

가스플랜트사업단 상세기획 보고서

〈총괄과제〉

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

총괄과제: 가스플랜트 시스템엔지니어링 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 상세기획의 목표는 LNG 플랜트 사업단의 성공적인 사업 수행을 위하여 사업단 내 기술개발 요구조건과 개발단계를 정의하고 이를 모니터링과 동시에 상위 수준의 인터페이스를 관리하고 개발된 기술의 테스트베드로 통합과 효율적인 운영을 위한 시스템 엔지니어링 역할이 요구된다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 사업단장이 직접 주관하는 총괄과제인 '테스트베드 기술통합 적용체계 및 해외사업모델 개발' 과제를 수행하는 것이 필요하다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- ◆ 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 총괄과제의 세부과제 및 연구개발 목표, 정부예산 등을 도출한 결과는 다음과 같다.

핵심과제	세부과제	연구개발목표	연구개발 단계
총괄: 가스플랜트 시스템 엔지니어링 기술 개발 (25.0억)	LNG 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 및 운영 기술 개발 (22.0억)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LNG 플랜트 기술개발 단계화 및 테스트베드 통합체계 구축 - Configuration, function, product 등 요구사항 정립 - Test-bed 건설계획 타당성, SE 모니터링 ▪ 사업단 과제 기본계획 및 연구관리체계 구축 - WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획업무 	응용 (지정공모)
	해외시장 진출을 위한 사업모델 개발 (3.0억)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 해외 지역별 기획·개발형 LNG 플랜트 시장 조사·분석 및 사업의 핵심성공요인(CFS) 개발 ▪ 해외 지역별 진출을 위한 LNG 사업모델 및 진입전략 개발 	응용 (분리공모)

V. 연구개발결과의 활용계획

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

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

SUMMARY

I. Title

The center research project: Development of application system for LNG test-bed integration of core technologies and business model of LNG Project

II. Research Objectives

The objectives of this report are to draw reasonable sub-research projects for the center research project and to plan detailed aims and contents for the projects.

III. Research Contents

- ♦ Analysis of the technologies trends related on the center research project
 - Survey of technologies on LNG and system engineering
 - 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

Core Tech. Project	Sub-technology project	Objectives of each projects	R&D type
The center research project: Development of System Engineering in Gas Plant Project	Development of application system for LNG test-bed integration of core technologies	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Establishment of technology development stage, application system for LNG test-bed integration of core technologies - Configuration, function, product - Construction plan of Test-bed - SE monitoring <ul style="list-style-type: none"> ♦ Basic planning of research center, management system of research center - 	Application
	Development of business model of LNG Project	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Development of inhibitor technology of gas hydrate generation ♦ Development of CSF, business model of LNG Project and share strategies of abroad market 	Application

V. Application of the report

The application of this report are listed as follows:

- A reference for selection of principal investigator of the center research project
- A reference for research management of the center research project
- A roadmap of LNG plant technology

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
목 차	7
1. 총괄과제	1
가. 정의 및 목표	1
(1) 정의	1
(2) 목표 및 내용	3
(3) 사업단 과제와 연계성	5
나. 총괄과제의 필요성	8
(1) 요소 및 시스템 기술 통합	8
(2) 기술개발 단계 및 프로세스 확립	8
(3) 테스트베드 적용방안 마련	9
(4) 해외진출 사업모델 마련	10
다. 과제의 구성	12
(1) 세부과제	12
(2) 단계별 목표 및 내용	13
라. 추진전략	14
(1) 기본방향	14
(2) 추진체계	14
(3) 거시로드맵	15
2. 기술동향 분석	17
가. 시스템 엔지니어링	17
(1) 개 요	17
(2) 시스템엔지니어링 프로세스 분석	18
(3) 국내외 대형사업 적용사례 분석	21
나. LNG 플랜트 요약	28

3. 세부과제의 목표 및 내용	31
가. 세부과제의 구성과 정의	31
(1) 세부과제	31
(2) 세부과제의 정의	31
나. 연차별 목표 및 내용	33
(1) 제1세부과제	33
(2) 제2세부과제	35
다. 세부과제 선정근거	38
(1) 방법론/과정	38
라. 성과목표 및 지표	42
(1) 핵심 및 세부과제별 성과목표, 성과지표 설정	42
(2) 선정근거	43
4. 소요 연구비	49
가. 총괄과제의 연구비	49
나. 세부과제의 연구비	50
다. 연구비 산정근거	51
5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안	53
가. 경제적, 기술적, 사회문화적 파급효과	53
(1) 경제적 파급 효과	53
(2) 기술적 파급 효과	53
(3) 사회/문화적 파급 효과	53
나. 성과활용방안	54
6. 총괄과제 RFP 및 공모방안	56
가. 핵심과제 RFP 작성기준	56
나. 총괄과제 RFP(안)	57
다. 총괄과제 공모방안	70
7. 참고문헌	72

<표 차례>

표 1.1 총괄과제의 단계별 수행내용 설정(안)	4
표 1.2 LNG 플랜트 핵심과제와 연관성 검토	7
표 1.3 총괄과제 연차별 목표설정(안)	13
표 2.1 시스템 엔지니어링 적용사례	22
표 2.2 고속철도 차량의 요구조건	26
표 3.1 세부과제의 구성	31
표 3.2 제1세부과제의 단계별 성과목표 및 지표	42
표 3.3 제2세부과제의 단계별 성과목표 및 지표	43
표 3.4 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술지 게재 논문건수)	43
표 3.5 성과지표 선정근거 및 측정방법(특허출원 건수)	44
표 3.6 성과지표 선정근거 및 측정방법(학술회의 발표 논문건수)	44
표 3.7 성과지표 선정근거 및 측정방법(과제당 산학연 협력 활동 건수)	45
표 3.8 성과지표 선정근거 및 측정방법(테스트베드 기술통합체계)	45
표 3.9 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외지역 사업모델)	45
표 3.10 성과지표 선정근거 및 측정방법(기술개발 단계화 모델)	46
표 3.11 성과지표 선정근거 및 측정방법(산학연 기술지원 건수)	46
표 3.12 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외진출을 위한 조사, 분석 실적)	46
표 3.13 성과지표 선정근거 및 측정방법(연구개발 관련 홍보건수)	47
표 3.14 성과지표 선정근거 및 측정방법(기술확산을 위한 상호교류 정도)	47
표 4.1 총괄과제 세부과제별 예산	49
표 4.2 총괄과제 연차별, 비목별 예산내역	49
표 4.3 총괄-1세부과제 연차별, 비목별 예산내역	50
표 4.4 총괄-2세부과제 연차별, 비목별 예산내역	50
표 4.5 총괄-1세부과제 연구개발비 산정근거	51
표 4.6 총괄-2세부과제 연구개발비 산정근거	51
표 6.1 총괄과제 RFP	57
표 6.2 총괄과제의 세부과제 공모방안	70

<그림 차례>

그림 1.1 총괄과제의 기술개발관리활동	1
그림 1.2 시스템엔지니어링 프로세스	2
그림 1.3 시스템엔지니어링 수명주기 주요기능	3
그림 1.4 사업단 내 총괄과제와 핵심과제의 연계도	6
그림 1.5 총괄과제의 기능과 역할 측면의 필요성	8
그림 1.6 시스템 개발프로세스 및 통합단계	9
그림 1.7 국내 기업과 선진 기업의 가치사슬 중요도 비교	10
그림 1.8 기획·개발형 플랜트 사업에서 CSF 분석사례	11
그림 1.9 총괄과제 추진체계도	14
그림 1.10 총괄과제 기술개발로드맵	15
그림 1.11 총괄과제의 단계별 성과도출계획	16
그림 2.1 시스템 엔지니어링 표준의 전개도 (MIL-STD 499 기반)	18
그림 2.2 MIL-STD 499B의 시스템 공학 프로세스	19
그림 2.3 MIL-STD 499B의 제품 설계 부분의 프로세스	19
그림 2.4 MIL-STD 499B의 기술관리 부분의 프로세스	20
그림 2.5 EIA 632-1998의 시스템 엔지니어링 프로세스	20
그림 2.6 IEEE 1220-1998의 시스템 엔지니어링 프로세스	21
그림 2.7 스마트 무인기 개발 체계	23
그림 2.8 스마트 무인기 개발 사업단 사업관리 체계	24
그림 2.9 스마트 무인기 개발 사업단 SE 프로세스	24
그림 2.10 스마트 무인기 개발 사업단 요건정의 절차	24
그림 2.11 우주 발사체 개발 사업의 위험관리 수행조직 및 역할	25
그림 2.12 한국형 고속철도 개발 과정	27
그림 2.13 LNG 플랜트 공정흐름도	28
그림 2.14 Compact cold box 실현을 위한 고성능 열교환기	29
그림 3.1 해외 가스전 분포	32

그림 3.2 제1세부과제 기술개발을 위한 미시로드맵	34
그림 3.3 제2세부과제 기술개발을 위한 미시로드맵	37
그림 3.4 테스트베드 연계 단계별 시장진입전략 흐름	41

1. 총괄과제

가. 정의 및 목표

(1) 정의

LNG 플랜트 사업단 과제에서 총괄과제는 사업단장이 주관하며, 사업단 과제의 기술개발 요구조건과 개발단계를 설정하고 이를 모니터링과 동시에 상위 수준에서 인터페이스(interface)를 관리하여 피드백(feedback)하고, 개발된 기술의 테스트베드(test-bed)로 통합과 효율적 운영을 위한 시스템 엔지니어링(system engineering)기술로 정의된다.

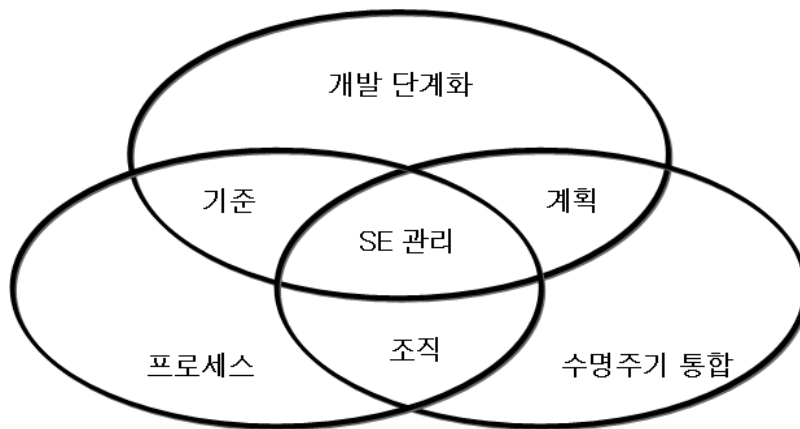


그림 1.1 총괄과제의 기술개발관리활동

일반적으로 개발 단계화는 다음과 같은 수준 또는 단계를 거쳐 진행된다.

- 개념연구를 통하여 시스템 설명이 이루어지는 개념레벨
- 시스템의 성능요건 항목으로 나타난 시스템 레벨
- 하부시스템과 구성품의 성능설명이 이루어지고 후속 건설단계에서 필수적인 상세설명이 이루어지는 하부시스템/구성품 수준

이러한 개발 단계화에서 각 단계별 고려하여야 할 사항은 시스템 계층구조의 주어진 수준에서 중요한 개발은 상위 단계에서 형상기준(configuration baseline)이 결정되어 관리된 후 개발이 이루어져야 한다. 기술검토 및 검사는 기준이 후속 개발단계에 대해 준비가 되었는지를 확인하기 위하여 이용된다.

시스템 엔지니어링 프로세스는 모든 개발단계 동안에 하향식(top-down)이

고 포괄적인 관리활동을 수행하며, 그림 1.2에 도시되어 있는 프로세스에 따라 반복적이고 순환적인 문제해결과정으로 다음과 같은 목적을 가지고 있다.

- 요구와 요건을 시스템과 프로세스 설명서로 구체화
- 의사결정에 필요한 정보를 생성
- 다음 개발단계에 필요한 자료 제공

그림 1.2에 도시된 기본적인 시스템엔지니어링 활동은 시스템의 기능분석 및 관리라는 총체적인 기술과 도구에 의하여 조정을 통하여 이루어지는 요건분석(requirement analysis), 기능분석(functional analysis) 및 할당(allocation), 설계조합(design synthesis) 등으로 구성된다.

여기서 시스템 엔지니어링 관리는 의사결정과 요건을 추적하고 기준을 유지하며 인터페이스 및 위험을 관리하는 제반 활동이다. 비용 및 일정, 기술성능을 추적하고 요건의 일치여부를 검증하며, 진행과정을 모니터링 및 피드백(feedback)한다.

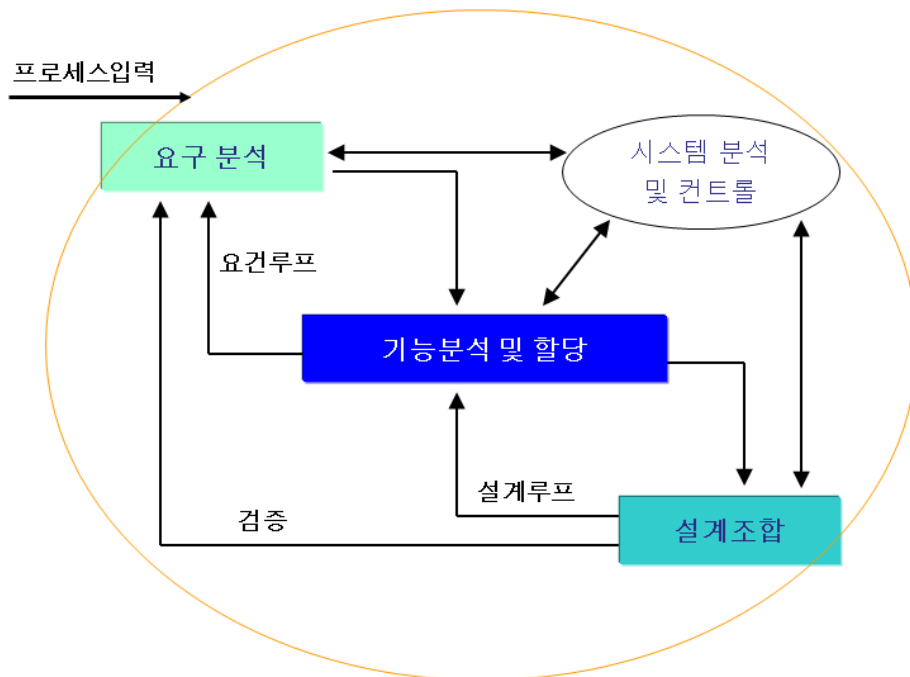


그림 1.2 시스템엔지니어링 프로세스

한편, 수명주기통합(life cycle integration)은 통합개발, 즉 연구개발 프로세

스 동안에 모든 시스템의 수명주기 요구에 대한 동시적 고려(concurrent consideration)를 통하여 달성된다.

여기서 수명주기 기능이란 시스템 수명주기와 연관된 제반 활동을 지칭하며, 일반적으로 그림 1.3과 같이 개념 및 개발, 시제품 설계 및 제작, 시공 및 검증, 운용, 유지, 폐기 등으로 구성된다.

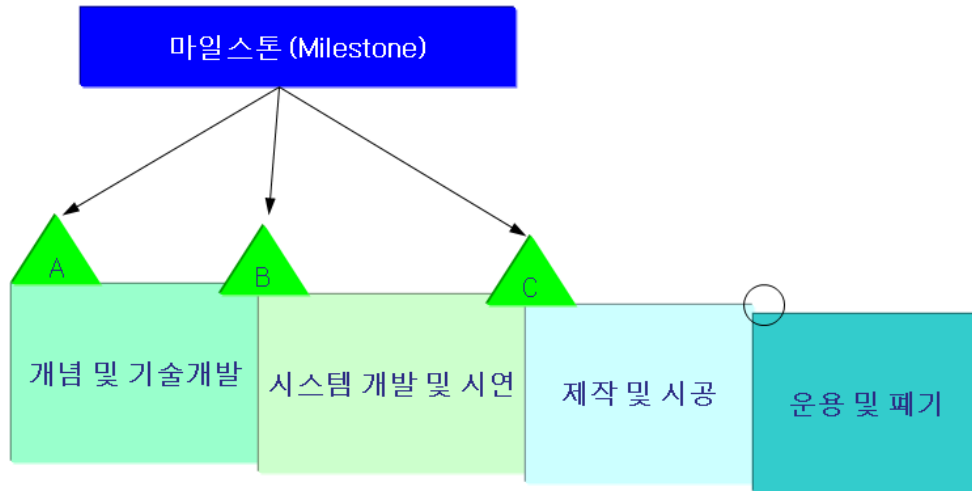


그림 1.3 시스템엔지니어링 수명주기 주요기능

(2) 목표 및 내용

○ 최종목표: LNG플랜트 개발기술의 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 및 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

- 기술개발 단계화 모델
- 테스트베드 통합기술 적용체계
- 해외 지역별 LNG 플랜트 사업모델 개발

○ 단계별 목표 및 수행내용

총괄과제의 단계별 목표는 1단계에서 기술개발 단계화 및 관리체계 확립, 2단계에서 LNG 테스트베드 기술적용체계 및 해외시장 조사·분석, 3단계에서 LNG 테스트베드 모니터링 및 사업모델 개발 등으로 설정하였다.

총괄과제에서 수행할 내용을 총 연구기간 6년 동안 달성하여야 할 단계별

목표를 중심으로 표 1.1과 같이 설정하였다.

표 1.1 총괄과제의 단계별 수행내용 설정(안)

단계	수행내용
1단계: 기술개발 단계화 및 관리체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 플랜트 기술개발 단계화 (configuration, function, product) - LNG 플랜트 수명주기통합관리체계 검토 - 사업단 과제 WBS 및 관리체계 - Test-bed 건설계획(사전, 시공, 사후) - LNG 테스트베드 기술체계 및 운영기술
2단계: LNG 테스트베드 기술적용체계 및 해외시장 조사·분석	<ul style="list-style-type: none"> - 상위 레벨의 통합제어기술 (LNG) - 개발기술 적용성 검증방안 (LNG) - 지역별 LNG 시장 조사·분석 - LNG 사업의 핵심성공요인 분석
3단계: LNG 테스트베드 모니터링 및 사업모델	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 모니터링 및 피드백 - 상위 레벨의 통합운영기술 (LNG) - 지역별 LNG 사업모델(지역특성+사업+기술) - LNG 사업의 단계별 진입전략 도출

○범위

총괄과제는 LNG플랜트를 목적물로 하는 각 핵심과제에서 개발된 기술의 통합과 이의 효율적 관리를 위한 인터페이스(interface) 관리, 상위단계에서 시스템 개념설계 및 제어 및 운영기술 개발에 중점을 두고 있다.

핵심과제 및 개별 세부과제에서 개발되는 기술 및 기법, 제품의 configuration /function/product 등에 관한 개념, 성능요건, 설명 등을 단계별로 제시하며, 이의 모니터링을 통하여 피드백(feedback) 한다.

LNG 테스트베드 건설계획(사전, 시공, 사후활용 등)의 타당성을 지속적으로 모니터링하고, 상위 수준에서 적용기술의 통합성과 운영을 위한 개념설계를 수행하고, 개발기술의 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계, 검증, 운영방안 등을 개발한다.

또한 사업단 과제의 보다 효율적인 관리를 위하여 성공요인을 분석하고 합리적인 업무 및 정보흐름을 고려한 WBS 작성 및 활용방안, 연구성과의 측정 및 관리 등을 위한 기본계획을 수립한다.

본 LNG플랜트 사업단 과제는 중장기에 걸쳐 수행되는 기술개발사업으로서 목표 일정에 따라 개발되는 기술과 시장 접목을 효율적으로 관리하기 위하여 해외 지역별 사전 시장조사 및 분석을 수행한다.

또한 LNG 플랜트 사업성공요인 등을 분석하여 가능성이 큰 시장 진입시나리오를 제시하고 이에 적합한 사업모델(business model)을 기술적인 요인과 결합하여 제시한다.

(3) 사업단 과제와 연계성

LNG 플랜트와 같은 대규모 연구개발사업에서는 사업단 과제 추진의 전반에 걸쳐 기술개발 개념, 요구조건, 기능, 상세사양, 모니터링, 검증방안 등이 체계적으로 확립되어야 하며, 이의 정밀한 모니터링 및 피드백이 중요하다.

본 총괄과제의 상세기획에서 설정한 과제의 단계별 목표 및 수행내용은 기술 및 제품개발에 있어서 체계적인 접근과 목표설정, 개발된 기술의 테스트베드로 통합을 추진하기 위한 기술체계 등으로 설정하고 있다.

이는 테스트베드를 중심으로 각 핵심과제에서 도출되는 기술적 성과를 적용하여 검증하기위한 전략적 수단으로서, 먼저 테스트베드 건설계획 단계에서 규모나 시스템 구성, 운영방안 등이 제시되며, 이를 토대로 핵심과제별 개발기술의

적용을 위한 기술체계가 완성된다.

또한 각 핵심과제에서 추진하고 있는 기술개발 내용과 성과가 해당분야 테스트베드에 어떻게 적용될 것인지를 정의함과 동시에 적용 시점과 기술적인 적용방법, 평가 및 피드백 등에 관한 구체적인 계획을 수립하여야 한다. 이러한 관계와 수행내용을 그림 1.4와 표 1.2에 각각 나타내었다.



그림 1.4 사업단 내 총괄과제와 핵심과제의 연계도

그리고 기술체계에 있어서 LNG 플랜트 시스템의 기본 구성을 토대로 국내외 기자재 조달 여건(상용품의 기능, 용량, 가변성 등)을 최대한 반영할 수 있도록 하였으며, 각 핵심과제에서 개발되는 기술이나 시스템이 적절하게 결합되어 전체 시스템을 구성할 수 있도록 사전에 고려하도록 하고 있다.

이러한 과정에서 총괄과제와 각 핵심과제 간 업무 및 정보 연계성이 중요하며, 이에 관한 핵심사항을 WBS의 형태로 구축하여 상호간 원활한 인터페이스가 일어날 수 있도록 조정하여야 한다.

한편, 해외 사업모델 개발 분야는 비용적인 사업성을 고려한 모델 보다는 각 핵심과제에서 개발된 기술의 강점과 현지 여건을 동시에 고려할 필요가 있다. 즉 사업단 과제에서 개발되는 새로운 기술 변화(공정방식, 공법, 재료 등) 및 가치를 고려한 기술의 우수성과 특화성을 고려한 사업모델이 도출되어야 한다.

표 1.2 LNG 플랜트 핵심과제와 연관성 검토

분야	기술적 연관성
제1핵심과제: 핵심기반기술	<ul style="list-style-type: none"> - LNG플랜트 수명주기 규명 - 개발기술의 테스트베드 적용방안 - 과제간 인터페이스 및 형상관리 - 특화기술, 수명주기 통합관리 - 시스템 모듈화 설계 및 시공 - 사업수행상의 공정관리
제2핵심과제: LNG 공정기술	<ul style="list-style-type: none"> - 개발기술 통합체계 및 grand design - 과제간 인터페이스 및 형상관리 - 개발기술의 테스트베드 적용방안 - 공정데이터 공유 (총괄-제2핵심-제3핵심) - 기자재 설계 및 제작
제3핵심과제: LNG 설계/건설	<ul style="list-style-type: none"> - 개발기술 통합체계 및 grand design - 과제간 인터페이스 및 형상관리 - 개발기술의 테스트베드 적용방안 - 플랜트 시스템 scale up/down 기술 - 설계 및 시공

나. 총괄과제의 필요성

(1) 요소 및 시스템 기술 통합

기술적인 측면에서 모든 과제요소를 세부적으로 컨트롤하기에는 어려움이 많으며, 구체적인 목적물을 대상으로 각 개별과제에서 도출되는 기술이 통합될 수 있도록 상위레벨에서 통합요소와 제어요소를 파악하고 시스템을 엮을 필요가 있다.

이를 위해서는 사업단장이 직접 주관하는 총괄과제를 도입하여 각 핵심과제 및 세부과제의 임무와 역할에 대한 정의를 토대로 각 단계별 기술간 연계성 및 요구사항 등을 정의할 필요가 있으며, 구체적인 성과도출 로드맵을 작성하여 추진할 필요가 있다.

특히, 개별 핵심과제 또는 세부과제에서 개발되는 요소기술 또는 모듈을 그림 1.5와 같이 테스트베드에 집적함으로써 설계-시공-운영이 일체화된 EPC 종합기술의 완성도를 확보할 수 있다.

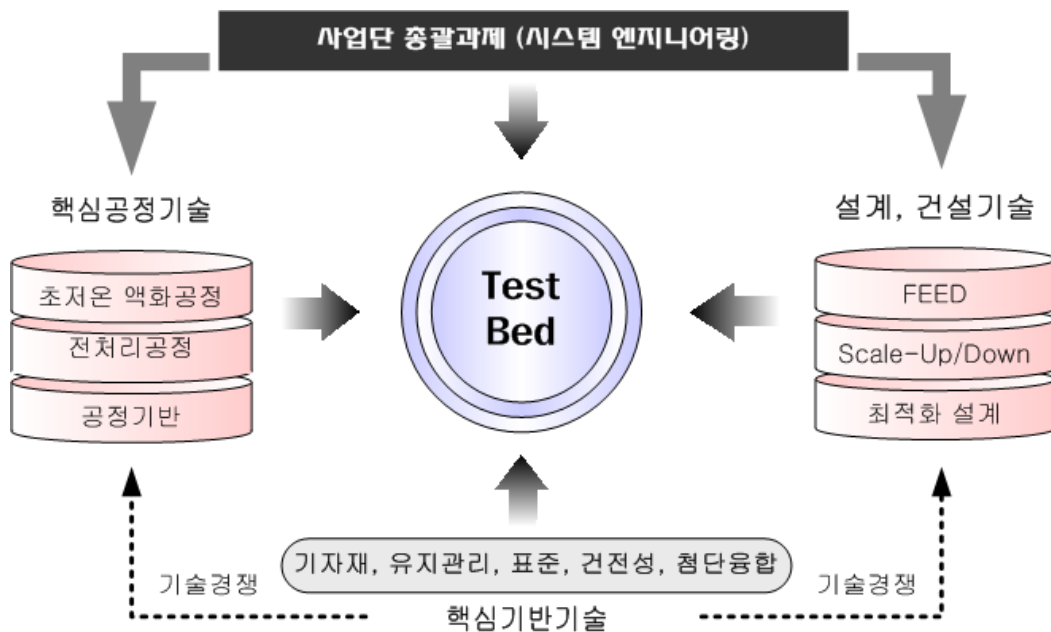


그림 1.5 총괄과제의 기능과 역할 측면의 필요성

(2) 기술개발 단계 및 프로세스 확립

사업단 차원에서 방대한 기술요소와 관리요소를 가지고 있는 LNG플랜트 연구개발사업을 효과적으로 통합하기 위해서는 보다 체계적인 개발단계(형상,

기능, 제품 등)를 정립할 필요가 있다.

그림 1.6과 같이 초기 수행단계를 정의하는 것이 중요하며, 개념설계 또는 중간 진입 등의 수준을 파악하여 제시할 필요가 있으며, 시스템의 성능요건 항목을 확립하고 하부시스템과 구성품의 성능설명이 이루어져야 한다.

이러한 개발 단계화에서 각 단계별 고려하여야 할 사항은 상위 단계에서 다양한 형상기준이 결정되도록 하여야 하며, 기술검토 및 모니터링 기준이 차기 단계를 위하여 준비되도록 하여야 한다.

또한 각 핵심과제 또는 세부과제의 연계성과 업무흐름을 규명하여 WBS (work breakdown structure)로 구현하고, 참여기관 및 과제 간 역할 및 정보흐름 등 인터페이스 (interface)를 관리하여 모니터링할 필요가 있다.

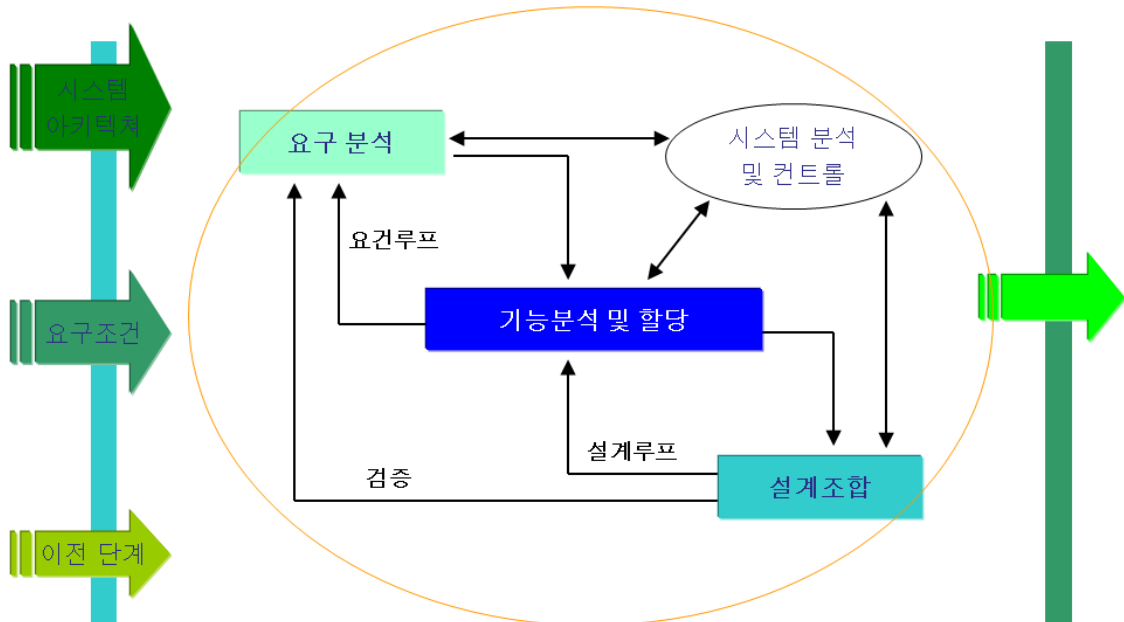


그림 1.6 시스템 개발프로세스 및 통합단계

(3) 테스트베드 적용방안 마련

테스트베드(test bed)는 개발된 프로세스와 관련기술을 집적한 소규모 시설로서 설계 및 건설, 운영 및 보관을 통하여 완성도를 제고하는데 목적이 있다.

이는 개발된 기술을 상용 플랜트에 적용하기 위해서는 개발된 기술의 타당성과 신뢰성 확보가 관건이며, 테스트베드를 구축하여 제반 사항(설계변수, 성능, 안전성, 운용성 등) 피드백(feedback)하는 과정에서 여러 가지 알려지지 않

있던 다양한 설계 인자들을 검증하는 과정으로 중요성이 크다.

특히 광범위한 기술개발과 대규모의 연구비가 투입이 되는 사업단 과제에서 최종 성과의 통합과 검증은 매우 중요하다. 핵심기술의 성공 가능성을 제고하기 위하여 테스트베드 건설계획을 추진하는 것이 바람직하며, 각 핵심과제의 추진시기와 연계하여 사업단 차원의 보다 상세한 기술체계 및 건설계획의 수립이 필요하다.

(4) 해외진출 사업모델 마련

그림 1.7에 도시한 바와 같이 플랜트 건설사업 전체 가치사슬(value chain)에 있어서 기획 및 기본설계, 유지관리 분야에 있어서 국외 선진사와 수준차이가 크게 나타나고 있다.

이는 국외 선진사의 경우에 기획 및 개발형 사업의 주도하기 위하여 전체 value chain을 다양한 형태로 모두 구사하며, 특정한 핵심기술(주로 공정관련 원천기술-지적재산권이나 노하우 등)로 특화를 하여 주로 라이선스 대여, 기본설계, FEED package 등 고부가가치 분야에 주력하고 있다.

	기획	기본설계	상세설계	구매조달	시공	시운전	유지관리
국내 기업							
선진 기업							

그림 1.7 국내 기업과 선진 기업의 가치사슬 중요도 비교

사업단 과제에서 지향하는 방향은 실용화 기반 마련을 토대로 해외진출이며, 기술개발과 병행하여 우리 기술과 해외시장을 동시에 고려한 LNG 플랜트 해외 지역별 진출을 위한 사업모델을 조기에 제시할 필요가 있으며, 이를 위하여 해외 지역별 기획·개발형 LNG 플랜트 시장 조사·분석이 선행되어야 한다.

사업모델의 경우에 해당 지역과 사업의 특성을 고려하고, 특히 본 연구사업에서 개발되는 기술과 결합한 사업모델의 개발과 해외시장 진입방안의 강구가 필요하다. 또한 이러한 LNG 플랜트 사업모델에 있어서 핵심적인 성공요인(CSF)을 분석하고 우리 경쟁력과 해외 여건을 고려한 진출전략이 마련되어야 한다.

Plant Project Life Cycle (Value Chain)						
Critical Success Factor	Development					
	Engineering (전 life cycle에 걸쳐 소요되는 기술적인 activity)					
	Planning	Design	Procurement	Construction	Start-Up	Operation & Maintenance
세부 활동	Financing	√				
	Track record	√				
	영업력	√				
	기획력	√				
	기술력(해당 value chain 별로 적용)					
	-00 -00 -00		√		√	√
	기자재조달 능력			√		
	PM*	√	√	√	√	
공기내 공사완료 능력				√		

그림 1.8 기획·개발형 플랜트 사업에서 CSF 분석사례

※ 기획 및 개발형 성과측정지표를 활용한 Feedback

- Financing: 신용등급, BOT 건수, 유동성 비율, 프로젝트 수익성 등의 성과측정지표로 활용되며, 프로젝트 수익성 또는 타당서에 근거한 금융지원 등을 확보할 수 있을 것임.
- Track record: 평가요소와 지표는 수주 건수 및 수주금액으로 비교적 단순하게 설정할 수 있음.
- 영업력: 영업인력의 수, 특급 영업인력의 수, 네트워크(기관, 인적) 구축 건수, 실적 대비 영업비용, 건당 평균수주금액, 수주 성공율, 실적 증감율 등으로 다양하게 설정할 수 있음.
- 사업개발역량: 평가요소와 지표는 신사업 개발(기획) 건수, 제휴 (컨소시엄, 기술 등) 건수, 수주 성공율 등으로 설정할 수 있음.
- 기술력: 가치사슬별로 구분될 수 있음. 평가요소와 지표는 특허건수, 공정기술 건수, 기술제휴 건수, 엔지니어링 건수, 시공실적, 핵심인력 확보율, 등으로 설정할 수 있음.
- 기자재조달능력: 평가요소와 지표는 적격 업체목록 수, 조달비용의 민감도, 국제조달 건수 및 비율 등으로 설정할 수 있음.
- PM: 평가요소와 평가지표는 PM 건수, 생산성(시간, 비용), 공기 및 납기(시간), 품질 등으로 설정할 수 있음.

- 납기: 평가요소와 평가지표는 사업기간(일정) 증감 건수 또는 변위율 등으로 설정할 수 있음.

다. 과제의 구성

(1) 세부과제

사업단 총괄과제의 세부과제는 LNG 플랜트 기술적 연관성과 기술통합, 사업화 등을 고려하여 아래와 같이 2개 분야를 도출하였다.

○ 제1세부과제: LNG 테스트베드 통합적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발

사업단 내 개발기술의 특성에 따라 기능과 사양을 정의하고, LNG 테스트베드로 적용을 위한 요구사항(requirement)을 정립하며, 해당 핵심과제에서 제시되는 테스트베드 적용계획의 타당성을 검토함과 동시에 상위 수준에서 적용기술의 통합성과 운영을 위한 개념설계를 수행한다.

또한 사업단 과제의 효율적인 관리를 위한 연구개발관리시스템 구축에 관한 연구로서 각 핵심과제별 성과목표, 달성시기 등을 고려하여 예산배분, 성과관리 및 공유, feedback에 관한 관리체계 및 시스템을 구축한다.

- 개발 단계화 (configuration, function, product) 및 요구사항 정립
- LNG 테스트베드(test-bed) 건설계획 마련 및 피드백
- 상위 레벨의 통합제어 및 운영기술
(상위 레벨에서 각 시스템과 기술을 엮는 역할(grand design)을 하며, 실제 플랜트 운영에 미치는 영향 등을 평가)
- SE 모니터링(solution, decision, interface 등) 및 피드백
- LNG 테스트베드 모니터링 및 피드백
- 사업단 과제 기본계획 및 연구관리체계 등 구축
- WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획업무

○ 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

중장기에 걸쳐 수행되는 기술개발사업으로서 목표 일정에 따라 개발되는 기술과 시장 접목을 효율적으로 관리하기 위하여 사전 시장조사 및 분석, 성공요인 등을 분석하여 가능성이 큰 사업모델을 제시한다.

- 해외 지역별 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석
- 기획·개발형 LNG 플랜트 사업의 핵심성공요인(CSF) 분석
- 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 (지역특성 + 사업 + 기술)
- LNG 플랜트 사업의 단계별 진입전략 도출

(2) 단계별 목표 및 내용

표 1.3 총괄과제 연차별 목표설정(안)

단계	연차	연차별 수행내용
1단계: 기술개발 단계화 및 관리체계 구축	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 사업단 과제 WBS 및 관리체계 - LNG 플랜트개념설계 및 기술개발 단계화 (configuration, function, product) - LNG 테스트베드 건설계획 (시공, 사후)
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 기술체계 - LNG 테스트베드 개념설계 - 시스템 수명주기 기능 분석
2단계: LNG 테스트베드 기술적용체계 및 해외시장 조사·분석	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 기술적용체계 - 개발기술 적용성 검증방안 (LNG) - 지역별 LNG 시장 조사·분석
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 설치/시공관리 - 상위 레벨의 통합제어기술 (LNG) - LNG 플랜트 진출여건 분석 - LNG 사업의 핵심성공요인 분석
3단계: GTL 테스트베드 기술적용체계, LNG 테스트베드 모니터링 및 사업모델	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 설치/시공관리 - 상위 레벨의 통합운영기술 (LNG) - 지역별 LNG 사업모델(지역특성+사업+기술)
	6차년도	<ul style="list-style-type: none"> - LNG 테스트베드 모니터링 - LNG 테스트베드 성과 피드백 - LNG 사업의 단계별 진입전략 도출

라. 추진전략

(1) 기본방향

사업단 차원에서 방대한 기술요소와 관리요소를 가지고 있는 LNG 플랜트 개발기술을 효과적으로 통합하기 위해서는 보다 체계적인 개발단계를 정립하고 각 핵심과제 또는 세부과제의 기술개발 수명주기를 규명하여 관리할 필요가 있다.

이에 총괄과제는 테스트베드 통합적용을 위한 기술체계, 해외시장 사업모델 개발에 중점을 두고 추진방향을 다음과 같이 설정하였다.

- LNG 플랜트 기술개발 단계화 및 관리체계 도출
- 테스트베드 기술적용체계 및 운영방안에 중점
- 상위 레벨에서 플랜트 제어 및 운영을 위한 기술 개발
- 해외지역 및 사업특성과 개발기술을 고려한 사업모델에 중점

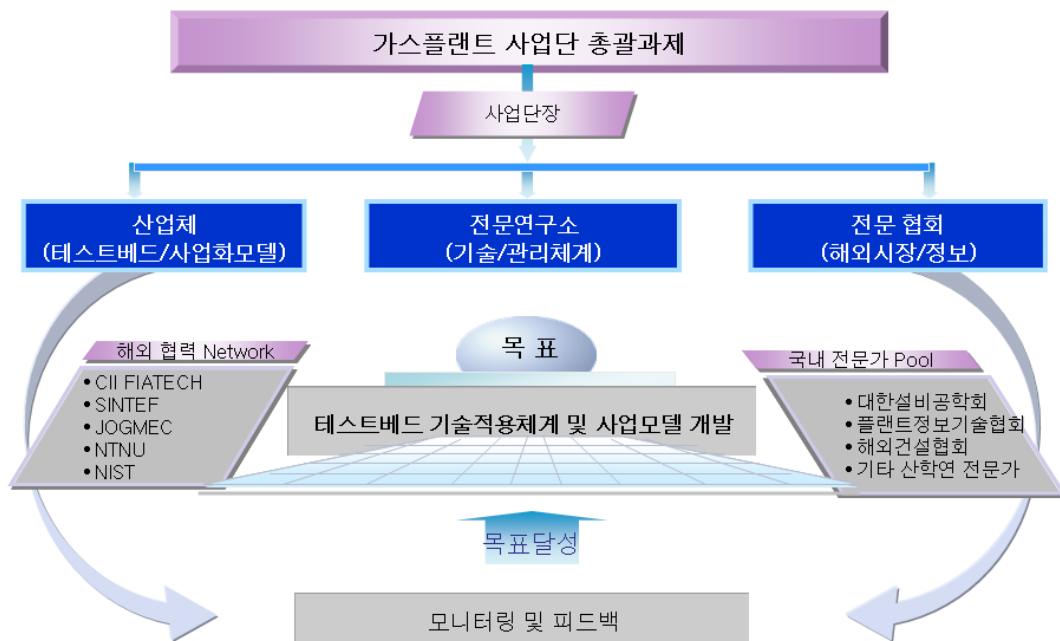


그림 1.9 총괄과제 추진체계도

(2) 추진체계

LNG 플랜트 연구개발은 다수의 핵심과제로 분산되어 있고 기술적인 난이도가 높으며 도전적인 사업목표를 가지고 있다. 이러한 LNG 플랜트 연구개발 사업을 주어진 시간과 비용 내에서 사업목표를 달성하기 위해서는 테스트베드를 중

심으로 연구개발성과가 집약되어야 한다.

따라서 그림 1.9와 같이 기술개발 단계화, 테스트베드 통합기술체계, 상위 레벨의 시스템제어 및 운영기술 등을 사업단장이 주관하면서 부분적으로 기술개발 단계화 등은 전문가 및 전문기관의 공동연구도 가능하다.

LNG 플랜트 해외시장 사업화 모델은 해외 지역 및 사업정보를 바탕으로 LNG 플랜트에 특화된 조사 및 분석, 핵심성공요인, 사업모델 및 진출방안이 필요하여 사업기획 능력을 가진 산·학·연·협외 공동연구가 바람직하다.

(3) 거시로드맵

총괄과제의 기술개발로드맵을 그림 1.10에 도시하였으며, 각 분야별로 기술개발 단계를 구분하였으며, 세부 요소기술간 연관성을 고려하여 추진시기 및 기간을 설정하였다. 이때 총괄과제가 각 핵심과제별 개발기술이 테스트베드에 적용한 시점에 적용되는데 중점을 두었다.

주요 특징으로 1단계에서는 연구기반 확립을 위한 계획 및 관리체계 마련, 2단계에서는 보다 실질적인 LNG 기술적용체계, 3단계에서는 LNG 테스트베드 모니터링 및 사업모델 개발에 중점을 두었다.

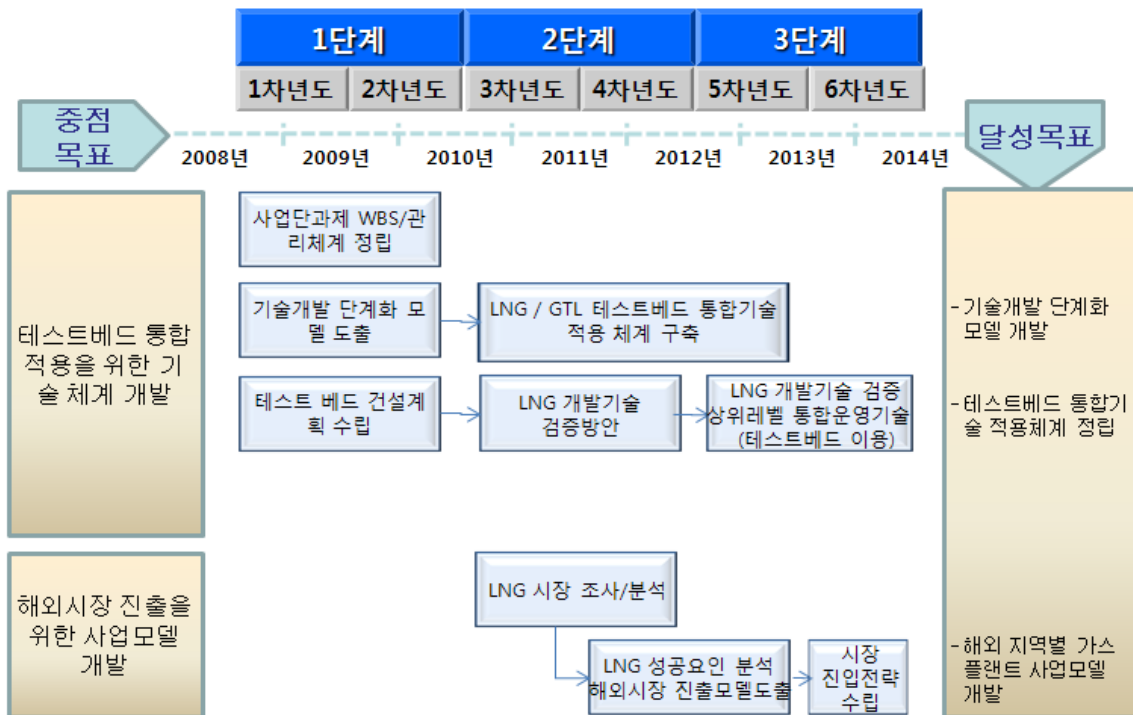


그림 1.10 총괄과제 기술개발로드맵

1단계에서는 사업단 기술개발계획과 각 핵심과제별 수행계획을 검토하여 시스템 엔지니어링 측면에서 시스템(기술개발대상)에 대한 정의 및 설명, 성능 등과 같은 개발요건, 세부 구성기술이나 부품에 대한 상세설명 등을 정립하는 데 중점을 두었다. 또한 사업단 관리 측면에서 연구관리시스템을 확립하고 각 핵심과제 및 세부과제별 인터페이스 관리에 관한 업무절차 및 WBS를 반영하였으며, 테스트베드 건설계획과 기술체계를 정교하게 수립하도록 반영하였다.

2단계에서는 제2핵심 및 제3핵심과제에서 개발되는 기술의 LNG 테스트베드로 적용체계와 개발기술 적용성을 검증방안을 반영하였으며, LNG 플랜트를 구성하는 기술과 하부 시스템을 효율적으로 제어 및 운영하기 위한 상위 레벨에서 통합제어기술을 반영하였다.

그리고 지역별 LNG 시장 조사·분석을 통한 해외 진출 여건을 분석하고 이를 토대로 LNG 사업의 핵심적인 성공요인을 도출하도록 하였다.

3단계에서는 LNG 테스트베드가 설치/시공되는 단계로서 상위 레벨의 LNG 플랜트 통합운영기술과 지역별 LNG 사업모델(지역특성+사업+기술)과 LNG 사업의 단계별 진입전략 도출을 도출할 수 있도록 반영하였다.

이러한 기술개발로드맵을 토대로 그림 1.11과 같이 기술개발 단계별로 어떠한 성과가 도출되어야 하는지를 나타내었다.



그림 1.11 총괄과제의 단계별 성과도출계획

2. 기술동향 분석

가. 시스템 엔지니어링

(1) 개요

1970년대 산업혁명 이후 급격한 기술 발전으로 인해 최근에 와서는 기술적으로 복잡하고 부가가치 높은 시스템의 개발이 요구되고 있다. 개발 주체는 개발 시스템의 기술적 복잡성과 더불어 다양한 요구사항, 시스템 수명 단축 등 주변 환경과 여건에 따라 다양한 위험에 직면하고 있다.

시스템 개발사업은 정해진 예산과 기간 내에 성능요건을 충족하는 시스템을 개발하고 제공하는 것이다. 따라서 개발사업의 성공은 비용, 일정, 품질이 모두가 기대를 만족하거나 그 이상이 되어야 한다. 과거에 많은 시스템 개발 사업이 수행되었으나 성공한 사례보다 실패한 경우가 더욱 많은 것으로 보고되고 있다.

국제시스템공학회(INCOSE)의 보고서와 미국에너지부(DOE)의 보고서에 의하면 미국에서 수행된 전체 개발 사업의 16%만이 성공하였다고 보고하고 있다. 또한 일반적으로 산업계에서 수행하는 제품개발사업의 성공률은 50% 미만이다. 국내에서 수행된 많은 개발사업의 경우도 미국의 경우와 크게 다르지 않은 것으로 분석되었다.¹⁾

특히 대형 복합 시스템 개발사업은 사업 성공에 대한 불확실성이 매우 높다. 이러한 불확실한 시스템 개발 사업에 영향을 줄 수 있는 모든 잠재적 위험을 사전 식별하고 파악된 위험에 대한 처리계획을 수립 및 실행하여 사업 전반에 대한 위험 수준을 최소화함으로써 개발사업의 성공 가능성을 높여야 한다.

따라서 대형 개발사업의 추진에 있어서 시스템엔지니어링(system engineering)은 필수적이다. 특히 위험관리활동은 개발사업 초기부터 추진함으로써 그 효과를 극대화 할 수 있으므로 반드시 개발사업 초기부터 적용해야 한다.

시스템엔지니어링 프로세스의 표준의 경우 그림 2.1에 나타낸 바와 같이 1969년 MIL-STD 499를 토대로 현재와 같이 전개되어 왔다. Halligan은 현재까지의 모든 시스템엔지니어링 표준은 공통적인 주제를 다루고 있고 매우 유용지만 시스템엔지니어링의 정의와 범위에 대한 일반적인 견해가 합의되지 않은 상태이므로 주의가 필요하다고 언급한 바 있다.

1) 자료출처: 유일상, 개발 프로젝트 시스템의 기술관리 설계 모델, 박사학위논문, 아주대학교, 2003

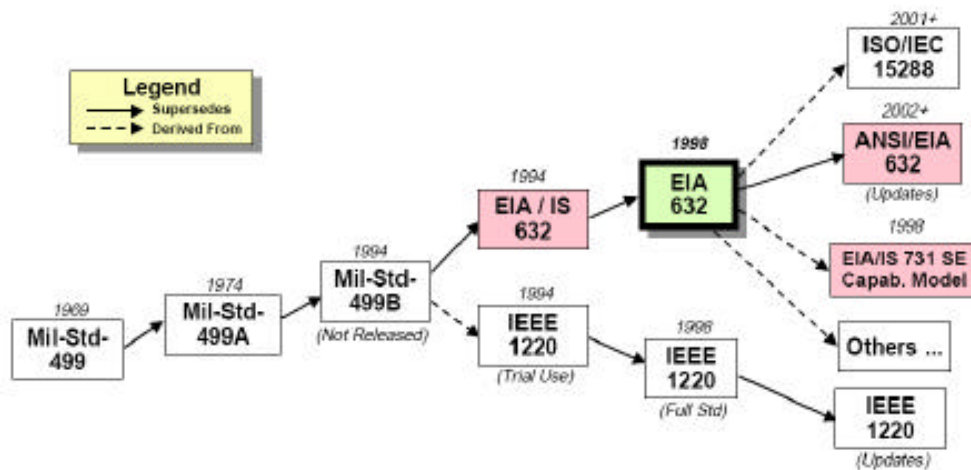


그림 2.1 시스템 엔지니어링 표준의 전개도 (MIL-STD 499 기반)

(2) 시스템엔지니어링 프로세스 분석

시스템 엔지니어링 표준의 기반이 되는 MIL-STD 499B(그림 2.2)의 경우 일반적으로 시스템엔지니어링의 핵심 프로세스 또는 엔진 프로세스라고 부른다. 이 프로세스는 요건 분석, 기능 분석 및 할당, 합성과 시스템 분석과 관리의 네 가지 하부단계로 구성된다.

요건 분석과 기능 분석에 의해 문제영역을 정의하고 합성을 통해 해결영역을 정의한다. 기능 분석에서 새로운 기능이 도출되면 요건 루프를 통해 파생 요건을 생성하고 합성에서요건으로 제한된 해법을 도출한다. 검증루프를 통해서 해결영역이 문제영역에 정확히 대응하는 가를 확인한다. 하지만 Halligan은 MIL-STD 499B의 시스템 분석과 관리의 하부단계에는 프로젝트를 계획하는 부분이 상당히 부족하다고 주장하였다.

한편, EIA 632는 EIA/IS 632에서 발전된 것으로써 시스템엔지니어링뿐만 아니라 모든 시스템을 엔지니어링 하는 기술적인 프로세스로 그 범위가 넓어졌다. EIA/IS 632의 프로세스는 MIL-STD 499B가 제시하는 시스템공학의 핵심 프로세스와 동일하지만 EIA 632의 프로세스는 그림 2.3과 같이 5개 부문에 모두 13개의 프로세스로 이루어져 있고 각 프로세스 수행을 위해 총 33개의 요건이 있다.

EIA 632는 EIA/IS 632가 다루는 요건 정의 프로세스, 솔루션 정의 프로세스, 시스템 해석 프로세스, 통제 프로세스 외에 많은 부분들이 추가되었다. EIA/IS 632는 일반적인 시스템과 결과물에 중점을 둔 반면, EIA 632는 채택된 프로세스를 적용하고 개선하기 위한 요건을 정의하고 있는 기업의 정책과 절차를

수립하는 데 초점을 두고 있다.

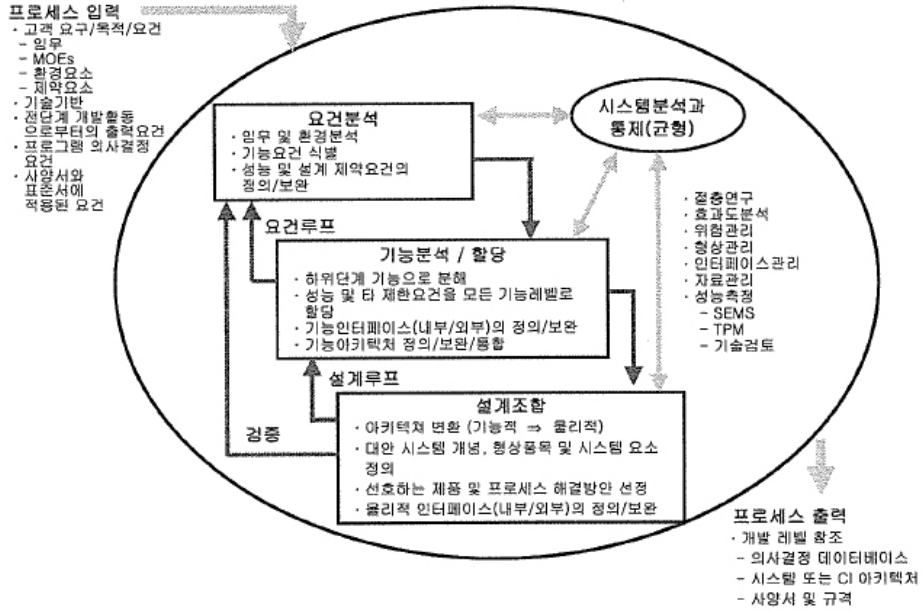


그림 2.2 MIL-STD 499B의 시스템 공학 프로세스

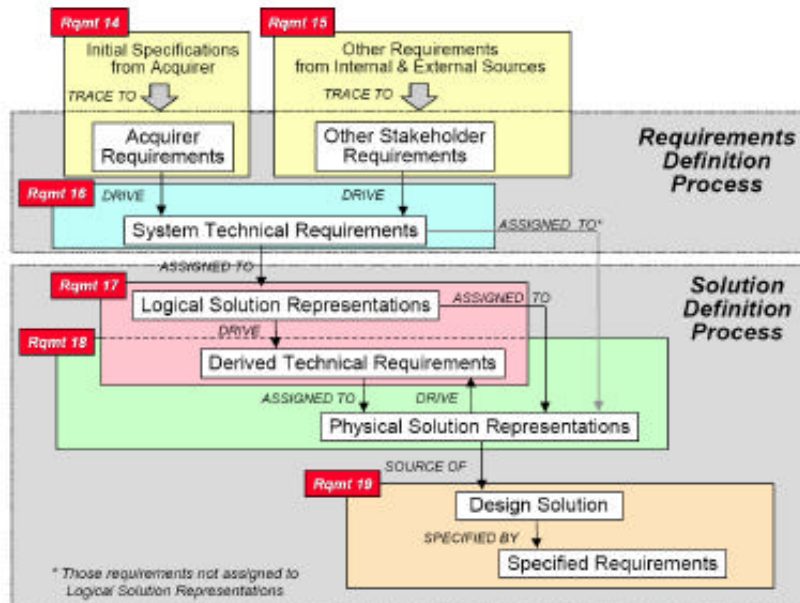


그림 2.3 MIL-STD 499B의 제품 설계 부분의 프로세스

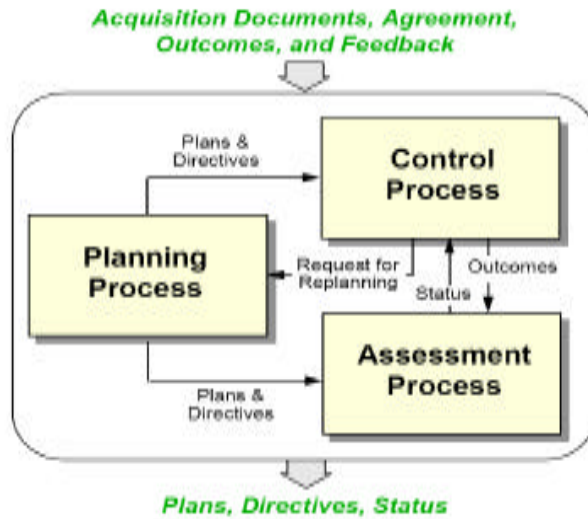


그림 2.4 MIL-STD 499B의 기술관리 부분의 프로세스

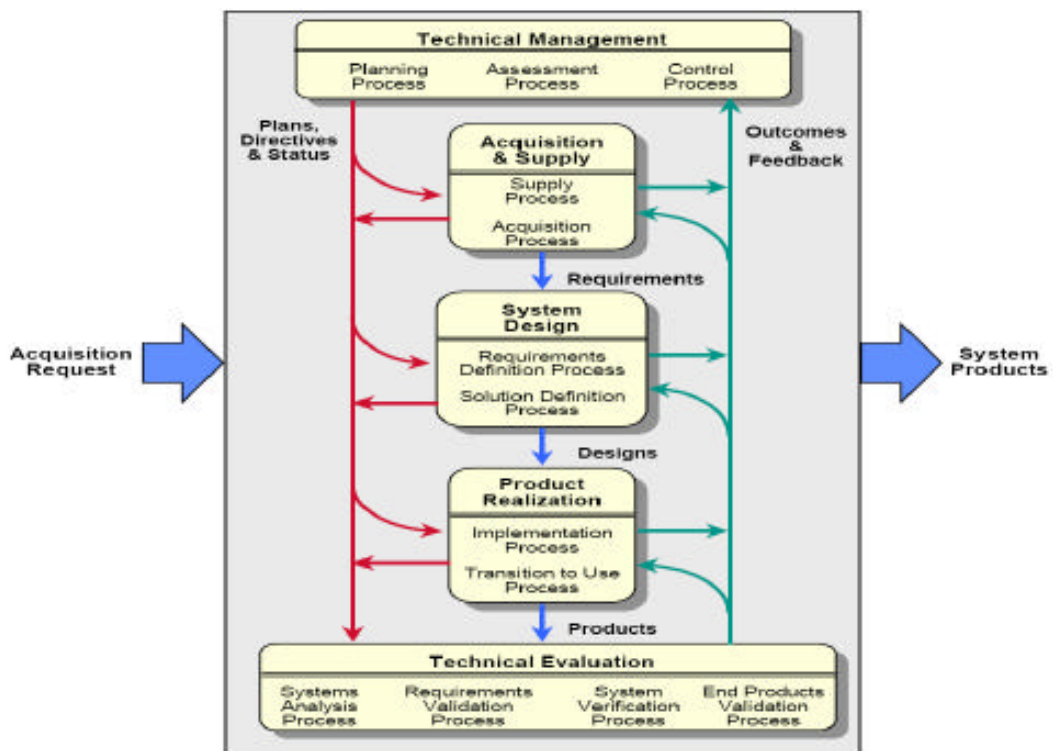


그림 2.5 EIA 632-1998의 시스템 엔지니어링 프로세스

EIA 632의 프로세스에서 수행할 33개의 요건 중 20개가 제품 설계와 개발 프로세스에 관련된 것이고 10개가 기술관리에 대한 것이며 이중 5개만이 프로젝트의 계획 수립에 대한 것으로써 상대적으로 매우 적다. 또한 EIA 632는 그림 2.4

에서와 같이 시스템 설계 부문에 대한 구체적인 프로세스를 보여주고 있지만 그림 2.5와 같이 기술관리 부문에 대해서는 개략적인 프로세스만을 제시하고 있다.

IEEE 1220-1998은 대규모 기업에 초점을 두고서, 시스템 해결을 위한 고객 요건과 제약 조건을 변환하기 위한 시스템 전 수명주기에 걸쳐 요구되는 분야 간 업무를 정의하는 것과, 시스템공학 프로세스와 시스템의 전체 수명주기에 걸쳐 이의 적용을 위한 요건을 규정하는데 중점을 두고 있다.

IEEE 1220에서는 다른 프로세스와는 달리 분석 프로세스와 통제 프로세스가 분리되어 있다. IEEE 1220에서 제시하는 프로세스는 그림 2.6과 같다.

IEEE 1220의 프로세스는 시스템공학 핵심 프로세스를 재구성한 것으로 프로젝트를 계획하는 구체적인 활동을 다루고 있지 않다. 단지 시스템 수명주기의 시스템 정의 단계에서 개발 초기의 프로젝트 계획 수립에 대해 간략하게 언급하고만 있다.

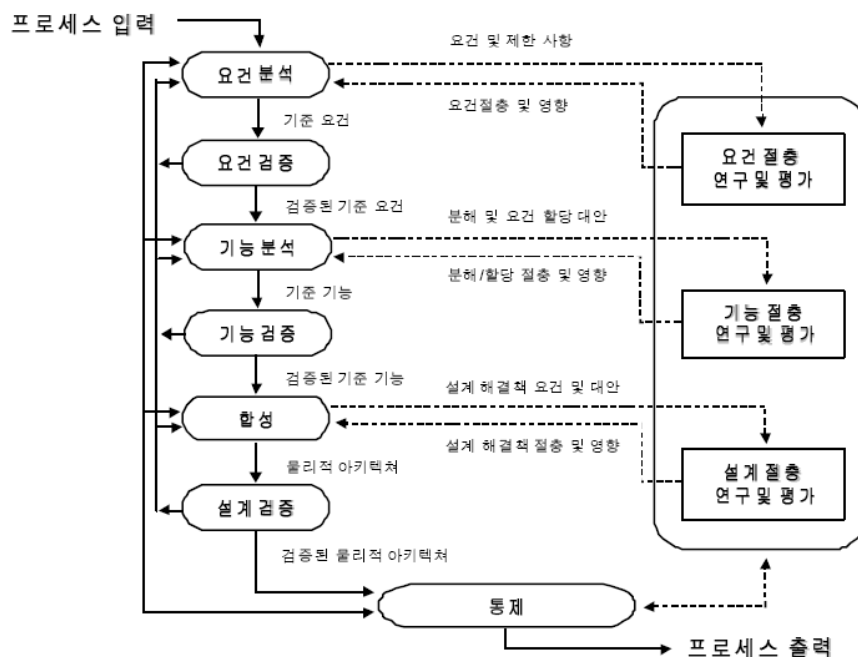


그림 2.6 IEEE 1220-1998의 시스템 엔지니어링 프로세스

(3) 국내외 대형사업 적용사례 분석

국내에서도 이와 같은 대규모 기술개발사업에 있어서 시스템 엔지니어링 기법이 적용되고 있으며, 본 절에서는 표 2.1에 요약한 사업을 대상으로 관련 체계도 및 성과를 요약하였다.

표 2.1 시스템 엔지니어링 적용사례

적용사례	시 기 (기간)	수행주체 (발주처)	비고
◦ 스마트무인기 개발 프로그램 ²⁾	2002년 (10년간)	프론티어사업단 (과학기술부)	
◦ 우주 발사체 개발사업 ³⁾	2002년	항공우주연구원 (과학기술부)	
◦ 경부고속철도 사업 ⁴⁾	1990년	고속철도사업단 (건설교통부)	
◦ 무인열차 자동제어시스템 개발 사업 ⁵⁾	1999년	한국철도기술연구원	
◦ 신차개발 사업 분야 ⁶⁾ - GM 신차개발 사업 - Ford 신차개발 사업 - Chrysler 신차개발 사업	1995년 2000년 1991년	GM Fork Chrysler	
◦ 항공기 개발 사업 ⁵⁾ - 군용 항공기 분야 - 민간 항공기 분야	1992년	MDC ⁷⁾ 보잉	
◦ 차세대 공격용 잠수함 ⁵⁾	1996년	Electric Boat, Newport News	

[스마트 무인기 개발]

스마트 무인기개발 프로그램은 완전 자동 비행능력(무인 비행능력, 복합 관제 기술, 자가 고장진단, 고속비행, 수직 이착륙, 충돌회피 등)을 갖는 스마트 무인기 개발에 관한 프론티어사업으로 진행되고 있다.

2) 자료출처: 이정진, 김재무, 임철호, 스마트 무인기 개발 프로그램의 시스템 엔지니어링 적용, 2004
 3) 자료출처: 신명호, 조상연, 조미옥, 오승협, 정의승, 우주 발사체 개발사업에서 신뢰성 공학의 시스템 엔지니어링 인터페이스, 2005
 4) 자료출처: 전경렬, 시스템 엔지니어링 기술을 활용한 고속철도 차량 시스템의 설계 체계와 발전방향, 2006
 5) 자료출처: 이중윤, 박영원, 역공학 및 재공학 시스템엔지니어링 프로세스 적용을 통한 무인열차자동제어 시스템 개발, 2003
 6) 자료출처: 권용수, 시스템엔지니어링-개발기간 단축 현황 및 미래, 2003
 7) MDC: McDonnell Douglas Corporation

이러한 프로그램은 일부 기술 보유국에서도 핵심 기술에 대해서는 기술 이전에 매우 소극적인 입장으로 개발 위험도가 타 시스템에 비하여 매우 많은 프로그램으로 시스템 개발 성공을 위하여 효과적인 시스템엔지니어링의 도입을 고려하였다.

연구개발 및 사업관리의 명확한 목표 설정과 유기적인 목표 관리, 일관적인 진도관리, 정량적인 유/무형의 성과 관리 극대화를 위한 모니터링, 문제점 분석, 협의, 비용평가, 협의 단계의 사업관리 시스템을 프로그램화 하여 도입한 사례이다.

또한 시제기 개발 과정에서 시스템엔지니어링 기법 중 타당성 분석, 개념설계, 규격서 및 기준 확정, 상세설계, 제작 및 조립, 시험, 평가, 검증 과정을 포함하는 Ve-Model을 도입하였다.

그림 2.7은 스마트 무인기 체계의 요건 정의를 위한 요건 정의 절차 프로세스로서 스마트 무인기의 기능 및 운용 성능 요건을 도출하여 이에 대한 기능 분석 과정을 반복적으로 평가, 절충함으로써 요건의 타당성 분석을 수행하는 과정을 도시하고 있다. 스마트 무인기 개발 사업의 경우 266 단계의 요건 정의 절차를 포함하고 있다.

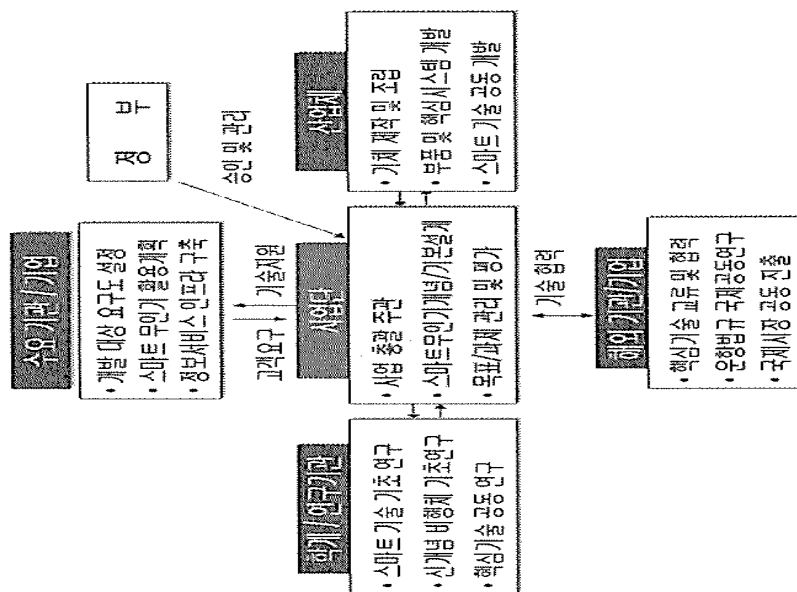


그림 2.7 스마트 무인기 개발 체계

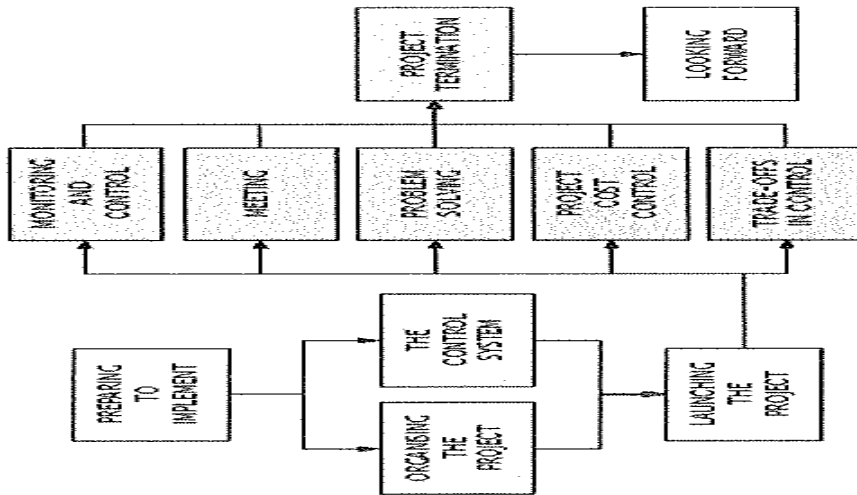


그림 2.8 스마트 무인기 개발 사업단 사업관리 체계

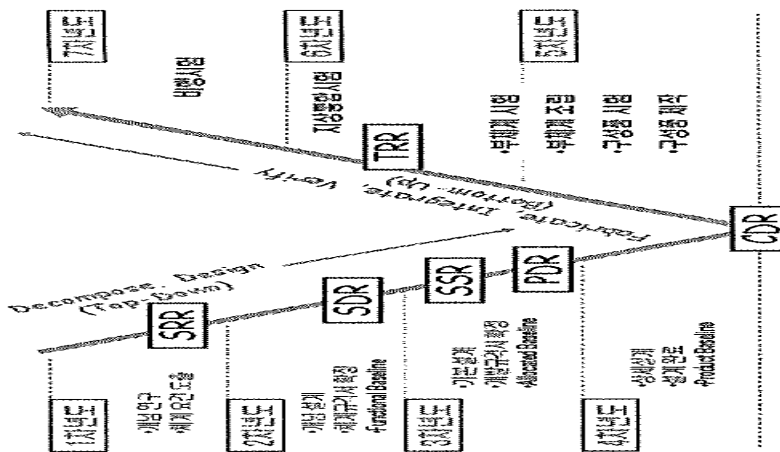


그림 2.9 스마트 무인기 개발 사업단 SE 프로세스

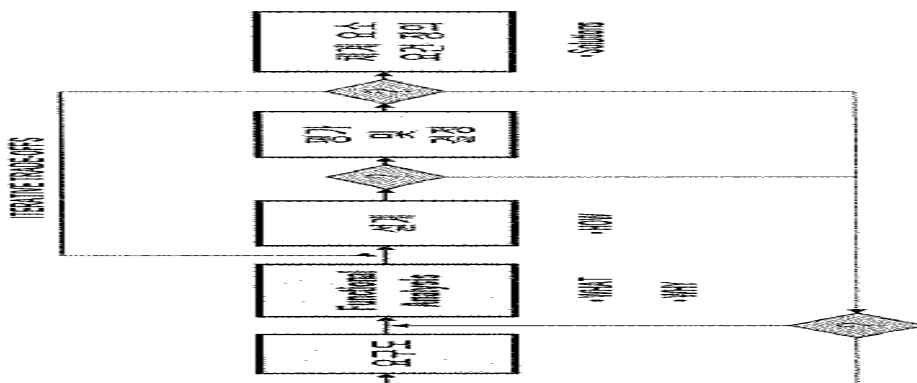


그림 2.10 스마트 무인기 개발 사업단 요건정의 절차

[우주 발사체 개발사업]

우주 발사체 개발 사업은 한국형 소형위성 발사체(KSLV-1) 사업을 통하여 2007년 100 kg급 과학 위성을 지구저궤도에 투입시킬 수 있는 발사체 기술을 확보하고 KSLV-II 사업을 통하여 1.5톤 지구 저궤도 소형 실용 위성용 발사체 기술을 개발 사업이다.

우주 발사체 개발 사업의 경우 국내 관련 분야의 경험 부족, 해외 선진 기술 이전의 제약, 국내에서 입증되지 않은 첨단 기술의 적용, 여러 형태의 다양한 기술적 인터페이스 내재 등으로 인해 많은 위험이 내재되어 있어 그림 2.11과 같은 시스템 엔지니어링 기법을 도입하였다.

위험 관리는 일반적으로 개발 사업의 수명주기 동안 성능, 비용, 일정에 악영향을 줄 것으로 예상되는 식별, 분석, 처리계획, 감시 및 의사소통하는 과정을 포함하고 있다.

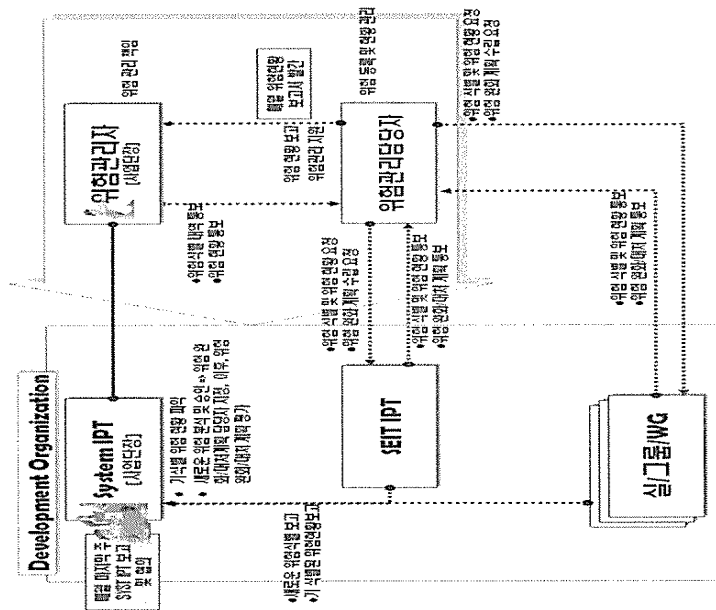


그림 2.11 우주 발사체 개발 사업의 위험관리 수행조직 및 역할

[경부고속철도 사업(성능시험 및 안전기준 분야)]

항공기, 자동차와 더불어 대표적 교통수단인 철도는 승객 안전성, 대량 수송성 등에서 기타 교통수단과 대별되는 대형/복합시스템으로 주요 요구조건은 표 2.2에 나타내었다.

고속철도의 경우 시속 200 km 이상의 고속 주행 및 안전성, 편의성, 소음,

공력, 마찰, 터널 주변에서의 압력과 분야의 종합적인 설계기술을 필요로 하는 대형 시스템임을 고려하여 그림 2.12와 같은 시스템엔지니어링 기법이 도입되었다.

표 2.2 고속철도 차량의 요구조건

구분	세부항목
수송 및 운용조건	◦ 총 좌석수 및 배열, 운행패턴, 고장시 운행조건, 최소 설계 시격, 양방향 운용조건
성능 및 기능조건	◦ 운행속도, 차량크기 제한, 차량중량 제한, 주행성능
환경 조건	◦ 기후조건, 침수 운행조건, 침설 운행조건, 수밀조건, 기타
RAM 및 호환성	◦ 신뢰성, 유지보수, 안전성, 호환성 관련된 요구조건의 구분 및 상세
소음/진동/승차감	◦ 소음, 진동, 승차감 등에 관련된 요구조건의 구분 및 상세
시험/검증	◦ 시험평가 항목, 방법, 기준에 대한 요구조건과 이를 정량화하기 위한 요구조건의 구분 및 상세
법/제도/표준/규정	◦ 고속철도 관련 표준화 체계, 성능 기능 법규, 안전 법규, 환경법규에 대한 요구조건과 이를 정량화 하기 위한 요구조건의 구분 및 상세

경부고속철도사업의 시스템엔지니어링 적용을 위하여 MIL-STD 882를 참조하였으며 ‘기능분석-아키텍처 설계-설계 검증 및 확인-요구사항 분석’ 과정을 포함하고 있다.

[해외사례]

신차 개발 사업 분야에서는 GM, Ford, Chrysler 신차 개발 분야에서 시스템 엔지니어링이 적용되었으며, 시스템 엔지니어링 도입을 통하여 GM의 경우 신차 개발 비용을 25% 절감하였으며, Ford의 경우 2000년 신차 개발비용을 1995년 수준으로 동결하였다.

항공기 분야에서는 IPPD(integrated product and process development)와 IPTs(integrated product teams)를 포함하는 새로운 획득 및 개발 방법을 사용한

시스템 엔지니어링 기법을 도입하였다.

군사용 항공기 개발사업 분야에서는 의사결정과 다분야 전문팀에 고객을 포함시킴으로서 고객의 요구를 보다 좋고, 빠르고, 싼 가격으로 만족시키기 위하여 사용하였으며, 이를 통하여 F/A-18E/F의 경우 C/D보다 25% 커짐에도 불구하고 부품수는 약 42% 감소하였다.

민간 항공기 개발사업 분야에서는 보잉-777 프로젝트에서 시스템 엔지니어링을 통하여 보잉-767 대비 재작업율 50% 감소, 시험기간 60% 감소, 정비작업 비용 35% 절감, 운용비용 10%(A340 대비), 8%(MD-11 대비) 절한 바 있다.

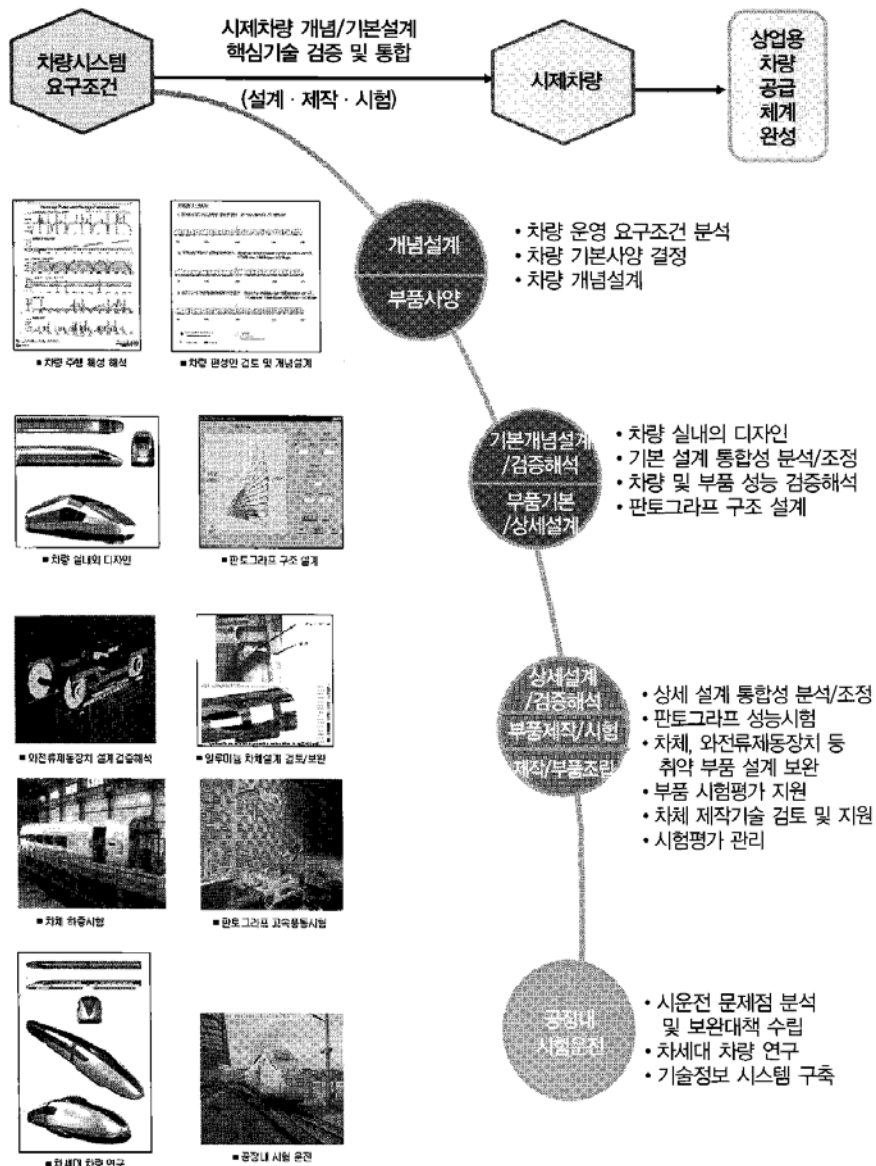


그림 2.12 한국형 고속철도 개발 과정

나. LNG 플랜트 요약

일반적인 LNG 생산 프로세스는 그림 2.13과 같이 전처리, 액화, 저장 등의 순서로 진행된다. 천연가스는 다량의 탄산가스, 황화수소, 수분 등의 불순물을 함유하고 있어 이들 중 탄산가스, 황화수소는 장치에 부식을 일으키고, 수분은 공정 중에 가스수화물을 발생하여 운전 중의 배관망의 막힘 등과 같은 장애 요인이 되므로 액화공정 이전 단계에서 제거한다.

다음으로 액화공정은 열역학적인 효과를 이용하여 불순물이 제거된 천연가스를 저온 상태로 유도하여 기체의 상변화를 촉진하며, 최종적으로 -162°C 부근까지 온도를 낮추어 액체 상태로 변환한다. 이러한 열역학적인 과정에 있어서 냉매의 종류나 팽창방식 등에 따라 다양한 방식이 있으며, 이에는 Joule-Thomson 방식, cascade 방식, 익스팬더(expander) 등이 대표적이며, 혼합 냉매를 사용하는 cascade 방식이 천연가스의 액화에 경제적인 것으로 평가되고 있다.

일반적으로 액화공정은 LNG 플랜트 설비금액의 30~40% 정도를 차지하며, 전체 공정의 효율과 운전의 용이성, 신뢰성을 결정하는 중요 공정이다. 주요 구성 설비로는 냉매를 순환시키기 위한 압축기와 터빈이나 모터 같은 구동장치 그리고 냉매의 열교환과 가스의 냉각 등을 수행하는 열교환기가 있다.

이러한 LNG 플랜트는 그림 2.14와 같은 콜드박스(cold box)뿐만 아니라 대부분 복잡한 기술과 기기 및 자재로 구성되며, 또한 초저온 상태의 운전을 수행하기 때문에 시스템의 신뢰성과 안전성이 매우 중요한 설계인자이다.

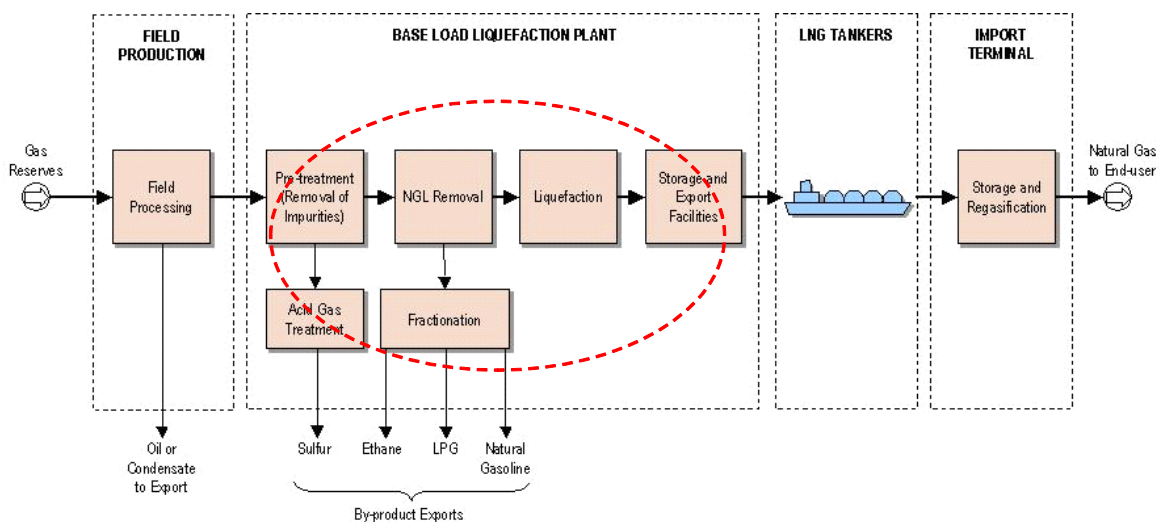


그림 2.13 LNG 플랜트 공정흐름도

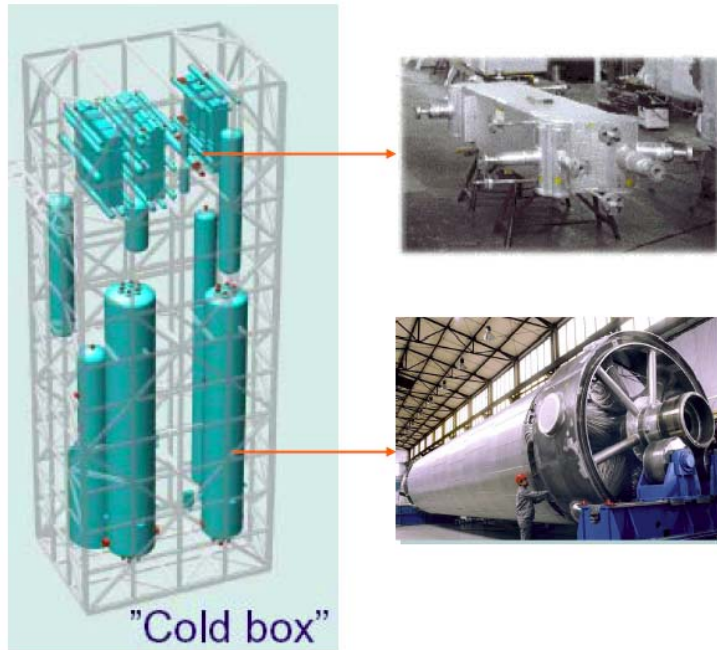


Figure 4: Location of plate-fin and spiral-wound heat exchangers in a cold box

그림 2.14 Compact cold box 실현을 위한 고성능 열교환기

빈 페이지

3. 세부과제의 목표 및 내용

가. 세부과제의 구성과 정의

(1) 세부과제

- 제1세부과제: LNG 플랜트 테스트베드 통합적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발
- 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

표 3.1 세부과제의 구성

세부과제	세세부과제 후보 (통합·조정)
제1세부 과제	1. LNG 플랜트 테스트베드 기술체계 및 운영기술 개발 - Test-bed 건설계획, 기술체계 - 시스템 엔지니어링 모니터링 - 상위 레벨의 플랜트 통합제어 및 운영기술 2. 사업단 기술개발 단계화 및 연구관리체계 구축 - configuration, function, product 등 요구사항 정립 - WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획업무 - VE(Value Engineering) 절차 및 계획수립 - 기본설계 및 상세설계, 시공 VE 실시
제2세부 과제	1. 해외 지역별 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석 및 사업의 핵심성공요인(CSF) 개발 2. 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 및 진입전략 개발

(2) 세부과제의 정의

- 제1세부과제: LNG 테스트베드 통합적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발
 LNG 플랜트 사업단 내 개발 기술을 특성에 따라 성능 등 요건을 정의하고, 테스트베드 건설계획 수립 및 기술체계, 상위 수준에서 플랜트 기술 통합 및 운영을 위한 개념 설계 등을 수행하는 과제로 정의한다.

또한 사업단 과제의 효율적인 관리를 위한 연구개발관리시스템 구축에 관한 연구로서 각 핵심과제별 성과목표, 달성시기 등을 고려하여 예산배분, 성과관리 및 공유, feedback에 관한 관리체계 및 시스템을 구축하는 것을 포함한다.

LNG 플랜트 사업단과 같은 대규모 연구개발사업에서는 과제 추진의 전반에 걸쳐 기술개발 개념, 요구조건, 기능, 상세사양, 모니터링, 검증방안 등이 체계적으로 확립되어야 하며, 이의 정밀한 모니터링 및 피드백이 중요하다.

◦ 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

LNG플랜트 사업단 내에서 개발되는 중장기 기술, 연구성과를 토대로 해외 진출을 위한 사업모델 개발에 관한 내용으로 구성되며, 해외시장 조사·분석, 핵심적인 사업성공요인 도출, 시장 진입 가능성이 큰 사업모델과 진출전략을 제시하는 과제로 정의한다.

해외진출을 위해서는 해외 가스전이 산재한 지역별 개발 가능성을 예측하는 것이 중요하며, 해외 선진기업 또는 후발기업의 동향을 파악하여 제휴하는 방안을 구체적으로 모색하여야 한다.

특히, 현지의 법제도, 개발동향, 문화 등에 관한 구체적인 여건을 조사 및 분석하여야 하며, 국내 기업의 진출시 위험요인과 성공요인을 체계적으로 제시할 필요가 있다. 사업모델 제시에는 각 핵심과제에서 개발된 기술의 특성을 고려하여 해외 사업진출에 강점이 부각되도록 현지 여건과 기술을 동시에 고려한다.

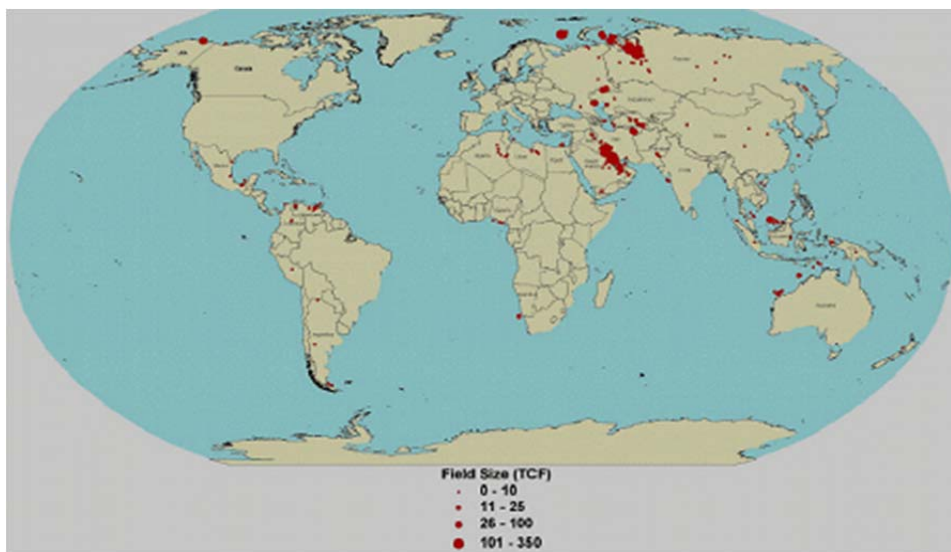


그림 3.1 해외 가스전 분포

나. 연차별 목표 및 내용

(1) 제1세부과제

- 목표 : 테스트베드 기술적용체계 및 운영기술 개발
 - 기술개발 단계화 및 요구사항 정립
 - 사업단 과제 기본계획 및 연구 관리체계 구축
 - WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획 업무
 - LNG 테스트베드 건설계획 수립
 - 상위 레벨의 개념설계 및 통합제어·운영기술
 - 시스템 엔지니어링 모니터링 및 피드백

○ 연차별 목표 및 내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1	○ LNG 기술개발 단계화 모델 제시	○ 기술개발단계화 모델(configuration, function, product) 작성 ○ 사업단 WBS 및 관리체계
		○ 테스트베드 건설계획	○ LNG 테스트베드 건설계획 수립 ○ LNG 테스트베드 개념설계
	2	○ LNG 테스트베드 기술적용체계 개발	○ LNG 테스트베드 시스템 구성 검토 ○ 적용기술별 요건 및 문제점 검토 ○ 개발기술의 적용 및 평가계획 수립
		○ LNG 테스트베드 운용방안 제시	○ 테스트베드 제어요소 검토 ○ 테스트베드 운영 및 평가방법 마련 ○ 테스트베드 개념설계 타당성 검토
2단계	3	○ LNG 테스트베드 적용기술간 연계성 확립	○ 적용기술 간 인터페이스 분석 ○ 시스템 결합시 제어요소 및 통신 등 ○ 상위수준의 통합제어 및 운영방법
		○ LNG 개발기술 적용성 검증 방안 제시	○ 개발 기술별 성능요건 평가 ○ 개발 기술별 적용성 검토 ○ 평가일정 제시
	4	○ 테스트베드 시공관리 ○ LNG 테스트베드 구축	○ 테스트베드설치/ 시공관리 ○ 시공 및 운영시 문제점 검토

		○ LNG 상위 레벨의 개념설계기법	○ 개념 설계 로직 및 성능평가기법 ○ 개념설계 기반의 제어운용성 평가기법
3단계	5	○ LNG 테스트베드 구축	○ 테스트베드 설치/시공관리 ○ 테스트베드 시운전
		○ LNG 상위 레벨의 통합 운영기술	○ 주요계통 개념 설계를 위한 로직 완성 ○ 상위레벨에서 운영성 검토 방법론
	6	○ LNG 테스트베드 성과 모니터링/피드백	○ 테스트베드 운전 및 평가 ○ 적용기술별 문제점 보완 ○ 테스트베드 사후활용방안

○ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵

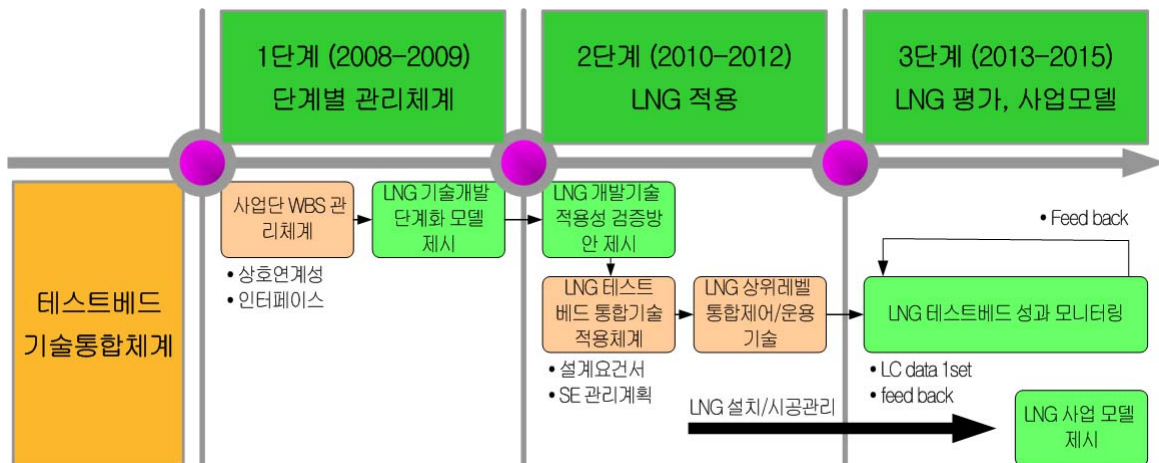


그림 3.2 제1세부과제 기술개발을 위한 미시로드맵

◦ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
◦ LNG 테스트베드 기술적용체계	1단계	◦ 기술트리 분석 및 개발기술의 상호 연계성 검토를 통한 시스템 구성 ◦ 상용 부품 및 기자재의 성능 및 개량 여건 검토
◦ 기술개발 단계화 모델 및 WBS	1단계	◦ 기술 및 시스템에 대한 분석을 통하여 개발을 위한 기능, 성능, 설계요건 등을 정립 ◦ 시스템과 기술개발 단계를 토대로 조직적인 활동과 인터페이스를 트리(tree)의 구조로 분해하여 작성
◦ 상위 수준의 LNG 플랜트 개념설계 및 운영기술	3단계	◦ 플랜트 시스템 구성요소 분석 ◦ 핵심적인 성능영향인자와 이의 제어요소를 도출

◦ 테스트베드 적용방안

개발기술	Test bed 적용유무	Test bed 적용시기
◦ LNG 테스트베드 기술적용체계 → 테스트베드 설계 및 시공, 평가의 지침서로 활용	○	2단계, 3단계
◦ 상위 수준의 LNG 플랜트 제어 및 운영기술 → 테스트베드 개념설계 및 운영로직 제공	○	2단계, 3단계

(2) 제2세부과제

- 목표 : 해외시장과 독자기술을 동시에 고려한 사업모델 제시
 - 해외 시장(가스전 규모 및 개발여건, 지배력, 기술수준, 경제구조, 입찰/계약 형태 등) 조사 및 분석
 - LNG 플랜트 사업 핵심성공요인 도출
 - 지역별 LNG 사업모델 개발
 - LNG 사업 단계별 진입전략 도출

◦ 연차별 목표 및 내용

단계	연차	목표	내용
2단계	3	○ LNG 해외시장 현황 조사 및 진출시나리오 제시	○ 해외 가스전 개발동향 등 조사 ○ 해외지역정보(제도, 문화, 진출현황 등) 분석 ○ 해외 지역별 진출가능 시나리오 가정
	4	○ LNG 해외 진출 사업 핵심 성공요인(CSF) 제시	○ 해외진출 시나리오별 평가 ○ 선진국, 선진기업 성공/실패사례 분석 ○ Risk management 사례 분석 ○ 가치사슬별 사업성공요인 분석 ○ 실천방안의 타당성 검토
3단계	5	○ LNG 사업모델(안) 개발 (지역특성+사업+기술)	○ 진출 지역별 SWOT 분석 ○ 지역별 LNG 사업모델 가정 ○ 위험, 금융, 기술적 고려사항 반영 ○ 사업모델의 적용성 및 효과 등 타당성 예측
	6	○ LNG 사업의 단계별 진입 전략 도출	○ 진출 우선순위 선정 ○ 플랜트 수주 및 금융조달 능력 검토 ○ 진출전략 분석(현지기업, 선진기업, 국내기업 합작수주 등) ○ 정부지원방안 검토

◦ 시계열 성과물과 연계한 미시로드맵

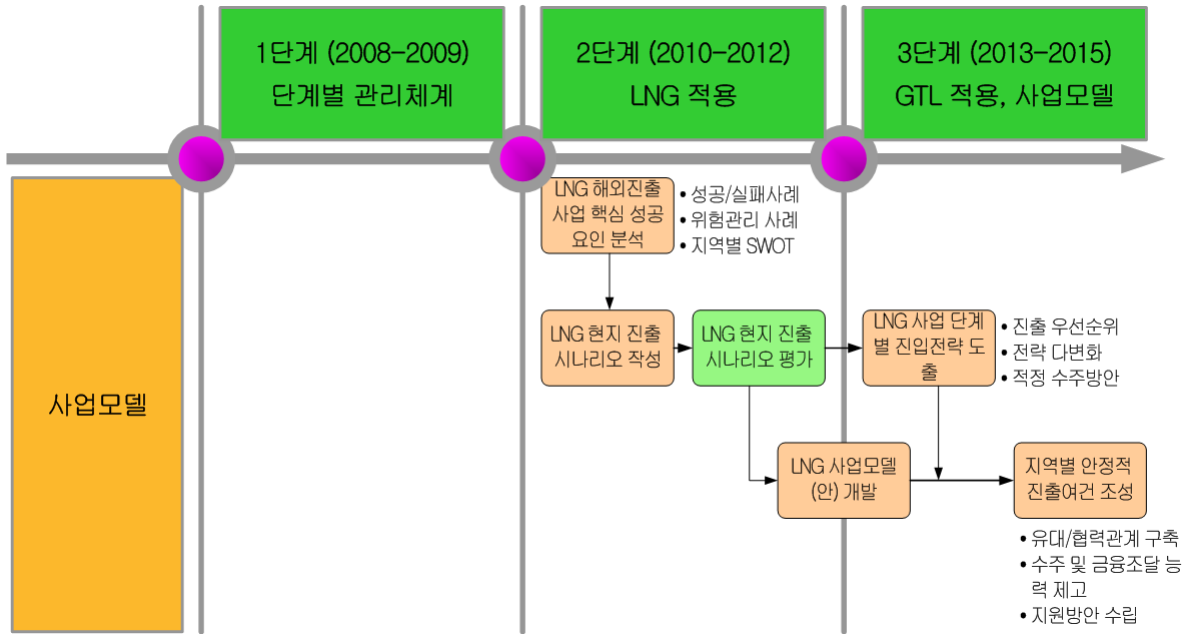


그림 3.3 제2세부과제 기술개발을 위한 미시로드맵

○ 성과물도출계획 (명칭, 시기, 방법)

예상 성과물	도출시기	도출방법
○ 해외시장 조사·분석보고서 - 시장 입지, 규모 등 - 진출여건 등 - 시장 지배력 분석	2단계	○ 문헌자료 조사 ○ 해외기관 및 현지 방문 면담 ○ 기술 및 산업현황 분석 ○ 건설사례 분석 ○ 현지 산업구조, 경제적 특성 파악
○ LNG 사업 핵심성공요인 - 사업 성공요인 - 성과목표 및 측정지표	3단계	○ 당해분야에 적합한 이론 정립 ○ 국내외 사례 분석 - 선진국, 선진기업 성공, 실패 사례 - Risk management, SWOT 등 분석 ○ 성공요인의 측정지표 정량화 작성
○ LNG 사업모델 - 사업모델(안) - 진입전략 제시	3단계 (LNG)	○ 기술적 특성과 발주처별 요구사항 등 동향 분석 ○ 플랜트 수주 및 금융 조달 능력, 기술, 품질, 영업력 등을 반영한 모델 시뮬레이션 ○ 정부차원의 진출 국가별 유대, 협력 관계 구축 등 진입전략 분석

다. 세부과제 선정근거

(1) 방법론/과정

○ 접근법

총괄과제의 상세기획을 위하여 먼저 과제의 필요성을 검토하였으며, 이를 위하여 관계 전문가 회의를 통하여 수행 필요성에 관계하는 요인을 도출하고 이에 관한 타당성을 평가하였다.

그리고 선행 사업단이나 프로티어사업단 등을 벤치마킹하였으며 총괄과제의 기능과 역할을 정의하였다. 총괄과제를 구성하는 세부과제는 이러한 기능과 역할을 고려하여 분류하고 연계성과 타당성을 평가하여 결정하였다.

- 수행흐름: 필요성 분석 → 벤치마킹 → 과제도출 (전문가회의)
- 의사결정요건: 기술의 통합성, 테스트베드 적용성, 사업모델화 가능성

◦ 사전기획보고서 검토

사전기획	상세기획	변경내용	변경사유
<p>-시스템 엔지니어링</p> <ul style="list-style-type: none"> • 핵심과제별 개발 단계화 (configuration, function, product) • SE 프로세스(수명주기 정의, 통합 등) 정립 • SE 고려사항 모니터링(solution, decision, interface 등) • Test-bed 건설계획 마련 	<p>-세부과제: 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 개발 단계화 (configuration, function, product) 및 요구사항 정립 • LNG Test-bed 건설계획 타당성 모니터링 • 상위 레벨의 통합제어 및 운영기술 grand design (상위 레벨에서 각 시스템과 기술을 엮는 역할) • SE 모니터링(solution, decision, interface 등) 및 feedback • 사업단 과제 기본계획 및 연구관리체계 구축 • WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획업무 	<p>→사전기획의 'LNG플랜트 통합제어기술'을 통합</p>	<p>*5개의 핵심과제에서 도출되는 성과의 테스트베드 반영을 위해서는 사업단장의 사업단 핵심과제의 통합기능을 강화하는 데 중점을 두어야 함. *따라서 사업단장이 직접 수행하면서 일부 위탁 등으로 처리할 수 있도록 연구내용을 통합하여 구성하는 것이 적절함. *기획참여전문위원 등의 검토를 거쳐 변경함.</p>

사전기획	상세기획	변경내용	변경사유
<p>-LNG플랜트 통합제어 및 운영기술</p> <ul style="list-style-type: none"> · 상위 레벨의 통합제어기술 (상위 레벨에서 각 시스템과 기술을 엮는 역할) · 시스템 운영기술 	<p>상세기획</p>	<p>변경내용</p> <p>→상위레벨의 통합제어 및 운영기술'은 상기 '테스트베드 통합을 위한 기술체계 개발' 과제에 통합</p>	<p>변경사유</p> <p>*상기 사유와 동일함</p>
<p>-해외 지역별 진출을 위한 사업모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> · 해외 지역별 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석 · 기획·개발형 LNG 플랜트 사업의 핵심성공요인(CSF) 분석 · 기획·개발형 플랜트 사업모델의 핵심기술 분석 및 확보 방안 · LNG플랜트 사업의 단계별 진입전략 도출 	<p>상세기획</p> <p>-세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> · 해외 지역별 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석 · 기획·개발형 LNG 플랜트 사업의 핵심성공요인(CSF) 분석 · 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 (지역특성 + 사업 + 기술) · LNG플랜트 사업의 단계별 진입 전략 도출 	<p>변경내용</p> <p>-</p>	<p>변경사유</p> <p>-</p>

◦ 의견수렴결과

전문가 의견을 수렴한 결과 총괄과제의 기능과 역할을 다음과 같이 도출하였다.

- 기술개발을 위한 기능/성능/설계요건 등을 정립
- 개발기술의 검증을 위한 테스트베드 기술적용체계
- 상위레벨의 플랜트 통합제어 및 운영기술
- 시스템 통합을 위한 수명주기 및 연구관리
- 해외진출을 위한 사업모델

◦ 과제화 결과

- 사업단 차원에서 방대한 기술요소와 관리요소를 효과적으로 통합하기 위한 체계적인 개발단계를 정립
- 개발기술의 테스트베드로의 적용과 검증을 위한 기술체계 마련
- 사업단과제의 수명주기 규명 및 인터페이스 모니터링 및 피드백
- LNG플랜트 해외 지역별 진출을 위한 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석, 사업모델 제시

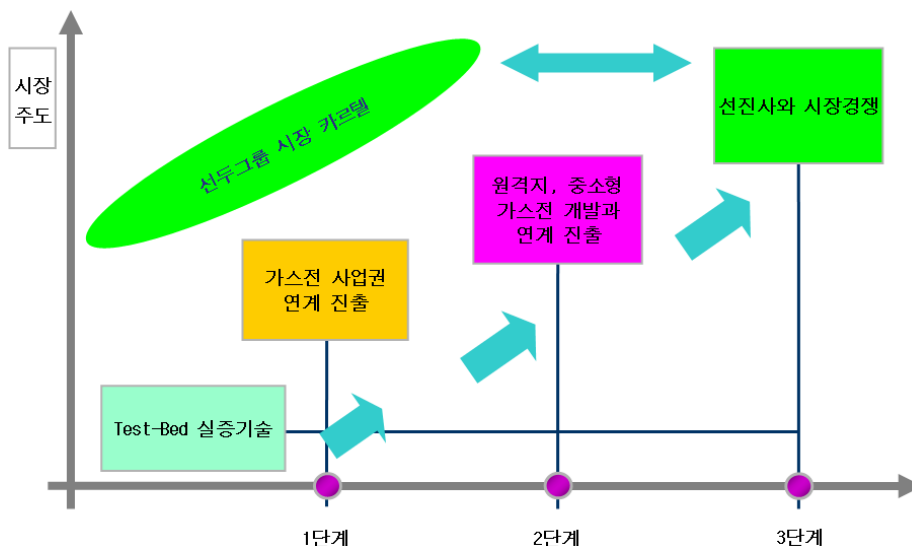


그림 3.4 테스트베드 연계 단계별 시장진입전략 흐름

라. 성과목표 및 지표

(1) 핵심 및 세부과제별 성과목표, 성과지표 설정

LNG 플랜트 사업단 과제의 총괄과제는 성격상 구체적인 기술개발 보다는 테스트베드 적용을 위한 기술체계, 연구관리체계, 해외정보 분석 등 대외적인 홍보, 논문발표, 산학연 협력활동 등으로 구체화 된다.

표 3.2 제1세부과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표 구분	성과지표	단계별목표치				최종목표치
				1	2	3		
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내외)	1	1	1		3
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내외)	1	1	1		3
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내외)	2	2	3		7
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동건수		1	2		3
		핵심	테스트베드 기술통합체계	1	1	1		3
		일반	23 2 산학연 기술지원 건수		2	2		4
		일반	기술개발 단계화 모델	2	2	1		5
	사회·경제적 파급 효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수	2	3	2		7
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도	1	2	2		5

표 3.3 제2세부과제의 단계별 성과목표 및 지표

구분	성과목표	지표구분	성과지표	단계별목표치				최종목표치
				1	2	3	4	
결과	과학기술적 연구성과 향상	일반	1 1. 학술지 게재 논문건수(국내외)		1	1		2
		핵심	4 1. 특허출원 건수(국내외)					
		일반	1 4. 학술회의 발표 논문건수(국내외)		1	1		2
	기술개발 역량 향상	일반	23 3. 과제당 산학연 협력 활동건수		1	1		2
		핵심	해외 지역별 사업모델		1	1		2
		일반	23 2 산학연 기술지원 건수		1	1		2
		일반	해외진출을 위한 조사, 분석 실적		3	3		6
	사회·경제적 파급 효과 증대	일반	3 1. 연구개발 관련 홍보건수		1	1		2
		일반	3 2. 기술확산을 위한 상호교류 정도		1	2		3

(2) 선정근거

성과지표에 대한 선정근거 및 측정방법은 표 2-4부터 표 2-14에 각 지표별로 구분하여 나타내었다.

표 3.4 성과지표 선정근거 및 측정방법(1-1 학술지 게재 논문건수)

구분	핵심지표(표준성과지표)
성과지표	1-1 학술지 게재 논문건수 (국내/국외)
지표해설	○ 국내 및 국외 학술지에 게재된 논문 건수
측정방법	○ 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 3.5 성과지표 선정근거 및 측정방법(4-1 특허출원 건수)

구 분	일반지표(표준성과지표)
성 과 지 표	4-1 특허출원 건수 (국내/국외)
지 표 해 설	○ 해당 사업의 평가대상기간 동안 출원된 특허건수 <ul style="list-style-type: none"> ● 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 3.6 성과지표 선정근거 및 측정방법(1-4 학술회의 발표 논문건수)

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 3.7 성과지표 선정근거 및 측정방법(23-3 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 1인당 산학연 협력 활동 건수 * 산학연 협력 활동 건수는 산학연간 공동연구 관련 회의개최, 공동연구개발 실시 등의 실적
측 정 방 법	○ 사업 수행으로 인한 산학연 총 공동연구활동 건수와 함께, 해당 사업의 과제당 평균 산학연 활동건수와 참여연구원 1인당 산학연 활동 건수를 기재 ① 산학연 협력 활동 건수 ② 산학연 협력 활동건수/해당 사업 과제 수 ③ 산학연 협력 건수/참여 연구자 수

표 3.8 성과지표 선정근거 및 측정방법(테스트베드 기술통합체계)

구 분	일반지표(고유지표)
성 과 지 표	핵심과제 연구보고서
지 표 해 설	○ 사업단 총괄과제의 고유지표 ○ LNG/GTL 테스트베드 기술구성체계 작성 건수 ○ 테스트베드 적용기술 건수
측 정 방 법	○ 보고서 권수

표 3.9 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외지역 사업모델)

구 분	일반지표(고유지표)
성 과 지 표	핵심과제 연구보고서
지 표 해 설	○ 사업단 총괄과제의 고유지표 ○ 지역별 사업모델 개발 건수
측 정 방 법	○ 보고서 권수

표 3.10 성과지표 선정근거 및 측정방법(기술개발 단계화 모델)

구 분	일반지표(고유지표)
성 과 지 표	핵심과제 연구보고서
지 표 해 설	○ 사업단 총괄과제의 고유지표 ○ LNG 기술개발 단계 구분 건수
측 정 방 법	○ 보고서 권수

표 3.11 성과지표 선정근거 및 측정방법(23-2 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 3.12 성과지표 선정근거 및 측정방법(해외진출을 위한 조사, 분석 실적)

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

표 3.13 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 3.14 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 교류정도
측 정 방 법	○ 연구기관 및 기업 등과의 개발기술 상호교류 실적

빈 페이지

4. 소요 연구비

가. 총괄과제의 연구비

총괄과제 연구개발비는 표 1과 같이 총 2,500백만원이며 전체 연구비를 정부출연금으로 편성하였다. 각 세부과제의 비용은 과제의 업무 내용에 따라 예상되는 인건비 및 직접비를 산출하여 계상하였다.

표 4.1 총괄과제 세부과제별 예산 (단위 : 백만원)

핵심과제	과제번호	세부과제	정부	민간	계
가스플랜트 시스템엔지니어링 기술개발	0-1	테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 및 운영시스템 개발	2,200	0	2,200
	0-2	해외시장 진출을 위한 사업모델 개발	300	0	300
	계		2,500	0	2,500

표 4.2 총괄과제 연차별, 비목별 예산내역 (단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
소요 예산	인건비	100	115	222	228	228	228	1,121
	직접사업비	101	78	169	163	163	163	838
	간접사업비	49	57	109	109	109	109	542
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0
합계		250	250	500	500	500	500	2,500
재원 조달	정부	250	250	500	500	500	500	2,500
	민간	0	0	0	0	0	0	0
합계		250	250	500	500	500	500	2,500

※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

나. 세부과제의 연구비

표 4.3 총괄-1세부과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
소요 예산	인건비	100	115	187	187	210	210	1,008
	직접사업비	101	78	125	125	141	141	712
	간접사업비	49	57	88	88	99	99	480
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0
합계		250	250	400	400	450	450	2,200
재원 조달	정부	250	250	400	400	450	450	2,200
	민간	0	0	0	0	0	0	0
합계		250	250	400	400	450	450	2,200

표 4.4 총괄-2세부과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위 : 백만원)

구분		1단계		2단계		3단계		계
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
소요 예산	인건비	0	0	40	43	22	22	127
	직접사업비	0	0	39	35	18	18	109
	간접사업비	0	0	21	21	11	11	64
	위탁사업비	-	-	-	-	-	-	0
합계		0	0	100	100	50	50	300
재원 조달	정부	0	0	100	100	50	50	300
	민간	0	0	0	0	0	0	0
합계		0	0	100	100	50	50	300

다. 연구비 산정근거

표 4.5 총괄-1세부과제 연구개발비 산정근거

(단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	1,008
직접비	기자재	데이터 센터	30
	재료비	잡자재	152
	시작품		0
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	530
	소 계		712
위탁연구비		-	
간접비		간접경비, 연구개발준비금 등	480
합 계			2,200

표 4.6 총괄-2세부과제 연구개발비 산정근거

(단위 : 백만원)

구분		품명	금액
인건비		연구원(책임,선임,원) 기술원(특급,고급,중급)	127
직접비	기자재	데이터 센터	15
	재료비	잡자재	40
	시작품		0
	기타	여비, 수용비, 기술정보활동비, 연구활동비 등	54
	소 계		109
위탁연구비		-	
간접비		간접경비, 연구개발준비금 등	64
합 계			300

빈 페이지

5. 기술개발 효과 및 성과활용 방안

가. 경제적, 기술적, 사회문화적 파급효과

(1) 경제적 파급 효과

○ 제1세부과제: 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 개발

- LNG 플랜트 개발기술의 신뢰도 제고를 통한 해외 진출을 위한 잠재 가능성을 증진
- 효율적인 사업개발 단계화를 통하여 사업 위험에 따르는 손실과 사업비를 절감할 수 있음

○ 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

- 해외 지역별 LNG 사업 진출을 위한 기초자료 및 사업모델 등 추진전략을 토대로 우리 기업의 진출기회 증가와 성공 가능성 제고
- 사업단 기술개발과 병행하여 해외시장 진입시기를 조기에 달성

(2) 기술적 파급 효과

○ 제1세부과제: 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 개발

- 대규모 기술개발사업의 추진단계를 확립하고 실제 사업을 통하여 체계적인 검증은 함으로서 성공적인 사례를 제시
- 기술개발 단계화 방법론 및 성과를 타사업에 효율적으로 적용 가능
- 사업단 내 개발기술을 통합하여 테스트베드에 적용함으로써 신뢰성이 확보된 개발경험을 확보

○ 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발

- 국내 핵심기술과 결합된 사업모델 창출
- 기획, 개발형 사업을 주도 또는 선진기업과 제휴하기 위한 기술적 특화 경쟁력 확보

(3) 사회/문화적 파급 효과

○ 제1세부과제: 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 개발

- 청정기술체제로의 진화에 따른 국가 기술정책을 지원

- 개발 성과의 테스트베드 적용을 통한 독자기술의 신뢰성과 인지도를 제고
- 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발
 - 청정개발체제에 관한 국가 신인도 제고
 - 우리 기업의 해외 이미지 제고

나. 성과활용방안

- 제1세부과제: 테스트베드 통합 적용을 위한 기술체계 개발
 - 사업단 LNG WBS: 전체 시스템의 정의, 최종 성과와 각각의 요소 및 시스템 기술들과의 상관관계를 설명하고 연구개발 활동을 체계적으로 지원 방안으로 활용
 - LNG 기술개발 형상(configuration)관리체계: 대규모의 기술자료와 정보흐름이 존재하는 사업단 과제에서 성과품의 기능적, 물리적 특성과 인터페이스를 체계적으로 지원하는 방안으로 활용
 - 테스트베드 건설계획: 테스트베드의 성공적 건설과 운영을 위하여 사전, 상세기획결과를 토대로 각 핵심과제별 개발기술의 수준과 적용성을 검증하여 비용, 기간, 위험 측면에서 보다 효율적인 건설계획으로 활용
 - 테스트베드 기술적용체계: 각 핵심과제별 개발되는 기술을 검토하여 테스트베드의 구성과 기술적인 연계성을 확립하여 통합된 플랜트 기술의 적용방안으로 활용
 - LNG 통합운영기법: 국내에서는 최초의 대규모 LNG 플랜트 기술개발사업으로서 다양한 기술과 시스템이 집적되므로 완벽한 기술 통합과 제어, 운영을 위한 계통 및 제어요소를 확립하고 운영평가를 위한 기반으로 활용
- 제2세부과제: 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발
 - 해외시장 분석자료: 해외 지역별 LNG 플랜트 시장현황을 조사, 분석하여 향후 진출 가능성을 평가하고 정보 교류 촉진을 통하여 우리 기업의 해외진출 촉진을 위한 기초자료로 활용
 - LNG 플랜트 사업모델 및 사업성공요인(CSF): LNG 플랜트 연구개발 성과의 접목과 성공 가능성을 평가하고, 우리 기업의 플랜트 사업 다각화

및 기술지원정책 마련을 위한 기초자료로 활용

- 해외시장 진입전략: LNG 플랜트 사업단 성과의 실용화, 사업화 방안으로 활용

6. 총괄과제 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: 상세기획에서 도출된 제목을 반영
- 목표: 정량적, 정성적 목표로 구분하여 반영
- 필요성: 배경, 기술, 경제/사회적 필요성을 반영
- 기술동향: 세부과제에 해당하는 기술변화를 중심으로 반영
- 연구개발내용: 상세기획에서 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. 총괄과제 RFP(안)

앞서 작성기준을 토대로 총괄과제의 과제제안요구서(안)를 표 6.1과 같이 작성하였다.

표 6.1 총괄과제 RFP

연구과제명	총괄과제 : 가스플랜트 시스템엔지니어링 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표 : LNG 테스트베드 기술적용체계 및 운영기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 단계화 및 요구사항 정립 - 사업단과제 기본계획 및 연구관리체계 구축 - WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획 업무 - LNG 테스트베드 건설계획 수립 - 상위레벨의 개념설계 및 통합제어·운영기술 - 시스템 엔지니어링 모니터링 및 피드백 - 해외 지역별 LNG 플랜트 사업모델 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향	
□ 연구개발의 필요성	<p>LNG 플랜트 연구개발은 다수의 핵심과제로 분산되어 있고 기술적인 난이도가 높으며 도전적인 사업목표를 가지고 있다. 이러한 LNG 플랜트 연구개발 사업을 주어진 시간과 비용 내에서 사업목표를 달성하기 위해서는 테스트베드를 중심으로 연구개발성과가 집약될 수 있도록 시스템엔지니어링 기법이 다음과 같은 관점에서 도입되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 요소 및 시스템 기술 통합 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 목적물 대상의 개별과제, 기술의 상위 수준 통합 필요 - 시스템 통합을 통한 일원화된 EPC 종합기술 확보 필요 ○ 기술개발 단계 및 프로세스 확립 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 사업단 과제의 효과적 통합을 위한 체계적 기술 개발 단계 정립 필요 - 핵심, 세부과제 연계성, 업무흐름을 고려한 WBS 구현 및 참여기관, 과제 상호 인터페이스 관리, 모니터링 필요 ○ 테스트베드 적용방안 마련 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 테스트베드 완성도 제고 필요

- 테스트베드 운전 결과의 피드백 활용 필요
- Value Engineering(VE) 계획 수립 및 실시
 - 설계 및 시공분야 VE 절차 및 계획수립
 - VE 시행 및 결과 피드백
- 해외진출 사업 모델 마련 필요
 - 해외 선두기업의 시장카르텔을 공략하기위한 전략적 기술 제휴가 필요함.
 - 사업 모델의 경쟁력 확보 및 해외시장 진입 방안 마련 필요

□ 기술 동향

<국내 >

- 시스템 개발과 관련하여 국내에서도 대규모 기술개발사업이 전개되고 있으며, 이와 관련된 시스템 엔지니어링 기법이 적극 도입되고 있다.
- 이는 주로 기술개발을 위한 기능 및 운용 성능요건을 도출하고 이에 대한 기능 분석 과정을 반복적으로 평가하여 위험을 줄이고 사업의 성공 가능성 제고를 목적으로 하며, 대표적인 사업으로 스마트 무인기 개발, 경부고속철도개발, 우주발사체 개발 등이 있다.
- 국내의 경우에 LNG 가치사슬이 매우 제한적이어서 실제 LNG 사업에 적용된 사례는 없다.

<국외>

- 시스템엔지니어링 프로세스의 표준의 경우 1969년 MIL-STD 499를 토대로 현재와 같이 전개되어 왔으며, 시스템 엔지니어링 표준의 기반이 되는MIL-STD 499B는 일반적으로 시스템엔지니어링의 핵심 프로세스 또는 엔진 프로세스라고 부른다.
- EIA 632는 EIA/IS 632에서 발전된 것으로써 시스템엔지니어링 뿐만 아니라 모든 시스템을 엔지니어링 하는 기술적인 프로세스로 그 범위가 넓어졌다.
- IEEE 1220-1998은 대규모 기업에 초점을 두고서, 시스템 해결을 위한 고객 요건과 제약 조건을 변환하기 위한 시스템 전 수명주기에 걸쳐 요구되는 분야 간 업무를 정의하는 것과, 시스템공학 프로세스와 시스템의 전체 수명주기에 걸쳐 이의 적용을 위한 요건을 규정하는데 중점을 두고 있다.

- 주요 적용사례로는 신차 개발사업 분야에서 GM, Ford, Chrysler 등이 적용한 바 있으며, 이를 통하여 GM의 경우 신차 개발 비용을 25% 절감한 바 있다.
- 항공기 분야에서는 IPPD(integrated product and process development)와 IPTs(integrated product teams)를 포함하는 새로운 획득 및 개발 방법을 사용한 시스템 엔지니어링 기법을 도입하였다.

3. 연구개발 내용

- 과제정의: 사업단장이 주관하는 총괄과제의 세부과제로서, 사업단 내 기술개발 요구조건과 개발단계를 설정하고 이를 모니터링과 동시에 상위 수준에서 인터페이스(interface)를 관리하고, 개발된 기술의 테스트베드(test-bed)로 통합과 효율적 운영기술을 개발하는 과제와 LNG플랜트 사업단 내에서 개발되는 중장기 기술, 연구성과를 토대로 해외진출을 위한 사업모델 개발에 관한 내용으로 구성되며, 해외시장 조사·분석, 핵심적인 사업 성공요인 도출, 시장진입 가능성이 큰 사업모델과 진출전략을 제시하는 과제
- 제1세부과제 : LNG 플랜트 테스트베드 통합적용을 위한 기술체계 및 운영기술 개발
 - 기술개발 단계화 및 요구사항 정립
 - 사업단의 기술적 성능목표 및 근거 정립
 - 핵심/세부과제 상세 액션플랜 및 성과체계지도 구축
 - LNG 테스트베드 건설계획, 타당성 모니터링
 - 상위 레벨의 통합제어 및 운영기술
 - SE 모니터링(solution, decision, interface 등) 및 피드백
 - 사업단과제 기본계획 및 연구관리체계 구축
 - WBS 작성, 사업번호체계 개발 및 운영 등 사업기획
 - VE(Value Enginnering) 절차 및 계획수립
 - 기본설계 및 상세설계, 시공 VE 실시
- 제2세부과제 : 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발
 - 해외 지역별 기획, 개발형 플랜트 시장 조사 분석

	<ul style="list-style-type: none"> - 기획, 개발형 LNG 플랜트 사업의 핵심성공요인(CSF) 분석 - 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 개발 - LNG 플랜트 사업의 단계별 진입전략 도출
<p>4. 연구개발의 추진 방법</p>	
<p>□ 추진전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진 기술개발체계/관련지식 습득을 통한 연구기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 선진사례/우수사례 벤치마킹 ○ 사업단 차원에서 방대한 기술요소와 관리요소를 가지고 있는 LNG 플랜트 개발기술을 효과적으로 통합하기 위해서는 보다 체계적인 개발단계를 정립하고 각 핵심과제 또는 세부과제의 기술개발 수명주기를 규명하여 관리 ○ 국내 여건을 감안하여 가능한 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 입증할 수 있는 연구, 시험평가, 테스트베드와 연계하여 추진 ○ 실용화 및 사업화 성과를 구체적으로 명시하고, 테스트 베드와의 연계를 포함하여 추진하며 이를 위해 사업단 및 핵심주관기관과의 협조체계를 구축 ○ 해외진출을 위해서는 해외 가스전이 산재한 지역별 개발 가능성을 예측하는 것이 중요하며, 해외 선진기업 또는 후발기업의 동향을 파악하여 제휴하는 방안을 구체적으로 모색하여야 한다. ○ 특히, 현지의 법제도, 개발동향, 문화 등에 관한 구체적인 여건을 조사 및 분석하여야 하며, 국내 기업의 진출시 위험요인과 성공요인을 체계적으로 제시할 필요가 있다. 사업모델 제시에는 각 핵심과제에서 개발된 기술의 특성을 고려하여 해외 사업진출에 강점이 부각되도록 현지 여건과 기술을 동시에 고려한다.
<p>□ 추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업단장 책임 하에 총괄과제의 운영 ○ 기술개발 단계화, 테스트베드 통합기술체계, 상위레벨의 시스템 제어 및 운영기술 등을 사업단장이 주관하면서 부분적으로 기술개발 단계화 등은 전문가 및 전문기관 활용 ○ 타 핵심주관기관과의 협업을 통한 기술개발과제 연계성 확보 및 협조체계를 구축 하여 추진할 것

- 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 가급적 산학연 공동 연구 추진방안을 모색
- 테스트베드 시행과 관련하여 핵심주관기관(핵심연구책임자)이 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 조정 역할을 적극 수행할 것
- 지역별 현지여건을 감안한 진출전략 및 사업모델 제시

5. 최종 성과물 활용 방안

- 최종 성과물
 - 제1세부과제
 - LNG 테스트베드 기술적용체계
 - 기술개발 단계화 모델 및 WBS
 - 상위레벨의 LNG 플랜트 제어운영기술
 - 핵심/세부과제의 상세 액션플랜 및 성과체계지도
 - 사업단의 기술적 성능목표
 - VE(Value Engineering) 절차서
 - 기본설계 및 상세설계, 시공 VE 보고서
 - 제2세부과제
 - 해외시장 분석자료
 - 해외지역 진출 여건 및 진출 시나리오
 - LNG 사업모델 및 단계별 시장진입 전략
 - 해외시장 조사·분석보고서
 - LNG 사업 핵심성공요인
 - LNG 사업모델

- 실용화 또는 사업화 방안
 - LNG 테스트베드 설계 및 시공, 평가의 지침서로 활용
 - 테스트베드 개념설계 및 운영로직 정립
 - 테스트베드 건설 및 운영 실적 확보를 통한 해외시장 진출
 - 해외시장 분석을 통한 지역별 진출 시나리오/진입 전략을 통한 국내 기업의 해외시장 진입
 - 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전 (대규모 가스전, 고립지 가스전, 원격지 가스전, 유전에서 수반가스등)에 공정/플랜트 기술과 금융이 어우러지는 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해

외플랜트 건설의 사업화 가능

- 국내기업(석유공사, 가스공사, 민간기업 등)에서 개발하거나 사업권을 확보한 가스전을 중심으로 우선 적용하여 대외 신뢰도, 실적을 확보할 수 있으며, 필요시 선진 기업과 기술제휴나 공동사업을 모색할 수 있는 교섭의 기반을 확보가 가능함.
- 주로 대규모 가스전에 집중하고 있는 선진사의 진출이 상대적으로 적은 원격지, 중소가스전을 대상으로 전략적인 기획,개발형 사업을 추진하며 대외 인지도 및 실적을 확보할 수 있으며, 선진사와 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성에 있어서 전략적으로 연구결과물 사업화가 가능

6. 사업 기간 및 소요예산(안)

- 전체
 - 총사업기간 : 2008년 ~ 2013년
 - 1단계(2년) : 5.5억원 (정부지원금 : 5.5억원)
 - 2단계(2년) : 9.5억원 (정부지원금 : 9.5억원)
 - 3단계(2년) : 10.0억원 (정부지원금 : 10.5억원)
 - 총연구비 : 총 25.0억원 (정부지원금 : 25.0억원)
 - ※ 연차별 정부출연금은 정부예산사정과 사업단운영계획 등에 따라 변경 가능
 - ※ 정부출연금은 미지급내부인건비가 포함되어 있지 않음.

7. 기타

- 연구내용, 연구기간 및 연구비는 본 과제제안요구서(RFP) 및 첨부한 “상세기획연구보고서”를 참조하여 작성
 - 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 세부연구내용을 일부 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시
 - 세부과제별 및 연차별 연구개발비는 상세기획연구보고서를 참고하여 편성
 - ※ 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
 - 총괄과제 신청자는 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의

근거자료로 활용

- 총괄과제 신청자는 연구성과의 실용화·사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
 - 총괄과제 신청자는 테스트베드를 통한 연구성과의 실용성 검증 및 사업화 추진계획을 필히 제시
- 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
- 선정평가지 참여기업의 연구수행실적 및 역할, 연구결과물의 활용계획 등 자격기준 검토하여 연구 참여 여부 결정예정임
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함(국제협력 추진시 평가원 대외협력팀에 해외 MOU 체결기관 문의)
- 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발 계획서를 작성하여야 함
- ※ www.kictep.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr> 및 유사과제목록 참조
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 향후 본 총괄과제는 사업단내 타 핵심과제 또는 타 사업과 연구내용의 연계·조정 및 이에 따른 예산조정이 가능함
- 추후 사업단 운영계획은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 총괄과제내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 사업단장 및 평가원은 필요시 선정된 핵심주관기관(핵심연구책임자)과 협의를 거쳐 총괄과제 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
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

세부과제명	0-2 세부과제 : 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발	
1. 연구개발 목표		
	<p>○ 목표: LNG 플랜트 개발기술의 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해외시장 진출을 위한 시장조사 분석 - 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발 	
2. 연구개발 필요성 및 기술 동향		
□ 연구개발의 필요성	<p>○ 해외진출 사업 모델 마련 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해외 선두기업의 시장카르텔을 공략하기 위한 전략적 기술 제휴가 필요함. - 사업 모델의 경쟁력 확보 및 해외시장 진입 방안 마련 필요 	
□ 기술 동향	<p><국내 ></p> <p>○ 국내의 LNG 플랜트 관련 기술개발 사례로 LNG 인수설비와 LNG 저장탱크, 그리고 BOG 재액화 관련 분야를 제외한 국내 업체는 천연가스 액화공정에 대한 원천기술과 응용설계기술에 관한 연구 실적은 없으며, 특히 EPC 프로젝트 수행 경험이 전무함. 현재 LNG 선박에서 발생하는 BOG (boil-off gas)의 재액화 장치의 기술개발 사업이 관련 연구사업으로 유일함.</p> <p><국외></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트의 천연가스 액화능력 증가에 따라 대형, 고효율 액화 공정 기술의 시장 점유율이 증가하고 있음. ○ 천연가스 액화플랜트의 EPC 공사에 있어서 사전에 협력 업체가 결정되어지는 경우가 대부분으로 후발 업체의 시장 참여가 제한적임. <ul style="list-style-type: none"> ① Phillips의 Optimized Cascade기술이나 Statoil/Linde의 Mixed Fluid Cascade (MFC) 기술의 경우 EPC Contractor로 각각 Bechtel과 Linde/Aker로 정해져 있는 상황임. ② APCI 공정 기술은 다수의 EPC contractor에게 라이선스가 부여되지만, 이 경우도 JGC/KBR과 Chiyoda가 형성한 카르텔에 의해 여타 EPC 업체의 기술사용 자체가 어려운 상 	

<p>황입.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 천연가스 액화플랜트의 기술개발은 다각화로 설계와 액화공정 개발을 하나의 업체로 개발을 수행하는 경향이 있음. ○ 초저온 액화공정 기술에 대한 LNG 플랜트 적용 기술로는 APCI의 공정이 많이 사용되고 있으며, 이외에 ConocoPhillips, Pritchard, IFP-Axens, Technip-L’AirLiquid, Shell, Statoil-Linde, COSTAIN사 등에서 다양한 기술을 보유하고 있음. 	
3. 연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과제정의: 사업단장이 주관하는 총괄과제의 세부과제로써, 사업단 내 개발된 기술의 성공적인 해외시장 진출을 위해서 해외지역별 LNG 플랜트 시장을 조사하여 각 지역별 특화된 사업모델 및 단계별 진입전략 등을 제시 ○ 해외시장 진출을 위한 시장조사 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 지역별 기획, 개발형 플랜트 시장 조사 분석 - 해외가스전(기획, 개발 포함) 자료 수집 및 분석 (해외가스전 가스품질 등 기술자료 포함) - 기획, 개발형 LNG 플랜트 사업의 핵심성공요인(CSF) 분석 ○ 해외시장 진출을 위한 사업모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 선진사의 가스 EPC 시장진입전략 분석 (일본의 치요다, JGC 등) - 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 개발 - LNG 플랜트 사업의 단계별 진입전략 도출
4. 연구개발의 추진 방법	
<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 ○ 사업단 차원에서 방대한 기술요소와 관리요소를 가지고 있는 LNG 플랜트 개발기술을 효과적으로 통합하기 위해서는 보다 체계적인 개발단계를 정립하고 각 핵심과제 또는 세부과제의 기술개발 수명주기를 규명하여 관리 ○ 국내 여건을 감안하여 가능한 국외 선진기관과 공동연구 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 원천, 핵심기술에 대한 전략적 공동연구 추진

	<ul style="list-style-type: none"> - 초기 단계에서는 학교나 연구소, 공공기관을 대상으로 추진하되 - 특허기술을 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"> ○ 사업단장 책임 하에 총괄과제의 운영 ○ 기술개발 단계화, 테스트베드 통합기술체계, 상위레벨의 시스템제어 및 운영기술 등을 사업단장이 주관하면서 부분적으로 기술개발 단계화 등은 전문가 및 전문기관의 공동연구 ○ 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 핵심1, 2, 3주관기관(핵심연구책임자)이 각 핵심과제에서 개발된 기술을 검증 및 평가를 위한 조정역할을 적극 수행할 것
5. 최종 성과물 활용 방안	
<input type="checkbox"/> 최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ LNG 플랜트 시장조사 분석 보고서 <ul style="list-style-type: none"> - 시장 입지, 규모 등 - 진출여건 등 - 시장 지배력 분석 - 기술 자료 - 사업 성공요인(성과목표 및 측정지표 포함) ○ LNG 플랜트 사업추진전략 보고서 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 선진사의 가스 EPC 시장진입전략 분석 - 해외 지역별 진출을 위한 사업모델 및 시나리오 - LNG 플랜트 사업의 단계별 진입전략
<input type="checkbox"/> 실용화 또는 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테스트베드 건설 및 운영 실적 확보를 통한 해외시장 진출 ○ 해외시장 분석을 통한 지역별 진출 시나리오/진입 전략을 통한

국내 기업의 해외시장 진입

- 개발된 기술의 해외시장 진출을 위해서는 국내 공·사기업들이 개발하거나 확보한 해외의 가스전 (대규모 가스전, 고립지 가스전, 원격지 가스전, 유전에서 수반가스등)에 공정/플랜트 기술과 금융이 어우러지는 자원 연계형 투자개발사업 컨소시엄을 구성함으로써, 궁극적으로는 해외 에너지자원개발과 연계한 해외플랜트 건설의 사업화 가능
- 국내기업(석유공사, 가스공사, 민간기업 등)에서 개발하거나 사업권을 확보한 가스전을 중심으로 우선 적용하여 대외 신뢰도, 실적을 확보할 수 있으며, 필요시 선진 기업과 기술제휴나 공동사업을 모색할 수 있는 교섭의 기반을 확보가 가능함.
- 주로 대규모 가스전에 집중하고 있는 선진사의 진출이 상대적으로 적은 원격지, 중소가스전을 대상으로 전략적인 기획,개발형 사업을 추진하며 대외 인지도 및 실적을 확보할 수 있으며, 선진사와 본격적인 기술 제휴 및 컨소시엄 구성에 있어서 전략적으로 연구결과물 사업화가 가능

6. 사업 기간 및 소요예산(안)

- 전체
 - 총사업 기간 : 2010년 ~ 2013년
 - 사업단 2단계(2년) : 정부지원금 1.5억원 이내
 - 사업단 3단계(2년) : 정부지원금 1.5억원 이내
 - 총연구비 : 정부지원금 3.0억원 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. 총괄과제 공모방안

총괄과제는 테스트베드 기술체계 및 해외진출을 위한 사업모델 개발에 관한 과제로서, 사업단장이 총괄 주관하고 하위에 협동과제 그리고 위탁과제로 연구팀을 구성할 수 있도록 하였다.

보다 객관적으로 경쟁력을 갖춘 기업 및 연구기관의 응모가 가능하도록 통합형 지정공모와 분리공모의 형식을 도입하였으며, 총괄과제에서 중요도와 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 테스트베드 통합기술체계와 상위의 운영기술을 개발하는 과제로서 사업단장이 과제를 총괄하여 수행하여야 하며, 중요도 측면과 사업단 운영 측면을 고려하여 당연 수행하는 과제로 제시하였다.

제2세부과제는 해외 사업모델 개발에 관한 과제로 2단계인 3차년도부터 추진되며, 해외 정보 및 사업모델 기획에 경험과 실적을 갖춘 기관을 경쟁을 통하여 제안공모의 형태로 추진하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

표 6.2 총괄과제의 세부과제 공모방안 (1~5점 척도)

세부과제	세세부과제 후보	평가항목 (지정공모 ← → 분리공모)				공모방안
		중요도	기반	신기술	경쟁기술	
제1 세부과제	-테스트베드 기술체계 및 운영기술 개발 -사업단 기술개발 단계화 및 연구 관리체계 구축	5	4	3	3	지정
제2 세부과제	-해외 지역별 기획·개발형 플랜트 시장 조사·분석 및 사업의 핵심성공요인(CSF) 개발 -해외 지역별 진출을 위한 사업모델/진입전략 개발	4	3	4	5	분리

빈 페이지

7. 참고문헌

- 1) 시스템엔지니어링 입문, 민성기 외
- 2) LNG플랜트 사업단 과제 사전기획보고서, 황인주 외, 건설교통부(한국건설교통기술평가원)
- 3) International Energy Outlook, 2006, DOE (USA)
- 4) World Energy Investment Outlook, 2004, 국제에너지기구(IEA)
- 5) GTL 프로젝트 개발동향과 우리의 참여가능성, 2003, 건설교통부
- 6) 플랜트엔지니어링기술 로드맵, 2005, 산업자원부
- 7) 플랜트 IT 컨퍼런스 논문집, 2004-2006, 한국플랜트정보기술협회
- 8) 한국가스공사 카탈로그, 2006, 한국가스공사
- 9) LNG 플랜트 기술개발 해외 전문가 초청세미나 자료집
- 10) 말레이시아 빈틀루(Bintulu) 액화기지 소개자료
- 11) Preliminary screening technology and economic assessment of sybthesis gas to fuels, NREL, 2003.

빈 페이지

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