PLM(Plant Lifecycle Management) 기반 모듈화 설계 기술 기획

2013. 1. 18

총괄연구기관 / 한국과학기술원

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

Research planning of modular design of plant based on PLM

건설교통연구기획사업 기획연구보고서(최종보고)

R&D /
○○○○-○○○○

PLM(Plant Lifecycle Management) 기반 모듈화 설계 기술 기획

2013. 1. 18

주관연구기관 / 한국과학기술원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하

본 보고서를 “PLM(Plant Lifecycle Management) 기반 모듈화 설계 기술 기획”(연구기간 2012.4~2012.10)의 기획연구보고서로 제출합니다.

2013. 1. 18

■ 총괄연구책임자

한국과학기술원	교 수	서효원	기획연구 총괄

■ 연구기획실무위원

경북대학교	조교수	문두환	기술분석/보고서작성
홍익대학교	부교수	전홍배	기술분석/보고서작성
고등기술연구원	수석	김형진	기술분석/보고서작성
한국건설기술연구원	수석	이홍철	기술분석/보고서작성
한국기술교육대학교	조교수	최재현	기술분석/보고서작성
동아대학교	조교수	김병철	기술분석/보고서작성
고등기술연구원	수석	박찬국	기술분석/보고서작성
중앙대학교	교수	최 영	기술분석/보고서작성
중앙대학교	교수	조성욱	기술분석/보고서작성
인하대학교	교수	이경호	기술분석/보고서작성
홍익대학교	교수	이현찬	기술분석/보고서작성
중앙대학교	교수	김용수	기술분석/보고서작성
성균관대학교	교수	노상도	기술분석/보고서작성
충남대학교	교수	박상호	기술분석/보고서작성
중앙대학교	교수	박유진	기술분석/보고서작성
경희대학교	교수	김인한	기술분석/보고서작성

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>2012-연구기획-H01</td><td>해 당 단 계 연 구 기 간</td><td>2012.4.13.~ 2012.10.31.</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">PLM(Plant Lifecycle Management) 기반 모듈화 설계 기술 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">서효원</td><td>해당단계 참 여 연구원수</td><td>총 : 9 명
내부 : 2 명
외부 : 7 명</td><td>해당단계 연 구 비</td><td>정부 :50000 천원
기업 : 천원
계 :50000 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간 참 여 연구원수</td><td>총 : 9 명
내부 : 2 명
외부 : 7 명</td><td>총연구비</td><td>정부 :50000 천원
기업 : 천원
계 :50000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국과학기술원
산업 및 시스템공학과</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">플랜트 생애주기관리, 플랜트 모듈화 설계, 엔지니어링 데이터 통합, 표준 및 IT융합</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Plant Lifecycle Management, Plant Modular Design, Engineering Data Integration, Standards & IT Convergence</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 기술의 정의 및 필요성

□ “PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술”의 정의

○ “PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술”은 PLM 기반 설계 지원 인프라를 바탕으로 제작·운송·시공 등의 모듈러 플랜트의 생애주기를 고려하여 기본설계와 상세설계를 수행하는 기술임

- (모듈화) 플랜트의 모듈화는 설계 관점과 시공 관점에 따라 그 정의가 달라짐. 시공 관점의 모듈화는 플랜트 건설 기간 및 비용 단축을 위하여 전체 플랜트를 제작·운송·시공이 용이한 부분 시스템인 시공블록모듈로 나누는 것임. 설계 관점의 모듈화는 설계 표준화/자동화 및 플랜트 시공 품질 제고를 위하여 전체 플랜트를 공정(프로세스) 중심으로 분할하여 표준화한 공용설계모듈로 나누는 것임
- (PLM, Plant Lifecycle Management, 플랜트 생애주기 관리) 플랜트의 설계, 구매, 시공, 운전, 유지관리 및 폐기에 이르는 생애주기 지식의 관리 및 활용 체제와 이를 지원하는 시스템을 의미함

○ 범위: 플랜트 생애주기를 고려하여 모듈 단위(시공블록모듈 및 공용설계모듈)로 전체 플랜트의 기본 및 상세설계를 하는 기법과 PLM 기반 설계 지원 시스템 인프라 전반. 본 과제에서 설계 기술의 범위는 개별 공정의 엔지니어링 기술이 아닌 공통 업무 분야의 설계 기술임

□ 기획의 필요성

○ 최근 고유가 등 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으며, 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 (약 4,120억 boe)되어 있어 전통적인 설계·시공 방식으로는 현장 비용이 높아지고 시공 기간이 증가하게 됨

- 시공블록모듈 기반의 플랜트 모듈화 설계를 적용한 플랜트 개발 프로젝트의 발주가 급격히 증가 추세 (해상은 활발히 진행되고 있고, 특히 육상플랜트는 현재 1~2%수준이나 2020년까지 10% 수준으로 증가 전망)

○ 전통적인 Stick-built 방식의 플랜트 설계에서 벗어나 모듈 (시공블록모듈 및 공용설계모듈)을 활용하여 플랜트를 설계하기 위해서는 설계 프로세스 및 모델

등의 방법론 정립이 필요

○ 플랜트의 모듈화 추진 타당성을 기획단계에서 검토하기 위하여 모듈화 환경 분석 결과를 바탕으로 기술성 및 경제성 향상을 고려하여 비모듈화 플랜트 대비 경쟁력을 평가하는 기술이 필요

○ 플랜트 모듈의 운송을 고려한 모듈 중량, 부피 및 무게 중심 최적화 설계, 지지기구를 활용한 모듈 보강 기술, 모듈 운송 안전성을 고려한 실시간 해석 기술, 선박 및 도로망 등 해상 및 육상 운송 환경을 고려한 모듈 설계 기술이 필요

○ 플랜트의 모듈화 설계를 지원하는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술을 개발하면 플랜트 프로젝트의 관리를 효율화하고 참여 기업들 간의 협업을 고도화하며 모듈화 설계 업무를 체계화 및 최적화할 수 있음

- 플랜트 모듈화 설계 기술은 빠른 의사결정, 기본설계 단계에서 상세 정보 생성 및 공유, 기자재 및 모듈 제작업체와의 긴밀한 협업이 요구되어, 이를 지원하는 PLM 기반 설계 지원 인프라의 개발이 필요

○ 플랜트 모듈화 설계에서는 장치 및 유닛, 시공블록모듈, 및 공용블록모델을 기준으로 설계가 진행되기 때문에 유틸리티와 같은 공용 설비나 자주 사용되는 단위 공정을 표준화하여 설계 과정에서 활용하는 모듈 공용화 기술개발이 필요

Ⅱ. 국내외 동향 및 환경분석

□ 정책동향

○ 정부 100대 국정과제, 정부 2010년도 국정과제, 건설교통 R&D 중장기 계획(2013-2017) 및 지식경제부 기술로드맵 등을 놓고 볼 때 플랜트 엔지니어링 부분의 국내 산업 육성과, 플랜트 엔지니어링 중에서도 모듈러 플랜트 산업의 정보시스템 구축에 관한 확고한 지원의지를 엿볼 수 있음

○ 국외의 선진 기업들은 콤팩트, 모듈화 설계 원천 기술과 수행 경험을 보유하고, 카르텔을 형성해 시장을 독점하고 있는 실정으로 선도적인 원천 기술의 개발을 통해 시장 참여의 기회를 확보하고 있기 때문에, 우리나라도 시급히 관련 기술을 확보하여 시장 잠식에 대비할 필요가 있음

○ 국내의 경우 정부의 플랜트 엔지니어링 산업에 대한 강력한 지원의지가 천명되어지기는 했지만, 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어적인 측면에 대한 적극적인 지원이 필요한 실정임

- 모듈러 플랜트 전체 생애주기 설계 지원을 위한 정보시스템의 구축의 필요성 및 중요성에 대한 인식과 지원이 필요함

□ 시장동향

○ 세계 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 해양플랜트를 포함하여 약 25% 내외로 추산되며 산업 및 경제적 니즈로 인해 향후 10년간 약 35%로 증가할 것으로 분석됨

- 세계 플랜트 시장과 국내 EPC 기업들의 세계 플랜트 시장 점유율은 향후 지속적인 성장이 예상되며 플랜트 엔지니어링 시장도 동반성장할 것으로 예측됨

○ 일반 플랜트 건설에서 엔지니어링이 차지하는 비중보다 모듈러 플랜트에서의 기획 및 엔지니어링 비율이 다소 높고 국내 기업의 엔지니어링 기술 수준이 상대적으로 열세인 점을 볼 때, 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술을 지원하기 위한 PLM 기술의 확보가 중요한 것으로 판단됨

- 국내 기업의 세계 모듈러 플랜트 시장 점유율(약 3.1%)은 일반 플랜트 시장 점유율 (약 6%)에 비해 현저히 낮은 것으로 분석되어, 국내 기업의 모듈러 플랜트 시장 점유율 증대의 필요성이 부각됨

□ 기술동향

○ 선진국에서는 이미 모듈화 개념을 설계뿐만 아니라 시공에까지 도입하여 상용급 대규모 플랜트를 건설 및 운영하는 등 뚜렷한 경향을 보이고 있음

- 미국과 유럽에서는 이미 민간 및 산업체를 중심으로 Fiatech과 POSC Caesar 컨소시엄이 설립되어 플랜트 프로젝트 및 생애주기의 모든 단계에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설 산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하기 위한 연구를 선점하여 수행하고 있음

○ 세계적으로 모듈러 플랜트의 수요가 높아지고 있으나 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계에 대한 핵심 기술을 국내업체는 아직 가지고 있지 못하며, 현재 우리나라가 보유하고 있는 플랜트 모듈 설계 기술도 낮은 수준으로 판단됨

- 국내 기업의 경우 사업 초기 기획, 기본설계 기술의 부재로 모듈러 플랜트 사업 참여단계에서 사업 수행 원가분석, 사업 수행의 타당성 분석 기술이 결여되어 있으며, 경쟁사간 사업 제안에 있어서 경쟁 우위를 선점하지 못하고 있는 실정임

- 모듈러 플랜트 상세설계 기술의 경우, 국내 자체 기술력을 어느 정도 구비하고 있으나, 모듈러 플랜트에 특화된 기술력을 고도화시킬 필요가 있으며,

모듈러 플랜트 기본설계 기술의 경우는 국내 기술력이 매우 취약하기 때문에 보다 시급한 연구개발이 필요함

- 모듈러 플랜트의 설계를 위해서 활용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 국내 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음

Ⅲ. 연구개발 과제 및 추진전략

□ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 기획 연구 결과 최종적으로 한 개의 연구단, 네 개의 세부 과제가 도출됨

□ 비전 및 목표

□ 연구개발과제 구성

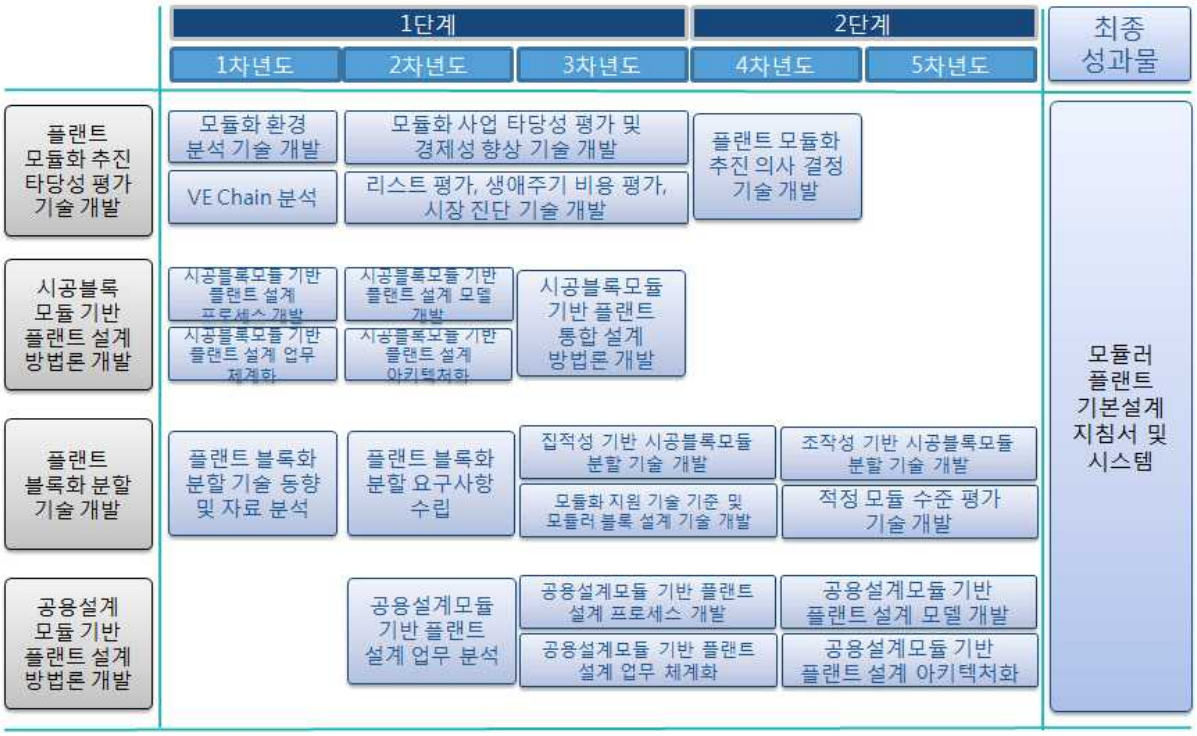
총괄과제	세부과제	성과물
총괄과제 PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발 (성과물: PLM 기반 모듈러 플랜트 설계 지침서 및 시스템)	세부1과제 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템
	세부2과제 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발	모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템
	세부3과제 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발	모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템
	세부4과제 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발	장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템

□ 총괄과제 TRM

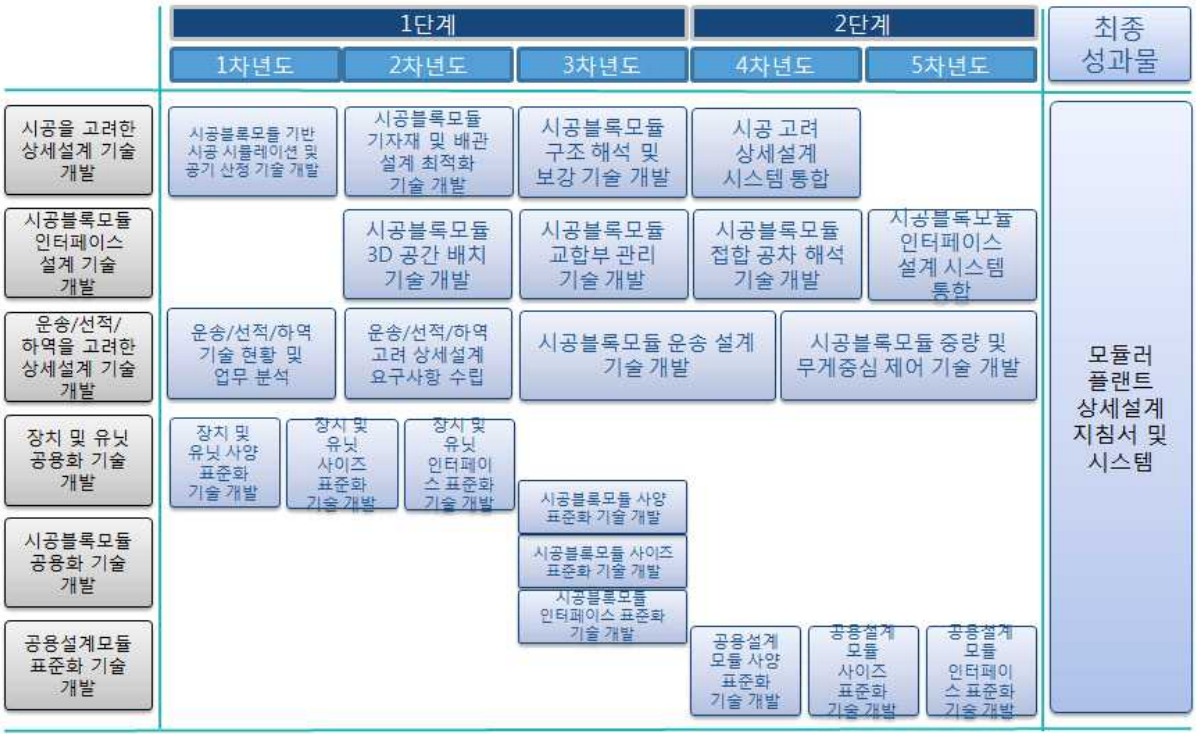
□ 세부과제별 TRM

○ 플랜트 모듈 설계 PLM 기술

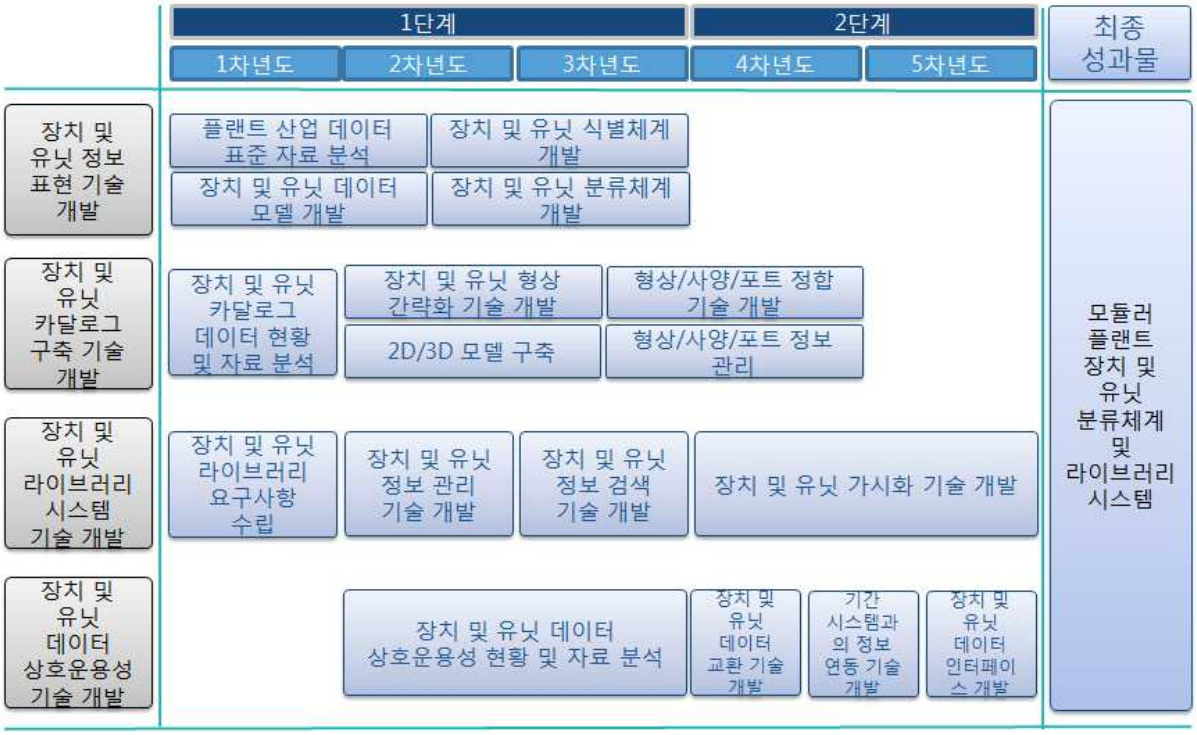
○ 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술



○ 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술



○ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술



Ⅳ. 인력투입 및 소요예산

□ 인력투입계획

연차	연구내용	인력투입 (man/month)			
		수석급	책임급	선임급	원급
1차년도	세부1과제	4	13	18	21
	세부2과제	2	6	11	5
	세부3과제	4	26	30	38
	세부4과제	2	6	8	10
	소계	12	51	67	74
2차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
3차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180

4차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
5차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
계		**108**	**431**	**551**	**794**

□ 소요예산산정

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		797	1,502	1,502	1,502	1,502	6,805
	직접사업비		747	1,505	1,505	1,505	1,505	6,767
	간접사업비		311	605	605	605	605	2,731
	위탁사업비		135	278	278	278	278	1,247
합계			1,990	3,890	3,890	3,890	3,890	17,550
재원조달	정부		1,500	2,925	2,925	2,925	2,925	13,200
	민간	현금	70	120	120	120	120	550
		현물	420	845	845	845	845	3,800
합계			1,990	3,890	3,890	3,890	3,890	17,550

목 차

1장. 기획연구 개요 ····· 1

1절. 연구배경 및 필요성 ····· 1

2절. 정의 및 연구범위 설정 ····· 5

1. “PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술”의 정의 ····· 5

2. 기획연구 목표 ····· 6

3. 기획연구 범위 ····· 7

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 9

1절. 국내외 정책동향 ····· 9

1. 국내외 정책현황 ····· 9

2. 국내외 정책의 시사점 ····· 10

2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 12

1. 국내 시장현황 ····· 12

2. 국외 시장현황 ····· 18

3. 국내외 시장현황의 시사점 ····· 22

3절. 기술동향분석 ····· 24

1. 기술 수준 분석 ····· 24

2. 논문 분석 ····· 39

3. 특허분석 ····· 58

4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 70

1. 관련 기업 ····· 70

2. 관련 연구소 ····· 71

3. 관련 대학 ····· 72

4. 인프라 분석 결과 ····· 74

5절. 중복성 검토 ····· 76

1. 정부출연연구기관 수행과제 중복성 검토 ····· 76

2. 타부처 연구개발과제 중복성 검토 ····· 77

6절. 종합분석 ····· 82

1. 환경분석 ····· 82

2. 정책적 전략 제안 ····· 84

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 87

1절. 비전 및 목표 ····· 87

1. 총괄 과제 비전 ····· 87

2절. 연구개발과제 구성 ····· 90

1. 연구개발과제 선정 체계 ····· 90

2. 핵심 분야 선정 ····· 92

3. 요소 기술 도출 ····· 94

4. 연구개발과제 구성 ····· 98
3절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 102
1. 세부1과제: 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발 ····· 102
2. 세부2과제: 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발 ····· 107
3. 세부3과제: 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발 ····· 111
4. 세부4과제: 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발 ····· 116
5. 세부과제 간 연계관계 ····· 120
4절. 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 122
1. 총괄과제 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 122
2. 세부1과제의 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 123
3. 세부2과제의 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 128
4. 세부3과제의 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 132
5. 세부4과제의 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 137
5절. 기술개발 효과 및 성과 활용방안 ····· 141
4장. 사전타당성 검토 ····· 144
1절. 기술적 타당성 ····· 144
1. 기존사업과의 중복성 ····· 144
2. 기술개발계획의 우수성 ····· 144
3. 기술수준 및 개발 성공 가능성 ····· 148
2절. 정책적 타당성 ····· 151
1. 국가 전략적 중요성 ····· 151
2. 상위계획과의 부합성 ····· 152
3. 사업추진의지 및 관련 기관 협조 체계 ····· 153
4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안 ····· 153
5. 검토결과 ····· 154
3절. 경제적 타당성 ····· 156
1. 경제성 분석 ····· 156
2. 경제·사회적 파급효과 ····· 162
3. 과학기술적 파급효과 ····· 163
4. 경제적 타당성 검토결과 ····· 163
4절. 종합평가 및 결론 ····· 164
1. 정책적 타당성 ····· 164
2. 기술적 타당성 ····· 164
3. 경제적 타당성 ····· 165
4. 제언 ····· 165
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 167
1절. 전체사업 인력투입계획 및 소요예산 ····· 167
2절. 소요예산 산정 ····· 168
1. 예산 산정방법 ····· 168

2. 소요예산 ····· 168
6장. 과제 제안요구서 ····· 171
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 171
1. 연구단 과제 RFP ····· 171
2. 세부과제 RFP ····· 176
7장. 연구개발과제 평가지표 ····· 190
1절. 세부과제별 성과지표 ····· 190

1장. 기획연구 개요

1절. 연구배경 및 필요성

플랜트 설계 및 시공 품질을 제고하고, 극한지에서의 플랜트 건설 시간 및 비용을 단축함으로써, 국내 EPC 산업의 고부가가치 엔지니어링 역량을 확보하여 설계 및 시공 부분의 국제 시장 점유율을 확대하고 새로운 유망 사업 분야를 발굴하기 위하여 국가 주도의 PLM 기반의 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 사업이 시급하게 요구됨

가. 육상 플랜트에 대한 모듈화 설계 기술의 중요성 증대

○ 최근 고유가 등 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으며, 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장 (약 4,120억 boe)되어 있어 전통적인 설계·시공 방식으로는 현장 비용이 높아지고 시공 기간이 증가하게 됨

○ 시공블록모듈 기반의 플랜트 모듈화 설계를 적용한 플랜트 개발 프로젝트의 발주가 급격히 증가 추세 (해상은 활발히 진행되고 있고, 특히 육상플랜트는 현재 1~2%수준이나 2020년까지 10% 수준으로 증가 전망)

○ 육상 LNG 액화플랜트 건설에 있어서 모듈화 전략은 매우 최근의 일로써, 대표적인 프로젝트로 2008년에 종료된 호주의 North West Venture Phase V LNG Expansion 프로젝트가 있음. 이 프로젝트의 성공적 완료 후에 세계 다수의 LNG 프로젝트가 모듈화 시공 전략으로 추진되고 있음

- 선진 엔지니어링 업체는 현재 다수의 육상 플랜트 건설에 시공블록모듈 기반의 모듈화 설계 기술 적용을 시도하고 있음

○ 정책적인 측면에서, 국가산업의 국제 경쟁력 강화를 위한 대규모 원천·실용화 기술개발이라는 국토해양부의 R&D 추진 방향과 일치

- PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 플랜트 건설사업 독자기술 확보를 통한 글로벌 마켓 선도를 위한 건설교통R&D 중장기 계획(2113-2017)에 반영되어 있는 플랜트 엔지니어링 분야 필수 기술로써, 기술집약적 고부가가치 엔지니어링 분야의 시장 경쟁력 확보를 위한 중요 기술임

나. 모듈화 설계 원천 기술 개발의 필요성 증대

○ 전통적인 Stick-built 방식의 플랜트 설계에서 벗어나 모듈 (시공블록모듈 및 공용설계모듈)을 활용하여 플랜트를 설계하기 위해서는 설계 프로세스 및 모델 등의

방법론 정립이 필요함

○ 시공블록모듈 기반의 모듈화 설계 기술은 시운전 시간 단축, 외기조건 따른 영향 감소, 플랜트 모듈 제작 조건의 개선, 제작 전문성 강화의 장점이 있으며 고중량급 크레인 및 수송수단이 개발됨에 따라서 해상 플랜트뿐만 아니라 육상 플랜트에서도 2000년대 후에 모듈러 전략이 적용되고 있음

○ 공용설계모듈 기반의 모듈화 설계 기술은 주문제작방식(Make-To-Order, MTO)의 특징을 갖는 플랜트 산업에서 현재까지 상용화된 기술은 아니지만 설계 표준화/자동화 및 시공 품질 향상의 장점이 있어 산업 파급 효과가 높은 원천 기술이므로 설계 방법론 정립, 공용설계모듈 표준화 등의 기반 구축이 필요

○ 플랜트의 모듈화 추진 타당성을 기획단계에서 검토하기 위하여 모듈화 환경 분석 결과를 바탕으로 기술성 및 경제성 향상을 고려하여 비모듈화 플랜트 대비 경쟁력을 평가하는 기술이 필요

- 이를 위해서는 프로젝트 제안 단계에서 사업 추진방향을 구체화하고 모듈러 플랜트의 경제성 평가, 기술성 평가, 최적 모듈화 비율 산정을 위한 모듈러 플랜트 추진 평가 체계의 정립이 필요

○ 전체 플랜트를 분할 기준(집적성, 조작성) 및 모듈화 비율에 근거하여 시공블록모듈로 분할하고 입지/운송경로/제작장 등을 고려하여 초기 배치하는 기술을 개발함으로써 플랜트 건설 기간을 단축하고 프로젝트의 전체 비용을 절감할 수 있음

○ 플랜트 모듈의 운송을 고려한 모듈 중량, 부피 및 무게 중심 최적화 설계, 지지기구를 활용한 모듈 보강 기술, 모듈 운송 안전성을 고려한 실시간 해석 기술, 선박 및 도로망 등 해상 및 육상 운송 환경을 고려한 모듈 설계 기술이 필요

○ 모듈러 플랜트의 시공 공정, 공정 분할에 의거한 물리적 모듈 최적 공간 배치 기술, 모듈 시공 순서와 충돌 방지를 고려한 모듈 설계 기술, 모듈 시공 고려 장비 크기 및 배관 길이 최소화 등 설계 자동화 및 최적화 기술 개발 필요

○ GIS/GPS 등의 IT 융합 기술을 활용하여 모듈간의 인터페이스 사양 설계 및 교합부 관리, 공차 해석 설계 최적화 기술, 인터페이스 충돌 체크 기술 개발 필요

다. 모듈러 플랜트 설계 지원을 위한 PLM 기술 개발의 필요성 증대

○ 플랜트의 모듈화 설계를 지원하는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술을 개발하면 플랜트 프로젝트의 관리를 효율화하고 참여 기업들 간의 협업을 고도화하며 모듈화 설계 업무를 체계화 및 최적화할 수 있음

- Fast Track 사업수행방식의 일반화, Global Collaboration의 중요성이 커지고 있

어 플랜트의 수명주기 동안 발생한 데이터를 통합적으로 고려하여 설계 단계에서 재활용하려는 노력이 과거 어느 때보다 국제적 관심사로 떠오르고 있음

○ 플랜트 모듈화 설계 기술은 빠른 의사결정, 기본설계 단계에서 상세 정보 생성 및 공유, 기자재 및 모듈 제작업체와의 긴밀한 협업이 요구되어, 이를 지원하는 PLM 기반 설계 지원 인프라의 개발이 필요 함

○ 플랜트 PLM 엔지니어링 데이터베이스는 기존 프로젝트에 대한 정보를 담고 있어 공유 및 재활용이 가능하여 후속 프로젝트의 효율적인 진행을 위한 중요한 자산이며 건설기간 단축이 가능

라. 장치·유닛·모듈 표준화의 중요성 증대

○ 플랜트 모듈화 설계에서는 장치 및 유닛, 시공블록모듈, 및 공용블록모델을 기준으로 설계가 진행되기 때문에 유틸리티와 같은 공용 설비나 자주 사용되는 단위 공정을 표준화하여 설계 과정에서 활용하는 모듈 공용화 기술 개발이 필요함

○ 다양한 플랜트에서 사용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리를 구축한 후 모듈러 플랜트 모듈화 설계 과정에서 필요한 공용 장치 및 유닛을 검색하여 활용할 수 있는 방법 및 지원 시스템이 필요

- 장치 및 유닛의 활용률을 높이고 설계 자동화가 가능하며 데이터 품질 향상
- 설계자들이 동일한 장치 및 유닛 정보를 공유함으로써 플랜트 데이터의 호환성을 높일 수 있어 상호운용성 비용이 감소

○ 플랜트 모듈화를 위해 장치 및 유닛을 기준에 따라 분류하고 라이브러리를 구축하여 설계 과정에서 활용함으로써 장치 및 유닛의 호환성 및 재활용성을 높이고 국내 모듈 업체의 모듈화 역량을 강화함으로써 해외 프로젝트 참여 가능

마. 국내 플랜트 EPC 업체의 기술 경쟁력 확보 필요성 증대

○ 국내업체는 선진 엔지니어링 업체와 FEED, PMC, 및 조달 부문의 기술 격차는 아직도 크며, 최근에 급부상하고 있는 중국 등의 후발주자에 대응하여 EPC 부문의 수주경쟁력을 유지할 수 있도록 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 및 기존 EPC 부문의 고도화가 요구됨

○ 국내업체의 경우 일부 국내 육상 플랜트에 시공블록모듈 기반의 모듈화 설계 기술을 적용하였고, 해외 플랜트의 경우 기술력이 낮아 상세설계나 모듈 제작 분야에 제한적으로만 참여

- GS 건설은 여수국가산업단지 내 No.3 HOU (Heavy Oil Upgrading) 프로젝트에

파이프랙 모듈을 국내 최초로 적용하였고, 대우건설은 나이지리아 EGTL 프로젝트에 참여하여 시공을 담당하였음

○ 국내업체의 해외사업은 모듈화 설계 기술 부족으로 선진 엔지니어링 업체와의 협업을 통한 프로젝트 수주 또는 시공블록모듈 외주 제작 방식임

2절. 정의 및 연구범위 설정

1. “PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술”의 정의

가. 연구개발대상 과제 정의

○ “PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술”은 PLM 기반 설계 지원 인프라를 바탕으로 제작·운송·시공 등의 모듈러 플랜트의 생애주기를 고려하여 기본설계와 상세설계를 수행하는 기술임

- (모듈화) 플랜트의 모듈화는 설계 관점과 시공 관점에 따라 그 정의가 달라짐. 시공 관점의 모듈화는 플랜트 건설 기간 및 비용 단축을 위하여 전체 플랜트를 제작·운송·시공이 용이한 부분 시스템인 시공블록모듈로 나누는 것임. 설계 관점의 모듈화는 설계 표준화/자동화 및 플랜트 시공 품질 제고를 위하여 전체 플랜트를 공정(프로세스) 중심으로 분할하여 표준화한 공용설계모듈로 나누는 것임
- (PLM, Plant Lifecycle Management, 플랜트 생애주기 관리) 플랜트의 설계, 구매, 시공, 운전, 유지관리 및 폐기에 이르는 생애주기 지식의 관리 및 활용 체제와 이를 지원하는 시스템을 의미함

○ 플랜트 생애주기 관리는 자동차, 전자제품 등의 제조업에서 발달되어 온 제품 생애주기 관리(Product Lifecycle Management) 시스템을 플랜트 산업에 특화한 엔지니어링 지원 시스템 인프라로써 프로젝트 협업 지원, 엔지니어링 시스템간의 통합, 프로젝트 관리 최적화, 모듈화 설계 결과 재활용 기능을 제공

[그림 1-1] 플랜트 생애주기 관리

○ 플랜트 모듈화 설계는 자동차, 전자제품, 일반 기계 등의 제조업에서 발달된 제조업의 모듈화 기술을 플랜트 산업에 특화한 설계 방법으로 공용설계모듈과 시공블록모듈을 활용하여 최적 모듈화 비율에 따라 플랜트 설계하는 방법임

[그림 1-2] 플랜트 모듈화 설계

○ 플랜트 모듈화 기술은 모듈러 플랜트의 기획/분할, 상세 설계를 통해 디지털 모듈러 플랜트 데이터를 생성하는 기술이고 플랜트 PLM 기술은 데이터 통합, 정보 분석, 프로젝트 협업을 통해 모듈러 플랜트 프로젝트를 실행하는 기술임

[그림 1-3] 플랜트 모듈화 기술과 PLM 기술과의 상관관계

나. 연구개발대상 과제 목표

○ 플랜트 생애주기를 고려하여 모듈 단위(시공블록모듈 및 공용설계모듈)로 전체 플랜트의 기본 및 상세설계를 하는 기법과 PLM 기반 설계 지원 시스템 인프라를 개발. 본 과제에서 설계 기술의 범위는 개별 공정의 엔지니어링 기술이 아닌 공통 업무 분야의 설계 기술을 의미함

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계기술 확보를 통해 국내업체의 국제 경쟁력 확보 및 이를 통한 해외 육상 플랜트 시장 진출 확대

2. 기획연구 목표

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 연구단의 연구목표, 연구내용, 추진전략 수립

- 국내외 동향 및 환경 분석
- 연구단의 추진방향, 연구성과 달성방안 및 계획수립
- 개발 기술 및 시스템의 현장 적용 및 사업화 방안 제시
- 연구단장 공모 RFP 작성 및 평가기준 설정

○ 연구단 세부과제별 연구개발사업 제안서(RFP)제시

- 개발 대상 주요 요소기술 도출
- 우선순위 평가를 통한 세부과제별 요소기술 선정
- 개발목표 설정, 추진전략, 연구수행방법, 주요 연구내용, 연구성과의 활용방안 및 기대효과 등 제시

3. 기획연구 범위

단계	연구내용	연구범위
1 단계	▪ 기술개발 동향 및 수요조사실시	▪ 기술개발 동향 및 환경분석 - 국내외 정책·시장·기술 동향분석 (주요국의 기술개발 정책 및 시장분석 포함) - 국내외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석 ▪ 기술수요 및 기술예측 조사 실시 ▪ 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발추진방향 정립 (SWOT 분석 등)
2 단계	▪ 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정	▪ 기술개발 전략 수립 - 비전 및 기술발전 시나리오 제시 - 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점분야 설정 - 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 설정

		▪ 연구개발 후보과제 우선순위 도출 - 후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물 설정, 후보과제간 연계 및 중복 검토 등 종합검토 ▪ 과제추진 체계 설정
3 단계	▪ 연구개발과제 기획	▪ 연구 목표 및 범위 설정 - 총괄 과제 목표 및 연구범위 설정 - 세부과제 도출 및 연구내용 설정 - 세부과제 연차별·단계별 성과목표와 성과지표설정 및 성과맵 제시 ▪ 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 ▪ 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 ▪ 인력투입 계획 및 소요예산 산정 - 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립 - 과제별 소요예산 산정
4 단계	▪ 사전타당성 검토	▪ (정책적 타당성 검토) 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토 ▪ (기술적 타당성 검토) 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성 등에 대한 검토 ▪ (경제적 타당성 검토) 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학 기술적 파급효과 등에 대한 검토
5 단계	▪ RFP 작성 및 평가기준 설정	▪ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 ▪ 연차별 평가를 위한 성과목표·지표·마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내외 정책현황

-(국내)정책동향

정부 100대 국정과제: "에너지 자주 개발률 제고"를 선정

○ 정부 2010년도 국정과제: 플랜트 분야 R&D 투자를 활성화하여 플랜트 원천기술을 개발하고, 플랜트 산업을 적극 지원하겠다는 계획이 명시됨

○ 건설교통 R&D 중장기 계획(2013-2017): 지능형 플랜트 엔지니어링 부문의 전략 프로젝트로 PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술을 선정함

○ 지식경제부 기술로드맵: 플랜트 엔지니어링을 주력산업분야로 정의

- (국외)정책동향

○ 연구개발과제와 관련 있는 국외 정책조사·분석을 수행하면 아래와 같음

<표 2-1> 국외 정책동향

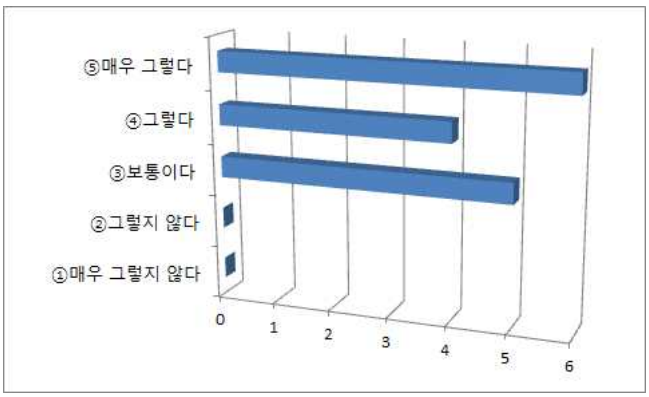
해당국가	정책동향
미국	▪ CII (Construction Industry Institute) 및 FIATECH 의 FIAPP (Fully Integrated & Automated Project Process) 개념: 프로젝트/플랜트 생애주기의 모든 단계, 모든 프로세스에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하도록 함 ▪ FIATECH 컨소시엄: 플랜트 정보 모델을 위한 ISO 10303-221, -227, -231 등의 표준 개발 및 적용 프로그램 진행
유럽	▪ EU FP5 'Modular Plant Architecture (MPA)' project (2001년 ~ 2003년): ▪ 제조업의 생산 조립 플랜트를 대상으로 모듈러 플랜트 아키텍처라는 방법론 및 소프트웨어 툴을 개발 ▪ POSC Caesar, USPI 컨소시엄: 플랜트 정보 모델을 위한 ISO 15926 표준 개발 및 적용 프로그램 진행 ▪ EPISTLE(European Process Industries STEP Technical Liaison Executive) 및 POSC/Caesar 등의 플랜트 관련 유럽 컨소시엄: 플랜트 정보에 대한 표준화 및 이를 활용한 플랜트 정보통합 시스템을 구축하여 업무 프로세스의 단순화와 자동화, 사업주/설계자/시공자 및 공급자 간의 협업 실현을 위해 노력
일본	▪ PlantCALC, PlantEC, VIPNET 프로젝트: 플랜트 장비 및 유닛 데이터에 대한 표준화 및 공유 방법 개발 노력 ▪ JGC 엔지니어링사: LNG 플랜트 설계 및 건설에 모듈 개념을 도입하고 있으며 Toshiba 에서는 원자력 발전소 건설에 모듈 설계 기법을 적용하여 체계화하고 있음

<표 2-2> 국내외 주요 정책현황 분석

구분	주요 현황		발전방향
	국내	국외	
정책 주도 주체	정부	연구소 및 산업체	
주요 정책 내용	▪ 정부차원의 플랜트산업 지원 육성 천명 ▪ 모듈러 플랜트 기술력 확보에 대한 관심과 지원을 표명	▪ 민간 및 산업체, 연구소를 중심으로 플랜트 엔지니어링 효율화를 위한 정보시스템 기술 개발에 몰두하고 있음 ▪ 선진 플랜트 엔지니어링 업체들은 이미 모듈러 플랜트 설계에 대한 기술력들을 확보하고 있음 ▪ 국가 경쟁력 확보차원에서 플랜트 엔지니어링 관리 프레임워크, 정보모델등의 국제 표준화를 적극적으로 추진함	국내: 플랜트 엔지니어링 분야의 기술력 확보를 통한 국가 경쟁력 제고 국외: 국제 표준 및 세부 플랜트 엔지니어링 기술 확보에 대한 우위를 선점하여 시장 우위를 지키는 방향으로 나아감

- 전문가 설문 조사

○ 2012년 7월에 실시한 전문가 설문조사 결과 95% 이상이 플랜트 모듈화 설계기술 개발을 위해 정부차원의 정책적 지원이 필요하다고 응답함



[그림 2-1] 플랜트 모듈화 설계 기술개발을 위한 정부차원의 정책적 지원 필요성

(전문가 설문조사에 대한 상세 내용은 2장 3절을 참조)

2. 국내외 정책의 시사점

○ 미국과 유럽에서는 민간 및 산업체를 중심으로 Fiatech과 POSC Caesar 컨소시엄이 설립되어 플랜트 프로젝트 및 생애주기의 모든 단계에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설 산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하기 위한 연구를 수행하고 있음

○ 국외의 선진 기업들은 콤팩트, 모듈화 설계 원천 기술과 수행 경험을 보유하고, 카르텔을 형성해 시장을 독점하고 있는 실정으로 선도적인 원천 기술의 개발을 통해 시장 참여의 기회를 확보하고 있음

○ 선진국에서는 이미 모듈화 개념을 설계뿐만 아니라 시공에까지 도입하여 상용급 대규모 플랜트를 건설 및 운영하는 등 뚜렷한 경향을 보이고 있음

○ 또한 플랜트 장비 및 유닛 데이터 라이브러리 구축 및 공유를 위해서도 선진국의 경우 중립 데이터 모델을 개발하고 이를 표준화하기 위한 노력을 하고 있음

○ 이에 비해 국내의 경우 정부의 플랜트 엔지니어링 산업에 대한 강력한 지원의지가 천명되어지기는 했지만, 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어적인 측면에 대한 적극적인 지원이 필요한 실정임

○ 특히, 모듈러 플랜트 시장의 발전 전망을 보았을 때, 모듈러 플랜트 설계 지원을 위한 정보시스템 기술의 자체 개발을 통해 국내 산업의 경쟁력을 높이고, 세계시장에서의 우위를 확보할 필요가 있음

2절. 국내외 시장현황 및 전망

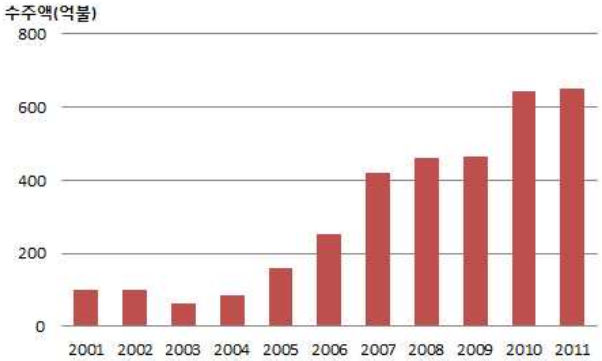
1. 국내 시장현황

가. 플랜트 시장 동향

(1) 국내 업체의 플랜트 수주 실적

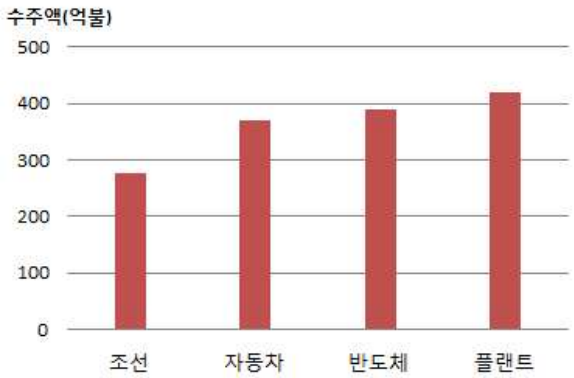
○ 2000년대 이후 건설 산업 전체 해외수주액에서 플랜트 산업이 차지하는 비중은 60%를 넘었고, 2003년 이후 연 50%이상 해외 수주가 급증하며 신 수출동력원으로 급부상하고 있으며 특히 오일쇼크와 외환위기시에는 중동 오일머니 등 외화를 벌어들여 외화유동성 확보에 크게 기여함

- 해외플랜트 수주증가 배경은 산유국들의 산업인프라 투자확대와 에너지/자원 확보 및 유전개발 경쟁에 따른 심해시추선 등 해양플랜트와 오일/가스 프로젝트 발주 증가 등에 기인함
- 2007년의 경우 수주 실적은 422억불로, 기존 수출 주력 산업인 반도체, 자동차, 조선 산업보다 국내 산업에서 차지하는 비중이 커짐



[그림 2-2]] 국내 업체의 연도별 플랜트 수주 실적

(출처: 지식경제부, 보도자료)



[그림 2-3] 2007년 주요 산업 실적 비교

(출처: 한국과학기술평가원 (KISTEP), 동향 브리프, 플랜트 산업 기술과 정책동향, 2010)

○ 2008년 기준 분야별로는 자원개발용 해저시추선(Drill Ship) 등 해양플랜트 수주가 급증하여 161억 달러 (전년 대비 18% 증가)을 기록한 반면 석유화학, 발전 및 담수설비는 전년도 발주확대에 따른 물량 감소와 발주지연 등으로 전년대비 각각 36%, 21%의 감소

- 2008년 지역별로는 중동지역이 상반기까지 고유가에 따른 오일머니를 활용한 오일/가스, 석유화학, 정유시설 등 산업인프라 투자확대로 200억불을 수주하며 전년대비 63% 증가하였고, 미주지역이 자원개발 경쟁에 따른 해저시추선 등 해양플랜트 수주가 전년 대비 221%증가한 123억불을 기록함

○ 2009년 국내 EPC 업체들의 해외플랜트 수주액은 2009년 463억 달러(263건)를 기록하여 전년도 수주실적(462억 달러)에 비해 0.2% 증가됨으로써 2008년 하반기부터 시작된 글로벌 금융위기, 투자 위축 등 악조건에도 불구하고 수주액 면에서 괄목할 만한 성과로 평가됨

- 2009년 권역별로는 플랜트 주력 시장인 중동에서 대형 Oil & Gas, 발전 프로젝트 등 에너지 분야의 플랜트 수주가 호조세를 기록하며 플랜트 전체 수주액의 약 67%에 해당하는 311억 달러를 수주하였음 (전년 대비 55% 증가)

- 2009년 주요 건설 업체별 플랜트 수주 실적을 보면, 삼성 ENG, GS건설, 현대중공업, SK건설 등 상위 5개사의 수주액이 293억 달러로 점유율이 63.4%에 이름. 이외에 대림산업, 대우건설 등 상위 10개사의 수주점유율은 전체의 86.6%로 큰 비중을 차지함

○ 2010년 해외플랜트 수주액은 2009년 대비 39.3% 증가한 645억 달러를 기록하며 사상최대 수주 실적을 달성함

- 2010년 초 유로화 약세로 인한 가격경쟁력 약화, 원자재가 상승 등 불리한 상황에도 불구하고 플랜트 수주가 증가한 것은, 산유국의 에너지 플랜트 투자 확대와 개도국의 산업설비 확충 등으로 인한 프로젝트 발주 증가, 그리고 국내 기업들의 적극적인 수주활동에 기인한 것으로 분석됨

○ 2011년 해외플랜트 수주액은 2010년과 유사한 규모인 650억 달러로 집계 됨

○ 2012년 이후 국내 EPC 업체들의 해외플랜트 수주전망치는 2015년까지 증가세를 기록할 것으로 전망되며 주요 업체들을 중심으로 EPC 전체를 수주, 공사를 수행할 수 있는 국내 업체들의 역량과 대외 수주경쟁력이 근간이 됨

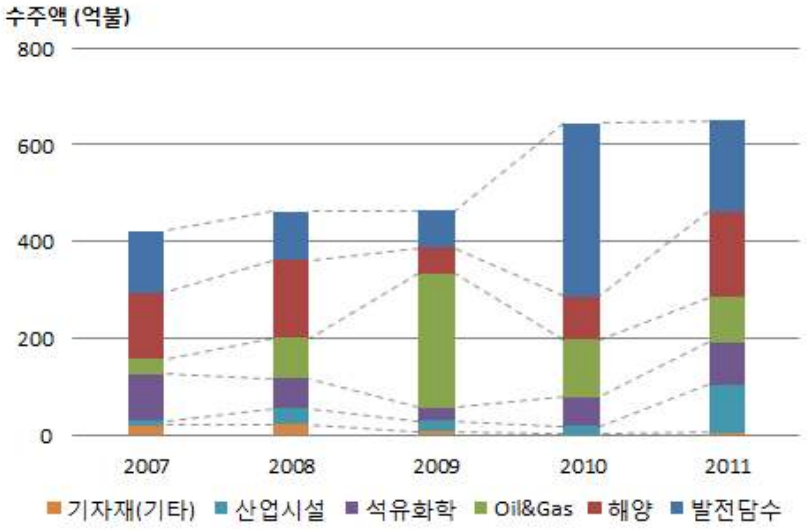
- 해외시장 전망과 우리의 경쟁력을 기초로, 2015년 한국의 해외 플랜트 수주액은 890억 달러(보수적 관점)~1,000억 달러(일반적 관점)에 이를 것으로 전망됨

<표 2-3> 2007년과 2008년 플랜트 부문별 외화 수주액 (백만불, %) (출처: 산업연구원(KIET))

구분		2007		2008		
		실적	점유율	실적	점유율	증감율
계		42,162	100	46,207	100	10
설비	발전· 담수	12,794	30	10,086	22	-21
	해양	13,685	33	16,144	35	18
	Oil&Gas(육상)	3,058	7	8,277	18	170
	석유화학	9,723	23	6,188	13	-36
	산업시설	849	2	3,454	7	306
	기자재	1,953	5	2,058	5	5

<표 2-4> 2010년과 2011년 플랜트 부문별 외화 수주액 (백만불, %) (출처: 산업연구원(KIET))

구분		2010년(누계)		2011년(누계)		
		실적	점유율	실적	점유율	증감율
계		64,480	100	64,984	100	0.8
설비	발전·담수	35,914	56	18,876	29	-47.4
	해양	8,860	14	17,597	27	98.6
	Oil&Gas(육상)	11,964	19	9,362	14	-21.7
	석유화학	6,066	9	8,741	14	44.1
	산업시설	1,498	2	9,923	15	562.4
	기자재	178	0.3	485	0.7	172.5



[그림 2-4] 국내 업체의 산업별 플랜트 수주 실적

(2) 국내 업체의 플랜트 시장 점유율

○ 2005년도 기준으로 우리나라는 9위권의 플랜트 수주 규모를 보이고 있으나, 시장점유율은 2% 수준으로 매우 작은 규모였음. 2006년 세계 250대 기업들의 플랜트 매출액에서 국내 기업이 차지하는 비중은 약 3.19%로 다소 증가 (출처: ENR)

- 국내 건설 기업체의 해외 수주 실적이 크게 증가하고 있지만, 미국(1위)의 약 5% 수준으로 매우 작은 점유율을 보이고 있음

○ 2009년도 이후부터 2015년까지 국내 EPC 업체들의 플랜트 시장 점유율을 꾸준히 증가하여 2015년에는 8%(보수적 관점)~9%(일반적 관점)의 시장점유율을 보일 것으로 예상됨

<표 2-5> 국내 EPC 업체들의 플랜트 시장 점유율 전망(출처: 산업연구원(KIET))

※주: 시나리오 1은 보수적 관점, 시나리오 2는 업계의견 등을 고려한 일반적 관점임

나. 플랜트 엔지니어링 시장 동향

○ 국내 기업의 EPC 플랜트 수주는 산업별로 차이가 있으나 대부분 상세설계 및 시공에 편중됨

- FEED 및 기본설계 부문은 공정 라이선스를 확보하고 있는 선진 엔지니어링 기업들의 경쟁력이 높고, 주요 공정 장비 및 기자재도 라이선스에 결부되어 국내 기업의 시장점유 확보가 제한적임
- 설계분야에 있어 국내 기업은 토목/건축 분야의 기본설계와 기계/전기 분야의 상세설계를 주로 담당함

○ 플랜트 건설 프로젝트에서 전체 투자비 대비 FEED, 개념, 기본 및 상세설계를 포함한 엔지니어링이 차지하는 비중은 보통은 10% 이나, 미국 CII (Construction Industry Institute) 에서는 최대 20%까지도 계산함

- 국내 기업의 엔지니어링 기술 수준이 상대적으로 열세인 점을 고려하여, 국내 기업의 엔지니어링 시장 점유율을 국내 기업 플랜트 점유율의 5%로 가정할 경우 <표 2-6>와 같은 예측이 가능함

○ <표 2-6>를 보면 2015년 국내 EPC 업체들의 플랜트 엔지니어링 시장 점유율은 4%(보수적 관점)~4.5%(일반적 관점)에 이를 것으로 전망됨. 수주 금액으로는 44억

(보수적 관점)불~50억불(일반적 관점)에 이를 것으로 전망됨.

- 엔지니어링 시장 점유율을 0.5% 증가시킬 경우 약 6억불의 수주 전망의 차이를 보임

<표 2-6> 국내 EPC 업체들의 플랜트 엔지니어링 시장 점유율 전망

다. 모듈러 플랜트 시장 동향

(1) 모듈러 플랜트 시장

○ 국내 기업의 모듈러 플랜트 수주를 살펴보면 해양플랜트는 활발하나 육상 플랜트의 경우 수주가 매우 미비한 실정임

- 2010년 국내 기업의 세계 해양플랜트 수주 실적은 257억불로 같은 해 세계 해양플랜트 시장 규모인 1,916억불의 15%에 해당함. 해양플랜트는 95%이상 시공블록 모듈 중심의 모듈러 방식으로 설계/시공되어지고 있음
- 국내 기업의 해양플랜트 수주금액 기준 실적이 수주건수 기준에 비해 현저히 낮은 이유는 기자재 국산화율의 저조, 국내 기업의 수주범위가 상세설계 및 시공에 편중된 점, 그리고 국내 조선사들은 해상 플랫폼 건조에는 강점이 있으나 시장규모가 더 큰 심해저 (subsea) 시장진출을 못하고 있는 점 등이 있음

○ 전문가 설문조사 결과 국내 기업의 세계 모듈화 시장 점유율은 약 1%에서 5% 사이에 분포하는 것으로 조사되었으며, 본 연구에서는 2010년을 기준으로 전체 플랜트 시장규모 (8,240억불) 대비 국내 기업이 수주한 해양플랜트 수주액 (257억불)의 비율로 약 3.1% 로 추산함

○ 이 비율은 국내 기업의 해외 플랜트 시장 점유율로 추산되는 6% (보수적 관점) ~ 6.5% (일반적 관점)에 비해 매우 미진한 것으로 판단되므로 국내 기업의 모듈러 플랜트 시장 점유율의 증대가 중요시 됨

(2) 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장

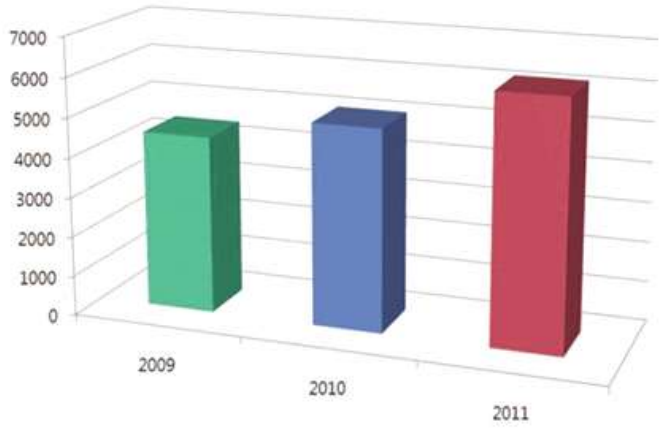
○ 국내 기업의 엔지니어링 기술 수준이 상대적으로 열세인 점을 고려하여, 국내 기업의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 점유율은 모듈러 플랜트 점유율의 5%로 가정할 수 있음

라. 플랜트 PLM 시장 동향

○ 국내에 PLM이 도입된 지 15년 정도 되면서 많은 기업들이 개념과 필요성에 대해 인식하고 있으며 글로벌 PLM 시장이 성장하는 만큼 국내 PLM 시장 규모 역시 꾸준히 성장할 것으로 기대됨

- 국내 플랜트 PLM 은 선진국(유럽, 미국 및 일본 등) 대비 70% 수준으로 기술격차는 3~5년 정도로 추정됨

○ '2011한국 산업자동화시장 전망보고서'에 따르면 2010년 국내 PLM 시장규모는 약 5,065억원 규모이며 2020년까지 연 10% 성장하여 2020년에는 1조원 규모의 시장이 형성될 것으로 예측됨



[그림 2-5] 한국 PLM시장 규모 (단위: 억원)

○ 대기업뿐 아니라 중소기업들도 PLM 도입에 뛰어들고 있고 공급 업체에서도 대기업 시장이 포화상태에 이르렀다고 판단하고 중소기업 시장에서 경쟁을 펼치고 있는 상황이며 중소기업에 특화된 제품 수요가 지속적으로 증가하고 있음

- 국내에 대표적인 PLM 솔루션 소프트웨어 기업 및 국내 PLM 개발 best practice가 없어서 외산 PLM 솔루션을 구입하는 등 해외 소프트웨어 기술에 의존하고 있음. 제조업 분야의 중견 기업 및 일부 대기업에서는 자체 개발을 하고 있음

○ PLM 시장이 여러 산업부분으로 확장되어지고 있으나, 플랜트를 위한 국내 개발 PLM은 부재한 실정이며 시스템 도입 시 대부분을 customizing을 하므로 비용과 시간이 많이 걸리고 있음

2. 국외 시장현황

가. 플랜트 시장 동향

○ ENR지에 의하면 세계 플랜트 산업 관련 시장은 2002년 이후 2009년 까지 연평균 14%의 성장률로 꾸준히 증가하였음

- 2009년 세계 금융위기의 여파로 침체기를 맞이하였으나, 경기회복 및 에너지 자원개발 활성화로 지속적으로 성장함

○ 2009년부터 2020년까지의 성장률을 7.3%로 예측할 경우 2015년까지 11,100 억불, 2020년까지 15,810억불 규모의 시장이 형성될 것으로 예측됨

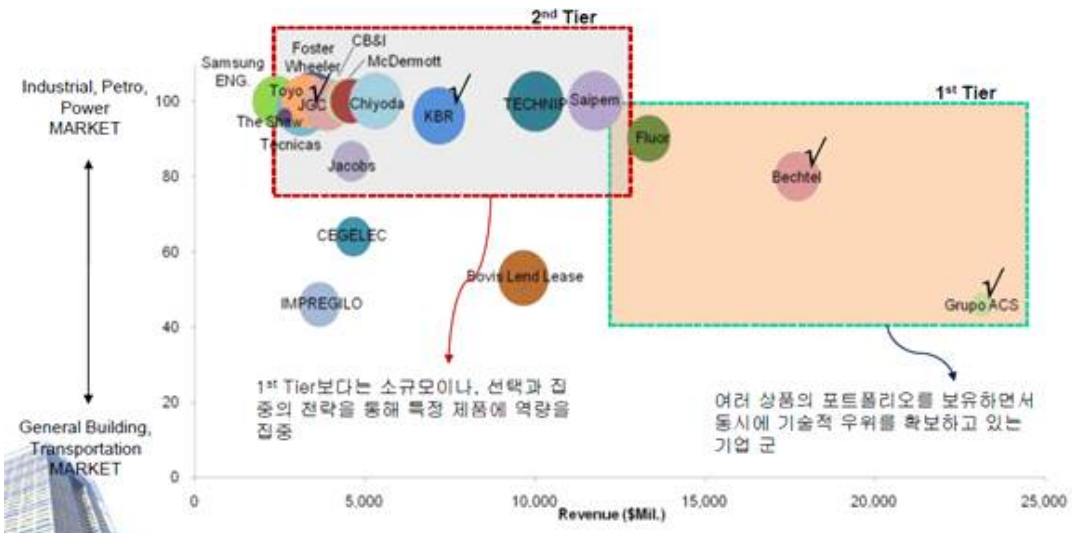
[그림 2-6] 전세계 플랜트 시장 규모 및 전망

(출처: GS E&C 이우찬 상무, 한국플랜트 EPC 기업의 현재와 미래, 2010.)

○ 플랜트 산업별로 석유 및 가스, 발전 등 에너지 분야가 전체의 65% 내외를 차지하고, 석유 화학, 제조, 담수 플랜트 등 비에너지 분야의 시장이 나머지 35%를 차지함

○ 플랜트 세계 시장은 상위 10개국이 전 세계 플랜트 시장의 90%를 차지하고 있을 정도로 소수 선진국의 지배력이 강한 독과점시장임

- 그 가운데서도 미국, 중국, 프랑스, 일본, 스페인의 선진 5개국이 세계 플랜트 산업의 81% (2006년 기준)를 점유하고 있음
- 선진업체의 시장지배의 특징은 높은 기술력과 앞선 EPC 솔루션 제공능력, 광범위한 서비스 제공능력에 있음



[그림 2-7] 선진업체 시장지배의 특징 (출처: Top Global Contractors 2008 (ENR))

나. 플랜트 엔지니어링 시장 동향

○ 2000년에서 2005년까지 ENR에 나타난 세계 200대 플랜트 엔지니어링 기업의 매출을 통한 점유율은 석유/석유화학 (55%), 산업용 플랜트 (17%), 전력 (16%), 유해폐기물 (7%), 제조 (5%) 등의 순으로 나타남.

○ 전체 플랜트 시장에서 플랜트 엔지니어링 시장이 차지하는 비중은 플랜트 산업별 그리고 엔지니어링 수행 단계별로 상이하여 일반적으로 프로젝트 단위의 플랜트 투자비 대비 엔지니어링 비용을 기준으로 추산함

○ 일반적으로 전체 투자비 대비 엔지니어링이 차지하는 비중은 10%로 추산가능하나, 최대 20% 정도까지 산정되며 특히 프로젝트의 신규성이 높을수록 FEED 및 기본설계 등의 엔지니어링 비중이 증가함 (표 2-7)

<표 2-7> 플랜트 설비 투자비 구성 비율 실례

구분	미국	일본	한국
Engineering	10	7.7	14
Equipment Cost	29	52.7	31.4
배관 및 Bulk 자재비	27		15.6
Construction Supervision	2.8	2.7	33
시공 직접 인건비	25.5	26.2	
시공 간접비	5.7	10.7	6
합계	100	100	100

(출처: 미국 C사 Plant Cost Index/일본 산업기계공업협회 Cost Index/한국S사 내부자료)

다. 모듈러 플랜트 시장 동향

(1) 모듈러 플랜트 시장

○ 플랜트 기자재에 전장과 기장을 통합한 패키지의 경우 많이 적용되고 있으나 여러 개의 패키지를 묶어서 모듈화한 사례는 극히 적고 문헌에서 찾을 수 있는 수준으로 육상 플랜트의 경우 전세계 모듈러 플랜트 실적이 극히 미비함 (해양 플랜트를 제외할 경우)

○ 2010년 기준으로 세계 해양플랜트 시장의 규모가 1,916억불로 추정집게 되었으며, 이는 전체 플랜트 시장의 규모인 8,240억불의 23%에 해당함

- 해양플랜트는 95%이상 시공블록모듈 중심의 모듈러 방식으로 설계/시공되어지는 것을 감안할 때 해양 플랜트를 포함한 전체 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 2011년 기준 약 25% 내외로 추정됨
- 설문을 통한 전문가 의견수렴 결과 20% 이내로 추정한 의견이 전체의견의 95%에 해당함

○ 세계시장에서 모듈러 플랜트 기술은 극한지나 오지에서 현장 시공 생산성을 높이거나, 기타 지역에서 시장선점을 위한 공기절감을 목적으로 육상 플랜트에서의 급격한 양적성장이 기대됨

- 육상 플랜트의 경우 플랜트 전체를 모듈화 할 필요는 없으며 프로젝트 기간과 비용을 고려하여 최적의 모듈화 수준을 결정하는 것이 중요함
- 최근에는 선진 엔지니어링 업체들이 발주한 플랜트 프로젝트 대부분이 부분 또는 전체 시공블록모듈 중심의 모듈화 설계를 적용하는 추세임

○ 최근 모듈러 플랜트의 증가추세를 반영한 전문가 설문 결과를 종합적으로 분석할 때 2020년까지 세계 모듈러 플랜트 시장의 규모는 전체 플랜트 시장 규모의 약 35% 정도로 추산됨 (현재 25% 대비 약 10% 증가)

- 설문을 통한 전문가 의견수렴 결과 설문대상자의 과반수이상이 30~40% 이내로 추정함

(2) 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 규모는 일반 플랜트와 비교하여 엔지니어링의 비중이 높으나 보수적으로 산정할 경우, 일발 플랜트와 동일한 수준인, 전체 모듈러 플랜트 시장 규모의 10%로 가정할 수 있음

라. 플랜트 PLM 시장 동향

○ 2011년 기준 세계 플랜트 PLM시장은 전년대비 15.2% 성장한 300억불 정도로 추산되며, 이후 연 4%로 성장할 경우 2020년까지 약 420억불 규모의 시장으로 성장할 것으로 예측됨(출처: CIMdata, American PLM Market & Industry Forum)

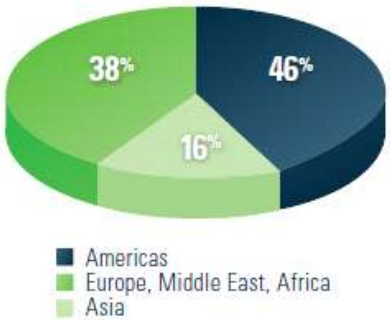
○ Daratech의 시장점유율 보고서에 따르면, 플랜트 엔지니어링 S/W에 대한 시장규모가 2010년 기준으로 약 22.6억 달러임(출처: Bentley 2010 Annual Report)

- 시장규모의 추이를 살펴보면, 플랜트 시장의 성장과 함께 플랜트 엔지니어링 S/W에 대한 시장도 함께 성장하였음. 2020년까지 플랜트 시장이 연 6% 성장할 것으로 예측되므로, 이에 따른 엔지니어링 S/W 시장도 성장할 것으로 예상됨
- 플랜트 엔지니어링 S/W에 대한 지역별 매출을 보면, 벤더 마다 약간의 차이는 있지만, 북미지역이 전체매출의 약 46%, 유럽 및 중동 지역이 약 36~38%, 아시아 지역이 약 16~18%를 차지하고 있음

○ 세계 건설 및 건설IT융합 시장을 각각의 성장률(4.5%, 4.77%)을 바탕으로 예측하면 2020년 12.7조, 0.41조 달러로 예상되며, 또한 자체 회귀방법으로 2020년까지 세계 건설IT융합시장을 예측하면 시장 규모는 0.45조 달러로 예상됨

[그림 2-8] 플랜트 자동화 및 관리 S/W 부문 시장 점유율

(출처: Bentley 2010 Annual Report)



[그림 2-9] 플랜트 자동화 및 관리 S/W의 지역별 매출

(출처: Bentley 2010 Annual Report)

3. 국내외 시장현황의 시사점

가. 해외 플랜트 시장 및 국내 업체의 플랜트 시장 점유율 증가

○ 2015년까지 세계 플랜트 시장의 연평균 성장률은 7.3%, 국내 EPC 기업의 세계 플랜트 시장 수주금액의 연평균 성장률은 11%로 국내 EPC 기업들의 세계 플랜트 시장 점유율이 꾸준히 증가될 것으로 예상됨

○ 국내 기업의 EPC 플랜트 수주는 산업별로 차이가 있으나 대부분 상세설계 및 시공에 편중되어 있어 세계 플랜트 시장에서 국내 EPC 기업의 지속적 성장 및 점유율 증대를 위한 프로젝트 기획, FEED, 그리고 기본설계 기술 확보의 중요성이 증대됨

나. 세계 플랜트 시장에서의 모듈러 플랜트 비율 증가

○ 2011년을 기준으로 해양 플랜트를 포함한 전체 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 약 25% 내외로 추산, 2020년까지 세계 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트의 비율이 약 35%로 증가하는 것을 예측됨

○ 전문가 설문조사 결과 국내 기업의 세계 모듈화 시장 점유율은 약 1%에서 5% 사이에 분포하는 것으로 조사되었으며, 본 연구에서는 약 3.1% 로 추산함

- 이 비율은 국내 기업의 해외 플랜트 시장 점유율로 추산되는 6% (보수적 관점) ~ 6.5% (일반적 관점)에 비해 매우 미진한 것으로 판단되므로 국내 기업의 모듈러 플랜트 시장 점유율의 증대가 중요시 됨

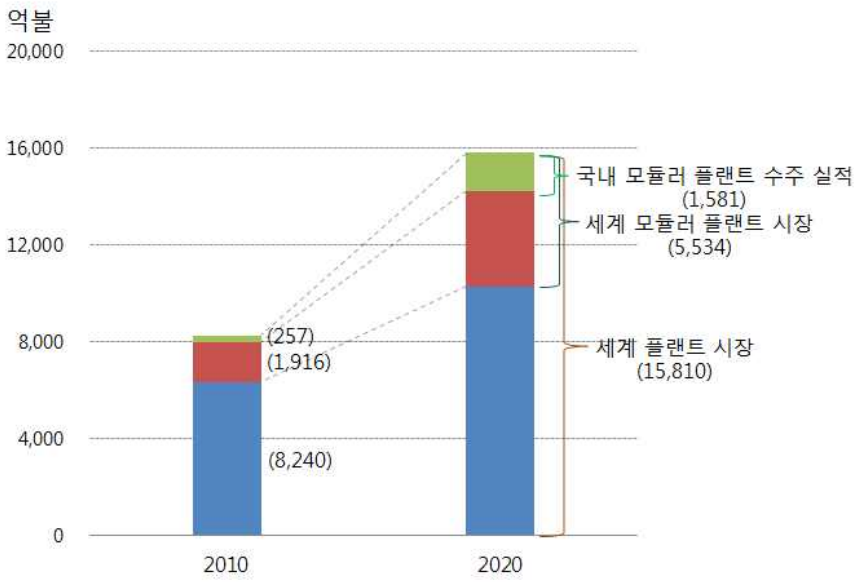
○ 2020년까지 세계 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트의 비율이 약 35%로 증가하는 것을 예측할 때, 국내 EPC 기업의 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술 확보를 통해 모듈러 플랜트 수주율은 세계 모듈러 플랜트 시장의 30%, 전체 플랜트 시장의 10% 이상으로 증가하는 것으로 전망함

다. 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 점유율 증대의 중요성 증대

○ 일반 플랜트 건설에서 엔지니어링이 차지하는 비중은 일반적으로 약 10% 정도로 추산되며 모듈러 플랜트에서는 기획 및 엔지니어링 비율이 일반 플랜트에 비해 다소 높은 것으로 나타남

○ 국내 기업의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 점유율은 국내 기업의 엔지니어링 기술 수준이 상대적으로 열세인 점을 고려하여, 모듈러 플랜트 점유율의 5%로 가

정되어 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술을 지원하기 위한 PLM 기술의 확보가 중요한 것으로 판단됨



[그림 2-10] 국내 기업의 모듈러 플랜트 수주 실적 및 전망

3절. 기술동향분석

1. 기술 수준 분석

가. 기초자료 수집/분석

○ 본 기획사업의 국내 기술 동향 분석을 위해서 다음과 같은 조사를 실시하였으며, 이는 기술 수준 분석결과에 따른 연구개발 방향 설정의 기초자료로 활용함

- 산업체 방문 전문가 면담

<표 2-8> 산업체 방문과 전문가 면담 일정 정리

구분	회사명	방문일자	주력업종	모듈라 EPC 활동
육상플랜트 EPC	D중공업	2012.8.17	해수담수화 및 발전	-해수담수화 모듈설계/제작/조립 -발전분야 모듈화
	S건설	2012.8.17	석유화학, 오일& 가스, 발전	-해외(예, 휴스톤) 엔지니어링센터 -FEED 검증 연구 -해외 모듈화제작 공장 검토
	H엔지니어링	2012.8.20	석유화학, 발전, 수처리	-담수 등 수처리 분야 모듈 설계 -모듈 표준화 및 도면 표준화 시도
	S물산	2012.8.31	발전, 수처리	-종합 EPC 수행 -모듈러 설계 고려중
해양플랜트 EPC	S중공업	2012.8.7	선박 및 해양플랜트	-해양플랜트 모듈 설계/제작/설치 -FEED 수행 -모듈설계 최적화 연구
모듈제작	S공업	2012.8.7	선박 및 해양플랜트 모듈제작	-스키드 및 모듈 제작 납품 (예, 20x20x8m, 약 800톤) -모듈 공간 설계

- 관련 학회 공개 워크샵 개최(한국 캐드캠 학회)

○ 본 연구개발사업 기획의 일부결과를 학술대회의 별도 세션에서 발표후 의견 수렴

○ 2012년 한국 캐드캠학회 하계학술대회 플랜트 IT 융합 세션, (기간: 2012.8.22~2012.8.24, 장소: 여수 디오션리조트)

<표 2-9> 관련학회 공개 워크샵 발표 내용

제목	발표자
PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 접근법	서효원, 윤병일
플랜트 모듈화 설계기술에의 CAPD 응용	박찬국, 김형진
플랜트 공차 해석 및 설계	박상호, 임태수, 손준봉
LNG BSU 모듈화 설계 Case Study	김형진, 박찬국
LNG플랜트 테스트베드를 이용한 RAM 솔루션 적용성 평가에 관한 연구	이홍철, 최재붕

- 전문가 설문 조사

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 수요에 대한 조사를 전문가들을 대상으로 설문조사

- 설문대상자: 플랜트 산업 전문가 23명
- 기간: 2012.7.16.-2012.7.31.
- 기관 형태: 대기업, 중소기업, 연구소
- 플랜트 산업 구분: Oil & Gas, 정유, 석유화학, 발전, 해양, 플랜트 IT

나. 국내외 기술 확보현황

○ 국내외 기업 및 기관들에 대한 핵심기술 확보현황을 살펴보면 아래와 같음

<표 2-10> 해외 플랜트 PLM 소프트웨어 기업

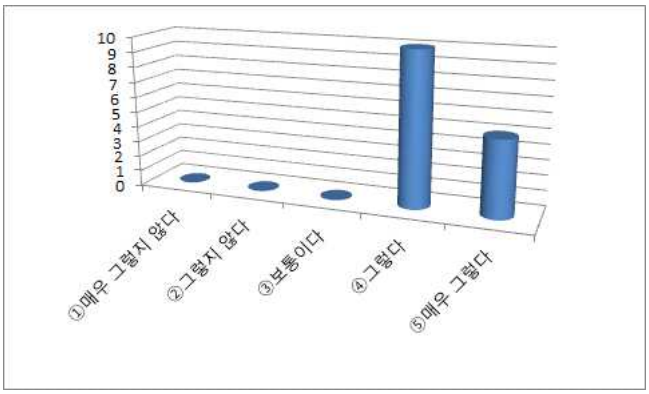
업체명	중점 분야	업체별 현황
Intergraph	▪ 주요모듈 SmartPlant Foundation, SmartPlant P&ID, SmartPlant Electrical, SmartPlant Instrumentation, FrameWork Plus, PDS, Marine	▪ 단편적인 기능 구현을 통한 고객 대응보다는 단계별로 정확하게 기능을 구현 ▪ 플랜트나 조선 산업과 같은 중후장대형 산업의 까다롭고 복잡한 업무 절차를 지원하는 업무 프로세스에 대한 핵심 제품과 기술을 보유 ▪ 플랜트 자재관리 전문 S/W MARIAN 개발 업체인 독일 DEBS사 인수 ▪ 배관 서포트 전문 S/W업체인 캐나다 PELICAN FORGE사 인수 ▪ 해석솔루션 CADWorx 공급자 COADE사 인수
Aveva	▪ 주요모듈 V-NET, VPE P&ID, AVEVA Cable Design, VPE Workbench, PDMS, VPRM	▪ 프로젝트 규모의 무한 확장 가능, 다중 유저 동시 작업으로 설계 효율성 증대, 모든 객체의 데이터 변경 추적 및 관리기능 제공 ▪ 응용 프로그램에 대한 전사적 통합, 부서 및 협력업체 간의 협업체제 기술 보유
Bentley	▪ 주요모듈 Project Wise, Plant Space P&ID, Elementary Electrical Diagrams, Instrumentation&Wiring, Bentley Structural, Plant Space	▪ 회사 혹은 프로젝트에 적합한 데이터 연계를 위한 데이터 호환성 및 컨버전스 기술 보유 ▪ 엔터프라이즈 인포매틱스 인수: 형상관리 부문

○ 국내 EPC 기업들이 수행한 시공블록모듈 중심의 주요 모듈러 플랜트 시공사례 및 핵심사항은 아래와 같음

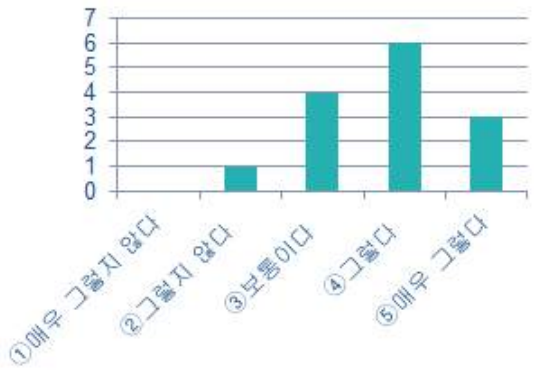
<표 2-11> 국내 EPC기업별 주요 모듈러 플랜트 시공사례

기업	프로젝트	지역	핵심사항
GS건설	GS 칼텍스가 발주한 No.3 HOU (중유질분해 시설) 프로젝트	여수국가산업단지	• 여수국가산업단지 내 GS Caltex가 발주한 총사업비 약 3조원 규모 (국내 최대 규모)의 '지상유전'이라 불리우는 No.3 HOU (Heavy Oil Upgrading) Project • 신공법 도입으로 공기단축에 따른 간접비용 70억원 절감 등 총 100억원의 비용 절감효과 및 유사 프로젝트 대비 21개월, 계획 공기 대비 2개월 공기가 단축된 것으로 분석됨
대우건설	EGTL 프로젝트(가스 플랜트 공사)	나이지리아	• 가스를 원료로 GTL Process를 통해 액화 GTL Fuel(Diesel) 및 나프타, LPG를 생산하는 공장으로 EGTL은 에스크라보스(Escravos) 지역의 Gas To Liquid의 약어임 • 현장과 모듈 작업장의 동시 작업이 가능함으로 인해, 공기단축의 사례를 확인했고, 시간의 단축과 높은 생산성으로 인해 공사비 감소의 가능성도 볼 수 있었음
대우조선해양	Khanom Power Plant	태국	• 태국의 Khanom Power Plant는 75MW 규모의 화력발전설비로 1개의 모듈(W=36m, L=82.5m, H=10~50m, Wt=7,000톤)을 국내 Barge Type으로 제작한 후 운송선에 실어서 태국 연안까지 운송한 후 수심이 낮은 태국 연안에서 설치위치까지는 Floating 상태로 운송하여 설치를 완료함 • 모듈 공법을 적용함으로써 Stick 공법으로 건설시의 예상소요공기 4년을 2년으로 단축하였으며, 전체공사비도 Stick 공법으로 건설하는 경우의 60% 정도로 완료한 것으로 보고됨

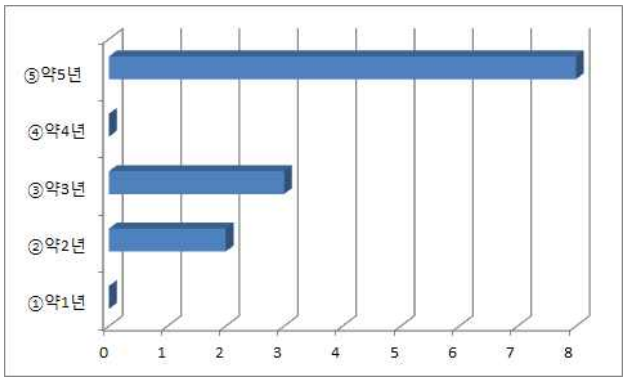
○ 전문가 대상 설문조사 결과



[그림 2-11] 플랜트 모듈화 설계 기술의 중요성 정도



[그림 2-12] 플랜트 모듈화 설계 기술의 확보 시급성 정도



[그림 2-13] 플랜트 모듈화 설계 기술의 선진국과의 격차 정도

다. 국내외 기술현황

(1) 플랜트 모듈설계 PLM 기술

<표 2-12> 국내외 기술현황 분석 내용

	현황	문제점
플랜트 모듈설계 PLM 기술	• 플랜트 PLM은 현재 플랜트 생애주기 중 크게 설계 및 조달 영역 중심으로 적용되어 오고 있음 • 미국이나 유럽을 비롯한 선진국에서는 이미 1990년대부터 플랜트 정보관리 시스템에 대한 지속적인 연구를 진행 • 플랜트 생애주기 단계의 다양한 이해관계자들 사이에 의사소통 및 협업을 지원해주는 기술이 중요해지고 있음 • 모듈러 플랜트 EPC 단계의 기반이 되는 기술로서 엔지니어링 프로젝트 관리 기술이 주목을 받고 있음 • 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리기술은 fast track 사업수행방식의	• 국내 플랜트 건설 기업은 주로 외산 PLM 솔루션을 customizing하여 쓰고 있음 • 모듈러 플랜트 설계를 지원하는 PLM은 전무함 • 플랜트 PLM 구현에 필요한 모든 기능들을 어느 한 회사가 개발하지는 못했으며, 각 분야에서 선도적인 업체들끼리 연합하여 필요한 시스템을 제공하고 있는 실정 • 협업관리를 위한 워크플로우 정의 및 실행 기술, BPM 기술, 협업관련 정보 공유 및 정보 보안 기술 등 관련 연구들이 꾸준히 진행되어 왔으나 모듈러 플랜트에 특화된 협업관리 기술은 미비한 편임 • 모듈러 플랜트에 특화된 프로젝트 관리

	일반화, global collaboration의 필요에 따라 중요성이 커지고 있는 기술임 • 모듈러 플랜트 라이프사이클 전반의 효율화를 위해 정보검색 및 분석 기술 등이 요구되어지고 있음	기술과 관련한 연구들은 일부 있었지만, 소수에 그침. 특히 멀티 프로젝트 관리에 대한 연구는 취약함 • 모듈러 플랜트 요구사항 관리 기술은 플랜트 PLM 시스템뿐만 아니라 일반 PLM 시스템에도 아직 보편화가 안 되고 있는 실정임

(2) 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본 및 상세 설계 기술

<표 2-13> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본 및 상세 설계 기술 현황

	현황	문제점
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본 및 상세 설계 기술	• 해외 선진 기업에서는 이미 모듈러 플랜트 개념을 설계뿐만 아니라 건설 및 유지보수에까지 도입하고 있음 • 선진업체의 경우, 그동안의 경험과 쌓아놓은 지식들을 체계화하여 모듈러 플랜트 기획 단계에서부터 기술성 및 경제성 평가를 시행하는 기술력을 보유하고 있음 • 최근 모듈러 플랜트 수요가 증가함에 따라 모듈러 플랜트 건설비용의 비교 평가, 모듈러 플랜트의 생산성 평가, 위험도 평가 등의 연구 결과가 보고되고 있음 • 최근 기능별 플랜트 구성 요소 분할을 통하여 공용설계모듈의 표준화가 검토되고 있고 모듈 제작 주체별 시운전 및 평가를 통한 품질 관리가 시도되고 있음 • 토목 분야의 대형 구조물이나 해양 플랜트 분야에 개발된 구조물 안전 해석이나 선적 시뮬레이션 등의 기술을 바탕으로 육상 플랜트 건설 현장으로의 모듈 운송, 선적, 하역 요구사항을 고려한 모듈화 설계 기술이 개발되고 있음 • Stick-built 플랜트의 경우 설계 과정에서 3D CAD 모델 기반 플랜트 시공 시뮬레이션을 활용한 사전 점검 등의 기술이 활용되고 있음	• 전 세계적으로 모듈러 플랜트의 수요가 높아지고 있으나 국내의 경우 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계에 대한 핵심 기술을 확보하지 못했으며, 모듈러 플랜트 상세설계 기술 수준도 낮음 • 사업 초기 기획, 기본설계 기술의 부재로 모듈러 플랜트 사업 참여단계에서 사업 수행 원가분석, 사업 수행의 타당성 분석에 대한 기술력이 결여됨 • 해양, 극한지, 오지 등에 건설되는 플랜트의 경우 공기단축, 현지작업 최소화 등을 위하여 모듈화 건설기법이 다양하게 적용되고 있으나, 현재까지는 운송, 선적/하역, 현지시공 지원시설 위주의 모듈화에 한계를 나타내고 있음 • 모듈러 플랜트의 시공을 고려한 모듈 설계 기술은 아직까지 체계화된 기술로서 개발되지 않고 있고 Stick-built 플랜트의 대형 기자재 위주의 현장 설치 경험을 반영하고 있는 실정임

	• 위험도가 높은 해양 플랜트의 경우 신뢰성(RAM)/안전성(Risk, HAZOP)/유지보수성 평가 기술을 개발하여 적용하고 있음 • 국내업체의 경우 일부 국내 육상 플랜트에 시공블록모듈 기반의 모듈화 설계 기술을 적용하였고, 해외 플랜트의 경우 기술력이 낮아 상세설계나 모듈 제작과 같이 제한적으로만 참여 함	

(3) 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술

<표 2-14> 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 현황

	현황	문제점
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	• 플랜트 생애주기 데이터의 공유 및 통합을 위한 국제 표준으로 ISO 10303, ISO 15926이 개발되었음 • 유럽의 POSC Caesar와 미국의 Fiatech은 공동 프로젝트인 IDS-ADI 프로젝트를 통해서 ISO 15926 표준 구현 도구인 iRING 프로토타입의 개발을 완료함 • POSC Caesar는 ISO 15926 기반의 참조 데이터를 제공하는 서비스인 RDS를 구축하여 운용 중에 있음 • 현재 Bentley, Intergraph, AVEVA 등의 주요 플랜트 시스템 벤더들의 S/W에서 지원하고 있으며, Noumenon Consulting Limited Services 사는 ISO 15926 RDL을 지원하는 플랜트 데이터 변환 도구인 XMpLant을 개발하였음	• 국내의 경우 ISO 15926 표준 기반의 원자력 발전소의 분류체계를 개발한 경험이 있음. 그러나 아직 플랜트 모듈 구성을 위한 분류 기술은 없음 • 국내의 경우 ISO 15926 표준 기반의 구현 파트를 지원하는 데이터 저장소 facade를 일반 기자재에 대해서 구현 사례가 있음. 그러나 ISO 15926의 복잡성으로 인해 라이브러리 관리를 위한 의미 기반 검색 도구의 개발이 필요함 • 장치 및 유닛 모델링을 위해서는 2D/3D 정보, 사양, 그리고 포트 등의 여러 정보를 통합한 기술이 필요함. 그리고 일반적인 형상에 대해서 단순화를 적용한 연구를 매우 많으나, 모듈러 플랜트를 고려한 방법은 아직까지 없음 • 플랜트 모듈화 설계를 위한 공용설계모듈 개념을 지원하는 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음

다. 국내외 기술개발 전망

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술의 세부 항목별 기술적 중요도, 기술수준, 기술개발 잠재력을 분석하였음

- 기술적 중요도를 위해서 중요도, 시급성, 파급효과측면을 살펴보았고, 기술수준 측면에서는 상대수준 및 격차기간을, 그리고 기술개발 잠재력 측면에서는 인력, 인프라, 지원제도, 자금, 산학연 협력체등의 충분한 정도 등을 살펴보았음

<표 2-15> 기술 수준 평가 템플릿

평가항목	세부평가항목	정의	평가척도
기술적 중요도	중요도	상위기술이 적절한 기능을 수행하는데 있어 이 기술의 중요한 정도	100점
	시급성	이 기술이 적정수준을 구현해야만 하는 시기	C(Current: 3년이내) E(Emergency: 5년이내) L(Long-term: 5년 이후)
	파급효과	이 기술이 다수의 타요소기술의 개발에 미치는 영향력	5점 만점
기술수준	상대수준	최상위 기술수준을 100%라 했을 때 상대적인 기술수준	- 0-20%(개념단계) - 20-40%(기술정립) - 40-60%(기술개발 단계) - 60-80%(초기상용화단계) - 80-100%(기술진화/시장성장단계) - 100%(기술완성/시장성숙단계)
	격차기간	현 수준의 국내 기술 잠재 역량을 고려할 때 최상위 기술수준에 도달하는데 걸릴 것으로 예상되는 기간	선진국과의 격차 (년)
기술개발 잠재력	인력, 인프라, 지원제도, 자금, 산학연협력체	특정 기술이 최상위 기술수준에 도달하기 위해 기술개발에 필요한 투입요소측면의 충분한 정도	5점 만점

○ 기술수준 평가 템플릿을 바탕으로 본 사업의 세부과제별 개발 기술의 수준 평가를 실시하였고 그 결과는 다음과 같음

<표 2-16> 플랜트 모듈 설계 PLM 기술

평가항목	세부평가항목	평가척도	총평
기술적 중요도	중요도	80점	플랜트 모듈 PLM 기술은 모듈러 플랜트 EPC 및 O&M단계의 기반 체계 기술로 전문가와의 인터뷰 결과 효율적인 모듈러 플랜트 설계 및 운용을 위해 중요성이 있는 것으로 평가되었다.
	시급성	E	시급성 측면에서 플랜트 모듈 PLM 기술은 상대적으로 핵심기술에 비해 긴급을 요하지는 않지만, 최근 국내 시장이 외산 솔루션들 위주로 잠식당하고 있어서 빠른 시간 안에 모듈러 플랜

			트에 특화된 PLM 시스템 기술을 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다.
	파급효과	3점	이 기술은 모듈러 플랜트 설계 및 운용 전반에 걸쳐서 쓰이는 시스템 체계 기술이기 때문에 파급효과가 어느 정도 있는 것으로 판단된다.
기술수준	상대수준	기술개발단계	이 기술에 대한 현재 우리나라 기술 수준은 모듈러 플랜트에 특화된 PLM 시스템은 아니지만, 제조업을 중심으로 PLM 시스템이 도입 또는 개발이 되고 있으므로, 선진국 대비 기술개발단계인 것으로 판단된다.
	격차기간	3년	모듈러 플랜트 PLM 기술 수준은 전문가 및 관련업체 인터뷰 결과 선진국 대비해서 기술력이 어느 정도 차이가 나는 것으로 나타났다.
기술개발 잠재력	인력, 인프라, 지원제도, 자금, 산학연협력체	4점	해당 기술에 대한 인력, 인프라, 지원제도 등 기술개발 잠재력은 우리나라가 제조 PLM 시스템에 대한 개발 기술력을 바탕으로 어느 정도 갖추고 있는 걸로 판단된다.

<표 2-17> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술

평가항목	세부평가항목	평가척도	총평
기술적 중요도	중요도	90점	모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술은 플랜트 라이프사이클의 앞 단계에 적용되는 기술로 초반의 모듈러 플랜트 기획/분할에 관한 주요 의사결정에 따라 모듈러 플랜트 프로젝트의 전체 비용 및 일정이 크게 영향을 받는 만큼 중요성 또한 높은 것으로 판단된다.
	시급성	E	관련업체 엔지니어 및 전문가와의 인터뷰 내용 결과 시급성 측면에서 플랜트 모듈 기획/분할 기술은 시급하기는 하지만, 플랜트 모듈 설계 기술에 비해서는 상대적으로 시급성이 뒤처지는 것으로 판단된다.
	파급효과	5점	이 기술의 파급효과는 기술의 결과물이 모듈러 플랜트 전체 프로젝트에 영향을 미치므로 매우 큰 것으로 판단된다.
기술수준	상대수준	기술개념단계	이 기술에 대한 현재 우리나라 기술 수준은 선진국 기술수준 대비 기술개념단계인 것으로 판단된다.
	격차기간	5년	모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 수준은 전문가 및 관련업체 인터뷰 결과 선진국 대비해서 기술력이 많이 떨어지는 것으로 나타났다.
기술개발 잠재력	인력, 인프라, 지원제도, 자금, 산학연협력체	2점	해당 기술에 대한 인력, 인프라, 지원제도 등 기술개발 잠재력은 우리나라가 어느 정도 갖추고 있지만 미흡한 측면이 있는 걸로 판단된다.

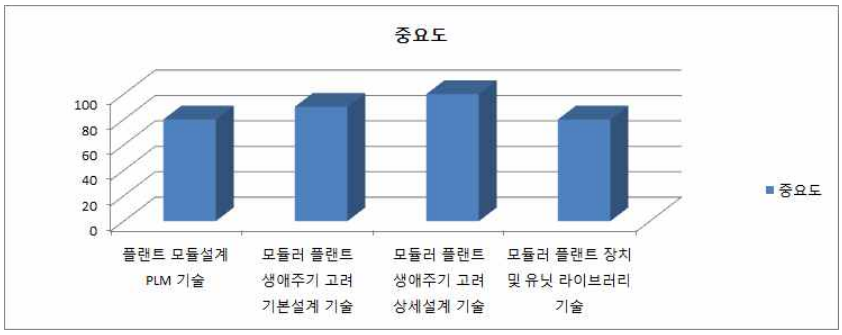
<표 2-18> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술

평가항목	세부평가항목	평가척도	총평
기술적 중요도	중요도	100점	모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술은 모듈러 플랜트 EPC 단계에서 핵심 기술로 전문가와의 인터뷰 결과 모듈러 플랜트 기술의 경쟁력 강화 측면에서 반드시 확보해야 하는 중요성이 높은 기술로 평가되었다.
	시급성	C	시급성 측면에서도 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술은 우리나라 업체들이 당장 모듈러 플랜트를 수주 및 설계하기위해 확보해야 하는 기술로 판단된다.
	파급효과	5점	이 기술 또한 설계의 결과물이 모듈러 플랜트 전체 프로젝트에 영향을 미치므로 파급효과가 매우 큰 것으로 판단된다.
기술수준	상대수준	기술정립단계	이 기술에 대한 현재 우리나라 기술 수준은 선진국 대비 기술정립단계인 것으로 판단된다.
	격차기간	5년	모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 수준은 전문가 및 관련업체 인터뷰 결과 선진국 대비해서 기술력이 많이 떨어지는 것으로 나타났다.
기술개발 잠재력	인력, 인프라, 지원제도, 자금, 산학연협력체	3점	해당 기술에 대한 인력, 인프라, 지원제도 등 기술개발 잠재력은 우리나라가 조선해양 분야의 기술력을 바탕으로 어느 정도 갖추고 있는 걸로 판단된다.

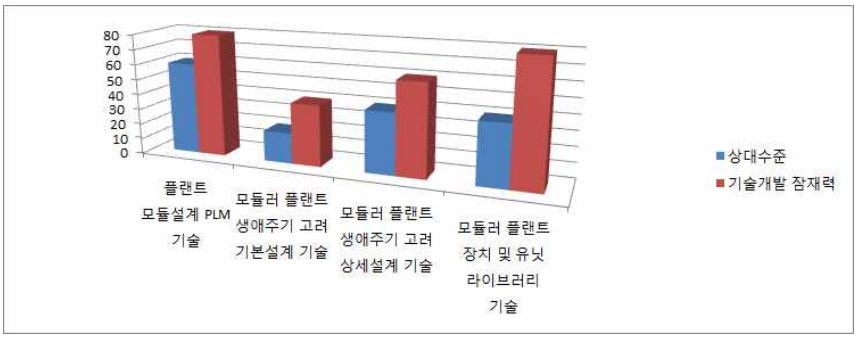
<표 2-19> 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술

평가항목	세부평가항목	평가척도	총평
기술적 중요도	중요도	80점	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술은 플랜트 모듈화 설계를 위한 기본 체계 기술로 그 중요성은 타 기술에 비해 상대적으로 낮은 것으로 판단됨
	시급성	E	시급성 측면에서 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술은 플랜트 모듈화 설계 기술과 병행해서 확보가 되어야 하는 기술로 판단됨
	파급효과	5점	이 기술의 결과물은 플랜트 모듈화 설계 효율화에 영향을 미치므로 파급효과가 어느 정도 있는 것으로 판단됨
기술수준	상대수준	기술정립단계	이 기술에 대한 현재 우리나라 기술 수준은 선진국 대비 기술정립단계인 것으로 판단된다.
	격차기간	3년	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 수준은 전문가 및 관련업체 인터뷰 결과 선진국 대비해서 기술력이 어느 정도 차이가 나는 것으로 나타났다.
기술개발	인력, 인프라, 지	4점	해당 기술에 대한 인력, 인프라, 지원제도 등 기

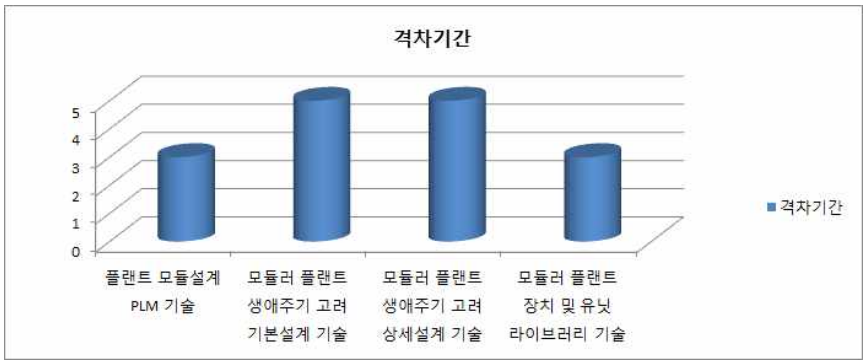
잠재력	원제도, 자금, 산학연협력체		술개발 잠재력은 우리나라가 해양플랜트 산업 기술력의 발전과 더불어 어느 정도 갖추고 있는 걸로 판단된다.



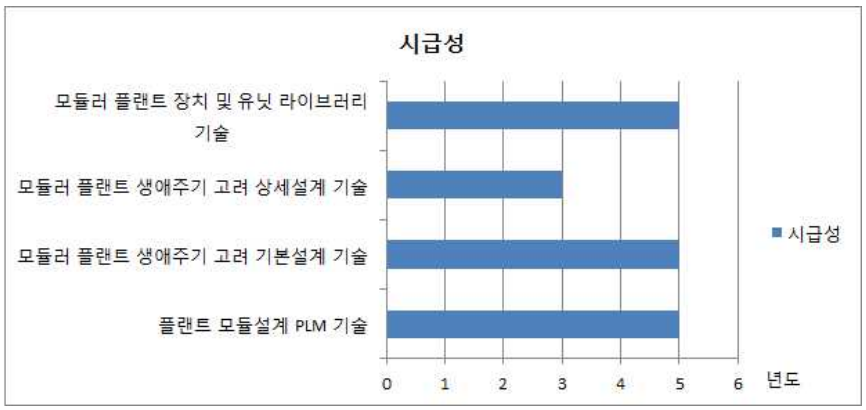
[그림 2-14] 모듈러 플랜트 설계기술의 중요도 정도



[그림 2-15] 모듈러 플랜트 설계기술의 상대수준 및 기술개발 잠재력



[그림 2-16] 모듈러 플랜트 설계기술의 격차기간



[그림 2-17] 모듈러 플랜트 설계기술의 시급성 정도

<표 2-20> 플랜트 모듈화 설계 기술 전문가 설문 의견

기관	플랜트 모듈화 설계 기술 수요	플랜트 모듈화 설계 지원 IT 기술 수요	적용 플랜트 후보	플랜트 모듈화 설계 기술 도입 계획
Intergraph	▪ 제작과, 수송, 설치를 위한 효율적인 모듈 분할 기술 ▪ 모듈의 설치 작업성을 고려한 배치 기술 ▪ 분할된 모듈의 일정, 자재, 인력 등의 관리 기술 ▪ 제작된 모듈의 설치전 변형, 손상 등을 방지할 수 있는 기술 ▪ 모듈에 속한 세부 공종별 일정을 통합 관리할 수 있는 기술 ▪ 원활한 선적, 수송을 위한 시뮬레이션 및 리스크 관리 기술	▪ 설정된 WBS (Work Breakdown Structure) 별로 3차원 CAD내에서 모듈 영역 설정과 데이터를 관리하는 기술 ▪ 모듈별 도면, 자재 등에 대한 생성, 변경 등 관련 기술 ▪ 제작된 모듈에 대해 IT적으로 품질 관리를 지원할 수 있는 기술 ▪ 레이저 스캔과 연계된 현장 설치전 가상 조립 기술 ▪ 통합 IMS상에서 각 모듈의 데이터를 관리하는 기술	▪ 해양 플랜트 ▪ 오일 샌드 플랜트 ▪ 원자력 등 발전 플랜트 ▪ 기타 정유, 석유 화학 플랜트 중에서 현장에서의 제작이 어려운 경우	
STX	▪ 배관 응력 해석 기술 ▪ 프레임 및 지지대 구조 해석 기술 ▪ 하중 분산 해석 기술 ▪ 공정 및 배관 설계 기술 ▪ 장비 사양 변경 기술	▪ 배관 자동 라우팅 설계 기술 ▪ 휴대용 정밀 거리 측정 기술 ▪ 3D 모델링과 실시간 구조 해석 기술 ▪ 실시간 모듈 성능 분석 기술 (배관내 차압 계산 등) ▪ 큰 모듈에 따른 표준 recommended practice에 따른 소형 모듈 자동 설치 기법	▪ 해양 부유식 생산 플랜트	▪ 4.5MTPA급 LNG FSRU의 topside 재기화 설비 (-163℃의 LNG를 100bar로 가압하고 10℃정도로 가열하여 기체로 만들어 외부로 송출하는 설비)
OPTS	▪ 우선 필수적으로 기본 설계와 상세 설계 능력을 갖추어야 하고, 운반, 제작, 설치, 인프라 설비의 유무 등을 따져 공사 기간 단축 등을 고려한 모듈화 설계 기술 ▪ 단순히 제작 현장에서의 모듈화만 고려 할 경우, 운빈 수단, 설치 방법의 결정에 따른 모듈화는 한계가 있음	▪ 모듈 최적화 설계를 위해서 P&ID, 구조물, 장비 등의 인터페이스 체크 및 무게의 추정 및 무게 중심 추정 자동화 프로그램 필요	▪ 해수 담수화 플랜트 ▪ 원자력 발전 플랜트 (BOP, NSP 포함) ▪ 풍력 발전 플랜트 ▪ 화력 발전 플랜트 (Oil & Gas, 석탄) ▪ 열병합 발전 플랜트 ▪ 복합 발전 플랜트 ▪ 소각 플랜트	
한국전력기술	▪ 신속한 설계 완료 기술 - 모듈 설계는 실제 시공전(제작 포함)에 설계를	▪ 선택된 모듈 범위 (구역)의 자유로운 추출 (extract) 및 solid화 기술	▪ 석유 화학 플랜트의 대형 구조물	▪ 원자력 발전소

	완료하여야 함 - 이 작업을 위해서는 제작자와 업무 협력이 중요함 (SCM) ▪ 제작 (시공 포함)을 위한 가상 설계 기술 - 도면보다는 3차원 공간에서 모듈 제작 및 시공 고려 설계 - 현장 설치를 위한 작업 순서 고려 설계 - 다른 모듈 혹은 타 시공 설비와 현장 연계 시공 ▪ 이송을 위한 추가 구조 설계 기술 - 제작된 모듈 구조체를 모듈 공장에서 시공 현장으로 이송을 위한 추가 구조 설계 및 해석 (가지지대 최소화)	▪ 설비와 설비간의 논리적인 접촉 확인 기술 ▪ 실제 설계와 가 설계 간의 데이터 분류 기술 ▪ 추출된 모듈 (가 지지대 포함)에 대한 정확한 무게중심 (CG) 확인 기술 ▪ 모듈 이송을 위한 크레인 시뮬레이션 기술	▪ 원자력 발전소에서의 복잡한 구역	
POSCO건설	▪ 모듈 연계 표준화 기술 ▪ 국제 표준 모듈 사양 개발 기술 ▪ 모듈화 프로젝트의 물류 기술 - 사이트 내륙 위치시 운송 가능한 모듈 크기 확인 필요 ▪ permit 없이 운송 가능한 컨테이너 크기의 모듈화 기술 ▪ 모듈 단위 장비 크기 설계 기술 ▪ 패키지 항목의 최소화 크기로 모듈 분할 기술 ▪ 주요 기기의 모듈화 기술 ▪ 복잡한 배관의 모듈화 기술	▪ 모듈 연계 해석 기술 ▪ 모듈 운송 해석 기술 ▪ 3D 모델링 및 인터페이스 체크 기술 ▪ 장비 크기 설계 기술 ▪ 모듈화 프로세스, 모듈화 분석 프로세스, 모듈화 시뮬레이션 프로세스에 필요한 CAD, PLM, 장치 및 유닛 라이브러리 기술	▪ 모든 플랜트에 필요 ▪ piperack unit, equipment structure unit, electrical building ▪ 극지방이나 인건비가 높은 지역인 캐나다나 호주 지역의 모든 분야 플랜트 ▪ 현장 작업의 최소화가 효율적인 플랜트 ▪ 현장 주변의 인프라 부족 및 용접 등 환경적인 문제 있는 지역 플랜트 ▪ 석유 화학 플랜트 ▪ 오일 샌드 플랜트	
에스팜소프트	▪ 3D CAD 모델링 및 해석 기술 ▪ 모듈별 운송 가능한 사이징 기술 ▪ 모듈별 인터페이스 검증 기술 ▪ 제작, 운송 가능한 모듈 분할 기술 ▪ 모듈화 대상 선정 기술 ▪ 모듈 리프팅 해석 기술	▪ 구조, 리프팅, 유체 해석 기술 ▪ 3D 스캐너 활용 3D 측정 및 검증 기술 ▪ 모듈화 설계 라이브러리 구축 및 관리 기술	▪ 모듈러 플랜트는 플랜트의 종류보다는 지리적 위치나 인력 조달, 작업생산성 등에 의해 판단됨 ▪ 해양 플랜트, 북극 지역	

			석유 시추 등 ▪ Oil & Gas 플랜트도 최근 up-stream 분야에서는 대부분 모듈화 설계 도입 ▪ 석유 화학 플랜트도 거점에 따라 모듈화가 중요 이슈가 될 수 있음	
대우조선해양	▪ 공정의 이해를 바탕으로 한 모듈 배치 기술 ▪ 모듈 개수 등 분리 기술 ▪ 인터페이스 관리 기술	▪ 3D 모듈 소프트웨어 패키지 ▪ 소프트웨어 패키지 도구간 상호 호환성 기술 ▪ 기본 설계부터 생산 도면, 구매까지 관리 가능한 지능형 도구	▪ 발전 플랜트 ▪ 해양 플랜트 ▪ 석유 화학 플랜트	
일진에너지	▪ Oil & Gas 공정 license 등 기술력 축적 ▪ 수소 공정 및 세일 가스에 대한 기술 및 모듈화 설계 기술	▪ 3D 도면 설계 기술 ▪ PDS & PDMS 등 지원 기술	▪ LNG 플랜트 및 가스 플랜트	
한국조선해양기자재연구원	▪ 공정 프로세스 설계 기술 ▪ 최적 배치 설계 기술 ▪ 위험성 기반 설계 기술 ▪ PLM 기반 최적 설계 기술 ▪ 기자재 소형화 기술	▪ 네트워크 기반 동시 공학적 최적 설계 기술 ▪ 3D CAD 및 3D 시뮬레이션 기술 ▪ CAE 기술 ▪ PLM 기술 ▪ 동적 공정 시뮬레이션 기술	▪ LNG FPSO 등 해양 플랜트 ▪ LNG 인수 기지 ▪ 발전 플랜트	
부품DB	▪ FEED 기술 ▪ 연성 해석 기술 ▪ 공정 시뮬레이션 기술 ▪ 공차 분석 및 공차 설계 기술 ▪ 신공법 개발 기술	▪ 형상 관리 기술 ▪ 협업 기술 ▪ FEED 기술 ▪ 플랜트 설계 정보 관리 기술 ▪ DBD 기술 ▪ EVMS 기술	▪ 원자력 발전 플랜트	▪ 원자력 발전 플랜트의 전체 생애주기 관리 및 형상 관리 기술
POMIT		▪ 3D CAD 모델링 기술 (AutoCAD, MicroStation, PDS, PDMS, NX, SolidEdge) ▪ PLM 기술 ▪ 시각화 기술 (NavisWorks)	▪ 해양 플랜트, 원자력 등 발전 플랜트	
한국생산기술연구원		▪ PLM 기술 ▪ 운영 관리 기술 ▪ 플랜트 운영 및 검증을 위한 VR, AR 기술 ▪ 기술, CAE, 평가 기술		

○ 국내 전문가 설문 결과를 정리하면 다음과 같음

- 국내 해양플랜트 모듈화는 설계 단계에서부터 시공 단계까지 다양하게 적용하고 있으나 육상플랜트의 경우에는 극히 일부에만 적용되고 있음
- 이는 해양플랜트의 경우에는 국내에 모듈 제작업체, 대형조선업체 등의 위치적 장점이 있으나 육상플랜트의 경우에는 해수담수화 등의 일부에만 적용되고 있음 (수송비 등 모듈 작업장의 문제로 판단됨)
- 육상플랜트에서 적용도가 낮은 이유는 아직 모듈러 기술의 개발이 되지 않았기 때문이며, 플랜트산업계의 경쟁력 강화를 위해서는 PLM 기반의 모듈화 설계 기술 개발 및 실증이 매우 중요하게 요구됨

라. 국내외 기술 수준의 시사점

○ 국내 플랜트 건설 기업은 주로 외산 PLM 솔루션을 활용하고 있으며 국내 엔지니어링 방법의 특이성 때문에 시스템 도입 시 대부분을 customizing을 하므로 비용과 시간이 많이 걸리고 있음

○ 대표적인 한국산 플랜트 PLM 솔루션은 없고, 외산 PLM 시스템도 모듈러 플랜트를 위한 필요 기능을 갖추고 있지 못함

○ 전 세계적으로 모듈러 플랜트의 수요가 높아지고 있으나 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계에 대한 핵심 기술을 국내업체는 아직 가지고 있지 못하며, 현재 우리나라가 보유하고 있는 플랜트 모듈 설계 기술도 낮은 수준으로 판단됨

○ 사업 초기 기획, 기본설계 기술의 부재로 모듈러 플랜트 사업 참여단계에서 사업 수행 원가분석, 사업 수행의 타당성 분석이 결여되어 있으며, 경쟁사간 사업 제안에 있어서 경쟁 우위를 선점하지 못하고 있는 실정임

○ 플랜트 모듈 설계 PLM 기술, 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술, 플랜트 장치 및 유닛 관련 기술은 국내 기업, 연구소, 그리고 대학에서 연구가 되었으나 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술에 관한 연구는 미흡한 실정임

○ 모듈러 플랜트의 설계를 위해서 활용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음

○ 국내외 기술 수준의 분석 결과에 따라 모듈러 플랜트 설계 기술의 개발 전략은 다음과 같이 도출 됨

- 플랜트 모듈설계에 특화된 PLM 시스템의 개발로 향후 국내시장 잠식에 대비함
- 모듈러 플랜트의 기본설계 기술에 대한 확보 및 상세설계 기술의 수준 고도화
- 모듈러 플랜트에 특화된 기술을 먼저 확보하여 시장에서의 우위를 선점함

<표 2-21> 기술수준 분석의 주요 내용 및 시사점

	기술보유국가	기술보유기관	기술수준	연구개발전략
플랜트 모듈설계 PLM 기술	유럽, 미국, 일본등 선진국	Intergraph, Aveva, Bently	중상	플랜트 모듈설계에 특화된 국내 PLM 시스템을 개발하여 향후 국내시장 잠식에 대비함
모듈러 플랜트 생애주기 고려 설계 기술	한국, 유럽, 미국, 영국, 일본등 선진국	GS건설, 대우조선해양, 삼성/현대 엔지니어링등 국내업체외 외국업체	중	모듈러 플랜트의 기본설계기술에 대한 확보 및 상세 설계 기술의 수준 고도화
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	유럽, 미국, 영국, 일본등 선진국	유럽의 POSC Caesar 와 미국의 Fiatech (일반 플랜트 대상)	하	모듈러 플랜트에 특화된 기술을 먼저 확보하여 시장에서의 우위를 선점함

2. 논문 분석

○ 논문동향 분석은 Elsevier사의 Scopus를 활용하여 최근 15년간의 연구 성과를 대상으로 조사 및 분석함

○ 검색분류는 기술별 대표 검색 키워드로 검색하여 총 19,460건이 검색되었으며 기술별로는 플랜트 PLM 기술 관련 논문과 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 관련 논문이 다수 검색되었으나, 모듈러 플랜트와 직접적으로 관련된 기술 관련 논문은 매우 적음

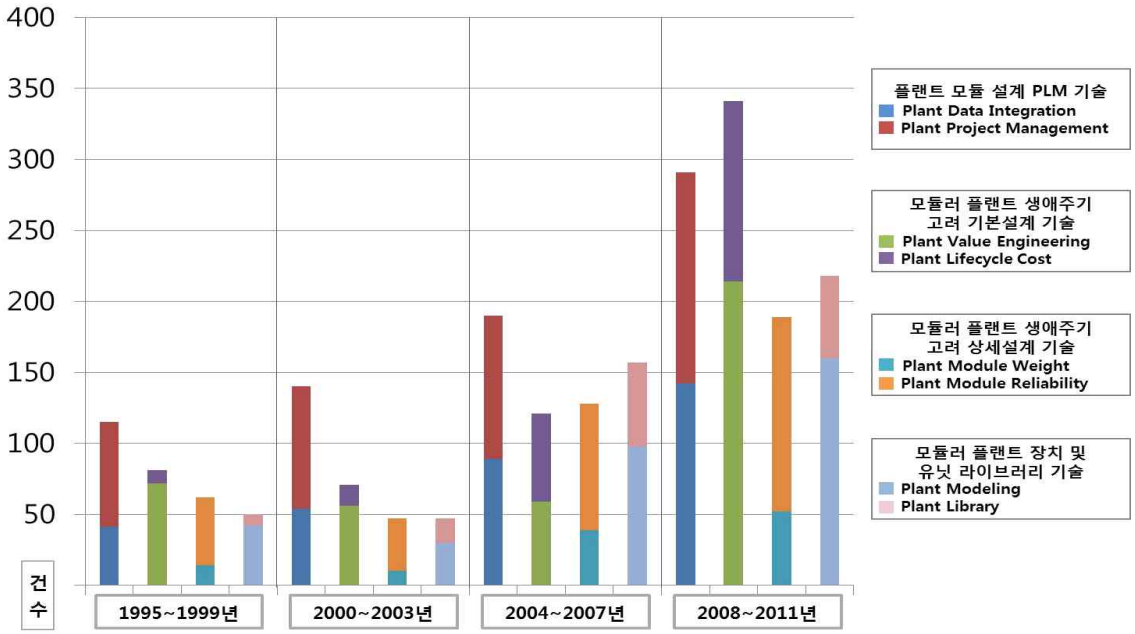
○ 최근 15년간 Plant Project Management, Lifecycle Cost, Module Reliability, Plant Modeling 과 관련된 발표 논문이 크게 증가된 것으로 파악됨

<표 2-22> 논문 검색 방법

논문 검색 조건	방법
검색 Domain	SCI-Expanded에 발표된 논문
검색 DB	Elsevier사의 Scopus
검색 기간	1995년 1월 1일 ~ 2011년 7월 31일
검색 범위	주제어

<표 2-23> 논문 검색 개요

논문 검색 조건	방법	
검색 Domain	SCI-Expanded에 발표된 논문	
검색 DB	Elsevier사의 Scopus	
검색 기간	1995년 1월 1일 ~ 2011년 7월 31일	
검색분류	건수	검색 키워드
플랜트 모듈 설계 PLM 기술	8,376	Plant Data Integration, Plant Project Management Plant Requirement Management, Plant Data Analysis
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술	7,981	Plant Economy, Plant Value Engineering, Modular Weight, Modular Transportation
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	817	Plant Module Dimension, Plant Module Installation Design, Plant Module Reliability, Plant Module GIS
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	2,376	Plant Modeling, ISO13584 or 15926, Plant Library



[그림 2-18] 1995년-2011년 기술군별 논문동향

가. 연도별 논문 발표 현황

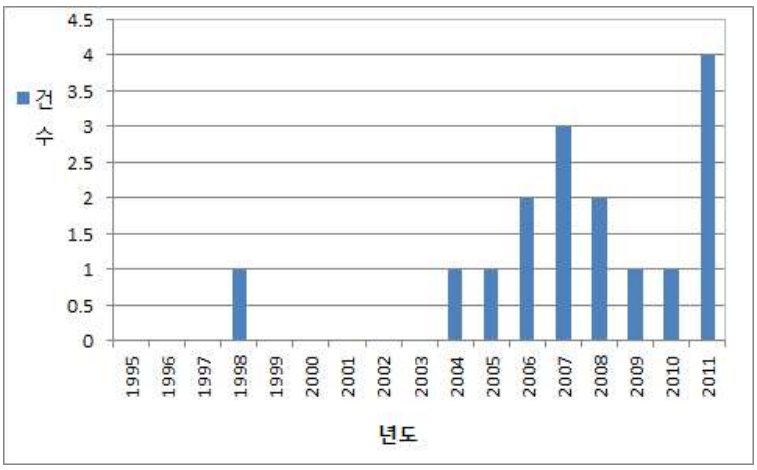
(1) 플랜트 모듈 설계 PLM 기술

○ 일반 플랜트와 연관된 PLM 관련 연구 논문들은 상대적으로 많은 것으로 분석되었으나, 모듈러 플랜트와 직접 연관된 PLM 논문은 거의 없었음

- 모듈러 플랜트의 프로젝트 관리, 데이터 관리, 요구 관리 등과 관련한 논문이 일부 있었지만, 소수에 그침

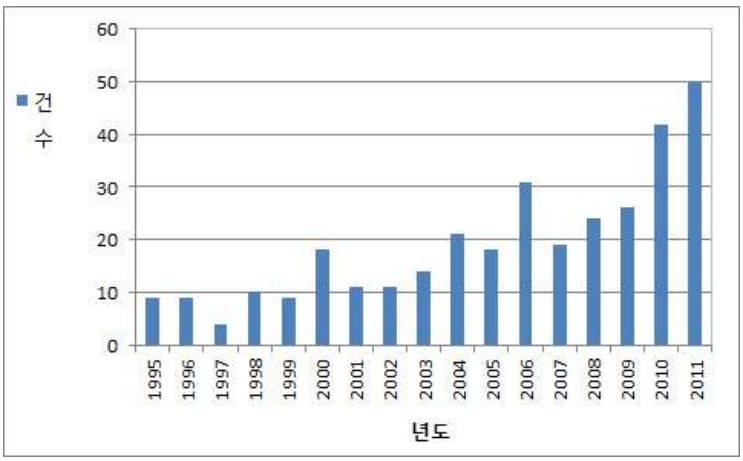
○ 일반 플랜트의 PLM 관련 기술에서 플랜트 데이터의 통합 및 관리, 프로젝트 관리, 플랜트 협업관리, 요구사항 관리와 관련한 연구논문들이 다수 있었으며, 근래에 들어올수록 그 숫자가 전부 증가하는 경향을 보이고 있음

○ 특히, 플랜트 데이터 분석 (Plant Data Analysis)과 관련해서 검색을 수행한 결과 1995년부터 2011년까지의 관련 연구 논문이 약 7,000편에 달하는 것으로 나타났고, 점점 그 숫자도 증가하는 것으로 나타난 것으로 미루어 플랜트 데이터들의 분석 및 응용에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있음



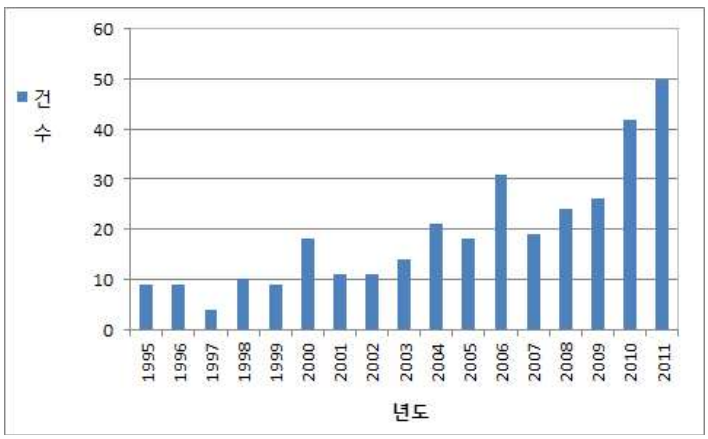
[그림 2-19] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Lifecycle Management, 1995년~2011년, 검색결과 16건)



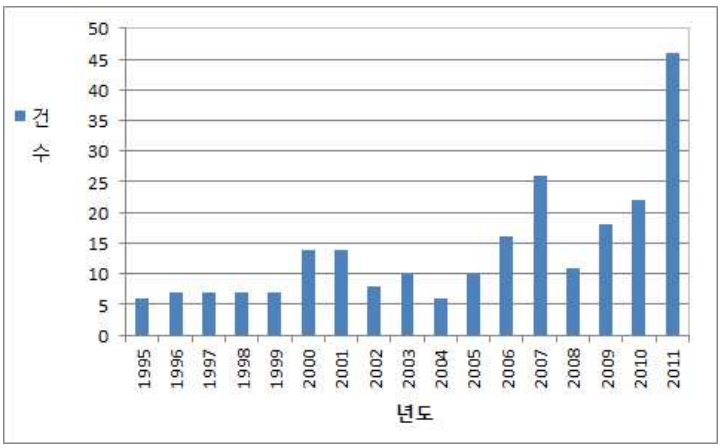
[그림 2-20] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant data Integration, 1995~2011년, 검색결과 326건)



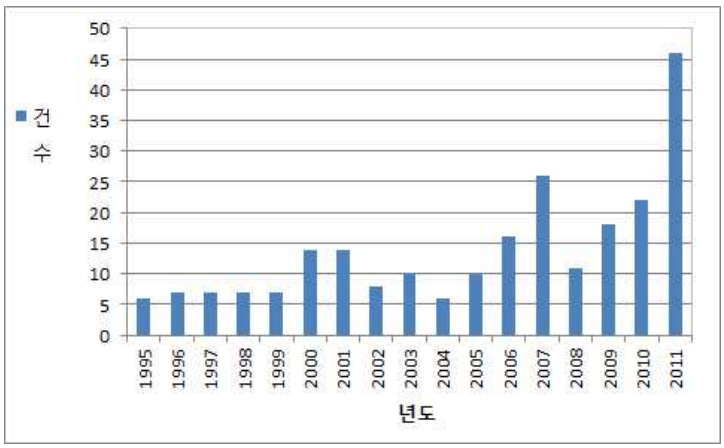
[그림 2-21] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Project Management, 1995~2011년, 검색결과 410건)



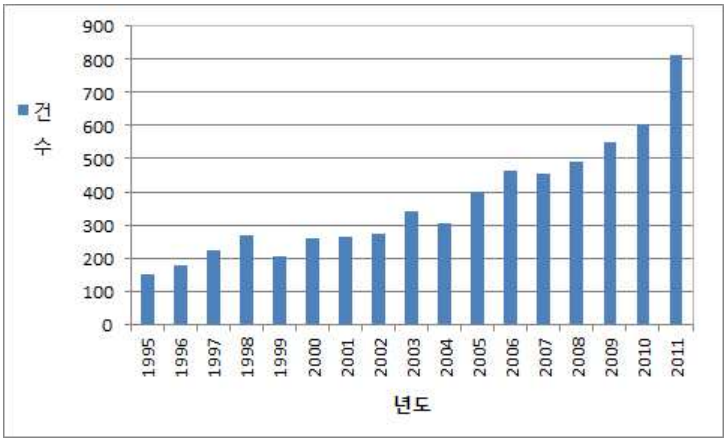
[그림 2-22] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Collaboration Management, 1995~2011년, 검색결과 260건)



[그림 2-23] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Requirement Management, 1995~2011년, 검색결과 421건)



[그림 2-24] 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 년도별 논문 발표

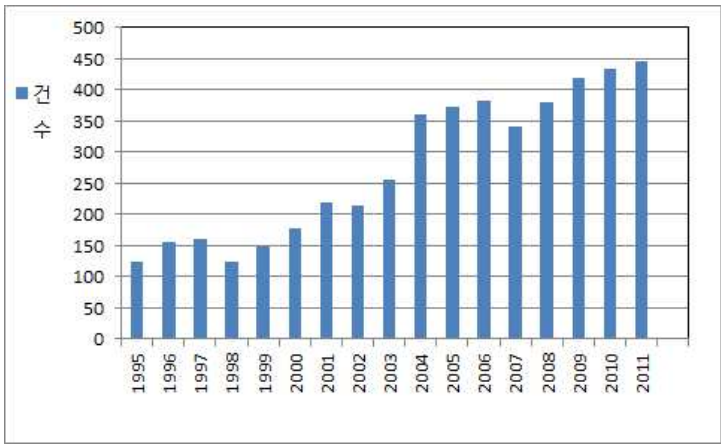
(DB: Scopus, 주제어: Plant Data Analysis, 1995~2011년, 검색결과 6,943건)

(2) 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술

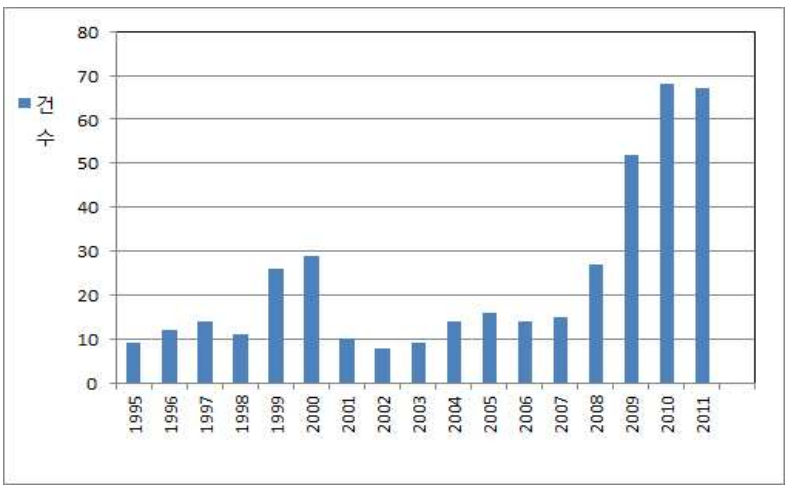
○ 모듈러 플랜트 기본설계 분야의 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 일정 수준을 유지하고 있으며, 생애주기 및 운전비용 등과 연관된 논문이 2000년 이후 증가추세에 있어 모듈러 플랜트의 성능 개선에 대한 연구 범위 확장이 이루어지고 있는 것으로 평가됨

- 플랜트 경제성 분야의 논문 발표가 2000년 이후 꾸준한 증가추세에 있어 플랜트 산업의 시장분석, 투입 비용의 경제적 효과, 원가절감 및 관리에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있는 것으로 평가됨

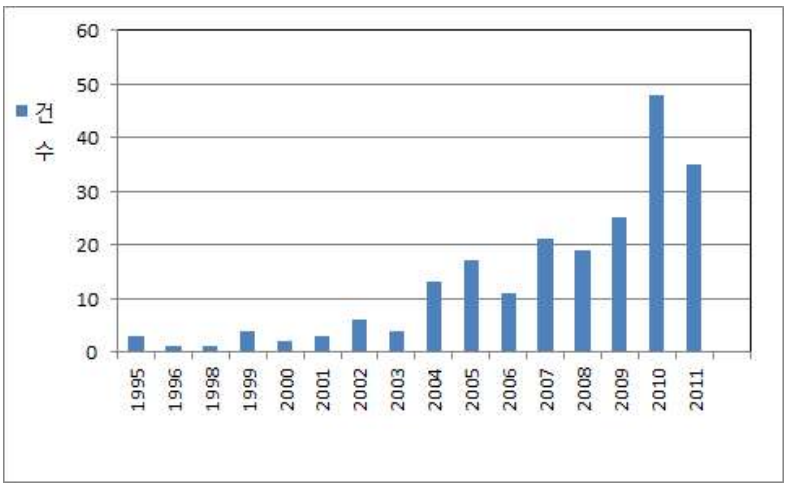
○ 특히 플랜트 프로젝트의 가치 엔지니어링 (Value Engineering)와 생애주기비용 (Life Cycle Cost)에 대한 연구가 2005년 이후 플랜트 시장의 확대와 더불어 지속적으로 증가 추세에 있음



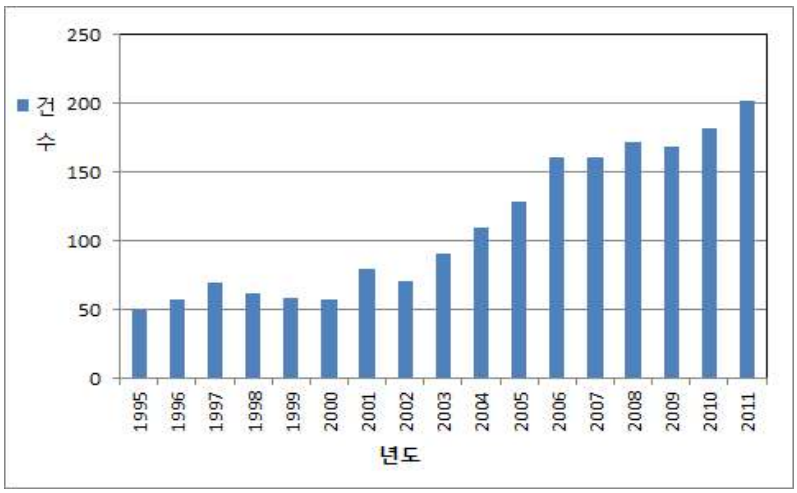
[그림 2-25] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Plant Economy, 1995~2011년, 검색결과 4,893건)



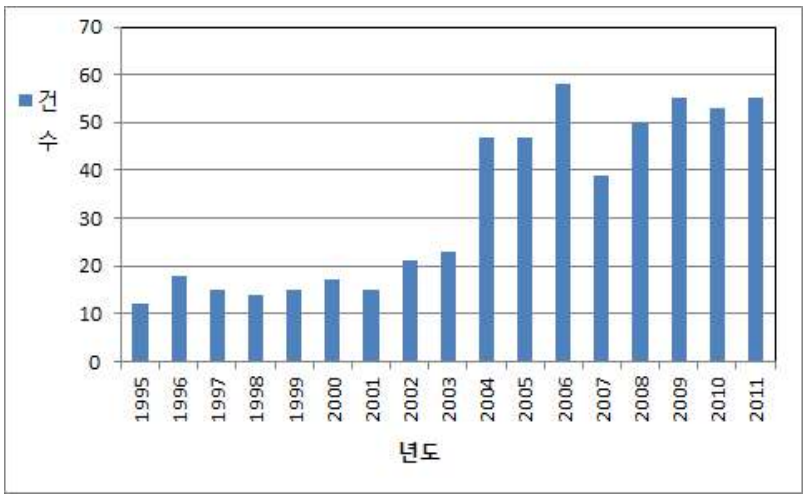
[그림 2-26] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Plant Value Engineering, 1995~2011년, 검색결과 431건)



[그림 2-27] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Plant Lifecycle Cost, 1995~2011년, 검색결과 223건)



[그림 2-28] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Modular Weight, 1995~2011년, 검색결과 1,880건)



[그림 2-29] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Modular Transportation, 1995~2011년, 검색결과 554건)

(3) 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술

○ 플랜트 모듈화 상세설계 기술 분야에서 연구 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 일정 수준을 유지하고 있다가 2000년대 중후반부터 뚜렷한 상승 추세를 보임

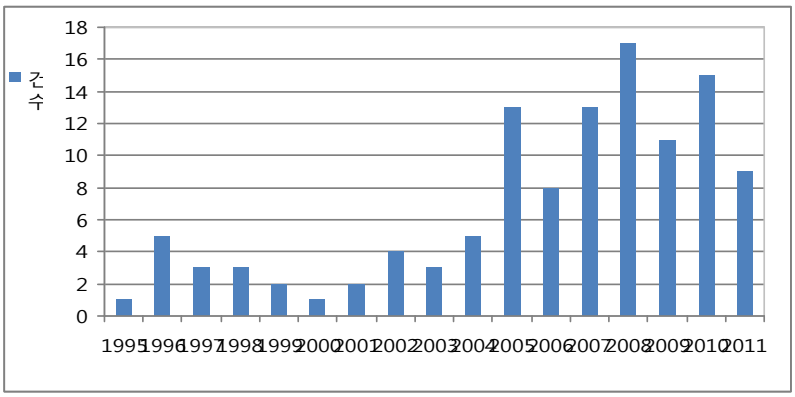
○ 플랜트 운송/선적/하역을 고려한 모듈화 설계 기술 분야에서 단위 모듈의 중량 및 크기와 운송에 대한 연구는 모듈화 설계 개념이 실용화되기 시작한 2000년 이후에 급격한 증가 추세에 있는 것으로 평가됨

○ 플랜트 시공을 고려한 모듈화 설계 기술 분야에서 플랜트 산업과 시공 기술의 복잡화, 다양화 추세에 따라 플랜트의 시공, 시공 시뮬레이션, 공정 관리에 대한 연구와 모듈 배치 설계 및 장비/배관 설계 최적화 연구도 지속적으로 진행 중인 것으로 판단됨

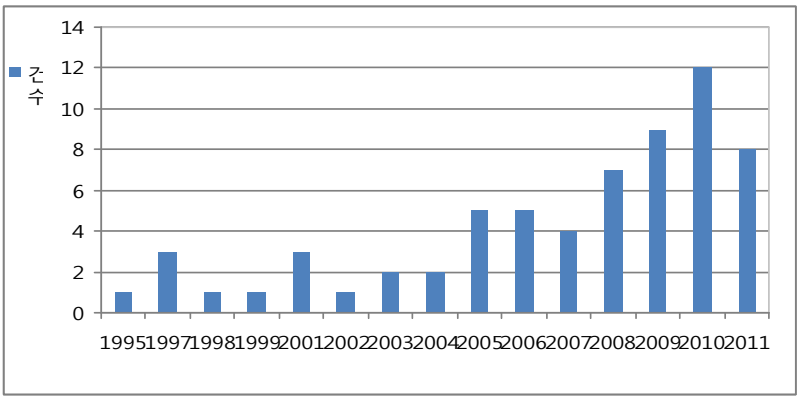
○ 모듈러 플랜트 신뢰성/안전성/유지보수성 평가 기술 분야에서 관련된 연구 논문은 1990년대부터 이미 상당수의 논문 발표가 되었으며, 특히 신뢰성과 위험도에 관한 논문은 2000년 이후 급격하지는 않지만 지속적이고 완만한 증가 추세에 있어 모듈러 플랜트의 성능 개선뿐만 아니라 성능 평가에 대한 연구 범위 확장이 이루어지고 있는 것으로 판단됨

○ 플랜트 모듈 인터페이스 기술 분야에서 관련된 연구 논문은 2003년 이후 증가되어 왔으며 특히 2006년 이후로 급격한 상승을 보임

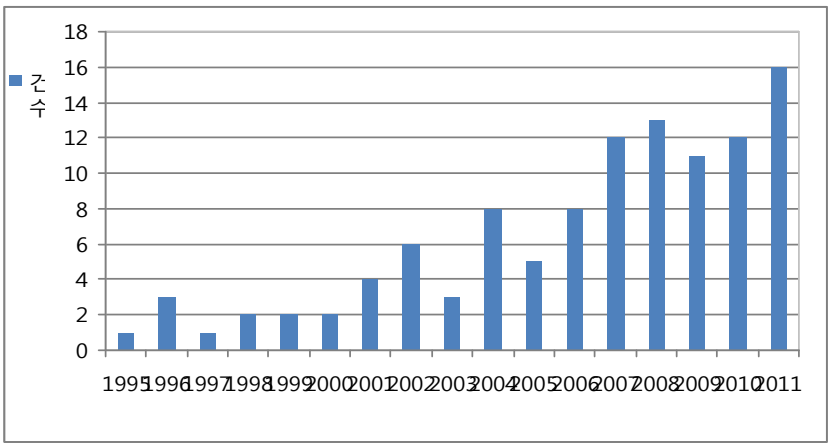
○ GIS/GPS 응용 기술은 발표 건수는 많지 않지만 꾸준하게 연구가 진행되고 있으며, 특히, 미국보다는 중국과 같은 신흥국의 발표 건수가 많은 것이 특징임



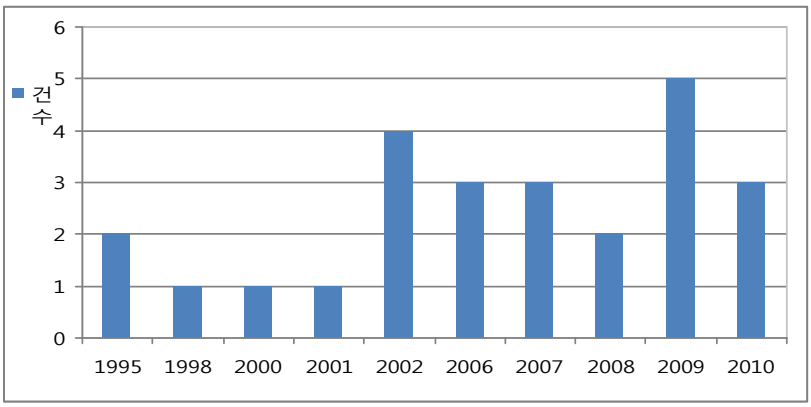
[그림 2-30] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표 (DB: Scopus, 주제어: Plant Module Weight, 1995~2011년, 검색결과 115건)



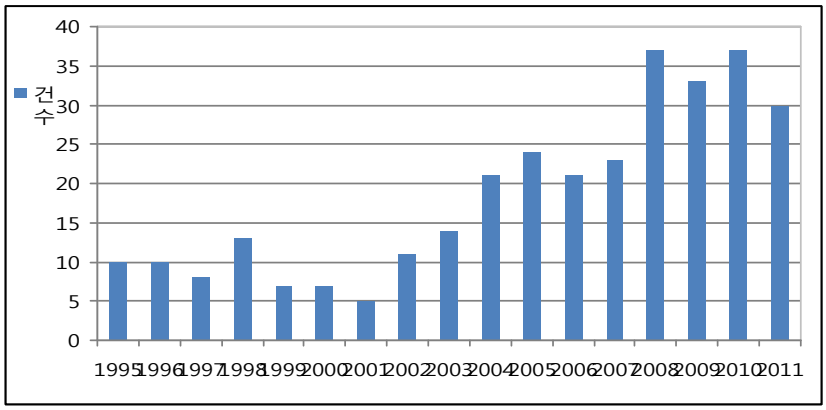
[그림 2-31] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Dimension, 1995~2011년, 검색결과 64건)



[그림 2-32] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Installation Design, 1995~2011년, 검색결과 109건)

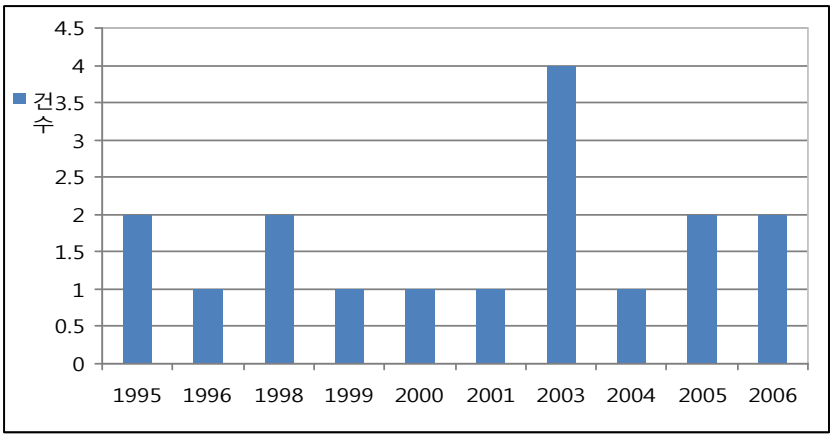


[그림 2-33] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Piping Design, 1995~2011년, 검색결과 25건)



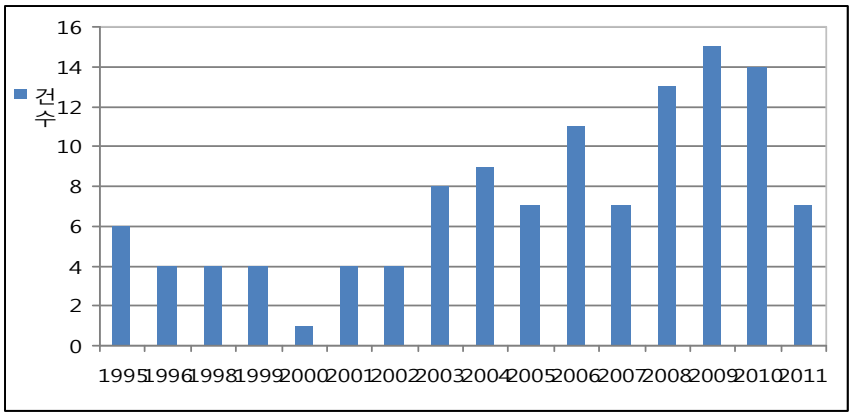
[그림 2-34] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Reliability, 1995~2011년, 검색결과 311건)



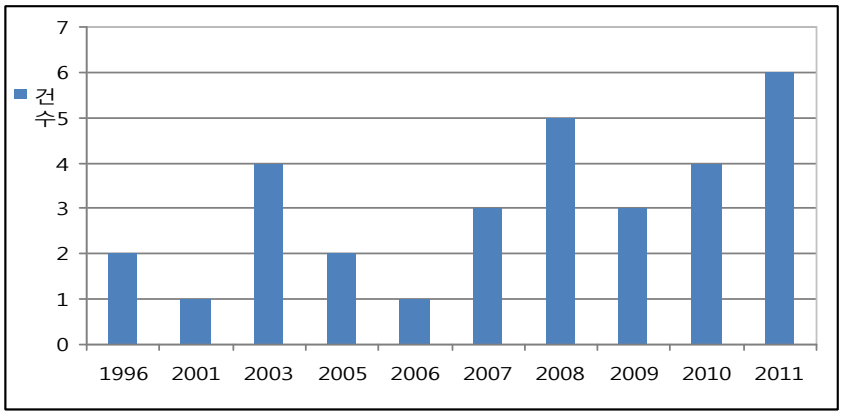
[그림 2-35] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Maintainability, 1995~2011년, 검색결과 44건)



[그림 2-36] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표

(DB: Scopus, 주제어: Plant Module Interface Design, 1995~2011년, 검색결과 118건)



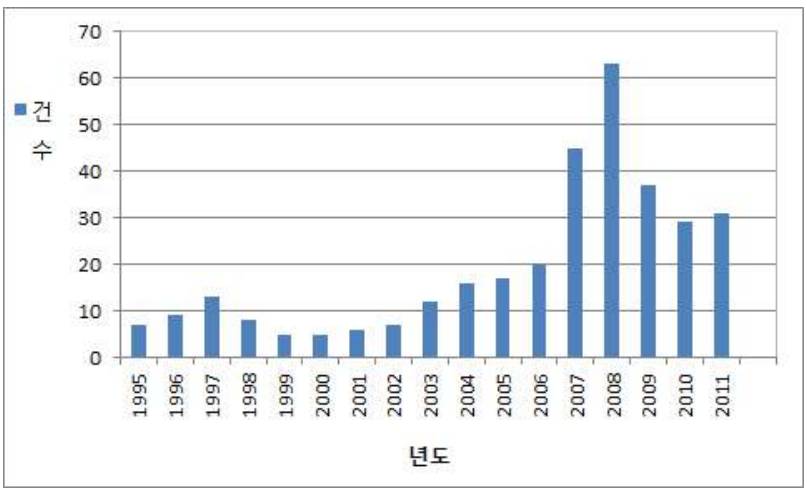
[그림 2-37] 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Module GIS, 1995~2011년, 검색결과 31건)

(4) 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술

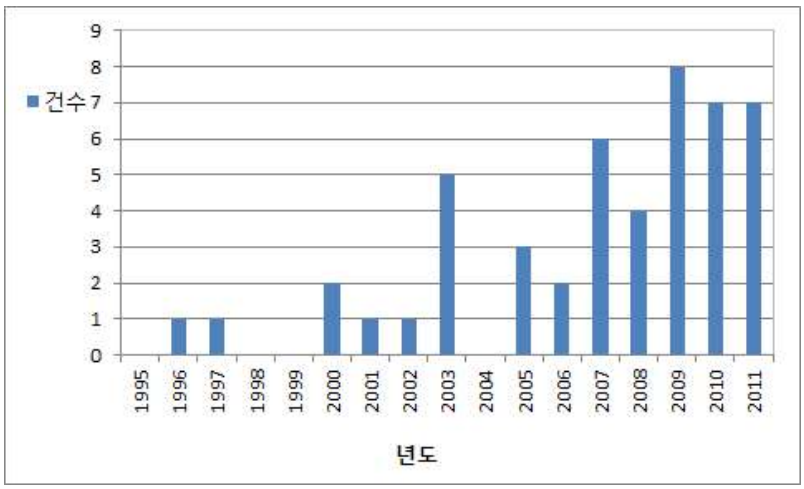
○ 플랜트 장치 및 유닛 기술 분야 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 지속적으로 증가 추세에 있어 관련분야 연구가 지속적으로 수행되고 있는 것으로 평가됨

○ 플랜트 장치 및 유닛 모델링 기술, 분류 기술 및 라이브러리 기술에 관련된 논문 발표는 2000년 이후 가파른 증가 추세를 보이고 있음

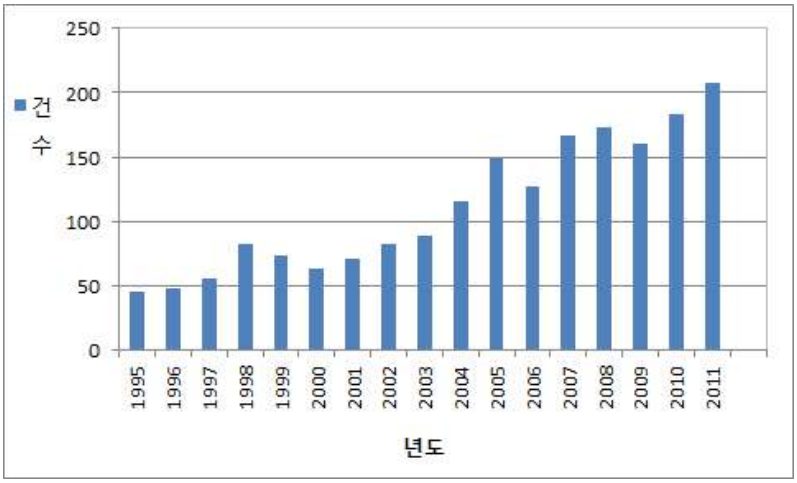
○ 플랜트 장치 및 유닛 상호운용성 기술 연구가 2001년 이후 두드러진 증가추세를 보임. 2000년대 초반에는 ISO 15926의 개발 단계였고, 2000년대 후반부터는 ISO 15926의 활용이 증가하는 추세로 이해할 수 있음



[그림 2-38] 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Modeling, 1995~2011년, 검색결과 330건)



[그림 2-39] 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: ISO13584 or 15926, 1995~2011년, 검색결과 48건)



[그림 2-40] 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 분야 년도별 논문 발표
(DB: Scopus, 주제어: Plant Library, 1995~2011년, 검색결과 1,998건)

(4) 종합분석

○ 플랜트 모듈설계 PLM 기술 분야에서 일반 PLM 관련 연구 논문들은 검색 범위(1995년 이후) 내에서 다수 검색이 되었으나, 모듈러 플랜트와 직접 연관된 PLM 논문은 거의 없었음

- 모듈러 플랜트의 프로젝트 관리, 데이터 관리, 요구 관리등과 관련한 논문이 일부 있었지만, 소수에 그침

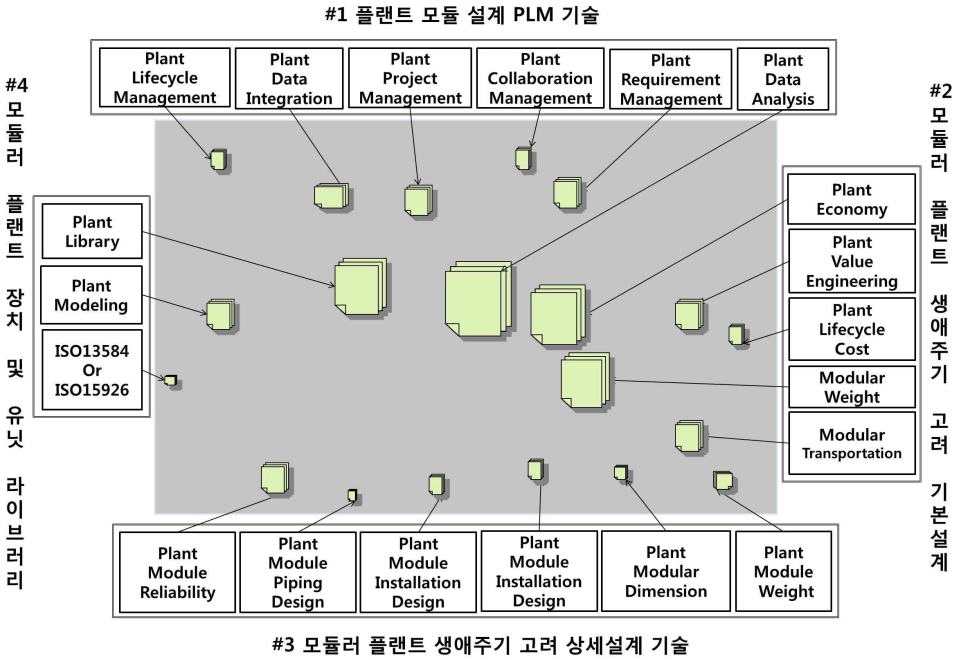
○ 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야에서 연구 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 일정 수준을 유지하고 있음

- 생애주기 및 운전비용 등과 연관된 논문과 플랜트 경제성 분야의 논문 발표가 2000년 이후 증가추세에 있음

○ 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야에서 연구 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 일정 수준을 유지하다 2000년대 중후반부터 뚜렷한 상승 추세를 보임

○ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 분야 논문 발표가 검색 범위(1995년 이후) 내에서 지속적으로 증가 추세에 있음

- 플랜트 장치 및 유닛 모델링 기술, 분류 기술 및 라이브러리 기술에 관련된 논문 발표는 2000년 이후 가파른 증가 추세를 보이고 있음



[그림 2-41] 기술군별 논문동향 분석결과

[그림 2-42] 기술군 및 키워드별 논문동향 분석결과

나. 주요논문 분석

(1) 플랜트 모듈 설계 PLM 기술

<표 2-24> 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 분야 주요 논문 분석

제목	저널명	저자	발표연도
Development of a logic based Product Lifecycle Management (PLM) system for shipbuilding industry	RINA, Royal Institution of Naval Architects	Sharma, R.a, Kim, T.-W.b	2009
Building a reference model for the PLM processes in engineering and contracting sector	IFIP International Federation for Information Processing	Tucci, M., Bandinelli, R., Carli, D.	2008
Modular ecosystem modeling	Environmental Modelling and Software	Voinov, A.a , Fitz, C.b, Boumans, R.a, Costanza, R.a	2004
Integration of distributed plant lifecycle data using ISO 15926 and Web services	Annals of Nuclear Energy	B. C. Kim, Hans Teijgeler, D. W. Mun, S. H. Han	2011
An integrated translation of design data of a nuclear power plant from a specification-driven plant design system to neutral model data	Annals of Nuclear Energy	D. H. Mun, J. S. Yang	2010
A project lifecycle perspective on stakeholder influence strategies in global projects	Scandinavian Journal of Management	Kirsi Aaltonen, Jaakko Kujala	2010
Human factors evaluation in nuclear power plant control rooms using a mobile system to support collaborative observation	Progress in Nuclear Energy	L.C. Silva, M.R. Borges, P.V.R. Carvalho	2012
Model-based knowledge extraction for automated monitoring and control	Proceedings of 18th IFAC world congress	C. Legat, J. Neidig, M. Roshchin	2011
Augmented reality for plant lifecycle management	Proceedings of concurrent engineering	P. Siltanen, T. Karhela, C. Woodward, P.	2007

		Savioja	
Product information exchanges between CAD/PDM systems and the collaboration portal system using PLM services	Proceedings of computer science and information engineering	김종환, 정윤경, 노상도	2009
선박 및 해양플랜트의 운영단계 생애주기 관리 시스템 개발	대한조선학회	이정렬, 박개명	2011
해외 LNG Plant 프로젝트 초기 프로세스 분석 및 지식관리시스템 프로토타입 구축	한국건축시공학회	원서경, 이준복, 한충희	2009
대용량 / 비정형 선박, 해양플랜트 정보 통합 플랫폼 설계를 위한 NoSQL 활용	대한조선학회	배성혁, 권진석, 신제훈	2011
플랜트 엔지니어링 산업을 위한 Web 기반 정보시스템 구축	대한기계학회	이상민, 김종춘, 최재붕, 김영진, 김학진, 신안식, 이기홍	2002
해양 유전 개발 플랜트 시공의 PDM 응용 사례에 대한 연구	한국에너지공학회	박찬국, 정갑청, 김철규, 유호규	2001
선박해양구조물의 유지보수 단계수명주기 관리 정보시스템의 개념설계와 구현	한국해양공학회지	김승현, 이장현, 손금준, 한은정	2012
플랜트 프로젝트 사업관리 업무절차 개선을 위한 EPC수행단계별 BPM모델 개발	한국건설관리학회	박범진, 이민재, 이태식	2005

(2) 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술

<표 2-25> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 분야 주요 논문 분석

제목	저널명	저자	발표연도
Multi-criteria aspects of modularization in the process plant layout and design	Chemie-Ingenieur-Technik	Hady, Ł. , Wozny, G.	2012
Net Present Value Analysis of	Chemical	Lier, S. ,	2011

Modular Chemical Production Plants	Engineering and Technology	Grünewald, M.	
Modular plants: Doing more with less	Engineering and Mining Journal	Carter, R.A.	2010
Modular design would shorten construction times for nuclear plants	Chemical Engineering	No author name available	2009
Design and construction of a modular pilot plant for the treatment of oil-containing wastewaters	Desalination	Jose Manuel Benito	2002
Small scale, modular and continuous: A new approach in plant design	Chemical Engineering and Processing: Process Intensification	Tim Seifert	2011
Modular supervisory control of an experimental automated manufacturing system	Control Engineering Practice	M. Nourelfath	2003
A modular laboratory for process control and process engineering	Journal of Process Control	P. L. Lee	2003
Membrane plants of modular design for diffusion controlled gas separations	Journal of Membrane Science	D. A. White	1994
Modular design and construction techniques for nuclear power plants	Nuclear Engineering and Design	Christopher W. Lapp	1997
Modular design and implementation of a logic control system for a batch process	Computers and Chemical Engineering	Luca Ferrarini	2003
Economic potential of modular reactor nuclear power plants based on the Chinese HTR-PM project	Nuclear Engineering and Design	Zhang, Z. , Sun, Y.	2007
Power plant design taking full advantage of modularization	Power Engineering	Gotlieb, J., Stringfellow, T.,	2001

		Rice, R.	
A modular standardized power plant concept based on steam and gas turbines	VGB PowerTech	Jeske, H.O., Walter, P., Pape, M.	1998
Knowledge-based approach to modular construction decision support	Construction Engineering and Management	Mirza,B. M., Deborah J. F., Mirosloaw J. S.	1993
지식 기반 플랜트 건설 공정 계획 시스템의 개발	한국지능정보 시스템 학회	김우주	2001
해외 LNG Plant 프로젝트 초기 프로세스 분석 및 지식관리시스템 프로토타입 구축	한국건축시공 학회	원서경, 이준복, 한충희	2009

(3) 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술

<표 2-26> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 분야 주요 논문 분석

제목	저널명	저자	발표연도
Design and construction of a modular pilot plant for the treatment of oil-containing wastewaters	Desalination	Benito, J. M., Rios, G., Ortea, E., Fernandez, E., Cambiella, A., Pazos, C., Coca, J.	2002
Small scale, modular and continuous: A new approach in plant design	Chemical Engineering and Processing: Process Intensification	Seifert, T., Sievers, S., Bramsiepe, C., Schembecker, G.	2011
Modular supervisory control of an experimental automated manufacturing system	Control Engineering Practice	Nourelfath, M., Niel, E.	2003
A modular laboratory for process control and process engineering	Journal of Process Control	Lee, P. L., Allen, R. M., Cole, G. R., Shastri, S. S.	2003
Membrane plants of modular design for diffusion controlled gas separations	Journal of Membrane Science	White, D. A., Canales, R., Le, Q. T.	1994

Modular design and construction techniques for nuclear power plants	Nuclear Engineering and Design	Lapp, C. W., Golay, M. W.	1997
Modular design and implementation of a logic control system for a batch process	Computers and Chemical Engineering	Ferrarini, L., Piroddi, L.	2003
Multi-criteria aspects of modularization in the process plant layout and design	Chemie-Ingenieur-Technik	Hady, Ł., Wozny, G.	2012
Modular plants: Doing more with less	Engineering and Mining Journal	Carter, R. A.	2010
Modular design would shorten construction times for nuclear plants	Chemical Engineering	No author name available	2009
Power plant design taking full advantage of modularization	Power Engineering	Gotlieb, J., Stringfellow, T., Rice, R.	2001
A modular standardized power plant concept based on steam and gas turbines	VGB PowerTech	Jeske, H. O., Walter, P., Pape, M.	1998
Computer-aided web-based application to modular plant design	Computer Aided Chemical Engineering	Hady, Ł., Wozny, G.	2010
Know-how and quality assurance using a web based reuse-atlas	Chemical Engineering Transactions	Hady, Ł., Wozny, G.	2009
Modular plant modelling for distributed control	IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics	Missal, D., Hanisch, H.-M.	2007
Knowledge transfer through the supply system: Does modularity make it easier?	International Journal of Automotive Technology and Management	Graziadio, T., Zilbovicius, M.	2003

Modular ecosystem modeling	Environmental Modelling and Software	Voinov, A., Fitz, C., Boumans, R., Costanza, R.	2004
액화천연가스 플랜트 시스템 위험도 평가 기술	비파괴검사 학회지	최송천, 하제창, 이미해, 조영도, 장윤석, 최신범, 최재붕	2009

(4) 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술

<표 2-27> 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 분야 주요 논문 분석

제목	저널명	저자	발표연도
Integration of distributed plant lifecycle data using ISO 15926 and Web services	Annals of Nuclear Energy	B.C. Kim, H. Teijgeler, D. Mun, S. Han	2011
Sharing piping CAD models of ocean plants based on international standards	Journal of Marine Science and Technology	J. Li, I. Kim, S. Lee, S. Han, C. Lee, S. Cheon, W. Lee, K. An, G. Cho, J. Hwang, D. Mun	2011
An upper ontology based on ISO 15926	Computers & Chemical Engineering	Rafael Batres, Matthew West, David Leal, David Price, Katsube Masaki, Yukiyasu Shimada, Tetsuo Fuchino, Yuji Naka	2007
Computer-aided web-based application to modular plant design	Computer Aided Chemical Engineering	Łukasz Hady, Günter Wozny	2010
Meta-ontology for automated information integration of parts libraries	Computer-Aided Design	J. Cho, S. Han, H. Kim	2006
Sharing product data of nuclear power plants across their lifecycles	Annals of Nuclear	D. Mun, J. Hwang, S. Han,	2008

by utilizing a neutral model	Energy	H. Seki, J, Yang	
A data dictionary of die and mold parts for e-commerce based on PLIB	Transactions of the Society for e-Business Studies	J. Cho, D. Mun, H. Kim, S. Han, B. Ryu	2003
Integrated management of facility, process, and output: data model perspective	Science China-Information Sciences	S. Lee, S. Han, D. Mun	2012
OntoCAPE-A (re)usable ontology for computer-aided process engineering	Computers & Chemical Engineering	J. Morbach, A. Wiesner, W. Marquardt	2009
Digital exchange of design models between marine equipment libraries using hybrid neutral formats	Journal of Marine Science and Technology	H. Hwang, H.M. Lee, S. Han	2004

3. 특허분석

○ 특허동향 분석은 등록된 국제특허 데이터베이스인 WIPS를 이용하여 1964년부터 2010년까지 공개된 특허의 제목과 초록을 대상으로 검색함

○ 검색분류상 기술별로 선별된 대표 검색 키워드를 이용하여 검색하였으며 총 10,971건이 검색되었음. 전반적으로 특허의 수는 증가추세에 있으나 대부분 플랜트 PLM, 설계, 유닛 라이브러리 기술에 관련된 특허로 모듈러 플랜트 관련 특허는 매우 제한적임

○ 상세검색은 상세 기술별 키워드를 이용하여 등록특허와 공개특허를 구분하여 검색하였고 해당 특허사례를 명시하였으며, 출원인 및 출연기관은 등고선 맵으로 표기함

○ 기술별로는 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술관련 특허가 가장 높은 특허 등록건수를 보였고 설계와 PLM 기술도 상당수의 특허가 검색됨

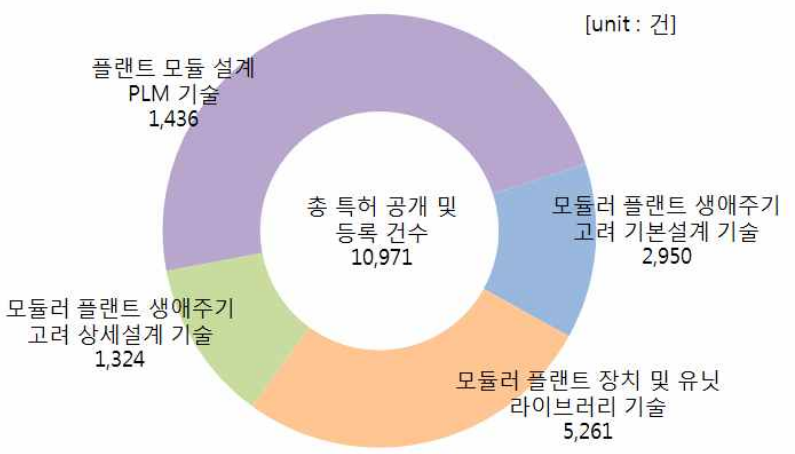
○ 국가별로는 미국의 특허점유율이 유럽, 일본, 한국에 비해 우세한 것으로 분석되며, 특히 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술에 많은 특허가 검색됨

<표 2-28> 특허 검색 방법

특허 검색 조건	방법
검색 Domain	미국, 일본, 유럽특허청
검색 DB	WIPS
검색 기간	1964년 1월 1일 ~ 2010년 12월 31일
검색 범위	제목과 초록

<표 2-29> 특허 검색 개요

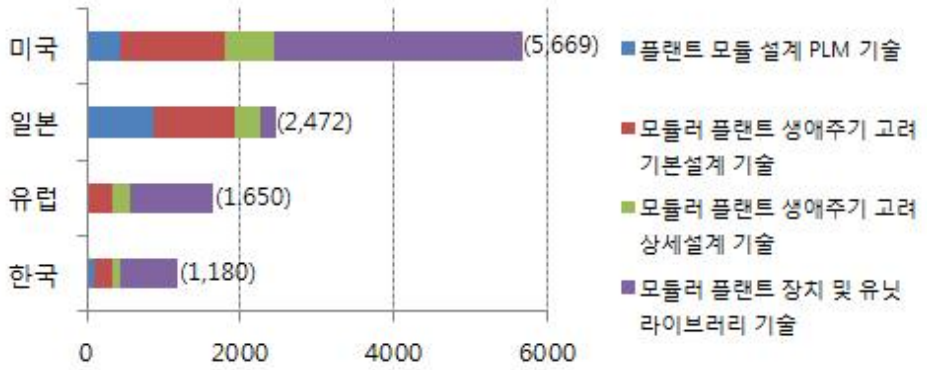
특허 검색 조건	방법	
검색 Domain	미국, 일본, 유럽특허청	
검색 DB	WIPS	
검색 기간	1964년 1월 1일 ~ 2010년 12월 31일	
검색분류	**건수**	**대표 검색 키워드**
플랜트 모듈 설계 PLM 기술	1,436	Plant Management
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술	2,949	Plant Economy
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	1,324	Plant Engineering Design
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	5,261	Plant Unit



[그림 2-43] 기술분야별 특허점유 비율

<표 2-30> 세부별 특허 공개 및 등록 현황 (건)

구분	플랜트 모듈 설계 PLM 기술	모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술	모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	합계
한국	110	222	104	744	1,180
미국	443	1,352	652	3,222	5,669
일본	867	1,050	350	205	2,472
유럽	16	326	218	1,090	1,650
합계	1,436	2,950	1,324	5,261	10,971



[그림 2-44] 특허 공개 및 등록 현황

가. 플랜트 모듈 설계 PLM 기술

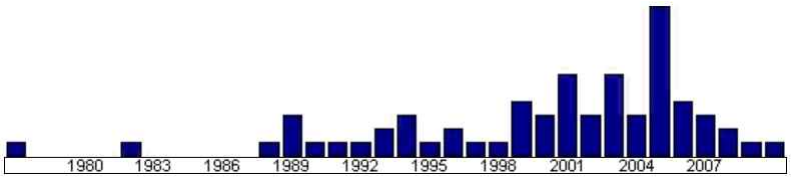
○ PLM 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 특허 출원, 등록 건수는 1988년 이후 지속적으로 증가하고 있어 관련분야 시장 관심이 증가하고 있는 것으로 분석됨

○ PLM 분야 키워드 분석 결과 PLM 분야 기술 개발은 데이터 통합 관리 솔루션(management system, data management 등), 사용자 인터페이스(user input, graphical representation, navigate 등) 등을 중심으로 구성되며, 일부 협업 분야

(business process, communication 등) 기술 개발이 이뤄지고 있는 것으로 평가됨

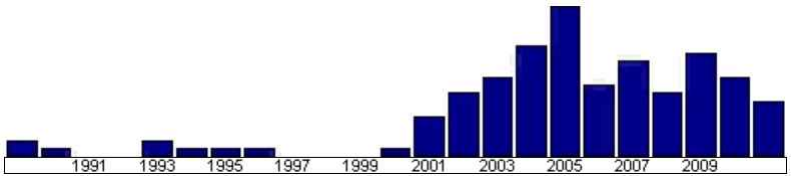
○ 종합적으로 고려할 때 최근까지의 PLM 분야 기술 개발이 단순 데이터 통합, 사업 관리 프로세스를 중심으로 이루어졌으며, 최근 일부 부가 기술로서 협업을 위한 기술 개발이 이루어지고 있으나, 모듈러 플랜트 등의 산업에 특화된 응용기술 개발이 미비한 것으로 판단됨

○ 추가적인 특허 분석 결과로서 Semantic PLM, Social PLM 분야의 특허 출원, 등록 건수가 전무하여 현재까지 관련 분야 시장 관심이 미비한 것으로 판단됨



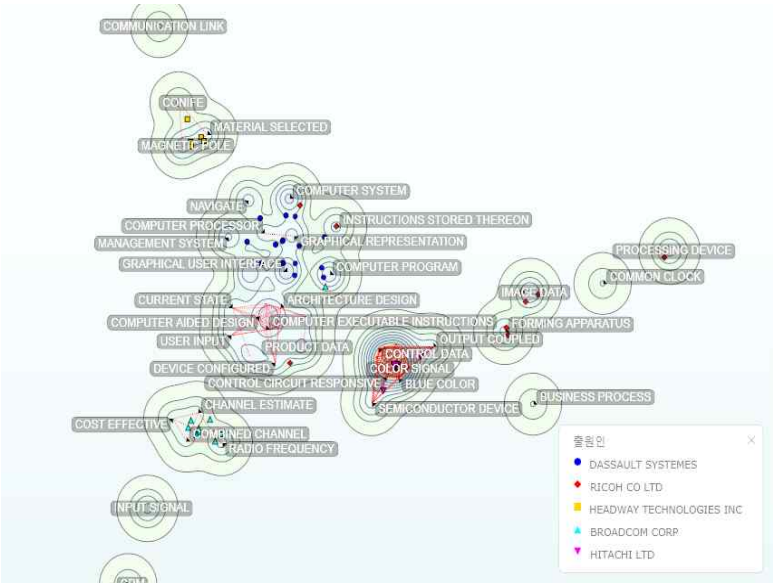
[그림 2-45] 출원일 별 특허건수

(키워드:PLM, 미국, 유럽 등록 특허 기준, 총 66건)



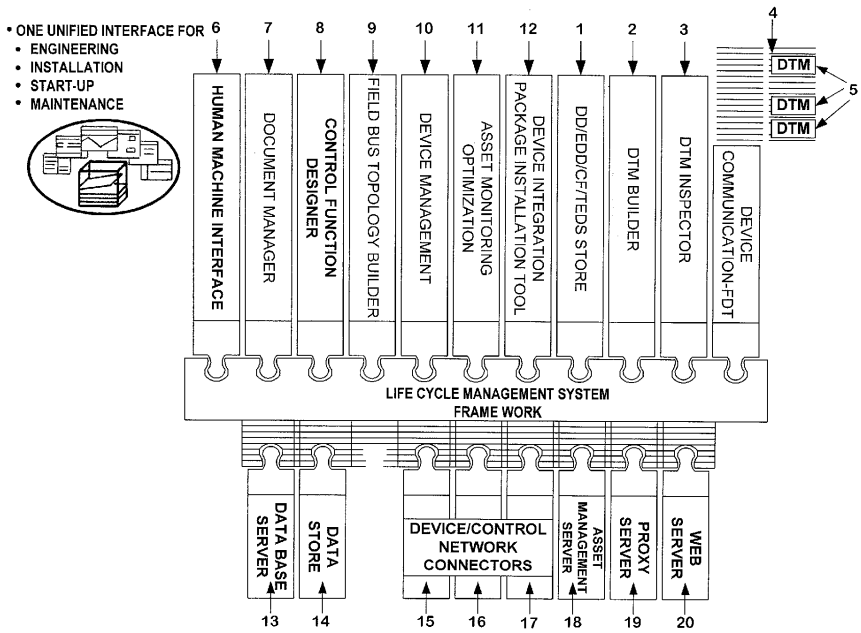
[그림 2-46] 출원일 별 특허건수

(키워드:PLM, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 124건)

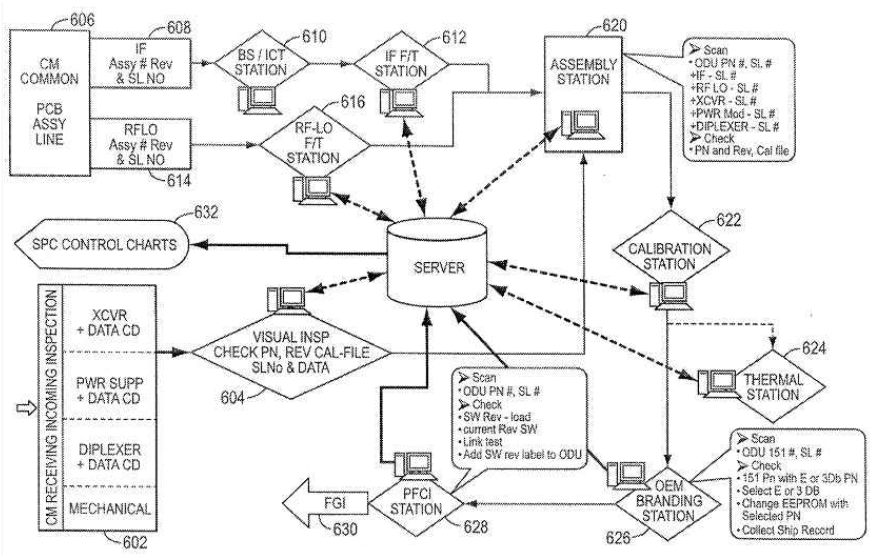


[그림 2-47] 키워드 맵

(키워드:PLM, 미국 등록 특허 기준)



[그림 2-48] 특허사례(Life cycle management system for intelligent electronic devices, 2009, 미국 공개특허)

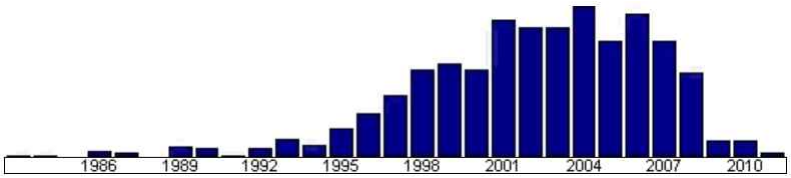


[그림 2-49] 특허사례(Manufacturing system and method, 2008, 미국 공개특허)

○ Document, content and management 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1995년 이후 지속적으로 특허 출원, 등록이 이루어지고 있음. 다만, 2007년 이후 관련 분야 특허 출원, 등록 건수가 감소세에 있어 기술 성숙이 이루어진 것으로 판단됨

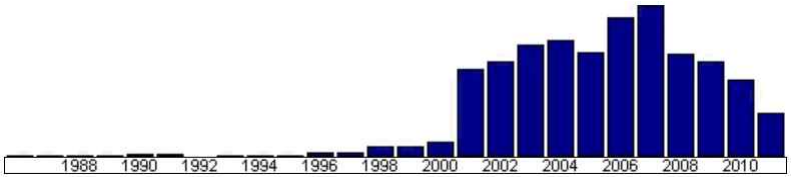
○ Document, content and management 분야 키워드 분석 결과 데이터 생성, 저장, 관리, 정보제공 등 다양한 분야에서 종합적인 기술개발이 이루어진 것으로 평가됨

○ 향후 관련 시장의 기술 선도를 위하여 지능화된 정보 분석 및 콘텐츠 관리 기법의 도입이 필요할 것으로 판단됨



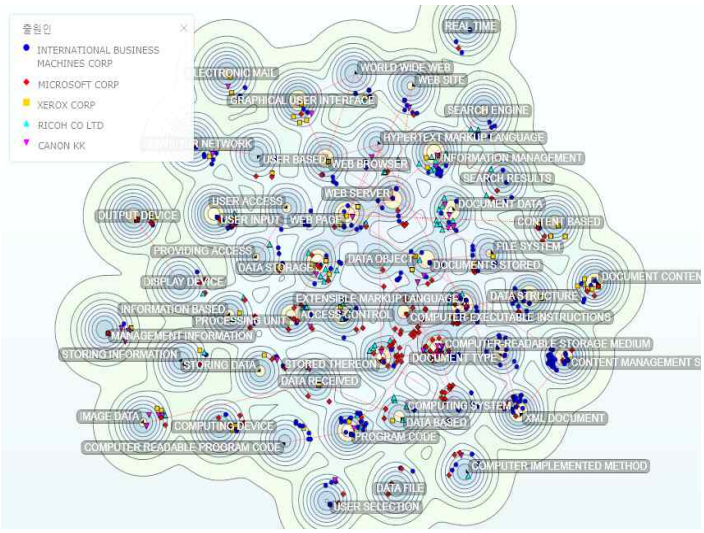
[그림 2-50] 출원일 별 특허건수

(키워드:document & content & management, 미국, 유럽 등록 특허 기준, 총 966건)



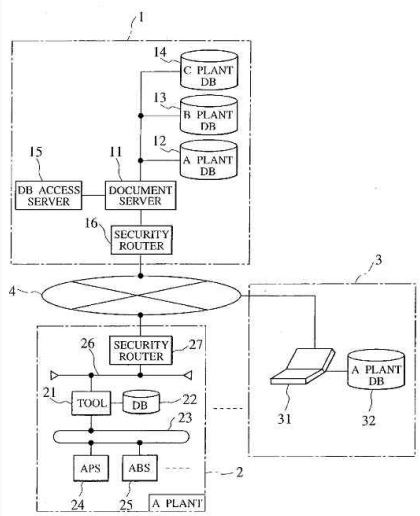
[그림 2-51] 출원일 별 특허건수

(키워드:document & content & management, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 1837건)



[그림 2-52] 키워드 맵

(키워드:document & content & management, 미국 등록 특허 기준)

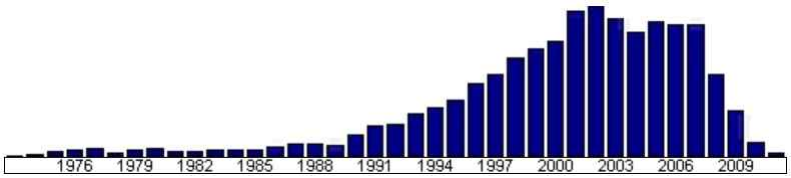


[그림 2-53] 특허사례(Document management system and method, 2006, 미국 공개특허)

○ Visualization 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1990년 이후 특허 출원, 등록 건수가 급격히 증가하고 있어 관련 분야 시장 관심이 이루어지고 있는 것으로 평가됨. 다만, 총 출원, 등록 건수가 10,000건을 상회하고 있어 기술 성숙도가 큰 것으로 평가됨

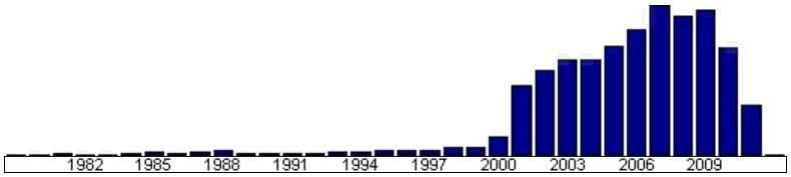
- Visualization 분야 키워드 분석 결과 가시화 정밀도, 실시간 가시화, 가시화 장비 등 다양한 분야의 기술개발이 종합적으로 이루어지고 있어 특허 건수 등과 관련 분야 시장 성숙도를 종합적으로 반영하고 있는 것으로 평가됨

○ 다만, 본 과제에서 개발 예정인 PLM의 프로젝트 관리 데이터의 정량적/의미기반 가시화 기법에 대한 검토가 이루어지고 있지 않으며, 가시화 표현의 시장수요가 증가하고 있는 동향을 종합적으로 검토 시 국내 IT 기술을 접목하여 관련분야 선도 기술 선점이 가능할 것으로 판단됨



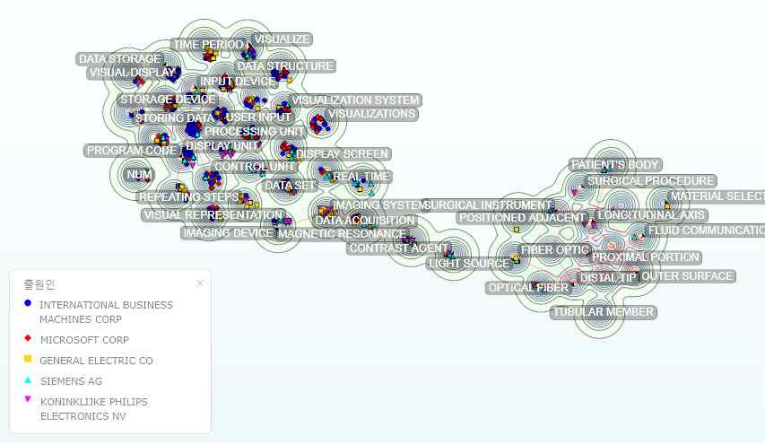
[그림 2-54] 출원일 별 특허건수

(키워드:Visualization, 미국, 유럽 등록 특허 기준, 총 5699건)



[그림 2-55] 출원일 별 특허건수

(키워드:Visualization, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 4937건)



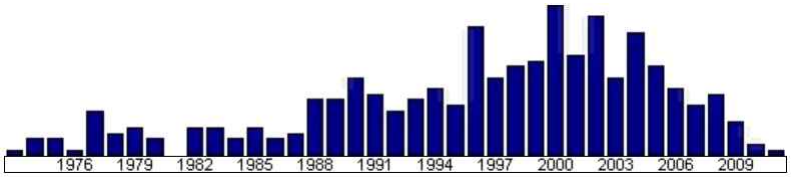
[그림 2-56] 키워드 맵

(키워드:Visualization, 미국 등록 특허 기준)

나. 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본 및 상세 설계 기술

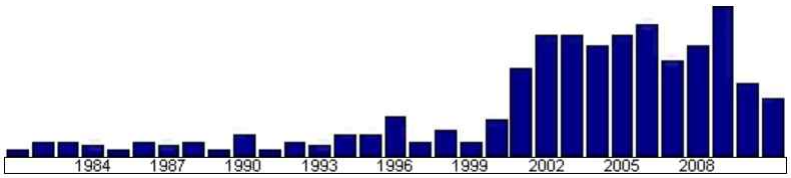
○ Modular plant 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1985년 이후 지속적으로 증가하고 있어 관련 분야 시장 관심이 이루어지고 있는 것으로 평가됨. 또한 비교적 최근에 특허 출원, 등록이 이루어지고 있고 현재까지 출원, 등록 규모가 소량으로 도입기 또는 성장기 기술 분야로 평가됨

○ Modular plant 분야 키워드 분석 결과 에너지(heat exchanger, cooling system 등), 동력원(power supply, gas turbine 등), 구조물(support structure, vertical axis 등)을 중심으로 이루어졌음을 고려할 때 최근까지의 모듈러 플랜트 분야 기술 개발이 프로세스 설계, 구조물 설계 등 시공 위주로 이루어진 것으로 평가됨



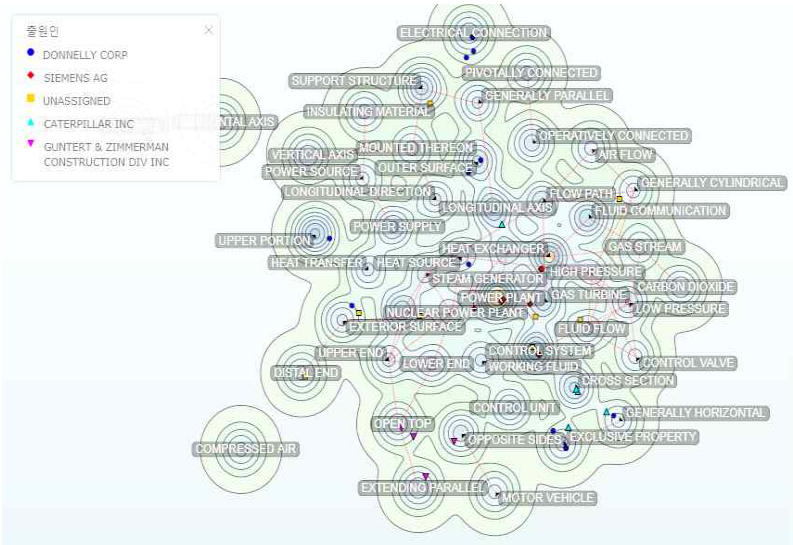
[그림 2-57] 출원일 별 특허건수

(키워드:Modular plant, 미국, 유럽 등록 특허 기준, 총 370건)



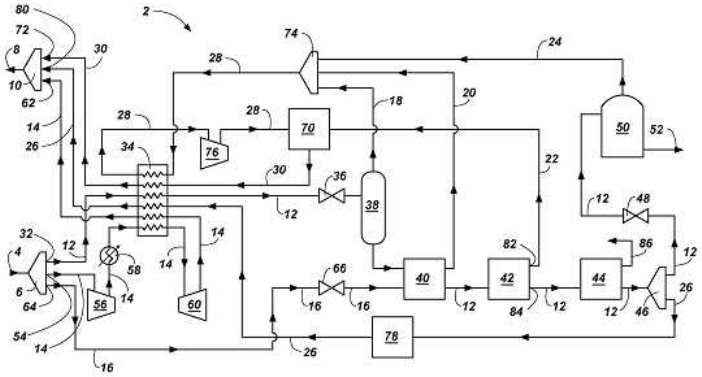
[그림 2-58] 출원일 별 특허건수

(키워드:Modular plant, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 413건)

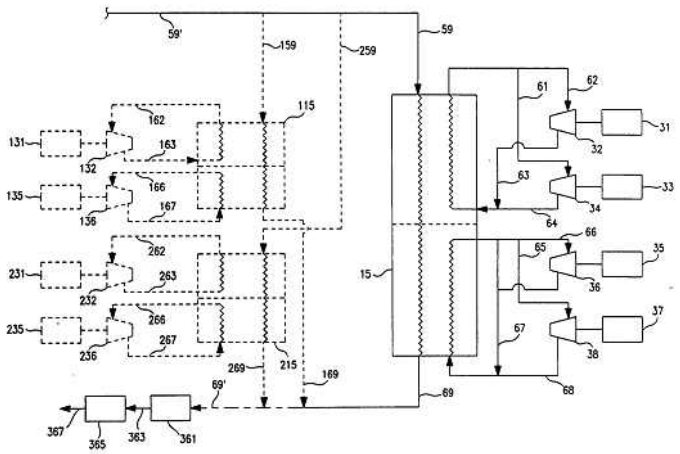


[그림 2-59] 키워드 맵

(키워드:Modular plant, 미국 등록 특허 기준)



[그림 2-60] 특허사례(Natural gas liquefaction core modules, plants including same and related methods, 2011, 미국 공개특허)



[그림 2-61] 특허사례(Modular LNG process, 2006, 미국 공개특허)

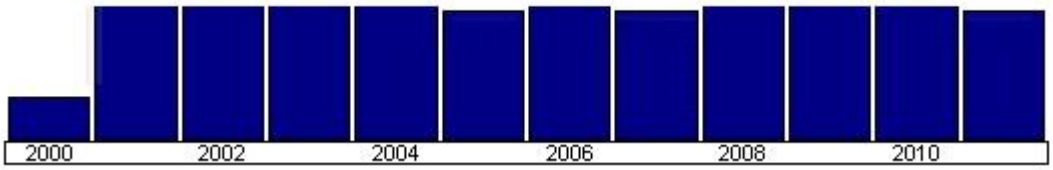
○ 추가적인 특허 분석 결과로서 modular & plant & reliability 분야 특허가 11건, modular & plant & life-cycle & cost 분야 특허 출원 건수가 1건으로 modular plant 설계 방법론에 대한 확장이 미비한 것으로 평가됨

○ 향후 모듈화 설계 방법론 정립, 모듈 공용화 기술 개발 등을 통하여 관련 시장의 기술 선도 및 기술 선점이 가능할 것으로 판단됨

다. 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술

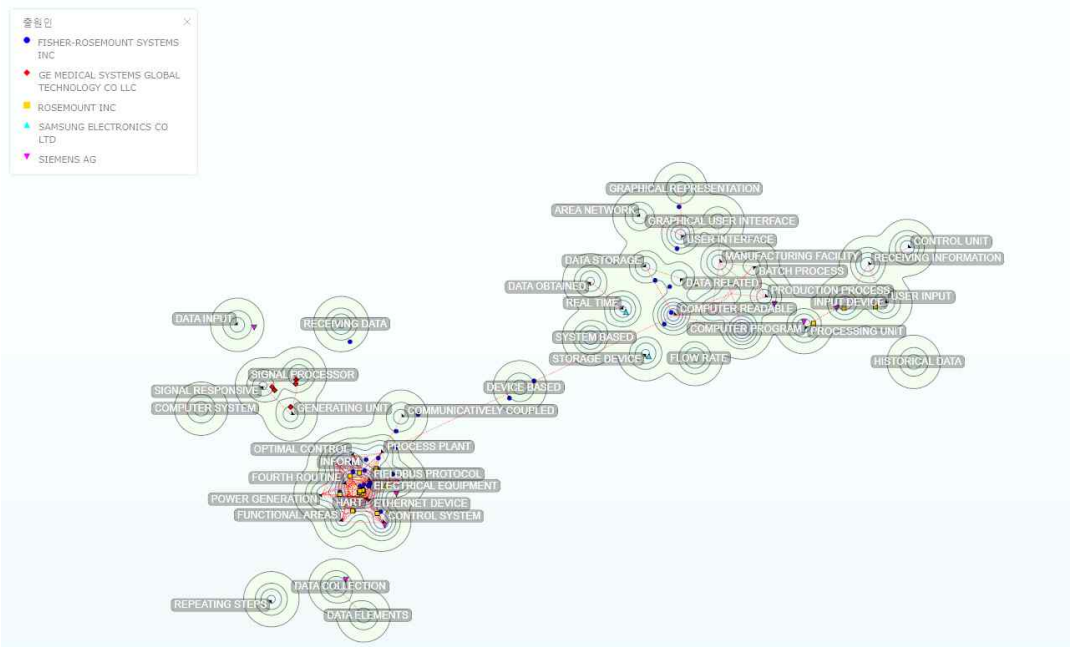
○ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1996년 이후 지속적으로 특허 출원, 등록이 이루어지고 있으며, 등록건수는 2000년 이후 현재까지 일정한 수준을 계속 유지하고 있어, 관련분야 시장 관심이 지속되고 있는 것으로 분석됨

○ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 분야 키워드 분석 결과 일반 기자재의 사양 정보 모델링, 2D P&ID 및 3차원 형상 표현 등의 분야에서 전반적인 기술개발이 이뤄지고 있는 것으로 평가됨



[그림 2-62] 출원년도 별 특허건수

(키워드: equipment & unit & modeling, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 123건)

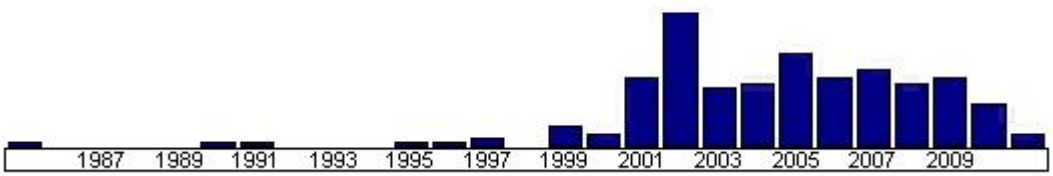


[그림 2-63] 키워드 맵

(키워드: equipment & unit & modeling, 미국 등록 특허 기준)

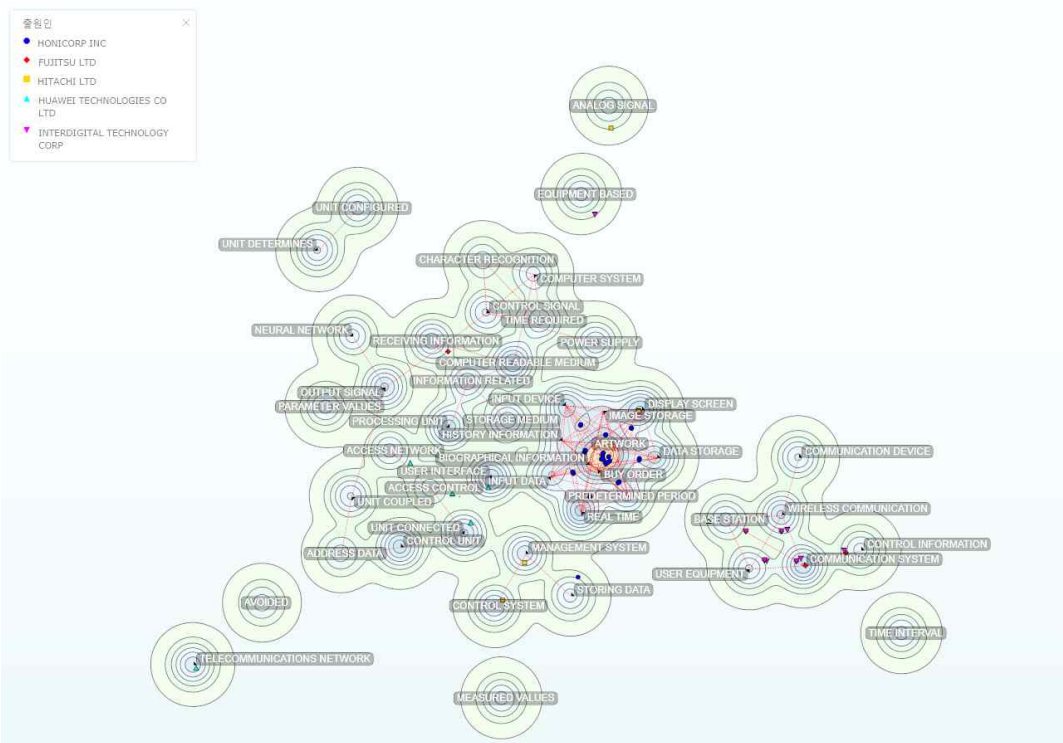
○ 장치 및 유닛 분류 기술 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1990년 이후 지속적으로 특허 출원이 이루어지고 있으며, 특허 등록은 2000년 이후 증가하고 있음

○ 장치 및 유닛 분류 기술 분야 키워드 분석 결과 일반 기자재의 분류체계 및 식별체계 분야에 주로 활용되고 있는 것으로 분석됨. 따라서 모듈러 플랜트 설계 분야에 제한적으로 적용되고 있는 것으로 평가되며, 관련 분야의 시장을 선점할 필요가 있을 것으로 판단됨



[그림 2-64] 출원년도 별 특허건수

(키워드: equipment & unit & classification, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 207건)



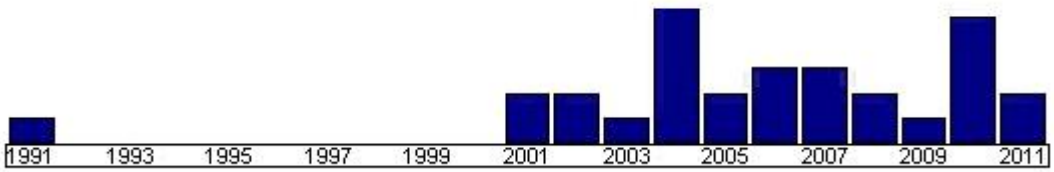
[그림 2-65] 키워드 맵

(키워드: equipment & unit & classification, 미국 등록 특허 기준)

○ 장치 및 유닛 라이브러리 관리 기술 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 1990년대 후반 이후 특허 출원/등록이 이루어지고 있으나, 앞의 두 기술에 비해 활발하게 이루어지고 있지는 않음

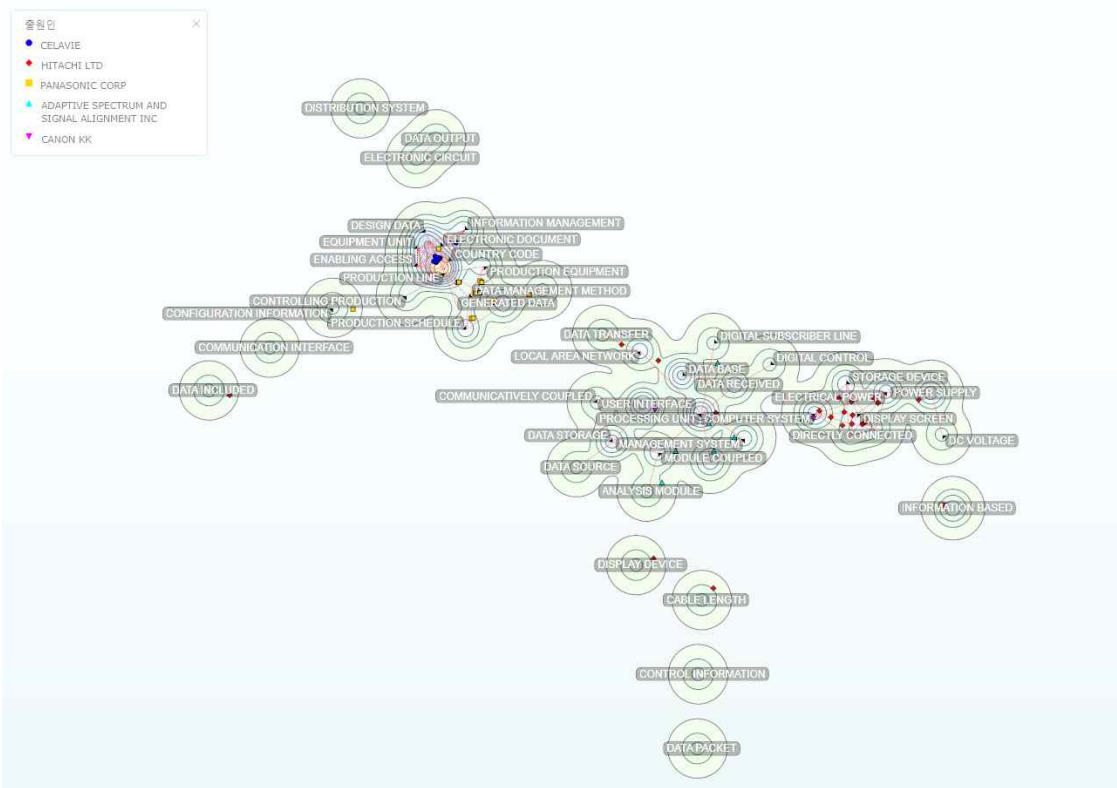
○ 장치 및 유닛 라이브러리 관리 기술 분야 키워드 분석 결과 일반 기자재 데이터 저장, 관리, 전송, 데이터베이스 분야와 연계되어 활용되고 있는 것으로 분석됨

○ 기술 확보 및 시장 선점을 위해서는 ORM (object relation mapping) 기술 및 의미 기반 라이브러리 관리 기술과 같은 최신 기술 동향을 고려하여 연구를 진행할 필요가 있음



[그림 2-66] 출원년도 별 특허건수

(키워드: equipment, unit, library, management, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 32건)

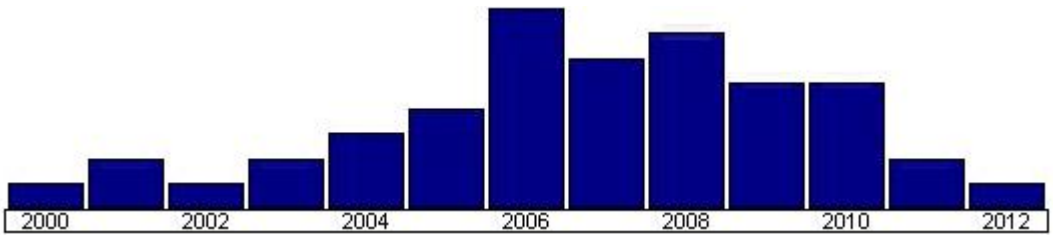


[그림 2-67] 키워드 맵

(키워드: equipment, unit, library, management, 미국 등록 특허 기준)

○ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 분야 출원일별 특허 동향 분석 결과 2000년대 이후 특허 출원/등록이 이루어지고 있으나, 앞의 기술들에 비해 출원 및 등록 건수가 낮음. 그 이유는, 상호운용성 기술이 특정 기술을 바탕으로 개발되는 것이 아니라, 표준화를 기반으로 구현되는 것이기 때문임

○ 기술 확보 및 시장 선점을 위해서는 표준화 활동에 적극적으로 참여할 필요가 있으며, 표준을 기반으로 한 제품 및 상용화 개발이 진행될 필요가 있음

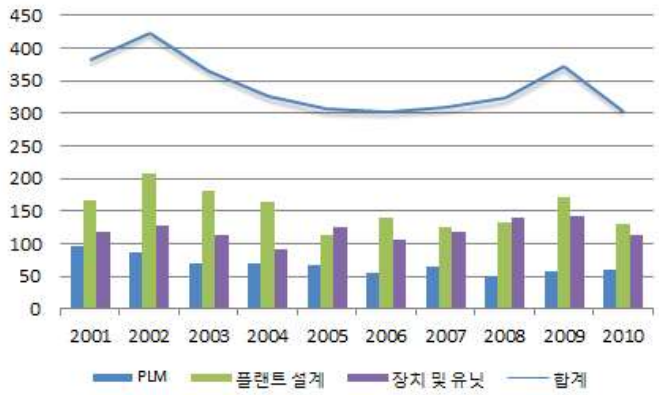


[그림 2-68] 출원년도 별 특허건수

(키워드: equipment, unit, data, interoperability, 미국, 유럽 공개 특허 기준, 총 47건)

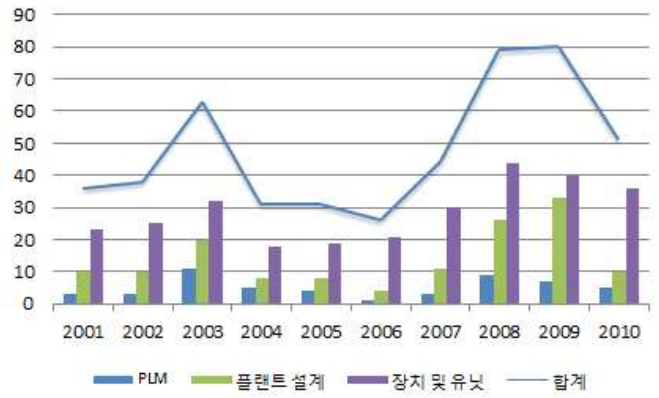
라. 국내외 연도별 동향

○ 2000년 이후 국외 플랜트 PLM, 기획, 설계, 유닛 및 장치기술에 대한 분야별 출원 특허 동향 분석 결과 지속적으로 특허 출원/등록이 이루어지고 있음



[그림 2-69] 국외 연도별 특허 출원 현황

○ 2000년 이후 국내 플랜트 PLM, 기획, 설계, 유닛 및 장치기술에 대한 분야별 출원 특허 동향 분석 결과 소수의 특허 출원/등록이 이루어지고 있으나, 장치 및 유닛 기술관련 특허의 비중이 상대적으로 높은 것으로 나타남.



[그림 2-70] 국내 연도별 특허 출원 현황

4절. 연구개발 인프라 분석

○ 세부 과제 기술과 밀접한 관계가 있는 기업의 기술 인프라, 기술 수준과 기술인력 현황을 조사하고 평가하였으며, 기술 인프라 및 기술인력 현황 분석을 통하여 상용화 인프라를 분석하였음

○ 세부 과제 기술과 관련이 있는 국내 연구 기관 및 대표 연구자를 조사하여, 해당 연구기관의 본 과제와 관련되는 연구영역 및 연구방향 등을 분석하였음

○ 세부 과제 기술과 관련이 있는 국내 대학 및 대표 연구자를 조사하여 해당 대학의 본 과제와 관련된 연구영역 및 연구방향, 연구현황을 분석하였음

1. 관련 기업

○ 세부 기술별 관련 기업 현황을 살펴보면 아래 표와 같음

- 대기업을 중심으로 기업 내부의 엔지니어링 시스템들의 정보를 통합하는 포털 시스템을 개발하여 업무에 적용하고 있으나, 외부 기관들과의 플랜트 정보 통합에는 많은 어려움이 있으며, 솔루션의 국산화가 미흡한 실정임
- 그러나 국내 PLM 개발 업체의 기술력을 바탕으로 PLM 기술을 플랜트 모듈화 설계에 응용한 PLM 기반의 설계 지원 인프라 구축은 가능할 것으로 판단됨
- 국내 일부 건설 업체가 파이프랙 시공블록모듈을 중심으로 육상 플랜트에 모듈화 설계 기술 적용을 시도하고 있음
- 해양 플랜트에는 이미 시공블록모듈 중심의 모듈화 설계 기술이 활용되고 있음. 국내 업체는 상세설계 및 시공에 강점을 가지고 있으나 FEED 능력은 미약함
- 국내 플랜트 IT 기업은 플랜트 장치 및 유닛 정보의 표준화 및 교환에 적용 가능한 개방형 표준 (ISO 15926 등)의 응용 기술을 확보하고 있음

<표 2-31> 세부 기술별 관련 기업 현황

세부기술명	기관명	구분	연구자	주요 연구 활동	보유기술
플랜트 모듈설계 PLM 기술	삼성 엔지니어링	산	-	- 세계최대 규모인 GSP-6 플랜트 건설에서 선제적 리스크 관리 등 완벽한 프로젝트 매니지먼트를 수행 - 프로젝트 매니지먼트 분야에서 최고 권위를 자랑하는 비영리단체인 PMI로부터 '우수 프로젝트 상' 수상	플랜트 건설에서 각 분야의 유기적 조율 및 리스크 관리 기술
	GS 건설	산	-	- 플랜트 프로젝트 다수 수행 - 모듈러 플랜트 설계 기술 일부 보유	모듈러 플랜트 설계 기술, 프로젝트 관리 기술
모듈러 플랜트 생애주기 고려				- 국내의 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술은 초기 개념 정립 단계에 있음	

기본설계 기술					
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	현대엔지니어링	산	-	- 캐나다 오일 샌드 플랜트 건설에 모듈 기반 건설 공정 관리 활용	모듈 기반 건설 관리 기술
	성진지오텍	산	-	- 캐나다 오일 샌드 플랜트 모듈 제작, 공급 - LNG 모듈 제작, 공급	오일 샌드 플랜트 모듈 설계 기술
	GS건설	산	이광일	- GS칼텍스 석유 화학 정유 플랜트 확장 공사를 모듈 공법으로 건설	석유 화학 플랜트 모듈화 설계 기술
	대우건설	산	박광재	- 나이지리아 Escravos GTL 플랜트를 모듈 공법으로 건설	가스 플랜트 모듈화 설계 기술
	일성	산	-	- Oil & Gas 플랜트 공정 기자재 및 모듈 제작 - 에너지 및 원자력 발전 설비 모듈 제작 - 해양 플랫폼, FPSO 기자재 및 모듈 제작 - 현장 시공, overhaul 유지보수, 확장 공사	육상 및 해상 플랜트 기자재 및 모듈 설계 기술
	일진에너지	산	-	- 화공 기기 모듈 제작 - 발전소 경상 정비 - 원자력 발전소 기자재 모듈 제작 - 플랜트 공사	플랜트 기자재 및 모듈 설계 기술
	현대중공업	산	-	- 해양 플랜트, 선박 건조에 모듈화 설계 기술 활용	해양 플랜트, 선박 모듈화 설계 기술
	대우조선해양	산	-	- 해양 플랜트, 선박 건조에 모듈화 설계 기술 활용 - 태국 Khanom 화력 발전소를 모듈 공법으로 건설	해양 플랜트, 선박 및 화력 발전소 모듈화 설계 기술
	삼성중공업	산	-	- 해양 플랜트, 선박 건조에 모듈화 설계 기술 활용	해양 플랜트, 선박 모듈화 설계 기술
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	㈜부품디비	산	황진상 안경익	- 국제표준(STEP, ISO 15926) 기반 부품 라이브러리 구축	STEP, ISO 15926
	대우조선해양(주)	산	이원준	- 국제표준 기반 선박 데이터 공유 및 교환	STEP, ISO 15926

2. 관련 연구소

○ 세부 기술별 관련 연구소 현황을 살펴보면 아래 표와 같음

- 한국건설기술연구원, 고등기술연구원 등에서는 LNG 플랜트, LNG FPSO, LNG Bench-scale Unit 등을 대상으로 플랜트 모듈화, 컴팩트화 설계 기술을 개발하였으며, 향후 테스트베드 및 상용급 규모의 LNG 플랜트와 LNG FPSO 건설에 모듈화 설계 기술 적용이 기대됨

- 고등기술연구원에서는 원자력 발전소를 대상으로 개방형 국제표준을 이용한 라이브러리 구축 과제를 진행한 경험이 있음

<표 2-32> 세부 기술별 관련 연구소 현황

세부기술명	기관명	구분	연구자	주요 연구 활동	보유기술
플랜트 모듈설계 PLM 기술	생산기술연구원	연	조용주	- 엔지니어링 프로젝트 및 프로세스 정보 관리	산업정보관리
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술				- 국내의 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술은 초기 개념 정립 단계에 있음	
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	한국건설기술연구원	연	황인주 이홍철	- RAM 기반 모듈화, 컴팩트화 플랜트 설계 기술 개발 - LNG 플랜트 및 LNG FPSO 대상 모듈화 설계 기술 적용	RAM 해석 기술 모듈화 설계 기술
	고등기술연구원	연	박찬국 김형진	- LNG 액화 공정 Bench-scale Unit 건설에 모듈화 설계 기술 도입 - 주요 기자재 중심의 skid 구성	모듈화 공정 및 제어 설계 기술
	한국건설기술연구원	연	오윤석	- 유비쿼터스 기준점 개발	RFID전자도시 기준점생성기술
	한국건설기술연구원	연	우제윤, 류승기, 최현상	- USN 기반 교량 모니터링 기술 - 유비쿼터스 IT 기반 도시시설물 지능화 기술개발 - 모바일 GIS 활용 지하시설물 관리기술	모바일 GIS 기술 USN 적용기술
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	고등기술연구원	연	박찬국 안호준 김형진	- 국제표준(STEP, ISO 15926) 기반 부품 라이브러리 구축 및 검색시스템 개발	STEP, ISO 15926

3. 관련 대학

○ 세부 기술별 관련 대학 현황을 살펴보면 아래 표와 같음

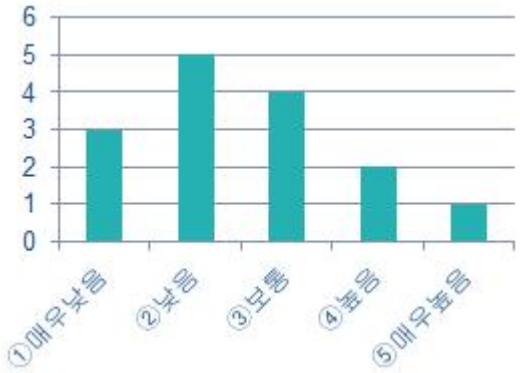
- 국내의 경우 한국과학기술원을 중심으로 개방형 표준인 STEP 및 ISO 15926에 대한 적용 연구가 활발히 진행되고 있으며, 경북대학교와 동아대학교가 공동으로 참여하여 연구를 진행하고 있음
- 학계에서는 플랜트 모듈화 설계 기술 자체보다는 모듈러 플랜트의 가시화를 통한 건설 난이도 사전 검토 기술이나 GIS/GPS/USN 등 IT를 접목한 실시간 공정 관리 기술, 이밖에 국제 표준 데이터 모델, 유지보수 의사결정 알고리즘 등 기반 기술이 주로 연구되고 있음
- 현재 생애 주기 비용(LCC, Life Cycle Cost) 관련 연구는 건축, 토목, 플랜트 분야에서 턴키 (Turn Key), BTL (Build Transfer Lease), PF (Project Financing)와

관련된 가치 공학 (VE, Value Engineering), LCC, LCA (Life Cycle Assessment) 및 친환경 분석 등의 연구가 이루어지고 있음. 향후 LCC를 고려한 설계 VE 및 LCC 표준 모델 개발, 경제성 검토 및 친환경을 고려한 LCA 분석 등이 이루어질 것으로 기대됨

<표 2-33> 세부 기술별 관련 대학 현황

세부기술명	기관명	구분	연구자	주요 연구 활동	보유기술
플랜트 모듈설계 PLM 기술	한국과학기술원	학	동시공학 연구실	- 협업 엔지니어링 프로세스 사양 개발 - XML ontology기반 제품 지식정보 상호운용성 기술 개발 - 제품개발을 위한 Engineering 정보 기반 시스템 설계	PDM, PLM 데이터통합 관리 및 엔지니어링 정보 모델링 및 검색 기술
	포항공과 대학교	학	유비쿼터스 시스템 엔지니어링 연구실	- ubiquitous PLM 시스템 아키텍쳐 기술 - Computer aided ubiquitous system engineering 기술	PLM 통합 플랫폼 기술
	성균관대학교	학	e-Manufacturing 연구실	- 제품 전 수명주기에 걸친 동시, 협력적인 엔지니어링 수행을 위한 기술 - 디지털 가상 환경에서의 엔지니어링 수행 기반 기술	가상생산, 디지털 엔지니어링, PLM, 협업설계 기술
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술				- 국내의 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술은 초기 개념 정립 단계에 있음	
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	충남대학교	학	이민재	- 생애 주기 비용(LCC)을 고려한 수도 시설물 재료 및 공법 선정 방안 연구	플랜트 관리 체계 클레임 분석 LCC
	중앙대학교	학	김용수	- 시나리오 기반의 LNG 플랜트 사업계획 전문가 시스템 개발	경제성 검토 공사비 산정 모델 VE/LCC
	한국기술교육대학교	학	최재현	- 건설 공정의 최적화를 위한 생산성 분석 - USN 기반의 플랜트 실시간 건설 공정 관리 모델	USN을 활용한 웹 기반의 건설 공정 관리 기술
	홍익대학교	학	이승현	- 생산성 분석 및 Image Processing을 활용한 건설공정분석	생산성 분석 및 공사실적 분석 자동화기술
	서울시립대학교	학	최윤수 권재현	- GPS측량기를 이용한 국가기준점 측량, 새로운 국가기준점 체계 구축, GPS 실용화 및 활용방안, 지적 분야의 GPS/GIS 활용방안	GPS 상시기준국 네트워크 조정기술
	인하대학교	학	박수홍	- 공간 데이터베이스의 설계 및 구축, 활용과 의사결정 지원을 위한 공간 의사결정 모델 운용 방식	3차원GIS DB구축 및

					구현기술
	건국대학교	학	편무욱 조병완	- 건설분야 설계/시공 분야 IT(USN, GPS 등)기술 적용 연구 및 실용화 연구	건설도면 자동갱신 GPS기술응용 USN기반 시설물관리
	성균관 대학교	학	최재붕	- 가상 환경 기반 원자로 Aging Monitor, 제철 플랜트 용융로 설비 가시화 및 설계 평가 프로그램 개발	XVL 기반 3D 데이터 경량화
	홍익대학교	학	전홍배	- 예측 유지보수 의사결정 알고리즘 개발	예측유지보수 의사결정 최적화 기술
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발	한국과학기술원	학	한순홍	- 국제표준(STEP, ISO 15926) 기반 부품 라이브러리 구축 및 엔지니어링 데이터 공유	STEP, ISO 15926, 데이터 교환 및 공유
	경북대학교	학	문두환		
	동아대학교	학	김병철		



[그림 2-71] 플랜트 모듈화 설계 기술에 대한 국내 민간역량에 대한 평가

(2012.7 전문가 설문조사)

4. 인프라 분석 결과

○ 본 과제를 수행하기 위해 필요한 인프라로는 수요 업체, 요소 기술을 보유한 개발 업체, R&D를 수행할 수 있는 연구 인력 등이 있으며 국내에 적합한 인프라를 갖추고 있음

○ 국제적인 플랜트 산업의 트렌드, 국내의 관련 기술 개발, IT 경쟁력 사례, 그리고 R&D 인프라를 고려하면 정부주도의 선행기술 개발을 통해 플랜트 모듈화 설계 기술과 이를 지원하는 PLM 기반 응용 시스템의 개발 및 상용화가 가능하다고 판단됨

- 성과물 활용 인프라

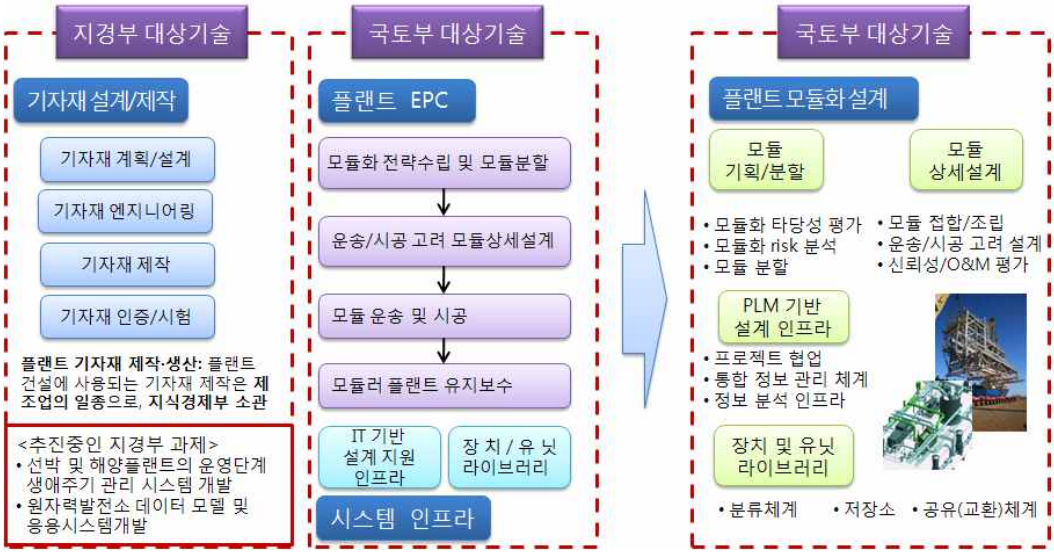
○ 본 연구의 개발 성과물은 직접적으로 관련 기업들이 향후 모듈러 플랜트 사업을 수주 및 수행하는데 활용되어질 것으로 판단됨

○ 관련 연구기관 및 학계에서도 본 연구 성과물 내용을 바탕으로 모듈러 플랜트 엔지니어링 설계 기술의 저변 확대와 인력 배양에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

5절. 중복성 검토

1. 정부출연연구기관 수행과제 중복성 검토

- 지식경제부는 플랜트 기자재 설계/제작/인증시험, 국토해양부는 플랜트 설계(E), 구매·조달·제작(P), 건설(C) 및 시스템 인프라 구축 담당



[그림 2-72] 타부처 연구개발과제와의 차별성

2. 타부처 연구개발과제 중복성 검토

<표 2-34> 타부처 연구개발과제 중복성 검토

연구과제명	수행기관 (연구책임자)	연구기간	연구비총액	발주기관	검토결과	연계 방안 및 차별화 방안	비고
국제표준(ISO10303 STEP, ISO13584 PLIB) 기반의 원자력발전소 데이터 모델 및 응용 시스템 개발	한국과학기술원	2003.06 ~ 2006.05	18.4억	산업자원부	**[유사점]** 데이터 공유를 위한 라이브러리 구축을 한 점에서 유사성이 있음 **[차이점]** 대상물이 원전기기와 플랜트 장치 및 유닛으로 다름 데이터 모델로 국제표준이 아닌 GPM(generic product model)을 사용	**[벤치마킹]** 원전기기에 대한 분류체계 및 라이브러리 구축 방법에 대한 벤치마킹 필요 **[차별화 방안]** 본 과제에서는 모듈화 설계를 고려한 라이브러리 구축 고려	완료
해외건설 기자재 DB 구축 및 표준 전자상거래 시스템 개발	고등기술연구원	2005.06 ~ 2007.05	5.39억	국토해양부	**[유사점]** 국제표준 ISO 15926 기반의 라이브러리 구축을 한 점에서 유사성이 있음 또한 전자카탈로그를 통해 기자재 데이터를 제공한 점이 유사함 **[차이점]** 대상물이 원전기기와 플랜트 장치 및 유닛으로 다름	**[벤치마킹]** 건설 기자재에 대한 분류체계 및 라이브러리 구축 방법에 대한 벤치마킹 필요 전자카탈로그 시스템 벤치마킹 필요 **[차별화 방안]** 본 과제에서는 모듈화 설계를 고려한 라이브러리 구축 고려 모듈화 설계 기술을 지원하기 위한 플랜트 장치 및 유닛 데이터 제공 서비스 고려	완료
PMC-FEED 고도화를 위한 전주기	한국생산기술연구원	2010.12 ~ 2012.05		지식경제부	**[유사점]** 국제표준 ISO 15926을 이용하여 정보 공유 및 교환	**[벤치마킹]** 플랜트 엔지니어링에 ISO 15926을 적용하여 데이터를	수행중

연구과제명	수행기관 (연구책임자)	연구기간	연구비총액	발주기관	검토결과	연계 방안 및 차별화 방안	비고
엔지니어링 정보 통합 관리 시스템					을 시도하는 점에서 유사성이 있음 또한 플랜트 엔지니어링 분야에 적용한다는 점에서도 유사함 **[차이점]** ISO 15926을 데이터 공유 및 교환 목적으로만 사용함 본 과제에서는 ISO 15926을 기반 데이터 모델로 사용할 계획 임	공유하는 방법 벤치마킹 필요 **[차별화 방안]** 본 과제는 국제표준을 기반으로 한 데이터 모델을 정의할 것임. 또한 이를 데이터 공유 및 교환에도 활용할 계획 임 또한 모듈화 설계를 고려한 라이브러리 구축 고려	
LNG플랜트 핵심기반기술 개발 (가상 LNG플랜트 설계환경 구축)	KICT (황인주)	2008.09 ~ 2014.06	55억원	국토해양부	**[유사점]** 기자재, 부품 모델의 형상모델을 이용한 설계 방법에 있어서 유사성이 있음 **[차이점]** 기존 과제는 형상 위주의 모듈화 기법을 추진하고 있으나, 본 과제는 의사결정, 기획/기본설계/상세설계/건설/유지보수/폐기 등 전 생애주기 원가 절감을 위한 모듈화 기술 개발을 목표로 하고 있음 또한 기존 과제는 LNG플랜트 핵심 공정을 대상 시설물로서 제한하고 있으나, 본 과제는 플랜트 모듈화를 위한 범용적 설계 도구 개발을 목적으로 함	**[벤치마킹]** 형상 모델링기법, database 구성요소 등에 대한 벤치마킹 필요 **[차별화 방안]** 기존 과제의 결과물로 예상되는 형상위주의 모듈화 기법에 대한 제한을 극복한 PLM 연계 전 생애주기 기반의 모듈화 설계 기법을 개발하여 기존 기술과의 차별이 가능함 또한 목적물이 다르기 때문에 기본적인 도구를 이용하여 3D 모델을 작성하는 것으로 생성물이나 활용분야가 다름	수행중

연구과제명	수행기관 (연구책임자)	연구기간	연구비총액	발주기관	검토결과	연계 방안 및 차별화 방안	비고
Realistic 3D 공간정보 고도화 기술 개발 (현실에 가까운 3차원 공간정보모델/구축기술 개발 및 실내외 Seamless 공간정보 서비스 기술 개발)	한국건설기술연구원(최현상)	2011.12 ~ 2016.6	48억	국토해양부	**[유사점]** 3차원 공간정보 구축 측면 **[차이점]** BIM 특성상 BIM/GIS 상호운용의 산물로 3차원 실내외 공간정보 구축이 가능한 기술이 도출되는 것으로, 최종적으로 다루는 데이터의 본질이나 적용 기술이 다름	**[벤치마킹]** 3차원 공간정보 활용 측면에서 기술적 활용방안 검토 **[차별화 방안]** Realistic 3D 연구는 실내외 내비게이션, 위치기반서비스와 같은 공간정보분야 특화 기술 개발에 포커싱이 되어 있는 반면, 본 연구는 BIM/GIS 상호운용을 통해 지역단위의 이종 시설들을 하나의 플랫폼 상에서 다룰 수 있게 함으로써 도시시설물 유지관리 최적화 또는 향후 가상건설 시뮬레이터로 확장될 수 있도록 건설분야에 특화된 기술개발로 차별화 할 수 있음	수행중
데이터 기반 원전 건설관리체계 통합화/자동화 기술개발	한국수력원자력	2011-2016	273억 (정부출연금: 123억)	지식경제부	**[유사점]** 데이터를 통합/자동화하고 공유하는 정보 시스템을 개발하는 측면에서 유사점이 있음 **[차이점]** 기존 과제가 원전의 건설을 위한 데이터의 통합화에 목적이 있다면, 본 과제는 모듈화 추진 타당성 평가, 시공블록모듈 분할 등의 모듈러 플랜트의 생애주기를 고려한 PLM 기반의 설계 지원 인프	**[벤치마킹]** 기존 사업에서 도출된 건설 관리 체계, 정보 관리 및 협업 체계를 본 과제의 모듈러 플랜트 프로젝트 및 협업 체계에 활용방안 검토 **[차별화방안]** 플랜트 생애주기를 고려한 모듈화 설계 기법 및 이를 지원하는 모듈러 플랜트에 특화된 PLM 원천 및 응용 기술 개발	

연구과제명	수행기관 (연구책임자)	연구기간	연구비총액	발주기관	검토결과	연계 방안 및 차별화 방안	비고
					라를 개발하는 것을 목적으로 함 본 과제의 적용 대상 플랜트는 담수화 플랜트 및 석유화학 플랜트 등임		
선박 및 해양플랜트의 운영단계 생애주기 관리 시스템 개발	한국선급 (이정렬)	2011- 2015	92억 (정부출연금: 68억)	지식경제부	**[유사점]** 운영단계 생애주기 데이터 관리를 위한 정보 플랫폼 및 시스템 개발 측면에서 유사점이 있음 **[차이점]** 기존 과제가 선박 및 해양플랜트의 운영 단계의 생애주기 관리에 초점을 두고 있다면, 본 과제는 모듈화 추진 타당성 평가, 시공블록모듈 분할 등의 모듈러 플랜트의 생애주기를 고려한 PLM 기반의 설계 지원 인프라를 개발하는 것을 목적으로 함 본 과제의 적용 대상 플랜트는 담수화 플랜트 및 석유화학 플랜트 등임	**[벤치마킹]** 해양 플랜트의 운전 및 유지보수를 위해 개발하는 선박해양 통합 정보모델 및 관리 절차를 본 과제에서 유지보수를 고려한 모듈화 설계 지원 부문에 활용방안 검토 **[차별화방안]** 플랜트 생애주기를 고려한 모듈화 설계 기법 및 이를 지원하는 모듈러 플랜트에 특화된 PLM 원천 및 응용 기술 개발	

- 검토결과

○ ‘데이터 기반 원전 건설관리체계 통합화/자동화 기술개발’과 ‘선박 및 해양플랜트의 운영단계 생애주기 관리 시스템 개발’과제를 통해 파악할 수 있는 플랜트 PLM 시스템의 주요 기능들을 바탕으로 모듈러 플랜트에 특화된 PLM 응용 기능 및 관련 데이터를 확장할 필요가 있음

○ ‘해외건설 기자재 DB 구축 및 표준 전자상거래 시스템 개발’ 과제와 ‘국제표준(ISO10303 STEP, ISO13584 PLIB) 기반의 원자력발전소 데이터 모델 및 응용 시스템 개발’의 결과물인 건설 기자재 및 원전기기에 대한 분류체계 및 라이브러리 구축 방법에 대한 벤치마킹을 수행하여 모듈화 설계를 고려한 장치 및 유닛 라이브러리 구축에 고려할 필요가 있음

○ ‘PMC-FEED 고도화를 위한 전주기 엔지니어링 정보 통합 관리 시스템’에서 시도된 플랜트 엔지니어링의 상호운영 데이터 모델을 바탕으로 국제표준을 기반으로 한 데이터 모델을 정의하고 모듈화 설계를 고려한 라이브러리 구축에 활용할 필요가 있음

6절. 종합분석

1. 환경분석

○ 외부(기회/위협요인) 및 내부(강점/약점요인) 환경에 대하여 영향요인 상세화

가. 환경분석

(1) 외부환경 분석

○ **기회요인:**

- 빠른 성장세를 보이는 모듈러 플랜트 시장 (육상), 오지나 극지에서의 모듈러 플랜트 건설 수요 증가, 플랜트 산업에 대한 정부의 강한 육성 의지, 선진 기업의 엔지니어링 인력 고령화

○ **위협요인:**

- 선진 기업의 모듈러 플랜트 시장 (육상) 선점, 선진 기업의 모듈화 설계 기술 독점, 중국 등 후발 국가의 급격한 추격

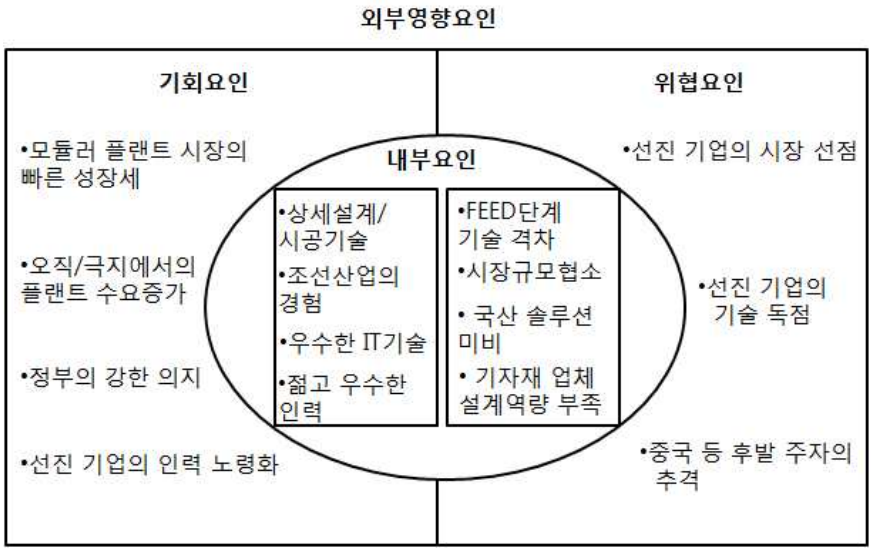
(2) 내부환경 분석

○ **강점요인:**

- 경쟁력 있는 플랜트 상세설계/시공 기술, 세계 최고 수준의 모듈 (해상) 제작/시공 능력, 우수한 IT 기술 (PLM) 역량, 플랜트 산업에 우수 인력 유입

○ **약점요인:**

- 선진국과의 FEED 설계 기술 격차, 제한된 국내 시장 규모, 플랜트 설계 솔루션 국산화 미비, 국내 기자재 제작 업체의 설계 역량 부족



[그림 2-73] 플랜트 모듈화 설계 환경 분석

나. SWOT 분석

○ 연구개발과제에 대한 분석

<표 2-35> SWOT 분석 결과

	장점 (Strength) ◦ 조선/해양 플랜트 모듈화 능력 ◦ 상세설계/시공 능력 우수 ◦ 경쟁력 있는 국내 모듈 제작 파트너 ◦ 우수한 IT 기술 역량 ◦ 우수 인적자원 지속적 유입	약점 (Weakness) ◦ FEED 설계 기술 격차 ◦ 글로벌 모듈 제작 거점 미흡 ◦ 제한된 국내 시장 규모 ◦ 설계 솔루션 국산화 미비 ◦ 국내 기자재 제작 업체 설계 역량 부족
기회 요인 (Opportunity) ◦ 모듈러 플랜트 시장 성장세 ◦ 오지/극지 플랜트 수요 증가 ◦ 정부의 강한 육성 의지 ◦ 공사기간 단축 요구 ◦ 중량물 운송 가용성 증대 ◦ 선진기업 기술 인력 고령화	SO전략 ◦ 모듈화 상세 설계 기술 개발 ◦ PLM 기반 모듈화 설계 지원 인프라 구축 ◦ 공기 단축이 가능한 신공법 개발, 노하우 집적화	WO전략 ◦ FEED 단계 모듈화 설계 능력 배양 ◦ 모듈화, 장치 및 유닛 라이브러리 개발 ◦ 모듈 제작 파트너 연대 ◦ 중량물 운송 파트너 연대
위협 요인 (Threat) ◦ 선진기업의 시장 선점 ◦ 선진기업의 모듈화 기술 독점 ◦ 공사 원가의 상승 ◦ 가격 경재력 약화 ◦ 후발 국가의 급격한 추격	ST전략 ◦ 국내 건설사 EPC 역량 강화 ◦ 모듈화 FEED 설계 기술 정립(시장 진입 장벽 해소) ◦ 친시장/현지화 전략 수립 (현지 법인 설립 등)	WT전략 ◦ 플랜트 설계 솔루션 국산화로 기술 유출 방지 ◦ 장치 및 유닛 기술로 국내 기자재 업체의 모듈 제작/시공 역량 강화

○ **SO 전략 (성장 지향):**

- 해상 플랜트 모듈 제작/시공 기술을 바탕으로 플랜트 모듈화 상세설계 기술을 개발하여 신규 건설시장 직입 확대
- PLM 기반 모듈화 설계 지원 인프라 구축을 통해 새로운 플랜트 IT 시장 창출

○ **WO 전략: (약점의 강점 전환)**

- 우수한 IT 기술과 상세설계/시공 기술 바탕으로 FEED 단계의 모듈화 설계 기술 개발로 선진 업체와의 기술 격차 축소
- 모듈화 설계에 필요한 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발을 통해 국내 기자재 업체의 모듈화 프로젝트 역량 강화

○ **ST 전략: (강점으로 위협 대응)**

- 플랜트 모듈화 상세설계 기술을 바탕으로 중국 등의 후발주자 대비 국내 건설사의 EPC 역량 강화
- FEED 단계의 모듈화 설계 기술 개발로 선진 업체가 독점하고 있는 모듈러 플랜트 시장 진입 장벽 해소

○ **WT 전략: (방어적 철수 전략)**

- 플랜트 설계 솔루션 국산화로 중국 등 후발주자로의 기술 유출 방지
- 장치 및 유닛 기술 개발로 국내 기자재 업체의 모듈 제작/시공 역량 강화

2. 정책적 전략 제안

- 연구개발과제의 정책적 부합성

○ 정부 100대 국정과제, 정부 2010년도 국정과제, 건설교통 R&D 중장기 계획(2013-2017) 및 지식경제부 기술로드맵 등을 놓고 볼 때 플랜트 엔지니어링 부분의 국내 산업 육성과, 플랜트 엔지니어링 중에서도 모듈러 플랜트 산업의 정보시스템 구축에 관한 확고한 지원의지를 엿볼 수 있음

- 정책적 관점에서 연구개발 필요성

○ 모듈러 플랜트 시장의 발전 전망을 보았을 때, 정부주도의 모듈러 플랜트 설계 지원을 위한 정보시스템 기술의 자체 개발을 통해 국내 산업의 경쟁력을 높이고, 세계시장에서의 우위를 확보할 필요가 있음

○ 국외의 선진 기업들은 콤팩트, 모듈화 설계 원천 기술과 수행 경험을 보유하고, 카르텔을 형성해 시장을 독점하고 있는 실정으로 선도적인 원천 기술의 개발을 통해 시장 참여의 기회를 확보하고 있기 때문에, 우리나라도 시급히 관련 기술을 확보하여 시장 잠식에 대비할 필요가 있음

○ 선진국에서는 이미 모듈화 개념을 설계뿐만 아니라 시공에까지 도입하여 상용급 대규모 플랜트를 건설 및 운영하는 등 뚜렷한 경향을 보이고 있음. 또한 플랜트 장비 및 유닛 데이터 라이브러리 구축 및 공유를 위해서도 선진국의 경우 중립 데이터 모델을 개발하고 이를 표준화하기 위한 노력을 하고 있음

○ 미국과 유럽에서는 이미 민간 및 산업체를 중심으로 Fiatech과 POSC Caesar 컨소시엄이 설립되어 플랜트 프로젝트 및 생애주기의 모든 단계에 걸쳐 고도로 자동화되고 투명하게 통합된 환경을 구축하여 건설 산업 전반의 공정의 효율적 관리를 수행하기 위한 연구를 선점하여 수행하고 있어서, 우리나라의 경우 정부의 전폭적인 지원이 없이는 선진국과의 차이를 줄이는데 한계가 있음

- 정책적 접근 전략

○ 국내의 경우 정부의 플랜트 엔지니어링 산업에 대한 강력한 지원의지가 천명되어 지기는 했지만, 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어적인 측면에 대한 적극적인 지원이 필요한 실정임

○ 모듈러 플랜트 전체 생애주기 설계 지원을 위한 정보시스템의 구축의 필요성 및 중요성에 대한 인식과 지원이 필요함

- 시장 전략 제안

○ 연구개발과제의 접근시장 분석

- 세계 플랜트 시장과 국내 EPC 기업들의 세계 플랜트 시장 점유율은 향후 지속적인 성장이 예상되며 플랜트 엔지니어링 시장도 동반성장할 것으로 예측됨
- 세계 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 해양플랜트를 포함하여 약 25% 내외로 추산되며 산업 및 경제적 니즈로 인해 향후 10년간 약 35%로 증가할 것으로 분석됨

○ 시장 관점에서 연구개발 필요성

- 국내 기업의 EPC 플랜트 수주분야는 대부분 상세설계 및 시공에 편중되어 있어 세계 플랜트 시장에서 국내 EPC 기업의 지속적 성장 및 점유율 증대를 위한 프로젝트 기획, FEED, 그리고 기본설계 기술 확보의 중요성이 증대됨
- 국내 기업의 세계 모듈러 플랜트 시장 점유율(약 3.1%)은 일반 플랜트 시장 점유율 (약 6%)에 비해 현저히 낮은 것으로 분석되어, 국내 기업의 모듈러 플랜트 시장 점유율 증대의 필요성이 부각됨
- 일반 플랜트 건설에서 엔지니어링이 차지하는 비중보다 모듈러 플랜트에서의 기획 및 엔지니어링 비율이 다소 높고 국내 기업의 엔지니어링 기술 수준이 상대적으로 열세인 점을 볼 때, 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술을 지원하기 위한 PLM 기술의 확보가 중요한 것으로 판단됨

○ 시장 접근 전략

- 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술은 공기절감 등의 경제적 니즈 뿐 아니라 품질 및 유지관리 향상 등 발주처의 다양한 니즈에 부합하는 기술로, 국내 기업의 해외 플랜트 입찰 참여시 모듈러 엔지니어링 기술을 적용함으로써 입찰 참여율 및 수주율 증대에 직접적인 효과가 기대됨

- 기술적 전략 제안

○ 연구개발과제와 기술개발 현황과 부합성

- 세계적으로 모듈러 플랜트의 수요가 높아지고 있으나 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계에 대한 핵심 기술을 국내업체는 아직 가지고 있지 못하며, 현재 우리나라가 보유하고 있는 플랜트 모듈 설계 기술도 낮은 수준으로 판단됨
- 국내 기업의 경우 사업 초기 기획, 기본설계 기술의 부재로 모듈러 플랜트 사업 참여단계에서 사업 수행 원가분석, 사업 수행의 타당성 분석 기술이 결여되어 있으며, 경쟁사간 사업 제안에 있어서 경쟁 우위를 선점하지 못하고 있는 실정임
- 모듈러 플랜트의 설계를 위해서 활용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 국내 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음

○ 기술개발 관점에서 연구개발 필요성

- 모듈러 플랜트 상세설계 기술의 경우, 국내 자체 기술력을 어느 정도 구비하고 있으나, 모듈러 플랜트에 특화된 기술력을 고도화시킬 필요가 있으며, 모듈러 플랜트 기본설계 기술의 경우는 국내 기술력이 매우 취약하기 때문에 보다 시급한 연구개발이 필요함
- 또한, 모듈러 플랜트의 설계를 위해서 활용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 국내외 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없기 때문에, 기술을 조기에 확보하여 시장을 선점할 필요가 있음

○ 기술적 접근 전략

- 플랜트 모듈설계에 특화된 국내 PLM 시스템을 개발하여 향후 국내시장 잠식에 대비함
- 모듈러 플랜트의 기본설계 기술에 대한 확보 및 상세설계 기술의 수준 고도화
- 모듈러 플랜트에 특화된 기술을 먼저 확보하여 시장에서의 우위를 선점함

- 비전 및 목표 수립을 위한 전략

○ 국제적인 플랜트 산업의 트렌드, 국내의 관련 기술 개발, IT 경쟁력 사례, 그리고 R&D 인프라를 고려하여 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 기술들을 도출하고, 기술의 시급성 및 중요성 등을 판단하여 모듈러 플랜트 엔지니어링 설계를 지원하기 위한 PLM 시스템 기술을 선정하는 전략이 필요함

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 총괄 과제 비전

○ 본 사업의 비전은 PLM 기반의 모듈러 플랜트 독자 설계 기술 확보를 통하여 플랜트 건설 기간 및 원가를 절감함으로써, 2018년 모듈러 플랜트 세계 시장 점유율 10% (486억불) 달성을 목표로 하고, 국내 EPC 산업의 고도화 및 국제 경쟁력 제고를 통해 모듈러 플랜트 건설 세계 시장을 선도하는 것임

○ 과제의 목표는 생애주기를 고려한 범용적인 플랜트 모듈화 설계 기법 및 소프트웨어 개발임

- 육상 플랜트를 대상으로 플랜트 모듈화 설계 방법을 개발하고 PLM 기반 설계 지원 인프라를 구축하고 실용화 단계에서 적용 플랜트의 실적 데이터를 가지고 실증 검증하여 단일 플랜트 모듈화율 60% 달성, 모듈러 플랜트 세계 시장 점유율 10% (486억불) 달성, Stick-built 대비 플랜트 건설 기간 30% 단축, Stick-built 대비 건설 원가 15% 절감하는 것임
- 플랜트 모듈화 설계 방법으로 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술과 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술을 개발
- PLM 기반 설계 지원 인프라로 플랜트 모듈 설계 PLM 기술과 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술을 개발

[그림 3-1] 과제의 비전 및 목표

※목표 설정 근거 사례※

1) Foster Wheeler, First Modularization of an LNG Plant
2) Hady, L., Dylag, M., and Wozny, G., "Investment Cost Estimation and Calculation of Chemical Plants with Classical and Modular Approaches" Chemical and Process Engineering, Vol. 30, pp. 319-340, 2009.
3) EPIC Modular Process Systems www.epicmodularprocess.com/modfab/

* 단일 플랜트 모듈화율 60%: 단일 플랜트내에서 모듈화 설계 기술 적용 유닛 비율로서 전체 유닛수 대비 모듈화 유닛수의 비율
* 플랜트 모듈화 건설비율 35%: 전체 플랜트 수주 건수에서 모듈화 설계 기술 적용 플랜트 건수
* 2018년 플랜트 건설 세계 시장: $1,390,000,000,000 (1,529,000,000,000,000원)
  전체 플랜트중 모듈러 플랜트 비율: 35%
  국내 건설 회사의 플랜트 건설 세계 시장 점유율: 10%
  2018년 모듈러 플랜트 건설 세계 시장의 국내 건설 회사 수주액:
  $48,650,000,000 (53,515,000,000,000원)
  플랜트 엔지니어링 시장 비율 10%: $4,865,000,000 (5,351,500,000,000원)

○ 연구개발 성과물의 실용화를 위해 사례를 조사하여 도출한 기술 미래상은 다음과 같음

<표 3-1> 총괄과제의 기술 미래상 - PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발

항목	연구개발 성과물 실용화 사례	기술 미래상 (2018년~)
플랜트 모듈 설계 PLM 기술	- 현재 플랜트 모듈 설계 부분의 PLM 기술 실용화 사례는 찾아볼 수 없으나, 이와 유사한, 플랜트 엔지니어링 분야의 PLM 시스템은 AVEVA, Intergraph 등이 시장에 출시하고 있으며, 이들을 활용하여 플랜트 설계 부분의 프로젝트 관리, 요소 설계 개발의 통합 플랫폼 제공, 설계 프로세스 관리, 엔지니어링 데이터 통합 관리 등을 지원하고 있음	- PLM 기술을 활용한 플랜트 모듈 설계 지원 인프라의 구축으로 모듈 제작과 플랜트 건설의 멀티 프로젝트의 관리, 데이터베이스 통합으로 여러 설계 솔루션간의 연동, 경영층의 의사 결정에 필요한 정보 제공 가능
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술	- 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 및 실용화 사례 부재 - 플랜트 블록화 분할 기술 개발 및 실용화 사례는 GS건설	- 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술, 플랜트 블록화 분할 기술, 모듈 기반 플랜트 설계 방법론 확보로 기본 설계 단계 기술인 모듈러 플랜

	의 화공 플랜트 확장 공사 등에서 볼 수 있으나 비교적 단순한 파이프랙 모듈을 활용함 - 시공블록모듈 및 공용설계모듈 개념 도입 사례 부재	트의 경제적 및 기술적 타당성 분석 및 초기 모듈 분할이 가능해지며 모듈화 기본설계 기준이 정립됨
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술	- 모듈러 플랜트 상세설계 기술 실용화 사례로서 대우건설, 대우조선해양에서 바지선을 이용한 모듈 운송을 통해 현장과 모듈 작업장의 동시작업 가능화 - 이밖에 시공 고려 상세설계 기술, 인터페이스 설계 기술, 장치 및 유닛과 모듈 공용화 및 표준화 기술은 실용화 사례 부재	- 모듈 단위의 플랜트 상세설계를 통해서 조달 비용 감소, 현지 시공 기간 단축 및 risk 관리가 가능 - 장치 및 유닛과 모듈 공용화 및 표준화 기술의 실용화로 설계 비용 및 건설 기간 감소
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술	- 유럽의 POSC Caesar는 ISO 15926 기반의 기자재 참조 데이터 제공 서비스인 RDS를 구축 및 운영 중 - Bentley, Intergraph, AVEVA 등의 주요 플랜트 시스템 벤더들의 S/W에서 ISO 15926 기반의 데이터 교환 기능을 제공함 - 그러나 플랜트 모듈화 설계를 위한 공용설계모듈 개념을 지원하는 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음	- 장치 및 유닛 라이브러리를 구축하여, 설계 과정에서 필요한 장치 및 유닛에 대한 사양 및 형상 정보를 라이브러리 시스템을 이용하여 검색한 후 설계에 직접 활용함. 다양한 설계 시스템과 장치 및 유닛 정보 공유를 위해 개방형 표준 형태의 파일 및 인터페이스를 이용하여 설계 시스템과 상호운용함

2절. 연구개발과제 구성

1. 연구개발과제 선정 체계

가. 추진 방법 및 체계

○ 본 사업의 연구기획실무위원들을 중심으로 관련 전문가 자문, 전문가 설문, 산업체 방문, 특허 및 논문 분석을 통해 PLM 기반 모듈화 설계 기술 기획을 추진

- 연구기획실무위원들을 중심으로 세부과제를 위한 기초 자료를 작성한 후 관련 전문가 및 기업들로부터 기획 결과 검토를 받아 연구기획의 객관성을 확보

○ 체계적인 방법으로 연구 기획을 추진

- 기획연구와 관련된 모든 자료, 결과물의 체계적인 중앙 집중식 관리
- 연구 참여자간 각종 정보, 자료의 공유 검토 지원
- 전문가 그룹 및 기업으로부터의 의견 수렴, 수요 조사

○ 국내외 전문가로 구성되는 네트워크를 구축하여 기술동향 분석, 기술개발 타당성 평가, 세부 과제 도출 등에 활용

나. 연구기획 위원회 구성

(1) 연구기획실무위원회 구성

○ 연구기획실무위원회는 플랜트 엔지니어링 및 플랜트 IT 분야의 산·학·연 전문가가 참여하여 실무 기획연구를 수행

<표 3-2> 연구기획실무위원회 구성

구분	세부연구내용	성명	소속	직급	비고
국내	기획연구 총괄	서효원	카이스트	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	전홍배	홍익대학교	부교수	학계
국내	연구기획 및 분석	이홍철	한국건설기술연구원	수석	연구소
국내	연구기획 및 분석	김용수	중앙대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	박찬국	고등기술연구원	수석	연구소
국내	연구기획 및 분석	김형진	고등기술연구원	수석	연구소
국내	연구기획 및 분석	최재현	한국기술교육대학교	조교수	학계
국내	연구기획 및 분석	문두환	경북대학교	조교수	학계
국내	연구기획 및 분석	김병철	동아대학교	조교수	학계
국내	연구기획 및 분석	이현찬	홍익대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	최 영	중앙대학교	교수	학계

국내	연구기획 및 분석	조성욱	중앙대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	박유진	중앙대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	이경호	인하대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	노상도	성균관대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	박상호	충남대학교	교수	학계
국내	연구기획 및 분석	김인한	경희대학교	교수	학계

(2) 산업체 및 전문가 의견 수렴

○ 연구기획실무위원회는 관련 전문가 자문, 전문가 설문, 학회 발표를 통해서 PLM 기반 모듈화 설계 기술의 개발 방향을 수립하고 요소기술을 도출

○ 연구기획실무위원회는 플랜트 EPC 업체 및 IT 업체의 의견 수렴, 외부 전문가 검토를 통해서 개발 대상 요소기술 선정, 세부과제 구성 결과를 검토

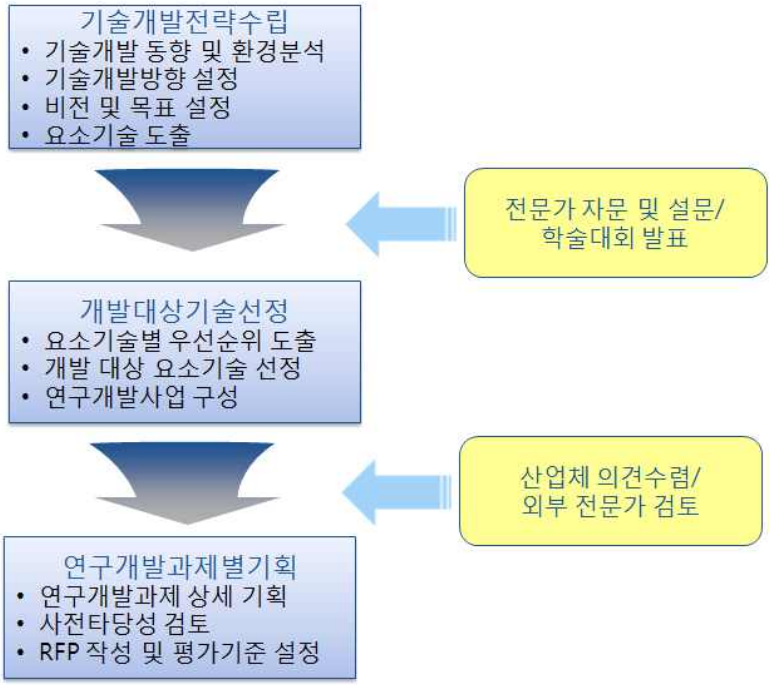
<표 3-3> 연구기획 자문기관 구성

구분	업체명	업체구분	비고
국내	현대엔지니어링	산업체	엔지니어링
국내	GS건설	산업체	건설
국내	SK건설	산업체	건설
국내	대우건설	산업체	건설
국내	포스코건설	산업체	건설
국내	삼성물산	산업체	건설
국내	두산중공업	산업체	중공업
국내	STX	산업체	중공업
국내	한국전력기술	산업체	엔지니어링
국내	삼성중공업	산업체	조선
국내	대우조선해양	산업체	조선
국내	선보공업	산업체	모듈제작
국내	한국조선해양기자재연구원	연구소	연구개발
국내	한국생산기술연구원	연구소	연구개발
국내	삼성SDS	SI업체	IT
국내	인터그라프	벤더 업체	IT
국내	Bluzen 컨설팅	컨설팅 업체	IT
국내	PAC 컨설팅	컨설팅 업체	IT

다. 기획연구 추진 절차

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 기획은 기술개발전략수립, 개발대상기술선정, 연구개발과제별기획 단계로 수행되었음

- 기술개발전략수립 단계에서 기술개발방향, 비전 및 목표, 요소기술 도출을 위해서 외부 전문가 자문 및 설문, 학술대회 발표를 수행하였음
- 개발대상기술선정 단계에서 도출된 개발 대상 요소기술 및 연구개발사업구성 결과는 산업체 의견 수렴, 외부 전문가 검토를 통해서 검증하였음



[그림 3-2] 기획연구 추진 절차

2. 핵심 분야 선정

가. 플랜트 모듈화 설계 기술 이슈

○ 시장동향 및 기술동향 분석, 전문가 설문 및 산업체 의견 수렴 결과 모듈러 플랜트의 엔지니어링 시장에서의 향후 요구되는 핵심 기술 분야는 모듈러 플랜트 생애주기를 고려한 모듈화 기획, 모듈화 설계, 모듈 표준화, 모듈화 프로젝트 및 협업 지원임

(1) 모듈화 기획의 중요성 증대

○ 육상 플랜트는, 해양 플랜트와 달리, 전체 플랜트를 모듈화 하는 것이 아니라 프로젝트 기획 단계에서 경제성 및 기술성 평가에 기반을 두어 모듈화 여부를 결정하고 최적 모듈화 비율을 수립함

(2) 모듈화 설계 역량 확보 필요성 증대

○ 시공블록모듈 기반의 플랜트 모듈화 설계를 적용한 플랜트 개발 프로젝트의 발주가 급격히 증가 추세에 있으며 선진 엔지니어링 업체는 현재 다수의 육상 플랜트 건설에 시공블록모듈 기반의 모듈화 설계 기술 적용을 시도하고 있음

○ 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있어 전통적인 설계·시공 방식으로는 현장 비용이 높아지고 시공 기간이 증가하여 경제성 확보에 어려움이 있어 플랜트 모듈화 설계 역량 확보가 요구 됨

(3) 모듈 표준화 필요성 증대

○ 플랜트 모듈화 설계는 플랜트를 모듈 단위로 기본 및 상세설계를 하는 것을 의미함. 이를 위해서는 플랜트의 구성요소를 설계 및 시공 관점에 따라 구분한 공용설계모듈 및 시공블록모듈의 표준화가 필요함. 표준화를 통해서 모듈의 재사용이 가능하고 설계 및 모듈 제작 시간을 단축할 수 있음

(4) 모듈화 프로젝트 및 협업 지원 요구 증대

○ 플랜트 모듈화 설계는 프로젝트 초기부터 모듈화 타당성 검토를 수행하고 모듈화 사업의 리스크를 최소화해야 하며 협력업체와의 협업 및 모듈 사양의 조기 확정을 해야 함

- 이를 위해서는 모듈러 플랜트 프로젝트에 관한 실행 프로세스 및 산출물을 정의하고 이를 기반으로 병렬로 진행되는 프로젝트의 여러 프로세스의 진행 상황을 모니터링 하여 사전에 위험 요소를 판별하고 리스크를 최소화하는 프로젝트 관리 시스템이 요구됨

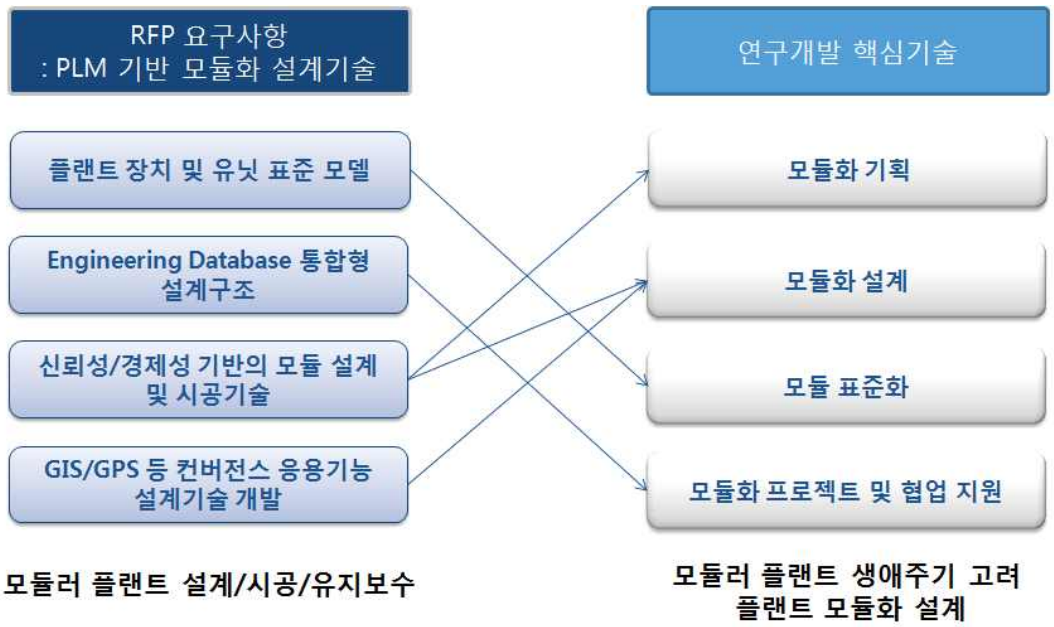
나. 기술 개발 사업의 범위

○ 상기와 같이 도출된 기술적 요구사항 달성을 위한 기술개발의 범위를 설정하기 위하여 본 기획 대상과제의 조건을 RFP를 중심으로 검토함

- RFP에서 요구하는 기획 대상 기술은 플랜트 장치 및 유닛 표준 모델, Engineering Database 통합형 설계구조, 신뢰성/경제성 기반의 모듈 설계 및 시공기술, GIS/GPS 등 컨버전스 응용기능 설계기술임

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링에 관한 기술적 요구사항과 RFP상의 기술개발 내용을 검토하여 모듈러 플랜트 전 생애주기를 고려한 모듈화 설계 기술을 기술개발범위로 설정하였음

- RFP의 플랜트 장치 및 유닛 표준 모듈은 모듈 표준화에 해당되며 표준화 대상은 시공블록모듈, 공용설계모듈, 그리고 장치 및 유닛으로 세분화되며 분류체계 및 라이브러리 시스템을 제공함
- Engineering Database 통합형 설계구조는 모듈화 프로젝트 및 협업 지원에 해당되며 생애주기를 고려한 PLM 기반 모듈러 플랜트 설계 지원 인프라를 제공함
- 신뢰성/경제성 기반의 모듈 설계 및 시공 기술은 모듈화 기획 및 모듈화 설계 기술에 해당되며 시공 및 유지보수 등의 생애주기를 고려한 모듈러 플랜트의 기본설계 및 상세설계 기술을 제공함
- GIS/GPS 등 컨버전스 응용기능 설계기술은 모듈화 설계 기술에 해당되며 GIS/GPS 등의 IT 기술을 기반으로 시공 및 유지보수 등의 생애주기를 고려한 모듈러 플랜트의 상세설계를 지원하는 시스템을 제공함



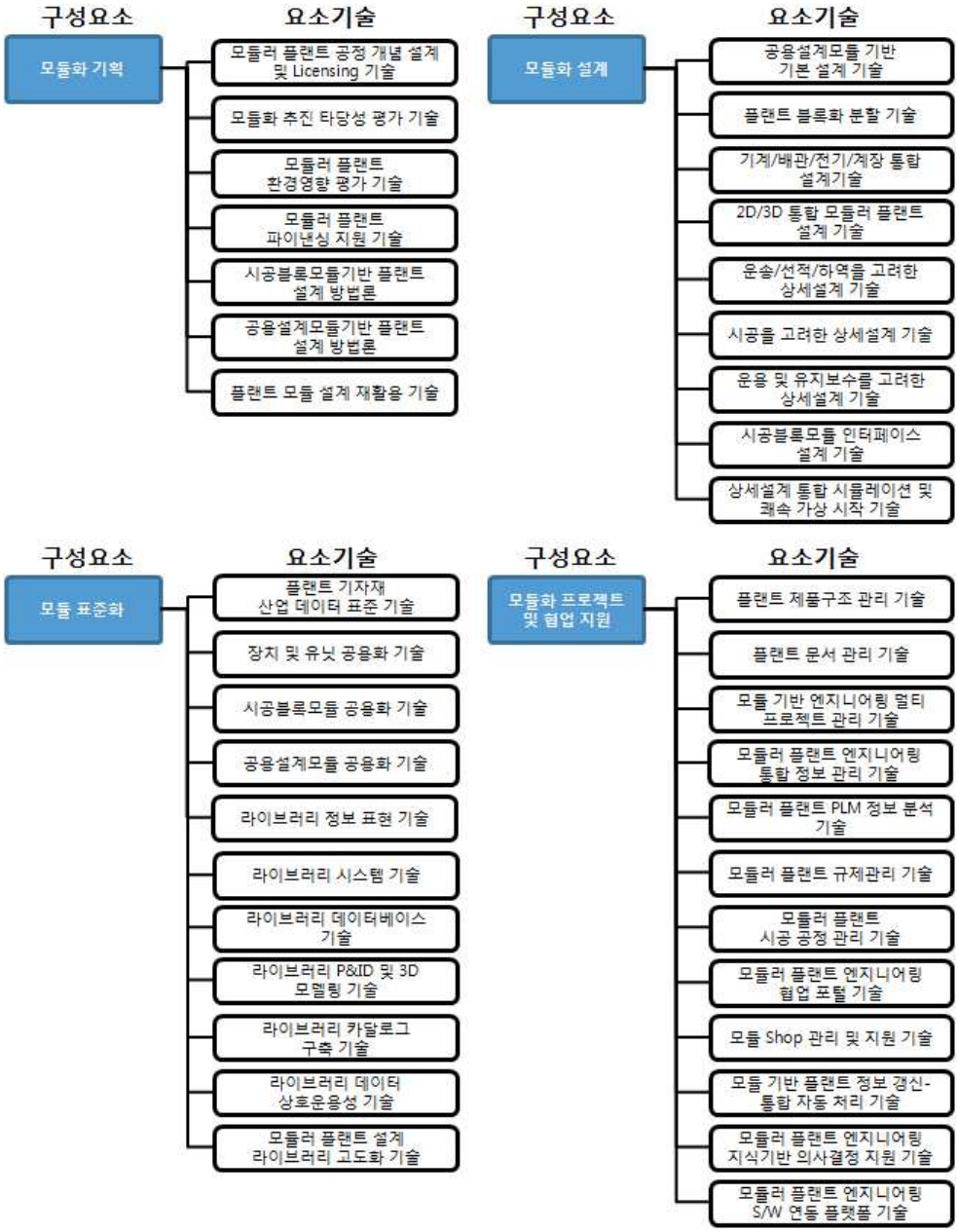
[그림 3-3] PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 핵심기술

3. 요소 기술 도출

가. 기술수요조사

○ 핵심 기술을 확장하여 개발 가능한 요소기술을 다음과 같이 도출하였음. 기술 개발 사업의 범위에 부합하는 요소기술 도출을 위하여 전문가를 대상으로 기술 수요조사를 실시하였음. 이와 병행하여 시장동향 및 기술동향 분석 결과를 바탕으로 기획과제 참여 전문가들이 향후 개발이 요구되는 요소 기술을 도출하였음

- 그 결과, PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발 사업에서 개발되어야 할 총 39개의 요소기술이 도출됨



[그림 3-4] PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 요소기술

나. 요소기술별 중요도 평가

○ 도출된 요소기술들을 기술의 시급성, 기술의 원천성, 기술의 위험성을 기준으로 평가하여 우선순위를 다음과 같이 도출하였음

- 기술의 시급성, 기술의 중요성, 기술의 위험성 항목별로 5점 만점으로 중요도를 평가하였음. 그리고 평가 항목별로 가중치를 각각 40%, 30%, 30%를 부여하였음
- 최종점수 = 기술의 시급성*0.4 + 기술의 중요성*0.3 + 기술의 위험성*0.3

<표 3-4> 요소기술별 중요도 평가 결과

번호	요소기술명	기술의 시급성	기술의 원천성	기술의 위험성	최종 점수	순위
1	모듈러 플랜트 공정 개념 설계 및 Licensing 기술	1	4	4	0.4	35
2	모듈화추진타당성평가기술	5	4	2	2.6	2
3	모듈러 플랜트 환경영향 평가 기술	1	1	1	0.4	35
4	모듈러 플랜트 파이낸싱 지원 기술	1	1	1	0.4	35
5	시공블록모듈기반 플랜트 설계 방법론	5	3	2	2.3	9
6	공용설계모듈기반 플랜트 설계 방법론	3	5	2	2.1	18
7	플랜트 모듈 설계 재활용 기술	2	4	2	1.4	24
8	공용설계모듈 기반 기본 설계 기술	2	4	3	1.1	27
9	플랜트 블록화 분할 기술	5	3	2	2.3	9
10	기계/배관/전기/계장 통합 설계기술	1	1	1	0.4	35
11	2D/3D 통합 모듈러 플랜트 설계 기술	1	1	1	0.4	35
12	운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술	5	3	1	2.6	2
13	시공을 고려한 상세설계 기술	4	3	1	2.2	12
14	운용 및 유지보수를 고려한 상세설계 기술	2	3	1	1.4	24
15	시공블록모듈 인터페이스 설계 기술	5	3	1	2.6	2
16	상세설계 통합 시뮬레이션 및 쾌속 가상 시작 기술	2	4	2	1.4	24
17	플랜트 기자재 산업 데이터 표준 기술	1	1	0	0.7	32
18	장치 및 유닛 공용화 기술	5	3	1	2.6	2
19	시공블록모듈 공용화 기술	5	3	1	2.6	2
20	공용설계모듈 공용화 기술	3	5	2	2.1	18
21	라이브러리 정보 표현 기술	4	3	1	2.2	12
22	라이브러리 시스템 기술	4	3	1	2.2	12
23	라이브러리 데이터베이스 기술	2	1	1	0.8	28
24	라이브러리 P&ID 및 3D 모델링 기술	2	1	1	0.8	28
25	라이브러리 카달로그 구축 기술	4	3	1	2.2	12
26	라이브러리 데이터 상호운용성 기술	5	3	1	2.6	2
27	모듈러 플랜트 설계 라이브러리 고도화기술	3	4	2	1.8	20
28	플랜트 제품구조 관리 기술	1	1	0	0.7	32
29	플랜트 문서 관리 기술	1	1	0	0.7	32
30	모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술	5	4	1	2.9	1
31	모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술	4	3	1	2.2	12
32	모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술	4	3	1	2.2	12
33	모듈러 플랜트 규제관리 기술	2	3	3	0.8	28
34	모듈러 플랜트 시공 공정 관리 기술	2	2	2	0.8	28
35	모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술	5	3	1	2.6	2
36	모듈 Shop 관리 및 지원 기술	3	4	2	1.8	20
37	모듈 기반 플랜트 정보 갱신-통합 자동 처리 기술	3	4	3	1.5	22
38	모듈러 플랜트 엔지니어링 지식기반 의사결정 지원 기술	3	4	3	1.5	22
39	모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술	5	3	2	2.3	9

다. 개발대상 요소기술 선정

○ 요소기술의 중요도 평가 결과를 바탕으로 최종 점수가 2점 이상이 요소기술을 5년 이내 개발 대상 기술로 선정하였음

<표 3-5> 개발 대상 요소기술 선정

구분	요소기술명	기술개요	순위
프로젝트관리	모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술	복수개의 병렬로 진행되는 모듈러 플랜트 엔지니어링 프로젝트의 관리	1
모듈화 기획	모듈화추진타당성평가기술	프로젝트 기획단계에서 플랜트의 모듈화 추진 타당성을 검토	2
모듈화 설계	운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술	플랜트 모듈의 운송/선적/하역을 고려하여 모듈의 크기와 중량을 최적화	2
모듈화 설계	시공블록모듈 인터페이스 설계 기술	플랜트 모듈 시공시 발생 가능한 공차 발생 및 기능상의 문제점을 사전에 점검하여 방지	2
모듈 표준화	장치 및 유닛 공용화 기술	플랜트 모듈화 설계에서 사용되는 장치 및 유닛의 사양, 사이즈, 인터페이스 등을 표준화	2
모듈 표준화	시공블록모듈 공용화 기술	플랜트 모듈화 설계에서 사용되는 시공블록모듈의 사양, 사이즈, 인터페이스 등을 표준화	2
모듈 표준화	라이브러리 데이터 상호운용성 기술	장치 및 유닛에 대한 정보를 개방형 표준을 기반으로 구축하고 공유(교환)하는 기술	2
프로젝트관리	모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술	모듈러 플랜트 엔지니어링 작업에서 발생되는 여러 기관들간의 협업을 지원	2
모듈화 기획	시공블록모듈기반 플랜트 설계 방법론	시공블록모듈을 활용하여 플랜트를 설계하는 체계화된 절차 및 기법	9
모듈화 설계	플랜트 블록화 분할 기술	전체 플랜트를 분할 기준 및 모듈화 비율에 근거하여 시공블록모듈로 분할	9
프로젝트관리	모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술	모듈러 플랜트 엔지니어링에 사용되는 여러 S/W의 통합을 PLM 환경에서 지원	9
모듈화 설계	시공을 고려한 상세설계 기술	모듈 단위의 원활한 시공을 위해서 모듈 단위의 시공 공기 산정/관리 및 시뮬레이션	12
모듈 표준화	라이브러리 정보 표현 기술	장치 및 유닛을 그룹화하고 체계화하여 분류체계를 정의하는 기술	12
모듈 표준화	라이브러리 시스템 기술	장치 및 유닛에 대한 정보를 관리하는 IT 시스템(S/W)을 설계 및 개발	12
모듈 표준화	라이브러리 카달로그 구축 기술	플랜트 모듈화 설계에 사용하는 장치 및 유닛에 대한 카달로그 데이터를 생성	12
프로젝트관리	모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술	다양한 시스템으로부터 생성되는 모듈러 플랜트 엔지니어링 데이터를 통합하는 시스템/체계	12
프로젝트관리	모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술	문서 및 비정형 형식의 모듈러 플랜트 엔지니어링 데이터를 구조화하여 분석	12
모듈화 기획	공용설계모듈기반 플랜트 설계 방법론	공용설계모듈을 활용하여 플랜트를 설계하는 체계화된 절차 및 기법	18
표준 표준화	공용설계모듈 공용화 기술	플랜트 모듈화 설계에서 사용되는 공용설계모듈의 사양, 사이즈, 인터페이스 등을 표준화	18

○ 요소기술 중에서 기술의 원천성이 있으나 기술의 위험성이 높아 개발 대상 요소기술로 선정되지 못한 최종 점수가 1정 이상 2점 미만의 요소기술을 10년 이내 개발 미래 요소기술로 선정하였음

<표 3-6> 10년 이내 개발 미래 요소기술 선정

구분	요소기술명	기술개요
모듈 표준화	모듈러 플랜트 설계 라이브러리 고도화 기술	시공블록모듈 및 공용설계모듈에 대한 라이브러리 시스템 및 라이브러리 관리 고도화 기능 개발
프로젝트관리	모듈 Shop 관리 및 지원 기술	플랜트 모듈 제작에 참여하는 모듈 shop과의 협업을 지원하고 제작 일정을 관리
프로젝트관리	모듈 기반 플랜트 정보 갱신-통합 자동 처리 기술	모듈러 플랜트 설계 변경 정보를 관련 시스템에 전파하고 PLM 시스템의 통합 엔지니어링 DB 갱신
프로젝트관리	모듈러 플랜트 엔지니어링 지식기반 의사결정 지원 기술	PLM 시스템 내에 저장된 모듈러 플랜트 설계 정보를 처리 및 가공하여 모듈러 플랜트 프로젝트 기획 단계에서 요구되는 다양한 지식 정보들을 제공

모듈화 기획	플랜트 모듈 설계 재활용 기술	기존의 모듈러 플랜트 설계 결과를 신규 프로젝트에 적용하여 재활용함으로써 설계 시간을 단축하고 설계의 품질을 높임
모듈화 설계	운용 및 유지보수를 고려한 상세설계 기술	모듈 내 접근성, 모듈 신뢰성, 모듈내 장치 및 유닛 수리 용이성 등의 모듈의 운용 및 유지보수를 고려하여 모듈의 상세설계 최적화
모듈화 설계	상세설계 통합 시뮬레이션 및 쾌속 가상 시작 기술	플랜트 장치 및 유닛, 모듈의 3D 데이터를 조기에 생성하고 공유함으로써 통합 시뮬레이션을 지원하고 기본 설계 단계에서의 의사결정에 활용
모듈화 설계	공용설계모듈 기반 기본 설계 기술	공용설계모듈을 기반으로 모듈러 설계 방법에 따라 플랜트를 기본 설계, 해석, 시뮬레이션

4. 연구개발과제 구성

가. 세부과제 구성

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술개발 과제 구성을 위해서 개발대상 요소기술 선정 결과와 기 검토된 핵심 기술 분야를 기준으로 모듈러 플랜트 설계 관련 2개 세부과제, PLM 기반 설계지원 인프라 관련 2개 세부과제를 선정하였음

- 플랜트 모듈화 설계 기술 관련 세부과제로는 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본 설계 기술과 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술을 선정
- PLM 기반 설계 지원 인프라 관련 세부과제로는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술과 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술을 선정

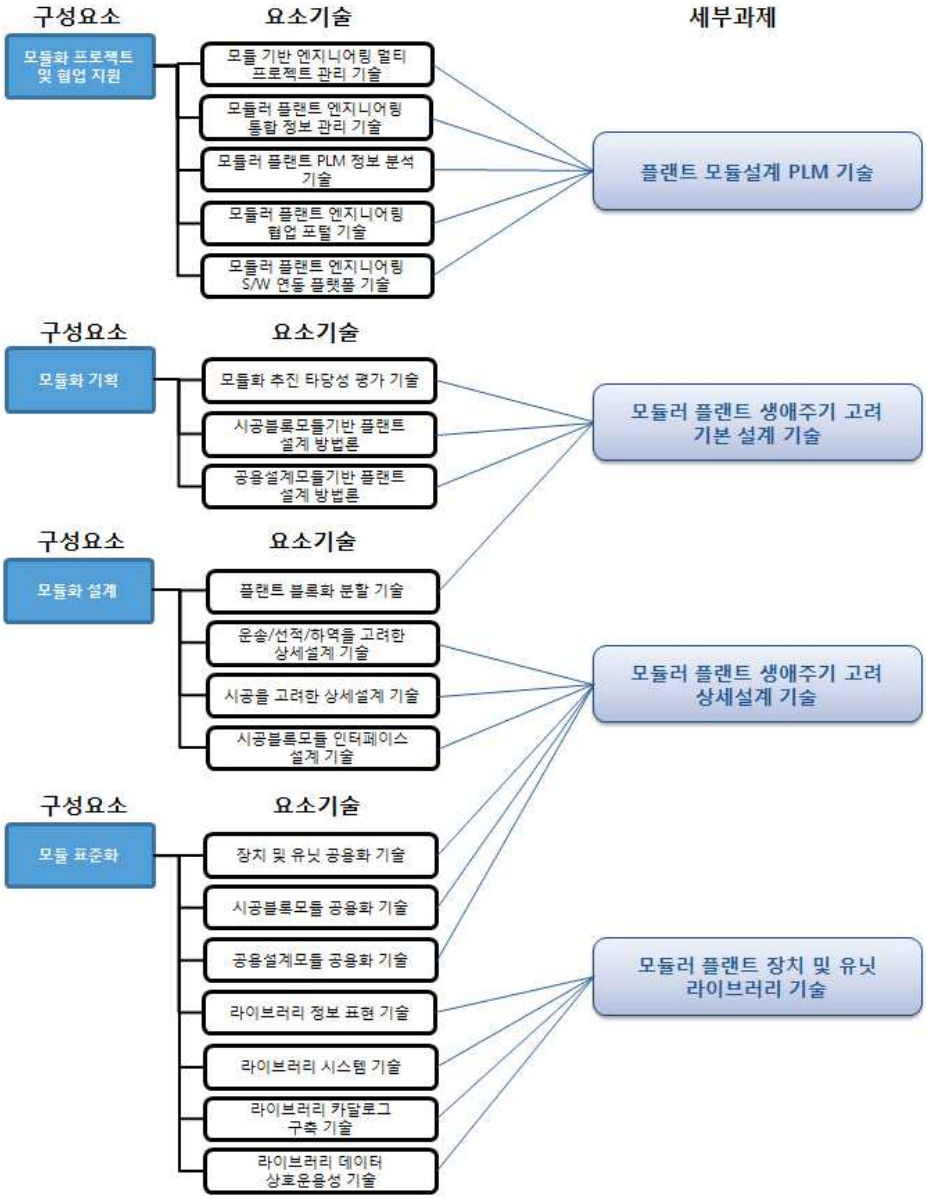
[그림 3-5] PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 세부과제

○ 개발 대상 요소기술 선정 결과에 따라 요소기술 분류체계를 재구성하였음. 그리고 동일 목적의 요소기술들을 그룹화 하여 세부과제별로 할당하였음

- **플랜트 모듈설계 PLM 기술:** 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리, 엔지니어링 통합 정보 관리, PLM 정보 분석, 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 및 엔지니어링 협업 포털 기술로 구성
- **플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술:** 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술, 플랜트 블록화 분할 기술, 모듈러 플랜트 설계 방법론으로 구성
- **모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술:** 운송/선적/하역을 고려한 상세설

계 기술, 시공을 고려한 상세설계 기술, 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술, 모듈 표준화 기술로 구성

- **모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술:** 장치 및 유닛 정보 표현 기술, 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술, 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술, 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술로 구성



[그림 3-6] PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 사업 구성

나. 과제 목표 및 성과물

○ 연구개발과제의 최종 목표 시스템은 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템, 모듈러 플랜트 기본설계 시스템, 모듈러 플랜트 상세설계 시스템, 장치 및 유닛 라이브러리 시스템으로 구성됨

○ 연구개발과제는 4개의 세부과제로 구성이 되며, 세부과제별 연구 내용 및 성과물은 다음과 같음

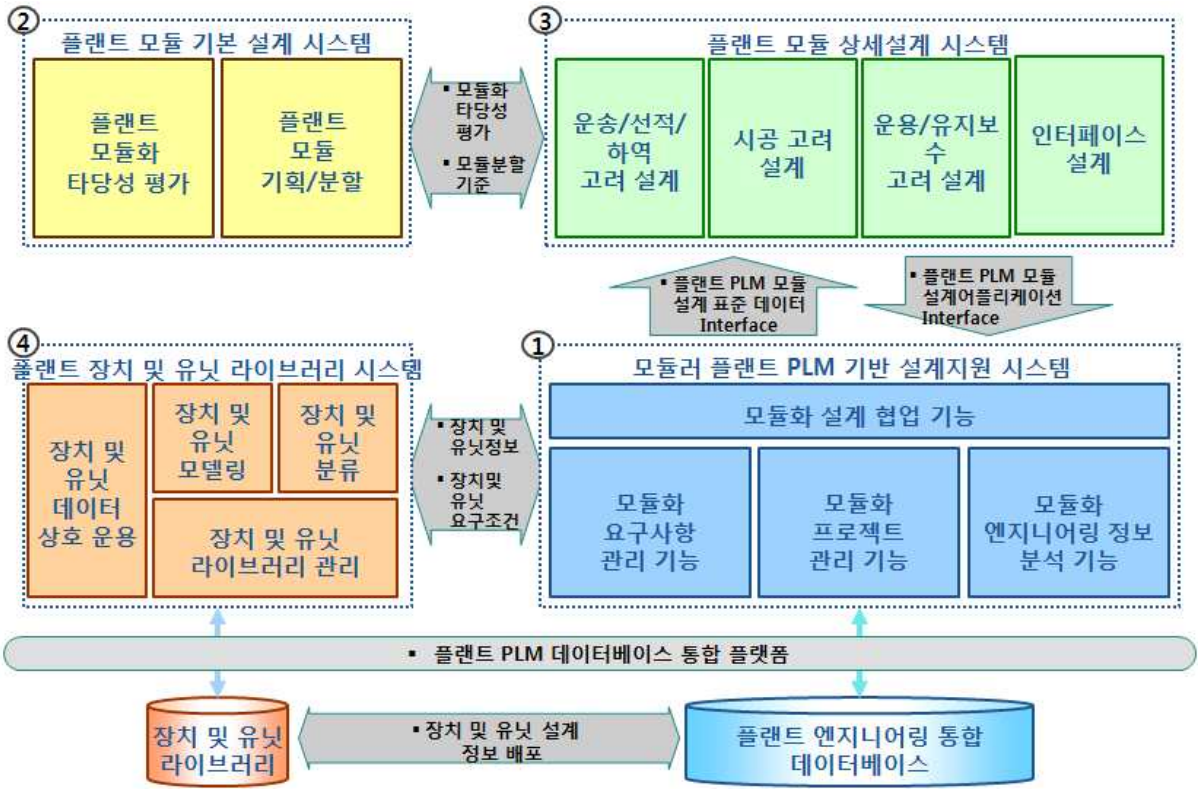
- 세부1과제에서는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템을 개발
- 세부2과제에서는 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템을 개발
- 세부3과제에서는 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템을 개발
- 세부4과제에서는 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술을 연구하여 장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템을 개발

<표 3-7> 연구개발과제의 구성

총괄과제	세부과제	성과물
총괄과제 PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발 (성과물: PLM 기반 모듈러 플랜트 설계 지침서 및 시스템)	세부1과제 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템
	세부2과제 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발	모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템
	세부3과제 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발	모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템
	세부4과제 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발	장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템

○ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템에서 엔지니어링 통합 데이터베이스를 기반으로 플랜트 모듈화 설계 프로세스를 관리하고 다른 시스템과의 연동을 지원

- 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에서 플랜트 모듈화 타당성 평가 및 시공블록모듈의 초기 분할 및 배치를 수행
- 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에서 초기 분할된 모듈을 바탕으로 시공, 인터페이스, 운송, 공용화 및 표준화를 고려한 모듈의 상세설계 결과물을 생성
- 장치 및 유닛 라이브러리 시스템에서 모듈러 플랜트 설계에 필요한 장치 및 유닛에 관한 정보를 제공



[그림 3-7] 과제의 최종 목표 시스템 구성

3절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부1과제: 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발

가. 연구 목표 및 내용

(1) 연구 목표

○ 세부1과제는 플랜트 모듈설계 PLM 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 데이터 및 프로세스 관리, 정보 체계화 및 검색 고도화 기술 개발을 통하여 플랜트 모듈 설계를 지원하기 위한 기술 및 통합 시스템을 개발하며 다음의 세부 기술을 포함하고 있음

[그림 3-8] 세부1과제의 연구 목표

- 모듈러 플랜트 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술: 모듈러 플랜트 엔지니어링 프로젝트의 일정, 비용 및 성과 측정 관리, 워크플로우 관리, 프로젝트 설계자료 및 자원관리 기술 연구
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리기술: 모듈러 플랜트 엔지니어링 단계에서 발생되는 데이터 및 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 데이터, 프로세스 및 시스템 체계 연구
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 정보분석 기술: 모듈러 플랜트 엔지니어링 단계에서 발생되는 문서 및 비정형 정보를 구조화하여, 정보 검색을 보다 스마트하게 할 수 있게 하며, 사용자 관점의 유용한 정보 분석을 제공하는 기술 연구
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술: 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 요소 기술들을 통합 연계하여 PLM 시스템 안에서 기술적으로 매끄럽게 연동되어질 수 있는 플랫폼 기술을 연구

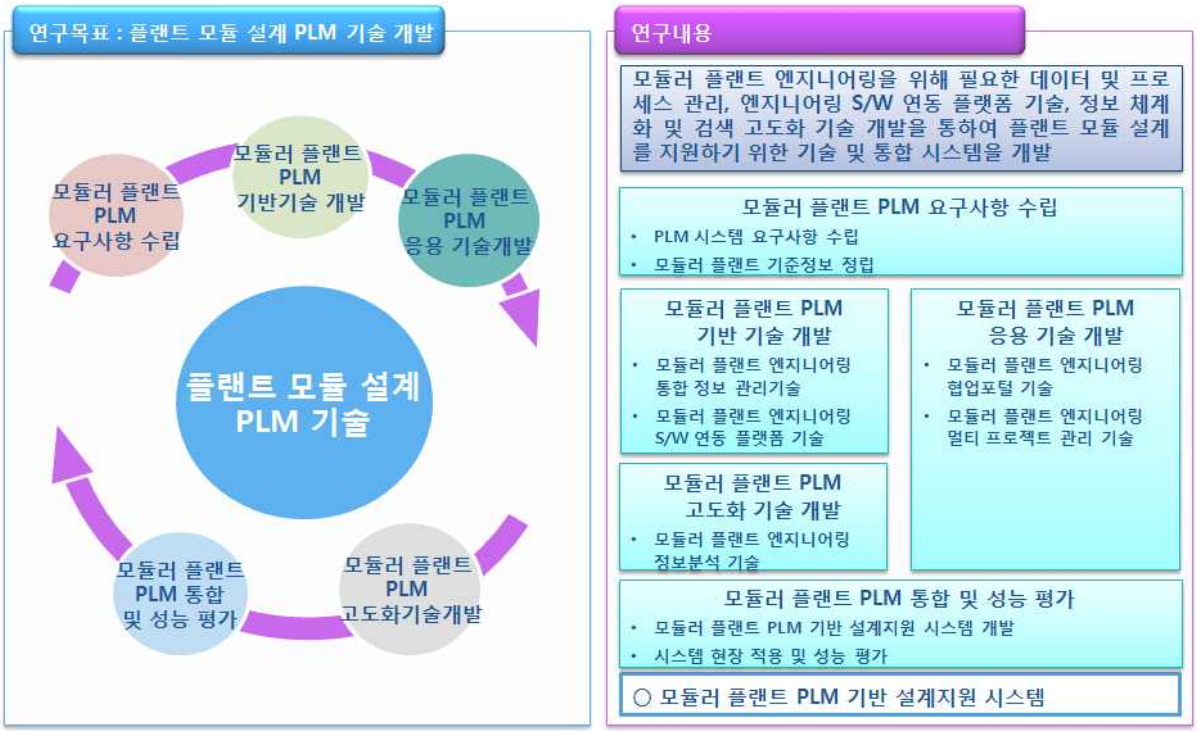
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업포털 기술: 모듈러 플랜트 엔지니어링 작업에서 발생되어지는 내/외부 엔지니어들과의 communication 및 collaboration을 위한 데이터 관리, 기준 정보 관리 및 협업포털 플랫폼 연구

○ 세부1과제의 최종 연구 성과물은 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템임

(2) 연구 내용

<표 3-8> 세부1과제 연구 목표 및 연구내용

연구 목표	연구 내용
플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발	▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계 요구사항 수립 - 모듈러 플랜트 PLM 시스템 요구사항 수립 - 모듈러 플랜트 기준 정보 정립 ▪ 모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 - 모듈 기반 엔지니어링 요구사항 관리 기술 개발 - 모듈 기반 엔지니어링 프로세스 관리 기술 개발 - 모듈 기반 엔지니어링 성과 관리 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술 개발 - 모듈 기반 플랜트 구성 요소 관리 기술 개발 - 모듈 기반 플랜트 구성 요소 연계 통합 관리 기술 개발 - 모듈 기반 플랜트 형상 및 변경 관리 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 지식 정형화 기술 개발 - 모듈러 플랜트 프로젝트 정보 검색 및 분석 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 아키텍처 정의 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 인터페이스 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 구현 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가



[그림 3-9] 세부1과제의 주요 연구내용

나. 단계별 추진 일정 및 연구내용

<표 3-9> 세부1과제 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계 요구사항 수립	▪ PLM 데이터베이스 및 기능요구 분석 ▪ PLM 제공 기능 항목 정의 ▪ PLM 고도화 기술 정의 ▪ 모듈러 플랜트 기준 정보 정립
		▪ 모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 (I)	▪ 모듈 기반 엔지니어링 요구사항 관리 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술 개발 (I)	▪ 모듈 기반 플랜트 구성 요소 관리 기술 개발
	2차 년도	▪ 모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 (II)	▪ 모듈 기반 엔지니어링 프로세스 관리 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술 개발 (II)	▪ 모듈 기반 플랜트 구성 요소 연계 통합 관리 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 아키텍처 정의 기술 개발

		술 개발 (I)	
	3차 년도	▪ 모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 (III)	▪ 모듈 기반 엔지니어링 성과 관리 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술 개발 (III)	▪ 모듈 기반 플랜트 형상 및 변경 관리 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 (II)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 아키텍처 정의 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 인터페이스 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술 개발 (I)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 기술 개발
2단계	4차 년도	▪ 모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술 개발 (I)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 지식 정형화 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 (III)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 인터페이스 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술 개발 (II)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발	▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발
	5차 년도	▪ 모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술 개발 (II)	▪ 모듈러 플랜트 프로젝트 정보 검색 및 분석 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 (IV)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술 개발 (III)	▪ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 구현 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 성능 평가	▪ 현장 적용 플랜트 모듈 선정 및 실적 설계 데이터 확보 ▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 현장 적용 ▪ 결과 분석, 성능 평가, 시스템 보완

다. 추진 전략

○ 기업과 국내외 PLM 분야의 전문가들과의 산·학·연 협동을 통한 공동 연구개발팀의 구성을 추진하고 EPC 업체의 참여를 유도하여 선진기술 수준에 도달할 수 있는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 역량을 확보

- 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 플랜트 모듈 설계 PLM 기술에 대한 공동연구 추진
- 국내 EPC 업체의 참여를 유도하여 실제 모듈러 플랜트 현장 전문가의 경험과 지식이 기술 개발 시 반영될 수 있도록 산·학·연 공동연구 추진방안을 모색

○ 본 연구에서 개발되는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술은 국내는 물론 해외 시장에서 활용될 수 있도록 관련 플랜트 엔지니어링 업체와 협력하여 실용화를 추진함

- 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발 시 실용화 관점의 요구사항들을 분석하여 이를 체계적으로 반영
- 기술 개발 후 실용화 관점에서 산출물을 평가하고 국내 EPC업체와 협력 하에 보완 계획을 수립하여 실용화를 추진

2. 세부2과제: 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발

가. 연구 목표 및 내용

(1) 연구 목표

○ 세부2과제의 연구 목표는 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술을 연구하여, 플랜트 발주 요구의 분석을 바탕으로 모듈화 추진 타당성을 사전 검토, 현장 작업 최소화, 모듈 인터페이스 최소화, 수송 가능 모듈 크기 및 중량 표준화 등을 고려한 모듈 기획 및 모듈 분할 기술에 대한 연구개발을 수행하며 다음의 세부 기술을 포함하고 있음

- 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술: 플랜트의 모듈화 추진 타당성을 검토하기 위한 기술로서 모듈러 플랜트의 건설기간, 생애주기 원가, 위험도 등 평가를 통하여 비모듈화 플랜트 대비 경쟁력을 검토, 확보하기 위한 기술 연구
- 플랜트 블록화 분할 기술: 플랜트 블록화 분할 기술은 모듈러 플랜트 건설 초기 단계에서 모듈을 분할하고 모듈 수준을 정하는 기본설계 기술로서, 공장제작, 운송, 현지설치 등 생애주기 단계별 기술요소를 고려한 분할 기준을 정립하고, 거시적 관점의 공정/블록 분할 기술 연구
- 모듈러 플랜트 설계 방법론 기술: 모듈러 플랜트 설계 방법론 기술은 시공블록모듈 및 공용설계모듈 기반의 플랜트 설계 프로세스와 설계 모델을 아키텍처화하는 기술로서, 모듈러 플랜트 설계 업무의 체계화와 표준화 방법론 연구

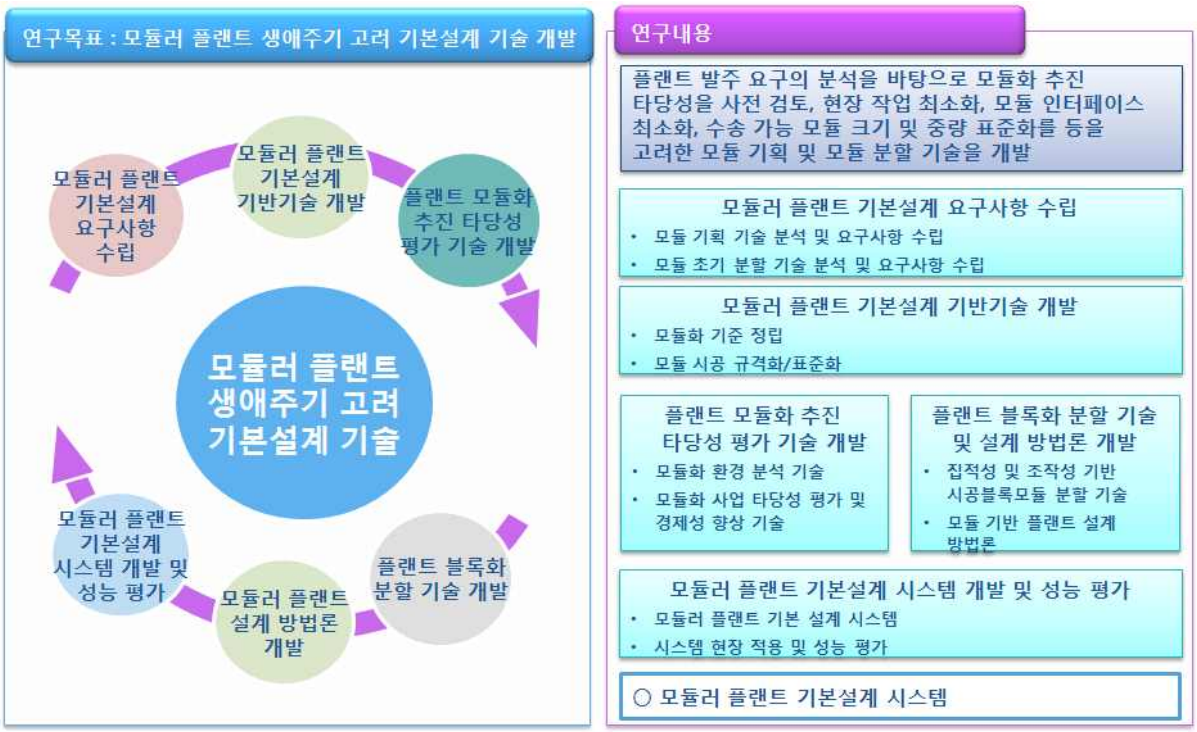
○ 세부2과제의 최종 연구 성과물은 모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템임

[그림 3-10] 세부2과제의 연구 목표

(2) 연구 내용

<표 3-10> 세부2과제 연구목표 및 연구내용

연구 목표	연구 내용
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발	▪ 모듈러 플랜트 기본설계 요구사항 수립 - 모듈 기획 기술 분석 및 요구사항 수립 - 모듈 초기 분할 기술 분석 및 요구사항 수립 ▪ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 - 모듈화 환경 분석 기술 개발 - 모듈화 사업 타당성 평가 및 경제성 향상 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 - 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발 - 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발 ▪ 플랜트 블록화 분할 기술 개발 - 집적성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발 - 조작성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발 ▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 - 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발 - 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발 ▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가



[그림 3-11] 세부2과제의 주요 연구내용

나. 단계별 추진 일정 및 연구내용

<표 3-11> 세부2과제 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	▪ 모듈러 플랜트 기본설계 요구사항 수립	▪ 모듈 기획 기술 분석 및 요구사항 수립 ▪ 모듈 초기 분할 기술 분석 및 요구사항 수립
		▪ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 (I)	▪ 모듈화 환경 분석 기술 개발
		▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 (I)	▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발
	2차 년도	▪ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 (II)	▪ 모듈화 사업 타당성 평가 및 경제성 향상 기술 개발
		▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 (II)	▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발
	3차 년도	▪ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 (III)	▪ 모듈화 사업 타당성 평가 및 경제성 향상 기술 개발
		▪ 플랜트 블록화 분할 기술 개발 (I)	▪ 집적성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발
		▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 (I)	▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발
2단계	4차 년도	▪ 플랜트 블록화 분할 기술 개발 (II)	▪ 집적성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발 ▪ 조작성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발
		▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 (II)	▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발 ▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발
		▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발	▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발

	5차 년도	▪ 플랜트 블록화 분할 기술 개발 (III)	▪ 조작성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발
		▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 (III)	▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발
		▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 성능 평가	▪ 현장 적용 플랜트 모듈 선정 및 실적 설계 데이터 확보 ▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 현장 적용 ▪ 결과 분석, 성능 평가, 시스템 보완

다. 추진 전략

○ 모듈러 플랜트 기본설계 기술은 국내에서 아직 기술 개발이 미미한 상황이기 때문에 해외 플랜트 모듈화 설계 사례를 조사 및 연구하여 국내 플랜트 사업 환경에 적합한 기술 개발을 추진토록 함

- 국내 육상 플랜트뿐만 아니라 해양 플랜트 부문에서도 FEED 단계의 모듈화 기본설계 기술은 낮은 수준이므로 관련 원천 기술 개발을 중점적으로 추진

○ 모듈러 플랜트 기본설계 기술 연구는 기존 플랜트 건설 방식과 다르게 전체 플랜트에서 모듈화 범위(비율) 설정에 대한 계획이 필요함

- 모듈러 플랜트의 시공블록모듈/공용설계모듈을 구분하여 개발
- 플랜트 공정 모듈화와 플랜트 공간 모듈화로 구분하여 개발

○ 모듈 기반 범용 플랜트 설계 기술 적용 대상 플랜트 종류와 대상 공정 분야를 선정하고 국내 EPC 업체의 참여를 유도하여 기존 일반 플랜트의 실적 설계 데이터를 활용하여 모듈러 플랜트 기본설계 기술을 실증 및 평가

- 기술 수요처 예) 플랜트 모듈화 설계 기술 도입에 관심이 많은 국내 육상 플랜트 엔지니어링 중견기업이나 대형 EPC사

○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임

3. 세부3과제: 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발

가. 연구 목표 및 내용

(1) 연구 목표

○ 세부3과제의 연구 목표는 모듈러 플랜트 기본설계 단계에서 결정된 플랜트 모듈 분할 기준에 의거, 모듈의 시공, 인터페이스, 운송, 공용화 및 표준화를 고려한 모듈 단위 및 모듈 통합을 위한 상세설계 기술에 대한 연구개발을 수행하며 다음의 세부 기술을 포함하고 있음

[그림 3-12] 세부3과제의 연구 목표

- 시공을 고려한 상세설계 기술: 일반 플랜트의 기자재 및 자재 시공 단위보다 규모가 큰 모듈 단위의 원활한 시공을 위해 필요한, 기본설계 단계의 공정 분할에 의거한 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이션 및 공기 산정 기술, 기자재 및 배관 설계 최적화 기술, 구조 해석 및 보강 기술 연구
- 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술: 플랜트 모듈 시공 시 발생 가능한 공차 발생 및 기능상의 문제점을 사전에 점검하여 방지하는 모듈 인터페이스 기술로서 모듈간의 기능적이고 공간적인 간섭을 최소화하고 배관 연결 부위에 대한 동적 하중해석 및 공정해석을 바탕으로 모듈 인터페이스를 고려한 설계 기술 연구
- 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술: 플랜트 모듈의 운송/선적/하역을 위해서, 모듈의 크기와 중량을 최적화하여 문제가 없도록 하고, 모듈 지지 기구의 설치 및 해체를 활용하여 운송을 지원하고, 안전성을 확보하는 설계 기술 연구
- 장치 및 유닛 공용화 기술: 표준화된 장치 및 유닛 사양 및 인터페이스의 공동

사용을 통해 시공 생산성 및 설계 효율성 향상을 이루기 위한 장치 및 유닛 공용화 및 표준화 기술 연구

- 시공블록모듈 공용화 기술: 시공블록모듈의 표준화된 물리적 사양 및 인터페이스의 공동 사용을 통해 시공 생산성 및 설계 효율성 향상을 위한 시공블록모듈 공용화 및 표준화 기술 연구
- 공용설계모듈 표준화 기술: 공용설계모듈의 표준화된 공정 및 물리적 사양 및 인터페이스의 공동 사용을 통해 시공 생산성 및 설계 효율성 향상을 위한 공용설계모듈 공용화 및 표준화 기술 연구

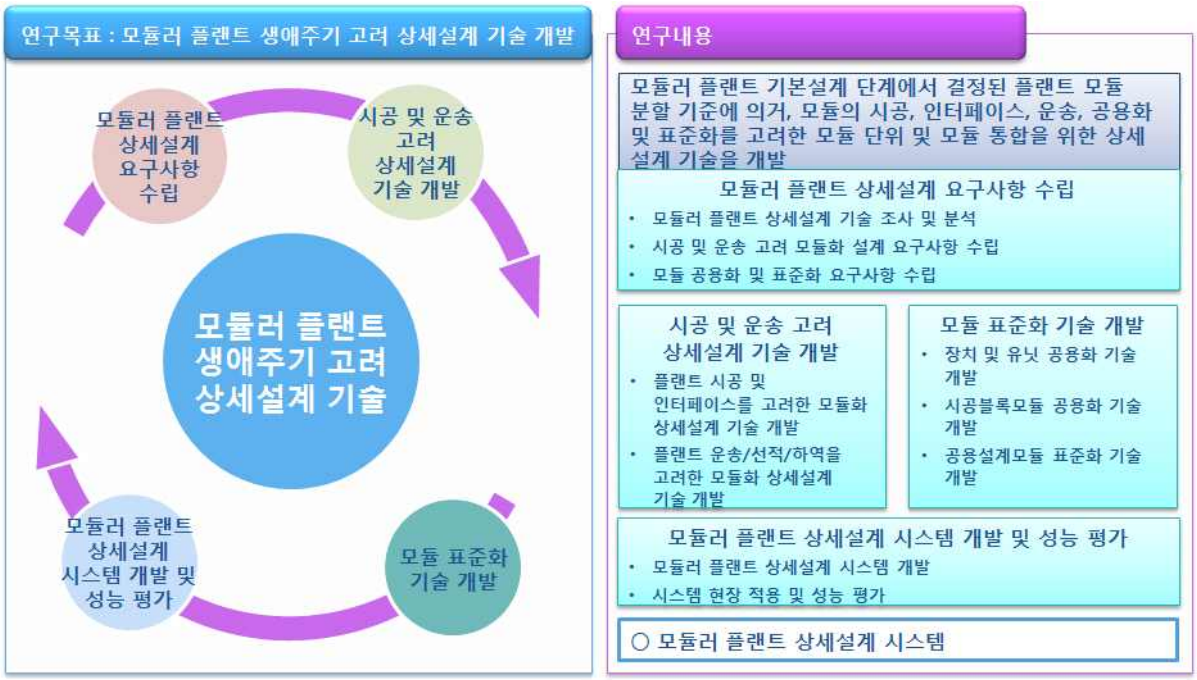
○ 세부3과제의 최종 연구 성과물은 모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템임

(2) 연구 내용

<표 3-12> 세부3과제 연구 목표 및 연구내용

연구 목표	연구 내용
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발	▪ 모듈러 플랜트 상세설계 요구사항 수립 - 모듈러 플랜트 상세설계 기술 조사 및 분석 - 시공 및 운송 고려 모듈화 설계 요구사항 수립 - 모듈 인터페이스 요구사항 수립 - 모듈 공용화 및 표준화 요구사항 수립 ▪ 시공을 고려한 상세설계 기술 개발 - 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이션 및 공기 산정 기술 개발 - 시공블록모듈 기자재 및 배관 설계 최적화 기술 개발 - 시공블록모듈 구조 해석 및 보강 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 - 시공블록모듈 3D 공간 배치 기술 개발 - 시공블록모듈 교합부 관리 기술 개발 - 시공블록모듈 접합 공차 해석 기술 개발 ▪ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 - 시공블록모듈 운송 설계 기술 개발 - 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 기술 개발 ▪ 장치 및 유닛 공용화 기술 개발 - 장치 및 유닛 사양 표준화 기술 개발 - 장치 및 유닛 사이즈 표준화 기술 개발 - 장치 및 유닛 인터페이스 표준화 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 공용화 기술 개발 - 시공블록모듈 사양 표준화 기술 개발 - 시공블록모듈 사이즈 표준화 기술 개발 - 시공블록모듈 인터페이스 표준화 기술 개발

	▪ 공용설계모듈 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 사양 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 사이즈 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 인터페이스 표준화 기술 개발 ▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가



[그림 3-13] 세부3과제의 주요 연구내용

나. 단계별 추진 일정 및 연구내용

<표 3-13> 세부3과제 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	▪ 모듈러 플랜트 상세설계 요구사항 수립	▪ 모듈러 플랜트 상세설계 기술 조사 및 분석 ▪ 시공 및 운송 고려 모듈화 설계 요구사항 수립 ▪ 모듈 인터페이스 요구사항 수립 ▪ 모듈 공용화 및 표준화 요구사항 수립
		▪ 시공을 고려한 상세설계 기술 개발 (I)	▪ 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이션 및 공기 산정 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 공용화 기술 개발 (I)	▪ 장치 및 유닛 사양 표준화 기술 개발 ▪ 장치 및 유닛 사이즈 표준화 기술 개발
	2차	▪ 시공을 고려한 상세	▪ 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이션 및

	년도	설계 기술 개발 (II)	공기 산정 기술 개발
		▪ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 (I)	▪ 시공블록모듈 3D 공간 배치 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 공용화 기술 개발 (II)	▪ 장치 및 유닛 사이즈 표준화 기술 개발 ▪ 장치 및 유닛 인터페이스 표준화 기술 개발
	3차 년도	▪ 시공을 고려한 상세설계 기술 개발 (III)	▪ 시공블록모듈 구조 해석 및 보강 기술 개발
		▪ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 (II)	▪ 시공블록모듈 교합부 관리 기술 개발
		▪ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 (I)	▪ 시공블록모듈 운송 설계 기술 개발
		▪ 시공블록모듈 공용화 기술 개발	▪ 시공블록모듈 사양 표준화 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 사이즈 표준화 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 인터페이스 표준화 기술 개발
2단계	4차 년도	▪ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 (III)	▪ 시공블록모듈 접합 공차 해석 기술 개발
		▪ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 (II)	▪ 시공블록모듈 운송 설계 기술 개발 ▪ 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 기술 개발
		▪ 공용설계모듈 표준화 기술 개발 (I)	▪ 공용설계모듈 사양 표준화 기술 개발 ▪ 공용설계모듈 사이즈 표준화 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발	▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발
	5차 년도	▪ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 (III)	▪ 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 기술 개발
		▪ 공용설계모듈 표준화 기술 개발 (II)	▪ 공용설계모듈 인터페이스 표준화 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 성능 평가	▪ 현장 적용 플랜트 모듈 선정 및 실적 설계 데이터 확보 ▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 현장 적용 ▪ 결과 분석, 성능 평가, 시스템 보완

다. 추진 전략

○ 모듈러 플랜트 상세설계 기술은 육상 플랜트의 경우 국내에서 아직 기술 개발 사례가 많지 않기 때문에 해외 플랜트 모듈화 설계 사례를 조사 및 연구하여 국내 플랜트 사업 환경에 적합한 기술 개발을 추진토록 함

- 모듈 제작 및 조립 기술이 많이 이용되는 해양 플랜트 분야의 사례를 조사 및 연구하여 플랜트에 적용할 수 있는 기술을 획득하고 육상 플랜트의 모듈 설계에 있어 필요한 응용 기반 개발을 추진함

○ 플랜트 모듈 설계 기술 연구는 플랜트 모듈설계 PLM 시스템 인프라를 기반으로 운송/시공/유지보수성을 고려한 모듈 설계를 해야 함

- 시뮬레이션, 해석, GIS/GPS 기술을 응용한 모듈간의 배관 설계 및 공차/교합부 관리가 중요 함

○ 모듈러 플랜트 설계 및 건설 기술 적용 대상 분야를 선정하고 국내 모듈 제작 업체의 참여를 유도하여 적용 플랜트 및 시공 범위에 대해 결정하여 연구개발 결과를 실증 및 평가

- 기술 수요처 예) 해양 플랜트나 육상 플랜트 모듈을 제작 및 공급하는 중견 기업

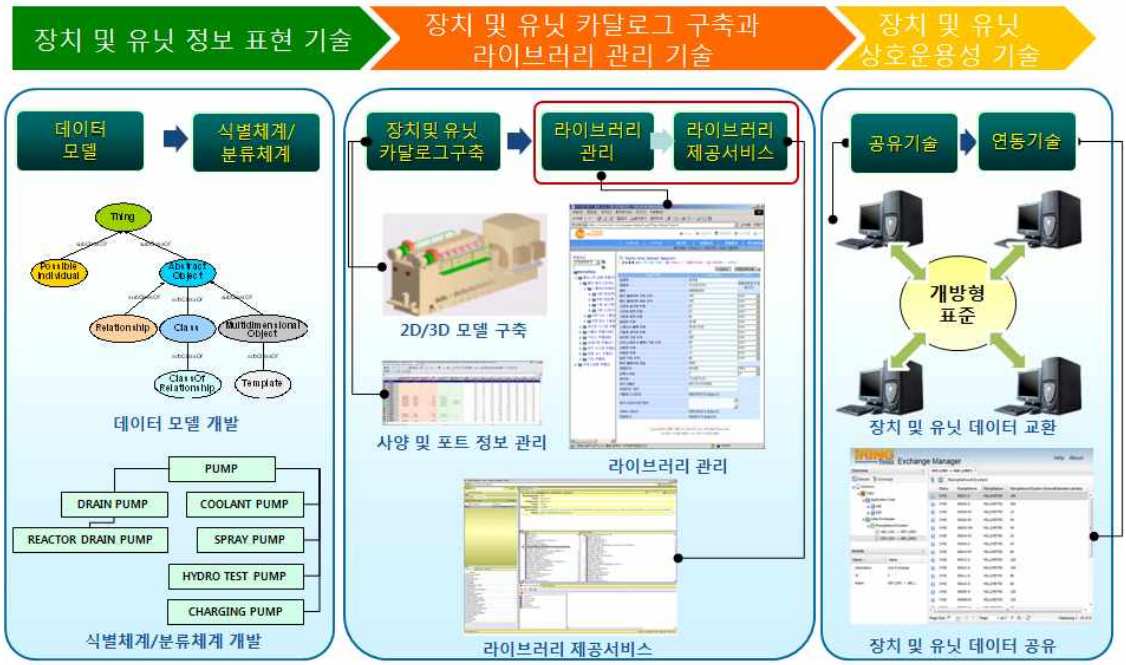
○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임

4. 세부4과제: 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발

가. 연구 목표 및 내용

(1) 연구 목표

○ 세부4과제의 연구 목표는 플랜트 모듈화 설계에 공용으로 사용하는 장치 및 유닛에 관한 엔지니어링 정보의 생성, 분류, 저장 및 설계활용을 위한 라이브러리 구축 기술에 대한 연구개발을 수행하며 다음의 세부 기술을 포함하고 있음



[그림 3-14] 세부4과제의 연구 목표

- 장치 및 유닛 정보 표현 기술: 플랜트 모듈화 설계에 사용하는 장치 및 유닛의 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 표현하고, 장치 및 유닛을 그룹화하고 체계화하여 분류체계를 정의하는 기술
- 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술: 플랜트 모듈화 설계에 사용하는 장치 및 유닛에 대한 정보 요구사항을 분석하고 관련 데이터를 생성하는 기술 연구
- 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술: 플랜트 모듈화 설계에 사용하는 장치 및 유닛에 대한 정보를 관리하는 시스템을 개발하고 콘텐츠 관리 체계를 수립하는 기술 연구
- 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술: 플랜트 장치 및 유닛에 대한 정보를 개방형 표준을 기반으로 구축하고 공유(교환)하는 기술 연구

○ 세부4과제의 최종 연구 성과물은 장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템임

(2) 연구 내용

<표 3-14> 세부4과제 연구 목표 및 연구내용

연구 목표	연구 내용
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발	▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 수립 - 개방형 산업 표준 및 장치/유닛 현황 분석 - 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 정의 ▪ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 모델 개발 - 장치 및 유닛 분류체계 개발 ▪ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술 개발 - 장치 및 유닛 형상 간략화 기술 개발 - 형상/사양/포트 정합 기술 개발 ▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 - 장치 및 유닛 정보 관리 기술 개발 - 장치 및 유닛 정보 검색 기술 개발 - 장치 및 유닛 가시화 기술 개발 ▪ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 교환 기술 개발 - 기간 시스템과의 정보 연동 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 인터페이스 개발 ▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가

[그림 3-15] 세부4과제의 주요 연구내용

나. 단계별 추진 일정 및 연구내용

<표 3-15> 세부4과제 단계별 추진일정 및 연구내용

단계	연차	목표	내용
1단계	1차 년도	▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 수립	▪ 장치 및 유닛 현황 분석 ▪ 개방형 산업 표준 현황 분석 ▪ 장치 및 유닛 카달로그 구축 요구사항 정의 ▪ 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 정의
		▪ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 (I)	▪ 장치 및 유닛 데이터 모델 개발
	2차 년도	▪ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 (II)	▪ 장치 및 유닛 데이터 모델 개발 ▪ 장치 및 유닛 분류체계 개발
		▪ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술 개발 (I)	▪ 장치 및 유닛 형상 간략화 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 (I)	▪ 장치 및 유닛 정보 관리 기술 개발
	3차 년도	▪ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 (III)	▪ 장치 및 유닛 분류체계 개발
		▪ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술 개발 (II)	▪ 장치 및 유닛 형상 간략화 기술 개발 ▪ 형상/사양/포트 정합 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 (II)	▪ 장치 및 유닛 정보 검색 기술 개발
2단계	4차 년도	▪ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술 개발 (III)	▪ 형상/사양/포트 정합 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 (III)	▪ 장치 및 유닛 가시화 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발 (I)	▪ 장치 및 유닛 데이터 교환 기술 개발 ▪ 기간 시스템과의 정보 연동 기술 개발
		▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발	▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발
	5차 년도	▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 (IV)	▪ 장치 및 유닛 가시화 기술 개발
		▪ 장치 및 유닛 데이터	▪ 기간 시스템과의 정보 연동 기술 개발

		상호운용성 기술 개발 (II)	▪ 장치 및 유닛 데이터 인터페이스 개발
		▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 성능 평가	▪ 현장 적용 플랜트 모듈 선정 및 실적 설계 데이터 확보 ▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 현장 적용 ▪ 결과 분석, 성능 평가, 시스템 보완

다. 추진 전략

○ 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 저장소와 제공 서비스를 확장성과 독립성을 고려하여 개발하여 새로운 정보 요구나 정보 기술의 수용이 가능하도록 함

- 모듈러 플랜트 PLM 시스템과 장치 및 유닛 라이브러리간의 연동을 고려한 기술을 개발
- 데이터 모델 정의 및 응용 시스템 개발 과정에서 미래 정보통신 기술의 흐름에 대응할 수 있도록 고려

○ 플랜트 장치 및 유닛 관련 개방형 표준, 라이브러리 시스템 개발에 관한 국내외의 기존 결과물을 활용할 수 있는 방안을 모색하여 연구의 정성적·정량적 완성도를 높임

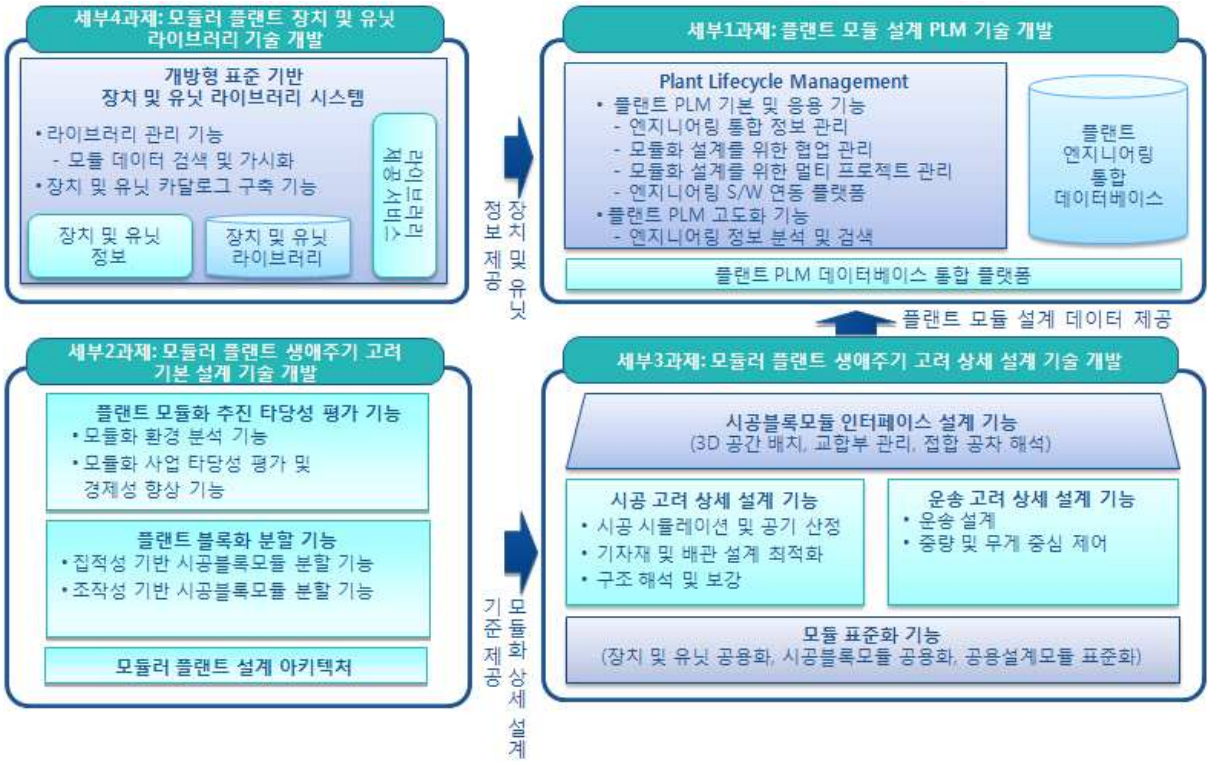
○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임

- 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리의 적용 대상 플랜트를 선정하고 국내 플랜트 업체의 참여를 유도하여 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 실증 및 평가

5. 세부과제 간 연계관계

○ 연구개발과제의 최종 목표 시스템은 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계 지원 시스템, 모듈러 플랜트 기본설계 시스템, 모듈러 플랜트 상세설계 시스템, 장치 및 유닛 라이브러리 시스템으로 구성됨

- 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템에서 엔지니어링 통합 데이터베이스를 기반으로 모듈화 설계 프로세스를 관리하고 다른 시스템과의 연동을 지원
- 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에서 플랜트 모듈화 타당성 평가 및 시공블록모듈의 초기 분할 및 배치를 수행하며, 기본설계 결과물인 도면 및 문서 등 엔지니어링 데이터와 기본 설계 지침 등을 PLM 플랫폼의 플랜트 엔지니어링 통합 데이터베이스에 제공하여 통합 정보 관리, 협업 관리 및 멀티 프로젝트 관리를 할 수 있도록 하고 상세설계 시스템에서 기본설계 결과물을 활용할 수 있도록 함
- 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에서 초기 분할된 모듈을 바탕으로 시공, 인터페이스, 운송, 공용화 및 표준화를 고려한 모듈의 상세설계 결과물을 생성하며, 상세설계 결과물인 도면 및 문서 등 엔지니어링 데이터를 PLM 플랫폼의 플랜트 엔지니어링 통합 데이터베이스에 제공하여 통합 정보 관리, 협업 관리 및 멀티 프로젝트 관리를 할 수 있도록 함
- 장치 및 유닛 라이브러리 시스템에서 모듈러 플랜트 설계에 필요한 장치 및 유닛 정보를 PLM 플랫폼의 플랜트 엔지니어링 통합 데이터베이스에 제공하여 통합 정보 관리, 협업 관리 및 멀티 프로젝트 관리를 할 수 있도록 하고 기본설계 및 상세설계 시스템에서 장치 및 유닛의 엔지니어링 데이터를 설계에 활용할 수 있도록 함

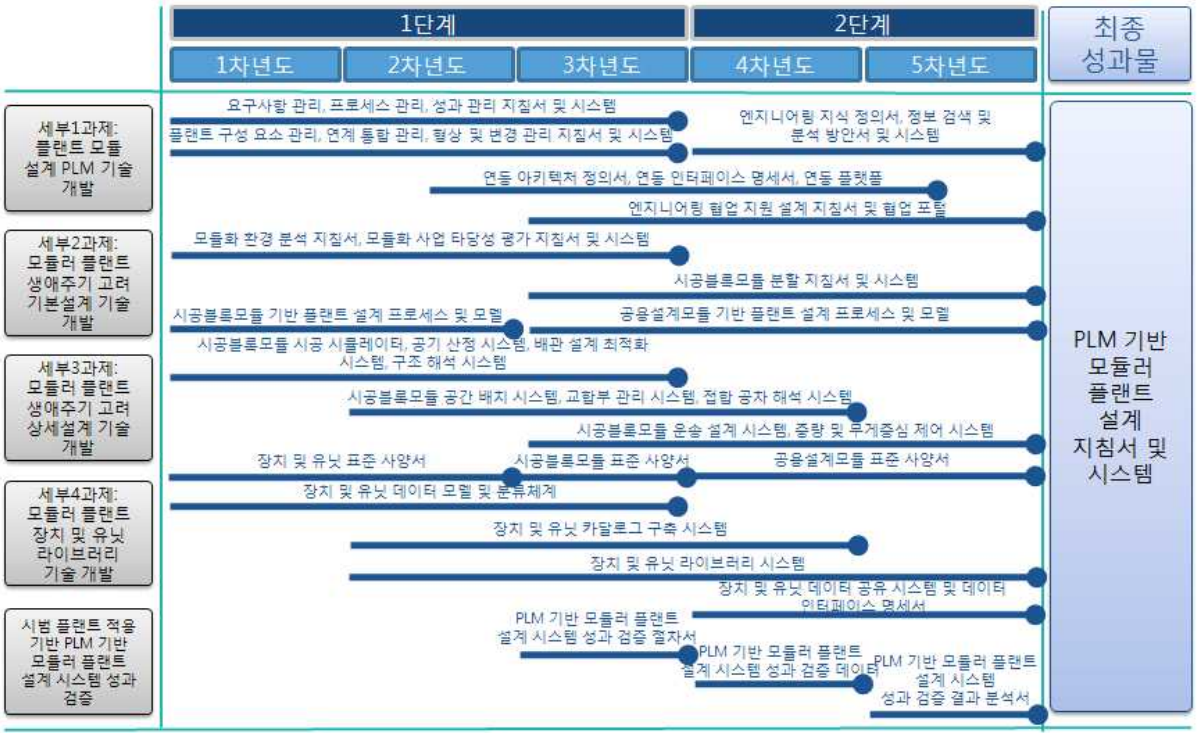


[그림 3-16] 세부과제 간 연계관계 (플랜트 데이터 생성 및 제공 흐름도)

4절. 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 총괄과제 기술로드맵 및 성과로드맵

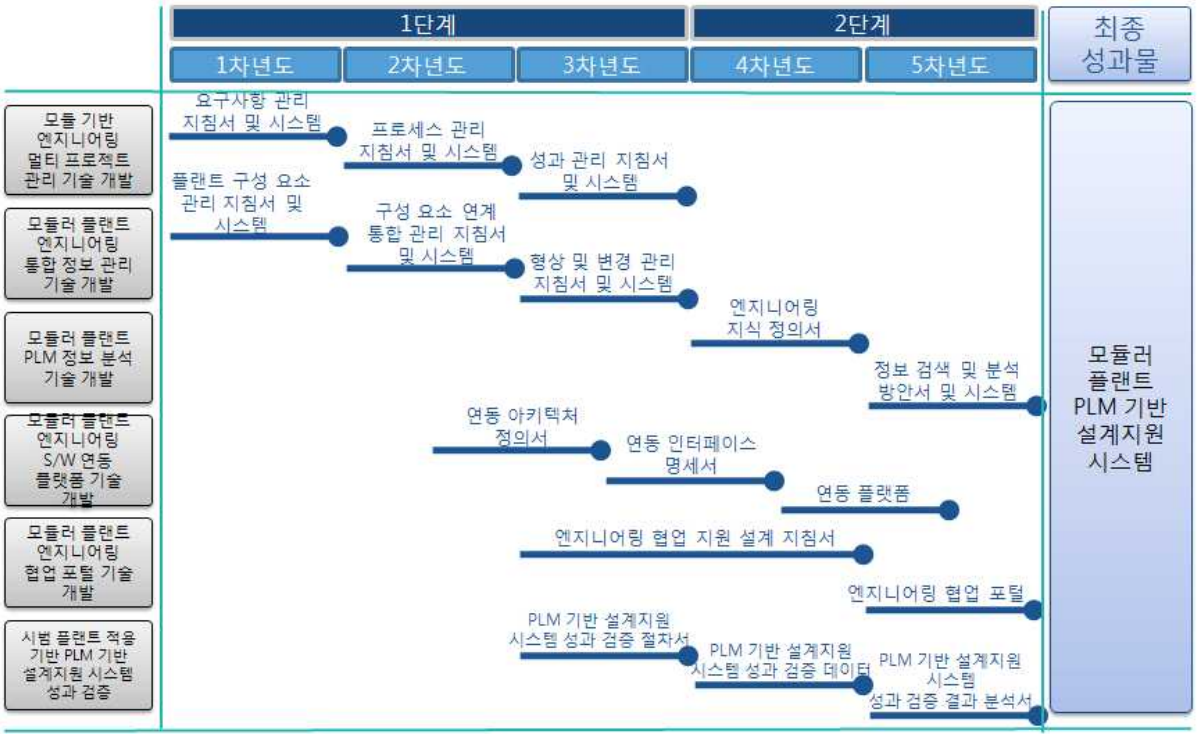
[그림 3-17] 총괄과제 기술로드맵



[그림 3-18] 총괄과제 성과로드맵

2. 세부1과제의 기술로드맵 및 성과로드맵

[그림 3-19] 세부1과제 기술로드맵



[그림 3-20] 세부1과제 성과로드맵

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술에서는 모듈 기반 엔지니어링 요구사항들의 생성, 관리 및 추적을 할 수 있는 기술과, 엔지니어링 프로세스들의 생성 및 실행을 지원하는 프로세스 관리기술, 모듈러 플랜트 엔지니어링 프로젝트의 일정 및 비용, 주요 KPI를 관리하는 성과관리 기술, 그리고 복수개의 모듈러 엔지니어링 프로젝트들의 통합 프로젝트 관리 기술을 개발하며, 주요 성과물로 요구사항 관리에 관한 지침서 및 시스템을 개발하고, 엔지니어링 프로세스 관리 및 멀티 프로젝트 관리의 성과물로 프로세스 관리 지침서 및 시스템을 개발하며 성과관리 기술의 결과물로 성과관리 지침서 및 시스템을 개발함

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리기술에서는 모듈러 플랜트의 여러 구성 요소들을 관리하고, 구성 요소들간의 연계 통합 관리하는 기술, 모듈기반 플랜트 형상에 대한 변경을 관리하는 기술, 그리고 모듈러 플랜트 엔지니어링 단계에서 발생되는 데이터 및 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 데이터, 프로세스 및 시스템 통합 체계 기술을 개발하며, 주요 성과물로 플랜트 구성 요소 관리 지침서 및 시스템, 구성 요소 연계 통합 관리 지침서 및 시스템을 개발하고, 형상 및 변경 관리 지침서 및 시스템을 개발하여 플랜트 엔지니어링 정보통합관리 체계를 구축

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 정보 분석 기술에서는 모듈러 플랜트 엔지니어링 단계에서 필요한 기술동향 및 자료 분석 기술의 개발과, 요구사항을 수립하는 기술, 그리고 엔지니어링 단계에서 발생되는 문서 및 비정형 정보등 엔지니어링 지식을 정형화하여, 정보 분석 및 검색을 보다 스마트하게 할 수 있게 하는 엔지니어링 지식 정형화 기술 및 프로젝트 정보 검색 및 분석 기술을 개발하며, 주요 성과물로 엔지니어링 지식 정의서를 개발하고, 정보 검색 및 분석 방안서 및 시스템을 구축하여 모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술을 확보함

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술에서는 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 S/W 연동 현황 및 자료 분석 기술, S/W 연동 아키테쳐 정의 및 인터페이스 기술, 요소 기술들을 통합 연계하여 PLM 시스템 안에서 기술적으로 매끄럽게 연동되어질 수 있는 S/W 플랫폼 기술을 개발하며, 주요 성과물로 PLM 시스템 기반 요소 기술들간의 연동 아키텍쳐 정의서, 연동 인터페이스 명세서, 연동 플랫폼 산출물을 개발함

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업포털 기술에서는 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 업무 분석 기술, 엔지니어링 협업 요구사항 수립기술, 엔지니어링 협업 기술 및 협업포털 플랫폼 기술을 개발하며, 주요 성과물로 엔지니어링 협업 지원 설계 지침서, 엔지니어링 협업 포털 시스템을 구축하여 협업 포털 기술을 확보함

<표 3-16> 세부1과제의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 요구사항 명세서 ▪ 요구사항 관리 지침서 및 시스템 ▪ 프로세스 관리 지침서 및 시스템 ▪ 성과 관리 지침서 및 시스템 ▪ 플랜트 구성 요소 관리 지침서 및 시스템 ▪ 구성 요소 연계 통합 관리 지침서 및 시스템 ▪ 형상 및 변경 관리 지침서 및 시스템 ▪ 연동 아키텍처 정의서	1단계	▪ 모듈러 플랜트 산업에 대한 조사를 통해 플랜트 산업의 PLM 기능에 대한 요구 사항 조사, 분석 및 정의 ▪ 모듈러 플랜트 건설회사의 실적 프로젝트 관리 자료, 데이터, 실무자 경험 분석과 전문가 컨설팅을 기반으로 요구사항, 프로세스, 성과 관리 방안 도출 후 체계화 및 시스템화 ▪ 모듈러 플랜트 건설회사나 모듈 제작회사의 실적 엔지니어링 데이터 접근 권한을 획득하여 기자재, 배관, 자재 등 플랜트 구성 요소 관리와 형상 및 변경 관리 방안 도출 후 체계화 및 시스템화 ▪ 국제 표준이나 국제 시장 동향 분석을 반영하여 다양한 플랜트 엔지니어링 시스템 간 데이터 호환성 확보가 가능한 연동 아키텍처 설계
▪ 엔지니어링 지식 정의서 ▪ 정보 검색 및 분석 방안서 및 시스템 ▪ 연동 인터페이스 명세서 ▪ 연동 플랫폼 ▪ 엔지니어링 협업 지원 설계 지침서 ▪ 엔지니어링 협업 포털 ▪ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템	2단계	▪ 상용 지식관리시스템과 선행 연구 결과를 검토하고 국내 건설회사의 엔지니어링 지식 관리 현황을 파악하여 현업에서 활용 가능하도록 적절한 수준의 엔지니어링 지식 관리와 정보 검색 및 분석 방안 마련 ▪ 1단계에서 정의된 연동 아키텍처 기준을 만족하는 연동 인터페이스 및 플랫폼 사양 결정 및 구현 ▪ 모듈러 플랜트 프로젝트의 특징인 모듈 제작회사의 모듈 제작 및 조달 관리 기법을 반영한 협업 지원 체계화 및 시스템화 ▪ 연동 플랫폼위에서 각 기능을 구현한 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템의 통합 설계 및 구현 ▪ 해수 담수, 발전, oil & gas 등 다양한 시범 플랜트 종류를 검토하여 검증 대상을 선정한 후, 참여 기업이나 사업화 목적이 있는 대형 플랜트 건설회사나 모듈 제작 중견 기업의 일반 실적 플랜트 프로젝트 데이터, 특히 플랜트 건설 프로젝트 관리 및 전사적 데이터 관리 시스템 등과 관련된 자료와 데이터를 입수 및 적용하고 설계 시스템 및 관리 시스템에의 접근을 허

		가받아서, 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계 지원 시스템의 성능을 비교 평가한 후 시스템의 보완 사항을 도출하여 시스템을 개선함

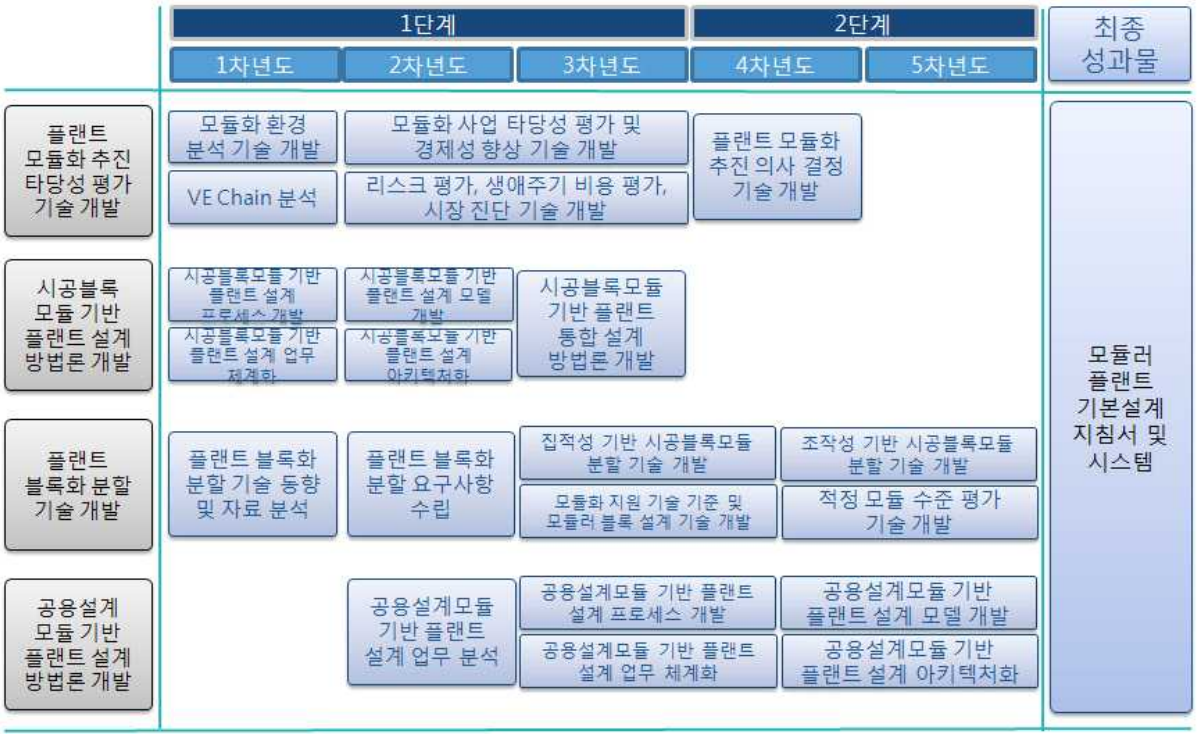
<표 3-17> 세부1과제 핵심기술의 개발 목표

기술 항목	목표수준/ (현재수준)	달성여부의 측정방법	비고
멀티 프로젝트 통합 관리 비율	50%/ (0%)	멀티 프로젝트들의 통합 연계 관리 비율: (시범 플랜트 적용 프로젝트 통합연계 관리 수) / (시범 플랜트 전체 멀티 프로젝트 수) x 100%	
엔지니어링 데이터의 관리 수용 수준	90%/ (60%)	시범 플랜트 모듈 데이터의 수용비: (시범 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리에서 수용하는 데이터 개체수) / (시범 플랜트 전체 엔지니어링 데이터 개체수) x 100%	
엔지니어링 정보 분석 정확도율	60%/ (0%)	엔지니어링 정보분석 정확도율: (시범 플랜트 데이터 대상 질의에 대한 정확한 답변 수) / (시범 플랜트 데이터 대상 총 질의 수) x 100%	
모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 플랫폼 국산화 자립율	90%/ (10%)	플랜트 모듈화 지원 S/W 플랫폼 국산화 구현 여부: (국산화 모듈 개수) / (전체 S/W 플랫폼 모듈 개수) x 100%	
모듈러 플랜트 협업포탈 사용률	70%/ (10%)	협업포탈을 활용한 의사소통 및 정보교환 비율: (시범 플랜트 대상 협업포탈을 활용한 사용건수) /(시범 플랜트 대상 전체 협업관련 업무 건수) x 100%	
모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 국산화율	90%/ (0%)	(개발된 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	
모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 활용률	90%/ (0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	

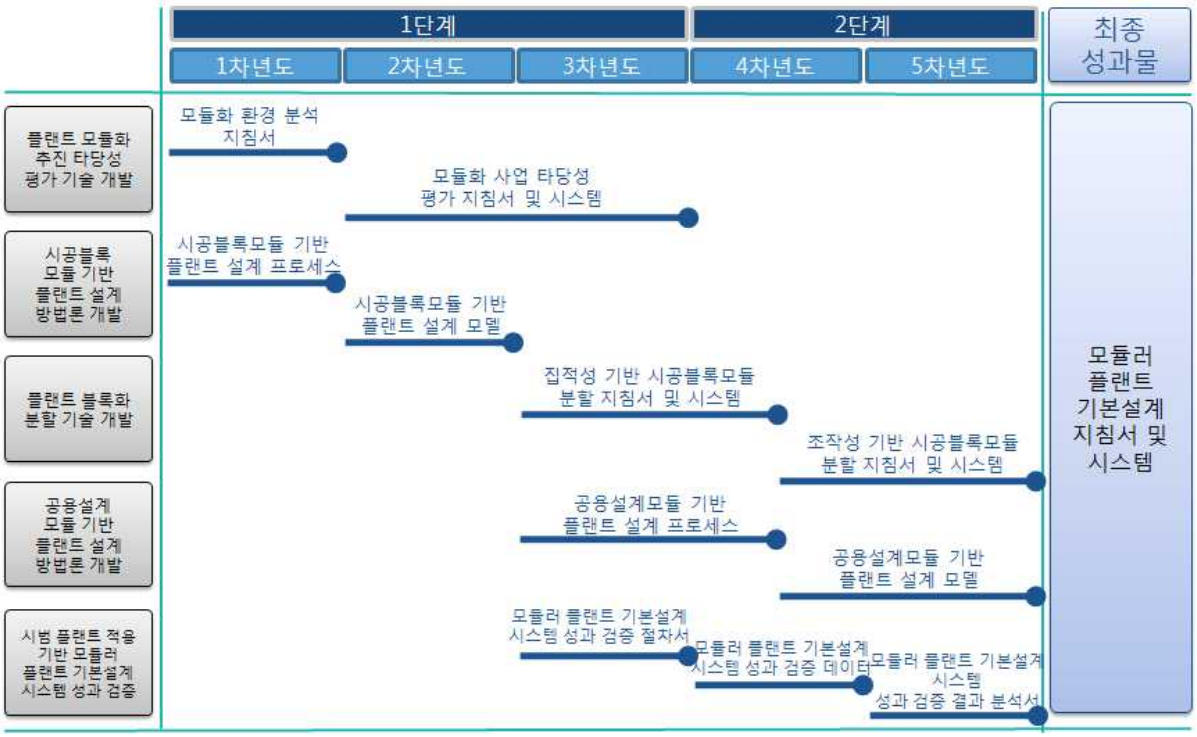
<표 3-18> 세부1과제 성과지표 및 목표

성과 목표	성과 지표수	연차별 목표치					최종
		1	2	3	4	5	
과학기술적 연구성과 향상	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	2	2	3	3	11
	특허출원 건수(국내/국외)	0	1	1	2	2	6
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	2	3	3	3	3	14
기술개발 역량 향상	과제당 산학연 협력 활동건수	0	1	1	2	2	6
	연구보고서	1	1	1	1	1	5
	산학연 기술지원 건수	0	1	1	2	2	6
사회 경제적 파급효과 증대	연구개발 관련 홍보 건수	0	1	1	1	1	4
	기술 확산을 위한 상호교류 정도	0	1	1	1	1	4

3. 세부2과제의 기술로드맵 및 성과로드맵



[그림 3-21] 세부2과제 기술로드맵



[그림 3-22] 세부2과제 성과로드맵

○ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술에서는 모듈화 환경 분석, Value Engineering (VE) Chain 분석, 리스크 평가, 생애주기 비용 평가, 시장 진단 기술 등을 이용한 분석을 통해 플랜트를 기존의 stick-built 방식이나 모듈화 설계 중에

서 어느 방향으로 프로젝트를 진행할 것인지를 판단하는데 결정적 근거 자료를 제공할 뿐만 아니라 경제성 향상을 위해 필요한 조치 사항을 제시해주는 지침서 및 시스템을 개발하며, 주요 성과물로 모듈화 환경 분석 지침서 및 모듈화 사업 타당성 평가 지침서 및 시스템을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에 통합됨

○ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 방법론에서는 시공블록모듈을 기반으로 플랜트를 설계할 때 기존 플랜트 설계 방식과는 다른 방식으로 설계 업무 분장과 진도 관리 등을 할 것이며 이를 반영하여 설계 업무 체계화를 통한 설계 프로세스 개발, 플랜트 설계 아키텍처화를 통한 설계 모델 개발, 이들을 통합한 플랜트 설계 방법론을 개발하며, 주요 성과물로 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스와 모델을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에 통합됨

○ 플랜트 블록화 분할 기술에서는 플랜트 전체를 상반된 개념인 집적성과 조작성을 모두 고려하여 최적의 블록 크기, 무게, 개수로 분할하여 플랜트 모듈의 설계, 조달, 시공, 유지보수가 최적의 상태로 진행될 수 있도록 하는 기술을 개발하며, 주요 성과물로 집적성 및 조작성 기반 시공블록모듈 분할 지침서 및 시스템을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에 통합됨

○ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론에서는 공용설계모듈을 기반으로 플랜트를 설계할 때 기존 플랜트 설계 방식과는 다른 방식으로 설계 업무 분장과 진도 관리 등을 할 것이며 이를 반영하여 설계 업무 체계화를 통한 설계 프로세스 개발, 플랜트 설계 아키텍처화를 통한 설계 모델 개발, 이들을 통합한 플랜트 설계 방법론을 개발하며, 주요 성과물로 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스와 모델을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 기본설계 시스템에 통합됨

<표 3-19> 세부2과제의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
▪ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 요구사항 명세서 ▪ 모듈화 환경 분석 지침서 ▪ 모듈화 사업 타당성 평가 지침서 및 시스템 ▪ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 ▪ 시공블록모듈 기반 플	1단계	▪ 모듈러 플랜트 기본설계 관련 선행 기술 동향 조사, 분석 및 요구사항 정의 ▪ 모듈러 플랜트 건설 사업의 세계 시장 환경 분석, 선진 건설회사 사례 분석 및 벤치마킹, 모듈화 설계 기술 동향, 모듈 표준화 동향 등을 조사, 분석하여 사업 타당성 평가에 활용하고 정량화된 평가 기준 인덱스를 마련하여 구체적인 평가 결과가 나올 수 있도록 추진 ▪ 시공블록모듈의 특징인 공간 중심의 동일

랜트 설계 모델		하게 반복하여 사용될 수 있는 파이프랙과 같은 모듈을 활용하여 시공 기간과 비용을 절감할 수 있도록 최적화된 설계 절차의 규격화 도출
▪ 집적성 기반 시공블록 모듈 분할 지침서 및 시스템 ▪ 조작성 기반 시공블록 모듈 분할 지침서 및 시스템 ▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 ▪ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 모델 ▪ 모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템	2단계	▪ 서로 상반된 개념인 집적성 및 조작성 기반 시공블록모듈 분할 기술을 모두 만족시키는 최적화된 형태로 분할할 수 있도록 다양한 최적화 기법을 도입하여 분할 방법 도출 ▪ 공용설계모듈의 특징인 공정 중심의 독립적인 기능을 제공하는 재사용 가능한 모듈을 활용하여 시공 기간과 비용을 절감할 수 있도록 최적화된 설계 절차의 규격화 도출 ▪ 각 기능을 구현한 모듈러 플랜트 기본설계 시스템의 통합 설계 및 구현 ▪ 해수 담수, 발전, oil & gas 등 다양한 시범 플랜트 종류를 검토하여 검증 대상을 선정한 후, 참여 기업이나 사업화 목적이 있는 대형 플랜트 건설회사나 모듈 제작 중견 기업의 일반 실적 플랜트 설계 데이터, 특히 기본설계 도면 및 데이터를 입수 및 적용하고 설계 시스템 및 관리 시스템에의 접근을 허가받아서, 모듈러 플랜트 기본설계 시스템의 성능을 비교 평가한 후 시스템의 보완 사항을 도출하여 시스템을 개선함

<표 3-20> 세부2과제 핵심기술의 개발 목표

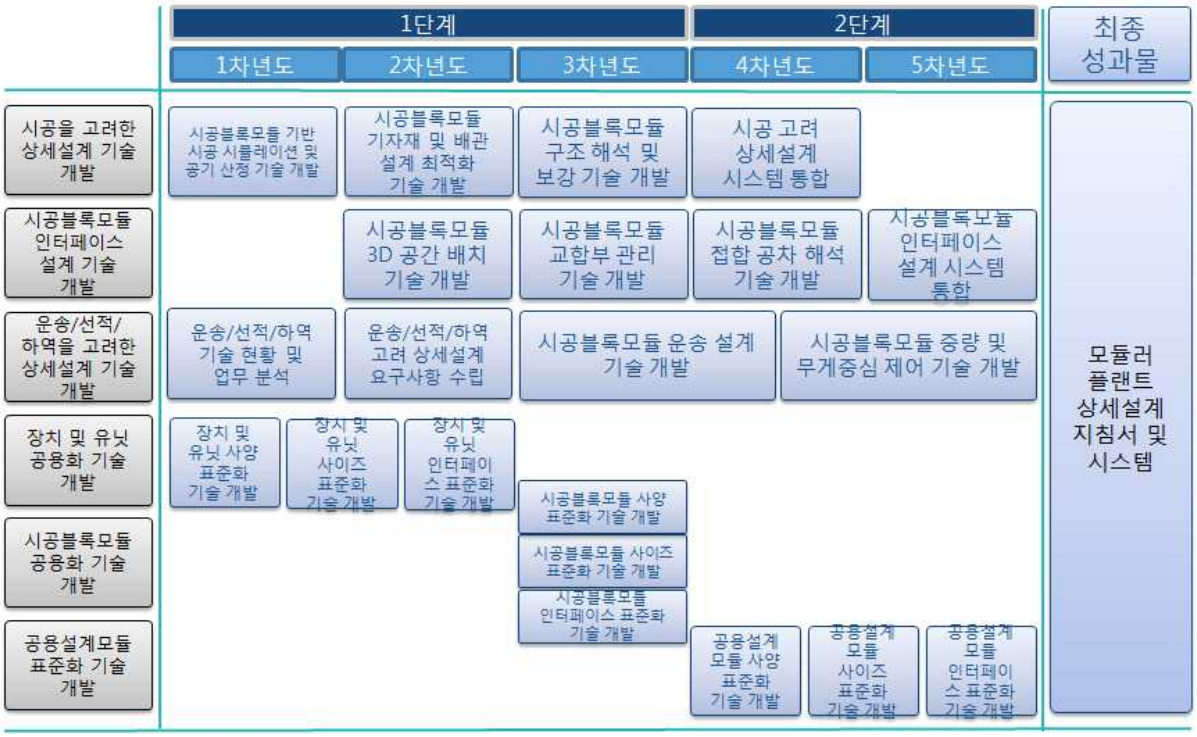
기술 항목	목표수준/ (현재수준)	달성여부의 측정방법	비고
플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 정확도	90%/ (50%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 비용편익분석 결과(B/C 비율)) / (실적 모듈러 플랜트 비용편익분석 결과(B/C 비율)) x 100%	
시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 효율성	90%/ (30%)	(1 - (시범 플랜트 적용 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 work package 개수) / (일반 플랜트 기본설계 시스템 work package 개수)) x 100%	
플랜트 블록화 분할 효율성	100%/ (50%)	(시범 플랜트 적용 집적성 기반 시공블록 모듈 분할 개수) / (시범 플랜트 적용 집	

		적성 기반 시공블록모듈 분할 개수) x 100%	
공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 효율성	90%/ (30%)	(1 - (시범 플랜트 적용 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 work package 개수) / (일반 플랜트 기본설계 시스템 work package 개수)) x 100%	
모듈러 플랜트 기본설계 시스템 국산화율	90%/ (0%)	(개발된 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	
모듈러 플랜트 기본설계 시스템 활용률	90%/ (0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	

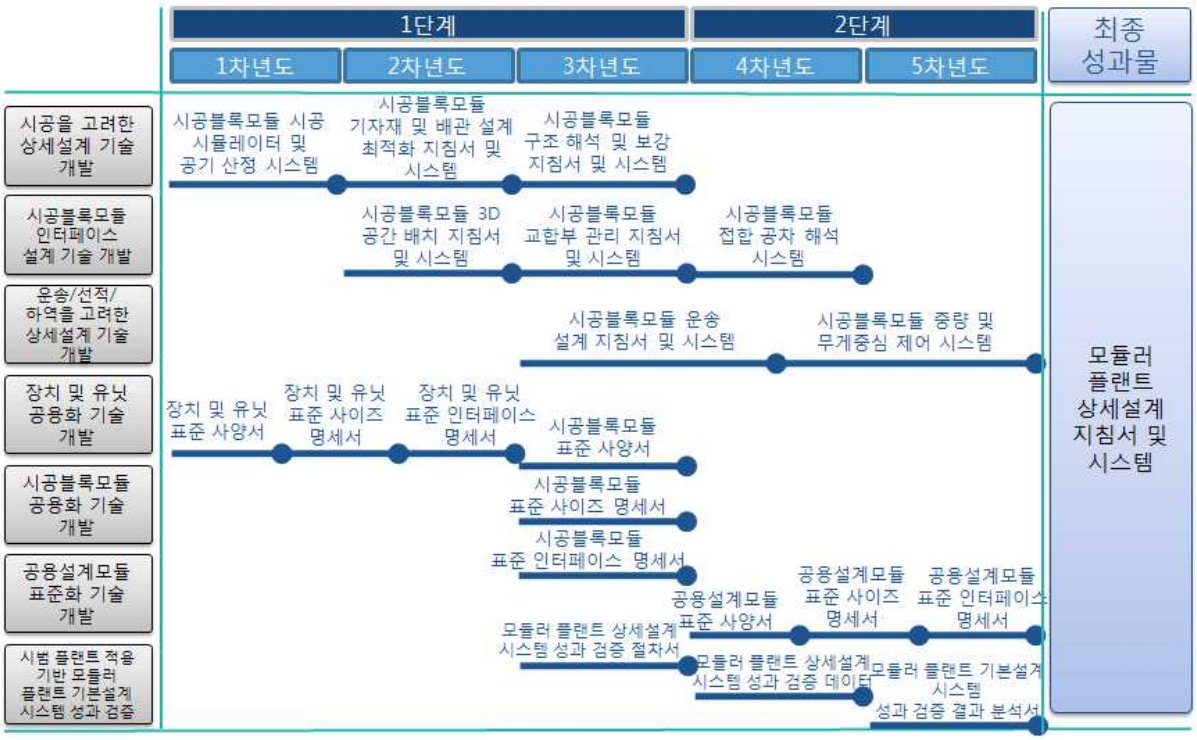
<표 3-21> 세부2과제 성과지표 및 목표

성과목표	성과지표	연차별 목표치					최종
		1	2	3	4	5	
과학기술적 연구성과 향상	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	1	1	1	2	6
	특허출원 건수(국내/국외)	0	1	1	2	2	6
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	1	1	1	2	2	7
기술개발 역량 향상	과제당 산학연 협력 활동건수	0	1	1	2	2	6
	연구보고서	1	1	1	1	1	5
	산학연 기술지원 건수	0	1	1	2	2	6
사회 경제적 파급효과 증대	연구개발 관련 홍보 건수	0	1	1	1	1	4
	기술 확산을 위한 상호교류 정도	0	1	1	1	1	4

4. 세부3과제의 기술로드맵 및 성과로드맵



[그림 3-23] 세부3과제 기술로드맵



[그림 3-24] 세부3과제 성과로드맵

○ 시공을 고려한 상세설계 기술에서는 기존 플랜트의 stick-built 방식과는 다른 시공블록모듈 기반으로 플랜트를 시공하기 위해서는 모든 시공 작업이 기자재나 자재 단위가 아닌, 보다 큰 모듈 단위로 이루어져야 하기 때문에 이를 반영한 시공

시뮬레이션 및 공기 산정 기술, 시공블록모듈 내부를 구성하는 기자재 및 배관 설계 최적화 기술, 시공블록모듈 시공시 위험도 평가 및 개선에 필요한 구조 해석 및 보강 기술을 개발하며, 주요 성과물로 시공블록모듈 시뮬레이터 및 공기 산정 시스템, 기자재 및 배관 설계 최적화 지침서 및 시스템, 구조 해석 및 보강 지침서 및 시스템을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

○ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술에서는 시공블록모듈을 시공하기 위해서는 다수의 시공블록모듈의 조립이 필요하며 이들 다수 모듈간의 인터페이스가 표준 설계 규격에 맞게 사전에 제작되어야만 원활한 조립이 가능하고 그 외에도 플랜트 3D 공간상의 배치 기술, 시공블록모듈 교합부 관리 기술, 시공블록모듈 접합 공차 해석 기술 개발이 필요하며, 주요 성과물로 시공블록모듈 3D 공간 배치 지침서 및 시스템, 교합부 관리 지침서 및 시스템, 접합 공차 해석 시스템을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

○ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술에서는 사전에 제작된 시공블록모듈을 플랜트 건설 사이트로 이동시키기 위해서는 운송/선적/하역 과정에서 기존 기자재나 자재와는 다른 추가적인 고려 사항이 발생하며 이를 상세설계에 반영한 시공블록모듈 운송 설계 기술, 무게가 많고 부피가 큰 시공블록모듈의 이동중 발생 가능한 낙하로 인한 파손을 방지하기 위해서 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 기술을 개발하며, 주요 성과물로 시공블록모듈 운송 설계 지침서 및 시스템, 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 시스템을 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

○ 장치 및 유닛 공용화 기술에서는 기존 플랜트 설계 방식보다 개선된 방식인 모듈을 기반으로 플랜트를 설계할 때 모듈의 공용화 및 표준화를 통한 설계 업무의 용이함과 설계 시간 단축을 들 수 있으며 이를 위해서는 모듈의 구성 요소인 장치 및 유닛의 공용화가 전제 조건으로 만족되어야 하기 때문에 장치 및 유닛 공용화 기술을 개발하며, 주요 성과물로 장치 및 유닛 표준 사양서, 표준 사이즈 명세서, 표준 인터페이스 명세서를 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

○ 시공블록모듈 공용화 기술에서는 시공블록모듈을 기반으로 플랜트를 설계할 때 파이프랙과 같이 플랜트내 여러 구간에서 반복적으로 자주 사용되는 유틸리티 배관을 묶은 모듈의 사양, 사이즈, 인터페이스를 표준화시켜 플랜트내 여러 구간뿐만 아니라 타 플랜트에서도 공용으로 사용할 수 있도록 기술을 개발하며, 주요 성

과물로 시공블록모듈 표준 사양서, 표준 사이즈 명세서, 표준 인터페이스 명세서를 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

○ 공용설계모듈 표준화 기술에서는 공용설계모듈을 기반으로 플랜트를 설계할 때 탈수 (dehydration) 모듈과 같이 여러 다양한 플랜트에서 자주 사용되고 독립된 기능을 수행하는 모듈의 사양, 사이즈, 인터페이스를 표준화시켜 타 플랜트에서도 활용될 수 있도록 기술을 개발하며, 주요 성과물로 공용설계모듈 표준 사양서, 표준 사이즈 명세서, 표준 인터페이스 명세서를 들 수 있으며 최종적으로는 모듈러 플랜트 상세설계 시스템에 통합됨

<표 3-22> 세부3과제의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
▪ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 요구사항 명세서 ▪ 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이터 및 공기 산정 시스템 ▪ 시공블록모듈 기자재 및 배관 설계 최적화 지침서 및 시스템 ▪ 시공블록모듈 구조 해석 및 보강 지침서 및 시스템 ▪ 시공블록모듈 3D 공간 배치 지침서 및 시스템 ▪ 시공블록모듈 교합부 관리 지침서 및 시스템 ▪ 장치 및 유닛 표준 사양서 ▪ 장치 및 유닛 표준 사이즈 명세서 ▪ 장치 및 유닛 표준 인터페이스 명세서 ▪ 시공블록모듈 표준 사양서 ▪ 시공블록모듈 표준 사이즈 명세서 ▪ 시공블록모듈 표준 인터페이스 명세서	1단계	▪ 모듈러 플랜트 상세설계 관련 선행 기술 동향 조사, 분석 및 요구사항 정의 ▪ 모듈러 플랜트 건설회사의 실적 상세설계 자료, 데이터, 실무자 경험 분석과 전문가 컨설팅을 기반으로 시공블록모듈 시공 공정 관리, 기자재 및 배관 설계, 구조물 설계, 공간 배치, 교합부 관리 등 최적화 방안 도출 후 체계화 및 시스템화 ▪ 모듈러 플랜트 건설회사와 모듈 제작회사의 다양한 의견을 반영한 장치 및 유닛과 시공블록모듈 표준안 마련과 다양한 세계 플랜트 건설 현지 조건을 반영하여 국제 업계 표준에 적합한 표준안 마련
▪ 시공블록모듈 접합 공	2단계	▪ 모듈러 플랜트 건설회사의 실적 상세설계

차 해석 시스템 ▪ 시공블록모듈 운송 설계 지침서 및 시스템 ▪ 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 시스템 ▪ 공용설계모듈 표준 사양서 ▪ 공용설계모듈 표준 사이즈 명세서 ▪ 공용설계모듈 표준 인터페이스 명세서 ▪ 모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템		자료, 데이터, 실무자 경험 분석과 전문가 컨설팅을 기반으로 시공블록모듈 접합 공차, 운송 설계, 중량 설계 등 최적화 방안 도출후 체계화 및 시스템화 ▪ 모듈러 플랜트 건설회사와 모듈 제작회사의 다양한 의견을 반영한 공용설계모듈 표준안 마련과 다양한 세계 플랜트 건설 현지 조건을 반영하여 국제 업계 표준에 적합한 표준안 마련 ▪ 각 기능을 구현한 모듈러 플랜트 상세설계 시스템의 통합 설계 및 구현 ▪ 해수 담수, 발전, oil & gas 등 다양한 시범 플랜트 종류를 검토하여 검증 대상을 선정한 후, 참여 기업이나 사업화 목적이 있는 대형 플랜트 건설회사나 모듈 제작 중견 기업의 일반 실적 플랜트 설계 데이터, 특히 상세설계 도면 및 데이터를 입수 및 적용하고 설계 시스템 및 관리 시스템에의 접근을 허가받아서, 모듈러 플랜트 상세설계 시스템의 성능을 비교 평가한 후 시스템의 보완 사항을 도출하여 시스템을 개선함

<표 3-23> 세부3과제 핵심기술의 개발 목표

기술 항목	목표수준/ (현재수준)	달성여부의 측정방법	비고
시공블록모듈 기반 플랜트 시공 기간 단축율	30%/ (0%)	(시범 플랜트 적용 시공블록모듈 시공 기간 시뮬레이션 결과) / (실적 일반 플랜트 시공 기간) x 100%	
시공블록모듈 인터페이스 충돌 발생률	0%/ (20%)	(시범 플랜트 적용 Design Review시 시공블록모듈 인터페이스 설계 결과 3D 모델의 충돌 발생 횟수) / (실적 일반 플랜트 Design Review시 3D 모델의 충돌 발생 횟수) x 100%	
시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 정확도	0%/ (20%)	(시범 플랜트 적용 Design Review 및 시공 시뮬레이션시 시공블록모듈 trip 발생 회수) / (실적 일반 플랜트 Design Review 및 시공 시뮬레이션시 대형 기자재 trip 발생 횟수) x 100%	
장치 및 유닛 표준화율	90%/ (0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 장치 및 유닛 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면	

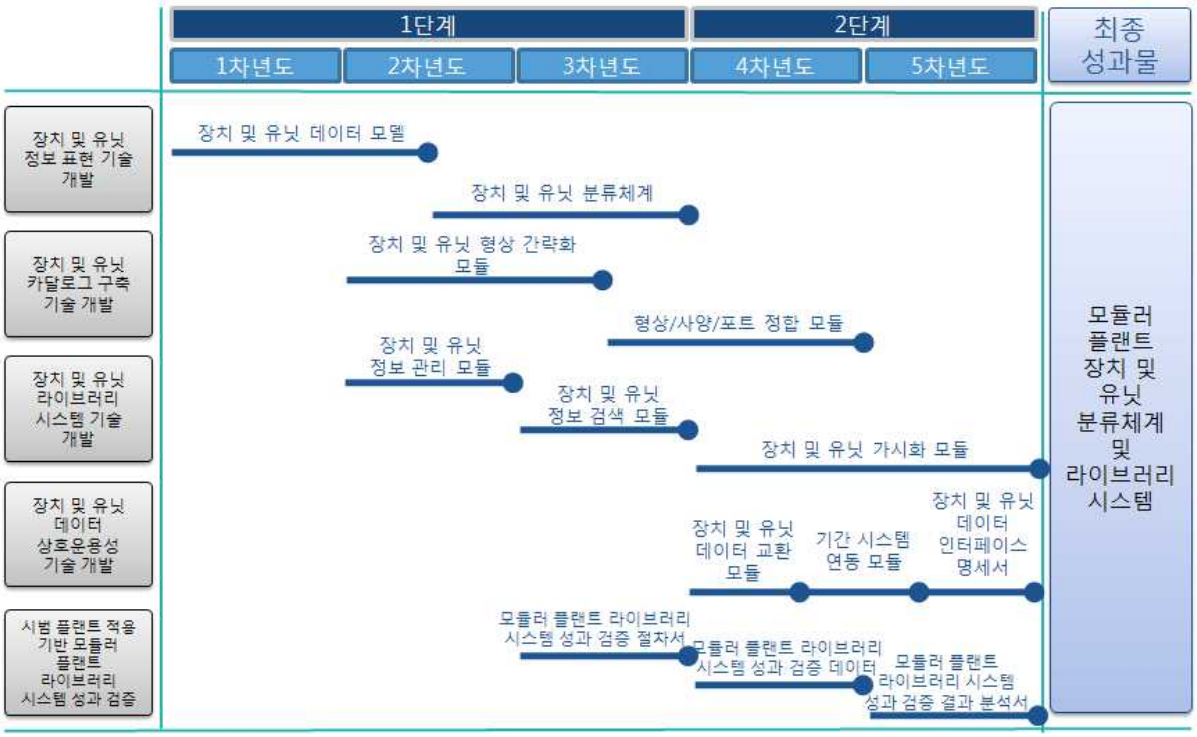
		상 전체 장치 및 유닛 갯수) x 100%	
시공블록모듈 표준화율	90%/ (0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 시공블록모듈 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 전체 시공블록모듈 갯수) x 100%	
공용설계모듈 표준화율	90%/ (0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 공용설계모듈 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 전체 공용설계모듈 갯수) x 100%	
모듈러 플랜트 상세설계 시스템 국산화율	90%/ (0%)	(개발된 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	
모듈러 플랜트 상세설계 시스템 활용률	90%/ (0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	

<표 3-24> 세부3과제 성과지표 및 목표

성과 목표	성과 지표	연차별 목표치					최종
		1	2	3	4	5	
과학기술적 연구성과 향상	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	2	2	3	3	11
	특허출원 건수(국내/국외)	0	1	1	2	2	6
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	2	3	3	3	3	14
기술개발 역량 향상	과제당 산학연 협력 활동건수	0	1	1	2	2	6
	연구보고서	1	1	1	1	1	5
	산학연 기술지원 건수	0	1	1	2	2	6
사회 경제적 파급효과 증대	연구개발 관련 홍보 건수	0	1	1	1	1	4
	기술 확산을 위한 상호교류 정도	0	1	1	1	1	4

5. 세부4과제의 기술로드맵 및 성과로드맵

[그림 3-25] 세부4과제 기술로드맵



[그림 3-26] 세부4과제 성과로드맵

○ 장치 및 유닛 정보 표현 기술에서는 장치 및 유닛 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 표현하여 라이브러리 시스템 내부에서 정보를 관리할 수 있도록 하는 데이터 모델을 정의하고, 데이터 모델에 기반을 두어 장치 및 유닛을 그룹화하고

체계화시킨 분류체계를 개발하며, 주요 성과물로 장치 및 유닛의 데이터 모델 및 분류체계를 EXPRESS-G 또는 UML과 같은 데이터 모델링 언어를 이용하여 표현한 문서를 작성함

○ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술에서는 장치 및 유닛 정보 표현 기술에서 정의한 데이터 모델에 담겨질 실제 데이터를 생성하는 기술로, 장치 및 유닛의 간략화된 형상 정보를 생성하는 기술과 형상에 장치 및 유닛의 사양/포트 정보를 정합시키는 기술을 개발하며, 주요 성과물로 형상 간략화 기술과 형상/사양/포트 정합 기술을 구현한 소프트웨어 모듈을 들 수 있으며 최종적으로 라이브러리 시스템에 통합됨

○ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술에서는 플랜트 모듈화 설계에 사용하는 장치 및 유닛에 대한 정보를 관리하는 시스템으로, 장치 및 유닛 정보에 대한 생성, 수정 및 삭제를 위한 관리 기술, 장치 및 유닛 정보 검색 기술, 장치 및 유닛 정보 가시화 기술을 개발하며, 주요 성과물로 장치 및 유닛 관리 기능, 장치 및 유닛 검색 기능, 장치 및 유닛 정보 가시화 기능을 구현한 소프트웨어 모듈을 들 수 있으며 최종적으로 라이브러리 시스템에 통합됨

○ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술에서는 플랜트 장치 및 유닛에 대한 정보를 개방형 표준을 기반으로 구축하고 공유(교환)하는 기술로, 개방형 표준 형태의 파일 형식으로 장치 및 유닛 데이터를 교환하는 기술을 개발하고 프로그래밍 방식으로 기간 시스템과 연동하기 위한 기술 및 인터페이스를 개발하며, 주요 성과물로 각각의 기술을 구현한 소프트웨어 모듈을 들 수 있으며 최종적으로 라이브러리 시스템에 통합됨

<표 3-25> 세부4과제의 연구성과물 및 구체적인 도출계획

예상 성과물	도출시기	도출계획
▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 요구사항 명세서 ▪ 장치 및 유닛 데이터 모델 ▪ 장치 및 유닛 분류체계 ▪ 장치 및 유닛 형상 간략화 모듈 ▪ 장치 및 유닛 정보 관리 모듈 ▪ 장치 및 유닛 정보 검색 모듈	1단계	▪ 플랜트 장치 및 유닛 기술 관련 선행 기술 동향 조사 및 분석, 플랜트 장치 및 유닛의 개방형 산업표준 조사 및 분석 ▪ 개방형 국제 표준 기준의 플랜트 장치 및 유닛 데이터 모델 및 분류체계 개발 ▪ CAD 파일 경량화 등 형상 간략화 관련 최신 기술 동향 조사, 분석 후 플랜트 장치 및 유닛에 적절한 설계안 도출 ▪ 라이브러리 시스템의 정보 관리 및 검색 사용자 시나리오 분석 및 사양 정의와 아키텍처 정의를 기반으로 모듈 설계 및 구현

▪ 형상/사양/포트 정합 모듈 ▪ 장치 및 유닛 가시화 모듈 ▪ 장치 및 유닛 데이터 교환 모듈 ▪ 기간 시스템 연동 모듈 ▪ 장치 및 유닛 데이터 인터페이스 명세서 ▪ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템	2단계	▪ 카달로그 시스템의 형상 간략화 모듈을 기반으로 가벼워진 형상/사양/포트 데이터를 가지고 정합 여부를 검증하는 모듈 개발 ▪ 라이브러리 시스템의 장치 및 유닛 정보 중에서 가시화에 필요한 데이터를 추출하여 장치 및 유닛 가시화 모듈 개발 ▪ 개방형 국제 표준 기준의 플랜트 장치 및 유닛 데이터 모델 및 분류체계를 기반으로 데이터 교환, 시스템 연동, 데이터 인터페이스 개발 ▪ 각 기능을 구현한 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 통합 설계 및 구현 ▪ 해수 담수, 발전, oil & gas 등 다양한 시범 플랜트 종류를 검토하여 검증 대상을 선정한 후, 참여 기업이나 사업화 목적이 있는 대형 플랜트 건설회사나 모듈 제작 중견 기업의 일반 실적 플랜트 설계 데이터, 특히 장치 및 유닛 등 기자재 데이터를 입수 및 적용하고 설계 시스템 및 관리 시스템에의 접근을 허가받아서, 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 성능을 비교 평가한 후 시스템의 보완 사항을 도출하여 시스템을 개선함

<표 3-26> 세부4과제 핵심기술의 개발 목표

기술 항목	목표수준/ (현재수준)	달성여부의 측정방법	비고
장치 및 유닛 분류체계의 개방형 표준 호환율	90%/ (60%)	(외부 시스템에서 인식 성공한 시범 플랜트 데이터 수) / (시범 플랜트 분류 체계 전체 데이터 수) x 100%	
라이브러리 저장소의 개방형 표준 준수율	90%/ (40%)	(성공한 시범 플랜트 테스트 케이스 수) / (개방형 표준에 명세된 시범 플랜트 전체 테스트 케이스 수) x 100%	
라이브러리 제공 서비스의 외부 시스템 연동율	90%/ (60%)	(성공한 시범 플랜트 데이터 연동 기능 수) / (개방형 표준에 명세된 시범 플랜트 전체 데이터 연동 기능 수) x 100%	
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 국산화율	90%/ (0%)	(개발된 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	

모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 활용률	90%/ (0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%	

<표 3-27> 세부4과제 성과지표 및 목표

성과목표	성과지표	연차별 목표치					최종
		1	2	3	4	5	
과학기술적 연구성과 향상	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	1	1	1	2	6
	특허출원 건수(국내/국외)	0	1	1	2	2	6
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	1	1	1	2	2	7
기술개발 역량 향상	과제당 산학연 협력 활동건수	0	1	1	2	2	6
	연구보고서	1	1	1	1	1	5
	산학연 기술지원 건수	0	1	1	2	2	6
사회 경제적 파급효과 증대	연구개발 관련 홍보 건수	0	1	1	1	1	4
	기술 확산을 위한 상호교류 정도	0	1	1	1	1	4

5절. 기술개발 효과 및 성과 활용방안

<표 3-28> 과제 성과물 활용방안

세부과제	목표 성과물	실용화 및 사업화 방안
플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템	▪ 국내 주요 건설회사의 프로젝트를 통해 실용화 ▪ 국내 플랜트 IT업체를 통해 사업화
모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발	모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템	▪ 위험도 낮은 소규모 파일럿 플랜트에 우선 적용 후, 상용급 플랜트로 확장하여 실용성 향상 ▪ Stick-built 방식으로 건설한 플랜트 대비하여 모듈러 플랜트의 공기 단축 및 비용 절감 등의 장점을 홍보 ▪ 국내 주요 건설업체가 혹한 지역이나 현장 비용이 높은 플랜트 건설에 활용토록 유도 및 이를 통해 실용화
모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발	모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템	
모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발	장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템	▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 파일롯 플랜트의 적용 및 검증 ▪ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템을 개발사 및 벤더사와 협력하여 상용화 추진

○ PLM 기반의 범용 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 성과물 활용을 위해서는 적용 플랜트와 적용 공정 범위의 선정과 이에 대한 응용 시스템 평가를 통해 성능 검증이 선행되어야 함

- 상용급 플랜트 적용을 위해서는 국내 주요 건설업체로부터 실적 플랜트 데이터 확보와 모듈화 설계 기술의 실증 검증 결과와의 비교 분석을 통해 성능 및 도입 효과를 입증해야 함

○ 기존 Stick-built 방식으로 건설한 플랜트 대비, 모듈러 플랜트의 공기 단축 및 비용 절감 등의 장점을 홍보하여 국내 주요 건설업체가 혹한 지역이나 현장 비용이 높은 플랜트 건설에 활용토록 유도

<표 3-29> 실용화 (사업화) 전략

실용화 (사업화) 대상 기술 선정	실증 검증 방안	사업화 전략
▪ 세부 기술 항목별 실용화 (사업화) 우선순위 선정 - 모듈화 설계 기술 트리, 세부과제별 성과물 활용 방안, 플랜트 종류별 적용 우선순위 분석 결과, 전문가 설문조사 결과, 기업 방문 협의 결과의 종합 분석 후 사업화 대상 기술 우선순위 선정	▪ 참여 기업이나 사업화 전략이 있는 국내 대형 건설회사 및 모듈 제작업체의 모듈화 적용 가능 플랜트 실적 설계 데이터를 입수하여 PLM 시스템 기반 모듈러 플랜트 설계 인프라를 적용 및 시운전을 하여 기존 Stick-built 건설용 설계 방법 대비 모듈화 설계 생산성 비교 우위 실증 검증	▪ 사업화 기업 발굴 - 플랜트 모듈화 기획을 수행할 대형 플랜트 건설사와 플랜트 모듈화 상세설계 및 제작을 수행할 플랜트 모듈 제작사를 대상으로 사업화 기업 후보 발굴
▪ 기업의 기술 수요 조사 - 전문가 설문 조사 결과, 기업 방문 협의 결과 분석하여 기업의 기술 수요 조사 및 사업화 대상 기술 후보 선정 - 대기업 규모의 플랜트 건설사와 국내 조선 3사에 모듈 제작 공급 경험이 풍부한 플랜트 모듈 제작 중견기업의 기술 수요 조사 및 사업화 대상 기술 후보 선정	▪ H엔지니어링, D중공업 등 국내 대형 엔지니어링 회사에서 해수담수화 플랜트 RO형 모듈 개발 및 사업화 추진시 본 과제 성과물의 시운전 활용을 통한 실증 검증 ▪ D중공업, H중공업 등 국내 대형 기자재 제작 및 중공업 회사에서 터빈 및 보일러 등 대형 기자재 중심의 화력 발전소 모듈 개발 및 사업화 추진시 본 과제 성과물의 시운전 활용을 통한 실증 검증	▪ 모듈화 설계 대상 플랜트 및 대상 공정 우선순위 조사, 선정 - 플랜트 종류별 모듈화 설계 기술 적용 전망표 참조 - 해수 담수화 플랜트, 발전 플랜트가 우선순위 상위에 랭크 - 플랜트 종류별 모듈화 대상 공정 조사, 선정 - piperack, 유틸리티 등 단순 모듈이나 dehydration, distillation 등 common 공정 모듈 조사, 선정
▪ 사업화 대상 기술 선정 - 후보 기술의 사업화 타당성 검토후 사업화 대상 기술 선정 - 사업화 기업의 경영 환경 및 의견 반영하여 사업화 대상 기술 선정	▪ S중공업 등 해양 플랜트의 기존 모듈화 설계 방법 대비 본 과제 성과물의 활용을 통한 모듈화 설계 방법론 체계화 및 최적화 효율 개선 효과 실증 검증 ▪ S공업 등 플랜트 모듈 제작업체의 모듈 기본 설계 기술 자립화 추진시 본 과제 성과물의 시운전 활용을 통한 실증 검증	▪ 해수 담수화 플랜트 핵심 부품인 RO 모듈이나 MSF 모듈 혹은 하이브리드 모듈 사업화 타당성 검토후 추진 ▪ 화력, 원자력 발전 플랜트의 주요 기자재인 터빈, 보일러 중심의 모듈 사업화 타당성 검토후 추진 ▪ 국내 대형 건설사의 해외 오지, 극지 플랜트의 파이프랙이나 유틸리티 모듈 사업화 타당성 검토후 추진

<표 3-30> 플랜트 종류별 모듈화 설계 기술 적용 현황 및 전망

플랜트 종류	모듈화 설계 기술 적용 현황	모듈화 설계 기술 적용 전망
해수 담수화	▪ 대형의 증발식 모듈 국내 제작후 바지선 이용 현장 운송 ▪ RO + 증발식 혼합형 모듈 기술 개발 수요 증대 ▪ 국내 EPC 엔지니어링 업체 참여 협의	▪ 기존의 해수담수화플랜트사업단 존재하나 모듈화 설계 기술 개발은 포함되어 있지 않음 ▪ 해수담수화플랜트 발주 증가가 예상됨으로 컴팩트한 모듈화 설계 기술 개발로 국내업체 해외경쟁력 확보 가능
발전	▪ 국내 대형 EPC사에서 가장 활발히 진출하는 시장임 ▪ 두산중공업, 현대중공업 등 국내 대형 기자재 제작업체에서 제작 가능한 터빈 및 보일러 등 대형 기자재를 중심으로 하는 모듈화 설계 기술 개발 및 적용 가능 ▪ 화력 발전 플랜트에 적용 가능하고, 공기 단축형 한국형 발전 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 필요	▪ 원자력 발전소는 한국수력원자력 주관 SC공법 등 원전 구조물 모듈화 설계 기술 개발 진행 중으로 UAE 원전에 적용 예정임 ▪ 국내에도 화력 발전소 다수 존재함으로 국내 화력 발전소 시장에도 모듈화 설계 기술 일부 적용 가능
Oil & Gas	▪ LNG 플랜트 등 해외 모듈화 설계 기술 적용 사례 있음 ▪ 쉐일 가스 플랜트, SNG 플랜트, GTL 플랜트 등 비전통 에너지 플랜트 시장에 적용 가능할 것으로 판단됨	▪ 기존의 LNG플랜트사업단 존재 ▪ 오일 샌드 플랜트 모듈화 설계 기술 개발기획 진행 중
해양	▪ 해양 플랜트의 입지 특성상 모듈화 설계 및 제작 필수 ▪ 국내 모듈 제작소 존재(일부 블록모듈 중국 제작 후 도입) ▪ 해양 플랜트의 앞선 모듈 상세설계 및 제작 기술의 체계화 후 육상 플랜트에 적용 가능한 모듈화 설계 기술 개발 가능	▪ 모듈화 설계 기술 기 시행중이나, 주로 경험에 의존하고 모듈 분할 및 최적화 등의 FEED 설계 기술 수준은 높지 않음
석유 화학	▪ 국내 EPC사의 적극 진출 분야이나, 석유 화학 플랜트의 특성상 제품의 출하 시장 접근성 고려 시 오지, 극지형 플랜트는 적은 것으로 판단됨 ▪ 해외 모듈화 설계 기술 적용 플랜트 사례 적음	▪ 화학, 섬유, 비료, 정제 플랜트 포함
산업 시설	▪ 통신, 시멘트, 제철 등	▪ 현재 시장 상황으로는 모듈화 설계 기술 적용이 적합지 않은 것으로 판단됨

4장. 사전타당성 검토

1절. 기술적 타당성

1. 기존사업과의 중복성

○ 국토해양부 건설교통기술연구개발사업 및 타 부처 연구개발사업과 정부출연연구기관 자체수행과제에 대한 중복성 검토를 수행하였으나, 본 과제와 중복성이 제기될 과제를 발견하지 못함

<표 4-1> 기존사업과의 중복성

사업명	과제명	유사점	차이점
국토해양부 건설교통기술연구개발 기획사업	오일샌드 플랜트 모듈화 기술 기획	(오일샌드 플랜트) 모듈화 설계 패키지 개발에 관한 점이 유사	(기존 과제) - 오일샌드 플랜트 대상 (본 과제) - 플랜트 모듈화 범용 설계 방법론 개발
국토해양부 건설교통기술연구개발 사업	LNG플랜트 핵심기반기술 개발 - 가상 LNG플랜트 설계환경 구축	기자재 및 부품의 형상모델 이용한 설계 방법에 있어서 유사	(기존 과제) - 형상 위주의 모듈화 기법 추진 - LNG플랜트 핵심 공정을 대상 시설물로 제한 (본 과제) - 플랜트 전 생애주기 원가 절감을 위한 모듈화 기술 개발 - 플랜트 모듈화를 위한 범용 설계 도구 개발

2. 기술개발계획의 우수성

가. 연구 목표, 내용, 성과의 구체성

○ 연구 목표를 구체적으로 제시하고 있음

※ 연구 목표를 "범용 육상 플랜트 대상으로 플랜트 모듈화 설계 방법 개발 및 PLM 기반 설계 지원 인프라 구축" 및 "단일 플랜트 모듈화율 60% 달성, 모듈러 플랜트 세계 시장 점유율 10% (486억불) 달성, Stick-built 대비 플랜트 건설 기간 30% 단축, Stick-built 대비 건설 원가 15% 절감"으로 구체적으로 제시하고 있음

○ 모든 세부과제에 대해 목표, 내용, 성과를 명확히 제시함

<표 4-2> 세부과제 별 목표 및 내용, 성과

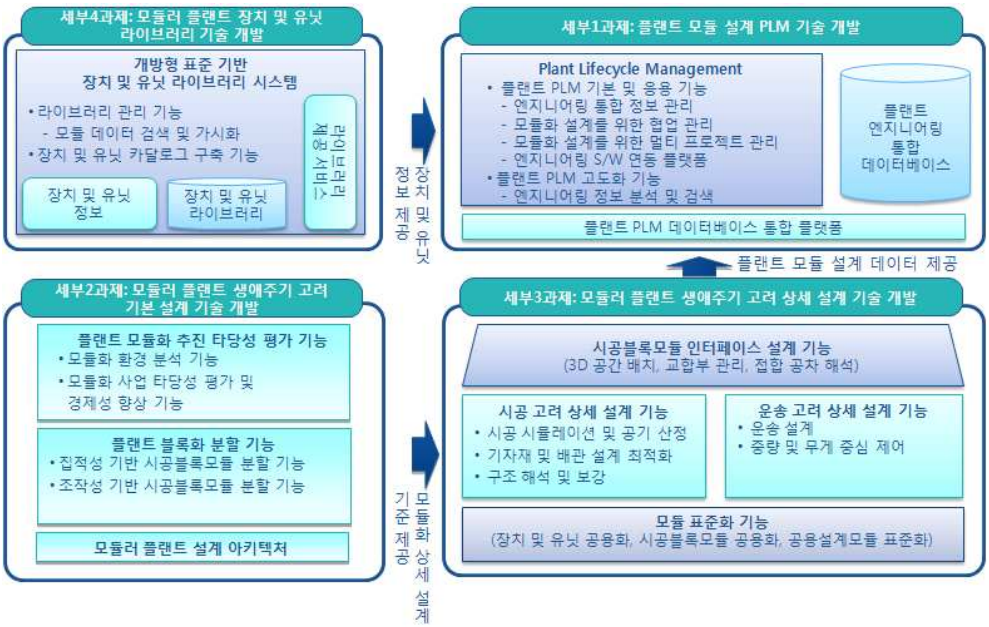
세부 과제	목표	내용	성과물
세부1 과제	플랜트 모듈설계 PLM 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 데이터 및 프로세스 관리, 정보 체계화 및 검색 고도화 기술 개발을 통하여 플랜트 모듈 설계를 지원하기 위한 기술 및 통합 시스템을 개발	- 모듈러 플랜트 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 정보분석 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업포털 기술 개발	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템
세부2 과제	모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술을 연구하여, 플랜트 발주 요구의 분석을 바탕으로 모듈화 추진 타당성을 사전 검토, 현장 작업 최소화, 모듈 인터페이스 최소화, 수송 가능 모듈 크기 및 중량 표준화 등을 고려한 모듈 기획 및 모듈 분할 기술에 대한 연구개발	- 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 - 플랜트 블록화 분할 기술 개발 - 모듈러 플랜트 설계 방법론 기술 개발	모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템
세부3 과제	모듈러 플랜트 기본설계 단계에서 결정된 플랜트 모듈 분할 기준에 의거, 모듈의 시공, 인터페이스, 운송, 공용화 및 표준화를 고려한 모듈단위 및 모듈통합을 위한 상세설계 기술 개발	- 시공을 고려한 상세설계 기술 개발 - 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 - 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 - 장치 및 유닛 공용화 기술 개발 - 시공블록모듈 공용화 기술 개발 - 공용설계모듈 표준화 기술 개발	모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템
세부4 과제	플랜트 모듈화 설계에 공용으로 사용하는 장치 및 유닛에 관한 엔지니어링 정보의 생성, 분류, 저장 및 설계활용을 위한 라이브러리 구축 기술에 대한 연구개발	- 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 - 장치 및 유닛 카탈로그 구축 기술 개발 - 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발	장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템

나. 세부과제 목표와 연구 내용의 적절성

○ 세부과제의 내용 및 범위 등이 구체적으로 정의되었음 (3장 3절)

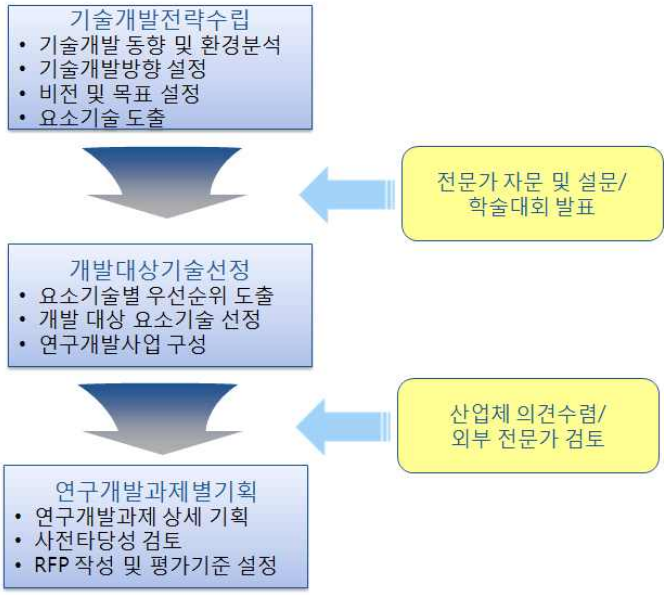
○ 세부과제의 기술개발 목표가 구체적으로 정의되어 있으며, 연구내용이 연차별로 서술되어 있음 (3장 3절)

○ 세부과제간 연계관계가 구체적으로 서술되었으며, 세부과제간의 역할 및 관계가 도식화 되어있어 세부과제 선정의 논리적 근거를 제시함 (3장 3절)



[그림 4-1] 세부과제 간 연계관계 (플랜트 데이터 생성 및 제공 흐름도)

○ 연구개발과제의 도출 프로세스를 제시함으로써 중점추진분야 및 세부과제 도출의 적절성을 제시함 (3장 2절)



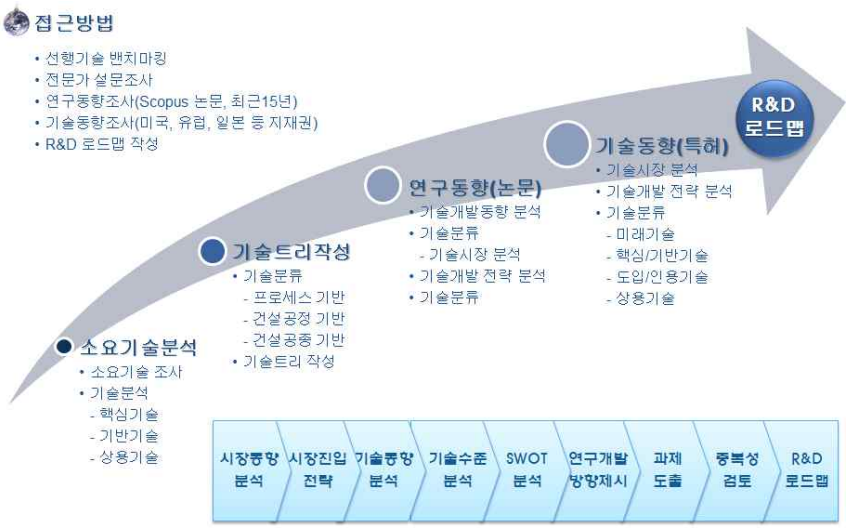
[그림 4-2] 기획연구 추진 절차

다. 기술개발 로드맵의 우수성

○ 국내외 플랜트 모듈화 건설사례 등에 기초하여 플랜트 모듈화 건설, PLM 시장, 전망, 논문, 지재권 등 기술수준 분석을 통한 요소기술 도출

○ 국내외 EPC 기업 현장 방문 및 전문가 면담, 설문 등을 통하여 현장 애로사항, 기술 니즈 분석을 통한 요소기술 도출

○ 모듈화 엔지니어링 분야 기술을 세부 분류(39 분류)하고 이를 바탕으로 기술 개발 로드맵(5년 19 분류)을 작성하였으며, 우선순위에 따라 단기, 중기, 장기 개발 과제로 구분하여 연구개발 로드맵을 작성함 (3장 4절)



[그림 4-3] R&D 로드맵 작성 절차

[그림 4-4] 총괄과제 기술로드맵

라. 기대성과의 활용도와 활용 계획

○ 세부과제별로 목표 성과물에 대한 실용화 및 사업화 방안이 구체적으로 제시된 (3장 5절)

○ 실용화 대상 기술 선정, 실증 검증 방안 및 사업화 전략이 구체적으로 서술됨 (3장 5절)

○ 대상 플랜트 종류별로 모듈화 설계 기술의 적용 현황 및 전망을 서술하였으며, 이를 통해 본 연구개발과제의 활용도를 구체적으로 제시함 (3장 5절)

3. 기술수준 및 개발 성공 가능성

가. 연구개발 기반

○ 본 과제를 수행하기 위해 필요한 인프라로는 수요 업체, 요소 기술을 보유한 개발 업체, R&D를 수행할 수 있는 연구 인력 등이 있으며, 인프라 분석 결과 국내에 적합한 인프라를 갖추고 있음

○ 플랜트 모듈설계 PLM 기술, 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술, 플랜트 장치 및 유닛 관련 기술은 국내 기업, 연구소, 그리고 대학에서 연구가 되었으나 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술에 관한 연구는 미흡한 실정임

나. 수행 주체의 기술수준

○ 국내 플랜트 업체의 경우 모듈러 플랜트 기술 도입/발전 단계에 있으나 체계적인 구조가 정립되어 있지 않으며, 효과적인 지원 시스템을 갖추고 있지 못함

○ 기술수준 분석 결과 본 사업에서 개발하고자 하는 기술은 선진국 대비 3년~5년의 격차를 가지고 있음

○ 제조업의 PLM 기술 및 조선/해양플랜트 산업의 모듈 설계 기술력을 바탕으로 한 잠재력을 가지고 있음

다. 기술 개발의 기대수준

○ PLM 기반의 모듈러 플랜트 독자 설계 기술 확보 기대됨

○ PLM 기반 모듈러 플랜트 설계는 시장 형성 초기 단계의 산업 분야로서 연구개발 과제의 수행을 통하여 전 세계적 기술 우위 기대됨

○ 국내 EPC 산업의 고도화 및 모듈러 플랜트 건설 세계 시장 선도 기대됨

○ 국내 대학을 중심으로 국제표준 STEP 및 ISO 15926에 대한 적용 연구가 활발히

진행되고 있어, ISO 15926 등의 공개형 표준 기술을 적용한 플랜트 엔지니어링 정보 통합관리 및 상호운용성 향상이 기대됨

라. 성공 가능성

○ 한국건설기술연구원, 생산기술연구원, 고등기술연구원 등 국내 정부출연연구원을 중심으로 원자력발전소 등 다양한 분야의 국제 표준 구축 사례가 있으며, LNG 플랜트, LNG FPSO 등 통합 설계기술 개발을 추진하고 있어 관련 기술의 연계 개발을 통하여 본 사업의 성공적 수행 가능성을 답보할 수 있을 것으로 평가됨

○ 건축, 토목, 플랜트 분야에서 턴키 (Turn Key), BTL (Build Transfer Lease), PF (Project Financing)와 관련된 VE/LCC, LCA 분석 등의 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 향후 LCC를 고려한 설계 VE 및 LCC 표준 모델 개발, 경제성 평가 기술의 성공 가능성이 매우 높은 것으로 평가됨

라. 검토결과

○ 사업의 목표 달성을 위한 접근 방안, 성능 목표치와 세부과제별 로드맵 등 수립된 기술개발계획이 우수함

- 국내외 플랜트 모듈화 건설사례 등에 기초하여 플랜트 모듈화 및 PLM 시장전망, 기술수준 분석하였으며, 유관기업 현장 방문 및 전문가 면담/설문 등을 통하여 현장 애로사항, 기술 니즈 분석을 통한 요소기술을 도출하였음
- 모듈화 요소기술 개발, 현장적용 및 피드백 과정을 포함한 이원화된 기술개발 전략을 수립함으로서 연구개발 종료 직후 시장진입이 가능하도록 하였음
- 사업의 기술동향, 선행 사례 등을 참조하여 기술 개발 시 해외 경쟁력을 갖출 수 있는 목표 수준을 설정하였음

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 국내 플랜트 업체들이 모듈러 플랜트 수주 및 설계를 위해 당장 확보해야 하는 기술로 판단됨

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 개발을 통해 선진국과의 기술격차를 줄일 수 있고 국내 플랜트 업계의 기술 수준 향상 및 국내 EPC 산업 고도화 가능

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 최근 제안된 신시장으로서 기술 선도를 위해 신속한 사업 추진이 필요함

○ 결과물이 모듈러 플랜트 전체 프로젝트에 영향을 미치므로 파급효과가 매우 큰 것으로 판단됨

○ 조선/해양플랜트 및 제조업에 적용되었던 모듈화 기술 및 PLM 기술에 대한 경험

을 바탕으로 국내 대학 및 정부출연연구원의 다양한 개발 기술 연계를 통해 본 사업의 성공적인 수행 가능

2절. 정책적 타당성

1. 국가 전략적 중요성

가. 정책적 중요성

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 플랜트 건설사업 독자기술 확보를 통한 글로벌 마켓 선도를 위한 건설교통R&D 중장기 계획(2113-2017)에 반영되어 있는 플랜트 엔지니어링 분야 필수 기술로써, 기술집약적 고부가가치 엔지니어링 분야의 시장 경쟁력 확보를 위한 중요 기술임

○ 국외 선진국의 경우 민간 및 산업체, 연구소를 중심으로 플랜트 엔지니어링 효율화를 위한 정보시스템 기술 개발에 몰두하고 있음. 선진 플랜트 엔지니어링 업체들은 이미 모듈러 플랜트 설계에 대한 기술력들을 확보하고 있으며 국가 경쟁력 확보차원에서 플랜트 엔지니어링 관리 프레임워크, 정보 모델 등의 국제 표준화를 적극적으로 추진함

○ 중국, 인도 등 후발주자의 추격으로 국내 플랜트 건설기업의 시공분야 경쟁력이 위협받고 있는 상황에서, 적절하게 대응하지 못할 경우 경쟁력 약화가 예상됨

○ 최근 증가하고 있는 해상, 극지, 밀림, 오지 등 열악한 환경 조건에서의 자원 개발을 위해서는 현장시공, 유지보수가 용이한 모듈화 설계 기술 개발이 필수적이며, 향후 해외 모듈러 플랜트 수주를 통해 국가 발전을 도모할 수 있음

○ 모듈 단위의 시공 관리 기술은 국내 건설 기업의 건설 공정 및 관리 분야의 국제 경쟁력 확보에 기여할 수 있음

○ 국제적으로 중장기적 극한지 에너지, 자원 개발 사업이 확대될 것으로 예상되는 시점에서 플랜트 모듈화 설계 및 시공 기술의 부재는 선진국 기술 의존도 증대에 따른 외화낭비, 대형 사업 참여 제한, 기술 종속에 따른 민간기업 고충 증대 등의 문제가 예상됨

나. 정부지원의 타당성

○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 건축, 토목, 화공, 기계, IT 등 다학제 융합적 접근이 필요한 산업 분야이므로 국가주도형 사업 추진이 필요함

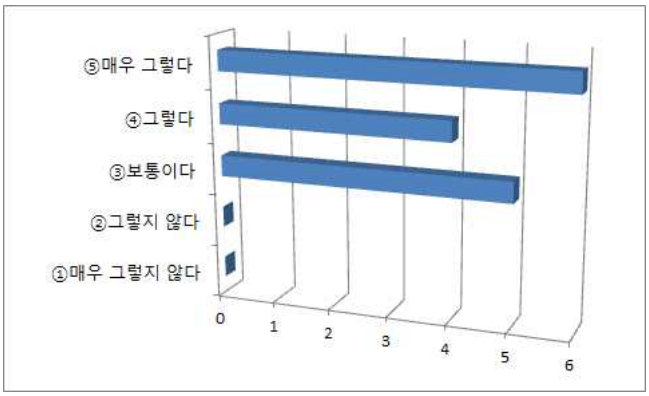
○ 기존 기업 중심의 부분적 엔지니어링 활동의 결과를 통합할 필요가 있으나, 각 기업의 이해관계에 따라 기업 주도의 연구개발이 불가능하므로 국가주도형 사업에서 통합, 개선할 필요가 있음

○ 산업 전반에 활용 가능한 범용 모듈화 설계 기술 개발은 투자 위험이 커서 단위

수익 사업을 중점으로 하는 민간 기업에서 추진하기에는 현실적으로 어려워 정부의 지원이 필요함

○ 선도 기업의 시장 카르텔 장벽에 의하여 후발 기업의 신규 시장 진입이 매우 어려운 플랜트 산업 시장 여건을 고려할 때, 정부의 적극적인 지원을 통해 빠른 연구개발을 통한 선도적 시장 주도가 필요함

○ 2012년 7월에 실시한 전문가 설문조사 결과 95% 이상이 플랜트 모듈화 설계기술 개발을 위해 정부차원의 정책적 지원이 필요하다고 응답함



[그림 4-5] 플랜트 모듈화 설계 기술개발을 위한 정부차원의 정책적 지원 필요성

(전문가 설문조사에 대한 상세 내용은 2장 3절을 참조)

다. 사업추진의 시급성

○ 최근 고유가에 따른 오일쇼크 등 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으며, 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장(약 4,120억 boe)되어 있음

○ 극한지 자원 개발을 위하여 현장 시공, 유지보수 용이성을 답보할 수 있는 모듈화 기술 개발이 필수적이며, 세계적으로도 모듈화 기술 도입을 서두르고 있음. 따라서 현 상황에서 기술개발을 통한 시장 선점이 시급함

○ 이상의 국제 환경에 대응하기 위해 향후 5년 이내에 관련 기술을 개발하여야 하며, 특히 PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 국내에 적용 사례가 미비하여 선진 기술과의 격차를 해소하기 위해서는 연구력의 집중과 3~4년 이상의 시간이 소요되므로 시급한 사업추진이 필요함

2. 상위계획과의 부합성

○ [100대 국정과제] 정부는 100대 국정과제에 “에너지 자주 개발률 제고(전략7-과제32)”를 선정하고 에너지 안보 강화를 위한 정책적인 지원을 강화하였음.

○ [과학기술기본계획] 2011년도 “과학기술기본계획”에 따르면 7대 집중육성 R&D 분야에서 “국가주도기술 핵심역량 확보”분야는 투자규모가 가장 크며, 본 연구개발 기획 내용은 이 중 플랜트연구사업과 연계성이 높음

○ [성장동력형 도전적 R&D투자] 본 사업은 중동 건설 붐과 같은 제2의 해외건설사업 부흥기를 유발할 수 있을 것으로 예상되므로, 2012년도 “정부연구개발 투자의 기본방향”에 포함된 “성장동력형 도전적 R&D투자”에 부합됨

○ [건설교통R&D 중장기 계획(2012-2017)] PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 플랜트 건설사업 독자기술 확보를 통해 글로벌 마켓을 선도하기 위한 건설교통R&D 중장기 계획(2113-2017)에 반영되어 있는 플랜트 엔지니어링 분야 필수 기술로서 선정됨

[그림 4-6] PLM기반 플랜트 모듈화 설계 기술과 정부정책의 연관성

3. 사업추진의지 및 관련 기관 협조 체계

○ 국토해양부에서는 건설교통R&D 중장기 계획의 일환으로 “지능형플랜트 엔지니어링”을 선정하였으며 "PLM 기반 플랜트 모듈화 설계기술“ 개발이 이에 포함됨

4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

○ 빠른 성장세를 보이는 모듈러 플랜트 시장 (육상), 오지나 극지에서의 모듈러 플랜트 건설 수요 증가 및 플랜트 산업에 대한 정부의 육성 의지가 매우 확고하여 관련 기술 확보에 대한 가능성이 매우 높음

○ 다만, 기존 플랜트 선도 기업을 중심으로 시장 독점이 진행되고 있는 것으로 관측되고 있어, 선도 기업과의 기술격차를 신속히 추격하지 못할 경우 선도기업의 기술 종속을 회피할 수 없을 것으로 예상되며, 시공 위주의 인력 집약적 산업에 제한적인 참여가 불가피함

○ 해양 플랜트 부분(상세설계, 시공 등 분야) 세계선도 수준의 국내 기술력을 유사 플랜트 분야에 확장이 가능하며, 우수한 국내 IT 기술(PLM) 역량을 집약할 경우 시장 선도 기술의 확보가 가능함

<표 4-3> SWOT 분석을 통한 위험 요소 분석

	장점 (Strength) ◦ 조선/해양 플랜트 모듈화 능력 ◦ 상세설계/시공 능력 우수 ◦ 경쟁력 있는 국내 모듈 제작 파트너 ◦ 우수한 IT 기술 역량 ◦ 우수 인적자원 지속적 유입	약점 (Weakness) ◦ FEED 설계 기술 격차 ◦ 글로벌 모듈 제작 거점 미흡 ◦ 제한된 국내 시장 규모 ◦ 설계 솔루션 국산화 미비 ◦ 국내 기자재 제작 업체 설계 역량 부족
기회 요인 (Opportunity) ◦ 모듈러 플랜트 시장 성장세 ◦ 오지/극지 플랜트 수요 증가 ◦ 정부의 강한 육성 의지 ◦ 공사기간 단축 요구 ◦ 중량물 운송 가용성 증대 ◦ 선진기업 기술 인력 고령화	SO전략 ◦ 모듈화 상세 설계 기술 개발 ◦ PLM 기반 모듈화 설계 지원 인프라 구축 ◦ 공기 단축이 가능한 신공법 개발, 노하우 집적화	WO전략 ◦ FEED 단계 모듈화 설계 능력 배양 ◦ 모듈화, 정치 및 유닛 라이브러리 개발 ◦ 모듈 제작 파트너 연대 ◦ 중량물 운송 파트너 연대
위협 요인 (Threat) ◦ 선진기업의 시장 선점 ◦ 선진기업의 모듈화 기술 독점 ◦ 공사 원가의 상승 ◦ 가격 경재력 약화 ◦ 후발 국가의 급격한 추격	ST전략 ◦ 국내 건설사 EPC 역량 강화 ◦ 모듈화 FEED 설계 기술 정립 (시장 진입 장벽 해소) ◦ 친시장/현지화 전략 수립 (현지 법인 설립 등)	WT전략 ◦ 플랜트 설계 솔루션 국산화로 기술 유출 방지 ◦ 장치 및 유닛 기술로 국내 기자재 업체의 모듈 제작/시공 역량 강화

5. 검토결과

○ 최근 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으나 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있어 모듈러 플랜트 설계 및 시공 기술의 개발이 시급함

○ 모듈러 플랜트 건설을 위한 원천기술(기획기술, 설계기술 등), IT 융합기술(PLM, RAM, RISK, GIS/GPS, Internet 연계기술 등), 개방형 국제표준 기술에 대한 정책적 중요도가 증가하고 있음

○ 국내 업체의 경우 수주 플랜트에 대한 모듈화 적용을 위한 기술 도입 단계에 있으나 현실적인 지원 시스템을 갖추고 있지 않으며, 각 기업의 엔지니어링 활동 결과를 통합하여 범용적 설계 기술을 개발하기에는 복잡한 이해관계에 따라 민간 주도의 기술개발이 불가능함

○ 본 사업이 플랜트 시장의 전반적 경쟁력 향상뿐만 아니라 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술 자립화를 통하여 모듈러 플랜트 부문의 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 사업임을 고려하여 정부 차원의 지원이 바람직함. (소요 연구비가 막대함에 따라 민간 기업에서 추진하기에는 현실적으로 어려움이 있음)

○ 플랜트 모듈화 기술 분야는 100대 국정과제와 신성장 동력 창출, 녹색기술 혁신 등의 국가 핵심전략과 부합되고 산업 기반 구축을 통한 건설 등 연과산업 견인효과가 큰 분야로 정책적 선도가 중요한 분야임

○ 아래의 그림은 정책/시장동향, 기술동향, 전문가자문/면담/설문 분석을 토대로 핵심기술이 어떻게 논리적으로 도출되어졌는지를 보여주고 있음

[그림 4-7] 연구과제 핵심기술 도출 논리

3절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

○ 본 연구개발사업의 직접적인 경제적 효과를 분석하기 위하여 기본가정 결정, 비용의 추정, 편익의 추정, 비용-편익분석(B/C 분석)을 실시하였으며 분석 결과의 불확실성에 대처하기 위하여 민감도 분석을 실시하였음

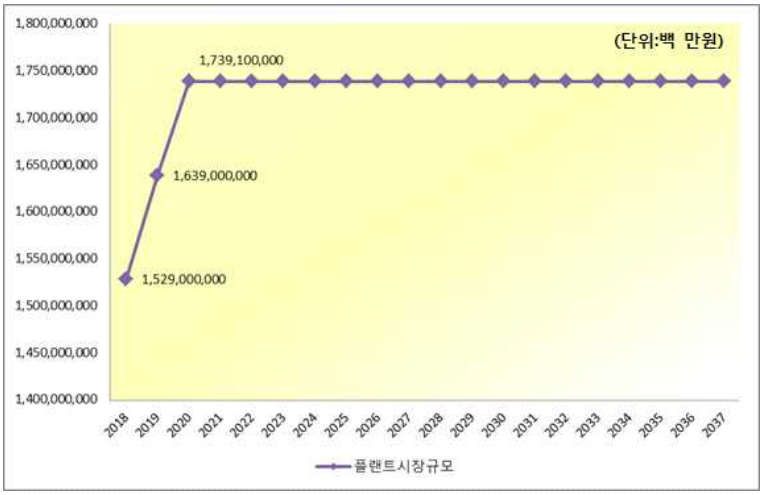
○ 본 연구개발사업의 소요 비용의 경우 총 투입 연구비로 가정하였으며, 본 과제의 수행 기간 동안의 총 연구비는 17,550백만원(2012 현가기준으로는 14,382백만원)으로 2012년 기준의 불변가와 현가로 정리하면 다음의 표와 같음

<표 4-4> 연도별 연구비(비용) 투입계획 (할인율: 6.5%, 단위: 백만원)

No.	년도	구분		정부 (불변가)	민간 (불변가)	계 (불변가)	계(현가) (2012년 기준)
0	2012	기준연도					
1	2013	1단계	1차년도	1,500	490	1,990	1,869
2	2014		2차년도	2,925	965	3,890	3,430
3	2015		3차년도	2,925	965	3,890	3,220
4	2016	2단계	4차년도	2,925	965	3,890	3,024
5	2017		5차년도	2,925	965	3,890	2,839
계				13,200	4,350	17,550	14,382

가. 플랜트 시장 규모 전망

○ 시장규모는 2020년 이후에도 계속 증가될 것으로 추정되나, 보수적 관점에서의 경제성 분석을 위해 2020년 이후에도 2020년 정도의 수준을 유지하는 것으로 가정



[그림 4-8] 세계 플랜트 시장의 규모(1$ = 1100원)

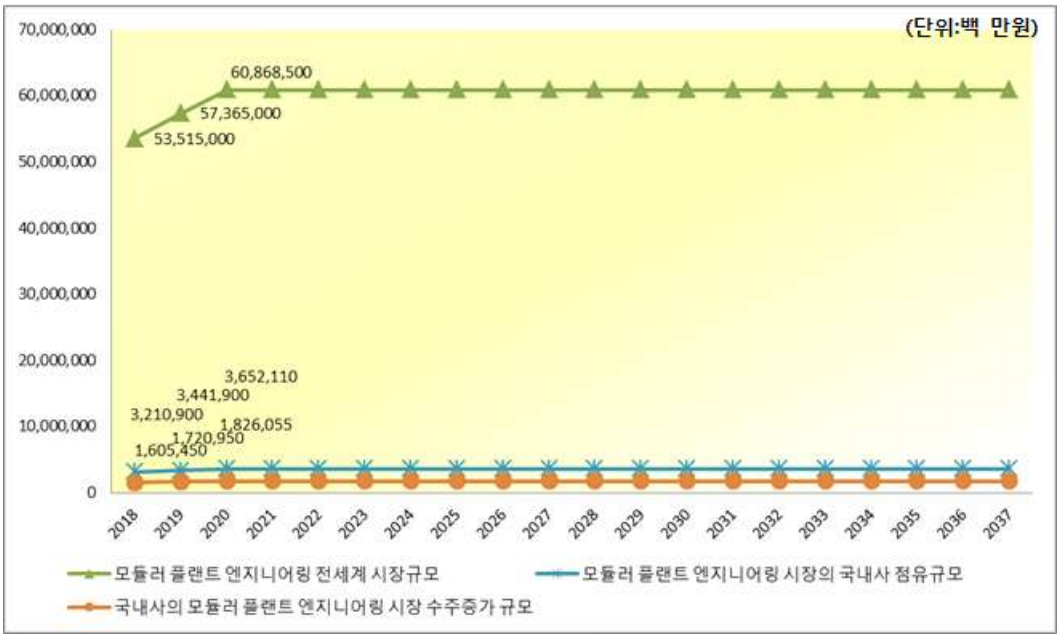
○ 전세계 공개시장에 있어서 플랜트 시장의 규모 및 전망에 관해서는 ENR 자료를 참고하였음

나. 모듈러 플랜트 시장 규모 전망

○ 전세계 플랜트 시장에서의 모듈러 플랜트 시장규모 추정을 위해 플랜트 종류별 시장비중, 현재의 모듈화율 등에 관한 자료를 바탕으로 해당분야의 전문가들(경력 20년 이상, 10명)의 자문을 구함

- 2020년 정도에서의 모듈러 플랜트 시장규모는 전 세계 플랜트 시장의 약 35%정도로 추정함
- 국내 EPC 업체들의 2010년 분야별 수주실적은 세계시장의 약 7.8%를 점유하고 있음, 이 실적은 플랜트 모듈화 분야에서도 유사할 것으로 추정됨. 해당분야의 전문가들의 의견을 바탕으로 모듈러 분야에서 2015년 정도에는 약 9%, 2020년 정도에는 약 12% 정도로 추정함
- 전세계 시장에서 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 점유율은 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장의 10%로 추정함. 그러나 국내 EPC 업체들의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 점유율은, 국내 EPC 업체들의 엔지니어링 기술이 상대적으로 열세임을 감안하여, 국내 EPC 업체의 모듈러 플랜트 시장 점유율의 5%로 추정함
- 같은 의견을 바탕으로 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주비중에서 국내업체들의 모듈화를 위한 연구개발 노력이 약 3%정도의 시장수주증가에 기여하는 것으로 조사됨

○ 이들 조사결과를 정리하면 다음과 같음. 여기서도 보수적 관점에서의 경제성 분석을 위해 2020년 이후에도 2020년 정도의 수준을 유지하는 것으로 가정함



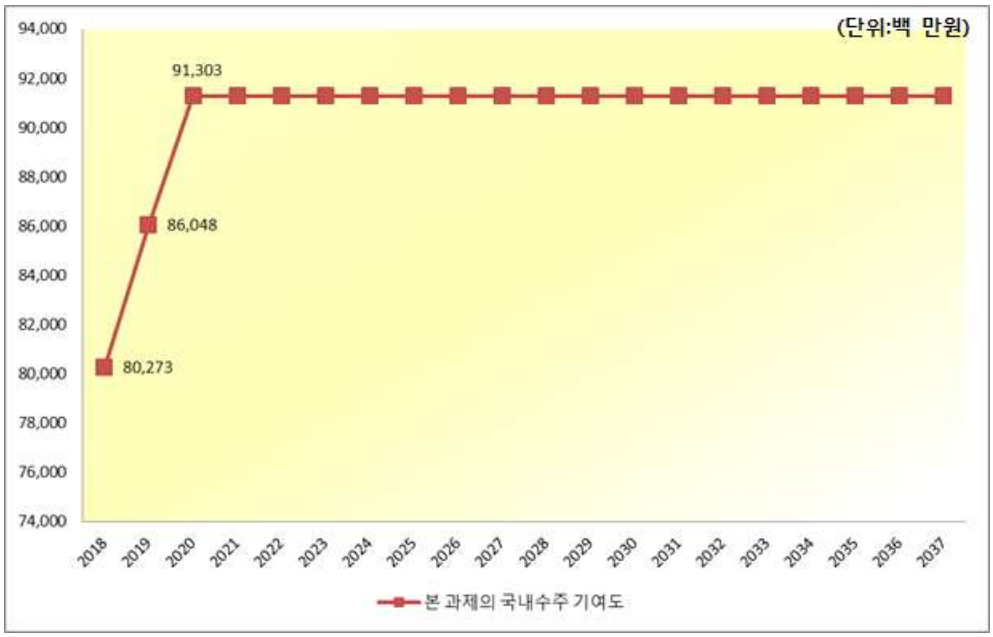
[그림 4-9] 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장규모 및 모듈화 연구를 통한 국내사의 모듈화 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모 추정1)

1)주: 모듈러 플랜트 시장 -> 세계 플랜트 시장의 약 35%로 추정
모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 -> 세계 모듈러 플랜트 시장의 약 10%로 추정
모듈러 플랜트 시장의국내사 점유규모 -> 세계 플랜트 시장의 약 12%로 추정
모듈러 플랜트 엔지니어링 시장의 국내사 점유규모 -> 국내사의 모듈러 플랜트 시장의 약 5%로 추정
모듈화 연구를 통한 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모 -> 세계 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장의 약 3%로 추정

다. 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모에 대한 기여도 및 부가가치 추정

○ 상기의 모듈화 연구를 통한 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모 약 3.0%에 대한 본 과제의 모듈화 기술 공헌도/순기여도를 추정하면 다음과 같음

- 이를 위해, 같은 방법으로 해당분야의 전문가들을 대상으로 본 과제에 대한 자세한 분석 및 토론을 바탕으로 본 과제의 모듈화 기술 공헌도/순기여도를 조사한 결과 본 연구과제의 기여도는 약 5% 정도로 추정됨

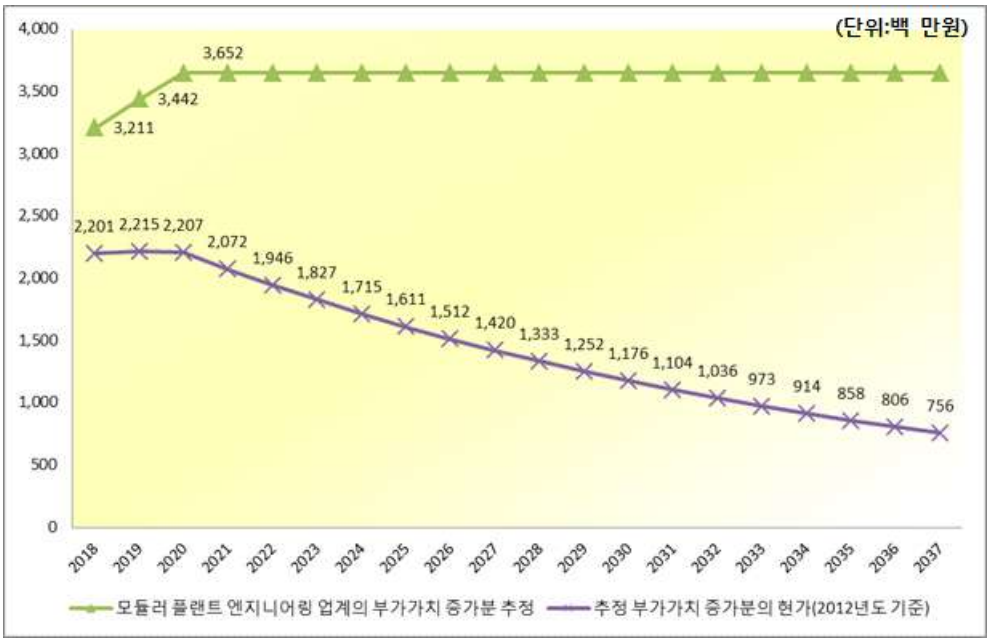


[그림 4-10] 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주 증가 시장규모에 대한 본 과제의 기여도[2)]

○ 기여도에 근거하여 모듈러 플랜트 업계의 부가가치 증가분을 추정함

- 부가가치 증가분은 산업연관표의 영업이익과 순생산세 등을 고려하였으며, 피용자 급여 등은 제외. 또한 플랜트의 경우 발주국의 현장에서도 생산 활동이 이루어지는 점 등을 고려. 이러한 사항들을 바탕으로 업계 전문가들(경력 20년 이상, 10명)을 대상으로 면담 조사한 결과 업계의 부가가치 증가분은 약 4%로 추정됨

2) 주: 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주 증가 시장규모에 대한 본 과제의 기여도 -> 5%



[그림 4-11] 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주 증가 시장규모에 대한 본 과제의 부가가치 추정[3)]

○ 상기 조사 및 추정결과를 표로 정리하면 다음과 같음. 여기서도 보수적 관점에서의 경제성 분석을 위해 2020년 이후에도 2020년 정도의 수준을 유지하는 것으로 가정함. 표에서는 다음의 B/C 분석을 위해 부가가치 증가분을 2012년도 기준의 현가로 제시함

라. 비용-편익분석 (B/C 분석)

○ 추정한 비용과 편익의 현가를 바탕으로 비용-편익분석(B/C Analysis)을 실시. 상기의 가정과 조건에서의 비용-편익분석 결과를 요약하면 [표4-5]와 같음

○ 본 사업의 비용-편익 비율은 2.01로써 투자 대비 약 2배 정도의 수익이 예상되는 비교적 양호한 연구개발 사업이라고 판단 할 수 있음

3) 주: 모듈러 플랜트 엔지니어링 업계의 부가가치 증가분 -> 4%)

<표 4-5> 비용-편익분석 (B/C 분석) 결과

(단위, 백만원)

편익기간	할인용 연표	년도	추정비용의 현가 (2012년도 기준)	추정부가가치 증가분의 현가 (2012년도 기준)
기준연도	0	2012		
연구기간	1	2013	1,869	
	2	2014	3,430	
	3	2015	3,220	
	4	2016	3,024	
	5	2017	2,839	
1	6	2018		2,201
2	7	2019		2,215
3	8	2020		2,207
4	9	2021		2,072
5	10	2022		1,946
6	11	2023		1,827
7	12	2024		1,715
8	13	2025		1,611
9	14	2026		1,512
10	15	2027		1,420
11	16	2028		1,333
12	17	2029		1,252
13	18	2030		1,176
14	19	2031		1,104
15	20	2032		1,036
16	21	2033		973
17	22	2034		914
18	23	2035		858
19	24	2036		806
20	25	2037		756
계			14,382	28,933
B/C분석			B/C=	2.01

마. 민감도 분석

○ 비용-편익분석에 큰 영향을 미치는 주요 위험변수들에 대하여 민감도 분석을 수행하여 분석결과의 변동범위를 추정. 주요 위험변수들과 민감도분석을 위한 이들의 변동범위를 정리하면 다음과 같음

- 할인율(%): 4.5% ~ 8.5%
- 모듈화 연구를 통한 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가(%): 2.0% ~ 4.0%
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모에 대한 본 과제의 기여도(%): 4.0% ~ 6.0%
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 업계의 부가가치 증가분(%): 3.0% ~ 5.0%

○ 각 위험변수들의 변동범위 내에서 민감도 분석결과를 정리하면 아래 그림과 같음

- 모듈화를 통한 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가(2.0% ~ 4.0%)에 대한 할인율 별 B/C 비율은 1.11~3.29로 분석됨
- 국내사의 모듈러 플랜트 엔지니어링 시장 수주증가 시장규모에 대한 본 과제의 기여도(4.0% ~ 6.0%)에 대한 할인율 별 B/C 비율은 1.33~2.96으로 분석됨
- 모듈러 플랜트 엔지니어링 업계의 부가가치 증가분(3.0% ~ 5.0%)에 대한 할인율 별 B/C 비율은 1.25~3.08로 분석됨

바. 경제성 평가 결론

○ 상기와 같은 절차와 가정에 따라 수행된 본 과제에 대한 경제성분석 결과, 5년간의 연구비 투입과 그 후 20년간의 편익기간동안의 B/C 비율은 2.01로 비교적 양호한 것으로 판단됨

- 주요 위험변수들의 변화에 따른 B/C 비율의 민감도분석 결과도 대략 1.11~3.29 정도의 범위에서 파악되고 있음. 이는 대부분의 가정조건에서 본 과제는 생존성이 강하고 거의 대부분 투입비용 대비 1.1배 이상의 수익력이 있다는 것을 의미

○ 이상의 결과로 볼 때, 본 연구과제의 경제적 타당성은 확실한 것으로 판단됨

2. 경제·사회적 파급효과

○ 최근 증가하고 있는 해상, 극지, 밀림, 오지 등 열악한 환경 조건에서의 자원 개발을 위해서는 현장시공, 유지보수가 용이한 모듈화 설계 기술 개발이 필수적임

○ 모듈화 설계기술 개발을 통해 향후 해외 모듈러 플랜트 시장 선점 및 수주 증가 기대됨

○ 플랜트 산업은 다른 유관 산업에 대한 파급 효과가 크므로, 수주 증가는 유관 산

업의 생산 및 고용 증대로 이어질 것으로 기대됨

3. 과학기술적 파급효과

○ PLM 기반 모듈화 설계 기술의 경우 건축, 토목, 화공, 기계, IT 등 다학제 융합적 접근을 통하여 접근이 필요한 산업 분야로서, 개발 요소 기술의 과학기술적인 발전에도 큰 영향을 미치게 됨

○ PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발을 통해 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 및 기존 EPC 부문의 기술 고도화가 가능함

○ 본 사업 진행을 통해 자연스럽게 융복합 플랜트 설계 인력을 양성할 수 있게 됨

4. 경제적 타당성 검토결과

○ 경제적 타당성은 세계 플랜트, 플랜트 PLM, 그리고 모듈러 플랜트 시장에서의 시장 점유율 증가 측면에서 고려 가능하며 전체 경제적 파급효과는 아래와 같음

- 세계 플랜트 산업 관련 시장은 2002년 이후 2009년 까지 연평균 14%의 성장률로 꾸준히 증가하였고, 2009년부터 2020년까지의 성장률을 7.3%로 예측할 경우 2015년까지 11,100 억불, 2020년까지 15,810억불 규모의 시장이 형성될 것으로 예측됨
- 2011년 기준 세계 플랜트 PLM시장은 전년대비 15.2% 성장한 300억불 정도로 추산되며, 이후 연 4%로 성장할 경우 2020년까지 약 420억불 규모의 시장으로 성장할 것으로 예측됨
- 2011년 기준으로 전체 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 약 25% 내외(해양: 23%, 육상:1~2%)로 추정되며 2020년까지 세계 모듈러 플랜트 시장의 규모는 전체 플랜트 시장 규모의 약 35%로 증가할 것으로 추산됨

○ 본 사업의 비용-편익 분석 결과 B/C 비율이 약 2.01로 비교적 양호함

○ 플랜트 산업의 향후 예상 규모 및 국내 업체들의 수주 예상 규모를 고려해 볼 때 경제사회적 파급 효과도 상당한 수준에 이를 것으로 판단됨

○ 본 사업을 통해 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 및 인력을 양성할 수 있을 것으로 판단됨

4절. 종합평가 및 결론

이상과 같이 본 사업 과제의 사전타당성 검토를 실시하였으며 최종 결론은 정책적, 기술적, 경제적인 측면에서 모두 사업 시행이 타당하여 정부지원이 필요하다는데 무게를 두었음. 그 주요 결론은 다음과 같음

1. 정책적 타당성

○ 최근 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으나 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있어 모듈러 플랜트 설계 및 시공 기술의 개발이 시급함

○ 모듈러 플랜트 건설을 위한 원천기술(기획기술, 설계기술 등), IT 융합기술(PLM, RAM, RISK, GIS/GPS, Internet 연계기술 등), 개방형 국제표준 기술에 대한 정책적 중요도가 증가하고 있음

○ 국내 업체의 경우 수주 플랜트에 대한 모듈화 적용을 위한 기술 도입 단계에 있으나 현실적인 지원 시스템을 갖추고 있지 않으며, 각 기업의 엔지니어링 활동 결과를 통합하여 범용 설계 기술을 개발하기에는 복잡한 이해관계에 따라 민간 주도의 기술개발이 불가능함

○ 본 사업이 플랜트 시장의 전반적 경쟁력 향상뿐만 아니라 모듈러 플랜트 엔지니어링 기술 자립화를 통하여 모듈러 플랜트 부문의 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 사업임을 고려하여 정부 차원의 지원이 바람직함. (소요 연구비가 막대함에 따라 민간 기업에서 추진하기에는 현실적으로 어려움이 있음)

○ 플랜트 모듈화 기술 분야는 100대 국정과제와 신성장 동력 창출, 녹색기술 혁신 등의 국가 핵심전략과 부합되고 산업 기반 구축을 통한 건설 등 연과산업 견인효과가 큰 분야로 정책적 선도가 중요한 분야임

2. 기술적 타당성

○ 사업의 목표 달성을 위한 접근 방안, 성능 목표치와 세부과제별 로드맵 등 수립된 기술개발계획이 우수함

- 국내외 플랜트 모듈화 건설사례 등에 기초하여 플랜트 모듈화 및 PLM 시장전망, 기술수준 분석하였으며, 유관기업 현장 방문 및 전문가 면담/설문 등을 통하여 현장 애로사항, 기술 니즈 분석을 통한 요소기술이 도출되었음
- 모듈화 엔지니어링 분야 기술 분류를 바탕으로 장기, 중기, 단기 기술 개발 로드

맵을 작성하여 연구개발 성공 가능성을 확보하고자 하였음

- 모듈화 요소기술 개발, 현장적용 및 피드백 과정을 포함한 이원화된 기술개발 전략을 수립함으로서 연구개발 종료 직후 시장 진입이 가능하도록 하였음

○ 관련 산업의 기술동향, 선행 사례 등을 참조하여 기술 개발 시 해외 경쟁력을 갖출 수 있는 목표 수준을 설정하였음

○ 본 사업과 같은 대규모 연구개발 사업인 경우 합리적인 대상 기술의 선정과 기술개발에 참여하는 참여기관의 역량에 크게 의존할 수밖에 없기 때문에 효율적인 산학연 전문 컨소시엄을 구성하는 연구수행체계 제안이 타당함

3. 경제적 타당성

○ 경제적 타당성은 세계 플랜트, 플랜트 PLM, 그리고 모듈러 플랜트 시장에서의 시장 점유율 증가 측면에서 고려 가능하며 전체 경제적 파급효과는 아래와 같음

- 세계 플랜트 산업 관련 시장은 2002년 이후 2009년 까지 연평균 14%의 성장률로 꾸준히 증가하였고, 2009년부터 2020년까지의 성장률을 7.3%로 예측할 경우 2015년까지 11,100 억불, 2020년까지 15,810억불 규모의 시장이 형성될 것으로 예측됨
- 2011년 기준 세계 플랜트 PLM시장은 전년대비 15.2% 성장한 300억불 정도로 추산되며, 이후 연 4%로 성장할 경우 2020년까지 약 420억불 규모의 시장으로 성장할 것으로 예측됨
- 2011년 기준으로 전체 플랜트 시장에서 모듈러 플랜트가 차지하는 비율은 약 25% 내외(해양: 23%, 육상:1~2%)로 추정되며 2020년까지 세계 모듈러 플랜트 시장의 규모는 전체 플랜트 시장 규모의 약 35%로 증가할 것으로 추산됨

○ 본 연구개발 사업에 대한 비용-편익 분석 결과 B/C 비율이 2.01로 비교적 양호. 그리고 플랜트 산업의 향후 예상 규모 및 국내 업체들의 수주 예상 규모를 고려해 볼 때 경제사회적 파급 효과도 상당한 수준에 이를 것으로 판단됨

4. 제언

○ 세계적으로 도입 및 발전기 단계에 있는 모듈러 플랜트 분야의 해외시장 선점과 경쟁력을 확보하기 위하여 사업의 조기 출범이 필요함

○ 본 사업의 성공 가능성을 높이기 위해 2015년까지 기본 요소 기술 개발, 2017년까지 응용 시스템 개발 및 실증을 통한 상용화 추진에 집중해야 하며,

○ 본 사업과 같은 선행개발 및 상용화 사업이 안정적으로 추진될 수 있도록 연구개발비의 안정적인 편성과 유지가 필요함

○ 장기적으로 모듈 제작, 중량물 운송 등 사업 파트너 발굴을 통하여 효과적인 사업 모델의 개발이 필요하며, 현지법인 설립 등 친 시장/현지화 사업모델의 개발이 필요함

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 전체사업 인력투입계획 및 소요예산

<표 5-1> 전체사업 인력투입계획

(단위: man/month)

연차	연구내용	인력투입 (man/month)			
		수석급	책임급	선임급	원급
1차년도	세부1과제	4	13	18	21
	세부2과제	2	6	11	5
	세부3과제	4	26	30	38
	세부4과제	2	6	8	10
	소계	12	51	67	74
2차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
3차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
4차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
5차년도	세부1과제	6	25	31	50
	세부2과제	6	12	20	14
	세부3과제	9	45	54	90
	세부4과제	3	13	16	26
	소계	24	95	121	180
계		108	431	551	794

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

○ 본 사업은 대규모 예산 (정부출연금 132억원, 민간부담금 43.5억원)이 투입되는 연구개발 사업으로 소요예산의 명확한 산출 근거를 제시하고 관련 규정 범위에서 산출해야 함

- 사업의 특성상 선행기술 개발 성격이므로 이에 적합한 정부출연금과 민간부담금의 비율을 정하고 예산이 실질적으로 핵심 기술개발에 소요되도록 함

○ 소요예산은 관련 규정 및 지침에 의거하여 편성하여 적정성과 적합성을 갖게 함

- 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 동 시행규칙
- 국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정(개정 2009. 2. 11)및 동 관리지침(제정 2009. 6. 30)
- 건설교통기술연구개발사업단과제 관리지침(개정 2009. 12. 14)

○ 소요예산의 비목은 인건비, 직접비, 위탁연구개발비, 간접비로 구성함

2. 소요예산

가. 전체사업 소요예산

<표 5-2> 전체사업 소요예산

(단위: 백만원)

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		797	1,502	1,502	1,502	1,502	6,805
	직접사업비		747	1,505	1,505	1,505	1,505	6,767
	간접사업비		311	605	605	605	605	2,731
	위탁사업비		135	278	278	278	278	1,247
합계			1,990	3,890	3,890	3,890	3,890	17,550
재원조달	정부		1,500	2,925	2,925	2,925	2,925	13,200
	민간	현금	70	120	120	120	120	550
		현물	420	845	845	845	845	3,800
합계			1,990	3,890	3,890	3,890	3,890	17,550

나. 세부1과제 연구비

<표 5-3> 세부1과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위: 백만원)

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		245	375	375	375	375	1,745
	직접사업비		325	655	655	655	655	2,945
	간접사업비		110	200	200	200	200	910
	위탁사업비		25	100	100	100	100	425
합계			705	1,330	1,330	1,330	1,330	6,025
재원조달	정부		530	1,000	1,000	1,000	1,000	4,530
	민간	현금	25	40	40	40	40	185
		현물	150	290	290	290	290	1,310
합계			705	1,330	1,330	1,330	1,330	6,025

다. 세부2과제 연구비

<표 5-4> 세부2과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위: 백만원)

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		125	280	280	280	280	1,245
	직접사업비		90	200	200	200	200	890
	간접사업비		30	72	72	72	72	318
	위탁사업비		45	68	68	68	68	317
합계			290	620	620	620	620	2,770
재원조달	정부		220	465	465	465	465	2,080
	민간	현금	10	20	20	20	20	90
		현물	60	135	135	135	135	600
합계			290	620	620	620	620	2,770

라. 세부3과제 연구비

<표 5-5> 세부3과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위: 백만원)

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		350	665	665	665	665	3,010
	직접사업비		250	470	470	470	470	2,130
	간접사업비		105	195	195	195	195	885
	위탁사업비		0	0	0	0	0	0
합계			705	1,330	1,330	1,330	1,330	6,025
재원조달	정부		530	1,000	1,000	1,000	1,000	4,530
	민간	현금	25	40	40	40	40	185
		현물	150	290	290	290	290	1,310
합계			705	1,330	1,330	1,330	1,330	6,025

마. 세부4과제 연구비

<표 5-6> 세부4과제 연차별, 비목별 예산내역

(단위: 백만원)

구분			1단계			2단계		계
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
소요예산	인건비		77	182	182	182	182	805
	직접사업비		82	180	180	180	180	802
	간접사업비		66	138	138	138	138	618
	위탁사업비		65	110	110	110	110	505
합계			290	610	610	610	610	2,730
재원조달	정부		220	460	460	460	460	2,060
	민간	현금	10	20	20	20	20	90
		현물	60	130	130	130	130	580
합계			290	610	610	610	610	2,730

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 과제 RFP

<표 6-1> PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 연구단 RFP

과제명	PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술 개발
1. 비전 및 최종 목표	
□ 비전	○ PLM 기반의 모듈러 플랜트 독자 설계 기술 확보 - 플랜트 건설 기간 단축 및 원가 절감 - 2018년 모듈러 플랜트 세계 시장 점유율 10% 달성 - 국내 EPC 산업의 고도화 및 국제 경쟁력 제고
□ 최종목표	○ 범용 육상 플랜트 대상으로 - 플랜트 모듈화 설계 방법 개발 - PLM 기반 설계 지원 인프라 구축 ○ 적용 플랜트의 실증 검증 - 단일 플랜트 모듈화율 60% 달성 - 모듈러 플랜트 세계 시장 점유율 10% 달성 - Stick-built 대비 플랜트 건설 기간 30% 단축 - Stick-built 대비 건설 원가 15% 절감
2. 최종 성과물	
	<총괄과제> PLM 기반 모듈화 설계 기술 개발 - PLM 시스템 기반 모듈러 플랜트 설계 지침서 및 시스템 <세부1과제> 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발 - 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 <세부2과제> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발 - 모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템 <세부3과제> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발 - 모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템 <세부4과제> 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발 - 장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템
3. 추진 필요성	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 플랜트 산업은 선진 엔지니어링 업체와 FEED, PMC, 및 조달 부문의 기술 격차는 아직도 크며, 최근에 급부상하고 있는 중국 등의 후발주자에 대응하여 EPC 부문의 수주경쟁력을 유지할 수 있는 새로운 설계 기술의 개발이 요구됨 ○ 최근 고유가 등의 국내외 요인에 의하여 다수의 에너지, 자원 개발 프로젝트가 진행되고 있으며, 전세계 미발견 탐사 자원량의 22%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있어 전통적인

	Stick-built 방식으로는 현장 비용이 높아지고 시공 기간이 증가하게 됨 ○ 플랜트 모듈화 설계를 적용한 플랜트 개발 프로젝트의 발주가 급격히 증가 추세 (해상은 활발히 진행되고 있고, 특히 육상플랜트는 현재 1~2% 수준이나 2020년까지 10% 수준으로 증가 전망) ○ 국내 플랜트 업체의 경우 모듈러 플랜트 기술을 도입하고 발전하는 단계에 있으나 이를 지원하는 시스템을 갖추지 못하여 해외 기술에 의존하고 있어 플랜트 모듈화 설계 및 시공의 효율성을 선진업체 수준으로 달성하지 못하는 실정임 ○ PLM 기반 플랜트 모듈화 설계 기술은 국내 건설사의 수주경쟁력을 확보하기 위한 핵심 기술임 - 설계, 건설, 시운전, 유지관리 단계의 이슈를 통합적으로 고려할 수 있는 PLM 인프라를 통하여 모듈 기반의 플랜트 건설을 실현함으로써 건설 기간을 단축하고 건설 원가를 절감할 수 있음 - 모듈화 기획·분할의 FEED 단계 기술, 모듈 제작·운송·시공을 고려한 상세설계 단계 기술 개발로 국내 건설사의 기술력 제고가 가능
□ 기술동향	○ 미국이나 유럽을 비롯한 선진국에서는 이미 1990년대부터 플랜트 정보관리 시스템에 대한 지속적인 연구를 통해 설계, 구매 및 시공부분을 망라하는 통합데이터관리시스템을 구축하고 있음 - 지난 20년간 대부분의 산업분야(항공, 기계, 제조, 자동차, 전자)에서 PLM를 적용하여 많은 성과를 올림 ○ 국내 플랜트 건설 기업은 주로 외산 PLM 솔루션을 활용하고 있으며 국내 엔지니어링 방법의 특이성 때문에 시스템 도입 시 대부분을 customizing을 하므로 비용과 시간이 많이 걸리고 있음 - 대표적인 한국산 플랜트 PLM 솔루션은 없고, 외산 PLM 시스템도 모듈러 플랜트를 위한 필요 기능을 갖추고 있지 못함 ○ 해외 선진 기업에서는 이미 모듈러 플랜트 개념을 설계뿐만 아니라 건설 및 유지보수에까지 도입하여 원자력 발전소, LNG 플랜트, 가스 플랜트 등 상용급 대규모 플랜트뿐만 아니라 바이오 플랜트, 하수 처리 플랜트, 광산 채굴 플랜트 등 중소형 플랜트를 건설 및 운영하는 등 뚜렷한 경향을 보이고 있음 - 미국의 글로벌 플랜트 EPC사인 Foster Wheeler사는 서부 호주 Karratha LNG 플랜트에 모듈 개념을 설계 및 시공에 반영하여 비용 절감 효과 15%를 얻었음 - 유럽의 Oil & Gas 메이저 기업인 BP사는 모듈러 LNG 공정을 국제 특허 (WIPO Patent WO 2004/031670 A1, US Patent 7251956)로 등록하여 공정별 모듈을 통해 비용 절감을 꾀하고 있음 - 일본의 JGC 같은 글로벌 엔지니어링사에서는 LNG 플랜트 설

계 및 건설에 모듈 개념을 도입하고 있으며, Toshiba에서는 원자력 발전소 건설에 적용하는 모듈 설계를 체계화하고 있음

○ 전 세계적으로 모듈러 플랜트의 수요가 높아지고 있으나 플랜트 모듈 기획/분할에 대한 핵심 기술을 국내업체는 아직 가지고 있지 못하며, 현재 우리나라가 보유하고 있는 플랜트 모듈 설계도 낮은 수준으로 판단됨

- 사업 초기 기획, 기본설계 기술의 부재로 모듈러 플랜트 사업 참여단계에서 사업 수행 원가분석, 사업 수행의 타당성 분석이 결여되어 있으며, 경쟁사간 사업 제안에 있어서 경쟁 우위를 선점하지 못하고 있는 실정임

○ ISO 15926은 프로세스 플랜트의 생애주기 데이터의 공유 및 통합을 위한 국제 표준으로 육상 및 해양 플랜트에 적용이 가능함

- ISO 15926 표준은 플랜트 생애주기 데이터의 통합 및 교환, 플랜트 기자재 라이브러리 구축 등의 연구에 적용되었으나, 기능 모듈 개념을 갖는 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리에 관한 기술 개발 사례는 아직까지 찾을 수 없음

4. 추진전략

○ 기업과 국내외 PLM 분야의 전문가들과의 산·학·연 협동을 통한 공동 연구개발팀의 구성을 추진하고 EPC 업체의 참여를 유도하여 선진기술 수준에 도달할 수 있는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 역량을 확보

- 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 플랜트 모듈 설계 PLM 기술에 대한 공동연구 추진
- 국내 EPC 업체의 참여를 유도하여 실제 모듈러 플랜트 현장 전문가의 경험과 지식이 기술 개발 시 반영될 수 있도록 산학연 공동연구 추진방안을 모색

○ 본 연구에서 개발되는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술은 국내는 물론 해외 시장에서 활용될 수 있도록 관련 플랜트 엔지니어링 업체와 협력하여 실용화를 추진함

- 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발 시 실용화 관점의 요구사항들을 분석하여 이를 체계적으로 반영
- 기술 개발 후 실용화 관점에서 산출물을 평가하고 국내 EPC 업체와 협력 하에 보완 계획을 수립하여 실용화를 추진

5. 추진체계

○ PLM 기술을 활용한 모듈 기반 범용 플랜트 설계 및 건설 기술을 원천 기술, 응용 기술, 시스템 개발, 그리고 현장 적용 기술로 분류한 후 대학교, 연구소, IT 업체, 그리고 산업체 등이 참여하는 산학연 컨소시엄을 구성함으로써 기술개발의 원천성과 응용성을 모두 달성

- 산업체는 다양한 종류의 플랜트 특성을 고려한 플랜트 모듈화 설계에 관한 요구사항을 제시하고 산업체의 환경 및 특성에

부합하는 응용 시스템 개발에 참여
- IT 업체는 범용 플랜트용 응용 시스템 요구사항 및 원천 요소 기술을 바탕으로 산업체의 업무에 활용할 수 있는 범용 플랜트용 응용 시스템 개발에 참여
- 연구소는 범용 플랜트 모듈화 설계 원천 기술을 바탕으로 산업체가 활용할 수 있는 범용 플랜트 응용 모듈 및 프레임워크 개발에 참여
- 대학교는 산업체의 다양한 종류의 플랜트 모듈화 설계 요구를 바탕으로 이를 지원할 수 있는 범용 플랜트 모듈화 설계 원천 기술 개발에 참여

6. 세부과제 구성내용

<세부1과제> 플랜트 모듈 설계 PLM 기술
○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발
○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리 기술 개발
○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 정보분석 기술 개발
○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발
○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업포털 기술 개발

<세부2과제> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술
○ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발
○ 플랜트 블록화 분할 기술 개발
○ 모듈러 플랜트 설계 방법론 기술 개발

<세부3과제> 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술
○ 시공을 고려한 상세설계 기술 개발
○ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발
○ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발
○ 장치 및 유닛 공용화 기술 개발
○ 시공블록모듈 공용화 기술 개발
○ 공용설계모듈 표준화 기술 개발

<세부4과제> 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술
○ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발
○ 장치 및 유닛 카탈로그 구축 기술 개발
○ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발
○ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발

7. 실용화 및 사업화 방안

○ PLM 기반의 범용 플랜트 모듈화 설계 기술 개발 성과물 활용을 위해서는 적용 플랜트와 적용 공정 범위의 선정과 이에 대한 응용 시스템 평가를 통해 성능 검증이 선행되어야 함

- 상용급 플랜트 적용을 위해서는 국내 주요 건설업체로부터 실적 플랜트 데이터 확보와 모듈화 설계 기술의 실증 검증 결과와의 비교 분석을 통해 성능 및 도입 효과를 입증해야 함 ○ 기존 Stick-built 방식으로 건설한 플랜트 대비, 모듈러 플랜트의 공기 단축 및 비용 절감 등의 장점을 홍보하여 국내 주요 건설업체가 혹한 지역이나 현장 비용이 높은 플랜트 건설에 활용토록 유도
8. 사업기간 및 소요예산
○ 총사업 기간: 2013년 ~ 2017년 (5년) ○ 총연구비: <정부지원금: 132억 이내> - 1단계 (2013~2015년) <정부지원금: 73.5억 이내> - 2단계 (2016~2017년) <정부지원금: 58.5억 이내>
9. 기타
○ 해당사항 없음

2. 세부과제 RFP

가. 세부1과제 RFP

<표 6-2> 세부1과제, 플랜트 모듈설계 PLM 기술 개발 RFP

과제명	플랜트 모듈설계 PLM 기술
1. 연구개발목표	
	○ 최종목표 - 플랜트 모듈설계 PLM 기술을 연구하여 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 필요한 데이터 및 프로세스 관리, 정보 체계화 및 검색 고도화 기술 개발을 통하여 플랜트 모듈 설계를 지원하기 위한 기술 및 통합 시스템을 개발 ○ 세부목표 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 정보분석 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업포털 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	○ 플랜트의 모듈화 설계 기술을 지원하는 PLM 기반의 설계 지원 인프라를 구축하면 플랜트 프로젝트의 관리를 효율화하고 참여 기업들 간의 협업을 고도화하며 모듈화 설계 업무를 체계화 및 최적화할 수 있음 - Fast Track 사업수행방식의 일반화, Global Collaboration의 중요성이 커지고 있어 플랜트의 수명주기 동안 발생한 데이터를 통합적으로 고려하여 설계 단계에서 재활용하려는 노력이 과거 어느 때보다 국제적 관심사로 떠오르고 있음 ○ 플랜트 PLM은 플랜트 설계 과정에서 시공 및 운용 단계의 요구를 고려할 수 있기 때문에 해당 산업에 적용하게 되면 전체 프로젝트의 시작 시점이 기존보다 빨라지게 되어 Capital Cost 절감효과와 수익 증대 및 우수한 관리성 효과를 얻을 수 있음 ○ 플랜트 PLM 엔지니어링 데이터베이스 구축을 통해 기존 프로젝트에 대한 정보 공유 및 재활용 가능함 - 엔지니어링 데이터베이스는 후속 프로젝트의 효율적인 진행을 위한 중요한 자산이며 건설기간 단축이 가능
□ 기술동향	○ 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술은 모듈러 플랜트 EPC 단계의 기반이 되는 기술로서 WBS 관리, 프로젝트 진척관리, 예산관리, 워크플로우 관리, 자원관리 등의 기능 등을 중심으로 우선적으로 일반 기업체에서 많이 적용되고 있음 - 모듈러 플랜트에 특화된 멀티 프로젝트 관리 기술에 대한 연구 동향은 관련한 연구들이 일부 있었지만, 소수에 그침

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리기술은 플랜트 엔지니어링 산업에 있어서 fast track 사업수행방식의 일반화, global collaboration의 중요성이 커짐에 따라 그 중요성이 커지고 있는 기술임
- 모듈러 플랜트에 특화된 PLM 시스템은 아니지만, 제조업을 중심으로 엔지니어링 데이터에 대한 통합정보 관리 기술이 많이 도입되어지고 있음

○ 모듈러 플랜트 라이프사이클 전반의 효율화를 위해서는 PLM 정보 분석 기술 등이 핵심이라 할 수 있음
- 모듈러 플랜트에 특화된 시스템 기능은 아니지만, 제조업을 중심으로 PLM 시스템을 기반으로 한 데이터 정보 분석 기술이 개발되어지고 있음
- 정보 분석을 위해서는 시맨틱 기술을 활용한 정보 모델링 및 검색 기술이 필요하며, 이외에도 데이터 마이닝, Text 마이닝, 군집 분석, 통계 분석, 데이터 분석 시각화 기술 등이 연구되고 있음

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 요소기술들을 PLM 시스템에서 같이 연동되어지게 하기 위한 기술은 PLM 시스템의 근간이 되는 기본 핵심 기술임
- 모듈러 플랜트 엔지니어링을 위해 개발될 여러 요소기술들을 PLM 시스템 안에서 같이 연동되어지게 하는 기술은 이미 일반 PLM 시스템 구축시 적용되어지고 있음. 소프트웨어 기술들의 적용은 크게 문제될 것이 없으나, 사용자가 마치 하나의 시스템에서 돌아가는 것처럼 매끄럽게 업무를 수행할 수 있게 하는 연동 시나리오 모델 설계 기술이 관건이라 할 수 있음

○ 플랜트 생애주기 단계의 다양한 이해관계자들 사이에 의사소통 및 협업을 지원해주는 기술로 제조업을 중심으로 웹을 기반으로 하는 협업 포털 기술이 활발히 도입 및 개발이 이루어지고 있음
- 협업 포털 기술 중 핵심 기술로는 협업을 하기 위한 워크플로우 정의 및 실행 기술, BPM 기술, 협업관련 정보 공유 및 정보보완 기술 등이 있으며, 관련 연구들이 꾸준히 진행되어 왔으나 모듈러 플랜트에 특화된 협업 포털 기술은 미비한 편임

3. 연구개발 내용

○ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계 요구사항 수립
- 모듈러 플랜트 PLM 시스템 요구사항 수립
- 모듈러 플랜트 기준 정보 정립

○ 모듈 기반 엔지니어링 멀티 프로젝트 관리 기술 개발
- 모듈 기반 엔지니어링 요구사항 관리 기술 개발
- 모듈 기반 엔지니어링 프로세스 관리 기술 개발
- 모듈 기반 엔지니어링 성과 관리 기술 개발

○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 통합 정보 관리 기술 개발

	- 모듈 기반 플랜트 구성 요소 관리 기술 개발 - 모듈 기반 플랜트 구성 요소 연계 통합 관리 기술 개발 - 모듈 기반 플랜트 형상 및 변경 관리 기술 개발 ○ 모듈러 플랜트 PLM 정보 분석 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 지식 정형화 기술 개발 - 모듈러 플랜트 프로젝트 정보 검색 및 분석 기술 개발 ○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 연동 플랫폼 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W연동 아키텍처 정의 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W연동 인터페이스 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W연동 플랫폼 기술 개발 ○ 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 기술 개발 - 모듈러 플랜트 엔지니어링 협업 포털 구현 기술 개발 ○ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 기업과 국내외 PLM 분야 전문가들과의 산·학·연 협동을 통한 공동 연구개발팀 구성을 추진하고 EPC 업체의 참여를 유도하여 선진기술 수준에 도달할 수 있는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 역량을 확보 - 선도적 위치에 있는 해외 및 국내 주요 기관 및 전문가와 플랜트 모듈 설계 PLM 기술에 대한 공동연구 추진 - 국내 EPC 업체의 참여를 유도하여 실제 모듈러 플랜트 현장 전문가의 경험과 지식이 기술 개발 시 반영될 수 있도록 산학연 공동연구 추진방안을 모색 ○ 본 연구에서 개발하는 플랜트 모듈 설계 PLM 기술은 국내는 물론 해외 시장에서 활용될 수 있도록 관련 플랜트 엔지니어링 업체와 협력하여 실용화를 추진함 - 플랜트 모듈 설계 PLM 기술 개발 시 실용화 관점의 요구사항들을 분석하여 이를 체계적으로 반영 - 기술 개발 후 실용화 관점에서 산출물을 평가하고 국내 EPC 업체와 협력 하에 보완 계획을 수립하여 실용화를 추진
□ 추진체계	○ 본 과제의 주관기관은 다른 세부 과제의 조정요구 시 적극 협조 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가들과의 연구 협력을 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	○ 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템

□ 실용화 및 사업화 방안	○ 국내 주요 건설업체의 프로젝트를 통해 실용화 ○ 국내 플랜트 IT업체를 통해 사업화
6. 연구기간 및 소요예산	
□ 전체	○ 총사업 기간: 2013년 ~ 2017년 (5년) ○ 총연구비: <정부지원금: 45.3억 이내> - 1단계 (2013~2015년) <정부지원금: 25.3억 이내> - 2단계 (2016~2017년) <정부지원금: 20.0억 이내>
7. 기타	
	○ 해당사항 없음

나. 세부2과제 RFP

<표 6-3> 세부2과제, 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술 개발 RFP

과제명	모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술
1. 연구개발목표	
	○ 최종목표 - 모듈러 플랜트 생애주기 고려 기본설계 기술을 연구하여, 플랜트 발주 요구의 분석을 바탕으로 모듈화 추진 타당성을 사전 검토, 현장 작업 최소화, 모듈 인터페이스 최소화, 수송 가능 모듈 크기 및 중량 표준화 등을 고려한 모듈 기획 및 모듈 분할 기술에 대한 연구개발 ○ 세부목표 - 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 - 플랜트 블록화 분할 기술 개발 - 모듈러 플랜트 설계 방법론 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 플랜트의 모듈화 추진 타당성을 기획단계에서 검토하기 위하여 모듈러 플랜트의 건설기간, 생애주기 원가, 위험도 평가 등을 통하여 비모듈화 플랜트 대비 경쟁력을 검토, 확보하기 위한 기술이 필요 ○ 플랜트 모듈화 기획 기술의 정립을 통하여 모듈화 설계 기술을 표준화하고, 이를 지원할 수 있는 기반기술을 정립함으로서 프로젝트 제안 단계에서의 사업 추진방향을 구체화 할 수 있으며, 모듈러 플랜트 경제성 평가, 가치공학(value engineering) 기법의 도입을 통하여 경쟁력 있는 기획이 가능함 ○ 유틸리티와 같은 공용 설비나 자주 사용되는 단위 공정을 모듈화한 후 고객 요구에 따라 분할 기준에 근거하여 필요한 모듈을 선택한 후 초기 배치하는 설계 시스템을 도입함으로써 모듈러 플랜트의 건설 기간을 단축하고 프로젝트의 전체 비용을 절감할 수 있음
□ 기술동향	○ 사업 타당성 평가, 생애주기 원가 평가, 위험도 평가 등은 다양한 산업군에서 적용되어지고 있는 기술임 - 모듈러 플랜트의 경우 기존 방식(Stick-built)으로 건설된 플랜트에서와 달리 모듈화 유닛의 적용으로 모듈화 기자재 유닛 생산단가, 건설단가, 건설기간, 구성품 수명주기가 매우 복잡한 형태를 나타내어 추진 타당성 평가 시 이를 고려해야 함 - 최근 플랜트 모듈화 시장 수요가 증가함에 따라 모듈러 플랜트 건설비용의 비교 평가, 모듈러 플랜트의 생산성 평가, 위험도 평가 등의 연구 결과가 보고되고 있음 ○ 플랜트 모듈 분할기술은 모듈러 플랜트 건설 초기 단계에서 모듈을 분할하고 모듈 수준을 정하는 기본설계 기술로서, 모듈화

	유닛 제작, 운송, 현지설치 등 생애주기 단계별 기술요소를 고려한 분할 기준을 정립하고, 거시적 관점의 공정/블록 단위 분할하기 위한 기술임 - 해양, 극한지, 오지 등에 건설되는 플랜트의 경우 공기단축, 현지작업 최소화 등을 위하여 모듈화 건설기법이 다양하게 적용되고 있으나, 현재까지는 운송, 선적/하역, 현지시공 지원시설 위주의 모듈화에 한계를 나타내고 있음 - 최근 기능별 모듈 분할을 통하여 모듈화 유닛 제작 주체별 시운전, 평가를 통한 품질 관리가 시도되고 있으며, 모듈화 유닛의 표준화, 공용화가 검토되고 있음
3. 연구개발내용	
	○ 모듈러 플랜트 기본설계 요구사항 수립 - 모듈 기획 기술 분석 및 요구사항 수립 - 모듈 초기 분할 기술 분석 및 요구사항 수립 ○ 플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 기술 개발 - 모듈화 환경 분석 기술 개발 - 모듈화 사업 타당성 평가 및 경제성 향상 기술 개발 ○ 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 - 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발 - 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발 ○ 플랜트 블록화 분할 기술 개발 - 집적성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발 - 조작성 기반 시공블록모듈 분할 기술 개발 ○ 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 방법론 개발 - 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 개발 - 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 모델 개발 ○ 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 모듈러 플랜트 기본설계 기술은 국내에서 아직 기술개발이 미미한 상황이기 때문에 해외플랜트 모듈화 설계사례를 조사 및 연구하여 국내플랜트 사업 환경에 적합한 기술개발을 추진토록 함 - 국내 육상 플랜트뿐만 아니라 해양 플랜트 부문에서도 FEED 단계의 모듈화 기본설계 기술은 낮은 수준이므로 관련 원천기술 개발을 중점적으로 추진 ○ 모듈러 플랜트 기본설계 기술연구는 기존 플랜트 건설방식과 다르게 전체 플랜트에서 모듈화의 범위설정에 대한 계획이 필요함 - 모듈러 플랜트의 시공블록모듈/공용설계모듈을 구분하여 개발 - 플랜트 공정 모듈화와 플랜트 공간 모듈화로 구분하여 개발 ○ 모듈 기반 범용 플랜트 설계 기술 적용 대상 플랜트 종류와 대

	상 공정 분야를 선정하고 국내 EPC 업체의 참여를 유도하여 기존 일반 플랜트의 실적 설계 데이터를 활용하여 모듈러 플랜트 기본설계 기술을 실증 및 평가 - 기술 수요처 예) 플랜트 모듈화 설계 기술 도입에 관심이 많은 국내 육상 플랜트 엔지니어링 중견기업이나 대형 EPC사 ○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임
□ 추진체계	○ 본 과제의 주관기관(연구책임자)는 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	○ 모듈러 플랜트 기본설계 지침서 및 시스템
□ 실용화 또는 사업화 방안	○ 위험도 낮은 소규모 파일럿 플랜트에 우선 적용 후, 상용급 플랜트로 확장하여 실용성 향상 ○ Stick-built 방식으로 건설한 플랜트 대비하여 모듈러 플랜트의 공기 단축 및 비용 절감 등의 장점을 홍보 ○ 국내 주요 건설업체가 혹한 지역이나 현장 비용이 높은 플랜트 건설에 활용토록 유도 및 이를 통해 실용화
6. 사업 기간 또는 소요예산	
□ 전체	○ 총 사업 기간: 2013년 ~ 2017년 ○ 총 연구비: <정부지원금: 20.8억원 이내> - 1단계(2013년~2015년) <정부지원금: 11.5억원 이내> - 2단계(2016년~2017년) <정부지원금: 9.3억원 이내>
7. 기타	
	○ 해당사항 없음

다. 세부3과제 RFP

<표 6-4> 세부3과제, 모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술 개발 RFP

과제명	모듈러 플랜트 생애주기 고려 상세설계 기술
1. 연구개발목표	
	○ 최종목표 - 모듈러 플랜트 기본설계 단계에서 결정된 플랜트 모듈분할 기준에 의거, 모듈의 시공, 인터페이스, 운송, 공용화 및 표준화를 고려한 모듈단위 및 모듈통합을 위한 상세설계 기술 개발 ○ 세부목표 - 시공을 고려한 상세설계 기술 개발 - 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발 - 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발 - 장치 및 유닛 공용화 기술 개발 - 시공블록모듈 공용화 기술 개발 - 공용설계모듈 표준화 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 동향	
□ 연구개발 필요성	○ 모듈러 플랜트의 시공 공정, 공정 분할에 의거한 물리적 모듈 최적 공간 배치 기술, 모듈 시공 순서와 충돌 방지를 고려한 모듈 설계 기술, 모듈 시공 고려 장비 크기 및 배관 길이 최소화 등 설계 자동화 및 최적화 기술 개발 필요하며 좁은 공간의 고위험도 모듈 단위의 신뢰성/안전성/유지보수성을 고려한 모듈내 기자재 크기 및 사양 선정, 모듈내 배관 경로 및 간격 설계, 모듈내 공정 설계 등 모듈화 설계 기술 필요 ○ GIS/GPS 등의 IT 융합 기술을 활용하여 모듈간의 인터페이스 사양 설계 및 교합부 관리, 공차 해석 설계 최적화 기술, 인터페이스 충돌 체크 기술 개발 필요 ○ 플랜트 모듈의 운송을 고려한 모듈 중량, 부피 및 무게 중심 최적화 설계, 지지 기구를 활용한 모듈 보강 기술, 모듈 운송 안전성을 고려한 실시간 해석 기술, 선박 및 도로망 등 해상 및 육상 운송 환경을 고려한 모듈 설계 기술이 필요 ○ 모듈과 장치 및 유닛 단위의 표준화 및 공용화를 통해 시공 생산성 및 설계 효율성 향상을 위해 장치 및 유닛 공용화, 시공블록모듈 공용화, 공용설계모듈 표준화 기술 개발 필요
□ 기술동향	○ 모듈러 플랜트의 시공을 고려한 모듈 설계 기술은 아직까지 체계화된 기술로서 개발되지 않고 있고 Stick-built 플랜트의 대형 기자재 위주의 현장 설치 경험을 반영하고 있는 실정임 - Stick-built 플랜트의 경우 설계 과정에서 3D CAD 모델 기반 플랜트 시공 시뮬레이션을 활용한 사전 점검 등의 기술이 활용되고 있음 ○ 일반 플랜트 설계 시 3D CAD 모델 기반의 플랜트 기자재와 배

관간의 충돌 방지 검토 및 방지 기술, 현장 경험 및 trial & error에 의존한 설계 공차 설정 기술 등이 활용되고 있음

○ 고중량급 크레인 및 수송 수단이 개발됨에 따라서 2000년대 후에 플랜트 모듈화 설계 전략이 적용되고 있음
- 토목 분야의 대형 구조물이나 해양 플랜트 분야에 개발된 구조물 안전 해석이나 선적 시뮬레이션 등의 기술을 바탕으로 육상 플랜트 건설 현장으로의 모듈 운송, 선적, 하역 요구사항을 고려한 모듈화 설계 기술이 개발되고 있음

○ 모듈 공용화 및 표준화 분야에서는 기존 대규모 화공 플랜트의 확장이나 개선에 파이프랙 모듈과 같은 단순한 형태의 시공블록 모듈이 업계에서 활용되고 있으며, 공용설계모듈은 아직까지 체계적인 연구개발이 진행되고 있지 않음
- 장치 및 유닛 공용화 기술은 국제 표준의 데이터 모델 및 참조 데이터 라이브러리가 개발되어 있으나, 아직까지 그 활용도가 많지 않으며 모듈러 플랜트 설계에 활용 가능하도록 추가적인 연구개발이 필요함

3. 연구개발 내용

○ 모듈러 플랜트 상세설계 요구사항 수립
- 모듈러 플랜트 상세설계 기술 조사 및 분석
- 시공 및 운송 고려 모듈화 설계 요구사항 수립
- 모듈 인터페이스 요구사항 수립
- 모듈 공용화 및 표준화 요구사항 수립

○ 시공을 고려한 상세설계 기술 개발
- 시공블록모듈 기반 시공 시뮬레이션 및 공기 산정 기술 개발
- 시공블록모듈 기자재 및 배관 설계 최적화 기술 개발
- 시공블록모듈 구조 해석 및 보강 기술 개발

○ 시공블록모듈 인터페이스 설계 기술 개발
- 시공블록모듈 3D 공간 배치 기술 개발
- 시공블록모듈 교합부 관리 기술 개발
- 시공블록모듈 접합 공차 해석 기술 개발

○ 운송/선적/하역을 고려한 상세설계 기술 개발
- 시공블록모듈 운송 설계 기술 개발
- 시공블록모듈 중량 및 무게중심 제어 기술 개발

○ 장치 및 유닛 공용화 기술 개발
- 장치 및 유닛 사양 표준화 기술 개발
- 장치 및 유닛 사이즈 표준화 기술 개발
- 장치 및 유닛 인터페이스 표준화 기술 개발

○ 시공블록모듈 공용화 기술 개발
- 시공블록모듈 사양 표준화 기술 개발
- 시공블록모듈 사이즈 표준화 기술 개발
- 시공블록모듈 인터페이스 표준화 기술 개발

	○ 공용설계모듈 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 사양 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 사이즈 표준화 기술 개발 - 공용설계모듈 인터페이스 표준화 기술 개발 ○ 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 모듈러 플랜트 상세설계 기술은 육상 플랜트의 경우 국내에서 기술 개발 사례가 많지 않기 때문에 해외 플랜트 모듈화 설계 사례를 조사 및 연구하여 국내 플랜트 사업 환경에 적합한 기술 개발을 추진토록 함 - 모듈 제작 및 조립 기술이 많이 이용되는 해양 플랜트 분야의 사례를 조사 및 연구하여 플랜트에 적용할 수 있는 기술을 획득하고 육상 플랜트의 모듈 설계에 있어 필요한 응용 기반 개발을 추진함 ○ 플랜트 모듈 설계 기술 연구는 플랜트 모듈설계 PLM 시스템 인프라를 기반으로 운송/시공/유지보수성을 고려한 모듈 설계를 해야 함 - 시뮬레이션, 해석, GIS/GPS 기술을 응용한 모듈간의 배관 설계 및 공차/교합부 관리가 중요 함 ○ 모듈러 플랜트 설계 및 건설 기술 적용 대상 분야를 선정하고 국내 모듈 제작 업체의 참여를 유도하여 적용 플랜트 및 시공 범위에 대해 결정하여 연구개발 결과를 실증 및 평가 - 기술 수요처 예) 해양 플랜트나 육상 플랜트 모듈을 제작 및 공급하는 중견 기업 ○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임
□ 추진체계	○ 본 과제의 주관기관(연구책임자)는 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가 벤치마킹 및 필요시 공동연구 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	○ 모듈러 플랜트 상세설계 지침서 및 시스템
□ 실용화 및 사업화 방안	○ 위험도 낮은 소규모 파일럿 플랜트에 우선 적용 후, 상용급 플랜트로 확장하여 실용성 향상 ○ Stick-built 방식으로 건설한 플랜트 대비하여 모듈러 플랜트의 공기 단축 및 비용 절감 등의 장점을 홍보 ○ 국내 주요 건설업체가 혹한 지역이나 현장 비용이 높은 플랜트

건설에 활용토록 유도 및 이를 통해 실용화	
6. 연구기간 및 소요예산	
□ 전체	○ 총사업 기간 : 2013년 ~ 2017년(5년) ○ 총연구비 : <정부지원금 : 45.3억원 이내> - 1단계(2013~2015년) <정부지원금 : 25.3억원 이내> - 2단계(2016~2017년) <정부지원금 : 20.0억원 이내>
7. 기타	
	○ 해당사항 없음

라. 세부4과제 RFP

<표 6-5> 세부4과제, 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발 RFP

과제명	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 기술 개발
1. 연구개발목표	
	○ 최종목표 - 플랜트 모듈화 설계에 공용으로 사용하는 장치 및 유닛에 관한 엔지니어링 정보의 생성, 분류, 저장 및 설계활용을 위한 라이브러리 구축 기술에 대한 연구개발 ○ 세부목표 - 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 - 장치 및 유닛 카탈로그 구축 기술 개발 - 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	○ 다양한 플랜트에서 사용 가능한 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리를 구축한 후 플랜트 모듈화 설계 과정에서 필요한 모듈을 검색하여 활용할 수 있는 방법 및 지원 시스템이 필요 - 장치 및 유닛의 활용률을 높이고 설계 자동화가 가능하며 데이터 품질 향상 - 설계자들이 동일한 장치 및 유닛 정보를 공유함으로써 플랜트 데이터의 호환성을 높일 수 있어 상호운용성 비용 감소 ○ 플랜트 모듈화를 위해 장치 및 유닛을 기준에 따라 분류하고 라이브러리를 구축하여 설계 과정에서 활용함으로써 장치 및 유닛의 호환성 및 재활용성을 높이고 국내 모듈 업체의 모듈화 역량을 강화함으로써 해외 프로젝트 참여 가능
□ 기술동향	○ 플랜트 생애주기 데이터의 공유 및 통합을 위한 국제 표준으로 ISO 10303, ISO 15926이 개발되었음 - POSC Caesar는 ISO 15926 기반의 참조 데이터를 제공하는 서비스인 RDS를 구축하여 운용 중에 있음 - 국내의 경우 ISO 15926 표준 기반의 원자력 발전소의 분류체계를 개발한 경험이 있음. 그러나 아직 플랜트 모듈 구성을 위한 분류 기술은 없음 ○ 유럽의 POSC Caesar와 미국의 Fiatech은 공동 프로젝트인 IDS-ADI 프로젝트를 통해서 ISO 15926 표준 구현 도구인 iRING 프로토타입의 개발을 완료하고 최근에 이것을 공개하였음 - 국내의 경우 15926 표준 기반의 구현 파트를 지원하는 데이터 저장소 facade를 일반 기자재에 대해서 구현 사례가 있음 - 그러나 ISO 15926의 복잡성으로 인해 라이브러리 관리를 위해서는 ISO 15926 기반 데이터를 효과적으로 가시화하고, 의미

	기반 검색을 할 수 있는 도구가 필요함 ○ 현재 Bentley, Intergraph, AVEVA 등의 주요 플랜트 시스템 벤더들의 S/W에서 지원하고 있으며, Noumenon Consulting Limited Services 사는 ISO 15926 RDL을 지원하는 플랜트 데이터 변환 도구인 XMpLant을 개발하였음 ○ 장치 및 유닛 모델링을 위해서는 2D/3D 정보, 사양, 그리고 포트 등의 여러 정보를 통합한 기술이 필요함 - 일반적인 형상에 대해서 단순화를 적용한 연구를 매우 많으나, 모듈러 플랜트를 고려한 방법은 아직까지 없음 - 국내의 경우 기계 CAD 시스템에서 설계한 기자재를 조선 의장설계에 활용하기 위해 연구 사례는 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 수립 - 개방형 산업 표준 및 장치/유닛 현황 분석 - 장치 및 유닛 라이브러리 요구사항 정의 ○ 장치 및 유닛 정보 표현 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 모델 개발 - 장치 및 유닛 분류체계 개발 ○ 장치 및 유닛 카달로그 구축 기술 개발 - 장치 및 유닛 형상 간략화 기술 개발 - 형상/사양/포트 정합 기술 개발 ○ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 기술 - 장치 및 유닛 정보 관리 기술 개발 - 장치 및 유닛 정보 검색 기술 개발 - 장치 및 유닛 가시화 기술 개발 ○ 장치 및 유닛 데이터 상호운용성 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 교환 기술 개발 - 기간 시스템과의 정보 연동 기술 개발 - 장치 및 유닛 데이터 인터페이스 개발 ○ 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발 및 성능 평가 - 모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 개발 - 시스템 현장 적용 및 성능 평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 저장소와 제공 서비스를 확장성과 독립성을 고려하여 개발하여 새로운 정보 요구나 정보 기술의 수용이 가능하도록 함 - 모듈러 플랜트 PLM 시스템과 장치 및 유닛 라이브러리간의 연동을 고려한 기술을 개발 - 데이터 모델 정의 및 응용 시스템 개발 과정에서 미래 정보통신 기술의 흐름에 대응할 수 있도록 고려

	○ 플랜트 장치 및 유닛 관련 개방형 표준, 라이브러리 시스템 개발에 관한 국내외의 기존 결과물을 활용할 수 있는 방안을 모색하여 연구의 정성적·정량적 완성도를 높임 ○ 향후 기술 수요처로 예상되는 실무자, 전문가 또는 관련 기업에 대한 자문, 인터뷰 등을 통해 사용 시나리오를 조사하고 시스템 요구사항을 분석하여 개발 기술의 실용성을 높임 - 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리의 적용 대상 플랜트를 선정하고 국내 플랜트 업체의 참여를 유도하여 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 실증 및 평가
□ 추진체계	○ 본 과제의 주관기관은 다른 세부 과제의 조정요구 시 적극 협조 ○ 선도적 위치에 있는 국내외 주요 기관, 전문가들과의 연구 협력을 추진 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
5. 최종성과물 및 활용방안	
□ 최종성과물	○ 장치 및 유닛 분류체계 및 라이브러리 시스템
□ 실용화 및 사업화 방안	○ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템의 파일롯 플랜트의 적용 및 검증 ○ 장치 및 유닛 라이브러리 시스템을 개발사 및 벤더사와 협력하여 상용화 추진
6. 연구기간 및 소요예산	
□ 전체	○ 총사업 기간: 2013년 ~ 2017년 (5년) ○ 총연구비: <정부지원금: 20.6억 이내> - 1단계 (2013~2015년) <정부지원금: 11.4억 이내> - 2단계 (2016~2017년) <정부지원금: 9.2억 이내>
7. 기타	
	○ 해당사항 없음

7장. 연구개발과제 평가지표

1절. 세부과제별 성과지표

<표 7-1> 세부과제별 성과지표

세부과제	기술항목	목표수준/(현재수준)	달성여부의 측정방법
세부1과제	멀티 프로젝트 통합 관리 비율	50%/(0%)	멀티 프로젝트들의 통합 연계 관리 비율: (시범 플랜트 적용 프로젝트 통합연계 관리 수) / (시범 플랜트 전체 멀티 프로젝트 수) x 100%
	엔지니어링 데이터의 관리 수용 수준	90%/(60%)	시범 플랜트 모듈 데이터의 수용비: (시범 플랜트 엔지니어링 통합정보 관리에서 수용하는 데이터 개체수) / (시범 플랜트 전체 엔지니어링 데이터 개체수) x 100%
	엔지니어링 정보 분석 정확도율	60%/(0%)	엔지니어링 정보분석 정확도율: (시범 플랜트 데이터 대상 질의에 대한 정확한 답변 수) / (시범 플랜트 데이터 대상 총 질의 수) x 100%
	모듈러 플랜트 엔지니어링 S/W 플랫폼 국산화 자립율	90%/(10%)	플랜트 모듈화 지원 S/W 플랫폼 국산화 구현 여부: (국산화 모듈 개수) / (전체 S/W 플랫폼 모듈 개수) x 100%
	모듈러 플랜트 협업포탈 사용률	70%/(10%)	협업포탈을 활용한 의사소통 및 정보교환 비율: (시범 플랜트 대상 협업포탈을 활용한 사용건수) /(시범 플랜트 대상 전체 협업관련 업무 건수) x 100%
	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 국산화율	90%/(0%)	(개발된 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
	모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 활용률	90%/(0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 PLM 기반 설계지원 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
세부2과제	플랜트 모듈화 추진 타당성 평가 정확도	90%/(50%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 비용편익분석 결과(B/C 비율)) / (실적 모듈러 플랜트 비용편익분석 결과(B/C 비율)) x 100%

세부과제	기술항목	목표수준/(현재수준)	달성여부의 측정방법
	시공블록모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 효율성	90%/(30%)	(1 - (시범 플랜트 적용 시공블록모듈 기반 플랜트 설계 work package 개수) / (일반 플랜트 기본설계 시스템 work package 개수)) x 100%
	플랜트 블록화 분할 효율성	100%/(50%)	(시범 플랜트 적용 집적성 기반 시공블록모듈 분할 개수) / (시범 플랜트 적용 집적성 기반 시공블록모듈 분할 개수) x 100%
	공용설계모듈 기반 플랜트 설계 프로세스 효율성	90%/(30%)	(1 - (시범 플랜트 적용 공용설계모듈 기반 플랜트 설계 work package 개수) / (일반 플랜트 기본설계 시스템 work package 개수)) x 100%
	모듈러 플랜트 기본설계 시스템 국산화율	90%/(0%)	(개발된 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
	모듈러 플랜트 기본설계 시스템 활용률	90%/(0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
세부3과제	시공블록모듈 기반 플랜트 시공 기간 단축율	30%/(0%)	(시범 플랜트 적용 시공블록모듈 시공 기간 시뮬레이션 결과) / (실적 일반 플랜트 시공 기간) x 100%
	시공블록모듈 인터페이스 충돌 발생률	0%/(20%)	(시범 플랜트 적용 Design Review시 시공블록모듈 인터페이스 설계 결과 3D 모델의 충돌 발생 횟수) / (실적 일반 플랜트 Design Review시 3D 모델의 충돌 발생 횟수) x 100%
	시공블록모듈 중량 및 무게 중심 제어 정확도	0%/(20%)	(시범 플랜트 적용 Design Review 및 시공 시뮬레이션시 시공블록모듈 trip 발생 회수) / (실적 일반 플랜트 Design Review 및 시공 시뮬레이션시 대형 기자재 trip 발생 횟수) x 100%
	장치 및 유닛 표준화율	90%/(0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 장치 및 유닛 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 전체 장치 및 유닛 갯수) x 100%
	시공블록모듈 표준화율	90%/(0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 시공블록모듈 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 전체 시공블록모듈 갯수) x 100%

세부과제	기술항목	목표수준/(현재수준)	달성여부의 측정방법
	공용설계모듈 표준화율	90%/(0%)	(시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 표준화된 공용설계모듈 채택 갯수) / (시범 플랜트 적용 모듈화 상세설계 도면상 전체 공용설계모듈 갯수) x 100%
	모듈러 플랜트 상세설계 시스템 국산화율	90%/(0%)	(개발된 모듈러 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 기본설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
	모듈러 플랜트 상세설계 시스템 활용률	90%/(0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 상세설계 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
세부4과제	장치 및 유닛 분류체계의 개방형 표준 호환율	90%/(60%)	(외부 시스템에서 인식 성공한 시범 플랜트 데이터 수) / (시범 플랜트 분류체계 전체 데이터 수) x 100%
	라이브러리 저장소의 개방형 표준 준수율	90%/(40%)	(성공한 시범 플랜트 테스트 케이스 수) / (개방형 표준에 명세된 시범 플랜트 전체 테스트 케이스 수) x 100%
	라이브러리 제공 서비스의 외부 시스템 연동율	90%/(60%)	(성공한 시범 플랜트 데이터 연동 기능 수) / (개방형 표준에 명세된 시범 플랜트 전체 데이터 연동 기능 수) x 100%
	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 국산화율	90%/(0%)	(개발된 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (전체 일반 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%
	모듈러 플랜트 장치 및 유닛 라이브러리 시스템 활용률	90%/(0%)	(시범 플랜트에 적용중인 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) / (개발된 전체 모듈러 플랜트 라이브러리 시스템 모듈 수 및 기능 수) x 100%