소형 규모에 적용하기 위한 고유 수성가스 전환용 촉매설계 및 공정기술 확보

<표 6-2-23> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 한계점 및 기술개발방안

개발내용	현안 문제점 및 기술한계	기술개발방안
수성가스전환용 촉매 제조 기술	- 촉매설계 보다는 주된 공정과 연계하여 안정적으로 운전하는데에만 초점을 두고 있는 수준	- 반응기뿐 아니라 고유의 촉매설계 기술 확보와 더불어 국내기술을 활용할 수 있는 저변확대가 필요
수성가스전환 반응기 설계기술 개발	- 반응기도 단순히 설계가 가능하여 설계 기술 확보에 어려움 존재	- 수소 활용을 위해서는 순도를 높여야 하기 때문에 이의 적용을 위한 신규 촉매의 개발이 필요 (기존에는 HT+LT 적용)

<표 6-2-24> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 확보전략

핵심 R&D 필요기술	구성기술	단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
합성가스/개질가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술	수성가스전환용 촉매 제조 기술	응용개발	●	●			
	수성가스전환 반응기 설계기술 개발	응용개발	●	●			

● : 주, ○ : 부

□ (개발내용-구성기술별 연도별 추진계획)

- 개발내용(구성기술 1) : 합성가스 내 일산화탄소의 수소 전환 기술

<표 6-2-25> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-1의 구성기술1 추진 계획

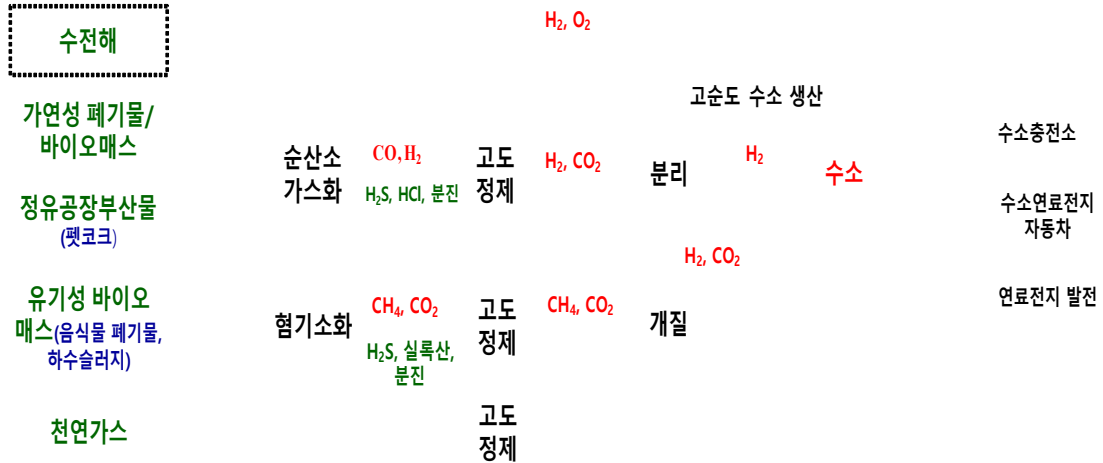
연도	추진 계획
1차년도 (2020)	○수성가스전환용 촉매 개발 ○촉매의 내구성 및 비활성화방안 연구 ○반응기의 형상설계 (열회수 방식 선정) ○벤치급 수성가스전환 반응기 설계/구축/운전
2차년도 (2021)	○수성가스전환용 촉매의 대량생산 기술 ○반응기의 열/구조해석 및 재질 선정 ○벤치급 수성가스전환 반응기 운전최적화
3차년도 (2022)	○1,400Nm <sup>3</sup> /h급 수소생산을 위한 수성가스전환 공정 설계 :Reactor design, Equipment data sheet, MSD 등
4차년도 (2023)	○1,400Nm <sup>3</sup> /h급 수소생산을 위한 수성가스전환 공정 구축/시운전 ○개질공정과 수성가스전환공정의 연계운전

### 3.2 (핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2) 모듈형 컴팩트 고순도 수소 분리 고도화 기술

□ (기술의 정의) 석유 코크스 가스화를 통해 생산된 합성가스로부터 최종 수소 활용처인 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 수소를 고순도로 분리하는 저비용 고효율 수소 분리 기술

- 석유 코크스 가스화를 통해 생산된 합성가스에서 수성가스 전환 과정을 거친 후, 수소와 이산화탄소가 주된 성분인 혼합가스로부터 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 고순도 수소를 분리하는 기술

- 국내 고유기술 기반으로 공정 단순화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등을 통해 저비용/고효율의 고순도 수소 분리 기술을 개발
  - 1세부(석유 코크스 이용 합성가스 생산) 수행기관과 협조하여 전체 공정 구성



[그림 6-2-4] 고순도 수소 분리 시스템 구성도의 예

□ (개발 최종 목표)

- (정성적 목표)
  - 소규모 상용 합성가스 플랜트 규모인 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스에서 생산된 수소/이산화탄소 혼합가스에서 고순도로 수소를 분리하는 저비용 고효율의 콤팩트화된 수소 분리 기술 개발
- (정량적 목표) 아래 표에 정리

<표 6-2-26> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 개발 목표

구분	성능지표	현재 스펙	개발 목표 스펙
핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2: 모듈형 콤팩트 고순도 수소 분리 고도화 기술	수소 순도 (PSA)	99.99%	99.99%
	수소/이산화탄소 혼합가스 처리 모듈 (PSA)	290 Nm <sup>3</sup> /h	수소 1,400 Nm <sup>3</sup> /h (3톤/일)

□ (목표 설정 근거)

- 핵심기술 1-CRT-1의 20톤/일급 석유 코크스 가스화 플랜트에서 생산되는 합성가스의 용량은 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급
  - 상기와 같이 생산되는 가스의 용량을 고려하여, 합성가스로부터 고순도 수소 생산을 위한 분리 설비의 개발 규모를 2,000 Nm<sup>3</sup>/h로 산정 (수소 생산 기준 3톤/일급)
- 2,000 Nm<sup>3</sup>/h의 합성가스로부터 고순도 수소를 생산하기 위해 대용량 처리가 가능한 PSA(Pressure Swing Adsorption) 기술을 적용하여 개발

- 수소자동차나 연료전지 발전을 위해서는 수소의 순도가 99.99% 이상이 요구되고 있어 이러한 요구 조건에 부합되도록 수소 순도의 목표를 설정

□ 최근 국내·외 R&D동향

- 국외 고순도 수소 분리 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발이 추진 중
  - PSA 기술은 현재 수소분리 분야에 있어 1~100,000 Nm<sup>3</sup>/h급에 이르기까지 대부분의 수소 생산 공정에 적용되고 있으며, 활성탄이나 분자체(Molecular Sieve)가 흡착제로 주로 사용 중
  - PSA의 경우 에너지 소비, 운영비, 건설비 등의 저감을 위한 흡착제 및 공정/설비 컴팩트화에 대한 기술개발과 상용화가 진행 중이며, 중국 Xebec사의 경우 컴팩트한 로터리 형태의 PSA 기술을 개발하여 상용화 진입 중
  - 수소 분리막의 경우 PSA에 비해 아직 상용화 보급이 많이 되지는 않았지만, 지속적인 기술개발을 통하여 점차적으로 시장에 진입 중
  - 미국 UOP사의 경우 391,000 Nm<sup>3</sup>/h 규모의 상용 수소 분리막 시스템을 skid 형태로 개발하여 상용화 적용 중
- 국내 수소 PSA의 경우 상용화 진입단계에 있으며, 수소 분리막의 경우 대부분 소규모 기술개발이 추진 중
  - 젠스엔지니어링에서는 한국에너지기술연구원에서 개발한 고순도 수소 분리용 PSA 기술을 이전 받아 국내외 상용화 적용 중이며, 설비 건설비 저감과 효율 향상을 위한 흡착제 및 컴팩트화 기술 등에 대한 개발 필요
  - 수소 분리막의 경우 소재 및 단위 모듈화 등 소규모 기술개발이 활발히 추진되고 있으며, 상용화 보급을 위한 대용량화, 고효율화, 컴팩트화, 저가화, 내구성 향상 등에 대한 기술개발과 실증화 기술개발이 필요

<표 6-2-27> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 국내·외 기술개발동향 요약

구분	국외 동향	국내 동향
2,000 Nm <sup>3</sup> /h급 고순도 수소 분리 기술 개발 (수소 1,400 Nm <sup>3</sup> /h급)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSA 기술은 대부분의 수소 생산 공정에 적용 중</li> <li>• 에너지 소비, 운영비, 건설비 등 저감 위한 흡착제 및 공정/설비 컴팩트화에 대한 기술 개발과 상용화 진행 중</li> <li>• 중국 Xebec사의 경우 컴팩트한 로터리 형태의 PSA 기술을 개발하여 상용화 진입 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 젠스엔지니어링에서는 국내 개발된 고순도 수소 분리용 PSA 기술을 이전 받아 상용화 적용 중</li> <li>• 시장 경쟁력 향상을 위해 설비 건설비 저감과 효율 향상을 위한 흡착제 및 컴팩트화 기술 등에 대한 개발 필요</li> </ul>

<표 6-2-28> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100 (미국)	70
TRL	9	5
기술 성숙도	대용량 상업용 플랜트 FEED 및 운전기술 보유	Pilot규모 플랜트 FEED 및 운전기술 보유
주요성능	H <sub>2</sub> 순도 > 99.999% (대용량, 300톤/일 수소 생산)	Pilot규모에서는 최고기술에 근접한 기술을 보유하고 있으나, 대용량 장기 운전에 대한 기술 미흡

□ 핵심 R&D 필요기술 도출 근거

- 수소 경제시대 진입에 따라 저가의 수소를 대량 공급하기 위해서는 수소 분리 설비의 저가화 및 국산화 개발이 필요
  - 파일럿 및 실험실 규모 기술개발을 통해 국내 축적된 기술개발 경험과 연구 자원을 기반으로, 실증기술 개발을 통한 기술 검증 및 장기운전을 통한 신뢰성 확보 필요
  - 국내 PSA(Pressure Swing Adsorption, 압력변동흡착) 방식의 수소 분리 기술의 경우, 파일럿 규모에서는 선진기술과 비교하여 동등 또는 우위에 있는 기술로, 저가화, 고효율화 등을 통해 기술경쟁력 강화 및 시장 진입 필요
- 대용량 수소 분리가 가능한 PSA 기술을 적용 수소 경제사회 진입에 따른 시장 진입을 위한 핵심 기술 및 기반 확보 필요
  - 일본, 미국, 유럽 등을 중심으로 수소사회 진입 중으로, 고순도 수소 제조에 필수적으로 필요한 정제 및 분리 설비의 조기 시장 진입을 위해서는 관련기술의 확보가 시급
  - 기술 우선 확보를 통해 조기 시장 진입하여 선점 또는 동등한 조건에서 국외기술과 경쟁 기반을 확보하고 기술경쟁력 강화를 통해 시장 확대 및 강화 필요
- 기술 및 시장 경쟁력 향상위한 기술개발 추진 필요
  - 국내 고유 기술 기반으로 시장 진입 및 확대를 위해서는 기존 국외 상용기술뿐만 아니라 국외에서 개발 중인 기술과 동등 또는 우위에 있는 기술을 확보하여야 실질적인 경쟁력 확보 가능
  - 기존 상용 기술 및 국외 개발 중인 기술과 비교하여 경쟁력을 갖추기 위해서는 설비의 고효율화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등에 대한 기술개발 추진이 필요
  - 또한 국내 기술의 상용 적용을 위해서는 기술 및 신뢰성 검증을 위한 실증기술 개발 추진 필요

□ (핵심 R&D 필요기술 유사·중복성, 차별성, 연계 활용방안)

- (유사성)
  - 기 수행된 과제외의 경우 원천기술 및 파일럿 규모 설비에 대한 기술개발이 주로 진행되어 소재 및 공정에 대한 핵심기술 확보

- \* 소용량 PSA 설비의 경우 상용화 진입 중으로 시장경쟁력 향상위한 기술개발 필요
- (차별성)
  - 기존 과제의 경우 주로 pilot 규모 기술개발을 수행한 것으로, 상용화를 위한 실증기술을 개발하려는 본 사업과는 규모면에서 차이
  - \* 본 과제에서는 기 개발된 국내 기반기술을 활용하여 고효율화를 위한 기술개발을 추진하고 소용량 설비에 대한 실증을 통해 신뢰성 확보 및 국내 중소규모 플랜트 적용을 통한 상용화 실적을 축적한 후 국외 시장에 진입
  - \* 시장경쟁력 향상을 위해 설비 콤팩트화, 모듈화, 저가화를 위한 소재/부품/공정 개발

<표 6-2-29> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
이산화탄소 포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발	(주)금강씨엔티, 에너지기술연구원, 고려대, 카톨릭대, 동국대	2018. 05. ~ 2021. 04.	2 Nm <sup>3</sup> /h급 분리막 모듈 이용 고순도 수소 분리 기술개발 과제로 유사성 있으며, 이러한 기술을 기반으로 scale-up 활용
수소충전소용 대용량 수소제조장치 개발	제이엔케이히터(주), 에너지기술연구원, 파기원, 경희대, 인하대, 전남대	2017. 12. ~ 2020. 02.	PSA 기술 활용 500 kg/일급 수소 분리 설비 개발과제로 유사성 있으며, 이러한 기술을 기반으로 scale-up 활용
부생가스내 화학원료가스 막분리/정제 기술	화학연구원	2016. 01. ~ 2017. 12.	부생가스에서 수소 분리를 위한 분리막 원천소재 개발과제로 유사성 있으며, 개발된 소재를 기반으로 분리막 모듈 개발 및 scale-up 활용
수소 정제 및 분리용 다공성금속지지체 개발	(주)대화알로이테크, 에너지기술연구원, 화학연구원, 광주파기원, 고려대	2014. 06. ~ 2017. 05.	수소 분리 소재인 다공성 금속지지체 제조 및 양산 기술 확보하기 위한 과제로 유사성 있으며, 이러한 기술을 기반으로 분리막 모듈 개발 및 scale-up 활용

- (연계 활용방안)
  - 요소기술이나 단위 공정기술 위주로 개발되어 국내 보유하고 있는 수소 분리 기술을 기반으로 scale-up하여 실증플랜트 운전 최적화 및 최적 공정 제어 기술 개발에 활용

<표 6-2-30> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		본 핵심 R&D 필요기술명	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	<ul style="list-style-type: none"> <li>PSA 기술 적용 500kg/일급 수소 분리 기술</li> <li>부생가스 이용 수소 생산용 분리막 기술</li> </ul>	합성가스 및 바이오가스 유래 고순도 수소 분리시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	기술명	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산플랜트 기술</li> </ul>
연계 대상물	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스/바이오가스 유래 고순도 수소 분리 기술</li> </ul>		대상 성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>고순도 수소 분리시스템</li> </ul>
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스/바이오가스 유래 수소 분리 설비 scale-up시 base 기술로 활용</li> </ul>		활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 하류 핵심 공정으로 활용</li> </ul>
		↑		
과제 개요		연계대상 성과물	차별성/활용방안	
에너지 기술개발사업 및 민간 기술 연계	과제명: 수소충전소용 대용량 수소제조장치 개발 기간: 2017. 12.~2020. 02. 내용: PSA 기술 적용 500kg/일급 수소 분리	<ul style="list-style-type: none"> <li>PSA 기술 적용 소규모 수소 분리 설비 설계, 시공 및 운전 경험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별성) 실증 규모 석유 코크스 합성가스 유래 고순도 수소 분리</li> <li>(활용방안) 소규모 플랜트에서 확보한 시스템 설계, 시공 및 운전 경험 활용 실증 플랜트 운영기술 확보</li> </ul>	
	과제명: 부생가스내 화학원료 가스 막분리/정제 기술 기간: 2016. 01.~2017. 12. 내용: 부생가스 이용 수소 분리막 원천기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>분리막 이용 부생가스내 수소 분리 원천 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별성) 실증 규모 바이오가스 유래 고순도 수소 분리</li> <li>(활용방안) 소규모 설비에서 개발된 원천기술의 scale-up을 통한 고순도 수소 분리 고도화 플랜트 기술 개발에 활용</li> </ul>	

□ (핵심 R&D 필요기술 확보전략)

- 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로, 상용화 규모(합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급) 합성가스 유래 고순도 수소 분리 설비 개발 추진
  - 합성가스 처리용량 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 실증플랜트에서의 고순도 수소 생산을 위한 수소 분리 기술 개발
  - 국내외 시장 진입을 위한 대용량 상용화 수소 분리 기술의 조기 확보를 위한 기술개발 추진
  - 시장 경쟁력 향상 위해 고도화 기술 확보 위한 중장기 기술개발 추진
  - 시스템 최적화, 저가화, 콤팩트화, 설비 모듈화/IT화 등을 통한 기술 및 시장 경쟁력 향상과 실증설비 운영을 통한 기술 검증
- 저비용, 고효율의 설비 신뢰성 확보
  - 국외 중소규모 시장 진출을 위한 저비용/고효율/신뢰도 있는 수소 분리 기술 확보
  - 국내 기술을 기반으로 국외 개발 중인 선진기술과의 경쟁력 확보를 위한 고순도 수소 분리 고도화 기술 개발 및 소규모 설비 실증을 통한 운전 신뢰성 축적
  - 국내 실증용 test-bed 구축 및 운영을 통한 기술 검증과 국내 시장 진입 및 보급을 통한 설비 신뢰성 및 장기간 운전자료 확보

<표 6-2-31> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 한계점 및 기술개발 방안

개발내용	현안 문제점 및 기술한계	기술개발방안
고순도 수소 분리시스템 scale-up 설계 및 제작 기술	- 국내 연구기관에서 소규모 pilot급 플랜트만 운영하여 중대형급에 대한 경험이 전무	- 국내 보유하고 있는 기반기술 활용 실증 기술을 자체 개발
고순도 수소 분리시스템 scale-up 운전/공정 제어 최적화 기술	- 제한된 연구비/연구인력으로 인하여 장시간 운전 경험 미보유	- 연구인력 확보 및 실증설비 활용 장시간 운영 통한 경험 축적 및 운전제어 최적화
분리 소재 및 부품 개발 기술	- 소규모 소재/부품 개발 진행하여 실증화 경험 부재	- 기술개발 초기부터 관련 기업이 실증기술 개발과제에 참여하여 제거 소재/부품 검증 및 신뢰성 확보
고순도 수소 분리 공정과 합성가스/바이오가스 생산 및 고도 정제 공정과의 연계 운영기술	- 소규모 단위 공정에 대한 경험 보유하고 있으나, 전체 정 연계 운영기술 미흡	- 사업화 의지가 있는 중소/중견기업이 참여하여 국내 핵심기술을 보유하고 있는 연구기관과의 협력 체계를 구축하여 실증 플랜트 운영기술 축적

<표 6-2-32> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 확보전략

핵심 R&D 필요기술	구성기술	단계	성과연계	자체개발	기술도입	글로벌협력	아웃소싱
합성가스 유래 고순도 수소 분리시스템 scale-up 설계 및 실증 기술	고순도 수소 분리시스템 scale-up 설계 및 제작 기술	응용개발	●	●			
	고순도 수소 분리시스템 scale-up 운전/공정 제어 최적화 기술	응용개발	○	●			
	분리 소재 및 부품 개발 기술	응용개발	●	●			
	고순도 수소 분리 공정과 합성가스 생산 및 고도 정제공정과의 연계 기술	응용개발	-		●		

●: 주, ○: 부

□ (개발내용-구성기술별 연도별 추진계획)

- 개발내용(구성기술 1 및 2): PSA용 소재 기술 및 고순도 수소 분리 공정 기술

<표 6-2-33> 핵심 R&D 필요기술 3-CRT-2의 구성기술1 및 구성기술2 추진 계획

연도	추진 계획
1차년도 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○국내 기술 기반 수소 PSA 기술 활용 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급(합성가스) 고순도 수소 분리 설비 scale-up 기본설계 (모듈화 및 IT화 개념 반영)</li> <li>○2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소(3톤/일급) 분리 설비 FEED 작성</li> <li>○고순도 수소 분리를 소재 개발 및 lab규모 설비 기초 시험</li> </ul>
2차년도 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○모듈화/IT화 기초설계 기반 합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급(수소 3톤/일급) 고순도 수소 분리 설비 상세설계, 제작 및 설치(공정률 약 40%)</li> <li>○고순도 수소 분리를 소재 개선 및 lab규모 설비 이용 성능시험</li> </ul>
3차년도 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급(수소 3톤/일급) 고순도 수소 분리 설비 설치 및 단위 공정별 시운전</li> <li>○합성가스 생산 플랜트 연계 고순도 수소 분리 설비 시운전</li> <li>○Lab 규모 설비 이용 개발된 고순도 수소 분리 소재 적용시험 및 운전조건 확립</li> </ul>
4차년도 (2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○합성가스 생산 플랜트 연계 고순도 수소 분리 설비 운전안정화 시험</li> <li>○개발된 수소 분리 소재/부품 적용 운전시험을 통한 성능 확인</li> <li>○원격 모니터링 운영을 통한 운영관리 기반 확립</li> </ul>
5차년도 (2024)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○고순도 수소 분리 설비 운전 최적화 및 최적 공정 제어</li> <li>○PSA용 수소 분리 소재/부품 성능 최적화</li> <li>○원격 모니터링 운영을 통한 운영관리 기술 개발</li> <li>○고순도 수소 분리 플랜트 PDP 완성</li> </ul>

## 제3절 핵심기술 확보를 위한 세부과제별 기술로드맵 및 성과로드맵

### 1. 기술개발 성과목표

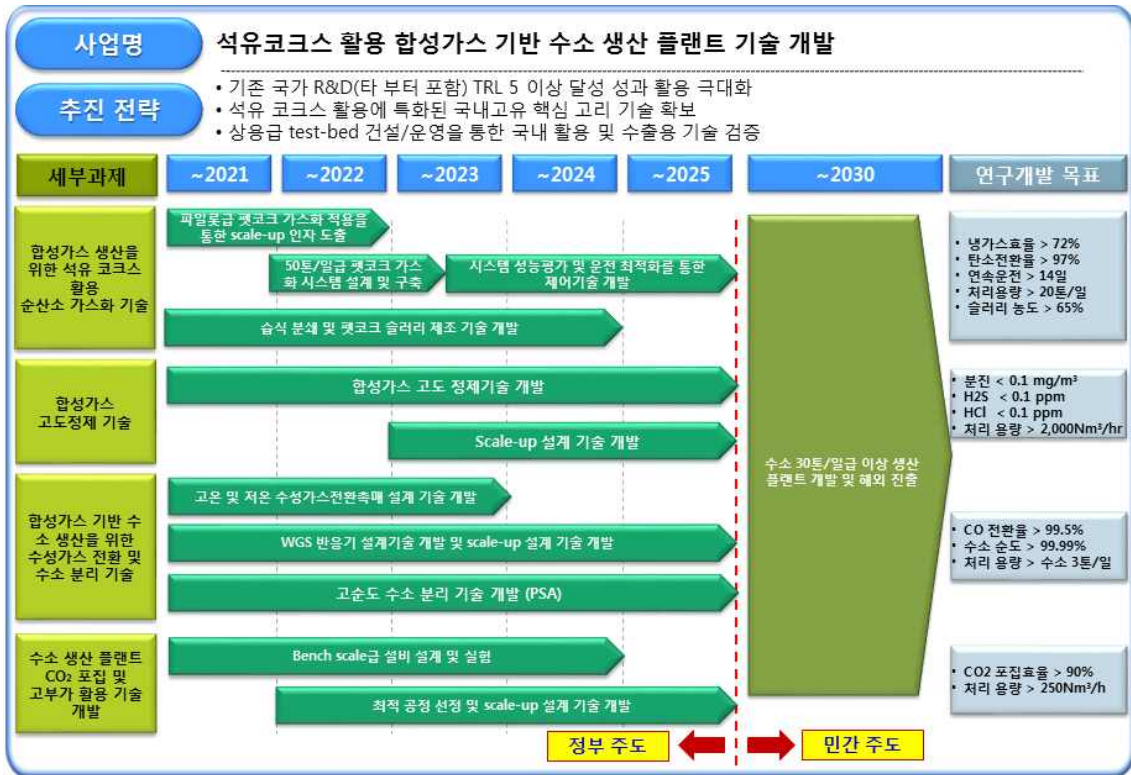
#### □ 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 세부과제별 기술개발 성과 목표

<표 6-3-1> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 세부과제별 기술개발 성과 목표

세부 과제명	성과 목표	
	항목	목표
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	냉가스효율	> 72%
	탄소전환율	> 97%
	슬러리 농도 (슬러리 내 고체 농도)	> 65%
	연속 운전	> 14일
	처리 용량	> 20톤/일
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	분진	< 0.1 mg/m <sup>3</sup>
	H <sub>2</sub> S	< 0.1 ppm
	HCl	< 0.1 ppm
	처리 용량	> 2,000 Nm <sup>3</sup> /h (합성가스)
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	일산화탄소 전환율	> 99.5%
	수소생산량	> 1,400 Nm <sup>3</sup> /h (3톤/일)
	수소 순도	> 99.99%
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	CO <sub>2</sub> 포집 효율	> 90%
	처리용량	> 250 Nm <sup>3</sup> /h

## 2. 기술개발 로드맵

### □ 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 세부과제별 기술개발 로드맵



[그림 6-3-1] 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술개발 로드맵

### 3. 성과목표의 선정근거

<표 6-3-2> 성과목표의 선정 근거

세부과제	성과지표	지표선정근거	목표치	목표치 산출근거	달성도 측정방법
1. 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	냉가스효율	세계최고수준 달성 (수소 생산량 최대 목표)	> 75%	> 75% (미국/GE)	공인성적서를 바탕으로 한 자체 평가
	탄소전환율	세계최고수준 달성 (수소 생산량 최대 기준)	> 99%	> 99% (미국/GE)	공인성적서를 바탕으로 한 자체 평가
	슬러리 농도	세계최고수준 달성 (수소 생산량 최대 목표)	> 65%	> 65% (미국/GE)	공인성적서를 바탕으로 한 자체 평가
	연속운전	상업화 목표	> 14일	설비의 연속운전 신뢰성	자체평가 및 전문가 평가
	처리 용량	상업화 목표	> 20톤/일	중소형 상업용 플랜트 규모	자체평가 및 전문가 평가
2. 합성가스 고도 정제 기술 개발	분진	수소 생산 요구사항 (상용 활용 가능 수준)	< 0.1 mg/m <sup>3</sup>	상용 규모 활용기준	공인성적서
	H <sub>2</sub> S	수소 생산 요구사항 (상용 활용 가능 수준)	< 0.1 ppm	상용 규모 활용기준	공인성적서
	HCl	수소 생산 요구사항 (상용 활용 가능 수준)	< 0.1 ppm	상용 규모 활용기준	공인성적서
	처리 용량	상업화 목표	> 2,000 Nm <sup>3</sup> /h (합성가스)	중소형 상업용 플랜트 규모	자체 평가 및 현장 확인 (외부 전문가 입회)
3. 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술 개발	일산화탄소 전환율	상업화 목표	> 99.5%	99.999% (일본/오사카가스)	공인성적서를 바탕으로 한 자체 평가
	수소 순도	수소 연료전지 요구사항 (상용 활용 가능 수준)	> 99.99%	상용 규모 활용기준	공인성적서를 바탕으로 한 자체 평가
	수소생산량	상업화 목표	> 1,400 Nm <sup>3</sup> /h (3톤/일)	300 Nm <sup>3</sup> /h (일본/오사카가스)	자체평가 및 전문가 평가
4. 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	CO <sub>2</sub> 포집 효율	상업화 목표	> 90%	상용 규모 활용기준	공인성적서
	처리용량	상업화 공정 설계 목표	> 250 Nm <sup>3</sup> /h	Bench Scale 규모	자체평가 및 전문가 평가

## 제4절 성과 활용 및 사업화 전략

- 전체 수소생산 플랜트로서 시장 진입 및 각 세부과제별 단위공정으로서 시장 진입
  - 수소 생산 수톤/일급(단기) 및 수십톤/일급(중장기) 수소 생산 플랜트로 국내외 시장 진입
  - 각 단위공정별 국내외 시장 진입 가능
  - 테스트베드 운영 최적화 및 연속운전 실적을 기반으로 안정성에 대한 신뢰성 확보
    - 원료 수급이 용이한 test-bed 부지를 선정하여 안정적인 운전 실적 확보
    - \* 정유회사(H사)는 120만톤/년의 석유 코크스를 생산 중으로 고부가가치화를 위한 방안을 탐색 중 → 참여의사 및 원료 제공 의사 표시
    - \* 중소기업 P사는 본 사업에 참여하고 반응기 개발 및 track record 확보 등에 깊은 관심을 가지고 있으며, 과제 참여의사 및 test-bed 부지 제공 의사 표시
    - \* 발전사(W사)는 기존 보유 석탄가스화 기술에 의한 수소 생산 기술에 관심이 있으며, 석유 코크스 활용 수소 생산에 대한 비즈니스 모델 검토 및 참여 검토 중
  - 국내 생산 석유 코크스 활용 및 해외 석유 코크스 생산국과의 기술/문화 교류를 통한 국내외 시장 진출 기반 확보
  - 모듈화/ICT화/원격 모니터링 연계 기술 확보로 해외 현지 유지보수 최소화를 통한 플랜트 엔지니어링 O&M 부가가치 극대화
  - 국내 고유 버너 기술 및 슬러리 제조 기술 등의 특허를 활용하여 개발 기술 보호 및 해외시장 진입
  - Test-bed 운전 최적화 및 운전 실적을 기반으로 국내 고유 기반의 정제 설비에 대한 기술 검증 및 신뢰성 확보
  - 고도정제 시스템, 수성가스 전환 시스템 및 수소 분리 시스템 등 독자적으로 시장 진출 모색 및 가스화 플랜트와 연계한 test-bed 운전을 통하여 통합 플랜트의 일부로 시장 진출 모색
    - 고도정제 시스템 : 고유황 원료에 대한 고도정제 시스템 시장에 단위공정으로 진입 가능
    - 수성가스 전환 시스템 : 고체 연료(석유 코크스, 석탄, 폐기물, 바이오매스 등) 가스화 시장 및 천연가스 개질 관련 국내외 시장에 단위공정으로 진입 가능
    - 수소 분리 시스템 : 2025년부터 국내외 폭발적 시장 성장 예상
  - 모듈화 및 컴팩트화 기술 확보 및 이를 지적재산권화하여 해외 시장 진입 위한 경쟁력 향상
  - ICT/IoT 기술 탑재로 국내에서 안전에 대한 우려를 불식시켜 국내에 개발 기술의 활용을 촉진하고 이를 track record로 활용하여 1차로 해외시장 진출 기반을 확보하고 이후 해외시장에서도 안전성에서 최고로 인정받는 기술로서 시장경쟁력 강화

## 제5절 파급효과

### 1. 과학기술적 파급효과

#### 1.1 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술

##### □ 합성가스 모듈화 플랜트 국산화 기술을 통한 연관 산업기술로 적용 확대

- 기존 국내 타 부처(산업부, 환경부 등)에서 지원한 R&D 결과물을 결집하여 상업용 플랜트 기술 개발 및 단기적 국내 활용
- 단순소각 시설을 대체할 수 있는 국내외 합성가스 플랜트 시장에 국내업체의 단기간 진출을 위한 기술 제공

##### □ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업체 진출을 위한 교두보 제공

- 고품질 합성가스 생산시스템의 핵심 단위 설비 설계/제작 기술 확보로 국내 전문 업체 기술 경쟁력 향상
- 국외 선진사의 원천설계기술 국산화를 통한 핵심 단위 설비/공정 국산화로 가스화 플랜트 핵심 기자재 자체 제작 가능
- 상용 규모 연계운전 기술 확보, 연속 운전기술 확보 및 이를 통한 시스템의 신뢰성 확보, 운전제어기술 및 모니터링 기술 확보

##### □ 저급자원인 석유 코크스 활용의 다변화 및 고부가가치화

- 기존 단순 연소 대비 고부가가치 수소 생산 및 고효율 발전이 가능하여 에너지 회수율을 높이고 온실가스를 감축할 수 있는 해외수출용 수소 생산 플랜트 및 분산전원형 열병합 발전 플랜트에 활용
- 합성가스에서 고순도 CO, H<sub>2</sub>를 분리 정제 생산하여 기존 화석연료에서 생산되는 화학 원료를 대체하여 석유 코크스의 고부가가치로 활용
- 합성가스를 산업용 대체 연료로 활용할 수 있으며, 합성가스를 중장기적으로 석유화학 유래 제품 생산 기술로 확대
- 고유황 연료/원료 유래 합성가스 이용기술에 부합되는 환경친화적 정제기술 확보
- 해외 석유 코크스/석탄 보유국들과의 협조체계를 구축하여 현지에서 석유 코크스/석탄 가스화 기술 또는 장기적으로는 지중석탄가스화 기술에 의하여 고부가가치 수소 생산 및 액상수소로 변환하여 수송하여 국내에 청정에너지인 수소 공급 가능

##### □ CCUS(Carbon Capture, Utilization & Storage) 관련 기반 기술 확보

- 화석연료 활용 기술 중에서 CO<sub>2</sub>를 가장 경제적으로 포집할 수 있는 기술이므로 장기적

으로는 CO<sub>2</sub> 분리 및 회수 공정 기술을 추가하여 기후변화협약, RPS 추진, 유가 상승 등에 대비 가능

## 1.2 합성가스 고도정제 기술

- 석유 코크스, 석탄, 폐기물, 바이오매스 등 저급연료를 청정연료로 활용하기 위한 경제적이면서 효율이 높고 모듈화된 국내 고유 정제기술
- 공정 단순화 및 설비 콤팩트화 기술 구현을 통한 정제 설비의 핵심 요소기술 확보
- 국내 고유기술로 저비용 고효율 정제기술 개발을 통해 다양한 저급연료의 고부가화 및 청정연료로 용이하게 활용할 수 있는 기술기반 확보

## 1.3 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 수소 분리 기술

- 석유 코크스, 석탄, 폐기물, 바이오매스 등 저급연료를 청정연료로 활용하기 위한 경제적이면서 효율이 높고 모듈화된 국내 고유 수성가스 전환 및 수소 분리 기술
- 국내 중소형 수소충전소에 설치하여 수소 인프라 확충에 기여 가능
- 연구 개발을 통해 라이선스 확보 및 국내외 시장진입 가능

## 2. 경제사회적 파급효과

### 2.1 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 총괄 사업의 파급 효과

#### □ 친환경에너지 플랜트 기술개발과 실용화로 유해가스/미세먼지 저감과 상대적인 사회 수용성 제고 효과

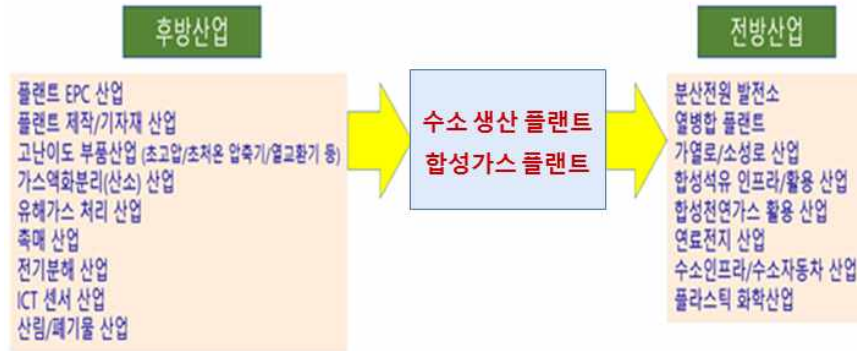
- 석유 코크스 단순 연소기술 대비 수소 및 청정합성가스 형태로 변환 이용을 통해 환경성 제고와 이에 따른 지역의 수용성 제고

#### □ 국내 에너지 다변화 정책에 실현가능한 대안 제시

- 국내 가용한 석유 코크스 자원의 효율적 이용을 위한 기술대안 제시
  - 국외 저렴하게 수입이 가능한 석유 코크스 자원 활용도 가능
- 탈원전, 재생가능에너지 확대가 정착되기까지 요구되는 지역의 수소/청정에너지 수요를 흡수할 분산형 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 제시
  - 향후 추세인 분산형 중소형 가스플랜트에 대한 국내 기술력 확보로 저렴화, 고효율화, 고이용을 추구가 가능

#### □ 중소/중견기업이 경쟁력 확보 가능한 전후방 파급효과가 큰 플랜트 산업으로서 효과

- 기존 가스플랜트 산업은 대기업 위주로 독과점 체계였으나, 분산형 합성가스 기반 수소 생산 플랜트는 중소/중견기업의 핵심분야로 가능
  - 1기당 500~1,000억원 건설비 규모 플랜트로서 국내외 시장에 진출이 타겟
- 전방/후방 연관 산업군이 많은 spin-off 적용 대상 시장이 높은 분야에 진출 효과



[그림 6-5-1] 합성가스 기반 수소 생산 플랜트와 전·후방 산업 연관 관계

#### □ 개발 기술의 수요처 및 수혜자

- 합성가스 기반 수소생산 플랜트 기술의 수요처 및 수혜자
  - 플랜트 중소 부품업체, 중공업사, 엔지니어링사, 건설사
  - 공기질 개선 효과 및 수소차/수소에너지 이용 일반 국민
  - 저렴한 고순도 CO 사용 화학산업체
  - 저렴한 청정합성가스 사용 열이용 업체
  - 수소산업 및 분산발전 사업자
- 순산소 가스화 플랜트 기술의 수요처 및 수혜자
  - 청정연료가스 사용의 결과인 공기질 개선효과로 인한 일반국민
  - 합성가스 관련 제작 업체
  - 모듈형 반응기 제조 중소기업
  - 엔지니어링 & 중공업체
- 고도정제 기술, 수성가스 전환 및 수소 분리 기술의 수요처 및 수혜자
  - 중소규모 플랜트 사업 수주 및 기본설계/시공/ 설치를 수행하는 EPC
  - 각 장치별로 사용되는 기자재 기업
  - 모듈형 반응기 제조 중소기업

## 2.2 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술

#### □ 환경친화적 처리를 통한 미세먼지 및 CO<sub>2</sub> 발생 저감 효과

- 미세먼지 2차 합성 원인물질인 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 발생을 최소화하여 기존 연소기술 대비 미세먼지 저감효과 확보

- CO<sub>2</sub> 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO<sub>2</sub> 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대
  - 국제 사회 CO<sub>2</sub> 규제 강화 현실화
  - 2015년부터 국내에서 CO<sub>2</sub> 배출권 거래제 시작
- 화학제품에 원료로 공급되는 CO, H<sub>2</sub>의 대체 재생원료로서 폐기물/바이오매스 합성가스 공급을 통하여 기존 폐기물 처리기술 대비 환경친화적 기술로서 Near Zero Emission화로 환경부하 저감

**□ Test-bed급 용량의 석유 코크스 합성가스 생산시스템의 track-record 확보 및 기술적으로 충분한 수준의 scale-up을 통하여 국내 및 해외시장 조기 진입 가능**

- 20톤/일급(수소 3톤/일급) 자체기술 능력 확보 및 scale-up 설계기술 확보하여 50톤/일급(수소 7.5톤/일급) 이상 단위 패키지 모듈화로 국내외 플랜트 시장 진출
  - 수소 7.5톤/일급 중소형 국내 시장 및 해외 시장 진출 가능
  - 합성가스의 화학원료 플랜트 및 세계 분산전원시장 플랜트 해외 수출 가능
  - 해외 선진기술 업체와의 기술경쟁력 및 가격경쟁력 확보로 선제적 진출
- 에너지 다변화에 대응하는 석유 코크스 유래 합성가스 생산 및 고부가가치화 이용 시스템의 국내 고유 모델 확보로 국내 시장 참여
- Test-bed와 국내 진입 실적으로 track record 확보 후 해외 시장 진출
- 국내 시장 점유율 10% 이상 플랜트 매출을 달성함과 동시에 에너지원 다원화 및 에너지안보와 수입대체 효과 확보

**□ 국내 화학원료 및 연료시장 다변화 및 가격 안정성 확보**

- 화석연료에서 생산하는 합성가스 전환 화학원료의 대체 및 분산전원형 열병합기술 대체, 합성가스의 산업용연료 대체 가능
- 세계적 유가 변동에 영향을 받지 않고 안정적으로 저가의 대체 에너지 확보로 국내 산업단지의 가격 경쟁력 확보 및 지속적 유가 상승에 선제적 대응
- 수소경제 시대를 대비하여 수소연료전지 발전 및 수소연료전지 자동차에 공급할 수 있는 저급자원 기반 수소 자원을 안정적으로 확보

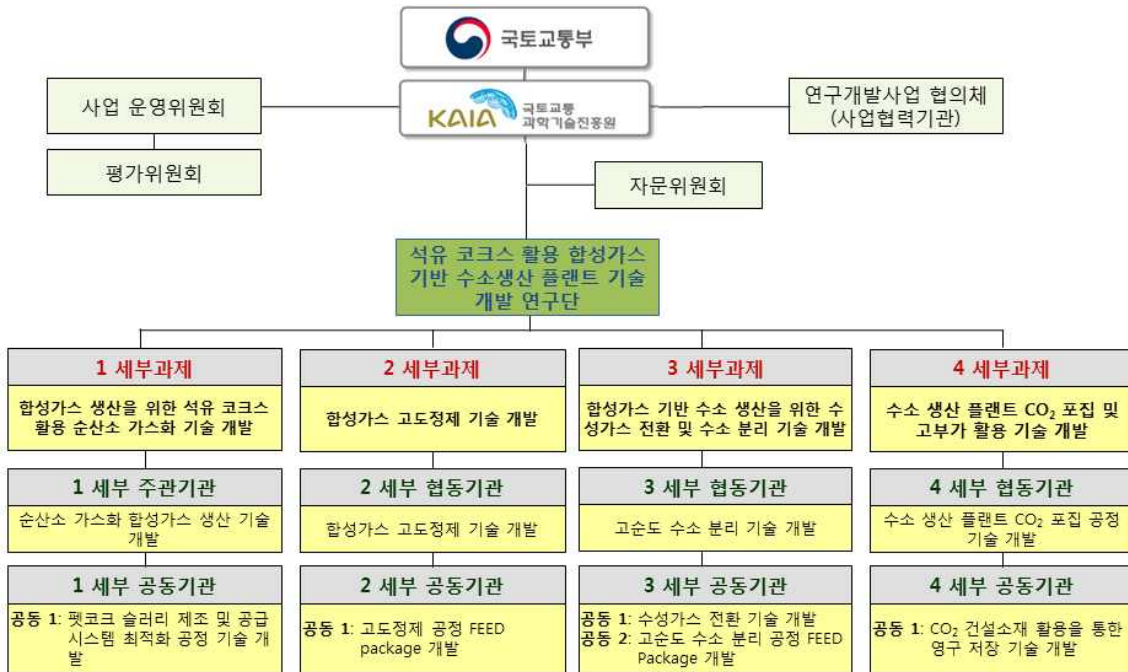
**2.3 합성가스 고도정제 기술, 수성가스 전환 및 수소 분리 기술**

- 단위공정별 국내 고유 기술 확보를 통한 시장경쟁력 강화 및 해외 수출 사업화 기반 확보
- 모듈화 설계, 제작을 통한 국내 플랜트 산업의 고부가가치화 및 해외 시장 진출
- 국내 고유 설계 및 제작기술 확보를 통한 관련 플랜트 산업 활성화 및 고용 증대 효과
- 정유/화학공장 등의 해외기술에 의존하는 정제 및 분리 설비의 대체를 통한 수입대체 효과, 건설비 및 운전비 저감 효과
- 설계 표준화, ICT 기술 적용으로 해외 시장경쟁력 강화 및 해외 수출 사업화 기반 확보

# 제 7 장 사업운영계획 및 소요예산

## 제1절 사업추진체계 및 관리방안

### 1. 사업추진체계(안)



[그림 7-1-1] 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 사업 추진체계(안)

## 2. 사업관리방안

- 본 플랜트 기술개발 사업은 세부과제 수행 기관 선정에서부터 추적 평가에 이르기 까지 전주기를 모니터링하고 관리하여야 함

<표 7-1-1> 사업 관리방안

구분	내용	담당	
기술개발 전주기 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 세부과제 RFP 공고</li> <li>▪ 과제선정을 위한 평가 실시</li> <li>▪ 연구단장(또는 사업단장)의 책임과 권한 하에 기술개발 진도관리 및 연차평가/단계평가 실시</li> <li>▪ 사업의 종료평가 및 추적평가 추진</li> <li>▪ 연구결과의 홍보 및 사업화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기획연구 책임자</li> <li>▪ 연구단장(사업단장)</li> <li>▪ 국토교통부</li> <li>▪ 전문평가위원회</li> </ul>	
과제선정 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기획 내용을 기준으로 과제별로 최적의 연구팀을 구성할 수 있도록 과제 선정 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구단장(사업단장)</li> <li>▪ 전문평가위원회</li> </ul>	
연차평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연차실적 평가 시 목표 달성 여부 및 마일스톤 점검</li> <li>▪ 실적에 따른 연구비 차등 지급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구단장(사업단장)</li> <li>▪ 전문평가위원회</li> </ul>	
단계평가 (자체평가 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구단장(또는 사업단장)은 평가위원회를 구성하여 성과에 대한 자체평가 및 단계평가 실시</li> <li>▪ 단계목표 미달 시 Catch-up 방안 도출 및 해당 연구팀 페널티 부여(과제 탈락 여부 결정)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구단장(사업단장)</li> <li>▪ 컨설팅회사</li> <li>▪ 전문평가위원회</li> </ul>	
평가	종료평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 종료되는 과제에 대해 종료평가 실시</li> <li>▪ 후속 프로젝트 추진여부 결정</li> <li>▪ 연구결과 홍보 및 사업화 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국토교통부</li> </ul>
	추적평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 과제종료 후 3년간 간이추적조사</li> <li>▪ 추적평가가 필요한 프로젝트에 대해 상세평가 실시</li> </ul>	

### □ 과제 선정 평가

- 사업 전담 연구단(또는 사업단)은 본 기획보고서를 기준으로 최적의 팀을 구성하여 프로젝트를 수행하여야 함
- 공개평가 제도를 도입하여 공정한 평가가 이루어질 수 있도록 하여야 함
- 세부기술별 또는 세부과제별 과제 책임자를 선정하여 사무국과의 명확한 역할분담을 통해서 사무국과 연계하여 프로젝트를 추진할 수 있는 체계를 마련하여야 함

### □ 연차 평가

- 연구단장(또는 사업단장)은 전문평가위원회를 구성하여 연차평가를 실시하여야 함
- 각 세부과제별 연차평가를 실시하여 연차별 목표달성 여부 및 마일스톤을 점검하여야 함
- 실적에 따른 연구비 삭감 또는 증액 지급을 통한 페널티와 인센티브를 부여하여 기술

개발 목표 달성이 가능할 수 있도록 하여야 함

- 전문평가위원회를 구성하여 평가의 객관성과 전문성을 확보하여야 하며, 산학연 연관 전문가들을 대상으로 평가위원으로 위촉으로 고려 가능함

#### □ 단계 평가

- 연구단장(또는 사업단장)은 전문평가위원회를 구성하여 단계평가를 실시하고, 평가결과에 대한 주요 의사결정이 필요할 시에는 국토교통부 등과 협의하여 조정하여야 함
- 단계평가는 정성적, 정량적 실적 평가를 위주로 진행하며, 목표대비 실적이 부진한 과제에 대해서는 단장이 전문평가위원회의 객관적 평가결과에 근거하여 연구비 삭감 또는 과제 중단을 결정할 수 있도록 가이드라인을 설정하여야 함
  - 연구 단계별 특성을 반영하여 단계별 평가를 수행하여야 함
  - 전문평가위원회를 구성하여 연차평가와 더불어 단계가 종료되는 시점에 연구과제들이 유기적으로 잘 이루어지고 있으며 계획대비 실적이 우수한가를 평가하여야 함
  - 연차평가에 대한 결과를 반영하여 단계평가에서는 수정/보완된 연구 성과가 도출될 수 있도록 하여야 함

#### □ 과제 종료 평가

- 과제 종료 시에 과제평가위원회를 구성하여 추진실적과 성과에 대한 세부 과제별 종합평가를 실시함
- 종료평가 결과 기술사업화를 위한 제안이 이루어질 수 있도록 사업화 프로젝트로 연계할 수 있도록 지원함
- 참여기업들의 적극적인 과제 참여를 유도하여 과제 종료 후 타 프로젝트와의 연계방안을 구상함
- 객관적 성과지표를 설정하여 연구 성과를 관리함

#### □ 과제 추적 평가

- 과제 종료 후 3년 후에 본 사업을 통하여 창출된 실적 등에 대해 추적조사를 실시하여 본 사업에 대한 종합평가를 실시하여야 함
- 과제의 성공사례를 조사하여 기술개발전략 수립에 반영하는 피드백 시스템을 운영할 수 있도록 하여야 함
- 과학기술적·사회경제적 파급효과 및 산업화 실적 등을 고려할 수 있도록 추적평가의 기준을 설정하여야 함
- 평가결과가 국가 R&D 사업 기획 추진에서 정합성 자료로 활용될 수 있도록 하여야 함
- 추적 평가는 연차평가/단계평가/종료평가를 바탕으로 하고, 사업화 여부를 확인하여야 하며, 사업화가 부진한 경우에는 사유를 분석하여 향후 상용화 사업을 위한 기획에서 참고할 수 있도록 하여야 함
- 성과확산을 위해 요소기술들의 정립을 통해 연관 가스 플랜트 산업의 성과창출을 도모

할 수 있도록 추적평가 기준을 설정하여야 함

- 개발되는 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술 및 단위공정 기술들이 본 사업에만 국한되는 것이 아니라 타 산업으로도 응용되고 확산될 수 있도록 도모하여야 함
- 연관 기업의 활발한 연구 참여를 통한 연구 성과의 사업화를 촉진하여야 함
- 실증연구를 통한 사업화를 본 기획의 목적으로 추구하고 있으므로 사업화를 실현하기 위한 기업들의 적극적인 참여를 유도하여야 함
- 참여 기업은 연구 참여 과정에서 요소기술의 개발 및 실증 과정에 직접 참여하며 과제 종료 후에는 사업화가 본격화 될 수 있도록 추진하며, 중장기적으로는 연구 성과의 지적재산권화를 통해 개발된 기술의 적극적 보호와 기술이전 사업화 촉진을 고려하여야 함

<표 7-1-2> 성과 평가 방안 예시

평가지표	배점	가중치(A)	평가등급(B)					점수(A x B)
			A(5)	B(4)	C(3)	D(2)	E(1)	
1. 계획수립의 적절성 및 목표수준의 타당성	10	2						
2. 목표대비 달성도	30	5						
3. 성과의 우수성	35	6						
4. 결과의 활용가능성 및 파급효과	25	7						
합계	100	-	-	-	-	-	-	

□ 성과의 실용화를 위한 지원

- 연구단(또는 사업단)과 국토교통부는 연관 기업들이 활발한 참여 유도를 통해 연구 성과의 실제 실용화가 이루어질 수 있도록 하여야 함
- 시장(Market), 기술(Technology), 사업(Business) 측면에 대한 조사 및 분석 기능을 강화함으로써 최신 동향 정보를 적시에 제공하여 개발 기술의 우수성을 알리고 사업화 촉진을 유도하여야 함
- 필요에 따라 체계적인 조사 분석을 위해 전문정보조사서비스 기관을 통한 기술 사업화를 추진하여야 함
- 세부과제 유형별로 기술경제성 분석 서비스를 제공함으로써 연구개발 결과의 상업화 리스크를 줄일 수 있도록 하고, 수행기관 중 학계 및 연구기관에서 과제 종료 이후 발생하는 유형적 무형적 기술들이 사업화 수행 주체 참여기관으로 원활하게 이전될 수 있도록 지원할 수 있는 체계를 구축하여야 함

## 제2절 소요예산 및 재원조달방안

### 1. 사업비

<표 7-2-1> 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 기술개발 사업 전체 사업비

단위: 백만원

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	
세부 1) 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	정부	1,710.0	3,710.0	5,010.0	4,910.0	2,310.0	17,650.0	
	민간	현금	114.0	247.3	334.0	327.3	154.0	1,176.7
		현물	456.0	989.3	1336.0	1309.3	616.0	4,706.7
		소계	570.0	1236.7	1670.0	1636.7	770.0	5,883.3
	합계	2280.0	4946.7	6680.0	6546.7	3080.0	23,533.3	
세부 2) 합성가스 고도 정제 기술 개발	정부	400.0	600.0	850.0	950.0	500.0	3,300.0	
	민간	현금	26.7	40.0	56.7	63.3	33.3	220.0
		현물	106.7	160.0	226.7	253.3	133.3	880.0
		소계	133.3	200.0	283.3	316.7	166.7	1,100.0
	합계	533.3	800.0	1133.3	1266.7	666.7	4,400.0	
세부 3) 합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스전환 기술 및 고순도 수소분리 기술 개발	정부	600.0	1,000.0	1,400.0	1,400.0	750.0	5,150.0	
	민간	현금	40.0	66.7	93.3	93.3	50.0	343.3
		현물	160.0	266.7	373.3	373.3	200.0	1,373.3
		소계	200.0	333.3	466.7	466.7	250.0	1,716.7
	합계	800.0	1333.3	1866.7	1866.7	1000.0	6,866.7	
세부 4) 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	정부	400	600	660	640	600	2900	
	민간	현금	26.7	40.0	44.0	42.7	40.0	193.3
		현물	106.7	160.0	176.0	170.7	160.0	773.3
		소계	133.3	200.0	220.0	213.3	200.0	966.7
	합계	533.3	800.0	880.0	853.3	800.0	3,866.7	
총계	정부	<b>3,110.0</b>	<b>5,910.0</b>	<b>7,920.0</b>	<b>7,900.0</b>	<b>4,160.0</b>	<b>29000</b>	
	민간	현금	207.3	394.0	528.0	526.7	277.3	1,933.3
		현물	829.3	1576.0	2112.0	2106.7	1109.3	7,733.3
		소계	<b>1036.7</b>	<b>1970.0</b>	<b>2640.0</b>	<b>2633.3</b>	<b>1386.7</b>	<b>9,666.7</b>
	총계	<b>4146.7</b>	<b>7880.0</b>	<b>10560.0</b>	<b>10533.3</b>	<b>5546.7</b>	<b>38,666.7</b>	

## 2. 재원조달방안

- 본 사업은 2021년~2025년 5년간 총 사업비 387억원을 조달하여 운영
  - 본 사업비에는 test-bed 구축 및 연구개발 장비 구입 비용 등을 포함
  - 부지 구입비는 포함되지 않았으므로 세부과제별 주관기관은 test-bed 부지를 제공할 수 있는 지자체 또는 수요기업을 포함한 컨소시엄 구성 필요
  
- 총 사업비 중 290억원을 국토교통부가 정부출연금 형태로 지원하고, 나머지 96.7억원은 민간의 부담금(현금:현물 = 20%:80%)으로 충당
  
- 각 개별 연구과제는 정부출연금과 민간부담금으로 구성하였으며 정부출연금: 민간부담금 비율 = 75%: 25%로 구성
  - 총괄사업단은 전액 정부출연금으로 운영되는 것으로 고려
  - 본 사업은 중소·중견기업이 중심으로 참여하는 것으로 기획되었으며 참여기업 중 중소기업의 비율이 2/3 이상인 것으로 전제
  - 국토교통과학기술진흥원의 ‘중앙행정기관의 연구개발비 출연 기준’에 의하면 참여기업 중 중소기업 비율이 2/3 이상인 경우 ‘중앙행정기관의 연구개발비 출연기준은 총 연구개발비의 75% 이내’임을 고려하여 정부출연금과 민간부담금 비율을 결정
  
- 기술개발 의지가 높은 기업이 참여하여 사업 성공 가능성을 높이기 위하여 민간부담금 중 현금: 현물 비율 = 20%: 80%로 구성
  - 국토교통과학기술진흥원의 ‘참여기업이 부담하는 연구개발비 중 현금부담 기준’에 의하면 ‘참여기업이 대기업, 중견기업, 중소기업 각각의 경우에 대하여 15% 이상, 13% 이상, 10% 이상 현금 부담’
  
- 국내 일부 기업에서 이미 참여의사 표시
  - 민간부담금인 현금과 현물 부담
  - Test-bed 실증 실험에 필요한 원료 제공
  - Test-bed 부지 제공
  
- 민간부담금의 경우 대기업군에 속하는 엔지니어링 기업의 참여 가능성, 각 세부 연구과제별 컨소시엄 구성 및 핵심과제의 사업화 모델 등에 따라서 획일적 적용보다는 탄력적으로 적용하되, ‘국토교통부의 정부출연금 지원 비율’ 및 ‘대기업·중견기업·중소기업 각 기업군에 따라 연구개발비 중 현금부담 기준’을 모두 만족하도록 관리 및 운영

### 3. 소요인력

- 전체 사업에 투입되는 인력은 총 165명으로 추산되었으며, 과제별 또는 세부기술별로 투입되는 인력은 아래와 같이 표로 정리

<표 7-1-28> 합성가스 기반 수소생산 플랜트 기술개발 사업 소요 인력

구분	과제명	개발 인력
세부 1	합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발	60
세부 2	합성가스 고도 정제 기술 개발	35
세부 3	합성가스 기반 수소생산을 위한 수성가스전환 기술 및 고순도 수소분리 기술 개발	55
세부 4	수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발	15
합계	합계	165

# 제 8 장 사전타당성 분석

## 제1절 정책적 타당성 분석

### 1. 정부 지원의 필요성

#### □ 수소경제에 대한 주요국 정부의 정책적 방향 설정과 리딩 역할 활성화 시점

- 일본, EU, 중국 등 전 세계 대부분 국가들에서 수소를 매개체로 한 탈탄소화 (Decarbonization) 에너지사회로 변환을 추진 중
  - 2030년 전 세계 수소 8백만톤/년 수요 예상
  - 일본, 중국, EU, 미국 등 정부차원의 정책적 방향설정과 이를 지원하는 기술전략 수립 지원 중
  - 일본은 2050년까지 현재 수소가격의 10% 이하로 천연가스 보다 저렴한 공급 목표 제시 (아베 총리, 2019)
- \* 수소 가격 목표: 2030년 30엔/Nm<sup>3</sup>, 2040년 12엔/Nm<sup>3</sup>

#### □ 수소사회를 위한 수소 생산/공급/활용 등 산업/사회 인프라 구축에 국가간 협력이 구체적으로 추진 중으로 정부의 역할이 필수적 요소

- 석탄가스화와 천연가스 개질을 통한 해외 수소 생산/공급 사례: 일본-호주 정부간 석탄가스화 해외수소 공급 시범 프로젝트, 일본-브루나이 정부간 천연가스 개질수소 생산 운송 시범사업을 시작



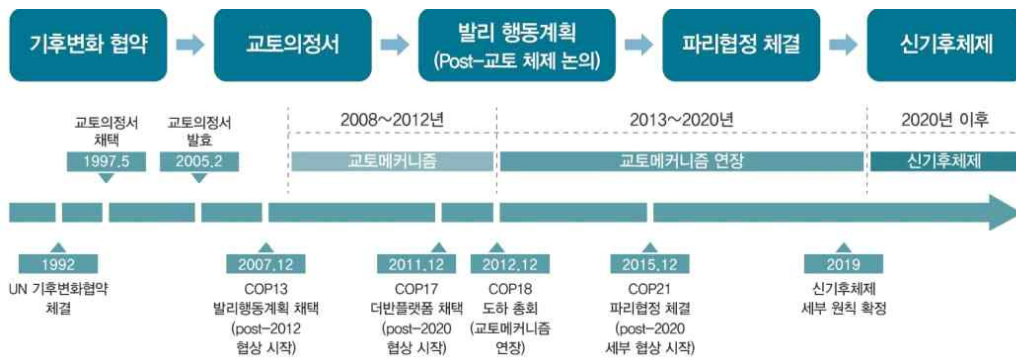
[그림 8-1-1] 일본 정부의 호주/브루나이 정부와 석탄가스화, 천연가스 개발을 통한 해외수소 생산 협업사례 (출처: Challenges for Japan's Energy Transition-Basic Hydrogen Strategy, 일본 통산성, 2018/10)

□ 국내 발생 저급자원에서 국가 수소사회 구현에 필요한 수소의 수급%를 해외의존 없이 공급 가능한 방안

- 국내에서 발생되나 인허가와 환경오염 우려로 충분히 활용이 못되고 있는 석유 코크스와 폐기물에서 합성가스와 수소의 국내수요 수급% 담당 가능성 적극 활용이 필요
  - 재생가능에너지 생산 전기에 기반한 Green 수소가 실용적 보급되기 전까지는 합성가스에 기반한 Gray 수소가 가교역할을 하는데 한국 기술력으로 도전이 충분히 가능
- 국내 H사에서 발생하는 석유 코크스(120만톤/년) 전량을 합성가스로 변환 및 수소 추출시 수소 500톤/일급 생산 가능
  - \* 2022년/2030년 국내 수소 소요예상량 47만톤/194만톤의 약 37%/9% 담당 가능
  - 현재는 환경오염물질 배출 우려와 인허가 어려움으로 합성가스 플랜트 추진이 안되고 있으나, 본 기획의 오염물질 저감기술과 CO<sub>2</sub> 활용기술 개발 연계를 통한 극복 추진이 필요
  - \* 현재 석유 코크스 발생량 3/4은 스팀생산, 1/4은 시멘트원료로 사용 중

□ 지구 온난화에 따른 신기후 체제 대응 전략 필요

- UN 기후변화협약 체결(1992) 및 교토의정서 발표(2005)를 거쳐 2020년 이후 신기후체제에 돌입하게 되는 시점에 도달
- (Hydrogen vision for 2050) 다보스 포럼에서 탄소경제사회를 수소경제사회로 이행하기 위한 수소위원회(Hydrogen Council) 신설(2017년)
  - 미국, EU, 일본 등 수소사회 대비 정부주도 및 민관 합동으로 지원을 추진
  - 2050년 글로벌 수소경제 규모는 2조5,000억 달러(약 2,670조원)로 전망(다보스포럼, '17. 01.)
- 산업, 발전, 건물 및 수송 등 화석연료 기반 경제에서 수소 기반 경제로 전환 필요
- 저탄소 연료(LNG) 사용, 에너지효율 증대, 재생에너지 비중 확대 등 필요하며, 궁극적으로는 무탄소 연료인 수소 사용의 증가는 거스를 수 없는 추세
  - 우리나라 온실가스 감축 로드맵에 의하면 2030년까지 BAU 대비 37%인 총 315백만톤(국내 276.3백만톤, 국외 38.3백만톤) 감축 계획 (BAU: Business As Usual)
  - 국내 미세먼지 관리를 위한 기존 대책으로는 한계에 봉착할 수밖에 없으며, 근본적인 대책으로 수소에너지로의 패러다임 전환 필요

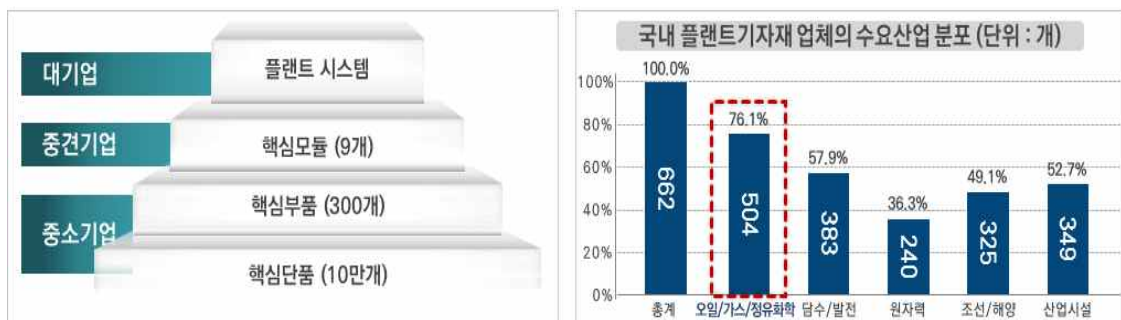


[그림 8-1-2] 기후변화 협약에 따른 신기후체제로의 돌입 이력

(출처: 안국영(한국기계연구원), 수소에너지세미나, 2019. 02.)

□ 수소경제로 전·후방, 경제적·산업적 파급효과가 큰 미래 성장동력 창출 가능

- (전방산업) 차량을 중심으로 한 수송 분야와 전기, 열 등 에너지 분야까지 다양한 새로운 미래산업 창출 가능
  - (수송 분야) 수소승용차에서 상용차, 열차, 선박, 드론, 건설기계 등 수소 활용 신산업 생태계 창출
  - (에너지 분야) 친환경 고효율 연료전지가 분산전원의 최적 대안으로 부상
- (후방산업) 협력 부품업체가 많고, 수소 생산-저장-운송-활용 등의 밸류체인 전반에 걸쳐 다양한 산업과 연계
  - 개발 기술과 관련된 업체들 중 대부분이 중소·중견기업으로, 협력기업의 성장과 고용 창출로 연계 가능
  - 수소 생산, 운송·저장, 충전소 등 인프라 구축은 금속·화학·기계설비 등 시장 및 고용 확대 유발

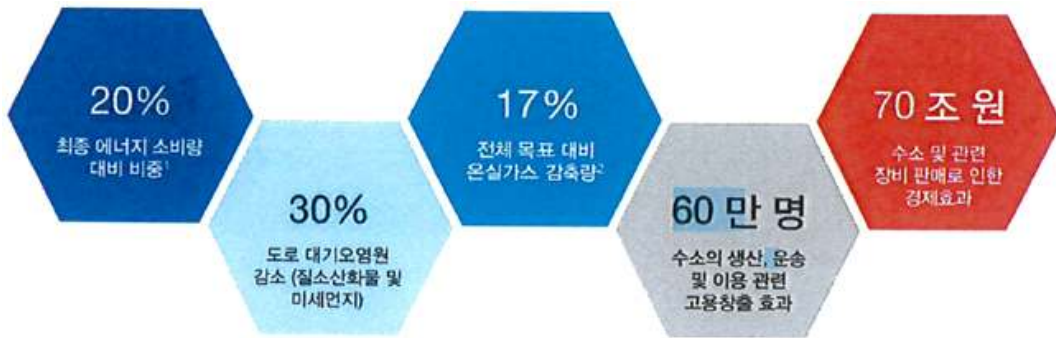


[그림 8-1-3] 수소 경제의 전·후방 산업적 파급효과 (출처: 좌) 미쓰비시 중공업 정유화학 플랜트 사례(2014), 우) 플랜트기자재 인증기반 구축연구 최종보고서(국가기술표준원, 2014))

□ 수소 활용의 확대로 온실가스 감축 등 친환경 에너지로 에너지 자립에 기여

- (친환경 에너지) 온실가스 17% 감축, 미세먼지 30% 저감 등 깨끗하고 안전한 청정사회 진입을 촉진

- (에너지 자립) 최종 에너지 소비량의 20%를 대체해 에너지공급 리스크를 완화하고 에너지 자립 제고
- (신성장동력) 수소 생산-저장/이송-활용 생태계 구축으로 약 70조원 경제효과 및 60만 명의 고용효과 창출



[그림 8-1-4] 수소 경제에 의한 경제적 및 사회적 파급효과 (출처: 매킨지, 2018)

## 2. 정책적 일관성 및 사업 추진의지

### □ 정부에서는 수소경제시대를 대비하여 범부처가 참여하는 수소기술개발 로드맵 수립 및 예비타당성조사 신청을 추진 중

- 민·관 합동 T/F를 구성하여 수소기술개발 로드맵 수립 중
- 2020년 하반기 또는 2021년 상반기에 사업 예비타당성조사 신청 예정이며, 2021년 중 기술성평가 및 예비타당성 조사 추진 중

### □ 국토부는 미래 수소사회를 대비하여 수소도시(H<sub>2</sub>-City)를 구상 중

(출처: 정시교(국토교통과학기술진흥원), 수소에너지세미나, 2019. 02.)

- 정부의 친환경 수송수단 확대 정책 및 수소경제 수요기반 확충을 위하여 도시 기반의 수소활용 방안 필요
- 울산에서는 세계 최대 규모의 수소연료전지 주거타운 운영(2014. 0.) 중이며, 향후 수소 자동차 시대를 대비하여 수소충전 인프라 등 구축 필요
- 국토부는 수소도시 추진 방안(안)을 수립 중이며, 장기적으로는 수소 시범도시 구상 중
- 국토부의 수소도시 추진 방안(안)
  - 수소 생태계를 기존 ‘공급자 중심’에서 향후에는 ‘도시기반의 수요-공급 밸류체인 중심’으로 개선하여 도시내 수소에너지 생태계 구축
  - 수소 저장·공급 및 전기/난방열로 전환하여 공급하는 기능을 갖춘 분산발전형 도시거점 수소메가스테이션 구축
  - 대규모 수소 생산/액화 플랜트, 수소이송 파이프 등 수소 그리드, 수소 메가스테이션 및 수소 공급, 거래 등 운영 플랫폼 등 수소에너지 플랫폼 구현을 위한 인프라 구축

○ 국토부의 수소시범도시 구상(안)

- 수소도시법 제정, 수소생산 지역과의 거리, 생산방식 및 기술 확보 단계에 따라 단기, 중기, 장기의 단계별 수소시범도시를 조성하고 수소의 안전성 및 수용성 확보
- 단기-중기-장기적 수소도시 조성 및 전국토 수소그리드망 구축
- 장기적으로는 수소를 해외로부터 수입하는 모델 수립(호주 갈탄 및 UAE 태양광 등으로 수소 생산 및 수입)

<표 8-1-1> 범부처 사업으로 추진 중인 수소기술개발에서의 기술분류 체계  
(2019년 3월 기준 초안)

대분류	중분류	소분류 예시
수소생산	Grey 수소 생산	화석연료 개질 기술
	Green 수소 생산	수전해 기술 (PEM수전해/AEM수전해/염수전해/알칼라인 수전해/SOEC 등)
	미래 Green 수소 생산	광화학 수소 생산
		바이오 수소생산
레독스 수소생산		
열화학 수소생산		
수소저장/운송	기체 저장	원자력 수소생산
	액체저장	고압수소 저장 기술
	고체 저장	수소액화 기술
		금속 합금 저장
	Power to Gas 기술	흡수저장
수소 운송	P to H P to X (맘모니아, Hydrocarbons)	
활용 1 (수송)	경량자동차 (Light duty Vehicles)	대용량 트레일러
		수소 운송 선박
		우편배달차
		전동휠체어
	승용차	실내용 카트
		전동자전거
	중량자동차 (Heavy Duty Vehicles)	기타 경량 자동차
연료전지 승용차		
버스		
기타 수송	트럭	
	선박	
	철도	
	드론	
활용 2 (발전)	발전용	건설기계
		기타 운송 수단
		MFC
		PAFC
		SOFC
	가정건물용	PEMFC
SOFC		
실증 및 적용	수소 시티 실증	
	테스트 베드 구축	
	기타 실증	
인프라, 안전	안전기술	수소 시터 실증
		테스트 베드 구축
		기타 실증
		소재 안전
		부품 안전
		공정 안전
		제품안전
		시설 및 설치 안전
		안전 모니터링 기술
		수소 품질 및 관리 기술
사고예방 기술		
환경 및 경제성	환경성 평가	
	경제성 평가	
수소 충전소	수소 충전 기술	
수소 그리드	수소배관 소재 기술	
	수소 배관망 기술	

## 제2절 기술적 타당성 분석

### 1. 사업 기획의 적절성

#### □ 사업목표의 적절성

- 문제 및 이슈 정의의 적절성
  - 동 사업을 추진함으로써 해결하고자 하는 이슈로는 미래 수소경제 사회를 대비하기 위하여 현재 활용도가 낮은 저급자원인 석유 코크스를 활용하여 청정에너지인 수소를 생산함을 최종 목표로 설정
  - 장기적으로는 재생에너지 기반 수소 등 완전히 청정한 수소를 생산할 수 있는 시점 도달 이전에, 현재 국내 보유 기술의 확장으로 단기적으로 국내에 필요한 수소를 공급할 수 있는 기술개발이 목표
  - 수소생산에 대한 기술방향은 단기적으로는 화석연료 가스화/개질, 중장기적으로는 과 재생가능에너지 잉여전기를 사용한 수전해 방식이 대세
- 목표 설정의 적절성
  - 국내의 기존 개발 기술들의 결집 및 Scale-up을 통하여 국내 기술로 개발이 가능한 규모의 플랜트 기술을 개발을 추진하도록 목표를 설정
  - 단기적으로는 국내 고유기술로 국내에 필요한 수소 수요를 충족하고, 중장기적으로는 해외 수출사업화를 도모
- 결과물의 수혜자 표적화의 적절성
  - 본 사업의 수혜자는 일반국민이며, 중소/중견기업들이 기술개발 과제에 직접 참여하고 향후 개발 결과물을 공유함으로써 기술개발 성과물의 직접적인 수혜자가 될 수 있도록 플랜트 규모 및 사업화 모델을 설정

#### □ 구성 및 내용의 적절성

- 국내에서 미활용 또는 활용도가 낮은 저급자원인 석유 코크스를 적절하게 활용할 수 있는 세부기술개발 과제들로 구성
- 플랜트 기술과 단위공정 기술들을 세부과제로 적절히 분배하여 전체 플랜트 기술 중 일부로서 사업화가 가능함과 동시에 단위공정별로 독자적으로도 사업화가 가능하도록 세부과제들을 구성
- 국내에서 수소 생산 기술개발 및 해외에서 수소를 생산하여 국내로 수입하는 모델을 위한 기술개발(석유 코크스)이 가능하도록 방향을 설정하여 단기 및 중장기적으로 현실적으로 원료 수급이 가능하도록 기술개발 방향을 설정

## 2. 기존 사업과의 중복성 검토

- 각 정부 부처의 기존 사업과의 중복성 검토를 위해 유사사업 현황과 과제단위 검색리스트로 중복될 가능성 있는 연구 개발사업을 선정하여 중복성 여부를 판단한 후 향후 추진되는 동 사업과의 세부내용을 비교 및 조사
  - 국토교통부, 산업통상자원부, 중소기업청 등 기존 사업에서 수행하였거나 수행하고 있는 유사 사업과의 사업목적, 지원방법, 지원 분야 등에 대한 중복성을 검토

## 3. 기술개발 성공 가능성

- 국내에 핵심 pilot 설비들이 이미 구축된 부분이 있으며, 국내 중공업 기반 능력으로 볼 때 단기간 내 국내에서 실증 test-bed로 연계가 가능
- 현재 기술 대비하여 Hybrid형, CO<sub>2</sub> 저감형, 효율적 고도정제, 모듈화, 기술개발 단계인 정제기술 등 integrated plant로 구현한다면 기술적 경쟁력 확보가 가능
- 합성가스 플랜트 및 단위공정별 기술등의 국내외 플랜트 수요처가 구체적으로 존재
  - (한국 수요처) 한국지역난방공사(열병합), 삼성BP(고순도 CO)
  - (해외 수요처) 가격 경쟁력 확보 시 동남아, 인도, 파키스탄, 중남미 등 거대시장 존재
  - (Test-bed 후보지) 수도권매립지, 지역난방공사 부지, 삼성BP 부지 외
- 저급자원인 석유 코크스를 대상 원료로 하는 합성가스 플랜트를 국내외 시장에서 성공시키기 위해서는 다음과 같은 요소들이 개발 집약되어야 할 필요성이 존재하며, 이러한 비교 우위를 확보하기 위한 차별화 전략을 기획에 반영
  - 통합(integrated)된 플랜트로 구체화
  - 플랜트 가격 저가화
  - 유지보수 편이성 보강
  - ICT화
  - 국내 부품 supply chain 확보
  - 플랜트 EPC 능력 확보와 장시간 운전실적 확보
- 수성가스 전환과 수소분리 공정의 경우 타 상용공정에서 대형으로 운전된 사례들이 있어 이를 응용하여 수소생산에 연계가 가능
- 국내에 핵심 pilot 설비들이 이미 구축된 부분이 있으며, 국내 중공업 기반 능력으로 볼 때 고도정제, 수소분리 등 단위공정별로 단기간 내 국내에서 실증 test-bed로 연계가 가능함
- 현재 기술 대비하여 기술개발을 통해 효율적 고도 정제 및 고순도 분리, 모듈화 등을 종합적으로 구현한다면 기술경쟁력 확보가 가능함

#### 4. 기대효과 및 파급효과

##### □ 합성가스 모듈화 플랜트 국산화 기술을 통한 연관 산업기술로 적용 확대

- 기존 국내 타 부처(산업부, 환경부 등)에서 지원한 R&D 결과물을 결집하여 상업용 플랜트 기술 개발 및 단기적 국내 활용
- 석유 코크스의 단순 연소기술을 대체 할 수 있는 국내외 합성가스 플랜트 시장에 국내 업체의 단기간 진출을 위한 기술 제공

##### □ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장에 국내업체 진출을 위한 교두보 제공

- 고품질 합성가스 생산시스템의 핵심 단위 설비 설계/제작 기술 확보로 국내 전문 업체 기술 경쟁력 향상
- 국외 선진사의 원천설계기술 국산화를 통한 핵심 단위 설비/공정 국산화로 가스화 플랜트 핵심 기자재 자체 제작 가능
- 상용 규모 연계운전 기술 확보, 연속 운전기술 확보 및 이를 통한 시스템의 신뢰성 확보, 운전제어기술 및 모니터링 기술 확보

##### □ CCS(Carbon Capture & Storage) 관련 기반 기술 확보

- 화석연료 활용 기술 중에서 CO<sub>2</sub>를 가장 경제적으로 포집할 수 있는 기술이므로 장기적으로는 CO<sub>2</sub> 분리 및 회수 공정 기술을 추가하여 기후변화협약, RPS 추진, 유가 상승 등에 대비 가능

##### □ 환경친화적 처리를 통한 미세먼지 및 CO<sub>2</sub> 발생 저감 효과

- 미세먼지 2차 합성 원인물질인 NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> 발생을 최소화하여 기존 연소기술 대비 미세먼지 저감효과 확보
- CO<sub>2</sub> 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO<sub>2</sub> 포집이 의무화될 시점에 상당한 탄소 감축 효과 기대
  - 국제 사회 CO<sub>2</sub> 규제 강화 현실화
  - 2015년부터 국내에서 CO<sub>2</sub> 배출권 거래제 시작

##### □ 국내 화학원료 및 연료시장 다변화 및 가격 안정성 확보

- 화석연료에서 생산하는 합성가스 전환 화학원료의 대체 및 분산전원형 열병합기술 대체, 합성가스의 산업용연료 대체 가능
- 세계적 유가 변동에 영향을 받지 않고 안정적으로 저가의 대체 에너지 확보로 국내 산업단지의 가격 경쟁력 확보 및 지속적 유가 상승에 선제적 대응

□ 수소 생산 방식의 다양화 및 저가화

- 수소 생산 방식의 다양화를 위한 기반 기술인 정제 및 분리 기술의 국내 기반 핵심 요소기술 확보 및 고부가가치화
- 경제적이면서 효율이 높고 모듈화된 정제기술 및 수소 분리기술 확보

□ 국내 고유 기술 적용 수소 생산 산유국 도약 위한 기반 확보

- 국내 고유기술로 저비용 고효율 정제기술 개발을 통해 다양한 저급연료의 고부가화 및 청정연료로 용이하게 활용할 수 있는 기술기반 확보
- 국내 고유 정제 및 분리 기술 확보를 통한 경쟁력 강화 및 사업화 기반 확보
- 석유 코크스 유래 추출수소 생산에 부합되는 정제 및 분리 핵심기술 확보 및 중장기적으로는 폐기물/바이오매스 유래 추출수소 생산에 부합되는 기술로 활용 가능

첨부 : 프로젝트 제안 요청서 (RFP)

□ 1 세부과제

연구개발 과제명	(1 세부과제) 합성가스 생산을 위한 석유 코크스 활용 순산소 가스화 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내/해외에서 생산되는 석유 코크스를 활용하여 청정연료가스를 생산하는 합성가스 플랜트 기술 및 합성가스 고도정제를 통하여 수소를 생산할 수 있는 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 국내 축적 R&amp;D 실적 및 외국기술을 도입하여 상용화 플랜트 건설 시 확보한 경험 등 관련 기술을 결집하여 중소형급(석유 코크스 20톤/일급)에 특화된 분류층 순산소 가스화 기술 개발</li> <li>- 석유 코크스가 풍부한 해외에서 수소를 생산하여 국내로 도입 또는 관련 플랜트를 해외에 수출할 수 있는 실증급(석유 코크스 20톤/일급) 플랜트 기술 개발</li> <li>- 석유 코크스 습식 분쇄, 고농도 슬러리 제조 및 공급을 위한 공정 기술 개발 및 최적화 기술 개발</li> <li>- 전체 설비 중 해외 설비를 일부 이용하여 공정을 구성할 수 있으나 독자적인 해외수출이 가능하도록 추진전략 수립 및 적용</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="244 1167 416 1234">□연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 에너지 사용량은 세계 10위인 반면에 에너지 자급율은 4% 이하 수준으로서 미래 수소에너지 사회를 대비하여 국내외 원유 정제공정에서 다량 발생하는 저급자원인 석유 코크스를 이용하여 수소를 확보할 수 있는 신에너지 기술 절실히 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고탄소/고유황 저급자원으로서 발열량 대비 가격기 가장 저렴한 석유 코크스로부터 미래 수소경제 시대를 대비한 수소 생산플랜트 기술 확보가 필요</li> <li>- 해외 석유 코크스 생산국에 플랜트를 건설하여 수소를 생산한 후 액체수소 또는 액상수소(암모니아 등) 형태로 공급할 수 있는 기반 구축 필요</li> </ul> </li> <li>○ 국내 여러 산업단지에서 중소·중견기업의 저렴한 청정연료 활용 수요가 높으나 환경성 문제로 인하여 저렴한 고체연료인 석유 코크스 사용이 불가능. 따라서 단기적으로는 석유 코크스 유래 저렴한 청정연료가스를 국내 산업단지에 공급함으로써 에너지 안보/자주율 확보 및 산업단지의 중소·중견기업의 경쟁력 강화 도모 가능               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내의 경우 세계 2위의 LNG 수입국일 정도로 천연가스 수요가 많으므로 고발열량/저가인 석유 코크스로부터 합성가스를 생산하여 LNG 및 산업용 보일러 연료(주로 중유)의 대체 연료로 활용 가능</li> <li>- 국내에서 저렴한 청정연료 활용 수요가 높으므로 기술개발 완료 후 즉시 국내시장 진입 가능하며 이를 track record로 활용 세계시장 진출 가능</li> </ul> </li> <li>○ 최근 합성가스 플랜트 EPC 기술 확보로 급부상하여 국내 시장 진출을 현실화하고 있는 중국 기술 대응 국내시장 사수 및 해외시장 진출을 위한 기술개발 필요</li> </ul>

- 외국 선진기술 대비 규모에서는 뒤지지만 국내 TRL 5~6급 R&D 실적과 결과물인 우수한 요소기술을 충분히 확보하고 있으며, 관련 엔지니어링 기반 및 중공업 제작기술 등이 충분하여 국내 기술 결집으로 독자 원천 플랜트기술 확보 가능
- 석유 코크스는 현재에도 국내외 생산량이 풍부하며 향후에는 원유 정제공정의 고도화로 발생량이 증가될 것으로 예상되며, 향후 청정하면서 저렴하게 활용할 수 있는 기술이 요구되고 있음
- 해외 선진기술사들이 대형 합성가스 플랜트 시장에만 치중하고 있는 상황으로 중소형급 합성가스 플랜트 시장은 틈새시장으로 존재하며, 국내 기존 R&D 결과물을 활용하여 실제 시장이 요구하는 중소형 플랜트 기술로 결집하여 국내 시장 활용 및 플랜트 수출산업화 달성 가능
- 중소형플랜트로 성공 시, 대형 플랜트산업으로도 확장 가능한 고부가가치 플랜트 수출산업화가 가능하며, 동일 기술로 석탄을 활용할 수 있으므로 저급 석탄자원이 풍부한 인도네시아 등 동남아 국가와 몽골, 호주 등에 플랜트 수출 가능
- 석유 코크스 가스화 시 상대적으로 유리한 습식 가스화 적용을 위하여 습식 분쇄 기술 및 안정적인 슬러리를 제조할 수 있는 공정의 국산화 기술 필요
  - 습식 기술의 경우 건식 기술 대비 상대적으로 효율이 낮지만 발열량이 높을수록 차이가 줄어들고 석유 코크스 건식 가스화의 경우 다량의 스팀이 필요함. 따라서 석유 코크스 가스화의 경우 스팀 공급이 필요없고 시스템 구성이 단순한 습식 기술이 건식 기술 대비 상대적으로 유리
  - 해외 각국 수출산업화를 위해서 다양한 석유 코크스 및 석유 코크스 슬러리 특성 데이터베이스화 필요

□ 기술동향 [국내 기술동향]

- 석유 코크스로부터 합성가스를 생산하는 기술은 석탄가스화 기술과 거의 유사한 기술로서 국내에서는 석탄가스화 연구의 일부로 진행
  - 석탄가스화 관련 연구는 신에너지 개발방안의 하나로서 1990년대 들어 한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, 한전전력연구원 등에서 파일럿급 플랜트를 이용한 합성가스 생산기술 개발을 추진
  - 2010년대 들어서 한국에너지기술연구원에서 10톤/일급 습식 분류층 석탄가스화기를 활용한 석탄간접액화기술 개발을 진행 중이며, 석탄가스화 실험과 병행하여 틈틈이 석유 코크스 가스화 실험을 진행
  - 고등기술연구원/지역난방공사에서는 2014~2017년에 2톤/일급 파일럿 플랜트를 이용하여 석유 코크스 가스화 기술개발 연구를 수행하였으며, 높은 탄소전환율과 냉가스효율 결과를 보였고, 석유 코크스에 특화된 고유의 버너기술 확보
- 소규모 투자라는 한계로 인하여 기반기술 및 파일럿급 규모 기술의 설계, 건설 및 운전기술 개발에 주력
- 파일럿급 분류층 가스화기 개발을 중심으로 관련 기술인 고온탈황 및 고온집진 기술 개발 등 수행
  - 탈황 등 일부 요소기술에서 세계적인 수준을 보유하고 있으나 설비 규모면에서는 선진국에 비해 크게 뒤지고 있는 실정
- 석탄가스화 기술의 경우, 외국기술 도입 상업용 플랜트 2기(300MW급 IGCC 플랜트 및 50만톤/년급 SNG 플랜트) 건설을 완료하였고, IGCC 플랜트의 경우 2016년부터 2019년 5월 현재까지 시운전을 겸한 상업용 운전 진행 중

**[국외 기술동향]**

- (미국DOE) 2020~2030년대 실용화 목표로 2세대 가스화기술개발 프로그램 진행
- (EU) Research Fund for Coal & Steel(RFCS) 2012년부터 운영 중이며, 총 5,000만유로/년 이상 예산, 석탄가스화 과제당 2~3년 250만~330만유로 규모 지원으로 기술 개발 진행
- (일본 NEDO) 기존 가스화기술 대비 발전효율 2~3% 향상, 2030년까지 실용화 목표인 차세대가스화기술로 ‘수증기 분류층 가스화기술’ 과 2030년 이후 실용화 목표로 산소분리막 적용 발전효율 추가 1~2% 이상 향상 가능한 석탄가스화 기술 개발 추진 중
- (해외 기술 수준) 미국과 유럽을 중심으로 수천톤/일 처리 용량의 대형 합성가스 생산 기술을 개발하여 시장에 진출 중, 중국은 우리나라보다 기술개발 시작이 늦었지만 자국 정부의 대폭적인 지원에 힘입어 미국과 유럽의 선진기술 수준에 근접하는 성과 확보

**3. 연구개발내용**

- 석유 코크스 사용 합성가스 생산 및 수소 생산 플랜트 EPC 기술 개발
  - 국내 가스화 관련 기반기술(석탄 10~20톤/일급, 석유 코크스 1~2톤/일급)을 활용하여 20톤/일급 석유 코크스 순산소 가스화 기술 개발
  - 석유 코크스 가스화를 통한 합성가스 생산 및 최적 운전 기술 개발
  - 조성이 균일한 합성가스를 균일한 유량으로 안정적 생산을 위한 운전 제어 기술 개발
  - 고온 집진 컴팩트화를 위한 컴팩트화/모듈화/표준화 집진기 설계 기술 및 운전 최적화 기술 개발
  - 탄소 활용도 향상을 위한 비산재 처리 또는 재순환 기술 개발
- 중소형급 습식 분쇄 및 슬러리 제조 최적화 공정 기술 개발 (석유 코크스 20톤/일급 기준)
  - 슬러리 내 고체 농도 최대화 및 입도 관리 기술 개발
  - 입자분리방지를 위한 적정 계면활성제 선정 및 시료별 최적 비율 결정
- 합성가스로부터 수소를 생산하는 전 공정 연계 및 실증
  - 합성가스 고도정제 장치(2세부과제에서 개발하는 기술)와 연계 및 실증
  - 합성가스의 수성가스전환 반응 장치(3세부과제에서 개발하는 기술)와 연계 및 실증
  - CO<sub>2</sub>와 수소 혼합가스로부터 수소를 분리하는 장치(3세부과제에서 개발하는 기술)와 연계 및 실증
- 기술개발 목표

성능지표	단위	성능수준		기술개발 목표
		세계최고 수준	연구개발 전 국내수준	
1. 탄소전환율	%	99 (미국/GEE)	95	97
2. 냉가스효율	%	75 (미국/GEE)	70	72
3. 슬러리 내 고체 농도	%	65 (미국/GEE)	60	65
4. 슬러리 안전성	day	7 (미국/GEE)	2	4
5. 연속운전	day	>300 (중국/ECUST)	7	14
6. 플랜트 처리 용량	톤/일	3,000 (중국/ECUST)	20	50
7. 장치 국산화율	%	100 (미국/GEE)	80	90

#### 4. 연구개발 추진방법

##### □ 추진전략

- 한국형 석유 코크스 가스화 모듈화 플랜트에 필요한 핵심기술 개발과 실증을 통하여 국내외 건설할 설비/부품의 국산화율 제고로 단기성과 창출
  - 해외수출이 가능한 컴팩트한 모듈화 기술개발로 석유 코크스가 저렴한 해외 진출
  - 실증 플랜트용 주기적 교체 설비/부품/자재의 국산화(목표 100%, 최소 90% 이상)를 추진하고, 연관 플랜트 부품소재산업으로 확대 재생산할 수 있도록 기술개발 추진
- 국내 기 투자된 관련 pilot 설비(1~20톤/일) 기술을 활용한 20톤/일급 중소형 석유 코크스 가스화 플랜트 상용화를 위한 실증 사업으로 추진
- 국내 1~20톤/일급 석탄/석유 코크스 가스화 설비에서 축적된 기술을 활용하여 단기간 내 해외기술보유사와 차별화된 핵심기술 특허 확보 및 이를 활용한 사업화 추진
  - 국내 기존 정부지원 R&D 성과를 활용한 중형규모 플랜트시장 대 상 진출
  - 우리나라의 강점인 플랜트 제조기술 능력을 활용하여 적극적인 수출산업화 추진
  - 국내 강점 기술인 ICT 기술을 접목한 설비와 공정기술 개발
- 파급 적용할 분야가 다양한 합성가스 산업의 국내 supply chain 구성
- 한국형 중소형급 석탄/석유 코크스 가스화 모듈화 플랜트에 필요한 습식 분쇄 및 슬러리 제조 공정의 국산화 추진
  - 국내 중소·중견기업의 건식 분쇄기 개조 개발 또는 해외 중소형급 습식분쇄/슬러리제조 장치를 활용하여 슬러리 제조 및 공급 시스템 개발
  - 외국산 습식 분쇄/슬러리제조 장치를 활용할 경우, 습식 슬러리 제조 및 공급 공정을 수출하는 데 지장이 없도록 기술개발 방향 정립 필수적으로 필요
  - 국내 기 투자된 습식 슬러리 제조 및 공급 관련 pilot 설비(1~10톤/일) 기술 경험을 활용하여 석유 코크스 기준 20톤/일급 중소형 가스화 플랜트에 활용할 수 있도록 기술개발 수행
  - Test-bed에서 실증, 보완 및 최적화를 수행하여 최종적으로 모듈화/표준화 설계 기술 개발

##### □ 추진체계

- 본 세부과제는 국내 고유 파일럿급 가스화 기술(1~20톤/일급)을 활용하여 20톤/일급 석유 코크스 사용 합성가스 및 수소 생산 가스화

설비로 격상(scale-up)하여 중장기적으로는 수소 생산 사업에 활용하며, 단기적으로는 LNG 연료를 대체하는 플랜트 사업에 활용할 수 있는 기술 확립을 위한 사업기간 5년의 기술개발 과제로서, 산·학·연 컨소시엄 과제로 구성하여 기술개발 수행

- 하나의 기관에서 가스화 기술개발과 습식 분쇄 및 슬러리 제조 공정 개발 과제를 추진하는 것을 배제할 필요성은 없으나 가능한 선택과 집중을 위하여 가능한 세부과제 주관과 참여기관 과제로 분리하여 추진

- 가스화기 설계 및 운전 기술 개발이 가능한 연구기관, 엔지니어링 기업 또는 부품/설비 업체에서 2세부과제 주관
- 향후 해외 사업화 모델 개발을 위하여 총괄사업단과 유기적인 정보 공유 및 협조체계 구축
- 아래의 세부과제, 공동과제 또는 참여기관 과제를 수행하는 기관들과의 협조체계 구축 및 적절한 관리/운영
  - 본 세부과제에서 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 기술 개발: 습식 분쇄, 슬러리 제조 및 공급장치 기술개발이 가능한 연구기관, 엔지니어링 기업 또는 부품/설비 업체
  - 2세부과제에서 고도정제 기술 개발 수행 기관: 합성가스로부터 유황 성분( $H_2S$ ,  $COS$ )을 제거하는 기술개발 경험 보유 연구기관, 관련 부품/설비 업체 및 수요기업
  - 3세부과제에서 수성가스 전환 반응 기술 개발: 합성가스를 수성가스 전환 반응을 통하여 고농도 수소를 생산하는 기술개발 경험 보유 연구기관, 관련 부품/설비 업체 및 수요기업
  - 3세부과제에서 이산화탄소/수소 혼합가스로부터 수소 분리 기술 개발: PSA 또는 분리막으로 다종 기체로부터 고순도 기체를 생산할 수 있는 기술개발이 가능한 연구기관, 엔지니어링 기업 또는 부품/설비 업체 및 수요기업
  - 본 세부과제의 참여기관 과제: 합성가스 관련 핵심 요소기술을 보유한 대학·연구기관·전문기업이 참여하여 각 세세부 과제 지원

## 5. 최종성과물

### □ 주요 최종 성과물

- 국내 고유 중소형급(20톤/일급) 석유 코크스 가스화기 설계 및 제작 기술
  - 석탄/석유 코크스 유래 중소형급 합성가스 플랜트 모듈화/표준화한 디자인 패키지(PDP)
  - 콤팩트화/모듈화/표준화한 고온 집진기 설계 및 운전 최적화 기술
- 습식 분쇄 및 슬러리 제조/공급 최적화 공정 기술 (석유 코크스 20톤/일급)
  - 고체 농도 최대화 및 입도 관리 기술 포함
  - 석유 코크스 슬러리 버너 설계 기술
  - 석유 코크스에 가장 최적화된 계면활성제 및 첨가 비율
  - 석유 코크스 및 석유 코크스 슬러리 물성 데이터베이스
- 합성가스 및 수소 생산을 위한 최적화 공정 기술
  - 고효율·저비용 합성가스 고도정제 최적운전 및 제어기술(2세부과제와 연계)
  - 콤팩트 수성가스 전환 반응기 최적 운전 및 제어 기술 (3세부과제와 연계)
  - 고순도 수소분리 장치 최적 운전 및 제어 기술 (3세부과제와 연계)

□ 성과 지표 〈단위: 건, 억원〉

구분	1차	2차	3차	4차	5차	계
SCI(E)(건)	0	1	2	2	2	7
특허출원(건)	1	2	3	2	2	10
특허등록(건)	0	1	1	1	1	4
기술료(억원)	-	-	-	-	3.44	3.44
시제품(건)	-	-	-	2	2	4

주) 기술료 기준: 국고 지원금의 1.8% 납부 기준 (국고 지원금 중 기업 사용 30% 가정, 정액기술료 10% 및 조기납부 40% 감면 기준)

<p><b>6. 활용방안 및 기대효과</b></p>	
<p>□ 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 국내 타 부처(주로 산업부)에서 지원한 R&amp;D 결과물을 결집한 상업용 플랜트 기술 개발로 연계 및 확장한 결과물을 국내에 필요한 합성가스 활용 플랜트 또는 수소 생산 플랜트로 활용</li> <li>○ 해외 석유 코크스 생산국에서 수소를 생산한 후 액체 수소 또는 액상 수소(암모니아 등) 형태로 국내에 공급</li> <li>○ 2세부과제와 3세부과제에서 개발한 주요 단위 공정 기술(고도정제, 수성가스전환, 수소 분리 등)들과 연계하여 합성가스 플랜트 또는 수소생산 플랜트의 해외 수출 사업화</li> <li>○ 급부상하고 있는 중국 엔지니어링 능력에 대한 국내업체 연계한 대응 센터 역할 제공</li> <li>○ 저렴한 고체연료인 석유 코크스를 사용하여 국내 여러 산업단지의 중소·중견기업에 저렴한 청정연료가스를 제공하여 산업체 경쟁력 강화</li> <li>○ 인도네시아 등 동남아, 몽골, 호주 등에 시료를 석탄으로 하여 해외수출이 가능한 플랜트 기술로 활용</li> </ul>	
<p>□ 기대효과</p>	<p><b>[기술적 측면]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중소형 합성가스 모듈화플랜트 국산화기술을 통한 연관 산업기술로 적용 확대</li> <li>○ 급팽창하는 고부가가치 합성가스 플랜트 해외시장(인도네시아, 인도, 중국, 호주 등)에 국내업체 진출을 위한 교두보 제공</li> <li>○ 고가의 LNG 및 산업용 보일러 연료를 대체할 수 있는 국내외 합성가스 플랜트 시장에 국내업체의 단기간 진출을 위한 기술 제공</li> <li>○ 고유황 특성으로 인하여 단순 연소에 활용 또는 미활용되고 있는 석유 코크스를 국내에서 수소 생산용 또는 해외수출용 플랜트에 활용</li> <li>○ 석유 코크스 유래 합성가스 이용기술에 부합되는 정제기술 확보             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고유황(합성가스 내 H<sub>2</sub>S/COS 2% 수준) 및 저회분(회분 함량 1% 이하) 특성의 석유 코크스 유래 합성가스 이용 기술에 최적화된 정제 기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ CCS(Carbon Capture &amp; Storage) 관련 기반 기술 확보             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화석연료 활용 기술 중에서 CO<sub>2</sub>를 가장 경제적으로 포집할 수 있는 기술</li> </ul> </li> <li>○ 고품질 합성가스 생산시스템의 핵심 단위 설비 설계/제작 기술 확보로 국내 전문 업체 기술 경쟁력 향상</li> <li>○ 국외 선진사의 원천설계기술 국산화를 통한 핵심 단위 설비/공정 국산화로 가스화 플랜트 핵심 기자재 자체 제작 가능</li> </ul> <p><b>[사회·경제적 측면]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자체기술 능력 제고로 50~100톤/일급 단위 패키지 모듈화로 국내외 플랜트 시장 진출</li> </ul>

- 상용규모 50~100톤/일급 용량의 고품질 석유 코크스 합성가스 또는 수소 생산시스템의 국산화 기술개발을 통하여 국내 및 해외시장 조기 진입 가능
- CO<sub>2</sub> 포집이 가장 용이한 플랜트로서 미래 CO<sub>2</sub> 포집이 의무화될 시점에 CO<sub>2</sub> 포집 장치를 추가함으로써 상당한 탄소 감축 효과 기대
- 세계 2위 LNG 수입국(매해 3,000만톤 이상)이며 중소형 산업용 보일러 수요가 큰 국내 시장에 LNG와 산업용 보일러 연료의 대체연료로 합성가스로 공급할 수 있는 기반 구축
- 합성가스 연관산업의 국내 supply chain 확보로 국내외 합성가스 고부가가치 산업 진출

**[정책적 측면]**

- 국가의 미래 핵심분야인 수소 에너지 확보 및 고유가 시대에 국내외에서 대량 생산되는 저급자원(석유 코크스)으로부터 고부가가치 청정 연료가스 생산으로 에너지 안보 확보
- 합성가스 플랜트 설계 및 제작 기술 확보로 관련 중소·중견 부품/설비 업체 supply chain 구축
- 플랜트 건설 및 관련 사업에 신규 고용 창출
  - 플랜트 국내 건설 및 해외 수출에 따른 신규 고용창출
  - 산업체에 신규 가스화 플랜트 보급에 따른 신규 고용 증대
  - 관련 산업(연료판매, 장치유지보수 업체 등) 활성화에 의한 신규 고용 창출
- 해외 석유 코크스 생산국에 플랜트를 건설하여 수소를 생산한 후 액체수소 또는 액상수소(암모니아 등) 형태로 공급할 수 있는 기술을 확보함으로써 수소경제 시대에 안정적으로 수소를 확보할 수 있는 기반 구축

<b>7. 연구개발기간 및 소요예산</b>	
	기간/예산 : 5년 / 256.9억 원 (국고 191억원, 민간 65.99 억원(현금 13.2 억원), 민간 매칭 25.6 %)
<b>8. 기 타</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현실성이 있는 원료수급 계획 제시 필수</li> <li>○ 세부과제별로 단독 또는 타 세부과제와 연계하여 test-bed 부지 확보           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test-bed 부지를 제공할 수요기업 또는 지자체 참여 필수</li> </ul> </li> </ul>

## □ 2 세부과제

연구개발 과제명	(2 세부과제) 합성가스 고도 정제 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (사업적 목표) 국내 고유 기술기반의 상용 합성가스 및 바이오가스의 고도 정제 기술 확보 및 이를 국내외 시장경쟁력 강화</li> <li>○ (기술적 목표) 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로 합성가스로부터 산성가스, 분진, HCl 등의 오염물질을 최종 수소 활용처인 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 고도 정제하는 저비용 고효율 정제 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 상용 합성가스 플랜트 규모인 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스에 함유된 산성가스(H<sub>2</sub>S), 분진, HCl을 고도로 제거하는 저비용 고효율의 컴팩트화된 정제 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="247 907 422 974">□연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수소 경제시대 진입에 따른 수소 생산시설의 국산화가 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소 경제시대 진입에 따라, 유통 수소의 생산량을 2040년 526만톤으로 확대하고, 대량 안정적 공급으로 수소 가격을 3,000원/kg 이하로 공급 계획</li> <li>- 저가의 수소를 대량 공급하기 위해 수소 공급원 다양화, 생산시설 저가화 및 국산화 등이 필요하며, 합성가스로부터 수소를 저가로 생산하기 위해서는 정제 설비의 저가화 및 국산화 개발이 필요</li> </ul> </li> <li>○ 국내의 경우 대부분 국외기술을 도입하여, 천연가스나 COG 가스로부터 생산된 합성가스를 정제하여 수소를 생산하고 있으며, 대부분 국외기술을 적용하여 합성가스를 정제하고 있는 실정</li> <li>○ 국내 고유 상용기술 부재로 국외 기술에 대한 높은 의존도               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 합성가스 고도 정제 기술의 경우, 파일럿 규모에서는 선진기술과 비교하여 동등 또는 우위에 있는 기술</li> <li>- 그러나 상용기술의 부재로 합성가스 정제 기술의 경우 국외 기술에 대한 높은 의존도</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 상용 플랜트 기술 확보를 위한 실증기술 개발 추진 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 기술의 상용 적용을 위해서는 기술 및 신뢰성 검증을 위한 실증기술 개발 추진 필요</li> <li>- 파일럿규모 설비 및 랩규모 설비 기술개발을 통해 국내 축적된 기술개발 경험과 연구 자원을 기반으로, 실증기술 개발을 통한 기술 검증 및 장기 운전을 통한 신뢰성 검증이 필요</li> <li>- 과기부, 교육부, 환경부, 산업부 등 여러 부처의 기술개발을 통해 확보된 원천 및 핵심 기술을 기반으로 실제 시장에서 요구하는 플랜트 공정 설비 및 시스템 개발 추진 필요</li> <li>- 실증기술 개발을 통해 원천 및 핵심 기술에 대한 검증과 장기 운전을 통한 시스템 신뢰성 확보 필요</li> </ul> </li> <li>○ 기술 및 시장 경쟁력 향상위한 기술개발 추진 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 고유 기술 기반으로 시장 진입 및 확대를 위해서는 기존 국외 상용기술과 비교하여 기술 및 시장 경쟁력을 갖춘 기술의 확보가 필요함.</li> <li>- 또한 기존 상용화된 국외 기술뿐만 아니라 국외에서 개발 중인 기</li> </ul> </li> </ul>

술과 동등 또는 우위에 있는 기술을 확보하여야 실질적인 경쟁력을 보유 가능

- 기존 상용 기술 및 국외 개발 중인 기술과 비교하여 경쟁력을 갖추기 위해서는 설비의 고효율화, 컴팩트화, 저가화 등에 대한 기술개발 추진이 필요

○ 수소 경제사회 진입에 따른 시장 진출을 위해서는 국내 고유의 핵심 기반 기술의 확보 필요

- 일본, 미국, 유럽 등을 중심으로 수소사회 진입 중으로, 고순도 수소 제조에 필수적으로 필요한 정제 및 분리 설비의 조기 시장 진입을 위해서는 관련 기술의 확보가 시급
- 기술 우선 확보를 통해 조기 시장 진입하여 선점 또는 동등한 조건에서 국외 기술과 경쟁하는 기반을 확보하고, 기술경쟁력 강화를 통해 시장 확대 및 강화 필요

□ 기술동향

- 국외의 경우 수소 생산을 위한 합성가스 및 천연가스의 초정밀 정제 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중
  - 유럽 Simens사의 초정밀 탈황기술은 연료가스 중의 H<sub>2</sub>S 농도를 60 ppb 이하로 정제하는 기술을 개발하였으며, 미국 DOE에서는 전력 생산과 동시에 수소를 생산하는 목적으로 수은, 분진, 질소산화물, 이산화탄소와 더불어 초정밀탈황에 대한 기술개발이 진행 중
  - 일본의 경우 암모니아와 할로겐화합물을 제거하기 위하여 세정탑, COS 가수분해반응기, MDEA 흡수탑 등 습식탈황 방식과 건식방식을 이용한 정밀 탈황설비에 대한 기술개발을 추진 중
- 국내의 경우, Pilot 규모의 합성가스 및 바이오가스의 초정밀 정제 기술에 대한 기술개발이 주로 진행되고 있으며, 상용화 보급 실적은 아직 미미
  - 국내의 경우, 흡수제(또는 흡착제)를 이용하는 방법, 생물학적 처리 방법, 막분리 방법 등 여러 가지 H<sub>2</sub>S를 제거하는 기술개발이 진행 중
  - 한국에너지기술연구원에서는 MDEA와 HMDA를 혼합하여 합성가스 내의 H<sub>2</sub>S를 제거하는 습식 탈황공정에 대한 pilot 규모 공정기술을 확보하고 있으며, 고등기술연구원에서는 철킬레이트 용매를 사용 pilot 규모 황 직접 전환공정 기술을 확보하고 있는 중
  - 고등기술연구원의 경우 석탄 합성가스를 화학원료로 전환하기 위해 철킬레이트 용매를 이용하여 1,000 ppm의 H<sub>2</sub>S를 0.5 ppm 이하로 제거하는데 적용하였으며, 석탄과 석유 코크스를 혼합한 혼합원료 가스화시 발생되는 200 Nm<sup>3</sup>/h의 합성가스에 함유된 5,000 ppm 이상의 H<sub>2</sub>S를 10 ppm 이하로 제거하는 기술을 개발
  - 현재 바이오가스를 연료전지 연료로 활용하기 위한 초정밀 정제시스템에 대한 기술개발과 합성가스를 연료전지용 연료로 활용하기 위해 초정밀 정제 후 고순도 수소를 생산하기 위한 기술개발이 진행 중

**3. 연구개발내용**

- 소규모 상용 플랜트 적용을 위한 저비용·고효율 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 고도 정제 설비 설계, 제작 및 운영기술 개발
  - 국내 고도 정제 관련 기반기술(250 Nm<sup>3</sup>/h급)을 활용하여 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 고도 정제 설비 scale-up 설계 및 제작

- 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 합성가스 고도 정제 설비 운전 최적화 및 최적 공정 제어기술 개발
- 저비용 오염물질(HCl, 수은, 미량가스 등) 제거 소재 및 부품 기술 개발
- 부산물(황, 폐수 등) 처리 또는 활용 기술 개발
- 합성가스 고도 정제 설비 Feed 패키지 개발
- 공정 간략화/단순화/모듈화를 위한 고도 정제 설비 설계/제작 기술 및 운전 최적화 기술개발
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 연계 및 실증
  - 타 세부과제에서 개발하는 공정과 고도 정제 설비 연계 및 실증
- 기술개발 목표

성능지표	단위	성능수준		기술개발 목표
		세계최고 수준	연구개발 전 국내수준	
1. 합성가스 처리 용량	Nm <sup>3</sup> /h	10,000 (독일/Siemens)	250	2,000
2. 분진	mg/m <sup>3</sup>	3 (네덜란드/Shell)	0.5	0.1
3. H <sub>2</sub> S	ppm	0.1 (미국/UOP)	0.1	0.1
4. HCl	ppm	0.1 (미국/UOP)	0.3	0.1

#### 4. 연구개발 추진방법

##### □ 추진전략

- 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로, 상용화 규모(합성가스 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급) 합성가스 고도 정제 설비 개발 추진
  - 합성가스 처리용량 현행 250 Nm<sup>3</sup>/h급에서 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급으로 상향 및 수소 생산을 위한 고도 정제 기술 개발
  - 국내외 시장 진입을 위한 대용량 상용화 정제 기술의 조기 확보를 위한 기술개발 추진
  - 시장 경쟁력 향상 위해 고도화 기술 확보 위한 증장기 기술개발 추진
  - 시스템 최적화, 저가화, 컴팩트화, 설비 모듈화/IT화 등을 통한 기술 및 시장 경쟁력 향상과 실증설비 운영을 통한 기술 검증
- 저비용, 고효율의 설비 신뢰성 확보
  - 국외 중소규모 시장 진출을 위한 저비용, 고효율의 정제 설비의 신뢰도 있는 기술 확보
  - 분진/타르, 산성가스 등이 주요 고도 정제를 위한 제거 대상물질로 이를 고순도로 안정적으로 제거할 수 있는 기술 개발을 통한 운전 신뢰성 축적
  - 국내 실증용 test-bed 구축 및 운영을 통한 기술 검증과 국내 시장 진입 및 보급을 통한 설비 신뢰성 및 장기간 운전자료 확보

##### □ 추진체계

- 본 세부과제는 국내 고유 파일럿급 고도 정제 기술(250 Nm<sup>3</sup>/h급)을 격상(scale-up)하여 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 고도 정제 기술을 개발하는 과제로서, 산·학·연 컨소시엄 과제로 구성하여 기술개발을 수행
  - 합성가스 고도 정제 기술의 체계적이고 효율적인 개발을 위해 주관 기관과 공동기관 과제로 분리하여 추진하고, 설비 설계, 해석, 소재

개발, 분석 등의 개발 업무는 각 과제별 협동기관을 구성하여 추진

- 고도 정제 설비 설계 및 운전 기술 개발이 가능한 연구기관, 엔지니어링사 또는 부품/설비 업체들이 컨소시엄을 구성
- 고도 정제 설비 해석, 소재 개발, 분석 등의 수행이 가능한 대학, 연구기관 등이 공동과제 또는 협동과제 등의 형태로 필수적으로 참여

- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 국내 사업화 및 해외 수출 상품화를 달성할 수 있도록, 여러 세부과제와 각 세부과제의 공동과제 또는 협동과제를 수행하는 기관들과의 협조체계 구축 및 적절한 관리/운영
  - 연구단(또는 사업단) 및 여러 세부과제 수행기관 또는 참여기관(공동과제 등)들과의 유기적 정보공유 체계 구축
  - 향후 국내 적용 및 수출 산업화를 위하여 타 세부과제 수행기관들과 긴밀한 협조체계를 구축하여 과제 수행 초기부터 고도 정제 설비의 모듈화 및 IT화를 포함한 개발 추진
- 향후 해외 사업화 모델 개발을 위하여 연구단(또는 사업단)과 유기적인 정보 공유 및 협조체계 구축
  - 해외수출 시 애로사항 해소를 위하여 총괄 주관기관으로부터 충분한 정보 입수

**5. 최종성과물**

**주요 최종 성과물**

- 소규모 상용 합성가스 플랜트 규모인 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 국내 고유 고도 정제 설비 설계 및 제작 기술
  - 공정 단순화, 설비 콤팩트화, 고효율화한 합성가스 고도 정제 설비 설계 및 제작 기술 (핵심장치의 전부 또는 일부 모듈화 설계 기술 적용)
- 실증 운전을 통한 저비용·고효율 합성가스 정제 설비 최적 운전 제어 기술
  - 국내 고유 기술 기반 고도 정제 설비 최적 운영을 통한 운전 제어 기술 확립 및 운전 실적 확보

**성과 지표** 〈단위: 건, 억원〉

	1차	2차	3차	4차	5차	계
SCI(E)(건)	0	1	2	2	1	6
특허출원(건)	1	2	2	2	1	8
특허등록(건)	0	1	1	1	1	4
기술료(억원)	-	-	-	-	0.59	0.59
시제품(건)	-	-	-	1	1	2

주) 기술료 기준: 국고 지원금의 1.8% 납부 기준 (국고 지원금 중 기업 사용 30% 가정, 정액기술료 10% 및 조기납부 40% 감면 기준)

**6. 활용방안 및 기대효과**

**활용방안**

- 석유 코크스 활용 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 각 세부과제에서 실증 플랜트 건설 및 운영에 직접 활용
  - 합성가스 생산을 위한 순산소 가스화 기술 개발 과제(1 세부과제), 와 연계하여, 고순도 수소 생산을 위한 합성가스 고도 정제에 직접

	<p>활용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발되는 고도 정제 기술을 국내 중소규모 가스화 플랜트에 적용하여 국내 중소규모 시장 진입에 활용하여 기술실적 축적 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 바이오가스 정제 플랜트에도 적용 가능</li> </ul> </li> <li>○ 국내 축적된 실적을 기반으로 인도, 베트남 등 해외 중소규모 시장 진출 및 사업을 확대한 후 대형 플랜트에 scale-up 적용 활용</li> </ul>
<p>□ 기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 합성가스 고도 정제 기술에 대한 검증을 통한 국내 기반 플랜트 실증기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 합성가스 고도 정제 기술 개발을 통해 합성가스로부터 고순도 수소 생산을 위한 핵심 요소기술의 실증 검증 및 확보</li> <li>- 국내 고유 기반의 고도 정제 설비에 대한 기술 검증 및 신뢰성 확보</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유기술로 저비용·고효율 정제 기술 개발을 통해 단기적으로는 석유 코크스, 장기적으로는 다양한 저급연료의 고부가화 및 청정연료로 용이하게 활용할 수 있는 기술기반 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정 단순화 및 설비 콤팩트화 기술 구현을 통한 정제 설비의 핵심 요소기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 정제 기술 확보를 통한 시장경쟁력 강화 및 사업화 기반 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시장 경쟁력 강화, 신규시장 창출을 위한 고효율, 저비용의 핵심기술에 대한 실증기술을 개발을 통해 기술을 검증하고, 관련 기자재의 국산화를 위한 기반 확보</li> <li>- 기술 선진사 대비 동등 또는 우월 수준의 고유 기술 확보를 통한 시장경쟁력 강화</li> <li>- 중소규모 합성가스 정제에 특화된 기술 확보를 통한 시장 진출</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 설계 및 제작기술 확보를 통한 관련 플랜트 산업 활성화 및 고용 증대 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발 단계에서 국내 중소 엔지니어링사 및 제작사의 참여 및 국산화 기반 개발을 통한 역량 축적</li> </ul> </li> <li>○ 정유/화학공장 등의 해외기술에 의존하는 정제 설비의 대체를 통한 수입대체효과, 건설비 및 운전비 저감 효과</li> </ul>
<p>7. 연구개발기간 및 소요예산</p>	
	<p>기간/예산 : 5년 / 44.4억 원 (국고 33 억원, 민간 11.4 억원(현금 2.3 억원), 민간 매칭 25.6 %)</p>
<p>8. 기 타</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현실성이 있는 원료수급 계획 제시 필수</li> <li>○ 세부과제별로 단독 또는 타 세부과제와 연계하여 test-bed 부지 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test-bed 부지를 제공할 수요기업 또는 지자체 참여 필수</li> </ul> </li> <li>○ 민원 등 사업 리스크 요인을 반영하여 현실적인 사업화 전략 수립 (지역주민 인센티브 제공 등) 필요</li> </ul>

### □ 3 세부과제

<b>연구개발 과제명</b>	<b>(3 세부과제) 합성가스 기반 수소 생산을 위한 수성가스 전환 및 고순도 수소 분리 기술 개발</b>
<b>1. 연구개발 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수소 생산량 1,400 Nm<sup>3</sup>/h급(3톤/일급) 수성가스전환 공정 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고온/저온 수성가스전환촉매 설계 및 대량생산 기술 개발(촉매 내구성 100 시간 이상)</li> <li>- 발열반응인 개질/변환 반응기의 열균질화 및 높은 접촉효율용 설계 기술</li> <li>- 수성가스 전환공정의 최적화</li> </ul> </li> <li>○ 수소 및 이산화탄소 혼합가스로부터 수소자동차 또는 수소연료전지 등에 활용 가능한 수준으로 수소를 고순도로 분리하는 저비용·고효율 수소 분리 기술의 개발을 통해, 국내 고유 기술기반의 상용 고순도 수소 분리 기술 확보 및 시장경쟁력 강화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 상용 합성가스 플랜트 적용을 위해 압력변동흡착(PSA, Pressure Swing Adsorption) 방식을 적용한 저비용·고효율의 수소 1,400 Nm<sup>3</sup>/h급 모듈형 컴팩트 고순도 수소 분리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>
<b>2. 연구개발의 필요성 및 기술동향</b>	<p><b>□연구개발의 필요성</b></p> <p><b>&lt;수성가스 전환 기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 수성가스전환의 경우 상용촉매가 시장을 잠식한 상황이기 때문에 반응기나 공정개발 분야로 연구가 수행되고 있는 중</li> <li>○ 대부분 촉매설계 보다는 주된 공정과 연계하여 안정적으로 운전하는데에만 초점을 두고 있는 실정</li> <li>○ 반응기도 단순히 설계가 가능하여 고유의 설계 기술 확보에 어려움이 있음</li> <li>○ 반응기뿐 아니라 고유의 촉매설계 기술 확보와 더불어 국내기술을 활용할 수 있는 저변확대가 요구되며, 활용분야는 많지만 국내시장 진입에 어려움 존재</li> <li>○ 수소 활용을 위해서는 합성가스내 일산화탄소를 분리하거나 수소로 전환하는 수성가스전환공정이 반드시 필요하며, 이의 적용을 위한 신규 촉매와 반응기 및 공정 개발 분야가 필요(기존에는 HT+LT 적용)</li> </ul> <p><b>&lt;고순도 수소 분리 기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수소 경제시대 진입에 따른 수소 생산시설 국산화 필요성 증대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소 경제시대 진입에 따라, 유통 수소의 생산량을 2040년 526만톤으로 확대하고, 대량 안정적 공급으로 수소 가격을 3,000원/kg 이하로 공급 계획</li> <li>- 저가의 수소를 대량 공급하기 위해 수소 공급원 다양화, 생산시설 저가화 및 국산화 등이 필요하며, 수소를 저가로 생산하기 위해서는 수소 분리 설비의 저가화 및 국산화 개발이 필요</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 상용기술 부재로 대부분 국외기술을 도입하여 수소를 생산하고 있어 국외 기술에 대한 높은 의존도             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 적용되고 있는 수소 분리 설비의 경우, 덕양에서 국내 개발된 기술을 일부 시설에 적용한 것 이외에는 대부분 국외기술을 도입하고 있음.</li> <li>- 국내 압력변동흡착(PSA, Pressure Swing Adsorption) 방식의 수소 분리 기술의 경우, 파일럿 규모에서는 선진기술과 비교하여 동등</li> </ul> </li> </ul>

또는 우위에 있는 기술로 상용화 진입 단계에 있는 기술로, 저가화, 고효율화 등을 통해 기술경쟁력 강화 및 시장 진입 필요

- 국내 고유 기술 확보를 위한 실증기술 개발 추진 필요
  - 국내 기술의 상용 적용을 위해서는 기술 및 신뢰성 검증을 위한 실증기술 개발 추진 필요
  - 파일럿규모 설비 및 랩규모 설비 기술개발을 통해 국내 축적된 기술개발 경험과 연구 자원을 기반으로, 실증기술 개발을 통한 기술 검증 및 장기 운전을 통한 신뢰성 검증이 필요
  - 과기부, 교육부, 환경부, 산업부 등 여러 부처의 기술개발을 통해 확보된 원천 및 핵심 기술을 기반으로 실제 시장에서 요구하는 플랜트 공정 설비 및 시스템 개발 추진 필요
  - 실증기술 개발을 통해 원천 및 핵심 기술에 대한 검증과 장기 운전을 통한 시스템 신뢰성 확보 필요
- 기술 및 시장 경쟁력 향상위한 기술개발 추진 필요
  - 국내 고유 기술 기반으로 시장 진입 및 확대를 위해서는 기존 국외 상용기술과 비교하여 기술 및 시장 경쟁력을 갖춘 기술의 확보가 필요
  - 또한 기존 상용화된 국외 기술뿐만 아니라 국외에서 개발 중인 기술과 동등 또는 우위에 있는 기술을 확보하여야 실질적인 경쟁력 확보 가능
  - 기존 상용 기술 및 국외 개발 중인 기술과 비교하여 경쟁력을 갖추기 위해서는 설비의 고효율화, 콤팩트화, 저가화, 모듈화 등에 대한 기술개발 추진이 필요
- 수소 경제사회 진입에 따른 시장 진입을 위한 핵심 기술 및 기반 확보 필요
  - 일본, 미국, 유럽 등을 중심으로 수소사회 진입 중으로, 고순도 수소 제조에 필수적으로 필요한 분리 설비의 조기 시장 진입을 위해서는 관련 기술의 확보가 시급
  - 기술 우선 확보를 통해 조기 시장 진입하여 선점 또는 동등한 조건에서 국외 기술과 경쟁하는 기반을 확보하고 기술경쟁력 강화를 통해 시장 확대 및 강화 필요

□ 기술동향 <수성가스 전환 기술>

- 국내의 경우 한국에너지기술연구원, 고등기술연구원, RIST 등에서 합성가스나 부생가스를 사용하여 상용촉매를 적용한 수성가스전환공정을 운전한 경험을 가지고 있으며, 일부 대학에서 실험실 규모로 촉매 개발 연구 수행
- 또한, 국내에서는 상용촉매가 시장을 잠식한 상황이기 때문에 반응기나 공정개발 분야로 주공정과의 연계에 대한 연구가 수행되고 있는 중
- 국외의 경우 Alfa Aesar, Client, Haldor Topsoe 등에서 촉매와 공정에 대한 라이선스를 확보하여 사업화가 진행되고 있는 중

<고순도 수소 분리 기술>

- 국외 고순도 수소 분리 기술은 상용화 보급중이며, 효율적이면서 저비용인 기술 확보를 위한 개발 추진 중
  - PSA 기술은 현재 수소분리 분야에 있어 1~100,000 Nm<sup>3</sup>/h급에 이르기까지 대부분의 수소생산 공정에 적용되고 있으며, 활성탄이나 분자체(Molecula Sieve)가 흡착제로 주로 사용
  - PSA의 경우 에너지 소비, 운영비, 건설비 등의 저감을 위한 흡착제 및 공정/설비 콤팩트화에 대한 기술개발 및 상용화 진행 중이며,

중국 Xebec사의 경우 컴팩트한 로터리 형태의 PSA 기술을 개발하여 상용화 진입 중

- 수소 분리막의 경우 PSA에 비해 아직 상용화 보급이 많이 되지 않았지만, 지속적인 기술개발을 통하여 점차적으로 시장에 진입하는 중
- 미국 UOP사의 경우 391,000 Nm<sup>3</sup>/h 규모의 상용 수소 분리막 시스템을 skid 형태로 개발하여 상용화 적용 중

○ 국내 수소 PSA의 경우 상용화 진입단계에 있으며, 수소 분리막의 경우 대부분 소규모 기술개발이 추진 중

- 젠스엔지니어링에서는 한국에너지기술연구원에서 개발한 고순도 수소 분리를 PSA 기술을 이전 받아 국내외 상용화 적용 중이며, 설비 건설비 저감과 효율 향상을 위한 흡착제 및 컴팩트화 기술 등에 대한 개발 필요
- 수소 분리막의 경우 소재 및 단위 모듈화 등 소규모 기술개발이 활발히 추진되고 있으며, 상용화 보급을 위한 대용량화, 고효율화, 컴팩트화, 저가화, 내구성 향상 등에 대한 기술개발과 실증화 기술개발이 필요

**3. 연구개발내용**

**<수성가스 전환 기술>**

- 일산화탄소의 수성가스전환을 통한 수소 생산 기술 개발
- 고온 및 저온 수성가스전환촉매 설계 기술 개발
  - 촉매 설계 및 대량 생산 기술 개발
  - 촉매의 내구성 및 비활성화 방안 연구
- 반응기 설계기술 개발
  - 열교환망 최적화를 통한 효율 증대

**<고순도 수소 분리 기술>**

- 소규모 상용 합성가스 플랜트 적용을 위해 PSA 방식을 적용한 저비용·고효율 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급(합성가스) 고순도 수소 분리 설비 설계, 제작 및 운영기술 개발
  - 국내 기반기술을 활용하여 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소 분리 설비 설계 및 제작
  - 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소 분리 설비 운전 최적화 및 최적 공정 제어기술 개발
  - 저비용 수소 분리 소재, 부품 및 컴팩트 공정 기술 개발
  - 고순도 수소 분리 설비 Feed 패키지 개발
- 공정 간략화/단순화/모듈화를 통한 고순도 수소 분리 설비 설계/제작 기술 및 운전 최적화
- 합성가스 기반 수소 생산 플랜트 연계 및 실증
  - 타 세부과제에서 개발하는 공정과 고순도 수소 분리 설비 연계 실증
- 기술개발 목표

성능지표	단위	성능수준		기술개발 목표
		세계최고 수준	연구개발 전 국내수준	
1. CO 전환율	%	99.5	-	99.5
2. 수소 순도	%	99.999 (미국/Air Products)	99.99	99.99
3. 수소생산량	Nm <sup>3</sup> /h	300 (일본/오사카가스)	10	1,400

#### 4. 연구개발 추진방법

##### □ 추진전략

###### <수성가스 전환 기술>

- 현재 보유하고 있는 상용축매를 적용한 공정 설계 및 운영기술을 기반으로 축매설계의 국내화와 개발 축매를 적용한 공정 설계 기술을 개발
- 우선적으로 수성가수전환 축매의 국산화 기술개발이 필요하며, 이와 함께 개발 축매를 적용한 공정 설계 기술을 개발
  - 1단계(3년)에서 수성가스전환공정의 축매, 반응기 등의 개발에 중점을 두며, 1,400 Nm<sup>3</sup>/h급 수소생산을 위한 공정의 개념설계를 수행
- 기존 해외기술 도입을 통한 운영기술 확보와 국내 기술개발 결과 적용을 통한 운영기술 확보를 통해 본 기술개발의 어려운 점을 극복할 수 있도록 전략을 수립하여 기술개발 추진

###### <고순도 수소 분리 기술>

- 기존 국내 축적된 기술개발 결과물을 바탕으로, 상용화 규모(PSA 방식 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급) 고순도 수소 분리 설비 개발 추진
  - 합성가스 처리용량 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급의 고순도 수소 분리 기술 개발
  - 국내외 시장 진입을 위한 대용량 수소 분리 상용화 기술의 조기 확보를 위한 기술개발 추진
  - 시장 경쟁력 강화 위해 고도화 기술 확보 위한 중장기 기술개발 추진
  - 시스템 최적화, 저가화, 컴팩트화, 설비 모듈화/IT화 등을 통한 기술 및 시장 경쟁력 향상과 실증설비 운영을 통한 기술 검증
- 저비용, 고효율의 고순도 수소 분리 설비의 신뢰성 확보
  - 국외 중소규모 시장 진출을 위한 저비용, 고효율의 고순도 수소 분리 설비의 신뢰도 있는 기술 확보
  - 국내 실증용 test-bed 구축 및 운영을 통한 기술 검증과 국내 시장 진입 및 보급을 통한 설비 신뢰성 및 장기간 운전자료 확보

##### □ 추진체계

###### <수성가스 전환 기술>

- 1단계(3년)에서 수성가스전환공정의 축매 및 반응기 등 단위 장치 개발을 중심으로 한 기술개발 협력체계가 가능하도록 참여기관 구성
- 단위장치의 사업화를 위하여 총괄사업단과 유기적인 정보 공유 체계 구축
- 본 과제에서 개발하는 장치를 관련 세부과제(1세부, 2세부, 3세부)에서 활용할 수 있도록 정보공유 및 기술개발 협력체계 구축

###### <고순도 수소 분리 기술>

- 본 과제는 국내 고유 기술을 합성가스 플랜트 기반의 수소 및 이산화탄소 혼합가스에 적용하여 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 고순도 수소 분리 기술을 개발하는 과제로서, 산·학·연 컨소시엄 과제로 구성하여 기술개

발을 수행

- 고순도 수소 분리 기술의 체계적이고 효율적인 개발을 위해 주관기관과 공동기관 과제로 분리하여 추진하고, 설비 설계, 해석, 소재 개발, 분석, 컴팩트화/고도화/모듈화 등의 개발 업무는 각 과제별 협동기관을 구성하여 기술개발을 추진
- 고순도 수소 분리 설비 설계 및 운전 기술 개발이 가능한 연구기관, 엔지니어링사, 부품/설비 업체들이 컨소시엄을 구성
- 고순도 수소 분리 설비 해석, 소재 개발, 분석, 컴팩트화/고도화/모듈화 등의 수행이 가능한 대학, 연구기관 등이 공동과제 또는 협동과제 등의 형태로 필수적으로 참여

○ 국내 사업화 및 해외 시장 진입할 수 있도록, 여러 세부과제와 각 세부과제의 공동과제 또는 협동과제를 수행하는 기관들과의 유기적인 협조체계 구축 및 운영

- 여러 세부과제 수행기관 또는 참여기관(공동과제 등)들과의 유기적 정보공유 체계 구축

**5. 최종성과물**

**주요 최종 성과물**

**<수성가스 전환 기술>**

- 수성가스전환 촉매 설계 및 생산 기술
- 1,400 Nm<sup>3</sup>/h급 수소생산을 위한 수성가스 전환 반응기 및 공정 설계 기술

**<고순도 수소 분리 기술>**

- 소규모 상용 합성가스 플랜트에 적용 가능 규모인 2,000 Nm<sup>3</sup>/h급 국내 고유 고순도 수소 분리 설비 설계 및 제작 기술
  - 공정 단순화, 설비 컴팩트화, 저비용화, 고효율화한 고순도 수소 분리 설비 설계 및 제작 기술
- 실증 운전을 통한 저비용·고효율 고순도 수소 분리 설비 최적 운전 제어 기술
  - 국내 고유 기술 기반 고순도 수소 분리 설비 최적 운영을 통한 운전 제어 기술 확립 및 운전 실적 확보
- 고순도 수소 분리를 저비용·고효율 흡착 소재

**성과 지표** <단위: 건, 억원>

	1차	2차	3차	4차	5차	계
SCI(E)(건)	1	2	3	2	2	9
특허출원(건)	1	2	2	2	1	8
특허등록(건)	-	1	1	2	1	5
기술료(억원)	-	-	-	-	0.93	0.93
시제품(건)	-	-	-	1	1	2

주) 기술료 기준: 국고 지원금의 1.8% 납부 기준 (국고 지원금 중 기업 사용 30% 가정, 정액기술료 10% 및 조기납부 40% 감면 기준)

**6. 활용방안 및 기대효과**

**활용방안**

**<수성가스 전환 기술>**

- 중소형 개질시스템과 연계하여 공정의 운영 최적화 및 안정적인 운전 결과를 바탕으로 신뢰성 확보
- 각 요소기술에 대한 특허 확보를 통해 라이선스 보유
- 국내외 중소형의 수소 생산 프로젝트에 참여 가능

**<고순도 수소 분리 기술>**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상용급 합성가스 기반 수소 생산 플랜트의 각 세부과제에서 실증 플랜트 건설 및 운영에 직접 활용</li> <li>○ 개발되는 고순도 수소 분리 기술을 이용하여 국내 중소규모 시장 진입을 통해 기술실적 축적</li> <li>○ 국내 축적된 실적을 기반으로 인도, 베트남 등 국외 중소규모 시장 진출 및 사업을 확대한 후 대형 플랜트에 scale-up 적용 활용</li> </ul>
<p><b>□ 기대효과</b></p>	<p><b>&lt;수성가스 전환 기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 중소형 수소충전소에 설치하여 수소 인프라 확충에 기여</li> <li>○ 연구 개발을 통해 라이선스 확보 및 국내외 시장진입 가능</li> </ul> <p><b>&lt;고순도 수소 분리 기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고순도 수소 분리 기술에 대한 검증을 통한 국내 기반 실증기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 고순도 수소 분리 기술 개발을 통해 합성가스로부터 고순도 수소 생산을 위한 핵심 요소기술의 실증 검증 및 확보</li> <li>- 국내 고유 기반의 고순도 수소 분리 설비에 대한 기술 검증 및 신뢰성 확보</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유기술로 저비용·고효율 고순도 수소 분리 기술 개발을 통해 다양한 저급연료의 고부가화 및 청정연료로 용이하게 활용할 수 있는 기술기반 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정 단순화 및 설비 컴팩트화 기술 구현을 통한 고순도 수소 분리 설비의 핵심 소재/부품 및 요소기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 수소 분리 기술 확보를 통한 시장경쟁력 강화 및 사업화 기반 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시장 경쟁력 강화, 신규시장 창출을 위해 수소 분리 핵심기술에 대한 실증기술을 개발을 통해 기술을 검증하고, 관련 기자재의 국산화를 위한 기반 확보</li> <li>- 기술 선진사 대비 동등 또는 우월 수준의 고유 기술 확보를 통한 시장경쟁력 강화</li> <li>- 중소규모 합성가스 정제에 특화된 기술 확보를 통한 시장 진출</li> </ul> </li> <li>○ 국내 고유 설계 및 제작기술 확보를 통한 관련 플랜트 산업 활성화 및 고용 증대 효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발 단계에서 국내 중소 엔지니어링사 및 제작사의 참여 및 국산화 기반 개발을 통한 역량 축적</li> </ul> </li> <li>○ 해외기술에 의존하는 국내 수소 분리 설비의 대체를 통한 수입대체 효과, 건설비 및 운전비 저감 효과</li> </ul>
<p><b>7. 연구개발기간 및 소요예산</b></p>	
	<p>기간/예산 : 5년/69.3억 원 (국고 51.5억 원, 민간 17.8 억원(현금 3.6억원), 민간 매칭 25.6 %)</p>
<p><b>8. 기 타</b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현실성이 있는 원료수급 계획 제시 필수</li> <li>○ 세부과제별로 단독 또는 타 세부과제와 연계하여 test-bed 부지 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test-bed 부지를 제공할 수요기업 또는 지자체 참여 필수</li> </ul> </li> </ul>

## □ 4 세부과제

연구개발 과제명	(4 세부과제) 수소 생산 플랜트 CO <sub>2</sub> 포집 및 고부가 활용 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Carbon Free 수소생산 공정 구현을 위한 CO<sub>2</sub> 포집 재이용 국산 기술 확보를 통해, 국내 및 해외 시장 경쟁력 확보</li> <li>○ 합성가스 수소생산 공정의 수소분리 후 잔존 가스에 존재하는 고농도 이산화탄소를 포집 재활용 기술 확보를 통한 CO<sub>2</sub> free 수소 생산공정 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스 수소생산 공정 발생 CO<sub>2</sub> 고압 탄산화 공정 개발</li> <li>- 250 Nm<sup>3</sup>/h급 Bench Scale 플랜트 설치 운영</li> <li>- 실공정 (50톤-CO<sub>2</sub>/일급) 수소생산 공정 적용 CO<sub>2</sub> 전환 포집공정 기본설계</li> <li>- CO<sub>2</sub> 포집물을 건설용 소재로 활용하기 위한 친환경 시멘트 제조기술 및 활용개발</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="244 1003 416 1072">□연구개발의 필요성</p> <p data-bbox="451 1003 1034 1037">&lt; 수소생산 공정 발생 CO<sub>2</sub> 전환 포집 기술&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Carbon Free 수소생산 공정 구현을 위해서는 수소생산 공정 발생 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 외기로 배출을 막아야 하고, 이를 위해서는 수소생산 후 잔류 CO<sub>2</sub>를 포집 하여 안전하게 영구 저장을 하여야 함</li> <li>○ 분리된 이산화탄소는 안정적인 저장이 요구되며 지층, 해저 저장은 저장지역에 물리적인 변화가 있을시 저장된 이산화탄소의 누출 등의 문제가 존재하게 됨</li> <li>○ 수소생산 공정의 수소분리후의 고농도 농축된 이산화탄소는 파리협약에 의한 정부 정책상 온실가스 감축실적 기여도가 큰 바, 영구 고정화를 통한 안정적인 저장 및 이용 방법이 필요하며, 이산화탄소를 고정화하기 위한 방안으로는 Direct gas-solid carbonation과 Indirect gas-solid carbonation으로 구분됨</li> <li>○ 이산화탄소 포집/활용을 위해 산업부산물에 10~30% 내외로 포함되어 있는 Ca 성분의 액상화(수산화칼슘)를 통한 광물탄산화기술의 적용은 이산화탄소 감축을 위한 에너지/처리 비용의 획기적 절감효율 향상 가능</li> <li>○ Lackner (1997), O'Connor, Gerdemann 등의 선행 연구에 따르면 Direct gas-solid carbonation의 방법은 일정량 이상의 yield를 얻기 위해서 고온 (185~500℃), 고압(20~340bar)을 필요하며, Indirect gas-solid carbonation의 경우도 마찬가지로 고온(500~600℃), 고압(45~340bar)를 요구하게 됨에 따라, 이를 해결가능한 상온 상압반응 방식의 광물탄산화기반 이산화탄소 전환 포집기술을 최적화하고 경제성 높은 기반기술을 확보하고자 함</li> </ul> <p data-bbox="451 1771 1206 1805">&lt;CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용 및 영구저장 기술&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내의 경우, 이산화탄소 포집 및 저장기술은 일정수준에 도달했으나, 대량 저장을 할 수 있는 지중 및 해양지역의 확보와 실용화가 곤란함</li> <li>○ 건설재료로 활용되는 플라이애쉬, 슬래그 및 건설폐기물 등은 CO<sub>2</sub> 저장원으로 활용이 가능(M. Fernandez Berto, Journal of Hazardous Materials, 2004)</li> </ul>

- 국내에서 발생하는 산업부산물은 1,200만톤/년 이상, 건설폐기물은 6,200만톤/년 이상으로 CO<sub>2</sub> 저장원으로 활용시 그 저장효과는 클 것으로 판단됨
- CO<sub>2</sub> 포집물을 포함한 페시멘트, 페콘크리트 등의 산업부산물을 건설골재로 사용할 경우, 자체 pH를 낮추어 2차 환경오염이 우려되는 하천 주변의 친환경 골재로 사용할 수 있으며, 이는 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률'에 적합하여 활용가능성이 큼
- CO<sub>2</sub> 포집물을 친환경 시멘트로 사용시 연간 200만톤의 CO<sub>2</sub> 포집물을 시멘트 대체제로 활용하며, 동시에 CO<sub>2</sub>를 안전하게 영구저장 가능

□ 기술동향

< 수소생산 공정 발생 CO<sub>2</sub> 전환 포집 기술 >

- 국내의 경우 광물 탄산화에 대한 기술은 반응물의 종류, 천연광물 및 산업부산물의 전처리기술 및 CO<sub>2</sub> 고정화 제품으로의 개발 등으로 나눌 수 있음. 천연광물의 탄산화 기술의 경우, 세계 최고수준인 미국을 100%로 볼 때, 국내 수준은 약 80%정도 임
- 현재 광물 탄산화 관련 국내에서는 발전 배출가스를 대상으로 일일 40톤의 CO<sub>2</sub>를 전환 연속포집 포집 공정을 대우건설 연구 컨소시엄이 한국남동발전 영흥본부에 설치 운영 실적을 확보함
- 미국의 Skyonic社は 2010년부터 미국 에너지부의 지원을 받아 텍사스 주 샌안토니오의 시멘트 공장에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 이용하여 중탄산나트륨, 염산, 표백제 및 염소 등을 생산할 수 있는 CO<sub>2</sub> 광물화 플랜트를 착공함
- 미국의 Searles Valley Minerals는 연간 2 백만 톤의 소다회, 황산나트륨 및 붕소를 생산하는데, 캘리포니아 트로나의 소다회 공장에서 연간 27 만 톤의 이산화탄소를 포집함. 이산화탄소는 아민 스크러빙 기술을 사용하여 석탄 발전소의 연도 가스에서 포집 된 다음 염수와 탄산화 반응을 하여 소다회 생산과정에 사용됨
- 호주의 Alcoa社は 대표적인 알루미늄 생산업체이며, 알루미늄 제조 공정 중 보크사이트 잔여물 슬러리에 존재하는 알카라인 모액을 활용하여 CO<sub>2</sub>를 처리함과 동시에 광물질이 풍부한 제품을 만드는 기술개발을 수행중에 있음
- 일본의 경우 페 시멘트/콘크리트의 광물탄산화 반응 연구가 주요 관심사이며, 폐기물과 산업부산물의 광물탄산화 반응은 미국과 캐나다에서 주 연구 대상으로 구분됨
- 네덜란드의 Twence社は 2011년부터 EU의 지원을 받아 2백만 유로 규모의 CO<sub>2</sub> 전환기술 프로젝트를 진행 중이며, 개발 중인 광물탄산화기술은 폐기물 소각 발전 시에 발생하는 배가스를 가성소다와 반응시켜 중탄산소다를 제조하고 이를 배가스 정제 장치에 재사용하는 기술 특징을 가지고 있음

<CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용기술 >

- 국내의 경우, 광물 탄산화를 통해 생산된 CO<sub>2</sub>포집물 건설소재 활용 실적은 발전 배출가스를 대상으로 일일 40톤의 CO<sub>2</sub> 포집 공정 발생 CO<sub>2</sub> 포집물을 레미콘, 보도블럭, 토목소재 등 활용기술 확보함
- 미국의 Calera社は 전기화학공정인 Alkalinity Based on Low Energy(ABLE)를 통하여 생성된 가성소다를 해수로부터 얻은 칼슘, 마그네슘의 양이온과 반응시켜 단일 모듈에서 콘크리트 및 시멘트 등을 생산하는 기술을 개발함
- 호주의 MCI(Mineral Carbonation Institute) 프로젝트는 시멘트, 석고, 벽돌 및 기타 가치 있는 산업 제품과 같은 건축 자재 생산을 위해 탄산염 및 규산염과 함께 CO<sub>2</sub>를 광물탄산화 전환하는 것을 목표로 함. 그것은 광물 탄산화 기술의 상업적 잠재력을 시험하고 테스트하기 위해 호주 시드니 근처의 뉴캐슬 대학교 (University of Newcastle)에 시범 공장을

**3. 연구개발내용**

**<수소생산공정 CO<sub>2</sub> 전환 포집기술>**

- 합성가스 수소생산 공정의 수소분리 후 잔존 가스에 존재하는 이산화탄소를 광물탄산화 공정을 통한 전환 및 포집 공정 개발
  - 합성가스 수소생산 공정 발생 CO<sub>2</sub> 고압 탄산화 공정 개발
  - (1단계) Lab. Scale 기초 테스트
    - 핵심 변수별 반응효율 특성 평가 (유입 가스 조성별, 압력별, 온도별, 반응약제별, 첨가제별)
    - 핵심 설계인자 도출, Bench Scale Reactor 설계
  - (2단계) 250Nm<sup>3</sup>/h급 Bench Scale 플랜트 설치 운영
    - 본 설비 발생 가스를 대상으로 Bench Scale 현장제작 및 운영 (유입 가스 조성별, 압력별, 온도별, 반응 약제별, 첨가제별)
    - 핵심 설계인자 도출
  - 실공정 (50톤 CO<sub>2</sub>/일급) 적용 CO<sub>2</sub> 전환 포집공정 기본설계
  - 수소생산공정 적용 CO<sub>2</sub> 저감 환경영향성 평가 및 경제성 분석

**<CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용기술>**

- CO<sub>2</sub> 포집물을 건설용 소재로 활용하기 위한 친환경 시멘트 제조기술 개발
  - 이산화탄소 포집물의 탈수 건조 기술 확보
  - CO<sub>2</sub> 포집물 활용 친환경 시멘트 제조 기술 개발
  - 친환경 시멘트 이용 보도블럭 등 제조 및 품질 평가
  - 이산화탄소 포집물의 활용 제품 활용 전략 수립
  - 기술개발 목표

성능지표	단위	성능수준		기술개발 목표
		세계최고 수준	연구개발 전 국내수준	
1. 고압 광물탄산화 반응기	bar	상압	상압	10 이상
2. CO <sub>2</sub> 기준 광물화(MCO <sub>3</sub> ) 전환율	%	90 이상	50 이상	90 이상
3. 탄산염(CO <sub>2</sub> 포집물) 알칼리도	pH	-	9 이하	8 이하

**4. 연구개발 추진방법**

**추진전략**

- 수소제조 공정 발생 CO<sub>2</sub> 전환 및 포집공정 기 개발기술 활용한 수소생산공정 접목 가능 기술로 Up Grade
  - 기 확보 발전 배출가스 CO<sub>2</sub> 포집공정 40 ton-CO<sub>2</sub>/일급을 수소제조 공정에 접목
  - Lab. Scale에서 도출한 최적 인자 도출 후 Bench Scale 설계/제작 및 운전
  - 수소생산 공정 접목 가능한 고압공정에 특화된 CO<sub>2</sub> 포집 공정 구현
  - 이산화탄소 저감 환경영향성 평가 및 경제성 평가 등 수행으로 시장수요를 충족시키는 CO<sub>2</sub> 포집공정 완성

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경제성 제고를 위한 폐콕애쉬 등 반응원료물질 다변화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> 포집물 고액분리장치 최적조건 및 실증</li> <li>- CO<sub>2</sub> 포집물 활용 용도에 따른 원료물질 활용 폭 확대</li> <li>- 반응약제로 폐콕 애쉬 활용방안 집중 연구</li> <li>- 반응 효율 향상을 위한 첨가제의 CO<sub>2</sub> 포집물 활용 영향 최소화하여 활용성을 높임</li> <li>- 기존의 CO<sub>2</sub> 저감기술이 가지는 고비용 이미지를 벗어나 대규모 CO<sub>2</sub> 저감과 더불어 경제성을 갖춘 사업화 가능한 비즈니스 모델 확립 가능</li> </ul> </li> <li>○ CO<sub>2</sub> 포집물 친환경 시멘트 제조 및 활용을 통한 CO<sub>2</sub> 영구저장 기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2030년 우리나라 온실 가스 감축 목표를 달성하기 위해 현재 정부주도로 다양한 CCS 프로젝트가 실증 개발중 에 있으나, 수송-저장에 따른 경제성과 안정성, 부지확보에 대한 논란이 해소되지 않는다면 사용 불가능 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 경제성을 갖춘 본 콤팩트 처리 공정을 대규모 감축 대안 기술로써 기술선점 및 시장점유율확대 확보</li> </ul> </li> <li>- CO<sub>2</sub> 포집물 친환경 시멘트 활용으로 영구저장으로 안전성 기반확보</li> <li>- 지진등 영향으로 CO<sub>2</sub> 외부누출 없이 1000년동안 100% 안전저장 검증됨</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>□ 추진체계</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수소생산공정 발생 CO<sub>2</sub> 전환 및 포집공정 개발은 기존의 상압 기반의 CO<sub>2</sub> 광물화 포집공정을 10bar 이상의 고압 반응기 적용을 위한 기반연구 연구로, 연구효율성을 위하여 최소 비용으로, 공정 확보를 위한 기반연구 진행</li> <li>○ 수요기업을 연구단계 부터 참여시키고, 국제 전문가(대만 국립교통대 등)참여로 연구의 Quality 제고 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여기관은 1단계(2년)에서 Lab. Scale 고압 탄산화 반응기 개발을 위한 기반연구를 담당하고, 이를 통해 도출된 결과를 활용하여 2단계 반응기 설계를 수행</li> <li>- 팻콕이용 수소생산 전단계 공정이 설치 완료되면, 여기에서 발생하는 가스를 이용하여, 2단계(3년)에서 250Nm<sup>3</sup>/h급 Bench Scale 고압 탄산화 반응기 설치 운영</li> <li>- 최종 년도에는 실공정 적용 가능한 고압 탄산화 반응기 기본설계를 수행함</li> </ul> </li> <li>○ CO<sub>2</sub> 포집물 건설 소재 활용기술 개발은, 향후 사업을 염두에 둔 기업을 참여기관으로 선정하여 공동 연구를 추진함</li> <li>○ 제 4세부과제 추진시, 총괄 기관 및 전단계 수행기관(제1세부~제3세부)과 긴밀한 공조 체제를 유지</li> </ul>
<p><b>5. 최종성과물</b></p>	
<p><b>□ 주요 최종 성과물</b></p>	<p><b>&lt;수소생산 공정 CO<sub>2</sub> 전환 포집기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 합성가스 수소생산 공정의 수소분리 후 잔존 가스에 존재하는 이산화탄소를 광물탄산화 공정을 통한 전환 및 포집 공정 개발</li> <li>○ 250 Nm<sup>3</sup>/h급 Bench Scale 플랜트</li> <li>○ 실공정 (50톤 CO<sub>2</sub>/일급) 적용 CO<sub>2</sub> 전환 포집공정 기본설계</li> </ul> <p><b>&lt;CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ CO<sub>2</sub> 포집물을 건설용 소재로 활용하기 위한 친환경 시멘트 제조기술</li> <li>○ 이산화탄소 포집물의 탈수 건조 기술</li> </ul>

□ 성과 지표	<단위: 건, 억원>					
	1차	2차	3차	4차	5차	계
	SCI(E)(건)	-	1	1	1	4
	특허출원(건)	1	1	1	-	4
	특허등록(건)	-	-	1	1	3
	기술료(억원)	-	-	-	0.26	0.26
	시제품(건)	-	-	1	-	1
주) 기술료 기준: 국고 지원금의 1.8% 납부 기준 (국고 지원금 중 기업 사용 30% 가정, 정액기술료 10% 및 조기납부 40% 감면 기준)						
<b>6. 활용방안 및 기대효과</b>						
□ 활용방안	<p><b>&lt;수소생산 공정 CO<sub>2</sub> 전환 포집기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 과제 연구개발 결과물인 수소생산 고압 탄산화 CO<sub>2</sub> 포집공정은 향후 수소생산 공정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>포집공정 상용화 및 기술보급에 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 합성가스 생산을 위한 순산소 가스화 기술 개발 과제(1 세부과제~3 세부과제)와 연계하여 국내 및 국외 수소생산 핵심 플랜트로 접목</li> <li>- 각 요소기술에 대한 특허 확보를 통해 라이선스 보유</li> </ul> </li> <li>○ 고압 탄산화 공정은 개별적으로도 CO<sub>2</sub> 포집 및 건설소재 활용 공정으로 타산업의 배출가스 CO<sub>2</sub> 포집 공정으로 활용 가능 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구온난화의 주범인 CO<sub>2</sub>를 활용, 처리한 무기성 순환자원의 품질평가를 통해 사용목적에 맞게 제조 가능 및 응용, 활용</li> </ul> </li> </ul> <p><b>&lt;CO<sub>2</sub> 포집물을 활용한 건설소재 활용기술&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ CO<sub>2</sub> 포집물 친환경 품질인증 및 순환(재활용)자원의 판매증대</li> <li>○ 국내 축적된 실적을 기반으로 인도, 베트남 등 국외 시장 진출 및 사업을 확대에 활용</li> </ul>					
□ 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 기술개발을 통해 산업폐기물의 재활용 및 지구온난화의 주범인 CO<sub>2</sub>를 원천적으로 제거함으로써 친환경적 건축자재의 생산 및 활용이 가능할 것으로 판단</li> <li>○ 또한 본 공정을 통해 CO<sub>2</sub> 감축뿐만 아니라 폐기물계 Ash를 투입함으로써 분진 폐기물을 효과적으로 처리할 수 있을 것으로 기대되며, 포집물을 지반 개량용 및 기타 시멘트와 상호 보완적 건설 소재로 활용하여 시공 비용, 기간을 단축시킬 수 있는 효과도 기대됨</li> <li>○ 본 과제를 통해 달성하고자 하는 비즈니스 모델은 두 가지로 1)CO<sub>2</sub> 포집 장치 판매와 2)포집물을 판매 및 활용을 통한 이익 창출로 요약되며, 중장기적으로 산업에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 효과적으로 포집하여 건설 산업에 다시 활용함으로써 생산부터 소비까지 저탄소 Cycle을 구축 기대</li> </ul>					
<b>7. 연구개발기간 및 소요예산</b>						
기간/예산 : 5년/19.5 억원 (국고 14.5억 원, 민간 5.0 억원(현금 1억원), 민간 매칭 25.6 %)						
<b>8. 기 타</b>						
○ 수소가스 발생 및 취급, 고압 반응기 사용으로 인한 안전 대책 필수						

## 주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구 기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안 됩니다.