

〈핵심5과제〉
LNG-FPSO 기획연구 보고서

2010. 4.

총괄연구기관 / 한국가스공사

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원
L N G 플 랜 트 사 업 단

LNG플랜트사업단 기획연구보고서

〈핵심5과제〉

LNG-FPSO 기획연구 보고서

2010. 4.

총괄연구기관 / 한국가스공사

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원
L N G 플 랜 트 사 업 단

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

본 보고서를 “LNG플랜트사업단 LNG-FPSO 기획연구”(연구기간 2009.10~2010.04)의
핵심5과제 최종보고서로 제출합니다.

2010. 04.

■ 총괄연구책임자

LNG플랜트사업단	사업단장	양 영 명	기획연구 총괄
-----------	------	-------	---------

■ 연구기획위원

한국건설교통기술평가원	건설3실장	신 현 옥	연구기획 및 분석
삼성테크윈	전 무	이 정 훈	연구기획 및 분석
동화엔텍	대표이사	홍 성 희	연구기획 및 분석
삼성중공업	상 무	하 문 근	연구기획 및 분석
STX조선해양	상 무	양 영 준	연구기획 및 분석
서울시립대학교	교 수	김 효	연구기획 및 분석
홍익대학교	교 수	장 호 명	연구기획 및 분석
인하대학교	교 수	조 철 희	연구기획 및 분석
한국선급	기술연구소장	하 태 범	연구기획 및 분석

■ 연구기획실무위원

한국과학기술원	교 수	정 상 권	기술분석/보고서작성
한국과학기술원	교 수	장 대 준	기술분석/보고서작성
한국가스공사	책임연구원	이 상 규	기술분석/보고서작성
한국가스공사	수석연구원	윤 인 수	기술분석/보고서작성
삼성중공업	책임연구원	김 승 혁	동향분석/보고서작성
GS건설	부 장	이 선 근	기술분석/보고서작성
삼성테크윈	수석연구원	백 기 영	기술분석/보고서작성
영남대학교	교 수	이 문 용	기술분석/보고서작성
중앙대학교	교 수	김 용 수	사전 타당성 분석
LNG플랜트사업단	팀 장	유 선 일	특허분석/보고서작성

요 약 문

I. 제 목

- LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발(핵심5과제)

II. 연구기획의 목적

본 연구기획의 목적은 LNG플랜트사업단의 성공적인 LNG-FPSO사업 수행을 위하여 핵심5과제인 “LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발”의 세부과제 및 연구내용을 합리적으로 도출하는 것임

III. 연구기획의 내용 및 범위

- 핵심5과제의 연구목표 및 연구내용, 추진전략 수립
 - 핵심5과제의 추진방안, 연구성과 달성방안 및 계획수립
 - 테스트베드와 연계한 사업화 방안 제시
 - 단계별/연차별 연구내용 및 목표 제시
 - 연구목표의 구체화 및 정량화
- 핵심5과제 제안서요구서(RFP) 도출
 - 주요 연구과제 도출 및 개발목표 설정
 - 연구개발 내용 및 추진전략, 수행방법 도출
 - 연구성과 활용방안 및 기대효과 제시

IV. 연구기획의 결과

- 연구개발 추진방향
 - LNG플랜트 테스트베드와 연계하여 LNG-FPSO 테스트베드를 건조하고 LNG 저장탱크(CCS)의 대용량화, 탱크 내 유체 유동현상(Sloshing), LNG 출하설비(Offloading System) 등 LNG-FPSO의 특징적 연구 수행
 - 연산 200만톤급 LNG-FPSO 액화플랜트의 기본설계 패키지 제작을 위해 LNG플랜트사업과 연계하여 LNG-FPSO 핵심기술 개발

□ 연구과제 및 연구개발 내용

- 핵심5과제 : LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발
 - 세부5과제(5-1) : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발
 - LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발
 - LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계
 - 세부2과제(5-2) : LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발
 - 일일 액화능력 100톤급 테스트베드 구축 및 기술검증
 - 테스트베드 모듈화 건조기법 개발
 - 테스트베드 운전을 통한 설계기술 최적화
 - 세부3과제(5-3) : LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발
 - 한국형 LNG CCS의 적용을 위한 CCS의 대형화기술 개발
 - CCS의 대형화를 위한 CCS 건조 자동화기술 개발
 - LNG-FPSO 플랜트 Topside와 CCS 연계를 위한 설계기준 정립

V. 연구기획 결과의 활용계획

- 본 연구기획 결과는 LNG플랜트사업단의 핵심5과제 공모 및 기술개발 로드맵으로 활용함

차 례

1. 국내·외 기술 및 산업 현황	1
가. SWOT 분석	1
(1) 내·외부적 요인 분석	2
(2) 대응 전략	2
(3) 당면과제 해결 방안	3
나. 국내·외 기술 및 산업환경	4
(1) 세계 에너지 수요 및 개발 전망	4
(2) 가스산업	6
(가) 국내기술 및 산업 환경	6
(나) 천연가스 시장 현황	6
(다) 해외 관련기술 현황	9
(3) 해양 플랜트 산업	10
(가) 해양 플랜트 시장 변화 추세	10
(나) 국내 기술 및 산업 현황	15
(다) 국외 기술 및 산업 현황	16
(4) 연구개발 인프라 현황	16
(5) 국내·외 기술변화	16
다. 논문 및 특허 분석	18
(1) 논문 검색을 통한 기술 분석	18
(가) 논문 검색방법	18
(나) LNG플랜트 분야 논문동향 분석	19
(다) 액화분야 논문동향 분석	22
(라) 저장분야 논문동향 분석	25
(마) 전처리 분야 논문동향 분석	28
(2) 특허 검색을 통한 기술 분석	31
(가) LNG 전처리	31
(나) LNG-FPSO 액화공정	38
(다) LNG 저장	50

2. 핵심5과제 개요	55
가. 핵심5과제의 정의 및 비전	55
(1) 핵심5과제의 정의	55
(2) 핵심5과제의 비전	55
나. 핵심5과제의 필요성	55
다. 핵심5과제의 목표	56
(1) 최종목표	56
(2) 단계별 목표 및 추진내용	56
라. 핵심5과제의 연구범위	57
마. 핵심과제 및 세부과제 선정체계	58
(1) 연구기획 및 연구위원회 운영	58
(가) 연구기획의 목표 및 주요 수행내용	58
(나) 연구기획 추진방법 및 체계	59
(다) 연구위원회 구성 및 역할	60
(라) 연구기획 추진절차 및 일정	63
(마) 핵심과제별 세부과제 검토 및 결과	65
(2) 유사과제 중복성 검토 및 결과	69
바. 추진전략	72
(1) 핵심과제별 기술 및 예상 성과물	72
(2) 핵심5과제 기술로드맵	73
(3) LNG플랜트사업단 핵심과제와의 연계 방안	74
3. 핵심5과제의 세부과제 목표 및 내용	79
가. 세부과제의 구성	79
나. 세부과제별 목표 및 내용	80
(1) 세부1과제(5-1) : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	80
(가) 연구목표 및 연구내용	80
(나) 단계별 추진일정	81
(다) 연구성과물 도출계획 구체화	82
(2) 세부2과제(5-2) : LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	83
(가) 연구목표 및 연구내용	83
(나) 단계별 추진일정	83
(다) 연구성과물 도출계획 구체화	84

(3) 세부3과제(5-3) : LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	85
(가) 연구목표 및 연구내용	85
(나) 단계별 추진일정	86
(다) 연구 성과물 도출계획 구체화	88
다. 성과목표 및 지표	89
(1) 핵심5과제의 성과목표 및 성과지표	89
(2) 세부1과제(5-1)의 성과목표 및 성과지표	90
(3) 세부2과제(5-2)의 성과목표 및 성과지표	91
(4) 세부3과제(5-3)의 성과목표 및 성과지표	92
4. 소요예산	95
가. 소요예산의 적정성 검토 및 편성기준	95
나. 핵심5과제 소요예산	96
다. 세부과제 소요예산	98
(1) 세부1과제(5-1) 연구비	98
(2) 세부2과제(5-2) 연구비	100
(3) 세부3과제(5-3) 연구비	104
5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안	109
가. 기술개발 효과	109
(1) 경제적 파급효과	109
(2) 기술적 파급효과	110
(3) 사회·문화적 파급 효과	110
나. 성과활용방안	110
6. LNG-FPSO 테스트베드 사업 적용 방안	113
가. 테스트베드 건조 추진의 타당성	113
(1) 테스트베드의 정의	113
(2) 테스트베드의 기술적 필요성	113
나. 테스트베드 구성 및 규모 시나리오	115
(1) 테스트베드의 기본 조건	115
(2) 테스트베드 구성과 용량	116
(3) 테스트베드 시행 방안	120
(4) 기술개발 결과의 테스트베드 적용	121

다. 입지 시나리오	122
(1) 테스트베드 설치 가능지역	122
(가) LNG 인수기지	122
(나) 동해-1 가스전	123
(다) 해외 가스전 개발 시 반영	124
(2) 테스트베드 설치 가능지역의 비교	124
라. 테스트베드 비용 산정 및 근거	126
마. 건조계획	129
바. 사후 활용계획 분석	130
7. RFP 및 공모방안	133
가. RFP 작성기준	133
나. 핵심5과제 RFP	134
다. 세부과제 RFP	142
(1) 세부1과제(5-1) RFP	142
(가) 세부1과제(5-1) RFP	142
(나) 세부1과제(5-1-1) RFP	148
(다) 세부1과제(5-1-2) RFP	153
(2) 세부2과제(5-2) RFP	158
(3) 세부3과제(5-3) RFP	163
라. 핵심과제 및 세부과제 공모방안	168
마. 선정지표	170
8. 참고문헌	173

1 국내·외 기술 및 산업 현황

가. SWOT 분석

나. 국내 · 외 기술 및 산업환경

다. 논문 및 특허 분석

1. 국내·외 기술 및 산업 현황

가. SWOT 분석

- 국내·외 기술 및 정책동향, 산업전망 등을 통하여 SWOT 분석을 실시하였으며, 그 분석 결과는 <표 1-1>과 같음

<표 1-1> SWOT 분석 결과

내부환경 외부환경	강점(Strength)	약점(Weakness)
	- 우수한 인력 및 높은 생산성 - 우수한 연구개발 기반 및 기술개발에 대한 공감대 - LNG 연관제품 시장형성 - 대규모 선박 및 해양구조물 건조 경험 - 독보적인 LNG선 건조 경쟁력 - 세계 2위의 LNG 구매력	- LNG-FPSO 관련 원천기술 부족 및 핵심 기자재 해외 의존 - 플랜트 Topside FEED기술 부재 - Offshore Project 기획 등 사업추진경험 부재 - 가스전 개발사업 추진을 위한 파이낸싱 역량 취약
기회(Opportunity)	SO 전략	WO 전략
- 고유가로 인한 Clean Energy 수요 증대 - 육상플랜트 건설기피로 해상 플랜트가 대안으로 부각 - 국내조선소의 LNG Vessel 설계, 건조능력 탁월 - 도입기 제품으로 기술선점 및 시장확보 가능	- LNG 구매력을 활용한 패키지형 자원개발 프로젝트 추진 - LNG 프로젝트 수요가 견인하는 기술개발 추진 - 주도적 LNG-FPSO 사업추진을 통한 국내 조선소, 기자재업체, 엔지니어링사, EPC 건설사의 시장진입	- LNG수요가 견인하는 LNG-FPSO 기술개발 필요성 제고 - 국내 조선소 수주 LNG-FPSO를 벤치마킹하여 기술 확보 - 해외 LNG-FPSO 프로젝트 참여를 통한 Offshore Project 사업역량 확보
위협(Threat)	ST 전략	WT 전략
- 플랜트 Topside 에 대한 선진 기술 장벽 - 해양 LNG플랜트용 기자재산업 낙후 - 플랜트 Topside 설계능력 및 전문인력 부재 - 주도적 LNG-FPSO 사업 부재시 기술개발 후 사장가능성 상존	- 선진기술 장벽을 극복하기 위한 수단으로 독자 기술개발 및 주도적 LNG-FPSO 사업 추진 - LNG 구매력을 활용한 기자재 산업 육성 및 시장진입 지원 - LNG-FPSO 플랜트 Topside 및 해양플랜트 기술력 제고를 위한 전문인력 양성	- LNG-FPSO 프로젝트 위험성 회피를 위한 최적 사업모델 개발 - LNG-FPSO 원천기술 및 기자재 산업 발전을 위한 기술 개발을 통한 전문인력 양성 - LNG-FPSO 기술개발을 통한 주도적 프로젝트 개발 유도, 사업기획 및 파이낸싱 역량제고

(1) 내·외부적 요인 분석

- 본 사업의 강점은 우수한 연구개발 기반 및 기술개발에 대한 공감대 형성, LNG 연관제품에 대한 시장이 이미 형성, 대규모 선박 및 해양구조물에 대한 건조 경험 풍부, 독보적인 LNG선 건조 경쟁력 보유, 세계 2위의 LNG 구매력을 이용한 사업기회 창출 등임
- 본 사업의 약점은 LNG-FPSO 관련 원천기술 부족, 핵심 기자재 해외 의존, 플랜트 Topside에 대한 FEED 기술 부재, Offshore Project 기획 등 사업추진경험 부재, 가스전 개발사업 추진을 위한 파이낸싱 역량 취약 등임
- 외부환경 측면에서 기회요인은 국내 조선사의 LNG-FPSO 수주로 기술 습득 및 새로운 시장 진입 기반 조성, 고유가로 인한 Clean Energy 수요 증대 및 중규모 가스전 개발에 대한 경제성 향상, 육상 액화플랜트 건설 기피로 해상 플랜트가 대안으로 부각, 국내조선소의 LNG Vessel 설계, 탁월한 건조 능력, 도입기 제품으로 기술선점 및 높은 시장 확보 가능성 등임
- 외부환경 측면에서 위협 요소는 일괄수주방식에 따른 손실 위험도 증가, 해양 플랜트분야에서 중국 조선소의 추격, 플랜트 Topside에 대한 선진기술 장벽, 해양 LNG플랜트용 기자재산업 낙후, 플랜트 Topside 설계능력 및 전문인력 부족, 신개념 해양플랜트 FEED 설계 대한 외국 기술사들의 공격적 투자 및 기술 선점 등임

(2) 대응 전략

- SO 전략
 - LNG 구매력을 활용한 패키지형 자원개발 프로젝트 추진
 - LNG 프로젝트 수요가 견인하는 기술개발 추진
 - 주도적 LNG-FPSO 사업추진을 통한 국내 조선소, 기자재업체, 엔지니어링사, EPC 건설사의 시장진입
- ST 전략
 - 선진기술 장벽을 극복하기 위한 수단으로 독자 기술개발 및 주도적 LNG-FPSO 사업 추진
 - LNG 구매력을 활용한 기자재 산업 육성 및 시장진입 지원
 - LNG-FPSO 플랜트 Topside 및 해양플랜트 기술력 제고를 위한 전문인력 양성

○ WO 전략

- LNG 수요가 견인하는 LNG-FPSO 기술개발 필요성 제고
- 국내 조선소 수주 LNG-FPSO를 벤치마킹하여 기술 확보
- 해외 LNG-FPSO 프로젝트 참여를 통한 Offshore Project 사업역량 확보

○ WT 전략

- LNG-FPSO 프로젝트 위험성 회피를 위한 최적 사업모델 개발
- LNG-FPSO 원천기술 및 기자재산업 발전을 위한 기술개발을 통한 전문인력 양성
- LNG-FPSO 기술개발을 통한 주도적 프로젝트 개발 유도, 사업기획 및 파이낸싱 역량 제고

(3) 당면과제 해결 방안

- LNG 프로젝트 수요를 견인할 수 있는 기술개발 추진
- LNG 구매력을 활용한 패키지형 자원개발 프로젝트 추진 및 EPC, 기자재 등 시장진입 지원
- 선진기술 장벽을 극복하기 위한 수단으로 독자 기술개발 및 주도적 LNG-FPSO 사업 추진, 그리고 이를 통한 국내 조선소, 기자재업체, 엔지니어링사, EPC 건설사의 시장진입 기회 제공
- LNG-FPSO 플랜트 Topside 및 해양플랜트 기술력 제고를 위한 전문인력 양성
- 국내 조선소에서 수주한 LNG-FPSO를 벤치마킹하여 기술개발에 활용
- 해외 LNG-FPSO 프로젝트 참여를 통한 Offshore Project 사업역량 확보
- LNG-FPSO 기술개발을 통한 주도적 프로젝트 개발 유도, 사업기획 및 파이낸싱 역량 제고

나. 국내·외 기술 및 산업환경

(1) 세계 에너지 수요 및 개발 전망

- 향후 25년(2010~2035년)간 전 세계 에너지수요 증가에 맞춰 주요 에너지원의 공급이 확대될 전망으로 이 기간 오일, 천연가스, 석탄은 중요 자원으로서의 역할이 지속될 것이며, 특히 천연가스는 핵심적 에너지원이 될 것으로 예상됨
- 오일(2035년 기준 전체 에너지 수요의 30.3%)은 유가 상승으로 인해 전체 에너지 수요에서 차지하는 비중이 감소될 것으로 예상됨
- 석탄(27.9%)은 화석연료 소비로 인한 오염물질 제한 또는 감소를 목적으로 하는 환경법과 비화석연료의 사용을 장려하는 정부 정책에 따라 수요량의 변화가 예상됨
- 천연가스(21.9%)는 유가 대비 상대적으로 저렴한 가격, 정부 정책 부합(친환경적인 연료), 풍부한 부존량 등의 이유로 가장 빠른 성장세를 보일 것으로 예상됨
- 핵연료(6.4%), 대체(재생)에너지(13.5%)는 고성장은 예상되나 전체시장에서 차지하는 비중, 경제성 및 활용성 측면에서의 제약이 많음
- 청정에너지에 대한 정부정책(FIT, RPS 등) 지원을 강화하고 있음

참고

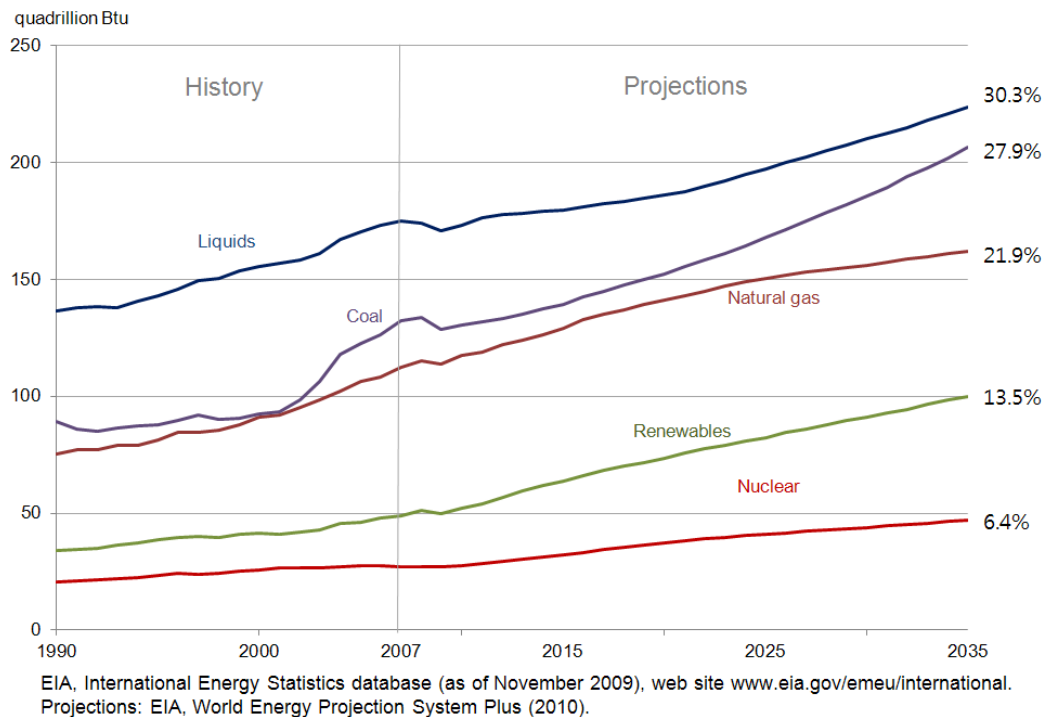
- ❖ FIT(Feed-In-Tariff, 발전차액보조금) : 신에너지와 재생에너지의 개발과 이용 그리고 보급을 촉진하기 위하여 법률에 의거하여 마련된 제도
- ❖ RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생 에너지의무할당제) : 에너지사업자에게 공급량의 일정비율을 신재생 에너지로 하도록 의무화한 제도

<표 1-2> 세계 에너지 동향 및 전망(1990~2035년)

(단위 : Quadrillion Btu)

구분	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Liquids	136.40	142.70	155.50	170.40	172.90	179.33	186.05	197.23	210.03	223.57 30.3%
Natural Gas	75.40	81.20	91.00	106.30	117.30	129.07	141.25	150.21	155.77	162.03 21.9%
Coal	89.20	87.90	92.30	122.30	130.26	139.08	152.40	167.76	185.65	206.26 27.9%
Nuclear	20.40	23.30	25.70	27.50	27.64	32.19	37.43	41.09	43.86	47.08 6.4%
Renewables	33.90	38.70	41.60	46.20	52.05	63.81	73.37	82.43	91.23	99.78 13.5%
합계	355.30	373.80	406.10	472.70	500.15	543.48	590.50	638.72	686.54	738.72 100.0%

※ Source : EIA(International Energy Statistics Database, 2009), LNG플랜트사업단 채구성.



[그림 1.1] 세계 에너지 수요 동향 및 전망(1990~2035년)

- 고유가 및 천연가스 수요 증가 등에 따라 에너지 공급 체계의 붕괴 위험성이 높아져 에너지 다소비 국가들의 에너지 안보에 심각한 위협이 되고 있음
 - OECD 국가 및 개발도상 국가들은 자국의 생산으로는 에너지 수요를 만족시키지 못하여 대부분을 수입하고 있고, 비OECD 국가들의 원유 및 천연가스의 생산도 향후 10년 이내 피크에 이를 전망이다
 - 경제가 급부상하는 중국과 인도와 같은 개발도상국은 전세계 에너지 자원 소비의 상당 부분을 차지하기 시작하였으며, 특히 이들 국가들은 급격한 경제성장뿐만 아니라 인구비중도 높아 조만간 선진국들의 에너지 수요를 앞지를 전망이다
- 오일 및 천연가스에 대한 수요 증가에 따른 가격 상승으로 채산성이 확보되고, Onshore 및 근해의 원유매장량 감소 우려가 대두되면서 심해 에너지원 개발에 대한 투자가 증가하고 있음
- 심해 에너지원 개발에 필수적인 다양한 FPS(Floating Production System) 중 FPSO 및 LNG-FPSO는 다양한 기능의 수행 능력을 토대로 시장의 주류로 부상할 전망이다
 - FPSO와 LNG-FPSO는 향후 심해 E&P(Exploration & Production; 자원개발) 증가에 따라 주요 플랫폼으로 부상할 전망이다
 - 특히, LNG-FPSO는 신규시장으로 아직 관련 기술개발 및 상용화에 대한 Risk는 존재 하지만, 향후 발주 및 연매출 성장 가능성이 가장 높을 전망이다

- 최근 삼성중공업은 세계 최초로 LNG-FPSO를 수주하였고, 대우조선해양은 자회사를 통해 LNG-FPSO 프로젝트 사업에 직접 참여하게 됨에 따라 향후 LNG-FPSO 수주 가능성이 한층 높아지고 있음
- ※ 삼성중공업은 유럽 Shell사의 LNG-FPSO 독점 건조 계약을 체결하였고, 최근 세계에서 발주되는 LNG-FPSO 대부분을 수주하고 있음
- ※ 대우조선해양E&R(대우조선해양의 자원개발 전문 자회사)는 노르웨이의 회그엘 엔지, 파푸아뉴기니의 페트로민피엔지와 공동으로 파푸아뉴기니에서 25억 달러 규모의 LNG-FPSO 프로젝트 추진

(2) 가스산업

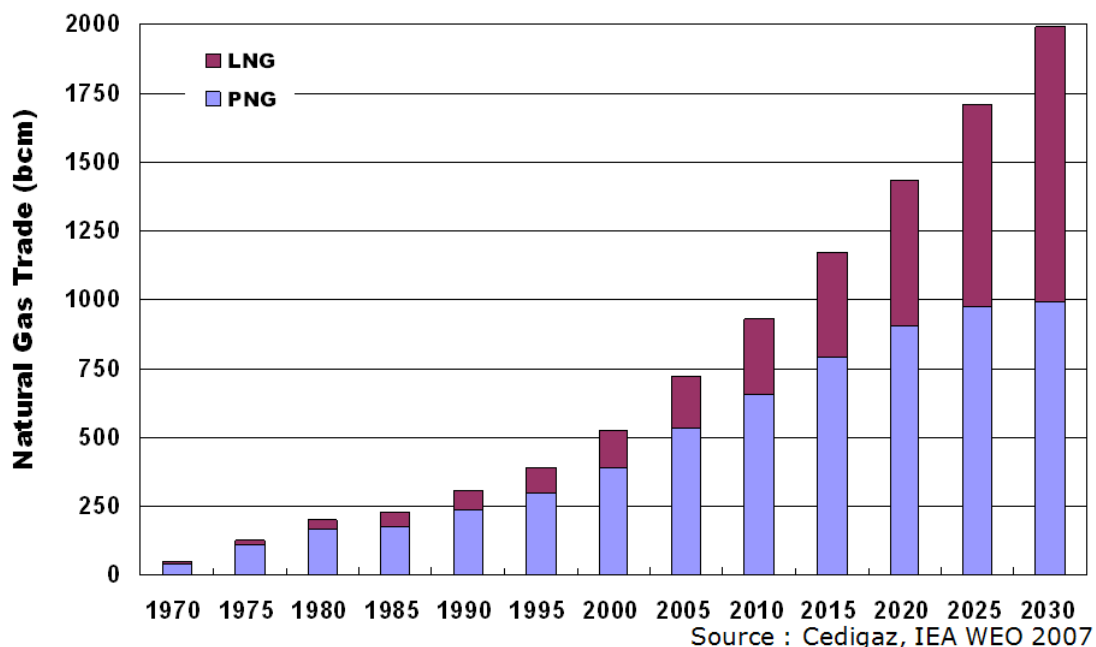
(가) 국내기술 및 산업 환경

- 국내의 LNG플랜트 관련 기술개발 사례는 저장탱크와 인수기지 부문을 제외한 액화공정 및 관련 응용기술 부분은 전무한 상황임
- 국내 업체가 LNG 플랜트 건설 사업에 참여한 사례는 국내에서는 LNG 인수기지와 저장탱크 부문이며, 해외에서는 주된 액화공정을 제외한 주변장치 설계와 건설 부문으로 제한되고 있는 실정임
- 천연가스가 생산되지 않는 우리나라는 LNG 생산시설 보다 LNG 이송 및 저장시설에 한정되어 있어 현재까지 LNG 생산시설에 대한 연구 실적이 전무함
- 전처리공정 : 국내의 EPC 업체는 다수의 프로젝트 경험을 보유하고 있으며, 생산된 가스의 수분을 Dehydration 공정으로 없애고 CO₂, H₂S 등의 불순물을 제거하는 공정으로 일반화된 기술(Open Technology)로 평가되고 있음
- 액화공정 : 국내 업체는 천연가스 액화공정에 대한 원천기술과 응용설계기술에 관한 연구 실적이 없고 EPC 프로젝트 수행 경험이 전무 함

(나) 천연가스 시장 현황

- 천연가스는 전 세계에 분포되어 있어 석유에 비해 중동지역에 대한 의존도가 낮음
- 2009년 말 기준으로 확인된 세계 천연가스 매장량은 약 187tcm으로 가채연수(R/P)가 약 63년 정도임
- 지역별로는 중동지역이 76.18tcm(40.8%)로 가장 많고, 구소련연방을 포함한 유럽 지역이 63.09tcm(33.7%), 아시아-태평양지역(8.7%), 아프리카지역(7.9%)를 차지¹⁾함

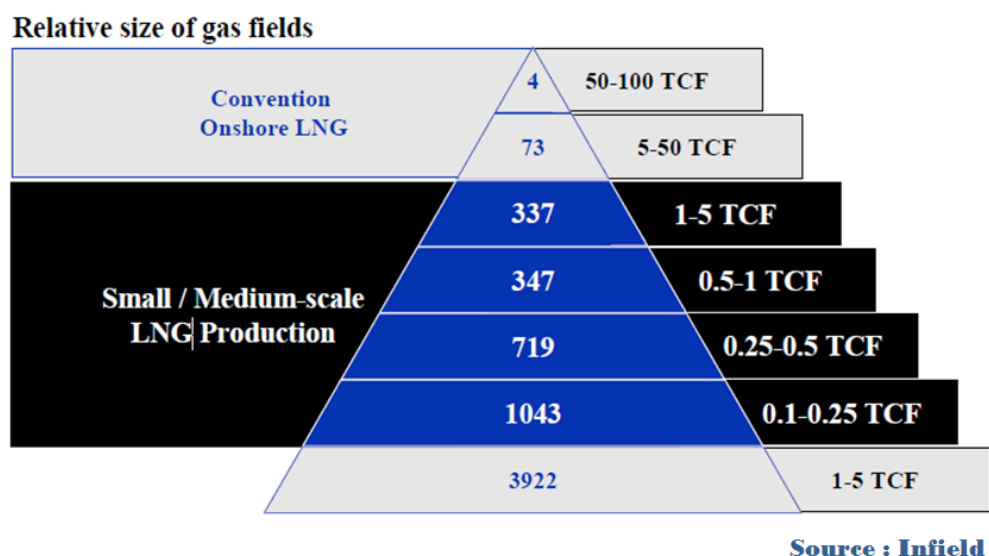
- 2009년 세계 천연가스 생산량은 2,987bcm으로 2008년도의 3,066bcm에 비해 약 2.1% 감소함
 - 세계 천연가스 생산량 중 876.54bcm(약 29%)이 지역 간에 거래되고, 지역 간 가스 거래량 중 PNG 거래량은 633.77bcm(72.3%), LNG 거래량은 242.77bcm(약 27.7%)임
 - 2009년 말 기준으로 18개국이 LNG를 생산하고, 22개국이 LNG를 수입하고 있음
 - 2009년도 기준으로 최대 LNG 생산국은 카타르로 전체 LNG 거래량의 약 20.4%(49.44bcm)를 수출하였고, 말레이시아, 인도네시아, 알제리가 그 뒤를 이음
 - 최대 LNG 수입국(2009년 기준) 일본은 전 세계 LNG 거래량의 35.4%(85.9bcm)를 수입하고, 우리나라는 14.1%(34.33bcm)로 2위임(이 수치는 2008년에 비해 일본은 7.8%, 한국은 7.1% 감소한 것임)
- 국제에너지기구 IEA²⁾에 의하면 2030년까지 세계 천연가스 수요는 4,320bcm (3,900Mtoe)로 전체 1차 에너지 수요 중 약 21.2%를 차지할 것으로 전망함
 - 이 기간 중동지역은 가스 소비량 증가폭이 가장 큰 지역이 될 것으로 전망함
 - 중국의 천연가스 수요는 폭발적으로 증가하여 2007년 기준으로 2030년에 약 3.3배까지 성장하고, 인도도 거의 같은 수준으로 성장할 것으로 전망함
 - [그림 1.2]은 IEA에서 발표(2007년)한 세계 천연가스 수요와 전망임



[그림 1.2] 세계 천연가스 수요 및 전망(1970~2030년)

1) BP Statistical Review of World Energy 2009
 2) World Energy Outlook 2009, International Energy Agency, Paris

- 천연가스는 생산지와 수요지 간의 지리적 불일치로 수요자는 주로 수입에 의존함
 - 북미지역은 1990년대까지 지역 내에서 생산되는 가스로 거의 자급하였으나 2030년경 전체 가스수요의 약 16%(159bcm)를 수입할 것으로 전망함
 - 전 세계적으로 전체 가스 거래량 중 LNG가 차지하는 비중이 2005년 26.2%에서 2030년 50%이상으로 증가될 것으로 전망함
- 전 세계적으로 2030년까지 지역 간 가스 거래량의 절반이 LNG 형태로 거래될 것으로 전망됨에 따라 LNG 액화기지와 인수기지의 건설이 활발하게 이루어지고 LNG 운반선의 수도 급격히 증가할 것으로 보임
 - 장기적으로 LNG 운반선은 2030년까지 증가하는 LNG 거래량에 부응하는 수송 능력을 확보하기 위하여 약 4배 정도로 늘어날 전망임
 - LNG 관련기술의 진보에 따라 전통적인 LNG Chain에서 여러 가지 대안기술이 등장함에 따라 육상용 LNG 액화기지나 인수기지 대신 해상에서 이 기능을 해 주는 부유식 LNG 터미널인 LNG-FSRU와 LNG-FPSO 기술이 등장함
- 최근 대규모 LNG 액화플랜트 건설에 대한 투자비가 크게 증가함에 따라 LNG 가격 상승을 유발하였고, 이로 인하여 중규모 가스전 개발에 대한 경제성이 향상됨에 따라 LNG-FPSO의 경쟁력이 확보된 상태임
- 자원 보유국들의 환경보호 규제 강화로 육상 액화플랜트 건설이 어려워짐에 따라 LNG-FPSO 시장성이 크게 증가되고 있음
- 대규모 가스전은 이미 메이저 기업이 대부분 점유하여 가스전 확보가 어려움
 - 최근 경제성이 향상되고 있는 중규모 가스전의 경우 70% 정도가 해상에 위치하고 있어 해상 플랜트 설비를 이용한 자원개발이 반드시 필요하고 이를 구현하기 위한 수단으로 LNG-FPSO 기술 확보가 필요함



[그림 1.3] 해상 가스전 분포

(다) 해외 관련기술 현황

- 1964년 처음으로 상용 규모의 LNG 액화플랜트가 가동되기 시작된 이후 5개 정도의 액화공정 기술이 개발되었으며, 이에는 주로 APCI 공정이 사용되고 있음
- LNG 액화플랜트 시장은 프로젝트의 규모가 20억 달러가 넘는 초대형 프로젝트로 기술선진국들의 각축장이며, 선발기업들은 후발업체들의 진입을 막기 위해 카르텔을 형성하여 기술이전을 기피하고 있음
- Linde는 Statoil과 공동으로 개발한 MFCP 기술을 노르웨이의 Snobvit LNG 프로젝트에 적용하여 시장진입에 성공한 바 있고, Axens의 Liquefin Technology는 이란의 South Pars LNG 프로젝트에 적용을 추진하고 있어 신규 진입 가능성이 높음
- 최근 LNG 액화플랜트는 트레인 당 생산능력이 약 8 MTPA 까지 높아져 기존 용량의 3배 정도 높고 에너지 효율도 크게 향상되고 있음
- ExxonMobil를 비롯한 메이저기업은 자체적으로 액화공정기술 확보를 위하여 기술개발을 추진하고 있음
- LNG 액화플랜트 분야의 엔지니어링 설계기술을 보유하고 있는 업체로는 KBR-JGC, Chiyoda, Bechtel, Technip 등이며 상위 3개사의 시장점유율이 90%를 차지함
- LNG 액화플랜트는 현재 18개국에서 44개 프로젝트를 운영 중이며, 전체 트레인 수는 93개로 연간 생산능력은 약 264.3 MTPA임
 - 2005년 이후 21개 프로젝트(25개 트레인)가 준공되어 전체 생산량의 약 43.3%인 117.3 MTPA가 이 기간 중에 증가되었음
 - 현재 건설 중인 액화플랜트는 모두 9개로 생산능력은 59 MTPA에 달하고, 특히 카타르는 기존 생산량 61.8 MTPA에 건설 중인 생산량 15.6 MTPA를 합하면 모두 77.4 MTPA로 전세계 생산량의 24%를 차지할 전망이다
 - 이 기간 동안 앙골라와 이란이 신규 LNG 생산국에 진입할 전망이고, 그 외 계획되어 있는 액화플랜트는 26개 프로젝트로 베네주엘라, 파푸아뉴기니, 캐나다, 브라질 등이 신규 생산국에 진입할 것으로 보임

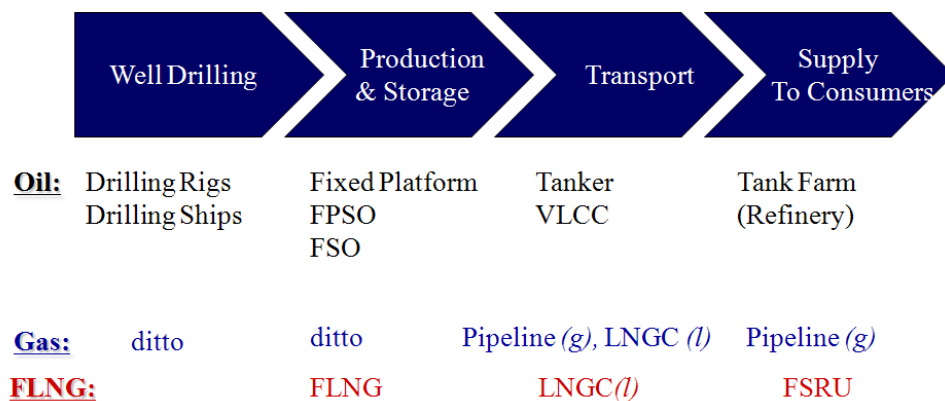
Type	Process	Licensor	Capacity, MTPA
Cascade	Optimized Cascade	Conoco-Phillips	3.6
	Mixed Fluid Cascade	Statoil-Linde	6~8
Mixed Refrigerant (MR)	Single Refrigerant MR	APCI	1.5
	Dual MR	Shell, Axens	4~8
	Propane Pre-cooled MR	APCI, Shell	4.5
N2 Expander	N2 Double Expander	BHP, Aragon	1.5~2.5

[그림 1.4] 주요 액화공정 및 라이선스

(3) 해양 플랜트 산업

(가) 해양 플랜트 시장 변화 추세

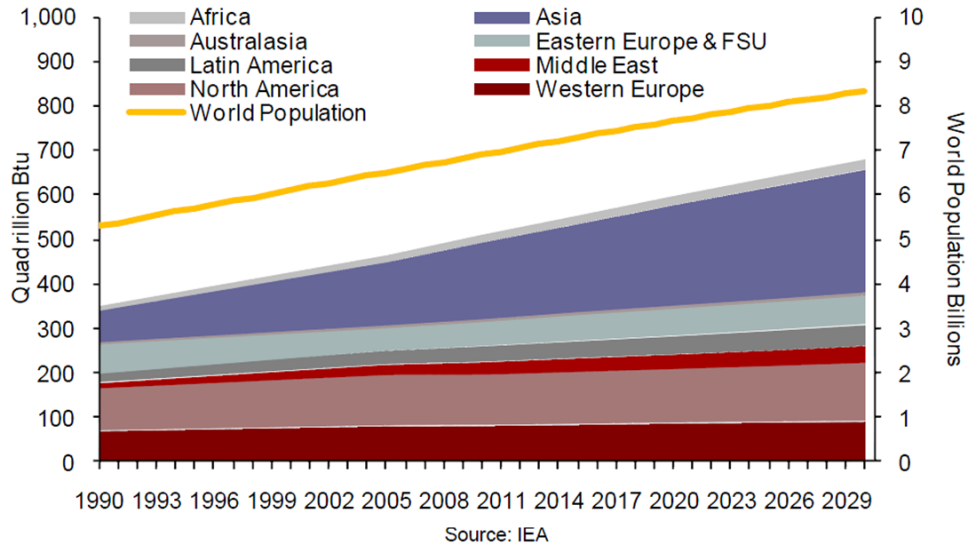
- [그림 1.5]은 해양 원유 및 천연가스의 공급 사슬(Supply chain)을 나타내며, 해양 플랜트는 공급 사슬에 참여하는 구성 요소들 중 해양에 설치되는 설비들을 말함
 - Drilling Rig & Ship, Fixed Platform, FPSO, FSO 등이 전통적인 해양플랜트임
 - 최근 LNG-FPSO 또는 FLNG가 개발되었고, 심해 유전 개발을 위한 심해 생산플랜트도 해양플랜트 범주에 포함됨



FLNG: Floating LNG Production Unit
 F(P)SO: Floating, (Production,) Storage, and Offloading Unit
 FSRU: Floating, Storage, and Regasification Unit
 VLCC: Very Large Crude Carrier

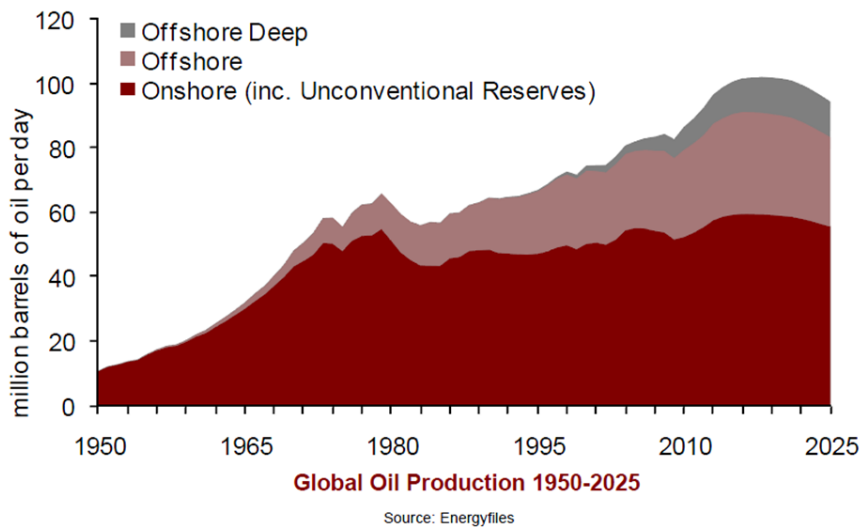
[그림 1.5] 해양 원유 및 천연가스 공급 사슬(Supply Chain)

- 해양플랜트 시장은 세계 원유 및 천연가스 소비량과 직접적인 비례 관계에 있음
- 세계 에너지 소비는 향후 지속적인 증가가 예상되며 현재 대비 20년 이후에는 40% 정도 증가할 것으로 예상됨



[그림 1.6] 1990년 이후 30년간 세계 에너지 소비 기록 및 전망

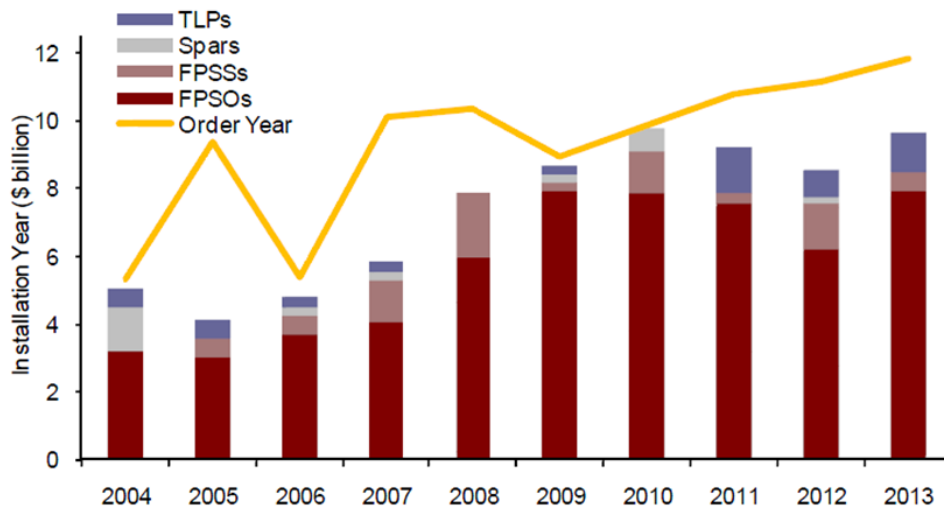
- [그림 1.7]는 원유 생산을 육상(Onshore), 천해(Offshore), 심해(Offshore Deep)로 나누어 도시한 것으로 현재 기준으로 해상에서 생산되는 원유가 전체의 33%를 차지하고 있고 2020년에는 35%까지 확대될 전망이다
- 심해 원유가 차지하는 비율은 연속적으로 늘어날 것으로 예상되어 2002년 3%, 2007년 6%, 2012년 10%를 차지할 것으로 보임
- 주의할 점은 2012년 이후 육상 및 천해 원유 생산이 줄어들고 심해 원유 생산은 반대로 늘어날 것으로 전망됨



[그림 1.7] 육상, 천해, 심해 원유 생산 비교

○ 심해 원유 생산량 증가는 필연적으로 부유식 생산 설비 시장을 활성화시킬

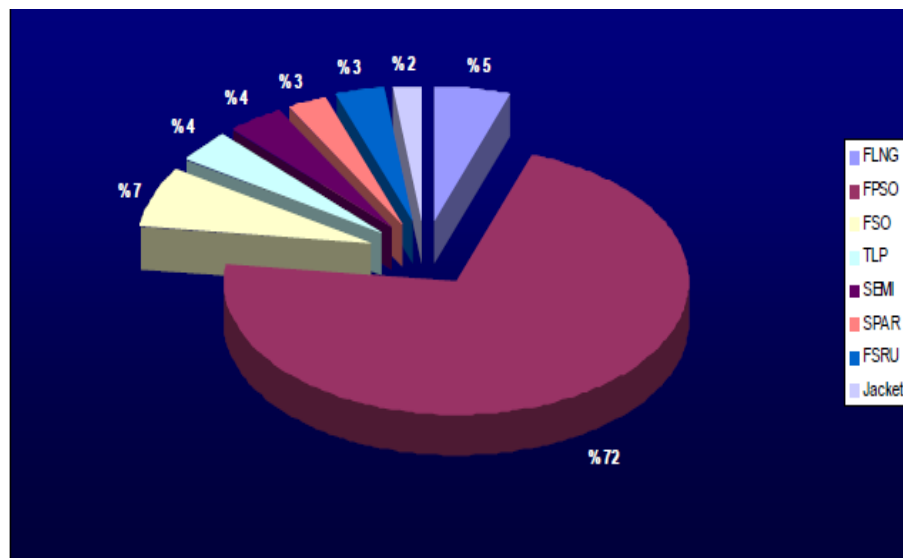
- [그림 1.8] 해상 생산플랜트의 초기투자비(CAPEX: Capital Expenditure)를 보인 것으로 2009년 이후 5년 동안 총 460억불(약 50조원)의 해상 생산플랜트 시장이 기대되고 이중에서 72%가 FPSO일 것으로 예상됨



Global Floating Production Expenditure 2004-2013 by Type

Source: The World Floating Production Report 2009-2013 - Douglas-Westwood

[그림 1.8] 종류에 따른 부유식 생산설비에 대한 투자



Sources: International Marine Associates

[그림 1.9] 추진 중인 해양플랜트의 유형별 분포

- 현재 LNG-FPSO를 포함하여 추진 또는 검토되는 해양플랜트는 약 159건이며, 약 130~150건의 새로운 프로젝트가 계획되어 있음. 여기서 가장 중요한 Key Factor는 오일 가격임

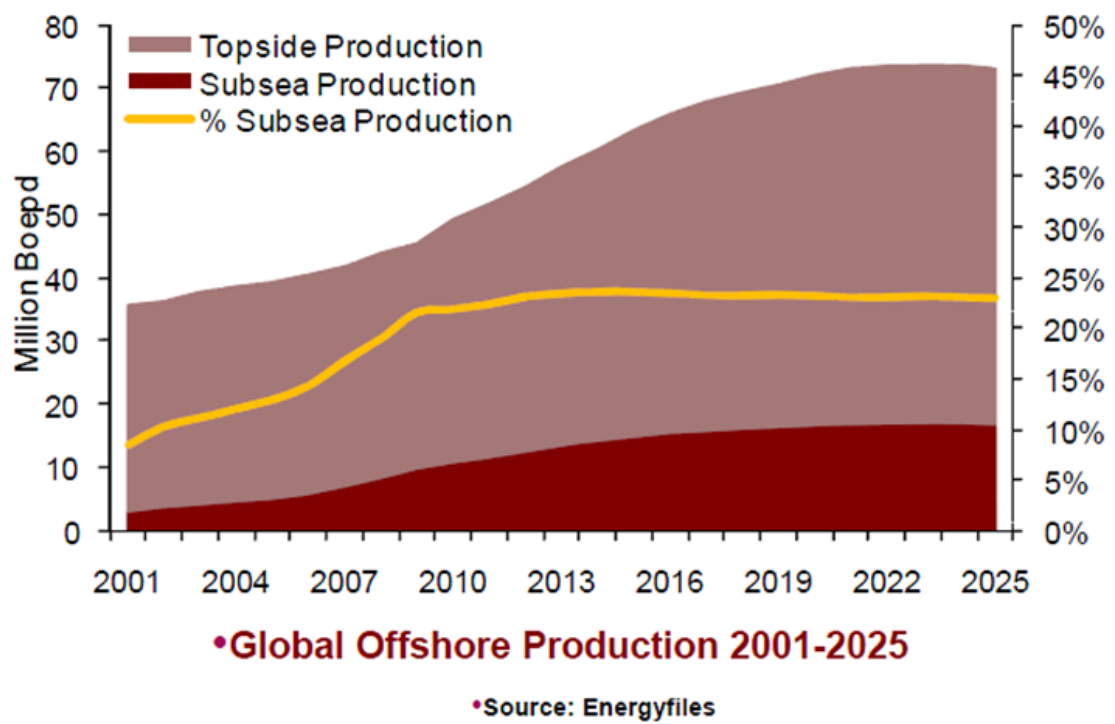
<표 1-3> LNG-FPSO 프로젝트 현황

Project	Capacity (mtpa)	Liquefaction Process	Storage (x1000m ³)	Status
Flex LNG	1.7	Costain Dual N2	220	EPC
Shell	3.5	Shell DMR	436	FEED
SBM Offshore	2.5	Linde MFCP	230	Generic FEED
Hoegh	1.6~2.0	Lummus C1-N2	190	Generic FEED
Inpex	4.5	MR	230	Feasibility
Aker Kvaerner	5.8	MR	160~200	FEED
Bluewater		N2 or MR		Concept
BW Offshore	1.0~2.0	Mustang NDX	165~180	Concept
Hamworthy	0.5~2.2	N2		Studies
Teekay	0.5~1.0	Mustang N2		Concept
Exmar/Excelerate	1.0~2.0	B&V PRICO		Concept
Saipem	1.0~2.5	N2 or MR	270	Studies
TGE Marine	0.4~1.5	MR		Concept
ConocoPhillips	5.3	Optimized Cascade	350	Concept
Sevan Marine	1.5	Costain Dual N2	200	Concept
Proteus LNG	2.0	Turbo Expander	160	Concept
Petrobras	2.7	N2 or MR		FEED
Pechora LNG	2.7	APCI DMR		Studies
PNG	3.0	Lummus C1-N2		FEED
DFLNG	2.0	SMR	270	Concept

- 심해 유전의 증가는 부유식 생산설비의 증가 뿐 만 아니라 심해 생산플랜트의 증가로 이어짐. [그림 1.10]는 심해 생산플랜트의 개념을 보인 것임
 - 심해 생산플랜트가 없는 경우에는 유정 유체가 부유식 생산설비로 바로 이송되게 되는데 물과 천연가스 등 부가가치가 떨어지는 물질을 처리해야 함
 - 심해 생산 플랜트는 해저에 설치되며 유정 유체로부터 원유만을 제거하여 부유식 생산설비로 이송하고 물과 천연가스는 유전으로 재 주입함
- 심해 유전 개발에 따라 심해 생산플랜트도 급속도로 증가하는 해양플랜트 중 하나임
 - [그림 1.11]과 같이 2007년 일당 4.2 백만 배럴의 원유가 심해 생산플랜트로 생산되었지만, 2018년에는 일당 12.5 백만 배럴의 원유가 심해 생산플랜트로 생산되어 200% 이상 추가 증가가 예상됨



[그림 1.10] 심해 생산플랜트의 개념도



[그림 1.11] 심해 생산플랜트에 의한 원유 생산량 및 분율

(나) 국내 기술 및 산업 현황

- 해양 플랜트에 대한 국내 기술 및 산업 현황은 크게 다음과 같이 요약됨
 - 대형 해양 플랜트의 주계약자
 - 건조 분야에서 독점적 시장 지배력
 - FEED 설계 능력 부족으로 인한 엔지니어링 외국 의존성
 - 공사 수행에 따른 손실 가능성 상존
 - 신개념 해양플랜트의 R&D에 대한 역량 부족
- 대형 프로젝트 발주처는 수 천 억원에서 수 조 원에 투입되는 대형 해양플랜트 프로젝트에 건조 기술력과 자금력이 인정되는 업체를 주계약자로 선정하려고 함
 - 현재 국내 조선3사인 대우조선해양, 삼성중공업, 현대중공업이 거의 모든 대형 해양공사의 주계약자임
- 국내 조선사는 건조 시장 분야에서 해외 어느 업체보다도 독점적 우위를 점하고 있으나 FEED 설계 능력 부족이라는 치명적 단점을 안고 있음
 - 중국 조선사는 선박 건조에 이어 해양플랜트 건조에도 한국 조선사를 추격하려는 의지를 보이지만 동등한 경쟁 상대가 되기에는 상당한 시일이 필요할 전망이다
 - 현재 대부분 국내 조선사는 외국 엔지니어링 업체에 FEED 설계를 의존하고 있음
 - 외국 업체에 대한 의존성은 단순히 엔지니어링 비용 유출 이외에도 FEED 설계 단계에서 공정의 골격과 주요 기자재가 결정되기 때문에 설계 기술 향상과 기자재 국산화에 결정적인 걸림돌이 되고 있음
- 국내 조선사는 FEED 설계를 외부 의존함에 따라 공사 수행에 따른 손실 가능성을 항상 품고 있음
 - 국내 조선사가 공사 수행과 결과에 대해 책임져야 하는 주계약자로서 설계를 자체 해결하지 못함으로 인해 발생하는 공사 수행에 따른 손실 가능성을 떠안고 있음
- FEED 설계 외부 의존의 다른 병폐는 신개념 해양 플랜트 R&D 역량 부족이라는 고질병임
 - 모든 해양 플랜트의 개념 설계는 외국 업체에 의해 제시됨에 따라 기술적 선점 및 기자재 개발 선도도 외국 업체의 몫이 되고 있음

(다) 국외 기술 및 산업 현황

- 해양 플랜트의 개념 설계 및 FEED 설계는 외국 오일 메이저(Exxon Mobil, Shell, Chevron, TOTAL 등)와 선진 엔지니어링 업체(Technip, Doris 등)가 독점하고 있음
 - 통상적으로 발주처인 오일 메이저가 특정 엔지니어링사를 선정하면, 특정 엔지니어링사는 FEED 패키지에 주요 기자재가 선정되어 포함시킴으로써 해양플랜트의 기자재 산업을 독점함
 - 즉, 외국 업체는 건조 측면의 약점을 설계와 기자재 독점으로 상쇄시키고 있음
- 중요한 점은 국외 업체는 기술 독점을 이용한 새로운 해양플랜트 및 기자재 개발이라는 선순환을 이끌어 내는 반면, 국내 업체는 엄청난 높이의 기술적 장벽으로 인하여 악순환이 진행되고 있음

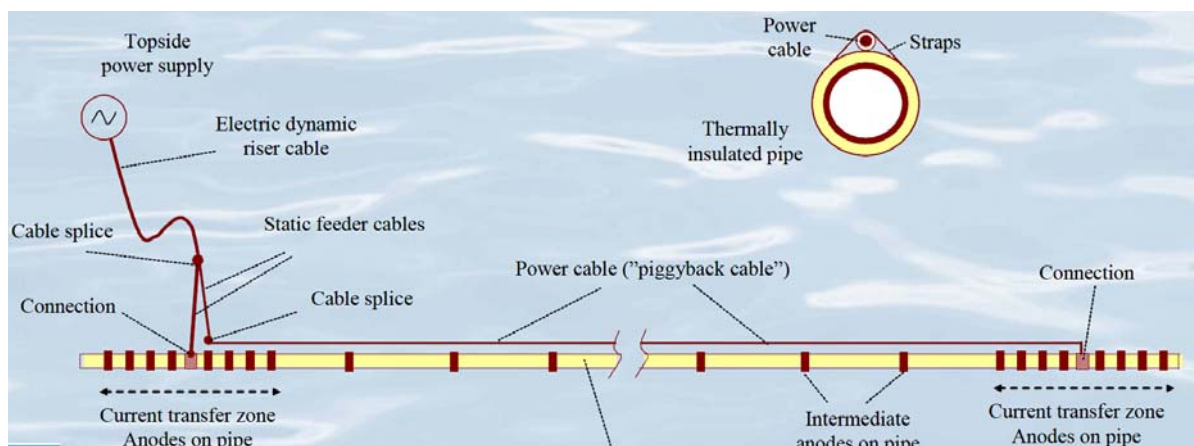
(4) 연구개발 인프라 현황

- 해양 플랜트 분야의 국내 연구개발 인프라는 극히 열악하고 균형 잡혀 있지 않음
 - 국내 산업계의 연구개발 인프라는 기업 부설 연구소에서 해양플랜트 연구를 수행하고 있으나 연구원 수와 기술개발 투자를 보면 거의 미미한 수준임
 - 국내 대형 조선3사의 해양플랜트 전문 연구원은 30인 이하로 파악되며 업무의 상당 부분이 조선 분야에 편중되어 있음. 주요 연구 분야도 구조와 부유체 해석에 치중되어 있어 FEED 설계 전체를 다루지 못하고 있음
- 국내 연구계의 연구개발 인프라는 해양연구원과 조선기자재연구원이 있으나 이 연구원의 연구 분야 역시 조선사와 마찬가지로 구조와 부유체 해석에 기울어져 있음

(5) 국내·외 기술변화

- 해양 플랜트 분야의 기술변화는 다음과 같이 요약됨
 - 신개념 해양 LNG플랜트를 위한 신공정 개발
 - 생산량 또는 효율 증대를 위한 유동 확보(Flow Assurance)
 - 안전 확보를 위한 위험도기반 설계
 - 생애 주기(Life Cycle) 측면에서 유지보수 최적화

- 천연가스의 소비가 증가함에 따라 소비 시장과 멀리 떨어져 개발하기 어려운 해양 고립 가스전(Stranded Gas Field)의 개발을 기대하고 있으며, 1tcf(trillion cubic feet)가 넘는 가스전만 400개에 달함. 우리나라의 연간 천연가스 소비량이 1tcf 정도임을 고려하면 매우 많은 천연가스가 고립가스전에 묻혀 있음
- 고립 가스전 개발은 크게 다음과 같은 방식들이 가능함
 - Gas to LNG (LNG-FPSO)
 - Gas to Liquid (GTL FPSO)
 - Gas to Wire or Electricity
 - Gas to Hydrate
- 이 중에서 LNG-FPSO가 가장 먼저 상용화될 것으로 기대되고 있으며 LNG-FPSO의 가장 중요한 부분은 해상 액화공정임
 - Shell을 포함한 오일 메이저를 비롯하여 다수의 엔지니어링사가 나름대로 설계를 제시하고 FEED 설계를 수행중임
- 유동 확보는 생산량 또는 효율 증대에 결정적인 역할을 하며 심해 유전에서 부유체까지 연결된 배관에서 유동이 안정적으로 흐르게 하는 것은 안전하고 경제적인 운전을 위해 매우 중요함
 - 하이드레이트, 왁스, 다상 유동, 고화물, 부식 등에 의해 유동 확보는 항상 도전적인 문제가 되고 있음
 - [그림 1.12]은 최근 개발된 해저 배관 가열 시스템으로서 전기 유도 원리를 이용해서 배관을 가열해서 하이드레이트나 왁스의 생성을 막음



[그림 1.12] 하이드레이트 및 왁스 방지를 위한 해저 배관 가열시스템 (출처: SUT)

다. 논문 및 특허 분석

(1) 논문 검색을 통한 기술 분석

(가) 논문 검색방법

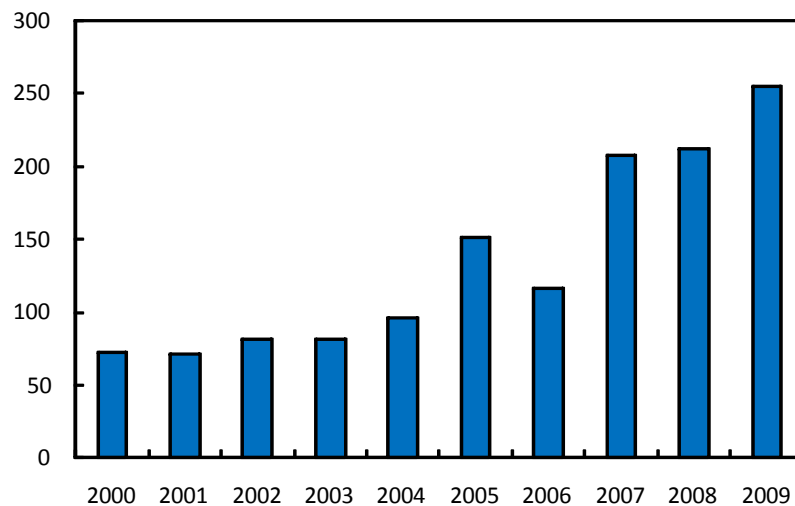
- 논문 검색 대상은 SCI-Expanded에 발표된 논문 데이터베이스를 이용하여 1995년 이후 게재된 논문을 대상으로 하였음
- 플랜트 분야에 대한 논문 분석을 위하여, LNG-FPSO를 포함한 LNG 플랜트를 중분류 대상으로 관련 키워드를 검색함
- SCI-Expanded에 발표된 논문을 대상으로 논문 검색을 실시한 결과, LNG플랜트 관련 기술 중 1,482건이 선별됨
- 논문은 본 동향조사 과제의 연구 범위에 맞게 LNG플랜트 분야에 대한 정량 분석만 실시하였음

<표 1-4> LNG플랜트 분야 논문 검색방법

검색대상	○ CI-Expanded에 발표된 논문			
검색DB	○ Tomson Scientific사의 Web of Science			
검색기간 (출판년도)	○ 2000년 1월 1일 ~ 2009년 12월 31일 (10년)			
검색범위	○ 주제어			
검색식 및 결과	LNG 플랜트	액화 분야	("natural* gas*" or LNG) and (liquef* or refriger* or cryogen* or cool* or "sub* cool*")	662건
		저장 분야	("natural gas*" or LNG) and storag*	590건
		전처리 분야	("natural gas*" or LNG) and (pretreatment or dehydration or ("acid* gas" or CO2 or H2S or water or moisture or mercury) same remov*)	230건
	LNG 플랜트 분야			1,482건

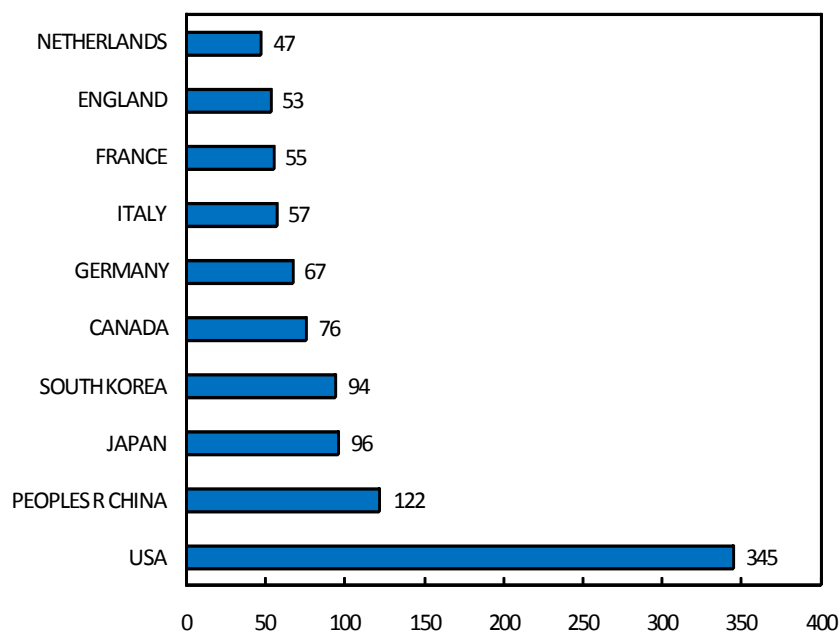
(나) LNG플랜트 분야 논문동향 분석

- LNG 플랜트 분야는 최근 10년간(2000~2010년) 증가하고 있으며, 2005년 이후 연 100건 이상으로 논문 발표건수가 빠르게 증가하고 있는 분야임
- 최근 10년간 발표 건수는 총 1,482건 임



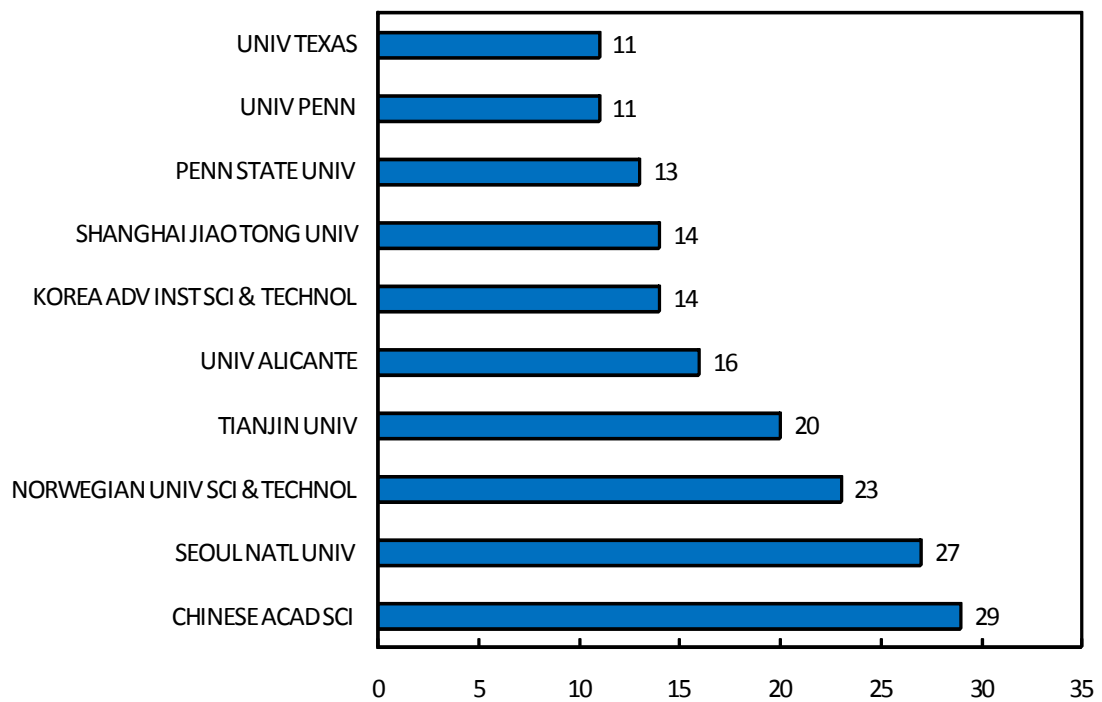
[그림 1.13] LNG 플랜트 분야 연도별 논문발표

- 미국 논문 수가 전체 1,482건 중 345건으로 약 23.2%를 차지하고 있으며, 이에 반해 우리나라는 94건을 발표하여 6.3%를 점유하고 있음



[그림 1.14] LNG 플랜트 분야 논문발표 주요국가

- CHINESE ACAD SCI.는 LNG 플랜트 분야에서 논문을 최다 발표하였으며, 보유 건수는 29건임
- 한국은 서울대학교와 카이스트를 중심으로 논문이 발표되고 있음



[그림 1.15] LNG 플랜트 분야 논문발표 주요기관

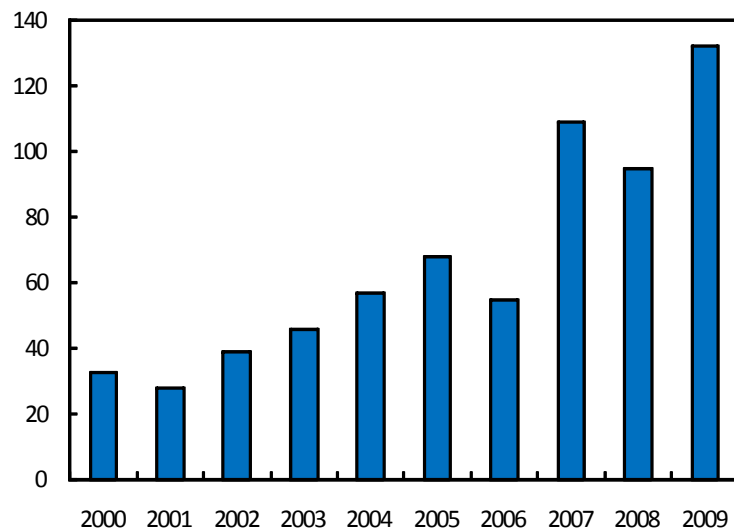
- <표 1-5>는 LNG 플랜트 관련 연평균 피인용도 상위논문을 나타내는 것으로 천연가스 전처리분야 기술의 연평균 피인용도가 높음

<표 1-5> LNG 플랜트 관련 주요 논문의 연평균 피인용도

제목	저널명	저자	연구기관	발표연도	피인용도	연평균 피인용도
Amine-grafted MCM-48 and silica xerogel as superior sorbents for acidic gas removal from natural gas	INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	Huang HY, Yang RT, Chinn D, et al.	Univ Michigan	2003	102	15.00
Advances in the study of methane storage in porous carbonaceous materials	Energy & Fuels; Engineering, Chemical	Lozano-Castello D, Alcaniz-Monge J, de la Casa-Lillo MA, Cazorla-Amoros D, Linares-Solano A	Univ Alicante	2002	93	11.00
Towards a fundamental understanding of natural gas hydrates	Chemistry, Multidisciplinary	Koh CA	ROYAL SOC CHEMISTRY	2002	79	10.57
Optimal design of an activated carbon for an adsorbed natural gas storage system	CARBON	Biloe S, Goetz V, Guillot A	Inst Sci & Genie Mat & Procides	2002	38	5.14
Natural gas storage in activated carbon pellets without a binder	CARBON	Inomata K, Kanazawa K, Urabe Y, et al.	Tokyo Gas Co Ltd	2002	29	4.00
Dynamic discharge and performance of a new adsorbent for natural gas storage	AICHE JOURNAL	Biloe S, Goetz V, Mauran S	Inst Sci & Genie Mat & Procides	2001	22	2.62

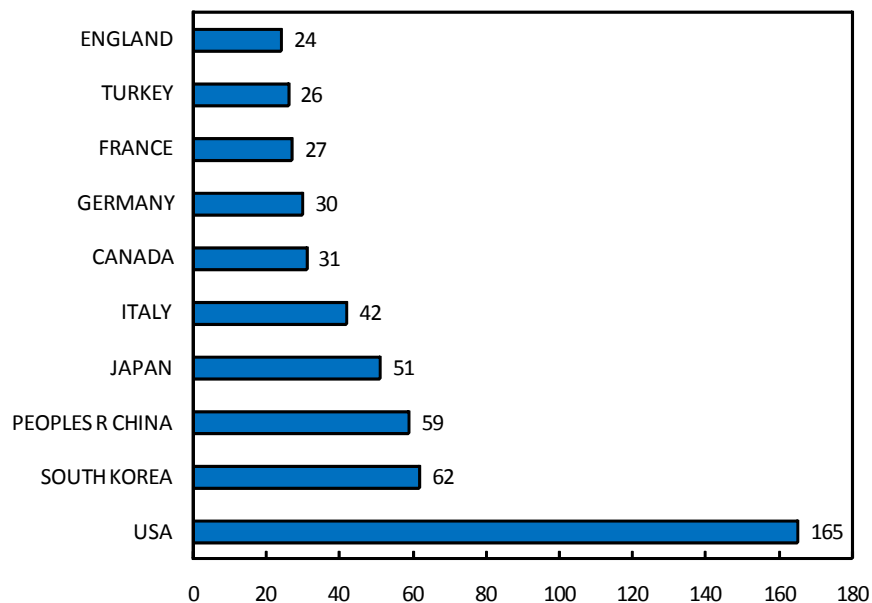
(다) 액화분야 논문동향 분석

- 액화분야는 최근 10년간(2000~2009년) 증가하고 있으며, 2007년 이후 연 100건 이상으로 논문 발표건수가 빠르게 증가하고 있는 분야임
- 최근 10년간 발표 건수는 총 662건 임



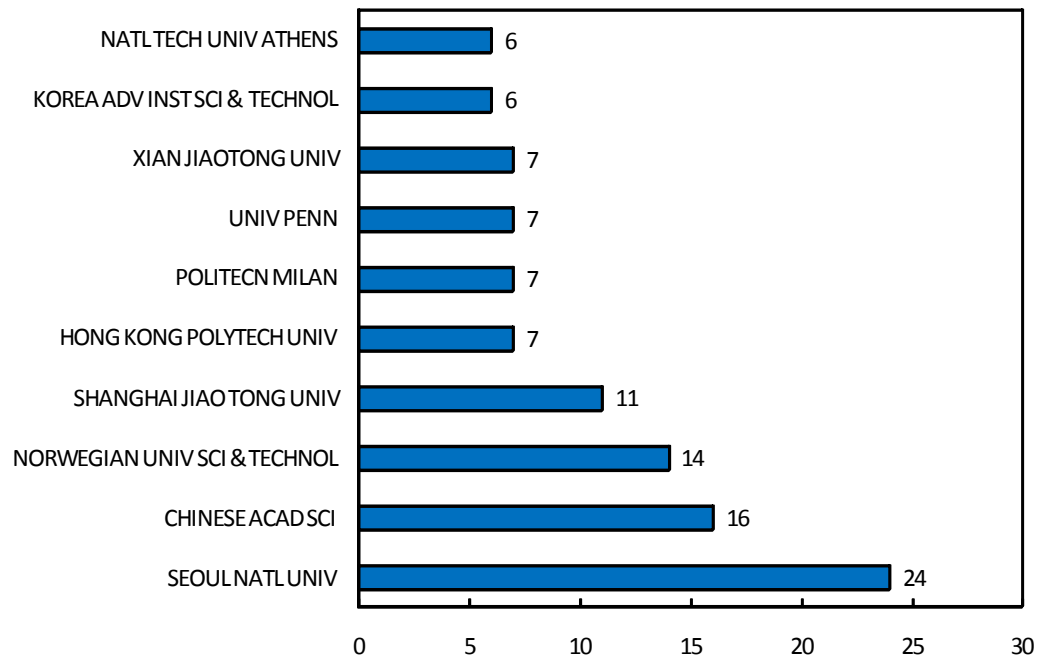
[그림 1.16] 액화 분야 연도별 논문발표

- 미국 논문 수가 전체 662건 중 165건으로 약 24.9%를 차지하고 있으며 우리나라는 62건을 발표하여 미국 다음으로 많은 점유율(9.3%)을 차지하고 있음



[그림 1.17] 액화 분야 논문발표 주요국가

- 서울대학교는 액화 분야에서 논문을 최다 발표하였으며, 보유건수는 24건임
- 국외로는 CHINESE ACAD SCI가 16건으로 서울대학교 다음으로 많은 논문을 발표하였음



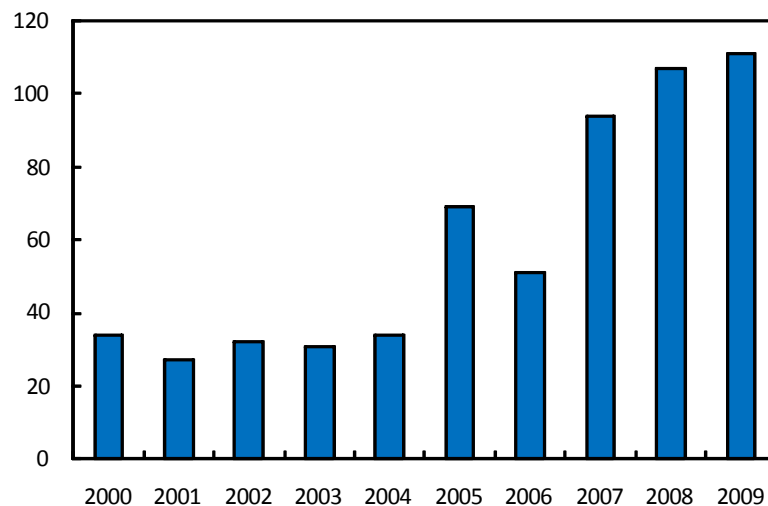
[그림 1.18] 액화 분야 논문발표 주요기관

<표 1-6> LNG 액화 관련 주요 논문의 연평균 피인용도

제목	저널명	저자	연구기관	발표연도	피인용도	연평균 피인용도
Exergy analysis of multistage cascade refrigeration cycle used for natural gas liquefaction	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH	Kanoglu M	Gaziantep Univ	2002	21	3.8
A novel near-zero CO ₂ emission thermal cycle with LNG cryogenic exergy utilization	ENERGY	Zhang N, Lior N	Chinese Acad Sci	2006	14	3.5
Novel cogeneration power system with liquefied natural gas (LNG) cryogenic exergy utilization	ENERGY	Deng SM, Jin HG, Cai RX, et al.	Chinese Acad Sci	2004	14	2.6
Methodology for the energy analysis of an air cooled GAX absorption heat pump operated by natural gas and solar energy	APPLIED THERMAL ENGINEERING	Velazquez N, Best R	Univ Autonoma Baja California	2002	13	2.6
Proposal and analysis of a novel zero CO ₂ emission cycle with liquid natural gas cryogenic exergy utilization	JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER-TRANSACTIONS OF THE ASME	Zhang N, Lior N	Chinese Acad Sci, Inst Engn Thermophys	2006	10	2.5
Analysis of temperature and pressure changes in liquefied natural gas (LNG) cryogenic tanks	CRYOGENICS	Chen QS, Wegrzyn J, Prasad V	Brookhaven Natl Lab	2004	6	1.5

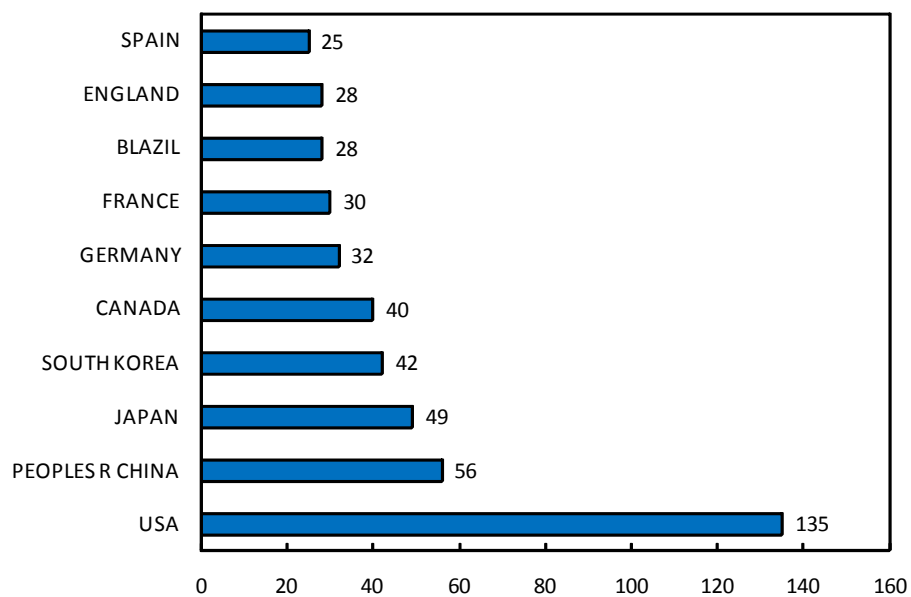
(라) 저장분야 논문동향 분석

- 저장분야는 최근 10년간(2000~2009년) 증가하고 있으며, 2007년 이후 논문 발표건수가 빠르게 증가하고 있는 분야임
- 최근 10년간 발표 건수는 총 590건 임



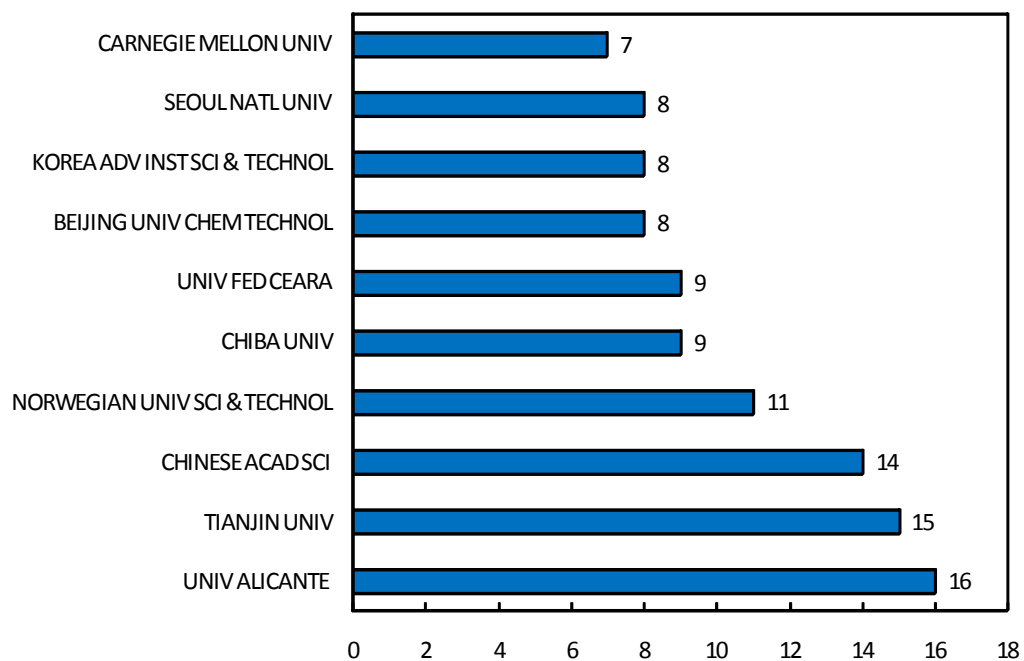
[그림 1.19] 저장 분야 연도별 논문발표

- 미국 논문 수가 전체 590건 중 135건으로 약 22.8%를 차지하고 있으며 우리나라는 42건을 발표하여 7.1%를 점유하고 있음.



[그림 1.20] 저장 분야 논문발표 주요국가

- UNIV ALICANTE는 저장 분야에서 논문을 최다 발표하였으며, 보유건수는 16건임
- 한국은 서울대학교와 카이스트를 중심으로 논문이 발표되고 있음



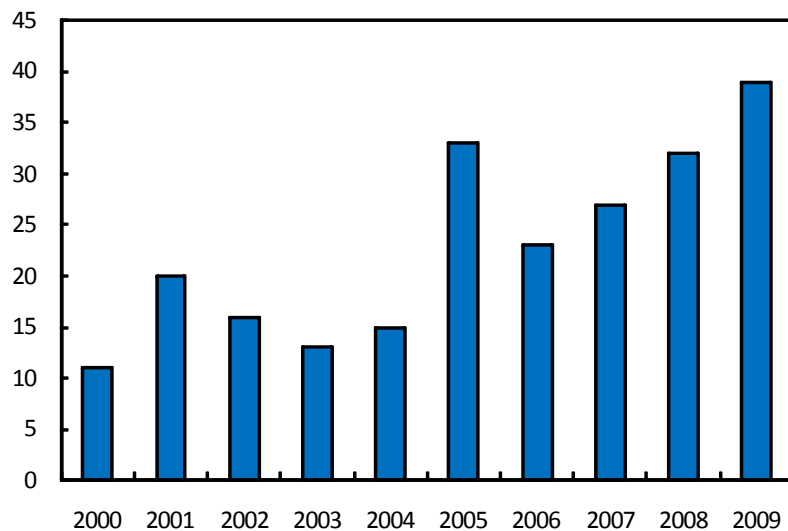
[그림 1.21] 저장 분야 논문발표 주요기관

<표 1-7> LNG 저장분야 관련 주요 논문의 연평균 피인용도

제목	저널명	저자	연구기관	발표연도	피인용도	연평균 피인용도
Optimal design of an activated carbon for an adsorbed natural gas storage system	CARBON	Biloe S, Goetz V, Guillot A	Inst Sci & Genie Mat & Procedes	2002	38	6.40
Natural gas storage in activated carbon pellets without a binder	CARBON	Inomata K, Kanazawa K, Urabe Y, et al.	Tokyo Gas Co Ltd	2002	29	5.00
Natural gas storage in hydrates with the presence of promoters	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	Sun ZG, Wang RZ, Ma RS, et al.	Yangzhou Univ	2003	25	4.40
Dynamic discharge and performance of a new adsorbent for natural gas storage	AICHE JOURNAL	Biloe S, Goetz V, Mauran S	Univ Perpignan	2001	22	3.60
Adsorbed natural gas storage and transportation vessels	INTERNATIONAL JOURNAL OF THERMAL SCIENCES	Vasiliev LL, Kanonchik LE, Mishkinis DA, et al.	Luikov Heat & Mass Transfer Inst	2000	20	3.40
Effect of cycling operations on an adsorbed natural gas storage	CHEMICAL ENGINEERING AND PROCESSING	Pupier O, Goetz V, Fiscal R	Inst Sci & Genie Mat & Proc	2005	14	2.60

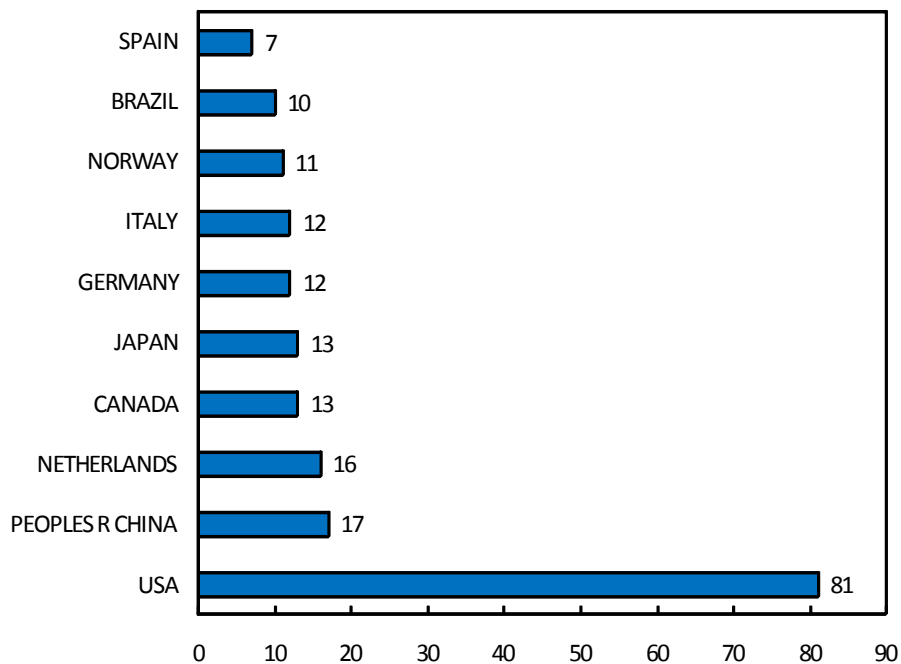
(마) 전처리 분야 논문동향 분석

- 전처리분야 10년간(2000~2009년) 증가하고 있으며, 2008년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지 가장 많은 발표 건 수가 있었음
- 최근 10년간 발표 건수는 총 230건 임



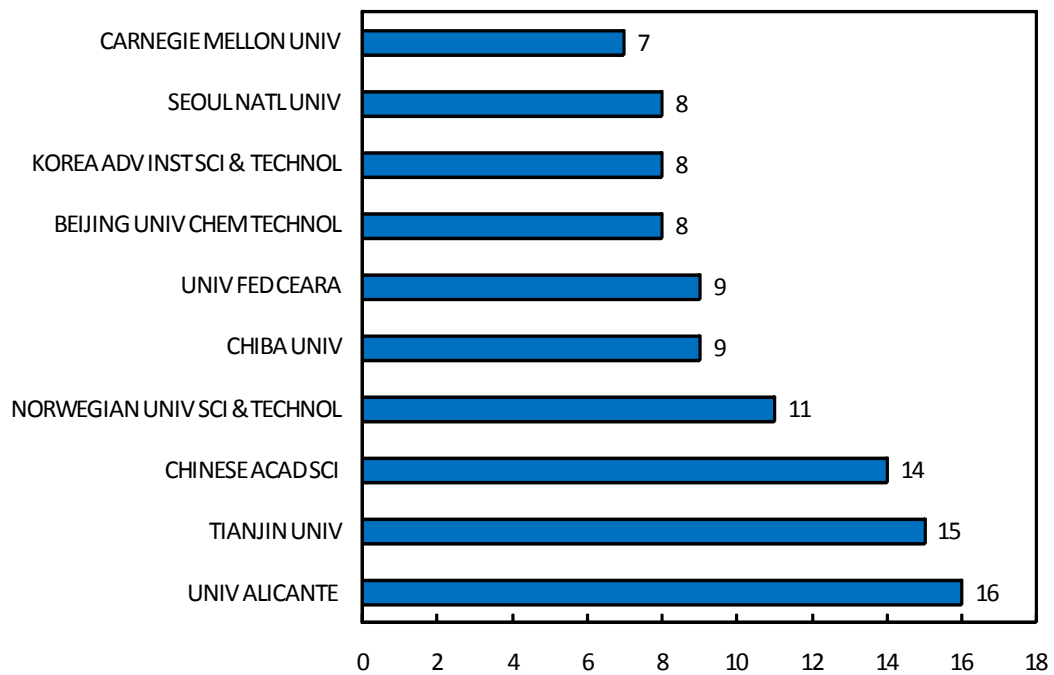
[그림 1.22] 전처리 분야 연도별 논문발표

- 미국 논문 수가 전체 230건 중 81건으로 약 35.2%를 차지하고 있음



[그림 1.23] 전처리 분야 논문발표 주요국가

- NORWEGIAN UNIV SCI & TECHNOL는 전처리 분야에서 논문을 최다 발표하였으며, 보유건수는 7건임
- 미국을 제외한 국외와 국내에서는 천연가스 전처리 연구 개발이 저조함



[그림 1.24] 전처리 분야 논문발표 주요기관

<표 1-8> LNG 전처리 관련 주요 논문의 연평균 피인용도

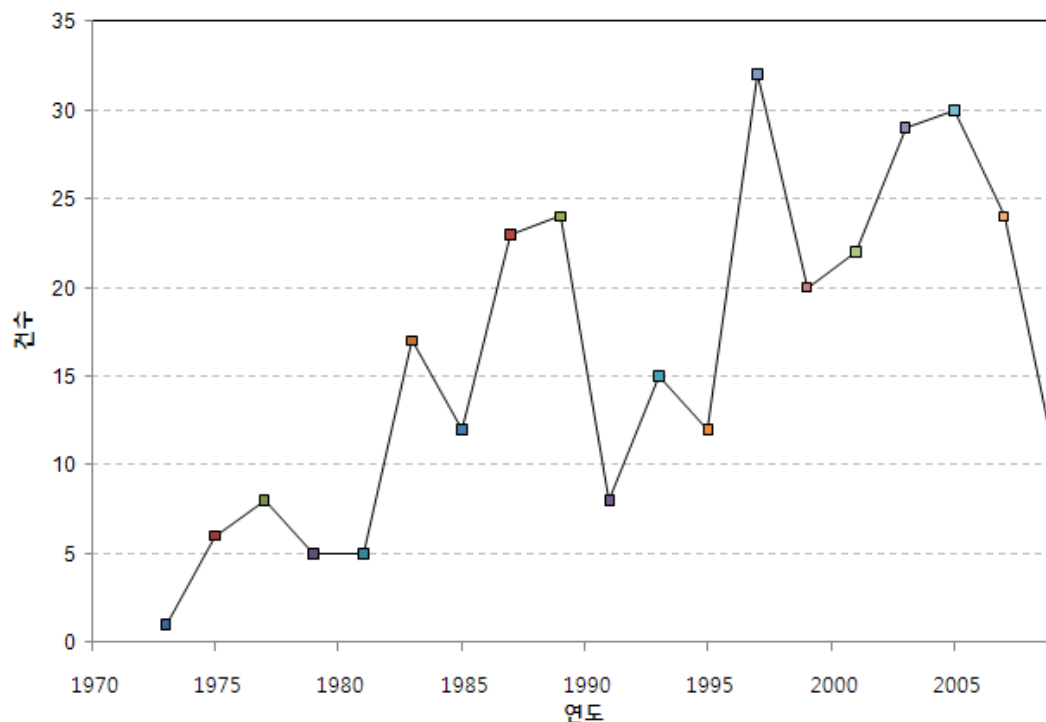
제목	저널명	저자	연구기관	발표연도	피인용도	연평균 피인용도
Amine-grafted MCM-48 and silica xerogel as superior sorbents for acidic gas removal from natural gas	INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	Huang HY, Yang RT, Chinn D, et al.	Univ Michigan	2003	102	15.00
Natural gas permeation in polyimide membranes	JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	Wind JD, Paul DR, Koros WJ, Cazorla-Amoros D, Linares-Solano A	Georgia Inst Technol, Univ Texas	2004	44	7.3
Adsorption separation of carbon dioxide from flue gas of natural gas-fired boiler by a novel nanoporous "molecular basket" adsorbent	FUEL PROCESSING TECHNOLOGY	Xu XC, Song CS, Miller BG, Scaroni AW	Penn State Univ	2005	33	6.6
Adsorptive removal of dimethylsulfide and t-butylmercaptan from pipeline natural gas fuel on Ag zeolites under ambient conditions	APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL	Satokawa S, Kobayashi Y, Fujiki H	Tokyo Gas Co Ltd	2005	30	6.00
Separation of hydrocarbons from natural gas using silicalite membranes	SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY	Arruebo M, Coronas J, Menendez M, et al.	Univ Zaragoza	2001	21	3.4
Removal of carbon dioxide from natural gas by vacuum pressure swing adsorption	ENERGY & FUELS	Cavenati S, Grande CA, Rodrigues AE	Univ Porto	2006	12	4

(2) 특허 검색을 통한 기술 분석

(가) LNG 전처리

- LNG 전처리는 천연가스 중에 포함되어 있는 Acid Gas 성분들인 이산화탄소와 황화수소를 제거하는 AGRU(Acid Gas Removal Unit)와 수분을 제거하는 공정으로 크게 구분할 수 있음
 - AGRU로는 이산화탄소만 주로 제거하는 공정과 황화수소만을 주로 제거하는 공정(US74675035, US20050129598) 및 이산화탄소와 황화수소를 동시에 제거하는 공정(US20040057886, EP0107046)으로 나눌 수 있음
 - Acid Gas 제거 전처리 공정은 크게 용매 흡수법, 흡착법, 심냉 분리법, 막분리법, 혼성분리법(막/흡수, PSA/심냉, 막/PSA 등의 조합)이 있음(US5964923, US6565626)
- 현재 천연가스 처리공정에서 적용되고 있는 공정은 대부분이 용매 흡수법으로 흡수제로는 화학적 흡수제, 물리적 흡수제 및 혼합 아민을 이용한 흡수제 등이 있음(US7396388, US7442233)
 - 전통적으로 많이 사용되어지고 있는 아민 계열의 흡수제로는 MEA, DEA 등이 주로 사용되어 왔으나 현재는 MDEA에 첨가제로서 Piperazine 등을 추가한 흡수제(BASF Licensor 공정)가 주로 사용되고 있으며, 이산화탄소 함량이 많은 경우 Benfield Process를 개선한 K₂CO₃ 수용액에 첨가제로써 Piperazine을 추가한 흡수제를 사용하고 있음(CN101362974)
 - 물리적 흡수제로는 Fluor에서 라이선스를 보유하고 있는 무수 Propylene Carbonate를 사용한 공정과 Rectisol Process로 알려져 있는 메탄올을 흡수제로 사용하는 공정으로 Lurgi와 Linde에서 라이선스를 보유하고 있음(US6572678, US6565626)
 - 화학적 흡수제의 장점은 이산화탄소와 황화수소의 부분압에 상대적으로 덜 민감하기 때문에 이 두 성분을 ppm 레벨까지 낮출 수 있는 장점이 있음
 - 화학적 흡수제는 탈거탑에서 재생에너지가 많이 든다는 단점이 있으나 최근에는 이를 보완하여 에너지를 절감할 수 있는 첨가제를 사용한 공정에 개발되고 있는 추세임. 그러나 천연가스 전처리 공정에서는 이산화탄소의 함량을 50 ppm 이하까지 낮추기 때문에 재생 에너지보다는 이산화탄소의 확실한 제거가 주목적임(US20080307962, US20080307966)

- 물리적 흡수제의 장점은 탈거탑에서 재생에너지가 화학적 흡수제에 비해서 적게 소요됨. 물리적 흡수제의 단점은 황화수소의 함량을 ppm 레벨로 낮추기 어려움에 따라 이산화탄소와 황화수소가 동시에 존재하는 천연가스의 전처리 공정에 적용하기에는 한계가 있음(US4675035, US4861360)
- 혼성 흡수제로는 화학적 흡수제와 물리적 흡수제를 혼합하여 사용하는 흡수제로서 이산화탄소와 황화수소를 동시에 제거할 수 있다는 장점이 있음. 이에 대한 예로 Shell이 라이선스를 보유하고 있는 Sulfinol Process로써 물리적 흡수제로써 Sulfolane을 사용하고 화학적 흡수제로써 DIPA나 MDEA 수용액을 사용함 (US20100028232, GB2192347)
- 선진 엔지니어링 업체들이 보유하고 있는 공정 분야의 원천기술은 없고 일부 전처리 분야에서 기본 설계기술을 보유하고 있음
- 전처리 공정기술에 대한 해외플랜트 건설업계의 체계적이고 조직적인 기술 개발을 위한 과감한 투자가 필요함
- 전처리 분야 특허의 출원인을 보면 일반화된 기술(open technology)로 평가됨



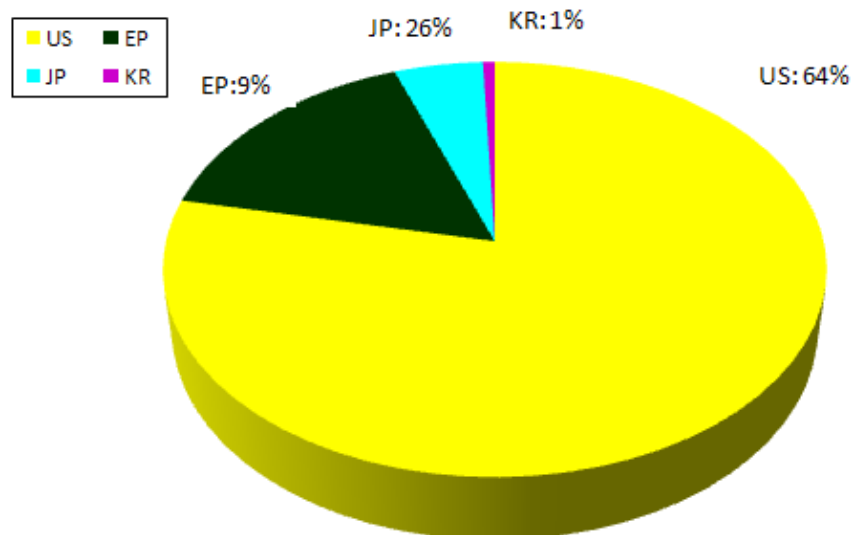
[그림 1.25] 전처리분야 특허의 연도별 동향

- 현재 천연가스 전처리 공정에서 주로 사용되는 알카놀아민 계열의 흡수제 및 첨가제 특허에 대해서는 아래의 <표 1-9>에 나타내었음

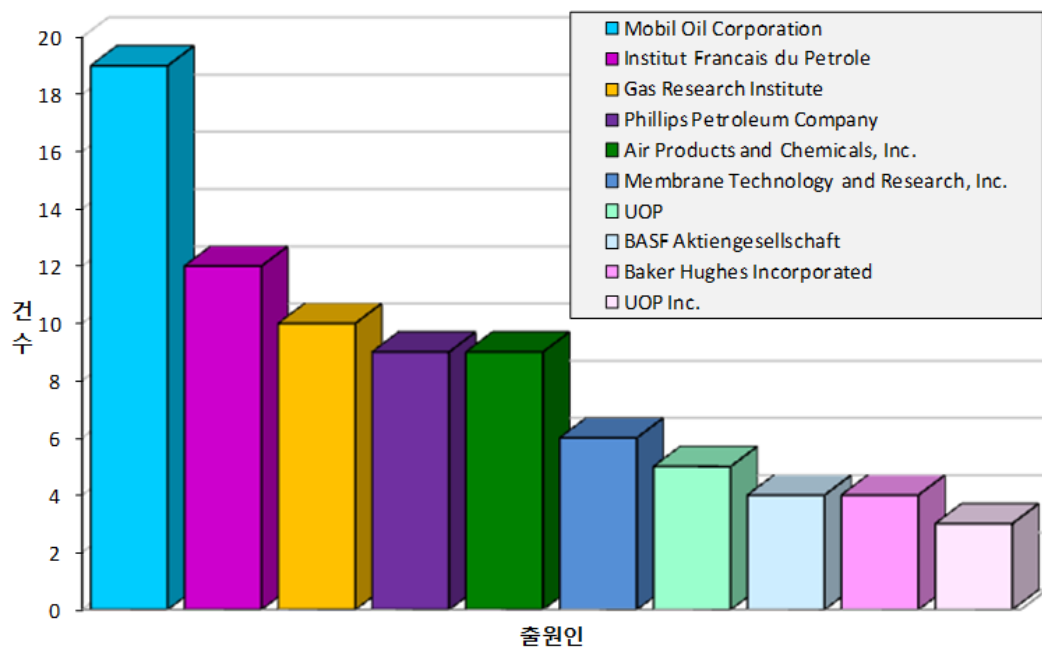
<표 1-9> 주요 알카놀아민 흡수제 및 첨가제 특허

특허 NO.	흡수제(s)	첨가제(s)	비고
US4814104	Tertiary alkanolamine	Alkylene amine ($H_2N(C_xH_{2x}NH)_nH$)	촉진제 ($x=1\sim4, n=1\sim12$)
	35~65w%의 수분을 함유하는 알카놀아민 수용액에 알카놀아민에 대한 몰비로 0.01~0.5의 킬레아민을 첨가함으로써 25~200%의 이산화탄소 흡수능력 향상		
GB2192347	10~60w% MDEA 수용액	15-55w% Sulpholane $NH_4Fe(II)$ -NTA $NH_4Fe(III)$ -NTA복합체	NTA (nitrotriactic acid)
	산화제를 포함하는 수용액과의 1차 접촉을 통하여 부분적 세정 후, 흡수제와의 2차 접촉 과정을 통하여 산성기체를 분리		
GB2167397	*Dimethylethanolamine *Ethyl-diethanolamine *(Iso)propyl-diethanolamine *Di(iso)propyl-ethanolamine *Methyl-diisopropanolamine *Ethyl-diisopropanolamine *(Iso)propyl-diisopropanolamine *N-methyl-morpholine의수용액	*Sulpholane *N-methylpyrrolidone *N-methyl-3-morpholone *Dialkylethermonoethyle neglycols *Dialkyletherpolyylene glycols *DMF *N-formylmorpholone *N,N-dimethylimidazoline-2-one *N-methyl-imidazole	
EP160203	3~60w% MDEA+1~50w% MEA 수용액		
	1차 및 3차 알카놀아민 수용액의 혼합물을 사용하여 이산화탄소 흡수 에너지 소모량 및 장치비를 줄일 수 있고, 다른 부식방지제의 사용 없이 부식을 줄일 수 있음		
US4440731	알카놀아민	*50ppm 이상의 Cu^{2+} *50ppm 이상의 Dihydroxyethylglycine, Alkali metal or Ammonium permanganate *Alkalimetal thiocyanate nickel or Bismuch oxides 중의 적어도 한 성분	*부식방지제 Cu^{2+} (Copper carbonate)
	첨가제를 사용함으로써 흡수제 재생공정에서의 장치 부식을 방지 할 수 있으며, 천연가스내의 CO_2 를 처리하는 과정에서 흡수제의 열화를 감소시킴		

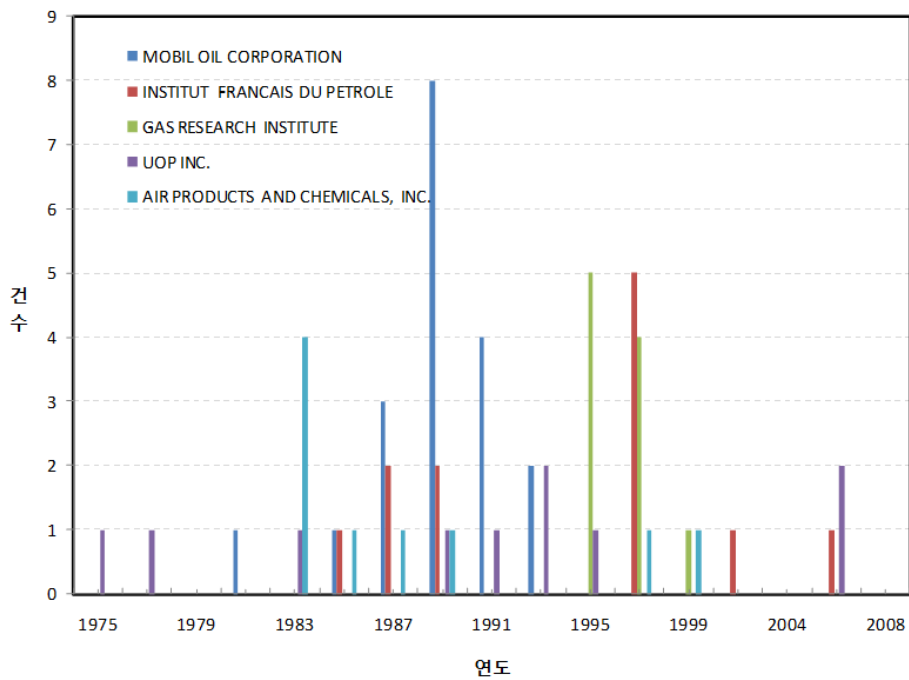
- 수분 제거공정으로는 Triethylene Glycol을 흡수제로 사용하여 흡수탑-탈거탑의 공정배열을 이용하는 공정(US4588424, US6004380)이 있으나, LNG 용으로는 적합하지 않음
- 수분 제거공정으로는 용매를 이용하는 공정보다는 Molecular Sieve를 사용하는 공정을 주로 사용하고 있음(US4025321, US4303422)



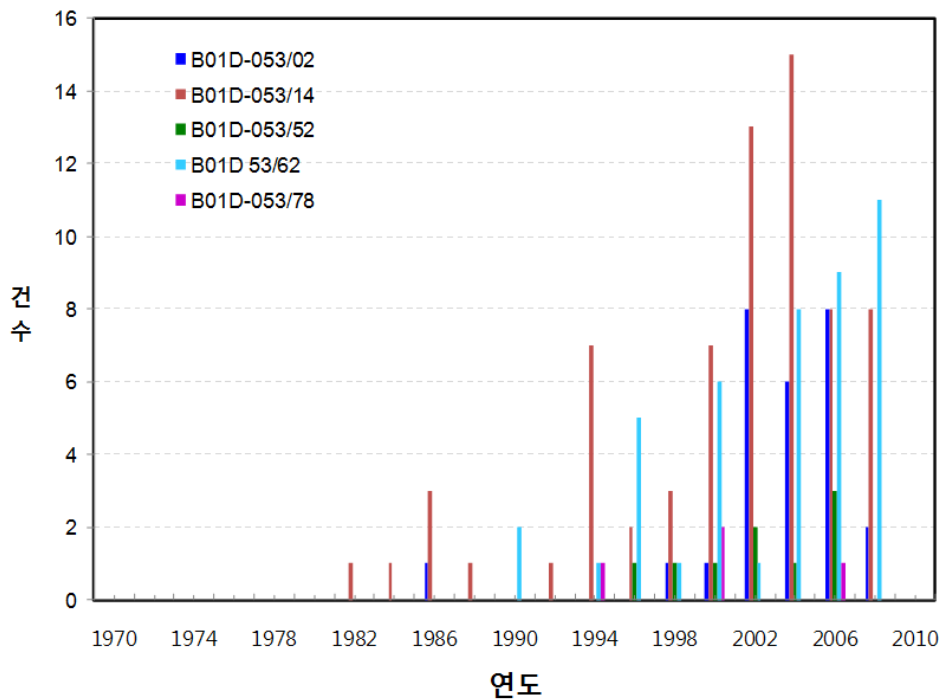
[그림 1.26] 전처리분야 특허의 국가별 동향



[그림 1.27] 전처리분야 특허의 출원인 랭킹 분석



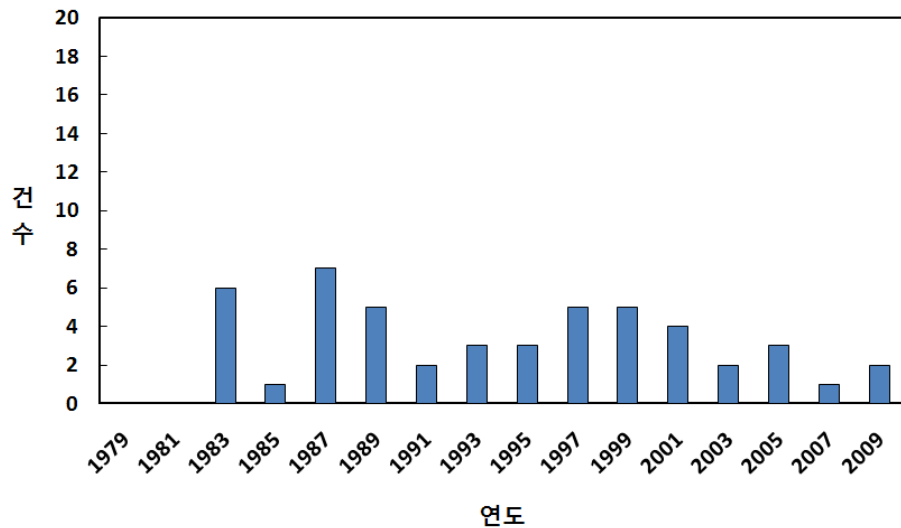
[그림 1.28] 전처리분야 특허의 기업별 분석 (상위 5위)



[그림 1.29] 전처리분야의 연도별 IPC 출원건수

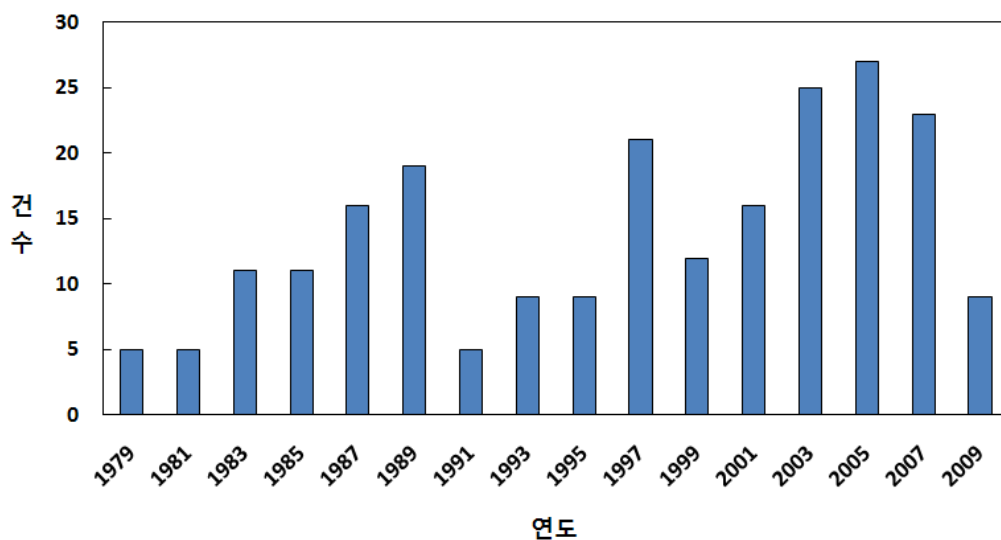
- ※ B01D-053/14 : 가스의 분리/흡수에 의한 것
- ※ B01D-053/02 : 가스의 분리/흡착에 의한 것
- ※ B01D-053/78 : 가스의 분리/기-액 접촉에 의한 것
- ※ B01D-053/52 : 가스의 분리/황화수소화합물 제거에 관한 것
- ※ B01D-053/62 : 가스의 분리/탄산화물 제거

- 일본은 1988년 CO₂ 포집 및 저장 기술과 관련된 특허 1건을 시작으로 1990년 2건, 1992년 1건, 1994년 1건, 1996년은 2건, 1998년 4건, 2000년 5건으로 많아 졌다가 2002년은 3건 이였으며 2004년은 최다 건수인 9건을 출원된 후 2006년은 8건, 2008년은 4건으로 꾸준히 출원되고 있는 추세임



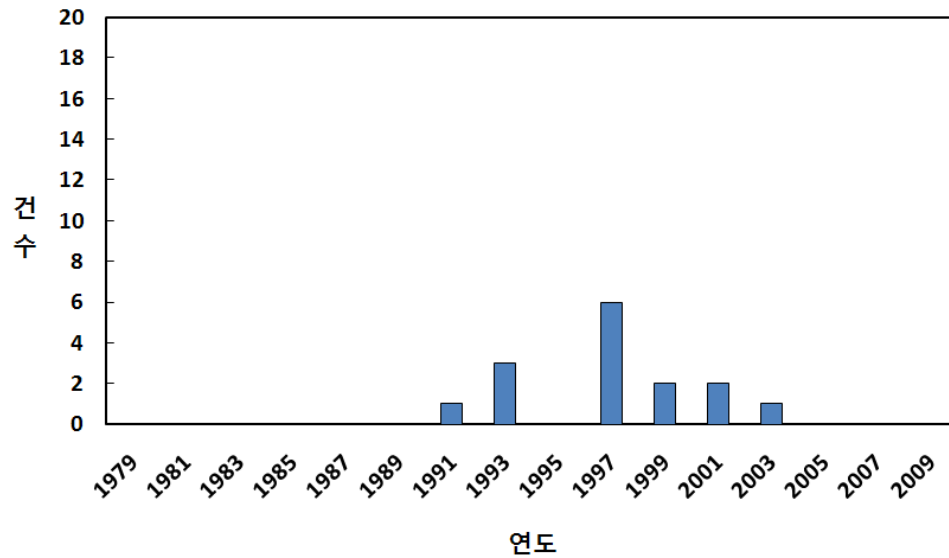
[그림 1.30] 일본의 연도별 전처리분야 출원건수

- 미국은 1982년 CO₂ 포집 및 저장 기술과 관련된 특허 1건을 시작으로 1984년 1건, 1986년 4건, 1992년 1건, 1994년 3건, 1996년 5건, 1998년 3건, 2000년 8건으로 간헐적으로 이어졌다가 2002년 32건, 2004년 18건, 2006년 20건으로 해당기술에 대한 출원이 늘고 있음



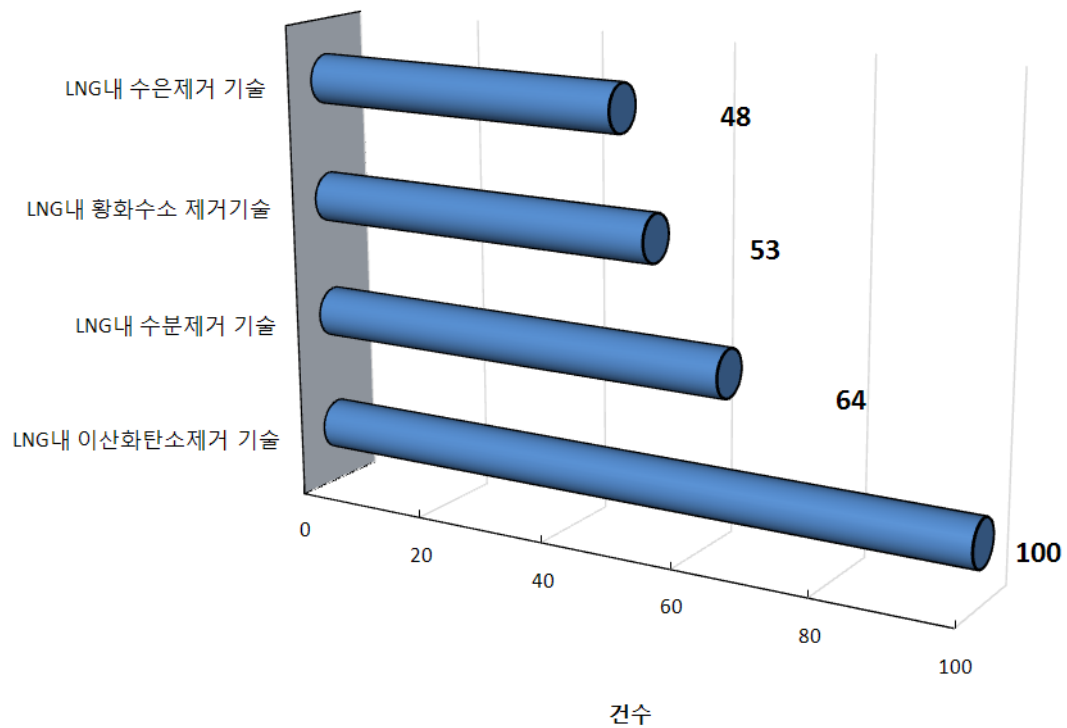
[그림 1.31] 미국의 연도별 전처리분야 출원건수

- 유럽은 미국과 일본보다 조금 늦은 1994년 5건을 시작으로 1988년 1건, 2000년 5건, 2002년 1건, 2008년 1건으로 출원은 되고 있지만 많은 양은 나오지 않음

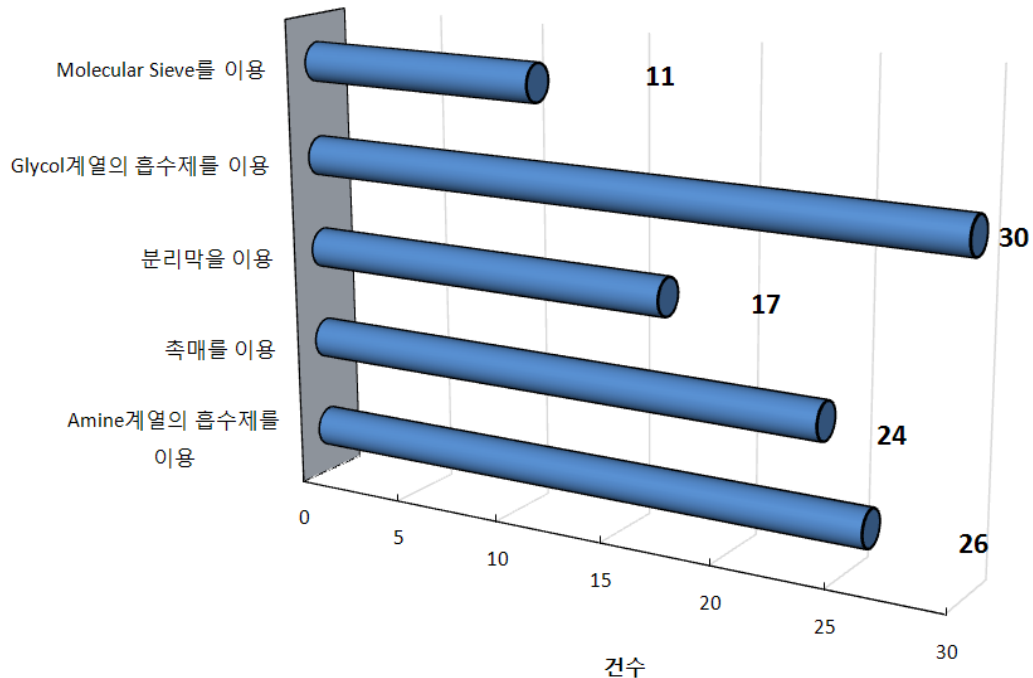


[그림 1.32] 유럽의 연도별 전처리분야 출원건수

- 한국은 천연가스 전처리 분야기술 특허활동이 매우 저조함. 따라서 향후 지속적인 연구개발과 기술 권리 활동이 이루어져야 할 분야인 것으로 분석됨



[그림 1.33] 분리기술에 따른 특허 출원건수



[그림 1.34] 주요 특허들의 분리기술 분석

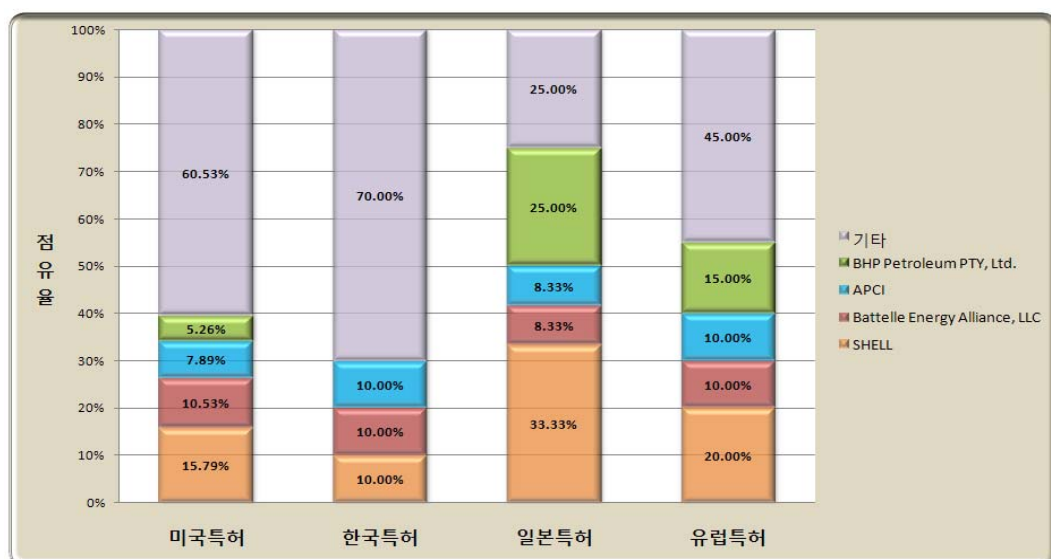
(나) LNG-FPSO 액화공정

- LNG-FPSO 액화공정 분야의 주요 연구 주체는 Shell, Battelle Energy Alliance, BHP Petroleum PTY, Air Products and Chemicals(APCI), ConocoPhillips Company로 나타남
- 각국의 주요 연구 주체 상위 순위를 살펴본 결과, LNG-FPSO 액화공정 분야에 있어 전 세계에 특허출원(등록)이 가장 활발한 연구 주체는 Shell, Battelle Energy Alliance, BHP Petroleum PTY, Air Products and Chemicals(APCI)로 나타남
- Shell, Battelle Energy Alliance, BHP Petroleum PTY, Air Products and Chemicals(APCI)는 미국, 한국, 일본, 유럽 모두에서 상위 출원인으로 랭크되어 있고, 이는 위 회사들이 미국 시장뿐만 아니라 전 세계 시장을 타겟으로 삼고 있다는 것을 나타냄

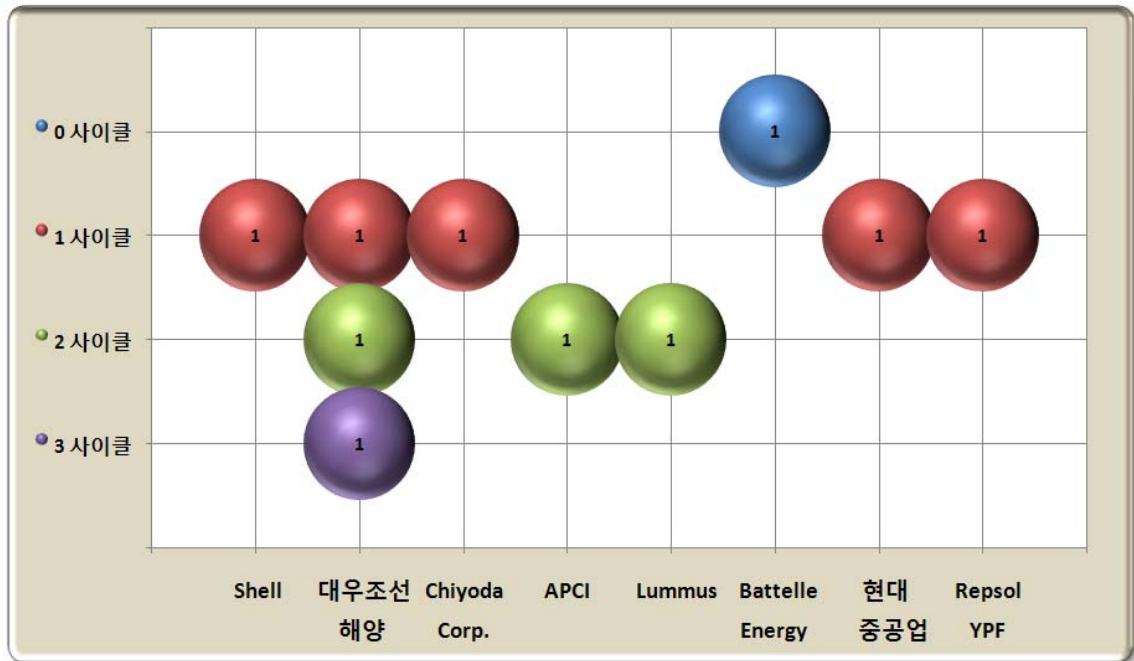
순위	미국		한국		일본		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	Shell	6	대우조선해양 주식회사	3	SHELL	4	SHELL	4
2	Den Norske Stats Oljeselskap A.S.	6	Shell	1	BHP Petroleum PTY, Ltd.	3	BHP Petroleum PTY, Ltd.	3
3	ConocoPhillips Company	5	Air Products and Chemicals, Inc.	1	Air Products and Chemicals, Inc.	1	Air Products and Chemicals, Inc.	2
4	Battelle Energy Alliance, LLC	4	Battelle Energy Alliance, LLC	1	Battelle Energy Alliance, LLC	1	Battelle Energy Alliance, LLC	2
5	BHP Petroleum PTY, Ltd.	3	ABB Lummus Global	1	ABB Lummus Global	1	ABB Lummus Global	2
6	MUSTANG ENGINEERING, L.P.	3	Chiyoda Corporation	1	Sulzer Brothers Limited	1	Sinvent AS	2
7	Sinvent AS	3	현대중공업 주식회사	1	Chiyoda Corporation	1	Sulzer Brothers Limited	1
8	Air Products and Chemicals, Inc. (APCI)	2	REPSOL YPF, S.A.	1			Chiyoda Corporation	1
9	ABB Lummus Global	2					BP Corporation North America Inc.	1

[그림 1.35] LNG-FPSO 액화공정 분야에 있어 전 세계 국가별 주요 출원인

- LNG-FPSO 액화공정 분야 주요 출원인(Shell, Battelle Energy Alliance, BHP Petroleum PTY, Air Products and Chemicals)에 의한 국가별 점유율을 살펴보면, 한국 특허의 경우는 위 4개 회사에 의한 점유율이 30%로 나타났고, 일본 특허와 유럽 특허의 경우는 각각 75% 및 55%, 미국특허의 경우는 39.47%로 나타났음

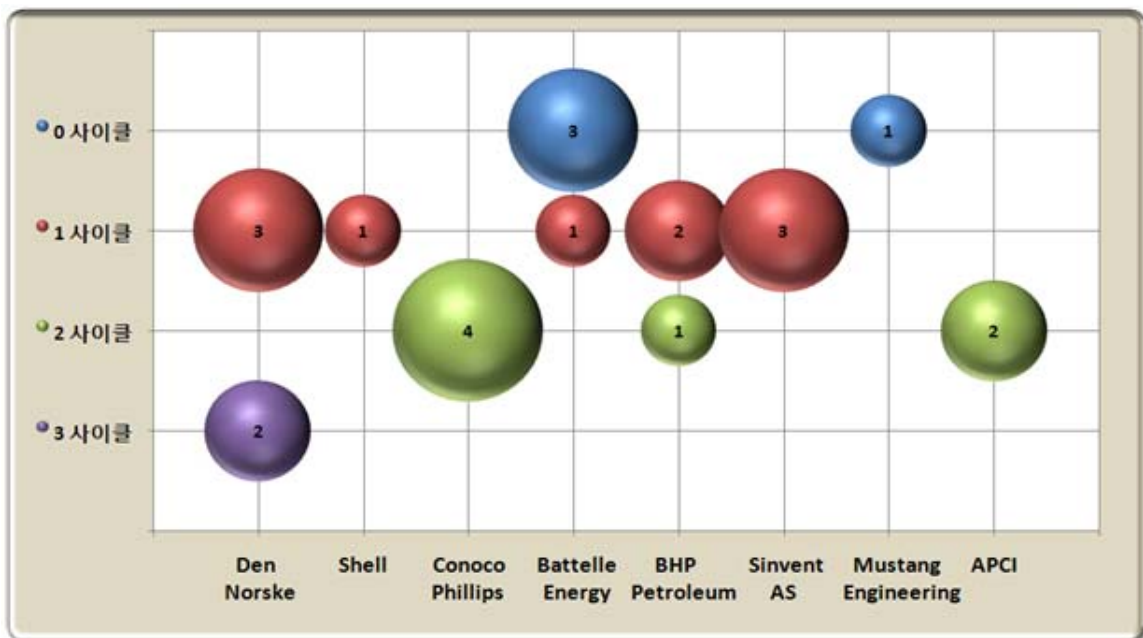


[그림 1.36] LNG-FPSO 액화공정 분야 주요 출원인의 국가별 점유율



[그림 1.37] LNG-FPSO 액화공정 분야의 세부 기술분야별 출원인 분포

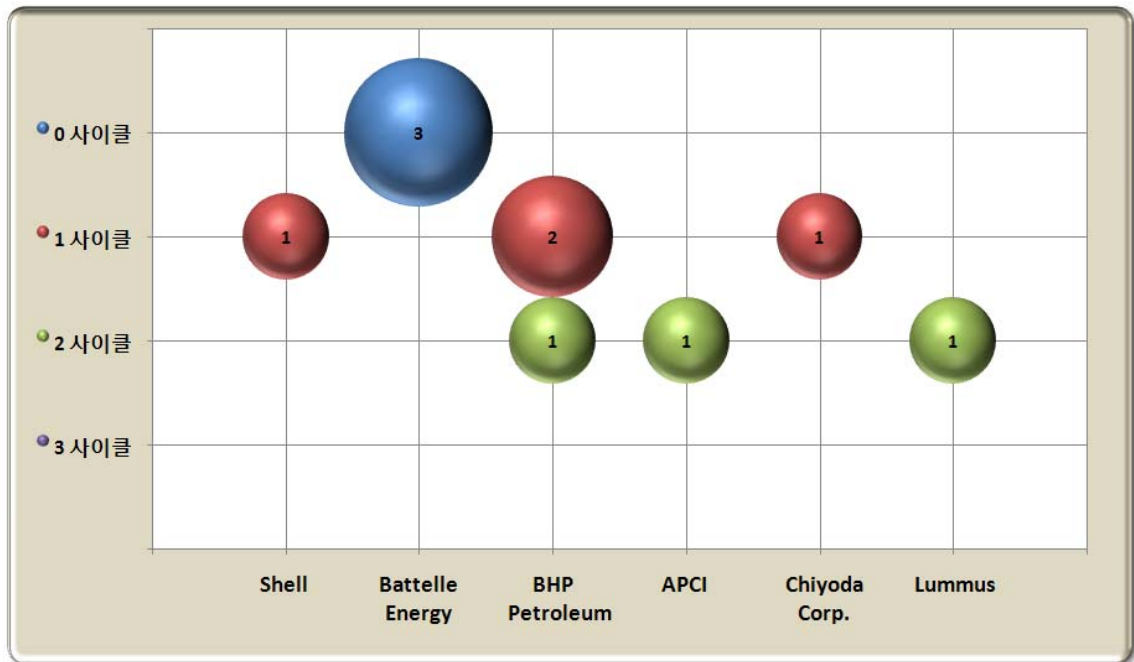
- LNG-FPSO 액화공정 분야와 관련하여 미국특허에서는 대체로 각 기업들이 1 사이클 공정과 2 사이클 공정에 주력하고 있는 것으로 나타남



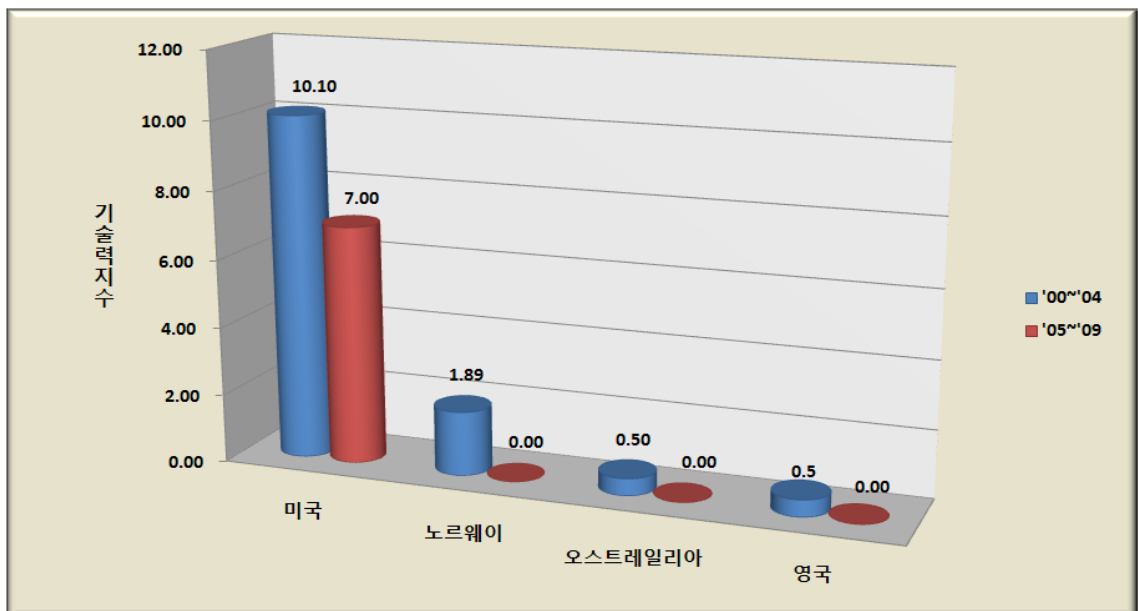
[그림 1.38] LNG-FPSO 액화공정 분야의 세부 기술 분야별 출원인 분포(미국특허)

<일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술>

- LNG-FPSO 액화공정 분야와 관련하여 일본국특허에서는 대체로 각 기업들이 1 사이클 공정과 2 사이클 공정에 주력하고 있는 것으로 나타남



[그림 1.39] LNG-FPSO 액화공정 분야의 세부 기술 분야별 출원인 분포(일본특허)



[그림 1.40] LNG-FPSO 액화공정 분야 국가별 기술력지수

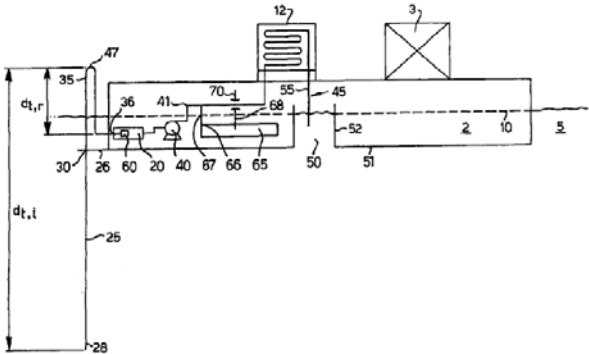
- LNG-FPSO 액화공정 분야의 주요 핵심기업으로 선정된 Shell, Air Products and Chemicals(APCI), Battelle Energy Alliance, BHP Petroleum PTY에 대해 각 기업별로 세부기술 분야별 특허 현황을 살펴보고 중요 특허를 보다 상세히 분석함
- Shell의 LNG-FPSO 액화공정 분야에 대한 세부 기술분야별 특허 현황을 살펴보면, 전체 17건의 특허 중 1 사이클 공정 분야의 특허가 4건, 그리고 액화시스템의 특허가 13건으로 파악됨

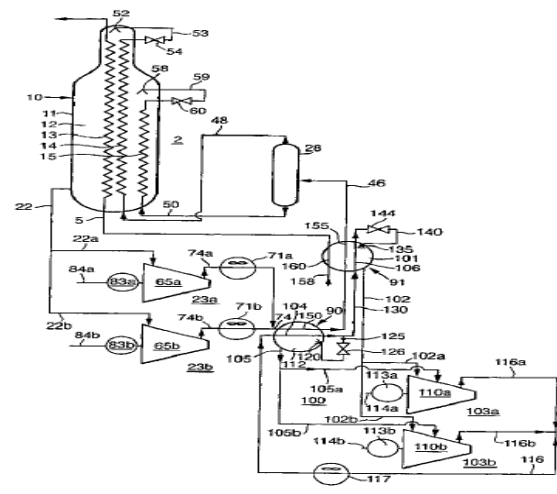
세부 기술분야	한국	미국	일본	유럽	합계
1 사이클 공정	1	1	1	1	4
액화시스템	2	5	3	3	13
합계	3	6	4	4	17

[그림 1.41] Shell의 세부기술 분야별 특허현황

<Shell의 중요 특허 정리>

<표 1-10> Shell 중요 특허

발명의 명칭	Floating plant for liquefying natural gas	
등록번호	US6,832,875	
세부 기술분류	액화시스템	
기술요지	본 발명은 액화 설비와, 천연가스를 공급받는 수단, 액화천연가스를 저장 및 공급하는 수단을 구비하는 바지선(barge)을 가지고 천연가스를 액화하는 부유 플랜트(floating plant)에 관한 것으로서, 위 액화 설비는 액화하는 천연가스가 물로 전송될 때 열이 제거되는 열교환기를 포함한다. 바지선은 용기, 삽입구를 갖는 변경	

	할 수 있는 물 흡입 도관, 물 흡입 도관의 배출구로부터 용기로 연장된 연결 도관, 용기로부터 열교환기로 물을 전송하는 펌프, 및 열교환기로부터 제거된 물을 방류하는 물 방류 시스템을 포함한다. 연결 도관은 상부가 용기의 위쪽에 위치하는 역 "U" 모양을 갖는다.	
발명의 명칭	Offshore plant for liquefying natural gas	
등록번호	US6,658,891	
세부 기술분류	1 사이클 공정	
기술요지	본 발명은 냉매의 증발에 의한 간접적인 열교환을 통해 천연가스를 액화하는 주 열교환기, 및 주 열교환기에서 사용되는 액상 냉매를 생산하기 위해 증발된 냉매가 압축되고 액화되는 냉매 회로를 포함하며, 위 냉매 회로는 전기 모터에 의해 구동되는 적어도 하나의 압축기를 가지는 압축기 트레인을 포함한다.	

<APCI의 세부 기술분야별 특허 현황>

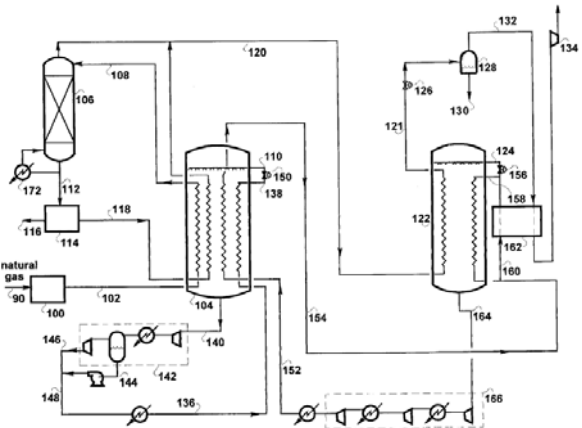
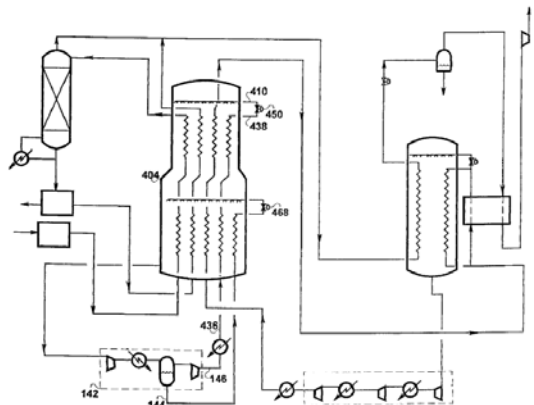
- APCI의 LNG-FPSO 액화공정 분야에 대한 세부 기술분야별 특허 현황을 살펴보면, 전체 6건의 특허 모두가 2 사이클 공정 분야의 특허로 파악됨

세부 기술분야	한국	미국	일본	유럽	합계
2 사이클 공정	1	2	1	2	6
합계	1	2	1	2	6

[그림 1.42] APCI의 세부 기술 분야별 특허현황

<APCI의 중요 특허 정리>

<표 1-11> APCI 중요특허

발명의 명칭	Dual mixed refrigerant cycle for gas liquefaction	
등록번호	US6,119,479	
세부 기술분류	2 사이클 공정	
기술요지	본 발명은 가압가스, 특히 천연가스를 액화하는 공정 및 시스템에 관한 것으로서 본 발명에 따른 공정은 두 개의 열교환기에서 수행되며, 각 열교환기를 위한 냉각은 단일의 일정 압력에서 기화되는 혼합 냉매에 의해 제공된다. 공급가스의 예냉, 저준위 냉매의 예냉, 그리고 고준위 액상 냉매의 예냉은 단일의 일정 압력에서 저준위 냉매의 증발에 대응하여 열교환기 중의 하나에서 효과적이다. 본 발명의 프로세스와 시스템은 특히 배(ship), 바지선(barge), 및 근해 플랫폼(offshore platform)에 특히 적합하다.	
발명의 명칭	Dual mixed refrigerant cycle for gas liquefaction	
등록번호	US6,269,655	
세부 기술분류	2 사이클 공정	
기술요지	본 발명은 가압가스, 특히 천연가스를 액화하는 공정 및 시스템에 관한 것으로서 본 발명에 따른 공정은 두 개의 열교환기에서 수행되며, 각 열교환기를 위한 냉각은 단일의 일정 압력에서 기화되는 혼합 냉매에 의해 제공된다. 공급가스의 예냉, 저준위 냉매의 예냉, 그리고 고준위 액상 냉매의 예냉은 단일의 일정 압력에서 저준위 냉매의 증발에 대응하여 열교환기 중의 하나에서 효과적이다. 본 발명의 프로세스와 시스템은 특히 배(ship), 바지선(barge), 및 근해 플랫폼(offshore platform)에 특히 적합하다.	

<Battelle Energy Alliance의 세부기술 분야별 특허 현황>

- Battelle Energy Alliance의 LNG-FPSO 액화공정 분야에 대한 세부기술 분야별 특허 현황을 살펴보면, 전체 10건의 특허 중 0 사이클 공정 분야의 특허가 9건, 그리고 1 사이클 공정 분야의 특허가 1건으로 파악됨

세부 기술분야	한국	미국	일본	유럽	합계
0 사이클 공정	1	3	3	2	9
1 사이클 공정	0	1	0	0	1
합계	1	4	3	2	10

[그림 1.43] Battelle Energy Alliance의 세부기술 분야별 특허현황

<Battelle Energy Alliance의 중요 특허 정리>

<표 1-12> Battelle Energy Alliance 중요특허

발명의 명칭	Apparatus for the liquefaction of natural gas and methods related to same	
등록번호	US6,581,409	
세부 기술분류	0 사이클 공정	
기술요지	본 발명은 액화천연가스를 생산하는 장치와 방법에 관한 것으로서, 액화 플랜트는 압력 감퇴 지역(letdown station)에서 천연 가스 파이프 라인과 같은, 정제되지 않은 천연 가스 원전에 연결될 수 있다. 가스가 빠져나가는 부분은 공정 스트림과 냉각 스트림으로 나뉜다. 냉각 스트림은 일을 생산하는 터보 팽창기를 통해 지나간다. 공정 스트림은 팽창 냉각 스트림에 의해 냉각된다. 냉각, 압축 공정 스트림은 천연가스를 액화하기 위해 팽창제1 및 제2 부분으로 나뉜다. 기액 분리기는 액화 천연 가스의 증발에 의해 분리된다. 냉각, 압축 공정 스트림의 두 번째 부분은 팽창되고 압력 공정 스트림을 냉각하기 위해 사용된다.	

<BHP Petroleum PTY의 세부기술 분야별 특허 현황>

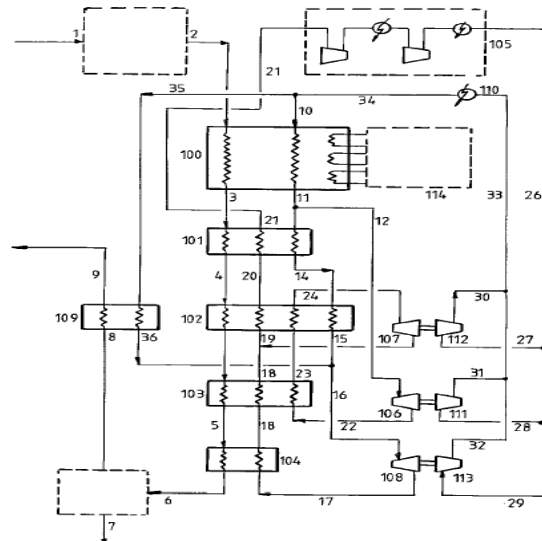
- BHP Petroleum PTY의 LNG-FPSO 액화공정 분야에 대한 세부기술 분야별 특허 현황을 살펴보면, 전체 9건의 특허 중 1 사이클 공정 분야의 특허가 6건, 그리고 2 사이클 공정 분야의 특허가 3건으로 파악됨

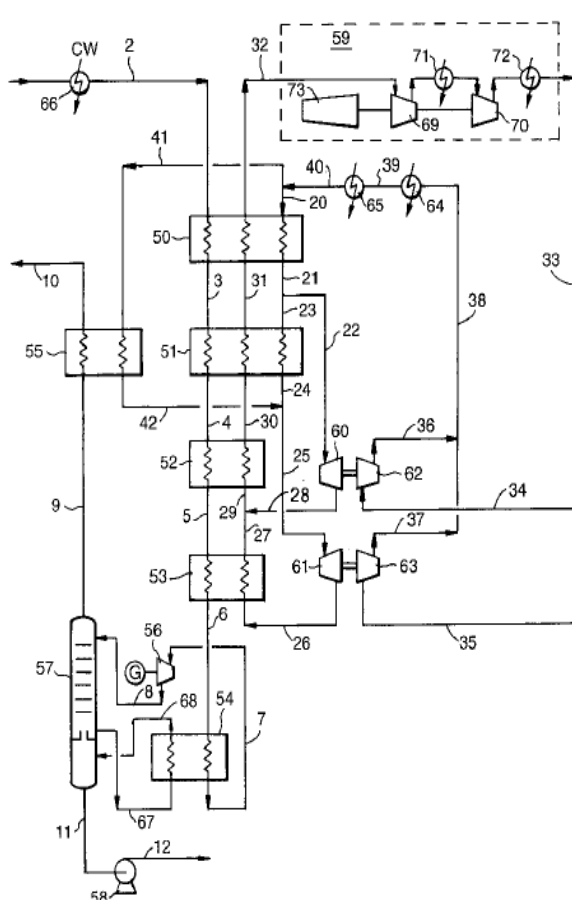
세부 기술분야	한국	미국	일본	유럽	합계
1 사이클 공정	0	2	2	2	6
2 사이클 공정	0	1	1	1	3
합계	0	3	3	3	9

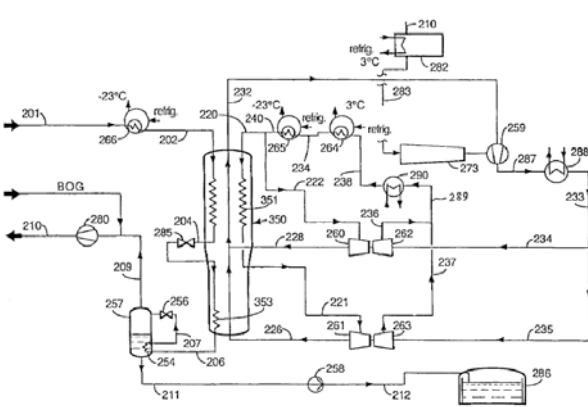
[그림 1.44] BHP Petroleum PTY의 세부기술 분야별 특허현황

<BHP Petroleum PTY의 중요 특허 정리>

<표 1-13> BHP Petroleum PTY 중요특허

발명의 명칭	Liquefaction process	
등록번호	US5,768,912	
세부 기술분류	1 사이클 공정	
기술요지	본 발명은 LNG와 같은 액화 생산물을 생산하는 프로세스에 관한 것으로서, 단일 성분 질소 냉매가 사용된다. 보다 구체적으로는 열역학적 비효율을 최소화하고 이에 따라 액화공정에 사용되는 소요전력을 최소화하기 위해, 냉매의 가온 곡선과 액화 생산물의 냉각 커브가 보다 더 매치될 수 있도록, 분리된 열교환기를 지나가기 전에 적어도 두 부분으로 분리된 냉매 흐름이 분리된 터보 팽창기를 지나간다.	

발명의 명칭	Liquefaction process	
등록번호	US5,916,260	
세부 기술분류	1 사이클 공정	
기술요지	본 발명에 따른 천연가스 액화공정은 일 팽창 사이클을 통해 순환하는 기상 냉매와의 환류 관계에서 일련의 열교환기를 통해 천연가스를 통과시키는 것을 포함한다. 위 일 팽창 사이클은 냉매를 압축하는 단계, 적어도 제1 및 제2의 냉각된 냉매 스트림을 생산하기 위해 위 냉매를 나누고 냉각하는 단계, 가장 낮은 온도의 냉매 온도로 제1 냉매 흐름을 실질적으로 등엔트로피적으로 팽창하는 단계, 가장 낮은 온도의 냉매 온도보다 높은 온도의 중간 냉매 온도로 제2 냉매 흐름을 실질적으로 등엔트로피적으로 팽창하는 단계, 및 대응하는 온도 범위를 통해 천연가스를 냉각하기 위해 각각의 열교환기로 제1 및 제2 냉매흐름으로 위 냉매를 보내는 단계를 포함한다.	

발명의 명칭	Liquefaction process and apparatus	
등록번호	US6,446,465	
세부 기술분류	2 사이클 공정	
기술요지	본 발명에 따른 천연가스 액화장치는 냉매와의 관계에서 반대 방향인 열교환기에서 천연가스를 냉각하기 위한 일련의 열교환기, 냉매를 압축하는 압축 수단, 압축된 냉매의 적어도 2개로 분리된 흐름을 등엔트로피적으로 팽창하는 팽창 수단(여기서 팽창된 냉매의 흐름은 어느 하나의 열교환기의 cool end와 통한다), 및 일련의 열교환기로 공급되기 전에 0°C 이하의 온도로 천연가스를 예냉하기 위한, 그리고 일련의 열교환기 또는 팽창 수단으로 다시 공급되기 전에 0°C 이하의 온도로 일련의 열교환기의 warm end로부터 배출되는 압축된 냉매를 예냉하기 위한 예냉 시스템을 포함한다.	

<구성 부위맵(특허망) 분석>

- 본 과제의 세부기술 분야별로 특허 장벽을 형성하고 있는 관련 특허들을 파악하여 이를 정리함
- LNG-FPSO 액화공정 분야는 천연가스를 액화시키는 프로세스와 관련되는 액화공정 분야가 핵심이며, 액화공정 분야는 천연가스를 냉각시키는 폐쇄된 냉매 사이클의 수에 따라 0 Cycle 공정, 1 Cycle 공정, 2 Cycle 공정 및 3 Cycle 공정으로 분류할 수 있음
- 구성 부위맵 분석은 LNG-FPSO 액화공정 분야의 각 사이클 공정별 기술 분류에 따라 살펴보았음
 - 각 사이클 공정별 기술 분류에 따라 관련 주요 특허를 조사한 결과, '0 사이클 공정' 분야는 3건, '1 사이클 공정' 분야는 7건, '2 사이클 공정' 분야는 5건, '3 사이클 공정' 분야는 1건의 관련 특허가 검색됨

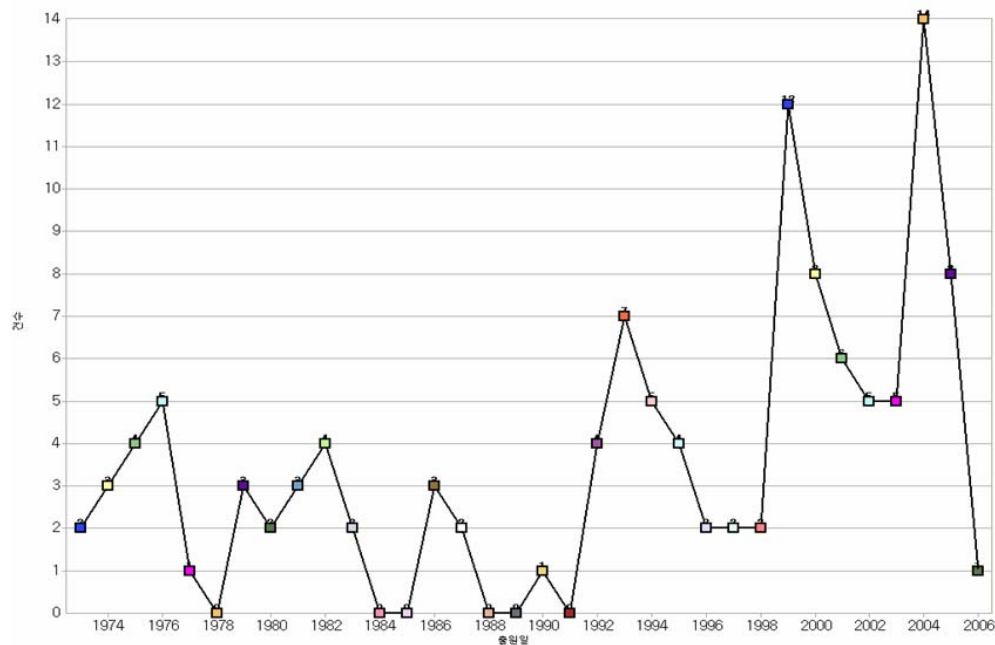
<표 1-14> 사이클 공정별 기술 분류에 따라 관련 주요 특허

구분	등록번호 (공개번호)	출원인
0 Cycle 공정	[US] 6581409	Battelle Energy Alliance, LLC
	[US] 7225636	MUSTANG ENGINEERING, L.P.
	[US] 7673476	Cambridge Cryogenics Technologies
1 Cycle 공정	[US] 5363655	Chiyoda Corporation
	[US] 5768912	BHP Petroleum PTY, Ltd.
	[US] 5878814	Den Norske Stats Oljeselskap A.S.
	[US] 5916260	BHP Petroleum PTY, Ltd.
	[US] 6003603	Den Norske Stats Oljeselskap A.S.
	[US] 6658891	SHELL
	[US] 20080148770	REPSOL YPF, S.A.
2 Cycle 공정	[US] 6119479	APCI
	[US] 6269655	APCI
	[US] 6412302	ABB Lummus
	[US] 6446465	BHP Petroleum PTY, Ltd.
	[US] 6722157	ConocoPhillips
3 Cycle 공정	[US] 7386996	Den Norske Stats Oljeselskap A.S.

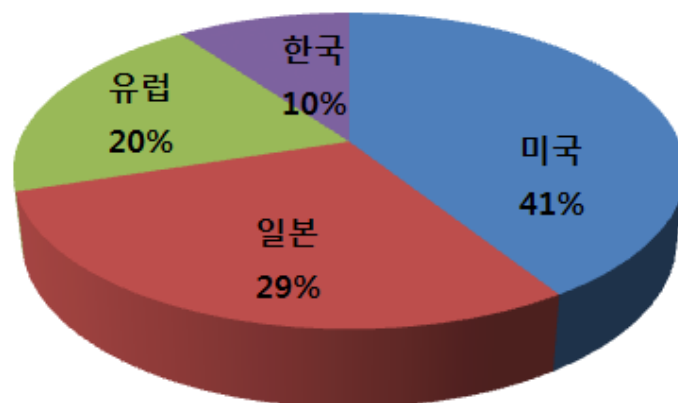
(다) LNG 저장

○ LNG 저장 기술의 특허 출원은 미국에서 1973년에 최초로 나타났으며, 그 뒤를 이어 유럽은 1979년, 일본은 1992년, 한국은 1999년에 최초 출원이 나타나 출원시점을 기준으로 보면 한국은 선진국 대비 26년 뒤쳐짐

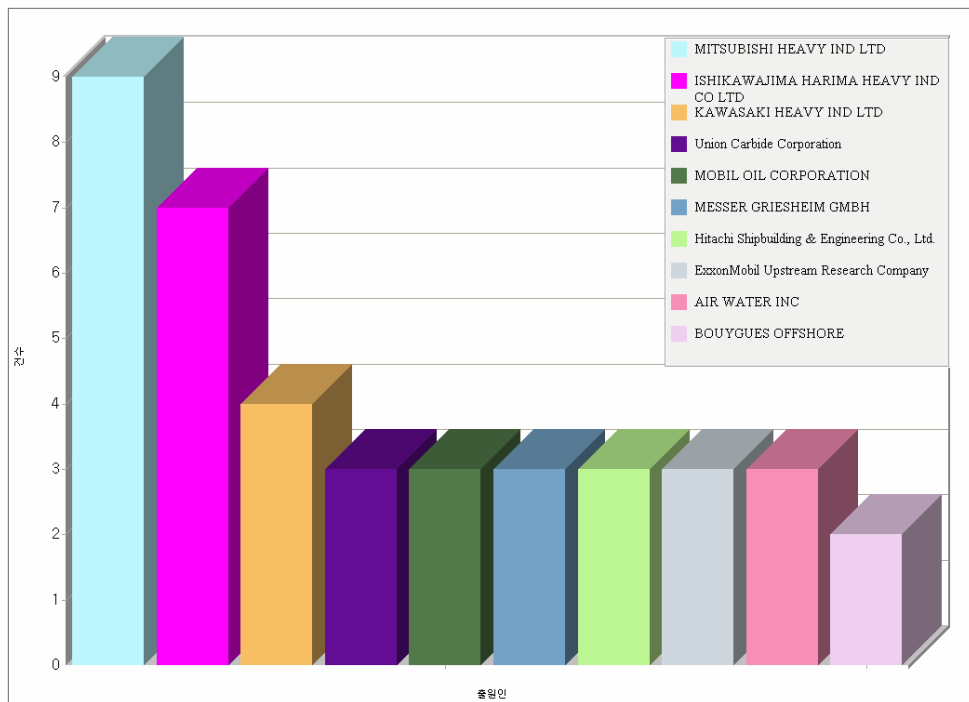
- 1999년 이후로 각국의 특허 출원 증가
- 일본의 특허점유율은 29%로 특허출원 시점을 기준으로 보면 상당한 특허 보유
- 저장 분야의 기술혁신 리더는 일본의 미쓰비시 중공업이며 상위 3개사 모두 일본 기업
- 최근 특허 출원은 용기의 세부, 용기의 충전, 방출에 관한 방법에 관해 출원되고 있으며, 저장탱크에 단열층을 적용시키는 특허도 출원되고 있음



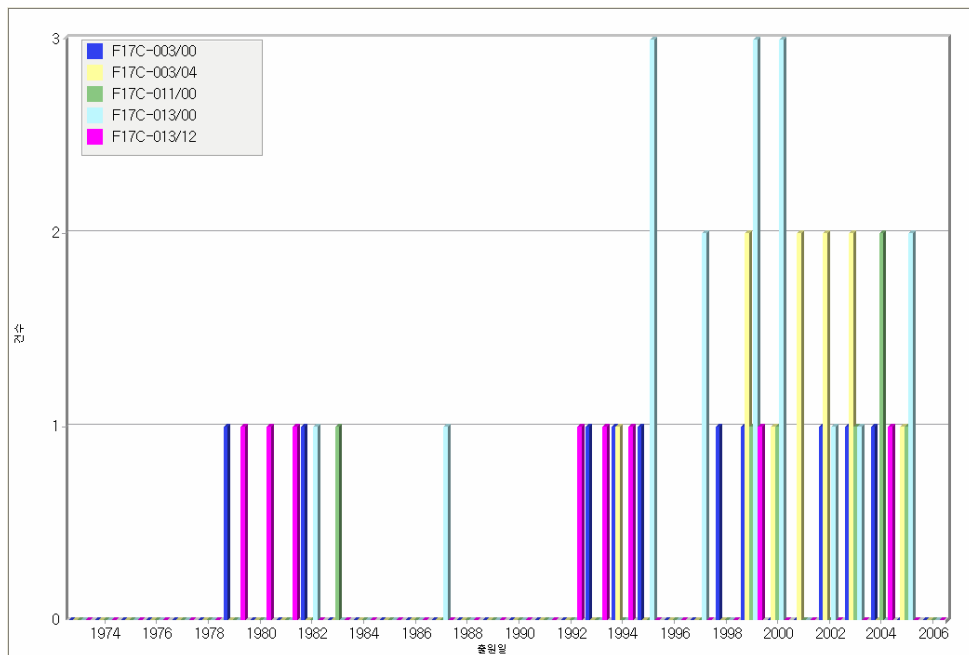
[그림 1.45] 저장분야 특허의 연도별 동향



[그림 1.46] LNG 저장분야 특허의 국가별 동향



[그림 1.47] LNG 저장분야 특허의 출원인 랭킹 분석



[그림 1.48] LNG 저장분야 연도별 IPC 출원 건수

- ※ F17C-003/00 : 압력이 걸려있지 않은 용기
- ※ F17C-003/04 : 단열층에 관한 방법
- ※ F17C-011/00 : 용기 내에 가스용제/가스흡수제 사용
- ※ F17C-013/00 : 용기의 세부/용기의 충전/방출에 관한 방법
- ※ F17C-013/12 : 폭발사고 방지/억제를 위한 장치/장치의 부착

2

핵심5과제 개요

- 가. 핵심5과제의 정의 및 비전
- 나. 핵심5과제의 필요성
- 다. 핵심5과제의 목표
- 라. 핵심5과제의 연구범위
- 마. 핵심과제 및 세부과제 선정체계
- 바. 추진전략

2. 핵심5과제 개요

가. 핵심5과제의 정의 및 비전

(1) 핵심5과제의 정의

- 핵심5과제는 LNG-FPSO 플랜트의 핵심분야인 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발, 건조기술 개발, Plant-CCS 연계기술 개발을 중점 대상으로 하며 다음의 연구를 포함하고 있음
 - LNG-FPSO 테스트베드 설계 기준 정립, 기본 및 상세 설계
 - LNG-FPSO 상용급 Topside FEED 설계(Vessel 기본설계 포함)
 - 테스트베드 건조
 - Plant-CCS 연계 기술 확보 및 최적화

참고

- ❖ LNG-FPSO(Liquefied Natural Gas-Floating Production, Storage and Offloading, 부유식 해양 LNG 액화플랜트) : 원거리 해상에 있는 가스전으로 이동하여 해상에 부유하며 (Floating) LNG를 생산(Production), 저장(Storage), 출하(Offloading)할 수 있는 해상 이동식 복합기능 플랜트
- 해저 가스전으로부터 유입된 천연가스를 전처리, 액화, 저장하는 설비를 갖춘 부유식 해상 구조물로 종전 천연가스 생산방식에 비해 생산절차를 축약하여 생산비용이 저렴하며, 가스전 생산 완료시 이동이 가능함

(2) 핵심5과제의 비전

- 핵심5과제의 비전은 국제적으로 경쟁력이 있는 LNG-FPSO 플랜트의 EPC 기술을 개발하고, 국내 조선사의 해외수주 LNG-FPSO 프로젝트에 우선 적용하여 국익창출에 기여 할 수 있는 핵심역량을 확보하는 것임

나. 핵심5과제의 필요성

- 우리나라 조선소에서는 LNG 선박에서 쌓은 기술을 바탕으로 LNG-FPSO 수주를 위한 활동의 일환으로 기술개발을 시도하고 있으나 LNG 화물탱크 등 선체부 외 Topside Plant 설계기술은 전무한 실정임
- 따라서 천연가스를 액화시키는 Topside Plant에 대한 기술은 기존 육상 LNG 액화 플랜트 설계사인 Chiyoda, JGC, KBR, Technip 등에 의존하지 않을 수 없는 실정임
- 따라서 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술을 확보하기 위한 플랜트 설계기술 개발, 테스트베드 건조 및 운전, Plant-CCS연계기술을 포함한 핵심과제가 필요함

다. 핵심5과제의 목표

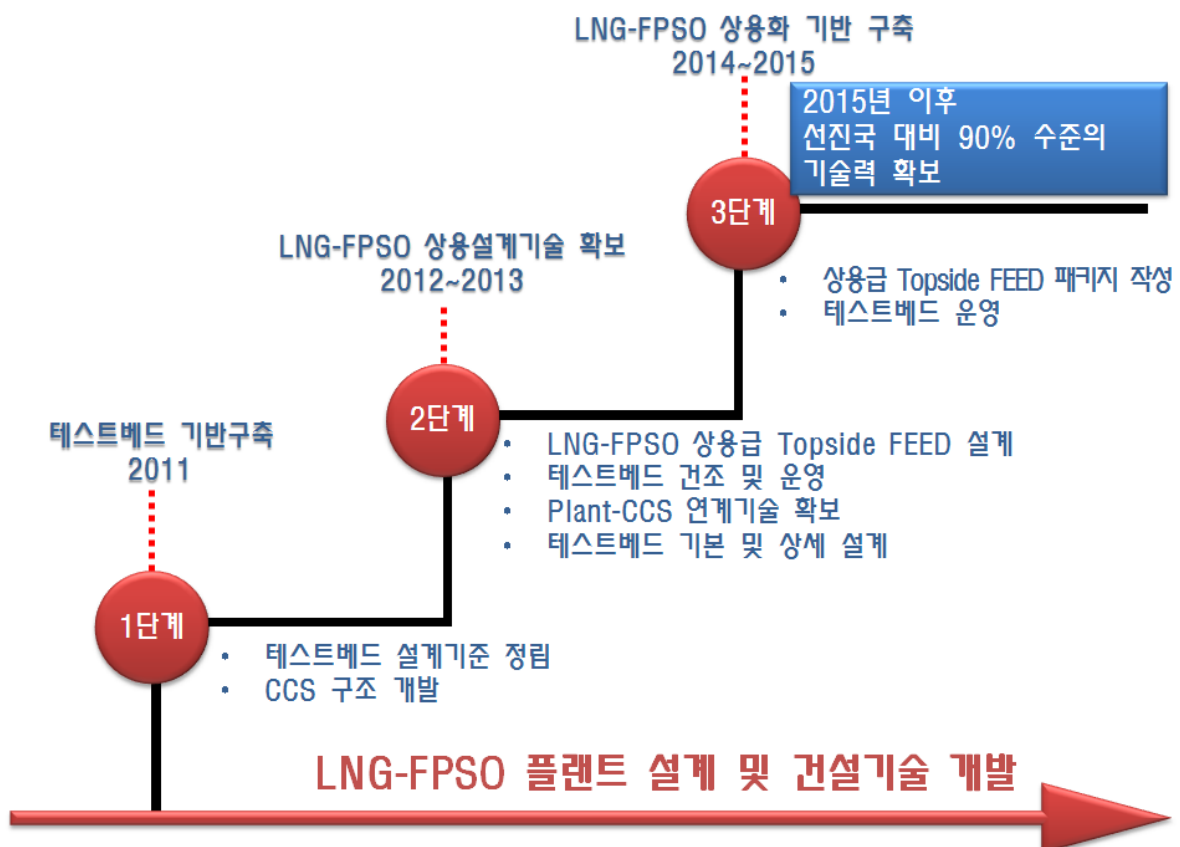
(1) 최종목표

- 최종 목표 : 100톤/일급 테스트베드 FEED 설계, 건조 및 운전, 2MTPA급 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발과 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발을 목표로 함

<표 2-1> 핵심5과제의 최종목표 및 세부목표

최종목표	세부목표
LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발	• LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발
	• LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발
	• LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발

(2) 단계별 목표 및 추진내용



[그림 2.1] 핵심5과제 비전 달성을 위한 추진단계 및 단계별 목표

라. 핵심5과제의 연구범위

<표 2-2> 핵심5과제 연구범위

핵심과제	기술분야	연구범위
LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발	LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	○ 상용 LNG-FPSO FEED 패키지 개발 - 2백만톤/년 급 상용 LNG-FPSO의 Topside FEED 패키지 ○ 100톤/일급 테스트베드 설계 - 테스트베드 FEED 패키지 - 동력공급계 최적화 - 3D 모델링 및 모듈화 - 공정제어 기술
	LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	○ 100톤/일급 테스트베드 구축 - 테스트베드 - 계통제어시스템 국산화 - 모듈화 시공기술
	LNG-FPSO Plant-CCS 연계 기술 개발	○ KC-1 시스템의 CCS 구조개발 - CCS 대형화로 인한 CCS 구조안전성 평가 및 개선 - CCS 표준 설계 패키지 ○ LNG CCS의 건조 자동화 기술 개발 - CCS 건조 자동화를 위한 시스템 개발 - 건조 자동화 시스템 검증을 위한 mock-up 시험 ○ LNG CCS의 Topsides-저장탱크 연계설계 - Topside의 배치와 CCS 구조의 연계기술 개발 - CCS 관통노즐의 arrangement 최적화 - CCS 구조 및 설계도 선급인증 - 2MTPA급 설계 패키지 제작

마. 핵심과제 및 세부과제 선정체계

(1) 연구기획 및 연구위원회 운영

(가) 연구기획의 목표 및 주요 수행내용

- 연구기획의 최종목표는 최근 경제성이 향상된 중소 가스전의 천연가스를 전처리, 액화, 저장하는 LNG-FPSO 개발을 위한 과제의 타당성과 세부 실행방안을 종합적으로 수립하는 것임

「연구기획 최종 목표」

- ☐ LNG-FPSO 사업의 구체적인 연구목표, 연구내용, 추진전략 수립
 - 핵심과제, 세부과제 등의 구체적인 연구목표 및 연구내용 도출
 - LNG플랜트사업단 과제와 연계하여 상세한 추진전략 수립
- ☐ LNG-FPSO 사업의 사전타당성 조사
 - 기술적, 경제적, 정책적 타당성 조사
 - 연구 성과물의 실용화·사업화 세부 추진전략 수립
- ☐ LNG-FPSO 사업의 핵심과제 및 세부과제 공모를 위한 상세 제안요구서(RFP) 도출
 - 연구목표와 내용, 추진전략을 바탕으로 핵심 주관기관 선정 공모 RFP와 각 세부과제별 RFP 도출

- 연구기획의 주요 수행내용은 다음과 같음

「연구기획 주요 수행내용」

- ☐ 기술동향 조사 및 기존 연구와의 중복성 검토
- ☐ 총괄과제 확대 여부, 내용 및 소요예산 산정
- ☐ 기존 LNG플랜트사업단 과제와 연계 여부, 내용 및 소요예산 산정
- ☐ 핵심과제 및 세부과제의 목표 및 내용 작성
- ☐ 성과목표·지표 설정 및 근거 제시
- ☐ 연구 성과물의 실용화·사업화 추진전략
- ☐ 연구 성과의 정량적·정성적 파급효과
- ☐ 핵심과제 및 세부과제 RFP 작성
- ☐ 사전타당성 조사

(나) 연구기획 추진방법 및 체계

- LNG플랜트사업단 과제의 상세기획 보고서와 연계하여 사업단 및 전문기관과 협의하여 추진
 - 전문가 그룹인 연구기획위원회와 연구실무위원회를 구성하고, 이를 통해 연구기획의 담당 전문분야별로 기획 부분 참여 및 기획 결과 검토를 수행하여 연구기획의 객관성과 공정성 확보
- 체계적인 방법으로 연구기획 추진
 - 기획연구와 관련한 모든 자료, 결과물의 체계적인 중앙 집중식 관리
 - 연구 참여자간 각종 정보, 자료의 공유, 검토 지원
 - 전문가 그룹의 활동 지원과 의견수렴, 수요조사 및 의사결정 지원
- 원활한 기획 수행체계를 마련을 위해 LNG플랜트사업단이 총괄 운영하고, 이를 중심으로 위원회간 의견조율, 연구기획 일정관리, 연구결과물 보고회 개최 등 업무 수행
- 국내·외 전문가로 구성되는 네트워크를 구축하여 기술동향과 변화, 기술개발의 타당성, 세부과제 도출 등에 적극 활용
- 연구기획 기간은 총 6개월이며, 기획 종료 전 연구기획 결과에 대한 결과보고회 개최 및 수정·보완 실시



[그림 2.2] 연구기획 추진방법 및 체계

(다) 연구위원회 구성 및 역할

- 연구기획위원회는 위원장인 LNG플랜트사업단장을 중심으로 LNG-FPSO 관련 전문기관, 산·학·연 전문가가 참여하여 기획연구 수행

<표 2-3> 연구기획위원회 구성

구분	세부연구내용	성명	소속	직급	비고
국내	기획연구 총괄	양영명	LNG플랜트사업단	단장	사업단
국내	연구기획 및 분석	신현옥	한국건설교통 기술평가원	실장	전문기관
국내	연구기획 및 분석	이정훈	삼성테크윈	전무	산업계
국내	연구기획 및 분석	홍성희	(주)동화엔텍	사장	산업계
국내	연구기획 및 분석	하문근	삼성중공업	상무	산업계
국내	연구기획 및 분석	양영준	STX조선해양	상무	산업계
국내	연구기획 및 분석	김 효	서울시립대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	장호명	홍익대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	조철희	인하대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	하태범	한국선급	소장	전문기관
국내	연구기획 정리	유선일	LNG플랜트사업단	팀장	사업단

○ 연구실무위원회

- 연구실무위원회는 위원장인 LNG플랜트사업단장을 중심으로 LNG-FPSO 관련 산·학·연 전문가가 참여하여 실무 기획연구 수행

<표 2-4> 연구실무위원회 구성

구분	세부 연구내용	성명	소속	직급	비 고
국내	기획연구 총괄	양영명	LNG플랜트사업단	단장	사업단
국내	기술분석, 보고서작성	장대준	한국과학기술원	교수	학계
국내	기술분석, 보고서작성	이상규	한국가스공사	책임연구원	산업계
국내	기술분석, 보고서작성	윤인수	한국가스공사	수석연구원	산업계
국내	동향분석, 보고서작성	김승혁	삼성중공업	책임연구원	산업계
국내	기술분석, 보고서작성	백기영	삼성테크윈	수석연구원	산업계
국내	기술분석, 보고서작성	이선근	GS건설	부장	산업계
국내	기술분석, 보고서작성	정상권	한국과학기술원	교수	학계
국내	기술분석, 보고서작성	이문용	영남대학교	교수	학계
국내	사전타당성 분석	김용수	중앙대학교	교수	학계
국내	특허분석, 보고서작성	유선일	LNG플랜트사업단	팀장	사업단

- 연구위원회의 역할은 기술·시장·인프라 분석, LNG-FPSO 사업의 목표 및 범위 설정, 핵심과제 및 세부기술 도출, 연구 추진전략, RFP 및 평가기준 작성 등을 수행

<표 2-5> 연구위원회 역할

번호	연구내용	사업단	기획 위원회	실무 위원회	비고/협조
1	● 기술/시장/인프라 분석				
	- 국내외 기술/시장 분석			○	
	- 국내외 연구개발 사례 벤치마킹			○	
	- 국내 기존 연구과제 분석			○	
	- 사전 타당성 분석			○	
	- 기술동향(특허, 논문)/SWOT 분석	○			
2	● LNG-FPSO 사업의 목표 및 범위 설정				
	- LNG-FPSO 산업전망	○	○		
	- 목표 및 범위 설정	○	○		
	- 기술적 needs와 목표 연계성	○	○		
	- 성과측정지표 정리	○			
3	● 핵심과제 및 세부기술 도출				
	- 기술 트리 작성		○	○	
	- 소요 기술군 분석		○	○	
	- 핵심과제 분류 및 범위 설정		○	○	
	- 기술개발효과 분석		○	○	
4	● 연구추진전략				
	- 추진체계 및 로드맵	○			
	- 선진기술 확보방안		○		
	- Test bed 구축방안		○	○	
	- 운영방안 (국내 사례 벤치마킹, 기간, 자원, 실용화 등)		○		
5	● RFP 및 평가기준 작성 - 공모 RFP 작성 - 평가기준 설정	○		○	

(라) 연구기획 추진절차 및 일정

○ 연구기획 추진절차

<표 2-6> 연구기획 추진절차

추진 절차 (주체)	추진 내용	일정
연구기획 수립 및 검토 (사업단)	● 계획수립 및 방안검토 ● 핵심/세부과제(기술) 도출 및 검토	'09 11/13
↓		
연구기획 방안확정 (사업단/실무위원회)	● 핵심/세부과제(안) 확정 ● 기획보고서 목차 검토 ● 실무위원 기본업무분장 ● 기술(시장)동향 분석	'09 12/22
↓		
연구기획 초안검토 (실무위원회)	● 기획보고서 초안검토 ● 제안요구서(RFP) 초안검토 ● 사전타당성 초안검토 ● 기술(시장)특허동향 분석	'10 1/15
↓		
연구기획보고서 협의 (실무위원회)	● 기획보고서 내용 협의 및 수정보완 ● 제안요구서(RFP) 내용 협의 및 수정보완 ● 사업타당성 내용 협의 및 수정보완 ● 기술·특허 동향 보고서 검토 및 수정보완	'10 2/19
↓		
연구기획보고서 최종 검토 (실무위원회)	● 추진전략 및 기술로드맵 검토 ● 기획보고서 검토 - RFP 확정 ● 사전타당성 보고서 검토 ● 특허동향보고서 검토	'10 3/18
↓		
연구기획 종합 (사업단)	● 국토해양부/건교평 보고	'10 4/15

○ 연구기획 추진일정

<표 2-7> 연구기획 세부 추진일정

구 분	2009년			2010년			
	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월
연구기획위원회 구성	■						
실무위원회 구성	■						
연구기획위원회 개최 (실무위원회 개최)		■	■	■	■	■	
관련자료 수집	■	■	■				
기술동향 분석			■	■			
특허동향 분석			■	■			
핵심기술·연구과제 도출				■			
연구개발과제(안) 확정					■		
RFP 작성					■		
보고서 편집위원 구성				■			
보고서 작성내용 협의				■			
연구기획보고서 작성					■	■	■

(마) 핵심과제별 세부과제 검토 및 결과

○ 육상 LNG플랜트와 LNG-FPSO의 기술적 차별성을 살펴보면 <표 2-8>과 같음

<표 2-8> 육상 LNG플랜트와 LNG-FPSO의 기술적 차별성

항 목	육상 LNG 플랜트	LNG-FPSO	
		설계 차별성	영향
설치 조건	설비배치에 필요한 부지면적과 높이에 상대적으로 자유로움	<u>선상부(Topside)로 설치공간이 제한되어 높이 방향으로 적층</u>	제한된 공간내에 배치되기 때문에 화재, 폭발 등을 감안한 안전설계 필수
운전 정지 및 재가동	유지보수 계획 등 극히 간헐적인 정지 및 재가동	해상환경, 선체운동 등으로 정지 및 재가동 가능성 높음	플랜트 전체의 신속한 정지 및 재가동을 위한 기능 필요
장치 배치	유지보수 편의성을 고려하여 충분한 공간에 설비 배치	공간 부족으로 높이 방향으로 적층 배치	유지보수성이 떨어지므로 신뢰성, 고장, 유지보수를 고려한 운전가용도 검증 요구
안전도	육상 LNG 액화플랜트 기준에 따른 안전도 요구	해양 플랜트 기준 : 허용 위험도 충족을 증명하는 위험도 기반의 설계	막대한 양의 안전설계 요구 : 위험요소 분석, 위험도 평가, 허용 위험도 검증 등
액화공정	액화효율을 최우선으로 고려하여 선정	<u>주어진 공간 내에 설비를 배치할 수 있도록 단순화된 공정 필요</u>	다양한 후보 공정들이 검토되고 있으나 아직 운영 실적이 없어 최적 방식 미정
전처리 공정	가스정에서 채굴 후 1차 정제된 가스를 받아 LNG플랜트 전처리 공정에서 고순도로 처리	가스정에서 채굴된 정제되지 않은 천연가스를 <u>LNG-FPSO 전처리 공정에서 고순도로 처리</u>	채굴되는 천연가스의 조성변화와 선체운동에 따른 전처리 공정의 성능저하에 대비한 설계 최적화 필요
저장 시스템	육상 저장탱크	선체 내부의 화물탱크로 슬로싱 하중에 대응할 수 있는 설계 필요	선체운동으로 유발되는 슬로싱(Sloshing)에 대한 거동연구 및 보강방안 필요
유틸리티	일부 유틸리티의 외부 의존 가능	모든 유틸리티를 자체 생산, 공급해야 함	유틸리티와 공정 시스템의 설계 상관관계가 매우 큼
동특성	공정상의 동특성으로 한정됨	공정 동특성에 <u>선체운동 추가</u>	주요 장치들에 대한 선체 운동 한계치를 산정하여 보완해야 함

- LNG-FPSO는 LNG 운반선과 동일한 개념인 선체부(Hull)의 LNG 저장탱크와 천연가스의 전처리, 액화 및 출하는 LNG플랜트, 소요전력을 공급하는 발전설비로 구성된 선상부(Topside)로 구성되어 있으며 이에 대한 세부기술은 <표 2-9>과 같음

<표 2-9> LNG-FPSO 관련 세부기술 체계 및 검토

사업명	중분류	세부분류	검토결과
LNG플랜트사업 성과를 활용한 LNG-FPSO 핵심기술 개발	LNG-FPSO 공정 응용기술 개발	LNG-FPSO 공정 최적화기술 개발	○
		천연가스 해상 전처리기술 개발	○
		LNG-FPSO 안전설계 및 신뢰성 공학기술 개발	○
	LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설 기술 개발	LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	○
		LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	○
	LNG-FPSO 저장 및 출하 기술개발	초대용량 LNG 저장 기술	×
		LNG 출하설비	×
		LNG-FPSO Plant- CCS 연계기술 개발	○
	해양가스전 분석 및 사업모델개발	해양 가스전 조사 분석 및 LNG-FPSO 사업모델 개발	○
		LNG- FPSO 사업 Risk 조사 분석	○
	LNG-FPSO 관련 기자재 선정 및 평가기술	LNG-FPSO압축, 팽창, 발전 시스템기술개발	○
		열교환기	△
		LNG 펌프 및 초저온 자동 밸브	×
	LNG-FPSO 운영 및 유지 기술	운영 및 유지 기술	△
		실시간 감시 및 진단 시스템	△
		시뮬레이터	△

- 연구위원회에서 세부 분류된 기술 체계도에 대하여 검토한 결과는 다음과 같음
- 연구위원회는 사업수행 효율성 및 시너지 효과 제고를 위하여 기존 LNG플랜트 사업과 연계 추진하는 것이 타당하다는 의견에 일치를 모았으며, 본 연구기획 사업명을 “LNG플랜트사업 성과를 활용한 LNG-FPSO 핵심기술 개발”로 정의 함
 - LNG-FPSO 공정 응용기술 개발 : 액화공정 최적화, 해상 전처리 설계기술, 안전설계 및 신뢰성 공학 기술 개발은 세부과제로 선정
 - LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설 기술개발 : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술, 테스트베드 건조기술 개발은 세부과제로 선정
 - LNG-FPSO 저장 및 출하설비 기술개발 : 선체부(Hull)와 관련 있는 초대용량 LNG 저장기술과 LNG 출하설비는 국내 조선사에서 세계적으로 인정받는 기술과 건조능력을 보유하고 있으므로 세부과제에서 제외하였으나, 선상부(Topside)와 선체부(Hull)를 연계하는 LNG-FPSO Plant-CCS 기술개발은 Ship-Motion에 따른 Sloshing 해석을 포함하는 기술로서 본 사업과의 관계성을 고려하여 세부과제로 선정
 - LNG-FPSO 테스트베드 통합적용 기술개발 : 시스템엔지니어링 기술개발을 수행하는 가운데 LNG-FPSO의 사업을 성공적으로 이끌기 위하여 과제의 통합관리 및 Risk 관리가 필요하고, 과제간의 연계를 통하여 테스트베드에 적용하여 테스트베드의 성능, 운전비용 및 제 경비에 대한 분석이 필요함. 이에 기존의 LNG플랜트 총괄과제에 포함
 - 해양가스전 분석 및 사업모델 개발 : 해양 가스전 조사 분석 및 LNG-FPSO 사업모델 개발과 LNG-FPSO 사업 Risk 조사 분석은 과제로 선정하되 기존 LNG플랜트 사업단의 총괄과제에 포함
 - LNG-FPSO 관련 기자재 선정 및 평가기술 : LNG-FPSO 압축, 팽창, 발전 시스템기술개발은 LNG-FPSO 회전기기 최적화 기술 개발로 과제명을 변경하고 LNG-FPSO 액화공정 최적화 기술개발 과제로 포함
 - 압축기와 열교환기는 LNG플랜트 사업에서 추진하고 있는 과제와 연계하여 LNG-FPSO에 적합한 형식 및 용량으로 규격을 다변화해서 적용하고, LNG 펌프 및 초저온 자동 밸브 등은 타 부처(지경부)에서 추진하는 과제와 연계하여 적용하되 본 사업에서는 제외함
 - LNG-FPSO 운영 및 유지 기술 : 기존 LNG플랜트 사업과 중복 연계되는 기술로서 기존 사업 결과물들을 최대한 활용하되 과제에서는 제외함

○ 핵심과제별 세부과제를 검토한 결과를 정리하면 <표 2-10>과 같음

<표 2-10> 핵심과제별 세부과제 검토 결과

핵심과제	세부분류	비고
핵심4과제 LNG-FPSO 공정 응용기술 개발 (신규)	4-1 LNG-FPSO 공정 최적 설계기술 개발 4-1-1 LNG-FPSO 공정 최적화 기술 개발 ○ 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 기준개발 - 액화 사이클 특성 분석 - 공정설계 기준개발 ○ 테스트베드 액화공정 설계 ○ 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 패키지 - 중질분 분리에 따른 액화공정 개념설계 패키지 개발	지정공모
	4-1-2 LNG-FPSO 회전기기 최적화 기술 개발 ○ 회전기기의 최적화 및 최적 운용기술 개발 ○ 신뢰성 예측 기술개발 ○ Life Cycle Cost(LCC) 최적화 기술 개발	분리공모
	4-2 천연가스 해상 전처리기술 개발 ○ 해상 가스전 전처리 설계기술 개발 - 가스전 응축물 및 LPG 분리 - 가스전 산성가스의 대량분리 ○ 해상용 전처리 콤팩트화 설계기술 개발 - 산성가스/수분/수은 제거 설비 - NGL 분리/회수 공정	분리공모
	4-3 LNG-FPSO 안전설계 및 신뢰성 공학기술 개발 ○ 위해도 평가/안전설계 기법 개발 ○ 위해도 기반 안전설계 프로그램 개발 - 생산가용도 기반 공정 설계 - 안전무결도 기반 안전시스템 설계 - 화재/폭발 위해도 평가 ○ LNG-FPSO 정량적 위해도 평가/RAM분석	분리공모
핵심5과제 LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (신규)	5-1 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발 5-1-1 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발	지정공모
	5-1-2 LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계 ○ LNG-FPSO 테스트베드 개념, 기본, 상세설계 ○ 동력공급 최적화 포함 ○ 3D Modeling, 모듈화 및 공정제어포함	분리공모
	5-2 LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	분리공모
	5-3 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발 ○ CCS 설계/건조기술 개발 및 기준 정립 ○ CCS-Topside 연계기술 최적화	분리공모
LNG플랜트사업단 연계기술 (기존과제 연계)	○ LNG-FPSO 테스트베드 통합적용 기술 개발 ○ 해양 가스전 조사분석 및 LNG-FPSO 사업모델 개발	총괄과제 연계포함
	○ LNG-FPSO 공정 시뮬레이터 개발	1-2 연계
	○ LNG-FPSO 모듈화 및 콤팩트 기술 개발	1-1 연계
	○ LNG-FPSO 열교환기 설계기술개발	2-3 연계
	○ LNG-FPSO 사업 Risk 조사분석	총괄과제 연계

<표 2-10> 핵심과제별 세부과제 검토 결과

핵심과제	세부분류	비고
핵심4과제 LNG-FPSO 공정 응용기술 개발 (신규)	4-1-1 LNG-FPSO 공정 최적화기술 개발 ○ 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 기준개발 - 액화 사이클 특성 분석 - 공정설계 기준개발 ○ 테스트베드 액화공정 설계 ○ 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 패키지 - 중질분 분리에 따른 액화공정 개념설계 패키지 개발 4-1-2 LNG-FPSO 회전기기 최적화기술 개발 ○ 회전기기의 최적화 및 최적 운용기술 개발 ○ 신뢰성 예측 기술개발 ○ Life Cycle Cost(LCC) 최적화기술 개발	분리공모
	4-2 천연가스 해상 전처리기술 개발 ○ 해상 가스전 전처리 설계기술 개발 - 가스전 응축물 및 LPG 분리 - 가스전 산성가스의 대량분리 ○ 해상용 전처리 컴팩트화 설계기술 개발 - 산성가스/수분/수은 제거 설비 - NGL 분리/회수 공정	분리공모
	4-3 LNG-FPSO 안전설계 및 신뢰성 공학기술 개발 ○ 위해도 평가/안전설계 기법 개발 ○ 위해도 기반 안전설계 프로그램 개발 - 생산가용도 기반 공정 설계 - 안전무결도 기반 안전시스템 설계 - 화재/폭발 위해도 평가 ○ LNG-FPSO 정량적 위해도 평가/RAM분석	분리공모
핵심5과제 LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (신규)	5-1 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발 ○ 2MTPA급 Topside 상용 FEED 패키지 ○ LNG-FPSO 테스트베드 개념, 기본, 상세설계 - 동력공급 최적화 포함 - 3D Modeling 및 모듈화 포함 - 공정제어 포함	분리공모
	5-2 LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	분리공모
	5-3 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발 ○ CCS 설계/건조기술 개발 및 기준 정립 ○ CCS-Topside 연계기술 최적화	분리공모
LNG플랜트사업단 연계기술 (기존과제 연계)	○ LNG-FPSO 테스트베드 통합적용 기술 개발	총괄과제 연계포함
	○ 해양 가스전 조사분석 및 LNG-FPSO 사업모델 개발	1-2 연계
	○ LNG-FPSO 공정 시뮬레이터 개발	1-1 연계
	○ LNG-FPSO 모듈화 및 컴팩트 기술 개발	2-3 연계
	○ LNG-FPSO 열교환기 설계기술개발	총괄과제 연계

(2) 유사과제 중복성 검토 및 결과

- 정부의 R&D 예산규모의 확대와 더불어 다양한 연구개발 사업이 진행되는 상황에서 명확한 목적과 차별화된 역할 구분이 필요함
- LNG-FPSO 사업의 계획서 시안에 명시되어 있는 연구 분야를 기준으로 기존 연구과제와의 중복 가능성과 타 부처에서 진행 중인 연구개발사업과의 중복 가능성을 검토함
 - 특히, 지식경제부에서 추진 중인 Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업을 중점적으로 비교·분석함
- LNG-FPSO 사업은 기존 과제와 타 부처 사업에 대한 중복성을 면밀히 조사한 결과 중복성이 없는 것으로 나타남
 - 다만, 기자재 분야 중 일부 기술은 지식경제부에서 추진 중인 Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보 사업과 연계성이 있으며, 이에 연계 활용방안을 검토함
 - 국토해양부는 기초 및 원천요소기술 R&D 보다 전체 계통을 대상으로 LNG-FPSO FEED 개발과 Test-bed 운영을 통해 사업관리를 포함한 EPC 능력 확보에 바탕을 두고 있어 지식경제부 Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보 사업과는 차별화됨

<표 2-11> 타부처 사업과의 중복성 검토

지원 부처	과제명 (주관수행기관)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토
지식 경제부	천연가스로부터 FT 합성유의 제조 기술 개발 (석유공사)	2006 ~2009	Co 촉매 slurry 방식	- 천연가스로부터 FT 합성유의 제조용 중형시험장치 개발 (규모 : 0.1 bbl/d) - 천연가스로부터 FT 합성유 제조 Pilot Plant (1bbl/d) 설계	GIL 관련 촉매 및 반응기에 관한 기 술개발로 본 사업의 연구와 중복성이 없음
지식 경제부	DME 생산기술 국산화 및 신제조공정 실증연구 (가스공사)	2004 ~2009	CO ₂ 저감기술 10 ton/day	- 일일 10톤 규모의 DME 제조공정기술의 국산화 및 상용화 기반 구축 - 기존 공정 대비 0.5톤 이상의 이산화탄소 저감을 위한 DME 신 공정 핵심기술 개발 및 실증화	DME 제조공정에 관한 기술개발로 본 사업의 연구와 중복성이 없음
지식	BOG	2005	질소냉동사이	- 1 ton/h BOG 재액화장치	본 사업의 연구와

경제부	재액화장치 국산화 개발 (신영중공업)	~2008	클을 사용한 천연가스 액화기술	플랜트 건설 - 액화 냉동 사이클 개발 - 실선용 LNG BOG 재액화장치 설계	연계성이 있으나 주관기관의 파산 으로 연구중단되 어 중복성 없음
지식 경제부	극저온 액체수소 저장, 운송설비의 밸브류 기술 ((주)에이스브이)	2005	밸브개발	- 극저온(-253℃) 10 bar 및 250 bar의 액체수소 저장탱 크의 각종 밸브류에 대한 설 계기술개발 제작기술 개발 및 시 제품 제작	중복성 없으며, 기자재로 활용 가능
중기청 (기술 혁신)	액화가스용 극저온 Metal Seat Butterfly Valve 개발 ((주)범한금속 공업, 진교정)	2003.04 ~2004.03	밸브개발	- 액체의 누설을 방지하기 위 하여 고무 오링을 사용하는 대신 메탈을 이용하는 기술 개발	"
지식 경제부	LNG선용 글로브 밸브 기술 개발 ((주)에이스브이)	2006.06 ~2009.05	밸브개발	- LNG 운반선에 이용되는 글 로브 밸브 개발	"

<표 2-12> 지식경제부 Eco-Ener 미래유망 플랜트 사업과의 중복성 검토

후보 번호	후보플랜트 제목	선정결과	LNG-FPSO 와의 중복성
1	CO ₂ 액화플랜트	지경부 과제 선정	△
2	GTL 및 GTH 플랜트	지경부 과제 선정	×
3	수소액화 플랜트	지경부 과제 선정	×
4	조류 발전 플랜트	지경부 과제 선정	-
5	정삼투식 해수담수화 플랜트	지경부 과제 선정	-
6	LNG-FPSO Topside 엔지니어링 기술개발	지경부 과제 제외	○

○ : 중복성 있음 △ : 부분 중복 연계 가능 × : 부분중복 및 지경부 선정

- 2010년 지식경제부(전문기관:산기평) 산업원천기술 개발사업의 신규과제 “LNG-FPSO Topside 엔지니어링 기본기술개발” 공고 되었으나, 본 사업단에서 선행 추진 중인 LNG 플랜트 사업과 중복성이 높아 과제에서 제외됨
- 지식경제부의 과제로 선정된 CO₂ 액화플랜트는 본 사업단에서 선행 추진 중인 LNG 플랜트 사업과 부분 중복되나 기본기술을 지원 할 수 있음

<표 2-13> 지식경제부 동남광역경제권 선도산업지원단 사업과의 중복성 검토

FPSO 관련 기술개발(기자재 국산화)	주요내용	예 산 (정출금)	기간	주관기관
▪ FPSO Seawater Pump 패키지 개발	심해수 펌프 개발	64억	'09-'11	과제제외
▪ FPSO Fuel Gas Compressor 패키지 개발	가스터빈 천연가스 공급 압축기 개발	81억	09-'11	삼성테크윈
▪ FPSO Deck Machinery 개발 - FPSO Pedestal Crane - FPSO Anchoring	선상 갑판 장비 개발	50억	09-'11	디엠씨
합 계		195억	-	-

- 2009년부터 지식경제부와 한국산업기술진흥원(전담기관)에서 주관하고 있는 “광역경제권 선도산업”의 일환으로 “동남광역경제권 선도산업지원단”에서 추진 중인 FPSO 관련 기술개발 사업은 LNG플랜트사업단 연구기획과는 별개의 사업임
- “동남광역경제권 선도산업지원단” 사업은 국내 조선사에서 기 수주한 LNG-FPSO 기본 기자재인 해수펌프, 가스터빈에 연료인 천연가스를 공급하는 장비(압축기 및 선상 갑판)를 국산화하는 사업으로, LNG플랜트사업단의 안전설계를 바탕으로 해상 전처리, 해상액화공정 중심의 상용 LNG-FPSO Topside 기본설계 패키지를 개발하는 사업과는 차원이 다른 별개의 사업임
- 천연가스를 -161℃로 액화하기 위하여 LNG플랜트사업단에서 개발 중인 초저온용 혼합냉매 압축기를 LNG-FPSO 사업에 적용하기 위한 최적화 연구를 기획 하였으며, 지경부와의 과제 중복성을 배제하기 위하여 상기 LNG-FPSO 기본 기자재는 본 연구기획에서 사전에 제외하였음

바. 추진전략

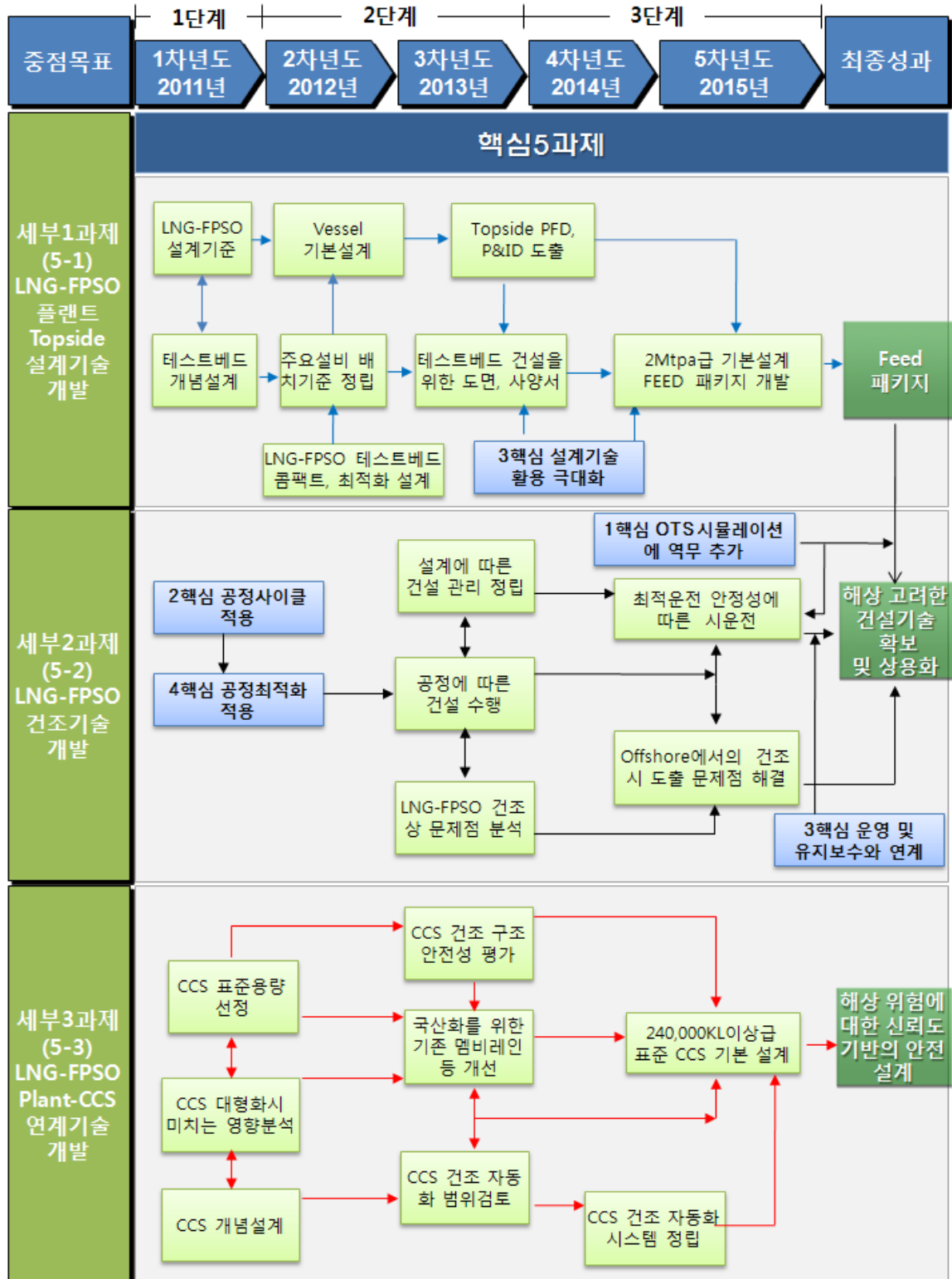
(1) 핵심과제별 기술 및 예상 성과물

<표 2-14> 핵심과제 기술 및 예상 성과물

핵심	예상 기술	주요 예상 성과물
총괄 과제	테스트베드 통합적용을 위한 기술체계 및 운영기술	• LNG-FPSO 테스트베드 기술적용체계 • 기술개발 단계화 모델 및 WBS • 상위 수준의 LNG-FPSO 플랜트 개념설계 및 운영 기술
	해외시장 진출을 위한 사업모델	• 해외시장 분석자료 • 해외지역 진출 여건 및 진출 시나리오 • LNG-FPSO 사업모델 및 단계별 시장진입 전략 • 해외시장 조사·분석보고서 • LNG-FPSO 사업 핵심성공요인 • LNG-FPSO 사업 모델
핵심 4 과제	LNG-FPSO 공정 최적 설계기술 개발	• 테스트베드 공정설계 • 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 기준개발 • 가스전 특성에 따른 최적공정 개념설계 패키지 개발 • 회전기기의 최적화 및 최적 운용 기술개발 • 신뢰성 예측 기술개발 • Life Cycle Cost 최적화 기술개발
	천연가스 해상 전처리 설계기술 개발	• 해상 가스전 전처리 설계기술개발(응축물, LPG, 산성 가스 분리) • 해상 전처리 컴팩트화 설계기술개발(산성가스, 수분, 수은제거 설비)
	LNG-FPSO 안전설계 및 신뢰성 공학기술 개발	• 위험도 평가/안전설계 기법 설명서 • 생산가용도 기반 공정 설계 프로그램 및 매뉴얼 • 안전무결도 기반 안전시스템 프로그램 및 매뉴얼 • 화재/폭발 위험도 평가 프로그램 및 매뉴얼 • 정량적 위험도 평가/RAM분석 프로그램 및 매뉴얼 • 개발된 안전설계 및 신뢰성 공학 기술 및 프로그램을 LNG-FPSO 플랜트 FEED 패키지에 적용 및 검증 결과 보고서
핵심 5 과제	LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	• LNG-FPSO 테스트베드 개념, 기본, 상세설계 • 2MTPA급 Topside 상용 FEED 패키지
	LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	• 일일 액화능력 100톤급 규모의 테스트베드 구축, 운영 및 유지 • 테스트베드의 고효율 건조 기법 개발(공기단축, 모듈화 시공기술) • 테스트베드 시운전을 통한 플랜트 안정화
	LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	• 한국형 LNG CCS의 적용을 위한 CCS의 대형화기술 개발 • CCS의 대형화에 따른 자동화 건조기술 개발 • CCS 설계 기준 정립 • LNG, BOG, FG Header 최적설계개발

(2) 핵심5과제 기술로드맵

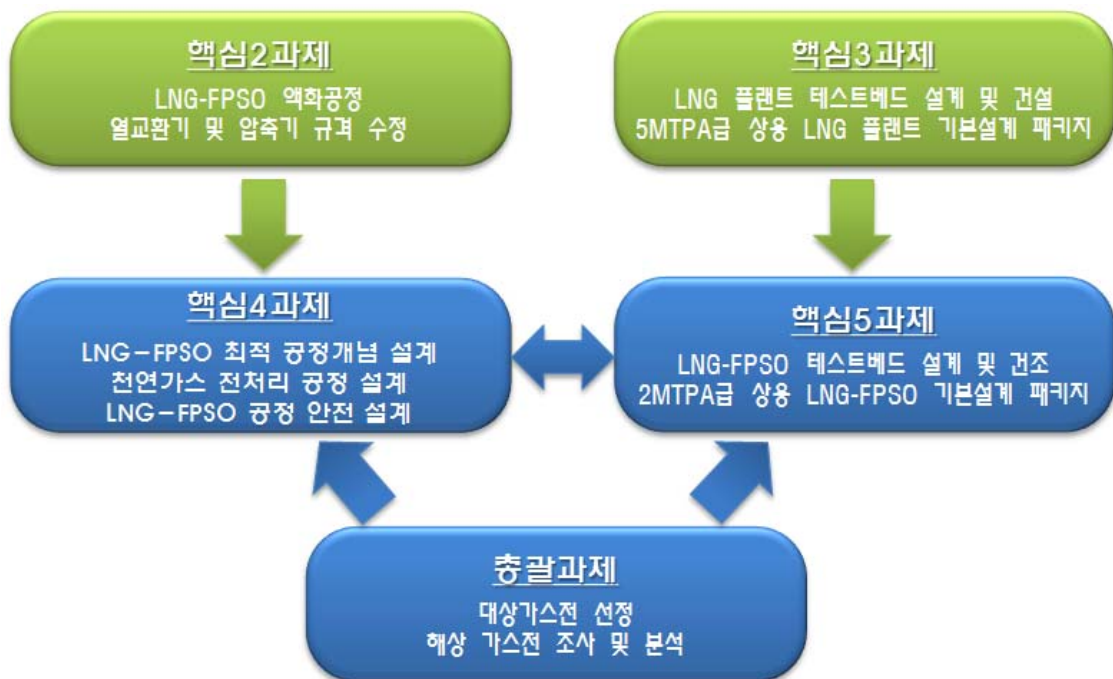
○ 핵심5과제 세부과제별 기술로드맵



[그림 2.3] 핵심5과제 기술로드맵

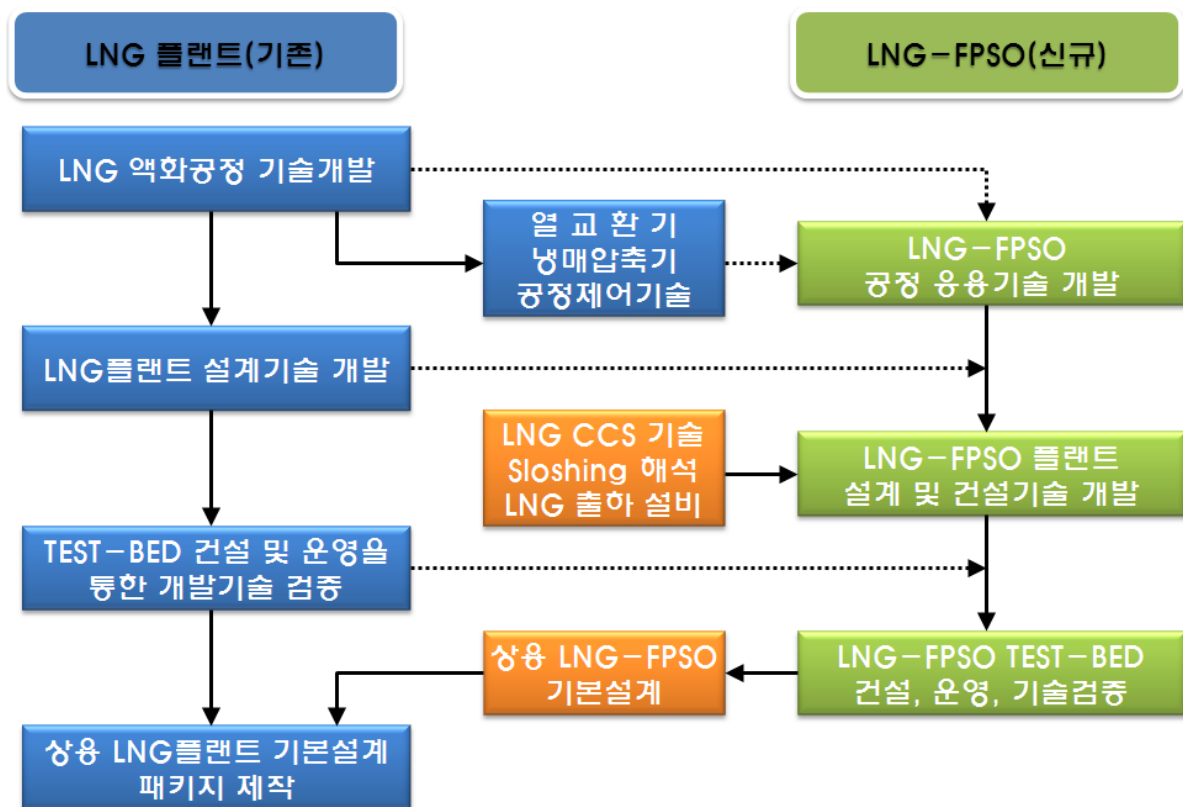
(3) LNG플랜트사업단 핵심과제와의 연계 방안

- LNG-FPSO 사업을 성공하기 위한 핵심과제 상호 연계방안은 다음과 같음
 - 총괄과제는 해외 해상 가스전을 조사하여 가스 가채량, 조성 및 해양조건에 따른 기술성과 경제성을 분석하여 LNG-FPSO 사업의 대상 해상 가스전 선정
 - 핵심4과제는 대상 해상 가스전에 적합한 최적 공정 개념설계, 천연가스 전처리 설계 및 공정 안전설계 추진
 - 핵심2과제에서 개발한 신액화 공정 중 LNG-FPSO에 적합한 공정 선정
 - 핵심2과제에서 연구개발 중인 열교환기 및 냉매압축기 개발품을 LNG-FPSO에 적합한 형식 및 용량으로 규격 다변화
 - 핵심5과제는 핵심4과제의 최적공정 개념설계, 전처리 공정 설계 및 공정 안전설계 DB를 기반으로 LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건조기술 개발 추진
 - 핵심3과제의 테스트베드 설계기술을 선상부의 제한된 공간에 설비를 배치하는 모듈화, 컴팩트화 설계기술로 업그레이드
 - 핵심3과제의 테스트베드와 연계한 LNG-FPSO 테스트베드를 추가로 건조하여 기술 검증
 - LNG 저장탱크(CCS)의 대용량화 및 탱크 내 유체 유동현상(Sloshing), LNG 출하설비(Offloading System) 등 LNG-FPSO의 특징적 연구 추진
 - 상용 2MTPA 규모의 LNG-FPSO 플랜트 기본 설계 패키지 제작



[그림 2.4] 핵심과제 상호 연계방안

- LNG플랜트 사업성과를 활용한 LNG-FPSO 사업 추진 방안은 다음과 같음
- LNG플랜트 사업의 액화공정 기술을 해상용에 적합하게 최적화하여 LNG-FPSO용 공정기술 정립
 - 열교환기 및 냉매압축기 개발품을 LNG-FPSO에 적합한 형식 및 용량으로 규격 다변화
 - 육상 LNG 플랜트 설계기술을 LNG-FPSO 선상부의 제한된 공간에 설비를 배치하는 모듈화, 컴팩트화 설계기술로 업그레이드
 - 기존 테스트베드와 연계한 LNG-FPSO 테스트베드를 추가로 건조하여 기술 검증
 - LNG 저장탱크(CCS)의 대용량화 및 탱크 내 유체 유동현상(Sloshing), LNG 출하 설비(Offloading System) 등 LNG-FPSO의 특징적 연구가 필요
 - 상용 규모의 육상 LNG 플랜트 및 LNG-FPSO 기본 설계 패키지 제작



[그림 2.5] LNG플랜트 사업성과 활용 방안

3

핵심5과제의 세부과제 목표 및 내용

- 가. 세부과제의 구성
- 나. 세부과제별 목표 및 내용
- 다. 성과목표 및 지표

3. 핵심5과제의 세부과제 목표 및 내용

가. 세부과제의 구성

○ 핵심5과제의 세부과제 구성은 다음과 같음

- 세부1과제(5-1) : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발
 - 세부1-1과제(5-1-1) : LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발
 - 세부1-2과제(5-1-2) : LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계
- 세부2과제(5-2) : LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발
- 세부3과제(5-3) : LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발

<표 3-1> 핵심5과제의 구성

핵심과제	세부과제	
핵심5과제 LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발 (5)	세부1과제 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발 (5-1)	세부1-1과제 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발 (5-1-1)
		세부1-2과제 LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계 (5-1-2)
	세부2과제 LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발 (5-2)	
	세부3과제 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발 (5-3)	

나. 세부과제별 목표 및 내용

(1) 세부1과제(5-1) : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발

(가) 연구목표 및 연구내용

- 세부1과제(5-1)의 목표는 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발하는 것임
- 세부1과제(5-1)는 핵심4과제의 공정 데이터를 기반으로 해상환경에서의 성능 검증이 가능한 테스트베드를 설계/제작하여 LNG 액화공정을 최적화한 후 이를 바탕으로 연산 2백만 톤급의 LNG-FPSO Topside의 상용 FEED 패키지 개발을 주요 연구내용으로 함

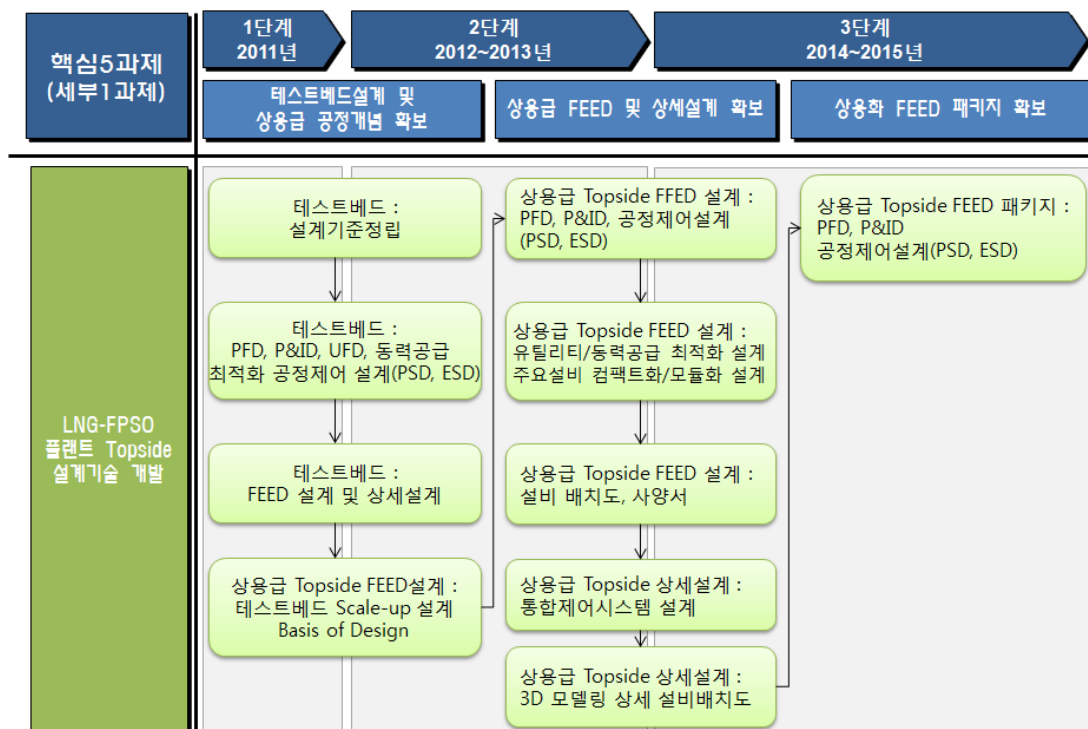
<표 3-2> 세부1과제(5-1)의 연구목표 및 내용

세부과제 연구목표	연구내용 및 범위
LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	- LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발 · 2백만톤/년급 상용 Topside FEED 패키지
	- LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계 · 100톤/일급 테스트베드 설계 · 테스트베드 FEED 패키지 · 동력공급계 최적화, 3D 모델링, 모듈화, 공정제어 기술

(나) 단계별 추진일정

<표 3-3> 세부1과제(5-1)의 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목 표	내 용
1단계	1차 년도	• 테스트베드 설계기준 정립	- 테스트베드 설계기준 정립 - 설계기준, 열 및 물질수지 분석 - 가스조성, 냉매, 생산량 기반 설계 - PFD, P&ID, UFD, 동력공급 최적화 - 제어범위 정립 - 공정제어 설계(PSD, ESD)
		• 상용급 LNG-FPSO Topside 공정 개념 설계	- Basis of Design - 테스트베드 Scale-up 설계
2단계	2차 년도	- 테스트베드 Topside 설계 - Vessel 기본설계	- 기본설계 - 상용 LNG-FPSO Vessel 기본설계
	3차 년도	- 테스트베드 Topside 상세 설계 - 상용급 LNG-FPSO Topside FEED 설계	- PFD, P&ID - 공정제어 설계(PSD, ESD 포함) - 유틸리티 및 동력공급 최적화 설계 - 주요설비 컴팩트화 및 모듈화 설계 - 설비 배치도 - 사양서
3단계	4차 년도	• 상용급 LNG-FPSO Topside 상세설계	- 통합제어시스템 설계 3D 모델링 - 상세 설비배치도
	5차 년도	2MTPA급 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 작성 - 상용 기자재 선정기준 및 가이드라인 작성	- LNG-FPSO Topside 표준서 작성 - 설계표준/지침 작성 - 기자재선정기준/가이드 작성 - 설치시방/지침 작성 - 운전/유지보수가이드 작성



[그림 3.1] 세부1과제(5-1) 기술로드맵

(다) 연구성과물 도출계획 구체화

<표 3-4> 세부1과제(5-1)의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출 계획
100톤/일급 테스트베드 개념/기본/상세설계 2백만톤/년급 Topside 개념설계	1단계	- 제4핵심과제의 공정 기초 데이터를 기반으로 테스트베드 FEED 및 설계를 수행 - 테스트베드 설계를 통해 확보된 데이터를 기초로 상용급 개념설계 수행
2백만톤/년급 Topside 기본/상세설계	2단계	- 테스트베드 설계를 통해 확보된 데이터를 기초로 상용급 기본설계 수행 - 테스트베드 시공/운전 데이터를 바탕으로 설계/시공/제어 기술검증 - 테스트베드를 통해 검증된 데이터를 바탕으로 상용급 Topside 상세설계 수행
2백만톤/년급 규모의 Topside 상용 FEED 패키지	3단계	상용급 Topside 표준서 및 FEED 패키지 작성

핵심5과제 (세부1과제)	1단계(2011) 테스트베드설계 및 상용급 공정개념 확보	2단계(2012~2013) 상용급 FEED 및 상세설계 확보	3단계(2014~2015) 상용화 FEED 패키지 확보
LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	- 테스트베드 설계 ✓ 테스트베드 설계기준정립 ✓ PFD, P&ID, UFD, 동력 공급 최적화 ✓ 공정 제어 설계(PSD, ESD) - 상용급 Topside 공정개념 설계 ✓ 테스트베드 Scale-up 설계 ✓ Basis of Design	- 상용급 Topside FEED 설계 ✓ PFD, P&ID ✓ 공정 제어 설계(PSD, ESD) ✓ 유틸리티 및 동력공급 최적화 설계 ✓ 주요설비 컴팩트화 및 모듈화 설계 ✓ 설비 배치도, 사양서 - 상용급 LNG-FPSO Vessel 기본설계 - 테스트베드 FEED 설계 및 상세설계	- 상용급 Topside FEED 패키지 작성 ✓ 설계표준/지침 ✓ 기자재 선정기준/가이드 ✓ 설치시방/지침 ✓ 운전/유지보수 가이드 - 상용급 Topside 상세 설계 ✓ 통합제어시스템 설계 ✓ 3D 모델링 ✓ 상세 설비배치도

[그림 3.2] 세부1과제(5-1) 연구성과 도출계획

(2) 세부2과제(5-2) : LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발

(가) 연구목표 및 연구내용

- 세부2과제(5-2)는 세부1과제(5-1)에서 제시하는 테스트베드 FEED를 기반으로 시공을 수행하는 과제로 정의되며, 관련된 실 현장을 상정하여 공기단축 및 모듈화 시공 등에 관한 기술을 개발함

<표 3-5> 세부2과제(5-2)의 연구목표 및 내용

세부과제 연구목표	연구내용 및 범위
LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	• 100톤/일급 테스트베드 구축 - 테스트베드 건조 - 계통제어시스템 국산화 - 모듈화 시공기술

(나) 단계별 추진일정

<표 3-6> 세부2과제(5-2)의 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	• 테스트베드 적용 현장조사 및 타당성 평가	• 테스트베드 주변 환경 평가 - 냉각수 분포, 주변공기흐름 - 입지조건 타당성 평가 • 테스트베드 경제적 타당성 평가
	2차 년도	• 테스트베드 건조 준비 (법규, 기준, 유틸리티 등)	• 테스트베드 설치 지역 법규, 공업기준 등 검토 • 전원, 유틸리티 공급망 확보
2단계	3차 년도	• 테스트베드 구성 기자재 구매, 제작	• 테스트베드 기자재 제작 - 모듈화, 패키지화 제작 • 기자재 Compact화 제작 • 기자재 구매(발주) - 제작사 기술 검토/평가/발주
	4차 년도	• 핵심설비 테스트베드 적용 • LNG-FPSO 플랜트 모듈화 시공체계 개발	• 주요장비 모듈화 시공 • 모듈화 시공체계 구축 • 통합제어시스템 설치
3단계	5차 년도	• 테스트베드 시공 및 시운전 • LNG-FPSO 플랜트 공기 개선	• 테스트베드 시운전/보완 • 플랜트 공기 단축기법 개발 • 플랜트 건조 노하우 DB화
		• LNG-FPSO 플랜트 현장 관리 기술 개발	• 표준시방, 지침 등 개발 • 현장관리 가이드(메뉴얼) 개발

(다) 연구성과물 도출계획 구체화

<표 3-7> 세부2과제(5-2)의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
100톤/일급 테스트베드	3단계	- 테스트베드 FEED를 기반으로 각 핵심과제에서 개발된 기술과 시스템의 적용성을 사전에 평가 - 평가결과를 보완하여 시스템 및 부품 등을 국산 제작 또는 도입을 통하여 테스트베드를 시공

(3) 세부3과제(5-3) : LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발

(가) 연구목표 및 연구내용

- 세부3과제(5-3)은 독자적인 국내기술로 개발된 한국형 LNG선 Cargo Containment System(KC-1) 기술을 초대형인 LNG-FPSO의 저장탱크로 확장하여 국내 기술을 한 단계 Up-grade 시킴과 동시에 LNG-FPSO 조선분야의 국제적 경쟁력 강화를 위해 다음 사항을 연구목표와 내용으로 함

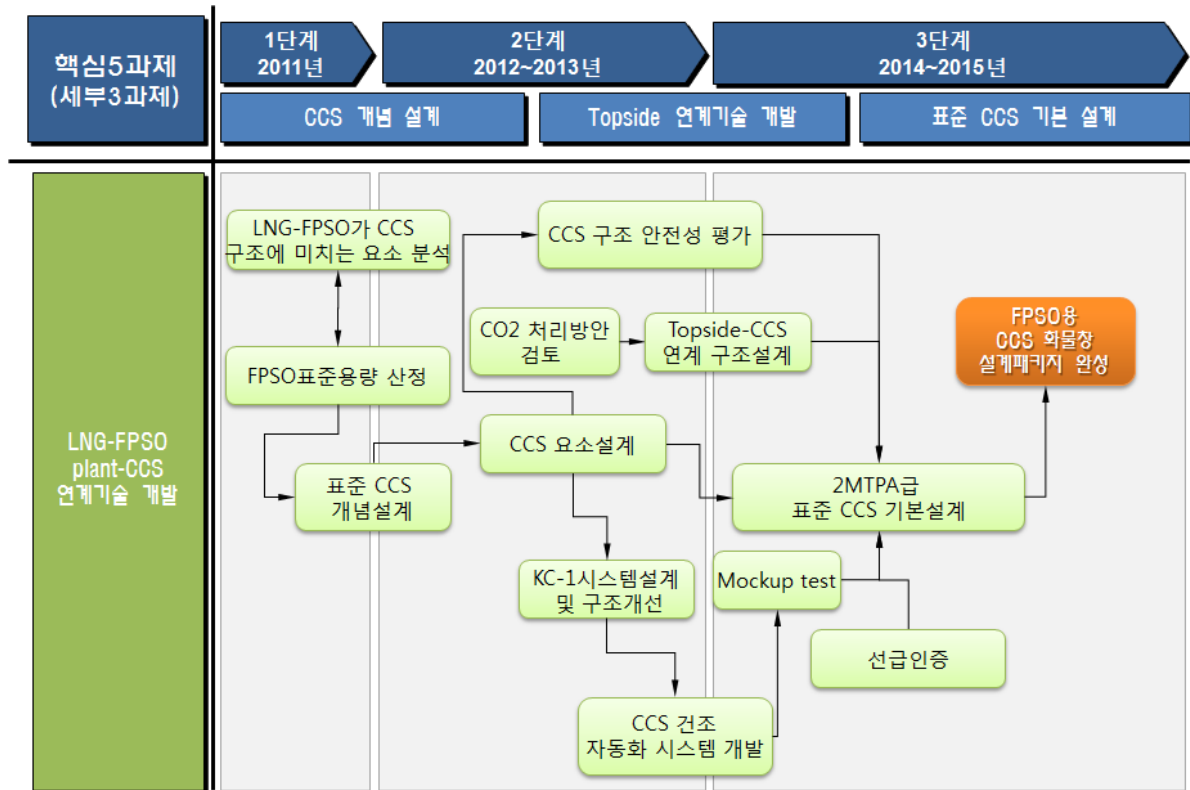
<표 3-8> 세부3과제(5-3)의 연구목표 및 내용

세부과제 연구목표	연구내용 및 범위
LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	• KC-1 시스템의 LNG-FPSO CCS 기술개발 - CCS 대형화로 인한 CCS 구조 안전성 평가 및 개선 - Topside - CCS 연계설계기술 개발 - 2 MTPA급 CCS 표준 설계 패키지 및 선급인증
	• LNG CCS의 대형화에 따른 건조 자동화 기술 개발 - CCS 건조 자동화를 위한 시스템 개발 - 건조 자동화 시스템 검증을 위한 Mock-up 시험

(나) 단계별 추진일정

<표 3-9> 세부3과제(5-3)의 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	• LNG-FPSO 설계를 위한 CCS 표준용량 선정	• 5-1 세부과제와 연계하여 결정 • 가스전, LNG선의 규모와의 연관관계 분석
		• LNG-FPSO로 인하여 CCS 미치는 영향 분석	• CCS 각 요소의 LNG-FPSO로 인한 민감도 분석 • LNG-FPSO에 미치는 주요인자 선정 • 관통배관의 구조가 CCS에 미치는 구조적 특성분석
		• CCS 개념설계	• CCS 형상, 단면, 규모, 탱크 수 등 결정
2단계	2차 년도	• LNG-FPSO CCS 요소설계	• LNG-FPSO의 거동에 따른 구조 최적화 • 멤브레인, 단열패널의 배열 등 요소설계
		• 주요 인자에 대한 CCS의 구조안전성 평가	• 주요 인자의 CCS 평가 방법 개발 • CCS 구조안전성 평가 해석 및 실험
		• KC-1 시스템의 설계 및 구조개선	• CCS의 구조개선 및 개선사항 검증 • 멤브레인, 단열 시스템의 구조개선
	3차 년도	• CCS 건조 자동화 시스템 개발	• Primary/secondary barrier 용접자동화 • Primary barrier handling system 설계 • Insulation panel handling system 설계
		• Topside 연계를 위한 CCS 구조설계	• Topside 관통노즐 배치 및 구조설계 • 관통노즐의 구조안전성 해석
3단계	4차 년도	• CCS 건조 자동화 시스템 정립	• CCS 건조 자동화 설비 제작 검증 • CCS 건조 자동화 시스템 Mock-up 시험
		• 2MTPA급 CCS 핵심요소 해석기술 정립	• 방열구조체, 멤브레인 등 핵심요소 응력해석 • Topside 연계요소 응력해석
	5차 년도	• 2MTPA급 CCS 기본설계패 키지 제작	• CCS 표준설계 계산서 작성 • CCS 표준설계 도면 작성



[그림 3.3] 세부3과제(5-3) 기술로드맵

(다) 연구 성과물 도출계획 구체화

<표 3-10> 세부3과제(5-3)의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
• CCS 개념설계	1단계	• LNG선 및 FPSO 건조 중인 조선업체의 참여를 유도하여 설계 수행
• CCS 대형화에 따른 주요인자 분석보고서	1단계	• 조선사 및 선급 등의 참여를 통한 수행
• CCS 구조안전성 평가 보고서	2단계	• LNG선 CCS 시스템 개발자의 참여를 통한 평가 수행 • 선급을 통한 자료 검토 추진 • 주요 요소에 대한 실험 검증
• CCS 건조 자동화 시스템 설계도	2단계	• Mock-up 시험을 통한 자동화 시스템의 검증 • FPSO 제작사인 조선업체의 참여를 통한 설계서 검토
• 2MTPA급 CCS 표준설계서	3단계	• LNG선 설계 참여자 및 LNG 기지 설계자의 참여를 통한 표준설계서 검토 • 선급을 통한 자료검토 추진 • 인수기지의 설계 경험자의 참여로 Topside 설계와 안정적인 연계기술을 고려하여 수행

핵심5과제 (세부3과제)	1단계(2011) CCS 개념 설계	2단계(2012~2013) Topside 연계기술 개발	3단계(2014~2015) 표준 CCS 기본 설계
LNG-FPSO plant-CCS 연계기술 개발	• CCS 표준용량 검토보고서 • CCS 개념설계도서 • FPSO가 CCS에 미치는 주요인자 분석 보고서 • 관통배관이 CCS에 미치는 영향 검토보고서	• CCS시스템 구조안전성 검토보고서 • Top side 연계 관통노즐 표준배치도 • CCS 자동건조시스템 설계도서 • CCS구조개선 요약서	• 선급인증서 • Top side 연계를 고려한 2MTPA급 표준 CCS 기본설계도서 • CCS설치자동화 장치 설계도

[그림 3.4] 세부3과제(5-3) 연구성과 도출계획

다. 성과목표 및 지표

(1) 핵심5과제의 성과목표 및 성과지표

<표 3-11> 핵심5과제의 성과목표 및 지표

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
과학기술적 연구성과 향상	1-1	학술지 논문	논문수	25	0.05	기획보고서
	1-2	특허 출원	출원 건수	16	0.10	기획보고서
	1-3	학술회 발표	발표 수	24	0.05	기획보고서
기술개발 역량 향상	2-1	산학연 협력	활동 건수	19	0.02	기획보고서
	2-2	연구보고서	보고서	16	0.03	
	2-2	테스트베드	성과건수	6	0.03	기획보고서
	2-3	산학연 기술지원	활동 건수	16	0.03	기획보고서
	2-4	해외 현장조사	활동 건수	14	0.02	
사회·경제적 파급효과 증대	3-1	연구개발 홍보	활동 건수	15	0.07	기획보고서
	3-2	기술 확산 교류	활동 건수	16	0.03	기획보고서

<표 3-12> 핵심5과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내외)	3	9	13	25
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내외)	2	7	7	16
		일반	1-7. 학술회의 발표 논문건수(국내외)	2	9	13	24
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	3	6	10	19
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	4	6	6	16
		핵심	LNG-FPSO 테스트베드설계기술(고유)	1	4	1	6
		핵심	23-2. 산학연 기술지원 건수	2	5	9	16
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	4	6	4	14
	사회·경제적 파급 효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	2	6	7	15
		일반	3-2. 기술 확산을 위한 상호교류 정도	2	6	8	16

(2) 세부1과제(5-1)의 성과목표 및 성과지표

<표 3-13> 세부1과제(5-1)의 성과목표 및 지표

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
과학기술적 연구성과 향상	1-1	학술지 논문	논문 수	10	0.05	기획보고서
	1-2	특허 출원	출원 건수	7	0.10	기획보고서
	1-3	학술회 발표	발표 수	10	0.05	기획보고서
기술개발 역량 향상	2-1	산학연 협력	활동 건수	9	0.02	기획보고서
	2-2	연구보고서	보고서	6	0.03	
	2-2	테스트베드	성과건수	3	0.03	기획보고서
	2-3	산학연 기술지원	활동 건수	6	0.03	기획보고서
	2-4	해외 현장조사	활동 건수	5	0.02	
사회,경제적 파급효과 증대	3-1	연구개발 홍보	활동 건수	5	0.07	기획보고서
	3-2	기술확산 교류	활동 건수	5	0.03	기획보고서

<표 3-14> 세부1과제(5-1)의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내외)	1	4	5	10
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내외)	1	4	2	7
		일반	1-7. 학술회의 발표 논문건수(국내외)	1	4	5	10
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	2	3	4	9
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	2	2	2	6
		핵심	LNG-FPSO 테스트베드설계기술(고유)	1	2	0	3
		핵심	23-2. 산학연 기술지원 건수	1	2	3	6
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	2	2	1	5
	사회·경제적 파급 효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	1	2	2	5
		일반	3-2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	1	2	2	5

(3) 세부2과제(5-2)의 성과목표 및 성과지표

<표 3-15> 세부2과제(5-2)의 성과목표 및 지표

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
과학기술적 연구성과 향상	1-1	학술지 논문	논문수	6	0.05	기획보고서
	1-2	특허 출원	출원 건수	4	0.10	기획보고서
	1-3	학술회 발표	발표 수	6	0.05	기획보고서
기술개발 역량 향상	2-1	산학연 협력	활동 건수	4	0.02	기획보고서
	2-2	연구보고서	보고서	4	0.03	
	2-2	테스트베드	성과건수	3	0.03	기획보고서
	2-3	산학연 기술지원	활동 건수	4	0.03	기획보고서
	2-4	해외 현장조사	활동 건수	3	0.02	
사회·경제적 파급효과 증대	3-1	연구개발 홍보	활동 건수	5	0.07	기획보고서
	3-2	기술확산 교류	활동 건수	6	0.03	기획보고서

<표 3-16> 세부2과제(5-2)의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구 성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내외)	0	2	4	6
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내외)	0	1	3	4
		일반	1-7. 학술회의 발표 논문건수(국내외)	0	2	4	6
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	0	1	3	4
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	0	2	2	4
		핵심	LNG-FPSO 테스트베드설계기술(고유)	0	2	1	3
		핵심	23-2. 산학연 기술지원 건수	0	1	3	4
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	0	2	1	3
	사회·경제적 파 급효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	0	2	3	5
		일반	3-2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	0	2	4	6

(4) 세부3과제(5-3)의 성과목표 및 성과지표

<표 3-17> 세부3과제(5-3)의 성과목표 및 지표

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
과학기술적 연구성과 향상	1-1	학술지 논문	논문수	9	0.05	기획보고서
	1-2	특허 출원	출원 건수	5	0.10	기획보고서
	1-3	학술회 발표	발표 수	8	0.05	기획보고서
기술개발 역량 향상	2-1	산학연 협력	활동 건수	6	0.02	기획보고서
	2-2	연구보고서	보고서	6	0.03	
	2-2	테스트베드	성과건수	1	0.03	기획보고서
	2-3	산학연 기술지원	활동 건수	6	0.03	기획보고서
	2-4	해외 현장조사	활동 건수	6	0.02	
사회, 경제적 파급효과 증대	3-1	연구개발 홍보	활동 건수	5	0.07	기획보고서
	3-2	기술확산 교류	활동 건수	5	0.03	기획보고서

<표 3-18> 세부3과제(5-3)의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별 목표치			최종 목표치
				1	2	3	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1-1. 학술지 게재 논문건수(국내외)	2	3	4	9
		핵심	4-1. 특허출원 건수(국내외)	1	2	2	5
		일반	1-7. 학술회의 발표 논문건수(국내외)	1	3	4	8
	기술개발 역량 향상	일반	23-3. 과제당 산학연 협력 활동건수	1	2	3	6
		일반	과제 연구보고서(고유)	2	2	2	6
		핵심	LNG-FPSO 테스트베드설계기술(고유)	0	0	0	0
		핵심	23-2. 산학연 기술지원 건수	1	2	3	6
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	2	2	2	6
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3-1. 연구개발 관련 홍보건수	1	2	2	5
		일반	3-2. 기술 확산을 위한 상호교류 정도	1	2	2	5

4

소요예산

가. 소요예산의 적정성 검토 및 편성기준

나. 핵심5과제 소요예산

다. 세부과제 소요예산

4. 소요예산

가. 소요예산의 적정성 검토 및 편성기준

- 핵심5과제가 포함되어 있는 LNG-FPSO 사업은 대규모 예산(정부출연금 290억 원, 민간부담금 140억원)이 투입되는 연구개발 사업으로 소요예산의 명확한 산출 근거를 제시하고 관련 규정 범위에서 산출되었는지 검토함
 - 사업의 특성상 실용화 성격이므로 이에 적합한 정부출연금과 민간부담금의 비율을 검토하고 실질적으로 핵심 기술개발에 소요되는지 검토함
- 소요예산은 관련 규정 및 지침에 의거하여 편성하고 적정성과 적합성을 검토함
 - 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 동 시행규칙
 - 국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정(개정 2009. 2. 11) 및 동 관리지침(제정 2009. 6. 30)
 - 건설교통기술연구개발사업단과제 관리지침(개정 2009. 12. 14)
- 소요예산의 비목은 인건비, 직접비, 위탁연구개발비, 간접비로 구성함
 - 소요예산 산정시 LNG플랜트사업단 상세기획과 핵심1, 2, 3과제의 예산 계획 및 집행을 고려하여 산정함

「소요예산 편성기준」

- ☐ 인건비(내·외부인건비) : 일반적 단일과제 기준으로 각 세부과제별 예산 대비 인력 검토
- ☐ 직접비(연구장비·재료비, 연구활동비, 연구수당)
 - 기자재/시작품/재료비(실소요 경비) : 각 세부과제별로 투입되는 수량의 적절성과 추정 비용에 대한 연구진 및 전문가의 검토
 - 수용비, 연구활동비, 기술정보비 : 관련 규정에 따름
 - 여비 : 전체 연구비의 10% 이내
 - 기술정보 활동비 : 10% 이내(과제 특성에 따라 조정)
 - 과제관리비 : (인건비 × 3%) 이내
 - 연구수당 : (인건비 × 20%) 이내
- ☐ 위탁연구개발비 : (인건비 + 직접비) × 40% 이내
- ☐ 간접비(인력지원비, 연구지원비, 성과활용지원비) : (인건비 + 직접비) × 17% 이내
 - ※ “국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정” 중 간접비율이 고시되지 아니한 기관의 간접비율 적용

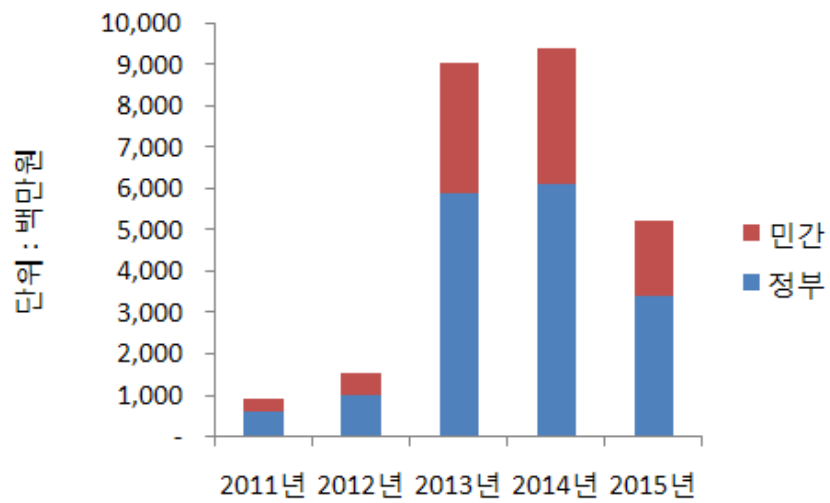
나. 핵심5과제 소요예산

- 핵심5과제 예산은 5년간 총 261.5억원이며, LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발을 최종 목표로 함
- 핵심5과제 예산은 단계적으로 1단계 9.24억원(3.5%), 2단계 105.87억원(40.5%), 3단계 146.43억원(56%)으로 편성함
- 핵심5과제는 중소기업 규모의 기업체와 산학연 연구를 수행하는 것을 기준으로 해당 예산의 35% 수준에서 민간부담금을 편성함
- 핵심5과제는 테스트베드 건조을 위해 직접비의 비중이 높고 3~5차년도에 예산이 집중되어 있으며, 예산 비목 구성은 인건비 33%, 직접사업비 59%, 간접사업비 5%, 위탁사업비 3%를 차지함
- 핵심5과제 예산내역은 다음과 같음
 - 세부1과제(5-1) 예산은 5년간 총 76.9억원으로 LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계 기술 개발을 추진함
 - 세부2과제(5-2) 예산은 3년간 총 138.5억원으로 LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발을 추진함
 - 세부3과제(5-3)는 예산은 5년간 총 46.2억원으로 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발을 추진함

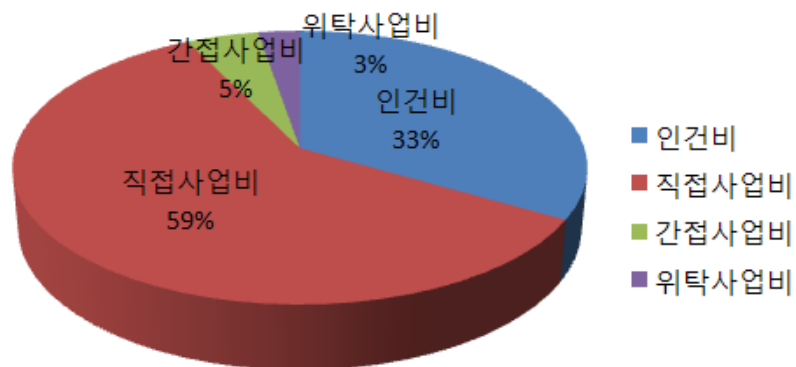
<표 4-1> 핵심5과제 예산

(단위 : 백만원)

구분		1단계	2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요 예산	인건비	417	515	2,935	3,149	1,688	8,704
	직접사업비	409	908	5,539	5,549	3,125	15,530
	간접사업비	53	89	329	398	348	1,217
	위탁사업비	45	28	244	320	66	703
합계		924	1,540	9,047	9,416	5,227	26,154
재원 조달	정부	600	1,000	5,880	6,120	3,400	17,000
	민간	324	540	3,167	3,296	1,827	9,154
합계		924	1,540	9,047	9,416	5,227	26,154



[그림 4.1] 핵심5과제 예산 재원



[그림 4.2] 핵심5과제 비목별 예산

다. 세부과제 소요예산

(1) 세부1과제(5-1) 연구비

<표 4-2> 핵심5과제, 세부1과제(5-1) 예산

(단위 : 백만원)

핵심과제	과제 번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
LNG-FPSO 플랜트 설계기술 개발	5-1	LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발	-	-	-	-
	5-1-1	LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발	3,000	227	1,389	4,616
	5-1-2	LNG-FPSO 테스트베드 및 전처 리 FEED 설계	2,000	150	926	3,076
	계		5,000	377	2,315	7,692

<표 4-3> 핵심5과제, 세부1과제(5-1) 비목별, 연차별 예산내역

(단위 : 백만원)

구분			1단계	2단계		3단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요 예산	인건비		140	230	925	1,105	415	2,815
	직접사업비		270	500	1,092	1,290	880	4,032
	간접사업비		7	12	47	55	21	142
	위탁사업비		45	28	244	320	66	703
합계			462	770	2,308	2,770	1,382	7,692
재원 조달	정부		300	500	1,500	1,800	900	5,000
	민간	현금	23	38	113	136	67	377
		현물	139	232	695	834	415	2,315
합계			462	770	2,308	2,770	1,382	7,692

<표 4-4> 핵심5과제, 세부1과제(5-1) 예산 산정내역

(단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(연구임원, 수석, 책임, 선임, 원)	2,815
직접비	기자재	전문코드임차료(HYSYS, FLOWMASTER 등) : 750 전문코드유지비(NEPTUNE, FLUENT 등) : 300 공정해석장비(워크스테이션 등) : 150	1,200
	전산처리 및 관리비	전문코드감가상각(FLACS, NEPTUNE 등): 17	17
	기술정보활동비	전문가활용비 : 1,000 정보활동비 : 50 교육훈련비 : 135 엔지니어링컨설팅비 : 1,350 학회/세미나/문헌구입비 : 35 기타(수용/수수료, 연구활동비) : 10	2,580
	여비	국내여비 : 35 국외여비 : 200	235
	소 계		4,032
위탁연구비		대학 : 250 엔지니어링사 : 453	703
간접비		과학문화활동비, 지적재산권 확보	142
합 계			7,692

(2) 세부2과제(5-2) 연구비

<표 4-5> 핵심5과제, 세부2과제(5-2) 예산

(단위 : 백만원)

핵심과제	과제 번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
LNG-FPSO 플랜트 설계기술 개발	5-2	LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	9,000	679	4,168	13,847
	계		9,000	679	4,168	13,847

<표 4-6> 핵심5과제, 세부2과제(5-2) 연차별, 비목별 예산내역

(단위 : 백만원)

구분		1단계	2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
소요 예산	인건비	0	0	1,680	1,553	636	3,869	
	직접사업비	0	0	3,752	3,587	2,025	9,364	
	간접사업비	0	0	168	214	232	614	
	위탁사업비	0	0	0	0	0	0	
합계		0	0	5,600	5,354	2,893	13,847	
재원 조달	정부	0	0	3,640	3,480	1,880	9,000	
	민간	현금	0	0	275	262	142	679
		현물	0	0	1,685	1,612	871	4,168
합계		0	0	5,600	5,354	2,893	13,847	

<표 4-7> 핵심5과제, 세부2과제(5-2) 예산 산정내역

(단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임, 선임, 원) 기술원(특급, 고급, 중급)	3,869
직접비	기자재	천연 가스 분석기(질량) 시스템 해석 장비(워크스테이션) CAD system 데이터 센터 플로터	3,465
	재료비	밸브류(고압밸브, 정압기, 피팅 등) 유량 센서류 기타 전산처리, 재료비	2,156
	시작품	Dehydration 공정 외	2,600
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	1,143
	소 계		9,364
위탁연구비			
간접비		간접경비, 연구개발준비금 등	614
합 계			13,847

○ 테스트베드 기자재 예산(안)

<표 4-8> 테스트베드 기자재 예산(안)

(정부출연금 기준, 단위 : 백만원)

항 목	총 계	정부출연금				민간 부담금
		소계	'13년	'14년	'15년	
○ 전처리 설비	750	750	350	400	0	0
- Fractionation	200	200	100	100	0	0
- BOG Compressor	350	350	150	200	0	0
- Heater & Cooler	200	200	100	100	0	0
○ 액화공정설비	4,000	4,000	2,190	1,660	150	0
- Cold Box	700	700	300	400	0	0
- Heat Exchanger	200	200	100	100	0	0
- Compressors	2,500	2,500	1,500	1,000	0	0
- Column & Vessel	200	200	100	50	50	0
- Coolers	200	200	100	50	50	0
- Refrigerant Tank	100	100	50	30	20	0
- Miscellaneous	100	100	40	30	30	0
○ 배관설비	350	350	100	210	40	0
- 초저온밸브	150	150	30	100	20	0
- 초저온배관	100	100	40	60	0	0
- 기타	100	100	30	50	20	0
○ 계장설비	450	450	100	280	70	0
- 제어설비	150	150	50	80	20	0
- 현장계측기	300	300	50	200	50	0
○ 전기설비	200	200	80	100	20	0
- 수전설비	100	100	50	50	0	0
- 현장전기설비	100	100	30	50	20	0
○ 유틸리티설비	100	100	40	40	20	0
- 소방설비 등	100	100	40	40	20	0
○ 기 타	200	200	80	80	40	0
합 계	6,050	6,050	2,940	2,770	340	

※ 외산 기자재 구입비용은 환율 1,000원/US\$ 기준으로 산출된 금액임

○ 테스트베드 건조비용(자재 및 공사비 포함)

<표 4-9> 테스트베드 건조비용

(단위 : 백만원)

항 목	합 계	정부 출연금	민간 부담금	'13년	'14년	'15년	비 고
1. 기자재	6,050	6,050	0	2,940	2,770	340	
• 전처리설비	750	750	0	350	400	0	
• 액화공정설비	4,000	4,000	0	2,190	1,660	150	
• 배관설비	350	350	0	100	210	40	
• 계장설비	450	450	0	100	280	70	
• 전기설비	200	200	0	80	100	20	
• 유틸리티설비	100	100	0	40	40	20	
• 기타	200	200	0	80	80	40	
2. 시 공	2,000	0	2,000	750	800	450	
• 토목공사	200	0	200	150	50	0	민간
• 건축공사	250	0	250	150	100	0	민간
• 기계공사	300	0	300	100	100	100	민간
• 배관공사	300	0	300	100	100	100	민간
• 전기공사	450	0	450	100	250	100	민간
• 계장공사	300	0	300	100	100	100	민간
• 소방공사	100	0	100	0	50	50	민간
• 가설공사	100	0	100	50	50	0	민간
3. 시운전.개선	1,250	950	300	50	100	1,100	
• 시운전	300	0	300	0	0	300	민간
• 시험평가	100	100	0	0	0	100	
• 성능개선	500	500	0	0	0	500	
• 유지보수	200	200	0	50	100	50	
• 냉매등 케미컬	150	150	0	0	0	150	
4. 운 영	2,000	2,000	0	650	610	740	
• 테스트베드 운영	2,000	2,000	0	650	610	740	
5. 관리비	2,547	0	2,547	1,210	1,074	263	
• 과제 관리비	2,547	0	2,547	1,210	1,074	263	민간
합 계	13,847	9,000	4,847	5,600	5,354	2,893	

(3) 세부3과제(5-3) 연구비

<표 4-10> 핵심5과제, 세부3과제(5-3) 예산

(단위 : 백만원)

핵심과제	과제 번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
LNG-FPSO 플랜트 설계기술 개발	5-3	LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	3,000	226	1,389	4,615
	계		3,000	226	1,389	4,615

<표 4-11> 핵심5과제, 세부3과제(5-3) 비목별, 연차별 예산내역

(단위 : 백만원)

구분		1단계	2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
소요 예산	인건비	277	285	330	491	637	2,020	
	직접사업비	139	408	695	672	220	2,134	
	간접사업비	46	77	114	129	95	461	
	위탁사업비	0	0	0	0	0	0	
합계		462	770	1,139	1,292	952	4,615	
재원 조달	정부	300	500	740	840	620	3,000	
	민간	현금	23	38	56	63	46	226
		현물	139	232	343	389	286	1,389
합계		462	770	1,139	1,292	952	4,615	

<표 4-12> 핵심5과제, 세부3과제(5-3) 예산 산정내역

(단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임, 선임, 원) 기술원(특급, 고급, 중급)	2,020
직접비	기자재	PLC control programing system Multi-strain measurement system Fiber optic measurement system 3D modeling & Analysis system 멤브레인 금형 멤브레인 현장 자동용접시스템	554
	재료비	소재류(STS304L, AL5083-O, PUF 등) 기자재류(컨트롤러, 마이크로 컴퓨터 등) 멤브레인시스템 시험용 자재 등 공압실린더, 제어밸브, 튜브 등 전산처리, 재료비	877
	시작품	개선된 멤브레인 현장 자동용접시스템 Movable scaffolding system (시험용 부분실물규모) Movable scaffolding system test-bed Movable scaffolding system 모형 (전시, 홍보용)	518
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	185
	소 계		2,134
	위탁연구비		
간접비		간접경비, 연구개발준비금 등	461
합 계			4,615

5

기술개발 효과 및 성과활용 방안

가. 기술개발 효과

나. 성과활용방안

5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안

가. 기술개발 효과

(1) 경제적 파급효과

○ LNG-FPSO Topside Plant 엔지니어링 설계 사업을 통한 수익창출

- 설계용역비 : 30억불 × 2척/년 × 3% = 1.8억불/년
- LNG-FPSO 저장탱크에 확대 적용을 통한 원가절감
- LNG-FPSO 저장탱크 원가절감 : 1억불/척 × 2척/년 × 10% = 0.2억불/년

<표 5-1> 경제적 파급효과 분석

항 목	기대효과	산출내역	비 고
수출액	60억불	30억불 × 2척/년	조선사
설계용역비	1.8억불	60억불/년 × 3%	Topside 설계사
외화가득율	18억불	60억불 × 30%	기자재, 설계 등
생산유발효과	75억불	60억불 × 1.25	산업연관효과 1.25
고용유발효과	9,644명	2,411명 × 2척 × 2	LNG선의 2배 적용

○ LNG-FPSO 플랜트 부품소재 산업 내수 유발 효과

- 플랜트 관련 업체의 국산 기자재 사용 비율은 평균 51% 수준임
 - 담수 분야는 약 70~90%의 높은 국산 기자재 사용률을 보임
 - LNG 분야는 현재 국산 기자재 사용 비율이 약 10~30%에 불과하나 본 사업을 통해 50% 수준 이상으로 상승시키면 플랜트 부품 소재 산업의 내수 유발 효과 발생
- LNG-FPSO 해외 수주 호조는 플랜트 관련 국산 기자재 수출로 향상으로 향후 수출기반 확충에 크게 기여 할 것임
 - 최근 수년간 해외플랜트 수주 호조의 영향으로 플랜트 관련 수출액이 최근 5년간(2003~2007) 연평균 30% 증가

○ 국가에너지 자급률 확보 효과

- 해외 가스전에 진출하여 청정에너지 연료를 생산·도입으로 국가에너지 자급률에 기여할 수 있음
- 1차 에너지 중 석유 의존도를 낮출 수 있음(2004년 의존도 : 45.6% → 37%로 낮출 수 있음)

(2) 기술적 파급효과

- 국내 자립의 LNG-FPSO 플랜트 설계·건조기술 확보
 - 테스트베드 건조 및 운영을 통한 시공 기술 및 관련 매뉴얼 확보

<표 5-2> 기술수준 분석

(세계 최고 수준을 100으로 기준)

항 목	기술수준		세계최고 수준 (기관명/국가)
	현재수준	도달목표	
Topside Plant 액화공정 기술	20	100	APCI/미국
Topside Plant 기본설계 능력	30	100	APCI/미국
Topside Plant 위험도 분석	20	80	DNV Consulting 노르웨이
LNG 화물창-플랜트 연계기술	60	100	GTT/프랑스

(3) 사회·문화적 파급 효과

- 연구개발 시설 확충으로 국가 효율성 극대화
 - LNG-FPSO 건조기술 실증을 위한 실험시설 및 인력 구비 (현재 전무)
 - 지속적인 신산업플랜트 개발 및 검증에 활용 가능
 - 연구개발에 다양한 국내기업들이 참여를 유도하므로 해외시장 진출 시 컨소시엄 구성으로 Risk 분산 및 사업 추진력 향상 가능

나. 성과활용방안

- LNG-FPSO 테스트베드 연계 해외 플랜트 시장 진출
 - LNG 가치사슬 요소 (천연가스 생산 → LNG 생산, 저장 → 운송 → 저장 → 재기화 → 소비)가 제한적인 국내 여건에서 대규모 연구개발 사업 및 테스트베드 구축을 통하여 기술의 신뢰성과 완성도 제고
- 국내 공기업, 민간 주도의 해외 가스전 사업권과 연계하여 우리 기술 적용
- 현장 수행 실적과 독자 기술을 토대로 원격지 중소 가스전을 대상으로 기획, 개발형 건설사업의 모델을 개발·적용하여 시장 경쟁력 강화

6

테스트베드 사업 적용 방안

- 가. 테스트베드 건조 추진의 타당성
- 나. 테스트베드 구성 및 규모 시나리오
- 다. 입지 시나리오
- 라. 테스트베드 비용 산정 및 근거
- 마. 건조계획
- 바. 사후 활용계획 분석

6. LNG-FPSO 테스트베드 사업 적용 방안

가. 테스트베드 건조 추진의 타당성

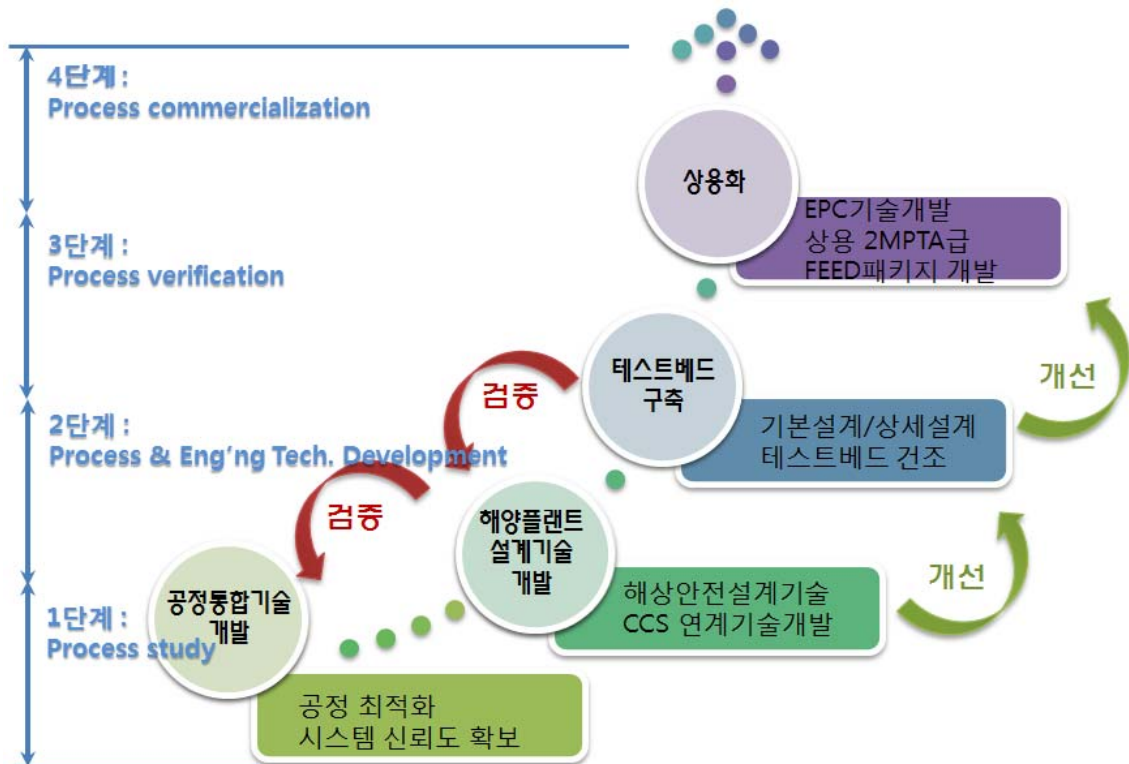
(1) 테스트베드의 정의

- 건설교통기술연구개발사업 사업단 운영관리지침 제1장 총칙, 2. 용어의 정의에 의하면, 테스트베드라 함은 “대형기술의 실용화를 목적으로 시범적용을 위한 시험 공간 시설물 시스템”을 말함
- LNG-FPSO 사업에서는 테스트베드를 다음과 같은 목적으로 활용하고자 함
 - 대용량·대형 Train Size 적용을 위한 Process Engineering 및 건조 관리 기술 개발
 - LNG-FPSO Topside 엔지니어링 자립을 위해 Module형으로 제작하여 부분적으로 Pilot Test가 완료된 국산 시작품을 Test 할 수 있도록 구성
 - 각 단계별로 성능 및 효과를 Monitoring 할 수 있는 Sampling 설비와 계기 설치로 운전 Data 축적
 - 고효율 운전기술 개발을 위한 최적화 및 안전설계
 - LNG-FPSO 플랜트 자동제어 시스템의 개발 및 적용을 통한 기술 축적
 - 건조공사의 내역을 표준품셈을 적용하여 공정하게 관리
- 본 사업에서 목표로 하는 테스트베드 크기는 해양 중소 가스전을 대상으로 2 MTPA 규모의 플랜트임

(2) 테스트베드의 기술적 필요성

- 세계 시장에 한국의 LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건조 역량을 알리기 위해 테스트 베드를 통하여 개발된 기술의 검증이 필요함
- 국가의 지원이 없이 국내 기업 자체적으로 관련 기술을 개발하는 것은 어려움이 따름
 - 수백억 원의 비용이 들어가는 테스트베드에 대한 투자는 기업이 공사수주를 통해 이윤 창출이 가능한 범위 내에 국한되고, 기업의 위험부담을 최대한 감소시키는 방향으로 투자될 것임
 - 다방면의 기반기술이 필요한 LNG-FPSO 플랜트 기술 개발에 대한 산학연 기술 개발 컨소시엄도 구성하기도 어려움

- LNG-FPSO 플랜트 산업에서 한국은 선상부(Topside)에 대한 FEED 기술이 없어서 해외기술에 의존함에 따라 수주금액의 50% 이상의 기회손실이 발생하고 있음
 - 발주처 입장에서 수조원 이상의 대규모 투자비용이 들어가는 프로젝트에 실적과 경험이 없는 EPC 업체를 선택하기 어려움
- LNG-FPSO 플랜트 산업 육성을 위하여서는 LNG-FPSO Topside 엔지니어링 기술 확보와 LNG-FPSO 건조기술 개발을 동시에 병행하여 추진하여야 함
 - LNG-FPSO 사업에서 EPC 기술의 입증을 위해서 테스트베드를 건조하는 과정은 EPC 기술뿐만 아니라 개발 공정의 성능을 확인하는 과정임
 - 개발된 공정 그 자체의 성능 입증 뿐 아니라 이 과정을 거쳐서 여러 가지 알려지지 않았던 다양한 설계 인자들이 각각의 공정 계통에 어떤 작용을 하고, 최종적으로 LNG 생산에 어떤 영향을 미치는가를 확인할 수 있는 과정으로 전처리 및 액화 공정개발 연구에서 반드시 다루어져야 할 내용임
 - 독자적인 공정을 개발하더라도 테스트베드를 통한 실증이 이루어 지지 않으면 국내외에서 독자개발 공정의 상업성을 절대로 납득시키기 어려움



[그림 6.1] LNG-FPSO 과제 수행에 따른 테스트베드의 중요성

- 외국 기술사의 라이선스를 이용하여 LNG-FPSO 플랜트 설계기술만을 개발한다면
상기와 같은 기술 정보(개발 기술 검증, 문제점 개선방안 등)는 자체적으로 축적
하기 어려움
 - ※ 특히 핵심4과제인 액화 공정 최적화와 핵심5과제인 플랜트 건조기술 개발에
있어서 반드시 필요한 사항임
- 개발된 공정을 축소 설계 및 제작, 운전해 봄으로써 개발된 공정의 성능과 설계
사양의 입증은 기본 목적으로 함
 - 설계조건 변경에 대한 설계 능력을 확보하고 궁극적으로는 공정의 개선과 공정의
성능 보증에 대한 기본 기술 확립
 - ※ 설계의 개선이 필요한 사항, 설계 조건 변경에 대한 공정의 생산량, 단위 소요
동력의 변화와 열에너지 필요량, 주요 공정 흐름에 대한 운전 데이터 등을
확보하여 분석
 - Simulation Model과 실 운전의 차이 정도를 규명해서 향후 설계 시 기본 자료를
확보하고, 각 조건마다 생산되는 LNG, 소요 동력 등의 공정 자료들을 바탕으로
성능보증에 대한 내부 설계인자 확보
- 테스트베드 세부 설계 과정에서의 여러 가지 사항 등은 기존의 경험을 바탕으로 한
설계기술 자문과 이를 설계 기술로 축적하고 활용할 수 있는 전담팀 구성이 필요함
- LNG플랜트사업단의 LNG 액화플랜트용 테스트베드 1, 2를 운전해 본 경험을 바탕으로
시운전을 수행하되 시운전 및 안전 분야 전문가를 통한 시운전 훈련을 실시할
필요가 있음

나. 테스트베드 구성 및 규모 시나리오

(1) 테스트베드의 기본 조건

- 테스트베드의 기본 조건은 개발 기술의 실용화 및 실증화를 추진할 수 있어야 함
 - 테스트베드는 LNG-FPSO 플랜트 기술개발을 위한 기반과 LNG-FPSO 해외 수주를
위한 기반 시범시설로서 개발되는 기술의 조기 실용화 및 사업화를 유도할 수
있어야 함
 - 개발되는 실용화 기술과 핵심설비의 국산화 기술 및 관련 기반 원천기술에 대한
현장 적용성을 검증할 수 있는 기능을 보유하여야 함에 따라 테스트베드는 단순한
사업장이 아닌 실험시설 및 종합연구센터로서 조성되어야 함

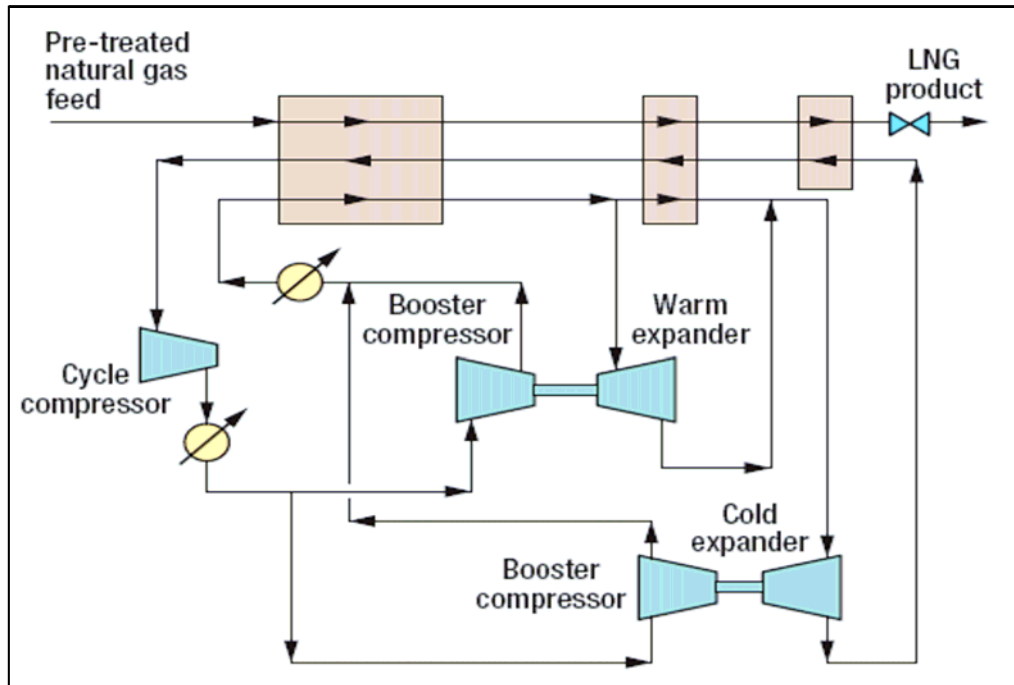
<표 6-1> 테스트베드의 기본조건

항목	기본조건	내용 및 배경
기능	종합 연구기반으로서의 기능 보유	- 설계/건조 및 공정개발 성과물에 대한 실증 실험뿐만 아니라 개발되는 실용화 기술과 요소 핵심설비의 국산화 기술 및 관련 기반 원천 기술에 대한 현장 적용성을 검증할 수 있는 기능을 보유하여야 함 - 테스트베드는 단순한 사업장이 아닌 실험시설 및 종합연구센터로서 조성되어야 함
원료수급	천연가스 공급의 용이성	테스트베드를 저비용으로 효율적인 운전을 하기 위해서는 원료가 되는 천연가스의 공급이 주변 여건에 영향 받지 않고 원활하게 이루어져야 함
생산품(LNG)의 처리	LNG 소비/처리의 용이성	테스트베드를 통하여 생산되는 LNG의 효율적인 처리가 가능해야 함(LNG 저장탱크, 재기화 설비 등의 유무 등)
인허가사항	테스트베드 설치 인허가 취득의 용이성	테스트베드에 필요한 설비들이 고압의 회전 기계와 천연가스를 다루고 있어 테스트베드 설치에 따른 인허가 취득의 문제가 없어야 함
테스트베드 부지	부지확보	테스트베드의 부지로 최소 50m x 60m의 공간이 확보되어야 함
실행가능성	국내 인프라 및 기술 수준을 고려하여 실현 가능한 계획 하에 추진	기술적인 성숙도가 높지 않은 기술을 무리하게 도입하게 되면 최종적으로는 사업 목표인 해외수주 확보를 위한 플랜트 기술개발을 달성하기 어려움

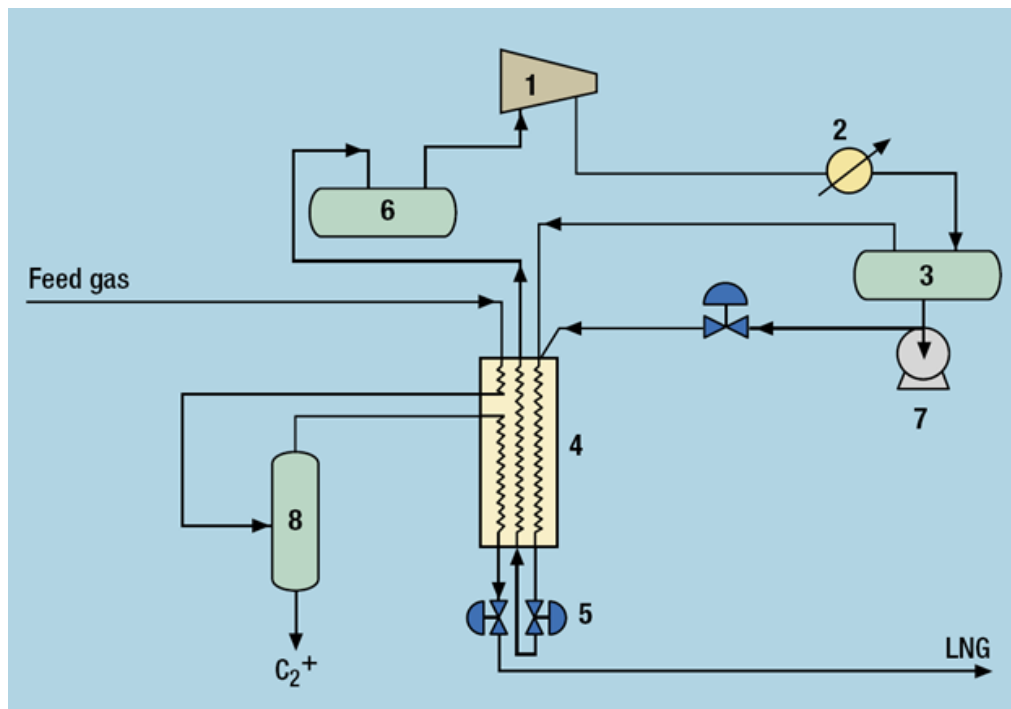
(2) 테스트베드 구성과 용량

- 테스트베드는 핵심2과제의 기술개발 결과 도출되는 신액화 공정과 N₂ Process Cycle, DMR 등과 핵심4과제의 LNG-FPSO에 적합한 액화공정에 대하여 최적화된 기술개발의 결과를 이용함
- N₂ Process Cycle은 소 용량에 적합하고 공정구성이 비교적 간단한 장점이 있지만 효율적 측면에서 타 공정에 비하여 낮음. 그러나 구성이 간단한 만큼 선박의 좁은 공간에서 컴팩트 설계가 용이한 장점이 있음
- DMR 공정은 Shell에서 라이선스를 가지고 있는 공정이며, 효율측면에서 N₂ 공정에 비하여 높지만 사이클이 복잡해서 공간적으로 제약은 받는 선박에서는 N₂ 보다는 불리함

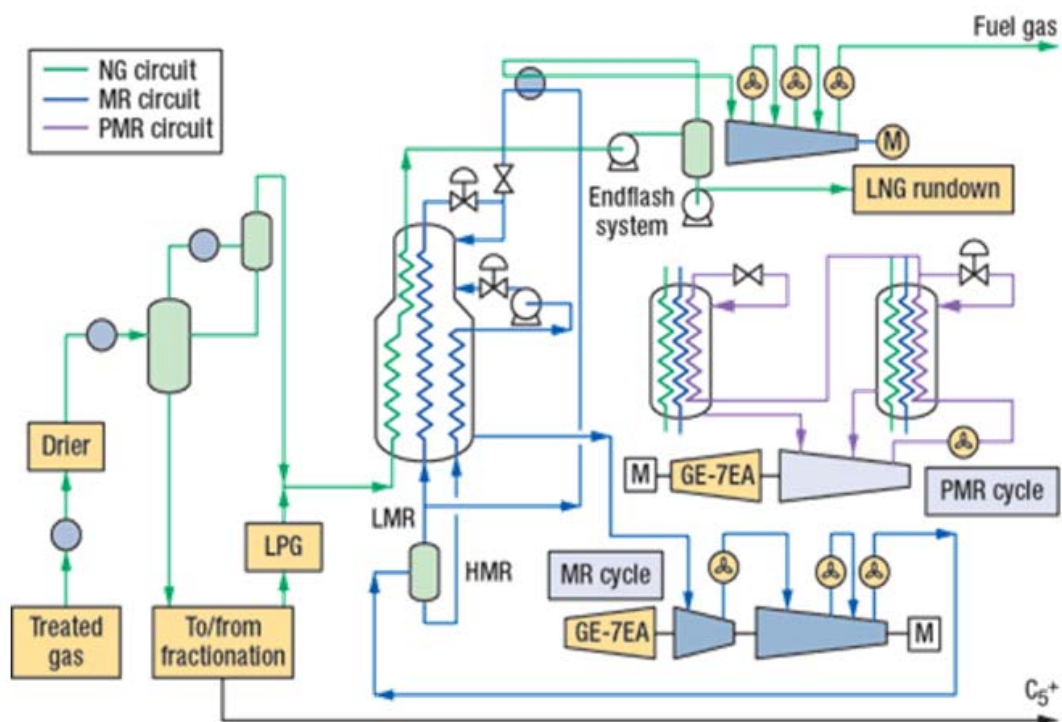
- 공정을 구성하는 기본요소와 인수기지의 NG를 Feed Gas로 사용하는 경우를 가정할 때 LNG-FPSO 테스트베드에 적합한 공정 사이클의 개략도는 다음과 같음



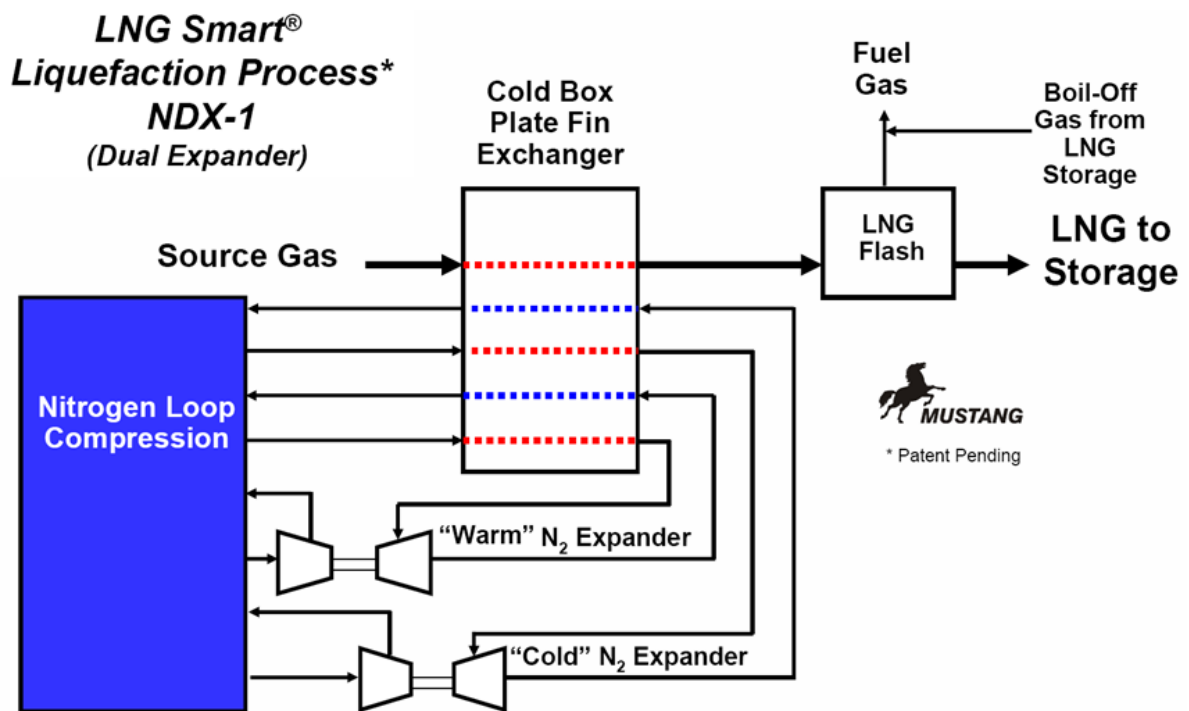
[그림 6.2] Dual Nitrogen Expander 공정 사이클



[그림 6.3] SMR (Single Mixed Refrigerant Process) 공정 사이클



[그림 6.4] DMR (Dual Mixed Refrigerant Process) 공정 사이클



[그림 6.5] Mustang의 N2 사이클

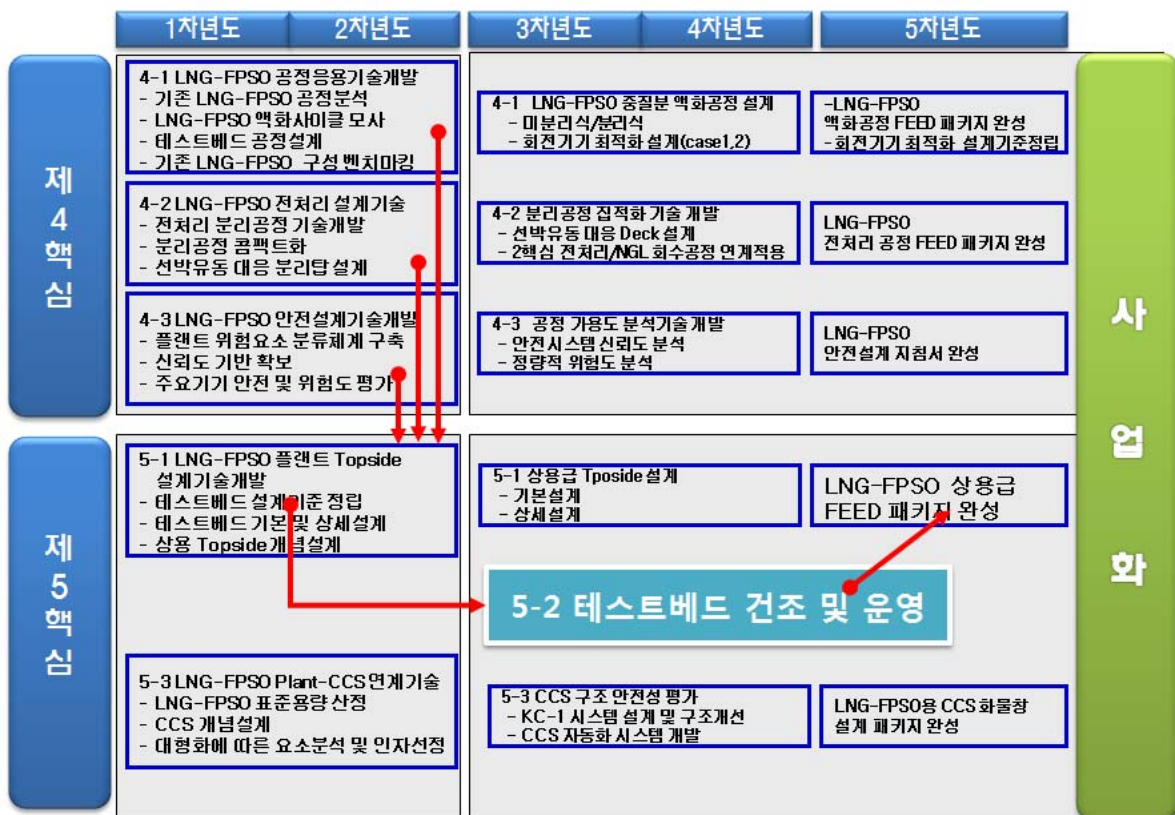
- LNG플랜트사업단에서 추진하고 있는 테스트베드 1, 2의 용량인 100톤/일급과 동일한 용량으로 LNG-FPSO 테스트베드를 구성하고, 육상용과 해상용의 효율 및 운전비용을 비교하여 LNG-FPSO의 크기가 기존 육상용 플랜트보다 작기 때문에 발생할 수 있는 효율적 측면을 개선하는 방향으로 진행해야 함
 - 기본적으로 LNG-FPSO는 선박이라는 제한된 공간에 Topside를 건조하여 LNG를 생산하는데 주요 목적이 있음
- LNG-FPSO의 테스트베드 건조는 설계단계에서부터 시공 및 시운전까지 기존의 육상용 테스트베드와는 배치 및 시공 상 고려해야 할 다양한 사항이 존재함을 고려하여 설계 시 충분히 반영하여야 함
 - 핵심4과제에서의 Risk Management 분석 자료를 활용하여 설계에 반영해야 함
 - LNG-FPSO의 건조 시 성공의 관건은 Topside의 컴팩트 설계와 시공임
 - 육상용 테스트베드와 비교하여 상대적으로 효율이 낮은 측면은 충분히 고려되어야 하나, LNG-FPSO의 사업타당성이 육상의 액화플랜트에 비하여 매우 높음
- 최근 LNG-FPSO 건조를 국내에서 유일하게 수주한 점을 감안하여 설계에 완벽을 기해야 함
 - 시공 시 불가피한 설계변경이 자주 발생할 가능성이 높은 점을 고려하여 Risk Management 부분에 대한 명확한 분석을 적용하여 설계 최소화와 효율 극대화를 핵심적 요소로 EPC를 수행해야 함
 - 선박에 탑재되는 측면은 육상플랜트에 비하여 기온 및 습도의 변화가 심하고 염분 등의 요인으로 플랜트 재질의 부식성 등을 감안해야 함
 - 시공 시 불가피한 설계변경을 최소화 할 수 있도록 해야 함
 - 시공 후 시운전 단계에서 육상용보다 컴팩트 및 안전설계 기준이 매우 높기 때문에 효율이 낮은 원인을 찾고 개선을 통하여 점진적으로 그 효율성을 높여 상용화를 위한 기반이 되도록 주력하여야 함
- 건조 시에는 설계개선이 필요한 사항과 설계조건 변경에 따른 생산성, 단위 소요 동력의 변화와 에너지 효율, 주요 공정흐름에 대한 운전 데이터 등을 확보하여 비교 분석함으로써 향후 설계조건 변화에 따른 설계능력을 확보하고 개발공정의 개선 및 최적화를 달성할 수 있음

(3) 테스트베드 시행 방안

- 테스트베드는 모든 요소기술의 총합으로 실증 기술 개발 및 검증을 위한 '대형 연구개발 시설'이며, 대형 기술 개발을 위해 필요한 '대형 실험 장치'임
 - LNG-FPSO는 핵심4과제의 단위 기술과 LNG플랜트사업단의 성과로 도출된 주요 요소들이 최대한 활용되고, 테스트베드에서 최종 검증이 됨
 - 테스트베드는 대형화 기술의 실현뿐 아니라 각 단위기술의 검증을 통한 사업화 향상을 주도 할 수 있음
 - 테스트베드는 상용화 추진시 고려해야 할 다양한 여건을 설계 시 반영되고, 테스트베드에 적용한 각종 효율적 성과물이 고려되어 LNG-FPSO의 건조 공기를 단축시키고 비용을 절감시킬 수 있음
- 테스트베드의 세부시행 방식은 액화공정의 최적화를 통하여 효율을 높이면서도 안전성을 충분히 고려한 설계기술 및 이에 따른 시공기술을 집약하여 테스트베드의 건조를 추진할 계획임
 - 액화공정의 최적화를 위해서는 핵심2과제에서 도출된 액화공정을 최적화 및 응용하여 적용하는 것이 효율적일 것임
- 해상용과 육상용의 효율 및 소요경비 측면도 시운전 시 충분히 고려 할 것임
 - 해상용 테스트베드는 육상용 보다 좀 더 빠르게 개발하여 운전을 하면서 발생하는 다양한 변수에 대한 대응 및 대처 할 수 있는 여유조건을 조성해야 함
 - 운전 결과가 해상용으로서 충족되는 시점에 도달 할 때까지 운전을 시행해야 함
- 동력 등은 육상용과 해상용에서 두 가지 방안이 제시되고 있음
 - 첫 번째 방안은 외산기기의 검증된 설비들을 사용하는 것으로 이미 개발되어 문제점이 없는 설계기술 및 기자재를 테스트베드에 적용하여 공정을 검증하는 방법
 - 두 번째 방안은 플랜트 구성 주요 핵심설비의 국산화 개발을 통해 제작하여 테스트베드에 적용하는 방법으로 테스트베드 건조 및 운전 시 어려움이 다소 증가될 가능성은 있으나, 아직 성숙단계에 진입하지 못한 국산 기자재의 사용으로 발생할 수 있는 효율성 감소를 감안하여 점진적으로 개선하는 방향 추진

(4) 기술개발 결과의 테스트베드 적용

- [그림 6.6]은 핵심4, 5과제의 세부과제 연구개발 내용을 테스트베드 적용하기 위한 로드맵임. 해상용 테스트베드는 기존의 육상 LNG플랜트 건설과 연계하여 육상용에 해상부분을 추가 적용하는 방식으로 진행해야 함
- 핵심2과제에서 도출한 새로운 액화공정을 응용하여 LNG-FPSO 기본공정설계 패키지 제작
- 기존 LNG 플랜트 FEED 패키지 벤치마킹 등을 통한 설계기술개발을 바탕으로 핵심2과제 성과물인 신액화공정의 기본공정설계 패키지를 기반으로 테스트베드 기본설계를 포함한 FEED 패키지 작성
- 테스트베드의 EPC 수행을 통한 EPC자립 기반 마련
- 테스트베드 운전 및 평가를 통한 문제점 분석 및 개선을 통한 경쟁력 강화
- 테스트베드의 운전 및 평가를 통한 설계/건설 기술, 공정개발, 플랜트 통합 유지 관리 기술/안전운전 관리 시스템의 검증, 테스트베드 유지/보수과정 등을 거치면서 다양한 리스크를 제거하여 최적화 FEED 패키지의 완성으로 상용화 기반을 마련



[그림 6.6] 세부과제 연구개발 결과의 테스트베드 적용

다. 입지 시나리오

(1) 테스트베드 설치 가능지역

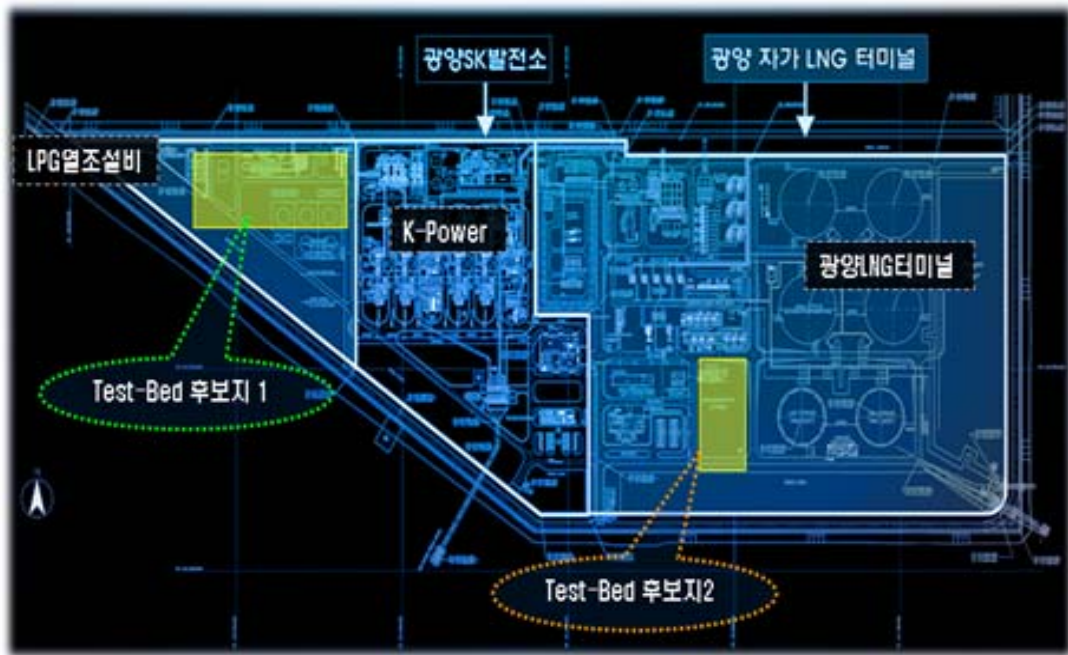
- 국내 여건에서 테스트베드를 구축할 수 있는 지역은 LNG 인수기지와 동해 가스전이 있음
- 예외적으로 우리 정부 또는 기업이 본 사업기간 2단계에 해외 해상 가스전을 확보할 경우 소규모 해외 적용을 고려해 볼 수 있으나 비용 측면을 고려해 보아야 함

(가) LNG 인수기지

- 기존 가스공급시설과 전력 및 용수 등과 같은 유틸리티를 모두 갖추고 있어 초기 비용을 대폭 절감할 수 있음
 - 국내 인수 기지는 한국가스공사의 인천, 평택, 통영기지와 POSCO의 광양 LNG 터미널이 있음
 - 이중에서 한국가스공사의 인천기지와 POSCO의 광양 LNG 터미널이 LNG-FPSO 테스트베드 후보지 대상으로 고려 될 수 있음



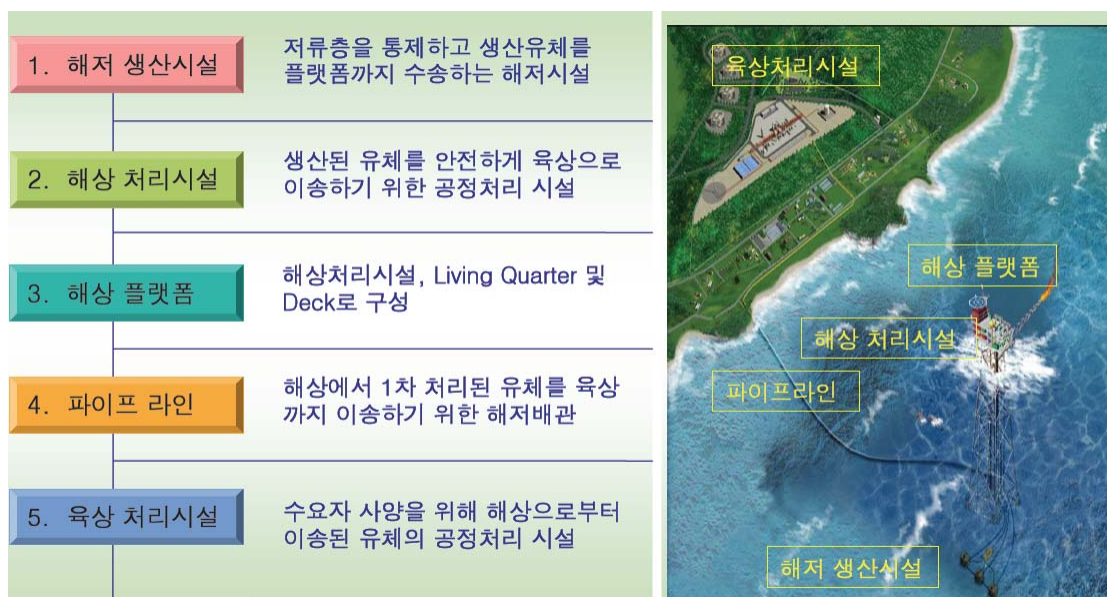
[그림 6.7] 인천 LNG인수기지 내 테스트베드 위치



[그림 6.8] 전남 광양시 포스코 광양제철소 LNG 터미널

(나) 동해-1 가스전

- 동해-1 가스전은 울산 남동쪽 약 58km 해상에 위치한 가스전으로 연간 약 40만톤의 천연가스를 생산하고 있으며, 한국가스공사 주배관망을 통해 울산을 비롯한 경남 지역에 공급되고 있음. 동해가스전은 해상에 위치하고 있어 해상플랜트인 LNG-FPSO 테스트베드 후보지로서 고려할 수 있음



[그림 6.9] 동해-1 가스전 시설 개요

(다) 해외 가스전 개발 시 반영

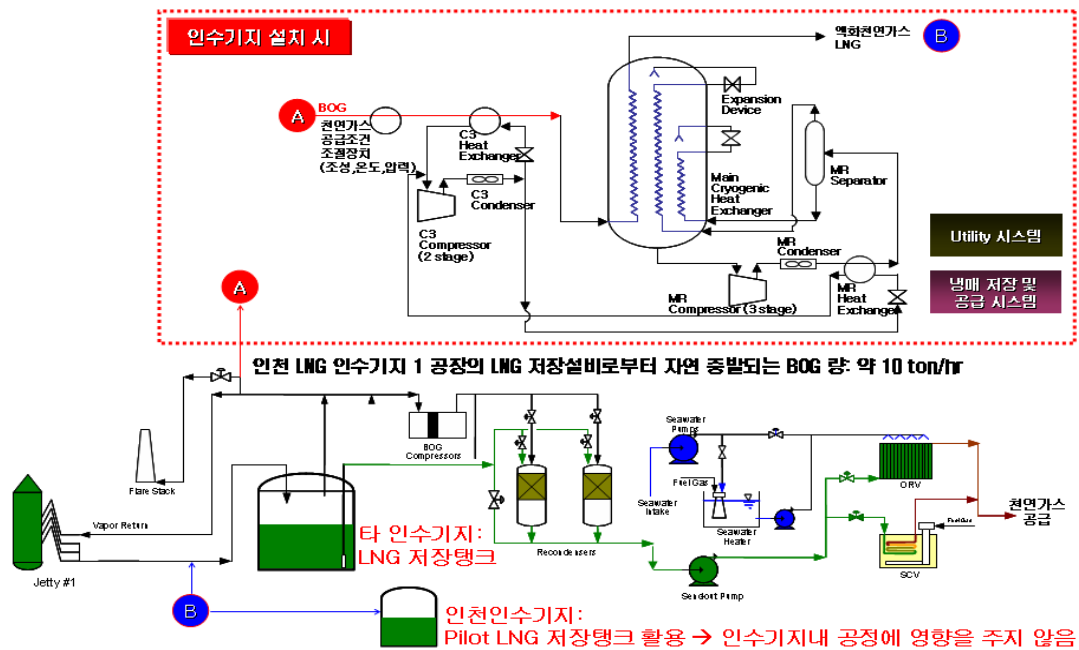
- 우리나라가 사업권을 행사할 수 있는 해외 가스전 개발 시에 LNG-FPSO 테스트베드 구축을 고려할 수 있으나 설치규모, 연구진 파견, 유지관리, 자산 관리/소멸 등에 관한 검토가 필요함
- 해외 가스전에 LNG-FPSO 테스트베드를 설치하기 위해서는 해외 가스전 소유주와의 협상이 우선돼야 하며, 정부부처의 지원과 사업단 주도하에 전략적인 접근이 필요함

(2) 테스트베드 설치 가능지역의 비교

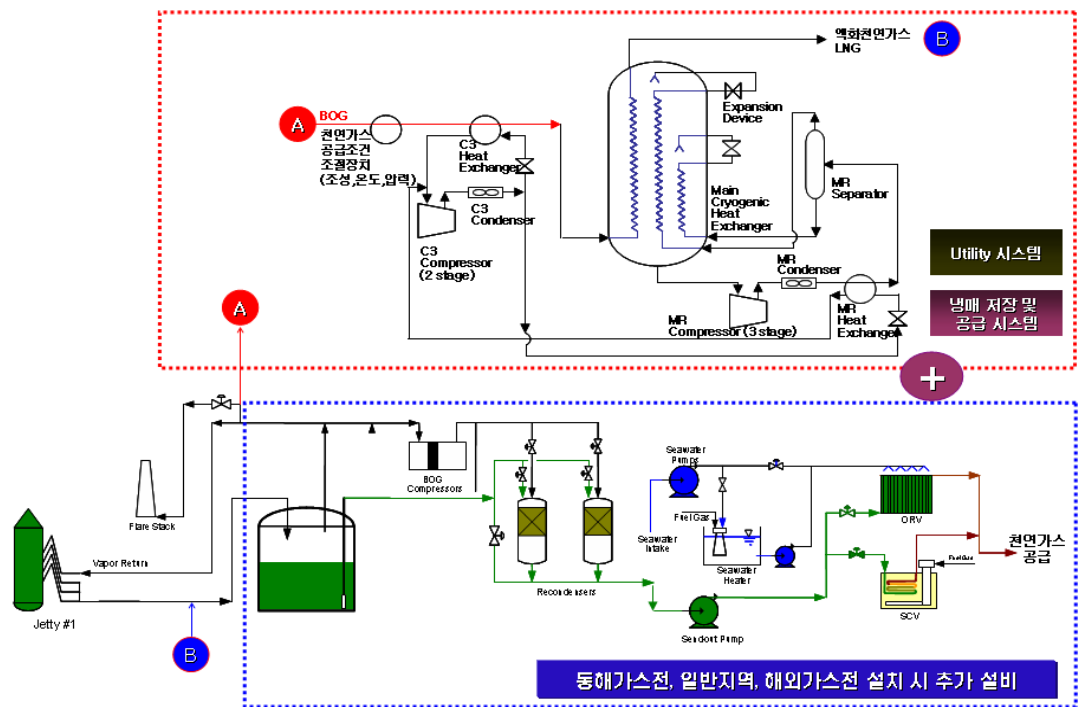
- <표 6-2>는 기존 LNG 인수기지와 동해 가스전에 LNG-FPSO 테스트베드 설치 시에 따른 비교 분석표이며, 해외 가스전은 예산, 현 기술 수준 및 정책적인 측면에서 비현실적이라 판단되어 이번 비교에서 제외하였음

<표 6-2> 테스트베드 설치에 대한 LNG 인수기지와 동해 가스전 비교

구분	LNG 인수기지(육상)	동해 가스전(해상)
연료 (천연가스)	• 다양한 조성 및 조건이 가능: 천연가스·BOG·LNG의 합성 및 이를 통한 온도 및 압력 조건 생성 가능	• Test를 위한 다양한 조성 및 조건 생성 제한적
생산품의 처리 (LNG)	• 인수기지 저장탱크에 저장	• 저장탱크 및 출하(기화)설비의 설치 요구됨
유틸리티 지원	• 전기, Air, 질소, 용수, 소방, 방재, 제어의 지원 가능 • 인수기지의 이중화된 지원으로 안전성이 높음	• 별도의 유틸리티 설비의 건설 요구됨
유지보수 지원	• 생산기지에서 유지보수 지원 가능	• 유지보수 인원이 필요
연구인력 현장지원성	• 전문 연구진이 동일 장소에서 항시 연구, 설비 관리하고 있어 설계, 건설, 시운전까지 중단 없이 지원 가능	• 관련 연구원의 상시 근무 필요
장 점	• LNG플랜트 사업 테스트베드와 연계하여 건조 시 건조기간 단축, 성능비교 가능 • 저장탱크, 기화설비 및 유틸리티를 지원 받을 수 있어 초기 설비 투자비가 유리	• 해상 설치로 인한 실제 상황 조건
단 점	• 해상 상황 조건이 아님	• 초기 설비 투자비가 막대함
총 합	• 기존 LNG플랜트 사업성과를 적극적으로 활용 할 수 있고 • 해상 상황 조건을 구현하여 설계 및 운전 시 • 기존 인수기지에 테스트베드를 설치하는 것이 타당함	



[그림 6.10] 인수기지 설치시의 테스트베드 구성안



[그림 6.11] 동해 가스전 설치 시 추가설비 포함 구성안

라. 테스트베드 비용 산정 및 근거

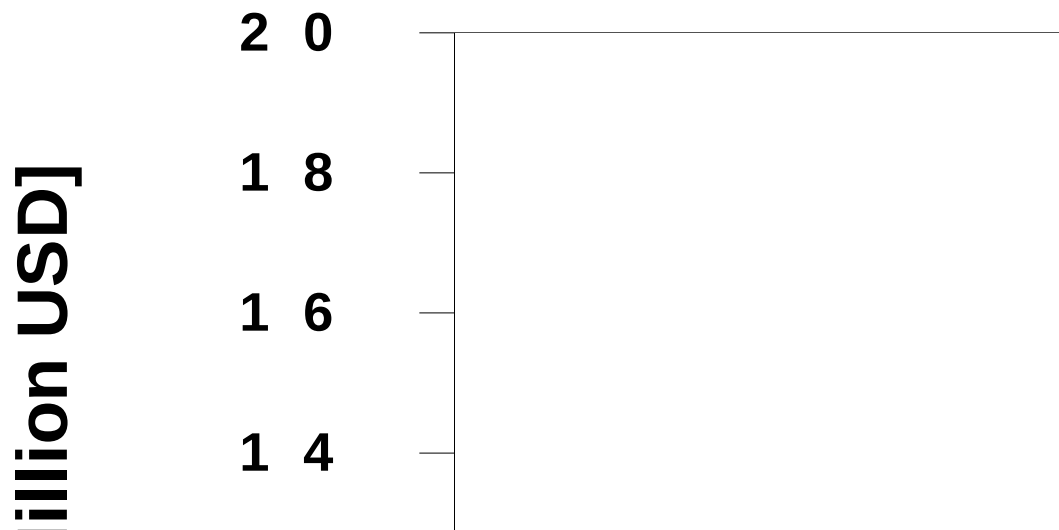
- 테스트베드의 설계는 실제 LNG-FPSO 플랜트 설계와 동일한 절차를 거치며, 다양한 시험기능을 하도록 설비를 구성해야 함
- 테스트베드의 예상 규모는 비교검증을 위하여 기존 LNG플랜트사업단에서 기본 설계를 완료한 테스트베드 Train-1과 동일한 시간당 4톤의 LNG를 생산하는 100 TPD(37,000 TPA. tonnes per annum, 100톤/일급 X 1기)를 기준으로 선정함

<표 6-3> 소형 LNG 플랜트 건설비용 분석표(LNG플랜트사업단 상세기획 자료)

액화용량		산정비용		참조비용		Sources
TPA	TPD	US \$M	억원	US \$M	억원	
50,000	140	15	142.5	15	142.5	LNG express 2007년 3월26일
32,850	100	19	180.5	38	361	Brazil by Praxair including gas processing
73,000	200	14	133	12	114	
62,050	170	11	104.5	14	133	Including Gas storage, Texas, USA

- ※ 산정비용 : 2007년 3월 기준으로 저장탱크와 가스처리비용을 제외하여 참조비용 보정하여 산정한 비용
- ※ 참조비용 : 각각의 참조자료에서 얻은 건설비용
- ※ 환율 : 950원 /US \$1(2007년 기준)

- 건설비용의 차이가 심한 것은 공정의 차이보다는 부대시설(가스프로세싱 설비, 원료가스의 압력, 저장설비, 설비 위치 등의 외적요인이 더 큰 변수)의 차이로 보임
- 시공에 따른 상대 가격 비교를 위해 가스프로세싱과 저장 설비 등을 제외한 금액으로 건설비용을 분석하면 [그림 6.12]와 같음



[그림 6.12] 중소형 LNG 플랜트 용량에 따른 건설비

- LNG플랜트사업단 상세기획 자료를 참조해서 살펴보면, 100 TPD 테스트베드의 건조 비용 (기자재 및 시공비용)은 전처리 설비와 무거운 성분의 하이드로카본류의 추출 설비를 포함하지 않을 경우 약 80억원~200억원(US\$ 8~20 million)정도로 추정됨(환율은 2010년 정부출연금 적용기준으로 US\$1=1,000원 적용)
- LNG-FPSO 테스트베드 예산은 현재 추진 중인 LNG플랜트사업단 사업의 테스트베드 Train-1의 기본설계를 참조하고 관련 결과물 활용 전제하에 산정 함
 - LNG플랜트사업단의 테스트베드에서 압축기, 열교환기와 관련된 결과물 등을 활용한다는 전제하에 설계비용을 제외한 테스트베드 건조비용을 산정함
- LNG-FPSO 테스트베드 예산은 총 13,847백만원이며, 이 중 정부출연금은 9,000백만원이고 민간부담금은 4,847백만원임
 - LNG-FPSO 테스트베드의 건설 부문별 예산은 <표 6-4>, <표 6-5>와 같음
 - LNG-FPSO 테스트베드의 재원은 정부 출연금(64.9%, 9,000백만원), 민간부담금(35.1%, 4,847백만원)으로 구성 됨
 - 기자재(43.6%, 6,050백만원) : 전처리 설비, 액화공정 설비 등
 - 운영(14.4%, 2,000백만원) : 테스트베드 운영
 - 시공부문(14.4%, 2,000백만원) : 토목, 건축, 기계 및 배관공사 등
 - 과제관리비(18.3%, 2,547백만원) : 인건비, 간접비 등

○ 테스트베드 건조비용 (자재 및 공사비 포함)

<표 6-4> 테스트베드 건조비용

(단위 : 백만원)

항 목	합 계	정부 출연금	민간 부담금	'13년	'14년	'15년	비 고
○ 기자재	6,050	6,050	0	2,940	2,770	340	
○ 시 공	2,000	0	2,000	750	800	450	
○ 시운전.개선	1,250	950	300	50	100	1,100	
○ 운 영	2,000	2,000	0	650	610	740	
○ 관리비	2,547	0	2,547	1,210	1,074	263	
합 계	13,847	9,000	4,847	5,600	5,354	2,893	

※ 상세내용은 '4. 소요예산' 참조

○ 테스트베드 기자재 예산(안)

<표 6-5> 테스트베드 기자재 예산(안)

(정부출연금 기준, 단위 : 백만원)

항 목	총 계	정부출연금				민간 부담금
		소계	'13년	'14년	'15년	
○ 전처리 설비	750	750	350	400	0	0
○ 액화공정설비	4,000	4,000	2,190	1,660	150	0
○ 배관설비	350	350	100	210	40	0
○ 계장설비	450	450	100	280	70	0
○ 전기설비	200	200	80	100	20	0
○ 유틸리티설비	100	100	40	40	20	0
○ 기 타	200	200	80	80	40	0
합 계	6,050	6,050	2,940	2,770	340	

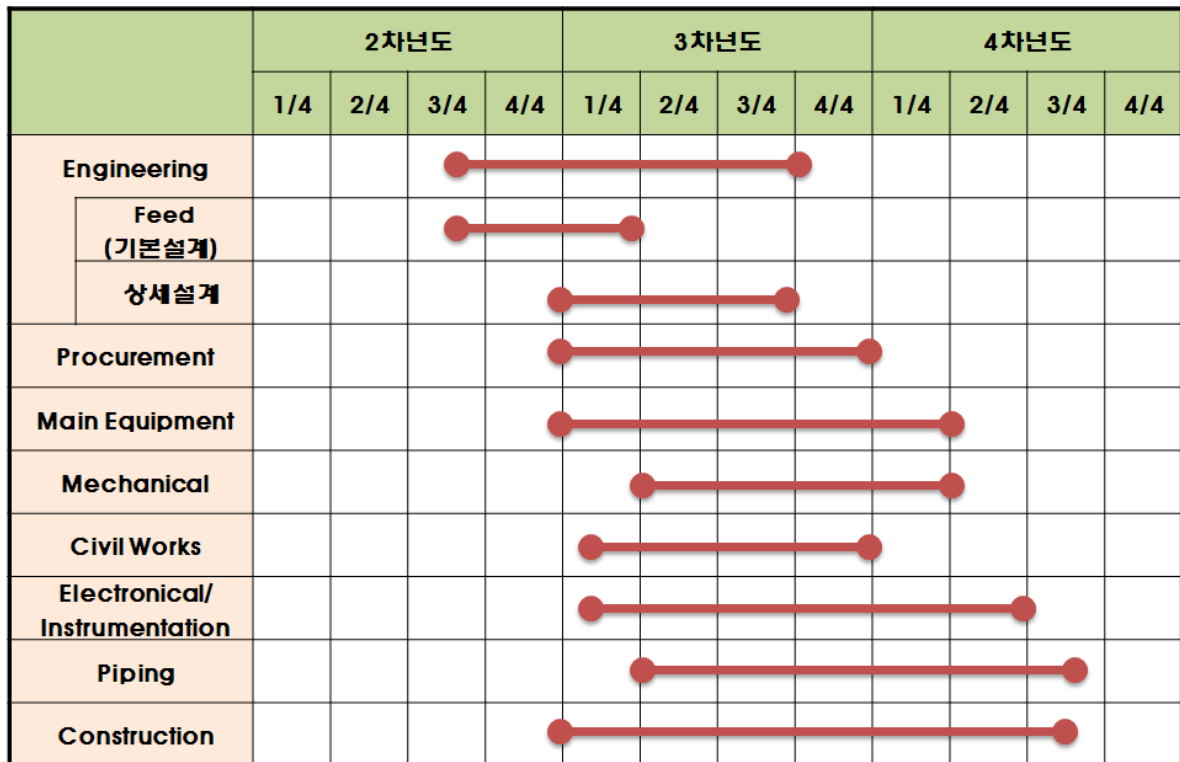
※ 외산 기자재 구입비용은 환율 1,000원/US\$ 기준으로 산출된 금액임

※ 상세내용은 '4. 소요예산' 참조

- LNG-FPSO 테스트베드 건조부분의 재원 출연 비율은 정부출연금 64.9%, 민간부담금 35.1%로 대기업과 중소기업 기준의 중간 수준이며, LNG플랜트사업의 테스트베드와 유사한 형태임
- LNG플랜트사업의 LNG 플랜트 테스트베드 예산은 총 124,000백만원이며, 재원 비율은 정부출연금 67.9%(80,600백만원), 민간부담금 32.1%(38,000백만원)로 대기업과 중소기업 기준의 중간 수준임
 - 대기업 기준 과제의 출연비율 : 정부출연금 50%, 민간부담금 50%
 - 중소기업 기준 과제의 출연비율 : 정부출연금 75%, 민간부담금 25%

마. 건조계획

- LNG-FPSO 테스트베드 건조 계획은 다음과 같음
 - 소요비용 : 13,847백만원
 - 기간 : 총 12개월
 - 액화 용량 : 100 TPD
 - 범위
 - 설비 구성 : 전처리 공정설비(원료가스 조정 설비, 가스 hydrate 처리 설비, NLG fractionation 설비), 액화공정설비(열교환기와 압축기를 포함하는 사전 냉각 사이클, 초저온 주 액화사이클), 저장탱크 (냉매, 필요시 LNG)
 - 계열 : 테스트베드는 기술검증을 위한 1개 계열로 건조
 - ※ 테스트베드 소요비용은 기획 시의 환율(1\$=1000원 기준), 원자재 및 원료비용 (원자재 가격 상승율 10% 기준)으로 테스트베드의 건조 및 운영시점에서의 비용 변동에 대한 반영 필요함
- 각 핵심과제 수행과 연계된 테스트베드 구축 일정은 기술개발로드맵과 같으며, 전체 기술개발로드맵 일정은 전처리 공정, 액화공정을 중심으로 향후 1단계 사업 종료 시점에서 다시 정의할 필요가 있음
- LNG-FPSO 테스트베드 구축과 관련된 일정은 다음과 같음
 - 테스트베드 FEED package 제작 및 기본 설계(1차년도 총 12개월)
 - 테스트베드 상세설계 및 설비 구매와 건설(2차년도 부터 총 36개월)
 - 구매에 오랜 시간을 요하는 기자재의 발주는 3차년도 상반기에 실시
 - 테스트베드 운영 및 평가(4차년도 부터 총 24개월)



[그림 6.13] 테스트베드 EPC 추진 계획

바. 사후 활용계획 분석

- LNG-FPSO 테스트베드의 사후 활용계획은 다음과 같음
 - LNG플랜트 연구개발 클러스터 구축을 통하여 공동연구
 - 관련 연구, 후속연구 등 실증 실험 시설로 활용
 - 중소형, 초대형 등 용도별 개발, 실증에 활용
 - 개발기술 집적 및 검증, 개발 및 성공기술의 인지도 확산
 - 인수기지 BOG 재액화 설비로 활용

7

RFP 및 공모방안

가. RFP 작성기준

나. 핵심5과제 RFP

다. 세부과제 RFP

라. 핵심과제 및 세부과제 공모방안

마. 선정지표

7. RFP 및 공모방안

가. RFP 작성기준

- RFP(Request For Proposal; 제안요구서)는 다음을 고려하여 작성함
 - 관련 규정 및 지침 반영
 - 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 동 시행규칙
 - 국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정(개정 2009. 2. 11) 및 동 관리지침(제정 2009. 6. 30)
 - 건설교통기술연구개발사업단과제 관리지침(개정 2009. 12. 14)
 - 연구위원회(연구기획위원회, 연구실무위원회)에서 핵심 및 세부과제의 범위 검토
 - 연구위원회에서 도출된 과제의 정량적인 목표 및 연구내용을 중심으로 작성
 - 공청회를 통한 외부 의견 반영
 - 주관기관의 주도하는 지정공모과제와 협동기관의 참여가 요구되는 제안공모과제의 특성을 반영
- RFP를 구성하는 골격과 내용은 다음과 같음
 - 과제명 : 연구위원회에서 도출된 과제명 반영
 - 연구개발 목표 : 정량적, 정성적 목표로 구분하여 반영
 - 연구개발의 필요성 : 배경, 기술, 경제/사회적 필요성을 반영
 - 기술동향 : 과제에 해당하는 기술변화를 중심으로 반영
 - 연구개발내용 : 연구위원회에서 도출된 과제별 중점 연구내용 반영
 - 추진전략 및 체계 : 단계별 목표, 달성전략 등을 반영
 - 최종 성과물 : 제품, 기술 등으로 구분하여 반영
 - 실용화 또는 사업화 방안 : 사업화 방법 등을 반영
 - 사업기간 및 소요예산 : 전담기관에서 조정한 내용 반영
 - 기타 : 특별사항을 반영

나. 핵심5과제 RFP

○ 핵심5과제 RFP

<표 7-1> 핵심5과제, LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발 RFP

핵심과제명	핵심5과제 : LNG-FPSO 플랜트 설계 및 건설기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : 100톤/일급 테스트베드 FEED 설계, 건조 및 운전, 2 MTPA급 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발과 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발을 통한 LNG-FPSO 플랜트 해외 시장 경쟁력 확보 ○ 세부목표 - 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside PFD, P&ID 및 공정제어 설계 - 100톤/일급 LNG-FPSO 테스트베드 설계, 건조 및 운영 - 한국형 LNG선 Cargo Containment System(KC-1) 기술을 기반으로 LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발 ※ 핵심4과제의 공정 데이터를 기반으로 해상환경에서의 성능 검증이 가능한 테스트베드를 설계/건조하여 공정을 최적화한 후 이를 바탕으로 2 MTPA급의 LNG-FPSO Topside의 상용 FEED 패키지 개발 ※ 테스트베드 FEED를 기반으로 테스트베드 시공, 관련된 실 현장을 상정하여 공기단축 및 모듈화 시공 등에 관한 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ LNG-FPSO는 Drilling Ship, Fixed Platform, FPSO, FSO 등 다양한 해양플랜트에서 에너지 핵심기술이 적용되는 최고의 기술력이 필요한 선박으로 심해유전 개발을 위한 플랜트에서 발전하여 해외 가스전에서 70%이상이 해상에 존재하고 육상의 플랜트에 대한 또 다른 고부가가치로 떠오르는 사업으로 해외의 선진국에서는 10년 전부터 기술개발의 기초를 마련하고 있으나 아직 전 세계적으로 LNG-FPSO에 대한 건조는 전무한 상태임 ○ 국내에서는 현재 삼성중공업에서 2 MTPA 및 3.6 MTPA급 LNG-FPSO를 수주하여 추진하고 있으나, 국내 기술력은 Topside에 대한 기술이 정립이 되지 않아 선진국에 기술 종속된 상황임

- 국내에서도 Topside에 대한 중요성을 인식하여 LNG-FPSO 건조를 위한 국가적 노력을 추진하고 있는 시점이며, 국내 선박업체들이 세계최고의 건조기술을 보유하고 있는 장점을 최대한 활용한다면 Topside에 대한 기술을 정립하여 시장선점에서 우위를 차지할 수 있는 가능성이 높음
- LNG-FPSO는 육상의 액화플랜트의 콤팩트화 설계 및 시공과 CCS기술을 정립하고 실제 테스트베드의 건조를 통하여 입증을 하여야만 과제를 성공적으로 수행할 수 있으며 국내의 기술력을 선진수준으로 업그레이드 할 수 있는 기회가 주어짐
- LNG-FPSO는 국내 산업에 미치는 영향이 매우 크고 산업의 전후방 연계효과가 94%를 넘는 성장사업으로 향후 최대의 플랜트 기술로 떠오를 것으로 기대됨
 - 현재 진행되고 있는 LNG-FPSO의 고부가가치성 및 시장성장성을 고려하여 시장 진입을 최대한 빨리 수행하여야 해외시장 선점 기회가 주어짐
 - 단기적으로 2009년 이후 약 5년간 총 460억불(50조원)의 해상생산플랜트 시장이 기대되며, 이중 FPSO는 약 79%로 예측 됨
- 천연가스에서 해상플랜트 수요는 2010년까지는 수요가 없지만 삼성중공업에서 2.3 MTPA의 LNG-FPSO를 수주한 상황을 고려해 보면 향후 육상플랜트의 수준을 넘는 수준으로 성장할 것임
- 현재 FPSO의 선박의 설계상 LCC는 약 15~25년으로 보고 있으며 LCC를 높이기 위한 설계, 건조, 운영 및 유지보수에 대한 규명이 중요한 요소임
- LNG-FPSO는 모든 유지보수 조건을 구성해야 한다는 점도 중요하게 고려해야 함

※ 출처 : World FLNG 2009

□ 기술동향

<국내>

- 국내 LNG 관련 플랜트 기술은 저장탱크를 포함한 및 공급망 기술로 구성되어 있고 해외에 진출하여 있는 대다수의 시공사의 경우 전처리기술을 보유하고 있음
- 전처리 기술은 범용화 된 기술로 국내 수준은 선진국과 차이가 없으나 선박에 탑재하기 위해서는 RAM기반의 모듈화가 중요한 관건임
 - 이는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 핵심1과제에 포함되어 있으며 이와 연계하여 사업화를 추진하고 있음
- 액화공정의 경우 해상 및 육상에서 가장 중요한 공정으로 핵심2

에서 개발한 액화공정을 응용하여 테스트베드에 컴팩트하게 적용하여 설계 및 시공을 할 수 있음

- 국내의 해양기술 전문가는 약 30여명으로 매우 적은 현실을 감안하여 최고 수준의 전문가를 본 사업에 투입하여야 하며, 다양한 분야에서 국제공동연구가 필요한 상황임

<국외>

- LNG-FPSO 관련 기술은 선진국에서도 기술 축적이 많지 않은 실정임
 - Kanfa Aragon, Shell 등이 LNG-FPSO를 추진 중에 있으며, 이들의 기술 역시 정립이 되어 있지는 않은 상태임
- 선진국은 LNG-FPSO 전체 전처리 공정의 FEED 및 EPC 수행 단계이나 아직 실제로 운영 중인 예는 없음
- LNG-FPSO 전체 전처리 공정 설계기술 중 CO₂ 제거공정에 대한 연구가 상대적으로 가장 활발하게 진행되고 있으나 Elementary sulfur 처리의 어려움 때문에 H₂S 제거 연구는 진행 수준이 미미한 상태임
- 기존에 추진되고 있는 LNG-FPSO 프로젝트 역시 그 기술 수요에 비하여 Topside 플랜트에 대한 엔지니어링 설계기술은 선진국에서도 아직 완전히 정립되지 않은 상태임

3. 연구개발내용

□ 과제정의

- LNG-FPSO 테스트베드 기본설계 및 상세설계, 2 MTPA급 LNG-FPSO플랜트 Topside FEED 패키지 제작, 100톤/일급 테스트베드 구축 및 기술검증, 한국형 LNG CCS의 적용을 위한 CCS의 대형화기술 개발 및 자동화 기술 개발로 정의할 수 있음
- 국제적으로 경쟁력이 있는 LNG-FPSO 플랜트의 EPC 기술을 개발하고, 국내 조선사의 해외수주 LNG-FPSO 프로젝트에 우선 적용하여 국익창출에 기여 할 수 있는 핵심역량을 확보하여야 함.
- LNG-FPSO 테스트베드 설계, 건조(구축), 유지관리 등을 위한 과제이며, 이는 공정, 전처리기술 등을 추진하는 핵심4과제와 밀접하게 연계하여 추진해야 함

□ 핵심5과제 연구개발 내용

<제1세부과제> LNG-FPSO Topside 플랜트 설계기술 개발

- 100톤/일급 LNG-FPSO 테스트베드 설계

- 천연가스 분리설비, 전처리설비, 액화공정설비 및 Vessel 기본설계
- Topside Plant 모듈화 및 안전설계
- 2 MTPA급 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발

<제2세부과제> LNG-FPSO 플랜트 건조 기술 개발

- 해양환경을 고려한 100톤/일급 LNG-FPSO 테스트베드 건조 및 기술검증
- 테스트베드 모듈화 건조·시공기술 개발
- 테스트베드 운전을 통한 설계기술 최적화

<제3세부과제> LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발

- LNG-FPSO CCS 구조설계 및 해석
- LNG-FPSO CCS 건조 자동화 시스템 개발
- LNG-FPSO 플랜트 Topside와 CCS 연계를 위한 설계기준 정립
- 240,000kL 이상급 LNG-FPSO CCS 표준설계

4. 연구개발 추진방법

- ☐ 추진전략
- 1단계(테스트베드 기반 구축), 2단계(LNG-FPSO 상용 설계기술 확보), 3단계(LNG-FPSO 상용화 기술 확보 및 CCS 표준설계)를 통한 단계적인 기술 확보 추진
 - 전처리 기술에서 LNG-FPSO에 적용되어야 할 핵심적 요건의 적용을 추진
 - 핵심4과제 전처리 설계 기술과 연계하여 추진
 - 핵심2과제 전처리 관련 과제와 연계하여 추진
 - 국외 선진기관 벤치마킹 추진
 - 국외 선진기관, 전문가와의 세미나, 컨퍼런스 등을 통한 노하우, 아이디어, 기술 등을 습득
 - LNG-FPSO의 Topside 공정에 관한 국내의 연구 실적이나 경험 이 전무한 실정을 고려하여 해외 업체, 연구기관 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진
 - 기술개발 과정에서 기술적 확인이 필요한 예상 문제점 예측과 이에 대한 대책을 초기 단계에서부터 수립
 - 국내 조선사 보유기술 적극 활용
 - 국내 조선사가 보유하고 있는 Oil-FPSO , LNG 운반선의 세계 최고의 기술을 접목
 - LNG플랜트사업단에서 보유하고 있는 기술과 연계
 - 핵심2과제의 육상용 신액화 공정을 해상용으로 변경

	- 테스트베드1,2의 건설 기술을 LNG-FPSO 테스트베드에 활용 - 핵심3과제의 5 MTPA급 상용 FEED 패키지의 활용 - 선박에 탑재하기 위해 RAM기반의 모듈화가 중요한 관건이며 이는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 핵심1과제에 연계하여 설계 및 건조를 추진 ○ 타 핵심과제와의 연계 - 핵심4과제의 액화공정, 전처리 FEED 설계 및 안전 설계 자료를 연계적용 ○ 해상은 육상에 비하여 위험도에 대한 신뢰성이 상대적으로 높아야 하며 이를 위한 Hazard System(PSD, ESD 등)의 다중화 및 레벨설정이 필수임 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과목표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계성을 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계하여 추진하고 이를 위해 사업단 및 핵심4과제 주관기관과 협조체계 구축
□ 추진체계	○ 사업단의 총괄과제 수행시 테스트베드 통합적용을 위한 시스템 엔지니어링 기술에 의한 과제추진에 적극 협조 ○ 본 과제 주관기관(연구책임자)은 핵심2과제 및 핵심4과제의 총괄 및 조정요구시 적극 협조 ○ 본 과제는 핵심4과제와 상호 연계 및 활용계획 제시가 필요함 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협력을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조 ○ 관련 과제와의 상호 연계를 위한 협조체계 구축을 위한 방안 제시 ○ 해상의 경우의 설계 및 건조의 난이도를 고려하여 기본적으로 산·학·연 공동연구를 추진하고 필요에 따라 국제공동연구 추진이 필요함 - 특히 해외선진 연구기관과의 공동연구 및 국내외 전문인력 pool 활용

- 추진을 위한 프로세스는 다음과 같음



5. 최종성과물 및 활용방안

- 최종성과물
 - <제1세부과제> LNG-FPSO Topside 플랜트 설계기술 개발
 - 100톤/일급 테스트베드 설계 FEED 패키지(설계집)
 - 2 MTPA LNG-FPSO 기본설계 패키지(설계집)
 - 액화효율 90%, 신뢰도 90%, 위험도 $10^{-3}/\text{yr}$
 - <제2세부과제> LNG-FPSO 플랜트 건조 기술 개발
 - 100톤/일급 테스트베드 및 테스트베드 계통 공정제어 시스템
 - 핵심4과제의 성과물과 연계한 테스트베드 모듈화 시공기술
 - 테스트베드 모듈화 건조기법 개발
 - 테스트베드 운전을 통한 설계기술 최적화
 - <제3세부과제> LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발
 - LNG-FPSO CCS 구조설계 및 해석
 - LNG-FPSO CCS 건조 자동화 시스템 개발
 - LNG-FPSO 플랜트 Topside와 CCS 연계를 위한 설계기준 정립
 - 240,000kL 이상급 LNG-FPSO CCS 표준설계
 - CCS 구조 및 설계도 선급인증
- 실용화 또는 사업화 방안
 - 기본적으로 개발기술의 테스트베드 적용 및 검증을 수행
 - 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보
 - 향후 건조될 LNG-FPSO 선에 활용
 - 향후 국내외에서 건조될 LNG-FPSO선 건조시 엔지니어링 기술 수출
 - 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이

	개발하거나 확보한 해외의 가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄(자원개발+기술+금융)을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화에 적용 가능 - 우리나라 공·사기업 주도의 해외 에너지자원 개발을 통해 확보한 해상가스전 개발 공정, 설계, 건설 기술 성과물을 도출 ○ 국내외에서 추진 중인 LNG플랜트 관련 사업을 대상으로 개발된 핵심성과물을 적용할 수 있도록 추진하여 대외 인지도 및 실적을 확보하고, 해외선진사와의 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성시 전략적으로 연구성과물에 대한 사업화 추진
6. 사업기간 및 소요예산 ☐ 전체	○ 총사업 기간 : 2011년 ~ 2015년(5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 170억원 이내> - 1단계(2011년) <정부지원금 : 6.55억원 이내> - 2단계(2012~2013년) <정부지원금 : 123.5억원 이내> - 3단계(2014~2015년) <정부지원금 : 40억원 이내> ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능 ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음
7. 기타	○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것 ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음 ○ 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전

문가 활용계획을 연구계획에 포함

- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 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
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용
- 사업단장 및 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
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

다. 세부과제 RFP

(1) 세부1과제(5-1) RFP

(가) 세부1과제(5-1) RFP

<표 7-2> 세부1과제(5-1), LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발 RFP

세부과제명	세부1과제(5-1) : LNG-FPSO 플랜트 Topside 설계기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 설계 ○ 세부목표 - 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside PFD, P&ID 및 공정제어 설계 - 100톤/일급 LNG-FPSO 테스트베드 설계
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ LNG-FPSO는 LNG 기술과 FPSO 기술이 결합된 신제품으로 프로젝트 자체가 대규모이며 해양가스전 개발과 함께 그 수요 증가가 예상되는 조선해양플랜트 분야의 블루오션임 ○ 전 세계적으로 급증하는 에너지 소비 및 청정에너지 요구 추세에 적기 대응을 위하여 육상 LNG 생산기지 대비, 프로젝트 수행 및 투자비 회수기간이 상대적으로 짧은 LNG-FPSO가 급부상하고 있음 ○ 주로 니치마켓을 고려중인 오일마이너사의 경우 LNG 공정 라이선스 부재 및 FEED 수행능력 부족으로 프로젝트 발주에 상당한 어려움이 예상되므로, 이점을 보완할 수 있는 경쟁력 있는 LNG 공정 개발 및 플랜트설계기술을 확보한다면 시장 선점 가능 ○ LNG-FPSO가 원격지 해상에서 운용되므로 무엇보다도 높은 신뢰성 및 입증된 기술이 요구되므로 해상 환경에 적합한 LNG 공정 개발, 테스트베드를 통한 검증 및 부유체 시스템과의 효율적인 결합이 필요함
□ 기술동향	<국내> ○ 삼성중공업에서 세계 최초로 LNG-FPSO를 수주하여 현재 설계중임 ○ 현대중공업 역시 육상 원격지에 설치될 LNG 생산기지 프로젝트를 수주하여 플랜트 모듈화 설계 및 시공 경험을 확보 예정 ○ 대형 조선업체의 경우 LNG 운반선 및 원유 FPSO의 설계/건조 경험이 풍부하여 LNG 배관계와 화물창 및 FPSO 선체 부분의 엔

지니어링 능력은 세계 최고 수준이며 Topside 플랜트 모듈화도 상당부분 자체설계 능력 보유

- LNG 액화공정을 포함한 Topside 공정 설계분야는 초보적인 단계로 전적으로 국외 선진 엔지니어링업체에 의존함

<국외>

- 최초에는 대형 저속 디젤추진 LNG 운반선에 설치된 LNG 재액화 장치의 설계/운용경험을 근간으로 오일마이너사가 질소냉매를 이용한 액화공정을 채택하여 중소형급 LNG-FPSO 프로젝트를 발주함으로써 효율보다는 안전성 및 운전 편의성에 초점을 맞춤
- Shell은 자체 보유한 LNG 액화공정을 사용한 Base Load급 LNG-FPSO 발주를 위해 FEED 수행이며 Topside 공정의 해상 적합화가 핵심임
- 선주사, LNG 액화공정 라이선스 보유사, 엔지니어링사 및 대형 조선업체를 중심으로 그들 간의 협업을 통해 다양한 LNG 공정 및 생산규모에 대해 FEED가 수행중이거나 예정됨

3. 연구개발내용

☐ 과제정의

- 해상환경에서의 성능 검증이 가능한 테스트베드를 설계/제작하여 독자 개발한 LNG 액화공정을 최적화한 후 이를 바탕으로 연산 2 백만톤급의 LNG-FPSO Topside 상용 FEED 패키지 설계기술로 정의할 수 있음

☐ 연구개발 내용

- 2 MTPA 급 LNG-FPSO Topside 상용 FEED 패키지 설계
 - Basis of Design(설계 기준)
 - Design Philosophy(설계 개념)
 - Operation & Maintenance Philosophy(운전 및 보수 개념)
 - Process Description(공정 설명)
 - Optimized Heat & Mass Balance(최적화된 열 및 물질 수지)
 - Process Flow Diagram(PFD, 공정 흐름도)
 - Piping & Instrumentation Diagram(P&ID, 배관 및 계기도)
 - Equipment Process Data sheets(PDS, 장치 공정 데이터시트)
 - Instrument Process Specification(IPDS, 계기 공정 사양서)
 - Equipment, Line and Tie-in Lists(장치, 배관 연결 리스트)
 - Utility Flow Distribution Drawings(유틸리티 분배도)

- Plot Layout / Conceptual Layout(배치도)
- HSE Services(보건, 안전, 환경 설계)
- Vessel FEED
- 100톤/일급 규모의 LNG-FPSO Topside의 테스트베드 설계
 - 테스트베드 개념설계
 - Basis of Design
 - 기존 테스트베드와의 연계 설계개념 도출
 - 테스트베드 기본설계
 - PFD 및 P&ID
 - 공정제어 설계 (PSD 및 ESD 포함) 및 Hazard management
 - Philosophy
 - 유틸리티 설계
 - 동력공급 최적화 설계
 - 주요기자재 구매주문사양서(POS)
 - 주요설비 컴팩트화 및 모듈화 설계
 - 설비배치도
 - 사양서
 - 테스트베드 상세설계
 - 통합제어시스템 설계
 - 3D 모델링
 - 상세 설비배치도
 - 공정제어 Logic 정립

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 1단계(테스트베드 기반 구축), 2단계(LNG-FPSO 상용 설계기술 확보), 3단계(LNG-FPSO 상용화 기술 확보)를 통한 단계적인 기술 확보 추진
 - 전처리 기술에서 LNG-FPSO에 적용되어야 할 핵심적 요건의 적용을 추진
 - 핵심4과제 전처리 설계 기술과 연계하여 추진
 - 핵심2과제 전처리 관련 과제와 연계하여 추진
 - 국외 선진기관 벤치마킹 추진
 - 국외 선진기관, 전문가와의 세미나, 컨퍼런스 등을 통한 노하우, 아이디어, 기술 등을 습득
 - LNG-FPSO의 Topside 공정에 관한 국내의 연구 실적이나 경험이 전무한 실정을 고려하여 해외 업체, 연구기관 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진

- 기술개발 과정에서 기술적 확인이 필요한 예상 문제점 예측과 이에 대한 대책을 초기 단계에서부터 수립
- 국내 조선사 보유기술 적극 활용
 - 국내 조선사가 보유하고 있는 Oil-FPSO , LNG 운반선의 세계 최고의 기술을 접목
- LNG플랜트사업단에서 보유하고 있는 기술과 연계
 - 핵심2과제의 육상용 신액화 공정을 해상용으로 변경
 - 테스트베드1,2의 건설 기술을 LNG-FPSO 테스트베드에 활용
 - 핵심3과제의 5 MTPA급 상용 FEED 패키지의 활용
 - 선박에 탑재하기 위해 RAM기반의 모듈화가 중요한 관건이며 이는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 핵심1과제에 연계하여 설계 및 건조를 추진
- 타 핵심과제와의 연계
 - 핵심4과제의 액화공정, 전처리 FEED 설계 및 안전 설계 자료를 연계적용
- 해상은 육상에 비하여 위험도에 대한 신뢰성이 상대적으로 높아야 하며 이를 위한 Hazard System(PSD, ESD 등)의 다중화 및 레벨 설정이 필수임
- 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과목표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계성을 반드시 포함하여 추진
- 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계하여 추진하고 이를 위해 사업단 및 핵심4과제 주관기관과 협조체계 구축

- 추진체계
- 사업단의 총괄과제 수행시 테스트베드 통합적용을 위한 시스템 엔지니어링 기술에 의한 과제추진에 적극 협조
 - 본 과제 주관기관(연구책임자)은 핵심2과제 및 핵심4과제의 조정 요구시 적극 협조
 - 본 과제는 핵심4과제와 상호 연계 및 활용계획 제시가 필요함
 - 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진
 - 타 핵심주관기관과의 협력을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진할 것
 - 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
 - 테스트베드 시행과 관련하여 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조

	○ 관련 과제와의 상호 연계를 위한 협조체계 구축을 위한 방안 제시 ○ 해상의 경우의 설계 및 건조의 난이도를 고려하여 기본적으로 산·학·연 공동연구를 추진하고 필요에 따라 국제공동연구 추진이 필요함 - 특히 해외선진 연구기관과의 공동연구 및 국내외 전문인력 pool 활용
5. 최종성과물 및 활용방안	
☐ 최종성과물	<제5-1세부과제> LNG-FPSO Topside 플랜트 설계기술 개발 ○ 100톤/일급 테스트베드 설계 FEED 패키지(설계집) ○ 2 MTPA LNG-FPSO 기본설계 패키지(설계집) - Topside FEED 패키지 및 Vessel 기본설계집 - 액화효율 90%, 신뢰도 90%, 위험도 10⁻³/yr
☐ 실용화 또는 사업화 방안	○ 개발기술을 활용한 테스트베드 제작 및 검증을 수행 ○ 초기 사업화 단계에서는 국내 공·사기업과의 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써 자체 발굴/확보한 가스전을 대상으로 개발 기술을 적용하여 실적 및 대외 인지도 확보 ○ 실적 확보 후 해외 해상 중·소규모 LNG 플랜트를 대상으로 사업화 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보 ○ 파생 DB의 표준화, 보급 확산
6. 사업기간 및 소요예산	
☐ 전체	○ 총사업 기간 : 2011년 ~ 2015년 (5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 50억원 이내> - 1단계(2011년) <정부지원금 : 5억원 이내> - 2단계(2012~2013년) <정부지원금 : 33억원 이내> - 3단계(2014~2015년) <정부지원금 : 12억원 이내> ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능 ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음
7. 기타	
○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것 ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음 ○ 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시	

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 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
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

(나) 세부1과제(5-1-1) RFP

<표 7-3> 세부1과제(5-1-1), LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발 RFP

세부과제명	세부1과제(5-1-1) : LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside FEED 패키지 설계 - 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside PFD, P&ID 및 공정제어 설계 ※ 2 MTPA LNG-FPSO 액화공정 및 Utility FEED 설계를 중심으로 연구개발을 추진하며 3단계에 세부5-1-2과제의 협조를 받아 2 MTPA급 LNG-FPSO FEED 패키지 완성 할 것
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	☐ 연구개발의 필요성 ○ LNG-FPSO는 LNG 기술과 FPSO 기술이 결합된 신제품으로 프로젝트 자체가 대규모이며 해양가스전 개발과 함께 그 수요 증가가 예상되는 조선해양플랜트 분야의 블루오션임 ○ 전 세계적으로 급증하는 에너지 소비 및 청정에너지 요구 추세에 적기 대응을 위하여 육상 LNG 생산기지 대비, 프로젝트 수행 및 투자비 회수기간이 상대적으로 짧은 LNG-FPSO가 급부상하고 있음 ○ 주로 니치마켓을 고려중인 오일마이너사의 경우 LNG 공정 라이선스 부재 및 FEED 수행능력 부족으로 프로젝트 발주에 상당한 어려움이 예상되므로, 이점을 보완할 수 있는 경쟁력 있는 LNG 공정 개발 및 플랜트설계기술을 확보한다면 시장 선점 가능 ○ LNG-FPSO가 원격지 해상에서 운용되므로 무엇보다도 높은 신뢰성 및 입증된 기술이 요구되므로 해상 환경에 적합한 LNG 공정 개발, 테스트베드를 통한 검증 및 부유체 시스템과의 효율적인 결합이 필요함 ☐ 기술동향 <국내> ○ 삼성중공업에서 세계 최초로 LNG-FPSO를 수주하여 현재 설계중임 ○ 현대중공업 역시 육상 원격지에 설치될 LNG 생산기지 프로젝트를 수주하여 플랜트 모듈화 설계 및 시공 경험을 확보 예정 ○ 대형 조선업체의 경우 LNG 운반선 및 원유 FPSO의 설계/건조 경험이 풍부하여 LNG 배관계와 화물창 및 FPSO 선체 부분의 엔지니어링 능력은 세계 최고 수준이며 Topside 플랜트 모듈화도 상당부분 자체설계 능력 보유

- LNG 액화공정을 포함한 Topside 공정 설계분야는 초보적인 단계로 전적으로 국외 선진 엔지니어링업체에 의존함

<국외>

- 최초에는 대형 저속 디젤추진 LNG 운반선에 설치된 LNG 재액화 장치의 설계/운용경험을 근간으로 오일마이너사가 질소냉매를 이용한 액화공정을 채택하여 중소형급 LNG-FPSO 프로젝트를 발주함으로써 효율보다는 안전성 및 운전 편의성에 초점을 맞춤
- Shell은 자체 보유한 LNG 액화공정을 사용한 Base Load급 LNG-FPSO 발주를 위해 FEED 수행이며 Topside 공정의 해상 적합화가 핵심임
- 선주사, LNG 액화공정 라이선스 보유사, 엔지니어링사 및 대형 조선업체를 중심으로 그들 간의 협업을 통해 다양한 LNG 공정 및 생산규모에 대해 FEED가 수행중이거나 예정됨

3. 연구개발내용

☐ 과제정의

- 해상환경을 고려하여 독자 개발한 LNG 액화공정을 최적화한 후 이를 바탕으로 연산 2백만톤급의 LNG-FPSO Topside 상용 FEED 패키지 개발

☐ 연구개발 내용

- 2 MTPA 급 LNG-FPSO Topside 상용 FEED 패키지 개발
 - Basis of Design(설계 기준)
 - Design Philosophy(설계 개념)
 - Operation & Maintenance Philosophy(운전 및 보수 개념)
 - Process Description(공정 설명)
 - Optimized Heat & Mass Balance(최적화된 열 및 물질 수지)
 - Process Flow Diagram(PFD, 공정 흐름도)
 - Piping & Instrumentation Diagram(P&ID, 배관 및 계기도)
 - Equipment Process Data sheets(PDS, 장치 공정 데이터시트)
 - Instrument Process Specification(IPDS, 계기 공정 사양서)
 - Equipment, Line and Tie-in Lists(장치, 배관 연결 리스트)
 - Utility Flow Distribution Drawings(유틸리티 분배도)
 - Plot Layout / Conceptual Layout(배치도)
 - HSE Services(보건, 안전, 환경 설계)
- Vessel FEED

4. 연구개발 추진방법

- | | |
|--------|---|
| □ 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계(테스트베드 기반 구축), 2단계(LNG-FPSO 상용 설계기술 확보), 3단계(LNG-FPSO 상용화 기술 확보)를 통한 단계적인 기술 확보 추진 ○ 국외 선진기관 벤치마킹 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 국외 선진기관, 전문가와의 세미나, 컨퍼런스 등을 통한 노하우, 아이디어, 기술 등을 습득 - LNG-FPSO의 Topside 공정에 관한 국내의 연구 실적이나 경험이 전무한 실정을 고려하여 해외 업체, 연구기관 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 - 기술개발 과정에서 기술적 확인이 필요한 예상 문제점 예측과 이에 대한 대책을 초기 단계에서부터 수립 ○ 국내 조선사 보유기술 적극 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 조선사가 보유하고 있는 Oil-FPSO , LNG 운반선의 세계 최고의 기술을 접목 ○ LNG플랜트사업단에서 보유하고 있는 기술과 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심2과제의 육상용 신액화 공정을 해상용으로 변경 - 테스트베드1,2의 건설 기술을 LNG-FPSO 테스트베드에 활용 - 핵심3과제의 5 MTPA급 상용 FEED 패키지의 활용 - 선박에 탑재하기 위해 RAM기반의 모듈화가 중요한 관건이며 이는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 핵심1과제에 연계하여 설계 및 건조를 추진 ○ 타 핵심과제와의 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심4과제의 액화공정, 전처리 FEED 설계 및 안전 설계 자료를 연계적용 ○ 해상은 육상에 비하여 위험도에 대한 신뢰성이 상대적으로 높아야 하며 이를 위한 Hazard System(PSD, ESD 등)의 다중화 및 레벨 설정이 필수임 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과목표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계성을 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계하여 추진하고 이를 위해 사업단 및 핵심4과제 주관기관과 협조체계 구축 |
| □ 추진체계 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제 주관기관(연구책임자)은 핵심2과제 및 핵심4과제의 조정 요구시 적극 협조 ○ 본 과제는 핵심4과제와 상호 연계 및 활용계획 제시가 필요함 |

○ 본 과제는 5-1-2 공동연구기관과 3단계에서 상용 FEED 패키지를 완성하여야 함 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요 시 공동연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협력을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조 ○ 관련 과제와의 상호 연계를 위한 협조체계 구축을 위한 방안 제시 ○ 해상의 경우의 설계 및 건조의 난이도를 고려하여 기본적으로 산·학·연 공동연구를 추진하고 필요에 따라 국제공동연구 추진이 필요함 - 특히 해외선진 연구기관과의 공동연구 및 국내외 전문인력 pool 활용	
5. 최종성과물 및 활용방안	
☐ 최종성과물	<세부1과제(5-1-1)> LNG-FPSO Topside 플랜트 설계기술 개발 ○ 2 MTPA LNG-FPSO 기본설계 패키지(설계집) - Topside FEED 패키지 및 Vessel 기본설계집 - 액화효율 90%, 신뢰도 90%, 위험도 $10^{-3}/\text{yr}$
☐ 실용화 또는 사업화 방안	○ 개발기술을 활용한 테스트베드 제작 및 검증을 수행 ○ 초기 사업화 단계에서는 국내 공·사기업과의 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써 자체 발굴/확보한 가스전을 대상으로 개발 기술을 적용하여 실적 및 대외 인지도 확보 ○ 실적 확보 후 해외 해상 및 육상 중·소규모 LNG 플랜트를 대상으로 사업화 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보 ○ 파생 DB의 표준화, 보급 확산
6. 사업기간 및 소요예산	
☐ 전체	○ 총사업 기간 : 2011년 ~ 2015년 (5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 30억원 이내> - 1단계(2011년) <정부지원금 : 3억원 이내> - 2단계(2012~2013년) <정부지원금 : 20억원 이내> - 3단계(2014~2015년) <정부지원금 : 7억원 이내>

	※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능 ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음
7. 기타	○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것 ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음 ○ 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 ○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함 ○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함 ○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ○ 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음 ○ 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음 ○ 사업단장 및 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 ○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

(다) 세부1과제(5-1-2) RFP

<표 7-4> 세부1과제(5-1-2), LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계 RFP

세부과제명	세부1과제(5-1-2) : LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : LNG-FPSO 테스트베드 설계 및 Topside 전처리 FEED 패키지 설계 - 100톤/일급 테스트베드 기본 및 상세설계 - 2 MTPA급 상용 LNG-FPSO Topside 전처리 PFD, P&ID 및 공정 제어 설계 ※ 3단계에 세부5-1-1과제에 공동으로 참여하여 2 MTPA급 LNG-FPSO FEED 패키지 완성 할것
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ LNG-FPSO는 LNG 기술과 FPSO 기술이 결합된 신제품으로 프로젝트 자체가 대규모이며 해양가스전 개발과 함께 그 수요 증가가 예상되는 조선해양플랜트 분야의 블루오션임 ○ 전 세계적으로 급증하는 에너지 소비 및 청정에너지 요구 추세에 적기 대응을 위하여 육상 LNG 생산기지 대비, 프로젝트 수행 및 투자비 회수기간이 상대적으로 짧은 LNG-FPSO가 급부상하고 있음 ○ 주로 니치마켓을 고려중인 오일마이너사의 경우 LNG 공정 라이선스 부재 및 FEED 수행능력 부족으로 프로젝트 발주에 상당한 어려움이 예상되므로, 이점을 보완할 수 있는 경쟁력 있는 LNG 공정 개발 및 플랜트설계기술을 확보한다면 시장 선점 가능 ○ LNG-FPSO가 원격지 해상에서 운용되므로 무엇보다도 높은 신뢰성 및 입증된 기술이 요구되므로 해상 환경에 적합한 LNG 공정 개발, 테스트베드를 통한 검증 및 부유체 시스템과의 효율적인 결합이 필요함
□ 기술동향	<국내> ○ 삼성중공업에서 세계 최초로 LNG-FPSO를 수주하여 현재 설계중임 ○ 현대중공업 역시 육상 원격지에 설치될 LNG 생산기지 프로젝트를 수주하여 플랜트 모듈화 설계 및 시공 경험을 확보 예정 ○ 대형 조선업체의 경우 LNG 운반선 및 원유 FPSO의 설계/건조 경험이 풍부하여 LNG 배관계와 화물창 및 FPSO 선체 부분의 엔지니어링 능력은 세계 최고 수준이며 Topside 플랜트 모듈화도 상당부분 자체설계 능력 보유

- LNG 액화공정을 포함한 Topside 공정 설계분야는 초보적인 단계로 전적으로 국외 선진 엔지니어링업체에 의존함

<국외>

- 최초에는 대형 저속 디젤추진 LNG 운반선에 설치된 LNG 재액화 장치의 설계/운용경험을 근간으로 오일마이너사가 질소냉매를 이용한 액화공정을 채택하여 중소형급 LNG-FPSO 프로젝트를 발주함으로써 효율보다는 안전성 및 운전 편의성에 초점을 맞춤
- Shell은 자체 보유한 LNG 액화공정을 사용한 Base Load급 LNG-FPSO 발주를 위해 FEED 수행이며 Topside 공정의 해상 적합화가 핵심임
- 선주사, LNG 액화공정 라이선스 보유사, 엔지니어링사 및 대형 조선업체를 중심으로 그들 간의 협업을 통해 다양한 LNG 공정 및 생산규모에 대해 FEED가 수행중이거나 예정됨

3. 연구개발내용

☐ 과제정의

- 해상환경을 고려하여 100톤/일급 테스트베드의 설계를 추진하며 , 연산 2백만톤급의 LNG-FPSO Topside 전처리 FEED 패키지 설계 기술로 정의 할 수 있음.

☐ 연구개발 내용

- 100톤/일급 LNG-FPSO 테스트베드 기본 및 상세설계
- 2 MTPA 급 LNG-FPSO Topside 전처리 FEED 패키지 설계
 - Basis of Design(설계 기준)
 - Design Philosophy(설계 개념)
 - Operation & Maintenance Philosophy(운전 및 보수 개념)
 - Process Description(공정 설명)
 - Optimized Heat & Mass Balance(최적화된 열 및 물질 수지)
 - Process Flow Diagram(PFD, 공정 흐름도)
 - Piping & Instrumentation Diagram(P&ID, 배관 및 계기도)
 - Equipment Process Data sheets(PDS, 장치 공정 데이터시트)
 - Instrument Process Specification(IPDS, 계기 공정 사양서)
 - Equipment, Line and Tie-in Lists(장치, 배관 연결 리스트)
 - Utility Flow Distribution Drawings(유틸리티 분배도)
 - Plot Layout / Conceptual Layout(배치도)
 - HSE Services(보건, 안전, 환경 설계)

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 1단계(테스트베드 기반 구축), 2단계(LNG-FPSO 상용 전처리 설계 기술 확보), 3단계(LNG-FPSO 상용화 기술 확보)를 통한 단계적인 기술 확보 추진
 - 전처리 기술에서 LNG-FPSO에 적용되어야 할 핵심적 요건의 적용을 추진
 - 핵심4과제 전처리 설계 기술과 연계하여 추진
 - 핵심2과제 전처리 관련 과제와 연계하여 추진
 - 국외 선진기관 벤치마킹 추진
 - 국외 선진기관, 전문가와의 세미나, 컨퍼런스 등을 통한 노하우, 아이디어, 기술 등을 습득
 - LNG-FPSO의 Topside 전처리 공정에 관한 국내의 연구 실적이나 경험이 전무한 실정을 고려하여 해외 업체, 연구기관 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진
 - 기술개발 과정에서 기술적 확인이 필요한 예상 문제점 예측과 이에 대한 대책을 초기 단계에서부터 수립
 - 국내 조선사 보유기술 적극 활용
 - 국내 조선사가 보유하고 있는 Oil-FPSO , LNG 운반선의 세계 최고의 기술을 접목
 - LNG플랜트사업단에서 보유하고 있는 기술과 연계
 - 핵심2과제의 육상용 전처리 공정을 해상용으로 변경
 - 테스트베드1,2의 건설 기술을 LNG-FPSO 테스트베드에 활용
 - 핵심3과제의 5 MTPA급 상용 FEED 패키지의 활용
 - 선박에 탑재하기 위해 RAM기반의 모듈화가 중요한 관건이며 이는 LNG플랜트사업단에서 수행하고 있는 핵심1과제에 연계하여 설계 및 건조를 추진
 - 타 핵심과제와의 연계
 - 핵심4과제의 액화공정, 전처리 FEED 설계 및 안전 설계 자료를 연계적용
 - 해상은 육상에 비하여 위험도에 대한 신뢰성이 상대적으로 높아야 하며 이를 위한 Hazard System(PSD, ESD 등)의 다중화 및 레벨설정이 필수임
 - 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과목표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계성을 반드시 포함하여 추진
 - 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계하여 추진하고 이를 위해 사업단 및 핵심4과제 주관기관과 협조체계 구축

□ 추진체계	○ 본 과제 주관기관(연구책임자)은 핵심2과제 및 핵심4과제의 조정 요구시 적극 협조 ○ 본 과제는 핵심4과제와 상호 연계 및 활용계획 제시가 필요함 ○ 본 과제는 5-1-1 연구기관과 3단계에서 상용 FEED 패키지를 완성하여야 함 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협력을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조 ○ 관련 과제와의 상호 연계를 위한 협조체계 구축을 위한 방안 제시 ○ 해상의 경우의 설계 및 건조의 난이도를 고려하여 기본적으로 산·학·연 공동연구를 추진하고 필요에 따라 국제공동연구 추진이 필요함 - 특히 해외선진 연구기관과의 공동연구 및 국내외 전문인력 pool 활용
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	<세부1과제(5-1-2)> LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계 ○ 100톤/일급 테스트베드 설계 FEED 패키지(설계집) ○ 2 MTPA LNG-FPSO Topside 전처리 패키지(설계집)
□ 실용화 또는 사업화 방안	○ 개발기술을 활용한 테스트베드 제작 및 검증을 수행 ○ 초기 사업화 단계에서는 국내 공·사기업과의 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써 자체 발굴/확보한 가스전을 대상으로 개발 기술을 적용하여 실적 및 대외 인지도 확보 ○ 실적 확보 후 해외 해상 및 육상 중·소규모 LNG 플랜트를 대상으로 사업화 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보 ○ 파생 DB의 표준화, 보급 확산
6. 사업기간 및 소요예산	
□ 전체	○ 총사업 기간 : 2011년 ~ 2015년 (5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 20억원 이내> - 1단계(2011년) <정부지원금 : 2억원 이내>

- 2단계(2012~2013년) <정부지원금 : 11억원 이내>
- 3단계(2014~2015년) <정부지원금 : 7억원 이내>
- ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
- ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음

7. 기타

- 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것
 - ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 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
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

(2) 세부2과제(5-2) RFP

<표 7-5> 세부2과제(5-2), LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발 RFP

세부과제명	세부2과제(5-2) : LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : 일일 액화능력 100톤급 규모의 테스트베드 구축, 운영 및 유지
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	□연구개발의 필요성 ○ LNG 플랜트 엔지니어링 사업은 성장 사업으로서 산업의 전후방 연관효과가 94% 이상이며, 건설사업 건당 사업비가 1~10억 달러 이상으로 외화 획득과 고부가가치 및 고용창출에 미치는 효과가 매우 큼 - 세계적으로 천연가스의 수요는 2030년까지 2002년 대비 약 2배 수준 증가할 것으로 전망 - 가스부문의 투자액은 향후 2030년까지 연평균 약 1,000억 달러로 전망 ※ 출처: IEA, World Energy Outlook, 2003. ○ LNG-FPSO 플랜트는 다양한 학제와 원천기술, 응용기술이 집적되어 있는 복합플랜트로서 해외시장 진입을 위한 EPC 필수기술(핵심기반+공정+설계+건설) 개발을 위한 전략적이고 종합적인 연구사업 추진이 필요 ○ 세부1과제(5-1)에서 추진하는 설계기술과 핵심4과제에서 추진하는 공정 최적설계기술 개발, 해상전처리 설계기술과 연계되어 독자적인 LNG-FPSO 플랜트 설계(FEED 포함) 및 시공(EPC)기술을 확보하기 위해서는 파이롯트 플랜트 규모의 테스트베드를 구축하여 관련 기술 노하우를 확보하고 검증하는 것이 무엇보다도 중요함 ○ 실질적으로 해외 플랜트 발주처 입장에서도 수조원 이상의 대규모 투자비용이 들어가는 프로젝트에 실적과 경험이 없는 EPC 업체를 선정하기 어려운 여건이므로 테스트베드 건조경험을 통한 실적 확보가 사업 성패의 절대적 요인임 ○ 테스트베드 구축은 이를 통한 설계·시공 능력의 확보 및 검증 이외에도 개발 기자재 및 시스템 기술적용, 플랜트 운용 및 유지보수 노하우 확보, 대용량 플랜트 설계기술 등 실용화 사업 추진시 필요한 기본 데이터 확보에 필수적임

	○ 세부2과제(5-2)는 성공적 추진의 핵심 고리역할을 하는 중요한 단계에 위치하고 있으며 다른 세부과제들과 밀접한 연관성이 있어 체계적인 기술개발 로드맵에 따라 전략적으로 연구를 추진하여 각 연구 단계별로 성과물 공유와 유기적 협력을 통해 개발 완료 시점에서 바로 실 사업 진출이 가능하도록 사업모델 구축이 필요함
☐ 기술동향	<국내> ○ 국내 조선사가 세계 최초로 LNG-FPSO를 수주하였고, 향후 1~2년 내에 그 시장이 확대될 것으로 전망됨. 하지만, 자체 엔지니어링 기술 결여로 외국 선주사 및 엔지니어링사에 종속관계에 있으며 가격경쟁이 불리하고, 기술료로 지급하기 위한 외화 유출이 매우 클 것으로 예상됨 ○ 상당한 시장성이 있는 LNG-FPSO 플랜트 설계·건설 등의 핵심 기술은 아직까지 국내에서는 연구 및 개발 경험이 전무하고, 천연가스 액화공정, 해상전처리 응용기술 분야에 대한 연구 실적은 거의 전무한 실정임 <국외> ○ 대형 저속디젤추진 LNG 운반선에 설치된 LNG 재액화장치의 설계/운용경험을 근간으로 오일마이너사가 질소냉매를 이용한 액화공정을 채택하여 중소형급 LNG-FPSO 프로젝트를 발주함으로써 효율보다는 안전성 및 운전 편의성에 초점을 맞춤 ○ Shell은 자체 보유한 LNG 액화공정을 사용한 Base Load급 LNG-FPSO 발주를 위해 FEED 수행이며 Topsides 공정의 해상적합화가 핵심임 ○ 선주사, LNG 액화공정 라이선스 보유사, 엔지니어링사 및 대형 조선업체를 중심으로 그들 간의 협업을 통해 다양한 LNG 공정 및 생산규모에 대해 FEED가 수행중이거나 예정됨
3. 연구개발내용	
	☐ 과제 정의 ○ 세부2과제(5-2)는 세부1과제(5-1)에서 제공하는 테스트베드 설계를 기반으로 시공을 수행하며, 공기 단축 및 모듈화 시공 등에 관한 기술 개발로 정의할 수 있음 ☐ 연구개발내용 ○ 테스트베드 현장조사

- 테스트베드 주변 환경 분석
- 테스트베드 건조 준비
 - 테스트베드 설치 지역 법규, 공업기준 등 검토
 - 파워, 유틸리티 공급망 확보
- 테스트베드 구성 기자재 구매, 제작
 - 테스트베드 기자재 제작
 - 기자재 컴팩트화 제작
 - LNG-FPSO 기자재 구매/발주
- 핵심설비 테스트베드 적용
 - 주요설비 모듈화 시공
- LNG-FPSO 플랜트 모듈화 시공체계 개발
 - 모듈화 시공체계 구축
 - 통합제어시스템 설치
- 테스트베드 시공 및 시운전
 - 테스트베드 시운전 및 보완
- LNG-FPSO 플랜트 공기개선
 - LNG-FPSO 플랜트 공기단축 기법 개발
 - LNG-FPSO 플랜트 건설 노하우 DB화
- LNG-FPSO 플랜트 현장 관리기술 개발
 - 표준시방, 지침 등 개발
 - 현장관리 가이드(메뉴얼) 개발

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - LNG플랜트사업단에서 현재 추진하고 있는 세부3-2과제 LNG 플랜트 건조기술의 Train-1, 2와 연계하여 추진
 - 새로운 아이디어와 우수한 기술의 접목을 통한 융·복합 특화기술 추진
 - 각종 요소 및 시스템에 IT, 마이크로(micro), 소재, USN, 자동화 등 우수한 기술을 접목하여 특화 경쟁력을 가지는 융·복합기술을 개발
 - LNG-FPSO 플랜트 사업수행에 중요한 핵심 가치사슬(Value Chain)에 연관된 기술을 중심으로 로드맵을 마련하고 사업전략과 연계하여 R&BD로 추진
 - 원천·일반·보유·중간진입·경쟁기술을 전략적 특화기술로 재분류하여 선택과 집중을 실천
 - 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진

□ 추진체계	○ 본 과제의 주관기관(연구책임자)은 사업단 및 핵심5과제의 조정 요구시 적극 협조 ○ 타 핵심주관기관과의 협업을 통한 기술개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동 연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	○ 일일 액화능력 100톤급 규모의 테스트베드 - 테스트베드 및 테스트베드 계통 제어시스템 - 테스트베드 모듈화 시공기술 - LNG-FPSO 플랜트 시운전 데이터 및 시운전 절차서 - LNG-FPSO 플랜트 건설 표준 ○ 관련 연구보고서, 논문 및 특허 등
□ 실용화 또는 사업화 방안	○ 테스트베드 구축 후 활용방안 - 초저온 LNG-FPSO 플랜트 연구기반으로 지속적 활용 가능 - LNG 기지에서 발생하는 BOG의 재액화 설비로 활용 가능 - LNG 차량 보급에 따른 원격지 LNG 충전소 설비로 활용 가능 ○ 테스트베드 구축을 통한 관련기술의 신뢰성과 완성도를 제고하여 단계별로 다음과 같은 다양한 형태의 해외사업의 진출방안 모색 - 1단계 : 국내 조선사가 확보한 LNG-FPSO 사업권과 연계 - 2단계 : 중소규모 해상 가스전 대상으로 종합적 사업모델 개발 진출 - 3단계 : 대형화 프로젝트에 선진기업과 컨소시엄 형태로 참여
6. 사업기간 및 소요예산	
□ 전체	○ 총사업기간 : 2012년 ~ 2015년(3년) ○ 총연구비 : < 정부출연금 90억원 이내 > - 2단계(2012 ~2013년) < 정부출연금 36.4억원 이내 > - 3단계(2014년~2015년) <정부출연금 53.6억원 이내 > ※ 민간부담금은 사업공모시 별도 공고 예정 ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
7. 기타	
○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것 ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선	

- 정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
 - 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
 - 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
 - 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 사업단장 및 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
 - 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

(3) 세부3과제(5-3) RFP

<표 7-6> 세부3과제(5-3), LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발 RFP

세부과제명	세부3과제(5-3) : LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 최종목표 : 한국형 LNG CCS의 LNG-FPSO 적용을 위한 CCS 기술 개발 ○ 세부목표 : LNG-FPSO Topside-CCS간의 연계기술 개발 및 경제성 향상을 위한 CCS 건조자동화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
☐ 연구개발의 필요성	○ 국제에너지기구(IEA)에 의하면 2030년경에는 전체 가스거래량의 50% 이상이 LNG 형태로 거래될 것으로 전망하였고, 이에 따라 액화플랜트, 수송선, 인수기지 등 천연가스산업 전반에 걸쳐 지속적인 투자가 이루어질 것으로 예상됨 ○ LNG 운반선의 수요도 지속적으로 증가하여 2009년말 기준 327여척인 LNG 운반선이 2020년에는 590여척으로 크게 증가할 것으로 예측됨 ○ 국내는 현재 세계적으로 선도하는 LNG선의 건조기술을 확보하고 있음 ○ 오일 및 천연가스에 대한 수요 증가에 따른 가격 상승으로 채산성이 확보되고, Onshore 및 근해의 원유매장량 감소 우려가 대두되면서 심해 에너지원 개발에 대한 투자가 증가하고 있음 ○ 또한, 해상용 액화플랜트는 미래의 가스 산업의 중요한 역할을 할 것으로 기대하고, 현재 가시화된 프로젝트 없이 LNG분야의 선두기업인 Flex LNG, SHELL 등에 의해 기술개발 및 건조가 진행 중이며, HOEGH, INPEX 등이 사업을 추진 중에 있음 ○ 따라서 현 시점이 육상용 액화플랜트 개발사업과 연계하여 해상용 액화플랜트인 LNG-FPSO의 개발을 위한 적기로 예상되며, 해상용 액화플랜트인 LNG-FPSO의 화물창은 정부에서 수행한 LNG선 CCS의 설계기술을 기반으로 확대, 적용하는 것이 LNG-FPSO의 기술개발을 극대화하는 것으로 판단됨
☐ 기술동향	<국내> ○ 국내의 대형 조선업체를 중심으로 LNG분야의 Oil-major들로부터

	수주하여 LNG-FPSO의 건조가 진행 중임 ○ LNG-FPSO의 액화설비는 외국의 설계사로부터 기본설계를 도입하고, 국내에서 상세설계를 수행하여 적용하고 있으며, CCS는 기존의 LNG선의 화물창을 기술선의 도움으로 확장하는 시도가 진행 중임 <국외> ○ LNG-FPSO에 적용되는 화물창은 LNG선에 적용되는 화물창을 그대로 하여 화물창의 수량을 증가시켜 사용하는 방법의 적용을 검토하고 있으며, 또한, 건조 공간, 비용 및 건조기간을 단축하기 위하여 용량을 증가시키는 방법을 시도하고 있으나, Sloshing effect에 의한 많은 문제들을 해결하는 과정에 있음 ○ 또한, 경제성 문제로 LNG선에서는 거의 적용되지 않고 있는 Prismatic independent tank형 SPB 화물창의 적용이 추진되고 있음
3. 연구개발내용	☐ 과제정의 ○ 한국형 LNG CCS를 LNG-FPSO에 적용하기 위해 필요한 CCS 대형화에 따른 구조적 안전성 문제에 대한 기술적 고찰과 이를 보완하기 위한 방열시스템 구조개선 및 생산성 향상을 위한 건조자동화기술 개발로 정의함 ☐ 연구개발 내용 ○ 멤브레인식 CCS를 LNG-FPSO에 적용하기 위한 기술개발 - LNG CCS의 대형화에 따른 Sloshing effect 설계적용기술 개발 - LNG CCS의 Sloshing effect에 대한 구조적 안전성 향상을 위한 CCS의 구조개선 - Condensate의 저장을 고려한 저장탱크 배치 - Topside와 CCS의 연계구조 최적화 기술개발 - 2 MTPA급 LNG-FPSO를 위한 CCS 설계패키지 작성 - LNG-FPSO 기본설계서 선급인증 ○ LNG-FPSO CCS의 건조자동화기술 개발 - LNG CCS 대형화로 인한 건조비용 및 기간을 단축하기 위한 건조 자동화 시스템기술 개발 - CCS 건조자동화 기술의 유용성 및 실효성 확인을 위한 Mock-up 설비제작
4. 연구개발 추진방법	☐ 추진전략 ○ 1단계(기반기술 구축), 2단계(LNG-FPSO CCS 상용 설계기술 확

	보), 3단계(LNG-FPSO CCS 건조 자동화기술 개발)를 통한 단계적인 기술 확보 추진 ○ 국외 선진기관 벤치마킹 추진 - 국외 선진기관, 전문가와의 세미나, 컨퍼런스 등을 통한 노하우, 아이디어, 기술 등을 습득 - LNG-FPSO의 PLANT-CCS 연계에 관한 국내의 연구 실적이나 경험이 전무한 실정을 고려하여 해외 업체, 연구기관 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 - 기술개발 과정에서 기술적 확인이 필요한 예상 문제점 예측과 이에 대한 대책을 초기 단계에서부터 수립 ○ 해상은 육상에 비하여 위험도에 대한 신뢰성이 상대적으로 높아야 하며 이를 위한 Hazard System(PSD, ESD 등)의 다중화 및 레벨 설정이 필수임 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과목표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계성을 반드시 포함하여 추진 ○ 국내에서 정부주도로 개발된 LNG선 CCS의 적극 활용 - LNG CCS의 구조 및 건조기술 활용 - 기술개발사항 · 240,000 kL의 한국형 CCS 구조시스템 개발(KC-1) · CCS의 초저온 시험 평가 및 평가기술 확보 · 건조자동화를 위한 개념 정립(RS-1) · CCS 선급인증 ○ 현재 LNG-FPSO를 건조중인 조선사와 연계하여 추진 - 현재 진행 중인 FPSO 건조사의 참여 유도 - 조선사의 LNG선 건조기술을 적극적으로 활용 ○ 현재 추진 중인 육상용 액화플랜트 개발사업과 연계추진 - 핵심1과제의 기반기술 활용 - 핵심2과제의 설계기술을 응용하여 추진하기 위하여 핵심기관과의 협조체계 구축 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, Mockup을 반드시 포함하여 추진
□ 추진체계	○ 본 과제 주관기관(연구책임자)은 핵심4과제 및 핵심5과제의 조정 요구시 적극 협조 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협력을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및

협조체계를 구축하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색 ○ 관련 과제와의 상호 연계를 위한 협조체계 구축을 위한 방안 제시 ○ 해상의 경우의 설계 및 건조의 난이도를 고려하여 기본적으로 산·학·연 공동연구를 추진하고 필요에 따라 국제공동연구 추진이 필요함 - 특히 해외선진 연구기관과의 공동연구 및 국내외 전문인력 pool 활용 ○ LNG CCS의 타 분야(초대형 LNG선, LNG RV, FSRU 등) 적용을 위한 시너지효과를 고려하여 추진	
5. 최종성과물 및 활용방안	
☐ 최종성과물	○ 240,000 kL이상의 LNG-FPSO CCS 표준설계서 - 표준설계 계산서 - 표준설계도면 ○ LNG-FPSO 건조기술 - 표준 건조절차서 - CCS 건조 자동화시스템 설계도 ○ LNG-FPSO Topside와의 연계기술 - Nozzle 배치도 - Nozzle(LNG, BOG, FG 등) 설계 계산서 - Nozzle 설계기준
☐ 실용화 또는 사업화 방안	○ 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발에 참여하거나 확보한 해외의 해상가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄에 참여하는 해외플랜트 건설 사업화에 적용 가능 ○ 지적재산권 등록을 통하여 권리 확보 ○ 조선사 및 국내의 가스관련사를 이용한 유사 LNG사업(초대형 LNG선, LNG RV, LNG FSRU 등)에 적극 활용
6. 사업기간 및 소요예산	
☐ 전체	○ 총사업 기간 : 2011년 ~ 2015년(5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 30억원 이내> - 1단계(2011년) <정부지원금 : 1.5억원 이내> - 2단계(2012~2013년) <정부지원금 : 13.9억원 이내> - 3단계(2014~2015년) <정부지원금 : 14.6억원 이내>

- ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
- ※ 정부출연금은 미지급 내부인건비가 포함되어 있지 않음

7. 기타

- 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것
 - ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 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
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

라. 핵심과제 및 세부과제 공모방안

- 객관적으로 경쟁력을 갖춘 기업 및 연구기관의 응모가 가능하도록 통합형 지정공모와 분리공모의 형식을 도입하였으며, 핵심과제에서 중요도와 기초 및 기반성격, 새로운 아이디어 접근성, 경쟁효과 등을 고려하여 과제별 공모방안을 설정함
- 특별한 경우 이외에 세세부 과제까지 구분하기에는 과제의 통합성과 수행시기, 관리상 비효율성 등으로 인하여 무리가 있을 것으로 판단되며, 이에 세부과제 수준에서 공모성격을 검토함
- 세부1과제는 LNG-FPSO 공정 최적화 설계기술을 개발하는 과제로서 핵심과제를 주관하는 기관이 수행하는 것이 바람직함
- 세부2과제와 세부3과제는 경쟁을 통하여 새로운 기술의 접목이 요구되는 분야로서 분리공모의 형태로 추진하는 것이 독창성과 우수성을 고려한 경쟁이 가능하여 적절한 것으로 판단됨
- 사업단의 최종 목표달성을 위해서 각 세부과제의 우선순위는 ① 세계최고 수준과 경쟁할 수 있는 기술경쟁력 확보, ② LNG-FPSO 시장점유율 및 부가가치 확대 가능성, ③ 미래수요에 부응한 전략적 투자 필요성 등을 고려하여 1~3등급으로 구분되며, 향후 정책적 시급성, 중요성 및 예산 확보 여건 등 상황변화에 맞추어 추진시기 등을 조정할 수 있도록 제시함

<표 7-7> 핵심5과제의 세부과제 공모방안 (1~5점 척도)

세부과제	세부과제명	평가항목 (지정공모 ← → 분리공모)				공모 방안
		중요도	기반	신기술	경쟁기술	
세부1 과제 (5-1)	LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발	4	5	3	3	지정 공모
	LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계	4	5	3	3	분리 공모
세부2 과제 (5-2)	LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	4	3	4	5	분리 공모
세부3 과제 (5-3)	LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	4	3	4	5	분리 공모

<표 7-8> 핵심5과제의 세부과제 우선순위 (1~3 순위 척도)

핵심5과제			
우선 순위	과제번호	세부과제명	공모시기
1	5-1-1	LNG-FPSO Topside FEED 패키지 개발	1단계
	5-1-2	LNG-FPSO 테스트베드 및 전처리 FEED 설계	
3	5-2	LNG-FPSO 플랜트 건조기술 개발	2단계
1	5-3	LNG-FPSO Plant-CCS 연계기술 개발	1단계

마. 선정지표

- LNG-FPSO 사업의 핵심5과제 선정을 위한 선정지표는 연구목표를 달성을 위한 구체적인 방법이 제시되어야 함
- 주관기관 선정을 위한 선정지표는 연구개발의 필요성, 연구성과 목표/지표의 적절성, 성과목표달성 가능성, 연구기관, 성과활용계획 등으로 구성됨

<표 7-9> 핵심5과제 선정지표

구분	평가항목	배점
연구개발의 필요성	1. 사업목적과의 부합성	10
	2. 사업단 연구개발 목표와의 부합성	10
연구성과목표/ 지표의 적절성	3. 사업단 연구성과 목표/지표와의 부합성	10
	4. 성과목표/지표의 구체성	5
	5. 성과목표/지표의 측정 방법의 객관성	5
성과목표 달성 가능성	6. 연구책임자와 연구진의 역량	5
	7. 성과달성을 위한 연구 계획의 구체성 및 타당성	5
핵심과제	8. LNG, FPSO 플랜트 분야 연구 및 설계 능력	15
	9. LNG, FPSO 플랜트 분야 실적	5
연구 기관	11. 연구기기, 장비, 시설 등 연구인프라 구축 수준 및 활용성	5
	12. 연구 관리시스템 및 지원 시스템 적절성	5
	13. 민간 부담금 등 해당 기관의 연구 지원 의지	5
성과 활용 계획	14. 연구성과물의 기대성과, 파급효과 분석의 객관성 및 타당성	5
	15. 연구 성과의 실용화, 상업화 계획의 구체성 및 실현 가능성	10
기타	16. 제시된 RFP와의 부합성 (평가위원 과반수 이상이 부합되지 않는다고 판단시 탈락 조치)	
	17. 중복성 (평가인원 과반수 이상이 기 수행되거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판단시 탈락 조치)	

8

참고문헌



8. 참고문헌

1. A. J. Finn, Are Floating LNG Facilities Viable Options, Hydrocarbon Processing, July 2009.
2. D. Harrold, Design a Turnkey Floating LNG Facility, Hydrocarbon Processing, July 2004.
3. C. Durr et al., LNG Technology, Hydrocarbon Processing, July 2008
4. S. Huang, Improve Recovery of Intermediate Components with LNG, Hydrocarbon Processing, July 2007.
5. V. Aggarwal et al., Improve NGL Recovery, Hydrocarbon Processing, May 2001.
6. S. Mokhatab et al., Natural Gas and LNG Trade Global Perspective, Hydrocarbon Processing, July 2006.
7. Kanfa Aragon, The World's First LNG-FPSO
8. Inga Bettina waldmann , Evaluation of Process systems for Floating LNG Production Units , Kanfa Aragon AS, Tekna conference 18-19th June 2008
9. LNG플랜트사업단 상세기획연구보고서
10. Tim Cornitus, Medium-scale Liquefaction Technology, Global forum - Flaring Reduction Gas Utilization
11. Small-scale Liquefaction Taps into Niche Markets for LNG, [3/26/2007]
<http://www.lngexpress.com/showstory.asp?id=9414>
12. K. J. Vink, et. al., Baseload Liquefaction Processes, Hydrocarbon Engineering, October 1998
13. Jolinde M. van de Graaf and Barend Pek, Large-capacity LNG Trains - The Shell Parallel Mixed Refrigerant Process, pp. 41~44, Business Briefing : LNG Review, 2005
14. Doug Yates, P.E., Thermal Efficiency - Design, Lifecycle, and Environmental Considerations in LNG Plant Design, GASTECH 2002
15. Markus Hammerdinger, Josef Fleckinger, Achim Stoeckl, Rupert Kkuge, Helium Leak Detection in the Supply Chain for Liquefied Natural Gas (LNG), ECNDT 2006 - Tu.2.6.4
16. Wesley R. Qualls, et. al., Liquid Expanders in the Phillips Optimized Cascade LNG Process, GASTECH 2002
17. Christian D. T. Begazo, et. al., Small-scale LNG Plant Technologies, Hydrocarbon

World 2007

18. Simon Newton, FLNG Liquefaction and regasification Technologies, FLNG Project advancement 2009 (Seoul)
19. Nazery Khalid, The ABC of FLNG : Altering Mindset to Maximize Potential, FLNG Project advancement 2009 (Seoul)
20. G. Gourdet, Unveiling New Set of Rules For LNG-FPSO, FLNG Project advancement 2009 (Seoul)
21. Pastoor Wouter, Developing LNG Producer projects , GASTECH 2009
22. Ian Ramshaw, Michael Wilkes, The Layout challenges of Large Scale Floating LNG , GASTECH 2009
23. 大野泰伸, LNG-FPSO : Shell の 受注者が 決定, その 他現況, JOGMEC 2009/8/17
24. 大野泰伸, FEED 段階へと 移行する LNG-FPSO , JOGMEC 2009/7/17
25. 宮崎信一, LNG ビジネスの 本質を 理解するための 液化プラント 必須知識, JOGMEC, 石油・天然ガスレビュー
26. CHEMSYSTEMS PERP PROGRAM, Floating LNG Production 07/08S10, Nexant



국민으로부터 신뢰받는 청렴한 국토해양부가 되겠습니다.

국토해양부 부조리신고센터

국토해양부 공무원의 부패행위 또는 부실공사를 알게 되었거나 부패행위를 강요 또는 제의 받은 때에는 국토해양부에 신고할 수 있습니다.



국토해양부 홈페이지(www.mltm.go.kr) 부조리신고센터



경기도 과천시 관문로 88 국토해양부 감찰팀



TEL: 02)2110-8045 FAX: 02)504-9146



인천광역시 연수구 동춘동 973번지 한국가스공사 LNG플랜트사업단

Tel : 032-810-0252~60, FAX : 032-810-0251

<http://www.gasplant.or.kr>