

지능정보연계 기반 스마트 플랜트 운영 · 유지관리 고도화 핵심기술 개발사업



국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport



국토교통
과학기술진흥원

차 례

제1장 연구개요 및 필요성	1
제1절 연구개요	1
1. 추진연구 개요	1
2. 기술의 정의 및 범위	2
제2절 연구배경 및 필요성	9
1. 연구 추진배경	10
2. 정부지원의 필요성	26
3. 사업추진의 시급성	30
제2장 국내외 동향 및 환경 분석	35
제1절 국내외 정책 동향	35
1. 글로벌 플랜트 정책 트렌드	35
2. 국내 상위 종합계획	38
3. 국내 정책 동향	69
4. 국외 정책 동향	71
5. 주요 시사점	79
제2절 국내외 시장 현황 및 전망	80
1. 플랜트 엔지니어링 산업의 특징	80
2. 국내 시장 현황 및 전망	83
3. 국외 시장 현황 및 전망	94
4. 주요 시사점	99
제3절 국내외 기술 동향 및 분석	100
1. 글로벌 플랜트 기술개발 트렌드	100
2. 국내 기술 동향 및 분석	103
3. 해외 플랜트 O&M 기술개발 사례	110
4. 주요 시사점	117
제4절 연구개발 인프라 분석	118
1. 대학	118
2. 연구기관	123
3. 연구장비	126
4. 테스트베드	132
5. 주요 시사점	140
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	141
제1절 비전 및 목표	141
제2절 핵심요소기술(CTE) 선정	142
1. 핵심기술(과제) 도출 과정	143
2. 실증플랜트(Test Bed) 선정 과정	166
제3절 연구개발과제 구성	169
제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략	170

1. (세부과제 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술	170
2. (세부과제 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술	180
3. (세부과제 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술	191
4. (세부과제 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용	205
제5절 세부과제별 연계관계	218
제6절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	219
제7절 연구수행체계	220
1. 연구추진체계 정립	220
2. 추진체계	221

제4장 사전타당성 검토 223

제1절 논리모형	223
제2절 정책적 타당성 분석	224
1. 정책적 타당성 검토 개요 및 체계	224
2. 정책적 일관성	225
3. 사업 추진상의 위험요인 및 대응방안	239
제3절 기술적 타당성 분석	246
1. 기술적 타당성 검토 개요 및 체계	246
2. 기술개발 성공가능성	247
3. 기존 사업과의 중복성	252
제4절 경제적 타당성 분석	259
1. 경제적 타당성 검토 개요	259
2. 비용편익분석 전제조건	264
3. 편익추정	269

제5장 소요예산 산정 275

제1절 인력투입 계획	275
1. 전체사업 인력투입계획	275
2. 세부과제별 인력투입계획	276
제2절 소요예산 산정	280
1. 예산 산정 방법	280
2. 전체사업 소요예산	281
3. 세부과제별 소요예산	283

제1장 연구개요 및 필요성

제1절 연구개요

1. 추진연구 개요

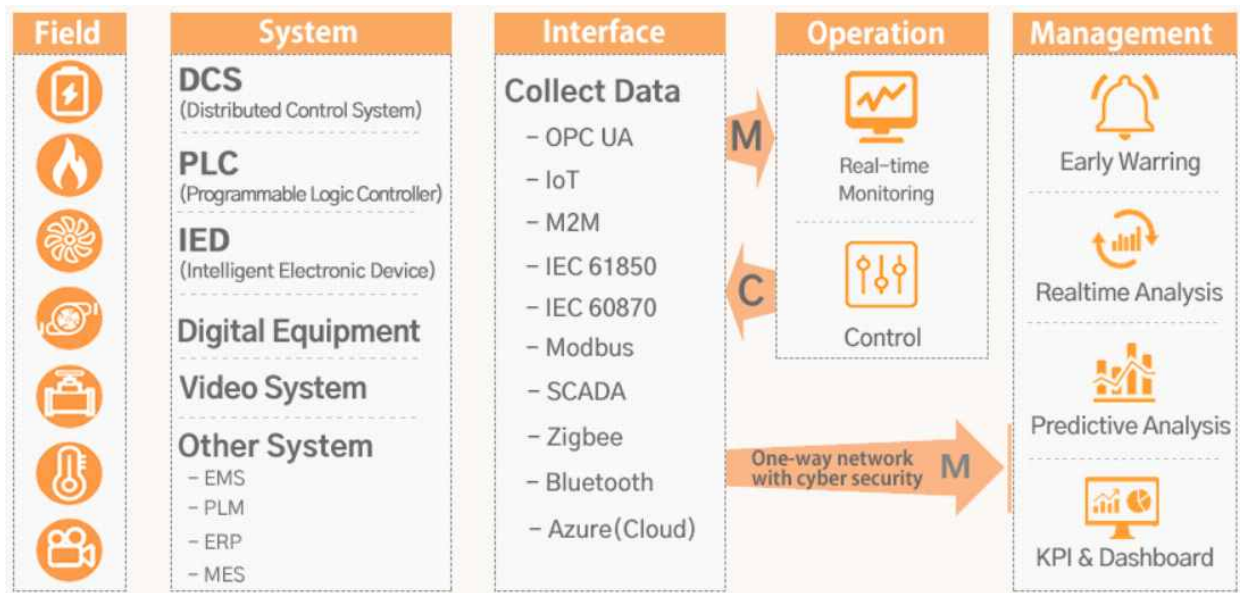
- (사업명) 지능정보연계 기반 운영·유지관리 고도화를 위한 스마트 플랜트 건설기술 개발 기획
- (사업예산) 총 294.3억 원 (국고 206.0억 원, 민자 88.3억 원)
- (사업기간) 2020년 ~ 2023년 (총 4년)
- (사업추진 주체) 국토교통부/국토교통과학기술진흥원
- 사업 목적
 - (비전) ICT기반 플랜트 O&M 고도화 기술 확보로 안전사회 구현 및 플랜트 엔지니어링 고부가가치 신시장 개척
 - (목표) 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
 - Pilot 규모 Test Bed 운용을 통한 실증 및 검증으로 상용화 기반 확보
 - 플랜트 운영의 최적화, 자동화로 대외 플랜트 시장 경쟁력 강화
- 주요 내용
 - (세부과제 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술
 - (세부과제 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술
 - (세부과제 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술
 - (세부과제 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용

2. 기술의 정의 및 범위

2.1 기술의 정의

가. 스마트 플랜트의 정의

- 기존의 플랜트에 ICT기술을 접목하여 실시간으로 발생하는 공정 데이터, 이벤트를 관리하고, 중요한 실시간 데이터에 즉각적인 접근이 가능하도록 하는 인프라 및 프로세스 자동화 플랜트
- 플랜트 유지보수 업무 및 기자재 관리를 자동화하고, 체계적이고 효율적인 데이터 관리를 추진 하며, 이를 기반으로 지식기반 플랜트 서비스 창출
- 플랜트의 전 생애 주기의 통합 디지털 엔지니어링 실현이 가능하게 하며, 이는 비용절감 및 효율증가로 플랜트 산업 이익의 극대화를 실현 가능하게 함

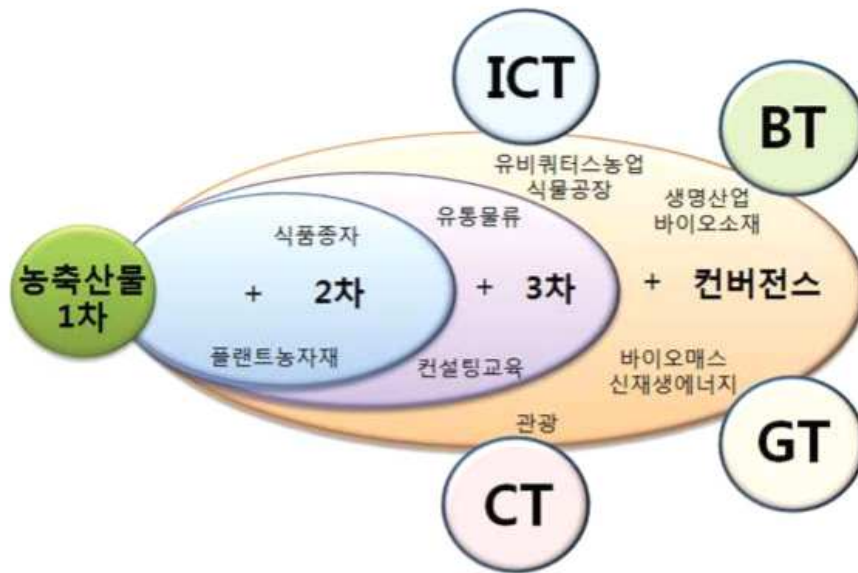


자료 : BNF technology 홈페이지

<그림 1-1> 스마트 플랜트의 기본 개념

(참고) 스마트 농업의 정의

1. 스마트 농업은 기존의 전통적인 농업과 ICT, BT, CT, GT 등 다양한 과학기술과의 융합을 의미하는 개념
2. 농업과 과학기술 융복합화의 동인은 ICT, BT 등 첨단 기술이며, 스마트화를 통해 농업의 범위 확장과 동시에 새로운 부가가치 창출
3. 스마트 농업은 농축산물 및 식품의 생산·유통·소비 전 과정에 걸쳐 신성장동력을 창출하고 농업 가치사슬 전반에 걸친 생산성·효율성·품질향상 등 고부가가치 창출에 기여
4. 스마트 농업은 농촌 인구감소 및 노동력 부족, 농지감소, 기상이변에 따른 각종 재해 빈발 등의 문제를 해결하는 방안으로 중요성 대두



자료 : 「ICT 기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구」, 강원대학교 (2015.11)

<그림 1-2> 스마트농업 개념도

나. 플랜트 건설기술(엔지니어링)의 정의

- 제품 생산 프로세스를 갖는 설비 및 시설에 대하여 기획 단계에서 타당성을 조사하고 기본 설계를 실시하며 수행단계에서 상세설계, 기자재 조달 및 건설을 수행한 후 시운전을 거쳐 소기의 성능 보장 후, 원하는 제품이 생산되도록 하는 일련의 과정
- 플랜트 건설기술은 개발형 프로젝트의 기획에서 수주, 설계하는 엔지니어링(Engineering)과 필요한 자재를 조달(Procurement)하여 시공(Construction)하는 EPC를 포괄하며 최근에는 유지관리 등 서비스 영역까지 확장
- 본 기획의 플랜트 공정상 적용 범위는 플랜트 건설기술 공통기반 기준, ① PP(프로젝트기획) → ② EPC(설계, 조달, 시공) → ③ PM (프로젝트 관리) → ④ O&M(운영 · 유지관리)의 4단계인 O&M(운영 · 유지관리)에 해당

<표 1-1> 플랜트 엔지니어링(공통기반) 업무 범위

구분			내용
엔 지 니 어	PP (프로젝트기획)	시 장 분 석	시장조사, 시장예측, 경쟁분석
		기 술 분 석	기술조사, 기술예측

<표 1-1> 플랜트 엔지니어링(공통기반) 업무 범위

구분			내용
링 공 통 기 반			투자타당성 분석
			비용산정, 기술-경제성 분석, 경제성 분석 재무 분석, 환경영향 분석, 운전/유지보수 분석
	EPC	E(설계)	설계/해석
			개념설계 : Conceptual Design Package
			기본설계 : Basic Design Package(BDP)
			FEED: FEED Package
			상세설계(3D, 4D, 5D), 시공서, 시공성 분석
			공정해석, 정적해석, 동적해석, 시뮬레이션
			RAM 분석, 위험 분석, 안전성 분석
		P(조달)	조달
		C(시공)	시공
	PM (프로젝트 관리)		관리
링 공 통 기 반	O&M (운영 관리)		운영
			유지보수
			해체
			운전, 관제, HSE 유지보수, 공정감시 해체

자료 : 「KEIT PD ISSUE REPORT VOL. 18-4」, KEIT (2018)

○ 플랜트 건설 분야는 일반적으로 발전, 수자원, Oil·Gas, 해양, 환경, 엔지니어링 등으로 분류

- 본 기획과제는 플랜트 분류 기준으로 발전, 오일·가스 플랜트 및 엔지니어링 공통기반에 적용을 목적으로 하고 있음

<표 1-2> 플랜트 공종별 정의

구분	정의
발전 플랜트	- 중유, 가스, 석탄, 우라늄 등을 원료로 하여 전기에너지를 생산하는 플랜트 - 태양열, 지열, 바람, 생물유기체 등을 포함하는 신재생 에너지 플랜트 포함
수자원 플랜트	- 수처리, 소각로, 위험물·폐기물 처리, 공해방지시설, 온실가스 제거, 탈황·탈질 시설, 담수화 장비 등 환경 및 담수관련 플랜트
오일·가스 플랜트	- 유전·가스전 개발, 액체원료 및 연료 전환, LNG·LPG, GTL, GTH 등의 채굴, 개발, 수송, 보급과 관련한 설비
해양 플랜트	- 해양의 석유, 가스 등의 자원을 시추하거나 생산된 에너지 자원을 저장, 처리, 하역하는 해상플랫폼 및 해저 설비
환경 플랜트	- 대기오염 정화, 하·폐수 처리, 폐기물 무해화 및 자원화를 포함한 환경 관련 플랜트
엔지니어링 공통 기반	- 연구·기획, 타당성조사, 개념·기본설계(FEED), 상세설계, 구매·조달, 시공, 감리, 유지·보수 등에 공통적으로 적용되는 엔지니어링 기술

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019(플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

다. 지능정보연계의 정의

- 인간의 고차원적 정보처리 활동(인지·학습·추론)을 연구하여 이를 ICT를 통해 구현하는 기반기술로 인공지능(AI)에 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(BigData), 모바일(Mobile) 등으로 대표하는 ‘정보’가 결합한 형태를 말하며, 사회 각 분야의 다양한 정보를 축적·분석·활용하는 과정(ICBM)을 지능화하는 기술



자료 : 미래창조과학부

<그림 1-3> 지능정보기술의 정의

- 플랜트에 지능정보기술을 연계함으로써 일정 및 비용의 사전 확인, 실시간 데이터를 이용한 빠른 의사결정 및 변경, 통합 설계 및 사전 시뮬레이션을 통한 재작업 비용 최소화, 지식 재활용을 가능하게 하여 기간 단축 및 비용 절감
- 본 기획과제는 플랜트 + ICT 연계 분야 기준으로, 실시간 운전 모니터링, 설비 관리/유지/보수, 공정 예지 진단, 운전 최적화를 목적으로 함

<표 1-3> 플랜트 + ICT 기술 연계 요소 기술

요소 기술	실시간 운전 모니터링	설비 관리/유지/보수	공정 예지 진단	운전 최적화
3D Digital Twin of Plant	●	●	●	●
Real Time Operation Data	●	●	●	
Sensors	●	●	●	
IoT	●	●	●	●
Cloud System	●	●	●	●

<표 1-3> 플랜트 + ICT 기술 연계 요소 기술

요소 기술	실시간 운전 모니터링	설비 관리/유지/보수	공정 예지 진단	운전 최적화
Process Operation Database		●		
Data Analytics		●	●	
Operation Diagnostics Algorithm		●		
Alarm		●		
Problem Solution Provider		●		
Historical Operation Database			●	●
Maintenance Manual			●	
Historical Maintenance Database			●	
Operation Failure Detection Algorithm			●	
Maintenance Recommendation			●	
Process Simulation				●
Data Mapping Between process simulator and digital twin				●

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, NICE (2018)

2.2 기술의 범위

□ 국내 플랜트 운영사 및 EPC사의 숙련된 경험과 지식을 지식자산화 한 O&M 지식베이스와 디지털 트윈을 기반으로 최적운전과 고장진단 및 해결을 위한 의사결정 지원 시스템 기술 개발

○ 3D기반 플랜트 가상화 기술 개발

- 플랜트 건설 정보(설계 및 기자재 정보)를 기초로 각종 운영 센서 정보를 융합하여 생성된 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로 가상화·시뮬레이션 기술을 적용하여 공정 최적화, 설비 상태진단, 및 유지보수 최적화를 함으로써 O&M 업무를 고도화하는 기술 개발

○ IoT/빅데이터 기반 플랜트 공정 최적화 및 예지 진단 기술 개발

- 공정설비 영역을 중심으로 초고속 통신 단말기 및 사물인터넷(IoT)을 이용하여 공장 내 모든 상황을 한 눈에 모니터링하고 데이터 기반의 의사결정이 가능한 기술 개발
- 공정설비의 이상징후 및 고장의 횟수 등 설비의 수명을 조건별 빅데이터화 이를 알고리즘화하여 AI 기반 예측 기술을 개발

○ IoT/빅데이터 기반 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술

- 기존의 플랜트의 전사 자원관리 시스템(ERP) 및 DCS/PLC와의 연계와 IoT 센서 및 대상 플랜트의 위험성 평가를 통합하여 실시간 플랜트의 위험도를 측정하고 이를 플랜트 관리자 및 운전원에게 실시간 전송하여 현 시점에서의 위험도에 대한 정보를 알려주는 스마트 안전 시스템 개발
- VR(Virtual Reality) 기술을 기반으로 출입자 안전교육, 추락/질식/화재 기본 안전 수칙 및 사고 훈련 대피 등 전반적인 HSE를 가상으로 교육 및 훈련이 가능한 플랫폼 개발
- 플랜트 구조물의 상태를 실시간으로 통합 감지하여 수집하고 상태 예측 모델을 기반으로 구조물의 부분적 상태 뿐 아니라 종합적인 건전도 평가를 수행하여 수명을 예측하고 사전에 통보하는 지능형 시스템 개발

○ 실증 Test Bed 운영을 통한 실증 Data 축적 및 활용 DB 시스템 구축

- Test Bed 주요 설비 운전 및 유지보수 이력 관리 기술과 지능정보 연계 기술 적용을 위한 Operation Information System 연계 기술을 개발하고 실증을 위한 Test Bed 운영을 통해 실데이터 DB 축적 및 제공 기술 개발

제2절 연구배경 및 필요성

1. 연구 추진배경

1.1 다양한 안전사고의 예방

◆ 플랜트의 안전사고에 대비한 지능형 무인 감시·진단 기술 개발로 복지·안전사회 구현

□ (배경) 플랜트 안전관리의 중요성 대두

○ (시설물 안전의 중요성) 시설물 안전 확보는 복지·안전사회 구현을 위한 필수적 수단

- 삶의 질 향상 및 행복한 사회의 전제 조건은 국민의 안전
- 플랜트 엔지니어링 기술의 발달로 발전, 정유 등의 플랜트 규모는 점차 대형·복잡화되는 추세이며, 재난·노후화 등으로 인한 플랜트 사고시 인명피해, 환경오염, 재산손실 등 국가·사회적으로 엄청난 피해 초래

○ (국내외 플랜트 안전 사고 증가) 해외 주요 플랜트 시설의 안전사고로 인한 대규모 환경오염, 인명사고 문제가 부각됨에 따라, 엔지니어링 측면의 안전문제, 환경에 미치는 영향 등 이슈화

- 플랜트는 대규모의 종합설비로서, 후쿠시마 원전사고('11), 보하이만 원유 유출 사고('11), 멕시코만 원유 유출 사고('10)와 같이 사고발생시 대형의 인명피해, 환경오염, 재산 손실을 초래하므로 안전 기술의 중요성 대두



<그림 1-4> 후쿠시마 원전사고와 보하이만 원유 유출 사고

- 국내에서는 최근 포항·경주 지진, 집중호우 등 자연재난의 위험성이 증대되고 각종 시설물 유지관리 실패로 안전사고 사례 증가

(참고) 시설물 유지관리 실패로 인한 국내 안전사고 사례

1. S-oil 탱크 원유 유출 사고

- (사고 경위 및 규모) 원유 57만배럴을 수용할 수 있는 저장탱크 아래 쪽에 설치된 믹서기의 파손으로 15만 3,000배럴의 기름이 흘러나온 사고(2014년 여수 GS칼텍스 기름 유출 사고의 약 30배)
- (2차 피해 가능성) 사고가 난 온산공단은 여의도 면적 7배의 석유화학공단으로 대형화재와 연쇄 폭발사고 등 2차 피해 사고 가능성이 높은 지역
- (시사점) 지금까지 대부분 기름 유출사고는 선박의 충돌 등으로 발생하였으나, 이번 사고는 플랜트 시설의 유지관리 부실에 의한 사고로 플랜트 유지관리의 중요성을 인식시켜주는 사고

2. 송유관공사 저유소 풍등 화재사고

- (사고 경위 및 규모) 외국인노동자가 날린 1,000원짜리 풍등의 작은 불씨로 인하여 송유관공사 고양 저유소에 화재가 발생, 약 43억원의 피해액 발생
- (사고 대응 미흡점) 대한송유관공사는 화재 발생 후 약 18분 동안 화재를 인지하지 못했으며, 45대의 CCTV가 설치되어 있었지만, 당일 당직자 4명 가운데 모니터링만을 전담하는 인력은 없었으며, 저장소 주변 탱크 외부에 화재 감지 센서 장치도 설치되었지 않았던 상황
- (시사점) 지능정보연계 모니터링 및 설비 안전 기술의 필요성이 증가



<그림 1-5> 고양 송유관공사 저유소 화재 사고

□ (해결방안) 실시간 모니터링 기술, IoT/빅데이터 기반 공정·설비 이상 감지 및 예측 기술 개발로 다양한 사고 시나리오에 선제적 대응 가능

○ 일본은 ‘국토 그랜드 디자인’을 통해 초고령 사회 및 인구감소에 대비하며, 기후 변화로 인한 자연재해 대응력 강화를 위한 정책을 수립

- 특히, 기후변화 및 자연재해를 방지하고 발생피해를 최소화하기 위해 정보통신기술을 적용한 재해의 사전 감지, 모니터링 및 관측 연구 체제 강화

- 무인 감시 및 진단, 이상 상황 감지 및 예측 알고리즘 개발로 다양한 사고 시나리오 (누출 및 누수, 폭발, 화재, 쓰나미, 지진, 홍수, 토네이도, 번개, 태풍 등)에 대해 인명, 환경, 자산의 피해를 최소화하고, 대규모 인명 사고나 환경오염 같은 국가·사회적 문제에 대처 가능
- 공정 및 설비의 이상징후 및 고장의 횟수 등 다양한 고장의 원인을 빅데이터화한 후 AI를 활용하여 예측 알고리즘 개발로 실시간 위험도를 측정 및 분석하고 선제적 대응 가능
- VR기반 체감형 작업자 안전수칙 교육 및 대규모 사고 대피 훈련 프로그램을 개발하여 작업자 안전사고 발생률 감소 가능

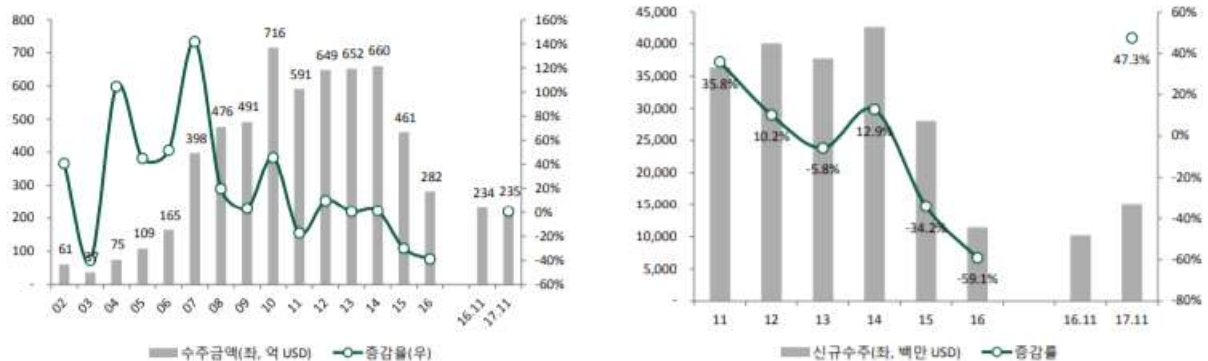
1.2 해외건설 시장 대외 경쟁력 강화

◆ 저조한 해외 플랜트 수주 현황 극복을 위해 지능정보연계 O&M 기술 개발로 고부가가치 신시장 창출 및 엔지니어링 경쟁력 강화

□ (배경) 해외건설 시장 경쟁력 강화 요구 증가

○ (저조한 해외건설 수주 지속) 해외건설 수주는 유가상승에 따른 중동발주 증가 등으로 전년대비 개선될 것으로 보이나, 기업간 수주경쟁이 치열해 낙관하기 어려운 상황

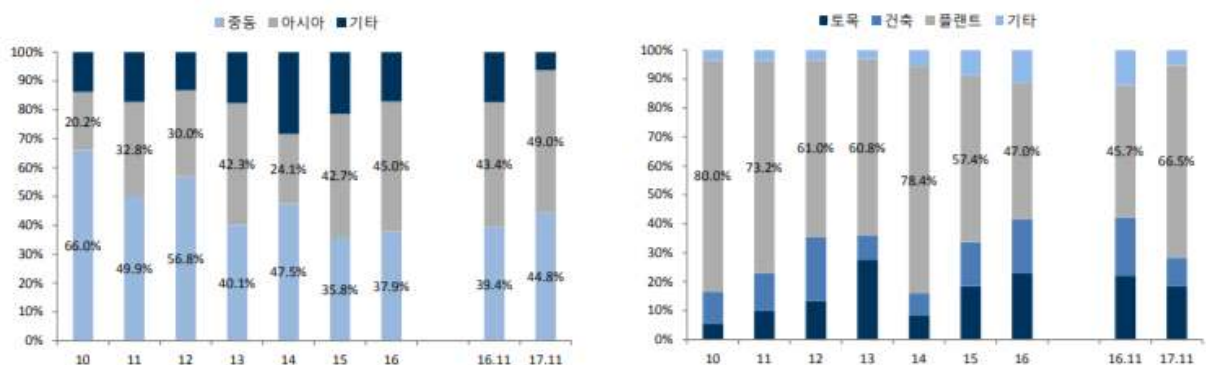
- 국내 건설기업들은 해외사업에서 대규모 적자로 적극적 해외수주에 나서고 있지 못한 상황



자료 : 「Industry Credit Outlook - 2018년 산업전망(해외건설)」, 한국기업평가 (2017.12)

※ 주요 8개사 : 현대건설, 현대엔지니어링, 포스코건설, 대림산업, 지에스건설, 대우건설, 에스케이건설, 한화건설

<그림 1-6> 해외수주 추이, 증감 및 주요 8개사 해외 신규수주 추이



자료 : 「Industry Credit Outlook - 2018년 산업전망(해외건설)」, 한국기업평가 (2017.12)

<그림 1-7> 지역별 및 공종별 수주 추이

- (지역별) 2015년 이후 아시아 지역 발주량이 증가하여, 베트남 이외에 싱가포르, 말레이시아, 중국, 인도네시아 등에 대한 수주활동이 활발히 진행된 결과 꾸준히 수주량이 증가하였으나, 중동지역은 수주가 활발하게

진행되었던 2010년대 초반과 비교하여 30% 수준으로 대폭 감소

- (공종별) 대형 공사 수주 여부에 따른 연도별 편차가 있기는 하지만 플랜트에 대한 집중도가 여전히 높은 수준이며 그 중에서도 에너지 · 발전 플랜트에 수주 집중

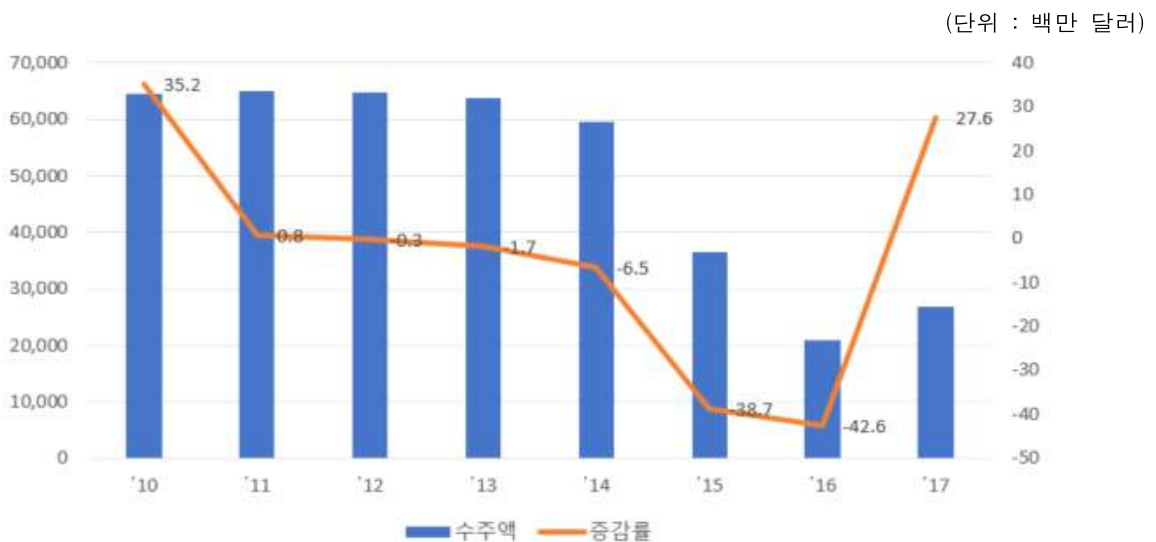
<표 1-4> 플랜트 종류별 수주 비율 현황

항목	Oil&GAS	해 양	정 유	석유화학	발 전	담 수
수주 비중	26.8%	11.3%	33.3%	5.7%	13.0%	3.6%

자료 : 「세계 건설시장 동향 및 시사점」, 한국수출입은행 (2015.5)

- (해외 플랜트 수주 현황) 국내업체 해외 플랜트 수주는 2014년 이후 큰 폭으로 감소하여 지지부진한 상황

- '16년 해외 플랜트 수주액은 20,930백만 달러로 '15년(36,468백만 달러) 대비 42.6% 감소

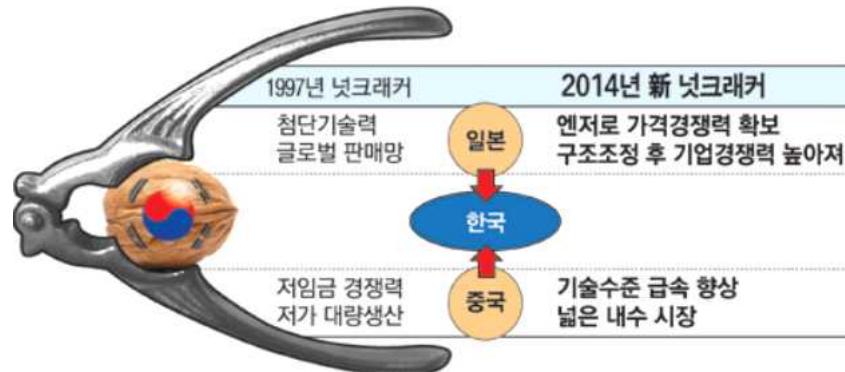


자료 : 플랜트산업협회

<그림 1-8> 국내 플랜트 산업의 수주액 증가 추이

- (新 Nut Cracker 현상) 핵심기술을 보유한 선진국의 견제, 가격경쟁력을 앞세운 후발 국가의 추격으로 경쟁여건 악화
- 2015년의 국제 원유가격 폭락과 이후 저유가 기조 지속으로 중동 산유국을 위시한 주요국들의 석유화학 플랜트 신규발주가 대폭 연기 및 취소되면서 국내외 플랜트 건설경기 침체가 장기화 되고, 이에 따라 해외시장 의존도가 큰 국내 플랜트엔지니어링 기업들의 해외 공사 수주 대폭 감소

- 중국·인도 등 주요 신흥국들은 자체의 거대 국내시장과 저임금을 배경으로 자국 플랜트엔지니어링 산업을 육성하는 한편, 고급 엔지니어링 기술의 개발 지원을 통해 기술경쟁력 향상 도모
- 반면 세계시장을 주도하고 있는 선진국 엔지니어링 전문기업들은 기본설계를 중심으로 인증 및 지식재산권을 선점, 무기화함으로써 진입장벽을 높여 갈수록 격차 확대



자료 : '환란後 17년...新,넛크래커에 낀 한국기업', 매일경제 (2014.11.24)

<그림 1-9> 국내 플랜트엔지니어링 산업 경쟁 상황

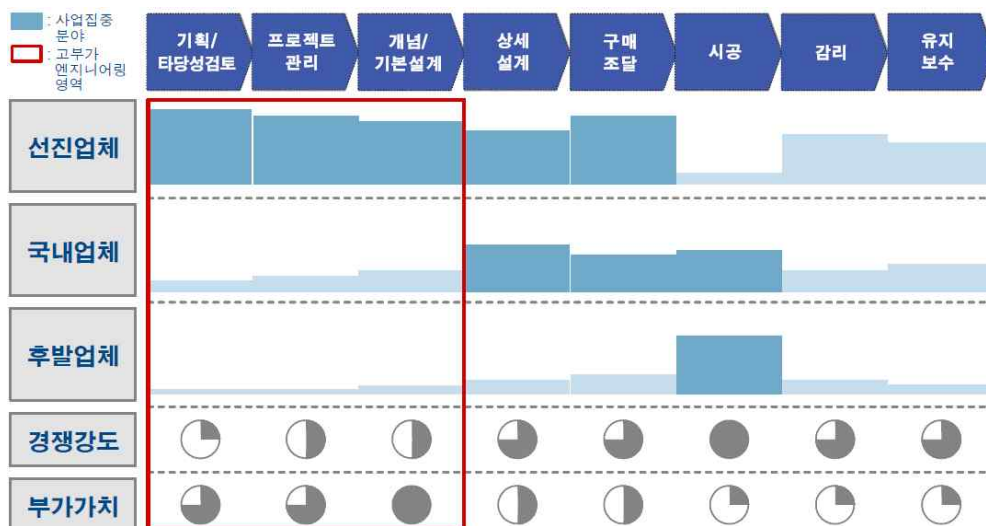
- (고부가가치 기술역량 부족) 국내 엔지니어링 업체들은 부가가치가 높은 PMC 부분은 배제하고 부가가치가 낮은 EPC 분야에만 집중

<표 1-5> 플랜트 엔지니어링 분야별 선진국 대비 국내 기술수준

(단위 : %)

분야	PMC·FEED	상세설계	기자재	시공·관리
기술수준	75	92	75	95

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)



<그림 1-10> 플랜트 프로젝트 수행시 국내·외 기업의 주요 사업 영역 비교

- PMC 역량이 미흡하고 공사비, 공기 등에 대한 예측 부족으로 해외 플랜트 현장에서 DLP 지급 등 수익성 악화
- 국내 플랜트엔지니어링 기업들은 시장 환경변화에 대응하여 개념설계, 기본설계, FEED 등 고부가가치 영역의 기반기술 역량 확보를 위해 노력하기보다 이러한 기반기술은 외국 전문기업들의 라이선스에 의존하여, 프로젝트 소요 예산중에서 차지하는 비중 증가
- FEED 영역에 대한 기술 부족으로 EPC turnkey(일괄 수주) 방식 참여를 기피하고 시공 위주의 사업 수주에 주력
- 시공사의 부가가치가 낮은 상세설계 및 시공 부문에 치중하여 외형만 키워온 결과, 후발 신흥국의 추격에 따른 경쟁 심화와 저가 수주로 수익성 악화
- 플랜트 엔지니어링 산업은 고부가가치 기술의 부족으로 수출에 의한 외화가득률이 약 30%이며, 자동차(70%), 조선(68%) 등에 비해서 상당히 낮은 수준
- EPC에 집중된 시공위주 수주에서 벗어나 운영관리 등 전주기적 기술 경쟁력 확보 및 생산성 확보·안전운영 등 다변화되는 해외진출 수요 반영한 체계적인 정보 및 전문기술 구축 필요

○ (비우호적인 건설업 전망) 제한적인 수준의 유가 상승, GCC 주요국의 재정적자 지속에 따른 발주 부진, 중동지역 정세 불안, 유럽업체들의 공격적인 수주로 사업환경 전망은 비우호적

- 해외부문 실적 부진을 국내 주택부문이 상쇄하면서 해외건설 영위 건설업체들의 실적이 유지되고 있으나 정부 SOC 예산이 큰 폭으로 감소할 예정이며, 민간 수주 부분도 감소할 가능성이 높아지고 있음

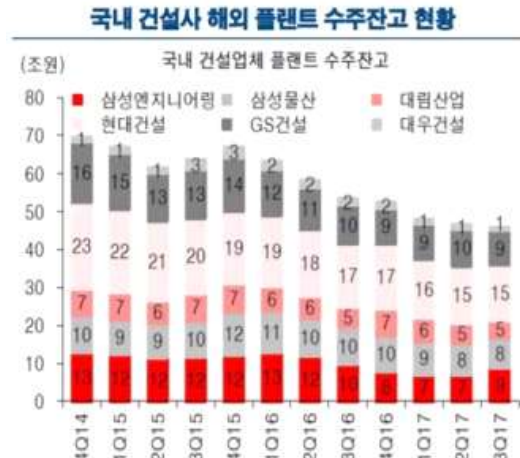
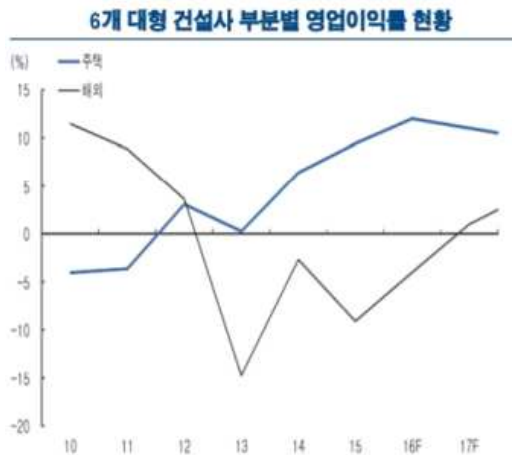
<표 1-6> SOC 분야 재정투입 전망

(단위 : %)

년도	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR ('16~'20)
SOC	23.7	21.8	20.3	19.3	18.5	-6%

자료 : 「2016~2020년 국가재정운용계획」, (2016)

- 그 외에도 정부의 탈원전 정책으로 해외 원전 수주 경쟁력 감소 우려



자료 : 「'18년 해외 건설시장 전망 및 대응 전략」, KOTRA (2017.12)

<그림 1-11> 국내 6개 대형 건설사 부분별 영업이익률 및 플랜트 업체 수주잔고

□ (해결방안) 스마트 플랜트 건설기술 개발로 고부가가치 신시장 창출 및 플랜트 엔지니어링 대외 경쟁력 강화

○ (해외 O&M 시장 전망) 세계적으로 노후화 시설물의 증가와 시설물 안전에 대한 수요가 증가하면서 미래 건설산업은 신규공급 보다는 기존 시설물의 유지·보수 시장 중심으로 재편이 예상

<표 1-7> 건설·플랜트 개보수·현대화 연도별 세계 시장규모 전망

(단위 : 억 달러)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
세계시장	15,300	15,810	16,680	17,660	18,780

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

- 대형 안전 재해사고에 따른 관심으로 에너지·발전 플랜트를 중심으로 O&M 시장의 확대 전망

<표 1-8> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망

(단위 : 억 달러)

설비별	2016년	2017년	2018년	2019년~2020년
화공 플랜트	LNG	170	430	1,050
	Oil&Gas	170	280	230
	정유	260	450	750
	화학	430	380	880
	파이프라인	210	220	220
	해양	130	340	380
	합계	1,370	2,100	3,500
발전플랜트	680	700	730	1,070
총계	2,050	2,800	4,230	9,370

자료 : 「산업분석 In-depth 건설」, 한국투자증권 (2018.5)

- 국내 O&M 시장은 사회 인프라 설비, 생산 주요 설비, 플랜트 시설 등을 중심으로 관련업체 증가
- 기존의 설비관리 시스템 시장영역에서 플랜트 산업 시장의 활황과 더불어 시장규모 확대 예상

<표 1-9> 국내 시설물 점검·진단 연도별 시장규모

(단위 : 억 원)

년도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17.11
시장규모	1,158	1,306	1,366	1,660	1,920	2,179	1,378
증감률		17.9%	4.6%	21.5%	15.7%	13.5%	-36.8%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

<표 1-10> 국내 시설물 보수·보강 연도별 시장규모

(단위 : 억 원)

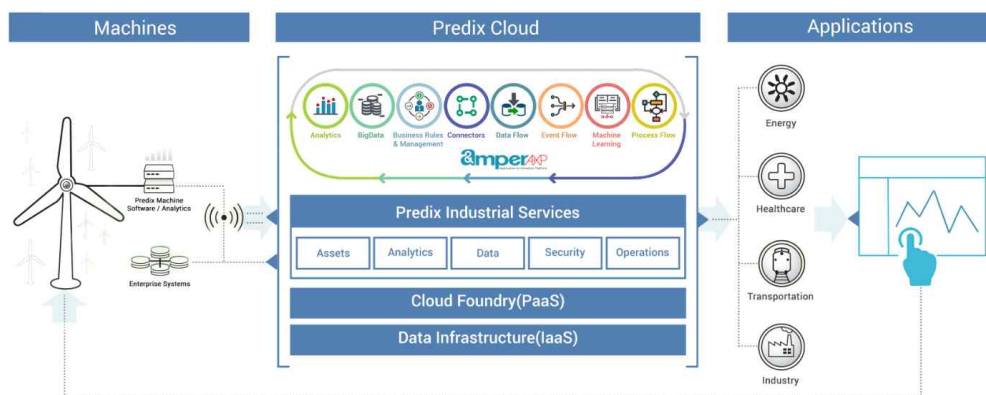
년도	'11	'12	'13	'14	'15
시장규모	29,188	30,159	31,146	29,190	36,153
증감률		3.3%	3.3%	-6.4%	23.9%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

- 최근 개발제품을 출시한 선진 기업들의 공통점은 자사의 엔지니어링 기술 및 데이터와 실시간 모니터링 기술을 융합한 설비 예지보전 및 자산관리로 새로운 비즈니스 창출
- GE는 Predix를 통해 라이선스 및 서비스 매출을 2016년 60억 달러에서 2020년 까지 연매출 150억 달러 예상

(참고) GE의 Predix

- 운영체제, 클라우드, 빅데이터, 분석 SW 등을 종합 지원하는 개방형 산업 인터넷 기반 플랫폼 서비스 솔루션으로, 발전 플랜트의 소재/부품/설비 /시스템을 포함한 GE의 발전 플랜트 전주기 현장 데이터 정보, 데이터 활용/분석 툴 및 서비스 제공
- IoT기반 산업 인터넷 빅데이터 클라우드 플랫폼으로 플랜트 O&M 과정에서 생성된 각종 정보 취합, 처리·저장 및 분석을 지원



<그림 1-12> GE의 Predix

○ **(고부가가치 시장 창출)** 비용절감 및 효율증가로 이익의 극대화 실현을 통한 수익 구조 개선 (Operation & Maintenance → Optimization & Maximization)

- 전통적 O&M 방식인 공정운영환경과 단절된 설비의 단순 운영 및 유지보수로부터, 지능형 디지털 엔지니어링 기술의 적용을 통한 실시간/축적 데이터 모니터링 분석을 통한 예지 기반의 공정시스템 최적설계 및 최적 운영 등 전주기 통합 디지털 엔지니어링으로 변화
- 실시간 무인 감시 및 진단 기술을 통한 인건비 절감 가능
- 공정의 최적 운전을 통한 재료비 절감 가능
- 설비/구조물의 효율적 점검으로 불필요한 시설 점검비 절감 가능

○ **(엔지니어링 대외 경쟁력 강화)** 주요 플랜트 설비의 운영 및 유지관리 고도화로 안전성을 확보하여 플랜트 시장 경쟁력 확보

<표 1-11> 플랜트 O&M 분야 기술 변화 동향

As-is (단순 기자재 운영/유지보수)	To-be (예지 기반 시스템 운영최적화 및 성능 극대화)
- 인력과 개인경험에 의존하여 고장 발생시 수리하는 사후관리 중심 - 사내 시설관리팀 또는 외부 용역기업이 담당하는 오프라인기반 저부가가치 서비스 - Operation & Maintenance	- 실시간 감시, 진단 및 운전 빅데이터 분석을 통한 시스템적이고 예측 가능한 기계 및 플랜트 운영 관리 - 실시간 장비 진단, 고장예측, 그리고 최적운전을 지원하는 IoT기반 고부가가치 전문 서비스 - Optimization & Maximization

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

1.3 Track Record 축적을 통한 국내 기술의 대외 신뢰성 확보

◆ 국내 기술의 신뢰성 부족을 극복하기 위해 기 구축된 Pilot 플랜트를 이용하여 실증 연구 실적(Track Record) 확보로 상용화 기반 구축

□ (배경) 개발된 기술의 신뢰성 부족으로 인한 수주 저조의 상호 악순환

○ (사업화 R&D 지원 부족) 정부 기술개발 지원의 실증·사업화로의 연계 부족

- 엔지니어링 분야 국가 R&D 테마 도출 시 사업화를 위한 전략적 사고 부족으로 사업화 미진
- 예산 부족으로 소규모 기자재 중심 R&D 과제를 추구한 결과 파급효과 미흡
- 개발 성과에 대한 검증 및 인증 체계 미비로 사업화 부진
- 사업화에 필요한 Track Record 확보 전략의 부재로 개발결과 사장
- 단기 성과창출 지향형 BM 추구로 기업들의 중장기 기술개발 및 실증사업 참여 저조

○ (플랜트 산업의 보수성) 플랜트 산업이 가진 보수성으로 인하여 대부분 개발 기술은 원천기술 단계

- 지능정보 기술 활용을 위한 인프라로서의 데이터 공유 및 협조 의식 부족
- 개별 엔지니어 역량 의존형 설계 및 프로젝트 수행 문화로 경험지식의 전수 제한 및 지식베이스기반 설계 자동화 역량 부족
- 글로벌 R&D 협력에 대한 이해와 기업의 의지 부족으로 최신 기술도입 부진

○ (국내 기업의 경력 부족) 짧은 역사, 국내기업에 대한 신뢰성 부족으로 외국기업 선호

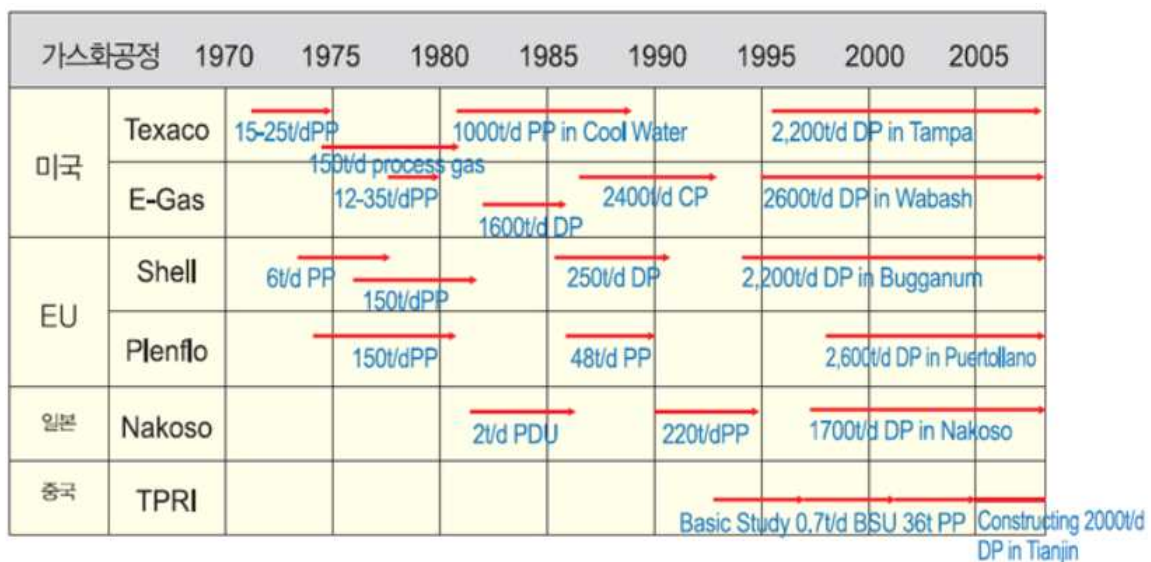
- 국내 엔지니어링 시장규모가 협소한 가운데 시장을 선점한 외산 설계 및 해석 등 주요 기반 솔루션에의 의존성 심화로 관련 연구개발 성과의 사업화 미진
- 시장 접근성과 기술 및 영업역량이 우월한 대기업들의 국가 R&D 참여가 저조한 가운데 중소기업 중심의 연구개발 진행으로 사업화 성과 미진

□ (해결 방안) 현재 국가 플랜트 연구사업으로 진행중인 Pilot 플랜트를 적극 활용하여 Track Record 확보로 사업화 연계 추진 가능

○ 주요 선진국들은 실증 플랜트 건설·운영을 통해 차세대 발전 기술 분야의 수출 전략 산업으로 육성 중

- 해외에서는 막대한 정부 지원을 바탕으로 실증 플랜트를 건설 및 운전하는 프로젝트를 진행

- 단계별 기술개발용 플랜트를 운용하여 기술개발 수준별 적용



<그림 1-13> 해외 석탄 가스화 플랜트 분야 단계별 기술개발용 Test Bed 현황

○ Test bed 실증 과정을 통한 데이터 수집 및 분석을 통하여 빅데이터 구축과 병행한 스마트 플랜트 상용화 기반 구축 필요

- 스마트 O&M 기술의 성능검증 및 활용경험 획득을 위하여 주요 플랜트 대상의 실증 프로젝트 지원 필요

- 향후 수요가 많은 플랜트 공정을 대상으로 한 실증 테스트베드 운용으로 경제성 확보

○ 국토부 플랜트 연구 과제로 진행중이거나, 진행된 실증 플랜트를 선정하여 실증 연구 실적 확보 가능

<표 1-12> 국토부 플랜트 연구사업 파일럿 플랜트 이용 과제 현황

순번	구분	총괄 과제명 (주관기관)	실증 기간	실증 시설명	종료후 활용 계획	실증기술 및 기타 관련내용
1	실증 플랜트	LNG 플랜트 시스템엔지니어링 기술 개발 (한국가스공사)	'11.05 ~ '17.12	Train-1/ Train-2	계속 활용	- 천연가스 신액화공정(KSMR), 천연가 스액화플랜트EPC(설계,구매,건설)기술, LNG플랜트 열교환기 등 실증
2	실증 플랜트	동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 (한양대학교 산학협력단)	'17.03 ~ '18.10	동토지역 자원이송망 실증플랜트	계속 활용	- 영구동토 매설관 최적설계 위한 지 반 평가 및 거동 평가 - X70급 파이프 성능평가/자동용접장 치(원주용접) 적용성 - 부식 모니터링/방식시스템 검증 - 파이프라인 성능평가를 위한 계측시 스템 성능평가
3	실증 플랜트	오일샌드 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용기술 개발 성진이앤티 주식회사)	'17.06 ~ '19.12	오일샌드 파일럿 모듈화 플랜트	계속 활용	- 오일샌드 SAGD CPF 모듈화 플랜트실 증(300bpd규모)
4	플랫 폼	플랜트 건설 동시병행 협업 기술 및 플랫폼 개발 (한국과학기술원)	'19.06 ~ '19.12	플랜트 건설 동시병행 협업 플랫폼	계속 활용	- 모듈화 플랜트 동시병행 협업 플랫폼을 구축하여 플랜트 설계 자동화 구현
5	실증 플랜트	도시자원 순환형 복합 플랜트 건설기술 개발 (고등기술 연구원)	'19.05 ~ '20.05	도시자원 순환형 복합 플랜트	계속 활용	- 20,000만 인구 기준 복합 플랜트 핵심 기술 개발 및 파일럿 플랜트 평가
6	시스 템 개발 및 구축	햅틱기반 플랜트 안전훈련시스템 기술 개발 (고등기술 연구원)	'14.11 ~ '19.03	플랜트 안전 훈련 시스템	계속 활용	- 가상현실 기반의 대상 플랜트(도시가스 정압기,석유화학플랜트)안전훈련 시스 템 구축 - 플랜트 관련 기관대상 활용 및 홍보 용으로 계속활용 예정

※ 2018년 6월 기준

* 기획중 물관리 일원화로 담수화 플랜트 환경부 이관

1.4 4차 산업혁명으로 인한 환경변화에 능동적 대응

◆ 4차 산업혁명으로 인한 세계적인 메가트렌드 변화에 선제적으로 대응하기 위해 플랜트 기술과 ICT의 융복합화 필요

□ (배경) 제4차 산업혁명에 따른 유지관리 분야의 새로운 요구와 환경 변화에 대응하여 경쟁력 향상 필요

○ (4차 산업혁명 시대 변화) 4차 산업혁명은 시설물 자체의 안전·유지관리 기술의 변화를 요구

- 초연결, 초지능화, 무인화·자동화, 수요자 중심 특성을 지닌 4차 산업혁명 기술의 시설물 산업과 안전 및 유지관리 업무 접목 요구 증가
- 4차 산업혁명 기술인 IoT, 드론, 인공지능(AI), 로봇 등의 기술과 전통적 기술을 접목한 복합문제 해결역량의 기술자 수요 증대
- 4차 산업혁명 기술을 활용한 안전·유지관리 고도화를 추진하는 선진국과 같이 기술혁신 생태계 조성, 첨단 R&D 추진 필요

○ (첨단산업과의 융복합화) 건설, 조선, 기계, 에너지 등 국내 전통산업이 혼합된 주력 기간산업인 플랜트 엔지니어링 산업은 첨단 융합산업과 접목하는 추세

- 플랜트 설계, 시공, 유지·보수 및 운용 업무 등의 신속화, 정밀화, 자동화, 지능화와 가용성 증대가 가능
- 플랜트 기자재 개발, 플랜트 건설 및 운용에 ICT 기술을 융합하여 새로운 기술을 창조
- ICT 기반 플랜트 O&M 단계의 주요 관심 사항은 고장방지, 재해/재난 회피, 운전 효율의 향상, 설비 보전의 효율화

○ 각국은 ‘제4차 산업혁명’에 대비하여 활발한 정책개발·추진

- 플랜트 선진국은 앞선 EPC 기술뿐만 아니라 O&M 단계의 고도화된 기술력을 바탕으로 거대 플랜트 O&M 시장을 장악하려고 하는 발빠른 움직임을 보이며 5~10년 사이에 ICT 선진국을 중심으로 급속한 발전 예견

- 미국, 일본과 독일 등의 유럽에서는 여러 형태의 플랜트 엔지니어링 산업에 첨단 ICT를 접목
- 국내 ICT 융합 시장 규모는 크게 증가하고 있으나 고부가가치 창출이 가능한 엔지니어링, 친환경, 에너지 절감, 지능화 부분 등은 선진국에 비해 상대적으로 낮은 수준

<표 1-13> 국가별 4차 산업혁명 대응정책 현황 비교

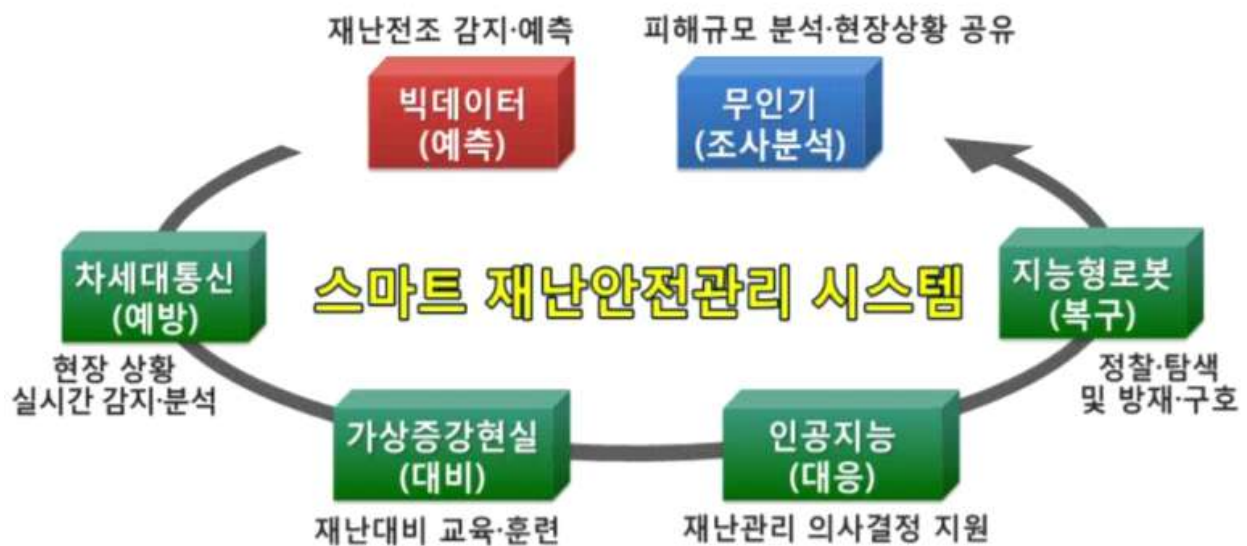
구분	미국	독일	일본	중국
- 주요정책	- NNMI 네트워크 - NITRD - 브레인 이니셔티브	- 하이테크 전략 2020 - 인더스트리 4.0 - 디지털 전략 2025	- 일본 재흥 전략 2015 - 과학기술 이노베이션 - 로봇 신전략	- 中國제조 2025 - 인터넷 플러스
- 핵심기술	- CPS, 빅데이터, IoT, 인공지능, 로봇공학, 클라우드 등			
- 주요 추진 조직	- 정부기관 - 글로벌 제조기업 - 글로벌 IT기업	- 정부기관 - 글로벌 제조기업 - 글로벌 IT기업	- 정부기관 - 글로벌 제조기업	- 정부기관
- 대응방향	- 제조산업 중심으로 4차 산업혁명 정책설계 - 자국 내 글로벌 IT 기업의 적극적 참여 - 민간 중심 대응 전략을 적극적으로 지원	- 제조산업 중심으로 4차 산업혁명 정책설계 - 자동차 등 자국 글로벌 기업 중심 추진 - 국가 차원의 아젠다 제시와 민관 공동대응	- 정부 아젠다 중심의 대응전략 추진 - 기존에 강점을 가진 로봇기술 중심의 전략 수립	- 정부 중심의 강력한 정책 추진 - 제조산업 발전의 주요 수단으로 ICT 활용 - 자국 시장규모를 적극 활용

□ (해결방안) ICT 기술과 플랜트 기술의 융복합화로 변화하는 플랜트 O&M 시장 선도 가능

- 제4차 산업혁명의 경제효과 조기실현 및 극대화를 위해 지능정보연계 기술의 투자 확대 및 지속적인 검토와 조정 필요
 - (고부가가치화) 단순 유지보수에서 기업 및 유지운업을 포함하는 고도의 지식서비스 산업으로 범위를 확장하여, 고부가가치화 추구
 - (융복합화) 미래 플랜트 시장은 기술과 제품의 융·복합화가 빠르게 진행될 것으로, 기능의 융복합화에서 기술 및 에너지원의 복합 등으로 확대 전망
- 플랜트의 특성상 긴 O&M 기간 동안 운영의 효율화를 도모하는 것이 무엇보다 중요하며, 특히, 유지 보수 체계의 첨단화 및 최적화가 상당히 중요

○ 「혁신성장동력 추진계획」에 따르면 지능화 인프라 기술의 개발로 국민체감과 재난·안전 영역 활용 확대 추진

- 빅데이터를 활용한 위험예측 및 위험징후 모니터링, 로봇 및 무인 항공기 등을 활용한 위험지역 대응활동, 가상·증강현실 기반의 재난대비 교육·훈련 등 다양하게 활용 예정
- 재난 예측, 현장상황 감지·분석, 의사결정, 복구의 전 과정을 연계하여 스마트한 재난안전관리 시스템 구축



자료 : 「혁신성장동력 추진계획」

<표 1-14> 스마트 재난안전관리 시스템

2. 정부지원의 필요성

2.1 공공성이 강한 국가의 기간산업

◆ 주요 국가경쟁력 요소로 부각되는 미래 에너지 및 자원개발 사업의 일환이며 국가경제를 주도할 핵심 산업

□ 에너지·발전 플랜트는 공공성이 강한 분야로 국토교통부 중심의 국가연구개발 사업으로 추진 필요

○ 에너지·발전 산업은 고부가가치 산업분야로 지속적인 성장이 예상

- 발전원별로는 석탄, 가스의 지속적 성장, 신재생에너지의 급격한 비중확대, 핵기술 보유국의 경우 고유가와 기후협약 등의 환경 변화 요인 등과 맞물려 원자력 발전소의 지속적인 성장이 전망

- 신재생에너지 분야는 과다한 초기투자로 인한 어려움은 있지만 기존 에너지원과 비교해 가격경쟁력이 확보된다면 급성장할 것으로 전망됨

○ 발전·에너지 설비는 건설 운영 설비 규모가 수천억 원에서 수 조원에 이르고 운전기간이 20년 이상으로 기술의 신뢰도와 경험이 매우 중요

- 기술선진국 일부 업체가 독과점하게 되고 이들 업체의 실적이 쌓이게 됨에 따라 더욱 독과점 체제가 굳어지는 경향

- 진입장벽이 높으나 진입 후 실적만 갖춘다면 국내 중공업과 엔지니어링 실적 강점을 살려 세계적 경쟁력 확보가 가능

○ 발전·에너지 분야는 선진국 대비 기술력에서 열세이며, 중국 등 후발국들에 비해 가격 경쟁력에서 열세인 상황으로 차세대 기술에 대한 연구·개발지원이 필요한 상황

- 환경규제에 대응하는 친환경 발전 설비와 고효율 저탄소 발전 기술 확보 필요

○ 에너지·발전 산업은 공공성이 강한 국가의 기간산업 분야로 국가경쟁력과 직결되므로 정부가 기술개발 및 확산을 주도하여 신산업·신시장 창출 필요

- 주요 국가경쟁력 요소로 부각되는 미래 에너지 및 자원개발 사업의 일환으로 정부의 지원이 필요

2.2 국민의 시설안전 요구 증가

◆ 최근 발생한 크고작은 안전 사고로 국민의 시설안전에 대한 불안감이 증가하여 국민 삶의 질 향상을 위한 시설안전 기술 개발 필요

□ 국민 삶의 질 향상 및 안전사회 구현에 관한 요구는 증가하나, 시설안전망에 관한 국민의 불안감은 증가

○ 한국사회 메가트렌드 중 하나가 안전 위협성으로부터 적극 보호되는 안전사회의 구현이나, 시설안전에 관한 국민 불만족율* 증가

* 시설안전에 관한 국민 불만족율 : '12(21.5%) → '14(51.7%) → '16(34.1%)

○ 「제4차 과학기술기본계획」 국가 인프라 예방적 유지관리 기술을 국가가 실용화 기술을 개발하여 시장에 공급하는 기술공급자 역할 유형으로 정의

- 산업화 속도가 빠르지만 민간의 기술경쟁력이 낮아 공공연구기관 등을 통해 시장진입에 필요한 실용화 기술 개발·공급

- 기업지원을 위한 공공연구기관과 민간의 인력교류 확대

○ 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」 4차 산업혁명에 대응한 혁신성장동력 육성을 목표로 기술융합을 통한 새로운 가치창출 추진

- 시설물 무인 진단 시스템 개발을 통한 건설 지능화 실현 목표

- 플랜트 무인 운영시스템 개발을 통한 고부가가치 건설기술 창출 목표

○ 「제3차 재난안전 기술개발 종합계획」 국민 삶의 질 향상을 위한 재난안전기술 개발 및 환경 조성 목표 설정과 다양한 추진과제 제시

- 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발

- 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발

- 재난안전 융·복합 기술개발

- 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술개발

○ 「제4차 시설물 유지관리 기본계획」 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물

안전·유지관리 고도화 전략 추진

- 시설물 안전·유지관리 연구개발 예산 20% 이상 상향 목표
- 시설 안전에 대한 국민 만족률 10%p 개선 목표
- 종전과 다른 새로운 요구와 환경변화에 대응해야만 효율적 SOC 관리를 통한 경쟁력 향상 및 복지·안전 사회 구현 가능
- 시설물 노후화, SOC 투자 감소, 4차 산업혁명 기술 등 첨단 기술의 개발 및 적용요구 증가 등 시설물 안전 분야에 새로운 요구 대두
- 점차 노후화되고 있는 시설물의 성능개선에 소요되는 막대한 비용 충당을 위해서는 시설물 안전 및 유지관리 산업을 고도화하고 SOC의 사회적 편익을 증진하여 국가경제 활성화에 보탬 필요

2.3 국가주도의 빅데이터 구축 필요

◆ 플랜트 산업의 보수성으로 민간 차원에서 지능정보연계 기술의 기반이되는 빅데이터 추진이 어려우므로 국가 주도로 빅데이터 구축 필요

□ 플랜트 산업의 보수성 및 보안상의 문제로 국가적 차원의 지능정보연계 기술 적용을 위한 빅데이터 기반 구축 필요

○ 4차 산업혁명의 핵심기술(빅데이터, AI)과 플랜트 엔지니어링의 결합을 위해 빅데이터의 구축이 필수적이나 플랜트 산업의 보수성의 문제로 데이터 확보가 어려우므로 국가 주도의 빅데이터 구축 필요

○ 「2018 공공기관 연구개발 투자권고」 기관별 특성에 맞는 빅데이터 구축·활용을 위해 전략과제, 시범과제 및 빅데이터 플랫폼 구축 등 추진

- 빅데이터 중장기 투자계획에 대비하여 빅데이터 구축 실적은 부진한 상황

<표 1-15> 빅데이터 중장기 투자계획 대비 실적

(단위 : 억 원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	합계
총액 (21개)	계 획	53.6	156.4	312.8	230.1	121.9	874.7
	실 적	58.5	95.5	-	-	-	154.0
에너지·자원 (8개)	계 획	28.2	93.6	217.8	95.2	72.8	507.6
	실 적	27.6	55.8	-	-	-	83.4
건설·교통 (12개)	계 획	25.4	61.4	95.0	134.9	49.1	365.8
	실 적	30.9	39.7	-	-	-	70.6
기타 (1개)	계 획	-	1.4	-	-	-	1.4
	실 적	-	-	-	-	-	-

자료 : 「2018 공공기관 연구개발 투자권고(안)」, (2017.11)

3. 사업추진의 시급성

3.1 SOC 노후화 대비

◆ 향후 노후화 SOC가 급증할 것으로 예상되는 반면 SOC 재정 투입은 지속적으로 감소함에 따라 예방·효율적인 SOC의 유지관리 필요

□ (배경) SOC 노후화 진행이 가속화 되고 있는 반면에 SOC 재정 투입은 감소하여 이에따른 효율적 SOC 관리 필요

○ (시설물 유지관리 중요성) 국가 주요자산인 SOC 장수명화와 효율적 활용을 유도하여 미래의 경제적 부담 완화

- SOC는 국민 삶의 질을 결정하는 기초이며, 일자리 창출과 경제 성장의 핵심적인 공공재로서 최소 비용으로 유지관리 효율화 필요

- SOC 유지관리 투자지연은 노후화와 서비스 수준 저하를 유발하여 성능개선, 수명연장을 위한 경제적 부담 증가 초래

○ (SOC 노후화 대비 재정 및 투자 감소) SOC 노후화 진행이 가속화 되고 있는 반면, SOC 재정투입은 점차 감소할 전망

- SOC 시설물 26,930개소('16) 중에서 준공년도 30년 이상 비중이 폭발적 증가

<표 1-16> SOC 시설물 노후화 추세 전망

(단위 : 개, %)

년도		1996	2006	2016	2026	2036
총 시설물	수량	7,518	17,674	26,930	35,120	39,817
30년 이상 노후화 시설물	수량	671	1,267	2,744	7,518	17,674
	비율	8.93%	7.17%	10.3%	21.41%	44.39%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

- 국가 재정운용계획('16~'20) 상 SOC 분야 재정투입은 향후 5년간 평균 6%대 감소 전망

<표 1-17> SOC 분야 재정투입 전망

(단위 : %)

년도	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR ('16~'20)
SOC	23.7	21.8	20.3	19.3	18.5	-6%

자료 : 「2016~2020년 국가재정운용계획」, (2016)

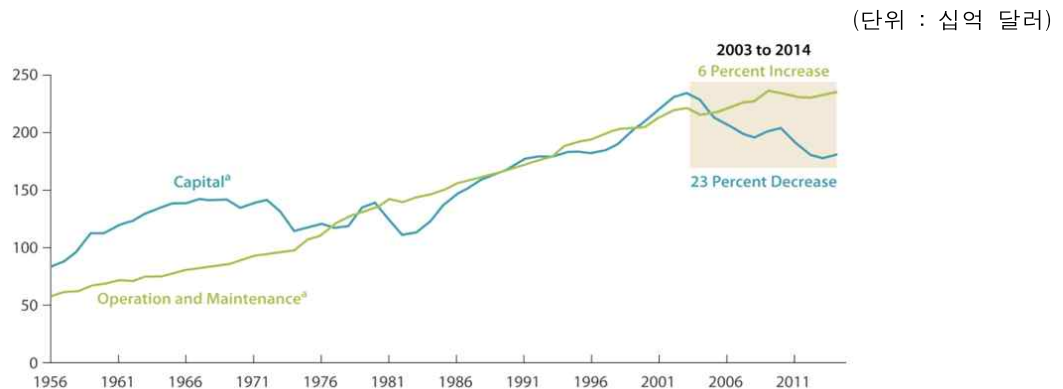
- 향후 국내 SOC 산업은 신규 건설사업보다는 기존 사업 위주로 투자 예정
 - 2018년 SOC 예산은 전년대비 20%(4.4조원) 감소한 17.7조원으로 분야별 예산안 가운데 가장 큰 폭으로 감소
 - 향후 SOC는 신규 건설사업을 최소화하고, 기존 발주된 계속 사업 위주로 투자 방침이 정해졌으며, 도시재생, 안전, 유지보수, 4차 산업혁명 등 미래 대응 분야에 집중될 것으로 판단됨



자료 : 기획재정부

<그림 1-14> 2018년 분야별 예산안 증감율

- 해외의 경우 기반시설 노후화에 적절하게 대응하지 못할 경우 안전문제 뿐만 아니라 관리비용의 급격한 증가 야기
 - (미국) 80년대부터 SOC 노후화로 인한 우려가 제기되었으나, 적정 예산이 투입 되지 않아(소요 재정의 55.6% 수준) 노후화가 심각한 수준으로 진행되어 시설물 신규건설 예산을 23% 감소시킨 반면 유지관리 예산은 6% 증가



자료 : CBO(미국의회예산처)

<그림 1-15> 미국의 시설물 유지관리 예산추이('56~'14)

- (일본) 일본 국토교통성도 노후시설물 유지관리, 보수보강 비용을 2013년에는 약 3.6조엔, 10년 후 2023년에는 4.3~5.1조엔, 20년 후 2033년에는 4.6~5.5조엔 소요될 것으로 추정하면서, 시설물 유지보수 투자비용이 건설투자 총액을 상회할 것으로 예상

- 국내 국가 기반시설의 경우 「재난 및 안전관리 기본법」을 근거로 하여 관리되고있으나 타 시설물 대비 관리 시스템의 부재 등으로 법적근거를 둔 완벽한 사후관리 체계를 구축하지 못하고 있음



<그림 1-16> 시설물 안전관리체계 현황

□ (해결방안) 플랜트 수명 예측 기술로 예방적 유지보수 체계 구축 가능

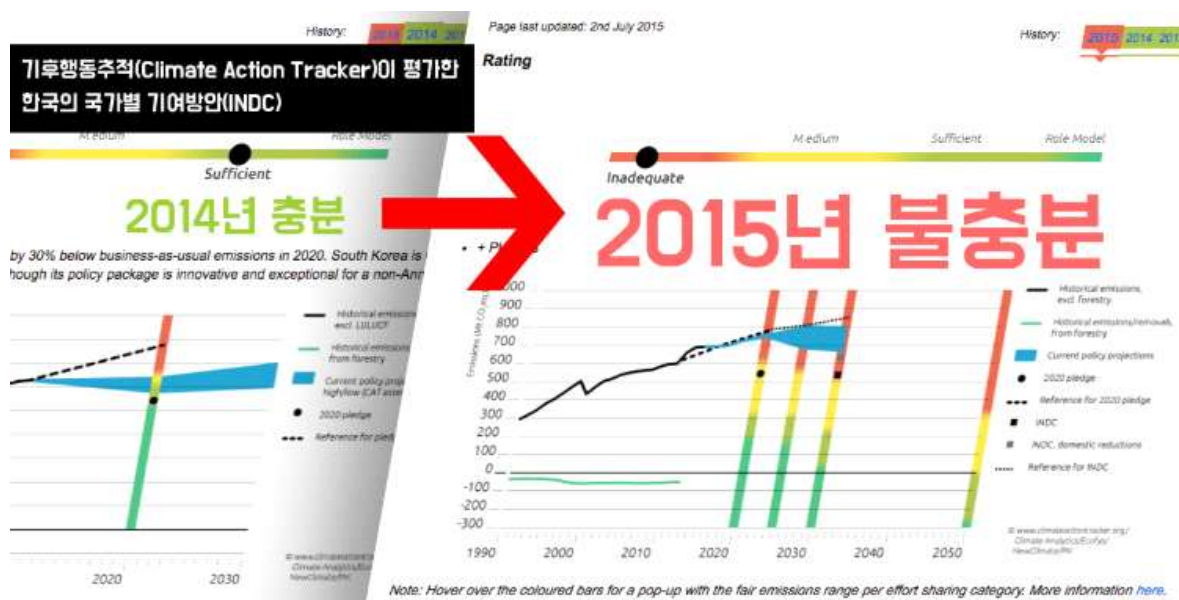
- IoT/빅데이터 융합 기반 설비 및 구조물 건전도 모니터링 기술을 통해 설비 이상을 사전 탐지하여 예방적 유지보수 체계 구축으로 SOC의 효율적 관리 체계 확립 필요0.
- 플랜트 설비 및 구조물은 플랜트 가동, 주위 환경, 노후화 등과 같이 다양한 조건에 의해 영향을 받기 때문에 플랜트 구조물의 건전도를 상시적으로 모니터링하고, 이를 수집하여 유지관리 이력시스템을 구축하고 선제적인 점검과 보완점을 제시해 주기 위한 빅데이터 기반 통합 플랫폼 개발 필요

3.2 친환경 에너지의 확대에 기존 설비 효율 향상 수요 증가

◆ 에너지의 환경성/안전성의 강화 요구에 따라 에너지 계획 개편으로 신규 설비의 및 기존 설비의 효율 강화로 예산 절감 가능

□ (배경) 친환경 에너지에 대한 관심 증가로 에너지·발전 시설 및 설비 수요 증대와 기존 설비 효율 향상 수요 증가

○ (파리기후협정의 이행 대비) 국제 기후 협약의 이행을 위한 친환경 에너지의 수요 확대



<그림 1-17> 기후행동추적으로부터 불충분 판정을 받은 한국의 INDC

- 2014년 기준 한국의 온실가스 배출량은 5억 6,781만 톤으로 전 세계 7위, OECD 국가 중 4위를 기록하고 있으며, 전 세계 온실가스 배출량 중 1.75%를 차지¹⁾
- 2013년 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면 국내 온실가스 배출 중 가장 많은 비중인 41%를 석탄화력발전소가 차지 → 국가적 차원에서 신재생 에너지의 확대 주도 필요
- 2030년 목표 온실가스 배출량 5억 3,600만 톤으로 전망치(BAU) 대비 37%감축 목표
- 온실가스 배출량 규제에 따라 기존 화석연료를 에너지원으로 활용하는

1) Greenpeace (2016.10)

발전플랜트 개량 및 청정에너지 자원개발 플랜트 건설이 확대될 것으로 전망

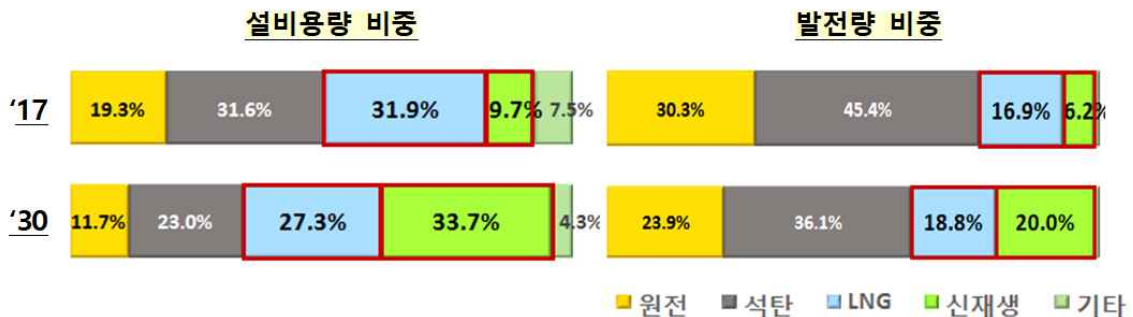
- (제8차 전력수급기본계획) 국내 전력계획의 대규모 개편으로 신규 설비 및 기존 설비의 환경성과 안전성의 강화 시급



자료 : 제8차 전력수급계획

<그림 1-18> 제8차 전력수급기본계획 기본방향

- 수급안정과 경제성 위주로 수립된 기존 수급계획에 반해, 환경성 · 안전성을 대폭 보장하여 수립
- 원전 · 석탄은 단계적으로 줄여나가고, 신재생에너지를 중심으로 친환경 에너지를 대폭 확대하여 2030년 까지 신재생에너지 발전량 20% 목표



자료 : 제8차 전력수급계획

<그림 1-19> 전력 설비용량 및 발전량 목표

- 2030년까지 목표치 달성을 위해 ICT 융합 플랜트 O&M 최적화 기술 개발로 플랜트의 운전 효율을 향상하여 전력수급계획 개편에 따른 비용 감량 방안 마련 시급

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

제1절 국내외 정책 동향

1. 글로벌 플랜트 정책 트렌드

□ 환경규제 및 안전규제 강화로 친환경·고안전 정책 시행

- 지구온난화 가속화 및 세계 환경규제는 새로운 무역규제로 활용될 전망이며, 이에 따라 친환경 녹색산업의 중요성 확대
 - 기후변화에 관한 UN기본협약(UNFCCC)에 따른 CO2를 비롯한 지구 온난화 물질 배출 의무규제 등의 환경규제가 점차 강화
 - 지구온난화 대응 글로벌 환경규제 및 인증제도 강화
- 후발개도국의 급격한 경제성장과 오일피크에 따른 우려로 세계적으로 에너지문제가 이슈로 대두되면서 청정 대체에너지 및 신재생에너지 시대로의 진입
 - OECD국가들 중심으로 화석에너지에서 바이오에너지 및 신재생에너지로 대체하는 정책이 적극적으로 추진
 - 중국 등 신흥국들은 차세대 발전 플랜트의 에너지원이 될 신재생에너지 산업의 육성을 위하여 정부 차원에서의 정책적 지원 추진 중

<표 2-1> 주요국 신재생 에너지 플랜트 정책동향

국가	정책 동향
미국	- 트럼프는 기존 오바마 행정부의 청정전력계획(CPP)으로 일자리가 줄어들고 제조경쟁력이 저하되었다는 논리를 펼치며 화석연료 산업을 적극 지원, 원유·가스 증산 및 자원 수출 확대 정책으로 온실가스 감축정책이 후퇴하고 신재생에너지 산업 투자 및 비중 증가세는 둔화되고 있음
EU	- 2020전략에 이어 '2030 기후, 에너지 정책 프레임워크'를 통해 온실가스 배출저감 및 재생에너지 확대, 에너지 효율 개선 정책 기조를 유지하고 있으며, '에너지로드맵 2050'을 통해 장기적 관점의 온실가스 배출저감 정책 목표를 제시
독일	- 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량의 19%를 재생에너지로 충당, '22년까지 원전을 완전 폐쇄)을 시행하고, 에너지의 효율성제고 및 재생에너지 개발을 위한 연구('에너지 기초연구 2020+', '하이테크 전략 2020', '바이오 경제 2030')를 추진

<표 2-1> 주요국 신재생 에너지 플랜트 정책동향

국가	정책 동향
프랑스	- 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지 비율 23% 목표)을 시행하고 있으며, 환경 및 에너지 관리청 주도로 '20년까지 연구개발을 추진
일본	- 최근 일본은 '원전 제로' 방침에서 원전 재가동을 위한 정책을 추진함과 동시에 신재생에너지 도입을 촉진하기 위한 정책 시행을 위한 'Cool Earth' 프로그램을 통해 '50년까지의 에너지원별 기술개발 로드맵을 수립
중국	- 신재생에너지 활성화 정책('15년까지 전체 에너지소비의 9.5%를 신재생에너지로 보급하는 것을 목표로 설정)을 시행하고 있으며, 특히 태양광분야 발전을 집중적으로 지원('13년~'14년 간 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 태양광 발전 정책이 12건)
한국	- 최근 정부의 '신재생 3020'정책 발표 및 탈원전 선언으로 정부의 에너지정책이 기존의 대규모 발전소 건립에서 신재생에너지 중심의 에너지믹스를 추진할 전망이다 (2030년 신재생에너지 비중 20% 목표)

자료 : 「2015 국토교통 R&D 동향조사-플랜트분야」, 국토교통과학기술진흥원, (2015.12)

○ 멕시코만/보하이만 원유누출 사고 및 후쿠시마 원전사태 등으로 플랜트 안전규제가 강화되고 있음

- 플랜트의 주요 핵심기기들에 고장진단, 의사결정, 자료처리 등의 기능을 부여하는 스마트 기기 개발 연구가 활발하게 수행
- 플랜트를 원격 모니터링, 관리, 운영하기위한 ICT 연계 및 융합이 활발하게 시도되고 있음

<표 2-2> 국가별 플랜트 ICT 연계 및 융합 연구 동향

국가	내용
미국	- (DOE) smart-NPP(Nuclear Power Plant) 프로그램을 통하여 최적의 상태 진단을 위한 플랜트 기기와 시스템의 평가 툴, 스마트 기기에 장착될 센서의 적합성과 유용성, 스마트 기기의 MMI(Man-Machine Interface), 기자재의 유지 보수 및 신뢰도 평가, 스마트 기자재의 응용 연구 수행 - (EPRI) 발전플랜트 건설업체인 Westinghouse를 중심으로 여러 연구기관이 참여하여 스마트 원자력 발전소 구축·운영을 위해 펌프/모터에 대한 스마트 개념 정립, 스펙 개발, 제품 개발, 제품 적용 연구 수행 - (MDSI) 원격감시에 따른 고장처리를 유무선 통신을 통하여 지원하는 시스템 개발 중
독일	- (지멘스) 원격감시에 따른 고장처리를 유무선 통신을 통하여 지원하는 시스템 개발 중
일본	- (히타치) 히타치 모니터링 센서와 대응센터를 이용하여 전 세계 대상 플랜트를 원격 모니터링, 관리, 운영하기 위한 토털 솔루션 서비스를 제공 - (도쿄전력) 원자력발전소의 자주보안 체제강화와 관련해 위험 정보를 활용한 보수의 현대화 도모를 위해 유연성이 높은 상태기반 유지보수 방법의 도입에 의해 신뢰성 중시 유지보수 방법을 확립

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019 (플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

□ 국제적인 데이터 모델 표준화 및 지식기반화 적극 추진

- 플랜트 표준화와 관련하여 유럽은 PISTEP, 독일은 STEP-CDS, 일본의 경우 SCADEC표준 등 ISO 10303기반의 도면교환 표준화 정책 추진
- 대외적으로는 자유경쟁정책과 대내적으로는 자국 업체 보호정책 혼재

□ 제4차 산업혁명 기술과 플랜트 공정장치의 융·복합화 추진

- 각국은 ‘제4차 산업혁명’에 대비하여 활발한 정책개발·추진

<표 2-3> 국가별 4차 산업혁명 대응정책 현황 비교

구분	미국	독일	일본	중국
- 주요정책	- NNMI 네트워크 - NITRD - 브레인 이니셔티브	- 하 이 테 크 전 략 2020 - 인더스트리 4.0 - 디 지 털 전 략 2025	- 일 본 재 흥 전 략 2015 - 과학기술 이노베이션 - 로봇 신전략	- 中國제조 2025 - 인터넷 플러스
- 핵심기술	- CPS, 빅데이터, IoT, 인공지능, 로봇공학, 클라우드 등			
- 주요 - 추진조직	- 정부기관 - 글로벌 제조기업 - 글로벌 IT기업	- 정부기관 - 글로벌 제조기업 - 글로벌 IT기업	- 정부기관 - 글로벌 제조기업	- 정부기관
- 대응방향	- 제조산업 중심으로 4차 산업혁명 정책설계 - 자국 내 글로벌 IT 기업의 적극적 참여 - 민간 중심 대응 전략을 적극적으로 지원	- 제조산업 중심으로 4차 산업혁명 정책설계 - 자동차 등 자국 글로벌 기업 중심 추진 - 국가 차원의 아젠다 제시와 민관 공동대응	- 정부 아젠다 중심의 대응전략 추진 - 기존에 강점을 가진 로봇기술 중심의 전략 수립	- 정부 중심의 강력한 정책 추진 - 제조산업 발전의 주요 수단으로 ICT 활용 - 자국 시장규모를 적극 활용

2. 국내 상위 종합계획

2.1 제4차 과학기술기본계획 (2018~2022)



자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

<그림2-1> 제4차 과학기술기본계획 비전과 2040년의 미래모습

가. 4대 전략별 중점 추진과제

<표 2-4> 제4차 과학기술기본계획 4대 전략별 중점 추진과제

4대 전략	중점 추진과제
미래 도전을 위한 과학기술 역량 확충	- (01) 과학적 지식탐구 및 창의·도전적인 연구 진흥
	- (02) 연구자 중심의 연구몰입환경 조성
	- (03) 창의·융합형 인재양성
	- (04) 국민과 함께하는 과학문화 확산
	- (05) 과학기술 외교의 전략성 강화
혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	- (06) 주체·분야 간 협력·융합 활성화
	- (07) 기술혁신형 창업·벤처 활성화
	- (08) 경쟁력있는 지식재산 창출
	- (09) 지역주도적 지역혁신 시스템 확립

<표 2-4> 제4차 과학기술기본계획 4대 전략별 중점 추진과제

4대 전략	중점 추진과제
	- (10) 국민참여 확대 및 컨트롤타워 강화
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	- (11) 4차 산업혁명 대응기반 강화
	- (12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성
	- (13) 제조업 재도약 및 서비스업 육성
	- (14) 혁신성장 중추인 중소기업 육성
	- (15) 과학기술 기반 일자리 창출 강화
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	- (16) 건강하고 활기찬 삶 구현
	- (17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현
	- (18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성
	- (19) 따뜻하고 포용적인 사회 실현

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

나. 추진방향



자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

<그림2-2> 제4차 과학기술기본계획 추진방향

□ 시장과 민간역량을 고려한 정부역할 정립

○ (유형 1) 민간주도 기술개발, 정부는 조력자로서 협력역할 수행

- 산업화 속도가 빠르고 민간의 기술경쟁력이 높은 분야로 정부는 제도개선, 인력양성, 후방산업 육성, 인프라 구축 등 지원
- 초고집적 반도체 공정 및 장비·소재기술, 스마트 자동차 기술, 시스템 SW

운영 및 기반 기술 등

- (유형 2) 실용화기술을 개발하여 시장에 공급하는 기술공급자 역할 수행
 - 산업화 속도가 빠르지만 민간의 기술경쟁력이 낮아 공공연구기관 등을 통해 시장진입에 필요한 실용화 기술 개발·공급
 - 기업지원을 위한 공공연구기관과 민간의 인력교류 확대
 - 유·무인 통합 자율 비행체 기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술, 지식정보보안기술 등
- (유형 3) 장기적 관점에서 시장조성 및 생태계 구축 역할 수행
 - 산업화 속도가 느리나 민간의 기술경쟁력이 높은 분야로 장기적 관점에서 시장과 생태계 조성을 위해 노력
 - 민간경쟁력이 높은 분야의 연구인력 유지 정책 추진
 - 수환경 오염물질 초고도 처리 및 제어 기술, 기능성 유기소재 기술, 해양플랜트 실용화 기술 등
- (유형 4) 정부가 주도적으로 기술개발자 역할 수행
 - 산업화 속도와 민간의 기술경쟁력이 모두 낮아 정부가 장기적·안정적으로 기술을 개발
 - 정부지원을 통한 기초 연구인력 및 신진 연구자 양성
 - 핵융합에너지 기술, 우주환경 관측·감시·분석 기술, 재난구조 및 극한탐사 로봇기술 등

다. 주요 시사점

□ (과제11) 4차 산업혁명 대응기반 강화

- 인공지능 기반기술 확보
 - 인공지능분야 핵심기술의 전략적 확보 및 협업 생태계 조성

- 4차 산업혁명 및 인공지능 사회의 인프라로써 초고성능 컴퓨팅 하드웨어 및 소프트웨어 기술 기반 조성

○ 초연결 네트워크 기반 구축

- 사람·사물·정보가 실시간으로 연결·관리되고 지능화된 서비스 요구를 최적으로 충족시킬 수 있는 초연결 네트워크 구축 및 핵심기술 확보
- 5G·IoT 기반의 개방형 플랫폼을 활용하여 누구나 新서비스를 개발·제공할 수 있는 개방형 혁신 생태계 구축

○ 데이터 공유·활용역량 강화 및 데이터 활용기반 구축

- 민간 수요가 높은 고부가가치 공공데이터 개방 확대
- 양질의 데이터 구축 및 유통·활용 촉진
- 데이터 역량을 갖춘 전문인력 양성 및 교육 강화
- 데이터 공유 및 활용 촉진의 주요 장애 요인이 되고 있는 개인정보 활용 등에 대한 법제도 개선
- 다양한 산업군에 적용 가능한 블록체인 기술 집중 육성

○ 신기술·신비즈니스의 제도적·실증적 생태계 구축

- 신산업·신기술분야에 대해서는 사전허용-사후규제 방식의 ‘포괄적인 네거티브 규제’로 전환
- 4차 산업혁명 관련 신기술·신비즈니스의 연착륙 환경 조성
- 4차 산업혁명 대응 유망 표준기술 발굴 및 선제적 표준화 추진

□ (과제12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성

○ 혁신성장동력의 국민체감 확대

- 신기술 실 환경 실증을 통해 기술규제 발굴과 민감참여 유도
- 혁신성장동력 성과의 재난·안전 영역 활용 확대

○ 유망 산업의 성장동력화 추진

- SW산업의 글로벌 경쟁력 확보
- 첨단기술 산업 분야 국가경쟁력 강화

○ 성장동력 산업화를 위한 패키지형 지원 강화

- 성장동력 분야 규제개선, 실증, 초기시장 조성 지원 등을 통한 조기 산업화 도모

□ (과제13) 제조업 재도약 및 서비스업 육성

○ 주력산업 경쟁력 제고

- 스마트공장 기반 경쟁력 강화 및 제조기업 스마트화 촉진
- 전후방 산업 간·이종업종 간 연계 강화를 통한 핵심요소·원천기술의 전략적 확보

○ 서비스업 고도화 및 제조-서비스 융합 활성화

- 서비스 R&D 투자 규모를 지속적으로 확대하고 유망 서비스 분야 발굴 및 전략적 투자를 통해 서비스업의 생산성 제고
- 융합서비스 산업 및 제조-서비스 융합 비즈니스 모델 발굴·육성

□ (과제17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현

○ 국민 맞춤형 재난·안전 교육 및 생활 체감 서비스 확대

- 생활안전 확보를 위한 지역 특성화 재난·안전 교육시스템 구축
- 국민 안전복지 확대를 위한 안전사고 예방·대비 시스템 개발
- 재난현장 지원·대응을 위한 스마트 재난안전관리 시스템 확보
- 인공지능형 로봇·드론 등을 활용한 재난안전사고 대응 지원체계 마련
- 재난대응 능력 강화를 위한 실전 중심의 재난안전 훈련 확대

- 대규모 재해로부터 국민을 지키는 안전확보체계 구축

□ (추진방향) 본 연구는 기술 실증 및 국가 인프라 예방적 유지관리 기술로 유형 2에 해당

○ (유형 2) 실용화기술을 개발하여 시장에 공급하는 기술공급자 역할 수행

- 산업화 속도가 빠르지만 민간의 기술경쟁력이 낮아 공공연구기관 등을 통해 시장진입에 필요한 실용화 기술 개발·공급
- 기업지원을 위한 공공연구기관과 민간의 인력교류 확대
- 유·무인 통합 자율 비행체 기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술, 지식정보보안기술 등

<표 2-5> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록

대분류	중분류	중점과학기술
ICT·SW	- 빅데이터·인공지능	- 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술, 초고속·대용량 데이터 플랫폼 기술, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술
	- 콘텐츠	- 가상·혼합현실 기술, 지능형 콘텐츠제작 기술
건설·교통	- 사회 기반 시설	- 지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술
기계·제조	- 플랜트	- 친환경·스마트 플랜트 기반 기술
재난안전	- 재난안전	- 복합재난 스마트 예측·대응기술

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

2.2 2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준



자료 : 「2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」

<그림2-3> 2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준의 기본방향

가. 12대 중점 투자방향

□ 창의적인 연구환경 조성

- (기초연구 강화) 연구자 주도 기초연구 투자를 지속적으로 확대하고, 기초연구 안전망을 구축하여 역량있는 연구자의 연구단절 방지

- (사람중심 연구생태계) 연구자의 자율성과 편의성 제고를 위한 연구행정, R&D 평가체계 및 연구인프라 지원체계 개선
- (공공수요 중점) 공공성·범용성 기술개발 지원을 강화하고, R&D 투자와 규제개선 연계 관리

□ 국민 삶의 질 향상

- (예방 중심 재난·재해 R&D) 재난 재해 대응 융합·협업 체계를 고도화하고, 자연재해·사회재난 대응력 향상을 위한 선제적 R&D 지원
- (건강·편익 증진) 미세먼지, 유해물질 등 연구개발을 원인규명-문제해결 중심으로 투자하고, 국민생활 인프라 스마트화
- (지속가능성 확보) 기후변화, 원전발전 축소 대비 친환경에너지 확보, 저출산·고령화 등 국가 중장기 위기 극복을 위한 R&D 지원

□ 혁신성장 가속화

- (4차 산업혁명 대응) R&D 투자 프로세스 혁신(R&D PIE), 기술 분류체계 정비 등을 추진하여 4차 산업혁명에 선제적 대응
- (신사업 육성) 13대 혁신성장동력을 맞춤형 지원하고, 원천기술 선점을 위한 중장기 신산업(서비스, 바이오, 에너지) 육성도 병행
- (산업경쟁력 제고) 혁신성장 주체인 중소·중견기업과 지역 R&D 체질개선을 뒷받침하고 시장 수요를 반영한 R&D투자 강화

□ 과학기술기반 일자리

- (일자리 창출) 일자리 창출 효과가 큰 R&D 사업을 집중 지원하고, R&D를 통한 기술창업 및 고용창출 지원
- (신기술·신서비스 일자리) 유망 신산업 및 서비스 투자로 일자리 창출 효과를 높이고, R&D 성과를 지역 내 일자리로 파급 유도
- (미래대비 인재양성) 인재수급 예측을 기반으로 유망분야의 R&D 투자와 인재양성 간 연계를 강화하고, 과학기술인 창의적 역량 확보

나. 기술분야별 투자전략 (ICT·SW, 건설·교통 부문)

□ ICT·SW

- (투자방향) AI, 빅데이터 등 4차 산업혁명 관련 핵심기술 중 고위험·도전적인 연구 및 사회문제 해결형 R&D 지원 강화
- (효율화) 정부 ICT·SW R&D 사업이 민간 기업과의 역할을 차별화하여 추진될 수 있도록 사업체계를 연구목적 중심으로 개편 추진

□ 건설·교통

- (투자방향) 노후시설물 안전성 향상 및 건물통합관리 등 유지·관리 기술에 투자하고, 실증연구와 경제성이 높은 기술 연구는 민간주도로 점진적 전환
- (효율화) 자유공모형 사업방식을 확대하고, 건설 분야의 유사목표 사업들은 연계·통합을 통해 연구목적이 명확하게 사업체계 개편

2.3 혁신성장동력 추진계획 (2017. 12. 26)

가. 개요

- 정부는 제12회 미래성장동력특별위원회(위원장 과학기술혁신 본부장)를 개최하여 ‘혁신성장동력 추진전략’을 심의·확정
 - 성장동력 육성은 연구개발(R&D)을 바탕으로 신산업과 일자리를 창출하는 범부처 정책으로 과학기술기본법에 근거함
 - 지난정부의 성장동력 분야에 대한 일관성을 유지하면서, 분야별 특성과 대내외적 환경변화를 고려하여 맞춤형으로 지원하는 ‘혁신성장동력 추진전략’을 마련
- (추진계획) ‘혁신성장동력 추진전략’에 따라 앞으로 성장동력 분야효율화, 맞춤형 전략 마련, 정부지원 체계 고도화의 과제를 추진할 계획
 - (맞춤형 전략 마련) 성장동력 분야 유형(조기상용화, 원천기술확보) 별로 우리의 역량, 보유기술, 소요기간, 시장규모, 민간수요 등을 고려하여 맞춤형 지원계획을 수립하여 지원
 - (정부지원 체계 고도화) 기술개발이 전략적이고 집약적으로 추진될 수 있도록 R&D 투자와 규제개선·세액공제·조달 등 제도적 사항을 패키지로 지원하고, 과학기술혁신본부 중심으로 성장동력 추진계획 수립 및 점검을 강화
- (투자계획) 정부는 2017년 12월 26일 해당 분야에 오는 2022년까지 총 7조9600억원의 정부 R&D 투자 추진계획을 발표

나. 분야 선정

- 지능화 인프라, 스마트 이동체, 융합서비스, 산업기반 분야에 총 13개 혁신성장동력 선정
- 기술적 실현을 통해 국민이 체험가능하고, 일상생활에서 활용할 수 있는 분야를 중점 고려하여 선정

기본방향	① 분야별 특성을 고려한 맞춤형 전략 마련
	② 성장동력 분야에 대한 전주기(발굴·지원·평가) 관리체계 정착
	③ 혁신성장동력의 국민체감 확대

혁신 성장 동력 분야	지능화 인프라	빅데이터(D) 빅데이터 개방·활용 	차세대통신(N) 5G, IoT 상용화 	인공지능(A) AI 핵심기술 개발 
	스마트 이동체	자율주행차 레벨3 자율주행 		드론(무인기) 공공용·산업용 무인기 보급 
	융합 서비스	맞춤형 헬스케어 개인맞춤 정밀의료 	스마트시티 도시문제 저감 	가상증강현실 개별산업과 VR/AR 융합 
		지능형반도체 AI용 반도체 개발 	첨단소재 항공부품, 자동차 경량화 	혁신신약 후보물질 100개 개발 
	산업기반	지능형반도체 AI용 반도체 개발 	첨단소재 항공부품, 자동차 경량화 	혁신신약 후보물질 100개 개발 
		지능형반도체 AI용 반도체 개발 	첨단소재 항공부품, 자동차 경량화 	혁신신약 후보물질 100개 개발 

정책 과 제	F4 맞춤형 전략	F5 전주기 관리	F6 국민체감 확대
	1 조기상용화 2 원천기술확보	1 신규분야 발굴·기획 2 사업·추진체계 개편 3 성장동력 분석·평가	1 실증·시연·체험 증대 2 재난·안전 활용

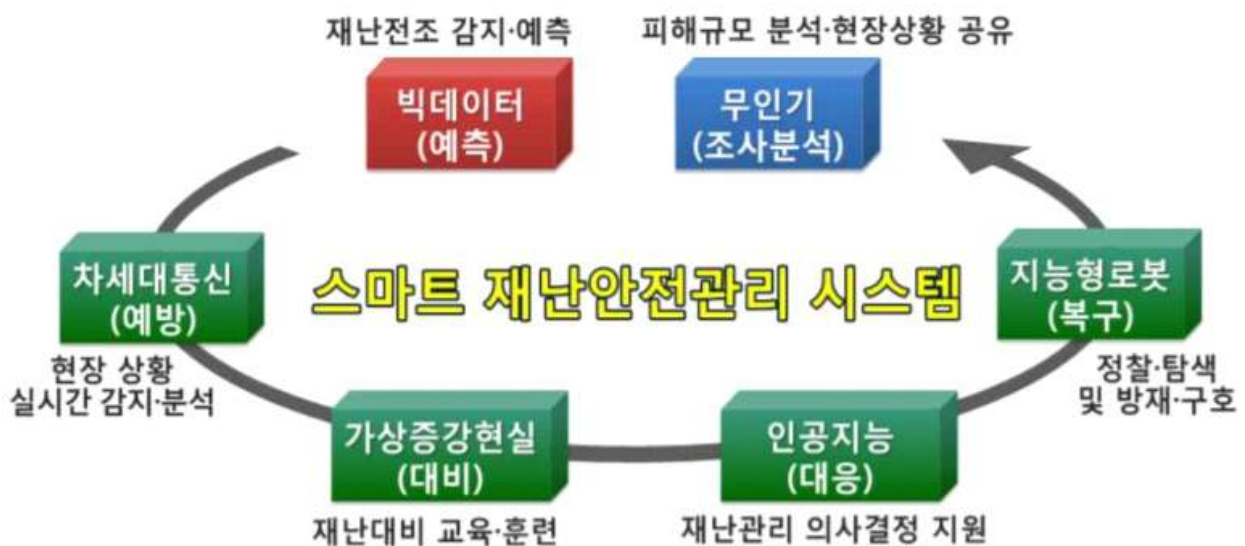
자료 : 「혁신성장동력 추진계획」

<그림2-4> 혁신성장동력 추진계획 주요내용

다. 주요 시사점

□ 혁신성장동력의 국민체감과 재난·안전 영역 활용 확대

- 빅데이터, 로봇·인공지능, 가상·증강현실 등 혁신성장동력을 활용하여 재난·안전관리의 스마트화 계획
 - 빅데이터를 활용한 위험예측 및 위험징후 모니터링, 로봇 및 무인 항공기 등을 활용한 위험지역 대응활동, 가상·증강현실 기반의 재난대비 교육·훈련 등 다양하게 활용 예정
 - 재난 예측, 현장상황 감지·분석, 의사결정, 복구의 전 과정을 연계하여 스마트한 재난안전관리 시스템 구축



자료 : 「혁신성장동력 추진계획」

<그림2-5> 스마트 재난안전 관리 시스템

2.4 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (2018~2027)

가. 수립 배경

- (4차 산업혁명 대응) 경제·산업 구조가 근본적으로 변화하는 상황에서 미래 시장을 선점하기 위한 각국의 경쟁이 치열하게 전개
- (기술 융복합) 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통 산업 분야에도 新기술이 결합되어 고부가가치 산업으로의 도약 계기 마련
- (삶의 질 중시) 각종 사회·환경 변화에의 대응, 다양한 사회문제에 대한 기술적 해법 제시 등 기술의 사회적 역할 증대 필요
- (R&D시스템 혁신) 자원배분 방식 등 정책환경 변화에 대응하고 연구개발의 성과 극대화를 위해 R&D 관리체계 전반의 혁신 필요
- (법정계획 수립) 「국토교통과학기술 육성법」 제정으로 향후 10년간 R&D 중장기 전략을 제시할 연구개발 종합계획 수립의 근거 마련

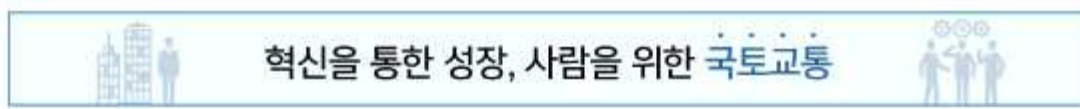
나. 비전 및 추진전략

□ (비전) 혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통

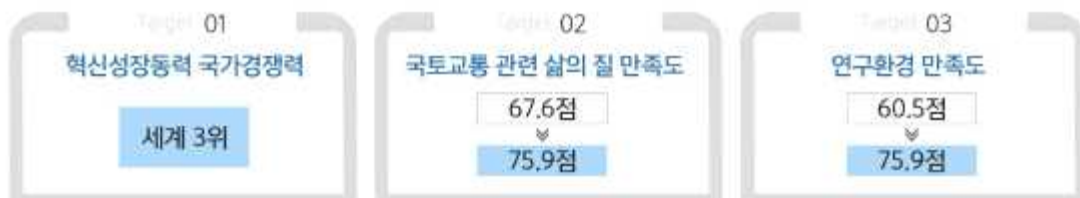
□ 목표

- 혁신성장동력 국가경쟁력 세계 3위
- 국토교통 관련 삶의 질 만족도 67.6점 → 75.9점
- 연구환경 만족도 60.5점 → 75.9점

+ 비 전



+ 목 표



추진전략	실천과제
4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성	- 초연결 도시 구현 기술 개발 - 무인이동체 자율주행 기술 개발 - 디지털 기반 국토정보 기술 고도화
기술융합을 통한 새로운 가치창출	- 융합기술을 통한 건설 지능화 실현 - 고부가가치 건설기술 창출 - 기존 수송시스템 혁신기술 도입
사람 중심의 국토교통 기술개발	- 재난·재해 예방 등 안전 기술 개발 - 친환경 생활공간 조성 기술 개발 - 사회이슈 해결형 기술 개발
미래지향적 R&D 시스템 도입	- 국토교통 R&D 관리체계 혁신 - 국토교통 연구개발 기반 강화 - 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화

자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부 (2018.6)

<그림2-6> 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 비전 및 추진전략

□ 추진전략

○ 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성

- 4차 산업혁명의 필수 선행기술인 ‘디지털 기반 국토정보’ 기반 위에 ‘초연결 도시’와 ‘무인이동체 자율주행’ 실현 목표
- 국가 혁신성장 8대 선도사업인 스마트시티, 자율주행차, 드론과 그 기반기술이 되는 공간정보 분야를 집중 육성

○ 기술융합을 통한 새로운 가치창출

- 기존 건설 기술에 AI, 로봇, IoT 등 첨단기술 융·복합을 통해 ‘건설지능화’와 ‘건설기술 고부가가치화’ 달성을 목표로 추진
- 또한, 철도·항공·물류 등 교통분야 사회적 비용 절감을 위하여 고속화·자동화·대용량화를 통한 ‘수송시스템 혁신’도 병행

○ 사람 중심의 국토교통 기술개발

- 안전하고 편리한 생활환경 조성을 위한 ‘재난·재해 예방 안전 기술’, ‘친환경 생활공간 조성기술’ 고도화를 목표로 추진
- 주거 문제, 장애인 이동 문제 등 국토교통 분야 각종 현안 해결을 위한 ‘사회이슈 해결형’ 수요자 대응기술 개발에도 초점

○ 미래지향적 R&D 시스템 도입

- 기획부터 사업화까지 ‘관리체계 혁신’, 인력양성, 국제협력 등 ‘연구개발 기반’ 확대, ‘연구성과와 산업간 연결고리 강화’ 등 R&D 전주기에 걸친 지원체계 확립

다. 주요 시사점

□ 융합기술을 통한 건설 지능화 실현

- 인공지능, 로봇 등 융복합을 통해 설계·관리·시공·유지보수 등 건설 프로세스를 혁신하는 ‘지능형 건설생산체계’를 전략목표로 설정



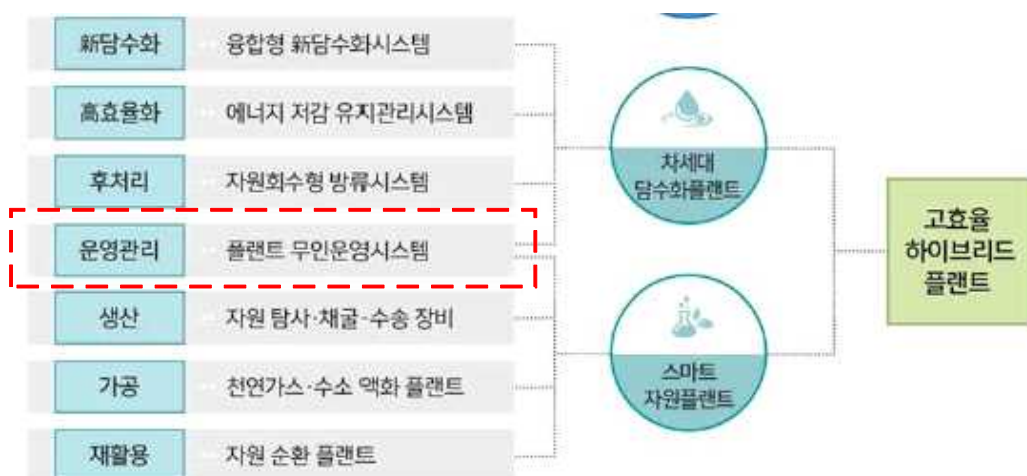
자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부 (2018.6)

<그림2-7> 건설 지능화 주요 기술전략 트리

- 인공지능 등 융복합 엔지니어링 기술인 ‘AI 기반 설계·관리’와 3D 프린터, 로봇 등 융복합 시공·보수 기술인 ‘건설자동화’ 개발
- (유지관리) 센서 네트워크를 통한 빅데이터 기술로 선제적 유지 관리시스템을 구축하고, 자기치유 건설재료 등으로 시설물 장수명화
- 비파괴 방식 시설물 내부 손상 감지·진단과 인공지능을 이용한 시설물 빅데이터 분석 등으로 잔존수명 및 유지관리 최적시점 예측 등으로 유지보수 비용 최소화

□ 고부가가치 건설기술 창출

- 시장형성 단계로써 선제적 대응을 통해 수출전략화가 가능한 ‘미래형 건축·구조물’과 ‘고효율 하이브리드 플랜트’를 전략목표로 설정
- 신자원 에너지를 생산·가공 및 재활용하는 ‘스마트 자원플랜트’ 개발



자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부 (2018.6)

<그림2-8> 고부가가치 건설기술 창출 주요 기술전략 트리

- (운영관리) IoT 기반 원격제어 등을 통한 플랜트 무인운영 시스템 개발 등으로 플랜트 운영비용 절감과 사고발생시 인명피해 최소화
- 펌프, 밸브, 분리막 등 각종 플랜트 장비의 이상상태를 자동으로 진단하고, 유지보수 및 교체 등에 로봇기술 접목 추진

□ 국토교통 연구개발 기반 강화

- (실증인프라) 각종 신기술을 실험하고 기술개발 성과를 검증할 수 있도록

실험 인프라 구축, 제도개선 등 실증 환경을 제공

- 중소기업, 연구기관 등이 기술 개발 성과를 시험할 수 있도록 공동 실험시설, 테스트베드 등을 구축하고 개방 확대
- 포괄적 네거티브 규제로의 전환, 규제 샌드박스 도입, 시험운행 허용 등 신기술에 대한 제도적 지원 병행

2.5 제6차 건설기술진흥기본계획 (2018~2022)

가. 추진 배경

- (환경변화) 국내 투자 감소, 생산인력 감소에 대응하는 기술혁신 필요
- (기술혁신 필요성) 건설산업은 “기술혁신” 을 통한 발전 필요

나. 현황 및 문제점

□ 국내 건설Eng. 시장 성장의 한계와 자국시장 중심 매출 구조

- 설계·CM 등 국내 건설 Eng. 산업은 5조원 규모에서 정체
- 세계 225대 Eng. 기업의 평균 해외매출 비중은 48.1%이나, 국내 건설 Eng. 업체는 29.8%로 해외시장 매출비중이 낮음('17)

□ 건설Eng. 산업은 글로벌 경쟁력이 취약하여 해외진출 미흡

- 세계 건설Eng. 은 5개 주요 선진국이 70% 내외를 점유하며 시장 주도
- 중국은 후발국이나 가격 경쟁력, 자국내 실적(Track Record) 등을 바탕으로 해외시장에서 빠르게 성장
- 반면, 국내 Eng. 기업의 해외시장 점유율은 2% 내외로 미미한 수준

<표 2-6> 국가별 해외건설시장 매출액 비중 및 순위

구분	2013년		2014년		2015년		2016년	
	비중(%)	순위	비중(%)	순위	비중(%)	순위	비중(%)	순위
미국	34.7	1	31.7	1	31.5	1	30.8	1
캐나다	8.1	5	10.0	3	12.6	2	11.6	2
영국	10.0	3	9.4	4	7.4	5	7.6	4
호주	9.6	4	9.4	4	9.0	4	6.8	5
독일	10.5	2	10.2	2	9.9	3	8.8	3
중국	3.9	7	4.1	6	4.0	6	5.8	6
한국	1.4	9	1.9	9	2.4	8	1.9	9

자료 : 「제6차 건설기술진흥기본계획」

다. 문제점 분석

□ 기업 영세성으로 인한 해외경쟁력 부족

- (기업 역량) Eng. 시장과 기업의 규모가 작고 생산성도 낮음
 - 전체 산업규모(매출액)는 미국의 1/10, 일본의 1/4에 불과하고, 업체 및 종사자당 매출액도 1/2에 불과

□ 4차 산업혁명 기술활용 전략 및 정보의 호환성 부족

- (전략 미흡) 4차 산업혁명에 대한 관심과 기술 활용 의지는 높으나, 구체적인 기술 활용방안·효과 분석에 기반한 추진전략은 미흡
- (규제 및 기준) 창의적인 새로운 기술을 도입·활용하기 위해서는 유연한 제도가 필요하나 규격 기준 방식에서는 신기술 활용 제한
- (정보간 단절) CALS, BMS 등 다양한 시스템에 구축된 정보의 폐쇄성, 비표준화로 인해, 고부가 정보의 생산·활용 기반 미흡

□ 청년기술인력 유입 저조 및 미래 환경변화 대응 역량 부족

- (자격 중심 관리제도) 건설기술자 관리제도가 국가자격시험과 경력에 따른 등급제도로 운영되고 있어 기술력 중심 관리 필요
- (청년 기술인력) 청년에게 불리한 등급산정·기술자 활용제도, 기업 수요와 맞지않는 교육으로 인해 신규기술자 활용 저하

* (20대 기술인력 비율) '11. 60,939명 → '16.10월 30,363명(50.2%감소)

- (환경변화 대응 취약) 건설산업의 환경 변화 및 BIM·융복합 기술 활용에 대응하는 교과개발, 교육과정 개설 등은 미진

□ 소프트 역량 미흡과 글로벌스탠다드와 호환성 결여

- (건설단계간 분절) 칸막이식 업역구조, 건설 단계간 정보 단절로 인해 건설 전과정을 관리할 수 있는 역량을 지닌 기업 및 인재 부족
- (건설Eng. 역량 부족) 국내 건설 Eng. 입낙찰 평가기준은 낮은

기술변별력으로 인해 업체의 기술력을 높이는 유인이 부족하고, 해외의 고부가가치 Eng. 시장은 선진국 업체가 과점

□ 건설현장의 과도한 사고 발생 및 노후 기반시설 증가

- (높은 재해율) 품질·안전관리제도에도 불구하고 소규모 현장일수록 근로자의 낮은 안전의식과 제도 이행 부족으로 과도한 사고 발생

* 건설업 재해율은 0.84%로 산업평균 대비 1.7배, 사망만인율 1.76%로 2배('16)

- (취약시설 관리) 소규모 취약시설물의 안전점검 결과, 26.5%가 미흡·불량 등급으로 판정 받음에 따라 점검·관리 강화 필요

- (노후시설 증가) 준공연도가 30년 이상 경과된 노후 기반시설의 증가로 인해 시설물 안전 저하 우려 및 유지관리 재정 확보 필요

* ('16) 2,774개(10.3%) → ('26) 6,994개(25.8%) → ('36) 16,558개(61.5%)

라. 추진 방향

- (비전) “Smart Construction 2025” - 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술 개발

□ 목표

- 건설 노동생산성 40%향상, 사망자 수 30% 감소, 건설Eng. 근로시간 단축 20%
- 건설Eng. 해외수주 100% 확대
 - 해외수주 통계(해외건설협회) : ('16) 17억\$ → ('22) 34억\$

□ 주요 전략

- 4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성
 - 기술개발, 고부가 산업 육성, 건설 안전 강화
- 글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도 개선
 - 산업 개편·육성, 건설인력·교육, 기준·제도

비전	“Smart Construction 2025” - 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자동화 기술 개발 -
주요 목표	■ 건설 노동생산성 40% 향상*, 사망자 수 30% 감소** 건설 Eng. 근로시간 단축 20%*** * 시간당 생산성(한국생산성본부) : ('15) 13.6\$ → ('20) 19\$ ** 건설업 사망자 수(안전보건공단) : ('16) 554명 → ('21) 388명 *** 연간 근로시간(Eng. 노동계) : ('13) 2,560시간 → ('21) 2,100시간 ■ 건설Eng 해외수주 100% 확대* * 해외수주 통계(해외건설협회) : ('16) 17억\$ → ('22) 34억\$

주요 전략 (2)

중점 추진 과제 (10)

전략 I

4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성

분 야	중점 추진 과제
기술개발	① 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 ② 해외 수요 대응형 건설기술 개발
고부가 산업 육성	③ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화 ④ 건설 Big Data 유통을 통한 신사업 육성
건설 안전 강화	⑤ 건설의 안전·환경 관리

전략 II

글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도 개선

분 야	중점 추진 과제
산업 개편·육성	① Eng.의 역량 강화 및 해외진출 지원 ② 국제 기준에 부합 하는 제도 구축
건설인력·교육	③ 글로벌기준에 맞는 경력 관리체계 구축 ④ 국제경쟁력을 갖춘 기술인력 육성
기준·제도	⑤ 기술력 중심의 발주·심의 강화

자료 : 「제6차 건설기술진흥기본계획」

<그림2-9> 제6차 건설기술진흥기본계획 추진 방향

마. 주요 시사점

□ 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상

○ (IoT 유지관리) IoT 센서 등을 활용, 인프라의 이상을 신속하게

검지·대응하는 시스템 개발로 유지관리 비용 절감

- 센싱 기반 점검·진단 도입으로 시설물 스마트 자동화 점검 달성

○ (센서 최적화) 스마트 건설 및 도시, 노후시설물 유지관리 등 건설 분야에 필요한 센서 수요조사를 통해 센서 최적화 추진

□ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화

○ (Big Data 유통) 계획·실행·운영 단계 정보를 축적·유통하여, 설계단계의 가상 건설·운영, 운영에 최적화된 설계 도모

- (Big Data 관리) 스마트건설의 기반이 되는 통합플랫폼 관리 및 정보 유통 활성화를 위한 ‘(가칭)건설정보 공사’ 설립 검토

○ (Big Data 활용 기술개발) 건설CALS, 공간정보 등 다양한 데이터 시스템을 연계·분석하여 인프라 관리 효율화, 대국민 서비스 실시

- (모바일 CALS) 모바일을 이용한 건설사업관리 기능을 강화하고, 용지보상, 시설물점검 등에도 활용 가능한 모바일 시스템 개발

□ 건설 안전·환경 관리

○ (스마트 관리체계) 4차 산업혁명기술을 활용하는 ‘스마트 건설기술’ 개발 등으로 시스템·장비 기반의 안전체계 구축 및 활용 촉진

- (제도적 근거 마련) 현장관리시 IoT, 드론 등 4차 산업혁명 첨단 기술이 활용될 수 있도록 비용 반영 근거 마련

- (IoT 기반 스마트 유지관리) IoT 기반 계측센서, 드론 등 첨단 유지관리 기술을 개발하여 시설물 이상을 신속 검지·대응

○ (선제적 유지관리) 인프라 노후화 초기부터 선제적·체계적 유지 관리를 실시하고 재원조달 방안을 마련하기 위한 「지속가능한 기반시설 관리기본법」 제정

2.6 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 (2018~2022)

가. 추진 배경

□ (시설물 유지관리 중요성) 국가 주요자산인 SOC 장수명화와 효율적 활용을 유도하여 미래의 경제적 부담 완화

○ SOC는 국민 삶의 질을 결정하는 기초이며, 일자리 창출과 경제 성장의 핵심적인 공공재로서 최소 비용으로 유지관리 효율화 필요

○ SOC 유지관리 투자지연은 노후화와 서비스 수준 저하를 유발하여 성능개선, 수명연장을 위한 경제적 부담 증가 초래

* 미국은 '80년대부터 SOC 노후화로 인한 우려가 제기되었으나, 적정 예산이 투입되지 않아 노후화가 심각한 수준으로 진행

□ (시설물 안전 중요성) 시설물 안전 확보는 복지·안전사회 구현을 위한 필수적 수단

○ 시설물 노후화, SOC 투자 감소, 4차 산업혁명 기술 등 첨단 기술의 개발 및 적용요구 증가 등 시설물 안전·분야에 새로운 요구 대두

나. 현황 및 문제점

□ (제도·정책) 사후적 대응체계에서 선제적 관리체계로 전환하여 안전하고 오래 사용하는 시설물을 구축하기 위한 시도 중이나, 향후 많은 시행착오 예상

○ 18년부터 성능 중심의 SOC 유지관리 체계가 시행될 예정이나, 성능평가 기법과 유지관리 의사결정 지원시스템 미흡, 관리주체 인식 및 전문성이 부족한 실정

- 성능평가 기법이 일부 SOC에 국한되어 있으며, 성능평가 결과에 따라 관리주체는 유지관리 의사결정을 해야 하나, 지원할 수 있는 지원시스템 미흡

○ 성능 중심 SOC 유지관리체계가 도입된다 할지라도 목표성능 달성을 위해 필요한 재원이 부족한 경우 시설물 노후화 대비에 차질 발생

- 현행 성능 중심 SOC 유지관리체계에서는 목표성능 달성에 소요되는 비용을

관리 주체가 확보하도록 되어 있어, 재원조달이 힘든 경우 시설물의 성능개선이 용이하지 않을 소지가 있음

□ (기술) 시설물 안전·유지관리 분야 첨단 기술 개발이 시도되고 있으나, 선진국 대비 기술격차가 여전하여 스마트 시설물 구축 역량 부족

○ 한국 시설물 안전 및 유지관리 기술수준은 최고 기술보유국(미국) 대비 74.1%에 불과(기술격차 6.8년)

<표 2-7> 시설물 안전 및 유지관리 분야 기술수준 비교

(단위 : %)

국가	미국	EU	일본	한국	중국
기술수준	100%	91.6%	94.8%	74.1%	63.2%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

○ 하드웨어적 기술 중심으로 개발되어 시설물 장수명 예측 등 소프트웨어 기술과 핵심장비 등 기초·원천기술이 부족하고, 저임금·낮은 역량의 기술자 의존도가 여전히 높음

□ (산업) 산업 고도화가 미흡하고 좋은 일자리 여건 조성이 용이하지 않아 경제 활성화에 보탬이 되는 시설물 구축이 쉽지 않은 상태

○ 종래의 시설물 안전진단업과 유지관리업은 분절된 서비스 영역을 지닌 인력 중심 산업으로 고부가가치 창출이 어려운 상황

- 점검·진단 또는 보수·보강 중 하나의 서비스만을 제공하여 서비스의 전·후방 통합을 통한 새로운 가치 창출 토대 미흡

○ 시설물 안전 및 유지관리 산업의 열악한 근무환경으로 인해 기존 기술자의 이직 또는 신규 기술자의 유입 미흡

- 잦은 야간 작업, 적은 시장규모로 인한 기술자로서의 비전 부재, 저임금 등

○ 시설물 안전·유지관리 시장규모는 성장세가 둔화되었으나, 업체 수는 비약적으로 증가하여 수주경쟁이 치열하고, 소수 업체의 수주 편중현상이 심화

- 점검·진단 시장은 상위 10여 개 업체가 전체 시장을 과점하는 구조이며, 보수·보강시장도 상위 20개 업체의 시장 집중도가 7~9%로 과점구조 형성

□ (국민소통) 국민이 믿을 수 있는 시설물 구축을 위해 필요한 국민 소통 노력이 부족하고, 시설물 안전·유지관리가 서비스라는 개념이 미흡

○ 시설물 성능 개선을 위해서는 절대적인 국민 지지가 필요하나, 국민과의 의사소통하기 위한 프로그램이나 창구가 미흡

○ 시설물 안전·유지관리를 공급자의 업무로만 인식하여 이용자 참여 및 상호소통 등의 서비스 제공이 부족

다. 추진 방향

□ (비전) 향후 5년(18~22년)간 新정부와 함께 할 시설물 안전·유지관리 분야의 제도·정책 로드맵과 기술발전 청사진은 ‘미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축’으로 제시

○ 시설물 안전 및 유지관리 분야는 종전과 다른 새로운 환경변화가 전망되므로, 이에 적극 대응할 필요성 대두

- 시설물 노후화와 특정관리대상시설 편입(3종 시설물)으로 인한 수요 급증, 경제 성장 둔화로 인한 예산부족, 제4차 산업혁명 등 첨단 융·복합 기술발전 및 적용 요구 증가, 국민의 시설물 안전 불안감 지속 등

○ 환경변화는 결과적으로 시설물 성능개선을 요구하므로, 향후 5년간 ‘지속가능한 안전관리 기반’을 구축해야만 효율적인 시설물 관리를 통한 국가경쟁력 향상과 안전 및 행복사회 진입 가능

□ 목표 및 성과지표

○ (안전하고 오래 사용하는 시설물) 안전성능, 내구성능, 사용성능 향상에 의한 시설물 안전 확보 및 기대수명 연장으로 국민이 안심하고 편리하게 오래 사용할 수 있는 시설물

○ (스마트한 시설물) 안전성능, 내구성능 및 사용성능 이외에 제4차 산업혁명 등 첨단 융·복합 기술발전 및 적용 요구가 반영된 시설물

○ (경제 활성화에 보탬이 되는 시설물) 성능개선에 소요되는 막대한 비용 충당을 위해 산업을 고도화하고 SOC의 사회적 편익을 증진하여 국가경제 활성화에 보탬이 되는 시설물

- (국민이 믿을 수 있는 시설물) 국민 지지에 의한 성능개선 소요비용 확보를 위해 시설물 정보 공개 등 국민과의 상호 소통기반을 구축하여 국민의 알 권리가 충족되어 믿을 수 있는 시설물

비전	미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축
4대 목표	1 안전하고 오래 사용하는 시설물 2 스마트한 시설물 3 경제 활성화에 보탬이 되는 시설물 4 국민이 믿을 수 있는 시설물
성과 지표	1 안전등급 A, B 시설물 비중 95% 이상(제1·2종 시설물) 정기점검 이행률 90%* 이상(제3종 시설물) * '22년 기준 제3종 시설물 정기점검 결과 시설물정보관리종합시스템 입력률 90% 이상 2 시설물 안전·유지관리 연구개발 예산 20%* 이상 상향 * 국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업 재해·재난 대비 시설물 유지관리·건설안전기술 연구개발 투자실적 (13~17년 105,826백만 원 → 18~22년 126,991백만 원 이상) 3 시설물 안전·유지관리 신규 기술자 10%* 증가 * 한국건설기술인협회 안전진단전문기관·유지관리업체 신규 기술자 등록현황(해당년도 안전점검·유지관리 업무 경력 최초 신고자) (17년 9월 기준 3,050명 → 22년 9월 기준 3,355명 이상) 4 시설 안전에 대한 국민 만족률 10%P* 개선 * 통계청 사회안전 인식도(건축물 및 시설물, 15세 이상)의 만족 (안심+매우 안심+보통) 응답률 (16년 65.9% → 22년 75.9% 이상)
4대 전략	1 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착 2 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화 3 융·복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반 조성 4 국민 소통형 시설물 안전·유지관리 서비스 지향

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

<그림2-10> 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획 추진 방향

라. 주요 시사점

- 시설물 안전 및 유지관리 기술혁신 생태계 조성을 위해 기업의 혁신 역량 강화를 위한 제도개선 및 지원체계 구축, 특화 연구개발 프로그램 마련과 투자확대 검토
 - (제도개선 및 지원체계 구축) 시설물 안전 및 유지관리 기술개발 및 활용을 촉진하기 위한 제도 개선 및 수요자 중심의 지원체계 강구
 - 기술개발 보상체계 개선, 기술개발·투자실적 평가방법 개선 및 정부 R&D 예산 확대를 시설물 안전·유지관리 우수 기업과 인력 유입 유도
 - (특화 연구개발 프로그램 및 투자확대 검토) 시설물 안전 및 유지관리 분야만을 위한 연구개발 프로그램 마련과 투자 확대 검토
 - 미래 유망기술 융·복합 과제 및 창의·도전과제 선정 유도, 기업·대학·연구기관 공동 연구프로그램 마련 등
- 시설물 정보공유 플랫폼 마련을 위해 시설물정보관리통합시스템의 고도화, 타 정보 시스템과 상호연계 확대, 시설물 정보 개방 및 공유 기반 구축 추진
 - (시설물 통합시스템 고도화) 3종 시설물 및 성능평가 관련 시설물 정보를 통합시스템으로 구축하고 과학적인 정보체계로 고도화
 - 시설물의 정보분류체계 정립과 인공지능·빅데이터 기반 조성
 - * 연구수행 및 관련 제도 개선 추진, 시설물 정보의 데이터화, 지능형 정보시스템 프레임워크 구축
 - (시설물 정보 시스템 상호연계 강화) 시설물정보 관련 타 시스템이 정보융합·분석을 통한 신뢰성 제고 및 연계성 강화
 - (시설물 정보개방 및 공유기반 구축) 시설물 정보 중 개방 및 공유 가능한 범위를 검토하고, 필요한 제도의 개선 및 정보공유 플랫폼 구축

□ 스마트한 시설물 관리를 위해 무인·원격 성능정보 수집 및 모니터링 기술 개발, 인공지능기반 자가진단 및 신속 보수·보강 기술 개발

- (성능정보 수집·모니터링 기술개발) 점검·진단 효율성과 신뢰성 향상을 위해 무인화 기술(드론, 3D, 스캔)과 초연결 기술(IoT, 클라우드)을 활용한 성능정보 수집·모니터링 자동화 및 연결 기술개발 추진
 - 무인기반 시설물 점검 기술 자동화, 가상화 탐지 점검 기술 고도화, 고신뢰도 데이터 확보 검증 기술
- (자가진단 및 신속 보수·보강 기술 개발) 시설물 스스로 자가진단을 통해 최적 보수·교체시기를 결정하고 로봇 등 무인기술을 활용하여 신속한 보수·보강이 가능한 기술개발 추진
 - 빅데이터와 인공지능을 활용하여 딥러닝 기반 잔존수명 예측, 조기감지 및 최적 대응전략(시기, 공법 등 수립)

□ 스마트 진단·유지관리 기술의 실용화·사업화를 위해 리빙랩 개념의 실증사업 실시 및 성능검증체계 마련

- (리빙랩 실증사업 실시) 기존 폐시설물과 미사용 SOC를 테스트베드로 활용하고, 기술개발과 실증이 병행하는 리빙랩 실증사업을 추진
 - * 국토교통과학기술진흥원, ‘첨단 융합형 국토교통기술 종합실증 클러스트 조성’ 기획 중
- (첨단기술의 성능검증 체계 마련) 새롭게 개발되는 안전진단 및 유지관리 기술·장비의 신속한 현장 적용을 위해 성능 적정성 평가 방안을 마련

2.7 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 (2018~2022)

가. 추진 배경

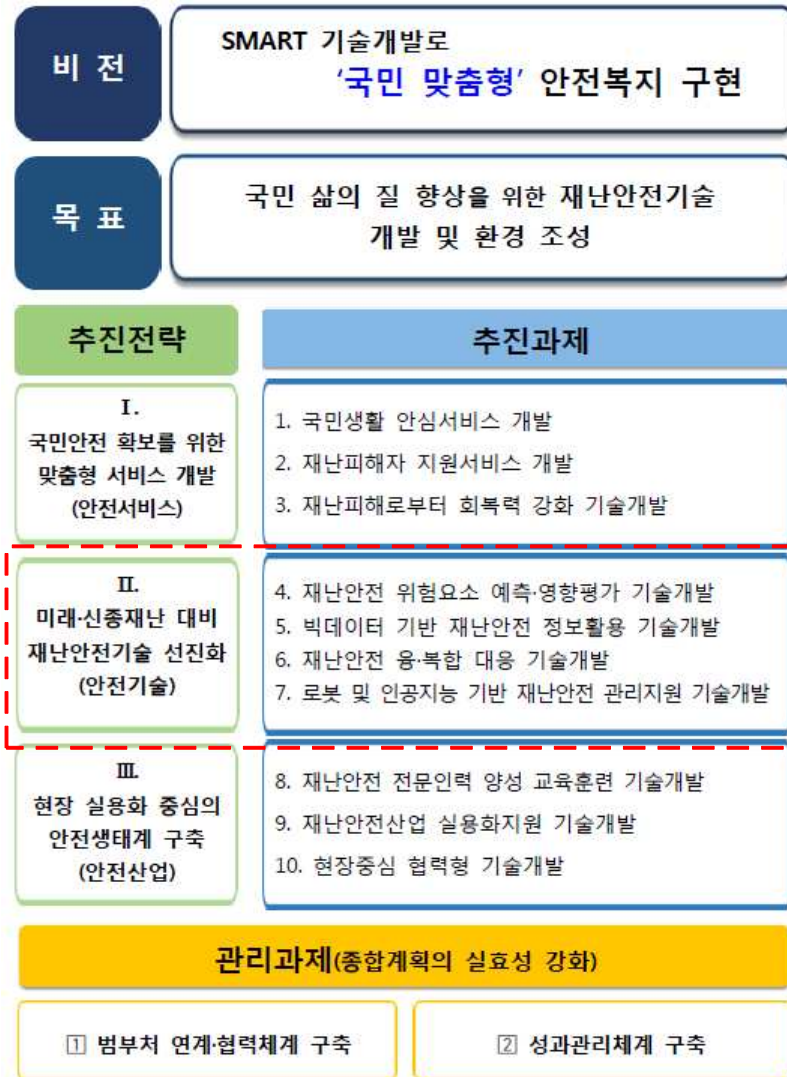
- 대형·복합·신종재난 등 각종 재난 및 안전사고로부터 국민 안전 기본권 확보를 위한 과학기술의 역할 증대
 - 최근 포항·경주 지진, 집중호우 등 자연재난 위험성 증대
 - 밀양화재, 구제역, 중동호흡기증후군 등 생활 속 위험요인에 대한 불안감 확산에 따른 국민 생활안전 요구증가
- 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난안전 분야 과학기술 개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진
 - IoT, 인공지능, 빅데이터 등 신기술을 재난안전 분야에 접목함으로써 재난관리에 있어서 새로운 변화와 혁신 기대
 - 범부처 연계·협력형 연구개발사업을 발굴하고, 이를 통한 사업간 시너지 효과 증대 및 중복투자 방지 등 투자 효율성 제고

나. 패러다임의 전환

- 재난안전 R&D 환경 분석을 통한 시사점
 - 국민 안전 확보를 위한 체감형 서비스 기술 개발 필요
 - 취약계층 등 국민의 기본적인 안전권을 확보하기 위한 기술
 - 재난의 피해로부터 국민의 고통을 덜어주기 위한 서비스 제공 등
 - 미래 신종재난에 대비한 융·복합 기술 개발
 - 선제적 재난예방을 위한 스마트 재난관리 시스템 개발
 - 극한 재난발생시 현장의 위험을 대신하기 위한 로봇 등 무인기술 개발
 - 고부가가치 재난안전 안전산업 육성 및 지원 확대 필요
 - 취약한 재난안전 산업을 육성하기 위한 최소한의 정부지원 확대

- 재난안전산업 기술경쟁력 강화를 위한 실용화 지원 정책 마련

다. 비전 및 추진전략



자료 : 「제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획」, (2018.2)

<그림2-11> 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 비전 및 목표

□ (전략 1) 국민안전 확보를 위한 맞춤형 서비스 개발

- 국민 생활안전 위해요소 제거 및 재난에 대한 회복력과 탄력성 증진 등 맞춤형 재난안전서비스를 통해 국민 안전기본권 확보

□ (전략 2) 미래·신종재난 대비 재난안전기술 선진화

- 4차 산업혁명 신기술 기반, 재난안전기술의 첨단화를 통해 미래·신종재난 등 급변하는 재난환경 변화에 선제적으로 대응

□ (전략 3) 현장 실용화 중심의 안전 생태계 구축

- 재난안전 전문인력 양성 및 재난안전산업 육성, 협업형 기술개발 등 R&D 생태계 구축을 통한 현장 실용성 강화

라. 주요 시사점

□ 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발

- 자연·사회재난 및 신종·복합재난을 대비하기 위한 재난 및 안전위험 요소의 예측 및 영향평가 시스템 개발
- 미래재난 예측을 위한 Big-Data 분석 방법론 개발 및 시나리오 기법을 활용한 위험성 평가
- 재난 취약지역 모니터링 및 사전예방을 위한 자동의사결정 지원체계 구축

□ 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발

- 빅데이터 등의 정보를 활용한 재난 모니터링 강화와 재난안전 정보 조기 감시 및 예·경보 기술개발
 - 다양한 정보의 수집 분류 분석을 통한 새로운 재난안전 데이터 생성 기술개발

□ 재난안전 융·복합 대응 기술개발

- 4차 산업혁명 기반의 융·복합 기술을 활용한 인텔리전트 재난 안전관리 시스템 개발
- 재난관리 단계별 체계적·효율적 관리할 수 있는 통합 재난안전 관리 스마트 시스템 개발

□ 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술개발

- 사람이 대응하기 어려운 지진 등 극한재난 발생 시 대응 로봇 및 인공지능, 무인항공기 등의 기술개발
- 재난에 대한 선제적 대응 및 방어, 정비의 효율성과 정확도 향상을 위한 실시간 안전정보 제공 시스템 구축

3. 국내 정책 동향

□ 첨단산업과 에너지산업 접목을 통한 신산업 창출을 위해 에너지기술 개발 계획에 기반한 에너지 기술 혁신 프로그램인 ‘Energy Innovation Architecture 2025’를 추진

○ 에너지 효율향상 및 온실가스 감축 기술개발을 통해 에너지 기본계획의 목표 달성을 위한 기술적 토대 마련

- '23년까지 기술사업화율 40% 및 주요 분야 기술수준 90% 이상 달성, 국내외 파급효과 31조 원, 일자리 10만 명 창출 목표

□ 후쿠시마 사고 이후 안전성 강화에 초점을 맞춘 원전운영 관리 정책과 관련 기술 발전 방안 추진

○ 대규모 재해로 인한 고장 사고의 예방·대책 기술 개발과 새로운 개념의 안전성 강화를 통한 안전성 향상 추구

□ 해외 플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 플랜트 연구사업 추진 중

○ 주요 중점 분야는 담수화 기술, 가스·비전통 자원화 기술, 자원 이송 및 순환기술, 플랜트건설 지원 인프라 기술로 구분

<표 2-8> 국토교통 기술 연구개발사업 플랜트연구사업 기술분야

(단위 : 억 원)

연구분야		투자 실적 및 계획			
중점분야	세부 기술분야	'13년	'14년	'15년	'16년~
담수화 기술	막공정 융·복합 기술 공정효율화 기술 담수화 응용 플랜트 기술	46.0	84.0	132.0	408.0
가스·비전통 자원화 기술	가스플랜트 고도화 기술 극한지 에너지 플랜트 건설기술 가스·비전통 자원화시설 건설기술	169.2	74.0	64.9	175.0
자원 이송 및 순환기술	자원 이송 네트워크 기술 수소 인프라 구축 기술 생활기반 자원순환 플랜트 건설기술	30.0	46.0	38.2	115.8
플랜트 건설 지원 인프라 기술	플랜트 사업수행 고도화 기술 글로벌 진출 지원시스템 구축 기술 실증 인프라 기술	5.0	20.0	40.0	172.0

자료 : 「국토교통 R&D조사-플랜트 분야」, 국토교통과학기술진흥원 (2015)

□ 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」 제정('17.10)으로 선진적인 시설물 유지관리 틀 마련

○ (배경) 우리나라 주요 기반시설은 단기간에 집중 구축되었으며, 그에 따라 노후화도 급속하게 진행 중

- 기반시설의 노후화는 시설물 이용자의 편의를 감소시킬 뿐만 아니라 국민 안전까지 위협

○ (주요내용) 시설물의 노후화에 대비한 선제적인 유지관리 및 안전점검 이후 체계적인 보수·보강을 위한 이행력 확보 등 시설물 생애주기비용을 절감하면서 성능을 최대화할 수 있는 선진적인 시설물 유지관리를 위한 틀 마련

- 공공기반시설에 대해 전략적 투자와 관리방식을 도입하여 안전사고를 미연에 방지하고 기존시설의 수명연장과 성능개선을 통해 재정투자의 효율성 제고
- 낙후된 유지관리 관련 산업을 고부가가치화하고 새로운 일자리 창출

4. 국외 정책 동향

4.1 미국

- 노후화 된 인프라의 급증에도 불구하고 적절한 대처 및 투자 부족으로 인해 인프라 안전성이 위협



자료 : ASCE, (2013)

<그림2-12> 미국 인프라 분야별 평가 등급

- 인프라 유지보수 투자의 적정시기를 놓쳐 최근에 들어 많은 비용을 지불하고 있으나, 부족한 재원으로 충분한 투자가 이루어지지 않아 교량의 붕괴 등 실질적인 문제를 경험 중
 - '80년 이후 준공 후 25~40년 경과된 교량이 붕괴되는 사건이 발생



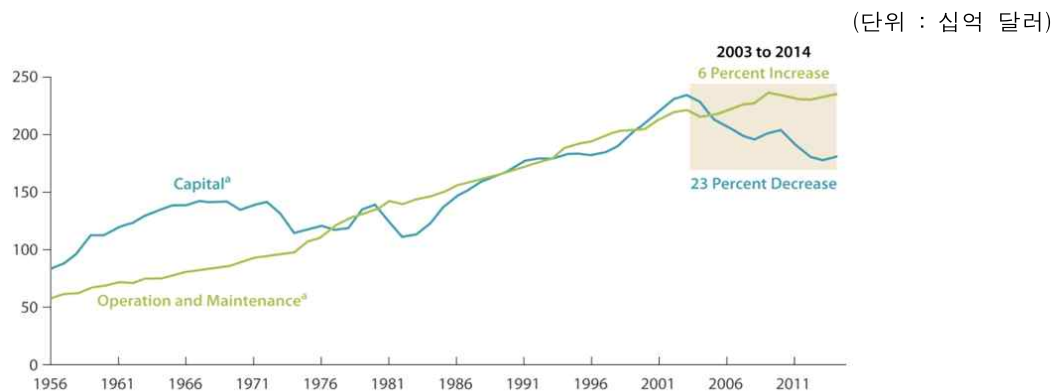
<그림2-13> 미국 Skagit County, Minesota 교량 붕괴 사고

- 노후화 된 공공인프라 성능개선(도로, 공항, 교량 등)에 대규모 자금 투입, 송유관·정제시설 발주 확대 등 건설 활성화 예상

* GDP대비 공공인프라 투자비율('14) : 미국(2.4%), 중국(9%), 유럽(5%)

□ 막대한 재정 투입 및 ICT 기술을 접목한 노후 인프라 성능 개선 등을 위한 다면적 접근 시도

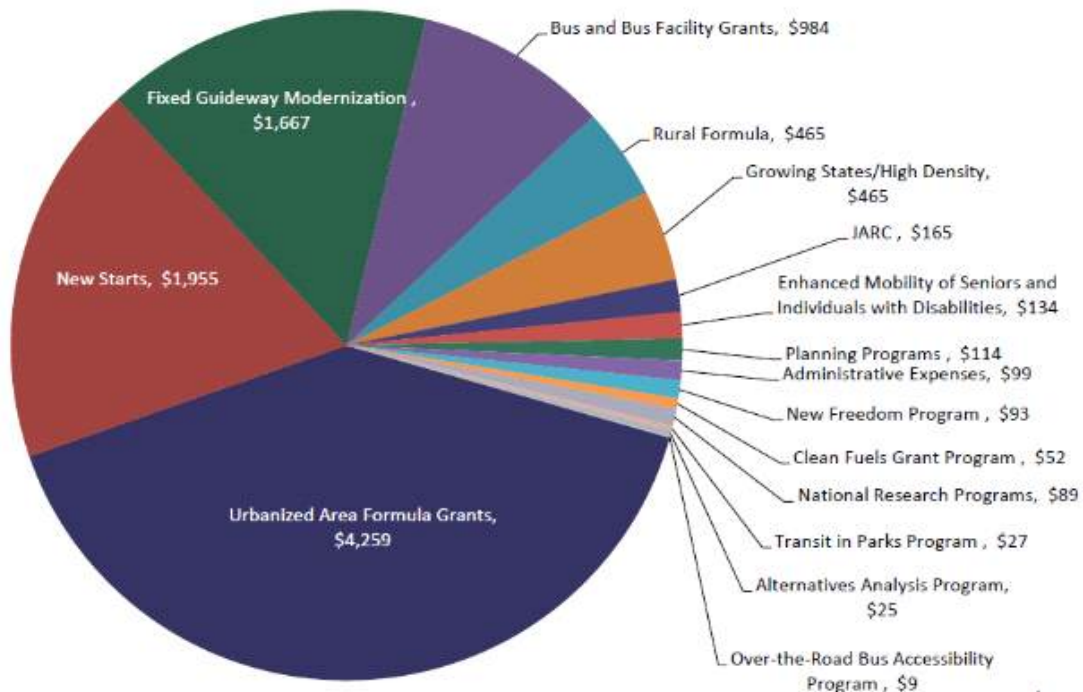
- 미국은 2003년부터 2014년까지 시설물 신규건설 예산을 23% 감소시킨 반면 유지관리 예산은 6% 증가



자료 : CBO(미국의회예산처)

<그림2-14> 미국의 시설물 유지관리 예산추이('56~'14)

- (MAP-21) '12년부터 '14년까지 2년간 1,050억 달러를 도로건설, 유지관리, 안전, 대중교통, 교통계획 및 제반연구에 투자



자료 : AASHTO(America Association of State Highway and Transportation Officials, (2012)

<그림2-15> MAP-21의 통합된 핵심사업 프로그램

- 성능개선 및 성능관리 기반의 자산관리 계획 도입 및 혁신법안 비준을 통해 기반시설에 대한 적극적 예산 투입과 전략적 유지관리(성능 중심 자산관리)를 의무화하고, 인프라 실태조사 실시
- (FAST) '16년부터 '20년까지 5년간 육상교통 시설 성능개선을 위해 약 3,060억 달러 투자

<표 2-9> 미국 FAST Act 하부 프로그램별 예산 규모

(단위 : 십억 달러)

프로그램 명	예산 규모
Federal Highway Administration	226.6
Federal Transit Administration	61.1
Federal Motor Carrier Safety Administration	3.2
Pipeline and Hazardous Materials Administration	0.4
National Highway Traffic Safety Administration	4.7
Federal Railroad Administration	10.3
합계	305.0

자료 : United States Department of Transportation, (2015)

- 경제 활성화 및 일자리 확충을 위해 향후 5년간 5,500억 달러 규모의 인프라 투자 및 에너지 분야 사업 확대 계획 발표('16)
 - 시설물 노후화에 따른 유지보수 가이드라인 정립 및 인프라 성능에 대한 주기적 점검, 통계관리를 수행하고 있으며, 관련 연구개발에 대한 투자를 지속
 - 드론 및 위성사진 등을 활용한 인프라의 노후화를 감시하고, 클라우드 소싱(Crowd-sourcing) 기법을 통해 도로의 평탄성을 평가하는 등 인프라 관리에 신기술을 접목
- 앞선 ICT 인프라를 바탕으로 최신 기술을 반영한 실용적 기술개발을 통해 세계 재난안전 기술 선도
 - 세계 최고의 군사용 로봇 기술을 바탕으로 재난대응 관련 장비 개발 추진
- 재난 회복력(resilience) 개념 도입 및 관련 방안 마련
 - 2012년도 샌디 등 불가항력적인 자연재난에 의해 대형 피해가 발생한 이후 본격적으로 재난 회복력 개념이 방재분야에 도입

4.2 일본

- 고도성장기에 집중적으로 개발된 도시 인프라에 대한 노후화 및 자연재해로부터의 안전성 문제 대두
- 도시 인프라 노후화와 더불어 거대지진 발생과 같은 자연재해에 취약한 지반 등 인프라 관련 사회문제 심화
 - 인프라 노후화로 인한 인명사고로 신규 인프라 확충에 집중하던 예산을 유지보수 측면으로 전환하기 시작



<그림2-16> 일본 사사고 터널 붕괴, 다이이치벤텐바시 파손 사고

- 일본 국토교통성도 노후시설물 유지관리, 보수보강 비용을 2013년에는 약 3.6조엔, 10년 후 2023년에는 4.3~5.1조엔, 20년 후 2033년에는 4.6~5.5조엔 소요될 것으로 추정하면서, 시설물 유지보수 투자비용이 건설투자 총액을 상회할 것으로 예상
- 고령화 시설물 급증에 따라 유지관리소요비용 절감을 위한 예방적 방안 및 효율적 유지보수 계획 발표
- '13년 '과학기술이노베이션 종합전략'에 '지속적인 생활과 산업을 위한 사회인프라 비용 절감' 포함
- 인프라 장수명화 기본계획('13)에 따라 유지관리 로봇기술 및 모니터링 기술개발에 투자
 - 일본부흥전략('13년)은 '30년까지 주요 인프라에 센서, 로봇, 비파괴검사 기술 등을 활용한 효율적 점검을 목표로 설정
 - 노후 인프라 점검·보수 기술을 수출상품으로 육성 목표

□ 인구감소와 고령화 가속화에 따라 노동력을 메울 수 있는 ICT, IoT, 로봇기술 등을 활용한 건설산업 생산성 향상을 추진

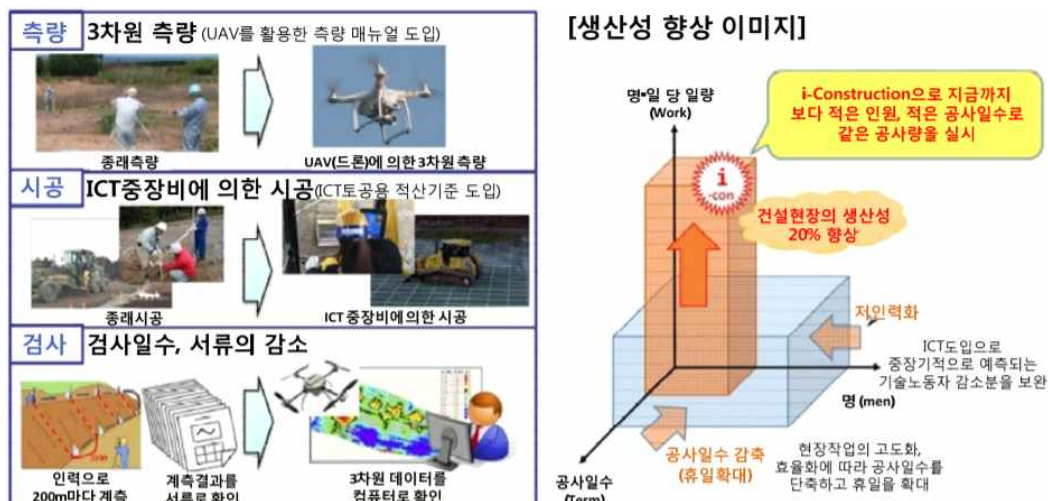
○ (생산성혁명 프로젝트) i-Construction, 인프라 유지보수 혁명, 고품질 인프라의 해외진출 등을 포함한 20개 프로젝트 추진('16.3)

- (인프라 유지보수 혁명) 인프라 유지보수 사이클의 모든 단계에서 다양한 사업의 기술이나 민간의 노하우를 활용하여 유지보수 산업의 생산성을 향상시키고, 유지보수 산업을 육성, 확대할 예정임



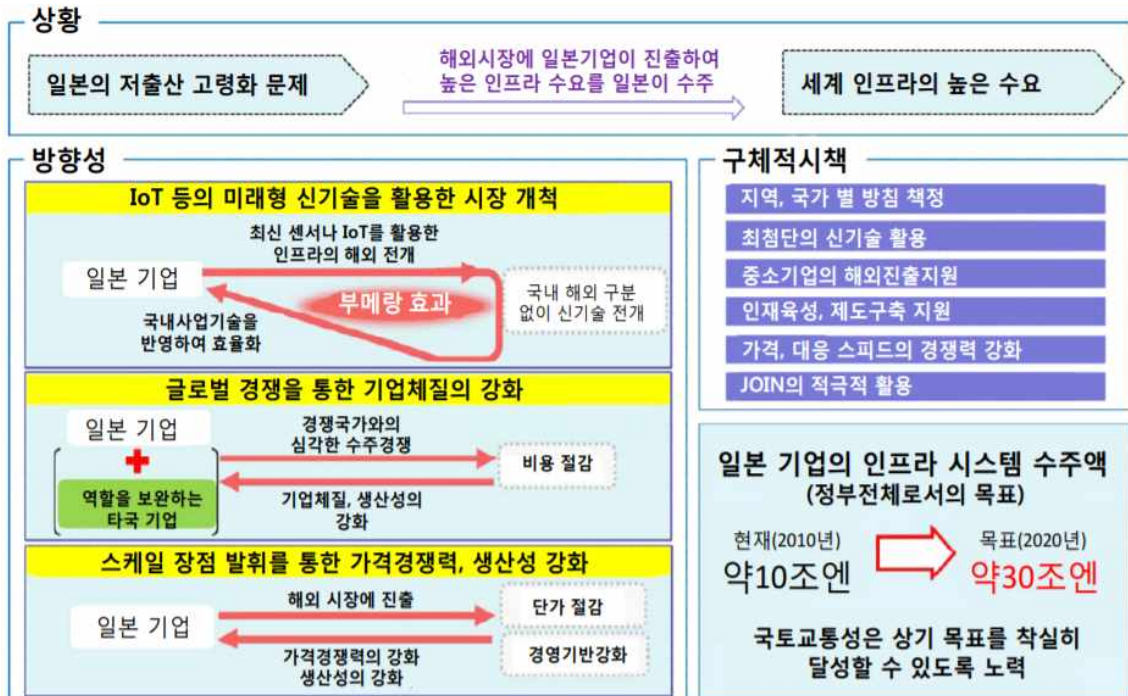
<그림2-17> 일본 인프라 유지보수 혁명 개념

- (i-Construction) '25년까지 건설현장 생산성 20% 향상을 목표로 기술력 향상 중심의 4차 산업혁명 대응전략 수립·추진('17.1)



<그림2-18> 일본 i-Construction 개념

- (고품질 인프라의 해외 전개) IoT 등의 미래형 신기술을 활용하여 시장을 개척하고, 해외의 높은 인프라 수요를 적극적으로 수주함으로써 일본 기업체질의 강화, 가격 경쟁력, 생산성의 강화를 도모하고, 강인한 국토교통산업의 성장궤도를 개척하는 성장형 고품질 인프라의 해외 전개를 강력하게 추진



<그림2-19> 일본 고품질 인프라의 해외 전개 개념

- 정보화시공, 로봇, CIM 등 선결기술의 시범사업 실시 등 지속적 R&D에 더한 ICT 기술 현장 적용을 위한 전략으로 추진
- 정부에서 ‘제4차 산업혁명’이라는 용어를 적극 수용하여 첨단 AI 기술 및 빅데이터를 활용한 재난재해 대응 기술 개발 추진
 - 홍수해석·수리·수문·생태 등의 복합현상 해석을 위한 CommonMP를 개발하여 재난 데이터 통합 활용의 플랫폼으로 활용
 - 빅데이터를 활용한 모바일 기반의 지진 및 재난대비 시뮬레이션 개발

4.3 유럽

- 유럽에서는 제7차 EU Framework Program을 통해 홍수경보시스템 구축 프로젝트를 추진
 - 온난화와 기후변화로 인해 유럽도시의 60% 이상이 홍수위험에 노출되어 있고, 이 위험성은 더 악화될 것으로 예상
 - EU는 제방에 센서를 설치하고 실시간으로 모니터링하여, 범람을 사전에 예측하는 시스템—Urban Flood 프로젝트 추진
 - 이 프로젝트로 제방에 센서를 설치하여, 실시간 정보 수집—인공지능을 통한 실시간 자료분석—범람예측—모바일을 통한 경보 등을 처리하는 홍수경보시스템 (EWS, Early Warning System) 구축

4.4 호주 및 캐나다

- 호주 및 캐나다에서는 우리나라의 국토교통부와 기획재정부 예산실의 기능을 합쳐놓은 ‘Infrastructure Australia’ 와 ‘Infrastructure Canada’ 라는 부처를 신설하고, 법령을 제정하여 매년 수백억 달러 규모의 예산을 투입함으로써 기존 사회기반시설의 안전 및 성능개량 사업을 추진

5. 주요 시사점

- 미국, 일본 등 인프라를 구축한지 오래된 선진국들 위주로 기존 인프라의 유지·보수 정책을 활발히 추진
 - (미국) 인프라 유지보수 투자의 적정시기를 놓쳐 교량의 붕괴 등 실질적인 문제를 경험 중
 - 막대한 재정 투입 및 ICT 기술을 접목한 노후 인프라 성능 개선 노력
 - (일본) 최근 인프라 노후화로 인한 인명사고가 발생하자 신규 인프라 확충에 집중하던 인프라 예산을 유지보수 측면으로 전환
 - 노후 인프라에 대한 생애주기 비용을 감소하기 위해 점점 모니터링·진단 기술 등 ICRT를 적용하여 기술의 융복합화 집중 투자
- 후쿠시마 원전사고 등 대형 플랜트 사고 이후 플랜트의 환경 및 안전 규제 강화
 - 플랜트의 주요 핵심기기들에 고장진단, 의사결정, 자료처리 등의 기능을 부여하는 스마트 기기 개발 연구 추진
- 국내 플랜트 시설에 관한 체계가 안전관리 위주의 사후관리 중심에서 4차 산업혁명 관련 기술을 이용한 선제관리 체계로 전환
 - 4차산업에 대응하는 혁신성장동력 개발로 기술융합을 통한 새로운 가치창출
 - 기존 건설 기술에 AI, 로봇, IoT 등 첨단기술 융·복합을 통해 ‘건설지능화’와 ‘건설기술 고부가가치화’ 달성을 목표로 추진
- 본 연구는 국정과제와 밀접하고, 제4차 과학기술기본계획 등 부처 상위계획에 반영된 기술로서 정부의 정책과 부합성이 매우 높음
 - 「제4차 과학기술 기본계획」, 「혁신성장동력 추진계획」, 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 추진계획」, 「제6차 건설기술진흥 기본계획」, 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, 「제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획」 등 관련 부처 상위계획에 모두 ICT 기술을 접목한 시설물 안전 기술 및 플랜트 운영 최적화 기술 개발 계획 반영

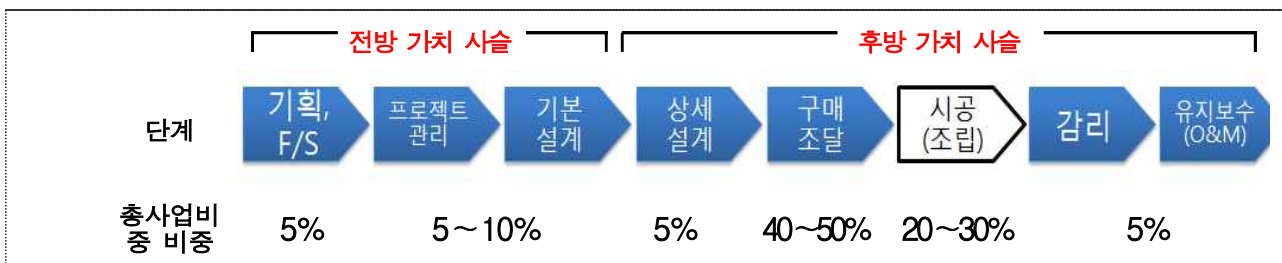
제2절 국내외 시장 현황 및 전망

1. 플랜트 엔지니어링 산업의 특징

□ (고부가가치의 산업) 엔지니어링 산업은 국가 주력 산업의 고도화, 양질의 일자리 창출 및 녹색·신성장 동력 산업을 선도하는 파급효과가 큰 산업

○ 엔지니어링산업은 과학기술의 지식을 응용하여 사업 시설물에 대하여 기획·타당성·조사·설계·분석·구매·조달·시험·감리·시운전 등의 다양한 활동과 그 활동에 대한 사업관리를 통해 이루어지는 고부가가치의 산업으로 ‘지식기반서비스 산업육성’과 ‘경제선진화 달성’을 구현하는 기반

<표 2-10> 플랜트 엔지니어링 가치사슬 및 분야별 총사업비 비중



자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

- 엔지니어링산업은 인재와 기술이 융합된 지식집약형 산업으로서 고도의 기술, 경험 및 사업관리가 필요하기 때문에 진입장벽이 매우 높은 종합적인 시스템 산업
- 장기간에 걸친 경험과 축적된 기술이 경쟁력의 관건이 되는 기술집약적인 고부가가치 산업으로 국가기술 개발력 및 국가경쟁력을 좌우하는 산업의 핵심 역할을 담당하며, 전 산업을 선도하는 기술 서비스 산업이며, 인적자원이 비교적 풍부한 우리나라에서 국가 전략산업으로서 육성이 가능한 산업
- 엔지니어링 분야의 시장경쟁 심화, 턴키 프로젝트 증가, 프로젝트 복합화 등으로 인해 고부가가치 기술 및 품질 중심의 비가격(기술) 경쟁력의 중요성이 부각되고 있음
- 타 산업과의 연관효과가 지대하며 해외 시장 개척자 역할을 수행하는 등 국가경제를 주도할 핵심 산업

- 전후방·연관산업·기업의 경쟁력과 시장 참여 및 확대를 주도하고 있으며, SOC, 플랜트, 건설, 산업설비, IT 등 광범위한 분야와 최근에는 환경·에너지·녹색 기술 등 첨단기술 분야가 접목되어 국가 주력 산업의 생산성과 성능·품질향상에 직접적인 영향을 미치는 중핵사업
- SOC, 산업 플랜트, 건설, 전기·전자산업등의 수출확대에 기여하는 전략적 중요성과 국내 완제품, 시설등의 해외 진출 첨병 역할을 수행할 수 있는 수출 주도 및 해외 시장 개척형 산업

<표 2-11> 산업분야별 부가가치율

	엔지니어링	소프트웨어	제조업	건설업
부가가치율(%)	56	50	33	21

자료 : 「엔지니어링 기술역량 강화」, 한국생산기술연구원 (2013.12)

<표 2-12> 산업분야별 취업 유발 효과

	엔지니어링	소프트웨어	자동차	조선	반도체
취업유발효과 (명/10억원)	19.0	16.5	10.8	9.9	6.2

자료 : 「엔지니어링 기술역량 강화」, 한국생산기술연구원 (2013.12)

- (높은 전후방 파급효과) 플랜트 엔지니어링 산업분야는 플랜트 종류에 무관하게 공통적인 성격이 매우 강한 분야로 특히, 플랜트 O&M의 융복합 기술은 전후방 산업으로의 파급력이 높음

<표 2-13> 지능정보연계 플랜트 O&M 분야 산업 구조

후방산업	지능정보연계 플랜트 O&M 산업	전방산업
석유화학플랜트 /해양플랜트 /건설플랜트 /기계플랜트 O&M 엔지니어링	지능형 운영 시스템 무인 감시 및 진단 시스템 유지보수 및 관리운영체계	시뮬레이션 공정설계 3D플랜트 설계 장비설계 경제성분석

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019 (플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

<표 2-14> 산업분야별 전후방 산업연관효과

	농림수산물	전기·전자	건축	금융·보험	플랜트
전방연관효과	1.03	1.08	0.56	1.32	1.25
후방연관효과	0.77	1.25	0.97	0.65	1.18

자료 : 「해외 플랜트 수주동향 및 지원시책」, 산업연구원 (2007)

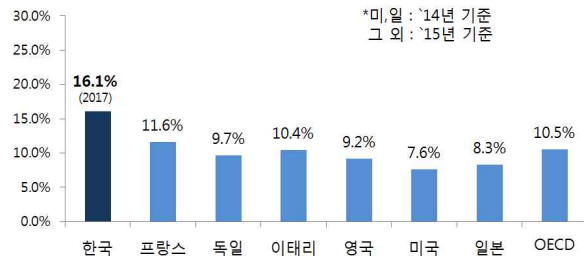
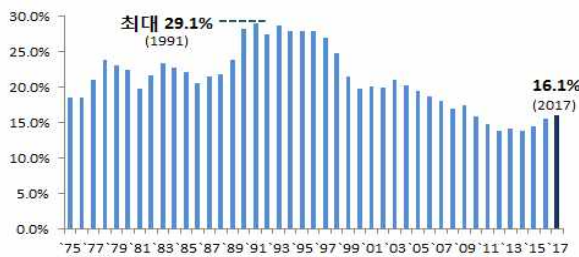
- 플랜트 엔지니어링 산업은 기반 기술 연구와 함께 IT 융합 기술 도입을 통해 미래지향적이고 창의적인 기술 개발 및 적용 진행 중
- IT기반 엔지니어링 고도화 기술, 엔지니어링 전주기적 관리 시스템 구축, 실시간 고장/성능/위험 관리를 위한 기술 및 시스템 등에 대한 도입 및 적용

2. 국내 시장 현황 및 전망

2.1 국내 플랜트 시장 현황 및 전망

□ (국내 건설 경기) 하방압력 증가로 업체간 과당경쟁 심화 우려

- 2017년부터 선행지표인 건설수주가 감소세로 전환되는 등 '14년 이후 지속된 경기 호조세가 둔화중으로 향후 하방압력 증가 예상
 - 건설산업의 거시경제 비중(건설투자/GDP)은 '91년 29.1%로 최대치를 기록한 이후 16% 내외에서 10년 이상 장기 정체('16 : 15.5%)
- 인프라 투자가 원숙기에 접어든 선진국의 사례를 볼 때, 향후 건설투자 비중은 완만한 감소가 불가피
 - 일시적 건설물량 지원을 통한 산업육성보다는 선제적 구조개편을 통해 과당경쟁을 해소하고 부가가치 제고 필요



자료 : 「건설산업 혁신방안」, (2018.6)

<그림2-20> 국내 및 주요국의 GDP 대비 건설투자 비중

□ (SOC 예산) 2018년 SOC 예산은 전년대비 14.2%감소한 19조원으로 확정

- 정부의 SOC분야 지출 구조조정에 따라 2018년 분야별 예산안 가운데 가장 큰 폭으로 감소
 - 기존 예산안 17.7조 원에서 1.3조원 증가한 19조 원으로 최종 확정
- 정부의 SOC 예산안 기준으로 세부 분야별로는 도시재생 분야를 제외한 전 부문이 감소
- 정부의 SOC 분야 구조조정과 투자 효율화 방침에 따라 향후에도 지속적으로 감소할 것으로 보임

- 향후 신규 건설사업을 최소화하고, 기존 발주된 계속 사업 위주로 투자 방침이 정해졌음
- SOC 투자는 도시재생, 안전, 유지보수, 4차 산업혁명 등 미래 대응 분야에 집중될 것으로 판단됨

<표 2-15> SOC 분야 재정투입 전망

(단위 : %)

년도	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR ('16~'20)
SOC	23.7	21.8	20.3	19.3	18.5	-6%

자료 : 「2016~2020년 국가재정운용계획」, (2016)

□ (엔지니어링 시장 현황) 국내 시장은 공공 SOC 투자 감소 등의 영향으로 정체 상태이고, 엔지니어링 기업 규모도 영세

○ 국내 플랜트 엔지니어링 실적은 지속적으로 감소

<표 2-16> 국내 엔지니어링 연도별 실적 현황

(단위 : 조 원)

년도	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR ('11~'15)
실적	6.8	6.8	5.4	5.9	5.7	-4.3%

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

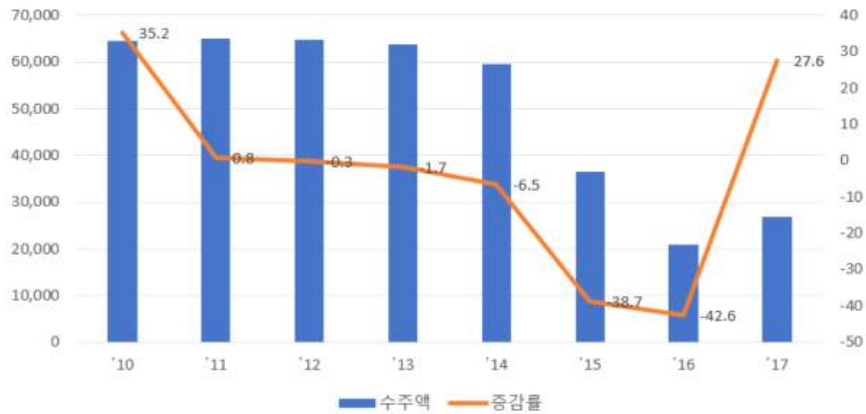
○ 주요 기업들이 시공에 주력하면서, 시공분야는 글로벌 Top4를 달성했으나, 엔지니어링은 해외진출 증가에도 여전히 영세한 상황

* (한국 해외시장 점유율) 시공 : 8.3% vs 엔지니어링 : 2.4%

* (한국 엔지니어링 해외시장 점유율 변화) '05 (0.7%) → '15 (2.4%)

2.2 해외 플랜트 수주 현황 및 전망

□ 해외 플랜트 수주액은 2014년 이후 급속히 악화



자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지, e-나라지표

<그림2-21> 해외 플랜트 연도별 수주액 추이

- ('10~'14년) 고유가, 에너지자원 개발, 산업 인프라 확충 등으로 프로젝트 발주가 증가하여 년 평균 630억 달러를 상회하는 수주 기록
- ('15~'16년) 저유가, 주요 발주국의 재정 악화 등으로 인해 중동, 아시아 등 플랜트 주력 시장의 발주량 감소, 프로젝트 지연/취소 사례가 발생하여 수주 급감 ('15년 : 365억 달러, '16년 : 209억 달러)
- ('17년~) 유가 회복세에 따른 중동 시장 부활로 수주 상황이 반등 되었지만, 유로화 약세 등 외부변수로 인해 수주 경쟁 치열로 300~350억불 수준 수주 전망
- 수주 반등의 주요 요인은 ①해양 플랜트 발주 재개, ②이란 대형 정유, 석유화학 프로젝트 ③다수의 아시아 발전 프로젝트로 분석

□ 지역별로는 절반 이상의 수주액이 중동, 아시아 시장에 집중

<표 2-17> 해외 플랜트 지역별 수주액 추이

(단위 : 백만 달러, %)

구분	미주	아시아	중동	아프리카	유럽	합계
수주액	52,559	105,616	116,536	28,025	38,227	340,962
비율	15.4	31.0	34.2	8.2	11.2	100

자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지

※ 2011년부터 2018년 2월까지의 현황

- 해외건설의 중동·아시아 지역 편중으로 지정학적 리스크에 크게 노출
 - 세계 건설시장에서는 아프리카·미주 지역이 절반 정도를 차지하고 있으나 우리나라의 경우 약 65%를 중동·아시아지역에서 수주
- 향후 모든 지역에서 수주가 증가할 것으로 예상됨
 - (중동) 유가 회복, 산업 다각화 등은 긍정적 요소이나, 정세불안에 따른 불안정 요소도 상존
 - (아시아) 신남방정책, 일대일로 등 정책 추진력을 바탕으로 발전, 석유, 가스플랜트 분야 시장 확대 전망
 - (유럽) 한국의 신북방정책, 러시아의 신동방정책 시너지로 가스, 전력 분야 협력 확대 전망
 - (아프리카) 세계 원자재 가격 회복세, 주요국 인프라 개발추진 등 전반적으로 시장 확대 전망
 - (미주) 미국 인프라의 노후화로 인한 전반적인 인프라 시장 확대 전망

□ 설비 분야별로는 Oil&Gas, 담수&발전, 해양 분야에 집중

<표 2-18> 해외 플랜트 설비별 수주액 추이

(단위 : 백만 달러, %)

구분	Oil&Gas	기계	담수&발전	산업시설	석유화학	해양	합계
수주액	102,089	2,134	91,581	35,012	36,816	73,331	340,962
비율	29.9	0.6	26.8	10.3	10.8	21.5	100

자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지

※ 2011년부터 2018년 2월까지의 현황

- 발전, 해양, Oil&Gas 분야가 전체 수주액의 약 85%를 차지
 - (Oil&Gas) 국제유가 회복 기대로 관련 플랜트 수주 실적도 확대 전망
 - (해양) 시장 자체는 커질 전망이지만 중국, 싱가포르 등 신흥 경쟁국과의 경쟁이 더욱 치열해질 것으로 예상
 - (발전) 주요 개도국 에너지 개발정책 추진, 인구증가 등으로 전력 프로젝트 증가 예상

2.3 국내 업체 동향

□ 국내 엔지니어링 업체 현황

- 국내 엔지니어링기업은 약 5,500개이나, 중소·중견기업이 96%로 대부분이고, 세계 100대 기업은 9개(현대건설, 삼성물산, GS건설 등)에 불과

<표 2-19> 국내·외 엔지니어링 기업 순위('17)

(단위 : 억 달러)

해외기업		국내기업	
순위	업체	순위	업체
1	ACS(스페인)	14	현대건설
2	HOCHTIEF(독일)	20	삼성물산
3	China Communications Construction Group(중국)	28	GS건설
4	VINCI(프랑스)	34	삼성ENG
5	BECHTEL(미국)	35	SK건설

자료 : 「2017년 세계 250 시공사」, ENR (2017)

<표 2-20> 플랜트엔지니어링 분야별 국내 대표 기업

구분	설계	구매	시공	테스트	O&M
발전	한국전력기술(주) 현대엔지니어링 두산중공업	두산중공업 LS산전 이성엔지니어링 현대건설	현대건설 대우건설 대림산업 두산중공업		동서발전 서부발전 중부발전 남동발전
수자원	두산중공업 K-water (주)코오롱 도화엔지니어링	웅진케미칼 코오롱환경서비스 에치투엘 제일모직	두산중공업 한화건설 대우건설 코오롱건설	K-water	K-water
오일·가스	한국석유공사 한국가스공사	GS건설 삼성물산 현대건설 대림산업 포스코건설	GS건설 삼성물산 현대건설 대림산업 포스코건설	한국석유공사 한국가스공사 포스코에너지	한국석유공사 한국가스공사
해양	현대중공업 삼성중공업 대우조선해양	현대중공업 삼성중공업 대우조선해양	현대중공업 삼성중공업 대우조선해양	현대중공업 삼성중공업 대우조선해양	현대중공업 삼성중공업 대우조선해양
환경	코오롱 대우건설 GS건설 시노펙스	대우건설 현대건설 GS건설 시노펙스	GS건설 대우건설 현대건설 SK건설	GS건설 대우건설 포스코건설 현대건설	코오롱 우주엔비텍 대우엔텍 TSK

<표 2-20> 플랜트엔지니어링 분야별 국내 대표 기업

구분	설계	구매	시공	테스트	O&M
	KEPCO 도화엔지니어링	코오롱 LG화학	KEPCO	KEPCO	포스코이엔이 KEPCO KC Cottrell

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019(플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

□ 국내 엔지니어링 업체 경쟁력

- (EPC 기업) 국내 EPC 기업들의 해외 수주는 2011년 약 650억 달러에서 2016년 약 200억 달러로 떨어져 감소율이 70%에 육박하며, 2017년에 소폭 상승
- (고부가가치 엔지니어링 영역의 기술역량 부족) 선진기업들은 저위험도의 소규모 고부가가치 전방가치사슬영역(개념/기본설계, FEED) 위주의 영업방식을 추구해온 데 비해 국내 EPC 기업들은 상대적으로 고위험도 대규모 저부가가치 후방가치사슬영역(상세설계, 시공부문)에 치중된 영업방식을 추구하여, 고위험 프로젝트 과다 수주 및 저가 수주경쟁으로 막대한 적자 발생
- PMC·FEED 영역에 대한 기술 부족으로 EPC turnkey 방식 참여를 기피하고 시공 위주의 사업 수주에 주력

<표 2-21> 선진국 대비 분야별 국내 엔지니어링 기술수준

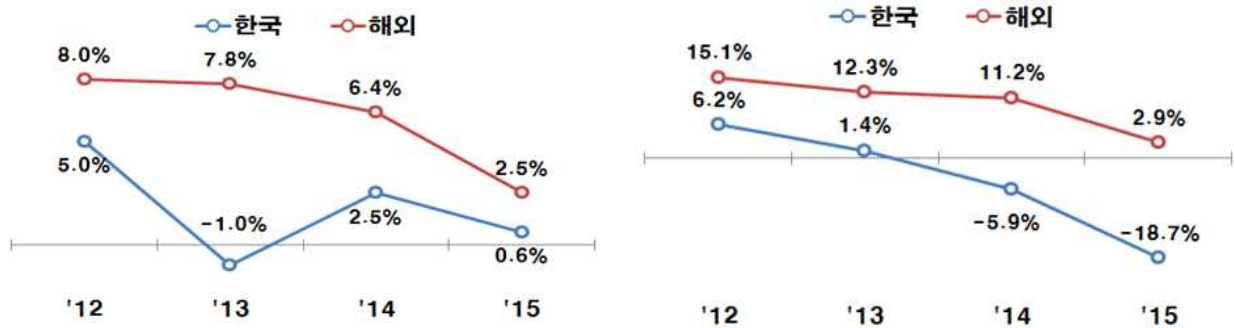
(단위 : %)

분야	PMC·FEED	상세설계	기자재	시공·관리
기술수준	75	92	75	95

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

- (프로젝트 수행의 위험도 증가로 인한 승자의 저주) 프로젝트의 거대화·복잡화 추세로 프로젝트 수행 위험도가 증가하는 가운데, 핵심 기본설계 라이선스 해외의존과 거대 프로젝트 관리역량 부족에 따른 소통 및 이해와 수행경험 부족에 따른 시행착오성 에러, 위험관리 능력 부족으로 막대한 손실
- 공사비, 공기 등에 대한 예측 부족으로 해외 플랜트 현장에서 DLP 지급 등 수익성 약화
- (후발국과 선진국 사이에서 新넛크래커 현상) 외국의 선진기업들은 설계 및 공정기술의 라이선스를 독점하여 고부가가치화 하고, 인도·중국 등의

후발국들은 저임금을 기반으로 진입장벽이 낮은 상설설계 및 시공 분야 진출을 통한 외형 확장에 주력하여 한국은 그 사이에서 경쟁력 저하



자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

<그림2-22> 육상·해상플랜트 영업이익률 연도별 추이

- (O&M 기업) 국내 정유 및 석유화학 플랜트 운영기업들은 오랜 플랜트 O&M 경험을 바탕으로 글로벌 경기침체 여건에도 불구하고 탄탄한 경영실적을 달성해 왔으나 급변하는 글로벌 시장 및 기술 변화에 적절한 대응역량 부족
 - 향후 비전통 에너지 자원 개발 확대에 따라 가스·신재생 에너지 기반 플랜트 산업 비중이 확대될 것으로 예상
 - 해외 선진 O&M 기업들은 4차 산업혁명 지능정보기술과 연계한 스마트 플랜트 O&M 기술 및 서비스 개발에 적극적으로 투자함으로써 플랜트 운영의 최적화(Optimization) 및 이익의 극대화(Maximization) 추구
 - 반면, 플랜트 운영산업은 장치산업의 보수적인 특성으로 인하여 타 업종에 비해 기술혁신 투자가 저조하여, 경쟁력 및 수익성 악화가 우려
- 기본설계 등 핵심영역의 고급인력 및 Track Record 부족, 시공·가격 중심의 낙후된 제도, 정부지원 부족
 - (인력부족) 세계 플랜트 엔지니어링 시장은 점차 대형화 및 복잡화되면서 엔지니어의 전문성은 증대되고 있으나, 해외 수주 업무를 담당할 전문 인력은 매우 부족

<표 2-22> 엔지니어링 가치사슬별 인력 부족률('15)

(단위 : %)

분야	F/S	기본 설계	상세 설계	구매	시공	시운전	기타	평균
부족률	9.5	23.6	21.2	5.7	2.8	17.8	7.0	6.1

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

- (Track Record) Track Record의 부족으로 수주 저조의 상호 악순환
- (제도) 기술력보다는 가격으로 결정되는 낙찰제, 정당한 대가지불 기피 등으로 저가 수주 만연 → 인재유입 저해, 기업 영세화
- (종합 지원 미흡) 세제·금융·해외진출 등의 지원이 제조업, 제품·부품(HW) 위주로 설계되어 엔지니어링(서비스)에 대한 고려 부족

<표 2-23> 주요 5개 엔지니어링 사업분야별 문제점과 대책 방향

분야	중요성	문제점	대책 방향
설계	- 시공 등 후속 공정의 경제성과 운영 플랜트의 경쟁력 결정	- 절대적인 기술/경험/인력의 부족으로 개발된 기술의 실효성 부족 - CAD 등 핵심 도구의 외산 솔루션 의존으로 개발 대상 영역 협소 - 설계 기준/절차/지침을 준수하는 문화와 이를 관리하는 시스템 부족	- 설계 데이터, 지식, 경험의 지식 자산화를 통한 지능형 설계 지원 기술 필요 - 개인에의 의존성을 줄이고 설계 빅데이터 및 AI를 기반으로 설계 자동화 및 최적화 지원 시스템
PM	- 플랜트 건설 프로젝트의 수익성 결정 - PM 과정에서 변화에 대응하는 위기관리 중요성 증대	- 거대화/복잡화로 프로젝트 수행의 위험도가 증가한 가운데 상세설계/시공 중심의 영업으로 수행과정에서의 변화에 따른 위험에 취약 - 설계변경 등 변화에 따른 계약관리, 원가관리 및 PMC 대응 등 위기관리 기술/경험 부족 - 위기관리 등 새로운 지능형 PM R&D 투자 부족	- PM사례 경험지식 재활용을 위한 데이터 기반 구축 필요 - 사례 경험지식기반 위험관리를 위한 지능형 PM 기술 필요
O&M	- 사후대응에서 예지보전으로 기술 및 시장 변화 - 스마트 O&M은 고부가가치 신시장 창출 잠재력 - 세계수준의 경험/지식 보유	- 세계수준의 경험/지식을 보유하고 있으나 지식자산화는 미진 - 숙련된 전문인력의 고령화 및 은퇴로 보유 경험/지식의 사장 우려 - 플랜트 운영기업들의 보수적인 자세로 신기술 도입/투자 미진 - O&M 기술과 지능정보기술의 융·복합 기술 및 전문인력 부족 - 선진 기업들의 스마트 O&M 기술개발 경쟁으로 기술 및 시장 종속 우려	- 지능정보기술의 도입을 통한 O&M 경험지식의 지식자산화 - O&M 기술과 지능정보기술 융·복합 전문인력 양성 - 기술 및 글로벌 시장 선점을 위한 글로벌 기술개발 협력 네트워크 구축

<표 2-23> 주요 5개 엔지니어링 사업분야별 문제점과 대책 방향

분야	중요성	문제점	대책 방향
디지털 협업	- 설계-시공-운영 부분 최적화에서 전주기 최적화로 고도화를 위한 기업 간 협업 환경 조성	- 협업을 위한 기술적 인프라 미흡 • 데이터 공유 및 활용체계 미진 • 중조 엔지니어링 SW의 외산 의존 - 다자간 협업관리 기술/경험 부족 • 협업용 매뉴얼 및 rule의 부재 - 기업 간 협업을 저해하는 문화 • 수직적 불평등 관계, 일방향 소통	- 국내 기업 환경에 적합한 엔지니어링 협업 기술영역 개척 - 기술 및 시장을 선점한 글로벌 선진기업들과의 협력 방안 모색
원천 공정 기술	- 고부가가치 원천 기술 IP 확보를 통한 기술 종속성 탈피	- 원천 공정기술에 의한 높은 글로벌 시장 진입장벽 형성 - 절대적인 기술개발 및 축적의 시간 부족으로 기술 및 경험 부족 - 국내의 공정기술 개발 시도는 상업화보다 기술개발에 중점 • Track Record 확보 등 사업화 전략 미흡	- 공정기술 빅데이터 확보 및 분석과 시뮬레이션 등 지능정보기술의 접목을 통한 신공정 기술개발의 효율성 증대

자료 : 「KEIT PD ISSUE REPORT VOL. 18-4」, KEIT (2018)

2.4 국내 시설물 안전·유지관리 시장 현황

□ (점검·진단 시장현황) 시설물 점검·진단시장 규모는 11년 이후 매년 증가 추세를 보이다가 17년에 축소

○ 시설물 점검·진단 시장에서 활동하는 업체 수는 17년 11월 기준 1,810개 (안전진단전문기관 939개, 유지관리업체 871개)로서, 16년 1,697개에 비해 증가

<표 2-24> 국내 시설물 점검·진단 연도별 시장규모

(단위 : 억 원)

년도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17.11
시장규모	1,158	1,306	1,366	1,660	1,920	2,179	1,378
증감률		17.9%	4.6%	21.5%	15.7%	13.5%	-36.8%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

<표 2-25> 국내 안전진단 및 유지관리업체 연도별 등록현황

(단위 : 개)

년도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17.11	CAGR ('11~'16)
업체 수	1,113	1,197	1,297	1,434	1,574	1,697	1,810	8.8%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

□ (유지관리 시장현황) 10년 이후 성장세가 둔화되었으나, 15년 3조 6,152억 원으로 16년에 비해 다소 증가

○ 시설물 유지관리 업체 수는 16년 5,159개로서 16년 4,893개에 비해 증가

<표 2-26> 국내 시설물 보수·보강 연도별 시장규모

(단위 : 억 원)

년도	'11	'12	'13	'14	'15
시장규모	29,188	30,159	31,146	29,190	36,153
증감률		3.3%	3.3%	-6.4%	23.9%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

<표 2-27> 국내 시설물 유지관리업 연도별 등록현황

(단위 : 억 원)

년도	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
시장규모	4,324	4,496	4,688	4,893	5,159	4.5%

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

□ (안전·유지관리 시장 전망) 향후 노후화 공공 시설물의 급증으로 시설물 안전·유지관리 시장 역시 성장할 것으로 전망됨

○ 2005년부터 2016년까지 전문건설업 중 시설물 유지관리업이 9.4%로 가장 높은 연평균성장률을 보임

<표 2-28> 전문건설업 업종별 연평균성장률

(단위 : %)

업종	시설물 유지관리	승강기	구조물 해체	기계 설비	철근 콘크리트	상·하수도	준설	전문건설업 평균
CAGR	9.4	9.2	7.2	6.4	3.8	0.9	-6.0	4.2

자료 : 「2018년 건설경기전망(전문건설업을 중심으로)」, (2017.12)

○ 10년 후에는 공공 시설물 중에서 30년 이상 경과한 SOC 비율이 21.4%, 20년 후에는 44.4%로 증가 예상

<표 2-29> SOC 시설물 노후화 추세 전망

(단위 : 개, %)

년도		1996	2006	2016	2026	2036
총 시설물	수량	7,518	17,674	26,930	35,120	39,817
30년 이상	수량	671	1,267	2,744	7,518	17,674
	비율	8.93	7.17	10.3	21.41	44.39

자료 : 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, (2017.12)

3. 국외 시장 현황 및 전망

3.1 세계 플랜트 시장 현황 및 전망

□ (해외 건설 경기) 해외건설 시장은 유가 상승과 세계 경기회복에 더불어 회복세에 진입할 전망

○ 2013년 5,440억 달러를 정점으로 해외건설시장은 하향세 기록

<표 2-30> 세계 건설 시장 연도별 시장규모 현황

(단위 : 억 달러)

년도	'12	'13	'14	'15	'16	'17
시장규모	5,070	5,440	5,210	5,000	4,681	4,774

자료 : 「'18년 해외 건설시장 전망 및 대응 전략」, KOTRA (2017.12)

○ 유가 상승, 아시아 및 미국 인프라 투자 확대로 해외건설 시장은 활기를 찾을 전망

- 유가 상승으로 지연된 221억 달러 규모의 중동 대형 프로젝트가 재입찰될 가능성이 높아짐에 따라 중동 플랜트 발주액은 지속적으로 증가할 전망
- AIIB 출범으로 아시아 인프라 개발이 본격화되어 2017년부터 5년간 약 6조 달러 이상 인프라 시장에 투자되어 해외건설 시장 성장을 견인할 것으로 기대
- 미국 인프라 시장은 노후화가 진행됨에 따라 교체 수요가 발생하고 있으며, 트럼프 행정부의 1조 달러 투자 계획으로 인프라 건설이 더욱 탄력을 받을 전망

□ (엔지니어링 시장 동향) 세계 시장은 세계경기, 유가 등에 민감하여 최근의 저성장 지속, 저유가 등의 영향으로 성장세 둔화

○ (EPC 시장 현황) 글로벌 EPC 시장은 2017년 저점을 찍은 후 upcycle을 시작하여, 2019년부터 호황 전망

- EPC 시장은 2016년 2,050억 달러에서 2017년 2,800억 달러로 회복했으며 2018년 4,230억 달러의 발주에 이어, 2019년 5천억달러의 시장을 형성하며 호황이 예상

<표 2-31> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망

(단위 : 억 달러)

설비별		2016년	2017년	2018년	2019년~2020년
화공 플랜트	LNG	170	430	1,050	2,900
	Oil&Gas	170	280	230	300
	정유	260	450	750	2,600
	화학	430	380	880	1,780
	파이프라인	210	220	220	300
	해양	130	340	380	420
	합계	1,370	2,100	3,500	8,300
발전플랜트		680	700	730	1,070
총계		2,050	2,800	4,230	9,370

자료 : 「산업분석 In-depth 건설」, 한국투자증권 (2018.5)

- 지역별로는 아시아와 중동이 전체 EPC 시장의 약 50%를 차지할 것으로 전망

<표 2-32> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 지역별 비중 현황 및 전망

년도	아시아	중동	중앙아 /러시아	아프리카	북미	남미	유럽
2017	35%	16%	13%	9%	21%	4%	2%
2018	30%	21%	4%	9%	31%	3%	2%

자료 : 「산업분석 In-depth 건설」, 한국투자증권 (2018.5)

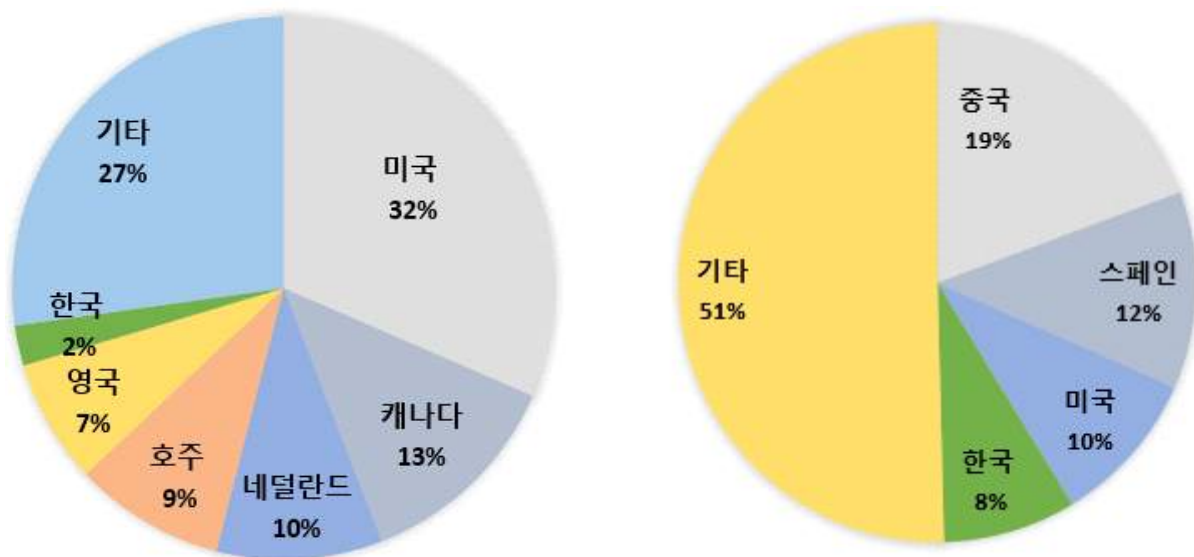
- 향후 저유가 지속 등 시장 축소 요인과 이란·AIIB·신흥국 인프라 투자, 성능개선·개보수 증가 등의 기회요인이 혼재
 - 에너지 수요 증가, 인구증가, 도시화 등 시장 수요 측면과 기술개발 등 경영혁신 측면에서 장기적 관점으로 플랜트 시장의 지속 성장이 예견됨
 - 불확실한 경제상황과 시장기회 감소로 장기적인 설비투자 계획 수립이 어려워짐에 따라 플랜트 업체 간 경쟁이 심화되고 이로 인해 이익률이 낮은 저가 수주 공세 증가
 - 오일메이저(BP 등)의 해양 개발이 축소
 - 이란 경제제재 해제 등으로 SOC 개발 수요 및 노후시설의 성능개선·개보수 활발

3.2 해외 업체 동향

□ 해외 엔지니어링 경쟁 현황

○ 세계 시장은 선진국이 주도(미·캐·네·호·영 5개국이 약 70% 점유)

- 선진국은 기술력에 기반하여 엔지니어링, 신흥국은 인건비 우위를 바탕으로 시공에 주력



자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

<그림2-23> 세계 엔지니어링, 시공 국가별 점유율('16)

- 선진국은 공정 라이선스 등을 독점하면서 기본설계(FEED)는 물론, 프로젝트 관리(PM), 유지·보수(O&M) 등도 선점
 - 메이저 기업들은 FEED 및 PMC 역량을 바탕으로 단순 EPC는 한국 등 후발국에 넘겨주고, 플랜트 가치사슬 중 부가가치가 높은 영역에 집중
- 글로벌 메이저 기업들은 핵심공정에 대한 원천기술을 독점하고, 기술 진입장벽을 활용한 시장 지배력 강화
- LNG 플랜트의 경우 소수의 카르텔에 의한 시장지배 지속
 - 해양플랜트에서도 기술의 진입장벽화가 진행되고 있어 후발주자의 진입이 어려운 환경으로, FMC, Cameron 등이 Subsea 시장을 독점
 - Technip의 경우와 같이, 자체개발 뿐만 아니라 M&A를 통해 기술경쟁력을

확보하고 사업영역을 확대

- 플랜트 분야의 기술개발은 기초연구 보다는 기존 기술을 응용 또는 융합하는 방향으로 진행되며, 선진국에서는 주로 산업생태계를 중심으로 기술개발 진행
- 중국 등 기술 후발국의 경우, 정부 주도/지원을 통한 기술개발 사례가 많으며, 특히 테스트베드를 통한 실증, Track Record 기회 제공 등 간접적 지원 비중이 높음
- 중국은 엔지니어링 후발국이나 시공분야 경쟁력, 막대한 자국시장 수행 경험(Track Record) 등을 바탕으로 해외시장에서 빠르게 성장

* 중국 해외시장 점유율 : ('05) 14개社, 1.7% → ('15) : 23社 4.0%

<표 2-33> 플랜트엔지니어링 분야별 해외 선도 기업

구분	설계	구매	시공	테스트	O&M
발전	Shaw Group Bechtel SNC-Lavalin Parsons Brinckerhoff	itachi Toshiba MHI SIEMENS	SNC-Lavalin URS HDR		
수자원	CM2M Hill Black&Veatch GE Aquatech	Zenon NORIT TORAY Asahi Kasei	ITT Water Hyflux	Veolia Suez	Veolia Suez United Utility
오일·가스	Toyo Lurgi Shell SASOL CompactGTL	Toyo Lurgi Shell SASOL CompactGTL	Toyo Lurgi Shell SASOL CompactGTL	Toyo Lurgi Shell SASOL CompactGTL	Jiutai ENN Lurgi
해양	F&G 모텍 아커 크베너 사이팜		NOV Aker MH Neddrill FMC Cameron Aker Solution GE Oil&Gas		
환경	GE energy DB Riley Veolia Simens ABB	Parsons Engineering Veolia GE energy	Shell KHD RWE Veolia Siemens	RWE Veolia Siemens GE energy	RWE Veolia Siemens GE energy

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019(플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

□ (해외 유지·보수 시장 활성화) 해외 노후 플랜트 성능개선·개보수
· 현대화 수요 급증

<표 2-34> 건설·플랜트 개보수·현대화 연도별 세계 시장규모 전망

(단위 : 억 달러)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
세계시장	15,300	15,810	16,680	17,660	18,780

자료 : 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안」, (2016.10)

○ 이란·이라크 등 노후 플랜트 밀집지 등을 중심으로 성능개선, 진단지원으로
수주 지원 확대

- O&M 핵심역량인 성능진단 및 노후화 예측 등 R&D 지원 필요

○ Cyper Physical System(CPS)* 세계시장 규모의 급속한 성장 예상

- 2013년 36.5억 달러에서 연평균(CAGR) 8.64% 성장하여 2016년 46.8억 달러로
성장하였으며 2021년 81.2억 달러로 성장 예상²⁾

* 플랜트의 효율적 운영을 위한 지능형 플랫폼

2) 자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

4. 주요 시사점

□ 세계 플랜트 시장은 세계경기, 유가 등에 민감하여 최근의 저성장 지속, 저유가 등의 영향으로 성장세 둔화되었으나 2019년부터 호황이 예상

○ (EPC 시장 현황) 글로벌 EPC 시장은 2017년 저점을 찍은 후 upcycle을 시작하여, 2019년부터 호황 전망

- 아시아와 중동이 전체 시장의 50%를 차지할 전망

○ (노후 플랜트 개선) 이란·이라크 등 노후 플랜트 밀집지 등을 중심으로 성능개선, 진단지원으로 수주 지원 확대

- O&M 핵심역량인 성능진단 및 노후화 예측 등 R&D 지원 필요

○ Cyber Physical System(CPS)* 세계시장 규모의 급속한 성장 예상

□ 플랜트 시장 경쟁 현황

○ (국내 역량) 고부가가치 엔지니어링 영역의 기술역량 부족으로 고위험 프로젝트 과다 수주 및 저가 수주경쟁으로 막대한 적자 발생

- (EPC) PMC·FEED 영역에 대한 기술 부족으로 EPC turnkey 방식 참여를 기피하고 시공 위주의 사업 수주에 주력

- (O&M) 국내 정유 및 석유화학 플랜트 운영기업들은 오랜 플랜트 O&M 경험을 바탕으로 글로벌 경기침체 여건에도 불구하고 탄탄한 경영실적을 달성해 왔으나 급변하는 글로벌 시장 및 기술 변화에 적절한 대응역량 부족

○ (해외 현황) 선진국은 기술력에 기반하여 엔지니어링, 신흥국은 인건비 우위를 바탕으로 시공에 주력

- 글로벌 메이저 기업들은 핵심공정에 대한 원천기술을 독점하고, 기술 진입장벽을 활용한 시장 지배력 강화

- 해외 선진 O&M 기업들은 4차 산업혁명 지능정보기술과 연계한 스마트 플랜트 O&M 기술 및 서비스 개발에 적극적으로 투자함으로써 플랜트 운영의 최적화(Optimization) 및 이익의 극대화(Maximization) 추구

제3절 국내외 기술 동향 및 분석

1. 글로벌 플랜트 기술개발 트렌드

□ 플랜트 산업의 주요 트렌드 변화

- 플랜트 산업 기술의 주요 트렌드는 고부가가치, 선진국의 시장지배력 강화, 융복합화, 안전기술 중요성 대두, 중국 등의 후발 국가의 위협 심화로 나뉜

<표 2-35> 플랜트산업의 주요 트렌드 변화

주요 트렌트	내용
고부가가치화	- 기업 및 유지운업을 포함하는 고도의 지식서비스산업으로 범위를 확장하여, 고부가가치화를 추구
융복합화	- 미래 플랜트 시장은 기술과 제품의 융·복합화가 빠르게 진행될 것으로 예상되며, 기능의 융복합화에서 기술 및 에너지원의 복합 등으로 확대될 전망
안전기술 중요성 대두	- 후쿠시마 원전사태와 멕시코만, 보하이만 원유누출사고 등으로 플랜트의 안전설계 및 유지관리 신뢰성 확보를 위한 기술 개발에 관심이 증가될 전망
중국 등 후발 국가의 위협심화	- 중국의 부상 및 글로벌 경기침체로 인한 위협요인이 심화되고 있으며, 특히 중국은 내수 시장의 활성화 및 정부의 적극적인 지원으로 양적·질적 강국으로 부상

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019 (플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

- (기술융합의 가속화와 고부가가치화 지속) IoT·빅데이터·AI·클라우드 등의 4차 산업혁명 지능정보기술과 융복합을 통하여 전체 생애주기 관점에서 기획·설계·프로젝트관리·플랜트 O&M 및 HSE 대응을 위한 공통 엔지니어링 기술과 이를 지원하는 산업용 플랫폼 개발 추구

<표 2-36> 플랜트 엔지니어링 공정별 기술개발 동향

구분	현재 기술	개발 방향
PMC/PLM	- 플랜트 성능, 경제성 위주 기획/관리 기술 - 플랜트/엔지니어링 프로젝트 단순 관리 시스템 기법	- 플랜트 신뢰성/안전성/경제성 등을 포괄하는 기획/관리 기술 - 엔지니어링 프로젝트 정보 통합 관리 및 이양을 위한 PMC 중심 - EPC, 기자재 제작사 등 참여 기관 간 협업 강화 (설계/구매/시공) - 기획·기본설계에서부터 시운전까지 프로젝트 개발 전주기에 걸친 디지털화 기술개발/운영 - IoT/빅데이터/AI/VR 기술 활용 플랜트 운영 고도화

<표 2-36> 플랜트 엔지니어링 공정별 기술개발 동향

구분	현재 기술	개발 방향
FEED	- 핵심공정/기자재 경제성, 안전성 통합 M/S - 일반적 엔지니어링 시스템 타당성 분석	- 엔지니어링 Life Cycle을 고려한 공정시스템 엔지니어링 중심 - 초고압, 초고온, 극저온, 고부식 등 극한 환경 대응 엔지니어링 중심 - 지식기반 지능형 플랜트 설계 및 협업 기술 부각
HSE/RAM	- 일반적인 안전성 및 신뢰성 평가 기술 - 방폭구조 안전성 평가 기법	- 복합손상 감시, 균열 손상 감시 등 구체적인 사례별 구조 건전성 평가기술 - 방폭 구조 안전성 평가를 반영한 플랜트 신뢰성 기술
융복합기술	- 단일플랜트 기획 /관리 - 일반적인 화석 에너지 기반 Utility 공급	- 융복합 플랜트 기획/관리 - 녹색 및 IT 인프라 융합기술 중심 - 신재생에너지 기반 고효율 유틸리티 공급/관리 기술

- 선도국 기업들의 시장 수성을 위한 독자적인 프로세스 라이선스 확보, 이와 연계한 핵심 기자재의 선점을 위한 High Tech 융합기술에 대한 지속적인 R&D투자 및 테스트베드 플랜트를 통한 R&D 실효성 확보 필요
 - 엔지니어링 전체 생애주기 관점에서 정보의 관리와 HSE 대응을 위한 시스템과 O&M 관련 기술개발 추구
 - 자국 기업의 노하우와 기술정보, 고객 제공의 설계자료 등 중요 정보를 보호하기 위한 정보보안 관리시스템과 프로젝트 관리기술등 S/W관리기술 강화
- (안전기술 중요성 대두) 주요 고위험 시설물의 안전사고로 인한 인명피해, 환경오염 문제의 부각에 따라 안전성 평가 및 운영 기술이 이슈화
- 일본 대지진으로 인한 에너지 플랜트 가동중단으로 플랜트 업계 전반에 다양한 측면으로 영향을 줄 것으로 보임
- 플랜트 O&M 관점에서 안전진단, 유지보수 기술의 고도화를 위한 기술융합 가속화
- IoT 기반 플랜트 안전 모니터링 및 빅데이터 기반 플랜트 수명 예측, 유지보수 기술 등 기술융합을 통한 안전성 향상 기술 요구 증대

□ 고효율화, 저비용화, 저탄소화를 위한 첨단 플랜트 개발 요구 증대

- 에너지·자원 플랜트의 고효율화, 저비용화를 통해 에너지 소비를 최소화 하면서, 건설비 및 운영비의 절감을 통해 플랜트 경쟁력을 확보할 수 있는 기술 수요 급증
- 기후변화 대응, 에너지·수자원의 확보를 위한 그린 플랜트기술 개발 요구 증대
 - 플랜트의 친환경화, 신재생에너지자원의 확보 및 저에너지소비형 시스템에 대한 기술수요 급증
 - 기존 화석연료에 비하여 온실가스 배출을 near-zero화 할 수 있는 신재생연료를 생산 또는 사용하는 플랜트 기술에 대한 요구 증가

□ 모든 공정 및 설비에 대한 운전 및 운영 데이터 경험지식의 디지털화

- 전통적 O&M 방식인 공정운영환경과 단절된 설비의 단순 운영 및 유지보수로부터, 지능형 디지털 엔지니어링 기술의 적용을 통한 실시간/축적 데이터 모니터링 분석을 통한 예지 기반의 공정시스템 최적설계 및 최적 운영 등 전주기 통합 디지털 엔지니어링으로 변화
 - 비용절감 및 효율증가로 이익의 극대화 실현(Operation & Maintenance → Optimization & Maximization)
 - 스마트 엔지니어링 서비스를 통한 고부가가치 신시장 창출

<표 2-37> 플랜트 O&M 분야 기술 변화 동향

구분	As-is	To-be
플랜트 운영 및 유지 보수	(단순 기자재 운영/유지 보수) - 인력과 개인경험에 의존하여 고장 발생시 수리하는 사후관리 중심 - 사내 시설관리팀 또는 외부 용역기업이 담당하는 오프라인기반 저부가가치 서비스 - Operation & Maintenance	(예지 기반 시스템 운영최적화 및 성능 극대화) - 실시간 감시, 진단 및 운전 빅데이터 분석을 통한 시스템적이고 예측 가능한 기계 및 플랜트 운영 관리 - 실시간 장비 진단, 고장예측, 그리고 최적운전을 지원하는 IoT기반 고부가가치 전문 서비스 - Optimization & Maximization

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

2. 국내 기술 동향 및 분석

2.1 국내 플랜트 기술 동향

□ (기술수준) 해외 건설산업의 주력 수출산업인 플랜트 분야 경쟁력을 살펴보면 최고 수준 대비 69%에 불과한 상황

- 중국과의 기술격차가 0.3년에 불과하여 가격 위주의 수주전략에는 한계가 있을 전망
- 자원개발 분야는 중국대비 4, 5년 뒤쳐진 상황이며, 플랜트 전분야에 걸쳐 중국과의 기술격차가 빠르게 줄어들 우려가 존재
- 플랜트부문의 원천기술 확보 척도인 특허기술 경쟁력 역시 44.9%로 매우 저조함
- 핵심 기자재의 경우 기술격차가 5년 이상, 세계시장 점유율도 10%미만으로 낮기 때문에 국내 EPC업체들은 발주처의 요구, 기술력 차이, 또는 납기 등의 이유로 외국 선진업체로부터 조달

□ (플랜트 + ICT 기술의 도입) 정유·화학 업계를 중심으로 스마트 플랜트 구축

- (SK이노베이션) 2016년 SK이노베이션은 4개 과제를 선정하여 울산 CLX에 스마트 플랜트 적용
 - 기술 숙련도가 높은 베이비붐 세대의 은퇴에 따라 공정 운전 및 안전성 등에 글로벌 경쟁력을 가지기 위해 생산 효율성을 높이고 공정 안전성 수준을 끌어올릴 수 있는 스마트 플랜트 도입
 - 첨단 ICT기술 융합을 통해 인간의 오차를 줄이고, 조기 위험감지와 이상징후 발견을 통한 공정운전 안전성 제고

<표 2-38> SK이노베이션 스마트 플랜트 구축 4개 세부내용

구분	As-is	To-be
SHE(안전/보건/환경) 분야 (유해가스 실시간 감지)	- 관리 감독자가 시간대별로 현장에 서 직접 측정	- 필요 시 작업중단, 대피 등의 조치를 빠르게 취할 수 있음 - 작업자들의 안전 보호 수준 획기적 으로 개선

<표 2-38> SK이노베이션 스마트 플랜트 구축 4개 세부내용

구분	As-is	To-be
공정안정운전 분야 (회전기계 위험 예지)	- 엔지니어가 직접 데이터를 수집·분석	- 압축기 이상징후를 실시간으로 모니터링 - 기존 사고사례를 학습하는 ‘머신러닝’ 기술 접목 - 압축기 이상으로 인한 공정 가동중단 등의 사고를 미연에 방지
공정안정운전 분야 (스마트 공정운전 프로그램)	- 공정 및 설비 상태 실시간 확인 불가	- 공정과 설비의 이상징후를 사전에 예측 - 신속한 비상조치를 통해 사고로 인한 인적, 물적 피해 예방 - 과거 사고 사례와 대응 방향, 노하우를 빅데이터화 분석하여 체계적 대응이 가능해 공정과 설비 운전 안정 크게 향상
일하는 방식의 혁신 분야 (스마트 워크 퍼밋)	- 서면 작업 허가서 사용 - 허가서 발급까지 평균 한시간 이상 소요	- 작업허가서를 모바일과 전자서명 등으로 온라인화 - 허가서 발급 시간 30분 이내로 단축 - 허가서 내용을 데이터화하여 분석 가능 - 인력, 장비, 자재, 작업실적, 비용 등을 실시간 체크 가능

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

○ (한화토탈) 한화는 2017년부터 2019년까지 3개년 스마트 플랜트 추진계획을 수립하고 3년간 총 300억원을 투입할 계획

- 공장내 IT 고도화가 필요한 설비, 안전환경, IT 인프라, 물류·운영 등 4개 영역을 중심으로 빅데이터, 모바일, 사물인터넷을 활용할 방침

□ (취약부문) 플랜트 산업이 가진 보수성으로 인하여 대부분 개발 기술은 원천기술 단계

○ 플랜트의 유지 및 보수를 위한 상태감시 시트메의 경우 주요 설비에 대한 상시 감시체계가 갖추어져 있으나 오작동에 의한 상태신호의 판단오류 등의 운영문제가 종종 발생

○ 현 기술은 데이터의 유무선 통신 기술을 기반으로 이동형 단말기 개발 등의 IT 기술로 확장 되고 있으나 상태신호로부터 고장을 예측할 수 있는 기술보다 핵심적인 진단기술의 개발은 미흡

- 플랜트 시스템 전체의 상태 감시 및 유지보수를 위한 핵심 기술인 플랜트 기기 자체의 스마트화는 플랜트 산업이 가진 보수성으로 상용화가 어려움
 - 실증 Track Record 확보를 통한 실용화 과정 필요
- (향후 전망) 기기의 안전성 및 신뢰성 확보될 경우 대부분의 플랜트 기기 시장을 대체할 것으로 전망
 - 다양한 플랜트 기자재에 대한 자기 진단 기능과 통신 기능을 추가하는 스마트화는 IT의 발달과 더불어 계속 추구될 전망
 - 스마트화의 필수 전제 조건으로 소형, 고감도, 고신뢰도를 갖춘 센서가 필요
 - 기존 플랜트 기기에 접목될 경우 기존 기기의 고부가가치화 달성

2.2 국내 플랜트 O&M 기술개발 사례

□ 한국기계연구원 : 스마트 밸브, 화력발전 플랜트 상태기반 정비지원 정보화시스템 기반 구축

○ (스마트 밸브) 에너지 플랜트에 사용되는 공기구동밸브(Air Operated Valve)와 모터구동 밸브(Motor Operated Valve)를 대상으로 가연성 가스 누출을 진단하는 센서와 진단 프로세서가 통합된 스마트 밸브의 개발을 목표로 추진중



자료 : 「플랜트 IT 융합기술 현황 및 전망」, (한국기계연구원, 2012.11)

<그림2-24> 스마트 기기 개념도

○ (화력발전 플랜트 상태기반 정비지원 정보화시스템 기반 구축) 화력발전 플랜트 주요 기기 대상 실시간 현장 유·무선 정비지원 기술 정보화 시스템 및 설비 고장 정보 플랫폼 기반 구축

- 발전 플랜트에서 정비점검을 수행할 때 신속하고 정확하게 정비를 수행해 고장은 줄이고 가동율은 향상시키는 시스템으로 2015년부터 현장 적용을 위한 실증에 착수
- 기술정보시스템, 스마트정비지원장치, 현장 정비지원망 등 4부분으로 구성
- (기술정보시스템) 현장 설비의 고장 및 정비이력을 데이터베이스화한 PPMDB(Power Plant Maintenance Database)시스템으로 플랜트 설비 및 기기의 3차원 형상정보, 관련 도면 등 다양한 기술문서를 DB화한 3DTIS (3-Dimension Technical Information System)이 핵심
- (스마트정비지원장치) SMIS(Smart Maintenance Information System)는 정비 현장에서 진동, 온도, 압력 등 8종류 물리량을 측정할 수 있는 장비로

디스플레이를 통해 기술정보시스템의 다양한 정보를 확인할 수 있으며
기준에 비해 1/4로 크기를 줄임



자료 : 한국기계연구원 홈페이지

<그림2-25> SMIS의 기능

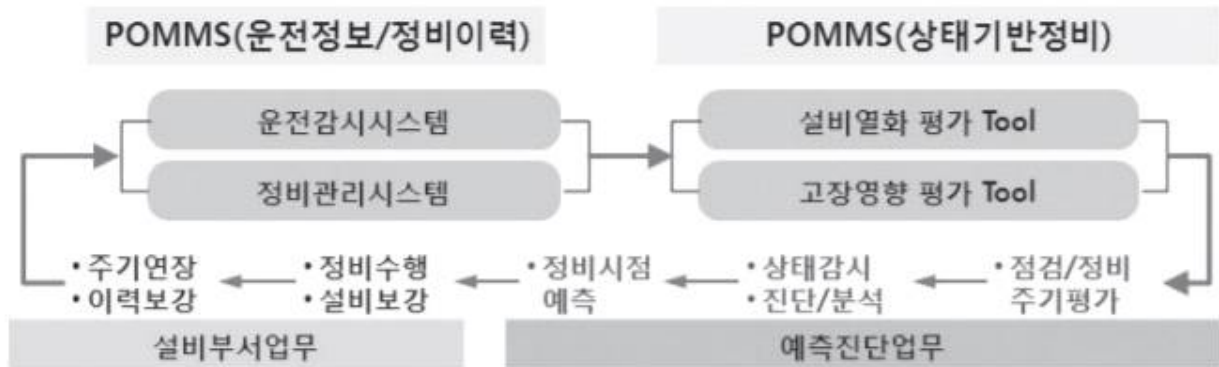
- (현장 정비지원망) 현장에서 계측한 데이터를 원격지와 주고받으며 협업을 진행할 수 있는 통신망으로 발전플랜트는 보안이 엄격하기 때문에 기존의 유선 네트워크에 독자적으로 개발한 허브망을 붙여 정비지원망으로 사용
- 향후 연간 발전소 1기 당 정비비용 약 700억 원의 5%에 달하는 약 35억 원을 절감하고, 정비시간도 20%까지 단축 시킬 수 있을것으로 기대
- 실증 단계를 거쳐 실용화가 되면 화력발전소 뿐 아니라 정유, 화학, 오일, 가스 플랜트 및 원자력 플랜트까지 확대 적용과 해외 수출 가능

□ 한국동서발전 : POMMS(Plant Operation Maintenance & Management System)

- 한국동서발전은 2009년 기존 발전설비 운전·정비 관리시스템에 정보통신기술을 융합하여 원격 감시와 분석, 정비주기 최적화를 꾀하는 POMMS를 개발하고, 이를 회사 보유 발전소에 적용하여 유지보수 비용을 절감
- 신뢰성중시 유지보수(Realiability Centered Maintenance)와 위험도기반 검사(Risk Based Inspection) 기법의 적용을 통해 경제적 계획예방정비 시점과

대상, 분석 범위 등의 정보를 확보

- 당진화력 1호기 보일러에 적용하여 연간 300억 원 이상의 비용 절감효과 실현



자료 : 「플랜트 IT 융합기술 현황 및 전망」, (한국기계연구원, 2012.11)

<그림2-26> 한국동서발전의 POMMS 활용 관리 업무 프로세스

□ 현대엔지니어링 : 모바일 3D 플랜트 설계 시스템

- 플랜트 현장의 모든 공정을 3D 형상으로 구현해 시공전 작업 담당자가 최종 완성품을 모바일 기기에서 미리 시각적으로 확인함으로써 종이 도면을 기초로 작업했을 경우에 발생할 수 있는 시공 오류를 최소화
- 플랜트 현장의 복잡한 배관 공정에 이 시스템을 활용하면 배고나 설치 전후의 작업 공간을 시각적으로 확인할 수 있어 작업 효율 제고

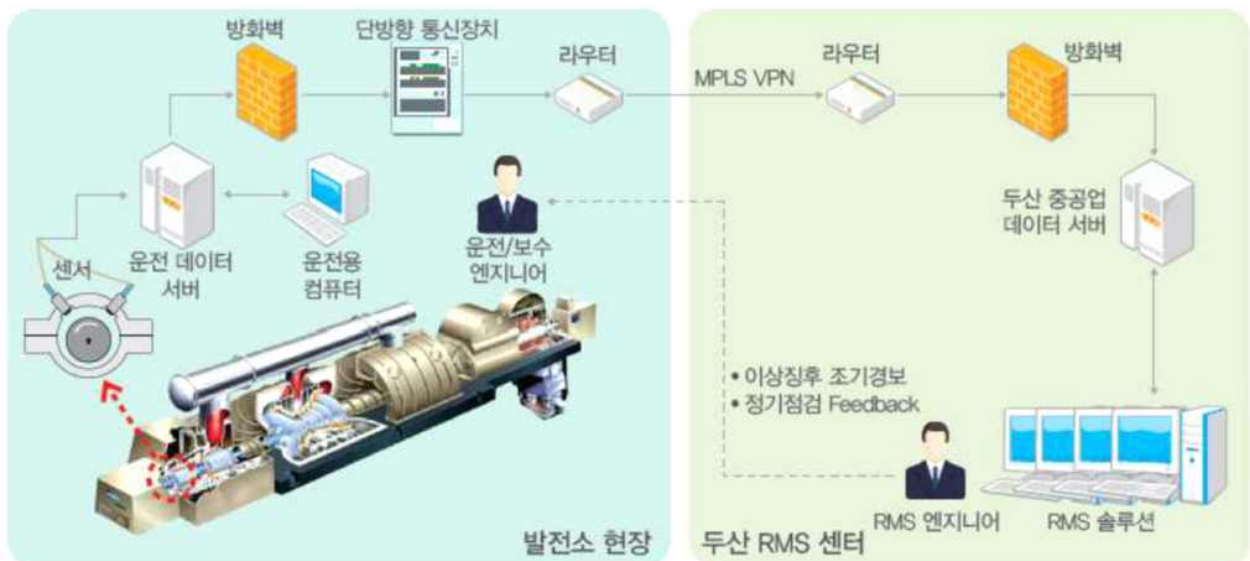


자료 : 현대엔지니어링 홈페이지

<그림2-27> 현대엔지니어링의 모바일 3D 플랜트 설계 시스템

□ 두산중공업 : 발전소 원격 관리 서비스 센터(RMSC · Remote Monitoring Service Center)

- 발전소 운영에 대한 데이터를 수집/분석하고 이를 토대로 고장 발생 가능성에 대한 예측 정보를 제공하여 설비의 가용성과 효율성 향상
 - 주요 운영 소프트웨어는 실시간 운전정보 모니터링 시스템, 예측 진단 및 분석 시스템, 성능/효율 감시진단 시스템 등으로 구성
 - RMS Center는 이상 징후가 발생하면 주기기별 전문가와 함께 운전 Data를 심층분석하여 근본원인을 찾아내고 최적화된 조치방안을 제공



자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2017-2019 (플랜트엔지니어링)」, 중소기업청 (2016)

<그림2-28> 두산중공업의 발전소 원격 관리 서비스센터

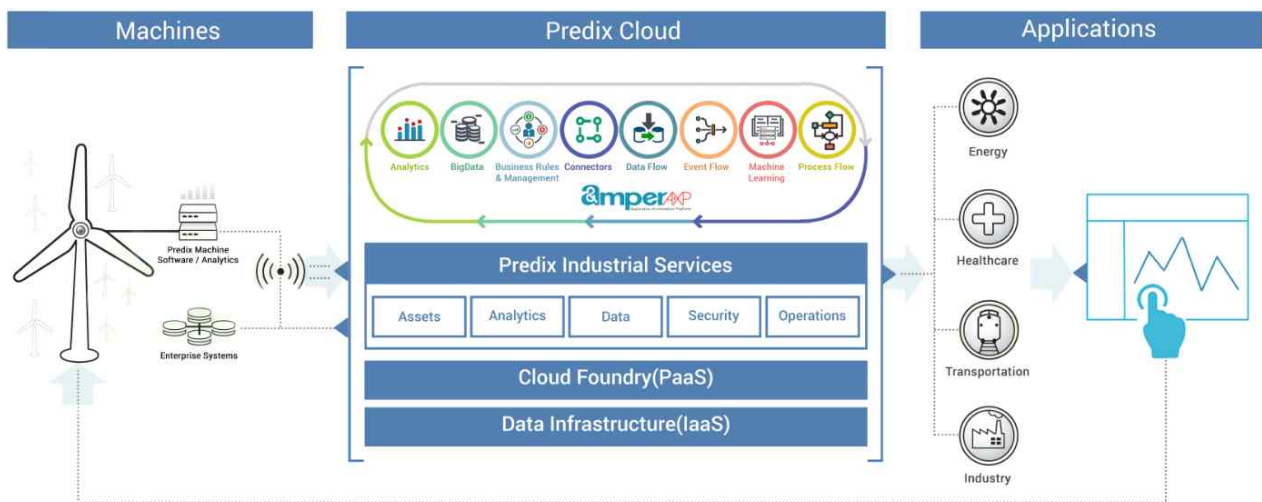
□ 남동발전 : 발전설비관리 시스템(GENi · Growth Engine for New integration)

- 남동발전 설비관리 시스템은 운전정보를 바탕으로 예측진단, RCM, RBM을 수행할 수 있으며 ERP 시스템과 연계

3. 해외 플랜트 O&M 기술개발 사례

□ GE(미국) : Predix

- 발전기기 제작사로서 오랜 기간에 걸쳐 축적된 설계경험과 운전지식을 기반으로 제조업 용도의 산업 인터넷 플랫폼을 통한 고객 서비스 제공을 목적으로 개발된 디지털 트윈기반 플랫폼 및 서비스
 - 운영체제, 클라우드, 빅데이터, 분석 SW 등을 종합 지원하는 개방형 산업 인터넷 기반 플랫폼 서비스 솔루션으로, 발전 플랜트의 소재/부품/설비/시스템을 포함한 GE의 발전 플랜트 전주기 현장 데이터 정보, 데이터 활용/분석 툴 및 서비스 제공
 - IoT기반 산업 인터넷 빅데이터 클라우드 플랫폼으로 플랜트 O&M 과정에서 생성된 각종 정보 취합, 처리·저장 및 분석을 지원
 - GE는 Predix를 통해 라이선스 및 서비스 매출을 2016년 60억 달러에서 2020년 까지 연매출 150억 달러를 예상



<그림2-29> GE의 Predix

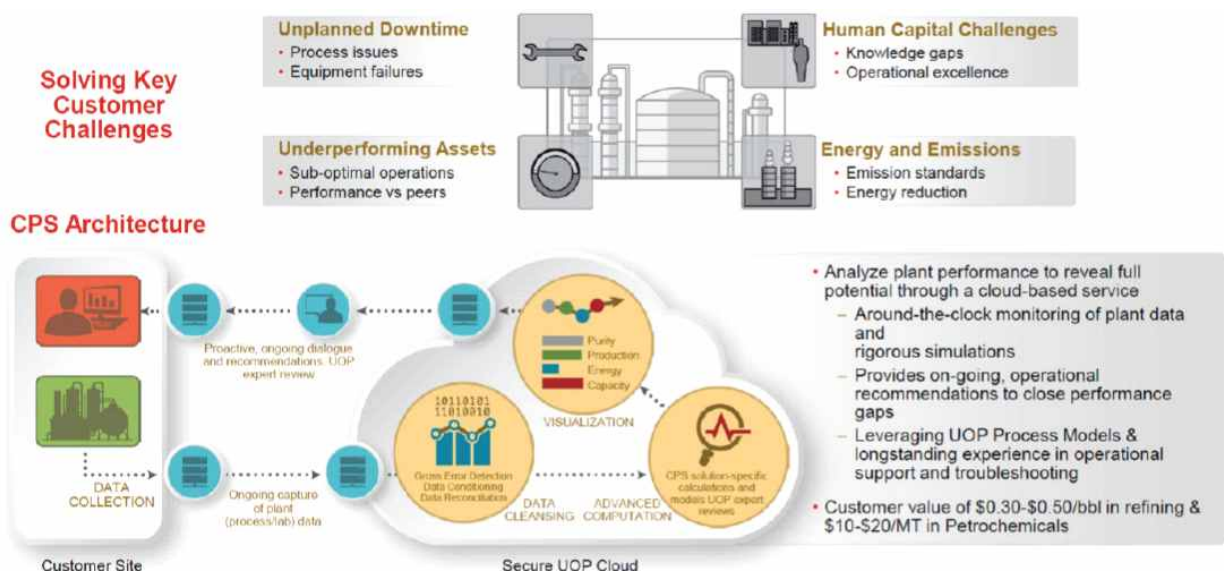
- (GE Digital Power Plant) Predix를 기반으로 모바일 및 VR/AR 기술을 접목한 솔루션으로 발전 플랜트의 종합적인 운영을 지원



<그림2-30> GE의 Digital Power Plant

□ Honeywell(미국) : Connected Performance Services(CPS)

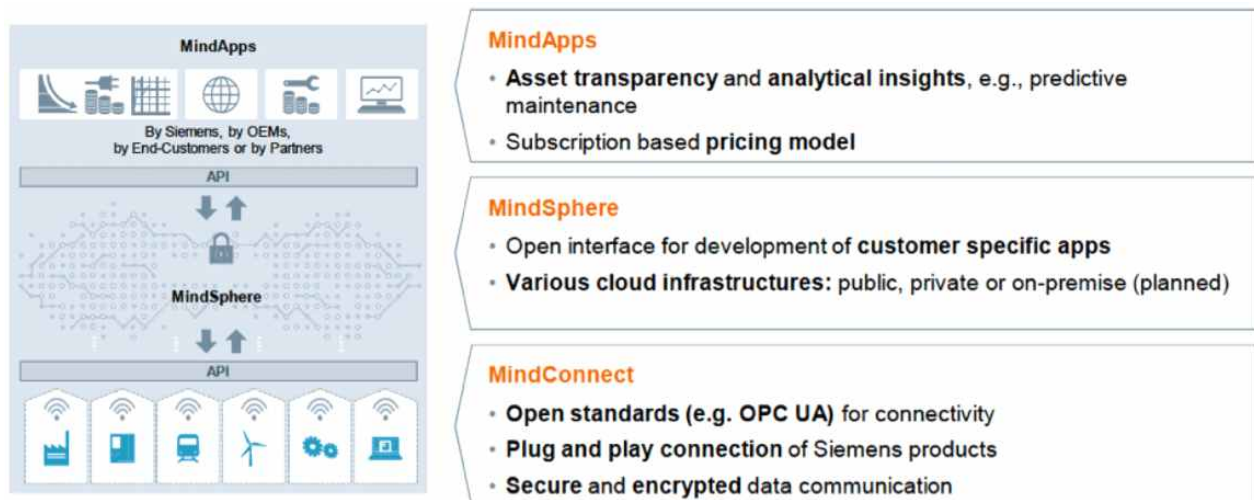
- 화학공정 라이선스 기업으로서의 세계 1인자로서 공정기술의 경험지식을 적극 활용하여, 클라우드 기반의 실시간 고객공장 운전데이터와 연결된 시스템을 통하여 공장 운영의 성능 극대화 및 공정 최적화를 위한 솔루션을 제공하는 스마트 O&M 플랫폼



<그림2-31> Honeywell의 Connected Performance Services

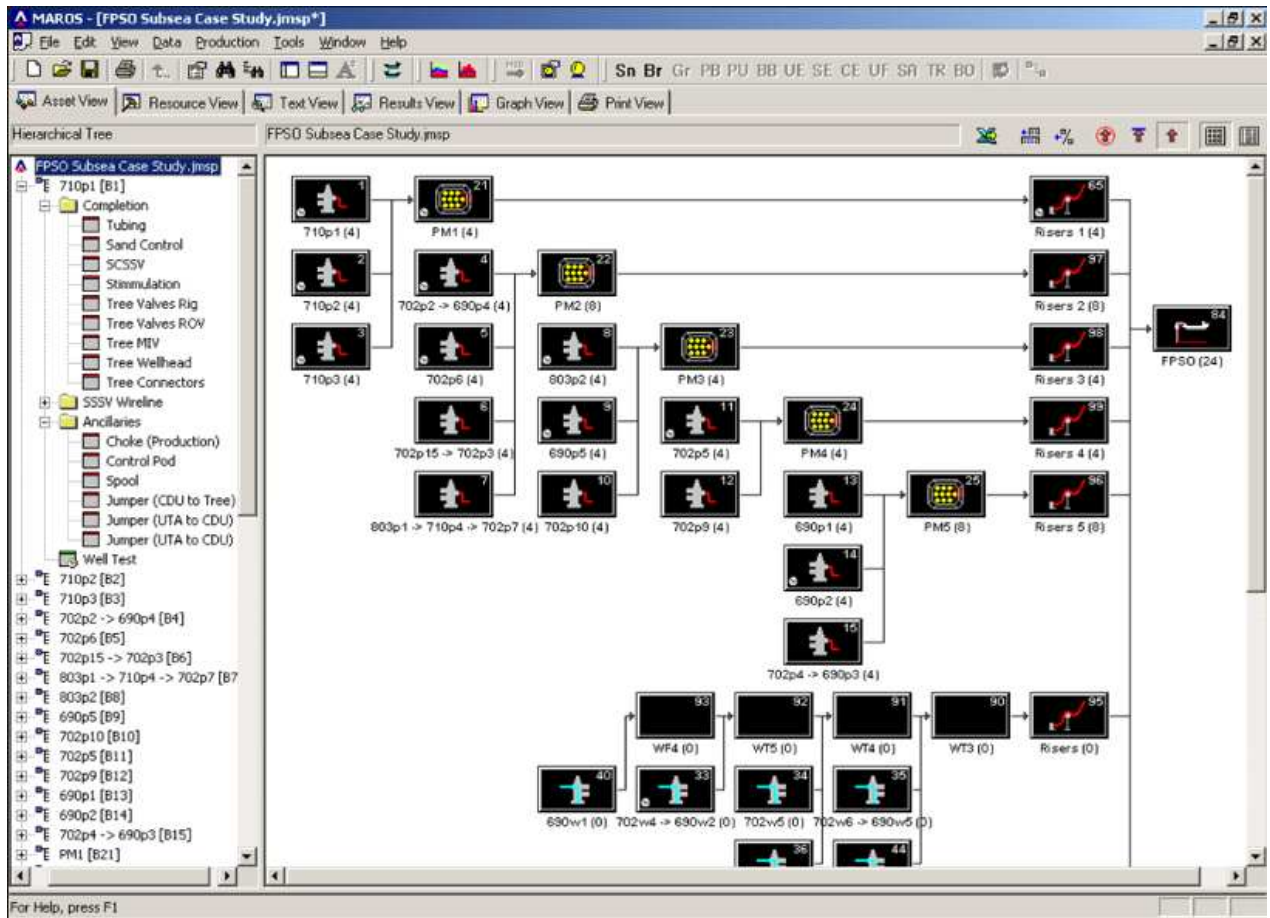
□ Simens(독일) : MindSphere

- 클라우드기반 개방형 IoT 솔루션으로 전사적 정보의 취합, 처리·저장 및 분석을 지원하는 플랫폼으로 IoT를 활용하여 장치 혹은 시스템 데이터의 가시화 및 해석을 수행하며 다양한 분석 툴을 통한 최적 운전 및 자산운영 방안을 제시
- 공정 설비들을 디지털 환경에서 일체화 시킨 디지털 트윈을 생성하고, 현실에 대응되는 가상세계를 구현하는 기술과 획득된 데이터들의 처리 및 분석과 데이터 및 분석결과의 활용을 지원하는 플랫폼 제공
- 사용자 스스로 원하는 제품을 개발할 수 있도록 환경을 제공하는 개방형 인터페이스를 채택하고, 기계, 자동화 등 관련 산업과의 파트너쉽 혹은 직접 참여 유도



<그림2-32> Simens의 MindSphere

- (Simens COMOS MRO) 3D 모델 및 데이터 관리 기반의 MRO(플랜트 운영, 유지보수, 수리 및 정비, 계획, 구성)를 통한 플랜트 관리 지원 서비스 플랫폼

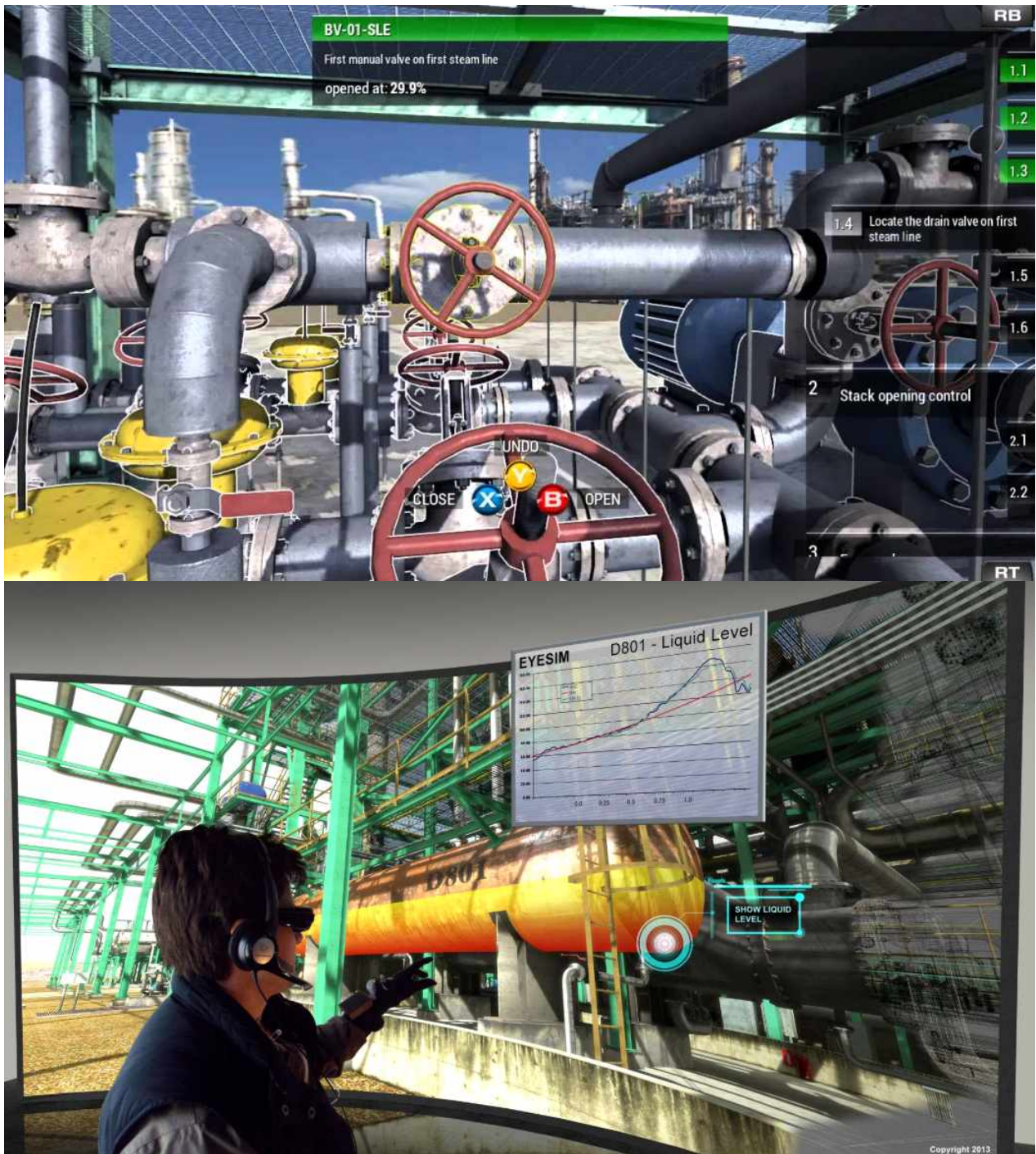


<그림2-34> DVN-GL의 Maros and Taro

□ Schneider-Electric(프랑스) : Operator Training Simulator & Eyesim

○ 플랜트 공정 시뮬레이션 모델과 3D 모델을 이용한 VR 기반의 모의운전 시스템

- 실제 플랜트와 동일하게 모사된 3D 시뮬레이션 환경에서 내부의 시설점검, 안전교육, 사고발생 시 대처방법 등의 교육훈련 적용
- 플랜트의 시운전, 정상상태 운전, 가동중지 및 비정상적인 공정상황에 대처하는 운전능력의 향상 지원



<그림2-35> Schneider-Electric의 Operator Training Simulator & Eyesim

□ Imperial College(영국) VR/AR/MR 프로그램

- 영국 정부의 국가차원의 지원과 ABB와의 산학협력을 통하여 이루어낸 세계 최고의 VR/AR/MR을 사용하는 교육용 실습 프로그램으로, 이산화탄소 포집 파일럿 플랜트와 공정운전 제어실로 구성하여 2012년부터 설치하여 운영

- 화공과 필수 실습 핵심과목으로 활용될 뿐 아니라, 방학기간 개방형 유료 프로그램으로 운영하여 미국 코넬대 등에서 해당 프로그램으로 정기적으로 학생 파견
- * 서울대 EDRC는 최근 4년간 대학원생 및 재직자 20여 명을 3개월 인턴 프로그램의 일환으로 파견하였으며, 2018년 30여명의 대학원생을 3주 간 파일럿 플랜트 체험실습 교육자 파견 예정
- 높이 11m, 직경 25cm 크기 2개의 흡수탑 및 재생탑으로 구성된 하루 최대 1.2톤의 CO₂ 포집공정으로 구성되고, 약 250개의 ABB 계측장치들이 설치되어 제어실에 들어오는 파일럿 플랜트의 공정 정보들이 실시간으로 전달
- 파일럿 플랜트 바로 옆 제어실에서 학생들이 플랜트를 보며 제어하고, 2개의 대형 모니터에서는 공정흐름도(PFD, P&ID)를 통해 공정 운전상태에 대한 정보의 파악이 가능하여 iPad를 통한 원거리 모니터링 및 제어도 가능

□ Scheneider-Electric(프랑스) 작업자 교육훈련 프로그램

- 시뮬레이션과 공정최적화 SW 전문기업 SimSic의 인수를 통해, 플랜트 공정에 최적화된 VR 시뮬레이터 EYESIM SW와 화학·정유 등의 프로세스 자동화 현장에서 축적된 노하우를 흡수함으로써 작업자들이 실제 공장과 같은 3D 시뮬레이션 환경 속에서 공장 내부의 시설점검, 안전교육, 사고 발생 시 대처방법 등의 교육훈련 기술을 개발 중

4. 주요 시사점

□ 모든 공정 및 설비에 대한 운전 및 운영 데이터 경험지식의 디지털화

- 전통적 O&M 방식인 공정운영환경과 단절된 설비의 단순 운영 및 유지보수로부터, 지능형 디지털 엔지니어링 기술의 적용을 통한 실시간/축적 데이터 모니터링 분석을 통한 예지 기반의 공정시스템 최적설계 및 최적 운영 등 전주기 통합 디지털 엔지니어링으로 변화
- 비용절감 및 효율증가로 이익의 극대화 실현(Operation & Maintenance → Optimization & Maximization)
- 스마트 엔지니어링 서비스를 통한 고부가가치 신시장 창출

<표 2-39> 플랜트 O&M 분야 기술 변화 동향

구분	As-is	To-be
플랜트 운영 및 유지 보수	(단순 기자재 운영/유지 보수) - 인력과 개인경험에 의존하여 고장 발생시 수리하는 사후관리 중심 - 사내 시설관리팀 또는 외부 용역기업이 담당하는 오프라인기반 저부가가치 서비스 - Operation & Maintenance	(예지 기반 시스템 운영최적화 및 성능 극대화) - 실시간 감시, 진단 및 운전 빅데이터 분석을 통한 시스템적이고 예측 가능한 기계 및 플랜트 운영 관리 - 실시간 장비 진단, 고장예측, 그리고 최적운전을 지원하는 IoT기반 고부가가치 전문 서비스 - Optimization & Maximization

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

□ (기술수준) 해외 건설산업의 주력 수출산업인 플랜트 분야 경쟁력을 살펴보면 최고 수준 대비 69%에 불과한 상황

- 중국과의 기술격차가 0.3년에 불과하여 가격 위주의 수주전략에는 한계
- 자원개발 분야는 중국대비 4, 5년 뒤쳐진 상황이며, 플랜트 전분야에 걸쳐 중국과의 기술격차가 빠르게 줄어들 우려가 존재
- 플랜트부문의 원천기술 확보 척도인 특허기술 경쟁력 역시 44.9%로 매우 저조
- 핵심 기자재의 경우 기술격차가 5년 이상, 세계시장 점유율도 10%미만으로 낮기 때문에 국내 EPC업체들은 발주처의 요구, 기술력 차이, 또는 납기 등의 이유로 외국 선진업체로부터 조달

제4절 연구개발 인프라 분석

1. 대학

□ 지역별 스마트플랜트 연구개발 사업과 관련성 있는 대학은 130개

- 관련 학과는 건설, 기계, 화학·에너지 등 플랜트와 연관성이 높은 전공 학과와 IT·ICT, 안전 등 지능정보연계 및 운영과 연관성이 높은 학과 위주 검색
- 최근 4차 산업혁명에 대한 트렌드를 반영한 학과의 유기적 통합 및 운영이 이루어지고 있음

<표 2-40> 스마트플랜트 관련 대학 및 전공

지역	대학명	관련 학과			
		건설/안전	기계	화학·에너지	ICT
서울	건국대	건축학부			스마트ICT융합공학과
	경희대	건축공학과	기계공학과	화학공학과	소프트웨어융합학과
		건축학과			
		사회기반시스템공학과			
	광운대	건축공학과		화학공학과	전자통신공학과 소프트웨어학부
	고려대	건축학과	기계공학부		
	국민대	건축학부	기계시스템공학전공		
		건설시스템공학부	융합기계공학전공		
	동국대	건축공학부			컴퓨터정보통신공학부
	동양미래대		기계공학과		
			기계설계공학과		
	명지전문대				소프트웨어콘텐츠과
	배화여대				스마트IT과
	삼육대	건축학과			
	상명대	건설시스템공학과			지능정보공학부
	서강대		기계공학전공		
	서경대	토목건축공학과			소프트웨어학과
	서울대	건축학과		에너지자원공학과	
	서울과기대	건축공학부	기계시스템디자인공학과		
		건설시스템공학과			
	서울시립대	건축학부	기계정보공학과	화학공학과	
		토목공학과			
	서울여대				소프트웨어융합학과
	서일대	건축공학과			소프트웨어공학과
		토목공학과			
	성균관대	건축학과			소프트웨어학과
	성신여대			청정융합에너지공학과	정보시스템공학과
	세종대	건축공학부		에너지자원공학과	소프트웨어학과

<표 2-40> 스마트플랜트 관련 대학 및 전공

지역	대 학 명	관련 학과			
		건설/안전	기계	화학·에너지	ICT
	송실대		기계공학부	화학공학과	소프트웨어학부
	연세대	건축공학과	기계공학과		
	중앙대	건축학부	기계공학부		
		사회기반시스템공학부			
	한양대	건축공학과	기계공학부	화학공학과	
		자원환경공학과		에너지공학과	
	홍익대	건축학부			
인천	경인여대				스마트IT과
	안양대(제2)				융합소프트웨어전공
	인천대		기계공학과	에너지화학공학과	임베디드시스템공학과
	인하대	사회인프라공학과	기계공학과	화학공학과	
				에너지자원공학과	
	인하공전	화공환경과			
대전	대전대	건축공학과			
		건축학과			
		토목공학과			
	대전보건대	재난건설안전과			
	목원대	건축학부			정보통신융합공학부
	배재대	건축학부			
	우송대	건축공학과			IT융합학부
	충남대	건축공학과	기계공학부	응용화학공학과	전파정보통신공학과
		토목공학과			
	한남대	건축공학전공	기계공학과		
		토목·환경공학전공			
대구	경북대	건축공학부	기계공학부	응용화학공학부	소프트웨어학과
		건설방재공학부			
		토목공학과	정밀기계공학과	에너지공학부	컴퓨터학부
	계명대	건축공학전공		화학공학과	
		토목공학전공			
	수성대				VR콘텐츠과
광주	광주대	건축학부			융합소프트웨어학과
		토목공학과			
	송원대	건축공학과			
		방재안전토목학과			
	전남대	건축학부	기계공학부	화학공학부	
		토목공학과		에너지자원공학과	
	조선대	건축학부	기계공학과	에너지자원공학과	
		토목공학과			
울산	호남대	건축학과			
		토목환경공학과			
	울산대	건축공학부		화학공학부	
	울산과대			화학공학과	
부산	경성대	건축학전공			

<표 2-40> 스마트플랜트 관련 대학 및 전공

지역	대 학 명	관련 학과			
		건설/안전	기계	화학·에너지	ICT
	동명대	건축공학과			
	동서대	건축토목공학부			
	동아대	건축학과			
	동의대	건설공학부			
	부경대	건축공학과	기계공학과	화학공학과 에너지자원공학과	IT융합응용공학과
		건축학과	기계설계공학과		
		토목공학과	기계시스템공학과		
	부산대		기계공학부		
	부산가톨릭대				소프트웨어학과
	신라대	건축학부			
	한국해양대	해양공간건축학부	기계시스템공학전공	에너지자원공학과	전파공학과
		건설공학과			
경기	가천대	설비·소방공학과	기계공학과		소프트웨어학과
		토목환경공학과			
	경기대	건축학과	기계시스템공학과	화학공학과	
		토목공학과			
	경기과기대		에너지기계설비과		
	경동대	토목공학과			
	경민대				융합소프트웨어과
	단국대	건축공학과	기계공학과	화학공학과	소프트웨어학과
		토목환경공학과		에너지공학과	
	대진대	건설시스템공학과			
	동서울대				IT융합전공
	두원공과대		기계공학과		스마트IT학과
					스마트소프트웨어과
	명지대	토목교통공학부			
	신한대				IT융합공학부
	아주대	건설시스템공학과	기계공학과	화학공학과	소프트웨어학과
		건축학과			
	오산대				스마트IT과
	유한대		기계공학과		IT소프트웨어공학과
	한경대	건축공학전공	기계공학과	화학공학과	
		토목안전환경공학과			
	한국산기대		기계공학과		컴퓨터공학부
			기계설계공학과		
	한국항공대				소프트웨어학과
	한양대(제2)	건축학부	기계공학과		
	협성대	건축공학과			
강원	가톨릭관동대	건축학부			소프트웨어학과
		토목공학과			
	강릉원주대	토목공학과			
	강원대	건축학과			
	강원대(제2)	소방방재학부		에너지공학부	전자정보통신공학부
	상지대	건설시스템공학과		신에너지·자원공학과	
	연세대(원주)				컴퓨터정보통신공학부

<표 2-40> 스마트플랜트 관련 대학 및 전공

지역	대 학 명	관련 학과			
		건설/안전	기계	화학·에너지	ICT
	한라대	건축학과			
		토목공학과			
충남	공주대	건축학부		화학공학과	
		건설환경공학부			
	남서울대	건축공학과			
	상명대(제2)	건설시스템공학과		스마트정보통신공학과 소프트웨어학과	
	선문대		기계ICT융합공학부		
	순천향대	건축학과	기계공학과	에너지시스템학과	빅데이터공학과 컴퓨터소프트웨어공학과
	청운대	토목환경공학과			
	한국기교대		기계공학부		
	호서대	건축학전공	기계공학부	화학공학부	
	충북	강동대	건축과		
		서원대	건축학과		
세명대		건축공학과			
		토목공학과			
유원대		건축공학과		스마트IT학과	
중원대		소방방재공학전공			
충북대		건축공학과	기계공학부	공업화학과	
		토목공학부		화학공학과	
전북	군산대	토목공학과			
	원광대	건축공학과	기계공학과	화학공학과	컴퓨터소프트웨어공학과
		토목환경공학과	기계설계공학과		
	전북대	건축공학과	기계공학과	화학공학부	IT정보공학과
			기계설계공학부		소프트웨어공학과
			기계시스템공학부		
	전주대	건축공학과			
토목환경공학과					
소방안전공학과					
호원대	건축학과				
전남	동신대	건축공학과			
	목포대	건축공학과			
		토목공학과			
	순천대	건축학부			
		토목공학과			
	전남대(제2)	해양토목공학과	기계설계공학부		
	전남도립대		기계융합학과		
초당대	건축학과				
한려대	건설방재공학과				
경북	금오공과대	건축학부	기계공학과		컴퓨터소프트웨어공학과
			기계설계공학과		
			기계시스템공학과		
	경북도립대	토목공학과			
경일대	소방방재학과		화학공학과		

<표 2-40> 스마트플랜트 관련 대학 및 전공

지역	대 학 명	관련 학과			
		건설/안전	기계	화학·에너지	ICT
	대구대	건축공학과		화학공학과	정보통신공학부
	대구가톨릭대	건축학과			IT공학부
	대구의한대	방재안전관리전공			스마트IT전공
		소방방재환경전공			
	안동대	건축공학과	기계공학과		
		토목공학과	기계설계공학과		
	영남대	건설시스템공학과	기계공학부	화학공학부	
		건축학부			
경남	거제대		기계공학과		
	경남과기대	건축공학과	기계공학과	에너지공학과	
		건축학과			
		토목공학과			
	경남대	건축학부	기계공학부		소프트웨어전공
		토목공학과			
		소방방재공학과			
	경상대	건축학과	기계시스템공학과	화학공학과	
		해양토목공학과	에너지기계공학과		
	연암공과대		기계공학과		
	인제대	건축학과			
제주	제주대	소방방재공학과			
		건축학부			
	제주국제대	건축공학전공	기계공학전공	에너지공학전공	
		토목공학과			
		건축학과			
	제주국제대	토목공학과			
		소방방재학과			

자료 : <http://univ.kcue.or.kr/>

2. 연구기관

□ 스마트플랜트와 관련된 국내 연구기관은 건설·교통, 에너지, 환경, 전자·기계, 정보통신 등 19개 기관이 있는 것으로 조사

- 건설·교통 : 국토교통과학기술진흥원, 한국건설기술연구원 등 7개 기관
- 에너지 : 한국에너지기술평가원, 한국전력공사, 한국가스공사 등 6개 기관
- 전자·기계 : 한국기계연구원, 한국전자통신연구원 등 4개 기관
- 정보통신 : 정보통신정책연구원, 한국데이터진흥원 등 2개 기관

<표 2-41> 스마트플랜트 관련 연구기관 및 연구분야

분야	기관명	조직	주요 연구분야
준정부 기관	국토교통과학기술 진흥원	4본부 12실 2센터	- 건설교통기술혁신로드맵 및 중장기 계획 등 다양한 국토교통 R&D 정보 제공
	한국에너지기술 평가원	4본부 15팀 1센터 1단	- 기후변화, 고유가 등 에너지 환경변화 대응을 위한 녹색 성장 기술개발 - 스마트 송전, 스마트 배전소비자, 스마트 전력 서비스 기술 개발
정부출연 연구소	한국건설기술 연구원	10연구소 3본부 2실	- 건설기술 연구개발, 건설기술 정보의 수집 및 보급, 건설 기술 정책 개발 수립 및 지원 등 - 환경 및 설비플랜트 등의 분야와 조사·계획·설 계·운전의 현장연구 수행
	건설연구인프라 운영원	3실 2연구실	- 전국에 분산 구축된 대형실험시설 운영 및 관리 - 재난 및 안전분야(구조물, 지반 등)에 대한 대 형 실증실험 지원 및 컨트롤타워 역할
	한국생산기술 연구원	에너지플랜트그룹	- 에너지·자원 관련 플랜트 핵심기술 개발 - 해양플랜트기자재 기반구축 및 관련기술 개 발·지원 - 생산기반기술연구 및 생산시스템의 통합 및 친환경, 고효율, 자동·기능화 생산시스템 기술 개발
	한국기계연구원	7본부 2센터 2실	- 대형 복합 기계시스템의 설계와 엔지니어링에 필요한 핵심 요소 기술 - 통합시스템 기술과 이를 적용한 새로운 기계 시스템 개발
	한국기계전기전자	8본부 4실 28센터	- 국가표준체계의 확립과 독자적 표준화 역량

<표 2-41> 스마트플랜트 관련 연구기관 및 연구분야

분야	기관명	조직	주요 연구분야
	시험연구원		확보를 위해 측정기술 표준화, 시험·방법 표준화 및 표준물질 개발
	한국에너지기술연구원	4본부 1센터 23실	- 에너지 및 기후변화의 완화를 위한 소재 제조 및 개발 - 신재생에너지 관련 통합운동을 위한 스마트 플랫폼 운영
	한국전기연구원	9본부 20센터 4팀 20실	- 전기기기, 전기부품·소재, 전력 IT 및 신재생에너지 시스템 기술개발
	한국전자통신연구원	6연구소·팀 3본부	- 정보, 통신, 전자, 방송 및 성과 관련 융복합기술 분야의 산업원천 기술 개발 및 성과 확산
	정보통신정책연구원	6실 9그룹·2센터	- ICT 산업의 패러다임 변화 분석 및 미래 경제·산업 구조에 미치는 영향 분석 관련 정책 연구 수행 - 사회문제 해결을 위한 ICT 역할 및 플랫폼 구축 방안 제시
	한국데이터진흥원	6실	- 지식경제시대 핵심인프라인 데이터베이스 산업의 육성과 진흥을 목표 - 데이터베이스 백서, 목록, 문헌정보, 용어사전, 표준화보고서, 해외데이터베이스 정보 등 제공
	국립재난안전연구원	1과 3연구실 1조사실	- 국가 재난 및 안전관리 총괄과 실용적 재난관리기술 연구 - 지역 특성을 고려한 과학적 재해 저감 기술개발, 과거·현재 재난정책 및 기술분석을 통한 제도 개선
공기업	한국전력공사	8본부 31처·실	- CCS, 초전도, 해상풍력 등 녹색기술 개발 - 전력계통 경제성과 신뢰성 향상을 위한 초전도 한류기, 케이블 등의 초전도 전력기기 개발
	한국가스공사	6본부 1원 24처 13사업소	- 전통 유, 가스전 생산성 평가 및 회수증진 기술, 배관 건전성 평가 등의 설비기술 개발
		자원기술연구센터 설비기술연구센터	- 가스탐사 및 가스생산 기술 연구 - 유가스전, 셰일/치밀가스/CBM, 가스하이드레이트 및 극지자원 등 - 배관건전성 연구 및 안전성 분석, 평가연구 - 설비 건전성 및 안전성, 가스품질 및 계량, 가스설비 공정 설계 등
	한국석유공사	5본부 1원 25처·실·센터	- 유망지역의분지연구, 석유개발 물리탐사 자료의처리 및 분석, 셰일가스 및 가스하이드레이

<표 2-41> 스마트플랜트 관련 연구기관 및 연구분야

분야	기관명	조직	주요 연구분야
			트 개발 생산 - 시추공법, 이산화탄소 저장기술 등
기타	고등기술연구원	플랜트 엔지니어링본부	- 플랜트 3차원 설계 - 제어시스템 설계 및 개선 - 공정해석
	한국플랜트 산업협회	플랜트산업본부 플랜트교육본부	- 해외플랜트 타당성조사 지원 - 해외 수주 지원 - 플랜트 관련 전문인력 양성 - 중소형플랜트 수출지원 - 플랜트 산업 관련 이슈별/국가별 연구
	건설기계부품 연구원	5본부 9실 4센터	- 융복합 건설기계, 친환경 건설기계 관련 기술 개발 및 건설기계 제품·부품 신뢰성 평가

자료 : 각 기관 홈페이지

3. 연구장비

□ SmartPlant 3D

- 프로세스와 파워 프로젝트의 글로벌 멀티 오피스 실행을 위해 클라이언트에게 생산적이고 고품질의 3D 모델링 환경을 제공하고, 플랜트의 지속적인 유지보수와 작동을 위한 소유권자 운용자의 프로젝트 수명주기 관리(PLM)를 위한 중요한 집적화 제공

<표 2-42> 연구장비 개요 : SmartPlant 3D

구분	내용
제작사명/모델명	- Intergraph/Smartplant 3D
금액	- 70,486,000원
취득일자	- 2010-06-01
보유기관명	- 한국가스공사 연구개발원
활용범위	- 공동활용허용가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리분류되지 않는 장비소프트웨어

□ 고성능 3차원 레이저 스캐너

- 복잡한 플랜트 구조물을 정밀하게 스캐닝 할 때 사용
 - 기존 플랜트의 3D 설계모델 생성
 - 전체 플랜트 또는 부분 플랜트의 3차원 형상 정밀도 검사
 - 기존 플랜트의 부분개조 및 교체 작업시 기존 구조물과 신규 설치되는 구조물의 간섭검사
 - 조립되는 두 모듈의 3차원 스캐닝 데이터를 활용한 조립 시 간섭부위 사전 예측

<표 2-43> 연구장비 개요 : 고성능 3차원 레이저 스캐너

구분	내용
제작사명/모델명	- Leica/P30
금액	- 158,560,000원
취득일자	- 2016-12-30

<표 2-43> 연구장비 개요 : 고성능 3차원 레이저 스캐너

구분	내용
보유기관명	- 삼인정보시스템(주)
활용범위	- 단독활용만 가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 광학/전자영상장비>카메라/영상처리장비>3D스캐너

□ XVL

- 천연가스 액화 플랜트와 같은 대형 플랜트의 경우 3D CAD를 활용함으로써 간접 등 설계 검토가 가능하며, Desing data를 이용하여 B/M 등 다양한 engineering output을 정확하고 신속하게 자동 생성 가능
- XVL은 방대한 데이터가 집적된 3D data를 NURBS 기반의 Lattice 격자 알고리즘을 이용하여 획기적으로 경량화한 도구

<표 2-44> 연구장비 개요 : XVL

구분	내용
제작사명/모델명	- Lattice Technology/XVL pro
금액	- 82,500,000원
취득일자	- 2011-10-10
보유기관명	- 한국건설기술연구원
활용범위	- 단독활용만 가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리 분류되지 않는 장비소프트웨어

□ 실시간 공정 이상진단 시스템 모듈

- Multi-variable monitoring and fault diagnosis 방법론에 기반하고 Microsoft Excel과 Visual Basic for Application을 이용하여 다양한 분야의 공정에 적용 가능하며 실제 산업 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 프로그램을 제작하는 것을 목표
- LNG 플랜트를 효율적으로 감시하고 이상 운전 상태에 대하여 효과적인 대처 및 관리 등을 목표로 하는 실시간 감시 및 공정 정보 제공 프로그램 개발

<표 2-45> 연구장비 개요 : 실시간 공정 이상진단 시스템 모듈

구분	내용
제작사명/모델명	- 아이젠소프트/개발장비
금액	- 31,980,000원
취득일자	- 2012-02-24
보유기관명	- 서울대학교 산학협력단
활용범위	- 공동활용허용가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리 분류되지 않는 장비소프트웨어

□ 공정 데이터 관리 기능

- LNG 플랜트 주요 공정을 대상으로한 공정 정보 제공 및 공정 운전 상태 모니터링을 수행할 수 있는 패키지 형태의 프로그램
 - 플랜트를 효율적으로 감시하고 정상 운전 상태와 이상 운전 상태의 대비 효과를 통해 이상 운전 상태 발생 시 작업자가 빠르게 인지하고 효과적으로 대처 및 관리를 할 수 있도록 하는 Real time Human Machine Interface의 개발을 목표

<표 2-46> 연구장비 개요 : 공정 데이터 관리 기능

구분	내용
제작사명/모델명	- 세이플랜트/없음
금액	- 36,300,000원
취득일자	- 2012-04-13
보유기관명	- 서울대학교 산학협력단
활용범위	- 공동활용허용가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리 분류되지 않는 장비소프트웨어

□ AR기법을 활용한 see-through HMD 시스템

- See-through 기술이 접목된 증강현실기술을 활용하여 해양플랜트 구조물의 형상을 스테레오로 가시화하는 실무교육용 시스템
 - 스마트패드와 결합되어 증강현실 기법에 의한 모델형상 가시화

<표 2-47> 연구장비 개요 : AR기법을 활용한 see-through HMD 시스템

구분	내용
제작사명/모델명	- Cybermind/Visette45ST SXGA Optical see through
금액	- 48,003,500원
취득일자	- 2012-12-20
보유기관명	- 한국해양대학교 산학협력단
활용범위	- 공동활용서비스가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리 분류되지 않는 장비소프트웨어

□ IGCC 복합발전 운전자 훈련용 시뮬레이터

- 효율적인 시스템 운영을 위하여 운전원에게 시스템을 이해시키고, 운전 훈련에 사용하기 위한 훈련용 시뮬레이터

<표 2-48> 연구장비 개요 : OTS

구분	내용
제작사명/모델명	- Honeywell/개발장비
금액	- 621,800,000원
취득일자	- 2015-05-20
보유기관명	- 현대중공업(주)
활용범위	- 단독활용만 가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>하드웨어>달리 분류되지 않는 하드웨어

□ GPU슈퍼컴퓨터 연동 클라우드기반 엔지니어링

- 가상화시스템 플랫폼 구축 - 설계, 해석 및 분석 등을 클라우드에 저장된 데이터를 활용하여 시간과 공간의 제약없이 초고속으로 편리하게 이용하기 위한 GPU 슈퍼컴퓨터 클라우드기반의 계산 및 가상화 시스템 플랫폼

<표 2-49> 연구장비 개요 : GPU슈퍼컴퓨터 연동 클라우드기반 엔지니어링

구분	내용
제작사명/모델명	- Nvidia/TESLA M60
금액	- 1,366,142,420원
취득일자	- 2018-01-24

<표 2-49> 연구장비 개요 : GPU슈퍼컴퓨터 연동 클라우드기반 엔지니어링

구분	내용
보유기관명	- 동명대학교 산학협력단
활용범위	- 공동활용서비스가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>하드웨어>슈퍼컴퓨터

□ 데이터 취득 장비

- Field Data를 측정하기 위한 것으로 데이터 취득 시스템과 소프트웨어인 운영 프로그램으로 구성되어 온도, 압력 변형율을 Field에서 측정하기 위한 계측장비이며 플랜트의 조건 등에 따라 적절한 분산 배치가 가능

<표 2-50> 연구장비 개요 : 데이터 취득 장비

구분	내용
제작사명/모델명	- Yokogawa Electric Corporation/없음
금액	- 118,750,000원
취득일자	- 2005-12-28
보유기관명	- 두산중공업(주)
활용범위	- 공동활용허용가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 전기/전자장비>분석장비>신호분석기

□ 유니심

- 실제 플랜트 컨트롤 룸에 들어가기 전에 플랜트 장비의 오퍼레이션에 친숙해지도록 프로세스오퍼레이터를 사전교육하기 위해 이용되는 소프트웨어
 - 공정 시뮬레이션 기술을 기반으로 개발되었으며, 플랜트 설계, 운전, 최적화에 이르는 플랜트 운용 전반에 걸친 통합된 솔루션 제공

<표 2-51> 연구장비 개요 : 데이터 취득 장비

구분	내용
제작사명/모델명	- Honeywell/UniSim Design
금액	- 37,180,000
취득일자	- 2012-12-31

<표 2-51> 연구장비 개요 : 데이터 취득 장비

구분	내용
보유기관명	- 한국가스공사 연구개발원
활용범위	- 단독활용만 가능
활용상태	- 활용
표준분류	- 데이터처리장비>장비소프트웨어>달리 분류되지 않는 장비소프트웨어

4. 테스트베드

4.1 LNG 플랜트

가. 개요

- (목적) LNG 액화 신공정 및 상용 액화플랜트 설계 독자기술 개발, 해양플랜트 설계기술 확보를 통한 해외 LNG 플랜트 시장에 진입할 수 있는 EPC 필수기술을 개발
- 해외 LNG 플랜트 시장에 진입할 수 있는 EPC 필수기술 개발을 위한 LNG 액화 공정 및 상용 액화플랜트 설계 독자기술 개발
- 부유식 해양 LNG 플랜트 설계기술 확보를 통한 LNG-FPSO 엔지니어링 자립

나. 연구 기대 성과

□ 액화플랜트 테스트베드

- 개발된 KSMR을 적용하여 인천생산기지 내에 2011년부터 일일 100톤 생산 규모의 실증 플랜트인 테스트베드를 구축
- 기존 상용화된 공정을 적용한 Train-1은 2013년 구축을 완료하여, 2014년 성능시험을 성공적으로 마쳤으며, KSMR이 적용된 Train-2의 실증 시험을 통해 KSMR 공정성능이 검증되면, 해외의 우수한 기업들이 독점해온 해외 액화사업을 자체 기술로 도전해 볼 수 있는 기회가 확보될 것으로 예상됨



자료 : 한국가스공사

<그림2-36> 액화플랜트 테스트베드

□ 액화플랜트 FEED 개발

- 한국가스공사는 LNG플랜트사업단 과제를 수행하여 연산 5백만톤 생산규모의 육상용 액화플랜트의 FEED(Front-End Engineering Design)

기술을 개발

- KSMR 액화공정 뿐만 아니라 전처리 공정, 유틸리티 등 액화플랜트 구축에 필요한 다른 다양한 분야의 설계 기술 개발에 성공하여 그동안 우리나라가 취약했던 기본설계 기술을 진일보 시키는데 기여
- 우리나라는 선박건조 분야와 엔지니어링에 많은 강점이 가지고 있으므로, 액화플랜트 분야는 우리공사 뿐만 아니라 관련 기자재 회사 및 엔지니어링 회사에 향후 많은 수익을 안겨줄 수 있는 유망한 사업 분야임
- 육상용 액화플랜트는 건당 수조원의 사업비가 소요되는 기가프로젝트이며, 기본설계 비용 수백억원, 상세설계 비용 천억여원의 수주를 올릴 수 있는 블루오션 사업

다. 활용 방안

- LNG 플랜트 테스트베드 설계, 건설 및 운영 경험을 활용한 플랜트 Scale-up 및 성능개선 기반 조성
- 테스트베드에서 검증된 개발기술로 해외 가스전 플랜트 시장개척 추진
- 해외 사업모델 개발을 통하여 비즈니스 모델 프레임 구축 방안 수립
- 한국가스공사와 기타 국내기업이 지분을 보유하고 있는 가스전을 상대로 개발기술 적용 추진
- 중소 규모의 가스전에 개발된 기술을 우선 적용하고, 그 실적을 토대로 대규모 가스전 진입하는 방법으로 액화플랜트 건설 자립화 달성
- 해외 관련기관과 공동연구, 학회 및 전시회 등을 통해 연구성과를 홍보하여 해외진출 지원

4.2 동토지역 자원이송망 플랜트

가. 개요

- (목적) 극한지 자원이송망 건설과 같은 미개척 건설 시장 선점에 필요한 건설 기술 개발에 초점을 맞추고, 범국가적 사업인 미래 에너지 자원 개발을 위한 동토지역 내에 극한환경 건설기술 실용화



<그림2-37> 극한지 자원이송망 플랜트

- 동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발을 최종목표로 구체적으로는 극한지 기후조건을 고려한 $-40^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$ 대응 2,000km 급의 자원이송망-기반구조물 최적 설계·평가기술 개발과 광역단위 관망계획 및 최적화 기술 개발
- 극지 환경(영하 40°C 이하)에 대응 가능한 조관 후 고성능의 인성과 변형능이 확보된 파이프 및 현장 연결구조 기술 개발
- 위험인자 극복형 파이프라인 접합부 방식 기술 및 환경영향평가 기법 개발

나. 연구 기대 성과

- 세계 최고 수준의 극한지 자원이송망 건설 시스템 개발

- 극한지 온도조건($-40^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$), 2,000km급 자원이송망 설계·평가 기술 확보

- 극한지용(-40℃ 이하) 고성능(인성, 변형능) 파이프 및 현상 연결구조 기술 개발
- 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향 평가 기법 개발
- 동토환경(-40℃, 2000km급) 자원이송망 성능유지를 위한 변형진단, 안전, 유지관리 시스템 개발

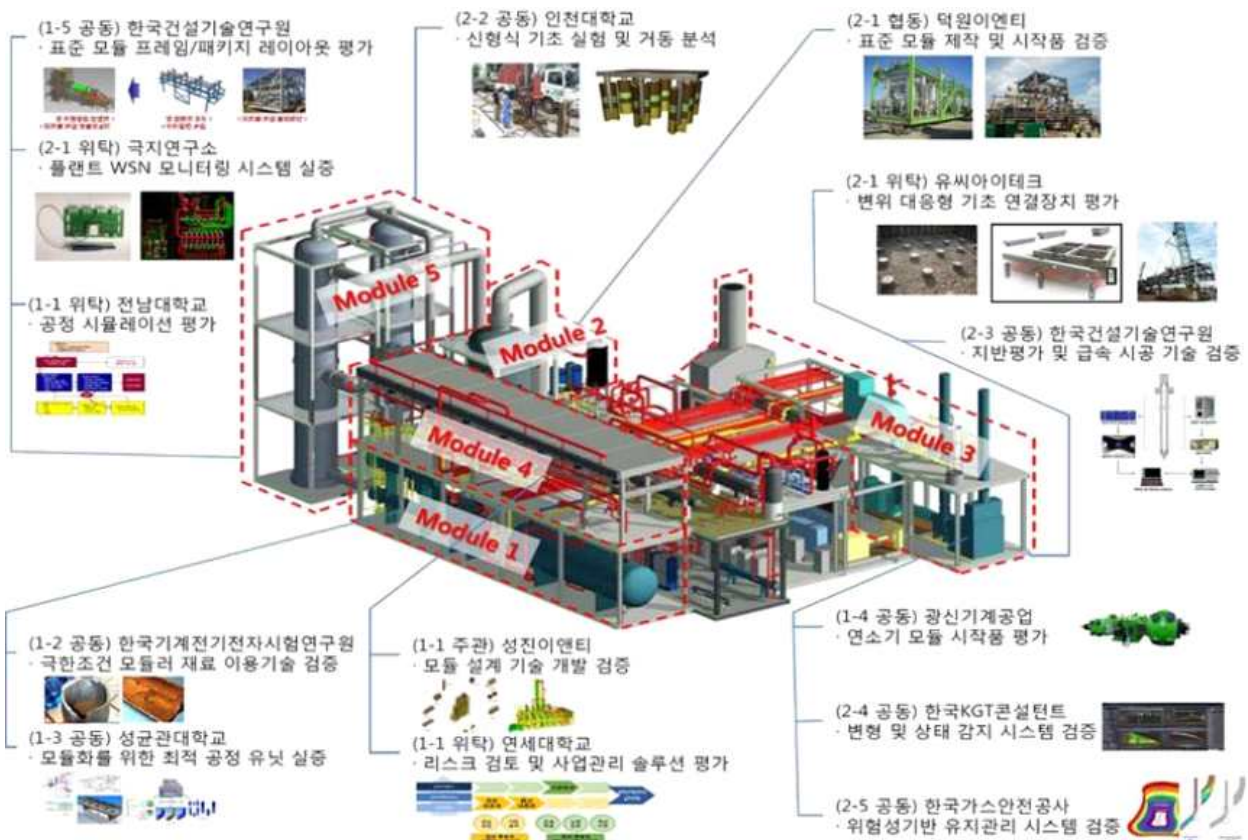
다. 활용 방안

- 영구동토를 포함한 극한지 자원이송망 건설시장 진출로 부가가치 창출
 - 소재 비용이 약 40%, 엔지니어링 비용이 10%, 시공 비용이 20%를 점유
- 선진업체와 경제적 시공기술 경쟁력 확보를 통하여 해외 극한지 파이프라인 프로젝트 건설에 참여
- 육상용만이 아닌 접근이 용이하지 않은 해양에너지산업으로의 응용
- 극한지 자원이송망 비파괴 검사장비 및 상태진단 센서 기술로 유지관리 시스템 핵심부품 해외 수출

4.3 오일샌드 모듈화 플랜트

가. 개요

- (목적) 오일샌드 시장은 지속적으로 발전하고 있으나 높은 현장 인건비, 엔지니어링 및 일부 기자재 분야의 해외 의존도가 높으므로 시장진입 초기단계부터 공사비 절감과 공사기간 단축 등의 경쟁력을 확보하고 후발 국가와 차별화할 수 있는 고유기술의 개발



<그림2-38> 오일샌드 모듈화 플랜트

- 오일샌드 육상플랜트 국내 고유의 컴팩트 기능모듈 및 표준 구조프레임 모듈로 구성된 한국형 오일샌드 모듈화 플랜트 패키지 개발
- 모듈의 제작 기술, 현장 단기 시공기술, 고성능 소재 이용기술 및 모듈 유지관리 기술 등의 현장적용기술 개발을 통한 국내 특화된 모듈의 운송비, 공사비, 현장 공사기간 단축

나. 연구 기대 성과

□ 해외 극지에 건설되는 육상플랜트의 공사비 절감, 공사기간 단축

- 기존 저가 수주의 해외 건설 시장 동향을 기술력 중심으로 건설비, 건설기간 단축을 이룰 수 있는 고부가가치 시장 창출이 기대되며 국내 제작, 국산 소재, 국산 기술 등 종합적 국산화
- 오일샌드 플랜트에 적합한 시스템으로 개선하여 국내 업체의 기술력 향상에 기여하며 국제 기술경쟁력 제고
- 건전성 평가기술 적용으로 시공 중, 후 및 유지관리 단계에서 모듈 손상으로 발생할 수 있는 막대한 손실 절감

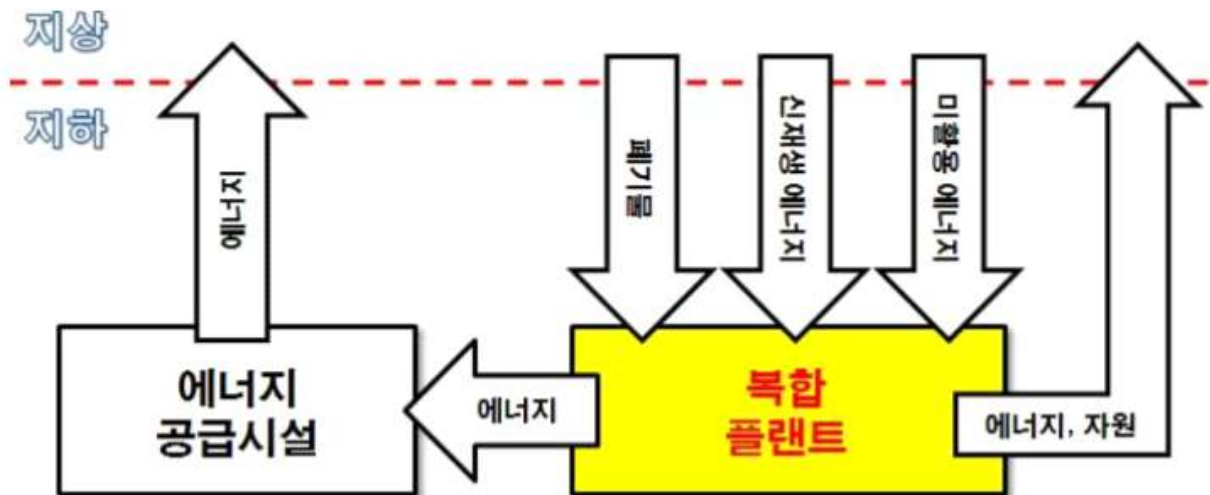
다. 활용 방안

- 모듈 공사의 핵심인 모듈 운송비 절감과 모듈 현장 조립기간 단축이 가능한 모듈과 모듈 건설기술을 개발하므로 해외 시장에서의 실질적인 효과 검증 및 실용화
- 극한지 지역의 건설공사 및 플랜트 시설물 공사시 기초 구조물의 안정적인 설계기술을 개발하여 향후 사업 수행시 적용 및 기초 자료로 활용
- 시공시 공기를 단축하고 안정성을 확보할 수 있는 기술로 오일샌드 모듈 플랜트 기초 및 연약지반 기초에 적용하여 기초의 침하 및 안정성 저하에 적극적으로 보수할 수 있는 유지관리 기술로 활용

4.4 도시자원 순환형 복합플랜트

가. 개요

- (목적) 지속가능한 저탄소 미래도시 실현을 위하여 다양한 도시폐자원을 하나의 사이트에서 상호연계된 연료생산 및 에너지생산 가능한 복합플랜트 개발



<그림2-39> 도시자원 순환형 복합플랜트

- 기존의 도시폐자원을 이용한 에너지 생산 플랜트와 비교시 에너지 생산량 25%증가, 에너지 경제성 25% 향상, 온실 가스 저감량 30%증가
- 7,000가구에서 버린 도시 폐자원으로부터 550가구 에너지 자립화 실현이 가능한 저탄소 도시지향 폐자원 순환 복합플랜트의 핵심기술 개발

나. 연구 기대 성과

- 고효율의 자원 및 에너지 순환형 도시기반 복합플랜트 구축기반을 확립함으로써, 각종 환경규제에 능동적으로 대처할 수 있는 기술개발 체계 마련
- 시설의 복합화 및 최적화를 통한 공급·처리 시스템 효율 및 자원·에너지 이용효율 향상
- 재생가능 자원·에너지의 적극적인 이용기술 확보

- 고부가가치 도시기반 환경·에너지 복합플랜트의 독자적인 설계, 설치 및 운영 기술의 확보
- 테스트베드 구축을 통한 복합플랜트 건설 및 운영실적 보유, 실용화 보급 기반 구축

다. 활용 방안

- 에너지 및 물질 순환형 자족도시 건설기반 구축
- 에너지와 자원의 절감을 통한 도시 경쟁력 및 에너지 안보체계 강화
- 고부가가치 복합플랜트 기술을 기반으로 국가 신성장산업 육성

5. 주요 시사점

- 국내 지능정보연계 스마트플랜트 관련 R&D는 국가 공익을 추구하는 공공기술적 특성을 갖고 있으며, 건설·기계·화학 등 관련 대학 및 국공립연구소, R&D 시설 및 장비, 테스트베드 등 적절한 인프라가 구축되어 있어 국가 주도의 체계적인 R&D 수행이 가능할 것으로 판단
- (대학) 관련 학과는 건설, 기계, 화학·에너지 등 플랜트와 연관성이 높은 전공 학과와 IT·ICT, 안전 등 지능정보연계 및 운영과 관련된 대학은 총 130개
 - 건설·토목·안전과 관련된 대학 및 전공은 총 101개 대학의 151개 전공 학과
 - 기계와 관련된 대학 및 전공은 총 54개 대학의 64개 전공 학과
 - 화학·에너지와 관련된 대학 및 전공은 총 38개 대학의 44개 전공 학과
 - ICT와 관련된 대학 및 전공은 총 50개 대학의 56개 전공 학과
- (연구기관) 스마트플랜트와 관련된 국내 연구기관은 건설·교통, 에너지, 환경, 전자·기계, 정보통신 등 19개 기관이 있는 것으로 조사
 - 건설·교통 : 국토교통과학기술진흥원, 한국건설기술연구원 등 7개 기관
 - 에너지 : 한국에너지기술평가원, 한국전력공사, 한국가스공사 등 6개 기관
 - 전자·기계 : 한국기계연구원, 한국전자통신연구원 등 4개 기관
 - 정보통신 : 정보통신정책연구원, 한국데이터진흥원 등 2개 기관
- (테스트베드) 스마트 플랜트 기술 적용을 통해 O&M 고도화 실증이 가능한 테스트베드는 총 4개 보유

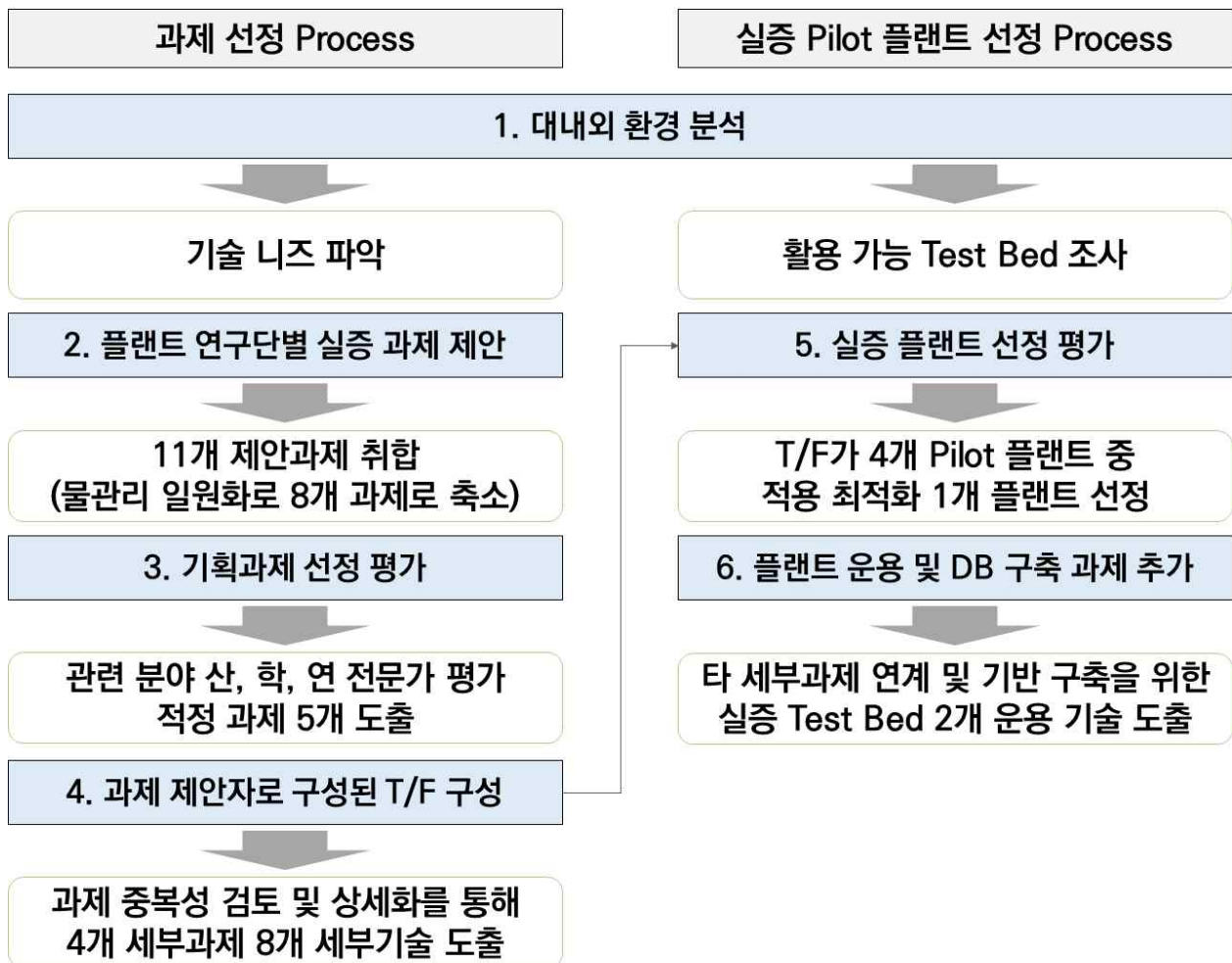
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

비전	“ICT기반 플랜트 O&M 고도화 기술 확보로 안전사회 구현 및 플랜트 엔지니어링 고부가가치 신시장 개척”	
목표	지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 상용화기반 확보	
세부 목표	[과학기술적]	[사회경제적]
	Pilot 규모 Test Bed 운영을 통한 기술 실증 및 검증 - 실증 운영 DB 60% 축적 - 실증 적용 수요자 만족도 80% 이상	플랜트 운영의 최적화, 자동화로 대외 플랜트 시장 경쟁력 강화 - 플랜트 운용 비용 10% 절감 - 플랜트 안전 사고·고장 90% 예방
기본 방향	As-Is : Operation & Maintenance 단순 기자재 운영/유지 보수	To-Be : Optimization & Maximization 예지 기반 시스템 운영최적화 및 성능 극대화
추진 전략	❖ 개발기술의 신뢰성 확보를 위해 구축된 Pilot 규모 플랜트를 활용하여 단계적 실·검증 추진 ❖ Test Bed 운영을 통해 빅데이터 기반 축적 및 참여기관의 Field Data 공유 확대 ❖ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 국내외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 ❖ 개발한 대상 플랜트의 가상 모델을 활용하여 예지 및 안전 프로그램 구현	

<그림 3-1> 사업 비전 및 목표 체계도

제2절 핵심요소기술(CTE) 선정



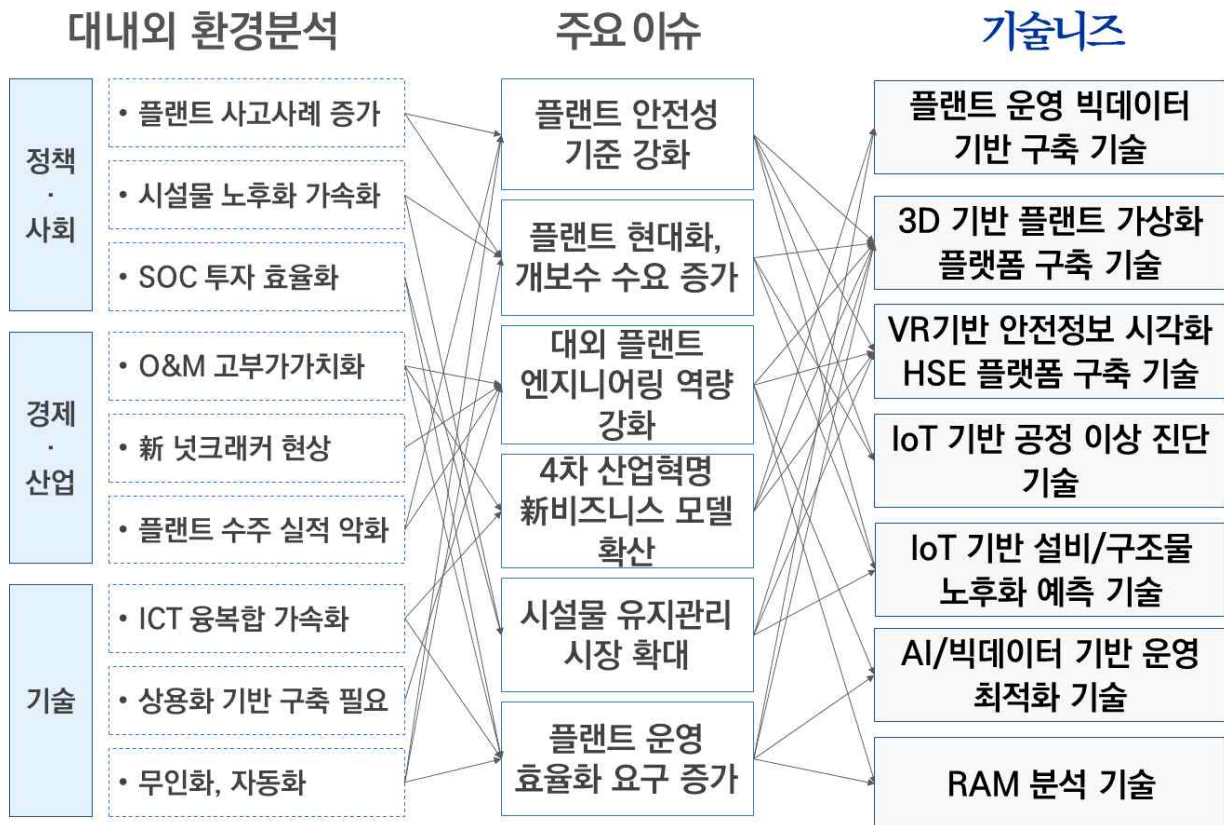
<그림 3-2> 핵심기술(과제) 선정 프로세스

1. 핵심기술(과제) 도출 과정

- 핵심기술(과제) 도출 과정은 ① 환경변화 요인 분석 및 플랜트 O&M 기술적 니즈 파악 → ② 플랜트 연구단별 본 연구 적용가능 실증과제 제안 및 취합 → ③ 기획과제 선정 평가 → ④ 스마트 플랜트 O&M 기획과제 확정 및 구체화 방안 검토로 진행

1.1 환경변화 요인 분석 및 기술적 니즈 파악

- 스마트 플랜트와 관련된 대내외 환경분석에서 도출된 핵심이슈에 대응이 되는 미래 기술니즈 키워드를 도출하여 기술적 니즈 파악



<그림 3-3> 대내외 환경분석을 고려한 핵심기술 도출

1.2 플랜트 연구단별 본 연구 적용가능 실증과제 제안 및 취합

가. 실증 과제 제안 요청

○ 4월 12일(목) KAIA에서 진행한 국토부 실증 플랜트 대상 과제 도출 회의에서 협의한 내용을 기반으로 다음과 같이 본 사업 취지에 부합하는 해당 플랜트별 실증 과제를 제안 및 취합

○ 과제 기본 구성(안)

- 플랜트별 과제 취합(안) : Type 1



- 속성별 과제 취합(안) : Type 2



○ 플랜트 연구단별 제안 과제 작성(안)

플랜트명	제안과제명	제안자 성명	Type(1, 2)
과제 개요	· ·		
기술도입시 독창성 여부 (기존기술 차별성)	(예시) ▪ 現, 세계최고 원천기술 확보수준으로 진행되고 있으며, O&M부분은 실증 플랜트 유지관리 및 운영방안 도출 성격임 ▪ IoT를 활용한 유지관리를 통해 융합 공정기술의 활용방안, 적용분야 극대화 가능		
도입시 기술·정책·경제적 파급효과	(예시) ▪ (기술적) 공정 효율제고 및 총 생산단가 저감 가능 ▪ (정책적) 선도형 기술 실증을 통한 실용화 및 실증강국 도약 ▪ (시장적) 저에너지 해수담수화 시장 구축 및 융합 기술분야 대외 인지도 제고 등		
활용 가능성*	(예시) ▪ 글로벌 사업화 기반구축을 위한 기술개발의 후속연구로서 활용 가능 활용가능성() ● : 높음, ○ : 보통, △ : 낮음, × : 매우 낮음		
데이터 제공 가능 여부			

나. 제안 과제 취합

1) KSMR Train-2 지능정보연계 기반 운영 실증 연구

○ 과제 개요

- 스마트 플랜트 실증을 위한 운영 및 유지관리 기술 개발
- 지능정보연계 기술을 이용한 실시간 데이터 수집, 공정 분석 및 예측 시스템 기술 실증

○ 독창성 여부

- 에너지 플랜트 분야 ICT융합기술 및 무선 보안 계측 기술 적용
- 신규 KSMR 액화공정 개선 및 운전 자동화와 data 디지털화에 따른 생산효율성 실증 및 ICT 융합 자동화 패키지 시스템 구현
- 증강현실[AR] 운전기술 적용 및 구체화 기반 확보

- 신규 KSMR 액화공정 운영에 따른 공정, 운영 DB 고도화 및 축적
- 플랜트 분야 3D, VR/AR 기술 및 Test Bed 운영 실증

○ 기술적 파급효과

- 보안 무선 통신 계측 기술 실증을 통해 공정운영 효율제고, 건설 비용 및 운영 비용 저감 가능
- 지능화 및 자동화된 스마트 액화플랜트 상용화 기반 기술 확보
- 증강현실(Augmented Reality) 적용한 플랜트 운영·유지 기술 확보

○ 정책적 파급효과

- 4차 산업 기술 실증을 통한 비용절감, 생산 효율성 향상 및 상용화 실증강국 도약
- 4차 산업 기술 관련 ICT 기업 육성

○ 시장적 파급효과

- 액화플랜트 기술확보 및 ICT산업 시장 육성 및 구축으로 플랜트 분야 융합 기술 대외 인지도 제고

○ 활용 가능성

- 4차 산업혁명관련 KSMR 액화플랜트 스마트 기능기술을 활용한 글로벌 사업화 기반구축 및 경쟁력 확보를 위한 기술개발 후속연구로서 활용 가능

○ 데이터 제공 여부

- 과제 수행중 축적되는 관련 Data 제한적 가공 제공 가능

○ 실증적용 검토

- 본 과제의 목표인 지능정보연계기반 플랜트 유지보수 관리에 부합하며, 4차산업과 관련된 AI, VR/AR, 빅데이터 등 다양한 분야를 실증 접목 할 수 있을 것으로 예상됨. 파급효과 역시 유지 비용절감과 대외 경쟁력 강화와 같은 본 과제의 목표와 일치하여 과제 추진 가능성이 매우 높지만 데이터의

제한적 제공은 단점

2) MD를 이용한 신개념 복합탈염 및 농축수 저감 기술 개발

○ 과제 개요

- MD 전용 고투과성 소수성 분리막 및 모듈 개발
- MD 막오염 저감을 위한 전처리 공정, 장치 및 시스템 개발
- 신재생에너지를 이용한 MD 시스템 에너지 공급 기술 개발
- RO 농축수 처리를 위한 생산량 400 m³/일, 회수율 30% 이상의 MD 공정의 설계 및 운전기술 개발
- 복합탈염 실증플랜트 구축 및 활용(1,000 m³/일 이상)

○ 독창성 여부

- MD 전용 분리막과 모듈의 개발 및 최적화를 통하여 타사 대비 높은 플럭스와 물리/화학적 안전성을 확보하고자 함
- MD공정에서 주요한 성능인자로서 분리막과 모듈의 성능이 매우 중요하기 때문에 효율적인 설계로 편의성을 증대시키고, 최대 플럭스를 도출하기 위하여 최적의 모듈의 개발이 필요함. 이에 따라 분리막의 개선과 anti-wetting에 대한 고려, 모듈의 최적화 연구 실시
- 기존 해수담수화 플랜트의 에너지 열 에너지 저감 및 성능향상을 위한 개량(Retrofitting)에도 활용
- 태양열 융복합 하이브리드 MD 공정 열 공급 시스템 기술 개발로 세계 친환경 담수화 플랜트 시장을 선도할 수 있는 기술력 확보
- 국 내외 최초, 최대 규모의 막증발 공정 실증파일럿 플랜트를 열효율을 높이기 위한 TVC 시스템을 적용하여 구축함으로써 막증발공정의 새로운 패러다임을 제시하였고, 막증발공정 플랜트 선두주자로 연구를 이끌어 갈 수 있음

○ 기술적 파급효과

- 초소수성 MD분리막 개발은 RO기술에서의 상대적 기술열세에 대하여 미래기술에 대한 선제적 기술 개발을 통해 향후 담수화 기술에 대한 기술 우위를 확보 할 수 있음
- 내구성과 효율성이 우수한 분리막의 개발을 통하여 탈염공정의 효율성, 경제성, 안정성 향상에 큰 파급효과가 있을 것이라 기대됨
- 증발법 MD 기술은 열에너지를 이용하여 또한 비교적 낮은 온도(70℃)의 열원으로 운전 가능하여 산업공정열 등의 폐열과 신재생에너지원인 태양열 이용이 가능하여 에너지믹스 구현 가능
- 태양열(주열원 or 보조열원) VMD 파일럿 설계, 구축, 원격 모니터링을 통한 무인운전을 통한 운영기술 확보 등을 통해 향후 신재생에너지원 융복합 해수 담수화 시스템 개발에 대한 기술 우위를 확보
- 기존 방식과 다른 중공사막을 이용한 MD 시스템 설계/구축/운영기술 확보를 통해 기술적 독창성 확보

○ 경제 · 산업적 파급효과

- 타기술과의 hybrid를 통하여 고농축수의 처리로 에너지 절감과 환경오염 부하를 최소화 가능
- 분리막의 내구성 향상을 통하여, 처리수의 안정성 및 모듈 수리/교체비용을 최소화
- 태양열 VMD 시스템의 경우 초기 투자비의 단점에도 불구하고 20년 이상의 장기운전을 고려하면 운영비용저감으로 경제성이 우수할 것으로 사료되며 따라서 분산형 소규모 담수화 플랜트의 성과확산 가능
- 농축수 배출 문제 해결을 통해 기존 RO 공정의 적용성 확대, 경쟁력 확보 및 에너지 소모량 저감에 따른 화석 연료 사용 감소

○ 활용 가능성

- MD/PRO 복합탈염공정을 위한 MD 전용 소재와 모듈에 대하여 원천기술의 확보를 통한 실증화 및 상품화 기술 확보

- 국내 적용되는 막모듈 성능평가 시스템의 실적을 바탕으로 해외 해수담수화 시설에도 적용할 수 있는 적극적인 홍보와 참여를 통하여 개발기술의 해외진출 도모
- 국내·외 Site 실증 운영 및 기술 홍보 가능
- 개발된 기술 실증을 통해 사업 대상국가와 MOU 체결 및 사업 발굴

○ 데이터 제공 여부

- 연구과제 종료 후 일부 제공 가능

○ 실증적용 검토

- 국내외 최초, 최대 규모의 막증발 공정 실증파일럿 플랜트를 열효율을 높이기 위한 TVC 시스템의 적용으로 인해 동종업계 선두주자의 위치를 가지고 있으며, 원천 기술의 확보를 통한 실증화 및 상품화 기술 확보로 해외진출을 도모하고 경제성이 확보되어 있으나 지능정보 연계 기술 적용에 관해서는 추가 논의가 필요함

3) 대용량 SWRO-PRO 공정기술 개발

○ 과제 개요

- SWRO-PRO 복합 공정 기술을 최적화하여 기존 SWRO 공정 기술 대비 약 25 % 이상의 소모전력량 절감
- 해수담수화 플랜트로부터 발생되는 고농도의 농축수를 회석 방류함으로서 해양생태계 파괴 방지 및 농축수 처리 비용 절감

○ 독창성 여부

- 現, 세계최초, 최고 원천기술 확보수준으로 진행되고 있으며, 기술 도입시 시장 선점으로 국가경쟁력 제고에 이바지할 수 있음.
- 해수담수화 플랜트에서 발생되는 농축수를 에너지 회수에 활용하여 환경영향 최소화 가능하며, 회수된 에너지를 자체 활용함으로써 경제적 플랜트 구축 가능

○ 기술적 파급효과

- PRO 기술 적용을 통한 전력비 절감 및 사업 경쟁력 확보, 대용량 SWRO-PRO 플랜트 설계기술 확보

○ 정책적 파급효과

- 국가 온실가스 감축 목표달성을 위한 기본 로드맵에 따라 PRO 기술은 신재생 에너지를 활용한 기술이며 선도형 기술 실증을 통하여 실증강국 도약

○ 시장적 파급효과

- 해수담수화 시장이 가장 큰 중동지역 (사우디, UAE, 쿠웨이트)에서 해수담수화 에너지 소모량을 줄이면서 농축수 배출로 인한 해양환경 영향을 최소화 할 수 있는 PRO 기술의 상용화 가능성이 높으며 대외 인지도 제고에 파급 효과가 있음

○ 활용 가능성

- 국토교통부 해수담수화 기술개발 후속연구로서 활용 가능

○ 데이터 제공 여부

- 일부 가능

○ 실증적용 검토

- 활용 가능성이 높고, 구현되어있는 세계 최고의 원천기술을 바탕으로 높은 환경적, 경제적 측면을 보유하고 있지만, 복합공정 과제로 본 연구인 지능정보연계 유지/보수 기술이 적용되기에는 어려움이 있음

4) ICT 기반 극한지 장거리 에너지라인 스마트 설계 및 유지관리기술 개발

○ 과제 개요

- 극한지 제반특성을 감안한 플랜트 효율 향상을 위한 ICT 기반(BIM-GIS) 스마트 장거리 이송 플랜트 건설 기술 개발
- 선진국 수준의 극한지 자원화 플랜트 건설시장 진출과 스마트 자원이송망

플랜트 구축·유지관리를 위한 지능정보 연계기술 개발

○ 독창성 여부

- BIM-GIS 기반의 유지관리 기술은 세계최고 원천기술 확보수준으로 진행되고 있음.
- 본 분야에 3차원 가상현실 및 지능형 기술 적용은 최초이며 본 기술을 유지관리를 통해 플랜트 설계, 유지관리 적용분야에 극대화 가능

○ 기술적 파급효과

- 극한지 자원이송망 건설 및 유지관리를 위한 첨단기술(지능정보 설계 및 평가기술)의 만족하고 제반조건(극한온도조건 : -40~20℃, 장거리 : 2,000km급)에 충족이 가능한 건설기술 확보

○ 정책적 파급효과

- 극한지 환경을 적용한 기술 실증을 통한 실용화 및 실증강국 도약

○ 시장적 파급효과

- 해외 극한지 자원 개발 사업에 참여할 수 있는 기반을 제공하여 국내의 중장기적 에너지자원 확보가 가능하여, 이로 인한 신개념 건설 인프라 창출로 국가 건설경기 부양효과

○ 활용 가능성

- 극한지 자원이송망 건설시장 진출로 부가가치 창출
- 육상용만이 아닌 접근이 용이하지 않은 해양에너지산업으로의 응용

○ 데이터 제공 여부

- 장거리 이송망에 대한 가스공사 및 지역난방공사 등과의 공동연구를 통해 데이터의 공유 및 활용이 가능할 것으로 판단됨

○ 실증적용 검토

- BIM-GIS 기반의 유지관리 기술이 세계 최고수준이기 때문에 경쟁력이

확보되어 있고, 극한지역에 최소한의 운영 인력을 적용하기 위한 ICT기술의 적용 방안이 본 과제 목적과 부합하지만 ICT 관련 기술에 대한 구체적 언급이 없어서 추가 논의가 필요함

- 주로 해외시장을 선점하기 위한 기술이지만, 해외시장에서도 범위가 한정되어 있기에 경제성에 대한 면밀한 분석이 필요

5) 플랜트 지능형 공정관리

○ 과제 개요

- 스마트 플랜트 구축을 위해 각 공장에서 수집되는 수많은 데이터를 기반으로 분석 및 의사 결정하는 데이터 기반의 공장 운영(Data Driven Operation)체계를 갖추으로써 생산현장에서 발생하는 현상, 문제들의 상관관계를 얻어 낼 수 있으며, 돌발 장애·품질 불량 등의 원인을 알아내고 해결 가능
- ICT를 결합하여 실시간 위치 추적 및 현황관리가 가능한 지능형 공정관리 체계 구축으로, 모든 공정관련 정보의 지식이 실시간으로 공유, 활용되어 최적화된 공정운영이 가능

○ 독창성 여부

- 제조업의 특성상 현재 현장과 실시간으로 데이터를 송수신 하는 것이 어려워 비효율성 문제가 지적되고 있으며, 본 기술은 업무 표준화, 정보 공유성을 위한 실시간 위치 추적 및 현황관리가 가능한 지능형 공정진도관리 체계임
- IoT 기반 실시간 자재 위치 추적 및 현황관리로 공정 및 품질현황 관리 가능

○ 기술적 파급효과

- 지능형 공정관리 시스템의 산업 적용으로 매출 증대 30% 이상 기대

○ 정책적 파급효과

- 지식기반의 기술경쟁력 확보를 통한 일자리 창출 및 영업 경쟁력 확보

○ 시장적 파급효과

- 선진사 독점에 의한 과다 견적 및 납기 지연 등 기술력 차이로 인한 손실, 기술 내재화로 선진사 독점 타개 및 수입 대체 효과

○ 활용 가능성

- 국토부에서 검토하는 모든 플랜트의 현장 실증시 적용 가능한 연구로서 활용 가능성이 매우 높음

○ 데이터 제공 여부

- 누적 데이터 필요없이 개발 및 구현이 가능함

○ 실증적용 검토

- 누적 데이터가 필요없는점과 모든 플랜트에 실증시 적용 가능하다는 점은 큰 장점이지만, 생산 플랜트에 적용되는 기술로 본 과제의 타겟과는 거리가 있음.
- 대부분 현재 개발 또는 실증 진행 중인 기술로 독창성이 부족

6) 가압형 정삼투-역삼투 융합 스마트 플랜트 운영 고도화

○ 과제 개요

- 정삼투-역삼투 융합 플랜트 연구과제에서 수행 중인 ‘가압형 정삼투-역삼투 융합 기술 개발’ 연구의 최종 성과인 파일럿 플랜트에 대해 ICT 기술을 접목하여 운영 효율화 및 무인 운전이 가능한 스마트 O&M 시스템 구성 및 고도화 기술을 개발하고자 함
- 본 연구과제를 통해 실증적 융합 스마트 플랜트 운영 기술을 개발함으로써, 가압형 정삼투-역삼투 융합 기술의 경제성 및 신뢰성을 검증
- 본 기술은 해수담수화와 하·폐수 재이용을 통합하여 관리하는 신개념 하이브리드 기술로서, 스마트 융합 플랜트 운영 고도화 기술을 확보함으로써, 미래 수처리 시장을 개척하고 세계 시장에서 기술을 선점할 수 있음

○ 독창성 여부

- 현재 가압형 정삼투-역삼투 융합 기술은 세계 최초의 실증 원천기술을

확보하는 단계로, 스마트 O&M 기술 고도화는 실증 플랜트 유지관리 및 운영 방안을 도출을 목적으로 하기 때문에 세계 최초의 O&M 기술임

- 본 기술은 수압, 유량, TDS, 수온 등 핵심 운영 변수에 대한 실시간 데이터 로깅을 통한 실시간 경제성 분석과 현장 운전조건 변화를 통한 대응 및 이를 기반으로 하는 경제적 스마트 플랜트 운영 기술임
- 또한, 장기간의 현장 운영 데이터에 기반한 플랜트 운영 시스템의 자체적 제어를 통한 스마트 플랜트 운영 최적화 기술로서, 운영 효율화 및 무인 운전이 가능한 O&M 기술을 개발함으로써, 원천 신기술을 확보한다는 차원에서 기술의 독창성을 가지고 있음

○ 기술적 파급효과

- 소요 에너지 최소화 및 총 생산단가 저감 가능

○ 정책적 파급효과

- 선도형 기술 실증을 통한 실용화 및 실증 강국 도약

○ 시장적 파급효과

- 융합기술 활용 저에너지 해수담수화플랜트 시장 구축 및 선점

○ 활용 가능성

- 국내 산업단지 중, 해수취수가 필요한 산업단지의 하·폐수 재이용을 통한 환경 영향성 저감 및 수자원 활용 효율 극대화하고, 최적화된 O&M 기술을 확보하여 실용화 가능성을 높임
- 하수 재이용의 경우, 국외 물부족 국가의 수자원 관리 기관에서 음용수 공급을 목적으로 하는 수자원 활용 효율 극대화 및 운영 고도화 측면에서 후속연구로서 활용 가능

○ 데이터 제공 여부

- 가능

○ 실증적용 검토

- 현재 원천기술이 확보되어 있으며, 국내의 경우 산업단지의 하·폐수, 해외의 경우 물부족 국가등 수요시장이 충분하게 존재하여 경제성이 충분하며, 또한 플랜트 O&M 기술 또한 본과제의 목적과 부합되기 때문에 실증 적용 검토 사항이 충분함

7) 오일샌드 모듈화플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용 기술 개발

○ 과제 개요

- 오일샌드육상플랜트 고유모듈 기술개발
- 오일샌드 육상플랜트 모듈제작 및 시공기술 개발

○ 독창성 여부

- 現, 캐나다 제작 모듈을 한국에서 설계,제작, 운송이 가능한 모듈로 변경하여 국내 제작이 가능
- 주요공정 기기의 국산기기 대체가 가능

○ 기술적 파급효과

- 오일샌드 플랜트의 국내 설계, 제작기술 확보

○ 정책적 파급효과

- 오일샌드 마켓에 경쟁적으로 진입

○ 경제적 파급효과

- 오일샌드 마켓의 국내 Player로 경쟁력 제고

○ 활용 가능성

- 오일샌드 Module화에 대한 설계, 제작, 시공 기술 홍보

○ 데이터 제공 여부

- 3-D model 제공 가능 (Navis work & 동영상)

○ 실증적용 검토

- 본 사업과 무관 (기존 과제)

8) 지능정보 기반 모듈플랜트 건설을 위한 3차원 가상현실 및 지능형 기술개발

○ 과제 개요

- 모듈플랜트 현장특성(극한지, 오지)을 고려한 모듈플랜트 설계 및 건설을 위한 가상현실(VR/AR/MR) 및 지능형기술(AI) 개발
- 선진국 수준의 극한지 모듈플랜트 건설시장 진출과 스마트 플랜트 플랫폼 구축을 위한 기술 개발

○ 독창성 여부

- 모듈 플랜트 설비의 신뢰성(Reliability) 및 가용성(Availability) 향상을 위한 스마트 플랜트 3차원 가상현실 및 지능형 기술 적용
- 본 분야에 3차원 가상현실 및 지능형 기술 적용은 최초이며 본 기술을 유지관리를 통해 모듈플랜트 설계, 유지관리 적용

○ 기술적 효과

- 극한지 오일샌드 모듈플랜트 스마트설계 및 시공기술 확보를 통하여 향후 민간기업의 해외진출 시 핵심기술로 활용
- 자연 환경과 IoT 융합 기술의 확보로 다양한 연구 분야 개척

○ 정책적 효과

- 극한지 건설 활동에 관한 연구 성과로 극한환경 건설 진출 시 효율적이고 안정적인 공사현장 관리 및 공기단축 및 연결체 적용을 통한 능동적 유지관리

○ 경제적 효과

- 극한지 오일샌드 플랜트 구조물의 효율적 유지관리를 통한 유지기간 단축 및 비용절감

○ 활용 가능성

- 극한지 모듈플랜트 건설시장 진출로 부가가치 창출

○ 데이터 제공 여부

- 모듈 플랜트 건설에 대한 국내 플랜트 설계 및 건설업체 등과의 공동연구를 통해 데이터 공유 및 활용 가능

○ 실증적용 검토

- 극한지 모듈플랜트 지능정보 연계 설계 및 시공 기술을 실증하는 과제로 본 과제인 유지보수(O&M)과는 관련성이 부족하지만, 최초 적용이기 때문에 독창성을 보유함
- 해외시장을 타겟으로 하였지만 극한지에 한정되기 때문에 추가적인 경제성 수요 분석 필요

⑧ 플랜트 핵심설비의 가용도 향상을 위한 핵심설비 수명예측 기법 개발

○ 과제 개요

- 핵심설비 현장 운전데이터를 활용한 HILS 성능평가
- 고장모드 재현 및 운전 조건별 고장내구수명 빅데이터 구축
- 고장수명예측식 개발 및 AI 기법을 활용한 고장예지 기법 개발

○ 독창성 여부

- HILS 기법을 플랜트 설비분야로 도입한 사례는 아직 없음
- HILS 기법 도입에 따라 극한환경을 가정한 시험수행이 가능하며 이에 따른 다양한 고장변수 도출 가능하기에 잔존수명 예측이 가능
- 운전조건별 고장내구수명 DB 구축을 빅데이터화 하여 AI 기반 고장예지 도입 및 운영이 가능

○ 기술적 효과

- 생산 공정 효율을 극대화

○ 정책적 효과

- 기술·실증을 통한 실용화 및 실증기술 기반 강화

○ 경제적 효과

- 공정설비 제조사로의 안전설계 가이드 제시와 신뢰성 기반 시험인증분야 저변 확대

○ 활용 가능성

- 플랜트 기자재 분야의 고장예측의 후속연구로서 활용가능성 및 기술 확대 적용이 매우 높음

○ 데이터 제공 여부

- 가능

○ 실증적용 검토

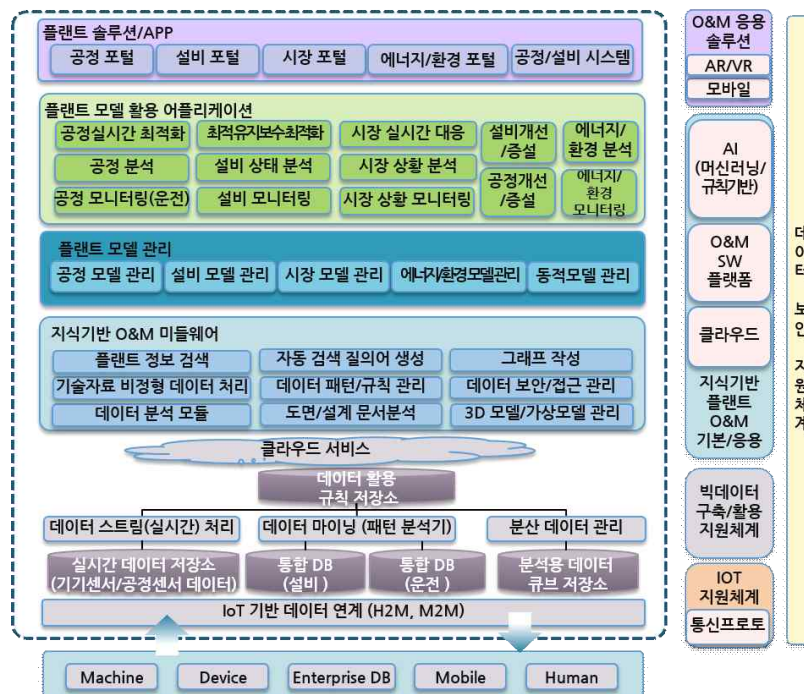
- 본 과제인 지능정보연계 유지보수에 목적과 구성 내용이 부합하며, 실증 기술 위주로 국토부 과제의 성격도 가지고 있음. 또한 HILS 기법을 플랜트 설비분야로 도입한 사례가 아직 없다는 점에서 독창성 보유
- 플랜트 기자재 고장예측의 후속연구로 활용가능성 및 기술확대 범위도 넓으므로 선정 조건에 부합함

9) 실증 플랜트 기반 플랜트 건설 및 운영을 위한 4차 산업혁명 기술기반 O&M 고도화 기술개발

○ 과제 개요

- 플랜트 EPC와 O&M 연계 통합플랜트 모델 개발
 - * 플랜트 EPC & O&M 통합 프레임워크 개발
 - * 4차 산업혁명 기술 요소 개발 및 적용
- 실증 플랜트 AR/VR 및 센서데이터 융합기술 개발
 - * 인공지능 기반 AR/VR 구축기술 개발
 - * AR/VR 및 센서데이터 융합기술 개발

- 실증 플랜트를 위한 인공지능 기반 스마트 센서 기술 개발
 - * 인공지능 기반 스마트 센서기술 개발
 - * 실증 플랜트 스마트 센서 적용 기술 개발
- 실증 플랜트 인공지능 기반 공정 진단 기술 개발
 - * 센서데이터 기반 공정 진단 프로세스 기술
 - * 공정 진단 기술 개발
- 실증 플랜트 인공지능 기반 설비 진단 기술 개발
 - * VR 및 센서데이터 융합기반 설비 상태 모니터링
 - * VR 및 센서데이터 융합기반 설비 진단 기술 개발
- 실증 플랜트 인공지능 기반 유보수 기술 개발
 - * AR 기반 설비 유보수 기술 개발
 - * 유보수를 위한 인공지능 기반 VR 기반 전자매뉴얼 기술 개발



○ 독창성 여부

- 인공지능 기반의 O&M 기술 적용

- * O&M Big Data 에 인공지능 적용을 통한 유보수 효율성 차별화
- * O&M을 위한 조기 판단 기술 차별화
- * 다양한 데이터 (센서데이터, Text, 소리등) 의 융합적 분석을 통한
- * 진단 차별화

- 플랜트 지식기반 O&M 프레임워크

- * VR/AR 과 센서데이터 융합에 의한 차별화
- * 인공지능 기반 무선 스마트 센서 기술 기반 차별화

○ 기술적 효과

- 국내 플랜트 회사의 기술력 향상
- 극한지 플랜트의 운영 및 유지보수 효율화

○ 시장적 효과

- 신기술에 의한 수익 및 고용 창출

○ 활용 가능성

- 현재 플랜트 기업이 4차 산업혁명기술 적용을 시도하고 있어 활용 가능성 높음

○ 데이터 제공 여부

- 기존 O&M 과제에서 적용된 기술 확장 적용 가능

○ 실증적용 검토

- 제시된 과제들이 모두 본 과제에 부합하지만 전체적으로 독창성이 부족하고 파급효과가 구체적으로 제시되지 않아 좀 더 세밀한 조사 필요

10) LNG BSU 활용 지능정보 연계 스마트 플랜트 검증 기술 개발

○ 과제 개요

- 기존에 개발된 LNG BSU 운전 보수유지 데이터를 활용하여 지능정보 연계 스마트 플랜트 핵심 기술 검증
- 스킴 타입 소형 LNG 플랜트이므로 IoT 센서 탈/부착 및 검증과정중 필요시 플랜트 일부 배관 등 변경 가능
- 지능정보 연계형 스마트 플랜트 운용 시스템 LNG BSU 활용 시스템 검증후 상업용 규모 확대 적용으로 리스크 회피 가능

* LNG BSU(Bench Scale Unit) : LNG 사업단 내에서 LNG 테스트베드 건설이전에 제어로직 검증 및 APC(Advanced Process Control) 기술 개발을 하기 위한 파일럿 소규모의 설비임.

○ 독창성 여부

- 기존의 플랜트 운전 최적화기술은 모델기반의 최적화기술이지만, 최근의 인공지능 기반의 원천기술 확보수준으로 기술 개발 가능할 것으로 판단됨. O&M부분은 기존의 LNG BSU 설비 및 IGCC 등 IAE 보유 플랜트 설비를 활용하여 실증, 플랜트 유지관리 및 운영방안 4차산업 기반 최적화 방안 도출
- IoT, 빅데이터, 머신러닝 등을 활용한 유지관리를 통해 융합 공정기술의 활용방안, 적용분야 극대화 가능

○ 기술적 효과

- 운전 및 보수공정 효율제고 및 제품의 총 생산단가 저감가능

○ 정책적 효과

- 선도형 기술 실증을 통한 실용화 및 실증강국 도약

○ 시장적 효과

- 저에너지 해수담수화 시장 구축 및 융합 기술분야 대외 인지도 제고 등

○ 활용 가능성

- 글로벌 사업화 기반구축을 위한 기술개발의 후속연구로서 활용 가능

○ 데이터 제공 여부

- 공동개발의 일부로써 데이터 제공이 가능할 것으로 판단됨

○ 실증적용 검토

- 본 과제의 목적과 부합하고 새로운 플랜트를 건설할 필요 없이 기존 플랜트에 탈부착 방식과 부품 교체 방식으로 적용할 수 있다는 큰 장점을 가지고 있음
- 원천기술이 확보수준으로 되어있고 기존의 IAE 보유 설비들을 이용한 다방면의 실증이 가능하여 과급효과를 극대화 할 수 있을것으로 예상됨

1.3 기획과제 선정 평가

가. 평가위원 선정

- 관련 산·학·연 전문가를 제안 과제 평가 위원으로 구성하여 취합된 11개 과제에서 5개 과제를 선정

<표 3-1> 과제 선정 평가 전문가 구성

구분	이름	직급	소속	전문분야
산	김학성	차장	GS건설	
	윤성욱	지사장	Arup	
	변천석	팀장	한국에너지공단	
	최윤현	전무	경호엔지니어링	
학	문두환	교수	경북대학교	
	신동일	교수	명지대학교	
	박재민	교수	건국대학교	
연	임용택	수석 연구원	고등기술연구원	
	박용국	책임 연구원	전자부품연구원	
	황성환	책임 연구원	한국광기술원	

나. 평가기준 및 가중치 선정

<표 3-2> 과제 선정 평가 평가기준 및 가중치 선정

평가 항목	평가 지표	해설	1안	평가위원 의견종합
1. 정책적 측면	1-1. 법제 및 상위계획 부합성	• 정부 지원의 타당성은 충분한 분야인가?	10%	10%
	1-2. 해외의 지원 사례	• 해외에서도 정부 주도로 적극적으로 투자되고 있는 분야인가?	10%	8%
2. 기술적 측면	2-1. 기술의 혁신성	• 미래에 성장 동력이 될 만한 혁신적인 기술인가? • 기업과 민간, 그리고 해외에 까지 수출 가능할 정도로 혁신적인 기술인가?	20%	19%
	2-2. 기술 개발 실현성	• 기술의 개발에 필요한 역량이 확보되어 있는가? • 해당 기술에 대한 정부의 개발	15%	16%

<표 3-2> 과제 선정 평가 평가기준 및 가중치 선정

평가 항목	평가 지표	해설	1안	평가위원 의견종합
3. 경제적 측면		의지가 확고하고, 기업의 투자의 지가 확고한가?		
	2-3. 기술의 파급성	• 산업 및 사회적 파급성의 정량적 효과가 충분한가?	15%	13%
	3-1. 목표 분야의 시장성	• 현재 또는 향후에 성장 동력이 될 만큼의 시장규모나 성장성이 예상되는가?	15%	16%
	3-2. 목표 분야의 부가가치	• 높은 부가가치의 창출이 가능한 분야인가?	10%	13%
	3-3. 목표 분야의 투자유발효과	• 정부의 조세 및 재정 지원을 통한 민간 분야의 경제적 유발효과가 충분한가?	5%	6%

다. 과제 선정 평가

<표 3-3> 과제 선정 평가 결과 종합

제안 과제	정책부합성		기술성			시장성			총점
	법제 및 상위 계획 부합성	해외 지원 사례	기술의 혁신성	기술 개발 실현성	기술의 파급성	시장성	부가가치	투자유발효과	
1. KSMR Train-2 지능정보연계 기반 운영 실증 연구	4.3	3.0	4.2	4.2	4.3	4.5	3.8	4.3	4.17
4. ICT 기반 극한지 장거리 에너지라인 스마트 설계 및 유지관리 기술 개발	3.7	3.0	3.8	3.0	3.2	3.5	3.5	3.5	3.45
5. 플랜트 지능형 공정관리	3.8	3.2	4.0	3.3	3.5	3.2	2.8	3.3	3.46

<표 3-3> 과제 선정 평가 결과 종합

제안 과제	정책부합성		기술성			시장성			총점
	법제 및 상위 계획 부합 성	해외 지원 사례	기술 의 혁신 성	기술 개발 실현 성	기술 의 파급 성	시장 성	부가 가치	투자 유발 효과	
7. 오일샌드 모듈화플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용 기술 개발	3.0	2.8	3.0	3.2	3.0	3.2	2.8	3.0	3.05
8. 지능정보 기반 모듈플랜트 건설을 위한 3차원 가상현실 및 지능형 기술 개발	3.8	3.2	3.5	3.2	3.3	2.8	2.8	2.7	3.22
9. 플랜트 핵심설비의 가용도 향상을 위한 수명예측 기법 개발	3.8	3.7	4.0	3.7	4.0	3.8	4.0	3.7	3.90
10. 실증 플랜트 기반 플랜트 건설 및 운영을 위한 4차 산업혁명 기술기반 O&M 고도화 기술개발	4.3	3.7	4.2	3.7	4.3	4.2	4.0	4.2	4.11
11. LNG BSU 활용 지능정보 연계 스마트 플랜트 검증 기술 개발	4.0	3.3	3.7	3.7	4.2	3.7	3.5	3.7	3.75

※ 기획 중 물관리 일원화로 담수화 플랜트 관련 과제 삭제

2. 실증플랜트(Test Bed) 선정 과정

2.1 실증 플랜트 후보 목록 도출

<표 3-4> 국토부 플랜트 연구사업 파일럿 플랜트 이용 과제 현황

순번	구분	총괄 과제명 (주관기관)	실증 기간	실증 시설명	종료후 활용 계획	실증기술 및 기타 관련내용
1	실증 플랜트	LNG 플랜트 시스템엔지니어링 기술 개발 (한국가스공사)	'11.05 ~ '17.12	Train-1/ Train-2	계속 활용	- 천연가스 신액화공정(KSMR), 천연가 스액화플랜트EPC(설계,구매,건설)기술, LNG플랜트 열교환기 등 실증
2	실증 플랜트	동토지역 자원이송망 설계, 시공 및 유지관리 기술개발 (한양대학교 산학협력단)	'17.03 ~ '18.10	동토지역 자원이송망 실증플랜트	계속 활용	- 영구동토 매설관 최적설계 위한 지 반 평가 및 거동 평가 - X70급 파이프 성능평가/자동용접장 치(원주용접) 적용성 - 부식 모니터링/방식시스템 검증 - 파이프라인 성능평가를 위한 계측시 스템 성능평가
3	실증 플랜트	오일샌드 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용기술 개발 성진이앤티 주식회사)	'17.06 ~ '19.12	오일샌드 파일럿 모듈화 플랜트	계속 활용	- 오일샌드 SAGD CPF 모듈화 플랜트실 증(300bpd규모)
4	실증 플랜트	도시자원 순환형 복합 플랜트 건설기술 개발 (고등기술 연구원)	'19.05 ~ '20.05	도시자원 순환형 복합 플랜트	계속 활용	- 20,000만 인구 기준 복합 플랜트 핵심 기술 개발 및 파일럿 플랜트 평가

※ 2018년 6월 기준

* 기획중 물관리 일원화로 담수화 플랜트 환경부 이관

2.2 실증 플랜트 선정 평가

가. 평가위원 선정

- 과제 선정 평가 이후 구성된 사업기획위원회가 평가에 참여하여 실증 플랜트 선정

<표 3-5> 실증플랜트 선정 평가 전문가 구성

구분	이름	직급	소속	전문분야
산	김석순	책임 연구원	한국가스공사	
학	서효원	교수	한국과학기술원	
연	박찬국	수석 연구원	고등기술연구원	
	이봉수	센터장	한국기계전기전자시험연구원	
	김영석	연구위원	한국건설기술연구원	

나. 평가기준 및 가중치 선정

<표 3-6> 실증플랜트 선정 평가 평가기준 및 가중치 선정

평가 항목	평가 지표	해설	1안	평가위원 의견종합
1. 정책적 측면	1-1. 법제 및 상위계획 부합성	• 정부 지원의 타당성은 충분한 분야인가?	10%	12%
	1-2. 해외의 지원 사례	• 해외에서도 정부 주도로 적극적으로 투자되고 있는 분야인가?	10%	11%
2. 기술적 측면	2-1. 본 연구의 적용 가능성	• 본 연구의 기획 범위에 부합하는가?	20%	18%
	2-2. 데이터 활용 가능성	• 플랜트 운용을 통해 도출한 데이터가 본 연구에 활용되기에 양과 질이 충분한가?	15%	15%
	2-3. 성과 활용 가능성	• 본 연구의 적용을 통해 충분한 정량적 성과가 기대되는가?	15%	13%
3. 경제적 측면	3-1. 목표 분야의 시장성	• 현재 또는 향후에 성장 동력이 될 만큼의 시장규모나 성장성이 예상되는가?	15%	16%
	3-2. 목표 분야의 부가가치	• 높은 부가가치의 창출이 가능한 분야인가?	10%	10%
	3-3. 목표 분야의 투자유	• 정부의 조세 및 재정 지원을 통	5%	5%

	발효과	한 민간 분야의 경제적 유발효과가 충분한가?		
--	-----	--------------------------	--	--

다. 실증 플랜트 선정 평가

<표 3-7> 실증플랜트 선정 평가 결과 종합

실증 플랜트	정책부합성		기술성			시장성			총점
	법제 및 상위 계획 부합 성	해 외 지원 사례	본 연구 적용 가능 성	데이 터 활용 가능 성	성 과 활용 가능 성	시 장 성	부 가 가치	투 자 유 발 효과	
1. LNG 플랜트	4.8	3.8	4.8	4.6	4.4	4.4	4.2	4.2	4.45
2. 동토지역 자 원이송망 플랜 트	3.6	3.8	3.4	3.4	3.6	3.8	3.6	3.8	3.60
3. 오일샌드 모 듈화 플랜트	3.4	3.4	4	3.2	3.8	3.4	3	3.2	3.48
4. 도시자원 순 환형 복합플랜 트	4	3.6	4	3	3.4	3.6	3.6	3.6	3.60

제3절 연구개발과제 구성

세부1	스마트 플랜트 효율적 가상화 기술
세부 기술	• 플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술 • 플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술
세부2	스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술
세부 기술	• IoT 융합기반 공정효율화 및 최적운전 기술 • IoT 융합기반 예지 고도화 기술
세부3	스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술
세부 기술	• 스마트 공정안전 및 대응 시스템 • 스마트 HSE 플랫폼 기술 • IoT 융합기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템
세부4	스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용
세부 기술	• 지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구 • KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용 • 빅데이터 활용 KSMR APC 개발

<그림 3-4> 연구개발과제 구성 개요

제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. (세부과제 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술

1.1 세부과제 개요 및 구성

<표 3-8> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 개요

구분		내용
정의		- 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술이란 플랜트 건설 정보(설계 및 기자재 정보)를 기초로 각종 운영 센서 정보를 융합하여 생성된 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로 가상화·시뮬레이션 기술을 적용하여 공정 최적화, 설비 상태진단, 및 유지보수 최적화를 함으로써 O&M 업무를 고도화하는 기술 - 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술은 3D 가상화 기반 차세대 스마트 플랜트 운영 포털로 구현되며 이 포털을 구성하는 핵심 기술은 가상화 운영 플랫폼 기술과 가상화 콘텐츠 구축 기술임
범위	가상화 운영 플랫폼	- 플랜트 가상화 운영 플랫폼의 아키텍처를 설계하고 이를 바탕으로 운전/유지보수용 가상화 플랫폼을 설계 및 개발 - 운전/유지보수 정보, 설계 정보, 3D 정보, 문서 정보가 연계된 스마트 가상 객체 기술 개발 - 플랜트 가상화 운영 플랫폼과 타 시스템(공정/설비/기간계)과의 데이터 연동을 위한 인터페이스 어댑터 기술 개발 - VR 기반 차세대 플랜트 운영 포털 시제품을 개발하고 적용 대상 플랜트에 시범적용 및 성능평가
	가상화 콘텐츠 구축	- 플랜트 가상화를 위한 기초 정보인 플랜트 설계 정보를 VR 기반 가상화 환경에 맞게 변환하는 과정을 규격화하고 이를 지원하는 모듈 개발 - 플랜트 가상화 운영 플랫폼을 기반으로 운전 및 유지보수 업무에 필요한 세부 기능을 제공하는 응용 유틸리티 모듈을 개발 - 스마트 가상 객체와 연동하여 AR 기술을 접목함으로써 플랜트 유지보수 업무를 지원하는 기술 및 지원 모듈을 개발

<표 3-10> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 최종성과물

최종성과물	최종성과물 유형
- 3D 가상화 기반 차세대 스마트 플랜트 운영 포털	시스템

<표 3-12> (세부 1) 세부기술별 TRL 유형/단계, CTE 여부

세부기술명	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부
1.1 플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술	소프트웨어	7	O
1.2 플랜트 가상화 콘텐츠 구축 및 운영 포털 시제품	공법/기법	5	



<표 3-9> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 개요

<표 3-11> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 구성 요약

세부 기술	연구 활동	개발기간	소요예산
1-1. 플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술		4년	21.3억
	-1. 가상화 플랜트 운영 플랫폼 아키텍처 설계	1년	2.3억
	-2. 플랜트 운전/유지보수 통합 플랫폼 개발 기술	2년	4.6억
	-3. 운전/유지보수/설계/3D/문서 연계 스마트 가상 객체 기술	2년	4.6억
	-4. 공정/설비/기간계 시스템 연동 어댑터 기술	2년	5.1억
	-5. VR 기반 차세대 플랜트 운영 포털 시제품 개발 및 적용	2년	4.6억
1-2. 플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술		4년	23.5억
	-1. 가상화를 위한 설계 정보 변환 규격화 및 콘텐츠 구축 기술	4년	10.9억
	-2. 스마트 플랜트 운영 응용 유틸리티 기술	2년	6.3억
	-3. AR 기반 스마트 플랫폼 유보수 기술	2년	6.3억

1.2 추진배경 및 필요성

- EPC 단계의 3D 정보를 기반으로 플랜트 센서 정보에 의한 공정/설비 상태 분석을 통해 정확한 운전 및 유지보수가 필요
 - 고장으로 플랜트 운영이 중단되면 막대한 비용 손실이 발생하므로 플랜트 공정 최적화, 설비 상태진단, 유지보수 최적화를 통해 플랜트 shut-down을 예방하고 정기점검 주기를 연장할 수 있는 고도화된 O&M 시스템이 필요
 - 플랜트 운전 및 유지보수 단계에서 플랜트 생산성을 최대화하고, 외부 환경에 대한 영향도를 최소화하며, 각종 설비의 가동 수명을 최대화함으로써 플랜트 운영의 효율화를 지원하는 다양한 시스템들이 개발되고 있으나 상호간에 독립적으로 통합하지 못함으로써 적용 효과를 극대화하지 못함
 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로 한 가상화 플랫폼을 개발함으로써 이를 기반으로 각종 응용 기능, AR 기반 유보수 기능, 타 시스템과의 유연한 연동 방안 제공이 필요
 - 플랜트 3D 가상화는 사용자 정보 인식율, 상호작용 효율성, 교육 등에 있어서 많은 장점이 있으나 설계 단계에서 생성된 3D 정보를 VR 환경에 맞게 변환하는 과정에서 많은 시간과 비용이 소요되어 산업적인 적용에 있어 한계가 존재하여 이를 해결할 수 있는 기술 개발이 필요
- 유보수 과정의 안정성 문제를 해결하기 위해서 VR/AR 기술 필요
 - 플랜트 유보수를 위한 VR/AR 기술은 유보수를 효율적으로 하기 위한 핵심 기술로 유보수 과정에서 발생하는 정확성/효율성 향상

1.3 최종 목표 및 단계별 목표

가. 최종 목표

- 플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술을 연구하여 VR 기반 차세대 스마트 플랜트 운영 포털 시제품 개발 및 시범적용
 - 가상화 플랜트 운영 플랫폼 아키텍처 설계
 - 플랜트 운전/유지보수 통합 플랫폼 개발 기술
 - 운전/유지보수/설계/3D/문서 연계 스마트 가상 객체 기술 개발
 - 공정/설비/기간제 시스템 연동 어댑터 기술 개발
 - VR 기반 차세대 플랜트 운영 포털 시제품 개발 및 적용
- 플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술을 연구하여 설계 정보 변환, 응용 유틸리티, AR 기반 유보수에 관한 시방서 및 지원 시스템 개발
 - 플랜트 가상화를 위한 설계 정보 변환 규격화 및 콘텐츠 구축 기술 개발
 - 스마트 플랜트 운영 응용 유틸리티 기술 개발
 - AR 기반 스마트 플랫폼 유보수 기술 개발

나. 연차별 목표

<표 3-13> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 연차별 목표

연차	연구목표	중점기술 개발내용
1차 년도	스마트 플랜트를 위한 가상화 기술 조사 및 기본설계	- 가상화 플랜트 운영 플랫폼 아키텍처 설계
		- 가상화를 위한 설계 정보 변환 규격화 기술 개발
2차 년도	가상화 기반 유지보수 통합 플랫폼 상세설계 및 모듈 개발	- 운전/유지보수/설계/3D/문서 연계 스마트 가상 객체 기술 개발
		- 공정/설비/기간제 시스템 연동 어댑터 기술 개발
3차 년도	가상화 기반 유지보수 통합 플랫폼 콘텐츠 구축 기술 개발	- 스마트 플랜트 운영 및 유지보수 응용 유틸리티 기술
		- 가상화를 위한 콘텐츠 구축 기술

4차 년도	가상화 기반 스마트 플랜트 운영 및 유지보수 포털 적용 및 테스트	- 가상화 플랜트 기반 운영포털 적용 및 테스트
		- VR/AR 기반 스마트 플랫폼 유지보수 기술 적용

1.4 과제 구성

○ (기간/예산) 4년('20~'23)/44.77억 원

<표 3-14> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 구성

세부기술/ 연구활동		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술		- 3D 기반 효율적 가상화 플랜트 구축, 각종 센서 데이터 융합, 유지보수 관련 문서 및 정보 융합 및 효율적 스마트 유지보수 플랫폼 개발 기술		'20~'22 (3년)	21.3억
연구 활동	가상화 플랜트 운영 플랫폼 아키텍처 설계	- 가상화 플랜트 운영 플랫폼 아키텍처 설계 기술	플랫폼아키텍처 설계서	'20 (1년)	2.3억
	플랜트 운전/유지 보수 통합 DB 관리 기술	- 플랜트 운전/유지 보수 통합 플랫폼 개발 기술	통합 DB 관리 모듈	'20~'21 (2년)	4.6억
	운전/유지보수/설 계/3D/문서 연계 스마트 가상 객체 기술	- 효율적 가상화를 위한 운전/유지보수/설계/3D/문서 연계 스마트 가상 객체화 기술	스마트 가상 객체 모듈	'20~'21 (2년)	4.6억
	공정/설비/기간 시스템 연동 어댑터 기술	- 가상 플랜트에 공정/설비/기간계 시스템을 유연한 연동을 위한 어댑터 개발 기술	공정/설비/기간계 시스템 연동 모듈	'21~'22 (2년)	5.1억
	VR 기반 차세대 플랜트 운영 포털 시제품 개발 및 적용	- VR 기반 차세대 플랜트 운영 포털 시제품 적용 및 테스트 하는 기술	3D 가상화 기반 차세대 스마트 플랜트 운영 포털	'20~'21 (2년)	4.6억
플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술		- 가상화 플랫폼 기반 유지보수 필요 콘텐츠 구축 및 적용 및 테스트 기술		'20~'23 (4년)	23.5억
연구 활동	가상화를 위한 설계 정보 변환 규격화 및 콘텐츠 구축 기술	- 가상화 플랜트를 위한 설계 정보 변환 규격화 및 콘텐츠 구축 기술	설계 정보 변환 시방서 (및 지원 모듈)	'20~'23 (4년)	10.9억
	스마트 플랜트 운영 응용 유틸리티 기술	- 실증 플랜트에 스마트 플랜트 적용을 위한 응용 유틸리티 개발 기술	스마트 플랜트 운영 응용 모듈	'22~'23 (2년)	6.3억
	AR 기반 스마트 플랫폼 유보수 기술	- AR 기반 스마트 플랫폼 기반 유지보수 기술	AR 기반 유보수 시방서 (및 지원모듈)	'22~'23 (2년)	6.3억

1.5 추진 전략

- 플랜트 가상화 플랫폼 기술 개발하기 위한 전략은 플랜트 설비 및 공정 자료의 다양한 방법을 통한 확보
- 설비 및 공정의 실 플랜트와 가상 플랜트의 일치성을 위한 방법의 확립 및 가상 플랜트를 바탕으로 시뮬레이션을 위한 공학적 모델링
- 가상 플랜트를 효과적으로 구축하기 위한 방법론을 확보를 바탕으로 설비 및 공정의 변화 및 플랜트 확장시에 대응토록 함
- 플랜트 건설 프로젝트에서 생성되는 3D 설계 정보를 VR 콘텐츠로 변환하기 위한 절차 정립 및 제한 조건 수립
- 국내외에서 상용화된 엔지니어링 AR 관련 툴킷 및 장비를 활용하여 스마트 플랜트 유보수 응용 기술 개발
- 국내 플랜트 가상화 관련 전문가 및 기관과의 유기적인 협조 및 참여 추진
- 해외 전문 기업 또는 기관과의 협력체계 구축 및 기술 공유 추진

<표 3-15> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 추진 전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술	7	●	●			
플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술	5	●	●			

※ ● : 주, ○ : 부

1.6 최종성과물 · 성과지표 및 성과활용 방안

<표 3-16> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
단위기술 성능 목표달성	단위기술 개발 목표 달성도	목표 달성 여부	%	100
실증적용효과	실증적용 효과여부	실증적용 수요자 만족도	%	90
지식재산권	특허출원 건수	특허출원 여부	건	6
	특허등록 건수	특허등록 여부	건	2
학술적성과	국내외 학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	12
	SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	6

<표 3-17> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 성과 활용 방안

성과목표	기술수요처	실용화 방안
단위기술 성능 목표달성	학교, 연구소, 기업체 등	- 분야별 전문가(학계, 기업체, 관련기관)의 참여 활성화를 통한 시설 유지관리 시스템 고도화 - 국내외 유사 플랜트로의 확대 시험 적용 - 향후 기술도입이 필요한 기업에 기술이전 실시
실증적용효과	기업체	
지식재산권	기업, 대학, 연구소	
학술적성과	대학, 연구소	

1.7 사업화 전략

- 기존의 플랜트 정보 시스템의 데이터 연계하여 유사 플랜트에 시험적용 및 서비스 제공으로 다양한 수요처 확보
- 수요처의 기술 Feedback을 수렴하여 제품의 기술보완을 통한 신뢰성 확보 예정
- 국내 유지보수 엔지니어링사로의 기술이전과 유경험 연구기관과의 컨소시엄을 통한 해외프로젝트(수출) 시도
- 국토교통부, 산업자원통상부 등 관련 국가기관과의 협조를 통해 국내·외 신시장 창출 기여 및 지원

<표 3-18> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 주체별 사업화 전략

구분	주관기관	대학및 연구기관	아웃소싱 기관(업체)	전문기관	해외기관
주요내용	효율적 가상화 플랜트 구축 기술		시스템 제작 및 실증시험	신뢰성 확보 및 사업화 전략연구	-
	가상화 플랜트 기반 유지보수 포털 기술				
	핵심 개발 기술 상용화	상용화를 위한 에로 기술 해결		시장진입 전략	-
	테스트베드 검증을 통한 신뢰성 확보			시험 성능평가	-
참여가능 주체	대학, 전문기업	대학 및 연구기관	플랜트사, SW 기업	-	-

1.8 기술로드맵 및 성과로드맵

- (1차년도) 객체지향설계 방법론을 적용하여 가상화 플랜트 운영을 위한 플랫폼 아키텍처를 설계하며 설계 과정에서 최근에 대두되고 있는 4차산업혁명 지능정보를 반영하여 아키텍처의 최신성 유지
- (2차년도) 아키텍처 설계 결과를 바탕으로 플랜트 운전 및 유지보수 정보를 통합하여 관리하는 플랫폼 개발
- (3차년도) 운전/유지보수/설계/3D/문서 정보를 연계 및 식별하는 스마트 가상 객체 처리 기술을 개발 및 스마트 플랜트 운영 응용 모듈 개발
- (4차년도) 가상화 및 AR 기술을 바탕으로 스마트 플랜트 운영 포털을 실증플랜트에 적용 및 테스트

<표 3-19> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 기술·성과 로드맵

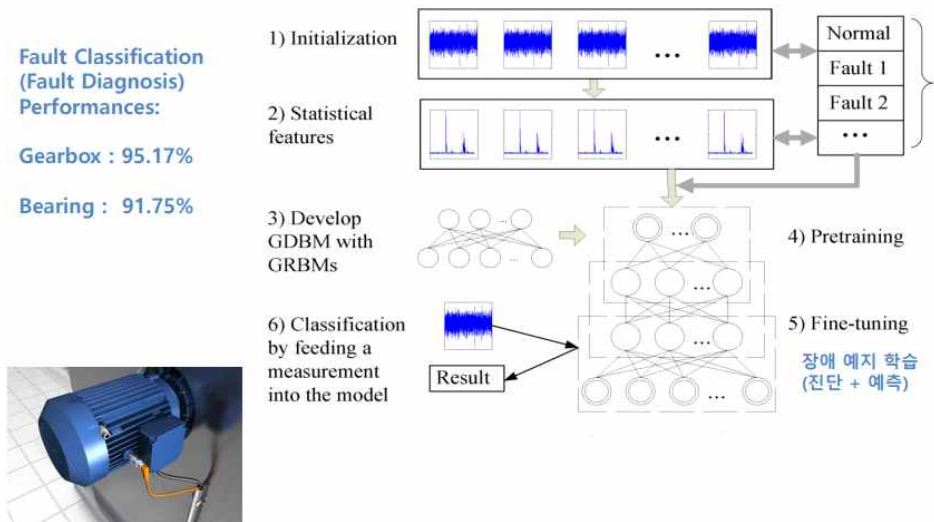
세부기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술	플랫폼 아키텍처 설계	플랜트 통합 유보수 플랫폼 구축	공정/설비/기간 계 시스템 연동 모듈 개발	VR 기반 차세대 스마트 플랜트 운영 포털 구축
플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술	설계 정보 변환 시방서	설계 정보 변환 지원 모듈 개발	스마트 플랜트 운영 응용 모듈 개발	AR 기반 유지보수 지원모듈 개발
최종 성과물	플랫폼 아키텍처 설계서	플랜트 통합 유보수 플랫폼	스마트 플랜트 운영 응용 모듈	스마트 플랜트 적용 및 테스트

2. (세부과제 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술

2.1 세부과제 개요 및 구성

<표 3-20> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 개요

구분	내용
정의	- 플랜트 시설 내 정보 고도화가 필요한 공정설비 영역을 중심으로 초고속 통신 단말기 및 사물인터넷(IoT)을 이용하여 공장 내 모든 상황을 한 눈에 모니터링하고 데이터 기반의 의사결정이 가능한 기술 개발 - 공정설비의 이상징후 및 고장의 횟수 등 설비의 수명을 조건 별 빅데이터화 이를 알고리즘화하여 AI 기반 예측 기술을 개발
범위	- 셰일가스의 전세계 보급의 확대와 그에따른 국내 수입 및 처리용량의 증가에 따라 국내 LNG 생산 설비의 가동률이 높은 반면 유지보수에 고도화가 필요한 국내 생산공정 설비 - 국내·외 EPC 기술로 시작된 처리 공정설비에 4차 산업혁명 흐름에 필요한 ICT 기술이 접목 가능한 한국형 시설



<그림 3-5> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 개요

<표 3-21> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 최종성과물

최종성과물	최종성과물 유형
- IoT 기술을 활용한 AI 공정 제어 및 이상 상황 예지 시스템	시스템

<표 3-22> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 구성 요약

세부 기술	연구 활동	개발기간	소요예산
2-1. IoT 융합기반 공정효율화 및 최적운전 기술		4년	16.7억
	-1. 빅데이터를 활용한 공정효율화 운전기법 개발	4년	6.5억
	-2. IoT기반 센서 및 네트워크 운영을 기반한 최적운전 기술 개발	4년	10.2억
2-2. IoT 융합기반 예지 고도화 기술		4년	7.6억
	-1. 빅데이터 해석을 통한 이상 상황 감지 기술 개발	4년	19.7억
	-2. 빅데이터 및 AI를 활용한 예측 알고리즘 개발	4년	27.4억

<표 3-23> (세부 2) 세부기술별 TRL 유형/단계, CTE 여부

세부기술명	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부
2.1 IoT 융합기반 공정효율화 및 최적운전 기술	시스템	6	
2.2 IoT 융합기반 예지 고도화 기술	소프트웨어	5	○

2.2 추진배경 및 필요성

- 플랜트·발전·제조 설비 핵심기기의 예기치 않은 고장·사고는, 설비의 비상정지·수리·재가동에 필요한 시간과 비용이 막대하므로 산업경쟁력 저하 뿐 아니라 국민적 안전과 불안을 초래
 - 한국전력공사 산하 5개 발전 자회사의 ‘발전 자회사 발전기 고장 현황(2010년 1월~2017년 8월)’에 따르면 5개 발전소들은 총 325일(7777시간 54분) 동안 503회 가동 정지
 - 중부발전이 158회, 서부발전 101회, 남부발전 92회, 서부발전 79회, 남동발전 73회 순으로 가동 정지
 - 매출손실금은 466억 원으로 동서발전이 164억 원, 중부발전 109억 원, 남동발전 92억 원, 서부발전 70억 원, 남부발전 31억 원
 - 불시정지로 인한 정지일수 기준으로는 중부발전이 156일, 동서발전 71일, 남동발전 46일, 서부발전 34일, 남부발전 18일
 - 국가 기간산업 주요 설비에 대한 상시적인 감시·진단 및 수명예측을 통하여 고장을 사전에 탐지하고 안전사고를 예방하는 기술 및 현장 실제 적용을 위한 시스템 개발 필요
- 석유·가스 산업 관점에서 지능형 기술의 도입 현황이나 기대효과, 향후 적용 가능성 등을 연구한 국내 사례 미미
 - 국내에서 접할 수 있는 에너지 부문의 지능형 기술의 도입 동향에 관한 자료는 대부분 해외 자료이며 국내에서는 석유·가스 산업에서 지능형 기술의 도입동향이나 업계의 대응방안 부족
 - 미국 및 독일 등의 선진국을 중심으로 스마트 플랜트 관련 설비의 진단기법과 빅데이터 관리, 소프트웨어장비 및 수명관리시스템 등 원자력이나 발전 설비를 중심으로 개발된 기술들이 실용화되고 있으며, 이들을 석유화학설비 안전성 진단으로 확대하는 적용 연구 수행 중
 - 스마트플랜트와 같은 에너지 인프라 시설에 대한 실증(설계, 시공, 운영)과 함께 이를 활용한 다양한 사업모델(제안형 사업, EPC 사업, 운영 사업 등)을

개발 필수

- 국내외 다양한 지역으로의 사업 진출을 위한 스마트플랜트 사업에 맞춘 사업타당성 기법의 개발 필요

2.3 최종 목표 및 단계별 목표

가. 최종 목표

- 공정설비 가동률 및 효율 극대화 추구를 위한 기술 고도화
 - 공정 빅데이터 관리 및 효율 예측을 위한 AI 기반 효율관리 체계 확립
 - 빅데이터 기반, 예측 기술을 통해 공정 이상을 사전 탐지, 예지정비 분석기법을 도입하여 생산성 향상과 안전을 도모
- 한국형 스마트 플랜트 기술 확립과 실증을 통한 새로운 Biz. Model 개발
 - 한국형 스마트 플랜트를 완성하여 국내외 수요국, 수요처에 공급 가능한 모델 확립
 - GE, Honeywell 등 플랜트 시설관리를 주도하는 국외기업에 대응할 수 있는 국내 시설 유지보수 S/W 기반 중소기업 활성화 기대

<표 3-24> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 최종 목표

구성기술	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
IoT 융합기반 공정 효율화 및 최적운전 기술	공정 분석 및 에너지 시스템 분석	공정 분석 및 에너지 시스템 분석 미흡	공정정보 빅데이터화에 따른 AI 기반 운전 기술 확보
IoT 융합기반 예지 고도화 기술	공정 효율화	주기적인 유지보수에 따른 공정 효율화 저하	유지 보수 시간예측 및 고장 사전에 따른 가용성 극대화

나. 연차별 목표

<표 3-25> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 연차별 목표

연차	연구목표	중점기술 개발내용
1차 년도	선행기술 연구조사 및 분석	- AI 기반 공정효율 연구사례 분석
		- 고장예지 연구사례 분석
2차 년도	고정효율 최적화 기법 및 고장예지 기술 기초 기술 확보	- 빅데이터 기반 공정관리 최적화 기법 개발
		- 고장예지 기초기술 개발 확보
3차 년도	개발기술 파일럿 테스트	- AI 기반 기술 파일럿 테스트 및 기술 보완
		- 고장예측 기술의 정확도 향상 및 예측 모형의 다양화

<표 3-25> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 연차별 목표

연차	연구목표	중점기술 개발내용
4차 년도	실증 테스트 및 보완	- AI 기반 기술 실증 테스트 및 기술 최적화
		- 고장예측 기술 예측 모형의 다양화 (계속)

2.4 과제 구성

○ (기간/예산) 4년('20~'23)/44.12억 원

<표 3-26> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 구성

세부기술/ 연구활동		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
IoT 융합기반 공정 효율화 및 최적운전 기술		- 종래의 인적형, 제한적 센싱형 공정관리를 넘어 첨단 ICT 기술을 적용한 고효율 운전관리 기법 개발		'20~'23 (4년)	16.7억
연구 활동	빅데이터를 활용한 공정 효율화 운전기법 개발	- AI 기반, 공정의 효율관리 도입	공정 효율화 분석 보고서	'20~'23 (4년)	6.5억
	IoT 기반 센서 및 네트워크 운전을 기반한 최적운전 기술 개발	- 공정 내 주요설비 및 기자재로 IoT 기술 적용 및 공정 최적화를 위한 고속 센싱 네트워크 구축	IoT 기반 스마트 플랜트 운영 보고서	'20~'23 (4년)	10.2억
IoT 융합기반 예지 고도화 기술		- 고장징후 및 고장수명 인지가능한 예측 기법 개발		'20~'23 (4년)	7.6억
연구 활동	빅데이터 해석을 통한 이상 상황 감지 기술 개발	- 다양한 고장, 고장의 원인/조건의 빅데이터화	이상상황 조사 분석 보고서	'20~'23 (4년)	19.7억
	빅데이터 및 AI를 활용한 예측 알고리즘 개발	- 고장발생에 따른 잔여수명, 조건별 상황에 따른 수명예측 알고리즘의 AI화	AI를 활용한 이상 상황 예측 프로그램 개발	'20~'23 (4년)	27.4억

2.5 추진 전략

- 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진
- 유사 스마트 플랜트 시스템을 도입한 SK 이노베이션 등 국내 정유사의 공정 진단 사례를 분석하고 관련 참여진들과의 기술협력 방안 확대추구
- 예측 및 진단 알고리즘 개발 활성화를 위한 협력사 및 참여기관의 Field data 공유 확대 및 실증 추진
- GE, Honeywell 등 국외 전문 기업 또는 기관과의 협력체계 구축

<표 3-27> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 추진 전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
IoT 융합기반 공정 효율화 및 최적운전 기술	6	○	●		○	○
IoT 융합기반 예지 고도화 기술	5	○	●		○	○

※ ● : 주, ○ : 부

2.6 최종성과물 · 성과지표 및 성과활용 방안

<표 3-28> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
단위기술 성능 목표달성	단위기술 개발 목표 달성도	목표 달성 여부	%	100
플랜트 빅데이터 분석 지능형 알고리즘 기술개발	IoT 실시간 데이터 연결 기술 및 통계분석	관련 전문가 평가	%	90
실증적용효과	실증적용 효과여부	수요자 평가	%	80
제도/정책	에너지 효율화를 고려한 스마트 플랜트 운영 규칙 적합성	관련 전문가 평가	%	90
지식재산권	특허출원 건수	건	건	5
특허등록 건수	특허등록 여부	건	건	3
저작권	S/W 등록 건수	건	건	2
학술적성과	국내외 학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	5
	SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	3

<표 3-29> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 성과 활용 방안

성과목표	기술수요처	실용화 방안
단위기술 성능 목표달성	대학, 연구소, 기업체 등	- 분야별 전문가(학계, 기업체, 관련기관)의 참여 활성화를 통한 시설 유지관리 시스템 고도화 - 국내외 공정 및 유사 플랜트로의 확대 시험 적용 - 향후 기술도입이 필요한 중소 엔지니어링사로의 기술이전 실시
플랜트 빅데이터 분석 지능형 알고리즘 기술개발	기업체	
실증적용효과	국토부, 지자체, 기업체 등	
제도/정책	기업체, 연구소 등	
지식재산권	대학, 연구소	
특허등록 건수	기업체	
저작권	기업체	
학술적성과	대학, 연구소	

2.7 사업화 전략

- 기존의 플랜트 정보 시스템의 데이터 연계하여 유사 공정 플랜트에 시험적용 및 서비스 제공으로 다양한 수요처 확보
- 수요처의 기술 Feedback을 수렴하여 제품의 기술보완을 통한 신뢰성 확보 예정
- 국내 유지관리 중소엔지니어링사로의 기술이전과 유경험 연구기관과의 컨소시엄을 통한 해외프로젝트(수출) 시도
- 국토교통부, 산업자원통상부 등 관련 국가기관과의 협조를 통해 국내·외 신시장(개발도상국 ODA 시장 포함) 창출 기여 및 지원

<표 3-30> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 기술개발 주체별 사업화 전략

구분	주관기관	대학및 연구기관	아웃소싱 기관(업체)	전문기관	해외기관
주요내용	공정효율 최적 운전기법		시스템 제작 및 실증시험	신뢰성 확보 및 사업화 전략연구	-
	고장예지예측 기술				
	핵심 개발 기술 상용화	상용화를 위한 에로 기술 해결		시장진입 및 인증확보 전략	-
	테스트베드 검증을 통한 신뢰성 확보			시험 성능평가 및 국제인증 확보	-
참여가능 주체	연구소, 엔지니어링사	연구소, 엔지니어링사	제조사	-	-

2.8 기술로드맵 및 성과로드맵

- (1차년도) IoT, 빅데이터를 활용한 유사 연구사례와 국외 공정효율 운전기법 도입사례 분석하고 본 연구와 융합 가능한 기술을 추출, 정립
- (2차년도) 실제 공정설비의 운전데이터, 고장데이터 등 필드 데이터를 수집하고 분석하여 기초 기술 확립 예정
- (3차년도) 정립된 기술을 파일럿 규모의 설비에 적용하여 기술의 적합성 검증 및 보완
- (4차년도) 실증을 통해 기술개발 최적화

<표 3-31> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 기술·성과 로드맵

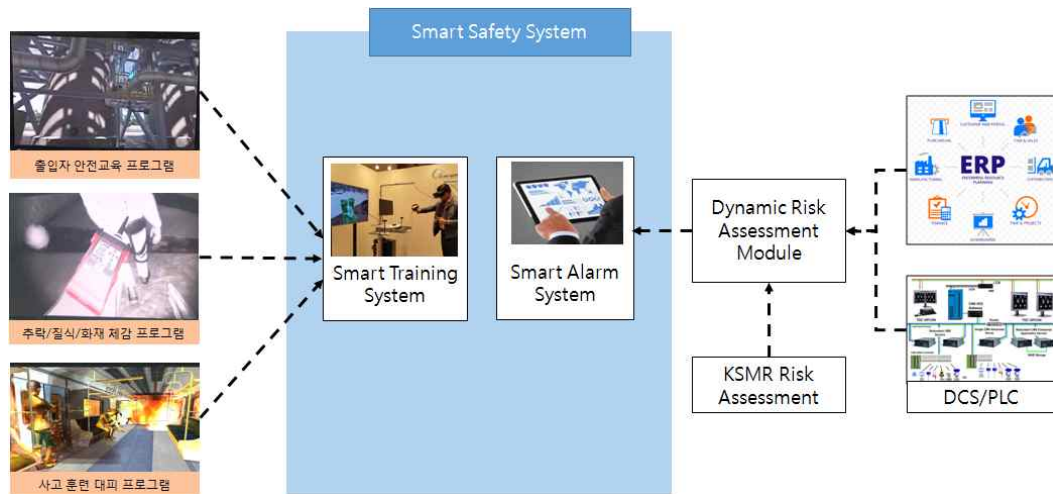
세부기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
IoT 융합기반 공정 효율화 및 최적운전 기술	선행연구조사 AI기술, 빅데이터 분석 기술	공정효율 최적 운전기법 기술개발	파일럿 테스트 성과 보고서	실증기반, 예측성과 보고서
IoT 융합기반 예지 고도화 기술	고장 Field Data 분석보고서	고장예지에측 기술 개발		
최종 성과물				IoT 기술을 활용한 AI 공정 제어 및 이상 상황 예지 시스템

3. (세부과제 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술

3.1 세부과제 개요 및 구성

<표 3-32> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 개요

구분	내용
정의	- 기존의 플랜트의 전사 자원관리 시스템(ERP) 및 DCS/PLC와의 연계와 IoT 센서 및 대상 플랜트의 위험성 평가를 통합하여 실시간 플랜트의 위험도를 측정하고 이를 플랜트 관리자 및 운전원에게 실시간 전송하여 현 시점에서의 위험도에 대한 정보를 알려주는 스마트 안전 시스템 개발 - VR(Virtual Reality) 기술을 기반으로 출입자 안전교육, 추락/질식/화재 기본 안전 수칙 및 사고 훈련 대피 등 전반적인 HSE를 가상으로 교육 및 훈련이 가능한 플랫폼 - 플랜트 구조물의 상태를 실시간으로 통합 감지하여 수집하고 상태 예측 모델을 기반으로 구조물의 부분적 상태 뿐 아니라 종합적인 건전도 평가를 수행하여 수명을 예측하고 사전에 통보하는 지능형 시스템 개발
범위	- IoT 센서와 위험성 평가 기술을 접목하고 기존의 ERP와 DCS/PLC를 연계한 실시간 위험도 알람 시스템 개발 - VR 기반의 HSE 플랫폼을 구축하기 위한 프로그램 및 시스템



<표 3-33> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 개요

<표 3-34> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 최종성과물

최종성과물	최종성과물 유형
- Smart 안전관리 및 모니터링 시스템	시스템

<표 3-35> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 구성 요약

세부 기술	연구 활동	개발기간	소요예산
3-1. 스마트 공정안전 및 대응 시스템		4년	21.7억
	-1. IoT 센서 활용 동적 공정 위험도 분석기법 개발	3년	8.0억
	-2. IoT 멀티미디어 기반 스마트 알람 시스템 개발 (2단계)	2년	8.3억
	-3. KSMR 위험성 평가 기반 사고대응 시나리오 개발	2년	5.4억
3-2. 스마트 HSE 플랫폼 기술		4년	16.6억
	-1. 가상플랜트를 이용한 출입자 안전 교육 프로그램 개발 (1세부 결과물 연계)	3년	7.6억
	-2. 안전사고 체감 시스템 개발(추락, 질식, 화재/폭발 등)	4년	9.0억
3-3. IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템		4년	43.6억
	-1. 실시간 플랜트 구조물 건전도 평가 및 모니터링 시스템	4년	16.4억
	-2. 하이브리드형 데이터 저장 기술	3년	10.7억
	-3. IoT-빅데이터 기반 플랜트 구조물 유지관리 이력시스템	4년	16.4억

<표 3-36> (세부 3) 세부기술별 TRL 유형/단계, CTE 여부

세부기술명	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부
3.1 스마트 공정안전 및 대응 시스템	시스템	6	○
3.2 스마트 HSE 플랫폼 기술	시스템	7	
3.3 IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템	시스템	6	○

3.2 추진배경 및 필요성

- 지속적인 공정의 변화 및 환경 변화에도 유용한 안전 관리 시스템의 도입이 시급
 - 현재의 플랜트 안전 기술은 PSM(Process Safety Management) 및 위험성 평가에 중점을 두고 있는데 이는 많은 시간과 인력이 필요하며 정적 평가 기술에 그침
 - 현재 플랜트의 상태, 자원, 인력들의 정보에 대한 데이터는 각각 관리되고 있지만 이 정보의 효과적인 사용을 위해서는 시스템의 통합이 필요하고 이에 맞는 데이터 분석 기술 필요
 - 플랜트의 이상상황 및 공정 안전에 대한 수신은 플랜트 제어실에서 담당하고 이를 각 운전원 및 안전관리자에게 전달하는 방식으로 현대의 스마트 기기를 이용한 효과적인 알람 시스템 필요
 - 위험성평가, PSM과 같은 안전에 대한 평가에 많은 인력과 시간이 투입되기 때문에 보다 효율적인 안전성 평가 시스템 시급
- 석유화학 플랜트 및 정유/가스 플랜트와 같은 경우 많은 외부인들의 출입에서 안전교육을 시청각 교육 또는 문서로 된 형식적인 교육을 진행하는데 보다 효과적인 교육 도구가 필요
 - 효과적인 출입자 안전교육 및 대피 훈련 프로그램을 위해서 가상 플랜트를 이용한 훈련 및 교육으로 대체하는 것을 고려할 수 있는데 가상 플랜트의 효과적인 구축 방법 필요
 - 작업 안전 수칙의 효과적인 방법으로 체감형 VR 시스템을 고려할 수 있으며 이를 통해서 화재/질식/추락 사고를 줄일 수 있으며 이에 대한 적용이 시급
 - 화재/폭발 등의 비상상황이 일어났을 때 겪어보지 못한 상황에 대한 빠른 대처를 위해서 체감형 훈련 방법이 필요

- 플랜트 구조물의 경우, 안전과 성능에 중점을 둔 모니터링과 유지관리가 필수적이거나, 국내 유지관리 분야는 선진국 대비 기술격차가 발생하여, 이에 대한 선제적인 시스템 구축 필요
- 현재 국내 각종 구조물의 모니터링은 유선 네트워크를 사용한 데이터 수집을 수행해오고 있으나, 최근 사물인터넷(IoT)의 급속한 발달로 인하여 선진국을 중심으로 부착형 센서와 빅데이터 구축을 통한 보다 안전한 통합 모니터링 및 유지관리 시스템 구축 필요
 - 교량을 중심으로 무선방식의 유지관리 시스템을 운영하는 사례가 존재하나, 단순 모니터링 시스템 구축에만 초점을 맞추어 이를 활용한 유지관리 및 선제적인 예측은 불가
- 특히 플랜트 구조물의 건전도와 유지관리의 경우, 플랜트 가동, 주위 환경, 노후화 등과 같이 다양한 조건에 의해 영향을 받기 때문에 플랜트 구조물의 건전도를 상시적으로 모니터링하고, 이를 수집하여 유지관리 이력시스템을 구축하고 선제적인 점검과 보완점을 제시해 주기 위한 빅데이터 기반 통합 플랫폼이 필요
 - 지능형 클라우드 기반 IoT 무선 센서 네트워크 기술 접목은 필수적이며, 이를 통한 대용량 데이터 통합 관리 및 활용성 증대 가능

3.3 최종 목표 및 연차별 목표

가. 최종 목표

- 스마트 공정안전 및 대응시스템 개발
 - KSMR 공정의 위험성 평가
 - 이기종 통신을 이용한 ERP-DCS간 연계와 이를 이용한 동적 위험성 평가 모듈 개발
 - 실시간 위험도 측정 알고리즘 및 데이터 분석 기법 개발
 - 멀티미디어 기반의 스마트 알람 시스템 개발
- 스마트 HSE 플랫폼 개발
 - 3D 설계 자료를 이용한 플랜트 가상화 기술 개발
 - 가상 플랜트를 이용한 출입자 안전교육 프로그램 개발
 - 체감형 안전수칙 교육 프로그램 구현
- IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템 개발
 - 지능형 클라우드 기반 IoT 플랫폼 설계 및 구축
 - 플랜트구조물 상태 감지용 고정밀 고속 통합센서 모듈
 - LP-WAN/LR-PAN에 기반한 저전력 고신뢰성의 무선 센서 네트워크 기술
 - 산출 데이터의 효율적 저장을 위한 하이브리드형 데이터 저장 기술
 - 플랜트 구조물의 건전도 평가와 유지관리 및 지속가능 운영이 가능한 IoT-빅데이터 기반 유지관리 이력시스템 개발

<표 3-37> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 최종 목표

구성기술	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
스마트 공정안전 및 대응 시스템	시간 단위 위험도 측정	PSM 및 위험성 평가를 통한 공정 안전	실시간 플랜트 위험도 평가를 제공하고 스마트 알람 시스템 활용

<표 3-37> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 최종 목표

구성기술	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
스마트 HSE 플랫폼 기술	HSE 관리	시청각 및 문서를 통한 HSE	가상 플랜트를 이용한 맞춤형 HSE
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템	실시간 상시 모니터링 여부	불가능	가능
	체감전송률	100Mbps(교량기준)	500Mbps
	데이터 업데이트 간격	5sec	3sec
	데이터 구축	1GB/hour	10GB/hour

나. 연차별 목표

<표 3-38> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 연차별 목표

연차	연구목표	중점기술 개발내용
1차 년도	Dynamic Risk Assessment Module 설계	- 대상 공장에 대한 위험성 평가 진행 및 Dynamic Risk Assessment Module 설계
	가상 플랜트 구축 최적화	- 대상 플랜트의 최적화된 가상화 기법 연구
	최적의 센서 배치기술 및 관리시스템 최적화 기법 설계	- 플랜트 구조물의 3D 모델 생성 기술 및 저전력 센서 모듈제작
2차 년도	동적공정 위험도 통신 시스템 구축	- ERP 및 DCS 데이터 수집을 위한 통신 시스템 구축과 사고대응 시나리오 개발
	출입자 안전교육 프로그램 개발	- 가상 플랜트 기반의 출입 안전 콘텐츠 개발 및 적용
	플랜트 구조물 건전도 평가기법 개발	- 지능형 클라우드 플랫폼 설계 및 구축
3차 년도	동적 공정 위험도 분석 시스템 개발	- 동적 공정 위험도 분석 알고리즘 개발 및 시스템 개발
	안전수칙 교육 프로그램 개발	- 추락/질식 사고 예방을 위한 VR 콘텐츠 개발 및 교육 시스템 개발
	플랜트 구조물 건전도 모니터링 시스템 개발	- 클라우드 연계형 하이브리드 데이터 에이징 기술 개발 및 프로토타입 제작
4차 년도	스마트 알람 시스템 개발 및 통합시스템 구축	- 멀티미디어 기반 스마트 알람 시스템 개발 - 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 통합 시스템 구축
	스마트 HSE 시스템 통합	- 스마트 HSE 통합 시스템 개발
	유지관리 이력시스템 개발 및 검증	- 데이터 종별 맞춤화 된 데이터 압축, 분산/병렬 처리 기술 개발(모바일 환경 제공 기능 포함) 및 검증

3.4 과제 구성

○ (기간/예산) 4년('20~'23)/81.83억 원

<표 3-39> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 구성

세부기술/ 연구활동		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
스마트 공정안전 및 대응 시스템		- ERP/DCS/IoT센서를 이용한 실시간 위험성 평가 및 멀티미디어 기반 알람 시스템을 통해 플랜트의 안전 수준을 높일 수 있는 시스템 개발 및 사고 대응 시나리오 개발		'20~'23 (4년)	21.7억
연구 활동	IoT 센서 활용 동적 공정 위험도 분석기법 개발	- 기존의 ERP/DCS 정보를 이용하여 실시간 플랜트 상태를 동적 공정 위험도 평가 모듈로 전송 이를 평가하여 정확한 위험성을 진단 할 수 있는 분석 기법 개발	위험도 분석 기법	'21~'23 (3년)	8.0억
	IoT 멀티미디어 기반 스마트 알람 시스템 개발	- 동적 공정 위험도 분석 기법의 결과 및 위험도를 직관적으로 사용자에게 전달 할 수 있는 멀티미디어 기반의 스마트 알람 시스템 개발	스마트 알람 시스템	'21~'23 (3년)	8.3억
	KSMR 위험성 평가 기반 사고대응 시나리오 개발	- 대상 공정의 KSMR의 위험성 평가를 기반으로 하여 예상되는 사고 시나리오를 작성하고 이를 대응 할 수 있는 사고 대응 시나리오를 개발	KSMR 사고대응 시나리오	'20~'21 (2년)	5.4억
스마트 HSE 플랫폼 기술		- 가상 플랜트를 이용하여 출입자 안전 교육 및 안전수칙 예방 교육 콘텐츠를 가상 환경에서 효율적으로 이수 받을 수 있는 스마트 HSE 플랫폼 구축		'20~'23 (4년)	16.6억
연구 활동	가상플랜트를 이용한 출입자 안전 교육 프로그램 개발	- 기존의 시청각 및 문서를 통한 출입자 안전교육을 가상 플랜트를 이용하여 직관적이며 효율적인 출입자 안전교육 프로그램 및 시스템을 구축	안전 교육 프로그램	'20~'22 (3년)	7.6억
	안전사고 체감 시스템 개발(추락, 질식, 화재/폭발 등)	- 현장 근로자들을 위한 추락/질식/화재 안전수칙 체험 콘텐츠를 개발 및 시스템 구축	안전사고 체감 시스템	'20~'23 (4년)	9.0억
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 시스템		- 플랜트 구조물을 상시 모니터링하고 지속가능한 유지관리를 위한 IoT와 빅데이터 기반 플랜트 구조물 유지관리 시스템 개발 및 구축		'20~'23 (4년)	43.6억
연구	실시간 플랜트 구조물 건전도	- 플랜트 구조물의 건전도를 실시간으로 평가하기 위한 최적의 센서 배치	실시간 건전도	'20~'23 (4년)	16.4억

<표 3-39> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 구성

세부기술/ 연구활동		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
활 동	평가 및 모니터링 시스템	기술, 센서의 유지관리 및 오작동 탐 지 기술, 모니터링 빅데이터에 대한 효과적인 전송 기술 등을 개발	모니터링 시스템		
	하이브리드형 데이터 저장 기술	- 플랜트 구조물의 설치된 센서 데이 터로부터 실시간 수집된 빅데이터를 저장 및 관리 하는 시스템을 개발	유지관리 이력시스템	'21~'23 (3년)	10.7억
	IoT-빅데이터 기반 플랜트 구조물 유지관리 이력시스템	- IoT-빅데이터 기반 플랜트 구조물 상 태 및 건전도 이력을 통합적으로 열 람 및 관리할 수 있는 시스템 개발	하이브리드형 저장기법	'20~'23 (4년)	16.4억

3.5 추진 전략

- 스마트 공정 안전 및 대응 시스템 구축을 위해서 KSMR 액화 공정을 대상으로 위험성 평가를 실시하여 위험성 및 사고 빈도 조사를 통한 조사 시트를 작성하여 동적 위험성 평가 모듈(Dynamic Risk Assessment Module)을 구현하고 IoT 센서와 ERP 및 DCS와 연동 시스템 구축
- 플랜트 정보와 위험성 평가 결과를 이용한 Dynamic Risk Assessment Module을 제작, 각 위험도에 맞는 사고 대응 시나리오 개발
- 스마트 HSE 플랫폼 구축을 위해 대상 플랜트의 대상공정 모델링을 진행하고 출입자 안전교육을 위한 콘텐츠 제작을 진행하며 작업자 안전수칙의 교육 시스템을 구현하기 위한 추락/질식/화재 예방 프로그램 구현
- 개발한 대상 플랜트의 가상 모델을 이용하여 상황별 사고 대피 시나리오를 만들고 상황에 맞는 대피 프로그램을 제작하여 훈련에 사용하도록 시스템 구축
- 클라우드기반 IoT 플랫폼 개발 관련하여 우선, 플랜트구조물 건전도 평가를 위한 감지 정보 관측 센서 인터페이스, 무선네트워크 기술 개발과 엣지컴퓨팅 기반의 수집/처리/보고 플랫폼 완성
- 빅데이터의 효율적인 저장을 위하여 하이브리드형 데이터 저장기술을 개발
- 개발 시스템의 검증 및 플랜트 구조물을 유지, 보수하는 과정에서 발생 된 문제점들의 이력을 지속적으로 관리할 수 있는 IoT-빅데이터 기반 플랜트 구조물 유지관리 이력 시스템 확보

<표 3-40> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 추진 전략

구성기술	목표 단계	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
스마트 공정안전 및 대응 시스템	상용화	●	●			
스마트 HSE 플랫폼 기술	상용화	●	●			
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템	상용화	●	●			

※ ● : 주, ○ : 부

3.6 최종성과물 · 성과지표 및 성과활용 방안

<표 3-41> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
스마트 공정안전 및 대응 시스템 성능 목표 달성	시간 단위 위험도 측정	목표 달성 여부	hour	1
	사고대응 시나리오		set	>10
	동시 알람 수신 가능		명	>10
	위험성 자동 평가 신뢰도		기존	>90%
스마트 HSE 플랫폼 개발 성능 목표 달성	출입안전 교육시간	목표 달성 여부	minute	<30
	추락사고 사례 구현		식	>3
	질식사고 사례 구현		식	>3
	사고 시뮬레이션 상황		case	>10
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템	체감 전송률	목표 달성 여부	Mbps	500
	데이터 업데이트 간격		s	3초이내
	데이터 구축		GB /hour	>10
	하이브리드 데이터 저장속도		MB/s	5-10
지식재산권	특허출원 건수	건	건	10
특허등록 건수	특허등록 여부	건	건	4
저작권	S/W 등록 건수	건	건	6
학술적성과	국내외 학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	10
	SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	4

<표 3-42> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 성과 활용 방안

성과목표	기술수요처	실용화 방안
단위기술 성능 목표달성	기업체	- 분야별 전문가(학계, 기업체, 관련기관)의 참여 활성화를 통한 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전도 평가 기술 확보 - 플랜트 환경특성을 고려한 기초설계 및 해석 기술 개발을 활용한 다양한 분야의 SOC 공사 진출 지원 - 자원 개발 및 회수, 다양한 환경 조건을 이용한 처리공정, 시설 운영 및 유지보수 등에 활용 - 국내 정유사/건설사 등 플랜트 운전 및 건설
실증적용효과	국토부, 지자체, 기업체 등	
지식재산권	기업체, 연구소	
특허등록 건수	기업체, 연구소	
저작권	기업체, 연구소	
학술적성과	기업체, 연구소, 대학	

<표 3-42> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 성과 활용 방안

성과목표	기술수요처	실용화 방안
		수요가 많은 곳을 대상으로 출입 안전 교육 및 HSE 플랫폼 제공 - 국내 플랜트 엔지니어링사 해외 진출시 스마트 HSE 플랫폼 지원하여 수출 경쟁력 확보

3.7 사업화 전략

- 기존의 플랜트 정보 시스템의 데이터 연계를 활용한 실시간 위험성 평가 시스템 개발을 통하여 운영 중인 플랜트에 적용 가능한 스마트 안전 시스템 사업 추진
- 국내 정유/건설사 대상으로 스마트 안전 및 HSE 플랫폼 적용을 통해 안전 재해 저감 이력을 통해서 플랜트 해외 시장 진출 시 스마트 안전 및 HSE 플랫폼 상품화
- 건설산업의 IT활용 융합기술 및 한계극복 융합기술의 개발을 통한 IT융합 건설산업 경쟁력을 극대화하고, 관련 기업의 참여를 통해 상용화 시스템 개발 및 상업화 추진
- 세계 수준의 건설(플랜트) 시공/유지관리 기술에 IT 기술을 접목함으로써 플랜트 구조물 건설 기획, 설계 능력, 건설 엔지니어링 등의 기술 분야에서 세계 최고 수준으로 도약하고, 해외시장 진출의 발판 마련
- 국토교통부, 산업자원통상부 등 관련 국가기관과의 협조를 통해 국내·외 신시장(개발도상국 ODA 시장 포함) 창출 기여 및 지원

<표 3-43> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술개발 주체별 사업화 전략

구분	주관기관	대학및 연구기관	아웃소싱 기관(업체)	전문기관	해외기관
주요내용	동적 위험성 평가 모듈 및 시스템	위험성 및 사고 빈도와 가중치 평가 기술	데이터 통신 시스템	신뢰성 확보 및 사업화 전략연구	-
	스마트 HSE 플랫폼	가상 플랜트 구축 최적화 기법	가상 플랜트 모델링		
	건전도 평가 기법 및 시스템	데이터 평가 및 저장 기술	시스템 제작 및 실증시험		
	핵심 개발 기술 상용화	상용화를 위한 에로 기술 해결	시제품 제작 및 경제성 분석	시장진입 및 인증확보 전략	-
	테스트베드 검증을 통한 신뢰성 확보			시험 성능평가 및 국제인증 확보	-
참여가능 주체	연구소, 엔지니어링사	연구소, 엔지니어링사	제조사	-	-

3.8 기술로드맵 및 성과로드맵

- (1차년도) IoT, 빅데이터를 활용한 유사 연구사례와 국외 공정효율 운전기법 도입사례 분석하고 본 연구와 융합 가능한 기술을 추출 및 정립
- (2차년도) 실제 공정설비의 운전데이터, 고장데이터 등 펠드 데이터를 수집하고 분석하여 기초 기술 확립
- (3차년도) 정립된 기술을 파일럿 규모의 설비에 적용하여 기술의 적합성을 확인 및 보완
- (4차년도) 실증을 통해 기술개발 최적화 도모

<표 3-44> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 기술·성과 로드맵

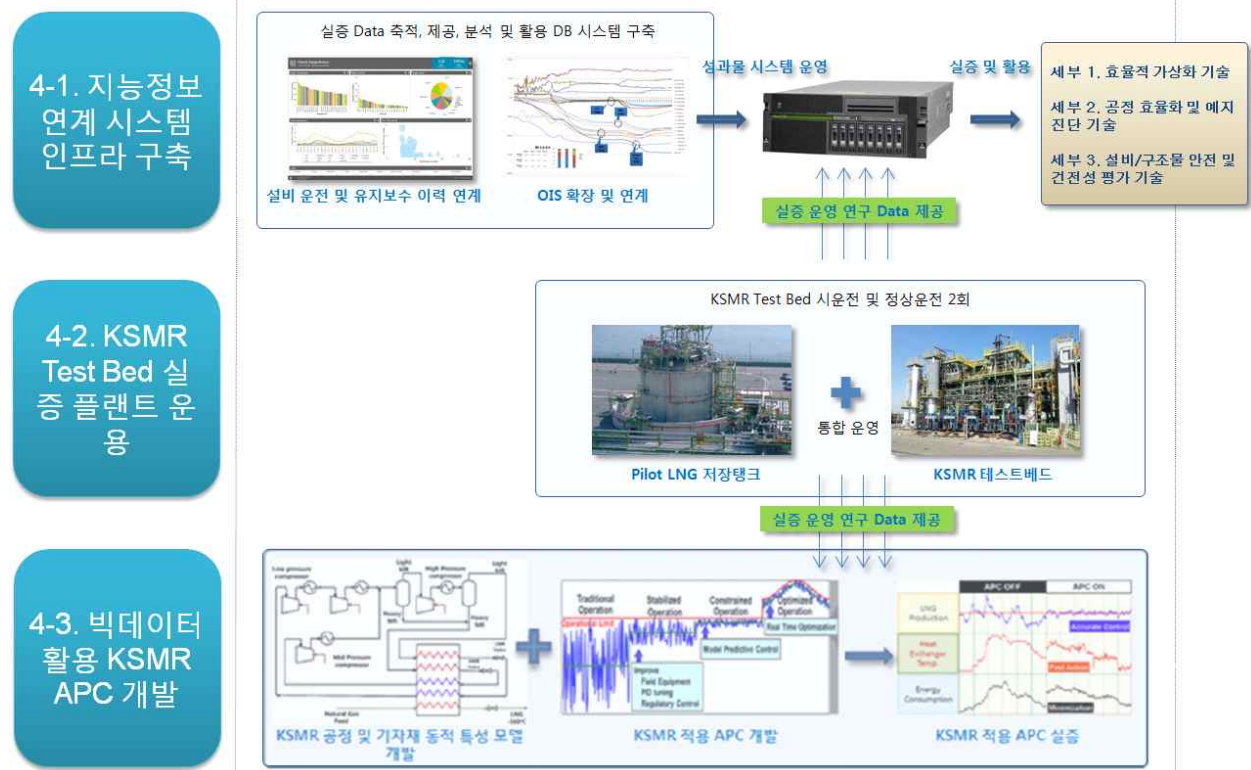
세부기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
스마트 공정안전 및 대응 시스템	KSMR 위험성 평가 및 Dynamic Risk Assessment module 설계	동적 공정 위험도 분석 통신 시스템 구축 및 사고대응 시나리오 개발	동적 공정 위험도 분석 시스템 개발	멀티미디어 기반 스마트 알람 시스템 개발 및 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 통합 시스템 구축
스마트 HSE 플랫폼 기술	효율적인 가상플랜트 구축방법 연구	출입자 안전교육 프로그램 개발	안전수칙 교육 프로그램 개발	스마트 HSE 시스템 통합
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지관리 시스템	플랜트 구조물 3D 모델 기준 모니터링 범위 60% 이상	플랜트 구조물 3D 모델 기준 모니터링 범위 70% 이상	플랜트 구조물 모니터링 범위 80% 이상	데이터 구축 10 GB/hour 이상
	데이터 체감 전송률: 100 Mbps이상	데이터 체감 전송률: 200 Mbps이상	데이터 체감 전송률: 500 Mbps	
			데이터 처리 속도 2 Gbps이상	데이터 처리 속도 5Gbps
최종 성과물	대상 플랜트 위험성 평가서	DRAM 및 통신시스템	동적공정 위험도 분석 시스템	멀티미디어 기반 알람시스템
	가상플랜트 최적화 메뉴얼	출입자 안전교육 프로그램	안전수칙 교육 프로그램	스마트 HSE 통합 시스템
	3D 모델 생성 기술 및 저전력 센서 모듈	지능형 클라우드 플랫폼	건전도 모니터링 시스템(프로토타입)	유지관리 이력시스템

4. (세부과제 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용

4.1 세부과제 개요 및 구성

<표 3-45> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 개요

구분	내용
정의	- KSMR Test Bed 및 Pilot 저장설비를 대상으로 주요 설비 운영관리 플랫폼 설계 기술과 지능정보 연계 기술 적용을 위한 Operation Information System 연계 기술을 개발하고 실증을 위한 Test Bed 운영을 통해 실데이터 DB 축적 및 제공 기술 개발
범위	- KSMR Test Bed 및 Pilot 저장설비를 통합 운영하는 것을 대상으로 하고, 2회 정상운전을 수행하여 구축된 지능정보 연계 시스템 인프라로부터 유용한 실제 운영데이터 DB를 완성하고 주요설비 유지보수 이력 관리 정보를 제공하고 축적된 운영 데이터 기반의 APC 기법을 개발 및 적용하여 공정 생산성과 운영 효율성 향상



<그림 3-6> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 개요

<표 3-46> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 최종성과물

최종성과물	최종성과물 유형
- 주요 설비(계기, 회전기기, 밸브류) 운영관리 플랫폼 시스템 구축	시스템
- 지능정보연계 DB 제공 및 관리 시스템 구축	시스템
- Test Bed 2회 운영 및 관련 기술 실증	공법/기법
- 관련기술 검증 DB 운영	소프트웨어
- KSMR 공정 및 기자재(압축기, 초저온열교환기 등) 동적 특성 모델	소프트웨어
- KSMR 적용 APC 기술	공법/기법

<표 3-47> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 구성 요약

세부 기술	연구 활동	개발기간	소요예산
4-1. 지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구		2년	21.9억
	-1. 주요 설비 운영관리 플랫폼 설계	2년	1.0억
	-2. 지능정보연계 기술 적용 OIS 연계	2년	20.9억
4-2. KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용		3년	56.5억
	-1. KSMR Test Bed 시운전 및 정상운전	3년	54.9억
	-2. 실데이터 축적 및 제공 DB 운영	3년	1.6억
4-3. 빅데이터 활용 KSMR APC 개발		4년	15.8억
	-1. KSMR 기자재(압축기, 초저온열교환기 등) 동적특성 적용 모델 개발	2년	4.0억
	-2. 빅데이터 활용 KSMR 응답특성 개발	2년	5.2억
	-3. KSMR 적용 APC 개발 및 실증	3년	6.7억

<표 3-48> (세부 4) 세부기술별 TRL 유형/단계, CTE 여부

세부기술명	TRL 유형	TRL 단계	CTE 여부
4.1 지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구	시스템	6	
4.2 KSMR Test Bed 실증 플랜트 연구	공법/기법	7	O
4.3 빅데이터 활용 KSMR APC 개발	공법/기법	6	

4.2 추진배경 및 필요성

- 최근 환경오염 및 지구온난화 문제 해결을 위해 발전 및 산업부문의 연료원으로서 천연가스의 친환경 이점이 주목되면서 LNG 수요가 확대
 - 세계적으로 LNG 액화플랜트, Off-shore LNG 플랜트, 인수터미널의 수요가 확대 될 것으로 전망
- 4차 산업혁명과 함께 스마트 플랜트에 대한 관심이 높아지고 실제 적용하는 사례 증가
 - 스마트 플랜트는 인적오류 방지, 자동화 및 설비의 지능화 등으로 플랜트 운전 및 보수유지 업무의 안정성 향상 및 생산효율성 증대 가능
 - 스마트 정보 기기의 발전과 제조 원가 감소 등으로 초기 투자비 절감
 - 스마트 플랜트의 정보 전송 및 공유는 매우 중요한 구조요건으로 무선기기의 발전으로 기존 유선방식보다는 유지보수의 장점, 설치의 자유로움, 데이터 취득의 장점들로 인해 무선방식이 관심
 - 국내 공공부문 산업계는 외부 해킹으로 인한 정보 유출, 시스템 파괴, 산업 핵심기술 유출 등 보안상의 문제로 정부 국정원에 의해 무선기기 사용이 제한
 - 스마트 인더스트리로도 불리는 인더스트리 4.0은 임베디드 시스템부터 사이버 물리 시스템에 이르는 기술분야의 혁신(Technological evolution from embedded systems to cyber-physical system)을 의미하며, 사물 인터넷(IoT), 데이터 및 관련 서비스, 분산형 지능 시스템, 자율형 프로세스 관리와 같은 첨단 기술을 실물 및 가상 세계에 적용하여 생산 및 제조 프로세스의 혁신 기대
 - 스마트 공장 제품, 자원 및 프로세스는 사이버 물리 시스템을 통해 형태를 갖추어 실시간 관리, 수량, 시간, 자원, 비용 등의 측면에서 전통적인 생산시스템보다 효율적
 - 스마트 제조는 정보 기술들이 생산성 향상 비용 및 에너지 절감, 개개인 소비자에게 맞는 상품생산 등에 어떻게 적용될 수 있는 지에 관해 초점

- 주요 설비의 설계자료, 운전절차, 공정 데이터, 운전 범위, 운전 이력 등 설비 유지보수와 운영시 필요한 정보를 리스트화 하고, 가상플랜트에서 선택 행위를 함으로서 관련 정보를 Visual화
 - 사용자에게 공정 정보 및 설비 관련 필요정보를 쉽고 간결하게 화면이나 음성으로 전달하여 관련자에게 필요 데이터를 빠르게 전달하기 위해서는 DB 구축 및 정보제공 Interface 시스템 구축 필요
- 실제 플랜트 운전시에는 주요 설비의 온도, 압력, 유량, 밸브 개도 여부, 각 설비 시운전 상태, 설비 운전 정상 또는 비정상 상황 제시, 운전조작에 따른 안내 등의 공정운전 정보를 실시간 Visual화
 - 운전자의 상황인식 편의를 제공하고, 밸브 조절, 설비 Start, 정상운전 및 Shut down 시 관련 절차를 제공하여 운전자의 인적 오류를 줄 일수 있는 지능정보 제공 Interface 기술을 개발하기 위해 지능정보 연계 OIS 시스템을 구축 필요
- 플랜트의 효율적이고 안정적인 운영과 생산성 향상을 위해 Emergency 발생시 관련 운전절차를 쉽게 전달하여, 운전자의 신속하고도 정확한 조치를 할 수 있도록 간결하고 단순화된 공정정보 제공 Interface 기술 개발 필요

□ APC 기술 적용을 통한 LNG 공정 운전 조건 최적화 가능

- APC 기술은 고급 공정 제어 기술로서, 공기 온도나 원료 공급 조건 및 조성과 같은 외부 인자에 민감한 LNG 공정 플랜트에서, 공정 운전 조건 변화에 항상 대응하여 수많은 운전 파라미터의 미세 조정을 자동으로 신속하게 수행하여, 최적의 공정 운전 조건에 가장 접근하도록 공정을 운영함으로써, 생산성 향상과 안정적인 운영 가능
- Woodside사의 서북부 호주 North West Shelf LNG 사업에 1998년부터 Honeywell사의 APC 솔루션인 RMPCT*와 HiSpec Solutions를 LNG 생산 트레인 3기에 적용하여 LNG 플랜트의 생산성과 운영 안정성 향상

* RMPCT: Robust Multi Predictive Controllers Technology의 약자로서 Honeywell사의 고급 공정 제어 기술

- LNG 일일 생산량은 APC 적용 이전보다 2~3% 향상을 이루었으며, 플랜트 운영 안정성은 LNG 일일 생산량 편차가 APC 적용 이전 7~9 ton/day에서

APC 적용 이후 9 ton/day로 감소

- Qatar LNG 플랜트에의 APC 적용 사례에서는 Honeywell사의 HiSpec Solutions APC 솔루션을 3개 LNG 트레인에 적용하여 RMPCT 제어 기술로서 1.0%의 LNG 일일 생산량 증가와 Profit Optimizer를 적용하여 0.5%의 추가적인 생산량 증가
 - LNG 생산량 증가 이외에도 황 회수, 스팀 사용량 감소 등 5% 내외의 환경 개선 효과 달성
 - Shell사는 전 세계 다수의 LNG 플랜트에 APC 적용을 오랫동안 해왔으며, 1~3%의 LNG 생산량 증가, 효율성 고도화, LPG 및 NGL 생산량 증가, 플레어 가스 발생 저감, 운전 유연성 및 일관성 확보, 신뢰성 향상, 공정 운전 안정성 확보
 - Oman LNG 플랜트 APC 적용 사례에서는 270,000m³/year의 LNG 생산량 증가
 - APC 설비 투자는 6개월 혹은 그 이전에 ROI (Return on Investment) 회수
 - 선진 외국 APC 기술의 LNG 플랜트 적용 사례에서 그 효과를 증명하듯이, LNG 플랜트의 효율적이고 안정적인 운영과 LNG 생산성 향상을 위해서는 APC 기술의 활용은 필수적이며, 특히 APC 기술의 특성 상 대규모 플랜트에 적용해야만 소기의 효과를 볼 수 있으므로, KSMR 액화 공정의 대규모 상용화 개발을 위한 scale-up을 위해서는 KSMR Test Bed 실증 과정을 통해 성능 검증 필요
 - 최신 APC 기술동향으로서, 최근 전세계 인공지능 기술개발 동향에 발맞추어, 많은 연구기관에서 빅데이터, 머신러닝 및 딥러닝기반의 APC 기술을 연구개발 중에 있으나, 수학 모델링 이론 기술 수준에 그치고 있으며, 향후 KSMR 적용 APC 기술을 고도화하기 위해서는 최신 딥러닝기반 APC 선진 기술을 습득 및 응용하여 KSMR 적용 타당성의 검증 필요
- 스마트 플랜트 기술 개발의 신뢰성 확보를 위해 Test Bed 운용을 통한 Track Record 및 빅데이터 축적 필요
- 스마트 플랜트 기술 개발을 실증하기 위해 직접 상용 플랜트에 적용하는 것에는 많은 제한사항이 있는 관계로 KSMR Test Bed 와 같은 소규모 생산

용량과 상용 플랜트 주요설비 공정을 대부분 갖추고 실증 Test 목적에 부합한 실험 설비에 적용 실증하는 과정 필요

- 타 세부과제에서 개발되는 스마트 플랜트 공정효율화 및 예지 진단 기술, 효율적 가상화 기술 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술을 비교 분석하여 실증하기 위해 Test Bed 운영 Data 축적, 제공, 분석 및 활용 할수 있는 DB 시스템 구축 필요

4.3 최종 목표 및 단계별 목표

가. 최종 목표

- 지능정보 연계 시스템 인프라 구축
 - 주요 설비 운영관리 플랫폼 설계
 - 지능정보연계 기술 적용 Operation Information System 통합 확장 및 연계
- KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용
 - 총 2회 KSMR Test Bed 시운전 및 정상운전
 - 운전 실데이터 축적 및 제공 DB 완성
- 빅데이터 활용 KSMR APC 개발
 - KSMR 주요 기자재 동적 특성 적용 모델 및 응답 특성 모델 개발
 - KSMR 적용 APC 개발 및 실증

<표 3-49> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 최종 목표

구성기술	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구	공정 정보 DB 구축	30%	90%
	운영관리 플랫폼 구축	0%	60%
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용	실증 운영 및 DB 축적 실적	지능정보 연계 기술적용 운영 실적 0%	Test Bed 실증 운영 및 DB 축적 60%
빅데이터 활용 KSMR APC 개발	LNG 생산량 및 생산성분 외부 교란 민감도	일반적인 공정제어시스템 운영	10% 감축

나. 연차별 목표

<표 3-50> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 연차별 목표

연차	연구목표	중점기술 개발내용
1차 년도	지능정보 연계 시스템 인프라 시스템 개발	- 공정정보 DB 연계 기술 개발
		- 설비 운영관리 플랫폼 설계
		- KSMR 기자재 동적 특성 적용 모델 개발
2차 년도	1차 KSMR Test Bed 운영 및 실데이터 축적	- 공정정보 DB 연계 시스템 운영
		- 설비 운영관리 플랫폼 운영
		- KSMR Test Bed 시운전 및 정상운전
		- 빅데이터 활용 KSMR 응답 특성 개발
3차 년도	1차 KSMR Test Bed 운영 결과 분석 및 개선사항 검토	- 1차 KSMR Test Bed 운전결과 분석
		- 개선사항 도출 및 적용
		- KSMR 적용 APC 개발
4차 년도	2차 KSMR Test Bed 운영, 실데이터 축적 및 DB 제공	- KSMR Test Bed 시운전 및 정상운전
		- 2차 KSMR Test Bed 운전결과 분석
		- KSMR 적용 APC 실증

4.4 과제 구성

○ (기간/예산) 4년('20~'23)/94.22억 원

<표 3-51> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 구성

세부기술/ 연구활동		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구		- KSMR Test Bed 운영 생산성 향상을 목표로 주 요 설비 운영관리 기술 구현과 DB로부터 효율적 지능정보연계 OIS 기반구축		'20~'21 (2년)	21.9억
연구 활동	주요 설비 운영관리 플랫폼 설계	- 주요설비 운영 관리, DB 관리 및 분석 기술 - 주요설비 운전 및 유지보수 모니터링 시스템 기술	관리 운영 시스템 제작	'20~'21 (2년)	1.0억
	지능정보연계 기술 적용 OIS 연계	- KSMR Test Bed 운영 지능정보 DB 구축 - 효율적 Data 제공 및 연계 기술	관리 운영 시스템 제작	'20~'21 (2년)	20.9억
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용		- 지능정보 연계기술 기반 KSMR Test Bed 플랜트 실증 운영		'21~'23 (3년)	56.5억
연구 활동	KSMR Test Bed 시운전 및 정상운전	- 지능정보 연계기술 적용 KSMR Test Bed 2회 운영	지능연계 관련 시스템 시제품	'21~'23 (3년)	54.9억
	실데이터 축적 및 제공 DB 운영	- 지능정보 연계기술 적용 KSMR Test Bed 실증 DB 축적 및 운영	Data 분석 보고서	'22~'23 (2년)	1.6억
빅데이터 활용 KMSR APC 개발		- 축적된 KSMR 플랜트 운영 데이터 기반에 APC 기법 개발 및 적용한 LNG 공정 생산성과 운영 효율성 향상 기술 개발		'20~'23 (4년)	15.8억
연구 활동	KSMR 기자재(압축기, 초저온열교환기 등) 동적특성 적용 모델 개발	- KSMR 기자재 사양, 운전 특성, 물성 데이터 조사 분석 - KSMR 기자재 동적 특성 모델 개발	KSMR 실기자재 적용 동적 모델	'20~'21 (2년)	4.0억
	빅데이터 활용 KSMR 응답특성 개발	- KSMR APC 적용 공정 테스트 수 행 및 예측 모델과 실제 응답과 비교 분석 - 빅데이터 활용 머신러닝기반 APC 응용모델 개발	KSMR 응답 특성, ML 응용모델	'21~'22 (2년)	5.2억
	KSMR 적용 APC 개발 및 실증	- KSMR 실물 제어시스템 탑재 APC 실증 및 성능평가	KSMR APC 적용 결과 보고서	'21~'23 (3년)	6.7억

4.5 추진 전략

- 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술도입·기술자문을 적극적으로 추진
- 관련 OIS와 설비 운영관리 시스템은 이미 해외 전문 기업들이 상용 제품들을 판매하고 있으며 다양한 실적을 가지고 있으므로 검증단계가 추가 필요한 원천 기술 개발보다는 상용 시스템을 구축하는 것으로 추진
- 실증 Test Bed는 100톤/day 생산규모 KSMR 액화공정 Test Bed와 생산되는 LNG를 저장하는 Pilot LNG 저장탱크 설비를 통합 운영하여 상용 액화플랜트 구성요소를 확장하는 것으로 추진
- KSMR 액화공정 Test Bed에 설치되어 운영 중인 상용 제어시스템과 연계되는 APC 개발 및 성능 검증 추진
- 세부과제 4 에서는 세부과제 1, 2, 3에서 개발되는 기술을 적용할수 있도록 Domain을 제공하는 것으로 목표로 진행 추진
- 세부과제 1, 2, 3 수행 기관과 원활한 의사전달 및 협력 체계를 구축하여 과제 성공성을 높이도록 추진

<표 3-52> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 추진 전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구	6			●	○	○
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용	7	●	○			
빅데이터 활용 KSMR APC 개발	6	○	●			

※ ● : 주, ○ : 부

4.6 최종성과물 · 성과지표 및 성과활용 방안

<표 3-53> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
지능정보 연계 기술 적용 OIS 구축	구축 완성도 및 운영결과	목표 달성 여부	%	90
설비 운영관리 플랫폼 설계	구축 완성도 및 운영결과	목표 달성 여부	%	60
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용	실증 운영 및 DB 축적 실적	목표 달성 여부	%	60
실증적용효과	실증적용 효과여부	실증적용 수요자 만족도	%	80
KSMR 적용 APC 개발	KSMR 공정 처리량 (LNG 생산량) 증가	KSMR 적용 APC 동적 공정 시뮬레이션 결과 및 KSMR 운전 데이터 비교 검토	%	3~5
KSMR 적용 APC 실증	KSMR 공정 에너지 및 원료 소비량 감소	KSMR 적용 APC 동적 공정 시뮬레이션 결과 및 KSMR 운전 데이터 비교 검토	%	3~5
학술적성과	국내외 학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	16
	SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	5

<표 3-54> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 성과 활용 방안

성과목표	기술수요처	실용화 방안
설비 운영관리 플랫폼 설계	액화플랜트 운영사, 설계사	- Test Bed 실증을 통해 확보된 기술을 향후 상용 플랜트 건설운영에 활용하여 생산성 향상을 통한 경쟁력 확보 - LNG 플랜트 대상 설비 운영관리 시스템 기술적용 활용 - 동남아 등 중소규모 천연가스전 개발 사업에 관심이 있는 개발사, 설계사, 건설사, 운영사 등 관련 기업에서 실용화하여 활용 가능
지능정보 연계 기술 적용 OIS 구축	연구목적 연구소, 학교, 기업체	
실증적용효과	국토부, 지자체, 기업체 등	
KSMR 적용 APC 개발	중소규모 천연가스전 개발 사업용 KSMR 공정 LNG 생산플랜트 설계사/건설사/운영사	
KSMR 적용 APC 실증	중소규모 천연가스전 개발 사업용 KSMR 공정 LNG 생산 플랜트 설계사	
학술적성과	기업체, 연구소 등	

4.7 사업화 전략

- KSMR 공정 사업화 주체는 동남아 등 해외 중소규모 천연가스 사업에서 Midstream 사업자들이며, 특히 KSMR 공정 제어 기술의 수요자는 결국 LNG 액화 플랜트 설계 및 건설사, 운영사이기 때문에, 이들의 사업 수요 요구에 맞추어 사업화 전략을 도출
- 단계별로 초기에는 KSMR Test Bed에의 APC 기술 적용을 통해 성능을 검증하고, APC 기술의 적용 효과는 대규모 플랜트일수록 규모에 비례해서 적용 효과가 더 크기 때문에, 다음 단계로 규모가 상대적으로 큰 중소규모 상용 플랜트로의 적용 타당성을 단계별 검증
- Test Bed 실증운영 연구결과로 축적된 운영 경험과 신뢰성 확보는 LNG 인수기지 및 액화플랜트 주요설비 운전 및 유지보수 관리 시스템 구축으로 활용 가능하며, 운영 생산성 향상을 통한 경쟁력 확보와 원가 절감을 얻을 수 있어 사업화 가능
- 지능정보 연계기술을 통한 4차산업 기술 융합을 통해 스마트 LNG플랜트 건설 및 운영 사업화 적용 가능

<표 3-55> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 기술개발 주체별 사업화 전략

구분	주관기관	대학및 연구기관	아웃소싱 기관(업체)	전문기관	해외기관
주요내용	KSMR 적용 APC 기술 개발	APC 제어 로직 등 요소기술 개발	시스템 제작 및 실증 시험	신뢰성 확보 및 사업화 전략 연구	
	설비 운영 관리 플랫폼 설계	스마트 지능연계 핵심기술			
	핵심 개발 기술 상용화	상용화를 위한 애로 기술 해결	시제품 제작 및 경제성 분석	시장진입 및 인증 확보 전략	
	테스트베드 검증을 통한 신뢰성 확보			시험 성능평가 및 국제인증 확보	
참여가능 주체	중견 제조사, 엔지니어링사, 연구소	대학교, 연구소, 엔지니어링사	기자재사	연구관리 전문기관, 시험인증기관	

4.8 기술로드맵 및 성과로드맵

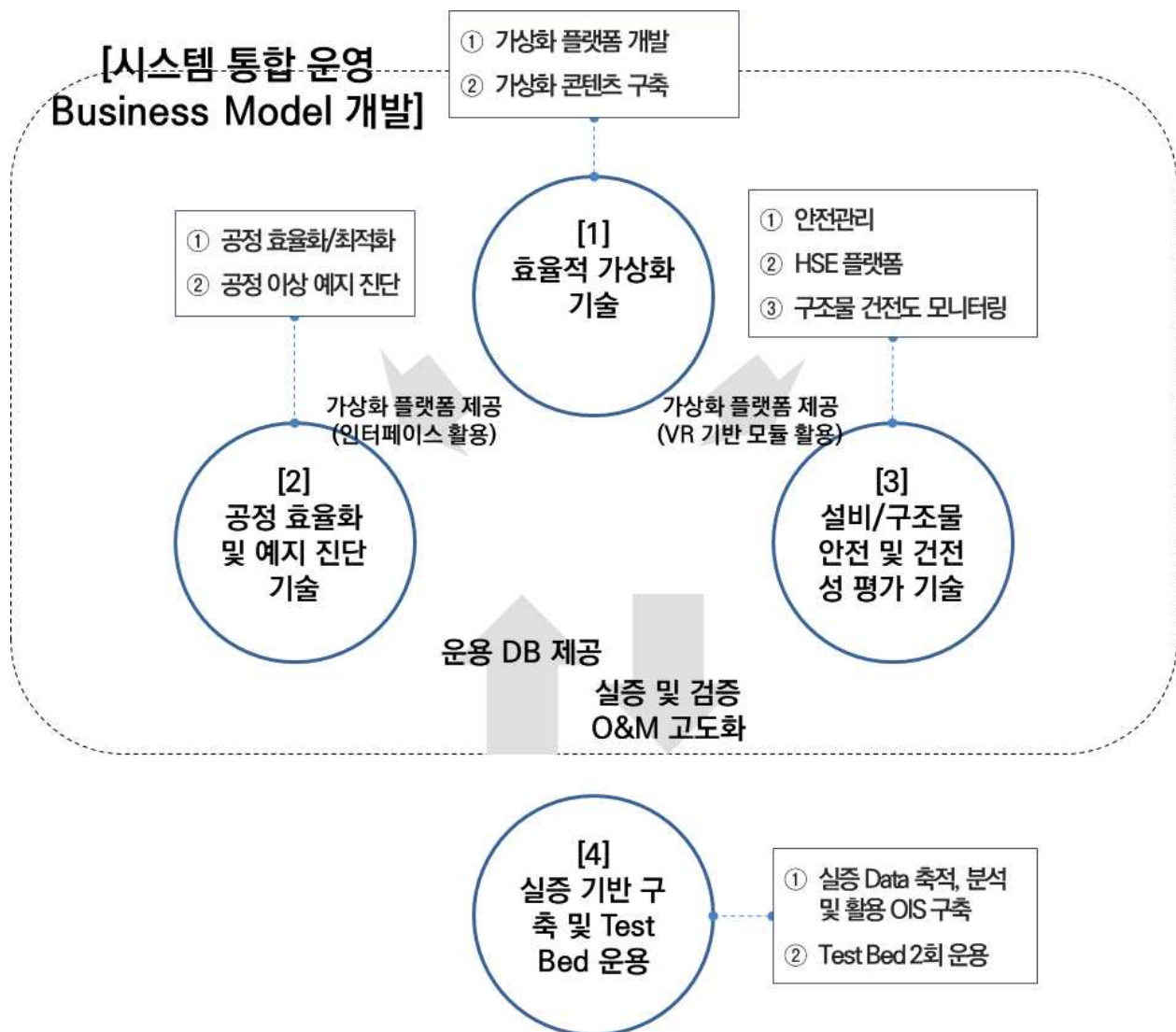
- (1차년도~2차년도 상반기) 기술 조사를 통하여 공정정보 연계 DB 기술 및 설비 운영 관리 기술을 검토하고 적절한 시스템 구축
- (2차년도 하반기~ 3차년도 상반기) 구축된 공정정보 연계 DB 운영과 설비 운전 유지보수 관리 시스템 운영하면서 KSMR Test Bed 실증운영 1회 수행
- (3차년도 하반기~ 4차년도) 개선 및 보완된 KSMR Test Bed를 1회 추가 실증운영 완료하고 성과분석 수행

<표 3-56> (세부4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 기술·성과 로드맵

세부기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구	시스템 구축	운영 및 실증		
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용		1차 시운전 및 정상운전	운영 준비	2차 시운전 및 정상 운전
빅데이터 활용 KSMR APC 개발	KSMR 기자재 동적 특성 적용 모델 개발	빅데이터 활용 KSMR 응답 특성 개발	KSMR 적용 APC 개발	KSMR 적용 APC 실증
최종 성과물	KSMR 기자재 동적 특성 모델	주요 설비 운영관리 플랫폼 시스템 구축	빅데이터 활용 KSMR APC 제어 로직 모델 및 부분 검증 보고서	개선된 KSMR Test Bed 운영 DB 및 분석보고서
		지능정보연계 DB 제공 및 관리 시스템 구축		KSMR APC 적용 모델 성능 평가 보고서
		동적특성 반영 KSMR 공정 제어 시스템 응답 특성 모델		

제5절 세부과제별 연계관계

- 4세부는 Test Bed 2회 운전을 통해 빅데이터 축적 및 활용 기술을 개발함으로써 1, 2, 3 세부과제의 기반을 구축하는 긴밀한 체계 형성
- 1세부는 3D 기반 플랜트 가상화 플랫폼 구축으로 스마트 가상 객체를 기반으로 공정 최적화, 설비 상태진단, 유지보수 최적화를 함으로써 O&M 업무 고도화를 지원 및 2, 3세부 과제 플랫폼 제공



<표 3-57> 세부과제간 연계 관계

제6절 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵



<표 3-58> 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

제7절 연구수행체계

1. 연구추진체계 정립

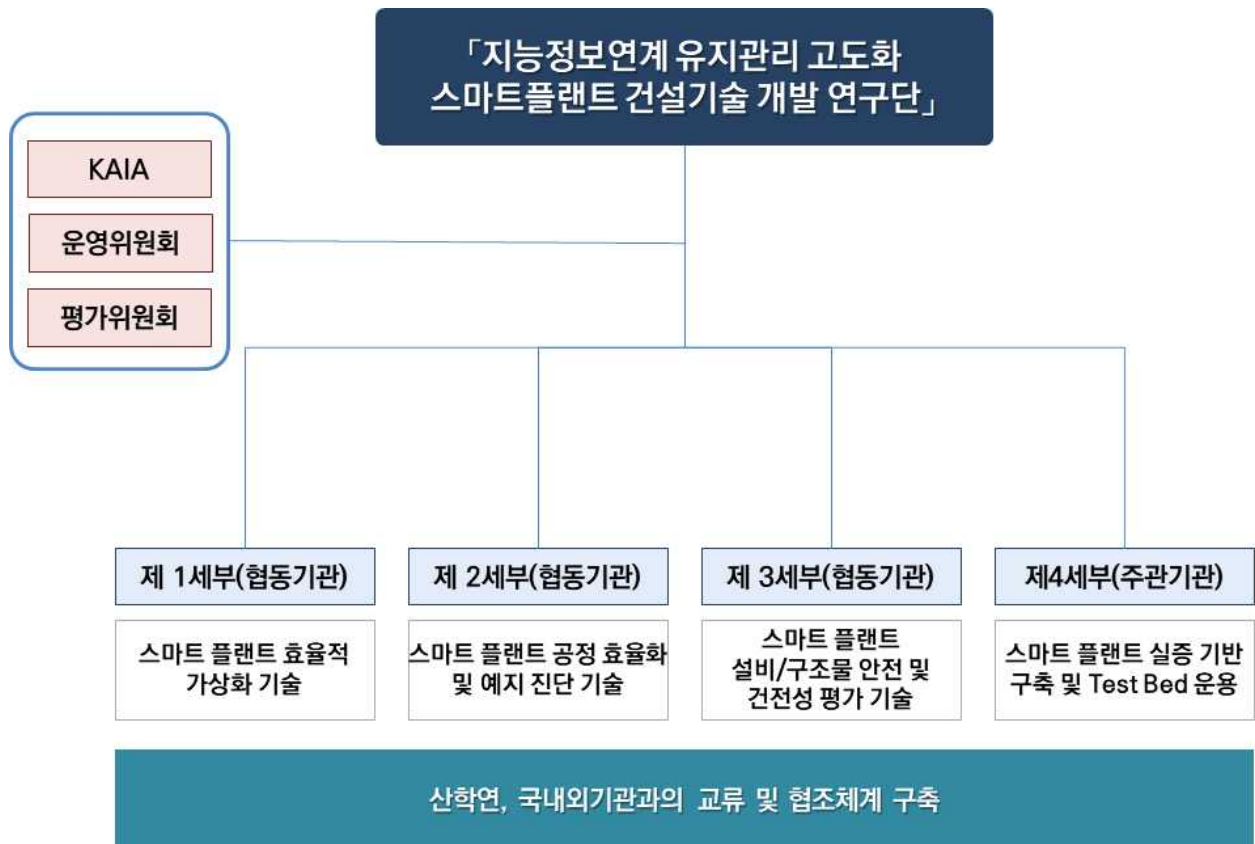
- 사업단의 경우, 대형 목적형 사업 추진을 위한 구성인데 반하여 “지능정보연계 유지관리 고도화 스마트플랜트 건설기술”은 O&M 산업의 각 요소기술별 융합과 실·검증 및 유기적 연계를 통한 패키지화된 기술의 성격으로 목적상 사업단보다는 ‘연구단 수준’의 구성이 적합

<표 3-59> 과제추진체계 분류

구분	내용
사업단	- 기술별 총괄시스템의 개발과 연구개발결과의 시범 적용(Test Bed)을 포함하는 과제로서 정부출연금 300억 원 이상, 5년 이상의 연구기간 소요
연구단	- 단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로서 정부출연금 50억 원 이상, 3~5년의 연구기간 소요
일반과제	- 단위·요소기술을 개발하는 과제 또는 정책과제로서 정부출연금 50억 원 이내, 3년 이내 연구기간 소요

- 산학연 각각의 특성에 맞는 역할분담 및 수행이 필요하며 세부 기술간 유기적인 연계 필요

2. 추진체계



<표 3-60> 연구수행체계

- 연구단과 각 세부과제들이 산·학·연 협동연구체계를 구축하여 수행
 - 연구기반을 효과적으로 활용하기 위해 세부과제들 간의 연구내용 및 범위를 상호 조율하고, 필요에 따라 연구 장비 및 인프라를 공유함으로써 우수한 연구개발 성과를 도출하는 방안 마련
 - 연구 참여 주체들 간의 원활한 소통을 바탕으로 연구개발사업을 합리적으로 운영
 - 연구비의 중복투자를 배제하여 연구개발비 투자 효율성 제고
- 연구단내 세부과제 사이의 상호 정보 교류를 위한 정기적인 교류회 및 워크숍 개최를 추진하고, 세부과제별로 독자적인 워크숍과 소연구모임을 활성화하여 세부전략을 시의 적절하게 수립·운영함으로써 연구 추진의 효율성을 높임
- 연구개발 최종 성과의 성공률과 실용화율을 제고하기 위해 유사한 목표를

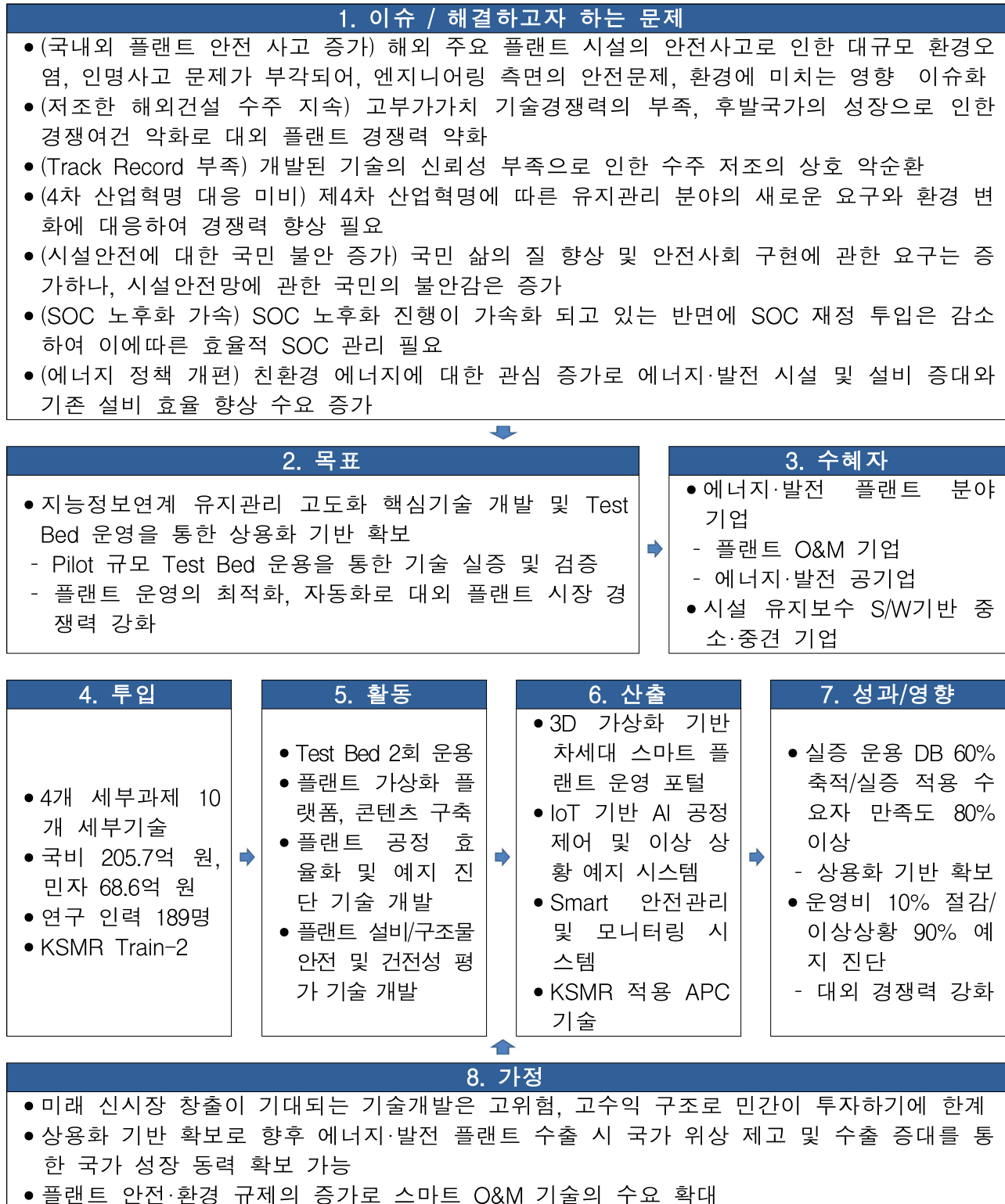
갖는 세세부 기술들 사이의 상호 접근방법을 다양하게 함으로써 부분적인 경쟁체계 도입 유도

- 연구참여 주체들에게 산·학·연 각각의 특성에 맞도록 담당 연구분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각 주체들의 연구성과를 유기적으로 묶어 보다 거시적인 성과를 유도함으로써 연구효율 극대화
- 연구참여 주체 중에서 IT, 기계, 화학, 에너지, 안전 등 다양한 기술 분야의 연구인력이 참여하여 융합기술이 개발 및 도출 될 수 있는 방안 마련
- 단계별 연구개발 체계의 유연성 확보
 - 국내외 시장 및 기술동향의 변화에 따른 기술개발 방향에 대한 수정이 필요할 경우 단계별로 연구개발 방향과 추진체계 변경

제4장 사전타당성 검토

제1절 논리모형

<표 4-1> 사업추진 논리모형



제2절 정책적 타당성 분석

1. 정책적 타당성 검토 개요 및 체계

- 스마트플랜트 연구개발사업의 정책적 타당성은 정책적 일관성, 사업 추진상의 위험요인 및 대응방안으로 검토
 - 정책적 타당성은 제1장 스마트 플랜트의 정의, 사업추진 배경 및 필요성, 제2장 국내·외 정책동향 등을 토대로 도출
 - 정책적 타당성 분석의 항목은 ‘2014년 연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침’의 사항을 참고하여 평가
 - 정책의 일관성은 상위계획과의 부합성, 문재인정부의 국정과제, 정부 R&D 투자 동향으로 구성
 - 사업 추진상의 위험요인 및 대응방안은 법·제도적 위험요인, 자원조달 가능성으로 구성

2. 정책적 일관성

2.1 상위계획과의 부합성

가. 개요

- 국가정책의 구체적 실현을 위해 동 사업이 정책적 일관성을 가지고 추진되고 있는지를 평가하는 항목
- 계획에 제시된 추진전략 및 중점추진과제를 동 사업의 계획서에 제시된 내용과 비교·분석
 - 필수계획으로 과학기술 분야 최상위 계획인 「제4차 과학기술 기본계획」 분석
 - 선택군 계획으로 「혁신성장동력 추진계획」, 「제1차 국토교통과학기술 종합계획」, 「제6차 건설기술진흥 기본계획」, 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」, 「제3차 재난안전 기술개발 종합계획」 분석

나. 제4차 과학기술기본계획

- (의의) 향후 5년간('18~'22) 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시하는 중장기 발전 전략
- 각 부처 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획
- (법적근거) 과학기술기본법 제7조(과학기술기본계획) 및 시행령 제3조~제5조
- 과학기술발전에 관한 ‘중·장기 정책목표와 방향’ 설정·공표
- 중·장기 정책목표와 방향에 따른 ‘과학기술기본계획’ 수립
- (수립방향) 장기적인 관점에서 과학기술의 미래비전 제시
- 중장기적 관점에서 우리가 주목해야 할 전 세계적인 미래사회 변화 트렌드를 과학기술의 관점에서 분석
- 2040년까지의 장기적 비전을 설정하고 과학기술이 지향해야 할 바람직한

미래사회의 모습을 구체적인 목표로 제시

□ (본 연구 추진방향) 본 연구는 기술 실증 및 국가 인프라 예방적 유지관리 기술로 유형 2에 해당



자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

<그림 4-1> 제4차 과학기술기본계획 추진방향

- (유형 2) 실용화기술을 개발하여 시장에 공급하는 기술공급자 역할 수행
 - 산업화 속도가 빠르지만 민간의 기술경쟁력이 낮아 공공연구기관 등을 통해 시장진입에 필요한 실용화 기술 개발·공급
 - 기업지원을 위한 공공연구기관과 민간의 인력교류 확대
 - 유·무인 통합 자율 비행체 기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술, 지식정보보안기술 등

□ (본 연구 관련 분야) 4개 추진과제와 5개 과학기술 분야와 관련

- 본 연구는 유지관리 고도화 스마트 플랜트 개발을 목표로 스마트 플랜트를 구성하는 관련 분야의 다양한 기술을 실증 및 개발 계획을 수립하였으므로 3개 중점추진과제와 5분야의 중점과학기술과 연관성이 있는 것으로 분석됨
- <표 4-2> 제4차 과학기술기본계획 중점추진과제 중 본 연구 관련 분야

4대 전략	중점추진과제
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	(과제11) 4차 산업혁명 대응기반 강화
	인공지능 기반기술 확보
	초연결 네트워크 기반 구축
	데이터 공유·활용역량 강화 및 데이터 활용기반 구축
	신기술·신비즈니스의 제도적·실증적 생태계 구축

<표 4-2> 제4차 과학기술기본계획 중점추진과제 중 본 연구 관련 분야

4대 전략	중점추진과제
	(과제 12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성
	유망 산업의 성장동력화 촉진
	성장동력 산업화를 위한 패키지형 지원 강화
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	(과제 17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현
	국민 맞춤형 재난·안전 교육 및 생활 체감 서비스 확대

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

- 추진과제로는 ‘4차 산업혁명 대응기반 강화’, ‘국민이 체감하는 혁신성장동력 육성’, ‘제조업 재도약 및 서비스업 육성’, ‘안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현’ 과 연관
 - 4차 산업혁명 대응기반 강화의 신기술·신비즈니스의 제도적·실증적 생태계 구축과 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현의 국민 맞춤형 재난·안전 교육 및 생활 체감 서비스 확대와 부합성이 매우 높은 것으로 판단됨
- 중점과학기술로는 ‘빅데이터·인공지능’, ‘콘텐츠’, ‘사회기반 시설’, ‘플랜트’, ‘재난안전’ 분야와 연관
 - 플랜트 분야의 친환경·스마트 플랜트 기반 기술은 동 연구개발 내용과 부합성이 매우 높은 것으로 판단됨

<표 4-3> 제4차 과학기술기본계획 중점과학기술 중 본 연구 관련 분야

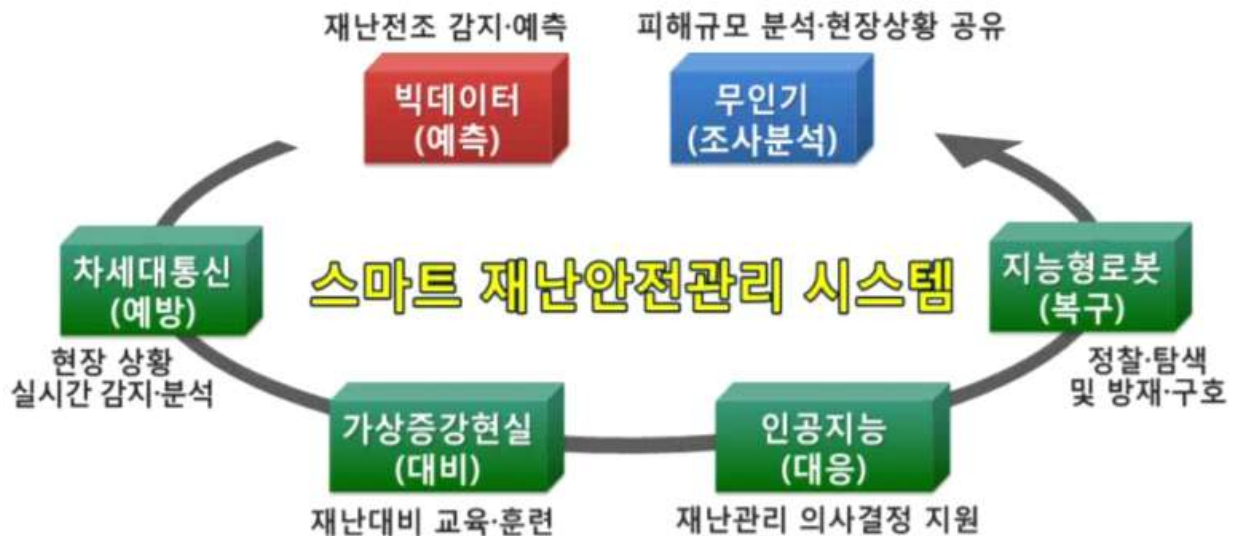
대분류	중분류	중점과학기술
ICT·SW	- 빅데이터·인공지능	- 지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술, 초고속·대용량 데이터 플랫폼 기술, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술
	- 콘텐츠	- 가상·혼합현실 기술, 지능형 콘텐츠제작 기술
건설·교통	- 사회기반 시설	- 지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술
기계·제조	- 플랜트	- 친환경·스마트 플랜트 기반 기술
재난안전	- 재난안전	- 복합재난 스마트 예측·대응기술

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

다. 혁신성장동력 추진계획

□ 혁신성장동력의 국민체감과 재난·안전 영역 활용 확대

- 빅데이터, 로봇·인공지능, 가상·증강현실 등 혁신성장동력을 활용하여 재난·안전관리의 스마트화 계획
 - 빅데이터를 활용한 위험예측 및 위험징후 모니터링, 로봇 및 무인 항공기 등을 활용한 위험지역 대응활동, 가상·증강현실 기반의 재난대비 교육·훈련 등 다양하게 활용 예정
 - 재난 예측, 현장상황 감지·분석, 의사결정, 복구의 전 과정을 연계하여 스마트한 재난안전관리 시스템 구축



자료 : 「혁신성장동력 추진계획」

<그림 4-2> 스마트 재난안전관리 시스템

라. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

□ 융합기술을 통한 건설 지능화 실현

- 인공지능, 로봇 등 융복합을 통해 설계·관리·시공·유지보수 등 건설 프로세스를 혁신하는 ‘지능형 건설생산체계’를 전략목표로 설정
 - 인공지능 등 융복합 엔지니어링 기술인 ‘AI 기반 설계·관리’와 3D 프린터, 로봇 등 융복합 시공·보수 기술인 ‘건설자동화’ 개발
- (유지관리) 센서 네트워크를 통한 빅데이터 기술로 선제적 유지 관리시스템을

구축하고, 자기치유 건설재료 등으로 시설물 장수명화



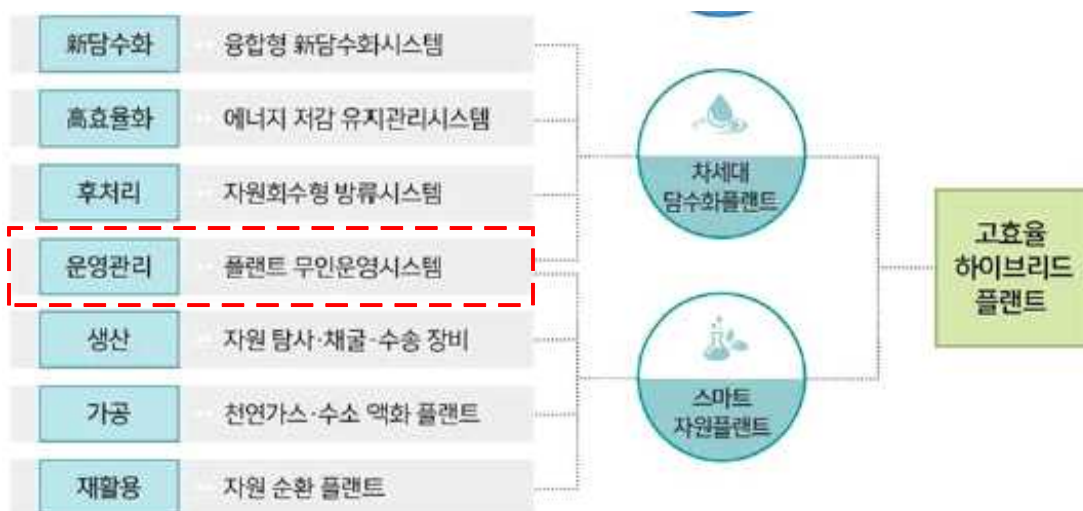
자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부 (2018.6)

<그림2-40> 건설 지능화 주요 기술전략 트리

- 비파괴 방식 시설물 내부 손상 감지·진단과 인공지능을 이용한 시설물 빅데이터 분석 등으로 잔존수명 및 유지관리 최적시점 예측 등으로 유지보수 비용 최소화

□ 고부가가치 건설기술 창출

- 시장형성 단계로써 선제적 대응을 통해 수출전략화가 가능한 ‘미래형 건축·구조물’과 ‘고효율 하이브리드 플랜트’를 전략목표로 설정
- 신자원 에너지를 생산·가공 및 재활용하는 ‘스마트 자원플랜트’ 개발



자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부 (2018.6)

<그림2-41> 고부가가치 건설기술 창출 주요 기술전략 트리

- (운영관리) IoT 기반 원격제어 등을 통한 플랜트 무인운영 시스템 개발 등으로 플랜트 운영비용 절감과 사고발생시 인명피해 최소화

- 펌프, 밸브, 분리막 등 각종 플랜트 장비의 이상상태를 자동으로 진단하고, 유지보수 및 교체 등에 로봇기술 접목 추진

□ 국토교통 연구개발 기반 강화

- (실증인프라) 각종 신기술을 실험하고 기술개발 성과를 검증할 수 있도록 실험 인프라 구축, 제도개선 등 실증 환경을 제공
- 중소기업, 연구기관 등이 기술 개발 성과를 시험할 수 있도록 공동 실험시설, 테스트베드 등을 구축하고 개방 확대
- 포괄적 네거티브 규제로의 전환, 규제 샌드박스 도입, 시험운행 허용 등 신기술에 대한 제도적 지원 병행

마. 제6차 건설기술진흥 기본계획

□ 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상

- (IoT 유지관리) IoT 센서 등을 활용, 인프라의 이상을 신속하게 검지·대응하는 시스템 개발로 유지관리 비용 절감
- 센싱 기반 점검·진단 도입으로 시설물 스마트 자동화 점검 달성
- (센서 최적화) 스마트 건설 및 도시, 노후시설물 유지관리 등 건설 분야에 필요한 센서 수요조사를 통해 센서 최적화 추진

□ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화

- (Big Data 유통) 계획·실행·운영 단계 정보를 축적·유통하여, 설계단계의 가상 건설·운영, 운영에 최적화된 설계 도모
- (Big Data 관리) 스마트건설의 기반이 되는 통합플랫폼 관리 및 정보 유통 활성화를 위한 ‘(가칭)건설정보 공사’ 설립 검토
- (Big Data 활용 기술개발) 건설CALS, 공간정보 등 다양한 데이터 시스템을 연계·분석하여 인프라 관리 효율화, 대국민 서비스 실시
- (모바일 CALS) 모바일을 이용한 건설사업관리 기능을 강화하고, 용지보상, 시설물점검 등에도 활용 가능한 모바일 시스템 개발

□ 건설 안전·환경 관리

- (스마트 관리체계) 4차 산업혁명기술을 활용하는 ‘스마트 건설기술’ 개발 등으로 시스템·장비 기반의 안전체계 구축 및 활용 촉진
 - (제도적 근거 마련) 현장관리시 IoT, 드론 등 4차 산업혁명 첨단 기술이 활용될 수 있도록 비용 반영 근거 마련
 - (IoT 기반 스마트 유지관리) IoT 기반 계측센서, 드론 등 첨단 유지관리 기술을 개발하여 시설물 이상을 신속 검지·대응
- (선제적 유지관리) 인프라 노후화 초기부터 선제적·체계적 유지 관리를 실시하고 재원조달 방안을 마련하기 위한 「지속가능한 기반시설 관리기본법」 제정

바. 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획

- 시설물 안전 및 유지관리 기술혁신 생태계 조성을 위해 기업의 혁신 역량 강화를 위한 제도개선 및 지원체계 구축, 특화 연구개발 프로그램 마련과 투자확대 검토
 - (제도개선 및 지원체계 구축) 시설물 안전 및 유지관리 기술개발 및 활용을 촉진하기 위한 제도 개선 및 수요자 중심의 지원체계 강구
 - 기술개발 보상체계 개선, 기술개발·투자실적 평가방법 개선 및 정부 R&D 예산 확대로 시설물 안전·유지관리 우수 기업과 인력 유입 유도
 - (특화 연구개발 프로그램 및 투자확대 검토) 시설물 안전 및 유지관리 분야만을 위한 연구개발 프로그램 마련과 투자 확대 검토
 - 미래 유망기술 융·복합 과제 및 창의·도전과제 선정 유도, 기업·대학·연구기관 공동 연구프로그램 마련 등
- 시설물 정보공유 플랫폼 마련을 위해 시설물정보관리통합시스템의 고도화, 타 정보 시스템과 상호연계 확대, 시설물 정보 개방 및 공유 기반 구축 추진
 - (시설물 통합시스템 고도화) 3종 시설물 및 성능평가 관련 시설물 정보를

통합시스템으로 구축하고 과학적인 정보체계로 고도화

- 시설물의 정보분류체계 정립과 인공지능·빅데이터 기반 조성

* 연구수행 및 관련 제도 개선 추진, 시설물 정보의 데이터화, 지능형 정보시스템 프레임워크 구축

○ (시설물 정보 시스템 상호연계 강화) 시설물정보 관련 타 시스템이 정보융합·분석을 통한 신뢰성 제고 및 연계성 강화

○ (시설물 정보개방 및 공유기반 구축) 시설물 정보 중 개방 및 공유 가능한 범위를 검토하고, 필요한 제도의 개선 및 정보공유 플랫폼 구축

□ 스마트한 시설물 관리를 위해 무인·원격 성능정보 수집 및 모니터링 기술 개발, 인공지능기반 자가진단 및 신속 보수·보강 기술 개발

○ (성능정보 수집·모니터링 기술개발) 점검·진단 효율성과 신뢰성 향상을 위해 무인화 기술(드론, 3D, 스캔)과 초연결 기술(IoT, 클라우드)을 활용한 성능정보 수집·모니터링 자동화 및 연결 기술개발 추진

- 무인기반 시설물 점검 기술 자동화, 가상화 탐지 점검 기술 고도화, 고신뢰도 데이터 확보 검증 기술

○ (자가진단 및 신속 보수·보강 기술 개발) 시설물 스스로 자가진단을 통해 최적 보수·교체시기를 결정하고 로봇 등 무인기술을 활용하여 신속한 보수·보강이 가능한 기술개발 추진

- 빅데이터와 인공지능을 활용하여 딥러닝 기반 잔존수명 예측, 조기감지 및 최적 대응전략(시기, 공법 등 수립)

□ 스마트 진단·유지관리 기술의 실용화·사업화를 위해 리빙랩 개념의 실증사업 실시 및 성능검증체계 마련

○ (리빙랩 실증사업 실시) 기존 폐시설물과 미사용 SOC를 테스트베드로 활용하고, 기술개발과 실증이 병행하는 리빙랩 실증사업을 추진

* 국토교통과학기술진흥원, '첨단 융합형 국토교통기술 종합실증 클러스트 조성' 기획 중

○ (첨단기술의 성능검증 체계 마련) 새롭게 개발되는 안전진단 및 유지관리

기술·장비의 신속한 현장 적용을 위해 성능 적정성 평가 방안을 마련

사. 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획

□ 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발

- 자연·사회재난 및 신종·복합재난을 대비하기 위한 재난 및 안전위험 요소의 예측 및 영향평가 시스템 개발
- 미래재난 예측을 위한 Big-Data 분석 방법론 개발 및 시나리오 기법을 활용한 위험성 평가
- 재난 취약지역 모니터링 및 사전예방을 위한 자동의사결정 지원체계 구축

□ 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발

- 빅데이터 등의 정보를 활용한 재난 모니터링 강화와 재난안전 정보 조기 감시 및 예·경보 기술개발
 - 다양한 정보의 수집 분류 분석을 통한 새로운 재난안전 데이터 생성 기술개발

□ 재난안전 융·복합 대응 기술개발

- 4차 산업혁명 기반의 융·복합 기술을 활용한 인텔리전트 재난 안전관리 시스템 개발
- 재난관리 단계별 체계적·효율적 관리할 수 있는 통합 재난안전 관리 스마트 시스템 개발

□ 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술개발

- 사람이 대응하기 어려운 지진 등 극한재난 발생 시 대응 로봇 및 인공지능, 무인항공기 등의 기술개발
- 재난에 대한 선제적 대응 및 방어, 정비의 효율성과 정확도 향상을 위한 실시간 안전정보 제공 시스템 구축

아. 분석결과

□ 상위계획과의 부합성 분석결과 지능정보연계 유지관리고도화 스마트플랜트 연구개발사업은 상위계획과의 부합성이 매우 높기 때문에, 정책적 타당성이 높은 것으로 평가됨

○ 모든 상위계획에서 ICT융합·지능형인프라·재난안전 등 스마트플랜트와 연관성이 높은 전략들을 제시하고 있기 때문에, 동 사업과의 부합성이 매우 높음

<표 4-5> 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
필수계획	제4차 과학기술 기본계획			✓
선택군 계획	혁신성장동력 추진계획			✓
	제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획			✓
	제6차 건설기술진흥 기본계획			✓
	제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획			✓
	제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획			✓

<표 4-4> 상위계획과의 부합성 평가

필수계획 선택군계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2.2 문재인 정부 국정과제

□ 문재인 정부는 공약을 기초로 국민제안 사항, 정책현안 등을 종합적으로 고려하여 5대 국정목표, 20대 국정전략과 100대 국정과제를 선정

○ 문재인 정부가 2017년 7월 발표한 100대 국정과제에서 본 사업과 관련된 국정과제는 더불어 잘사는 경제(국정과제 33, 34) 및 내 삶을 책임지는 국가(국정과제 55, 56)

<표 4-6> 본 사업 관련 100대 국정과제

정책목표	전략 및 국정과제
더불어 잘사는 경제	전략 4 : 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명
	33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축 (미래부)
	34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성 (산업부·미래부·국토부)
내 삶을 책임지는 국가	전략 3 : 국민안전과 생명을 지키는 안심사회
	55. 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축 (안전처)
	56. 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화 (안전처)

○ (국정과제 33) 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축

- (생태계 조성) 지능정보 핵심기술 R&D, 인재양성 등에 집중투자하고, ICT 신기술·서비스 시장진입이 원활하도록 규제 개선 추진
- (인프라 조성 및 융합 확산) 5G·IoT 네트워크 인프라 구축, 데이터 개방 및 유통 활성화, 스마트홈·정밀의료 등 ICT 융합 서비스 발굴·확산
- (기대효과) ICT·소프트웨어 혁신과 산업간 융합 추진으로 새로운 성장동력 창출 및 경제성장 견인 (일자리 26여만개 창출)

○ (국정과제 34) 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성

- (첨단기술 산업) 융복합 추진전략 마련, AR·VR, IoT 등 첨단기술 산업 육성을 위해 R&D 실증·인프라 구축 지원
- (기대효과) 신산업 분야 핵심 원천기술 확보 및 시장 선점

○ (국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축

- (안전위험요소 제거) 승강기·건설·지하안전 등 부문별 위험요소 제거, IoT를 활용한 위험 예측, 감지, 분석, 대응기술 개발
 - (기대효과) OECD 중위권 수준 교통안전 달성, '15년 대비 화재 피해 17% 감축
- (국정과제 56) 통합적 재난관리체계구축 및 현장 즉시대응 역량 강화
- (재난 예·경보) 대국민 재난정보 전달체계 전면 개선, '20년까지 재난 안전통신망 구축, 지진해일 분석·예측·정보전달 체계 고도화
 - (기대효과) 통합적 재난관리체계 구축 및 현장대응 역량 강화를 통해 국가재난관리 역량 강화, 독립적인 사고원인 조사로 사회적 논란 최소화

<표 4-7> 국정과제 부합성 분석

국정과제	부합성 설명
33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축	- 스마트 플랜트 O&M 기술 개발에서 필요한 재난 안전 기술, 운영 효율화 기술 등을 개발하기 위한 모니터링 기술 및 ICT 기반 기술 도입을 통하여 산업혁명을 선도하기 위한 기반 구축 가능
34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	- 현재 저부가가치인 플랜트 O&M 기술을 ICT 기술과의 융합 및 실증으로 인건비, 점검비 등의 비용절감을 통해 고부가가치화 가능
55. 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축	- IoT기반 공정 및 설비/구조물의 사전 이상진단 기술 개발로 플랜트 안전 사고를 사전에 예방 가능
56. 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화	- 플랜트의 대형화, 복잡화로 안전 사고 또한 대형화 추세, 이에 선제적 예방 기술 개발과 무인 감시 기술로 즉각적인 사고 대응 역량 강화 가능

2.3 정부 R&D 투자 방향 (2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준)

가. 법적근거

□ 과학기술기본법 제12조의2

- 「2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」을 마련하여, 2019년도 국가 연구개발사업 예산 배분·조정과 예산 편성의 기본방향으로 활용



자료 : 「2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」

<그림 4-3> 2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준의 기본방향

나. 관련 중점 투자방향

□ 국민 삶의 질 향상

- (예방 중심 재난·재해 R&D) 재난 재해 대응 융합·협업 체계를 고도화하고, 자연재해·사회재난 대응력 향상을 위한 선제적 R&D 지원

□ 혁신성장 가속화

- (4차 산업혁명 대응) R&D 투자 프로세스 혁신(R&D PIE), 기술 분류체계 정비 등을 추진하여 4차 산업혁명에 선제적 대응
- (신사업 육성) 13대 혁신성장동력을 맞춤형 지원하고, 원천기술 선점을 위한 중장기 신산업(서비스, 바이오, 에너지) 육성도 병행

□ 과학기술기반 일자리

- (신기술·신서비스 일자리) 유망 신산업 및 서비스 투자로 일자리 창출 효과를 높이고, R&D 성과를 지역 내 일자리로 파급 유도

다. 관련 기술분야별 투자 전략 (ICT·SW, 건설·교통 부문)

□ ICT·SW

- (투자방향) AI, 빅데이터 등 4차 산업혁명 관련 핵심기술 중 고위험·도전적인 연구 및 사회문제 해결형 R&D 지원 강화
- (효율화) 정부 ICT·SW R&D 사업이 민간 기업과의 역할을 차별화하여 추진될 수 있도록 사업체계를 연구목적 중심으로 개편 추진

□ 건설·교통

- (투자방향) 노후시설물 안전성 향상 및 건물통합관리 등 유지·관리 기술에 투자하고, 실증연구와 경제성이 높은 기술 연구는 민간주도로 점진적 전환
- (효율화) 자유공모형 사업방식을 확대하고, 건설 분야의 유사목표 사업들은 연계·통합을 통해 연구목적이 명확하게 사업체계 개편

3. 사업 추진상의 위험요인 및 대응방안

3.1 법·제도적 위험요인 검토 및 대응 방안

- 법·제도적 위험요인은 개발기술 분야에 따라 관련 법률을 검토하여, 연구개발사업이 관련 법·제도·규정에 부합하는지를 평가
- (사업추진 근거법령의 적절성) 지능정보연계 유지관리고도화 스마트플랜트 연구개발사업의 추진근거 법령을 검토하고, 사업추진의 적절성을 평가
- (타 법령과의 충돌 가능성) 지능정보연계 유지관리고도화 스마트플랜트 연구개발사업의 개발기술 분야와 개발기술의 목적물에 따라 관련 법률을 검토하고, 타 법령과의 충돌 가능성을 평가
- (연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성) 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역에 적용될 때의 고려사항으로써, 국가연구개발사업의 지원이 금지 보조금에 해당하여 외국과 마찰이 있을지 평가

가. 사업추진 근거법령의 적절성

- 지능정보연계 유지관리고도화 스마트플랜트 연구개발사업의 사업추진 근거 법령은 「건설기술진흥법」으로, 건설기술진흥법 제7조와 제9조에서는 연구개발사업의 추진과 공동연구·개발 등을 지원할 수 있다고 명시
- 건설기술진흥법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여, 건설기술의 수준 향상, 관련 산업의 진흥, 건설공사의 적정 시행, 건설공사의 품질 향상, 건설공사의 안전 확보 등 공공복리의 증진과 국민경제의 발전을 위해 제정한 법률
- 건설기술진흥법 제7조 - 건설기술 연구·개발 사업에서는, 국토교통부장관은 건설기술을 향상 시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여, 정부출연연구기관 등의 기관·단체와 협약을 체결하여, 건설기술 연구·개발 사업을 할 수 있다고 명시
- 건설기술진흥법 제9조 - 공동연구·개발등에서는 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학 등의 건설기술

연구기관의 효율적 활용과 선진 건설기술 획득을 위하여, 관계 중앙행정기관의 장과 공동연구를 추진하거나 건설기술연구기관의 건설기술 연구·개발을 지원할 수 있다고 명시

□ 지능정보연계 유지관리 고도화 스마트플랜트 연구개발사업은 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술과 건설기술자의 직무분야에 해당

○ 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획부터 안전성검토까지를 포괄하고 있으며, 시설물의 운영부터 철거까지 매우 넓은 범위를 제시하고 있음

- 건설기술진흥법 제2조 제2호에서 건설기술이란 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토와 시설물의 운영·검사·안전점검·정밀안전진단·유지·관리·보수·보강 및 철거와 건설공사에 필요한 물자의 구매와 조달, 건설장비의 시운전, 건설사업관리까지로 규정

○ 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술자에는 건설기술자의 직무분야를 규정하고 있으며, 기계·전기·전자·토목·건축·도시·교통·안전관리·환경 등 10개 분야를 제시

나. 타 법령과의 충돌 가능성

□ 지능정보연계 유지관리 고도화 스마트플랜트 건설 기술은 Test Bed 운용을 통한 실증 및 검증 사업으로서, 산업통상자원부에서 추진하는 엔지니어링 부품소재 및 장비 기술개발과는 구별됨

○ 산업통상자원부의 법·제도 중에 연관성을 가지는 산업기술혁신촉진법, 엔지니어링산업진흥법을 분석한 결과, 부품소재 및 장비, 엔지니어링 연구성과의 연계·활용을 조율 필요

- 그간 부처 간 비상설협의체를 통하여 역할분담 및 유사중복투자를 방지하여왔으며, 사업추진에 있어서 선행연구성과의 연계 활용방안을 면밀하게 제시하여 시너지를 제고하는 방향으로 추진 가능

- 다만 산업부는 플랜트 및 엔지니어링 분야의 핵심 원천기술 및 기자재 개발을 통한 기술 경쟁력 강화 및 주력산업의 글로벌 경쟁력 기반 확보가 주된

영역인 반면, 본 연구는 실증을 통한 상용화 기반 구축에 목적이 있으므로 산업부의 영역과 구분됨

<표 4-8> 타 법령과의 충돌 가능성 분석

유관 법·제도	제약·위험성 분석	극복방안
산업기술혁신촉진법 : 기술개발 사업 추진(부품소재 및 장비·설비(플랜트 포함))	플랜트분야를 일부 포함하고 있고, 플랜트에 적용되는 부품소재 기술개발의 성과와 활용여부	부품소재 개발성과의 연계활용 방안을 사업계획에 반영하고, 부처 간 역할분담을 협의하여 해결
엔지니어링산업진흥법 : 제9조 (엔지니어링기술의 연구·개발 및 보급지원 등	엔지니어링의 범위가 포괄적이므로, 연구개발에 있어 설계, 정보분야의 유사중복 우려	유사중복성 사전 분석, 성과 연계 및 활용방안을 사업계획에 제시

다. 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성(WTO 보조금 위반 검토)

□ 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역재에 적용될 때의 고려사항으로써, 국가연구개발사업의 지원이 WTO 금지보조금 및 조치가능보조금에 해당하여 외국과의 마찰 가능성이 있는지를 검토

○ ‘WTO 보조금 및 상계조치협정(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures)’ 제2조에 따르면 동 협정은 ‘특정성’ 있는 보조금만을 규제 대상으로 함

- ‘특정성’이란 보조금 지급의 대상이 법률상 또는 사실상 특정 기업(군)이나 산업(군) 또는 특정 지역 안에 위치한 기업으로 제한되어 있는 경우를 의미

○ 현재 보조금은 크게 ‘금지보조금’과 ‘조치가능보조금’으로 구분

<표 4-9> WTO 보조금의 유형

구분	내용
금지 보조금	- 그 자체로 특정성이 있는 것으로 간주되어 특정성 존재 여부와 관계없이 WTO 차원에서의 신속하고 직접적인 제재의 대상이 되거나, 수입국이 자국법에 의해 상계관세를 부과할 수 있음 - WTO 보조금협정상 금지보조금의 운용은 회원국의 경제개발 정도에 따라 적용시점이 달리 규정되어 있으나, 일부 예외를 제외하면 유예기간이 종료되어 거의 모든 회원국의 수출보조금과 수입대체보조금이 예외 없이 금지되고 있음 - 유형 - 수출보조금 : 법률상 또는 사실상 수출실적에 따라 공여되는 보조금 - 수입대체보조금 : 수입품 대신 국산품의 사용을 조건으로 하여 공여되는 보조금

<표 4-9> WTO 보조금의 유형

구분	내용
조치가능 보조금	- ①정부 또는 공적 기관에 의한 재정적 기여로 인해, ② 혜택이 부여되고, ③ 특정성이 있을 경우의 3가지 요건이 모두 충족되면 그러한 재정적 기여는 조치가능보조금에 해당 - 다른 회원국의 이익에 부정적인 효과를 초래하였을 경우에는 WTO 제소 또는 피해국으로부터의 직접적인 상계조치를 받을 수 있음 - 다른 회원국의 국내 산업에 대한 피해, 1994년 GATT협정에 의한 양허혜택의 무효화 또는 침해, 다른 회원국의 이익에 대한 심각한 손상 등

자료 : 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제2-1판」, 한국과학기술기획평가원 (2016.11)

○ 금지보조금에 대한 검토

- (수출보조금) 정부의 연구개발 지원은 관련 산업의 수출 증진을 목표 또는 기대효과로 인식하고 있는 부분이 없는 것은 아니나, 플랜트 연구개발 사업의 경우, 반드시 기업의 수출을 위한 보조금형태로 지원하는 부분은 없음
- (수입대체보조금) 본 연구개발사업의 목적 상 수입품을 국산제품으로 대체하는 것이 주된 목적이 아니라 유지보수가 필요한 부품의 성능을 향상시켜 유지보수 주기 증가 및 안정성 확보를 위한 기술개발이 주된 목적이고 수입대체보조금형태로 지원하는 부분은 없음

○ 조치가능보조금에 대한 검토

- (재정적 기여) WTO 보조금 협정 제8조에 따르면, ‘R&D 보조금은 산업적 연구비용의 75%를 초과하지 않아야 한다’ 고 연구개발 보조금 규범을 명시하고 있는데, 본 사업은 「국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」*에 따라 R&D 정부부분담금 비율을 최대 75% 이내로 지원할 예정이므로 WTO 재정적 기여에 대한 위배사항은 없음

* 국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령 제28043호) 제12조 3항 중앙행정기관의 연구개발비 출연기준 의거, 대기업 50% 이내, 중견기업 60% 이내, 중소기업 75% 이내로 규정

- (혜택여부) 본 연구개발 사업은 기술개발 부분만 다를 뿐 개발된 기술을 가지고 상품화, 사업화하기 위한 시설투자, 시장개척 등은 기업의 역할이므로 본 사업의 지원범위에 해당하지 않아 직접적인 혜택이 발생하는 것으로 볼 수 없음
- (특정성) 본 연구개발 사업은 플랜트 산업 이외에도 ICT산업 등 다양한

<표 4-10> WTO 보조금 위배사항 종합검토

본 연구개발사업 WTO 보조금 위배 규정항목		위배사항 검토	관련내용
금지보조금	수출보조금	×	- 기업의 수출을 위한 보조금 지원 부분 없음
	수입대체보조금	×	- 국산화제품 양산이 주된 목적이 아닌 성능향상 및 안정성 확보 추구
조치가능 보조금	재정적 기여	×	- WTO 보조금 협정 내 산업적 연구비용 최대 75% 이 내 지원 기준 준수
	혜택여부	×	- 정부는 기술개발만 지원, 시설투자 및 시장개척은 기업이 담당
	특정성	×	- 타 산업과의 연계가 가능하며, 기업 경쟁공모에 의 한 사업 추진

산업분야가 포함되어 진행되며 기업 매칭과 경쟁공모에 의해 사업이 추진되므로 특정성이 있다고 보기 어려움

라. 분석결과

- 법·제도적 위험요인 평가는 근거법령의 적절성, 타 법령과의 충돌 가능성, 연구개발사업 추진결과의 분쟁가능성 등을 평가
- 검토결과, 법·제도적 위험요인은 중립이며, 타 법령과의 충돌 가능성도 매우 낮은 것으로 평가됨
- 건설기술진흥법에서는 건설기술과 건설기술자의 직무분야를 규정하고 있으며, 동 사업의 기술분야는 건설기술에 해당하여 연구개발사업과 공동연구개발을 지원 받을 수 있음
- 본 사업은 그 내용상 상품무역에 관련된 지원이 아니므로, 금지보조금에 따른 분쟁가능성 없음

<표 4-11> 법·제도적 위험요인 분석결과

법·제도적 위험요인	중립	일부위험	위험
사업추진 근거법령의 적절성	○		
타 법령과의 충돌 가능성	○		
연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성	○		

3.2 재원조달 가능성

- 연구개발사업 추진에 필요한 재원투입에 있어, 투입계획 시점과 투입규모의 관점에서 문제발생 가능성을 분석. 또한, 재원조달 문제로 인한 사업지연 가능성을 검토하여, 사업 추진상의 위험요인 분석
- 연구개발사업 추진을 위한 재원으로, 중앙정부가 제공하는 국고, 민간참여자가 부담하는 민자로 구분하여 재원별 위험요인 분석
- 동 사업 운영을 위해 필요한 재원과 정부 R&D 예산, 국토부 R&D 예산을 추정하여, 사업기간 동안의 재원조달 가능성을 연도별로 평가
- 동 사업의 운영을 위해 필요한 재원은 2020년부터 2023년까지 4년간 총 270.5억 원 필요, 이 중 국비는 205.7억 원, 민자는 64.8억 원으로 구성
- 정부 R&D 예산에서 국토교통 R&D 예산을 전망하고, 국토교통 R&D 예산 내에서 신규 R&D 가용 예산을 추정
 - '19년 예산은 정부안 기준이며, '20년 이후 예산은 국토교통 R&D 중기재정계획('18~'22)의 연평균 예산 증가율(9.9%)을 '23년까지 적용하여 추정
 - 국토교통 R&D 장기계속사업의 일몰제 적용으로 '20년부터 계속과제 수요 예산의 단계적 감소에 따라 신규 R&D 사업 추진을 위한 소요예산 반영 가능

<표 4-12> 최근 3년간 국토교통 R&D 과제 중 신규과제 비중

(단위 : 억 원)

구분		'15	'16	'17	합계
예산 (억원)	신규과제	611	529	688	1,828
	계속과제	3,889	3,929	3,063	10,881
	종료과제	-	-	987	987
	합계	4,500	4,458	4,738	13,696
신규과제 비중 (%)		13.6%	11.9%	14.5%	13.3%

- '19년을 기준, '20년부터 '23년까지 계속과제 수요예산 9,632억 원을 제외한 국토교통부 R&D 사업의 가용예산 추정치는 총 14,877억 원 수준

<표 4-13> 국토교통부 향후 신규 R&D사업 가용예산 규모

(단위 : 억 원)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	CAGR
국토교통부 R&D 예산 추정치	4,812	5,289	5,812	6,388	7,020	9.9%
계속과제 수요예산	4,812	4,639	3,074	1,432	487	-43.6%
신규 R&D 가용예산 추정치		650	2,738	4,956	6,533	
본 사업 예산		40.7	57.0	36.9	50.9	
신규 R&D사업 가용예산 대비 본 사업예산 비율		6.3%	2.1%	0.7%	0.8%	

- 본 연구 기간인 '20~'23년 총 소요예산은 206.0억 원으로 동 기간 국토교통 신규 R&D사업 가용예산 추정치(14,877억 원)의 1.2%에 해당하여 가용 범위내에 있음

제3절 기술적 타당성 분석

1. 기술적 타당성 검토 개요 및 체계

- 스마트플랜트 연구개발사업의 기술적 타당성은 기술개발계획의 적절성, 기술개발 성공가능성, 기존 사업과의 중복성에 대한 검토를 실시함
- 기술적 타당성은 제1장 스마트 플랜트의 정의, 사업추진 배경 및 필요성, 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 등을 토대로 도출
- 기술적 타당성 분석의 항목은 ‘2014년 연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침’의 사항을 참고하여 평가
 - 기술개발계획의 적절성은 기획과정의 적절성, 사업목표의 적절성, 구성 및 내용의 적절성으로 구성
 - 기술개발 성공가능성은 기술수준 분석, 기술개발 위험요인 및 대응방안으로 구성
 - 기존사업과의 중복성은 과제단위 중복성 검토 실시

2. 기술개발 성공가능성

2.1 기술수준 분석

가. 국내 기술수준

□ 국내 스마트플랜트 관련 국가전략기술의 기초 연구수준은 66.2~80.7%, 응용·개발 연구수준은 68.8~82.8%에 분포

<표 4-14> 국가전략기술의 국내 기술수준

분야	국가전략기술	종합	기초연구	응용·개발 연구
전자정보·통신	2. 지식기반 빅데이터 활용기술	77.3%	75.0%	79.6%
	4. 데이터 분산처리 시스템기술	79.9%	78.6%	81.1%
	10. 가상·증강현실기술	79.9%	77.7%	82.1%
	11. 지능형 인터랙티브 기술	78.5%	77.0%	80.0%
	15. 융합서비스 플랫폼 기술	80.7%	79.5%	81.8%
건설·교통	99. 지능형 건물제어기술	78.9%	74.9%	82.8%
	112. 첨단플랜트 원천기술	78.3%	78.0%	78.6%
재난·재해·안전	117. 사회적 복합재난 예측·대응 기술	66.2%	63.6%	68.8%
	118. 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술	72.6%	69.2%	76.0%
평균		76.9%	74.8%	78.9%

자료 : 「2016년 기술수준 평가」 한국과학기술기획평가원 (2017.7)

○ 스마트 플랜트와 연관성 있는 국가전략기술 9개를 기초연구수준과 응용·개발 연구수준으로 나누어 기술 분석

- 5개 기술의 평균을 보면 종합 수준은 76.9%, 기초연구는 74.8%, 응용·개발 연구는 78.9%로 분석
- 종합수준에서는 ‘융합서비스 플랫폼 기술이’ 가장 높은 수준이며, ‘사회적 복합재난 예측·대응 기술’이 가장 낮은 수준
- 5개의 모든 기술분야에서 기초연구보다 응용·개발연구의 국내 기술수준이 더 높음

나. 최고국 대비 기술격차

□ 국내 스마트플랜트 관련 국가전략기술의 최고기술 보유국 및 2014년 대비

2016년의 상대적 기술격차 증감 분석

<표 4-15> 국가전략기술의 최고국 대비 기술격차

분야	국가전략기술	최고국	기술격차 ('14)	기술격차 ('16)	기술수준 그룹
전자정보·통신	2. 지식기반 빅데이터 활용기술	미국	3.4	3.3	추격
	4. 데이터 분산처리 시스템기술	미국	2.3	2.5	추격
	10. 가상·증강현실기술	미국	2.0	2.0	추격
	11. 지능형 인터랙티브 기술	미국	3.7	3.5	추격
	15. 융합서비스 플랫폼 기술	미국	2.7	2.3	선도
건설·교통	99. 지능형 건물제어기술	미국	3.1	3.7	추격
	112. 첨단플랜트 원천기술	미국	3.3	3.8	추격
재난·재해·안전	117. 사회적 복합재난 예측·대응 기술	미국	6.5	5.2	추격
	118. 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술	미국	6.8	6.4	추격

자료 : 「2016년 기술수준 평가」 한국과학기술기획평가원 (2017.7)

- 9개 모든 기술 분야에서 미국이 최고 선도국으로 나타남
- 2016년 기술격차가 가장 적은 기술은 ‘가상·증강현실기술’ (2.0년)이며 격차가 가장 큰 기술은 ‘기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술’ (6.4년)
- ‘데이터 분산처리 시스템기술’, ‘지능형 건물제어기술’, ‘첨단플랜트 원천기술’은 2014년보다 2016년에 기술격차 확대

다. 분석 결과

- 스마트플랜트 구축을 위해 반드시 필요한 기술이나 전반적으로 기술수준이 낮고, 특히 사회적 복합재난 예측·대응 기술, 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술의 경우 현재 기술 수준이 낮음
- 현재 기술 수준이 낮은 만큼 기술개발의 실제 위험도 높아, 민간 기업체에서는 추진하기 어려운 측면이 있으며, 정부주도의 기술개발이 요구됨
- 재난·재해·안전 분야 기술은 최고국 대비 기술격차가 6년 이상으로 정부의 적극적인 투자로 집중력 있게 연구개발을 수행하여, 단기간 내에 선진국 수준으로 기술수준을 끌어올리는 것이 필요

2.2 기술개발 위험요인 및 대응방안

가. 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술

<표 4-16> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
플랜트 가상화 운영 플랫폼 기술	- 플랜트 가상화 플랫폼의 위험 요인은 가상화 구축시 발생하는 비용	- 가상화 플랜트 구축시 가상 오브젝트의 모듈화 및 스마트화를 통하여 가상화 구축의 효율성을 확보
	- 가상화 플랜트 구축을 바탕으로 운영시 발생하는 활용 효과 미흡	- 플랜트 운영 및 유보수 시나리오 기반 시스템 활용 유즈케이스를 만들고 효과 분석을 통하여 개발
플랜트 가상화 콘텐츠 구축 기술	- 다수의 플랜트 3D CAD 시스템에서 생성된 설계 정보 처리	- 플랜트 3D CAD 시스템의 정보 구조 분석을 통해 중립 포맷 정의
	- 변환 과정에서 주요 객체 식별자(태그 아이디, 라인넘버) 정보 손실	- BOM 설계 정보를 추출하고 3D 형상 정보 저장 단위를 식별자 단위와 통일함

나. 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술

<표 4-17> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
예지 기반 시스템 운영 최적화 및 성능 극대화	- 스마트 플랜트 고도화를 위해 신기술 및 핵심기술 역량 부족	- 스마트 플랜트 응용 요소 기술 확보
기자재 IoT 기술 접목	- 센싱 무인화 및 Wireless 통신을 위한 IT 기반 시설 부족	- 고성능 저가 센싱 모듈 공급업체와의 협력 추진
실시간 장비 진단, 고장예측, 최적운전 IoT 기반 알고리즘 개발	- 인더스트리 4.0 등 글로벌 환경변화에 대응하기 위해 IoT와 빅데이터의 신기술의 경쟁력 부족	- 통계적 기법을 적용하여 목표 오차내의 복합적 평가가 가능하도록 보완
고장예지 알고리즘	- 고장사례 및 고장수명 등 필드데이터 비공개	- 수요 기관, 협력사와의 협업을 통한 많은 정보의 필드데이터 확보
	- 설비별, 기자재 별 고장예측 알고리즘의 부족	- 다양한 고장재현과 조건별 시험을 통한 고장 수명 빅데이터화
IoT 기반 센싱 기술	- 센싱 오차 (에러발생)	- 센싱의 정확도 향상

다. 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술

<표 4-18> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

세부기술	위험요인	대응방안
스마트 공정 안전 및 대응 시스템 개발	- KSMR의 위험성 평가는 타당성 여부	- 위험성평가 전문기관에서 위험성평가를 진행
	- DCS, ERP 시스템의 데이터 활용 가능 여부	- DCS 기능을 수행하는 PLC 등의 데이터면 시스템 구성이 가능하고 ERP가 없을 경우에는 자재리스트 등을 참조하여 제작
	- 가스 사고 사례의 데이터가 충분하지 않을 경우 자동 위험성 평가 시스템의 구축이 불가능	- 플랫폼의 개념으로 데이터가 충분치 않더라도 자동 위험성 평가 시스템의 구현은 가능하며 가스안전공사 및 안전보건공단의 연구 참여를 독려하여 많은 양의 자료 확보 가능
스마트 HSE 플랫폼 기술	- 가상 플랜트 제작을 위한 3D 설계 파일 확보 가능 여부	- 3D 설계자료의 확보가 어려울 경우 3D 설계자료를 이용한 가상 모델 구축은 다른 플랜트 설계자료를 이용하고 본과제 대상 플랜트는 전통적인 방법의 가상 모델 구축으로 과제 수행이 가능
	- 사고 시나리오의 다양성에 대한 구현작업의 어려움	- 사고 시나리오는 위험성 평가 결과에 따라 우선순위가 높은 10개에 대한 항목을 추려서 시나리오를 작성
IoT 기반 플랜트 구조물 건전도 모니터링 및 유지 관리 시스템	- 구조가 복잡하고 규모가 큰 플랜트를 대상으로 기존 2D 기반 coverage로 충분한 성능 평가 가능 여부	- 플랜트 구조물에 대한 3D 모델을 활용하여 더 정밀한 Coverage를 측정 및 평가
	- 센서 종류 별 상이한 특징을 모두 아우르는 오작동 탐지 모델 개발 가능 여부	- 일반적인 탐지 기술을 개발하되 각 센서별 특징을 고려하여 고도화
	- 대규모 데이터가 발생하여 중앙 서버에서 발생하는 부하	- 센서 별 데이터 전송 주기, 전송 양 등을 스케줄링하며, 데이터 전처리 및 압축을 분산 처리하는 방식으로 해결
	- 복잡한 이력 정보를 쉽게 접근할 수 있는 방안	- 사용자 요구사항 도출에 따른 사용자 중심 디자인 및 모바일 환경을 통한 상시 접근 지원
	- 대규모 산출 데이터를 안정적이고 지속적으로 다룰 수 있는지 여부	- 클라우드 연계형 하이브리드 방법을 적용하여 처리 속도를 유지하면서 안정적인 데이터 백업이 가능하도록 기술 개발

라. 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용

<표 4-19> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 과제 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
지능정보연계 시스템 인프라 구축 연구	- 국정원 보안 지침에 의해, 플랜트내 무선 통신 네트워킹 구축 불가 및 외부 접속 차단	- 보안 시스템 구축을 통한 무선 통신체계 및 외부망 접속 구축 - 무선통신 불가시 유선 통신체계로 추진 - 외부망 접속 불가시 독자적 시스템 추진
KSMR Test Bed 실증 플랜트 운용	- 실증 플랜트 정상운영은 3,4개월 단기 운영으로 충분한 양의 데이터 축적 어려움	- 공정상 Critical한 주요설비 대상으로 데이터 축적 추진
빅데이터 활용 KSMR APC 개발	- 빅데이터기반 APC 기술의 활용을 위해서는 충분한 양의 테스트베드 운전 데이터 확보가 필요하나, KSMR 테스트베드의 장시간 운전 시간 확보가 불투명함	- KSMR 테스트베드 시운전 및 정상운전 2회로부터 생산되는 운전 데이터 최대한 확보 및 활용 - KSMR 주요 설비 (초저온 열교환기, 냉매 압축기 등) 동적 특성 모델의 운전 시뮬레이션 데이터 확보 및 활용

3. 기존 사업과의 중복성

3.1 사업 수준의 중복성 분석

□ 본 사업의 중점 프로그램 및 세부과제 도출 시, 국토교통부, 산업통상자원부, 과학기술정보통신부를 포함한 모든 부처의 기 지원된 사업이나 과제를 대상으로 사업목적, 지원대상, 기술분야 등에 대한 중복성을 사전에 검증

가. 엔지니어링 핵심기술 개발사업(산업핵심기술 개발사업)

<표 4-20> 엔지니어링 핵심기술 개발사업과의 비교

구분	엔지니어링 핵심기술 개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- 엔지니어링 분야의 핵심, 원천기술 개발을 통한 기술경쟁력 강화 및 주력 산업의 글로벌 경쟁력 기반 확보	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
사업기간	'11 ~ '19	'20 ~ '23
사업비	1,061억 원 ('10년까지 기투자액 : 110억 원)	200억 원
사업시행주체	산업통상자원부, 한국산업기술평가관리원	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- 국내 엔지니어링 산업의 공통 취약 분야인 기본설계, FEED, 안전설계, 신뢰성설계 등 선행 엔지니어링 설계 역량 강화를 위한 기술개발 지원 - 전주기 프로젝트 통합 관리, O&M 기술 등 엔지니어링 산업 기술 개발을 지원 - 엔지니어링 산업의 경쟁역량 강화를 위하여 주요 분야별 엔지니어링 R&D 지원	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로하는 O&M 업무 고도화 기술 개발 - IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발
유사점	- 플랜트 운영 및 유지보수 기술/데이터를 지능정보 기술과 연계하여 지식자산화 하고 이를 기반으로 O&M 수행 • 3D 스캐닝 기반 플랜트 엔지니어링 응용지원 솔루션 및 활용기술 개발 • 지식기반 플랜트 O&M을 위한 지식베이스 프레임워크 통합시스템 개념설계 개발 • 효율적 플랜트 운영관리를 위한 모바일 기반 실시간 지능형 P&ID 검색 시스템 개발	
차이점	- 본 과제는 실증을 통한 기술 상용화에 중점 • 실증 Test Bed 운용을 통해 데이터를 확보하여 기 개발된 O&M 기술 운용을 통한 Track Record 축적으로 신뢰성 확보 목표	

나. 스마트공장 제조 핵심기술 개발사업(산업핵심기술 개발사업)

<표 4-21> 스마트공장 제조 핵심기술 개발사업과의 비교

구분	스마트공장 제조 핵심기술 개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- 제조업과 ICT 융합을 통한 국내 제조업의 글로벌 경쟁력 강화를 위해 한국 제조업에 맞는 스마트공장 기술 개발	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
사업기간	'18 ~ '20	'20 ~ '23
사업비	39.9억 원('18)	200억 원
사업시행주체	산업통상자원부, 한국산업기술평가관리원	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- (스마트공장 수준 고도화) 국내 제조업 현실에 맞고, 최신 국제표준 및 글로벌 트렌드에 적합한 고도화 스마트공장 관련 핵심기술 개발 - (패키지SW 플랫폼 개발) 스마트공장 기반산업 육성을 위해 예지보전, 물류, 에너지 절감, 공정 최적화 등 국내기업의 경쟁력 확보를 위한 패키지 솔루션 개발 - (선도모델 개발) 국내기업의 스마트공장 필요성 인식 확산을 위해 국내 제조업 현실에 적합한 산업별, 주요공정별 스마트공장의 구체적 방향제시 및 스마트제조 관련 상호호환성 테스트베드 등을 통한 신기술 사전검증 및 신뢰성 확보 - (품질평가인증체계 개발) 핵심기술 연구성과물의 상용화를 지원하기 위해 스마트공장 구성 기술, 제품 및 솔루션에 대한 국가브랜드 차원의 인증체계 개발	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로하는 O&M 업무 고도화 기술 개발 - IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발
유사점	- 스마트공장 고도화 운영시스템 개발을 위한 지능형 시스템 개발 • 상세 공정단계 적용을 위한 IoT기반 공정의 모니터링 및 제어시스템 개발 • CPS를 통한 최적화 설계/시뮬레이션/피드백 운영 시스템 개발	
차이점	- 스마트 공장으로서 범위가 한정되어있어 공정 과정이 상대적으로 복잡하고 정교한 플랜트에 적용이 어려움	

다. 재난안전플랫폼기술 개발사업

<표 4-22> 재난안전플랫폼기술 개발사업과의 비교

구분	재난안전플랫폼기술 개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- 3대분야 6대 재난안전플랫폼 기술의 확보를 통해 재난대응능력 제고 및 국민 안전환경 개선	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증

<표 4-22> 재난안전플랫폼기술 개발사업과의 비교

구분	재난안전플랫폼기술 개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업기간	'16 ~	'20 ~ '23
사업비	212억 원('16~	200억 원
사업시행 주체	과학기술정보통신부, 한국연구재단	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- 현장 수요에 신속하고 효과적으로 대응하기 위해 각종 재난안전 분야 기술개발에 공통적으로 필요하거나 개별부처·재난상황에 맞게 쉽게 응용이 가능한 기술 및 서비스 개발 - 멀티미디어 기반 재난정보전달 표준 기술개발 - 대국민 차세대 통합 예·경보 플랫폼 개발 - 재난관리 담당자를 위한 현장 맞춤형 상황전파 플랫폼 개발	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로 하는 O&M 업무 고도화 기술 개발 - IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발
유사점	- IoT기반 실시간 재난안전정보 데이터 수집·관리 기술 •재난안전정보 공동활용 플랫폼 구축 방안 연구 •재난안전정보 통합 플랫폼 개발 •지능형 실시간 화재예측경보시스템 및 화재발생징후 조기 감지시스템 구축	
차이점	- 재난 안전분야를 총괄하는 플랫폼의 개발로 에너지·자원 플랜트의 적용이 어려우나 연계방안 검토 가능 •기 과제를 통해 수집된 데이터 활용 연계방안 검토	

라. SMART 고도화 공동개발사업

<표 4-23> SMART 고도화 공동개발사업과의 비교

구분	SMART 고도화 공동개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- SMART 원자로 수출을 위하여 잠재 수요국의 기술적·환경적 특성 등을 반영하여 SMART 기술 고도화	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
사업기간	'15 ~ '18	'20 ~ '23
사업비	1,482억 원(사우디 1,140억 원)	200억 원
사업시행 주체	과학기술정보통신부, 한국연구재단	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- SMART 원자로 설계기술의 고도화 기본 설계 완성 - SMART 경제성 향상을 위한 종합설계(BOP) 최적화 - SMART 안전성 향상을 위한 중대사고 해석모델 개발 및 분석	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로 하는 O&M 업무 고도화 기술 개발

<표 4-23> SMART 고도화 공동개발사업과의 비교

구분	SMART 고도화 공동개발사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
	- SMART 원자로 예비안전성분석 보고서 작성	- IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발
유사점	- 원자력 플랜트의 안정성과 경제성 향상을 위한 지능정보연계 설계 기술 개발사업 • SMART 기계설계 최적화 • SMART 안전해석 최적화 • SMART 중대사고 해석기술 개발	
차이점	- 범위가 원자력 플랜트에 한정되어 있으며, 유지관리 고도화가 아닌 설계 기술 개발 사업 • 사우디와의 공동 연구사업으로 원자력 분야에 범위 한정 • 유지관리 고도화 기술 개발이 아닌 설계를 통한 최적화 기술 중심	

마. 건설기술연구사업

<표 4-24> 건설기술연구사업과의 비교

구분	건설기술연구사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- SOC 시설물의 전주기(설계, 시공, 유지관리 및 해체 등)에 대한 안전성, 고부가가치화, 첨단화 및 글로벌 선도를 위한 핵심 요소기술 개발	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
사업기간	'12 ~ '19	'20 ~ '23
사업비	7,642억 원	200억 원
사업시행주체	국토부, 국토교통과학기술진흥원	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- (설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술) 설계엔지니어링 산업 육성을 위한 핵심 설계기술 확보 및 해외건설 5대 강국 실현을 위한 글로벌 시장 진출 기반 마련 - (건설재료 개발 및 활용 기술) 기술 융·복합 등을 통해 기존 재료 대비 내구성, 경제성, 친환경성 등에 강점을 갖는 건설재료의 기초·원천기술 개발 - (시공자동화·효율화 및 특수구조물 구축 기술) 고부가 메가스트럭처의 건설 및 고효율 시공을 위한 설계·시공분야 엔지니어링 기술 개발 - (재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전 기술) 재난·재해 등에 대비하여 SOC 시설물의 안전성 향상, 유지관리체계 첨단화를 위한 안전관리 및 진단·보강 기술 개발	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로하는 O&M 업무 고도화 기술 개발 - IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발

<표 4-24> 건설기술연구사업과의 비교

구분	건설기술연구사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
유사점	- 재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전 기술 • 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술 개발	
차이점	- 도로/교통분야의 건설기술개발 내용이 대부분 • 일반 SOC(도로, 교량, 터널)에 한정된 재난·재해 대비 기술과 안전성 평가 기술이 대부분으로 본 기획과는 차이점이 큰 사업	

바. 플랜트연구사업

<표 4-25> 플랜트연구사업과의 비교

구분	플랜트연구사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
사업목적	- 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술개발을 통해 국내적용과 해외플랜트 수주경쟁력 증대	- 지능정보연계 유지관리 고도화 핵심기술 개발 및 Test Bed 운영을 통한 실증
사업기간	'07 ~ '19	'20 ~ '23
사업비	4,685억 원	200억 원
사업시행 주체	국토부, 국토교통과학기술진흥원	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업내용	- (담수화 기술) 세계 최고수준의 저에너지 담수화 기술 및 중동지역 맞춤형 응용기술확보를 통해 글로벌 시장점유 기반 구축 - (가스·비전통 자원화 기술) 고부가가치 시장 진출을 위한 미개발 극한지 자원 개발 플랜트 기술과 중규모 수력 플랜트 기술 개발 및 공사비 절감 모듈화 기술 개발 - (자원 이송 및 순환 기술) 도시내 폐기물, 에너지 문제해결을 위한 도시자원 순환형 복합플랜트 기술 개발 - (플랜트건설 지원 인프라 기술) 플랜트건설 전주기 엔지니어링 고도화 및 안전훈련 시스템 기술을 개발하고, 해수담수화 막여과 시스템의 실용화·성능평가 기술 지원 - (플랜트 O&M 서비스) 저비용 고효율의 지속가능한 담수 에너지 공급을 위한 플랜트 운영 및 유지관리 서비스 기술 개발	- 실증 Test Bed 운용으로 OIS 연계기술 개발 및 실데이터 DB 축적 - IoT기반 모니터링 기술 및 공정 이상징후 예측 기술 개발 - 3D 기반 스마트 가상 객체를 기반으로하는 O&M 업무 고도화 기술 개발 - IoT기반 실시간 설비/구조물 안전성 평가 기술 개발 - VR 기반 작업자 HSE 프로그램 개발
유사점	- ICT 기술을 통한 각종 플랜트 적용 재난·재해 대비 기술 개발 • 플랜트 안전 훈련 플랫폼 구축 및 통합 기술 개발	

<표 4-25> 플랜트연구사업과의 비교

구분	플랜트연구사업	지능정보연계 스마트플랜트 건설기술
	• 플랜트 동시병행 협업체계 지원기술 개발	
차이점	- 운영·유지 고도화 기술 부재와 실증 Track Record 확보 부족 • 물관리 일원화로인한 담수화 O&M 시스템 기술 개발의 환경부 이관 • 기 개발된 기술과 본 과제 연계성 검토	

사. 분석 결과

□ 각 부처별로 추진중인 사업들과 비교하여 본 과제는 사전 중복성 검토 결과 타당하다고 판단됨

- 본 과제는 에너지·자원 플랜트 대상 지능정보기술 연계 운영·유지 고도화 및 재난·재해 대비 안전 시스템 개발과제이며 실증 Test Bed 운영으로 Track Record를 확보하여 상용화에 목적이 있음
- 이에 각 부처에서 추진중인 사업을 분석결과 6개 사업과 유사성을 가지고 있으나 중복성은 적은 것으로 분석됨
 - ‘스마트공장 제조 핵심기술 개발사업’, ‘SMART 고도화 공동 개발사업’, ‘건설기술연구’ 사업은 본 과제의 대상인 에너지·자원 플랜트에 적용하기에는 부적합함
 - ‘엔지니어링 핵심기술 개발사업’, ‘재난안전 플랫폼 기술 개발사업’, ‘플랜트연구’의 경우 일부 개발된 기술의 연계 혹은 실증을 통한 Track Record를 확보하여 본과제에서 상용화할 수 있을 것으로 판단됨

<표 4-26> 사업 수준의 중복성 검토 결과

부처	사업명	지능정보 기술 연계 (3D/VR 등)	에너지·자원 플랜트 대상 플랫폼 개발	운영·유지 고도화	재난·재해 대비 안전 시스템 개발	실증Test Bed 운영으로 Track Record 확보
산업부	엔지니어링 핵심기술 개발사업	○	○	○	X	X
	스마트공장 제조 핵심기술 개발사업	○	X	○	X	○
과기부	재난안전 플랫폼 기술	○	X	X	○	○

<표 4-26> 사업 수준의 중복성 검토 결과

	개발사업					
	SMART 고도화 공동 개발사업	○	△	×	○	×
국토부	건설기술연구	×	×	○	○	×
	플랜트연구	○	○	△	○	△

제4절 경제적 타당성 분석

1. 경제적 타당성 검토 개요

1.1 비용편익 분석의 개요

가. 비용편익 분석의 개념

- 경제성 분석은 해당 사업의 추진에 의해 국민경제 전체에서 발생이 예상되는 편익과 비용을 추정하고 이를 이용해 비용편익분석(Cost-benefit Analysis)을 이용하여 사업의 타당성을 판단
- 비용편익분석에서 이용되는 기준으로는 순현재가치(NPV, Net Present Value)/기대순현재가치(ENPV, Expected NPV), 편익-비용 비율(B/C ratio) 등 다양한 방법이 있는데 본 분석에서는 비용-편익 비율(B/C ratio)을 이용
- 편익-비용 비율은 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나눈 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$\frac{B}{C} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함
- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단
- 편익/비용 비율은 특정 항목을 편익 또는 비용으로 처리하는가에 따라 값이 달라지는 단점이 있으나, 일반적인 투자심사 기준으로 사용

나. 분석항목

□ 경제적 타당성 분석의 기본 항목으로는 총 사업비, 총비용, 편익 등으로 구분할 수 있으며, 객관화된 데이터를 기반으로 추정되어야함

○ 비용은 사업기간 내 발생하는 총 사업비에 사업완료 후 발생하는 유지·관리 비용, 장비재투자비 등을 모두 더한 후 장비 및 건물의 잔존가치를 제외하여 산정함

○ 편익은 해당 세부기술개발과제로 인해 실질적으로 혜택을 받게 되는 수요(기업, 대국민 등)를 추정하여 편익을 추정함

○ 분석된 비용과 편익을 현재가치화 시켜 B/C값을 분석하고 B/C값이 1 이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단

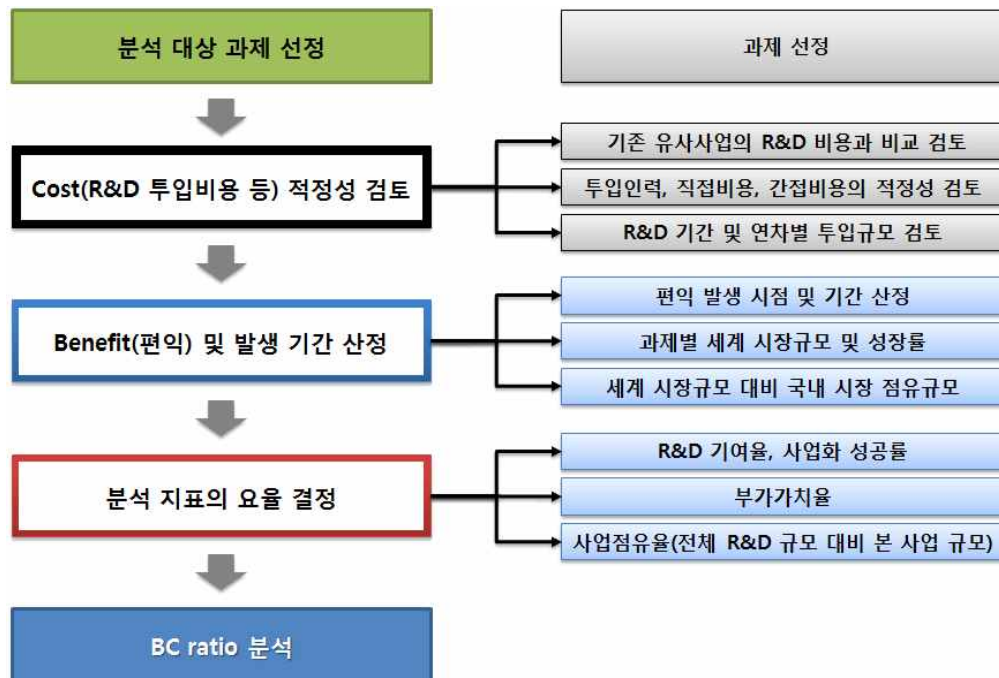
중항목	소항목	주요 검토 내용
비용 추정	연구개발	연구활동지원 · 과제규모, 연구수행주체(수, 질), 기술성숙도(기술수명주기), 연구기간, 연구개발단계, 과제특성(직접비/간접비 비중) 등
		체계개발(HW,SW) · 용도, 사양, 중량, 복잡도, 기술적 난이도, 기존 수행경험, 기능점수 등
	연구시설·장비 구입 및 유지비	연구시설 · 용도, 면적(인원, 시설장비규모), 지형, 지질학적특성, 입지, 재료, 층수, 개조관련사항, 허가사항, 환경영향, 공공수용성, 내부체계 등
		연구장비 · 용도, 사양, 개수, 발주처(비교견적서) 등
	연구관리	· 관리인력(수, 질), 과제(평가, 관리방법, 과제규모), 등
편익 추정 ※ 시장수요접근법 ¹⁾ 가장 많이 적용	수요 추정	· 해당 연구개발을 통해 실질적으로 혜택을 받을 수요를 추정
	편익 산정	· 對 국민 경제적 편익, 연구개발 편익, 과학기술 및 산업적 응용 편익 등을 고려 · 연구개발 편익 : 핵심 기술 및 노하우, 경험 확보->무형적 편익 · 편익 범위 명확화 및 기준선 설정 필요 · 직접 편익과 간접 편익 고려
경제성 분석	B/C 분석	· 현재가로 환산한 비용 대비 편익의 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단 · 시나리오 별로 BC 분석
	E/C 분석	· 편익을 화폐가치로 환산할 수 없는 경우 비용효과분석 적용 · 비용대비 효과 값이 비교대상 사업에 비해 클 경우 사업 시행이 적절함
	사회적 할인율 설정	· 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 데 사용하는 할인율 · 적정 사회적 할인율 5.5% 적용
	민감도 분석	· 투입 요소 변동에 따른 순현재가치의 변화 정도를 분석하기 위해 민감도 분석을 실시(할인율 ±2%, 비용/편익 ±20%) · 민감도가 클수록 위험한 사업으로 인식

<그림 4-4> 경제성 분석 주요 검토 항목

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	• 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 추가 시장 창출 규모 • 관련 기업 추가 매출액 • 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 • 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 비용 절감액 • 인명피해/재해복구 등의 사회적 비용 감소 편익, 정보제공에 따른 사회적 편익증가 • 연구기반으로 인한 비용저감효과
	간접 편익	• 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등
비용 (Cost)	연구개발비	• 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연연의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고)
	시설구축비	• 단지조성, 센터 구축 등 시설구축비(설계비, 감리비, 측량비 등을 포함한 전체 공사비)
	운영 및 유지보수비	• 편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

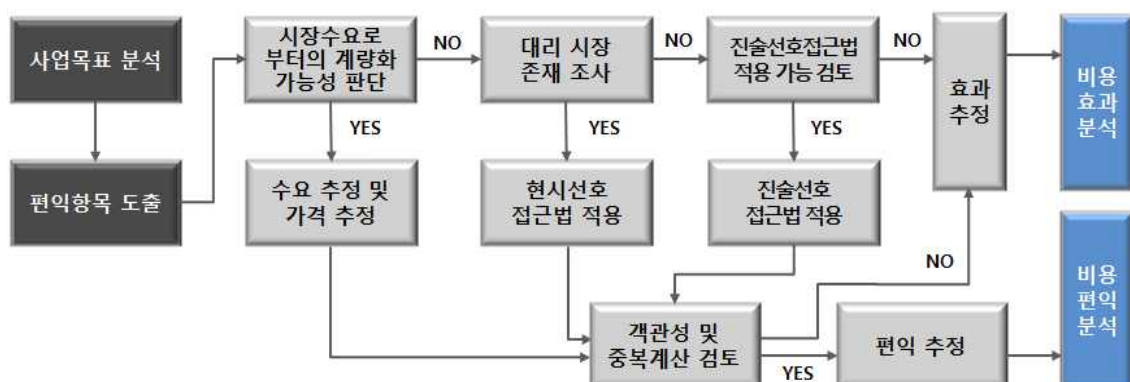
<그림 4-5> 세부 편익 및 비용 항목

1.2 비용편익분석 프로세스



<그림 4-6> 경제적 타당성 분석 프로세스

- 분석대상 사업은 지하 라이프라인 연구개발 사업으로 국내외 환경 및 이슈 등을 분석하여 전반적인 타당성 여부를 판단함
- 먼저, 동 과제 수행을 위해 소요되는 총 사업비 및 사업기간 이후 발생하는 비용을 추정하여 기본 비용으로 산정함
- 다음으로, 편익발생시점과 편익발생기간 등을 설정한 후, 편익유형 및 추정방법을 결정함
- 최종적으로 편익산정을 위한 분석 지표 설정 후 경제성 분석을 실시함



<그림 4-7> 경제적 타당성 분석 프로세스

- 지능정보연계 기반 운영·유지관리 고도화를 위한 스마트 플랜트 건설기술 개발 사업은 총 4개의 세부과제 분야와 10개의 세부기술로 구성되어 있으며, 세부과제 및 세부기술의 예상성과로부터 기대되는 경제적 효과(부가가치 창출, 비용감소 등) 세분화

2. 비용편익분석 전제조건

2.1 비용편익 산정기준

□ 분석대상 기간

- 분석대상 기간은 사업이 추진되는 초기 연도인 2020년을 시작으로 편익이 발생하는 최종년도까지 설정
 - 경제성 분석기간은 사업 유형에 따라 각기 다른 기준 적용
 - 국가연구개발사업은 기술분야에 따라 발전속도가 다른 특성을 고려하여 기술의 특허 분석을 통해 산출되는 기술수명주기를 편익 회임기간 이후부터 적용
 - 편익발생기간은 KISTEP 예타지침의 응용·개발 단계의 연구개발사업 회임기간 3년과 특허데이터 분석에 기반한 기술수명주기를 적용하여 설정
 - 사업 종료 3년 이후 최초 편익이 발생하며, 기술수명주기 동안 경제적 가치가 있는 것으로 가정

□ 사회적 할인율

- 본 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 기획재정부의 「예비타당성 조사 수행 총괄지침」에 따라 5.5%를 적용하여 추정

□ 민감도 분석

- 경제성 분석 시 내재된 불확실성에 대처하기 위해 경제성에 영향을 미칠 수 있는 사업비, 운영비, 교통수요, 할인율 등의 주요 변수가 일정량만큼 변화되었을 때 경제성이 어떻게 변화하는지를 파악하기 위하여 민감도 분석 시행

□ 편익 항목

- 동 사업의 편익추정은 세부기술 분야 및 구성기술별 연구목표와 내용 등의 특성을 고려한 부가가치 창출과 비용감소 등으로 설정하였으며, 분석방법은 시장수요 접근법과 생산비용 접근법, 피해비용 접근법 적용

<표 4-27> R&D 사업 편익 추정방법 분류

대분류	세부분류	내용
가치창출	시장수요접근법	- 미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	- 로열티로 인하여 발생하는 편익계산
비용감소	생산비용접근법	- 생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	- R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

2.2 총 비용 추정

□ 연구개발사업 연차별 투자 계획

- 지능정보연계 기반 운영·유지관리 고도화를 위한 스마트 플랜트 건설기술 개발 사업에 대한 총 비용은 사업 초기연도인 2020년부터 편익이 발생하는 2026년까지 투입되는 총 비용을 고려하여 산정

□ (총사업비) 총 294.3억 원 (국고 206.0억 원, 민자 88.3억 원)

<표 4-28> 재원별 소요예산

(단위 : 백만 원)

재원		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
국고		4,220	4,654	5,697	6,029	20,600	70.0%
민자	현금	180.8	199.5	244.1	258.4	882.8	3.0%
	현물	1627.2	1795.5	2196.9	2325.6	7945.2	27.0%
	소계	1,808	1,995	2,441	2,584	8,828	30.0%
합계		6,028	6,649	8,138	8,613	29,428	100.0%

2.3 편익추정 항목 및 논리구조

□ 편익 항목

□ 편익추정 계산식 및 분석지표

- 연구개발부문 표준지침(KISTEP)에서 제시하고 있는 추정 방법을 통해 부가가치 창출 편익은 시장수요 접근법, 비용감소 효과는 신기술 개발로 인한 기존 기술 대비 유지관리 비용 절감 효과 및 예방적 유지관리로 인한 사회적 피해(플랜트 가동 정지로 인한 매출손실) 비용 절감 효과를 추정

<표 4-29> 편익추정 계산식 및 분석 지표

Benefit 산출 공식	
$\text{시장 규모(세계/국내)} \times \text{시장점유율(세계/국내)} \times \text{분야별 부가가치율} \times$ $\times \text{사업기여율} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{사업화 성공률}$	
산출지표	산출방식
편익 유형	- (부가가치 창출) 미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용 - (비용절감) 생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정 - (피해감소) R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정
편익 발생 기간	- 분야별 관련 부문의 특허인용수명 지수(TCT*) 통계의 기술수명(중앙값)을 합산 평균하여 산정한 7년 반영 * (특허인용수명 지수 통계의 활용) 기술의 경제적 수명은 대체기술 또는 경쟁기술의 출현 시기를 추정하는데 적절한 톨로서 인정받고 있는 특허인용수명 지수(TCT 등) 통계를 활용하였음
환율	- 환율 : 2017년 평균 환율 1,130.6원 적용
사회적 할인율	- 사회적 할인율 4.5% 적용(2017년 KISTEP 변경)
R&D 기여율	- 「에비타당성조사 표준지침 제2판」에서 제시한 35.4% 적용
사업화 성공률	- 국토교통 R&D 사업화율(현장적용+사업화비율) 평균 26.2% 적용
부가가치율	- 2016년 한국은행 산업연관표를 기준하여 분석 분야별로 합산 평균 28.2% 적용
시장규모	- 해외 공신력 있는 기관의 시장데이터를 활용을 원칙으로 산정 - 활용 데이터 구간 범위의 시장규모 전망은 연평균성장률 CAGR(Compound Annual Growth Rate)을 활용 예측

시장 점유율	- 시장 데이터 및 전문가(기획위원회, 관련 기업) 의견을 반영
사업기여 율	- 사업기여율 산식 = (해당사업의 정부투자액 + 민간매칭금액)¹ / (유관사업의 정부 R&D 투자액² + 민간 R&D 투자액³)을 적용하여 29.37% 적용 * (본 사업 투자액¹) 국고 지원금 + 지자체 부담금 * (정부 R&D 투자액²) 본 경제성분석에서는 산업부 경량금속소재 R&D 예산 (2017년 기준) 247억 원 적용 * (민간 R&D 투자액³) 민간 R&D는 과기정통부, 『2015년도 연구개발 활동 조사결과(2016. 12)』에 근거하여 산출 금액 745억 원 적용(연구개발비 자원별로는 정부·공공 24.7%, 민간 74.5%)

3. 편익추정

3.1 부가가치창출 효과

□ 본 연구의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용

* 편익 = 시장규모(현재가치(원)) X 시장점유율(%) X 기술기여도(%) X R&D 기여도(%) X 기술개발성공률(%) X 부가가치율(%)

○ 본 과제의 개발 기술이 적용가능한 시장으로 세계 에너지·발전 플랜트 EPC 발주 시장 고려

- 세계 에너지·발전 플랜트 EPC 발주 시장은 본 과제 기술개발 완료 후 시장 적용이 예상되는 2027년 원에서
- 세계 에너지·발전 플랜트 EPC 발주 시장규모는 한국투자증권의 「산업분석 In-depth」 자료의 시장전망치를 기반으로 추정
- 2027년~년의 시장규모는 2018년부터 2020년간의 연평균 시장성장률 3.4%를 적용하여 산정함

<표 4-30> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망

(단위 : 억 달러)

설비별		2016년	2017년	2018년	2019년~2020년
화공 플랜트	LNG	170	430	1,050	2,900
	Oil&Gas	170	280	230	300
	정유	260	450	750	2,600
	화학	430	380	880	1,780
	파이프라인	210	220	220	300
	해양	130	340	380	420
	합계	1,370	2,100	3,500	8,300
발전플랜트		680	700	730	1,070
총계		2,050	2,800	4,230	9,370

자료 : 「산업분석 In-depth 건설」, 한국투자증권 (2018.5)

○ 세계 에너지·발전 플랜트 EPC 시장 규모에서 O&M 분야가 차지하는 비중은 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링 산업 경쟁력 강화방안」에서 제시한 5%를 적용

- 본 기술개발을 통한 연도별 스마트 플랜트 O&M 시장의 국내기업 점유율은 「고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링 산업 경쟁력 강화방안」에서 제시한 2015년도 엔지니어링 해외시장 점유율 2.4%를 적용

<표 4-31> 스마트 플랜트 경제적 파급효과 분석(추정)

(단위 : 억 달러)

년도	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33
EPC 시장규모	4,844	5,009	5,179	5,355	5,537	5,726	5,920	6,122	6,330	6,545	6,768	6,998	7,236
O&M 시장규모	242	250	259	268	277	286	296	306	316	327	338	350	362
국내기업 점유시장	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.9	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.4	8.7
R&D 기여율	35.4%												
사업화 성공율	26.2%												
부가 가치율	28.2%												
사업 기여율	29.4%												
환율	\$ 1 = 1,130원												
편익(원)	-						61	63	66	68	71	73	75

3.2 비용절감 편익

□ 스마트플랜트 도입에 따른 고용대체

- McKinsey & Compnay(2017)³⁾는 산업 활동의 자동화에 따른 인력 대체 가능성 분석
- 산업 활동에서 자동화 대체 가능성이 가장 높은 산업은 숙박 및 음식 서비스업(73%)으로 예측
- 이어 제조업(60%), 농업(58%), 운송 및 보관업(57%) 순으로 높았으며, 전문직과 관리직도 35%를 차지하는 것으로 예측
- 따라서, 스마트플랜트 조성시 기존 플랜트 설비를 운영·관리하는 전문 관리직의 대체율이 35% 정도인 것으로 예측 가능
- 스마트플랜트 조성시 기존 플랜트 유보수 절감비용은 약 40%로 추정

□ 고용대체에 따른 비용절감 편익

- 2016년 산업통상자원부가 실시한 ‘석탄화력발전에 대한 환경규제의 경제성분석’에서 선택화력과 LNG복합화력에 대한 비용 추정
 - 석탄화력발전의 운전유지비용은 연 46,310억원으로 전체 비용의 5.4%를 차지하며 LNG복합화력은 연 3,980억원으로 2.7%를 차지
 - 원자력발전은 연 17,170억원으로 전체 비용의 36.3% 차지
- 엔지니어링 협회에 따르면 발전플랜트 운영비 중 인건비가 차지하는 비중은 대략 30%로 추정되고, 유보수는 8% 추정
- 발전원별 인건비 대체에 따른 절감비용은 연간 7,804억 원으로 추정
- 발전원별 유보수 절감비용은 연간 2,158억 원으로 추정

3) McKinsey & Company (2017), A Future that works: automation, employment, and productivity.

<표 4-32> 스마트 플랜트 도입에 따른 인건비 절감비용

구분	석탄화력	LNG복합화력	원자력 발전	계
운전유지비용	46,310억 원	3,980억 원	17,170억 원	67,460억 원
유보수 비용	3,704억 원	318억 원	1,373억 원	5,395억 원
인건비	13,893억 원	1,194억 원	5,151억 원	20,238억 원
인건비 절감비용	4,863억 원	418억 원	1,803억 원	7,084억 원
유보수 절감비용	1,481억 원	127억 원	549억 원	2,158억 원
총 절감비용	6,344억 원	545억 원	2,352억 원	9,242억 원

3.3 피해감소 편익

□ 편익추정 개요

- 본 기술개발을 통하여 향후 국가 에너지·발전 플랜트의 상시적인 감시·진단 및 수명예측을 통하여 고장을 사전에 탐지하고 안전사고를 예방 가능할 것으로 보고 향후 절감 가능한 손실 비용 산정
- 본 기술개발 결과물을 활용할 경우 4가지 항목으로 불시 정지로 인한 손실액이 절감될 것으로 기대

<표 4-33> 본 기술개발을 통한 피해감소 편익 요소

손실액 절감 요소	총 손실액 (연평균)	기존 정지비율 (2017년 기준)	개선 정지비율	피해감소 편익
합계 (490회, 97.4%)	453.8억 원 (68.07억)	1.35%	-	연 68.1억원
예방절감 소홀이나 정비문제로 인한 보수 불량 (210회, 41.7%)	194.3억 원 (29.14억)	0.24%	-	연 29.1억원
설계 제작·설비 결함 (154회, 30.6%)	142.6억 원 (21.39억)	0.92%	-	연 21.4억원
오작동, 자연재해, 연료불량 (109회, 21.7%)	101.1억 원 (15.17억)	0.10%	-	연 15.2억원
운전원·정비원 등의 인적 과실 (17회, 3.4%)	15.8억 원 (2.38억)	0.13%	-	연 2.4억원

자료 : 「발전 자회사 발전기 고장 현황(2010.1~2017.8)」, 김규환 의원실 (2017.8)

※ 2010.1~2017.8 기간동안 국내 5개 발전사들은 총 503회 가동 정지, 총 매출손실금 466억 원

3.4 비용편익 분석 종합

- (비용) 본 연구는 2020년부터 2023년까지(총 4년) 국고 지원 206.0억 원, 민간부담 88.3억 원 등 총 294.3억 원을 투입할 예정이며, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 현가 262.1억 원으로 산출
- (편익) 본 연구는 2027년부터 2033년까지(총 7년) 478.8억 원의 편익이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 294.3억 원으로 산출
- 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 $294.3/262.1 = 1.12$ 의 값 산정

<표 4-34> 경제성 분석 종합

(단위 : 억 원, %, 배)

구분	편익-비용		경제성 지표		
	편익(억 원)	비용(억 원)	NPV(억 원)	IRR(%)	BCR(배)
산출내용	294	262	32	6.0%	1.12

<표 4-35> 경제성 상세 분석

(단위 : 억 원)

구분	부가가치 편익		비용		부가가치 순편익	
	부가가치	현재가치	비용	현재가치	순편익	현재가치
2019년						
2020년			60.3	57.7	- 60.3	- 57.7
2021년			66.5	60.9	- 66.5	- 60.9
2022년			81.4	71.3	- 81.4	- 71.3
2023년			86.1	72.2	- 86.1	- 72.2
2024년						
2025년						
2026년						
2027년	61.7	43.4			61.7	43.4
2028년	63.8	42.9			63.8	42.9
2029년	66	42.5			66.0	42.5
2030년	68.2	42.0			68.2	42.0
2031년	70.5	41.6			70.5	41.6
2032년	72.9	41.1			72.9	41.1
2033년	75.4	40.7			75.4	40.7
합계	478.5	294.3	294.3	262.1	184.2	32.2

제5장 소요예산 산정

제1절 인력투입 계획

1. 전체사업 인력투입계획

<표 5-1> 과제 별 소요인력

(단위 : 명)

분류		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄		66.6	43.2	89.9	65	264.7
세부 1	효율적 가상화 기술	13.6	6.4	20.1	14.6	54.6
세부 2	공정 효율화 및 예지 진단 기술	10.7	6.9	22.0	14.6	54.3
세부 3	설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술	19.7	17.9	33.7	29.1	100.4
세부 4	실증 기반 구축 및 Test Bed 운용	22.6	12.0	14.1	6.7	55.4

2. 세부과제별 인력투입계획

<표 5-3> (세부 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술 인력투입계획

(단위 : 명)

분류	세부분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
세부과제 1	합계	13.6	6.4	20.1	14.6	54.6
	세부기술 1-1	소계	10.7	5.3	9.8	25.8
		연구활동 1	2.7	-	-	2.7
		연구활동 2	2.7	2.7	-	5.3
		연구활동 3	2.7	2.7	-	5.3
		연구활동 4	-	2.7	10.7	13.3
		연구활동 5	2.7	2.7	-	5.3
	세부기술 1-2	소계	2.9	1.1	10.2	28.8
		연구활동 1	0.6	0.2	2.6	8.2
		연구활동 2	-	-	2.6	7.4
		연구활동 3	-	-	2.6	7.4

※ 책임연구원 X 참여율 기준 (참여기간 12개월)

<표 5-2> (세부 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술 인력투입계획

(단위 : 명)

분류	세부분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
세부과제 2	합계	10.7	6.9	22.0	14.6	54.3
	세부기술 2-1	소계	3.8	2.1	8.6	21.3
		연구활동 1	2.3	1.1	1.8	7.6
		연구활동 2	1.5	1.0	6.7	13.8
	세부기술 2-2	소계	6.9	4.8	13.4	33.0
		연구활동 1	1.9	1.9	2.4	8.2
		연구활동 2	5.0	3.0	11.1	24.7

※ 책임연구원 X 참여율 기준 (참여기간 12개월)

<표 5-4> (세부 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술 인력투입계획
(단위 : 명)

분류	세부분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
세 부과제 3	합계	19.7	17.9	33.7	29.1	100.4
	세 부기술 3-1	소계	4.9	4.9	7.1	26.1
		연구활동 1	-	1.5	3.5	9.5
		연구활동 2	-	1.5	4.8	9.8
		연구활동 3	4.9	1.9	-	6.8
	세 부기술 3-2	소계	5.2	3.5	8.1	20.3
		연구활동 1	2.8	1.9	4.5	9.2
		연구활동 2	2.4	1.6	3.5	11.2
	세 부기술 3-3	소계	9.6	9.6	18.6	54.0
		연구활동 1	4.8	3.5	6.3	20.1
		연구활동 2	-	2.5	5.3	13.8
		연구활동 3	4.7	3.6	6.3	20.1

※ 책임연구원 X 참여율 기준 (참여기간 12개월)

<표 5-5> (세부 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용 인력투입계획
(단위 : 명)

분류	세부분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
세 부과제 4	합계	22.6	12.0	14.1	6.7	55.4
	세 부기술 4-1	소계	17.6	8.1	0.0	25.7
		연구활동 1	0.5	2.3	-	2.7
		연구활동 2	17.1	5.8	-	23.0
	세 부기술 4-2	소계	0.0	0.1	2.9	6.4
		연구활동 1	-	0.1	2.9	3.3
		연구활동 2	-	-	0.5	3.1
	세 부기술 4-3	소계	5.0	3.8	11.1	23.2
		연구활동 1	5.0	1.2	-	6.2
		연구활동 2	-	1.4	6.6	8.0
		연구활동 3	-	1.2	4.5	9.0

※ 책임연구원 X 참여율 기준 (참여기간 12개월)

제2절 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

□ 연구활동을 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모 확정

○ 인건비는 「2014년 학술연구용역 인건비 기준단가」 책임연구원을 기준으로 작성

<표 5-6> 2014년 학술연구용역인건비 기준단가

(단위 : 원)

등급	월 임금	연 임금
책임연구원	3,018,785 원	36,225,420 원
연구원	2,314,762 원	27,777,144 원
연구보조원	1,547,342 원	18,568,104 원
보조원	1,160,546 원	13,926,552 원

○ 항목별 예산은 국토교통과학기술진흥원 「연구비 산정 서식」을 작성기준으로 활용

- (연구수당) 인건비의 20% 이내로 산정
- (간접비) 인건비+직접비의 10% 이내로 산정

○ 민간부담금 비율은 「국가연구개발규정」에따라서 70% : 30%로 산정 (중앙행정기관 75%이내)

- 민간부담금 중 현금 : 현물의 비율은 중소기업을 기준으로 10% : 90%로 산정

2. 전체사업 소요예산

<표 5-7> 항목별 소요예산

(단위 : 만 원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	241,120	156,732	325,520	235,292	958,663	32.6%
직접비	301,400	195,915	406,900	294,115	1,198,329	40.7%
간접비	60,280	39,183	81,380	58,823	239,666	8.1%
Test Bed 운영비	-	273,071	-	273,071	546,142	18.6%
합계	602,800	664,900	813,800	861,300	2,942,800	100.0%

<표 5-8> 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만 원)

세부과제	세부기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
세부 1	1-1	966	482	891	-	2,339	7.9%
	1-2	266	96	925	1,318	2,605	8.9%
	소계	1,232	578	1,816	1,318	4,944	16.8%
세부 2	2-1	340	190	775	625	1,930	6.6%
	2-2	628	438	1,218	701	2,985	10.1%
	소계	968	628	1,993	1,326	4,915	16.7%
세부 3	3-1	442	441	641	841	2,365	8.0%
	3-2	471	313	730	328	1,842	6.3%
	3-3	867	871	1,685	1,463	4,886	16.6%
	소계	1,780	1,625	3,056	2,632	9,093	30.9%
세부 4	4-1	1,597	730	-	-	2,327	7.9%
	4-2	-	2,741	265	3,039	6,045	20.5%
	4-3	451	347	1,008	298	2,104	7.1%
	소계	2,048	3,818	1,273	3,337	10,476	35.6%
합계		6,028	6,649	8,138	8,613	29,428	100.0%

<표 5-9> 재원별 소요예산

(단위 : 백만 원)

재원		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
국고		4,220	4,654	5,697	6,029	20,600	70.0%
민자	현금	181	200	244	258	883	3.0%
	현물	1,627	1,796	2,197	2,326	7,945	27.0%
	소계	1,808	1,995	2,441	2,584	8,828	30.0%
합계		6,028	6,649	8,138	8,613	29,428	100.0%

3. 세부과제별 소요예산

3.1 (세부과제 1) 스마트 플랜트 효율적 가상화 기술

<표 5-10> (세부 1) 항목별 소요예산

(단위 : 천 원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	492,800	231,200	726,400	527,200	1,977,600	40.0%
직접비	616,000	289,000	908,000	659,000	2,472,000	50.0%
간접비	123,200	57,800	181,600	131,800	494,400	10.0%
합계	1,232,000	578,000	1,816,000	1,318,000	4,944,000	100.0%

<표 5-11> (세부 1) 연구활동별 소요예산

(단위 : 천 원)

세부 기술	연구 활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
1-1	1-1-1	241,500	-	-	-	241,500	4.9%
	1-1-2	241,500	241,500	-	-	483,000	9.8%
	1-1-3	241,500	241,500	-	-	483,000	9.8%
	1-1-4	-	241,500	966,000	-	1,207,500	24.4%
	1-1-5	241,500	241,500	-	-	483,000	9.8%
	소계	966,000	482,000	891,000	0	2,339,000	47.3%
1-2	1-2-1	53,200	19,200	233,393	439,333	745,126	15.1%
	1-2-2	-	-	233,393	439,333	672,726	13.6%
	1-2-3	-	-	233,393	439,333	672,726	13.6%
	소계	266,000	96,000	925,000	1,318,000	2,605,000	52.7%
합계		1,232,000	578,000	1,816,000	1,318,000	4,944,000	100.0%

<표 5-12> (세부 1) 재원별 소요예산

(단위 : 천 원)

재원		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
국고		862,000	404,000	1,271,000	923,000	3,460,000	70.0%
민자	현금	37,000	17,400	54,500	39,500	148,400	3.0%
	현물	333,000	156,600	490,500	355,500	1,335,600	27.0%
	소계	370,000	174,000	545,000	395,000	1,484,000	30.0%
합계		1,232,000	578,000	1,816,000	1,318,000	4,944,000	100.0%

3.2 (세부과제 2) 스마트 플랜트 공정 효율화 및 예지 진단 기술

<표 5-13> (세부 2) 항목별 소요예산

(단위 : 천 원)

예산 항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	387,200	251,200	797,200	530,400	1,966,000	40.0%
직접비	484,000	314,000	996,500	663,000	2,457,500	50.0%
간접비	96,800	62,800	199,300	132,600	491,500	10.0%
합계	968,000	628,000	1,993,000	1,326,000	4,915,000	100.0%

<표 5-14> (세부 2) 연구활동별 소요예산

(단위 : 천 원)

세부 기술	연구 활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
2-1	2-1-1	206,494	95,793	164,927	216,746	683,961	13.9%
	2-1-2	133,506	94,207	610,073	408,254	1,246,039	25.4%
	소계	340,000	190,000	775,000	625,000	1,930,000	39.3%
2-2	2-2-1	173,709	168,733	216,393	184,758	743,593	15.1%
	2-2-2	454,291	269,267	1,001,607	516,242	2,241,407	45.6%
	소계	628,000	438,000	1,218,000	701,000	2,985,000	60.7%
합계		968,000	628,000	1,993,000	1,326,000	4,915,000	100.0%

<표 5-15> (세부 2) 자원별 소요예산

(단위 : 천 원)

재원		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
국고		678,000	440,000	1,395,000	928,000	3,441,000	70.0%
민자	현금	29,000	18,800	59,800	39,800	147,400	3.0%
	현물	261,000	169,200	538,200	358,200	1,326,600	27.0%
	소계	290,000	188,000	598,000	398,000	1,474,000	30.0%
합계		968,000	628,000	1,993,000	1,326,000	4,915,000	100.0%

3.3 (세부과제 3) 스마트 플랜트 설비/구조물 안전 및 건전성 평가 기술

<표 5-16> (세부 3) 항목별 소요예산

(단위 : 천 원)

예산 항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	712,000	650,000	1,222,400	1,052,800	3,637,200	40.0%
직접비	890,000	812,500	1,528,000	1,316,000	4,546,500	50.0%
간접비	178,000	162,500	305,600	263,200	909,300	10.0%
합계	1,780,000	1,625,000	3,056,000	2,632,000	9,093,000	100.0%

<표 5-17> (세부 3) 연구활동별 소요예산

(단위 : 천 원)

세부 기술	연구 활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
3-1	3-1-1	-	134,541	320,500	405,036	860,077	9.5%
	3-1-2	-	134,541	320,500	435,964	891,004	9.8%
	3-1-3	442,000	171,919	-	-	613,919	6.8%
	소계	442,000	441,000	641,000	841,000	2,365,000	26.0%
3-2	3-2-1	253,830	168,681	409,518	-	832,029	9.2%
	3-2-2	217,170	144,319	320,482	328,000	1,009,971	11.1%
	소계	471,000	313,000	730,000	328,000	1,842,000	20.3%
3-3	3-3-1	438,189	319,678	569,140	493,546	1,820,553	20.0%
	3-3-2	-	223,635	547,780	475,909	1,247,324	13.7%
	3-3-3	428,811	327,687	568,080	493,546	4,767,302	52.4%
	소계	867,000	871,000	1,685,000	1,463,000	4,886,000	53.7%
합계		1,780,000	1,625,000	3,056,000	2,632,000	9,093,000	100.0%

<표 5-18> (세 부 3) 재 원 별 소 요 예 산

(단 위 : 천 원)

재 원		1차년 도	2차년 도	3차년 도	4차년 도	합 계	비 율
국 고		1,246,000	1,138,000	2,139,000	1,842,000	6,365,000	70.0%
민 자	현 금	53,400	48,700	91,700	79,000	272,800	3.0%
	현 물	480,600	438,300	825,300	711,000	2,455,200	27.0%
	소 계	534,000	487,000	917,000	790,000	2,728,000	30.0%
합 계		1,780,000	1,625,000	3,056,000	2,632,000	9,093,000	100.0%

3.4 (세부과제 4) 스마트 플랜트 실증 기반 구축 및 Test Bed 운용

<표 5-19> (세부 4) 항목별 소요예산

(단위 : 천 원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
인건비	819,200	434,916	509,200	242,516	2,005,833	19.1%
직접비	1,024,000	543,646	636,500	303,146	2,507,291	23.9%
간접비	204,800	108,729	127,300	60,629	501,458	4.8%
Test Bed 운영비	-	2,730,709	-	2,730,709	5,461,418	47.9%
합계	2,048,000	3,818,000	1,273,000	3,337,000	10,476,000	52.1%

<표 5-20> (세부 4) 연구활동별 소요예산

(단위 : 천 원)

세부 기술	연구 활동	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
4-1	4-1-1	43,866	203,989	-	-	247,856	2.4%
	4-1-2	1,553,134	526,011	-	-	2,079,144	19.8%
	소계	1,597,000	730,000	-	-	2,327,000	22.2%
4-2	4-2-1	-	2,741,000	22,103	2,997,422	5,760,526	55.0%
	4-2-2	-	-	242,897	41,578	284,474	2.7%
	소계	-	2,741,000	265,000	3,039,000	6,045,000	57.7%
4-3	4-3-1	451,000	109,505	-	-	560,505	5.4%
	4-3-2	-	127,990	597,341	-	725,331	6.9%
	4-3-3	-	109,505	410,659	298,000	818,164	7.8%
	소계	451,000	347,000	1,008,000	298,000	2,104,000	20.1%
합계		2,048,000	3,818,000	1,273,000	3,337,000	10,476,000	100.0%

<표 5-21> (세부 4) 재원별 소요예산

(단위 : 천 원)

재원		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율
국고		1,434,000	2,672,000	892,000	2,336,000	7,334,000	70.0%
민자	현금	61,400	114,600	38,100	100,100	314,200	3.0%
	현물	552,600	1,031,400	342,900	900,900	2,827,800	27.0%
	소계	614,000	1,146,000	381,000	1,001,000	3,142,000	30.0%
합계		2,048,000	3,818,000	1,273,000	3,337,000	10,476,000	100.0%

<표 5-22> (세부 4) KSMR Test Bed 운영비용

(단위 : 천 원)

세부 기술	연구 활동	1차년 도	2차년 도	3차년 도	4차년 도	합계
시운전 인건비	시운전 인건비		694,066		694,066	1,388,132
	OCS/ Foreman		559,804		559,804	1,119,608
	Field		456,256		456,256	912,512
	OCS Supervision		18,200		18,200	36,400
	Compressor Supervision		28,000		28,000	56,000
	소계		1,756,326		1,756,326	3,512,652
냉매	ISO 탱크		18,000		18,000	36,000
	에틸렌		48,000		48,000	96,000
	프로판		60,000		60,000	120,000
	소계		126,000		126,000	252,000
액체질소			100,000		100,000	200,000
전기			100,000		100,000	200,000
원료가스			50,000		50,000	100,000
장비 시운전 점검	전기 점검		24,035		24,035	48,070
	계장 점검		21,130		21,130	42,260
	기계 점검		34,150		34,150	68,300
	배관 점검		20,300		20,300	40,600
	소계		99,615		99,615	199,230
시운전 경비			43,650		43,650	87,300
합계			2,275,591		2,275,591	4,551,182
운영비용 (합계*1.2)			2,730,709		2,730,709	5,461,418

자료 : 한국가스공사 제공