

가스플랜트사업단 상세기획 보고서

〈제1핵심과제〉

가스플랜트 사업단 상세 기획

2008. 04. 28

주관연구기관 / 고등기술연구원
협동연구기관 / 건설기술연구원, 현대엔지니어링

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

빈 페이지

요 약 문

I. 제 목

제1핵심과제: 가스 플랜트 핵심기반기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 상세기획의 목표는 LNG 플랜트 사업단의 성공적인 사업 수행을 위하여 사업단 제1핵심과제의 세부과제 및 상세 연구내용을 합리적으로 도출하는 것이다. 선진기술과 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위해서는 LNG 플랜트 기반 및 특화기술의 개발이 중요하며, 이에 제1핵심과제는 첨단기술을 융합하여 기자재 및 계통 성능을 향상시키고 기술 표준, 사어관리 등 기반을 구축하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- ◆ 기술동향 및 이슈 분석
 - 국내외 기술동향 및 변화 분석
 - 국내 여건에서 기술개발 이슈 등 분석

- ◆ 과제 연구목표 및 연구내용, 추진전략 수립
 - 사업단의 추진방안, 연구성과 달성방안 및 계획수립
 - 테스트베드와 연계한 사업화 방안 제시
 - 단계별/연차별 연구내용 및 목표 제시
 - 연구목표의 구체화 및 정량화
 - 예산의 적정성 검토

- ◆ 세부과제별 연구개발사업 제안서(RFP) 제시
 - 주요 세부과제 대상 도출
 - 우선순위 선정을 통한 세부과제 선정
 - 개발목표 설정, 추진전략, 연구수행방법, 주요 연구내용, 연구성과의 활용 방안 및 기대효과 등 제시

IV. 연구개발결과

상세기획을 통하여 LNG 플랜트 사업단 제1핵심과제의 세부과제 및 연구개발 목표, 예산 등을 도출한 결과는 다음과 같다.

핵심과제 (정부예산)	세부과제 (정부예산)	연구개발목표	연구개발 단계
제1핵심: 가스 플랜트 핵심 기반 기술 개발 (181억)	RAM 기반 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발 (82.2억)	<ul style="list-style-type: none"> • 인공지능기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가상환경, 부품모델, 주요계통 및 레이아웃, RAM, O&M 개선 등 • Micro-channel 기반 열전달 구조 개발 • LNG 플랜트 시스템 위험 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 위험요소, 정량화 지수, DB 구축 등 	응용 (지정공모)
	동적 공정설계 시뮬레이터 개발 (43.7억)	<ul style="list-style-type: none"> • LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 플랜트 공정 및 연계계통 - 설계 및 운영시뮬레이터 개발 • 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 액서지 기반의 시스템 진단 및 제어기술 - 융합센서, 장기 내구성, 실시간 진단 등 	응용 (분리공모)
	LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축 (24.6억)	<ul style="list-style-type: none"> • LNG 플랜트 설계 및 시공표준 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 및 시공에 표준적으로 적용하는 일정한 방법, 단위, 재료, 부품 등 • 시험 및 평가표준 구축 및 인증체계 개발 • 국제 표준 기반의 지원정책 및 제도 개발 	응용 (분리공모)
	엔지니어링 효율성 개선 기술개발 (30.6억)	<ul style="list-style-type: none"> • 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - PLM, life cycle data/knowledge/rule • 시나리오 기반의 사업계획 전문가 시스템 개발 • 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발 	응용 (분리공모)

V. 연구개발결과의 활용계획

본 상세기획 연구결과는 LNG 플랜트 사업단의 제1핵심과제에 관한 내용으로 구성되어 있으며, 향후 과제의 공모 및 해당 과제 주관기관의 연구수행을 위한 기술개발로드맵 및 지침서로 활용될 수 있다.

- ◆ 제1핵심과제의 연구개발 기본방향의 이해
- ◆ 공모 과제의 목표 및 내용 작성을 위한 가이드라인
- ◆ 공모과제 수행을 위한 지침서 및 성과관리도구

빈 페이지

SUMMARY

I. Title

Project No. 1 : Development of core technologies for LNG Plant

II. Research Objectives

The objectives of this report are to draw reasonable sub-research projects of the core technology project No. 1 and to plan detailed aims and contents of research the projects.

III. Research Contents

- ♦ Analysis of the technologies trends related on the project No. 1
 - Survey of technologies on LNG
 - Define of hints and key technology

- ♦ Establishment of research objects, contents, and strategies
 - Planning of sub-research project objectives, contents and strategies
 - Proposal of embodiment strategies of sub-research projects related to the test-bed application
 - Proposal of sub-research project contents and objectives with stages
 - Specified and quantitative the research objectives
 - Assessment of the research fund reliability

- ♦ Preparation of request for proposals
 - Selection of sub-research projects
 - Proposal of research objectives, strategies, methodologies, contents, and applications

IV. Results

Project name	Sub-project	Objectives of each projects	R&D type
1CT- Development of core technologies for Gas Plant	Development of RAM based modular technology for LNG plant	<ul style="list-style-type: none"> • Development of AI-based modular technology for gas plant - VR design environment and component model, layout, Energy and mass transport for integration system, RAM, O&M • Development of Micro-channel-based HX • Development of RBI data base and assessment technology 	Application
	Development of dynamic simulator for process and systems	<ul style="list-style-type: none"> • Development of dynamic model and design simulator for process and systems of LNG plant • Development of dynamic characteristics-based real time diagnosis system - Exergy-based system diagnosis and control technology - Data fusion, multi-sensor, real-time, et. 	Application
	Establishment of EPC technology standard for LNG plant	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of standards on design and construction for LNG plant - Methods, unit, material, part and components • Establishment of procedure for test and assessment, and development of certification system for LNG plant • Development of global standard-based Korea policy and systems for LNG plant 	Application
	Improvement of engineering efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • Define of life-cycle of LNG plant development of it's an integrated knowledge management system - PLM, life cycle data/knowledge/rule, LCC model • Development of risk-based project and process management technology • Development of expert system for scenario-based project planning 	Application

V. Application of the report

The application of this report are listed as follows:

- A reference for selection of principal investigator of the core technology project No. 1
- A reference for research management of the core technology project No. 1
- A roadmap of LNG plant technology

빈 페이지

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
목 차	11
1. 핵심과제 개요	1
가. 핵심과제 정의 및 비전	1
(1) 정의	1
(2) 비전	3
(3) 제1핵심과제의 필요성	4
나. 핵심과제의 목표	6
(1) 최종 목표	6
(2) 단계별 수행내용	8
(3) LNG 플랜트 및 사업단과제와 연계성	10
다. 핵심과제의 구성	13
(1) 세부과제	13
(2) 연차별 목표	15
라. 추진전략	16
(1) 기본방향	16
(2) 추진전략 및 체계	17
(3) 거시로드맵	19
마. 기대효과	23
2. 국내·외 산업전망, 기술 및 정책현황	25
가. 산업전망	25
(1) 천연가스 시장 수요의 지속적 확대 예상	25

나. 기술 및 정책현황	26
(1) 첨단기자재 등 성능혁신기술	26
(2) 핵심 기자재 및 건전성 평가기술 등	28
(3) 에너지 및 물질흐름 등 계통 모듈화/최적화기술	29
(4) 기술표준, 기준 등 인프라	36
(5) 엔지니어링 효율성 개선기술	39
(6) 국내 연구개발과제와 차별성 검토	42
다. 기술수요 및 수준	45
(1) 기술수요	45
(2) 기술수준 및 인프라	47
다. SWOT 분석	50
(1) 기반기술 SWOT 검토	50
(2) 주요 기술별 SWOT	51
(3) 대응전략	53
3. 세부과제의 목표 및 내용	55
가. 세부과제의 구성과 정의	55
(1) 세부과제	55
(2) 세부과제의 정의	56
나. 세부과제별 목표 및 내용	58
(1) 제1세부과제	58
(2) 제2세부과제	63
(3) 제3세부과제	66
(4) 제4세부과제	70
다. 세부과제 선정근거	76
(1) 방법론/과정	76
(2) 논문맵 분석	77
(3) 특허맵 분석	82
(4) 기술주기 분석	86
(5) 경제적, 전략적 중요도 검토	88
라. 성과목표 및 지표	89

(1) 핵심 및 세부과제별 성과목표, 성과지표 설정	89
(2) 성과목표 및 지표 설정 근거	92
4. 소요 연구비	97
가. 1핵심과제의 연구비	97
나. 세부과제의 연구비	98
(1) 1-1 세부과제 연구비	98
(2) 1-2 세부과제 연구비	101
(3) 1-3 세부과제 연구비	103
(4) 1-4 세부과제 연구비	105
5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안	107
가. 경제적, 기술적, 사회문화적 파급효과	107
(1) 기술적 효과	107
(2) 사회·경제적 효과	107
(3) 전략적 효과·정책적 기대효과	107
나. 성과활용방안	108
(1) 과제의 성과	108
(2) 사업화, 실용화 연계 방안	109
6. 핵심/세부과제 RFP 및 공모방안	111
가. 핵심과제 RFP 작성기준	111
나. 핵심과제 RFP(안)	112
다. 세부과제 RFP(안)	125
라. 핵심과제 및 세부과제 공모방안	155
7. 참고문헌	158

표 차례

표 1.1 제1핵심과제 추진분야 및 범위	2
표 1.2 제1핵심과제 성능목표 설정(안)	7
표 1.3 제1핵심과제의 단계별 수행내용 설정(안)	8
표 1.4 LNG 플랜트 핵심기술 추진분야 및 기술적 연관성 검토	12
표 1.5 제1핵심과제 세부과제 구성	14
표 1.6 제1핵심과제 연차별 목표설정(안)	15
표 1-7 제1핵심과제의 선정, 수행, 활용단계에서 추진방향	17
표 1.8 제1핵심과제 세부분야별 기대효과	23
표 2.1 국내 연구개발사업/과제 조사 및 분석	43
표 2.2 제1핵심과제 기술수요 조사내역	44
표 2.3 제1핵심과제 관련 국내기술보유현황 및 수준	47
표 2.4 제1핵심과제 핵심기술분야별 인프라 수준	48
표 2.5 제1핵심과제 핵심기술분야별 국내외 현황 및 수준	48
표 2.6 제1핵심과제 관련 시설구축여건 조사	49
표 2.7 제1핵심과제 SWOT 분석	50
표 3.1 세부과제의 구성	55
표 3.2 사전기획보고서 검토결과	76
표 3.3 LNG 플랜트 분야 논문 검색방법	78
표 3.4 S대학교에서 발표한 논문 목록	80
표 3.5 기술분야별 기술주기 분석결과	88
표 3.6 제1세부과제의 단계별 성과목표 및 지표	89
표 3.7 제2세부과제의 단계별 성과목표 및 지표	90
표 3.8 제3세부과제의 단계별 성과목표 및 지표	91
표 3.9 제4세부과제의 단계별 성과목표 및 지표2	91
표 3.10 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술지 게재 논문건수)	92
표 3.11 성과지표 선정근거 및 측정방법(특허출원 건수)	93

표 3.12 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술회의 발표 논문건수)	93
표 3.13 성과지표 선정근거 및 측정방법(과제당 산학연 협력 활동 건수)	93
표 3.14 성과지표 선정근거 및 측정방법(핵심과제 연구보고서)	94
표 3.15 성과지표 선정근거 및 측정방법(산학연 기술지원 건수)	94
표 3.16 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외진출을 위한 현장조사 실적)	95
표 3.17 성과지표 선정근거 및 측정방법(연구개발 관련 홍보건수)	95
표 3.18 성과지표 선정근거 및 측정방법(기술확산을 위한 상호교류 정도)	95
표 4.1 1핵심과제 세부과제별 예산	97
표 4.2 1핵심과제 연차별, 비목별 예산내역	98
표 4.3 1-1세부과제 세세부과제별 예산	98
표 4.4 1-1세부과제 연차별, 비목별 예산내역	99
표 4.5 1-1세부과제 연구개발비 산정근거	99
표 4.6 1-2세부과제 세세부과제별 예산	101
표 4.7 1-2세부과제 연차별, 비목별 예산내역	101
표 4.8 1-2세부과제 연구개발비 산정근거	102
표 4.9 1-3세부과제 세세부과제별 예산	103
표 4.10 1-3세부과제 연차별, 비목별 예산내역	103
표 4.11 1-3세부과제 연구개발비 산정근거	104
표 4.12 1-4세부과제 세세부과제별 예산	105
표 4.13 1-4세부과제 연차별, 비목별 예산내역	105
표 4.14 1-4세부과제 연구개발비 산정근거	106
표 5.1 제1핵심과제의 세부과제별 예상 성과물	108
표 6.1 제1핵심과제의 RFP 작성(안)	112
표 6.2 제1핵심과제의 세부과제 공모방안	127
표 6.3 제1핵심과제의 우선순위	127

그림 차례

그림 1.1	기반기술의 개념과 역할	1
그림 1.2	기술과 인력, 조직의 집약과 부가가치 창출	3
그림 1.3	비전 달성을 위한 추진단계 및 단계별 목표	4
그림 1.4	LNG 플랜트 건설사업 추진단계별 기반기술의 연계성	11
그림 1.5	기반기술의 역할과 핵심과제 간 연계도	13
그림 1.6	제1핵심과제 추진체계	19
그림 1.7	제1핵심과제 거시로드맵	21
그림 1.8	수행 단계별 주요성과 예상	22
그림 2.1	IEA의 세계 에너지 수요 전망	25
그림 2.2	주요 지역별 천연가스 소비현황	26
그림 2.3	컴팩트, 모듈화를 위한 expander 방식의 성능 비교	27
그림 2.4	초저온 냉동사이클 변천	27
그림 2.5	Compact cold box 실현을 위한 고성능 열교환기	28
그림 2.6	플랜트 건전성 평가 및 유지관리기술	29
그림 2.7	Offshore Technology 사는 Offshore 설비의 Virtual pipeline simulator	30
그림 2.8	Sample Network of VPLINK for real time simulation	30
그림 2.9	다양한 단계에서의 동적 시뮬레이터의 응용	31
그림 2.10	가상 실시간 시뮬레이터를 활용한 공정 관제시스템 개발 사례	31
그림 2.11	Software architecture of the Dynamic Optimization system extension	32
그림 2.12	플랜트 기동 후의 실시간 모니터링	33
그림 2.13	Schematic of BOG Reliquefaction Process	34
그림 2.14	예냉 및 정상 운전 중의 질소 냉매와 BOG의 온도 거동	34
그림 2.15	예냉 및 정상 운전 중의 질소 냉매와 BOG의 압력 거동	35
그림 2.16	시스템 설계를 위한 동적 해석모델	35
그림 2.17	플랜트 표준화 동향	36
그림 2.18	초저온 재료 및 기자재 시험	37
그림 2.19	플랜트 건설사업의 순환주기에 따른 연구개발 idea 설정	40

그림 2.20 FIATECH Model-프로젝트 생애주기 기반의 Technology Roadmap	41
그림 2.21 Automated FEED System - Fluor Daniel 사 사례	42
그림 2.22 Automated FEED System - ABB 사 사례	42
그림 3.1 Virtual Digital plant의 개념도	56
그림 3.2 LNG 플랜트 분야 연도별 논문발표	79
그림 3.3 LNG 플랜트 분야 논문발표 주요국가	79
그림 3.4 LNG 플랜트 분야 논문발표 주요기관	80
그림 3.5 전처리분야 특허출원인 랭킹 분석	82
그림 3.6 액화분야 특허의 연도별 동향	83
그림 3.7 액화분야 특허의 출원인 랭킹 분석	83
그림 3.8 액화분야 특허의 기업별 분석	84
그림 3.9 액화분야의 연도별 IPC 출원건수	84
그림 3.10 저장분야 특허의 연도별 동향	85
그림 3.11 LNG 저장분야 특허의 국가별 동향	85
그림 3.12 LNG 저장분야 특허의 출원인 랭킹 분석	86
그림 3.13 LNG 저장분야 연도별 IPC 출원 건수	86
그림 3.14 기반기술의 전략적, 경제적 위치	89

빈 페이지

1. 핵심과제 개요

가. 핵심과제 정의 및 비전

(1) 정의

건설교통기술연구개발사업 관련 규정의 ‘사업단운영관리지침’에 따르면 핵심과제는 사업단을 구성하는 단위과제를 의미하며, LNG 플랜트 사업단의 제1핵심과제인 핵심기반기술은 개념적으로는 첨단기술과 표준 등 인프라 구축을 지원하기 위한 플랫폼 기술로 정의할 수 있다.

또한 기능적으로는 창의적 아이디어와 IT, NT, BT 등 첨단기술의 응용 및 접목을 통하여 성능을 혁신하고 컴팩트/모듈화 계통의 건전성(RAM) 평가, 첨단기술 접목을 통한 핵심 기자재, 모듈화동적 해석 기반의 설계 및 운영기술, 표준이나 기준, 제도 등을 마련하여 중기적인 관점에서 LNG 플랜트사업의 국제 경쟁력에 구동(driver) 역할을 한다.

이러한 기반기술은 5~8년의 사업기간 내에 개발·적용하여 성능과 비용의 혁신적 개선이 가능한 첨단·융합기술(소재, 구조, 마이크로 응용, 원천, 핵심기기 등)을 중점 대상으로 하고 있다.

◦ 기본방향

- 성능 혁신이 가능한 첨단기술 개발 및 적용
- 비용 저감을 위한 보다 효율적인 설계기술 확보
- 기준, 규격, 시험방법 및 시설 등 표준 구축

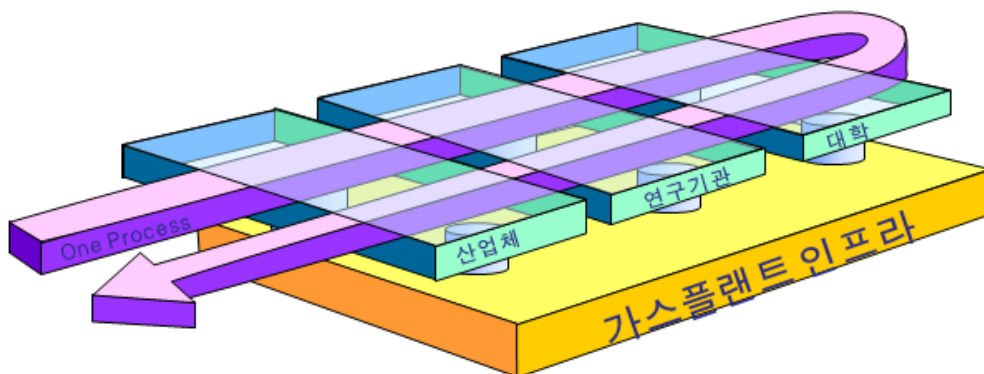


그림 1.1 기반기술의 개념과 역할

◦ 주요범위

제1핵심과제의 추진분야는 앞서 정의한 기반기술과 추진방향을 고려하여 다음과 같은 기술 분야를 설정하였으며, 세부수행범위는 표 1.1과 같다.

- LNG 플랜트 핵심 기자재 및 모듈러 계통 최적화 기술
- LNG 플랜트 동적 공정 및 계통 시뮬레이터 기술
- LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축
- LNG 플랜트 엔지니어링 효율성 개선기술

표 1.1 제1핵심과제 추진분야 및 범위

추진분야	수행범위
RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 기반의 건전성 평가기술 - 가상환경, 부품모델 및 계통구성, RAM, O&M 개선 등 - LNG 플랜트 시스템 위험 평가기술 및 DB 구축 - Micro-channel 기반의 열교환 구조
동적 공정설계 시뮬레이터 개발	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 공정 설계, 운전조건 동적 모사기술 - 대규모 모델링 및 시뮬레이션기술 (에너지 유효이용 및 통합관리기술 등) - 주요 부품·소재 열화 및 강도 실시간 지능형 진단 및 조치 - 동특성 기반의 공정계통 이상상태 감시 및 진단
LNG 플랜트 EPC 기술 표준 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 국제 표준 기반의 국내 표준/법체계 정비 - 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 참여 - 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준 - 가스터빈, 압축기, turbo-expander 등 유체기계 시험평가 시스템 기반 구축 - 설계 및 시공표준
엔지니어링 효율성 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 생애주기 규명 및 데이터 관리기술 개발 (PLM, life cycle data/knowledge/rule 등) - 시나리오 기반의 사업계획 전문가시스템 개발 - 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발 - LNG 플랜트 생애주기 비용평가모델 개발

(2) 비전

◦ 주변여건

- 기술경쟁 심화: 과거 정유·화학, 발전 등과 달리 LNG 플랜트 건설사업의 경우에는 고부가가치, 에너지·자원 확보 측면에서 세계 각국의 주요 관심사로서 자국의 이익 확보를 위하여 과감한 정책, 기술적인 투자를 추진하고 있으며, LNG 플랜트 핵심기술 선두그룹과 후발그룹 간 기술교류 및 제휴가 사실상 어려운 여건이다.
- 기술 패러다임 변화: LNG 플랜트사업에 있어서 주요 기술변화로는 보다 대규모의 유전에 대응량의 공정과 장치로 집적된 플랜트를 설계, 건설하는 추세이며, 이러한 플랜트의 성능과 효율, 비용 측면에서 타당성을 확보하기 위한 기술 및 인력 집약화가 가속화 되고 있다.
- 청정개발체제(clean development mechanism)으로 전환: 선진 각국은 산업의 각 단계에서 발생하는 오염물질과 온실가스를 줄이기 위한 변화를 진행하고 있으며, 특히 에너지관련 산업의 경우 밀접한 연관성을 가지고 있다.
- 시장 다변화: 최근까지 주로 대규모 유전지대를 대상으로 LNG 플랜트 건설사업이 추진되어 왔으며, 더불어 선두 기업 간의 시장카르텔이 형성되어 후발 기업의 진입이 사실상 제한되어 왔다.
- 후발기업의 진입 시도: 최근에는 고유가, 에너지 확보 경쟁 등으로 인하여 해양, 중소규모 유전지역으로 시장이 확대되고 있으며, 이에 후발기업도 독자적인 특화기술개발과 후발그룹 또는 선두그룹과의 제휴를 통하여 시장진입을 시도하고 있다.

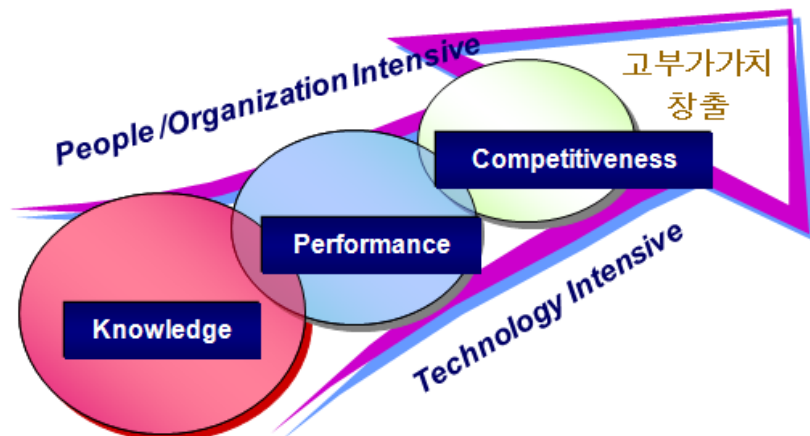


그림 1.2 기술과 인력, 조직의 집약과 부가가치 창출

○ 제1핵심과제의 비전

- 비전: 2013년 이후 선진국 대비 90% 수준의 인프라 및 핵심기반기술 확보로 선진기업과 경쟁 가능한 특화기술 보유국가 진입
- 추진단계: 3단계, 6년 (2008-2013)
 - 1단계 (2008-2009): 기반/요소기술 확보
제1핵심과제의 효율적 추진을 위한 연구기반을 마련하고 중간진입기술과 개발기술을 구분하여 전략적인 요소기술을 확보하는 단계임
 - 2단계 (2010-2011): 중점기술 통합성능 확보
제1단계에서 확보된 요소기술을 토대로 제1핵심과제의 중점기술을 확보하는데 역량을 집중하여 통합성능을 확보하는 단계임
 - 3단계 (2012-2013): LNG 플랜트 특화경쟁기술 확보
제2단계에서 확보된 중점기술을 기반으로 LNG 플랜트 분야의 특화기술을 확보하는 단계임

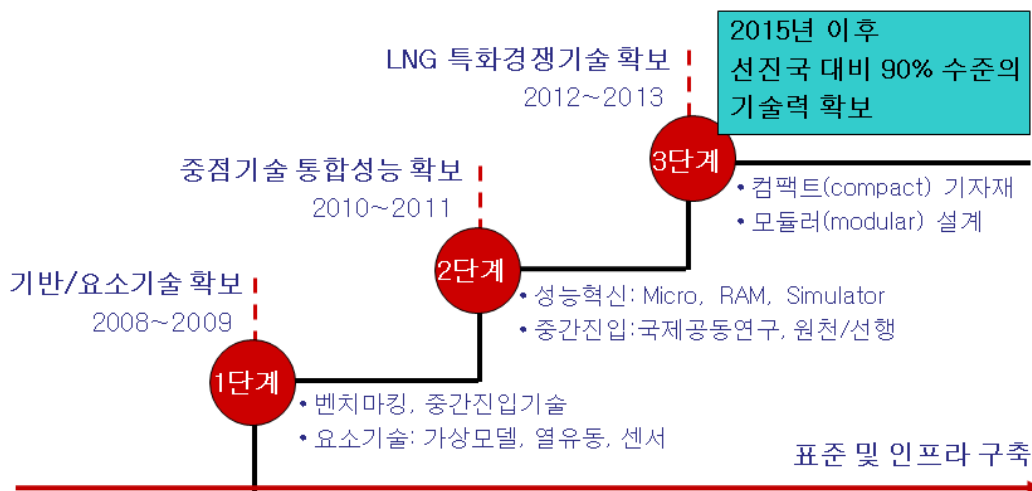


그림 1.3 비전 달성을 위한 추진단계 및 단계별 목표

(3) 제1핵심과제의 필요성

제1핵심과제는 앞서 정의한 바와 같이 선진기술과 경쟁이 가능한 첨단기술을 확보하고, 기술표준과 제도, DB 등 인프라 구축을 통하여 지속 가능한 경쟁력을 확보하는 데 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해서는 창의적 아이디어와 IT, NT, BT 등 첨단

기술의 응용 및 접목을 통하여 핵심 기자재의 성능을 혁신하고, 콤팩트/모듈화 계통 등 응용설계기술 등 중기적인 관점에서 LNG 플랜트사업의 국제 경쟁력에 구동(driver) 역할을 하는 기술에 투자할 필요가 있다.

이러한 핵심기반기술은 첨단·융합기술(소재, 구조, 마이크로 응용, 원천, 핵심기자재 등)을 기간 내에 개발하여 성능과 비용 측면에서 특화된 기술의 확보가 시급하다. 필요성 관련 세부사항은 연계성 분야에서 추가로 부연 설명하였다.

- 고부가가치 첨단/핵심기술을 기반으로 특화경쟁기술의 확보가 시급
 - 고부가가치 핵심기술(개발/기획-grand design, 공정, 기본설계, 핵심 장비)에 대한 선진사의 기술 장벽으로 후발 기업의 접근은 제한적임
 - 부분적으로 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약하기에는 많은 기간과 투자가 선행되어야 할 것임
 - 또한 장기적인 시장 전망이 큰 분야로서 해외시장 진출 및 경쟁력을 확보하기 위해서는 허브(HUB)형 기반기술의 발굴과 지원여건의 구축이 필요

- LNG 플랜트사업 공통기술 및 표준 등 취약한 인프라 구축이 필요
 - 국내 연구인력, 시설 및 장비, 법·제도, 시험평가 등과 국가 지원기반이 매우 취약한 실정
 - LNG 플랜트 건설기술 개발경험이 전무한 국내 여건에서 인력, 지원여건, 개발인프라 수준 등이 전반적으로 낮게 평가되어 이에 대한 개선이 필요

- 지속 가능한 기술 경쟁력의 확보를 위한 미래 기반기술 확보가 필수
 - 핵심소재 및 부품 국산화와 같은 원천기술 개발을 동시에 추진하여 선진기술과의 차별화 및 경쟁 우위를 점할 수 있는 구동(driver) 기능이 필요
 - 공정형, 에너지효율 향상, 시스템 성능 개량에 필수적인 소재 및 장비의 국산화를 통한 기술과 시장 확보가 필요

나. 핵심과제의 목표

(1) 최종 목표

○ 최종목표

: LNG플랜트를 대상으로 기술기반을 구축하고 첨단기술을 접목한 컴팩트 기자재와 RAM 기술을 기반으로 집적도 10% 개선된 모듈러 통합계통 개발

○ 제1핵심과제 총괄기여목표

- RAM 및 위험도 10% 개선
- 유지관리비 10% 저감

○ 세부기술 개발목표

- 모듈러(modular), 컴팩트(compact) 통합계통
 - 1~5 Mt/y급 LNG 모듈러 통합계통
- 마이크로 채널(micro channel) 1 MW 급 열전달구조
 - 총괄 열전달계수: 300 W/m²K
 - 크기 20% 저감
- 1~8 Mt/y 급 동적 시뮬레이터
 - LNG 플랜트 공정 및 계통 효율 5% 개선
 - 공정제어 및 운영시스템에 연계
- 동특성 기반의 감시 및 진단시스템
 - 첨단융합센서
 - 진단로직 및 시스템
- EPC 기술표준
 - 설계 및 시공기술표준
 - 시험/평가기준 및 인증체계
 - 지원정책 및 제도(안)
- 위험 기반 공정관리기법
 - 생애주기 및 지식관리시스템
 - 사업계획 전문가시스템

○ 성능지표 (performance Index)

제1핵심과제의 목표를 정량적으로 구체화하기 위하여 성능지표를 검토하였으며, 중점방향을 고효율, 고도화, 저비용으로 설정하고 구체적인 성능목표를 항목별로 표 1.2에 열거하였다.

이와 같은 성능목표는 국내외 논문 및 특허, 국제 컨퍼런스 자료 등을 토대로 비교, 평가하여 설정하였다. 기준은 현재 선진기술의 효율이나 성능을 비교하여 상대적인 또는 절대적인 척도로 나타내었다.

표 1.2 제1핵심과제 성능목표 설정(안)

Keyword	항목	기준	목표
고효율	η_E	91~92%	92%
	η_C		
고도화	RAM	93%	95%
	위험도	1	0.8
	공기	1	0.9
LCC 저비용	설비수명	1	1.1
	시공비	1	0.9
	유지관리비	1	0.9

(2) 단계별 수행내용

제1핵심과제의 단계별 수행내용은 총 연구기간 6년 동안 달성하여야 할 단계별 목표를 중심으로 표 1.3과 같이 설정하였다.

표 1.3 제1핵심과제의 단계별 수행내용 설정(안)

단계	수행내용
<p>1단계 기반/요소기술 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 가상 플랜트 통합환경 및 운용 플랫폼 구현 - 모듈화 설계 규칙(rule), 로직 - LNG 플랜트 시스템 위험요소 및 안전지수 - Micro-channel 형상 결정 - 열유동 특성 해석 - 드라이버 구성 및 설계요소 - 가상시뮬레이터 사례 분석 - LNG 플랜트 공정요소 특성 모델링 - 동특성 기반의 진단기법 - 스마트 센서 및 복합화 - 유도초음파 분산선도 및 파형구조 예측 프로그램 - LNG 플랜트 표준 시스템의 조사 및 분석 - 국내외 설계 및 시공기준 조사 - EPC 기술표준 분류체계 - 국내외 시험/평가표준 조사 - 수명주기 규명 및 EPC 수행 프로세스 조사 - LNG 플랜트 생애주기 시나리오 분석 - 공정 및 비용 리스크 category 정의 - 데이터 분류체계 정립 및 schema
<p>2단계 중점기술 통합 성능 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 가상 LNG 플랜트 핵심계통 및 부품모델 - 인공지능 기반의 RAM 평가모델 - 주요 부품·소재 열화 및 강도 DB - 위험도 기반 수명관리절차 및 코드 - 마이크로 채널 내 열유동 제어기술 - 용량 대응 PCHE 설계 및 scale-up 제조

	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 공정 에뮬레이터 - LNG 플랜트 공정 및 계통 요소기기 동특성 모델 - 초저온 진동 측정 센서 및 신호처리 기술 - 동특성 기반 데이터 분석 및 진단알고리즘 - 국제 표준 기반의 국내 표준/법체계 정비 - (공사단계별, 작업별, 기술분야별, 공정별 등 작업분류 용도 및 기준 설정) - 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 참여 - 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준 - 국제 시험소간 MOU/MRA - 데이터 모델(국제표준기반) 및 관리 프레임 - 단계별 의사결정 항목 및 의사결정 프로세스 - LNG 플랜트 최적 규모 결정 모델 - 생애주기 시뮬레이션 모델
<p style="text-align: center;">3단계</p> <p>LNG 플랜트 특 화경쟁기술 확 보</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RAM 기반 모듈러 LNG 플랜트 모델 - 컴팩트, 모듈러 LNG 플랜트 설계지침 - 핵심계통 및 비파괴 특성 평가 및 절차, DB - 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드(LNG 플랜트) - 마이크로 채널 기반 열교환 구조 응용 및 평가 - LNG 플랜트 동적 공정 및 계통 시뮬레이터 - 대규모 모델링 및 시뮬레이션기술 - 초저온 회전기기 원격 감시/진단 시스템 - smart sensor 복합화 기술 개발(ET/MT 기반) - LNG 플랜트 분야 주요 설비의 세부 설계요령 및 기술기준 작성 - 핵심 기자재 시험, 평가, 인증 체계 기반

	<ul style="list-style-type: none"> - 세계시장 진출을 위한 제도적 장치 (LNG 플랜트) - 플랜트 설비 표준 데이터 및 정보의 전산 DB - 데이터 웨어하우스 - 사업계획 전문가시스템 - 파이낸싱 기법 및 리스크 평가모델 - Contingency Allowance 사용의 추적 - EPC 공정관리 및 종합사업관리기법
--	--

(3) LNG 플랜트 및 사업단과제와 연계성

◦ LNG 플랜트 가치사슬에서 기반기술의 연계성

LNG 플랜트 건설사업은 그림 1.4에 도시한 바와 같이 기획, 설계(기본, 상세), 조달, 시공, 시운전, 운영 및 유지보수 단계를 거치며, 각 단계별로 방대한 엔지니어링 데이터베이스, 표준, 규격, 절차 등을 수반한다.

이러한 가치사슬에 있어서 제1핵심과제에서 추진하는 기반기술은 크게 4개 분야로 설정되었으며, 이는 기획 및 전단계 사업관리에 관한 엔지니어링 효율성 개선분야, 설계 및 시공과 유지관리에 연관성이 큰 건전성 평가 및 핵심기자재 성능혁신분야, 최적 설계 및 운전을 위한 동적 시뮬레이터분야, LNG 플랜트 표준 및 규격 등에 관한 표준인프라 분야 등이다.

그림 1.4 및 표 1.4는 LNG 플랜트 가치사슬과 제1핵심과제의 기술적 연관성을 보여주고 있다.

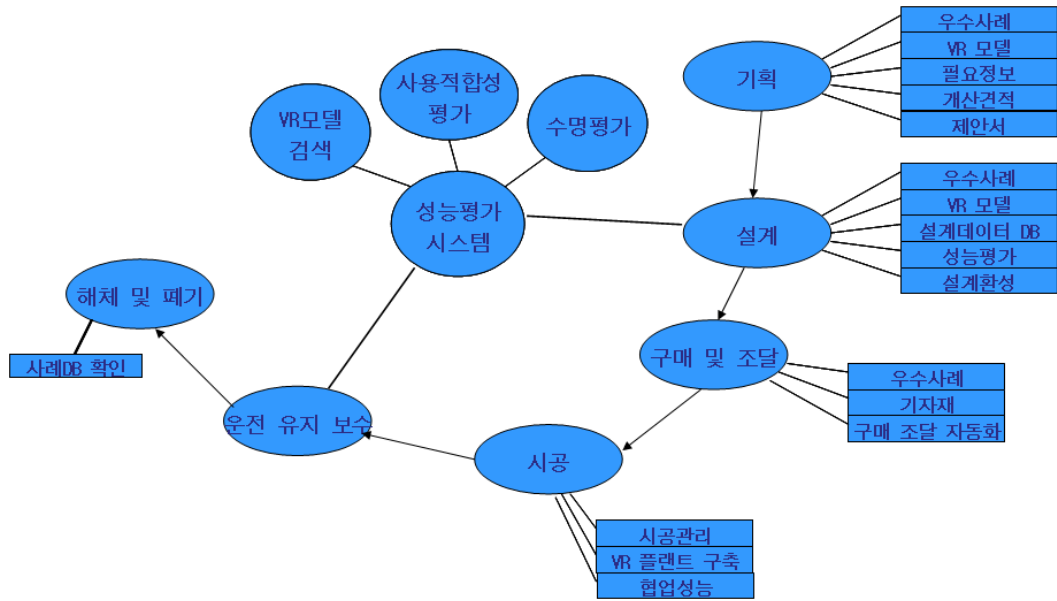


그림 1.4 LNG 플랜트 건설사업 추진단계별 기반기술의 연계성

표 1.4 LNG플랜트 핵심기술 추진분야 및 기술적 연관성 검토

분야	기술적 연관성 검토
RAM 기반 모듈 개발분야	<ul style="list-style-type: none"> - 목적물: LNG 플랜트 핵심기자재 및 시스템, 시공법 - 추진방향 <ul style="list-style-type: none"> · 3D 핵심계통 부품모델, 건전성 평가기술 · Modular, Compact 계통통합기술 · 실시간 진단, 유지관리기술, 위험도 평가기술
동적 시뮬레이터분야	<ul style="list-style-type: none"> - 목적물: LNG 플랜트 주요 공정계통, 설계 - 추진방향 <ul style="list-style-type: none"> · 동특성 모델, 공정 설계/관리용 동적 시뮬레이터 기술 · 실시간 진단, 유지관리기술, 위험도 평가기술 · 시뮬레이터 기반의 엔지니어 훈련기술
표준 인프라분야	<ul style="list-style-type: none"> - 목적물: LNG 플랜트 시스템, 설계 및 시공법 - 추진방향 <ul style="list-style-type: none"> · 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 설계표준 구축 · LNG 플랜트 성능시험 및 인증체계
엔지니어링 효율성 개선분야	<ul style="list-style-type: none"> - 목적물: LNG 플랜트 및 건설사업, 설계/시공법 - 추진방향 <ul style="list-style-type: none"> · 생애주기 규명 및 비용, PLM 등 DB 관리기술 · 기획·타당성 평가(F/S)기술 · 위험도 기반의 사업 및 공정관리기술

◦ 사업단 과제 내에서 기반기술의 역할 검토

- **기반 ⇔ 공정:** 기반기술은 중기 관점에서 경쟁기술을 대상으로 하며 공정기술의 미래 위험을 회피, 또한 시뮬레이터 기술은 입지, 성분, 용량 등 다양한 공정 및 계통 설계시 성능과 신뢰성을 확보하는 역할을 함
- **기반 ⇔ 설계:** 기반기술은 엔지니어링 지식 DB(규칙, 절차, 표준, 기준, 시방 등), RAM 기반 건전성 확보 및 최적화를 통한 설계의 우수성과 신뢰성을 확보하는 역할을 함
- **기반 ⇔ 건설:** 기반기술은 사업 및 공정관리, 위험관리기술을 개발하여 엔지니어링 생산성 향상에 기여

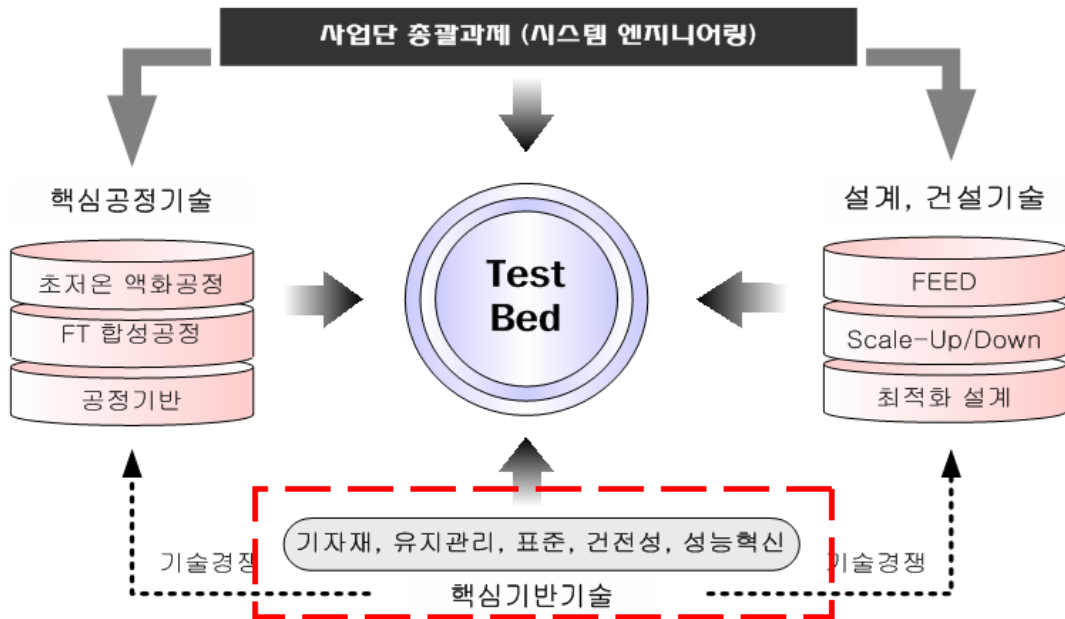


그림 1.5 기반기술의 역할과 핵심과제 간 연계도

다. 핵심과제의 구성

(1) 세부과제

제1핵심과제의 세부과제는 사업단 과제 내에서 공통적인 요소와 기반성격의 기술, 첨단 융합기술 등을 중점 대상으로 설정하였다.

그리고 본 상세기획에서는 LNG 플랜트와 기술적 연관성과 기술동향, 미래 경쟁목표 등을 고려하여 아래와 같이 4개 분야를 도출하였으며, 주요 요소기술은 표 1-5에 요약하였다.

- 제1세부과제: RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발
- 제2세부과제: 동적 공정 설계 시뮬레이터 개발
- 제3세부과제: LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축
- 제4세부과제: 엔지니어링 효율성 개선기술 개발

표 1.5 제1핵심과제 세부과제 구성

세부과제	세세부과제 후보
제1세부 과제	<ol style="list-style-type: none"> 1. RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가상플랜트환경 및 부품모델, RAM, O&M 개선 - 액서지 기반의 시스템 진단 및 제어기술 - 드라이버/expander 최적화, 초저온 펌프/배관계통 배치 2. LNG 플랜트 시스템 위험 DB 구축 및 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 위험요소, 안전지수, 비파괴 검사, DB 등 - 수명관리절차, 통합 클래스 코드, 검사 자동화 3. Micro-channel 기반의 열교환 구조 개발
제2세부 과제	<ol style="list-style-type: none"> 1. LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 통합계통/시스템에 대한 에너지, 물질전달 모델 등 - 시뮬레이터 기반의 제어 및 운영 연계기법 - OTS(Operator Training System) 개발 2. 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시·진단시스템 개발
제3세부 과제	<ol style="list-style-type: none"> 1. LNG 플랜트 설계 및 시공표준 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 및 시공에 표준적으로 적용하는 일정한 방법, 절차, 단위, 재료, 부품, 시방 등 2. LNG 플랜트 시험·평가표준 인증체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심 부품, 주요 기자재 시험절차, 평가기준, 인증체계 등 3. 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발
제4세부 과제	<ol style="list-style-type: none"> 1. LNG 플랜트 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - PLM, life cycle data/knowledge/rule, 데이터웨어하우스, 데이터 모델, 스키마 등 2. 시나리오 기반의 사업계획 전문가시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 입지, 가스성분, 기술요구사항, 현지여건, 비용 등을 고려 - 시나리오 구성에 따른 민감도, 인공지능형 추론 등 3. 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발

(2) 연차별 목표

제1핵심과제를 구성하는 세부과제를 고려한 연차별 목표는 표 1.6에 요약하였다.

표 1.6 제1핵심과제 연차별 목표설정(안)

단계	연차	목표
1단계 (기반/요소 기술 확보)	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가상 LNG 플랜트 통합환경 설계 ◦ 모듈화 설계 규칙 도출 ◦ LNG 플랜트 공정요소 해석모델 평가 ◦ 스마트센서 및 복합화 기법 ◦ LNG 플랜트 표준시스템 조사 ◦ LNG 플랜트 수명주기
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가상 LNG 플랜트 통합환경 구축 ◦ 마이크로 채널 설계인자 도출 ◦ LNG 플랜트 시스템 위험요소 분류체계 ◦ 동특성 기반의 진단기법 ◦ 데이터 분류체계 ◦ LNG 플랜트 설계표준 ◦ LNG 플랜트 공정 및 비용 리스크 범주 정립
2단계 (중점기술 통 합성능 확보)	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가상 LNG 플랜트 핵심계통 및 부품모델 ◦ 주요 부품소재 열화 및 강도 DB ◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 동특성 해석모델 ◦ 위험 기반 수명관리절차 및 코드 ◦ 마이크로채널 열유동 제어기술 ◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 에뮬레이터 ◦ 초저온 진동 측정 및 신호처리기술
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 인공지능 기반의 RAM 평가기법 ◦ 용량 대응형 PCHE 설계 ◦ LNG 플랜트 핵심공정계통 레이아웃 ◦ 동특성 기반 데이터 분석알고리즘 ◦ 국내 법체계 개선안 ◦ LNG 플랜트 시공기술 표준

		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 데이터모델 및 관리 스키마 ◦ 공정관리기법 ◦ LNG 플랜트 최적 규모 등 의사결정모델
3단계 (특화경쟁기술 확보)	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 모듈러 모델 ◦ 마이크로 채널 기반 열교환 구조 ◦ LNG 플랜트 드라이버 최적화 기술 ◦ 핵심계통 비파괴 특성 평가절차 ◦ OTS 구축기술 ◦ 센서 복합화기술 ◦ 대규모 모델링 및 시뮬레이션 기술 ◦ 초저온 회전기기 원격 감시 및 진단시스템 ◦ 사업계획 전문가시스템 ◦ 파이낸싱 기법 및 리스크 평가모델
	6차년도	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 콤팩트, 모듈러 LNG 플랜트 설계지침 ◦ 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드 ◦ 스마트 센서 응용기술 정립 ◦ LNG 플랜트 시공 ◦ 핵심 기자재 시험, 평가, 인증체계 기반 구축 ◦ 플랜트 설비표준 데이터 웨어하우스 및 DB

라. 추진전략

(1) 기본방향

LNG 플랜트는 해외 지향적인 사업으로서 국제 경쟁력 확보가 관건이며, 특히 대형화되는 플랜트시스템과 다변화되는 시장 환경에 대응하기 위한 추진전략이 필요하다.

이에 제1핵심과제는 국제표준에 관한 기반 구축과 특화경쟁기술 확보에 중점을 두고 추진 방향을 다음과 같이 설정하였다.

- LNG 플랜트 EPC 기술의 성능혁신/특화 경쟁력 확보기술 도출
- 기반구축, 건전성 및 유지관리, 첨단 기자재 및 환경 구축 등에 중점
- 세부과제는 인프라 구축, 특화경쟁/성능혁신기술 등으로 구성

표 1-7 제1핵심과제의 선정, 수행, 활용단계에서 추진방향

구 분	추진방향	기준
과제선정	◦ 선택과 집중	-전략적 중요성/개발 가능성 -시장 및 기술 변화추세 -기술적/경제적 기대효과 -비교우위확보 가능성
과제수행	◦ 생산성 극대화	-기초기술도입, 응용기술개발 -산·학·연 파트너십 유지 -기술별 선도기관과 협력
결과활용	◦ 실용화	-타 산업 연관효과 극대화 -개발 기술의 보급 및 기술 실시 -개발 DB 운영비 회수

(2) 추진전략 및 체계

앞서 설정한 추진방향에 따라 제1핵심과제의 구체적인 추진전략은 선진기술개발체계 습득, 우수기술의 중간진입, 국외 선진기관 공동연구 등으로 제시하였으며, 주요 전략별 내용은 다음과 같다.

- 선진 기술개발체계/관련지식 등 습득을 통한 연구기반 마련
 - 선진사례/우수사례 벤치마킹 (노르웨이 SINTEF, NTNU, 미국의 GTI 등)
 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여
 - 1단계 기반/요소기술 확보, 2단계 중점기술 통합성능 확보, 3단계 LNG 플랜트 특화 경쟁기술 확보
- 새로운 idea와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행
 - 기술분류 및 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술
 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입 자원을 고려한 추진시기 결정
- 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진

- 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진
- 초기 단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되
- 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전
- 1단계에서 전략적으로 중요한 첨단 융합기술과제를 도출하고
- 2단계에서 부분적인 해외 선진기관 파견 연구소 추진

※ 해외 업체 · 연구기관과의 공동연구 필요성 및 추진 방안

○ 필요성

- 보수적인 LNG 플랜트 시장의 특성상 해당분야의 건설경험 유무와 특화 또는 독자기술 보유가 시장 진입의 중요한 요소임.
- 또한 관련된 주요 기자재의 국산화 등은 국내 중소기업 등 산업 파급효과가 매우 큰 분야임을 감안할 때 전략적인 결정이 요구됨.
- 우리의 여건에서 경쟁기술 개발을 통하여 선진사와 기술을 제휴, 해외사업 공동 진출을 위한 전략적 도구를 마련할 필요가 있음.
- 이러한 기술개발의 기본 방향은 시장성이 큰 원천기술의 조기 확보와 기존 기술 상위분야에서 차별화된 특화기술 개발이 필요함.
- 국내 기업의 접촉사례는 KBR, Axens, KHI, Whessoe, Sasol 등으로 조사되었음.

○ 추진방안

- 기술 확보 시나리오: 자체 개발 개념을 확립하여 위탁용역의 단계를 거쳐 각 국가 및 기관의 역할을 설정하여 공동연구 추진형태로 활성화하는 방안을 추진 (현실적으로 선두기업의 시장카르텔, 기술 장벽 등으로 인하여 연구 기관이나 학교, 컨설팅 기업 중심의 공동연구추진이 보다 용이할 것으로 판단됨)
- 자체개발의 개념 확립: 원천 및 차별화기술, 중간진입기술, Benchmarking
- 선진연구기관 공동연구: Commissioned Engineering → 공동연구
- 파견연구소의 추진을 통하여 선진 기술체계 및 연구인력의 역량을 강화
- 파견 연구소 대상으로 노르웨이 SINTEF 및 NTNU, 미국 GTI 등이 바람직

- 독자기술의 성능평가, 시험을 위한 시설 구축
 - 연구 및 시험, 인증기반시설 구축방안
 - 독자 개발 기술의 인지도 제고
 - 부품 및 기자재의 신뢰성 확보



그림 1.6 제1핵심과제 추진체계

(3) 거시로드맵

제1핵심과제의 기술개발로드맵을 그림 1.7에 도시하였으며, 각 분야별로 기술개발 단계 및 세부 요소기술간 연관성을 고려하여 추진시기 및 기간을 설정하였다.

주요 특징으로 1단계에서는 연구기반 확립을 위한 벤치마킹, 환경 분석, 목표 달성 가능성을 높이기 위한 레퍼런스 타당성 분석 등에 초점을 맞추었으며, 열유동 해석기술, 가상 플랜트 플랫폼 및 부품모델, 센서융합, 핵심 기자재의 설계 요소 등 요소기술에 중점을 두었다. 또한 LNG 플랜트 공정계통을 구성하는 요소 기기의 동특성 모델과 LNG 플랜트 수명주기를 규명하고 부품이나 기기 등 데이터 관리기법, 공정 및 비용모델 등을 반영하였다.

2단계에서는 중점기술의 통합성능을 확보하는 데 주안점을 두었으며, 마이크로, RAM, 시뮬레이터, 최적화 등 첨단기술의 접목과 관련된 기술개발에 중점을 두었다. 또한 시스템 위험평가기법, LNG 플랜트 시뮬레이터, LNG 플랜트 설계 및 시공표준, 사업위험관리 등을 고려하였으며, 특히 해외선진기관과 공동연구 및 파견연구소를 추진할 수 있도록 반영하였다.

그리고 3단계에서는 LNG 플랜트 특화/경쟁기술력을 확보하기 위한 실질적인 성과 확보에 중점을 두었고 모듈러 설계기술, 콤팩트 열교환 구조 개발 및 최적화 등을 반영하였다. 또한 LNG 플랜트 동적 시뮬레이터 및 감시 및 진단시스템 완성, 성능시험 및 평가기준 등에 중점을 두었다.

이러한 기술개발로드맵을 토대로 그림 1.8과 같이 도출되는 성과를 단계별로 제시하였으며, 향후 과제 공모 및 수행시 주요 단계별로 도출되는 성과를 토대로 합리적인 관리에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

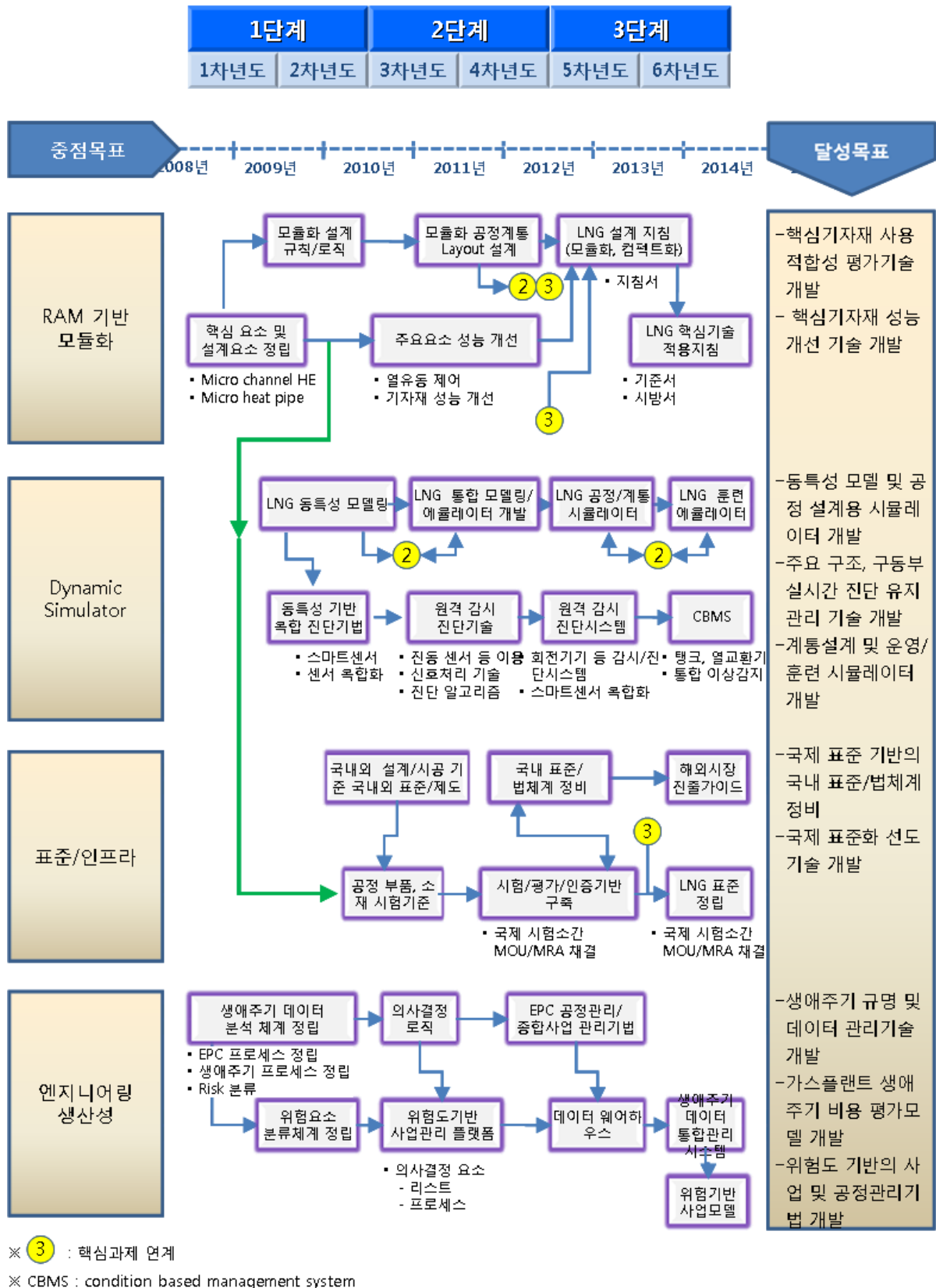


그림 1.7 제1핵심과제 거시로드맵



그림 1.8 수행 단계별 주요성과 예상

마. 기대효과

본 사업단 과제의 핵심1 과제의 정상적인 수행을 전제로 기술적인 성과와 산업적 가치를 검토하였으며, 세부과제별로 예상되는 기대효과를 표 1.8에 정리하였다.

표 1.8 제1핵심과제 세부분야별 기대효과

분야	기술적 성과	산업적 가치
RAM 기반의 LNG플랜트 모듈화	<ul style="list-style-type: none"> ● 사용적합성 평가 ● 고효율 핵심 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ● 에너지 효율 10% 개선 ● 환경오염물질 10% 감소 ● 타 산업 연관 파급효과 기대
동적 공정설계 시뮬레이터	<ul style="list-style-type: none"> ● LNG 동적 시뮬레이터 ● 엔지니어 훈련 에뮬레이터 ● 주요 계통 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> ● 시뮬레이터 산업화 ● 통합계통 지적재산권화 ● 에너지 효율 10% 개선
LNG 플랜트 EPC 표준 구축	<ul style="list-style-type: none"> ● 플랜트 국제 표준 및 코드 구축 ● 국내 표준/법체계 정비 ● 관련 엔지니어링 지식 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ● 공공 인프라 축적, 자산화 ● 국제 표준 참여기회 확보 ● 타 산업 연관/파급효과 기대
엔지니어링 효율성	<ul style="list-style-type: none"> ● 플랜트 생애주기 규명 ● 플랜트 경제성 평가 모형 제시 ● 지능형 운영/PLM 기법 	<ul style="list-style-type: none"> ● 업무 생산성 10~20% 향상 ● 기획 개발형 사업 타당성 제고 ● 공공 기술 인프라 축적, 자산화

빈 페이지

2. 국내 · 외 산업전망, 기술 및 정책현황

가. 산업전망

(1) 천연가스 시장 수요의 지속적 확대 예상

- 국제에너지기구 (International Energy Agency, IEA)에서는 2030년에 에너지 시장에서 차지하는 천연가스의 수요가 약 28%까지 증가할 것으로 예상하고 있음.
- 천연가스는 2000년 23%의 점유율에서 2030년에는 28%로 5% 증가가 예측되는 반면에, 석유는 2000년 39%에서 2030년에는 38%로 보합세를 보이고 있음.

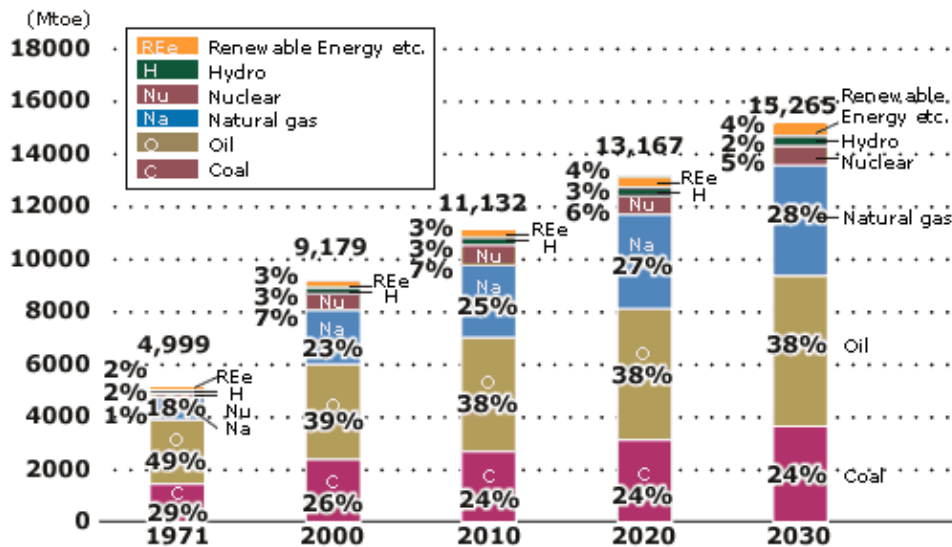
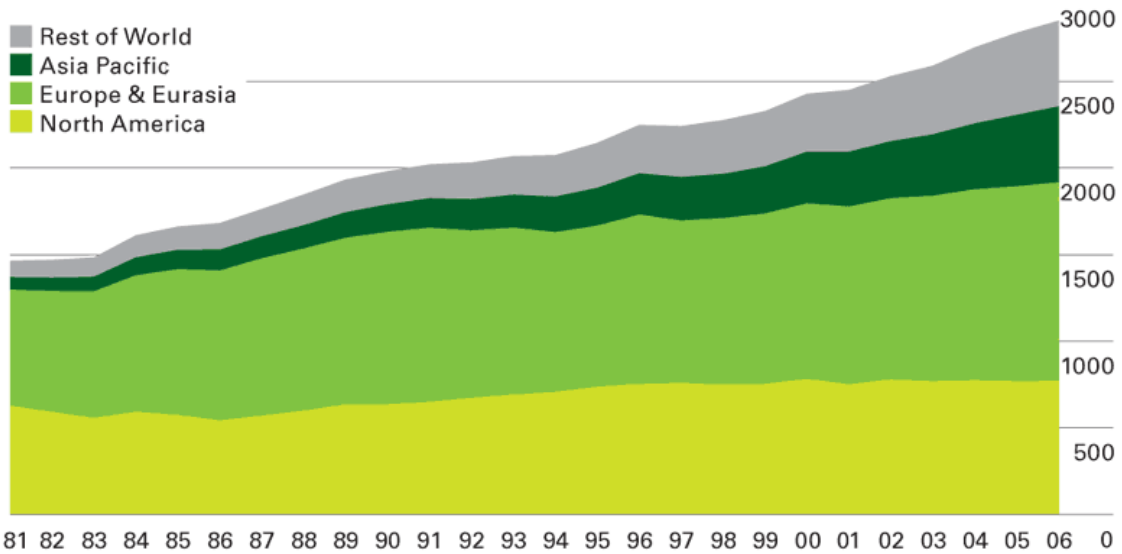


그림 2.1 IEA의 세계 에너지 수요 전망

(자료: IEA/World Energy Outlook)

- 세계 천연가스 지역별 소비현황은 그림 2.2와 같이 지속적으로 증가하고 있으며, 기존의 북미, 유럽 중심에서 아시아 등 타 지역에서도 소비가 증가하고 있음.
- GTL 생산과 GTL 생산에 소비되는 천연가스 전망을 그림 2-3과 그림 2-4에 분석되어 있으며, 청정개발체제가 가속화되면서 이러한 생산과 보급은 가속화될 것으로 전망됨.

Consumption by area
Billion cubic metres



World natural gas consumption rose by 2.5% in 2006. Russia accounted for 40% of global consumption growth. Asia Pacific consumption growth remained strong. Consumption fell in the US and UK.

그림 2.2 주요 지역별 천연가스 소비현황

(자료: <http://www.bp.com>, BP Statistical Review of World Energy 2007)

나. 기술 및 정책현황

(1) 첨단기자재 등 성능혁신기술

- 주요 기자재로 2 MW 급, 효율 82% 이상, 비동력 6.0 kWh/kmol 이상 달성이 가능한 Turbo Expander에 대한 연구가 다목적으로 진행되고 있음.
- 총괄 열전달계수가 300 W/m²K 이상이고 크기를 20% 이상 저감이 가능한 1 MW 급 반응기 열전달구조에 대한 연구가 진행되고 있음.
- 초저온용 펌프에 있어서 용량(capacity)이 1000~2000 m³/h 범위이고 수두(head)가 100~250 m인 5 Mt/y 트레인용 LNG 펌프 등이 있음.

Plant	Liquefaction Process	Status	Licensor	Efficiency kW*day/ton	Relative Power
OMAN LNG, Trains 1,2 (1)	C3 Precooled MR	Operational	APCI	12.2	100%
Wildwood LNG Plant (2)	Single N ₂ expander, closed	Operational	CFS	40.5	332%
LNG Jamal BOG Reliquefier (3)	Single Expander, N ₂	Built, des. Cap.	-	37.8	310%
Kryopak EXP-Typical (4)	Single expander, process fluid	Operational??	KryoPak, Inc.	20.4	167%
Predicted / Patented (5)	Dual Expander C1 / N ₂	Simulated	ABB	16.5	135%
Predicted / Patented (5)	C3 - Dual Expander C1 / N ₂	Simulated	ABB	13.5	111%

1. G. McLachlan, C. Ayres, K. Vink, M. Al Mukhainy, *Efficient Production of LNG from the Oman LNG Project*, Gastech 2002, Doha, Qatar, Oct. 2002.

2. M. Barclay, D. Gongaware, *Distributed Liquefied Natural Gas Infrastructure: Design of the Next Generation of Liquefiers*, Proc. of 21st Int'l Congress of Refrigeration, Washington D.C., Aug. 2003.

3. N. Hatanaka et. al., *A Challenge to Advance LNG Transport for the 21st Century- LNG Jamal: New LNG Carrier with Reliquefaction Plant, LNG-13, 2001.*

4. Kryopak, Inc. website, www.salofompanies.com/html/kryopak/process_exp.htm, Jan. 2005.

5. J. Foglietta, *Production of LNG using Dual Independent Expander Refrigeration Cycles*, Presented at AIChE Spring Meeting 2002, New Orleans, March 2002.

그림 2.3 콤팩트, 모듈화를 위한 expander 방식의 성능 비교

LNG Processes - Specific Energy

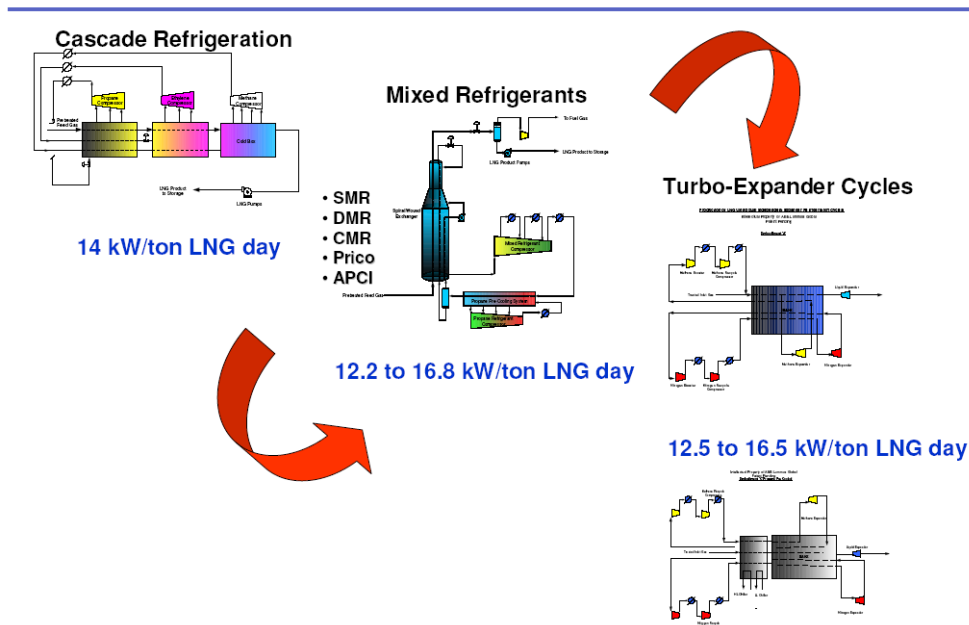


그림 2.4 초저온 냉동사이클 변천

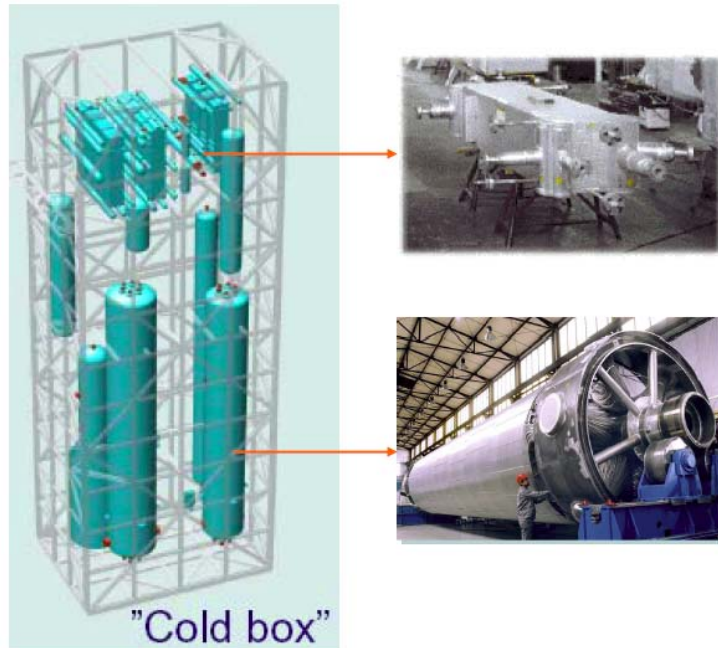


Figure 4: Location of plate-fin and spiral-wound heat exchangers in a cold box

그림 2.5 Compact cold box 실현을 위한 고성능 열교환기

(2) 핵심 기자재 및 건전성 평가기술 등

- 시스템의 대용량화, 에너지 및 카본효율, 내구성 등 종합성능을 확보하기 위하여 요소 및 단위기기, 모듈의 획기적인 성능 개선이 전제되고 있음. 이에 따라 원천적인 사이클 방식, 재료, 신뢰성 등에 관한 연구개발이 강화되고 있음.
- 국내의 건전성 평가 관련 연구현황을 살펴보면 원자력발전소의 주요기기와 가스배관을 대상으로 일부 ASME 코드 절차에 따라 안전성평가 프로그램이 개발된 바 있음.
- SAFE 연구센터는 KEPRI(Korea Electric Power Research Institute), KINS(Korea Institute of Nuclear Safety)와 공동으로 1990년부터 파괴역학해석과 관련된 결함평가 프로그램과 선형탄성파괴역학 프로그램을 개발하여 증기발생기 및 가압기에 존재하는 결함에 대해서 안전성평가를 수행하였음.
- 특히 KINS와 SAFE 연구센터가 공동으로 원자력발전소 주요기기에 대하여 건전성평가를 수행할 수 있는 NPP-KINS/SAFE 프로그램을 개발하였으며, 이를

OECD 회원국을 대상으로 배포한 바 있음.

- 건전성, 시뮬레이터, 유지관리기술
 - 주요 기기의 사용 적합성 평가기술(RAM 등) 적용
 - 가상환경 통합설계, dynamic simulator
 - IT/UT 기반의 유지관리, 지능형 진단 및 조치기술 등

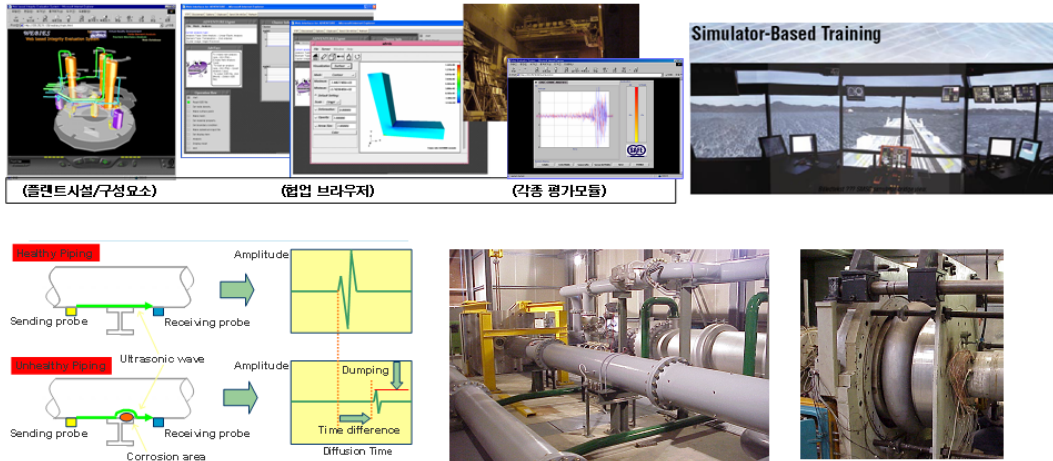


그림 2.6 플랜트 건전성 평가 및 유지관리기술

(3) 에너지 및 물질흐름 등 계통 모듈화/최적화기술

- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 회사에서는 천연가스 액화공정에서 발생할 수 있는 모든 운전조건을 실시간으로 모사, 모니터링 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질흐름 등 계통 최적화기술을 개발하여 사용하고 있다.
- 일본의 Chiyoda 사는 Aspen 사의 Aspen Dynamics 등의 공정 동특성 모델 프로그램을 활용하여 액화공정을 모사하고 플랜트 설계에 반영하고 있다. 또한 Offshore Technology 사는 Offshore 설비의 Virtual pipeline simulator를 개발하여 배관망 설계, 모니터링 및 고장진단 등에 활용함.
- Cape Software 사는 VP Link라는 상용 소프트웨어로 process dynamics를 실시간으로 구현하여 공정 제어시스템과 인터페이스한 후 logic checkout, logic validation, operator training 등 가상공정을 활용한 제어시스템 개발시장을 개척하였음.



그림 2.7 Offshore Technology 사는 Offshore 설비의 Virtual pipeline simulator

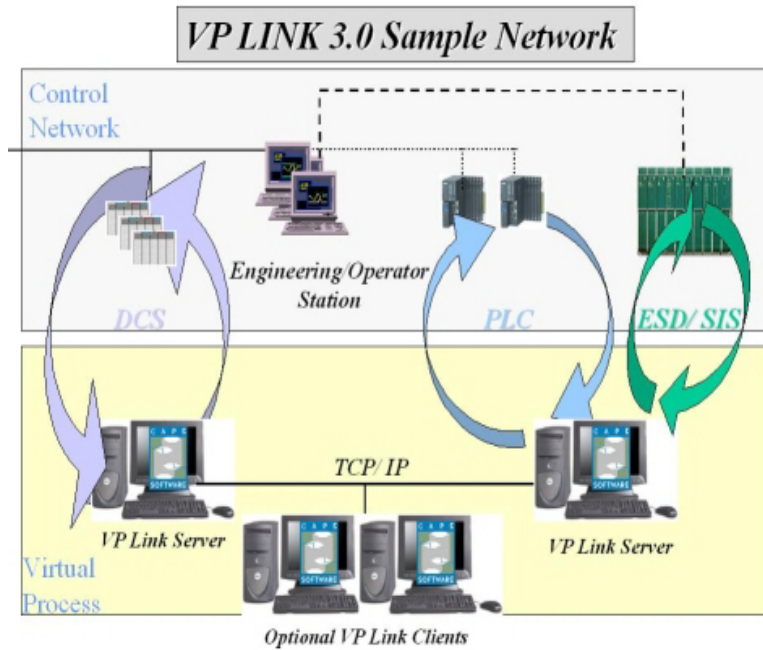


그림 2.8 Sample Network of VPLINK for real time simulation

- ConocoPhilips 사는 Processor simulator를 개발하여 LNG plant lifecycle 동안 유용한 엔지니어링 도구로 사용하고 있다. 플랜트 기동 시의 제어로직 검증, 안전성 및 운전 순서의 평가, 운전자 훈련 및 공정개선에의 응용 등에 시뮬레이터를 활용하고 있다.

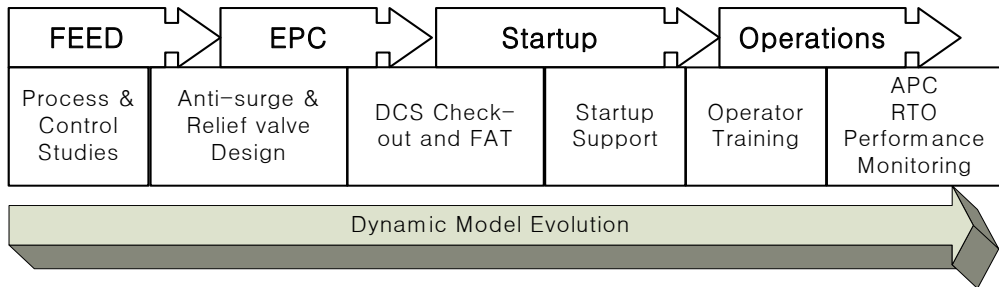


그림 2.9 다양한 단계에서의 동적 시뮬레이터의 응용

- Kongsberg사는 대규모 엔지니어링 전문업체로서 Process simulator 분야의 기술력이 세계적 수준이다. Process analysis 및 simulator를 이용하여 각종 공정 및 공정제어를 개발하고 통합 공정제어 시스템을 구축해주는 경쟁력이 있는 회사이다.



그림 2.10 가상 실시간 시뮬레이터를 활용한 공정 관제시스템 개발 사례

- ABB 사는 객체지향형 언어인 Modelica 기반 Dymola 동특성 모델링 프로그램

을 이용하여 반응지연으로 기동 시 제어가 불안정한 Power plant의 동특성을 모사하고 offline dynamic 모델을 이용하여 최적 제어를 수행하였다. 그림 2-14는 ABB사의 자동화 서버인 Process Portal 800xA를 중심으로 현장 제어기 (DCS)를 연결하고 실험 데이터를 받아 offline 동특성 모델 (Dymola 기반)과 연계하여 최적 제어 솔루션을 최적화 기법으로 구한 후 최적 공정 제어 알고리즘을 수시로 업데이트하는 방법을 적용하였다. 이와 같은 방법론은 대규모의 모든 열유체 공정에 적용될 수 있는 보편적 기술로서 이러한 원천기술을 LNG 및 GTL 공정에 접목시켜야 경쟁력 있는 최적 공정제어 기술을 개발할 수 있음.

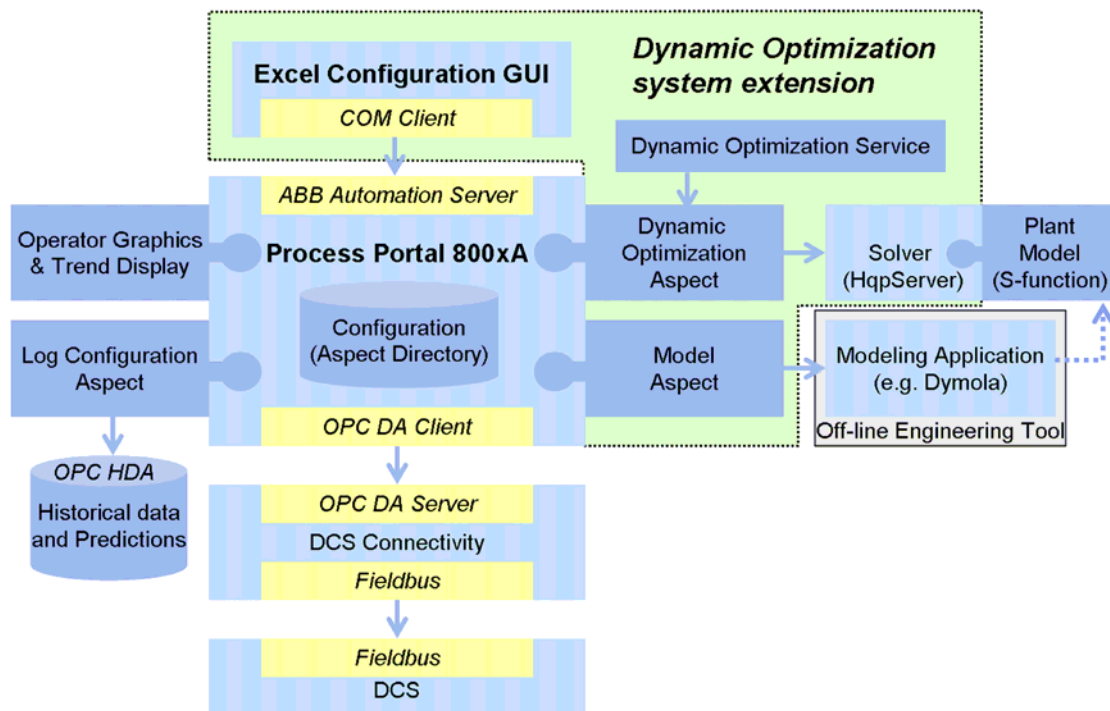


그림 2.11 Software architecture of the Dynamic Optimization system extension

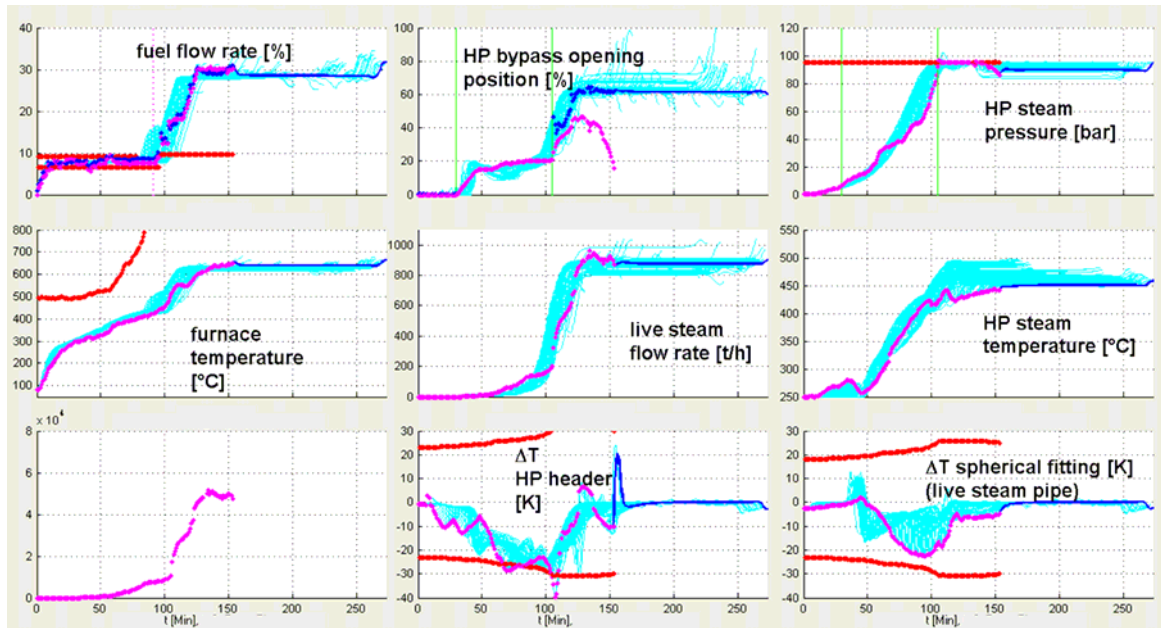


그림 2.12 플랜트 기동 후의 실시간 모니터링

- 국내에서는 한국부품소재산업진흥원의 지원으로 2008년까지 3년간 진행 중인 BOG 재액화 국산공정 개발과제가 진행 중에 있다. 현재 760 kg/h의 BOG 용량을 처리할 수 있는 파이롯트 플랜트가 인천 LNG 인수기지에 신축 중임. LNG 운반선에 장착될 실제 BOG 용량은 6,800 kg/h로서(그림 2-16) 당해과제에서 Dynamic simulator를 개발하여 동특성 성능을 모사하였다(그림 2-17, 2-18). 연구결과를 토대로 공정 운전제어 알고리즘을 설계하였고 새로운 제어 아이디어를 시뮬레이터로 검증하는 것이 가능하였다. 파이롯트 플랜트가 완공되면 축적된 운전데이터를 토대로 dynamic model을 점차적으로 업데이트하여 운전자 훈련, 고장 예지, 최적 제어 알고리즘 개발을 위한 가상 플랜트로서의 기능을 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

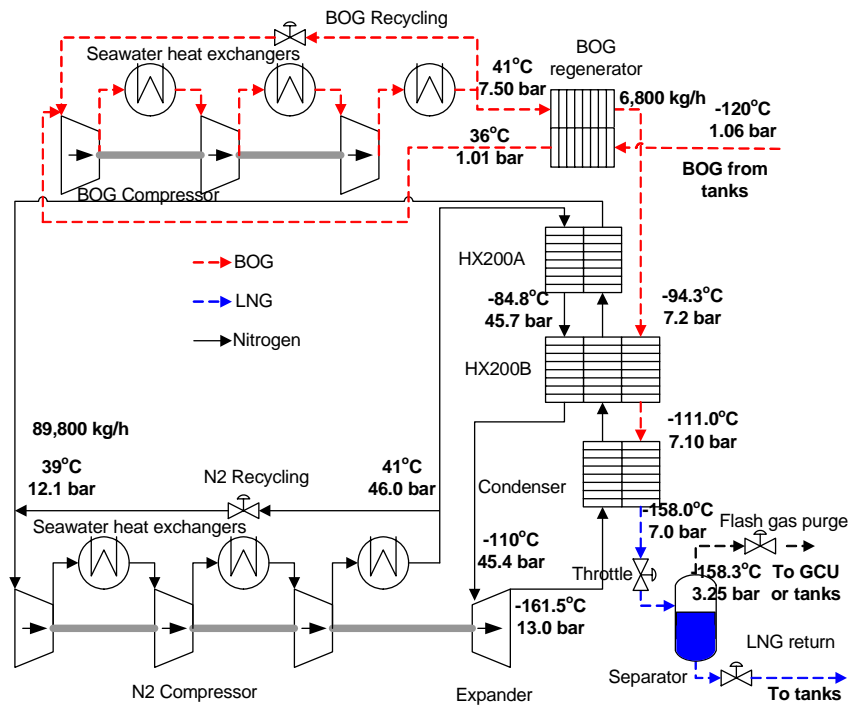


그림 2.13 Schematic of BOG Reliquefaction Process

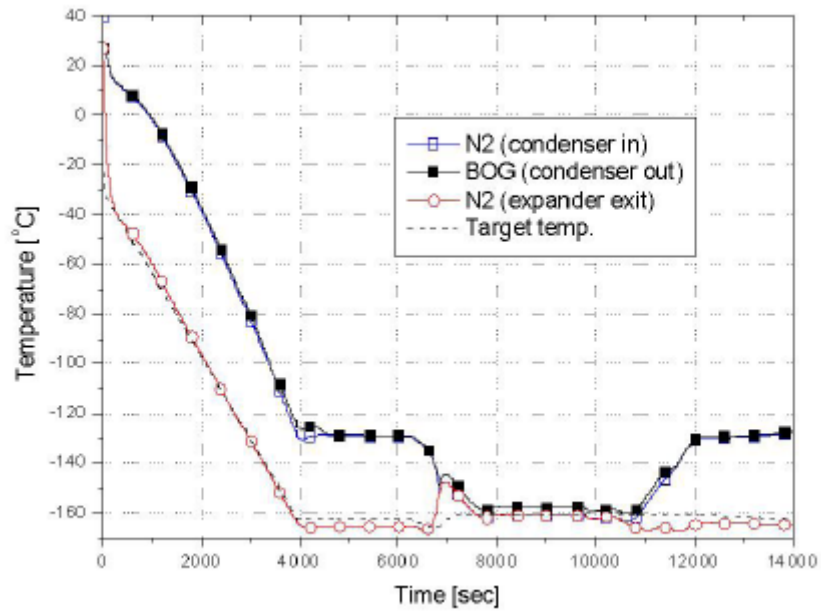


그림 2.14 예냉 및 정상 운전 중의 질소 냉매와 BOG의 온도 거동

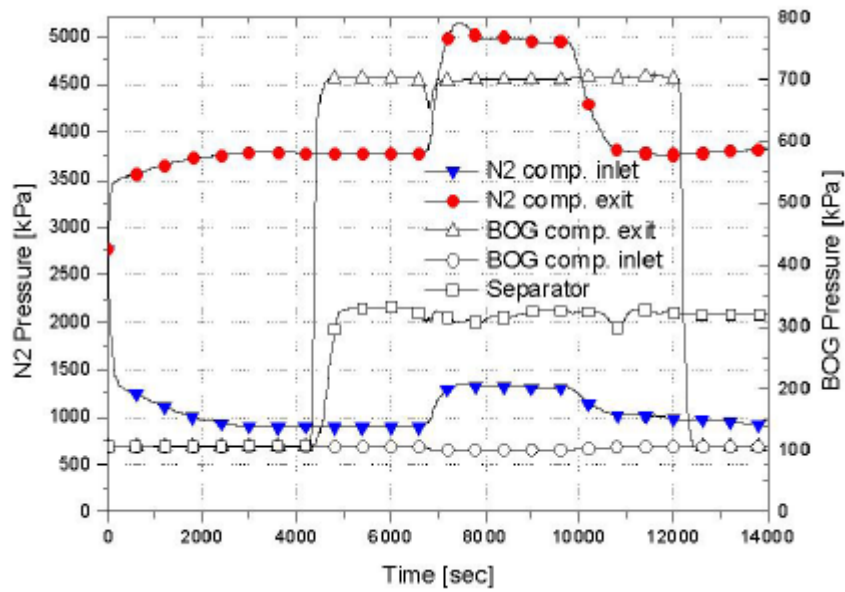


그림 2.15 예냉 및 정상 운전 중의 질소 냉매와 BOG의 압력 거동

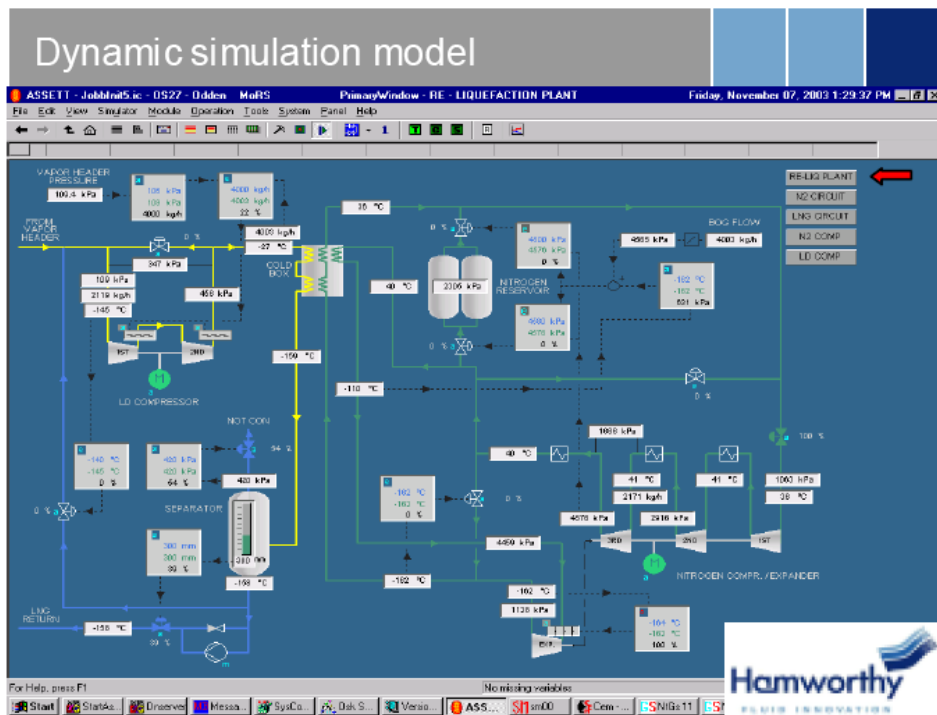


그림 2.16 시스템 설계를 위한 동적 해석모델

- LNG 플랜트가 대형화되면서 이를 구성하는 공정과 시스템이 복잡하게 집적되어 시스템에서 합리적인 에너지 이용과 에너지 효율을 개선하는 기술(공정간

열 및 물질 수지 등)이 중요하게 다루어지고 있음.

(4) 기술표준, 기준 등 인프라

- 일본의 경우 플랜트 관련 협회를 중심으로 표준화된 시스템 및 공정과 계획 및 설계요령을 제시하고 있으며, 주기적으로 검토 및 보완하고 있음.
- ISO를 중심으로 국제적인 데이터 모델 표준화를 적극 추진하고 있으며, STEP (Standard for The Exchange of Product Model Data) 활성화되어 있음.
- ISO STEP은 국제표준으로서 제품개발, 자동화를 위한 인터페이스 기능을 가지며, ISO STEP은 CALS의 EDI(Electronic Data Exchange)와 달리 기술정보를 포함한 표준임.
- STEP AP 221, AP 227, AP 231은 프로세스 플랜트 분야에 대한 P&ID(Piping and Instrumentation Diagram), PFD(Process Flow Diagram), 3D 형상 등을 표현하기 위한 표준이며 ISO 15926의 데이터 모델은 오일과 LNG 플랜트를 위한 데이터 모델임.

◦ 표준, 기준 등

- 기술표준 등은 ASME, API, NFPA, CSA 등을 중심으로 추진중
- STEP 관련 미국, 유럽 및 일본을 중심으로 추진, PIEBASE 를 통하여 ISO로 통합 진행

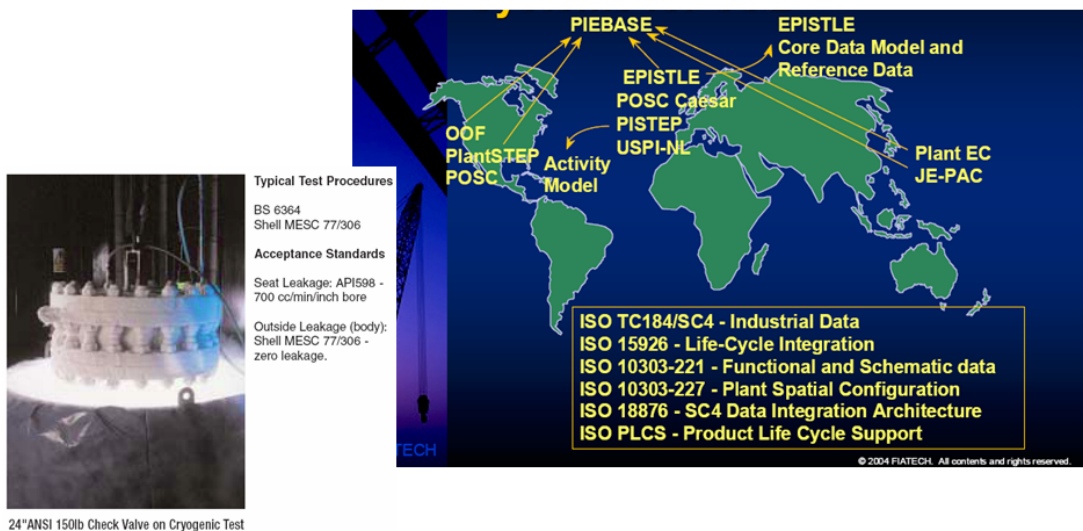


그림 2.17 플랜트 표준화 동향

- 미국은 NIST (National Institute of Standards and Technology, www.nist.gov/sc4)가 ISO 조직과 연계하여 표준 개발의 중심 역할을 하고 있으며, PDES (product data exchange using STEP, <http://pdesinc.atcorp.org>)는 기업체들을 회원으로 하는 컨소시엄으로 STEP 응용기술을 개발 중임.



그림 2.18 초저온 재료 및 기자재 시험

- 독일은 ProSTEP (www.prostep.de)라는 컨소시엄 성격의 회사를 설립하여 표준의 개발과 응용기술을 같이 개발하는데, 자동차 산업체가 중심축을 이루고 있고, 영국은 PDT Solutions (www.pdtsolutions.co.uk)나 EuroSTEP (www.eurostep.com)과 같은 컨설팅 회사를 중심으로 전문가들이 활동 중임.
- 독일의 경우는 STEP-CDS, 일본의 경우는 SCADEC 표준을 개발하는 등 선진국에서는 ISO 10303기반의 도면 교환 표준 포맷을 개발하여 국가적으로 적용하고 있는 단계에 이르고 있음.
- 특히 플랜트사업수행에 있어 설계부문은 각기 모듈별로 통합화된 시스템 내에서 Real Time으로 업무를 수행토록 개발 운영하고 있으며 구매/조달부문은 표준자재를 세분화하여 관리하며 시공/시운전 부문은 CM/PM 환경의 숙련으로 안정된 통합 사업수행시스템을 이루어 실 업무에 적용하고 있으며, 이의 총화로써 기반 지식관리 시스템을 구축 활용함으로써 부가가치 확대 및 사업역량을 강화하고 있음.
- 일본은 JSTEP (Japan STEP promotion center, www.jstep.jipdec.or.jp) 라는 센터를 운영하고 있고, ISO의 STEP 회의에는 미국 다음으로 많은 사람들이 참여하고 있지만, 기술적으로는 아직 독일, 영국, 프랑스에 비해 뒤져있는 형편이다. 재정적으로는 일본 정부가 통산성의 자금을 지원하여 운영되고 있고, 전문 인력들은 산업체에서 일정 기간동안 파견 나와 있는 산업체 전문가들이 대부분을 차지하고 있다. 최근 들어 플랜트, CAD 분야를 중심으로 새로운 STEP 표준안을 제안하기 시작하고 있음.
- 미국의 CIFE에서 CAD데이터로부터 공정순서, 자원소요량, 일정계획등을 자동 산출하는 연구가 진행 중이며, 영국에서는 설계와 시공 과정을 컴퓨터로 통합관리(CIDAC)하는 설계 자동화 및 통합 시설물 관리에 관한 연구를 진행임. 그리고 프랑스의 CSTB에서 건설생애주기의 모델개발과 데이터베이스 구현에 의한 정보 공유에 목표를 두고 건설 산업 소프트웨어 통합과 STEP 응용 소프트웨어, 3차원 CAD의 연계방안 등을 연구 중임.

- 미국, 일본, 유럽 등 플랜트 강대국들은 자국기업의 시장참여 확대와 지속적인 점유율 유지를 위하여 국가적인 차원에서 직간접적으로 플랜트 건설기술 표준화 연구개발을 체계적으로 지원하고 있음.
- 아직은 초기단계에 있는 플랜트 건설기술의 표준화와 관련해서는 상기 국가 모두 ISO 등 세계적인 표준기관에 자국의 시스템을 채택시키기 위해 노력하고 있음.
- 세계 각국의 수많은 관련기관, 단체에서는 신기술개발 및 연구 결과에 따라 매년 새로운 규정을 발표, 발행하거나 수정/보완을 지속적으로 실시하고 있으며, 국내에서는 이러한 정보를 실무에 적용하는 수준임.
- 플랜트 프로세스에 대한 정보관리 기술은 수행역무의 표준화 및 수행역무 간 전후 쌍방향의 긴밀한 결합을 고려한 플랜트 프로세스의 체계화된 절차를 기반으로 플랜트 정보분류 체계의 정립과 지식베이스의 구축이 필요하므로 선진적인 플랜트 업무 프로세스에 대한 검토와 평가가 선행되어야 함.
- 따라서 플랜트 생애주기 전반에 필요한 표준문서 및 절차, 코드 등을 국제표준을 기반으로 정립할 필요가 있음.

(5) 엔지니어링 효율성 개선기술

- 1999년 미국의 CII (Construction Industry Institute)는 건설비전 2020을 발표하고 FIAPP (Fully Integrated & Automated Project Process)개념을 제안함. 이는 프로젝트/플랜트 생애주기의 모든 단계, 모든 프로세스에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설 산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하도록 함.
- 유럽의 경우 미국과 유사한 목표로 1997년 POSC/Caesar 컨소시엄이 결성되었으며, 현재 산업설비분야의 28개 주요 회사가 참여하여 업무 프로세스의 단순화와 자동화, 사업주 / 설계자 / 시공자 및 공급자 간의 협업 실현을 위해 노력

하고 있음.

- 개략전적 결과의 정확도 측면에서, 프로젝트 초기에 예측되는 사업비 혹은 공사비는 프로젝트 초기 단계의 부족한 견적정보에 의존하며, 이 때 예상되는 오차율은 일정하지 않으나, 기획초기 단계인 경우, AACE(AACE, 1995)는 +50~ -30%로 예상하고 있으며, +40~-10%로 예상한 경우도 있음 (Peurifoy and Oberlender, 1989).

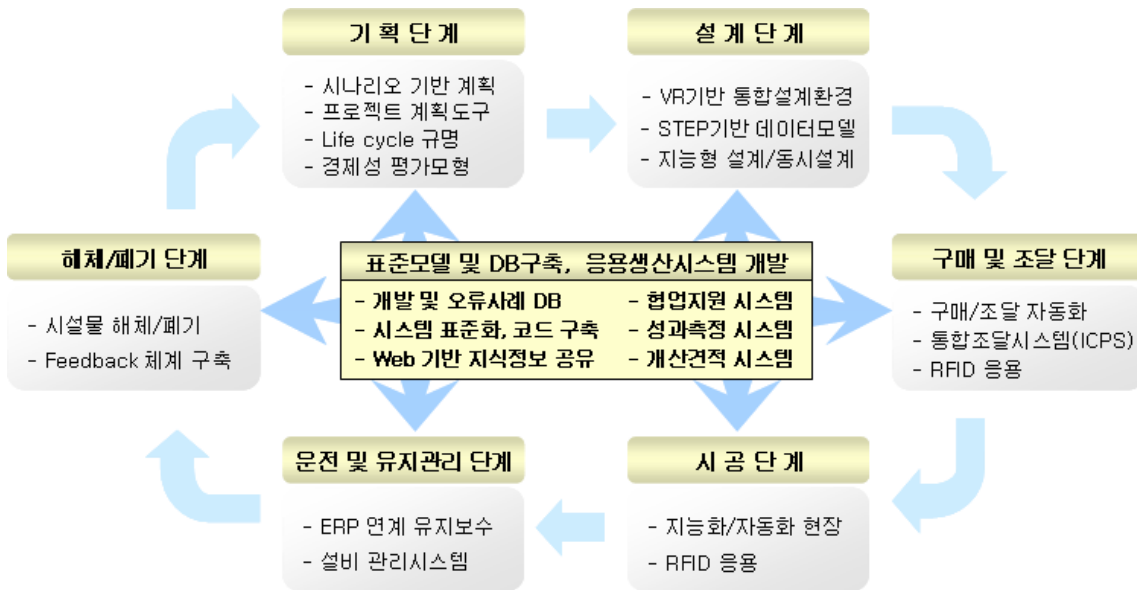


그림 2.19 플랜트 건설사업의 순환주기에 따른 연구개발 idea 설정

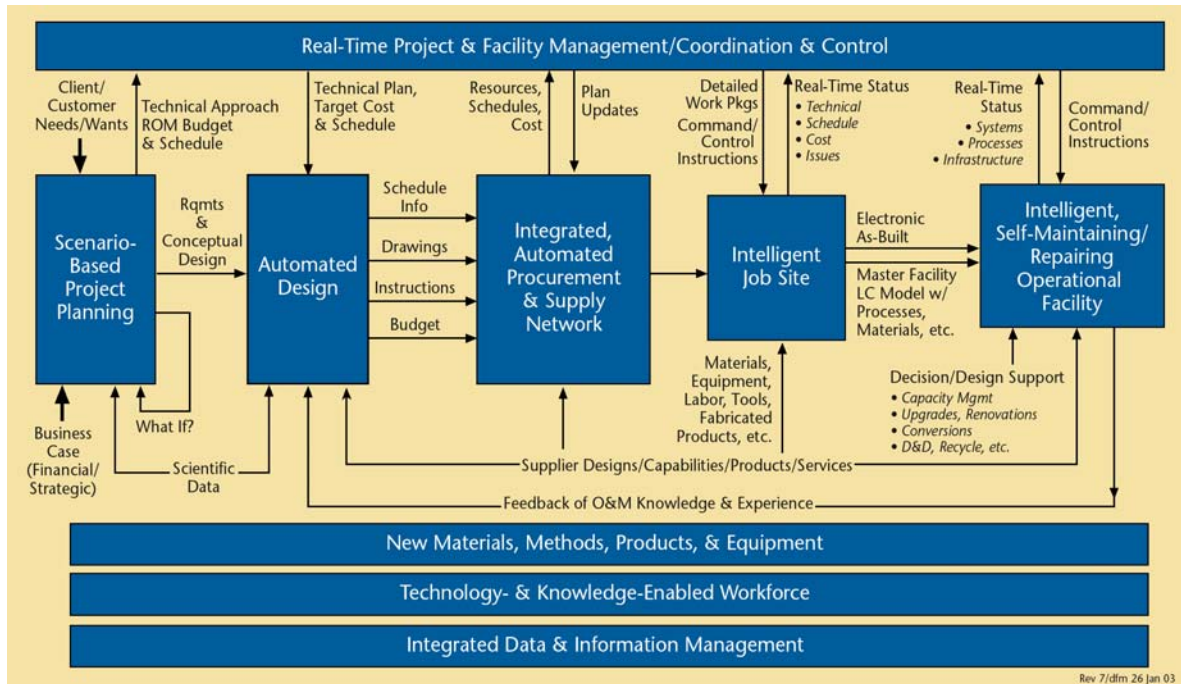


그림 2.20 FIATECH Model-프로젝트 생애주기 기반의 Technology Roadmap

- 이와 같이, 과거 실적 데이터의 부족 및 견적자의 부적절한 판단 등으로 개략견적의 오차율은 현저히 떨어지는 것이 사실임. 하지만, 그림에도 불구하고, 기본적인 개략견적기법에 확률적, 통계적, 신경망조직(neural network) 등의 응용 기법 등을 함께 접목 분석함으로써 견적결과의 오차율을 줄이려는 많은 노력이 있어 왔음.
- 또한 다양한 응용기법과 이론을 접목시킴으로써 견적결과의 정확도를 향상시키고자 하는 노력 외에도, 여러 가지 보정 계수를 개발하고 적용함으로써 실적자료에 근거한 개략견적의 정확도를 제고하는 노력도 계속되어 왔음.
- 미국의 Flour Daniel사는 지능형 통합 FEED(Front End Engineering Design) 시스템을 활용하여, 짧은 기간에 프로세스 플랜트의 개념 설계와 견적을 효과적으로 완료함으로써, 설비투자 원가를 줄이고 설계 품질을 향상시킴에 따라 ROI(Return On Investment) 및 NPV(Net Present Value)를 개선함.
- 다국적 기업인 ABB사에서는 전문가 시스템을 이용한 지식 기반의 발전소(600

개 프로젝트의 실적자료, 50만개 문서를 통한 300개의 지식기반 마련) 기본 설계 시스템을 활용하여 기본설계 원가를 30%이상 절감하고, 설계 품질을 향상시킴.

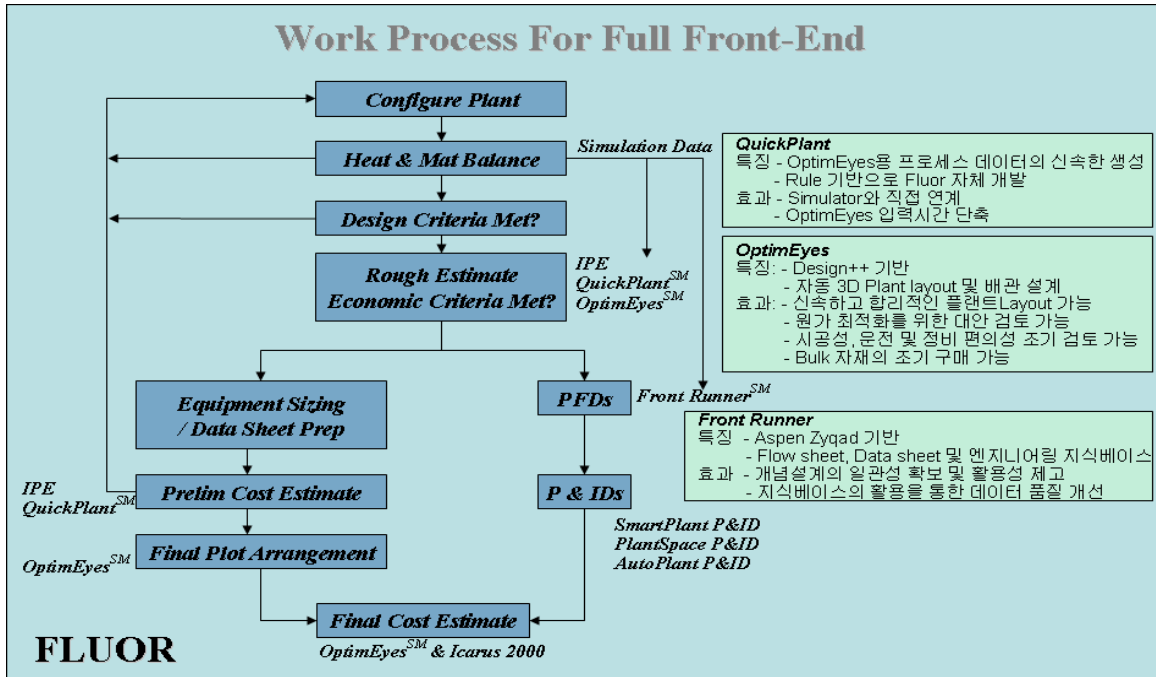


그림 2.21 Automated FEED System – Fluor Daniel 사 사례

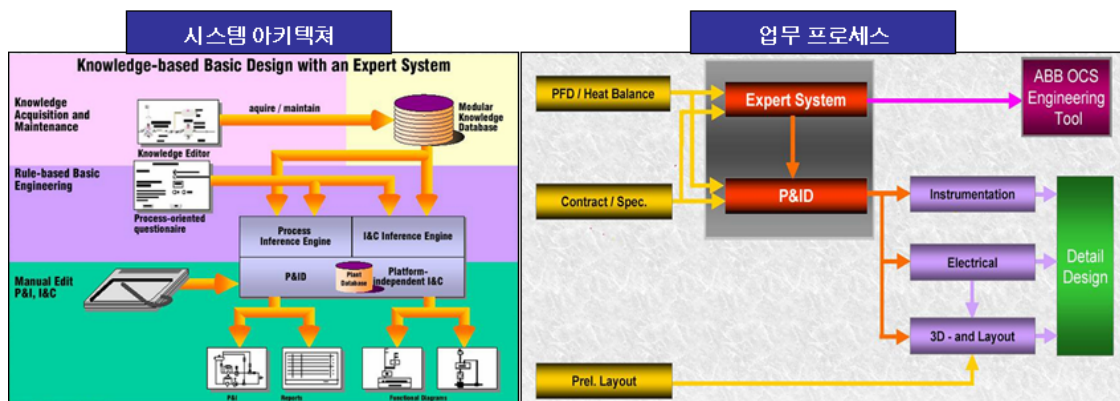


그림 2.22 Automated FEED System – ABB 사 사례

(6) 국내 연구개발과제와 차별성 검토

제1핵심과제와 관련된 국가 지원 연구개발사업을 조사, 분석하였으며, 표 2.1에 요약하였다. 대부분의 과제에 있어서 제1핵심과제와 직접적인 중복성은 없

으나 부분적으로 본 연구사업에 활용이 가능함을 파악하였다.

표 2.1 국내 연구개발사업/과제 조사 및 분석

지원 부처	과제명 (주관수행기관, 연구책임자)	연구기간	기술분류	연구개요	중복성 검토
산자부	BOG 재액화장치 국산화 개발(신영중공 업, 홍의석)	2005 ~2008 (수행중)	질소냉동사이클 을 사용한 천연가스 액화기술	-1 ton/h BOG 재액화장치 플 랜트 건설 -액화 냉동 사이클 개발 -실선용 LNG BOG 재액화장치 설계	중복성 없음
건교부	산업설비통합 수행체제 핵심기술 개발(한국건설 기술연구원, 황인주)	2003 ~2005 (수행완료)	산업설비(플랜 트) 사업수행	-산업설비 기술/정보분류체계 -산업설비 업무절차 및 통합수 행체제 지원모델 -산업설비 feedback 관리요소	중복성 없음.
산자부 (4개시도 전략 산업 육성 2단계)	극저온 액체수소 저장, 운송설비의 밸브류 기술 ((주)에이스브 이, 구윤희)	2005	밸브개발	-극저온(-253℃) 10 bar 및 250 bar의 액체수소 저장탱 크의 각종 밸브류에 대한 설 계기술개발, 제작기술 개발 및 시제품 제작	중복성 없으며, 기자재로 활용가능
산자부 (4개시도 전략 산업 육성 2단계)	양방향 금속시트구조 의 LNG 운반선용 극저온가스 차단밸브 개발 ((주)범한금속 공업, 박성준)	2005	밸브개발	-LNG 선용 배관에 사용할 극 저온 이중편심형 Butterfly Valve 개발 -배관 유형별 구조 특성 및 기 능분석, PIV와 CFD에 의한 유동 메커니즘 분석 -극저온(-196℃) 조건의 핵심 소재와 부품 개발, 극저온	중복성 없으며, 기자재로 활용가능

				<p>Butterfly Valve 최적구조 설계 개발</p> <p>-Hydraulic Actuator Type 시제품 제작 및 기능 평가, 성능 평가 및 평가 시스템 구축</p> <p>-제품의 반응성, 기밀성, 내구성, 화염시험을 통한 제품의 신뢰성 확보, 및 설계 및 양산 기술 확보</p>	
중기청 (기술 혁신)	액화가스용 극저온 Metal Seat Butterfly Valve 개발 (((주)범한금속공업, 진교정)	2003.04 ~2004.03	밸브개발	액체의 누설을 방지하기 위하여 고무 오링을 사용하는 대신 메탈을 이용하는 기술 개발.	중복성이 없으며, 기자재로 활용가능
산자부 (부품 소재)	LNG선용 글로브 밸브 기술 개발 (((주)에이스브이)	2006.06 ~2009.05	밸브개발	LNG 운반선에 이용되는 글로브 밸브 개발	”
산자부 (표준기술력향상사업)	초저온용 밸브의 성능시험 평가방법에 대한 표준화 연구 (서광공업(주), 김윤철)	2005.06 ~2007.05	표준규격개발	초저온용 밸브의 성능시험 평가방법에 대한 표준 규격 개발	”
산자부 (표준기술력향상사업)	LNG 저장탱크의 설계안전 규격 및 표준화	2005.06 ~2008.05	표준규격개발	LNG 저장탱크의 설계안전 규격 및 표준 규격 개발	활용

기술개발 (한국가스안전 공사, 권부길)				
-----------------------------	--	--	--	--

다. 기술수요 및 수준

(1) 기술수요

- 제1핵심과제와 관련된 주요 이슈(issue)는 앞서 현황 및 연구동향 등에서 파악
바와 같이 다음과 같다.
 - 표준, 시험 등 인프라 취약
 - 특화, 경쟁기술 미흡
 - 고도의 시스템 엔지니어링 및 응용기술 미흡
 - 대규모 프로젝트 관리기술 미흡

- 이러한 이슈와 관련된 기술수요는 표 2.2와 같이 요약하였다.

표 2.2 제1핵심과제 기술수요 조사내역

이슈	기술수요
인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 국제 표준 기반의 국내 표준/법체계 정비 - 플랜트 설비 표준화 기술/기자재 인증체계 - 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 참여(규격제안, 제정 등) - 플랜트 설비의 수명, 효율성 향상을 위한 표준화 기반구축 - 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준 - 가스터빈, 압축기, turbo-expander 등 유체기계 시험평가 시스템 기반 구축 - 열교환기를 포함한 cold box 성능평가 시스템 기반 구축 - 각종 기기의 신뢰성 확보를 위한 내구성 및 가혹 test 등 가속시험방법(규격)
특화기술 경쟁	<ul style="list-style-type: none"> - 초저온 단열소재 및 구조 - Expander / 펌프 등 - 초저온 자동제어밸브

	<ul style="list-style-type: none"> - 초저온 배관소재 및 구조 - Flashing liquid expander 기술 - Gas phase auto-refrigeration process 기술 - Electric motor driver 기반기술 - Heating/Cooling medium - Micro-channel 내 열유동 제어기술 - 초저온 유체기계의 stress/distortion/modal frequency 해석 기술 - 압력손실 및 누설 최소화, 열전달 극대화기술
시스템 고도화	<ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 기반의 사용 적합성 평가기술 (수명평가, 교체주기 예측, 조치시나리오, operation & maintenance 검증 포함) - 주요 기기 및 모듈의 파손 및 고장 데이터베이스 구축 (피로파괴, 열화기구, 고장사례, 공개 DB 활용 등) - 주 공정 또는 플랜트의 RAM (reliability, availability, maintainability) 평가기술 - 주요 부품·소재 열화 및 강도 실시간 지능형 진단 및 조치 (센싱-conditioning-진단(DB, 알고리즘)-조치(원격 등) 등을 수행) - 설비의 안전진단을 위한 통합 안전진단 시스템 개발 및 시범 모형 구축 - Real&Virtual 환경 통합 플랫폼 (knowledge/rule 구축 포함) - 요소부품/모듈 데이터 모델 개발 (life cycle data - 형상, 재질, 결합, 응력 등) - 대규모 모델링 및 시뮬레이션기술 (에너지 유효이용 및 통합관리기술 등) - LNG 플랜트 운영 및 훈련 시뮬레이터
엔지니어링 효율화	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 생애주기 규명 - LNG 플랜트 LCC 모형 개발 - 사업 및 공정별 위험도 평가 - 기획·타당성 평가(F/S)를 위한 전문가시스템 - RT/UT기반의 지능형 O&M/PLM 기술 - 엔지니어 교육프로그램

(2) 기술수준 및 인프라

- 국내 건설기술 개발경험이 전무한 LNG 플랜트의 경우에 주요분야의 기술수준 등이 전반적으로 낮게 평가되었으며, digital simulator 등과 같은 첨단설계환경과 핵심 기자재 건전성 평가기술 등은 선진기술 대비 65~70% 수준으로 평가되었으나 표준 및 시험평가기술 등은 이보다 낮은 50~60% 수준으로 평가됨.
- 또한 제1핵심과제와 관련된 기술별 인프라를 조사한 결과를 표 2.3에 요약하였으며, 모든 경우에 인력, 시설, 지원수준 등에 있어서 부족하거나 다소 부족한 실태를 보임.

표 2.3 제1핵심과제 관련 국내기술보유현황 및 수준

항목	기관	기술개발현황	수준 (국외대비)
digital simulator	세종대학교	천연가스 재액화기, 공조시스템	70
	고려대학교	로봇 시스템 통합운영기술	70
	우병엔지니어링	지능형 CAD 및 DB기술	70
건전성 평가기술	성균관대학교	항공기 부품 건전성 평가, VR 기반기술, 펌프	70
	가스안전공사	석유화학플랜트 RBI, 가스배관 안전성	75
	유니슨/연세대	micro channel 열교환기	65
	한국건설기술연구원	산업환경설비, 계통설계	65
엔지니어링 생산성 개선기술	중앙대학교	산업설비 업무프로세스, 분류체계	70
	고등기술연구원	PLM, 프로토콜	65
	국가핵융합연구원	핵융합로 연구관리, 조달	70
	한국건설기술연구원	산업설비 업무프로세스, 정보통합기술	70
표준화	성균관대학교	압력용기 표준화	60
	해외건설협회	해외표준 조사	40
	한국기기유화시험연구원	표준개발, 시험평가	50

표 2.4 제1핵심과제 핵심기술분야별 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
Dynamic simulator	연구인력		√			
	연구시설	√				
	지원수준	√				
사용적합성평가	연구인력		√			
	연구시설		√			
	지원수준	√				
특화 기자재 및 성능혁신	연구인력	√				
	연구시설	√				
	지원수준	√				
엔지니어링 생산성 개선	연구인력		√			
	연구시설		√			
	지원수준	√				
표준화	연구인력		√			
	연구시설	√				
	지원수준	√				

표 2.5 제1핵심과제 핵심기술분야별 국내외 현황 및 수준

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
Dynamic simulator	미국, EU, 일본	LNG 선박 동적 해석, 원자로 모델링 등	50
사용적합성평가	미국, EU, 일본	항공기 부품, 주요 플랜트 핵심기자재 등	70
특화 기자재 및 성능혁신	미국, EU, 일본	나노소재, 기능성 철강	60
엔지니어링 생산성 개선	미국, EU, 일본	정보분류체계, 공정관리	70
표준화	미국, EU	국내 산업설비 취약, 국제표준 원용 및 추종	40

- 부분적으로 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약하기에는 많은 기간과 투자가 선행되어야 할 것으로 보임.
- 또한 장기적인 시장 전망이 큰 분야로서 해외시장 진출 및 경쟁력을 확보하기 위해서는 허브(HUB)형 기반기술의 발굴과 지원여건의 구축이 필요함.
- 대형 LNG 플랜트 개발/상용화하기 위한 수준은 전 분야에 20% 이하 수준으로 중소형 LNG 플랜트 개발에서 얻어지는 연구 개발의 인프라 및 노하우의 꾸준한 축적이 필요함.
- 초저온 공정이 사용되는 기타 공정 기술 개발 분야 역시 해상액화기지용 액화 플랜트 기술 개발을 제외하면 요소기술의 기술수준과 전문인력 보유 수준은 50% 수준이나 인프라 구축 수준이 20%로 적극적인 개발 의지로 연구 인프라를 보장하여 조속한 기술 확보가 가능함.
- LNG 저장탱크, 소형 재액화기술 이외에는 관련 시설이 구축된 사례는 없음.

표 2.6 제1핵심과제 관련 시설구축여건 조사

구분	내용
시험, 평가시설	없음
인정/지정체계	없음
추진과제	축매, 반응기, LNG 저장탱크, 소규모 BOG 액화

다. SWOT 분석

(1) 기반기술 SWOT 검토

국내외 기술 및 정책동향, 산업전망 등을 통하여 제1핵심과제의 SWOT 분석을 수행하였으며, 그 결과를 표 2-7에 요약하였다.

강점으로는 IT 및 고급인력, 첨단기자재 제작능력 등이 있으며, 약점으로는 원천기술과 소재, 엔지니어링 기반 및 개발경험이 취약한 것으로 분석되었다.

기회요인으로는 세계 천연가스 수요의 증가에 따라 LNG 플랜트 건설수요가 증가할 것으로 예상되며, 또한 국가 R&D의 확대로 양호한 기술개발 여건을 들 수 있으며, 위협 요인으로는 기술 경쟁의 심화와 선진사의 기술 장벽을 들 수 있다.

표 2.7 제1핵심과제 SWOT 분석

외부 환경	< 기회 요인(O) >	< 위협 요인(T) >
내부 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 플랜트분야 국가 R&D 확대 • 해외시장 성장/진입 가능성 • 청정개발체제 가속화 	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 기술경쟁 증대 • 기반기술 투자 미흡 • 기술장벽
< 강 점(S) > <ul style="list-style-type: none"> • IT 및 고급인력 • 첨단 기자재 투자 	(SO 전략) <ul style="list-style-type: none"> • 엔지니어링 지식 확충 • 성능혁신/기자재 등 특화 • U-기반 제어/운영기술 	(ST 전략) <ul style="list-style-type: none"> • 국제 교류 확대 • 특성화 소재, 장비교류 • 기술개발/실적 확보
< 약 점(W) > <ul style="list-style-type: none"> • 원천기술/재료 취약 • 엔지니어링 기반취약 • 기술개발 경험 취약 	(WO 전략) <ul style="list-style-type: none"> • 원천기술 연계/융합연구 • 환경오염저감기술 접목 • R&D 기반확충, 인력양성 	(WT 전략) <ul style="list-style-type: none"> • 선진기관/업체 기술제휴 • 특화/기반기술 지원 강화 • 연구성과 홍보

(2) 주요 기술별 SWOT

핵심기자재 및 사용적합성 평가기술 (제1세부과제 연관기술)		강점 (S)		약점 (W)	
		시장	·업계의 진출노력	시장	·인지도 낮음
		기술	·기자재 제작능력	기술	·원천/융합기술 취약
(국내) 수준		·		(국내) 수준	
기회 (O)					
시장	·시장 확대	특화기자재 발굴 중간진입기술 지원		IT 기반 응용기술 적극지원 융합기술 기반의 경쟁력 강화	
기술	·제품, 시스템 고도화				
(국내) 수준	·				
위협 (T)					
시장	·기술경쟁력 저하	국제교류 확대 특화기술개발 지원		공동연구 등 확대 성과홍보	
기술	·선진기술장벽				
(국내) 수준	·				

에너지/물질흐름 계통 최적화 기술 (제2세부과제 연관기술)		강점 (S)		약점 (W)	
		시장	·업계의 진출노력	시장	·인지도 낮음
		기술	·상설설계능력	기술	·기본설계능력
(국내) 수준		·		(국내) 수준	
기회 (O)					
시장	·시장 확대	선진기업 공동연구/사업 추진		FEED 패키지 개발 기술개발 홍보	
기술	·제품, 시스템 고도화				
(국내) 수준	·				
위협 (T)					
시장	·기술경쟁력 저하	국제교류 확대 기술개발 지원		공동연구 등 확대 성과홍보	
기술	·선진기술장벽				
(국내) 수준	·				

		강점 (S)		약점 (W)	
		시장	기술	시장	기술
표준, 인프라 구축기술 (제3세부과제 연관기술)			·국가 지원		·활동실적 미비
			·전문인력		·연구개발 전무
		(국내) 수준	·	(국내) 수준	·
기회 (O)		표준 구축사업 추진 국제 위원회 참여		기술개발시 국제표준 검토 국제 위원회 참여	
시장	·표준 영향 증가				
기술	·ISO 통합				
(국내) 수준	·				
위협 (T)		국제 위원회 참여		국제교류 등 확대 성과홍보	
시장	·표준 영향증가				
기술	·자국 표준의 세계화				
(국내) 수준	·				

		강점 (S)		약점 (W)	
		시장	기술	시장	기술
엔지니어링 효율성 개선기술 (제4세부과제 연관기술)			·없음		·인지도 낮음
			·IT 기술 우수		·기반 DB 취약
		(국내) 수준	·	(국내) 수준	·
기회 (O)		IT 기반 특화분야(위험, 공정관리, 비용모델 등) 개발		IT 기반 응용기술 개발 DB 구축	
시장	·시장수요 확대				
기술	·기술수요 증가, 정보 통합				
(국내) 수준	·				
위협 (T)		국제교류 확대		공동연구 등 확대 성과홍보	
시장	·독과점 형성				
기술	·선진기술장벽				
(국내) 수준	·				

(3) 대응전략

◦ SO 전략

- 국내 강점요인과 국내·외 기회요인을 고려한 SO 전략은 현재의 여건을 기반으로 도약하기 위한 전략적 재투자가 중요할 것으로 판단됨
- 따라서 강점기술의 보호하고 고급인력의 체계적인 관리가 중요하며, 지속적인 경쟁력을 갖출 수 있도록 기술기반을 구축하여 성능혁신기술이나 특화기술력을 시급히 갖출 필요가 있음

◦ ST 전략

- 국내 강점요인과 국내·외 위협요인을 고려한 ST 전략으로는 우수한 국내정보기술을 기반으로 첨단 기자재 제작능력에 대한 국제적 인지도를 제고할 수 있는 선진기관과 국제교류를 확대하는 전략이 중요
- 특히 기술개발 실적이나 특성화 소재 및 기술의 장점을 부각시켜 해외 선진기관과 기술제휴 및 사업참여 기회를 적극 모색하여 기술장벽을 극복하는 방안이 필요

◦ WO 전략

- 국내 약점요인과 국내·외 기회요인을 고려한 WO 전략은 약점요인인 원천기술과 소재, 지식기반의 엔지니어링 및 융복합기술에 대한 투자가 필요
- 특히 확실성이 큰 기회요인을 적극 활용할 필요가 있으며, 중장기적인 관점에서 약점을 보완할 수 있는 기반기술에 대한 연구개발 투자가 시급

◦ WT 전략

- 국내 약점요인과 국내·외 위협요인을 고려한 WT 전략은 보완적인 차원의 접근일 수밖에 없으며, 조기에 약점과 위협요인을 타개하기 위해서는 국제적인 교류 및 전략적인 기술수단이 필요
- 성공 가능성과 연관효과가 큰 특화기술에 집중할 필요가 있으며, 이를 토대로 선진기관과 협력관계를 적극 모색

빈 페이지

3. 세부과제의 목표 및 내용

가. 세부과제의 구성과 정의

(1) 세부과제

- 제1세부과제: RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발
- 제2세부과제: 동적 공정설계 시뮬레이터 개발
- 제3세부과제: LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축
- 제4세부과제: 엔지니어링 효율성 개선기술 개발

표 3.1 세부과제의 구성

세부과제	세세부과제 후보
제1세부과제	1. 인공지능 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발
	2. Micro-channel 기반의 열교환 구조 개발
	3. LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발
제2세부과제	1. LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발
	2. 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발
제3세부과제	1. LNG 플랜트 설계/시공표준 구축
	2. LNG 플랜트 시험/평가 표준구축 및 인증체계 개발
	3. 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발
제4세부과제	1. 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발
	2. 시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획 전문가 시스템 개발
	3. 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발

(2) 세부과제의 정의

◦ 제1세부과제: RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화기술 개발

플랜트 엔지니어링에 관계되는 digital data/knowledge/rule 등을 기반으로 digital plant를 구현하고 요소부품, 데이터 등을 통합하고, 가상 디지털 환경에서 프로젝트 타당성 평가, 설계 성능, 시공 적합성(플랜트 구성요소 및 설치 및 유지보수 효율화를 위한 fabrication), 유지관리 건전성 등을 모사·평가하는 기술로 정의한다.

또한 플랜트 실시간 사고방지 안전해석기술, HS&E 기반 사고방지 해석기술, 위험성평가(Risk Assessment) 및 시공후의 고장모드 영향분석(FMEA)기술, ECA(Engineering Critical Assessment)를 포함한다.

그리고 LNG 플랜트를 구성하는 주요 계통의 통합적 구성을 위한 에너지와 물질흐름의 최적화를 통하여 Modular, Compact 계통설계를 포함한다. 이를 위하여 마이크로 채널 기반의 열교환구조 응용기술 등을 포함한다.

LNG 플랜트 EPC 기술표준과 핵심 기자재 및 부품의 시험 및 평가표준, 이의 인증체계 등에 관한 내용을 포함한다. 또한 LNG 플랜트 사업관리기술과 관련하여 2005년도 플랜트 프로젝트 표준화 연구단의 일부 내용을 연계하여 반영한다.

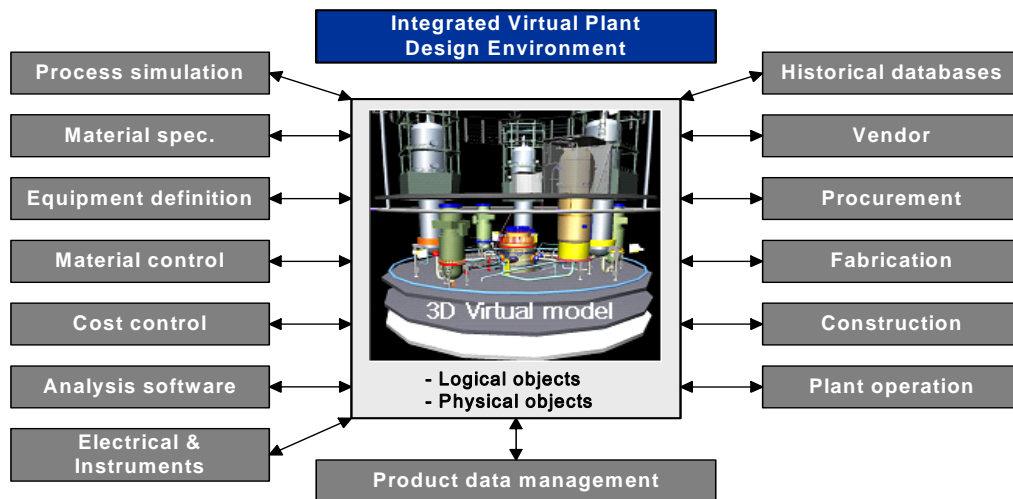


그림 3.1 Virtual Digital plant의 개념도

◦ 제2세부과제: 동적 공정설계 시뮬레이터 개발

LNG 플랜트 동적 시뮬레이터 개발: 실제 플랜트의 동적 거동을 모사할 수 있는 가상 실시간 시뮬레이터로서 공정 제어 설계에 필요한 동특성 모델을 제공하고 설계된 공정제어와 연계하여 공정의 가상운전기술, 시뮬레이터가 갖추는 실시간성은 실제 공정제어기와의 연계운전을 가능하게 하므로 공정제어기 프로그램 개발기술로 정의한다.

또한 다양한 공정 설계안을 가상 운전을 통해 평가하므로써 최적의 공정 설계안을 도출하기 위한 유용한 개발수단으로 활용, 개발된 자체 공정모사 프로그램은 실제 플랜트 운전 시 운전 데이터와 시뮬레이터 데이터를 실시간 비교하여 차이가 발생하면 고장 예지나 검출 알고리즘 개발에 활용한다.

여기서 동적 시뮬레이터 기술의 성격은 응용기술로 볼 수 있으며, 앞서 기술수준 및 국내 여건분석에 요약한 바와 같이 50%의 비교적 낮은 수준이다. 반면에 계통설계분야는 60% 수준으로 평가되며, 성공 가능성이 크고 EPC 업체에 있어서 실질적인 분야이다.

◦ 제3세부과제: LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축

LNG 플랜트 표준인프라 구축: 해외경쟁력 보유 및 미래가치 창출이 가능한 기반 기술(기본설계)의 성공적 개발에 따른 법체계 정비와 정책, 제도 등 지원방안 수립, 세계시장 진출을 위한 연구개발 성과물의 국제표준에 따른 기술 표준화 추진으로 정의한다.

또한 플랜트 설비 표준화 기술/기자재 인증체계, 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 참여(규격제안 및 제정 등), 플랜트 설비의 수명 및 효율성 향상을 위한 표준화 기반구축, 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준, LNG터빈, 압축기, turbo-expander 등 유체기계 시험평가 시스템 기반 구축 등을 포함한다.

기반에 속하는 분야로서 저장탱크 및 터미널을 제외한 주요 공정 및 계통 설계분야는 국내의 여건에서 수행해본 경험이 전무한 관계로 인프라 구축이 매우 취약한 실정이다.

국제적인 추세가 주요 기술사 위주의 표준에서 ISO를 중심으로 통합되는 추세에 있어 이에 대한 적극적인 참여가 필요하다.

◦ 제4세부과제: 엔지니어링 효율성 개선기술 개발

엔지니어링 효율성 개선기술 개발: 개방형 표준을 이용하는 플랜트 EPC 협업시스템 기술과 이를 응용한 플랜트 엔지니어링 사업관리 효율화기술로 정의한다.

이를 위하여 LNG 플랜트 건설사업의 수명주기에 대한 규명이 중요하며, 이를 기반으로 생애주기 비용평가모델, 공정위험분석 및 관리, 사업 타당성 평가 등에 관한 내용을 포함한다.

또한 설계회사, 엔지니어링 회사, 건설사, 자재 및 장비 공급업체, 플랜트 운영 기관, 플랜트 유지/보수 회사 등 다양한 이해관계자가 서로 정보를 공유할 수 있는 개방형 표준 요소기술 및 이질적인 엔지니어링정보를 공유, 협업을 가능케 해주는 STEP, XML, OWL(Ontology Web Language) 등의 개방형 데이터 표준 및 응용시스템 기술 등을 포함한다.

국내외에서 활용되는 플랜트 관련 정보분류체계 및 국제표준 WBS(Work Breakdown Structure) 분석과 수행단계별 플랜트 업무절차를 규명함으로써 LNG 플랜트 EPC 표준 작업분류체계 및 업무절차서를 검토한다.

기술의 성격은 응용기술이며, 앞서 국내여건 및 기술수준 분석에서 평가한 바와 같이 선진기술 대비 70% 수준으로 평가되고 있으나 우수한 국내 IT 기반을 토대로 성공 가능성이 가장 큰 분야이다.

나. 세부과제별 목표 및 내용

(1) 제1세부과제

- 목표: 컴팩트, 모듈화 LNG 플랜트 통합계통 개발
 - 핵심기자재 RAM 평가기술
 - RAM 성능 5~10% 개선
 - RAM 평가 모델
 - 모듈러(modular), 컴팩트(compact) 통합계통
 - 1~5 Mt/y급 LNG 통합계통
 - 마이크로 채널(micro channel) 1 MW 급 열전달구조
 - 총괄 열전달계수: 300 W/m²K
 - 크기 20% 저감

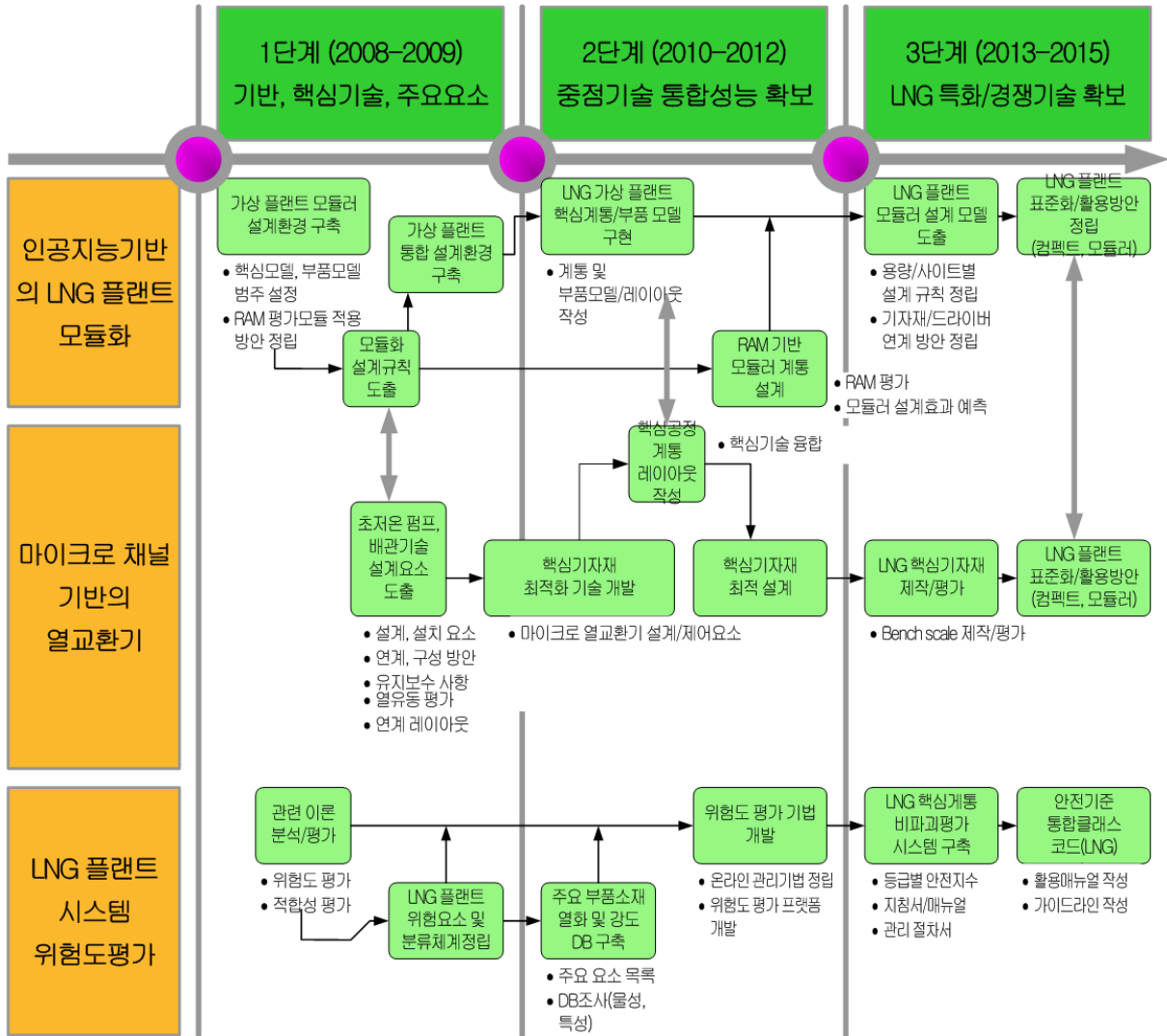
◦ 연차별 목표 및 내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1	◦ 가상 LNG 플랜트 모듈러 설계환경 구축	-가상 LNG 플랜트 구현 시스템 모색 -핵심계통 및 부품모델의 범주 설정 -국제 호환 부품모델 구축방안 -RAM 평가모델 적용방안
		◦ 모듈화 설계 규칙 도출	-모듈러 사례조사 및 분석 -모듈러 규칙 및 설계로직 분석 -LNG 플랜트 모듈화 방향 설정
		◦ 초저온 펌프 및 배관계통 설계요소 도출	-초저온 펌프 설계 및 설치 요소 -배관계통 연계계통 구성방안 검토 -유지보수관련 사항 파악
	2	◦ 가상 LNG 플랜트 통합 설계환경 구축	-가상 LNG 플랜트 구동모델 검토 -LNG 핵심계통 계획 및 DB 화 -계통 및 구성 부품 모델 작성
		◦ 핵심 기자재 설계요소 도출	-마이크로 채널 내 열유동 해석 및 평가
		◦ LNG 플랜트 시스템 위험요소 분류체계	-위험도평가 이론 검토, 분석, 평가 -정성적, 정량적 위험도 평가 기법 -설비별 위험요소 및 인자 결정
2단계	3	◦ 가상 LNG 플랜트 핵심 계통 및 부품모델	-계통 및 부품모델 작성(계속) -계통 및 기기 레이아웃 설계 -레이아웃 성능 평가
		◦ 핵심기자재 최적화 기술	-마이크로채널 형상별 설계요소 및 열 유동 제어요소 확립

		◦ 주요 부품소재 열화 및 강도 DB	-LNG 플랜트 주요 기자재 목록 -관련 재료 규격 등 조사 -파괴 특성및 소재물성 DB 조사
	4	◦ RAM 기반 모듈러 계통 설계	-핵심기자재 RAM 평가 -모듈화 계통에 대한 RAM 평가 -모듈러 설계효과 예측
		◦ LNG 핵심공정계통 레이아웃	-엑서지 기반 계통 성능예측 -공간 및 레이아웃 최적화 -유지보수성 검토
		◦ 핵심 기자재 설계	-마이크로채널 기반 열교환 구조 평가
3단계	5	◦ LNG 플랜트 모듈러 설계 모델	-용량별/사이트별 가변형 설계 규칙 -모듈화 설계시 고려사항 정리 -주요 기자재 및 드라이버 연계방안
		◦ 핵심기자재 제작	-마이크로 채널 용량 증대 및 평가
		◦ 핵심계통 비파괴 특성 평가절차	-안전지수(SIL)별 평가 지침서 및 관리 매뉴얼 -수명평가 관리 절차서
	6	◦ 컴팩트, 모듈러 LNG 플랜트 표준화 및 활용방안	-주요계통 및 부품 표준화 DB 작성 -컴팩트, 모듈화 가상모델 활용방안
		◦ 핵심 기자재 최적화 모델 및 적용지침	-마이크로 채널 열교환 구조 응용방안
		◦ 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드	-LNG 플랜트용 통합코드 작성 -활용 매뉴얼 및 가이드라인 작성

※사업 수행시 사업단계획에 따라 연구내용 조정가능

◦ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵



◦ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
- 핵심기자재 RAM 평가기법 · RAM 평가 모델	1단계	-LNG 플랜트 핵심 기자재 및 계통을 분석하여 -소요기법 및 기술을 응용
- 모듈화 설계 로직 및 가상 부품모델 · 모듈화 설계 규칙 및 로직	2단계	-국제 표준 프로토콜에 기반하여 핵심계통과 부품을 모델화하고 -모듈화를 위한 규칙 등을 도출
- 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드	3단계	-국제 표준 규격 등을 토대로 응용연구를 수행하며, -관련 DB를 토대로 코드 구축
- 모듈러(modular), 컴팩트(compact) 통합계통 · 1~5 Mt/y급 LNG 통합계통	3단계	-가상 플랜트를 구현하여 핵심계통과 부품을 모사하고 -시공 및 유지보수를 고려한 모듈러 계통을 제시
- 마이크로 채널(micro channel) 1 MW 급 열전달구조 · 총괄 열전달계수: 300 W/m ² K · 크기 20% 저감	2,3단계	-관련 기업의 선행연구를 기반으로 용량 증대 및 제작기술 확립을 통하여 조기에 달성 가능

◦ 테스트베드 적용방안

개발기술	Test bed 적용유무	Test bed 적용시기
◦ 가상 플랜트 플랫폼 및 주요계통 모듈화 (테스트베드 가상구현)	○	3단계
◦ RAM 평가모델 (테스트베드 적용기술 평가)	○	3단계
◦ 1 MW 급 열전달구조 (테스트베드 개량 및 사용 적합성 평가)	○	3단계

(2) 제2세부과제

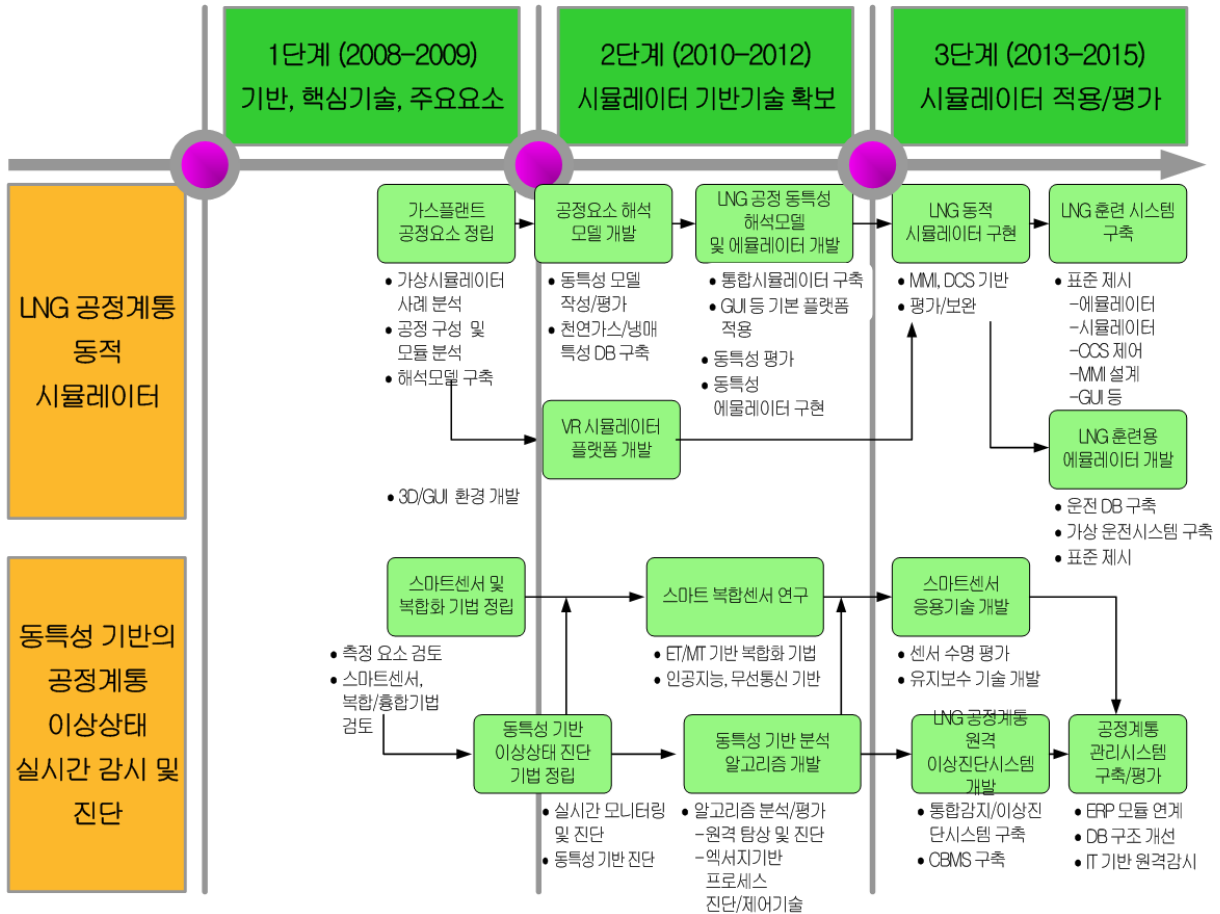
- 목표: LNG 플랜트 공정계통 설계용 범용 동적 시뮬레이터 개발
 - LNG 플랜트 공정계통 동특성 시뮬레이터 개발
 - 설계용량: 1~8 Mt/y
 - 동특성 효율 5% 개선
 - 동특성 기반의 감시 및 진단시스템
 - 첨단융합센서
 - 진단로직 및 시스템

◦ 연차별 목표 및 내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1	◦ LNG 플랜트 공정요소 정립	-LNG 플랜트 가상시뮬레이터 사례 분석 -공정 구성요소 및 모듈 분석 -관련 해석모델 구축
		◦ 스마트센서 및 복합화 기법	-LNG 플랜트 공정 및 계통 측정요소조사 -스마트 센서 조사 및 적용성 검토 -센서 복합화 또는 융합화 기법 분석
	2	◦ LNG 플랜트 공정요소 해석모델	-LNG 플랜트 시뮬레이터 개발환경 구현 -요소기기 및 장치 동특성 모델 작성/평가 -관련 천연가스, 냉매 등 액화, 압축 특

			성 등 DB 구축
		◦ 동특성 기반 이상상태 진단기법	-실시간 모니터링 및 진단기법 검토 -동특성 기반 진단기법 검토 -초음파 진단 기법 검토
2단계	3	◦ LNG 플랜트 공정계통 동특성 해석모델	-LNG 플랜트 공정 요소기기 동특성 평가 -LNG 플랜트 공정 에뮬레이터 구현 -동특성 모델 프로그래밍
		- 스마트 복합센서 연구	-smart sensor 복합화 기기법(ET/MT 기반) -인공지능 센서 연구
	4	◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 에뮬레이터	-동적 공적 해석모델 보완 -가상 통합시뮬레이터 구축 -사용자 GUI 등 기본 플랫폼
		◦ 동특성 기반 데이터 분석알고리즘	-원거리 탐상 및 진단 알고리즘 -엑서지 기반 시스템 프로세스 진단, 제어 기술 검토, 분석, 평가
3단계	5	◦ LNG 플랜트 동적 시뮬레이터	-MMI, DCS 기반 공정제어 연계기술 -LNG 동적 시뮬레이터 기반 테스트베드 평가 -동적 시뮬레이터 운전 평가/보완
		◦ 스마트 센서 반영구 매립기술	-센서 수명 평가 및 매립방법 -유지보수를 고려한 교체방법
	6	◦ LNG 플랜트 훈련시스템	LNG 에뮬레이터, 시뮬레이터 표준 제시 CCS 제어, MMI 설계, GUI 등 표준 제시
		◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 원격 이상진단시스템	-통합감시 및 이상진단시스템 구축 -유지관리시스템과 연계한 condition-based management system

◦ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵



◦ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
◦ 동특성 기반 이상상태 진단기법	1단계	-시스템 및 모듈 방출신호에 기반한 DB 구축 및 MATLAB 등 알고리즘 타당성 평가
◦ LNG 플랜트 공정계통 동특성 해석모델	2단계	-LNG 공정요소 및 계통에 대한 해석모델 프로그램 및 검증
◦ LNG 플랜트 동적 시뮬레이터 (훈련시스템 포함)	3단계	-LNG 플랜트 공정 및 계통별 모델을 확립하고, 이의 결합된 모델의 동적 특성을 검증하고 가상 시뮬레이터로 구현

◦ 스마트 복합 센서	2단계	-인공지능, 무선통신 등에 기반한 기능성 센서를 결합하고 측정 위치, 수명주기, 유지보수성을 종합 고려하여 개발
◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 원격 이상진단시스템	3단계	-개발된 진단알고리즘과 원격 신호처리기술, 통신기술 등을 이용하여 진단시스템을 구현

◦ 테스트베드 적용방안

개발기술	Test bed 적용유무	Test bed 적용시기
◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 동적 시뮬레이터	○	3단계
◦ LNG 플랜트 훈련시스템	○	3단계
◦ 스마트 센서 및 통합진단시스템	○	3단계

※ 1핵심의 2세부과제는 3핵심의 3-1-1(LNG 플랜트 공정제어기술개발) 과제와 상호 연계 및 활용계획의 제시가 필요함.

(3) 제3세부과제

- 목표: LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축을 통하여 설계 및 시공 생산성 10% 개선에 기여
 - 설계 및 시공기술표준
 - 설계 표준 및 시방
 - 시공표준 및 시방
 - 시험/평가기준 및 인증체계
 - 지원정책 및 제도(안)
 - 시험평가 기반
 - 표준화된 신뢰성 평가방법 및 절차

- 국내 표준/법체계 정비
 - 지원정책 및 제도(안)
 - 국제 표준 기반
 - 플랜트 설비의 수명 및 안전성 향상 : 20~30%

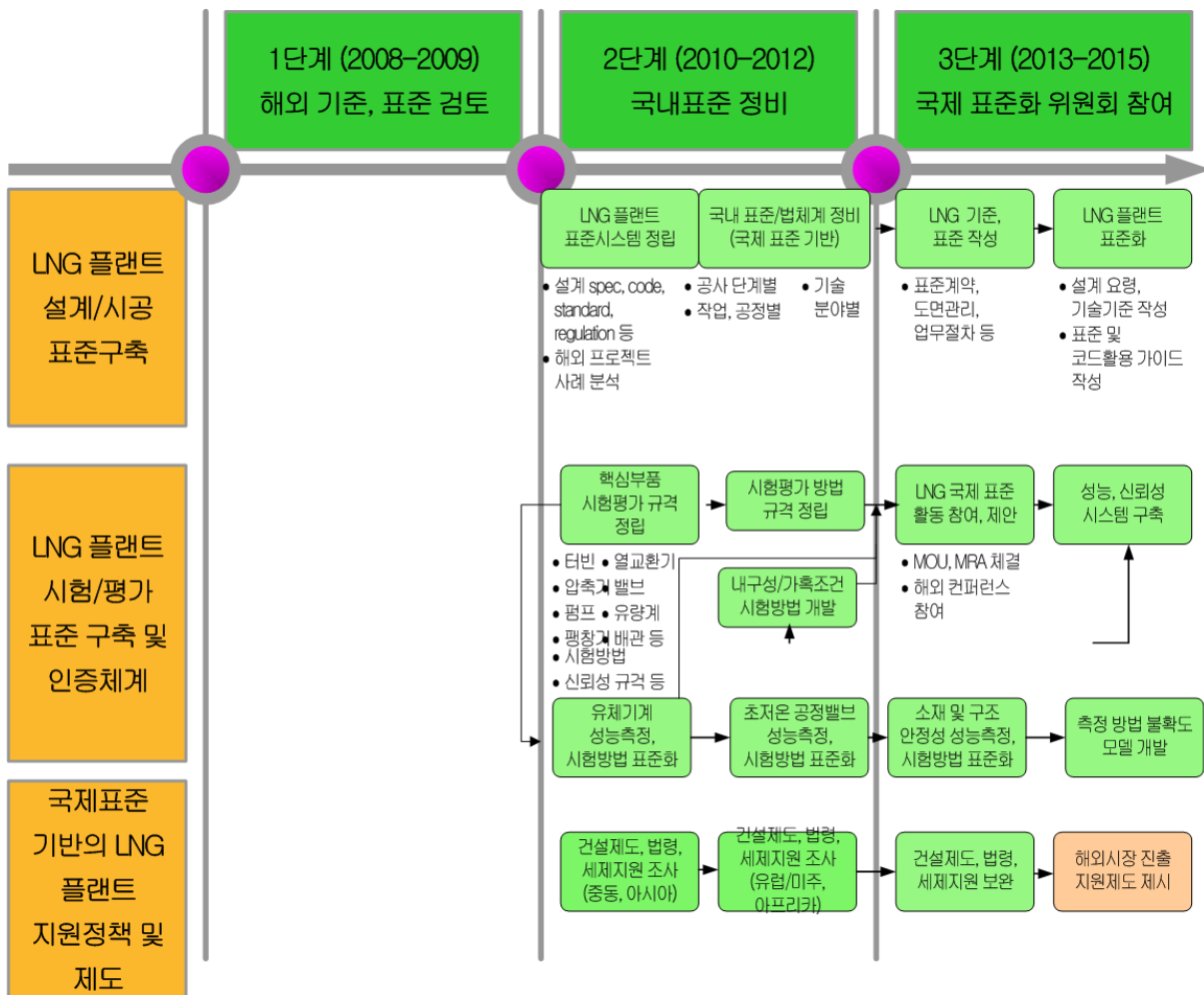
◦ 연차별 목표 및 내용

단계	연차	목표	내용
2단계	1	◦ LNG 플랜트 표준 시스템 정립	-LNG 플랜트 설계 Spec, Code, Standard, Regulation 등 조사(설계부문별, 공정분야별, 단위기기별 조사) 및 분석 -해외 LNG 플랜트 프로젝트 사례 분석
		◦ 국내외 시험평가 관련 규격 정립	-LNG 시험방법, 신뢰성 규격 조사 -분야 : 핵심부품(터빈, 압축기, 펌프, 팽창기 등) 주요공정 부품(열교환기, 밸브, 유량계, 배관 등)
		◦ 유체기계 성능 측정 및 시험방법 표준화	-필수부품 성능변수, 시험항목 도출 -센서류 설치조건에 따른 성능변수 검토/표준화 -재료 특성 시험, 진동 및 환경 특성시험, 초저온 내구성 시험 검토/표준화
		◦ LNG 플랜트 국외(중동) 관련 법, 제도 정립	-건설제도, 건설법령, 주요세제 조사 -건설시장 현황 연구 -대상 : 중동 3개국
	2	◦ 국제 표준 기반 국내 표준/법체계 정비	-국제 표준 사례 조사 -공사단계, 작업, 공정별 국내 표준/법체계 정비 -국제 표준 사례 조사 -기술 분야별 국내 표준/법체계 정비
◦ 초저온 공정밸브 시험방법 표준화		-초저온 환경 누설율 시험방법 개발 -공정 밸브 종류별 시험방법 표준화	

		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공정부품 소재 시험 기준 정립 ◦ 구조·안전성 시험방법 표준화 	<p>평가항목 도출 및 평가기준 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> -파이프, 피팅류 기계적 특성 평가 방법 표준화 -공정 부품, 소재 화학적, 물리적 비파괴 시험방법, 표면처리 시험방법 표준화
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 국외(아프리카) 관련 법, 제도 조사 	<ul style="list-style-type: none"> -건설제도, 건설법령, 주요세제 조사 -건설시장 현황 연구 -대상 : 아프리카 3개국, 유럽 및 미주 3개국
3단계	3	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 분야 기준 /표준 작성 	<ul style="list-style-type: none"> -표준계약, 도면관리 등의 국영문 절차서 작성 -공사준비, 기자재 구매조달, 설계 및 건설 단계의 표준 업무절차서 구축
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 측정 방법 불확도 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> -랜덤 오차 및 시스템 오차 분석/표준화 -건설지역 지역적 환경요건별 시험방법 표준화
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 구성요소 시험 표준 제시 	<ul style="list-style-type: none"> -시험조건, 시험방법에 대한 절차서 작성 -KS/ISO 규격(안) 작성
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 국내외 관련 법, 제도 보완 	<ul style="list-style-type: none"> -건설제도, 건설법령, 주요세제 보완 -건설시장 현황 연구 -대상 : 중동, 아시아, 아프리카, 미주, 유럽
	4	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 공정 및 계통 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> -표준용어 및 구성 체계 검토 -모듈(Module)별로 통합화된 플랜트 시스템의 표준화(각 구성 모듈 표준화) -LNG 플랜트 공정 및 설비 표준 시스템(안) 개발

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내구성/가혹조건 시험방법(규격) 개발 ◦ 국제 시험소간 MOU 체결 	<ul style="list-style-type: none"> -시스템 가혹 운전, 스트레스 조건에서의 고장시간 분석 -가속 시험방법 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시험기준-현장여건 비교 검토 	<ul style="list-style-type: none"> -현장적용 고장 부품에 대한 분석 -적정 사용 목표 설정, 고장 판정 기준 설정 -필드 정보 습득 및 실사용 조건 분포 결정

◦ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵



◦ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
- LNG 플랜트 지원정책 및 제도	2~3단계	- 제도, 법령, 세제 등 조사 현지 자료 조사, 관계기관 협력
- LNG 플랜트 설계 및 시공표준	3단계	- 국내외 표준 조사 및 적용여건 평가 - 국내 개발기술과 비교분석
- LNG 플랜트 표준, 성능시험, 평가기법 및 인증체계	2단계	- 핵심부품 시험 평가를 통한 DB 확보 - 시험 및 평가절차를 확립 - 국내외 호환이 가능한 인증체계 구축 방안 제시

◦ 테스트베드 적용방안

개발기술	Test bed 적용유무	Test bed 적용시기
◦ LNG 플랜트 설계 및 시공표준 (테스트베드 설계, 검사)	○	3단계
◦ 핵심 기자재 시험 및 평가기준 및 지침	○	3단계
◦ 관련 법, 제도 정비(안)	○	3단계

(4) 제4세부과제

- 목표 : LNG 플랜트 생애주기 규명을 통하여 지식관리시스템을 구축하고 위험 기반 공정관리기법 및 사업계획 전문가 시스템을 개발하여 엔지니어링 효율성을 개선
 - 생애주기 규명 및 지식관리시스템
 - 생애주기 정의
 - 데이터 모델 및 웨어하우스

- 엔지니어링 생산성 10% 개선
- 위험 기반 공정관리기법
 - 사업위험요소 정의
 - 공정관리기법
 - 사업비용 5% 저감
- 사업계획 전문가시스템
 - 비용 평가모델

○ 연차별 목표 및 내용

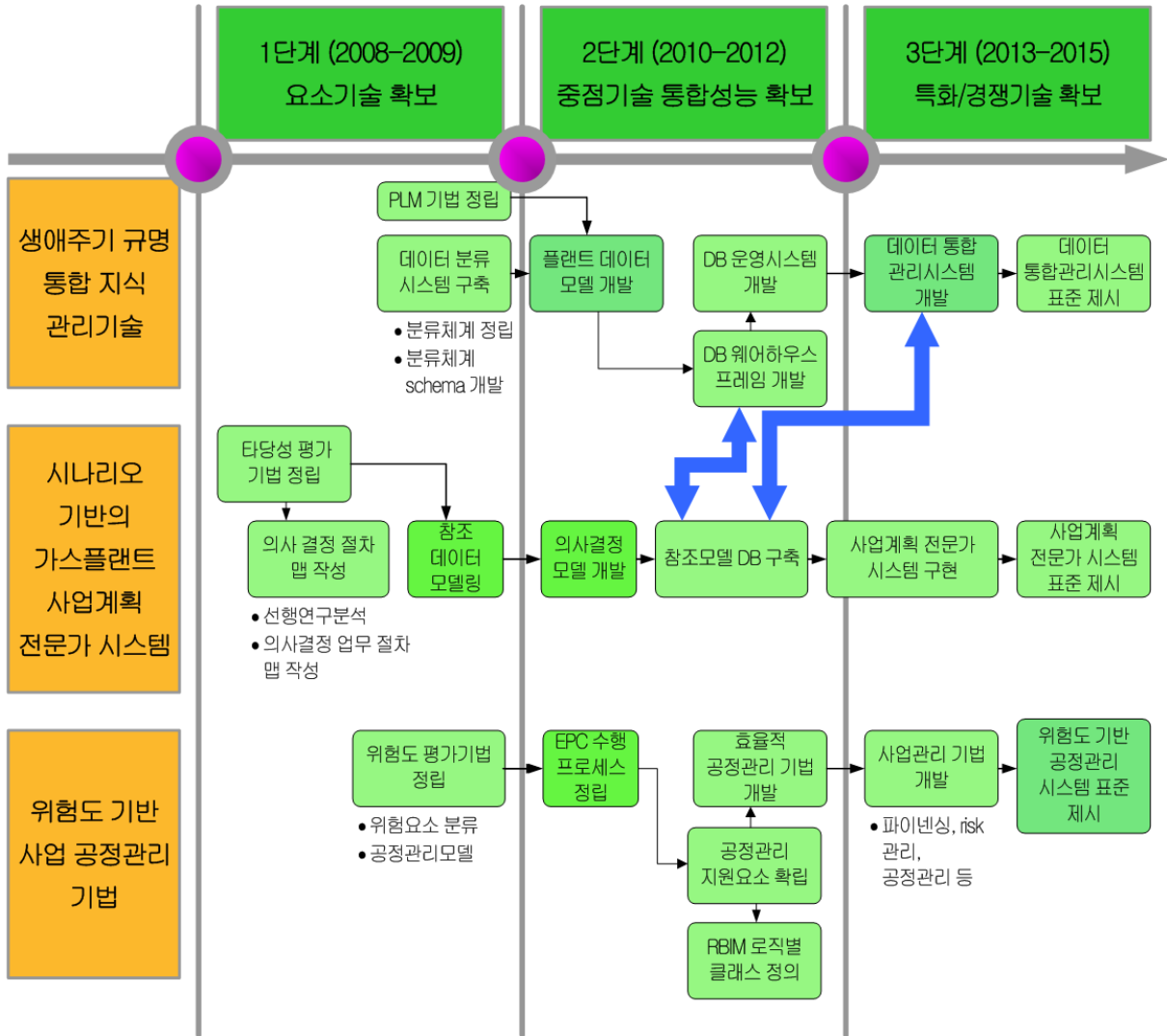
단계	연차	목표	내용
1단계	1	◦ LNG 플랜트 생애주기 규명 및 데이터 분류체계 정립	-LNG 플랜트 구성요소 및 사업특성 -생애주기 분석 및 모델 평가 -국제표준 기반 플랜트 ontology 정립 -데이터모델 설계 요구사항 조사 -데이터모델 대상에 대한 범위 및 객체 선정
		◦ 공정관리 리스크 범주 정의	-선진업체 수행체계 Benchmarking -공정 위험요소 및 분류체계 -사업 공정관리모델 조사 -LNG 플랜트 사업의 특성 정의 -수행단계별 정보흐름 및 작업모델 분석
		◦ LNG 플랜트 계획단계 의사결정절차 맵 작성	-의사결정기법 선행연구 분석 -기존 의사결정지원도구 조사/분석 -시나리오 기반 계획기법 개념 정립 -의사결정 업무절차 및 맵 작성
	2	◦ LNG 플랜트 데이터 모델 개발(국제표준기반)	-구성요소별 life cycle 산정 -플랜트 구조 분석 및 샘플 클래스 개발 -STEP 기반의 플랜트 정보모델 적용방안 -플랜트 온톨로지를 위한 표준 식별체계 및 분류체계 개발 -국제표준(ISO15926, STEP AP221)에 의한 기자재 라이브러리(RDL:Reference Data

			Library) 시범 설계
		◦ LNG 플랜트 EPC 수행 프로세스 정립	-단계별, 시스템 요구조건 등 검토 -경제성 평가 모델 분석 -국내외 IT based 플랜트 관리기법 검토 -정보의 유기적 재활용 및 피드백 체계 -Workload 최소화를 위한 자동화 방안 -초기 부담 업무의 자동화 논리
		◦ LNG 플랜트 계획단계 참조 데이터 모델링기법	-사업계획 추진구조 -사업계획 의사결정 알고리즘 -데이터 기반 의사결정모듈 작성 -LNG 플랜트 계획단계 성능예측기법
	2단계	3	◦ LNG 플랜트 데이터 레파지터리 파일럿 개발
	3	◦ LNG 플랜트 공정관리 지원요소 확립	-확률적 분석모형 수립 및 경제성 평가 -위험 평가인자 분석 (비용, 일정, 작업시간 등) -Workload 최소화를 위한 자동화 기술 접목
		◦ LNG 플랜트 계획단계 의사결정 모델링 기법 (Modelling and Simulation 기반)	-발주자/설계자/시공/운영자 등 요구사항 조사 -Modelling & Simulation을 위한 기능 요구사항 정의 -출력을 생성하기 위하여 요구되는 입력사항 정리 -투자결정을 위한 평가항목(위험도, 경제성, 기타 요구 사항 등) 모델화
	4	◦ LNG 플랜트 레파지터리 운영 시스템 개발	-현행 데이터 분석, 정제, 가공, conversion (데이터 이행)

		<ul style="list-style-type: none"> -Meta 모델, 데이터 dictionary, 모니터링, 사용자 지원시스템 개발 (DB 운영) -플랜트 메타데이터 온톨로지 설계 및 검증 -레파지터리 정보 모델 및 실증용 연구
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공정관리 효율화기술 적용기법 	<ul style="list-style-type: none"> -DAT (Data Acquisition Tech) 포괄적 분석 -RFID (Radio Frequency Identification) 포괄적 분석 -공종별 적용방안 검토 및 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 계획단계 참조 모델 데이터베이스 구축 	<ul style="list-style-type: none"> -비용, 납기, 품질 등 참조 데이터 요구사항 정의 -일정 및 품질 참조데이터 조사 -life cycle 비용 참조데이터 작성 -참조를 위한 정보의 기능 정의 및 설명 -데이터 모델링 -M&S 모델 시뮬레이션 및 평가 -사용자 인터페이스 개발을 위한 바람직한 범주 설정
5	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 생애주기 데이터 통합관리시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> -De facto standard(Excel, AutoCAD, 3D tools 등)과의 interface 개발 -Data warehouse와 application의 데이터 교환모델 개발 -데이터 mapper 개발 -데이터, 문서 및 도면 적용 가능한 통합 브라우저 개발 -Workflow manager 개발 -사용자 권한 관리 모듈 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> -의사결정 알고리즘 및 M&S 모듈 결합 -DB 프레임 및 schema 설계 -작업데이터 및 절차모델 작성 -투자결정 데이터모델 정의 -대상 프로젝트 선정

			-참조모델의 신뢰도 평가
		◦ 위험 기반 사업관리기법 개발	-파이낸싱 기법 및 리스크 평가모델 -Contingency Allowance 사용의 추적 -EPC 공정관리 및 종합사업관리기법
3단계	6	◦ LNG플랜트 PLM/Hand over STEP 적용방안 및 타 공공플랜트 확대적용 지침 개발	-플랜트 온톨로지 기반의 PLM 시스템 구축/시험 -플랜트 XML/RDF 활용 PLM 데이터 Handover 방안 연구 -PLM 적용 시나리오 제시 및 적용 효과 분석
		◦ 위험기반 사업관리기법 검증 및 보완 개발	-테스트베드 건설 데이터기반 비교분석 -성과 분석 및 피드백 -활용방안 검토
		◦ LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 보완 개발	-현장 적용 결과 분석 및 시스템 보완 -Workload 최소화 개선효과 관점 평가 -방법론 및 시스템 보완 -실무 적용을 위한 가이드 작성

◦ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵



◦ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
- LNG 플랜트 생애주기 데이터 관리시스템	3단계	- 생애주기 데이터 분류 및 DB 인터페이스, 교환모델, 통합 브라우저를 이용한 생애주기 데이터 관리 기술 도출 - 사용 적합성 평가, 성능 혁신, 위험도기반 사업 공정관리 자료에 활용
- LNG 플랜트 사업 공정관리시	3단계	- 생애주기 비용 평가, 초기투자,

시스템		유지관리비용 평가를 통한 경제성 평가 모델 도출 - 사어 기획, 타당성 평가 시스템 기초자료에 활용
- LNG 플랜트 사업계획 전문가 시스템	3단계	- 생애주기 경제성 평가 시스템의 도입 및 플랜트 가치평가, 기여율 평가, 창출수익 평가, 사업화 능력 평가를 통한 기획, 타당성 평가 시스템 도출

◦ 테스트베드 적용방안

개발기술	Test bed 적용유무	Test bed 적용시기
◦ 생애주기 데이터 관리기술 (테스트베드 운영 및 피드백)	○	3단계
◦ 위험기반 공정관리기법 (테스트베드 건설)	○	3단계
◦ 사업계획 전문가 (테스트베드에서 피드백)	○	3단계

다. 세부과제 선정근거

(1) 방법론/과정

◦ 도출방향

- 성과목표를 구체화할 수 있는 과제 도출 (기술표준원 KS 규격화 등)
- 건전성/유지관리기술, 에너지효율 최적화 등에 있어서 구체적인 대상을 설정
- 성능개선을 위한 대상과 기술적 아이디어를 반영
- 플랜트 통합제어나 운영에 관한 접근을 타 핵심과제와 협의하여 강화
- LNG 플랜트를 대상으로 목적성을 갖는 과제 도출

◦ 사전기획 검토

표 3.2 사전기획보고서 검토결과

세부과제후보	수요추가	공모방안
(1) 표준 인프라 구축	국제 표준 기반의 국내 표준/법체계 정비	통합/조정 (지정공모)
	표준화 기술/기자재 인증체계 개발	
	Life cycle data/knowledge/rule 구축	
(2) 건전성·유지관리 + (3) 첨단융합/기자재 = 핵심 기자재 및 건전성 평가기술	요소기기 및 시스템 사용적합성(위험/안전성/RAM) 평가기술	통합/조정 (지정공모)
	에너지 진단 및 유효이용기술, 실시간 지능형 진단 및 조치(원격 포함)	
	핵심기기 및 장비 시험·평가기술, 시설 구축 → 1세부에 포함?	
	초저온 단열소재 및 구조, 밸브/배관, 펌프, expander 제작기술	
	Micro-channel, cooling & heating medium, 열유동 제어기술	
	Real & Virtual 설계환경 통합 플랫폼, 요소부품/모듈 데이터 구축→사용 적합성에 포함	
(4) Dynamic Simulator	통합운영/훈련 시뮬레이터	통합/조정 (제안공모)
	공정설계 및 제어시뮬레이터	
	대규모 모델링 및 시뮬레이션기술	
(5) 엔지니어링 생산성	RT/UT기반의 지능형 O&M/PLM 기술	통합/조정 (제안공모)
	사업계획 전문가시스템	
	생애주기 규명 및 지능형 사업관리지원기술	

(2) 논문맵 분석

◦ 논문 검색방법

- 논문 검색 대상은 SCI-Expanded에 발표된 논문 데이터베이스를 이용하여 1995년 이후 게재된 논문을 대상으로 하였음.
- 플랜트 분야에 대한 논문 분석을 위하여, LNG 플랜트의 중분류 대상으로 관련된 키워드를 검색함.
- SCI-Expanded에 발표된 논문을 대상으로 논문 검색을 실시한 결과, LNG 플

- 랜트 관련 기술 중 LNG 플랜트 기술 890건이 유효 데이터로 선별됨.
- 논문은 본 동향조사 과제의 연구 범위에 맞게 LNG 플랜트 분야에 대한 정량 분석만 실시하였음.

표 3.3 LNG 플랜트 분야 논문 검색방법

검색대상	◦ SCI-Expanded에 발표된 논문			
검색DB	◦ Tomson Scientific사의 Web of Science			
검색기간 (출판년도)	◦ 1998년 1월 1일 ~ 2007년 12월 31일			
검색범위	◦ 주제어			
검색식 및 결과	LNG 플랜트	전체	("natural gas*" or LNG) and (pretreatment or dehydration or ("acid* gas" or CO2 or H2S or water or moisture or mecury) same remov*) or liquef* or refrig* or cryogen* or cool* or "sub* cool*" or storag*)	890건
		액화	("natural* gas*" or LNG) and (liquef* or refrig* or cryogen* or cool* or "sub* cool*")	452건
		저장	("natural gas*" or LNG) and storag*	364건
		전처리	("natural gas*" or LNG) and (pretreatment or dehydration or ("acid* gas" or CO2 or H2S or water or moisture or mecury) same remov*))	164건

- LNG 플랜트 분야 논문동향 분석

- LNG 플랜트 분야는 최근 10년간(1998~2007년) 증가하고 있으며, 2005년 이후 연 100건 이상으로 논문 발표건수가 빠르게 증가하고 있는 분야 임.
- 최근 10년간 발표 건수는 총 890건 임.

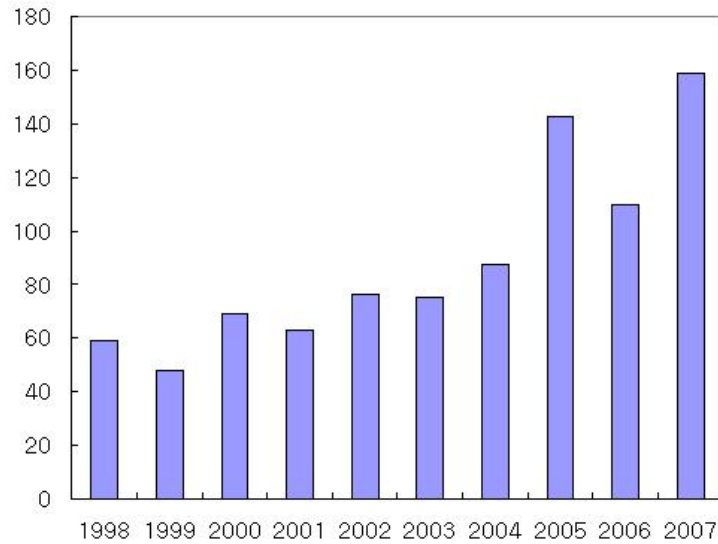


그림 3.6 LNG 플랜트 분야 연도별 논문발표

- 미국논문 수가 전체 890건 중 248건으로 약 27.9%를 차지하고 있으며, 이에 반해 우리나라는 50건을 발표하여 5.6%를 점유하고 있음.

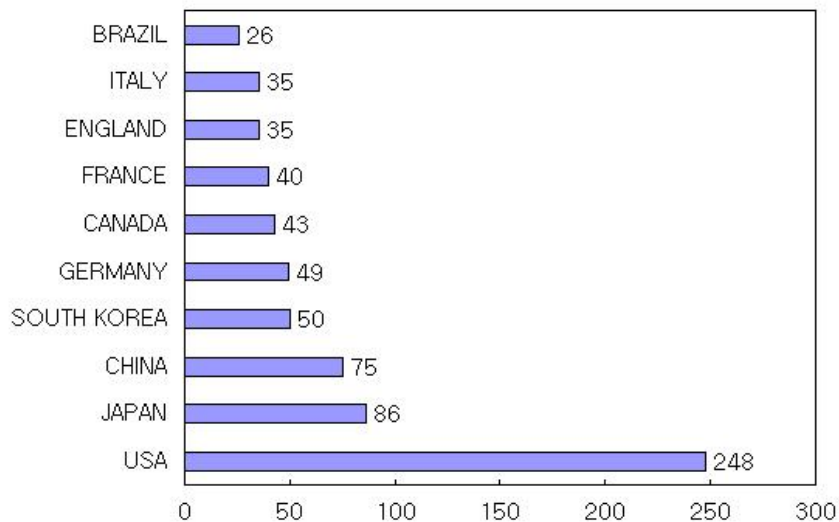


그림 3.7 LNG 플랜트 분야 논문발표 주요국가

- TIANJIN UNIV.는 LNG 플랜트 분야에서 논문을 최다 발표하였으며, 보유건 수는 18건임.
- 한국은 서울대학교와 카이스트를 중심으로 논문이 발표되고 있음.

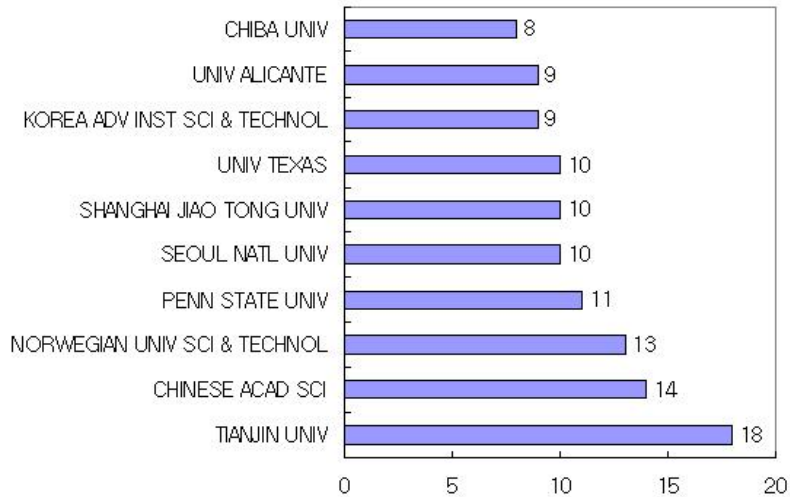


그림 3.8 LNG 플랜트 분야 논문발표 주요기관

표 3.4 S 대학교에서 발표한 논문 목록

제목	저널명	저자	발표연도	피인용도	비고
Hydrogen production by steam reforming of liquefied natural gas over a nickel catalyst supported on mesoporous alumina xerogel	JOURNAL OF POWER SOURCES	Seo JG, Youn MH, Cho KM, et al.	2007	0	
Analysis of rock drainage and cooling experiments for underground cryogenic LNG storage	ENGINEERING GEOLOGY	Cha SS, Lee KK, Bae GO, et al.	2007	0	
Optimization of the operation of boil-off gas compressors at a liquefied natural gas gasification plant	INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	Shin MW, Shin D, Choi SH, et al.	2007	0	
Effect of SiO ₂ -ZrO ₂	JOURNAL OF	Seo JG, Youn	2007	0	

supports prepared by a grafting method on hydrogen production by steam reforming of liquefied natural gas over Ni/SiO ₂ -ZrO ₂ catalysts	POWER SOURCES	MH, Song IK			
Engineering characterization of hydraulic properties in a pilot rock cavern for underground LNG storage	ENGINEERING GEOLOGY	Cha SS, Lee JY, Lee DH, et al.	2006	2	
Finite-element computation of wave impact load due to a violent sloshing	OCEAN ENGINEERING	Kyoung JH, Hong SY, Kim JW, et al.	2005	1	
Measurement of ultrafine particle size distributions from coal-, oil-, and gas-fired stationary combustion sources	JOURNAL OF THE AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION	Chang MCO, Chow JC, Watson JG, et al.	2004	9	
Crack-initiation toughness and crack-arrest toughness in advanced 9 Pct Ni steel welds containing local brittle zones	METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A-PHYSICAL METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE	Jang JI, Lee BW, Ju JB, et al.	2002	1	
Power augmentation of combined cycle power plants using cold energy of liquefied natural gas	ENERGY	Kim TS, Ro ST	2000	10	
Analysis of the liquefaction process of exhaust gases from an underwater engine	APPLIED THERMAL ENGINEERING	Lee GS, Ro ST	1998	1	

(3) 특허맵 분석

◦ LNG 전처리

- 선진 엔지니어링 업체들이 보유하고 있는 공정 분야의 원천기술은 없고 일부 전처리 분야에서 기본 설계기술을 보유
- 전처리 공정기술에 대한 해외플랜트건설업계의 체계적이고 조직적인 기술 개발을 위한 과감한 투자 필요
- 전처리분야 특허의 출원인을 보면 일반화된 기술(open technology)로 평가

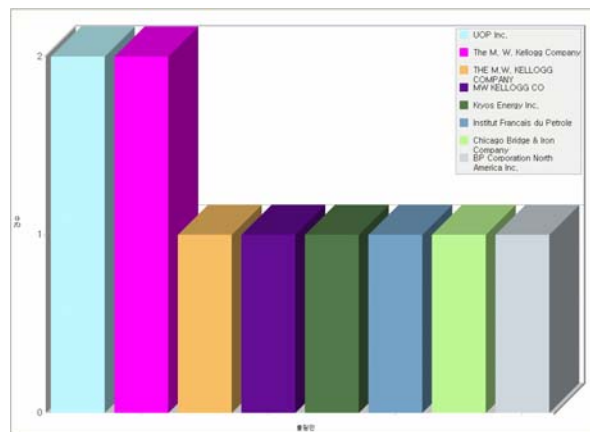


그림 3.9 전처리분야 특허출원인 랭킹 분석

◦ LNG 액화

- 1983년부터 APCI (Air Products and Chemicals Inc.)사의 기술개발로 다수의 특허출원
- 2000년부터 Philips가 본격적으로 참여하여 특허 출원수가 급격히 증가
- 액화기술 특허 보유현황을 보면 APCI, Philips, Linde, IFP 및 Exxon사등 선진 엔지니어링 업체가 주도
- 1983년부터 1990년까지 APCI사의 기술 개발로 대부분의 가스플랜트 액화 공정에서 사용 (licensed technology)
- 과거에는 부분적인 응고에 의한 방법으로 액화공정에 대한 특허가 출원되다가 1990년 이후로 기체/기체혼합물의 액화/응고 방법으로 다수의 특허 출원

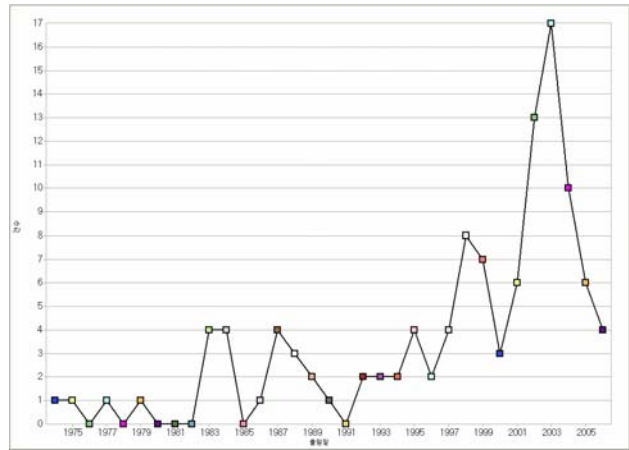


그림 3.10 액화분야 특허의 연도별 동향

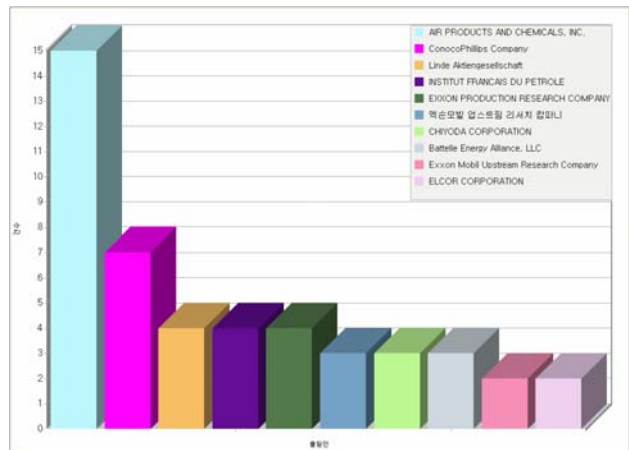


그림 3.11 액화분야 특허의 출원인 랭킹 분석

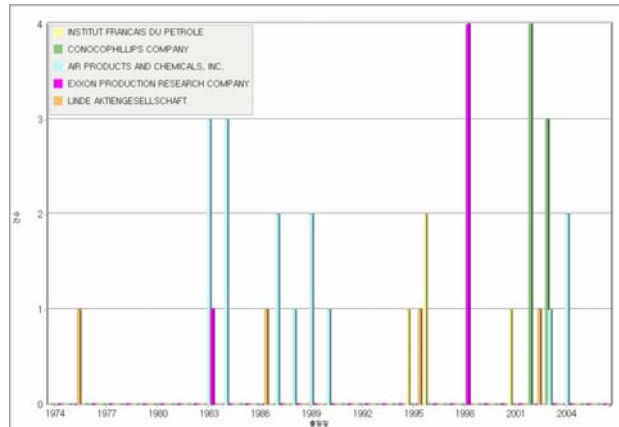


그림 3.12 액화분야 특허의 기업별 분석 (상위 5위)

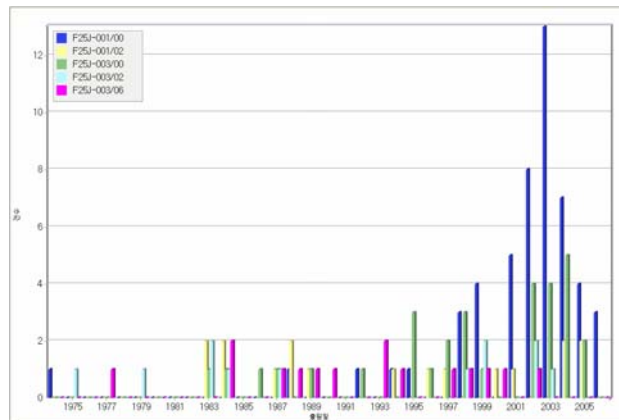


그림 3.13 액화분야의 연도별 IPC 출원건수

F25J-001/00 : 기체/기체혼합물의 액화/응고 방법

F25J-001/02 : 냉동법의 사용 필요 (ex. 수소, 헬륨 등)

F25J-003/00 : 액화/응고에 의해 기체혼합물의 성분을 분리하는 방법/장치

F25J-003/02 : 증기류와 액체유간의 열교환 및 물질교환을 연속해서 행하는 방법

F25J-003/06 : 부분적인 응고에 의한 방법

◦ LNG 저장

- 미국에서 출원이 1973년에 최초로 나타나며, 그 뒤를 이어 유럽에서 1979년에 나타나고, 일본은 1992년, 한국은 1999년에 최초 출원이 나타나므로 출원 시점을 기준으로 보면 한국의 선진국 대비 LNG 저장 기술에 대한 특허기술은 26년 뒤쳐짐

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

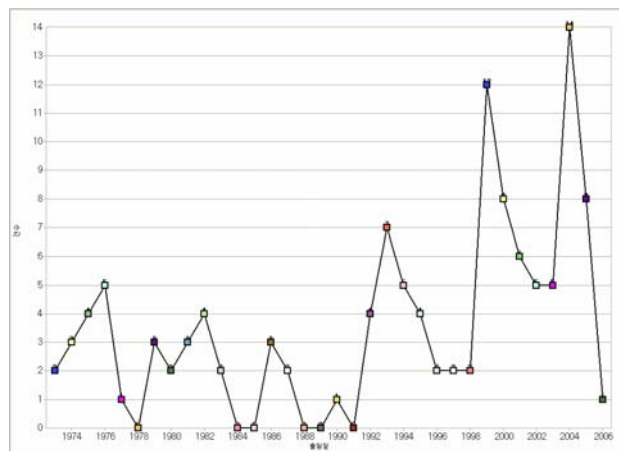


그림 3.14 저장분야 특허의 연도별 동향

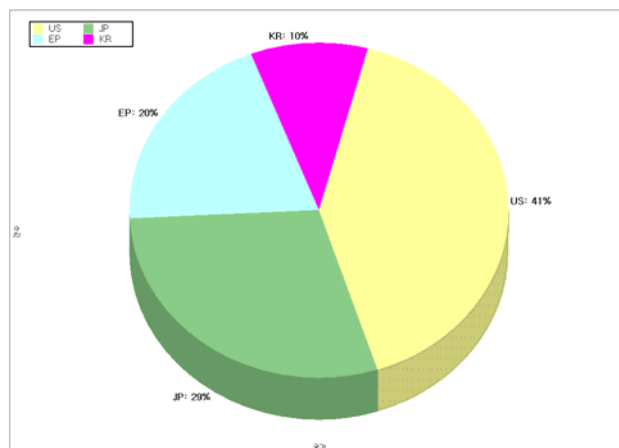


그림 3.15 LNG 저장분야 특허의 국가별 동향

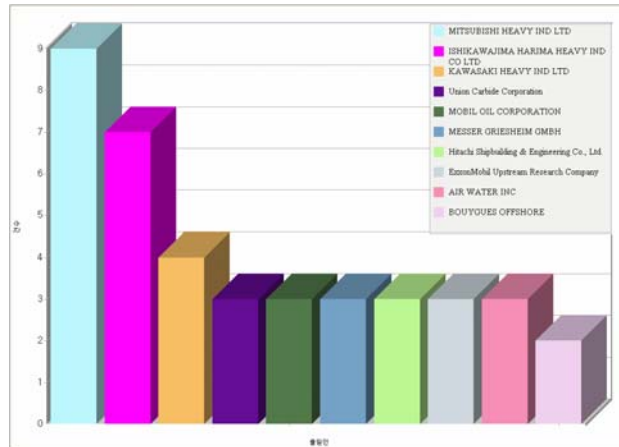


그림 3.16 LNG 저장분야 특허의 출원인 랭킹 분석

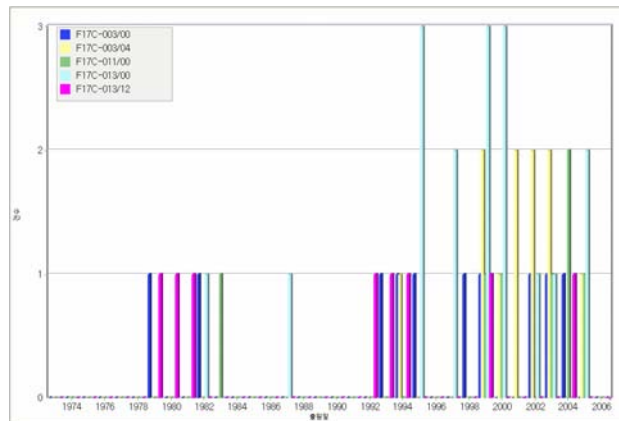


그림 3.17 LNG 저장분야 연도별 IPC 출원 건수

F17C-003/00 : 압력이 걸려있지 않은 용기

F17C-003/04 : 단열층에 관한 방법

F17C-011/00 : 용기내에 LNG용제/가스흡수제 사용

F17C-013/00 : 용기의 세부/용기의 충전/방출에 관한 방법

F17C-013/12 : 폭발사고 방지/억제를 위한 장치/장치의 부착

(4) 기술주기 분석

◦ 분석방법 및 결과

- 기술주기는 논문 및 특허조사를 통하여 도출된 주요 기술 그룹에 대하여 논

문수, 특허수 등을 고려하고 국내외 연구개발 및 실용화 여건, 전문가 의견을 반영하여 판단하였다.

- 원천 및 핵심기반기술에 속하는 Micro/Nano 응용기술, 동적 시뮬레이터, 재료 등은 국내 여건에서 도입과정으로 분석되었다.
- 응용기술에 속하는 건전성 평가기술, 기자재, 생산성 등은 부분적인 투자를 통하여 성장/발전기로 진입할 수 있음을 파악하였다.

표 3.5 기술분야별 기술주기 분석결과

기술분야	기술주기		기술개발방향
	선진사	국내	
표준	성숙	도입	집중 육성, 세부과제화
건전성평가	성숙	성장	응용발전, 설계기반화
유지관리	성숙	도입	집중육성, 특화경쟁기술화
Micro/Nano	성숙	도입	집중육성, 세부과제화
기자재	성숙	성장	응용발전, 성능혁신 연계
시뮬레이터	성숙	도입	집중육성, 세부과제화
생산성	성숙	성장	응용발전, 세부과제화

(5) 경제적, 전략적 중요도 검토

제1핵심과제를 구성하는 사용적합성 평가, 기자재, 유지관리, 표준 및 시험 평가 등 주요기술의 전략적 중요도와 경제적 파급효과를 그림 3-27에 도시하였다.

LNG 플랜트의 핵심공정과 설계 및 건설기술의 중간에 위치하는 결과를 보였으며, 국내 여건에서 기자재, 유지관리기술 등이 비교적 경제적 파급효과가 클 것으로 평가되었다.

건전성 평가나 표준 및 시험은 경제적 파급효과가 상대적으로 낮게 나타났으나 절대적인 기준으로는 중간 정도의 수준을 보였다. 그러나 전략적인 중요도에 있어서 높게 나타나고 있으며, 이는 다양하고 고도의 기술이 결합된 물적 시스템에 대한 신뢰성 확보가 중요함을 나타내고 있다.

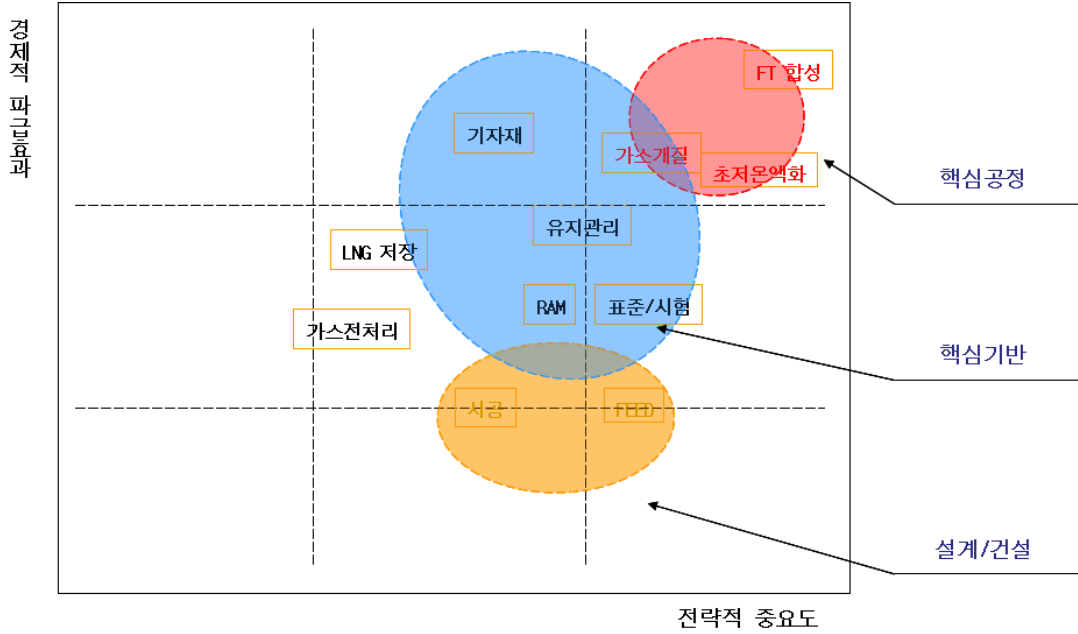


그림 3.18 기반기술의 전략적, 경제적 위치

라. 성과목표 및 지표

(1) 핵심 및 세부과제별 성과목표, 성과지표 설정

LNG 플랜트 사업단 과제의 제1핵심과제의 성과목표 및 지표는 크게 과학 기술적 연구성과 향상, 기술개발 역량 향상, 사회경제적 파급효과 증대 등으로 설정하였으며, 세부 성과지표는 표 3-9~3-12에 정리하였다.

표 3.6 제1세부과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표구분	성과지표	단계별 목표치				최종 목표치
				1	2	3		
결과	과학기술적 연구 성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	3	5	5		13
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내/국외)	3	3	4		10
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	5	5	8		18
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동 건수	1	1	2		4
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	1	1	1		3

		핵심	23 2 산학연 기술지원 건수		2	2		4
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	2	3	3		8
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수	2	3	3		8
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	2	2	3		7

표 3.7 제2세부과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표구분	성과지표	단계별 목표치				최종 목표치
				1	2	3		
결과	과학기술적 연구 성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	2	2	3		7
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내/국외)	1	2	3		6
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	2	2	4		8
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동 건수		1	2		3
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	1	1	1		3
		핵심	23 2 산학연 기술지원 건수			1		1
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)	2	2	1		5
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수	2	2	3		7
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	2	2	1		5

표 3.8 제3세부과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표구분	성과지표	단계별 목표치				최종 목표치
				1	2	3		
결과	과학기술적 연구 성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)		3	4		7
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내/국외)		3	4		7
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)		3	5		8
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동 건수		2	2		4
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)		1	2		3
		핵심	23 2 산학연 기술지원 건수		2	2		4
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적(고유)		3	2		5
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수		2	2		4
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도		2	2		4

표 3.9 제4세부과제의 단계별 성과목표 및 지표2

구분	성과목표	지표구분	성과지표	단계별 목표치				최종 목표치
				1	2	3		
결과	과학기술적 연구 성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	1	2		4
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내/국외)	1	1	2		4
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	2	2	3		7
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동 건수	1	1	2		4
		일반	핵심과제 연구보고서(고유)	1	1	1		3

		핵심	23 2 산학연 기술지원 건수	1	1	2		4
		일반	해외진출을 위한 현장조사 실적 (고유)	2	2	1		5
	사회·경제적 파급효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수	1	1	2		4
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	1	2	2		5

(2) 성과목표 및 지표 설정 근거

성과지표에 대한 선정근거 및 측정방법은 표 3.13~표 3.21에 정리하였다.

표 3.10 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술지 게재 논문건수(국내·외))

구 분	핵심지표(표준성과지표)
성 과 지 표	1 1 학술지 게재 논문건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측 정 방 법	○국내외 학술지 논문게재 건수와 함께, 과제당 논문 건수, 연구비당 논문 건수, 연구원 1인당 논문 건수를 제시 ① 국내외 학술지 게재 논문건수 ② 국내외학술지 게재 논문건수/사업의 총 과제 수 ③ 총 논문건수/ 총 연구사업비(단위:1억원) ④ 국내외 학술지 게재 논문건수/사업 참여연구원 수

표 3.11 성과지표 선정근거 및 측정방법(특허출원 건수(국내·외))

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	4 1 특허출원 건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○ 해당 사업의 평가대상기간 동안 출원된 특허건수 - 국내 특허출원 건수: 대한민국에서 지적재산권을 행사하기 위해 대한민국 특허청에 출원된 특허 - 국제 특허출원 건수 : 미국, 일본, 유럽 등 국외에서 지적재산권을 행사하기 위해 각 국가의 특허청에 출원한 특허
측 정 방 법	○ 해당 사업을 통해 산출된 특허출원 건수와 함께 과제당 특허출원 건수, 연구비당 특허출원 건수, 참여연구원당 특허출원 건수를 기재 ① 총 특허출원 건수 ② 총 특허출원 건수/사업의 총 과제 수 ③ 총 특허출원 건수/ 총 연구사업비(단위:1억원) ④ 총 특허출원 건수/사업 참여연구원 수

표 3.12 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술회의 발표 논문건수(국내·외))

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	1 4 학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○ 국내 및 국외 학술회의에서 발표한 논문 건수
측 정 방 법	○ 학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수

표 3.13 성과지표 선정근거 및 측정방법(과제당 산학연 협력 활동 건수)

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	23 3. 과제당 산학연 협력 활동 건수
지 표 해 설	○ 해당 연구개발사업 수행으로 인하여 발생한 산학연 공동연구 활동 건수 ○ 해당 사업의 과제당 평균 산학연 활동건수 및 참여 연구원 1

	<p>인당 산학연 협력 활동 건수</p> <p>❖ 산학연 협력 활동 건수는 산학연간 공동연구 관련 회의개최, 공동 연구개발 실시 등의 실적</p>
측 정 방 법	<p>○ 사업 수행으로 인한 산학연 총 공동연구활동 건수와 함께, 해당 사업의 과제당 평균 산학연 활동건수와 참여연구원 1인당 산학연 활동 건수를 기재</p> <p>① 산학연 협력 활동 건수</p> <p>② 산학연 협력 활동건수/해당 사업 과제 수</p> <p>③ 산학연 협력 건수/참여 연구자 수</p>

표 3.14 성과지표 선정근거 및 측정방법(핵심과제 연구보고서)

구 분	일반지표(고유지표)
성 과 지 표	핵심과제 연구보고서
지 표 해 설	<p>○ 사업단 총괄과제의 고유지표</p> <p>○ 핵심과제에서 개발한 핵심기술에 대한 평가분석이 포함된 단계별 보고서</p>
측 정 방 법	○ 보고서 권수

표 3.15 성과지표 선정근거 및 측정방법(산학연 기술지원 건수)

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	23 2. 산학연간 기술지원 건수
지 표 해 설	○ 현장기술지도, 기술상담, 교육훈련 및 홍보, 기술이전 등의 방법을 통해 산학연간 기술지원 실시 건수
측 정 방 법	○ 산학연간 기술지원 건수

표 3.16 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외진출을 위한 현장조사 실적)

구 분	일반지표(고유지표)
성 과 지 표	해외진출을 위한 현장조사 실적
지 표 해 설	○LNG 플랜트 건설후보지 조사, LNG 플랜트 관련 국제학회 참석 등 해외진출을 위한 현장조사 실적
측 정 방 법	○현장조사 회수 (조사분석자료가 근거로 첨부되어야 인정됨. 단순한 방문회수만으로는 인정 안됨)

표 3.17 성과지표 선정근거 및 측정방법(연구개발 관련 홍보건수)

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	3 1. 연구개발 관련 홍보건수
지 표 해 설	○연구개발 성과에 대해 대국민, 정부 등을 대상으로 홍보, 교육 등의 노력을 기울였는지의 여부
측 정 방 법	○학술회의, 간담회, 세미나, 워크샵, 박람회, 공청회 등의 개최 건수 또는 정기간행물 발간 건수 등

표 3.18 성과지표 선정근거 및 측정방법(기술확산을 위한 상호교류 정도)

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	3 2. 기술확산을 위한 상호교류정도
지 표 해 설	○연구기관(대학, 연구소) 및 기업 등간의 기술개발 정보 교류 정도
측 정 방 법	○연구기관 및 기업 등과의 개발기술 상호교류 실적

빈 페이지

4. 소요 연구비

가. 1핵심과제의 연구비

1핵심과제 연구개발비는 표 4.1과 같이 총 25,105백만원이며 정부출연금 18,100백만원, 민간부담금은 현금 1,000백만원, 현물 6,006백만원이다. 1핵심과제의 민간 부담금은 중소기업 기준으로 책정하였다. 민간 부담금은 전체 연구비의 27.9%를 책정하였으며, 전체 민간 부담금 중 현물 85.8%, 현금 14.2%를 기준으로 하였다. 각 세부과제의 비용은 과제의 업무 내용에 따라 예상되는 인건비 및 직접비를 산출하여 계상하였다.

표 4.1 1핵심과제 세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
가스플랜트 핵심 기반기술 개발	1-1	RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술개발	8,224	503	3,041	11,768
	1-2	동적 공정설계 시뮬레이터 개발	4,366	168	1,010	5,544
	1-3	LNG 플랜트 EPC 기술 표준 구축	2,455	163	978	3,596
	1-4	엔지니어링 효율성 개선기술 개발	3,055	165	977	4,197
		계	18,100	999	6,006	25,105

표 4.2 1핵심과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
소요 예산	인건비	392	1,194	1,782	1,768	1,635	1,512	8,283
	직접사업비	519	2,076	2,915	2,903	2,726	2,682	13,820
	간접사업비	140	386	666	658	605	547	3,001
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0
합계		1,051	3,655	5,363	5,329	4,966	4,741	25,105
재원 조달	정부	762	2,709	3,932	3,887	3,480	3,330	18,100
	민간	289	946	1,431	1,442	1,486	1,411	7,005
합계		1,051	3,655	5,363	5,329	4,966	4,741	25,105

※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

나. 세부과제의 연구비

(1) 1-1 세부과제 연구비

표 4.3 1-1세부과제 세세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
RAM 기반 의 LNG 플랜트 모 듈화 기술 개발	1-1-1	인공지능 기반의 LNG 플랜트 모듈화기술 개발	3,427	211	1,272	4,910
	1-1-2	마이크로 채널 기반의 열교환 구조 개발	3,284	201	1,224	4,709
	1-1-3	LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발	1,513	91	545	2,149
계			8,224	503	3,041	11,768

※ 1-1-2의 과제는 사업 수행시 사업단 계획과 핵심과제 계획에 따라 연구범위 및 예산, 성과물 조정 가능

표 4.4 1-1세부과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도		
소요 예산	인건비	279	542	825	825	673	657	3,802	
	직접사업비	395	1,122	1,445	1,445	1,179	1,151	6,737	
	간접사업비	94	156	271	271	221	216	1,229	
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0	
합계		769	1,820	2,541	2,541	2,073	2,025	11,768	
재원 조달	정부	552	1,303	1,844	1,844	1,365	1,316	8,224	
	민간	현금	29	78	100	100	100	100	503
		현물	188	439	598	598	609	609	3,041
합계		769	1,820	2,541	2,541	2,073	2,025	11,768	

표 4.5 1-1세부과제 연구개발비 산정근거 (단위 : 백만원)

구분	품명	금액
인건비	연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	3,802
직접비	기자재 열유동 해석 시스템(Fluent, 워크스테이션) 시스템통합장치(워크스테이션) 데이터센터 다채널계측시스템 다채널RealtimeFFT,스펙트럼분석기 프로그래밍기반계측/제어시스템(LabVIEW,NIHW) 시스템 유지보수	2,084
	재료비	온도센서류(초저온) 압력센서류(고압) 열응력센서류 밸브,배관류등

	재료/전산소모품 열교환기시험자재	반응기 시험자재 시스템 개선 부자재	
시작품	가스 플랜트 모듈화 플랫폼 지능형스마트진단모듈 엑서지 기반 진단 시스템 위험도기반진단시스템 LNG 위험도평가모듈 LNG 모듈화설계시스템 LNG 위험도평가시스템 Ram 기반 가스 플랜트 모듈러 설계 시스템 고정설비 DB, 소재 물성 DB Micro channel 열교환기 및 시험기		2,050
기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등		861
소 계			6,737
위탁연구비			
간접비	간접경비, 연구개발준비금 등		1,229
합 계			11,768

※ 1-1-2의 과제는 사업 수행시 사업단 계획과 핵심과제 계획에 따라 연구범위 및 예산, 성과물 조정 가능

(2) 1-2 세부과제 연구비

표 4.6 1-2세부과제 세세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
동적 공정 설계 시뮬레이터 개발	1-2-1	LNG 공정계통 동적 시뮬레이터 개발	2,781	89	534	3,404
	1-2-2	동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발	1,585	79	475	2,140
계			4,366	168	1,009	5,543

표 4.7 1-2세부과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도		
소요 예산	인건비	0	390	374	313	363	347	1,787	
	직접사업비	0	719	631	569	577	578	3,076	
	간접사업비	0	126	158	124	144	132	681	
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0	
합계		0	1,235	1,163	1,006	1,082	1,058	5,544	
재원 조달	정부	0	967	913	797	854	835	4,366	
	민간	현금	0	38	36	30	33	32	168
		현물	0	230	214	179	196	190	1,010
합계		0	1,235	1,163	1,006	1,082	1,058	5,544	

표 4.8 1-2세부과제 연구개발비 산정근거 (단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	1,787
직접비	기자재	공정 시뮬레이터 엔진(워크스테이션) 공정시뮬레이터 실시간 통신 모듈 확장 에너지 공정 시험기(엑서지기반)	775
	재료비	센서류(초저온초고압) 재료/전산소모품 DB서버(임대) 시그널컨버터 재료/전산소모품	795
	시작품	시뮬레이터 플랫폼 MMI, DSC 연계 플랫폼 MMI, DSC 실시간 연계 모듈 엑서지 기반 프로세스 시험기 주 요소 동특성 해석 모듈 LNG 플랜트 시뮬레이터 LNG 훈련용 에뮬레이터 시스템 유지보수	1133
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	373
	소 계		3,076
위탁연구비			
간접비		간접경비, 연구개발준비금 등	681
합 계			5,544

(3) 1-3 세부과제 연구비

표 4.9 1-3세부과제 세세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축	1-3-1	LNG 플랜트 설계/시공 표준 구축	789	57	342	1,188
	1-3-2	LNG 플랜트 시험/평가 표준 구축 및 인증체계 개발	952	66	391	1,409
	1-3-3	국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발	714	40	245	999
	1-3-4					
	계			2,455	163	978

표 4.10 1-3세부과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도		
소요 예산	인건비	0	0	268	341	374	274	1,257	
	직접사업비	0	0	452	430	445	477	1,805	
	간접사업비	0	0	107	151	168	108	534	
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0	
합계		0	0	828	922	987	859	3,596	
재원 조달	정부	0	0	571	624	665	595	2,455	
	민간	현금	0	0	37	43	46	37	163
		현물	0	0	220	255	276	227	978
합계		0	0	828	922	987	859	3,596	

표 4.11 1-3세부과제 연구개발비 산정근거 (단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	1,257
직접비	기자재	요소기기 동특성 평가 장치(ANSYS) 초저온 물성 측정 시스템	421
	재료비	센서류(초저온 초고압) 재료/전산 소모품 DB 서버(임대) 초저온 밸브 시험자재 유량계 시험자재 구조, 안정성 시험자재 불확도 보정 시험자재 가혹조건 내구성 시험 자재 시험규격 보완 자재 시험장치 개선 자재	361
	시작품	핵심기자재 평가 플랫폼 초저온 밸브 시험장치 초저온 유동량 시험장치 구조, 안정성 시험장치 시험장치 불확도 보정 시스템 가혹조건 내구성 시험 장치 시험규격 시험장치 보완 시험 장치 개선	494
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	529
	소 계		1,805
	위탁연구비		
간접비	간접경비, 연구개발준비금 등	534	
합 계			3,596

(4) 1-4 세부과제 연구비

표 4.12 1-4세부과제 세세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간		계
				현금	현물	
엔지니어링 효율성 개선기술 개발	1-4-1	생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발	1,252	66	391	1,709
	1-4-2	시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획 전문가 시스템 개발	1,024	54	322	1,400
	1-4-3	위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발	779	45	264	1,088
계			3,055	165	977	4,197

표 4.13 1-4세부과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도		
소요 예산	인건비	115	245	321	296	255	248	1,481	
	직접사업비	122	260	363	439	470	456	2,110	
	간접사업비	45	95	147	125	99	96	606	
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0	
합계		282	600	831	860	824	800	4,197	
재원 조달	정부	210	439	604	622	596	584	3,055	
	민간	현금	12	25	34	33	31	30	163
		현물	60	136	193	205	197	186	977
합계		282	600	831	860	824	800	4,197	

표 4.14 1-4세부과제 연구개발비 산정근거 (단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	1,481
직접비	기자재	데이터센터(워크스테이션)	451
	재료비	Interface모듈 재료/전산소모품	446
	시작품	데이터 웨어하우스 플랫폼 데이터 웨어하우스 사용자 지원 시스템 Defactost. interface 어플리케이션 데이터 교환모델 (통합브라우저 등) 생애주기 비용 평가시스템 사업 타당성 평가시스템 위험성 기반 공정 관리시스템 Testbed 적용 생애주기 통합 시스템 시스템 유지보수/보완	920
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	293
	소 계		2,110
	위탁연구비		
간접비	간접경비, 연구개발준비금 등	606	
합 계			4,197

5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안

가. 경제적, 기술적, 사회문화적 파급효과

(1) 기술적 효과

○ 우리 기업의 LNG 플랜트 기술을 보유 (현재 선진 기술 보유사들이 카르텔을 형성하고 기술이전을 하지 않고 있어 고부가가치 핵심사업에 국내 업체의 참여가 제한되고 있음)

○ 생산성 향상: 엔지니어링 비용 30% 절감. 생산성 30% 향상을 기대할 수 있음 (출처: POSC/Caesar, FIATECH 로드맵(2004), Owner/operator Forum).

○ 주요 설비 및 핵심기기 국산화로 국내 장치 산업 경쟁력 향상 기대

(2) 사회·경제적 효과

○ 2015년 기준으로 LNG 플랜트의 건설수요를 High case와 Low case의 중간 정도로 감안하면, 20조원 정도로 파악되며, 이 중에서 5%의 시장점유율을 가정하면, 연간 약 1조원 규모의 시장에 진입할 수 있을 것으로 파악됨.

○ 플랜트업체의 국산기자재 사용비율을 평균 51% 수준으로 답수분야는 70 ~ 90%의 높은 국산화율을 보이는 반면, LNG 분야는 10~30%에 불과하여, 본 과제를 통해 50% 수준 이상으로 끌어올리면 중소기업 관련 플랜트 부품 소재 산업의 내수 유발 효과를 거둘 수 있음.

(3) 전략적 효과·정책적 기대효과

○ R&D 시설 확충으로 국가 효율성 극대화

- 플랜트 건설기술 실증을 위한 실험시설 및 인력 구비 (현재 전무)

- 지속적인 신산업플랜트 개발 및 검증에 활용 가능

○ 경쟁력 있는 국산화 기술확보를 바탕으로 해외플랜트 시장 진출을 위한 정책적 지원 유도

○ 연구개발에 다양한 국내기업들이 참여를 유도하므로 해외시장 진출 시 컨소시엄 구성으로 Risk 분산 및 사업 추진력 향상 가능

○ 고유가시대 도래와 불안한 세계 석유시장에서의 자주적인 합성석유 기술의 확보와 해외 가스전 개발에 의한 국가 에너지 안보 구현

나. 성과활용방안

(1) 과제의 성과

제1핵심과제의 정상적인 수행을 토하여 예상되는 성과물을 표 5.1과 같이 정리하였다.

표 5.1 제1핵심과제의 세부과제별 예상 성과물

과제구분	예상성과물
제1세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 적합성 평가플랫폼 및 주요계통 부품모델 - LNG 기자재 및 모듈 RAM 평가기법 - Micro-channel/heat pipe - Compact HX - LNG 플랜트 위험도 DB - 원격 유지관리시스템 <p>※사업 수행시 사업단계획과 핵심과제 계획에 따라 연구범위 및 예산, 성과물 조정가능</p>
제2세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 해석모델 - 계통 엑서지 분석모델 - LNG 플랜트 공정설계 시뮬레이터 - LNG 플랜트 Modular 통합계통 - LNG 플랜트 훈련시스템
제3세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 국제표준 분석자료 - 위원회 참여방안 - LNG 플랜트 설계 및 시공기술 표준 - LNG 플랜트 성능시험, 평가기법 - 기자재 시험, 인증체계
제4세부과제	<ul style="list-style-type: none"> - 생애주기 분석보고서 - 엔지니어링 DB - 생애주기 비용평가모델 - 위험도 평가모델 - 사업/공정관리 DB 관리기법 - 사업계획전문가시스템

(2) 사업화, 실용화 연계 방안

단계	예상성과물	실용화, 사업화 연계방안
1단계 (2008-2009)	-적합성 평가플랫폼 -주요계통 부품모델	-프로그램 등록 -테스트베드 적용모델 평가
	-국제표준 분석자료 -위원회 참여방안	-DB로 보급, 확산
	-생애주기 분석보고서 -엔지니어링 DB	-DB로 배포, 기업활용
2단계 (2010-2011)	-LNG 플랜트 해석모델 -계통 엑서지 분석모델	-프로그램 등록 -테스트베드 설계검증
	-통합설계환경 -LNG 플랜트 모듈 RAM 평가기법 -Micro-channel/heat pipe -Compact HX -LNG 플랜트 위험도 DB	-지적재산권 등록 -테스트베드 평가검증 -DB로 보급, 확산
3단계 (2012-2013)	-LNG 플랜트 공정시뮬레이터 -LNG 플랜트 Modular 통합계통	-지적재산권 등록 -지적재산권, scale-up 활용
	-LNG 플랜트 표준 -LNG 플랜트 성능시험, 평가기법	-DB로 보급, 확산 -시험인증체제로 활용
	-LNG Grand Design 모델 -생애주기 비용평가모델 -위험도 평가모델	-프로그램등록 -프로그램/DB -프로그램/DB
	-원격 유지관리시스템	-프로그램 등록 -지적재산권 등록 -DB로 보급 -지적재산권 실시
사업 종료후		

빈 페이지

6. 핵심과제 RFP 및 공모방안

가. 핵심과제 RFP 작성기준

제1핵심과제의 대한 RFP(request for proposal)는 다음과 같은 점을 고려하여 작성하였다.

- 관련 규정을 반영: 관리규정, 사업단 운영관리지침 등
- 사전기획에서 제시한 핵심 및 세부과제의 범위를 검토
- 상세기획에서 도출된 세부과제와 정량적인 목표, 단계별 연구내용을 중심으로 작성
- 기업 설명회 및 공청회를 통한 외부 의견 반영
- 주관기관의 주도하는 지정공모과제와 협동기관의 참여가 요구되는 분리공모과제의 특성을 반영

제1핵심과제의 제안요구서(request for proposal)를 구성하는 골격과 반영 내용은 다음과 같다.

- 과제명: 상세계획에서 도출된 제목을 반영
- 목표: 정량적, 정성적 목표로 구분하여 반영
- 필요성: 배경, 기술, 경제/사회적 필요성을 반영
- 기술동향: 세부과제에 해당하는 기술변화를 중심으로 반영
- 연구개발내용: 상세계획에서 도출된 세부과제별 중점 연구내용을 반영
- 추진전략 및 체계: 단계별 목표, 달성전략 등을 반영
- 성과물: 제품, 기술 등으로 구분하여 반영
- 실용화/사업화 방안: 테스트베드, 사업화방법 등을 반영
- 예산: 전담기관에서 조정할 내용을 반영
- 기타: 특별사항

나. 핵심과제 RFP(안)

앞서 작성기준을 토대로 제1핵심과제의 과제제안요구서(안)를 표 6-1과 같이 작성하였다.

표 6.1 제1핵심과제 RFP 작성(안)

연구과제명	핵심 1과제 : 가스플랜트 핵심기반기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트의 기술 개발 및 최적화 설계에 있어서, 기반이 될 수 있는 모듈화, 컴팩트화, RAM 평가 등의 첨단기술의 개발 및 그의 표준화 등 인프라의 구축 기술, LNG 플랜트 프로젝트 수행시 플랜트 정보 공유 등의 엔지니어링 생산성향상 기술 개발 ○ 플랜트 실시간 사고방지 안전해석기술, HS&E 기반 사고방지 해석기술, 위험성평가(Risk Assessment) 및 시공후의 고장모드 영향분석(FMEA)기술, ECA(Engineering Critical Assessment)기술 ○ LNG 플랜트를 구성하는 주요 계통의 통합적 구성을 위한 에너지와 물질흐름의 최적화를 통한 Modular, Compact 계통설계 기술(마이크로 채널 기반의 열교환구조 응용, 터보 익스팬더 및 드라이버 최적화 기술 포함) ○ 실제 플랜트의 동적 거동을 모사할 수 있는 가상 실시간 모사 기술 ○ 첨단 융합센서 및 진단로직을 이용한 동특성 기반의 감시 및 진단 시스템 기술 ○ LNG 플랜트 설비 표준화 및 기자재 인증체계 구축 ○ 개방형 표준을 이용하는 플랜트 EPC PLM 기술과 이를 응용한 플랜트 엔지니어링 사업관리 효율화기술 ○ 제1핵심과제 총괄기여목표 <ul style="list-style-type: none"> - RAM 및 위험도 10% 개선 - 유지관리비 10% 저감
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트사업 공통기술 및 표준 등 취약한 인프라 구축이 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 연구인력, 시설 및 장비, 법제도, 시험평가 등과 국가 지원

기반이 매우 취약한 실정임.

- LNG 플랜트 건설기술 개발 경험이 전무한 국내 여건에서 인력, 지원여건, 개발인프라 수준 등이 전반적으로 낮게 평가되어 이에 대한 개선이 필요함.

○ 고부가가치 첨단/핵심기술의 확보가 시급

- 고부가가치 핵심기술(개발/기획-grand design, 공정, 기본설계, 핵심 장비)에 대한 선진사의 기술 장벽으로 후발 기업의 접근은 제한적임
- 부분적으로 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약하기에는 많은 기간과 투자가 선행되어야 할 것으로 보임.
- 또한 장기적인 시장 전망이 큰 분야로서 해외시장 진출 및 경쟁력을 확보하기 위해서는 허브(HUB)형 기반기술의 발굴과 지원여건의 구축이 필요함.

○ 지속 가능한 기술 경쟁력을 확보를 위한 핵심기반기술 확보가 필수

- 성공적인 수행을 위해서는 핵심 소재개발 및 부품 국산화와 같은 원천기술 개발을 동시에 추진하여 선진기술과의 차별화 및 경쟁 우위를 점할 수 있는 구동(driver) 기능이 필요함.
- 공정형, 에너지효율 향상, 시스템 성능 개량에 필수적인 소재 및 장비의 국산화를 통한 기술과 시장 확보가 필요

□ 기술 동향

<국내 >

- 국내의 사용적합성평가 관련 연구현황을 살펴보면 원자력발전소의 주요기기와 가스배관을 대상으로 일부 ASME 코드 절차에 따라 안전성평가 프로그램이 개발된 바 있음
- SAFE 연구센터는 KEPRI, KINS와 공동으로 1990년부터 파괴역학해석과 관련된 결함평가 프로그램과 선형탄성파괴역학 프로그램을 개발하여 증기발생기 및 가압기에 존재하는 결함에 대해서 안전성평가를 수행하였음
- 특히 KINS와 SAFE 연구센터가 공동으로 원자력발전소 주요 기기에 대하여 진전성평가를 수행할 수 있는 NPP-KINS/

SAFE 프로그램을 개발하였으며, 이를 OECD 회원국을 대상으로 배포한 바 있음

<국외>

[기술표준 분야]

- ISO를 중심으로 국제적인 데이터 모델 표준화를 적극 추진하고 있으며, STEP이 활성화되어 있음
- 미국은 NIST가 ISO 조직과 연계하여 표준 개발의 중심 역할을 하고 있으며, PDES는 기업체들을 회원으로 하는 컨소시엄으로 STEP 응용기술을 개발 중임.
- 미국의 CIFE에서 CAD데이터로부터 공정순서, 자원소요량, 일정 계획 등을 자동 산출하는 연구가 진행 중이며, 영국에서는 설계와 시공 과정을 컴퓨터로 통합관리(CIDAC)하는 설계 자동화 및 통합 시설물 관리에 관한 연구를 진행중임.

[설계지원기술 분야]

- 미국의 Flour Daniel사는 지능형 통합 FEED 시스템을 활용하여, 짧은 기간에 프로세스 플랜트의 개념 설계와 견적을 효과적으로 완료함으로써, 설비투자 원가를 줄이고 설계 품질을 향상시킴에 따라 ROI (Return On Investment) 및 NPV(Net Present Value)를 개선함.
- 다국적 기업인 ABB사에서는 전문가 시스템을 이용한 지식 기반의 발전소 기본 설계 시스템을 활용하여 기본설계 원가를 30%이상 절감하고, 설계 품질을 향상시킴
- 1999년 미국의 CII (Construction Industry Institute), FIATECH 등에서는 건설비전 2020을 발표하고 FIAPP (Fully Integrated & Automated Project Process)개념을 제안함. 이는 프로젝트/플랜트 생애주기의 모든 단계, 모든 프로세스에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설 산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하도록 함.
- 유럽의 경우 미국과 유사한 목표로 1997년 POSC/Caesar 컨소시엄이 결성되었으며, 현재 산업설비분야의 28개 주요 회사가 참여하여 업무 프로세스의 단순화와 자동화, 사업주 / 설계자 / 시공자 및 공급자 간의 협업 실현을 위해 노력하고 있음.

[에너지 및 물질흐름 최적화 기술 분야]

- LNG 플랜트가 대형화되면서 이를 구성하는 공정과 시스템이 복잡하게 집적되어 시스템에서 합리적인 에너지 이용과 에너지 효율을 개선하는 기술(공정간 열 및 물질 수지 등)이 중요하게 다루어지고 있음.
- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 회사에서는 천연가스 액화공정에서 발생할 수 있는 모든 운전조건을 실시간으로 모사, 모니터링 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질 흐름 등 계통 최적화기술을 개발하여 사용하고 있음.
- 일본의 Chiyoda 사는 Aspen 사의 Aspen Dynamics 등의 공정 동특성 모델 프로그램을 활용하여 액화공정을 모사하고 플랜트 설계에 반영하고 있다. 또한 Offshore Technology 사는 Offshore 설비의 Virtual pipeline simulator를 개발하여 배관망 설계, 모니터링 및 고장진단 등에 활용함.
- Cape Software 사는 VP Link라는 상용 소프트웨어로 process dynamics를 실시간으로 구현하여 공정 제어시스템과 인터페이스한 후 logic checkout, logic validation, operator training 등 가상공정을 활용한 제어시스템 개발시장을 개척하였음.

3. 연구개발 내용

□ 과제정의

- 첨단·융합기술(IT, 소재, 마이크로 구조 응용 등)과 플랫폼 기술(PLM, 사업관리, 표준, 제도 등)로 구성되며, 중기적인 관점에서 LNG 플랜트기술 경쟁력에 구동(driver) 역할을 하는 특화기술을 개발하는 과제

□ 제1세부과제 : RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발

- 연구개발 필요성
 - 고부가가치 핵심기술(개발/기획-grand design, 공정, 기본 설계, 핵심 장비)에 대한 선진사의 기술 장벽으로 후발 기업의 접근은 제한적이고 부분적인 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약 필요성이 있음.
 - 핵심소재 및 부품 국산화와 같은 원천기술 개발을 동시에 추진하여 선진기술과의 차별화 및 경쟁 우위를 점할 수 있는

구동(driver) 기능이 필요

- 공정형, 에너지효율 향상, 시스템 성능 개량에 필수적인 소재 및 장비의 국산화를 통한 기술과 시장 확보가 필요
- LNG 플랜트정보 등을 기반으로 디지털플랜트를 구현하고 요소부품, 데이터 등을 통합하여, 가상 디지털 환경에서 프로젝트 타당성 평가, 설계 성능, 시공 적합성(플랜트 구성요소 및 설치 및 유지보수 효율화를 위한 fabrication) 등을 평가하는 기술이 필요

○ 연구개발 내용

- 인공지능 기반의 LNG 플랜트 모듈화기술 개발
 - 가상 LNG 플랜트 모듈러 설계환경 구축 및 모듈러 설계 기술 연구
 - 가상플랜트 통합설계환경 구축(핵심계통 및 부품모델 포함)
 - RAM 기반 모듈러 계통설계기술 연구
 - LNG 플랜트 모듈러 설계 모델 구현
 - LNG 플랜트 표준화/활용방안 정립(모듈러 및 컴팩트화)
- 마이크로 채널 기반의 열교환 구조
 - 마이크로채널 열교환 구조 해석 및 설계기술 연구
 - 마이크로채널 형상별 설계요소 및 열유동 제어요소 등의 최적화기술 연구
- LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발
 - LNG 플랜트 시스템 위험요소 분류체계 구축
 - 주요 부품소재 열화 및 강도 DB 구축
 - 위험도 평가기법 및 평가 플랫폼 개발
 - LNG 플랜트 핵심계통 비파괴평가 시스템 구축
 - 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드 구축

□ 제2세부과제 : 동적 공정설계 시뮬레이터 개발

○ 연구개발 필요성

- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 회사에서는 천연가스 액화공정에서

발생할 수 있는 모든 운전조건을 실시간으로 모사, 모니터링할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질흐름 등 계통 최적화기술을 개발 적용하고 있음.

- 테스트베드 플랜트가 완공되면 축적된 운전데이터를 토대로 dynamic model을 점차적으로 업데이트하여 운전자 훈련, 고장 예지, 최적 제어 알고리즘 개발을 위한 가상 플랜트로서의 기능을 구현이 필요
- 실제 LNG 플랜트의 동적 거동을 모사할 수 있는 가상 실시간 시뮬레이터기능은 공정 제어 설계에 필요한 동특성 모델을 제공하고 설계된 공정제어와 연계하여 공정의 가상운전기술, 시뮬레이터가 갖추는 실시간성은 실제 공정제어기와의 연계운전을 가능하게 하므로 공정제어기 프로그램 기술 개발이 필요함.
- 또한, RFID/USN 기반의 대구경 배관위험성 평가기술, uT 기반의 능동형(Proactive), 지능형 수행체계 및 통합화 기술 (인식/제어 기술, 고성능 Tag 및 기간시스템 통합 등의 동특성기반의 감시 및 진단시스템 개발 필요

○ 연구개발 내용

- LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발
 - LNG 플랜트 동적시뮬레이터 특허조사, 개선/최적화 방안 도출
 - LNG 플랜트 공정계통 정적/동적모델링 및 최적화 알고리즘 연구
 - 동적시뮬레이터 기반의 가상플랜트 특성분석 및 최적설계 연구
 - LNG 플랜트 프로젝트 라이프사이클 단계별 동적 시뮬레이터 적용 방안 연구(개념설계-FEED-EPC-시운전 단계별 적용방안 제시)
 - 동적 시뮬레이터기반의 공정 제어 시스템 최적화 연구
 - DCS I/O 신호를 동적시뮬레이터 연계 I/O 및 GUI 모듈 개발
 - LNG 플랜트 교육용/훈련용 시뮬레이터 개발

- 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발
 - LNG 플랜트 적용 스마트센서 및 복합화 기술 연구
 - 스마트 복합센서 수명평가 및 매립기술 개발
 - 동특성 기반 이상상태 진단기술 연구
 - 동특성 기반 데이터 분석알고리즘 연구
 - LNG 플랜트 공정 및 계통 원격 이상진단 기술 연구
 - 통합감시 및 이상진단시스템 구축

※ 1핵심의 2세부과제는 3핵심의 “LNG 플랜트 공정제어기술개발(3-1-2)” 과제와 상호 연계 및 활용계획의 제시가 필요함.

□ 제3세부과제 : LNG 플랜트 EPC 기술표준 구축

○ 연구개발 필요성

- 미국, 일본, 유럽 등 플랜트 강대국들은 자국기업의 시장참여 확대와 지속적인 점유율 유지를 위하여 국가적인 차원에서 직간접적으로 플랜트 건설기술 표준화 연구개발을 체계적으로 지원하고 있음.
- ISO/TC 67 “석유, 석유화학, 천연가스 산업의 재료, 장치 및 해양구조물”에서, “가스 및 액체 탄화수소를 포함하는 석유 및 석유화학, 천연가스 산업에서의 시추, 생산, 파이프라인을 통한 수송, 공정에 사용되는 재료, 장치, 해양 구조물에 관한 국제 규격 제정”을 표준화 범위로 설정하고 현재까지 140 여종의 관련 ISO 규격을 발간중임.
- STEP(ISO 10303) AP 221, AP 227, AP 231은 프로세스 플랜트 분야에 대한 P&ID(Piping and Instrumentation Diagram), PFD(Process Flow Diagram), 3D 형상 등을 표현하기 위한 표준이며 ISO 15926의 데이터 모델은 오일과 LNG 플랜트를 위한 데이터 모델임.
- 플랜트 설비 표준화 기술/기자재 인증체계, 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 규격제안 및 제정 등, 플랜트 설비의 수명 및 효율성 향상을 위한 표준화 기반구축, 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준,

LNG터빈, 압축기, turbo-expander 등 유체기계 시험평가 시스템 기반 구축이 필요

- 해외경쟁력 보유 및 미래가치 창출이 가능한 기반 기술(기본 설계)의 성공적 개발에 따른 법체계 정비와 정책, 제도 등 지원방안 수립, 세계시장 진출을 위한 연구개발 성과물의 국제표준에 따른 기술 표준화 추진이 필요
- 따라서, 저장탱크 및 터미널을 제외한 주요 공정 및 계통 설계분야는 국내의 여건에서 수행해본 경험이 전무한 관계로 인프라 구축이 매우 취약한 실정이며, 국제적인 추세와 주요 기술사 위주의 표준에서 ISO를 중심으로 통합되는 추세에 있어 이에 대한 적극적인 참여가 필요함.
- 플랜트 생애주기 전반에 필요한 표준문서 및 절차, 코드 등을 국제표준을 기반으로 정립할 필요가 있음.

○ 연구개발 내용

- LNG 플랜트 설계/시공표준 구축
 - LNG 플랜트 설계 Spec, Code, Standard, Regulation 등 분석(설계부문별, 공정분야별, 단위기기별 조사)을 기초한 LNG 플랜트 표준화체계 시스템 정립 (ISO TC67/WG10 & 184/SC4 등)
 - 국제표준 기반의 국내표준/법체계 정비
 - LNG 플랜트 설계요령, 기술기준, 코드, 기준 및 표준계약 /업무절차 개발
- LNG 플랜트 시험/평가표준 구축 및 인증체계 개발
 - LNG 시험방법, 신뢰성 규격 조사를 통한 국내 시험평가 관련 규격 정립(터빈, 압축기, 펌프, 팽창기 등의 핵심부품; 열교환기, 밸브, 유량계, 배관 등의 주요공정 부품 등)
 - 초저온 공정밸브, 소재 등의 성능측정, 시험방법 표준화
 - 성능, 신뢰성 시스템 구축
 - 개발기술의 LNG 플랜트 국제표준 제안
- 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발

- 국외 LNG 플랜트 건설제도, 법령, 세제지원 조사
- 건설제도 및 법령, 세제지원 등의 해외시장진출 지원제도 제시

□ 제4세부과제 : 엔지니어링 효율성 개선기술 개발

○ 연구개발 필요성

- 플랜트사업수행에 있어 설계부문은 각기 모듈별로 통합화된 시스템 내에서 Real Time으로 업무를 수행토록 개발 운영하고 있으며 구매/조달부문은 표준자재를 세분화하여 관리하며 시공/시운전 부문은 CM/PM 환경의 숙련으로 안정된 통합 사업수행시스템을 이루어 실 업무에 적용하고 있으며, 이의 총화로써 기반 지식관리 시스템을 구축 활용함으로써 부가가치 확대 및 사업역량을 강화하고 있음.
- 플랜트 프로세스에 대한 정보관리 기술은 수행역무의 표준화 및 수행역무 간 전후 쌍방향의 긴밀한 결합을 고려한 플랜트 프로세스의 체계화된 절차를 기반으로 플랜트 정보분류 체계의 정립과 지식베이스의 구축이 필요하므로 선진적인 플랜트 업무 프로세스에 대한 검토와 평가가 필요함.
- 플랜트 설계사, 엔지니어링 회사, 건설사, 자재 및 장비 공급 업체, 플랜트 운영 기관, 플랜트 유지/보수 회사 등 다양한 이해관계자가 서로 정보를 공유할 수 있는 개방형 정보표준 요소기술 및 이질적인 엔지니어링정보를 공유, 협업을 가능케 해주는 STEP, XML, OWL(Ontology Web Language) 등의 개방형 데이터 표준 및 응용시스템 기술 개발이 필요함.

○ 연구개발 내용

- LNG 플랜트 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발
 - 표준기반의 LNG 플랜트 생애주기 규명 및 데이터 분류체계 정립
 - 플랜트 메타데이터 온톨로지 설계 및 검증
 - 개방형 정보표준 기반의 플랜트 데이터 모델 개발
 - LNG 플랜트 레퍼지터리 플랫폼 및 데이터 인터페이스 개발
 - LNG 플랜트 온톨로지 기반의 개방형 PLM 시스템 개발

- PLM 적용 시나리오 제시 및 적용 효과 분석/검증

- 시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획전문가시스템 개발
 - 사업 타당성 평가 체계 정립
 - 비용 및 타당성 평가 모델 및 이를 지원할 수 있는 참조 데이터 모델링
 - 의사결정 모델 및 참조모델 DB 구축
 - 사업계획 전문가시스템 구현

- 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발
 - EPC 수행 프로세스 및 위험도 평가 체계 정립
 - 공정관리 효율화기술 적용기법 개발
 - 위험도 기반 사업 및 공정 관리 시스템 개발 및 검증
 - LNG 플랜트 공정관리 지원요소 및 의사결정 모델링

4. 연구개발의 추진방법

- 추진전략
 - 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련
 - 선진사례/우수사례 벤치마킹
 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여
 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보
 - 새로운 idea와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행
 - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술
 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입 자원을 고려한 추진시기 결정
 - 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진
 - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진
 - 초기 단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되
 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전
 - 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진
 - 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트 베드와의

	연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단 및 핵심2, 3주관 기관과의 협조체계를 구축
□ 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 핵심주관기관(핵심연구책임자)은 1핵심과제의 총괄 및 조정 역할 수행 ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 공동 연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협업을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축 하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동 연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 핵심3주관기관(핵심연구책임자)이 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조할 것
5. 최종 성과물 및 활용 방안	
□ 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제 1세부과제 : RAM 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기자재 RAM 평가모델 - 위험도 기반 안전기준 통합클래스 코드 - 5 Mt/y급 LNG 플랜트 핵심계통 및 부품모델 (집적도 10% 향상) - 마이크로 채널(micro channel) 1 MW 급 열전달구조 <ul style="list-style-type: none"> · 총괄 열전달계수: 300 W/m²K · 크기 20% 저감 ○ 제 2세부과제 : 동적 공정설계 시뮬레이터 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 동특성 기반 이상상태 진단기법 - LNG 플랜트 공정계통 동특성 해석모델 - 1-8 Mt/y급 LNG 플랜트 동적 공정설계 시뮬레이터 (훈련시스템 포함) - 스마트 복합 센서 및 반영구 매립기법 - LNG 플랜트 공정 및 계통 원격 이상진단시스템 ○ 제 3세부과제 : LNG 플랜트 EPC 기술 표준 구축 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 지원정책 및 제도

<input type="checkbox"/> 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 설계 및 시공표준 - LNG 표준, 성능시험, 평가기법 및 인증체계 ○ 제 4세부과제 : 엔지니어링 효율성 개선기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 생애주기 데이터 관리시스템(PLM) - LNG 플랜트 사업 공정관리시스템 - LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 ○ 개발된 표준화기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화에 적용 가능 ○ 기존의 국내기업의 가스 등의 해외 개발형 플랜트사업을 대상으로 개발 핵심 결과물의 적용가능성을 추진하여, 대외 인지도 및 실적을 확보할 수 있으며, 선진사와 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성에 있어서 전략적으로 연구결과물 사업화가 추진 ○ 기본적으로 개발기술의 테스트베드 적용 및 검증을 수행 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보 ○ 파생 DB의 표준화, 보급 확산
6. 사업 기간 및 소요예산	
<input type="checkbox"/> 전체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총사업 기간 : 2008년 ~ 2013년(6년) <ul style="list-style-type: none"> - 1단계(2년) <정부지원금 : 34.7억원 이내> <ul style="list-style-type: none"> 1차년도 연구기간 : 2008년 8월 ~ 2009년 4월 2차년도 연구기간 : 2009년 4월 ~ 2010년 4월 - 2단계(2년) <정부지원금 : 78.2억원 이내> - 3단계(2년) <정부지원금 : 68.1억원 이내> ○ 총연구비 : <정부지원금 : 181.0억원 이내> ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능 ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.
7. 기타	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것. 	

※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정
부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음

○ 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의
근거자료로 활용

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고,

과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야

하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을
연구계획에 포함

○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의
기준을 따르되, 추가 부담 가능

○ 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발
에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

○ 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

○ 사업단장 및 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구
개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화/명확화)할 수 있음

○ 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수
있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구
인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

나. 세부과제 RFP(안)

세부과제명	1-1협동과제 : 마이크로 채널 기반의 열교환 구조 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트를 구성하는 주요 계통의 통합적 구성을 위한 에너지와 물질흐름의 최적화를 통한 Modular, Compact 계통설계 기술개발중 핵심기자재 특화기술로 마이크로 채널 기반의 열교환 구조를 개발함 ○ 마이크로 채널 기반의 열교환기 1 MW 급 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 총괄열전달계수 : 300 W/m²K - 크기 : 20% 저감
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> </div> <div style="flex: 2;"> <ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 개발의 핵심기반기술 개발의 필요성 증가 <ul style="list-style-type: none"> - LNG플랜트사업 공통기술 및 표준 등 취약한 인프라 구축이 필요 - 고부가가치 첨단/핵심기술의 확보가 시급 - 지속 가능한 기술 경쟁력을 확보를 위한 핵심기반기술 확보가 필수 ○ 핵심 기자재인 열교환 구조의 성능향상 연구 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 컴팩크화 및 효율 향상이 기대되는 마이크로 채널 기반의 열교환 구조 개발로 고효율, 저비용 실현 - 마이크로 채널 내 열유동 연구를 통한 온도 및 유량 제어기술 습득 - 개발된 열교환 구조의 테스트베드 적용을 통하여 현장 활용 가능성 타진 </div> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p><input type="checkbox"/> 기술 동향</p> </div> <div style="flex: 2;"> <p><국내></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 마이크로 채널 기반의 열교환기 연구개발은 선진국에 비해 미미한 수준. <ul style="list-style-type: none"> - 초소형 전자기기 시스템에 대하여는 1980년대 일부 도입 - 열교환 부속 부품의 소형화, 정밀 가공분야의 기반 기술 취약 ○ 마이크로 채널 가공기술과 초소형 히트 파이프 제작기술은 연구단계에 머물러 있음. ○ 열교환 구조 개발은 제조공정 신기술 개발과 병행 추진되는 것 </div> </div>

이 바람직

- 열교환 기술은 부품의 소형화, 고성능, 저비용 추세로 개발되며, 응용분야에 대한 개발도 필요함.

<국외>

- 초소형 열교환기 기술은 에너지를 사용하는 기기에는 필수적인 기반기술로 최근 IT, NT 기술발전으로 인해 부품의 초소형화 추세에 따라 연구개발 노력이 활발히 이루어지는 분야임.
- 마이크로 열교환 구조는 단위 부피당 접촉 면적을 크게 하여 채널 내부 체류시간을 줄임에 따라 열손실을 줄여 효율성을 극대화시킬 수 있음. 마이크로 열교환기 기술은 마이크로 채널 열교환기(Micro Channel Heat Exchanger), 마이크로 관형 열교환기(Micro Tube Heat Exchanger) 및 마이크로 히트 파이프 열교환기(Micro Heat Pipe Heat Exchanger)로 구분됨.
- 마이크로 채널 열교환기는 1981년 Tuckerman 등에 의해 처음 개념이 제시되었고, 발생 열의 효과적 분산을 실험으로 입증한 바 있음.
- 마이크로 채널 열교환 구조는 GTL 분야에도 적용되고 있는데, APCI에서는 세라믹 멤브레인을 이용하여 개질 반응시 반응기 크기를 줄이는 마이크로 채널 반응기술에 대한 연구를 진행하고 있고, Velocys & Total 에서는 기존 스팀 메탄 리포밍 방식을 개량하여 마이크로 채널 내에서 반응시키는 연구 진행.

3. 연구개발 내용

- **과제정의** : 첨단·융합기술 개발 분야로 열교환기의 핵심기반 기술이 될 마이크로채널 기반의 신기술을 적용하여 성능 및 효율 향상 목적으로 추진.

<1단계(2008~2009)> 기반, 핵심기술, 주요요소

- 핵심 기자재 설계요소 도출
 - 마이크로 채널 내 열유동 해석 및 평가

<2단계(2010~2011)> 중점기술 통합성능 확보

- 핵심기자재 최적화 기술

	<ul style="list-style-type: none"> - 마이크로 채널 형상별 설계요소 및 열유동 제어요소 확립 ○ 핵심기자재 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 마이크로 채널 기반 열교환 구조 평가 <p><3단계(2012~2013)> LNG 특화/경쟁기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심기자재 제작 <ul style="list-style-type: none"> - Bench Scale 제작 평가(핵심2 및 3과제와 연계) - 마이크로 채널 용량증대 및 테스트베드 사용적합성 평가 ○ 핵심기자재 최적화 모델 및 적용지침 <ul style="list-style-type: none"> - 마이크로 채널 열교환 구조 응용방안(핵심2 및 3과제와 연계)
4. 연구개발의 추진방법	
<input type="checkbox"/> 추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 선진사례/우수사례 벤치마킹 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보 ○ 새로운 아이디어와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입자원을 고려한 추진시기 결정 ○ 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진 - 초기단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단, 핵심주관기관 및 세부연구기관과의 협조체계를 구축
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요기관 및 전문가와 공동연구 추진 가능 ○ 타 세부연구기관과의 협업을 통한 기술개발과제 연계성 확보

<p>및 협조체계를 구축하여 추진할 것</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동 연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 핵심3주관기관(핵심연구책임자)이 각 과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조할 것 	
5. 최종 성과물 및 활용 방안	
<input type="checkbox"/> 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 마이크로 채널 1 MW급 열전달 구조 <ul style="list-style-type: none"> - 총괄 열전달계수 : 300 W/m²K - 크기 20% 저감 ○ 관련 연구보고서, 논문, 특허 등의 지적 재산권 <ul style="list-style-type: none"> - 상세기획보고서의 목표치 기준에 따름.
<input type="checkbox"/> 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발기술의 실용화 방안 제시 ○ 테스트베드에서 개발기술 검증방안 제시 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보
6. 사업 기간 및 소요예산	
<input type="checkbox"/> 전체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총사업기간 : 2008년 11월 18일 ~ 2014년 6월 17일 <ul style="list-style-type: none"> - 1단계('08.11~'10.04) : 정부지원금 6.1억원 이내 <ul style="list-style-type: none"> • 1차년도('08.11~'09.04) : 정부출연금 1.0억원 • 2차년도('09.04~'10.04) : 정부출연금 5.1억원 이내 - 2단계('10.04~'12.04) : 정부지원금 15.8억원 이내 - 3단계('12.04~'14.06) : 정부지원금 10.9억원 이내 ○ 총연구비 : 정부출연금 32.8억원 이내 <p>※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능</p> <p>※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.</p>
7. 기타	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것. ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음 	

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

세부과제명	1-1-3 협동과제 : LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발
1. 연구개발 목표	<p>○ 목표 : LNG 플랜트 시스템 위험도 평가 기술의 선진화를 통한 안전기준 통합 클래스 코드 구축</p>
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<p>○ LNG 플랜트 개발의 핵심기반기술 개발의 필요성 증가</p> <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트사업 공통기술 및 표준 등 취약한 인프라 구축이 필요 - 고부가가치 첨단/핵심기술의 확보가 시급 - 지속 가능한 기술 경쟁력을 확보를 위한 핵심기반기술 확보가 필수 <p>○ LNG 플랜트 시설의 상시 위험성에 대한 정량적인 안전성 평가 및 진단 기술 개발은 대형사고 예방 및 에너지 자원의 안정적 공급에 필수적.</p> <p>○ 최근 IT 신기술의 접목으로 안전관리기법의 선진화가 이루어지고 있으며 이로 인해 플랜트설비의 저비용, 고효율의 안전관리 시스템 구축이 실현되고 있음.</p>
<input type="checkbox"/> 기술 동향	<p><국내></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 영광1,2호 원자력 플랜트 RCM(신뢰성 중심 유지보수(Reliability Centered Maintenance))이 시범운영(1999) ○ 산업현장 및 기업체에서 다양한 기법의 위험도 평가를 수행하고 있으나 플랜트 산업에서는 아직 도입 초기단계이며 총체적인 안전관리시스템이 미흡한 상태임. ○ 원자력발전소의 주요기기와 가스배관에 대한 ASME 코드 절차에 따른 안전성평가 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내대학의 산업설비안전성연구센터(SAFE)에서는 전력연구원(KEPRI) 및 한국원자력안전기술원(KINS)와 공동으로 1990년부터 파괴역학 해석과 관련된 결함평가 프로그램과 선형탄성과 파괴역학 프로그램을 개발하여 증기발생기 및 가압기에 존재하는 결함에 대해서 안전성평가를 수행. <p><국외></p>

- 미국 및 유럽에서는 IT기반 프로그램 중심의 안전성평가 및 위험관리 시스템 구축 가동
- 하드웨어에서 소프트웨어 중심으로 기술 이동
- 미국/일본/독일 국가주도형 에너지 자원의 종합적 안전관리 연구과제 지원
- 영국
 - 1974년 제정된 사업장 안전보건법에서 사업주에게 “합리적으로 실현가능한 범위”내에서 근로자의 안전보건을 보장토록 의무 부여(사실상 위험성평가)
 - 1992년 안전보건관리규정을 제정, 본격적인 위험성평가 도입
- 일본
 - 1994년 노동성 『Guidelines On Occupational Health and Safety Managements』 공포
 - 위험성 평가시스템 COHSMS (Construction Occupational Health and Safety Management System) 개발

3. 연구개발 내용

- 과제정의 : LNG 플랜트 시스템의 위험요소 분류체계 구축을 통하여 위험도 평가기법 및 평가 시스템을 개발하여 플랜트 안전 기준 통합 클래스 코드 구축을 목표로 추진함.

<1단계(2008~2009)> 기반, 핵심기술, 주요요소

- LNG 플랜트 시스템 위험요소 분류체계 구축
 - 위험도 평가 이론검토, 분석, 평가
 - 정성적, 정량적 평가 방법 검토
 - 설비별/모듈별 위험요소 및 인자 결정

<2단계(2010-2011)> 중점기술 통합성능 확보

- 주요 부품소재 열화 및 강도 DB
 - LNG 플랜트 주요기자재 목록 작성
 - 주요재료 규격조사
 - 파괴특성 및 소재물성 DB 조사
- 위험도 평가 기법 개발

- 온라인 관리기법 정립
- 위험도 평가 플랫폼 개발

<3단계(2012-2013)> LNG 플랜트 특화/경쟁기술 확보

- LNG 플랜트 핵심 계통 비파괴 평가시스템 구축
 - 등급별 안전지수 도출
 - 안전지수별 평가 지침서 및 매뉴얼 작성
- LNG 플랜트 안전기준 통합 클래스 코드 개발
 - 위험도 기반 통합 코드 작성
 - 활용 매뉴얼 및 가이드라인 작성

4. 연구개발의 추진방법

- | | |
|--------|---|
| □ 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 선진사례/우수사례 벤치마킹 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보 ○ 새로운 아이디어와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입자원을 고려한 추진시기 결정 ○ 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진 - 초기단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단, 핵심주관기관 및 세부연구기관과의 협조체계를 구축 |
| □ 추진체계 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요기관 및 전문가와 공동연구 추진 가능 |

부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음

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

세부과제명	1-2 세부과제 : 동적 공정설계 시뮬레이터 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트의 기술 개발 및 최적화 설계에 있어서, 기반이 될 수 있는 LNG 플랜트 동특성 모델 및 동적시뮬레이터 개발 ○ 첨단 융합센서 및 진단로직을 이용한 동특성 기반의 감시 및 진단 시스템 기술
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 선진 플랜트 엔지니어링 회사에서는 천연가스 액화공정에서 발생할 수 있는 모든 운전조건을 실시간으로 모사, 모니터링할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질흐름 등 계통 최적화기술을 개발 적용하고 있음. ○ 테스트베드 플랜트가 완공되면 축적된 운전데이터를 토대로 dynamic model을 점차적으로 업데이트하여 운전자 훈련, 고장 예지, 최적 제어 알고리즘 개발을 위한 가상 플랜트로서의 기능을 구현이 필요 ○ 실제 LNG 플랜트의 동적 거동을 모사할 수 있는 가상 실시간 시뮬레이터기능은 공정 제어 설계에 필요한 동특성 모델을 제공하고 설계된 공정제어와 연계하여 공정의 가상운전기술, 시뮬레이터가 갖추는 실시간성은 실제 공정제어기와의 연계운전을 가능하게 하므로 공정제어기 프로그램 기술 개발이 필요함. ○ 또한, RFID/USN 기반의 대구경 배관위험성 평가기술, uT 기반의 능동형(Proactive), 지능형 수행체계 및 통합화 기술 (인식/제어 기술, 고성능 Tag 및 기간시스템 통합 등의 동특성기반의 감시 및 진단시스템 개발 필요
□ 기술 동향	<p><국내 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내의 대형 조선업체를 중심으로 LNG 화물창의 특성을 모사하는 동적시뮬레이터를 외국전문 시스템을 도입하여 적용중임. ○ 국내에서는 가스공사 등을 중심으로 BOG 재액화 국산공정 개발과제가 760 kg/h의 BOG 용량을 처리할 수 있는 연구가 진행 중이며 LNG 운반선에 장착을 목적으로 BOG 용량 6,800 kg/h급 동특성 성능을 모사하는 Dynamic simulator를 개발

중임.

<국외>

- LNG 플랜트가 대형화되면서 이를 구성하는 공정과 시스템이 복잡하게 집적되어 시스템에서 합리적인 에너지 이용과 에너지 효율을 개선하는 기술(공정간 열 및 물질 수지 등)이 중요하게 다루어지고 있음.
- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 회사에서는 천연가스 액화공정에서 발생할 수 있는 모든 운전조건을 실시간으로 모사, 모니터링 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질 흐름 등 계통 최적화기술을 개발하여 사용하고 있음.
- 일본의 Chiyoda 사는 Aspen 사의 Aspen Dynamics 등의 공정 동특성 모델 프로그램을 활용하여 액화공정을 모사하고 플랜트 설계에 반영하고 있다. 또한 Offshore Technology 사는 Offshore 설비의 Virtual pipeline simulator를 개발하여 배관망 설계, 모니터링 및 고장진단 등에 활용함.
- ConocoPhilips사는 Processor simulator를 개발하여 LNG plant lifecycle 동안 유용한 엔지니어링 도구로 사용하고 있다. 플랜트 기동 시의 제어로직 검증, 안전성 및 운전 순서의 평가, 운전자 훈련 및 공정개선예의 응용 등에 시뮬레이터를 활용

3. 연구개발 내용

□ 과제정의

- LNG 플랜트에서의 에너지 및 물질흐름 등 계통 최적화를 할 수 있도록 천연가스 액화공정에서 발생할 수 있는 모든 운전조건을 모사, 모니터링 할 수 있는 동적 시뮬레이터 개발, 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발

□ 연구개발 내용

- LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발
 - LNG 플랜트 동적시뮬레이터 선행기술조사, 개선/최적화 방안 도출
 - LNG 플랜트 공정 정적/동적모델링 및 최적화 알고리즘 연

구

- 동적시뮬레이터 성능 비교/검증 제시
 - ※공모시, 성능 비교/검증 방안을 구체적으로 제안할 것
 - 동적시뮬레이터 기반의 가상플랜트 특성 분석 및 운영 최적화 연구
 - LNG 플랜트 라이프사이클 단계별 동적 시뮬레이터 적용 방안 연구(개념설계-FEED-EPC-시운전 단계별 적용방안 제시)
 - 동적 시뮬레이터 기반의 공정 제어 시스템 최적화 연구
 - DCS I/O 신호를 동적 시뮬레이터 연계 I/O 및 GUI 모듈 개발
 - LNG 플랜트 교육용/훈련용 모의운전 장치(OTS, Operator Training System) 개발
- 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발
- LNG 플랜트 적용 스마트센서를 이용한 감시시스템 개발
 - 동특성 기반 이상상태 진단기술 연구
 - 동특성 기반 데이터 분석알고리즘 연구
 - LNG 플랜트 공정계통 원격 이상진단 기술 연구
 - 통합감시 및 이상진단시스템 구축

4. 연구개발의 추진방법

- 추진전략
- 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련
 - 선진사례/우수사례 벤치마킹
 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여
 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보
 - 새로운 idea와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행
 - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술
 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입 자원을 고려한 추진시기 결정
 - 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진

	<ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진 - 초기 단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전 <ul style="list-style-type: none"> ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트 베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단 및 핵심2, 3주관 기관과의 협조체계를 구축
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 주관기관(연구책임자)은 1핵심과제의 총괄 및 조정 요구시 적극 협조 ○ 본 과제는 3핵심 1 세부(LNG 플랜트 설계기술) 과제와 상호 연계 및 활용계획의 제시가 필요함. ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 공동 연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협업을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축 하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동 연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 핵심3주관기관(핵심연구책임자)이 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조할 것
5. 최종 성과물 및 활용 방안	
<input type="checkbox"/> 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 공정계통 동특성 해석모델 - 1-8 Mt/y급 LNG 플랜트 동적 공정설계 시뮬레이터 - LNG 플랜트 교육용/훈련용 모의운전 장치 ○ 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 동특성 기반 이상상태 진단기법 - 스마트센서를 이용한 감시시스템 - LNG 플랜트 공정계통 원격 이상진단시스템

- 실용화 또는 사업화 방안
 - 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화에 적용 가능
 - 국내외에서 추진중인 가스플랜트 관련 사업을 대상으로 개발된 핵심성과물을 적용할 수 있도록 추진하여 대외 인지도 및 실적을 확보하고, 해외선진사와의 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성시 전략적으로 연구성과물에 대한 사업화 추진
 - 기본적으로 개발기술의 테스트베드 적용 및 검증을 수행
 - 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보
 - 파생 DB의 표준화, 보급 확산

6. 사업 기간 및 소요예산

- 전체
 - 총사업 기간 : 2009년 ~ 2013년(5년)
 - 1단계(1년) <정부지원금 : 9.6억원 이내>
1차년도 연구기간 : 2009년 4월 ~ 2010년 4월
 - 2단계(2년) <정부지원금 : 17.1억원 이내>
 - 3단계(2년) <정부지원금 : 16.9억원 이내>
 - 총연구비 : <정부지원금 : 43.6억원 이내>
 - ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
 - ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

7. 기타

- 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것.
 - ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

세부과제명	1-3 세부과제 : LNG 플랜트 EPC 기술 표준 구축
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 설비 법체계 정비와 정책, 제도 등 지원방안 수립 및 세계시장 진출을 위한 연구개발 성과물의 국제표준에 따른 기술 표준화 추진 및 인증 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 설계/시공표준 구축 - LNG 플랜트 설비 표준화 및 기자재 인증체계 구축 - 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트사업 공통기술 및 표준 등 취약한 인프라 구축이 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 연구인력, 시설 및 장비, 법제도, 시험평가 등과 국가 지원 기반이 매우 취약한 실정임. - LNG 플랜트 건설기술 개발 경험이 전무한 국내 여건에서 인력, 지원여건, 개발인프라 수준 등이 전반적으로 낮게 평가되어 이에 대한 개선이 필요함. ○ 미국, 일본, 유럽 등 플랜트 강대국들은 자국기업의 시장참여 확대와 지속적인 점유율 유지를 위하여 국가적인 차원에서 직간접적으로 플랜트 건설기술 표준화 연구개발을 체계적으로 지원하고 있음. ○ ISO/TC 67 “석유, 석유화학, 천연가스 산업의 재료, 장치 및 해양구조물”에서, “가스 및 액체 탄화수소를 포함하는 석유 및 석유화학, 천연가스 산업에서의 시추, 생산, 파이프라인을 통한 수송, 공정에 사용되는 재료, 장치, 해양 구조물에 관한 국제 규격 제정”을 표준화 범위로 설정하고 현재까지 140 여종의 관련 ISO 규격을 발간중임. ○ STEP(ISO 10303) AP 221, AP 227, AP 231은 프로세스 플랜트 분야에 대한 P&ID(Piping and Instrumentation Diagram), PFD(Process Flow Diagram), 3D 형상 등을 표현하기 위한 표준이며 ISO 15926의 데이터 모델은 오일과 LNG 플랜트를 위한 데이터 모델임.

- 플랜트 설비 표준화 기술/기자재 인증체계, 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 규격제안 및 제정 등, 플랜트 설비의 수명 및 효율성 향상을 위한 표준화 기반구축, 공정 부품·소재의 화학분석, 물성시험, 비파괴시험 및 표면처리 시험기준, LNG터빈, 압축기, turbo-expander 등 유체기계 시험평가 시스템 기반 구축이 필요
- 해외경쟁력 보유 및 미래가치 창출이 가능한 기반 기술(기본설계)의 성공적 개발에 따른 법체계 정비와 정책, 제도 등 지원 방안 수립, 세계시장 진출을 위한 연구개발 성과물의 국제표준에 따른 기술 표준화 추진이 필요
- 따라서, 저장탱크 및 터미널을 제외한 주요 공정 및 계통설계분야는 국내의 여건에서 수행해본 경험이 전무한 관계로 인프라 구축이 매우 취약한 실정이며, 국제적인 추세가 주요 기술사 위주의 표준에서 ISO를 중심으로 통합되는 추세에 있어 이에 대한 적극적인 참여가 필요함.
- 플랜트 생애주기 전반에 필요한 표준문서 및 절차, 코드 등을 국제표준을 기반으로 정립할 필요가 있음.

□ 기술 동향

<국내 >

- 기술표준원에서는 현재 한국가스안전공사, 한국가스공사 등의 LNG 분야별 전문가를 모아 국내 전문위원회를 구성하고 초안 작성 단계에서부터 전문가를 참여시키는 등 적극적인 국제표준화 대응 활동 중임.
- LNG 이송 및 추진 장치 기술의 초저온용 배관장치에서 LNG 운반선에 사용되는 일부 밸브류는 정부지원과제로 개발되었거나 개발 중에 있기 때문에 표준화를 위한 기술개발 기반이 갖추어지고 있는 상황임.
- 한국가스안전공사는 국제표준화에 대응하기 위해 지난해 이 연구과제의 일환으로 4종의 LNG 저장탱크 규격을 한국산업규격으로 개발해 제정한 바 있고, ISO에 LNG 저장탱크 규격 국제표준화를 제안해 채택된 바 있음.
- LNG 저장탱크는 LNG 설비 중 설치비용 등에 있어 중요도가 높고 관련된 업무가 매우 방대하며 또한 많은 기술적인 문제를 포함하고 있어 우선 표준화 대상으로 선정되었다. 이와 관

런해서 국내에서도 이미 KGS 코드로서 『완전방호식 LNG 저장탱크 기준』 및 『지상식 멤브레인 LNG 저장탱크 기준』 이 개발

<국외>

- 2006년 10월에 멕시코 Veracruz에서 개최된 국제 표준화 기구 (ISO)/TC(Technical Committee, 기술 위원회)67 총회에서 프랑스 토탈(Total)가스의 제안으로 WG(Working Group)10 (LNG Installations and Equipment)의 설치 승인
- LNG산업의 성장으로 국제표준화기구(ISO)는 2006년 11월에 기술위원회 산하에 'LNG산업 설비 및 장치'분야 국제규격제정을 담당하는 작업반(WG)을 신설하고 우선 시급한 국제표준화 대상으로 LNG 저장탱크, 인수기지 위험성평가 등 6개 목록을 선정, 각 작업그룹(Task Group)에서 국제규격 초안 작성
- LNG 액화플랜트 및 재기화 터미널 등에 대한 미국규격으로는 다음의 규격이 존재함.
 - EN1473 Installation and equipment for liquefied natural gas(1997)
 - NFPA 59A Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas(2006)
- 북유럽 국가들에 의해 Oil & Gas Off-shore 플랜트에 대한 국제표준으로써 ISO 15926을 제정중이며, 노르웨이 가스 산업 협회(OLF: The Norwegian Oil Industry Association)는 POSC/Caesar와 협력하여 석유화학 데이터와 관련된 ISO15926의 참조 데이터를 확장하기 위한 프로젝트 진행중임.

3. 연구개발 내용

과제정의

- LNG 플랜트 설계/시공 등에 관한 법체계 정비와 정책, 제도 등 지원방안 수립, 세계시장 진출을 위한 연구개발 성과물의 국제표준에 따른 기술 표준화 추진

연구개발 내용

- LNG 플랜트 설계/시공 표준 구축

- LNG 플랜트 설계 Spec, Code, Standard, Regulation 등 분석(설계부문별, 공정분야별, 단위기기별 조사)을 기초한 LNG 플랜트 표준화체계 시스템 정립 (ISO TC67/WG10 & 184/SC4 등)
- 국제표준 기반의 국내표준/법체계 정비/제안/인증
- LNG 플랜트 설계요령, 기술기준, 코드, 기준 및 표준계약/업무절차 등 매뉴얼 개발

○ LNG 플랜트 시험/평가 표준 구축 및 인증체계 개발

- LNG 시험방법, 신뢰성 규격 조사를 통한 국내 시험평가 관련 규격 정립(터빈, 압축기, 펌프, 팽창기 등의 핵심부품; 열교환기, 밸브, 유량계, 배관 등의 주요공정 부품 등)
- 초저온 공정밸브, 소재 등의 성능측정, 시험방법 표준화
- 성능, 신뢰성 시스템 구축
- 개발기술의 LNG 플랜트 국제표준 제안/인증

○ 국제 표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발

- 국내외 LNG 플랜트 건설제도, 법령, 세제지원 조사
- 사업단 테스트베드 구축을 위한 법체계정비와 정책, 제도 개선 지원
- 건설제도 및 법령, 세제지원 등의 해외시장진출 지원제도 제시

4. 연구개발의 추진방법

□ 추진전략

- 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련
 - 선진사례/우수사례 벤치마킹
 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여
 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보
- 새로운 idea와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행
 - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술
 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입 자원을 고려한 추진시기 결정

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진 - 초기 단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트 베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단 및 핵심2, 3주관 기관과의 협조체계를 구축
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 주관기관(연구책임자)은 1핵심과제의 총괄 및 조정 요구시 적극 협조 ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진 ○ 타 핵심주관기관과의 협업을 통한 기술 개발 과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축 하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 핵심3주관기관(핵심연구책임자)이 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조할 것 <ul style="list-style-type: none"> -특히, 테스트베드 시행과 관련, 법체계정비와 정책, 제도 개선에 대하여 사업단 및 핵심3주관기관(핵심연구책임자)의 협조 요청시 적극 협조할 것.
5. 최종 성과물 및 활용 방안	
<input type="checkbox"/> 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 설계/시공표준 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 설계 Spec, Code, Standard, Regulation 등 분석자료집 - 개선된 LNG 플랜트 표준화체계 - 개선된 국제표준 기반의 국내표준/법체계 - LNG 플랜트 설계요령, 기술기준, 코드, 기준 및 표준계약/업무절차 등 매뉴얼

<input type="checkbox"/> 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 시험/평가표준 및 인증체계 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 표준, 성능시험, 평가기법 및 인증체계 - LNG 플랜트 시험평가 규격 자료집 - 개선된 LNG 플랜트 국내외 표준 ○ LNG 플랜트 지원정책 및 제도 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 LNG 플랜트 건설제도, 법령, 세제지원 등 분석자료 - 사업단 테스트베드 구축을 위한 법체계정비와 정책, 제도 개선 방안 - 건설제도 및 법령, 세제지원 등의 해외시장진출 지원제도 등 분석자료 ○ 개발된 표준화기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화에 적용 가능 ○ 국내외에서 추진중인 가스플랜트 관련 사업을 대상으로 개발된 핵심성과물을 적용할 수 있도록 추진하여 대외 인지도 및 실적을 확보하고, 해외선진사와의 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성시 전략적으로 연구성과물에 대한 사업화 추진 ○ 기본적으로 개발기술의 테스트베드 적용 및 검증을 수행 ○ 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보 ○ 파생 DB의 표준화, 보급 확산
6. 사업 기간 및 소요예산	
<input type="checkbox"/> 전체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총사업 기간 : 2010년 ~ 2013년(4년) <ul style="list-style-type: none"> - 2단계(2년) <정부지원금 : 11.9억원 이내> - 3단계(2년) <정부지원금 : 12.6억원 이내> ○ 총연구비 : <정부지원금 : 24.5억원 이내> ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능 ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

7. 기타

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

세부과제명	1-4 세부과제 : 엔지니어링 효율성 개선기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG플랜트의 설계자동화 및 시공자동화 등의 생산성향상을 위하여 PLM (Plant Lifecycle Management), 사업계획전문가시스템, 위험기반의 사업공정관리 등의 중기적인 관점에서 LNG 플랜트 프로젝트 수행 경쟁력 강화를 위해 생산성 향상 등의 응용기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 프로젝트 수행시 설계자동화 및 시공자동화 등의 건설생산성향상 기술 개발 - 플랜트 정보 공유 등의 엔지니어링 생산성향상 기술 개발 - 개방형 표준을 이용하는 플랜트 EPC PLM 기술과 이를 응용한 플랜트 엔지니어링 사업관리효율화 및 전문가시스템 구축기술
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부분적으로 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약하기에는 많은 기간과 투자가 선행되어야 할 것으로 보임. 또한 장기적인 시장 전망이 큰 분야로서 해외시장 진출 및 경쟁력을 확보하기 위해서는 허브(HUB)형 기반기술의 발굴과 지원여건의 구축이 필요함. ○ 플랜트사업수행에 있어 설계부문은 각기 모듈별로 통합화된 시스템 내에서 Real Time으로 업무를 수행토록 개발 운영하고 있으며 구매/조달부문은 표준자재를 세분화하여 관리하며 시공/시운전 부문은 CM/PM 환경의 숙련으로 안정된 통합 사업수행시스템을 이루어 실 업무에 적용하고 있으며, 이의 총화로써 기반 지식관리 시스템을 구축 활용함으로써 부가가치 확대 및 사업역량을 강화하고 있음. ○ 플랜트 프로세스에 대한 정보관리 기술은 수행역무의 표준화 및 수행역무 간 전후 쌍방향의 긴밀한 결합을 고려한 플랜트 프로세스의 체계화된 절차를 기반으로 플랜트정보 분류체계의 정립과 지식베이스의 구축이 필요하므로 선진적인 플랜트 업무프로세스에 대한 검토와 평가가 필요함. ○ 플랜트 설계사, 엔지니어링 회사, 건설사, 자재 및 장비공급업체, 플랜트 운영기관, 플랜트 유지보수회사 등 다양한 이해관계자가

서로 정보를 공유할 수 있는 개방형 정보표준 요소기술 및 이질적인 엔지니어링정보를 공유, 협업을 가능케 해주는 STEP, XML, OWL(Ontology Web Language) 등의 개방형 데이터 표준 및 응용시스템 기술개발이 필요함.

- 플랜트 EPC 분야의 데이터 교환 및 공유는 현재 해외 플랜트 관련 컨소시엄(EPISTLE, POSC Caesar 등)을 비롯하여 일부 초기단계의 개발되고 있으나, 관련 분야가 해상 플랜트 등을 비롯한 한정된 도메인을 대상으로 하고 있음. 특히, 플랜트의 전 생애주기 분야를 모두 커버하여 기업간 협업을 할 수 있는 플랜트 온톨로지의 구축에 관한 연구개발 시도는 부분적으로 시도되고 있는 상태임.

□ 기술 동향

<국내 >

- 국내 플랜트의 전반적인 엔지니어링기술수준은 선진국에 비하여 상당히 취약함.
 - 국내 엔지니어링산업은 그동안 건축·토목 등 건설분야 위주로 성장하면서 주로 실시설계 등 노동집약형의 보조업무 수행에 머무름
 - 특히 국내기술수준은 선진국의 60~70% 수준에 불과하여 타당성분석·기본설계 및 시스템 엔지니어링 등 고부가가치분야는 외국기업이 차지(인천공항, 고속철도 등)
- 국내 해외건설 산업계를 중심으로 산업설비분야 국내 기업들의 국제 경쟁력 향상을 위하여 산업설비의 설계 및 시공단계에 적용되는 각종 프로젝트관리 표준기법과 정보관리체계 개발 등의 플랜트 프로젝트 관리체계 표준화에 대한 부분적 연구 수행
- 개방형형 표준의 국내건설 분야는 건설 CALS 체제 구축을 위한 요소 기술에 관한 연구, 한국 건설제도 기준 표준안에 관한 연구, 국제 표준인 STEP과 국제 산업 표준인 IFC에 관한 응용 연구, 도면정보 표준화에 관한 연구 등이 한국건설기술연구원을 중심으로 연구활동 중이며 공공건설사업에 CALS 적용을 목표로 추진하고 있음.

<국외>

- 1999년 미국의 CII (Construction Industry Institute) 및 FIATECH

등에서는 건설비전 2020을 발표하고 FIAPP (Fully Integrated & Automated Project Process)개념을 제안함. 이는 프로젝트/플랜트 생애주기의 모든 단계, 모든 프로세스에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하도록 함.

- 또한, 미국 NIST/CII/FIATECH을 중심으로 RFID를 통한 파이프 위치추적관리나 콘크리트 양생과정에서 RF 센싱기술을 통해 온도변화에 따른 콘크리트 강도를 측정하는 방안, 석유 시추선상에서 자재위치파악 등 다양한 분야에서 RFID 접목 연구 중임.
- 유럽에서는 EPISTLE(European Process Industries STEP Technical Liaison Executive) 및 POSC/Caesar 등의 플랜트 관련 유럽 컨소시엄을 통해 플랜트 정보에 대한 표준화 및 이에 대한 응용기술을 개발하고 있음. 특히 북유럽 국가들에 의해 Oil & Gas Off-shore 플랜트에 대한 대규모 사업 수행 시 표준화된 정보 모델의 사용 및 이를 활용한 플랜트 정보통합 시스템을 구축하여 업무 프로세스의 단순화와 자동화, 사업주/설계자/시공자 및 공급자 간의 협업 실현을 위해 노력하고 있음.
- 미국의 CIFE에서 CAD 데이터로부터 공정순서, 자원소요량, 일정 계획 등을 자동 산출하는 연구가 진행 중이며, 영국에서는 설계와 시공 과정을 컴퓨터로 통합관리(CIDAC)하는 설계 자동화 및 통합 시설물 관리에 관한 연구를 진행 중임.
- 미국의 Flour Daniel사는 지능형 통합 FEED 시스템을 활용하여, 짧은 기간에 프로세스 플랜트의 개념 설계와 견적을 효과적으로 완료함으로써, 설비투자 원가를 줄이고 설계 품질을 향상시킴에 따라 ROI (Return On Investment) 및 NPV(Net Present Value)를 개선함.
- 다국적 기업인 ABB사에서는 전문가 시스템을 이용한 지식 기반의 발전소 기본 설계 시스템을 활용하여 기본설계 원가를 30%이상 절감하고, 설계 품질을 향상시킴

3. 연구개발 내용

- **과제정의** : LNG플랜트의 설계자동화 및 시공자동화 등의 생산성향상을 위하여 PLM, 사업계획전문가시스템, 사업공정관리 등의 중기적인 관점에서 LNG 플랜트기술 경쟁력강화를 위해 생산성

향상 응용기술을 개발하는 과제

○ 연구개발내용

- ① 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발
 - 표준 기반의 LNG 플랜트 생애주기 규명 및 데이터 분류체계 정립
 - 플랜트 메타데이터 온톨로지 설계 및 검증
 - 개방형 정보표준 기반의 플랜트 데이터 모델 개발
 - LNG 플랜트 레파지터리 플랫폼 및 데이터 인터페이스 개발
 - LNG 플랜트 온톨로지 기반의 개방형 PLM 시스템 개발
 - PLM 적용 시나리오 제시 및 적용 효과 분석/검증
- ② 시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 개발
 - 사업 타당성 평가체계 정립
 - 비용 및 타당성 평가모델 및 이를 지원할 수 있는 참조데이터 모델링
 - 의사결정 모델 및 참조모델 DB 구축
 - 사업계획 전문가시스템 구현
- ③ 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발
 - EPC 수행 프로세스 및 위험도 평가 체계 정립
 - 공정관리 효율화기술 적용기법 개발
 - 위험도 기반 사업 및 공정관리시스템 개발 및 검증
 - LNG 플랜트 공정관리 지원요소 및 의사결정 모델링

4. 연구개발의 추진방법

- 추진전략
 - 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련
 - 선진사례/우수사례 벤치마킹
 - 국제 표준, 기술위원회 등에 적극 참여
 - 1단계 연구기반 조성, 2단계 성능혁신, 3단계 특화 경쟁기술 확보
 - 새로운 아이디어와 우수한 기술의 접목을 병렬적으로 진행
 - 선택과 집중: 원천/일반/보유/중간진입/경쟁기술
 - 요구되는 기술수요와 투자효과, 투입자원을 고려한 추진시기 결정

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 여건을 감안하여 국외 선진기관과 공동연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진 - 초기단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특화기술을 기반으로 선진기업과 전략적 제휴로 발전 ○ 성과목표를 구체적으로 제시하고 성과지표 달성을 증명할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와의 연계를 반드시 포함하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단, 핵심주관기관 및 타 세부연구기관과의 협조체계를 구축
<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 공동연구 추진 가능 ○ 타 연구기관과의 협업을 통한 기술개발과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축하여 추진할 것 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동연구 추진방안을 모색 ○ 테스트베드 시행과 관련하여 핵심3주관기관(핵심연구책임자)이 각 과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 협조 요청시 적극 협조할 것
5. 최종 성과물 및 활용 방안	
<input type="checkbox"/> 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 엔지니어링 효율성 개선기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 생애주기 데이터 관리시스템(PLM) - LNG 플랜트 사업 공정관리시스템 - LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 - 엔지니어링 생산성 10% 개선 방안 - LNG 플랜트 사업비용 10% 저감 방안 ○ 관련 연구보고서, 논문, 특허 등의 지적 재산권 <ul style="list-style-type: none"> - 상세기획보고서의 목표치 기준에 따름.
<input type="checkbox"/> 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전에 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화에 적용 가능

- 기존의 국내기업의 가스 등의 해외 개발형 플랜트사업을 대상으로 개발 핵심 결과물의 적용가능성을 추진하여, 대외 인지도 및 실적을 확보할 수 있으며, 선진사와 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성에 있어서 전략적으로 연구결과물 사업화가 추진
- 기본적으로 개발기술의 테스트베드 적용 및 검증을 수행
- 지적재산권, 프로그램 등록을 통하여 권리 확보
- 파생 DB의 표준화, 보급 확산

6. 사업 기간 및 소요예산

- 전체
- 총사업기간 : 2008년 11월 ~ 2014년 6월
 - 1단계('08.11~'10.04) : 정부지원금 6.5억원 이내
 - 1차년도('08.11~'09.04) : 정부출연금 2.1억원
 - 2차년도('09.04~'10.04) : 정부출연금 4.4억원 이내
 - 2단계('10.04~'12.04) : 정부지원금 12.2억원 이내
 - 3단계('12.04~'14.06) : 정부지원금 11.8억원 이내
 - 총연구비 : 정부출연금 30.5억원 이내
- ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
- ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

7. 기타

- 연구개발계획서 작성시, 타 과제간 상호 연계·활용계획 명시할 것.
 - ※ 총 지원예산 및 연차별 지원예산은 향후 “예산적정성 검토”, 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 필히 제시
 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제의 “분산공유 6대 실험시설” 적극 활용

다. 핵심과제 및 세부과제 공모방안

제1핵심과제는 LNG플랜트 미래기반기술 개발에 관한 과제로서, 주관과제와 협동과제 그리고 위탁과제로 연구팀을 구성할 수 있도록 하였다.

보다 객관적으로 경쟁력을 갖춘 기업 및 연구기관의 응모가 가능하도록 통합형 지정공모와 분리공모의 형식을 도입하였으며, 핵심과제에서 중요도와 기초 및 기반성격, 새로운 아이디어 접근성, 경쟁효과 등을 고려하여 과제별 공모방안을 설정하였다.

다만, 특별한 경우 이외에는 세세부 과제까지 구분하기에는 과제의 통합성과 수행시기, 관리상 비효율성 등으로 인하여 무리가 있을 것으로 판단되며, 이에 세부과제 수준에서 공모성격을 검토하였다.

제1세부과제는 RAM 기반의 모듈화 기자재 및 계통을 개발하는 과제로서 핵심과제를 주관하는 기관이 수행하여야 하며, 가상플랜트를 통하여 주요계통에 관한 모델 구축과 모듈화 관련된 마이크로 열전달 구조, 터보 익스팬더 및 드라이버, 초저온 배관 및 펌프류 레이아웃 등 특화 지향적인 기술로서 중요도 측면과 과제의 통합기능을 고려하여 지정 공모하는 것이 합리적이다.

제2세부과제는 동적 공정계통 시뮬레이터 및 진단기술을 개발하는 과제로서 중요도가 크나 경쟁을 통하여 새로운 기술의 접목과 독창성이 요구되는 분야로서 분리공모의 형태로 추진하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

제3세부과제는 기술표준에 관한 사항으로 정책 및 인프라 성격을 가지며, 설계 및 시공표준, 시험평가 및 인증체계, 관련 제도 및 정책 등 공공성이 큰 분야로서 분리공모가 바람직하다.

제4세부과제는 LNG 플랜트 사업관리 효율화를 위하여 수명주기, PLM, 사업계획전문가시스템, 사업공정관리 등 응용기술의 성격을 가지고 있으며, 다양하게 변화하는 정보기술과 관리기법을 창조적으로 접목할 수 있는 기관과 전문가의 참여가 전제되어야 한다. 따라서 제4세부과제는 분리공모가 바람직하다.

또한, 사업단의 최종적인 목표달성을 위해서 각 세부과제의 우선순위는 ① 세계최고 수준과 경쟁할 수 있는 기술경쟁력 확보, ② 플랜트 시장점유율 및 부가가치 확대 가능성, ③ 미래수요에 부응한 전략적 투자 필요성 등을 고려하여 1~3 등급으로 구분되며, 향후 정책적 시급성, 중요성 및 예산 확보 여건 등 상황변화

에 맞추어 추진시기 등을 조정할 수 있도록 제시하였다.

표 6.7 제1핵심과제의 세부과제 공모방안 (1~5점 척도)

세부 과제	세세부과제 후보	평가항목 (지정공모 ← → 분리공모)				공모 방안
		중요도	기반	신기 술	경쟁 기술	
제1 세부 과제	1. 인공지능 기반의 LNG 플랜트 모듈화 기술 개발	5	4	4	4	지정
	2. Micro-channel 기반의 열교환 구조 개발	5	5	4	4	
	3. LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발	4	4	3	3	
제2 세부 과제	1. LNG 공정계통 동적 시뮬레이터 개발	4	3	4	5	분리
	2. 동특성 기반의 공정계통 이상상태 실시간 감시·진단시스템 개발	3	3	4	4	
제3 세부 과제	1. LNG 플랜트 설계 및 시공표준 구축	4	5	3	3	분리
	2. LNG 플랜트 시험·평가표준 구축 및 인증체계 개발	4	5	3	3	
	3. 국제표준 기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발	4	5	3	3	
제3 세부 과제	1. 생애주기 규명 및 통합지식관리기술 개발	4	3	4	4	분리
	2. 시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 개발	4	3	4	4	
	3. 위험 기반의 사업 및 공정관리기법 개발	5	3	4	5	

표 6.3 제1핵심과제의 세부과제 우선순위 (1~3점 척도)

제 1 핵심과제			
우선 순위	과제번호	과제명	공모시기
1	1-1-1	인공지능 기반 LNG 플랜트 모듈화 기술개발	1단계
	1-1-3	LNG 플랜트 시스템 위험도 평가기술 개발	
	1-4-2	시나리오기반 LNG 플랜트 사업계획 전문가시스템 개발	
2	1-1-2	마이크로 채널 기반 열교환기 개발	
	1-2-1	LNG 플랜트 공정계통 동적 시뮬레이터 개발	
	1-2-2	공정계통 이상상태 실시간 감시 및 진단시스템 개발	
	1-4-1	생애주기 규명 및 통합 지식관리시스템 구축	
	1-4-3	위험 기반 사업 및 공정관리기법 개발	
3	1-3-1	LNG 플랜트 설계/시공 표준 구축	
	1-3-2	LNG 플랜트 시험/평가 표준구축 및 인증체계 개발	
	1-3-3	국제표준기반의 LNG 플랜트 지원정책 및 제도 개발	

빈 페이지

7. 참고문헌

1. International Energy Outlook, 2006, DOE (USA)
2. World Energy Investment Outlook, 2004, 국제에너지기구(IEA)
3. GTL 프로젝트 개발동향과 우리의 참여가능성, 2003, 건설교통부
4. 산업설비 통합수행체제 핵심기술 개발, 2006, 건설교통부
5. 플랜트엔지니어링기술 로드맵, 2005, 산업자원부
6. Capital Project Roadmap, 2004, FIATECH
7. Annual Report, 2005, Technip
8. Annual Report, 2005, Bechtel Corporation
9. Annual Report, 2005, ConocoPhillips Co.
10. Ronald M. Smith, New developments in gas to liquids technologies, 2004, CERl Petrochemical Conference
11. Michael Barclay, Natural gas liquefaction process selection for emerging markets, 2005, 5th Doha Conference on natural Gas
12. Mona J. Molnvik, Statoil-NTNU global watch seminal: gas technology, 2003, SINTEF Energy Research
13. Michael Barclay and Noel Denton, Selecting offshore LNG process, 2005, LNG Journal
14. Bahram Ghaemmaghami, GTL: Progress and Prospects - Study yields generic, coastal-based GTL plant 2001, Oil&Gas Journal
15. Gas to liquids industry development discussion paper, 2001, Industry Science Resources
16. Gas to liquids life cycle assessment synthesis report, 2004, ConocoPhillips and Sasol Chevron and Shell
17. Troy A. Semelsberger, Dimethyl ether as a alternative fuel, 2005, Case Western Reserve University
18. Chris noble, GTL challenges, 2005, Foster Wheeler
19. 플랜트 IT 컨퍼런스 논문집, 2004-2006, 한국플랜트정보기술협회
20. 한국가스공사 카탈로그, 2006, 한국가스공사
21. ITER 카탈로그, 핵융합연구센터

22. LNG 플랜트 기술개발 해외 전문가 초청세미나 자료집
23. Alexander S. Adorjan, 1991, Heat Transfer In LNG Engineering, Hemisphere Publishing Coporation
24. 말레이시아 빈툴루(Bintulu) 액화기지 소개자료
25. A guide to LNG, (www.ferc.gov/industries/LNG.asp)
26. 설비공학 편람-냉동편
27. Tariq Shukri, 2004, LNG technology selection, FosterWheeler
28. GTL 기획자료, 2005, 화학연구원
29. Preliminary screening technology and economic assessment of sybthesis gas to fuels, NREL, 2003.
30. Evaluation Of Liquefied Natural Gas Receiving Terminals For Southern California, University Of California, 2004.
- 31) Sib Akhtar, Driver selection for LNG compressor, MSE Ltd., 2004.
- 32) Zuoyi Zhang, Economic potential of modular reactor nuclear power plants, Nuclear Engineering and Design, 2007.
- 33) Pluto LNG development industry briefing, WOODSIDE, 2006.
- 34) Arthor J. Kidnay, Fundamental natural gas processing, 2006.

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술 연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술연구개발사업의 연구내용 임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개 하여서는 안됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031) 381-6311
- 고등기술연구원 TEL 031) 219-2688
- 건설기술연구원 TEL 031) 369-0505
- 현대엔지니어링 TEL 02) 2166-8219

가스플랜트 사업단 상세기획

- 발행일 / 2008. 04. 28.
- 발행처 / 고등기술연구원
 경기도 용인시 백암면 고안리 633-2
 TEL : 031) 219-2678
- 인쇄처 / 드림씨앤피
 TEL : 031) 255-7234