고효율 중소형 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획

2018. 4. 23.

Infrastructure
R&D Report

수행연구기관 / 한국화학연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “고효율 중소형 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 4. 23.

수행연구기관명 : 한국화학연구원
연 구 책 임 자 : 전기원
연 구 원 : 김석기
〃 : 이윤조
〃 : 곽근재
〃 : 강석창

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>16RDPP-C
119932-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2016.9.15.
-
2017.12.31</td><td>단 계 구 분</td><td></td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>전기원</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 5 명
내부 : 5 명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부:
150,000천원
기업: 0 천원
계: 150,000
천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국화학연구원
C1가스분리전환연구센터</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>345</td></tr>
<tr><td colspan="6">□ 연구 목표: 고효율 중소형 GTL 플랜트 기술 경쟁력 강화를 위한 세부 연구개발 과제 도출, 예산 산출 및 테스트베드 건설 기획
□ 연구 내용
○ 중소형 GTL 기술개발에 대한 국내·외 정책/시장/기술 동향 분석
- 중소형 가스전에 대한 개발 요구가 세계적으로 증가함에 따라 그에 대응하는 마이크로 GTL 기술을 이용한 플랜트 시장이 확대할것으로 전망
- 개화단계인 시장을 선점하기 위해 선도형 연구개발을 통해 국내 기술경쟁력을 시급히 강화시킬 필요가 있음
○ 사업 추진 전략
- 핵심요소공정기술을 개발하는 1단계(3년)와 개발된 기술을 바탕으로 상용급 실증 플랜트를 운전하여 Track record를 확보하는 2단계(4년)으로 나누어 추진
○ 세부 연구개발과제 기획
- 1. 원료가스공급 및 전처리, 2. 합성가스 제조용 리포밍 기술, 3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술, 4. 합성원유 업그레이딩, 5. 마이크로 GTL 플랜트 기본 설계 기술, 6. 플랜트 건설 및 시운전으로 나누어 세부 연구목표 및 과제 도출
○ 사전타당성 검토
□ 기대효과
○ 고부가 플랜트 기술 수출 증대 및 자원확보, 온실가스 저감(CDM 등) 사업 진출 효과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">가스액화, 중소형 GTL, 마이크로 GTL, 세일가스, 비전통 가스전</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Gas-to-Liquids, small-scale GTL, micro GTL, Shale gas, unconventional gas</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

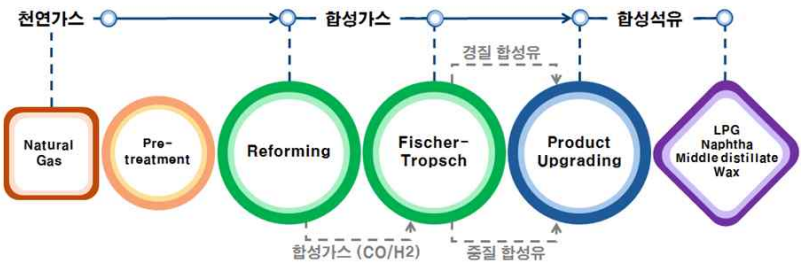
□ 고효율 중소형 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획

Ⅱ. 연구개발과제 개요

1. 기술의 정의

□ 마이크로 GTL (Gas-to-Liquids) 플랜트 기술은 소형 가스전에서 발생하는 천연가스를 마이크로채널 타입의 반응기 모듈을 이용하여 액체상태의 석유제품으로 제조하는 일련의 공정기술임

▪ GTL 은 천연가스를 화학적인 전환에 의하여 액체상태의 석유제품을 제조하는 기술 및 공정을 뜻하며, 천연가스의 전처리 단계 → 합성가스 제조 단계
→ Fischer-Tropsch (FT) 합성 단계 → 최종제품으로의 업그레이딩 단계로 구성

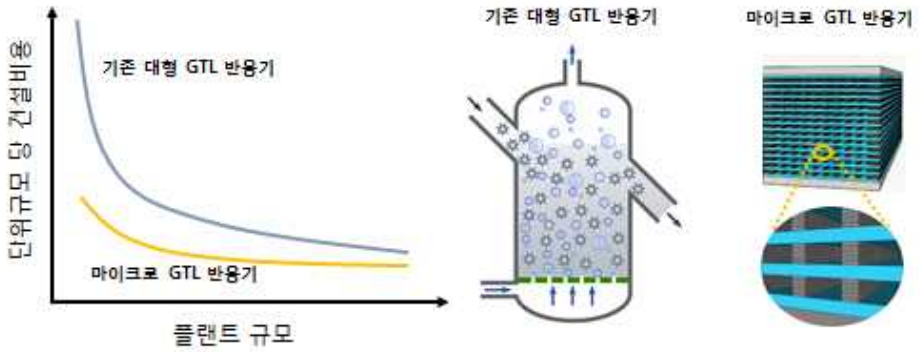


〈GTL 기술의 정의〉

□ 마이크로 GTL의 규모는 통상적으로 하루에 10,000 배럴 미만의 합성연료를 생산하는 공정(< 10,000 bpd)으로 분산된 셰일가스, 한계가스, 동반가스, 매립지 가스와 같은 비전통적 중소형 가스자원을 타겟으로 하고 있음

○ 기존의 10,000 bpd 이상의 규모를 갖는 GTL 공정은 규모의 경제를 극복하기 위하여 장치를 대형화 시키고 이에 맞는 대규모 가스전을 필요로 하는 전형적인 자본 집약적인 장치 산업임

○ 마이크로 GTL 플랜트는 마이크로채널 타입의 소형화/모듈화된 반응기를 이용하여 기존의 전통적인 GTL 장비에 비해 부피를 90% 이상 소형화하고, 반응기의 단위부피당 합성연료의 생산량을 최대 20배 이상 증가 가능함



비교 항목	기존 대형 GTL 플랜트	마이크로 GTL 플랜트
대량 생산 규모	> 10,000 BPD	< 10,000 BPD
반응기 부피	> 0.32 m^3/BPD	< 0.12 m^3/BPD
가스 처리량	< 5,000 L/kg/h	> 10,000 ~ 100,000 L/kg/h
사업 위험도	높음 (투자비 과다)	낮음
적용 가능 가스전	대형 가스전	소형 (한계/동반/매립지)
세계적인 기술 수준	상용화 완료	상용화 진행중

<마이크로 GTL 플랜트의 개념도 및 주요 기술 비교>

2. 연구개발 배경 및 필요성

□ 해외 각국의 에너지 자원 확보 경쟁이 심화되고 있는 상황에서, 기존 화석연료 등 전통적 에너지원을 대체하는 비전통 에너지 소비에 대한 확대 정책이 각국에서 주요 기조로 자리잡아 가고 있음

□ 세일가스, 한계가스 등의 비전통(unconventional) 가스자원은 중요 미래 자원 중의 하나로서, 수요가 꾸준히 증가하고 있으나 관련 기술개발은 더딘 상황임

□ 국가경제의 대부분을 석유자원에 의존하고 있는 나라들은 동반가스 소각에 따른 온실가스 배출 저감과 연료 내 황 함유량 기준 강화를 통한 지구온난화・환경오염 대응이 필요한 상황임

□ 특히 우리나라는 에너지 수입의존도가 매우 높으며, 석유제품 소비량이 꾸준히 증가하고 있어 이에 대한 대응마련이 필요함

□ 해외에서는 저렴하고 부존량이 많은 비전통가스 및 천연가스를 이용하여 무공해 청정연료인 가스합성석유(GTL)기술에 대한 관심을 가지고, 대형자원개발사들을 중심으로 GTL플랜트 시장에 진출하고 있음

□ 마이크로채널 반응기 기반의 모듈형 마이크로 GTL플랜트는 한계가스전 등 중소규모의 가스전에서도 경제성을 가질 수 있어 각국에서 관심을 갖고 있는 플랜트이나 아직은 초기 도입단계에 있음

□ 마이크로 GTL플랜트 기술은 타 기술에 비해 민간에서 단독으로 개발하기에는 진입장벽이 높고 부담이 큰 High Risk 기술인만큼 정부차원에서의 지원이 필요함

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과

1. 국내외 동향 및 환경분석

□ 시장동향 분석 결과 CO_2 규제 및 선진국의 에너지자원 확보 경쟁으로 인한 마이크로 GTL플랜트의 시장이 확대될 것으로 분석됨

□ '11~'13년의 고유가 상황을 벗어나 현재는 배럴당 50~60달러 선을 유지하고 있으나, 유가 변동을 예측하기 어려운 상황임

□ 마이크로GTL 기술을 선도하는 해외기관의 경우 현재 북미 및 카자흐스탄의 중소규모 가스전에서 상용화를 진행중이며 점차 시장을 확대해 나갈 것으로 보임

□ 제안 과제를 통해 마이크로 GTL 기술이 상용화 단계로 개발된다면 점차 확대되는 중소규모 가스전 시장을 점유하는 데에 아래와 같은 경쟁력이 있다고 판단됨

□ 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 검토 결과, 동 사업은 500 BPD급 실증 GTL 플랜트 모듈의 기술 개발이라는 관점에서 기존 기술·연구와 차별성을 갖는 것으로 분석됨

□ 연구개발 인프라 및 전문인력의 경우 출연연, 대학 및 기업을 포함한 우수한 연구 인프라가 기 구축되어 있어 협력체계 형성을 통한 연구개발로의 집중이 가능할 것으로 분석됨

□ 국내 정유회사들의 플랜트 운영 기술은 세계 최고 수준으로, 향후 실증 플랜트 운영 시 안정적인 운영을 기대할 수 있음

□ 현재 국내에서는 해외 진출을 위한 모듈형 GTL 실증사례가 부재한 상황이며, 각 요소기술을 통합한 GTL 플랜트의 설계·시공·운전 기술이 부족한 상황임

2. 연구개발과제 구성 및 추진전략

(1) 비전 및 목표



<비전 및 목표>

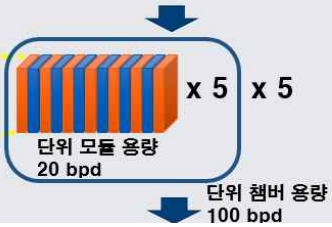
(2) 사업추진전략

□ 국내 기술 수준을 고려해 본 사업은 핵심요소공정기술을 개발하는 1단계와 개발된 기술을 바탕으로 실증 플랜트를 운전하여 Track record를 확보하는 2단계로 나누어 추진함

<단계별 목표 및 추진전략>

단계	1단계	2단계
기간	3년	4년
예산	약 100억원	약 800 억원
규모	5 bpd	500 bpd
목표	요소기술 보완 및 통합공정 완성도 제고	세계 선도형 마이크로 GTL 기술 확보
부지	국내	해외

<기술개발 계획표>

시기	2010~2015 (5년)	2019~2021 (3년)	2022~2025 (4년)
규모	0.2 bpd (모듈당 0.2 bpd)	5 bpd (모듈당 5 bpd)	500 bpd (모듈당 20 bpd x 5 x 5)
예산	105.5 억원	~ 100 억원	~ 800 억원
비고	마이크로 채널 열교환식 반응기 국내 첫 개발 (한계) • 고온에서 리포머 내구성 한계 • 개질 촉매 교환 어려움	단위 모듈당 기존 대비 25 배 scale-up (과제) • 단위셀 대면적화 • 고내열성 리포머 • 촉매 교환 가능한 디자인	단위 모듈당 1단계 대비 4 배 scale-up. 전체용량 100배 scale-up (과제) • cell stacking 한계 인자 파악 • 반응기 병렬 배치를 위한 엔지니어링
모식도			

(3) 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술	
연구개발 목표	• 마이크로 GTL 실증플랜트 원료 공급을 위한 피독물질 제거 및 정제 시스템 평가 및 선정 • 500 bpd마이크로 GTL 공정에 적용하기 위한 공급 유틸리티 통합설계
주요 내용	• 해외 소형 가스전 확보 - 인도네시아 등 해외사업자와 협의 - 기술적용 및 사업모델 제시 • 대상 가스전 물성 확보 및 원료가스 공급 조건 정립 - 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석 - 계절별, 시간대별 조성, 유량 데이터 확보 - 원료가스 공급조건 정립 • 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정 - 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거 기술 평가 - 원료가스 공급 시스템 인허가 • 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계 - 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계 - 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계 - 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계 • 원료가스 공급 - 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급
추진 전략	1단계(3년): 기술 평가 및 선정, 유틸리티 설계,테스트베드 공급 시스템 인허가 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 플랜트 원료가스 분리, 정제, 공급 (GTL 통합공정과 함께 운영)

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성가스 제조용 모듈형 리포밍 반응 시스템 개발
주요 내용	• 내코크성 분말 촉매 양산 및 플래이트화 촉매 성형기술 - 피드 조성 (CO2/Steam/CH4)에 따른 촉매 안정성 향상 연구 - 금속산화물분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발 - 로드셀 이용한 분말 연속 공급 및 성형 공정 개발 - 코팅두께 최적화 • 마이크로 채널 리포밍 반응기 개발 - 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로 채널 최적화 - 촉매 교체가 용이하고 장입량이 최대화된 모듈형반응기 구조 설계 - 고내열성 반응기 재질 탐색 및 제작 기술 - 발열반응을 이용한 열교환식 채널 구조 설계 • 합성가스 비 제어 기술 - 멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술 • 모듈형리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리 - 500 bpd급플랜트에 개질 촉매/반응기를 제공하고 합성가스 비 제어해서 FT에 공급
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 파일럿 규모에서 마이크로 리포밍 반응 운영 및 최적화,500 bpd 급 설계 2단계(4년): 500 bpd(준)상용 플랜트에 촉매 및 리포밍 패키지 제작 공급

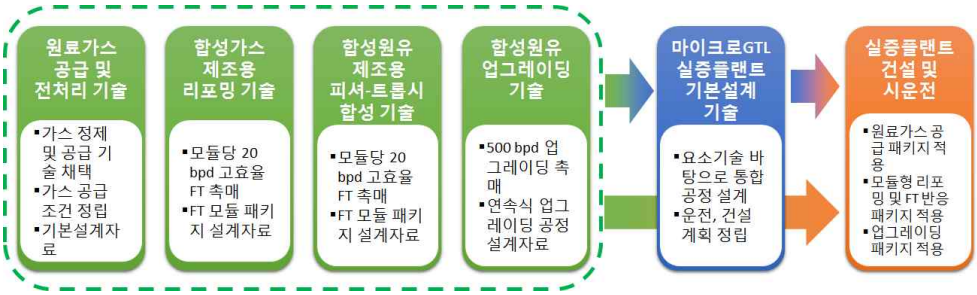
3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성연료 제조용 모듈형 피셔-트롭시 반응 시스템 개발
주요 내용	• 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매 개발 및 양산 - 고선택성Co 기반 촉매 개발 - 금속산화물분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발 - 교체가 용이한 모듈형3차원 촉매 구조체 성형 기술 - 마이크로 채널 내 촉매 장입 및 교체 기술 • 마이크로 채널 F-T반응기 개발 - 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로 채널 반응기 최적화 - 반응기 단위 셀 대면적화 및 촉매 장입량 극대화 기술 - 내구성이 높은 반응기 제작을 위한 채널간 접합기술 • 모듈형피셔-트롭시 반응기 및 촉매 적용 - 500 bpd급플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd파일럿규모에서 마이크로 FT 합성 반응 운영 및 최적화 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 플랜트에 촉매 및 F-T 반응기 제작 공급

4. 합성원유 업그레이딩	
연구개발 목표	• 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성원유 업그레이딩 기술 개발
주요 내용	• 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술 - 고효율 수첨처리 촉매 개발 및 양산 - 합성원유 안정성 평가 지표 확립 • 업그레이딩 촉매 개발 및 양산 - 윤활기유의 내열성 및 점도 향상을 위한 디왁싱 촉매 개발 및 양산 - 디젤, 제트유,가솔린 연소 품질 향상을 위한 이성질화 촉매 개발 및 양산 - 최적 반응 조건 도출 • 연속식업그레이딩 반응기 시스템 설계 - 수첨처리공정 및 업그레이딩 공정의 연속식 반응시스템 설계 - 최적 반응 조건 도출 및 공정 설계 • 업그레이딩 촉매 및 공정 적용 - 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 파일럿 규모에서 업그레이딩 촉매 공정 개발 및 최적화 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 규모에 촉매 및 리포밍 패키지 제작 공급

5. 마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 파일럿 플랜트 운전을 통한 500 bpd (준)상용 플랜트 기본 설계 기술 역량 확보 및 기본 설계 패키지 개발
주요 내용	• 최적 통합공정 시뮬레이션 기술 - 경제성 분석 모델 개발 - 효율 증대를 위한 공정흐름 전환 연구 • 공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술 - 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성 - 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화 • 운전계획 및 제어로직 개발 등 실용기술 - 플랜트 운전 제어 개념 및 방법 개발 - 준비/시운전/가동/운전/정지 메뉴얼 개발 - 운전중 이상상황 조기 진단 및 대응 - ICT 기반 엔지니어링 기술 • 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전 계획 제공 - 500 bpd급 플랜트 EPC업체 선정 및 운전 계획 확립
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd파일럿 규모 플랜트 통합설계및 운전, 500 bpd 상용급 플랜트 기본설계 2단계(4년): 500 bpd (준)상용플랜트 상세설계 및 엔지니어링, 시공 업체 선정 및 운전 협력

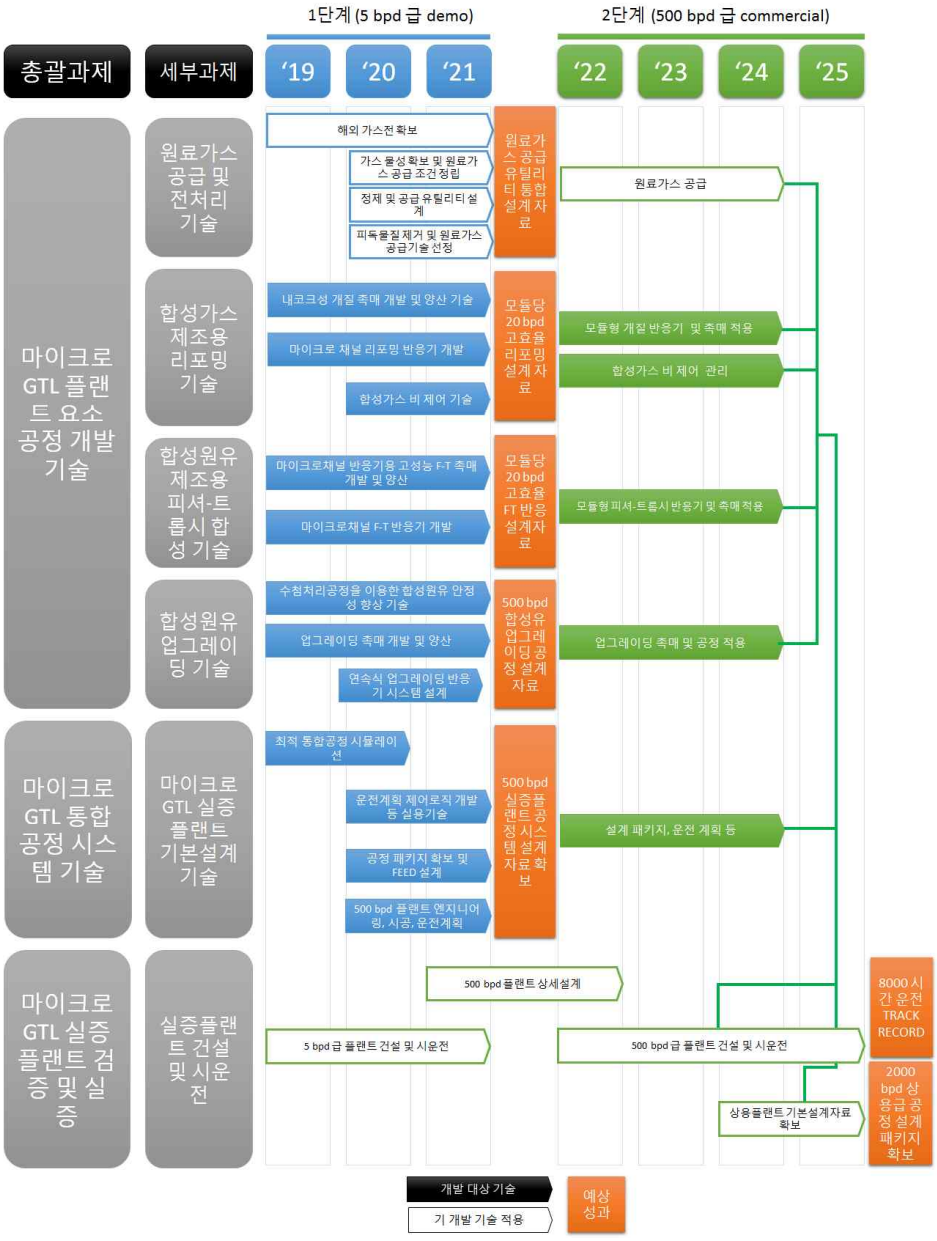
6. 플랜트 건설 및 시운전	
연구개발 목표	• 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전
주요 내용	• 5 & 500 bpd급 플랜트 상세설계 - 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study) - 상세구조설계 및 상세시방설계 • 5 & 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전 - 실증공정 제어 및 운영 최적화 - 현장 시공 및 평가 - 시스템 성능 시험 및 시운전 운영 - 운전 데이터 DB화 - 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술 - 시스템 성능시험 • 상용플랜트 기본설계자료 확보 - 2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 실증플랜트 건설 및 시운전 2단계(4년): 500 bpd (준)상용플랜트 EPCM업체 선정 및 운영

(4) 세부과제 간 연계관계



〈세부과제간 연계관계 개요도〉

(5) 기술로드맵



〈동 사업의 연차별 단계별 성과 및 기술 로드맵〉

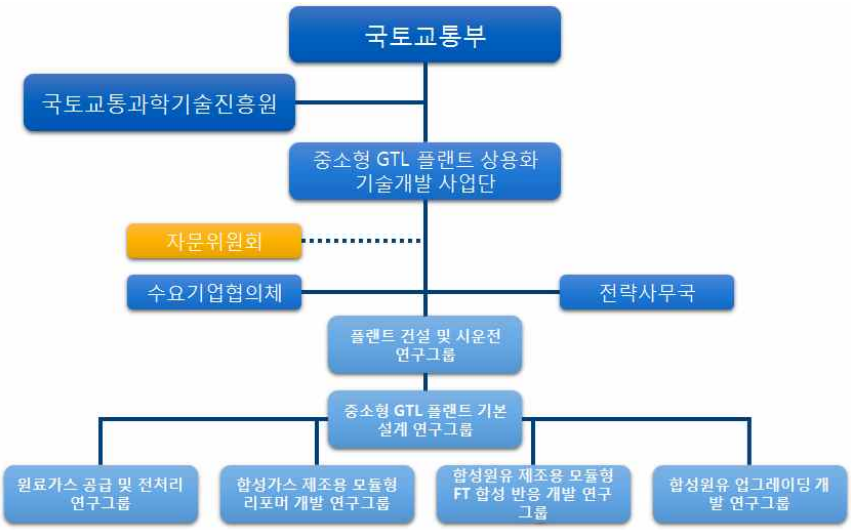
(6) 산업생태계 분석

□ GTL을 포함한 Oil&Gas(O&G) 및 정유 플랜트 산업의 가치사슬 구조는 '자원 개발' → '플랜트 설비 및 촉매 공급' →플랜트 엔지니어링 및 건설 '→ '운영 및 판매' 로 구성됨



〈수요기업 가치 사슬 (Value chain)〉

(7) 사업추진체계 및 사업관리방안



〈사업 추진체계〉

3. 사전타당성 검토

(1) 논리모형

<동 사업 논리모형>

1. 이슈/문제

- 미래 석유/가스 가격 변동전망, 전세계에 고르게 퍼져있는 한계가스전, 동반가스 소각 규제 추진 등의 환경변화 여건을 고려할 때, 마이크로 GTL플랜트 시장은 지속성장이 전망되는 유망시장
- 마이크로 GTL플랜트 시장은 소수의 기업만이 기술을 보유하고 있으며, 상용화급 플랜트 시범적용 단계에 있는 미개척 시장
- 모듈형 리포머/F-T합성 반응기, 업그레이딩 기술은 미흡
- 개별 요소기술을 통합한 마이크로 GTL플랜트 설계 및 운전경험은 부재
- 마이크로 GTL플랜트 실증 및 운영 실적 부재로 해외시장 진출 어려움

2. 목표

- 사업목표는 해외진출 실적확보가 가능한 500BPD규모의 고효율 마이크로 GTL플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영
  - 500BPD규모
  - 8,000시간 이상의 운전시간 확보
  - 시장에서 가격경쟁력을 확보할 수 있는 18만$/BPD 수준의 건설기술 확보
  - 선도기업 대비 우수한 효율 달성(에너지 효율성 50% 이상, 탄소 효율성 60% 이상)

3. 수혜자

- 마이크로 플랜트 사업 수주 및 기본설계/시공/설치를 수행하는 EPC
- 각 공정별로 사용되는 기자재 기업

4. 투입

- 연구인력 634명
- 테스트베드 구축비용 포함한 총 사업비 913.8억원

5. 활동

- 5BPD급 마이크로 GTL 핵심 요소기술 개발
- 500BPD급 해외 실증플랜트 건설 및 운영

6. 산출

- 5BPD급 마이크로 GTL핵심 요소기술
- 500 BPD급 해외 실증플랜트 및 운영실적

7. 성과/영향

- 해외 10,000 BPD급 모듈형 GTL플랜트 시장경쟁력/기술경쟁력 확보
- 해외 플랜트시장 매출발생

8. 가정

- 현재의 유가와 가스가격 비율이 유지되어 마이크로 GTL플랜트 시장이 본격적으로 개화
- 개발완료 시점에서 개발기술 수준은 경쟁기관의 기술력과 동등 또는 우위

(2) 정책적 타당성

□ 필수계획과 선택군 계획의 각 부합성 조사내용을 종합한 결과, 상위계획과의 부합성은 대체로 적절한 것으로 분석됨

<상위계획과의 부합성 최종 평가>

필수계획 / 선택군계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	**대체로 적절**	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

<상위계획별 부합성 평가>

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
최상위 계획	제3차 과학기술기본계획		O	
선택군 계획	국토교통 R&D중장기 전략			O
	제2차 에너지 기본계획		O	
	제3차 에너지기술개발계획			O
	제5차 해외자원개발 기본계획			O

□ ‘제3차 과학기술기본계획(‘13~‘17)’ 과의 부합성에서는, High2 국가 전략기술 개발’ 중 ‘미래성장동력확충’ 부문의 ‘미래에너지와 자원 확보·활용’ 세부과제에서 이 사업과 관련된 자원 개발처리 기술을 전략기술로 언급하고 있으나, 직접적으로 마이크로 GTL플랜트 기술에 대한 언급은 없어 이 사업과의 부합성은 보통으로 판단됨

□ ‘국토교통 R&D 중장기 전략’ 과의 부합성에서는, 10대 중점 프로젝트 중 ‘글로벌 TOP플랜트 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 분석됨

□ ‘제3차 에너지기술개발계획’ 과의 부합성에서는, ‘에너지 공급기술’ 분야의 세부기술 중 차세대 청정연료에서 GTL플랜트의 개념을 직접적으로 언급하고 있으며, 이 사업과의 부합성은 높은 것으로 판단됨

□ ‘제5차 해외자원개발 기본계획’ 과의 부합성에서는, 동 기본계획에서는 5대 주요

추진 과제 中, ‘해외자원개발 기술역량 제고’ 및 ‘장기적인 에너지 안보역량 강화’ 과제가 동 사업에서 추진하는 마이크로 GTL 플랜트 기술개발 방향성과는 부합하나, 직접적으로 마이크로 GTL플랜트 기술확보와 관련된 언급은 없으므로, 부합성은 보통으로 판단됨

□ 마이크로 GTL플랜트 기술은 동 사업의 주관부처인 국토교통부의 국토교통 R&D사업개편(안)에 반영되어 있어, 국토교통부는 동 사업에 대한 추진의지를 갖고 있는 것으로 판단됨

□ 동 사업은 기존 국토교통 플랜트 R&D 사업, 지자체로부터의 사업예산 지원, 중소·중견기업의 매칭펀드 참여 등으로 재원조달 가능성이 높은 것으로 분석됨

○ ‘19년 이후 기존 국토교통 플랜트 R&D사업 중 약 40.6억원 규모의 R&D 사업이 종료됨에 따라 이에 상당하는 규모의 예산 투자가 가능할 것으로 보임

○ 도시 인근 매립지에서 발생하는 가스를 처리할 수 있는 GTL에 대한 수요가 지자체에서도 발생할 것으로 예상되며, 지자체로부터 쓰레기처리에 대한 사업예산 지원이 가능할 것으로 보임

○ 연구개발 사업에 중소규모 GTL기술을 활용하고자 하는 기업들이 참여하고 있으며, 이들 기업의 매칭펀드로 재원의 일부 조달이 가능할 것으로 보임

□ 동 기술개발 사업은 국고 지원을 바탕으로 해외에서의 실증 테스트베드 운영을 목표로 하고 있으므로, 국고 지원이 WTO의 보조금 협정에서 금지보조금·분쟁대상 보조금으로 분류되지 않도록 사업 추진 시 주의할 필요성이 있음[1)]

(3) 기술적 타당성

□ 동 기획에서는 기획전문가위원회를 운영하였으며, 기획전문가위원회는 현황 및 이슈 분석, 사업추진방향 설정, 과제발굴 등의 주요 기획항목을 추진하는 데에 함께 참여하였음

○ 기획전문가위원회는 총 33명이며, 동 기획의 기술범위를 모두 포괄할 수 있도록 구성되었음

○ 기술개발이 완료되었을 때, 기술 활용하여 사업을 추진하는 기관은 기업이 되므로, 기획전문가위원회에서 기업 비중을 높게 가져갔으며, 해외 사업진출을 고려한 기술개발사업 기획임을 고려할 때 적절한 것으로 보임

1) 연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침, 한국과학기술평가원, 2016.11

○ 기획전문가 Pool에서 연구원 및 대학(학계) 소속의 전문가들은 기술의 ‘개발자’로, 산업계 소속의 전문가들은 동 과업 개발 기술의 ‘공급자’로, 가스기술공사 및 매립지 공사의 전문가들은 기술의 ‘수요자’로 분류할 수 있음

□ 동 사업을 추진함으로서 해결하고자 하는 이슈로는 논리모형에서 제시한 바와 같이 ‘향후 시장 성장이 예상되는 마이크로 GTL 플랜트 기술 확보를 통한 높은 시장 점유율 달성’임

○ 마이크로 GTL플랜트 시장은 아직 형성되어 있지는 않으나, 향후 성장이 전망되는 유망시장으로 시장내 경쟁자도 적고, 국내 제반기술력도 우수하여 마이크로 GTL플랜트 기술이 확보될 경우, 높은 시장점유가 가능할 것으로 전망되는 분야임

□ 사업목표는 해외진출 실적확보가 가능한 500 BPD 규모의 고효율 마이크로 GTL플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영으로 정성적으로 설정하였으나, 이를 위한 구체적 정량목표를 세부목표로 제시하였음

○ 동 기획에서는 마이크로 GTL플랜트 기술을 확보하여 해외 시장에 진출하기 위해서 확보되어야 하는 요인들을 검토하였으며, 기술개발을 통해 확보하여야 하는 요인들을 토대로 목표를 설정하였음

○ 각 세부과제별 활동은 해외진출사업 경험이 있는 기업 전문가와 협의하여 구체적 계획을 수립하고, 이에 요구되는 인력, 건설비 등을 구체적으로 산정하였음

○ 사업목표 달성을 위해 필요한 기술들을 나열하고, 기존 연구성과 등을 고려하여 확보가 되어야하는 기술들을 선별하여 세부 연구과제로 제시함에 따라, 사업목표 달성관점에서 세부활동과 연계됨

○ 각 세부활동별 성과지표는 세부 사업의 달성여부를 확인할 수 있는 주요 부품의 성능목표치로 제시하였음

(4) 경제적 타당성

□ 동 사업의 경제성 분석 결과, B/C 비율은 0.933으로 분석됨

○ 총 비용(사업비)은 913.8억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 비용의 현재가치는 751.8억원으로 산출됨

○ 총 편익(매출 편익)은 1163.3억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 편익의 현재가치는 701.4억원으로 산출됨

<경제성 분석 결과>

구분	현재가치 환산기준
총 편익의 현재가치(억원)	701.4
총 비용의 현재가치(억원)	751.8
B/C Ratio	**0.933**

4. 소요예산 산정

(1) 연구일정에 따른 인력투입계획

□ 연구일정에 따른 인력투입계획은 세부과제별로 투입되는 연구인력을 WBS기준으로 구분하여 산출함

□ 총 투입 연구인력은 7년간 634명이 투입될 계획임

<총 연구투입 인력>

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	2	22	20	10	10	10	10	84
합성가스 제조용 리포밍 기술	13	22	12	11	11	11	11	91
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	11	19	14	11	11	11	11	88
합성원유 업그레이딩	12	15	15	10	10	10	10	82
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	19	19	6	6	6	6	62
(준)상용급 플랜트 건설 및 시운전	19	19	19	60	60	25	25	227
합계	**38**	**97**	**80**	**108**	**108**	**73**	**73**	**634**

(2) 소요예산 산정 및 예산적정성 검토

□ 연구일정에 따른 소요예산은 투입인력을 고려한 인건비, 연구활동에 따른 장비 재료비 투입계획을 고려하여 산정하였음

□ 총 소요예산은 914억원으로 산정함

<총 소요예산 산정>

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	0.8	4.5	3.8	30	30	15	3	87
합성가스 제조용 리포밍 기술	8.3	14.3	7.4	40	40	20	3	133
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	5.9	10.8	7.3	15	15	7	3	64
합성원유 업그레이딩	4.7	5.1	5.2	10	10	5	3	43
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	10.5	10.5	3	3	3	3	33
플랜트 건설 및 시운전	16	16	16	198.3	198.3	54.7	54.7	554
합계	35.7	61.2	50.1	296.3	296.3	104.6	69.6	914

Ⅳ. 최종 연구성과

□ 기획연구 보고서

□ 과제RFP

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

□ 실증 규모 플랜트 운전을 통한 마이크로 GTL 플랜트 시장 진출 경쟁력 확보

○ 해외 비전통 중소형 가스전(한계가스, 동반가스, 셰일가스, 바이오가스 및 매립지가스)에 진출하기 위한 기반 마련

○ 고부가 마이크로 GTL 플랜트 기본설계 및 엔지니어링 역량 강화

○ 플랜트 설비, 촉매 재료, 반응기 설계 등 국내 관련 중소기업 경쟁력 강화 및 연관 산업 창출 효과 기대

□ 비전통 가스자원 활용을 통한 에너지 수입원 다변화

□ 전통 석유 및 가스 시추공에서 발생하는 동반가스 소각에 대응하는 기술로, 온실가스 감축 효과 및 해외 청정개발체제(CDM) 사업으로의 확대 가능

Ⅵ. 연구성과 활용계획

□ 테스트베드 시운전 이후의 활용 방안

○ 단계별 테스트베드 규모에 따라 향후 활용 방안을 이원화시킬 필요가 있음

- 1단계 5 bpd 규모의 국내 테스트베드의 경우, 제품 원가가 높아 이에 대한 경제성이 확보되지 않는 것이 자명함

  • 따라서 지속적인 운영을 통해 제품을 판매하는 것 보다는, 가스 액화 관련 산업의 기술력 제고를 위한 테스트베드로써의 역할을 지속시키는 것이 바람직함

  • 촉매 및 반응기 타입, 운전 성능을 가능한 유동적으로 변화시켜가며 보다 큰 규모의 공정을 안정적으로 건설하고 운전하기 위한 데이터를 축적하는 용도로 활용하는 방안을 검토

- 2단계 500 bpd 규모의 해외 테스트베드의 경우 경제성이 있다고 예측됨

  • 국제유가가 경제성 확보 조건에 맞는 상황 아래에서는 해당 가스전의 수명이 다할 때 까지 계속적인 운영이 가능함

- 500 bpd 규모는 준상용급 플랜트로, 8,000 시간 이상의 트랙레코드 확보 시 비슷한 중소규모 가스전으로 쌍둥이 플랜트 형식으로 확산 및 보급을 염두하고 계속적인 사업을 진행할 필요가 있음

□ 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나, 컨소시엄 형태로 간접 참여하는 등 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용이 가능함

○ 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 컨소시엄을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음

□ 현재 국산화율이 미미한 정유공정용 촉매 개발과도 연관성이 높아, 동 기술을 활용할 수 있음

○ 이 외의 성과활용 방안으로는 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조 등이 있음

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

1절 기술의 정의 및 분류체계 ····· 1

1. 기술의 정의 ····· 1

2. 기술분류체계 ····· 4

2절 연구개발의 배경 및 필요성 ····· 8

제2장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 15

1절 국내외 정책동향 및 분석 ····· 15

1. 국외 정책동향 ····· 15

2. 국내 정책동향 ····· 22

2절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 34

1. 국외 시장현황 및 전망 ····· 34

2. 국내 시장현황 및 전망 ····· 44

3. 시사점 ····· 46

3절 국내외 기술동향 및 분석 ····· 48

1. 국외 기술동향 ····· 48

2. 국내 기술동향 ····· 59

3. 시사점 ····· 64

4절 논문 및 특허 분석 ····· 65

1. 특허분석 기술 정의 및 분석 기준 ····· 65

2. 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 특허동향 분석 ····· 67

3. 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술별 특허분석 ····· 78

4. 특허회피전략 ····· 118

5. 기술수요조사 ····· 121

6. 기술수준조사 ····· 125

7. 시사점 ····· 134

5절 유사과제 분석 및 기존기술·연구와의 차별성 검토 ····· 138

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술 ····· 138

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발 ····· 139

3. 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 140

4. 합성원유 업그레이딩 기술 개발 ····· 141

5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본 설계 기술 ····· 141
6. 500 bpd급 (준)상용플랜트 건설 및 시운전 ····· 143
6절 연구개발 인프라 분석 ····· 144
1. 연구인력 인프라 ····· 144
2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라 ····· 150
7절 종합분석 ····· 152

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 155

1절 비전 및 목표 ····· 155
1. 세부목표 설정 근거 ····· 156
2. 목표달성을 위한 세부과제 구성 ····· 158
2절 추진전략 ····· 160
1. 단계별 사업추진 계획 수립 ····· 160
2. 테스트베드 후보지 검토 ····· 162
3절 핵심요소기술(CTE) 선정 ····· 164
1. 후보과제 pool 구성 ····· 164
2. 후보과제 우선순위 평가 ····· 166
4절 연구개발 과제 구성 ····· 169
1. 연구개발 과제 체계도 ····· 169
2. 세부목표와 연구과제 연계 ····· 170
5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 174
1. 1세부과제 ····· 174
2. 2세부과제 ····· 175
3. 3세부과제 ····· 176
4. 4세부과제 ····· 177
5. 5세부과제 ····· 178
6. 6세부과제 ····· 179
6절 세부과제 간 연계관계 ····· 180
7절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과지표 ····· 182
1. 기술로드맵 ····· 182
2. 성과관리 ····· 185
8절 산업생태계 분석 ····· 195
1. 국내 O&G 및 정유 플랜트 가치사슬 분석 ····· 195
2. 국내 플랜트기업의 산업생태계 현황 ····· 197
3. 국내 기업의 매출액 및 수익 현황 ····· 198

9절 연구과정상 위험요소 및 대응방안 ····· 201
1. 원료가스 공급 및 전처리 기술 ····· 201
2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발 ····· 201
3. 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 201
4. 합성원유 업그레이딩 기술 개발 ····· 201
5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술 ····· 201
6. 500 BPD 급 (준)상용플랜트 건설 및 시운전 ····· 202
10절 성과활용 및 사업화전략 ····· 203
11절 사업추진체계 및 사업관리체계 ····· 205
1. 사업추진체계 ····· 205
2. 사업관리체계 ····· 205

제4장 사전타당성 검토 ····· 211

1절 논리모형 ····· 211
2절 정책적 타당성 ····· 212
1. 정책의 일관성 및 추진체제 ····· 212
2. 사업 추진상의 위험요인 ····· 220
3. 특수평가항목 ····· 223
3절 기술적 타당성 분석 ····· 230
1. 기술개발계획의 적절성 ····· 230
2. 기술개발 성공가능성 ····· 243
3. 기존 사업과의 중복성 ····· 247
4절 경제적 타당성 ····· 251
1. 경제성 분석 개요 ····· 251
2. 비용 추정 ····· 254
3. 편익 추정방안 ····· 257
4. 편익 추정결과 ····· 271
5. 경제성 분석 결과 ····· 272

제5장 소요예산 산정 ····· 274

1절 연구일정에 따른 인력투입 계획 ····· 274
2절 소요예산 산정 ····· 279
3절 예산적정성 검토 ····· 283
1. 5 & 500 bpd 규모 플랜트 추산 건설비용 검토 ····· 283

제6장 과제공모 방안 ····· 285
1절 과제제안 요구서(RFP) ····· 285
2절 연구단계별 평가기준(안) ····· 300

참고문헌 ····· 303

부록 ····· 305
과제카드 ····· 305
기업참여의향서 ····· 336
인도네시아 가스전 MOU ····· 344

표 목 차

<표 1> 동 사업 기술분류체계도 ····· 5
<표 2> 대분류1 기술분류체계도 ····· 6
<표 3> 대분류2 기술분류체계도 ····· 7
<표 4> 대분류3 기술분류체계도 ····· 7
<표 5> 전세계 GTL 기존 플랜트 프로젝트 및 국내 기업 수주 현황 ····· 11
<표 6> 정부 국정과제 주요 내용 ····· 22
<표 7> 제3차 과학기술기본계획의 국가전략기술체계도 ····· 23
<표 8> `17~`21년 국가재정운용계획의 R&D분야 투자계획 ····· 24
<표 9> `17~`21년 국가재정운용계획의 산업/중소기업 및 에너지 분야 투자계획 ····· 24
<표 10> 경제혁신 3개년 계획 세부 실행과제 주요 내용 ····· 26
<표 11> 국토교통부 기술 연구개발사업 플랜트 연구사업 세부 기술 분야 ····· 28
<표 12> 핵심 자원협력 국가 ····· 31
<표 13> 연간 매립지가스 포집량, 메탄가스량, 활용량 ····· 44
<표 14> 대형 GTL 상용공정 ····· 55
<표 15> 마이크로 GTL 기술 개발을 위한 데모 플랜트 ····· 56
<표 16> 마이크로 GTL 상용화 진행 공정 ····· 57
<표 17> 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술트리 및 내용 ····· 65
<표 18> 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술트리 및 유효특허 ····· 66
<표 19> 산학연 주체 유형별 주요출원인 현황 ····· 70
<표 20> 주요시장국(출원국가)별 기술의존도 분석 ····· 71
<표 21> 출원인 국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 73
<표 22> 출원인국적별 마이크로 GTL 요소공정 기술 역점 및 공백기술 ····· 76
<표 23> 주요 출원인별 마이크로 GTL 요소공정 기술 역점 및 공백기술 ····· 77
<표 24> 원료가스 전처리기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 80
<표 25> 원료가스 전처리기술 핵심특허 분석 ····· 83
<표 26> 합성가스 제조 리포밍기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 86
<표 27> 주요출원인 합성가스 제조 리포밍 기술 역점 및 공백기술 ····· 91
<표 28> F-T 합성 촉매기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 94
<표 29> F-T 합성 촉매제조 및 반응기술 핵심특허 분석 ····· 97
<표 30> 합성연료 업그레이딩 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 100
<표 31> 주요시장국별 출원인 국적 현황 및 기술의존도 분석 ····· 105
<표 32> 마이크로반응기 기술 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 106
<표 33> 마이크로반응기 기술 핵심특허 분석 ····· 108
<표 34> 주요시장국별 출원인 국적 현황 및 기술의존도 분석 ····· 110
<표 35> GTL 통합공정기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 111

<표 36> GTL 통합공정기술 핵심특허 분석 ····· 113
<표 37> GTL 설비기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석 ····· 115
<표 38> GTL 설비기술 핵심특허 분석 ····· 117
<표 39> 기술수요조사 발송 및 응답 개요 ····· 122
<표 40> 기술분야별 기술 아이템 ····· 123
<표 41> 기술경쟁력 설문 조사 발송 및 응답 개요 ····· 126
<표 42> 기술경쟁력 설문조사 결과 (단위: 명) ····· 128
<표 43> 마이크로 채널 리포밍 및 피셔-트롭시 반응의 선행연구 내용, 한계점, 개선 전략 ·· 132
<표 44> 통상적인 업그레이딩 기술과 FT 왁스의 업그레이딩 기술 비교 ····· 133
<표 45> 원료가스 공급 및 전처리 기술의 유사과제 분석·차별성 검토 ····· 138
<표 46> 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발 ····· 139
<표 47> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 140
<표 48> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 141
<표 49> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 141
<표 50> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 ····· 143
<표 51> 원료가스 전처리 기술 국내 전문가 현황 ····· 145
<표 52> 합성가스 리포밍 기술 국내 전문가 현황 ····· 146
<표 53> F-T합성 촉매반응 기술 국내 전문가 현황 ····· 147
<표 54> 합성연료 업그레이딩 기술 국내 전문가 현황 ····· 148
<표 55> 실증 테스트베드 통합공정 및 설비 기술 국내 전문가 현황 ····· 148
<표 56> 화공/플랜트 관련 산업기술인력 인프라(자료 : 산업기술인력 수급동향 실태조사 2015) ···· 150
<표 57> 동 사업 기자재 및 인프라 ····· 151
<표 58> GTL 에너지효율 산출 근거 ····· 158
<표 59> 단계별 목표 및 추진전략 ····· 160
<표 60> 기술개발 계획표 ····· 161
<표 61> 테스트베드 후보지 개요 ····· 163
<표 62> 기술분야별 기술 아이템 ····· 164
<표 63> 우선순위평가 조사 개요 ····· 167
<표 64> 세부과제별 기술개발 로드맵 ····· 183
<표 65> 동 사업 관련 산업생태계 업종별 기업 ····· 196
<표 66> 2016년 국내 EPC 업체 해외 플랜트 수주 현황(자료 : 해외건설협회) ····· 199
<표 67> 동 사업 논리모형 ····· 211
<표 68> 상위계획과의 부합성 최종 평가 ····· 212
<표 69> 상위계획별 부합성 평가 ····· 212
<표 70> 제3차 에너지기술개발계획의 주요 추친 과제 및 세부 내용 ····· 217
<표 71> 제5차 해외자원개발 기본계획의 주요 추친 과제 및 세부 내용 ····· 218
<표 72> 국토교통 R&D 분야 개편안 中 플랜트 부문 ····· 219
<표 73> 출원인 국적별 출원 현황 ····· 245
<표 74> 특허시장력 및 특허영향력 분석 ····· 245

<표 75> 선행과제와의 차별성 ····· 248
<표 76> 해외 선진사의 현황 ····· 249
<표 77> 실증플랜트 시설구축 총사업비 산정 결과 ····· 255
<표 78> 실증플랜트 시설구축 총사업비 상세 ····· 256
<표 79> 고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술개발 연구사업 연차별 사업비 ····· 256
<표 80> 주요지표별 산출방안 ····· 258
<표 81> 연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장규모 산정식 ····· 258
<표 82> 마이크로 GTL 수주 계약 체결 현황 ····· 259
<표 83> 규모별 GTL플랜트 개소 수 ····· 261
<표 84> 500 BPD급 GTL 플랜트의 총 자본투자 (TCI) 산출 내역 (단위: 억원) ····· 262
<표 85> 모듈형 GTL 플랜트 공사비 산정 식 ····· 263
<표 86> 타겟시장 마이크로 GTL 플랜트의 현재시점 1 BPD당 공사비 산정식 ····· 263
<표 87> 연도별 소비자 물가상승률 ····· 264
<표 88> 연간 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 규모 전망(`26~`33) ····· 264
<표 89> `08~`35년 간 비전통 석유 생산량 증가지수 ····· 265
<표 90> 연간 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 규모 전망(`26~`33) ····· 266
<표 91> 전세계 GTL 기존 플랜트 프로젝트 및 국내 기업 수주 현황 ····· 267
<표 92> 유사사업 내용 및 사업비 ····· 268
<표 93> 기술수명기간(TCT) 상세 ····· 270
<표 94> 마이크로 GTL 플랜트 매출 편익 산정 ····· 271
<표 95> 비용 및 편익의 흐름 ····· 272
<표 96> 경제성 분석 결과 ····· 273
<표 97> 총 연구투입 인력 ····· 274
<표 98> 1세부과제의 연구투입인력 ····· 274
<표 99> 2세부과제의 연구투입인력 ····· 275
<표 100> 3세부과제의 연구투입인력 ····· 276
<표 101> 4세부과제의 연구투입인력 ····· 276
<표 102> 5세부과제의 연구투입인력 ····· 277
<표 103> 6세부과제의 연구투입인력 ····· 278
<표 104> 총 소요예산 산정 ····· 279
<표 105> 1세부과제의 소요예산 산정 ····· 279
<표 106> 2세부과제의 소요예산 산정 ····· 280
<표 107> 3세부과제의 소요예산 산정 ····· 280
<표 108> 4세부과제의 소요예산 산정 ····· 281
<표 109> 5세부과제의 소요예산 산정 ····· 281
<표 110> 6세부과제의 소요예산 산정 ····· 282
<표 111> 주요 장비 비용 (단위: 억원) ····· 283
<표 112> 총 자본투자 (TCI) 산출 내역 (단위: 억원) ····· 284
<표 113> 연구단계별 평가기준 ····· 300

그 림 목 차

[그림 1] GTL 기술의 정의 ····· 1
[그림 2] 마이크로 GTL 플랜트의 개념도 및 주요 기술 비교 ····· 2
[그림 3] 대형 GTL과 마이크로 GTL플랜트 상세 기술 비교 ····· 3
[그림 4] 마이크로 GTL 플랜트 개발을 위한 요소 기술 ····· 4
[그림 5] 비전통(unconventional) 가스 생산에 대한 각국 계획 ····· 8
[그림 6] 비전통 가스자원의 개요 및 매장량 ····· 9
[그림 7] 국내 원유수입량 및 수입국, 중동의존도 추이 ····· 10
[그림 8] 국내 석유제품 소비량 추이(자료, 에너지통계연보 2015) ····· 11
[그림 9] CompactGTL의 카자흐스탄 마이크로 GTL 프로젝트 ····· 13
[그림 10] Velocys의 미국 오하이오·오클라호마씨티 GTL 프로젝트 ····· 13
[그림 11] 비전통 에너지원의 개발에 대한 미 의회 보고서 (DOE 주관, 다부처 협력) ····· 17
[그림 12] 선진국의 경유 내 황함유량 규제 기준 ····· 21
[그림 13] 1995, 2005, 2015년의 석유 매장량 분포 ····· 34
[그림 14] 1995, 2005, 2015년의 천연가스 매장량 분포 ····· 34
[그림 15] 비전통가스자원의 세계적 분포 및 매장량. 자원별 에너지 점유율 추세 및 예상 ····· 35
[그림 16] 전세계 가스 소각 분포 위성사진 ····· 36
[그림 17] 2007년부터 2012년까지 국가별 소각되는 가스량 ····· 36
[그림 18] 세계 GTL 및 GTL 연료 CAPEX 시장 전망 ····· 38
[그림 19] 전통원유(WTI)/천연가스(HenryHub) 가격 비, 전통원유 및 천연가스 가격 추이 ····· 39
[그림 20] 마이크로 GTL CAPEX 성장률 전망 ····· 40
[그림 21] 원유 및 천연가스 가격변동에 따른 대형(50,000 bpd급) 및 중소형(2,500 bpd)GTL 경제성 비교 ·· 41
[그림 22] 중국 철령시 위치 ····· 42
[그림 23] 인도네시아 수마트라 중소형 가스전 위치 ····· 43
[그림 24] 연간 매립지가스 중 메탄가스 포집량 및 활용량 ····· 44
[그림 25] (좌) 수도권매립지 매립장별 가스포집량 및 메탄 조성 추이. (우) 메탄가스포집 예측량 ····· 45
[그림 26] CompactGTL사의 마이크로 채널 FT 합성 반응기 ····· 50
[그림 27] Velocys사의 FT 반응 모듈 그룹 ····· 51
[그림 28] Velocys사의 마이크로채널 FT 합성 반응기 ····· 51
[그림 29] CompactGTL의 F-T 반응기 및 메탄개질 반응기 모듈 ····· 52
[그림 30] SINTEF 메탄올 합성 마이크로 채널 반응기 ····· 53
[그림 31] Velocys사 와 CompactGTL사의 데모플랜트 운영 개요 ····· 56
[그림 32] Velocys사의 1000-15000 bpd급 FT 플랜트 ····· 57
[그림 33] 0.2 bpd급 모듈형 GTL 파일럿 플랜트 전경 및 FT 합성공정 파트 ····· 62
[그림 34] 0.2 bpd급 모듈형 GTL 파일롯 플랜트에 사용된 마이크로 채널형 FT 합성 반응기 62
[그림 35] 1 bpd급 SBCR GTL 파일럿 플랜트 전경 ····· 63

[그림 36] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 67
[그림 37] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 특허 권리 현황 ····· 67
[그림 38] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 출원연도별 특허출원 현황 ····· 68
[그림 39] 주요 출원인국적 특허점유율 및 출원추이 분석 ····· 68
[그림 40] 산학연 출원인 주체 유형에 따른 특허출원 현황 ····· 69
[그림 41] 주요시장국별 기술발전단계 ····· 72
[그림 42] 특허시장력 및 영향력을 통한 특허기술경쟁력 위치 ····· 74
[그림 43] 마이크로 GTL 요소공정별 특허출원추이 분석 ····· 75
[그림 44] 주요출원인별 특허출원활동 추이 ····· 77
[그림 45] 원료가스 전처리기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 78
[그림 46] 원료가스 전처리기술 분야 출원연도별 특허출원 현황 ····· 78
[그림 47] 원료가스 전처리기술 분야 특허권리현황 ····· 79
[그림 48]신기술 출현동향 및 기술발전단계 ····· 79
[그림 49] 출원인국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 81
[그림 50] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체 현황 ····· 81
[그림 51] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 82
[그림 52]원료가스 종류 및 제거대상 기술별 특허현황 ····· 83
[그림 53] 합성가스 제조 리포밍기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 84
[그림 54] 합성가스 제조 리포밍 기술 분야 출원연도별 특허출원 현황 ····· 84
[그림 55] 합성가스 제조 리포밍 기술 분야 특허권리현황 ····· 85
[그림 56] 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 85
[그림 57] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 87
[그림 58] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 88
[그림 59] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 88
[그림 60] 합성가스 제조 리포밍 세부기술별 특허현황 분석 ····· 89
[그림 61] 특허출원 주요국가별 세부기술 역점 분야 ····· 90
[그림 62] F-T 합성 촉매기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 92
[그림 63] F-T 합성 촉매기술 분야 출원연도별 특허출원 현황 ····· 92
[그림 64] F-T 합성 촉매기술 분야 특허권리현황 ····· 93
[그림 65] F-T 합성 촉매기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 93
[그림 66] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 95
[그림 67] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 95
[그림 68] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 96
[그림 69] 합성연료 업그레이딩 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 98
[그림 70] 합성연료 업그레이딩 분야 출원연도별 특허출원 현황 ····· 98
[그림 71] 합성연료 업그레이딩기술 분야 특허권리현황 ····· 99
[그림 72] 합성연료 업그레이딩기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 99
[그림 73] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 101
[그림 74] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 101

[그림 75] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 102
[그림 76] 합성연료 업그레이딩 세부기술별 특허출원추이 분석 ····· 103
[그림 77] 마이크로반응기 기술 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 104
[그림 78] 마이크로반응기 기술 출원연도별 특허출원 현황 ····· 104
[그림 79] 마이크로반응기 기술 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 105
[그림 80] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 106
[그림 81] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 107
[그림 82] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 107
[그림 83] GTL 통합기술 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 109
[그림 84] GTL 통합기술 출원연도별 특허출원 현황 ····· 109
[그림 85] GTL 통합공정기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 110
[그림 86] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 111
[그림 87] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 112
[그림 88] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 113
[그림 89] GTL 설비기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황 ····· 114
[그림 90] GTL 설비기술 분야 출원연도별 특허출원 현황 ····· 114
[그림 91] GTL 설비기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계 ····· 115
[그림 92] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치 ····· 116
[그림 93] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황 ····· 116
[그림 94] 주요출원인의 기술시장위치 ····· 117
[그림 95] 기술수요조사 분야별 건수 ····· 122
[그림 96] 기술경쟁력 설문 조사 결과 요약 ····· 126
[그림 97] 요소기술 경쟁력 분석 요약 ····· 137
[그림 98] 비전 및 목표 ····· 155
[그림 99] 전략방향 ····· 156
[그림 100] 후보과제 우선순위 평가 결과 ····· 168
[그림 101] 연구개발 과제 체계도 ····· 169
[그림 102] 세부과제간 연계관계 개요도 ····· 180
[그림 103] 동 사업의 연차별 단계별 성과 및 기술 로드맵 ····· 182
[그림 104] 수요기업 가치 사슬 (Value chain) ····· 195
[그림 105] `13~`16년 기업별 플랜트 부문 해외 공사 수익성 비교 ····· 200
[그림 106] 사업 추진체계 ····· 205
[그림 107] R&D 추진 프로세스 ····· 210
[그림 108] 제3차 과학기술기본계획의 비전·목표·전략 ····· 213
[그림 109] 국토교통 R&D 중장기 전략의 비전·전략 ····· 214
[그림 110] 국토교통 R&D 중장기 전략의 플랜트 산업 로드맵 ····· 215
[그림 111] 제2차 에너지기본계획의 6대 중점과제 ····· 215
[그림 112] WTO 보조금 협정 저촉 가능성 검토 흐름도 ····· 221
[그림 113] JAPAN-GTL의 기술 개발 연혁 ····· 224

[그림 114] 세부 분야별 전문가 비율 ····· 230
[그림 115] 산·학·연 분야별 전문가 비중 ····· 231
[그림 116] 기술수요조사 분야별 건수 ····· 232
[그림 117] 특허출원 동향 분석 ····· 243
[그림 118] 기술성장곡선 ····· 244
[그림 119] 시장확보력 분석 ····· 246
[그림 120] TRL 수준 분석 ····· 246
[그림 121] 비용편익 비율 산정식 ····· 251
[그림 122] 고효율 마이크로 GTL 플랜트 기술 개발을 통한 예상 편익 ····· 253
[그림 123] 연구시설 구축 계획에 따른 5 bpd 급 플랜트 평면도 ····· 254
[그림 124] 연구시설 구축 계획에 따른 500 bpd급 플랜트 평면도 ····· 254
[그림 125] `15~`19년 유가에 따른 기존/중소규모 GTL 플랜트의 수익성 비교 그래프 ····· 260
[그림 126] 타겟시장의 용량별 비중 ····· 263
[그림 127] `35년까지의 전통/비전통 석유 생산량 추이 ····· 265
[그림 128] 마이크로 GTL 공정 개략도 ····· 283

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

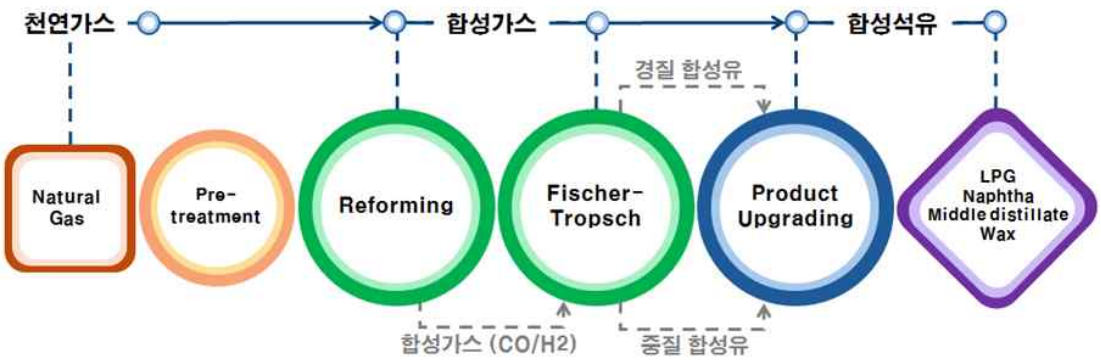
1. 기술의 정의

□ 마이크로 GTL (Gas-to-Liquids) 플랜트 기술은 소형 가스전에서 발생하는 천연가스를 마이크로채널 타입의 반응기 모듈을 이용하여 액체상태의 석유제품으로 제조하는 일련의 공정기술임

○ GTL 플랜트 기술은 천연가스를 화학적인 전환에 의하여 액체상태의 석유제품으로 제조하는 일련의 공정기술임

- (1) 천연가스의 주성분인 메탄의 리포밍 반응으로 합성가스(H2+CO) 제조, (2) Fischer-Tropsch (FT) 합성반응을 통하여 왁스가 주성분인 고비점의 탄화수소 생성 및 (3) 업그레이딩 반응을 통한 합성연료 제조기술이 포함됨

▪ **GTL 은 천연가스를 화학적인 전환에 의하여 액체상태의 석유제품을 제조하는 기술 및 공정을 뜻하며, 천연가스의 전처리 단계 → 합성가스 제조 단계 → Fischer-Tropsch (FT) 합성 단계 → 최종제품으로의 업그레이딩 단계로 구성**



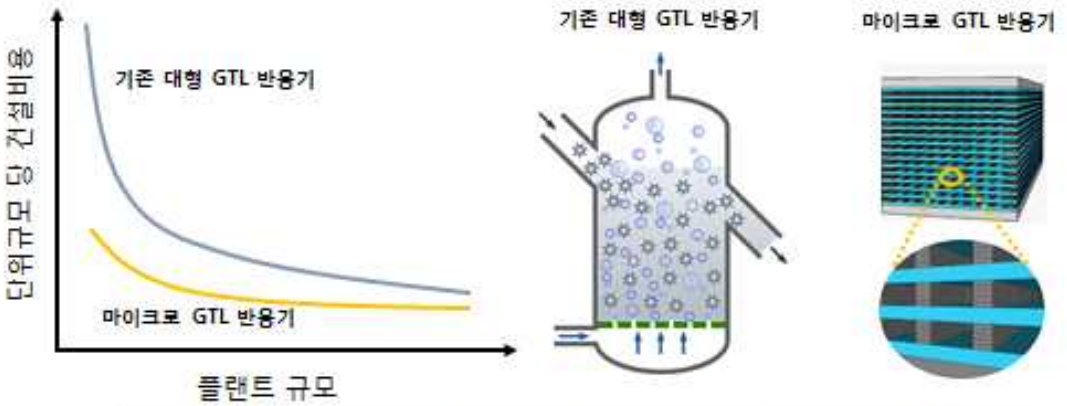
[그림 1] GTL 기술의 정의

○ 마이크로 GTL의 규모는 통상적으로 하루에 10,000 배럴 미만의 합성연료를 생산하는 공정(< 10,000 bpd)으로 분산된 셰일가스, 한계가스, 동반가스, 매립지 가스와 같은 비전통적 중소형 가스자원을 타겟으로 하고 있음

- 기존의 10,000 bpd 이상의 규모를 갖는 GTL 공정은 규모의 경제를 극복하

기 위하여 장치를 대형화 시키고 이에 맞는 대규모 가스전을 필요로 하는 전형적인 자본 집약적인 장치 산업임

- 마이크로 GTL 플랜트 기술은 천연가스 리포밍 및 FT 반응을 위하여 고전적인 고정층 촉매 반응기를 사용하지만 반응열 제어를 위하여 반응기의 단위 부피당 합성연료의 생산량이 상대적으로 낮은 단점이 있음



비교 항목	기존 대형 GTL 플랜트	마이크로 GTL 플랜트
대량 생산 규모	> 10,000 BPD	< 10,000 BPD
반응기 부피	> 0.32 m^3/BPD	< 0.12 m^3/BPD
가스 처리량	< 5,000 L/kg/h	> 10,000 ~ 100,000 L/kg/h
사업 위험도	높음 (투자비 과다)	낮음
적용 가능 가스전	대형 가스전	소형 (한계/동반/매립지)
세계적인 기술 수준	상용화 완료	상용화 진행중

[그림 2] 마이크로 GTL 플랜트의 개념도 및 주요 기술 비교

○ 마이크로 GTL 플랜트는 마이크로채널 타입의 소형화/모듈화된 반응기를 이용하여 기존의 전통적인 GTL 장비에 비해 부피를 90% 이상 소형화하고, 반응기의 단위부피당 합성연료의 생산량을 최대 20배 이상 증가 가능함

비교 항목	대형 GTL 플랜트	마이크로 GTL 플랜트
대상 생산규모	> 10,000 BPD	< 10,000 BPD
리포밍 반응	ATR or SCR*	SRM* w/ H_2 burning
리포밍 반응기	FBR (고정층)	Micro-channel
FT 반응기 종류	SBCR (슬러리) or FBR	Micro-channel or Mini-channel
촉매 형태	Slurry or Large Pellet (고정층)	Metal mesh/plate, Small particles
Plant 기술	Scale-up	Number-up & module production
공간속도	< 5,000 L/kg/h	> 10,000 ~ 100,000 L/kg/h
이동성	어려움	용이
적용 가능 가스전	중대형 가스전	소형 (한계/동반 가스)
사업 위험도	높음 (투자비 과다)	낮음
세계적인 기술 수준	상용화 완료	상용화 진행중
FT 반응기 부피	0.32m^3/BPD (SASOL)	< 0.12m^3/BPD (Velocys)

[그림 3] 대형 GTL과 마이크로 GTL플랜트 상세 기술 비교

○ 마이크로 GTL 플랜트는 세부공정 프로세스에 따라 합성가스제조를 위한 모듈형 리포밍 기술 및 합성연료를 합성하기 위한 모듈형 FT 합성 반응 기술, 제품의 고도화를 위한 업그레이딩 등의 마이크로 GTL 핵심 요소기술과 원료가스 전처리, 통합공정설계 및 설비, 테스트베드 구현 등의 제반 기술로 구분됨

- 모듈형 리포밍 기술, 모듈형 FT 합성 반응 기술, 업그레이딩 기술은 우리나라 및 세계적으로도 상용급 규모로 건설된 예가 없기 때문에 이를 조기에 상용화하기 위한 스케일 업에 집중하여 기술개발을 할 필요가 있음

- 원료가스 전처리, 통합공정 설계 및 설비 등의 제반기술은 여타 가스 및 정유 관련 플랜트에 우리나라의 EPC 업체의 기술력을 입증한 바 있으나, 마이크로 GTL 공정에 최적화된 설비를 따로 실증해 본 적이 없기에 이에 대한 기술력 제고가 필요함

□ 이 연구개발사업의 범위는 마이크로 GTL플랜트 상용화를 위해 필요한 마이크로 GTL플랜트 세부공정 및 설비기술 확보, 운영실적 확보를 위한 테스트베드 구현으로 함

○ 1단계에서 5 bpd 급으로 스케일 업을 위한 마이크로 GTL플랜트 세부공정 기술을 확보함

○ 2단계에서 10,000bpd급 시장 진출을 위한 최소 모듈규모인 500 bpd 급 상용화 규모의 마이크로 GTL 플랜트 운전 실증을 통해 마이크로 반응 기술을

포함한 기본 설계 및 엔지니어링 역량을 확보함

2. 기술분류체계

가. 기술분류체계 도출 개요

□ 기술분류체계는 기획연구진이 작성한 초안을 기반으로 전문가 의견수렴을 통해 최종적으로 도출함

○ 기획연구진은 연구개발사업범위에 따라 마이크로 GTL플랜트 세부공정기술과 테스트베드 설치를 위한 통합공정 시스템 기술로 구분하여 초안을 작성함(‘16.12.)

○ 작성된 초안을 약 20명의 기획 자문위원에게 메일로 발송하여 검토 요청(‘17.01.)

○ 자문위원의 의견을 반영하여 2차로 수정 및 보완 (‘17.02.)

○ 특허 기술 조사를 위한 기술분류를 추가적으로 실시 (‘17.02.)

○ 2차로 수정・보완된 기술분류를 바탕으로 기술수요조사 실시(‘17.03.~‘17.04.)

○ 기술수요조사 결과를 바탕으로 기술분류체계 수정・보완 (‘17.06.)

- 최종 기술 분류 체계는 반응시스템 개발을 목표로 하는 요소공정개발과 기본설계까지 포함하는 통합공정 시스템 개발 및 건설/시운전으로 확정됨

- 상세설계, 건설 및 시운전, 성능 평가, 운영, 관리는 연구개발이 필요한 기술분류체계에서 제외하고 외부기관에 외주로 하는 것으로 결정함



[그림 4] 마이크로 GTL 플랜트 개발을 위한 요소 기술

나. 기술분류체계도

〈표 1〉 동 사업 기술분류체계도

대분류		중분류		소분류	
1	마이크로 GTL 실증플랜트 요소공정 개발	1-1	원료가스 공급 및 전처리 기술	1-1-1	원료가스 공급 유틸리티 확보 기술
				1-1-2	원료가스 피독물질 제거 기술
				1-1-3	원료가스 분리/정제 기술
		1-2	합성가스 제조용 리포밍 기술	1-2-1	모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술
				1-2-2	모듈형 리포밍 반응기 제작 기술
				1-2-3	내코크성 리포밍 촉매 개발 및 양산 기술
				1-2-4	피셔-트롭시 합성 공정을 위한 합성가스 비 제어 기술
		1-3	합성연료 제조용 피셔-트롭시 합성 기술	1-3-1	열교환기형 피셔-트롭시 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술
				1-3-2	모듈형 피셔-트롭시 반응기 제작 및 양산
				1-3-3	모듈형 반응 시스템에 적합한 장수명 피셔-트롭시 촉매 개발 및 양산
		1-4	합성원유 업그레이딩 기술	1-4-1	디왁싱/이성질화 기술
2	마이크로 GTL 실증플랜트 통합공정 시스템	2-1	마이크로 GTL 플랜트 기본 설계 기술	2-1-1	최적 통합공정 시뮬레이션 기술
				2-1-2	공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술
				2-1-3	운전계획 및 control logic 개발 및 실용기술
				2-1-4	ICT 기반 엔지니어링 기술
3	플랜트 건설 및 시운전	3-1	플랜트 건설 및 시운전	3-1-1	500 bpd 급 플랜트 상세설계
				3-1-2	5 & 500 bpd 급 플랜트 건설 및 시운전
				3-1-3	2,000 bpd 이상 상용플랜트 기본설계 자료 확보

다. 기술분류별 기술내용

(1) (대분류 1) 마이크로 GTL 실증플랜트 요소 공정 개발 기술 분야

□ 중요 요소 공정인 원료가스 전처리, 리포밍 및 FT 반응기, 업그레이딩 기술에 관한 기술 분야

<표 2> 대분류1 기술분류체계도

중분류		소분류		기술내용
1-1	원료가스 공급 및 전처리 기술	1-1-1	원료가스 공급 유틸리티 확보 기술	원료가스 종류에 따른 가스관 설계 및 매설, 압축기 등 유틸리티 배치 기술
		1-1-2	원료가스 피독물질 제거 기술	후속 촉매 공정을 위한 원료가스 내 황화합물/질소화합물 등의 피독물질 제거 기술
		1-1-3	원료가스 분리/정제 기술	후속 리포밍 단계에 알맞은 원료가스의 조성 조절을 위한 분리/정제 기술
1-2	합성가스 제조용 리포밍 기술	1-2-1	모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술	최종 생산량을 고려한 높은 에너지 효율의 모듈형 리포밍 반응기 설계 전산유동해석을 이용한 모듈형 리포밍 반응기 내의 열 및 물질전달 현상 해석 및 최적화
		1-2-2	모듈형 리포밍 반응기 제작 기술	고온에서 안정한 고내열성 반응기 표준화/제작 기술
		1-2-3	내코크성 리포밍 촉매 기술	가혹한 조건에서도 코크 생성을 억제하고 모듈형 반응시스템에 적합한 리포밍 촉매 개발 및 양산
		1-2-4	피셔-트롭시 공정을 위한 합성가스 비 제어 기술	합성가스 비제어를 위한 최적의 리포밍 원료 조성 확보 기술 (CO2 추가 공급 및 잉여 수소 분리기술)
1-3	합성연료 제조용 피셔-트롭시 합성	1-3-1	열교환기형 피셔-트롭시 합성 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술	효과적인 반응열 제어를 위한 열전달 특성 개선 반응기 설계 기술 전산유동해석을 이용한 마이크로채널 반응기 내에서의 열 및 물질전달 현상 해성 및 최적화 기술
		1-3-2	모듈형 피셔-트롭시 합성 반응기 제작 및 양산 기술	단위모듈 크기를 고려한 피셔-트롭시 합성 반응기 표준화/제작 기술
		1-3-3	모듈형 반응시스템에 적합한 장수명 피셔-트롭시 촉매 개발 및 양산 기술	높은 CO 전환율을 보이며 모듈형 반응시스템에 적합한 장수명 피셔-트롭시 촉매 개발 및 코팅/성형/양산 기술
1-4	합성원유 업그레이딩 기술	1-4-3	디왁싱/이성질화 (Dewaxing/Isomerization	FT 왁스의 유동성을 높이기 위한 디왁싱 및 이성질화 촉매 공정 기술

(2) (대분류 2) 마이크로 GTL 실증플랜트 통합 공정 시스템 기술 분야

□ 요소 반응 공정의 결과를 바탕으로 고효율 마이크로 GTL 실증플랜트의 기본 설계 분야

□ 상세설계를 위한 FEED 설계기술이 공정패키지 확보 기술에 포함됨

〈표 3〉 대분류2 기술분류체계도

중분류		소분류		기술내용
2-1	마이크로 GTL 실증플랜트 기본 설계 기술	2-1-1	최적 통합공정 시뮬레이션 기술	원료가스/공정운영/제품시장 등 최종 제품의 경제성 검토를 통한 최적 통합공정 시뮬레이션 기술
		2-1-2	공정패키지 확보 기술 및 FEED 설계 기술	계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성을 위한 공정패키지 확보기술 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화
		2-1-3	운전계획 및 control logic 개발 및 실용기술	마이크로 GTL 실증플랜트 설계에 따른 운전계획 및 control logic 개발 및 실용기술
		2-1-4	ICT 기반 엔지니어링 기술	운전중 이상상황 조기 진단 및 이의 대응기술 개발/플랜트 안정성 향상 지원용 빅데이터 플랫폼 개발

(3) (대분류 3) 플랜트 건설 및 시운전

□ 요소 반응 공정 및 기본설계를 바탕으로 플랜트 상세설계 진행

□ 1 단계 5 bpd 급 및 2단계 500 bpd 급 플랜트 건설 및 시운전 진행

□ 2,000 bpd 이상의 상용급 플랜트 기본 설계 자료 확보

□ 플랜트 엔지니어링, 수급, 건설 (EPC)를 turn-key base로 외부 전문기관을 선정하여 수행

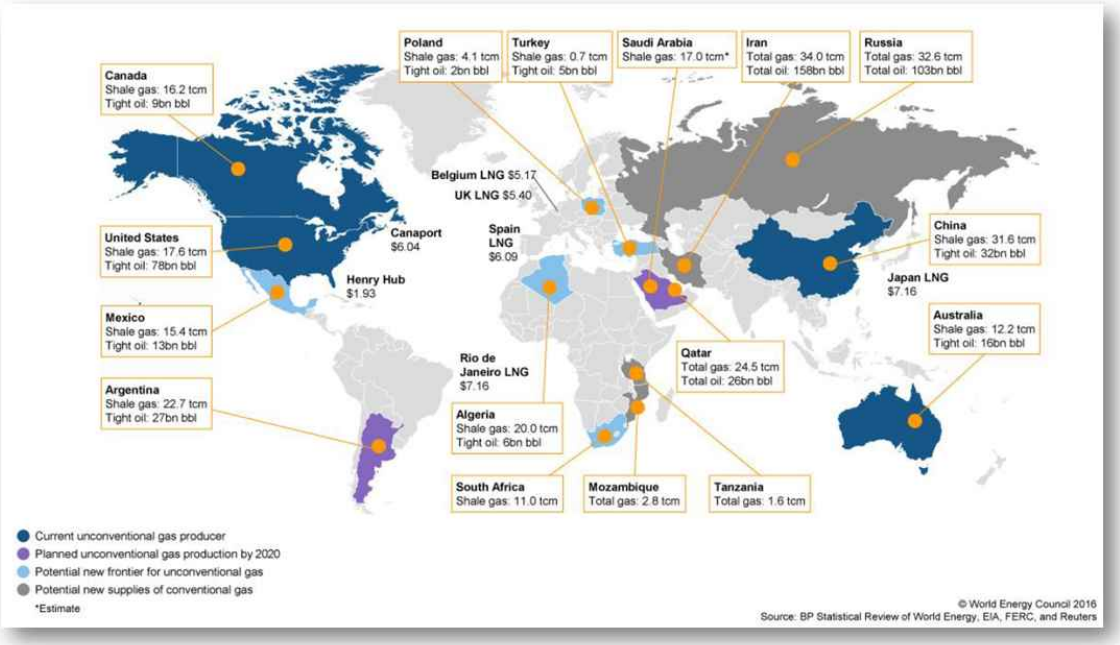
〈표 4〉 대분류3 기술분류체계도

중분류		소분류		기술내용
3-1	플랜트 건설 및 시운전	3-1-1	500 bpd 급 플랜트 상세설계	공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study) 상세구조설계 및 상세시방설계
		3-1-2	5 & 500 bpd 급 플랜트 건설 및 시운전	실증공정 제어 및 운영 최적화 현장 시공 및 평가 시스템 성능 시험 및 시운전 운영 운전 데이터 DB화 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술 시스템 성능시험 상용플랜트 기본설계자료 확보
		3-1-3	2,000 bpd 이상 상용플랜트 기본설계자료 확보	2,000 bpd 이상 상용플랜트 기본설계자료 확보

2절 연구개발의 배경 및 필요성

□ 해외 각국의 에너지 자원 확보 경쟁이 심화되고 있는 상황에서, 기존 화석연료 등 전통적 에너지원을 대체하는 비전통 에너지 소비에 대한 확대 정책이 각국에서 주요 기조로 자리잡아 가고 있음

○ 주요 선진국들을 포함한 세계 각국에서는 셰일 가스 등의 비전통 에너지원 확보 계획을 수립하고 있음



[그림 5] 비전통(unconventional) 가스 생산에 대한 각국 계획

○ 미국 에너지부(Department of Energy)에서는 '15년 '비전통 에너지원 개발에 대한 다부처 협동 보고서(Report on the Multiagency Collaboration on Unconventional Oil and Gas Research'를 발간한 바 있음

- 동 보고서에 따르면 미국·캐나다·호주와 같은 기존 비전통 가스자원 생산국 이외에도 러시아, 멕시코, 알제리, 아르헨티나 등이 추가적으로 비전통 가스 생산을 계획 중에 있음

○ '20년 이후 산유국을 포함한 15개국 이상이 비전통 가스자원의 생산을 개시할 것으로 예상되고 있음

□ 셰일가스, 한계가스 등의 비전통(unconventional) 가스자원은 중요 미래 자원 중의 하나로서, 수요가 꾸준히 증가하고 있으나 관련 기술개발은 더딘 상황임

○ 한계가스전, 셰일가스전 등 비전통 가스자원들은 전 세계 가채 매장량의 절반을 차지할 정도로 부존량이 많고 전통 가스자원에 비해 골고루 분포함

- 셰일가스 가채 매장량은 전세계적으로 6,000Tcf 이상으로 추정되며, 북미지역에서 생산이 본격화되고 있음

- 한계가스는 전세계적으로 3,000~6,000Tcf이상 매장된 것으로 추정되나, 매장지역과 소비지의 수송문제 등 개발경제성 문제로 아직 개발 전단계임

- 동반가스는 천연가스 생산량의 5%에 해당하는 양(연간 5Tcf)이 소각되고 있으며, 환경규제 등으로 세계 각국에서 해결책을 찾기 위해 노력중임

- 매립지 가스는 처리대상에서 잠재적 에너지원으로 인식전환이 이루어지고 있으며, 전체 메탄 발생원의 22%를 차지함



[그림 6] 비전통 가스자원의 개요 및 매장량

□ 국가경제의 대부분을 석유자원에 의존하고 있는 나라들은 동반가스 소각에 따른 온실가스 배출 저감과 연료 내 황 함유량 기준 강화를 통한 지구온난화·환경오염 대응이 필요한 상황임

○ 세계은행은 '2030 통상 가스 소각량 제로 이니셔티브(Zero Routine Flaring by 2030 Initiative)'를 통해 각국 정부·석유회사·개발기구 등이 '30년까지 소각되는 동반가스를 없애도록 하고 있음

- 매년 140 BCM 규모의 천연가스가 소각되어 4억톤의 CO2 (≒ 자동차 7,700만대의 연소량)가 발생하고 있음

○ 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 연료 내 황 함유량 기준을 강화하고 있음

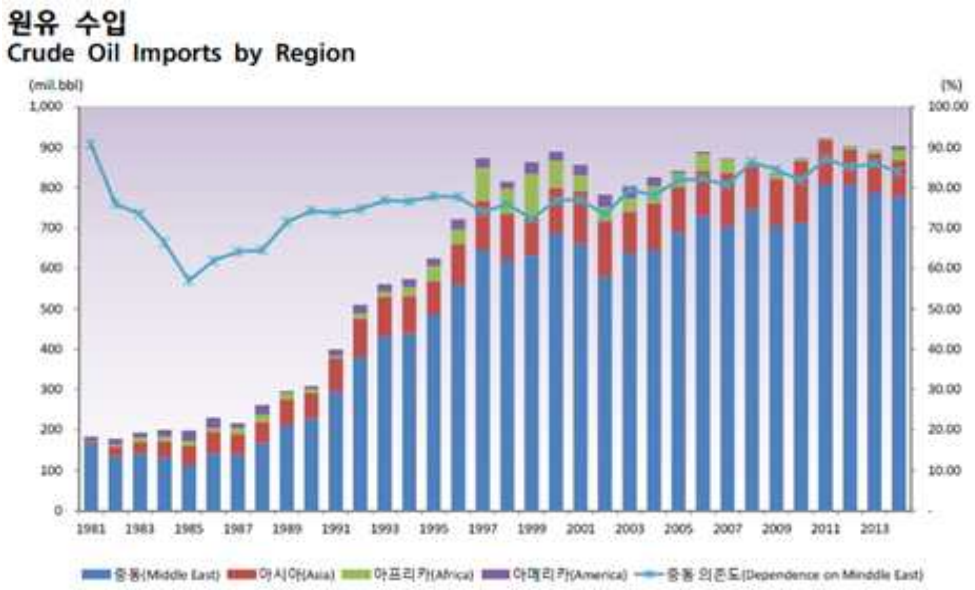
□ 특히 우리나라는 에너지 수입의존도가 매우 높으며, 석유제품 소비량이 꾸준히 증가하고 있어 이에 대한 대응마련이 필요함

○ 우리나라는 세계 5위의 석유 수입국이자, 세계 2위의 LNG 수입국으로 세계 기본에너지 (PED, Primary Energy Demand)의 2%를 소비하는 높은 해외 에너지 의존 국가임

○ '15년 에너지 수입 의존도는 95.2%로 분석되었으며, 특히 원유의 경우 중동 의존도가 높아 세계의 다양한 외교적/정치적 변수에 수급이 취약한 구조임

- 국내에서는 가스자원을 이용해 생산된 화석연료의 내부수급이나 수출이 전혀 이루어지고 있지 않는 상황임

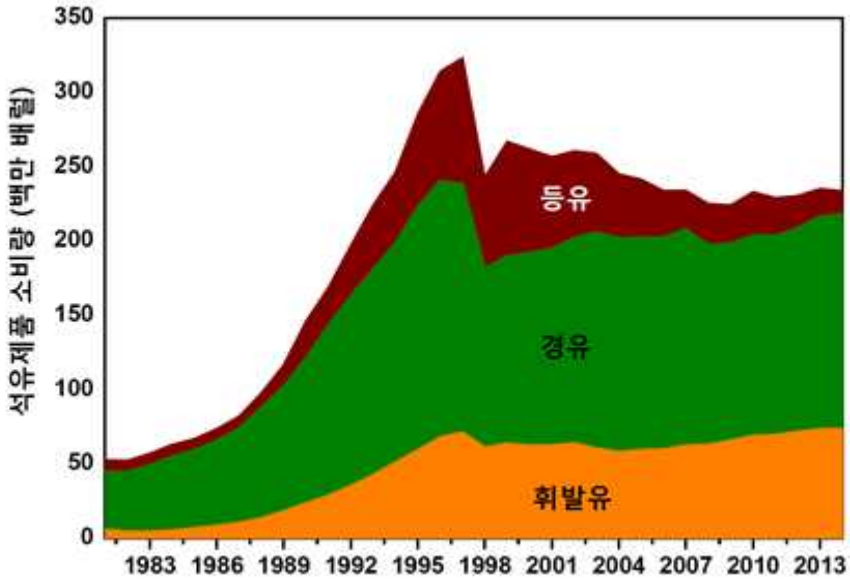
- LNG 형태로 전량 수입되는 가스자원은 대부분 연료나 발전용으로 사용되고 있음



[그림 7] 국내 원유수입량 및 수입국, 중동의존도 추이
(자료: 에너지통계연보 2015)

○ 국내 석유제품 소비량은 '97년 이후 등유를 제외하고 꾸준한 증가세를 보이고 있음

- 휘발유와 경유 등의 수송용 연료 소비량은 꾸준한 증가세를 보이고 앞으로 청정 휘발유 및 초저황 경유의 소비량이 늘어날 것으로 전망됨



[그림 8] 국내 석유제품 소비량 추이(자료, 에너지통계연보 2015)

□ 해외에서는 저렴하고 부존량이 많은 비전통가스 및 천연가스를 이용하여 무공해 청정연료인 가스합성석유(GTL)기술에 대한 관심을 가지고, 대형자원개발사들을 중심으로 GTL플랜트 시장에 진출하고 있음

○ Conventional GTL플랜트는 SASOL, SHELL 등 대형자원개발사들을 중심으로 9개의 프로젝트가 추진되었으며, '00년 이후에는 3만 BPD에서 14만 BPD규모로 대규모 사업으로 추진되고 있음

- Conventional GTL플랜트 시장은 대형자원개발사들이 시장을 점유하고 있어 국내에서 직접진출은 어려운 상황이며, 국내업체에서 시공분야에 컨소시엄으로 참여한 실적만 있음

〈표 5〉 전세계 GTL 기존 플랜트 프로젝트 및 국내 기업 수주 현황

플랜트명	지역	용량 (bpd)	가동 시점	비고
Olin Yo'L GTL	**Uzbekistan**	**37,000**	**2018(예상)**	**국내 업체 참여**
Escravos	Nigeria	33,000	2014.8	-
Pearl GTL	Qatar	140,000	2011	-
Oryx	Qatar	32,400	2007	-
Bintulu	Malaysia	14,700	1993	-
Mossgass	South Africa	22,500	1991	-
Mossgass	South Africa	22,500	1991	-
Alberta's Industrial Heartland	Alberta	48,000(Phase 1) 96,000(Phase 2)	2018(1단계) 2021(2단계)	-
Turkmenbashi refinery complex	**Türkmenistan**	**35,000**	**2018(예상)**	**국내 업체 참여**

*출처 : 각 시공업체별 홈페이지, EnerData GTL Database(2014), 에너지시장 환경변화에 따른 GTL 사업 진출전략(에너지경제연구원, 2015), Oil &Gas Journal 홈페이지(http://www.ogj.com/articles)

□ 마이크로채널 반응기 기반의 모듈형 마이크로 GTL플랜트는 한계가스전 등 중소규모의 가스전에서도 경제성을 가질 수 있어 각국에서 관심을 갖고 있는 플랜트이나 아직은 초기 도입단계에 있음

○ 마이크로 GTL 플랜트 기술은 차세대 청정연료인 GTL 생산을 위한 핵심 기술로, 비전통 가스전으로부터 생산되는 가스를 마이크로 GTL을 이용해 액체연료나 윤활기유로 전환하면 경제적, 환경적 이점을 모두 취할 수 있음

- 비전통 가스는 부존량이 작아 파이프라인 등으로 수요지로의 이송이 힘든 중소규모 천연가스, 석유나 석탄을 채굴할 시에 동반되어 나오는 동반가스, 쓰레기 및 유기성 폐자원 매립지에서 발생하는 매립지 가스로 대부분은 활용되지 못하고 대기 중에 태워지거나 다시 땅 속에 묻는 방법(reinjection well)으로 처리하고 있음

- 이를 액체연료나 윤활기유로 전환하여 활용하면 기존 석유 유래 연료나 윤활기유의 제품 가격만큼의 경제적 이점을 취할 수 있을 뿐만 아니라 다시 땅 속에 묻어서 처리하는 비용을 저감할 수 있음

- 환경적으로는 기존에 대기 중에 태워지며 발생하는 이산화탄소의 양 만큼을 온실가스 감축효과로 볼 수 있음

- 또한 천연가스에 포함된 황 성분은 석유에 포함된 황 성분에 비해 훨씬 손쉽게 제거할 수 있으며, GTL 기술로 생산된 합성석유는 황을 포함하고 있지 않아 세계 각국에서 규제가 심해지고 있는 경유 내 황 성분 규제에 대응하는 초저황경유를 생산할 수 있음

○ 대형자원개발사는 대형 GTL플랜트 시장에서 주도적인 위치를 차지하고 수익을 창출하고 있으므로, 중소규모 가스전을 대상으로하는 마이크로 GTL플랜트에 대한 관심도는 떨어지는 상황임

- 대형 플랜트로 추진해야 보다 큰 수익성을 갖게 되므로, 마이크로 GTL플랜트사업에는 진출하고 있지 않은 상황임

○ 마이크로 GTL플랜트 분야에서는 CompactGTL과 Velocys가 선도기업이며, 현재 상용화급의 마이크로플랜트의 현장적용단계에 있음

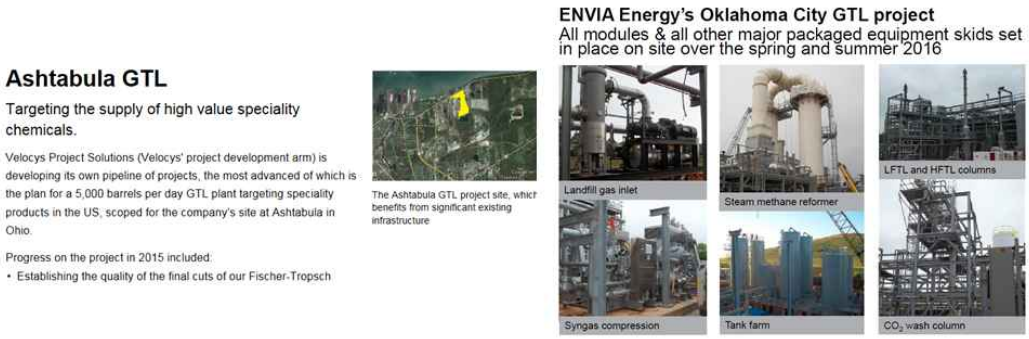
- 해외 선진사로 알려진 CompactGTL사와 Velocys사는 각각 '12년, '13년에 20 bpd, 6 bpd 규모의 파일럿 플랜트를 가동하여 마이크로 채널 반응기를 이용한 모듈형 GTL 공정을 실증한 바 있고 이를 토대로 상용화 공정을 준비 중인 상황

- CompactGTL사의 경우 카자흐스탄에서 2,500 bpd 규모의 모듈형 GTL 공정을 '18년부터 가동 예정으로, 모듈형 FT 반응기 타입은 촉매가 도포된 corrugated metal monolith 방식을 채용함



[그림 9] CompactGTL의 카자흐스탄 마이크로 GTL 프로젝트

- Velocys사의 경우 '17년 미국 오하이오 주 Ashutabula에서 천연가스, 오클라호마씨티에서 매립지가스가 혼합된 천연가스로 각 5,000 bpd, 2,500 bpd 규모로 시운전을 마쳤으며 곧 본격적인 가동을 시작할 것으로 예상됨



[그림 10] Velocys의 미국 오하이오・오클라호마씨티 GTL 프로젝트

□ 마이크로 GTL플랜트 기술은 타 기술에 비해 민간에서 단독으로 개발하기에는 진입장벽이 높고 부담이 큰 High Risk 기술인만큼 정부차원에서의 지원이 필요함[2)]

○ 마이크로 GTL 플랜트 기술은 단계적으로 전문적인 기술 개발이 요구되기 때문에 진입장벽이 높으며, 초기 투자비 또한 타 산업 분야 기술에 비해 높음

- 개발한 기술을 기반으로 해외 마이크로 GTL 플랜트 건설 사업에 진출을 하기 위해서는 실적확보가 필요함

2) 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 전문가 자문

- 하지만 국내에는 동 기술을 적용 가능한 가스전이 부재하므로, 민간 기업에서 개발 기술을 실증하기 어려운 상황임

○ 대형 예산이 투입되는데 반해, 기술 개발의 성공을 담보하기 어려우므로 민간 기업에서의 기술 R&D에 대한 동기부여가 쉽지 않음

- 국가공인기관에서 기술에 대한 인증을 수행하는 등 정부의 역할이 요구됨

○ 마이크로 GTL 플랜트에 사용되는 촉매 中, 국산 촉매의 비중이 매우 낮은 상황이며, 이는 국산 촉매를 개발하는 데에 위험부담이 크게 따르기 때문으로, 정부 지원을 통한 기술 개발이 요구되는 상황

○ 현재 국내 정유업계에서 큰 관심을 보이고 있는 GTL 플랜트 생산 석유 제품의 업그레이딩 기술의 경우, 관련 기술을 일부 해외 선진업체들이 독점하여 기술 공유가 상황으로 국내에서의 독자 기술 개발이 요구됨[3)]

- 기존 국내 GTL 관련 R&D는 1차 생산물이나 왁스 제조에 집중되어 있었으며, F-T 관련 기술의 개발은 부족한 상황

  • 현재 Shell과 JM이 공동연구를 진행하고 있으나, F-T기술의 경우 회사 간의 고유 기술로 공유가 극히 어려운 상황임

  • 현재 일본은 소규모 GTL 상용화 패키지 기술을 독자 개발한 상황

- 동 사업에서 개발하는 GTL플랜트 기술은 상품화가 가능한 디젤·휘발유 등 석유 제품의 생산 기술을 포괄하고 있으므로 향후 국산 F-T패키지 개발에 큰 경제적 파급효과를 가져다 줄 수 있을 것으로 판단됨

3) 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 전문가 자문

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

1절 국내외 정책동향 및 분석

1. 국외 정책동향

□ 세계 각 국은 에너지 자원 확보 및 안정적 공급, 환경오염 저감을 위해 에너지 안보정책을 강화하고 있음

○ 미국은 에너지자립 및 안전보장법, 청정에너지 및 안전보장법 등 관련법을 제정하고, 청정에너지 전환 정책을 실행하며 석유제품 수출국가로 변모함

- 2007년 국내외 에너지 위기를 타개하고자 에너지자립 및 안전보장 법(Energy Independence and Security Act)을 제정함

- 2009년에는 청정에너지 일자리 창출과 에너지자립의 달성 그리고 온난화 오염물질을 줄여 청정에너지경제체제로의 전환을 위해 미국 청정에너지 및 안전보장법(American Clean Energy and Security Act)을 제정함

○ 유럽은 공급의 안정, 경제적 경쟁력, 환경적 지속가능성 등 3대 에너지 정책 목표를 설정하고, 에너지 전략 및 에너지 로드맵에서 발표하며 에너지 안보 확보를 추진 중임

- 유럽은 1995년부터 에너지 정책 목표를 공급 안정(security of supply), 경제적 경쟁력 (economic competitiveness), 환경적 지속가능성(environmental sustainability)으로 설정하고 이를 2007년 리스본 조약에서 성문화함

- 최근에는 2020에너지전략(2020 Energy Strategy)과 에너지로드맵2050 (Energy Roadmap 2050) 등에서 에너지 안보 문제를 재차 강조함

□ 에너지 안보 측면에서 비전통 석유 및 가스자원의 개발 수요가 꾸준히 증가하고 있어 세계 주요국은 비전통 석유 및 가스자원 개발을 위한 정책적 지원방안을 마련하고 있음

○ 미국은 공급망 확충, 재정지원 및 인센티브 제공, R&D 진행 및 민간 R&D 지원 등을 통해 비전통 자원 개발을 지원하고 있음

- '05년 통과된 미국 에너지 정책 법안(Energy Policy Act)에서 비전통 자원에 대한 새로운 공급망 확충과 FT반응을 이용한 연료 생산시설에 대한 대출 보증을 실시하는 등 정책적 지원을 적극적으로 수행하고 있음

- 미국 에너지부 산하 화석에너지국은 '09년부터 경제성이 없는 석탄광에서 이산화탄소를 주입하여 석탄층 메탄가스를 회수하는 ECBM(Enhanced Coal Bed Methane) 프로젝트를 추진 중임

  • ECBM프로젝트는 콘솔 에너지주식회사, 웨스트버지니아 대학, 국립에너지 기술 연구소가 공동으로 추진하고 있음

- USGS(미국 지질조사소)는 신 석유자원개발의 일환으로 셰일·치밀 가스개발 관련 연구를 주도하고 있음

○ '11년 3월 백악관은 미국의 석유 의존도를 줄이고 소비자의 돈을 절약하며 청정에너지 산업의 선두 주자가 될 포괄적인 청사진인 "Blueprint for a Secure Energy Future"를 발표함

- 동 청사진에서는 안전한 관행을 촉진하고 에너지 수입을 줄이는 구체적인 목표를 가진 국가 석유 및 천연 가스의 책임 있는 개발을 지원함

- 미국 에너지부는 내무부 및 환경청과 함께 적시에 관련 정책 및 과학기술을 개발하는 것을 포함하여 이 임무에서 중요한 역할을 담당함

- '12년 4월 비전통 셰일 가스 및 석탄 매장지의 안전한 개발과 관련된 세 기관 간의 합의문이 체결되어, 우선순위가 높은 문제를 해결하기 위한 여러 기관의 연구 계획을 발표함

- '15년 12월 운영위원회는 비 재래식 석유 및 가스 연구 및 개발 전략에 대한 연방 다자간 협력을 완료 후 보고서를 의회에 제출함

○ 캐나다는 '25년까지 7.5 Tcf/yr의 40%를 비전통 가스자원이 담당할 것으로 예상하고 비전통가스 기술로드맵(Unconventional Gas Roadmap)을 발간함[4)]

○ 러시아의 에너지부에서는 '12년 1월에 비투멘 및 초중질유 탄화수소 자원 등 비전통 자원의 탐사, 개발을 위한 종합 개발 계획을 책정하고, 세부적인 생산 계획안이 수립됨

○ 중국은 석탄층 가스개발을 추진 중이나 자체 기술 및 자금 부족으로 해외 기관과 협력하고 있으며, 에너지 소비 비중을 석탄에서 비전통 가스 중심으로 대체하고 있음

- 중국은 자체 기술과 자금력의 부족으로 '06년 국무원의 "석탄층 가스 채굴 이용에 따른 건의"를 통해 중국 석탄층 가스채굴 및 이용에 해외 자본을 유인하는 우대 정책을 실시하고 있음

  • '06년 말까지 15개 해외 기업이 중국 최대 석탄층 가스 개발 기업인 중국

4) Petroleum Technology Alliance Canada, 2006

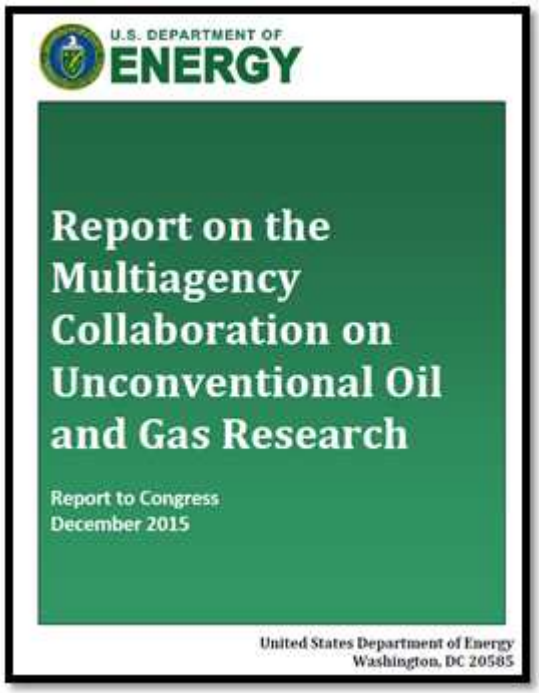
연합석탄가스회사(China United Coal Bed Methane)와 협력하여 27개 석탄층 가스(면적은 3만 km2) 개발 이용 및 분할을 협의하였음

- '07년 4월 중국 국토자원부는 "석탄과 석탄층 가스 자원 종합 탐사 채굴 관리에 관한 공고"를 발표하여 석탄층 가스자원 탐사 및 채굴을 지원하고 있음

- '09년 11월 버락 오바마 미국 대통령의 중국 방문 시 발표된 '미-중 친환경 에너지 협력 방안(U.S.-China Clean Energy Announcements)'에는 미국의 중국 내 셰일가스 개발 지원(Shale Gas Re자료 Initiative)을 포함됨

- 중국은 석탄 중심의 에너지 소비구조 개선 필요에 따라 '35년까지 전체 천연가스 생산의 약 62%를 셰일가스로 대체할 계획임

  • '10년의 셰일가스 생산 목표치는 300억㎥이었으며, 이는 '08년 중국 천연가스 소비량의 37%로 수입량 44억㎥를 압도하는 수준임



[그림 11] 비전통 에너지원의 개발에 대한 미 의회 보고서 (DOE 주관, 다부처 협력)

□ 전세계적으로 청정에너지에 대한 수요 증가로 인해 주요 국가에서는 기존 석탄, 석유 등 전통적인 에너지원을 대체하는 비전통 에너지 소비를 확대하는 정책기조를 강화하고 있음

○ 오바마 행정부는 '11년 Blueprint for a Secure Energy Future를 통해 전통적 석유 의존적 에너지 소비 패턴을 비전통 에너지자원인 셰일 및 천연가스 기반의 청정에너지로 전환하는 정책 기조를 발표함

○ 중국은 환경오염, 과다한 대외 석유의존도 및 석탄의존도에 대응하기 위해 에너지원을 변화시키고, 인근 국가와의 에너지외교를 추진하고 있음

- 중국은 미세 먼지와 같은 환경오염 및 보전에 대한 요구가 강해짐에 따라 전통적인 에너지원인 석탄에 대한 의존도를 줄이고 천연가스 등으로 다변화를 추진 중임

- 석유의존도 및 석탄의존도를 낮추기 위해 우즈베키스탄 카자흐스탄 등 카스피해 인근 국가들과 천연가스 개발 투자를 약속하는 등 에너지외교를 통한 공급 확대에 주력하고 있음

□ 셰일가스 등 비전통 자원의 개발 시 GTL플랜트를 결합하여 효율적으로 에너지 자원을 확보하는 경우가 늘어남에 따라 전세계적으로 GTL플랜트 도입이 확대되고 있음

○ 미국 루이지애나주의 경우, 주지사 Bobby Jindal이 계획 중이거나 건설 중인 모든 GTL 플랜트에 대한 확실한 지지를 발표함

- '15년 루이지애나 주는 천연가스를 화학제품, 디젤 및 기타 연료로 바꾸기 위해 루이지애나 남서부 Lake Charles에 210억 달러 규모의 복합단지를 유치하였으며, 남아공의 에너지회사 Sasol에 1억 3500만 달러 이상의 인센티브 패키지를 제공함

○ 우즈베키스탄, 카자흐스탄, 아프리카의 내륙국과 같이 지정학적으로 고립되고 석유자원 매장량이 희박한 나라에서는 정부의 적극적 지원으로 새로운 GTL 인프라가 빠르게 들어서고 있음

- CompactGTL의 회장인 Tony Haywork와 카자흐스탄 석유 및 가스 장관인 Uzakbay Karabalin은 카자흐스탄의 소규모 한계가스전을 마이크로 GTL을 활용해 개발하고 이를 지원하기 위해 2014년 3월 MOU를 체결함

- Shell과 모잠비크의 가스회사 ENH는 아프리카 전역에서 발견된 상당한 양의 천연가스를 GTL기술을 이용해 수익화하기 위해 '14년 6월 MOU를 체결함

□ 비전통 가스전 뿐만 아니라 GTL 플랜트를 활용하여 도시에서 발생하는 매립지 가스를 자원화하는 사례 또한 증가하는 추세에 있음

○ 도시에서 발생하는 쓰레기를 매립하는 지역에서 발생하는 가스는 메탄과 이산화탄소가 주성분으로, 산업이 발달한 선진국일수록 발생하는 쓰레기를 매립함으로서 매립지 가스가 증가하고 있음

- 매립지는 인간이 유발하는 메탄 발생원 중 두 번째로 큰 발생원으로, 미국과 캐나다는 전체 메탄 발생원 대비 22%를 차지하며[5], 2014년 미국에서는

하루 12,333 m3 의 매립지 가스가 발생하고 있음[6)]

- 선진국은 매립지 가스를 잠재적 에너지원으로 인식하며 메탄 회수 필요성, 온실가스 영향물질, 폭발의 위험성, 미량오염물질로서의 건강 위해성, 악취 유발물질 관점에서 관련 규정을 두고 있음

○ 최근 미국의 Oklahoma City에서는 지역에서 생산되는 천연가스와 매립지 가스를 함께 마이크로 GTL의 원료로 활용하여 '17년 2월부터 왁스, 경유, 납사를 생산하기 시작함[7)]

□ 폐기물 소각시 발생하는 동반가스는 다량의 CO2를 포함하고 있어 온실효과 및 기타 환경오염을 야기하므로 세계적으로 동반가스 소각을 규제하는 정책이 전개되고 있음

○ 동반가스는 다량의 휘발성 유기화합물, 황 화합물, 방향족 화합물, 벤조피렌을 포함한 발암물질을 함유하고 있어서 방출시 환경문제를 야기함

○ 현재 동반가스의 경우 포집·매장이 한계에 달하면 소각하고 있어 다량의 온실가스가 전세계적으로 대기 중에 별다른 조치 없이 방출되고 있는 상황

○ 세계은행이 지원하는 세계가스소각축소협의체(Global Gas Flaring Reduction Partnership)는 가스 소각이 대기에 주는 악영향을 알리고 각국 정부가 가스 소각을 줄이게끔 독려하고 있음

- 세계은행은 "2030 통상 가스 소각량 제로 이니셔티브" (Zero Routine Flaring by 2030 Initiative)를 통해 각국 정부, 석유회사, 개발 기구 등이 2030년 까지 소각되는 동반가스를 없애려는 노력을 하고 있음

○ 미국의 내무부 산하 토지관리국은 공공토지에서 석유·가스 개발 시 누출되는 메탄을 감축하기 위한 신규제안을 2016년 1월 발표하였음

- 석유·가스 생산자는 국유지 및 원주민 소유 유정에서 소각 및 환기로 인한 메탄 누출량 저감을 위해 최신 기술 및 공정과 장비를 이용하고, 주기적으로 누출 상태 점검에 대한 내용을 담고 있음[8)]

○ 우즈베키스탄 정부는 가스 소각으로 인한 손실이 막대하다고 판단하여, 시추과정에서 발생하는 가스 소각의 감축 및 중단과 동반가스 이용을 증대할 계획임

- 우즈베키스탄은 "2030 통상 가스 소각량 제로 이니셔티브" 가입을 선언하

5) LFG Energy Project Development Handbook, US EPA 2010, Landfill Gas Management facilities design guideline, Environment Canada 2010
6) EPA
7) Envia energy
8) 세계 에너지시장 인사이트 제16-4호, 에너지경제연구원, 2016. 1. 29.

고 시추과정에서 발생하는 가스 소각을 자발적으로 감축하여 2030년에는 가스소각을 전면 중단할 방침임

- 2011년 세계은행은 우즈베키스탄의 '11년도 가스 소각으로 인한 손실이 5억불에 달한다고 추정하며, 이는 우즈베키스탄 GDP의 3%에 해당함

- 우즈베키스탄의 연간 가스 생산량은 60 bcm인 반면, 가스소각량은 1.5 bcm으로, 최근 증가하는 가스화학제품 수요로 인해 GTL과 같은 동반가스 이용 사업을 추진하여 '15년 말 동반가스 이용률을 현 40%에서 90%까지 확대할 계획임

○ 러시아는 세계에서 가장 많은 양의 동반가스를 소각하고 있으며, 동반가스 소각의 95%를 감소시키는 것을 목표로 소각 가스에 대한 벌금을 부과하고 있음

- '11년 세계은행은 러시아에서 소각되는 동반가스량은 연간 37.4 bcm으로 세계에서 가장 많은 양임

- '07년 푸틴 대통령은 '11년까지 소각되는 동반가스의 95%를 줄이겠다고 서약했지만 아직 요원한 상태임

○ 나이지리아는 세계에서 2번째로 많은 동반가스를 소각하고 있으며, 동반가스 소각행위 전면 금지 정책을 '08년부터 시행함[9)]

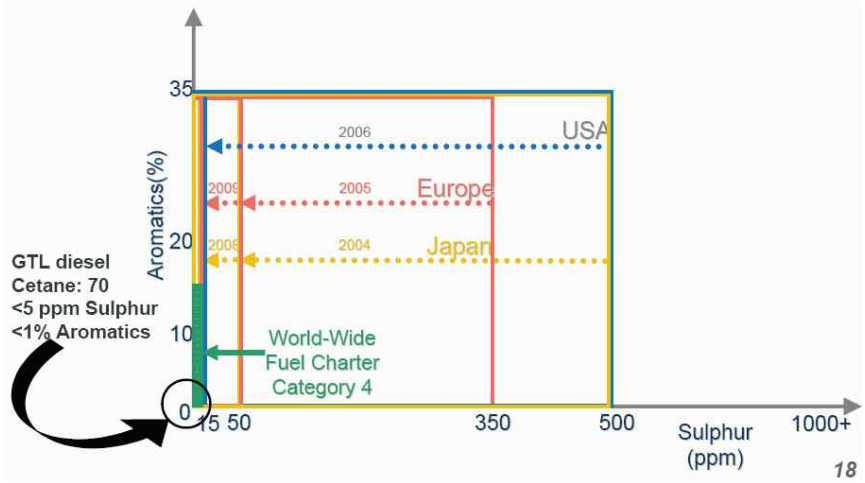
□ 미국, 유럽, 일본 등에서는 연료에서 황 함유량을 낮추도록 규제하는 정책을 마련하여 환경오염에 대응하고 있음

○ 미환경보호국(EPA)은 디젤연료의 황함량을 최대 15 ppm 미만으로 충족시키도록 하는 초저황경유(Ultra-low sulfur diesel) 연료변화 프로그램을 시행하기 위한 규정계획을 발표하고 '06년부터 시행 중임

○ 유럽은 가솔린연료의 황 함유량, 디젤연료의 세탄가 등 청정연료에 대한 규제를 시행 중이며[10)] 영국, 덴마크, 핀란드, 스웨덴, 독일, 벨기에는 연료 중 황함량에 따른 차별적 세금부과제를 통하여 초저황경유의 사용을 장려함[11)]

○ 일본은 '05년부터 경유의 황함량 기준을 50 ppm으로 강화하였음

9) 에너지자원 신시장 조사 연구(아프리카(서부권) 국가 에너지자원 공급력 조사 연구), 에너지경제연구원, 2011. 12. 31.
10) 저공해 디젤엔진의 기술갭라동향, 교육과학기술부, 2009. 9.
11) 연료 품질 개선, 한국환경정책 · 평가연구원,



[그림 12] 선진국의 경유 내 황함유량 규제 기준

□ 유럽연합(EU)에서는 유럽합성연료동맹이 발족되어 GTL로 대표되는 청정합성연료 분야의 연구 개발 및 데모플랜트 프로젝트, 그리고 실제 자동차 연료 시험과 유럽 각국 정부와의 협력 및 민간 홍보를 지원하고 있음

○ '06년 3월 벨기에 Brussel에서 발족한 유럽합성연료동맹 (Alliance for Synthetic Fuels in Europe)은 에너지 효율 향상 및 청정 연료 보급 확대를 통하여 수송연료로 인한 환경적 영향을 줄이기 위해 발족된 단체임

○ 단체에 참여하는 기관은 주로 자동차 제조사와 연료 공급사임

- Neste Oil, Royal Dutch Shell, Toyota, Bosch, Volkswagen 등이 참여하고 있음

2. 국내 정책동향

가. 국가상위계획

(1) 문재인정부 국정운영 5개년 계획 ('17~'22)[12)]

□ 국정운영 5개년 계획에서는 '건설산업 유망분야 육성 및 해외 진출 지원을 통한 일자리 창출'을 촉진하고자 '국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통 산업 경쟁력 강화'를 제시함

○ 기대효과로 건설산업 분야의 기술 확보를 통한 5년간 해외건설 수주 2천억 달러 달성을 예상함

□ 또한 동 계획에서는 '18년까지 국가 브랜드 전략과 산업/무역정책을 연계한 수출기업화를 촉진하고자 "주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복" 과제를 제시함

○ 중소/중견기업에 대한 수출 지원 강화를 통해 매년 5천개 내수기업의 수출기업화를 달성하고 중소/중견기업의 수출 비중을 제고함

<표 6> 정부 국정과제 주요 내용

국정목표	국정전략	국정과제	주요 추진계획
국민이 주인인 정부		...	건설산업 경쟁력 강화
더불어 잘사는 경제	소득 주도 성장을 위한 일자리 경제	31. 교통·통신비 절감으로 국민 생활비 절감	화물운송 종사자 보호 강화
	활력이 넘치는 공정경제	32. 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화	도로·철도 공공성 강화
	서민과 중산층을 위한 민생경제		...
	과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명	...	
	....	...	
내 삶을 책임지는 국가		37. 친환경 미래 에너지 발굴 및 육성	제조업 부흥
고르게 발전하는 지역			주력산업 재편
...		38. 주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복	수출구조 혁신
			유턴기업 유치

자료 : 정부 국정과제(2013~2017), 관계부처 협동, 2016. 4.

12) 국정운영 5개년 기본계획

(2) 제3차 과학기술기본계획

□ 제3차 과학기술기본계획은 ‘국가전략기술 개발’ 전략 추진을 위해 미래성장 동력확충 및 주력 수출산업 고도화 분야에서 동 사업과 관련된 추진과제를 제시함[13)]

○ 제3차 과학기술기본계획은 ‘R&D 투자 확대’, ‘국가전략기술 개발’, ‘중장기 창의역량 강화’, ‘신산업 창출 지원’, ‘과학기술 기반 일자리 확대’ 등 5대 전략을 제시함

○ ‘국가전략기술 개발’ 전략에서 5개의 세부 분야를 제시하고 있으며, 이 중 미래성장동력 확충 및 IT융합신산업 창출 고도화 분야에서 동 사업과 관련된 추진과제 및 국가전략기술을 제시함

- 미래성장동력확충 분야에서는 자원처리개발 기술을 제시함

- IT융합신산업 창출 분야에서는 첨단 플랜트 원천 기술개발사업을 제시함

〈표 7〉 제3차 과학기술기본계획의 국가전략기술체계도

<table>
<tr><th>전략</th><th>19개분야</th><th>78개 추진과제</th><th>국가전략기술(안)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">국가전략
기술 개발</td><td>…</td><td rowspan="2">주력수출산업 고도화</td><td rowspan="2">첨단플랜트 원천기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IT융합신산업 창출</td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">미래성장기반확충</td><td rowspan="3">미래에너지와 자원
확보·활용</td><td rowspan="3">자원개발처리기술</td></tr>
<tr><td>폐자원 에너지화기술</td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td></tr>
</table>

자료 : 제3차 과학기술기본계획(안), 관계부처합동, 2013. 7. 8.

(3) 국가재정운용계획 (‘17~‘21)

□ R&D 분야의 정책방향 및 재정투자는 ‘신산업/신시장 창출을 위한 미래성장동력 및 국가전략 분야 육성 강화’에 중점을 두고 있음

○ 주력산업의 경쟁력 강화를 위해 핵심기술의 국산화를 중점 추진하고, 국가전략프로젝트 관련 기술 및 서비스 실증과 함께 시장선점을 위한원천기술 개발도 병행할 계획임

○ 신재생에너지 확보의 기반을 마련하고자 R&D 투자를 통해 신 기후체제 출범에 따른 환경규제가 신산업 창출과 연계될 수 있도록 할 계획임

○ 마이크로 GTL플랜트와 관련된 에너지/환경 분야의 투자는 ‘21년까지 연평균 3.1% 증가시킬 계획임

13) 제3차 과학기술기본계획(안), 관계부처합동, 2013. 7. 8.

〈표 8〉 `17~`21년 국가재정운용계획의 R&D분야 투자계획

단위 : 십억 원, %

구분	`17	`18	`19	`20	`21	CAGR
기초/나노 등	23,368	24,032	24,846	24,882	25,185	1.9
에너지/환경 등	21,849	22,367	22,860	23,742	24,855	3.3
우주항공/생명 등	50,407	49,669	50,825	51,612	48,884	-0.8
기계/제조/공정 등	14,330	13,690	14,071	13,967	14,026	-0.5
전자/정보 등	25,951	26,033	28,002	27,751	26,965	1.0
R&D분야 합계	194,615	196,338	197,319	198,306	200,289	0.7

자료 : `17~`21년 국가재정운용계획, 대한민국정부, 2017

□ 산업/중소기업/에너지 분야의 정책방향 및 재정투자는 '수출구조 혁신 지원 및 외국인투자의 질적 고도화', '4차 산업형멱에 대응한 산업구조 혁신' 및 '깨끗하고 안전한 에너지로의 전환 추진' 에 중점을 두고 있음

○ 반도체, 디스플레이, 신소재, 자동차, 조선, 가전, 에너지신산업 부문에서 AI, IoT 등의 기술선점과 응용 · 산업화 관련 투자를 강화할 예정임

○ 산업생태계 전반의 경쟁력 강화를 통한 선순환적 동반성장의 기반을 마련하기 위한 지원을 확대할 계획임

○ 마이크로 GTL플랜트와 관련된 세부 분야는 '산업진흥 고도화', '에너지 및 자원개발' 분야로 조사됨

- 상기 분야에서는 기존 에너지산업의 스마트화 및 고도화를 통해 신기후체제 대응과 동시에 새로운 비즈니스 기회 창출을 통한 신성장 동력 육성에 기여할 계획임

- 상기 분야의 투자 규모는 '21년까지 연평균 각각 -2.0%, -4.5% 감소할 계획이나 산업·중소기업 및 에너지 분야에서 관련 분야가 차지하는 비중은 '17년 76.5%, '21년 72.6%로 지속적으로 큰 비중을 차지할 것으로 분석됨

〈표 9〉 `17~`21년 국가재정운용계획의 산업/중소기업 및 에너지 분야 투자계획

단위 : 십억 원, %

구분	`17	`18	`19	`20	`21	CAGR
산업 금융지원	1,186	1,289	1,268	1,256	1,244	1.2
산업 기술지원	1,448	1,415	1,487	1,592	1,688	3.9
무역 및 투자유치	586	607	580	563	537	-2.2
산업진흥 고도화	8,967	8,695	8,736	8,484	8,254	-2.0
에너지 및 자원개발	3,290	3,332	3,035	2,885	2,734	-4.5
산업 중소기업 일반	546	573	599	626	655	4.6

자료 : `17~`21년 국가재정운용계획, 대한민국정부, 2017

(4) 경제혁신 3개년 계획 ('14)

□ 경제혁신 3개년 계획에서는 "안정적 에너지 수급체계 구축"과 "해외건설/플랜트 수출 고부가가치화"를 세부 실행과제로 선정하여 셰일가스 개발참여 등 에너지 공급기반을 확충하고 플랜트 수출 지원을 확대함[14)]

○ 국토교통부는 동 계획의 핵심과제 중 하나인 "안정적 에너지 수급체계 구축"의 일환으로 비전통에너지 개발계획을 마련

- 비전통에너지 개발을 위해 가스 하이드레이트 중장기 개발계획을 포함한 '제2차 해저광물자원기본계획'을 마련함

- 에너지 공급기반 확충과 더불어 전략산업 경쟁력 강화, 가스공급 인프라 적기 확충 등의 세부 과제를 통해 에너지 분야의 경쟁력을 강화함

○ 국토교통부는 동 계획의 핵심과제 중 하나인 "해외건설/플랜트 고부가가치화"의 일환으로 해외건설/플랜트의 수출 지원을 확대, 신시장/신사업 분야 집중 지원 및 민-관 대중소기업 협업 지원을 추진함[15)]

- '16년 G2리스크(미국 금리인상, 중국 구조개혁), 국제유가 하락세 지속, IS 악재 등으로 수주 여건이 불확실한 상황에서도 공공-민간 협력 강화를 토대로 「해외건설/플랜트 고부가가치화」를 지속적으로 추진함[16)]

- 해외건설/플랜트 수출 지원 확대를 통해 무보 부보율을 최대 95%에서 최대 100%로 상향조정하고 수출금융기관 출자/출연을 확대함 ('17년까지 2.3조원)

- EDCF 지원규모를 확대하고 원조자금을 연계한 통합 개발금융 체계를 구축함

- 신시장/신사업분야 집중지원을 통해 해외건설/플랜트 사업을 신성장동력 분야로 선정하고 사업타당성 조사 및 R&D 지원을 실시함

- 민-관 대중소기업의 협업 지원을 통해 '해외건설/플랜트 정책금융지원센터' 기능을 강화하고 '수주지원 협의회'를 설립하여 국내 기업의 수주를 종합적으로 지원함

- 해외 현지 컨설팅 등 중소기업 해외건설 현장지원을 강화하고 대중소기업 동반진출 인센티브 확대 등을 통해 동반진출 모델을 구축함

- 개도국 인프라 마스터플랜 사업을 통해 계획단계부터 국내업체들이 진출할 수 있는 유리한 환경을 조성하였으며, '15년 기준 인도네시아 비퉁 특별경제구역, 스리랑카 트린코말리 산업단지 등 7건을 수립 및 지원함[17)]

---

14) 경제혁신 3개년 계획 세부 실행과제, 관계부처 합동, 2014. 3. 5.
15) 2015 국토교통부 보도자료, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95075311
16) 2015 국토교통부 보도자료, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95076821
17) 2015 국토교통부 보도자료, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95075311

〈표 10〉 경제혁신 3개년 계획 세부 실행과제 주요 내용

추진전략	전략 세부구분	세부과제	과제 내용
기초가 튼튼한 경제		27. R&D 총량 확대	에너지 공급기반 확충 - 비전통에너지 개발
역동적인 혁신경제	창조경제 구현	28. 해외 우수인재 유치·활용	
		29. 지식재산권 보호·활용 촉진	
	미래대비 투자	30. 온실가스 배출권거래제 안착	전력산업 경쟁력 강화
		31. 안정적 에너지 수급체계 구축	
		32. 친환경에너지 신산업 육성·신시장 창출	가스공급 인프라 적기 확충
		33. 친환경에너지타운 조성	
	해외진출 촉진	34. 한국형 글로벌 히든챔피언 육성	해외건설/플랜트 수출 지원 확대 - 무보 부보율 확대 - 지원규모 확대
		35. 온라인 쇼핑 수출시장 창출	
		36. 전략적 FTA 활용 극대화	신시장/신사업분야 집중지원 - 신성장동력 선정 - 진출기반 조성
		37. 해외건설/플랜트 수출 고부가가치화	
내수·수출 균형경제		38. 국내 외화유동성의 생산적 활용	
		39. EDCF를 통한 중소/중견기업의 해외진출 확대	민-관 대중소기업 협업 지원 - 수주 종합 지원 - 동반진출 모델 구축
		40. 문화/방송 등 콘텐츠 수출 촉진	

자료 : 경제혁신 3개년 계획 세부 실행과제, 관계부처 협동, 2014. 3. 5.

(5) 해외건설/플랜트 수주선진화 방안 ('13.8)

□ 2015년 「해외건설/플랜트 수주선진화 방안('13.8)」의 일환으로 추진된 「해외건설촉진법」개정안이 통과되어 해외 플랜트 건설에 필요한 유동자금의 확보가 용이해짐[18)]

○ 범정부적 금융/비금융 지원방안을 세부적으로 마련하여 국내 건설/플랜트 기업들의 수주 경쟁력 강화, 신흥국 진출, 해외 프로젝트 조달비용 하락, 수주증가율 확대 등을 목적으로 함

- 우리경제에 미치는 효과가 큰 플랜트 등 전략적 사업의 경우 「해외건설·플랜트 수주지원 협의회」를 통해 금리 인하, ODA 연계 등 정책적 지원을 추

18) 2015 국토교통부 보도자료, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_72/dtl.jsp?id=95076017

진함[19]

- 국내기업의 해외건설·플랜트 사업 투자에 대한 대출금리를 인하함 (최대 0.5%p 범위내)

  • 수은의 해외투자자금 대출금리 인하 대상을 자원개발, 녹색성장 등에서 융복합산업, 신도시 개발 등 공종다각화 사업 등으로 확대하여 해외건설/플랜트 사업을 포함

19) 해외 건설/플랜트 수주 선진화 방안, 관계부처합동, 2013.8

나. 국토교통부 관련 정책

(1) 국토교통 R&D 중장기전략

□ 국토교통부는 플랜트 건설산업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증기술 개발을 통해 국내적용은 물론 해외플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 기술개발 사업을 진행중임

○ '17년 국토교통기술 연구개발사업에서는 비전통에너지 수요 대응 모듈화 및 수력 플랜트, 극한지 자원 이송을 위한 건설기술 등 복합플랜트 시공 및 엔지니어링 기술을 지원할 예정임

〈표 11〉 국토교통부 기술 연구개발사업 플랜트 연구사업 세부 기술 분야(`17년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획)

단위 : 백만원

구분	`07~`12	`13	`14	`15	`16	`17	`18~
플랜트 연구사업 총계	180,095	25,013	22,400	27,506	27,586	37,756	112,478
담수화 기술	93,238	4,596	8,400	13,200	16,877	21,072	29,698
가스/비전통 자원화 기술	86,545	16,917	7,400	6,488	3,470	5,711	64,719
자원 이송 및 순환 기술	312	3,000	4,600	3,818	3,926	6,885	8,262
플랜트건설 지원 인프라 기술	-	500	2,000	4,000	3,313	4,088	9,799

자료 : `17년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2017

다. 타부처 R&D 중장기전략

(1) 제2차 에너지기본계획('14)

□ 제2차 에너지기본계획에서는 세계 기후변화에 대응하기 위하여 과학기술과 ICT기반으로 신시장/신산업 창출을 위한 국가정책방안을 수립함[20]

○ 국제적으로는 교토 의정서(선진국 의무감축, 개도국 자발적 참여)에서 탈피한 신기후변화체제 협상에 발맞추어 기술과 시장을 활용해 국제적 기후변화 대응동향에 적극 대응하는 방안을 모색 중임

- 국제적 기준의 온실가스 감축 이행에 따른 애로 완화와 기업의 경쟁력 제고를 위한 국가적 차원의 취약부문 지원 확대를 계획 중임

• 중소/중견기업 인벤토리 구축, 산업경쟁력 약화 우려업종에 대한 저감기술 개발/융자우대/세제지원 등

- 우리기업의 해외시장 진출 지원을 위해 프로젝트 발굴-기획-금융조달-사업수행 전과정에 걸친 통합지원체계를 구축함

□ R&D 투자와 관련하여 미래대응 에너지 혁신 기술개발을 확대할 계획임

○ 성능향상, 비용절감, 상용화시기 단축 등을 획기적으로 개선하여 메가트렌드 변혁이 가능한 혁신적 한계돌파형 기술개발을 추진중임

○ 기존 기술대체, 획기적 가격저감 또는 효율 향상이 가능한 원천 기술을 발굴하여 R&D부터 상용화까지 전주기적으로 지원함

• '88년 에너지 R&D 투자 시작 이래 '13년 1조원을 돌파하여 세계 8위의 정부 R&D 투자 기록 중이며 에너지 산업의 핵심 기술 확보함

• '35년까지 원천기술 투자규모는 '22년까지 3배 이상 확대하는 방안을 논의 중임

- 대·중·소 동반 R&D를 통해 기술을 확보하고 실제모델 구축까지 지원하는 중대형 상용화 프로젝트를 추진할 계획임

□ R&D 프로젝트의 성공적인 추진을 위하여 에너지 R&D의 전략적 투자체계를 구축할 계획임

○ 기술개발 우선순위 결정 등을 위한 중장기 투자전략(포트폴리오)을 마련하고 에너지안보, 온실가스 감축목표, 일자리 창출, 경제적 효과 등의 계량적 분석을 통해 투자전략을 수립함

20) 제2차 에너지기본계획

○ 에너지정책 및 산업계 수요를 반영한 R&D로드맵을 수립하여 국가에너지의 체계적인 중장기 액션플랜을 제시함

○ 국제공동연구 예산 확대 및 선진국과의 공동연구 네트워크 구축을 추진하여 '20년까지 에너지 국제공동 R&D 예산을 2배 이상 확대할 계획임

- 전체 에너지 R&D 대비 '13년 2.7%(200억원) → '20년 5% 수준(500억원 규모)
- '24년까지 신재생에너지 R&D 집중 투자(연평균 5% 이상 증액)

○ 경쟁력 확보를 위해 발전단가 저감형 R&D 신규 추친하는 등 기술개발을 통해 에너지원을 다변화(지열, 태양열, 해양 등)를 모색함

- 10년 이내 산업화를 목표로 핵심 원천기술을 확보하기 위한 미래기술 투자를 확대함

□ 투자 프로세스, 공기업 거버넌스 개선, 인력/기술 역량 제고 등 질적 역량을 고도화하여 '재도약의 계기'를 마련함

○ 플랜트/조선 등 연관산업 기업들간에 정보 공유 등 협력관계를 구축할 수 있는 시스템을 마련함

○ 개발/액화/수송까지 전 사업과정에서 필요한 핵심 기술과 운영 역량을 확보하여 LNG 수직통합형 사업을 추진함

- 단품 수출지원에서 벗어나 프로젝트 발굴부터 설치 까지 국내 기업의 시장진입 촉진을 위한 해외 프로젝트 지원을 확대함

- 보급정책 취지에 맞는 R&D과제를 발굴/추진하는 등 "R&D↔보급선순환 프로세스" 구축

□ 학계/연구소 중심의 소규모/실험실 위주 연구에서 기업 중심의 대규모, 현장 적용기술 연구로 전환하여 성과 활용도를 제고함

○ 세일가스 등 자원개발 핵심기술 R&D를 강화하고, 실증을 위한 현장 확보를 위해 기업들의 적극적인 참여를 유도함

□ 급변하는 세계시장의 변화에 대응하여 동북아 국가들이 공동의 이익 증대를 위한 동북아 에너지협력 거버넌스 구축함

○ 가스전 개발-액화플랜트 건설·운영-도입을 연계하여 유가변동에 따른 가격 리스크를 완화하고, 자주적 개발·공급역량 강화함

○ 동북아 에너지협력 거버넌스 구축을 통한 석유·가스 분야 아시아 프리미엄 해소를 계획중임

- 현재 운영 중인 ‘동북아 에너지협력 정부간 협의체’(한/러/몽, 국장급)의 구성, 역할을 확대 개편하거나 새로운 채널 신설을 통해 국제 협력기반을 강화할 계획

(2) 제5차 해외자원개발기본계획('14)

□ 제5차 해외자원개발기본계획에서는 해외자원개발 기술역량 제고를 위해 셰일가스/타이트오일/오일샌드/석탄층메탄가스(CBM) 등에 공통 적용이 가능한 범용/필수 기술개발을 중점 추진중임[21)]

□ 국내 기술 · 자본의 한계를 고려, 석유·가스 분야 핵심 전략지역을 선정하여, 고위급 협력과 자원개발 역량을 집중함

○ 매장량 확보, 직도입 가능성, 정치 · 경제 안정성, 협력 성과 등 고려하여 지역별 핵심 국가를 중심으로 전략적 자원협력위 개최를 내실화함

○ 자원은 풍부하나 기술/경험 부족으로 개발이 미진한 개도국과 공동 탐사/개발 추진방안을 모색함

- 아시아와 아프리카 등 자원부국, 신재생에너지 등 자원개발 연관산업 협력 강화하여 상생 발전을 도모함

〈표 12〉 핵심 자원협력 국가

지역	핵심 협력 국가	선정사유	협력방향
중동/ 카스피해	UAE, 이라크, 이란, 카자흐스탄	· 매장량 확보, 直도입, 동반 산업 연계진출, 메이져社와 협력 가능성 高	· 정상급 자원협력외교에 의한 진출통로 개척 · 국영기업과 협력강화
북미	미국, 캐나다	· 정치·경제 안정적 · 매장량 확보, 直도입 가능 · 개발/생산 인프라 완비	· 진출 거점과 현지 전문가 활용에 의한 사업발굴과 노하우 획득
동남 아시아	인도네시아, 미얀마	· 정치·경제 안정적 · 국내기업 성공적 진출 · 국영기업과 협력가능성 高	· 정상급 자원협력 외교로 기존 성과 확대 · 연관산업 동반진출
동/서 아프리카	나이지리아, 모잠비크	· 매장량 확보 · 直도입 가능	· 정부간 협력 강화와 메이져와 공동 진출 · 연관산업 동반진출
미래 유망지역	호주, 멕시코, 베네수엘라, 극지	· 전통자원, 셰일가스, 초중질유 등 자원 풍부 · 장기적으로는 유망성 高	· 국영기업/연구기관간 공동조사/연구를 통해 장기적 사업화 가능성 모색

21) 제5차 해외자원개발기본계획

□ 자원개발률 달성을 위해 마이크로 GTL플랜트의 활용가능성이 높은 셰일가스 분야에서 역량강화 및 R&D 정책이 추진되고 있음

○ 셰일가스는 마이크로 GTL 플랜트로 시공할 경우 사업성이 가장 높아[22] 셰일가스 시장 성장에 따라 수요가 증가할 것으로 예상됨

○ 제5차 해외자원개발 기본계획에서는 국가 자원개발 역량제고를 정책목표로 설정하고 新자원개발 분야 개척을 위한 추진방법을 제시함

- 장기적인 에너지 안보역량 강화를 주요 추진 과제 중 하나로 설정하며, 셰일가스, 가스하이드레이트, 오일샌드・CBM, 희유금속 등에 대한 개발 역량 강화 위한 각 자원별 추진방향을 제시함

- 공기업・민간기업이 가스전 개발-액화플랜트 건설・운영-도입을 연계・협력하는 한국형 셰일가스 개발 모델을 추진함

- 자원부국・글로벌 기업과의 전략적 협력을 주요 추진 과제 중 하나로 설정함

(3) 그린에너지 전략 로드맵 ('11)

□ 동 로드맵은 한국에너지기술평가원(KETEP)에서 수립되었으며, 차세대 청정에너지 생산 기술로서의 마이크로 GTL 기술 개발 필요성이 강조되고 있는 현상을 반영하여 마이크로 GTL R&D 전략을 제시함

○ 산업부 및 한국에너지기술평가원은 지난 10여 년 동안 미래 에너지시스템 변화에 선제적 대응을 위한 에너지기술 분류체계 및 로드맵을 제시하였으며 이중 마이크로 GTL 기술은 로드맵에 지속적으로 선정됨[23][24][25]

- 산업부의 '2014 에너지기술 혁신 로드맵'에서는 미래사회를 대체에너지, 친환경에너지 사용 등으로 에너지 사용을 최소화하고, 온실가스를 줄이면서 지속가능성장이 중요시되는 사회로 정의함

○ 동 로드맵에서는 GTL을 청정연료로서 전략로드맵에 포함시켜 GTL 관련 세부기술의 발전시나리오를 제시함[26]

- 동 로드맵은 우리나라가 신성장동력으로 육성해야할 15대 그린에너지 기술 분야에 대한 정부의 R&D 로드맵을 제시하며 비전통 가스전을 대상으로 하는 마이크로 GTL 기술을 선정하여 이에 대한 장기적 관점에서의 기술 개발 목표를 설정함

22) SK건설, 해외에 '천연가스 액화플랜트' 짓는다, 매경이코노미, 2014. 2. 11.
23) 에너지기술 이노베이션 로드맵 2014
24) 그린에너지 전략 로드맵 2011, 한국에너지기술평가원, 2011. 5.
25) 그린에너지 전략 로드맵 2009, 한국에너지자원기술기획평가원, 2009. 4.
26) 그린에너지 전략 로드맵 2011, 한국에너지기술평가원, 2011. 5.

- 중소가스자원 이용에 대한 중요성 및 GTL 시장의 수요증가에 대해 예상하고, CTL/GTL 합성석유 기반 국가 석유 비축기지 확립을 위한 정책 및 제도 개선을 추진함

- 비전통 가스전 대상의 마이크로 GTL의 주요 추진 전략으로 아래의 과업을 제시하고 있음

  • 선진 기술 특허 대응, 핵심 원천기술 및 신 촉매 개발, 마이크로 GTL 기술 확보를 위환 모듈화 기술 개발, GTL 합성유 생산공정 상용화 검토 및 100b/d 급 demo plant 개발, 합성석유 test bed 구축 및 운영

(4) 기후변화대응기술 확보 로드맵 (‘16)

□ 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(안)은 기후변화 대응을 위해 기존 개발기술 및 요소기술의 연계・통합을 통한 부생가스 전환 기술 개발을 추진함[27)]

○ 기후변화대응기술 확보 로드맵은 탄소저감, 탄소활용, 기후변화 적응 등 3개 분야에서 10대 기후기술과 50개 세부기술군을 제시함

○ 탄소 활용 분야의 부생가스 전환 기후기술 중 부생가스 자원화 청정 연료 생산, 유기성폐기물 자원화 수송연료 및 화학제품 생산 등 부생가스를 활용한 청정연료 및 에너지 확보를 세부과제로 제시함

- 부생가스 전환은 제철소・석유화학공단 등에서 발생하는 부생가스(by-product) 및 유기성폐기물 유래 가스를 분리・정제, 촉매・생물을 이용한 전환을 통해 연료 및 화학제품을 생산하는 것을 의미함

- 청정연료생산 세부과제에서 부생가스 분리・정제, 촉매・생물 이용 전환기술을 통해 메탄올, 에탄올, 경유 생산 원천기술, 실증 R&D를 수행 중임

- 유기성폐기물 자원화 세부과제에서 미생물을 이용한 에너지원 전환, 후속공정을 위한 화학연료 전환 기초연구와 실증연구를 추진 중임

○ 부생가스 전환 기후기술의 중점 추진방향으로 기술개발・산업화 연계강화와 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화를 설정하고, 기술의 연계・통합을 추진함

- 개발추진 중이거나 기 개발된 요소기술의 통합을 통한 조기실증・사용화 추진 및 차세대 유망 핵심 원천기술 확보를 추진함

- 기존 개발기술을 기반으로 필수요소기술을 연계・통합하여 ‘30년 상용기술 확대를 통한 연간 15억 톤 규모의 온실가스 감축효과 달성을 추진함

27) 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(안), 관계부처합동, 2016. 6. 27.

2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국외 시장현황 및 전망

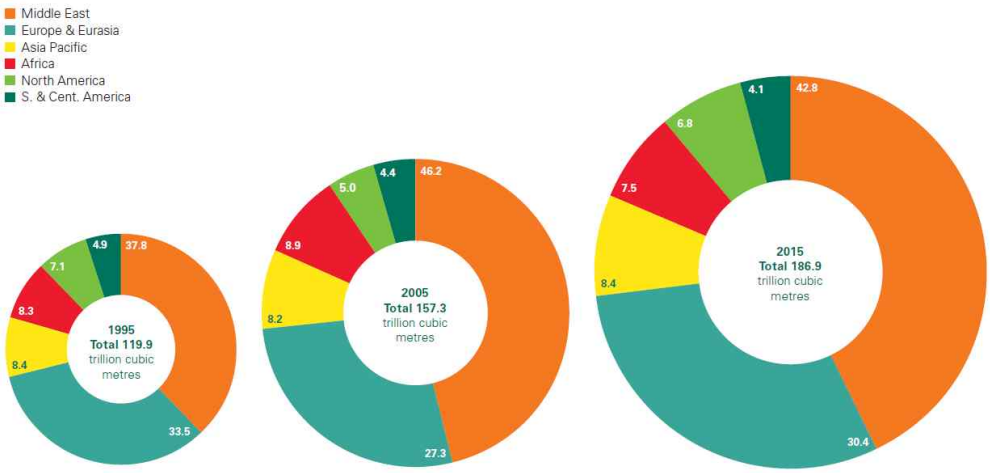
□ 전통적 에너지원인 화석연료 자원은 대부분 중동, 북미, 유라시아 지역에 편중되어 있음

○ 전통적 석유자원 대부분은 중동 및 북미지역에서 편중되어 생산되고 있음



[그림 13] 1995, 2005, 2015년의 석유 매장량 분포 (자료 : BP Statistical Review of World Energy June 2016)

○ 전통적 천연가스자원 또한 대부분 중동 및 유라시아지역에 편중되어 있는 상황

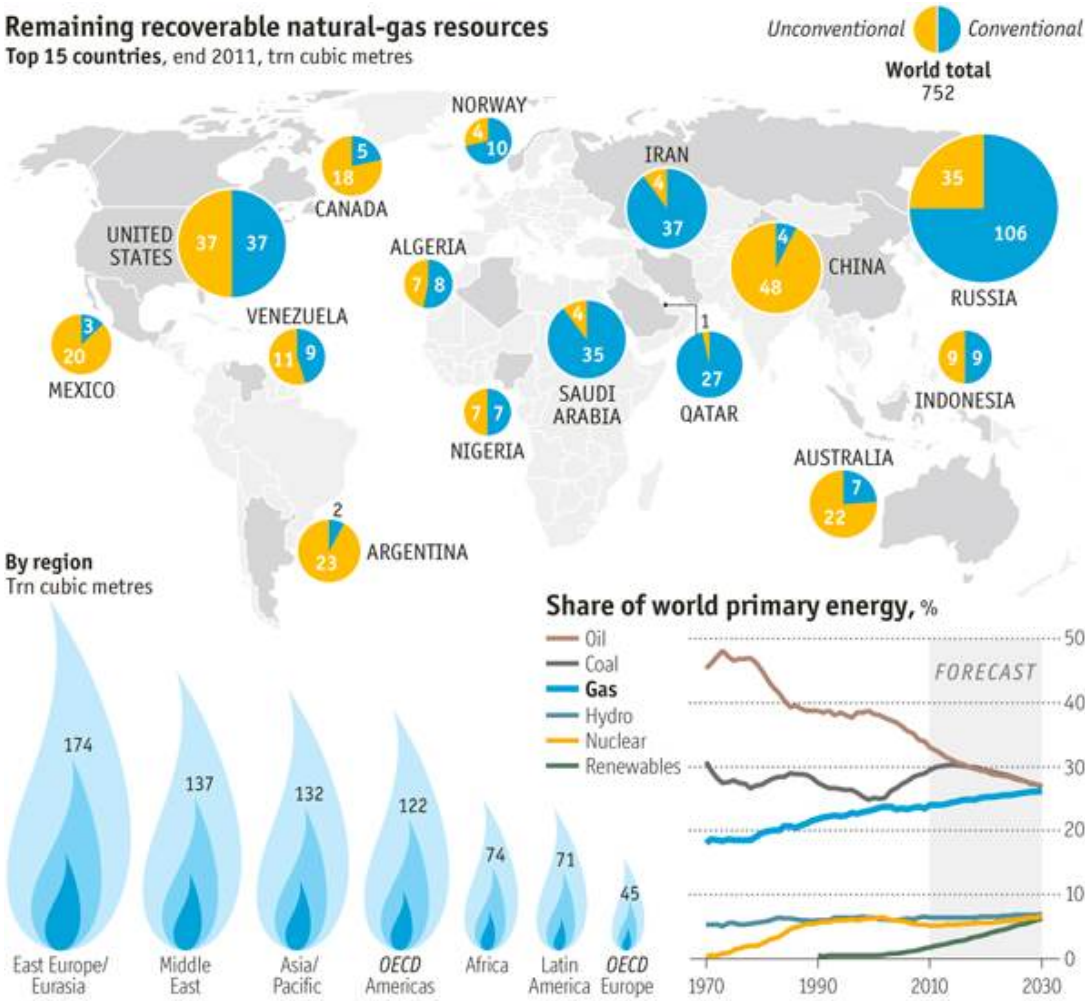


[그림 14] 1995, 2005, 2015년의 천연가스 매장량 분포 (자료 : BP Statistical Review of World Energy June 2016)

□ 비전통 가스자원은 확실한 미래 에너지자원 중의 하나로 기술 개발이 더딤에도 개발 수요가 꾸준히 증가하고 있음

○ 석유 유정에서의 동반가스, 규모가 작은 한계가스, 세일가스 등의 비전통 가스자원들은 전 세계 가채 매장량의 절반을 차지할 정도로 양이 많고 전통 가스자원에 비해 골고루 분포함

- 세일가스 기준의 비전통 가스 자원은 미국 862 Tcf 대비 아프리카 1,042 Tcf, 호주 396 Tcf, 미국 제외 북미 1,069 Tcf, 남미 1,225 Tcf로 조사됨



[그림 15] 비전통가스자원의 세계적 분포 및 매장량. 자원별 에너지 점유율 추세 및 예상 (자료 : International Energy Agency, BP)

○ 그동안 채굴 기술 및 GTL과 같은 가스처리 기술의 한계로 개발이 더디게 진행되었으나, 최근 동반가스 소각 규제 및 기존 유전의 경제성 저하 등으로 개발 수요가 꾸준히 증가하고 있음

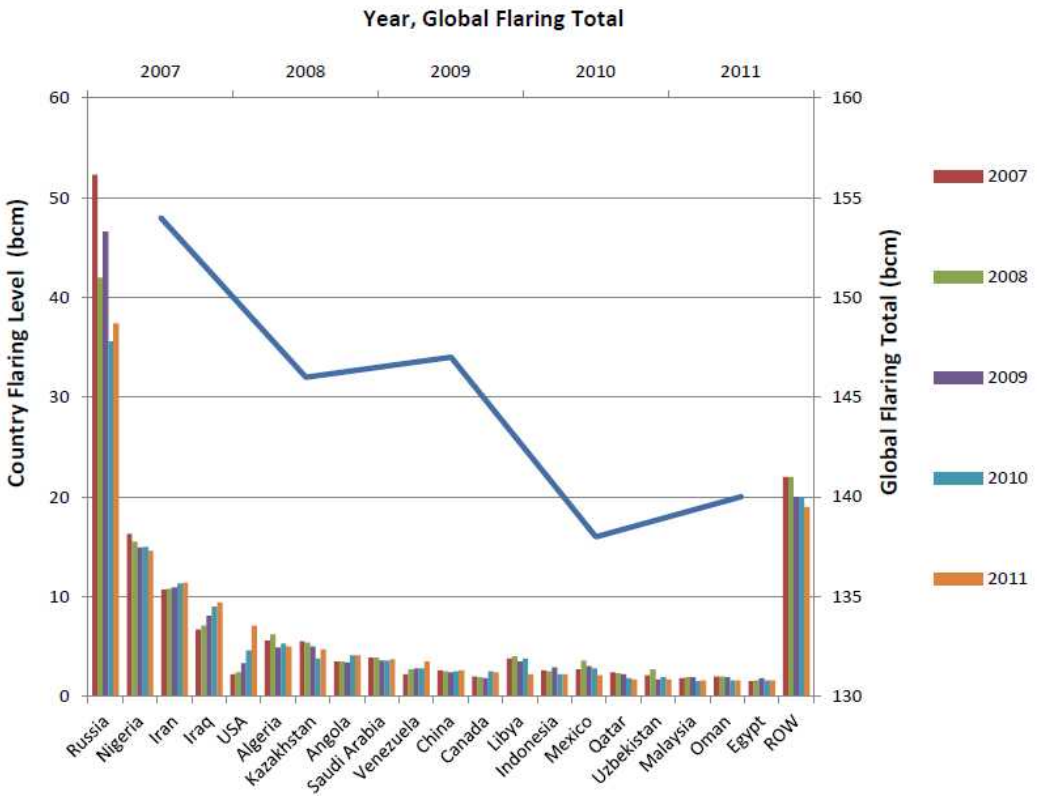
□ 동반가스는 포집·매장이 어려운 경우 대부분이 소각되고 있는 상황으로, 소각 과정에서 전 세계적으로 막대한 양의 온실가스를 배출하고 있음

○ 온실효과 저감을 위해 동반가스의 소각 규제가 강화될 경우 GTL 플랜트 도입이 더욱 촉진될 것으로 예상됨

- 전세계에서 소각되는 동반가스의 양은 2011년 기준 연간 140 bcm으로 미국내 연간 소비되는 천연가스의 25%에 해당함
- 소각되는 막대한 양의 동반가스는 전세계 CO2 발생량의 1.2%에 해당하는 연간 $2.4x10^9$ 톤의 CO2를 발생시킴



[그림 16] 전세계 가스 소각 분포 위성사진



[그림 17] 2007년부터 2012년까지 국가별 소각되는 가스량 (자료 : NOAA Satellite/World Bank)

□ 미국은 많은 양의 소각 가스를 처리하기 위한 마이크로 GTL 활용에 있어서 경제적, 기술적, 정치적, 환경적 여건이 충족되는 가장 가능성 있는 시장임

○ '18년까지 미국에서 셰일 오일 시장에 투자되는 CAPEX는 62억 달러에 이르고 생산되는 셰일 오일은 3백만 b/d일 것으로 추정됨(Visiongain Shale oil market 2013-2023)

○ 미국의 경우 동반가스를 포집을 위한 저장 용량이 부족하고 천연가스 가격 또한 매우 저렴하기 때문에 많은 양의 동반가스를 소각하고 있는 실정

- '13년 멕시코만 연안의 Bakken 유정에서는 생산되는 가스의 1/3이 소각되는 것으로 조사됨

□ 브라질 연안 유전 등 해상 유전들에 마이크로 GTL이 적용되고 있음

○ '12년 브라질 Petrobras사는 마이크로 GTL 기업인 CompactGTL사를 포함해 FPSO, 촉매 제조, 반응기 제조사들에게 사업 의뢰를 통해 해상 유전에 적용할 2,000 b/d GTL 데모플랜트 건설 계획을 발표함

- 브라질은 상기와 같은 노력을 통해 전년대비 21%의 소각 가스를 감축할 수 있었음

□ 전세계적인 경유 내 황 성분 규제 강화 추세로 인해 GTL 합성연료 수요가 증가할 것으로 전망됨

○ 각 국은 경유 내 황 성분을 규제하고 있으나, 원유는 지속적으로 무거워지고 있어 초저황규제를 맞추기 위한 정유공정이 보다 어렵고 고가화 되는 상황으로 이는 정유 가격 상승요인으로 작용함

- 화석연료에서 정제된 기존 경유의 경우 새로운 황함량 규제에 대응하기 위해서 높은 정제비용이 추가적으로 소요되고 있는 실정으로 이는 결과적으로 경유 가격의 상승을 야기할 것으로 예상됨

○ GTL 합성 경유의 경우 황 함량이 낮으므로 기존 경유에 일정부분 혼합하거나 대체할 경우 강화되는 황 성분 규제에 대응이 가능함

○ 경유 내 황성분 규제로 인한 GTL 합성연료 수요 증가는, 연료 자체에 대한 개발뿐만 아니라 합성연료 사용 시 자동차 엔진 최적화 개발의 원동력이 되고 있음

- GTL 합성 경유를 사용하면 엔진 효율성 및 배출가스 감소를 달성할 수 있어 유해 배기가스 배출량이 적고 높은 효율의 엔진개발이 가능함[28)]

28) BCC p.174

- GTL 합성 경유의 세탄가는 약 75~80인 데에 반해 기존 경유의 세탄가는 45~55임

□ GTL 시장 전반의 성장세는 지속될 것으로 분석되며, 마이크로 GTL 합성원유의 경우 지속적으로 가격경쟁력을 유지할 것으로 조사됨

○ BP, VisionGain 등의 구미권 주요 정유사 및 글로벌 컨설팅 업체에서는 대형 GTL의 경제성 지표를 산출하고 있으며, 이들 업체는 향후에도 GTL 합성원유의 경제성은 높을 것이라 판단하고 있음

- 서부텍사스산 중질유 가격(WTI, $/Barrel)과 미 헨리허브의 천연가스가격($/MMBtu)이 통상 사용되며, 전통원유/천연가스 가격 비가 15 이상이면 GTL의 경제성이 있다고 판단함

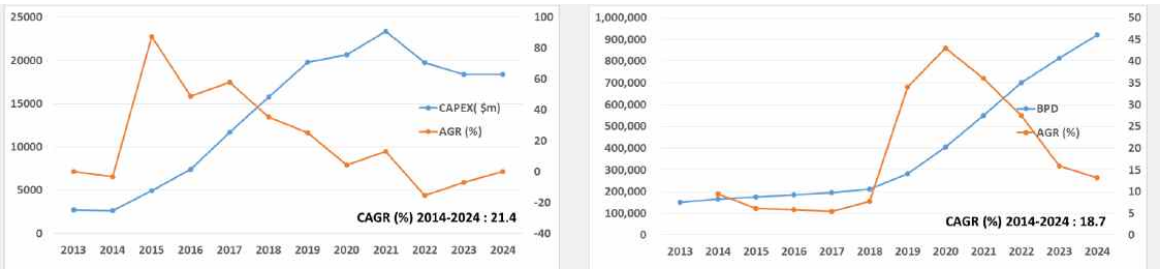
- '09년까지 전통원유와 천연가스의 가격은 대략 비슷한 추이로 움직였으나, 이후 셰일가스 등 비전통 가스개발이 활발해 '12년을 절정으로 가격비가 50까지 치솟음

- 최근 원유가격의 하락으로 가격비가 15 근방으로 내려왔지만, EIA 가격 예측 및 뉴욕선물거래소(NMX) 가격 예측(95% 신뢰구간)에 따르면 당분간 15 이하로는 내려가지 않을 전망

○ 이러한 경제성 전망은 현재 대부분의 GTL 시장을 차지하는 대형 GTL을 기반으로 고려하는 만큼, CAPEX가 낮은 마이크로 GTL을 기반으로, 전통가스전(동반가스,한계가스전)을 이용한다면 경제성은 훨씬 높아질 것으로 예상됨

○ GTL 기술은 대형의 경우 상업화 확산, 중소형은 상업화 이전 단계로 분석되며 '14년 GTL 플랜트와 합성유를 합친 시장의 규모는 86,866 억원 규모이며 '24년에는 549,795 억원으로 성장할 것으로 전망됨

- 연평균성장률(CAGR)의 경우 12% 이상을 기록하며 급성장할 것으로 예상됨[29)]



<Global GTL CAPEX Market Forecast 2014-2024>
<Global GTL Liquids Production Forecast 2014-2024>

[그림 18] 세계 GTL 및 GTL 연료 CAPEX 시장 전망 (자료 : Visiongain 2014)

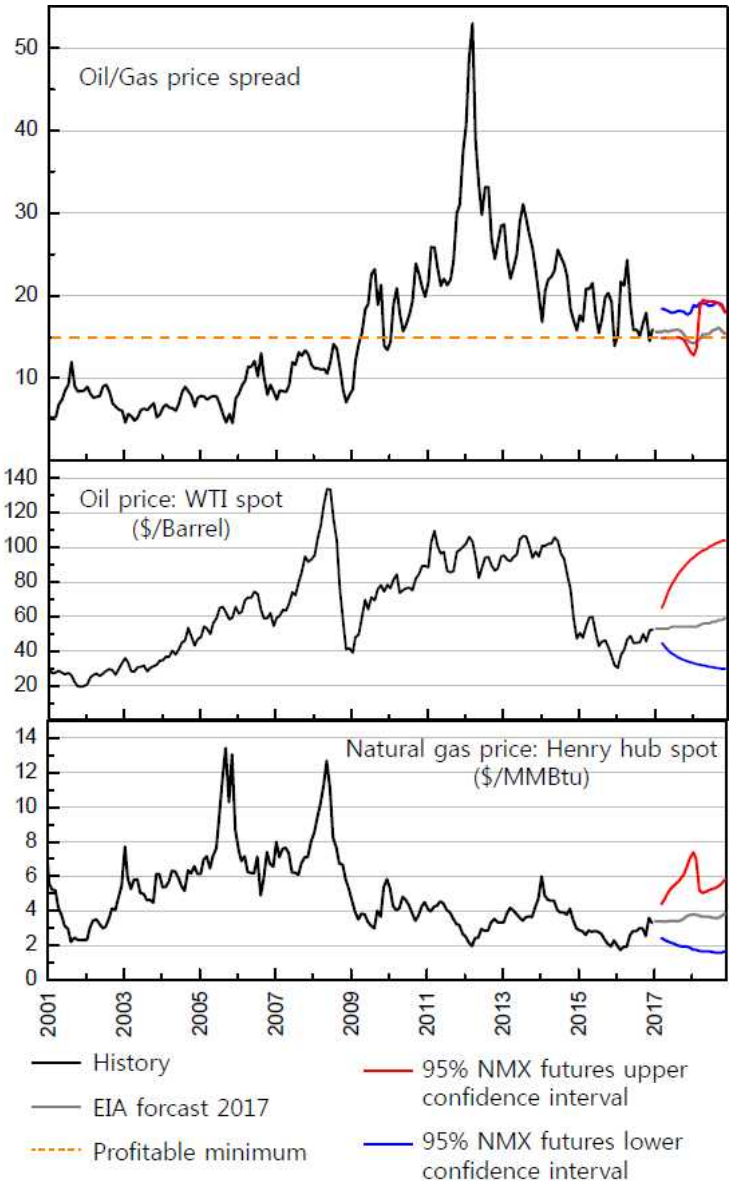
○ '11년 GTL 연료 공급량은 10만 bpd 규모에서 2020년 30만 bpd, 2040년 70

29) Visiongain, 2014

만 BPD 규모까지 증가할 것으로 예상됨. 원유를 제외한 대체원료로부터 생성된 액체연료 (NGL, BTL, CTL, GTL, Refinery gain) 중에 GTL이 2040년까지 공급 증가량 5.7%로 가장 크게 나타남[30)]

- 세계시장규모는 '10년에서 '20년까지 5배의 지속적인 증가세를 보였으며, '40년까지 최대 9배까지 성장할 전망

- 세계적으로 산재해있는 중소가스전이나 동반가스의 활용 비중이 늘어나면서 총 GTL 합성유 생산규모에서 비 OPEC 국가의 시장 선도 비율이 크게 늘어날 것으로 예상됨



[그림 19] 전통원유(WTI)/천연가스(HenryHub) 가격 비, 전통원유 및 천연가스 가격 추이 (자료: EIA 2017)

30) International Energy Outlook 2016, DOE p.225

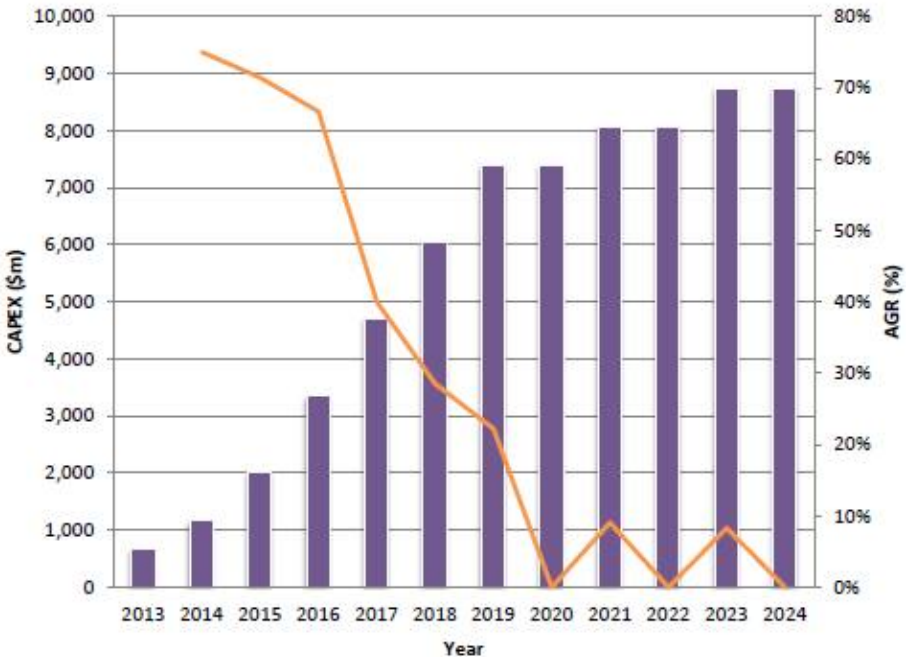
○ 대부분 가스화학 기반 상용화된 GTL 기술은 5 TCF 이상의 대형 가스전에 국한되어 있는 상황

- 상용화 형태는 공정기술을 가지고 있는 메이저 라이센스사 (Sasol, Shell, PetroSA, Chevron 등)와 가스자원을 가지고 있는 국가 (카타르, 나이지리아, 말레이시아 등)의 공영기업과의 합작회사 형태를 보임

- 글로벌 기업과 가스자원 보유국의 컨소시엄에서는 생산된 화학제품의 이익을 분배하는 이익 분배 구조를 갖고 있음

□ 마이크로 GTL 시장의 경우 아직 상용화 이전 단계이나 현재 향후 높은 성장률을 보일 것으로 전망됨

○ 합성원유 생산량 10,000 bpd 이하의 마이크로 GTL에 대한 설비 투자비는 '14년부터 '24년까지 연평균 22.2%의 성장률을 보일 것으로 예상됨[31)]



[그림 20] 마이크로 GTL CAPEX 성장률 전망 (자료: Visiongain 2014)

- 마이크로 GTL은 아직 상용화 전 단계이고 이러한 작은 시작점으로 인해 '20년까지의 성장률은 매우 높음

- 동반가스나 한계가스전과 같은 중소형전에 마이크로 GTL이 적용되는 양을 '24년 67.3 tcf로 매우 보수적이게 예상함에 따라 낮은 설비 투자비 성장률을 보임

- 주의할 것은 전 세계적 동반가스 소각에 대한 정확한 계측양이 없고, 새로운 비전통유전의 발견 및 동반가스 수익화에 대한 가능성, 그리고 한계가스

31) Visiongain 2014

전의 방대한 양 등, 마이크로 GTL에 대한 예상치는 상당 부분 추측에 근거함

- 현재 모듈형 및 마이크로 GTL 플랜트가 상업화 전단계이기 때문에 앞으로의 프로젝트에 대한 비밀 유지 상태가 상당량 있을 것으로 추정함

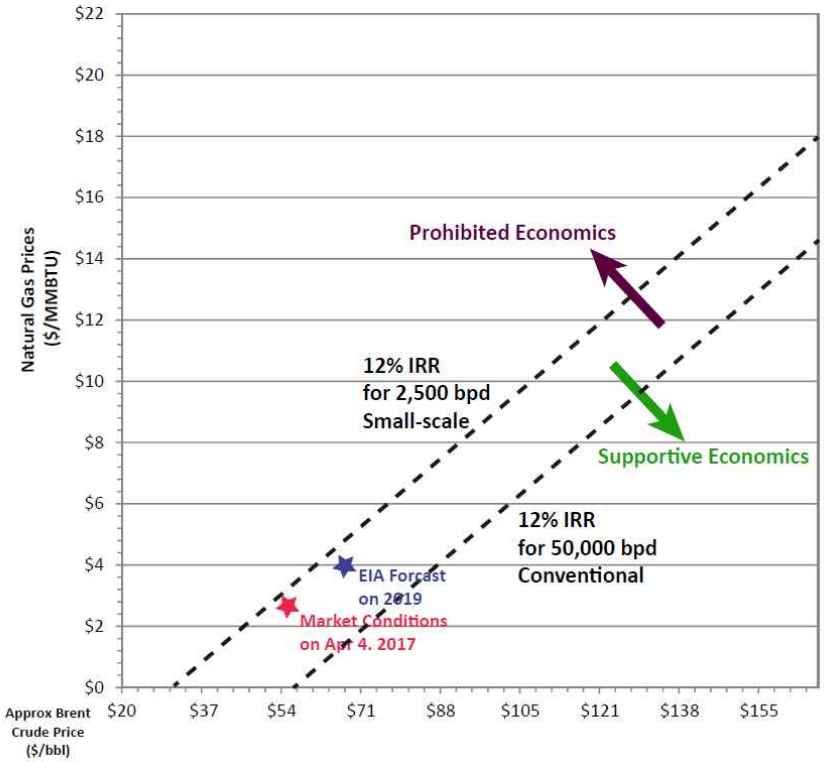
○ 미국 에너지국 산하 국립 에너지 기술 연구소에서 수행한 50,000 bpd 규모의 통상적인 GTL 공정에 대한 경제성 분석에 따르면 마이크로 GTL은 대형 GTL 대비 경제성을 갖는 것으로 분석됨[32)]

- 이러한 대형 공정에 대한 경제성은 현재 원유 및 천연가스 가격에서는 수익 마지노선인 IRR 12%에 미치지 못하는 것으로 나타남

  • 원유: Brent Crude, 2017/04/04, 53.12; 천연가스: Henry Hub, 2017/3/28, 2.95 $/MMBtu

- 그러나 2,500 bpd 규모의 마이크로 GTL에 대한 경제성은 같은 시장 조건에서 IRR 12%를 다소 넘어 경제성이 있는 것으로 판단됨[33)]

- 또한 EIA에서 예상한 향후 원유 및 천연가스 가격 전망에 따르면 '19년에도 이러한 경제성은 유지될 것으로 예상됨



[그림 21] 원유 및 천연가스 가격 변동에 따른 대형(50,000 bpd급) 및 중소형(2,500 bpd)급 GTL 경제성 비교

32) Analysis of Natural Gas-to-Liquid Transportation Fuels via Fischer-Tropsch, 2013
33) Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process: Technical and economic analysis, Fuel, 2016

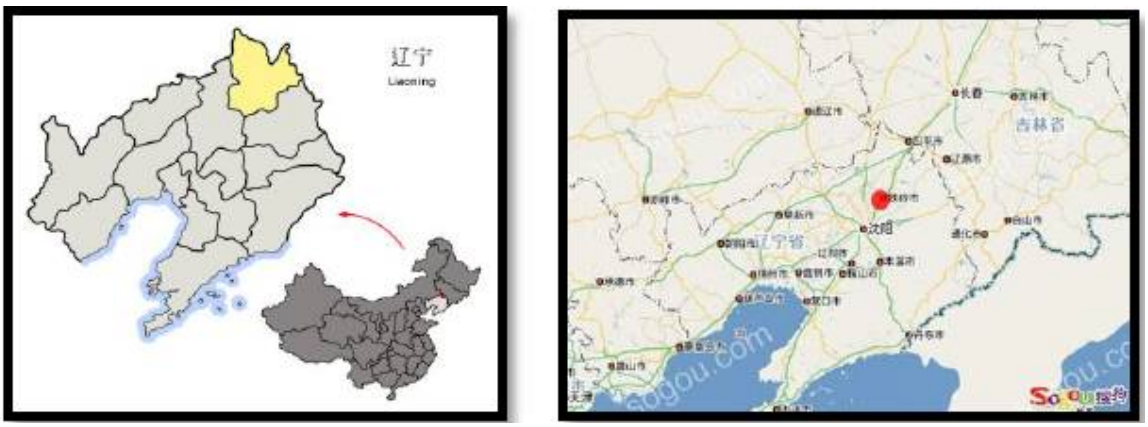
□ 동 사업 개발기술을 이용한 해외 진출 대상 가스전으로 중국 및 인도네시아가 대상지로 조사되었으며 향후 GTL 플랜트 기술 수출에 있어 실증플랜트의 운용처로서 기능할 수 있을 것으로 기대됨

○ 해외 가스전 확보일환으로 한국가스공사는(KOGAS)는 중국 철령시의 매립지 가스 화석연료 전환 사업에 참가 노력을 기울이고 있음

- 대상지의 매립지 가스 규모는 1,200~2,400 Nm3/h로 분석됨

- '16년 9월 Bio Friends Inc.(BFI) 측에서 중국내 매립지가스 사업자 및 에너지 사업자에 설명자료를 배포하여 한국 GTL 기술플랜트 해외사업 가능성과 기술이전에 대하여 관계자 대상 설명회를 개최함

- '17년 2월 매립지 확보를 위하여 중국 철령시를 방문하여 철령시 시장, 에너지국장, 환경국장과 기타 관계자가 참석한 가운데 현지 설명회를 갖고 현지 매립장 확인, 토지사용승인, 생산된 제품 구매의향서 획득한 바 있음



[그림 22] 중국 철령시 위치

○ '17년 7월에는 하얼빈 매립지와 연계하여 중국 동북3성에 매립지가스로부터 전환플랜트를 건설 운영하는 사업에 대한 설명회를 개최함

- 하얼빈 매립지는 조성된 매립지 개량화, MSW (Municipal Solid Waste)로부터 화학전환, 전력생산을 논의함

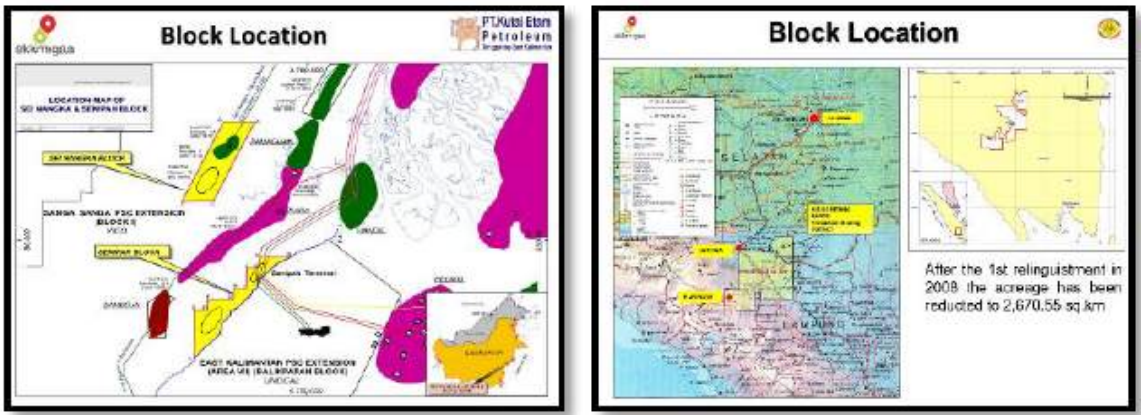
○

- 대상지는 인도네시아 Provinsi Sumatera Selatan South Baturaja 지역의 Pertamina(인도네시아 Oil&Gas 출연기관) 55% 지분, 민간정유사 45% 지분으로 구성된 소형 가스전임

- 천연가스 매장량 연간 20만톤으로 (약 30,000 Nm3/h) 추정되며, GTL 공정 적용시 약 2,000 bpd 급으로 중소형 공정에 적합

- 인도네시아 현지의 Kharlifa Energy Asia 및 정유업체에서는 한국의 GTL 해외사업을 전개시 조인트 벤처를 설립하여 사업타당성 조사, 현지조사를 적극적으로 지원하기로 협의함

- '17년 4월, KOGAS에서는 GTL 사업의 참여를 위해 사업개요 및 가스전, 가스가격 등의 협의를 위한 방문한 바 있음



[그림 23] 인도네시아 수마트라 중소형 가스전 위치

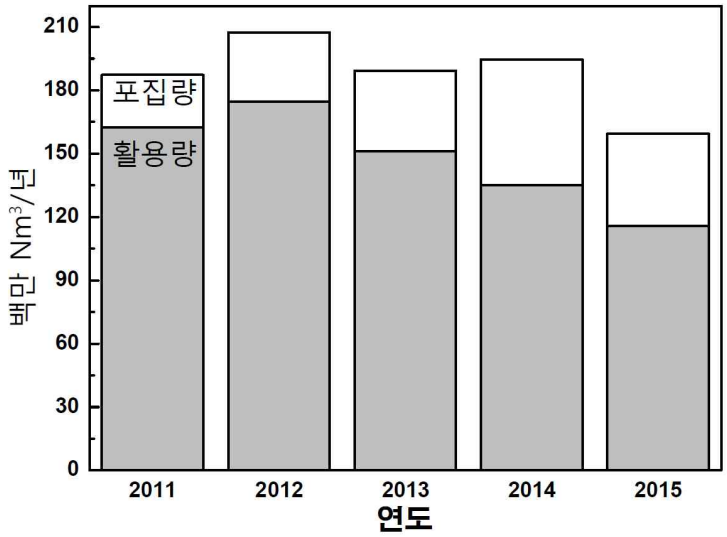
○ GTL 기술을 적용하는 실증사업은 가스자원이 부재한 우리나라에 적용하는 실증사업보다는 해외자원을 보유하고 있는 동남아시아 등 근린 우호국의 가스전을 활용하는 것이 유리한 것으로 판단됨

- 대상지에서의 실증플랜트 검증을 바탕으로 해외 GTL 사업에 적극적으로 참여하는 것이 보다 효율적이고 전략적인 것으로 분석됨

2. 국내 시장현황 및 전망

□ 국내 매립지에서 포집되는 가스량은 연간 약 4억 Nm3으로 그 중 절반가량이 메탄가스로 활용이 가능함

○ 현재 대부분의 매립지가스는 발전용으로 쓰이며 활용되지 못한 나머지 매립지가스는 소각되고 있는 상황



[그림 24] 연간 매립지가스 중 메탄가스 포집량 및 활용량 (자료: 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부, 2011-2015)

〈표 13〉 연간 매립지가스 포집량, 메탄가스량, 활용량 (자료: 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부, 2011-2015)

연도	총 포집량 (Nm3/년)	메탄가스량 (Nm3/년)	총 활용량 (발전+냉난방+가스공급) (Nm3/년)	메탄가스 활용률 (%)	저활용 지자체
2011	389,490,186	187,332,268	162,562,596	86.7	인천 85% 대전 0%
2012	440,695,796	207,432,315	174,557,293	84.1	인천 67% 대전 37%
2013	402,754,560	189,387,003	151,078,137	79.7	인천 63% 대전 60%
2014	386,836,616	194,616,924	135,086,205	69.4	인천 58% 대전 63%
2015	350,382,318	159,525,456	115,901,182	72.6	인천 63% 대전 80%

○ 매립지 가스를 상대적으로 저활용하는 지자체로는 인천시와 대전시가 있음

- 대전시는 바이오가스화 시설 설치에 '17~'21년간 310억 원을 투자할 계획이며, 동 기간 폐기물 분야에서 174억 원의 투자여력을 보유하고 있음

• 대전시는 자원으로 재순환되는 선진 폐기물처리 시스템 구축·운영을 환

경녹지분야 정책방향으로 설정하고, ‘17~‘21년간 생산량 200톤/일의 바이오가스화시설 설치에 310억 원을 투자할 계획임[34)]

- 대전시는 폐기물 분야 재정규모를 빠르게 증가시켜 ‘17~‘21년간 174억 원의 투자여력을 보유한 것으로 파악됨

- 대전시는 폐기물 분야 재정규모를 ‘17~‘21년간 연평균 21.1% 증가시켜 동 기간 총 2,696억 원의 재정규모를 설정하였고, 세부사업계획에서는 동 기간 2,522억 원의 사업비를 설정함[35)]

○ 수도권매립지관리공사에서는 현재 매립지가스 약 40,000 Nm^3/h를 50MW 스팀터빈 발전용으로 사용하고 있음

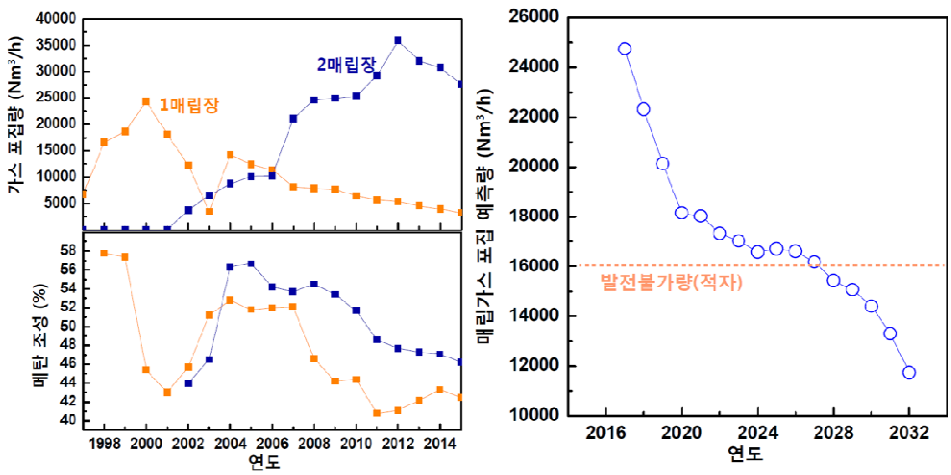
- ‘97년부터 매립해온 제1매립장의 매립지 가스의 양은 매립 부지의 한계로 그 양이 점차 줄어들고 있으며 ‘02년부터 매립해온 제2매립장의 경우에도 ‘12년을 기점으로 그 양이 감소하는 추세

- 양 뿐만 아니라 매립지 가스 중 메탄가스의 조성도 점차 낮아지고 있어 질과 양의 저하 문제에 직면하고 있음

- 매립지가스의 양이 16,000 Nm^3/h 이하로 줄어들면 발전용으로 사용하기에 부적합한 양으로 향후 GTL 등으로 처리해야하는 실정임[36)].

- GTL 기술의 경우 16,000 Nm3/h 의 매립가스로 640 bpd 규모 플랜트 운전이 가능함

- 수도권 매립지의 메탄가스 포집예측량을 보면 ‘26년까지는 지속적으로 발전으로 매립지가스를 활용하여 수익이 발생하나, ‘27년부터는 적자 전환이 예상됨



[그림 25] (좌) 수도권매립지 매립장별 가스포집량 및 메탄 조성 추이. (우) 메탄가스포집 예측량 (자료: 수도권매립지통계연감, 2016)

34) 2017~2021 중기지방재정계획, 대전광역시, 2016. 11.
35) 2017~2021 중기지방재정계획, 대전광역시, 2016. 11.
36) 수도권매립지 매립가스 자원화 민간투자사업 관리이행계획(안) 2017.1

3. 시사점

□ GTL 산업은 해외의 소수 선진업체가 관련 기술을 독점 중으로 국내 업체들은 해외 선진업체로부터 기술 라이센싱이 불가능하여 자체적으로 국내 기술 개발이 불가피한 상황임

○ 현재 국내 기업의 해외 정유/석유화학 플랜트시장 점유율은 약 3%수준으로, 정부는 플랜트산업의 해외진출 확대를 위한 방안을 모색하고 있음

○ 기존 대형 GTL 플랜트의 경우 10,000bpd 미만 규모의 가스전에서 사업성이 담보되지 않아, 전세계적으로 부존량 규모가 67,417,800bpd로 추정되는 중소 가스전 시장이 아직 개화되지 않은 상황임

○ 모듈형 반응기 기반의 마이크로 GTL플랜트의 경우 저유가 기조에서도 10,000bpd 미만 시장에서 사업성이 있는 것으로 분석됨

○ 현재 해외 2개 업체가 기술을 선도하여 상용화 모델의 시범운영 단계에 있어, 조기에 기술이 확보될 경우, 마이크로 GTL플랜트 시장 진출 및 점유율을 높일 수 있을 것으로 기대됨

○ 특히 미래에는 전통적 석유가스자원의 고갈로 비전통 석유가스 비중이 커질 것으로 전망됨에 따라, 미래 유망시장에서의 수익창출이 가능해지고, 자원안보에도 기여할 것으로 기대됨

□ 바이오가스, 셰일가스, 한계가스 등의 개발에 적용하는 마이크로 GTL 기술이 전세계적으로 많은 관심을 받고 있는 상황임

○ 유가의 변동에 따라 대형 GTL 플랜트의 채산성은 불투명한 상황이나, 마이크로 GTL의 경제성은 지속적으로 확보되는 것으로 나타남

□ 국내 시장은 매립지 가스를 단순 에너지원으로 소비할 것이 아니라 고부가 화학제품으로 전환시켜 시장을 창출할 필요가 있음

○ 등유를 제외한 휘발유 및 경유 제품의 소비량은 점차 증가하는 추세에 있으므로, 향후 높은 수요가 예상됨

□ 화석연료의 대부분을 해외 수입에 의존하는 우리나라의 특성 상, 안정적 원료 확보 방안으로 마이크로 GTL 플랜트 기술 개발을 고려해 볼 수 있음

○ 해외의 경우 시장에서 멀리 떨어지거나 운송이 힘든 지역에 대한 GTL 기술 개발 당위성을 가지고 자원 개발에 대한 지원이 필요함

- 인도네시아 등 동남아 지역 중소형 가스전의 개발에는 외교적 노력도 필요할 것으로 전망

○ 유전 개발 시 소각되는 동반가스전에 대한 정확한 정보를 이용, 해당 정부와의 협의를 통한 확보가 필요함

□ 국내의 경우 정확히 조사된 부존 가스자원이 없기 때문에 천연가스를 이용한 GTL 사업보다는 도시 근교 매립지가스 또는 음식물쓰레기 처리 시 발생하는 혐기성소화가스가 유력한 원료확보 방안임

3절 국내외 기술동향 및 분석

1. 국외 기술동향

가. 원료가스 전처리 기술

□ 중소규모 천연가스를 비롯한 셰일가스, 동반가스, 매립지가스에는 흔히 여러 불순물이 포함되므로 후속 GTL 공정을 안정적으로 운영하기 위해서는 수용 가능한 수준으로 불순물을 제거해야 함

○ 각 불순물의 수준은 대체로 생산전의 특징과 업스트림 가스처리의 정도에 좌우됨

○ 산성가스인 CO_2와 후속 GTL 공정의 촉매 독으로 작용하는 황화수소는 ppm 수준으로 줄여야 하는데 일반적으로 다양한 아민(amine) 방식 시스템 또는 Sulfinol과 같은 가스세정 공정을 활용함

- Sulfinol은 Shell사가 라이센스를 보유하고 있는 공정으로, 물리적 흡수제로 Sulfolane을 사용하고 화학적 흡수제로 DIPA나 MDEA 수용액을 사용함

- 피드가스가 상당한 수준의 황화수소를 포함한 경우, 분리된 산성가스 배출 흐름이 황 회수장비를 통과하도록 하여 황화수소가 황으로 전환되도록 하는 기술이 존재함

○ 원료가스 전처리는 LNG, GTL 등의 물리/화학적 액화공정 뿐만 아니라 가스를 화학원료 및 연료로 사용하는 다수의 공정에서 널리 상용화되어 쓰이고 있어 전반적인 기술 수준이 높은 것으로 분석됨

나. 합성가스 제조를 위한 모듈형 원료가스 리포밍 기술

□ 최근 반도체 공정을 이용한 미세가공공정(MEMS) 기술의 발달로 인해 기존 화학반응기들을 소형화하려는 시도가 다수 이루어짐

○ 밀리미터 크기의 채널을 갖는 마이크로 반응기는 넓은 비표면적 덕분에 작은 크기의 장치임에도 열 및 물질 전달에 더 효율적임 화학 반응의 선택도와 수율을 더욱 향상시킬 수 있음

○ 마이크로 반응기술은 작은 반응기 부피, 높은 열전달, 넓은 반응면적/부피 및 정확한 반응시간 조절이 가능함

- 동 기술은 화학공정의 고집적화, 반응 선택도의 향상 및 안전도 향상을 꾀

할 수 있는 장점이 있음

○ 마이크로 반응기는 주로 강한 발열반응이나 폭발성이 있는 반응과 같은 위험한 반응을 마이크로 채널에서 수행함으로서 마이크로 반응기의 이점을 극대화함

- 마이크로 채널형 반응기는 수 cm에서 수 미터 이하의 크기로 단일 시스템에서의 복합기능화가 가능하여 고부가가치 제품생산에 적합한 특징을 가짐

- 작은 규모를 통해 소규모화를 통한 기능 극대화가 가능한 특징이 있으며 unit cell 적층구성으로 scale-up이 용이한 장점이 있는 것으로 보고됨

- 대표적인 강한 흡/발열반응이면서 반응열 조절이 용이하지 않을 경우 생성물 선택도와 촉매 안정성에 영향이 큰 GTL(Gas to Liquids) 공정 반응기로서 많은 연구가 되어 왔음

○ 해외 다국적 에너지 기업인 BP사는 20여 년 전부터 컴팩트한 GTL 공정 개발을 위해 Alaska의 Nikiski에서 다양한 실증공정을 운영한 바 있음

- '02년 300 bpd 규모의 GTL 데모공정에서 컴팩트 리포머를 포함하여 실증공정을 운영하였으나 현재 상용화에 이르지 못한 상황

- BP사의 GTL 개발 담당자인 Joep Font Freide는 20개가 넘는 시험 플랜트 프로젝트를 운영하였으며 이를 통해 컴팩트 리포머 촉매의 수명, 활성화, 촉매 장입 및 탈거 과정에 대해 많은 지식과 노하우를 축적함[37)]

- Johnson Matthey사는 BP사와 함께 상표명 DAVY로 불리는 컴팩트 리포밍 기술을 발표함[38)]

○ 화학작용은 일반적인 SMR(스팀리포밍)과 같지만 역학적 디자인과 반응기류의 역류(counter-current), 극대화된 대류성 열교환을 구현하여 SMR과 상응하는 성능으로 컴팩트 리포밍 공정을 최적화함

○ 모듈형 GTL 공정의 선두주자인 Velocys사 및 CompactGTL사는 컴팩트 리포머에 관련한 특허를 보유 중임

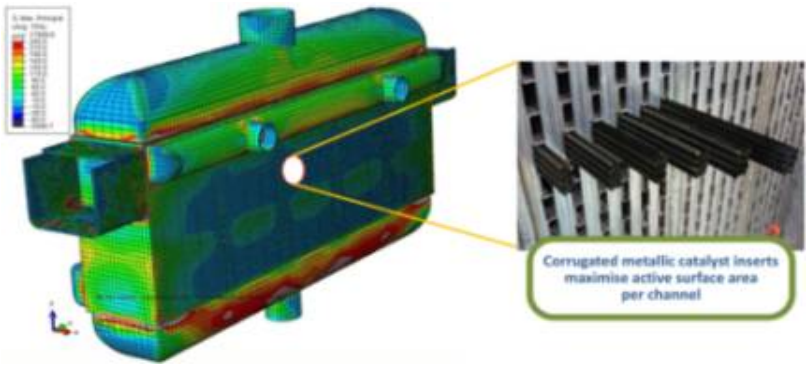
- CompactGTL사의 경우 실증 테스트까지 진전시키지 못하고 있는 상황으로 개념설계에 머무르고 있으며 상용화 진행은 기존 ATR 기술로 진행함

- Velocys의 경우 또한 파일럿 실증 단계에서 테스트 도중 실패한 것으로 알려져 있음

37) Analyzing gas to liquids, Aruvian's research, 2017
38) http://www.jmprotech.com

다. 합성연료 제조를 위한 모듈형 FT 합성 반응 기술

□ 마이크로 반응기를 이용한 FT 합성 반응 기술의 경우에도 타 기술과 마찬가지로 Velocys와 CompactGTL의 기술이 대표적임



[그림 26] CompactGTL사의 마이크로 채널 FT 합성 반응기

○ CompactGTL과 Velocys의 마이크로 반응기 기술을 비교할 때 “mini vs. micro”로 표현됨

- 반응기 내의 채널 크기가 CompactGTL은 2.5~5 cm인 반면, Velocys 는 수 mm 수준임

○ CompactGTL에서는 촉매를 inserts에 코팅하는 방식을 사용하지만 Velocys에서는 촉매를 리포머의 경우는 wall coating, FT 반응기의 경우는 powder를 사용함

○ Velocys는 FT 반응기의 경우 0.5 bpd pilot plant 규모에서 꽤 안정된 운전 결과를 얻음

○ Velocys는 리포밍과 F-T 합성에 마이크로 채널 반응기를 적용하여 원리상 CompactGTL보다 더 compact한 반응시스템을 꾸밀 수 있는 장점을 가졌으나 아직 리포밍 반응시스템이 불완전한 것으로 알려져 있음

○ 기술개발의 리스크를 최소화하기 위해서 CompactGTL은 현재 사용되는 기술을 기반으로 반응기를 개발하였으나 Velocys는 새로운 형태(Diffusion-bonded micro-channel) 을 기반으로 반응기를 개발함

- CompactGTl은 Brazed plate-fin + small fin inserts 마이크로 열교환기 기술을 기반으로 반응기를 개발함

○ 현재 commercial demonstration plant에 있어서 CompactGTL이 Velocys 보다 1년 이상 앞서 있는 것으로 분석됨

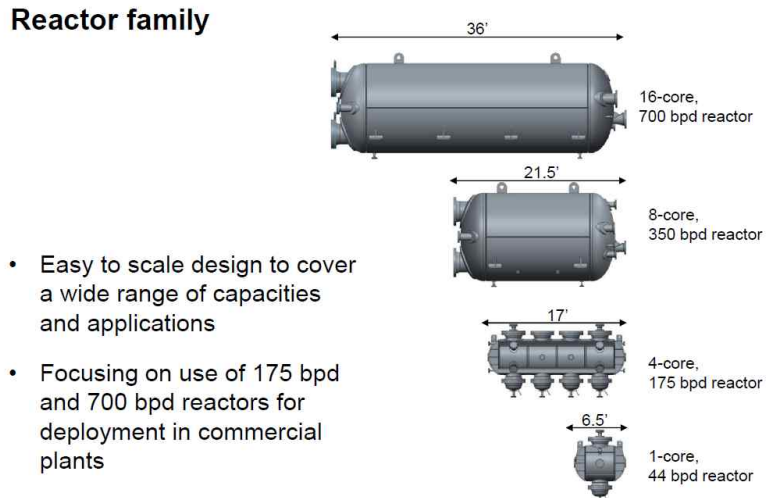
- CompactGTL은 ‘11년 12월에 Petrobras로부터 승인을 얻었으며 1,000 bpd

수준의 소규모 GTL plant 의 개념설계를 마침

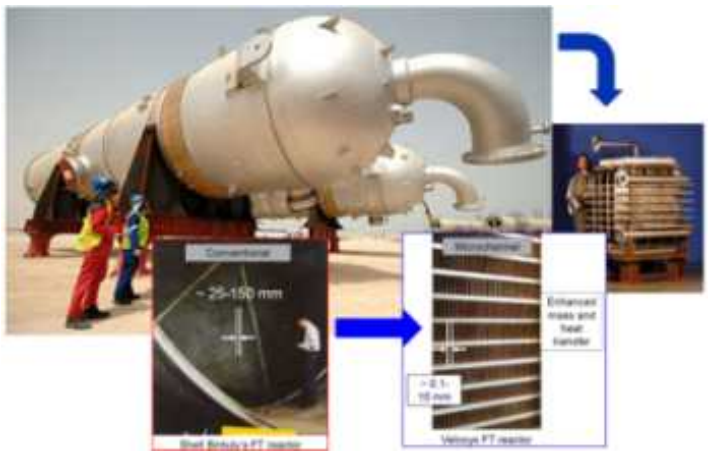
○ Velocys는 5000 bpd급 중소규모 플랜트를 위해 core 수를 기존 4개에서 16개로 늘린 상용 모듈개발을 발표함

- 16개 코어 모듈 당 생산 용량은 700 bpd, 가장 작은 단일 코어 모듈의 생산 용량은 44 bpd

- 5000 bpd 플랜트에 기존의 4 코어 모듈은 32개가 들어가지만 16 코어 모듈은 8개로 줄일 수 있음



[그림 27] Velocys사의 FT 반응 모듈 그룹



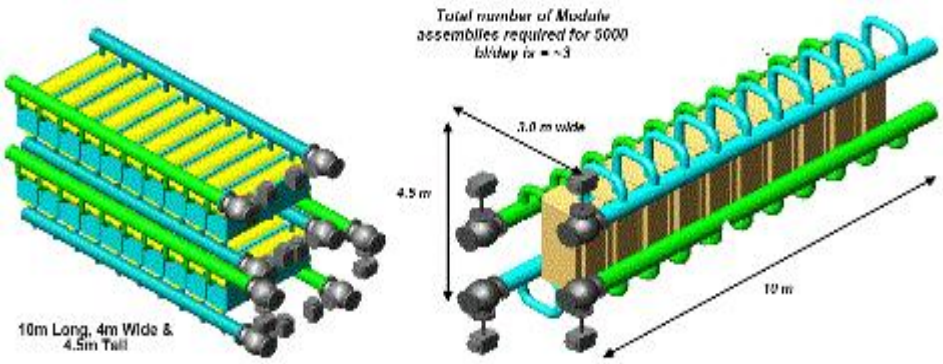
[그림 28] Velocys사의 마이크로채널 FT 합성 반응기

- Modec의 개념설계에 의하면 Velocys 기술을 이용한 1000 bpd GTL plant의 경우 3,120 ton 중량에 40 m L x 25 m H x 40 m W 의 dimension을 가져 CompactGTL (2,400 ton, 48 m L x 18 m H x 29 m W) 의 경우와 유사함

○ CompactGTL사는 합성유 생산을 위한 마이크로 반응기(합성가스 + F-T합성)를 개발하여 가스전에 수반되는 가스 처리를 목적으로 '08년 Petrobras와

함께 10~20 BPSD pilot plant에 적용하여 '11년도에 실증플랜트 운전을 성공적으로 완료한 바 있음

- Petrobras실증플랜트 건설을 위한 투자비는 3,500~17,500만 달러로 조사됨[39)]



[그림 29] CompactGTL의 F-T 반응기 및 메탄개질 반응기 모듈

○ Velocys사는 Micro-channel 기술을 이용한 마이크로 GTL 플랜트 개발을 진행 중에 있음

- SMR리포밍용 micro-channel 반응기와 코발트 촉매를 사용하는 F-T micro 고정층 반응기를 개발하여 현재까지 6 bpd 급 규모의 pilot plant로 '12년에 Petrobras와 실증플랜트 운전을 수행함[40)]

- 최근에는 25bpd급 FT 합성반응기를 상용화하였으며, 이를 125-200 bpd급으로 multi-core 제품으로 스케일업하여 반응기를 제작함

○ 반응기 벽에 촉매를 부착하는 형식의 마이크로 반응기는 장시간 촉매의 탈착방지와 촉매의 활성 저하 시에 촉매 교체의 문제 등이 발생할 것으로 예상됨

- 동 기술의 경우 단기간에 기술 개발이 어려울 것으로 보이므로, 마이크로 채널형 반응기에 촉매를 고정층으로 충진하는 방식의 마이크로 채널형 콤팩트 반응기 설계 및 이에 적절한 촉매 설계 기술의 개발이 적절해 보임

□ 소규모 GTL 기술로서 Velocys 와 Compact GTL 외에 INFRA Technology, Verdis Fuels, GL2, 1st Re자료 Group, Gas Technologies, LLC, Oberon Fuels 등이 있음

- 러시아의 INFRA Technologys는 마이크로 반응시스템을 사용하지 않으며, 왁스 생성 없이 FT 반응기에서 바로 액상의 탄화수소를 생산할 수 있는 콤팩트한 플랜트를 기술의 특징으로 함

39) NGCS 10 (2013) – CompactGTL 발표자료
40) NGCS 10 (2013) – Velocys 발표자료, Velocys 홈페이지

• 생산성은 350 - 450 kg/m3/h으로 Upgrading 이 필요 없다는 점에서 Chevron 기술과 유사함

• 0.25 bpd 의 파일럿 테스트를 완료하였으며 트럭/트레일러로 운반 가능한 GTL plant 를 상용화 타겟으로 함

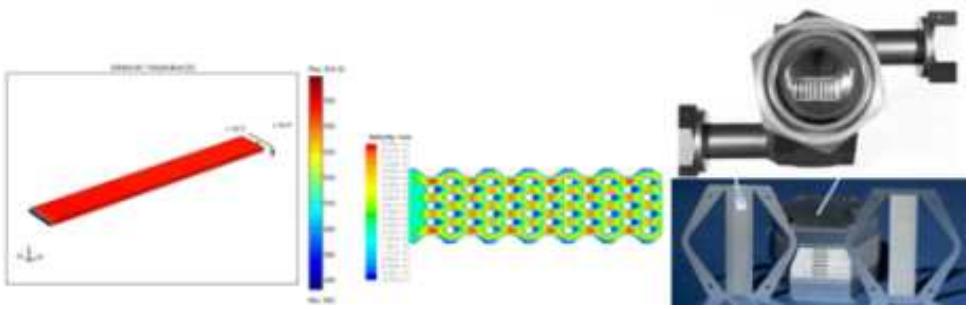
- Oberon Fuels 는 메탄으로부터 합성가스와 메탄올을 거쳐 DME 를 생산하는 기술을 개발하였음

• 동 사의 기술은 메탄올로부터 DME 를 생산하는데 있어서 reactive distillation 공법을 사용함

- Gas Technologies, LLC 는 메탄으로부터 메탄올을 1단계로 생산하는 기술을 개발함

• 동 사의 기술은 Homogeneous partial oxidation 을 사용함

- SINTEF에서는 합성가스에서 메탄올을 합성하는 데 마이크로 채널 반응기를 사용함



[그림 30] SINTEF 메탄올 합성 마이크로 채널 반응기

라. 합성연료 업그레이딩 기술

□ FT 반응에서 생성되는 왁스는 상온에서 고체이므로 선박에 선적, 하역 및 이송 시 heating 문제점이 있으며, 제품 고부가가치화를 위해서는 업그레이딩 설비에 대한 기술개발이 이루어져야 할 필요성이 있음

○ Sasol, Shell, BP와 같은 해외 선진 업체에서는 업그레이딩 촉매 공정으로 대변되는 각자의 고유 업그레이딩 기술을 보유하고 있으며, 이는 GTL 생산 현장에서 상용화되어 쓰이고 있음

- FT 합성반응으로 생산된 왁스 성분을 업그레이딩 하는 기술은 목표로 하는 생산물에 따라 안정성을 높이기 위한 수첨처리 공정, 연료 품질 향상을 위한 크래킹 공정, 윤활기유 제조를 위한 이성질화 공정 등이 포함됨

- 각 공정에는 최적화된 업그레이딩 촉매 기술 및 반응 공정 기술이 수반됨

- 이러한 기술들은 해외 선진 업체에서 자체적으로 핵심기술로 지정하기 때문에 사용하는 촉매 표본이나 공정 조건이 공개되지 않음

□ 해외 각국에서는 GTL 합성연료의 성능을 기존 연료와 비교하여 확인하고, 실 차량에 활용하는 연구를 수행 중임

○ 영국, 미국, 일본 등에서 GTL 합성연료를 중량급 대형 엔진에 주입하여 실증주행시험을 수행한 결과, 모든 경우에서 미세먼지 및 NOx 배출이 유의한 수준으로 감소되는 것으로 나타남

- 미국 캘리포니아에서는 남부대기질관리국(South Coast Air Quality Management District)과 함께 Navistar International 사의 엔진으로 GTL 연소 시험이 진행됨

  • 측정된 배출가스 저감률은 기존 경유 대비 미세먼지 18%, NOx 15%, 탄화수소 10%, CO 10%였음[41)]

- 미국 Argonne National Laboratory는 수송용 연료로써의 효율과 유해배기가스 관점에서 FT 반응으로 얻어진 연료를 종래 석유기반의 화석연료와 비교하는 연구를 수행중임

- 미국 Washington D.C.와 Alaska Denali National Park의 시내버스에 주입되어 운행하였고, 높은 수준의 유해배기가스 감소효과와 연비상승 효과를 봄.

- 프랑스의 국립 연구기관인 Institut Francais du Petrole (IFP, French Institute of Petroleum)은 석유, 천연가스, 자동차에 대한 연구를 하는 기관으로, GTL을 포함한 탄화수소계 수송연료에 대한 광범위한 연구를 진행하고 있음

- '03년 런던에서는 DaimlerChysler(현 Daimler AG)사와의 협력으로 GTL 연료로 버스가 운행되었음

마. 대형 GTL 상용 공정 기술

□ 향후 가동 예상인 상용 GTL 플랜트는 증가할 것으로 전망임

○ 대부분 GTL 공정은 대규모 가스전을 기반으로 상용화 되었으며, 이외에도 미국, 유럽, 일본, 호주 등에서 100 bpd 이상의 실증규모 GTL 공정을 실증한 바 있음

41) BCC p. 174

〈표 14〉 대형 GTL 상용공정

플랜트명		지역	소유	용량 (천bpd)	건설비용	가동시점
가동중	Pearl	Qatar	QP, Shell	140	$230억 (NGL 포함)	2011-12
	Oryx	Qatar	QP, Sasol	34	$10억	2007
	Mossel Bay	S. Africa	PetroSA	22.5	NA	1991
	Bintulu	Malaysia	Shell, Petronas, Mitsubishi	14.7	NA	1993
	Escravos	Nigeria	Chevron, NNPC, Sasol	33	$100억	2014.8
예정	Novokuybyshevsky	Russia	Rosneft	NA	NA	2018
	Westlake	Louisiana, US	Sasol	96	$110억 ~ 140억	2019 (FEED)
	OltinYolGTL	Uzbekistan	Sasol, Petronas, Uzbekneftegaz	38	$56억	2018
	Rovuma Basin	Mozambique	ENH, Sasol, Eni	40	NA	2022 (Feasibility)
	미정	Mozambique	ENH, Shell	NA	NA	Pre-feasibility
	Alberta	Canada	Sasol	96	NA	2021
가동중인 용량				242.6		
예정 용량				222 이상		

바. 마이크로 GTL 기본 설계 및 운전 기술

□ 마이크로 GTL 기술 분야의 해외 선진 업체들은 상용화 단계에 진입하기 전 자사의 기술을 시험하기 위해 데모플랜트를 건설하여 실증을 수행함

○ 용량은 5-100 bpd 규모, 운전기간은 6개월에서 1년 정도로 시험을 수행하며 최종 상용화를 1,000-2,000 bpd 수준으로 계획하고 있음

〈표 15〉 마이크로 GTL 기술 개발을 위한 데모 플랜트

회사	부지	용량 (bpd)	테스트연도	비고
CompactGTL	Brazil	20	2012	상용화 준비중
Velocys	Brazil	6	2013	
Velocys	USA	50	2013	BTL
Primus Green Energy	New Jersey	7	2013	2015년 디젤 생산 추가 (BTL)
Syntroleum	Tulsa, Okla.	100	2003-2006	생산품 버스 운행 테스트
그 외 8개 회사	Japan, Canada, Italy, USA	35		합계 35bpd 이하 소용량



[그림 31] Velocys사 와 CompactGTL사의 데모플랜트 운영 개요

사. 마이크로 GTL 상용화 예정 공정

□ 중소규모 가스전에 적용 가능한 모듈화된 마이크로 GTL 플랜트 기술 업체로는 Velocys와 CompactGTL이 있음

○ CompactGTL에서는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 유지/보수가 쉽고 수 cm의 채널사이즈를 가짐

○ Velocys에서는 파우더형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용하여 열교환 효율을 극대화시킴

- Velocys는 6bpd 급에서, CompactGTL은 20bpd급에서 demonstration 운전을 마친 상태임

- Velocys는 미국에서 셰일가스를 이용한 소형 GTL project를, CompactGTL은 카자흐스탄에서 flaring gas 활용 목적으로 상업화 project를 진행중



[그림 32] Velocys사의 1000-15000 bpd급 FT 플랜트

〈표 16〉 마이크로 GTL 상용화 진행 공정

플랜트명	지역	소유	기술	용량 (bpd)	가동시점
Offshore	Brazil	Petrobras	CompactGTL	2,000	2011-12 (Demo)
Lake Charles	Louisiana,USA	Juniper GTL	NA	1,100	2016
Ashtabula	Ohio, USA	Pinto Energy	Velocys	5,000	2017
ENVIA Energy	Oklahoma City, USA	ENVIA Energy	Velocys	NA	2017
Kazakhstan	Kazakhstan	Ministry of Oil & Gas of Kazakhstan	CompactGTL	2,500	2018

□ 일본에서는 마이크로 GTL 플랜트 관련기술을 기 확보하였으며, 현재 데모플랜트 실증 단계를 거쳐 상용화 단계에 도달함

○ 일본 Japan-GTL Consortium과 Nippon GTL Technology Research Association은 '06년부터 '12년까지 6년간 일본 니가타에서 7 bpd 규모의 Japan-GTL 데모플랜트를 운전하였음

- 일본 Japan-GTL Consortium은 일본 국영 석유화학회사(Japan Oil, Gas, and Metals National Corp., JOGMEC)를 포함하여 일본 내 다양한 관련 회사[42]의 합작회사임

42) Inpex Corp., JX Nippon Oil and Energy Corp., Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., Cosmo Oil Co. Ltd., Nippon Steel, Sumkin Engineering Co. Ltd., Chiyoda Corp.

○ 동 데모플랜트는 ‘12년 500 bpd 규모로 확대되어 실증을 완료함

□ 미국 에너지부에서는 Alaska의 중소규모 가스전(1~3 Tcf)에서 천연가스를 액체연료로 전환하기 위하여 Syntroleum 사의 기술을 사용한 모듈형 소규모 데모플랜트를 건설하는 Catoosa project를 지원함

○ F-T 공정으로 상당한 양의 합성원유를 제조하였고 수소첨가공정을 통해 연료화 하였음

○ 확보된 F-T 연료를 다양한 엔진과 이동원에 시험하였고 현존하는 연료 주사 시스템에 대한 호환성 및 유해배기가스 감축 효과를 시험하였음

□ 미국 에너지부에서는 공기주입 공정을 이용하여 기존 GTL 공정 대비 공사비용 및 운전비용 절감효과가 있는 GTL 기술을 개발함

○ ‘03년 11월 에너지부의 Catoosa project는 70 b/d 규모의 데모플랜트 운전을 수행함

- Syntroleum 사의 기술은 개질반응 시 대규모의 순산소 공정 대신 공기주입 공정을 이용하였으며, 이로써 같은 규모의 기존 GTL 공정 대비 25%의 공사 및 운전비용 절감효과를 획득함

□ 캐나다에서는 다단 천연가스 전환기술을 직접 전환기술로 대체하여 합성액체연료를 얻는 연구가 수행 중임

○ 캐나다 국립 CanmetEnergy Techology Center는 촉매 설계 및 화학공정 분야의 전문가들로 이루어진 연구기관으로, 현재의 다단 천연가스 전환기술을 직접 전환기술로 대체하여 합성액체연료를 얻는 연구를 수행중임

2. 국내 기술동향

□ 전체적인 가스화학 분야의 기술 수준은 선진국에 비해 국내기술은 많이 뒤쳐져 있는 상황임

○ 가스화학 산업은 원료중심 산업으로 입지적 요인에 의해 많은 영향을 받으며, 지금까지 국내 석유화학산업은 원료의 수송이 편한 납사원료기반 석유화학제품 생산 중심이었음

가. 원료가스 전처리 기술

□ 마이크로 GTL을 적용 가능한 가스원료는 유정 동반가스, 한계가스전, 매립지 가스 등으로 주로 메탄으로 이루어져 있으나 가스전에 따라 다량의 CO2, 황화합물, 수은화합물이 함께 존재하기도 함

○ 국내에서 기 개발된 LNG 가스 전처리기술을 사용하면 대부분 처리가 가능함

- CO2는 물과 만나면 약산성의 액체를 발생시키므로 공정 유틸리티 관리가 어려운 측면이 존재함

- CO2가 30% 이하로 함유된 가스의 경우 후속 리포밍 및 FT 합성 공정에서 열효율을 떨어뜨리거나 inert로 작용해서 CO 전환효율을 떨어뜨릴 수 있음

- 그러나 30% 이상의 CO2가 함유된 가스의 경우, 복합리포밍 용으로 사용하여 CO2의 주입량을 변화시키면서 리포밍 단계에서 합성가스 비율을 조절할 수 있어, 스팀리포밍과 비교해 후단의 수소 분리비용을 줄일 수 있는 장점을 가짐[43)]

○ 한국화학연구원 주고나의 “천연가스로부터 10ton/day급 고효율 메탄올 생산기술 실증” 사업에서는 CO2를 천연가스와 함께 복합리포밍하여 메탄올 합성에 필요한 조성으로 합성가스 비율을 조절하는 연구를 수행함

- 동 연구에서는 해당 기술에 대한 실증 단계에서의 검증을 마쳤음

□ 가스전의 종류에 따라 황 성분의 함유량도 상이하므로 이를 처리하기 위한 공정 기술 또한 요구됨

○ 대부분의 천연가스는 약 400 ppm 이상의 H2S가 함유되어 있고 매립지가스의 경우 수 % 수준으로 비교적 많은 양이 함유되어 있음

○ H2S, COS, mercaptan과 같은 황성분들은 후속 리포밍 및 FT 공정에 촉매독으로 작용하기 때문에 이를 0.1 ppm 이하로 제거하는 탈황공정이 필요함

43) Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process: Technical and economic analysis, Fuel, 2016

○ 탈황공정은 국내 기업들이 이미 상당히 많은 기술적 진전을 이루어왔기 때문에, 목표로 하는 원료가스 및 생산가스의 조성이 정해질 경우 이에 따라 알맞은 기술을 선택하여 적용하는 데에 어려움이 없을 것으로 판단됨

- 탈황공정은 크게 아민기반의 공정, 물리적 용매 공정, 액상 산화 공정 등으로 분류가 가능함. 이러한 공정은 운영 조건이나 황 함유량, 그리고 목표로 하는 합성가스의 순도에 따라 결정할 수 있음[44)]

  • 아민기반 공정은 H2S와 CO2를 아민계열의 흡수제와의 화학작용을 통해 한 번에 제거할 수 있지만 이러한 산성 가스들의 농도가 높은 경우 경제성이 떨어지는 단점이 존재함

  • 1ppm 이하로 황을 제거하기 위한 공정에 사용가능하나 용매의 순환에 필요한 운전비용이 많이 들어가며, 부식에 대한 염려 또한 존재함

  • 물리적 용매 공정은 유기용매에 H2S 등을 녹이는 방법을 사용한 공정으로 화학작용이 일어나지 않으며 일반적으로 온도가 낮을수록 용해도가 높기 때문에 낮은 온도와 높은 압력을 필요로 함

  • 액상 산화 공정은 철촉매를 사용하여 H2S를 S로 산화시키는 방법으로, H2S를 선택적으로 제거할 수 있어, CO2를 사용한 복합리포밍을 고려한 중소형 탈황공정에 적합함

나. 합성가스 생산을 위한 모듈형 리포머 기술

□ 국내에서 리포밍 관련 연구는 화학연구원, 에너지기술연구원, 영남대, 성균관대 등에서 천연가스에서 수소 제조기술개발 과제를 주로 수행함

○ F-T용 합성가스 생산을 위한 과제는 지식경제부 과제를 통한 0.1 BPSD규모의 통합 GTL pilot plant의 개발을 수행함.

- 동 개발에서는 산소분리 공정이 필요 없는 CO2와 메탄을 이용하는 혼합개질반응을 사용하고 있음

○ 한국가스공사는 '08년 8월 DME(디메틸에테르) 합성을 위해 천연가스로부터 합성가스를 생산하는 Demo 플랜트(1400 Nm3/hr 생산) 실증시험을 완료하였음

○ 한국화학연구원에서는 '00년부터 천연가스로부터 합성가스를 제조하기 위한 공정 연구를 수행함

- 동 연구에서는 메탄의 수증기 개질(steam reforming), 부분산화 개질(partial

44) Equipment design and cost estimation for small midular biomass systems, synthesis gas cleanup, and oxygen separation equipment, NREL, 2006

oxidation), 이산화탄소 개질(CO2 reforming) 등에서 우수한 활성 및 안정성을 보이는 Ni/Ce-ZrO2/Al2O3 계의 촉매를 개발하여 6건의 특허를 등록함

○ 컴팩트 GTL 기술 개발을 위해서는 주요 분야의 기술개발을 통한 전략 구성이 필요함

- 마이크로 채널용 리포밍 촉매, 마이크로 채널용 F-T 합성 촉매, 마이크로 채널형 콤팩트 리포밍 반응기, 마이크로 채널형 콤팩트 F-T 반응기 등의 개발이 요구됨

- 100~500 BPD 급 컴팩트 GTL 모듈화 공정 및 마이크로 채널형 콤팩트 열교환기 분야의 기술 개발이 요구됨

다. 합성원유 생산을 위한 모듈형 FT 합성 반응 기술

□ 국내에서는 마이크로반응기 기술을 불균일계 촉매 반응과 합성에 응용 연구는 '00년도부터 한국과학기술원과 포항공대에서 기초연구가 진행되었음

○ 하지만 Micro electro mechanical systems(MEMS) 기술을 이용한 미세가공기술 개발에 그치고 있는 상황이며, 대학교를 중심으로 한 연구로 인해 아직 실제 공정 개발의 시도는 없는 상황임

□ 에너지기술연구원은 '05년 70W급 휴대용 연료전지용 메탄을 연료 마이크로 개질기를 개발함

○ 동 연구개발에서는 명함 절반 두께의 금속판(0.2mm)에 수소 분해, WGS 반응, PROX 반응에 필요한 촉매를 코팅하여 차례로 적층시켜서 동급 수소 제조 장치에 비해서 부피가 30%이상 줄인 것으로 보고됨

□ 화학연구원은 마이크로 GTL 기술 개발의 일환으로 콤팩트 마이크로채널 Fischer-Tropsch(FT) 반응기 및 마이크로채널 반응기용 고성능 FT 촉매를 개발하여 0.2bpd 규모의 pilot plant 기술을 성공적으로 실증함

○ 에너지기술연구원에서는 마이크로 GTL 기술 중 마이크로 리포머 개발을 수행하였음

□ 화학연구원은 마이크로 반응기술을 활용하여 상용 반응기 대비 90%이상 부피 축소형 마이크로 Fischer-Tropsch(FT) 합성용 반응시스템을 0.2bpd 규모의 파일럿 플랜트에서 기술을 개발함

○ 동 기술개발에서의 핵심기술은 고성능 F-T 촉매, 마이크로 채널반응기, 반응기 제어기술 및 통합공정기술이며 이들의 성공적 개발을 수행하였음

- F-T 반응은 강한 발열 반응이지만 마이크로 채널반응기를 사용함으로서 반응

기내 온도를 5도 이내에서 조절하여 생성물의 선택도와 올리고 촉매 성능을 극대화함으로서 기존 반응기에 비해 10배 이상의 생산성을 증대할 수 있었음

□ 국내 중소기업에서는 컴팩트 마이크로채널 열교환기를 중심으로 기술을 개발하고 있으나 마이크로채널 반응기 개발은 전무한 실정임

□ 국내의 마이크로 반응기 개발 현황을 정리하면 도입기에 해당되며, 향후 컴팩트 반응 기술 개발을 위한 촉매 및 콤팩트 반응기 설계 기술과 함께 콤팩트 모듈화 공정을 개발하기 위한 연구 분야의 투자가 필요함

라. 마이크로 GTL 기본설계 및 운전 기술

□ 국내에서 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2 bpd급 모듈형 GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나 향후 실증화를 위한 연구가 요구됨

○ 에너지기술연구원에서는 리포밍 반응을, 화학연구원에서는 F-T 반응 연구를 수행함



[그림 33] 0.2 bpd급 모듈형 GTL 파일럿 플랜트 전경 및 FT 합성공정 파트



[그림 34] 0.2 bpd급 모듈형 GTL 파일롯 플랜트에 사용된 마이크로 채널형 FT 합성 반응기

□ 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있으며, 이를 기반으로 100 BPD 급 실증플랜트 라이선스 패키지를 완성함



[그림 35] 1 bpd급 SBCR GTL 파일럿 플랜트 전경

□ 한국화학연구원의 메탄올 플랜트 개발 및 실증 운영 사업에서 실증 플랜트 개발을 진행할 경우 국내 정유회사들의 기술자들이 참여함으로써 운영 부문의 문제는 해결될 수 있을 것으로 판단됨

○ 국내 정유회사의 플랜트 운영 기술은 세계 최고 수준으로 분석되는 만큼, 관련 업계의 전문 기술자들을 활용활 수 있을 것으로 예상됨

○ 현재 국토교통부에서는 해외 플랜트 건설 마이스터 고등학교를 '16년에 설립, 현대건설과 산학협력 MOU를 맺었으며 동 과정을 통해 육성된 인적 자원을 활용할 수 있을 것으로 기대됨

4. 시사점

□ 마이크로 GTL 기술의 경우 제한된 공간에 공정을 배치하기 위한 공정 단순화 및 효율 극대화를 위한 연구가 매우 중요하며, 또한 변화가 심한 외부 영향에 대하여 안정성을 가질 수 있는 설계 기술이 매우 중요함

○ 현재 국내에는 핵심이 되는 모듈형 반응기 기술이 부재하며, 모듈형 반응기 기반의 플랜트 운영실적도 부재하여 해외 선도기업의 라이센싱을 통해서만 해외진출이 가능한 상황임

○ 핵심이 되는 모듈형 반응기의 경우 전체 플랜트 건설비의 70~80%에 육박하여 국내기업의 적자수주 요인이 될 우려가 있음

○ 주요 설비에 해외 제품을 사요알 경우 해외 진출시장 선정에도 제약조건으로 작용하므로, 핵심이 되는 모듈형 반응기의 국산화 및 플랜트 시범운영을 통한 운영실적 확보가 필요한 상황임

□ 소규모에서도 GTL 기술의 경제성을 향상시키기 위하여 투자비용을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있음. 또한, 중기적으로 FPSO에 적용 가능한 기술을 위하여 장치 및 공정의 컴팩트화 및 모듈화가 요구됨

□ 컴팩트화 및 모듈화 이외에 GTL 전체공정 중 합성가스 제조공정의 단순화와 에너지 효율 제고가 요구됨

□ 현재 국내 정유회사들의 플랜트 운영 기술은 세계 최고 수준으로, 향후 마이크로 GTL 실증 플랜트의 안정적인 운영이 가능할 것으로 판단됨

4절 논문 및 특허 분석

1. 특허분석 기술 정의 및 분석 기준

□ 동 특허 분석은 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야에 대한 7개의 요소공정 기술 분야를 key technology로 정의함

○ Thomson Innovation 및 PatentStrategeis DB를 이용하여 최근 20년간 (1996.01.01.~ 2017.01.31.) 출원・공개된 주요시장국(IP5 출원국/미국, 한국, 일본, 유럽, 중국특허청) 대상 특허를 조사・분석함

〈표 17〉 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술트리 및 내용

기술분야	요소공정 기술	세부기술 내용
마이크로 GTL 플랜트 실증 기술	원료가스 전처리	합성가스 리포밍용 천연가스 및 바이오가스 원료 내 피독물질 제거 및 원료가스 조성 조절을 위한 분리/정제
	합성가스 리포밍	스팀-메탄 리포밍(SMR)
		부분산화반응(Partial Oxidation, POX)
		이산화탄소 개질법(Carbon Dioxide reforming, CDR)
		자연개질법(Autothermal reforming, ATR)
		스팀-CO2 리포밍(SCR)
	F-T 합성 촉매반응	F-T 합성용 촉매제조 및 반응기술
	마이크로반응기	마이크로반응기를 이용한 F-T 합성 및 GTL 공정
	합성연료 업그레이딩	합성원유 가수소분해 공정 및 촉매(Hydrocracking)
		FT 생성물 수소첨가처리(Hydrotreating)
		디왁싱 및 이성질화반응 (Dewaxing/Hydroisomerization)
		합성연료 업그레이딩 통합 기술(Hydroprocessing)
	GTL 통합공정	마이크로반응기에 의한 리포밍 공정 및 F-T 반응공정 통합기술
	GTL 설비	열교환기, 압축기 등 GTL 핵심 설비 기술

○ 마이크로 GTL 플랜트 실증 기술 특허 분석을 위해 선정한 핵심적인 요소공정 분야는 다음 7개 분야로 설정함

- 천연가스, 세일가스 및 매립지 바이오가스를 포함한 원료가스 전처리기술(후속 리포밍 단계에 적합한 피독물질 제거 및 조성 제어 전처리기술로 한정)
- CO와 H2를 함유하는 합성가스 제조(리포밍) 기술
- 합성가스를 탄화수소화합물로 합성하는 F-T 촉매반응 기술
- 마이크로채널 반응기 기술

- 합성연료 업그레이딩 기술

- 마이크로채널 반응기를 이용한 F-T 및 GTL 통합공정 기술

- 열교환기, 압축기 등 GTL 설비 기술임

<표 18> 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술트리 및 유효특허

No.	요소공정 기술	키워드 검색식	유효 특허
※ 특허조사범위		- 도메인 : 미국, 한국, 일본, 유럽, 중국(IP5) 출원·공개 및 등록특허 - 출원년도 : 1996.01.01.~2017.1.31. 검색범위 : Title, Abstract, Claims 검색 및 분석 DB : Thomson Innovation 및 PatentStrategeis DB	1370
1	원료가스 전처리	(((natural* or shale*) adj2 gas*) or ((landfill* or (land* adj1 fill*) or bio or biobase* or biomethane*) adj2 gas*) or biogas*) and ((feedstock* or contamina* or sulfur* or sulphur* or (hydrogen* adj1 sulfide*) or H2S or nitrogen* or impurit* or harmful*) and (desulfur* or desulphur* or purif* or remov* or eliminat* or separat* or treat* or pretreat* or (pre adj2 treat*))	111
2	합성가스 리포밍	(((natural* or shale*) adj2 gas*) or ((landfill* or (land* adj1 fill*) or bio or biobase* or biomethane*) adj2 gas*) or biogas*) and ((syngas* or (syn* adj1 gas*)) near3 (convers* or convert* or synthes* or produce* or producing* or prepar* or transfor* or mak* or manufact* or obtain* or generat* or reform*))) and (reforming* or (steam* adj3 reform*) or (partial* adj1 oxid*) or partialoxid* or (autothermal* or (auto adj1 thermal*)) adj2 reform*) or ((CO2 or (carbon adj1 dioxide*) or dry*) adj2 reform*)) or ((steam* adj1 (CO2 or (carbon adj1 dioxide*) or dry*) adj1 reform*))	437
3	F-T 합성 촉매반응	((syngas* or (syn* adj1 gas*)) and ((fischer* adj2 tropsch*) or ((FT or F-T) near2 (synthe* or react*))) and ((hydrocarbon* or diesel* or naphtha* or (middle adj2 distillat*) or gasolin* or (lubricat* adj2 oil*) or (liquid* adj2 fuel*)) near3 (convers* or convert* or synthes* or produc* or prepar* or transfor* or mak* or manufact* or obtain* or generat*))) and (catal* or coblat* or iron* or copper* or potassium or nickel or aluminate or alumina or Silica or ruthenium or Ru)	214
4	마이크로 반응기	((microchannel* or minichannel* or ((micro* or mini*) adj2 (channel* or modul*)) or channel* or modular* or compact*) adj2 (reformer* or reactor* or apparatus* or assembl* or device* or system* or microreactor* or (micro adj1 reactor*))) and (GTL* or (gas* adj2 to adj2 liquid*) or (fischer* adj2 tropsch*) or ((FT or F-T) near2 (synthe* or react* or process* or reforming)))	79
5	합성연료 업그레이딩	((upgrad* or hydrocracking* or hydroprocessing* or hydrotreat* or hydroisomerization* or (hydro adj1 (crack* or process* or treat* or isomerization*))) and (GTL* or (gas* adj2 to adj2 liquid*) or (fischer* adj2 tropsch*) or ((FT or F-T) near2 (synthe* or react* or process*))) and ((diesel* or naphtha* or (middle adj2 distillat*) or gasolin* or fuel* or oil* or olefin* or oligomeri*) near5 (convers* or convert* or synthes* or produc* or prepar* or transfor* or mak* or manufact* or obtain* or generat* or get* or upgrad*)))	425
6	GTL 통합공정	(((GTL* or (gas* adj2 to adj1 liquid*) or (fischer* adj2 tropsch*) or ((FT or F-T) near2 (synthe* or react* or process*))) and (microchannel* or (micro* adj2 (channel* or modul*)) or modular* or compact* or microreactor* or (micro adj1 reactor*))) and (reform* or (micro adj1 reform*)))	61
7	GTL 설비	((GTL* or (gas* adj2 to adj1 liquid*)) and (equipment* or facilit* or installation* or apparatus* or (heat* adj1 exchanger*) or compressor* or condenser* or separator* or cooler*))	43

2. 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 특허동향 분석

가. 특허출원 동향

□ 주요시장국 특허점유율 분석 결과 총 1,370건이 조사되었으며 미국, 중국, 유럽, 일본, 한국특허청 출원 순으로 높은 것으로 나타남

○ 미국은 43%(469건)로 특허점유율이 가장 높으며, 중국 25%(341건), 유럽 19%(259건), 일본 13%(183건), 한국은 9%(118건)으로 타 지역에 비해 한국시장에서의 특허출원 수준이 낮음

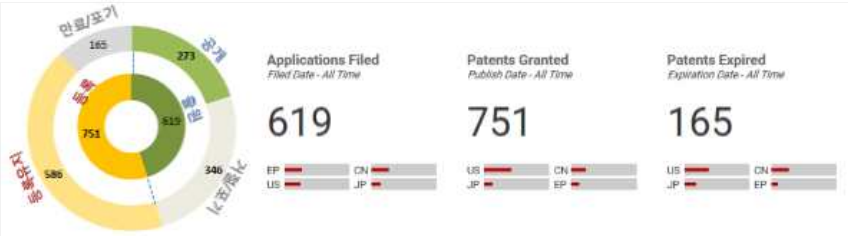


[그림 36] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황

□ IP5 출원국 기준 총 1,370건의 특허 중 619건 출원·공개, 751건 등록이 등록율은 54.9%로 조사됨

○ 심사청구전 포기, 등록거절, 등록유지 포기, 만료 특허들을 제외하면, 등록유지 586건, 출원·공개 273건으로 총 859건이 권리 유지되고 있어 실질적으로 68.2%의 높은 등록 유지율을 보이는 것으로 나타남

○ 이는 향후 GTL 기술의 발전과 청정에너지 보급 정책에 의한 GTL 글로벌 시장의 확대 가능성에 기인하는 것으로 보임

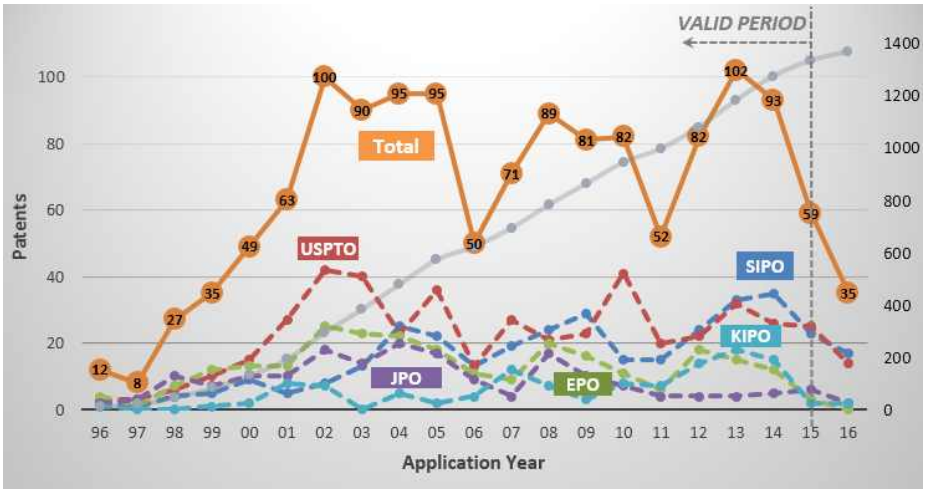


[그림 37] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 특허 권리 현황

□ 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야의 특허 출원 추이는 '00년 초반부터 미국

을 중심으로 증가하면서 최근까지 꾸준한 양적 증가율을 보이는 것으로 나타남

○ 최근 5년간('12년 이후) 중국과 한국 특허출원 증가율이 급격히 높아지고 있어 아시아지역의 시장 성장이 크게 확대될 것으로 보임

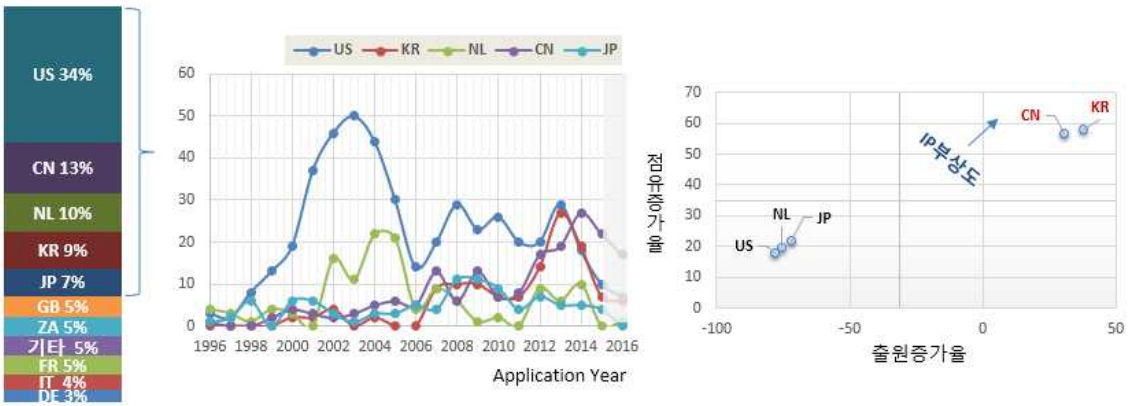


[그림 38] 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 출원연도별 특허출원 현황

□ 기술선도 주요국가 및 IP부상 국가로는 미국이 34%(468건)의 특허를 출원하여, 마이크로 GTL 요소공정 기술선도국으로 조사됨

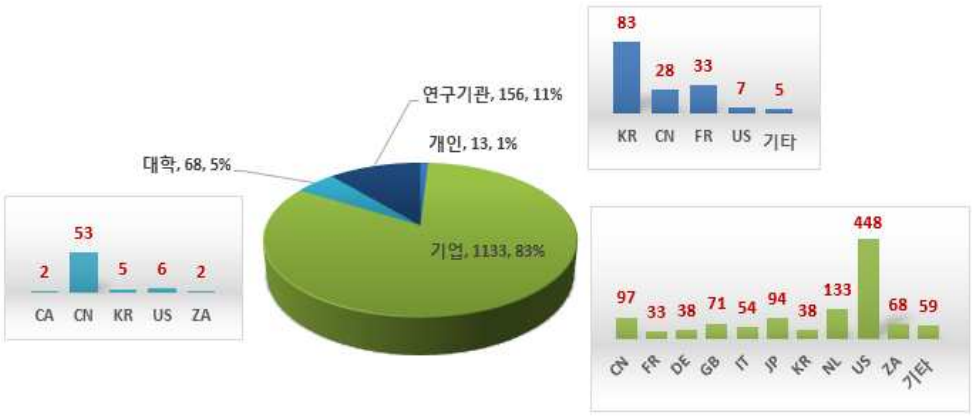
○ 중국 13%(180건), 네덜란드 10%(133건), 한국 9%(126건), 일본 7%(96건), 영국 5%(71건), 남아프리카공화국 5%(70건) 순으로, 한국은 특허 양적 기준으로 세계 4위 수준으로 나타남

- 한국은 최근 5년간 IP부상도가 가장 높아 향후 GTL 분야의 기술혁신 선도국이 될 가능성이 매우 높은 것으로 판단됨



[그림 39] 주요 출원인국적 특허점유율 및 출원추이 분석

□ 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 특허출원인을 기업, 국가연구기관, 대학, 개인의 4개 분야 주체별[45] 분석 결과 기업이 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남



[그림 40] 산학연 출원인 주체 유형에 따른 특허출원 현황

○ 기업이 1,133건으로 83%의 높은 비중을 차지하고, 국가연구기관 11%(156건), 대학 5%(68건), 개인발명이 1%(13건)에 해당함

- 미국국적의 기업이 압도적인 강세(40%)를 보이며, CHEVRON, ExxonMobil, VELOCYS, ConocoPhillips, RENTECH 등의 다수의 기업이 본 기술시장에 진입하고 있음

  • 최대 GTL 생산기업으로 불리는 SEHLL의 경우 네덜란드의 대표적 다국적 기업으로 특허권도 가장 많이 확보함

  • 남아프리카공화국의 SASOL, 이탈리아 국영석유기업 ENI, 일본의 JAPAN OIL GAS & METALS[46], 중국의 CHINA PETROLEUM & CHEM, 영국의 BP, CompactGTL 등이 주요 출원 기업으로 조사됨

  • 한국은 대우조선해양이 대표적인 특허출원 기업으로 분석됨

- 출원 주체가 국가연구기관의 경우, 국내 국가연구기관이 세계적으로 가장 많은 특허(53%)를 출원하고 있는 것으로 나타남

  • 한국화학연구원은 대림산업, 두산, 한국가스공사, SK, 현대, 한화 등의 대기업과 공동연구를 통한 원천기술 및 실증연구를 주도하고 있는 대표적인 국가연구기관으로 조사됨

  • 한국에너지연구원과 한국과학기술연구원 또한 활발한 출원을 하고 있음

45) 공동출원의 경우, 첫 번째 명시된 출원인을 기준으로 분석함
46) 일본 JAPAN OIL GAS & METALS은 COSMO OIL, INPEX, NIPPON STEEL, CHIYODA, JX Nippon Oil & Energy 등과 공동연구를 통한 실증 실험 프로젝트와 병행하여 JAPAN-GTL 프로세스의 상용화 성공

• 프랑스의 석유화학연구소인 IFPEN이 한국화학연구원 다음으로 가장 많은 출원을 하고 있는 국가연구기관이며, 중국의 중국과학원(CAS)이 국가연구기관으로 전 세계 4위 수준임

- 대학의 경우 중국 소재의 대학들이 가장 큰 강세를 보이며, 대표적으로 UNIV TAIYUAN TECH, UNIV QINGHUA, UNIV EAST CHINA SCI & TECH 등이 있음

<표 19> 산학연 주체 유형별 주요출원인 현황

기업 주체			
주요출원인	특허수	주요출원인	특허수
SHELL(NL)	118	CompactGTL(GB)	22
CHEVRON(US)	107	ConocoPhillips(US)	21
ExxonMobil(US)	88	RENTECH(US)	17
SASOL(ZA)	61	BASF(DE)	16
VELOCYS(US)	53	DAEWOO SHIPBUILDING & MARIN(KR)	15
ENI(IT)	51	SYNTROLEUM (US)	14
JAPAN OIL GAS & METALS(JP)	37	UOP(US)	14
AIR LIQUIDE(FR)	32	MITSUBISHI(JP)	12
CHINA PETROLEUM & CHEM(CN)	28	SAUDI BASIC(SA)	11
BP(GB)	23	BATTELLE MEMORIAL(US)	10
상위 20개 기업 출원인 비중	70%(746건/1133건)		
국가연구기관 주체		대학 주체	
주요출원인	특허수	주요출원인	특허수
KRICT(KR)	33	UNIV TAIYUAN TECH(CN)	8
IFPEN(FR)	32	UNIV QINGHUA(CN)	6
KIER(KR)	28	UNIV EAST CHINA SCI & TECH(CN)	5
CAS(CN)	25	UNIV BEIJING CHEM(CN)	3
KIST(KR)	16	UNIV OHIO STATE(US)	3
NAT INST STRATEGIC TECH(US)	3	UNIV TIANJIN(CN)	3
GAS TECH INST(US)	2	UNIV CALIFORNIA(US)	2
KBSI(KR)	2	UNIV NANCHANG(CN)	2
RES TRIANGLE INST(US)	2	UNIV NANJING(CN)	2
CNRS(FR)	1	UNIV SUNGKYUNKWAN(KR)	2
상위 10개 연구기관 출원인 비중	95% (148/156)	상위 10개 대학 출원인 비중	53% (36/68)

나. 특허 기술수준 분석

□ 출원인국적에 따른 내·외국인 특허 점유율 분석 결과, 미국, 중국, 유럽의 경우 내·외국 국적의 출원인의 비중이 50% 수준으로 기술자립도가 비교적 높은 것으로 나타남

○ 미국과 중국은 자국에 의한 기술력으로 기술혁신이 이루어지고 있으나 점차 다양한 국가의 시장진입으로 글로벌 시장 경쟁구도 체계로 변화하고 있음

○ 유럽지역 시장은 네덜란드가 기술혁신의 주체이나, 미국 기업들에 의해 유럽 지역 시장선점이 이미 두드러지고 있는 양상을 나타냄

○ 일본의 경우 자국 기업 및 연구기관의 출원 보다 외국 국적의 출원인 비중이 2배 이상 높아(기술의존도 2.45) 일본은 본 기술 분야의 해외 기술의존도가 매우 높고, 시장경쟁력이 떨어지는 것으로 보임

○ 한국의 경우, 한국 국적의 출원인 비중이 월등히 높아 해외 기술의존도가 낮은 수준으로 분석됨

- 해외기술이 국내시장 진입 초기 단계, 즉 글로벌 경쟁구도가 본격적으로 이루어지기 전 단계이므로, 국내 기술의 보호 체제를 최대한 유지하면서 한국 기술력에 의한 기술진보 및 시장경쟁력 확보가 필요한 것으로 판단됨

<표 3> 주요시장국(출원국가)별 기술의존도 분석

출원국가	출원인 국적																	내외국인 출원 현황		
	US	CN	NL	KR	JP	GB	ZA	FR	IT	DE	CH	SA	CY	NO	DK	CA	기타	총합계	내국인	외국인	기술의존도
USPTO(미국)	244	6	33	25	18	23	23	35	23	12	4	4	3	4	3	5	4	469	244	225	0.92
SIPO(중국)	57	174	24	9	11	15	17	6	9	9	3	2	2	1	2			341	174	167	0.96
EPO(유럽)	85		52	5	14	19	11	21	18	13	5	5	1	4	1		5	259	138	121	0.88
JPO(일본)	67		18	8	53	9	14	3	3	3	1	2	1			1		183	53	130	2.45
KIPO(한국)	15		6	79		5	5	1	1	3			2		1			118	79	39	0.49
총합계	468	180	133	126	96	71	70	66	54	40	13	13	9	9	7	6	9	1370	688	682	0.99

□ 마이크로 GTL 플랜트 요소공정기술 분야에 대한 주요시장국별 기술성장 단계를 파악하기 위한 방법으로 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계[47]를 시계열적 분석을 통해 기술성장 위치를 분석함

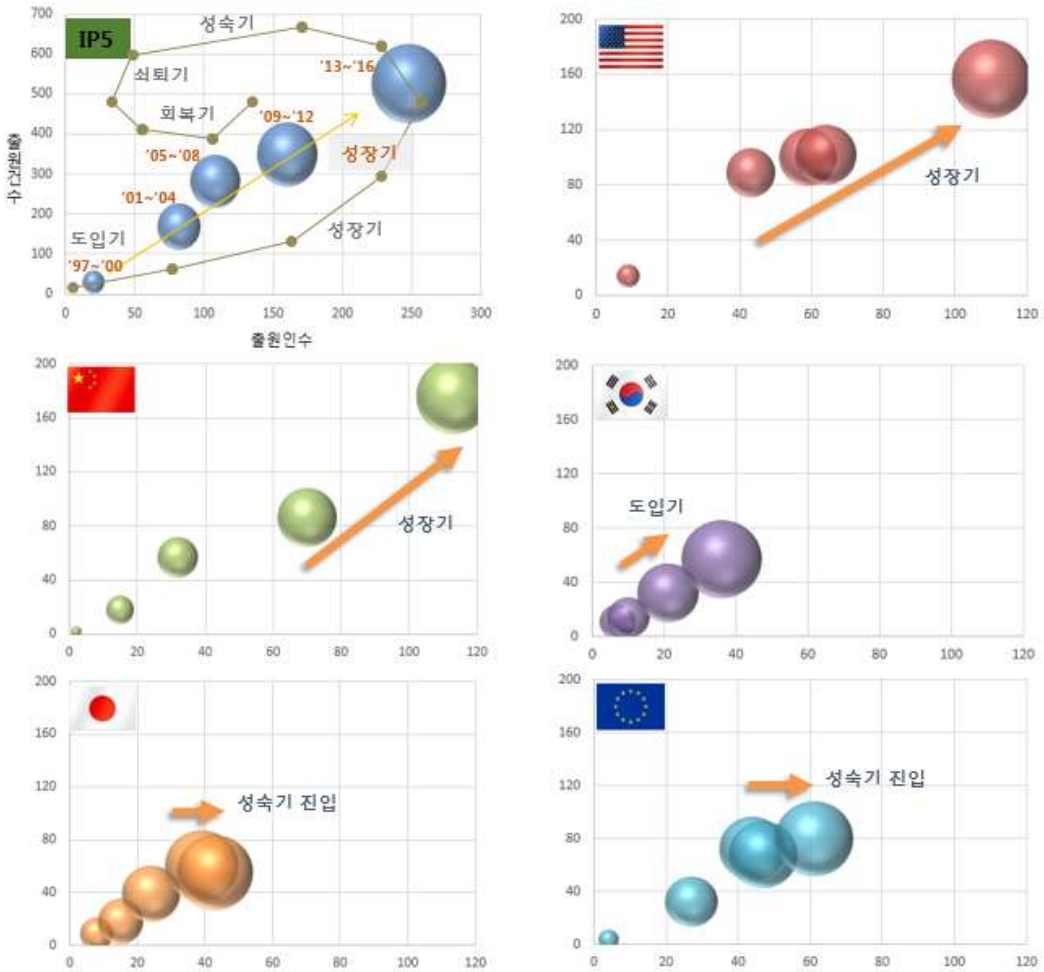
○ 주요시장국 전체 특허 포트폴리오 분석결과, 전 구간에서 특허건수와 출원인수가 지속적이며 증가하는 성장기 단계로 분석됨

○ 각 시장국별 분석 결과, 미국과 중국의 경우 특허건수와 함께 특히 다양한 출원인이 기술진입을 하고 있는 성장기 단계로 파악됨

47) 특허출원 분석 구간(최근 20년)을 ' 97~' 00(1구간), ' 01~' 04(2구간), ' 05~' 08(3구간), ' 09~' 12(4구간), ' 13~' 16(5구간)의 5개의 시계열로 나누어, 각 구간별 특허건수와 출원인수 포트폴리오 분석

○ 한국의 경우 기술의 특허건수와 출원인수의 증가가 시작되고 있는 도입기 단계로 나타남

○ 유럽과 일본의 경우 특허건수와 출원인수의 정체가 시작되고 있는 성숙기 진입 단계로 파악됨



[그림 41] 주요시장국별 기술발전단계

□ 특허로부터 기술경쟁력을 분석하는 방법으로는 특허출원건수를 통한 특허활동도를 나타내는 양적수준과 기술파급력 및 다양한 지역에서의 권리확보를 통한 시장경쟁력을 나타내는 질적수준을 고려하여 평가하는 지표들이 있음

□ 특허 기술력지수 분석 결과 미국이 GTL 요소공정 기술에 대하여 기술력지수가 타국과는 월등한 격차를 보이며 1위를 보이는 것으로 나타남

○ 남아프리카공화국, 영국, 프랑스가 2, 3, 4위 수준을 나타내며, 한국은 독일 다음으로 글로벌 10위 수준임

□ 특허 시장력지수 분석 결과 키프로스와 남아프리카공화국이 1, 2위를 선점하고 있으며, 영국, 네덜란드, 이탈리아가 3, 4, 5위 수준으로 분석됨

○ 한국은 14위로 해외출원을 통한 글로벌 시장경쟁력 확보가 시급한 것으로 판단됨

<표 21> 출원인 국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	468	256	0.34	10.60	16.57	1.12	1.83	467.89
CN(중국)	180	82	0.13	1.65	2.54	0.17	0.28	22.94
NL(네덜란드)	133	61	0.10	14.26	3.93	1.50	0.43	26.47
KR(한국)	126	87	0.09	4.33	1.31	0.46	0.14	12.57
JP(일본)	96	42	0.07	6.31	4.55	0.67	0.50	21.06
GB(영국)	71	36	0.05	15.96	10.31	1.68	1.14	40.91
ZA(남아공)	70	49	0.05	20.31	8.67	2.14	0.96	46.87
FR(프랑스)	66	30	0.05	7.32	10.33	0.77	1.14	34.18
IT(이탈리아)	54	35	0.04	11.50	4.20	1.21	0.46	16.21
DE(독일)	40	26	0.03	10.48	5.19	1.10	0.57	14.89
SA(사우디)	13	6	0.01	9.00	3.00	0.95	0.33	1.98
CY(키프로스)	9	7	0.01	21.33	6.57	2.25	0.72	5.07
NO(노르웨이)	9	6	0.01	10.78	14.50	1.14	1.60	9.59
DK(덴마크)	7	3	0.01	7.43	0.67	0.78	0.07	0.22
CA(캐나다)	6	4	0.01	4.67	11.50	0.49	1.27	5.07

□ 시장확보력과 질적수준을 나타내는 특허기술경쟁력 분석 결과, 시장확보력과 질적수준이 모두 높은 1사분면 영역에 분포하고 있는 국가는 미국, 노르웨이, 영국, 남아프리카공화국, 키프로스로 나타남

○ 한국의 경우 아시아 국가인 중국과 일본과 함께 시장확보력과 질적수준이 모두 낮은 영역에 자리하고 있어, 특허평가 지표로부터 산출된 기술경쟁력 수준은 낮은 것으로 판단됨.

- 그러나 한국은 동 분야 글로벌 4위의 특허 출원국이며, 최근 5년간 IP부상도가 가장 높은 수준임을 고려할 때 향후 정부주도의 R&D 강화뿐만 아니라 기업주도의 품질 및 가격경쟁력 확보를 위한 실증기술 특허확보·해외출원 확대 전략이 강화된다면 한국의 특허기술경쟁력은 크게 높아질 것으로 판단됨



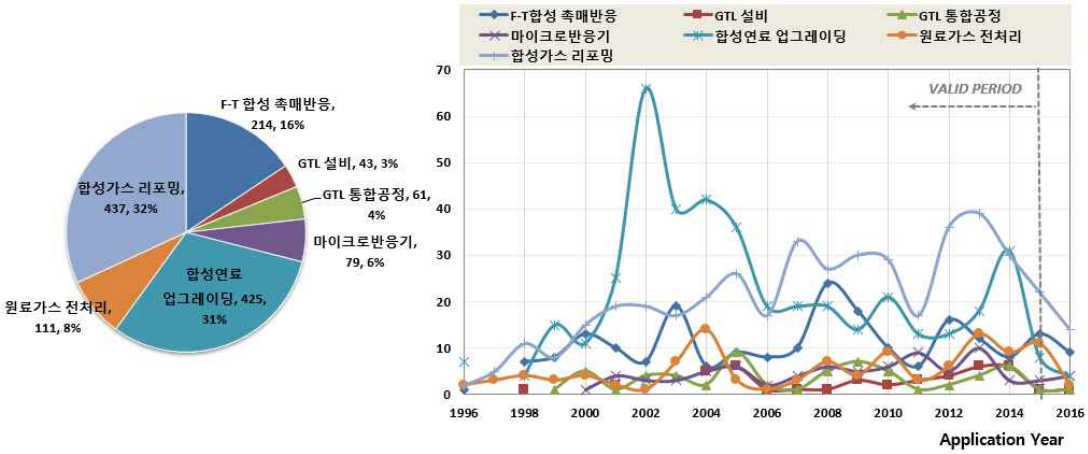
[그림 42] 특허시장력 및 영향력을 통한 특허기술경쟁력 위치

다. 요소공정 기술별 특허동향

□ GTL 요소공정 기술별 분석 결과, 합성가스 리포밍 기술(32%)과 합성연료 업그레이딩 기술(31%) 분야의 특허가 가장 많이 출원되고 있는 것으로 나타남

○ 합성가스 리포밍 기술은 꾸준히 증가하고 있으며, 2000년 초반에 급증하였다가 감소하고 있는 합성연료 업그레이딩 기술은 최근 3년간 다시 부상하고 있음

○ 마이크로 GTL 플랜트 핵심영역인 GTL 공정 및 장치분야에 해당하는 마이크로반응기와 GTL 통합공정, 설비기술 분야의 특허는 주요시장국 기준, 최근까지 각 기술별 매해 10건 내외 수준으로 소규모의 특허가 출원되고 있음



[그림 43] 마이크로 GTL 요소공정별 특허출원추이 분석

□ 미국이 전체 출원인의 34%를 차지하는 기술선도 국가로서 마이크로 GTL 플랜트 7개 분야 요소공정 기술 전반에 걸친 특허를 주도적으로 확보하고 있는 것으로 나타남

○ 중국은 천연가스 및 바이오가스 전처리기술, 합성가스 제조 리포밍, F-T 합성 촉매, 합성연료 업그레이딩 등 전통적인 GTL 핵심공정 분야는 강점을 보이는 것으로 나타남

- 마이크로반응기, GTL 통합공정 등 마이크로 GTL 플랜트 주요 요소기술 분야는 공백기술로 보임

○ GTL 상용화 기술을 확보하여 전 세계 70% 이상을 점유하고 있는 SHELL로 대표되는 네덜란드는 원료가스 전처리기술, 합성가스 제조 리포밍기술, 특히 합성연료 업그레이딩 기술 분야에 주력하고 있음

- 네덜란드의 경우 F-T 합성 촉매기술 및 마이크로반응기 기술 분야 등은 미

흡한 것으로 분석됨

○ 한국은 합성가스 제조 리포밍 및 F-T 합성 촉매기술에 주력하고 있으며, 마이크로 GTL 통합공정기술 및 주변 설비 기술에도 적극적인 기술개발을 진행 중이나, 합성연료 업그레이딩 분야가 공백기술로 분석됨

<표 22> 출원인국적별 마이크로 GTL 요소공정 기술 역점 및 공백기술

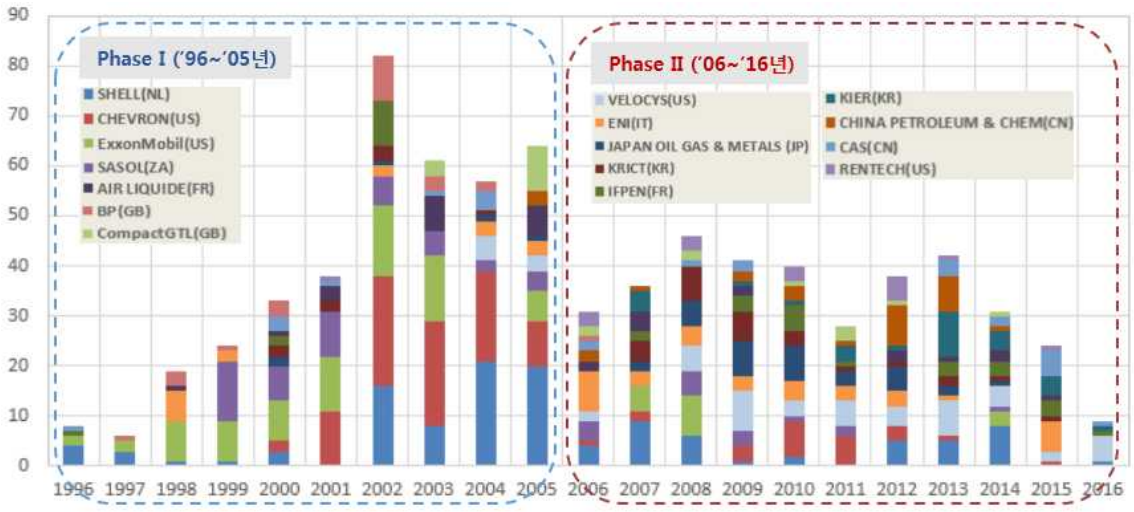
국가	중소형 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술							총합계
	원료가스 전처리	합성가스 리포밍	F-T합성 촉매반응	마이크로 반응기	합성연료 업그레이딩	GTL 설비	GTL 통합공정	
US(미국)	25	129	39	58	189	12	16	468
CN(중국)	19	75	33	1	51	1		180
NL(네덜란드)	19	26	5		83			133
KR(한국)	6	60	35	5	1	7	12	126
JP(일본)	9	40	16	1	21	4	5	96
GB(영국)		10	18	2	7	11	23	71
ZA(남아공)		6	27		33	4		70
FR(프랑스)	10	38	1		16	1		66
IT(이탈리아)		8	19	3	24			54
DE(독일)	21	11	5	1			2	40
CH(스위스)		5	4	3			1	13
SA(사우디)		5	3	5				13
CY(키프로스)		9						9
NO(노르웨이)	1	5	3					9
DK(덴마크)		3	3				1	7
CA(캐나다)		4				2		6
기타	1	3	3			1	1	9
총합계	111	437	214	79	425	43	61	1370

□ 주요출원인별 요소공정기술의 특허 확보 현황 및 공백영역 분석 결과 SHELL, CHEVRON, ExxonMobil, SASOL 등과 같은 GTL 상용화 기술을 확보하고 있는 기존 선진기업들은 '96~'05년(Phase I)에 특허를 집중적으로 확보한 것으로 나타남

○ VELOCYS, ENI, JAPAN OIL GAS & METALS, CHINA PETROLEUM & CHEM, RENTECH, IFPEN, 중국과학원, 한국화학연구원, 한국에너지연구원 등은 '06~'16년(Phase II)인 최근 10년간 후발주자로서 활발한 추격을 하는 양상임

〈표 23〉 주요 출원인별 마이크로 GTL 요소공정 기술 역점 및 공백기술

주요출원인(국가)	중소형 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술							총합계
	원료가스 전처리	합성가스 리포밍	F-T합성 촉매반응	마이크로 반응기	합성연료 업그레이딩	GTL 설비	GTL 통합공정	
SHELL(NL)	14	16	5		83			118
CHEVRON(US)		3	8	1	93	2		107
ExxonMobil(US)	3	9	5		71			88
SASOL(ZA)		4	27		30			61
VELOCYS(US)				40	6		7	53
ENI(IT)		5	19	3	24			51
JAPAN OIL GAS&METALS(JP)	3	14	2		14		4	37
KRICT(KR)		17	17					34
IFPEN(FR)	6	11	1		15			33
AIR LIQUIDE(FR)	4	27				1		32
CHINA PETROLEUM & CHEM(CN)	3	3	11		11			28
KIER(KR)		8	14				6	28
CAS(CN)	5	10	4		7			26
BP(GB)		8			7		8	23
CompactGTL(GB)				2		5	15	22
CONOCO(US)		21						21
RENTECH(US)		6	11					17
BASF(DE)	5	4	5				2	16
KIST(KR)		11		4	1			16
DAEWOO SHIP & MARIN(KR)		3				6	6	15
UOP(US)	3	3			8			14
MITSUBISHI(JP)	5	7						12
SAUDI BASIC(SA)		4	2	5				11
BATTELLE MEMORIAL(US)				10				10
PRAXAIR(US)		10						10
SYNTROLEUM(US)	2		3		2		2	9



[그림 44] 주요출원인별 특허출원활동 추이

3. 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 기술별 특허분석

가. 원료가스 전처리기술

(1) 특허출원 동향

□ 합성가스 제조 리포밍 공정에 적합한 천연가스 및 바이오가스의 전처리 특허는 주요시장국(IP5) 기준 111건으로 분석됨

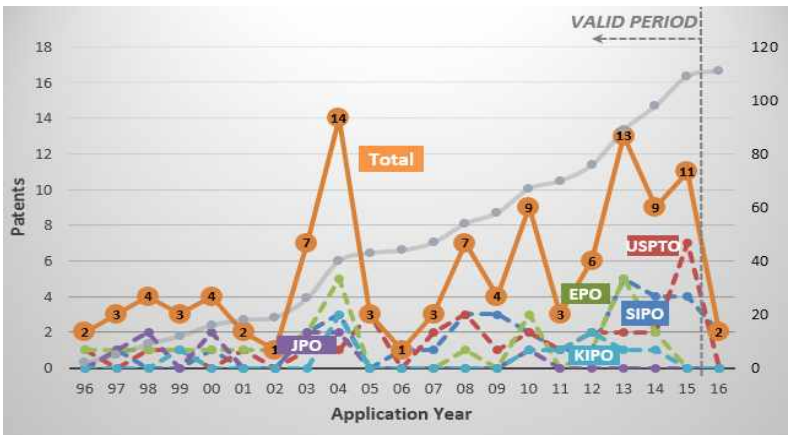
○ 중국지역의 특허점유율이 31%(34건)으로 가장 높음. 미국 28%(31건), 유럽 23%(26건) 순이며, 한국과 일본은 각 9%(10건) 수준임

- '00년 초반 저탄소 연료인 천연가스의 보급이 증가하면서 특허가 급증하였다가 '12년 미국의 셰일가스 붐에 따른 천연가스 가격의 하락 및 범국가적 탄소 배출량 감소 정책에 따라 미국, 중국, 유럽을 중심으로 청정에너지인 천연가스 전처리기술에 대한 특허출원이 증가하고 있는 것으로 분석됨

○ 한국의 경우 최근까지도 합성가스 제조 및 GTL 공정에 적합한 천연가스 및 바이오가스의 전처리기술 특허 출원이 매우 낮은 상황임

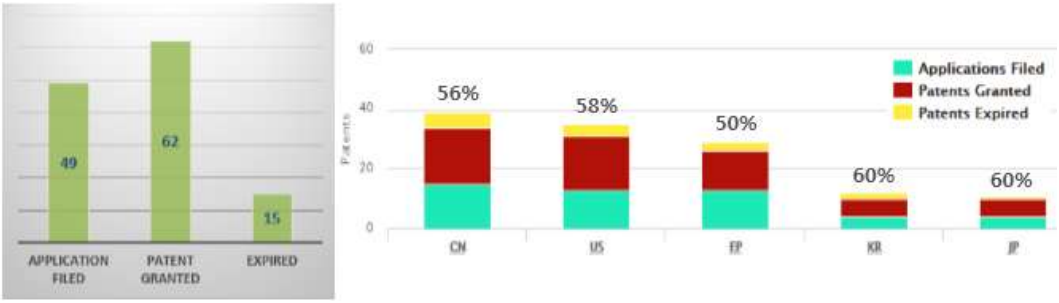


[그림 45] 원료가스 전처리기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황



[그림 46] 원료가스 전처리기술 분야 출원연도별 특허출원 현황

○ IP5 출원국 기준 총 111건의 특허 중 62건이 등록(56%), 출원공개 49건이며, 15건의 특허는 거절, 유기 포기 등으로 만료되어 실질적으로 96건이 권리 유지되고 있음



[그림 47] 원료가스 전처리기술 분야 특허권리현황

(2) 특허 기술수준 분석

□ 합성가스 제조에 적합한 원료가스 전처리기술 특허는 111건 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 64건에 해당함

□ 신규발명 특허에 대한 최초우선권주장일로부터 출원추이 분석 결과, '12년도부터 본격적으로 새로운 기술혁신이 진행되고 있는 것으로 보임

○ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 각 구간에서 특허건수와 출원인수가 소폭 증가·감소를 반복하다가 13~ '16년 구간에서 서서히 증가하는 추세를 보이며 기술 도입기 단계로 파악됨



[그림 48]신기술 출현동향 및 기술발전단계

□ 합성가스 제조 리포밍 단계에 적합한 원료가스 전처리기술 분야에 대한 특허기술경쟁력 및 특허시장력 지수 분석 결과 각각 미국과 네덜란드가 가장 높은 것으로 분석됨

○ 특허영향력은 미국, 프랑스, 독일 순으로 높으며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 특허기술력지수는 미국이 월등히 높은 수준으로 조사됨

- 한국의 경우 양적수준 자체가 높지 않으며, 기술력지수 측면에서 일본 다음의 6위 수준임

○ 동일한 발명에 대한 패밀리특허 확장에 의한 시장확보력을 판단할 수 있는 특허시장력 지수는 네덜란드가 1위로 조사됨

- 한국은 출원 국가 중 세계 7위 수준으로 해외출원을 통한 글로벌 시장권리 선점을 위한 특허전략 수립이 필요할 것으로 보임

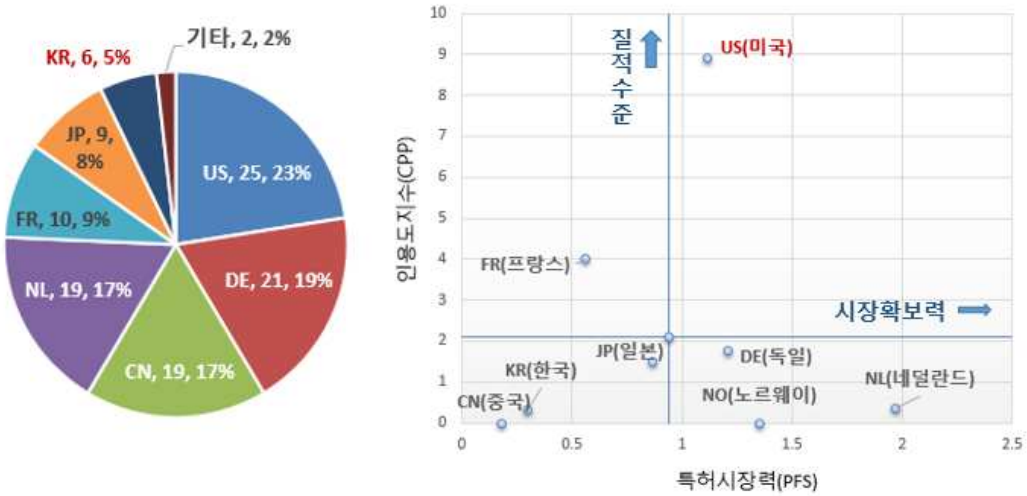
〈표 24〉 원료가스 전처리기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	25	12	0.23	9.92	8.92	1.12	3.30	39.58
DE(독일)	21	12	0.19	10.76	1.75	1.21	0.65	7.77
CN(중국)	19	7	0.17	1.58	0.00	0.18	0.00	0.00
NL(네덜란드)	19	11	0.17	17.47	0.36	1.97	0.13	1.48
FR(프랑스)	10	1	0.09	5.00	4.00	0.56	1.48	1.48
JP(일본)	9	6	0.08	7.67	1.50	0.86	0.55	3.33
KR(한국)	6	3	0.05	2.67	0.33	0.30	0.12	0.37
NO(노르웨이)	1	1	0.01	12.00	0.00	1.35	0.00	0.00

□ 특허시장력과 특허영향력 지표로부터 국가별 상대적 시장확보력과 기술 질적수준을 나타냈을 경우, 시장확보력과 기술 질적수준이 모두 높은 국가는 미국으로 분석됨

○ 프랑스는 양적 점유율 측면에서 5위이나 특허영향력에서 미국 다음으로 2위 수준이며, 네덜란드는 시장확보력에서 가장 높은 1위로 나타남

○ 한국은 양적수준 자체가 매우 미흡함으로 GTL 원료가스 전처리를 위한 핵심 권리 확보가 시급함



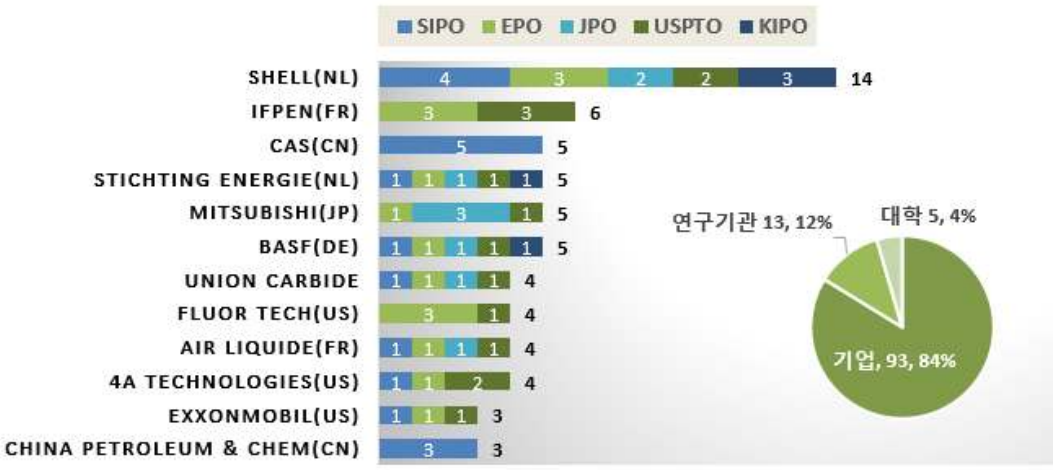
[그림 49] 출원인국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ 원료가스 전처리기술 특허를 가장 많이 출원하는 국가는 미국이나, 가장 많은 특허를 출원하고 있는 기업은 네덜란드 SHELL로 분석됨

○ 현재 전 세계적으로 GTL 생산 70% 이상을 차지하고 있는 SHELL은 GTL 공정에 적합한 최적의 원료가스 전처리기술 분야에서도 IP5 주요시장국에 활발히 지재권 확보를 전개 중인 것으로 보임

○ 프랑스의 석유화학연구소인 IFPEN, 중국의 CAS 등 국가연구기관이 2,3위를 차지하는 것으로 나타남

○ SHELL을 제외한 모든 출원인이 5개 이하 소수 특허를 보유하고 있어 특허 장벽은 높지 않은 것으로 보이며, 한국 출원인은 POSCO(RIST), 한국전력, AMTPACIFIC, GNCENERGY, 건국대가 총 6건의 특허를 출원한 것으로 나타남

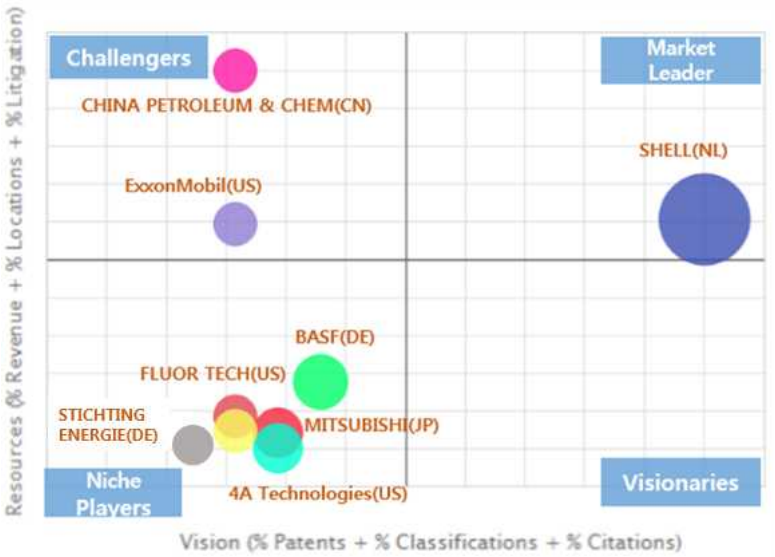


[그림 50] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체 현황

□ 출원인의 규모(매출)·시장잠재력과 특허권·기술력 수준 지표 분석[48]으로부터 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, 네덜란드의 SHELL이 기업의 Market Leader에 위치하는 것으로 나타남

○ 중국의 China Petroleum & chem과 미국의 ExxonMobil은 기업의 규모는 크지만 지재권·기술력이 약한 Challengers에 위치하는 것으로 분석됨

○ 독일 BASF, 미국 FLUOR TECH, 일본 MITSHBISHI 등은 기업의 규모가 작고 지재권·기술력도 약한 Niche players에 위치함



[그림 51] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 기술별 특허상세 분석

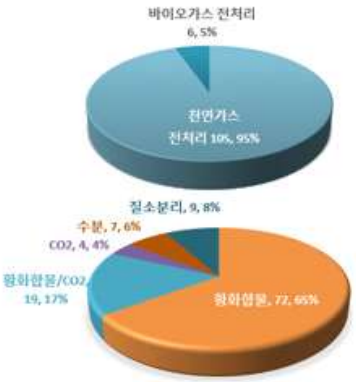
□ 합성가스 제조 리포밍 단계에 적합한 원료가스 전처리기술 중 천연가스 전처리기술이 95건으로 대부분을 차지하며, 바이오가스 전처리기술은 6건에 불과한 것으로 나타남

○ 황화수소와 같은 황화합물 제거기술 72건, 황화합물과 이산화탄소 제거기술 19건, 이산화탄소 제거기술 4건, 수분 제거기술 9건, 질소분리기술 9건으로 나타남

48) 출원인의 규모와 강도(세로축) : 매출, 발명자의 위치 및 소송 건수를 기준, 특허권 · 기술력(가로축) 특허의 전체 건수, 특허 분류의 수 및 인용문헌의 수 기준, 그래프 원의 크기는 각 출원인의 특허 건수(PatentStrategies DB 데이터 정보 활용)

※ Market Leader(1사분면): 기업의 규모(매출) · 시장잠재력과 지재권 · 기술력 모두 강한 출원인, Challengers(2사분면): 기업의 규모(매출) · 시장잠재력은 크지만 지재권 · 기술력이 약한 출원인, Niche players(3사분면): 규모(매출) · 시장잠재력이 작고 지재권 · 기술력도 약한 출원인, Visionaries(4사분면): 규모(매출) · 시장잠재력이 작지만 지재권 · 기술력이 강한 출원인 그룹

- 특히 리포밍 단계 전 매립지 가스 및 바이오가스 전처리 기술은 독일 DGE GUENTHER ENG, 한국 GNCENERGY와 건국대, 일본 JAPAN OIL GAS & METALS가 황화수소 및 이산화탄소 제거 기술을 확보하고 있는 것으로 나타남



원료가스	원료가스 제거대상 기술					총합계
	황화합물	황화합물/CO_2	CO_2	수분	질소분리	
천연가스 전처리	70	16	4	6	9	105
바이오가스 전처리	2	3		1		6
총합계	72	19	4	7	9	111

[그림 52]원료가스 종류 및 제거대상 기술별 특허현황

□ 특허지표로부터 Patent strength[49]가 높은 특허 및 주요출원인의 핵심적인 특허를 선별하여 기술적 특징을 분석한 결과 이산화탄소 및 황화합물 제거와 관련된 특허가 분석됨

<표 25> 원료가스 전처리기술 핵심특허 분석

출원인	특허공개번호 (출원일)	기술적 특징
Syntroleum(US)	US7314503B2 (2004-12-03)	Titanosilicate-1 흡착제 베드를 포함하는 pressure swing adsorption (PSA)을 이용한 이산화탄소 및 질소 제거
UHDE (DE)	US6102987A (1998-09-29)	N-formylmorpholin(NFM)와 N-acetylmorpholin(NAM)로 제조한 흡착제를 통한 이산화탄소 및 황화합물 제거
SHELL(NL)	EP2429686B1 (2010-05-12)	아민 흡수제를 대체하는 phosphonic acid 흡수제를 개발하여 황화수소를 선택적으로 제거
IFPEN(FR)	EP2931404A1 (2013-12-05)	점도 조절제를 포함하는 1,2-Bis(Dimethylaminoethoxyethane) 흡수 용액에 의한 황화수소의 선택적 흡수 방법
UNION CARBIDE(US)	EP1206311B1 (2000-07-27)	polyethylene glycol 용매와 고압 리사이클링 루프를 이용한 탈착을 통해 황화수소 제거
DGE GUENTHER ENG(DE)	US8187568B2 (2010-02-12)	철염·산소함유 산화제를 발효기 단계에 첨가하여 리포밍 전 바이오가스 내 황화수소 제거, 아민을 함유한 세정액으로 물리·화학적 스크러빙을 통해 CO2 및 잔류 황화수소 1ppm 이하 제거

49) PatentStrategeis DB에서 제공하는 Patent strength는 [(Claims+References+Citations+Litigation) −Expiration]의 특허지표로부터 특허평가 점수 참고. Patent strength가 75점 이상이면 해당 기술분야에서의 특허강도가 높다고 볼 수 있음

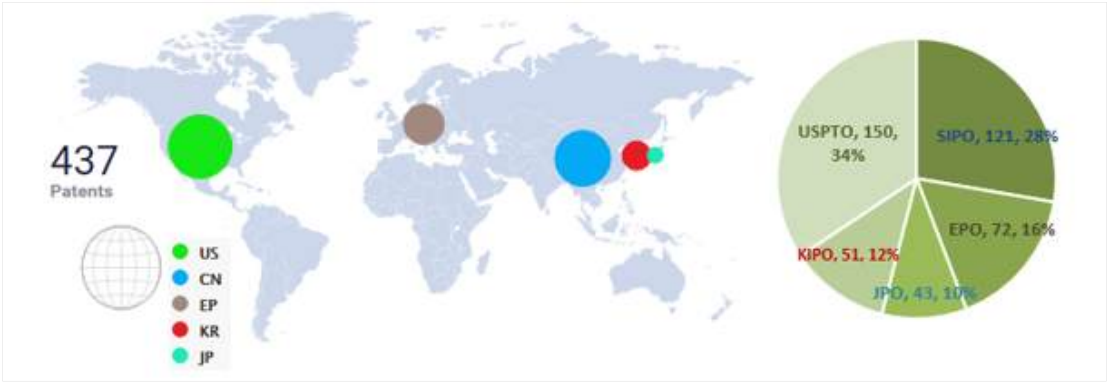
나. 합성가스 제조 리포밍 기술

(1) 특허출원 동향

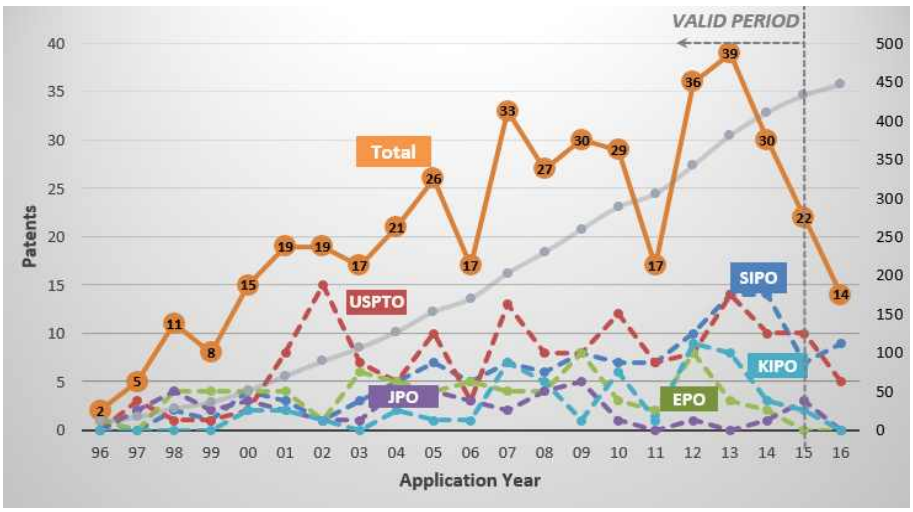
□ 메탄의 리포밍을 통한 합성가스 제조 기술 특허는 총 437건으로 조사되었으며, 미국(150건, 34%) 출원 점유율이 가장 높은 것으로 나타남

○ 미국 다음으로는 중국(121건, 28%), 유럽(72건, 16%), 한국(51, 12%), 일본(43, 10%) 특허 순으로 조사됨

○ 최근 중국특허의 증가뿐만 아니라 한국시장에서의 특허 활동이 크게 증가하면서 아시아 지역을 중심으로 시장경쟁구도가 새롭게 형성되고 있는 것으로 판단됨



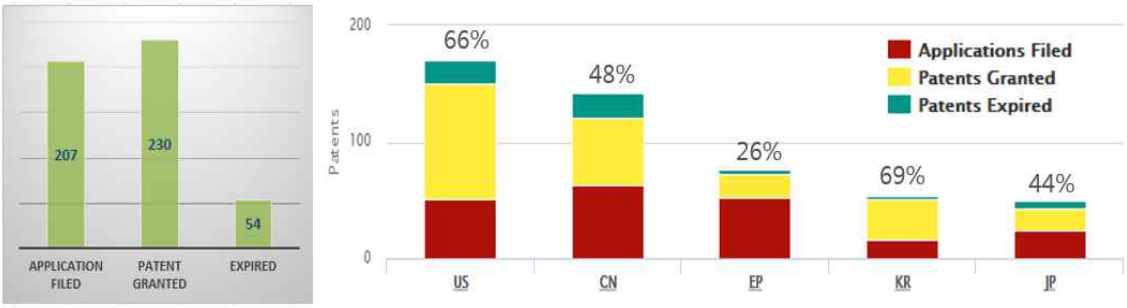
[그림 53] 합성가스 제조 리포밍기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황



[그림 54] 합성가스 제조 리포밍 기술 분야 출원연도별 특허출원 현황

□ 합성가스 제조 리포밍 기술 총 437건의 특허 중 230건이 등록되어 52.6%의 등록율을 보이며, 전체 GTL 공정기술의 등록율(54.9%) 대비 유사한 수준으로 분석됨

○ 유럽과 일본특허의 등록율이 매우 저조한 반면, 한국특허의 특허 등록율이 가장 높아 새로운 기술혁신을 가져오는 신규발명이 이루어지고 있는 것으로 보임



[그림 55] 합성가스 제조 리포밍 기술 분야 특허권리현황

(2) 특허 기술수준 분석

□ 합성가스 제조 리포밍 기술 특허 437건 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 289건에 해당하는 것으로 나타남

○ 최초우선권주장일로부터 출원추이 분석 결과, 신규발명이 전반적으로 증가하는 추세이며, '00년 중반이후부터 패밀리 특허도 꾸준히 확대되어 상용화에 적합한 기술진보가 진행되고 있는 것으로 보임

□ 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통한 기술발전단계를 분석한 결과, 모든 구간에서 특허건수와 출원인수가 지속적으로 증가하고 있는 성장기 단계로 파악됨



[그림 56] 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

□ 인용도지수와 특허영향력은 영국, 미국, 프랑스 순으로 높으며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수(TS, Technology Strength)는 미국이 월등히 높은 수준으로 나타남

○ 한국의 경우 인용도지수가 상대적으로 매우 낮아 특허영향력 지수가 1보다 낮은 0.27로 평가됨

- 그러나 특허의 양적수준 3위와 높은 등록율(1위)로서 기술력지수는 미국, 프랑스를 이어 세계 3위 수준으로 평가됨

□ 특허시장력 지수는 키프로스와 영국, 네덜란드 순이며, 한국의 경우 중국보다 조금 높은 11위 수준으로 해외출원을 통한 글로벌 시장경쟁력 확보의 필요성이 있는 것으로 판단됨

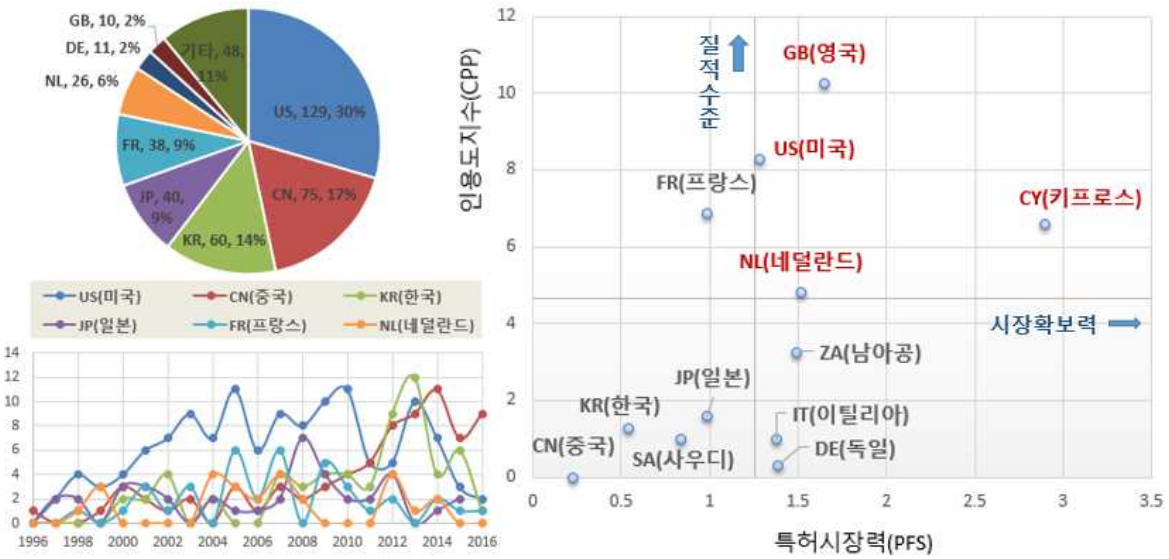
〈표 26〉 합성가스 제조 리포밍기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US	129	78	0.30	8.8	8.27	1.28	1.78	139.05
CN	75	27	0.17	1.6	0.00	0.23	0.00	0.00
KR	60	53	0.14	3.7	1.26	0.54	0.27	14.44
JP	40	12	0.09	6.8	1.58	0.98	0.34	4.10
FR	38	14	0.09	6.8	6.86	0.98	1.48	20.70
NL	26	6	0.06	10.5	4.80	1.52	1.03	10.35
DE	11	7	0.03	9.6	0.29	1.39	0.06	0.43
GB	10	4	0.02	11.4	10.25	1.65	2.21	8.84
CY	9	7	0.02	20.0	6.57	2.89	1.42	9.92
IT	8	4	0.02	9.5	1.00	1.37	0.22	0.86
ZA	6	4	0.01	10.3	3.25	1.49	0.70	2.80
SA	5	2	0.01	5.8	1.00	0.84	0.22	0.43

□ 특허시장력과 특허영향력 지표로부터 국가별 상대적 시장확보력과 기술의 질적수준을 나타냈을 경우 시장확보력과 기술 질적수준이 모두 높은 1사분면에 위치하고 있는 국가는 영국, 미국, 키프로스, 네덜란드로 나타남

○ 한국은 특허시장력과 영향력 측면에서 모두 낮은 위치에 속하나, 양적 점유율 측면에서 3위로 분석됨

- 한국의 경우 조사 대상 타 국가 대비 최근 5년 구간에서 급성장하고 있어, 향후 해외시장의 권리 확보에 노력을 한다면 특허기술경쟁력이 매우 높아질 것으로 기대됨



[그림 57] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ 합성가스 제조 리포밍 기술 특허를 가장 많이 확보하고 있는 기업은 프랑스의 AIR LIQUIDE로 미국과 유럽을 중심으로 중국, 일본, 한국지역에 특허포트폴리오를 견고히 구축하고 있는 것으로 나타남

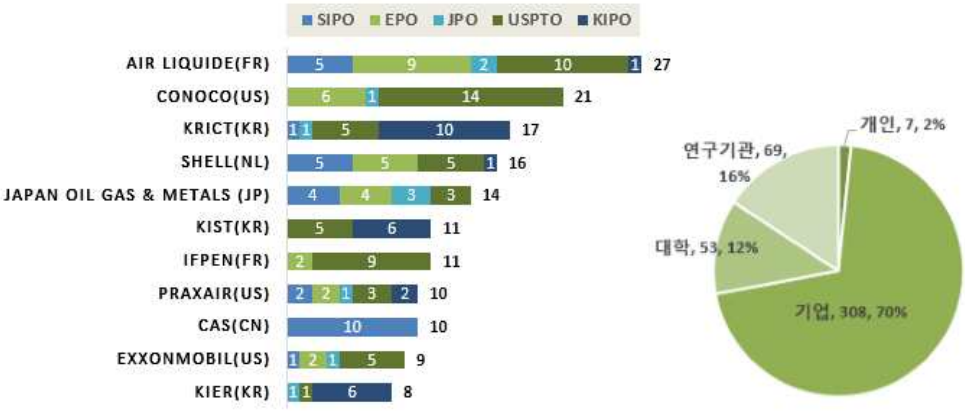
○ 미국의 ConocoPhillips는 자국을 중심으로 많은 특허를 출원하고 있으며, 국내의 한국화학연구원이 세계 3위 수준의 출원인에 해당함

○ 한국과학기술연구원, 한국에너지연구원의 경우 세계 랭킹 10위권에 포함되어 있는 것으로 분석됨

- 한국화학연구원은 경북도시가스공사, 현대, 한화 등과 공동연구를 진행하여 다수의 특허를 출원하고 있음

- 한국에너지연구원은 대림산업과 공동연구를 진행하는 등 원천기술 확보 및 기업과의 실증화 연구 연계를 추진하고 있는 것으로 보임

- 그러나 한국은 주로 자국인 국내 출원의 비중이 높고 다른 지역의 경우 주로 미국시장에 출원을 하고 있어 중국 및 일본 등의 타지역에 대한 특허포트폴리오 구축이 필요함



[그림 58] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

□ 출원인의 규모(매출)·시장잠재력과 특허권·기술력 수준 지표 분석으로부터 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, 네덜란드의 SHELL이 기업의 규모(매출)과 지재권·기술력이 함께 강한 Market Leader에 위치함

○ 미국의 ExxonMobil은 기업의 규모는 크지만 지재권·기술력이 약한 Challengers에 위치한 것으로 나타남

○ 양적점유율 1,2위인 AIR LIQUID와 ConocoPhillips는 기업의 규모는 작지만 지재권·기술력이 강한 Visionaries에 해당

○ 일본 JAPAN OIL GAS & METALS, 미국의 PRAXAIR와 한국의 한국화학연구원, 한국과학기술연구원 등은 규모가 작고 지재권·기술력도 약한 Niche players에 위치함



[그림 59] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 기술별 특허상세 분석

□ 천연가스로부터 합성가스 제조를 위한 리포밍 방법은 5개의 주요 세부 기술로 구분될 수 있음

○ 메탄의 수증기 개질반응(Steam Methane Reforming, SMR) 기술

○ 산소를 이용한 메탄의 부분산화반응(Partial Oxidation of Methane, POX) 기술

○ 산소를 분리하지 않고 직접 공기를 사용하는 자연개질반응(Autothermal Reforming, ATR) 기술

○ 메탄의 이산화탄소 개질반응(Carbon Dioxide Reforming, CDR) 기술

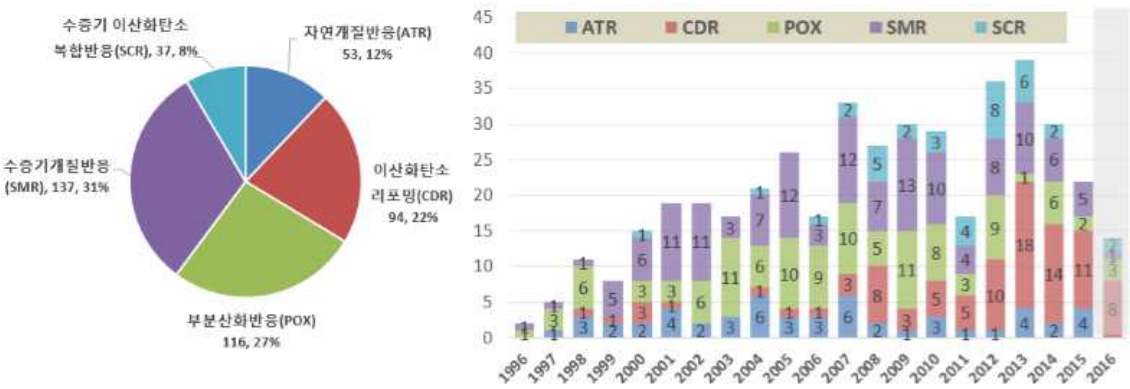
○ 수증기 개질반응과 이산화탄소 개질반응을 통한 메탄의 혼합개질 반응(Steam Carbon Dioxide Reforming, SCR) 기술

□ 합성가스 제조 리포밍 기술 중 수증기 개질반응(SMR) 특허가 31%(137건)로 가장 많이 출원된 것으로 나타남

○ 부분산화반응(POX) 27%(116건), CO2 건식개질반응(CDR) 22%(94건), 자연개질반응(ATR) 12%(53건), 수증기와 CO2 복합개질반응(SCR) 8%(37건)으로 분석됨

- 특히 '07년 이후 CO2 건식개질반응(CDR)이 온실가스 저감 및 활용의 이점으로 최근까지 많은 특허가 집중적으로 출원되고 있는 것으로 나타남

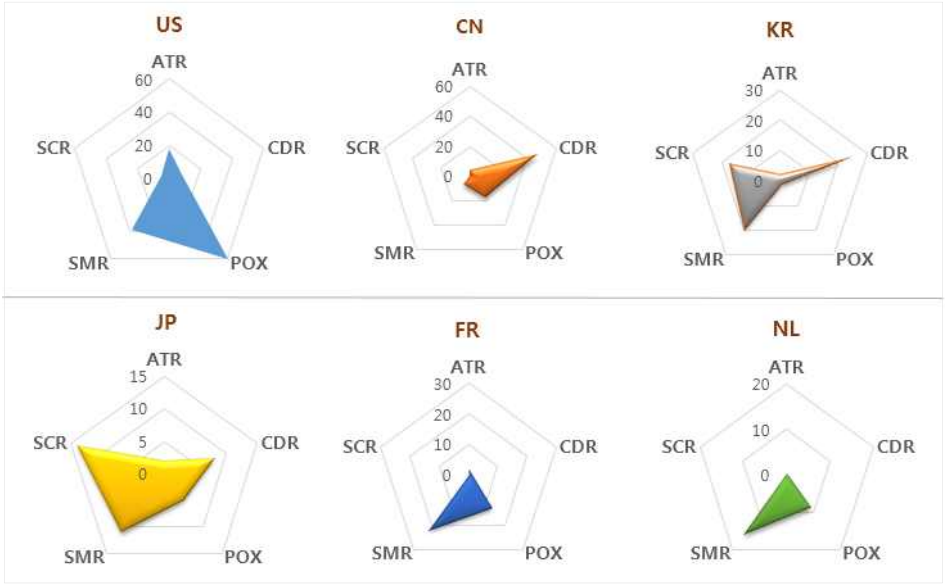
- 또한 기존의 리포밍 반응 기술들의 H2/CO 몰비 제어, 높은 흡열반응, 촉매불활성 등의 문제에 의한 새로운 대안 기술로 수증기와 CO2 복합개질반응(SCR)의 특허가 출원되기 시작하여 특허건수가 증가하고 있는 추세에 있음



[그림 60] 합성가스 제조 리포밍 세부기술별 특허현황 분석

□ 미국은 주로 부분산화반응(POX), 수증기 개질반응(SMR), 자연개질반응(ATR)에 기술력을 보이는 것으로 나타남

○ 중국은 이산화탄소 건식개질반응(CDR), 부분산화반응(POX), 한국과 일본은 주로 이산화탄소 건식개질반응(CDR), 수증기 개질반응(SMR), 수증기 이산화탄소 복합개질반응(SCR), 프랑스와 네덜란드는 수증기 개질반응(SMR) 및 부분산화반응(POX) 리포밍 기술에 주력하고 있음



[그림 61] 특허출원 주요국가별 세부기술 역점 분야

□ 프랑스 AIR LIQUIDE가 수증기 개질반응(SMR) 및 부분산화반응(POX) 리포밍 기술 분야를 중심으로 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남

○ 미국의 ConocoPhillips는 POX 리포밍 기술에 Syntroleum은 자연개질반응(ATR) 리포밍 기술에 주력함

○ 국내 한국화학연구원은 이산화탄소 건식개질반응(CDR), 일본 JAPAN OIL GAS & METALS은 수증기 이산화탄소 복합개질반응(SCR)에 주력함

- 한국과 일본을 중심으로 온실가스인 이산화탄소를 이용하는 이산화탄소 건식개질과 수증기와 이산화산소 복합개질 공정에 적합한 촉매 및 반응기, 공정설계가 이루어지고 있음

  • 일본 JAPAN OIL GAS & METALS은 대표적인 이산화탄소가 30~40% 포함된 가스전에서 유리한 SCR 리포밍 기술을 개발하고 있음

  • 국내의 한국과학기술연구원과 한국에너지연구원은 니켈 촉매에 소량의 증진제를 첨가해 수증기가 희박한 조건에 적합한 SCR 공정을 개발하는 등 기존 선진기업들에 의해 상용화된 기존 리포밍 기술과는 차별화된 특허권리 확보를 진행 중임

〈표 27〉 주요출원인 합성가스 제조 리포밍 기술 역점 및 공백기술

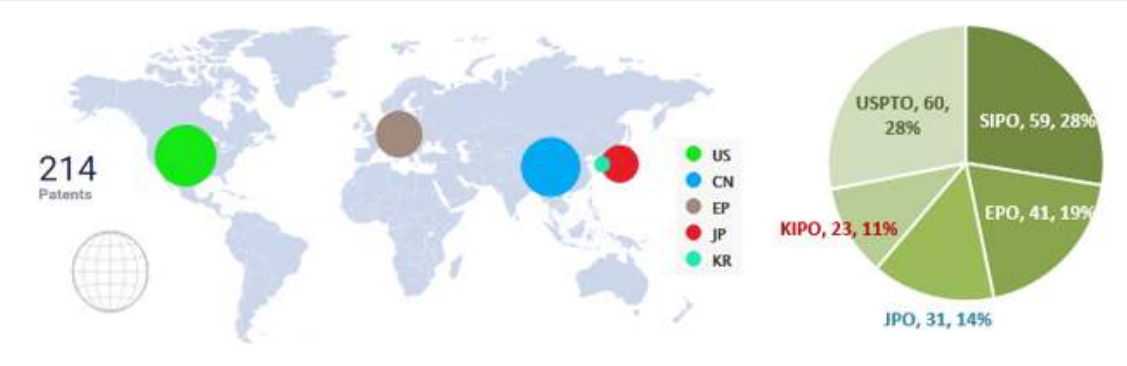
주요출원인(국가)	합성가스 제조(리포밍 기술)					총합계
	ATR	CRD	POX	SMR	SCR	
AIR LIQUIDE(FR)		1	10	16		27
CONOCO(US)			20	1		21
KRICT(KR)		7		9	1	17
SHELL(NL)			7	9		16
JAPAN OIL GAS & METALS(JP)					14	14
IFPEN(FR)	2		3	6		11
KIST(KR)		3			8	11
CAS(CN)	1	6	2	1		10
PRAXAIR(US)				10		10
ExxonMobil(US)	2		6	1		9
KELLOGG BROWN & ROOT(US)			8	1		9
ACETEX CYPRUS(CY)	8					8
BP(GB)	4			4		8
KIER(KR)	2	1		4	1	8
UNIV TAIYUAN TECH(CN)		7	1			8
MITSUBISHI(JP)				7		7
LINDE(US)		4		2		6
RENTECH(US)	1	2	3			6
UNIV QINGHUA(CN)		3	3			6
SYNTROLEUM(US)	5					5
상위 20개 출원인 비중	62%(217건/437건)					

다. F-T 합성 촉매반응 기술

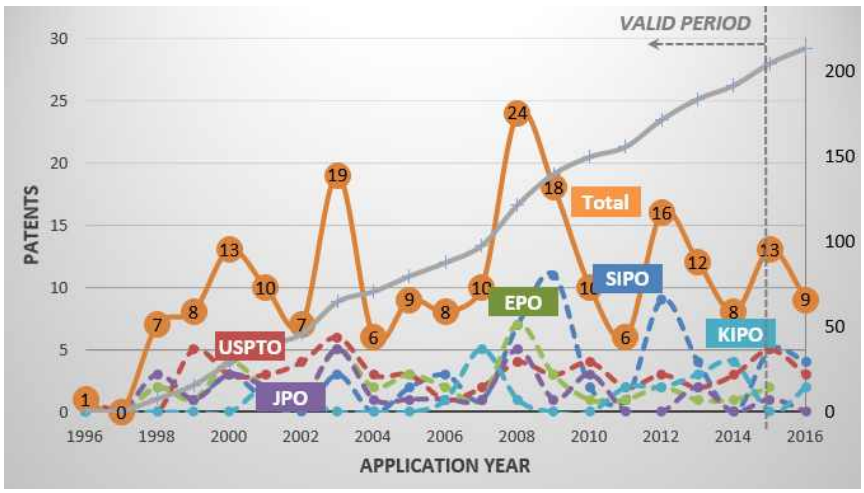
(1) 특허출원 동향

□ F-T 합성 촉매기술에 대한 특허는 주요시장국(IP5) 기준 총 214건으로 조사되었으며, 미국 28%(60건), 중국 28%(59건) 지역의 특허점유율이 가장 높고 유럽 19%(41건), 일본 14%(31건), 한국 11%(23건) 순으로 나타남

○ 특허의 양적 성장은 '08년에 최고점을 보이다가 이후 크게 증가하지 않고 지속적으로 출원되는 추세임



[그림 62] F-T 합성 촉매기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황

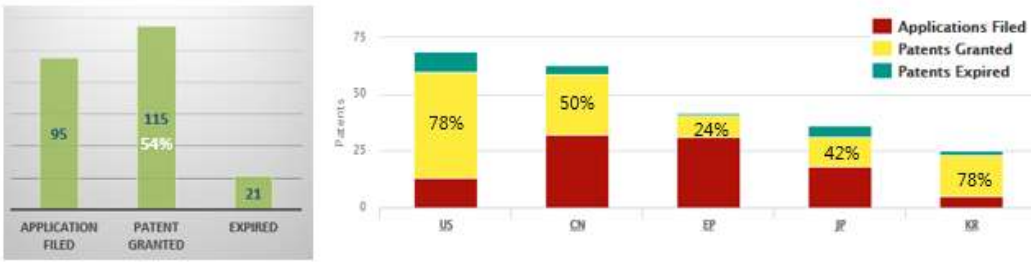


[그림 63] F-T 합성 촉매기술 분야 출원연도별 특허출원 현황

□ F-T 합성 촉매기술 총 214건의 특허 중 115건이 등록되어 54%의 등록율을 보이며, 전체 GTL 공정기술의 등록율(54.9%) 대비 유사한 수준임

○ 미국과 한국특허의 등록율이 78%로 매우 높은 반면, 특히 유럽특허의 등록율이 24%로 매우 저조한 것으로 나타남

- 미국과 한국지역을 주축으로 새로운 기술혁신 및 진보를 가져오는 것으로 판단됨



[그림 64] F-T 합성 촉매기술 분야 특허권리현황

(2) 특허 기술수준 분석

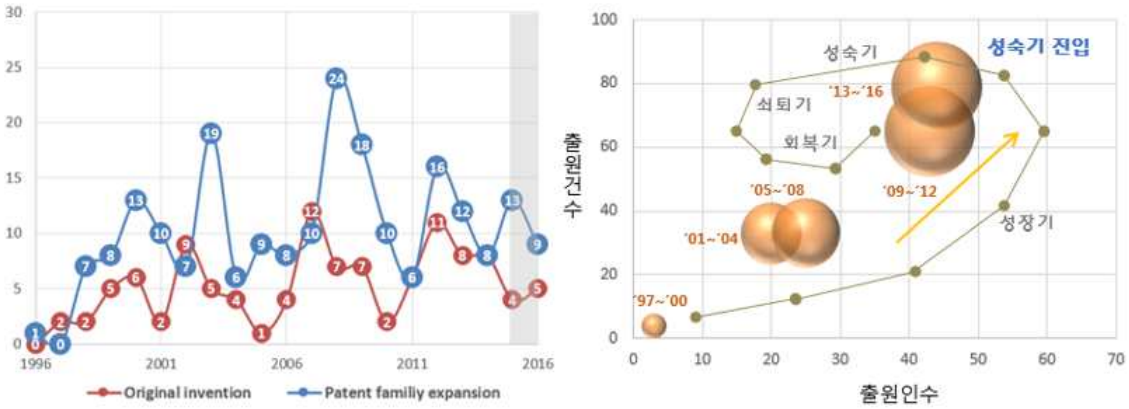
□ F-T 합성 촉매기술 총 214건의 특허 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 110건에 해당함

○ 신규발명 특허에 대한 최초우선권주장일로부터 출원추이 분석 결과, 특허의 양적성장의 고점을 찍은 '03~'09년 시점은 각 국가별 시장권리 확보를 위한 해외출원의 증가에 기인한 것으로 보임

- 신규발명은 최근까지도 꾸준히 증가하는 것으로 보여, F-T 촉매 기술개발에 대한 기술혁신의 산업계 니즈가 지속적으로 발생하고 있는 것으로 판단됨

○ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 모든 구간에서 특허건수와 출원인수가 급속하게 증가하다가 '13~'16년 새롭게 진입하는 출원인수의 변화가 저조한 것으로 나타남

- 기존 major player들이 확보하고 있는 기술을 중심으로 시장이 형성되고 있는 성숙기 단계에 진입하고 있는 것으로 판단됨



[그림 65] F-T 합성 촉매기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

□ 인용도지수로부터 산출한 특허영향력은 남아프라카공화국, 덴마크, 프랑스, 영국, 미국 순이며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수는 남아프리카공화국, 미국 순으로 분석됨

○ 한국은 양적수준에서 2위로서 기술력지수 측면에서 일본 다음의 6위 수준을 보이는 것으로 나타남

□ 특허시장력(PFS, Patent Family Sizes) 지수도 남아프리카공화국이 1위로 시장확보력이 높은 것으로 나타남

○ 한국은 출원 국가 중 세계 7위 수준으로 해외출원을 통한 글로벌 시장권리 선점을 위한 특허전략 수립이 필요할 것으로 보임

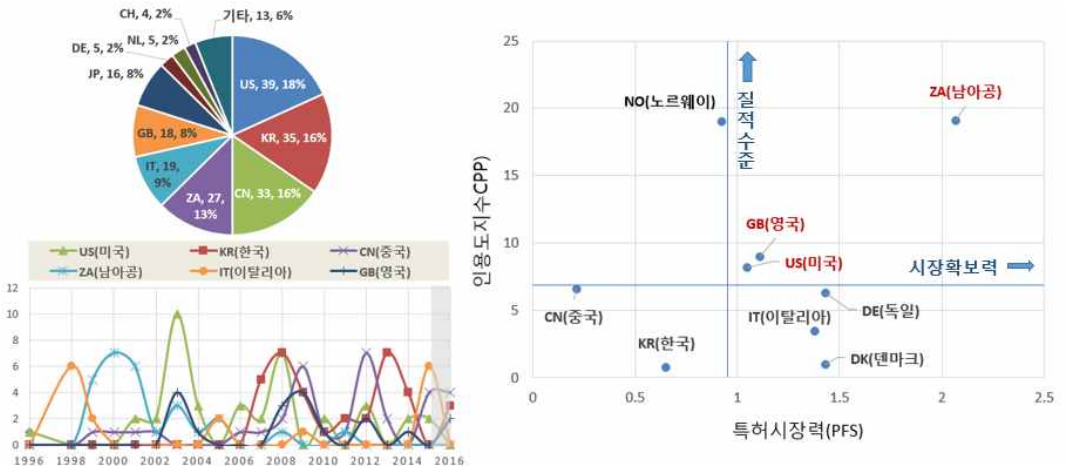
〈표 28〉 F-T 합성 촉매기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	39	20	0.04	9.53	8.15	1.05	1.18	23.63
KR(한국)	35	26	0.06	5.93	0.77	0.65	0.11	2.90
CN(중국)	33	15	0.06	1.94	6.60	0.21	0.96	14.35
ZA(남아공)	27	17	0.02	18.77	19.06	2.07	2.76	46.96
IT(이탈리아)	19	11	0.02	12.53	3.45	1.38	0.50	5.51
GB(영국)	18	3	0.02	10.09	9.00	1.11	1.30	3.91
JP(일본)	16	2	0.03	3.44	0.00	0.38	0.00	0.00
DE(독일)	5	4	0.06	13.00	6.25	1.43	0.91	3.62
NL(네덜란드)	5	3	0.04	12.00	0.00	1.32	0.00	0.00
DK(덴마크)	3	2	0.01	13.00	1.00	1.43	0.14	0.29
NO(노르웨이)	3	2	0.09	8.40	19.00	0.92	2.75	5.51
SA(사우디)	3	1	0.04	4.50	0.00	0.50	0.00	0.00
FI(핀란드)	2	1	0.04	3.00	0.00	0.33	0.00	0.00
FR(프랑스)	1	1	0.05	9.00	15.00	0.99	2.17	2.17
IR(이란)	1	1	0.06	4.00	1.00	0.44	0.14	0.14

□ 특허시장력과 특허영향력 지표로부터 국가별 상대적 시장확보력과 기술의 질적수준을 나타내면, 시장확보력과 기술 질적수준이 모두 높은(1사분면) 국가는 남아아프리카공화국, 영국, 미국으로 나타남

○ 한국은 양적 점유율이 세계 2위이나 특허경쟁력 위치는 특허시장력과 영향력이 모두 낮은 위치에 속함

- 그러나 한국의 경우 최근 5년 동안 합성가스 제조 기술과 더불어 F-T 합성 촉매기술 분야 특허도 함께 활발한 출원이 이루어지고 있어 향후 특허기술 경쟁력이 높아질 것으로 기대됨



[그림 66] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

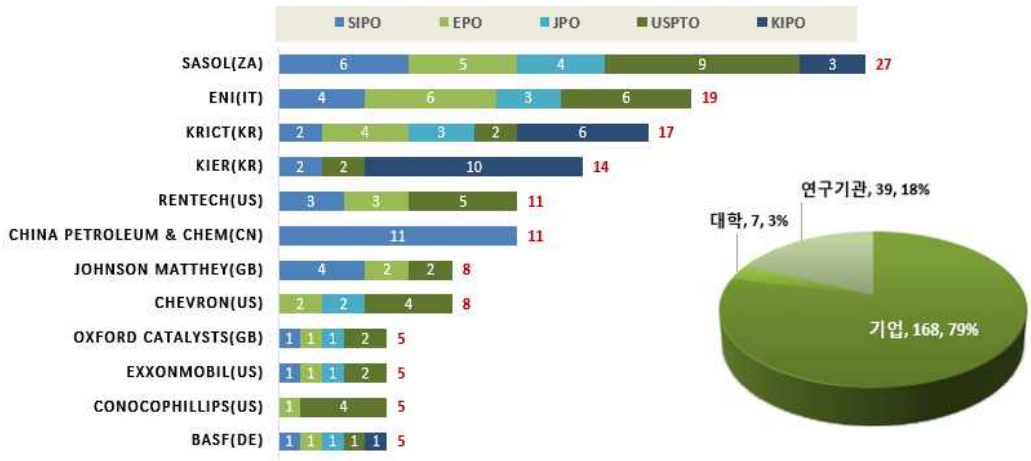
□ F-T 합성 촉매기술 분야 특허를 가장 많이 확보하고 있는 출원인은 남아프리카공화국의 대표적인 화학·에너지 기업인 SASOL 이며, 주요시장국에 모두 진입하여 시장권리를 확보하고 있음

○ 이탈리아 국영석유기업인 ENI는 프랑스 석유화학연구소 IFPEN과 공동연구를 통해 세계 2위 수준의 특허를 확보함.

○ 국내의 한국화학연구원은 세계 3위 수준으로, 대림산업, 두산, SK 이노베이션과 같은 국내석유화학 기업과의 공동연구를 통한 특허확보를 활발히 하고 있으며 주요시장국 포트폴리오 구축을 견고히 하고 있음

○ 한국에너지연구원은 4위 수준의 특허를 출원하고 있으며, RENTECH, CHEVRON, ExxonMobil, ConocoPhillips의 다수의 미국 기업들이 상위출원인에 위치함

○ 영국의 JOHNSON MATTHEY, Oxford Catalysts(Velocys와 공동연구), 중국의 CHINA PETROLEUM & CHEM, 독일의 BASF 등이 있음



[그림 67] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

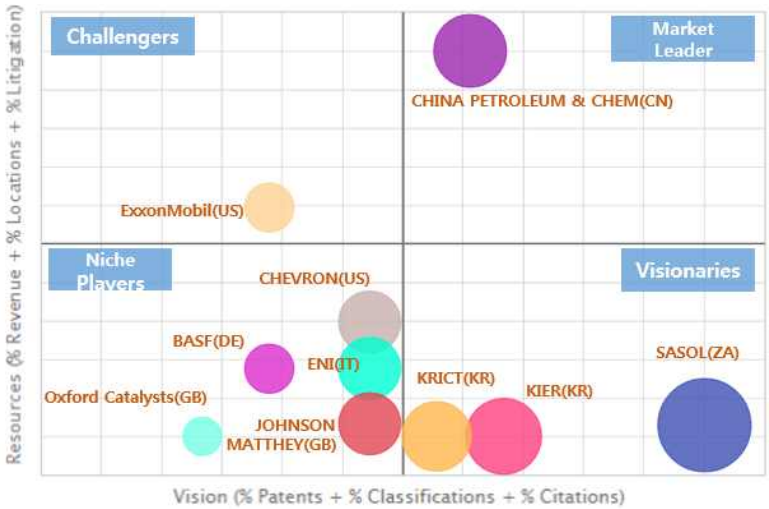
□ 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, 중국의 CHINA PETROLEUM & CHEM이 기업의 규모(매출)과 지재권·기술력이 함께 강한 Market Leader에 위치함

○ 미국의 ExxonMobil은 기업의 규모는 크지만 지재권·기술력이 약한 Challengers에 위치하는 것으로 나타남

○ 높은 양적점유율 나타낸 남아프리카공화국 SASOL, 국내 한국화학연구원과 한국에너지연구원은 시장잠재력은 낮지만 지재권·기술력이 강한 Visionaries에 해당함

- 한국화학연구원과 한국에너지연구원의 경우, 실질적인 사업 활동을 하지 않는 비영리연구기관임을 감안할 때 이들 특허기술력은 세계적으로 매우 높은 것으로 판단됨

- 미국의 CHEVRON, 영국의 JOHNSON MATTHEY, Oxford Catalysts 등은 기업의 시장잠재력이 작고 지재권·기술력도 약한 Niche players에 위치함



[그림 68] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 주요특허 기술내용 분석

□ F-T 합성 촉매제조 및 반응기술의 특허지표로부터 Patent strength가 높은 특허 및 주요출원인의 핵심적인 특허를 선별하여 기술적 특징을 분석한 결과 코발트 계열의 촉매 개발 추세인 것으로 나타남

○ 그동안은 철계 촉매가 주로 사용되다가 최근 액체연료 및 왁스의 생산율을 높이기 위해 코발트 계열의 촉매 개발이 진행되고 있는 것으로 판단됨

<표 29> F-T 합성 촉매제조 및 반응기술 핵심특허 분석

출원인	특허공개번호 (출원일)	기술적 특징
Sasol(ZA)	US6191066B1 (1999-05-26)	SBCR(슬러리 버블 컬럼 반응기) 공정에서 귀금속의 촉매 증진제를 사용하지 않고 촉매 활성 증가 및 선택성이 탁월한 γ-알루미나에 지지된 코발트 촉매 제조
SYNFUELS (CN)	CN101829580 B(2009-03-12)	칼륨, 크롬 등 금속 촉진제를 포함하는 미세 구형 철계 촉매를 사용한 고온슬러리층에서의 F-T 합성
ENI(IT))	US8071655B2 (2009-10-05)	실리카-알루미나 지지층에 제조한 코발트계 촉매를 제조하고 Fixed bed 또는 three-phase 합성가스의 전환, 내마모성 우수
ExxonMobil(US)	US7417073B2 (2008-10-24)	SBCR에 티타늄킬레이트 지지체에 코발트 촉매를 포함하여 촉매의 활성 유지 향상 방법 및 탄화수소 합성 이용
Oxford Catalysts(GB)	US2016019982 0A1 (2016-03-23)	비실리콘 산화물로 코팅한 실리카 지지체에 코발트 및 철을 포함하는 촉매 프리커서 제조 방법으로 C5 이상 탄화수소에 높은 선택성
한국화학 연구원(KR)	KR918105B1 (2008-03-27)	슬러리 반응용 촉매의 마모현상을 개선하고 촉매 장기 활성화가 가능한 코발트／지르코늄-인/실리카 촉매 제조
한국에너지 연구원(KR)	KR101339902 B1 (2013-03-27)	고온 FT합성용 철-카바이드/탄소 나노복합촉매의 대량 생산 방법 및 높은 CO 전환율 및 선택성 부여

라. 합성연료 업그레이딩 기술

(1) 특허출원 동향

□ F-T 반응 1차 생성물의 고품질 액체연료 및 화학제품으로 제조하는 특허는 주요시장국 기준 총 425건으로 조사됨

○ 미국지역의 특허점유율이 34%(154건)로 가장 높으며, 중국 24%(101건), 유럽 20%(85건), 일본 17%(73건) 순이며, 한국의 경우 3%(12건)에 불과함

- '00년 초반~중반에 특허출원이 급격히 증가하였다가 감소하고, 최근 '13년 이후 다시 중국, 미국, 유럽을 중심으로 청정에너지 정책에 따라서 본 기술 분야의 특허도 다시 증가하는 양상을 보임



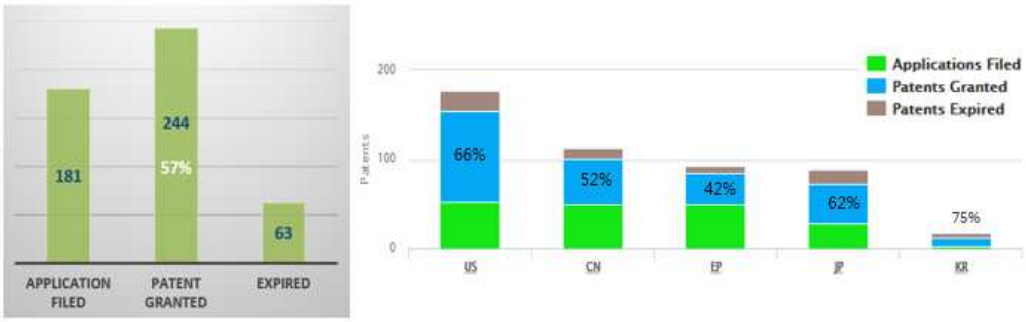
[그림 69] 합성연료 업그레이딩 분야 주요시장국별 특허출원 현황



[그림 70] 합성연료 업그레이딩 분야 출원연도별 특허출원 현황

□ IP5 출원국 기준 총 425건의 특허 중 244건이 등록(57%), 출원공개 181건이며, 63건의 특허는 거절, 유기 포기 등으로 만료되어 실질적으로 362건이 권리 유지되고 있음

○ 미국과 일본에서의 등록율이 높은 편으로 이들 지역을 중심으로 새로운 기술진보가 일어나거나 시장구도가 형성되고 있는 것으로 보임



[그림 71] 합성연료 업그레이딩기술 분야 특허권리현황

(2) 특허 기술수준 분석

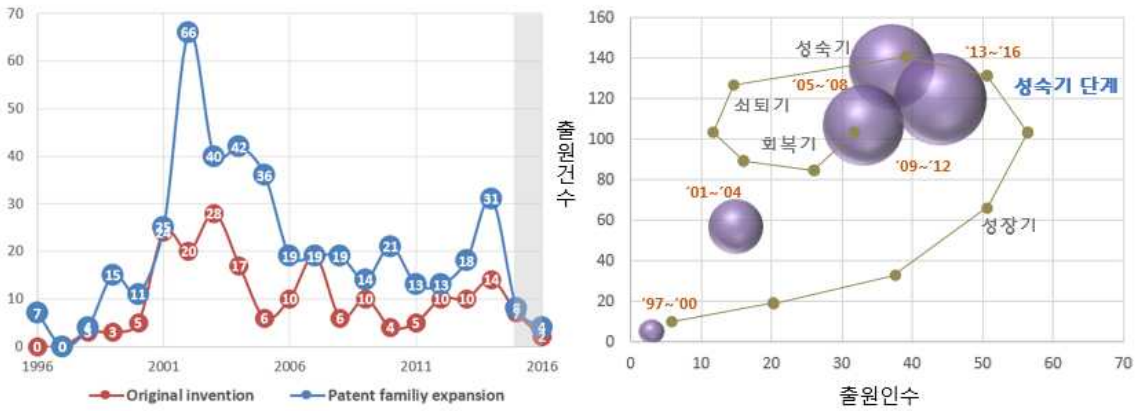
□ 합성연료 업그레이딩 분야 425건의 특허 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 203건에 해당되는 것으로 나타남

○ 신규발명 특허에 대한 최초우선권주장일로부터 출원추이 분석 결과, 특허의 양적성장이 가장 높았던 '01~'05년 시점은 신규발명의 급격한 증가와 함께 패밀리 특허 확보를 통한 시장권리 확보 경쟁이 치열했을 것으로 보임

○ 이후 본 기술에 대한 산업계 니즈가 주춤하다가 최근 '12년을 기점으로 새로운 발명을 통한 특허의 증가가 다시 시작되는 것으로 판단됨

□ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 1~3구간('97~'08)까지 특허건수와 출원인수가 급속하게 증가하다가 4~5구간('09~'16)에서 소폭 감소·증가하는 양상으로 출원인수의 증가가 정체되고 있음

○ 기존 major player들이 확보하고 있는 기술을 중심으로 시장이 형성되고 있는 성숙기 단계에 진입하고 있는 것으로 판단됨



[그림 72] 합성연료 업그레이딩기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

□ 인용도지수로부터 산출한 특허영향력은 미국, 프랑스, 남아프리카공화국 순이며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수는 미국이 월등히 높은 1위를 보임

○ 한국은 양적수준 자체가 매우 미흡한 수준으로 합성연료 업그레이딩 기술력 확보가 시급함

□ 특허시장력 지수는 남아프리카공화국이 1위로 시장확보력이 높은 것으로 나타남

○ 한국의 특허시장력지수는 특허건수 자체가 매우 미흡하여 평가하기 어려운 것으로 나타남

〈표 30〉 합성연료 업그레이딩 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

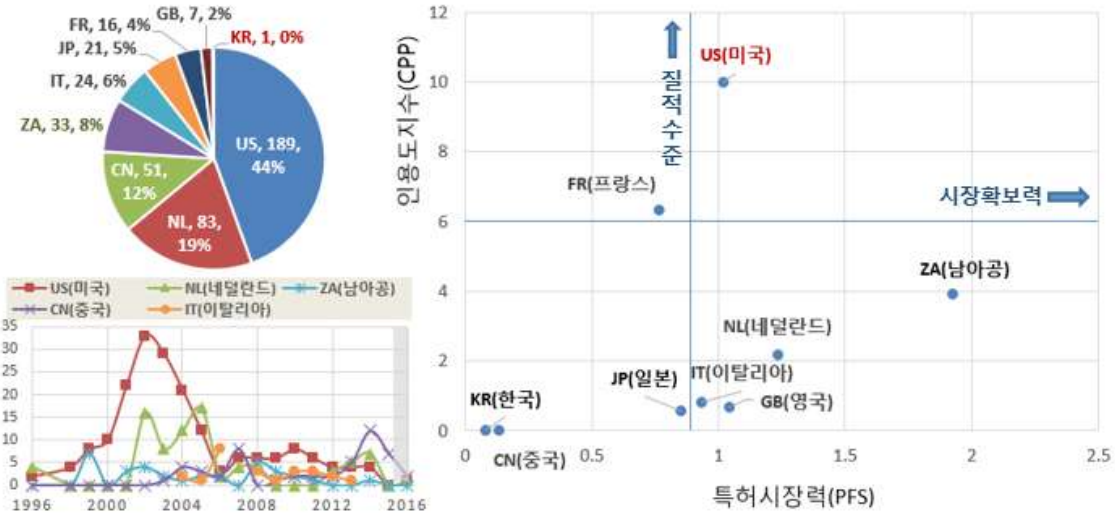
국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	191	104	0.45	12.40	9.98	1.02	1.66	172.43
NL(네덜란드)	83	30	0.19	15.01	2.17	1.23	0.36	10.80
CN(중국)	51	13	0.12	1.65	0.00	0.14	0.00	0.00
ZA(남아공)	33	24	0.08	23.42	3.92	1.92	0.65	15.61
IT(이탈리아)	24	16	0.06	11.38	0.81	0.93	0.13	2.16
JP(일본)	21	12	0.05	10.38	0.58	0.85	0.10	1.16
FR(프랑스)	16	12	0.04	9.31	6.33	0.76	1.05	12.62
GB(영국)	7	3	0.02	12.71	0.67	1.04	0.11	0.33
KR(한국)	1	1	0.00	1.00	0.00	0.08	0.00	0.00

□ 특허시장력과 특허영향력 지표로부터 국가별 상대적 시장확보력과 기술의 질적수준을 나타내면, 시장확보력과 기술 질적수준이 모두 높은 국가는 미국으로 나타남

○ 그러나 미국의 경우 2000~2004년에 매우 활발한 출원이 이루어진 반면, 최근 10년간 출원이 급격히 감소하고 있음

○ 최근 중국의 IP부상도가 가장 크게 증가하며 새로운 후발주자로 개편되고 있는 것으로 보임

○ 한국은 합성연료 업그레이딩 기술에 대한 빠른 특허출원전략이 필요함



[그림 73] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ 합성연료 업그레이딩 기술 분야 특허를 가장 많이 확보하고 있는 출원인은 미국의 CHEVRON으로 나타남

○ 네덜란드 SHELL, 미국 ExxonMobil, 남아공의 SASOL로서 GTL 상용화 수준의 기술력을 갖춘 선진국 기업들이 합성연료 업그레이딩 기술 분야에 주력을 하고 있는 것으로 보임\

○ 국가연구기관으로서 프랑스 IFPEN, 중국 CAS 등을 제외한 93% 이상의 특허가 기업이 출원인 주체로서, 동 세부분야 기술은 기초연구단계 보다는 실증단계 연구가 중심인 기술로 판단됨

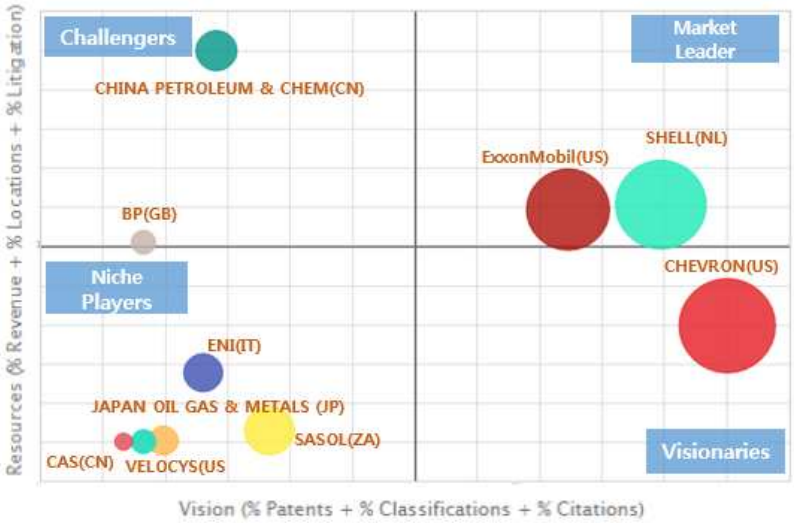


[그림 74] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

□ 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, SHELL, ExxonMobil이 기업의 규모(매출)과 지재권·기술력이 함께 강한 Market Leader에 위치하는 것으로 나타남

○ 미국의 CHEVRON은 지재권·기술력이 강하지만 본 기술에 대한 기업의 시장잠재력이 낮게 평가되어 Visionaries 위치에 해당함

○ 최근 이 분야에서 중국의 높은 IP부상도를 견인하고 있는 CHINA PETROLEUM & CHEM이 아직은 지재권·기술력은 약한 편이나 시장잠재력이 강하여 Challengers에 위치하는 것으로 분석됨



[그림 75] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 기술별 특허상세분석

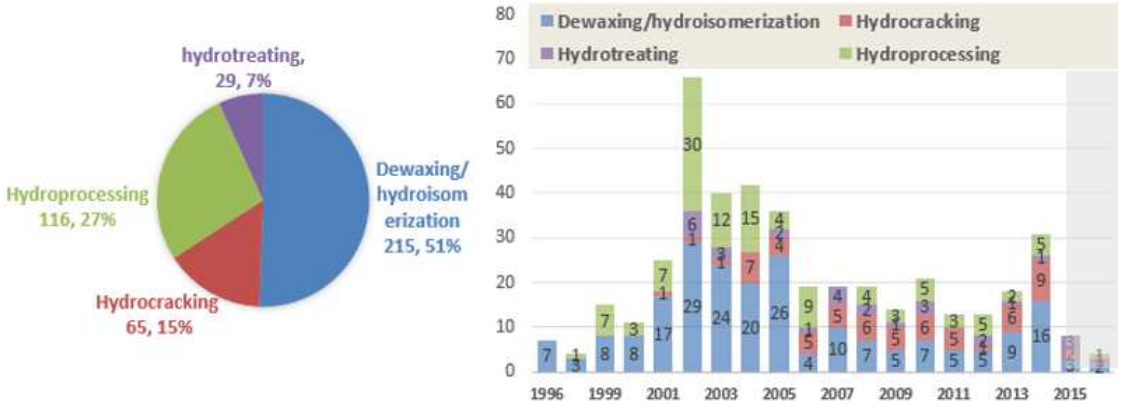
□ F-T 생성물인 파라핀계 합성원유 및 왁스의 고품질 액체연료로의 업그레이드 공정은 크게 4개 기술분야로 분류됨

○ F-T 생성물에 포함된 올레핀 및 산화물을 분해하기 위한 수소첨가반응 및 촉매기술(Hydrotreating)

○ 합성원유 가수소분해 공정 및 촉매기술(Hydrocraking)

○ F-T 왁스의 유동성 및 경도 조절을 위한 탈왁스/수소이성질화(Dewaxing/Hydroisomerization)

○ 수소화 공정을 단계별로 통합적으로 실시하는 특허는 수소화반응(Hydroprocessing)으로 구분하여 분석함



[그림 76] 합성연료 업그레이딩 세부기술별 특허출원추이 분석

□ F-T 파라핀계 합성원유를 고품질의 중간유분, 윤활기유 등으로의 업그레이드 특허는 탈왁스/수소이성질화(Dewaxing/ Hydroisomerization) 공정이 51% 이상을 차지하는 가장 많은 출원이 이루어지고 있는 것으로 나타남

○ CHEVRON, SHELL, ExxonMobil이 이 기술 분야에 가장 중점적으로 특허를 확보하고 있는 것으로 분석됨

- 가장 많은 특허를 확보하고 있는 CHEVRON은 F-T 왁스로부터 Isomerization 및 dehazing 공정을 통해 점도 등의 윤활 물성이 향상된 윤활기유 제조 특허에 강점이 있는 것으로 보임

- 최근 특허출원이 증가하고 있는 hydrocracking 촉매기술은 주로 F-T 왁스를 중질 유분으로 업그레이드 하는 특허출원이 많으며, 우수한 세탄가와 낮은 황 및 방향족화합물을 함유한 디젤 연료 제조에 특징이 있는 것을 보임

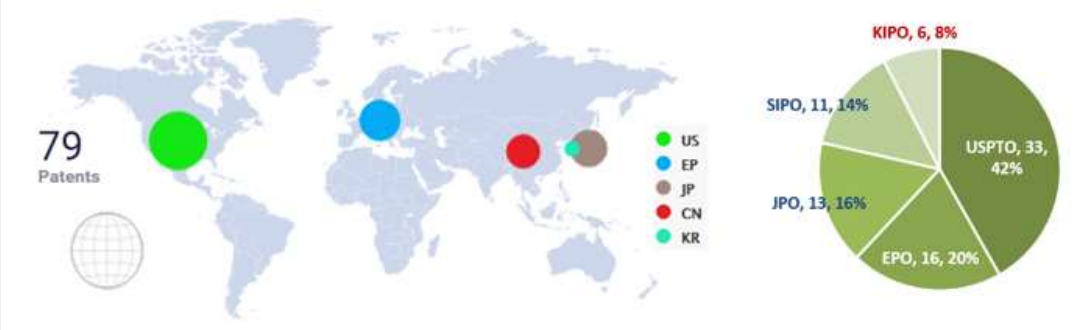
마. 마이크로반응기 기술

(1) 특허출원 동향

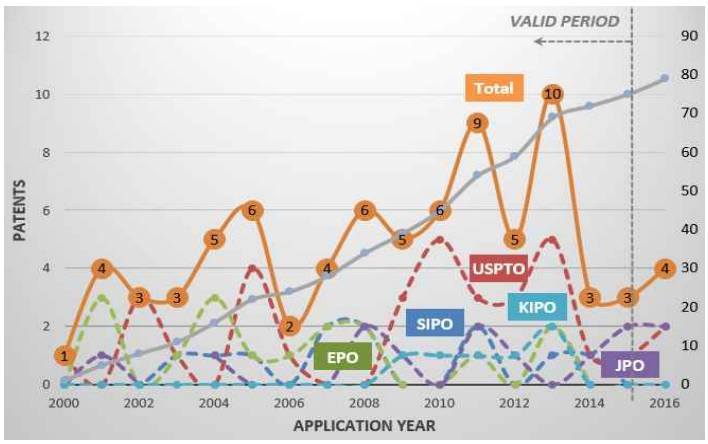
□ 마이크로반응기 기술 특허는 주요시장국(IP5)에 총 79건의 특허가 출원·등록되고 있음

○ 미국특허의 점유율이 42%(33건)로 가장 높으며, 유럽 20%(16건), 일본 16%(13건), 중국 14%(11건) 순이며, 한국에 출원한 특허는 8%(6건) 수준임

○ 마이크로반응기 기술은 2000년부터 특허출원이 시작되어 미국을 중심으로 최근까지 지속적으로 증가하는 추세임



[그림 77] 마이크로반응기 기술 주요시장국별 특허출원 현황



[그림 78] 마이크로반응기 기술 출원연도별 특허출원 현황

(2) 특허 기술수준 분석

□ 주요 시장국별 특허출원건수의 양적 차이는 크지 않으나, 출원인 국적을 살펴보면 미국기업의 출원인이 73%(58건)에 해당하여 미국이 독보적으로 주요 시장국에 진입하고 있는 것으로 나타남

○ 미국시장을 제외한 유럽, 일본, 중국, 한국시장에서의 자국 기술에 의한 기술자립도는 매우 낮은 것으로 보임

- 미국이 각 지역별 시장을 선점하기 전에 빠른 특허권리 확보 전략이 필요할 것으로 판단됨

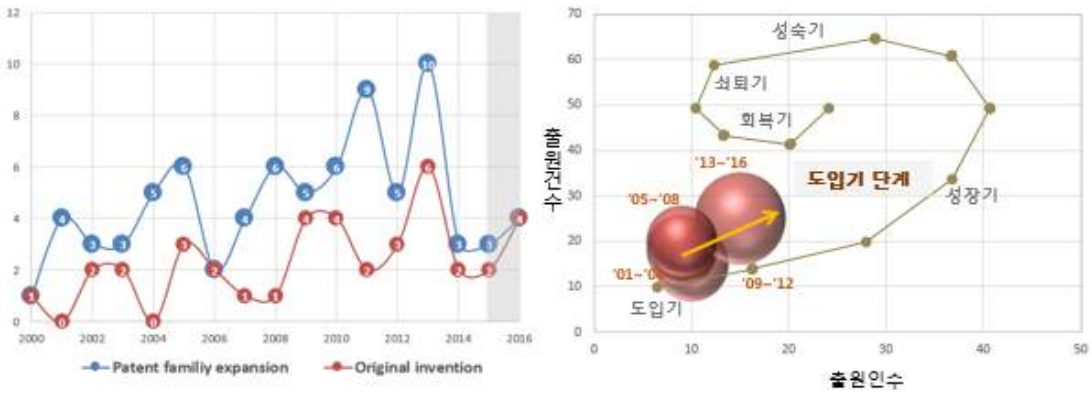
<표 31> 주요시장국별 출원인 국적 현황 및 기술의존도 분석

출원국가	출원인 국적										내외국인 출원 현황		
	US	SA	KR	JP	IT	GB	DE	CN	CH	총합계	내국인	외국인	기술의존도
USPTO(미국)	26	1	2		1	1	1		1	33	26	7	0.27
EPO(유럽)	13	1			1				1	16	2	14	7.00
JPO(일본)	10	2		1						13	1	12	12.00
SIPO(중국)	6	1			1	1		1	1	11	1	10	10.00
KIPO(한국)	3		3							6	3	3	1.00
총합계	58	5	5	1	3	2	1	1	3	79	33	46	1.39

□ 마이크로반응기 기술 총 79건의 특허 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 39건으로 나타남

○ 동 세부분야 기술은 신규발명에 의한 특허와 함께 시장권리 확보를 위한 패밀리 특허확보가 동시에 지속적으로 증가하고 있는 기술로 나타남

○ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 모든 구간에서 특허건수와 출원인수의 증가가 서서히 시작되고 있는 도입기 단계로서 IP진입 장벽은 높지 않을 것으로 예상함



[그림 79] 마이크로반응기 기술 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

□ 인용도지수로부터 산출한 특허영향력은 미국이 가장 높으며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수 역시 미국의 등록건수가 압도적으로 높아 세계 1위로 나타남

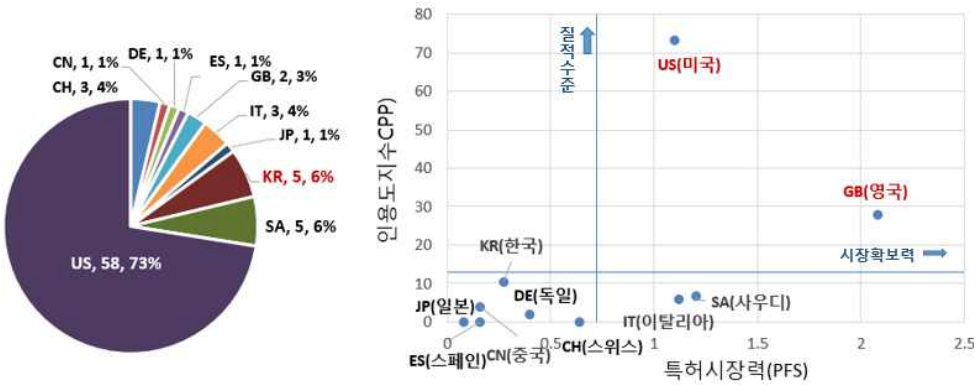
○ 한국은 양적수준과 기술력지수 측면에서 2위 수준으로 분석됨

□ 특허시장력 지수는 영국이 미국보다 높은 1위로 나타났으며, 한국의 시장확보력은 8위 수준으로 해외출원을 통한 글로벌 시장권리 확보 필요성이 높은 것으로 판단됨

○ 마이크로 반응기 기술은 도입기 단계부터 미국이라는 특정국가의 독점형태의 기술시장 구도가 형성되고 있으므로 국내 자체 기술력 확보를 통해 글로벌 시장에서의 경쟁력 우위에 설 수 있는 가능성이 큰 기술 분야임

<표 32> 마이크로반응기 기술 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	58	28	0.01	13.70	73.25	1.10	1.36	38.00
KR(한국)	5	4	0.06	3.40	10.50	0.27	0.19	0.78
SA(사우디)	5	3	0.04	15.00	6.67	1.20	0.12	0.37
CH(스위스)	3	0	0.04	8.00	0.00	0.64	0.00	0.00
IT(이탈리아)	3	2	0.02	14.00	6.00	1.12	0.11	0.22
GB(영국)	2	1	0.02	26.00	28.00	2.08	0.52	0.52
CN(중국)	1	1	0.06	2.00	4.00	0.16	0.07	0.07
DE(독일)	1	1	0.06	5.00	2.00	0.40	0.04	0.04
ES(스페인)	1	0	0.02	2.00	0.00	0.16	0.00	0.00
JP(일본)	1	0	0.03	1.00	0.00	0.08	0.00	0.00



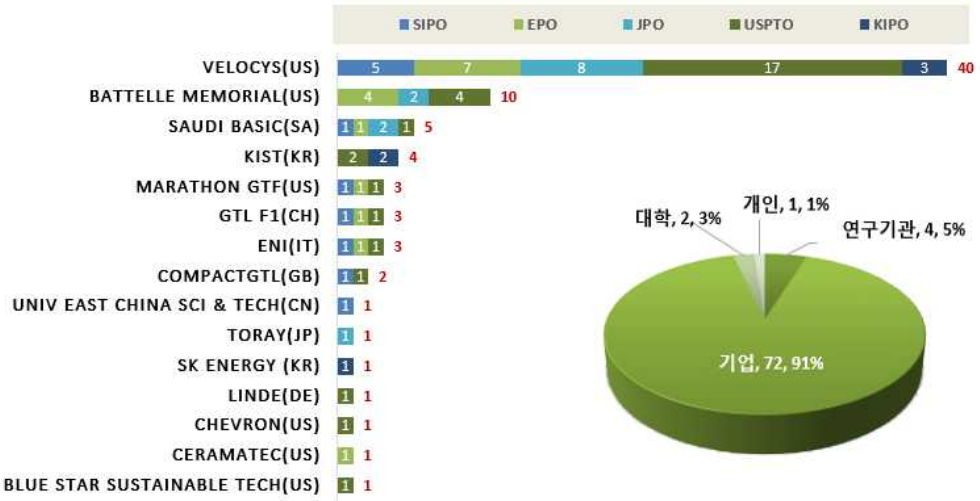
[그림 80] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ 마이크로반응기 기술 특허를 많이 확보하고 있는 기업은 미국의 Velocys(51%)이며 자국인 미국을 중심으로 유럽, 일본, 중국, 한국지역에 특허포트폴리오를 독보적으로 견고히 구축하고 있음

○ 사우디아라비아의 SAUDI BASIC과 국내 한국과학기술연구원, 스위스 GTL F1, 이탈리아 ENI, 영국 CompactGTL이 마이크로반응기기술 분야에 대한 특허확보를 시작하고 있는 것으로 나타남

- 특히 이 분야에서 국내 한국과학기술연구원은 메탄의 리포밍을 위한 마이크로반응기 기술, SK Energy는 마이크로 CTL/GTL/BTL 플랜트용 compact

F-T 반응기 기술 특허를 확보하고 있음



[그림 81] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

□ 주요출원인의 기술적·시장 측면에서의 위치를 살펴본 결과, 마이크로반응기 기술의 특허권을 가장 많이 확보하고 있는 VELOCYS는 지재권·기술력이 강하지만 본 기술에 대한 기업의 시장잠재력이 낮게 평가되어 Visionaries 위치에 해당함

○ 아직 이 분야의 Market Leader 위치에 해당하는 출원인은 없으며, 미국의 BATTELLE MEMORIAL이 기업규모와 시장잠재력의 평가로 Challengers에 위치함

○ SAUDI BASIC, GTL F1, CompactGTL, 한국과학기술연구원, SK Energy 등은 모두 기업의 시장잠재력과 지재권·기술력이 아직은 약한 Niche Players에 해당함



[그림 82] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 주요특허 기술내용 분석

□ 마이크로반응기 기술의 특허지표로부터 Patent strength가 높은 특허 및 주요출원인의 핵심적인 특허를 선별하여 기술적 특징을 분석하였음

○ 마이크로반응기 관련 특허를 독보적으로 가장 많이 확보하고 있는 VELOCYS는 마이크로채널 반응기와 코발트 촉매를 이용하는 F-T용 마이크로 고정층 반응기를 개발함

○ 국내의 한국과학기술연구원과 SK에너지도 마이크로채널 형태의 고정층 반응기에 대한 특허 권리 확보 진행 중임

<표 33> 마이크로반응기 기술 핵심특허 분석

출원인	특허공개번호 (출원일)	기술적 특징
VELOCYS (US)	US8188153B2 (2010-03-05)	다수의 마이크로채널 반응기와 수직방향으로 열교환 마이크로 채널을 포함하며, 알루미나 지지체에 미립자 형태의 코발트 촉매 사용
VELOCYS (US)	US9452408B2 (2013-06-10)	합성가스 공급처리 단계, F-T 촉매를 포함하는 마이크로채널 반응기 시동단계, 반응기 내부 및 하부 압력, 온도, 농도 모니터일 단계, 마이크로채널 반응기의 완정성을 강화하기 위한 유지 장치
BATTELLE MEMORIAL(US)	KR835046B1 (2000-01-27)	발열 및 흡열 반응을 실시하기 위한 일체형 반응기 제조 방법으로서 기존의 스팀리포머 보다 뛰어난 열 유속을 나타냄
한국과학기술연구원 (KR)	KR1401355B1 (2012-11-21)	탄화수소 개질용 마이크로채널 반응기로서 연소촉매, 연소채널, 개질촉매, 개질채널 플레이트를 포함하며, 흡열반응과 발열반응을 동시에 수행. 반응기 내부의 온도조절 및 반응속도 성능 향상
CompactGTL(GB)	EP1511561B1 (2003-05-21)	F-T 합성용 가스투과성 촉매 구조를 포함하는 소형 컴팩트 촉매 반응기와 수증기의 분압을 낮추고 촉매 산화를 억제하는 공정
SK ENERGY(KR)	KR2010114329(2009-04-15)	FBR 또는 SBCR 형태의 피셔-트롭시 반응기와 단위 부피당 효율이 높고 모듈화에 의해 반응기 용량 조절이 가능한 컴팩트 F-T 반응기

바. GTL 통합공정 기술

(1) 특허출원 동향

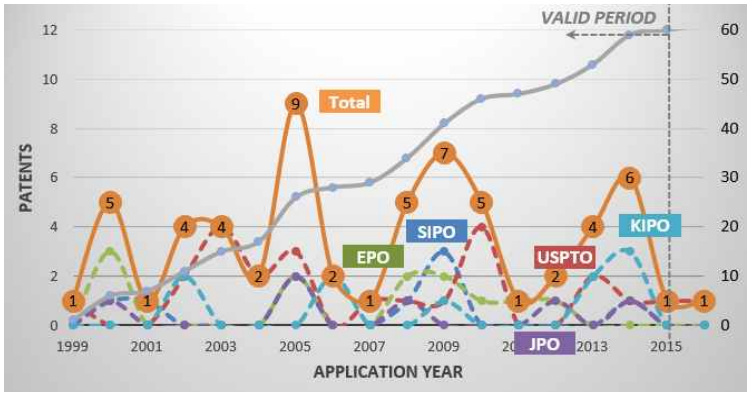
□ GTL 통합공정 관련 기술 특허는 주요시장국(IP5)에 61건의 특허가 출원·등록되고 있음

○ 미국특허의 점유율이 39%(24건)로 가장 높으며, 유럽 19%(12건), 한국 16%(10건), 중국 16%(10건), 일본 10%(6건) 순이며, 한국에 출원한 특허는 8%(6건) 수준으로 나타남

○ GTL 통합공정 관련 기술 특허는 현재까지 소수의 특허가 불연속적(간헐적)으로 출원되고 있어 출원추이 양상은 뚜렷하지 않으나 최근 한국지역의 출원이 증가하는 추세가 특징적임



[그림 83] GTL 통합기술 주요시장국별 특허출원 현황



[그림 84] GTL 통합기술 출원연도별 특허출원 현황

(2) 특허 기술수준 분석

□ 주요 시장국별 특허출원은 미국특허가 가장 많으나 출원인국적 분석 결과 영국이 가장 많은 특허를 출원(38%)하고 있는 국가로 나타남

○ 미국 다음으로 한국국적의 출원인이 세계 3위 수준인 것으로 분석됨

- 한국특허의 경우, 한국과 영국의 출원인만 진입하여 해외 기술의존도는 낮은 수준임

  • 다른 측면으로는 해외기술이 국내시장 진입 초기 단계이므로, 국내 기술 보호를 두텁게 유지하면서 한국 기술력에 의한 기술진보 및 시장경쟁력 확보가 필요한 것으로 판단됨

- 중국특허의 경우, 자국 출원인에 의한 특허출원이 전혀 이루어지고 있지 않은 점을 고려할 때 중국시장의 전략적 출원도 고려할 필요가 있음

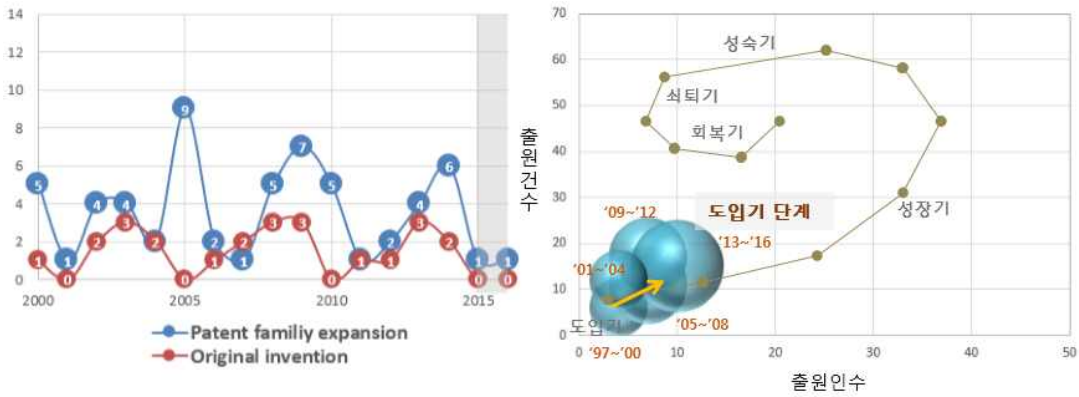
<표 34> 주요시장국별 출원인 국적 현황 및 기술의존도 분석

출원국가	출원인 국적									내외국인 출원 현황		
	US	KR	JP	GB	ES	DK	DE	CH	총합계	내국인	외국인	기술의존도
USPTO(미국)	8	4	1	8		1	1	1	24	8	16	2.00
EPO(유럽)	4		1	5	1		1		12	7	5	0.71
JPO(일본)	1	1	2	2					6	2	4	2.00
SIPO(중국)	3	1	1	4					9	0	9	10.00
KIPO(한국)		6		4					10	6	4	0.67
총합계	16	12	5	23	1	1	2	1	61	23	38	1.65

□ GTL 통합공정기술 분야 61건의 특허 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 26건에 해당함

○ '05년 양적성장이 고점이었던 기간은 패밀리 특허 확장에 기인한 것으로 최근까지 신규발명에 의한 특허와 시장 확장을 위한 패밀리 특허가 소규모로 출원되고 있음

□ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 모든 구간에서 특허건수와 출원인수가 매우 소폭으로 증가·감소가 반복되어 기술 도입 초기 단계로 파악됨



[그림 85] GTL 통합공정기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

□ 인용도지로부터 산출한 특허영향력은 미국, 덴마크, 스위스 순이며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수(TS, Technology Strength)는 미국이 월등히 높은 1위로 나타남

○ 한국은 양적수준에서 1위인 영국과 함께 2위 수준으로 평가됨

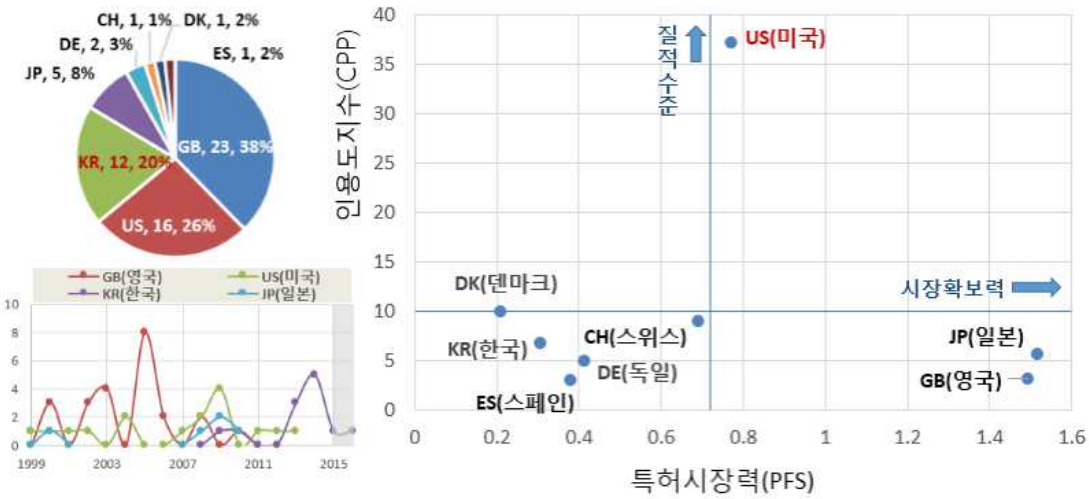
□ 특허시장력 지수는 일본과 영국이 가장 높은 것으로 나타났으며, 한국의 시장확보력은 7위 수준으로 해외출원을 통한 시장경쟁력 확보가 필요함

〈표 35〉 GTL 통합공정기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
GB(영국)	23	13	0.33	21.68	3.15	1.49	0.28	3.64
US(미국)	16	7	0.23	11.16	37.14	0.77	3.30	23.11
KR(한국)	12	6	0.17	4.42	6.83	0.30	0.61	3.64
JP(일본)	5	6	0.07	22.00	5.67	1.52	0.50	3.02
DE(독일)	2	2	0.03	6.00	5.00	0.41	0.44	0.89
CH(스위스)	1	1	0.01	10.00	9.00	0.69	0.80	0.80
DK(덴마크)	1	1	0.01	3.00	10.00	0.21	0.89	0.89
ES(스페인)	1	0	0.01	5.50	3.00	0.38	0.27	0.00

□ 특허시장력과 특허영향력 지표로부터 국가별 상대적 시장확보력과 기술의 질적수준을 나타내면, 시장확보력과 기술 질적수준이 모두 높은1사분면에 해당하는 국가는 미국으로 나타남

○ 한국의 경우, 질적수준과 시장확보력은 낮은 수준에 위치하고 있으나, '12년 이후 독보적으로 IP부상도가 가장 크게 증가하고 있어 GTL 통합공정기술 분야에서의 기술을 리드할 가능성이 보임

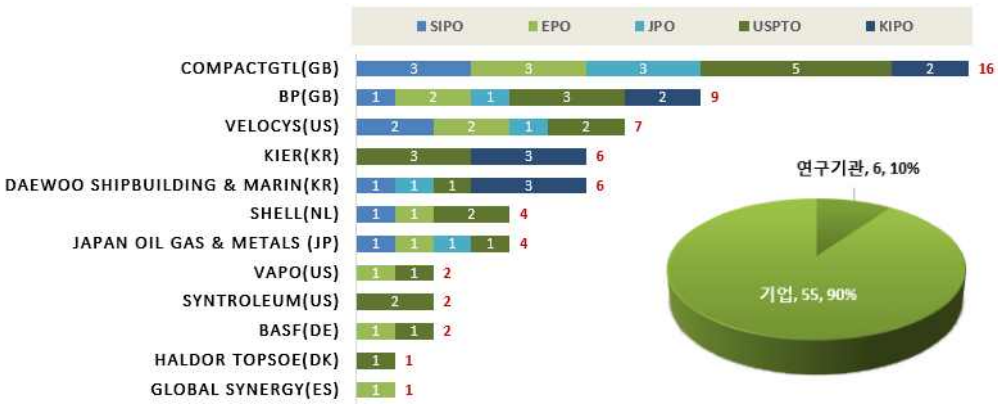


[그림 86] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ GTL 통합공정기술 분야 특허를 가장 많이 확보하고 있는 출원인은 영국의 CompactGTL과 BP로 나타남

○ 미국의 VELOCYS에 이어 국내의 한국에너지연구원과 대우조선해양이 4위 수준이며, 네덜란드 SHELL, 일본의 JAPAN OIL GAS & METALS가 주요출원인에 포함되는 것으로 분석됨

○ 특허출원주체 분석 결과 국내의 한국에너지연구원이 유일한 국가연구기관이며, 대학의 출원은 전무하여 기업주체의 상용화 실증단계 중심 기술임을 확인함



[그림 87] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

□ 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, 영국의 BP가 기업의 규모(매출)와 지재권·기술력이 함께 강한 Market Leader에 위치하는 것으로 나타남

○ CompactGTL은 기업의 시장잠재력은 낮은 편으로 평가 되었지만 지재권·기술력이 강한 Visionaries 위치에 해당함

○ 네덜란드 SHELL은 기업의 시장잠재력은 강하나 지재권·기술력이 낮아 Challengers에 해당함

○ 국내 대우해양조선, 한국에너지연구원, 독일 BASF, 미국 VELOCYS, VAPO, 일본 JAPAN OIL GAS & METALS 등은 기업의 규모(매출)와 지재권·기술력이 함께 낮게 평가된 Niche Players에 해당함



[그림 88] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 주요특허 기술내용 분석

□ GTL 통합공정기술의 특허지표로부터 Patent strength가 높은 특허 및 주요출원인의 핵심적인 특허를 선별하여 기술적 특징을 분석한 결과는 다음 표와 같음

〈표 36〉 GTL 통합공정기술 핵심특허 분석

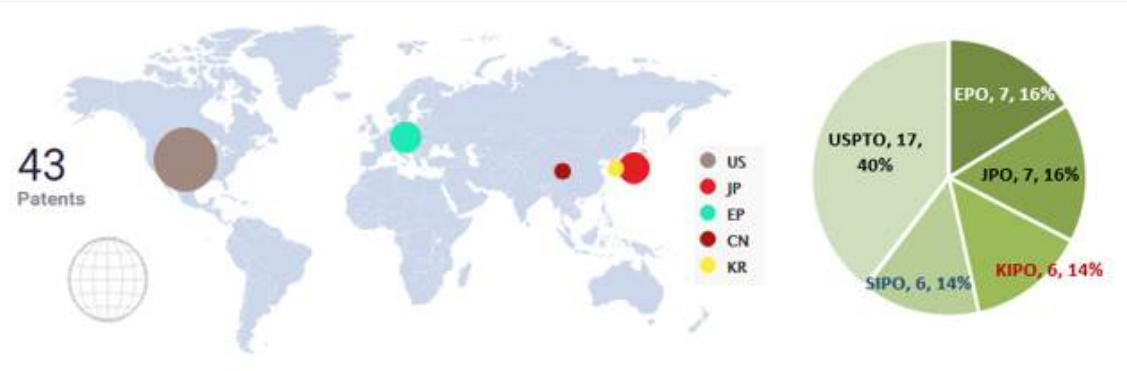
출원인	특허공개번호 (출원일)	기술적 특징
ATLANTIC RICHFIELD (US)	US6248794B1 (1999-08-05)	극저온 액화 장치에서 천연가스 액화 단계, 천연가스를 합성 가스 개질 단계, 합성 가스를 피셔-트롭시 촉매와 반응시켜 액체 탄화수소 및 tail gas 생성 단계, 냉동 압축기 구동 단계, 액체탄화수소 단계의 통합공정
CompactGTL(GB)	US20030225169 (1999-08-05)	대기압 및 대기온도에서 액상을 갖는 천연 가스를 탄화수소로 전환하기 위한 GTL 장치 설계, 천연가스 여과·조절 가스 전처리부, 천연가스 개질 촉매 반응기, FT 반응기 포함
대우조선해양(KR)	KR101587476B1 (2014-05-19)	H2를 분리하는 합성가스 조정 유닛, FT합성 유닛, H2를 혼합하여 합성원유 혼합물 생성 및 제품 처리 유닛을 포함하는 구성으로, SMR을 이용한 FPSO 상의 FT GTL 장치 및 방법
SYNTROLEUM (US)	US20080188576 (2007-09-14)	합성가스 생산 유닛, 합성원유 생산 유닛, 제품 업그레이드 유닛을 포함하는 이동 가능한 플랫폼 및 GTL 통합 공정

사. GTL 설비기술

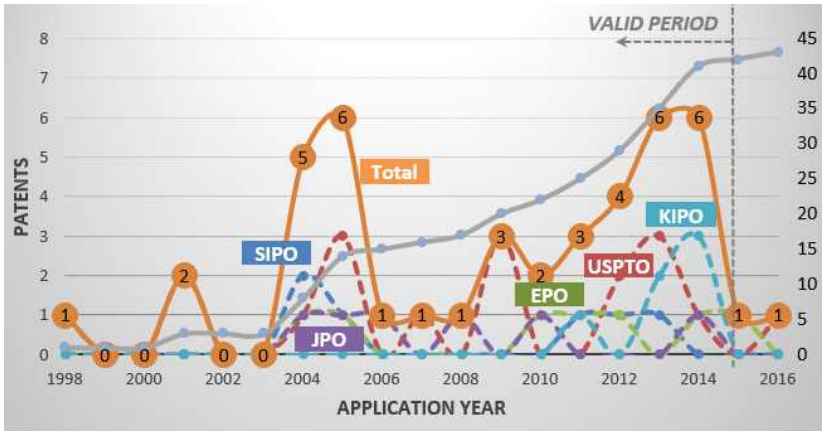
(1) 특허출원 동향

□ GTL 설비기술 관련 특허는 주요시장국 기준 총 43건으로 조사되었으며, 미국특허가 40%(17건)으로 가장 높은 점유율을 보이는 것으로 나타남

○ 한국특허는 14%(6건) 수준으로 점차 이 분야의 특허출원이 증가하고 있는 추세로 최근('13년 이후) 한국특허의 출원이 증가하는 특징이 있음



[그림 89] GTL 설비기술 분야 주요시장국별 특허출원 현황



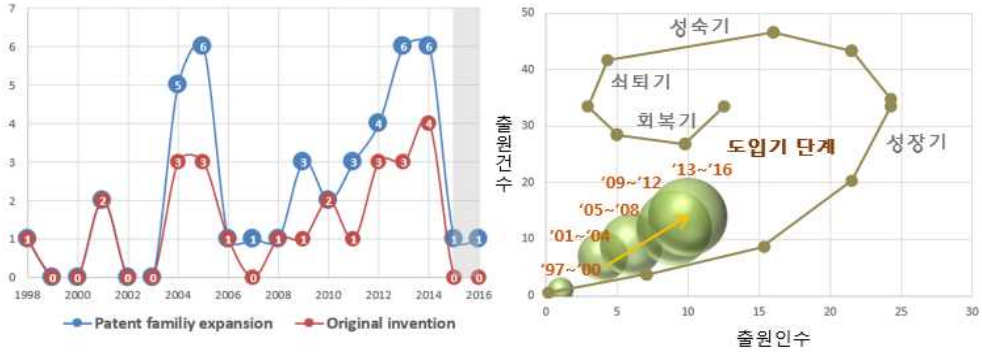
[그림 90] GTL 설비기술 분야 출원연도별 특허출원 현황

(2) 특허 기술수준 분석

□ GTL 설비기술 관련 특허 43건 중 동일한 발명에 대한 패밀리 특허를 제외한 신규발명 특허는 25건에 해당하는 것으로 나타남

○ 신규발명 특허에 대한 최초우선권주장일로부터 출원추이 분석 결과, GTL 설비기술 관련 신규발명은 꾸준히 증가하는 반면 패밀리 특허 확장을 통한 시장성 확대의 폭은 넓지 않은 것으로 판단됨

□ 기술발전단계를 출원구간별 특허건수와 출원인수 증가의 상관관계를 통하여 분석한 결과, 모든구간에서 특허건수와 출원인수가 일정하게 서서히 증가하는 것으로 보아 기술 도입기 단계로 판단됨



[그림 91] GTL 설비기술 분야 신기술 출현 동향 및 기술발전단계

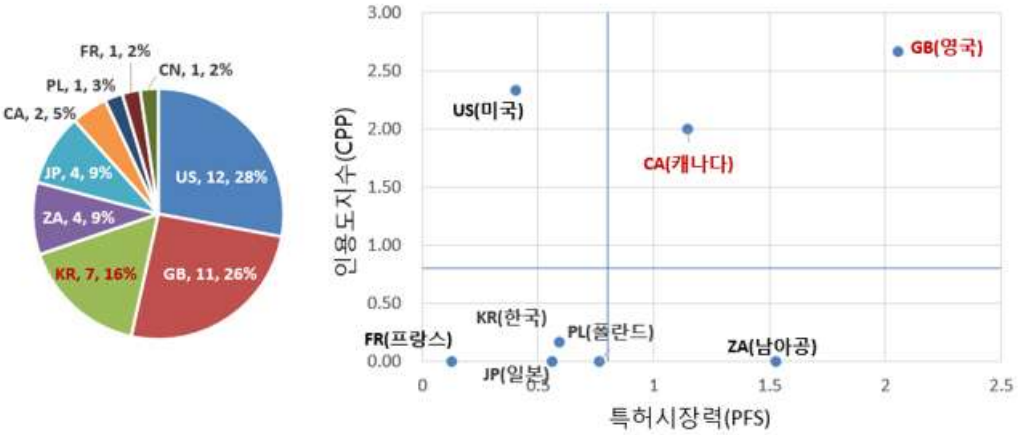
□ 인용도지수로부터 산출한 특허영향력은 영국, 미국, 캐나다 순이며, 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 산출한 기술력지수(TS, Technology Strength)는 영국이 1위로 나타남

○ 한국의 경우 이들 국가 다음의 4위 수준으로 분석됨

□ 특허시장력(PFS, Patent Family Sizes) 지수 또한 영국이 1위이며, 남아공, 캐나다가 2, 3위 순으로, 한국의 시장확보력은 5위 수준으로 나타남

〈표 37〉 GTL 설비기술 분야 출원인국적별 특허기술경쟁력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	12	3	0.26	3.17	2.33	0.40	1.56	4.67
GB(영국)	11	9	0.26	16.17	2.67	2.05	1.78	16.00
KR(한국)	7	6	0.19	4.67	0.17	0.59	0.11	0.67
ZA(남아공)	4	2	0.09	12.00	0.00	1.52	0.00	0.00
JP(일본)	4	1	0.11	4.40	0.00	0.56	0.00	0.00
CA(캐나다)	2	2	0.04	9.00	2.00	1.14	1.33	2.67
PL(폴란드)	1		0.02	6.00	0.00	0.76	0.00	0.00
FR(프랑스)	1	1	0.02	1.00	0.00	0.13	0.00	0.00
CN(중국)	1		0.02	1.00	0.00	0.13	0.00	0.00

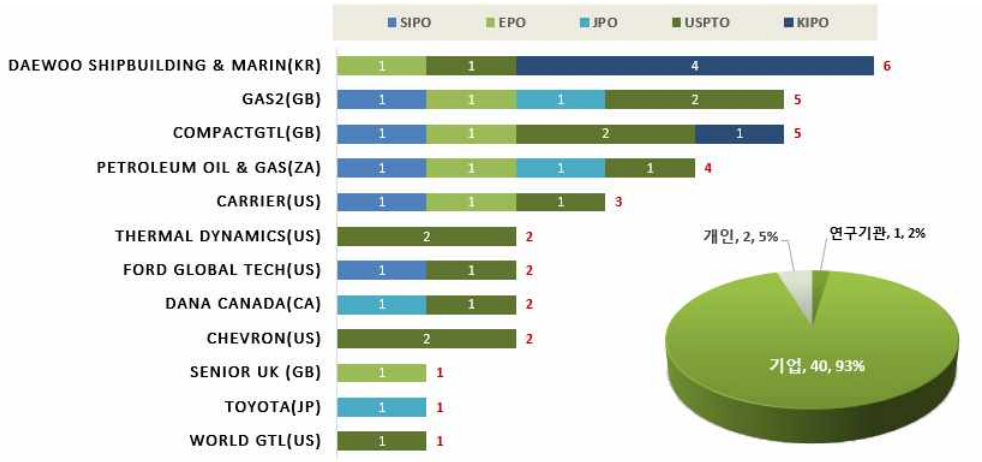


[그림 92] 출원인 국적별 특허점유율 및 특허기술경쟁력 위치

□ GTL 설비기술 관련 특허를 가장 많이 확보하고 있는 기업은 한국의 대우조선해양으로 분석됨

○ 대우조선해양은 GTL FPSO 합성원유의 유동성 향상 장치, 에너지 회수 장치(generator) 등의 기술을 한국을 중심으로 중국과 유럽지역에 해외출원을 하고 있음

○ 영국의 GAS2와 CompactGTL, 남아공의 PETROLEUM OIL & GAS가 GTL 설비기술 관련 주요출원인으로 분석됨

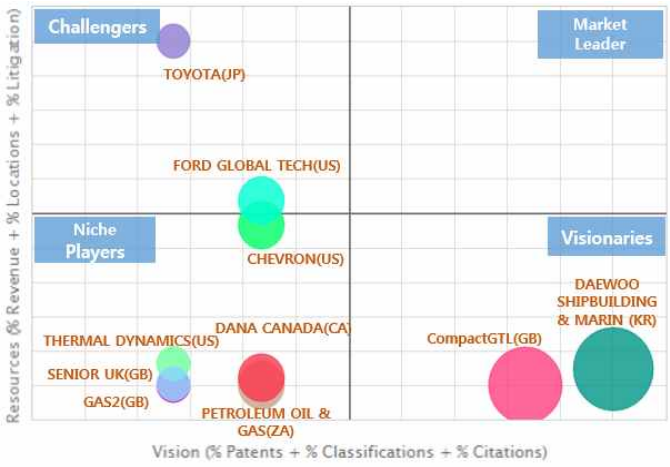


[그림 93] 주요출원인의 특허출원 포트폴리오 및 연구주체현황

□ 주요출원인의 기술적·시장측면에서의 위치를 살펴본 결과, 현재까지 시장잠재력과 지재권·기술력이 모두 강한 Market Leader에 해당하는 출원인은 존재하지 않음

○ 국내 대우조선해양과 영국의 Compact GTL이 기업의 시장잠재력 평가는 낮지만 지재권·기술력이 강한 Visionaries 위치에 해당함

○ 일본의 TOYOTA와 미국의 FORD GLOBAL TECH가 시장잠재력이 높으나 지재권·기술력이 아직까지는 미흡한 Challengers에 위치함



[그림 94] 주요출원인의 기술시장위치

(3) 주요특허 기술내용 분석

□ GTL 설비 기술의 특허지표로부터 Patent strength가 높은 특허 및 주요출원인의 핵심적인 특허를 선별하여 기술적 특징을 분석한 결과 열교환기 및 에너지 회수 장치 등의 특허가 조사됨

○ 대우조선해양이 GTL FPSO 해양 플랜트 상용화를 위한 에너지 회수장치 및 합성원유 유동장치 특허를 확보하고 있으며, 영국의 GAS2는 소규모 GTL 공정에 적합한 분리막 장치를 개발하고 있음

○ DANA CANADA, CARRIER, compactGTL, FORD GLOBAL TECH 등은 대부분 마이크로 채널형 열교환기 설계 및 공정 특허를 보유함

<표 38> GTL 설비기술 핵심특허 분석

출원인	특허공개번호 (출원일)	기술적 특징
DANA CANADA (CA)	US8474515B2 (2009-01-16)	실린더형 GTL 열교환기로서 매니폴드(manifold) 사이의 유량 제한을 줄여서 매니폴드 전반에 걸친 냉각제의 원주 방향 분포 최적화 장치를 통한 열전달 향상
CARRIER (US)	US20140124171A1(2013-12-26)	GTL용 원통형 마이크로채널 열교환기로서 구리 및 알루미늄 합금 또는 플라스틱으로 제조하여 비용 및 무게 절감, 냉매 충전 감소 및 구조적 강성 향상
대우조선해양(KR)	KR20150021704A (2013-08-21)	DME/GTL 제조 공정에서 폐기되는 스팀을 동력원으로 전력을 생산하는 발전기를 특징으로 하는 에너지 회수장치
대우조선해양(KR)	KR101562822B1(2014-02-28)	GTL FPSO 합성원유의 점도를 낮추어 유동성 향상 장치 구현
GAS2(GB)	US8501151B2 (2009-11-18)	메탄의 부분 산화를 통한 F-T 합성 공정용 합성가스를 제조하기 위한 알루미나 세공에 로듐 촉매가 담지된 분리막 장치로서, 이동성과 안정성 향상

4. 특허회피전략

□ 마이크로 채널 반응기의 조립공장이 있는 국가(예, 태국)에서의 특허전략

○ 촉매 자체 기술은 조립공장이 있는 국가에 출원할 실익은 크지 않음.

○ 다만, 마이크로 채널 내 촉매를 충진하는 기술에 대해서는 상기 국가에 출원할 경우 상기 국가에서 반응기 조립을 저지할 수 있음.

○ 조립공장이 있는 국가에서는, 마이크로 채널 반응기, 이의 부품, 마이크로 채널 반응기 제조방법, 촉매충진방법, 열전달 제어를 위한 마이크로 채널/반응기 구조에 대한 기술은 특허출원 시 실익이 있으나, 마이크로 채널 반응기의 반응공정, 촉매, 열전달 제어방법, 천연가스로부터 목적 생성물(예, 합성석유, 항공유, 디젤, PVC 등) 제조 방법에 대한 기술은 특허출원 시 실익이 없음

□ 촉매기술에 대한 특허 전략

○ 촉매는 특허권 및 노하우 기술 모두를 확보하는 것이 필요

○ 구체적인 촉매의 제조방법에 대해서는 특허기술보다는 노하우 기술로 확보

○ 중국, 유럽 등은 지질구조, 인프라 부족, 환경문제 등으로 본격생산이 지연되고 있기 때문에 촉매에 대해서는 노하우 기술도 확보하고 있어야함

○ 마이크로 채널 반응기에 사용되는 촉매 자체를 개발할 수도 있으나, 마이크로 채널에 적합한 촉매 충진/담지 방법에 대한 특허기술도 확보할 수 있음

○ 촉매 재생방법에 대한 특허 확보도 필요.

□ 마이크로채널 반응기 기술에 대한 특허 전략

○ Velocys사는 2002년부터 특허출원하기 시작하여 총 102건(2014. 4. 공개기준)의 미국특허출원. 이중 21건만 한국에 출원하였으나, 이중 77건은 중국에도 77건 출원

- 중국 역시 천연가스가 풍부하여 상기 마이크로채널 반응기를 실시할 수 있는 가능성이 크기 때문

○ 마이크로 채널 반응기, 이를 구성하는 부품(예, 촉매), 이의 제조방법, 이를 탑재한 선박, 마이크로 채널 내 촉매 충진방법 등 다양한 실시 행위 각도에서 특허권 확보가 필요. 이러한 특허기술은 마이크로 채널 반응기 또는 이의 부품, 촉매 제조국 및 수출국(천연가스 多인 국가)에 특허출원 필요

- 반응기(개질, FT)는 되도록 노하우로 기술을 갖고 있는 것이 바람직

- 반응기 자체의 특허는 권리범위가 협소할 수 있으며, 제3자가 쉽게 회피가능하기 때문

□ 마이크로채널 반응기의 열전달관련 기술에 대한 특허 전략

○ GTL 프로세스에서의 주요 반응, Steam Methane Reforming 반응(SMR)과 FT 합성 반응(FTR)은

○ 모두 열 이동 율속으로 높은 열 이동 효율을 가진 반응기가 요구되는 반응계 임. 이러한 반응에 각각 마이크로 채널 반응기를 이용함으로써 높은 열 이동 효율을 실현할 수 있는 다양한 기술을 개발하여, 천연가스가 풍부한 국가에 출원할 것을 제안. 특히, FT반응기에서의 열전달과 관련된 구조에 대해 특허기술을 확보할 것을 제안

○ 마이크로 GTL 은 매우 작은 유로 내에서 인접한 유로와의 사이에 열 교환을 하면서 반응을 진행시키는 플레이트식 열 교환기와 유사한 이미지의 반응기를 사용. 벽을 사이에 두고 인접한 좁은 유로 내에 각각 발열 반응과 흡열 반응(혹은 상변화)을 병행해 동시에 실시함으로써 반응기 내부에서 발열 측에서 흡열 측으로 고속 열 이동이 균형을 이루도록 하는 설계에 대한 다양한 특허 확보가 가능

○ Velocys는 열 이동 관련하여 다양한 특허 출원하지 아니하였으며, 노하우로 갖고 있을 것으로 예측. 계속 노하우 기술로 유지할 수도 있고, 필요에 따라 마이크로 GTL 이 활성화되는 시점에 특허출원을 하여 유한한 특허권의 존속기간(출원일로부터 20년)을 향유하고자 할 것을 예상.

○ Velocys는 열 이동 관련하여 다양한 특허 출원을 한국에 출원하지 아니하였으므로, 한국에서는 자유실시 가능

□ 천연가스로부터 목적 생성물(예, 합성석유, PVC 등) 제조 방법

○ 현재 나이지리아, 카타르 등에서 GTL을 통해 천연가스를 정제 및 변환시켜 항공유, 디젤 등 석유제품을 생산 중이나, 상기 국가에서는 특허 출원이 저조하고, 생산과 특허전략이 연계되어 있지 않은 것으로 예상

- 천연가스가 풍부한 후진국에서 GTL 공정을 수행하는 경우 상기 후진국에서는 특허침해 문제가 크게 대두되지 않음

○ 하지만, 상기 천연가스가 풍부한 후진국에서 천연가스로부터 제조된 목적 생성물에 대해서, 한국을 포함한 선진국에 특허권(상기 목적 생성물의 제조방법 기술)이 존재하면, 상기 목적 생성물이 특허권이 있는 국가에 수입되

면 수입국의 특허권에 영향을 받음.

- 천연가스로부터 생산되는 목적 생성물의 수요가 많은 국가에는, 신규한 특징(촉매, 마이크로 채널 자체, 촉매 충진방법, 열전달 방법, 반응공정, 등)인 있는 마이크로 GTL 기술을 통해 천연가스로부터 목적 생성물을 제조하는 방법에 대해 되도록 많은 특허권을 확보 필요함. 특히, 마이크로 채널 반응기를 이용한 다양한 석유화학제품(PVC)의 제조방법 특허 확보 필요.

○ 촉매 또는 마이크로 반응기에 특징이 있는 촉매 발명 및 마이크로 반응기 발명을 개발한 경우, “촉매”에 대한 청구항 및 “마이크로 반응기”에 대한 청구항 뿐만 아니라, “상기 촉매 또는 마이크로반응기를 이용한 생성물 제조 방법“에 대한 청구항을 작성하여 특허를 받는 것이 바람직.

□ 천연가스가 풍부하지 아니한 우리나라의 특허전략

○ 천연가스가 풍부하지 아니한 한국에서는 마이크로 채널 반응기 관련하여 방어출원 또는 공개행위를 함으로써, GTL 생성물에 제3자의 특허권이 되도록 획득되지 못하도록 하여, 천연가스로부터 제조되는 목적 생성물의 단가가 많은 특허권 행사에 의해 높아지는 것을 저지 가능

- GTL 생성물을 한국에 수입시 가격 안정화 도모 가능

○ 비록, 한국에서 천연가스로부터 GTL 공정을 수행하지 못하더라도, 천연가스가 풍부한 국가에 마이크로 GTL 관련 기술의 특허권 및 노하우를 확보하여, 기술이전료 확보 가능

○ 한국에서는 천연가스가 풍부하지 아니하여, 경험 측에 의해 확보 가능한 마이크로 채널 반응기 설비 또는 운전조건에 대해서는 노하우 축적은 어려우므로, 주로 특허로 보호받을 것을 제안

5. 기술수요조사

가. 개요

(1) 기술수요조사의 목적

□ ‘고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획’ 연구의 기술수요조사는 매립지가스, 한계가스전 등의 중소규모 가스전 활용 시장으로의 진출을 모색하고자, 플랜트 건설 핵심기술을 국산화하고, 이를 현장에 적용하기 위해 연구개발이 필요한 기술아이템을 도출하는 것을 목적으로 함

○ 산/학/연 전문가를 대상으로 마이크로 GTL 플랜트 건설의 기술 경쟁력 강화를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함

○ 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨

- 기술분류체계는 최대한 세분화하여 마이크로 GTL 플랜트 기술개발과 관련해 가능한 다양한 수요를 반영하려고 함

- 고효율 마이크로 GTL 경쟁력 강화 기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하여, 기술분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술분야는 기술 개발 니즈가 높은 기술분야로 볼 수 있음

- 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술 분야는 기술개발 니즈가 없는 기술분야로 볼 수 있음

(2) 기술수요조사의 절차

□ 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함

○ 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함

○ 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함

○ 기술수요조사 결과분석단계에선 기술분류체계와 회신된 기술아이템을 대조하고, 응답 현황 및 기술분류체계별 기술수요를 분석함

○ 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 기술분류체계, 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 후보과제로 구성하여 향후

중점분야 선정 및 수행과제 선정에 활용함

(3) 기술수요조사 발송 및 응답 개요

□ 기술수요조사는 내부 기획연구진, 기술자문위원, 외부전문가를 대상으로 e-mail 및 한국화학공학회 홈페이지에 게시하여 진행함

<표 39> 기술수요조사 발송 및 응답 개요

조사기간	2017년 2월 15일 ~ 3월 6일 2017년 3월 14일 ~ 4월 7일 (총 8주간)
조사대상	내부 기획연구진, 자문위원, 외부전문가
조사방법	이메일(80건), 한국화학공학회 및 한국플랜트산업협회 회람
응답	35 건

나. 기술수요조사 분석결과

□ 제안받은 기술 아이템은 총 35건이며, 합성가스 제조용 리포밍 기술 분야에서 가장 많은 10건의 기술아이템을 제안 받음

○ 기술분야별로 원료가스 공급 및 전처리 기술분야 7건, 합성가스 리포밍 제조용 기술분야 10건, 합성연료 제조용 F-T 합성 촉매반응 기술분야 6건, 합성원유 업그레이딩 기술분야 5건, GTL 통합공정 기술분야 4 건, 500 bpd 급 상용플랜트 건설 및 시운전 기술분야 3건의 기술아이템을 제안 받음



[그림 95] 기술수요조사 분야별 건수

<표 40> 기술분야별 기술 아이템

기술분야	기술아이템
원료가스 전처리 기술	500 bpd 급 실증플랜트 운전을 위한 해외 중소형 가스전 확보
	대상지 가스 물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립
	원료가스 내 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 선정
	유기성폐기물 기반 바이오가스내 황화수소 저감기술
	유기성원료로 부터 생산되는 바이오가스의 분리 및 정제기술 개발
	중소형가스전으로부터 원료가스 공급 유틸리티 통합설계 기술
	500 bpd 급 실증플랜트 원료가스 공급
합성가스 리포밍 기술	모듈형 반응기에 적합한 플라이트형 촉매 성형 기술
	플라즈마-촉매 혼합반응 이용한 모듈형 리포밍 기술
	코크 침착 억제를 위한 core-shell 구조 리포밍 촉매 개발
	고효율 복합리포밍(CO2+steam) 촉매 개발
	교체가능한 모듈형 반응기 구조 개발
	세라믹폼 구조체를 활용한 모듈형 마이크로 개질기 개발
	고온에서 안정한 고내열성 반응기 제작 기술
	발열반응을 이용한 열교환식 리포밍 기술
	멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술
	500 bpd 급 실증플랜트 모듈형 리포머 패키지 적용
F-T 합성 촉매반응 기술	팔라듐계 튜브형 복합막을 이용한 플랜트 규모의 피셔-트롭시 공정 대응을 위한 고효율 합성가스 비 제어 공정 개발
	FT합성 효율화를 위한 공정흐름 전환연구
	교체가 용이한 모듈형 3차원 촉매 구조체 개발
	전산유동해석을 이용한 마이크로 반응기 최적화
	고효율 장수명 FT 촉매 개발
	액상탄화수소 직접제조를 위한 FT 촉매 개발

	500 bpd 급 실증플랜트 모듈형 FT 반응기 패키지 적용
합성연료 업그레이딩 기술	수첨처리 공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술
	윤활기유 제조를 위한 디왁싱 반응기술
	이성질화를 통한 연료 연소 품질 향상
	연속식 업그레이딩 촉매 반응 시스템 설계
	500 bpd 급 실증플랜트 업그레이딩 패키지 적용
GTL 통합공정 기술	마이크로 GTL 플랜트에 대한 실증 공정설계 및 경제성분석 모델 개발
	GTL 통합공정 기술 개발을 위한 FEED 프레임워크 개발
	시나리오에 따른 공정운영모델링 및 최적 operation philosophy 개발
	마이크로 GTL 플랜트의 최적 통합공정 개발
플랜트 건설 및 시운전	500 bpd 급 플랜트 상세설계
	5 & 500 bpd 급 플랜트 건설 및 시운전
	2000 bpd 이상 상용플랜트 기본설계자료 확보

6. 기술수준조사

가. 개요

□ ‘고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획’ 연구의 기술수준조사는 관련기술의 기술 수준, TRL단계 등 기술 특성의 변화를 정량적으로 평가하고, 각 기술별 국내 역량을 평가하기 위한 기초 자료로 활용을 목적으로 함

○ 보다 객관적인 기술수준 파악을 위해 상세 특허분석 방법 및 산/학/연 전문가를 대상으로 mini-델파이 방법을 사용, 입체적인 기술수준 예측을 시도함

- 마이크로 GTL 실증기술 분야 중 6개의 요소 기술 분야를 기술분류 체계의 중분류에 따라 선정, 특허 분석을 통해 기술 수준을 주요시장국의 기술수준을 정량적으로 제시함

- 국내 산/학/연 전문가를 대상으로 기술경쟁력 설문조사를 진행하여 선진국과 우리나라의 기술 수준(TRL), 선진국과의 기술 격차를 파악

○ 전문가 mini-델파이 조사결과는 토대로 전문가 자문위원회를 개최하여 조사결과의 타당성에 대해 검토를 진행하였음

- 소수의 전문가의 견해에 따라 평가결과가 왜곡되는 현상을 방지하고자, 각 기술분야별로 고르게 전문가를 섭외하여 전체적으로 조사결과에 대해 review하며, 기술수준조사결과를 조정함

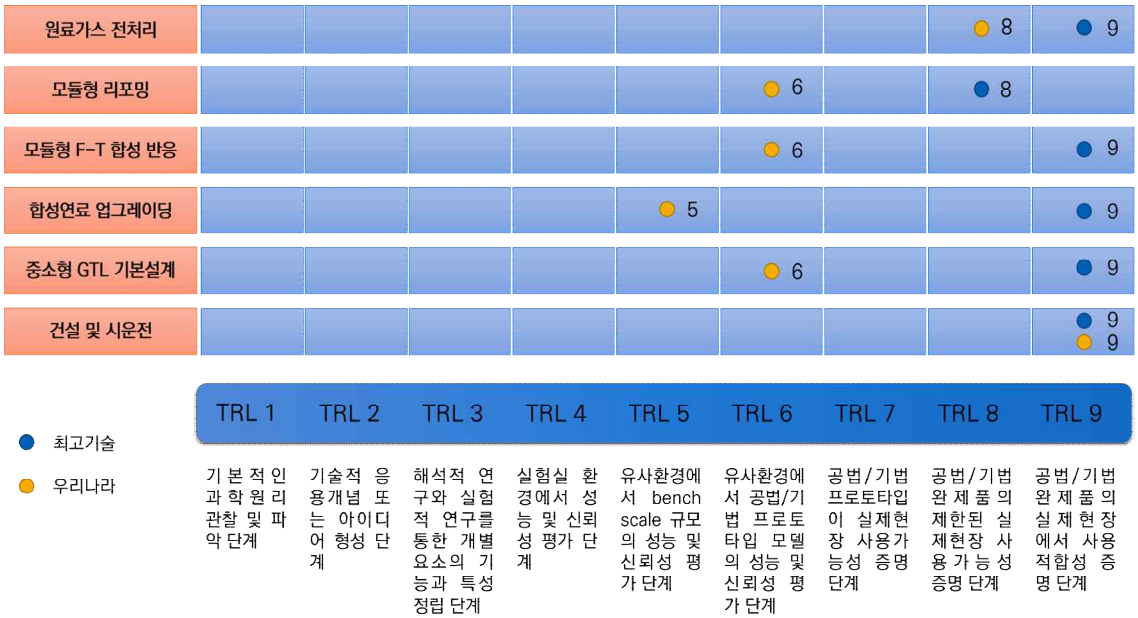
□ 상기 특허분석 및 설문조사를 종합해 각 세부기술 별 기술 수준을 파악하고 기술 개발 전략을 제시함

나. 기술경쟁력 설문 조사

□ 기술예측/수준조사는 내부 기획연구진, 기술 자문위원, 외부 전문가를 대상으로 메일 및 한국화학공학회 홈페이지에 게시하여 조사함

<표 41> 기술경쟁력 설문 조사 발송 및 응답 개요

조사기간	1차 조사 및 피드백 2017년 2월 15일 ~ 3월 7일 (4주간) 2차 조사 및 피드백 2017년 3월 14일 ~ 4월 7일 (4주간) 3차 전문가 회의 면담 2017년 6월 23일
조사대상	내부 기획연구진, 자문위원, 외부 전문가 (한국화학공학회 및 플랜트산업협회 회원)
조사방법	전문가 이메일, 면담을 통한 mini-델파이 조사
응답	29 건



[그림 96] 기술경쟁력 설문 조사 결과 요약

○ 마이크로 GTL 플랜트 실증 요소공정 개발에 대한 기술경쟁력 설문조사 결과 최고기술 보유국의 TRL 수준이 모든 세부 기술에 대하여 시제품 인증 및 사업화 단계에 해당하는 8~9단계로 나타남

○ 세부기술 가운데 합성연료 업그레이딩 기술의 경우 세계 최고기술의 TRL 수준과 우리나라의 TRL 수준이 가장 많이 차이가 남

○ 세부기술 가운데 F-T 합성 촉매 반응 기술의 경우 가장 높은 TRL 단계인 6단계, 합성연료 업그레이딩 기술에서 가장 낮은 TRL 단계인 4단계로 조사되었음

○ 세부기술 상에서의 기술격차는 원료가스(천연가스 및 바이오가스) 전처리 기술에서 가장 높게 조사되었으며, F-T 합성 촉매 반응기술에서 가장 낮게 조사되었음

○ 세부기술의 TRL 단계 및 기술격차를 고려해볼 때, 세부기술 가운데 F-T 합성 촉매 반응 기술이 가장 경쟁력있는 기술이라고 판단됨

○ 리포밍 기술의 경우 해외 선진사의 경우 마이크로채널 리포밍을 상용화 단계까지 개발하지 못함

- CompactGTL사와 Velocys사 모두 파일럿 플랜트 운전 단계에서는 모듈형 마이크로 리포머를 시험한 것으로 보임

- 그러나 상용화 진행중인 CompactGTL의 Kazakhstan 프로젝트나, Velocys의 Ashutabula 프로젝트, Oklahoma city 프로젝트에서는 기존 모듈형 마이크로채널 리포머 대신 ATR 등의 리포머를 채택한 것으로 보임

- 상기 선진사들의 내부사정은 알 수 없으나 고온이 필요한 리포머 반응기의 경우 마이크로채널 리포머와 같이 복잡한 유로를 성형/제작할 때 접합부위의 구현에 어려움이 있어 대량생산에 차질이 있을 것이라 추정함

- CompactGTL사의 경우 파일럿까지 진전시키지 못하고 개념설계에 머무르고 있으며 상용화 진행은 기존 ATR 기술로 진행함

- Velocys의 경우 또한 파일럿 실증 단계에서 테스트 도중 실패한 것으로 알려져 있음

<표 42> 기술경쟁력 설문조사 결과 (단위: 명)

항목		원료가스 전처리 기술	마이크로 채널 리포밍 기술	마이크로 채널 F-T 합성 촉매 반응 기술	합성연료 업그레이딩 기술	GTL 통합 공정 기술	건설 및 시운전
최고 기술 보유국	미국	1	4	4	1	6	3
	독일	0	1	0	0	0	0
	네덜란드	1	0	1	2	0	0
	한국	1	0	0	0	0	4
	기타	1	0	0	0	0	0
	소계	4	5	5	3	6	7
우리나라 기술 수준 (최고기술 보유국 기술수준 대비)	선도그룹 (81~99%)	2	0	2	0	1	7
	추격그룹 (61~80%)	0	4	3	1	4	0
	후발그룹 (41~60%)	1	0	0	2	0	0
	낙후그룹 (1~40%)	1	1	0	0	1	0
	소계	4	5	5	1	6	7
기술 격차 추세	매우 확대	0	0	0	0	1	0
	확대	0	3	0	2	1	0
	유지	2	1	0	1	3	7
	축소	1	1	3	0	1	0
	매우축소	0	0	2	0	0	0
	소계	4	5	5	3	6	7

○ 최고 기술 보유국은 대부분의 모든 기술에서 미국을 포함하는 결과를 얻었으며, 원료가스 전처리 기술에서는 네덜란드, 합성가스 리포밍에서는 독일, 마이크로반응기 기술에서 독일 및 네덜란드가 조사됨

○ 우리나라 기술 수준은 F-T 합성 촉매에서 선도그룹으로 조사되어 가장 높게 나타났으며, 원료가스 전처리 기술에서 최고기술 보유국 대비 후발그룹 및 낙후그룹으로 응답한 비율이 가장 높게 조사됨

○ 기술 격차의 추세는 F-T 합성 촉매 반응기술에서 가장 낮은 '매우축소'로 조사되었으며, 합성가스 리포밍 기술에서 확대 및 매우 확대의 비율이 가장 높게 조사됨

다. 요소기술 경쟁력

□ 선행 국가연구개발 사업 및 각 분야 전문가들의 연구개발 경험을 토대로 각 요소기술에 대한 우리나라 기술경쟁력 및 기술 수준을 분석함

○ 요소기술 경쟁력 분석은 각 분야별로 연구개발 경험, 사업 경험이 풍부한 전문가를 선별하여 각 요소기술별로 국내 기술경쟁력, 기술개발 시 이슈사안 등에 대해 인터뷰를 통해 추진함

(1) 원료가스 전처리 기술

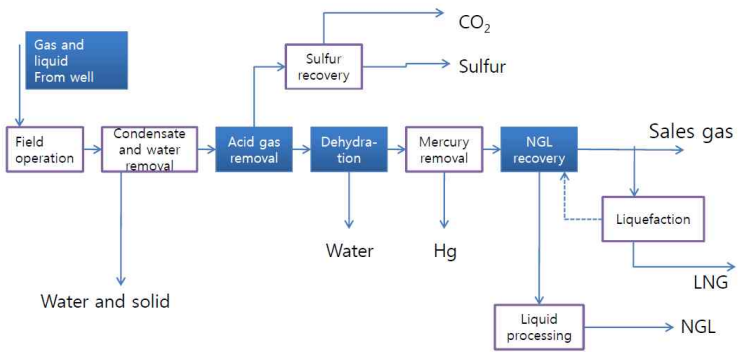
○ 원료가스 전처리기술은 GTL 기술 외에도 천연가스 및 매립지가스를 처리대상으로 하는 다양한 기술에 광범위하게 쓰이고 있는 기술

○ 천연가스 조성은 대략 아래 표와 같고 대부분 메탄이 주성분이나 CO2나 H2S가 미량 포함됨

■ 가스정 별 대표적 천연가스 조성

	Cleveland	Lac 1Profo	Groningen	West Sole	Alberta	HassiR' Mel	Afan	Murban	Chivo
	USA	France	Netherland	UK	Canada	Algeria	Nigeria	Abdabi	Russia
CH4	93.3	69.0	81.3	94.0	91.9	83.7	81.0	76.4	92.8
C2H6	3.5	3.0	2.9	3.3	2.0	6.8	6.5	8.1	3.9
C3H8	0.7	0.9	0.4	0.6	0.6	2.1	5.9	4.7	1.7
C4H10	0.2	0.5	0.1	0.2	0.2	0.8	3.3	2.7	0.8
C5+	0.0	0.5	0.1	0.2	0.2	0.4	1.4	1.8	0.3
CO2	1.8	9.3	0.9	0.5	0.5	0.2	1.7	4.4	0.3
N2	1.5	14.3	1.2	0.4	0.4	5.8	0.2	0.2	0.0
O2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
OTHERS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2(He)	0.0	1.7	0.0

○ GTL 공정을 위해서는 Acid gas removal, Dehydration, Mercury removal Sulfur recovery 공정이 포함되며 이는 아래 그림과 같이 LNG나 NGL 생산 공정에너 널리 쓰이고 있음



○ 본 기술개발사업의 목표치를 달성하기 위한 용량보다 훨씬 큰 규모에서 이미 상용화되어 사용중

○ 현재 상용화된 산성가스 제거 기술을 아래 표에서 정리함

산성가스제거기술	처리규모	메탄손실	Achievable CO_2 level (<50ppm)
물리흡수제 • Rectsol, • Purisol • Selexsol • flour solvent	High	High	
화학흡수제 • MEA • DEA • DGA • MDEA • aMDEA • K_2CO_3	High	Low	aMDEA K_2CO_3 (Hi-pure)
혼성흡수제 • Sulfinol	High	Medium	Sulfinol
분리막	Medium	High	
흡착법	Medium high	Medium	가능

- 수도권매립지에서는 매립가스를 이용하여 전기를 생산하기 위해 스팀터빈 방식의 50MW 매립가스 발전소를 운영 중이며, 이를 위해 매립가스 중의 황화수소를 제거하기 위한 황산화물전처리시설을 운영중임

- 황산화물전처리시설에서는 Paques사에서 개발한 습식 황화수소 제거기술인 THIOPAQ® 공법을 도입하였으며, 주요 처리공정은 습식세정기, 생물반응조, 침전조로 분류됨. 상기 황산화물전처리시설 외에, 수도권매립지에서는 바이오가스를 자동차 연료로 활용하기 위한 황화수소 전처리공정으로서 건식 탈황방식인 SulfaTreat 공법을 적용하고 있음

(2) 마이크로 채널 리포밍 기술

○ 마이크로 GTL을 성공적으로 실증하기 위해서는 핵심 반응 파트인 리포머와 FT합성 반응기가 효율적으로 소형화/모듈화 되어야 함

○ 2010.06.01.부터 2015.10.31.까지 산업통상자원부의 에너지기술개발사업(에너지효율향상기술개발)의 일환으로 수행한 결과를 토대로 분석

○ 최종 18.5 Nm3/h의 합성가스 를 생산하는 마이크로 리포머 Pilot 운전 성공. 반응시간 380 시간

- 스팀/카본 비율은 3.1, 생산되는 H2/CO 비율은 3.85, 공간속도 30,000/h 로 마이크로 채널 반응기를 활용한 리포밍 반응 성공

- 전체적인 마이크로 GTL 공정의 에너지효율 및 열효율을 제고하기 위해, 과제 후반부에 단위셀(마이크로 채널을 구성하는 셀 하나)을 이용, H2/CO 생산량을 조절하는 연구를 진행함

- 약 9.2 Nm3/h 의 생산량으로 후속 FT 반응에 공급할 수 있었으나 아래와 같은 문제점을 파악할 수 있었음

○ 고온의 반응기 재질의 문제

- 전체 GTL 프로세스의 탄소효율 및 열효율을 높이기 위해서는 리포밍 단계에서 H2/CO의 몰 비가 3이 되게 합성가스를 제조해야 함

  • 3보다 클 경우 리포밍 단계에서 다량의 CO2 발생, 탄소효율이 떨어지고 과량의 H2 생산으로 잉여 열원이 과다하게 발생하여 열효율 떨어지고, 3보다 작을 경우 리포머를 재가열하기위한 잉여 H2의 양이 부족해 열효율이 떨어짐

- H2/CO 비율을 낮추기 위해서는 반응물에 다량의 CO2가 포함되어야 하고 이를 적절히 전환시키기 위해서는 보다 높은 온도로 리포밍 운전을 해야 하나, 기존 마이크로 채널 리포너의 경우 고온에 견디지 못하는 재질상의 문제가 있어 800℃ 근방에서 운전함

○ 코크침적에 대한 대처 문제

- 코크침적을 줄이기 위해 스팀을 과량사용, 이 경우 메탄의 개질반응과 더불어 수성가스화반응이 함께 일어나 H2/CO 몰비가 5까지 상승, 열효율 및 탄소효율을 떨어뜨리는 문제가 있음

- 선행연구의 리포머 방식은 코크형성 시 촉매 재생이 불가능한 1회용 반응기로 상용화를 고려하면 한계가 있음

- 따라서 촉매를 손쉽게 대체할수 있는 반응기 디자인을 고안하거나, 촉매성능의 저하를 최소한으로 하는 재생방법이 개발되어야 함

○ 스케일업 시 반응기 디자인 문제

- 선행 산업부 과제에서는 pilot 테스트에서 단위 셀에 촉매 태블릿 1개를 이용하여 구성하기 때문에 스케일 업 시 단위 블록(단위 셀 7 세트)의 수량이 증가하는 문제가 있었음

- 단위 블록 내 단위 셀 수를 증가시키면 접합과정에서 종횡비가 안 맞아 제작이 힘든 문제점이 있음

- 단위셀 내 촉매 태블릿 수를 증가시키고 단위 블록 내 단위셀 세트 수를 증가시켜 단위 체적당 처리하는 가스량을 늘릴 필요가 있고, 이를 위해 접합 제작에 알맞은 종횡비를 만족시키는 기술 개발이 필요함

(3) 마이크로 채널 F-T 합성 반응 기술

○ 리포밍과 마찬가지로 산업통상자원부의 에너지기술개발사업(에너지효율형상기술개발)의 일환으로 수행한 결과를 토대로 분석함

○ 반응기 컴팩트화지수 0.016 도달하여 매우 효과적으로 소형화/모듈화 하였

고, CO 전환율 75%, C5+ 선택도 80%, 0.2 bpd pilot 운전시간 322 시간 등 성공적으로 목표를 달성함

○ 기존 FT 반응기는 143 x 146 x 450 mm 의 규격으로 제작되고 채널 수가 135 개임이며, 스케일업 시 채널이 많아 컨트롤의 문제가 될 수 있어 채널 수를 줄이고 길이를 길게, 단면적을 크게 하는 방식으로 스케일업을 달성해야함

○ 위와 같은 기술은 반응기 제작 기술에 관련된 것으로 확산 접합 대신 브레이징 접합을 하면 크게 어렵지 않은 것으로 판단

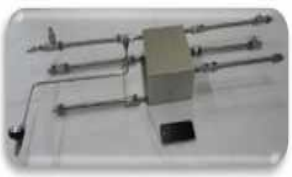
○ Velocys사의 경우 하나의 코어를 44 bpd로 하여 상용화 진행중이나, 데모 단계에서는 코어 하나당 20 bpd 정도로 개발

○ 코어 하나당 처리량을 늘리려면 길이방향으로 600 mm (velocys기준)이상으로 늘려야 하고 이를 제작하는 기술 및 차압을 극복하는 기술이 필요함

○ 가로 세로 길이를 늘리면서 촉매 장입량을 증가시켜야 해서 대면적을 크게 가져가고 채널수를 줄이는 것이 중요

○ 핵심 요소기술인 마이크로 채널 리포밍과 마이크로채널 피셔-트롭시 반응 기술의 선행연구 내용 및 한계점, 개선 전략을 아래 표에 나타냄

〈표 43〉 마이크로 채널 리포밍 및 피셔-트롭시 반응의 선행연구 내용, 한계점, 개선 전략

핵심 요소 기술	합성가스 제조용 리포밍 기술	합성연료 제조용 피셔-트롭시 반응 기술
성과	18.5 Nm3/h(~0.3 bpd)의합성가스를 생산하는 마이크로 리포머 380 시간 운전	0.2 bpd의 합성연료를 생산하는 마이크로 채널 FT반응기 322 시간 운전
반응 특성	• 피드의 스팀/카본 비율 3.1 • 생산하는 H2/CO비율 3.85 • 공간속도 30,000/h	• 반응기 컴팩트화 지수 0.016 • CO 전환율 75% • C5+선택도 80 %
한계점	• 반응기 디자인에서 기인하는 촉매 장입량 한계 • 충분한 고온(>850℃)에서 견딜 수 없는 반응기 재질 • 코크 침착 방지를 위한 스팀 과량 사용 및 이로 인한 열효율 저하 문제	• 너무 많은 채널 수로 인한 촉매 장입량 한계 • 대면적화 시 차압 및 열교환효율 저하 우려 • 기존 반응기 제작 기술(확산 접합)로는 대형화 어려움
마이크로 채널 반응기		
개선 전략	• 단위 모듈당 장입하는촉매량을 최대로 늘릴 수 있는 디자인 개발 • 고내열성 반응기 재질 탐색	• 새로운 반응기 제작 기술 도입, 반응기 대면적화 달성 및 촉매 장입량 증대 • 차압 및 열교환효율을 증대시키는 디자인 개발

(4) 합성원유 업그레이딩 기술

○ FT 반응에서 생성되는 왁스는 상온에서 고체이므로 선박에 선적, 하역 및 이송 시 heating 문제점이 있고, 또한 제품 고부가화를 위해서는 업그레이딩 설비에 대한 기술개발이 이루어져야 함

○ 그러나 기존 원유에 대한 업그레이딩 기술은 국내 정유사에 존재하나 FT 합성원유에 대한 업그레이딩 상용화 기술은 실시해본 적이 없음

○ 현대오일뱅크에서 선행 pilot 규모에서 생성된 wax 성분에 대해 업그레이딩을 시험해 보려 했으나 global major 촉매사에 wax 업그레이딩용 촉매 샘플 요청이 모두 거절됨. 이에 현재 유사 공정에 사용 중인 촉매를 이용하여 실험을 진행하였으나 적절한 결과를 얻지 못함

○ 연료 또는 윤활기유 생산을 위한 업그레이딩 기술을 해외에서 구하는 것이 매우 어려울 것으로 판단, 해당 반응의 촉매에 대한 자체 개발을 포함하는 관련 기술을 조기에 개발할 필요가 있음. pilot 규모 이상으로 성공 시, 이를 데모플랜트 패키지에 포함하는 것이 바람직함

○ 그러나 GTL 공정의 소형화/모듈화를 위한 본 사업의 목적으로 본다면 업그레이딩은 부가적인 것임. pilot 규모 이상으로 신뢰성있는 기술 개발이 조기에 이루어지지 않을 시, 데모플랜트에는 포함시키지 않고 리포밍 및 FT 공정의 컴팩트화에 보다 기술개발을 집중할 필요가 있다고 판단. 다만 이 경우 고상의 wax를 이송하고 활용할 수 있는 방안 필요

○ FT 왁스의 업그레이딩 기술은 아래 표에 보이다시피 원유기반 hydrocracking에 비하여 mild condition에서 운영되지만, 원유기반 mild hydrocracking에 비하여 고효율 공정임

<표 44> 통상적인 업그레이딩 기술과 FT 왁스의 업그레이딩 기술 비교

	Conventional hydrocracking	Mild hydrocracking	FT waxes hydrocracking
Pressure (Mpa)	10 - 20	5 - 8	3.5 - 7
Temperature (K)	623 - 703	653 - 713	597 - 645
H2/feedstock (m3/m3)	800 - 2000	400 - 800	500 - 1800
LHSV (h-1)	0.2 - 2	0.2 – 2	0.5 - 3
Reactor technology	trickle bed	trickle bed	trickle bed
Conversion (%)	70 - 100	20 - 40	20 – 100

(5) 마이크로 GTL 통합공정 기술

○ GTL 통합공정은 산업통상자원부 선행 기술개발에서 pilot 수준으로 (0.2 bpd) 진행한 바 있지만 보다 큰 규모의 공정에 대해서는 통합공정을 운영해 본 경험이 없음

○ 그러나 국내 EPC 업체들은 해외 GTL 사업에 활발히 수주를 하고 있어 기본 설계 및 운영 능력은 있다고 판단됨.

○ 설계 및 플랜트 운영 기술은 리포머 및 FT 반응기의 성능만 예측할 수 있다면 어려운 분야는 아니므로 목표를 위해 비교적 용이하게 달성 가능함

7. 시사점

□ 국내 마이크로 GTL 기술의 약진 및 빠른 선진기술 추격

○ 천연가스를 이용하여 액체연료를 제조하는 GTL 기술은 수송용 연료의 환경규제를 해결할 수 있는 솔루션

- 국내 원료가스의 수급현황을 고려하여 천연가스뿐만 아니라 매립지 바이오가스를 이용한 중소규모 가스전 활용 GTL 플랜트 기술 확보는 미래 청정연료 확보를 위한 국가적 핵심 산업의 중심축이 될 것으로 전망

○ 중소규모 가스전에 유용한 compact GTL 기술 개발이 이루어지면서 최근 중국과 한국의 아시아 지역 중심으로 기술 이동 추세

- GTL 플랜트 실증 기술 분야 특허는 2000년 초반부터 천연가스가 풍부한 미국지역을 중심(43% 특허점유율)으로 증가하였으나, 2012년 이후(최근 5년) 중국과 한국의 IP부상도가 매우 높음

- GTL 상용화 기술의 선진 기업들인 SHELL, CHEVRON, ExxonMobil, SASOL, Air Liquide 등은 2000년 중반까지 주도적인 특허 확보를 해온 반면, 2000년 중반 이후부터 새로운 차세대 후발 기업으로의 교체 및 성장세가 뚜렷하며, 기존 전통적인 GTL 기술과 차별화된 마이크로 GTL 공정 및 촉매기술 개발로 선진 기업의 IP장벽을 넘어서고 있음

- 특히 최근 IP부상도가 높은 한국의 GTL 특허는 2006년 산업계, 연구기관, 공공기관의 정부주도 공동연구 투자를 통한 국내 자체 기술이 개발되기 시작하면서 이루어진 것으로 보임

- GTL 특허의 83%가 기업주도의 출원이나, 국내의 한국화학연구원, 한국에너지연구원, 한국과학기술연구원이 세계적으로 국가연구기관 주요 출원인으로 성장. 특히 한국화학연구원은 국내 석유화학 대표기업인 대림산업, 두산중공

업, SK에너지, 한화와 한국가스공사와의 공동 출원을 통한 원천기술 및 실증연구 연계

○ 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야의 특허 기술발전단계 분석 결과 기술성장기 단계에 해당함

- 미국과 중국은 자국 기술력에 의한 기술혁신이 이루어지고 있으나 점차 다양한 국가의 시장 진입으로 글로벌 시장 경쟁체제로 변화하고 있는 기술성장기 단계, 유럽과 일본은 해외(특히 미국) 기술력에 의한 특허권리가 증가하면서 기술의존도가 높아지고 있으며, GTL 기술 특허측면에서 기술성숙기 진입 단계임

- 한국은 아직 해외 기술의 국내시장 진입 초기 단계로서, 국내 자체 기술력에 의한 기술우위 선점 및 시장경쟁력 확보가 충분한 시점

○ 한국의 특허기술경쟁력 양적수준 세계 3위(등록특허 기준), 기술력지수 평가 세계 10위 수준

- 한국은 최근 5년간 IP부상도가 최상위 국가임. 따라서 정부주도의 적극적인 지원 강화를 통해 에너지 공기업, 민간기업, 엔지니어링 및 자동차 회사, 중공업, 국가 연구기관의 공동연구를 구성하여 해외 중소형 가스전을 대상으로 실증 사업을 추진하는 것이 바람직

- 한국은 합성가스 제조 리포밍기술 분야에서 특히 이산화탄소 개질반응, 수증기/이산화탄소 복합개질반응 기술을 중심으로 양적수준과 질적수준의 특허기술경쟁력 세계 3위, 가장 높은 등록율을 보이는 강한 기술력 확보

- 또한 F-T 합성 촉매기술 분야에서 고활성 코발트 촉매를 이용한 액체연료 및 왁스의 생산성 향상 기술 확보 등 양적수준 세계 2위, 기술력지수 세계 6위 수준이며, 특히 한국화학연구원과 한국에너지연구원은 지재권 및 기술력이 강한 Visionaries 위치에 해당하여 기술·시장에서 경쟁력이 우수한 특허를 확보

- 미국의 Velocys가 현재 독점적인 형태의 특허 선점을 하고 있는 마이크로반응기에서 한국이 약진하고 있으며, GTL 통합공정 기술과 설비기술에서 대우조선해양과 한국에너지연구원에서 기술혁신 주체로 성장하고 있음

- 한국은 강한 특허기술경쟁력을 보이는 상기기술 분야에서 미국과 한국시장을 제외한 특허시장확보력이 매우 미흡하여 특히 중국과 유럽시장의 특허권리 확보 필요

- 합성가스제조 리포밍 단계에 적합한 원료가스 전처리 기술, F-T 생성물의 고급 액체연료로의 업그레이딩 기술 분야는 한국의 공백기술로서 마이크로 GTL 플랜트 실증기술 분야 핵심 요소공정 기술에 대한 강한 특허 포트폴리

오 구축이 요구됨

○ 미국을 중심으로 저렴한 천연가스의 공급이 가능하여 마이크로 GTL 플랜트 실증화 사업 환경이 유리한 상황으로 지속적인 국내 GTL 원천 기술의 경제성을 확보하고 선진기술과 차별화된 기술개발 전략 수립과 국가 지원이 필수임

□ 요소기술 수준 조사결과를 바탕으로 5개 세부 요소기술에 대한 연구개발 우선순위를 설정함

○ 기초기술 개발 필요 요소기술

- **합성연료 업그레이딩**은 선적, 하역 및 이송의 용이성과 제품 고부가화를 위해서는 꼭 필요한 기술이나, 국내에서 pilot 규모 이상으로 실시해 본 적이 없고 선진기술과 비교해 기술격차가 큰 편임

  • Shell, Sasol 등의 해외 GTL 기술 선진사들은 이 기술을 핵심 기술로 지정하여 기술 이전 등의 기술도입이 매우 어려울 것으로 예상되고, 가능하더라도 라이센싱 비용 등을 매우 높게 요구할 가능성이 있음

  • 기본적으로는 석유의 업그레이딩과 큰 차이가 없을 것으로 예상하나 제품 고부가화를 위해서는 원천기술 확보가 필요하고, 선진기술을 빠르게 추격하기 위해 초기 연구개발에 집중하여 투자할 필요가 있음

○ 기술완성도 제고 필요 요소기술

- **마이크로 반응 시스템을 이용한 천연가스 리포밍**은 전체 반응 공정의 고효율 집적화(소형화)를 위해서 필요한 기술임

  • 기술개발에 성공한다면 그 파급력은 크나 해외 선진 마이크로 GTL 전문 회사들도 상용화하지 못한 기술적 난이도가 큰 요소기술임

  • 초반 기술 개발 단계에서 집중적으로 연구 개발이 필요

- **마이크로 반응 시스템을 이용한 FT합성 촉매 반응** 또한 전체 반응 공정의 고효율 집적화(소형화)를 위해 꼭 필요한 기술임

  • 다른 요소 기술에 비해 상대적으로 기술성숙도는 높으나 해외 선진 마이크로 GTL 전문 회사들 또한 상용화에 근접한 기술적 완성도를 보유함

  • 기존 작은 규모에서 실증한 것을 크게 키우는 과정에서 나타날 수 있는 문제점들을 찾고 해결하는 방향으로 기술개발이 이루어질 필요가 있음

- **마이크로 GTL 통합공정**은 마이크로 반응시스템의 기술적 신뢰도가 있으면 설계 및 시공을 할 수 있는 역량이 우리나라에 충분하다고 보여짐

• 그러나 실증스케일에서의 경험이 없기 때문에 본 마이크로 GTL 공정에 대한 견고한 기본설계 및 상세설계를 바탕으로 트랙레코드를 확보함으로써 기술을 확보 가능함

- 핵심 요소기술인 리포머와 FT 반응기는 선행 산업부 과제를 통해 0.2 bpd 규모로 진행한 바 있으나 본 과제의 목표인 500 bpd로 (2500배) 바로 스케일업 시키기엔 무리가 있음.

- 약 5bpd 정도의 pilot 규모 테스트를 거쳐서 기존 기술을 보완/강화해야 함

○ 상용화 근접 요소기술

- **원료가스 전처리**는 LNG, 매립지가스, 산업부생가스, 유기성폐자원 유래 가스에서 널리 쓰이고 있는 기술로 이미 우리나라의 자체 기술이 확보되어 있음

• 요소기술에 대한 추가적인 연구 개발은 필요치 않으나 마이크로 GTL에 적합한 기술을 평가하고 채택하는 작업은 필요함



[그림 100] 요소기술 경쟁력 분석 요약

5절 유사과제 분석 및 기존기술·연구와의 차별성 검토

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술

〈표 45〉 원료가스 공급 및 전처리 기술의 유사과제 분석·차별성 검토

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발 (2015~2018/이종규)	▪ 바이오가스 기반 5kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 개발 ▪ 고체산화물 연료전지에 최적화되고 경제적인 바이오가스 정제기술 개발 ▪ 바이오가스 기반 100kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 엔지니어링 기술 개발	▪ 기존과제는 고체산화물 연료전지에 공급하는 원료가스에 적용하기 위함 ▪ 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 ▪ 기존과제는 1.5 Nm³/hr의 원료가스 공급이며, 제안 과제의 규모는 6500 Nm³/hr로 대량 생산 기술 선정 및 가스전 확보임 ▪ 제안과제는 원천기술 확보의 관점보다는 기술적 성숙도가 높은 상용기술을 채택, 선정 하고 GTL 공정에 맞게 설계하는 것임
하이브리드 시스템을 이용한 악취제거 및 소화가스 고질화 실증 기술개발 (2011-2012/정창훈)	▪ 환경 기초시설에서 발생되는 소화가스로부터 악취물질을 제고하고 CO2와 CH4 등의 온실가스를 회수하는 전처리 장치를 포함한 하이브리드 공정의 실증화 기술 개발 ▪ 저온냉각분리 시스템 설계 및 제작, 저온냉각분리시스템 구축, 저온 냉각분리 시스템 성능 평가 및 보완 ▪ 전체 하이브리드 시스템 운전성능 평가 및 보완	▪ 기존 과제는 매립지 또는 유기성 폐자원 시설에서 나오는 혐기성 소화 가스로부터 악취를 제거하고 온실가스를 분리하는 저온냉각분리기술에 초점 ▪ 제안과제는 매립지가스, 바이오가스, 소규모 셰일가스, 동반가스, 한계가스를 포함하는 중소규모 가스전에 GTL 기술을 적용을 위함 ▪ 에너지효율이 떨어지며 TRL 수준이 낮은 저온냉각분리시스템 보다는 상용화된 습식 생물조를 이용한 황화수소 제거 기술 또는 멤브레인막을 이용한 기술을 평가 후 도입할 예정

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

<표 46> 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
합성가스 제조용 모듈형 마이크로 리포머 개발 (2010.06.01. ~2015.05.31./박종수)	▪ 1단계 (3년) : 천연가스를 이용한 합성가스 제조용 마이크로 리포머 개발 ▪ 합성가스 제조규모 6Nm3/hr ▪ 고효율 개질촉매 제조기술 개발 (GHSV=60.000/hr) ▪ 금속박판 적층에 의한 마이크로채널 리포머 구성 기술개발 (상용반응기 대비 개질기 부피 감소비율, 60%) ▪ 2단계 : 분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발 ▪ 개질기-분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발/운전 (FT 반응용 공그가스(H2/CO=2, 규모 18Nm3/hr)	▪ 본 연구에서는 기존대비 100배 스케일업 데모프랜트 개발을 목표로 함 ▪ 반응기 제조공정 특성과, 컴팩트화 향상을 목표로, 단위셀에 촉매를 2×2 배열로 확대 연구를 1단계에 진행하고, 2단계에서 데모플랜트를 건설하고자 함 ▪ 모듈형 반응기용 촉매 양산기술 개발 ▪ coke 생성에 대비한 재생/활성화 기술 개발 ▪ 기존 개질 촉매 및 열교환식 유로 설계 부분은 연계 가능 ▪ 촉매 장입/탈거 등의 교체 방법, 단위셀 대면적화, 반응기 제조/양산방법 개발 필요 ▪ 주로 스케일 업 및 장시간 운전에 필요한 기술 개발 필요

3. 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

〈표 47〉 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (2006.08.01.~2012.11.30./전기원)	▪ F-T 촉매와 슬러리 버블 컬럼 반응기를 이용하여 합성가스로부터 합성유를 효율적으로 제조하는 기술 개발 ▪ 코발트, 백금 성분의 고활성 Pt-Co/M-Al 촉매개발 ▪ 합성석유 조성 및 생산성 분석 기술 개발 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 슬러리 버블 컬럼 반응기 설계 및 제작 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 파일럿 반응기 누적 운전 3000 시간 달성 ▪ 100 BPD 급 F-T 합성공정 설계 완료	▪ 기존과제는 대형 GTL에 적용하기 위함. ▪ 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 ▪ 모듈형 반응기용 촉매 및 대량 생산 기술 개발 ▪ 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피당 생산량이 상용 반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 개발 (C5+ 생산량 기준 0.025m3/bpd 이하) ▪ 기존 과제에서 개발한 FT 촉매 부분은 연계 가능 ▪ 기존과제는 슬러리버블컬럼 반응기를 이용한 것으로 제안 과제의 마이크로채널 반응기와는 유체 흐름 및 스케일이 다름
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 (2010.06.01. ~2015.05.31./전기원)	▪ 18 Nm3/hr급 마이크로 리포머 개발, 시운전 및 FT 공정과 연계한 50 bpd급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 합성가스 생산량 18 Nm3/h 급 마이크로 리포머 개발 및 시운전 ▪ 마이크로 리포머 부피 최소화 ▪ 수소/일산화탄소 비 제어를 위한 고분자 분리막 공정 개발 ▪ FT 공정과 연계한 50bpd 급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 파일럿 공정 운전 결과 분석을 통한 0.2bpd급 GTL 공정 모델 해석 결과 검증	▪ 기존 과제는 0.2배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발 ▪ 제안과제는 기존 규모를 더욱 발전시켜 상업화에 필요한 최소 모듈을 개발. ▪ 모듈형 반응기용 촉매 대량생산 기술 개발 ▪ 3000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계 ▪ 열교환식 유로 설계 부분은 연계 가능 ▪ 촉매 장입/탈거 등의 교체 방법, 단위셀 대면적화, 반응기 제조/양산방법 개발 필요 ▪ 주로 스케일 업 및 장시간 운전에 필요한 기술 개발 필요

4. 합성원유 업그레이딩 기술 개발

<표 48> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
(선행연구 없음)	(선행연구 없음)	(선행연구 없음)

5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본 설계 기술

<표 49> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발 (2015~2016/임동렬)	▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 설계 ▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 가시화 지원 도구 개발 ▪ FEED 프레임워크 기반 sCO2 발전 시스템 공정 설계 및 최적 운전 조건 도출 ▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 검증	▪ 기존 과제는 sCO2 발전 시스템을 위한 FEED 프레임워크를 목적으로 함 ▪ 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발
산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술 (2016~2019/차재민)	▪ 산업 폐열 이용 MW급 발전시스템의 공정설계를 위한 엔지니어링 시스템의 아키텍쳐 개발 ▪ 엔지니어링 해석기술 및 공정 요소 라이브러리 개발 ▪ 경제성 분석 모델 및 라이브러리 개발 ▪ 상세 요구사항 명세서 기반의 엔지니어링 지원 시스템 구현 ▪ 검증 시나리오에 따른 엔지니어링 시스템 시범 적용 및 검증	▪ 기존 과제는 sCO2, ORC 등 특정 산업 폐열 이용 발전 시스템의 특성을 고려한 전용 엔지니어링 시스템 개발을 목적으로 함 ▪ 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (2006.08.01.~2012.11.30./전기원)	▪ F-T 촉매와 슬러리 버블 컬럼 반응기를 이용하여 합성가스로부터 합성유를 효율적으로 제조하는 기술 개발 ▪ 코발트, 백금 성분의 고활성 Pt-Co/M-Al 촉매개발	▪ 기존과제는 대형 GTL에 적용하기 위함. ▪ 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 ▪ 모듈형 반응기용 촉매 및 대량

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
	▪ 합성석유 조성 및 생산성 분석 기술 개발 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 슬러리 버블 컬럼 반응기 설계 및 제작 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 파일럿 반응기 누적 운전 3000 시간 달성 ▪ 100 BPD 급 F-T 합성공정 설계 완료	생산 기술 개발 ▪ 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피당 생산량이 상용 반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 개발 (C5+ 생산량 기준 0.025m3/bpd 이하)
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 (2010.06.01. ~2015.05.31./전기원)	▪ 18 Nm3/hr급 마이크로 리포머 개발, 시운전 및 FT 공정과 연계한 50 bpd급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 합성가스 생산량 18 Nm3/h 급 마이크로 리포머 개발 및 시운전 ▪ 마이크로 리포머 부피 최소화 ▪ 수소/일산화탄소 비 제어를 위한 고분자 분리막 공정 개발 ▪ FT 공정과 연계한 50bpd 급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 파일럿 공정 운전 결과 분석을 통한 0.2bpd급 GTL 공정 모델 해석 결과 검증	▪ 50 bpd급 통합 공정에 대한 기본설계는 마쳤지만 마이크로 포머 및 FT 반응기의 스케일업을 위한 세부적인 지표에 대한 설계는 미진함 ▪ 열효율 및 탄소효율 향상, 그리고 스케일업을 위한 기술 완성도 제고를 위해 제안 과제에서 연계 필요 ▪ 50 및 500 bpd 설계를 위한 기초자료로 활용 가능
GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반기술 개발 (2011-07-01 ~ 2016-06-30/문동주)	▪ GTL-FPSO용 합성가스로부터 청정연료제조용 FTS 공정 예비기본설계 ▪ 고성능 FTS 촉매 성능개선 및 장기운전 실증 ▪ Sloshing reaction system 기반 반응기 설계조건 도출 등	▪ 기존과제는 FPSO용 GTL 공정의 상용화를 위한 기술개발에 국한됨 ▪ 합성가스 제조용 SCR 및 합성원유 제조용 FT 반응을 위해 마이크로채널 반응기를 사용하는 대신 기존 상용 반응기의 소형화 설계 ▪ 반응기 compact화에 한계가 있음 ▪ 본 제안 과제는 반응기를 compact화하는 것이 주된 목표로 기술개발 성공시 기존 과제에서 수행했던 FPSO 적용을 위한 기반기술에 연계/적용 가능할 것으로 기대

6. 500 bpd급 (준)상용플랜트 건설 및 시운전

<표 50> 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

선행과제명 (연구년도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
(선행연구 없음)	(선행연구 없음)	(선행연구 없음)

6절 연구개발 인프라 분석

1. 연구인력 인프라

가. 기술 분야 별 국내 연구기관 요약

□ 원료가스 전처리 기술은 이미 상업화가 완료된, 기술수준이 높은 분야이기 때문에 이에 대해 추가적인 연구가 필요하지 않음

○ 마이크로 GTL 공정에 알맞은 고효율의 전처리 기술을 선별하고 채택하기 위한 연구를 진행할 필요가 있으며, 관련 기관으로 KAIST, 부산대, 한국가스공사 등이 있음

□ 합성가스 리포밍 기술은 모듈형 마이크로 반응기 설계 및 제작, 내코크성 촉매 개발 분야에서 연구 개발이 필요함

○ 선행 연구 개발 사업 “모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응시스템 개발”(산업통상자원부 에너지기술개발사업, 2010.06-2015.12.)을 근거로 마이크로 리포머 및 내코크성 촉매는 한국에너지기술연구원, 아주대, 서울대 등이 있음

□ Fischer-Tropsch 반응용 모듈형 마이크로 반응기 설계 및 제작, 장수명 촉매 개발 분야에서 연구 개발이 필요함

○ 선행 연구 개발 사업 “모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응시스템 개발”(산업통상자원부 에너지기술개발사업, 2010.06-2015.12.)을 근거로 마이크로 리포머 및 내코크성 촉매는 한국화학연구원, 아주대, 중앙대 등이 있음

□ 합성연료 업그레이딩 분야는 pilot 규모 이상으로 실증해 본 경험이 없으며, 해당 경험을 가지고 있는 국내연구기관이 상대적으로 부족함

○ 기본적으로 이성질화 촉매 반응이므로 국내 촉매 연구를 하고있는 유수의 대학 및 연구소들이 연구개발에 참여할 수 있으며, 현대오일뱅크에서 기보유중인 장비를 사용하여 일부 시험한 적이 있음

□ GTL 통합공정 설계 분야는 마이크로 반응 시스템을 통합하여 공정을 설계 및 모사하는 연구가 필수적임

○ 공정모사 연구에 강점이 있는 고등기술연구원, 플랜트건설연구원, 중앙대, 인천대 등이 포함됨

나. 세부기술별 국내 전문가 현황

(1) 원료가스 전처리 기술

<표 51> 원료가스 전처리 기술 국내 전문가 현황

<table>
<tr><th>세부기술</th><th>전문가</th><th>소속기관</th><th>기술개발현황</th><th>해외의 최고 기술 보유 기관</th></tr>
<tr><td rowspan="8">원료가스 공급 유틸리티 확보 기술</td><td>조원준</td><td>BF international</td><td rowspan="3">DFDE, LNG-RV, DRL 등 고효율, 대형화 LNGC 기술 안정화단계

단위공정기술을 hybrid한 고효율 LNG-FPSO, LNG-FSRU기술개발 단계</td><td rowspan="8">ExxonMobil, BP, Total 등</td></tr>
<tr><td>조현</td><td>STAUFF</td></tr>
<tr><td>이동섭</td><td>해양수산연구원</td></tr>
<tr><td>김영민</td><td>(주)에코에너지</td><td rowspan="4">상용화 (발전시설 원료 공급, 최대 500Nm³ LFG/min)</td></tr>
<tr><td>배명원</td><td>한국가스기술공사</td></tr>
<tr><td>전은정</td><td>수도권매립지관리공사</td></tr>
<tr><td>김상평</td><td>수도권매립지관리공사</td></tr>
<tr><td rowspan="5">원료가스 피독물질 제거 기술</td><td>강석태</td><td>KAIST</td><td rowspan="2">프로토타입 모델의 신뢰성 및 안전성 평가 단계</td><td></td></tr>
<tr><td>지현우</td><td>GS건설</td></tr>
<tr><td rowspan="2">김영민</td><td rowspan="2">(주)에코에너지</td><td>상용화(습식 황화수소 제거기술 약 583Nm³/min 규모)</td><td>THIOPAQⓇ, Paques사</td></tr>
<tr><td>상용화(건식 황화수소 제거기술)</td><td>Sulfa TreatⓇ</td></tr>
<tr><td>정유찬</td><td>(주)세트이엔지</td><td>상용화(음폐수 바이오가스 습식 생물탈황기술)</td><td rowspan="2">독일 TS사</td></tr>
<tr><td>원종철</td><td>수도권매립지관리공사</td><td>매립가스 전처리공정(제습, 탈황, 탈실록산) 설계, 시공, 운전</td></tr>
<tr><td>원료가스 분리/정제</td><td>지상현</td><td>금호건설</td><td>Bench 규모의</td><td>Enerkem, Prodeval</td></tr>
</table>

기술	황규석	부산대	성능평가 및 신뢰성 시험 단계	Archer Daniels Midland (ADM), POET Valero, Air Products, IRENA, Air Liquide, Xebec, DuPont
	정훈기	(주)제이오		
	원종철	수도권매립지관리공사	- 매립가스 정제 실증시설(1.0N㎥/min) 설계, 시공, 운영 총괄 - 고순도 메탄가스 정제공정 특허, 환경신기술인증, 기술검증 보유	
	이경한	한국종합기술	- 고순도 매립가스 정제 실증시설(1N㎥/min) 설계 - 의정부시 바이오가스 정제시설(4N㎥/min) 설계, 시공, 시운전중(민간투자사업)	
	강형석	(주)아스페	국내 PSA방식 정제시설 시공	
	배종완	삼이코포레이션	Xebec사 PSA 정제기술 국내 에이전트	캐나다 Xebec사
	배명원	한국가스기술공사	바이오가스 전처리, 정제 기술 보유	

(2) 합성가스 리포밍

<표 52> 합성가스 리포밍 기술 국내 전문가 현황

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술 보유 기관
반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계기술	유정경	에너지기술연	Pilot 설계	ExxonMobil, Sasol, Shell, Velocys(중소형) 등
	조성종	에코프로		
	박명준	아주대		

모듈형 리포밍 반응기 제작 기술	조원준	BF international	pilot 규모 설계/제작/ 평가 완료 단계 (20 Nm3/h)	
	이신근	에너지기술연		
	최영종	이노윌		
	박종수	에너지기술연		
	신장식	(주)신넥앤테크		
	유병욱	(주)제이오		
	임대열	(주)제이오		
내코크성 리포밍 촉매 개발 및 양산 기술	정호영	전남대	pilot test 완료 단계(20 Nm3/h)	
	박종수	에너지기술연		
	이원혁	대화알로이텍		
피셔-트롭시 합성공정을 위한 합성가스 비 제어 기술	이신근	에너지기술연	pilot test 완료 단계(20 Nm3/h)	
	이형근	에너지기술연		

(3) F-T 합성 촉매반응

<표 53> F-T합성 촉매반응 기술 국내 전문가 현황

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술 보유 기관
열교환기형 피셔-트롭시 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계기술	박명준	아주대	pilot test 완료 단계 (0.2 bpd)	Velocys, CompactGTL 등
	이철진	중앙대		
	정훈기	(주)제이오		
모듈형 피셔-트롭시 반응기 제작 및 양산	최영종	이노윌		
	황인기	에너진		

모율형 반응시스템에 적합한 장수명 피셔-트롭시 촉매 개발 및 양산	강석환	고등기술연		
	김학주	에너지기술연		
	김준우	RIST		
	이윤조	화학연		
	전기원	화학연		

(4) 합성연료 업그레이딩

<표 54> 합성연료 업그레이딩 기술 국내 전문가 현황

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술 보유 기관
디왁싱/이성질화	김철현	현대오일뱅크	Bench 규모 성능 및 신뢰성 평가 단계	Sasol, Shell 등
	정헌도	에너지기술연		
	최민기	KAIST		
	신은우	울산대		
	하정명	KIST		
	전종기	공주대		

(5) 실증 테스트베드 통합공정 및 설비

<표 55> 실증 테스트베드 통합공정 및 설비 기술 국내 전문가 현황

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술 보유 기관
실증통합공정 시뮬레이션	이철진	중앙대	실증규모 시모사 가능	Velocys, CompactGTL 등
	임한권	대구가톨릭대		
	박명준	아주대		

실증공정 패키지확보	김석화	플랜트건설연		
	고준호	현대중공업		
	김성재	삼성엔지니어링		
실증공정 FEED 설계기술	강석환	고등기술연	마이크로 GTL FEED 설계 기술 부재	
	조휘용	제이오		
	이종민	(주)씨이에스		
실증공정 안정성 및 운전성 검토 (HAZOP)	조원희	삼성엔지니어링	실증규모 운영 가능	JGC-Kellog(JP), Chiyoda화공건설(JP) KBR(USA), Bechtel(USA)
	이진희	SK건설		
	최송천	가스공사		
	장대준	KAIST		
실증공정 핵심부품 국산화	홍성호	가스공사		
	박대호	EDRC		
실증공정 운전 운영	이원두	삼성중공업		
ICT 기반 엔지니어링 기술	차재민	고등기술연		
상용플랜트 기본 설계자료 확보	이종민	(주)씨이에스		

다. 산업기술인력 인프라

□ 국내 화학공학/플랜트엔지니어링 관련 기술자는 약 8만명에 달함.

○ 이중 석사 이상의 학위를 가진 기술자는 약 14%로 고급 인력으로 분류 할 수 있음

<표 56> 화공/플랜트 관련 산업기술인력 인프라(자료 : 산업기술인력 수급동향 실태조사 2015)

인력구분	고졸	전문학사	학사	석사	박사	계
화학공학 기술자 및 연구원	250	1,878	12,838	7,178	1,911	24,055
화학공학 시험원	415	1,251	2,742	490	6	4,904
가스·에너지 기술자 및 연구원	20	115	987	662	481	2,265
석유 가스 관련 제어장치 조작원	2,156	796	308	0	0	3,260
화학물 가공장치 조작원	10,981	3,192	673	55	24	14,925
기타 석유 및 화학물 가공장치 조작원	461	350	43	0	0	854
화학제품 생산기 조작원	22,429	5,905	1,606	11	0	29,951
계	36,712	13,487	19,197	9,396	2,422	80,214

2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라

□ 촉매 제조 시설, 촉매 반응 시험 시설, bench 및 pilot 스케일 리포밍 및 FT 반응기 시설, 공정 및 반응기 설계 시뮬레이션 하드웨어 및 소프트웨어 등 마이크로 GTL 상용화 연구에 필요한 주요 기자재 국내 보유

○ 화학연구원, 에너지기술연구원, KIST를 비롯한 출연연구소와 화학공학과가 있는 국내연구중심 대학들은 촉매 성능을 랩 규모에서 테스트하기 위한 기본 시설 및 장비를 다수 보유중

□ 촉매 대량 제조 시설은 (주)희성 촉매, (주)대화알로이테크를 비롯하여 다수의 국내 중견 기업에서 보유

□ 반응기 설계 및 제조 시설은 (주)알파라발코헥스, 이노월 등의 중견 기업에서 보유 중

□ 공정 및 반응기 설계/모사 소프트웨어(UniSim Design Suite (Honeywell, Inc.), PRO II (Invensys), Matlab (MathWorks Inc.), COMSOL Multiphysics (COMSOL Inc.))는 화학연/에기연/KIST를 비롯한 출연연구소와 서울대/아주대/중앙대 등 국내연구중심 대학에서 다수 보유

□ Bench 및 pilot scale로 반응을 진행하며 마이크로 반응 시스템 및 촉매 안정성을 시험할 수 있는 반응 공정 연구시설은 화학연/에기연 등이 보유

□ 공정 기본설계 및 상세설계를 위한 하드웨어 및 소프트웨어는 (주)에코프로, (주)제이오를 비롯한 중견기업과 대형 엔지니어링사가 모두 보유

〈표 57〉 동 사업 기자재 및 인프라

구입 기관	연구시설/연구장비명	규격(모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격(천원)	구입처(전화번호)	비고(설치 장소)
한국에너지기술연구원	CO, H2 gas analyzer	A0 2020 Uras 26, Caldos 27	1	2013. 10. 4.	27,390	필테크(043-211-6635)	대전본원 화석실험동 1층 102-2호
한국에너지기술연구원	분리막 코팅장치 성능개조	시작품 제작	1	2013. 11. 5.	26,400	(주)세프라텍(042-637-6981)	대전본원 제2연구동 1층 103호
현대중공업(주)	공정모사용 S/W(임차)	ASPEN Energy Analyzer	1	2014.3.6	26,737	070-8277-2927	현대중공업(주)
현대중공업(주)	공정모사용 워크스테이션	HP 820	1	2014.5(예정)	16,500(예산)		현대중공업(주)-구매 진행 중
화학연구원	촉매평가시스템	고정상 반응기	1	2014. 02.07	18,216	월드에너시스(011-376-7160)	화학연구원,3연구동,109호
화학연구원	생성물 분석용 GC 시스템	Acme 600 GC	1	2014-02-18	21,879	(주)영린기기(042 - 825-8705)	화학연구원,3연구동,109호
한국화학연구원	전산모사 소프트웨어	ASPEN 8.4	1	2014. 03. 02	22,959	Aspen Technology, Inc(02-3779-5804)	화학연 3연구동 105호
한국화학연구원	전산모사 소프트웨어	ASPEN 8.4	1	2015. 03. 02	22,959	Aspen Technology, Inc(02-3779-5804)	화학연 3연구동 105호
현대중공업(주)	공정모사용 S/W(임차)	ASPEN Plus	1	2014.3.6	26,737	070-8277-2927	현대중공업(주)
한국과학기술연구원	슬로싱 시스템		1	2013.12.27	75,000	썬에어로시스	한국과학기술연구원
한국과학기술연구원	C1-C4 순환식 압축기	12 Nm3/h	1	2014.04.30	33,550	삼이코포레이션	한국과학기술연구원
한국과학기술연구원	질량분석시스템	Omnistar GSD 320	1	2012.03.27	58,558	Pfeiffer	한국과학기술연구원
한국과학기술연구원	기체크로마토그래피질량분석기	MSD5975C	1	2012.1.2	76,337	Agilent	한국과학기술연구원
한국에너지기술연구원	고온확산접합기	SHP-200-30T	1	2011.03.15	93,390	삼양세라텍	한국에너지기술연구원
한국에너지기술연구원	천연가스압축기	SVC-30KW	1	2010.01.04	137,500	지티씨	한국에너지기술연구원

7절 종합분석

□ 시장동향 분석 결과 CO_2 규제 및 선진국의 에너지자원 확보 경쟁으로 인한 마이크로 GTL플랜트의 시장이 확대될 것으로 분석됨

○ 전세계 가채 매장량의 60%이상을 차지하고 있는 중소규모 한계가스전 및 비전통(unconventional)가스의 개발 수요가 증가할 것으로 예상됨

○ Velocys, CompactGTL 등의 글로벌 선도 업체의 경우 중소형 모듈형 GTL 플랜트의 상용화단계까지 도달하였으나 운영 결과 에너지 효율이 기대에 미치지 못하는 것으로 나타남

□ '11~'13년의 고유가 상황을 벗어나 현재는 배럴당 50~60달러 선을 유지하고 있으나, 유가 변동을 예측하기 어려운 상황임

○ 고유가일 경우, 상대적으로 마이크로 GTL 플랜트의 경제성이 확보되나 향후 저유가가 지속될 경우 시장성 확보를 담보하기 어려움

□ 마이크로 GTL 기술을 선도하는 해외 기관의 경우 현재 북미 및 카자흐스탄에 위치한 중소규모 가스전에서 상용화를 진행중이며 점차 시장을 확대해 나갈 것으로 보임

□ 제안 과제를 통해 마이크로 GTL 기술이 상용화 단계로 개발된다면 점차 확대되는 중소규모 가스전 시장을 점유하는 데에 아래와 같은 경쟁력이 있다고 판단됨

○ 요소기술 중 모듈형 마이크로채널 리포머 부분은 해외 선진 기관에서도 상용화 개발을 실패하거나 포기하여 기술 개발 리스크가 큼

- 그러나 해당 기술을 상용화 급으로 개발 성공한다면 그만큼 큰 파급효과를 기대할 수 있어 세계선도형 기술개발 과제로서 도전할 가치가 있음

○ 요소기술 중 모듈형 마이크로채널 FT 합성 부분은 해외 선진기관이 상당부분 진전시켜 상용화 직전 단계까지 도달함

- 해당 기술의 우리나라의 성숙도도 빠르게 성장하고 있고 기술격차를 줄이고 있음. 연구개발을 통해 저비용으로 양산 가능한 FT 합성 반응기 모듈을 상용화 수준까지 개발한다면 시장 진입 가능성이 높음

○ 요소기슬 중 합성연료 업그레이딩 기술은 해외 대형 다국적 정유 회사들이 핵심 기술로 지정하여 향후 관련 기술 도입이 불가능하거나 매우 높은 라이센싱 비용을 지불해야함

- 따라서 장기적으로 업그레이딩 촉매 반응 공정 기술을 개발하는 것이 효율적임

○ 요소기술 중 원료가스 공급 및 전처리, 공정 설계, 건설 및 시운전 부분에서 우리나라의 기술 완성도는 높지만 마이크로 GTL과 직접적으로 연관하여 상용화 기술을 실시한 전례가 없기에 해당 기술의 신뢰도 향상 관점에서 제안 과제가 필요함

□ 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 검토 결과, 동 사업은 500 BPD급 실증 GTL 플랜트 모듈의 기술 개발이라는 관점에서 기존 기술·연구와 차별성을 갖는 것으로 분석됨

□ 연구개발 인프라 및 전문인력의 경우 출연연, 대학 및 기업을 포함한 우수한 연구 인프라가 기 구축되어 있어 협력체계 형성을 통한 연구개발로의 집중이 가능할 것으로 분석됨

○ 특허분석 결과, 국내 마이크로 GTL 기술은 약진하는 추세를 보이고 있으며, 선진기술을 추격하고 있는 것으로 분석됨

○ 마이크로 GTL플랜트 실증기술 분야의 경우, 특허의 기술성장단계가 성장기에 있는 것으로 분석됨

- 중소규모 가스전에 유용한 컴팩트 GTL 기술의 개발이 이뤄지면서, 최근 한국·중국 등 아시아 지역 중심으로 기술이 이동하는 추세임

- 한국의 특허기술경쟁력 수준은 양적 수준에서 세계 3위, 기술력지수는 세계 10위 수준인 것으로 분석됨

○ 마이크로 GTL플랜트의 사업 환경이 유리해진 상황에서, 국내 원천 기술 및 경제성 확보와 함께, 선진기술과 차별화된 기술개발 전략 수립 및 국가 지원이 필수적인 것으로 판단됨

- 유가 전망이 불확실하고, 미국을 중심으로 저렴한 천연가스의 공급이 가능하여 실증화 사업 환경 전망이 밝은 것으로 분석됨

□ 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 검토 결과, 동 사업은 500 BPD급 실증 GTL 플랜트 모듈의 기술 개발이라는 관점에서 기존 기술·연구와 차별성을 갖는 것으로 분석됨

○ 기존 연구 대비 데모 플랜트의 용량을 확대하고, 보다 발전된 생산량 및 상업화에 적합한 최소 규모의 모듈을 개발한다는 점에서 동 사업의 기술개발은 차별성을 확보함

□ 연구개발 인프라 및 전문인력의 경우 출연연, 대학 및 기업을 포함한 우수한

연구 인프라가 기 구축되어 있어 협력체계 형성을 통한 연구개발로의 집중이 가능할 것으로 분석됨

○ KAIST, 부산대, 한국가스공사, 아주대, 중앙대 등 각 세부분야별로 연구 진행이 가능한 국내 연구기관 및 기업이 존재함

○ 세부기술별 국내 전문가의 경우에도 분야별로 10~20여명의 전문가 pool을 산정하고 있음

- 국내 화학공학/플랜트 엔지니어링 관련 기술자는 약 8만명에 달하며, 이 중 석사학위 이상을 가진 기술자는 14%로 고급 인력으로 분류됨

○ 촉매 제조·반응 시험 시설, 시뮬레이션 하드웨어 등 마이크로 GTL 상용화 연구에 필요한 주요 기자재들을 현재 국내 업체 및 출연연구소, 대학 등에서 보유 중

- 한국화학연구원, 에너지기술연구원, KIST 및 국내 주요 업체에서 각 세부과제에서 요구되는 관련 기자재 인프라를 보유하고 있어 연구 진행이 가능함

□ 국내 정유회사들의 플랜트 운영 기술은 세계 최고 수준으로, 향후 실증 플랜트 운영 시 안정적인 운영을 기대할 수 있음

□ 현재 국내에서는 해외 진출을 위한 모듈형 GTL 실증사례가 부재한 상황이며, 각 요소기술을 통합한 GTL 플랜트의 설계·시공·운전 기술이 부족한 상황임

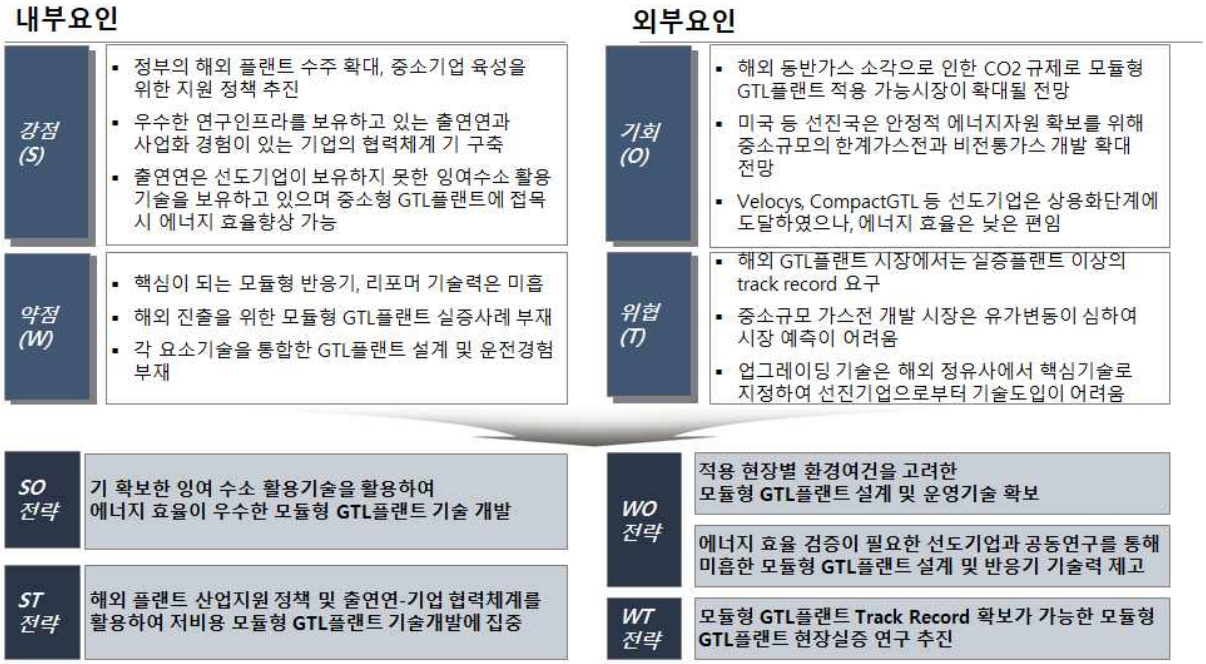
○ 핵심이 되는 모듈형 반응기, 리포머의 기술력은 미흡한 상황으로 기술개발에 대한 투자가 요구됨

○ 해외 중소형·모듈형 GTL 플랜트 시장의 선진 업체들은 500 BPD급 이상의 모듈형 GTL 플랜트 개발에 성공한 만큼, 국내에서의 GTL 플랜트 기술 개발에서도 고려되어야 할 것임

- Velocys에서는 모듈 당 700 BPD를, 일본에서는 지난 '12년 500 BPD 급의 마이크로 GTL 플랜트를 상용화함

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표



[그림 101] 비전 및 목표

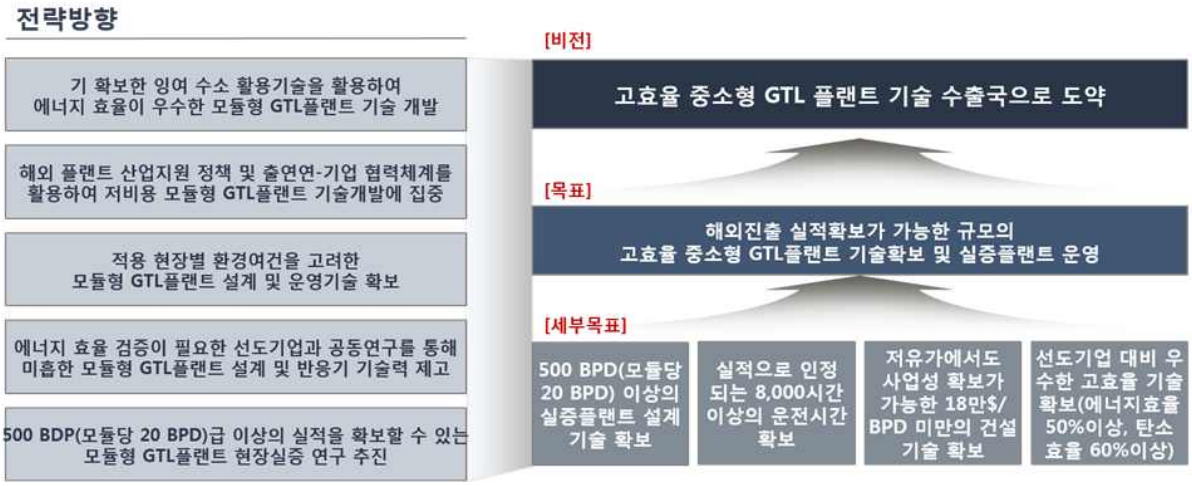
□ 2절의 국내외 동향 및 환경분석을 통해 SWOT분석을 수행하였으며, 분석 결과를 바탕으로 전략방향을 도출함

○ SO 전략으로는 기 확보한 잉여 수소 활용기술을 활용하여 에너지 효율이 우수한 모듈형 GTL 플랜트 기술 개발을 도출함

○ ST 전략으로는 해외플랜트 산업지원 정책 및 출연연·기업 협력체계를 활용하여 저비용 모듈형 GTL플랜트 기술개발에 집중하는 전략을 도출함

○ WO 전략으로는 적용 현장별 환경여건을 고려한 모듈형 GTL플랜트 설계 및 운영기술 확보와 에너지 효율 검증이 필요한 선도기업과의 공동연구를 통한 미흡한 모듈형 GTL플랜트 설계기술 및 반응기 기술력 제고를 도출함

○ WT 전략으로는 500 BPD 급 이상의 실적을 확보할 수 있는 모듈형 GTL플랜트 현장실증 연구 추진을 도출함



[그림 102] 전략방향

1. 세부목표 설정 근거

가. 500BPD(모듈당 20BPD) 이상의 실증플랜트 설계 기술 확보

□ 모듈형 마이크로 GTL의 실증 플랜트 규모 설계에서는 모듈화·소형화된 리포머 및 F-T합성 반응기 제조/양산 기술 개발을 통한 모듈당 20 bpd 크기의 반응기를 개발하고 이를 병렬 연결한 챔버를 통해 규모를 키우는 기술이 매우 중요함

□ 해외 마이크로 GTL 선진사인 Velocys사 및 CompactGTL사의 경우 데모플랜트의 모듈당 규모를 5-44 bpd 규모에서 실증 운영을 한 뒤 상용화 단계에 진입함

○ 마이크로채널 반응기의 선형적 확장성을 감안하였을 때, 단위 모듈을 성공적으로 실증한다면 더 큰 규모로 무리 없이 확장할 수 있음

□ 모듈형 GTL을 상용화하기 위해서 최소 실증 규모에서 기술 개발이 완료되면 요소기술인 촉매, 리포머 및 FT 반응기에 대한 기술의 신뢰도를 충분히 확보할 수 있음

○ 선행 모듈형 GTL 기술개발 과제에서 (0.2 bpd 규모) 얻은 노하우를 연계하고 부족한 점을 보완하는 방식으로, 본 제안과제에서 2 단계로 나누어 상용화 기술개발을 진행하면 (1단계 5 bpd → 2단계 500 bpd) 급격한 스케일 업에 대한 리스크를 최소화 하며 기술개발을 완성할 수 있음

나. 실적으로 인정되는 8,000시간 이상의 운전시간 확보

□ 동 목표는 모듈형 GTL 통합 실증 플랜트 설계/설치/운전에 관한 것으로서

요소기술인 촉매, 모듈형 반응기, 통합공정 설계/설치/운전을 모두 포함함

□ 장수명 리포밍 및 F-T 촉매 개발이 필수적으로 선행되고 알맞은 운전계획, 안전성 검토 및 운영 최적화를 통해 달성할 계획임

○ 제한된 연구비 내에서 상용급 모듈형 GTL 기술을 확보할 수 있는 최소 unit으로 규모를 산정할 계획임

○ 제한된 시간 안에 실증플랜트를 최적화하고 기술 개발을 완료하여 상용급 reliability 연구 수행할 계획임

□ 데모플랜트의 경우 플랜트 업계의 통상 기준으로, 1년 (약 8000 시간)의 운전을 성공적으로 하면 신뢰성 있는 공정으로 인정을 받을 수 있음

□ 핵심 기술 개발 영역인 '모듈형 마이크로 리포머' 및 'FT 합성 반응기' 등의 요소기술이 , 8,000 시간 이상의 안정적인 플랜트 운전은 우리나라의 현재 기술력으로 충분한 것으로 판단됨

다. 저유가에서도 사업성 확보가 가능한 18만$/BPD 미만의 건설기술 확보

□ 동 비용은 유틸리티를 포함한 전체 GTL 통합 플랜트 시공 비용임

○ 테스트베드에 대한 예비 투자비 분석 결과 500 bpd 실증 플랜트에서 약 $15만/bpd 건설비용이 예측됨

○ 20% 정도의 오차를 감안 보수적으로 $18만/bpd로 결정함

□ 해외 선진사인 CompactGTL의 경우 북미에서 5,000 bpd의 플랜트 건설 비용을 $10만/bpd로 예상함

○ 0.8의 scale-up factor를 고려하여 500 bpd 규모로 환산하면 $30만/bpd 정도인데, 북미에서의 비교적 비싼 인건비와 자재비를 감안하면 국내에서 같은 기술로 플랜트를 건설한다고 했을 때, $20만/bpd 이하로 시공이 가능할 것으로 산정됨

□ 동 기술개발을 통해 보다 효율적으로 공정 및 반응기를 개발함으로써 플랜트 비용을 낮춰 경제성을 제고할 필요가 있음

○ 소형화된 리포머 및 F-T 반응기 개발이 필수적으로 선행되어야 하고 핵심 부품 국산화 및 최적 공정 설계를 통해 달성할 계획임

라. 선도기업 대비 우수한 고효율 기술 확보(에너지효율 50%이상, 탄소효율 60% 이상)

□ 에너지효율은 공정에 들어가는 총 에너지 대비 생성된 탄화수소 화합물의 발열량 (LHV 기준)으로서, GTL 공정의 이론상 최대 에너지효율은 76%임

○ 이론적 에너지효율 및 탄소효율을 감안한 실질적 에너지효율 산출 근거를 아래에 제시함

<표 58> GTL 에너지효율 산출 근거

		GTL프로세스
반응	총괄반응식	12CH4+5.5O2→C12H26+11H2O
	이론적 에너지효율 (제품연소열/원료연소열)	76%
프로세스	에너지 손실 (CO2 생성에 의한 탄소효율저하)	CH4+2O2→CO2+2H2O CO+H2↔0.5CH4+0.5CO2 CO+H2O↔H2+CO2
	부생성물 생성 (불필요물 생성에 의한 탄소 효율 저하)	C5이하의 탄화수소
실질열효율		~60%

- 저발열량 LHV (액체): 메탄 = 11,940 kcal/kg, 경유 = 10,220 kcal/kg

- 이론적 에너지효율 = $\frac{170 \times 10,220}{192 \times 11,940}$ = 75.8%

- 실질적 에너지효율 = 탄소효율 × 이론적 에너지효율

- 탄소효율 = 60/76 = 78.9%

□ 이 분야 기술 선진사인 CompactGTL의 공정은 리포밍에서 발생하는 잉여 수소의 활용 기술이 적용되지 않은 것으로 파악됨. 열량 수급을 위해 연료용 NG를 과량 사용해서 탄소효율 및 에너지효율이 저하되는 현상이 발생함. 에너지 효율은 50 % 미만일 것으로 추정됨

□ 모듈형 중소형 리포머 후단에서 멤브레인 분리기를 사용하여 적절히 수소와 CO를 분리, 후속 FT 반응기에 공급하는 공정 기술은 선행 산업부 지원 과제에서 성공적으로 실증한 바 있음

○ 5~500 bpd 규모에서 스케일업(Scale-up)을 통해 적용하는 것은 현재 우리나라의 기술 수준에서 달성 가능한 것으로 판단됨

2. 목표달성을 위한 세부과제 구성

□ 본 과제에서는 원료가스 조성비 조절 기술, 리포밍 시 잉여 수소 활용 기술, 고선택성 F-T 촉매 기술, 고효율 열교환 반응 기술 개발이 선행되어야 하고 이러한 요소 기술을 GTL 통합공정으로 설계/운영함으로써 달성 가능

○ 마이크로 GTL 기술 패키지가 온전히 확보되고, 하나의 시스템으로 운영실

적이 확보되어야 함

○ 각 공정 프로세스 중 기술 확보가 필요한 요소 기술 개발, 통합 시스템으로 운영하기 위한 공정 설계, 건설 및 운영기술로 구성함

- 원료가스 공급 및 전처리는 국내 기술 수준이 상대적으로 높고 연구개발 필요가 낮음에 따라 기존 기술에 대한 평가 및 도입하는 부분과 상용급 공정에 대한 유틸리티를 설계/제공하는 부분으로 나눠서 구성

- 합성가스 제조용 모듈형 리포밍 기술은 세계 선도형 기술개발 계획에 따라 중요도가 높은 핵심 기술 개발 과제임. 내코크성 리포밍 촉매 기술과 반응기 설계/제작 기술로 나눠서 구성

- 합성원유 제조용 피셔-트롭시 합성 반응 기술은 세계 선도형 기술개발 계획에 따라 중요도가 높은 핵심 기술 개발 과제임. 고효율 FT 촉매 개발 기술과 반응기 설계/제작 기술로 나눠서 구성

- 합성원유 업그레이딩 기술은 우리나라 자체 기술이 부재하고 선진 기술 도입 장벽이 높음. 선진 기술에 대한 빠른 추격을 위해 생산품에 따른 다양한 촉매 공정 기술에 초점을 맞춰 구성

- 마이크로 GTL 플랜트 기본설계 기술은 요소기술 통합 공정 설계 및 경제성 분석, 상용급 공정의 최적 운영계획을 도출하기 위한 과제로 구성함. 2단계 500 bpd 상용급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운영사 선정도 포함

- 플랜트 건설 및 시운전은 1단계 5 bpd 건설을 포함하여 2단계 플랜트 건설 및 시운전을 포함함. 상세설계부터 건설, 운전까지 turn-key base로 입찰 공모 후 요소기술 연계하도록 구성

2절 추진전략

1. 단계별 사업추진 계획 수립

□ 국내 기술 수준을 고려해 본 사업은 핵심요소공정기술을 개발하는 1단계와 개발된 기술을 바탕으로 실증 플랜트를 운전하여 Track record를 확보하는 2단계로 나누어 추진함

○ 해외 선진사(Velocys, CompactGTL)의 경우 모듈형 마이크로채널 FT 반응기는 상용화를 목전에 두고 있으나 리포머는 마이크로채널 리포머의 상용화를 실패하고 그 대신 기존 대형 리포머를 사용중임

○ 모듈형 마이크로채널 리포머를 개발하고 이를 모듈형 마이크로채널 FT 반응기와 결합하여 통합 공정을 성공적으로 실증할 시 세계 선도 기술 확보가 가능하며 마이크로 GTL 시장을 빠르게 선점할 수 있음

〈표 59〉 단계별 목표 및 추진전략

단계	1단계	2단계
기간	3년	4년
예산	약 100억원	약 800 억원
규모	5 bpd	500 bpd
목표	요소기술 보완 및 통합공정 완성도 제고	세계 선도형 마이크로 GTL 기술 확보
부지	국내	해외

□ (1단계) 마이크로 GTL 플랜트 요소공정 개발 및 통합 공정 시스템 개발

○ 모듈당 5 bpd 파일럿 플랜트 운전을 통해 핵심 요소기술에 대한 기술 완성도를 높이며 3년간 실증화 작업을 함

○ 국내 가스 공급 및 인프라 활용이 용이한 곳에서 부지 선정 후 개발 계획

○ 기존 산업부 수행 과제 규모(0.2 bpd) 대비 25배 커진 규모로 통상 화학공정 scale-up 배수인 30배와 비슷한 규모로 진행

○ 해결해야할 핵심 과제로는 마이크로채널 리포머와 FT 반응기 양쪽 모두 단위 셀 하나당 촉매 장입량을 늘려야 하는 것이 있음

- 이를 위해 셀 대면적화, 대용량화를 위한 기술개발에 주력해야 함

□ (2단계) 마이크로 GTL 플랜트 실증을 통한 세계 선도형 마이크로 GTL 기술 확보

○ 500 bpd (모듈당 20 bpd x 5 x 5) 준상용급 실증 플랜트 운전을 통해 트랙 레코드를 확보하고 플랜트 기술 수출 사업화 진행

○ 1단계에서 대면적화된 셀을 적층하여 단위 모듈당 용량을 20 bpd 까지늘리고 이를 5개 묶어서 하나의 챔버를 구성, 챔버 하나당 용량이 100 bpd 가 되게 함

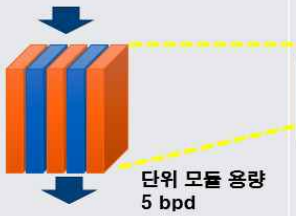
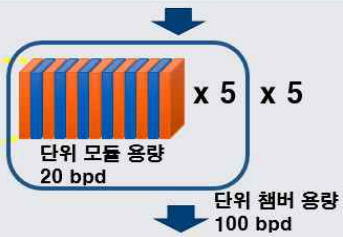
○ 해외 실제 소형 가스전을 대상으로 기술력 입증 계획

○ 1단계 규모(5 bpd) 대비 모듈당 4배 커진 규모임

○ 1단계에서 개발한 대면적 셀을 열전달 효율 및 반응기 제작 공정이 허락하는 범위에서 최대한 쌓아올리는(stacking) 기술 개발이 핵심

○ 상기 방식으로 개발된 100 bpd 규모의 챔버를 병렬 배치하여 공정을 운전하기 위한 엔지니어링 기술 또한 필수적임

〈표 60〉 기술개발 계획표

시기	2010~2015 (5년)	2019~2021 (3년)	2022~2025 (4년)
규모	0.2 bpd (모듈당 0.2 bpd)	5 bpd (모듈당 5 bpd)	500 bpd (모듈당 20 bpd x 5 x 5)
예산	105.5 억원	~ 100 억원	~ 800 억원
비고	마이크로 채널 열교환식 반응기 국내 첫 개발 (한계) • 고온에서 리포머 내구성 한계 • 개질 촉매 교환 어려움	단위 모듈당 기존 대비 25 배 scale-up (과제) • 단위셀 대면적화 • 고내열성 리포머 • 촉매 교환 가능한 디자인	단위 모듈당 1단계 대비 4 배 scale-up. 전체용량 100배 scale-up (과제) • cell stacking 한계 인자 파악 • 반응기 병렬 배치를 위한 엔지니어링
모식도			

2. 테스트베드 후보지 검토

□ 본 기획의도에 맞게 1 단계 5 bpd 파일럿 플랜트 테스트베드 부지와, 2단계 500 bpd (준)상용 플랜트 테스트베드 부지를 검토함.

○ 5 bpd 파일럿 플랜트는 시간당 64 Nm^3의 메탄가스가 원료로 필요하여 원료 공급 및 이에따른 부지 선정은 어렵지 않게 구할 수 있을 것이라 보임

- 특히 1단계는 스케일업의 초점이 핵심 요소기술인 마이크로채널 리포머 및 마이크로채널 FT 합성 반응기를 모듈당 20 bpd 까지 대면적화하는 데에 맞추어져 있으므로, 이미 기술수준이 높은 원료가스 정제 및 공급 기술에 대한 기술적 검증이 필요하지 않음

- 이러한 이유로 선행 산업부 기술개발과제를 수행했던 한국화학연구원 또는 한국에너지기술연구원 내 부지에서 도시가스를 알맞게 정제해서 사용하면 됨

○ 500 bpd (준)상용 플랜트의 운영이 가능하려면 시간당 6400 Nm^3의 메탄가스가 필요해 실제 원료가스가 지속적으로 대량 공급이 가능한 부지에서 수행해야 함

○ 본 기획연구진은 2017년 8-9 월에 걸쳐 국내 테스트베드 부지를 협의했음.

- 대전시 금고동 바이오가스전

• 대전시 금고동 바이오가스전은 대전시 근방의 유기성 폐자원을 혐기성 소화 발효시켜 메탄가스를 생산하는 시설로, 그 규모는 메탄기준 시간당 1,200 Nm^3 으로 500 bpd 급의 (준)상용플랜트를 건설하기에는 그 양이 부족함

• 현재는 근방의 열병합 발전소에 메탄가스를 매각하고 있음

• 대전시는 이러한 마이크로 GTL 플랜트를 활용하여 열병합 발전보다 경제적인 것뿐만 아니라, 실질적인 CO2 저감효과를 희망함

• GTL 기술은 기존석유 대체효과로 CO2 저감을 할 수 있는 기술이지만 공정이 모두 지어지기 전에는 그 절감량을 정확히 산출할 수 없어서, 더 이상 협의가 진전되지는 않았음

- 수도권 매립지 가스

• 수도권 매립지관리공사에서 소유한 인천의 수도권 매립지 가스는 현재 메탄 기준으로 시간당 13,000 Nm^3이 생산되고 있으나 1997년부터 매립해온 제1매립장의 매립지 가스의 양은 매립 부지의 한계로 그 양이 점차 줄어들고 있고 2002년부터 매립해온 제2매립장의 경우에도 2012년을 기점으로 그 양이 줄어들고 있음

• 수도권매립지관리공사에서는 현재 매립지가스 약 40,000 Nm3/h를 50MW

스팀터빈 발전용으로 사용하고 있음

- 양 뿐만 아니라 매립지 가스 중 메탄가스의 조성도 점차 낮아지고 있어 질과 양의 저하 문제에 직면하고 있음

- 향후 열병합 발전, 슬러지 건조용 연료, 연료전지 등으로 처리하는 세부 계획이 세워져 있어, 본 사업의 2단계 시작시점이 적어도 5년 후이기 때문에 GTL 활용에 대한 계획을 구체화하기 어려움.

○ 해외 가스전에서의 테스트베드 적용에 관련한 협의를 위해 2017년 9월 해외인프라협회에 방문함

- 인도네시아의 칼리만탄 가스전

- 인도네시아 북부에 위치한 칼리만탄 가스전은 현재 메탄기준으로 약 30,000 Nm3이 생산되고 있어, 500 bpd 급 (준)상용 GTL 플랜트의 테스트베드로 충분한 양이 매장되어 있음.

- 현재 큰 규모의 가스 광구는 LNG 방식으로 액화함. 섬이 많은 지리적 특성상 마이크로 GTL 기술 적용이 낙관적일 것이라 전망.

- 테스트베드를 현지에 짓고 기술 개발하는 것에 호의적일 것이라 전망

- 기술개발 성공 시 유사 가스전으로의 확장에 도움이 될 것

- 해외인프라협외에서 향후 타당성 조사 등에 적극 협력할 용의가 있음을 확인함

- 그러나 현지 파트너, 정부, 입지 조건 등을 면밀히 분석하는 추가적인 feasibility study를 진행하고, 사업화할 필요가 있음

<표 61> 테스트베드 후보지 개요

테스트베드 후보지	규모 (메탄기준, Nm3/h)	현재 활용처	협의 내용
대전시 금고동 바이오가스	1,200	매각 (열병합 발전)	• CO2 저감량 및 경제성에 대한 확보가 필요함 • 대전시 내부 여러 부서와 협의 후 결정해야 하기 때문에 현재 결정하기는 어려움
수도권 매립지 가스	13,000	50 MW 스팀터빈 발전	• 가스양이 점차 줄어들고 있음 • 향후 열병합 발전, 슬러지 건조 연료, 연료전지 등으로 처리하는 세부 계획이 세워져 있음 • 본 사업 시작 시점이 적어도 5년 후이기 때문에 계획을 구체화하기 어려움 • 경제성에 대한 의문이 있음
인도네시아 가스전	30,000	LNG	• 섬이 많은 지리적 특성상 마이크로 GTL 기술 적용이 낙관적 • 테스트베드를 현지에 짓고 기술 개발하는 것에 호의적일 것이라 전망 • 기술개발 성공 시 유사 가스전으로 확장에 도움이 될 것 • 해외인프라협회에서 타당성 조사 등을 함께 진행하며 적극 협력할 용의가 있음

3절 핵심요소기술(CTE) 선정

1. 후보과제 pool 구성

<표 62> 기술분야별 기술 아이템

기술분야	기술아이템
원료가스 전처리 기술	500 bpd 급 실증플랜트 운전을 위한 해외 중소형 가스전 확보
	대상지 가스 물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립
	원료가스 내 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 선정
	유기성폐기물 기반 바이오가스내 황화수소 저감기술
	유기성원료로 부터 생산되는 바이오가스의 분리 및 정제기술 개발
	소형가스전 원료가스 공급 유틸리티 통합설계 기술
	500 bpd 급 실증플랜트 원료가스 공급
합성가스 리포밍 기술	모듈형 반응기에 적합한 플라이트형 촉매 성형 기술
	플라즈마-촉매 혼합반응 이용한 모듈형 리포밍 기술
	코크 침착 억제를 위한 core-shell 구조 리포밍 촉매 개발
	고효율 복합리포밍(CO2+steam) 촉매 개발
	교체가능한 모듈형 반응기 구조 개발
	세라믹폼 구조체를 활용한 모듈형 마이크로 개질기 개발
	고온에서 안정한 고내열성 반응기 제작 기술
	발열반응을 이용한 열교환식 리포밍 기술
	팔라듐계 튜브형 복합막을 이용한 고효율 합성가스 비 제어 공정 개발
	500 bpd 급 실증플랜트 모듈형 리포머 패키지 적용
F-T 합성 촉매반응 기술	FT합성 효율화를 위한 공정흐름 전환연구
	교체가 용이한 모듈형 3차원 촉매 구조체 개발
	전산유동해석을 이용한 마이크로 반응기 최적화
	고효율 장수명 FT 촉매 개발
	액상탄화수소 직접제조를 위한 FT 촉매 개발
	500 bpd 급 실증플랜트 모듈형 FT 반응기 패키지 적용

기술분야	기술아이템
합성연료 업그레이딩 기술	수첨처리 공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술
	윤활기유 제조를 위한 디왁싱 반응기술
	이성질화를 통한 연료 연소 품질 향상
	연속식 업그레이딩 촉매 반응시스템 설계
	500 bpd 급 실증플랜트 업그레이딩 패키지 적용
GTL 통합공정 기술	마이크로 GTL 플랜트에 대한 실증 공정설계 및 경제성분석 모델 개발
	GTL 통합공정 기술 개발을 위한 FEED 프레임워크 개발
	시나리오에 따른 공정운영모델링 및 최적 operation philosophy 개발
	마이크로 GTL 플랜트의 최적 통합공정 개발
플랜트 건설 및 시운전	500 bpd 급 플랜트 상세설계
	5 & 500 bpd 급 플랜트 건설 및 시운전
	2000 bpd 이상 상용플랜트 기본설계자료 확보

2. 후보과제 우선순위 평가

가. 우선순위 평가 목적

□ ‘고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 기획’ 연구에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함임

○ 산·학·연 전문가를 대상으로 고효율 마이크로 GTL 상용화 기술개발 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행함

나. 우선순위 평가 절차

□ 우선순위 평가는 후보과제 선정, 우선순위평가서 설계, 우선순위평가 수행, 기술수요조사 결과분석 및 활용 순으로 추진함

○ 후보과제 선정단계에서는 기술수요조사 결과를 바탕으로 중복성검토, 유사성 및 위계검토를 통해 후보과제 pool을 설정, 과제카드를 작성하고, 기술분류체계에 매칭함

- 후보과제 카드는 우선순위 평가 시 평가자의 판단을 돕기 위해 참고자료로 활용함

○ 우선순위 평가서 설계단계에서는 우선순위평가 항목을 결정하고 평가 대상자를 설정함

- 기술적 중요도(기술의 중요도, 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함

- 기술적 중요도의 경우 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용함

- 우선순위평가시 참고자료로 후보과제에 해당하는 소분류의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 결과를 제공하여 우선순위평가자의 객관성을 도모함

○ 우선순위평가 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함

○ 우선순위평가 결과분석 및 활용단계에서는 평가결과를 통해 사업 추진과제를 선정하고 과제추진 우선순위 선정에 활용함

다. 우선순위평가서 발송 및 응답개요

□ 우선순위평가는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

〈표 63〉 우선순위평가 조사 개요

구분	내용
조사기간	2017년 9월 11일 ~ 2017년 9월 18일 (1주간)
조사대상	내부기획연구진, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	이메일을 통한 설문조사 및 대면 설문조사

라. 우선순위평가 항목 설정

□ 기술 중요도 항목은 기술의 핵심성, 기술개발 시급성, 과학기술적 파급효과로 구분되며, 기술수준/예측조사 결과를 활용함

○ 기술의 핵심성은 해당기술이 마이크로 GTL 기술내에서 차지하는 상대적인 중요도를 5점 척도로 평가함

○ 기술개발 시급성 항목은 적정 수준을 구현해야할 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 5점척도로 평가함

○ 과학기술적 파급효과 항목은 해당기술이 과학기술 발전에 미치는 영향력을 5점 척도로 평가함

□ 기술개발 실현가능성 항목은 연구개발 사업 추진 시 과제카드 목표 수준까지 실현 가능한지 여부를 5점척도로 평가함

○ 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

□ 사회경제적 파급효과 항목은 목표수준까지 기술개발 완료 시 사회경제적으로 미치는 파급효과를 5점척도로 평가함

○ 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

□ 정부지원 필요성 항목은 기술개발 사업을 통해 기술을 획득하는 데에 정부지원이 필요한 정도를 5점척도로 평가함

○ 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

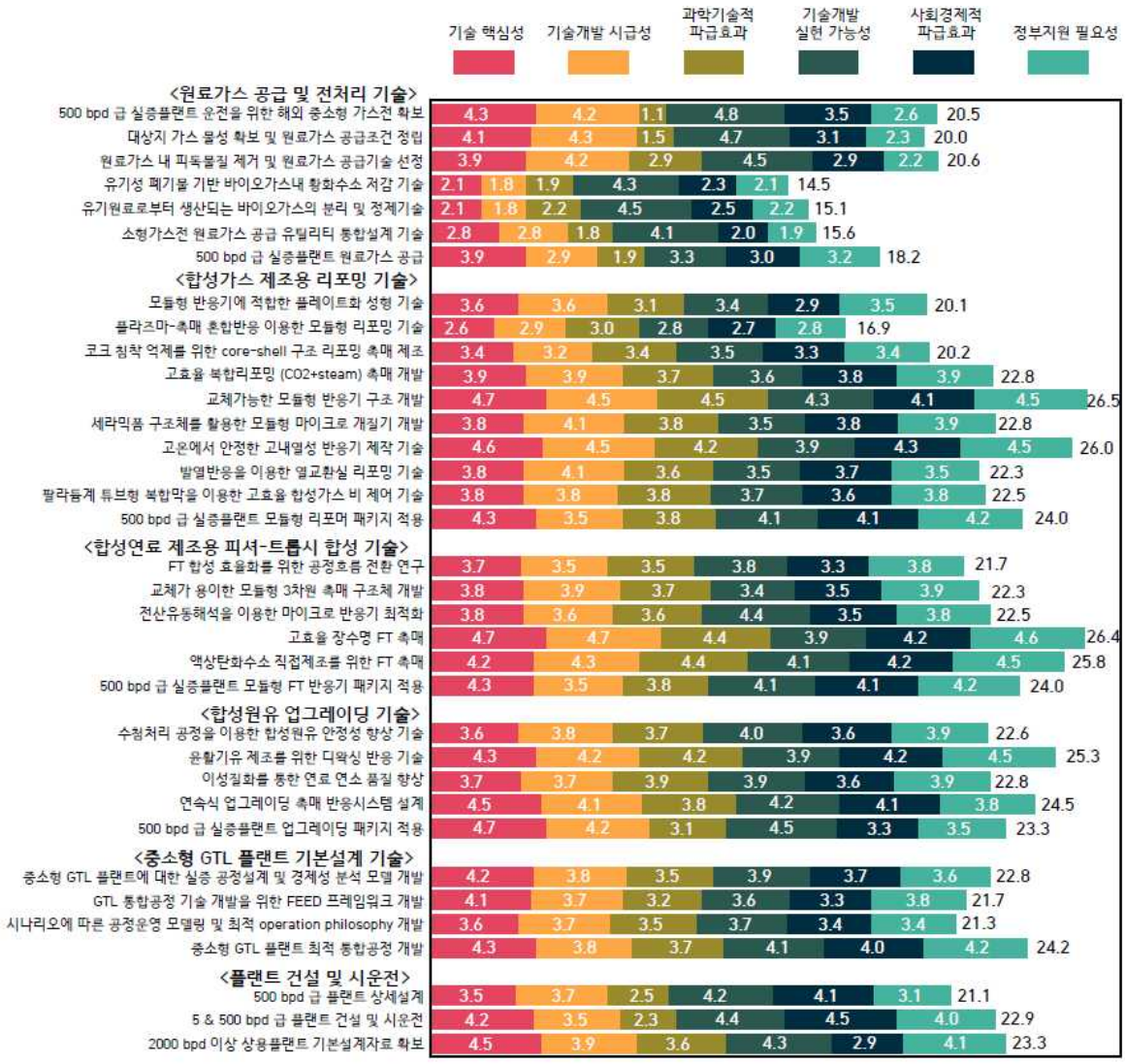
라. 후보과제 우선순위 평가 결과

□ 원료가스 공급 및 전처리 기술은 국내 기술 수준이 이미 높다고 판단, 투자 우선순위에서 낮게 평가됨

□ 합성가스 제조용 리포밍 기술과 합성원유 제조용 피셔-트롭시 합성기술은 마이크로 GTL 상용화에 핵심 기술로 투자우선순위가 매우 높음

□ 합성원유 업그레이딩 기술은 기술 격차가 크나 해외 선진 기술 도입 장벽이 높을 것으로 예상되어 원천기술 확보 차원에서 투자우선순위가 높은 것을 평가됨

□ 마이크로 GTL 플랜트 기본설계 기술은 상기 요소기술을 한데로 통합하여 설계/운영에 필요한 기술로 우선순위가 높게 평가됨



[그림 103] 후보과제 우선순위 평가 결과

4절 연구개발 과제 구성

1. 연구개발 과제 체계도



[그림 104] 연구개발 과제 체계도

2. 세부목표와 연구과제 연계

가. 실증플랜트 설계 용량 500 bpd 이상

□ 모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술

○ 제안한 방식의 단계별 스케일 업 (0.2 bpd → 5 bpd → 500 bpd) 을 성공적으로 달성하기 위해, 각 단계에서 얻은 모듈형 리포밍 반응기 안에서의 수치 해석 자료를 사용하여 최적화 시뮬레이션을 수행하고, 이를 바탕으로 최종 500 bpd 용 리포머 모듈의 크기 및 구조를 설계할 필요가 있음

□ 모듈형 리포밍 반응기 제작 및 양산 기술

○ 리포밍 반응은 고온(> 800 ℃)에서 진행되므로 반응기의 안정성 및 신뢰성 향상을 위해 고온에서도 견딜 수 있는 고내열성 재질을 견고하게 접합하는 기술이 필요함

○ 500 bpd 스케일 업을 위해 같은 반응기 모듈을 병렬로 연결하기 때문에 양산 기술이 필요함

□ 열교환기형 FT 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술

○ FT 합성 반응은 강한 발열반응으로, 미세한 반응 조건의 차이로 국부적인 열이 발생할 수 있고, 이는 원하는 물성의 생성물을 만들 때 단점으로 작용하므로, 열 배출이 원활히 될 수 있게끔 마이크로 반응기를 설계할 필요가 있음

○ 또한 생성물의 대부분은 분자량이 크고 점도가 높은 왁스성분의 탄화수소이기 때문에 반응기의 단위 셀이 대면적화 되었을 때 이를 원활히 배출하는 방식의 미세유로를 시뮬레이션을 통해 설계할 필요가 있음

□ 모듈형 FT 반응기 제작 및 양산 기술

○ FT 합성 반응은 고온에서 진행되는 것은 아니지만 20 기압 이상의 고압 운전을 요하므로, 반응기 외벽의 작은 pin-hole 하나가 전체 공정에 엄청난 위험을 가져다 줄 수 있음

○ 따라서 반응기의 양산 과정에서 높은 수준의 품질 제어가 필요하고 이러한 품질을 빠르게 검사할 수 있는 기술이 필요함

나. 실증플랜트 운전 시간 8,000시간 이상

□ 장수명 내코크성 리포밍 촉매 개발 및 양산

○ 리포밍 반응은 일반적으로 촉매 표면에 무결정의 탄소가 침착되는 코킹 현

상으로 인해 촉매가 비활성화됨

○ 8,000 시간 이상의 운전을 하려면 장시간 반응을 하더라도 촉매 표면에 탄소 침착반응을 억제해 코킹 현상에 대한 내성이 있는 촉매를 개발하고 이를 대규모로 적용하기 위한 양산 기술이 필요함

□ 모듈형 반응 시스템에 적합한 장수명 FT 촉매 개발 및 양산

○ FT 합성 반응은 극심한 발열반응을 수반하므로 적용하는 공정 조건 및 촉매에 따라 생성물의 수율이 민감하게 반응함

○ 따라서 일정 수준 이하의 공정 조건 변화에도 생성물의 수율을 일정하게 나타낼 수 있는 촉매를 개발하고 이를 손쉽게 양산할 수 있는 공정 기술이 필요함

□ 운전계획 및 control logic 개발

○ 8,000 시간 이상의 운전을 연속적으로 운영하려면 플랜트 설계 단계부터 이상 상황 대처 등의 세부적인 운전계획을 세울 필요가 있음

- 마이크로 GTL 플랜트 실증을 위한 제어는 programmable logic controller (PLC) 자동제어 및 감시 운영 최적화를 포함함

□ 운전안전성 및 운전성 검토

○ 중소형 가스전을 활용하는 본 과제의 특성상, 피드 가스의 공급 조건 변화 등의 이상상황에 대한 안정성 검토가 필요함

○ 또한 리포머 및 FT 합성 반응부는 각각 고온, 고압의 반응 특성을 가지고 있으므로 이러한 공정조건에 알맞은 안전한 운전 조치 계획이 필요함

□ 시운전 운영

○ 장시간 안정적인 운전을 위해 시운전을 통해 예상치 못한 결함 보완 작업을 필수적으로 진행함

- Operation/Management 에 따른 시운전 계획 작성, 시운전 준비 점검, 운전원 편성 및 훈련, pre-commissioning 및 M/C 시험을 포함

다. 건설비용 $18만/bpd 이하

□ 모듈형 리포밍 반응기 제작 및 양산

○ 모듈형 마이크로채널 리포밍 반응기를 고품질로 국내에서 양산할 수 있는 기술로써, 고내열성 반응기 재질을 가공하고 및 접합하는 기술을 포함함

□ 모듈형 F-T 반응기 제작 및 양산

○ 모듈형 마이크로채널 FT 합성 반응기를 고품질로 국내에서 양산할 수 있는 기술로써, 단위 셀 대면적화 및 접합 기술을 포함함

□ 공정패키지 확보

○ 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기 사양서 작성을 위한 공정 패키지 확보 기술로, 고효율·저비용의 플랜트 건설을 위해 필수적임

□ 기기 상세구조 설계 및 상세시방설계

○ 가열로 구조 설계, 계장 상세설계, 회전기 및 기타 기계류 상세 시방설계 및 반응기 상세설계를 포함. 가열로 및 반응기의 해외 고비용 라이센싱을 피하며 자체기술로 설계를 진행해야 건설비용 절감이 가능

□ 핵심부품 국산화 및 안전성 검증

○ 반응기, 압축기, 열교환기, 멤브레인 분리기 등 핵심파트를 국내에서 제작하고 안정성 및 신뢰성을 검증하는 기술러써, 건설비용 저감을 위해 필수적임

라. 에너지 효율 50 % 이상, 탄소효율 60 % 이상

□ 피셔-트롭시 공정을 위한 합성가스 비 제어 기술

○ 합성가스 비 제어를 위한 최적의 리포밍 원료 조성 확보 기술로, CO2 추가 공급 및 잉여수소 분리 기술을 포함함.

○ CO2를 추가로 공급하여 탄소효율을 증대시키고, 스팀의 과량사용으로 인한 수소 발생량을 리포머 파트의 연료로 공급하여 에너지 효율을 향상시킴

□ 모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계

○ 모듈형 리포머는 고온을 필요로 하는 흡열 반응으로, 효과적인 열 공급을 위한 가열로 설계 및 폐열 활용 기술을 포함함

□ F-T 공정을 위한 합성가스 비 제어

○ FT 합성 반응 공정에 피드인 합성가스의 비가 최적화되지 않으면 주 생성물인 왁스형태의 탄화수소 수율이 낮아지므로 탄소효율에 부정적인 영향을 줌

○ 잉여수소를 활용하여 리포머 파트로 보내는 분리 및 정제 기술과 연관하여 에너지 효율 및 탄소효율을 증대시킬 수 있는 최적의 비를 찾는 기술

□ 열교환기형 F-T 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계

○ FT 합성 반응은 극심한 발열을 동반하는 민감한 반응이고 발열 제어가 되지 않을 시 주 생성물인 왁스형태의 탄화수소 수율이 낮아져 탄소효율에 부정적인 영향을 줌

○ 발열을 효과적으로 제어할 수 있는 열교환기형 FT 반응기의 최적화 설계가 필수적임

□ 모듈형 반응시스템에 적합한 고선택성 F-T 촉매 개발

○ 따라서 일정 수준 이하의 공정 조건 변화에도 왁스성분의 탄화수소 수율이 유지되는 고선택성 FT 촉매를 개발함으로써 높은 탄소효율을 유지할 수 있음

5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 1세부과제

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술	
연구개발 목표	• 마이크로 GTL 실증플랜트 원료 공급을 위한 피독물질 제거 및 정제 시스템 평가 및 선정 • 500 bpd마이크로 GTL 공정에 적용하기 위한 공급 유틸리티 통합설계
주요 내용	• 해외 소형 가스전 확보 - 인도네시아 등 해외사업자와 협의 - 기술적용 및 사업모델 제시 • 대상 가스전 물성 확보 및 원료가스 공급 조건 정립 - 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석 - 계절별, 시간대별 조성, 유량 데이터 확보 - 원료가스 공급조건 정립 • 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정 - 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거 기술 평가 - 원료가스 공급 시스템 인허가 • 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계 - 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계 - 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계 - 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계 • 원료가스 공급 - 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급
추진 전략	1단계(3년): 기술 평가 및 선정, 유틸리티 설계,테스트베드 공급 시스템 인허가 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 플랜트 원료가스 분리, 정제, 공급 (GTL 통합공정과 함께 운영)
소요인력 및 예산	1단계(3년): 44 명 / 9 억원 (가스전 확보, 평가, 설계) 2단계(4년): 40 명/ 78 원(통합공정 설계/시공/운전 지원)
세부기술 선도기관/기업	○ KAIST, 부산대, 한국가스공사 등

2. 2세부과제

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성가스 제조용 모듈형 리포밍 반응 시스템 개발
주요 내용	• 내코크성 분말 촉매 양산 및 플래이트화 촉매 성형기술 - 피드 조성 (CO2/Steam/CH4)에 따른 촉매 안정성 향상 연구 - 금속산화물분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발 - 로드셀 이용한 분말 연속 공급 및 성형 공정 개발 - 코팅두께 최적화 • 마이크로 채널 리포밍 반응기 개발 - 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로 채널 최적화 - 촉매 교체가 용이하고 장입량이 최대화된 모듈형반응기 구조 설계 - 고내열성 반응기 재질 탐색 및 제작 기술 - 발열반응을 이용한 열교환식 채널 구조 설계 • 합성가스 비 제어 기술 - 멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술 • 모듈형리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리 - 500 bpd급플랜트에 개질 촉매/반응기를 제공하고 합성가스 비 제어해서 FT에 공급
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 파일럿 규모에서 마이크로 리포밍 반응 운영 및 최적화,500 bpd 급 설계 2단계(4년): 500 bpd(준)상용 플랜트에 촉매 및 리포밍 패키지 제작 공급
소요인력 및 예산	1단계(3년): 47 명 / 30 억원 (5 bpd 리포머 패키지 개발) 2단계(4년): 44 명/ 103 원 (500 bpd 리포머 패키지 개발, 통합공정 설계/시공/운전 지원)
세부기술 선도기관/기업	○ 한국에너지기술연구원, 아주대, 서울대 등

3. 3세부과제

3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성연료 제조용 모듈형 피셔-트롭시 반응 시스템 개발
주요 내용	• 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매 개발 및 양산 - 고선택성Co 기반 촉매 개발 - 금속산화물분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발 - 교체가 용이한 모듈형3차원 촉매 구조체 성형 기술 - 마이크로 채널 내 촉매 장입 및 교체 기술 • 마이크로 채널 F-T반응기 개발 - 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로 채널 반응기 최적화 - 반응기 단위 셀 대면적화 및 촉매 장입량 극대화 기술 - 내구성이 높은 반응기 제작을 위한 채널간 접합기술 • 모듈형피셔-트롭시 반응기 및 촉매 적용 - 500 bpd급플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd파일럿규모에서 마이크로 FT 합성 반응 운영 및 최적화 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 플랜트에 촉매 및 F-T 반응기 제작 공급
소요인력 및 예산	1단계(3년): 44 명 / 24 억원 (5 bpd F-T 반응기 개발) 2단계(4년): 44 명/ 40 억원 (500 bpd F-T 반응기 개발, 통합공정 설계/시공/운전 지원)
세부기술 선도기관/기업	○ 한국화학연구원, 아주대, 중앙대 등

4. 4세부과제

4. 합성원유 업그레이딩	
연구개발 목표	• 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성원유 업그레이딩 기술 개발
주요 내용	• 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술 - 고효율 수첨처리 촉매 개발 및 양산 - 합성원유 안정성 평가 지표 확립 • 업그레이딩 촉매 개발 및 양산 - 윤활기유의 내열성 및 점도 향상을 위한 디왁싱 촉매 개발 및 양산 - 디젤, 제트유,가솔린 연소 품질 향상을 위한 이성질화 촉매 개발 및 양산 - 최적 반응 조건 도출 • 연속식업그레이딩 반응기 시스템 설계 - 수첨처리공정 및 업그레이딩 공정의 연속식 반응시스템 설계 - 최적 반응 조건 도출 및 공정 설계 • 업그레이딩 촉매 및 공정 적용 - 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 파일럿 규모에서 업그레이딩 촉매 공정 개발 및 최적화 2단계(4년): 500 bpd (준)상용 규모에 촉매 및 리포밍 패키지 제작 공급
소요인력 및 예산	1단계(3년): 42 명 / 15 억원 (5 bpd 업그레이딩 패키지 개발) 2단계(4년): 40 명/ 28 원 (500 bpd 업그레이딩 패키지 개발, 통합공정 설계/시공/운전에 편입)
세부기술 선도기관/기업	현대오일뱅크에서 보유 중인 장비를 이용하여 시험 경험 有

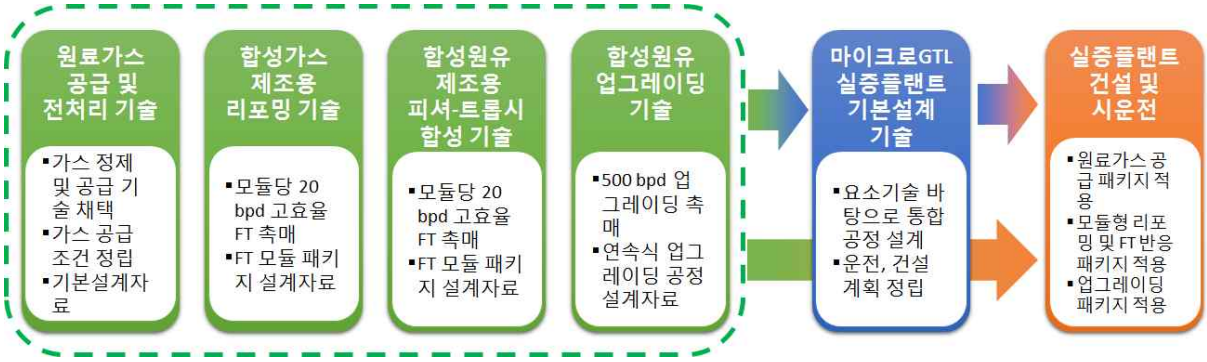
5. 5세부과제

5. 마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	
연구개발 목표	• 5 bpd 파일럿 플랜트 운전을 통한 500 bpd (준)상용 플랜트 기본 설계 기술 역량 확보 및 기본 설계 패키지 개발
주요 내용	• 최적 통합공정 시뮬레이션 기술 - 경제성 분석 모델 개발 - 효율 증대를 위한 공정흐름 전환 연구 • 공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술 - 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성 - 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화 • 운전계획 및 제어로직 개발 등 실용기술 - 플랜트 운전 제어 개념 및 방법 개발 - 준비/시운전/가동/운전/정지 메뉴얼 개발 - 운전중 이상상황 조기 진단 및 대응 - ICT 기반 엔지니어링 기술 • 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전 계획 제공 - 500 bpd급 플랜트 EPC업체 선정 및 운전 계획 확립
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd파일럿 규모 플랜트 통합설계및 운전, 500 bpd 상용급 플랜트 기본설계 2단계(4년): 500 bpd (준)상용플랜트 상세설계 및 엔지니어링, 시공 업체 선정 및 운전 협력
소요인력 및 예산	1단계(3년): 38 명 / 21 억원 (5 bpd 통합공정 설계/시공/운전) 2단계(4년): 24 명/ 12 원 (500 bpd 통합공정 설계/시공/운전에 편입)
세부기술 선도기관/기업	○ 고등기술연구원, 플랜트건설연구원, 중앙대, 인천대 등

6. 6세부과제

6. 플랜트 건설 및 시운전	
연구개발 목표	• 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전
주요 내용	• 5 & 500 bpd급 플랜트 상세설계 - 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study) - 상세구조설계 및 상세시방설계 • 5 & 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전 - 실증공정 제어 및 운영 최적화 - 현장 시공 및 평가 - 시스템 성능 시험 및 시운전 운영 - 운전 데이터 DB화 - 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술 - 시스템 성능시험 • 상용플랜트 기본설계자료 확보 - 2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
추진 전략	1단계(3년): 5 bpd 실증플랜트 건설 및 시운전 2단계(4년): 500 bpd (준)상용플랜트 EPCM업체 선정 및 운영
소요인력 및 예산	1단계(3년): 57 명/ 48 원 (5 bpd 통합공정 설계/시공/시운전) 2단계(4년): 170 명/ 540 억원 (500 bpd 통합공정 설계/시공/운전)
세부기술 선도기관/기업	현대엔지니어링, 삼성엔지니어링, 현대중공업, 포스코건설 등

6절 세부과제 간 연계관계



[그림 105] 세부과제간 연계관계 개요도

□ 동 사업의 5개 세부과제는 최종적으로 마이크로 GTL 실증 플랜트의 설계·시공·평가·시운전 및 운영을 위한 핵심중점기술로 구성되어 있음

○ 원료가스 공급, 모듈형 개질 반응기 및 촉매 적용, 합성가스 비 제어 관리, 업그레이딩 촉매 및 공정 적용 기술을 통해 마이크로 GTL 실증 플랜트의 기본설계 기술을 확보하며, 이를 통해 설계 패키지 및 운전계획을 수립하여 최종적으로 시공 및 평가·시운전·운영을 수행함

- [1. 원료가스 공급 및 전처리 기술]에서 선정한 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 기술(상용기술 채택)을 [5. 마이크로 GTL 플랜트 기본설계 기술]에서 통합 설계 및 운전 기초자료로 사용하고, [6. 플랜트 건설 및 시운전]에 서 500 bpd 급 플랜트 운전시, 리포밍, FT합성, 업그레이딩 공정등과 함께 통합 운전 및 운영 수행

- [2. 합성가스 제조용 리포밍 기술]에서 개발된 고효율 리포밍 촉매 및 모듈당 20 bpd에 대응하는 합성가스 생산이 가능한 모듈형 리포머 패키지에 대한 설계 자료를 [5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술]에 제공하고 합성가스 비제어 관리 기술과 함께 [6. 실증플랜트 건설 및 시운전]에 적용하여 운전 및 운영 수행

- [3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 합성 기술]에서 개발된 고선택성 FT 촉매 및 모듈당 20 bpd의 합성 원유를 생산할 수 있는 모듈형 FT 반응기 패키지에 대한 설계자료를 [5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술]에 제공하고 [6. 실증플랜트 건설 및 시운전]에 이를 적용하여 운전 및 운영 수행

- [4. 합성원유 업그레이딩 기술]에서 개발된 업그레이딩 촉매 및 연속식 업르게이딩 공정에 대한 설계자료를 [5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기

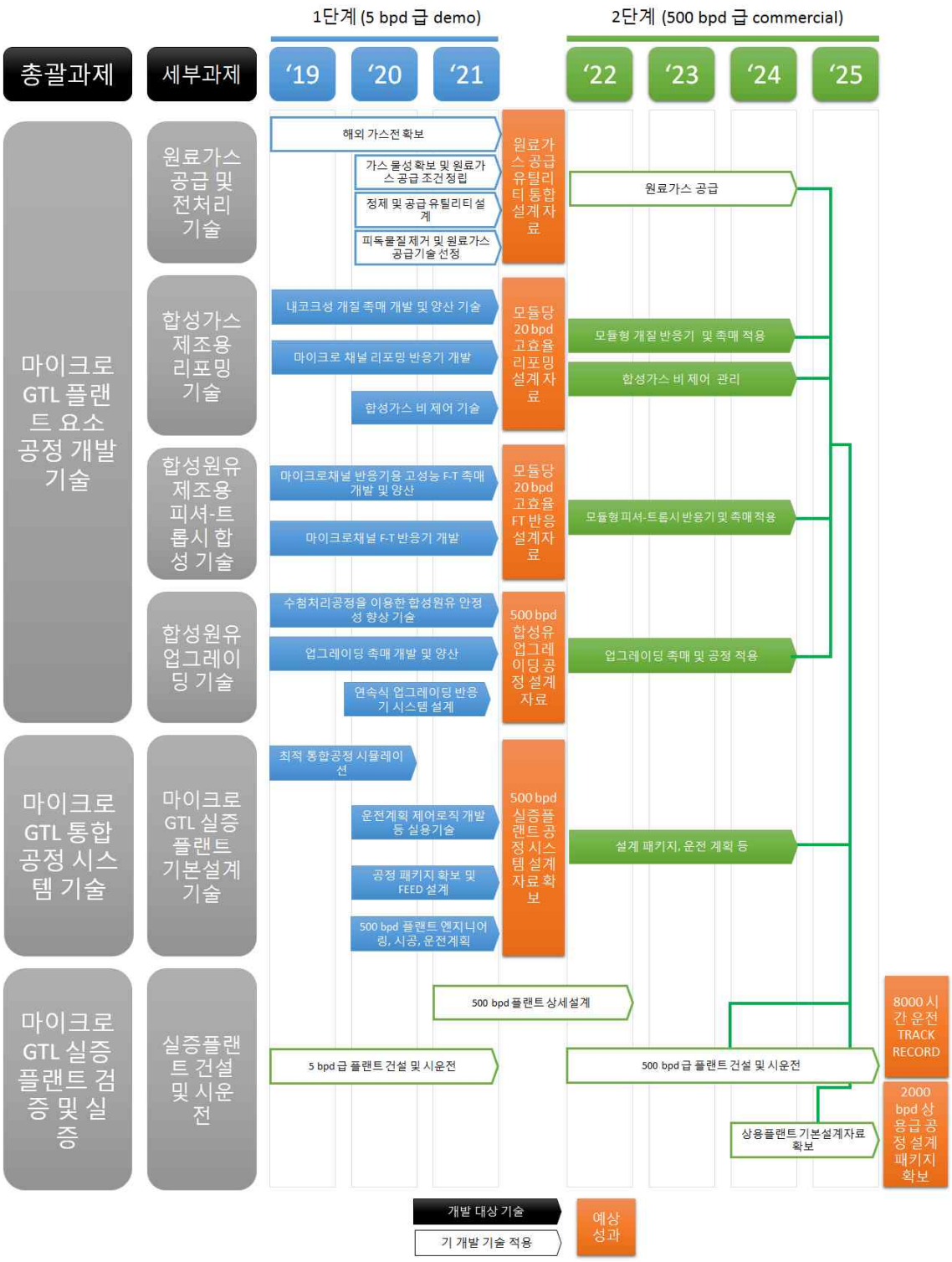
술]에 제공하고 [6. 실증플랜트 건설 및 시운전]에 이를 적용하여 운전 및 운영 수행

- [5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술]에서는 각 요소기술에서 개발된 설계 자료를 바탕으로 통합공정을 설계하고 실증플랜트의 운전 및 건설 계획을 확립하여 [6. 실증플랜트 건설 및 시운전]에 제공함

- [6. 실증플랜트 건설 및 시운전]은 [1. 원료가스 공급 및 전처리 기술]에서 선정한 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 기술(상용기술 채택)과 [2. 합성가스 제조용 리포밍 기술] 및 [3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 합성 기술]에서 개발된 모듈형 리포머 및 FT 합성 반응기 패키지, 그리고 [4. 합성원유 업그레이딩 기술]에서 개발된 업그레이딩 패키지를 적용하여 하나의 통합공정으로 건설하고, 이를 [5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술]에서 제안한 운전계획으로 운영을 수행함

7절 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과지표

1. 기술로드맵



[그림 106] 동 사업의 연차별 단계별 성과 및 기술 로드맵

〈표 64〉 세부과제별 기술개발 로드맵

세부과제명	최종성과물	세부기술	연구활동	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
1. 원료가스 공급 및 전처리 기술	원료가스 공급 유틸리티 통합설계 자료	1-1. 해외가스전 확보	1-1-1. 인도네시아 등 해외사업자와 협의	2년							
			1-1-2. 기술적용 및 사업모델 제시	2년							
		1-2. 가스물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립	1-2-1. 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석	2년							
			1-2-2. 계절별, 시간대별 조성, 유량데이터 확보	2년							
			1-2-3. 원료가스 공급조건 정립	2년							
		1-3. 정제 및 공급 유틸리티 설계	1-3-1. 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계	2년							
			1-3-2. 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계	2년							
			1-3-3. 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계	2년							
		1-4. 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술선정	1-4-1. 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거기술 평가	2년							
			1-4-2. 원료가스 공급 시스템 인허가	2년							
		1-5. 원료가스 공급	1-5-1. 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급	4년							
2. 합성가스 제조용 리포밍 기술	모듈당 20 bpd 고효율 리포밍 설계 자료	2-1. 내코크성 개질 촉매 개발 및 양산 기술	2-1-1. 피드조성에 따른 촉매 안정성 향상 연구	2년							
			2-1-2. 금속산화물 분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발	2년							
			2-1-3. 로드셀을 이용한 분말 연속 곡급 및 성형공정 개발	2년							
			2-1-4. 코팅두께 최적화	2년							
		2-2. 마이크로채널 리포밍 반응기 개발	2-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로채널 최적화	2년							
			2-2-2. 촉매 교체가 용이한 모듈형 반응기 구조 설계	2년							
			2-2-3. 고내열성 반응기 재질 탐색 및 제작 기술	2년							
			2-2-4. 발열반응을 이용한 열교환식 채널구조 설계	2년							
		2-3. 합성가스 비 제어 기술	2-3-1. 멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술	3년							
		2-4. 모듈형 리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리	2-4-1. 500 bpd급 플랜트에 개질촉매/반응기를 제공하고 합성가스 비 제어	4년							
3. 합성원유 제조용 피셔-트롭시 합성 기술	모듈당 20 bpd 고효율 F-T 반응 설계 자료	3-1. 마이크로채널 반응기용 고성능 FT 촉매 개발 및 양산	3-1-1. 고선택성 Co 기반 촉매 개발	2년							
			3-1-2. 금속산화물 분발에 활성금속 연속 담지 공정 개발	2년							
			3-1-3. 교체가 용이한 모듈형 3차원 촉매 구조체 성형 기술	3년							
			3-1-4. 마이크로채널 내 촉매 장입 및 교체 기술	2년							
		3-2. 마이크로채널 FT 반응기 개발	3-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형 마이크로채널 반응기 최적화	2년							
			3-2-2. 단위셀 대면적화 및 촉매 장입량 극대화 기술	3년							
			3-2-3. 내구성이 높은 반응기 제작을 위한 채널간 접합기술	2년							
		3-3. 모듈형 FT 반응기 및 촉매	3-3-1. 500 bpd급 플랜트에 모듈형 FT 촉매/반응기를 제공 및 운전 지원	4년							

세부과제명	최종성과물	세부기술	연구활동	연구기간	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
		적용						■	■	■	■
4. 합성원유 업그레이딩 기술	500 bpd 합성유 업그레이딩 공정 설계 자료	4-1. 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술	4-1-1. 고효율 수첨처리 촉매 개발 및 양산	3년	■	■	■				
			4-1-2. 합성원유 안정성 평가지표 확립	1년	■						
		4-2. 업그레이딩 촉매 개발 및 양산	4-2-1. 윤활기유의 내열성 및 점도 향상을 위한 디왁싱 촉매 개발 및 양산	3년	■	■	■				
			4-2-2. 디젤, 제트유, 가솔린 연소 품질 향상을 위한 이성질화 촉매 개발 및 양산	3년	■	■	■				
			4-2-3. 최적 반응 조건 도출	2년		■	■				
		4-3. 연속식 업그레이딩 반응 시스템 설계	4-3-1. 수첨처리 및 업그레이딩 공정의 통합 연속식 반응시스템 설계	2년		■	■				
			4-3-2. 최적 반응 조건 도출 및 공정 설계	2년		■	■				
		4-4. 업그레이딩 촉매 및 공정 적용	4-4-1. 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매 와 공정을 적용	4년				■	■	■	■
5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술	500 bpd (준)상용 플랜트 통합공정 시스템 설계 자료 확보	5-1. 최적 통합공정 시뮬레이션 기술	5-1-1. 효율 증대를 위한 공정흐름 전환 연구	2년		■	■				
			5-1-2. 경제성 분석 모델 개발	2년		■	■				
		5-2. 공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술	5-2-1. 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성	2년		■	■				
			5-2-2. 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화	2년		■	■				
		5-3. 운전계획 및 제어로직 개발 등 실용기술	5-3-1. 플랜트 운전 제어 개념 및 방법 개발	2년		■	■				
			5-3-2. 준비/시운전/가동/운전/정지 메뉴얼 개발	2년		■	■				
			5-3-3. 운전 중 이상상황 조기 진단 및 대응	2년		■	■				
			5-3-4. ICT 기반 엔지니어링 기술	2년		■	■				
		5-4. 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전계획 제공	5-4-1. 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전계획 확립	5년			■	■	■	■	■
6. 상용급 플랜트 건설 및 시운전	2000 bpd 상용급 공정 설계 패키지	6-1. 500 bpd 급 플랜트 상세설계	6-1-1. 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study)	2년				■	■		
			6-1-2. 상세구조설계 및 상세시방설계	2년				■	■		
		6-2. 5 &500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전	6-2-1. 실증공정 제어 및 운영 최적화	5년	■	■	■	■	■		
			6-2-2. 현장 시공 및 평가	5년	■	■	■	■	■		
			6-2-3. 시스템 성능시험 및 시운전 운영	7년	■	■	■	■	■	■	■
			6-2-4. 운전데이터 DB화	7년	■	■	■	■	■	■	■
			6-2-5. 운영조건에 따른 고효율 최적운영기술	7년	■	■	■	■	■	■	■
		6-3. 상용플랜트 기본설계자료 확보	6-3-1. 2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보	2년						■	■

2. 성과관리

<성과목표에 따른 성과지표>

과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
[1세부과제] 원료가스 공급 및 전처리 기술	[1단계] 해외 소형 가스전 확보 및 원료가스 정제/공급 유틸리티 설계	1	가스전 사용기간 확보	계약서 등	년	4	0.2	2단계 실증플랜트 운전 기간
		2	원료가스 공급규모	유량계	Nm^3/h	6,500	0.2	2단계 500 bpd 생산량 대응
		3	피독물질 각 농도	Gas Chromatography	ppm	1	0.2	통상적인 가스 전처리 수준
	[2단계] 500 bpd급 실증플랜트에 원료가스 공급	1	원료가스 공급시스템 운전시간	현장실사 및 보고서	시간	8,000	0.6	실증플랜트 운전 목표 시간
[2세부과제] 합성가스 제조용 리포밍 기술	[1단계] 합성가스 제조 반응기 단위 모듈설계 및 접합기술 개발	1	단위 셀 규모	현장실사 및 보고서	plate	2×2	0.1	마이크로채널 리포머
		2	실증용 모듈 반응기 당 합성가스 생산량	유량계	Nm^3/h	300	0.2	1단계 5 bpd 합성원유 생산량 대응
		3	모듈형 반응기 컴팩트화	유량계	Nm^3/bpd	0.05	0.3	마이크로채널 리포머
		4	리포머 내구성	시간	%	2,000	0.2	750도 이상에서 내구성 검증
		5	리포머 효율	현장실사 및 보고서	%	60	0.1	통합공정 에너지효율 50% 대응
	[2단계] 500 bpd급 실증플랜트에 리포밍 패키지 제공 및 운전	1	시스템 규모	유량계	Nm^3/h	26,000	0.3	2단계 500 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	리포머 효율	현장실사 및 보고서	%	60	0.1	통합공정 에너지효율 50% 대응
		3	메탄 전환율 및 H2/CO 비	Gas Chromatography	%	90, 2	0.4	실증용 마이크로채널 리포머, 후속 FT 공정 대응
		4	모듈형 리포머 내구성	현장실사 및 보고서	시간	8,000	0.4	실증플랜트 운전 목표 시간
[3세부과제] 합성연료 제조용 피셔-트롭시 합성 기술	[1단계] 실증용 FT 반응기 단위모듈 설계	1	단위 셀 규모	현장실사 및 보고서	mm	600 ×800	0.2	마이크로채널 FT 합성 반응기
		2	모듈 반응기당 합성연료 생산량	부피측정	bpd	5	0.2	1단계 5 bpd 합성원유 생산량 대응
		3	모듈형 반응기 컴팩트화	부피측정	Nm3/bpd	0.025	0.2	마이크로채널 FT 합성 반응기
		4	CO 전환율 및 C5+ 선택도	Gas Chromatography	%	70, 80	0.2	세계 최고수준 FT 합성 촉매 성능
		5	촉매 양산 기술	현장실사 및 보고서	kg/batch	5	0.2	2단계 500 bpd 공정 설계 대응

과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
[3세부과제] 합성연료 제조용 피셔-트롭시 합성 기술	[2단계]500 bpd급 플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원	1	합성연료 생산량	부피측정	bpd	500	0.2	2단계 500 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	모듈당 생상량	부피측정	bpd	15	0.2	마이크로채널 FT 합성 반응기
		3	CO 전환율 및 C5+ 선택도	Gas Chromatography	%	70, 80	0.2	세계 최고수준 FT 합성 촉매 성능
		4	모듈형 FT 반응기 운전시간	현장실사 및 보고서	시간	8,000	0.4	실증플랜트 운전 목표 시간
[4세부과제] 합성원유 업그레이딩 기술 개발	[1단계] 피셔트롭시 왁스의 합성연료 및 윤활기유로의 업그레이딩 기술 개발	1	업그레이딩 공정 운전 규모	현장실사 및 보고서	bpd	5	0.2	1단계 5 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	왁스전환율	Gas Chromatography	%	80	0.2	통상적인 업그레이딩 촉매 성능
		3	액체연료 선택도	Gas Chromatography	%	80	0.2	통상적인 업그레이딩 촉매 성능
		4	윤활기유 수율	Gas Chromatography	%	70	0.2	통상적인 업그레이딩 촉매 성능
		5	촉매 비활성화 속도	Gas Chromatography	%/month	3	0.2	통상적인 업그레이딩 촉매 성능
	[2단계] 500 bpd급 실증 플랜트에 업그레이딩 촉매 및 공정 적용	1	업그레이딩 공정 운전 규모	현장실사 및 보고서	bpd	500	0.2	2단계 500 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	업그레이딩 공정 운전 시간	현장실사 및 보고서	시간	8,000	0.4	실증플랜트 운전 목표 시간
[5세부과제] 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술	[1단계] 운전계획 및 제어로직 개발	1	공정모사	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	2단계 500 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	설비별 수치모델 라이브러리 확보	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	
		3	운전제어 및 정지 매뉴얼 개발	현장실사 및 보고서	-	-	0.4	
	[2단계] 500 bpd 급 플랜트 운전계획 및 최적 통합공정 시뮬레이션	1	EPC 업체 선정 및 운전계획 확립	현장실사 및 보고서	-	-	0.4	
		2	제어 시뮬레이터개발	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	
		3	제어 정확도	현장실사 및 보고서	%	99	0.3	
[6세부과제] 플랜트 건설 및 운전	[1단계] 5 bpd급 플랜트 건설 및 시운전	1	상세구조설계 및 상세시방설계	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	1단계 5 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	플랜트 건설	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	
		3	공정 제어 및 운영 최적화	현장실사 및 보고서	-	-	0.4	
	[2단계] 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전	1	상세구조설계 및 상세시방설계	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	2단계 500 bpd 합성원유 생산량 대응
		2	플랜트 건설	현장실사 및 보고서	-	-	0.3	
		3	공정 제어 및 운영 최적화	현장실사 및 보고서	-	-	0.4	

(1) [1세부과제] 원료가스 공급 및 전처리 기술

□ 1단계

○ 성과목표

- 해외 소형 가스전 확보
- 대상가스전 물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립
- 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정
- 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계

○ 성과지표

- 가스전 사용 기간 최소 4년 (2단계) 확보 완료
- 1년간 계절별, 날씨별 가스전 조성 분석 데이터베이스 확보
- 원료가스 공급 시스템 기술 선정 및 하기 조건에 알맞은 시스템 설계
  - 원료가스 공급 규모 : 6,500 N㎥/hr
  - N2 농도 < 10%, CO2 농도 <40 %
  - 피독물질 각 농도 : < 1ppm
  - 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h

□ 2단계

○ 성과목표

○ 500 bpd 급 플랜트에 원료가스 공급

○ 성과지표

- 원료 공급 가스 조성 변화 오차 < 3 %
  - 원료가스 공급 규모 : 6,500 N㎥/hr
  - N2 농도 < 10%, CO2 농도 <40 %
  - 피독물질 각 농도 : < 1ppm

- 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h

(2) [2세부과제] 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

□ 1단계

○ 성과목표

- 실증용 합성가스 제조 반응기 단위 모듈 설계 및 접합기술 개발
- 수소 혼소 가능 버너 개발
- 마이크로채널 반응기용 고내열성 개질촉매 및 리포머 개발
- 260 Nm3/h (5 bpd 대응 규모) 급 모듈형 합성가스 제조시스템 기술 개발
- 마이크로채널 반응기용 개질촉매 양산 기술개발

○ 성과지표

- 단위 셀 규모 : 2×2 배열 이상
- 리포머 에너지효율 >60%
- 260 Nm3/hr급 합성가스 제조공정 모사/설계/시스템 제작
- 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m3/(10m3/hr, 1bpd)
- 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≥ 90%, H2/CO=2~2.2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복
- 750도 이상 운전에서 2,000시간 이상
- 단압프레싱, 슬러리몰딩 방식을 이용 1 plate/day 촉매 판 양산

□ 2단계

○ 성과목표

- 실증규모에서 모듈형 합성가스 제조공정 기술 개발
- 500 bpd급 (준)상용 플랜트에 개발된 내코크성 촉매 및 리포밍 패키지를 제작 공급
- 합성가스 비 제어를 통해 후단의 FT 반응기에 연속적으로 공급

○ 성과지표

- 반응시스템 규모 : 26,000 Nm3/hr (FT 500 bpd 대응)
- Single 모듈 크기 : >1,000 m3/hr (FT 20bpd 대응)
- 모듈형 실증플랜트 운전 시간 : 8,000hr
- 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m3/(10m3/hr, 1bpd)
- 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≧ 90%, H2/CO=2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복
- 상업용 모듈형 합성가스제조 시스템 설계 : >100,000 Nm3/hr (2000 bpd 대응)

(3) [3세부과제] 합성연료 제조용 피셔-트롭시 합성 기술 개발

□ 1단계

○ 성과목표

- 실증용 F-T 반응기 단위모듈 설계기술 개발
- 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발
- 5 bpd급 모듈형 F-T 반응공정 시스템 기술 개발
- 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발

○ 성과지표

- 단위 셀 규모 : 600 x 800 이상
- 실증용 모듈 반응기 크기 5bpd
- 제조공정 모사/설계/시스템 제작
- 모듈형 반응기 컴팩트화 < 0.025 m3/bpd
- 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 함침방식을 이용 batch 당 5 kg 이상 촉매 양산

□ 2단계

○ 성과목표

- 실증규모에서 모듈형 F-T 반응공정 기술 개발
- 대면적화된 단위셀을 쌓아올려 (stacking) numbering up 및 병렬화하여 500 bpd급 플랜트에 적용
- 500 bpd급 플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원

○ 성과지표

- 반응시스템 규모 : 500bpd
- Single F-T 반응모듈 크기 : >15bpd
- 모듈형 F-T 실증플랜트 운전 시간 (2단계 500 bpd) : 8,000h
- 모듈형 F-T 반응기 컴팩트화 : 0.025 m3/bpd
- F-T 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d
- 상업용 모듈형 F-T 반응공정 시스템 설계 : >2,000bpd

(4) [4세부과제] 합성원유 업그레이딩 기술 개발

□ 1단계

○ 성과목표

- 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료(납사, 등유, 경유)로의 업그레이딩 기술 개발
- 피셔-트롭쉬 왁스의 윤활기유로의 업그레이딩 기술 개발

○ 성과지표

- 업그레이딩 공정 운전 규모 5bpd
- 합성연료로의 전환 촉매 성능 :
  - 왁스 전환율 ≧ 80%, C5+선택성 ≧ 80%
  - C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80%

- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month

- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능

- 왁스 전환율 ≧ 80%
- 윤활기유 수율 ≧ 70%,
- 윤활기유 점도지수 ≧ 135,
- 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 5 종류,
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 1%/month

□ 2단계

○ 성과목표

- 업그레이딩 촉매 및 공정 적용

- 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용

○ 성과지표

- 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료 및 합성윤활기유로의 전환을 위한 기술 개발

- 합성연료로의 전환 촉매 성능 :

- 왁스 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%
- C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80%
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month

- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능

- 왁스 전환율 ≧ 70%
- 윤활기유 수율 ≧ 80%,
- 윤활기유 점도지수 ≧ 135,
- 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 3 종류,
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month

- 촉매 양산 규모 : >10kg/d

(5) [5세부과제] 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술

□ 1단계

○ 성과목표

- 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 설계
- 공정 패키지 확보기술 및 기본설계
- 운전 계획 및 제어 로직 개발: 가동 전 제어 기술 개발

○ 성과지표

- 최적 통합공정 시뮬레이션 사용 시나리오 및 요구사항 정의
- Recycle을 통한 수율과 선택도 증가를 위한 공정모사
- 마이크로 GTL 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 확보
- FEED 프레임워크 개발을 위한 참조(Reference) FEED 패키지 확보 및 분석
- 장치/ 계기/ 배관선정 시 물질, 압력, 온도, 안전을 고려한 최적의 Type 및 사이즈 결정
- BEDD, PFD, Mass/Heat Balance, P&ID, 장치/ 계기 Schedule
- 플랜트 운전 제어 개념 및 제어 방법 개발 (Process Control Description)
- 사전 준비(Pre-Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동 전 시운전(Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동(Start-up) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 운전(Normal Operation) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 정지(Normal Shutdown) 및 재가동(Restart) 절차 및 매뉴얼 개발

□ 2단계

○ 성과목표

- 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전 계획 제공
- 500 bpd급 플랜트운전 계획 및 제어 로직 개발: 비상정지 가동 후 제어 기술 개발

- 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 개발 및 통합

○ 성과지표

- 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전 계획 확립
- 비상정지(Emergency Shutdown) 시나리오 도출
- 마이크로 GTL 플랜트 제어를 위한 제어 시뮬레이터 개발
- 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 작동유체 물성치 DB 개발
- 제어 정확도: >99%

(5) [6세부과제] 상용플랜트 건설 및 운전

□ 1단계

○ 성과목표

- 5 bpd급 플랜트 상세설계
- 5 bpd급 플랜트 건설 및 운전
- 2단계 실증 플랜트 기본설계자료 확보

○ 성과지표

- 공정안정성 및 운전성 검토
- 5 bpd 상세구조설계 및 상세시방설계
- 5 bpd급 플랜트 건설
- 5 bpd 실증공정 제어 및 운영 최적화
- 5 bpd 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
- 500 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보

□ 2단계

○ 성과목표

- 500 bpd급 플랜트 상세설계

- 500 bpd급 플랜트 건설 및 운전

- 2000 bpd 급 상용플랜트 기본설계자료 확보

○ 성과지표

- 실증플랜트 용량 500 bpd

- 운전시간 > 8,000 h

- 건설비용 < $180,000

- 에너지효율 > 50 %

- 탄소효율 > 60 %

8절 산업생태계 분석

1. 국내 O&G 및 정유 플랜트 가치사슬 분석

□ GTL을 포함한 Oil&Gas(O&G) 및 정유 플랜트 산업의 가치사슬 구조는 '자원 개발' → '플랜트 설비 및 촉매 공급' →플랜트 엔지니어링 및 건설 '→ '운영 및 판매' 로 구성됨

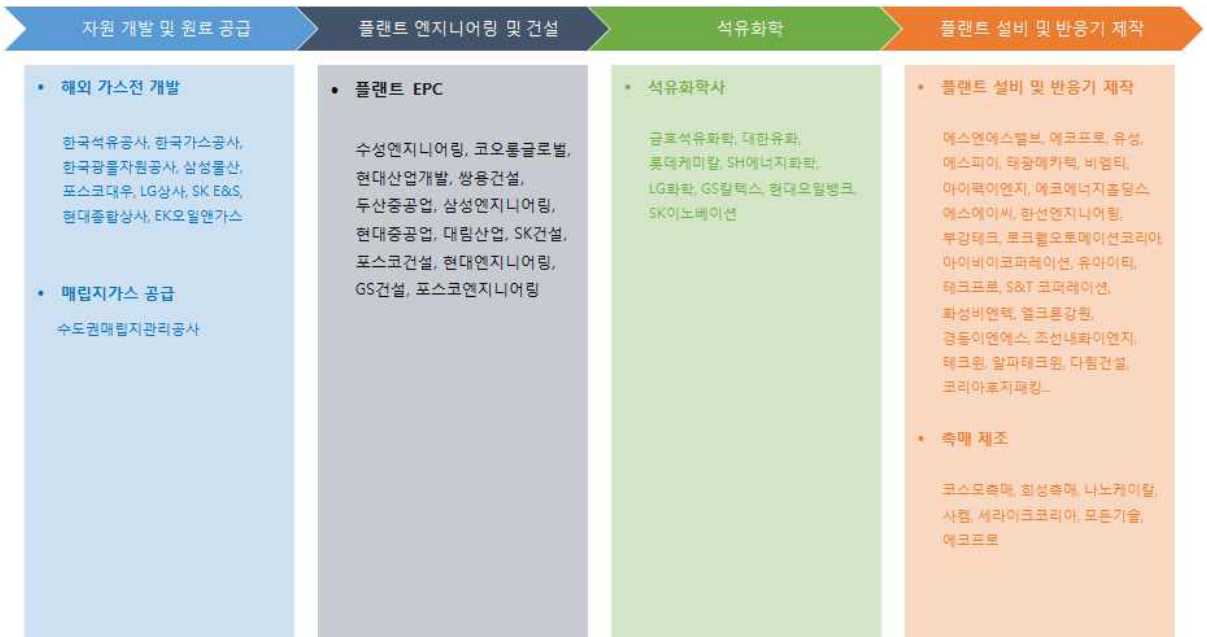
○ 자원 개발 단계에서는 자원 확보·개발을 목적으로 하는 공기업 및 국내 대규모 종합상사들이 해외 유전 탐사 및 확보 등을 수행함

○ 플랜트 설비 및 촉매 공급 단계에서는 국내의 엔지니어링 업체들이 플랜트 설비, 반응기, 촉매 등을 제조함

○ 플랜트 엔지니어링 및 건설 단계에서는 설계·자재조달·시공(EPC)의 전과정 수주가 가능한 대규모 시공 업체들이 자원 개발을 수행하는 공기업 및 종합상사와 컨소시엄을 이루어 플랜트 프로젝트 수주를 수행함

- 수주가 성공할 경우, EPC 업체들은 국내의 엔지니어링 업체들로부터 반응기, 촉매 등 주요 설비를 납품받아 현지에서 시공함

○ 최종적으로 완공된 플랜트의 운영 및 생산된 에너지의 판매는 국내외 다수의 플랜트 운영 실적을 보유한 석유화학사가 담당함



[그림 107] 수요기업 가치 사슬 (Value chain)

○ 동 사업의 목표 달성을 위해서는 자원개발사, 플랜트 설비 및 촉매 공급,

플랜트 엔지니어링 및 건설, 최종 제품에 대한 운영 및 판매 기업이 유기적으로 연결되어야 하며, 파급 효과 또한 클 것으로 예상됨

<표 65> 동 사업 관련 산업생태계 업종별 기업

업종	기업	비고
자원개발 및 원료 공급	한국석유공사	해외자원개발
	한국가스공사	
	한국광물자원공사	
	삼성물산	
	포스코대우	
	LG상사	
	SK E&S	
	현대종합상사	
	EK오일앤가스	
	수도권매립지관리공사	매립지가스 공급
플랜트엔지니어링 및 건설사 (EPC)	수성엔지니어링	Engineering
	포스코엔지니어링	
	삼성엔지니어링	
	현대엔지니어링	
	코오롱글로벌	Procurement
	현대산업개발	
	현대중공업	Procurement/Construction
	대림산업	
	SK건설	
	포스코건설	
	쌍용건설	
	GS건설	
	두산중공업	
석유화학사	금호석유화학	-
	대한유화	
	롯데케미칼	
	SH에너지화학	
	LG화학	
	GS칼텍스	
	현대오일뱅크	
	SK이노베이션	
플랜트 설비 및 반응기 제작	에스엔에스밸브	벨브, 피팅
	에코프로	플랜트 설계
	유성	자원재활용 플랜트, 탈황 등 전처리시설
	에스피이	플랜트설계, 스마트플랜트 P&ID
	태광메카텍	저장탱크, 파이핑
	비엠티	피팅, 밸브, 전장
	아이펙이엔지	화공플랜트, 가압 배슬, 열교환기, 타워 등 설비
	에코에너지홀딩스	매립지 및 유기성 폐기 처리 시설
	에스에이씨	퍼니스
	한선엔지니어링	피팅, 밸브, FEED
	부강테크	멤브레인, 플로어
	로크웰오토메이션코리아	제어, 자동화, 센서

업종	기업	비고
	아이비이코퍼레이션	O&M, 감독, feasibility 시험
	유아이티	오일, 가스 탐사, 공정 디자인, 파이핑 등
	테크프로	전장, 제어
	S&T 코퍼레이션	열교환기, 복수기, 배열회수 보일러
	화성비엔텍	보일러, 스팀 어큐뮬레이터
	엘크론강원	보일러, 화공설비
	경동이엔에스	배관, 기계설비
	조선내화이엔지	플랜트 설계, 시운전
	테크윈	플랜트 설계 및 시공
	알파테크윈	플랜트설비, 건설, 유지보수
	다림건설	배관, 기계
	코리아후지패킹	가스켓
	지이큐솔루션	폐열회수보일러
	유니슨이테크	배관지지물 설계 및 제조
	우양에이치씨	반응기, 컬럼, 타워, 열교환기
	에스씨티	오일, 가스 플랜트 유틸리티
	한모기술	플랜트 설계, 제작, 시운전
	우암코퍼레이션	설계, 시공, 감리
	KC코트렐	탈황설비
	대해기술	설계, 감리
	오션어스	오프쇼어 엔지니어링, O&M
	에너지엔	열교환기, 반응기, 쿨러, 콘덴서
	에스씨엔지니어링	플랫폼엔지니어링
	무진기연	열교환기, 펌프, 탱크, 배슬
	광신기계공업	콤프레서, 압축기, 펌프
	비에이치아이	보일러, 열교환기, 콘덴서
	피케이벨브	벨브
	디에이치엠	블로어, 펌프
	대양전기공업	센서
	한국에스지에스	검사, 감사, 교정
	성도이엔지	플랜트 건설
	삼진JMC	밸브
	동양엔지니어링	열교환기, 냉각설비
	코스모촉매	촉매 제조
	희성촉매	
	나노케미칼	
	사켐	
	세라이크코리아	
	모든기술	
	에코프로	

2. 국내 플랜트기업의 산업생태계 현황

□ 플랜트 분야의 기술개발은 기초연구보다는 기존 기술을 응용 또는 융합하는 방향으로 진행되며, 선진국에서는 주로 산업생태계를 중심으로 기술 개발이 이루어짐

○ 중국 등 기술 후발국의 경우, 정부 주도 및 지원을 통한 기술개발 사례가 많으며, 특히 테스트베드를 통한 실증, Track Record 기회 제공 등 간접적 지원비중이 높음

○ 선진 메이저 기업들은 FEED 및 PMC 역량을 바탕으로 단순 EPC는 한국 등 후발 주자에게 넘기고, 플랜트 가치사슬 중 부가가치가 높은 영역에 집중하는 추세임

□ 국내 기업의 경우 시공 중심의 산업생태계가 형성되어 가치사슬(Value Chain) 상세설계 및 시공관련으로는 우수한 기술력을 보유하고 있으나, 원천기술, 기본설계, 핵심기자재 등에서는 상대적으로 미흡한 상황[50)]

○ 선진 경쟁사와 차별되는 핵심기술력 미비로 한국기업 간 과다경쟁과 저가수주가 발생하고 있음

○ 국내 기업들의 경우, 선진 경쟁사가 주목하고 있는 프로젝트의 기획, 라이선스 및 FEED, 총괄관리(PMC) 등 고부가가치 영역의 역량이 취약한 상황

□ 설계 전문 엔지니어링사와 핵심기자재 전문기업의 부족·미비 등 산업생태계가 취약한 편임

○ 프로젝트 총 비용의 60%를 차지하는 기자재 측면에서도, 국산 기자재의 적용률은 40%에 불과하여 국내 기업의 기술개발이 요구되는 상황

3. 국내 기업의 매출액 및 수익 현황

□ '17년 현재 국내의 플랜트 EPC 업체들은 수주 실적은 중동발 정유 플랜트 발주량의 증가로 인해 호전될 것으로 예측됨[51)]

○ 한국·일본의 EPC 업체들은 대부분 Oil & Gas, 정유·화공에 집중한 사업구조를 갖고 있으며, 이로 인해 유가 부진에 따른 O&G·정유 플랜트 발주 감소에 많은 영향을 받음

- 국내 기업의 해외 플랜트 수주액은 '09년 644억불로 정점에 도달한 이후, '16년에 174억불로 10년 만에 최저치를 기록하였으며, 이는 글로벌 금융위기 등 세계 정세 변화로 인한 중동 지역의 프로젝트 발주가 지속적으로 연기된 것에 기인함

○ 중동발 수주량 증가로 인해 수주 잔고 및 실적 개선이 이뤄질 것으로 예상되지만, 유럽 EPC 업체들의 육상 플랜트 시장 진출이 가속화되고 있어 글로

50) 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 : 플랜트엔지니어링, 중소기업청·중소기업기술정보진흥원 외, 2017
51) 1H17 플랜트 산업 : 중동發 정유 발주 재개, 2017.02.21., 유진투자증권

벌 수주 경쟁이 격화될 것으로 예상됨

- '16년 말 현재, 국내 주요 EPC 업체들의 수주잔고는 대체로 2~4년 수준이며, 유럽 EPC 업체들의 경우 상대적으로 견고하나, 해양플랜트의 지속적인 수주 감소로 인해 수주잔고가 충분하지 않은 상황

○ '16년 국내 EPC 업체 中, 두산중공업의 수주 실적이 가장 높은 것으로 분석되었으며, 대우건설, 대림건설 등의 순으로 수주액이 많은 것으로 나타남

〈표 66〉 2016년 국내 EPC 업체 해외 플랜트 수주 현황(자료 : 해외건설협회)

업체	수주액
두산중공업	53.8
대우건설	27.0
대림산업	23.3
현대건설	23.2
현대엔지니어링	19.6
포스코건설	7.2
GS건설	5.7
한화건설	4.0
삼성엔지니어링	2.9
롯데건설	2.7
삼성물산	2.1
E-TECH	1.5
도화엔지니어링	0.9
현대중공업	0.0
삼성중공업	0.0
SK건설	0.0
대우조선	0.0
총계	**173.8**

□ 국내 EPC 업체들은 '17년의 목표 매출액 및 수주실적이 전년대비 증가할 것으로 예상하고 있음

○ 현대건설의 경우 해외 유가 안정화로 인한 발주 증가의 기대 및 '16년 하반기의 수주 실적으로 인해 '17년의 매출액 및 신규수주는 전년대비 각각 10.2%, 14.6% 증가할 것으로 예상됨

○ GS건설의 경우 동기 대비 '17년 1분기의 매출액이 12.0% 증가할 것으로 예측하였으나, 이는 플랜트 수주가 아닌 국내 주택 시장에서의 실적 확보에

따른 것으로 판단됨

- 동 사의 경우 '16년도 해외 플랜트 사업장의 부실이 '17년도 실적에도 일부 반영될 것으로 예상됨

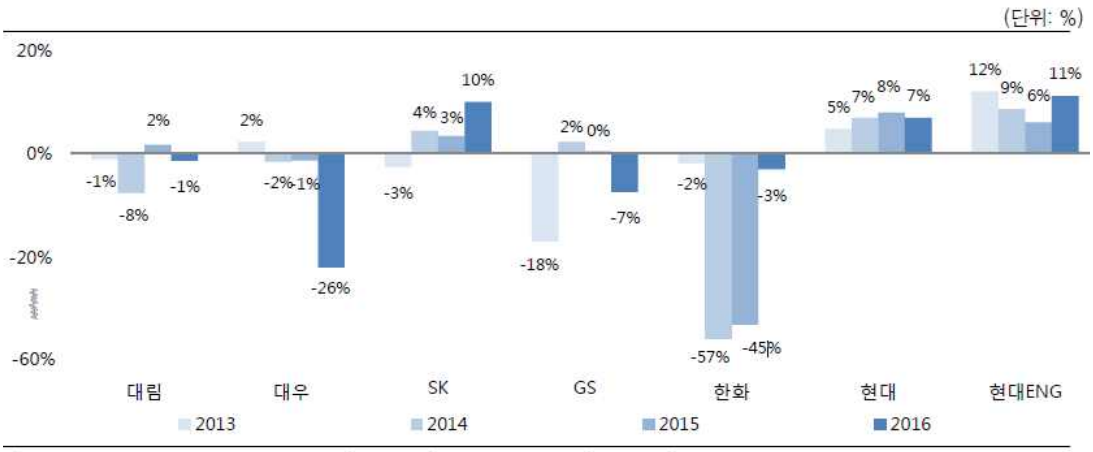
□ 최근 4년('13~'15) 간 국내 주요 7대 EPC 업체의 플랜트 부문 해외 공사 수익성 비교 결과, 현대·현대엔지니어링·SK 3사는 현안 프로젝트에 대한 부담 및 미청구공사로부터의 손실 위험이 적은 것으로 나타남[52)]

○ GS건설 및 대림산업은 손실 플랜트 현장의 준공 이후 수익성 개선의 폭이 클 것으로 전망됨

○ 대우건설의 경우 손실 현장의 준공 이후에도 수익성 개선의 폭이 크지 않을 것으로 전망됨

○ 현대건설 및 SK건설의 경우 손실 현장의 부담 자체가 크지 않아 수익성 부담이 완화될 것으로 전망됨

○ 한화건설의 경우 타 사업부문의 실적 보완을 고려해야 할 것으로 전망됨



[그림 108] `13~`16년 기업별 플랜트 부문 해외 공사 수익성 비교(자료 : 2017년 건설업계 리스크 요인 점검 II : 해외부문, 한국신용평가, 2017.5

52) 2017년 건설업계 리스크 요인 점검 II : 해외부문, 한국신용평가, 2017.5

9절 연구과정상 위험요소 및 대응방안

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술

□ 1단계에서는 기존 가스 전처리 기술에 대한 평가를 마이크로 GTL 플랜트에 적합한 수준해서 진행한 후, 기술을 선정할 계획

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

□ 접합과정에서 유로가 함몰되는 등의 외형변화, 촉매의 활성저하가 발생될 수 있으며, 이에 대한 억제가 관건임

3. 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

□ 국내외 전문가 초청을 통하여 기술 토론 및 문제점 보완 등에 대한 중간 점검을 주기적으로 수행하여 본 과제의 성공을 위한 다양한 분야의 접목을 시도하고자 함

4. 합성원유 업그레이딩 기술 개발

□ 생산된 합성연료 및 합성윤활기유가 제품으로써 적절한 물성을 가지는 지에 대한 비교 검토를 실시할 예정이며, 물성 개선이 필요할 경우 이에 대한 연구도 실시할 예정임

○ 재료 합성(신규 촉매 개발 및 세라믹 재료 합성 등) 전문가 및 연료/윤활기유 전문가와 상호 협력을 통하여 기술 개발을 수행할 예정임

5. 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술

□ 동 기술의 경우 신기술이므로 아직 검증이 이뤄지지 않은 기술인만큼, 공신력을 가진 협회 및 평가원 등을 통해 인증을 받고자 함

○ 금융권에서는 동 기술을 High Risk 기술로 간주할 것으로 예상되므로, 객관적인 검증이 요구됨

6. 500 BPD 급 (준)상용플랜트 건설 및 시운전

□ 경제성 개선 및 사업 Risk 저감을 위해서 가스전 매입가격의 최소화 및 가스전에 대한 여러 옵션을 고려하고자 함

○ 동 사업의 성패는 실증 테스트베드 가스전을 어떻게 확보하는지가 관건이므로, 사업의 Risk를 저감시키기 위해서 다른 가스전 옵션을 충분히 고려할 계획

○ F-T 플랜트의 비용이 높더라도 가스전 매입가격 및 가채량이 충분하다면 경제성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 예상됨

10절 성과활용 및 사업화전략

□ 테스트베드 시운전 이후의 활용 방안

○ 단계별 테스트베드 규모에 따라 향후 활용 방안을 이원화시킬 필요가 있음

- 1단계 5 bpd 규모의 국내 테스트베드의 경우, 제품 원가가 높아 이에 대한 경제성이 확보되지 않는 것이 자명함

  • 따라서 지속적인 운영을 통해 제품을 판매하는 것 보다는, 가스 액화 관련 산업의 기술력 제고를 위한 테스트베드로써의 역할을 지속시키는 것이 바람직함

  • 촉매 및 반응기 타입, 운전 성능을 가능한 유동적으로 변화시켜가며 보다 큰 규모의 공정을 안정적으로 건설하고 운전하기 위한 데이터를 축적하는 용도로 활용하는 방안을 검토

- 2단계 500 bpd 규모의 해외 테스트베드의 경우, 자체 예비 분석 결과 국제유가가 약 $50 이상, 윤활기유 가격이 $60 이상이면 경제성이 있다고 예측됨

  • 국제유가가 경제성 확보 조건에 맞는 상황 아래에서는 해당 가스전의 수명이 다할 때 까지 계속적인 운영이 가능함

  • 500 bpd 규모는 준상용급 플랜트로, 8,000 시간 이상의 트랙레코드 확보 시 비슷한 중소규모 가스전으로 쌍둥이 플랜트 형식으로 확산 및 보급을 염두하고 계속적인 사업을 진행할 필요가 있음

□ 해외시장 진출 계획과 관련 재원 조달 방법에 대한 준비가 필요함

○ 국내기술을 통한 패키지기술 개발 자체는 문제가 없지만, 개발된 기술이 상업적으로 성공하려면 재원조달이 중요함

- 성능 보장 방법 등 금융권에서 객관적으로 받아들일 수 있는 조건 검토가 필요함

○ 마이크로 GTL 기술은 기존에 상용화되어 입증된 기술과 달리 새로 개발되는 기술로, 금융권 입장에서는 high-risk에 대한 부담으로 작용할 수 있음

- 따라서 기술에 대한 검증, 개발한 기술자가 라이센서의 역할을 해줘야 하며, 외부 제 3의 인증기관에서 검증받을 수 있는 제도 마련이 필요함

- 국내 주요 플랜트 엔지니어링 관련 기업들이 보증을 해주면 문제가 없지만 중소기업은 보증평가에 부담이 있음

- 개발된 기술은 현재 보험으로 보호가 불가능하니 국가기관에서 인증이 필요함. 기술이 완성된 단계에서 기술표준원 등 타기관에 의뢰 가능

○ 민관합동투자 프로그램을 적용하는 방법이 있음

□ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적 문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 향상시킬 계획임

□ 국내외 수소스테이션 보급 사업에도 동 기술의 주도적인 역할이 기대되므로 동 사업에는 GTL 업체를 포함한 수소관련 업체도 동시에 참여토록 하여 연구결과의 실용화가 신속하게 진행될 수 있도록 할 계획임

□ 마이크로 GTL 플랜트용 F-T 반응 시스템 기술에서 핵심기술인 모듈형 반응기를 제작하는 중소기업과 대기업이 컨소시움을 구성하여, 중소기업이 주도적으로 참여할 수 있는 기회를 제공 가능함

○ 학계에서는 반응기 개발을 위한 수치모사, 공정개발을 위한 공정모사 및 차세대 적용 가능한 신촉매개발 등을 수행하여 모듈형 GTL 기술개발을 위해 산학연 협력 체계를 이루는 것이 필요함

□ 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나, 컨소시엄 형태로 간접 참여하는 등 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용이 가능함

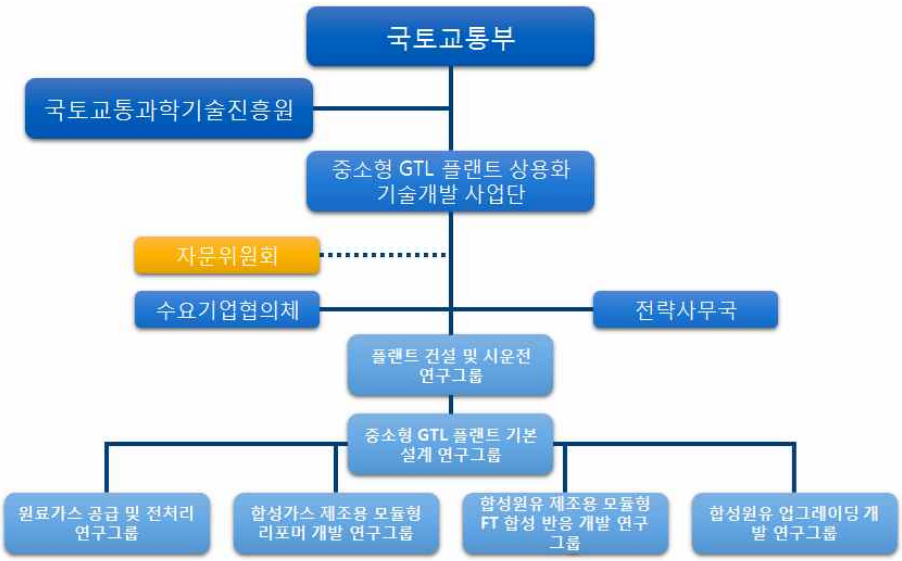
○ 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 컨소시엄을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음

□ 현재 국산화율이 미미한 정유공정용 촉매 개발과도 연관성이 높아, 동 기술을 활용할 수 있음

○ 이 외의 성과활용 방안으로는 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조 등이 있음

11절 사업추진체계 및 사업관리체계

1. 사업추진체계



〈그림 109〉 사업 추진체계

2. 사업관리체계

□ 사업단 목적과 기능

○ 사업단의 목적은 고효율 중소형 GTL 플랜트 기술개발 사업의 목표인 핵심요소기술을 개발하고 통합 실증 플랜트를 운영하여 track record를 세우는 것을 효율적으로 추진하기 위함에 있음

- 사업단의 기능으로는 사업의 연도별 추진계획 및 예산배분안 수립과 같은 전반적인 전략수립부터 사업에 속하는 핵심, 세부과제의 기획, 공고, 선정, 협약, 평가, 진도 관리 등 연구개발 전주기에 관한 사항을 조율하여 총괄함

- 또한 사업목표 달성에 필요한 규제 및 제도 개선을 담당하여 조기 실증 목표를 실현하기 위한 지원을 한다. 특히 조기 실증 시 요구되는 부생가스 발생원 제공 사이트, 플랜트 부지, 안전성 등을 원활히 확보하기 위하여 정부부처, 산업체, 지자체 등과 긴밀히 협조하여 조기 실증 목표를 지원함

- 연구개발 성과의 관리·보급·확산을 위한 전략을 수립하여 조기 실증 후

상용화 사업추진을 기획함

- 사업의 효율적인 추진을 위하여 각 핵심과제 및 세부과제에서 발생하는 문제점과 니즈를 수렴하고 해결방안을 제시함

□ 사업단 구조

○ 사업단 구성 및 구조

- 사업단 구조는 원칙적으로 GTL 플랜트 상용화 기술개발을 효율적으로 적시에 개발하고, 내외부의 유기적인 협력을 확보하는 방향으로 체계를 구축하는데 있으며 사업단의 설치는 국토교통부 R&D 운영관리규정에 따라 사업단장이 소속한 기관 내에 설치하는 것을 원으로 함

- 구체적인 사업단 구조는 사업단장, 자문위원회, 전략사무국, 수요기업협의체로 구성되며 각 세부과제 연구 개발팀이 포함되어 구성됨

○ 사업단장

- 사업단의 임무와 목표를 달성하기 위해 사업단 운영, 행정, 정책적인 관리 및 조합조정으로 사업단을 총괄 운영하며 각 세부사업의 coordinator 역할을 수행함

- 세부사업의 총괄 주관 및 연차·단계별 자체평가를 주관하여 평가결과에 따른 과제조정(탈락, 예산조정 등)을 실시하도록 함

- 세부사업 관련 국내·외 기술 및 산업동향 분석을 통해 필요한 전략을 수립하고 과제수행에 반영하며 세부사업별 진행과정 및 연구 결과를 검토하여 이를 주관부처와 협의함

- 세부사업에서 도출되는 연구결과물에 대한 보완, 운영 및 활용 등에 대한 책임을 지고, 지적재산권 확보 및 전략을 수립하고 관련 정보를 관리하며 이외에, 사업단의 최종목표 달성에 필요한 사업단 운영 관리의 제반활동을 주관함

- 사업 추진 시 효율적 운영, 과제선정 및 연구생산성 제고, 연구결과의 활용 등에 대해서 객관성과 적합성을 확보하기 위해 자문위원회, 전략사무국과 심의·조정함

○ 자문위원회

- 사업내용을 객관적으로 판단할 수 있는 외부전문가를 위원장으로 영입하고 GTL 플랜트 관련 산학연전문가 7명 내외로 구성함

- 사업의 방향설정, 세부과제 평가 등 사업관리를 사업단장을 보좌하며 진행하며, 국내외 기관 및 기업과의 협력을 유도하는 업무를 담당함

○ 참여기업협의체

- 자원개발, 플랜트 설비, 건설, 석유화학 사 등 벨류체인에 제시된 중소형 GTL 기술 관련 전반적 기업들로 구성됨

- 각 세부과제 및 사업단에서 도출된 연구결과를 상호연계 및 활용하도록 한다.

- 사업단 성과의 극대화를 위한 활용성 제고 등에 함께 관여함

○ 전략사무국

- 전략 사무국은 사업단 운영, 사업기획 및 관리 및 연구관리 등의 사업단 관련 사업관리 지원 기능을 담당함

- 사업단장 업무를 지원하며 단계별 진행 시 발생하는 사업단 내·외 필요 업무를 파악하고 지원함

- 사업 결과물에 대한 IP 및 사업화 전략을 수립하고 규제·제도 등의 정책 발굴, 산업체와의 기술협력을 추진함

□ 관리 및 평가시스템

○ 평가 기본 방향

- 엄격한 평가전략을 통하여 정부 연구비 투입에 대한 책임성을 확보하고 우수 연구성과를 조기에 달성할 수 있게 함

- 상대적으로 부족한 진행단계의 면밀한 평가가 이루어질 수 있도록 실시간 모니터링을 기반으로 함

- 평가실명제 및 공개평가를 도입하여 평가의 투명성을 확보함

- 연구 책임자가 제시한 마일스톤에 입각한 마일스톤 목표 달성도에 대한 평가를 실시함

○ 평가 방법 및 운영

- 일정 기간마다 단계별 평가에 의해 계속 지원 여부를 결정함

- 핵심과제 간 평가를 통해 핵심과제 연구비를 조정함

- 핵심과제 내 세부과제 간 평가를 통해 세부과제 간 연구비 조정 및 계속 지원 여부를 결정함

- 중도탈락의 엄격한 적용을 통해 과제 간 경쟁을 촉진함

- 기존 사업과의 차별성 확보를 위해 실시간 점검 및 모니터링 등 새로운 평가 방법을 도입함

- 단계 평가에 기초한 상시 평가 시스템을 통해 연구개발의 진행에 따라 평가 및 후속조치가 즉각적으로 이루어질 수 있는 평가를 실시함(go/no go 의사결정시점 신속화)

○ 선정 및 평가위원 구성

- 해당 분야 전문가로써 기술적 검토 및 조정이 가능한 기술전문가로 구성

- 선정 평가를 위한 평가위원은 관련 분야 대학의 조교수급 이상의 교수로 재직중인 사람, 관련 분야 박사학위를 취득한 후 그 분야에서 3년 이상의 연구나 실무 경험이 있는 사람, 관련 분야에서 10년 이상 연구나 실무 경험이 있는 사람, 관련 분야 단체나 정부투자기관의 과장급 이상 임직원, 해당 업무와 관련된 5급 이상 공무원으로 구성된 전문가명부 등에서 구성하되, 5인 이상 13인 이내로 구성함

□ 평가단계

○ 선정평가

- 핵심과제 및 세부과제는 사무국이 사전 계획서(RFP)를 기획하여 공모 및 접수

- 외부전문가로 구성된 선정평가위원회에서 서면, 발표, 현장 평가를 거쳐 사전 검토 및 선정

- 선정평가위원회의 선정 결과를 운영위원회에서 최종 심의하며, 사무국에서 최종 확정된 결과를 공고함

- 평가점수는 평가에 참석한 위원별 점수 중 최고점수 및 최저점수를 제외한 점수의 산술평균점수를 계산하여 종합점수를 취합하고, 각 위원별 평가의견과 해당 과제의 종합의견을 모두 작성토록 함

○ 핵심과제 및 세부과제 진도관리 및 단계 평가

- 사업별 매년 수립하는 추진계획에 따라 분기별 진도관리를 추진함

- 중간 진도보고서를 요청하거나 현장점검을 추진하며, 그 내용을 성과평가에 반영

- 평가를 위한 성과지표는 연구개발 수행을 통해 도출될 수 있는 성과를 정성 혹은 정량적으로 설정할 수 있음

- 사업단은 개별 R&D프로젝트에 대한 진도관리를 실시하는데, 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각한 마일스톤 목표달성도에 대한 평가를 실시

- 연구책임자가 제시한 마일스톤 목표의 달성여부에 대한 확인 및 평가를 실시하고 프로젝트의 Go/no go을 결정

- 마일스톤 평가 (연차실적보고서 평가단계에 해당)에서 평가를 통하여 연구내용 및 연구비를 조정

- 운영위원회의 주관 하에 단계평가를 실시하고 필요시에는 별도의 TFT 구성이 가능

- 성과가 부진한 프로젝트에 대해서는 과감히 중단을 결정할 수 있도록 중간평가에서 세부 프로젝트별 성과를 조사·분석하고 평가

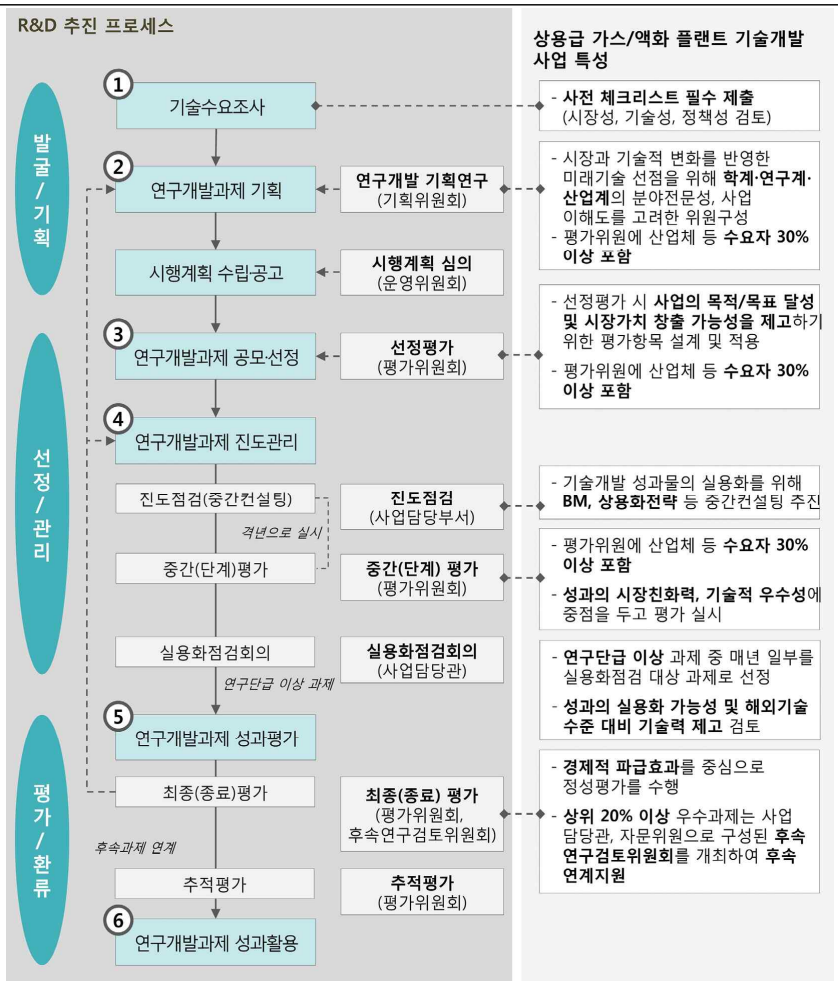
- 운영위원회는 단계평가를 실시하고, 단계평가 결과를 사업단에 피드백하여 사업단 운영(예산배분 등)에 반영할 수 있도록 함

- 평가결과에 따라서

  • 일정점수 이하의 경우 지원을 중단함

  • 연구 성과가 미흡하거나 대내외 기술환경·시장·정책의 변화 등으로 인해 연구개발을 계속 진행하는 것이 불필요한 과제의 경우 지원중단 또는 차년도 계획·연구비 조정, 연구책임자 교체 등 과제조정을 함

  • 삭감연구비는 연구성과가 우수한 과제에 추가 지원하는 등 평가결과를 적극 반영



[그림 110] R&D 추진 프로세스

제4장 사전타당성 검토

1절 논리모형

〈표 67〉 동 사업 논리모형

1. 이슈/문제

- 미래 석유/가스 가격 변동전망, 전세계에 고르게 퍼져있는 한계가스전, 동반가스 소각 규제 추진 등의 환경변화 여건을 고려할 때, 마이크로 GTL플랜트 시장은 지속성장이 전망되는 유망시장
- 마이크로 GTL플랜트 시장은 소수의 기업만이 기술을 보유하고 있으며, 상용화급 플랜트 시범적용 단계에 있는 미개척 시장
- 모듈형 리포머/F-T합성 반응기, 업그레이딩 기술은 미흡
- 개별 요소기술을 통합한 마이크로 GTL플랜트 설계 및 운전경험은 부재
- 마이크로 GTL플랜트 실증 및 운영 실적 부재로 해외시장 진출 어려움

2. 목표

- 사업목표는 해외진출 실적확보가 가능한 500BPD규모의 고효율 마이크로 GTL플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영
  - 500BPD규모
  - 8,000시간 이상의 운전시간 확보
  - 시장에서 가격경쟁력을 확보할 수 있는 18만$/BPD 수준의 건설기술 확보
  - 선도기업 대비 우수한 효율 달성(에너지 효율성 50% 이상, 탄소 효율성 60% 이상)

3. 수혜자

- 마이크로 플랜트 사업 수주 및 기본설계/시공/설치를 수행하는 EPC
- 각 공정별로 사용되는 기자재 기업

4. 투입

- 연구인력 634명
- 테스트베드 구축비용 포함한 총 사업비 913.8억원

5. 활동

- 5BPD급 마이크로 GTL 핵심 요소기술 개발
- 500BPD급 해외 실증플랜트 건설 및 운영

6. 산출

- 5BPD급 마이크로 GTL핵심 요소기술
- 500 BPD급 해외 실증플랜트 및 운영실적

7. 성과/영향

- 해외 10,000 BPD급 모듈형 GTL플랜트 시장경쟁력/기술경쟁력 확보
- 해외 플랜트시장 매출발생

8. 가정

- 현재의 유가와 가스가격 비율이 유지되어 마이크로 GTL플랜트 시장이 본격적으로 개화
- 개발완료 시점에서 개발기술 수준은 경쟁기관의 기술력과 동등 또는 우위

2절 정책적 타당성

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

□ 상위계획과의 부합성은 국가계획에 제시된 추진전략 및 중점추진과제의 내용과 분석대상 사업의 내용과 비교 분석하는 방식을 적용함

□ 과학기술분야 최상위 계획인 제3차 과학기술기본계획을 필수계획으로, 이 사업의 내용과 관련이 있는 것으로 판단되는 중장기계획을 선택군 계획으로 분류하여 분석결과에 반영함

○ 선택군 계획으로 ‘국토교통 R&D중장기 전략’, ‘제2차 에너지 기본계획’, ‘제3차 에너지기술개발계획’, ‘제5차 해외자원개발 기본계획’, ‘그린에너지 전략 로드맵’, ‘기후변화대응기술 확보 로드맵’에 대한 검토를 진행함

□ 필수계획과 선택군 계획의 각 부합성 조사내용을 종합한 결과, 상위계획과의 부합성은 대체로 적절한 것으로 분석됨

〈표 68〉 상위계획과의 부합성 최종 평가

필수계획 / 선택군계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	**대체로 적절**	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

〈표 69〉 상위계획별 부합성 평가

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
최상위 계획	**제3차 과학기술기본계획**		○	
선택군 계획	**국토교통 R&D중장기 전략**			○
	제2차 에너지 기본계획		○	
	제3차 에너지기술개발계획			○
	제5차 해외자원개발 기본계획			○

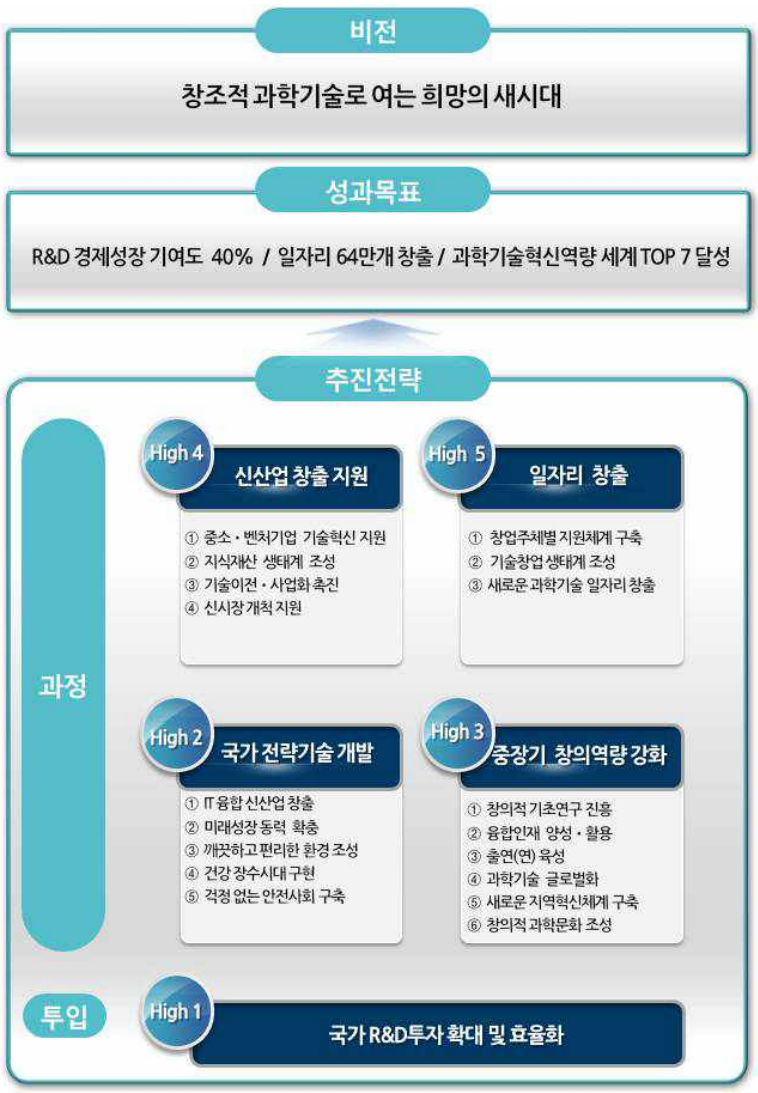
(1) 제3차 과학기술기본계획('13~'17)

□ 제 3차 과학기술기본계획은 '과학기술기본법' 제7조에 따라 정부가 매5년마다 의무적으로 수립·시행해야 하는 최상위 법정계획임

○ '13~'17년간 우리나라 과학기술혁신 정책의 비전 및 목표와 방향을 제시하는 중장기 발전전략임

○ R&D 경제성장 기여도 40%, 일자리 64만개 창출, 과학기술혁신역량 세계 TOP7 달성이라는 목표 하에 5대 추진전략을 도출하였음

○ 5대 추진전략 중 'High2 국가 전략기술 개발' 추진전략에서 경제부흥과 국민 삶의 질 향상을 위해 국가차원의 전략적 확보가 필요한 국가전략기술을 제시하고 있음



[그림 111] 제3차 과학기술기본계획의 비전·목표·전략

□ ‘High2 국가 전략기술 개발’ 중 ‘미래성장동력확충’ 부문의 ‘미래에너지와 자원 확보·활용’ 세부과제에서 이 사업과 관련된 자원 개발처리 기술을 전략기술로 언급하고 있으나, 직접적으로 마이크로 GTL플랜트 기술에 대한 언급은 없어 이 사업과의 부합성은 보통으로 판단됨

○ 제3차 과학기술기본계획에서 언급하고 있는 전략기술인 자원개발처리기술은 석유, 가스 자원의 안정적 확보, 도입·공급·관리를 위한 기술로 정의하고 있음

- 기존 전통 석유가스 자원의 생산피크/고갈에 따라 셰일가스 등 신석유자원의 개발·생산 방법이 변화하고 있어 자원개발처리 관련 신기술 개발 필요성이 촉진되고 있음

○ 마이크로 GTL플랜트 기술은 전통적인 석유자원을 대체하여 중소규모의 한계가스전에서 발생하는 천연가스를 합성석유를 생산하는 기술로 제3차 과학기술기본계획에서 언급하고 있는 자원개발처리기술에 해당하는 기술임

(2) 국토교통 R&D중장기 전략

□ 국토교통 R&D중장기 전략은 미래사회 전망 및 환경변화를 반영한 창조경제 Action Plan으로 ‘14~‘23년간의 국토교통 R&D추진방향 및 중점 추진과제를 제시하고 있음

○ 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D의 지속가능한 역할 증진을 위해 10년 단위(‘14~‘23)의 비전, 목표 및 방향을 제시함



[그림 112] 국토교통 R&D 중장기 전략의 비전·전략

□ 10대 중점 프로젝트 중 ‘글로벌 TOP플랜트 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 분석됨

○ 이 사업의 기획과제인 ‘고효율 마이크로 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획’은 국토교통 R&D중장기 전략에 따라 추진된 과제이며, 가스플랜트 공정 고도화 과제의 세부 연구내용임



[그림 113] 국토교통 R&D 중장기 전략의 플랜트 산업 로드맵

(3) 제2차 에너지기본계획(‘14)

□ 동 기본계획은 ‘저탄소녹색성장 기본법’ 제41조 및 ‘에너지법’ 제10조 1항에 근거하여 5년마다 수립·시행되는 기본계획임

○ 동 기본계획은 ‘국내외 에너지 수요 공급 추이 및 전망’, ‘에너지의 안정적 확보·도입·공급 관리를 위한 대책’, ‘에너지원 구성’ 등의 주요 내용을 포괄하고 있음



[그림 114] 제2차 에너지기본계획의 6대 중점과제

□ 동 기본계획의 6대 중점과제 중 ‘에너지 안보의 강화와 안정적 공급’에서는 ‘해외 자원개발 역량강화’를 주요 목표로 제시하고 있어, 이 사업을 통해 달성되는 효과와 부합하나, 직접적으로 마이크로 GTL플랜트 기술확보와 관련된 언급은 없으므로, 부합성은 보통으로 판단됨

○ ‘에너지 안보의 강화와 안정적 공급’ 중점과제에서는 해외 자본개발 역량 강화를 주요 목표로 설정하고 있음

- 지난 ‘05~‘12년 간 국내 석유·가스의 자원개발률은 양적 성장을 거듭하였으나 산업의 질적 성장을 위한 R&D 등은 미흡한 상황임

○ 마이크로 GTL 플랜트 기술 개발은 전세계 가채량의 60%을 차지하고 있는 중소규모 가스전의 개발 역량을 제고한다는 측면에서 동 목표와는 부합함

- 동 사업의 개발기술은 에너지원 자원개발의 질적 성장을 위한 자체 기술 개발이므로 동 기본계획의 취지에 부합하는 것이라 할 수 있음

(4) 제3차 에너지기술개발계획(‘14)

□ 동 계획은 <에너지기본계획>과 관련된 에너지 기술개발, 온실가스 감축 등을 포괄하는 최상위 기술개발계획으로, ‘에너지법’ 제 11조에 따라 5년마다 10년 이상의 계획기간으로 수립됨

○ 동 계획에서는 추진되어야 할 에너지 기술분야로 에너지 공급기술, 에너지 수요관리기술, 에너지 융합혁신기술의 3가지 분야를 제시하고 있음

□ 동 계획의 ‘에너지 공급기술’ 분야의 세부기술 중 차세대 청정연료에서 GTL플랜트의 개념을 직접적으로 언급하고 있으며, 이 사업과의 부합성은 높은 것으로 판단됨

○ 에너지 공급기술 분야로 분류되는 ‘차세대 청정연료’의 기술개발 계획으로 ‘가스를 활용한 액체연료 생산을 통한 청정화 구현’ 및 ‘플랜트 역량 확보로 해외 가스전 진입 확대’를 제시하고 있음

○ 이 연구개발사업에서 추진하는 내용은 천연가스를 활용하여 합성석유를 생산하는 플랜트 기술을 상용화하는 것이며, 해외 테스트베드 시장에서 운영검증을 기반으로 해외 가스전 시장 진출을 추구하고 있음

〈표 70〉 제3차 에너지기술개발계획의 주요 추친 과제 및 세부 내용

기술 분야	세부 추진 내용	상세 설명
에너지 공급 기술	차세대 전략자원 개발	차세대 전략 자원 확보를 위해 비전통 자원 탐사, 시추, 생산기술 및 전략광물 탐사·개발 기술의 스마트화 추진
	고효율 청정화력 발전	기존 화력발전대비 고효율화 및 CO2 저감을 달성할 수 있는 기후변화 대응형 청정화력 발전시스템 구현
	국민안심 원자력 발전	안전 최우선 원전 운영과 수출 경쟁력 강화 등을 위한 4개 분야의 중점기술 개발을 추진
	신재생에너지 하이브리드 시스템	다양한 여건과 지리적 특성에 맞는 최적의 솔루션을 제공하기 위해 신재생에너지 포함 복합적인 발전+저장장치 결합
	차세대 청정연료	비화석원료와 저등급 석탄, 비재래형유분, 가스를 활용하여 액체연료를 생산, 청정화 구현 플랜트 역량 확보로 해외가스전 진입 확대
	차세대 송배전	고전압 AC 전력의 DC변환·송전을 통해 국가간 전력연계, 대용량 풍력연계, 대규모 전력계통 분리 등의 기반 마련

(5) 제5차 해외자원개발 기본계획('14)

□ 동 기본계획은 '해외자원개발사업법' 제4조에 근거하여, 해외자원의 합리적 개발을 위해 매3년마다 10년 단위로 수립되는 해외자원개발에 관한 장기적·종합적인 기본계획임

○ 동 기본계획에서는 에너지·자원 가격의 불안정, 셰일가스·셰일오일 등 비전통자원의 대두, 주변국의 에너지·자원 확보 경쟁 심화 등을 주요 에너지 동향으로 제시하고 있음

□ 동 기본계획에서는 5대 주요 추진 과제 中, '해외자원개발 기술역량 제고' 및 '장기적인 에너지 안보역량 강화' 과제가 동 사업에서 추진하는 마이크로 GTL 플랜트 기술개발 방향성과는 부합하나, 직접적으로 마이크로 GTL플랜트 기술확보와 관련된 언급은 없으므로, 부합성은 보통으로 판단됨

○ '해외자원개발 기술역량 제고' 주요 과제에서는 현장중심 자원개발 R&D 추진을 제시하고 있음

- '현장중심 자원개발 R&D추진' 과제에서는 기술개발 성과를 현장에 적용·검증하고 수정·보완함으로써 기술성과 현장 활용도와 자원개발사업 성공률 제고를 추구함

○ 이 사업은 마이크로 GTL플랜트 해외시장 진출을 목적으로 하며 해외 현장의 환경을 고려한 실증시설 구축 및 운영을 통해 자원개발사업 성공률을

높이고자 하므로 ‘현장중심 자원개발 R&D추진’에서 추구하는 방향과 부합함

○ ‘장기적인 에너지 안보역량 강화’ 주요 과제에서는 新자원개발 분야 개척을 제시하고 있음

- ‘新자원개발 분야 개척’ 과제에서는 공기업·민간기업이 “가스전 개발-액화플랜트 건설·운영-도입”을 연계·협력하는 「한국형 셰일가스 개발 모델」을 추진함

○ 이 연구개발사업에는 공기업·민간기업이 함께 참여하여 기술개발 및 현지 테스트베드 구축 및 운영을 수행하며, 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 진출을 위한 기술 및 실적 확보할 계획이므로, ‘新자원개발 분야 개척’에서 추진하는 공기업·민간기업의 “가스전 개발=액화 플랜트 건설·운영-도입” 연계·협력에서 추진하는 방향과 부합함

〈표 71〉 제5차 해외자원개발 기본계획의 주요 추친 과제 및 세부 내용

5대 주요 추진 과제	세부 내용
민간투자 활성화	가. 민·관 파트너쉽 강화 나. 해외자원개발 투자지원 강화 다. 민간투자 여건 조성을 위한 금융지원 강화
해외자원개발 기술역량 제고	가. 수요중심의 맞춤형 고급 인력양성 나. 현장중심 자원개발 R&D 추진 다. 자원개발 서비스 산업 육성
장기적인 에너지 안보역량 강화	가. 국내도입 연계 강화 나. 新자원개발 분야 개척 다. 자원개발 지표 개선
공기업 내실화 및 역량강화	가. 공기업 내실화 기반 구축 나. 탐사·개발 중심의 자원개발 역량강화
자원부국·글로벌 기업과의 전략적 협력	가. 선택과 집중을 통한 자원협력 추진 나. 글로벌 자원개발기업과 협력 강화 다. 자원부국과의 협력사업·인력교류 확대

나. 사업 추진체제 및 추진의지

□ 마이크로 GTL플랜트 기술은 동 사업의 주관부처인 국토교통부의 국토교통 R&D사업개편(안)에 반영되어 있어, 국토교통부는 동 사업에 대한 추진의지를 갖고 있는 것으로 판단됨

○ 기존 사업안의 '플랜트 연구' 분야를 개편한 '상용급 가스플랜트 기술개발' 분야의 중점추진 분야로 '가스 액화 플랜트(GTL)' 기술개발이 포함되어 있음

〈표 72〉 국토교통 R&D 분야 개편안 中 플랜트 부문

플랜트 연구	저에너지 담수화 기술개발	**저에너지 융합공정을 위한 신재생 에너지 활용 플랜트 설계 및 실용화 기술 개발**
		- 역삼투 공정효율화
		- 에너지 막공정
		- 신재생 담수화 응용
	극한지 자원화플랜트 건설기술 개발	**미개척 자원에너지 시장인 극한지의 자원 탐사·채굴 및 장비시스템 기술개발**
		- 비전통 자원화 플랜트
		- 극한지 에너지 플랜트
	상용급 가스플랜트 기술개발	**가스의 액화, 분리 및 저장을 위한 상용급 통합 플랜트 기술개발**
		- 가스 액화 플랜트
		- 수소 액화 플랜트
	지하공간활용 복합플랜트 기술개발	**도시복합플랜트 핵심 기술개발**
		- 도시 복합 플랜트

2. 사업 추진상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

□ ‘19년 이후 기존 국토교통 플랜트 R&D사업 중 약 40.6억원 규모의 R&D 사업이 종료됨에 따라 이에 상당하는 규모의 예산 투자가 가능할 것으로 보임[53)]

○ 플랜트연구사업의 가스·비전통 자원화 기술분야는 세계시장 주도권 확보를 위한 가스·오일·비전통 에너지원의 자원화 플랜트 설계·시공 기술을 개발을 중점 지원함

○ 가스·비전통 자원화 기술분야에서 추진 중인 4개 프로젝트 중 약 40.6억원이 소요되던 2개 프로젝트는 ‘19년 1월 종료될 예정임

○ 기존 가스·비전통 자원화 기술분야의 R&D예산 규모를 지속하여 종료되는 프로젝트에 소요되던 예산을 마이크로 GTL플랜트 사업예산으로 투입할 경우, 사업추진에 필요한 예산확보가 가능할 것으로 보임

□ 도시 인근 매립지에서 발생하는 가스를 처리할 수 있는 GTL에 대한 수요가 지자체에서도 발생할 것으로 예상되며, 지자체로부터 쓰레기처리에 대한 사업예산 지원이 가능할 것으로 보임

○ 대전시는 ‘17~‘21년간 바이오가스화 시설 설치에 310억 원을 투자하고, 폐기물 분야 재정규모를 연평균 21.1%씩 빠르게 증가시키고 있으며, 174억 원의 투자 여력이 존재하는 것으로 파악됨

- 대전시는 ‘17~‘21년간 생산량 200톤/일의 바이오가스화시설 설치에 310억 원을 투자할 계획임

- 대전시는 폐기물 분야에서 ‘17~‘21년간 총 2,696억 원의 재정규모를 설정하였고, 세부사업계획에서는 동 기간 2,522억 원의 사업비를 설정[54)]하여 동 기간 174억 원의 투자 여력이 존재하는 것으로 파악됨

□ 연구개발 사업에 중소규모 GTL기술을 활용하고자 하는 기업들이 참여하고 있으며, 이들 기업의 매칭펀드로 재원의 일부 조달이 가능할 것으로 보임

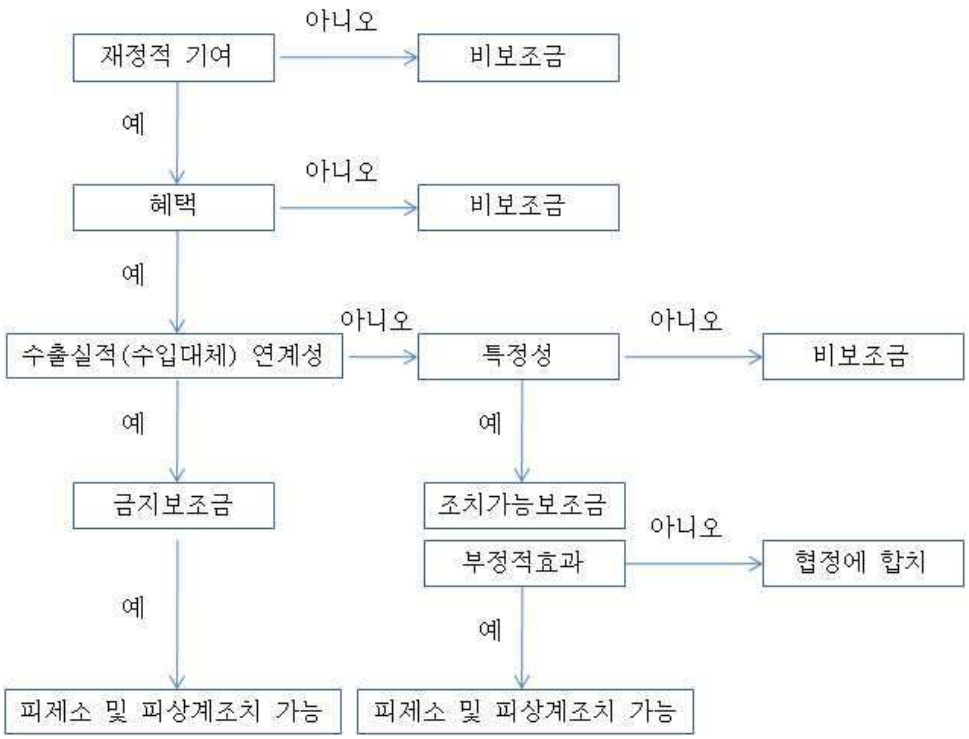
○ 중소형·모듈형 GTL 개발의 경우 국내 중소·중견기업의 참여가 충분히 가능할 것으로 판단되며, 보다 적극적인 국내 기업의 참여를 촉진하기 위해 금융권에서 자금 지원을 받을 수 있는 기술 개런티 등에 대한 방안을 모색할 계획임[55)]

---

53) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016. 12. 28.
54) 2017~2021 중기지방재정계획, 대전광역시, 2016. 11.
55) 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 전문가 자문

나. 법·제도상 위험요인

□ 동 기술개발 사업은 국고 지원을 바탕으로 해외에서의 실증 테스트베드 운영을 목표로 하고 있으므로, 국고 지원이 WTO의 보조금 협정에서 금지보조금·분쟁대상 보조금으로 분류되지 않도록 사업 추진 시 주의할 필요성이 있음[56)]



<그림 115> WTO 보조금 협정 저촉 가능성 검토 흐름도(자료 : 연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제201판), KISTEP, 2016)

○ 동 사업에 투입되는 국고 지원은 기본적으로 WTO가 규정하는 분쟁 대상 보조금에 해당되지 않는 것으로 판단됨

- 동 사업에 투입되는 국고 지원은상품무역과 관련성이 없으며, 상대국에 부정적 효과를 초래하지 않음

- 보조금이란 정책당국이 특정한 정책목표를 달성하기 위하여 산업 및 기업 활동에 제공하는 각종 지원을 의미함

- WTO 보조금협정 제1조 1항은 보조금으로 인정되기 위한 3가지 요소를 규정하고 있는데, i) 정부 또는 공적기관에 의한 ii) 재정적 기여로 인해 iii) 수혜자에게 혜택이 발생하는 경우에 보조금으로 인정됨

56) 연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침, 한국과학기술평가원, 2016.11

○ WTO는 상기 조건 이외에도 경우에 따라 국고 지원을 ‘특정성 있는 보조금’으로 분류, 규제를 실시하고 있으므로 동 사업에서는 참여 기업에 대한 적절한 연구비 배분이 이뤄지도록 할 계획

- WTO는 분쟁대상 보조금 이외에도 1)제한된 특정 숫자의 기업에 대한 보조금 지원, 2)특정 기업으로의 압도적 지원, 3)특정 기업에 대한 불균형 지원이 발생하는 국고 지원에 대하여 ‘특정성 있는 보조금’으로 분류하고 있음

3. 특수평가항목

가. 사업추진의 시급성

□ 저유가 상황에서도 해외 GTL 선도기업은 마이크로 GTL 프로젝트에 참여하며 GTL 기술 상용화에 매진하며 진입장벽을 구축하고 있는 상황임

○ 전 세계적으로 대형 GTL 플랜트는 상업화 단계에 도달하였고, 이미 관련 메이저 기업들이 시장을 선점하고 있어 국내 기술로 시장 진출이 어려움

- 카타르 Pearl GTL 프로젝트, 우즈베키스탄 GTL 프로젝트 등에 현대중공업, 현대건설, 현대엔지니어링 등 국내 기업이 참여하였으나 Shell, Sasol 등 해외 GTL 선도기업의 GTL 공정기술을 활용하였음

○ 해외 선도 기업들은 GTL 공정기술의 공개 및 이전에 매우 소극적으로, 국내 기업과의 기술 합작이 거의 불가능한 상황[57)]

- Shell, Sasol, ExxonMobil 등 선진국의 주요 기업들은 GTL 기술이전을 근본적으로 피하고 있고, 가스전 보유국과 합작회사를 만드는 것을 추구함

○ 마이크로 GTL 플랜트는 시장 성장이 전망되어 해외 GTL 선도기업은 저유가에도 불구하고 마이크로 GTL 프로젝트에 참여하고 있음

- 비전통 에너지원의 풍부한 매장량, 동반가스의 자원화 이점, 각 국의 환경오염 대응 정책 등에 따라 마이크로 GTL 플랜트 시장 성장이 전망됨

- 저유가에서도 Velocys는 애슈타볼라 프로젝트, 오클라호마씨티 프로젝트 등을 진행하였고, Compact GTL은 카자흐스탄 프로젝트를 진행함

□ 적시에 경쟁력 있는 마이크로 GTL 기술을 확보하지 못할 경우 시장에서 도태될 우려가 존재함

○ 세계적으로 마이크로 GTL 플랜트는 상용화가 임박해 있으며, 마이크로 GTL 플랜트 시장이 활성화 될 때 국내에서 경쟁력 있는 기술을 확보하지 못할 경우 시장에서 도태될 우려가 있음

- 마이크로 GTL 반응시스템 개발을 위해서 고효율의 촉매 및 반응기 기술인 마이크로 반응시스템이 필수적임

- 마이크로 반응시스템을 활용한 GTL 기술은 전 세계적으로 상용기술이 미완성 단계로, 기술 확보시 기술 수출국으로 도약이 가능함

- 현재 파일럿 플랜트 수준까지 도달한 모듈형 GTL 기술을 더욱 개발하여 실

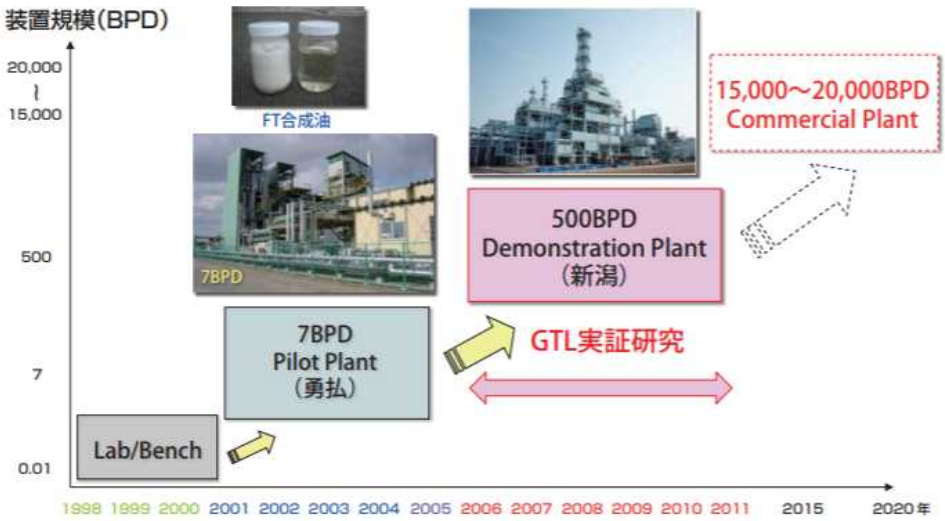
57) 그린에너지 전략 로드맵 2011(청정연료), 한국에너지기술평가원, 2011. 5.

증플랜트 시험을 완료하면 해외 선도기업과 경쟁이 가능함

○ 우리나라와 유사한 후발주자인 일본의 경우, 이미 지난 '06~'11년에 500 BPD급 마이크로 GTL 플랜트의 실증 테스트를 완료하여 시장 경쟁력을 확보한 상태임

- 일본은 지난 '98년부터 경제산업성의 석유천연가스・광물자원기구와 JAPEX, 신일철엔지니어링, 치요다화공건설 등 7개 민・관 법인 컨소시엄인 JAPAN-GTL을 설립하여 마이크로 GTL플랜트 기술 개발을 수행함

- '05년에 7 BPD급의 파일럿 플랜트를, '12년에는 500 BPD 급의 실증 플랜트 제작을 완료하였으며, '15년 10월까지 캐나다 및 우즈베키스탄과 상호협력 MOU를 체결한 바 있음



[그림 116] JAPAN-GTL의 기술 개발 연혁

나. 사업추진의 시의성

□ 세계 각 국은 에너지안보 측면에서 비전통 자원 개발을 지원하고 있어 비전통자원과 연계되는 마이크로 GTL 플랜트 시장 확대가 전망되는 시점에서 마이크로 GTL 플랜트 기술이 확보되어야 함

○ 미국, 캐나다, 러시아, 중국 등 세계 각 국은 셰일가스를 포함하여 비전통 자원을 개발하기 위한 정책적 방안을 마련하고 있음

- 우리나라도 안정적인 에너지 확보를 위해 석유/가스 자원개발률을 목표로 설정하고, 셰일가스 분야에서의 역량강화 및 R&D가 추진 중임

○ 셰일가스는 마이크로 GTL 플랜트로 시공할 경우 사업성이 가장 높아[58] 셰일가스 시장 성장에 따라 수요가 증가할 것으로 예상됨

○ 셰일가스는 북미 뿐만 아니라 브라질, 아르헨티나, 칠레 등 남아메리카, 호주, 중국, 터키, 카자흐스탄, 카타르, 알제리, 리비아 등 전세계적으로 매장되어 있으며 북미를 시작으로 각국이 개발하고 있음

- 이 중 텍사스 및 애팔래치아 산맥 등 규모가 큰 가스전뿐만 아니라 5 tcf 미만의 중소규모 가스전 또한 북미에서만 전체 규모 대비 11% 이상 존재하는 것으로 조사되었음[59]

□ 전 세계적으로 석유 채취 및 정제과정에서 발생하는 동반가스의 소각금지가 확대되고 있어 동반가스 처리가 가능한 GTL기술 확보가 필요한 상황임

○ 세계은행이 지원하는 세계가스소각축소협의체(Global Gas Flaring Reduction Partnership)은 동반가스 소각이 대기에 주는 악영향을 알리고 각 국 정부가 가스 소각을 줄이도록 독려하고 있음

○ 미국, 우즈베키스탄, 러시아, 나이지리아 등 세계 각 국은 동반가스 소각금지 정책을 추진하고 있음

- 미국은 공공토지에서 석유·가스 개발 시 누출되는 메탄을 감축하기 위한 신규제안을 2016년 1월 발표함

- 우즈베키스탄은 시추과정에서 발생하는 가스 소각을 자발적으로 감축하여 2030년에는 가스소각을 전면 중단할 방침임

- 러시아는 동반가스 소각의 95%를 감소시키는 것을 목표로 소각 가스에 대한 벌금을 부과하고 있음

58) SK건설, 해외에 '천연가스 액화플랜트' 짓는다, 매경이코노미, 2014. 2. 11.
59) US Energy Information Administration (Assumptions to the Annual Energy Outlook 2017)

- 나이지리아는 동반가스 소각행위 전면 금지 정책을 2008년부터 시행함

○ 25개 산유국과 메이저 석유회사, 개발기관들이 유전에서 분출되는 천연가스를 소각하는 관행을 '30년까지 중단하기로 합의함[60)]

○ 마이크로 GTL 플랜트 기술은 유전 개발시에 발생하는 동반가스의 대기 방출에 의한 환경문제에 적극 대처할 수 있는 기술로, 동반가스 소각 규제 강화에 따라 해외수요가 증가할 것으로 전망됨

□ 저황 청정 원료를 활용하도록 관련 규제가 강화되는 상황에서 양질의 디젤 생산이 가능하여 청정원료 규제의 대응방안으로 고려되는 GTL플랜트 기술확보가 필요한 시점임

○ 각 국 정부는 황 함유량이 낮은 가볍고 깨끗한 원료를 활용하도록 청정 액체연료 규제를 강화하고 있음

- 미국 환경보호국은 초저황 경유 연료변화 프로그램을 시행하기 위한 규정계획을 발표하고 '06년부터 시행 중이며, 유럽, 일본, 국내에서도 비슷한 규제가 적용되고 있음

○ 우리나라도 대기환경보전법을 통해 연료용 유류 및 그 밖의 연료에 대하여 황의 함유 허용기준을 정하여 규제하고 있음

○ GTL 경유는 특성상 황성분이 거의 없고 파라핀 계열 성분을 다량 함유한 고품질 디젤 원료로서 차세대 청정연료로 인식됨[61)]

- GTL 공정으로 얻은 액체연료는 기존 화석연료에 비해 NOx, SOx 와 같은 유해배기가스와 미세먼지를 보다 적게 배출하거나 배출하지 않음

60) 천연가스와 LNG 관련 최근 이슈, 주휴스턴총영사관, 2015. 4. 30.
61) 그린에너지 전략 로드맵 2011(청정연료), 한국에너지기술평가원, 2011. 5.

다. 정부지원의 타당성

□ 저유가 지속으로 당장의 수익성 확보가 어려운 상황에서 민간 자체적으로 대규모 예산이 투입되어야 하는 마이크로 GTL 플랜트 기술개발 추진이 어려우며, 민간기업에서 자체적으로 실증 테스트베드지를 확보하기 힘든 여건임

○ 국제 원유가 변동에 따라 경제성이 변동하는 등 사업 위험성이 크므로 초기 개발 기술의 실증에 정부의 지원이 필요함

- GTL과 같은 합성청정연료는 high risk, high return 사업으로 외국에서도 초기에는 국가가 개발 및 시범사업을 주도하고 있음[62)]

○ GTL 플랜트의 실증테스트를 진행하기 위해서는 가스전 및 매립지 등 플랜트 실증지를 마련해야 하나, 민간에서 자체적으로 실증지를 확보하는 것은 어려움

□ 마이크로 GTL 플랜트의 Track Record를 확보하지 못하면 해외 마이크로 GTL 플랜트 시장 참여가 어려움

○ 국내 업체는 마이크로 GTL 플랜트 Track Record가 아직 부재한 상황이며, Track Record가 확보되지 않는다면, 향후 활성화될 마이크로 GTL 플랜트 사업에 참여하지 못할 가능성이 존재함

□ 마이크로 GTL 관련 생산업체 조사에 따르면 마이크로 GTL 관련기술의 중소기업적합도가 높은 것으로 나타남

○ 중소기업으로의 기술보급을 통해 플랜트 분야의 중소기업 육성 가능성이 높은 것으로 판단됨

○ F-T합성액화 생산업체의 평가에 따르면 천연가스 합성석유 기술 및 GTL용 액화공정은 중소기업적합도가 높은 기술로 나타남[63)]

○ 모듈형 GTL 생산업체의 평가에 따르면 Compact GTL 공정용 촉매 제조, Compact GTL용 반응기 설계/제작, Compact 증류탑/흡수탑/흡착탑 설계/제작 등은 중소기업적합도가 높은 기술로 나타남

○ 중소/중견기업은 해외에 진출 시 많은 어려움이 따르므로 정부의 적극적인 역할이 필요함[64)]

- 해외의 대규모 플랜트를 수주하여 진출하고자 할 때, 중소/중견 기업은 선

62) 그린에너지 전략 로드맵 2011(청정연료), 한국에너지기술평가원, 2011. 5.
63) 그린에너지 전략 로드맵 2011(청정연료), 한국에너지기술평가원, 2011. 5.
64) 해외건설협회 담당자 인터뷰, 2017. 12.

진 라이센스의 확보, 해외입찰 시 동종업계 업체 간의 경쟁, 가격적인 부담 등이 걸림돌로 작용하고 있음

- 따라서 중소/중견 업체가 진출할 수 있는 규모의 플랜트사업이 반드시 필요하고 정부 및 협회차원에서 중소/중견기업 진출 자금지원 및 중간자 역할을 해서 진입장벽을 낮춰줄 필요가 있음

라. 인력양성효과

□ 동 사업을 통해 화학・화학공학・플랜트엔지니어링 분야에서 신규 연구개발 인력이 100명 이상 양성될 것으로 예상됨[65)]

○ 기존의 자본집약적인 대규모 플랜트 수주 사업에 차명가 어려웠던 국내 중소/중견기업들의 경우, 동 사업의 목표인 중소규모 모듈형 플랜트 분야에 참여함으로써 향후 글로벌 강소기업으로서의 인력 육성의 발판을 마련할 수 있음

○ 동 사업에 포함된 모듈형 마이크로 리포머 및 F-T 반응 기술은 GTL 분야 뿐만 아니라 가스전환 공정을 다루는 여타 기술 영역에 확장이 가능하므로 화학공학 분야의 전문인력 양성에 기여할 것으로 판단됨

- SNG, DME, 메탄올 및 올레핀 생산 등으로 확장 가능

○ 동 사업을 통해 기술 개발 달성 시 해외 선진사의 라이센스 및 독점적으로 점유하고 있던 기술 공유할 수 있을 것으로 예상되며, 국내 전문 인력의 질적 수준이 향상될 것으로 예상됨

- 현재 합성원유의 업그레이딩 기술은 해외 선진사의 핵심 기술영역으로 일부 기업이 관련 기술을 독점하고 있음

○ 마이크로 GTL 플랜트는 아직 상용화가 되지 않은 공정이므로, 동 사업을 통해 국내 기술로 성공적인 실증에 성공할 경우 국내 플랜트 엔지니어링 및 운전 분야의 전문 인력에 대한 기술 신뢰도가 높아질 것으로 예상됨

65) 한국화학연구원 연구진 자문, 2018.1

3절 기술적 타당성 분석

1. 기술개발계획의 적절성

가. 기획과정의 적절성

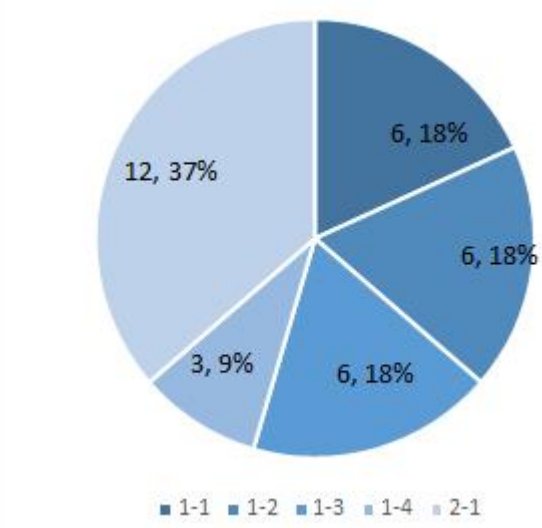
(1) 기획전문가 Pool의 적절성

□ 이번 기획에서는 기획전문가위원회를 운영하였으며, 기획전문가위원회는 현황 및 이슈 분석, 사업추진방향 설정, 과제발굴 등의 주요 기획항목을 추진하는 데에 함께 참여하였음

□ 기획전문가위원회는 총 33명이며, 동 기획의 기술범위를 모두 포괄할 수 있도록 구성되었음

○ 기획전문가위원회의 기술분류체계별 분포를 보면 모든 기술분야별로 최소 3명 이상으로 구성되어 있음

- 상대적으로 마이크로 GTL실증플랜트 기본설계 기술분야의 전문가가 많은 편이나, 이번 기획에서 주안점을 두었던 부분이 해외 실증플랜트 설계, 운영기술 확보를 통한 해외 진출 기반을 마련하고, 실제 해외시장 진출에 대한 가능성을 검토하는 부분이므로, 실증플랜트 기본설계기술 관련분야 전문가가 다수 구성된 것은 적절한 것으로 보임



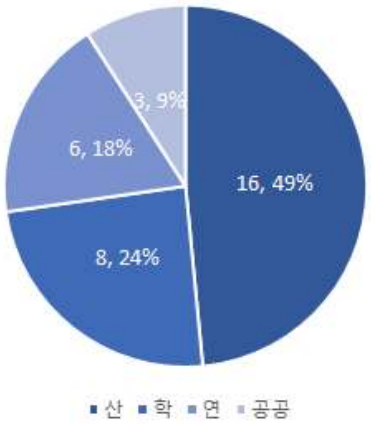
[그림 117] 세부 분야별 전문가 비율

□ 기술개발이 완료되었을 때, 기술 활용하여 사업을 추진하는 기관은 기업이 되므로, 기획전문가위원회에서 기업 비중을 높게 가져갔으며, 해외 사업진출을 고려한 기술개발사업 기획임을 고려할 때 적절한 것으로 보임

○ 전체 33명의 기획전문가위원 중 약 절반 수준인 16명이 기업 전문가임

○ GTL플랜트와 관련하여 요소기술 성과를 보유하고 있는 연구원과 대학 소속의 전문가도 고르게 포함시킴

○ 해외사업 진출 시 선단역할을 수행할 공기업과 국내 적용대상 지 중 하나인 수도권매립공사도 기획전문가위원회에 포함시켜, 국내 현장에 적용가능성과 해외 사업 추진시 진출가능성 검토가 가능한 전문가 구성임



[그림 118] 산·학·연 분야별 전문가 비중

□ 기획전문가 Pool에서 연구원 및 대학(학계) 소속의 전문가들은 기술의 '개발자'로, 산업계 소속의 전문가들은 동 과업 개발 기술의 '공급자'로, 가스기술공사 및 매립지 공사의 전문가들은 기술의 '수요자'로 분류할 수 있음

○ 산업계의 전문가들은 동 과업 개발기술을 활용하여 실 제품인 마이크로 GTL 플랜트를 제작하여 실 활용처인 가스공사 및 매립지공사(수요자)에 제공한다는 점에서 '공급자'로 정의됨

- '개발자' 분류에 속하는 전문가는 전체 33인 中 42.4%임
- '공급자' 분류에 속하는 전문가는 전체 33인 中 48.5%임
- '수요자' 분류에 속하는 전문가는 전체 33인 中 9.1%임

(2) 기술수요조사의 적절성

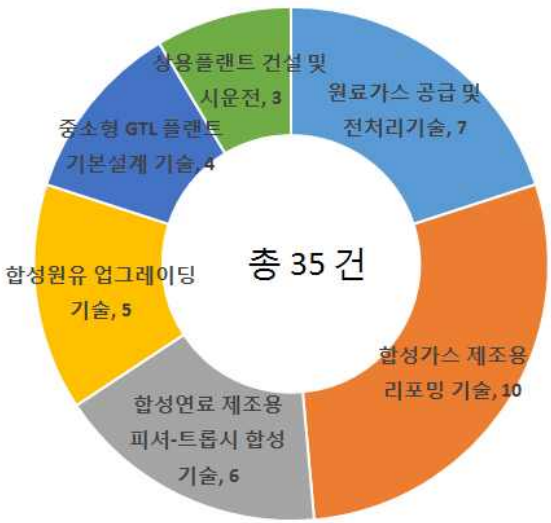
□ 기술수요조사는 기획전문가위원회, 한국화학공학회 및 한국플랜트산업협회 전

문가를 대상으로 총 8주에 거쳐 진행하였으며, 총 35건의 기술수요를 회신받음

○ 기술수요조사서는 이번 사업기획의 개요 및 사업목표, 대상 기술범위 내의 기술분류체계를 전문가에게 제시하고, 관련분야에서 이슈가 되고 있는 부분은 무엇인지, 기술개발이 필요한 이유는 무엇인지, 기술개발 내용 및 규모는 어떻게 되는지 등에 대해 조사하였음

□ 제안받은 기술 아이템은 총 35건이며, 합성가스 제조용 리포밍 기술 분야에서 가장 많은 10건의 기술아이템을 제안 받음

○ 기술분야별로 원료가스 공급 및 전처리 기술분야 7건, 합성가스 리포밍 제조용 기술분야 10건, 합성연료 제조용 F-T 합성 촉매반응 기술분야 6건, 합성원유 업그레이딩 기술분야 5건, GTL 통합공정 기술분야 4 건, 500 bpd 급 상용플랜트 건설 및 시운전 기술분야 3건의 기술아이템을 제안 받음



[그림 119] 기술수요조사 분야별 건수

□ 내부연구진 외에 한국화학공학회 및 한국플랜트사업협회의 다수 전문가를 대상으로 80건의 기술수요조사서를 발송함

나. 사업목표의 적절성

(1) 문제 및 이슈 정의의 적절성

□ 동 사업을 추진함으로서 해결하고자 하는 이슈로는 논리모형에서 제시한 바와 같이 '향후 시장 성장이 예상되는 마이크로 GTL 플랜트 기술 확보를 통한 높은 시장 점유율 달성' 임

□ 마이크로 GTL플랜트 시장은 아직 형성되어 있지는 않으나, 향후 성장이 전망되는 유망시장으로 시장내 경쟁자도 적고, 국내 제반기술력도 우수하여 마이크로 GTL플랜트 기술이 확보될 경우, 높은 시장점유가 가능할 것으로 전망되는 분야임

○ 안정적 자원확보 측면에서 GTL플랜트가 건설되고 있으며, 사업성이 확보되는 전통적인 대형 가스전에서 GTL프로젝트들이 추진되었음

○ 비전통적인 소형 한계가스전의 경우, 기존의 대규모 GTL 플랜트의 경우 사업성이 확보되지 않아, 개발되고 있지 않은 상황임

- 이러한 소형 한계가스전에서의 사업성 확보를 위해 모듈형의 마이크로 GTL 플랜트가 각광받고 있으며, 소수의 기업만이 관련 기술을 보유하고 있음

○ 현재 저유가 기조로 Conventional GTL프로젝트 추진이 이루어지고 있지 못하나, 저유가 기조에서도 사업성이 있는 마이크로 GTL플랜트 사업은 지속적으로 건설되고 있는 상황임

○ 소수의 기업만이 보유하고 있는 마이크로 GTL플랜트 기술을 확보할 경우, 해외 중소규모 GTL플랜트 시장에서 높은 시장 점유율 확보가 가능할 것임

○ 특히 최근 몇 년간 해외 플랜트 수주 실적이 감소하는 상황에서 마이크로 GTL플랜트 기술은 시장침체를 극복하는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

(2) 목표 설정의 적절성

□ 사업목표는 해외진출 실적확보가 가능한 500 BPD 규모의 고효율 마이크로 GTL플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영으로 정성적으로 설정하였으나, 이를 위한 구체적 정량목표를 세부목표로 제시하였음

○ 해외진출 실적확보를 위해서는 최소 500BPD규모의 실증플랜트가 8,000시간 이상 운영되며, 검증이 되어야 함

- 해외 플랜트사업 경험이 있는 전문가 자문을 통해 500BPD의 실적으로 10,000BPD로 Scale-Up하는 것은 해외 발주처에서도 일반적으로 인정되는

범위임을 확인하였음

- 또한, 선도기업인 CompactGTL에서는 8,000시간의 운영실적을 기반으로 상용하 플랜트를 건설한 사례가 있어, 8,000시간 이상의 운전시간 확보를 목표로 설정한 것은 적절한 것으로 보임

○ 해외 선진사인 CompactGTL과 Velocys는 마이크로 GTL 플랜트 기술을 상용화하고 있으며, 후발주자인 우리나라 입장에서는 기존 기술의 성능을 넘어서는 기술확보가 요구되고 있음

- 동 사업에서는 기술 경쟁력 확보를 위해 다소 도전적인 목표로 건설비 $18만/BPD 미만, 에너지효율 50%이상, 탄소효율 60%이상을 제시하였음

- CompactGTL의 상용급의 경우 건설비가 $20만/BPD, 에너지효율은 39 %, 탄소효율은 50%로 알려져 있어 본 사업의 목표는 다소 도전적임

- 건설비의 경우, 모듈형 마이크로 리포머 및 FT 반응기가 성공적으로 개발되고 국산화가 이루어지면 $18만/BPD의 건설비가 달성 가능할 것으로 보임

- 에너지효율 및 탄소효율의 경우, CompactGTL, Velocys 등 해외선진사의 경우 마이크로 리포머는 기존 대형 ATR 기술을 사용하여 효율의 저하를 유발하는 것으로 판단됨. 본 사업에서 마이크로 반응기술을 이용한 리포머가 성공적으로 개발되면 통합공정의 효율을 끌어올릴 수 있을 것임

(3) 사업목표와 문제와의 연관성

□ 기획에서는 마이크로 GTL플랜트 기술을 확보하여 해외 시장에 진출하기 위해서 확보되어야 하는 요인들을 검토하였으며, 기술개발을 통해 확보하여야 하는 요인들을 토대로 목표를 설정하였음

○ 마이크로 GTL플랜트 기술을 확보하고 해외시장 진출을 위해서는, 마이크로 GTL플랜트의 핵심요소 기술이 확보되어야 하며, 이에 대한 운영실적도 요구되고 있음

○ 동 과업의 목표는 해외진출을 위해 필요한 해외실적 확보가 가능한 규모의 GTL플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영으로 설정하여 이슈해결과는 부합하도록 설정하였음

(4) 결과물의 수혜자 표적화의 적절성

□ 동 기획 결과물의 수혜자는 GTL플랜트 사업으로 해외 진출 시 컨소시엄을 구성할 것으로 예상되는 기관들로 설정하였음

○ 이 연구개발사업에서는 이들 기관이 해외사업을 진출하는 데에 필요한 핵

심 요소기술, 플랜트 설계기술, 제작 및 운영기술 등을 모두 개발하므로, 기술개발 성과물의 수혜자가 적절하게 설정되어 있음

○ 또한, 예상되는 수혜자를 기획과정에서 기획전문가위원회로 포함시켜, 기술이 확보되어야 하는 부분과 기술개발을 통해 확보가 가능한 부분들을 고려하여 연구개발 내용를 기획하였음

○ 향후 이들을 연구기관을 포함시켜, 기업부담금을 일정부분 분담토록 하며, 연구를 수행하며 기술을 체득할 수 있도록 연구추진체계를 설정하였으며, 이들로부터 참여의향서를 확보하였음

다. 구성 및 내용의 적절성

(1) 세부활동의 구체성

□ 각 세부과제별 활동은 해외진출사업 경험이 있는 기업 전문가와 협의하여 구체적 계획을 수립하고, 이에 요구되는 인력, 건설비 등을 구체적으로 산정하였음

○ 테스트베드 구축에 연구비의 상당부분이 투입되며, 테스트베드 구축에 소요되는 비용은 엔지니어링 업체의 시산에 따라 도출하였음

- 건설비용은 마이크로 GTL플랜트의 개략 설계를 기반으로, 주문제작형태로 제작되는 주요 기자재 가격 등을 고려하여 산출됨

- 시산된 값은 해외 프로젝트에 소요된 비용을 고려할 때 적정수준인 것으로 보임

(2) 사업목표와 세부활동의 논리적 연계성

□ 사업목표 달성을 위해 필요한 기술들을 나열하고, 기존 연구성과 등을 고려하여 확보가 되어야하는 기술들을 선별하여 세부 연구과제로 제시함에 따라, 사업목표 달성관점에서 세부활동과 연계됨

○ 실증플랜트 설계용량 500bpd이상을 확보하기 위해서는 500BPD급의 모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계기술, 모듈형 리포밍 반응기 제작기술, 열교환기형 FT반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계 기술, 모듈형 FT반응기 제작 및 양산기술이 확보되어야 함

○ 실증플랜트 운전시간 8,000시간 이상을 확보하기 위해서는 장수명 내코크성 리포밍 촉매와 모듈형 반응 시스템에 적합한 장수명 FT촉매 개발 및 양산이 이루어져야 하며, 운전계획 및 control logic, 운전안전성 및 운전성 검토, 통합공정 제어 및 운영 최적화, 시운전 운영 등이 수행되어야 함

○ 건설비용을 $18만/bpd 이하로 하기 위해서는 저비용 모듈형 리포밍 반응기, F-T반응기 제작 및 양산과 공정패키지가 확보되어야 하며, 기기 상세구조 설계 및 상세시방설계 기술을 확보하여 저비용화가 이루어져야 함

- 또한 핵심부품을 고가의 해외제품에 비해 저렴하게 국산화하여야 하며, 안전성 및 신뢰성도 확보되어야 함

- 통합공정 제어 및 운영최적화도 필요함

○ 에너지 효율 50%이상, 탄소효율 60%이상을 달성하기 위해서는 고효율 원료

가스 분리/정제기술, 모듈형 리포밍 반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계기술, F-T공정을 위한 삽성가스 비 제어기술, 열교환기형 F-T반응기 최적화 시뮬레이션 및 설계기술, 모듈형 반응시스템에 적합한 고선택성 F-T촉매 기술이 확보되어야 함

(3) 세부활동의 성과지표의 적절성

□ 각 세부활동별 성과지표는 세부 사업의 달성여부를 확인할 수 있는 주요 부품의 성능목표치로 제시하였음

○ 원료가스 공급 및 전처리 기술에서는 마이크로 GTL 실증플랜트 원료공급을 위한 피독물질 제거 및 고순도 메탄가스 정제 시스템 평가 및 선정을 목표로 다음의 성과지표 및 목표치를 설정함

- 1단계

• 가스전 사용 기간 최소 4년 (2단계) 확보 완료

• 1년간 계절별, 날씨별 가스전 조성 분석 데이터베이스 확보

• 원료가스 공급 시스템 기술 선정 및 하기 조건에 알맞은 시스템 설계

- 2단계 (500 bpd 급 플랜트에 원료가스 공급)

• 원료가스 공급 규모 : 6,500 N㎥/hr

• CH4 농 도 : > 90%

• 피독물질 각 농도 : < 1ppm

• 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h

○ 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발에서는 500BPD급 상용플랜트를 위한 리표 및 패키지 제작 공급, 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성가스 제조용 모듈형 반응 시스템 개발을 목표로 다음의 성과지표 및 목표치로 설정함

- 1단계 (5 bpd 급)

• 단위 셀 규모 : 2×2 배열, 3×3 배열

• 실증용 모듈 반응기(~ 300 m3/hr, 5bpd 대응, 메탄 기준)

• 260 Nm3/hr급 합성가스 제조공정 모사/설계/시스템 제작

• 모듈형 반응기 컴팩트화[66] : 0.05 m3/bpd

66) 1 bpd의 합성원유를 생산하는 데에 필요한 반응기 부피 (m3)

- 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≧ 90%, H2/CO=2, 촉매 재생시 초기 활성의 95% 이상 회복
- 단압프레싱, 슬러리몰딩 방식을 이용 1 plate/day 촉매 판 양산

- 2단계 (500 bpd 급)

- 반응시스템 규모 : 26,000 Nm3/hr (FT 500 bpd 대응, 메탄 기준)
- Single 모듈 크기 : >1,000 m3/hr (FT 20bpd 대응)
- 모듈형 실증플랜트 운전 시간 : 8,000hr
- 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m3/(10m3/hr, 1bpd)
- 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≧ 90%, H2/CO=2, 촉매 재생시 초기 활성의 95% 이상 회복
- 상업용 모듈형 합성가스제조 시스템 설계 : >100,000 Nm3/hr (2000 bpd 대응)

○ 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발에서는 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성연료 제조용 모듈형 피셔-트롭쉬 반응 시스템을 개발을 목표로 다음의 성과지표 및 목표치로 설정함

- 1단계 (5 bpd 급)

- 실증규모에서 모듈형 F-T 반응공정 기술 개발
- 단위 셀 규모 : 600 x 800 이상
- 실증용 모듈 반응기 크기 5bpd
- 제조공정 모사/설계/시스템 제작
- 모듈형 반응기 컴팩트화 < 0.025 m3/bpd
- 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 함침방식을 이용 batch 당 5 kg 이상 촉매 양산

- 2단계 (500 bpd 급)

- 반응시스템 규모 : 500bpd
- Single F-T 반응모듈 크기 : >15bpd

- 모듈형 F-T 실증플랜트 운전 시간 (2단계 500 bpd) : 8,000h
- 모듈형 F-T 반응기 컴팩트화 : 0.025 m3/bpd
- F-T 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d
- 상업용 모듈형 F-T 반응공정 시스템 설계 : >2,000bpd

○ 합성원유 업그레이딩 기술 개발에서는 마이크로 GTL 플랜트를 위한 피셔-트롭쉬 합성유 업그레이딩 기술 개발을 목표로 다음의 성과지표 및 목표치로 설정함

- 업그레이딩 타겟은 1단계에서 합성연료 및 윤활기유 개발을 동시에 추진하며, 1단계 평가시 시장 상황, 기술개발 정도 에 따라 2단계에 두 기술 중 하나를 선택하여 스케일업 진행

- 1단계 (5 bpd 급)

- 업그레이딩 공정 운전 규모 5bpd
- 합성연료로의 전환 촉매 성능 :
- 왁스 전환율 ≧ 80%, C5+선택성 ≧ 80%
- C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80%
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능
- 왁스 전환율 ≧ 80%
- 윤활기유 수율 ≧ 70%,
- 윤활기유 점도지수 ≧ 135,
- 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 5 종류,
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 1%/month

- 2단계 (500 bpd 급)

- 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료 및 합성윤활기유로의 전환을 위한 기술 개발

- 합성연료로의 전환 촉매 성능 :
- 왁스 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%
- C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80%
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능
- 왁스 전환율 ≧ 70%
- 윤활기유 수율 ≧ 80%,
- 윤활기유 점도지수 ≧ 135,
- 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 3 종류,
- 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d

○ 마이크로 GTL 실증플랜트 기본 설계 기술에서는 마이크로 GTL 실증 플랜트를 위한 기본 설계 기술 역량 확보 및 기본 설계 패키지 개발을 목표로 다음의 성과지표 및 목표치로 설정함

- 1단계

- 최적 통합공정 시뮬레이션 사용 시나리오 및 요구사항 정의
- Recycle을 통한 수율과 선택도 증가를 위한 공정모사
- 마이크로 GTL 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 확보
- FEED 프레임워크 개발을 위한 참조(Reference) FEED 패키지 확보 및 분석
- 장치/ 계기/ 배관선정 시 물질, 압력, 온도, 안전을 고려한 최적의 Type 및 사이즈 결정
- BEDD, PFD, Mass/Heat Balance, P&ID, 장치/ 계기 Schedule
- 플랜트 운전 제어 개념 및 제어 방법 개발 (Process Control Description)
- 사전 준비(Pre-Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동 전 시운전(Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발

- 가동(Start-up) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 운전(Normal Operation) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 정지(Normal Shutdown) 및 재가동(Restart) 절차 및 매뉴얼 개발

- 2단계

- 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전 계획 확립
- 비상정지(Emergency Shutdown) 시나리오 도출
- 마이크로 GTL 플랜트 제어를 위한 제어 시뮬레이터 개발
- 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 작동유체 물성치 DB 개발
- 제어 정확도: >99%

○ 상용플랜트 건설 및 시운전에서는 각 단계별 규모에 따른 마이크로GTL 실증 플랜트 건설 및 시운전을 위하여 다음과 같은 성과지표를 설정함

- 1단계 (5 bpd 급)

- 공정안정성 및 운전성 검토
- 5 bpd 상세구조설계 및 상세시방설계
- 5 bpd급 플랜트 건설
- 5 bpd 실증공정 제어 및 운영 최적화
- 5 bpd 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
- 500 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
- 에너지효율 > 40 %
- 탄소효율 > 50 %
- 설비 국산화율 > 80 %

- 2단계 (500 bpd 급)

- 실증플랜트 용량 500 bpd
- 운전시간 > 8,000 h
- 건설비용 < $180,000

- 에너지효율 > 50 %
- 탄소효율 > 60 %
- 설비 국산화율 > 80 %

(4) 기간 추정과 시간적 선후 관계의 적절성

□ 연구개발사업 추진을 위한 세부활동별로 선후관계 및 소요되는 기간을 고려하여 로드맵을 설정하였음

○ 로드맵 작성은 각 세부과제별로 수행하여야 하는 세부 연구활동을 세분화하고, 성과 연계 등을 고려하여 선행되어야 하는 활동이 우선 추진되도록 로드맵을 설정함

○ 해외 테스트베드 구축에 앞서 확정되어야 하는 해외사업자와 협의 및 기술적용 및 사업모델이 제시되도록 로드맵을 설정함

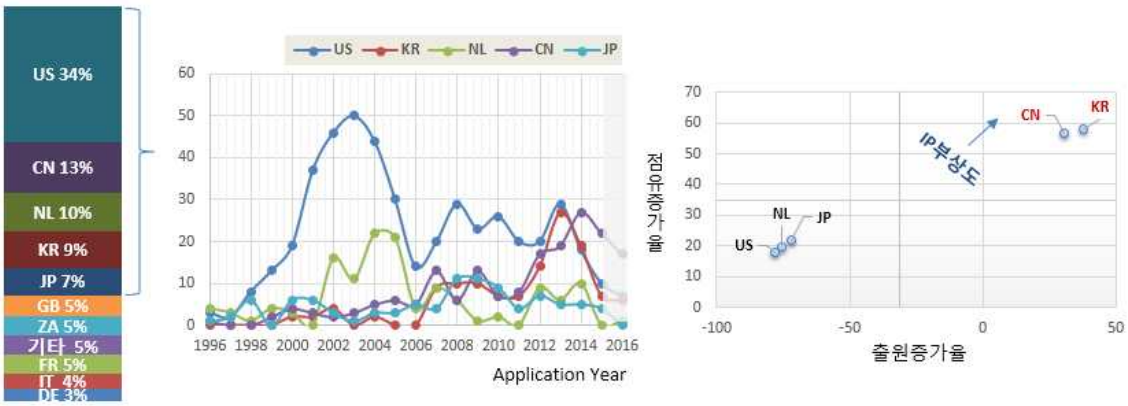
○ 500bpd급의 해외 테스트베드 구축에 앞서 부족한 핵심 요소기술을 확보하도록 로드맵을 설정함

○ 각 세부활동별로 추진되는 세부활동, 소요인력, 장비 재료비 등은 해외사업 경험이 있는 기업전문가, 엔지니어링업체의 공사비 시산 등을 토대로 산정함

2. 기술개발 성공가능성

가. 기술추세 분석

□ 특허출원 동향 분석 결과 한국은 특허 양적 기준으로 세계 4위 수준이며, 최근 5년간 IP부상도가 가장 높아 향후 GTL 분야의 기술혁신 선도국이 될 가능성이 매우 높은 것으로 분석됨



[그림 120] 특허출원 동향 분석

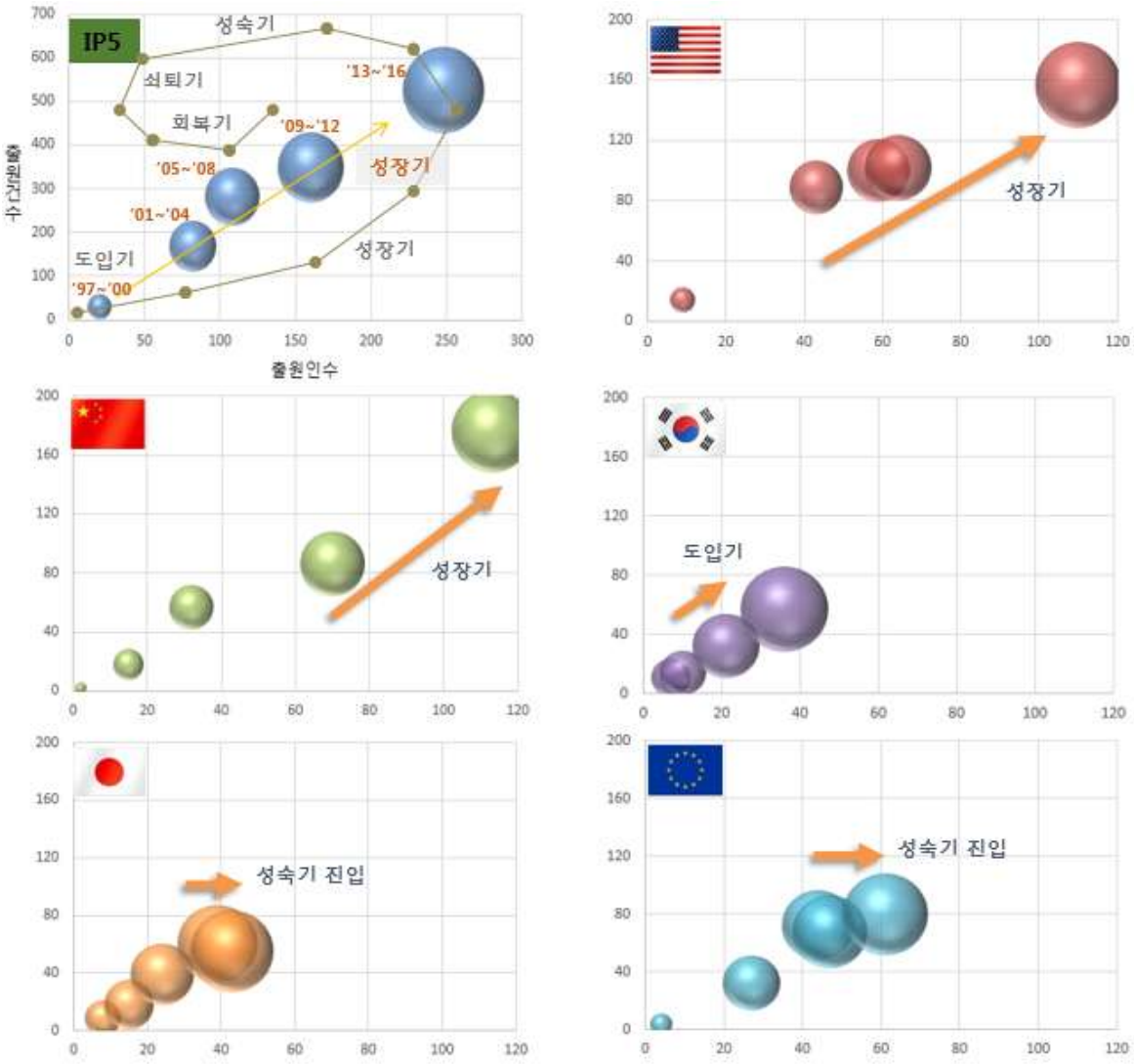
□ 주요시장국 전체 특허 포트폴리오 분석결과, 전 구간에서 특허건수와 출원인수가 지속적이며 증가하는 성장기 단계로 분석되어 향후 시장성장가능성이 높은 분야로 볼 수 있음

○ 해외 특허청에서는 시장 성장기 또는 성숙기 돌입하여 해외에서 관련사업이 본격적으로 추진될 것으로 추정할 수 있음

- 해외 시장진출하고자 하는 기업들은 진출대상 국가에 특허를 출원하여 기업이 보유하고 있는 기술의 권리들을 진출대상국가에서 보호받고자 함

- 따라서, 특허출원이 활발하게 이루어지고 있는 국가의 시장에서 관련 시장이 성장할 것으로 추측할 수 있음

○ 국내에는 가스전이 부재한 관계로 국내에서는 시장형성이 어려우며, 해외기업들의 국내 시장으로 특허출원이 활발히 이루어지고 있지 않는 것으로 보임



[그림 121] 기술성장곡선

나. 기술수준 분석

(1) 특허분석을 통한 기술수준 분석

□ 출원인국적에 따른 내·외국인 특허 점유율 분석 결과, 한국 국적의 출원인 비중이 월등히 높아 해외 기술의존도가 낮은 수준임

○ 그러나, 해외기술이 국내시장 진입 초기 단계, 즉 글로벌 경쟁구도가 본격적으로 이루어지기 전 단계이므로, 국내 기술보호를 두텁게 유지하면서 한국 기술력에 의한 기술진보 및 시장경쟁력 확보가 필요함

〈표 73〉 출원인 국적별 출원 현황

출원국가	출원인 국적																		내외국인 출원 현황		
	US	CN	NL	KR	JP	GB	ZA	FR	IT	DE	CH	SA	CY	NO	DK	CA	기타	총합계	내국인	외국인	기술의존도
USPTO(미국)	244	6	33	25	18	23	23	35	23	12	4	4	3	4	3	5	4	469	244	225	0.92
SIPO(중국)	57	174	24	9	11	15	17	6	9	9	3	2	2	1	2			341	174	167	0.96
EPO(유럽)	85		52	5	14	19	11	21	18	13	5	5	1	4	1		5	259	138	121	0.88
JPO(일본)	67		18	8	53	9	14	3	3	3	1	2	1			1		183	53	130	2.45
KIPO(한국)	15		6	79		5	5	1	1	3			2		1			118	79	39	0.49
총합계	468	180	133	126	96	71	70	66	54	40	13	13	9	9	7	6	9	1370	688	682	0.99

□ 미국이 GTL 요소공정 기술에 대하여 기술력지수가 타국과는 월등한 격차를 보이며 1위를 보이며, 한국은 독일 다음으로 글로벌 10위 수준임

○ 기술혁신 성과를 평가하는 질적수준인 특허영향력 지수에 양적수준인 특허등록건수를 반영하여 기술력지수(TS, Technology Strength)를 산출함

□ 특허시장력 기준으로는 키프로스와 남아프리카공화국이 1, 2위를 선점하고 있으며, 영국, 네덜란드, 이탈리아가 3, 4, 5위 수준이며, 한국은 14위로 해외출원을 통한 글로벌 시장경쟁력 확보가 매우 필요함

○ 동일한 발명에 대해 해당국가에서 상업적인 이익 및 기술경쟁 관계가 있을 때 해외출원을 하므로 이러한 패밀리특허 수가 많을 때 시장확보력이 크다고 할 수 있어 특허시장력(PFS, Patent Family Sizes) 판단의 지표가 될 수 있음

〈표 74〉 특허시장력 및 특허영향력 분석

국가	특허건수	등록건수	특허활동도	평균패밀리수	인용도지수 (CPP)	특허시장력 (PFS)	특허영향력 (PII)	기술력지수 (TS)
US(미국)	468	256	0.34	10.60	16.57	1.12	1.83	467.89
CN(중국)	180	82	0.13	1.65	2.54	0.17	0.28	22.94
NL(네덜란드)	133	61	0.10	14.26	3.93	1.50	0.43	26.47
KR(한국)	126	87	0.09	4.33	1.31	0.46	0.14	12.57
JP(일본)	96	42	0.07	6.31	4.55	0.67	0.50	21.06
GB(영국)	71	36	0.05	15.96	10.31	1.68	1.14	40.91
ZA(남아공)	70	49	0.05	20.31	8.67	2.14	0.96	46.87
FR(프랑스)	66	30	0.05	7.32	10.33	0.77	1.14	34.18
IT(이틸리아)	54	35	0.04	11.50	4.20	1.21	0.46	16.21
DE(독일)	40	26	0.03	10.48	5.19	1.10	0.57	14.89
SA(사우디)	13	6	0.01	9.00	3.00	0.95	0.33	1.98
CY(키프로스)	9	7	0.01	21.33	6.57	2.25	0.72	5.07
NO(노르웨이)	9	6	0.01	10.78	14.50	1.14	1.60	9.59
DK(덴마크)	7	3	0.01	7.43	0.67	0.78	0.07	0.22
CA(캐나다)	6	4	0.01	4.67	11.50	0.49	1.27	5.07

□ 한국은 아시아 국가인 중국과 일본과 함께 시장확보력과 질적수준이 모두 낮은 영역에 자리하고 있어, 특허평가 지표로부터 산출된 기술경쟁력 수준은 낮은 것으로 판단되나, 양적 수준이 높으며, 최근 IP부상도 최상위국가임을

고려할 때 경쟁력은 높아질 것으로 분석됨

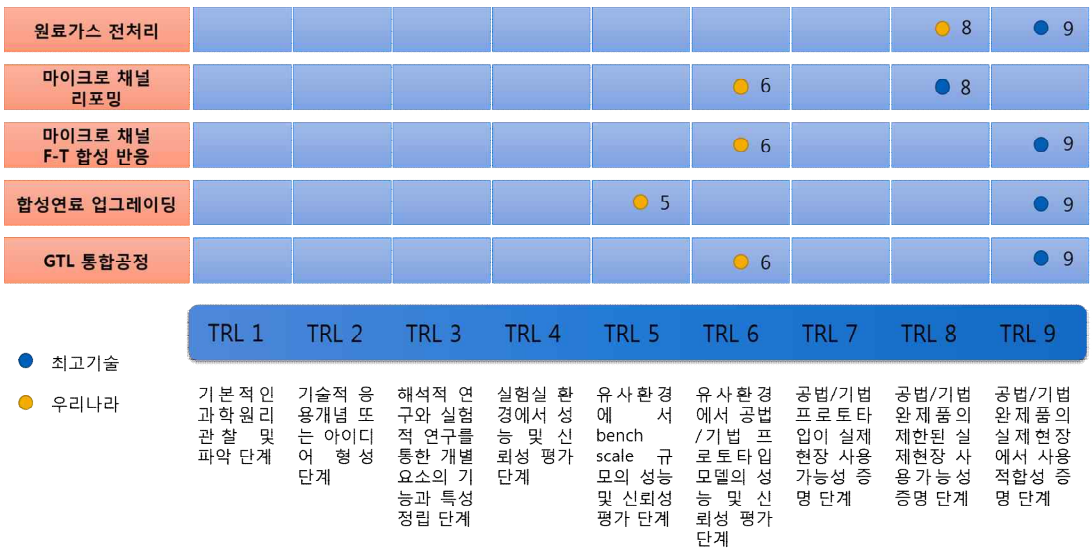


[그림 122] 시장확보력 분석

(2) 기술수준 및 TRL분석

□ 세부기술별로는 합성연료 업그레이딩 기술의 TRL단계가 가장 낮고 해외와 격차가 커 시급히 확보되어야 할 기술로 보이며, 이에따라 합성연료 업그레이딩 기술의 확보를 우선적으로 고려함

□ 반면, 원료가스 전처리 기술은 TRL8단계에 위치해 있어, 상용화 단계에 있으므로, 이번 연구개발사업에서는 기존 성과를 활용하는 것으로 설정함



[그림 123] TRL 수준 분석

□ 기술분야별로 해외 적용사례와 국내 최근 연구성과를 토대로 전문가 자문회의를 통해 국내 기술수준을 정성적으로 제시하였음

□ 마이크로채널 리포밍 기술은 촉매 재생 방법, 반응기의 재질 및 성형 문제 등 세부적인 기술에서 완성도가 다소 떨어지는 것으로 분석되었으나, 선행 과제에서 pilot scale 까지는 성공적으로 수행하였으므로 마이크로채널 F-T 합성반응 및 GTL 통합 공정과 함께 TRL 6으로 평가됨

□ 전문가 자문위원회를 통해 의견을 수렴한 결과, 동 사업 개발기술을 통해 실증 테스트베드는 쉽게 적용할 수 있을 것으로 예상되며, 핵심 기술의 국산화 또한 가능할 것으로 판단됨[67)]

○ 현재 국산화를 위한 연구 인프라 및 연구 역량이 이미 갖춰져 있으며, 양호한 시장성이 예상되므로 기술개발에 대한 투자 또한 문제가 없을 것으로 판단됨

3. 기존 사업과의 중복성

가. 사업수준의 중복성

□ 기존사업과의 중복성은 NTIS를 기반으로 유사사업을 확인하였으며, 사업수준에서 GTL과 관련된 사업은 없는 것으로 확인됨

나. 과제수준의 중복성

□ 과제수준에서는 바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발, 합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발, 파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발 , 모듈형 고효율 GTL마이크로 반응 시스템 개발사업, 산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술, 합성가스 제조용 모듈형 마이크로 리포머 개발과제가 검토대상이 됨

○ 바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발과제는 고체산화물 연료전지에 공급하는 원료가스 공급용이며, 제안 과제는 중소가스전에서 대량생산용으로 개발하는 기술로 차이가 있음

○ 합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발과제는 대형 GTL적용을 목적으로 개발되었으나, 제안과제는 모듈형 GTL에 적용을 목적으로 하는 기술로 단위부피당 효율이 뛰어난 고효율 마이크로채널형 반응기를 개발하여 기술적으로 차이가 있음

○ 모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발과제는 0.2bpd 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발하는 반면, 제안과제는 기존 규모를 더욱 발전시켜 상업화에 필요한 최소 모듈인

67) 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 한국플랜트건설연구원 자문

200bpd급의 기본설계기술로 차이가 있음

○ 파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발과제와 산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술과제는 sCO2 발전 시스템을 위한 FEED 프레임워크를 목적으로 하는 반면, 제안과제는 중소형 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발하는 점에서 차이가 있음

<표 75> 선행과제와의 차별성

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발 (`15~`18/이종규)	▪ 바이오가스 기반 5kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 개발 ▪ 고체산화물 연료전지에 최적화되고 경제적인 바이오가스 정제기술 개발 ▪ 바이오가스 기반 100kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 엔지니어링 기술 개발	▪ 기존과제는 고체산화물 연료전지에 공급하는 원료가스에 적용하기 위함. ▪ 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 ▪ 기존과제는 1.5 Nm³/hr의 원료가스 공급이며, 제안 과제의 규모는 6500 Nm³/hr로 대량 생산 기술 선정 및 가스전 확보임
합성가스 제조용 모듈형 마이크로 리포머 개발 (`10~`15/박종수)	▪ 1단계 (3년) : 천연가스를 이용한 합성가스 제조용 마이크로 리포머 개발 ▪ - 합성가스 제조규모 6Nm3/hr ▪ - 고효율 개질촉매 제조기술 개발 (GHSV=60.000/hr) ▪ - 금속박판 적층에 의한 마이크로채널 리포머 구성 기술개발 (상용반응기 대비 개질기 부피 감소비율, 60%) ▪ 2단계 : 분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발 ▪ - 개질기-분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발/운전 (FT 반응용 공그가스(H2/CO=2, 규모 18Nm3/hr)	▪ 본 연구에서는 기존대비 100배 스케일업 데모 플랜트 개발을 목표로 함 ▪ 반응기 제조공정 특성과, 컴팩트화 향상을 목표로, 단위셀에 촉매를 2×2 배열로 확대 연구를 1단계에 진행하고, 2단계에서 데모플랜트를 건설하고자 함 ▪ 모듈형 반응기용 촉매 양산기술 개발 ▪ coke 생성에 대비한 재생/활성화 기술 개발
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (`09~`12/전기원)	▪ F-T 촉매와 슬러리 버블 컬럼 반응기를 이용하여 합성가스로부터 합성유를 효율적으로 제조하는 기술 개발 ▪ 코발트, 백금 성분의 고활성 Pt-Co/M-Al 촉매개발 ▪ 합성석유 조성 및 생산성 분석 기술 개발 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 슬러리 버블 컬럼 반응기 설계 및 제작 ▪ 0.1 및 1 BPD 급 파일럿 반응기 누적 운전 3000 시간 달성 ▪ 100 BPD 급 F-T 합성공정 설계 완료	▪ 기존과제는 대형 GTL에 적용하기 위함. ▪ 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 ▪ 모듈형 반응기용 촉매 및 대량 생산 기술 개발 ▪ 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피당 생산량이 상용 반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 개발 (C5+ 생산량 기준 0.025m3/bpd 이하)

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 (`10~`15/전기원)	▪ 18 Nm3/hr급 마이크로 리포머 개발, 시운전 및 FT 공정과 연계한 50 bpd급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 합성가스 생산량 18 Nm3/h 급 마이크로 리포머 개발 및 시운전 ▪ 마이크로 리포머 부피 최소화 ▪ 수소/일산화탄소 비 제어를 위한 고분자 분리막 공정 개발 ▪ FT 공정과 연계한 50bpd 급 마이크로 리포머 공정 설계 ▪ 파일럿 공정 운전 결과 분석을 통한 0.2bpd급 GTL 공정 모델 해석 결과 검증	▪ 기존 과제는 0.2배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발 ▪ 제안과제는 기존 규모를 더욱 발전시켜 상업화에 필요한 최소 모듈을 개발. ▪ 모듈형 반응기용 촉매 대량생산 기술 개발 ▪ 3000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계
파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발 (`15~`16/임동렬)	▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 설계 ▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 가시화 지원 도구 개발 ▪ FEED 프레임워크 기반 sCO2 발전 시스템 공정 설계 및 최적 운전 조건 도출 ▪ sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 검증	▪ 기존 과제는 sCO2 발전 시스템을 위한 FEED 프레임워크를 목적으로 함 ▪ 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발
산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술 (`16~`19/차재민)	▪ 산업 폐열 이용 MW급 발전시스템의 공정설계를 위한 엔지니어링 시스템의 아키텍쳐 개발 ▪ 엔지니어링 해석기술 및 공정 요소 라이브러리 개발 ▪ 경제성 분석 모델 및 라이브러리 개발 ▪ 상세 요구사항 명세서 기반의 엔지니어링 지원 시스템 구현 ▪ 검증 시나리오에 따른 엔지니어링 시스템 시범 적용 및 검증	▪ 기존 과제는 sCO2, ORC 등 특정 산업 폐열 이용 발전 시스템의 특성을 고려한 전용 엔지니어링 시스템 개발을 목적으로 함 ▪ 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발

□ 해외 선진사인 Velocys 및 CompactGTL과는 파일럿 플랜트의 규모 및 비용에서 강점을 보이는 것으로 분석됨

<표 76> 해외 선진사의 현황

Developer	Velocys	Compact GTL	제안 사업
리포머 형태 (Pilot)	Micro channels (~mm) (Wall coated catalyst)	Mini-Channel (1 X 0.5cm) (Pin &Plate type)	Micro channels (~mm) (Fused metal plate)
리포머 형태 (상용화)	ATR		

Developer	Velocys	Compact GTL	제안 사업
F-T 합성반응기 형태	Micro channels (~mm) (Powder catalyst)	Mini-Channels (Fin &Plate type)	Micro channels (~mm) (powder, foam type catalysts)
공정	Reforming (SMR) + LTFT (Cobalt based)	Reforming (SMR) + LTFT (Cobalt based)	Reforming (SMR) + LTFT (Cobalt based)
Pilot plant	0.05 BPD (2007)	0.2 BPD (2008)	0.2 BPD (2015)
Demonstration	6 BPD(25 BPD FT trial operation, 2012)	20 BPD, commissioning approved by Petrobras (2010)	5 BPD (1단계 계획)
Technical Partner	Toyo Eng., MODEC, Kobe steel, Haldor-Topsoe (ATR reformer), Ventech	SPP, Fluor, SBM, Johnson Matthey Catalysts, Petrobras, Gazprom	-
기술수준	상용화 예정	상용화 예정	Pilot plant
Capital cost	-	Offshore: $20만/BPD	$18만/BPD

□ 선행사업과의 연계 방안으로는 ‘모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 과제’와의 연계를 고려할 수 있음

○ 각각의 마이크로 리포머 및 마이크로 FT 반응기 등 핵심 반응장치의 세부적인 설계를 제외한 통합 공정의 기본 설계 위주임

○ 본 사업의 1단계 5 BPD 급 실증 공정의 기본 설계를 위한 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 판단됨

4절 경제적 타당성

1. 경제성 분석 개요

□ 동 사업의 경제성 분석에서는 연구개발부문 예비타당성조사에서 기본지표로 제시하는 비용편익 비율(benefit-cost ratio, BCR)을 활용함

○ 비용편익 비율이란 사업의 진행으로 인한 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 총편익의 현재가치를 총비용의 현재가치로 나눈 것을 의미함[68)]

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 할인율, n : 분석기간

[그림 124] 비용편익 비율 산정식

* 출처 : 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP

□ 동 연구개발사업을 통해 해외 마이크로 GTL 플랜트 시장 점유를 통한 매출이 발생하며, 이를 편익으로 고려하여 경제성분석을 수행함

○ 연구진에서는 국내 시장 진출도 고려하였으나, 국내 대상 가스전이 부재하여 해외 마이크로 GTL플랜트 매출만 편익으로 고려함

- 국내 타겟시장으로 고려하였던 매립지 가스의 경우, 전국의 매립지에서 발생하는 가스량이 200BPD 수준이며, 매립지 가스 발생량이 감소추세로 전환됨에 따라 상용화급 마이크로 GTL플랜트 적용이 어려운 상황임

○ 반면, 해외시장의 경우, 아직 폭발적으로 시장이 성장하고 있지는 않지만, 간헐적으로 중소규모의 가스전을 대상으로 하는 프로젝트가 추진되며, 시장 수요를 확인할 수 있음

- 그간 시장이 폭발적으로 성장하지 못한데에는 아직까지 선도기업에서도 고효율화 기술을 확보하지 못하여 경제성을 온전히 확보하지 못한 상황에서 저유가로 인해 시장상황이 불안정하였기 때문임

- '17년 하반기부터는 유가가 다시 상승추세로 전환되고 있으며, 해외 에너지

68) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP

관련 기관에서도 유가의 상승세가 지속될 것으로 전망하여 마이크로 GTL플랜트 시장이 형성될 것으로 전망됨

- 특히 마이크로 GTL플랜트는 그간 기존 대형 GTL플랜트의 경제성문제로 개발되지 못하였던 중소규모의 한계가스전에서도 경제성이 확보되는 기술로, 셰일가스 등 비전통 가스전을 보유한 국가에서 시장수요가 발생할 것으로 전망됨

- 또한, 현재 수준의 저유가에서도 대형 GTL플랜트에 비해 경제성을 확보할 수 있어, 향후 시장이 개화될 경우 대형 GTL플랜트에 비해 시장도 안정적으로 가져갈 수 있을 것으로 전망되는 유망한 시장임

○ 동 연구개발사업에서는 마이크로 GTL플랜트의 상용화 및 해외진출을 고려한 연구개발사업을 기획함

- 해외 플랜트사업 진출을 위해서는 플랜트 운영실적이 확보되어야 하며, 선도기업의 마이크로 GTL플랜트 프로젝트 수주사례를 토대로 운영실적 확보 전략을 수립함

  • Compact GTL의 경우, 운영시간 8,000시간(1년)의 실적을 기반으로 상용화 플랜트 프로젝트를 수주하였음

  • 선도기업의 Scale-up사례를 토대로 10,000BPD급 마이크로 GTL플랜트로 Scale-up을 위한 최소모듈로 500BPD급의 테스트베드를 운영할 계획임

  • 해외 진출을 고려하여, 해외 타겟시장을 현지 테스트베드로 확보하여 사업을 추진할 계획임

- 해외 시장에서 선도기업과 경쟁에서 이기고, 시장을 점유하기 위해 해외 선도기업의 마이크로 GTL플랜트 성능수준을 능가하는 마이크로 GTL플랜트 기술을 확보할 계획임

  • 이번 연구개발사업에서는 에너지효율 50%이상, 탄소효율 60%이상의 기술을 확보할 계획이며, 이는 선도기업의 마이크로 GTL플랜트 기술보다 우수한 수준임

- 이번 연구개발사업에서는 확보가 시급한 요소기술을 우선적으로 확보한 후, 500BPD규모로 마이크로 GTL플랜트를 구성하는 모든 구성품을 현지 테스트베드에서 운영할 계획임

  • 마이크로 GTL플랜트 기술은 원료전처리부터 천연가스 리포밍, F-T 합성 반응, 합성연료 업그레이딩까지 일련의 공정프로세스가 하나의 플랜트로 구현되는 기술로, 운영실적도 전체 공정을 포함하는 플랜트 운영실적이 요구됨

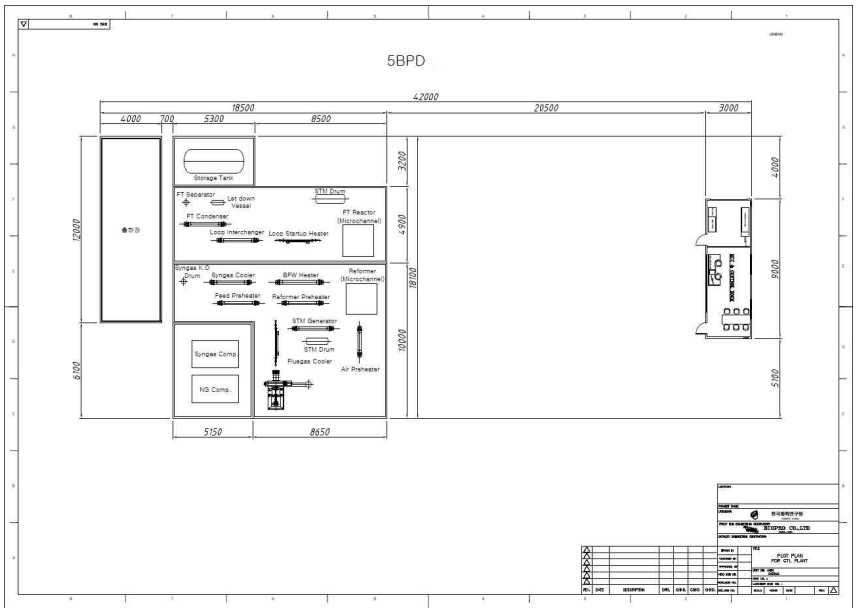


[그림 125] 고효율 마이크로 GTL 플랜트 기술 개발을 통한 예상 편익

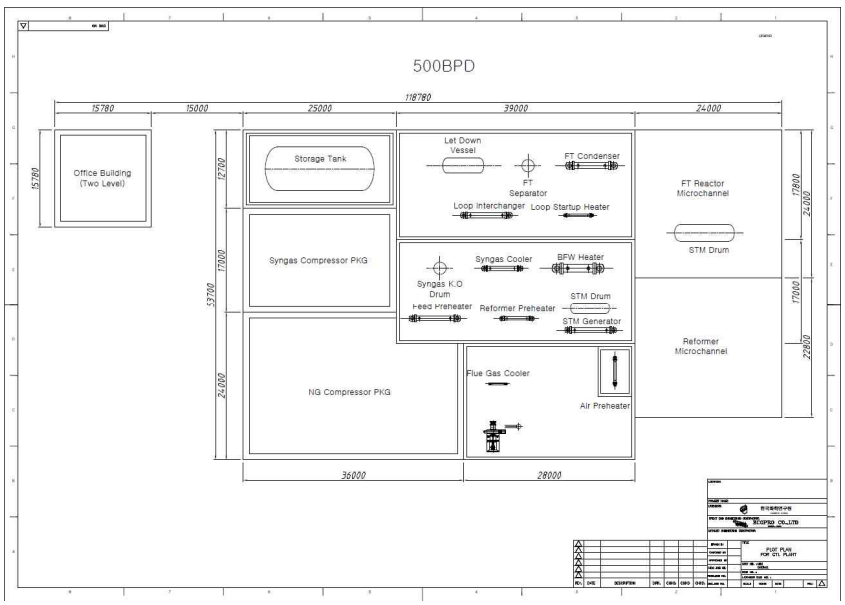
2. 비용 추정

□ 경제성분석에 사용되는 비용 추정은 고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술개발 사업의 총 사업비로 함

○ 연구시설 구축 계획에 따른 급 데모 플랜트 평면도는 [그림 133] 및 [그림 134]와 같으며 동 사업의 총 사업비는 5 BPD 및 500 BPD 실증플랜트 구축 비용을 모두 포괄함



[그림 126] 연구시설 구축 계획에 따른 5 bpd 급 플랜트 평면도



[그림 127] 연구시설 구축 계획에 따른 500 bpd급 플랜트 평면도

〈표 77〉 실증플랜트 시설구축 총사업비 산정 결과

시설명	실증플랜트1 (5 bpd), 실증플랜트2 (500 bpd)	사업명	고효율 마이크로 GTL 플랜트 실증 시설
시설구축 총사업비	687.34 (건축비) 억원	전체사업비	900 억원
시설구축 사업기간	2020년 (1단계, 1년) 2022년~2023년 (2단계, 2년) 총 3년	전체사업기간	2019년~2025년 (7년)
부지위치(주소)	미정		
지역/지구	공업지역		
시설용도	위험물 저장 및 처리시설		
층수(지하, 지상)	지상 1 층		
부지면적	(실증플랜트1) 760.2 m2, (실증플랜트2) 6,378.48 m2		
건축면적	361.85 m2, 4,809 m2		
연면적	361.85 m2, 4,809 m2		
주차대수			

시설물명	실증플랜트1 (5 bpd)	실증플랜트2 (500 bpd)	합계
부지위치	미정	미정	
층수(지하, 지상)	지상1	지상1	
부지면적 (m2)	760.2	6,378.48	7,138.68
건축면적 (m2)	361.85	4,809	5,170.85
연면적 (m2)	361.85	4,809	5,170.85
건폐율 (%)	47.6	75.4	72.4
용적율 (%)	47.6	75.4	72.4
구조/마감	-	-	-
주차대수	-	-	-

층구분	실증플랜트1			실증플랜트2		
	실명	면적 (m2)	용도 및 특이사항	실명	면적 (m2)	용도 및 특이사항
지상1	운전실	27	-	운전실	249	-
	플랜트	334.85	-	플랜트	4,560	-
	소계	361.85			4,809	
건물 총계		5,170.85				

〈표 78〉 실증플랜트 시설구축 총사업비 상세

구분			금액(억원)	산정방식 (플랜트 건설 비용 추산자료 참조)
총사업비	용지보상비	용지구입비	미정	
		지상물보상비	미정	
		소계	미정	
	공사비	부지조성공사비	14.22	
		토목공사비	183.94	주요 장비 도입 및 설치
		건축공사비	202.35	계측장비, 파이핑, 전기, 기타건축비 포함
		기계/전기/통신/소방	91.45	
		조경공사비	-	
		부가가치세	49.196	
		소계	541.156	
	시설부대경비	설계비	44.85	
		감리비	5.81	
		조사 및 측량비	29.43	contractor's fee 포함
		각종 영향평가비		
		부가가치세	8.01	
		소계	88.1	
	예비비		58.09	주요장비비의 30%
	총계		687.34	

○ 동 사업의 총 사업기간은 '19~'25년까지의 7년, 총 사업비는 총 913.8억원으로 산정되며, 핵심기술개발 및 현지 테스트베드 구축 및 시운전 비용까지 포함하고 있음

- 동 사업은 마이크로 GTL 플랜트를 구성하는 요소 기술을 개발하는 1단계 사업과 상용 실증 플랜트 시공 및 시운전을 수행하는 2단계 사업으로 구성됨

- 1단계('19~'21) 사업의 총 예산은 147.0억원, 2단계('22~'25) 사업의 총 예산은 766.8억원임

〈표 79〉 고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술개발 연구사업 연차별 사업비

분류	1단계			2단계				총계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	0.8	4.5	3.8	30.0	30.0	15.0	3.0	87.0
합성가스 제조용 리포밍 기술	8.3	14.3	7.4	40.0	40.0	20.0	3.0	133.0
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	5.9	10.8	7.3	15.0	15.0	7.0	3.0	64.0
합성원유 업그레이딩	4.7	5.1	5.2	10.0	10.0	5.0	3.0	43.0
마이크로 GTL 플랜트 기본 설계 기술	-	10.5	10.5	3.0	3.0	3.0	3.0	33.0
(준)상용급 플랜트 건설 및 시운전	16.0	16.0	16.0	198.3	198.3	54.7	54.7	554.0
합계	**35.7**	**61.2**	**50.1**	**296.3**	**296.3**	**104.6**	**69.6**	**913.8**

3. 편익 추정방안

□ 고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술개발 사업을 통해 기대되는 해외 마이크로 GTL 플랜트 시장 매출 편익은 KISTEP의 예비타당성 표준지침(제2-1판)에 따라 추정함

○ 마이크로 GTL 플랜트의 매출 편익은 향후 예상되는 연간 마이크로 GTL 플랜트시장에서 이번사업을 통해 확보된 기술로 시장을 점유하여 발생하는 시장매출 편익으로 산정함

○ 동 기술개발사업이 매출 편익 발생에 기여한 부분만을 고려하여 사업기여율, R&D기여율, 사업화성공률 및 부가가치율을 고려함

○ 편익발생 시점은 연구개발이 종료되는 '25년 이후, '26년부터 8년간 발생하는 것으로 산정함

- 연구개발사업을 통해 상용화플랜트 규모의 운영실적 확보되며, 곧바로 사업수주가 가능한 수준까지 기술개발이 완료될 예정으로 연구개발사업 종료 이듬해부터 매출편익이 발생하는 것으로 가정함

- 타겟으로 고려하고 있는 동남아시아 국가를 현지 테스트베드로 추진하는 것은 현지 테스트베드를 기반으로 현지 가스전 개발사업 발주유도 등 사업수주활동까지 고려한 것임

- 마이크로 GTL플랜트 기술의 특허수명주기(TCT)를 기반으로 편익발생기간을 8년으로 산정함

해외 마이크로 GTL 플랜트 시장 매출 편익

$$Bs_{doeb} = \sum_{T=2026}^{2033} \frac{Mq(T)_{doeb} \times Ms(T)_{doeb} \times Cp \times Ct \times Sc \times Vc}{(1+r)^{(T-2017)}}$$

Bs_{doeb} : 마이크로 GTL 플랜트 매출 편익(원)
$Mq(T)_{doeb}$: T년도 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장규모(원)
$Ms(T)_{doeb}$: T년도 국내 기업 GTL 플랜트의 예상 점유율(%)
Cp : 사업기여율(%)
Ct : R&D기여율(%)
Sc : 사업화 성공률(%)
Vc : 부가가치율(%)
r : 사회적 할인율(%)

□ 경제성 분석에 사용되는 산정지표는 전세계 GTL 플랜트 착공 개소 수, 국내 기업의 예상 점유율, 규모, 건설비 등 총 9개로 구성됨

〈표 80〉 주요지표별 산출방안

주요지표	산출방안
가. 연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장규모 전망	▪ 최근 연평균 마이크로 GTL 프로젝트 발주건수에 타겟시장의 평균 BPD규모, BPD당 평균 공사비를 곱하여 산정하며, 비전통 석유공급량 증가율 전망에 따라 시장이 성장하는 것으로 가정
나. 국내 기업의 예상 점유율	▪ 기존 대형 GTL 플랜트 시장에서 한국 업체의 시장점유율을 적용
다. 사업기여율	▪ 동 사업 분야의 R&D 사업 총 투자규모에서 동 사업비가 차지하는 비중으로 적용
라. R&D기여율	▪ 연구개발부문 예비타당성조사 표준지침 제2-1판(2016)에서 제시한 R&D기여율 적용
마. 사업화 성공률	▪ 산업통상자원부의 2014년 <성과활용 현황조사 분석보고서>에서 제시하고 있는 에너지·자원분야 사업화 성공률 적용
바. 부가가치율	▪ 한국은행의 2014 산업연관표를 기반으로 동 사업과 관련성이 높은 산업시설 건설분야의 부가가치율 적용
사. 할인율	▪ 연구개발부문 예비타당성조사 표준지침 제2-1판(2016)에서 제시한 사회적할인율 적용
아. 편익기간	▪ 마이크로 GTL플랜트 기술 관련 특허의 기술수명주기(TCT)의 중간값으로 적용

가. 연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장규모 전망

□ 연간 예상되는 마이크로 GTL 플랜트 시장규모는 최근 5년 간 연평균 마이크로 GTL 프로젝트 건수에 GTL 프로젝트 당 생산용량 규모(BPD), 전세계 비전통 석유 생산량 연평균 증가지수, BPD당 공사비를 곱한 값으로 산정함

〈표 81〉 연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장규모 산정식

(연간 예상 마이크로 GTL플랜트 시장규모)=

(최근 5년간 연평균 마이크로 GTL 프로젝트 건수) X (GTL 프로젝트 1개소 당 생산용량 규모) X (비전통 석유 생산량의 연평균 증가지수) X (BPD당 공사비)

(1) 최근 5년간 연평균 마이크로 GTL 프로젝트 건수

□ 최근 5년간 연평균 1.4건의 마이크로 GTL프로젝트가 추진되고 있으며, 본격적으로 시장이 개화되지 않은 점을 고려할 때, 최소한 매년 1.4건 이상의 마이크로 GTL플랜트 프로젝트가 발주되는 것으로 고려함

○ 자료조사를 통해 '12~'16년간 총 7개의 마이크로 GTL플랜트가 계약체결된 것으로 확인됨

- 전세계 마이크로 GTL 플랜트 프로젝트 계약건수는 '12년 0건, '13년 2건, '14년 3건, '15년 0건, 16년 2건으로 '12~'16년간 총 7건의 마이크로 GTL플랜트 프로젝트가 계약 체결됨

<표 82> 마이크로 GTL 수주 계약 체결 현황

플랜트명	지역	시공업체	수주계약시점
GREYROCK 1	Houston, USA	DFP--GreyCat	2013
Juniper GTL	Louisiana, USA	SGC Energia XTLH	2013
ENVIA Energy	Oklahoma, USA	Velocys	2014
CompactGTL Kazakhstan	Kazakhstan	CompactGTL	2014
Ashtabula GTL	Ohio, USA	Velocys	2014
PRIMUS 1	Virginia, USA	Primus Green Energy	2016
PRIMUS 2	Alberta, Canada	Primus Green Energy	2016

* 자료 : '에너지시장 환경변화에 따른 GTL사업 진출전략, 에너지경제연구원(2015)' 기반,
주요 시공업체 공식 웹사이트 및 기사검색을 통한 자료조사

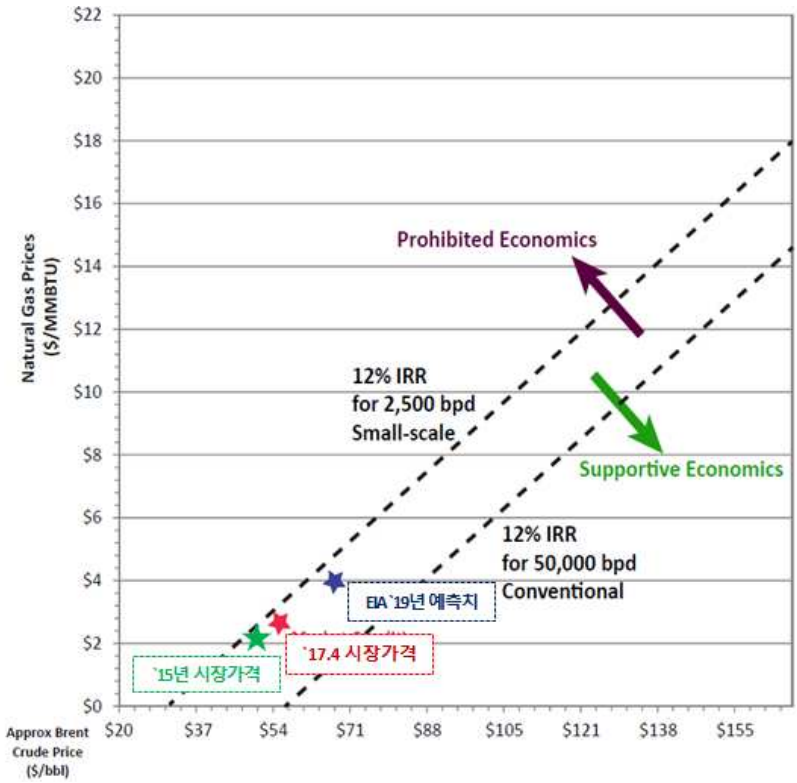
○ 현재 마이크로 GTL플랜트 시장은 초기단계로 최근 5년간 연평균 프로젝트 이상으로 마이크로 GTL플랜트 프로젝트가 추진될 것으로 보이며, 최근 5년간의 연평균 건수를 기반으로 산정하는 것은 편익을 보수적으로 접근하는 것임

- 전통적인 가스자원은 산유국 중심으로 분포해 있으나, 비전통가스자원은 전세계적으로 고르게 분포해 있어, 비산유국을 중심으로 개발유인이 높을 것으로 예상됨

- 특히 마이크로 GTL플랜트는 대형 GTL플랜트에 비해 저유가 기조에서도 경제성이 확보되어 사업발주가 보다 안정적으로 이루어질 것으로 예상됨

  • EIA의 석유-가스가격 ratio에 따른 수익성 분석 결과, 저유가 상황이었던 '17년 4월의 석유/가스가격 수준에서도 마이크로 GTL플랜트는 사업성의 기준이 되는 IRR 12%를 초과하였음[69)]

• EIA의 '19년도 석유-가스 가격 전망치 ratio에서도 대형 GTL플랜트는 사업성이 담보되지 않으나, 마이크로 GTL플랜트는 사업성이 확보되는 것으로 나타남



[그림 128] `15~`19년 유가에 따른 기존/중소규모 GTL 플랜트의 수익성 비교 그래프

(2) 마이크로 GTL 프로젝트 1개소 당 생산용량 규모

□ 현재 전세계에 분포해 있는 가스전의 가스부존량을 고려할 때, 동 기술개발 사업에서 타겟으로 하고 있는 10,000BPD 이하 가스전의 개소당 평균 생산량은 4,968BPD로 추정됨

○ IHS Energy(2015)의 Syntroleum 통계 자료에 따르면, 부존량 2,000~10,000 BPD 규모의 가스전 개소 수는 총 2,560개소로 추정됨

- 5,000~10,000BPD 규모의 가스전 개소수는 940개, 2,000~5,000BPD 규모의 가스전 개소수는 1,620개임

• 개발되는 마이크로 GTL플랜트는 2,000~10,000BPD 규모의 가스전을 타겟으로 함

69) Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process: Technical and economic analysis, Fuel, 2016

- 이 사업에서는 500BPD급의 모듈을 Test-Bed에서 구축 및 운영하며, 개발 기술의 최소모듈 단위는 500BPD가 됨

- 1,000BPD이하의 경우 실험용 플랜트로 운영되는 경우가 많으며, 상용화급 규모는 1,000BPD를 상회하는 플랜트로 고려함

○ 2,000~10,000BPD의 가스전의 총 부존량은 각 구간별 중간값에 해당 구간의 가스전 개소수의 곱을 합산하여 산정함

- 2,000~5,000BPD 규모의 가스전 총 부존량은 중간값인 3,500BPD에 1,620개소를 곱하여 5,670,000BPD로 추정함

- 5,000~10,000BPD 규모의 가스전 총 부존량은 중간값인 7,500BPD에 940개소를 곱하여 7,050,000 BPD로 추정함

- 2,000~10,000BPD규모의 가스전 총 부존량은 2,000~5,000BPD급 가스전의 총 부존량과 5,000~10,000BPD급 가스전의 총 부존량을 합한 12,720,000BPD로 추정함

○ 타겟 시장인 2,000~10,000BPD 규모의 가스전의 총 부존량 추정치를 개소수로 나누어 타겟시장의 GTL 플랜트 개소당 부존량을 4,968BPD로 산정함

<표 83> 규모별 GTL플랜트 개소 수

부존량(BPD)	구간 중간값	개소 수	구간별 부존량 (중간값*개소 수)
5,000~10,000	7,500	940	7,050,000
2,000~5,000	3,500	1,620	5,670,000
200~2,000	1,100	5,085	5,593,500
200 이하	100	6,243	624,300

* 출처 : Syntroleum, IHS Energy(2015); TOYO Engineering & Mitsui Ocean Development & Engineering

(3) 1 BPD당 공사비

□ 타겟시장의 마이크로 GTL 플랜트 1 BPD 당 평균 공사비는 '26년 1.98억원, '33년 2.32억원으로 산정됨

○ 마이크로 GTL 플랜트 1 BPD 당 평균 공사비는 진출 타겟 가스전의 규모별 공사비를 산출한 뒤, 규모별 비중 및 scale factor를 곱하여 산정함

- 공사비 산정의 기준이 되는 500BPD 급 플랜트의 1 BPD 당 건설비는 엔지니어링 업체의 공사비 산정 결과에 따라 $18만/BPD로 산출이며, 따라서 500 BPD급 플랜트의 공사비는 9,000만 달러임

〈표 84〉 500 BPD급 GTL 플랜트의 총 자본투자 (TCI) 산출 내역 (단위: 억원)

Item	Ratio factor	Cost 5 BPD	Ratio factor	Cost 500 BPD
1. Direct Cost				
1.1 Purchased Equipment	1.00	11.57	1.00	130.64
1.2 Purchased Equipment Installation	0.22	2.54	0.30	39.19
1.3 Instrumentation & Control	0.24	2.74	0.30	39.19
1.4 Piping	0.60	6.94	0.60	78.38
1.5 Electric	0.20	2.31	0.15	19.6
1.6 Buildings	0.23	2.64	0.18	23.52
1.7 Yard improvements	0.10	1.16	0.10	13.06
1.8 Service facilities	0.00		0.70	91.45
Total Direct Cost		29.9		435.03
2. Indirect Cost				
2.1 Engineering and supervision	0.15	1.74	0.33	43.11
2.2 Construction expenses	0.08	0.9	0.20	26.13
2.3 Legal expenses	0.05	0.58	0.04	5.23
2.4 Contractor's fee	0.06	0.69	0.22	28.74
2.5 Contingency		13.9	0.30	39.19
Total Indirect Cost		17.81		142.4
Fixed capital investment		47.71		577.43
Fixed capital investment(delivered)		**52.48**		**635.17**

○ 상기 표에서 Ratio factor란 플랜트 건설시 필수적으로 추가되는 항목의 비용을 산출할 때, 계산된 주요 장비비(Purchased equipment)에 곱해지는 값임

- 플랜트의 성격마다 다르지만 일반적으로 GTL facility의 경우 위와 같은 값을 사용함[70)]

○ 동 사업 타겟시장인 2,000~5,000 BPD 구간 및 5,000~10,000BPD 구간의 마이크로 GTL 플랜트 1 BPD 당 현재시점 평균 공사비는 14만 4,178달러로 산정됨

- 동 사업 성과물과 같은 모듈형 공정의 경우 규모의 경제로 인해 0.9의 scale factor를 가지게 됨[71)]

  • 타겟시장 진출 시 500 BPD 급 모듈을 여러 개 조립하여 플랜트를 건설하게 되므로 scale factor를 공사비 계산 시 반영함

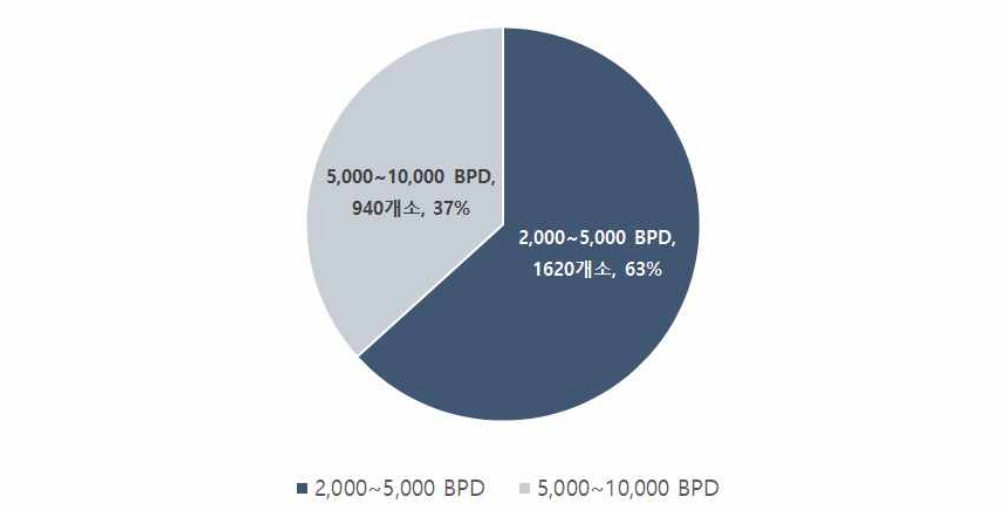
70) Chemical engineering plant cost index (CEPCI 2014)
71) Small scale Fischer-Tropsch Gas-to-Liquids Facilities, Fischer-Tropsch Synthesis, Catalysts, and Catalysis Advances and Applications ,CRC Press, 2016

〈표 85〉 모듈형 GTL 플랜트 공사비 산정 식

(모듈형 조립 플랜트의 1 BPD 당 건설비용)=

(500 BPD급 플랜트 건설 비용) X (목표 플랜트의 BPD/500 BPD)^(scale factor)/(용량)

- 동 사업 타겟시장이 2,000~5,000 BPD 구간과 5,000~10,000 BPD 구간으로 나뉘므로, 각 용량 구간 중간값의 규모를 가지는 플랜트의 1 BPD당 공사비를 산출한 뒤, 각 용량 구간이 시장에서 차지하는 비율을 고려하여 1 BPD 당 공사비를 산정함



[그림 129] 타겟시장의 용량별 비중

〈표 86〉 타겟시장 마이크로 GTL 플랜트의 현재시점 1 BPD당 공사비 산정식

구분	구간	중간값	1 BPD 당 공사비(달러)	개소 수
구간A	2,000~5,000 BPD	3,500 BPD	148,170	1620
구간B	5,000~10,000 BPD	7,500 BPD	137,297	940

$$P = (A_p * A_q) + (B_p * B_q) / (A_q + B_q)$$

P : 현재시점의 타겟시장 마이크로 GTL 플랜트 1 BPD 당 평균 공사비

A_p : 구간A의 중간값 용량 플랜트의 1 BPD 당 공사비

B_p : 구간B의 중간값 용량 플랜트의 1 BPD 당 공사비

A_q : 구간A의 개소 수

B_q : 구간 B의 개소 수

○ 1 BPD 당 건설비는 매년 재료비 상승, 인건비 상승 등의 요인에 따라 매년 증가하는 것으로 고려하였으며, 증가율은 '07년~'16년간의 소비자 물가상승

률 평균인 2.34%로 설정함

<표 87> 연도별 소비자 물가상승률

구분	`07	`08	`09	`10	`11	`12	`13	`14	`15	`16	평균
소비자 물가상승률(%)	2.5	4.7	2.8	2.9	4.0	2.2	1.3	1.3	0.7	1.0	2.34

* 출처 : 통계청(소비자물가조사 각 연도)

○ 현재 시점의 1 BPD 당 공사비에 물가지수를 곱한 분석 대상 기간('26~'33년)의 1 BPD당 공사비는 '26년 1.98억원, '33년 2.32억원으로 산출됨

- 편익값을 원화로 산정하기 위해 '17년 현재시점의 1 BPD 당 공사비(14만 4,178달러)에 최근 10년 간의 평균환율을 곱하여 산정함

  • '07~'16년 간의 연간 평균환율은 1,125.22원/달러로 조사됨[72)]

- 물가지수는 '17년 현재시점의 물가를 1로 설정하였을 때, 최근 10년('07~'16년) 간 연평균 물가 상승률인 2.34%를 곱하여 산정함

<표 88> 연간 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 규모 전망(`26~`33)

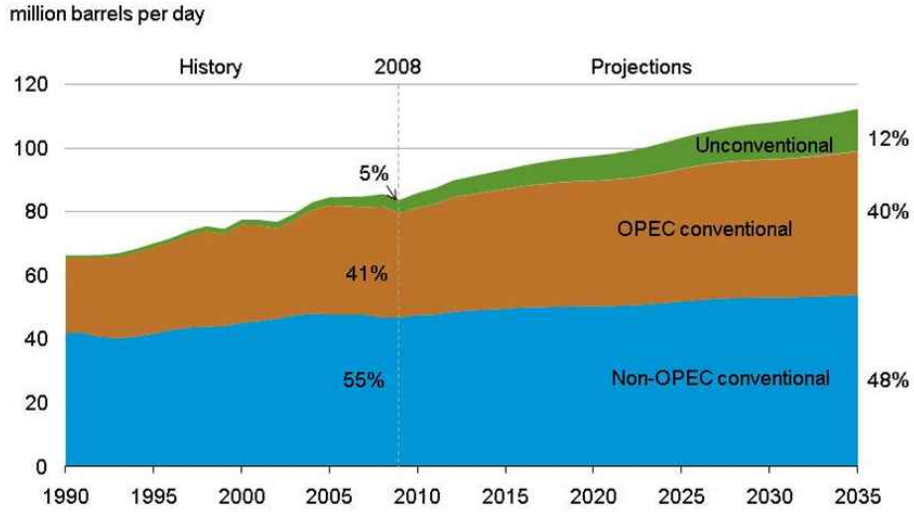
구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33
`17년 현재시점의 1 BPD당 공사비(억원)	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
`17년 현재시점 대비 해당년도 물가지수	1.23	1.26	1.29	1.32	1.35	1.38	1.41	1.45
1 BPD 당 공사비(억원)	**2.00**	**2.04**	**2.09**	**2.14**	**2.19**	**2.24**	**2.30**	**2.35**

(4) 연평균 비전통 석유 생산량의 증가지수

□ 미국 EIA의 전망에 따르면 전세계 비전통 석유(unconventional liquid oil) 생산량은 '08년 8,350만 BPD에서 연평균 4.43%로 증가하여 '35년에는 1억 1,200만 BPD에 달할 것으로 전망함

○ EIA는 '08년 기준 전체 석유생산량 중 비전통 석유생산량은 약 5%를 차지하고 있으며, '35년에는 전체 석유생산량의 약 12%를 비전통 석유가 차지할 것으로 전망함

72) 환율통계, e-나라지표(http://www.index.go.kr)



[그림 130] `35년까지의 전통/비전통 석유 생산량 추이

*출처 : International Energy Outlook, EIA., 2011

○ '17년 현재의 비전통 석유 생산량을 1로 하였을 때, 분석 대상 기간의 '17년 대비 생산량을 각 년도의 증가지수로 설정하였으며, '26년의 비전통 석유 생산량 증가지수는 1.48, '33년의 증가지수는 2.00으로 산정됨

- 마이크로 GTL플랜트에서 생산되는 석유는 비전통석유로 분류되며, 마이크로 GTL플랜트에서 생산되는 석유의 증가율과 비전통 석유 생산량의 증가율은 동일한 것으로 가정함

  • 마이크로 GTL플랜트는 대형 GTL플랜트에 비해 저유가 기조에서도 경제성이 담보됨

  • 특히 동남아시아, 북중미, 남미 등의 한계가스전 개발이 가시화되고 있으므로, 마이크로 GTL플랜트 석유 생산량은 비전통 석유 생산량보다 더 크게 증가할 것으로 전망됨

  • 동 분석에서는 편익을 보수적으로 접근하는 관점에서 비전통석유의 증가율과 동일한 것으로 가정함

- 해당 기간 동안 비전통 석유 생산량의 연평균 증가율은 4.43%임

<표 89> `08~`35년 간 비전통 석유 생산량 증가지수

구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33
증가지수	1.48	1.54	1.61	1.68	1.76	1.83	1.92	2.00
CAGR(`08~`35)	**4.43%**							

(5) 연간 해외 마이크로 GTL 플랜트 시장 규모 전망

□ 분석 대상 기간(‘26~‘33년) 동안의 연간 해외 마이크로 GTL 플랜트 시장은 ‘26년 2조 528억원에서 ‘33년 3조 2,692억원으로 분석됨

○ 연간 시장 규모는 연평균 마이크로 GTL 플랜트 프로젝트 발주 건수에 1개소 당 생산용량, 1 BPD당 공사비를 곱한 뒤 연평균 비전통 석유 생산량 증가지수를 곱하여 산정함

- 연평균 비전통 석유 생산량 증가지수만큼 연평균 마이크로 GTL 프로젝트 발주 건수가 증가하는 것으로 가정함

<표 90> 연간 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 규모 전망(`26~`33)

구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33
연평균 마이크로 GTL 플랜트 프로젝트 건수	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
마이크로 GTL 플랜트 1개소 당 생산용량 규모(BPD)	4,968.75	4,968.75	4,968.75	4,968.75	4,968.75	4,968.75	4,968.75	4,968.75
1 BPD당 공사비 (억원)	2.00	2.04	2.09	2.14	2.19	2.24	2.30	2.35
연평균 비전통 석유 생산량의 증가지수	1.48	1.54	1.61	1.68	1.76	1.83	1.92	2.00
연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장 규모(억원)	**20,528**	**21,939**	**23,447**	**25,059**	**26,781**	**28,622**	**30,590**	**32,692**

나. 국내 기업의 예상 점유율

□ 개발기술을 활용한 국내 기업의 해외 마이크로 GTL플랜트 시장 점유율은 해외 대형 GTL플랜트 시장 점유율 수준으로 고려하여 22.2%로 산정함

○ 국내에서 아직 마이크로 GTL플랜트로 해외에 진출한 실적이 없으므로, 유사 사업분야인 대형 GTL플랜트의 해외 대형 GTL플랜트 시장 점유율을 고려하여 산정함

- 대형 GTL플랜트의 경우 SHELL, SASOL등 메이저 기업이 시장을 점유하고 있는 가운데, 국내 기업은 우즈베키스탄과 투르크메니스탄 대형 GTL플랜트 사업에 진출하였음

○ 국내 기업의 전세계 GTL 플랜트 시장 점유율은 이미 시장이 형성되어 있는 기존 GTL 플랜트 프로젝트 中, 국내 기업이 수주에 성공한 비율을 고려하여 22.2%로 설정함

○ 현재 가동 중이거나 추진 중인 기존 GTL 플랜트 9개소 中, 국내 기업이 수주에 성공한 프로젝트는 2건으로 조사됨

- 국내 기업이 수주에 성공한 프로젝트는 '18년에 가동 개시 예정인 우즈베키스탄의 Olin Yo'L GTL 플랜트 및 투르크메니스탄의 Turkmenbashi Refinery Complex GTL 플랜트임

<표 91> 전세계 GTL 기존 플랜트 프로젝트 및 국내 기업 수주 현황

플랜트명	지역	용량 (bpd)	가동 시점	비고
Olin Yo'L GTL	**Uzbekistan**	**37,000**	**2018(예상)**	**국내 업체 참여**
Escravos	Nigeria	33,000	2014.8	-
Pearl GTL	Qatar	140,000	2011	-
Oryx	Qatar	32,400	2007	-
Bintulu	Malaysia	14,700	1993	-
Mossgass	South Africa	22,500	1991	-
Mossgass	South Africa	22,500	1991	-
Alberta's Industrial Heartland	Alberta	48,000(Phase 1) 96,000(Phase 2)	2018(1단계) 2021(2단계)	-
Turkmenbashi refinery complex	**Türkmenistan**	**35,000**	**2018(예상)**	**국내 업체 참여**

*출처 : 각 시공업체별 홈페이지, EnerData GTL Database(2014), 에너지시장 환경변화에 따른 GTL 사업 진출전략(에너지경제연구원, 2015), Oil &Gas Journal 홈페이지(http://www.ogj.com/articles)

다. 사업기여율

□ 동 경제성분석에서 활용한 사업기여율은 사업 기여율은 (동사업 예산) / (동사업 예산 + 유사 사업 예산)로 산정하였으며, 57.4%를 적용함

○ GTL 플랜트 및 유사 기술 R&D 사업 검색을 통해 동 사업과 유사한 5개의 사업을 분석함

○ 유사사업 투자금액은 679.5억원, 동 사업의 총 사업비는 913.8억원으로 사업 기여율은 913.8/(913.8+679.5) = 57.4%임

<표 92> 유사사업 내용 및 사업비

구 분	주요내용	사업기간	사업비 (억원)
GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반기술개발	GTL-FPSO 상용 플랜트 건설을 위한 기술 개발을 통하여 국내 자체 기술에 의한 실증 플랜트 규모의 설계기술을 확보하는 과정	2011-07-01 ~ 2016-06-30	214.5
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발	상용 대형 GTL 공정대비 80%의 부피를 줄인 마이크로 GTL반응용 핵심모듈 개발 및 GTL-FPSO 개발용 기반 기술 개발	2010-06-01 ~ 2015-10-31	105.5
바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발	고체산화물 연료전지에 최적화되고 경제적인 바이오가스 정제기술 개발 / 바이오가스 기반 100kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 엔지니어링 기술 개발	2015-06-01 ~ 2018-05-31	39.7
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발	천연가스를 이용한 고효율 FT 반응기 및 촉매 개발. 기포탑 슬러리 반응기를 이용한 1 BPD 급 파일럿 공정 운전	2006-08-01 ~ 2012-11-30	222
하이브리드 시스템을 이용한 악취제거 및 소화가스 고질화 실증 기술개발	온실가스 회수 전처리 장치를 포함한 하이브리드 시스템 공정 실증화 기술 개발	2011-11-01 ~ 2013-09-30	222
5.0합성가스 제조용 모듈형 마이크로 리포머 개발	CompactGTL 기술에 적용 가능한 신개념 개질촉매 및 유닛 리포머 개발	2010-06-01 ~ 2015-05-31	59.0
파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발	초임계 CO2발전 시스템의 FEED 프레임워크 개발을 통해 FEED 수행 프로세스 정립, 중장기 대규모 초임계 CO2 발전 시스템 단계 수행에 앞서 선행 기술개발을 수행	2015-09-01 ~ 2016-08-31	5.0
산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술	산업 폐열을 이용한 발전 시스템의 표준 프로세스 정립, 라이브러리 구조 설계	2016-05-01 ~ 2019-04-30	8.9
소계			679.5

* 출처 : NTIS홈페이지 국가R&D사업관리

라. R&D 기여율

□ 연구개발부문 예비타당성조사 표준지침 제2-1판(2016)에서 제시한 R&D기여율 35.4%를 적용함

마. 사업화 성공률

□ 산업자원부의 2014년 <성과활용 현황조사 분석보고서>에서 제시하고 있는 사업화 성공률을 활용함

○ 동 사업 개발기술과 관련된 에너지·자원분야의 사업화 성공률인 33.3%를 적용함

바. 부가가치율

□ 최신 발간된 한국은행 산업연관표(2014)를 기준으로 동 사업과 관련성이 높은 산업분야의 부가가치율을 산정함

○ 2014년 산업연관표의 투입산출표 中, '산업시설 건설(소분류 113)'의 총투입계 대비 부가가치계 비율 37.4%를 적용함

사. 할인율

□ 현재가치 추정을 위한 할인율은 기획재정부가 '17년 8월에 발표한 '예비타당성 조사 개도 제편' 안에 따라 사회적할인율 4.5%를 적용함

아. 편익기간

□ 동 경제성 분석의 편익 기간은 기술수명기간(TCT)을 활용하여 산정하여 8년으로 산정함

○ 연구개발부문 예비타당성조사에서의 경제적 타당성 분석에서는 기술수명기간을 도입하여 편익기간을 산정함[73)]

○ 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기술가치평가시스템에 따르면 "천연가스, 서브클래스 C10G 또는 C10K에 의하여 분류되지 않는 방법으로 얻어지는 천

73) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP

연가스, 액체 석유 가스, 연료 또는 화염의 첨가제 사용” 관련 기술의 TCT는 8로 제시되어 있으며, 동 경제성 분석에서의 편익기간은 8년으로 설정함

<표 93> 기술수명기간(TCT) 상세

IPC	내용	중앙값(Q2)
C10L	천연가스, 서브클래스 C10G 또는 C10K에 의하여 분류되지 않는 방법으로 얻어지는 천연가스, 액체 석유 가스, 연료 또는 화염의 첨가제 사용	8

주) 기술수명기간은 해당 분야 출원 특허의 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값임

* 출처 : 기술가치평가 실무가이드, 2014.12, 산업통상자원부

4. 편익 추정결과

□ 마이크로 GTL 플랜트 매출 편익의 총 현재가치 산정 결과, 701.4억원으로 분석됨

○ 최초 편익은 '25년 사업 종료 후 '26년에 발생하며, 이후 '33년까지 8년 간 발생하는 것으로 가정함

○ R&D기여율 35.4%, 사업기여율 57.4%, 사업화 성공률 33.3%, 회적 할인율 5.5%, 부가가치율 37.4%를 적용함

- 현재가치 추정을 위한 할인율은 기획재정부가 '17년 8월에 발표한 '예비타당성 조사 개도 제편' 안에 따라 사회적할인율 4.5%를 적용함

〈표 94〉 마이크로 GTL 플랜트 매출 편익 산정

구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	합계
연간 예상 마이크로 GTL 플랜트 시장 규모(억원)	20,528	21,939	23,447	25,059	26,781	28,622	30,590	32,692	
국내 기업의 예상 점유율(%)	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	
R&D 기여율(%)	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	
사업 기여율(%)	57.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	
사업화 성공률(%)	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	
부가가치율	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	
매출 편익(억원)	**115.1**	**123.0**	**131.5**	**140.5**	**150.2**	**160.5**	**171.5**	**183.3**	**1175.6**
매출 편익의 현재가치(억원)	**80.9**	**82.8**	**84.7**	**86.6**	**88.5**	**90.6**	**92.6**	**94.7**	**701.4**

5. 경제성 분석 결과

□ 경제성 분석의 전제 조건

○ 분석대상 기간 : 2026~2033년(8년)

- 최초 편익은 '25년 사업 종료 후 '26년부터 발생하는 것으로 가정

- 일반적으로 R&D 예비타당성 조사에 경제성분석에서 활용하는 기술수명주기(TCT)를 적용하여 8년으로 설정함

○ R&D기여율과 사업화 성공률

- 일반적으로 R&D기여율은 국가연구개발사업의 직접적 경제적 편익 추정시 해당시장에서 창출된 부가가치 중에서 연구개발이 기여한 정도를 고려하기 위해 R&D 기여율을 활용함

  * 즉 R&D기여율은 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때, 전체 부가가치 가운데 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지를 나타내는 지표임

- 동 GTL 플랜트 개발 기술의 상용화 성공에 대한 확률적인 개념을 추가하기 위해 사업화 성공률을 고려하여 편익을 산정함

<표 95> 비용 및 편익의 흐름

연도	비용 (억원)		편익 (억원)	
	값	현재가치	값	현재가치
2019	35.7	34.2	-	-
2020	61.2	56.0	-	-
2021	50.1	43.9	-	-
2022	296.3	248.5	-	-
2023	296.3	237.8	-	-
2024	104.6	80.3	-	-
2025	69.6	51.1	-	-
2026	-	-	115.1	80.9
2027	-	-	123.0	82.8
2028	-	-	131.5	84.7
2029	-	-	140.5	86.6
2030	-	-	150.2	88.5
2031	-	-	160.5	90.6
2032	-	-	171.5	92.6
2033	-	-	183.3	94.7
합계	**913.8**	**751.8**	**1175.6**	**701.4**

□ 동 사업의 경제성 분석 결과, B/C 비율은 0.933으로 분석됨

○ 총 비용(사업비)은 913.8억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 비용의 현재가치는 751.8억원으로 산출됨

○ 총 편익(매출 편익)은 1163.3억원이며, 사회적 할인율을 반영한 총 편익의 현재가치는 701.4억원으로 산출됨

〈표 96〉 경제성 분석 결과

구분	현재가치 환산기준
총 편익의 현재가치(억원)	701.4
총 비용의 현재가치(억원)	751.8
B/C Ratio	**0.933**

□ 자체 예비 제품원가 추정 결과

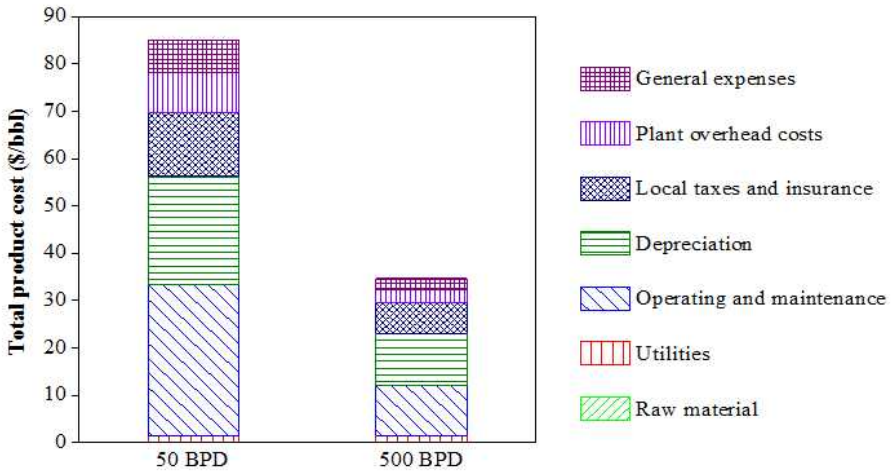
○ 제품원가 추정 조건

- 50%의 자본을 정부에서 투자

- 20년 운전 가정

- 원료비 무상 제공

○ 상기와 같은 가정일 때 추정된 제품 원가는 아래와 같음



- 500 bpd 규모에서 제품원가는 약 $35로 2018년 1월 현재 국제유가 대비($60) 경제성이 있는 것으로 나오나, 원료비가 추가될 경우엔 국제유가와 비슷할 것으로 추정됨

제5장 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입 계획

□ 연구일정에 따른 인력투입계획은 세부과제별로 투입되는 연구인력을 WBS기준으로 구분하여 산출함

□ 총 투입 연구인력은 7년간 634명이 투입될 계획임

〈표 97〉 총 연구투입 인력

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	2	22	20	10	10	10	10	84
합성가스 제조용 리포밍 기술	13	22	12	11	11	11	11	91
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	11	19	14	11	11	11	11	88
합성원유 업그레이딩	12	15	15	10	10	10	10	82
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	19	19	6	6	6	6	62
(준)상용급 플랜트 건설 및 시운전	19	19	19	60	60	25	25	227
합계	**38**	**97**	**80**	**108**	**108**	**73**	**73**	**634**

□ 1세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

〈표 98〉 1세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
1-1. 해외가스전 확보	1-1-1. 인도네시아 등 해외사업자와 협의	2	2					
	1-1-2. 기술적용 및 사업모델 제시		3	3				
1-2. 가스물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립	1-2-1. 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석		2	2				
	1-2-2. 계절별, 시간대별 조성, 유량데이터 확보		3	3				
	1-2-3. 원료가스 공급조건 정립		2	2				

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
1-3. 정제 및 공급 유틸리티 설계	1-3-1. 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계		2	2				
	1-3-2. 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계		2	2				
	1-3-3. 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계		2	2				
1-4. 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술선정	1-4-1. 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거기술 평가		2	2				
	1-4-2. 원료가스 공급 시스템 인허가		2	2				
1-5. 원료가스 공급	1-5-1. 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급				10	10	10	10

□ 2세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

<표 99> 2세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
2-1. 내코크성 개질 촉매 개발 및 양산 기술	2-1-1. 피드조성에 따른 촉매 안정성 향상 연구	3	3					
	2-1-2. 금속산화물 분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발		2	2				
	2-1-3. 로드셀을 이용한 분말 연속 곡급 및 성형공정 개발		2	2				
	2-1-4. 코팅두께 최적화		3	3				
2-2. 마이크로채널 리포밍 반응기 개발	2-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형마이크로채널 최적화	2	2					
	2-2-2. 촉매 교체가 용이한 모듈형 반응기 구조 설계	2	2					
	2-2-3. 고내열성 반응기 재질 탐색 및 제작 기술		2	2				
	2-2-4. 발열반응을 이용한 열교환식 채널구조 설계	3	3					
2-3. 합성가스 비 제어 기술	2-3-1. 멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술	3	3	3				
2-4. 모듈형 리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리	2-4-1. 500 bpd급 플랜트에 개질촉매/반응기를 제공하고 합성가스 비 제어				11	11	11	11

□ 3세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

<표 100> 3세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
3-1. 마이크로채널 반응기용 고성능 FT 촉매 개발 및 양산	3-1-1. 고선택성 Co 기반 촉매 개발	3	3					
	3-1-2. 금속산화물 분발에 활성금속 연속 담지 공정 개발		2	2				
	3-1-3. 교체가 용이한 모듈형 3차원 촉매 구조체 성형 기술	3	3	3				
	3-1-4. 마이크로채널 내 촉매 장입 및 교체 기술		3	3				
3-2. 마이크로채널 FT 반응기 개발	3-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형마이크로채널 반응기 최적화	2	2					
	3-2-2. 단위셀 대면적화 및 촉매 장입량 극대화 기술	3	3	3				
	3-2-3. 내구성이 높은 반응기 제작을 위한 채널간 접합기술		3	3				
3-3. 모듈형 FT 반응기 및 촉매 적용	3-3-1. 500 bpd급 플랜트에 모듈형 FT 촉매/반응기를 제공 및 운전 지원				11	11	11	11

□ 4세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

<표 101> 4세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
4-1. 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술	4-1-1. 고효율 수첨처리 촉매 개발 및 양산	3	3	3				
	4-1-2. 합성원유 안정성 평가지표 확립	3						

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
4-2. 업그레이딩 촉매 개발 및 양산	4-2-1. 윤활기유의 내열성 및 점도 향상을 위한 디왁싱 촉매 개발 및 양산	3	3	3				
	4-2-2. 디젤, 제트유, 가솔린 연소 품질 향상을 위한 이성질화 촉매 개발 및 양산	3	3	3				
	4-2-3. 최적 반응 조건 도출		2	2				
4-3. 연속식 업그레이딩 반응 시스템 설계	4-3-1. 수첨처리 및 업그레이딩 공정의 통합 연속식 반응시스템 설계		2	2				
	4-3-2. 최적 반응 조건 도출 및 공정 설계		2	2				
4-4. 업그레이딩 촉매 및 공정 적용	4-4-1. 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용				10	10	10	10

□ 5세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

<표 102> 5세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
5-1. 최적 통합공정 시뮬레이션 기술	5-1-1. 효율 증대를 위한 공정흐름 전환 연구		2	2				
	5-1-2. 경제성 분석 모델 개발		2	2				
5-2. 공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술	5-2-1. 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성		3	3				
	5-2-2. 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화		3	3				
5-3. 운전계획 및 제어로직 개발 등 실용기술	5-3-1. 플랜트 운전 제어 개념 및 방법 개발		2	2				
	5-3-2. 준비/시운전/가동/운전/정지 메뉴얼 개발		3	3				
	5-3-3. 운전 중 이상상황 조기 진단 및 대응		2	2				
	5-3-4. ICT 기반 엔지니어링 기술		2	2				
5-4. 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전계획 제공	5-4-1. 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전계획 확립				6	6	6	6

□ 6세부과제의 연구투입인력은 다음과 같음

〈표 103〉 6세부과제의 연구투입인력

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
6-1. 500 bpd 급 플랜트 상세설계	6-1-1. 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study)				5	5		
	6-1-2. 상세구조설계 및 상세시방설계				10	10		
6-2. 5 &500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전	6-2-1. 실증공정 제어 및 운영 최적화	3	3	3	5	5		
	6-2-2. 현장 시공 및 평가	7	7	7	20	20		
	6-2-3. 시스템 성능시험 및 시운전 운영	5	5	5	10	10	10	10
	6-2-4. 운전데이터 DB화	2	2	2	5	5	5	5
	6-2-5. 운영조건에 따른 고효율 최적운영기술	2	2	2	5	5	5	5
6-3. 상용플랜트 기본설계자료 확보	6-3-1. 2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보						5	5

2절 소요예산 산정

□ 연구일정에 따른 소요예산은 투입인력을 고려한 인건비, 연구활동에 따른 장비 재료비 투입계획을 고려하여 산정하였음

□ 총 소요예산은 914억원으로 산정함

〈표 104〉 총 소요예산 산정

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	0.8	4.5	3.8	30	30	15	3	87
합성가스 제조용 리포밍 기술	8.3	14.3	7.4	40	40	20	3	133
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	5.9	10.8	7.3	15	15	7	3	64
합성원유 업그레이딩	4.7	5.1	5.2	10	10	5	3	43
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	10.5	10.5	3	3	3	3	33
플랜트 건설 및 시운전	16	16	16	198.3	198.3	54.7	54.7	554
합계	35.7	61.2	50.1	296.3	296.3	104.6	69.6	914

□ 1세부과제의 소요예산은 다음과 같음

〈표 105〉 1세부과제의 소요예산 산정

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
1-1. 해외가스전 확보	1-1-1. 인도네시아 등 해외사업자와 협의	75	75					
	1-1-2. 기술적용 및 사업모델 제시		76	76				
1-2. 가스물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립	1-2-1. 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석		20	20				
	1-2-2. 계절별, 시간대별 조성, 유량데이터 확보		20	20				
	1-2-3. 원료가스 공급조건 정립		11	11				
1-3. 정제 및 공급 유틸리티 설계	1-3-1. 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계		31	31				
	1-3-2. 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계		31	31				
	1-3-3. 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계		33	33				
1-4. 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술선정	1-4-1. 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거기술 평가		75	75				
	1-4-2. 원료가스 공급 시스템 인허가		2	2				
1-5. 원료가스 공급	1-5-1. 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급				10	10	10	10

□ 2세부과제의 소요예산은 다음과 같음

〈표 106〉 2세부과제의 소요예산 산정

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
2-1. 내코크성 개질 촉매 개발 및 양산 기술	2-1-1. 피드조성에 따른 촉매 안정성 향상 연구	201	201					
	2-1-2. 금속산화물 분말에 활성금속 연속 담지 공정 개발		150	150				
	2-1-3. 로드셀을 이용한 분말 연속 곡급 및 성형공정 개발		150	150				
	2-1-4. 코팅두께 최적화		150	150				
2-2. 마이크로채널 리포밍 반응기 개발	2-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형마이크로채널 최적화	150	150					
	2-2-2. 촉매 교체가 용이한 모듈형 반응기 구조 설계	150	150					
	2-2-3. 고내열성 반응기 재질 탐색 및 제작 기술		150	150				
	2-2-4. 발열반응을 이용한 열교환식 채널구조 설계	201	201					
2-3. 합성가스 비 제어 기술	2-3-1. 멤브레인 분리기를 이용한 합성가스 비 제어 기술	127	127	136				
2-4. 모듈형 리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리	2-4-1. 500 bpd급 플랜트에 개질촉매/반응기를 제공하고 합성가스 비 제어				4,000	4,000	2,000	300

□ 3세부과제의 소요예산은 다음과 같음

〈표 107〉 3세부과제의 소요예산 산정

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
3-1. 마이크로채널 반응기용 고성능 FT 촉매 개발 및 양산	3-1-1. 고선택성 Co 기반 촉매 개발	150	150					
	3-1-2. 금속산화물 분발에 활성금속 연속 담지 공정 개발		150	150				
	3-1-3. 교체가 용이한 모듈형 3차원 촉매 구조체 성형 기술	102	102	102				
	3-1-4. 마이크로채널 내 촉매 장입 및 교체 기술		150	150				
3-2. 마이크로채널 FT 반응기 개발	3-2-1. 전산유동해석을 이용한 모듈형마이크로채널 반응기 최적화	200	200					
	3-2-2. 단위셀 대면적화 및 촉매 장입량 극대화 기술	140	131	131				
	3-2-3. 내구성이 높은 반응기 제작을 위한 채널간 접합기술		194	194				
3-3. 모듈형 FT 반응기 및 촉매 적용	3-3-1. 500 bpd급 플랜트에 모듈형 FT 촉매/반응기를 제공 및 운전 지원				1,500	1,500	700	300

□ 4세부과제의 소요예산은 다음과 같음

〈표 108〉 4세부과제의 소요예산 산정

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
4-1. 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술	4-1-1. 고효율 수첨처리 촉매 개발 및 양산	80	85	87				
	4-1-2. 합성원유 안정성 평가지표 확립	252						
4-2. 업그레이딩 촉매 개발 및 양산	4-2-1. 윤활기유의 내열성 및 점도 향상을 위한 디왁싱 촉매 개발 및 양산	65	70	66				
	4-2-2. 디젤, 제트유, 가솔린 연소 품질 향상을 위한 이성질화 촉매 개발 및 양산	70	61	70				
	4-2-3. 최적 반응 조건 도출		50	50				
4-3. 연속식 업그레이딩 반응 시스템 설계	4-3-1. 수첨처리 및 업그레이딩 공정의 통합 연속식 반응시스템 설계		126	126				
	4-3-2. 최적 반응 조건 도출 및 공정 설계		120	120				
4-4. 업그레이딩 촉매 및 공정 적용	4-4-1. 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매 와 공정을 적용				1,000	1,000	500	300

□ 5세부과제의 소요예산은 다음과 같음

〈표 109〉 5세부과제의 소요예산 산정

세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
5-1. 최적 통합공정 시뮬레이션 기술	5-1-1. 효율 증대를 위한 공정흐름 전환 연구		100	100				
	5-1-2. 경제성 분석 모델 개발		50	50				
5-2. 공정패키지 확보 및 FEED 설계 기술	5-2-1. 계통흐름도, 배관 및 계측도면, 계기사양서 작성		201	201				
	5-2-2. 최종 투자비 산출 및 상세설계 최적화		201	201				
5-3. 운전계획 및 제어로직 개발 등 실용기술	5-3-1. 플랜트 운전 제어 개념 및 방법 개발		126	126				
	5-3-2. 준비/시운전/가동/운전/정지 메뉴얼 개발		126	126				
	5-3-3. 운전 중 이상상황 조기 진단 및 대응		126	126				
	5-3-4. ICT 기반 엔지니어링 기술		119	119				
5-4. 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전계획 제공	5-4-1. 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전계획 확립				300	300	300	300

□ 6세부과제의 소요예산은 다음과 같음

<표 110> 6세부과제의 소요예산 산정

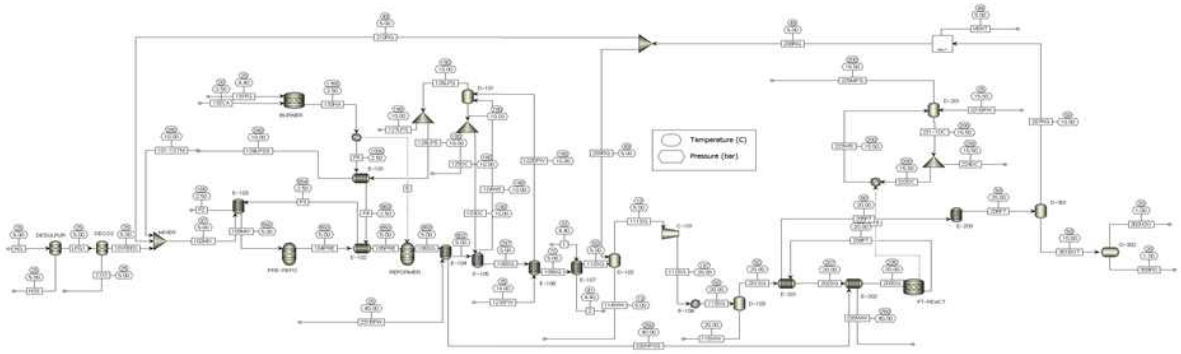
세부기술	연구활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도
6-1. 500 bpd 급 플랜트 상세설계	6-1-1. 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study)				502	502		
	6-1-2. 상세구조설계 및 상세시방설계				507	507		
6-2. 5 &500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전	6-2-1. 실증공정 제어 및 운영 최적화	200	200	200	503	503		
	6-2-2. 현장 시공 및 평가	1,000	1,000	1,000	15,012	15,012		
	6-2-3. 시스템 성능시험 및 시운전 운영	300	300	300	2,307	2,307	2,507	2,507
	6-2-4. 운전데이터 DB화	50	50	50	501	501	501	501
	6-2-5. 운영조건에 따른 고효율 최적운영기술	50	50	50	501	501	501	501
6-3. 상용플랜트 기본설계자료 확보	6-3-1. 2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보						1,955	1,955

3절 예산적정성 검토

1. 5 & 500 bpd 규모 플랜트 추산 건설비용 검토

□ 원료가스 조성은 알려진 인도네시아 칼리만탄 가스전 조성으로 90%의 메탄과 소량의 H_2S, CO_2, N_2 가 포함되는 것으로 구성

□ 전체적인 공정은 다음의 흐름도와 같음



[그림 132] 마이크로 GTL 공정 개략도

□ 주요 장비 비용 추산

○ 각 장비에 대한 비용은 참고문헌 및 제작 업체에 문의하여 계산함

<표 111> 주요 장비 비용 (단위: 억원)

No	Description	5 bpd			500 bpd		
		Amount		Cost	Amount		Cost
1	Desulfurization	1	ea	0.12	2	ea	1.99
2	Reformer Package	1	set	3.51	1	set	35.00
3	FT-Reactor	1	ea	2.34	1	ea	25.00
4	Drum &Vessel	6	ea	0.35	6	ea	10.65
5	Heat Exchanger	7	ea	0.86	10	ea	17.00
6	Compressor Package	1	set	4.10	2	set	36.00
7	Pump &Etc.			0.29			5.00
Total Purchased Equipment Cost				11.57			130.64
Total Purchased Equipment Cost (Delivered)				12.72			143.70

○ 총 자본 투자 Total capital investment (TCI) 는 다음의 식으로 계산된다.

$$TCI = I_E \times \left(1 + \sum_{i=1}^{n} F_i\right)$$

- 여기서 I_E는 delivered equipment investment, 즉 운반비용이 포함된 장비 투자비용을 의미하며 F_i는 직접비, 간접비, 유동자산의 ratio factor를 의미한다.

□ 산출 내역 중 5 bpd 파일럿 규모의 경우 예비비예비비(Contigency)는 마이크로 채널 반응기의 신규성을 감안하여, 재제작 및 연구개발비 명목으로 포함시킨 금액이 10억이 포함되어 있으나, 500 bpd 규모 실증 플랜트 경우에는 Purchased equipment에 30%를 잡는 통상적인 기준으로 계산함

□ 산출된 총 자본 투자비용은 5 bpd 및 500 bpd 규모의 경우 각각 약 53억 원 및 약 628 억 원으로 테스트베드 입지 및 위치에 따라 크게는 20 % 정도의 오차가 통상적으로 발생할 수 있음

□ 500 bpd 준상용플랜트 규모의 공정에 대해서는 1단계에서 자세히 feasibility study를 진행할 필요가 있어 1 세부 과제에 관련 내용을 포함시키기로 함.

<표 112> 총 자본투자 (TCI) 산출 내역 (단위: 억원)

Item	Ratio factor	Cost 5BPD	Ratio factor	Cost 500BPD
1. Direct Cost				
1.1 Purchased Equipment	1.00	11.57	1.00	130.64
1.2 Purchased Equipment Installation	0.22	2.54	0.30	39.19
1.3 Instrumentation & Control	0.24	2.74	0.30	39.19
1.4 Piping	0.60	6.94	0.60	78.38
1.5 Electric	0.20	2.31	0.15	19.6
1.6 Buildings	0.23	2.64	0.18	23.52
1.7 Yard improvements	0.10	1.16	0.10	13.06
1.8 Service facilities	0.00		0.70	91.45
Total Direct Cost		29.9		435.03
2. Indirect Cost				
2.1 Engineering and supervision	0.15	1.74	0.33	43.11
2.2 Construction expenses	0.08	0.9	0.20	26.13
2.3 Legal expenses	0.05	0.58	0.04	5.23
2.4 Contractor's fee	0.06	0.69	0.22	28.74
2.5 Contingency		13.9	0.30	39.19
Total Indirect Cost		17.81		142.4
Fixed capital investment		47.71		577.43
Fixed capital investment(delivered)		52.48		635.17

제6장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서(RFP)

연구과제명	고효율 마이크로 GTL 플랜트 상용화 기술 개발
1. 연구개발 목표	
○ 해외 진출 실적 확보가 가능한 규모의 고효율 마이크로 GTL 플랜트 기술확보 및 실증플랜트 운영 - 500 BDP (모듈당 20 BPD) 이상의 실증플랜트 설계 기술 확보 - 실적으로 인정되는 8,000 시간 이상의 운전시간 확보 - 저유가에서도 사업성 확보가 가능한 $18만/BPD 미만의 건설 기술 확보 - 선도기업 대비 우수한 고효율 기술 확보 (에너지효율 > 50 %, 탄소효율 > 60 %)	
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
□ 연구개발의 필요성 1) 기술적 필요성 ○ GTL(Gas-to-Liquids) 기술은 천연가스에서 리포밍에 의해 합성가스를 제조하는 기술과, 합성가스로부터 피셔-트롭쉬(Fischer-Tropsch, F-T) 반응에 의해 합성유를 제조하는 기술로 구성됨 ○ 대형가스전을 이용하는 대형 GTL 기술은 Sasol이나 Shell 등에서 이미 상업화되어 있으나, 전체 가스 매장량의 약 70%를 차지하는 마이크로 가스전에 대한 활용기술은 연구개발 중에 있음 ○ 마이크로 GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용이 적고 개발기간이 짧으며, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에 기술선점을 통한 기술선진국으로 도약 가능 ○ 기존의 대형 GTL 기술을 중소형 가스전이나 동반가스에 단순히 적용하는 것은 문제가 많아 중소형 가스전에 특화된 기술 개발 필요함 (다양한 가스규모에 적용, 오지나 FPSO 등에 적용할 수 있는 컴팩트 및 모듈화된 기술 필요)	

○ 타부처 연구개발사업을 통하여 개발한 원천 기술을 활용하여 scale-up 및 기술 상용화를 위하여 실증플랜트 개발 사업이 요구됨

2) 시장/경제적 필요성

○ 향후 전세계 가스 매장량 중 약 60%의 한계가스전 개발 수요가 늘어남에 따라서, 마이크로 GTL 플랜트 시장이 확장될 전망

○ 중동 및 미국의 값싼 NGL(Natural Gas Liquids: 에탄이 주성분)을 원료로 한 폴리에틸렌, PVC 등의 범용 화학제품의 가격 경쟁력으로 인해 국내 나프타 기반 화학산업의 해외 수출이 심각한 타격을 받고 있음

○ 한정된 탄소 자원을 보다 더 효율적으로 화학기초원료나 청정합성유로 전환시킬 수 있는 화학 촉매 및 공정 기술이 요구됨

○ 산업프레임의 전환(석유화학 기반 → 가스원료의 낮은 가격을 바탕으로 기초유분 등 생산)이 예상됨에 따라, 관련 원천기술 확보를 통한 국내산업의 경쟁력 확보가 필요

3) 정책적 필요성

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

○ 국내 석유화학기업은 범용제품 중심의 생산구조이고, 중국수출 비중이 높아 중국의 경기변동에 취약한 상황이며, 어려운 대외환경을 극복하기 위해 정부와 업계가 힘을 합쳐야 함

○ 국내 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 고부가가치의 GTL 플랜트 기술의 국내 자체 라이센스 확보가 필요하며, 플랜트 기본설계 역량 배양이 요구됨

○ 플랜트 기술개발은 실행단계에서 대규모 자본이 요구되고, 중소 EPC 업체, 플랜트 설비 및 장비업체 및 촉매회사 등 중소기업으로의 파급효과가 크기 때문에, 정부주도의 지원과 기술개발이 필요함

□ 기술동향

1) 국내 기술 동향

○ 국내 GTL에 대한 연구는 대형 또는 이산화탄소 함유 가스전 개발용으로 1 BPD 파일럿 규모에서 연구가 수행된 적이 있으며, 이를 기반으로 100 BPD급 실증플랜트 라이선스 패키지를 완성함.

○ 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 마이크로 채널 반응기를 이용한 0.2bpd급 Compact GTL 기술이 파일럿 규모에서 연구가 수행중이나(리포밍 반응 + FT 반응), 이를 상용화하기 위해서는 후속으로 실증화 연구가 필요함

○ 전체적인 가스화학의 기술 수준은 선진국에 비해 국내기술은 많이 뒤쳐져 있음. 가스화학은 원료중심산업으로 입지적 요인에 의해 많은 영향을 받음. 지금까지 국내 석유화학산업은 원료의 수송이 편한 납사원료기반 석유화학 제품 생산 중심이었음

○ 현대엔지니어링은 투르크메니스탄에서 39억 달러 규모의 GTL 플랜트 EPC를 수주함

○ 국내사 미국회사 기술 사용한 미국 내 사업 추진 중임

○ 국내 플랜트 기술의 고도화를 위하여 국내 자체 라이센스에 의한 플랜트 실증 경험이 요구됨

2) 국외 기술 동향

○ 중소규모 가스전 자원활용을 위한 Compact GTL 업체는 Velocys (Oxford Catalyst group, 미국)사와 CompactGTL (영국)사가 있음

- CompactGTL사는 plate type의 교환형 촉매를 사용하여 유지/보수가 쉽고 수 cm의 채널사이즈를 갖음. Velocys는 파우더형태의 촉매를 사용하며, 수 mm 사이즈의 채널을 사용하여 열교환 효율을 극대화시킴
- Velocys는 6bpd 급에서, CGTL은 20bpd급에서 demonstration 운전을 마친 상태임.
- Velocys는 미국에서 CGTL은 카자흐스탄에서 GTL project를 진행 중

○ 2014년까지 운영 중인 GTL 상용공정은 4개이며, 2018년까지 7개로 늘어날 전망임. 대부분 GTL 공정은 대규모의 가스전을 기반으로 상용화되었으며, 이외에도 미국, 유럽, 일본, 호주 등에서 100 BPD 이상의 실증규

모의 GTL 공정을 실증한 바 있음	
3. 연구개발 내용 및 범위	

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제] 원료가스 공급 및 전처리 기술

○ 마이크로 GTL 실증플랜트 원료공급을 위한 피독물질 제거 및 고순도 메탄가스 정제 시스템 평가 및 선정

○ 500 bpd 마이크로 GTL 공정에 적용하기 위한 공급 유틸리티 통합설계

□ 1단계 (1~3년차)

○ 해외 소형 가스전 확보

- 인도네시아 등 해외사업자와 협의
- 기술적용 및 사업모델 제시

○ 대상 가스전 물성 확보 및 원료가스 공급 조건 정립ㅏ

- 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석
- 계절별, 시간대별 조성, 유량 데이터 확보
- 원료가스 공급조건 정립

○ 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정

- 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거 기술 평가
- 원료가스 공급 시스템 인허가

○ 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계

- 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계
- 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계
- 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계

□ 2단계 (4~7년차)

○ 원료가스 공급

- 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급

[2세부과제] 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성가스 제조용 모듈형 반응 시스템 개발

○ 500 bpd 급 (준)상용플랜트를 위한 리포밍 패키지 제작 공급

□ 1단계 (1-3년차)

○ 실증용 합성가스제조 반응기 단위모듈 설계 및 접합기술 개발

- 실증용 단위모듈 설계를 위한 파일롯 규모에서 마이크로채널 반응기 연구
- 단위셀 규모 확대를 위한, 2×2 배열, 3×3 배열에 대한 열전달 및 유

로 구성에 대한 전산모사를 통한 선정
- 실증규모 마이크로채널 반응기에서 적층 수 최소화한 반응기 설계/제작/운전
- 합성가스 H2/CO 비율 조절을 위한 상용공정 설계('분리막을 이용한 수소제거 vs CO2 분리/공급' 공정효율 및 투자비 분석)
- 파일럿 규모(~100m^3/hr, 1bpd 대응)에서 반응기 채널 최적 dimension 및 운전 기술 확보
- 최적 실증용 반응기 단위 모듈 결정 및 설계 : 채널 및 반응기 dimension, 합성가스 생산량 결정

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 개질촉매 개발
- 개질촉매 성능 극대화 (GHSV 5만 대응)
- 촉매 재생 및 재활성화 기술 개발 (coke 생성 대응)

○ 260 Nm^3/hr(5 bpd 대응규모)급 모듈형 합성가스 제조 시스템 기술 개발
- 실증용 모듈 반응기(~ 300 m^3/hr, 5bpd 대응) 제작 및 이의 number up(x 10)에 의한 5 bpd급 반응시스템 제작
- 260 Nm^3/hr급 합성가스 제조공정 모사/설계/시스템 제작
- 실증용 모듈 반응기 운전/최적화
- 260 m^3/hr급 합성가스 제조공정 운전/최적화/운전기술 확보
- 접합공정 장비 특성을 고려한 플레이트 레이아웃 설계

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 개질 촉매기술 개발
- 촉매 양산 기술 개발 (단압프레싱, 슬러리몰딩 등)

□ 2단계 (4-7년차)

○ 500 bpd급 (준)상용 플랜트에 개발된 내코크성 촉매 및 리포밍 패키지를 제작 공급

○ 합성가스 비 제어를 통해 후단의 FT 반응기에 연속적으로 공급

○ 실증규모에서 모듈형 합성가스 제조공정 기술 개발

[3세부과제] 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성연료 제조용 모듈형 피셔-트롭쉬 반응 시스템 개발

□ 1단계(1-3년차)

○ 실증용 F-T 반응기 단위모듈 설계기술 개발
- 실증용 F-T 반응기 단위모듈 설계를 위한 파일럿 규모에서 마이크로채널 반응기 연구
- 실증용 규모 마이크로채널 반응기에서 적층 수만 줄인 마이크로채널 반

응기 설계/제작/운전
- 전산모사 및 실험 결과 feedback에 의한 마이크로채널 반응기에서 반응열 제어 최적화
- 파일럿 규모(~5 bpd)에서 반응기 채널 최적 dimension 및 운전 기술 확보
- 최적 실증용 반응기 단위 모듈 결정 및 설계 : 채널 및 반응기 dimension, 합성유 생산량 결정

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발
- 고성능 F-T 촉매개발
- 촉매 전처리, 보관 및 장입기술 개발

○ 5 bpd급 모듈형 F-T 반응공정 시스템 기술 개발
- 단위 셀 대면적화에 의한 실증용 F-T single 모듈 반응기(~5bpd) 제작
- 5 bpd급 F-T 반응공정 모사/설계/시스템 제작
- 실증용 F-T single 모듈 반응기 운전/최적화
- 5 bpd급 F-T 반응시스템 운전/최적화/운전기술 확보
- 경제적인 마이크로채널 반응기 제작 방안 연구

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발
- 촉매 양산 기술 개발

□ 2단계(4-7년차)

○ 500 bpd급 플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원

○ 대면적화된 단위셀을 쌓아올려 (stacking) numbering up 및 병렬화하여 500 bpd급 플랜트에 적용

[4세부과제]합성원유 업그레이딩 기술 개발

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 피셔-트롭쉬 합성유 업그레이딩 기술 개발

□ 1단계 (1-3년차)

○ 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료(납사, 등유, 경유)로의 업그레이딩 기술 개발
- 우수한 성능의 촉매 개발
- 가솔린, 등유, 경유의 수율 조절 기술 개발
- 상용공정용 양산 촉매 제조를 위한 성형 촉매 제조 기술 개발
- 장기 운전을 통한 촉매의 안정성 확보 방안 개발

○ 피셔-트롭쉬 왁스의 윤활기유로의 업그레이딩 기술 개발
- 우수한 성능의 촉매 개발

- 합성윤활기유의 점도 지수 조절 기술 개발
- 다양한 그레이드의 합성윤활기유 제조 기술 개발
- 상용공정용 양산 촉매 제조를 위한 성형 촉매 제조 기술 개발
- 장기 운전을 통한 촉매의 안정성 확보 방안 개발

□ 2단계 (4-7년차)

○ 업그레이딩 촉매 및 공정 적용

- 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용

[5세부과제]마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술

○ 마이크로 GTL 실증 플랜트를 위한 기본 설계 기술 역량 확보 및 기본 설계 패키지 개발

□ 1단계 (1-3년차)

○ 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 설계

- 최적 통합공정 시뮬레이션 사용 시나리오 및 요구사항 정의
- 원료가스/ 공정운영/ 제품시장 등 최종제품의 경제성 검토
- Recycle을 통한 수율과 선택도 증가를 위한 공정모사
- 에너지 회수를 고려한 최적의 물질수지,열수지 시뮬레이션
- 최적의 통합공정 시뮬레이션 기술.
- 마이크로 GTL 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 설계
- 배관 및 피팅류 수치 모델 및 라이브러리 설계
- 작동유체 물성치 DB 설계
- 경제성 분석 수치 모델 및 라이브러리 설계
- FEED 프레임워크 개발을 위한 참조(Reference) FEED 패키지 확보 및 분석
- 마이크로 GTL 플랜트 공정 패키지 확보 및 분석
- 참조 FEED 패키지 및 GTL 플랜트 공정 특성을 반영하여, 표준화 된 FEED 설계를 위한 마이크로 GTL 플랜트 FEED 프레임워크 개발

○ 공정 패키지 확보기술 및 기본설계

- 장치/ 계기/ 배관선정 시 물질, 압력, 온도, 안전을 고려한 최적의 Type 및 사이즈 결정.
- BEDD, PFD, Mass/Heat Balance, P&ID, 장치/ 계기 Schedule

○ 운전 계획 및 제어 로직 개발: 가동 전 제어 기술 개발

- 플랜트 운전 제어 개념 및 제어 방법 개발 (Process Control

Description)
- 사전 준비(Pre-Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동 전 시운전(Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동(Start-up) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 운전(Normal Operation) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 정지(Normal Shutdown) 및 재가동(Restart) 절차 및 매뉴얼 개발

□ 2단계(4-7년)

○ 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전 계획 제공

- 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전 계획 확립

○ 운전 계획 및 제어 로직 개발: 비상정지 가동 후 제어 기술 개발
- 비상정지(Emergency Shutdown) 시나리오 도출
- 비상정지 시나리오 별 운전 절차 및 매뉴얼 개발
- 제어 로직 및 로직 다이어그램 개발
- 마이크로 GTL 플랜트 제어를 위한 제어 시뮬레이터 개발
- 마이크로 GTL 플랜트 제어 로직 검증 및 최적화
- 안전, 환경, 작업자를 고려한 운전매뉴얼 초안 및 control logic 개발
- Start up, Normal operation, Shut down 시 control logic 개발.

○ 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 개발 및 통합
- 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 배관 및 피팅류 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 작동유체 물성치 DB 개발
- 플랜트 설비/배관/피팅류 라이브러리, 수치해석 Solver, 물성치 DB의 통합을 통한 최적 통합공정 시뮬레이션 지원 시스템 개발
- 최적 통합공정 시뮬레이션 지원 시스템 성능 검증 및 최적화

[6세부과제] 상용플랜트 건설 및 시운전

○ 500 bpd급 상용플랜트 엔지니어링, 시공, 운전

□ 1 단계 (1-3년차)

○ 5 bpd급 플랜트 상세설계
- 공정안정성 및 운전성 검토
- 상세구조설계 및 상세시방설계

○ 5 bpd급 플랜트 건설 및 시운전
-실증공정 제어 및 운영 최적화
-현장 시공 및 평가

-시스템 성능 시험 및 시운전 운영
-운전 데이터 DB화
-운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
-시스템 성능시험
○ 2단계 실증 플랜트 기본설계자료 확보
-500 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
□ 2단계 (3-7년차)
○ 500 bpd급 플랜트 상세설계
- 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study)
- 상세구조설계 및 상세시방설계
○ 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전
-실증공정 제어 및 운영 최적화
-현장 시공 및 평가
-시스템 성능 시험 및 시운전 운영
-운전 데이터 DB화
-운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
-시스템 성능시험
○ 상용플랜트 기본설계자료 확보
-2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
○ 각 세부과제로부터의 기술 및 장비를 제공받음

4. 연구개발 추진 방법	

□ 추진전략

□ 국내 기술 수준을 고려해 본 사업은 핵심요소공정기술을 개발하는 1단계와 개발된 기술을 바탕으로 실증 플랜트를 운전하여 Track record를 확보하는 2단계로 나누어 추진함

O 해외 선진사(Velocys, CompactGTL)의 경우 모듈형 마이크로채널 FT 반응기는 상용화를 목전에 두고 있으나 리포머는 마이크로채널 리포머의 상용화를 실패하고 그 대신 기존 대형 리포머를 사용중임

O 모듈형 마이크로채널 리포머를 개발하고 이를 모듈형 마이크로채널 FT 반응기와 결합하여 통합 공정을 성공적으로 실증할 시 세계 선도 기술 확보가 가능하며 마이크로 GTL 시장을 빠르게 선점할 수 있음

단계	1단계	2단계
기간	3년	4년
예산	약 100억원	약 800 억원
규모	5 bpd	500 bpd
목표	요소기술 보완 및 통합공정 완성도 제고	세계 선도형 마이크로 GTL 기술 확보
부지	국내	해외

□ (1단계) 마이크로 GTL 플랜트 요소공정 개발 및 통합 공정 시스템 개발

○ 모듈당 5 bpd 파일럿 플랜트 운전을 통해 핵심 요소기술에 대한 기술 완성도를 높이며 3년간 실증화 작업을 함

○ 국내 가스 공급 및 인프라 활용이 용이한 곳에서 부지 선정 후 개발 계획

○ 기존 산업부 수행 과제 규모(0.2 bpd) 대비 25배 커진 규모로 통상 화학공정 scale-up 배수인 30배와 비슷한 규모로 진행

○ 해결해야할 핵심 과제로는 마이크로채널 리포머와 FT 반응기 양쪽 모두 단위 셀 하나당 촉매 장입량을 늘려야 하는 것이 있음

- 이를 위해 셀 대면적화, 대용량화를 위한 기술개발에 주력해야 함

□ (2단계) 마이크로 GTL 플랜트 실증을 통한 세계 선도형 마이크로 GTL 기술 확보

○ 500 bpd (모듈당 20 bpd x 5 x 5) 준상용급 실증 플랜트 운전을 통해 트랙레코드를 확보하고 플랜트 기술 수출 사업화 진행

○ 1단계에서 대면적화된 셀을 적층하여 단위 모듈당 용량을 20 bpd 까지늘리고 이를 5개 묶어서 하나의 챔버를 구성, 챔버 하나당 용량이 100 bpd 가 되게 함

○ 해외 실제 소형 가스전을 대상으로 기술력 입증 계획

○ 1단계 규모(5 bpd) 대비 모듈당 4배 커진 규모임

○ 1단계에서 개발한 대면적 셀을 열전달 효율 및 반응기 제작 공정이 허락하는 범위에서 최대한 쌓아올리는(stacking) 기술 개발이 핵심

○ 상기 방식으로 개발된 100 bpd 규모의 챔버를 병렬 배치하여 공정을 운전하기 위한 엔지니어링 기술 또한 필수적임

5. 최종성과물	

[1세부과제] 원료가스 공급 및 전처리 기술 (TRL 9)

○ 해외 소형 가스전 확보

○ 대상가스전 물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립
○ 원료가스 공급 시스템 기술 선정
- 원료가스 공급 규모 : 6500 N㎥/hr
- CH4 농 도 : > 90%
- 피독물질 각 농도 : < 1ppm
- 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h

[2세부과제] 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발 (TRL 8)
○ 실증규모에서 모듈형 합성가스 제조공정 기술 개발
- 반응시스템 규모 : 26,000 Nm^3/hr (FT 500 bpd 대응)
- Single 모듈 크기 : >1,000 m^3/hr (FT 20bpd 대응)
- 모듈형 실증플랜트 운전 시간 : 8,000hr
- 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m^3/(10m^3/hr, 1bpd)
- 반응시스템 운전 성능 : CH_4 전환율 ≧ 90%, H_2/CO=2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복
- 상업용 모듈형 합성가스제조 시스템 설계 : >100,000 Nm^3/hr (2000 bpd 대응)

[3세부과제] 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발 (TRL 8)
○ 실증규모에서 모듈형 F-T 반응공정 기술 개발
- 반응시스템 규모 : 500bpd
- Single F-T 반응모듈 크기 : >15bpd
- 모듈형 F-T 실증플랜트 운전 시간 (2단계 500 bpd) : 8,000h
- 모듈형 F-T 반응기 컴팩트화 : 0.025 m^3/bpd
- F-T 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C_5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d
- 상업용 모듈형 F-T 반응공정 시스템 설계 : >2,000bpd

[4세부과제] 합성원유 업그레이딩 기술 개발 (TRL 8)
○ 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료 및 합성윤활기유로의 전환을 위한 기술 개발
- 합성연료로의 전환 촉매 성능 : 왁스 전환율 ≧ 70%, C_5+선택성 ≧ 80%, C5+ 중등유 + 경유 선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능 : 왁스 전환율 ≧ 70%, 윤활기유 수율 ≧ 80%, 윤활기유 점도지수 ≧ 135, 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 3 종류, 촉매 수

명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d

[5세부과제] 마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술 (TRL 9)

○ 공정 패키지 확보 기술 및 FEED 설계 기술
- FEED 프레임워크의 완성도: 제 3자 전문가 검증을 통한 평가
- FEED 패키지의 완성도: 제 3자 전문가 검증을 통한 평가

○ 운전계획 및 제어 로직 개발 및 실용기술
- 제어 정확도: >99%

[6세부과제] 500 bpd급 상용플랜트 건설 및 시운전 (TRL 9)

○ 실증플랜트 용량 500 bpd
○ 운전시간 > 8,000 h
○ 건설비용 < $180,000
○ 에너지효율 > 50 %
○ 탄소효율 > 60 %

6. 활용방안 및 기대효과	

1. 원료가스 공급 및 전처리 기술

□ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적 문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 향상시킬 계획

2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발

□ 국내외 수소스테이션 보급 사업에도 동 기술의 주도적인 역할이 기대되므로 동 사업에는 GTL 업체를 포함한 수소관련 업체도 동시에 참여토록 하여 연구결과의 실용화가 신속하게 진행될 수 있도록 할 계획임

3. 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발

□ 마이크로 GTL 플랜트용 F-T 반응 시스템 기술에서 핵심기술인 모듈형 반응기를 제작하는 중소기업과 대기업이 컨소시움을 구성하여, 중소기업이 주도적으로 참

여할 수 있는 기회를 제공 가능

○ 학계에서는 반응기 개발을 위한 수치모사, 공정개발을 위한 공정모사 및 차세대 적용 가능한 신촉매개발 등을 수행하여 모듈형 GTL 기술개발을 위해 산학연 협력 체계를 이루는 것이 필요함

4. 합성원유 업그레이딩 기술 개발

□ 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나, 컨소시엄 형태로 간접 참여하는 등 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용이 가능함

○ 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 컨소시엄을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음

□ 현재 국산화율이 미미한 정유공정용 촉매 개발과도 연관성이 높아, 동 기술을 활용할 수 있음

○ 이 외의 성과활용 방안으로는 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조 등이 있음

7. 연구개발기간 및 소요예산

개발기간 및 인력

○ 총 연구개발 기간: 7년 (1단계 3년, 2단계 4년)

○ 총 투입 연구인력은 7년간 634명

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	2	22	20	10	10	10	10	84
합성가스 제조용 리포밍 기술	13	22	12	11	11	11	11	91
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	11	19	14	11	11	11	11	88
합성원유 업그레이딩	12	15	15	10	10	10	10	82
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	19	19	6	6	6	6	62
(준)상용급 플랜트 건설 및 시운전	19	19	19	60	60	25	25	227
합계	38	97	80	108	108	73	73	634

○ 총 소요예산은 914 억원

분류	1단계			2단계				합계
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	
원료가스 공급 및 전처리 기술	0.8	4.5	3.8	30	30	15	3	87
합성가스 제조용 리포밍 기술	8.3	14.3	7.4	40	40	20	3	133
합성원유 제조용 피셔-트롭시 반응 기술	5.9	10.8	7.3	15	15	7	3	64
합성원유 업그레이딩	4.7	5.1	5.2	10	10	5	3	43
마이크로 GTL플랜트 기본 설계 기술	0	10.5	10.5	3	3	3	3	33
(준)상용급 플랜트 건설 및 시운전	16	16	16	198.3	198.3	54.7	54.7	554
합계	35.7	61.2	50.1	296.3	296.3	104.6	69.6	914

8. 기타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.nits.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※(예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치)

및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 지도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료 활용
- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
○ 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발 계획에 제시해야 함
○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제 추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험 시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
○ 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간 및 연구비는 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

2절 연구단계별 평가기준(안)

〈표 113〉 연구단계별 평가기준

세부과제	연구단계	평가 기준 성과 지표
1세부과제 (원료가스 공급 및 전처리 기술)	1단계	가스전 사용 기간 최소 4년 (2단계) 확보 완료 1년간 계절별, 날씨별 가스전 조성 분석 데이터베이스 확보 원료가스 공급 시스템 기술 선정 및 하기 조건에 알맞은 시스템 설계 - 원료가스 공급 규모 : 6,500 Nm³/hr - CH4 농 도 : > 90% - 피독물질 각 농도 : < 1ppm - 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h
	2단계	원료 공급 가스 조성 변화 오차 < 3 % - 원료가스 공급 규모 : 6,500 Nm³/hr - CH4 농 도 : > 90% - 피독물질 각 농도 : < 1ppm - 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h
2세부과제 (합성가스 제조용 리포밍 기술 개발)	1단계	단위 셀 규모 : 2×2 배열, 3×3 배열 실증용 모듈 반응기(~ 300 m3/hr, 5bpd 대응) 260 Nm3/hr급 합성가스 제조공정 모사/설계/시스템 제작 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m3/(10m3/hr, 1bpd) 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≧ 90%, H2/CO=2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복 단압프레싱, 슬러리몰딩 방식을 이용 1 plate/day 촉매 판 양산
	2단계	반응시스템 규모 : 26,000 Nm3/hr (FT 500 bpd 대응) Single 모듈 크기 : >1,000 m3/hr (FT 20bpd 대응) 모듈형 실증플랜트 운전 시간 : 8,000hr 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m3/(10m3/hr, 1bpd) 반응시스템 운전 성능 : CH4 전환율 ≧ 90%, H2/CO=2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복 상업용 모듈형 합성가스제조 시스템 설계 : >100,000 Nm3/hr (2000 bpd 대응)

세부과제	연구단계	평가 기준 성과 지표
3세부과제 (합성연료 제조용 피셔=트롭시 합성기술 개발)	1단계	단위 셀 규모 : 600 x 800 이상 실증용 모듈 반응기 크기 5bpd 제조공정 모사/설계/시스템 제작 모듈형 반응기 컴팩트화 < 0.025 m3/bpd 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month 함침방식을 이용 batch 당 5 kg 이상 촉매 양산
	2단계	반응시스템 규모 : 500bpd Single F-T 반응모듈 크기 : >15bpd 모듈형 F-T 실증플랜트 운전 시간 (2단계 500 bpd) : 8,000h 모듈형 F-T 반응기 컴팩트화 : 0.025 m3/bpd F-T 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month 촉매 양산 규모 : >10kg/d 상업용 모듈형 F-T 반응공정 시스템 설계 : >2,000bpd
4세부과제 (합성원유 업그레이딩 기술 개발)	1단계	업그레이딩 공정 운전 규모 5bpd 합성연료로의 전환 촉매 성능 : - 왁스 전환율 ≧ 80%, C5+선택성 ≧ 80% - C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80% - 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능 - 왁스 전환율 ≧ 80% - 활기유 수율 ≧ 70%, - 윤활기유 점도지수 ≧ 135, - 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 5 종류, - 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 1%/month
	2단계	피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료 및 합성윤활기유로의 전환을 위한 기술 개발 합성연료로의 전환 촉매 성능 : - 왁스 전환율 ≧ 70%, C5+선택성 ≧ 80% - C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80% - 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능 - 왁스 전환율 ≧ 70% - 윤활기유 수율 ≧ 80%, - 윤활기유 점도지수 ≧ 135, - 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 3 종류, - 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month 촉매 양산 규모 : >10kg/d

세부과제	연구단계	평가 기준 성과 지표
5세부과제 (마이크로 GTL 실증플랜트 기본설계 기술)	1단계	최적 통합공정 시뮬레이션 사용 시나리오 및 요구사항 정의 Recycle을 통한 수율과 선택도 증가를 위한 공정모사 마이크로 GTL 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 확보 FEED 프레임워크 개발을 위한 참조(Reference) FEED 패키지 확보 및 분석 장치/ 계기/ 배관선정 시 물질, 압력, 온도, 안전을 고려한 최적의 Type 및 사이즈 결정 BEDD, PFD, Mass/Heat Balance, P&ID, 장치/ 계기 Schedule 플랜트 운전 제어 개념 및 제어 방법 개발 (Process Control Description) 사전 준비(Pre-Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발 가동 전 시운전(Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발 가동(Start-up) 절차 및 매뉴얼 개발 정상 운전(Normal Operation) 절차 및 매뉴얼 개발 정상 정지(Normal Shutdown) 및 재가동(Restart) 절차 및 매뉴얼 개발
	2단계	500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전 계획 확립 비상정지(Emergency Shutdown) 시나리오 도출 마이크로 GTL 플랜트 제어를 위한 제어 시뮬레이터 개발 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 개발 작동유체 물성치 DB 개발 제어 정확도: >99%
6세부과제 (상용플랜트 건설 및 시운전)	1단계	공정안정성 및 운전성 검토 5 bpd 상세구조설계 및 상세시방설계 5 bpd급 플랜트 건설 5 bpd 실증공정 제어 및 운영 최적화 5 bpd 운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술 500 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보
	2단계	실증플랜트 용량 500 bpd 운전시간 > 8,000 h 건설비용 < $180,000 에너지효율 > 50 %

참고문헌

- 세계 에너지시장 인사이트 제16-4호, 에너지경제연구원, 2016. 1. 29.
- 에너지자원 신시장 조사 연구(아프리카(서부권) 국가 에너지자원 공급력 조사 연구), 에너지경제연구원, 2011. 12. 31.
- 저공해 디젤엔진의 기술갭라동향, 교육과학기술부, 2009. 9.
- 연료 품질 개선, 한국환경정책·평가연구원,
- 문재인 정부 국정운영 5개년 기본계획, 2017
- 정부 국정과제(2013~2017), 관계부처 협동, 2016. 4.
- 제3차 과학기술기본계획(안), 관계부처합동, 2013. 7. 8.
- 제3차 과학기술기본계획(안), 관계부처합동, 2013. 7. 8.
- 경제혁신 3개년 계획 세부 실행과제, 관계부처 합동, 2014. 3. 5.
- 에너지기술 이노베이션 로드맵 2014
- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(안), 관계부처합동, 2016. 6. 27
- 2017~2021 중기지방재정계획, 대전광역시, 2016. 11.
- 수도권매립지 매립가스 자원화 민간투자사업 관리이행계획(안) 2017.1
- 환율통계, e-나라지표(http://www.index.go.kr)
- 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP
- 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 한국플랜트건설연구원 자문
- 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2-1판), 2016.11, KISTEP
- 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 : 플랜트엔지니어링, 중소기업청·중소기업기술정보진흥원 외, 2017
- 1H17 플랜트 산업 : 중동發 정유 발주 재개, 2017.02.21, 유진투자증권
- 2017년 건설업계 리스크 요인 점검 II : 해외부문, 한국신용평가, 2017.5
- 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016. 12. 28.
- 2017~2021 중기지방재정계획, 대전광역시, 2016. 11.
- 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획 공청회, `17.12.1, 전문가 자문
- 연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침, 한국과학기술평가원, 2016.11
- 그린에너지 전략 로드맵 2011(청정연료), 한국에너지기술평가원, 2011. 5.
- 천연가스와 LNG 관련 최근 이슈, 주휴스턴총영사관, 2015. 4. 30.

- Petroleum Technology Alliance Canada, 2006
- LFG Energy Project Development Handbook, US EPA 2010, Landfill Gas Management facilities design guideline, Environment Canada 2010
- International Energy Outlook 2016, DOE p.225
- Analysis of Natural Gas-to-Liquid Transportation Fuels via Fischer-Tropsch, 2013
- Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process:

Technical and economic analysis, Fuel, 2016
- Analyzing gas to liquids, Aruvian's research, 2017
- Inpex Corp., JX Nippon Oil and Energy Corp., Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., Cosmo Oil Co. Ltd., Nippon Steel, Sumkin Engineering Co. Ltd., Chiyoda Corp.
- Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process: Technical and economic analysis, Fuel, 2016
- Equipment design and cost estimation for small midular biomass systems, synthesis gas cleanup, and oxygen separation equipment, NREL, 2006
- US Energy Information Administration (Assumptions to the Annual Energy Outlook 2017)
- Efficient utilization of associated natural gas in a modular gas-to-liquids process: Technical and economic analysis, Fuel, 2016
- Chemical engineering plant cost index (CEPCI 2014)
- Small scale Fischer-Tropsch Gas-to-Liquids Facilities, Fischer-Tropsch Synthesis, Catalysts, and Catalysis Advances and Applications ,CRC Press, 2016
- http://www.jmprotech.com

부 록

1. 과제카드

연구과제명	1. 원료가스 공급 및 전처리 기술
1. 연구개발 목표	
○ 마이크로 GTL 실증플랜트 원료공급을 위한 피독물질 제거 및 고순도 메탄 가스 정제 시스템 평가 및 선정 ○ 500 bpd 마이크로 GTL 공정에 적용하기 위한 공급 유틸리티 통합설계	
2. 연구개발 필요성	
1) 기술적 필요성 ○ GTL(Gas-to-Liquids) 기술은 기존 천연가스를 원료로 리포밍에 의해 합성가스를 제조하고 합성가스로부터 합성유를 제조하는 기술로 대형가스전을 이용하는 대형 GTL 기술은 Sasol이나 Shell 등에서 이미 상업화되어 있으며, 전체 가스 매장량의 약 70%를 차지하는 중소형 가스전에 대한 활용기술은 연구개발 중에 있으나 기본적으로는 같은 기술을 사용함 ○ 원료가스 공급 및 전처리기술은 LNG 등 기존 가스처리 기술과 함께 발전해 왔으며 현재 상용화가 완료되었으나, 대상 마이크로 GTL 공정 적용 차원에서 대상 가스전의 물성 확보 및 계절별, 시간대별 조성, 그리고 유량에 대한 데이터 확보가 필요함. ○ 요소기술은 상용화 단계이나 GTL 원료가스의 적용하기 위해서는 실증플랜트 개발 사업이 요구됨 2) 시장/경제적 필요성 ○ 인도네시아 칼리만탄 가스전은 연간 20만톤의 천연가스가 생산되는 것으로 추정되고, GTL 공정 적용시 약 2,000 bpd 급의 중소형 공정까지 적합한 것으로 보임 ○ 섬이 많은 지리적 특성상 마이크로 GTL 적용에 매우 유리할 것으로 보이며 기술개발 성공시, 주변의 유사 가스전으로도 확장이 용이할 것으로 판단됨	

3) 정책적 필요성

○ 국내 에너지사업은 해외의존도가 높아 에너지 자립화가 어려운 실정임. 해외 중소형 가스전 확보 및 이에 연결되는 GTL 공정에 의한 합성원유 개발은 기존 석유 관련 인프라를 그대로 사용하면서도 기존석유 제품에 비해 연료품질이 좋고 황화합물 등의 오염물질이 거의 포함되지 않아, 에너지 정책적으로도 매력적인 접근임.

○ 실행단계에서 대규모 자본이 요구되고, 중소 EPC 업체, 플랜트 설비 및 장비업체 및 촉매회사 등 중소기업으로의 파급효과가 크기 때문에, 정부주도의 지원과 기술개발이 필요함

3. 연구개발 범위	

○ 해외 소형 가스전 확보

○ 대상 가스전 물성 확보 및 원료가스 공급조건 정립

○ 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정

○ 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계

○ 원료가스 공급

4. 연구개발 내용	

□ 1단계 (1~3년차)

○ 해외 소형 가스전 확보
- 인도네시아 등 해외사업자와 협의
- 기술적용 및 사업모델 제시
○ 대상 가스전 물성 확보 및 원료가스 공급 조건 정립
- 가스전 조성 분석 및 피독물질 분석
- 계절별, 시간대별 조성, 유량 데이터 확보
- 원료가스 공급조건 정립
○ 피독물질 제거 및 원료가스 공급기술 평가/선정
- 황화합물·질소화합물·할로겐·희토류 등 피독물질 제거 기술 평가
- 원료가스 공급 시스템 인허가
○ 원료가스 정제 및 공급 유틸리티 설계
- 원료가스 피독물질 제거 시스템 설계
- 원료가스 공급 유틸리티 시스템 설계
- 피독물질 분리 후 재생 시스템 설계

□ 2단계 (4~7년차)

○ 원료가스 공급
- 500 bpd급 플랜트에 원료가스 공급

5. 성과지표	

○ 바이오가스를 이용한 원료가스 공급 시스템 기술 개발
- 원료가스 공급 규모 : 6500 N㎥/hr
- CH4 농 도 : > 90%
- 피독물질 각 농도 : < 1ppm
- 원료가스 공급 시스템 운전 시간 : 8,000 h/yr

6. 연구개발 추진전략	

○ 본 기술에서 핵심기술은 GTL 반응기에 공급 가능한 원료를 원활하게 공급하는 기술로서, 원료가스 전처리기술은 GTL 기술 외에도 천연가스 및 매립지가스를 처리 대상으로 하는 다양한 기술에 광범위하게 쓰이고 있는 기술

○ 1단계에서는 기존 가스 전처리기술에 대한 평가를 마이크로 GTL 에 맞는 수준에서 진행하고 기술을 선정함

○ 유량 및 압력과 같은 공급조건을 결정하고 이에 따른 공급, 정제 유틸리티

를 설계함

○ 2단계에서는 500 bpd 급 (준)상용 플랜트에 공급하기 위한 원료가사 분리, 정제, 공급 지원을 함(GTL 통합공정과 함께 운영)

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)

개발기간 및 인력	총 7년 (1단계 3년, 2단계 4년) 총 소요인력 84 명 (1단계 44명, 2단계 40 명)						
연구기간	2019 ~ 2025 년						
총연구비	총 (87) 억						
연차별 연구비 (단위 억원)	19	20	21	22	23	24	25
	0.7	4.5	3.8	30	30	15	3

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
바이오가스 기반 고온형 연료전지 융합 시스템 개발 (2015~2018/이종규)	- 바이오가스 기반 5kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 개발 - 고체산화물 연료전지에 최적화되고 경제적인 바이오가스 정제기술 개발 - 바이오가스 기반 100kW급 고체산화물 연료전지(SOFC) 융합시스템 엔지니어링 기술 개발	- 기존과제는 고체산화물 연료전지에 공급하는 원료가스에 적용하기 위함. - 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 - 기존과제는 1.5 N㎥/hr의 원료가스 공급이며, 제안 과제의 규모는 6500 N㎥/hr로 대량 생산 기술 선정 및 가스전 확보임

9. 실용화 방안

○ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적 문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 올릴 것임

연구과제명	2. 합성가스 제조용 리포밍 기술 개발
1. 연구개발 목표	

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성가스 제조용 모듈형 반응 시스템 개발
○ 500 bpd 급 (준)상용플랜트를 위한 리포밍 패키지 제작 공급

2. 연구개발 필요성	

1) 기술적 필요성

○ GTL(Gas-to-Liquids) 기술은 천연가스에서 리포밍에 의해 합성가스를 제조하는 기술과, 합성가스로부터 피셔-트롭쉬(Fischer-Tropsch, F-T) 반응에 의해 합성유를 제조하는 기술로 구성됨

○ 대형가스전을 이용하는 대형 GTL 기술은 Sasol이나 Shell 등에서 이미 상업화되어 있으나, 전체 가스 매장량의 약 70%를 차지하는 중소형 가스전에 대한 활용기술은 연구개발 중에 있음

○ 마이크로 GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용이 적고 개발기간이 짧으며, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에 기술선점을 통한 기술선진국으로 도약 가능

○ 기존의 대형 GTL 기술을 중소형 가스전이나 동반가스에 단순히 적용하는 것은 문제가 많아 중소형 가스전에 특화된 기술 개발 필요함 (다양한 가스규모에 적용, 오지 FPSO 등에 적용할 수 있는 컴팩트 및 모듈화된 기술 필요)

○ 타부처 연구개발사업을 통하여 개발한 원천 기술을 활용하여 scale-up 및 기술 상용화를 위하여 실증플랜트 개발 사업이 요구됨

2) 시장/경제적 필요성

○ 향후 전세계 가스 매장량 중 약 60%의 한계가스전 개발 수요가 늘어남에 따라서, 마이크로 GTL 플랜트 시장이 확장될 전망

○ 중동 및 미국의 값싼 NGL(Natural Gas Liquids: 에탄이 주성분)을 원료로 한 폴리에틸렌, PVC 등의 범용 화학제품의 가격 경쟁력으로 인해 국내 나프

타 기반 화학산업의 해외 수출이 심각한 타격을 받고 있음

○ 한정된 탄소 자원을 보다 더 효율적으로 화학기초원료 또는 청정합성유로 전환시킬 수 있는 화학 촉매 및 공정 기술이 요구됨

○ 산업프레임의 전환(석유화학 기반 → 가스원료의 낮은 가격을 바탕으로 기초유분 등 생산)이 예상됨에 따라, 관련 원천기술 확보를 통한 국내산업의 경쟁력 확보가 필요

3) 정책적 필요성

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

○ 국내 석유화학기업은 범용제품 중심의 생산구조이고, 중국수출 비중이 높아 중국의 경기변동에 취약한 상황이며, 어려운 대외환경을 극복하기 위해 정부와 업계가 힘을 합쳐야 함

○ 국내 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 고부가가치의 GTL 플랜트 기술의 국내 자체 라이센스 확보가 필요하며, 플랜트 기본설계 역량 배양이 요구됨

○ 플랜트 기술개발은 실행단계에서 대규모 자본이 요구되고, 중소 EPC 업체, 플랜트 설비 및 장비업체 및 촉매회사 등 중소기업으로의 파급효과가 크기 때문에, 정부주도의 지원과 기술개발이 필요함

3. 연구개발 범위	

○ 내코크성 개질 촉매 개발 및 양산
○ 마이크로채널 리포밍 반응기 개발
○ 합성가스 비 제어 기술 개발
○ 모듈형 리포머 패키지 적용 및 합성가스 비 제어 관리

4. 연구개발 내용	

□ 1단계 (1-3년차)

○ 실증용 합성가스제조 반응기 단위모듈 설계 및 접합기술 개발
- 실증용 단위모듈 설계를 위한 파일롯 규모에서 마이크로채널 반응기 연구

- 단위셀 규모 확대를 위한, 2×2 배열, 3×3 배열에 대한 열전달 및 유로 구성에 대한 전산모사를 통한 선정
- 실증규모 마이크로채널 반응기에서 적층 수 최소화한 반응기 설계/제작/운전
- 합성가스 H2/CO 비율 조절을 위한 상용공정 설계('분리막을 이용한 수소제거 vs CO2 분리/공급' 공정효율 및 투자비 분석)
- 파일럿 규모(~100m^3/hr, 1bpd 대응)에서 반응기 채널 최적 dimension 및 운전 기술 확보
- 최적 실증용 반응기 단위 모듈 결정 및 설계 : 채널 및 반응기 dimension, 합성가스 생산량 결정

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 개질촉매 개발
- 개질촉매 성능 극대화 (GHSV 5만 대응)
- 촉매 재생 및 재활성화 기술 개발 (coke 생성 대응)

○ 260 Nm^3/hr(5 bpd 대응규모)급 모듈형 합성가스 제조 시스템 기술 개발
- 실증용 모듈 반응기(~ 300 m^3/hr, 5bpd 대응) 제작 및 이의 number up(x 10)에 의한 5 bpd급 반응시스템 제작
- 260 Nm^3/hr급 합성가스 제조공정 모사/설계/시스템 제작
- 실증용 모듈 반응기 운전/최적화
- 260 m^3/hr급 합성가스 제조공정 운전/최적화/운전기술 확보
- 접합공정 장비 특성을 고려한 플레이트 레이아웃 설계

○ 마이크로채널 반응기용 고성능 개질 촉매기술 개발
- 촉매 양산 기술 개발 (단압프레싱, 슬러리몰딩 등)

□ **2단계 (4-7년차)**

○ 500 bpd급 (준)상용 플랜트에 개발된 내코크성 촉매 및 리포밍 패키지를 제작 공급

○ 합성가스 비 제어를 통해 후단의 FT 반응기에 연속적으로 공급

5. 성과지표	

○ 실증규모에서 모듈형 합성가스 제조공정 기술 개발
- 반응시스템 규모 : 26,000 Nm^3/hr (FT 500 bpd 대응)
- Single 모듈 크기 : >1,000 m^3/hr (FT 20bpd 대응)
- 모듈형 실증플랜트 운전 시간 : 8,000hr
- 모듈형 반응기 컴팩트화 : 0.05 m^3/(10m^3/hr, 1bpd)
- 반응시스템 운전 성능 : CH_4 전환율 ≧ 90%, H_2/CO=2, 촉매 재생시 초기활성의 95% 이상 회복
- 상업용 모듈형 합성가스제조 시스템 설계 : >100,000 Nm^3/hr (2000 bpd 대응)

6. 연구개발 추진전략	

○ 본 기술에서 핵심기술은 모듈형 컴팩트 합성가스제조 반응기 기술로서, 현재 전 세계적으로 개발성공 실적이 없음

○ 지금까지 국내에서 연구된 모듈형 합성가스제조 반응기 규모는 20Nm^3/hr(0.2bpd 대응)로서, 접합공정 특성을 고려하면, 단위셀의 규모를 2×2 (촉매 수)수준 이상으로 확대 필요함

○ 이 분야에서 가장 핵심이 되는 부분은, 접합과정에서 유로가 함몰되는 등 외형변화, 촉매의 활성저하가 발생될 수 있으며 이의 억제가 관건임

○ 26,000Nm^3/hr 실증 반응기는 다수의 single 모듈 반응기가 parallel로 연결된 반응시스템이 될 것이며, 이에 대한 반응공정 연구를 수행할 것임

○ “모듈형 합성가스 제조 시스템”개발로 대형 상용공정 대비 반응기 부피를 90% 이상 축소하여, 중소규모 가스전 및 국지적인 메탄가스 발생처에 적용 가능한 FT 공정용 원료(합성가스) 공급을 목표로 함

○ 이를 위한 요소 기술로는 개질촉매 설계 기술, 촉매 양산기술, 유로설계기술, 반응기 접합기술 등으로 구성됨. 해당분야 연구기관 및 업체와 공동연구를 진행할 것임

○ 원천기술 개발을 통하여 확보한 촉매 제조 및 고효율 반응기 설계기술을 바탕으로, 실증규모의 모듈형 합성가스 제조 시스템으로 scale-up을 목표로 함

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)

개발기간 및 인력	총 7년 (1단계 3년. 2단계 3년) 총 소요인력 91 명 (1단계 47 명, 2단계 44명)						
연구기간	2019 ~ 2025 년						
총연구비	총 133 억						
연차별 연구비 (단위 억원)	19	20	21	22	23	24	25
	8.3	14.3	7.4	40	40	20	3

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
합성가스 제조용 모듈형 마이크로 리포머 개발 (2010.06.01.~2015.05.31./박종수)	○ 1단계 (3년) : 천연가스를 이용한 합성가스 제조용 마이크로 리포머 개발 - 합성가스 제조규모 6Nm3/hr - 고효율 개질촉매 제조기술 개발 (GHSV=60.000/hr) - 금속박판 적층에 의한 마이크로채널 리포머 구성 기술개발 (상용반응기 대비 개질기 부피 감소비율, 60%) ○ 2단계 : 분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발 - 개질기-분리막 연계 FT 반응용 원료가스 공급시스템 개발/운전 (FT 반응용 공급가스(H2/CO=2, 규모 18Nm^3/hr)	- 본 연구에서는 기존대비 100배 스케일업 데모프랜트 개발을 목표로 함 - 반응기 제조공정 특성과, 컴팩트화 향상을 목표로, 단위셀에 촉매를 2×2 배열로 확대 연구를 1단계에 진행하고, 2단계에서 데모 플랜트를 건설하고자 함 - 모듈형 반응기용 촉매 양산기술 개발 - coke 생성에 대비한 재생/활성화 기술 개발

9. 실용화 방안

○ 마이크로 GTL 기술을 가지고 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나 컨소시움 형태로 간접 참여 가능. 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용

○ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적

문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 향상할 것임

○ 연관 업체로는 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 엔지니어링사, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 기술 개발/상업화에 컨소시움을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음

○ 모듈형 합성가스 제조 시스템의 GTL 분야 외에 수소제조공정에 적용시 경쟁력이 있음. 전 세계적으로 CO2와 에너지 효율문제로 수소연료전지 자동차의 보급을 목적으로 '수소스테인션' 연구 및 데모플랜트를 설치 중에 있음. 국제적인 분위기상, 향후 이는 더욱 가속화될 전망에 있다. 따라서, 본 사업을 통하여 실증플랜의 개발이 완성된다면, 국내외 수소스테이션 보급 사업에도 주도적인 역할이 기대되기 때문에, 본 연구사업에는 GTL 업체를 포함한 수소관련 업체도 동시에 참여토록 하여 연구결과의 실용화가 신속하게 진행될 수 있도록 할 계획임

연구과제명	3 합성연료 제조용 피셔-트롭쉬 합성 기술 개발
1. 연구개발 목표	
○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 합성연료 제조용 모듈형 피셔-트롭쉬 반응 시스템 개발	
2. 연구개발 필요성	
1) 기술적 필요성 ○ GTL(Gas-to-Liquids) 기술은 천연가스에서 리포밍에 의해 합성가스를 제조하는 기술과, 합성가스로부터 피셔-트롭쉬(Fischer-Tropsch, F-T) 반응에 의해 합성유를 제조하는 기술로 구성됨 ○ 대형가스전을 이용하는 대형 GTL 기술은 Sasol이나 Shell 등에서 이미 상업화되어 있으나, 전체 가스 매장량의 약 70%를 차지하는 중소형 가스전에 대한 활용 기술은 연구개발 중에 있음 ○ 마이크로 GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용이 적고 개발기간이 짧으며, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에 기술선점을 통한 기술선진국으로 도약 가능	

○ 기존의 대형 GTL 기술을 중소형 가스전이나 동반가스에 단순히 적용하는 것은 문제가 많아 중소형 가스전에 특화된 기술 개발 필요함 (다양한 가스규모에 적용, 오지나 FPSO 등에 적용할 수 있는 컴팩트 및 모듈화된 기술 필요)

○ 타부처 연구개발사업을 통하여 개발한 원천 기술을 활용하여 scale-up 및 기술상용화를 위하여 실증플랜트 개발 사업이 요구됨

2) 시장/경제적 필요성

○ 향후 전세계 가스 매장량 중 약 60%의 한계가스전 개발 수요가 늘어남에 따라서, 마이크로 GTL 플랜트 시장이 확장될 전망

○ 중동 및 미국의 값싼 NGL(Natural Gas Liquids: 에탄이 주성분)을 원료로 한 폴리에틸렌, PVC 등의 범용 화학제품의 가격 경쟁력으로 인해 국내 나프타 기반 화학산업의 해외 수출이 심각한 타격을 받고 있음

○ 한정된 탄소 자원을 보다 더 효율적으로 화학기초원료나 청정합성유로 전환시킬 수 있는 화학 촉매 및 공정 기술이 요구됨

○ 산업프레임의 전환(석유화학 기반 → 가스원료의 낮은 가격을 바탕으로 기초유분 등 생산)이 예상됨에 따라, 관련 원천기술 확보를 통한 국내산업의 경쟁력 확보가 필요

3) 정책적 필요성

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

○ 국내 석유화학기업은 범용제품 중심의 생산구조이고, 중국수출 비중이 높아 중국의 경기변동에 취약한 상황이며, 어려운 대외환경을 극복하기 위해 정부와 업계가 힘을 합쳐야 함

○ 국내 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 고부가가치의 GTL 플랜트 기술의 국내 자체 라이센스 확보가 필요하며, 플랜트 기본설계 역량 배양이 요구됨

○ 플랜트 기술개발은 실행단계에서 대규모 자본이 요구되고, 중소 EPC 업체,

플랜트 설비 및 장비업체 및 촉매회사 등 중소기업으로의 파급효과가 크기 때문에, 정부주도의 지원과 기술개발이 필요함
3. 연구개발 범위
○ 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매 개발 및 양산 ○ 마이크로 채널 F-T 반응기 개발 ○ 모듈형 피셔-트롭시 반응기 및 촉매 적용
4. 연구개발 내용
□ 1단계(1-3년차) ○ 실증용 F-T 반응기 단위모듈 설계기술 개발 - 실증용 F-T 반응기 단위모듈 설계를 위한 파일럿 규모에서 마이크로채널 반응기 연구 - 실증용 규모 마이크로채널 반응기에서 적층 수만 줄인 마이크로채널 반응기 설계/제작/운전 - 전산모사 및 실험 결과 feedback에 의한 마이크로채널 반응기에서 반응열 제어 최적화 - 파일럿 규모(~5 bpd)에서 반응기 채널 최적 dimension 및 운전 기술 확보 - 최적 실증용 반응기 단위 모듈 결정 및 설계 : 채널 및 반응기 dimension, 합성유 생산량 결정 ○ 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발 - 고성능 F-T 촉매개발 - 촉매 전처리, 보관 및 장입기술 개발 ○ 5 bpd급 모듈형 F-T 반응공정 시스템 기술 개발 - 단위 셀 대면적화에 의한 실증용 F-T single 모듈 반응기(~5bpd) 제작 - 5 bpd급 F-T 반응공정 모사/설계/시스템 제작 - 실증용 F-T single 모듈 반응기 운전/최적화 - 5 bpd급 F-T 반응시스템 운전/최적화/운전기술 확보 - 경제적인 마이크로채널 반응기 제작 방안 연구 ○ 마이크로채널 반응기용 고성능 F-T 촉매기술 개발

- 촉매 양산 기술 개발

□ 2단계(4-7년차)

○ 500 bpd급 플랜트에 모듈형 피셔-트롭시 촉매/반응기를 제공하고 합성원유 생산 지원

○ 대면적화된 단위셀을 쌓아올려 (stacking) numbering up 및 병렬화하여 500 bpd급 플랜트에 적용

5. 성과지표	

○ 실증규모에서 모듈형 F-T 반응공정 기술 개발

- 반응시스템 규모 : 500bpd
- Single F-T 반응모듈 크기 : >15bpd
- 모듈형 F-T 실증플랜트 운전 시간 (2단계 500 bpd) : 8,000h
- 모듈형 F-T 반응기 컴팩트화 : 0.025 m^3/bpd
- F-T 반응시스템 운전 성능 : CO 전환율 ≧ 70%, C_5+선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d
- 상업용 모듈형 F-T 반응공정 시스템 설계 : >2,000bpd

6. 연구개발 추진전략	

○ 본 기술에서 핵심기술은 모듈형 컴팩트 F-T 반응기 기술로서, 현재 전 세계적으로 single 모듈 반응기에서 최대 생산 규모는 20bpd 정도임

○ 지금까지 국내에서 연구된 모듈형 F-T 반응기 규모는 0.2bpd로서, single 모듈 반응기의 생산 규모를 상업적 규모까지 키울 수 있는 기술의 개발이 선행되어야 함 (작은 규모의 반응기를 number up에 의한 생산규모를 늘리기 보다 single 반응기의 생산량을 극대화한 후 이를 number up 하는 것이 경제적이기 때문)

○ 이를 위해 마이크로채널 반응기의 반응 적층수가 최소화되지만, 적층면의 단면적이 최대화된 마이크로채널 반응기 연구가 single 모듈 반응기 개발의 필요하며, 이는 파일럿 규모에서 연구될 것임

○ 500 bpd 실증 반응기는 여러개의 single 모듈 반응기가 parallel로 연결된 반

응시스템이 될 것이며, 이들에 대한 반응공정 연구가 수행될 것임

○ 중소규모 가스전 및 국지적인 메탄가스 발생처에 적용 가능한 “모듈형 F-T 반응 시스템”개발을 통하여 대형 상용공정 대비 반응기 부피를 90% 이상 축소하여, 석유자원고갈에 대비한 에너지자원 다변화에 대응하고자 하며 이를 위하여 F-T 반응 전문가, 재료 합성(탄화수소 선택성 향상을 위한 신규 촉매 개발 및 세라믹 재료 합성 등) 전문가 및 공정설계 전문가와 상호 협력을 통하여 기술 개발을 수행할 예정임

○ 이를 위한 요소 기술로는 F-T 반응용 촉매 설계 기술, 촉매 대량 생산기술, 열교환기형 모듈화 반응기 설계 및 scale-up기술, 미세유로 설계 및 내구성 향상 기술 등으로 구성됨

○ 원천기술 개발을 통하여 확보한 촉매 제조 및 고효율 반응기 설계기술을 바탕으로, 실증규모의 모듈형 F-T 반응시스템으로 scale-up하는 한편, F-T 단독 및 GTL 공정 통합 운전 경험을 통하여 한계/동반 가스전에 경제적으로 활용 가능한 기술을 개발하고자 함

○ 주관기관 및 참여기관 간의 긴밀한 협조를 통하여 ‘모듈형 F-T 반응 시스템’ 기술 개발 분야에서의 기술을 선점할 수 있는 기반 기술을 개발하고자 하며, 국내외 전문가 초청을 통하여 기술 토론 및 문제점 보완 등에 대한 중간 점검을 주기적으로 수행하여 본 과제의 성공을 위한 다양한 분야의 접목을 시도하고자 함

○ 본 과제에서는 소형 가스전 및 국부 메탄 발생원을 활용한 F-T 반응을 통한 청정 합성유를 제조하기 위하여 장치의 컴팩트화/경량화/고효율화에 주력하고자 하며, F-T 반응을 위한 미세유로 반응기 분야에서 실용화 선두주자로 평가되고 있는 velocys, compactGTL사 등을 bench-marking하여 더욱 우수한 기술을 개발하고자 함

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 모듈형 F-T 공정 분야의 상용화 기술은 해외 선발 업체에서도 아직까지는 개발 진행 단계이므로, 본 분야의 선발 업체를 catch-up 하기에 적절한 연구 분야이며, 특히 최근의 GTL 경기 침체는 우리가 catch-up을 위한 시간적인 기회로 활용할 수 있는 기회이며 향후 경기회복 (GTL 붐) 때는 한국이 세계무대에서 중요한 역할을 할 수 있도록 기반 기술을 개발할 필요성이 있음

○ 해외 자원 개발·확보 시와 플랜트 건설 참여시, 한국의 GTL 기술이 활용되어 한국이 주도적인 위치에서 사업을 할 수 있도록 하는 것을 목표로 하여 본 기술을 개발하고자 하며, GTL 합성연료의 국내 보급이나 해외자원 개발에 우선하여 관련 생산기술을 확보하기 위한 연구를 본 과제에서 수행하고자 함

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)

개발기간 및 인력	총 7년 (1단계 3년, 2단계 4년) 총 소요인력 88 명 (1단계 44 명, 2단계 44명)						
연구기간	2019 ~ 2025 년						
총연구비	총 64 억						
연차별 연구비 (단위 억원)	19	20	21	22	23	24	25
	5.9	10.8	7.3	15	15	7	3

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
합성가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (2009~2012/전기원)	- F-T 촉매와 슬러리 버블 컬럼 반응기를 이용하여 합성가스로부터 합성유를 효율적으로 제조하는 기술 개발 - 코발트, 백금 성분의 고활성 Pt-Co/M-Al 촉매개발 - 합성석유 조성 및 생산성 분석 기술 개발 - 0.1 및 1 BPD 급 슬러리 버블 컬럼 반응기 설계 및 제작 - 0.1 및 1 BPD 급 파일럿 반응기 누적 운전 3000 시간 달성 - 100 BPD 급 F-T 합성공정 설계 완료	- 기존과제는 대형 GTL에 적용하기 위함. - 제안 과제는 중소규모 및 한계가스전의 중소규모 GTL에 적용을 위함 - 모듈형 반응기용 촉매 및 대량 생산 기술 개발 - 열교환 성능이 뛰어나며, 단위부피당 생산량이 상용 반응기 대비 20배 향상된 고효율 마이크로 채널형 반응기 개발 (C5+ 생산량 기준 0.025m^3/bpd 이하)
모듈형 고효율 GTL 마이크로 반응 시스템 개발 (2013~2015/전기원)	- 18 Nm^3/hr급 마이크로 리포머 개발, 시운전 및 FT 공정과 연계한 50 bpd급 마이크로 리포머 공정 설계 - 합성가스 생산량 18 Nm^3/h 급 마이크로 리포머 개발 및 시운전 - 마이크로 리포머 부피 최소화 - 수소/일산화탄소 비 제어를 위한 고분자 분리막 공정 개발 - FT 공정과 연계한 50bpd 급 마이크로 리포머 공정 설계 - 파일럿 공정 운전 결과 분석을 통한 0.2bpd 급 GTL 공정 모델 해석 결과 검증	- 기존 과제는 0.2배럴/일 규모의 파일럿 플랜트를 마이크로 채널형 리포머와 FT 반응기를 사용해서 개발 - 제안과제는 기존 규모를 더욱 발전시켜 상업화에 필요한 최소 모듈을 개발. - 모듈형 반응기용 촉매 대량생산 기술 개발 - 3000 BPD 상용급 Compact GTL 통합공정 기본설계

9. 실용화 방안	

○ 마이크로 GTL 기술을 가지고 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나 컨소시움 형태로 간접 참여 가능. 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용

○ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적 문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 올릴 것임

○ 향후 활용 가능성이 높을 것으로 예상되는 중소형 가스전을 대상으로 하여 작은 규모에서도 경제성 있는 마이크로 GTL 플랜트를 위한 F-T 반응 시스템 기술 개발을 목표로 설정하여 연구를 수행

○ 연관 업체로는 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 엔지니어링사, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 기술 개발/상업화에 컨소시움을 구성함으로서 동반 성장 기회가 될 수 있음

○ 국내 주요 기업의 동향은 에너지업체 (예: 한국석유공사, 한국가스공사)는 소규모 한계가스전 개발을 위한 GTL 기술 보유 희망; 엔지니어링·플랜트건설업체 (예: 대림산업, 현대엔지니어링)는 GTL 플랜트 사업에의 적극적인 참여를 위해서 플랜트 설계 기술 보유 희망; 플랜트장비업체 (예: 두산메카텍)는 GTL 플랜트 장비 관련 고도기술 보유 희망. 관련 기술을 갖고 있는 중소규모의 반응기 제작업체 및 공정 제작업체는 신규 사업으로 확장하기를 희망함. 상기 기업체 중 공동 기술 개발을 희망하는 기업체와의 공조를 통하여 본 기술의 상용화를 위한 기반을 마련하고자 함

○ 가스가격은 오일에 비해 열량기준으로는 1/5 수준이며, 중소가스전의 경우 이보다 낮은 가격으로 활용 가능하므로 경제성이 높음

○ 그 외 요소기술 활용은 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조용으로도 사용 가능

○ 본 기술 개발은 실증규모의 대규모 연구이기 때문에 관련 부처 및 산업계에서 설계/설치/운전 등을 주도적으로 수행하는 것이 바람직하며, 마이크로 GTL 플랜트용 F-T 반응 시스템 기술에서 핵심기술인 모듈형 반응기를 제작하는 중소기업도 대기업과 컨소시움을 구성하여 주도적으로 참여할 수 있음

○ F-T용 촉매와 반응기 개발은 그 동안 관련분야에서 많은 연구를 수행해온 출연연 중심의 연구소에서 축적기술을 계승 발전시키는 것이 바람직하며, 학계에서는 반응기 개발을 위한 수치모사, 공정개발을 위한 공정모사 및 차세대 적용 가능한 신촉매개발 등을 수행하여 모듈형 GTL 기술개발을 위해 산학연 협력 체계를 이루는 것이 필요함

연구과제명	4 합성원유 업그레이딩 기술 개발
1. 연구개발 목표	

○ 마이크로 GTL 플랜트를 위한 피셔-트롭쉬 합성유 업그레이딩 기술 개발

2. 연구개발 필요성	

1) 기술적 필요성

○ GTL(Gas-to-Liquids) 기술은 천연가스에서 리포밍에 의해 합성가스를 제조하는 기술과, 합성가스로부터 피셔-트롭쉬(Fischer-Tropsch, F-T) 반응에 의해 합성유를 제조하는 기술로 구성됨

○ 피셔-트롭쉬 반응에 의해 생산된 왁스는 상온에서 유동성이 없는 성분으로 업그레이딩 기술을 통해 납사, 등유, 경유, 합성 윤활 기유 등의 최종 제품으로 만들어야 GTL 기술이 완성됨

○ 왁스 업그레이딩 기술은 세계적으로 극소수의 글로벌 메이저사만 보유하고 있으며, 기술 이전이 불가능한 기술임.

○ 중소형 가스전에서 GTL 기술을 적용하는 경우에도 왁스 성분이 유동성이 없으므로 업그레이딩 기술을 적용하지 않으면 왁스 성분을 이송하는 데 상당한 비용 투자가 필요하여 경제성이 떨어지게 됨

○ 피셔-트롭쉬 반응으로 생성되는 왁스를 연료유 또는 합성윤활기유로 업그레이딩하는 기술 개발이 필수적임

2) 시장/경제적 필요성

○ 향후 전세계 가스 매장량 중 약 60%의 한계가스전 개발 수요가 늘어남에 따라서, 마이크로 GTL 플랜트 시장이 확장될 전망

○ 중동 및 미국의 값싼 NGL(Natural Gas Liquids: 에탄이 주성분)을 원료로 한 폴리에틸렌, PVC 등의 범용 화학제품의 가격 경쟁력으로 인해 국내 나프타 기반 화학산업의 해외 수출이 심각한 타격을 받고 있음

○ 한정된 탄소 자원을 보다 더 효율적으로 화학기초원료나 청정합성유로 전환시

킬 수 있는 화학 촉매 및 공정 기술이 요구됨

○ 산업프레임의 전환(석유화학 기반 → 가스원료의 낮은 가격을 바탕으로 기초유분 등 생산)이 예상됨에 따라, 관련 원천기술 확보를 통한 국내산업의 경쟁력 확보가 필요

3) 정책적 필요성

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

○ 국내 석유화학기업은 범용제품 중심의 생산구조이고, 중국수출 비중이 높아 중국의 경기변동에 취약한 상황이며, 어려운 대외환경을 극복하기 위해 정부와 업계가 힘을 합쳐야 함

○ 국내 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 고부가가치의 GTL 플랜트 기술의 국내 자체 라이센스 확보가 필요하며, 플랜트 기본설계 역량 배양이 요구됨

○ 플랜트 기술개발은 실행단계에서 대규모 자본이 요구되고, 중소 EPC 업체, 플랜트 설비 및 장비업체 및 촉매회사 등 중소기업으로의 파급효과가 크기 때문에, 정부주도의 지원과 기술개발이 필요함

3. 연구개발 범위	

○ 수첨처리공정을 이용한 합성원유 안정성 향상 기술

○ 업그레이딩 촉매 개발 및 양산

○ 연속식 업그레이딩 반응기 시스템 설계

○ 업그레이딩 촉매 및 공정 적용

4. 연구개발 내용	

□ 1단계 (1-3년차)

○ 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료(납사, 등유, 경유)로의 업그레이딩 기술 개발
- 우수한 성능의 촉매 개발
- 가솔린, 등유, 경유의 수율 조절 기술 개발
- 상용공정용 양산 촉매 제조를 위한 성형 촉매 제조 기술 개발
- 장기 운전을 통한 촉매의 안정성 확보 방안 개발

○ 피셔-트롭쉬 왁스의 윤활기유로의 업그레이딩 기술 개발
- 우수한 성능의 촉매 개발
- 합성윤활기유의 점도 지수 조절 기술 개발
- 다양한 그레이드의 합성윤활기유 제조 기술 개발
- 상용공정용 양산 촉매 제조를 위한 성형 촉매 제조 기술 개발
- 장기 운전을 통한 촉매의 안정성 확보 방안 개발

□ 2단계 (4-7년차)

○ 업그레이딩 촉매 및 공정 적용
- 500 bpd급 플랜트에 업그레이딩 촉매와 공정을 적용

5. 성과지표	

○ 피셔-트롭쉬 왁스의 합성연료 및 합성윤활기유로의 전환을 위한 기술 개발
- 합성연료로의 전환 촉매 성능 : 왁스 전환율 ≧ 70%, C_5+선택성 ≧ 80%, C5+ 중 등유 + 경유 선택성 ≧ 80%, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 합성윤활기유로의 전환 촉매 성능 : 왁스 전환율 ≧ 70%, 윤활기유 수율 ≧ 80%, 윤활기유 점도지수 ≧ 135, 윤활기유 그레이드의 다양성 ≧ 3 종류, 촉매 수명 = 비활성화 속도 ≦ 3%/month
- 촉매 양산 규모 : >10kg/d

6. 연구개발 추진전략	

○ 본 기술에서 핵심기술은 왁스를 합성연료 또는 합성윤활기유로 전환하는 촉매 기술로서, 관련 기술을 보유하고 있는 업체로부터의 기술도입이 현재로써는 불가능한 기술임

○ 지금까지 국내에서 연구된 GTL 관련 기술은 왁스 생산까지에 집중되어 있어서, 판매가 가능한 최종 제품(합성 연료 및 합성윤활기유)으로의 전환 기술 개발이 거의 이루어지지 않은 상태이므로 이번 과제에서 개발이 꼭 필요한 상황임

○ 이를 위해 알루미나 또는 제올라이트 base 촉매의 개발이 필요하며, 실험실 규모의 촉매 개발에서부터 시작하여 상용 성형 촉매 개발까지의 기술개발이 필요함

○ 알루미나 또는 제올라이트 base 에 최적의 활성 금속을 선정하는 연구를 실시할 예정이며, 활성 금속의 종류 및 담지양의 최적화 연구가 실시될 예정임

○ 생산된 합성연료 및 합성윤활기유가 제품으로써 적절한 물성을 가지는 지에 대한 비교 검토를 실시할 예정이며, 물성 개선이 필요할 경우 이에 대한 연구도 실시할 예정임

○ 이를 위하여 재료 합성(신규 촉매 개발 및 세라믹 재료 합성 등) 전문가 및 연료/윤활기유 전문가와 상호 협력을 통하여 기술 개발을 수행할 예정임

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)	
개발기간 및 인력	총 7년 (1단계 3년, 2단계 4년) 총 소요인력 82 명 (1단계 42 명, 2단계 40 명)
연구기간	2019 ~ 2025 년

총연구비	총 43 억						
연차별 연구비	19	20	21	22	23	24	25
(단위 억원)	4.7	5.1	5.2	10	10	5	3

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
선행연구 없음		

9. 실용화 방안

○ 본 기술은 GTL 기술을 완성시키는 요소기술로써, 마이크로 GTL 기술을 가지고 해외 중소규모 가스전 개발에 직접 참여하거나 컨소시움 형태로 간접 참여 가능. 중소규모 가스전 개발 진출수단으로 활용 가능함

○ 단기적으로 매립지 가스나 바이오매스 유래 가스 처리에 소규모로 적용하여 track record를 확보하고, 이후 flaring gas 처리에 적용하여 환경적 문제 대응 이점을 활용함으로서 시장 접근성을 올릴 것임

○ 향후 활용 가능성이 높을 것으로 예상되는 중소형 가스전을 대상으로 하여 작은 규모에서도 경제성 있는 마이크로 GTL 플랜트를 위한 왁스 업그레이딩 반응 시스템 기술 개발을 목표로 설정하여 연구를 수행

○ 연관 업체로는 자원개발사(가스/석유 공사 등), 플랜트/엔지니어링사, 조선업계, 석유화학업계와 같은 대기업과 반응기 제작업체, 엔지니어링사, 촉매제조사와 같은 중소기업이 있으며, 이들이 기술 개발/상업화에 컨소시움을 구성함으로서 동반성장 기회가 될 수 있음

○ 본 기술에서 개발한 촉매의 상용화 이후 실제 적용 사례가 늘어날 경우, 기존의 GTL 공정에 개발 촉매 공급을 추진할 수 도 있음.

○ 비슷한 정유 공정 용 촉매 개발과도 연관성이 높아, 현재 국산화율이 극히 미미한 정유 공정 용 촉매 개발에도 적용할 수 있음

○ 그 외 요소기술 활용은 군사용 모듈형 합성 디젤유 제조용으로도 사용 가능

연구과제명	5 마이크로 GTL 실증플랜트 기본 설계 기술

1. 연구개발 목표

○ 마이크로 GTL 실증 플랜트를 위한 기본 설계 기술 역량 확보 및 기본 설계 패키지 개발

2. 연구개발 필요성

○ 마이크로 GTL은 기존 대형 GTL에 비해 개발비용이 적고 개발기간이 짧으며, 세계적으로 상용화 전단계이기 때문에 기술선점을 통한 기술선진국으로 도약 가능

○ 기존의 대형 GTL 기술을 중소형 가스전이나 동반가스에 단순히 적용하는 것은 문제가 많아 중소형 가스전에 특화된 기술 개발 필요함

○ 국내 플랜트 산업의 경쟁력 제고를 위해 고부가가치의 GTL 중소 플랜트 기술의 국내 자체 라이센스 확보가 필요하며, 플랜트 기본설계 역량 배양이 요구되며, 구체적으로, 기본 설계 역량을 위해 FEED 설계 기술, 최적 통합공정 시뮬레이션 기술, 운전계획 및 제어 로직 개발 및 실용기술, ICT 기반 엔지니어링 기술 역량을 포괄적으로 확보할 필요가 있음

1) FEED 설계 기술 역량 확보

○ 마이크로 GTL 플랜트는 기본 설계 역량 확보의 필요성에도 불구하고, 국내외적으로도 아직까지 FEED(기본 설계) 설계 경험과 사례가 부족한 상황

○ 이러한 경우, FEED 설계에 관련된 다양한 이해당사자 간 서로 다른 용어, 프로세스, 방법에 대한 차이로 인한 시행착오 및 설계 지연이 나타날 수 있으므로, FEED 설계를 공통의 이해를 가지고 체계적으로 수행할 수 있는 프로세스 및 방법, 즉 프레임워크의 개발이 선결되어야 함

○ 이러한 마이크로 GTL 플랜트에 표준화 된 FEED 프레임워크를 바탕으로, 설계지연을 최소화 하며 FEED 설계 패키지를 개발할 수 있음

2) 운전계획 및 제어 로직 개발 및 실용기술 역량 확보

○ 마이크로 GTL 실증플랜트에 대한 실제 운전 경험이 부족하기 때문에, 과거 GTL 프로토타입 플랜트 운전 경험과 타 상용급 플랜트의 운전 경험을 바탕으로, 마이크로 GTL 플랜트의 운전계획과 제어 로직을 개발할 필요 있음

3) 최적 통합공정 시뮬레이션 기술 역량 확보

○ 마이크로 GTL 플랜트의 공정 설계/해석/경제성 분석은 ASPEN과 같은 상용 솔루션으로도 가능하지만, 대규모 GTL 플랜트 대비 투자비가 적은 마이크로 GTL 플랜트에 적용하기에는 상용 솔루션이 너무 비싸고, 기능이 방대하여 사용이 어려움

○ 따라서, 마이크로 GTL 플랜트 시장에 적합한 핵심 기능만 보유한 저가의 통합공정 시뮬레이션 지원 시스템의 개발이 요구되며, 이를 위한 핵심 요소 기술 개발이 필요함

4) ICT 기반 엔지니어링 기술 역량 확보

○ ICT 기술의 빠른 성장과 함께 지능화/융합으로 대두되는 4차 산업혁명이 세계적으로 주목받으며, 최근 플랜트 산업에서도 운전 안전성 및 성능 향상을 위한 빅데이터 활용이 요구되고 있음

○ 하지만, 국내는 해외 선진 기업 대비 요소 기술 수준 부족, 현장 적용 의지 부족 등으로 기술 경쟁력이 떨어지므로, 경쟁력 확보가 요구됨

○ 이에 최근 빠르게 발전하고 있는 ICT 기술을 활용함으로써, 기반 엔지니어링 기술을 활용한 마이크로 GTL 플랜트에 적용함으로써, 운전 안전성을 향상시키고, 성능 향상을 획기적으로 높일 수 있으므로, 이에 대한 기술 개발 및 적용이 요구됨

○ ICT 기반 엔지니어링 기술의 플랜트 적용을 위해서는 플랜트 현장 데이터 접근 및 수집에 대한 기존 사례 부족, 높은 인프라 투자비, 현장 데이터 사용에 대한 부담 등의 이유로 민간 기업이 적극적으로 투자하고 어려운 상황이므로, 공공성을 지니는 정부의 적극적인 초기 지원을 통한 성공사례 개발이 필요함

3. 연구개발 범위

○ 공정 패키지 확보 및 FEED 설계 기술

○ 운전계획 및 제어 로직 개발 및 실용기술

○ 최적 통합공정 시뮬레이션 기술

4. 연구개발 내용

□ 1단계 (1-3년차)

○ 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 설계

- 최적 통합공정 시뮬레이션 사용 시나리오 및 요구사항 정의
- 원료가스/ 공정운영/ 제품시장 등 최종제품의 경제성 검토
- Recycle을 통한 수율과 선택도 증가를 위한 공정모사
- 에너지 회수를 고려한 최적의 물질수지,열수지 시뮬레이션
- 최적의 통합공정 시뮬레이션 기술.
- 마이크로 GTL 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 설계
- 배관 및 피팅류 수치 모델 및 라이브러리 설계
- 작동유체 물성치 DB 설계
- 경제성 분석 수치 모델 및 라이브러리 설계
- FEED 프레임워크 개발을 위한 참조(Reference) FEED 패키지 확보 및 분석
- 마이크로 GTL 플랜트 공정 패키지 확보 및 분석
- 참조 FEED 패키지 및 GTL 플랜트 공정 특성을 반영하여, 표준화 된 FEED 설계를 위한 마이크로 GTL 플랜트 FEED 프레임워크 개발

○ 공정 패키지 확보기술 및 기본설계

- 장치/ 계기/ 배관선정 시 물질, 압력, 온도, 안전을 고려한 최적의 Type 및 사이즈 결정.
- BEDD, PFD, Mass/Heat Balance, P&ID, 장치/ 계기 Schedule

○ 운전 계획 및 제어 로직 개발: 가동 전 제어 기술 개발

- 플랜트 운전 제어 개념 및 제어 방법 개발 (Process Control Description)
- 사전 준비(Pre-Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동 전 시운전(Commissioning) 절차 및 매뉴얼 개발
- 가동(Start-up) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 운전(Normal Operation) 절차 및 매뉴얼 개발
- 정상 정지(Normal Shutdown) 및 재가동(Restart) 절차 및 매뉴얼 개발

2단계(4-7년)

○ 500 bpd급 플랜트 엔지니어링, 시공, 운전 계획 제공
- 500 bpd급 플랜트 EPC 업체 선정 및 운전 계획 확립

○ 운전 계획 및 제어 로직 개발: 비상정지 가동 후 제어 기술 개발
- 비상정지(Emergency Shutdown) 시나리오 도출
- 비상정지 시나리오 별 운전 절차 및 매뉴얼 개발
- 제어 로직 및 로직 다이어그램 개발
- 마이크로 GTL 플랜트 제어를 위한 제어 시뮬레이터 개발
- 마이크로 GTL 플랜트 제어 로직 검증 및 최적화
- 안전, 환경, 작업자를 고려한 운전매뉴얼 초안 및 control logic 개발
- Start up, Normal operation, Shut down 시 control logic 개발.

○ 최적 통합공정 시뮬레이션 기술: 요소 기술 개발 및 통합
- 플랜트 설비(반응기/펌프/열교환기 등) 별 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 배관 및 피팅류 수치 모델 및 라이브러리 개발
- 작동유체 물성치 DB 개발
- 플랜트 설비/배관/피팅류 라이브러리, 수치해석 Solver, 물성치 DB의 통합을 통한 최적 통합공정 시뮬레이션 지원 시스템 개발
- 최적 통합공정 시뮬레이션 지원 시스템 성능 검증 및 최적화

5. 성과지표	

○ 공정 패키지 확보 기술 및 FEED 설계 기술
- FEED 프레임워크의 완성도: 제 3자 전문가 검증을 통한 평가
- FEED 패키지의 완성도: 제 3자 전문가 검증을 통한 평가

○ 운전계획 및 제어 로직 개발 및 실용기술
- 제어 정확도: >99%

6. 연구개발 추진전략	

○ 별도 기재하지 않음

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)							
개발기간 및 인력	총 7년 (1단계 3년, 2단계 4년) 총 소요인력 62 명 (1단계 38명, 2단계 24 명)						
연구기간	2019 ~ 2025 년						
총연구비	총 33 억						
연차별 연구비 (단위 억원)	19	20	21	22	23	24	25
	0	10.5	10.5	3	3	3	3

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성
파일럿 플랜트를 활용한 차세대 발전 시스템 FEED 프레임워크 개발 (2015~2016/임동렬)	- sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 설계 - sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 가시화 지원 도구 개발 - FEED 프레임워크 기반 sCO2 발전 시스템 공정 설계 및 최적 운전 조건 도출 - sCO2 발전 시스템 FEED 프레임워크 검증	- 기존 과제는 sCO2 발전 시스템을 위한 FEED 프레임워크를 목적으로 함 - 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발
산업 폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술 (2016~2019/차재민)	- 산업 폐열 이용 MW급 발전시스템의 공정설계를 위한 엔지니어링 시스템의 아키텍쳐 개발 - 엔지니어링 해석기술 및 공정 요소 라이브러리 개발 - 경제성 분석 모델 및 라이브러리 개발 - 상세 요구사항 명세서 기반의 엔지니어링 지원 시스템 구현 - 검증 시나리오에 따른 엔지니어링 시스템 시범 적용 및 검증	- 기존 과제는 sCO2, ORC 등 특정 산업 폐열 이용 발전 시스템의 특성을 고려한 전용 엔지니어링 시스템 개발을 목적으로 함 - 마이크로 GTL 플랜트의 고유한 특성을 고려하여 FEED 프레임워크를 개발

9. 실용화 방안

○ 별도 기재하지 않음

연구과제명	6. 500 bpd급 (준)상용플랜트 건설 및 시운전
1. 연구개발 목표	
○ 500 bpd급 (준)상용플랜트 엔지니어링, 시공, 운전	
2. 연구개발 필요성	
○ 1단계에서 각기 개발된 요소기술을 500 bpd 급 (준)상용플랜트로 통합하여 공정을 설계, 엔지니어링, 시공, 운전함 ○ 각 요소기술들은 1단계 후반에 500 bpd급 마이크로 GTL 플랜트를 위한 설계자료를 제공하게 되어 있지만 각 요소기술의 특징을 파악하고 전체 하나의 대형 공정을 구성하고 효율적으로 운영하는 것이 필요함.	
3. 연구개발 범위	
○ 500 bpd급 플랜트 상세설계 ○ 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전 ○ 상용플랜트 기본설계자료 확보	
4. 연구개발 내용	

□ 1 단계 (1-3년차)

○ 5 bpd급 플랜트 상세설계
- 공정안정성 및 운전성 검토
- 상세구조설계 및 상세시방설계

○ 5 bpd급 플랜트 건설 및 시운전
-실증공정 제어 및 운영 최적화
-현장 시공 및 평가
-시스템 성능 시험 및 시운전 운영
-운전 데이터 DB화
-운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
-시스템 성능시험

○ 2단계 실증 플랜트 기본설계자료 확보
-500 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보

□ 2단계 (3-7년차)

○ 500 bpd급 플랜트 상세설계
- 공정안정성 및 운전성 검토 (HAZOP study)
- 상세구조설계 및 상세시방설계

○ 500 bpd급 플랜트 건설 및 시운전
-실증공정 제어 및 운영 최적화
-현장 시공 및 평가
-시스템 성능 시험 및 시운전 운영
-운전 데이터 DB화
-운영조건에 따른 고효율 최적 운영 기술
-시스템 성능시험

○ 상용플랜트 기본설계자료 확보
-2000 bpd급 플랜트 공정설계 패키지 확보

○ 각 세부과제로부터의 기술 및 장비를 제공받음

5. 성과지표	

○ 준상용 실증플랜트 용량 500 bpd

○ 운전시간 > 8,000 h

○ 건설비용 < $180,000

○ 에너지효율 > 50 %

○ 탄소효율 > 60 %

6. 연구개발 추진전략

○ 별도 기재하지 않음

7. 연구개발기간 및 소요예산 (안)

개발기간 및 인력	총 7 년 (1단계 3년, 2단계 4년) 총 소요인력 227 명						
연구기간	2019 ~ 2025 년						
총연구비	총 540 억						
연차별 연구비 (단위 억원)	19	20	21	22	23	24	25
	16	16	16	198.4	198.4	47.6	47.6

8. 중복성 검토

선행과제명 (연구연도/연구자)	연구목적 및 주요 연구내용	선행과제와의 차별성

9. 실용화 방안

○ 별도 기재하지 않음

2. 기업참여의향서

「고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업」 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	2-1-1. 최적 통합공정 시뮬레이션 기술
참여목적	신사업 참여 및 신기술 확보

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	㈜ 에코프로			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	40,000 백만 원	인력규모	190 명
R&D 역량	R&D 투자규모	2,000 백만 원	R&D 인력	25 명
회사연혁	1998년 설립, 자본금 110억원, 2007년 코스닥 상장			
소재 국가 및 주소	충북 청주시 청원구 오창읍 과학산업2로 587-40			
주요사업	온난화가스 제거, 케미칼 필터, 환경소재산업			

2017 년 10월 19일

성명 (직급): 조 성 종(전무이사)
연락처 (전화): 010-6716-1618
연락처 (이메일): chosj@ecopro.co.kr



『고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업』 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	1-1, 원료가스공급 및 전처리 기술 1-2 & 1-3 중에 reactor 제조기술 2-1, 중소형 GTL 플랜트 기본 설계기술
참여목적	당사는 영소 여러 물질의 분리기술에 특화된 기술을 가지고 있는 장점이 있으며, 다양한 패키지의 설계와 제작 경험이 있고 또한 바이오매스등의 신재생에너지를 포함한 환경개선에 필요한 기술개발에 관심이 많은 바, 본 GTL 더 나아가 BTL 까지 포함한 상용기술개발에 적극적으로 참여하고자 합니다.

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	아이팩이엔지(주)			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	25,935백만 원	인력규모	55명
R&D 역량	R&D 투자규모	1,177백만 원	R&D 인력	5명
회사연혁	- 2001. IPEG Korea 설립 - 2007. 아이팩이엔지㈜ 법인 전환 공장 등록 ISO 9001 & 14001 인증 - 2008. ASME "U", "U2" & "S" stamp 취득 기업부설연구소 인정 - 2009. T3 type strainer 특허 등록 - 2010. OHSAS 18001 인증 - 2013. 본사/공장 확장이전 (화성시) - 2015. 소재부품전문기업인증 A fluid & Method using Spiral Flow 특허 등록 - 2016. 1,000만불 수출의 탑 수상 - 2017. Induced Gas Floatation 관련 2건 특허 등록			
소재 국가 및 주소	(본사/공장) 경기도 화성시 장안면 모송항남로 940-61 (서울사무소) 서울시 금천구 벚꽃로 234, 에이스하이엔드6차 904호			
주요사업	Oil & Gas / Petrochemical Plant Engineering Filter, Separator, Coalescer, Pressure Vessel, Heat Exchanger, Auto-backwashing system System Package (Filtration & Separation PKG, Condensate PKG, Water Treatment PKG, Chemical Injection PKG Fuel Oil treating PKG, Lean Amin Filtration PKG, MEG/TEG regeneration, Fuel Gas treating & Injection system, etc) Environmental Industry Business			

2017 년 10월 20일

성명 (직급): 성호영 (이사)(인)

연락처 (전화): 010-2278-0515

연락처 (이메일): skydogun@ipegeng.com

『고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업』 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	1-1-3 원료가스 분리/정제 기술
참여목적	해외가스전 확보(인도네시아, 말레이사아 등) 다단 재순환 분리막 공정의 최적화 연구

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	(주)바이오프랜즈			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	300백만 원	인력규모	7명
R&D 역량	R&D 투자규모	50백만 원	R&D 인력	4명
회사연혁	2016. 11. 1. 법인설립 2017. 2. 17. 연구전담부서 인증(KOITA) 2017. 4. 26. 중국 철령시 LFG이용 DME 사업설명회 2017. 9. 27. 몽골 DME사업 업무협약(몽골 Industrial Gas)			
소재 국가 및 주소	대전광역시 유성구 테크노2로 160, 404호, 414호			
주요사업	해외가스전 확보, 청정연료 공급사업, 연료전지사업 바이오케미칼 사업			

2017 년 10 월 19 일

성명 (직급): 대표이사 조원준 (인)

연락처 (전화): 042-322-1101

010-4190-5458

연락처 (이메일): williamcho86@bfi.co.kr

『고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업』 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	[1-3-2] 모듈형 피셔-트롭시 반응기 제작 및 양산
참여목적	기술개발 및 공정개선

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	㈜이노윌			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	1,000백만 원	인력규모	9명
R&D 역량	R&D 투자규모	50백만 원	R&D 인력	3명
회사연혁	- 2005: 법인설립 - 2008: 공장등록/기업부설연구소 설립 - 2010~2011: INNO-BIZ/벤처기업/대전시유망중소기업 인증 - 2015~2017: IRST 및 헬기용 열교환기 개발완료 및 납품			
소재 국가 및 주소	대전시 유성구 테크노2로 305			
주요사업	- IRST용 열교환기, 국내 수리온헬기용 열교환기 개발/납품 - 촉매반응기 개발/납품 - SOFC용 열교환기 개발/납품			

2017년 10월 20일

성명 (직급): 최 영 종(대표이사)

연락처 (전화): 042-862-7500

연락처 (이메일): yjchoi@innowill.com

「고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업」 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	합성원유 업그레이딩 기술
참여목적	업그레이딩 원천 기술 확보 및 실제 공정 적용

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	현대오일뱅크			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	20,000,000백만원	인력규모	1,400 명
R&D 역량	R&D 투자규모	10,000백만원	R&D 인력	30 명
회사연혁				
소재 국가 및 주소	대한민국, 충남 서산시 대산읍 평신로			
주요사업	정유			

2017 년 10 월 18 일

성명 (직급): 김 철 현(팀장)
연락처 (전화): 010-6516-8915
연락처 (이메일): chkim@oilbank.co.kr

「고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업」 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	모듈형 피셔-트롭시 반응기 제작 및 양산
참여목적	학산접합을 통한 반응기 양산기술제작공정 개발 및 사업화

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	에너진(주)			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	5,500백만 원	인력규모	22 명
R&D 역량	R&D 투자규모	330백만 원	R&D 인력	3 명
회사연혁	2011/02설립			
소재 국가 및 주소	대한민국 경기/화성시/마도면 청원산단2길 120 (우)18543			
주요사업	금속/세라믹 동종 및 이종확산접합, PCHE 열교환기 제작 Hot Press/Furnace 등 산업용 장치 제작			

2017 년 10월 19일

성명 (직급): 이 영 철 (상무) (인)
연락처 (전화): 010-9053-0880
연락처 (이메일): yclee@energyn.com

「고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업」 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.
※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	천연가스 개질 기술
참여목적	GTL process 중 개질기 분야 참여 가능 여부 파악

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	제이엔케이히터 (주)			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	151,000 백만 원	인력규모	63 명
R&D 역량	R&D 투자규모	300 백만 원	R&D 인력	6 명
회사연혁	산업용 가열로 설계, 소성 장치 System 설계/제작, 1993 설립			
소재 국가 및 주소	서울시 금천구 가산디지털1로 168 (동 Ho호.-			
주요사업	산업용 가열로 설계/제작, 계장기 설계/제작			

2017 년 12월 1 일

성명 (직급): 이 승 환 차장 (인)
연락처 (전화): 02-2026-4248
연락처 (이메일): shlee@jnkheaters.co.kr

『고효율 중소형 GTL 상용화 기술개발 사업』 참여의향서 (산업체)

※ 당사에서는 아래와 같이 본 연구개발사업에 참여할 의향이 있기에 본 의향서를 제출합니다.

※ 본 의향서는 어떠한 법률적 의무로 적용되지 않으며, 단지 본 사업의 산업적 파급효과를 알아보기 위한 참여 의향을 확인하는 목적으로 이용합니다.

1. [투자 정보] 참여희망 기술의 내용 ([별첨] 기술분류체계 및 추진체계 참조)

참여희망 기술명	바이오가스/천연가스 전처리 기술 제공
참여목적	해외사 업화

2. [응답자 정보] 참여 기업 일반

구분	내용			
회사명	(주) 이앤켐 솔루션			
기업규모(매출액, 인력)	매출액	1,000 백만 원	인력규모	10 명
R&D 역량	R&D 투자규모	200 백만 원	R&D 인력	4 명
회사연혁	2007.10 설립, 촉매 및 흡착제 생산 시설 보유 (C500평)			
소재 국가 및 주소	한국, 포천시 군내면 용정3길 1길 (본점)			
주요사업	바이오가스 정제용 흡착제 생산/판매			

2017 년 12월 / 일

성명 (직급): 김서동 대표이사 (인)
연락처 (전화): 010-3289-6194
연락처 (이메일): catalite@hanmail.net

인도네시아 가스전 MOU

This **MEMORANDUM OF UNDERSTANDING** ("MOU")/Business Partnership Agreement is made this 7 day of November 2016.

BETWEEN

1. **BIO FRIENDS INC.**, (Registration No. 192-86-00453) a company incorporated under the laws of South Korea and having its place of business at No 404, 160 Techno 2-ro, Yuseong-Gu, Daejeon City, South Korea (hereinafter referred to as "**BFI**"),

   and

2. **KHALIFA ENERGY ASIA INC.**, (BVI Company No 1916004) a company incorporated under the laws of British Virgin Island whose principal office 4th Floor, Ellen Skelton Building, 3076 Sir Francis Drake Highway, Road Town Tortola, British Virgin Island VG 1110, (hereinafter referred to as "**Khalifa Energy**"), and
   BFI and Khalifa Energy are hereinafter individually or collectively referred to as "Party(ies)"

WHEREAS

1. BFI is an established company in South Korea having vast experience in Natural Gas Processing and the required Expertise on Research, Development and Design for the Oil and Gas Industry in South Korea.

2. Khalifa Energy has the required business to business (B to B) experience in handling Oil and Gas Projects in Indonesia with International Parties deemed fit in bringing new technologies and investments into Indonesia.

3. The Parties have agreed to work in partnership to achieve the following:
   (i) Procurement of Petroleum Based Natural Gas and Procurement of Biogas from Palm Oil Mill Effluents;
   (ii) Projects on Small Scale LNG Plant (including LNG Bunkering Terminal), Gas to Liquid (GTL) Process and Dimethyl Ether (DME) Processing.

4. This partnership is vital for both Parties so as to ensure all the procurements and processes are genuinely done in a perfect manner and new technologies and investments be introduced into Indonesia.

5. The Parties wish to co-operate and collaborate with each other and combine their resources in order to jointly prepare for the award of Project(s) in Indonesia, as a Consortium or Partnership.

6. If a contract for the Project is awarded, the Parties under this MOU shall jointly make the necessary preparation and render full support for successful performance of works for the PROJECT.

THE PARTIES HEREBY AGREE AS FOLLOWS:

1. The Parties shall co-operate exclusively with each other with respect to the preparation and submission for the award of the Contract for the Project and the execution of the scope of works and services required by and pursuant to the Contract to be performed by the Parties pursuant to the provisions herein.

2. Khalifa Energy shall assist BFI in securing the Natural Gas and Biogas from genuine parties in Indonesia.

3. Khalifa Energy shall also be empowered to assist BFI on Small Scale LNG Plant (including LNG Bunkering Terminal), Gas to Liquid (GTL) Process and Dimethyl Ether (DME) Processing Projects in Indonesia.

4. To achieve the above goals, BFI shall issue to Khalifa Energy a Letter of Intent to collaborate and Khalifa Energy shall issue to BFI a Letter of Invitation to meet in Indonesia and visit the Oil and Gas Sites involved.

5. A Collaboration Agreement shall be signed by both Parties on the above Projects.

6. Both Parties shall evaluate the effectiveness and adherence to the Collaboration Agreement, and determine the time for the evaluation to be done.

7. This MOU is not a commitment of funds between both Parties. The funds required will be activated upon the signing of the Collaboration Agreement between both Parties.

8. This MOU may be modified by mutual consent of authorized officials from BFI and Khalifa Energy. This MOU shall become effective upon signature by the authorized officials from both Parties and will remain in effect until modified or terminated by any one of the Parties by mutual consent. In the absence of mutual agreement by the authorized officials of both Parties, this MOU will end on either party giving two (2) months' notice of termination.

9. Both Parties shall at all times hold all information, whether technical, commercial, financial or of any other kind strictly confidential and shall not, without either party's prior written approval, divulge to third parties or use for any purpose.

10. This MOU do not constitute a binding agreement of the Parties, but more on the expression of the mutual interest and intent at the time of its execution. The Parties shall settle in good faith and spirit of co-operation and in mutual consultation on all questions arising from the implementation of this MOU.

Signed and agreed:

In WITNESS whereof the Parties hereto have caused this Memorandum of Understanding to be duly executed by their duly authorized representatives.

For and on behalf of
Khalifa Energy Asia Inc.

For BIO FRIENDS INC.

Dr Cho Wonjun
PRESIDENT/CEO

Date: 7 Nov. 2016

For KHALIFA ENERGY ASIA INC.
Authorized Signature(s)

Geri Sopian
Director

Date: 17 Nov 2016

Witnessed By:

Baharuddin Bava
Director

Company Stamp