

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발 기획연구

2011. 2.

주관연구기관 / 한국해양연구원

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 해양연구기획사업의 기획연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 해양연구기획사업의 기획연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용을 대외적으로 발표 또는 공개할 수 없습니다.

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발 기획연구

2011. 2.

주관연구기관 / 한국해양연구원

국 토 해 양 부
한국해양과학기술진흥원

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발 기획연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011. 2. 15.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 이 진 학

[기획위원 명단]

이 진 학 (한국해양연구원)	박 우 선 (한국해양연구원)
홍 사 영 (한국해양연구원)	한 상 훈 (한국해양연구원)
박 세 현 (한국해양연구원)	이 종 림 (삼성중공업)
나 성 원 (삼성중공업)	정 순 용 (삼성중공업)
정 승 진 (삼성중공업)	백 승 우 (삼성중공업)
이 욱 한 (건일엔지니어링)	김 보 준 (건일엔지니어링)
송 상 준 (건일엔지니어링)	유 승 훈 (서울과학기술대학)
백 철 우 (선문대학교)	

[자문위원 명단]

김 영 진 (한국생산기술연구원)	박 한 일 (한국해양대학교)
양 영 명 (한국가스공사)	이 영 범 (대우조선해양)
이 필 승 (KAIST)	이 한 석 (한국해양대학교)
정 연 주 (한국건설기술연구원)	최 병 렬 (젠텍엔지니어링)
홍 성 경 (한국가스공사)	황 윤 국 (한국건설기술연구원)

보고서 요약서

과제고유번호	BSPM56010-2266-2	해 당 단 계 연구 기 간	2010.08.16 ~ 2011.02.15	단 계 구 분	
연구 사업 명	중 사업 명				
	세부사업명	2010년도 해양연구기획사업			
연구 과제 명	대 과제 명	Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발 기획연구			
	세부과제명				
연구 책임 자	이진학	해당단계 참 여 연구원수	총 : 명 내부 : 명 외부 : 명	해당단계 연구 비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 13 명 내부 : 5 명 외부 : 8 명	총연구비	정부 : 60,000천원 기업 : 천원 계 : 60,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국해양연구원 연안개발·에너지연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위 탁 연 구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	181
<p>미래지향적인 Hybrid Concrete 방식을 이용한 LNG 해상터미널 기술개발의 타당성 분석 및 종합 연구계획 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 관련 연구 현황 및 동향 조사 ■ 기술개발의 타당성 분석 ■ 연구목표 및 범위 설정 ■ 목표 달성을 위한 요소기술 및 세부과제 도출 ■ 연구개발 추진계획 수립 ■ 연구개발 성과의 사업화 방안 제시 ■ 본 사업의 기대효과 및 파급효과 제시 ■ 과제별 정량적, 정성적 성과지표 및 지표별 성과 목표치 제시 ■ 최종보고서 작성 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한글	하이브리드 콘크리트, 해상터미널, LNG, 부유식, 중력식			
	영어	Hybrid Concrete, Offshore Terminal, LNG, Floating Type, Gravity Based Structure			

목 차

1. 개요	1
1.1 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발의 필요성	1
1.2 기획연구의 목표 및 내용	6
가. 기획연구의 필요성	6
나. 기획연구의 목표	6
다. 기획연구의 내용	7
1.3 추진 방법 및 일정	9
가. 추진 전략 및 체계	9
나. 추진 방법	12
다. 추진 일정	15
2. 환경 및 역량 분석	17
2.1 환경 분석 및 이슈 도출	17
2.2 미래시장 예측	20
2.3 정책동향 분석	28
2.4 기술 동향 분석	32
가. 국내 기술동향분석	33
나. 해외 기술동향분석	35
다. 국내 R&D 추이	40
2.5 특허 및 논문 동향 분석	45
가. 특허 동향 분석	45
나. 주요 출원인 특허 동향 분석	52
다. 결론 및 시사점	57
2.6 기술기능전개 및 기술트리	60
가. 기술 기능전개(FAST: Function Analysis System Technique)	60
나. 기술 트리 (Technology Tree)	60
2.7 세부기술 분석	67

3. 연구개발 비전 및 목표 수립	79
3.1 연구개발 비전 수립	79
3.2 연구개발 목표	79
3.3 핵심기술별 연구목표 수립	80
4. 연구추진 계획	82
4.1 개요	82
4.2 핵심기술 개요	85
가. 신소재 및 특수콘크리트 적용 기술개발	85
나. 특수외력 평가 및 대응전략 기술개발	89
다. 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계기술 개발	94
라. 내진성능 평가 및 향상 기법 개발	98
마. 예인운송 및 설치 안정성 평가기술 개발	102
바. 해상접합 시공 및 수중 보수보강 기술개발	106
4.3 연구추진체계	111
가. 사업단/연구단/일반과제 비교	111
나. 제안 연구추진체계	114
5. 연구추진의 타당성 분석	115
5.1 정책적 타당성	115
가. 연구의 중요성	115
나. 연구의 시급성	116
다. 정부지원의 필요성	117
5.2 기술적 타당성	120
5.3 경제적 타당성	123
가. 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발에 대한 경제성 추정	123
나. 경제적 파급효과	134
6. 기대효과 및 사업화 방안	141
6.1 기대효과	141

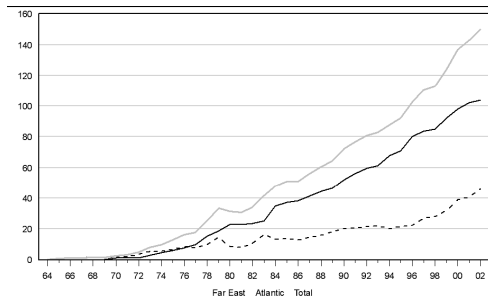
가. 기술적 기대효과	141
나. 경제적 기대효과	142
5.2 활용방안	143
5.3 사업화 방안	143
7. 정책제언	146
5.1 범부처 협력	146
가. 관련 국가연구개발사업 현황	146
나. 부처 간 연계 사업 방안	148
7.2 상용화 과정에서의 부처 및 전문기관 협조	148
8. 참고문헌	150
부록.	152

1 개요

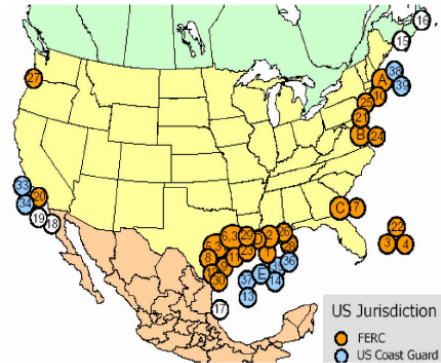
1.1 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발의 필요성

□ 발전 및 난방을 위한 친환경 LNG 수요의 지속적 증가

- 탄소 저감에 대한 요구 및 원유가격 상승에 따라 천연가스에 대한 전 세계적인 수요가 증가하고 있음.
- 천연가스는 청정에너지이며, 석유와 달리 비교적 충분한 매장량을 갖춘 에너지원임. 또한 여러 지역에서 생산되는 에너지원이라는 특성을 갖추고 있어 천연가스의 수요 급증 예상됨. 특히 LNG의 물동량은 더욱 가파를 것으로 예상.
- 미국의 경우 자체 생산-조달이 어려우며 캐나다로부터의 수입이 한계에 다다르고 있기 때문에 서아프리카, 중동지역 등지로부터 LNG를 수입하여 자체 수요 충족할 계획을 가지고 있음. 따라서 강력한 LNG 수입국으로 부상할 것으로 예상되는 데 비하여 NIMBY 현상 및 테러에 대비한 우려로서 가장 유망한 해상 LNG 터미널 구매국가가 될 것으로 전망되고 있음.
- 미국 LNG 소비급증, 2025년까지 전체 에너지소비의 25% 점유 예상.
- 중국 및 인도의 에너지 수입량 또한 급증하고 있으며, LNG 터미널에 대한 수요 증가가 예상됨.
- 국제에너지기구 IEA에 의하면 2030년까지 세계 천연가스 수요는 현재에 비해 2~3배 증가할 것으로 예상. 최근 화두가 되고 있는 원자력 발전 사업을 예를 들어보면, 미래를 예측하며 꾸준히 원천기술을 확보하는 것이 국가 발전에 있어 얼마나 중요한지에 대해 다시금 확인할 수 있음.



Source: Drewry Shipping Consultants Ltd



LNG Trade (million cubic meter)

Proposals for New LNG Terminals

※ 해상 LNG 터미널 엔지니어링 핵심기술 연구기획에서 재인용

□ LNG 해상터미널 수요 증가

- 이에 따라 관련 부대시설의 증가가 예상되나, LNG 저장시설의 경우 폭발 시 인근지역에 큰 피해를 가져올 수 있어, NIMBY(not in my backyard) 및 BANANA (Building Nothing Anywhere Near Anything) 등의 사회적 현상에 따라 신규 건설의 어려움이 있음
- 또한 육상에서의 신규 터미널 부지확보가 어려운 미국, 유럽 등에서는 LNG 육상터미널보다는 LNG 해상터미널에 대한 선호도가 증가하고 있음



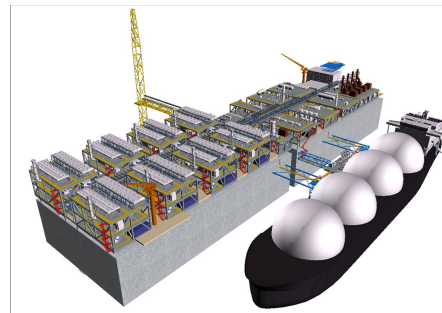
해상 LNG 설비

(※ 해상 LNG 터미널 엔지니어링 핵심기술 연구기획에서 재인용)

- LNG 해상터미널로는 부유식 FSRU (Floating Storage & Regasification Unit), 착저식 GBS (Gravity Base Structure), 자켓식, LNG 선 개조 방식 등이 있음. 현재 과잉 공급된 LNG선을 개조하여 해상터미널을 건조하는 LNG선 개조방식이 가장 활발하게 적용되고 있으며, FSRU의 경우 현재 많은 연구개발이 이루어지고 있음. GBS의 경우 Adriatic LNG Terminal이 세계 최초의 콘크리트 LNG 해상터미널로 2008년에 이탈리아 해상에 완공되어, 현재 운영 중임.



Adriatic LNG Terminal

호주 해상에 추진 중인 LNG 해상터미널
(콘크리트 GBS 형식)

□ 현재 연구개발 중인 강재 FSRU 형식의 LNG 해상터미널과 함께 콘크리트 LNG 해상터미널 기술을 개발함으로써 미래 LNG 해상터미널 신규 시장에 적극 대응

- 전 세계적으로 다양한 형식의 LNG 해상터미널 개발이 시도되고 있으나, 실제 적용사례는 기존 LNG선을 개조한 방식 외에는 극히 드문 실정이며, 따라서 과잉 공급된 LNG선이 해상터미널로 개조, 활용되어 유휴 LNG선의 과잉공급 문제가 어느 정도 해소될 경우, 신조(新造) FSRU와 GBS 등의 해상터미널 수요가 증가할 것으로 예상되며, 이에 따른 최적의 형식 도출, 성능 향상 및 안전성 확보를 위해서는 이에 대한 기술개발이 절실히 요구됨.
- 기존 강재 중심의 FSRU 및 콘크리트 중심의 GBS 해상터미널의 내구성 등 성능을 높이고, 경제적으로 이를 건설하기 위한 콘크리트 LNG 해상터미널 기술 개발 및 적용이 필요.
- 착저식 및 부유식 LNG 해상터미널의 장단점을 비교, 분석함으로써 이와 같은 내구성과 경제성을 확보한 기술을 개발할 필요가 있음.

착저식 LNG 터미널과 부유식 LNG 해상 터미널

구분	착저식	부유식
대상지역	수심 30m 내외에 적합	수심 30m 이상 지역에 적합
이동성	이동성 없음	이동성 우수
확장성	확장성 우수	확장 어려움
구조물 운동	고정식으로 슬러싱, 오프로딩에 대한 기술적 대응 용이	슬러싱 및 오프로딩에 대한 기술적 고려 필요

콘크리트 및 강재 LNG 해상 터미널

구분	콘크리트	강재
내구성	내부식성이 우수하며 100년 내외의 내구수명 확보 가능	20년 내외의 내구수명
저온 성능	극저온에서의 재료성능 저하 미미	극저온에서 취성 증가
Local Contents	임의지역에서 제작이 가능하여 Local Contents에 대한 대응이 용이	Dry dock이 있는 조선소에서 제작되기 때문에 Local Contents에 대한 대응 불가
이동성	무거운 자중으로 이동성능 나쁨	콘크리트에 비해 이동성능 우수
기타 재료적 특성	강재에 비해 내화, 내피로, 내충돌 성능 우수	콘크리트에 비해 연성이 좋으며, 인장에 대한 균열 문제없음

□ 하이브리드 콘크리트 기술 개발 및 건설 엔지니어링 세계시장 확대

- 기존 LNG 해상터미널의 대표적 형식이라 할 수 있는 GBS (Gravity Based Structure) 방식과 FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) 방식의 해상터미널의 내구성 등 성능을 향상시키고, 경제성을 확보하기 위하여 강재와 콘크리트 재료의 장점을 극대화한 하이브리드 콘크리트 (Hybrid Concrete) 기술의 적용이 필요
- 해외에서는 다수의 연구기관 및 기업에서 다양한 형식의 LNG 해상터미널에 대한 연구를 수행하여 자체적인 기술을 확보하고 있으나, 우리나라의 경우 설계자립도가 낮고, 다양한 형식에 대한 연구개발이 이루어지지 않아, 향후 전개될 고부가가치 산업의 진출에 어려운 실정임.

□ 사회·문화적 측면에서의 필요성

- LNG 터미널은 태풍, 지진과 같은 자연재해뿐만 아니라 테러 등 인위재해에 의하여 폭발할 경우 큰 인명손실을 가져올 수 있는 위험시설이므로 이러한 시설에 대한 NIMBY(not in my backyard) 또는 BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything) 등의 사회적 현상을 유발할 수 있으며, 이러한 경우 LNG 터미널을 해상에 건설함으로써 관련 문제를 해결할 수 있음. 따라서 사회·문화적인 측면에서도 LNG 해상터미널에 대한 기술개발이 요구된다고 할 수 있음.

1.2 기획연구의 목표 및 내용

가. 기획연구의 필요성

- 본격적인 대형 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산 효율성과 연구개발 성공가능성을 높이기 위해서 과제의 전략적 방향 및 실행 방안을 제시할 기획연구는 필수적임
- 본 과제 추진과정 발생 문제점 최소화
 - 정부의 추진전략 취지와 다르게 연구가 변질되는 문제점 예방
 - 기존 수행사업의 성과분석을 통해 시행오차 최소화
 - 연구조직 운영의 기본방향 제시
- 예산 집행의 효율성 확보
 - 본격적인 연구단 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산집행의 효율성과 연구개발 성공 가능성을 높임
 - 현장에 직접적으로 활용 가능한 실용적인 연구 결과물을 확보하기 위한 구체적인 연구 방향 수립과 실현 가능한 성과 목표물 설정
- 국민, 정부, 기술자가 공감하는 성과(sweet spot)를 얻기 위한 최선의 방법
 - 백화점식 연구의 부정적인 이미지를 불식시킬 수 있는 성과물 위주의 연구 추진 전략 제시 및 수요자 중심의 기술개발 추진
 - 고부가가치의 건설기술 확보, R&D 성과관리 및 지속가능한 성장기반 기틀 마련

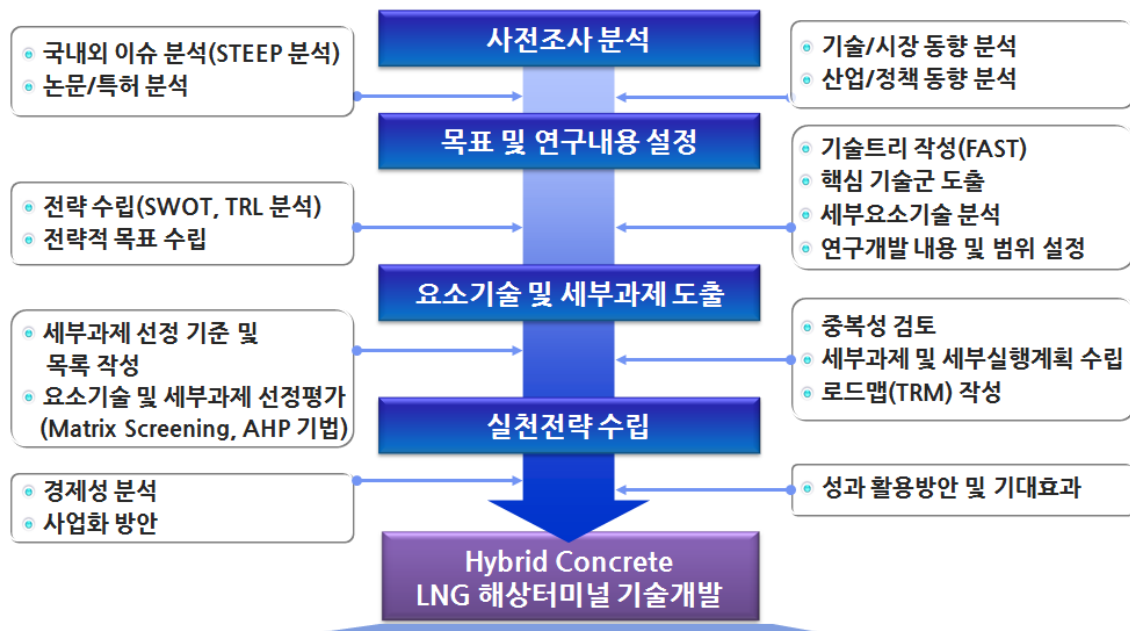
나. 기획연구의 목표

『콘크리트 LNG 해상터미널 건설 핵심엔지니어링 기술 자립화와 미래기술 확보를 위한 기반기술 확보』를 위한 **종합 추진 계획 수립**



기획연구의 필요성

다. 기획연구의 내용



[기획연구 내용 및 범위]

연구개발 세부목표	연구개발의 내용	연구범위
▶ 국내외 환경 분석 및 기술동향 조사	○국내외 기술동향 분석 ○국내외 정책/기술/인프라/시장/R&D 투자현황 등 환경 분석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 콘크리트 LNG 해상터미널 관련 기술개발 현황 및 전망 분석 ■ 국내외 정책·시장현황 및 전망, 관련 인프라 등 현황 분석 ■ 관련 R&D 투자 현황 및 연계성, 중복성, 차별성 분석
▶ 콘크리트 LNG 해상터미널 관련 핵심기술군 도출 및 요소기술 분석	○콘크리트 LNG 해상터미널 개발에 대한 핵심기술군 도출 ○콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 요소기술 분석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 환경 분석을 통한 콘크리트 LNG 해상터미널 관련 핵심기술군 도출 ■ 핵심기술군에 따른 세부요소기술 분석 - 각 세부요소기술에 대한 현황 분석 - 기술개발 필요성 또는 해외 도입 가능성 분석 - 세부요소기술에 대한 개발 주체 분석
▶ 목표 설정 및 연구 내용과 범위 설정	○콘크리트 LNG 해상터미널 관련 연구개발 비전 및 목표 설정 ○연구개발 내용 및 범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내외 개발환경을 고려한 SWOT 분석 ■ 콘크리트 LNG 해상터미널 개발 및 기반기술 확보와 관련한 연구개발 비전 제시 ■ 비전 실현을 위한 세부 연구 목표 설정 ■ 연구개발의 내용 및 범위 설정
▶ 핵심과제 도출 및 기술로드맵 작성	○콘크리트 LNG 해상터미널 실용화를 위한 세부 기술 도출 ○세부기술에 대한 우선순위 선정 및 핵심과제 도출 ○핵심과제에 대한 기술개발 로드맵 작성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 콘크리트 LNG 해상터미널개발 및 기반기술 확보를 위한 세부 개발기술 도출 ■ 핵심과제 도출 - 세부 개발기술에 대한 우선순위 선정기준 작성 - 세부기술에 대한 우선순위 선정 ■ 핵심과제를 바탕으로 기술개발로드맵 및 총괄 로드맵 작성 ■ 정부지원 타당성(경제성 분석 포함) 검토
▶ 세부추진전략 수립 및 실용화 방안 제시	○핵심과제에 대한 세부 연구추진전략 수립 ○핵심과제별로 최종 성과물 및 성과지표 제시 ○기술개발에 따른 실용화/산업화 방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> ■ 토목공학, 기계공학, 재료공학 등 다학제간 기술개발 연구 체계/전략 수립 ■ 도출된 핵심과제에 따른 연구개발사업 단계별 추진 전략 제시 - 연구개발 추진체계, 소요자원의 규모, 소요 인력, 연구기간 등 연구역량 확보 방안 - 최종 성과물 및 활용 방안, 성과지표 및 목표치 제시 - 실용화 및 산업화 방안
▶ 과제별 RFP 작성	○핵심과제에 대한 제안요구서(RFP) 작성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과제별 공모용 제안요구서 작성 ■ 최종보고서 작성

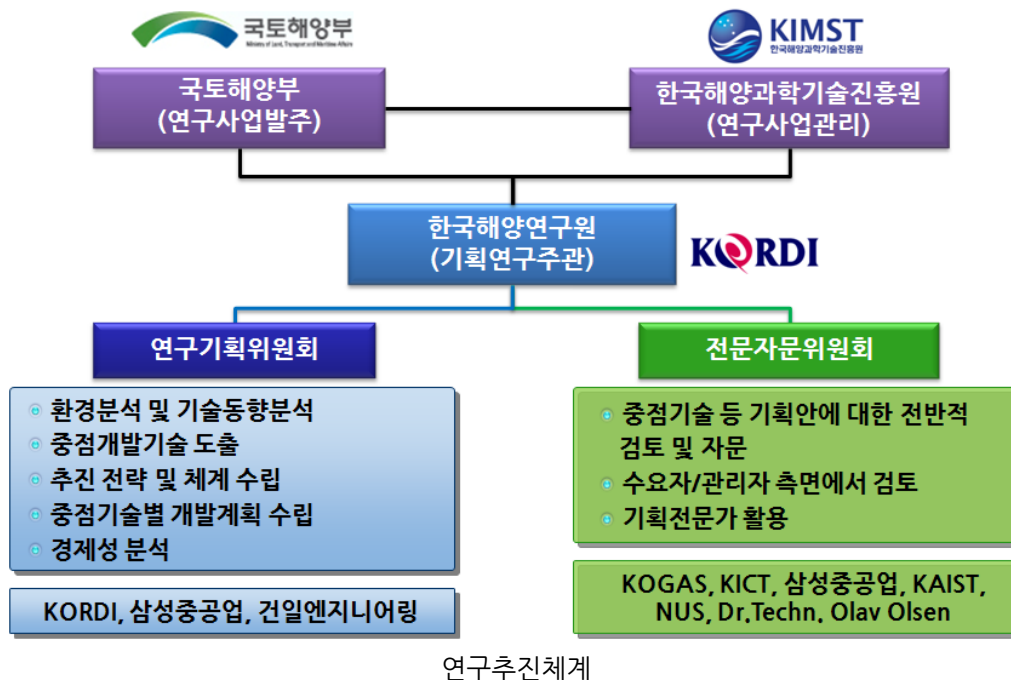
1.3 추진 방법 및 일정

가. 추진 전략 및 체계

□ 기본 추진 전략

- 글로벌 시장에서 경쟁력을 가질 수 있는 수중 실용화 로봇 장비와 기반 기술이 개발되도록 기획연구의 개발 목표를 명확성과 구체성을 바탕으로 수립
- 실용화·산업화 가능 기술로서 연구개발 완료 후 국내뿐만 아니라 해외 시장 수요에 선도적으로 대응할 수 있는 중점기술 개발 분야를 선정함
- 산·학·연·관 관련전문가로 구성된 국내·외 인적자원을 최대한 활용하여, 개발 기술의 산업화와 실용화를 적극 유도할 수 있는 방안 마련
- 기수행 연구개발 과제 및 실용화 기술과 연계하여 기획연구를 추진함으로써 연구개발사업의 연속성이 확보되도록 함
- 수요자 입장의 시장성 분석을 통해 연구개발 필요성 및 실용화/산업화 방안 등에 대한 세부 검토 수행

□ 추진 체계



□ 연구기획위원회

○ 연구기획위원회 구성

- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발에 있어 가장 핵심이 되는 키워드인 “콘크리트”, “LNG 해상터미널”에 대한 이해와 실제 실무 경험, 기술적 측면과 국가정책 및 산업과의 연계성을 고려하여 연구기획위원회를 구성
- 연구기획위원회는 한국해양연구원을 중심으로 삼성중공업, 건일엔지니어링 소속 참여 기획위원으로 구성하였으며, 아래 표와 같이 한국해양연구원 5명, 삼성중공업 5명, 건일엔지니어링 3명으로 구성
- 또한 경제성 분석 및 경제적 파급효과 분석을 위하여 KISTEP, KDI 등 경제성 분석 관련 전문가인 서울과학기술대학 유승훈 교수와 선문대학교 백철우 교수가 참여

기획위원

소속	이름	전공	세부 역할
KORDI	이진학	구조동역학	기획연구 책임, Road Map 작성
	박우선	항만구조공학	초대형 콘크리트 해양구조물 기술동향 분석
	홍사영	조선해양공학	FSRU 터미널 기술동향 분석
	한상훈	콘크리트재료	하이브리드 재료 검토, Matrix Screening
	박세현	경제학	시장성 및 경제적 타당성 분석
삼성중공업	이종림	토목공학	국외기술동향 분석
	나성원	구조공학	국외기술동향 분석, SWOT 분석
	정순용	지반공학	논문 및 특허동향, FAST 분석
	정승진	해안공학	해외시장 동향 분석, STEeP분석
	백승우	재료공학	하이브리드 재료 검토
건일 엔지니어링	이육한	항만공학	국내기술동향 분석
	김보준	항만공학	국내시장 분석
	송상준	구조공학	국내시장 및 기술동향 분석
서울과기대	유승훈	자원경제학	연구개발사업의 파급효과 분석
선문대학교	백철우	경제학	연구개발사업의 경제성 분석

- 한국해양연구원은 지식경제부의 해상 LNG터미널(FSRU) 엔지니어링 기술개발 사업을 주관하고 있으며, 또한 부유식 컨테이너 터미널을 비롯하여 항만 및 해양 R&D 사업을 선도하고 있음

- 또한 삼성중공업은 LNG-SRV, FPSO 개발 및 건조 경험을 보유하고 있으며, 한국해양연구원이 수행하고 있는 해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발 세부과제를 수행하고 있음. 특히 삼성중공업은 해외선진사와 엔지니어링 네트워크를 구축하고 있고, LNG 관련 다수의 특허를 보유하고 있어, 이 기획연구를 수행하는데 매우 적합함
- 건일엔지니어링은 국내 최고 항만 전문 설계업체로서 육상 LNG 터미널 설계에 참여한 바 있어 이번 기획연구에 있어 경험을 반영할 수 있음

□ 자문위원회

○ 자문위원회의 구성

- 기획연구 내용에 관한 전반적 검토가 가능하고, 타 기획 과제에 경험, 관련 전문 분야에서의 입지를 확보하고 있는 전문가 그룹으로 구성
- 주관연구기관의 연구계획에 따른 연구 진행 및 연구기획위원회에서 도출된 결과에 대한 세밀한 검토를 수행
- 각 전공 분야별로 풍부한 경험과 지식을 가진 국내·외 산·학·연·관의 전문가 9명으로 구성하고 기획연구기간 중 정기적인 자문회의(2~3회)를 개최함.
- 한국가스공사, 한국건설기술연구원, 한국생산기술연구원, KAIST, 대우조선해양을 비롯하여, 이 과제에 대한 기술수요조사서를 최초 제안한 젠텍엔지니어링의 전문가가 참여하고 있으며, 싱가포르 국립대의 Prof. C.M. Wang과 Dr. Techn. Olav Olsen사의 Olav Weider가 관련 자문 수행

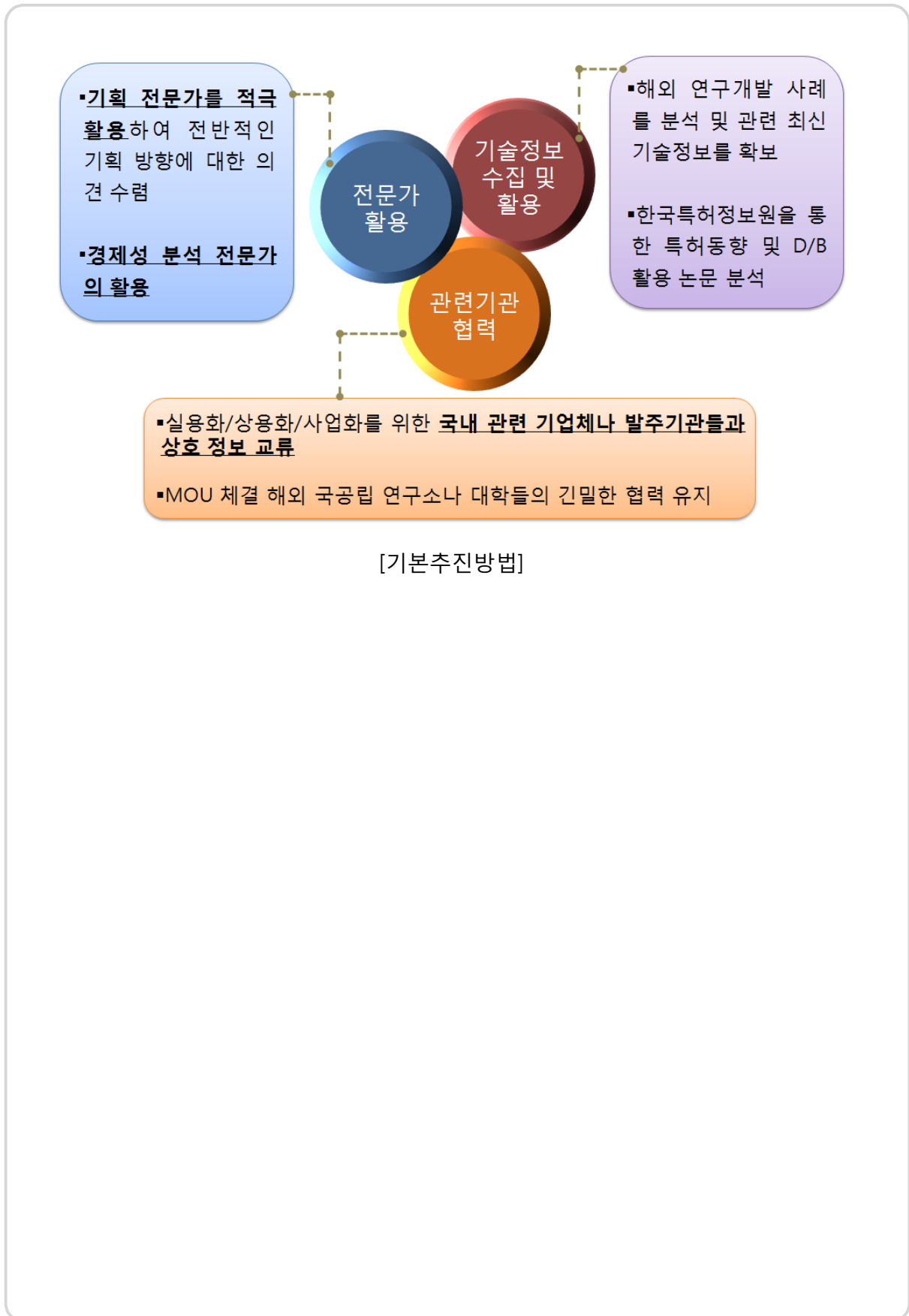
[전문 자문위원단]

이름	소속	전문분야
김영진	한국생산기술연구원	인수시스템 설계
박한일	한국해양대학교	해양구조물 공학
양영명	한국가스공사	LNG 플랜트
이영범	대우조선해양	LNG 플랜트
이필승	KAIST	전산구조해석
이한석	한국해양대학교	해양건축구조
정연주	한국건설기술연구원	콘크리트 부유식 구조물
최병렬	젠텍엔지니어링	해양구조물 공학
황윤국	한국건설기술연구원	복합 구조 재료
홍성경	한국가스공사	유체 기계
CM Wang	National University of Singapore	부유식 해상 구조물
Olav Weider	Dr. Techn. Olav Olsen	콘크리트 해양구조물

나. 추진 방법

□ 연구 방법론

- 연구추진의 과정은 연구목표에 따라 환경 분석 및 여건파악, 전략적 목표 설정, 대상기술 검토 및 핵심기술 과제 선정, 세부실행계획 작성 등 크게 4단계로 구분할 수 있음.
- 미래시장분석, 이슈분석, 정책동향 분석 등 다양한 환경 분석 결과로부터 주요 핵심기술군을 도출함.
- 도출된 핵심기술군에 대하여 시장분석, 기술동향분석, 특허 및 논문동향 분석 등을 수행하여 전략개발상품 도출에 활용함
- 콘크리트 LNG 해상터미널과 관련한 미래 비전 및 각 핵심기술군에 대한 세부 목표를 설정하고, 이를 바탕으로 전략개발상품 후보 및 우선순위를 책정함.
- 필요상품 및 핵심상품 도출, 시장 분석, 경제성 분석 기본자료 도출 등에 대해서는 각 분과별 기획위원들(전문가)의 의견을 여러 차례에 걸쳐 수렴하는 기법인 델파이법을 활용하였음.
- 참여 전문가로부터 도출된 내용들은 연구기획위원회 조정과 정립을 거쳐, 자문회의에서 검토하고 최종 확정함
- 도출된 세부 상품에 대해서 비용 절감효과 분석 및 산업연관분석 등을 통해 기술개발효과를 제시하였음.



[기본추진방법]

□ 단계별 추진 방법



다. 추진 일정

구분	세부내용	비고
07/24(금)	<ul style="list-style-type: none"> 과제 선정평가 	KIMST 주관
08/13(목)	<ul style="list-style-type: none"> 과제 착수 	
08/25(수)	<ul style="list-style-type: none"> 평가위원 지적사항에 대한 검토 및 연구개발계획서 수정 내용에 대한 공유 기관별/기획위원별 업무 분장 단기 및 장기 전문가 활용 방안 협의 착수워크숍 준비 사항 협의 	1차 기획회의
09/01(수)	<ul style="list-style-type: none"> 최종보고서 목차 및 담당기관 결정 착수워크숍 준비 사항 협의 	2차 기획회의
09/10(목)	<ul style="list-style-type: none"> 핵심기술군 분류 및 업무 분장 핵심기술군에 따른 최종 도출 상품 협의 세부 추진 방향 협의 향후 일정 수립 	착수워크숍 (삼성중공업 대회의실)
09/21(월)	<ul style="list-style-type: none"> 기술군+역할분담(안) 송부 및 검토의견 요청 	2차 기획회의
09/24(목)	<ul style="list-style-type: none"> 기술군 + 역할분담(안) 의견 수렴 워크숍(10월 3째주) 공지 및 자료 요청 	KIMST 업무협의
09/06(월)	<ul style="list-style-type: none"> 과제 개요 소개 기획과제에 대한 국토해양부 주요 의견 협의 	국토해양부 업무협의
09/16(목)	<ul style="list-style-type: none"> 국토해양부 및 KIMST 의견 공유 환경 및 이슈 분석 기능 전개 및 기술트리 작성 관련 기능 논의 - LNG 해상터미널 정의 등 - LNG 해상터미널 주요 기능 논의 전문 자문위원 추가 위촉 	3차 기획회의
09/28(화)	<ul style="list-style-type: none"> 특허 동향 및 분석 절차 소개 (R&D 특허센터) 기능전개 및 기술트리 초안 확정 	4차 기획회의
10/13(수)	<ul style="list-style-type: none"> ISOPE-PACOMS 2010 참석 관련 안내 기능전개 및 기술트리 미참석 위원 의견 반영 수정 - 용어 정의 및 특허 분석을 위한 Keyword 논의 	5차 기획회의
10/28(목)	<ul style="list-style-type: none"> 예비 특허 분석 결과 공유 및 보완 요청 KIMST 요청사항에 대한 안내 및 협의 서면자문 내용에 대한 공유 및 반영 방안 협의 	6차 기획회의

구분	세부내용	비고
11/10(수)	<ul style="list-style-type: none"> 경제성 및 경제적 파급효과 분석 기술 개요 경제성 분석을 위한 기초 자료 확보 방안 논의 	7차 기획회의
11/14~17	<ul style="list-style-type: none"> ISOPE-PACOMS 2010 참석 LNG 해상터미널 관련 발표 내용 협의 	8차 기획회의 (BEXCO)
11/25(목)	<ul style="list-style-type: none"> 경제성 분석을 위한 기초 자료에 대한 보완 편익 분석을 위한 기초 시장 조사 결과 발표 국내외 LNG 터미널 현황 및 동향 테스트베드 구축 비용에 대한 논의 정부지원 타당성에 대한 자료 보완 	9차 기획회의
12/02(목)	<ul style="list-style-type: none"> 송도 LNG 인수기지 방문 전문가 자문회의 일정 협의 	10차 기획회의 (송도 LNG 기지)
12/09(목)	<ul style="list-style-type: none"> 특허 및 논문분석 결과에 대한 발표 전문가 자문회의 준비 사항 협의 국토해양부 중간보고회 준비 사항 협의 	11차 기획회의
12/27(월)	<ul style="list-style-type: none"> 특허 및 논문분석 최종 보고 경제성 분석 초안 검토 자문회의 주요 의견 검토 국토해양부 중간보고회 준비 사항 협의 	12차 기획회의
'11/01/07(금)	<ul style="list-style-type: none"> 기획과제 수행 내용에 대한 소개 기획과제 관련 국토해양부 업무 협의 	국토해양부 중간보고회
01/11(화)	<ul style="list-style-type: none"> 국토해양부 중간보고회 결과 보고 국토해양부 및 KIMST 의견에 대한 반영 방안 협의 	13차 기획회의
01/19(수)	<ul style="list-style-type: none"> 공청회 일정 확정 전략적 추진을 위한 핵심과제 도출 	14차 기획회의
01/24(월)	<ul style="list-style-type: none"> 공청회 준비 사항 검토 최종보고서 작성 관련 협의 법, 제도 분야에 대한 조사 결과 토의 	15차 기획회의
02/07(월)	<ul style="list-style-type: none"> 공청회 준비 사항 검토 및 보완 최종보고서 초안 작성 관련 협의 핵심과제별 RFP 작성 	16차 기획회의
02/09(수)	<ul style="list-style-type: none"> 기획과제 전체 소개 자유 토론 	대외 공청회 (서울역 회의실)
02/15(화)	<ul style="list-style-type: none"> 최종 평가회 	

2 환경 및 역량 분석

2.1 환경 및 이슈 분석

- 'LNG 해상터미널'에 대한 사회·경제적 이슈 분석(STEeP 분석)을 비롯하여 주요 이슈도출 및 대응 전략을 수립함.
- STEeP 분석
 - 국내·외적으로 현재사회와 미래사회를 지배할 결정인자(혹은 이슈)들을 사회(Social), 과학기술(Technological), 경제(Economic), 생태(Ecological), 정치(Political)로 구분하여 선정하고 그 영향을 분석, 기술한 후, 이를 표로 요약함
 - 주로 단기는 향후 5년 이내, 중기는 5년~10년, 장기는 10년 이후를 대상
- 주요 이슈도출 및 대응 전략 수립
 - STEeP틀을 활용한 환경이슈분석표를 통해 이슈의 단기적, 중장기적 중요성을 도출하고 그에 따른 대응전략을 제시함.
 - 환경이슈분석표를 활용하여 단기핵심 이슈 및 장기 핵심이슈를 규정하고 이슈변화를 비교분석

□ 사회·경제적 이슈 분석

	주요이슈	해당 프로그램이 미치는 영향요인	영향요인의 가중치			
			단기	중기	장기	
S	S1	국가 신성장 동력	국가 성장을 견인할 신성장 동력 확보	1.7	2.3	2.3
	S2	국민 생활수준 향상	위험 및 혐오시설의 주택지 주변 건설 지양	1.3	2.7	2.9
	S3	녹색 성장	친환경 에너지 관련 산업 육성을 통한 녹색 성장	2.1	2.0	2.2
	S4	자연재해 및 테러	자연재해 및 테러에 대한 대응책 확보	1.7	2.0	2.7
T	T1	신기술 개발	세계 초일류 첨단 기술 개발 필요	2.5	2.3	2.3
	T2	핵심 원천기술 자립화	핵심 원천기술에 대한 대외 의존도 감소 및 자립화	2.7	2.0	2.2
	T3	안전성 확보	대형 위험 구조물 안전성 확보 기술	2.4	2.7	2.9
	T4	장수명 SOC	구조물의 내구연한 증대	2.0	2.3	2.3
E	E1	세계 초일류 상품	세계 초일류 상품 개발 통한 경제 활성화	2.5	2.3	2.3
	E2	해양산업 경쟁력 강화	선진국과의 해양산업 시장 경쟁에서 우위 확보	2.0	2.3	2.4
	E3	고용 창출	고부가가치 엔지니어링 산업 분야의 일자리 창출	2.8	2.3	2.0
	E4	청정에너지 공급 개선	필요 시설물의 적시 건설을 통한 청정에너지의 원활한 공급	1.7	2.0	2.2
e	e1	청정에너지 활용	이산화탄소 배출이 적은 청정에너지의 활용 증대	2.0	2.0	2.6
	e2	환경훼손 최소화 건설 기술	환경친화적인 건설기술 개발 필요	2.0	2.7	3.0
	e3	국제 환경규제 심화	환경 위해성에 대한 국제규제 심화에 대응하는 기술 확보	1.3	2.0	2.0
P	P1	대외환경 변화	환경친화적인 에너지 자원 이용 증가	2.5	2.4	2.3
	P2	정부 정책의 변화	친환경에너지 산업에 대한 국가정책적인 협력	1.7	2.0	2.3
	P3	국민의 여론	친환경에너지 사용에 대한 국민적 공감대 형성 필요	1.3	2.0	2.7
	P4	민간기업 유도	대형 사회간접자본 건설에 민간자본 유치	1.7	2.0	2.3
평균				1.9	2.2	2.4

* 단기 : 2015년 이내, 중기 : 2016년~2020년, 장기 : 2021년~
 * 가중치는 1, 2, 3점을 부여

□ 주요 이슈도출 및 대응전략

구분	내용	대응전략
주요 단기이슈	<ul style="list-style-type: none"> • 신기술개발 • 핵심원천기술 자립화 • 세계초일류상품 • 고용창출 • 대외환경변화 	<ul style="list-style-type: none"> • 세계초일류 상품 확보를 위한 신기술 개발 필요 • 핵심원천 엔지니어링 기술의 대외의존도 감소를 통한 기술 자립화 • 과거 압축성장기에 비해 상대적인 저성장 시대에 접어들어 고용창출이 중요한 사회이슈가 되고 있음에 따라, 고부가가치 엔지니어링 산업 분야에서 일자리 창출 • 친환경적인 에너지자원 사용 증가
주요 장기이슈	<ul style="list-style-type: none"> • 국민생활수준향상 • 자연재해 및 테러 • 안전성확보 • 청정에너지활용 • 국민의 여론 	<ul style="list-style-type: none"> • 위험 및 혐오시설의 건설지 확보가 어려워짐에 따라 해양공간이나 지하공간과 같은 대체지 개발 필요 • 자연재해와 테러 등에 대한 대응을 완비하여 안정성을 확보한 사회간접자본 건설 필요 • 환경위해성이 작은 친환경적인 에너지의 사용량 증진 필요 • 국민의견 수렴에 의한 공감대 형성 노력 필요

2.2 미래시장 예측

□ LNG 시장 분석

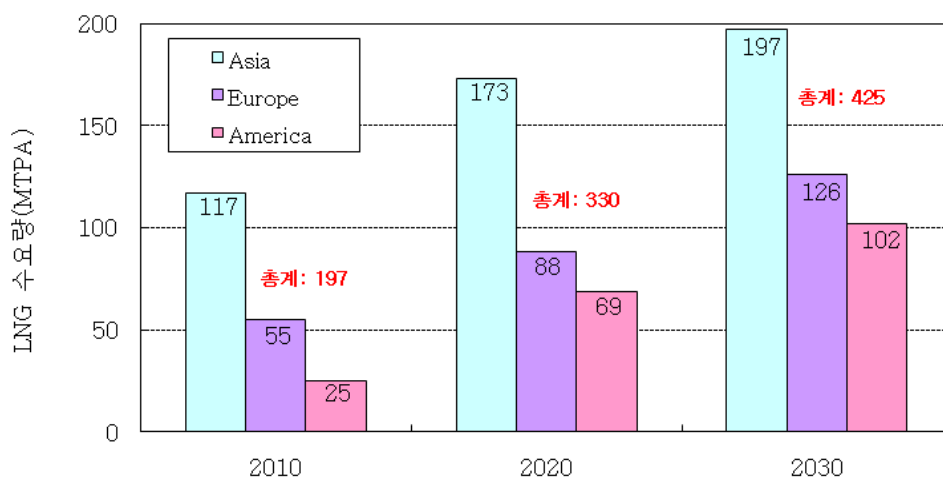
- 세계 LNG 시장은 지난 20년간 4배의 고성장을 거듭해왔으나, 일본 에너지경제연구소(2010)의 2030년까지 세계 LNG 수요 전망을 보면, 경기침체 영향으로 산업용을 중심으로 세계 LNG 수요의 증가속도가 둔화되고 있음.
- 그러나 LNG는 매장량이 충분히 풍부하여 국제 에너지 부족 문제를 극복하는데 크게 기여할 것이며, 석유를 비롯한 여타 다른 에너지원에 비해 이산화탄소 배출량을 감소시킬 수 있는 청정에너지로서 향후 주요 에너지원으로 성장할 것임.
- BP, 로열더치셸 등 글로벌 석유업체들은 채산성이 떨어지는 유전을 매각하고 수익성 높은 LNG 심해굴착 등에 투자를 늘릴 예정임.
- 2009년 말 경에 전 세계적으로 2.8조 cf(cubic feet)의 기존 구매 체결한 새로운 LNG생산시설이 대폭 추가되었으나, 세계 경제의 침체로 가스 수요가 감소하고 있는 실정이며, 단기적으로 과잉공급의 우려가 증가하고 있음.
- 하지만 이와 같은 단기적 예측과는 달리 중장기적으로는 세계 LNG 수요시장이 공급난에 직면할 가능성이 매우 크다는 의견이 지속적으로 제시되고 있음. 전문가들은 단기적인 경제 침체로 LNG 생산시설이 제대로 이루어지지 않고 있는 상태에서 세계 경제가 회복될 경우 세계 LNG 시장이 심각한 공급난에 직면할 수도 있다고 평가하고 있으며, 그 시기는 2015년경이 될 것으로 추정. 이러한 이유로 향후 LNG 생산, 인수설비의 지속적인 건설이 이루어 질 것이라 판단됨.

□ 세계 시장 동향

- 일본 에너지경제연구소에 따르면 2010년 아시아 지역에서의 LNG 수요량은 총 117MTPA (Million Tones Per Annum)으로, 특히 일본과 한국이 세계 총 거래량의 50%이상을 점유하고 있음. 2030년 아시아 총 수요는 2010년 현재의 세계 총 수요량(197MTPA)과 유사한 규모의 수요가 예상되는 최대 LNG 소비 지역임.
- 미국의 현재 LNG소비량은 다른 지역에 비해 약소한 규모이나, 2030년까지의

수요증가율이 가장 큰 지역임. 따라서 앞으로 강력한 LNG 수입국으로 예상되며, 대테러 우려로 인하여 육상보다는 해상 LNG 터미널의 수요가 클 것으로 판단됨.

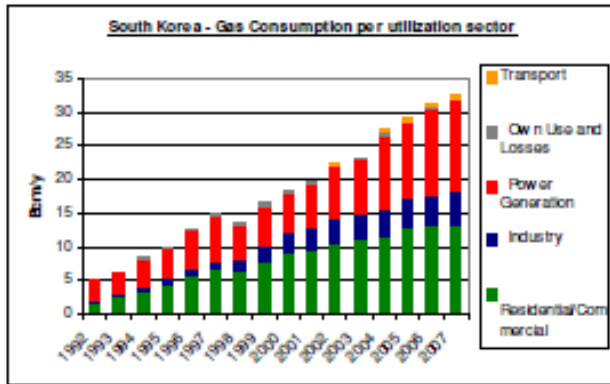
- 유럽 국가들 중 스페인과 포르투갈을 제외한 다른 국가들은 천연가스 수입의 70% 이상을 러시아, 노르웨이, 알제리 등으로부터 장거리 PNG(Pipe Natural Gas)의 형태로 도입하고 있음. 향후 북극해 주변이 가스전 개발과 더불어 서아프리카 지역에서의 LNG 공급확대가 예상되므로 신규 터미널에 대한 수요 발생 가능. 단, 그 규모는 미국에 비해 작을 것으로 예상됨.



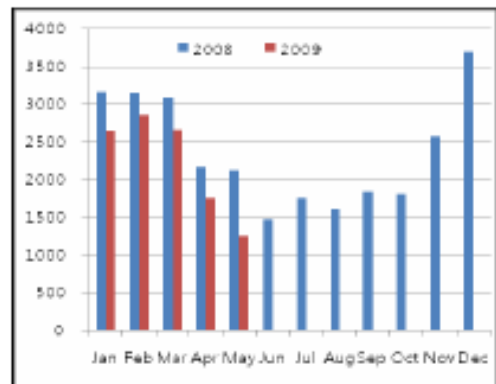
[세계 LNG 수요전망(MTPA) (일본에너지경제연구소)]

□ 국내 동향

- 우리나라는 일본에 이어 세계 2위의 LNG 수요시장으로서, 세계 LNG 수요의 약 16% 소비하고 있음. LNG의 수요처는 전기발전, 생활연료, 산업용연료로서 각각 40%, 40%, 20%의 비율을 나타냄.
- 계절적 요인에 의한 수요 변동폭이 매우 큰 특성을 보임 (동절기 최대값이 하절기 최소값의 2.5~3배).



(a) 국내 LNG 소비 현황

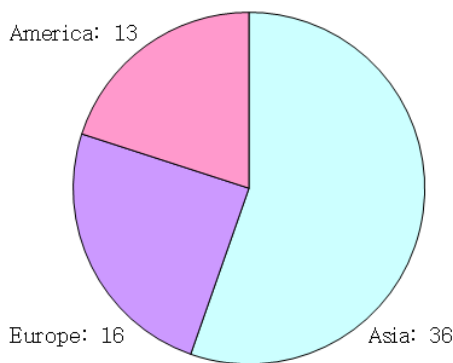


(b) 월별 LNG 수요량 변화

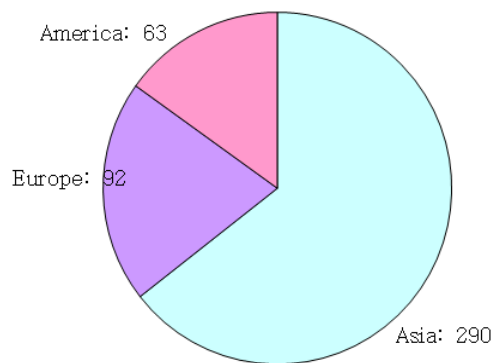
[국내 LNG 수요 패턴(WGC, 2009)]

□ 지역별 LNG 인수터미널 현황

- 아시아지역은 세계 최고 LNG 거래지역임과 동시에 최다 LNG 터미널 운영지역임. 아시아에서 운영되고 있는 터미널은 총 36개이며, 재기화 처리용량은 290MTPA로서, 전체 터미널의 약 55%에 이룸.
- 2004년부터 2008년 말까지 LNG 인수터미널의 재기화 처리용량은 78.4MTPA 증가하였으며, 2008년 말 기준 LNG 터미널 처리량은 총 449.2MTPA에 이르렀음. 2012년까지 처리량 171.7 MTPA 규모의 인수터미널이 건설 중이며, 2012년 말 기준 전체 터미널 처리용량은 620.9 MTPA에 이를 예정임.

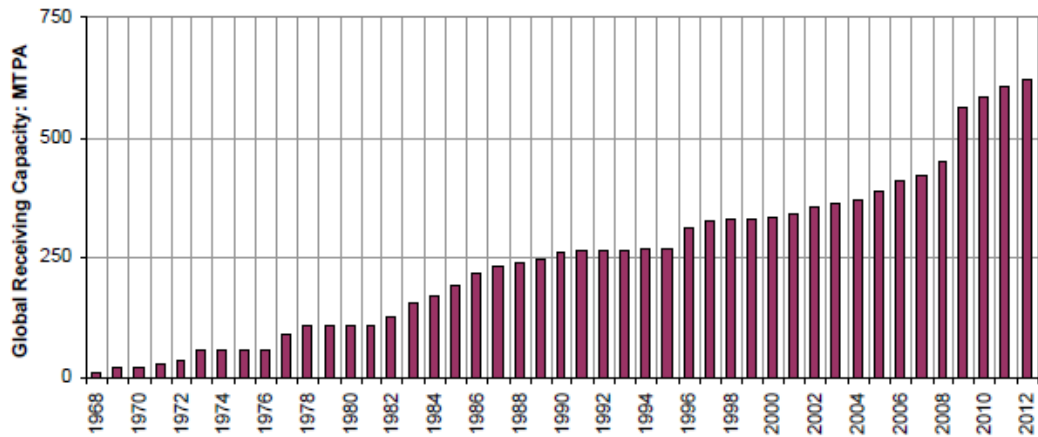


(a) 터미널 개수(기)



(b) LNG 재기화 처리용량(MTPA)

[세계의 지역별 LNG 인수터미널 현황(WGC, 2009)]



[연도별 세계 LNG 인수터미널 재기화 처리량(WGC, 2009)]

- 국내에는 현재 한국가스공사가 운영하는 평택, 인천, 통영 터미널과 POSCO가 운영하는 광양 터미널이 있으며, 향후 2기의 추가 건설이 진행 혹은 계획 검토단계에 있음.

[국내의 LNG 터미널 현황]

Terminal	Sponsor	Startup	MTPA
평택	KOGAS	1986	19.1
평택 II	KOGAS	2007	3.1
		2008-2012	9.4
인천	KOGAS	1996	27.7
		2009	8.9
통영	KOGAS	2002	11.2
		2009	4.7
광양	POSCO, SK	2005	1.8
보령	GS Caltex	2012	2.0
삼척	KOGAS	2013	9.8

□ 콘크리트 LNG 인수터미널 수요 예측

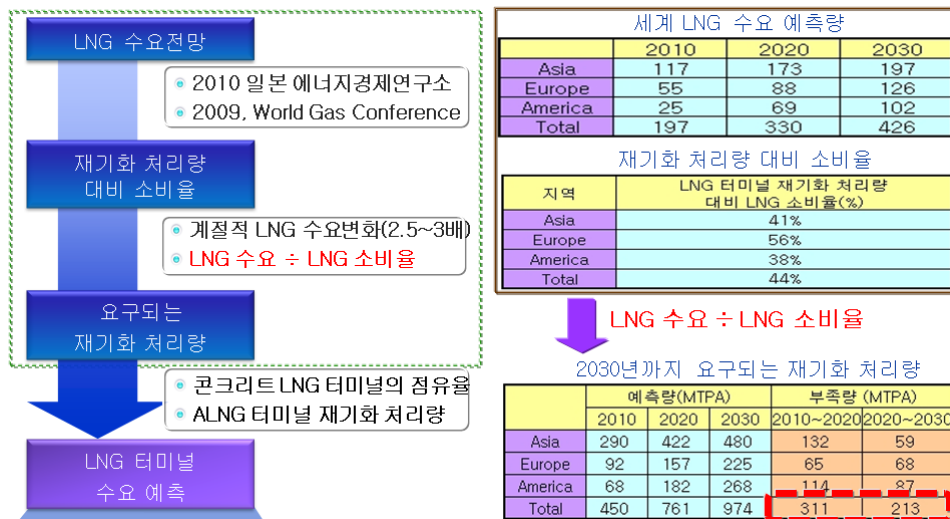
- 아시아지역은 LNG 재기화 처리용량 대비 수입량의 비율이 41%로서 유럽에 비하여 상당히 낮은 값을 보이는데, 이는 LNG 대형 지하 저장소의 부재로 인해 계절 사용량의 변동성을 터미널 재기화 처리량 여유폭을 두어 해결하였기 때문이다. 또한, 각 터미널이 파이프라인을 통해 서로 연결되지 않았기 때문에, LNG 터미널의 재기화 운영률 여유폭이 다른 지역에 비해 큼.
- 유럽은 아시아와 달리 대형 가스 저장설비를 운영하여, 보관할 수 있는 가스량이 많으므로 재기화 설비의 운영률이 다른 지역에 비해 높은 56%에 이른다 (이탈리아와 프랑스의 경우는 80% 이상).

[각 지역별 LNG 터미널 재기화 처리량 대비 LNG 수입량의 비율(WGC, 2009)]

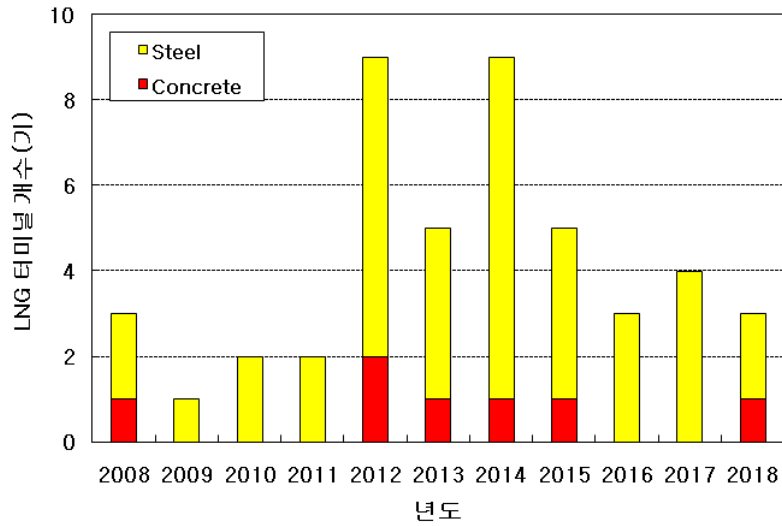
지역	LNG 터미널 재기화 처리량 대비 LNG 수입량(%)
Asia	41%
Europe	56%
America	38%
Total	44%

- 2030년까지의 LNG 수요전망치와 LNG 터미널 재기화처리량 대비 수입량 비율로부터, 2030년까지 요구되는 각 지역별 LNG 재기화 처리량을 산정하였음. 전 세계적으로 볼 때 2020년 요구되는 재기화 처리용량이 761MTPA, 2030년 974MTPA의 재기화 처리시설이 필요할 것으로 예상됨.
- 2010년 현재 가동 중인 LNG 인수터미널의 재기화 처리량이 450MTPA이므로, 향후 20년간 전 세계적으로 524MTPA의 LNG 재기화 처리시설의 수요가 발생할 것으로 예상됨. 2030년까지 미국에서의 LNG 재기화 시설의 요구량이 201MTPA로서 3개 지역 중 최다수요지역이며, 앞으로 가장 유망한 LNG 인수터미널의 구매국가가 될 것으로 예측됨.

[2030년까지 요구되는 재기화 처리량]



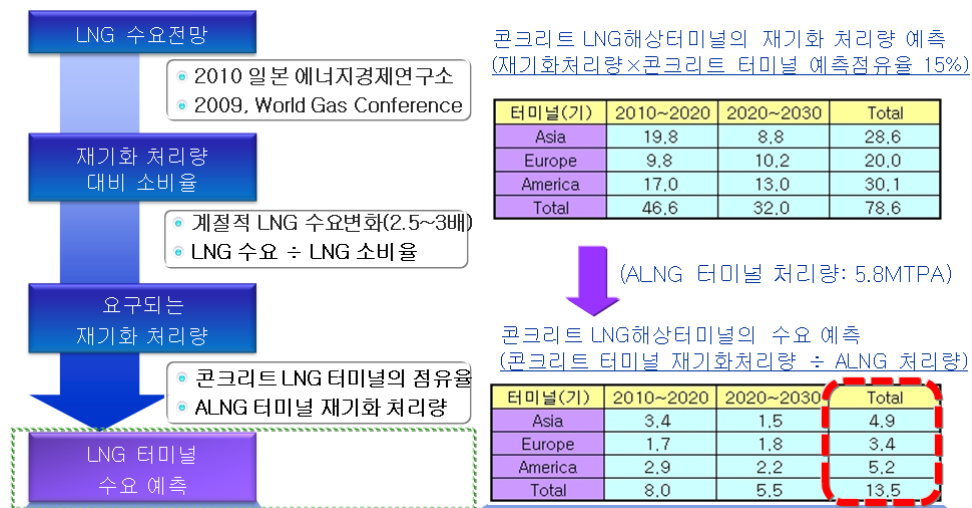
- 시장조사 기관인 Infield(2010)에 따르면 2008년부터 2018년까지 총 46기의 LNG 터미널이 계획 중에 있으며, 전체 터미널 대비 콘크리트 LNG 터미널 수요는 모두 7기로서 약 15%의 점유율을 나타냄.



[2018년까지의 LNG 터미널 수요 예측량(2010, Infield Data)]

- 콘크리트 LNG 터미널의 재기화 처리용량을 5.6MTPA(Adriatic LNG 터미널의 재기화 처리용량이 5.6MTPA임)라 가정하면, 2030년까지 요구되는 재기화 처리량으로부터 콘크리트 터미널 점유율(15%)을 감안한 콘크리트 LNG 터미널 수요예측량은 아시아, 유럽, 아메리카 3개 지역에 대하여 각각 4.9, 3.5, 5.1기 (총 13.5기)로 예상됨.

[2030년까지의 콘크리트 LNG 터미널 예측 수요량(기)]



- 2011년 일본 대지진으로 인하여 원전 구조물이 붕괴되어 세계적으로 방사능 유출에 대한 위기의식이 고조되고 있음. 이에 원자력 발전을 대체할 발전 동력이 필요하며, 친환경 에너지원으로서 풍력, 태양광 등 신재생 에너지의 활용은 현시점에서의 기술력 및 경제성 등을 고려할 때 아직은 시기상조라 판단됨.
- 따라서 화석에너지, 특히 LNG는 발전 동력으로서의 기여도가 향후 크게 증가할 것이며, 실제로 일본 대지진후 LNG 선박의 발주량이 급증하고 있는 추세가 이를 뒷받침하고 있으며, 이와 더불어 콘크리트 LNG해상터미널의 수요도 증가할 것으로 판단됨.

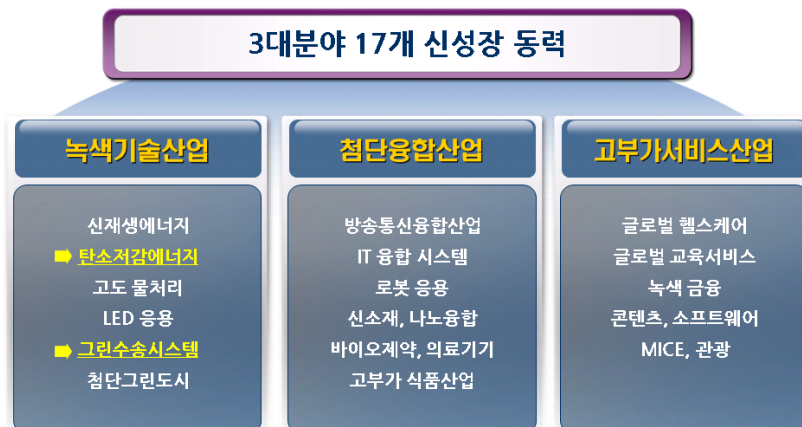
2.3 정책동향 분석

□ 정부 정책 동향

- 2009년 발표된 우리 정부의 주요 정책인 '신성장동력 종합추진계획'에서 3대 분야 17개 신성장동력산업을 제시하였으며, 이 중 "탄소저감 에너지 산업" 및 "그린수송시스템 산업"의 한 분야로 콘크리트 LNG 해상터미널 기술이 포함
- '녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(녹색성장위원회, 2009)'의 10대 정책인 '신성장동력 녹색기술산업 육성' 방안 중 'EXtreme Ocean Plant 핵심기술 개발'에 해당하는 기술로 LNG등 에너지·자원의 해상생산, 운송, 해상터미널 개념이 도입된 Value-Chain 단계별 핵심기술 개발 등 정부 정책 수립

신성장동력 종합추진계획

3대 분야	17개 신성장동력
녹색산업기술(6)	신재생에너지, 탄소저감에너지, 고도 물처리, LED 응용, 그린수송시스템, 첨단 그린도시
첨단융합사업(6)	방송통신융합산업, IT융합시스템, 로봇응용, 신소재·나노융합, 바이오제약(자원)·의료기기, 고부가 식품산업
고부가가치서비스산업(5)	글로벌 헬스케어, 글로벌교육서비스, 녹색금융, 콘텐츠·소프트웨어, MICE 관광



녹색성장 국가전략 및 5개년계획(EXTreme Ocean Plant 핵심기술 개발)

LNG 등 에너지-자원의 해상생산, 운송, 해상터미널 개념이 도입된 Value-Chain 단계별 핵심기술 개발

- 부유식 해상 LNG 터미널(FSRU)의 설계 엔지니어링 기술개발
- FPSO 및 심해 석유시추선의 고부가 엔지니어링 기술 개발
- 해양탐사 및 수중 작업 로봇 시스템 개발
- ABS, DNV 등 세계 기술 선도 선급과의 기술 네트워크 구축

□ 국토해양부 R&D 추진 동향

- 2010년도 10월 발표된 국토해양부의 『국토해양 R&D 발전전략』에서 향후 건설, 교통, 해양 등 분야에 있어 녹색성장을 견인할 30개의 과제를 중점 추진할 계획을 발표한 바 있으며, 건설 분야에서 “해상부유식 LNG 플랜트(LNG-FPSO) 기술”이 포함되어 있음.
- 즉, 향후 증가하는 LNG 수요에 적극 대응하고자 하는 국토해양부의 정책에 부합하는 과제임.

- 해상 부유식 환경에 적합한 LNG-FPSO Topside 공정기술과 핵심 기자재 개발 기술

LNG-FPSO | 해상을 이동하면서 해저 가스전으로부터 채굴된 천연가스의 전처리/초저온 액화(Production), 임시저장(Storage), 출하(Offloading) 기능 등을 탑재한 부유식(Floating) 플랫폼과 LNG저장탱크 역할을 하는 선체부(Hull) 및 가스플랜트와 발전설비가 설치된 선상부(Topside)로 구성



국토해양 R&D 발전전략 중 LNG-FPSO 관련 내용

- 2009년도 3대 핵심 정책과제 중 ‘녹색성장과 신성장동력 확충’의 일환으로 고부가가치 신성장 동력 확충과 관련하여 고부가가치 신해양산업을 육성하고자 하는 계획을 발표한 바 있으며, 신해양산업으로 콘크리트 LNG 해상터미널 분야가 포함



국토해양부 3대 핵심 정책 과제

□ 지식경제부 핵심엔지니어링기술 지원 동향

- 국내 기업의 전 세계 엔지니어링 시장 점유율이 0.5%로 고부가가치의 지식 기반 엔지니어링 산업에 대한 기술 자립을 통한 해외시장 진출을 목표로 정부에서는 기존 교육과학기술부의 “엔지니어링기술진흥법”을 지식경제부 소관의 “엔지니어링산업진흥법”으로 전면 개정한 바 있음
- 또한 향후 대책으로 “엔지니어링산업 발전방안”을 지난 2010년 4월 발표한 바 있으며, 이에 따르면 핵심원천기술 자립화, 인력양성기반 확충 등을 목표로 향후 2015년까지 관련 R&D에 총 1조원의 예산을 투자하기로 한 바 있음
- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발은 국내의 우수한 중공업 분야 인력과 해양공학 인력을 건설 분야의 엔지니어링 기술과 융합함으로써 매우 큰 부가가치를 가지는 엔지니어링 기술 분야의 R&D로 해당 법령 및 발전방안과 매우 부합함

4대 핵심전략

- 핵심영역 역량 제고
- 인력양성기반 강화
- 수출지원기반 확충
- 성장인프라 조성

세계시장 동향

고성장세 지속 전망

● 시장규모 '15년까지 약 2.5배 성장 전망

연평균 성장률 = 17%

해외시장에서 선도기업 지배력 강화

● 상위 20개 업체가 해외시장의 60% 차지

순위	업체명	주력분야
1	FLUORO NY	정유 · 산업용엔진
2	HONEYWELL	정유 · 에너지
3	AMC PLC	정유 · 에너지
4	FLOUR CORP.	정유 · 산업용엔진
5	JACOBS	정유(정유화학), 일반건설
6	BECHTEL	정유(석유화학기)
7	Hochtief AG	정유(정유화학, 석유화학)
8	URS CORP.	정유(정유화학, 석유화학)

6대 추진대책

- 핵심원천기술 자립화
- 경험 축적 및 Track Record 확보
- 인력양성 기반 확충
- 해외시장 진출지원 강화
- 중소업체간 협업 활성화
- 기업 친화적 시장환경 구축 등

신용시장 급성장

권역별 엔지니어링 시장규모(억불)

구분	04년	15년	연평균 성장률
중동	24	918	40%
중남미	14	121	22%
아시아	61	342	17%
아프리카	25	84	12%

국가별 점유율

● 선진 4개국(미국, 네덜란드, 영국, 캐나다)이 70% 차지

● 선진국은 기술 · 경험 · 피아낸싱 부문에서 우월

정부 엔지니어링분야 R&D에 2010~15년까지 총 1조원 투자

▶ **핵심 원천기술 자립화를 통한 해외시장 진출!**

□ 제10차 장기 천연가스 수급계획

- 제10차 장기 천연가스 수급계획(지식경제부, 2010.12)에 따르면 국내 천연가스 소비량이 연평균 1.8% 증가하여 2024년 3,400만 톤에 이르는 것으로 전망되고, 천연가스 공급설비도 확충하여 2024년까지 1,536만 kl (2010년 현재 71.2 kl)의 저장시설을 운영할 전망으로 보고됨.

2.4 기술 동향 분석

- 전 세계적으로 다양한 형식의 LNG 해상터미널 개발이 시도되고 있으나, 실제 적용사례는 극히 드문 실정이며, 따라서 최적의 형식 도출, 성능 향상 및 안전성 확보를 위해서는 이에 대한 기술개발이 절실히 요구됨.
- 기존 강재로 주로 제작되는 LNG FSRU 및 콘크리트로 주로 제작되는 LNG GBS 터미널의 내구성 등 성능을 높이고, 경제적으로 이를 건설하기 위한 하이브리드 콘크리트 기술의 개발 및 적용이 필요.
- 아래의 표는 착저식 LNG 터미널과 부유식 LNG 해상터미널의 차이, 그리고 LNG 터미널 소재로서의 강재와 콘크리트를 비교한 것으로 착저식 콘크리트 터미널이 강재 FSRU에 비교하여 여러 장점을 보유하고 있음.

[착저식 LNG 터미널과 부유식 LNG 해상 터미널]

구분	착저식	부유식
대상지역	수심 30m 내외에 적합	수심 30m 이상 지역에 적합
이동성	이동성 없음	이동성 우수
확장성	확장성 우수	확장 어려움
구조물 운동	고정식으로 슬러싱, 오프로딩에 대한 기술적 대응 용이	슬러싱 및 오프로딩에 대한 기술적 고려 필요

[콘크리트 및 강·재 LNG 해상 터미널]

구분	콘크리트	강재
내구성	내부식성이 우수하며 100년 내외의 내구수명 확보 가능	20년 내외의 내구수명
저온 성능	극저온에서의 재료성능 저하 미미	극저온에서 취성 증가
Local Contents	임의지역에서 제작이 가능하여 Local Contents에 대한 대응이 용이	Dry dock이 있는 조선소에서 제작되기 때문에 Local Contents에 대한 대응 불가
이동성	무거운 자중으로 이동성능 나쁨	콘크리트에 비해 이동성능 우수
기타 재료적 특성	강재에 비해 내화, 내피로, 내충돌 성능 우수	콘크리트에 비해 연성이 좋으며, 인장에 대한 균열 문제없음

- 기존 LNG 해상터미널의 대표적 형식이라 할 수 있는 GBS (Gravity Based Structure) 방식과 FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) 방식의 해상터미널의 내구성 등 성능을 향상시키고, 경제성을 확보하기 위하여 강재와 콘크리트 재료의 장점을 극대화한 하이브리드 콘크리트 (Hybrid Concrete) 기술의 적용이 필요.
- 해외에서는 다수의 연구기관 및 기업에서 다양한 형식의 LNG 해상터미널에 대한 연구를 수행하여 자체적인 기술을 확보하고 있으나, 우리나라의 경우 설계자립도가 낮고, 다양한 형식에 대한 연구개발이 이루어지지 않아, 향후 전개될 고부가가치 산업의 진출에 어려운 실정임.
- 또한, LNG 터미널은 태풍, 지진과 같은 자연재해뿐만 아니라 테러 등 인위재해에 의하여 폭발할 경우 큰 인명손실을 가져올 수 있는 위험시설이므로 이러한 시설에 대한 NIMBY(not in my backyard) 또는 BANANA (Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything) 문제가 발생할 수 있으며, 따라서 LNG 터미널을 해상에 건설할 경우 이러한 문제를 해결할 수 있음.

가. 국내 기술동향분석

□ 하이브리드 콘크리트

- 해양구조물의 경우, 주로 강재로 제작되지만 방식, 내구성 등의 문제 때문에 콘크리트로 제작하는 경우도 다수 있음. 단열성, 내구성, 경량화 등이 요구되는 LNG 터미널의 경우, 강재와 콘크리트를 복합적으로 사용하는 하이브리드 콘크리트를 적용하면 강재 또는 콘크리트를 단독으로 사용하는 경우에 비하여 두 가지 소재의 장점을 극대화하여 우수한 성능을 가질 수 있을 것으로 예상됨.
- 노르웨이에서는 샌드위치 판넬을 도입한 선체 설계에 관한 연구를 수행한 바 있으며, 국내에서도 삼성중공업(주), (주)현대건설 등에서 강재와 콘크리트를 사용한 복합 구조체에 대한 거동 해석 및 성능평가에 관한 연구를 수행한 바 있음.
- 강합성 구조형식은 기존 토목구조물(특히, 강합성교)에 적용되어 왔음. 그러나 직접 해수에 접하는 형식의 강합성 구조물은 많지 않음.
- 2004년부터 국내 건설회사에서 케이슨에 강판(또는 H형강)과 콘크리트의 합성부재를 이용한 케이슨에 대한 연구를 수행하고, 부분적인 현장시공이 진행된 사례가 있음.

□ LNG 해상터미널 구조시스템

- 2008년 수행한 바 있는 “해상 LNG 터미널 엔지니어링 핵심기술 개발”을 위한 기획연구 수행 시 국내 기술 수준을 다음과 같이 분석한 바 있음.
- 해양구조물/플랜트 분야 기술경쟁력은 생산설계 및 생산성 분야에서는 세계 최고수준으로 평가되지만 해양구조물의 고부가가치의 원천기술인 기본설계 능력 부족이 심각한 것으로 분석.

[선진국 대비 국내 해상 LNG 터미널 기술수준]

분야	기술항목	수 준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다 우월
선체(Hull)	개념설계		○			
	기본설계			○		
	생산설계					○
계류시스템 (Mooring)	개념설계	○				
	용량설계	○				
	성능설계		○			
Top-side Plant	개념설계	○				
	기본설계	○				
	생산설계			○		
적하역 설비	개념설계	○				
	기본설계	○				
	생산설계	○				
종합설계/생산	Engineering	○				
	Procurement		○			
	Construction				○	
	Installation		○			

※ 해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발분야 연구기획 보고서 재인용

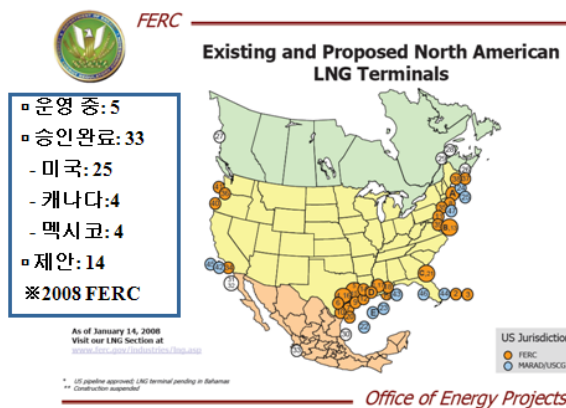
[국내 주요 관련 업체]

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	기술수준(%)
하이브리드 콘크리트	삼성중공업(주)	Steel Concrete Hybrid 구조체 해석기술 등	80%
	현대건설(주)	하이브리드 케이슨 시공기술 등	80%
LNG 해상 터미널 구조시스템	삼성중공업(주)	LNG선, 드릴십, 콘크리트 부유체 기술	70%
	현대중공업(주)	해양플랜트, LNG선 등	70%
	대우조선해양	LNG-RV선, FPSO 등	70%

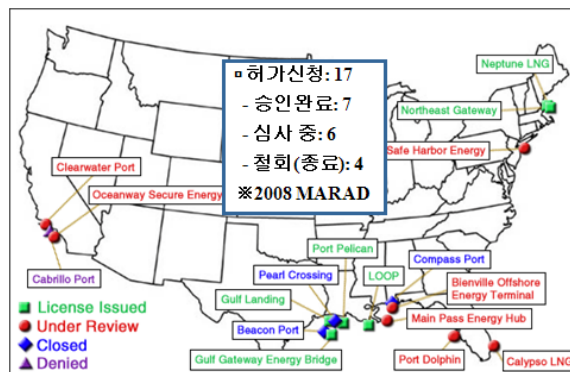
나. 국외 기술동향분석

□ LNG 해상터미널

- 2008년 3월 현재 터미널 신설, 확장을 위한 40여개 프로젝트가 북미에서 진행 중: 환경/안전/보안 관점에서 해상터미널 관심 증대.
- 강력한 LNG 수입국으로 예상되는 미국의 경우 NIMBY 해소, 테러 대비, 공기 단축 요구 등으로 유망한 해상 LNG 터미널 구매국가로 부상.
- 2020년 미국수요: 33.8 Tcf /yr, 2006: 1.0 Tcf/yr, 0.4 Tcf/yr/yr

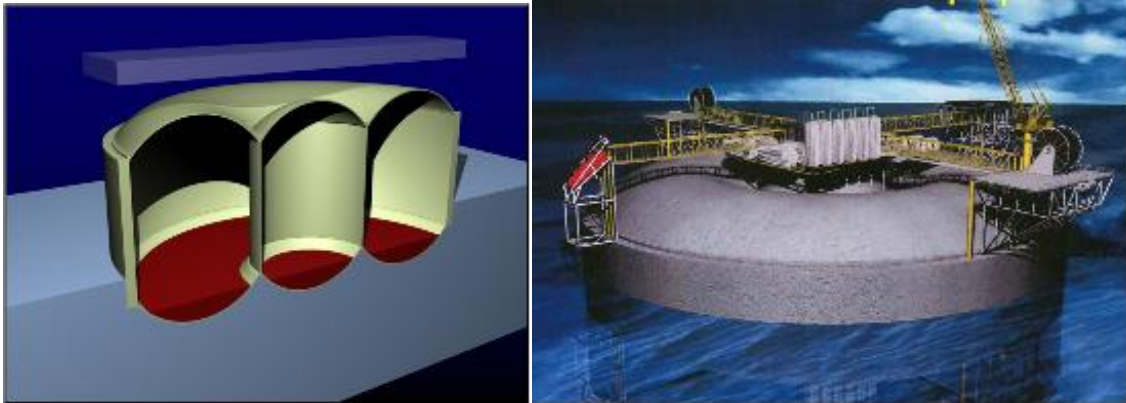


[북미에서의 LNG 터미널 후보지역]



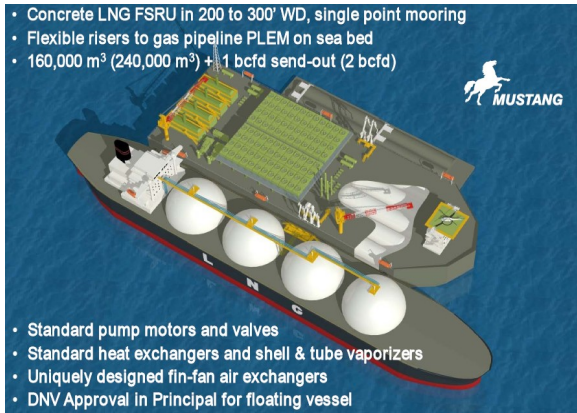
[해상 LNG 터미널 진행 상황]

- 다수의 콘크리트 해양구조물 설계 경험을 축적한 Olav Olsen, VSL 등은 콘크리트 LNG 해상터미널의 개념/기본설계 기술 확보 및 엔지니어링 분야의 기술개발 추진 중.



[콘크리트 원통형 FSO/FPSO 하부구조]

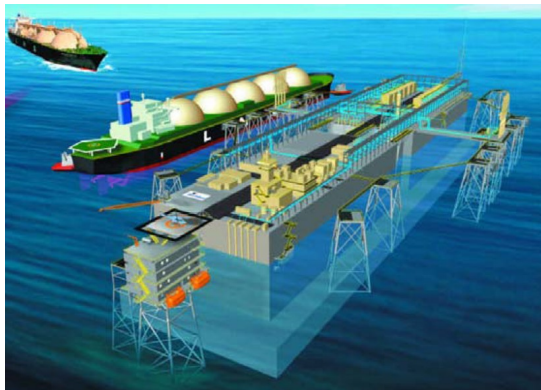
- PETRONAS, CONOCO, Chevron, Shell 등 해외선진사가 주도적으로 콘크리트 LNG 터미널에 대한 연구개발/개념설계를 수행 중.
- Mustang사는 아래와 같은 콘크리트 바지(Barge)형 LNG FSRU 연구개발중에 있음.
- Aker Solution은 다수의 실적에 기반한 기술력을 바탕으로 LNG 인수터미널을 포함한 해양 플랫폼 기술의 선두에 있음.
- Chevron, Shell사는 아래와 같이 구형 Concrete LNG GBS 터미널 (Port Pelican, Gulf Landing)의 개념 설계를 수행하였음.



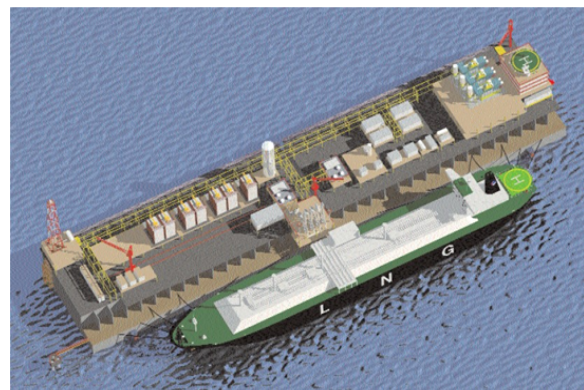
[콘크리트 FSRU (Mustang Engineering Company, MISC, PETRONAS)]



[콘크리트 LNG GBS 터미널 (CONOCO)]



[구형 Concrete LNG GBS 터미널 (Chevron)]



[구형 Concrete LNG GBS 터미널 (Shell)]

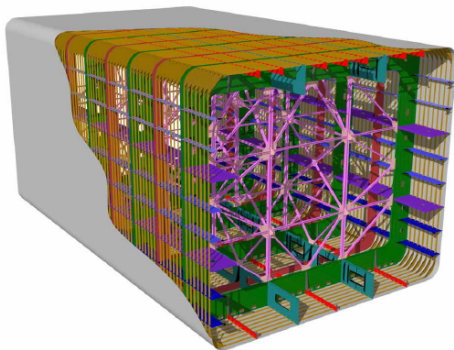
- 콘크리트 LNG 해상터미널의 경우 Aker Kvaener, Arup 등에 의해 이탈리아 북아드리아해에 Adriatic LNG 터미널이 세계 최초의 콘크리트 LNG 해상터미널로 총 3년간의 제작/설치기간을 거쳐 2008년에 완공, 현재 가동 중에 있음
- 180×88×47m 콘크리트 하부구조 제작을 위해 스페인 Campamento에 총면적 310,000m², 깊이 21m의 대형 제작장을 조성하였으며, 제작장은 25년 주기 태풍에 대비하여 바위, 사석으로 제방의 전후방을 보강하였으며, 1m높이 스킨트 설치용 트렌치를 제작하였음
- LNG는 -162°C이하의 극저온 상태로 보관되므로, LNG 저장탱크내의 온도관리를 위하여 탱크 슬래브와 모든 벽체에 열선(heating cable)을 매립하여 2~8°C로 온도제어를 하여 콘크리트 균열을 제어하였음. 또한 터미널 내 전원이 차단되어 열선이 작동되지 않는 경우에 대비하여 극저온 철근(cryogenic rebar)을 바닥 슬래브에 적용하였음
- LNG 터미널 콘크리트 하부구조에는 작업성, 내구성, 안전성을 보장할 수 있도록 고로슬래그와 실리카폼을 포함한 3성분계 콘크리트로 적용하였음(콘크리트 강도: 69MPa)



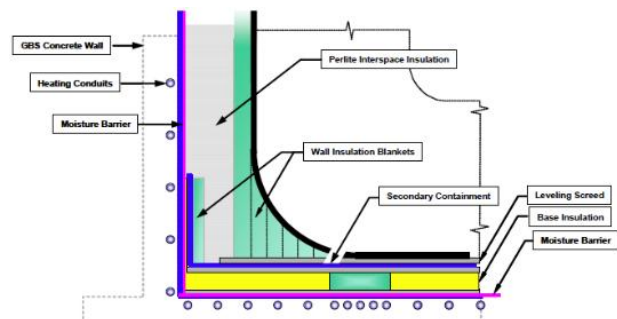
[Adriatic Terminal 제작장, 스페인]



[Adriatic LNG Terminal]



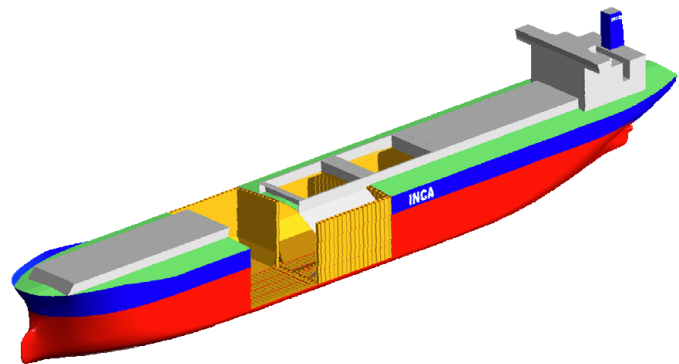
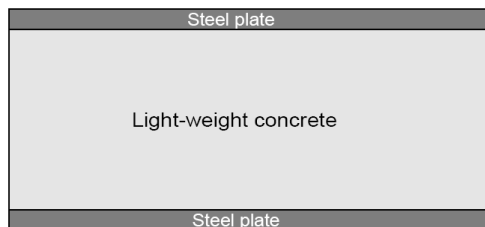
[Adriatic Terminal에 적용된 LNG Tank]



[Concrete Tank Storage]

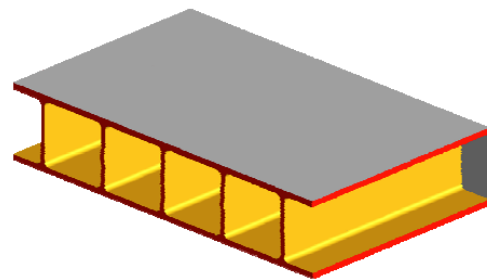
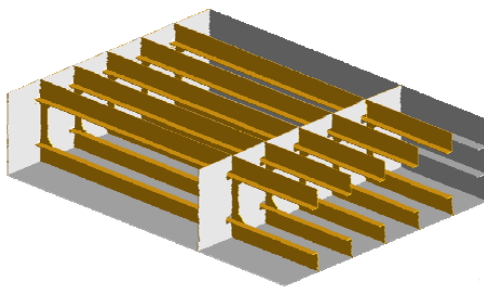
□ 하이브리드 콘크리트

- Hitachi 조선에서 연약한 해저지반에 적용하기 위한 경량화 및 구조물의 초대형화를 만족시키기 위해서 강재와 콘크리트의 복합단면을 가진 케이슨에 대한 연구를 일본항만공항연구소(Port and Airport Research Institute, PARI)와 공동으로 진행한 바 있음.
- 개발된 단면을 안벽, 방파제, 호안 등의 구조물들에 적용하고자 하였고 실제 호안과 방파제의 건설에 적용한 바 있음.
- 그러나 실제 LNG선을 비롯한 해상구조물에 하이브리드 콘크리트를 적용한 사례는 현재까지 없으며, 다만 Norway에서 샌드위치 판넬을 이용한 선체 설계 등에 관한 연구를 수행한 사례가 있음.



[샌드위치 판넬]

[샌드위치 판넬을 도입한 선박 설계]



Conventional double hull structure

Cellular steel-concrete concept

[기존 이중 선체구조 및 샌드위치 판넬을 적용한 선체구조]

[세계 시장을 선도하는 주요 업체]

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
삼성중공업 (한국)	LNG선, 드릴십 등	실시설계/제작
현대중공업 (한국)	해양 플랜트, LNG선 등	실시설계/제작
대우조선해양 (한국)	LNG-RV선, FPSO 등	실시설계/제작
Aker Solution (노르웨이)	LNG GBS 터미널 개념설계	설계
Arup Energy (영국)	콘크리트 LNG GBS 하부구조 설계	설계
Dr.Techn. Olav Olsen (노르웨이)	부유식/착저식 콘크리트 해양구조물 설계	설계
Bouygus	부유식 콘크리트 구조물 시공	시공
IHI (일본)	SPB Tank에 기반한 LNG-FPSO 개념 설계	설계/제작
MOSS (노르웨이)	LNG CCS 특허 보유	설계/제작
ExxonMobil (미국)	세계 최초 콘크리트 GBS LNG 터미널인 Adriatic LNG Terminal Project에 참여. 최근 타 지역에 유사 프로젝트 추진 중	에너지 개발
Hitachi 조선(일본)	강합성 단면 케이슨의 설계/시공 능력 보유	설계/시공

다. 국내 R&D 추이

- 국내 관련 분야의 R&D 현황을 아래의 표에 정리하였음. “차세대 유망 해양운송기기 분야의 비전과 전략 (크루즈선과 FSRU를 중심으로)(국무총리실 사업)”과 “해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발 연구기획((구)산업자원부 사업)”에서 다루고 있는 범위가 부유식 LNG 해상터미널인 FSRU (Floating Storage & Regasification Unit)의 개발에 관한 것으로 소재 측면에서의 “하이브리드 콘크리트”에 대한 부분과 착저식 터미널 구조인 GBS (Gravity Base Structure)에 대한 기술이 포함되어 있지 않음.
- 지식경제부 사업으로 현재 수행되고 있는 “해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발” 과제의 경우 한국해양연구원을 비롯하여, 대우조선해양, 삼성중공업 등 주요 조선분야 기업 참여로 연구가 수행되고 있으며, 이 과제에도 부유식 LNG 해상터미널에 관한 핵심기술을 개발하고 있음.
- 국토해양부 사업으로 추진된 바 있는 “초대형 부유식 해상구조물 기술개발” 과제에서는 부유식 LNG 해상터미널 뿐만 아니라 부유식 컨테이너 터미널, 부유식 공항 등 초대형 부유식 해상구조물 개발을 위한 원천기술을 개발하고 있음.
- 즉, 현재까지 수행된 주요 유사 국가연구개발사업에서는 강재로 제작된 부유식 LNG 해상터미널과 관련된 기술을 개발하고 있으며, 일부 주요 기술은 콘크리

트 LNG 터미널의 핵심기술과 중복되는 경우가 발생하고 있음.

[국내 관련 분야 R&D 현황]

부처명	사업명	과제명
국무총리실	경제(산업연구원)	차세대 유망 해양운송기기 분야의 비전과 전략 (크루즈선과 FSRU를 중심으로)
산업자원부	산업기술개발사업	해상 LNG터미널 (FSRU) 엔지니어링 기술개발 연구기획
지식경제부	자동차조선전략기술 개발	해상 LNG터미널 (FSRU) 엔지니어링 기술개발 -LNG FSRU 구조물-계류시스템 설계핵심 기술 개발 -LNG FSRU 가스플랜트 설계기술 개발 -LNG FSRU 위해도 평가시스템 개발 -FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 개발
국토해양부	해양공간자원 및 장비개발	초대형 부유식 해상구조물 기술개발

- 따라서, 본 기획연구에서의 핵심과제 선정 시, 강재 부유식 LNG 해상터미널 기술 개발과제에서 도출된 핵심기술과 중복되는 기술은 배제하여, 연구개발의 효율성을 극대화하였음.
- 이를 위하여 다음과 같이 지식경제부에서 수행 중인 해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발의 주요 내용을 먼저 정리

□ 해상 LNG 터미널(FSRU) 엔지니어링 기술 개발

- "해상 LNG 터미널 (FSRU) 엔지니어링 기술 개발" 사업의 최종목표는 "차세대 해상 LNG 터미널의 고부가 설계기술 확보를 위한 LNG FSRU 설계 엔지니어링 기술 개발"이며, 이를 위한 단계별 목표는 다음과 같음.
- 1단계 목표는 "차세대 해상 LNG 터미널의 고부가 설계기술 확보를 위한 LNG FSRU 설계엔지니어링 기술 개발"로 다음과 같은 기술을 개발함.
 - 개념설계 절차 개발 및 구조물-계류시스템 통합성능해석 핵심기술개발
 - LNG FSRU 가스플랜트 기본공정설계(FEED) 기술개발
 - LNG FSRU 위해도 평가시스템 요소기술 개발

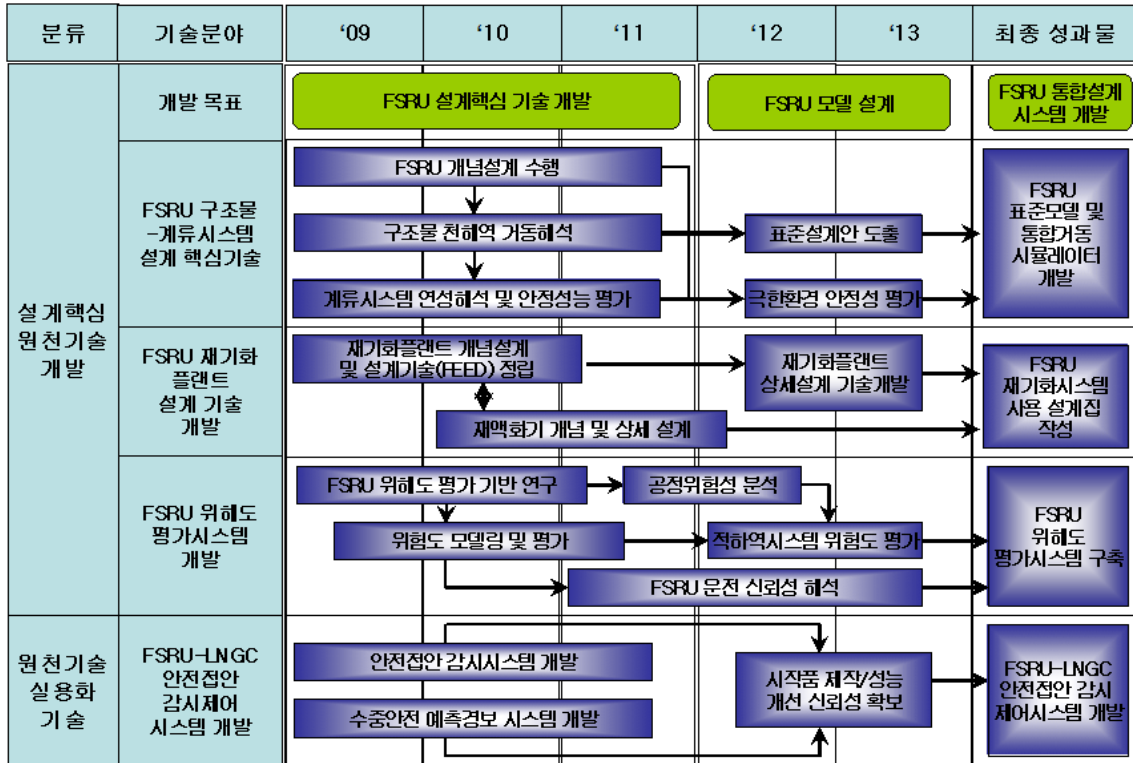
- LNG FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 핵심요소기술 개발
- 2단계 목표는 “**LNG FSRU 설계모델 개발 및 통합성능해석 핵심기술개발**”로 다음과 같은 기술을 개발함.
 - LNG FSRU 설계모델 개발 및 구조물-계류시스템 통합성능해석 기술개발
 - LNG FSRU 가스플랜트 기본설계(Basic Design) 기술개발
 - LNG FSRU 위해도 평가시스템 실무 적용 및 검증
 - LNG FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 개발
- 한편 총 4개 세부과제의 과제별 목표 및 연구내용은 다음과 같음
- **1세부과제: FSRU 구조물-계류시스템 설계핵심기술 개발 (한국해양연구원)**
 - 차세대 해상 LNG 터미널(FSRU)의 고부가 핵심설계기술 확보를 위한 LNG FSRU 설계엔지니어링 핵심기술 개발
- **2세부과제: FSRU 가스플랜트 설계기술 개발: LNG FSRU 가스플랜트 기본 공정설계(FEED) (한국가스공사)**
 - FSRU 가스플랜트 설계기준(BOD, Basis of Design) 정립 및 기본공정설계 (FEED) 기술개발
 - FSRU 가스플랜트 공정 시뮬레이터 및 OTS (Operator Training System) 시스템 개발
 - FSRU 가스플랜트 FEED설계에 대한 위험성 평가 (HAZID, HAZOP)
 - FSRU 기본공정설계 (FEED Package) 제작
 - FSRU 가스플랜트 Design Concept에 대한 선급 승인 (AIP 단계)
- **3세부과제: FSRU 위해도 평가시스템 개발: 차세대 해상 LNG 터미널(FSRU)의 위해도 평가 지침 및 안전성 평가 시스템 개발 (삼성중공업)**
 - LNG FSRU 유사 시스템에 대한 위해도 평가 방법론 정립 및 기본도면(GA etc.)을 이용한 초기 위해도 평가(Concept Risk Assessment) 실시
 - LNG FSRU에 대한 위해도 평가 표준절차 확립 / 최종확정 도면으로부터 위험요소 도출 [HAZID], 정량적 & 정성적 위해도 해석 및 평가 / 외부전문기관을 통한 검증

- 4세부과제: FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 개발: LNGC 안전접안 유도 및 정박, 감시시스템 핵심기술 개발 (한국생산기술연구원)

- 접안상태 감시제어 시스템 개발 및 안전접안 유도절차의 표준화
- Off Loading시 FSRU-LNGC 안전정박 유지제어시스템 개발
- FSRU의 수중 Surveillance 시스템 개발



지식경제부 추진 중인 “해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발” 연구내용



“해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발” 기술개발 로드맵

2.5 특허 및 논문 동향 분석

가. 특허 동향 분석

□ 특허 분석 범위

- LNG 해상터미널은 일정 지역에 수입되는 많은 양의 LNG를 소비지로 분배시키는데 중요한 역할을 담당하는 에너지 네트워크로, LNG 수요의 증가에 따라 신규 LNG 해상터미널은 증설되고 있음. 이러한, LNG 자원은 미래의 에너지 자원으로 LNG 자원 확보를 위한 국가 간의 경쟁은 보다 치열할 것으로 전망되므로, 우리나라도 조기에 대응책을 마련할 필요가 있음.
- 본 분석에서는 LNG 해상터미널 위치유지기술 분야와 LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술 분야에 관한 특허동향을 분석함으로써 우리나라의 기술 수준, 선진기업의 연구개발 동향 및 핵심특허 현황 등을 파악하여 본 연구개발 과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함.
- 본 분석에서는 연구성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 2개의 연구기획 기술분야를 특허분석대상으로 하였으며, 1990년 01월 ~ 2010년 11월까지 출원된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허를 분석 대상으로 함.

[국가별 분석구간 및 특허건수]

자료 구분	국 가	전체분석구간	정량분석	정성분석
공개특허 (출원일 기준)	한국	1990 ~ 2010.11	504	4
	일본	1990 ~ 2010.11	495	7
	유럽	1990 ~ 2010.11	198	2
	미국	1990 ~ 2010.11	467	8
합계			1,664	21

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1990~2010(출원년도)

□ 분석대상 기술분류

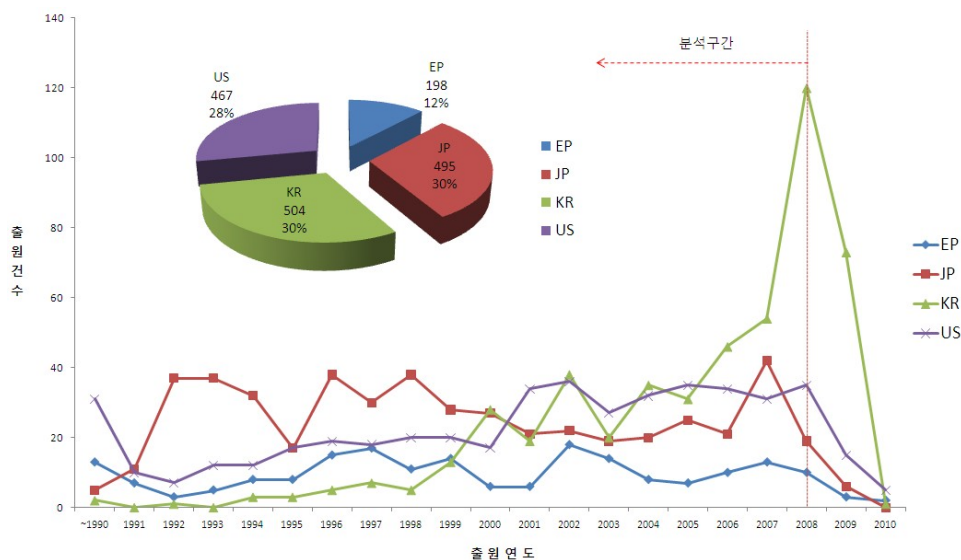
분류	분류기호
LNG 해상터미널 위치유지기술	AA
LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술	AB

□ 분석대상 기술범위

분류	검색개요 (기술범위)
LNG 해상터미널 위치유지기술	해상터미널 외력평가 및 저장기술, 해상터미널 부유체 운동해석기술, 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술, 해상터미널 내진 성능 평가 및 확보기술, 해상터미널 수리저항 성능평가 및 저장기술, 해상터미널 지반해석 및 설계 보강기술
LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술	접안시스템 설계 제작 설치 운영기술, 인수시스템 설계 제작 설치 및 운영기술, 해상터미널 Hull 구조해석 및 설계기술, 해상터미널 시공기술, 해상터미널 유지관리기술, 재기화플랜트 설계 제작 설치 및 유지관리기술, 재기화플랜트 위해도 분석 평가 경감기술, 공급시스템 설계 제작 설치 및 유지관리

□ 특허의 연도별 동향

- 국가별 출원추이를 살펴보면, 한국은 2005년부터 출원건수가 증가되어 2008년에 활발한 출원활동이 이루어지고 있으며 일본, 미국 및 유럽은 연도별로 비슷한 경향을 보이고 있음. 특히 한국은 앞으로도 출원건수가 증가될 것으로 예상됨.



1. 전체구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)
2. 특허출원 후 18개월이 경과된 때 공개되므로, 2008년까지의 데이터를 중심으로 정량 분석함

[국가별 점유율 및 특허출원 추이]

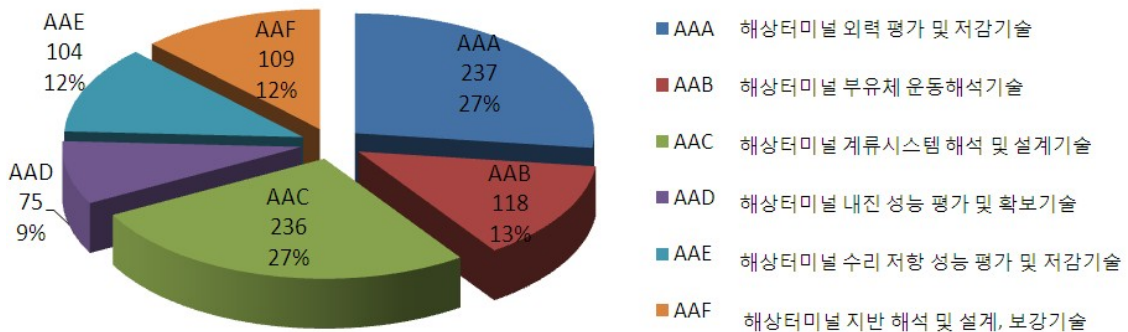
- 한국특허에서 내국인의 출원 활동(90%)이 눈에 띄게 활발한 것을 볼 수 있으며, 2008년에 다수 출원으로 인한 내국인과 외국인의 출원건수가 눈에 띄게 차이남. 내국인의 출원은 2000년도를 기점으로 출원건수가 증가하는 추세이며, 한국특허에서 외국인의 출원은 주로 미국, 프랑스, 일본, 노르웨이 등의 국가에 의해 이루어지고 있음.
- 미국특허에서 내국인의 출원 활동(64%)과 외국인의 출원 활동이 비슷함. 연도별 동향을 보면 전체시기에 걸쳐 소폭의 증감을 반복하고 있으며, 2000년도를 기점으로 출원건수가 소폭으로 증가하는 추세이고, 미국특허에서 외국인의 출원은 주로 노르웨이, 네덜란드, 일본, 프랑스 등의 국가에 의해 이루어지고 있음.
- 일본특허에서 내국인의 출원 활동(89%)이 눈에 띄게 활발한 것을 볼 수 있

으며, 1990년 후반에 다수 출원으로 인한 내국인과 외국인의 출원건수가 눈에 띄게 차이남. 연도별 동향을 보면 전체시기에 걸쳐 소폭의 증감을 반복하고 있으며, 2000년도를 기점으로 출원건수가 감소하는 추세이고, 일본특허에서 외국인의 출원은 주로 미국, 프랑스, 핀란드, 노르웨이 등의 국가에 의해 이루어지고 있음.

- 유럽특허에서 2000년도를 기점으로 유럽인과 비유럽인의 출원활동이 소폭 증감을 반복하며 증가하고 있는 추세임. 유럽특허에서 출원활동을 보이는 주요 유럽 국가로는 프랑스, 노르웨이, 네덜란드 등이 있으며, 비유럽 국가로는 미국 등의 국가에 의해 이루어지고 있음.

□ 기술별 출원 점유율

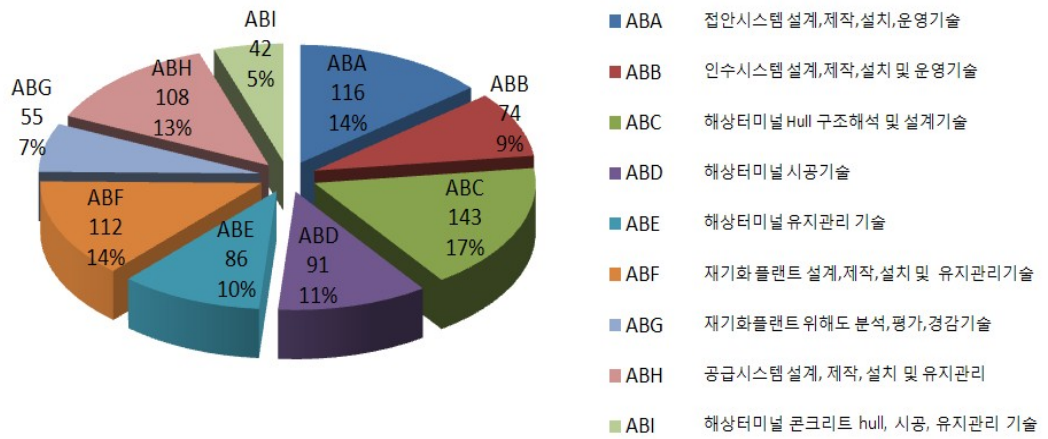
- LNG 해상터미널 위치유지기술에서 핵심원천 기술별 특허 점유율이 어느 정도 인지를 나타냄.



1. 분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)

[LNG 해상터미널 위치유지기술의 핵심원천기술별 특허점유율]

- LNG 해상터미널 위치유지기술에서 기술별로 비슷한 점유율을 나타내고 있으나, 해상터미널 외력 평가 및 저감기술(AAA)과 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술(AAC)이 타 기술에 비해 다소 높은 점유율을 보이고 있음.
- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에서 핵심원천 기술별 특허 점유율이 어느 정도 인지를 나타냄.

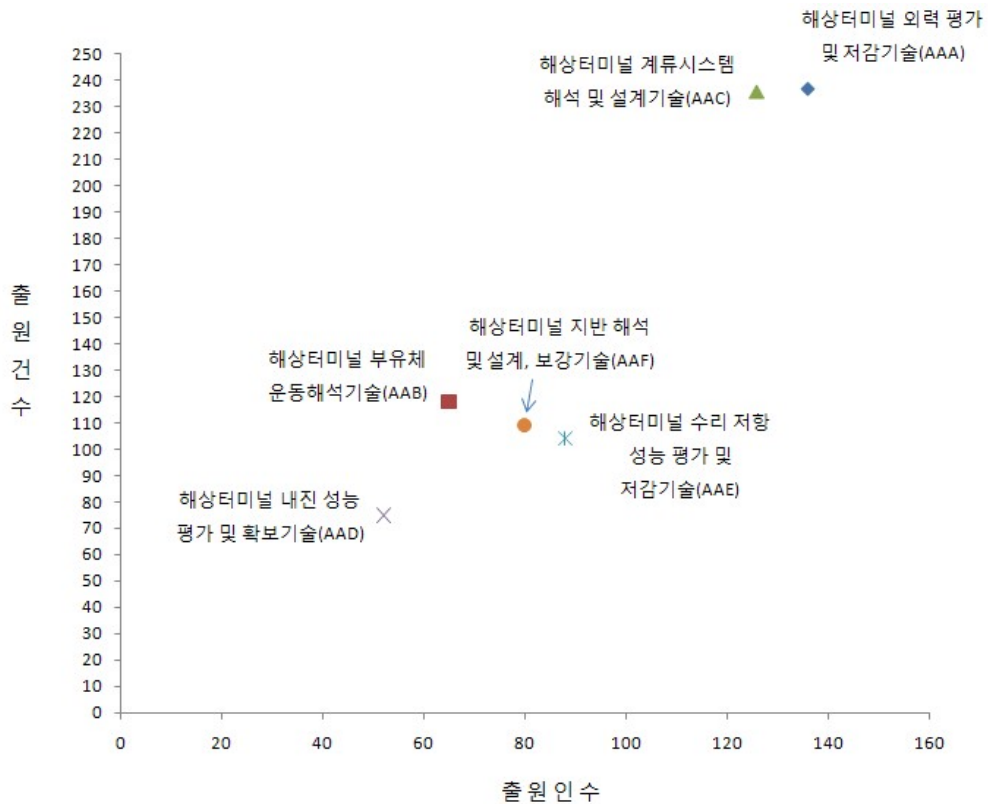


[LNG 해상 터미널 시공 및 처리기술의 세부 기술별 특허현황]

- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에서 기술별로 비슷한 점유율을 나타내고 있으나, 재기화플랜트 위해도 분석, 평가, 경감기술(ABG)이 타 기술에 비해 다소 낮은 점유율을 보이고 있음.
- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에서 해상터미널 콘크리트 hull, 시공, 유지관리 기술(ABI)은 5%의 점유율을 보이므로, 타 기술분야에 비해 점유율이 낮으며 출원활동이 미미한 것으로 나타남.

□ 기술별 출원인수와 출원건수 분포

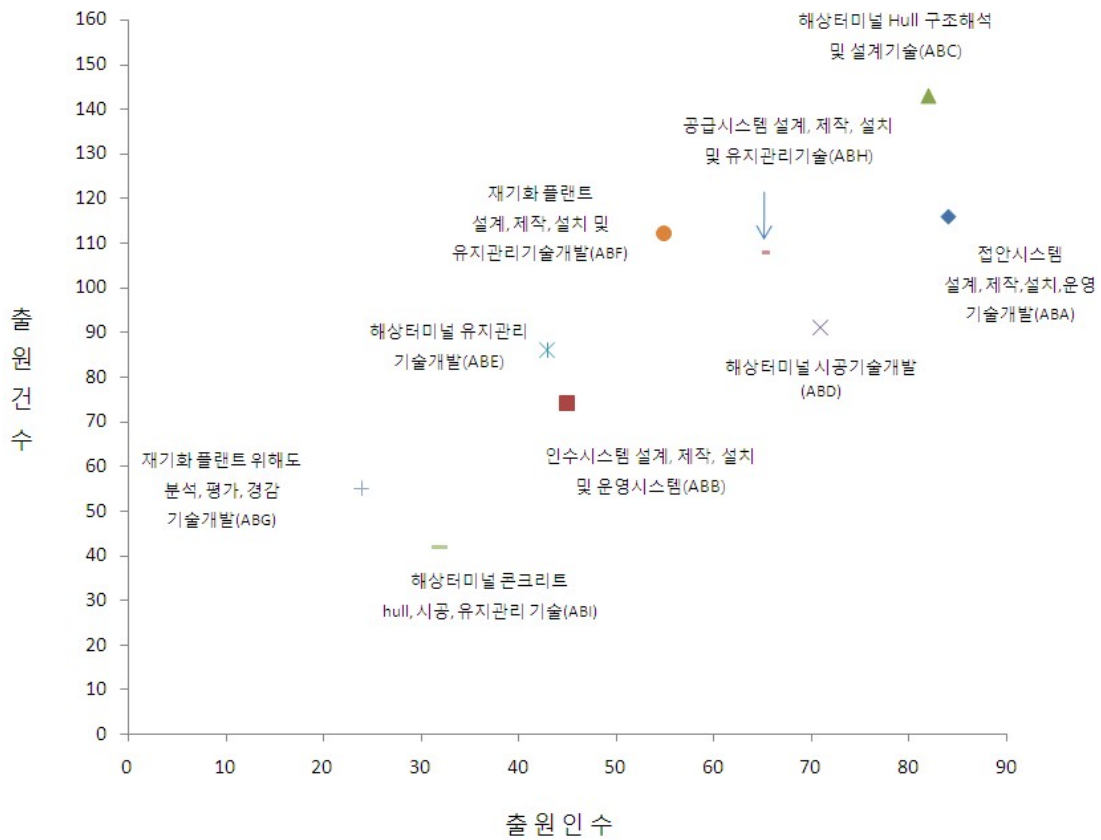
- LNG 해상터미널 위치유지기술의 출원인수와 출원건수의 대비를 통하여 핵심 원천 기술별 분포를 나타냄.



LNG 해상터미널 위치유지기술의 핵심원천기술별 포트폴리오 현황
(분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도))

- 해상터미널 내진 성능평가 및 확보기술(AAD)은 출원인수와 출원건수가 상대적으로 적은 기술분야로, 미미한 출원활동이 이루어지는 기술분야로 판단됨.
- 해상터미널 수리저항성능평가 및 저감기술(AAE), 해상터미널 지반 해석 및 설계보강기술(AAF) 및 해상터미널 부유체 운동해석기술(AAB)은 출원인수와 출원건수가 중간을 이루는 기술분야로 필담됨.
- 해상터미널 외력평가 및 저감기술(AAA)과 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술(AAC)은 많은 출원인수와 출원건수를 나타내고 있으므로, 활발한 출원활동이 이루어지는 기술분야로 판단됨.

- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술의 출원인수와 출원건수의 대비를 통하여 핵심원천 기술별 발전단계를 나타냄.



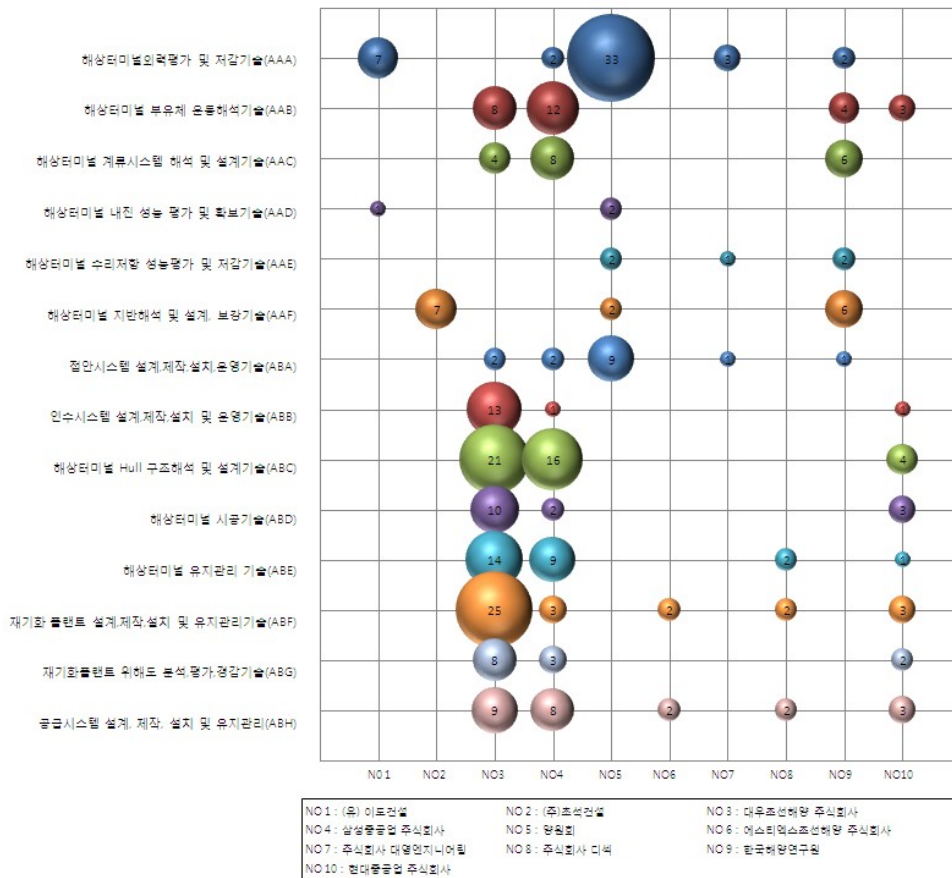
[LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술의 핵심 원천기술별 포트폴리오 현황]

- 재기화플랜트 위해도 분석, 평가, 경감 기술개발(ABG)은 출원인수와 출원건수가 상대적으로 적은 기술분야로서, 미미한 출원활동이 이루어지는 기술분야로 판단됨.
- 해상터미널 유지관리 기술개발(ABE), 인수시스템 설계, 제작, 설치 및 운영시스템(ABB), 재기화플랜트 설계, 제작, 설치 및 유지관리기술개발(ABF), 공급시스템 설계, 제작, 설치 및 유지관리기술(ABH), 해상터미널 시공기술개발(ABD)은 출원인수와 출원건수가 중간을 이루는 기술분야로 필담됨.
- 해상터미널 Hull 구조해석 및 설계기술(ABC)과 접안시스템 설계, 제작, 설치, 운영기술개발(ABA)은 출원인수와 출원건수를 나타내고 있으므로, 활발한 출원활동이 이루어지는 기술분야로 판단됨.
- 해상터미널 콘크리트 hull,시공, 유지관리 기술(ABI)은 출원인수와 출원건수가 타 기술분야에 비해 상대적으로 적으므로, 출원활동이 미미한 기술분야로 판단됨.

나. 주요출원인 특허동향

□ 한국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 한국특허의 기업별 역점분야를 살펴보면, 양원회가 해상터미널 외력평가 및 저감기술(AAA)분야 높은 비중으로 차지하고 있으며, 대우해양조선 주식회사와 삼성중공업 주식회사는 각 기술별로 높은 비중을 차지하며 고르게 분포가 되어 있고, 해상터미널 내진 성능 평가 및 확보기술(AAD)과 해상터미널 수리 저항 성능평가 및 저감기술(AAE)의 주요 출원인에 대한 출원건수가 미미함.

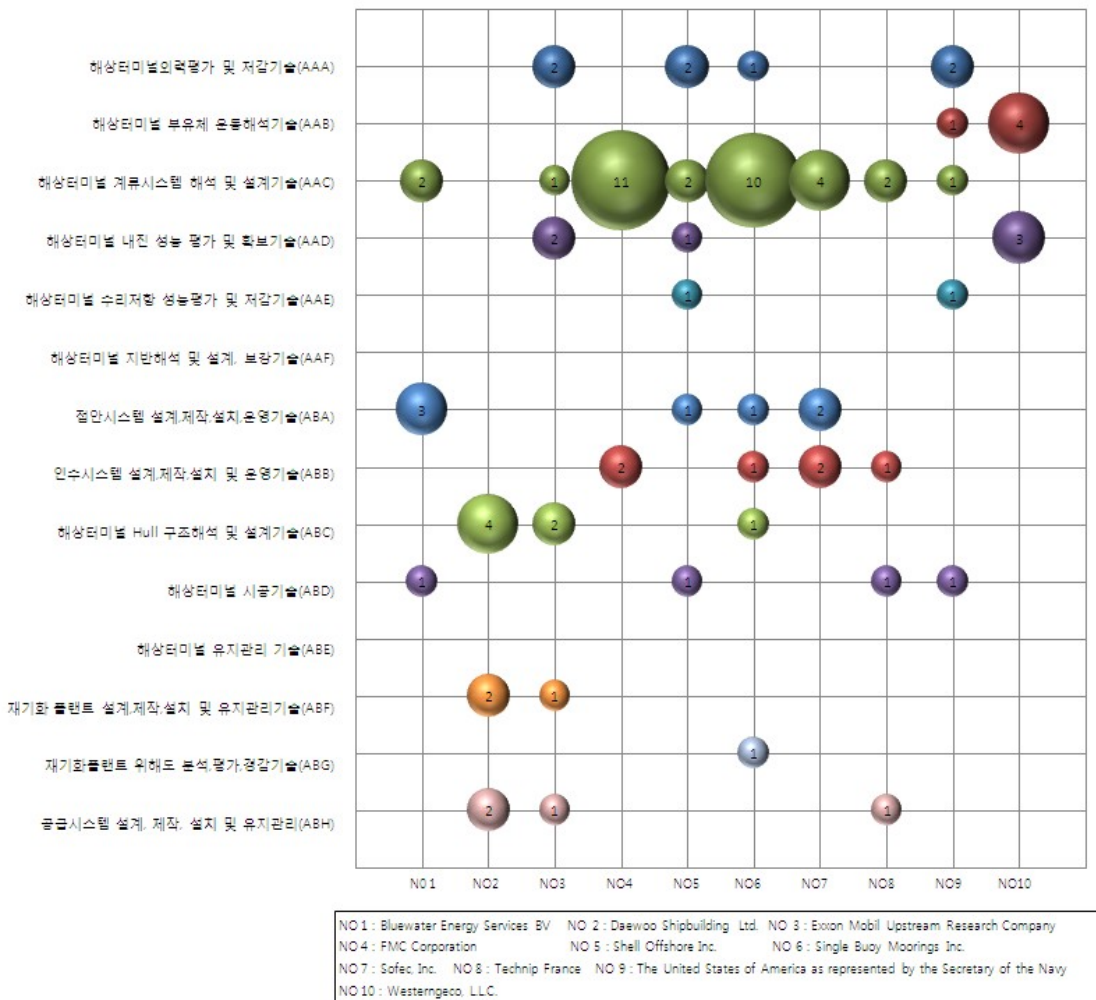


1. 분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)

[주요 기업의 역점분야(한국특허)]

□ 미국특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 미국특허의 기업별 역점분야를 살펴보면, 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술(AAC)이 주요 출원인에 대해 출원건수가 다른 기술에 비해 골고루 분포가 되어 있고, 해상터미널 지반해석 및 설계 보강기술(AAF) 및 해상터미널 유지관리 기술(ABE)은 다수의 출원인이 존재하지 않으므로 공백기술이라고 유추할 수 있음.

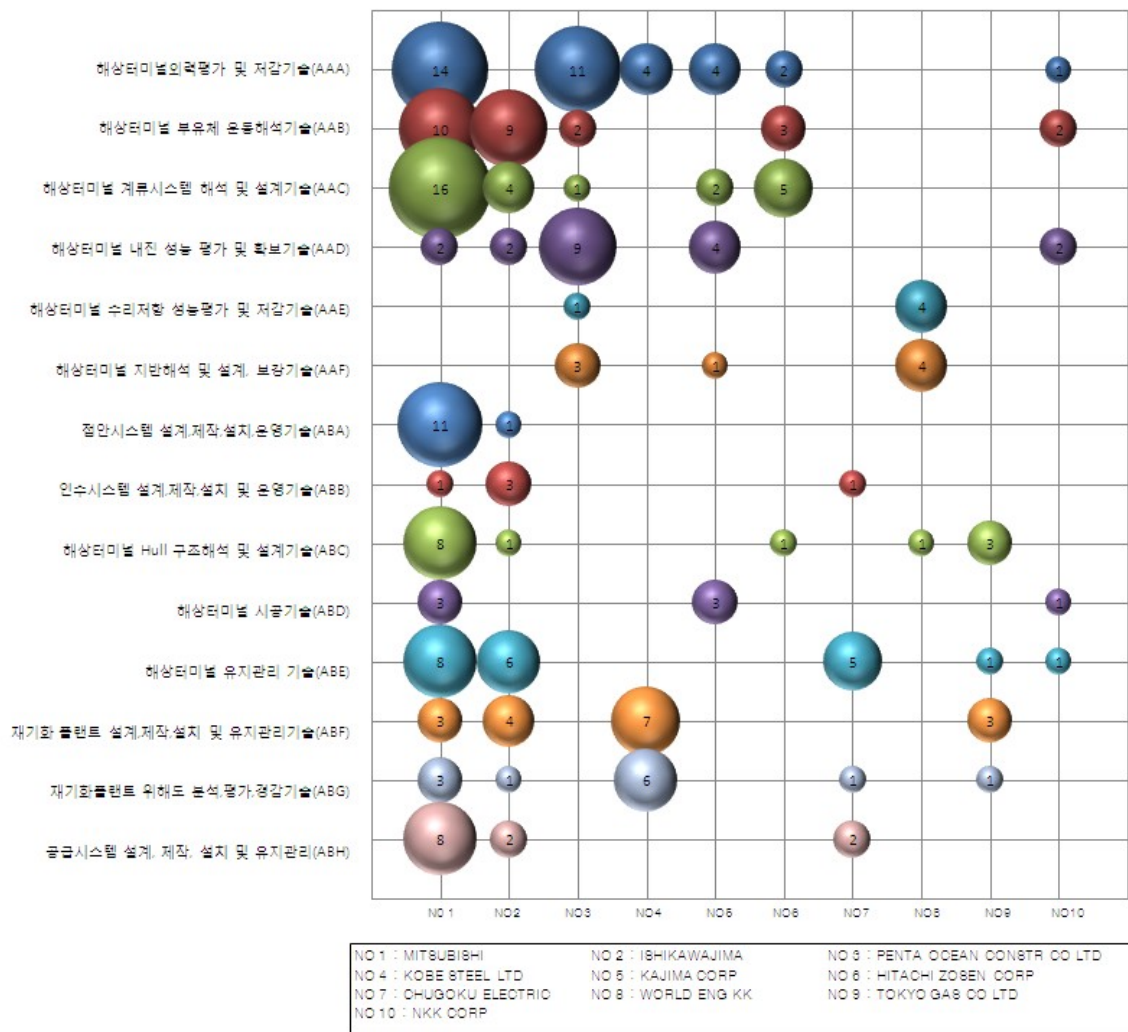


1. 분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)

[주요 기업의 역점분야(미국특허)]

□ 일본특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 일본특허의 기업별 역점분야를 살펴보면, MITSUBISHI가 각 기술별로 높은 비중을 차지하며 고르게 분포가 되어 있고, 해상터미널 수리 저항 성능평가 및 저장기술(AAE)과 해상터미널 기반해석 및 설계 보강기술(AAF) 및 인수시스템 설계, 제작, 설치 및 운영기술(ABB)이 주요 출원인에 대한 출원건수가 미미함.

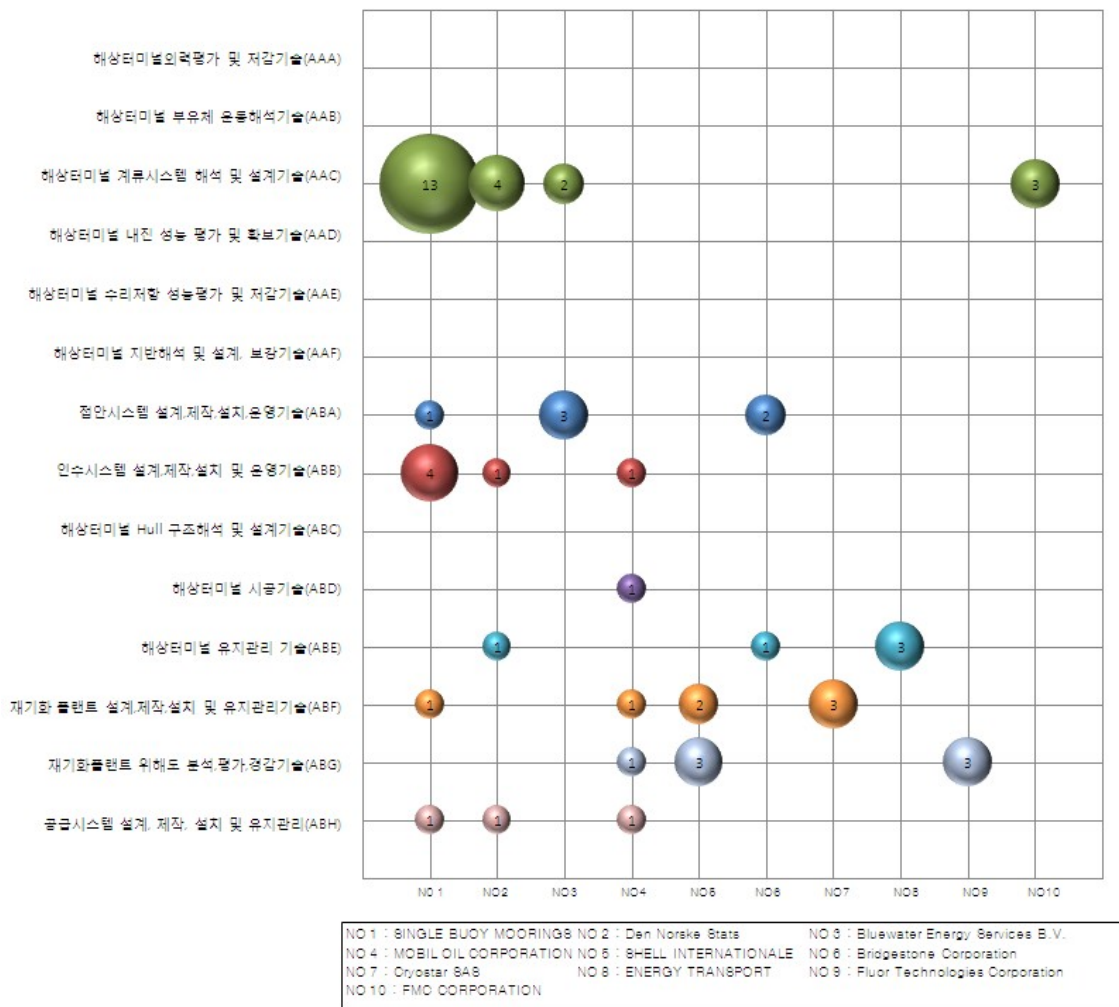


1. 분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)

[주요 기업의 역점분야(일본특허)]

□ 유럽특허의 기업별 역점분야 및 공백기술

- 유럽특허의 기업별 역점분야를 살펴보면, SINGLE BUOY MOORINGS INC가 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술(AAC)분야에서 높은 비중을 차지하고 있으며, 해상터미널 수리 저항 성능평가 및 저감기술(AAE)과 해상터미널 기반해석 및 설계, 보강기술(AAF) 및 해상터미널 Hull 구조해석 및 설계기술(ABC)은 다수의 출원인이 존재하지 않으므로 공백기술이라고 유추할 수 있음.



1. 분석구간: 1990 ~ 2010년 (출원년도)

[주요 기업의 역점분야(유럽특허)]

다. 결론 및 시사점

- Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야는 미래의 세계 에너지 시장에서 석유에 버금갈 것으로 전망되는 LNG 자원을 활용한 LNG의 인수, 저장 및 재기화 등이 이루어지는 LNG 해상터미널에 관한 기술로서, 앞으로 전체적인 출원 활동이 활발히 진행될 것으로 예상됨.
- 「Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야」와 관련하여 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 살펴 본 바, 한국특허의 경우 내·외국인의 국내 출원 점유율은 내국인에 의한 출원이 90%로 미국, 일본 및 독일 등의 선진국 특허에 대한 의존성이 낮으며, 2000년부터 국내 특허의 출원이 활발히 이루어짐. 미국, 일본의 경우도 내국인에 의한 출원 점유율이 상당히 높아 외국인보다 내국인에 의한 특허획득 경향이 두드러짐.
- Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야의 국가별 출원추이를 살펴보면, 일본, 미국 및 유럽은 연도별로 큰 변화 없이 증감을 반복하며 출원이 이루어지고 있는 반면에, 한국은 2005년부터 출원건수가 증가되어 2008년에는 타 국가에 비해 월등한 출원이 이루어짐으로써 2000년대 후반으로 갈수록 Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야에 많은 출원활동이 이루어짐을 알 수 있으며, 앞으로도 출원건수가 증가될 것으로 예상됨. 이는 이미 조선분야에서 세계 1위를 달리고 있는 국내기업들이 새로운 시장개척 대상으로서 Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야에 대해 관심을 기울이고 있기 때문인 것으로 보임.
- Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술분야에서 상대적으로 유럽의 출원건수가 적은 것은 전통적으로 핵심적인 기술에 대해서만 특허출원을 하고 개량기술에 대해서는 출원에 적극적이지 않은 경향과, 유럽의 상대적으로 고가인 특허비용, 본 기술분야와 같은 Engineering에 있어 공개를 통한 특허획득보다는 기업의 노하우(Know-how)로 보유하려는 경향 등에 기인한 것으로 예상됨.
- LNG 해상터미널 위치유지 기술에 속하는 상당수의 세부기술들은 1990년대보다 2000년대 들어 출원활동이 활발히 이루어지거나 소폭 감소하는 경향을 보이고 있어서, 특허활동의 발전단계 상 성숙기에 접어들고 있는 경향을 보이고 있음.
- LNG 해상터미널 위치유지 기술의 핵심원천기술별 특허 분포를 보면, 일본과 미국이 주류를 이루고 있으며, 일본이 미국보다 다소 우위를 차지하는 것으로 나타남. 일본은 내진성능 평가 확보 기술개발, 지반 해석 및 설계, 보강 기술개발, 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계기술 개발 등의 각 세부기술

별로 다양한 핵심특허 출원이 이루어짐.

- LNG 해상터미널 위치유지 기술에서 일본은 1990년대와 2000년대 초중반에 수리 저항 성능 평가 및 저감 기술, 내진 성능 평가 및 확보 기술 및 기반 해석 및 설계, 보강 기술분야의 핵심특허가 출원되었으며, 출원국은 모두 일본으로 1990년대에는 2000년대에 비해 LNG 해상터미널 위치유지 기술에 있어 출원활동이 활발히 이루어짐을 알 수 있음. 다만 위 기술들 중 앞으로의 기술개발에 있어서 큰 위협이 될 만한 핵심특허는 없는 것으로 보이며, 오히려 개량기술 발굴을 통해 충분한 경쟁력을 확보할 수 있는 기술분야인 것으로 판단됨.
- LNG 해상터미널 위치유지 기술에 관한 세부기술들 중 해상터미널 외력 평가 및 저감기술과 해상터미널 계류시스템 해석 및 설계 기술분야의 경우 이미 성숙기에 접어든 기술분야로 판단되므로, 새로운 원천기술 확보는 힘들 것으로 보이며, 각 요소기술에 대한 연구개발을 통해 개량특허 내지 길목특허를 창출하여 경쟁력을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단됨. 다만, 연구개발 결과를 통한 특허를 획득하더라도 아주 뛰어난 효과를 발휘하여 충분한 경쟁력을 보유한 것이 아닌 한 수익창출이 가능한 강한 특허를 확보하는 것은 쉽지 않을 것으로 보이고, 관련 기술의 연구개발 과정에서 특정의 구조가 세부적으로 한정되는 기술의 경우 특허가 아닌 기술적인 노하우로 존재할 때 기업에 더 큰 이익이 될 경우가 있으므로, 향후 지재권을 확보하는데 있어서 권리행사가 용이한 기술들을 선별하여 지재권을 확보하고 세부 제조기술은 기술적인 노하우로 보유하여 경쟁력과 수익을 극대화하여야 할 것으로 판단됨.
- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에 속하는 대부분의 세부기술 분야들은 대부분 1990년대보다 2000년대 출원활동이 급격히 증가하여 특허활동의 발전단계 상 발전기에 속하는 기술들인 것으로 판단됨. 다만, 이들 중 해상터미널 콘크리트 hull, 시공, 유지관리 기술의 경우 1990년대보다 2000년대 들어 출원인 수만 소폭 증가하는데 그쳐 아직까지 상대적으로 출원활동이 저조한 편이며, 기술발전의 초입단계에 머물러 있는 것으로 보임.
- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술의 핵심 특허는 각 국가별로 골고루 분포되어 있으며, 2010년에는 한국에서 인수시스템 설계, 제작, 설치 및 운영 시스템, 재기화플랜트 위해도 분석, 평가, 경감 기술 및 해상터미널 유지관리 기술의 등록 특허가 보임으로써, 한국은 2000년대 후반에 활발한 특허 출원이 이루어짐을 알 수 있음.
- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에서 2010년도에 한국의 대우조선해양 주식회사와 주식회사 디섹에 의해 액화가스 저장탱크를 갖는 반잠수식

해상 구조물, 선박용 LNG 재기화 시스템 및 방법 및 가스감지 적외선 카메라를 이용한 LNGC 화물창 누설 검사방법의 핵심 특허가 추출됨.

- LNG 해상터미널 시공 및 처리관리기술에 포함된 세부기술들 중에, 해상터미널 콘크리트 hull, 시공, 유지관리 기술과 관련된 특허와 출원인의 수는 상대적으로 적은 편에 해당하여 기술의 초입단계에 있는 것으로 판단됨. 특히 콘크리트 저장탱크와 관련하여 콘크리트 기반의 지하탱크와 관련된 기술이 다수 검색되어 실제 콘크리트 해상 부유식 저장탱크와, 콘크리트 해저 착저식 저장탱크와 관련된 기술은 해당 출원수가 더 적은 현실임.
- 해상터미널 콘크리트 hull, 시공, 유지관리 기술의 경우 상대적으로 앞선 기술을 보유한 기업이 몇몇 알려져 있음에도 불구하고, 실제 특허출원으로 검색된 기업은 거의 없었으며, 이는 이들 기업이 특허 확보를 통한 기술보호보다는 기업의 노하우로 보유하고, 당장의 라이선스나 기술이전에 의한 수익창출보다 시장경쟁력 확보에 무게를 두고 있기 때문인 것으로 예상됨.
- 해상터미널 콘크리트 hull, 시공, 유지관리 기술분야는 전반적으로 핵심적인 원천특허가 존재하지 않으므로, 해당 기술에 대한 연구개발을 통해 콘크리트 기반의 부유 또는 착저식의 액화가스 저장탱크에 대한 설계 및 시공기술에 대한 강한 특허의 확보가 가능할 것으로 보이고, 지재권을 통한 수익창출 가능성이 가장 높은 분야인 것으로 판단됨.
- Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술은 미래 에너지 산업 기술분야로 한국은 2000년대 후반부터 활발한 출원활동이 이루어지고 있으나, 세계 일류의 경쟁력을 갖춘 강국으로서의 위상을 높이기 위해선 앞으로 산·학·연·관의 유기적인 협력을 통한 효율적인 기술개발 시스템 구축이 이루어져야 할 것이며, 이를 위한 정부의 적극적인 R&D투자의 확대가 요구됨.

2.6 기술기능전개 및 기술트리

가. 기술 기능전개(FAST: Function Analysis System Technique)

- 기술 기능전개(FAST, Function Analysis System Technique)는 R&D 과제에 대한 최종목표 달성을 위한 세부목표(단계별목표, 중점기술개발과제, 핵심기술과제, 요소기술)를 도출하기 위한 기본적 분석 활동임.
- FAST 전개방법
 - 목표(R&D 과제)의 '원리구조/프로세스'에 따라 '목적기능'과 '기본기능'의 2계층으로 구조화함.
 - 기능 레벨을 낮추어 '기본기능-2차 기능-3차 기능'등의 다계층 구조화도 가능함.
- 『Hybrid Concrete LNG 해상터미널』의 기술 기능전개는 LNG 해상터미널의 기본적인 기능과 관련하여 설정.
 - 기본 기능을 "위치고정(공통)", "위치고정(부유식)", "위치고정(착저식)", "LNG 선 접안", "LNG 인수", "LNG 저장", "LNG 재기화" 및 "가스 공급"의 8개 기능으로 분류

나. 기술 트리 (Technology Tree)

- 기술트리는 FAST에 의해 정의된 기본기능의 세부기능들을 구현하고, 최하위 세부기능들의 기술을 도출하기 위해 수행하는 것임.
- 기본기능에 맞추어, 각 기능을 수행하기 위한 기술분야와 해당 분야의 세부 기술을 다음에서 설명한 바와 같이 정리하였음
- 이 과제에서는 총 8개 기능에 대하여, 24개 기술분야, 그리고 84개 세부 기술로 콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 필요 기술을 정리함

□ 기본기능 #1 : 위치를 고정한다.

기능	기술분야	세부 기술
위치 고정 공통)	외력 평가 기술	설계외력 평가 기술 / 천해역 파랑변형 해석기술 / 가동률 평가기술 / 파랑충격력 및 Green Water / 극한하중 평가 기술
	외력 저감 기술	방파기술 / 소파기술
위치 고정 (부유식)	부유체 운동해석	파랑 중 운동해석 / 천해중 다물체 운동해석기술 / 조류력 다물체 상호간섭 해석 / 풍력 다물체 상호간섭 해석
	계류 시스템 해석/설계 기술	다물체 연성거동 및 계류해석 / 계류시스템 설계 기술 / 해저저반 조사 및 물성평가 기술 / 해저 앵커 시스템 설계 및 시공 기술
위치 고정 (착저식)	내진성능 확보기술	지반-구조물-유체 상호작용해석 / 활발적 지진안전성 평가 / 지진성능 개선 기술
	수리저항성능 평가	국부세굴 해석기술 / 세굴 및 퇴적 저감 기술
	지반 설계	지반평가 / 지지력 및 침하량산정 / 해저사면안정 및 동적안전성평가
	지반 보강 기술	SCP/ DCM/ 사석 균등포설 / 해상말뚝 시공 / 스킨트 설치 지반해석

□ 기본기능 #2 : LNG선을 접안한다.

기능	기술분야	세부 기술
LNG선 접안	접안 시스템 설계, 제작, 설치	접안 에너지 산정기술 / 펜더 시스템 설계 기술 / 조위차 극복 기술/LNG선 접안 성능 평가 / 접안 시스템 설계, 제작, 설치
	접안 시스템 운영	LNG선 접안 제어기술 / LNG선 안전접안 유도 기술
	접안시스템 유지관리 기술	구조응답 모니터링 기술/구조 건전성 평가 기술/ 구조 보수보강 기술

□ 기본기능 #3 : LNG를 인수한다.

기능	기술분야	세부 기술
LNG인수	인수시스템 설계, 제작, 설치 기술	Loading Arm 설계, 제작, 설치 기술 / 하역용 계류 의장 설계 / 간격제어 및 유지시스템
	인수시스템 유지관리	구조응답 모니터링/가스누출 모니터링/시스템 보수 및 보강기술

□ 기본기능 #4 : LNG를 저장한다.

기능	기술분야	세부 기술
LNG 저장	구조 해석/설계 기술	Hull 구조 개념 설계 / Hull 구조 해석 및 설계 / 탱크 배치 및 안정성 계산/합성구조설계 / 균열제어 및 피로설계 / 극저온 콘크리트 물성평가 / 구조물 국부설계
	특수해석 및 설계	슬러싱 해석 및 안전성 평가 / 슬로싱 압력 저감 기술 및 보강설계 / 충돌 · 폭발 · 화재 해석
	신소재 이용 기술	고성능 콘크리트 재료기술 / 경량골재 콘크리트 기술 / 신소재 Membrane Lining · barrier 개발
	시공 기술	예인 · 운송 안정성 해석 / 설치 안정성 평가 / 해상 접합 기술
	저장시스템유지관리	구조안전성 모니터링 / 균열 모니터링 / 가스누출 모니터링 / 콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가 / 수중보수보강기술

□ 기본기능 #5 : LNG를 재기화한다.



□ 기본기능 #6 : LNG를 공급한다.



• 한편 각 세부기술의 기술 정의는 다음과 같음

필요 기능	기술분야	필요 세부 기술	기술 개요
위치고정 (공통)	외력 평가 기술	설계외력 평가 기술	과거 계측자료를 활용한 조류/파도/바람 등 외력을 고려한 설계 하중 산정 기술
		천해역 파랑변형 해석기술	천해에서의 파변형 해석
		해상터미널 가동률 평가기술	LNG선의 작업성을 고려한 가동률 평가
		파랑충격력 및 Green Water	파랑 충격력 및 Overtopping 해석
		극한하중 평가 기술	지진해일, 폭풍해일 등 극한 조건에서의 하중 평가 기술
	외력 저감 기술	방파기술	RIB 등을 이용하여 파랑을 차단하는 기술
		소파기술	에너지 저감 형상 개발
위치고정 (부유식)	부유체 운동해석	파랑 중 운동해석	규칙파/불규칙파에 대한 동적거동해석
		천해중 다물체 운동해석기술	천해에서의 Shallow Water 효과를 고려한 선형/비선형 파랑에 대한 동적거동해석
		조류력 다물체 상호간섭 해석	근접계류 상태의 조류력 상호간섭효과 해석: 실험 & 수치해석
		풍력 다물체 상호간섭 해석	근접계류 상태의 풍력 상호간섭효과 해석: 실험 & 수치해석
	계류 시스템 해석/설계 기술	다물체 운동 및 계류해석	작업시 LNG선의 영향을 고려한 운동/계류 해석
		다물체 통합 연성거동 해석	FSRU-LNGC 운동-계류-슬러싱 연성해석
		계류시스템 설계 기술	계류형식 별 사양설계 및 최적 설계안 도출
		해저지반 조사 및 물성평가 기술	계류를 위한 해저지반 조사 및 평가
		해저 앵커 시스템 설계	지반에 설치된 앵커 시스템의 저항력 산정 기술
		해저 앵커 시스템 시공 기술	해저 지반에 대심도 앵커 시공 기술

필요 기능	기술분야	필요 세부 기술	기술 개요
위치고정 (착저식)	내진성능 확보기술	지반-구조물-유체 상호작용해석	지반과 구조물, 내부유체를 고려한 상호작용해석
		확률적 지진안전성 평가	내진성능목표 설정 및 확률적 지진 안전성 평가
		지진성능 개선 기술	LRB 등 수동제어기법을 이용한 지진성능 개선
	수리저항성능 평가	국부세굴 해석기술	구조물 주변의 지형변화 및 국부세굴 해석
		세굴 및 퇴적 저감 기술	세굴방지공 등에 의한 세굴 및 퇴적 저감 기술
	지반 설계	지반 평가	해저지반조사 및 지반물성평가
		지지력 및 침하량 산정	구조물 설치에 따른 해저 지반의 지지력 및 예상 침하량 산정 기술
		해저 사면 안정 해석	구조물 설치시 해저 지반 사면의 붕괴 여부 판단 기술
		동적 안정성 평가	지진, 반복하중 등에 의한 지반의 물성 변화 예측 및 해석 기술
	지반 보강 기술	SCP(GCP)	모래, 자갈 등으로 지반을 일부 치환하여 복합 지반으로 개량하는 기술
		DC	현장지반과 시멘트를 교반하여 지반을 개량하는 기술
		사석 균등 포설	해저 지반의 표면 상부에 사석을 고르게 포설하는 기술
		해상 말뚝 시공	해상에서 정해진 위치에 말뚝을 향타하는 기술
		스커트 설치 지반 해석	해저 지반에 관입된 구조물의 스커트와 지반의 안전성 해석 기술
	LNG선 접안	접안 시스템 설계, 제작, 설치	접안 에너지 산정기술
펜더 시스템 설계 기술			선박 접안에너지를 고려한 최적 펜더 시스템 설계
조위차 극복 기술			착저식 해상터미널에 대한 대상 해역의 조위차를 극복할 수 있는 기술
LNG선 접안 성능 평가			저속 조종성능, 터그 보조 접안 및 선수각 제어 성능 해석
접안 시스템 설계, 제작, 설치			LNG선 접안을 위한 시스템 설계, 제작 및 설치 기술
접안 시스템 운영		LNG선 접안 제어기술	LNG선 접안 시 및 접안 중 접안시스템 운영을 위한 제어 기술
접안시스템 유지 관리 기술		구조응답 모니터링 기술	LNG선 접안시스템의 주요 모듈에 대한 모니터링 기술
		구조 건전성 평가 기술	LNG선 접안시스템의 주요 모듈 및 시스템에 대한 건전성 평가 기술
		구조 보수보강 기술	LNG선 접안시스템의 주요 모듈 및 시스템에 대한 보수보강 기술
LNG 인수	인수시스템 설계, 제작, 설치 기술	Loading Arm 설계, 제작, 설치	LNG 하역을 위한 Loading arm 최적 설계
		하역용 계류 의장 설계	하역용 계류 시스템의 의장 설계
	인수시스템 유지 관리	구조응답 모니터링	LNG 인수 시스템에 대한 실시간 모니터링
		가스누출 모니터링	화학 센서를 통한 가스누출 모니터링
		시스템 보수 및 보강 기술	인수시스템에 대한 시스템 보수 및 보강 기술

필요 기능	기술분야	필요 세부 기술	기술 개요	
LNG 저장	구조 해석/설계 기술	Hull 구조 해석 및 설계	상하부 콘크리트 Hull 구조 및 지지보 설계 및 해석	
		탱크 배치 및 안정성 계산	다수개의 탱크 배치 시 최적 탱크 크기 및 안정성 평가/확보 방안	
		합성구조설계	강재와 콘크리트 등 하이브리드 사용을 통한 고성능 구조설계 기술	
		균열제어 및 피로설계	수화열/피로파괴/균열진전 계산	
		극저온 콘크리트 물성평가	극저온 시 콘크리트의 물성평가	
		구조물 국부설계	텐던 정착부 국부해석 및 보강설계 하중집중부(도교 받침부, 펜더, 볼라드, 크레인 등) 국부해석 및 보강설계	
	특수해석 및 설계	슬러싱 해석 및 안전성 평가	지진 및 폭풍시 내부 LNG의 슬러싱 해석 및 연성 해석, 압력 분석	
		슬러싱 압력 저감 기술 및 보강 설계	슬러싱 압력을 저감할 수 있는 수동제어기술 및 보강 설계 기술	
		충돌/낙하/화재/폭발에 의한 추가 외력 평가 기술	충돌/낙하/화재/폭발에 의한 추가 외력 평가 기술	
	신소재 이용 기술	고성능 콘크리트 재료기술	내염해, 내투수성, 고유동, 고강도 콘크리트 기술	
		경량골재 콘크리트 기술		
		신소재 Membrane Lining/barrier 개발	저온유지, 누출방지를 위한 신소재 Membrane의 개발	
	시공 기술	예인/운송 안정성 해석	예인안정성해석, route analysis, 예인설계	
		설치 안정성 평가	설치설계, 설치 안전성 해석, 최적 설치안 도출	
		해상 접합 기술	발라스팅, 포스트 텐션 등에 의한 모듈 접합 기술	모듈 접합에 따른 위치제어 공법 검토
			모듈 접합에 따른 가설재 배치 설계 및 국부보강설계	
	저장시스템 유지 관리	구조안전성 모니터링	Hull 구조체에 대한 상시균열 계측 등 실시간 모니터링	
		균열 모니터링	Acoustic Emission, Guided Wave 등을 이용한 응력집중부에 대한 실시간 균열 모니터링	
		가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링	
		콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	콘크리트 열화 해석 및 이에 의한 잔존 수명 분석	
수중 보수보강 기술		누수 균열부 등 손상된 부위에 대한 수중에서의 보수 보강 기술		

필요 기능	기술분야	필요 세부 기술	기술 개요
LNG 재기화	재기화 플랜트 설계, 제작, 설치 기술	Top Side 설계	Top side plant 설계
		공정설계 및 제어	화학플랜트 공정 설계 및 제어
		파랑 충격력 및 Green Water	파랑 충격력 및 Overtopping (Green Water) 해석
		특수외력 평가 기술	충돌/낙하/화재/폭발에 의한 추가 외력 평가 기술
	재기화 플랜트 유지관리	플랜트 시설물 모니터링	플랜트 시설물에 대한 실시간 모니터링
		가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링
		재기화 플랜트 보수보강 기술	
	재기화 플랜트 위험도 분석, 평가, 경감 기술	Hazard Identification	설비 위해 요소 발굴, LNG 누출 대응 시나리오
		화재 및 폭발 전략	Detection system, Emergency philosophy, Classification, Fire fighting, Drainage, 화재 및 폭발 위험도 해석
위험도 경감 기술		Risk Management, 해상 LNG 터미널 위험도 경감 대책 제시 및 설계 반영	
Gas 공급	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술 공급시스템 유지 관리	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술	Gas 공급 시스템에 대한 설계, 제작 및 설치 기술
		배관 시스템 모니터링	Gas 공급을 위한 배관시스템에 대한 모니터링 기술
		가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링
		공급시스템 보수보강 기술	Gas 공급 시스템의 운영 중 보수보강 기술
	지진 응답해석	배관시스템 지진응답 해석 및 설계	수 km에 이르는 공급 배관 시스템의 지진응답 해석

2.7 세부기술 분석

□ 중요도 및 시급도를 중심으로 한 세부 기술 분석

- 각 세부기술에 대해 연구개발의 필요성을 현 기술 활용(현재의 국내 기술 적용), 기술 보완(해외기술 도입 또는 연구개발)으로 구분함. 현재의 국내기술을 적용할 경우를 1점으로, 해외기술을 도입하는 경우를 2점으로, 자체 연구개발이 필요한 경우를 3점으로 하여, 연구개발에 대한 필요성 항목을 정량화함
- 또한 각 세부기술에 대해서 중요도(0~5점)와 시급성(0~5점)을 평가하여 이를 함께 고려함

세부기술	연구필요성	중요도	시급성	합계
설계외력 평가 기술	1.44	3.03	2.54	7.02
천해역 파랑변형 해석기술	1.97	2.61	2.36	6.94
해상터미널 가동률 평가기술	2.47	2.47	2.39	7.33
파랑충격력 및 Green Water	2.56	3.13	2.45	8.13
극한하중 평가 기술	2.83	3.34	2.87	9.04
방파기술	2.64	3.00	2.59	8.23
소파기술	2.64	3.06	2.71	8.41
파랑 중 운동해석	1.19	3.73	2.43	7.35
천해중 다물체 운동해석기술	2.78	3.67	3.19	9.64
조류력 다물체 상호간섭 해석	2.72	3.55	3.09	9.36
풍력 다물체 상호간섭 해석	2.72	2.50	2.93	8.15
다물체 운동 및 계류해석	2.72	3.87	3.87	10.47
다물체 통합 연성거동 해석	2.89	3.75	3.87	10.51
계류시스템 설계 기술	2.83	4.59	4.53	11.95
해저지반 조사 및 물성평가 기술	2.75	3.44	3.46	9.65
해저 앵커 시스템 설계	2.92	3.79	3.75	10.45
해저 앵커 시스템 시공 기술	2.83	3.79	4.21	10.83
지반-구조물-유체 상호작용해석	2.78	3.85	3.76	10.39
확률적 지진 안전성 평가	2.61	3.42	2.94	8.98
지진성능 개선 기술	2.72	3.46	2.86	9.04
국부세굴 해석기술	2.44	2.42	2.18	7.05
세굴 및 퇴적 저감 기술	2.58	2.66	2.24	7.48
지반 평가	2.00	2.31	2.14	6.45
지지력 및 침하량 산정	2.17	2.40	2.44	7.01
해저 사면 안정 해석	2.17	2.29	2.06	6.52
동적 안정성 평가	2.81	2.38	2.67	7.86
SCP(GCP)	1.00	1.93	1.87	4.80
DCM	1.00	1.93	1.80	4.73
사석 균등 포설	2.22	2.07	2.48	6.77
해상 말뚝 시공	2.03	1.86	2.54	6.42
스커트 설치 지반 해석	2.39	2.14	2.36	6.89
접안 에너지 산정기술	1.00	2.91	1.87	5.79
펜더 시스템 설계 기술	1.00	2.91	1.87	5.79
조위차 극복 기술	1.17	2.91	2.02	6.10
LNG선 접안 성능 평가	2.48	3.31	3.33	9.12
접안 시스템 설계, 제작, 설치	2.69	3.53	3.08	9.30
LNG선 접안 제어기술	2.69	3.22	2.92	8.83
LNG선 안전접안 유도 기술	2.38	3.14	2.83	8.35
구조응답 모니터링 기술	1.17	2.71	2.14	6.02
구조 건전성 평가 기술	2.50	2.98	2.59	8.06
구조 보수보강 기술	2.67	3.05	2.66	8.37
Loading Arm 설계, 제작, 설치 기술	2.59	4.19	3.33	10.12
하역용 계류 의장 설계	2.38	2.83	2.92	8.13
간격제어 및 유지시스템	2.49	2.83	2.92	8.24
구조응답 모니터링	1.41	2.83	2.17	6.41

세부기술	연구필요성	중요도	시급성	합계
가스누출 모니터링	2.19	3.28	3.31	8.77
시스템 보수 및 보강 기술	2.40	3.28	2.83	8.51
Hull 구조 개념 설계	2.92	3.83	3.44	10.19
Hull 구조 해석 및 설계	2.81	3.65	3.30	9.76
탱크 배치 및 안정성 계산	2.72	3.38	3.20	9.30
합성구조설계	2.92	3.77	3.11	9.80
균열제어 및 피로설계	2.89	4.00	3.73	10.62
극저온 콘크리트 물성평가	2.58	4.44	4.25	11.27
구조물 국부설계	2.64	3.49	3.28	9.41
슬러싱 해석 및 안전성 평가	3.00	4.25	4.05	11.29
슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	3.00	4.19	3.99	11.18
충돌/폭발/화재 해석	3.00	4.40	3.66	11.06
고성능 콘크리트 재료기술	2.83	4.09	3.37	10.29
경량골재 콘크리트 기술	2.92	3.98	3.32	10.21
신소재 Membrane Lining/barrier 개발	2.92	4.10	3.92	10.94
예인/운송 안정성 해석	2.75	4.03	3.63	10.41
설치 안정성 평가	2.83	4.17	4.26	11.27
해상 접합 기술	3.00	4.30	3.98	11.29
구조안전성 모니터링	1.08	3.94	2.98	8.00
균열 모니터링	2.36	4.01	3.43	9.80
가스누출 모니터링	2.29	4.22	3.56	10.07
콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	2.92	3.87	3.32	10.10
수중 보수보강 기술	3.00	3.88	2.90	9.78
Top Side 설계	1.40	4.39	2.78	8.57
공정설계 및 제어	1.40	4.39	2.78	8.57
파랑 충격력 및 Green Water	2.79	3.14	2.56	8.48
특수외력 평가 기술	3.00	2.58	3.00	8.58
에너지절감형 재기화 장치	2.90	2.39	2.33	7.62
플랜트 시설물 모니터링	1.10	3.44	2.83	7.38
가스누출 모니터링	2.49	3.69	3.44	9.63
재기화 플랜트 보수보강 기술	2.70	3.28	2.83	8.81
Hazard Identification	2.60	3.67	3.31	9.57
화재 및 폭발 전략	2.79	3.75	3.39	9.93
위해도 경감 기술	2.90	3.75	3.39	10.04
공급시스템 설계, 제작, 설치 기술	2.39	3.33	2.92	8.64
배관 시스템 모니터링	2.29	3.17	3.31	8.76
가스누출 모니터링	2.29	3.06	3.22	8.57
공급시스템 보수보강 기술	2.50	3.06	2.83	8.39
배관시스템 지진응답 해석 및 설계	2.39	3.17	2.42	7.97

- 연구필요성이 가장 높은 10개의 세부기술은 다음과 같이 분석됨

연구개발 필요성이 높은 상위 10개 세부기술

세부기술	연구개발필요성
슬러싱 해석 및 안전성 평가	3.00
슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	3.00
충돌/폭발/화재 해석	3.00
해상 접합 기술	3.00
수중 보수·보강 기술	3.00
특수외력 평가 기술	3.00
해저 앵커 시스템 설계	2.92
Hull 구조 개념 설계	2.92
합성구조설계	2.92
경량골재 콘크리트 기술	2.92
신소재 Membrane Lining/barrier 개발	2.92
콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	2.92

- 한편 연구의 중요도가 가장 높은 10개의 세부기술은 다음과 같이 분석됨

연구 중요도가 높은 상위 10개 세부기술

세부기술	중요도
계류시스템 설계 기술	4.59
극저온 콘크리트 물성평가	4.44
충돌/폭발/화재 해석	4.40
Top Side 설계	4.39
공정설계 및 제어	4.39
해상 접합 기술	4.30
슬러싱 해석 및 안전성 평가	4.25
가스누출 모니터링	4.22
Loading Arm 설계, 제작, 설치 기술	4.19
슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	4.19
설치 안정성 평가	4.17
신소재 Membrane Lining/barrier 개발	4.10

- 한편 연구의 시급성이 가장 높은 10개의 세부기술은 다음과 같이 분석됨

연구 중요도가 높은 상위 10개 세부기술

세부기술	중요도
계류시스템 설계 기술	4.53
설치 안정성 평가	4.26
극저온 콘크리트 물성평가	4.25
해저 앵커 시스템 시공 기술	4.21
슬러싱 해석 및 안전성 평가	4.05
슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	3.99
해상 접합 기술	3.98
신소재 Membrane Lining/barrier 개발	3.92
다물체 통합 연성거동 해석	3.87
다물체 운동 및 계류해석	3.87
지반-구조물-유체 상호작용해석	3.76
해저 앵커 시스템 설계	3.75

- 세부기술을 기준으로 할 때 계류시스템 설계기술의 경우 연구개발의 필요성 보다는 연구개발의 중요성 및 시급성이 상대적으로 높은 것으로 분석되었으며, 이는 외국에서는 상당한 기술이 개발되어 있음을 의미.
- 반면 해상접합기술, 신소재 Membrane Lining/barrier 개발기술은 필요성, 중요성, 시급성 모두 높게 평가된 세부기술임.
- 한편, 유사한 세부기술을 통합하여, 개별 통합기술군에 대하여 상위 2개 세부기술의 점수 평균을 통하여 중점추진이 필요한 핵심과제를 다음과 같이 선정함
- 또한, 현재 지식경제부에서 수행하고 있는 해상 LNG 터미널(FSRU) 기술개발 사업을 통하여 개발되고 있는 부유식 해상터미널 기술을 배제하고, 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발을 위하여 특화된 6개 핵심과제는 다음과 같음
 - 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발 (1순위)
 - 신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발 (2순위)
 - 해상접합시공 및 수중 보수보강 기술개발 (3순위)
 - 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발 (4순위)
 - 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발 (5순위)
 - 지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발 (6순위)

기술개발 우선순위 (기술 확보 방안, 중요도 및 시급도 기준)

통합기술명	세부기술명	R&D	중요도	시급도	점수	평균*	순위
계류시스템 및 해저 앵커시스템 설계 및 시공기술 개발	해저 앵커 시스템 설계	2.9	3.8	3.7	10.4	11.4	1
	계류 시스템 설계 기술	2.8	4.6	4.5	12.0		
	해저 앵커 시스템 시공 기술	2.8	3.8	4.2	10.8		
	해저지반 조사 및 물성평가 기술	2.8	3.4	3.5	9.7		
슬러싱 평가 및 저감 기술 개발	슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	3.0	4.2	4.0	11.3	11.2	2
	슬러싱 해석 및 안전성 평가	3.0	4.2	4.0	11.2		
예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	예인/운송 안정성 해석	2.8	4.0	3.6	10.4	10.8	3
	설치 안정성 평가	2.8	4.2	4.3	11.3		
신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발	콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	2.9	3.9	3.3	10.1	10.6	4
	신소재 Membrane Lining/barrier 개발	2.9	4.1	3.9	10.9		
	경량골재 콘크리트 기술	2.9	4.0	3.3	10.2		
	고성능 콘크리트 재료기술	2.8	4.1	3.4	10.3		
해상접합시공 및 수중 보수보강 기술개발	수중 보수보강 기술	3.0	3.9	2.9	9.8	10.5	5
	해상 접합 기술	3.0	4.3	4.0	11.3		
특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발	특수외력 평가 기술	3.0	2.6	3.0	8.6	10.5	6
	충돌/폭발/화재 해석	3.0	4.4	3.7	11.1		
	화재 및 폭발 전략	2.8	3.8	3.4	9.9		
	파랑 충격력 및 Green Water	2.8	3.1	2.6	8.5		
	극한하중 평가 기술	2.8	3.3	2.9	9.0		
다물체 통합 연성거동 해석 및 평가기술 개발	다물체 통합 연성거동 해석	2.9	3.7	3.9	10.5	10.5	7
	천해중 다물체 운동해석기술	2.8	3.7	3.2	9.6		
	풍력 다물체 상호간섭 해석	2.7	2.5	2.9	8.2		
	조류력 다물체 상호간섭 해석	2.7	3.5	3.1	9.4		
	다물체 운동 및 계류해석	2.7	3.9	3.9	10.5		
콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	Hull 구조 개념 설계	2.9	3.8	3.4	10.2	10.4	8
	합성구조설계	2.9	3.8	3.1	9.8		
	균열제어 및 피로설계	2.9	4.0	3.7	10.6		
	Hull 구조 해석 및 설계	2.8	3.7	3.3	9.8		
	탱크 배치 및 안정성 계산	2.7	3.4	3.2	9.3		
해상터미널 위해도 경감기술 개발	위해도 경감 기술	2.9	3.8	3.4	10.0	10.0	9
지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발	지반-구조물-유체 상호작용해석	2.8	3.8	3.8	10.4	9.7	10
	확률적 지진안전성 평가	2.6	3.4	2.9	9.0		
	지진성능 개선 기술	2.7	3.5	2.9	9.0		
모니터링 및 보수보강 기술개발	재기화 플랜트 보수보강 기술	2.7	3.3	2.8	8.8	9.2	11
	구조 보수보강 기술	2.7	3.0	2.7	8.4		
	구조 건전성 평가 기술	2.5	3.0	2.6	8.1		
	가스누출 모니터링	2.5	3.7	3.4	9.6		
LNG선 접안시스템 설계, 제작, 설치 및 LNG선 접안제어 기술개발	접안 시스템 설계, 제작, 설치	2.7	3.5	3.1	9.3	9.1	12
	LNG선 접안 제어기술	2.7	3.2	2.9	8.8		
지반동적안정성 확보 기술개발	동적 안정성 평가	2.8	2.4	2.7	7.9	7.9	13
에너지 절약형 재기화 장치 개발 기술	에너지 절감형 재기화 장치	2.9	2.4	2.3	7.6	7.6	14

* 평균점수는 통합기술 내 우선 순위가 높은 2개 세부과제의 평균점수임

□ BMO (Bruce Merrifield-Ohe) 기법에 의한 세부 기술 분석

- BMO 기법은 현재를 기준으로 특정 기술에 대한 개발 추진 여부와 우선순위를 판단하는 모델로, Bruce Merrifield 박사가 제안하고 Ohe 교수가 발전시킨 방법
- 매력도(attractiveness)와 적합성(feasibility)으로 간단명료하게 정량적, 객관적인 분석 수행
- 매력도 평가, 적합성 평가 및 종합평가의 3단계 평가를 통해 핵심 기술 도출 및 성공여부를 예측한 후, 추진여부 및 우선순위 등을 결정
- BMO 기법의 절차
 - 1단계: 매력도 평가
 - 매력도가 5점 만점에 3.35점 이상인 경우, 매력이 있는 것으로 판단하며, 2단계 적합성 평가 실시
 - 매력이 없는 것으로 판단될 경우, 잠정적 보류 (평가 종료)
 - 과학기술 R&D 관점에서의 매력도 기준으로는 정책, 전략적 중요도, 기술의 혁신성, 트렌드의 부합성 등이 중요 매력도 평가 기준이 될 수 있으나, 이 연구의 경우 세부 기술에 대한 분석을 위하여 **세부 기술의 중요도, 연구개발 필요성, 지적재산권 확보 가능성** 등을 매력도의 기준으로 설정
 - 2단계: 적합성 (feasibility) 평가
 - 과학기술 R&D 관점에서는 정부지원의 타당성, 추진 시기의 적절성, 과학기술 혁신 역량, 산업기술적 경쟁력, 기술적 성공 가능성 등이 적합성의 기준이 될 수 있으며, 콘크리트 LNG 해상터미널 과제의 경우 세부 기술에 대한 **중복성 여부를 중심으로 한 추진타당성, 시급성을 중심으로 한 추진 시기의 적절성 및 기술적 성공가능성을** 적합성 기준으로 설정
 - 3단계: 종합평가 (매력도+적합도)
 - 평가점수가 10점 만점에 6.7점 이상이면 추진
 - 평가점수가 3.35~6.7이면 정밀 검토 필요

○ 1단계 : 매력도 평가 결과

- 연구개발의 필요성, 세부기술 중요도, 지적재산권 획득가능성을 중심으로 매력도를 평가한 결과 핵심과제별 점수는 다음 표와 같음
- 이 중 3.35점 미만인 “LNG선 접안시스템 설계, 제작, 설치 및 LNG선 접안제어 기술 개발” 과제를 제외한 나머지 세부기술에 대하여 2단계 적합성 평가를 실시

표. 1단계 매력도 평가 결과

통합기술명	세부기술명	연구개발 필요성 (40)	세부기술 중요도 (40)	지적재산권 획득가능성 (20)	합계 (5점 환산)	핵심과제 점수
특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발	특수외력 평가 기술	40.0	15.8	10.2	3.30	3.96
	충돌/폭발/화재 해석	40.0	34.0	15.3	4.47	
	화재 및 폭발 전략	35.8	27.5	5.8	3.45	
	파랑 충격력 및 Green Water	35.8	21.4	5.4	3.13	
	극한하중 평가 기술	36.7	23.4	5.6	3.28	
슬러싱 평가 및 저감 기술 개발	슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	40.0	32.5	19.5	4.60	4.35
	슬러싱 해석 및 안전성 평가	40.0	31.9	10.3	4.11	
해상접합시공 및 수중 보수보강 기술개발	수중 보수보강 기술	40.0	28.8	20.0	4.44	4.55
	해상 접합 기술	40.0	33.0	20.0	4.65	
콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	Hull 구조 개념 설계	38.3	28.3	10.2	3.84	3.88
	합성구조설계	38.3	27.7	5.8	3.59	
	균열제어 및 피로설계	37.8	30.0	10.6	3.92	
	Hull 구조 해석 및 설계	36.1	26.5	10.8	3.67	
	탱크 배치 및 안정성 계산	34.4	23.8	5.8	3.20	
신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발	콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	38.3	28.7	10.5	3.87	4.16
	신소재 Membrane Lining/barrier 개발	38.3	31.0	10.8	4.01	
	경량골재 콘크리트 기술	38.3	29.8	19.5	4.38	
	고성능 콘크리트 재료기술	36.7	30.9	18.5	4.30	
콘크리트 LNG 해상터미널 위해도 경감기술 개발	위해도 경감 기술	38.0	27.5	10.5	3.80	3.80
LNG 해상터미널 에너지 절약형 재기화 장치 개발 기술	에너지절감형 재기화 장치	38.0	13.9	19.8	3.58	3.58
다물체 통합 연성거동 해석 및 평가기술 개발	다물체 통합 연성거동 해석	37.8	27.5	4.8	3.50	3.42
	천해중 다물체 운동해석기술	35.6	26.7	4.5	3.34	
	풍력 다물체 상호간섭 해석	34.4	15.0	5.8	2.76	
	조류력 다물체 상호간섭 해석	34.4	25.5	6.2	3.31	
	다물체 운동 및 계류해석	34.4	28.7	10.2	3.67	
계류시스템 및 해저 앵커시스템 설계 및 시공기술 개발	해저 앵커 시스템 설계	38.3	27.9	15.2	4.07	4.10
	계류시스템 설계 기술	36.7	35.9	10.2	4.14	
	해저 앵커 시스템 시공 기술	36.7	27.9	10.5	3.75	

통합기술명	세부기술명	연구개발 필요성 (40)	세부기술 중요도 (40)	지적재산권 획득가능성 (20)	합계 (5점 환산)	핵심과제 점수
	해저지반 조사 및 물성평가 기술	35.0	24.4	10.3	3.49	
LNG선 접안시스템 설계, 제작, 설치 및 LNG선 접안제어 기술개발	접안 시스템 설계, 제작, 설치	33.8	25.3	10.5	3.48	3.34
	LNG선 접안 제어기술	33.8	22.2	8.2	3.21	
LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	예인/운송 안정성 해석	35.0	30.3	9.8	3.76	3.79
	설치 안정성 평가	36.7	31.7	8.2	3.83	
지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발	지반-구조물-유체 상호작용해석	35.6	28.5	10.2	3.71	3.80
	확률적 지진안전성 평가	32.2	24.2	6.2	3.13	
	지진성능 개선 기술	34.4	24.6	18.9	3.90	
모니터링 및 보수보강 기술개발	재기화 플랜트 보수보강 기술	34.0	22.8	14.5	3.56	3.67
	구조 보수보강 기술	33.3	20.5	18.2	3.60	
	구조 건전성 평가 기술	30.0	19.8	13.5	3.16	
	가스누출 모니터링	29.8	26.9	18.2	3.75	

○ 2단계 : 적합성 평가 결과

- 중복성을 기준으로 한 추진타당성, 시급성을 기준으로 한 추진 적절성, 및 기술적 성공 가능성을 중심으로 적합성을 평가한 결과 핵심과제별 점수는 다음 표와 같음

표. 2단계 적합성 평가 결과

통합기술명	세부기술명	중복성 기준 추진타당성 (40)	시급성 기준 추진 적절성 (40)	기술적 성공 가능성 (20)	합계 (5점 환산)	핵심과제 점수
특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발	특수외력 평가 기술	35.5	20.0	18.5	3.70	3.79
	충돌/폭발/화재 해석	35.2	26.6	15.2	3.85	
	화재 및 폭발 전략	35.5	23.9	15.3	3.73	
	파랑 충격력 및 Green Water	20.2	15.6	18.5	2.71	
	극한하중 평가 기술	18.2	18.7	20.0	2.84	
슬러싱 평가 및 저감 기술 개발	슬러싱 압력 저감 기술 및 보강설계	12.5	30.5	18.2	3.06	3.02
	슬러싱 해석 및 안전성 평가	10.3	29.9	19.5	2.99	
해상접합시공 및 수중 보수보강 기술개발	수중 보수보강 기술	35.2	19.0	19.5	3.68	3.89
	해상 접합 기술	33.8	29.8	18.2	4.09	
콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	Hull 구조 개념 설계	35.1	24.4	20.0	3.98	3.60
	합성구조설계	32.5	21.1	19.2	3.64	
	균열제어 및 피로설계	30.1	27.3	15.3	3.64	
	Hull 구조 해석 및 설계	30.2	23.0	17.8	3.55	
	탱크 배치 및 안정성 계산	30.2	22.0	20.0	3.61	
신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술	콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	30.3	23.2	17.2	3.53	3.80

통합기술명	세부기술명	중복성 기준 추진타당성 (40)	시급성 기준 추진 적절성 (40)	기술적 성공 가능성 (20)	합계 (5점 환산)	핵심과제 점수
개발	신소재 Membrane Lining/barrier 개발	35.2	29.2	15.2	3.98	
	경량골재 콘크리트 기술	30.2	23.2	18.2	3.58	
	고성능 콘크리트 재료기술	30.3	23.7	18.3	3.62	
콘크리트 LNG 해상터미널 위해도 경감기술 개발	위해도 경감 기술	21.0	23.9	17.2	3.10	3.04
LNG 해상터미널 에너지 절약형 재기화 장치 개발 기술	에너지절감형 재기화 장치 기술	40.0	13.3	12.5	3.29	3.29
다물체 통합 연성거동 해석 및 평가기술 개발	다물체 통합 연성거동 해석	15.2	28.7	16.5	3.02	3.10
	친해중 다물체 운동해석기술	20.1	21.9	16.5	2.93	
	풍력 다물체 상호간섭 해석	25.2	19.3	16.2	3.03	
	조류력 다물체 상호간섭 해석	25.3	20.9	17.4	3.18	
	다물체 운동 및 계류해석	13.5	28.7	16.9	2.96	
계류시스템 및 해저 앵커시스템 설계 및 시공기술 개발	해저 앵커 시스템 설계	15.2	27.5	16.5	2.96	3.29
	계류시스템 설계 기술	10.5	35.3	18.2	3.20	
	해저 앵커 시스템 시공 기술	18.5	32.1	17.2	3.39	
	해저지반 조사 및 물성평가 기술	15.2	24.6	18.2	2.90	
LNG선 접안시스템 설계, 제작, 설치 및 LNG선 접안제어 기술개발	접안 시스템 설계, 제작, 설치	24.8	20.8	16.5	3.11	2.93
	LNG선 접안 제어기술	20.5	19.2	15.2	2.74	
LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	예인/운송 안정성 해석	35.2	26.3	18.2	3.98	4.04
	설치 안정성 평가	30.3	32.6	19.2	4.11	
지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안전성 평가/향상 기술개발	지반-구조물-유체 상호작용해석	25.4	27.6	19.3	3.62	3.46
	확률적 지진안전성 평가	24.6	19.4	18.2	3.11	
	지진성능 개선 기술	30.0	18.6	17.5	3.30	
모니터링 및 보수보강 기술개발	재기화 플랜트 보수보강 기술	27.2	18.3	16.0	3.08	3.04
	구조 보수보강 기술	22.2	16.6	17.0	2.79	
	구조 건전성 평가 기술	24.2	15.9	16.2	2.81	
	가스누출 모니터링	20.2	24.4	15.5	3.01	

○ 3단계 : 종합 평가 결과

- 매력도 및 적합도 평가 결과를 종합한 평가 결과는 다음의 표와 같다.
- 이들 중 평가점수가 6.7점 미만인 “다물체 통합 연성거동 해석 및 평가기술 개발”, “모니터링 및 보수보강 기술개발”을 추진하지 않기로 함

통합기술명	매력도	적합성	종합평가점수	순위
특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발	3.96	3.79	7.75	4
슬러싱 평가 및 저감 기술 개발	4.35	3.02	7.38	7
해상접합시공 및 수중 보수보강기술개발	4.55	3.89	8.43	1
콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	3.88	3.60	7.48	5
신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발	4.16	3.80	7.95	2
콘크리트 LNG 해상터미널 위해도 경감기술 개발	3.80	3.04	6.84	10
LNG 해상터미널 에너지 절약형 재기화 장치 개발 기술	3.58	3.29	6.88	9
다물체 통합 연성거동 해석 및 평가기술 개발	3.42	3.10	6.52	보류
계류시스템 및 해저 앵커시스템 설계 및 시공기술 개발	4.10	3.29	7.40	6
LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	3.79	4.04	7.84	3
지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발	3.80	3.46	7.26	8
모니터링 및 보수보강 기술개발	3.67	3.10	6.66	보류

○ 핵심과제 선정 결과

- 위의 종합평가 결과를 토대로 우선 추진 과제를 다음과 같이 선정하였다.
- 한편, 지식경제부에서 추진 중인 “해상 LNG 터미널(FSRU) 기술개발 사업”에서 수행 중인 “슬러싱 평가 및 저감 기술 개발”, “계류시스템 및 해저 앵커시스템 설계 및 시공기술 개발” 과제는 별도 추진보다는 지식경제부 과제와의 연계를 통하여 기술을 도입하는 것이 보다 합리적일 것으로 판단되어 추진을 보류하였다.

- 중점추진 핵심과제는 다음과 같다.

- 해상접합시공 및 수중 보수·보강기술개발 (1순위)
- 신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발 (2순위)
- LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발 (3순위)
- 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발 (4순위)
- 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발 (5순위)
- 지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발 (6순위)

○ 중점 추진 핵심과제 선정 결과의 비교

- 연구개발의 중요도와 시급도만을 이용하여 선정한 중점 추진 핵심과제와 BMO 방법을 통하여 선정한 핵심과제는 다음과 같다.
- 연구개발의 중요도와 시급도만을 이용하여 선정한 중점 추진 핵심과제와 BMO 방법을 통하여 선정한 핵심과제는 다음과 같다.

표. 두 가지 기술 분석 방법에 따른 추진 우선 핵심과제 선정 결과

순위	중요도, 시급도 기준	BMO 기법
1	LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	해상접합시공 및 수중 보수보강기술개발
2	신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발	신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발
3	해상접합시공 및 수중 보수보강기술개발	LNG 해상터미널 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발
4	특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발	특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발
5	콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발
6	지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발	지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발

- 상위 3개 과제의 경우, 우선 추진 순위의 변동은 있지만 연구개발 추진이 필요한 과제로 분석 되었으며, 나머지 3개 과제의 경우 순위의 변동이 없는 것으로 분석되었다.

3 연구개발 비전 및 목표 수립

3.1 연구개발 비전 수립

- 21세기 청정에너지 기반의 녹색성장 강국으로 발전하고, 또한 엔지니어링 기술 자립을 통한 고부가 가치 선점을 위한 콘크리트 LNG 해상터미널 기술분야에 대한 새로운 비전과 전략 제시
- 선진국의 기술수준을 따라잡는 캐치업(Catch-Up) 수준이 아니라, **향후 10년 이내에 콘크리트 LNG 해상터미널 관련 세계 시장을 주도하고, 세계 5위권 이내의 엔지니어링 강국으로 진입**할 수 있는 핵심 엔지니어링 기술을 개발하는 것이 주비전임.
- 3가지 주요 기술군을 다음과 같이 설정
 - 첨단 재료 기술분야
 - 콘크리트 Hull 구조 해석 및 설계 기술분야
 - 대형 콘크리트 구조체 설치 및 운영 기술분야

3.2 연구개발 목표

- 콘크리트 LNG 해상터미널이 기존 LNG선 개조방식에 의한 해상터미널 및 부유식 FSRU 터미널과의 경쟁에서 경쟁력을 갖기 위해서는 제작기간 및 비용 측면에서 장점이 있어야 함.
- 따라서 이 연구개발사업의 구체적인 목표지수로 기술개발에 의한 제작기간 및 비용의 최소 수준을 아래와 같이 설정함
 - Adriatic LNG의 EPCI Cost가 Topside를 제외하고, 6억\$ (저장용량 25만 kl) 이며, 이는 개조식 FSRU (4억\$/16만kl)와 비교할 때, 저장용량 1만 kl 당 비용이 Adriatic LNG 해상터미널의 경우 2400만\$ (Topside 제외)과 개조식 FSRU의 경우, 2500만\$ (Topside 포함)으로 Topside 비용을 포함할 때, Adriatic LNG 터미널의 비용이 큰 것으로 분석됨. 따라서 재료 및 설계, 설치, 운영 기술 개발을

통하여 비용을 감소시킴으로써 저장용량 1만ki 당 건설비용을 Topside를 포함하여, 2500만\$ 이하로 감소시킬 경우 비용 상의 경쟁력을 충분히 가질 수 있음.

- 제작 기간 역시 개조식 FSRU의 2년보다 긴 2.5년 정도로 현재는 25% 이상 제작기간이 소요되지만, 설계, 제작 및 설치 기술개발로 기간을 2년 이내로 할 경우 충분한 경쟁력이 있을 것으로 판단.

• 따라서 **25만ki 용량의 해상터미널 건설비용을 Topside 포함하여 6.25억\$ 이내로, 그리고 제작기간을 2년 이내로 만들 수 있는 콘크리트 LNG 해상터미널 핵심 엔지니어링 기술의 개발**을 이 연구개발사업의 비전으로 하며, 아래와 같은 연구개발 목표를 설정함.

- 고부식성의 해양환경과 극한환경에 노출되는 구조재료의 안전성 확보를 위한 신소재 및 특수 콘크리트 등 **첨단 재료기술의 개발**
- 폭발/충돌/화재 등 특수 외력 및 파랑충격력 및 Green Water 효과 등을 평가하고 저감하는 기술, 극저온 LNG 저장 설비에 대한 최적화된 Hull 계획 및 설계 기술, 착저식 LNG 해상터미널에 대한 유체-지반-구조물 상호작용을 고려한 확률론적 지진 해석 및 내진설계 등 **구조해석 및 설계기술의 개발**
- 콘크리트 LNG 해상터미널의 해상 설치를 위한 대형 구조체의 예인/운송/설치 시 안전성 확보 및 강성/연성접합 기술, 수중구조물의 효율적 유지관리를 위한 수중 보수보강기술 등 **해상 시공 및 운영기술의 개발**

3.3 핵심기술별 연구목표 수립

• 8개 기능의 84개 세부기술에 대한 기술수준 및 연구개발의 필요성 등에 대한 전문가 의견, 그리고 기존 수행 중인 연구과제와의 중복성 등을 고려하여 도출한 6개의 핵심기술은 다음과 같음.

- 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발
- 신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발
- 해상접합시공 및 수중 보수보강기술개발

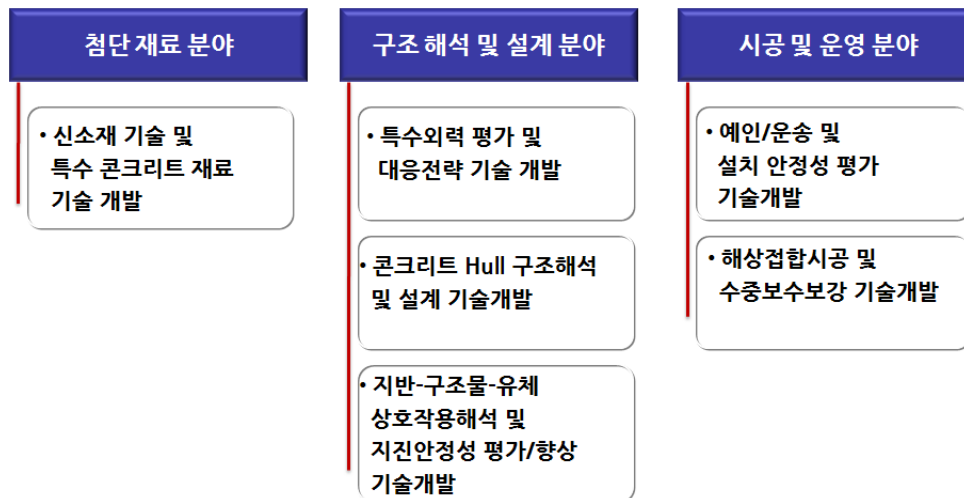
- 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발
 - 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발
 - 지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발
- 이들 기술에 대한 연구목표를 다음과 같이 수립함
- (1) 예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발
 - 콘크리트 LNG 해상터미널의 해상 설치를 위한 대형 구조체의 예인/운송/설치시 발생하는 외력에 대한 평가기술 개발 및 안전하고, 경제적인 설치 기술의 개발
 - (2) 신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발
 - 고부식성의 해양환경과 극한환경에 노출되는 구조재료의 안전성 확보를 위한 신소재 기술 및 특수 콘크리트 재료기술의 개발 및 자립화, 그리고 이를 통한 시공비 및 유지관리비용의 획기적 절감
 - (3) 해상접합시공 및 수중 보수·보강기술개발
 - 콘크리트 LNG 해상터미널의 규모/형태에 따른 강성접합 및 연성접합 기술개발 및 수중구조물의 효율적 유지관리를 위한 수중 보수보강기술의 개발
 - (4) 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발
 - 폭발/충돌/화재 등 특수 외력 및 파랑충격력/Green Water 등 극한 환경하중 해석 및 평가기술을 개발하고, 이에 대한 저감 기술 개발
 - (5) 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발
 - 극저온 LNG 저장 설비에 대한 시공성 향상 및 시공비 절감을 고려한 최적화된 Hull 계획 및 설계기술을 개발하고, 이에 대한 엔지니어링 기술을 자립화
 - (6) 지반-구조물-유체 상호작용해석 및 지진안정성 평가/향상 기술개발
 - 착저식 LNG 해상터미널에 대한 유체-지반-구조물 상호작용을 고려한 확률론적 지진 해석 및 이를 반영한 성능 기반 설계 (Performance Based Design, PBD)

기술의 자립화, 그리고 효과적인 내진성능 향상기술의 개발

4 연구추진 계획

4.1 개요

- 연구개발의 필요성, 중요도 및 시급성 등을 바탕으로 선정된 6개 핵심과제에 대하여 아래와 같이 그 내용에 따라 3개 분야로 분류



- 전체 기술개발 연구비 및 연구기간
 - 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발을 통하여 외국 선진 엔지니어링사와 경쟁하기 위해서는 3~4년간의 단기간에 핵심기술을 개발, 확보하여야 하며, 따라서 각 기술을 개발하는 데 있어 동시에 연구개발을 착수하여, 4년 이내에 관련 기술을 확보하고자 함
 - 다만 연차별 소요 연구비는 다음과 같이 각 핵심기술 개발에 요구되는 정도에 따라 달리 편성함

표 핵심기술 개발을 위한 연차별 예산투자계획 (단위: 억 원)

분야	첨단재료 분야	구조해석 및 설계 분야			시공 및 운영분야		합계
		특수외력 ²⁾	Hull설계 ³⁾	내진설계 ⁴⁾	예인운송 ⁵⁾	접합/보강 ⁶⁾	
핵심기술명	신소재 ¹⁾						
1차년도	5	4	4	4	4	4	25
2차년도	8	5	4	4	4	10	35
3차년도	12	6	12	7	12	11	60
4차년도	5	5	5	5	5	5	30
합계	30	20	25	20	25	30	150

- 1) 신소재 및 특수콘크리트 적용기술 개발
- 2) 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발
- 3) 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계기술 개발
- 4) 착저식 LNG 해상터미널 내진성능 평가 및 향상기법 개발
- 5) 예인운송 및 설치 안정성 평가기술 개발
- 6) 해상접합 시공 및 수중 보수보강기술 개발

콘크리트 LNG 해상터미널 핵심 엔지니어링 기술 개발						
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	예산
핵심 기술	첨단재료분야	개발신소재 기술 및 특수콘크리트 재료기술 개발	신소재 membrane lining/barrier 재료기술			30
			경량 및 고성능 콘크리트 적용기술			
			콘크리트 균열해석 및 내구성 평가기술			
	구조해석 및 설계 분야	특수외력 평가 및 대응 전략 기술	충돌/폭발/화재 해석 및 평가기술			20
			화재 및 폭발 전략			
			파랑충격력 및 green water			
		콘크리트 Hull 구조해석 및 설계 기술개발	콘크리트 Hull 구조 안전성 확보 기술		25	
	콘크리트 Hull 구조 성능 향상 기술					
	내진성능 평가 및 향상 기술개발	유체-지반-구조물 상호작용 해석기술			20	
		확률론적 지진안전성 평가기술				
최적 내진성능 향상 기술						
시공 및 운영 분야	예인/운송 및 설치 안정성 평가 기술개발	환경적 제약 극복 기술			25	
		공정 단순화 및 적응장비 확보/활용 기술				
		안정성 해석 및 평가기술				
	해상접합시공 및 수중 보수보강 기술개발	해상접합 및 시공기술			30	
		수중 보수 및 보강 기술				
예 산		25	35	60	30	150

- 각 핵심과제에 대한 연구개발 필요성, 국내외 기술개발 현황, 기술개발 목표, 주요 연구내용 및 확보 방안, 연도별 연구내용 및 연구비/연구인력, 적용방안 및 기대 효과 등을 다음 4.2 절에서 상세하게 기술함

4.2 핵심기술 개요

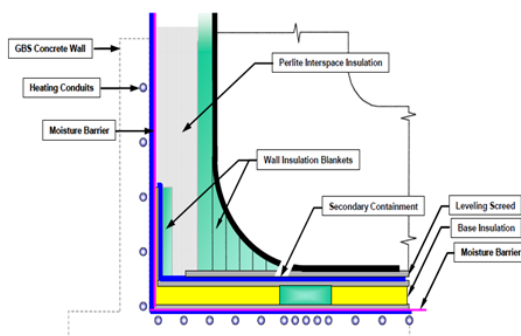
가. 신소재 및 특수콘크리트 적용 기술개발

- 연구비 및 연구기간 : 30억 원/4년
- 필요성
 - 고부식성의 해양환경과 극한환경에 노출되는 구조재료의 안전성 확보가 LNG 해상터미널 건설의 중요 고려 요인
 - 신소재의 사용을 통해 획기적인 시공비 및 유지관리 절감 필요
 - 해양구조물의 신소재에 대한 국내기술 자립화 필요
- 국내외 기술개발 현황
 - 노르웨이에서는 샌드위치 판넬을 도입한 선체 설계에 관한 연구를 수행한 바 있으며, 국내에서도 삼성중공업(주), (주)현대건설 등에서 강재와 콘크리트를 사용한 복합 구조체에 대한 거동 해석 및 성능평가에 관한 연구를 수행한 바 있음.
 - Mustang사는 아래와 같은 콘크리트 바지(Barge)형 LNG FSRU 연구개발 중에 있음.
 - Aker Kvaener, Arup 등에 의해 이탈리아 북아드리아해에 Adriatic LNG 터미널이 세계 최초로 콘크리트로 건설. LNG는 -162°C 이하의 극저온 상태로 보관되므로, LNG 저장탱크내의 온도관리를 위하여 탱크 슬래브와 모든 벽체에 열선(heating cable)을 매립하여 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ 로 온도제어를 하여 콘크리트 균열을 제어하였음. 또한 터미널 내 전원선이 차단되어 열선이 작동되지 않는 경우에 대비하여 극저온 철근(cryogenic rebar)을 바닥 슬라브에 적용하였음. LNG 터미널 콘크리트 하부구조에는 작업성, 내구성, 안전성을 보장할 수 있도록 고로슬래그와 실리카퓌를 포함한 3성분계 콘크리트로 적용하였음(콘크리트 강도: 69MPa).
 - Hitachi 조선에서 연약한 해저지반에 적용하기 위한 경량화 및 구조물의 초대형화를 만족시키기 위해서 강재와 콘크리트의 복합단면을 가진 케이슨에 대한 연구를 일본 항만공항연구소(Port and Airport Research Institute, PARI)와 공동으로 진행한 바 있음.
 - LNG 탱크는 초기의 모스형에서 현재에는 멤브레인 타입이 주류를 이루고 있음. 최근 대우조선해양에서는 독립 탱크 방식의 LNG 화물창을 개발하였으며 그 크기는 21만 m^2 임. 삼성중공업에서는 알루미늄 압출재를 활용한 화물창을 개발하고 있으며, 2013년에 상용화할 예정.

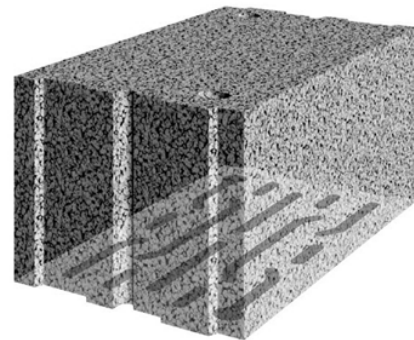
○ 기술개발 목표

- LNG 해상터미널에 사용되는 신재료를 개발하여 구조안전성 증진을 물론 시공비 및 유지관리비의 획기적인 절감

성능지표	현재 기술수준 비교		기술개발 목표		성능 지표
	국내	세계최고수준(기관명/국가)	1단계 (2012.12)	2단계 (2014.12)	
GBS용 콘크리트 설계 및 시공기술	70%	85% (Aker /노르웨이)	90%	95%	-주요 국가의 관련 기준과의 비교 검토 -Test Bed 적용
경량 및 고성능 콘크리트 설계 및 시공기술	70%	85% (Pacific Mat/일본)	80%	90%	-경량화 수준을 선진국 대비 90%이상 -Test Bed 적용
콘크리트 균열 및 내구성 해석 기술	70%	85% (동경대/일본)	80%	90%	-통상 유지관리 비용 20% 절감 -주요 국가의 설계기준과 비교 -Test Bed 적용
신소재 LNG 멤브레인 라이닝 적용 기술	70%	85% (GTT/프랑스)	80%	90%	-기존 설치비 15%이상 절감 -무게 감소율 10%이상 실현



GBS 단면도



경량 콘크리트 블록

○ 주요 연구내용 및 확보 방안

- 신소재 Membrane lining/barrier 개발
- 경량 콘크리트 적용 기술 개발
- 고성능 콘크리트 적용 기술 개발
- 콘크리트 균열해석(수화열, 건조수축 등) 및 내구성 평가 기술 개발

핵심기술명	신소재 및 특수콘크리트 적용 기술 개발			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안 ^{주)}		
		중요도	확보방안	선진기관
신소재 Membrane lining/barrier 개발	• 극저온용 신소재 개발 및 거동해석 기술	H	C	GTT(프랑스)
	• 극저온용 신소재 시공 기술	H	C	엑슨 모빌(미국)
경량 및 고성능 콘크리트 적용 기술	• 경량 콘크리트 재료 개발 기술	M	C	Pacific Mat.(일본)
	• 경량 콘크리트 시공 기술	M	C	
	• 고성능 콘크리트 재료 개발 기술	M	C	
	• 고성능 콘크리트 시공 기술	M	C	Aker(노르웨이)
균열해석 및 내구성 평가 기술 개발	• 콘크리트 균열해석 기술	M	C	동경대(일본)
	• 콘크리트 내구성 평가 기술	M	C	

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)

○ 연도별 연구내용 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (5억 원/12명)

- 경량 및 고성능 콘크리트 개발
- 신소재 멤브레인 라이닝 개발
- 콘크리트 균열해석 개술 개발

- 2차년도 (8억 원/16명)

- 경량 및 고성능 콘크리트 적용성 실내실험
- 신소재 멤브레인 라이닝 적용성 해석
- 콘크리트 내구성 해석 개술 개발

- 3차년도 (12억 원/20명)

- 경량 및 고성능 콘크리트 적용성 현장실험
- 신소재 멤브레인 라이닝 검증 실험
- 콘크리트 균열 및 내구성 해석 개술 통합

- 4차년도 (5억 원/12명)

- 경량 및 고성능 콘크리트 시공 매뉴얼 개발
- 신소재 멤브레인 라이닝 시공 매뉴얼 개발

- 콘크리트 균열 및 내구성 해석 S/W

○ 실행로드맵

신소재 및 특수콘크리트 적용 기술 개발					
미래전망	• 고부식성 해양 환경과 극한환경 대응 필요성 대두 • 안전성과 경제성을 확보한 고성능 신소재 적용한 해양구조물 증가				
제품·기능					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
핵심 기술	신소재 Membrane lining/barrier 개발	■ ◎ 신소재 개발	■ ◎ 신소재 거동해석 기술	■ ◎ 신소재 시공 기술	
	경량 및 고성능 콘크리트 적용 기술 개발	▣ ◎ 경량콘크리트 재료 개발		▣ ◎ 경량콘크리트 시공기술 개발	
		▣ ◎ 고성능콘크리트 재료 개발			▣ ◎ 고성능콘크리트 시공기술 개발
콘크리트 균열해석 및 내구성 평가기술 개발		▣ ◎ 콘크리트 균열해석 기술		▣ ◎ 콘크리트 내구성 평가 기술	
변화인자	• 혁신적인 재료 개발 • 해양환경과 극한환경 수준 변화				

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ◎국내공동연구 ★ 자체연구

○ 적용방안

- 개발된 기술은 Test Bed용 착저식 LNG 해상터미널에 적용되어, 실용성 및 적용성 등을 검증할 수 있도록 함.

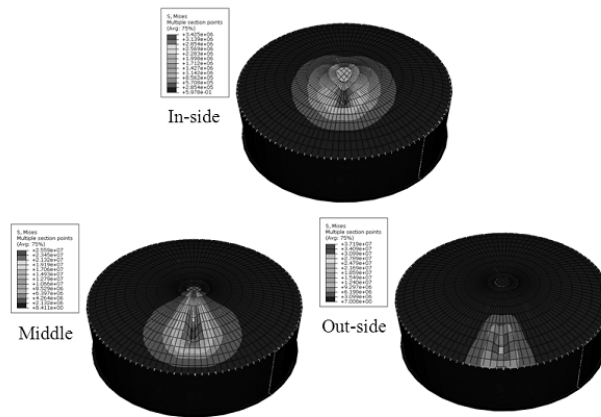
○ 기대효과

- 고부식성 해양환경과 극한 저온환경에 노출된 구조물의 안전성 확보
- 신개념 재료의 사용으로 시공비와 유지관리 비용 감소
- 구조물 내구연한 증진을 통한 경제성 제고
- 개발된 신소재를 상용화를 통한 국내기술수준 향상 및 기술수출을 통한 외화획득

나. 특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발

- 연구비 및 연구기간 : 20억 원/4년
- 필요성
 - 폭발/충돌/화재 발생 시 시스템 전체의 안전성 저해
 - 최근 테러 등에 의한 충돌 위험이 증가, 이를 고려한 해석 및 설계가 필요
 - 폭발/충돌/화재 등 특수 외력 해석 및 평가기술을 개발하고, 이를 시스템 전체의 위험도 분석과 연계 통합 시스템을 구축의 필요
 - 태풍 등 환경 조건 악화 시 큰 파랑 충격력 및 Green Water에 의한 상부 시설물 파손 발생 가능성이 높음. 이와 같은 특수 외력에 대한 평가 및 저감 기술의 개발이 필요
- 국내외 기술개발 현황
 - 현재까지 콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 항공기 충돌과 같은 특수한 조건에 대한 연구는 보고된 바 없으며, 다만 유사한 구조로 안전성 확보가 더욱 중요한 원자력 발전소 격납구조물에 대해서는 유사한 연구가 수행된 바 있음 (출처: 미국원자력에너지협회 <http://www.nei.org>)
 - 미국 전력연구소(EPRI)에서 원자력 발전소 격납구조물에 대한 항공기 테러를 고려하여 수치시뮬레이션을 수행한 바 있으며, 항공기 재원은 미국 보잉사의 주력 기종인 보잉 767-400 (최대중량 225톤)을, 항공기 동체와 엔진이 모두 충돌했을 경우 최대 영향을 가정하였으며, 펜타곤 충돌 시 비행 기록을 이용하여 시속 560Km 상태에서 시뮬레이션을 수행
 - 연구결과 PWR과 BWR의 격납건물은 항공기의 엔진, 동체, 날개 또는 제트기 연료의 어떤 부분도 건물 내로 돌입하는 경우는 없는 것으로 분석되었고, 충격과 이에 따른 콘크리트 분쇄로 격납구조물이 파괴되는 일은 없는 것으로 분석된 바 있음
 - 또한 사용 후 연료 저장 시설과 사용 후 연료의 건식저장시설, 그리고 사용 후 연료의 수송용 용기에 대한 분석 결과에서도 항공기 충돌 시 큰 피해가 발생하지 않는 것으로 분석된 바 있음
 - 한편 강재식 LNG 저장탱크의 지붕에서의 충격 및 화재에 대한 평가를 위하여 충격 관련 안전성 요건인 BS 7777과 BS EN 14620-1, 그리고 화재안전성과 관련하여 BS 7777, BS EN 1473, NFPA 59A 등의 조건을 적용하여 ANSYS를 사용하여 수행한 바 있음(이승림 등 2009)
 - 또한 폭발하중을 받는 콘크리트 구조물에 대한 실험적 거동 분석을 위하여 다량의 TNT를 콘크리트 벽체 아래에서 폭발시키고, 이때의 거동을 분석한 사례가 있음 (이 나현 등 2009)
 - 한편 Greenwater Effect와 관련해서는 천해에서 계류 중인 FPSO에 대한 Greenwater

와 이에 의한 거동에 대한 연구 (Guo et al, 2010)를 비롯하여 BOMEL Ltd에서는 Greenwater Effect를 분석하기 위한 소프트웨어인 ComFlow를 개발하고, 이를 이용하여 UKCS (United Kingdom Continental Shelf)에서의 FPSO 및 FSU(Floating Storage Unit)에 대한 Greenwater effect를 분석한 바 있음 (BOMEL Ltd, 2001)



강재 LNG 탱크지붕에 대한 해석결과 (이승림 등 2009)

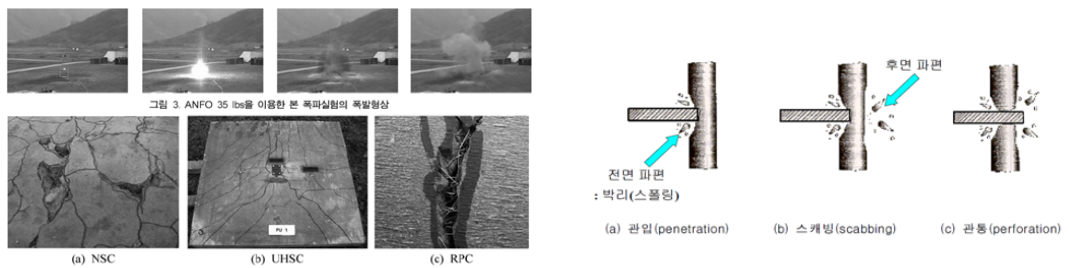
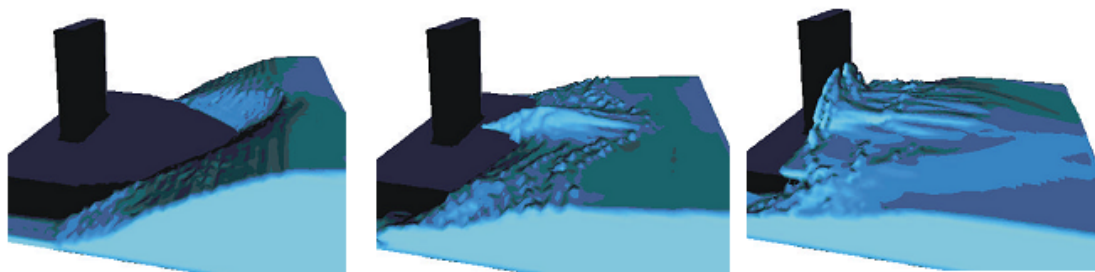


그림 8. ANFO 35 lb를 이용한 콘크리트의 폭발실험의 폭발형상
 콘크리트 벽체에 대한 폭발 실험 및 손상형태 항공기 충돌에 의한 벽체 구조물의 손상형태



Green Water Flow Prediction with the Program "ComFlow"

○ 기술개발 목표

- 폭발/충돌/화재 등 특수 외력 및 파랑충격력/Green Water 등 극한 환경하중 해석 및 평가기술을 개발하고, 이에 대한 저감 기술 개발

성능지표	현재 기술수준 비교		기술개발 목표		성능지표
	국내	세계최고수준 (기관명/국가)	1단계 (2013.12)	2단계 (2015.12)	
폭발/충돌/화재 등 특수 외력 평가 SW	80%	95% (EPRI/미국)	90%	95%	-폭발/충돌/화재 등 특수 외력 평가용 소프트웨어 -타 SW를 이용한 검증 -Test Bed 적용
폭발/충돌/화재 시 대응전략 제시	70%	95% (EPRI/미국)	80%	90%	-폭발/충돌/화재 시 대응 전략 수립의 타당성 검증 -Test Bed 적용
파랑충격력/Green Water 효과 평가기술	70%	90% (BOMEL Ltd/영국)	80%	90%	-파랑충격력/Green Water 효과 평가 SW -타 SW를 이용한 검증 -Test Bed 적용
화재 및 폭발 시 피해저감 기술개발	70%	80% (EPRI/미국)	80%	90%	-화재 및 폭발 시 피해 저감 기술 제시 -기준 제시 및 기준 만족도 검증
파랑 충격력 및 Green Water 효과 저감기술 개발	70%	80% (BOMEL Ltd/영국)	80%	90%	-일반 설계 시 대비 파랑 충격력 20% 감소

○ 주요 연구내용 및 확보 방안

- 경비행기 및 민간 대형 항공기 등 주요 항공기에 대한 충돌 각도 및 속도 등을 고려한 충돌 해석 및 평가 기술 개발
- 상부 시설물 폭발 등으로 인한 압력 및 화재 발생 시 고온에 대한 콘크리트 강도 저하 등을 고려한 해석 및 평가 기술을 개발하고, 상용화 수준의 S/W 개발
- 파랑 충격력 및 Green Water 효과를 평가할 수 있는 기법 및 S/W 개발
- 파랑 충격력 및 Green Water 효과 저감할 수 있는 기술 개발

핵심기술명	특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안		
		중요도	확보방안	선진기관
충돌/폭발/화재 해석 및 평가기술	충돌/폭발/화재 해석기술 개발	H	C	EPRI
	충돌/폭발/화재 해석S/W 개발	H	C	
	Test Bed에 대한 적용 및 평가	M	C	
화재 및 폭발 전략	화재 및 폭발 시 대처 전략 개발	H	C	
	화재 및 폭발 시 대처 시뮬레이션	H	C	EPRI
	화재 및 폭발 시 피해저감 기술개발	H	C	
파랑 충격력 및 Green Water	파랑 충격력 해석 및 평가기술 개발	H	C	BOMEL
	Green Water 효과 평가기술개발	H	C	BOMEL
	파랑 충격력 및 Green Water 효과 저감기술 개발	H	C	

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)

○ 연도별 연구인력 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (4억 원/ 8명)

- 충돌/폭발/화재 해석기술 (I)
- 화재 폭발 시 대처전략수립 (I)
- 파랑충격력 해석 및 평가 기술 (I)

- 2차년도 (5억 원/10명)

- 충돌/폭발/화재 해석기술 (II)
- 화재 폭발 시 대처전략수립 (II)
- 화재 폭발 시 시뮬레이션 수행 (I)
- 파랑충격력 해석 및 평가 기술 (II)
- Green Water 효과 평가 기술 (I)

- 3차년도 (6억 원/12명)

- 충돌/폭발/화재 해석 전용 S/W 개발 (I)
- 화재 폭발 시 시뮬레이션 수행 (II)
- Green Water 효과 평가 기술 (II)

- 4차년도 (5억 원/10명)
- 충돌/폭발/화재 해석 전용 S/W 개발 (II)
- 충돌/폭발/화재 해석 전용 S/W를 이용한 Test Bed 적용
- 화재 폭발 시 피해저감 기술 개발
- 파랑충격력 및 Green Water 효과 저감기술 개발

○ 기대효과

- 경비행기 및 항공기 테러 등이 예상되는 지역에서의 해상터미널 수주 시 설계 경쟁력 제고
- 전체 시스템에 대한 위해도 분석 및 평가 시 보다 폭넓은 범위의 재해를 고려함으로써 발주처의 요구에 대한 능동적 대처가 가능

○ 실행 로드맵

특수외력 평가 및 대응전략 기술 개발					
미래전망	• 항공기 테러 등 인위재해 발생 가능성 확대 • 기후변화로 인한 대형 태풍 등 해양 환경 조건 점차 악화				
제품 기능	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;">충돌/폭발/화재 해석 S/W</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;">파랑충격력/ Green Water 효과 평가 S/W</div> </div>				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
핵심 기술	충돌/폭발/화재 해석 및 평가기술	■ ◎ 충돌/폭발/화재 해석기술		■ ◎ 충돌/폭발/화재 전용 S/W 개발	■ ◎ Test Bed 적용
	화재 및 폭발 전략	■ ◎ 화재 폭발시 대처 전략 수립	■ ◎ 시뮬레이션 수행	■ ◎ 화재 및 폭발시 피해저감기술개발	■ ◎ 신기술 등록 및 상용화
	파랑 충격력 및 Green Water	■ ◎ 파랑충격력 해석 및 평가기술	■ ◎ Green Water 효과 평가기술	■ ◎ 파랑충격력 및 GW 효과 저감기술	■ ◎ 신기술 등록 및 상용화
변화인자	• 테러 발생 가능성 확대 및 해양 환경 조건 악화로 특별한 변화 인자 없음				

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ◎국내공동연구 ★ 자체연구

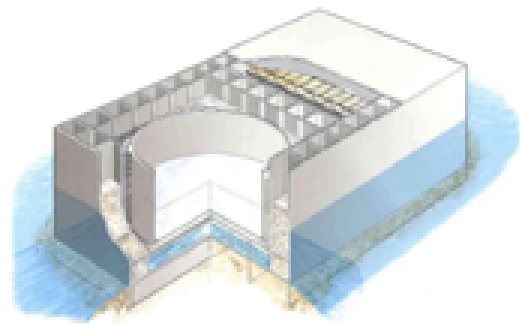
다. 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계기술 개발

- 연구비 및 연구기간 : 25억 원/4년
- 필요성
 - 극저온 LNG 저장 설비 및 상부 플랜트 설비와 연계한 하부 Hull의 설계가 요구됨
 - 시공성 향상 및 시공비 절감을 고려한 최적화된 Hull 계획/설계가 필요함
 - 외부 극한하중 및 내부의 극저온 저장물질에 의한 온도하중 등에 대한 안전성 확보를 위한 구조해석 및 설계기술 필요
 - 외해지역에서의 극한 하중에 대한 효과적 대응과 내부 극저온 저장용기에 대한 효율적 단열을 위해 합성구조를 이용한 설계가 필요함
 - 파랑, 바람 등 지속적으로 작용하는 하중 하에서의 균열 방지 및 피로성능 향상을 통한 내구성 향상이 필요함
 - 파랑, 바람, 조류 등이 작용하는 운영환경 하에서의 원활한 운용을 위한 안전성 확보가 필수적으로 요구됨
- 국내외 기술개발 현황
 - 2008년 완공된 콘크리트 LNG 해상터미널인 이탈리아 북아드리아해의 Adriatic 터미널의 경우, -162°C 의 극저온 상태로 보관되는 LNG 저장탱크내의 온도관리를 위하여 탱크 슬래브와 모든 벽체에 열선을 매립하여 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ 로 온도 제어하는 기술이 개발되었음. 또한 터미널 내 전원 차단으로 인한 열선 오작동에 대비하여 극저온 철근(cryogenic rebar)을 개발하여 적용하였음.
 - 합성구조 분야에서는 유럽에서 샌드위치 판넬을 도입한 선체 설계에 관한 연구를 수행한 바 있으며, 국내에서도 강재와 콘크리트를 사용한 복합 구조체에 대한 거동 해석 및 성능평가 연구를 수행하였으나 아직 적용단계는 아님.
 - 최근 들어 국내에서 케이슨에 강판과 콘크리트의 합성재료를 이용한 케이슨에 대한 연구를 수행하였고, 부분적인 현장적용이 이루어진 사례 있음.
 - 일본에서는 해저연약지반에 적용하고자 초대형 구조물의 경량화를 위해 강재와 콘크리트의 복합단면 형상의 케이슨에 대한 연구를 산학공동으로 추진한 바 있음.
 - 미국에서는 부유식 해상기지의 콘크리트 HULL 하부에 발생하는 균열을 방지하고자 균열방지 와이어 메쉬의 최적 적용방안에 대한 사전 연구를 수행하여 이를 적용하였음.
 - 미국, 유럽 등지의 해외 선진사에서 주도적으로 콘크리트 LNG 터미널의 HULL 구조에 대한 개념설계를 수행중이며, 구형 콘크리트 LNG GBS 터미널이나 콘크리트 바지(Barge)형 LNG FSRU가 대표적인 사례임.
 - 최근 국내에서 국책과제인 '초대형 컨테이너선용 하이브리드 안벽 기술개발'을 통해 부유식 콘크리트 Hull 구조의 설계를 수행하였으나, 실제 구조물 적용 사례는 없음.

○ 기술개발 목표

- 파랑, 바람, 조류 등을 비롯한 외부 극한하중 및 내부 극저온 저장물질에 대한 안전성을 확보하고, 시공성 향상 및 시공비용을 절감할 수 있는 최적화된 콘크리트 Hull 구조해석 및 설계기술의 개발

성능지표	현재 기술수준 비교		기술개발 목표		성능지표
	국내	세계최고수준 (기관명/국가)	1단계 (2013.12)	2단계 (2015.12)	
합성구조설계	70%	90% (Aker Solution /노르웨이)	95%	95%	- 사례조사 - 설계안 개발 - Test Bed 적용
Hull 구조 해석 및 설계	60%	95% (Aker Solution /노르웨이)	75%	95%	- 개념/기본 설계 - Test Bed 적용
균열제어 및 피로설계	70%	95% (Aker Solution /노르웨이)	-	95%	- 문헌 검증 - 기존 구조물 설계 검토 - 기본설계 적용 - Test Bed 반영
안정성 평가 및 설계	70%	85% (Aker Solution /노르웨이)	-	90%	- 안정성 평가 절차 정립 - 기본설계 반영 - Test Bed 반영



콘크리트 Hull의 단면 배치 설계 사례

○ 주요 연구내용 및 확보방안

- 합성구조설계
- Hull 구조 해석 및 설계
- 균열제어 및 피로설계
- 안정성 평가 및 설계

핵심기술명	콘크리트 Hull 구조 해석 및 설계기술 개발			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안		
		중요도	확보방안	선진기관
콘크리트 Hull 구조 안전성 확보	• Hull 구조 개념 설계	H	C	Aker Sol. (노르웨이)
	• 합성구조설계	H	C	Aker Sol. (노르웨이)
	• Hull 구조 해석 및 설계	H	C	Aker Sol. (노르웨이)
콘크리트 Hull 구조 성능 향상	• 균열 제어 및 피로 설계	H	C	Aker Sol. (노르웨이)
	• 안정성 평가 및 설계	H	C	Aker Sol. (노르웨이)

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)

○ 연도별 연구인력 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (4억 원/ 8명)

- 콘크리트 Hull 구조 개념 설계 (I)
- 콘크리트/강재 합성구조 (I)

- 2차년도 (4억 원/8명)

- 콘크리트 Hull 구조 개념 설계 (II)
- 콘크리트/강재 합성구조 (II)
- 콘크리트 Hull 구조 해석 및 설계 (I)

- 3차년도 (12억 원/18명)

- 콘크리트 Hull 구조 해석 및 설계 (II)
- 균열 제어 및 피로 설계 (I)
- Hull 구조물의 안정성 평가 및 설계 (I)

- 4차년도 (5억 원/10명)

- 균열 제어 및 피로 설계 (II)
- Hull 구조물의 안정성 평가 및 설계 (II)

콘크리트 Hull 구조해석 및 설계기술 개발				
미래전망	•외해 극한 환경 및 내부 극저온 환경하에서 안전성 및 안정성을 확보함과 동시에 시공성 및 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 해양 콘크리트 구조물 설계 능력 확보			
제품·기능	콘크리트 Hull 구조 안전성 확보 		콘크리트 Hull 구조성능 향상 	
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
핵심기술	콘크리트 Hull 구조 안전성 확보	■● Hull 구조 개념 설계 ■● 합성 구조 설계		■● Hull 구조 해석 및 설계
	콘크리트 Hull 구조성능 향상			■● 균열제어 및 피로 설계 ■● 안정성 평가 및 설계
변화인자	• 합성구조 재료/방식 • 설치지역 환경조건 • LNG 저장/처리 용량			

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ●국내공동연구 ★ 자체연구

○ 적용방안

- 개발된 기술은 Test Bed용 착저식 콘크리트 LNG 해상터미널의 하부 Hull 구조 설계 시 적용되어, 실용성 및 안전성 검증할 수 있도록 함

○ 기대효과

- 콘크리트 해양 플랜트 구조물의 기본설계 능력 확보 및 시공성과 가격 경쟁력 향상
- 극저온 LNG 저장을 위한 합성구조 설계기술 확보
- 외해 극한 환경 및 극저온 온도하중에 대한 구조물 해석/설계 능력 확보
- 균열 및 피로 등에 의한 내구수명 저하 방지
- 외해 환경 하에서의 운용 성능 확보

라. 착저식 LNG 해상터미널의 내진성능 평가 및 향상 기법 개발

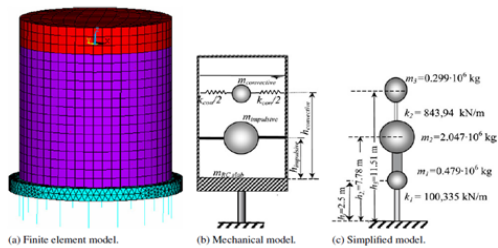
- 연구비 및 연구기간 : 20억 원/4년
- 필요성
 - 착저식 LNG 해상터미널의 경우 초대형 중량 구조물로 지진에 대한 안전성 확보가 중요
 - 해상터미널이므로 외부 해수 및 내부 LNG 유체의 거동을 고려한 유체-지반-구조물 상호작용 해석이 중요하며, 이를 위한 S/W 개발 등 엔지니어링 기반 구축이 필요
 - 최근 설계 기준을 반영한 성능 기반 설계 (Performance Based Design, PBD) 도입 필요
 - 확률론적 지진해석 및 내진성능 평가기법의 확립이 필요
 - LNG 해상터미널의 기능을 원활히 수행하고, 지진 시 구조적 성능을 확보할 수 있는 내진성능 향상 기법 개발이 필요
- 국내외 기술개발 현황
 - 착저식 LNG 해상터미널에 대한 내진성능 평가 및 설계에 관한 특별한 기준은 현재 까지 없으며, 기존의 구조물 내진성능 평가 및 설계기준을 도입하여 적용하고 있음.
 - Adriatic LNG 해상터미널의 경우 확률론적 지진재해도 평가 및 성능기반 내진설계 기준인 National Fire Protection Standard 59A-Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas를 따라, 운영기준지진(OBE, Operational Basis Earthquake)은 475년 주기의 지진을, 안전정지지진(SSE, Safety Shutdown Earthquake)로는 5000년 주기의 지진을 사용하였으며, 파이프라인 등의 설계를 위해서는 해상 파이프의 경우 200년 지진을 OBE로, 2000년 지진을 SSE로 적용하고, 육상 파이프의 경우 200년 지진을 OBE로, 1000년 지진을 SSE로 적용함.
 - 국내외에서 유체-지반-구조물 상호작용(FSSI, Fluid-Structure-Soil Interaction) 해석에 관한 연구가 활발히 수행되고 있음. 또한 ADINA, ANSYS 등 범용 구조해석 프로그램에서도 FSSI 효과를 반영할 수 있도록 하고 있으나, 범용 프로그램으로 계산시간이 길고, 설계자가 이를 이용하기 위해서는 많은 노하우가 필요.
 - 지진성능 개선과 관련하여 현재 원전 구조물에 대한 면진 기법 도입에 대한 연구가 활발하며, 프랑스, 일본, 미국 등에서는 원전 구조물의 지진성능 개선을 위한 면진 기법 관련 연구 및 실제 원전 구조물에 적용한 사례가 있음. 국내에서는 인천 송도의 LNG 인수기지에 면진받침을 설치한 사례가 있으나, 기본 설계는 일본에서 수행하였고, 국내의 독자적인 기술자립도는 낮은 상황임.
 - 현재 국내에서도 댐, 액체저장시설 등 유체를 포함하거나 유체와 접해있는 구조물의 지진해석을 위하여 FSSI를 고려하는 연구가 활발하며, 실무에서는 유체를 주로 부가 질량으로 고려하고 있으며, 학술적으로는 FSSI를 연성 해석하는 것에 관한 연구를

수행하고 있음.

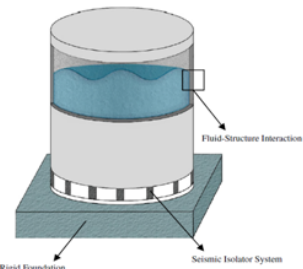
○ 기술개발 목표

- 착저식 LNG 해상터미널에 대한 유체-지반-구조물 상호작용을 고려한 확률론적 지진 해석, 이를 반영한 성능 기반 설계 (Performance Based Design, PBD) 기술의 자립화 및 효과적인 내진성능 향상기술의 개발

성능지표	현재 기술수준 비교		기술수준 목표		성능 지표
	국내	세계최고수준 (기관명/국가)	1단계 (2012.12)	2단계 (2014.12)	
유체-지반-구조물 상호작용 해석 S/W	70%	85% (Ansys Inc., /미국)	90%	95%	-GUI 기반 -기존 문헌 검증 -Test Bed 적용 및 기존 S/W 결과와의 검증
확률기반 내진성능 평가 기준(안)	60%	85% (MCEER/미국)	80%	90%	-주요 국가의 관련 기준과의 비교 검토 -Test Bed 적용
성능기반 내진설계 기준(안)	60%	85% (MCEER/미국)	80%	90%	-주요 국가의 설계기준과 비교 -Test Bed 적용
내진성능 개선기법 (신기술 또는 특허)	60%	80% (Areva, EDF/프랑스)	80%	90%	-미국 서부지역 내진설계 기준에 만족할 수 있는 성능 개선기법



단순화에 의한 유체저장용기의 해석모델



액체저장용기의 해석 모델 사례

○ 주요 연구내용 및 확보 방안

- 유체-지반-구조물 상호작용을 고려한 지진해석 기법 및 S/W 구축
- 확률론적 지진안전성 평가기법 및 S/W 구축
- 최적 내진성능 향상 기법 개발

핵심기술명	착저식 LNG 해상터미널의 내진성능 평가 및 향상 기법 개발			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안		
		중요도	확보방안	선진기관
유체-지반-구조물 상호작용 해석	유체-지반-구조물 상호작용 (Fluid-Structure-Soil Interaction) 해석 알고리즘 개발	H	C	Ansys, Inc
	FSSI 해석 전용 S/W 프로그램 개발	H	C	
	수중 진동대 실험에 의한 해석결과 검증	H	C	
	Test Bed 구조물에 대한 FSSI 해석 및 평가	H	C	
확률론적 내진 안전성 평가	확률론적 내진안전성 해석기술 개발	H	C	MCEER
	목표 신뢰성 지수 설정	M	C	
	Test Bed 구조물에 대한 확률론적 지진안전성 평가 및 설계 반영	H	C	
	전체 위해도 평가 시스템과의 연계 시스템 구축	M	C	
최적 내진성능 향상 기법 개발	수동 및 능동 내진성능 향상 기술 개발	H	C	Areva, EDF
	수중 진동대 실험에 의한 제어 기술 검증	H	C	
	LNG 해상터미널 내진성능 확보 지침 마련	M	C	

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)

○ 연도별 연구내용 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (4억 원/10명)

- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘 개발(I)
- 확률론적 지진안전성 평가기술 개발(I)
- 수동/능동 내진성능 향상기법 개발(I)

- 2차년도 (4억 원/15명)

- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘 개발(II)
- 수중진동대실험에 의한 실험적 검증(I)
- 확률론적 지진안전성 평가기술 개발(II)
- 목표신뢰성지수 결정 기법 개발
- 수동/능동 내진성능 향상기법 개발(II)
- 진동대 실험에 의한 검증(I)

- 3차년도 (7억 원/15명)

- FSSI 해석 전용 S/W 개발(I)
- 수중진동대실험에 의한 실험적 검증(II)
- 위해도 평가시스템 연계

- 진동대 실험에 의한 검증(II)
- 4차년도 (5억 원/10명)
- FSSI 해석 전용 S/W 개발(II)
- Test Bed용 FSSI 해석
- Test Bed 지진안전성 평가
- 최적 내진성능 향상기법 기준(안) 작성

착저식 LNG 해상터미널의 내진성능 평가 및 향상 기법 개발																																	
미래전망	<ul style="list-style-type: none"> • 성능 기반 설계 및 확률론적 해석의 중요성 강화 • 내진성능 향상을 통한 경제성 확보 및 안전성 확보의 필요성 증대 																																
제품 기능	태풍해일 장벽		지진해일 방파제																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> <th>5차년도 이후</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">핵심 기술</td> <td>유체-지반-구조물 상호 작용 해석</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 유체-지반-구조물 상호작용 해석 알고리즘 개발 ■ ◎ 수중진동대 실험에 의한 실험적 검증 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ FSSI 해석 전용 S/W 개발 ■ ◎ Test Bed FSSI 해석 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 </td> </tr> <tr> <td>확률론적 지진 안전성 평가</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 확률론적 지진안전성 평가기술 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 목표신뢰성지수 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 위험도 평가 시스템 연계 ■ ◎ Test Bed 지진안전성평가 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 </td> </tr> <tr> <td>최적 내진성능 향상기법</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 수동/능동 내진성능 향상기법개발 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 진동대 실험에 의한 검증 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 지침 마련 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 </td> </tr> <tr> <td>변화인자</td> <td colspan="5"> <ul style="list-style-type: none"> • 내진 중요성 강화로 특별한 변화 인자 없음 </td> </tr> </tbody> </table>							1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후	핵심 기술	유체-지반-구조물 상호 작용 해석	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 유체-지반-구조물 상호작용 해석 알고리즘 개발 ■ ◎ 수중진동대 실험에 의한 실험적 검증 		<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ FSSI 해석 전용 S/W 개발 ■ ◎ Test Bed FSSI 해석 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 	확률론적 지진 안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 확률론적 지진안전성 평가기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 목표신뢰성지수 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 위험도 평가 시스템 연계 ■ ◎ Test Bed 지진안전성평가 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 	최적 내진성능 향상기법	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 수동/능동 내진성능 향상기법개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 진동대 실험에 의한 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 지침 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 	변화인자	<ul style="list-style-type: none"> • 내진 중요성 강화로 특별한 변화 인자 없음 				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후																												
핵심 기술	유체-지반-구조물 상호 작용 해석	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 유체-지반-구조물 상호작용 해석 알고리즘 개발 ■ ◎ 수중진동대 실험에 의한 실험적 검증 		<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ FSSI 해석 전용 S/W 개발 ■ ◎ Test Bed FSSI 해석 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 																												
	확률론적 지진 안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 확률론적 지진안전성 평가기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 목표신뢰성지수 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 위험도 평가 시스템 연계 ■ ◎ Test Bed 지진안전성평가 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 																												
	최적 내진성능 향상기법	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 수동/능동 내진성능 향상기법개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 진동대 실험에 의한 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 지침 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ◎ 신기술 등록 및 상용화 																												
변화인자	<ul style="list-style-type: none"> • 내진 중요성 강화로 특별한 변화 인자 없음 																																

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ◎국내공동연구 ★ 자체연구

○ 적용방안

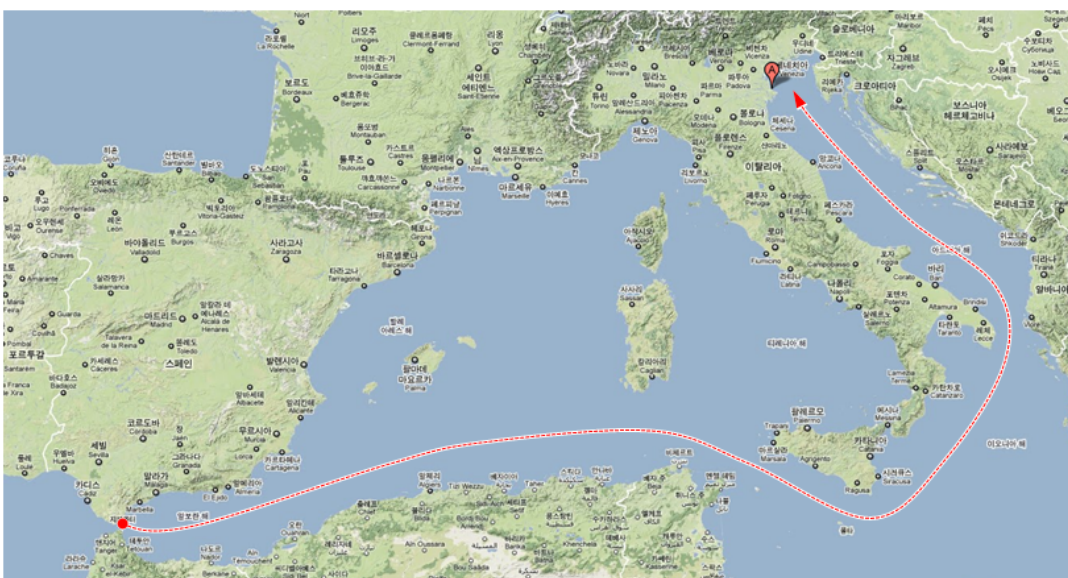
- 개발된 기술은 Test Bed용 착저식 LNG 해상터미널의 내진성능 평가 및 설계에 적용되어, 실용성 및 적용성 등을 검증할 수 있도록 함.

○ 기대효과

- 향후 콘크리트 LNG 해상터미널의 시장으로 가장 주목받는 미국 등 강진 지역에서의 경쟁력 강화
- 일본을 비롯한 아시아 지역 및 유럽 지역에서의 설계 경쟁력 제고
- 착저식 해상터미널에 대한 내진성능 향상 기법의 경우 유사한 착저식 해상풍력발전 시설물, 착저식 해상구조물 등의 지진안전성 확보에 기여

마. 예인운송 및 설치 안정성 평가 기술 개발

- 연구비 및 연구기간 : 25억 원/4년
- 필요성
 - 콘크리트 LNG 해상터미널의 해상 설치를 위해 육상 DRY DOCK에서 제작된 구조물의 예인/운송/설치 시 발생하는 외력에 대한 평가기술 개발 필요
 - 구조물 설계단계에서 예인/운송/설치시의 외력을 하중으로 반영하여 구조물의 내구성 확보가 가능하여 기대연수의 연장과 보다 안전한 시공이 가능토록 안정성 평가기술의 개발이 필요
- 국내외 기술개발 현황
 - 국내의 항만공사 시 대형 케이슨(8000톤급 이하)의 경우 육상제작장으로부터 항내 정온수역 내에서의 예인/운송/설치 기술은 검증되어 실제 시공 시 사용되고 있으며, 최근 부산 가덕도 인근해상에서 가덕도-거제 간 연결도로 현장에서 길이 180m, 높이 10m, 폭 26.5m 4만7천 톤급 초대형 콘크리트 구조물(침매터널)을 제작장에서 설치 위치 해상까지 약 37km를 예인하여 설치한 사례가 있으나 순수 국내 기술이 아닌 해외 기술을 활용한 기법으로 국내에는 이에 대한 체계적이 예인/운송/설치 기준은 없는 실정임.
 - 해외의 Adriatic LNG 해상터미널의 경우 스페인 남부 지브롤터 해역 인근의 Algeciras 만에 있는 Campamento에서 건설되어 이탈리아 포르투 레반트(Porto Levante) 해안 약 15km 해상까지 약 2,700km 거리를 예인/운송/설치하여 2009년부터 터미널 운용 중에 있음



○ 기술개발 목표

- 초대형 구조물의 해상 예인/운송/설치 시 환경적 제약조건 및 국내·외 적용가능 장비에 관한 데이터베이스화를 통해 설계 외력에 대한 안정성 해석, 평가 기술을 개발하여 구조물 설계 시 내구성 설계에 반영토록 하여 구조물 기대연수 향상 및 안전한 시공이 가능토록 예인/운송/설치시 안정성 해석, 평가 및 설계기술 개발

성능지표	현재 기술수준 비교		기술개발 목표		성능지표
	국내	세계최고수준(기관명/국가)	1단계 (2012.12)	2단계 (2014.12)	
예인/운송 안정성 해석 소프트웨어	50%	90% (Terminal GNL Adriatic /이탈리아)	70%	90%	-대형 콘크리트 구조물 예인 및 운송 시 안정성 분석 SW 개발 -기존 SW 사용을 통한 검증 -Test Bed 적용
설치 안정성 평가	50%	90% (Terminal GNL Adriatic /이탈리아)	70%	90%	-대형 콘크리트 구조물 설치시 안정성 평가 SW 개발 -기존 SW 사용을 통한 검증 -Test Bed 적용



Adriatic LNG Terminal DRY DOCK



Adriatic LNG Terminal 예인

○ 주요 연구내용 및 확보 방안

- 초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송 시 해상조건 등의 환경적 제약 극복기술
- 초대형 콘크리트 구조물 해상 설치 시 공정의 단순화를 통한 시간단축 시공공법
- 초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송/설치 시 적용 장비 확보 및 활용 기술
- 초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송시 안정성 해석 및 설계기술
- 초대형 콘크리트 구조물 해상 설치시 안정성 해석 및 설계기술

핵심기술명	예인운송 및 설치 안정성 평가 기술			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안		
		중요도	확보방안	선진기관
예인/운송 안정성 해석	해상 예인/운송 시 해상조건 등의 환경적 제약 극복기술	H	C	Aker
	해상 설치 시 공정의 단순화를 통한시간단축 시공공법	H	C	Aker
	해상 예인/운송/설치 시 적용 장비 확보 및 활용 기술	H	C	Aker
	해상 예인/운송 시 안정성 해석 및 설계기술	H	C	Aker
설치 안정성 평가	해상 설치 시 안정성 해석 및 설계기술	H	C	Aker

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)

○ 연도별 연구내용 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (4억 원/9명)

- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘 개발(I)
- 초대형 구조물 해상운송 시스템 분석(I)
- 초대형 해상구조물 운송시 안정성 해석기법 개발(I)

- 2차년도 (4억 원/15명)

- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘 개발(II)
- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘의 수리실험에 의한 실험적 검증(I)
- 초대형 구조물 해상운송 시스템 분석(II)
- 적용가능 장비 분석
- 초대형 해상구조물 운송시 안정성 해석기법 개발(II)
- 수리모형 실험에 의한 안정성 해석기술 검증(I)


- 3차년도 (12억 원/15명)

- 가상 해상운송 해석 전용 S/W 개발(I)
- 유체-구조물-지반 상호작용 해석 알고리즘의 수리실험에 의한 실험적 검증(II)
- 추가기능 도입 연구
- 수리모형 실험에 의한 안정성 해석기술 검증(II)

- 4차년도 (5억 원/10명)

- 가상 해상운송 해석 전용 S/W 개발(II)

- 환경적 제약 극복기술 Test Bed 해석
- 공정단순화 및 적용 장비 확보 및 활용기술 Test Bed 적용 및 안전성 평가
- 안정성 해석 및 평가기법 기준(안) 작성

LNG 해상터미널의 예인 운송 및 설치 안정성 평가 기술					
미래전망	●초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송/설치에 따른 안정성 평가 기술 확보 ●초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송/설치 안정성 평가기술을 통한 작업 프로시저 개발로 해상작업 선진국 이미지 제고				
제품기능	콘크리트 LNG 해상터미널 예인 및 운송/설치 				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
핵심기술	환경적 제약 극복기술	■◎ 유체-구조물 상호작용 해석 알고리즘 개발	■◎ 수리실험에 의한 실험적 검증	■◎ 가상 해상운송 해석 전용 S/W 개발	■◎ Test Bed 해석 ■◎ 신기술 등록 및 상용화
	공정단순화 및 적용장비 확보 및 활용기술	■◎ 초대형 구조물 해상운송시스템 분석	■◎ 추가기능 도입연구	■◎ 적용가능장비분석	■◎ Test Bed 적용안정성평가 ■◎ 신기술 등록 및 상용화
	안정성 해석 및 평가 기술	■◎ 안정성 해석기법개발	■◎ 수리모형 실험에 의한 검증	■◎ 지침 마련	■◎ 신기술 등록 및 상용화
변화인자	• 차후 장비개발에 따른 적용성 확보 필요				

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ◎국내공동연구 ★ 자체연구

LNG 해상터미널의 예인운송 및 설치 안정성 평가기술 개발 TRM

○ 적용방안

- 개발된 기술은 Test Bed용 착저식 LNG 해상터미널의 예인/운송/설치 설계에 적용되어, 실용성 및 적용성 등을 검증할 수 있도록 함.

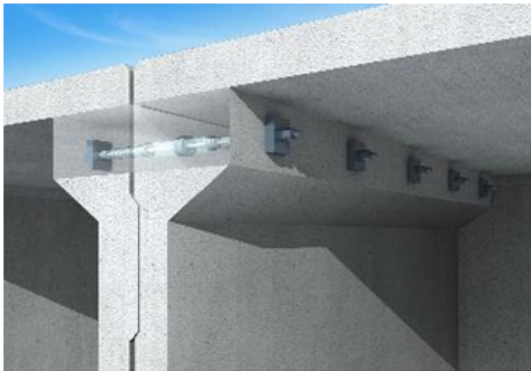
○ 기대효과

- 초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송/설치에 따른 안정성 평가 기술 확보
- 초대형 콘크리트 구조물 해상 예인/운송/설치 안정성 평가기술을 통한 작업 프로시저 개발로 선진국 수준의 엔지니어링 기술 확보

바. 해상접합 시공 및 수중 보수·보강기술개발

- 연구비 및 연구기간 : 30억 원/4년
- 필요성
 - 콘크리트 Hull 구조물 제작장 부지면적의 한계로 인하여 적절한 개수로 분할제작하고 이를 해상에서 접합하여야 함
 - LNG인수터미널의 규모/형태에 따라 항시 강성을 유지하는 강성접합과 외부 하중 증가 시 모듈간의 상대변위를 허용하는 연성접합에 대한 기술 개발이 요구됨
 - 기존의 보수/보강공법으로는 수중구조물의 효율적 유지관리에 어려움
 - LNG인수터미널 구조물 주변의 해양생태계를 해치지 않는 친환경 콘크리트 표면 도장제 개발 필요
- 국내외 기술개발 현황
 - Hull 구조물의 강성접합에 대하여 해외에서는 부유식 콘크리트 교량에 이를 적용하였으며 (Hood Canal Bridge(L=2.4km), 미국 워싱턴 도로국), 높은 기술 수준의 부유체 모듈 강성접합 기술을 보유하고 있음.
 - 국내에서는 국토해양부의 국책연구과제인 '초대형 컨테이너선용 하이브리드안벽 기술개발' 연구의 test bed로써 부유식 적치장(50m×30m×5m) 시공 시 접합기술 확보를 위하여 4개의 모듈로 분할 시공 후 해상접합을 수행하였음.
 - 연성접합에 대해서는 국내에서 기술에 대한 개념적 검토만 진행된 수준이며, 해외에서도 싱가포르, 미국, 네덜란드를 중심으로 연성접합 기술 연구 중이며, 실제 구조물에 적용된 사례는 없음.
 - 프랑스에서는 콘크리트 해상 원유생산저장시설에 상시계측 시스템을 구축하였으며, 콘크리트 내 철근부식을 사전에 방지하기 위하여 전기방식법을 적용하였음 (N'Kossa Floating Production Unit, 1996)
 - 해수로부터 콘크리트로의 염분침투를 방지하기 위하여 국내외에서 다양한 종류(유기계, 무기계, 유무기 복합계)의 콘크리트 표면도장재가 활발히 개발되고 있으나, 장기적인 자외선 노출로 인한 도장재료의 열화가 발생하여 해양 생태계에 악영향을 끼칠 수 있으므로, 해양 구조물에 적용할 표면도장 시스템의 개발이 필요함.
- 기술개발 목표
 - 해양구조물의 규모에 따른 강성접합, 연성접합 기술의 개발
 - 해양수중구조물의 효율적 유지관리를 위한 보수 시스템 구축
 - 친환경 콘크리트 표면 도장제 개발을 통한 해양생태계 보호

성능지표	현재 기술수준 비교		기술개발 목표		성능지표
	국내	세계최고수준 (기관명/국가)	1단계 (2013.12)	2단계 (2015.12)	
구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술	70%	90% (Aker Solution /노르웨이)	90%	95%	- 기존 구조물 설계 검토 - 접합부 상세설계 기준 - Test Bed 적용
해상 강결 접합 시공 기술	85%	95% (Kiewit General /미국)	90%	95%	- 사례 조사 - Test Bed 적용
구조물 모듈의 연성 접합부 설계 기술	70%	70% (Doris Engineering /프랑스)	80%	90%	- 접합부 상세설계 기준 - 연성접합부 유탄성 해석 기법 - Test Bed 적용
해상 연성접합 시공 기술	70%	70% (Doris Engineering /프랑스)	80%	90%	- 연성접합부 시공지침 - Test Bed 적용
수중 콘크리트 열화 모니터링 기술	70%	85% (Bouygue/프랑스)	-	90%	- GUI기반의 모니터링 시스템 구축 - 생애주기비용 평가 시스템 - Test Bed 적용
전기화학적 전착 부 식방지 기술	55%	90% (동경공업대학교 /일본)	95%	95%	- 일본 내구성 기준을 만족할 수 있는 전착 설계 및 시공 기법 - 100년 내구수명에 대한 내구 성능 확보
친환경 콘크리트 표 면 보호제 개발	65%	90% (Sika/스위스)	90%	90%	- 국내외 품질기준을 통한 검증 - 기존재료와의 성능 비교 검토 - Test Bed 적용
수중 급속시공을 위 한 보수재료의 개발	60%	90% (Sika/스위스)	-	90%	- 기존재료와의 성능 비교 검토 - 국내외 품질기준을 통한 검증



PT Bar에 의한 구조물 모듈의 강성접합



해양구조물의 전기방식법 적용
(Nkossa FPU)

○ 주요 연구내용 및 확보방안

- 구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술
- 해상 강결 접합 시공 기술
- 구조물 모듈의 연성접합부 설계 기술
- 해상 연성접합 시공 기술

- 수중 콘크리트 열화 모니터링 기술
- 전기화학적 전착 부식방지 기술
- 친환경 콘크리트 표면 보호제 개발
- 수중 급속시공을 위한 보수재료의 개발

핵심기술명	LNG저장구조시스템의 접합시공 및 보수보강기술 개발			
전략 목표	세부 연구내용			
	명칭	실행 방안		
		중요도	확보방안	선진기관
해상접합 시공기술	• 구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술	H	C	Aker Sol.(노르웨이)
	• 해상 강결 접합 시공 기술	H	C	Kiewit General(미국)
	• 구조물 모듈의 연성접합부 설계 기술	H	C	Doris Eng.(프랑스)
	• 해상 연성접합 시공 기술	H	C	Doris Eng.(프랑스)
수중보수 보강기술	• 수중 콘크리트 열화 모니터링 기술	H	C	Bouygue(프랑스)
	• 전기화학적 전착 부식방지 기술	H	C	동경공대(일본)
	• 친환경 콘크리트 표면 보호제 개발	H	C	Sika(스위스)
	• 수중 급속시공을 위한 보수재료의 개발	H	C	Sika(스위스)

주) 중요도(H:높음, M:중간, L:낮음) 확보방안 (R:소관기관 단독개발, C:공동개발, I:외부 아웃소싱)



○ 연도별 연구내용 및 연구비/연구인력

- 1차년도 (4억 원/8명)
 - 구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술(I)
 - 구조물 모듈의 연성 접합부 설계 기술(I)
 - 전기화학적 전착 부식방지 기술(I)
 - 친환경 콘크리트 표면 보호제 개발(I)
- 2차년도 (10억 원/18명)
 - 구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술(II)
 - 구조물 모듈의 연성 접합부 설계 기술(II)
 - 전기화학적 전착 부식방지 기술(II)
 - 친환경 콘크리트 표면 보호제 개발(II)
- 3차년도 (11억 원/20명)
 - 구조물 모듈의 강결 접합부 설계 기술(III)
 - 구조물 모듈의 연성 접합부 설계 기술(III)

- 해상 강결 접합 시공 기술(I)
- 해상 연성 접합 시공 기술(I)
- 수중 콘크리트 열화 모니터링 기술(I)
- 수중 급속시공을 위한 보수재료 개발(I)

- 4차년도 (5억 원/10명)

- 해상 강결 접합 시공 기술(II)
- 해상 연성 접합 시공 기술(II)
- 해상접합 설계 및 시공 지침 작성
- 수중 콘크리트 열화 모니터링 기술(II)
- 수중 급속시공을 위한 보수재료 개발(II)

LNG저장구조시스템의 해상접합시공 및 수중보수보강 기술					
미래전망	<ul style="list-style-type: none"> • LNG인수기지의 대형화로 인하여 제작장에서 분리 제작후 진수하여 해상접합하여야함 • 해양구조물의 특성상 수중에서 즉시 보수보강하여 안전성,사용성,내구성 확보 필요 				
제품-기능	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">구조물 모듈 해상접합</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 20px;">수중보수보강 기술</div> 				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도 이후
핵심 기술	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>해상접합시공기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ■● 구조물 모듈의 강결접합부 설계 기술 ■● 구조물 모듈의 연성접합부 설계 기술 </div> <div style="width: 45%;"> <p>수중보수보강기술</p> <ul style="list-style-type: none"> ■● 전기화학적 전착 부식방지 기술 ■● 친환경 콘크리트 표면보호재 개발 </div> </div>				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> ■● 해상 강결접합 시공 기술 ■● 해상 연성접합 시공 기술 ■● 해상접합설계 및시공 지침 </div> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> ■● 수중 콘크리트 열화 모니터링 기술 ■● 수중급속시공을 위한 보수재료 개발 </div> </div>				
변화인자	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 제작장에서의 콘크리트 Hull 구조물의 단일 모듈 시공 • 부식위험이 없는 보강재(예:스테인리스 철근 등)의 사용 확대 				

주) 중요도: ■ 높음, ▣ 중간, □ 낮음, 연구수행방법: ○국제공동연구, ●국내공동연구 ★ 자체연구

○ 적용방안

- 개발된 기술은 Test Bed용 착저식 LNG 해상터미널의 하부 콘크리트 모듈의 접합 설계 및 시공과 보수/보강 시스템 구축에 적용되어, 실용성 등을 검증할 수 있도록 함

○ 기대효과

- 해상접합기술의 확보로 대규모 제작장 조성에 소요되는 비용 절감
- 파랑하중, 풍하중 등 외부하중에 대한 구조물의 사용성, 안정성 증대
- 대규모 구조물의 해상 연성접합기술 확보를 통한 접합부재(텐던 및 강봉) 절감 및 공사비 감소
- 친환경 도막재료 적용으로 구조물 외부 해양환경에 대한 환경부하 감소
- 상시 계측을 통한 신속한 균열 보수가 가능하여 구조물의 목표내구수명 보장

4.3 연구추진체계

가. 사업단/연구단/일반과제 비교

- R&D 사업의 운영 방식은 목적이나 형태 등에 따라 사업단 또는 연구단 방식과 일반연구개발사업으로 추진할 수 있음
- 사업단은 별도의 법인으로 운영되는 반면, 연구단은 중대형 핵심기술 개발을 위해 연구책임자가 별도의 연구단을 구성하여 운영하는 방식임
- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발의 경우에는 국토해양부 소관 연구개발사업 운영 규정 및 운영지침 개정(안)에 따라 사업단 또는 연구단의 형태, 또는 일반 연구개발사업으로 추진할 수 있음
- 각각의 연구추진체계의 특징 및 장단점은 다음과 같음

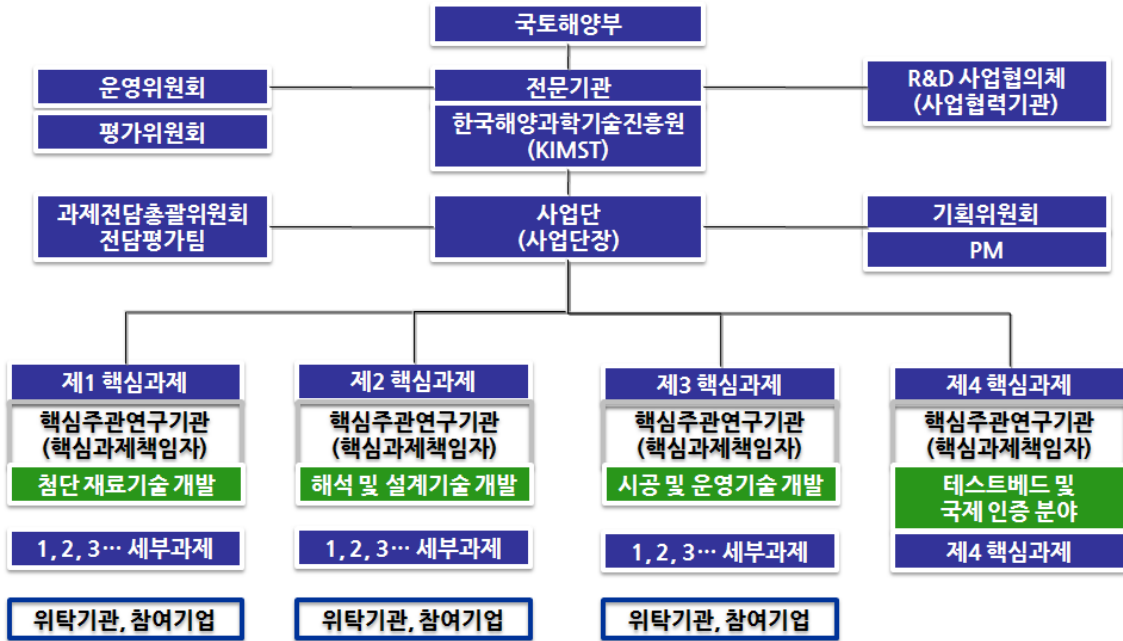
[사업단과 연구단의 특징 비교]

	사업단	연구단
목적	대형 연구개발사업 관리의 특수성이 인정되며, 별도의 관리가 필요한 경우 수립	중대형 핵심기술 개발을 위해 유사 세부과제가 유기적으로 연계된 연구개발과제를 수행
운영형태	법인 또는 독립된 형태로 운영 ※ 국토해양부 승인 후 민법상의 비영리 법인으로 설립	주관연구기관 하에 연구책임자가 별도의 연구단을 구성하여 운영
장점	전문기관의 장은 사업단의 독립적인 운영을 보장하고 연구기간 동안 사업단장에게 사업단의 운영·관리에 전담할 수 있도록 최대한의 자율성을 부여 (세부과제 선정권한)	세부과제 선정 시 전문기관과의 협의 후 결정 (사업단 보다 자율성 미약)
단점	사업단장은 단장으로 선정된 이후에는 당해 사업단 과제 이외에 새로운 과제에 참여할 수 없음	연구단장은 단장으로 선정된 이후에는 당해 연구단 과제 이외에 새로운 과제에 참여할 수 없음

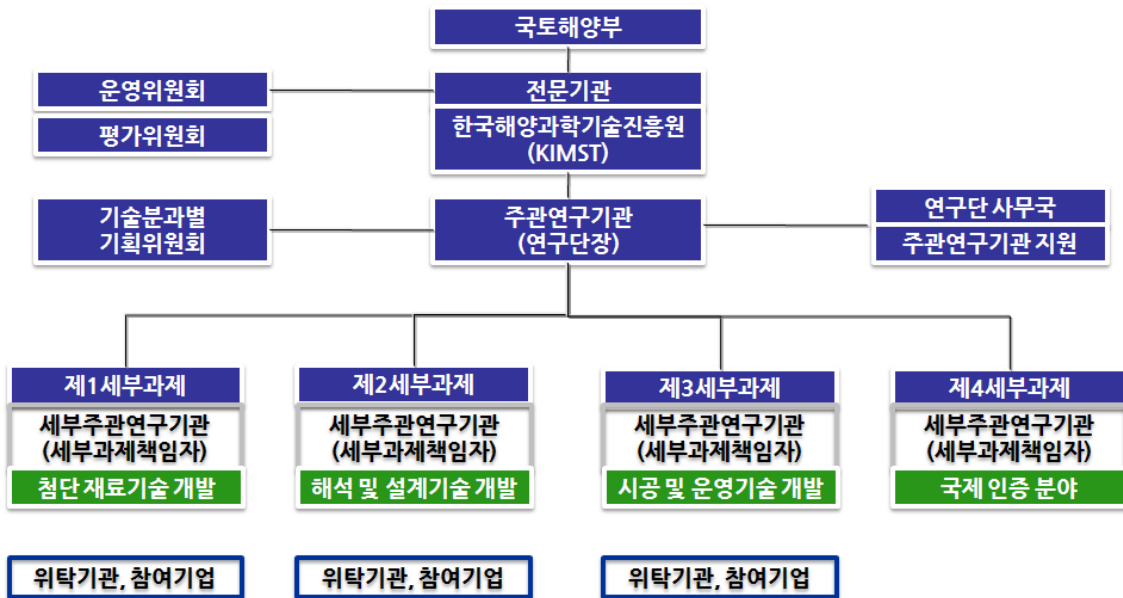
[연구추진체계의 장단점 비교]

	1개 사업단/연구단 운영	일반 연구개발사업
개념	<ul style="list-style-type: none"> - 1개의 사업단/연구단 아래에 과제를 총괄하는 1개 핵심(세부)과제를 비롯하여 총 4개의 핵심(세부)과제를 중심으로, 6개의 과제를 배치, 이를 총괄적으로 운영. - 여기서 사업단의 경우 핵심과제로, 연구단의 경우 세부과제로 배치 - 3개 핵심(세부)과제는 ①첨단재료기술 분야 ② 해석 및 설계 분야 ③설치 및 운영 분야 ④테스트베드 및 국제인증분야로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 LNG 해상터미널 기술 개발을 현재 KIMST의 연구사업 중 하나의 사업 내에 일반과제로 운영 - 가능한 사업으로는 첨단항만건설 기술개발 사업, 미래해양산업 기술개발 사업 등이 있음 - 국토해양 R&D 일반사업으로 추진할 경우, 6개 중점추진 핵심과제를 시급성 및 중요도에 따라 별도 과제로 추진 가능
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 핵심(세부)과제 간 전략개발상품의 추진 전략을 수립하는데 용이함. - 전략개발상품에 대한 실용화/상용화 가능성을 극대화시킬 수 있음. - 연구단 사업의 경우, 테스트베드 구축 전략을 체계적으로 수립할 수 있음 - 과제 간 연계성 강화 및 중복성 탈피에 효과적임 - 중복투자 가능성을 배제하여 예산 집행의 효율성을 꾀할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구 예산 규모의 조정이 상대적으로 용이함. - 사업 운영 및 관리 차원에서 상대적으로 용이함 - 국가과학기술위원회의 출범과 함께 범부처 R&D 사업이 장려되고 있으므로, 지식경제부와의 공동연구 추진이 가능함
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 예산 규모가 큼 - 사업단/연구단 운영 체계가 복잡하고 관리가 어려울 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 테스트베드 구축 및 국제인증분야 등을 체계적으로 추진하기 어려움 - 인적 인프라의 분리로 인해 사업 효율성이 저하될 수 있음

□ 1안 : 1개의 사업단으로 운영 (테스트베드 추진 시 제안 체계)



□ 2안 : 1개의 연구단으로 운영 (테스트베드 미추진 시 제안 체계)



나. 제안 연구수행체계

- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발 사업을 위한 가장 바람직한 연구수행체계는 “Test-Bed 구축을 포함하여, 국제인증 등을 포함한 사업단” 또는 “Test-Bed 구축 실행계획 수립 및 국제인증 등을 포함한 연구단” 체계이나, Test-Bed 구축을 위해서는 해외 LNG 가스전 개발 및 국내 LNG 인수 및 배급을 담당하고 있는 한국가스공사의 주관참여가 필수적임
- 그러나 현재 시점에서 국내에서의 LNG 터미널 추가 건설이 어렵고, 또한 LNG 생산을 위한 플랜트 기술 개발에 주력하고 있는 상태로 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발 및 Test-Bed 구축에 대한 시급성이 낮은 상태로, 사업단 체계는 추후 LNG 해상터미널 시장 확대 동향을 고려하여 체계를 설정할 필요가 있음
- 현재로서는 콘크리트 LNG 해상터미널 시장은 기존 LNG선 개조 방식의 FSRU 건조 및 이로 인한 과잉 LNG선 해소 및 미국 Shale 가스의 가격 불안정성 요인 등에 의하여 시장 성장의 시기에 다소간의 차이는 있을 것으로 예상되지만, **전체적인 큰 흐름에서는 지속적인 성장이 예상**되므로, 이에 대비한 콘크리트 LNG 해상터미널 핵심 엔지니어링 기술개발 및 기술력 확보는 매우 중요한 상태임
- 따라서 현재 제안하고자 하는 연구수행체계는 **1단계 핵심 엔지니어링 기술개발 단계로 국토해양부 일반 연구개발사업으로 추진**하되, 향후 LNG 가격 동향 및 수급 상황, 그리고 해외 LNG 해상터미널 시장 성장 등의 추이를 살펴 Test-Bed 구축을 위한 2단계 사업을 연구단 또는 사업단 체계로 추진하는 것이 바람직하리라 제안



5 연구추진의 타당성 분석

5.1 정책적 타당성

가. 연구의 중요성

- 다음 그림은 LNG 생산에서 저장 및 육상 이송까지의 전체 과정 즉, LNG Value Chain과 현재 각 Link 별 현재 정부연구개발사업으로 추진 중인 사업 및 기술 수준을 정리한 것임.

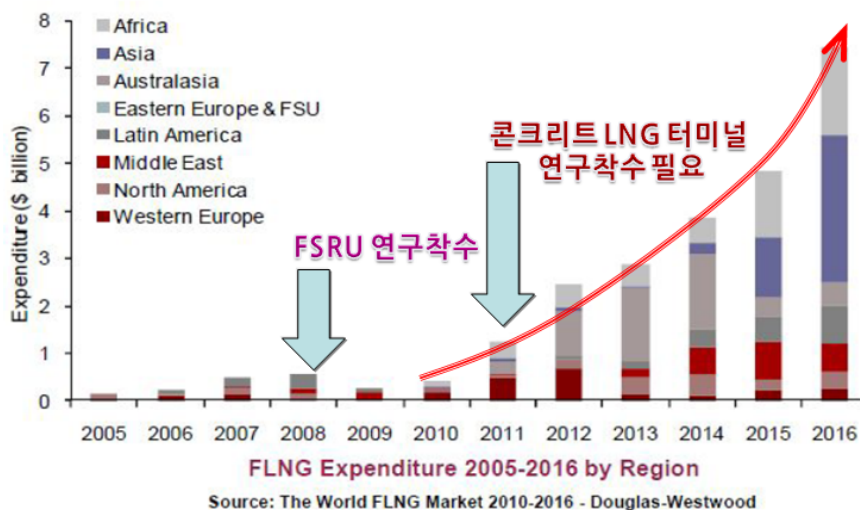


- 현재 탐사 및 생산의 Link 1의 경우, 국토해양부에서 국토해양발전전략 (Green Up 30, 2010)의 주요 사업의 일환으로 LNG FPSO 사업에 대한 기획 연구를 수행 중임.
- 액화플랜트와 관련된 Link 2의 경우, 국토해양부에서 VC10 사업의 일환으로 한국가스공사에서 주관 수행 중인 LNG 플랜트 사업단에서 액화플랜트 등에 대한 기술을 개발하고 있음.
- 또한, LNG를 인수기지까지 이송하는 Link 3의 경우, LNG Carrier를 통하여 이루어지고 있는데, LNGC의 경우 국내의 대우조선해양 등 주요 중공업회사에서 이미 기술상용화 단계의 높은 기술력을 보유하고 있음.
- 한편 인수, 저장 및 재기화 기술과 관련해서는 지식경제부에서 강제 부유식 FSRU 해상터미널 기술개발을 수행하고 있음.

- 따라서 현재 LNG Value Chain을 검토할 때, 인수기지와 관련해서 콘크리트 착저식 및 콘크리트 부유식 해상터미널에 대한 기술이 공백 기술로 남아 있으며, 현재로서는 이에 대한 기술확보가 필요한 시점임.

나. 연구의 시급성

- 2008년 미국 금융위기로 인하여 전 세계적으로 무역량이 줄고, 에너지 소비 역시 감소하여, 2008년 이후 LNG 선박 및 해상터미널에 대한 수요 역시 일시적으로 감소하고 있음. 그러나 이는 신규투자 감소 또는 중단으로 이어져, 2015년 이후 공급 부족 사태가 예상되고 있음.
- 따라서 2015년 이후 신규 LNG 해상터미널 발주 등이 예상되며, 이러한 미래 시장에서 주도권을 잡기 위해서는, 정부 주도의 R&D 사업을 통하여 핵심 원천 설계기술의 확보가 시급한 상태임.
- 다음 그림은 최근 Floating LNG (FLNG) 터미널에 대한 시장 동향을 분석한 것으로, 2008년 이후 일시적으로 감소하였으나 2011년 이후 다시 증가할 것으로 분석되고 있으며, 이는 FLNG 뿐만 아니라 전체적인 LNG 해상터미널 시장에도 동일한 적용이 가능한 분석 결과라 할 수 있음.
- 이와 같이 금융위기로 인한 수요 감소는 역설적으로 콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 연구개발 시기가 늦어진 것을 만회할 수 있는 기회를 제공하고 있음.



다. 정부지원의 필요성

- 정부 R&D 정책 방향과의 부합성
 - **현 정부의 국정지표와의 부합성**
 - 2009년 발표한 3대 분야 17개 신성장동력산업 중 “탄소저감에너지 산업” 및 “그린수송시스템 산업”의 한 분야로 콘크리트 LNG 해상터미널 기술이 포함 되어 있어 현 정부의 국정 지표와의 부합성이 높음
 - **국토해양부 국토해양 R&D 발전전략과의 부합성**
 - 2010년 10월 발표한 국토해양부의 “국토해양 R&D 발전전략(Green Up 30)” 에도 “해상부유식 LNG 플랜트 (LNG-FPSO) 기술”이 포함되어 있으며, 향후 증가할 것으로 예상되는 LNG 수요에 적극 대응하여, 관련 세계 시장을 선점 하고자 하는 국토해양부의 의지를 보인 것임. LNG 해상터미널 기술 역시 이 러한 국토해양부의 정책 방향과 부합하는 기술임.
 - **국토해양부 정책과제와의 부합성**
 - 2009년 발표한 국토해양부 3대 핵심과제 정책 중 “녹색성장과 신성장동력 확충” 분야의 고부가가치 신해양산업 육성 관련 기술에 콘크리트 LNG 해상 터미널 기술이 부합되는 기술임.
- 국토해양부 R&D 추진의 타당성
 - 국토해양부에서는 LNG Value Chain과 관련하여 현재 수행 중인 LNG 플랜트 사업단 핵심과제로 LNG-FPSO 공정 응용기술 및 플랜트 설계/건설 기술에 대한 연구에 착수하고 있으며, 또한 국토해양 R&D 발전전략(Green Up 30) 중 하나로 해상부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술 개발을 추진하고 있음
 - LNG 플랜트 사업단에서는 액화플랜트 기술 및 LNG 저장탱크 기술에 대한 연구를 수행하여 많은 성과를 거두고 있음
 - 비록 강재 부유식 FSRU 해상터미널 기술개발의 경우 지식경제부에서 수행하 고 있으나, 전체적인 LNG Value Chain을 고려할 때, 콘크리트 LNG 해상터미 널 기술은 항만건설과 연계하여 국토해양부에서 추진하는 것이 바람직함
 - 다만 부유식 콘크리트 LNG 해상터미널의 경우, Hull 동적 거동 및 계류, 접 안시스템 등에 있어 지식경제부에서 먼저 수행하고 있는 FSRU 기술개발 사 업의 결과를 도입하여 적용하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 최근 신설 된 국가과학기술위원회를 통한 범부처 연구개발사업 연계가 필요하리라 판

단.

○ 공공성의 측면

- LNG 수요 증가 및 육상 설치에 따른 민원/테러에 대비하기 위한 대안으로 해상터미널 기술 필요
- LNG는 Clean Energy로서 녹색성장에 부응하는 사회기반시설물임. 아래 표는 발전방식에 따른 이산화탄소 배출량(g-CO₂/kWh)을 정리한 것으로, 화력발전의 주 연료원인 석탄과 벙커C유, LNG를 상호 비교했을 때, 석탄은 LNG에 비해 이산화탄소를 66%나 더 배출하며, 고탄유나 저탄유를 포함한 벙커C유는 LNG보다 이산화탄소를 37%나 더 배출함을 알 수 있음.

발전방식	화력발전				원자력	수력	지열	태양광	풍력
	석탄	석유	LNG	LNG복합주기					
CO ₂ 배출량 (gCO ₂ /kWh)	975	742	608	519	28	11	15	53	29

- 엔지니어링 기술 자립화 및 해외진출 시 수익극대화를 위하여 필요
- 연구기간이 길고, 민간기업의 R&D 투자에 따른 Risk 분산, 기술자립화 및 축적을 위하여 정부지원 필요
- LNG 해상터미널 기술은 GS 건설, 현대건설 등 국내 대형 건설사 및 삼성중공업 등 주요 중공업사에서도 향후 미래 신산업으로 설정하여, 연구개발사업을 발굴하고자 하고 있음. 그러나 기업에서 종합 기술을 개발하는데 따르는 Risk를 감소시키고, 관련 연구개발투자를 활성화하기 위해서는 정부의 지원이 필요함.
- 특히 이들 국내 대형 건설사의 연구개발 참여 및 향후 외국에서의 LNG 해상터미널 수주 시에는 2차 및 3차 협력업체로의 경제적 파급효과가 발생하여, 국가의 경제 발전에 크게 기여할 수 있음.

○ 시급성의 측면

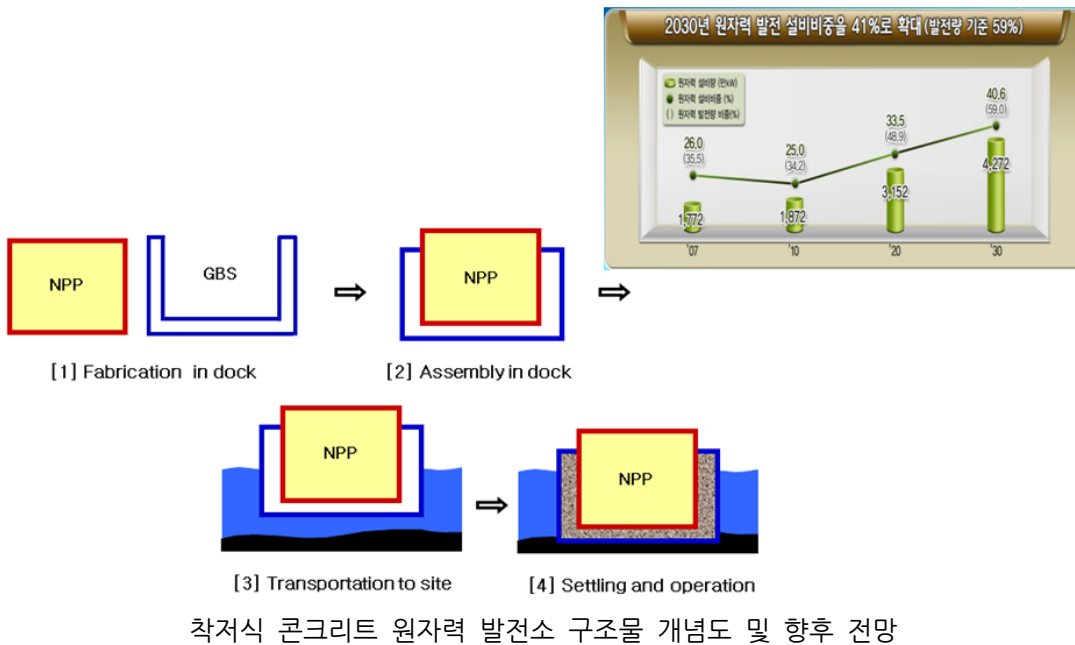
- 최근 이탈리아 근해에 Adriatic LNG 터미널 건설, 운영 중에 있음
- 착저식 콘크리트 LNG 해상터미널의 추가적인 발주가 예상되고 있음
- 금융위기에 따른 LNG 해상터미널 수요 감소 및 기존 잉여 LNG 선박을 개조한 방식의 해상터미널 건조 방식 선호에서 향후 신규 해상터미널 신조(新造,

New Building)에 대한 수요가 예상되므로 이에 대한 대비가 필요

- Aker와 같은 유럽의 엔지니어링사의 경우 이미 콘크리트 LNG 해상터미널을 개발하여, 시공한 바 있으므로, 향후 경쟁을 위해서는 기술개발이 시급함. 따라서 단기간 대규모 R&D 추진전략이 필요.

○ 파급효과 측면

- 부유식 콘크리트 기술의 경우 LNG 해상터미널 외에도 생산 플랜트 터미널 시스템으로의 확장도 가능하며, 이 경우 기술 비교에서도 우위를 가질 것임
- 대형 케이스 계획, 설계, 제작, 이동, 설치, 유지관리 기술의 경우, 인공섬 기술로 확장 가능
- 해상 방사성 폐기물 관리장소 및 착저식 원자력 발전소, 해상 CCS(Carbon Dioxide Capture & Storage) 구조물, CAES(Compressed Air Energy Storage) 구조물 등 대형 콘크리트 해상구조물 기술 개발의 전 단계 기술 개발이 가능
- 또한 해상/해중 도시 등과 같은 해상 거주시설 건설 기술로의 확장 가능



5.2 기술적 타당성

- 주요 장단기 이슈에 대한 대응 차원의 타당성
 - 사회경제적 이슈에 대한 STEeP 분석 결과 단기적으로는 세계 초일류 상품확보를 위한 신기술의 개발이 필요하며, 또한 핵심원천 엔지니어링 기술의 해외 의존도 감소를 위한 기술 자립화, 친환경적인 에너지 자원 이용 기술 개발을 통한 대응이 필요한 것으로 분석됨.
 - 또한 장기적으로는 위험 및 혐오시설의 건설지 확보가 갈수록 어려워짐에 따라 해상 또는 지하공간과 같은 대체지의 개발이 필요하고, 자연재해와 테러 등의 인위재해에 대한 대응 기술의 필요, 환경위해성이 작은 에너지 사용의 이용 등에 대한 대응이 필요한 것으로 분석됨.
 - 이러한 장단기적 사회경제적 이슈에 대한 대응 전략의 일환으로 “콘크리트 LNG 해상터미널 기술”의 개발을 통한 적극적 미래 시장에 대한 기술적 대응이 필요한 시점임.
 - 특히 최근 발생한 “일본 후쿠오카 원전 구조물 손상 및 이로 인한 방사능 물질 유출”의 사고 후 덜 위험한 LNG 복합발전에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되므로, 이러한 미래 수요에 능동적으로 대응하기 위한 기술 개발이 필요함.
- 미래 시장 및 특허 논문 분석 결과에 따른 기술적 타당성
 - 다양한 형식의 콘크리트 LNG 해상터미널 개발이 시도되고 있으나, 실제 적용 사례는 이탈리아 Adriatic LNG 해상터미널이 유일함.
 - 향후 강재 부유식 FSRU 해상터미널 및 LNG 선 개조 방식의 해상터미널 등과의 경쟁에서 장점을 가지기 위해서는 제작기간 및 비용을 감소시키는 것이 중요하며, 이를 위한 핵심기술 개발이 필요함.
 - 특히 우리나라의 조선 산업은 세계 시장을 선도하고 있으나, 해양산업의 경우 낮은 엔지니어링 기술수준으로 인하여 고부가 가치의 엔지니어링 부문은 미국, 유럽 등의 전문 엔지니어링 기업에 의존하는 상황임.
 - 콘크리트 구조물의 우수한 내구성, 저온성능, 내화 및 내피로, 내충돌 성능이 우수하며, 또한 Local Contents에 대한 대응이 용이하므로, 제작기간 및 비용을 줄일 수 있는 핵심기술을 확보하는 경우, 향후 많은 수요를 창출하고, 또한 시장에 진입할 수 있을 것으로 기대.
 - 특허 및 논문 분석 결과 엔지니어링 관련 기술의 특성상 높은 기술수준을

확보하고 있는 유럽에서의 특허 등록이 국내 관련 특허와 비슷한 등록건수를 가지고 있음. 이는 특허 등록으로 인한 기술유출을 방지하기 위한 것으로 관련 핵심기술은 자체 개발 외에는 확보할 수 있는 방법이 어려움.

- 설계 관련 엔지니어링 기술이 확보 되지 않으면 프로다니엘, Technip과 같은 회사와 관계에서 우위를 차지하기 어려움. 따라서 현재의 건설(Construction) 위주에서 EP(Engineering & Procurement)를 포함한 사업을 수행하여야 수익을 극대화할 수 있음

○ 국내 미확보 공백기술 개발의 필요성

- 향후 청정에너지에 대한 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨에 따라 이러한 청정에너지 중 대표적인 에너지원인 LNG에 대한 관심이 높음
- 관련 기반 시설 기술 중 LNG를 운반하는 LNG 선박에 대해서는 우수한 조선 산업 기술을 바탕으로 기술 자립화 단계에 있음
- 그러나 해양산업 기술의 경우 설계 등에 있어서 핵심 엔지니어링 기술의 외국 의존도가 높으며, 콘크리트 LNG 해상터미널 기술 역시 국내 기술 자립화가 필요한 상태임
- LNG와 관련된 기존 국가연구개발사업을 NTIS (National Science and Technology Information Service, <http://www.ntis.go.kr>)를 통하여 검색한 결과는 다음과 같음
- LNG를 검색어로 하여 관련 국가연구개발사업을 검토한 결과, 1999년~2009년까지 총 159건의 과제가 검색되었으며, 이 중 관련성이 낮은 과제를 제외한 7개의 과제에 대한 사항을 다음과 같이 정리

연도	신부처명	사업명	과제명	비고
2009	지식경제부	에너지자원기술 개발지원	LNG저장/수송 시설 안전운전관리 시스템 개발	LNG 저장/수송 시설에 대한 위험성 분석 알고리즘 개발 및 모니터링 기술 개발
2008	지식경제부	자동차조선전략 기술개발	FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 개발	LNGC 안전접안 감시시스템 기술
2008	지식경제부	자동차조선전략 기술개발	LNG FSRU 가스플랜트 설계기술 개발	
2008	지식경제부	자동차조선전략 기술개발	LNG FSRU 구조물-계류시스템 설계핵심 기술개발	
2008	지식경제부	자동차조선전략	LNG FSRU 위해도	

		기술개발	평가시스템 개발	
2008	지식경제부	자동차조선전략 기술개발	해상 LNG 터미널 (FSRU) 엔지니어링 기술개발	
2007	지식경제부	산업에너지기술 개발	LNG선 화물창 유탄성 평가시스템 개발	

- NTIS 검색을 통하여 과거 2005년까지는 LNG 선박 설계 기술 개발에 대한 국가연구개발사업이 매우 활발하게 진행되었음을 알 수 있음
 - 현재 제안된 “콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발” 과제의 경우 기존 FSRU 관련 과제와는 콘크리트라는 재료적 차이뿐만 아니라 착저식 등 구조형식에 있어서도 매우 큰 차이가 있음
 - 다만 부유식 콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 엔지니어링 기술의 경우 FSRU 기술개발을 통하여 개발되고 있는 계류시스템 기술, 부유체 해석 및 설계 기술 등을 도입하여 적용할 수 있을 것으로 사료
- 국내 기술개발 역량 분석에 근거한 타당성
- 국내외 토목, 플랜트, 조선 분야의 우수한 전문 기술 인력과 함께 산·학·연 공동연구개발 환경을 활용함으로써 핵심 엔지니어링 기술 개발 시 성공 가능성이 매우 높음
 - 또한 국내 관련 기업의 경우 해외 선진 엔지니어링사와의 기술 제휴가 가능
 - 핵심엔지니어링 기술 개발을 위하여 필요한 원천기술의 경우 기존 교육과학기술부, 국토해양부 지원 사업으로 수행된 바 있는 “부유식 해상구조물에 관한 연구 (한국해양연구원, 국토해양부 지원)” 등의 사업을 통하여 상당한 수준의 원천기술을 확보하고 있으므로, 기초 기술분야에 있어서도 충분한 성공 조건을 갖추고 있는 것으로 평가됨

5.3 경제적 타당성

가. 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발에 대한 경제성 분석

□ 비용 추정

- 동 사업은 1단계(2012~2015년) 핵심기술개발 단계와 2단계(2016~2019년) Test bed 구축 단계로 구분되며, 총사업비는 1,900억 원임
- 예비타당성 조사 일반지침에 따르면 분석의 기준년도는 분석이 의뢰된 전년도 기말을 기준으로 하기 때문에 본 경제성 분석은 2009년도 기말을 기준으로 비용을 현재 가치화 하였음
- 할인율은 일반지침에 따라 5.5%를 적용

[표 5-1] 비용 추정결과

연도	비용(억 원)		비용의 현재가치(억 원)
	stage I	stage II	
2012	25		21
2013	35		28
2014	60		46
2015	30		22
2016		500	344
2017		900	586
2018		300	185
2019		50	29
합 계	150	1,750	1,262

□ 편익의 정의

- 현재 Adriatic LNG terminal을 건설에 필요한 엔지니어링 부문을 전부 해외에 의존하고 있는데, 674백만 달러에 달하는 Adriatic LNG terminal 제작비용 중 약 8%가 엔지니어링 비용에 해당함
- 동 사업을 통해 건설될 Adriatic LNG terminal의 비용은 Topside EPCI를 제외한 케이슨(Caisson)과 저장탱크 제작에 674 백만 달러가 소요될 것으로 예측됨 (세부내역은 [표 5-2] 참조)

[표 5-2] Caisson과 저장탱크의 추정 비용

	비용(million \$)
Caisson/Storage Engineering	40
Graving Dock	29
Cost of Caisson Onshore Construction	331
Cost of Tankage installed in Caisson	94
Cost of Marine Operations	150
Offshore link structures	30
Total EPCI (excluding Topside)	674

※자료: Raine et al., 2007, "Offshore LNG Storage in Concrete Gravity Caissons: Project Development and Production", 2007 Technology conference, U.S.A.

- 이탈리아의 North Adriatic LNG terminal의 경우 900 백만 달러의 비용 중 엔지니어링 비용으로 Aker Kvaerner에 지불된 비용이 71백만 달러로 약 8%에 달함
- 따라서 Adriatic LNG terminal에 대한 수요가 한 건씩 증가할 때마다 54백만 달러(=674*0.08)의 엔지니어링 시장이 창출된다고 할 수 있음
- 동 사업으로 인한 편익은 Adriatic LNG terminal 건설시 해외로 지출될 엔지니어링 비용을 국내기술로 대체하는 것으로 정의될 수 있음
- 터미널 1기 건설시 건설비용(674 백만 달러)의 8%에 해당하는 엔지니어링 비용이 해외로 지출되는 것을 막는 수입대체효과가 동 사업의 편익임

동 사업의 편익 = Adriatic LNG terminal 건설에 소요되는 총 엔지니어링 비용
 × 사업화 성공률 × 부가가치율 × 동 사업 점유효과 × R&D 기여도

- 동 사업은 Test bed 구축계획을 포함하고 있기 때문에 엔지니어링 비용의 수입 대체효과 외에도 Test bed가 저장시설로서 역할을 하는 편익이 추가적으로 발생
- Test bed는 1,800억 원에 달하는 저장시설로 활용가능하기 때문에 국가적으로 1,800억 원의 비용절감 효과 발생
- 편익발생은 Test bed 구축이 완료되는 2019년부터로 가정

□ 변수 정의 및 계산

- Adriatic LNG terminal 건설에 소요되는 총 엔지니어링 비용
- 삼성중공업의 「콘크리트 LNG 인수 터미널 시장 현황분석」 자료에 따르면, 콘크리트 LNG 터미널의 재기화 처리용량을 5.6MTPA(Adriatic LNG 터미널의 재기화 처리용량이 5.6MTPA임)라 가정하면, [표 5-3]의 2030년까지 요구되는 재기화 처리량으로부터 콘크리트 터미널 점유율(15%)을 감안한 콘크리트 LNG 터미널 수요예측량은 아시아, 유럽, 아메리카 3개 지역에 대하여 각각 4.9, 3.5, 5.1기 (총 13.5기)로 예상됨([표 5-4] 참조)

[표 5-3] 각 지역별 LNG 터미널 재기화 처리량 대비 LNG 수입량의 비율

지역	LNG 터미널 재기화 처리량 대비 LNG 수입량(%)
Asia	41%
Europe	56%
America	38%
Total	44%

※ 자료 : 2009, WGC, Strategy, Economics and Regulation

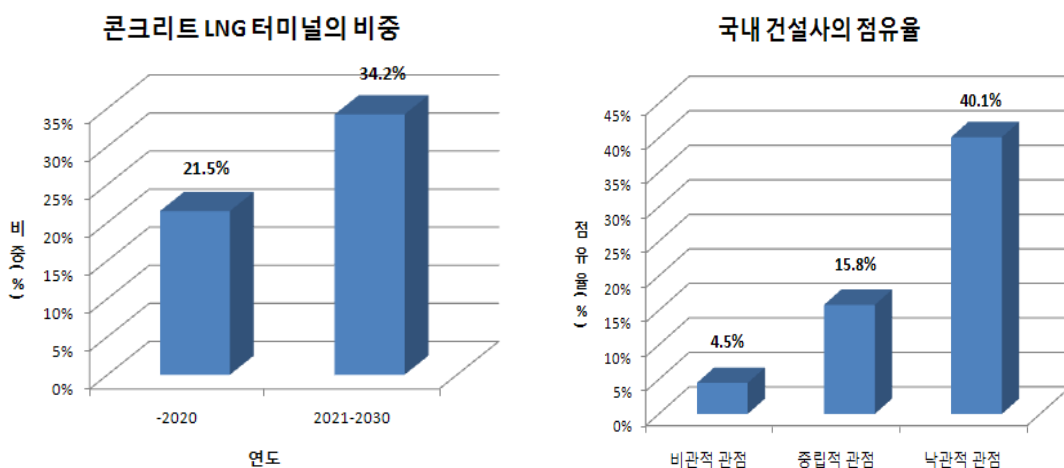
[표 5-4] 2030년까지의 콘크리트 LNG 터미널 예측 수요량(기)

터미널 (기)	2010~2020	2020~2030	계
Asia	3.4	1.5	4.9
Europe	1.7	1.8	3.5
America	2.9	2.2	5.1
Total	8.0	5.5	13.5

※ 자료 : 삼성중공업, 「콘크리트 LNG 인수 터미널 시장 현황분석」

- 상기 삼성중공업의 자료는 2030년까지 콘크리트 LNG 해상터미널의 비중을 일정(15%)하다고 가정하였으며, 세계 시장에서 한국의 시장점유율을 제시하지 않는 관계로 별도의 설문조사를 실시함
- 단, 삼성중공업의 자료에서 콘크리트 LNG 터미널의 비중이 15%인 경우, 2030년까지 13.5기의 수요가 발생한다는 수치는 본 분석에서도 동일하게 적용
- 전문가 30명*에게 설문조사를 통해 (i) 전체 LNG 해상터미널 시장에 대한 콘크리트 LNG 해상 터미널의 점유율과 (ii) 국내 건설사의 콘크리트 LNG 해상 터미널 시장점유율을 각각 추정

* 기획위원 10명, 자문위원 10명, 일반 연구자 10명으로 구성



[그림 5-1] 설문조사 결과

- 삼성중공업이 예측한 콘크리트 LNG 터미널의 비중 15%(13.5기)를 기준으로 설문조사에 얻은 콘크리트 비중과 국내 건설사의 점유율을 고려하여 <표 5>와 같이 시나리오별 엔지니어링 시장규모를 추정

[표 5-5] 콘크리트 터미널의 점유율 시나리오별 엔지니어링 비용

(단위: 억 원)

연도	세계시장 규모		한국 시장규모		
	Adriatic LNG 터미널 시장규모	엔지니어링 비용	점유율 4.5% 가정	점유율 15.8% 가정	점유율 40.1% 가정
2019	12,327	986	44	156	395
2020	12,327	986	44	156	395
2021	20,755	1,660	75	262	666
2022	20,755	1,660	75	262	666
2023	20,755	1,660	75	262	666
2024	20,755	1,660	75	262	666
2025	20,755	1,660	75	262	666
2026	20,755	1,660	75	262	666
2027	20,755	1,660	75	262	666
2028	20,755	1,660	75	262	666
2029	20,755	1,660	75	262	666
2030	20,755	1,660	75	262	666
2031	20,755	1,660	75	262	666
합계	252,962	20,237	911	3,197	8,115

※ 환율은 2009년 원/달러 평균 환율인 1,276원/달러를 적용

동 사업이 2012년부터 시작되고, 2019년부터 편익이 발생하는 것으로 가정

○ 사업화 성공률

- R&D 사업은 본질적으로 불확실성을 동반하기 때문에 기술개발사업이 사업화에 성공하는 확률을 고려해야 함
- 본 분석에서는 산업기술개발분야의 사업화 성공률 32.7%를 적용(KISTEP, 2009)

○ 부가가치율

- 엔지니어링 비용 중 부가가치에 해당하는 부분만이 편익에 포함되기 때문에 엔지니어링 비용의 총합에 해당 산업의 부가가치율을 곱해줘야 함
- 2008년도 산업연관표(2010년 발간)에서 '기타 공학관련 서비스' 부문의 총산출액/부가가치액인 0.716을 동 사업의 부가가치율로 적용

○ 동 사업 점유효과

- 사업화의 최종 산출물은 동 사업뿐만 아니라 민간의 R&D 투자 및 유사 정부 R&D 투자에 의해서도 영향을 받기 때문에 (동 사업의 예산)/(동 사업의 예산 + 민간 R&D 투자 + 유사 정부 R&D 투자)인 동 사업 점유효과를 추가적으로 곱해줘야 함
- 하지만, 동 사업이 LNG 해상터미널 관련 최초의 국가연구개발사업이자 지금까지 민간의 R&D 투자가 이루어지지 않은 분야라는 점을 고려하여 동 사업 점유효과는 1로 가정

○ R&D 기여도

- 동 사업은 기술개발사업으로서 실제 편익은 기술개발에 이어 마케팅, 생산비용 등이 추가적으로 투입되어야 발생 가능
- 따라서 편익에서 R&D 만의 기여도를 분리해야 하는데, 본 분석에서는 선행 연구에서 제시된 10.9%(하준경, 2005), 28.1%(신태영, 2004)의 수치를 대리지표로 활용

○ 기술수명주기

- 기술수명주기란 특허의 서지정보를 이용해 정량적으로 산출되는 지표 중 하나로써 인용된 특허들의 발행연도와 인용한 특허의 발행연도와의 차이값들의 중간값으로 산출됨(KISTEP, 2009)
- 상기 방식에 따르면 '가스 또는 액체의 저장 또는 분배' 기술의 기술수명주기는 13년에 해당

□ 비용/편익분석 결과

- 시장점유율과 R&D 기여도에 따른 6개 경우 중 한국의 시장점유율을 40.1%, R&D 기여도를 28.1%로 가정한 경우가 B/C ratio가 1보다 큰 것으로 나타남
- B/C ratio의 최솟값이 0.84이며, 6개의 시나리오 중 3개의 시나리오에서 B/C가 0.9 이상이 나옴으로써 R&D 사업인 점을 고려할 때 경제성이 낮지 않다고 할 수 있음

[표 5-6] 비용/편익분석 결과 종합

B/C ratio		R&D 기여도	
		10.9%	28.1%
시장점유율	4.5%	0.84	0.86
	15.8%	0.86	0.91
	40.1%	0.90	1.01

- 시나리오별 편익의 상세정보는 [표 5-7], [표 5-8], [표 5-9]에 제시

[표 5-7] 한국의 시장 점유율을 4.5%로 가정 시 비용/편익분석 결과

(단위: 억 원)

연도	비용의 현재가치	편익의 현재가치	
		R&D기여율 : 10.9%	R&D기여율 : 28.1%
2012	21		
2013	28		
2014	46		
2015	22		
2016	344		
2017	586		
2018	185		
2019	29	1,054	1,055
2020		1	2
2021		1	3
2022		1	2
2023		1	2
2024		1	2
2025		1	2
2026		1	2
2027		1	2
2028		1	2
2029		1	2
2030		1	2
2031		1	2
합계	1,262	1,064	1,079
B/C ratio		0.84	0.86

[표 5-8] 한국의 시장 점유율을 15.8%로 가정 시 비용/편익분석 결과
(단위: 억 원)

연도	비용의 현재가치	편익의 현재가치	
		R&D기여율 : 10.9%	R&D기여율 : 28.1%
2012	21		
2013	28		
2014	46		
2015	22		
2016	344		
2017	586		
2018	185		
2019	29	1,056	1,060
2020		2	6
2021		4	9
2022		3	8
2023		3	8
2024		3	8
2025		3	7
2026		3	7
2027		3	7
2028		2	6
2029		2	6
2030		2	6
2031		2	5
합계	1,262	1,088	1,143
B/C ratio		0.84	0.91

[표 5-9] 한국의 시장 점유율을 40.1%로 가정 시 비용/편익분석 결과

(단위: 억 원)

연도	비용의 현재가치	편익의 현재가치	
		R&D기여율 : 10.9%	R&D기여율 : 28.1%
2012	21		
2013	28		
2014	46		
2015	22		
2016	344		
2017	586		
2018	185		
2019	29	1,060	1,069
2020		6	14
2021		9	23
2022		8	22
2023		8	21
2024		8	20
2025		7	19
2026		7	18
2027		6	17
2028		6	16
2029		6	15
2030		6	14
2031		5	13
합계	1,262	1,142	1,280
B/C ratio		0.90	1.01

□ 경제성 분석 결과에 따른 경제적 타당성

- 단기적으로는 LNG 시장이 과잉공급의 우려가 있으나 중장기적으로 세계 LNG 수요시장을 보면 공급난의 가능성이 높음. 따라서 적기에 LNG 터미널 확충이 필요함.

- LNG 사용에 있어 계절 사용량의 변동성을 고려하여, 실제 소비되는 LNG양 이상을 재기화할 수 있는 LNG 터미널을 건설하여야 하며, 따라서 실제 사용량보다 많은 LNG 인수터미널 수요가 예측됨.
- 콘크리트 LNG 인수터미널의 수요, 2030년까지 요구되는 재기화 처리량, 이를 통한 콘크리트 LNG 해상터미널의 수요를 분석함.
- 또한 Adriatic LNG 터미널을 기준으로 총 엔지니어링 비용 등을 고려하면 향후 20,237억 원의 엔지니어링 시장이 신규 형성될 것으로 예상됨 (본 기획보고서 5.1.다 항 참조)
- 따라서 2조 원 이상의 엔지니어링 신규 시장이 형성되며, 이에 대한 시장점유율 및 사업화 성공률 (32.7%), 부가가치율(0.716), 동사업 점유효과(1.0), R&D 기여도(10.9%, 28.1%), 기술수명주기(13년) 등을 고려한 B/C Ratio 분석 결과는 다음과 같음.

B/C Ratio		R&D 기여도	
		10.90%	28.10%
시장점유율	4.50%	0.10	0.21
	15.80%	0.27	0.71
	40.10%	0.70	1.81

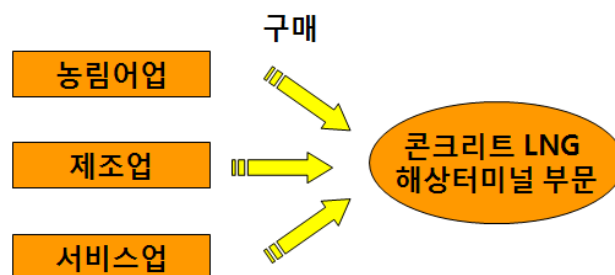
- 위 표에서 알 수 있듯이 시장점유율에 따라 그리고 R&D 기여율을 얼마만큼 고려하느냐에 따라 B/C Ratio가 크게 차이가 나며, 향후 콘크리트 LNG 해상터미널의 제작기간 및 비용을 감소시킬 수 있는 핵심 기술을 개발한다면 시장점유율을 높일 수 있을 것으로 기대할 수 있음.
- 또한 엔지니어링 기술 확보를 통하여 전체 해상터미널 수주 가능성을 높일 수 있기 때문에, 엔지니어링 비용뿐만 아니라 전체 시공에 대한 경제적 편익도 크게 향상 될 것으로 기대할 수 있음.
- 위의 분석결과는 Test Bed를 건설하지 않는 경우의 연구개발투자비용 대비 편익을 분석한 결과이며, Test Bed를 건설하는 경우, Test Bed가 편익으로 고려될 수 있으므로 이를 고려한 전체 B/C Ratio를 분석하면 다음과 같음.

B/C Ratio		R&D 기여도	
		10.90%	28.10%
시장점유율	4.50%	0.84	0.86
	15.80%	0.86	0.91
	40.10%	0.90	1.01

- Test Bed를 건설하는 경우, Track Record를 확보할 수 있어 향후 신규 LNG 해상터미널 발주 시 상당한 주도권을 가지고 좋은 조건으로 사업을 수주할 수 있을 것으로 기대.

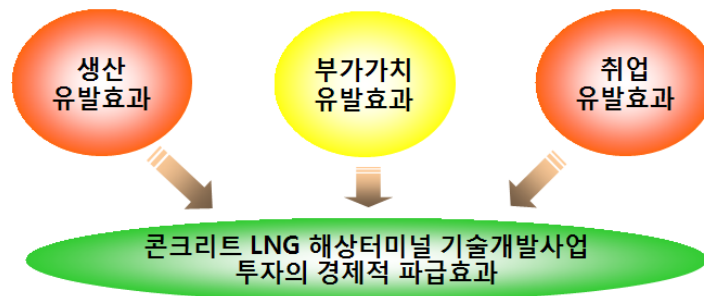
나. 경제적 파급효과

- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업의 경제적 파급효과를 분석하기 위해 산업연관분석(Inter-industry)을 적용하되, 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과 등의 3가지 경제적 파급효과에 대한 정량적 정보를 도출함
- 산업연관분석이란 생산활동을 통하여 이루어지는 산업간의 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 분석방법으로 국민경제 전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합하므로, 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업간의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는 데 유리함
- [그림 5-2]와 같이 콘크리트 LNG 해상터미널 부문은 국민경제의 기초산업부문으로서 생산활동을 위해서는 여러 부문의 산출활동, 즉 다른 부문의 산출물을 중간재로 수요하므로, 콘크리트 LNG 해상터미널 부문의 생산활동은 타 산업의 생산활동에 직·간접적으로 영향을 미침



[그림 5-2] 본 연구에서 콘크리트 LNG 해상터미널 부문을 바라보는 구도

- 특히 콘크리트 LNG 해상터미널 부문은 투자가 타 부문에 미치는 파급효과가 클 수 있는데, 이 파급효과는 생산유발의 관점, 부가가치 유발의 관점, 취업유발의 관점이라는 3개 관점에서 살펴 볼 수 있으며, 본 절에서는 바로 이러한 제반 파급효과에 대한 분석모형을 소개하고 실증분석을 수행하고자 함



[그림 5-3] 본 연구에서 다루는 3가지 경제적 파급효과

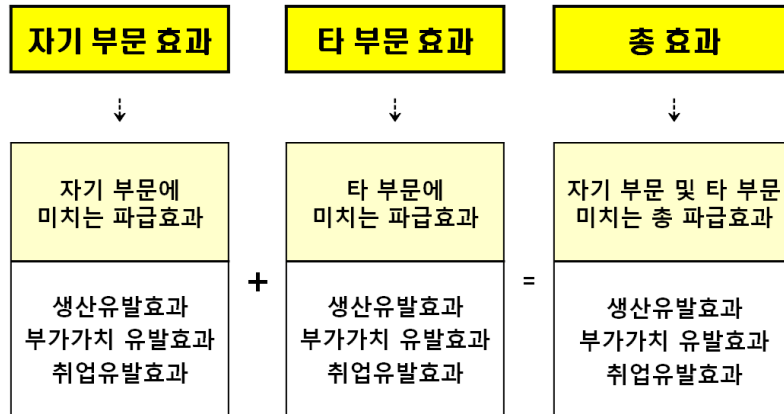
- 생산유발효과란 콘크리트 LNG 해상터미널 부문에서 1원의 생산이나 투자가 발생했을 때 국가경제 전체적으로 발생하는 생산액 증가분을 의미한다.
 - 부가가치 유발효과란 콘크리트 LNG 해상터미널 부문에서 1원의 생산이나 투자가 발생했을 때 국가경제 전체적으로 발생하는 부가가치(GDP) 증가분을 나타냄
 - 취업유발효과란 콘크리트 LNG 해상터미널 부문에서 10억 원의 생산이나 투자가 발생했을 때 국가경제 전체적으로 발생하는 취업인원 증가분으로 정의 됨
- 산업연관 분석 시 한국은행에서 가장 최근에 작성된 2008년도 산업연관표를 이용하되, 28부문 통합대분류 방식에 근거하면서 콘크리트 LNG 해상터미널 부문을 추가로 반영하여 총 29부문 산업연관표를 작성하여 분석하였음
- 한국은행 403부문 기본부문표에 근거하여 콘크리트 LNG 해상터미널 부문을 추려내면 제33부문 천연가스(LNG), 제311부문 항만시설, 제339부문 보관 및 창고의 3개 부문에 해당함
 - 따라서 [표 5-10]과 같이 총 29부문을 대상으로 분석을 하며, 콘크리트 LNG 해상터미널 부문은 제29부문으로 처리하였고, 이 부문을 외생화하게 되면 결국 28개 부문을 다루게 됨

[표 5-10] 콘크리트 LNG 해상터미널 부문을 포함한 29부문 산업분류표

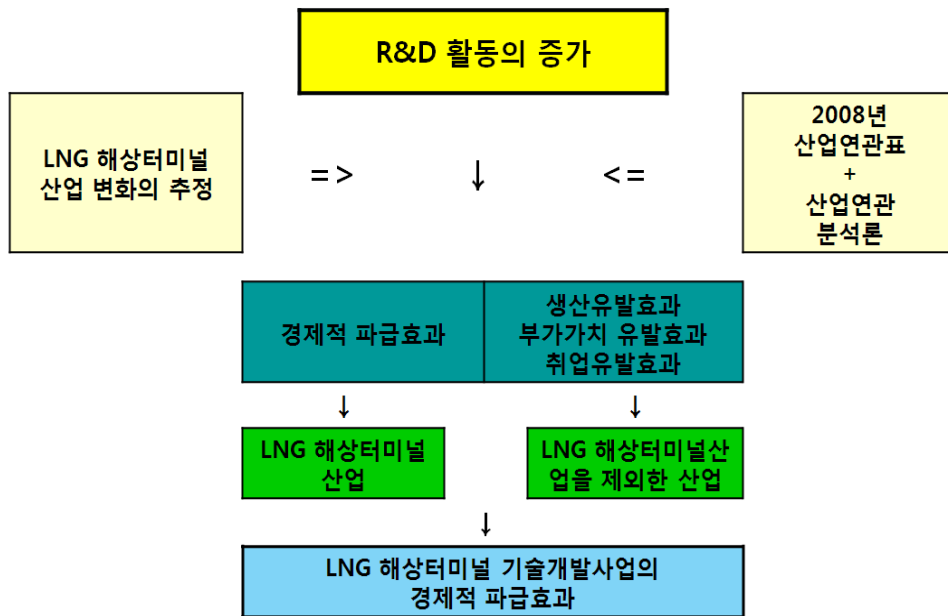
부문 번호	부문명
1	농림수산물
2	광산품
3	음식료품
4	섬유 및 가죽제품
5	목재 및 종이제품
6	인쇄 및 복제
7	석유 및 석탄제품
8	화학제품
9	비금속광물제품
10	제1차 금속제품
11	금속제품
12	일반기계
13	전기 및 전자기기
14	정밀기기
15	수송장비
16	기타제조업제품
17	전력, 가스 및 수도
18	건설
19	도소매
20	음식점 및 숙박
21	운수
22	통신 및 방송
23	금융 및 보험
24	부동산 및 사업서비스
25	공공행정 및 국방
26	교육 및 보건
27	사회 및 기타서비스
28	기타
29	콘크리트 LNG 해상터미널 부문

- 수요유도형 모형(demand-driven model)을 이용하여 콘크리트 LNG 해상터미널 부문의 경제적 파급효과를 구할 수 있는데 경제적 파급효과는 [그림 5-4]와 같이 자기 부문 효과 및 타 부문 효과의 합으로 구성됨

[그림 5-4] 콘크리트 LNG 해상터미널 부문의 경제적 파급효과



- 자기 부문 효과란 1차적인 것으로 해당 부문의 생산, 부가가치, 취업 등이 활성화되는 효과이며, 간접적 효과는 2차적인 것으로 타 산업의 생산, 부가가치, 취업을 유발하는 효과를 의미함
- [그림 5-5]는 콘크리트 LNG 해상터미널 부문의 경제적 파급효과에 대한 분석의 흐름을 나타내고 있는데, 즉 콘크리트 LNG 해상터미널 부문 활동으로 콘크리트 LNG 해상터미널 부문에 변화가 발생하며 이 변화를 기본 투입요소로 하되, 2008년 산업연관표에 근거한 산업연관분석을 통해 각종 파급효과를 구함
- 각 경제적 파급효과를 구하는 데 있어서 콘크리트 LNG 해상터미널 부문에 미치는 효과와 콘크리트 LNG 해상터미널 부문 외 타 산업에 미치는 효과를 분리하여 계산한 후 취합



[그림 5-5] 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업의 경제적 파급효과 분석 흐름도

- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업에 대한 투자가 타 부문에 미치는 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과에 대한 분석 결과는 [표 5-11]에 제시되어 있음
- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업에 대한 1.0000원 투자는 타 산업의 생산을 0.8847원, 타 산업의 부가가치를 0.2829원 만큼 유발하며, 10억 원 투자는 타 산업의 취업을 4.4755명만큼 유발하는 것으로 분석되었음

[표 5-11] 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업에 대한 투자가 타 부문에 미치는 파급효과

부문명칭	생산유발효과		부가가치 유발효과		취업유발효과	
	값(원)	순위	값(원)	순위	값 (명/10억 원)	순위
농림수산물	0.0046	24	0.0024	20	0.1625	10
광산품	0.0123	18	0.0071	14	0.0578	16
음식료품	0.0087	21	0.0023	21	0.0272	21
섬유 및 가죽제품	0.0075	22	0.0023	22	0.0554	17
목재 및 종이제품	0.0160	15	0.0039	17	0.0663	13
인쇄 및 복제	0.0029	25	0.0012	24	0.0307	20
석유 및 석탄제품	0.0945	3	0.0178	6	0.0116	25
화학제품	0.0390	8	0.0071	13	0.0735	12
비금속광물제품	0.1029	2	0.0296	2	0.3614	4
제1차 금속제품	0.1259	1	0.0187	5	0.0857	11
금속제품	0.0586	6	0.0148	7	0.2987	5
일반기계	0.0161	14	0.0040	16	0.0623	15
전기 및 전자기기	0.0111	20	0.0025	19	0.0271	22
정밀기기	0.0017	27	0.0004	26	0.0096	26
수송장비	0.0114	19	0.0026	18	0.0266	23
기타제조업제품	0.0023	26	0.0006	25	0.0156	24
전력, 가스 및 수도	0.0607	5	0.0127	8	0.0650	14
건설	0.0055	23	0.0022	23	0.0493	18
도소매	0.0339	10	0.0205	4	0.8033	1
음식점 및 숙박	0.0186	12	0.0073	12	0.4021	3
운수	0.0335	11	0.0113	9	0.2953	6
통신 및 방송	0.0158	16	0.0069	15	0.0459	19
금융 및 보험	0.0418	7	0.0235	3	0.2183	8
부동산 및 사업서비스	0.0919	4	0.0624	1	0.7362	2
공공행정 및 국방	0.0004	28	0.0003	27	0.0035	27
교육 및 보건	0.0139	17	0.0094	10	0.2014	9
사회 및 기타서비스	0.0181	13	0.0092	11	0.2832	7
기타	0.0353	9	0.0000	28	0.0000	28
합계	0.8847		0.2829		4.4755	

- 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업의 경제적 파급효과를 분석한 결과는 [그림 5-6]에 요약되어 있는데, 본 사업의 사업비 1,900억 원의 투자로 인해 생산유발효과는 총 3,581억 원, 부가가치 유발효과는 총 1,485억 원, 취업유발효과는 총 2,354명에 달하는 것으로 분석되었음

	자기 부문 효과	타 부문 효과	총 효과
생산 유발효과	1원당 1.000원 총 1,900억원	1원당 0.8847원 총 1,681억원	1원당 1.8847원 총 3,581억원
부가가치 유발효과	1원당 0.2829원 총 538억원	1원당 0.4982원 총 947억원	1원당 0.7811원 총 1,485억원
취업 유발효과	10억원당 4.4755명 총 850명	10억원당 7.9132명 총 1,504명	10억원당 12.3887명 총 2,354명

[그림 5-6] 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발사업 투자의 경제적 파급효과 종합화 결과

6 기대효과 및 사업화 방안

6.1 기대효과

가. 기술적 기대효과

- 현재 가스 플랜트 분야에서 가장 중요한 원천기술인 공정 분야의 경우 해당 라이선스가 없는 실정이며, 기본설계 분야도 국내 기술 자립도가 50% 정도의 열악한 실정임
- 현재 국토해양부의 '가스플랜트 기술개발사업'과 지식경제부의 '한국형 LNG 선 화물창 개발사업', 'LNG-FSRU 가스플랜트 설계기술'과 연계하여 본 과제를 추진한다면 그 기술적 기대효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단됨

⇨ 고부가가치 가스플랜트 시장 공략을 위한 기술력 확보

- 핵심엔지니어링 기술 개발 및 적용을 통하여 해외 콘크리트 LNG 해상터미널 수주 경쟁 시 필요한 Track-Record 축적이 가능
- FEED 설계 기술력 확보를 통하여 설계 전 단계 프로젝트 종합 관리시스템 구축이 가능
- 신소재 및 특수콘크리트 적용 기술 개발을 통하여 고부식성 해양환경과 극한 저온환경에 노출된 구조물의 안전성 확보에 기여
- 전체 시스템에 대한 위해도 분석 및 평가 시 재기화플랜트에 대한 위해도 뿐만 아니라 전체 시스템에 대한 재해를 고려함으로써 기술적 완성도를 높일 수 있을 것으로 기대
- 향후 콘크리트 LNG 해상터미널의 주요 시장으로 주목 받고 있는 미국을 비롯한 강진 지역에서의 수주 경쟁 시 기술적 경쟁력 강화에 기여
- 착저식 해상터미널에 대한 내진성능 향상기법 개발의 경우 이와 유사한 해상 풍력발전 시설, 착저식 해상구조물 등의 지진안전성 확보에 기여
- 초대형 콘크리트 구조물의 해상에서의 예인, 운송 및 설치 등 전 시공 단계에 걸친 안전성 평가 기술 확립을 통하여 선진국 수준의 엔지니어링 기술 확보

나. 경제적 기대효과

- 국내 콘크리트 LNG 해상터미널 Testbed 구축을 통하여 LNG 해상터미널을 비롯한 플랜트 분야의 국가 경쟁력 강화에 기여
- 콘크리트 LNG 해상터미널 제작을 위한 특수 및 고성능 콘크리트 적용기술 확보를 통하여 콘크리트 산업 및 관련 산업의 성장
- 포화 상태인 국내 건설 산업에 있어 해상터미널 제작 관련 신규 사업을 통하여 건설 분야 전문 기술 인력에 대한 고용 창출 효과
 - 도로, 수자원 등 전통적 건설 분야의 신규 사업 축소에 따른 건설 분야 전문 인력 과잉 현상을 해소하는 효과
 - 콘크리트 LNG 해상터미널 건설 시 국내 전문 인력 활용을 통한 국부 유출 방지
- 세계 콘크리트 LNG 해상터미널 시장에서 주도적 위치를 선점함으로써 해외 시장 진출 시 막대한 국부 창출 가능
- 핵심 엔지니어링 기술뿐만 아니라 종합 관리 기술을 확보함으로써 고부가가치 엔지니어링 사업 추진의 기반을 확보
- 대규모 구조물의 해상 연성접합기술을 바탕으로 텐던 및 강봉 등의 접합용 소재의 절감 및 전체 공사비 절감에 기여

다. 사회적 기대효과

□ 안전사고 위험시설로부터의 탈피로 '지역주민 삶의 질 향상 기대'

- 최근 지속적으로 이슈화 되고 있는 "LNG 인수기지 주변지역지원에 관한 특별법" 추진 논란에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 도시 내 위험물 시설이 존재하는 경우 사회적 불안감을 조성할 수 있음
- 해상터미널 건설 시 육상의 LNG 인수기지의 폭발위험 등과 관련된 인근지역 주민의 불안감 조성과 과거 인천지역 저장탱크에서의 메탄 검출사건, 배출수로 인한 인근지역 어업 피해 등 그 영향으로부터의 사전 차단이 가능하여 지역주민 삶의 질 향상을 기대할 수 있음

6.2 활용방안

- 콘크리트를 주재료로 한 다양한 해상플랜트 및 해상구조물에 대한 효율적/경제적 제작 및 시공 기술로 활용
- 국내 콘크리트 LNG 해상터미널 시장 확대 및 해외 시장 수출
- 콘크리트 LNG 해상터미널 건설을 계기로 침체된 국내 건설 산업의 재도약 및 전문 인력에 대한 고용 창출
- 콘크리트 LNG 해상터미널 기반 기술을 바탕으로 콘크리트 착저식 및 부유식 해상플랜트 분야에 있어서의 국가 경쟁력 강화

6.3 사업화 방안

□ 실용화 기업의 참여를 적극적으로 유치

- 관련 분야 대기업의 참여를 적극 유도
 - 현재 건설 분야의 대기업의 경우 해양 분야에서 신성장동력을 창출하고자 하는 노력을 경주하고 있음
 - 특히 국내 대형 건설사의 경우 해상에서의 시공경험이 풍부하고, 우수한 인적자원을 많이 확보하고 있음
 - 그러나 핵심엔지니어링 기술분야에 취약하여, 고부가가치의 엔지니어링 산업에서의 국제 시장 점유율이 낮은 상태임
 - 따라서 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발을 통하여 핵심 엔지니어링 기술을 자립화 하는 경우 해외 시장 경쟁에서 매우 유리한 조건을 가질 수 있음

□ 기술이전 활성화 방안 마련

- 개발에 참여한 기업이 기술이전을 받아 사업화의 성과를 도출할 수 있도록 기술이전 및 시공현장 확보에 있어 지원이 필요함
- 본 과제의 결과물로 나오는 지적재산권은 참여기업이 공동의 지분을 가질 것이며, 유형/무형의 노하우 습득을 통해 미래시장을 선점할 수 있는 기회가 주어질 것이므로 참여에 대한 기대가 높을 것으로 예상됨

□ 국제 협력 추진

- 연구 수행단계에서는 외국의 선진기술을 적극 수용하기 위해 관련 분야 전문 국외연구기관과 연계하여 국제공동연구를 추진하며 이외에도 관련 분야 전문가 위탁 교육, 기술이전 및 교류 그리고 전문가 양성 등의 교환프로그램도 실시
 - 전문가 양성을 위하여 전문 국외연구기관에 파견하여 공동연구 수행
 - 국외전문가를 초빙하여 본 사업단에 참여시켜 기술 노하우 전수
 - 향후 해외사업 진출을 위한 국외 연구기관과의 인적 네트워크 구축
- 핵심기술에 대한 국외 전문기술 벤치마킹을 실시한 후 해외 전문기관과의 MOU체결을 통한 공동연구 수행

□ 핵심 엔지니어링 기술의 성공적인 개발 수행을 위한 2단계 사업 추진

- 테스트베드를 통한 체계적 현장 검증실험 수행
 - 콘크리트 LNG 해상터미널에 대한 기술이 개발되면, 이 기술과 함께 지식경제부에서 개발 중인 FSRU 기술개발을 통하여 개발된 세부핵심기술에 대한 통합 검증실험이 필요
 - Track Record를 구축한다는 의미에서도 테스트베드 구축은 매우 중요함. 이를 통하여 환경조건에 적합한 구조형식의 선정, 필요한 재료의 개발, 설계 기술 및 제작 기술, 그리고 설치 및 운영기술까지 실용화에 필요한 모든 기술을 검증할 수 있음
- 국제 인증을 통한 기술의 검증
 - 테스트베드 구축을 통한 Track Record를 가질 경우 외국 선진사와의 경쟁에서 매우 유리한 위치를 점유할 수 있으나, 테스트베드 구축에 막대한 비용이 소모되므로, 국내에서 추가적인 저장시설이 필요한 시점에서 테스트베드를 구축하는 것도 가능한 방법이 될 수 있음
 - 이와 같이 테스트베드 구축을 보류하는 경우에는 개발된 기술에 대한 국제 인증을 먼저 획득할 필요가 있음. 이러한 국제 인증은 특별히 지정된 기관에서 받는 다기 보다는 각국의 설계 관련 법령, 지침 등을 검토함으로써 획득될 수 있음

- Test-Bed 구축사업의 경우 1,500억 원 예산이 소요되기 때문에 1단계 핵심엔지니어링 기술 개발 사업 이후, 국제 LNG 가격의 변동 및 국내외 수급상황, 콘크리트 LNG 해상터미널 시장 확대 가능성 등을 추가적으로 검토한 후, Test-Bed 구축에 관한 기획을 거쳐 이를 수행할 필요가 있음

7 정책제언

7.1 범부처 협력

가. 관련 국가연구개발사업 현황

- 현재 LNG Value Chain 관련 R&D 사업 및 지원 부처



- 위의 도표에서 알 수 있듯이 현재 LNG 관련 연구개발사업은 국토해양부와 지식경제부에서 각각 다른 부분에 있어서 지원하고 있음
- 특히 국토해양부의 경우 LNG-FPSO 및 액화플랜트 기술개발을 위하여 Green Up 30 및 VC-10 사업의 일환으로 연구개발사업을 지원하고 있음
- 한편 콘크리트 LNG 해상터미널과 같은 인수기지의 경우, 지식경제부의 “해상 LNG 터미널 (FSRU) 엔지니어링 기술 개발” 사업을 통하여 부유식 LNG 해상터미널의 구조물-계류시스템 설계 핵심기술을 비롯하여, 재기화 가스플랜트 설계기술, 위해도 평가 시스템 기술, FSRU-LNG선 안전접안 감시제어시스템 등을 개발되고 있으므로, 이러한 기술을 콘크리트 LNG 해상터미널에 접목하기 위한 부처 간 연계가 필요함

○ 대형 콘크리트 부유체 제작 관련 R&D 사업 및 지원 부처

표. 대형 부유식 구조물 관련 R&D 사업

구분	수행시기	추진기구	지원 부처
부유식 해상구조물에 관한 연구	1993-1995	울산대	교육과학기술부
해양공간이용 대형 복합플랜트 개발	1995-1999	한국기계연구원	교육과학기술부
초대형 부유식 해상기지 개발	1999-2000	울산대, 현대중공업	교육과학기술부
초대형 부유식 해상구조물 기술개발	1998-2001	한국해양연구원	국토해양부
부유식 초대형 해상구조물 기획연구	1999	홍익대	교육과학기술부
부유구조물을 이용한 해상항만개발 타당성 검토	1997	한국해양수산개발 원	국토해양부
부유구조물을 이용한 미래형 컨테이너터미널 개발방향 연구	2003	한국해양수산개발 원	국토해양부
초대형 컨테이너선용 하이브리드 안벽기술개발	2003-2009	한국해양연구원, 삼성중공업	국토해양부
Mobile Harbor Project	2009-2011	한국과학기술원	교육과학기술부

- 위의 표에서와 같이 대형 부유식 구조물 관련 R&D 사업은 교육과학기술부와 국토해양부에서 다양한 연구개발사업을 지원한 바 있음
- 특히 국토해양부의 경우 부유식 항만 등의 인프라 개발을 목표로 하고 있는 반면, 교육과학기술부의 경우 상대적으로 원천기술에 가까운 연구개발사업을 지원하고 있음
- 부유식 콘크리트 LNG 해상터미널의 경우 교육과학기술부 및 국토해양부에서 기 수행한 연구개발사업 연구결과를 도입, 적용함으로써 전체적인 완성도를 높일 수 있고, 향후 콘크리트 LNG 해상터미널 해외시장에서 기술우위를 차지할 수 있을 것으로 사료됨
- 따라서 원천기술 개발을 주로 지원하고 있는 교육과학기술부와와의 연계가 필요함

나. 부처 간 연계 사업 방안

- 따라서 다음과 같이 국토해양부를 중심으로 교육과학기술부 및 지식경제부와 의 범부처 협력이 필요할 것으로 사료됨

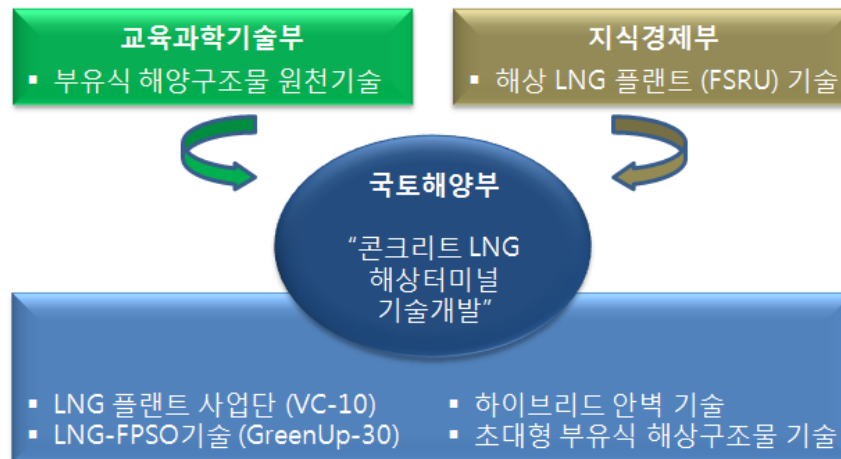


그림. 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발을 위한 부처 간 연계

7.2 상용화 과정에서의 부처 및 전문기관 협조

- 현재 연구개발사업 관리 규정 등에 따르면 유형 혹은 무형의 연구성과의 소유는 주관연구기관으로 하고 있으며, 이러한 기술을 이용하여 사업화하는 경우 기업으로의 기술이전을 위하여 기술료를 납부하여야 함
- 그러나 하나의 상품인 콘크리트 LNG 해상터미널을 상용화함에 있어 필요한 기술이 각 부처별로 나누어져 있고, 각기 주관연구기관이 다른 경우 상호 기관간의 이해관계에 따라 협조가 이루어지기 힘들 수 있으므로, 이 경우 지원 부처 및 각 전문기관에서 충분한 협의를 이끌어냄으로써 국가 전체에 도움이 되는 방향으로 사업을 전개할 필요가 있음
- 또한 국가연구개발사업의 연구성과가 연구개발사업에 참여한 주관연구기관 및 공동연구기관, 혹은 참여기업에 소유권 및 우선 실시권이 주어지므로, 연구개발사업에 참여하지 못한 관련 기업이 외국에서 수주 활동을 할 경우 어려움이 있을 수 있음

- 이 기술이 국가 전체의 경쟁력 확보를 위한 기술인 점을 고려하여 국토해양부 등에서는 이러한 이해관계를 충분히 조율할 수 있도록 할 필요가 있음

8 참고문헌

- 이나현, 김성배, 김장호, 조윤구, "폭발하중을 받는 콘크리트 구조물의 실험적 거동분석: (II) 초고강도 콘크리트 및 RPC 슬래브의 실험결과," 대한토목학회 논문집, 29(5A), 565~575, 2009.
- 이나현, 김성배, 김장호, 최종권, "폭발하중을 받는 콘크리트 구조물의 실험적 거동분석: (I) 실험수행절차," 대한토목학회 논문집, 29(5A) 557~564, 2009.
- 이승림, 박장식, 이영순, "LNG 저장탱크 강재지붕의 충격 및 화재에 대한 안전성 평가기법 개발." Journal of Korean Institute of Gas, 13(1), 2009.
- 전세진, 김영진, 이윤석, 정철현, 정연석, "항공기 충돌에 의한 원자력발전소 격납건물의 국부손상 평가," 2003년 대한토목학회 정기학술대회.
- 차세대-해상LNG터미널엔지니어링기술개발 기획연구 보고서
- 홍성인, 해양운송기기분야의2020 비전과 전략: 크루즈선과 FSRU를 중심으로, 산업연구원 정책자료 2006-35
- ABS Consulting, LNG Receiving Terminal Offshore Oregon as an Alternative to the Land Based Bradwood Facility, Report for Northern Star Natural Gas, 2006
- Adriatic LNG Terminal, RasGas Magazine 15-17
- Atle K. Haug, Rolf Eie, Knut Sandvik(Aker Kvaerner), Eiji Aoki(IHI Marine United Inc) Offshore Concrete Structures for LNG facilities ? New developments, OTC 15302 Proceeding of Offshore Technology Conference 2003
- B. Raine (Arup Energy), A. Kaplan (Foster Wheeler), Examining Nigerian built concrete substructures for floating or gravity based Liquefied Gas production facilities, ArupEnergy & Foster-Wheeler,
- Bin Guo, Long Fei Xiao, Jian Min Yang, Analysis on Motions and Green Water of FPSOs in Shallow Water With Non-Collinear Environments, Proceedings of ASME 2010 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2010) pp. 419-427
- BOMEL Limited , Analysis of green water susceptibility of FPSO/FSU's on the UKCS, Report for the Health and Safety Executive.

Brian Raine, Arup Energy, and Al Kaplan, Foster Wheeler, U.S.A,
Concrete-based offshore LNG production in Nigeria, LNG journal
September/October 2003 page 29

COMPREHENSIVE EVALUATIONS OF LNG TRANSFER TECHNOLOGY FOR
OFFSHORE LNG DEVELOPMENT

David McDonald, (ChevronTexaco Shipping Company), Chen-Hwa
Chiu(ChevronTexaco Energy Technology Company), Dean Adkins, et al.
Floating LNG: Cost and Safety Benefits of a Concrete Hull

Egil Martinussen (Aker Solution), Challenges and Technology for Asian
Offshore Field Developments, BPMIGAS-NORAD-PETRAD-INTSOK-ccop,
Seminar on Stranded Gas

Jan De Nul Group, Adriatic LNG project-Solid Ballast Installation and Scour
Protection Installation

Lisa B. Waters, Chuck V. Mueller, Paul C. Hellen, Gary L. Hurst, Design and
Construction of Gravity Based Structure and Modularized LNG Tanks for
the Adriatic LNG Terminal

MANABE Hideo, SAKURAI Tomoki (IHI Marine United Inc.), Seismic Analysis
of an SPB Tank Installed in the Offshore GBS LNG Terminal, IHI
Engineering Review, 40(2) 2007

Michelle Michot Foss, Offshore LNG Receiving Terminals, Guide to
Commercial Frameworks for LNG in North America, A research and Public
Education Consortium, 2006

Mike Said, Joram Meijerink (Shell Global Solutions Int.) LNG Import
Terminals: Offshore vs Onshore, A Site & Concept Screening Methodology

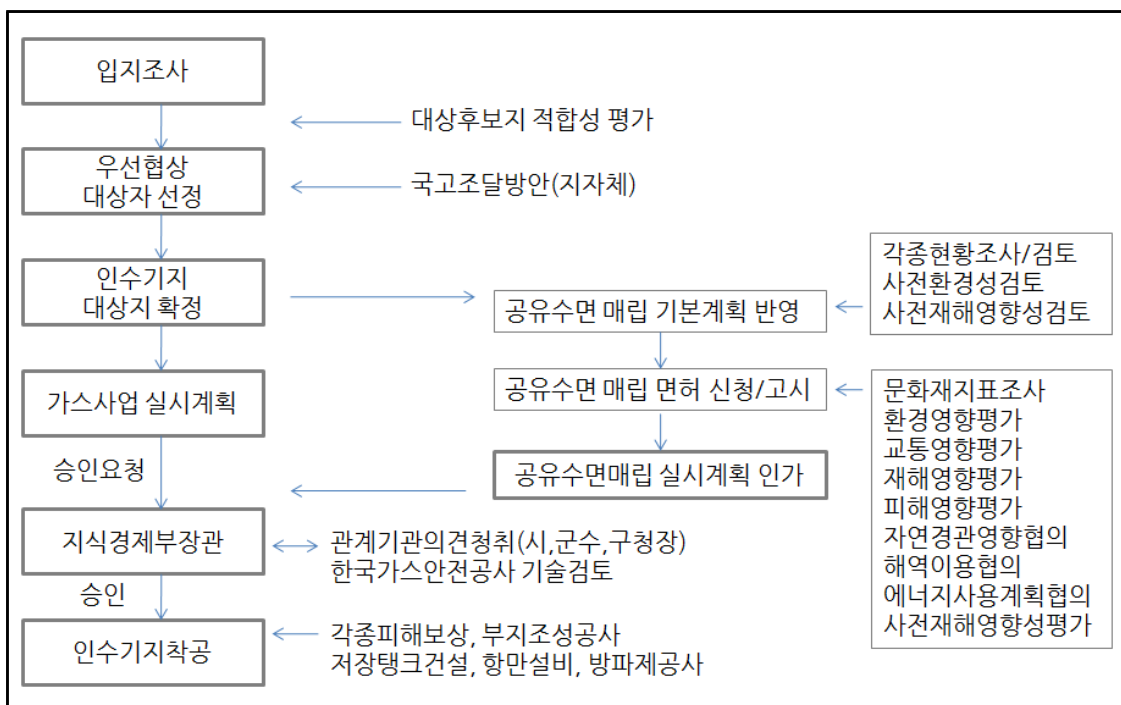
Wim van Wijngaarden (SBM), Hein Oomen (SBM), Jos van der Hoorn (MSC),
Offshore LNG Terminals: Sunk or Floated? OTC 16077, Proceeding of
Offshore Technology Conference 2004

부록 1. 콘크리트 LNG 해상터미널 인허가 추진절차

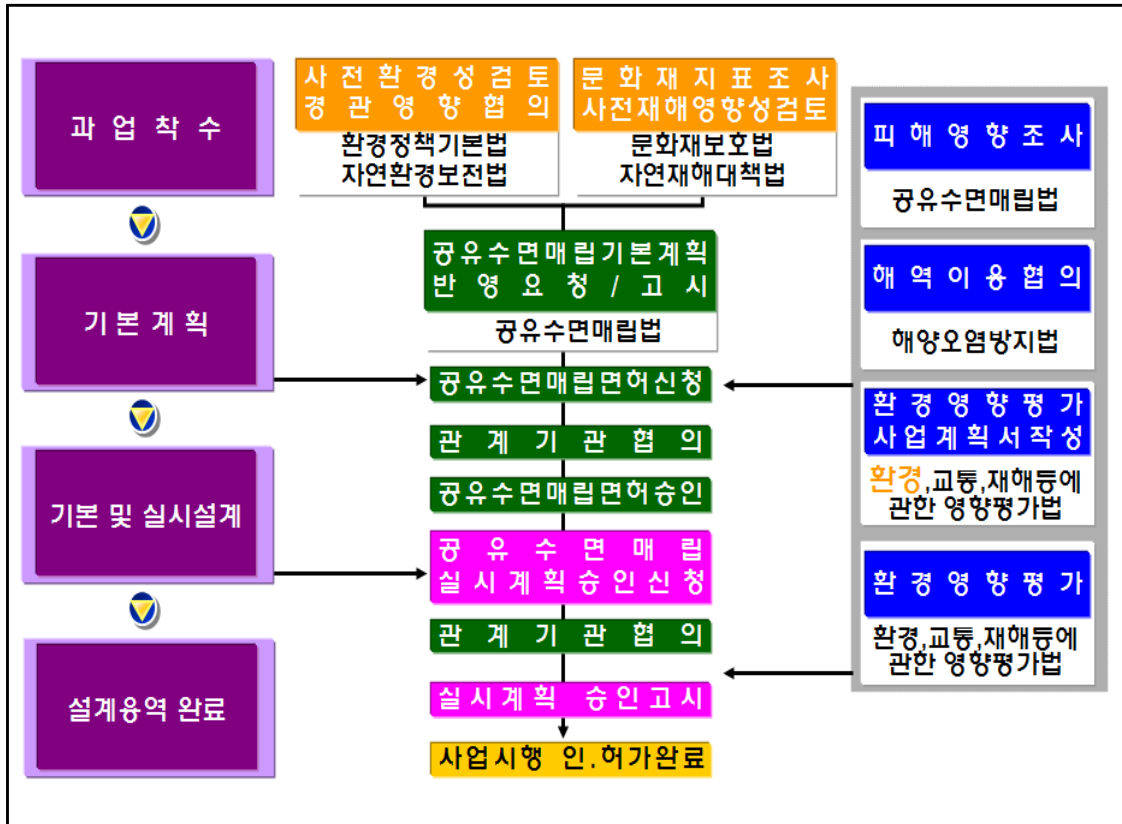
□ 기존 육상 LNG 인수기지 건설사업 추진 절차

- 한국가스공사에서 동법 16조에 의거 지식경제부 장관의 승인을 득하여 실시하며, 승인을 받은 경우 관련 인·허가는 득한 것으로 인정함

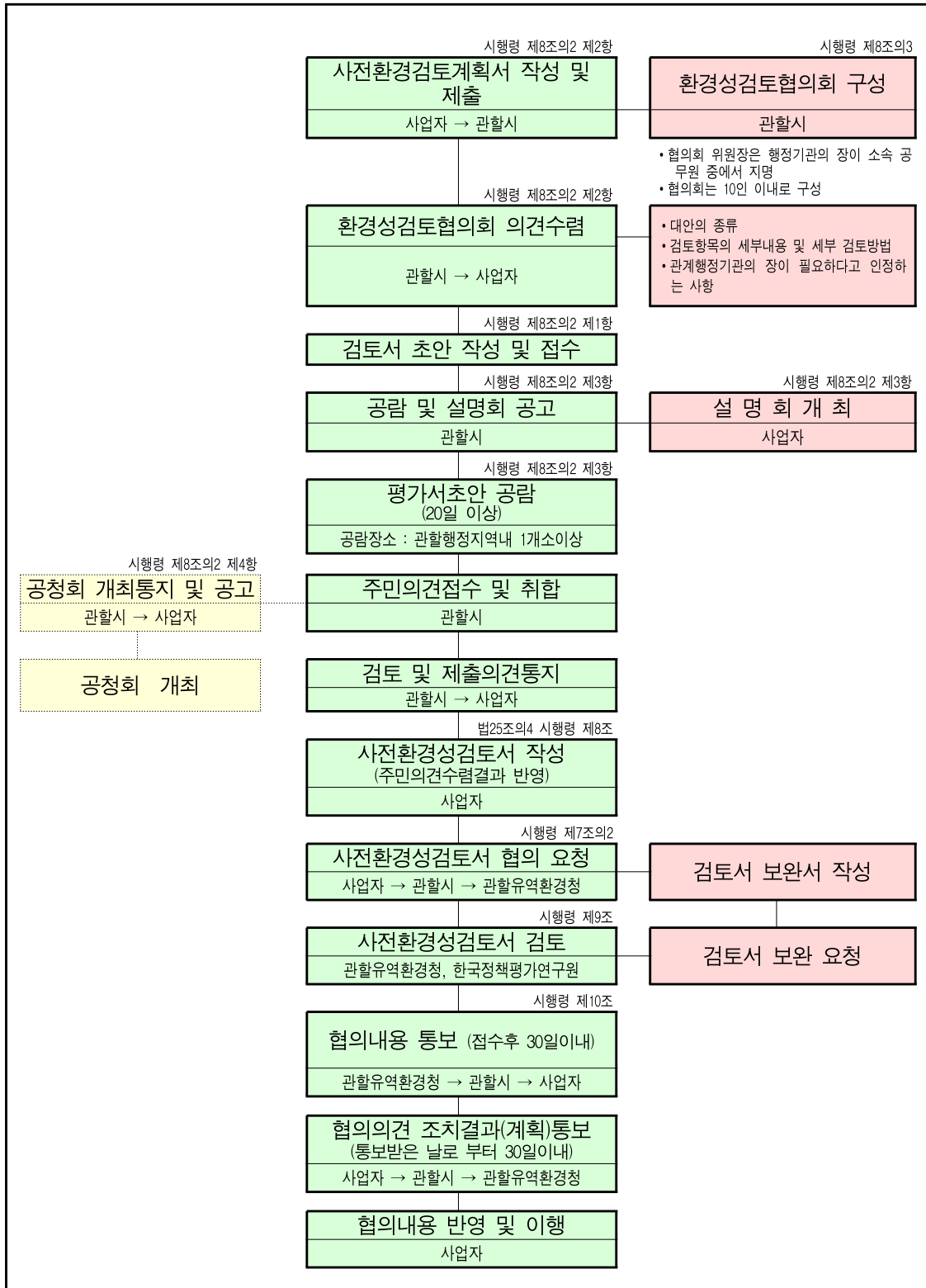
LNG 인수기지 건설사업 추진 절차



공유수면 매립사업 추진 절차



사전환경성검토 협의 절차



사전재해영향성검토 협의 절차

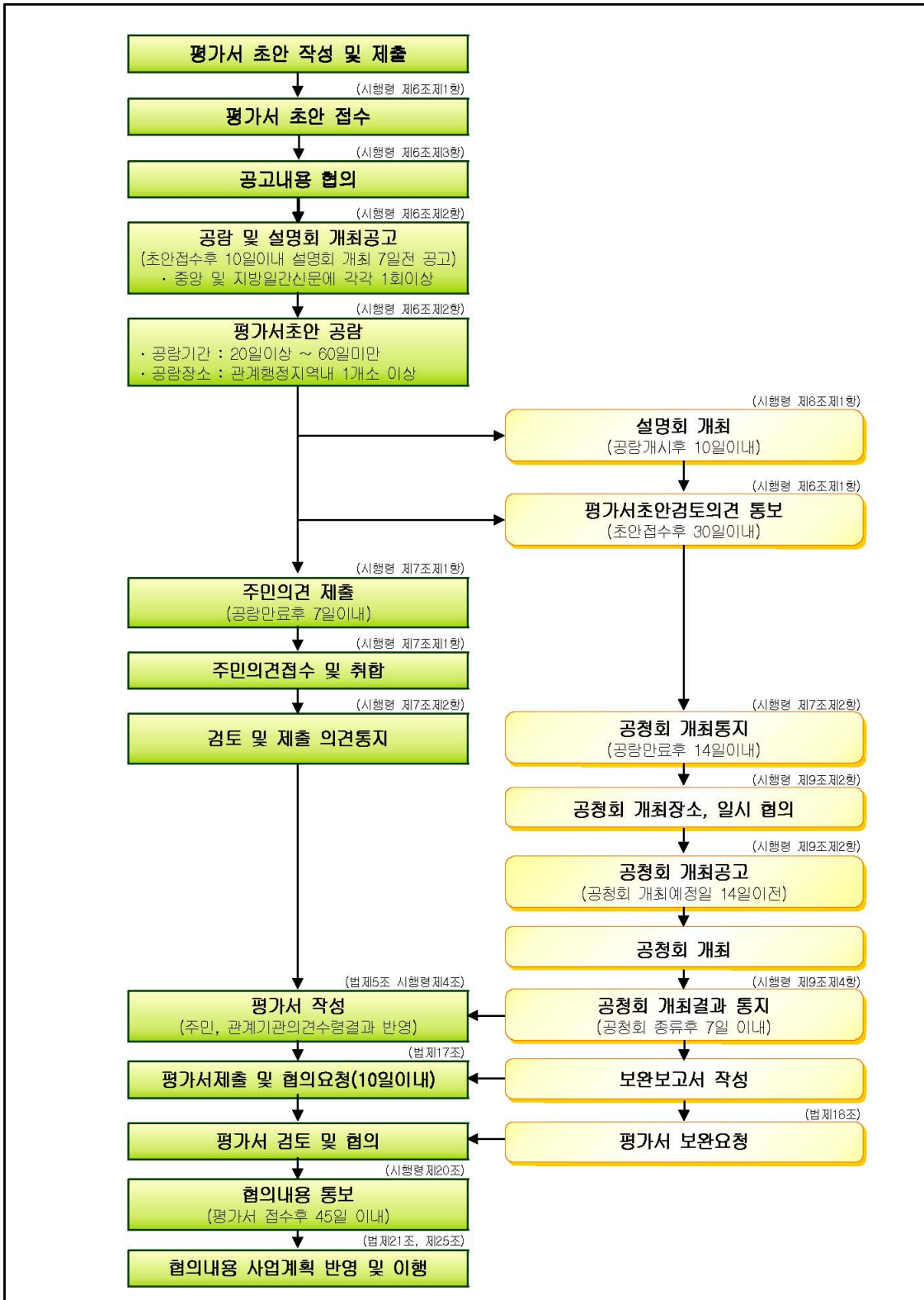


● 협의시기

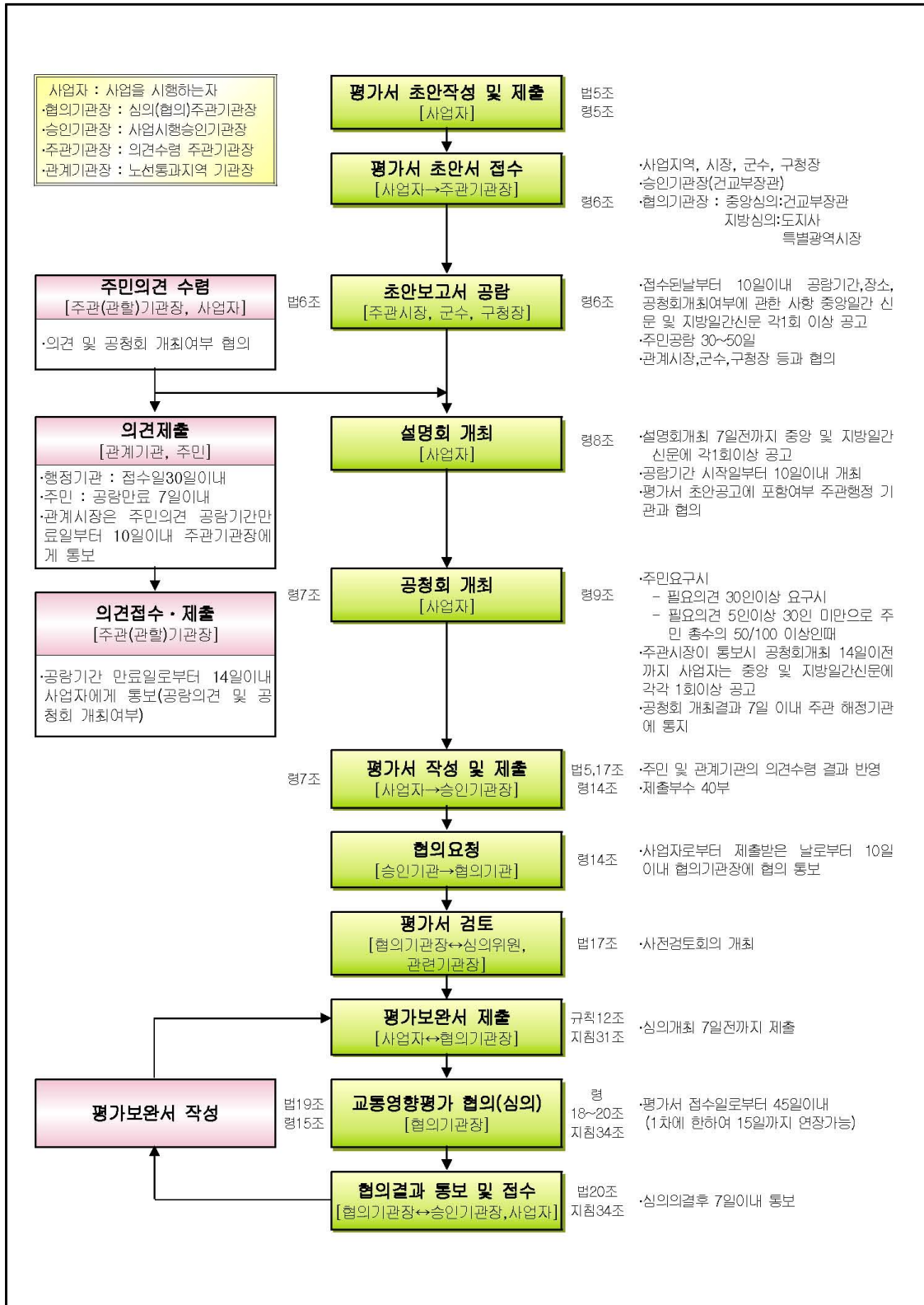
▶ 사전재해영향성검토협의 대상 행정계획 및 개발사업의 범위 및 협의시기(제6조제1항관련)

수자원 및 해양개발	「공유수면매립법」 제4조의 규정에 의한 공유수면매립기본계획	관계중앙행정기관의 장과 협의 시
	「공유수면매립법」 제15조의 규정에 의한 공유수면매립실시계획	실시계획 인가 전

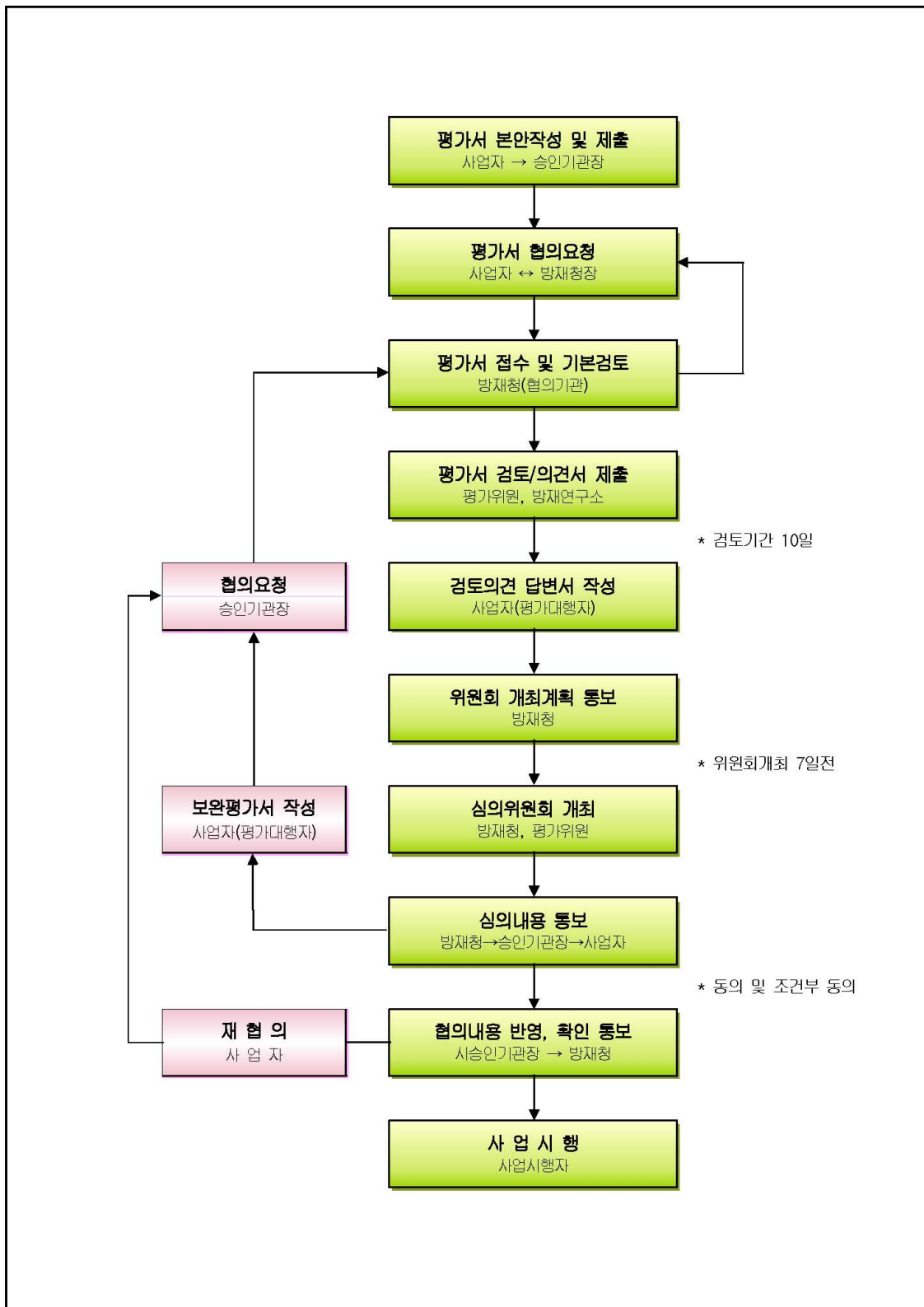
환경영향평가 협의 절차



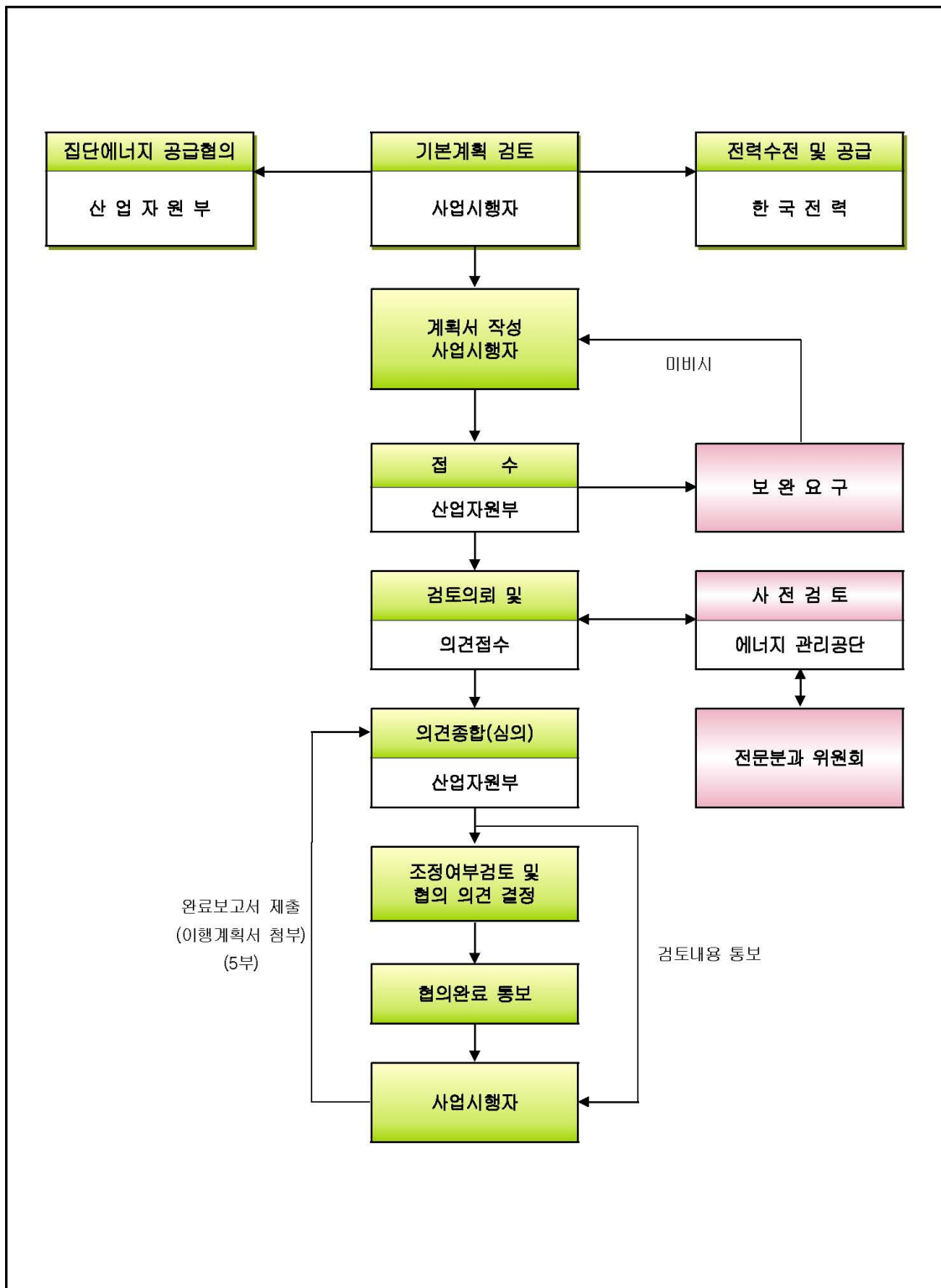
교통영향평가 협의 절차



재해영향평가 협의 절차



에너지 사용 계획 협의 절차



「한국가스공사법」

제16조의2(사업실시계획의 승인 등) ① 공사는 제11조에 따른 사업 중 천연가스의 인수·저장·생산·공급 설비 및 그 부대시설을 설치하는 공사(이하 "가스사업"이라 한다)를 하려는 경우에는 사업구역, 사업시행기간, 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항이 포함된 가스사업 실시계획(이하 "실시계획"이라 한다)을 수립하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 지식경제부장관의 승인을 받아야 한다

제16조의3(다른 법률에 따른 인·허가 등의 의제) 공사가 제16조의2에 따라 실시계획의 승인을 받은 경우에는 다음 각 호의 허가·인가·면허·승인·해제 또는 인정(이하 "인·허가등"이라 한다)을 받았거나 협의를 한 것으로 보며, 지식경제부장관이 실시계획의 승인을 고시한 때에는 다음 각 호의 법률에 따른 인·허가등의 고시 또는 공고가 있는 것으로 본다.

6. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조에 따른 공유수면의 점용·사용허가, 같은 법 제17조에 따른 점용·사용 실시계획의 승인 또는 신고, 같은 법 제28조에 따른 공유수면의 매립면허 및 같은 법 제38조에 따른 공유수면매립실시계획의 승인

제16조의6(공공시설의 우선 설치) 가스사업과 관련되는 도로, 교량, 항만, 수도, 그 밖에 대통령령으로 정하는 시설(이하 "공공시설"이라 한다)을 주관하는 관계 행정기관은 가스사업을 원활히 수행할 수 있도록 대통령령으로 정하는 바에 따라 해당 공공시설을 우선적으로 설치하거나, 공사(公社)의 신청이 있는 경우 필요하다고 인정할 때에는 그 공공시설을 공사로 하여금 설치하게 할 수 있다

「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」

제8조(공유수면의 점용·사용허가) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 공유수면관리청으로부터 공유수면의 점용 또는 사용(이하 "점용·사용"이라 한다)의 허가(이하 "점용·사용허가"라 한다)를 받아야 한다. 다만, 제28조에 따라 매립면허를 받은 자가 매립면허를 받은 목적의 범위에서 해당 공유수면을 점용·사용하려는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 공유수면에 부두, 방파제, 교량, 수문, 건축물(「건축법」 제2조제1항제2호에 따른 건축물로서 공유수면에 토지를 조성하지 아니하고 설치한 건축물을 말한다. 이하 이 장에서 같다), 그 밖의 인공구조물을 신축·개축·증축 또는 변경하거나 제거하는 행위

「항만법」

제7장 항만에 관한 비용과 수익

제66조(비용부담 원칙) ① 이 법 또는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우 외에는 국가가 항만의 관리 및 시설에 관한 비용을 부담한다.

제67조(비용의 보조 등) ③ 전기·통신·가스 및 지역난방 시설의 설치 등은 「도시개발법」 제55조를 준용한다.

「도시개발법」

제55조(도시개발구역의 시설 설치 및 비용부담 등) ① 도시개발구역의 시설의 설치는 다음 각 호의 구분에 따른다.

2. 전기시설·가스공급시설 또는 지역 난방시설의 설치에 해당 지역에 전기·가스 또는 난방을 공급하는 자

부록 2. 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발 서면자문 요청자료

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발
서면자문 요청자료



2010년 11월 5일

한국해양연구원/삼성중공업/건일엔지니어링

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발 기획연구과제 개요

■ 기획연구 배경

- 1) 환경친화적인 천연가스에 대한 수요가 지속적으로 증가
2025년 경 전세계 에너지 사용량의 28% 분담(2004, Oil&Gas Journal)
- 2) 따라서 LNG 터미널의 신규 건설 등이 필요하나, 위험시설로 NIMBY(Not In My Back Yard), BANANA (Build Anything Nothing Anywhere Near Anything) 등의 현상을 유발하여 도시 근교 및 육상에서의 신규 건설이 어렵고, 그 대안으로 LNG 해상터미널의 큰 관심을 받고 있음. 향후 LNG 해상터미널 시장 급증 전망.
- 3) 기존 강재 또는 콘크리트의 전형적인 해상터미널을 탈피하여, 경제성 및 안전성을 획기적으로 개선하기 위한 다양한 재료 및 구조형식을 사용한 하이브리드 형태의 Hybrid Concrete LNG 해상터미널에 대한 연구 필요

■ 본 연구 및 기획연구의 목표

- 1) Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발을 통하여 고부가 가치의 “핵심엔지니어링 기술”을 자립화
- 2) 세계 시장을 선도할 수 있는 신기술을 개발함으로써 기술 선도
- 3) 하이브리드 LNG 해상터미널 기술개발을 위한 종합추진계획 작성 (기획연구 목표)

■ 기획연구 내용

- 1) 국내외 관련 연구 동향, 기술개발의 타당성 등에 대한 조사
- 2) 연구목표 및 내용, 범위, 목표 달성을 위한 세부과제 도출 및 연구개발 추진 계획 수립
- 3) 사업화 방안, 기대효과, 파급효과 제시 및 단계별 정량적 성과지표 및 목표치 제시

■ 기획연구의 기대효과 및 활용방안

- 1) 하이브리드 LNG 해상터미널 개발 관련 정책자료로 활용
- 2) 국토해양부 과제로 추진될 경우 연구단 또는 사업단 구성을 위한 RFP, 선정 평가시 평가 자료, 과제 추진 시 점검 자료로 활용

■ 기존 정부 R&D 사업 현황 및 차별화 방안

- 1) 현재 국내에서는 지식경제부 수송시스템산업원천기술개발 사업의 일환으로 2009~2013년 동안 “해상 LNG FSRU 터미널 엔지니어링 기술개발” 사업을 추진하고 있음
- 2) 이 과제는 조선-해양 산업 분야를 중심으로 강재(steel-based) 선형(ship like)의 “부유식 LNG 해상터미널” 기술을 개발하고 있음.
- 3) 따라서 본 기획연구에서는 “착저식(GBS, gravity based structure)”을 비롯하여 “콘크리트”를 중심으로 하는 다양한 하이브리드 형태의 LNG 해상터미널 기술개발을 위한 기획을 수행함으로써, 본 과제로 추진될 경우 기존 과제와의 차별화를 할 수 있으며, 관련 건설, 플랜트, 조선해양 분야 산업의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대됨.

■ 관련자료: 고부가가치 핵심엔지니어링 기술개발 필요성

■ 선진국 대비 국내 해양구조물 기술수준

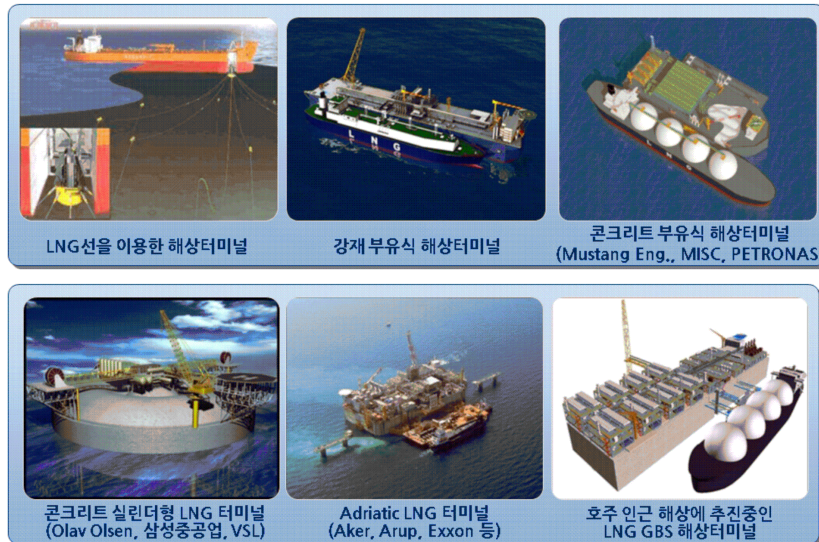
세부기술	국외현황	국내개발 현황	기술수준 (선진국=100)
FEED	다양한 형식의 해양구조물 개발	독자 수행 능력 결여	40
Engineering Design	연구개발과 병행하여 설계 수행 중	생산제작을 위한 설계를 하고 있음	50
Procurement Engineering	Global한 시장과 에너지 수요공급에 맞추어 수행	생산제작을 위한 설계를 하고 있음	80
Construction Engineering	다양한 형식에 대한 실적 보유	조선해양분야 생산성 우수	90

고부가가치 핵심엔지니어링 기술수준이 매우 낮음

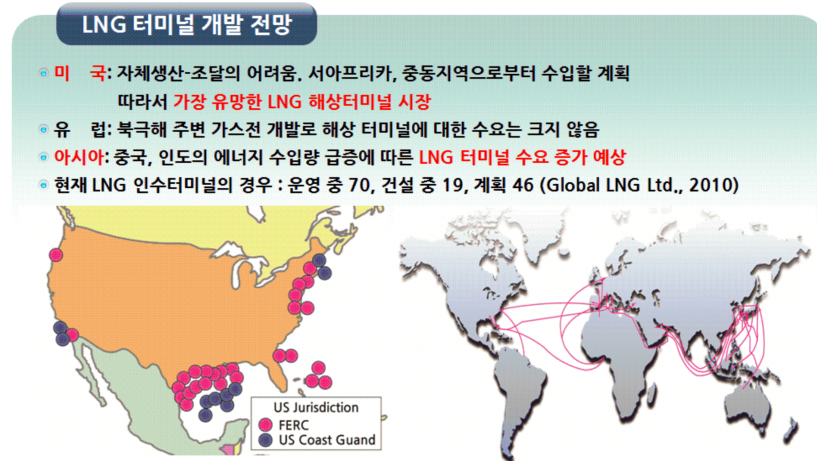
➔ 고부가가치 핵심엔지니어링 기술 개발을 위한 기획 연구가 필요

■ 관련자료: LNG 해상터미널의 정의 및 종류

정의: 육상외로의 원활한 가스공급을 위하여 LNG선 접안, 인수, 저장, 재기화 및 공급시설을 갖춘 해상 SOC 시설



■ 관련자료: LNG 터미널 개발 전망



■ 관련자료: 수행 중인 국내 LNG 해상터미널 기술개발 R&D 사업

기획연구

- “차세대 부유식 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발에 관한 산업분석”(산업자원부, 2006)
- “해양운송기기 분야의 2020 비전과 전략”(산업연구원, 2006)
- “차세대 해상 LNG 터미널 (FSRU) 설계 엔지니어링 기술 기획연구”(산업자원부, 2008)

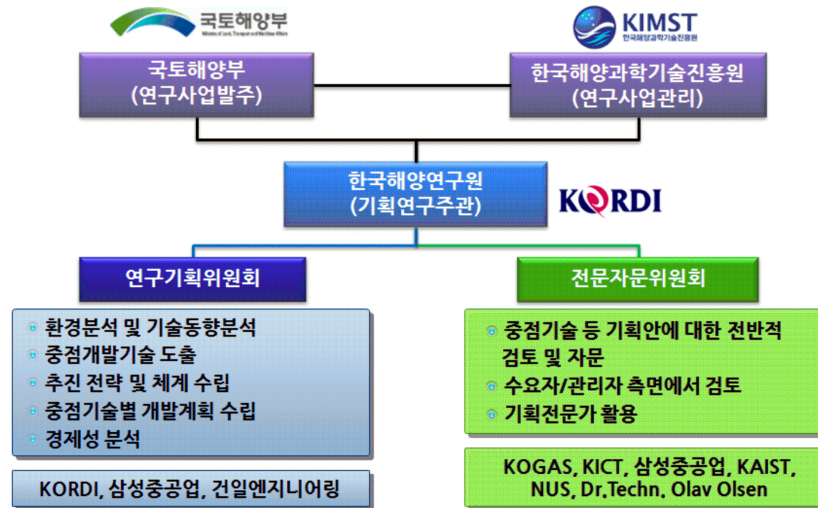
단계별 세부내용	1 단계			2 단계		3 단계	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
FSRU 설계핵심 기술 개발	FSRU 설계핵심 기술 개발			FSRU 모듈 설계		FSRU 통합설계 시스템 개발	
FSRU 구조물-계류시스템 설계핵심 기술 개발	FSRU 개념설계 수행 구조물 전해역 기동해석			표준 설계안 도출		FSRU 표준모형 및 용량기능 시뮬레이터 개발	
FSRU 재기화 플랜트 설계기술 개발	계류시스템 연성해석 및 안전성능 평가			국한환경 안전성 평가		FSRU 재기화시스템 상용 설계입	
	재기화플랜트 개념설계 및 설계기술(FEED) 용인			재기화플랜트 상세설계 및 시공성 기술개발		FSRU 재기화시스템 상용 설계입	

국가 R&D 사업

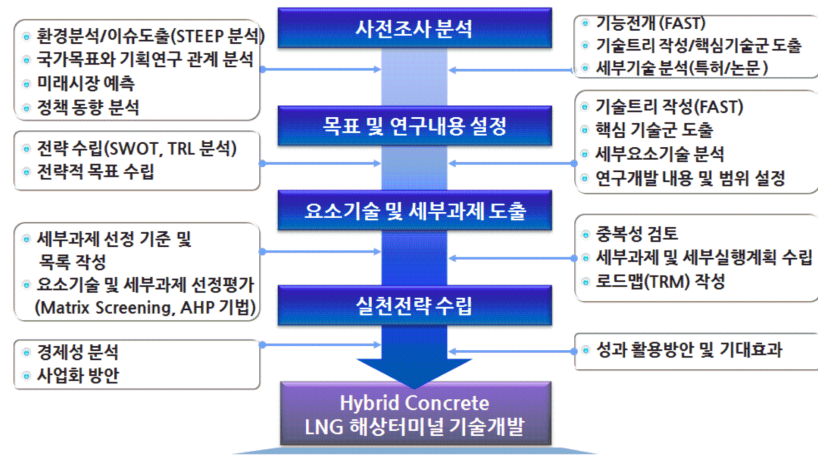
- “해상 LNG 터미널 엔지니어링 기술개발” (지식경제부 수송시스템산업원천기술개발사업 '09~13)
- “LNG FSRU 구조물-계류시스템 설계핵심 기술개발” (MOERI/KORDI)
- “LNG FSRU 가스플랜트 설계기술개발” (KOGAS)
- “LNG FSRU 위해도 평가시스템 개발” (SHI)
- “FSRU-LNGC 안전접안 감시제어 시스템 개발” (KITECH)

LNG 해상터미널에 대한 연구 활발히 수행 중 ▶ **강제 선행 FSRU 기술개발 중점 수행**

■ 관련자료: 본 기획과제의 연구추진체계



■ 관련자료: 본 기획과제 연구수행내용



자문요청사항 1

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발의 필요성이 어느 정도라고 생각하십니까? 그리고 그 이유는 무엇입니까?

① 매우 필요하다 ② 어느 정도 필요하다 ③ 약간 필요하다 ④ 필요 없다

이유	

자문요청사항 2

Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발을 위한 R&D 형식은 다음 중 어떤 방식이 바람직하다고 생각하십니까? 그 이유는 무엇입니까?

- ① 국가R&D사업-기업주관
- ② 국가R&D사업-연구소 주관
- ③ 국가R&D사업-대학주관
- ④ 민간R&D사업-기업주관

이유	

자문요청사항 3

Hybrid Concrete LNG 해상터미널은 형태 상 크게 부유식과 착저식으로 구분할 수 있으며 각각의 장단점은 다음의 표와 같습니다. 아래 기술 내용에 대한 수정 및 보완의견을 제시하여 주시기 바랍니다.

착저식 및 부유식 LNG 해상 터미널

구분	착저식	부유식
대상지역	수심 30m 내외에 적합	수심 30m 이상 지역에 적합
이동성	이동성 없음	이동성 우수
확장성	확장성 우수	확장 어려움
구조물 운동	슬러싱, 오프로딩에 대한 기술적 대응 용이	슬러싱 및 오프로딩에 대한 기술적 고려 필요

의견	

자문요청사항 4

LNG 해상터미널은 주로 사용되는 재료에 따라 강재 해상터미널과 콘크리트 해상터미널로 구분할 수 있고, 재료에 따른 장단점은 각각 다음과 같이 정리하였습니다. 아래 기술내용에 대한 수정 및 보완의견을 제시하여 주시기 바랍니다.

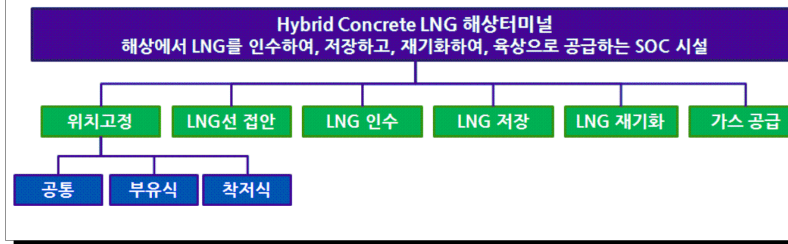
콘크리트 및 강재 LNG 해상 터미널

구분	콘크리트	강재
내구성	100년 내외의 내구수명	20년 내외의 내구수명
저온 성능	극저온 재료성능 우수	극저온 재료성능 불리
Local Contents	임의지역 제작 가능 Local Contents 대응 용이	조선소 Dry dock 제작 Local Contents 대응 불리
이동성	자중이 커 이동성능 불리	콘크리트에 비해 이동성능 우수
기타 재료적 특성	강재에 비해 내화, 내피로, 내충돌 성능 우수	콘크리트에 비해 연성이 좋으며, 인장에 대한 균열 문제 없음

의견	

자문요청사항 5

Hybrid Concrete LNG 해상터미널의 주요 기능을 다음과 같이 위치고정, LNG선 접안, 인수, 저장, 재기화, 공급으로 구분하였습니다. 이 필요 기능에 대한 수정 및 보완사항을 제시하여 주시기 바랍니다.



의견

자문요청사항 6

위에서 기술한 LNG 해상터미널의 주요 기능을 구현하기 위한 기술분야 및 필요 세부기술, 그리고 기술내용을 다음 첨부 1에 제시하였습니다. 각 기능에 대한 세부기술이 적절한지 검토하여 주시고, 변경 또는 추가할 기술에 대한 의견을 주시기 바랍니다.

의견	

상기와 같이 연구과제 자문결과를 제출합니다.

2010. 11. .

자문위원 소속 :

직위 :

성명 :

(인)

첨부 1. Hybrid Concrete LNG 해상터미널 기술개발을 위한 기술트리

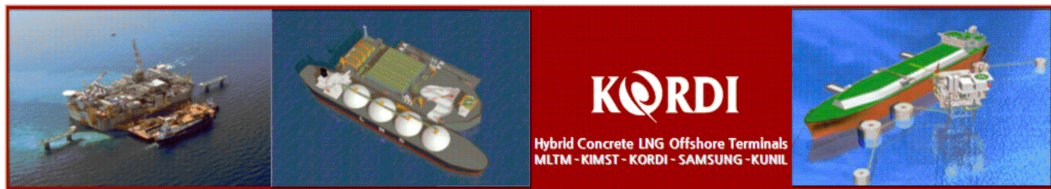
필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	기술 개요
위치 유지_0 (공통)	외력 평가 기술	설계외력 평가 기술	과거 계속자료를 활용한 조류/파도/바람 등 외력을 고려한 설계 하중 산정 기술
		천해역 파랑변형 해석기술	천해에서의 파변형 해석
		해상터미널 가동률 평가기술	LNG선의 작업성을 고려한 가동률 평가
		파랑충격력 및 Green Water	파랑 충격력 및 Overtopping (Green Water Damage) 해석
		극한하중 평가 기술	지진해일, 폭풍해일 등 극한 조건에서의 하중 평가 기술
	외력 저감 기술	방파기술	RIB 등을 이용하여 파랑을 차단하는 기술
		소파기술	에너지 저감 형상 개발
위치 유지_1 (부유식)	부유체 운동해석	파랑 중 운동해석	규칙파/불규칙파에 대한 동적거동해석
		천해중 다물체 운동해석기술	천해에서의 Shallow Water 효과를 고려한 선형/비선형 파랑에 대한 동적거동해석
		조류력 다물체 상호간섭 해석	근접계류 상태의 조류력 상호간섭효과 해석: 실험 & 수치해석
		풍력 다물체 상호간섭 해석	근접계류 상태의 풍력 상호간섭효과 해석: 실험 & 수치해석
	계류 시스템 해석/설계 기술	다물체 운동 및 계류해석	작업 시 LNG선의 영향을 고려한 운동 및 계류 해석
		다물체 통합 연성거동 해석	FSRU-LNGC 운동-계류-슬로싱 연성해석
		계류시스템 설계 기술	계류형식 별 사양설계 및 최적 설계안 도출
		해저지반 조사 및 물성평가 기술	계류를 위한 해저지반 조사 및 평가
		해저 앵커 시스템 설계	해저 지반에 설치된 앵커 시스템의 저항력 산정 기술
		해저 앵커 시스템 시공 기술	해저 지반에 대심도 앵커 시공 기술
위치 유지_2 (착저식)	내진성능 확보기술	지반-구조물-유체 상호작용해석	지반과 구조물, 내부유체를 고려한 상호작용해석
		확률적 지진안전성 평가	내진성능목표 설정 및 확률적 지진안전성 평가
		지진성능 개선 기술	LRB 등 수동제어기법을 이용한 지진성능 개선
	수리저항성능 평가	국부세굴 해석기술	구조물 주변의 지형변화 및 국부세굴 해석
		세굴 및 퇴적 저감 기술	세굴방지공 등에 의한 세굴 및 퇴적 저감 기술
	지반 설계	지반 평가	해저지반조사및지반물성평가
		지지력 및 침하량 산정	구조물 설치에 따른 해저 지반의 지지력 및 예상 침하량 산정 기술
		해저 사면 안정 해석	구조물 설치시 해저 지반 사면의 붕괴 여부 판단 기술
		동적 안정성 평가	지진, 반복하중 등에 의한 지반의 물성 변화 예측 및 해석 기술
	지반 보강 기술	SCP(GCP)	모래, 자갈 등으로 지반을 일부 치환하여 복합지반으로 개량하는 기술
		DCM	현장지반과 시멘트를 교반하여 지반을 개량하는 기술
		사석 균등 포설	해저 지반의 표면 상부에 사석을 고르게 포설하는 기술
		해상 말뚝 시공	해상에서 경해진 위치에 말뚝을 횡타하는 기술
스커트 설치 지반 해석		해저 지반에 관입된 구조물의 스커트와 지반의 안전성 해석 기술	

필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	기술 개요
LNG선 접안	접안 시스템 설계, 제작, 설치	접안 에너지 산정기술	선박의 접안시 충격력 등을 산정
		펜더 시스템 설계 기술	선박 접안에너지를 고려한 최적 펜더 시스템 설계
		조위차 극복 기술	착저식 해상터미널에 대한 대상 해역의 조위차를 극복할 수 있는 기술
		LNG선 접안 성능 평가	저속 조종성능, 터그 보조 접안 및 선수각 제어 성능 해석
	접안 시스템 운영	접안 시스템 설계, 제작, 설치	
	접안시스템 유지관리 기술	LNG선 접안 제어기술	
LNG 인수	인수시스템 설계, 제작, 설치 기술	구조응답 모니터링 기술	
		구조 건전성 평가 기술	
	인수시스템 유지관리	구조 보수보강 기술	
		구조 해석/설계 기술	구조 해석/설계 기술
LNG 저장	구조 해석/설계 기술	Loading Arm 설계, 제작, 설치 기술	LNG 하역을 위한 Loading arm 최적 설계
		하역용 계류 의장 설계	
		구조응답 모니터링	LNG 인수 시스템에 대한 실시간 모니터링
		가스누출 모니터링	화학 센서를 통한 가스누출 모니터링
		시스템 보수 및 보강 기술	
		Hull 구조 해석 및 설계	상하부 콘크리트 Hull 구조 및 지지보 설계 및 해석
	특수해석 및 설계	탱크 배치 및 안정성 계산	다수개의 탱크 배치 시 최적 탱크 크기 및 안정성 평가/확보 방안
		합성구조설계	강재와 콘크리트 등 하이브리드 사용을 통한 고성능 구조설계 기술
		균열제어 및 피로설계	수화열/피로파괴/균열진전 계산
		극저온 콘크리트 물성평가	극저온 시 콘크리트의 물성평가
		구조물 국부설계	텐던정착부 국부해석 및 보강설계
		국부해석 및 보강설계	하중집중부(도교 받침부, 펜더, 볼라드, 크레인 등) 국부해석 및 보강설계
신소재 이용 기술	슬러싱 해석 및 안전성 평가	지진 및 폭풍시 내부 LNG의 슬러싱 해석 및 연성 해석, 압력 분석	
	슬로싱 압력 저감 기술 및 보강설계	슬러싱 압력을 저감할 수 있는 수동제어기술 및 보강설계 기술	
	충돌/폭발/화재 해석	충돌/낙하/화재/폭발에 의한 추가 외력 평가 기술	
	고성능 콘크리트 재료기술	내염해, 내투수성, 고유동, 고강도 콘크리트 기술	
	경량골재 콘크리트 기술		
	신소재 Membrane Lining/barrier 개발	저온유지, 누출방지를 위한 신소재 Membrane의 개발	
시공 기술	예인/운송 안정성 해석	예인안정성해석, routeanalysis, 예인설계	
	설치 안정성 평가	설치설계, 설치 안전성 해석, 최적 설치안 도출	
	해상 접합 기술	발라스팅, 포스트텐션닝 등에 의한 모듈 접합 기술	
	해상 접합 기술	모듈 접합에 따른 위치제어 공법 검토	
저장시스템 유지관리	모듈 접합에 따른 가설재 배치 설계 및 국부보강설계		
	구조안전성 모니터링	Hull 구조체에 대한 상시균열 계측 등 실시간 모니터링	
	균열 모니터링	Acoustic Emission, Guided Wave 등을 이용한 응력집중부에 대한 실시간 균열 모니터링	
	가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링	
	콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가	콘크리트 열화 해석 및 이에 의한 잔존 수명 분석	
수중보수보강기술	누수 균열부 등 손상된 부위에 대한 수중에서의 보수보강 기술		

필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	기술 개요
LNG 재기화	재기화 플랜트 설계, 제작, 설치 기술	Top Side 설계	Top side plant 설계
		공정설계 및 제어	화학플랜트 공정 설계 및 제어
		파랑 충격력 및 Green Water	파랑 충격력 및 Overtopping (Green Water) 해석
		특수외력 평가 기술	충돌/낙하/화재/폭발에 의한 추가 외력 평가 기술
	재기화 플랜트 유지관리	플랜트 시설물 모니터링	플랜트 시설물에 대한 실시간 모니터링
		가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링
		재기화 플랜트 보수보강 기술	
재기화 플랜트 위험도 분석, 평가, 경감 기술	Hazard Identification	설비 위해 요소 발굴, LNG 누출 대응 시나리오	
	화재 및 폭발 전략	Detection system, Emergency philosophy, Classification, Fire fighting, Drainage, 화재 및 폭발 위험도 해석	
	위험도 경감 기술	Risk Management, 해상 LNG 터미널 위험도 경감 대책 제시 및 설계 반영	
Gas 공급	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술	
		배관 시스템 모니터링	
	공급시스템 유지관리	가스누출 모니터링	화학센서를 통한 가스누출 모니터링
		공급시스템 보수보강 기술	
지진 응답해석	배관시스템 지진응답 해석 및 설계	수 km에 이르는 공급 배관 시스템의 지진응답 해석	

부록 3. 경제적 타당성 분석을 위한 서면자문 요청자료

『콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발』
경제적 타당성 분석 및
세부과제 도출을 위한 전문가 설문



2011년 1월 5일

한국해양연구원/삼성중공업/건일엔지니어링

(Q1)

현재 전체 LNG 해상터미널 중 콘크리트 해상터미널이 차지하는 비중은 2018년까지의 전망 자료를 볼 때 약 15% 정도가 될 것으로 예상됩니다. 그러나 향후 콘크리트 해상터미널 관련 기술이 발전하고, 강제 가격 변동, Local Contents에 대한 대응 용이성 등으로 인하여 콘크리트 해상터미널의 경쟁력이 개선될 수 있을 것으로 볼 수 있습니다. 향후 콘크리트 해상터미널이 어느 정도 시장을 점유할 수 있을지 전문가 여러분의 의견을 부탁드립니다.

[자료]

- 시장조사 기관인 Infield(2010)에 따르면 2008년부터 2018년까지 총 46기의 LNG 터미널이 계획 중에 있으며, 전체 터미널 대비 콘크리트 LNG 터미널 수요는 모두 7기로서 약 15%의 점유율을 나타냄.

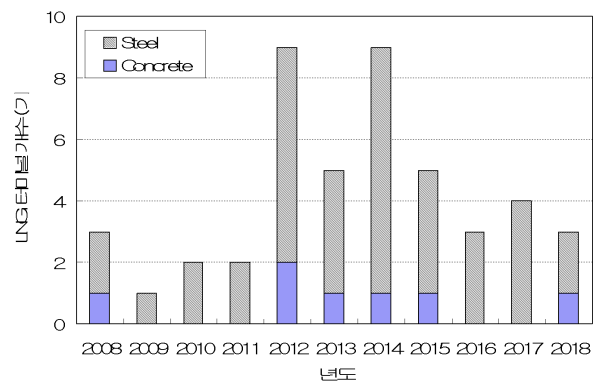


그림. 2018년까지의 LNG 터미널 수요 예측량 (2010, Infield Data Sheet)

- (1) 2020년 (10년 뒤) _____ 20 _____ %
 (2) 2030년 (20년 뒤) _____ 30 _____ %

(Q2)

현재 운용 중인 유일한 콘크리트 해상터미널인 Adriatic LNG 해상터미널은 Exxon Mobile, OOOOOO 등에서 발주하여 유럽의 Aker, OOO, OOO 등에서 개발하여 설치, 운영 중에 있습니다. 향후 국내 건설 및 중공업사에서 콘크리트 해상터미널 시장에서 어느 정도 시장 점유를 할 수 있을지, 전문가 전망을 부탁드립니다. 전망 시나리오는 경쟁사의 견제로 인하여 시장 참여가 제한될 경우 (비관적 시나리오), 국내 엔지니어링기술개발이 이루어지지 않고, 현재와 같이 건설 중심으로 시장에 참여할 경우 (중립적 시나리오), 국가 R&D 사업을 통하여 국제적인 기술 경쟁력을 확보하여, 시장 참여가 활발해 질 경우 (낙관적 시나리오) 등 총 세가지 시나리오에 대하여 의견을 부탁드립니다.

- (1) 비관적 시나리오의 경우 _____10_____%
- (2) 중립적 시나리오의 경우 _____20_____%
- (3) 낙관적 시나리오의 경우 _____40_____%

(Q3) 기술수준 및 기술확보 방안

현재 콘크리트 LNG 해상터미널 기술개발과 관련하여 아래와 같이 기능별 필요 세부 기술을 도출한 바 있습니다. 이 기술들에 대하여 현재의 기술수준을 바탕으로 기술확보 방안(현기술활용/해외기술도입/연구개발)에 대한 의견과 개발필요(중요도/시급성)에 대한 의견을 제시하여 주시기 바랍니다.

필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	현기술 이용	기술보완		개발필요	
				해외기술도입	연구개발	중요도 (0-5점)	시급성 (0-5점)
위치 유지_0 (공통)	외력 평가 기술	설계외력 평가 기술	○			2	2
		천해역 파랑변형 해석기술			○	2	2
		해상터미널 가동률 평가기술			○	2	2
		파랑충격력 및 Green Water			○	3	2
		극한하중 평가 기술			○	3	2
	외력 저감 기술	방파기술			○	3	3
		소파기술			○	3	3
위치 유지_1 (부유식)	부유체 운동해석	파랑 중 운동해석	○			4	2
		천해중 다물체 운동해석기술			○	4	3
		조류력 다물체 상호간섭 해석			○	4	3
		풍력 다물체 상호간섭 해석			○	2	3
	계류 시스템 해석/설계 기술	다물체 운동 및 계류해석			○	4	4
		다물체 통합 연성거동 해석			○	4	4
		계류시스템 설계 기술			○	5	5
		해저지반 조사 및 물성평가 기술			○	4	4
		해저 앵커 시스템 설계			○	4	4
		해저 앵커 시스템 시공 기술			○	4	5
위치 유지_2 (착저식)	내진성능 확보기술	지반-구조물-유체 상호작용해석			○	4	4
		확률적 지진안전성 평가			○	4	3
		지진성능 개선 기술			○	4	3
	수리저항성능 평가	국부세굴 해석기술			○	2	2
		세굴 및 퇴적 저감 기술			○	2	2
	지반 설계	지반 평가			○	2	2
		지지력 및 침하량 산정			○	2	2
		해저 사면 안정 해석			○	2	2
		동적 안정성 평가			○	2	3
	지반 보강 기술	SCP(GCP)	○			2	2
		DCM	○			2	2
		사석 균등 포설			○	2	3
		해상 말뚝 시공			○	2	4
		스커트 설치 지반 해석			○	2	3

필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	현기술 이용	기술보완		개발필요	
				해외기 술도입	연구 개발	중요도 (0-5점)	시급성 (0-5점)
LNG선 접안	접안 시스템 설계, 제작, 설치	접안 에너지 산정기술	○			3	2
		팬더 시스템 설계 기술	○			3	2
		조위차 극복 기술	○			3	2
		LNG선 접안 성능 평가			○	4	4
		접안 시스템 설계, 제작, 설치			○	4	3
	접안 시스템 운영	LNG선 접안 제어기술			○	4	3
		LNG선 안전접안 유도 기술			○	4	3
	접안시스템 유지관리 기술	구조응답 모니터링 기술	○			3	2
		구조 건전성 평가 기술			○	4	3
구조 보수보강 기술				○	4	3	
LNG 인수	인수시스템 설계, 제작, 설치 기술	Loading Arm 설계, 제작, 설치 기술			○	4	3
		하역용 계류 의장 설계			○	3	3
		간격제어 및 유지시스템			○	3	3
	인수시스템 유지관리	구조응답 모니터링	○			3	2
		가스누출 모니터링			○	4	4
	시스템 보수 및 보강 기술			○	4	3	
LNG 저장	구조 해석/설계 기술	Hull 구조 개념 설계			○	3	2
		Hull 구조 해석 및 설계			○	3	2
		탱크 배치 및 안정성 계산			○	3	3
		합성구조설계			○	4	3
		균열제어 및 피로설계			○	4	4
		극저온 콘크리트 물성평가			○	5	5
		구조물 국부설계			○	4	4
	특수해석 및 설계	슬러싱 해석 및 안전성 평가			○	5	5
		슬로싱 압력 저장 기술 및 보강설계			○	5	5
		충돌/폭발/화재 해석			○	5	4
	신소재 이용 기술	고성능 콘크리트 재료기술			○	5	4
		경량골재 콘크리트 기술			○	5	4
		신소재 Membrane Lining/barrier 개발			○	5	5
	시공 기술	예인/운송 안정성 해석			○	5	4
		설치 안정성 평가			○	5	5
		해상 접합 기술			○	5	4
	저장시스템 유지관리	구조안전성 모니터링	○			5	3
		균열 모니터링			○	5	4
		가스누출 모니터링			○	5	4
		콘크리트 열화해석 및 잔존수명 평가			○	5	4
수중보수보강기술				○	5	3	

필요 기능	기술 분야	필요 세부 기술	현기술 이용	기술보완		개발필요	
				해외기 술도입	연구 개발	중요도 (0-5점)	시급성 (0-5점)
LNG 재기화	재기화 플랜트 설계, 제작, 설치 기술	Top Side 설계	○			5	2
		공정설계 및 제어	○			5	2
		파랑 충격력 및 Green Water			○	3	2
		특수외력 평가 기술			○	2	3
		에너지절감형 재기화 장치			○	2	2
	재기화 플랜트 유지관리	플랜트 시설물 모니터링	○			4	3
		가스누출 모니터링			○	4	4
		재기화 플랜트 보수보강 기술			○	4	3
		Hazard Identification			○	4	4
재기화 플랜트 위해도 분석, 평가, 경감 기술	화재 및 폭발 전략			○	4	4	
	위해도 경감 기술			○	4	4	
Gas 공급	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술	공급시스템 설계, 제작, 설치 기술			○	3	3
		배관 시스템 모니터링			○	3	4
	공급시스템 유지관리	가스누출 모니터링			○	3	4
		공급시스템 보수보강 기술			○	3	3
	지진 응답해석	배관시스템 지진응답 해석 및 설계			○	3	2