

(기획연구보고서)

플랜트·인프라 시설물

설계정보체계 및 건설시뮬레이터 개발 기획

(플랜트 건전성 기반 건설/유지보수 기술)

2015. 01.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “플랜트·인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시뮬레이터 개발 기획연구(플랜트
건전성 기반 건설/유지보수 기술 분과)”에 관한 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015.01. .

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 김태형

연구원 : 김은주

" : 문현석

" : 이홍철

" : 주기범

" : 강성진

" : 송종관

" : 조근하

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2014.5.12~ 2015.01.31	단 계 구 분	기 획
연 구 사 업 명	국토교통연구기획사업				
연 구 과 제 명	최 상 위 과 제 명	플랜트·인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시물레이터 개발 기획			
	공동연구				
	공동연구				
연 구 책 임 자	김태형	총연구기간 참 여 연구원수	8개월 19일 총 : 8 명 내부 : 8 명 외부 : 6 명	총연구비	정부 : 100,000천원 기업 : 천원 계 : 100,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	주관 공동	한국건설기술연구원	참여기업명	(주) 글로텍 (주) 에이티맥스	
국제공동연구	상대국명 : 상대국연구기관명 :				
- 본과제는 ‘플랜트 건전성 기반 건설/유지보수 기술 개발 기획’을 목표로 함 - 핵심기술을 도출하기 위하여 (1)동향분석 및 기술 수요조사 실시, (2)기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정, (3)연구개발 과제 기획 등 3단계로 기획 연구를 수행하였음 - 이러한 프로세스를 기반으로 ‘건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술 개발’, ‘RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 개발’, ‘RISK 평가 기반 안정화 기술 개발’의 3개의 세부과제 및 9개의 세세부과제를 도출하였음			보고서면수		156p
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	램(신뢰성, 유지보수성, 가용성), 신뢰도 기반 보전, 위험도, 생산성			
	영 어	RAM(Reliability, Maintainability, Availability), RCM(Reliability Centered Maintenance), RISK, Productivity			

요 약 문

1. 제 목

플랜트·인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시물레이터 개발 기획연구
(플랜트 건전성 기반 건설/유지보수 기술 분과)

2. 연구개발의 목적 및 필요성

- 플랜트 엔지니어링 기술은 플랜트 건설 분야 중에서도 고부가가치 산업분야로서 국내 EPC construction 중심의 플랜트 산업 생태계를 운용, 유지보수 시장으로 확장, 나아가서는 플랜트 FEED 분야로 확대하기 위한 교두보적 씨드 기술
- 이를 위해서는 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획·설계·시공 자동화, 스마트 운영 등에 관한 기술혁신이 필요하고, 신뢰성, 생산가용도 및 위험도, 안전진단 등 시설 관리가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 또한 직관적 플랫폼 인터페이스를 통한 플랜트 유지관리 기술 혁신을 통하여 사회 기반시설 운용 과정의 현장/시설 건전성 및 안전성 개선이 필요
- 급격한 인구 고령화 시대에서 기존 인적자원 중심 노하우 집적 방식을 시스템 중심의 집적 방식으로 전환 시점이 도래됨
- 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 이에 생산가용도 설계기술의 미래전망 및 이슈, 니즈 등 환경분석, 기술수요 도출, 비전 및 목표 설정, 기술개발전략 수립, 타당성 조사 등을 통하여 기술개발과제로서 타당성을 확보할 수 있도록 기획연구의 수행이 필요
- 플랜트 건설시 기후와 가혹한 현장 여건으로 인한 생산성, 신뢰성 저하 해결을 위한 대안 필요
- 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획, 설계, 시공, 운영 등에 관한 기술 혁신 필요
- 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요

3. 연구개발 목표

- 환경플랜트 건전성 기반 생애주기 생산성 개선 및 운용 최적화 기술 및 솔루션 개발
(시설규모 500 ton/day급, 건전성 평가 DB 구축 90%, 건설수요 완화 5%)
- RAM 기반 RCM 솔루션 구축
(생애주기 생산성 개선 5%, 생애주기 운전비용 절감 10%)
- RISK 기반 안정화 기술 개발
(생애주기 운전 수명 5% 개선, 생애주기 운전비용 절감 10%)

4. 연구개발 내용

- 세부 1과제 : 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술
 - 플랜트 건전성 평가 기반 시스템 관리 최적화 시스템 개발
 - 환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성(reliability) 데이터베이스 개발
 - 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(신설) 연구
- 세부 2과제 : RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술
 - 플랜트 RAM 평가 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 건설(설계), 유지보수 최적화 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼 개발
- 세부 3과제 : RISK 평가 기반 안정화 기술
 - 플랜트 RISK 평가 기술 개발
 - 플랜트 RISK 기반 RBI 기술 개발
 - 플랜트 RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼 개발

5. 연구개발 범위

- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 시스템 기술은 플랜트 설계/건설의 최적화, 격오지 등에 설치된 플랜트의 유지보수 최소화 및 노후 플랜트의 가용 기간의 평가, 유지보수 등을 위한 기술로서 플랜트 생산가용도, 리스크 분야 시스템 엔지니어링 기술 확충을 통하여 플랜트 건설 및 유지관리 효율 개선을 위한 통합 해석 및 설계기술 개발임
- 국가가 발주하고, 지자체에서 관리감독이 이루어지는 대표적인 SOC 시설인 환경플랜트를 대

상으로 플랜트 건전성 평가기술, 플랜트 건전성 평가 플랫폼, 플랜트 건전성 평가 데이터베이스 구축/평가 기술, 운전 결과 보고 의무화 제도 개발 기획을 포함함

6. 연구개발의 대상

- 플랜트 생산성, 신뢰성 평가 기술은 전주기 엔지니어링 데이터 기반 분야로서 현장 데이터 수집을 담보할 수 있는 국내 정부주도의 시설 운용이 이루어지고 있는 환경플랜트 등을 대상으로 연구개발 수행
- 최근 지자체에서 운용하고 있는 공공플랜트의 경우 매년 관리비 증가에 따라 지자체의 관리 부담이 증가되고 있으며, 운용 관리비 증가로 건설주체(건설사)와 관리주체(지자체)의 마찰이 빈번하게 발생하고 있어 플랜트 계획 단계의 엔지니어링 예측이 필요한 실정

7. 연구개발비 소요

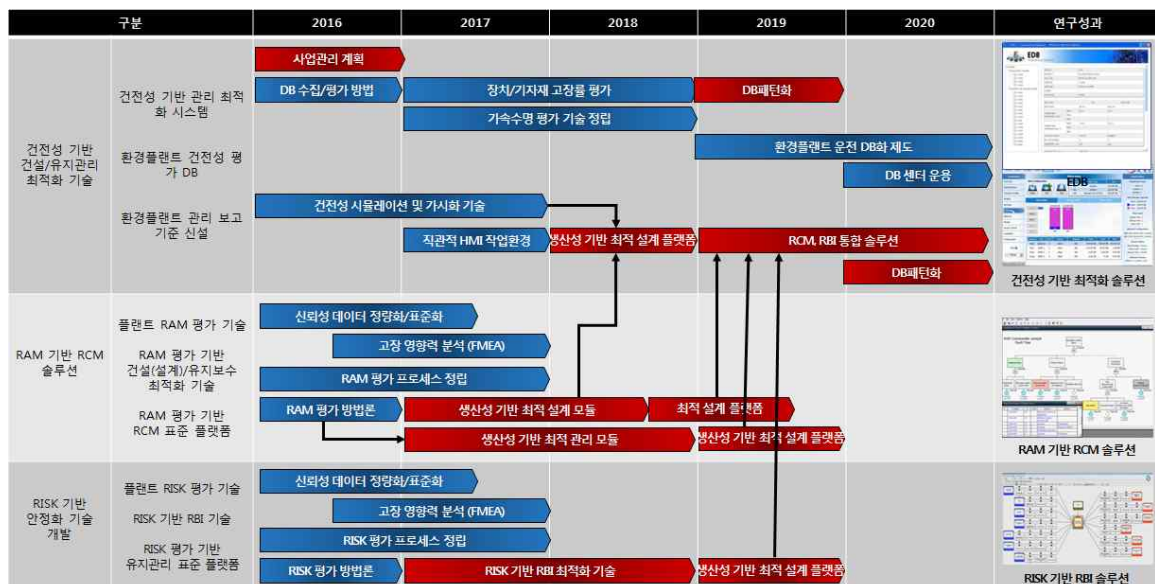
구분			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	미지급 인건비		0	0	0	0	0	0
	지급인건비	현금	850	1,100	1,100	950	600	4,600
		현물	765	990	990	855	540	4,140
	학생인건비		0	0	0	0	0	0
	소계		1,615	2,090	2,090	1,805	1,140	8,740
	연구장비 재료비	현금	510	660	660	570	360	2,760
		현물	0	0	0	0	0	0
	연구활동비		306	396	396	342	216	1,656
	연구과제추진비		204	264	264	228	144	1,104
	연구수당		153	198	198	171	108	828
	소계		1,173	1,518	1,518	1,311	828	6,348
	위탁연구개발비		255	330	330	285	180	1,380
간접비			357	462	462	399	252	1,932
합계			3,400	4,400	4,400	3,800	2,400	18,400

8. 정부지원 필요성

- 선진국형 산업인 플랜트 개념설계 등은 글로벌 선진 기업의 기술장벽이 높고 선진기업에 의한 카르텔이 형성되어 있어 자생적인 기술 생태계가 형성이 불가능한 상태
- 플랜트 건설 엔지니어링 기술은 엔지니어링 기술 경쟁력이 현업 이슈로 부각되고 있으나 국내 사업실적 및 기반이 미흡하여 초기 리스크 웨어를 위한 정부 차원의 지원이 필요할 것으로 평가
- 환경플랜트 등 인프라시설은 국가가 발주하는 시설이므로 이에 대한 관련 정책, 표준, 기술 등은 국가가 개발을 지원하는 것이 타당할 것으로 판단

9. 추진전략

- 연구수행 단계는 2단계로 나누며 1단계(1차 및 3차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(4차 및 5차년도)에는 핵심기술 개발을 중심으로 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보
- (1단계) 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시스템 기본설계 도출
- (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보



10. 활용방안 및 기대효과

- 개발된 성과는 환경플랜트(하수처리) 뿐만아니라 플랜트, 설비 등 다양한 산업분야에 활용 가능한 기술임
- 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실용화 및 사업화 추진
- 시스템·서비스 시장 경쟁력 90% 이상 확보
- 중동, 동남아시아 등 개도국 SOC 개선 사업으로 참여

임의여백

기획연구보고서 목차

요약문	1
제 1 장 기술의 정의 및 필요성	1
1.1 기술의 정의	1
1.2. 연구개발 배경 및 필요성	7
제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석	13
2.1 국내외 정책동향	13
2.2 국내외 시장동향	16
2.3 국내외 기술동향	21
2.4 논문 동향	30
2.5 특허 동향	35
2.6 기술수준, 연구역량 분석	57
2.6.3 기술격차 해소방안	63
제 3 장 기술수요조사	65
제 4 장 연구개발과제 구성 및 추진전략	75
4.1 비전 및 목표	75
4.2 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	77
4.3 연구개발과제 재구성	79
4.4 세부과제 주요 내용 및 추진전략	82
4.5 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	87

제 5 장 연구투입 소요예산 산정	89
5.1. 인력투입계획	89
5.2. 소요예산 산정	90
제 6 장 사전타당성 검토	97
6.1 기술적 타당성	99
6.1 정책적 타당성	103
6.3 경제적 타당성	105
6.3.1 직접적 경제효과	109
6.3.1 간접적 파급효과	120
제 7 장 과제 제안요구서 및 평가기준 설정	127
7.1 과제 제안요구서	127
7.2 평가기준 설정	137
제 8 장 참고문헌	138

〈표 차례〉

표 1-1 하수슬러지 플랜트 운영사례(출처: 대전 공공하수처리시설 운용 보고서 2011)	10
표 2-1 상용 RAMS 분석 도구 비교	21
표 2-2 신뢰성 데이터베이스 현황	23
표 2-3 논문 동향 조사 키워드 정의, 분류	31
표 2-4 논문 동향 조사 논문 분포	32
표 2-5 특허 동향 조사 키워드 정의, 분류	35
표 2-6 특허 동향 조사 검색 키워드	36
표 2-7 특허 동향 노이즈 필터링, 유효성 검증 결과	37
표 2-8 우리나라 부문 및 지표별 과학기술역량 지수	58
표 2-9 기술수준 분석 결과(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)	61
표 2-10 기술 분야별 인프라 수준(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)	62
표 2-11 기술 분야별 국내외 현황 및 수준(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)	62
표 2-12 기술격차 해소방안(●:1순위, ○:2순위, △:3순위)	63
표 3-1 기술수요조사 대상 집계표	72
표 3-2 기술수요조사 결과(세부 수요조사 결과는 부록 참조)	72
표 6-1 상용 RAMS 분석 도구 비교	100
표 6-2 사업단 과제 중복성 검토 기준	101
표 6-3 국정기조와의 부합성 (출처: http://pmo.go.kr/pmo/inform/inform01-2.jsp)	103
표 6-4 연구단 과제별 연구비 편성	106
표 6-5 연구단 과제별 연구비 현가	107
표 6-6 건전성 평가 기반 유지관리 솔루션 수요 예측	110
표 6-7 연구과제 편익 평가를 위한 개량 지표 설문 및 산업연관효과	111
표 6-8 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)	112
표 6-9 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)	113
표 6-10 환경(하수처리) 플랜트 시설 운영비 수요 예측(단위: 억원)	116
표 6-11 연구과제 편익 평가를 위한 개량 지표 설문 및 산업연관효과	117

표 6-12 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준)	117
표 6-13 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)	118
표 6-14 연구과제 비용, 편익 종합 분석	119
표 6-15 연구과제 간접 효과 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원, 명)	121
표 6-16 연구과제 간접 효과 분석(Negative market outlook 기준, 단위: 백만원, 명)	122

〈그림 차례〉

그림 1-1 생애주기 자산 건전성 관리 개념	2
그림 1-2 플랜트 자산 건전성 관리 기술 structure	2
그림 1-3 기획연구과제의 범위 정의	4
그림 1-4 플랜트 엔지니어링 생애주기 및 국내 플랜트 산업 생태계 전환(안)	7
그림 1-5 직관적 플랫폼 인터페이스를 이용한 시스템 관리 사례(출처: AVEVA AVP)	7
그림 1-6 세계 각국의 고령화 속도 비교	8
그림 1-7 65세 이상 고령자 인구 구성비(출처: 통계청)	8
그림 1-8 인력수급 추이 및 전망 (단위: 만명, 출처: 한국노동연구원)	9
그림 1-9 환경플랜트 건설주체, 관리주체 마찰 사례(출처: 한겨레 신문 2011.05.11.)	10
그림 2-1 ISO 55000 자산관리 기준	13
그림 2-2 Management specification for the optimized management of Physical asset 2008	14
그림 2-3 한국전력의 위험도 기반 시설 관리 사례	15
그림 2-4 한국가스안전공사의 위험도 평가 매트릭스 사례	15
그림 2-5 글로벌 플랜트 운영 및 유지보수 시장 현황	16
그림 2-6 DNV-GL사 수익 변동(좌), 사업분야(우)	17
그림 2-7 DNV-GL사 유지보수 운용 수익(좌), 인력 고용 규모(우)	17
그림 2-8 국내 중화학 플랜트 사고발생현황	19
그림 2-9 국내 수처리 플랜트 유지보수 시장 규모(출처: TSKwater, 2013 기준)	20
그림 2-10 국내 환경관리시설 분포(출처: TSKwater, 2013 자사 관리 시설 기준)	20
그림 2-11 AL Safety Design 사의 RAM 솔루션	22
그림 2-12 DoD의 RCM 솔루션	23
그림 2-13 OREDA Handbook 2003(좌), 2009(우) 신뢰성 데이터 비교(Electric compressor)	25
그림 2-14 OREDA Handbook 2003(좌), 2009(우) 신뢰성 데이터 비교(Turbo expender)	25
그림 2-15 DSME CMMS(computer maintenance management system) 구성	26
그림 2-16 플랜트·설비 정비관리 기술 도입 개념	27
그림 2-17 플랜트·설비 위험도 기준 정비관리 기술 동향	27
그림 2-18 플랜트·설비 위험도 관리 MATRIX 사례	28
그림 2-19 LNG플랜트사업단 개발사례 (정규분포 난수, 몬카를로기법에 한정)	29

그림 2-20 한국가스안전공사 RBI 평가 시스템 및 database 개발 사례	29
그림 2-21 NDSL 논문 검색 포털 (www.ndsl.kr)	30
그림 2-22 NDSL 논문 검색 사례 (www.ndsl.kr)	31
그림 2-23 플랜트/장비 건전성 분야 전체 논문 추세 (1990~2015년)	32
그림 2-24 플랜트/장비 건전성 분야별 논문 발표 추세 (1990~2015년)	33
그림 2-25 플랜트/장비 분야별 논문 발표 비중 (1990~2015년)	33
그림 2-26 플랜트/장비 건전성 평가 분야, 데이터베이스 분야 논문 발표 추세 (1990~2015년)	34
그림 2-27 특허 동향 조사 키워드 구성	36
그림 2-28 특허 동향 노이즈 필터링, 유효성 검증	37
그림 2-29 플랜트 생산 가용도 전분야 시계열 특허 동향	38
그림 2-30 플랜트 생산 가용도 전분야 국가별 특허 동향	39
그림 2-31 플랜트 생산 가용도 전분야 내외국인 출원 현황	39
그림 2-32 플랜트 생산 가용도 전분야 출원국 현황	39
그림 2-33 플랜트 생산 가용도 전분야 특허 포트폴리오	40
그림 2-34 국가별 특허 출원 세부 동향	40
그림 2-35 주요 IP 시장국별 특허 경쟁자 현황	41
그림 2-36 플랜트 생산 가용도 전분야 특허 연관성 분석	42
그림 2-37 플랜트 생산 가용도 전분야 특허맵 시계열 분석	43
그림 2-38 2013년 국가별 과학기술혁신역량지수(COSTII)	57
그림 2-39 우리나라 과학기술혁신역량지수 및 순위의 연도별 변화 추이	58
그림 2-40 플랜트 건설/운영에 있어서 RAM 및 RCM 연계성	60
 그림 3-1 기술수요조사 프레임 및 흐름도	 66
 그림 4-1 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 R&D 비전, 목표	 75
그림 4-2 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 R&D 비전, 목표	76
그림 4-3 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 과제 구성	82
그림 4-4 건전성 평가 기반 RCM 솔루션 사례	83
그림 4-5 RAM 기반 RCM 솔루션 개발 추진전략	84
그림 4-6 플랜트 가용도 평가 솔루션 사례	84
그림 4-7 RISK 기반 RBI 솔루션 개발 추진전략	85

그림 4-8 플랜트 위험도 평가 솔루션 사례	85
그림 4-9 한국가스안전공사의 smart RBI 프로그램 사례	86
그림 6-1 사전타당성 평가 프로세스 개요	98
그림 6-2 미래창조과학부 국가R&D사업관리서비스 유사과제 검색 결과	102
그림 6-3 경제적 타당성 평가 프로세스 개요	105
그림 6-4 편익 추정의 분석틀	106
그림 6-5 주요시장금리(출처: 한국은행 2015년 3월 금융시장동향)	107
그림 6-6 DNV-GL사 수익 변동(좌), 사업분야(우)	109
그림 6-7 건전성 기반 유지관리 솔루션 시장 전망	111
그림 6-8 공공하수처리시설 투자계획	114
그림 6-9 공공하수처리시설 용량 및 비용	115
그림 6-10 환경(하수처리) 플랜트 시설 운영비(시설 개보수 비용) 증가 전망	115
그림 6-11 산업연관효과 추정의 분석틀	120
그림 6-12 산업연관표 - 산업별 부가가치 유발계수(출처: 한국은행)	123
그림 6-13 산업연관표 - 산업별 생산 유발계수(출처: 한국은행)	124
그림 6-14 산업연관표 - 산업별 고용 유발계수(출처: 한국은행)	125
그림 6-15 국제산업연관표 - 우리나라의 수출입액 및 국가별 부가가치 구성(출처: 한국은행) ·	126

임의여백

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

1.1 기술의 정의

1.1.1 “플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술”의 정의

□ 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 시스템 기술은 플랜트 설계/건설의 최적화, 격오지 등에 설치된 플랜트의 유지보수 최소화 및 노후 플랜트의 가용 기간의 평가, 유지보수 등을 위한 기술로서 플랜트 생산가용도, 리스크 분야 시스템 엔지니어링 기술 확충을 통하여 플랜트 건설 및 유지관리 효율 개선을 위한 통합 해석 및 설계기술 개발 연구과제의 기획이며 국가가 발주하고, 지자체에서 관리감독이 이루어지는 대표적인 SOC 시설인 환경플랜트를 대상으로 플랜트 건전성 평가기술, 플랜트 건전성 평가 플랫폼, 플랜트 건전성 평가 데이터베이스 구축/평가 기술, 운전 결과 보고 의무화 제도 개발 기획을 포함

- 플랜트 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술 개발
 - 플랜트 건전성 평가 기반 시스템 관리 최적화 시스템 개발
 - 환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성(reliability) 데이터베이스 개발
 - 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(신설) 연구
- 플랜트 RAM¹⁾ 평가 기반 RCM²⁾ 최적화 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 건설(설계), 유지보수 최적화 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼 개발
- 플랜트 RISK 평가 기반 안정화 기술 개발
 - 플랜트 RISK 평가 기술 개발
 - 플랜트 RISK 기반 RBI³⁾ 기술 개발
 - 플랜트 RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼 개발

1) RAM(reliability, availability maintainability) : 생산가용도 평가 기술

2) RCM(reliability centered maintenance) : 신뢰성 기반 유지보수

3) RBI(risk based inspection) : 위험도 기반 검사

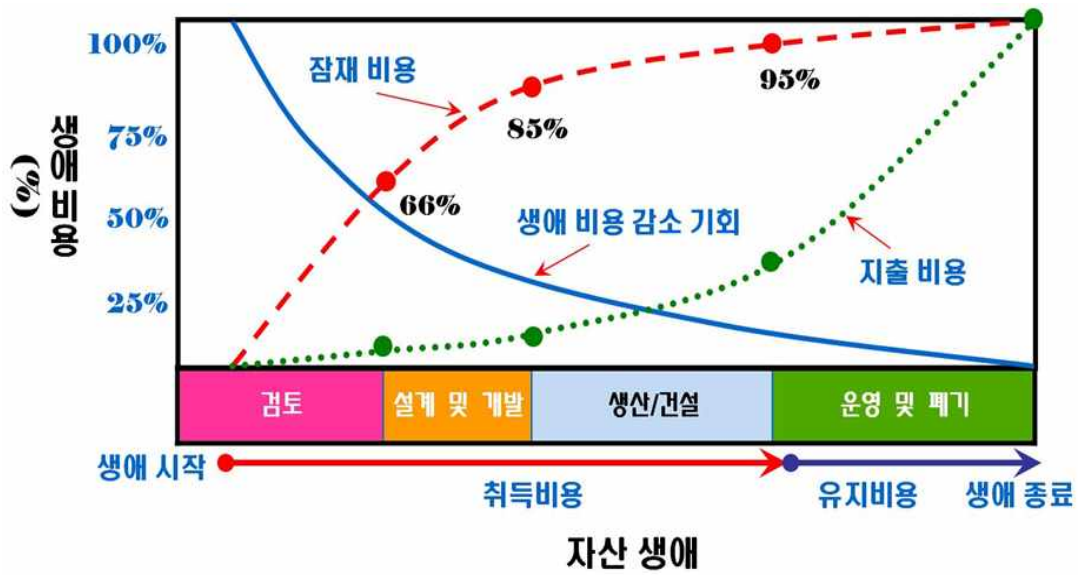


그림 1-1 생애주기 자산 건전성 관리 개념

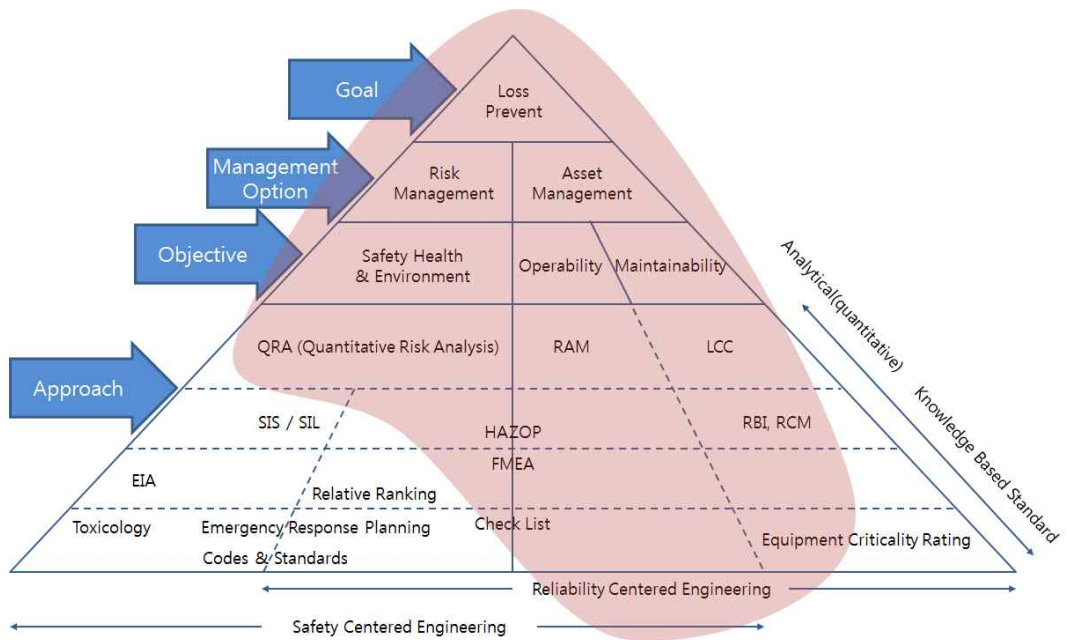


그림 1-2 플랜트 자산 건전성 관리 기술 structure

1.1.2 세부 기술의 정의

□ 플랜트 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술 개발

- 플랜트 생산가용도 평가를 통하여 설계 최적화 시스템, 건전성 평가를 통하여 유지관리 최적화 시스템의 표준 플랫폼을 구축하고, 시스템의 개별 구성 요소들을 통합, 장치 고장, 사고 시나리오를 구성, 예측하여 최종적으로 플랜트 생애주기 생산성을 최상의 상태로 유지하기 위한 플랫폼 기술로서
- 환경플랜트를 대상으로 구성 장치 및 기자재의 신뢰성(reliability) 데이터베이스를 수집, 정량화 연구를 포함하고 있으며, 신뢰성 데이터베이스 수집을 위하여 가속수명 평가 방법론, 현장 데이터베이스 수집 정량화 연구를 포함함.
- 또한 환경플랜트의 현장 데이터베이스 수집 정량화를 위한 제도적 장치로서 운전, 유지보수 결과의 보고 의무화 제도 신설 연구를 포함하고 있음.

□ 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 개발

- 플랜트의 생애주기 소요 비용의 최소화 및 생산성 최대화를 위하여 시스템 정비전략과 유지보수 비용에 관한 제반 사항을 종합 검토하여 플랜트 시스템 신뢰성, 유지보수 특성을 반영한 생애주기 가용도, 생산성 평가 기반으로 플랜트 건설(설계) 최적화 및 건전성 평가를 기반으로 유지보수 최적화 기술(RCM) 개발을 포함하고 있으며,
- 또한 종합상황실 및 현장에서 플랜트 RAM 기반 유지관리 최적화 관리를 위하여 햅틱 기반 플랜트 RCM 표준 플랫폼 개발을 포함하고 있음.

□ 플랜트 RISK 평가 기반 안정성 최적화 기술 개발

- 플랜트의 생애주기 기간 중 사고로 인한 피해를 최소화하기 위하여 시스템 상태 진단, 정비이력 등 제반 사항을 종합 검토하여, 시스템 RISK 평가를 기반으로 플랜트 유지관리 최적화 기술(RA(risk assessment), RBI(risk inspection) 기술을 포함하고 있으며,
- 또한 종합진단실에서 플랜트 RISK 기반 유지관리 최적화 관리를 위한 표준 플랫폼 개발을 포함하고 있음.

1.1.3 기획 연구의 범위

- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 과제의 연구개발 범위는 플랜트 사업 기획부터 폐기까지 다양한 플랜트 생애주기 중에서, 1차적으로 플랜트 생애주기 생산성, 안전성 평가를 통한 시스템 건설(설계) 최적화 기술 개발을 대상으로 하고 있으며, 2차적으로 운영 및 유지보수 단계에서 적용 가능한 플랜트 건전성 확보를 위한 상태 진단, 유지관리 기술 개발을 대상으로 하고 있음
- 향후 플랜트 건전성 기반 설계, 운영, 유지관리 최적화 기술의 생애주기 확장을 위하여 건설 시뮬레이션 기술과 연계 기술 개발의 기획이 필요함

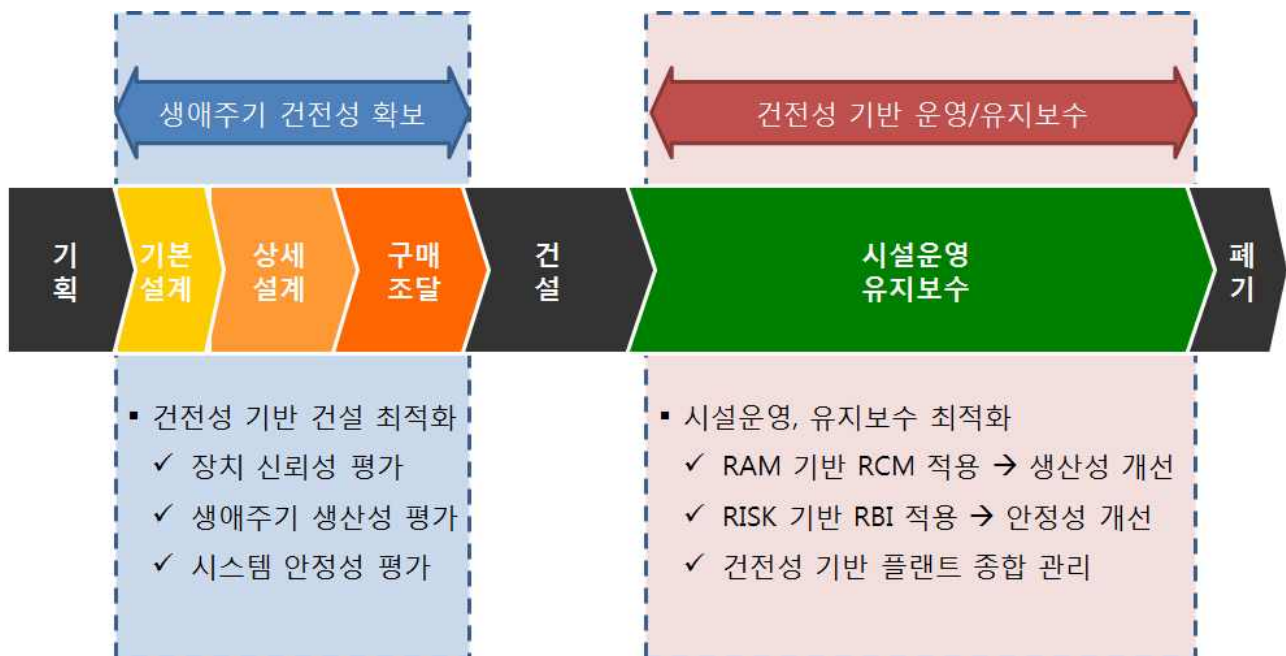


그림 1-3 기획연구과제의 범위 정의

1.1.3 기획 연구의 목표

- 분야별 기술 개발을 위한 세부과제 도출, 목표설정, 성공요소 제시 등 연구 기획
 - 국내외 기술, 시장, 연구 동향 및 환경 분석

- 국내 기술 수준 검토 및 기술 기반 확충 방안 제시
- 플랜트 건전성 평가 기술 분야 요소기술 및 과제 도출
 - 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 개발
 - 플랜트 RISK 평가 기반 안정화 기술 개발
 - 플랜트 건전성 평가 시스템 구축
- 우선순위 평가를 통한 세부 추진 과제 선정
- 연구단 및 세부 추진 과제 연구목표, 수행방법, 주요 연구내용 정립

□ 연구개발 대상 기술 개발, 실용화, 현장적용 세부방안 기획

- 도출 기술의 개발 타당성 검증
- 플랜트 엔지니어링 기술 고도화 로드맵에 반영
- 연구단 및 세부 추진 과제의 연구성과 달성도 측정 방법 제시
- 연구단 및 세부 추진 과제 연구 성과의 활용방안, 기대효과 제시
- 개발 기술 및 시스템의 현장 적용 방안 제시
- 개발 기술 및 시스템의 국내외 사업화 방안 제시

□ 플랜트 자산 건전성 관리 분야 기술트리

중분류	세분류	요소기술	비고
사전준비	사전준비	업무 분장	
		분석 항목 식별	
		우선 순위 지정	
		시스템 확인, 문서 검토	
		방향 설정, 교육	
		기본 규칙과 가정	
자산평가	자산 평가	시스템 정의	Primary Function Secondary function Hidden function
		장비 식별	
		기능, 조작 식별	
		운영 상황 식별	
		성능 기준 식별	
		장비 중요도 식별	

자산건전성 평가	FFA, FMEA, FTA analysis	오작동 모드 식별	Age-reliated Not-Age-reliated
		오작동 원인 식별	
		오작동 근본 원인 식별	
		오작동 영향력 식별	
		오작동 비용 평가	
	RISK, HAZOP analysis	오작동 모드 식별	Age-reliated Not-Age-reliated
		오작동 원인 식별	
		오작동 근본 원인 식별	
		오작동 위험도 평가	
		RISK(HAZOP)	
	유지보수 전략	유지보수 분담 전략	고장정비 예방정비
		유지보수 비용 평가	
	유지보수 최적화	최적화 검사	주기 비용 수위
		유지보수, 검사 일정 최적화	
		유지보수 한계 식별	
		유지보수, 검사 비용 평가	
		시스템 운전 수명 최적화	
	확인/검증	RCM 적용 한계 정의	
		오작동 vs 영향력 보고	
		유지보수 성능 보고	
		성능 보고	
데이터베이스	현장데이터 기반 DB	현장 DB 수집 방법	
		현장 DB 패턴화	
		현장 DB 기반 고장률 평가	
	가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발	소재 및 장비 신뢰성 평가	
		열화상태 진단, 잔존수명 예측	
		가속수명시험평가 기술	

1.2. 연구개발 배경 및 필요성

- 플랜트 엔지니어링 기술은 플랜트 건설 분야 중에서도 고부가가치 산업분야로서 국내 EPC construction 중심의 플랜트 산업 생태계를 운용, 유지보수 시장으로 확장, 나아가서는 플랜트 FEED 분야로 확대하기 위한 교두보적 씨드 기술
- 이를 위해서는 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획·설계·시공 자동화, 스마트 운영 등에 관한 기술혁신이 필요하고, 신뢰성, 생산가용도 및 위험도, 안전진단 등 시설 관리가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 또한 직관적 플랫폼 인터페이스를 통한 플랜트 유지관리 기술 혁신을 통하여 사회 기반시설 운용 과정의 현장/시설 건전성 및 안전성 개선이 필요

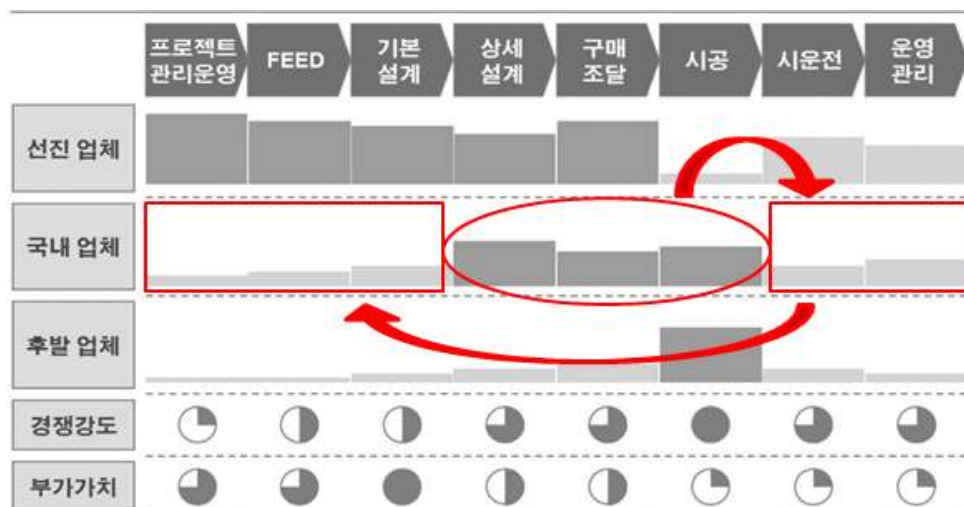


그림 1-4 플랜트 엔지니어링 생애주기 및 국내 플랜트 산업 생태계 전환(안)



그림 1-5 직관적 플랫폼 인터페이스를 이용한 시스템 관리 사례(출처: AVEVA AVP)

□ 급격한 인구 고령화 시대에서 기존 인적자원 중심 노하우 집적 방식을 시스템 중심의 집적 방식으로 전환 시점이 도래됨

- 한국사회 2018년 고령사회 도달 예상: 65세이상 인구 14.3%
- 숙련된 운전원 퇴직→노동력 부족→비숙련 운전원 경험 부족→생산성 저하 및 안전 위협
- 비숙련 운전원의 효과적 시설관리를 위한 노하우 전수 수단 필요

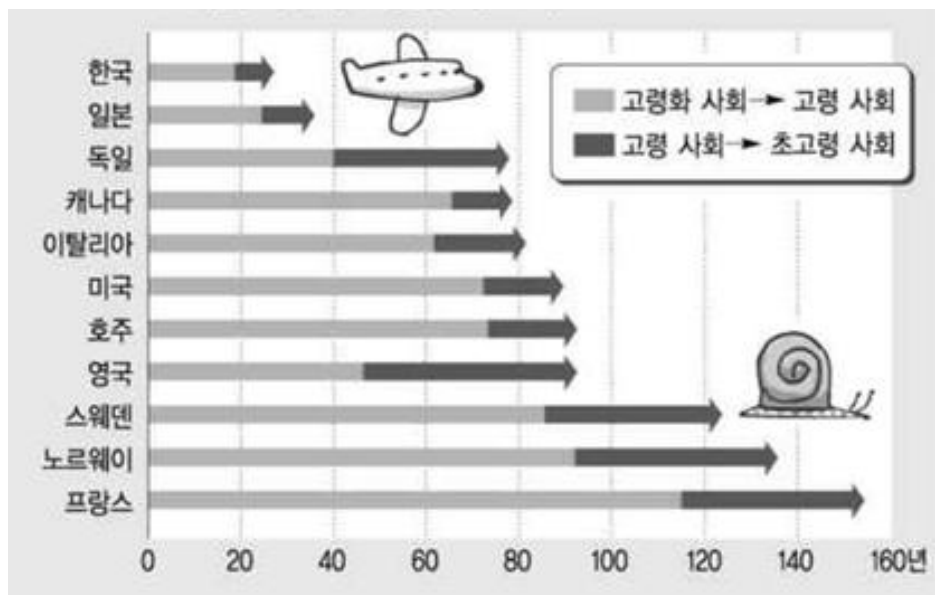


그림 1-6 세계 각국의 고령화 속도 비교



그림 1-7 65세 이상 고령자 인구 구성비(출처: 통계청)

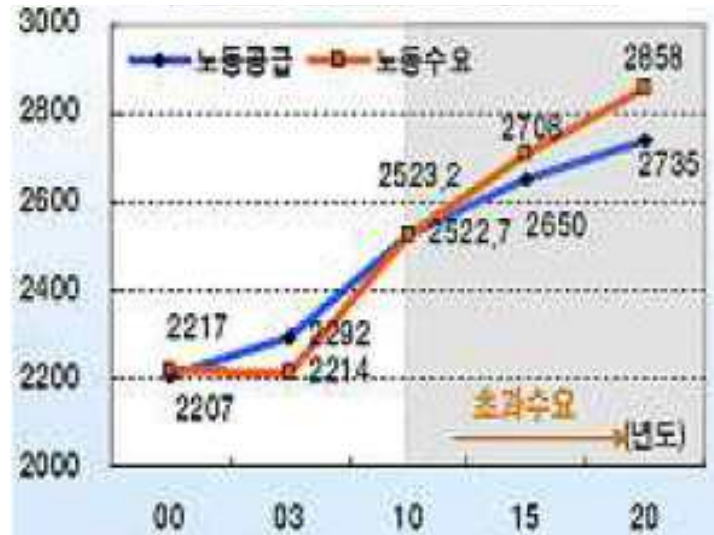


그림 1-8 인력수급 추이 및 전망 (단위: 만명, 출처: 한국노동연구원)

- 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 이에 생산가용도 설계기술의 미래전망 및 이슈, 니즈 등 환경분석, 기술수요 도출, 비전 및 목표 설정, 기술개발전략 수립, 타당성 조사 등을 통하여 기술개발과제로서 타당성을 확보할 수 있도록 기획연구의 수행이 필요
- 플랜트 건설시 기후와 가혹한 현장 여건으로 인한 생산성, 신뢰성 저하 해결을 위한 대안 필요
 - 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획, 설계, 시공, 운영 등에 관한 기술 혁신 필요
 - 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 연구개발 대상 선정
 - 플랜트 생산성, 신뢰성 평가 기술은 전주기 엔지니어링 데이터 기반 분야로서 현장 데이터 수집을 담보할 수 있는 국내 정부주도의 시설 운용이 이루어지고 있는 환경플랜트 등을 대상으로 연구개발 수행
 - 최근 지자체에서 운용하고 있는 공공플랜트의 경우 매년 관리비 증가에 따라 지자체의 관리 부담이 증가되고 있으며, 운용 관리비 증가로 건설주체(건설사)와 관리주체(지자체)의 마찰이 빈번하게 발생하고 있어 플랜트 계획 단계의 엔지니어링 예측이 필요한 실정

표 1-1 하수슬러지 플랜트 운영사례(출처: 대전 공공하수처리시설 운용 보고서 2011)

구분	계	인건비	수도광열비	수선유지비	재료비	위탁관리비	기타
2006	12,720,011	3,736,213	2,841,251	1,324,951	616,792	-	4,200,804
2007	18,095,260	3,982,652	3,644,491	2,059,162	656,302	81,371	772,282
2008	19,780,901	4,055,878	4,042,040	1,316,196	1,311,960	83,969	8,970,858
2009	19,245,551	4,051,516	4,656,443	2,059,773	1,854,184	135,246	6,488,399
2010	17,658,881	3,997,457	4,999,933	1,609,699	2,597,630	166,363	4,298,909

은평뉴타운 '돈먹는 쓰레기처리시설' 어쩌나

환경플랜트 관리비 한해 25억~30억원 달해 부담
SH공사 "구가 인수해야" 은평구 "시비 지원해야"

【연겨레】

• 연겨레 기자 윤영미 기자

환경플랜트 관리비 한해 25억~30억원 달해 부담
SH공사 "구가 인수해야" 은평구 "시비 지원해야"

"적자투성이 시설을 어떻게 받나?" "뉴타운 잘 되면 은평구도 발전하는 거 아닌가?"

은평뉴타운의 생활폐기물 처리시설인 '환경플랜트' 인수인계를 두고 서울시와 은평구가 2년 넘게 갈등을 빚고 있다. 환경플랜트는 쓰레기를 아파트 건물 앞 투입구에 넣으면 지하 수송관로를 통해 자원회수시설로 옮겨 소각하는 처리시설로, '생태전원도시'를 표방하는 은평뉴타운의 상징이다.

사업 시행사인 에스에이치공사는 2007년 3월 시설 공사를 시작해 이듬해 10월 완공한 뒤 은평구에 시설을 이관받을 것을 꾸준히 요청해왔다. 그러나 구는 '운영비를 지원해달라'는 입장을 내세우고 있다. 은평구의 말을 들어보면, 현재 은평뉴타운 환경플랜트의 운영비는 연간 25억~30억원 수준인 데 견줘, 뉴타운이 들어서기 전 진관동 일대의 폐기물 처리비용은 연간 5억원 수준이었다. 뉴타운이 생긴 뒤 폐기물 처리비용이 연간 20억원 이상 늘어난 셈이다.

2008년부터 음식물쓰레기를 분리 배출하도록 한 환경부 지침도 시설 인수인계에 걸림돌이 되고 있다. 은평뉴타운 환경플랜트는 쓰레기를 가연성과 비가연성으로만 나눠 음식물과 생활폐기물을 혼합 배출하고 있다. 환경부 지침에서는 이미 사용 중인 시설도 별도의 분리 배출 시설을 설치하도록 정했다. 은평구는 에스에이치공사가 음식물 쓰레기 분리 배출을 위한 집하시설과 처리시설을 추가로 설치하거나 이에 상당한 금액을 줘야만 환경플랜트를 인수하겠다는 의견이다.

이에 대해 에스에이치공사 측은 "이미 지어진 기존시설의 경우 방법이 없기 때문에 야적 입장 정리가 안됐다"고 말했다.

은평구가 환경플랜트 인수를 결정한다고 해도 구의회에서 '적자투성이' 시설에 대해 의결을 해줄 것인지도 의문이다. 공유재산 및 물품관리법은 유지비 등 재정적 부담이 지나쳐 지방자치단체에서 관리하기 곤란한 경우 기부채납을 받을 수 없다

그림 1-9 환경플랜트 건설주체, 관리주체 마찰 사례(출처: 한겨레 신문 2011.05.11.)

□ 정부지원 필요성

- 선진국형 산업인 플랜트 개념설계 등은 글로벌 선진 기업의 기술장벽이 높고 선진기업에 의한 카르텔이 형성되어 있어 자생적인 기술 생태계가 형성이 불가능한 상태
- 플랜트 건설 엔지니어링 기술은 엔지니어링 기술 경쟁력이 현업 이슈로 부각되고 있으나 국내 사업실적 및 기반이 미흡하여 초기 리스크 웨어를 위한 정부 차원의 지원이 필요할 것으로 평가

□ 환경플랜트 등 인프라시설은 국가가 발주하는 시설이므로 이에 대한 관련 정책, 표준, 기술 등은 국가가 개발을 지원하는 것이 타당할 것으로 판단

□ 플랜트 생산가용도 분야의 환경 분석, 연구개발 요소 도출, 타당성 검증을 위한 기획연구 필요

- 주변환경 분석 : 미래전망 및 이슈 분석, 니즈 분석 등
- 개발요소 도출 : 기술 분석, 경쟁력 분석, 기술수요조사 등
- 비전/전략 제시 : 연구비전 및 목표 설정, 개발전략 제시
- 타당성 조사 : 기술개발과제로서 수행 타당성 확보

임의여백

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

2.1 국내외 정책동향

2.1.1 글로벌 정책동향

- 일반적인 민간기업(자원개발 플랜트 등의 경우 영국과 노르웨이 기반 석유 회사)에 의하여 주도적으로 개발 활용
- 자산관리 국제 표준으로서 ISO 55000이 정의되어 있으며, 조직의 전략적 계획(경영목표) 달성을 목적으로 자산과 사잔 시스템의 전 생애에 걸쳐 성능(기능)과 리스크, 비용 등 최적화를 위한 지속적 보전 표준을 제시
- 전 세계적으로 RAMS, SIL 등은 IEC 61508을 기본규격으로 산업분야별로 차별화하여 관련 규격을 적용
 - IEC 61513 : 핵원자력(Nuclear) 산업
 - IEC 62278, IEC 62279, IEC 62425 : 철도(Railway)산업
 - ISO 26262 : 자동차(Automotive) 산업
 - ISO 17894 : 선박(Marine) 산업
- 영국의 경우 BS(British Standard)의 PAS55-1(Management specification for the optimized management of Physical asset 2008“을 통하여 설비 자산 관리 표준을 제시

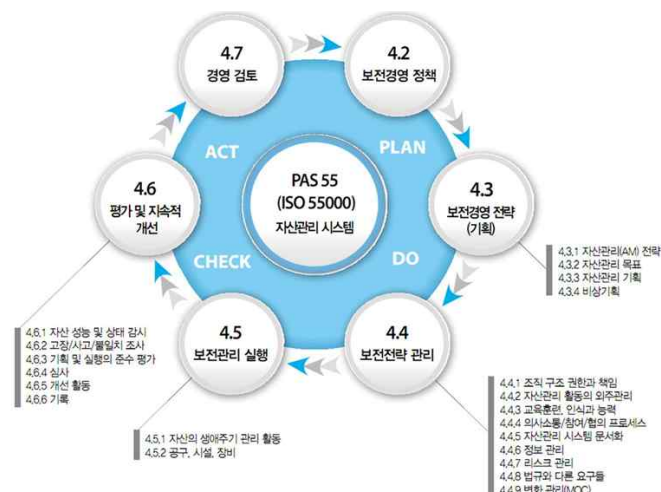


그림 2-1 ISO 55000 자산관리 기준

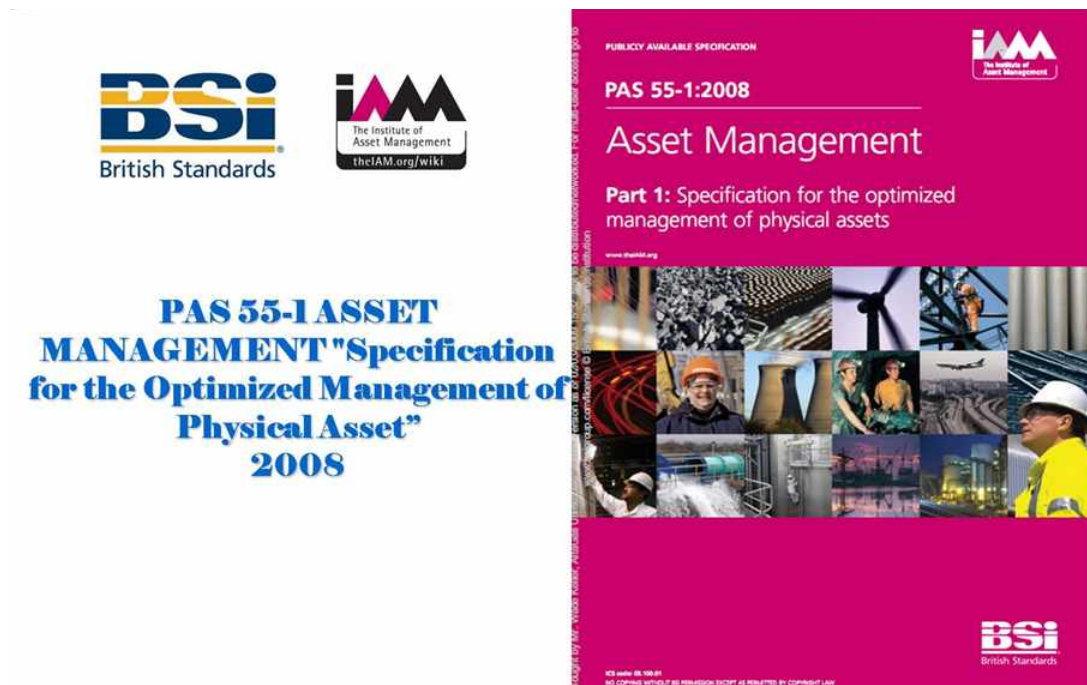


그림 2-2 Management specification for the optimized management of Physical asset 2008

- 미국석유회 등 선진국의 경우 API(American Petroleum Institute) code, ISO(International Organization for Standardization)를 중심으로 RBI(Risk Based Inspection), RBM(Risk Based Maintenance based on API581 code를 중심으로 시스템 위험성 평가를 수행하고 있으며, software 형태 솔루션을 활용하고 있음.

2.1.2 국내 정책동향

- 신뢰성, 생산가용도 평가 분야
 - 신뢰성 기반 생산가용도 평가는 국내의 경우 군사 등 분야에서 정부 주도로 수행
 - 민간의 자산 최적화 관리 사항으로 판단함에 따라 관계 법령 및 기준이 전무한 상태
 - 대부분의 환경플랜트는 지자체 관리, 감독하에 민간에 위탁 운영하고 있는 실정으로 플랜트 운용 최적화는 해당 시설의 초기 건설비용, 유지 관리 비용과 직접 연관되는 사항으로 관련 제도의 도입이 필요한 실정
- 위험도, 안전도 평가 분야
 - 사회적 안전 요구에 개별법에 따라 시설, 설비에 대해 수시 또는 약 1~5년 주기로 정기검사 등을 실시. 다만, 검사 주기·시점 등이 각기 달라 입주설비에 대한 종합적인 안전진단이 곤란한 상태

- 사고 발생시 대상 시설의 단순 점검을 반복하는 관행에서 벗어나, 정밀안전진단을 통해 산업단지 노후시설물에 대한 정확한 현황파악이 필요하며, 이를 뒷받침할 수 있는 제도적 장치 마련이 시급



그림 2-3 한국전력의 위험도 기반 시설 관리 사례

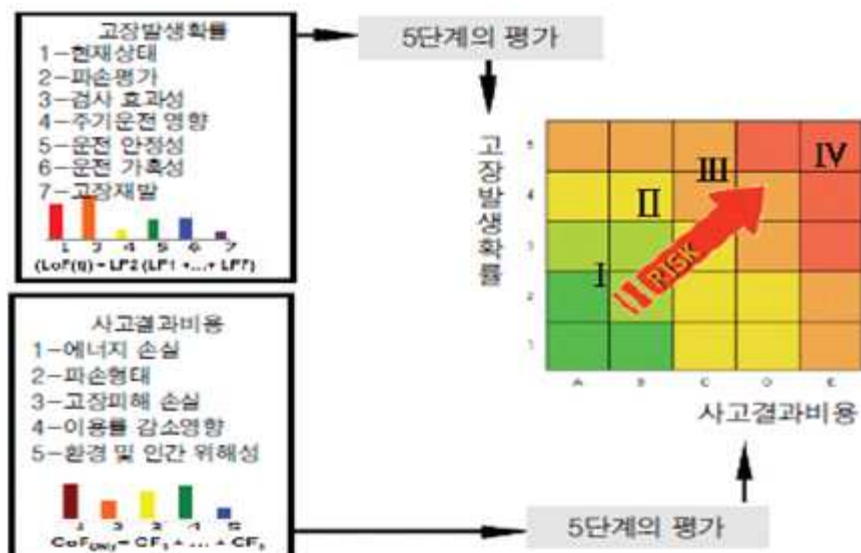


그림 2-4 한국가스안전공사의 위험도 평가 매트릭스 사례

2.2 국내외 시장동향

2.2.1 글로벌 시장동향

- 플랜트 운영, 유지보수 시장 동향 (출처: Douglas-westwood, world downstream maintenance market forecast 2014-2018 leaflet)
 - 전 세계적으로 운용중인 플랜트 수량은 약 12,800개소 수준
 - 글로벌 플랜트 운영/유지보수 시장 2014년 현재 약 700억 달러 수준으로 평가(연평균 8.7% 수준 순증가 유지)
 - 글로벌 플랜트 운영/유지보수 시장 2014~2018년 기간 4,180억 달러 수준의 시장 규모가 예상(이전 5년 대비 33% 증가 규모)
 - 전체 플랜트 유지보수 시장 중 운전 신뢰성 평가, 안전성 평가 등으로 대표되는 자산무결성 확보 분야가 전체 유지보수 시장의 30% 수준 평가

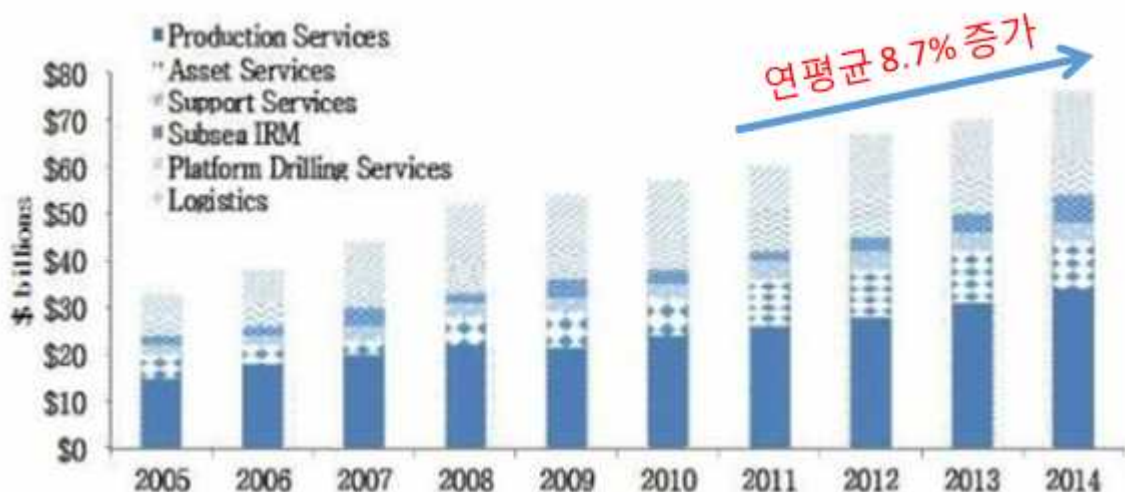


그림 2-5 글로벌 플랜트 운영 및 유지보수 시장 현황

(출처: www.douglas-westwood.com)

- 플랜트 신뢰도, 생산가용도 평가 솔루션 시장 동향 (출처: DNV사(플랜트 자산무결성 분야 등 소프트웨어 제공 기업) 2009-2013 annual report)
 - 플랜트 시험, 인증, 컨설팅 및 엔지니어링, 위험 평가, 자산 무결성 및 최적화, QHSE, 등 분야 시장 규모 순증
 - DNV GL 시험, 인증, 컨설팅 및 엔지니어링, 위험 평가, 자산 무결성 및 최적화, QHSE,

등 분야 소프트웨어 2013년 매출 전년 대비 14%의 성장

- 플랜트의 공정 안전, 위험 및 신뢰성 분야의 시장은 자산관리 하부 엔지니어링 분야임에도 불구하고 DNV GL 신뢰도 분석, RAM RISK 등 분야 솔루션 공급 규모가 전년 대비 24% 성장

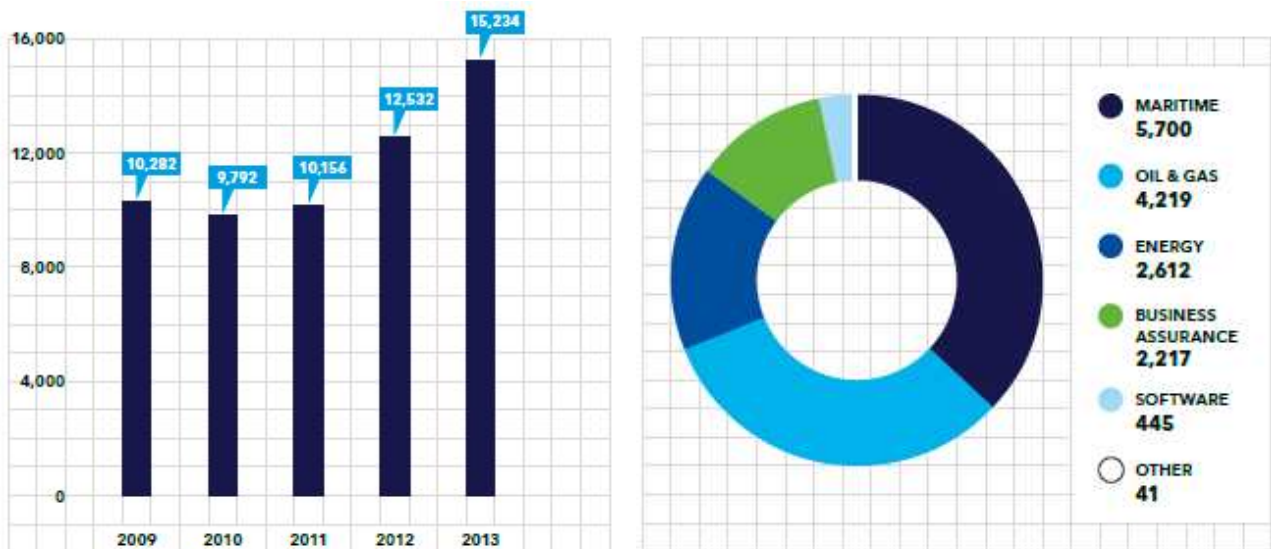


그림 2-6 DNV-GL사 수익 변동(좌), 사업분야(우)

(출처: DNV-GL annual report 2013)

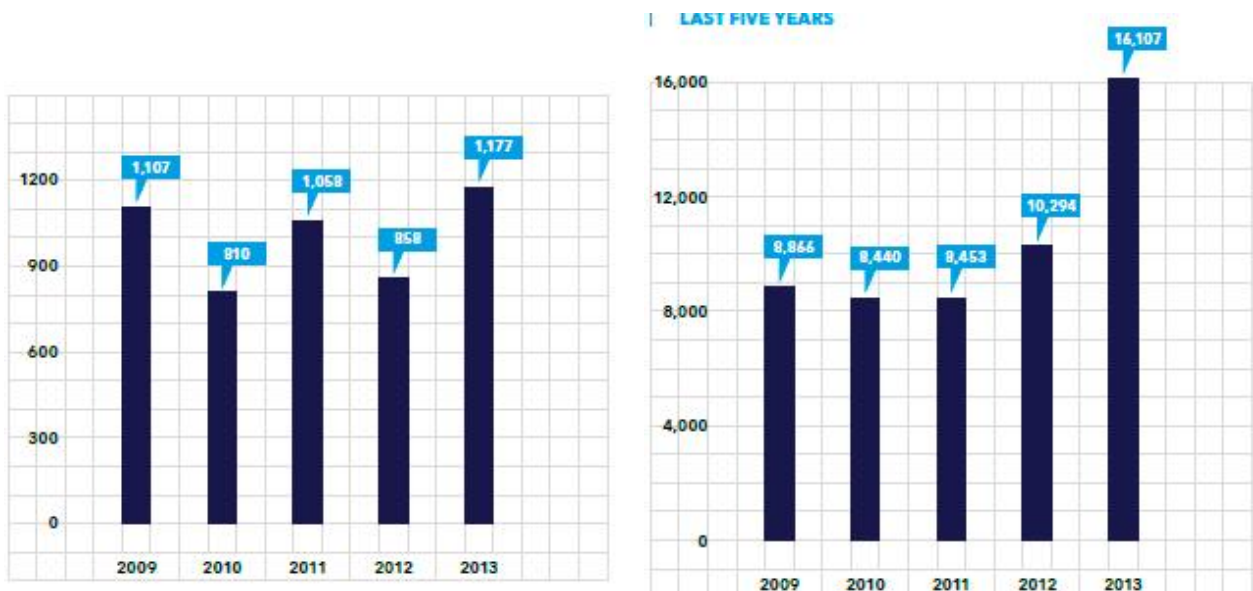


그림 2-7 DNV-GL사 유지보수 운용 수익(좌), 인력 고용 규모(우)

(출처: DNV-GL annual report 2013)

2.2.2 국내 시장동향

- 플랜트 노후화 및 신뢰성 평가 수요 (출처 : The Gas Safety Journal 2009, Dyne Group 2009)
 - 국내 중화학 플랜트 운용 수량은 652개 수준이며, 15년 이상 노후 플랜트는 311개 (47.7%), 10년 이상 노후 플랜트 70% 이상으로 집계
 - 플랜트 노후화로 인한 결함 가능성 및 사고발생 확률 증가하고 있어 안전 확보 및 시스템 생산성 개선 을 위한 정량 평가 기술 개발이 시급한 것으로 판단
 - 플랜트의 복잡한 시스템 구성, 건설, 복구에 대규모 자원 소요, 국가 기간산업으로의 영향력 고려 시 사회, 경제 파급영향이 매우 큰 분야로서 노후 플랜트에 대한 신뢰성 평가 기반 관리(유지보수, 운용 등)가 필요한 시점
- 플랜트 신뢰도, 가용도 평가 솔루션
 - 가용도 해석 설계 솔루션 해외제품과 기술에 의존하고 있는 실정으로, 최근 들어 대규모 석유화학과 정유시설, 원자력발전소, 화력 및 수력발전소 등에 적용이 확대
 - 2010 이후 폭발사고, 가스누출, 발전소 고장에 따른 전력대란, 기존 시설의 노후화 등에 따라 신뢰성 기반 위험도(Safety), 가용도(RAM,⁴⁾), 유지관리(RCM⁵) 기술에 관한 수요가 급증
 - RAM 및 RCM관련 주요 시장은 산업환경플랜트, 오일 및 가스플랜트, 에너지플랜트 등으로 대별되며, 이들 시장은 에너지 및 환경이슈에 따라 엔지니어링 및 건설수요가 지속될 것으로 전망
- 2008년 예측된 국내 건설-IT 시장을 2012년 52조원으로 세계시장 점유율 18%로 예상되며, 향후 가속적인 성장이 기대
- 2010년 예측된 국내 IT융합으로 새로 만들어지는 시장은 2010년 3조4000여억원에서 2015년 59조5000억원 규모로 성장 전망 (출처 : 건설경제신문, 2010년)
- 2012년 한국지능통신기업협회(NICA) 주최로 열린 `지능통신사업 활성화 세미나'에서 "2012년 건설IT 융합시장 규모가 14조8278억원에 달할 것으로 전망
- 2011년 2월 월간 캐드엔그래픽스에서 발표한 2010년 국내 AEC분야의 설계도구 보급은 약 1,000억으로 추산

4) RAM : reliability, availability, maintainability

5) RCM : reliability centered maintenance

- 제한된 선박 공간에서 다양한 설비들을 시공하는 경우 시공 순서와 설비 이동경로를 사전에 검토하지 않으면 공사 도중 기 설치한 일부 설비를 다시 제거해야 하는 폐단이 있음. 이러한 문제를 해결하기 위해 국내 조선사들이 시뮬레이션 기반 선박 및 해양 플랜트 생산기술 필요성을 인식하고 있으며 2009년 지식경제부 주관 시뮬레이션 기반 선박해양 생산기술 수요조사 및 로드맵 구축

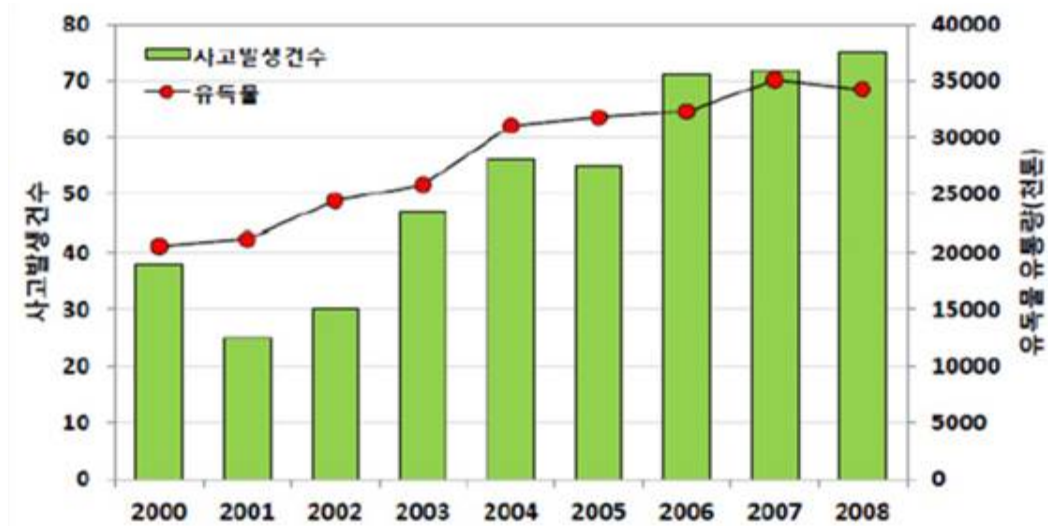


그림 2-8 국내 중화학 플랜트 사고발생현황

(출처: The Gas Safety Journal 2009, Dyne Group2009)

- 국내 지자체 관리, 감독이 이루어지고 있는 수처리 플랜트, 소각 플랜트 등 환경플랜트의 경우 매 년 약 4~5% 수준의 시장 성장
- 현재 국내 공공하수처리시설 중 130개소(33.2%)를 직영 운영, 262개소(66.8%)를 민간 위탁 운영하고 있는 TSKwater의 경우 2009년 약 900억 규모의 수처리 플랜트 유지보수 비용이 2013년 1,103억원 규모로 증가

2.3 국내외 기술동향

2.3.1 글로벌 기술동향

□ 건전성 평가 기술, 솔루션 동향

- 글로벌 플랜트 EPC O&M사에서는 다양한 형태의 신뢰성 기반의 RAM, RISK 솔루션을 활용
- 대표적인 신뢰도 기반 건전성 평가 프로그램의 경우 MAROS, RELEX, ISOgraph, Lamda predict, Item 등이 있으며, 적용 분야별 기능 구성

표 2-1 상용 RAMS 분석 도구 비교

Functions	Relex 2009	Isograph	Lamda Predict 3 Pack	Item
RAMS Prediction	○	○	○	○
Libraries(Standards)	MIL-HDBK-217 외 9종	MIL-HDBK-217 외 6종	MIL-HDBK-217 외 3종	MIL-HDBK-217 외 6종
FMECA	○	○	○	○
Reliability Block Diagram(RBD)	○	○	○	○
Fault Tree Analysis	○	○	○	○
Markov Analysis	○	○	○	○
Hazop	X	○	X	X
FRANCS	○	○	○	X
Simulation	○	○	○	○
Life Cycle Cost Analysis	○	○	○	○
Risk Analysis	○	X	○	X
Weibull	○	○	○	○
가격	高	中高	低	低
호환성 및 부가 기능	Web, Reporting	Reporting	가속수명시험,DOE	MS Office 호환
종합 평가	中 (도구 대비가격)	上 (도구 대비 가격)	中上 (도구 대비 가격)	中 (도구 대비 가격)

- 미국 내에는 이미 API를 중심으로 1993년에 RBI의 기법 개발이 시작되어 1999년도에 Phase3(정량적인 평가)가 완료된 상태이며 관련 지침서 및 데이터가 출시된 상황으로, 이에 따라 외국의 컨설팅 업체들은 API-RBI를 모방하거나 유사하게 작성된 프로그램을 이용하여 원유정제 시설 또는 석유화학 시설물들에 대해 RBI를 구축중

- 유럽에서는 RIMAP(Risk Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry)에 대한 기술개발을 2001년~2005년까지 유럽연합 공동체(EU)에서 추진(독일 MPA연구소가 주도, 36개 후원그룹과 10개의 Observer로서 구성)
- 육상 LNG플랜트의 기능적 안전요구사항(ISA, IEC 등 국제 표준)을 근원적인 공점위험으로부터 견딜만한 위험수준까지 보호계층에 대한 안전무결성레벨(SIL)로 정의(Tanabe 등, 2011)하고 있으며, 시스템의 신뢰성, 가용성 및 유지보수성 (RAM) 분석방법이 최소 고장 또는 필요시 평균고장간격을 증가시키거나 신뢰성을 최적화, 가용성을 극대화, 유지보수를 계획하는 등 설계 수정에 효과적임을 검증(Sharma 등, 2008)
- 노르웨이 DNV, 핀란드 AL Safety Design 사 등에서는 RAM, RCM 전용프로그램을 개발하여 상업적으로 보급하고 있으며, 신뢰성 기반의 위험도, 가용도, 유지관리에 관한 엔지니어링 솔루션 및 DB, 현장 컨설팅 등은 선진 몇 개 기업에 종속적인 실정으로 이의 탈피를 위한 노력이 정부출연연구소를 중심으로 시도

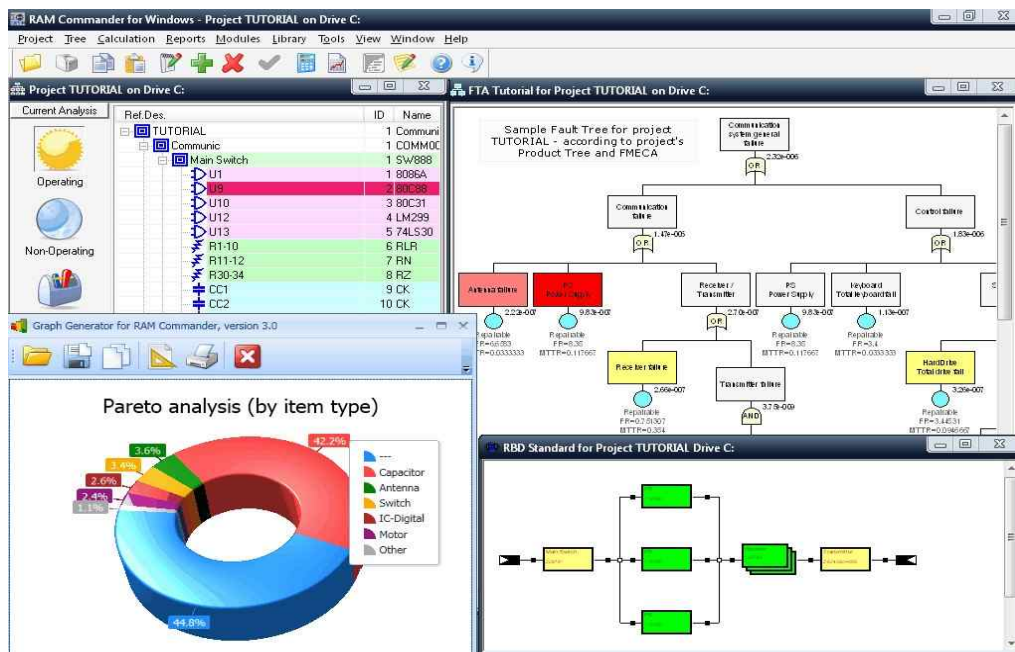


그림 2-11 AL Safety Design 사의 RAM 솔루션

(출처: <http://aldreliability.files.wordpress.com>)



그림 2-12 DoD의 RCM 솔루션

□ 건전성 평가 데이터베이스 동향

- 가용도 평가를 위해 필수적인 신뢰성 데이터베이스 확보는 재원 투입이 소요되는 분야
- 글로벌 선도그룹의 경우 다수 기업의 연합 및 현업 노하우 등을 바탕으로 육상, 해상 플랜트를 대상으로 장비 고장 데이터를 구축하고, 후발 업체에 대한 기술 방어 수단으로 활용
- 글로벌 선도그룹의 경우 기존 신뢰성 데이터베이스를 바탕으로 사용자 피드백을 통하여 데이터베이스 갱신을 유지하고, 상대적으로 내구수명이 단기간인 장비의 수명 연장을 유도
- 대표적인 데이터베이스 대부분은 하드카피 및 전산화 솔루션 제공(차별화 기능을 아래 정리)

표 2-2 신뢰성 데이터베이스 현황

구분	세부내용
OREDA Offshore Reliability Data	◦ 해양 플랜트 분야 신뢰성 데이터베이스 ◦ 대부분의 데이터는 영국과 노르웨이 기반 석유 회사의 참여에 의해 수집 ◦ 데이터베이스는 SINTEF에 의해 관리 ◦ 데이터베이스 수집 주체에서는 컴퓨터 데이터베이스로 활용되며, 기타 기

	관에는 책자로 제공
Handbook of Reliability Data for Components used in Telecommunications Systems (HRD5)	◦ 브리티시 텔레콤, 부품 소재 센터에 의해 작성 ◦ 영국 내륙 통신 네트워크에 설치된 장비의 서비스 성능에서 영국 텔레콤에서 수집 한 데이터 ◦ 데이터베이스 사용은 통상의 설계 방법에 따름을 가정
AEA Reliability Databank	◦ AEA 기술에 의해 운영 화학 및 원자력 산업에서 실패 주파수 데이터의 데이터베이스 ◦ 기계 및 전기 부품의 400 개 이상의 서로 다른 유형으로 구분하여 구성 ◦ 데이터뱅크 액세스 SRD 협회 회원으로 제한(AEA 직원에 의해 수행) ◦ 다른 소스와 결합 어렵고, 다른 소스를 사용할 수없는 경우에 주로 사용
European Reliability Data Bank Association	◦ EUREDATA : 재료, 화재 및 가스 탐지 장비와 전자를 포함한 다양한 장비에 대한 회원들과 구성 요소 사이의 신뢰성 데이터를 교환하기위한 조직 ◦ EUREDATA : 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 아일랜드, 이탈리아, 네덜란드, 노르웨이, 스페인, 스웨덴, 영국의 기업 및 단체로 구성(1979년) ◦ 모든 회원을 대상으로 파일 형태로 제공
RAC Reliability Data books	◦ 미국 국방부의 신뢰성 분석 센터에 의해 게시 ◦ 기계, 전기, 유압 등 넓은 분야 데이터베이스를 포함 ◦ 환경 유형별 고장률을 신뢰 한계 및 데이터 소스 실패 횟수와 함께 제공
International Association of Oil & Gas Producers (OGP)	◦ OGP(E&P 포럼) 데이터베이스는 국내 공정 산업, 원자력 산업 및 해양 설비에서 사용 가능한 데이터 소스에서 컴파일 된 주파수 데이터베이스 ◦ 셸 Expro 플랫폼에서 탄화수소 누출에 밸브, 플랜지, 압축기 등의 데이터 즉, 일반적인 장비 아이템에 대한 누설 빈도 등을 포함 ◦ 사용상에서 ARF T14 REV1 주어진 HSE 데이터베이스의 최신 분석에 의해 대체되는 것으로 간주

- 글로벌 신뢰성 데이터베이스 대표사례로서 가장 일반적으로 활용되고 있는 OREDA Handbook의 경우 2003, 2009 에디션 상호 데이터의 93% 수준의 큰 오차가 발생하고 있어 데이터베이스 국내 자체 데이터베이스 구축이 필요

Economy no 1.1	Item Machinery Compressors	Aggregated time in service (10 ⁴ hours)										No of demands			
Population	Installations	Calendar time *					Operational time *					82472			
131	38	3.8235					2.3736								
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁴ hours)					Active rep. hrs				Manhours				
		Lower	Mean	Upper	SD	s/c	Mean	Max	Mean	Max					
Critical	604 ^a	48.4	167.25	841.24	360.74	158.58	17	1293	32	18					
Abnormal instrument reading	3 ^a	3E-4	1.11	4.88	1.91	0.78	7.0	56 ^b	11	17 ^c					
Breakdown	8 ^a	0.13	1.54	4.32	1.41	1.57	62	207 ^b	367	1481 ^c					
Erratic output	12 ^a	9E-4	6.00	29.41	12.36	3.14	32	290	57	580					
External leakage - Process medium	46 ^a		10.52	58.60	28.28	12.03	8.1	170	13	197					
External leakage - Utility medium	31 ^a		11.80	58.78	25.04	8.11	13	124	24	124					
Fail to start on demand	72 ^a	0.01	24.38	106.79	41.74	13.06	25	524	36	704					
Fail to stop on demand	72 ^a	0.62	40.87	128.18	47.99	30.33	3.5	3.5 ^b	11	18 ^c					
High output	1 ^a		1.44	7.87	3.69	0.78	7.0	7.0 ^b	14	14 ^c					
Internal leakage	5 ^a		2.80	15.65	7.48	1.26	103	189 ^b	171	304 ^c					
Low output	153 ^a		1.38	7.61	3.74	1.31	15	859	22	964					
Noise	3 ^a		0.99	5.68	3.07	0.78	5.1	73 ^b	38	76 ^c					
Overheating	69 ^a		1.89	10.14	6.58	1.26	7.9	223	15	447					
Parameter deviation	50 ^a		17.03	88.21	65.54	18.05	105.02	82.83	29.07						
Spurious stop	128 ^a		12.26	63.60	30.49	13.06	15	250	20	250					
Structural deficiency	8 ^a		14.97	78.28	63.82	21.07	37.94	159.57	61.26	33.48					
Vibration	13 ^a	0.03	61.22	225.78	83.39	53.80	23	1293	42	1818					
Other	9 ^a	0.29	2.29	12.24	5.64	1.57	11	36 ^b	20	43 ^c					
Degraded	567 ^a	0.24	180.28	730.71	278.76	148.29	8.8	192	10	673					
Abnormal instrument reading	22 ^a	1.06	271.10	1036.82	382.99	238.88	5.0	5.0 ^b	15	29 ^c					
Erratic output	18 ^a	0.01	9.82	40.18	15.21	4.71	17	96	21	96					
Comments															

그림 2-13 OREDA Handbook 2003(좌), 2009(우) 신뢰성 데이터 비교(Electric compressor)

Taxonomy no 1.5.1.1		Item Machinery Turbospanders Gas processing Centrifugal											
Population 10	Installations 3	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands					
		Calendar time *			Operational time *								
		0.1752			0.1443								
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep. hrs		Manhours				
		Lower	Mean	Upper	SD	n/c	Mean	Max	Mean	Max			
Critical	8 ¹	8.97	44.38	101.93	29.85	45.65	-	-	113	390			
	8 ¹	7.18	54.35	138.26	42.92	55.44							
Breakdown	3 ¹	4.97	17.49	36.24	9.88	17.12			195	350			
	3 ¹	5.84	21.00	43.80	12.00	20.79							
Erratic output	1 ¹	0.01	5.39	21.85	8.24	5.71			30	30			
	1 ¹	4E-3	6.70	28.42	10.94	6.93							
Fail to start on demand	2 ¹	0.85	10.89	30.82	10.09	11.41			10.0	12			
	2 ¹	0.28	13.44	41.59	14.68	13.86							
Spurious stop	1 ¹	0.01	5.39	21.85	8.24	5.71			24	24			
	1 ¹	4E-3	6.70	28.42	10.94	6.93							
Other	1 ¹	0.01	5.39	21.85	8.24	5.71			240	240			
	1 ¹	4E-3	6.70	28.42	10.94	6.93							
Degraded	16 ¹	30.94	84.77	160.25	40.40	91.30			12	88			
	16 ¹	27.35	103.39	219.37	60.89	119.86							
External leakage - Utility medium	4 ¹	7.21	22.09	43.57	11.41	22.82			5.8	13			
	4 ¹	8.80	26.80	52.97	13.96	27.72							
Other	12 ¹	24.83	64.51	119.32	29.45	68.47			14	88			
	12 ¹	20.24	78.38	167.64	46.81	83.16							
Incipient	23 ¹	6.95	121.12	357.48	118.86	151.24			30	518			
	23 ¹	4.31	151.78	462.55	160.37	159.40							
Abnormal instrument reading	13 ¹	0.65	64.64	211.98	77.34	74.18			9.0	24			
	13 ¹	0.63	82.90	281.50	103.55	90.09							
Minor in-service problems	1 ¹	0.03	7.33	27.28	10.07	5.71			11	11			
	1 ¹	0.09	7.76	25.00	9.06	6.93							
Parameter deviation	1 ¹	0.03	7.33	27.28	10.07	5.71			518	518			
	1 ¹	0.09	7.76	25.00	9.06	6.93							
Other	8 ¹	0.45	40.49	131.60	47.86	45.85			6.4	12			
	8 ¹	0.39	51.55	175.11	64.42	55.44							
Unknown	1 ¹	0.01	5.39	21.85	8.24	5.71			3.0	3.0			
	1 ¹	0.01	6.52	26.92	10.22	6.93							
Unknown	1 ¹	0.01	5.39	21.85	8.24	5.71			3.0	3.0			
	1 ¹	0.01	6.52	26.92	10.22	6.93							
All modes	48 ¹	42.16	247.85	584.97	178.77	273.90			37	518			
	48 ¹	36.81	316.47	806.03	252.51	332.65							
Comments													

그림 2-14 OREDA Handbook 2003(좌), 2009(우) 신뢰성 데이터 비교(Turbo expender)

2.3.2 국내 기술동향

- 원자력, 선박, 철도 등 사고 발생에 따른 대규모 인명피해가 예상되는 기간시설을 중심으로 위험도 평가 기반 예지 보전 기술 적용
- 대우조선해양은 2010년 선박 설비의 통합 유지관리 시스템을 구축하여 유지보수 비용의 최소화를 위한 시스템을 구축하여 활용

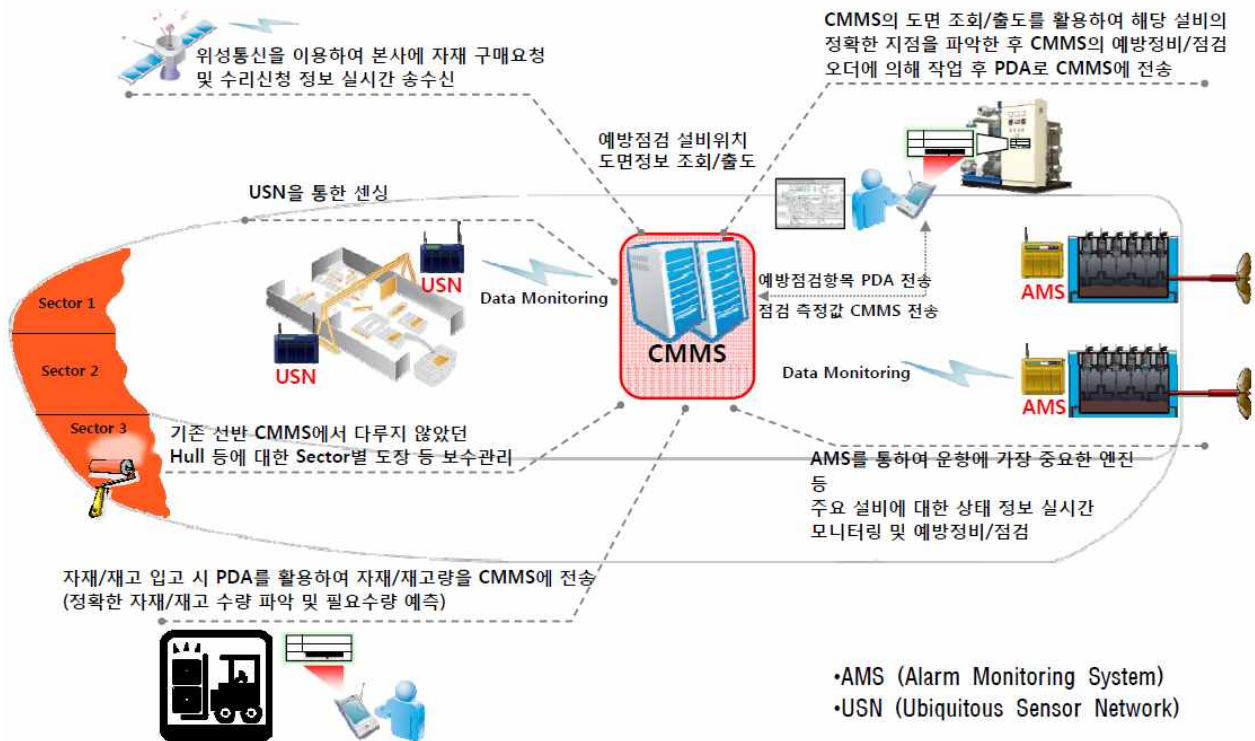


그림 2-15 DSME CMMS(computer maintenance management system) 구성

- 가스안전공사는 2000년 중화학 설비용 RBI 절차 및 소프트웨어(KGS-RBI, RBI 국제 기준인 API 581 절차에 근거)를 개발하여 국내업체에 적용
- 가스안전공사는 국토교통부의 지원으로 수행중인 LNG플랜트 사업단에서 위험도평가모듈, 고유 가용도 해석에 관한 기본적인 개발(아래 그림)이 수행
- 발전설비(전력기반기금 및 5개 발전 자회사 참여, 2004~2007), 에너지설비(산업안전공단), 기계설비(에너지관리공단, 산업용 보일러 적용), 가스설비(가스안전공사) 등 분야에서도 정밀 안전진단을 위한 RBI 기법 등을 적용
- 국내 신뢰도, 생산가용도 평가 기술의 상용화를 위해서는 위험도 분야 개발 기술의 벤치마킹을 통한 다양한 해석알고리즘 개발, 설계/유지관리 전반에 활용이 가능한 통합솔루션 개발 및 신뢰성 DB 확보가 필요



그림 2-16 플랜트·설비 정비관리 기술 도입 개념

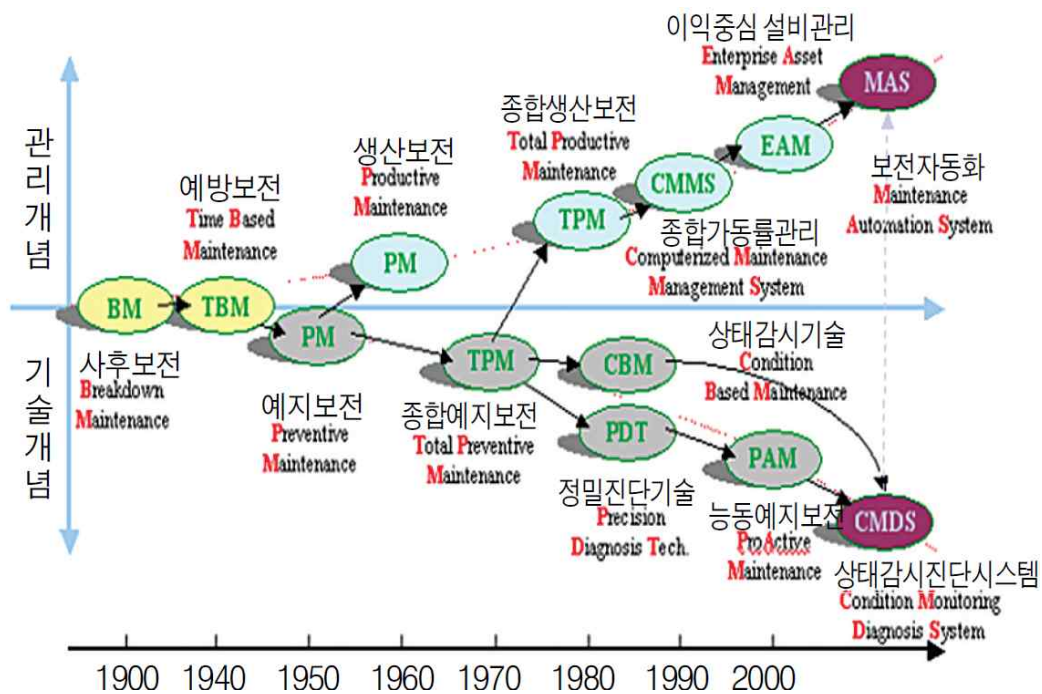
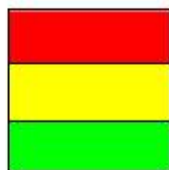


그림 2-17 플랜트·설비 위험도 기준 정비관리 기술 동향

Critical	4	C O N S E Q U E N C E				High Risk		
Hazardous.	3							
Major	2			Medium Risk				
Minor	1		Low Risk					
			L I K E L I H O O D					
			1	2	3	4	5	
			Improbable	Remote	Occasional	Probable	Frequent	
			Fewer than 0.001 events/year (Less than 1 event every 1,000 years)	0.001 to 0.01 events/year (1 event every 1,000 years to 1 event every 100 years)	0.01 to 0.1 events/year (1 event every 100 years to 1 event every 10 years)	0.1 to 1 events/year (1 event every 10 years to 1 event per year)	1 or more events/year	



High Risk – Redesign or other one-time change required to reduce risk

Medium Risk – One or more maintenance tasks are acceptable to reduce risk (e.g., condition monitoring, preventive maintenance)

Low Risk – Run-to-failure (no maintenance) is acceptable

그림 2-18 플랜트·설비 위험도 관리 MATRIX 사례

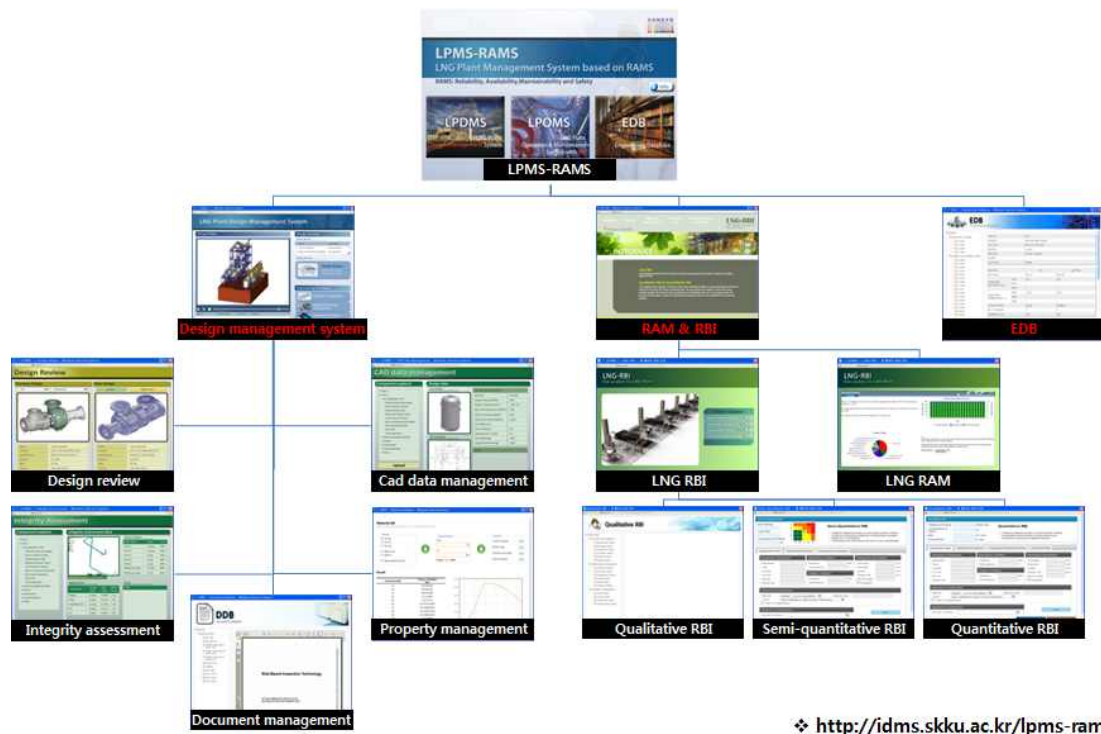


그림 2-19 LNG플랜트사업단 개발사례 (정규분포 난수, 몬카를로기법에 한정)

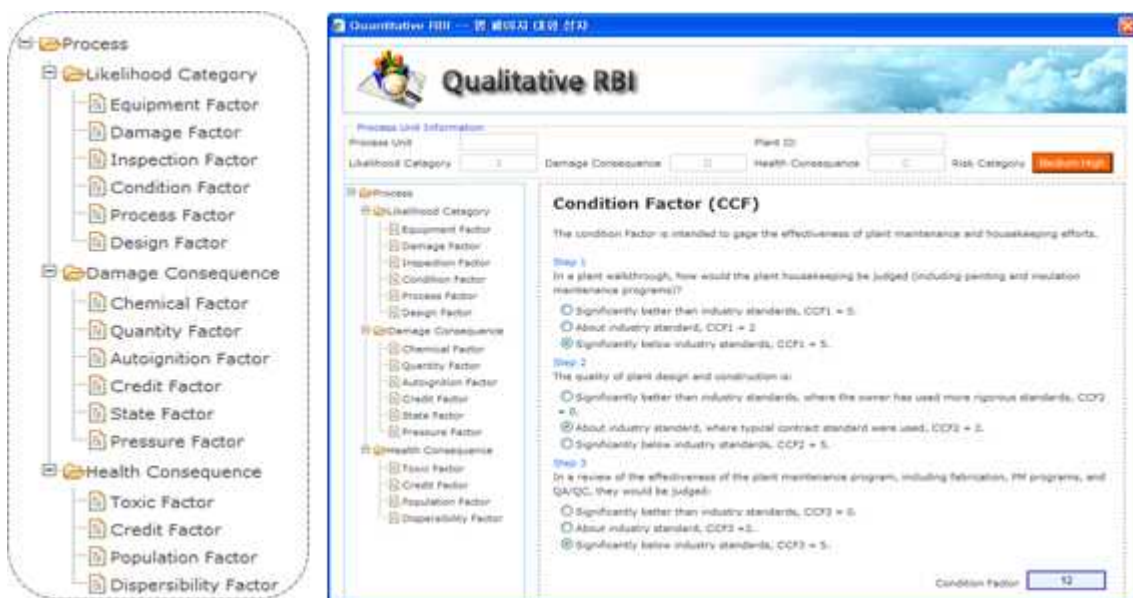


그림 2-20 한국가스안전공사 RBI 평가 시스템 및 database 개발 사례

2.4 논문 동향

□ ‘플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술’ 분야의 논문 동향 분석을 수행

- 논문동향 조사를 위하여 대상시설, 건전성, 평가, 고장 분야의 대표적 키워드를 정의
- 구분별 키워드 군 및 공동 키워드 분야에 대한 NDSL⁶⁾ 논문동향 조사 실시
- 노이즈 필터링
 - 장비의 평가, 보전과 관련된 기술이 아닌 경우 유사용어 검색결과
 - 데이터 수집/축적에 초점이 맞추어지지 않은 경우
 - 구성 요소의 신뢰성에 관한 데이터 수집/축적이 아닌 경우
- 유효성 검사
 - 사후보전에 관한 기술인 경우
 - 사전보전에 관한 기술인 경우
 - 플랜트 관련분야에 관한 것이 아닌 경우
 - 플랜트 관련분야에 관한 것인 경우

NDSL을 시작페이지로

로그인 | MyNDSL | 고객센터 | 사이트맵 | About

논문 특허 보고서 동향 표준 사실정보

· 귀하의 원문이용가능 전자저널: 21,183종
· 소속기관 문의처: 한국과학기술정보연구원

HOME > 논문 > 검색

· 전문용어확장 · 다국어입력 · 검색팁

NDSL 논문 | 검색 상세검색 · 고급검색 ·

논문 고급검색

검색범위: ☒ 전체 ☐ 국내논문 ☐ 해외논문

자료유형: ☒ 전체 ☐ 저널 ☐ 프로시딩

검색식: ((플랜트*) or (설비*) or (plant*) or (facility*)) and (((유지보수*) or (운용*) or (관리*) or (운영*) or (maintainab*) or (maintenanc*) or (opera*)) and ((디비*) or (데이터베이스*) or (DB*) or (data*) or (database*)) not ((임플랜트*) or (채식*))

검색예제: (미생물 or 박테리아) and (세포양) and (kw분해*) (#1 and #2) or #3

다국어 입력

저널 찾기 주제 찾기

※ 왼쪽의 버튼을 이용하여 "저널"과 "주제"를 선택 입력하십시오.

발행년도: 2011 ~ 2015

검색 저주제

고급검색팁 도움말

· 연산자
(): 검색어, 검색식의 우선 순위
AND 또는 & : 두 개의 검색어(식) 모두 포함된 데이터를 검색
OR 또는 | : 두 개의 검색어(식) 중 하나 이상 포함된 데이터를 검색
NOT 또는 ! : 검색어가 포함되지 않은 데이터를 검색
/w[n] : 두 개의 검색어 사이에 n개 이하의 단어가 포함된 데이터를 검색 (두 검색어 순서 구분)

· 검색활용
BI 전체 TI 논문명
AU 저자 AB 초록
KW 키워드 SU 주제분야
SO 저널명 PB 발행기관
SN ISSN BN ISBN
PY 발행년도 LA 언어
IMF 원문유무 TY 자료유형
CN 원문번호

그림 2-21 NDSL 논문 검색 포털 (www.ndsl.kr)

6) NDSL(national digital science library) : 국가과학기술정보센터



그림 2-22 NDSL 논문 검색 사례 (www.ndsl.kr)

표 2-3 논문 동향 조사 키워드 정의, 분류

구분		키워드(검색식)	비고
A	플랜트/장비	(플랜트*) or (설비*) or (plant*) or (facility*)	
B	가용도	(신뢰성*) or (가용성*) or (유지보수성*) or (생산성*) or (reliab*) or (availab*) or (maintainability*) or (product*)	
C	고장/실패	(실패*) or (고장*) or (장애*) or (불량*) or (파손*) or (누설*) or (failure*) or (breakdown*) or (fault*) or (trouble*) or (malfunction*) or (hindrance*) or (obstacle*) or (hitch*) or (damage*) or (injury*) or (breakage*) or (breakdown*) or (leak*)	
D	유지보수	(유지보수*) or (운용*) or (관리*) or (운전*) or (maintainab*) or (maintenanc*) or (opera*)	

E	평가	(평가*) or (분석*) or (해석*) or (예측*) or (최적화*) or or (시뮬레*) or (씨물레*) or (시물레*) or (씨물레*) or (시뮬레*) or (evaluat*) or (analy*) or (assum*) or (optimiz*) or (simulat*)	
F	데이터베이스	(디비*) or (데이터베이스*) or (DB*) or (data*) or (database*)	
G	제외사항	(임플랜트*) or (채식*) or (식물*) or (나무*) or (implant) or (vegeta*) or (flora*) or (tree*) or (bush*)	

표 2-4 논문 동향 조사 논문 분포

구분	~ 1990	1991 ~ 1995	1996 ~ 2000	2001 ~ 2005	2006 ~ 2010	2011 ~ 2015	합계
플랜트/장비 ∩ 가용도 ∩ 평가	10,790	6,762	10,407	15,027	22,236	20,801	86,023
플랜트/장비 ∩ 고장/실패 ∩ 평가	2,981	1,795	2,953	4,458	6,663	5,478	24,328
플랜트/장비 ∩ 유지보수 ∩ 평가	7,863	3,554	6,571	7,835	12,236	11,651	49,710
플랜트/장비 ∩ 가용도 ∩ DB	5,229	2,693	4,253	5,643	8,527	7,729	34,074
플랜트/장비 ∩ 고장/실패 ∩ DB	1,212	686	1,143	1,640	2,404	1,871	8,956
플랜트/장비 ∩ 유지보수 ∩ DB	4,072	1,706	2,584	2,967	4,567	4,064	19,960

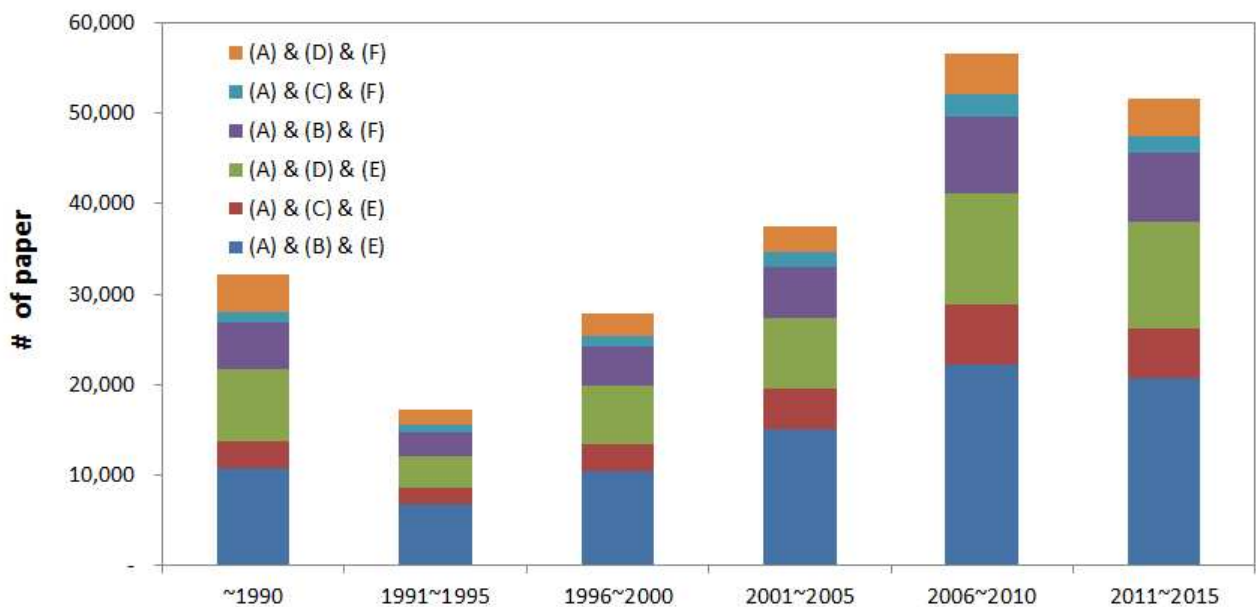


그림 2-23 플랜트/장비 건전성 분야 전체 논문 추세 (1990~2015년)

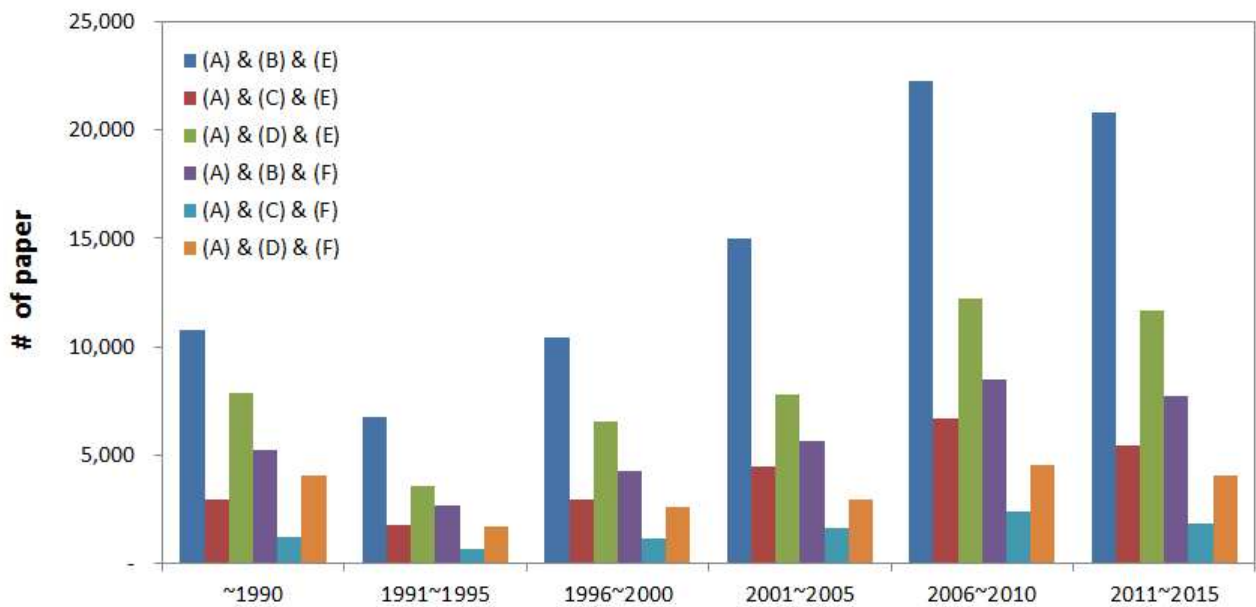


그림 2-24 플랜트/장비 건전성 분야별 논문 발표 추세 (1990~2015년)

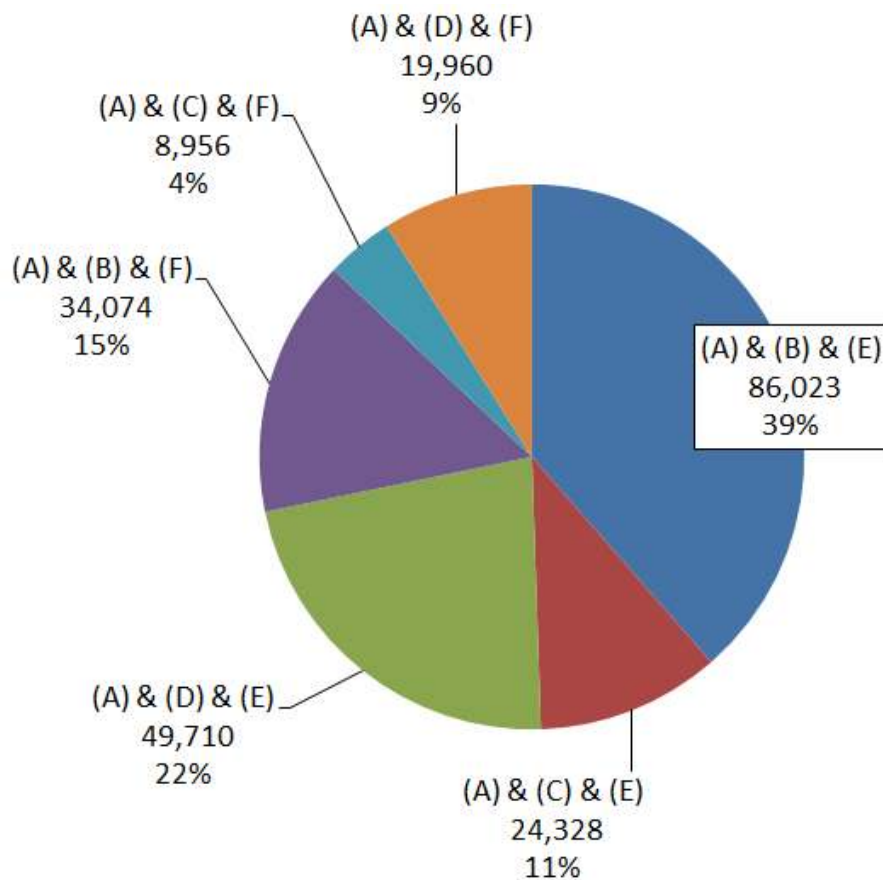


그림 2-25 플랜트/장비 분야별 논문 발표 비중 (1990~2015년)

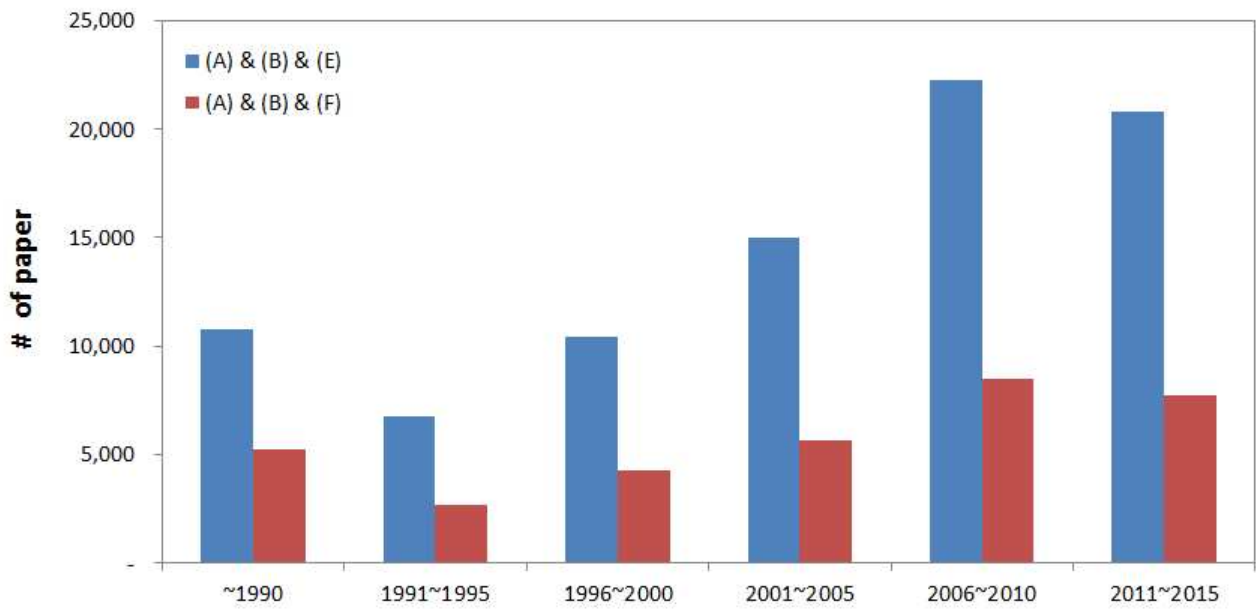


그림 2-26 플랜트/장비 건전성 평가 분야, 데이터베이스 분야 논문 발표 추세 (1990~2015년)

◦ 1990년~2015년 기간 중

- 건전성 분야 전체 논문의 시계열 추세 연 평균 49.3 %p 증가
- 건전성 전 분야별 논문 시계열 추세 증가세 유지
- 건전성 평가 분야 논문 72%, 데이터베이스 분야 논문 28% 수준
- 건전성 분야 논문 54%, 고장/실패 분야 논문 15%, 유지보수 분야 논문 31% 수준

2.5 특허 동향

□ ‘플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술’ 분야의 특허 동향 분석을 수행

- 특허동향 조사를 위하여 대상시설, 건전성, 평가, 고장 분야의 대표적 키워드를 정의
- 구분별 4개의 키워드 군 및 공동 키워드 분야에 대한 특허 동향조사(관련성 낮은 IPC 배제)
- 노이즈 필터링
 - 장비의 평가 / 보전과 관련된 기술이 아닌 경우
 - 데이터 수집/축적에 초점이 맞추어지지 않은 경우
 - 구성 요소의 신뢰성에 관한 데이터 수집/축적이 아닌 경우
- 유효성 검사
 - 플랜트 관련 분야에 관한 것이 아닌 경우
 - 사후보전에 관한 기술인 경우
 - 사전보전에 관한 기술인 경우
 - 플랜트 관련분야에 관한 것이 아닌 경우
 - 플랜트 관련분야에 관한 것인 경우

표 2-5 특허 동향 조사 키워드 정의, 분류

구분	키워드(검색식)	비고
대상시설 관련	플랜트*, 시설*, 장비*, 기자재*, plant*, facility*, equip*	
가용성 관련	신뢰성*, 가용성*, 유지보수*, 운용*, 관리*, 운전*, 성능*, 효율*, 생산성*, reliab*, availab*, maintainab*, maintenanc*, opera*, perform*, efficien*, product*	
평가 관련	평가*, 분석*, 해석*, 예측*, 최적화*, 디비*, 데이터베이스*, 시뮬레*, 씨물레*, 시물레*, 씨물레*, 시뮬레*, evaluat*, analy*, assum*, optimiz*, simulat*, "DB*", data*, database*	
고장 관련	실패*, 고장*, 장애*, 불량*, 파손*, 누설*, failure*, breakdown*, fault*, trouble*, malfunction*, hindrance*, obstacle*, hitch*, damage*, injury*, breakage*, breakdown*, leak*	

표 2-6 특허 동향 조사 검색 키워드

검색항목	검색조건	검색키워드
키워드	A 플랜트/장비	(플랜트* 시설* 장비* 기자재* plant* facility* faciliti* equip*)
	B 가용도	(신뢰성* 가용성* 관리* 운용* 운전* 성능* 효율* 생산성* reliab* availab* maintainab* operab* performanc* efficien* productiv*)
	C 플랜트 가용도	A near/2 B
	D 평가	(평가* 분석* 해석* 예측* 최적화* 시뮬레* 씨물레* 시물레* 씨물레* 시뮤레* 모의* evaluat* analy* assum* optimiz* simulat*)
	E 유지보수	(유지* 보수* 실패* 고장* 장애* 불량* 파손* 누설* maintenanc* failure* breakdown* fault* trouble* malfunction* hindrance* obstacle* hitch* damage* injury* breakage* breakdown* leak*)
	F 데이터 획득	((디비* "데이터베이스*" "데이터베이스*" "DB" "dB" "db" database*) near/2 (구축* construct* bulid* creat*)) OR ((데이터* 데이타* data* 정보* information*) near/2 (수집* 획득* 축적* gather* collect* acqui* obtain*))
IPC	포함하지 않는 경우	(A01* A61* A63* B01* B07* B60* B63* C02* C05* C10* C12* D04* D21* E21* F01* F02* F25* H01* H02* H04*)

중분류	소분류	검색식
플랜트 생산 가용도 관련 기술	플랜트 가용도 기반 평가 기술 (BA)	C and ((A near/4 D) or (B near/4 D))
	플랜트 가용도 기반 유지보수 기술 (BB)	C and (A near/4 E)
	장비관련 정보 수집 기술 (BC)	(C or (A near/4 E)) and (A near/2 F)



그림 2-27 특허 동향 조사 키워드 구성

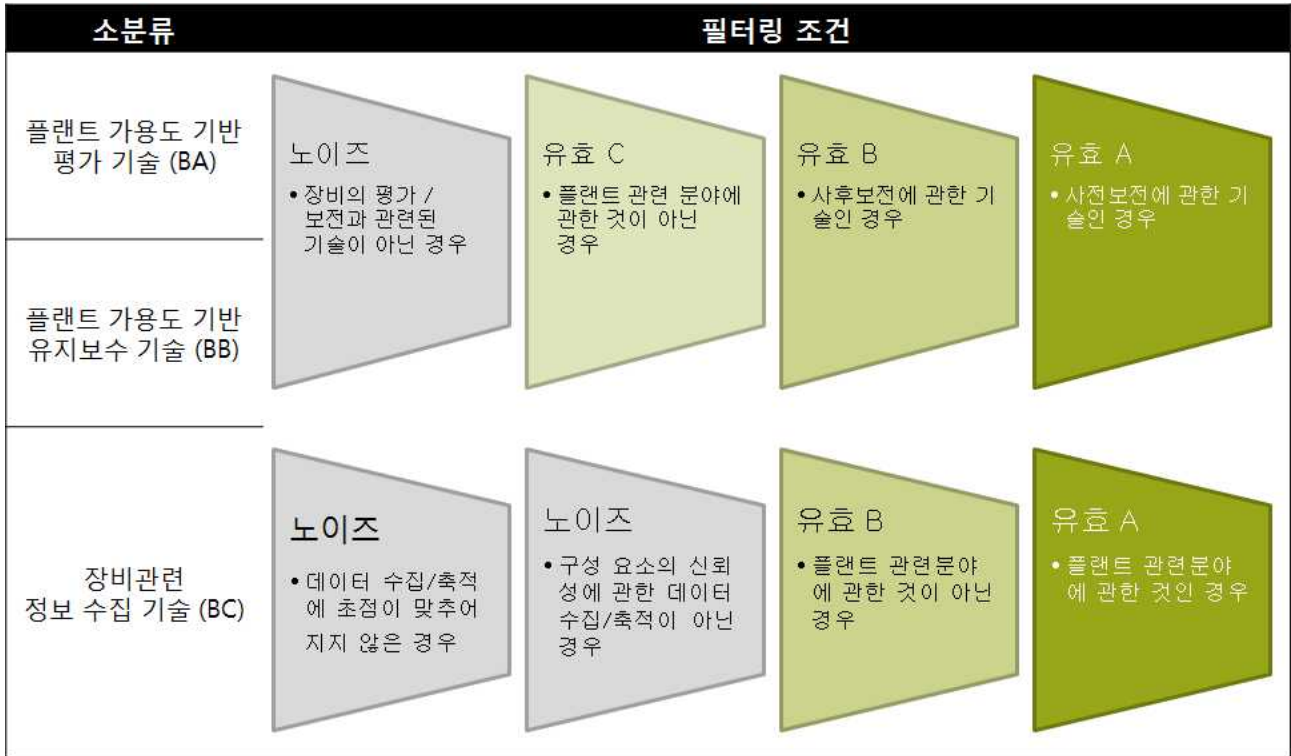


그림 2-28 특허 동향 노이즈 필터링, 유효성 검증

- 2개 이상의 소분류 기술에 포함되는 특허들이 4건 존재하며, 4건 모두 일본의 플랜트 가용도 기반 유지보수 기술 (BB)와 장비관련 정보 수집 기술 (BC) 사이에 중복되는 건 검색
- O&M 단계에서의 유지보수와 관련된 플랜트 가용도 기반 유지보수 기술(BB)이 가장 많이 나타나며, 설계 단계에서 유지보수 정보의 활용과 관련된 플랜트 가용도 기반 평가 기술(BA) 및 장비관련 정보 수집 기술 (BC)과 관련된 건들은 소수
- 모든 소분류 분야에서, 일본이 가장 활발하게 IP 활동을 하는 것으로 나타나며, 한국과 미국은 비슷한 수준이고, 유럽은 미미한 수준
- 유럽의 경우에는 플랜트 가용도 기반 유지보수 기술(BB)에 대한 건들만 존재하며, 다른 분야에서의 IP 활동은 나타나지 않음

표 2-7 특허 동향 노이즈 필터링, 유효성 검증 결과

중분류	소분류	KR	US	JP	EP	합계
플랜트 생산 가용도 관련 기술 (B)	플랜트 가용도 기반 평가 기술 (BA)	12	15	41		68
	플랜트 가용도 기반 유지보수 기술 (BB)	252	219	410	5	886
	장비관련 정보 수집 기술 (BC)	9	5	21		35
	소계	273	239	472	5	989

□ 특허동향 분석 결과

- 1990년 이후 플랜트 생산 가용도 관련 기술 분야(B)의 출원이 지속적으로 증가
- 1993년, 2000년 및 2007년에는 일본 기업들에 의한 IP 활동이 두드러짐
- 2010년에는 한국 출원인의 IP 활동이 급격히 증가
- 2010년 이후 한국 IP활동 일본과 비슷한 수준을 유지
- 플랜트 생산 가용도 관련 기술 분야(B)에서는 일본에서의 IP 활동이 가장 활발(48%)하게 나타나며, 한국과 미국은 비슷한 수준이고, 유럽에서의 IP 활동은 미미한 수준
- 한국과 일본에서는 내국인의 IP 활동이 활발하게 나타나는 반면, 미국에서는 외국인의 IP 활동도 상대적으로 활발(32%)
- 일본 출원인은 주요 국가에서 미국 출원인과 한국 출원인에 비해 상대적으로 활발한 IP 활동을 나타내고 있음
- 플랜트 생산 가용도 관련 기술 분야 성장 단계 또는 성숙 단계 초기에 있는 것으로 판단됨. 다만, 5구간의 동향이 성숙 단계로 접어드는 것인지 여부는 미공개 출원들이 공개되어야 확실히 알 수 있음
- 4구간까지는 주로 일본 출원인에 의하여 성장해 왔으나, 5구간에서 일본 출원인의 출원이 상대적으로 감소하고 한국 출원인의 출원이 증가

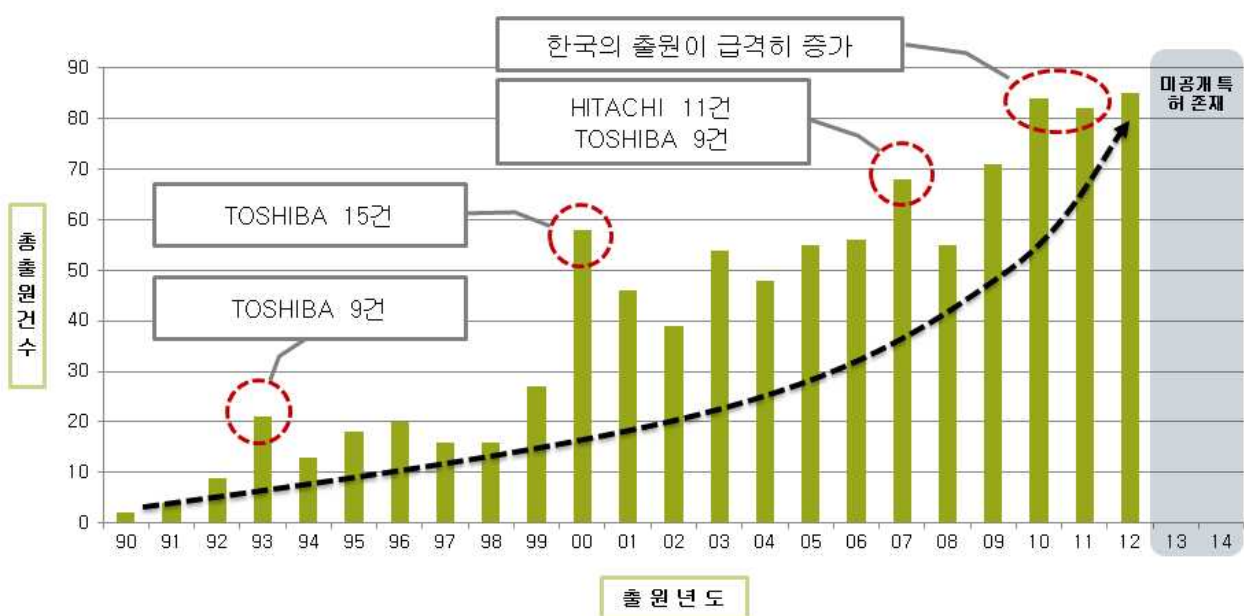


그림 2-29 플랜트 생산 가용도 전분야 시계열 특허 동향

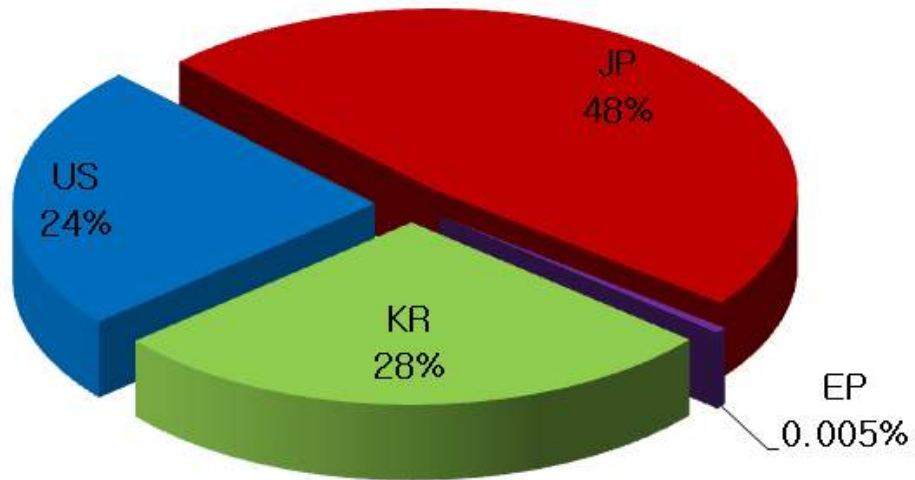


그림 2-30 플랜트 생산 가용도 전분야 국가별 특허 동향

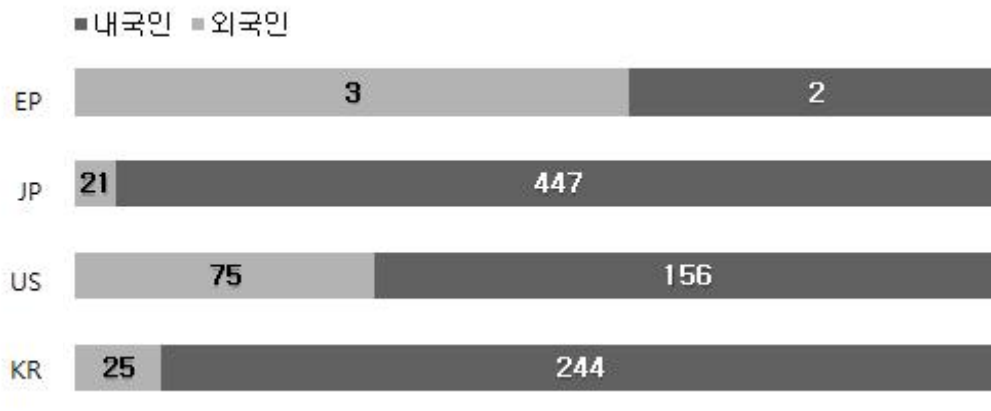


그림 2-31 플랜트 생산 가용도 전분야 내외국인 출원 현황

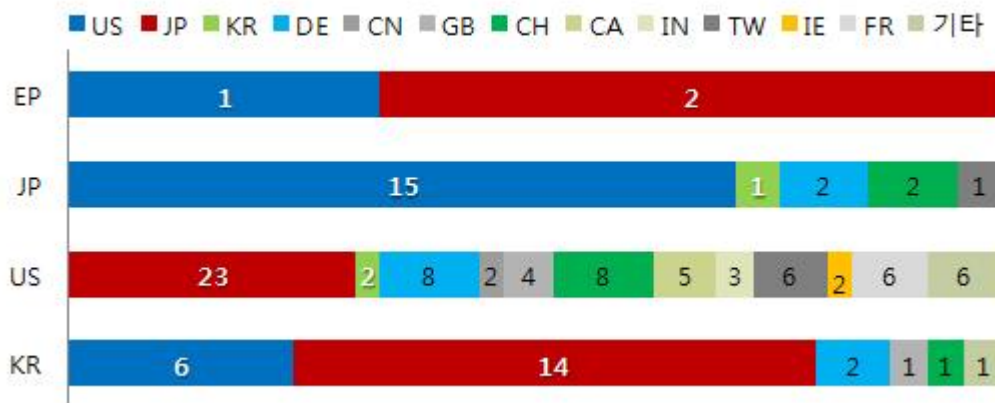


그림 2-32 플랜트 생산 가용도 전분야 출원국 현황

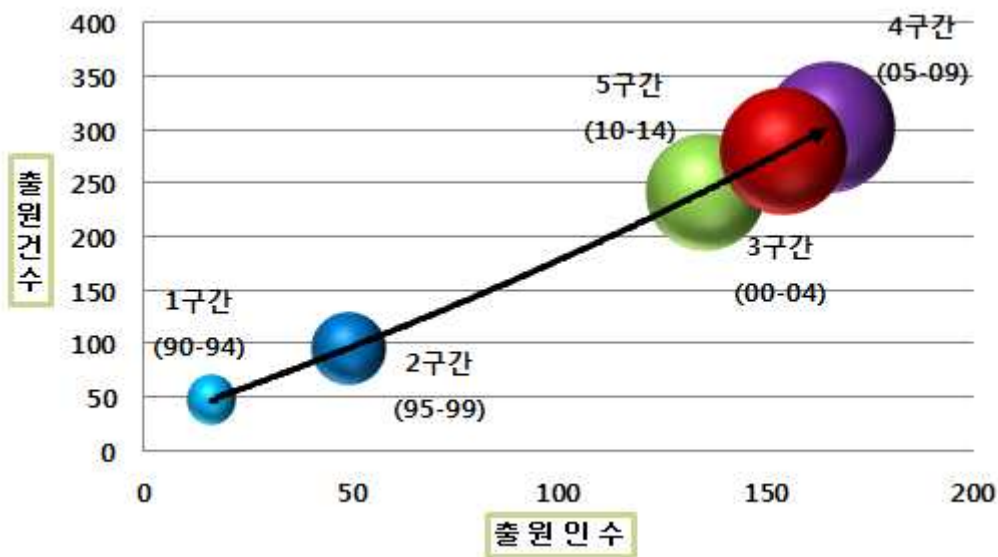
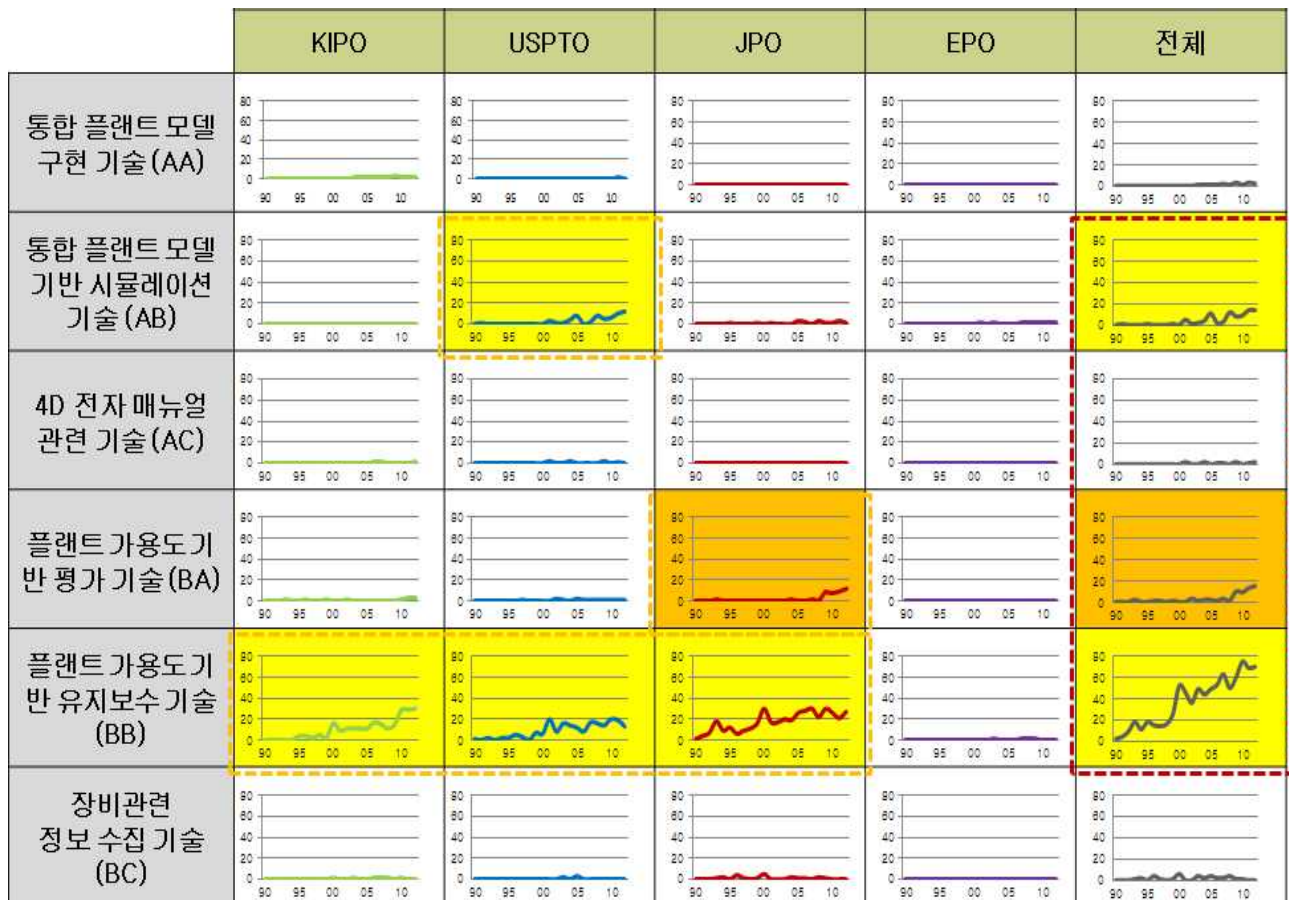


그림 2-33 플랜트 생산 가용도 전분야 특허 포트폴리오

그림 2-34 국가별 특허 출원 세부 동향



- 통합 플랜트 모델 기반 시뮬레이션 기술(AB), 플랜트 가용도 기반 평가 기술(BA) 및 플랜트 가용도 기반 유지보수 기술(BB) 분야의 출원이 활발한 것으로 나타남
- 통합 플랜트 모델 기반 시뮬레이션 기술(AB) 분야의 IP 활동은 미국에서의 출원이 주로 기여하는 것으로 나타남
- 플랜트 가용도 기반 평가 기술(BA) 분야의 IP 활동은 일본에서의 출원이 주로 기여하는 것으로 나타남
- 플랜트 가용도 기반 유지보수 기술(BB) 분야의 IP 활동은 한국, 미국 및 일본에서의 출원이 모두 기여하고 있으며, 최근 미국과 일본의 출원이 정체 상태인 반면 한국의 출원은 증가하는 추세임
- 미국의 주요 경쟁자들은 일본의 주요 경쟁자들에 비하여 유럽에 출원하는 비율이 높게 나타남
- 한국의 주요 경쟁자들은 해외에서의 IP 활동이 저조한 편으로 나타남

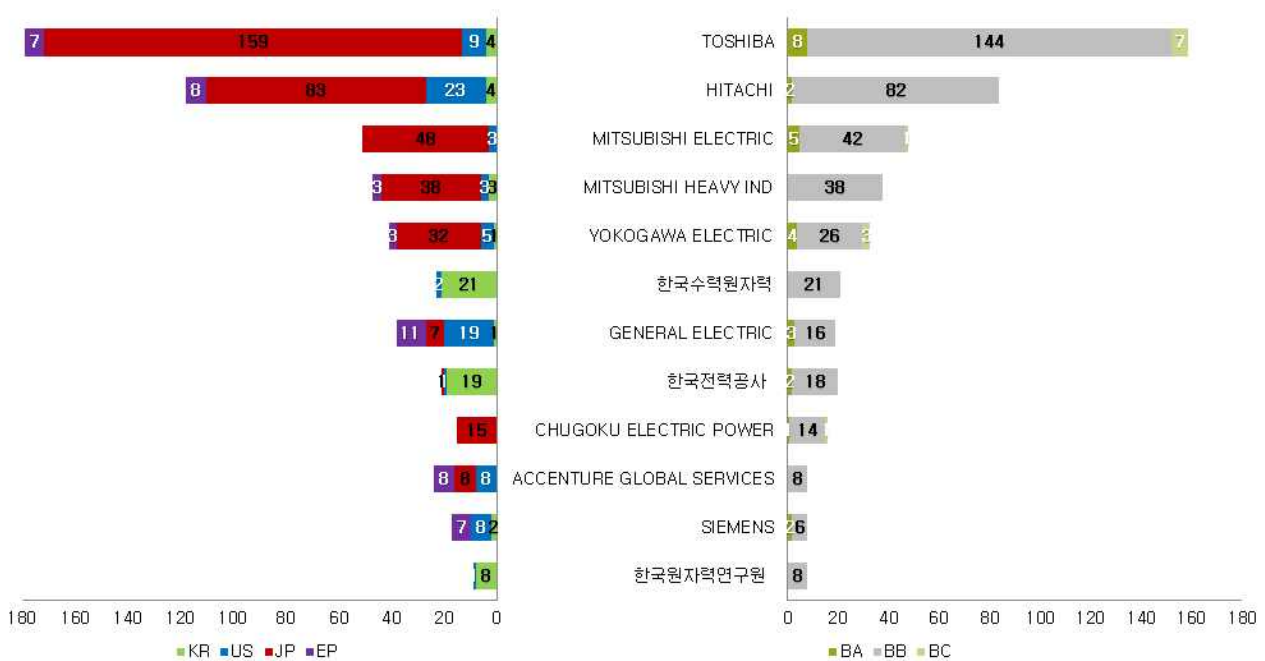


그림 2-35 주요 IP 시장국별 특허 경쟁자 현황

- 성능과 관련된 키워드군과 신뢰성과 관련된 키워드군은 서로 떨어져 있으나, 공정 플랜트 (PROCESS PLANT)라는 키워드를 매개로 연결됨
- 성능관련 키워드군 근처에는 시뮬레이션 관련 키워드와 유지보수 관련 키워드가 배치됨
- 신뢰성 관련 키워드군 근처에는 가동성 및 효율 관련 키워드와 데이터 수집/획득에 관한 키워드가 배치됨

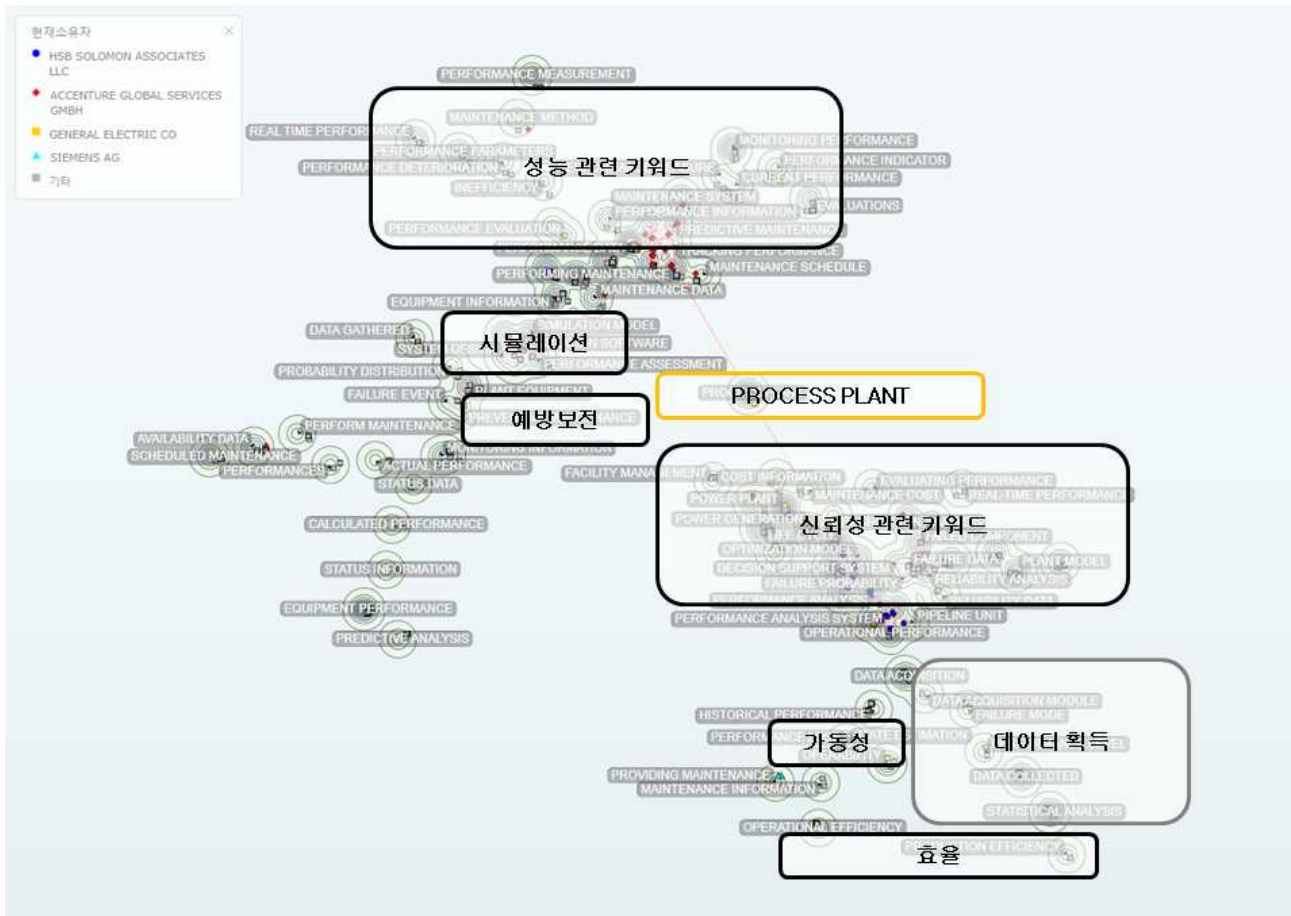


그림 2-36 플랜트 생산 가용도 전분야 특허 연관성 분석

- 첫번째 구간인 1998년 이전에는 본 기술 분야에 대한 IP 활동이 극히 저조함
- 두번째 구간(1999-2003년)에서는 신뢰성 관련 키워드들을 포함한 특허가 성능 관련 키워드들을 포함한 특허보다 많이 나타나며, 이 구간에서는 공정 플랜트 키워드를 포함하는 특허가 나타나지 않기 때문에 성능 관련 특허와 신뢰성 관련 특허가 다소 거리가 존재할 것으로 판단됨
- 세번째 구간(2004-2008년) 및 네번째 구간(2009-2013년)에서는 공정 플랜트 키워드를 포

- 함 특허가 존재하므로, 성능 관련 특허와 신뢰성 관련 특허가 서로 연관될 것으로 판단됨
- 데이터 획득에 관한 특허는 전 구간에 걸쳐 꾸준히 나타남

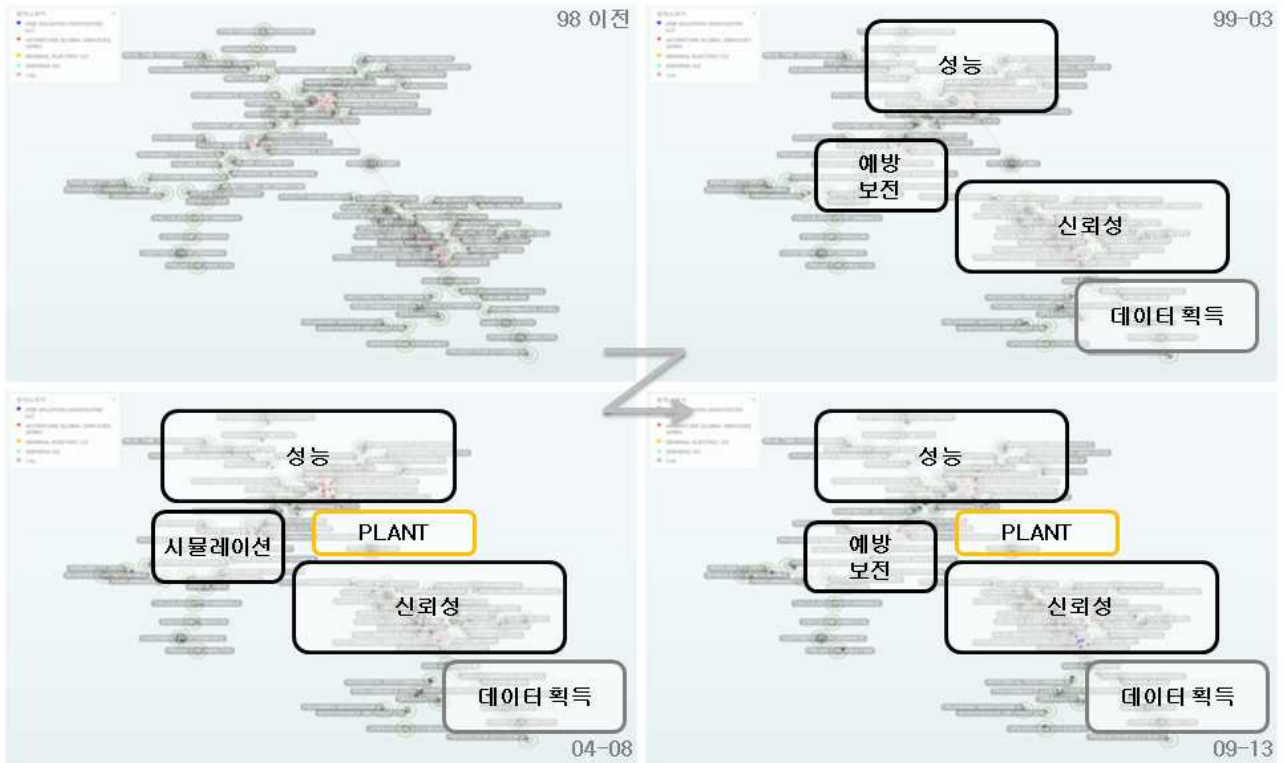


그림 2-37 플랜트 생산 가용도 전분야 특허맵 시계열 분석

□ 시사점

- 국가별 Landscape
 - 1990년 이후 출원이 지속적으로 증가해 온 것으로 나타남
 - 2000년대 후반까지는 일본 출원인의 IP 활동이 두드러지게 나타나며, 2010년 이후에는 일본 출원인들의 활동이 다소 정체되고 한국 출원인에 의한 IP 활동이 증가하는 추세임
 - 2011년 3월에 있었던 후쿠시마 원전사고의 영향으로 한국과 일본에서의 출원이 증가한 것으로 사료됨
- 내외국인 출원동향
 - 한국과 일본에서는 외국인에 의한 IP 활동이 활발하지 않으나, 미국과 유럽에서는 외국인에 의한 출원 비중이 상대적으로 크게 나타남
 - 미국에서는 다양한 외국인에 의하여 출원이 이루어지고 있으며 일본 출원인에 의한 출원이 가장 많은 비중을 차지하고, 유럽에서는 미국과 일본 출원인에 의하여 주로 출원이 이루어

지고 있음

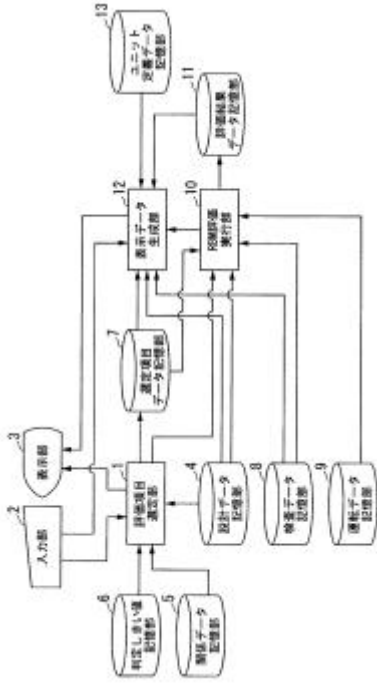
◦ 국가별 발전단계

- 전체적으로 성장 단계 또는 성숙 단계 초기에 있는 것으로 나타남
- 4구간(2005-2009)까지 성장을 주도하던 일본 출원인의 IP 활동이 5구간(2010-2014)에 들어와서 다소 정체되고 있으나, 한국 출원인에 의한 출원이 5구간에서 증가하고 경향을 나타냄

◦ 경쟁자 Landscape

- 주요 경쟁자의 상위권은 주로 일본 출원인이 차지하고 있으며, 한국은 전력 관련 출원연구소 또는 공기업이 주요 경쟁자로 나타남
- 미국의 주요 경쟁자들은 일본의 주요 경쟁자들에 비하여 유럽에 출원하는 비율이 높게 나타남
- 한국의 주요 경쟁자들은 해외에서의 IP 활동이 저조한 것으로 나타남

발명의 명칭	A method and a system for improving the operability of a production plant		
출원번호	EP2007118108	출원일자	2007.10.09
공개번호	EP02048559A1	공개일자	2009.04.15
출원인	Luotojarvi, Mika	권리상태	등록
대표도면	Fig.2		
요약	A method for improving the operability of a production plant is invented. The production plant (20a,b) has at least one production process (21a,b) comprising at least one equipment (30), a system for obtaining equipment condition measuring data and a system for obtaining maintenance work data. The equipment condition measuring (6) data and the maintenance work (5) data is continuously acquired and stored to equipment reliability calculation system, and equipment reliability (7) is calculated based on the equipment condition measuring (6) data and the maintenance work (5) data.,		

발명의 명칭	리스크 평가 장치 및 리스크 평가 프로그램		
출원번호	JP2011263599A	출원일자	2011.12.01
공개번호	JP2013117753A	공개일자	2013.06.13
출원인	IHI CORP	권리상태	
대표도면			
요약	기기의 개수 등을 행하는 멘터년스의 계획 입안을 행하는 경우에 유니트 단위로 검토를 할 수 있게 한다. 【해결 수단】 복수의 부위로 구성되는 유니트를 정의한 유니트 정의 데이터가 기억하게 되는 유니트 정의 데이터 기억 수단과, 설계 데이터 기억 수단에 기억하게 되고 있는 설계 데이터와, 검사 데이터 기억 수단에 기억하게 되고 있는 검사 결과 데이터와, 평가 결과 데이터 기억 수단에 기억하게 되고 있는 리스크 평가의 결과 데이터와를 각각 해독하고 유니트 정의 데이터 기억 수단에 기억하게 되고 유니트 정의 데이터를 참조하고, 유니트를 구성하는 복수의 부위 각각의 설계 데이터와, 검사 결과 데이터와, 리스크 평가의 결과 데이터와를 대상 유니트의 식별 정보라고 관계짓고 일람하는 것이 가능한 표시 화면 데이터를 생성하는 표시 데이터 생성 수단과, 표시 데이터 생성 수단에 따라서 생성하게 되는 표시 화면 데이터를 표시하는 표시수단과를 구비했다.		

발명의 명칭	플랜트 설비의 성능을 감시하고 고장을 예측하기 위한 방법 및 장치		
출원번호	JP2012547041A	출원일자	2010.12.29
공개번호	JP2013516674T	공개일자	2013.05.13
출원인	ペロリアム ナショナル ブルハド (ペトロナス)	권리상태	심사중
대표도면	Fig. 7 Confidence Level = $\frac{P(H)}{P(U) + P(H)}$		
요약	장치를 이용하고 정상적이지 않은 또는 잠재적으로 고장나고 있는 계량기를 검출하는 방법은, 계량기의 출력의 특성을 측정한 것에 따라 사실 행해진다. 특성의 측정치는, 정상 인 때의 계량기의 기대 분포와 비교하게 된다. 정상 인 경우, 이와 같은 특성 측정치를 생성하는 계량기의 확률우는 기대 분포의 평균으로부터 떨어지는 값을 계산한다. 정상이 아니다 때의 계량기의 기대 분포와 측정 특성 값을 비교하고, 정상적이지 않는 경우에, 이와 같은 특성 측정치를 생성하는 계량기의 확률우는 기대 분포의 평균으로부터 떨어지는 값을 계산한다. 정상으로 있을 때라고 정상적이지 않는 때의 계량기에 의하여 생성하게 되는 측정 특성 값의 확률을 비교한다. 뒤이어, 계량기가 정상이 아니다 우선도를 나타내는 신뢰 값을 생성한다.		

발명의 명칭	예측 알람을 이용한 플랜트 운전 지원 장치 및 처리 방법		
출원번호	JP2009025819A	출원일자	2009.02.06
공개번호	JP2010182142A	공개일자	2010.08.19
출원인	横河電機株式會社	권리상태	등록
대표도면			
요약	예측 알람 정보에 대하여 항상 최적의 대처를 실행한 것에 따라 알람 정보가 발 주어지는 것 없이 안정되는 플랜트 운전이 행해라, 확인끝남과 미확인인의 알람 정보와를 명확히 판별할 수 있는 플랜트 운전 지원 장치를 실현하는 것. 【해결 수단】 사실 플랜트의 동작과 병행하고 프로세스 시물레이션을 행하고, 사실 플랜트의 동작을 예측하도록 구성하게 되는 플랜트 운전 지원 장치에 있어서, 예측치와 대면하는 예측 알람을 확인끝남과 미확인인 식별 가능히 표시하는 표시수단을 설치한 것을 특징으로 하군요.		

발명의 명칭	플랜트 보전 지원 방법 및 플랜트 보전 지원시스템		
출원번호	JP2009021485A	출원일자	2009.02.02
공개번호	JP2010176618A	공개일자	2010.08.12
출원인	株式會社東芝; 東芝プラントシステム株式會社	권리상태	등록
대표도면	<pre> graph TD P1[P1: 保全計画策定プロセスPlan] --> P2[P2: 保全実施プロセスDo] P2 --> P3[P3: プラント管理プロセス] P3 --> P4[P4: 保全計画改善検討プロセスCheck] P4 --> P5[P5: 保全計画改善施策決定プロセスAction] P5 -- "保全計画改善施策のフィードバック" --> P1 </pre>		
요약	보전 계획의 신뢰성을 높일 수 있는 플랜트 보전 기술을 제공한다. 【해결 수단】 (a)플랜트 보전의 대처 방법을 정한 보전 계획을 책정하고 책정한 보전 계획을 컴퓨터에 보존하고,(b)보존하게 되는 보전 계획에 따라서 플랜트 보전을 실시하고, 플랜트 기기의 이상을 알아내는 때는, 플랜트 기기의 이상을 나타내는 보전 실시 결과를 작성하고, 이 보전 실시 결과를 컴퓨터에 보존하고,(c)보존하게 되는 보전 실시 결과를 참조하고, 상기 보전 실시 결과에 나타나는 플랜트 기기의 이상이, 책정한 보전 계획의 미비를 원인으로 하는 것인지 아닌지를 분석하고, 보전 실시 결과에 나타나는 플랜트 기기의 이상이 보전 계획의 미비를 원인으로 하는 것이라고 판정한 때는, 보전 계획 개선 검토 패턴을 결정하는 처리를 컴퓨터에 실행하게 하고,(d)결정되는 보전 계획 개선 검토 패턴을 제시하는 처리를 컴퓨터에 실행하게 하다. 【선택도】 그림 1		

발명의 명칭	과도 때 연료 건전성 평가 시스템 및 과도 때 연료 건전성 평가 방법		
출원번호	JP2007052936A	출원일자	2007.03.02
공개번호	JP2008216003A	공개일자	2008.09.18
출원인	株式會社東芝	권리상태	등록
대표도면			
요약	비등수 형 원자로에서 운전시의 이상한 과도 변화가 발생한 경우나 연료 건전성 평가가 필요해지는 경우에, 노심의 핵 온수력 동 특성 해석을 신속히 할 수 있게 한다. 【해결 수단】 노심의 핵 온수력 동 특성을 모의해 플랜트의 과도적 거동이 평가 가능한 플랜트동 특성 시뮬레이터 30다고, 노심의 상태를 감시하고 관리하는 노심 관리 시스템 21다고, 플랜트의 측정 데이터에 근거 그 프로세스량을 감시하고 관리하는 프로세스 관리 시스템 22다고, 플랜트의 과도기적인 측정 데이터를 기록하고 관리하는 과도 현상 관리 시스템 20다고, 이러한 시스템간을 네트워크로 협력하고, 협력에 필요한 데이터 전송 및 처리를 가는 데이터 협력 관리기능 31다고, 플랜트 측정 데이터와 시뮬레이터 입력 데이터 및 시뮬레이션 결과를 관리하는 데이터베이스 관리 기능 32다고, 그러한 데이터 입출력을 사용자에게 대하여 가는 유저 인터페이스 기능 33다고,을 가진다. 【선택도】 그림 1		

발명의 명칭	플랜트의 신뢰성 중시 보전 운용 지원시스템 및 운용 지원 방법		
출원번호	JP2007025164A	출원일자	2007.02.05
공개번호	JP2008191900A	공개일자	2008.08.21
출원인	株式會社東芝	권리상태	등록
대표도면			
요약	신뢰성 중시 보전의 도입을 용이화로 자르는 것. 【해결 수단】 플랜트의 신뢰성 중시 보전 운용 지원시스템에 있어서, 플랜트의 안전 기능 등을 담보하는 계통을 관리하는 플랜트 계통 전개 데이터베이스 11다고, 이 데이터베이스 11에 관리하게 되는 각각의 계통이 담보하는 기능을 관리하는 계통 기능 전개 데이터베이스 12다고, 이 데이터베이스 12에 등록되는 기능에 관계되는 기기를 관리하는 구성 기기 데이터베이스 13다고, 이 데이터베이스 13에 등록되는 각각의 기기에 관계되는 기능 고장 모드 등을 관리하는 기기 기능 고장 데이터베이스 14라고, 이 데이터베이스 14에 관리하게 되는 정보로부터 기기의 보전 중요도를 판정하는 보전 중요 때 판정 로직 15을 갖고, 이 로직에 의한 판정 결과에 근거하고, 기기 고장 모드 영향 평가 데이터베이스 16 또는 보수 템플릿 18을 이용하고 기기의 보전 방식이 추출하게 되고, 보전 프로그램으로서 기기 보전 프로그램 데이터베이스 17에 격납하게 되고 관리하게 되는 것이다. 【선택도】 그림 1		

발명의 명칭	플랜트 설비의 기기 보수 계획 방법		
출원번호	JP2006328467A	출원일자	2006.12.05
공개번호	JP2007183929A	공개일자	2007.07.19
출원인	三菱重工業株式會社	권리상태	등록
대표도면			
요약	플랜트 설비의 기기에 있어서 복수의 부위에 있어서 파손 등을, 모델화한 확률을 사상으로서 대우하고, 또한 플랜트 설비 고유의 운전 방법에 따르는 운전 조건이나 매 전 수익이나 환경에의 영향 등도 고려하고, 사실 운용에 일치한 시뮬레이션을 행하고, 신뢰성과 비용면부터 최적인 보수 계획을 제공할 수 있는 플랜트 설비의 기기 보수 계획 방법을 제공한다. 【해결 수단】 플랜트 설비 기기에 있어서 복수 부위 마다의 데이터베이스 1,2,5,6을 가지고, 시뮬레이션 블록 7에 있어서, 상기 플랜트 설비의 운전 조건에 근거하는 복수의 사상에 관해서, 상호의 상관을 가미하고 복수의 부위가 모이로 하고 시뮬레이션 하고, 또, 데이터베이스에 기억하게 되는 상기 플랜트 설비 고유의 운전 방법에 근거하고 설정하게 되는 상기 복수 부위에 있어서 열적 및 기계적 운전 조건을 기초로 파손 확률을 시뮬레이션 하고, 또, 매 전 수익이나 환경에의 영향 등도 반영하게 하고 시뮬레이션을 행한다. 【선택도】 그림 1		

발명의 명칭	고온 플랜트 기기의 여수명 진단 시스템 및 이 여수명 진단 시스템을 이용한 여수명 진단 방법		
출원번호	JP2006085787A	출원일자	2006.03.27
공개번호	JP2007263603A	공개일자	2007.10.11
출원인	中國電力株式會社	권리상태	등록
대표도면			
요약	순간 또는 단시간적에 여수명을 추정하는 고온 플랜트 기기의 여수명 진단 시스템 및 고온 플랜트 기기의 여수명 진단 방법을 제공한다. 【해결 수단】 여수명 진단 시스템 30은, 자사·타사 플랜트 설비 정보 데이터베이스 32라고, 계측 대상 부위를 계측하는 계측 수단과, 계측 수단에 계측하게 되는 계측 데이터를 인터넷 14을 이용하고 송신하는 계측 데이터 송신 수단 38다고, 계측 대상 부위의 표면 형상을 관찰하는 관찰 수단과, 계측 대상 부위의 내부의 결함이나 불균일 구조를 검사하는 비파괴검사 수단과, 관찰 수단에 관찰하게 되는 관찰 데이터 및 비파괴검사 수단에 검사하게 되는 검사 데이터를 격납하기 위한 관찰 결과용 데이터베이스 48다고, 예비 진단용 서버 50다고, 여수명 진단용 서버 52과를 구비한다. 【선택도】 그림 2		

발명의 명칭	플랜트용 보전 지원시스템		
출원번호	JP2005204447A	출원일자	2005.07.13
공개번호	JP2007025878A	공개일자	2007.02.01
출원인	三菱重工業株式會社	권리상태	
대표도면	<pre> graph TD Start([開始]) --> S200[S200] Start --> S300[S300] S200 --> S201[S201] S201 --> S202[S202] S202 --> S203[S203] S203 --> S205([終了]) S300 --> S301[S301] S301 --> S302[S302] S302 --> S303[S303] S303 --> S304[S304] S304 --> S205 </pre> Flowchart details: - S200 (プラント): 特定のプラントの稼働状況を監視・記録する。プラントから稼働データを収集する。 - S201: 稼働データを中央監視センターへ送信する。 - S202: 中央監視センターから稼働データを取得する。 - S203: 稼働データを分析し、異常を検出する。 - S300 (中央監視センター): 稼働データを処理する。 - S301: 稼働データを解析し、異常を検出する。 - S302: 異常を検出した場合、対応策を決定する。 - S303: 対応策を実行する。 - S304: 稼働データを解析し、異常を検出する。 - S205: 終了		
요약	원격지로부터 쓰레기소각로, 재 용해로 등의 플랜트의 운전 계획 및 소모 부품의 수명 예측에 근거하는 보전 관리를 일괄하고 행하고, 플랜트의 보전 비용의 감소를 실현한다. 【해결 수단】 쓰레기소각로, 재 용해로 등의 플랜트와, 해당 플랜트의 운전 계획 및 소모 부품의 수명 예측에 근거하는 소모품 교환 관리를 일괄하고 행하는 중앙 감시 센터로부터 구성하게 되고 있다. 플랜트로부터는, 일정 운전 회 수많은 중 일정한 운전시간 마다에, 중앙 감시 센터로 향하고, 특정의 플랜트 기기의 운전 상태를 나타내는 운전 정보가 송신하게 된다. 중앙 감시 센터에 있어서는, 해당 플랜트로부터 송신하게 되어 오는 운전 정보에 포함되는 각종 데이터, 및 소모 부품의 내성 지표가 되는 측정량에 근거하고 해당 소모 부품의 수명 예측 모델을 작성한다. 그리고, 이 수명 예측 모델과 해당 플랜트의 운전 계획과에 근거하고 해당 소모 부품의 수명, 꼭 차고 교환 시기를 예측한다. 【선택도】 그림 2		

발명의 명칭	플랜트의 열화 상태 평가 시스템 및 평가 방법		
출원번호	JP2005010127A	출원일자	2005.01.18
공개번호	JP2006201844A	공개일자	2006.08.03
출원인	株式會社東芝	권리상태	
대표도면	The diagram illustrates a plant degradation state evaluation system. It consists of three main input systems: 1. Inspection record system (点検記録記録システム), 3. Manufacturing record system (製造記録記録システム), and 4. Repair record system (補修記録記録システム). Each input system contains a specific record box (11, 31, 41) and a corresponding standardization system (12, 32, 42). These systems feed into a central processing unit (2) which includes a growth prediction computer (21) and a growth prediction model/evaluation method (22). The system also interacts with a database (5) and a terminal (6). The central unit also includes a standardization system for evaluation results (23) and an evaluation result box (24).		
요약	평가 수법의 고도화에 용이하며 유연히 대응할 수 있고, 이기는 유저 각각의 요구에 대응할 수 있는 플랜트의 열화 상태 평가 시스템 및 평가방법을 제공하는 것. 【해결 수단】 각 기기로부터 균열·감 고기 정보를 취득하는 데이터 입력 수단 11다고, 상기 균열·감 고기 정보를, 표준화하게 되는 상호 교환 가능한 기술 방법에 따라서 기록하는 균열·감 고기 기록 수단과, 상기 균열·감 고기 정보에 근거하고 운전 계속중에 있어서 균열·감 고기의 성장 예측·평가를 행하는 예측·평가 수단 21,22다고, 상기 예측·평가 수단에 의한 성장 예측·평가의 결과를, 표준화하게 되는 상호 교환 가능한 기술 방법에 따라서 기록하는 성장 예측·평가 기록 수단 23다고, 상기 균열·감 고기 기록 수단, 상기 성장 예측·평가 기록 수단 및 상기 보수 정보 기록 수단에 기록하게 됐다, 균열·감 고기의 기록, 운전 계속중의 균열·감 고기의 성장 예측의 기록, 제조시의 기록 및 보수 기록을 보관하는 데이터베이스 수단 5다고,을 구비한 것을 특징으로 하는 플랜트의 열화 상태 평가 시스템. 【선택도】 그림 1		

발명의 명칭	플랜트 설비의 예방 보전 지원 장치		
출원번호	JP2003393358A	출원일자	2003.11.25
공개번호	JP2005157608A	공개일자	2005.06.16
출원인	三菱電機株式會社	권리상태	
대표도면			
요약	플랜트를 구성하는 플랜트 설비의 이상, 고장 등의 발생시기를 예측할 수 있는 예방 보전 정보로서 출력하는 예방 보전 지원 장치를 제공한다. 【해결 수단】 플랜트를 구성하는 플랜트 설비 마다의 프로세스 데이터를 기억하는 프로세스 데이터 기억부와, 플랜트 설비의 가동시 사이 또는 동작 횟수를 적산하고 가동 데이터를 기억하는 가동 데이터 기억부와, 프로세스 데이터에 근거하고, 플랜트 설비의 이상을 판정하기 위한 프로세스 데이터의 경향 값 또는 프로세스 데이터간의 상관 값을 연산하는 프로세스 데이터 경향 값·상관 값 연산부와, 이 프로세스 데이터 경향 값·상관 값 연산부에서 연산하게 되는 경향 값 또는 상관 값과 가동 데이터에 의하여 플랜트 설비의 일정기간 후의 프로세스 데이터 예측치를 연산하는 프로세스 데이터 예측 연산부와, 프로세스 데이터 예측 연산부가 연산한 일정기간 후의 프로세스 데이터 예측치를 예방 보전 정보로서 표시하는 표시부와를 구비했다 구성으로 했다. 【선택도】 그림 1		

2.6 기술수준, 연구역량 분석

2.6.1 플랜트 엔지니어링 분야 국가과학 기술 수준, 연구역량

- 플랜트 엔지니어링 분야 국가별 기술 및 연구 역량 분석을 실시하였다. OECD 30개국 중 플랜트 엔지니어링 기술은 미국이 19.386점으로 최상위, 스위스(14.476점), 일본(13.661점), 스웨덴(13.236점) 순으로 상위권이며, 우리나라 과학기술혁신역량지수(11.866점)는 OECD 30개국 중 8위 수준
- 다만, 1위 국가(미국=100)를 기준으로 한 상대수준은 꾸준히 증가세 우리나라는 미국과의 과학기술혁신역량 격차를 점차 줄어 들고 있는 상태이며, IT 분야 기술경쟁력이 지속적으로 증가

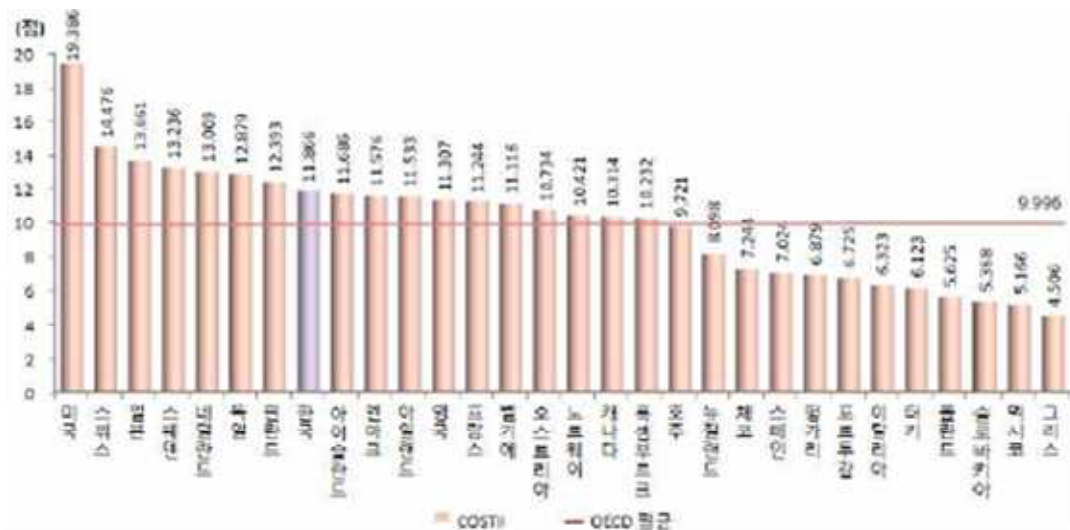


그림 2-38 2013년 국가별 과학기술혁신역량지수(COSTII)

(출처: 2013년도 국가 과학기술혁신역량 평가 보고서, 미래창조과학부, KISTEP)



그림 2-39 우리나라 과학기술혁신역량지수 및 순위의 연도별 변화 추이
(출처: 2013년도 국가 과학기술혁신역량 평가 보고서, 미래창조과학부, KISTEP)

표 2-8 우리나라 부문 및 지표별 과학기술역량 지수

구 분		한국순위						상위 3국
		'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	
자원		12	12	13	12	11	9	미국, 일본, 독일
인적자원	총 연구원 수	6	5	5	5	4	4	미국, 일본, 독일
	인구 만 명당 연구원 수	12	10	7	7	5	4	아이슬란드, 핀란드, 덴마크
	인구 중 이공계 박사 비중	20	22	22	23	23	23	스웨덴, 스위스, 핀란드
조직	미국특허 등록 기관 수	9	9	9	7	7	7	미국, 일본, 독일
	세계 상위 대학 및 기업 수	9	12	8	8	10	8	미국, 일본, 영국
지식자원	최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK)	13	11	11	11	11	10	미국, 영국, 독일
	최근 15년간 특허 수(STOCK)	6	6	6	6	6	5	미국, 일본, 독일
활동		3	4	7	6	4	4	미국, 아이슬란드, 핀란드
연구개발투자	연구개발투자총액	6	5	5	5	4	4	미국, 일본, 독일
	GDP 대비 연구개발투자총액 비중	4	4	4	3	2	1	한국, 핀란드, 일본
	연구원 1인당 연구개발투자	14	13	14	14	14	13	스위스, 스웨덴, 오스트리아
	산업부가가치 대비 기업연구개발투자 비중	4	4	4	4	2	2	핀란드, 한국, 일본
	GDP 대비 정부연구개발예산	7	4	5	5	5	2	핀란드, 한국, 포르투갈
창업활동	창업활동지수(TEA)	2	6	16	13	10	15	미국, 터키, 멕시코
	GDP 대비 벤처캐피탈 투자금액 비중	4	17	17	18	18	18	아이슬란드, 미국, 스웨덴

네트워크		18	20	19	19	16	13	벨기에, 룩셈부르크, 네덜란드
산학연협력	연구원 1인당 산·학·연 공동특허건수	6	5	4	2	2	2	일본, 한국, 프랑스
	정부·대학의 연구개발비 중 기업재원 비중	9	10	11	12	14	12	네덜란드, 터키, 헝가리
기업간협력	기업 간 기술협력*	16	19	24	24	22	23	핀란드, 스웨덴, 덴마크
국제협력	연구원 1인당 국제공동특허 수	21	18	16	13	15	15	룩셈부르크, 스위스, 아일랜드
	GDP 대비 (해외투자+외국인투자) 비중	29	30	25	21	22	27	룩셈부르크, 벨기에, 포르투갈
환경		20	18	19	19	19	20	네덜란드, 스웨덴, 캐나다
지원제도	기업 연구개발비 중 정부재원 비중	17	19	15	14	14	15	스페인, 헝가리, 폴란드
	지식재산권 보호정도*	26	25	24	24	24	25	스위스, 덴마크, 독일
물적인프라	인구 100명당 유선 및 모바일 브로드밴드 가입자 수	5	2	2	1	1	1	한국, 덴마크, 스웨덴
	인터넷 사용자 비중 및 유선 브로드밴드 이용료	6	7	1	3	5	4	영국, 아이슬란드, 미국
문화	새로운 문화에 대한 태도*	29	29	29	27	26	25	아일랜드, 캐나다, 네덜란드
	학교에서 과학교육이 강조되는 정도*	9	10	17	15	18	17	핀란드, 스위스, 캐나다
성과		14	13	9	8	7	12	스위스, 아일랜드, 미국
경제적성과	국민 1인당 산업부가가치	23	23	22	22	20	21	룩셈부르크, 노르웨이, 스위스
	하이테크산업의 제조업 수출액 비중	4	2	2	2	1	1	한국, 스위스, 프랑스
	연구개발투자 대비 기술 수출액 비중	27	27	27	26	27	27	아일랜드, 룩셈부르크, 네덜란드
지식창출	연간 특허 수	5	4	4	4	4	4	미국, 일본, 독일
	연간 R&D 투자 대비 특허건수	6	6	6	6	6	7	일본, 미국, 네덜란드
	연구원 1인당 SCI 논문 수 및 인용도	29	30	30	30	29	29	스위스, 네덜란드, 벨기에

* 표는 설문지표

2.6.2 플랜트 건전성 평가 분야 기술수준, 연구역량

- 미국, 유럽 등 선진기업에서는 플랜트 구성품의 운전 데이터를 수집하여 신뢰성 DB 확보하였으며, 신뢰성 DB(OREDA 등)를 활용한 생산가용도, 안전도 평가를 필수로 반영하고 있으나,
- 국내 엔지니어링 기관에서는 플랜트 국제 기준에 근거 석유화학, 천연가스 액화 플랜트에 대한 RBI, HAZOP 등 안전성 평가가 이루어지고 있는 수준으로, 플랜트 시스템의 신뢰성과 생산가용도 해석설계, 안전조업, 유지관리 등이 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 엔지니어링 산업기반과 연계하여 시너지 제고 필요
- 국내 우수한 IT 기술 활용 기술개발 성공 가능성이 높으나 선진기업의 DB 독점 및 노하우 미공개 등으로 인하여 솔루션 및 기술용역시장 진입에 어려움이 있음
- 대규모 플랜트의 발주자/운영자 관점에서 생산성은 매우 주요한 성능 지표로서 플랜트 생산

성 확보를 위한 시스템 신뢰성/안전성 확보가 설계와 운영의 핵심 요소로서 선진업체는 플랜트 건설 사업 입찰에 설계의 건전성, 안전성, 가용성 평가 결과 제출을 의무화하고 있는 시장 여건을 고려할 때 시급한 기술 추적이 필요



그림 2-40 플랜트 건설/운영에 있어서 RAM 및 RCM 연계성

- 기획 과제와 관련된 주요 이슈(issue)는 앞서 동향조사 등에 기초하여 다음과 같이 파악됨
 - 특허, 경쟁기술 미흡
 - 고도의 시스템 엔지니어링 및 응용기술 미흡
 - 표준, 시험 등 인프라 취약
- 부분적으로 요소기술이나 선행기술이 추진되었으나 건설기술로 집약하기에는 많은 기간과 투자가 선행되어야 할 것으로 보임.
- 또한 장기적인 시장 전망이 큰 분야로서 해외시장 진출 및 경쟁력을 확보하기 위해서는 허브(HUB)형 기반기술의 발굴과 지원여건의 구축이 필요함.

표 2-9 기술수준 분석 결과(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)

이슈	기술 취약 분야 (기술수요)	비고
인프라 구축	◦ 국제 표준 기반의 국내 표준/법체계 정비 ◦ 플랜트 설비 표준화 기술/기자재 인증체계 ◦ 국제 표준화 기술 도출 및 위원회 참여(규격제안, 제정 등) ◦ 플랜트 설비의 수명, 효율성 향상을 위한 표준화 기반구축 ◦ 기자재/장비 내구성 및 가혹 test 등 가속시험방법(규격)	
시스템 고도화	◦ 기자재/장비 사용 적합성 평가기술 (수명평가, 교체주기 예측, 조치 시나리오, operation & maintenance 검증 포함) ◦ 주요 기기 및 모듈의 파손 및 고장 데이터베이스 구축 (피로파괴, 열화기구, 고장사례, 공개 DB 활용 등) ◦ 주 공정 또는 플랜트의 RAM 평가기술 ◦ 주요 부품·소재 열화 및 강도 실시간 지능형 진단 및 조치 (센싱-conditioning-진단(DB, 알고리즘)-조치(원격 등) 등을 수행) ◦ 설비의 안전진단을 위한 통합 안전진단 시스템 개발 및 시범 모형 구축 ◦ Real&Virtual 환경 통합 플랫폼 (knowledge/rule 구축 포함) ◦ 요소부품/모듈 데이터 모델 개발 (life cycle data - 형상, 재질, 결합, 응력 등) ◦ 대규모 모델링 및 시뮬레이션기술 (에너지 유효이용 및 통합관리기술 등)	
엔지니어링 효율화	◦ LNG 플랜트 생애주기 규명 ◦ LNG 플랜트 LCC 모형 개발 ◦ 사업 및 공정별 위험도 평가 ◦ RT/UT기반의 지능형 O&M/PLM 기술 ◦ 엔지니어 교육프로그램	

표 2-10 기술 분야별 인프라 수준(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)

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

표 2-11 기술 분야별 국내외 현황 및 수준(출처: 가스플랜트 상세기획 보고서)

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
사용적합성평가	미국, EU, 일본	항공기 부품, 주요 플랜트 핵심기자재 등	70
엔지니어링 생산성 개선	미국, EU, 일본	정보분류체계, 공정관리	70
표준화	미국, EU	국내 산업설비 취약, 국제표준 원용 및 추종	40

2.6.3 기술격차 해소방안

- 기술격차 해소를 위해서는 엔지니어링 기술개발 R&D 투자확대와 현장 데이터베이스 수집 및 정량화를 위한 제도적 지원이 최우선과제로 분석됨
- 이는 기존 환경 플랜트 분야 플랜트 관리가 과거 도제식 교육시스템 및 현장에서 시스템 유지보수와 연계되지 않는 연간정비, 분기정비, 월간정비 등 형식적인 관리시스템의 개선이 이루어지지 않은것에 기인하는 것으로 분석됨
- 현재 국토교통부 플랜트연구개발사업의 일환으로 수행중인 “LNG플랜트사업단” 핵심1과제 내에서 기초연구가 수행된 플랜트 가용도 평가 기술을 국내 IT기술 생태계에 접목하여, 지자체 관리시설인 환경플랜트를 대상으로 정부 주도의 국가 R&D 수행을 통하여 관련 기술의 자립화 및 데이터베이스 구축이 가능할 것으로 판단되며, 유사 시설로 확장 가능함.

표 2-12 기술격차 해소방안

(●:1순위, ○:2순위, △:3순위)

소분류	장비	인력	R&D	중기육성	기초연구	법제도	비고
신뢰성 DB			○	△		●	
신뢰성 평가			●	○			
건전성 평가			●	○			
시뮬레이션	○	△	●				
HMI 작업환경	○	△	●				
❖ 장비: 장비/설비구축 ❖ 인력: 인력양성 ❖ R&D: R&D투자확대 ❖ 중기육성: 중소기업육성 ❖ 기초연구: 기초연구지원확대 ❖ 법제도: 법제도 정비 ❖ 산학연: 산학연 연계강화							

임의여백

제 3 장 기술수요조사

3.1 기술수요 조사

□ 개 요

- 미래사회의 전망 및 니즈 도출, 기술수요조사, 기술체계 구성을 위하여 4단계의 전문가 집단 자유토론 및 델파이 분석기법을 적용함
 - 1단계 : 기술수요조사 추진계획 수립
 - 2단계 : 미래사회 전망 및 니즈 도출(브레인스토밍, 델파이 조사)
 - 3단계 : 수요 기술조사 및 후보기술 도출(브레인스토밍, 델파이 조사)
 - 4단계 : 기술수요조사보고서 작성
- 브레인스토밍이란 복잡하고 어려운 문제를 해결하기 위한 다양한 아이디어를 취득하기 위한 대표적인 토론 방식으로 토론 중 아이디어를 취합해 수정, 보완을 거쳐 독창적인 아이디어를 얻을 수 있는 장점이 있음
- 델파이 분석기법이란 기초 자료가 빈약한 경우의 의사결정을 위한 토론 기법으로 전문가 반복적 의견 조회, 교환, 발전을 통하여 미래를 예측할 수 있는 장점이 있음
- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발을 위한 플랜트 업계, SW업계, 학계, 연구소 등 분야별로 기술수요조사를 실시하였음.
- 기술수요조사는 워크숍 수요조사 2회, 이메일 수요조사 1회, 전화요청 수 회 등을 통해서 각 실시하였으며, 아래의 수요조사 서식을 이용하였음.

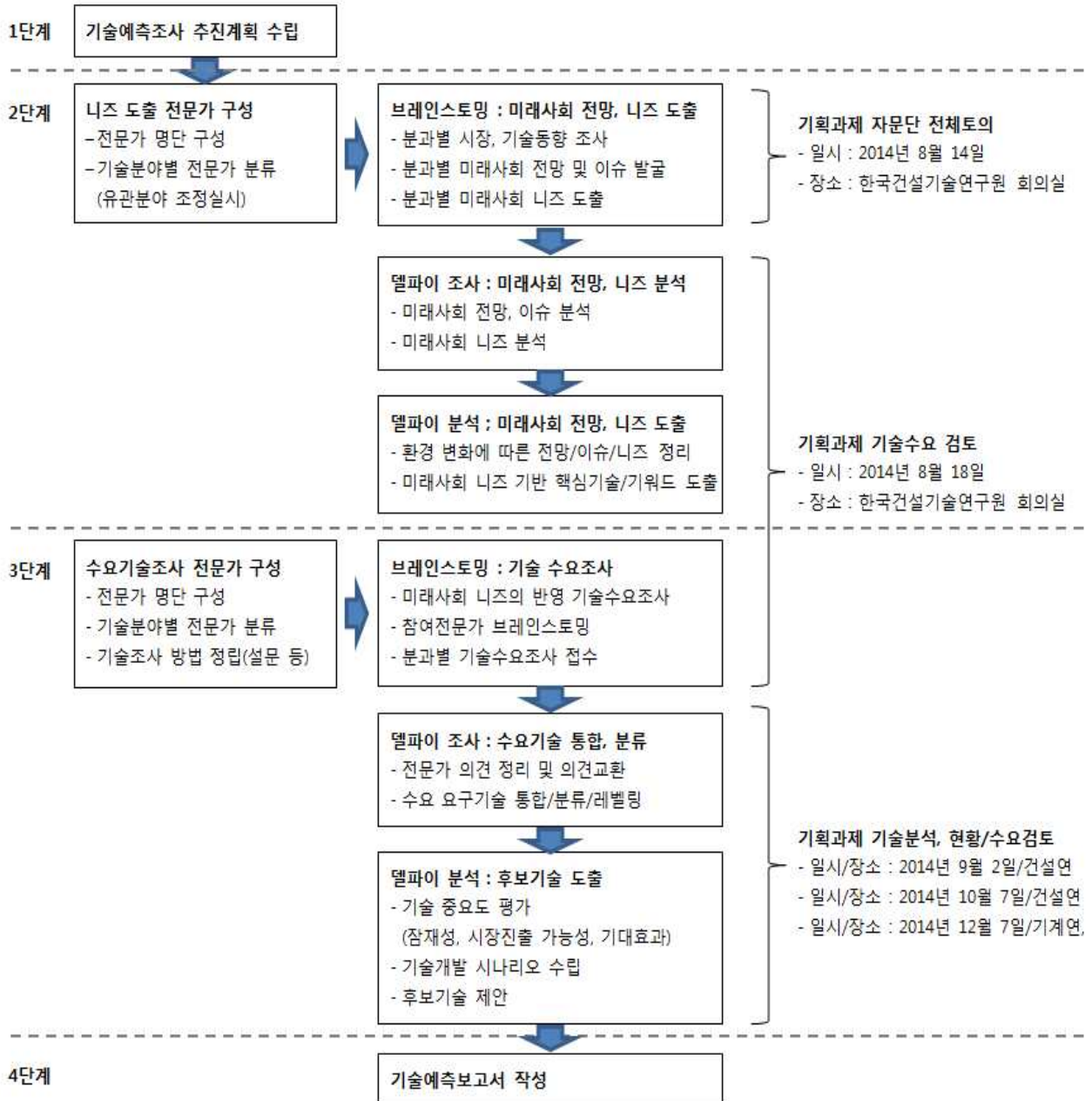


그림 3-1 기술수요조사 프레임 및 흐름도

PART I. 인적사항

성 명		소속기관명	
소 속 부 서		직 위	
연 락 처	(TEL)	(Email)	
소속기관 형태	대기업(), 중견기업(), 중소기업(), 대학교(), 정부기관(), 연구소(), 협회(), 기타()		

PART II. 제안 기술 개요

중점추진분야	플랜트 인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시뮬레이터 개발 기획 (플랜트 건설 시뮬레이터 SW 개발)								
첨부된 기술분류에서 제안기술의 위치(대분류)	마지막 페이지의 기술분류에서 대분류 선택하거나 새로운 대분류명 추가								
첨부된 기술분류에서 제안기술의 위치(중분류)	마지막 페이지의 기술분류에서 중분류 선택하거나, 새로운 중분류명 추가								
제안 기술명	제안 기술이 복수인 경우에 파트 2-4를 복수 작성 요망								
기술개발 단계	기초/원천(), 응용(), 실용화(), 실증화test bed형() / 융합기술 여부(Q X)								
대상 기술의 TRL (Technology Readiness Level) 분류									
구분	가초이론 /실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립	실험실 규모의 기술성 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확장된 시스템의 시제품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모 시제품 제작 및 성능 평가	시장성평가 및 수요업 평가	시제품 검증 및 표준화	사업화
단계	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

[작성방법]

- 분류 : [첨부] 기술분류체계 기준, 제안하는 기술이 속하는 중분류명을 명시하거나, 새로운 대분류 및 중분류 추가 제안 가능
- 제안기술아이템명 : 제안하고자 하시는 기술아이템명 또는 기술개발과제명 작성
- 기술개발단계 / 융합기술 여부 : 대상기술의 해당단계 표시, 융합 여부 동시 표시

PART Ⅲ. 연구개발의 목표 및 내용

제안기술명								
기술의 정의								
연구개발목표								
연구개발내용 (해결방법)								
핵심요구기술	- 기술의 핵심키워드, 기술의 성능목표, 세부요구기술 작성							
세부목표별 추진단계	세부목표 입력	1단계	○					
		2단계	○					
		3단계	○					
성과 및 최종성과물	- 연구개발로 산출되는 결과물, 결과물의 형태, 구체적 기술 Spec.을 명시							
활용방안								
기대효과 및 파급효과	○ ○ ○							
연구예산	소요기간		()년					
	구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
	연구비	정 부	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원
		민 간	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원
	합 계	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	백만원	

[작성방법]

- 연구개발의 목표 : 연구개발이 필요한 기술(또는 공정)의 수준·성능 및 품질을 가능한 한 정량적으로 기술
- 연구개발의 내용(해결방법) : 연구개발의 목표를 달성하기 위하여 수행할 세부기술의 내용 및 범위를 기술하고 연구개발 기술에 대한 사양·성능·용도 및 기능 등에 대하여 기술
- 세부목표별 추진단계 : 세부목표(정량적)를 기술하고 세부목표를 실현하기 위한 주요 기

□ 브레인스토밍

- 미래산업 변화에 따른 미래기술수요 도출을 위하여 기획위원 및 전문가 집단 대상 전체 토의를 통하여 기술수요를 도출함
- 시장동향, 기술동향, 정책동향 등 선행 조사 결과를 바탕으로 상호 브레인스토밍을 통하여 기술니즈를 도출함
 - 제1차 참여연구원, 기획위원 전체 토의

구 분	세부사항	비고
일시/장소	◦ 2014년 8월 14일 / 한국건설기술연구원 중회의실	
주요내용	◦ 기술트리 완성 ◦ 동향조사결과→이슈, 견인요인 분석→SWOT 분석 ◦ 기술검토→기술수요 조정/통합→후보기술 도출(1차) ※ 검토: 연구목표/내용/범위, TRL검토, 기대효과 등 검토	

- 제2차 참여연구원, 기획위원 그룹 미팅

구 분	세부사항	비고
일시/장소	◦ 2014년 8월 18일 / 한국건설기술연구원 회의실	
주요내용	◦ 미래산업 변화에 따른 방향성 드릴링분야 전망/이슈/니즈 ◦ 기술체계, 기술수요, 키워드 토의 및 종합 ◦ SWOT 분석 및 전략방향 수립 ◦ 연구단 비전 및 목표, 개발기술 후보 도출	

□ 기술분류체계

중분류	세분류	요소기술	원천 기술	기반 기술	비고
사전준비	사전준비	업무 분장		○	
		분석 항목 식별		○	
		우선 순위 지정		○	
		시스템 확인, 문서 검토		○	

		방향 설정, 교육		○	
		기본 규칙과 가정		○	
자산평가	자산 평가	시스템 정의		○	Primary Function Secondary function Hidden function
		장비 식별		○	
		기능, 조작 식별		○	
		운영 상황 식별		○	
		성능 기준 식별		○	
		장비 중요도 식별		○	
자산건전 성 평가	FFA, FMEA, FTA analysis	오작동 모드 식별		○	
		오작동 원인 식별		○	
		오작동 근본 원인 식별		○	
		오작동 영향력 식별	○		
		오작동 비용 평가	○		
	RISK, HAZOP analysis	오작동 모드 식별		○	
		오작동 원인 식별		○	
		오작동 근본 원인 식별		○	
		오작동 위험도 평가		○	
		RISK(HAZOP)		○	
	유지보수 전략	유지보수 분담 전략	○		
		유지보수 비용 평가	○		
	유지보수 최적화	최적화 검사	○		
		유지보수, 검사 일정 최적화	○		
		유지보수 한계 식별	○		
		유지보수, 검사 비용 평가	○		
		시스템 운전 수명 최적화	○		
	확인/검증	RCM 적용 한계 정의		○	
		오작동 vs 영향력 보고		○	
		유지보수 성능 보고		○	
		성능 보고		○	
데이터베이스	현장데이터 기반	현장 DB 수집 방법	○		

이스	DB	현장 DB 패턴화	○		
		현장 DB 기반 고장률 평가	○		
	가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발	소재 및 장비 신뢰성 평가		○	
		열화상태 진단, 잔존수명 예측		○	
		가속수명시험평가 기술		○	

□ 기술수요조사 결과

- 기획위원 및 전문가 집단 기술수요조사를 실시함
- 정부 0명, 산업계 8명, 학계 6명, 연구소 9명의 전문가 집단을 대상으로 기술수요조사 실시 결과 총 35건의 기술수요조사서를 접수함

표 3-1 기술수요조사 대상 집계표

구분	정부	산업계	학계	연구소	소계
참여인원		8	6	9	23
수요조사건수		8	5	22	35

표 3-2 기술수요조사 결과(세부 수요조사 결과는 부록 참조)

중분류	세분류	요소기술
생산성 평가 엔지니어링 프로세스	신뢰성, 생산성 평가 프로세스 표준화	신뢰성 기초 데이터 수집 활동 표준화 (데이터 추출, 의사교환, 운전정책 정량화 등)
		신뢰성 기초 데이터 고장/오작동 모드, 영향력 분석 표준화 (FMEA ⁷⁾ 분석 표준화)
		신뢰성, 생산성 평가/분석 절차/방법론 표준화
	SE 기반 생산가용도 관리, 평가 프로세스	전주기 RAM 관리활동 정의
		단계별 RAM 관리방법론 정립 (BOM, FBD, RBD, FMECA, FTA, FRACAS)
		SE 기반 RAM 관리 및 평가 프로세스 구축
	생산가용도 예측 및 유지보수 최적화 기술	시계열 부하 변동에 따른 생산가용도 예측 및 유지보수 최적화 기술
		저장 설비 연계 생산가용도 예측 및 유지보수 최적화 기술
		수요 vs 버퍼/저장 설비 연계 생산가용도 예측 기술
		생산가용도 기반 유지보수 최적화 기술
	플랜트 사고 피해 평가 기술 개발	설계 및 운용·유지 단계에서의 정량적 위험성 평가
		IT 융합을 통한 플랜트 정비관리 플랫폼 개발

	신뢰성, 생산성 기반 VE 기술 개발	VE 추진을 위한 업무절차 간소화/표준화, 파트너링 기법 개발
		VE 기반 플랜트 건설 부가가치 극대화 기술 개발
		플랜트건설 VE 활동 지침서 개발
생산성 평가 솔루션 개발	생산성 평가 솔루션 패키지 개발(알고리즘/로 직)	신뢰성 기초데이터 통합 관리 알고리즘/플랫폼 최적화
		현장 데이터 기반 신뢰성 기초데이터 패턴화 알고리즘/플랫폼 개발
		신뢰성, 생산성 평가 알고리즘 다양화 개발
		신뢰성, 생산성 평가 솔루션 통합 패키지 개발
	생산성 기반 최적 설계	다중 시나리오 기반 프로세스 최적화 프로세스 구성 알고리즘 개발
		해석결과 다중 의사결정 알고리즘 개발
		신뢰성, 생산성 기반 프로세스 최적화 평가 구성 알고리즘/솔루션 개발
	시계열 생산성 시뮬레이션 및 가시화 기술 개발	BIM 연계 신뢰성, 생산가용도 모델링(전처리) 모듈 개발
		생산가용도 평가 가시화 표현 기술 개발
		RAM-BIM 데이터 상호 연동 기술 개발
	수처리 및 환경 플랜트의 RCM 기법 적용 및 솔루션 개발	수처리 및 환경 플랜트의 RCM 체계 개발
		수처리 및 환경 플랜트의 RCM 솔루션 개발
장비/기자 재 신뢰성 평가 센터 & DataBase	오작동 기구 규명 프로세스 개발	신뢰성 기초 데이터 고장/오작동 모드, 영향력 분석 표준화
	현장데이터 기반 신뢰성 평가 기술 개발	고장/오작동 현장 데이터 기반 장치/기자재 고장률 평가 알고리즘 개발
		현장 데이터 기반 신뢰성 기초 데이터 수집 방법론 개발
		현장 데이터 기반 신뢰성 기초데이터 패턴화 알고리즘 개발

	가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발	소재 및 장비 신뢰성 평가 기술
		열화상태 진단 및 잔존수명 예측기술
		가속수명시험평가 기술
	장비/기자재 신뢰성 평가 데이터베이스 센터	장비/기자재 신뢰성 평가 데이터베이스 센터 구축, 운영(안) 제시

제 4 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

4.1 비전 및 목표

플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 R&D를 통하여 생산가용도 평가 기술, 위험도 평가 기술 기반 건전성 평가시스템을 구축하고,

생애주기 생산성 개선, 유지보수 비용 5% 절감을 통하여 환경플랜트 유지보수 시장 진출하고, 이를 기반으로 플랜트 기획, 기본설계 분야 및 타 플랜트 분야로 기술 생태계를 확장

비전	플랜트 종합 엔지니어링(기획-건설-유지보수) 시장 진출		
목표	플랜트 생애주기 생산성 5% 개선, 유지보수 비용 10% 절감		
	구 분	2016년~2018년	2019년~2020년
	엔지니어링 기술	건전성 평가 기술 확보	글로벌 표준 위원회 참여
	IT솔루션	독자 솔루션 개발	솔루션 수출(ODE사업)
	데이터베이스	DB자립(환경플랜트)	DB수출(ODE사업)
	기술경쟁력	세계 10위	세계 7위

구분	건전성 평가 기술	생산가용도 평가 기술	위험도 평가 기술
연구 내용	- 최적 관리 시스템 -RCM/RBI 시스템 통합 -휴대용 단말시스템 개발 -HMI 시스템 적용	- RAM 평가 기술 -RAM 평가모델 개발 -RAM 평가시스템 구축 -	- RISK 평가 기술 -RISK 평가모델 개발 -RISK 평가시스템 구축 -안전기준 통합 코드
	- 신뢰성 DB 개발 -현장 DB 수집/정량화 -수명평가 시스템 구축 -시험인증지원체계	- RCM 관리 시스템 -예지보전 협업모델 개발 -RCM 시스템 개발 -	- RBI 관리 시스템 -안전진단 시스템 개발 -잔존수명 예측 시스템 -
	- 법제도/관리시스템 정립 -시설 사후관리제 -시설 운용 보고 제도화 -		

그림 4-1 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 R&D 비전, 목표

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 - 안전진단 관련 표준, 기준 정립(KGS) - 플랜트 수주 증가 - 세계적 수준의 상세설계, 시공기술 인력보유 - 정부 주도의 기초시설물 지원 개발투자 증가 - 환경 플랜트 분야 기술 경쟁력 확보 (신흥국 시장 진출 확대)	【 약 점(W) 】 - 공인시험평가기관의 대외적인 공신력 취약 - 복합 실환경 모사 시험 인프라 부족 - 플랜생산가용도 관리 및 평가 프로세스 부재 - 기초 설계 데이터의 체계적인 관리 미흡
외부 환경 분석	【 기 회(O) 】 - 플랜트 유지보수 시장 성장 추세 - KOLAS 기반 전문시험인증 확대 - 규제 변화 대응 시험설비 지속적 구축 - 국내 플랜트 노후화로 시장 수요 증가 - 플랜트 안정성, 신뢰성에 대한 중요성이 강조 - 환경 플랜트 운영, 유지관리 인식 개선	【 위 험(T) 】 - 글로벌 자국 플랜트 산업 보호 정책 강화 - 해외 인증 시스템 협조 시스템 미비 - 글로벌 시험 인증기관의 직접적 국내 진출
SO 전략	- 안전진단, 시험인증 체계 구축을 통한 시장 개척 - 환경플랜트 건설, 유지보수 일괄 수주 - 지자체 관리 환경플랜트 적용 확대 - RCM 적용에 따른 자산관리 효율화 홍보를 통한 지자체 등 설득	WO 전략 - 설계 정보 데이터의 지속적 수집 - 복합 환경 구현 인프라 구축 - 원스톱 시험인증 서비스 지원 기능 강화 - 안전진단 시스템의 확장 적용 → RCM 전환 적용을 통한 예산 절감 - 정부주도의 투자확대 → 원천기술 확보
ST 전략	- 시험평가인증 서비스 지원체계 구축 - 신뢰도, 가용도 시장 대외경쟁력 강화 - 글로벌 규제 대응 체계의 구축 - 한계 돌파형 시장 진출모델 발굴 - ICT 융복합 융.복합 선도기술의 개발	WT 전략 - 기자재 전문시험기관 역량 강화 - 시험평가기관의 자격요건 취득 지원 - ISO, IEC, API 등 국제표준기구 활동 강화

그림 4-2 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 R&D 비전, 목표

4.2 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

- 플랜트 건전성 평가 기술트리를 중심으로 CTE/TRL 분석
- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 R&D를 통한 기술 경쟁력 확보 유무 검토
- 기술 분류별 R&D 소요 기술, 보유기술, 일반기술 분류를 통하여 기술수요 재분류 실시

중분류	세분류	요소기술	CTE	AS-IS		To-BE		비고
				TRL	경쟁력	TRL	경쟁력	
사전준비	자산건전성 관리 철학	업무 분장	—	7	—	8	●	기술보유
		분석 항목 식별	—	7	—	8	●	기술보유
		우선 순위 지정	—	6	—	8	●	
		시스템 확인, 문서 검토	—	8	—	8	●	기술보유
		방향 설정, 교육	—	8	—	8	●	기술보유
		기본 규칙과 가정	—	8	—	8	●	기술보유
자산평가	자산 평가	시스템 정의	—	6	○	8	●	
		장비 식별	—	6	○	8	●	
		기능, 조작 식별	●	5	○	8	●	
		운영 상황 식별	—	5	○	8	●	
		성능 기준 식별	●	5	○	8	●	
		장비 중요도 식별	●	5	○	8	●	
자산건전성 평가	FFA, FMEA, FTA analysis	오작동 모드 식별	●	3	△	8	●	
		오작동 원인 식별	●	3	△	8	●	
		오작동 근본 원인 식별	●	3	△	8	●	
		오작동 영향력 식별	●	3	△	8	●	
		오작동 비용 평가	●	3	△	8	●	
	RISK, HAZOP analysis	오작동 모드 식별	●	6	◐	8	●	일부보유
		오작동 원인 식별	●	6	◐	8	●	일부보유
		오작동 근본 원인 식별	●	6	◐	8	●	일부보유
		오작동 위험도 평가	●	6	◐	8	●	일부보유
		RISK(HAZOP)	●	6	◐	8	●	일부보유
	유지보수	유지보수 분담 전략	●	3	△	8	◐	

중분류	세분류	요소기술	CTE	AS-IS		To-BE		비고
				TRL	경쟁력	TRL	경쟁력	
	전략	유지보수 비용 평가	●	3	△	8	●	
	유지보수 최적화	최적화 검사	●	4	△	8	●	
		유지보수, 검사 일정 최적화	●	4	△	8	●	
		유지보수 한계 식별	●	4	△	8	●	
		유지보수, 검사 비용 평가	●	4	△	8	●	
		시스템 운전 수명 최적화	●	4	△	8	●	
	확인/검증	RCM 적용 한계 정의	—	3	△	8	●	단순기술
		오작동 vs 영향력 보고	—	5	△	8	●	단순기술
		유지보수 성능 보고	—	5	△	8	●	단순기술
		성능 보고	—	5	△	8	●	단순기술
데이터베이스	현장데이터 기반 DB	현장 DB 수집 방법	●	3	△	7	●	
		현장 DB 패턴화	●	3	X	7	●	
		현장 DB 기반 고장률 평가	●	3	X	7	●	
	가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발	소재 및 장비 신뢰성 평가	●	4	△	7	●	
		열화상태 진단, 잔존수명 예측	●	4	△	7	●	
		가속수명시험평가 기술	●	5	△	7	●	

4.3 연구개발과제 재구성

중분류	세분류	요소기술	비고
건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술	플랜트 건전성 평가 기반 시스템 설계, 관리 최적화	- 수처리 및 환경 플랜트 설계, 예지보전 최적화 시스템 개발 - 실시간 현장 데이터(센서 모니터링) 기반 신뢰도 보정 기술 개발 - RCM & 현장데이터 기반 최적 관리 기술 및 솔루션 개발 - 시계열 건전성 시뮬레이션 및 가시화 기술 개발 - BIM 연계 신뢰성, 생산가용도 모델링(전처리) 모듈 개발 - 생산가용도 평가 가시화 표현 기술 개발 - RAM-BIM 데이터 상호 연동 기술 개발	
	환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성 DB	- 현장데이터 기반 신뢰성 평가 기술 개발 - 고장/오작동 현장 데이터 기반 장치/기자재 고장률 평가 알고리즘 개발 - 현장 데이터 기반 신뢰성 기초 데이터 수집 방법론 개발 - 현장 데이터 기반 신뢰성 기초데이터 패턴화 알고리즘 개발 - 가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발 - 소재 및 장비 신뢰성 평가 기술 - 열화상태 진단 및 잔존수명 예측기술 - 가속수명시험평가 기술	
	환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(신설)	- 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(안) - 장비/기자재 신뢰성 평가 데이터베이스 센터 운용(안)	

RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술	플랜트 RAM 평가 방법론/프로세스 표준화	◦ 플랜트 RAM 평가 방법론 - 신뢰성 기초 데이터 수집 활동 표준화(데이터 추출, 의사교환, 운전정책 정량화 등) - 고장/오작동 모드별 영향력 분석 표준화 (FMEA) - 신뢰성, 생산성 평가/분석 절차/방법론 표준화 ◦ 생산성 기반 최적 설계 기술 - 다중 시나리오 기반 프로세스 최적화 프로세스 구성 알고리즘 개발 - 해석결과 다중 의사결정 알고리즘 개발 - 신뢰성, 생산성 기반 프로세스 최적화 평가 구성 알고리즘/솔루션 개발	
	플랜트 RAM 평가 기반 건설(설계), 유지보수 최적화 기술	◦ 기자재, 장치 노화, 유지보수에 따른 생산가용도 예측 기술 ◦ 수요 vs 버퍼/저장 설비 연계 생산가용도 예측 기술 ◦ 생산가용도, FMEA 기반 유지보수 최적화 기술 ◦ VE 추진을 위한 업무절차 간소화/표준화, 파트너링 기법 개발	
	플랜트 RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼	◦ 고장/오작동 및 영향력 데이터베이스 코드화 ◦ 고장/오작동 모드별 유지보수 기능 정의/표준화 ◦	
RISK 평가 기반 안정화 기술	플랜트 RISK 평가 방법론/프로세스 표준화	◦ RISK 기초 데이터 수집 활동 표준화(데이터 추출, 의사교환, 운전정책 정량화 등) ◦ RISK 모드별 영향력 분석 표준화 ◦ RISK 평가/분석 절차/방법론 표준화	
	플랜트 RISK 기반 RBI 기술	◦ RISK 모드별 RBI 예측 기술 ◦ 장치 요소별 RBI 평가/예측 방법론 표준화 ◦	

	플랜트 RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼	◦ RISK 및 RBI 데이터베이스 코드화 ◦ 시스템 안정성 유지 정의/표준화 ◦	
--	----------------------------------	---	--

4.4 세부과제 주요 내용 및 추진전략

□ 세부 1과제(총괄과제)

- 세부 1과제는 총괄과제로서 글로벌 시장, 기술동향을 지속적으로 점검, 분석 결과를 사업관리 계획에 반영하여 개발 기술 및 솔루션의 사업화 성공을 유도한다.
- 환경플랜트 생산성 평가를 통한 설계 최적화, 시스템 건전성 평가 기반 유지관리 최적화 시스템의 표준 플랫폼을 구축을 위하여 세부 2과제 세부 3과제의 방향성을 제시하고, RCM, RBI 요소기술을 통합을 주요 연구내용으로 하며
- 개별 구성 요소의 고장/오작동, 사고 시나리오를 예측, 표준화하여 최종적으로 플랜트 생애주기 생산성을 최상의 상태로 유지하기 위한 플랫폼 기술로서
- 환경플랜트를 대상으로 구성 장치 및 기자재의 신뢰성(reliability) 데이터베이스를 수집, 정량화 연구를 포함하고 있으며, 신뢰성 데이터베이스 수집을 위하여 가속수명 평가 방법론, 현장 데이터베이스 수집 정량화 연구를 포함
- 환경플랜트의 현장 데이터베이스 수집 정량화를 위한 제도적 장치로서 운전, 유지보수 결과의 보고 의무화 제도 신설 연구를 포함
- 또한 연구개발 2단계(5차년도) 연구수행 과정에서 개발 로직 및 통합솔루션의 현장적용을 통한 검증을 실시하여 개발 솔루션의 상용화를 가능하도록 조치함.

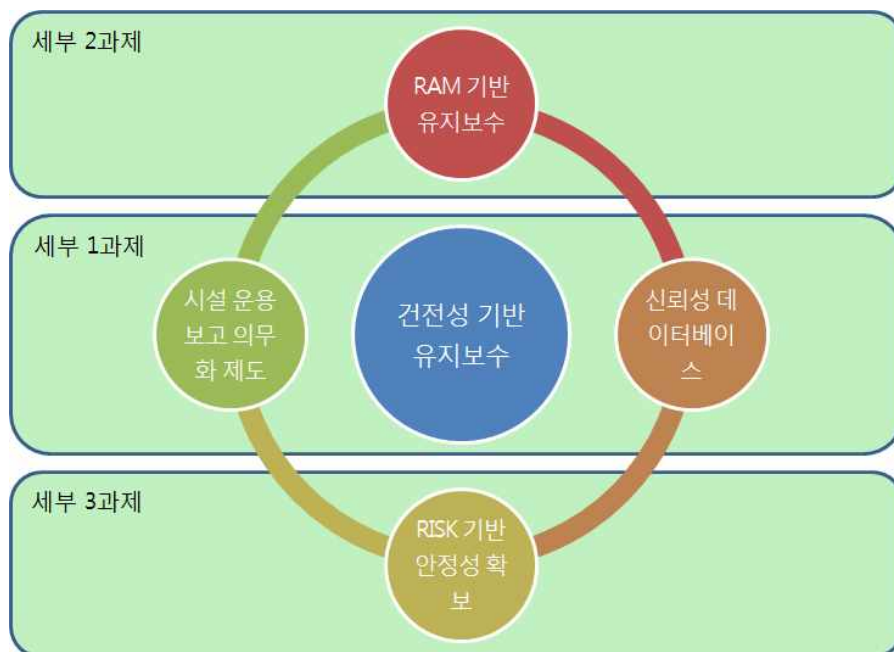


그림 4-3 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 과제 구성

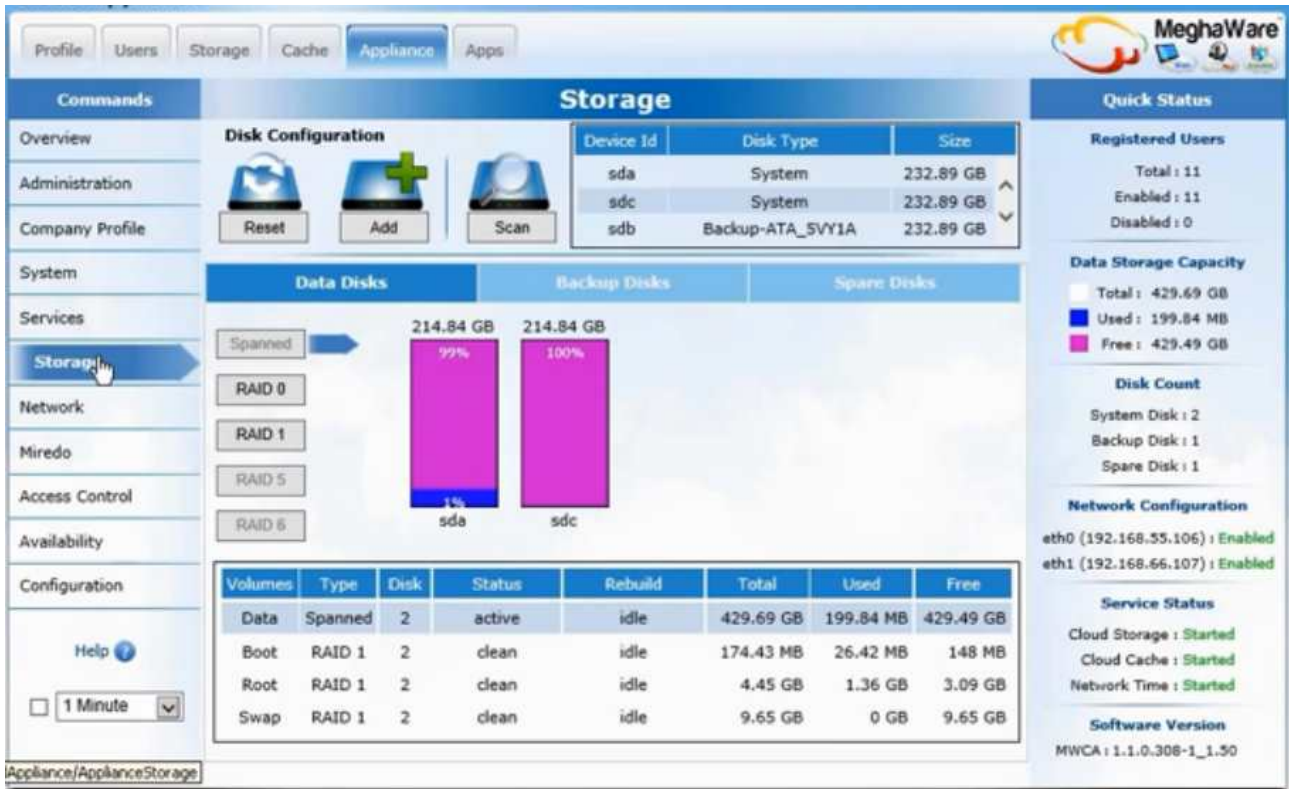


그림 4-4 건전성 평가 기반 RCM 솔루션 사례

□ 세부 2과제

- 세부 2과제는 플랜트 생애주기 소요 비용의 최소화 및 생산성 최대화를 위하여 시스템 정비 전략과 유지보수 비용에 관한 제반 사항을 종합 검토하여 플랜트 시스템 신뢰성, 유지보수 특성을 반영한 생애주기 가용도, 생산성 평가 기반으로 플랜트 건설(설계) 최적화 및 건전성 평가를 기반으로 유지보수 최적화 기술(RCM) 개발을 포함하고 있으며,
- 또한 종합상황실 및 현장에서 플랜트 RAM 기반 유지관리 최적화 관리를 위하여 햅틱 기반 플랜트 RCM 표준 플랫폼 개발을 포함하고 있음
- RAM 기반 RCM 솔루션의 효과적인 개발 추진을 위하여 기존 reliability 평가 솔루션의 연산 로직, LNG플랜트사업단 등 선행 연구개발 성과의 적용을 통하여 조기에 연구개발이 완료 될 수 있도록 추진



그림 4-5 RAM 기반 RCM 솔루션 개발 추진전략

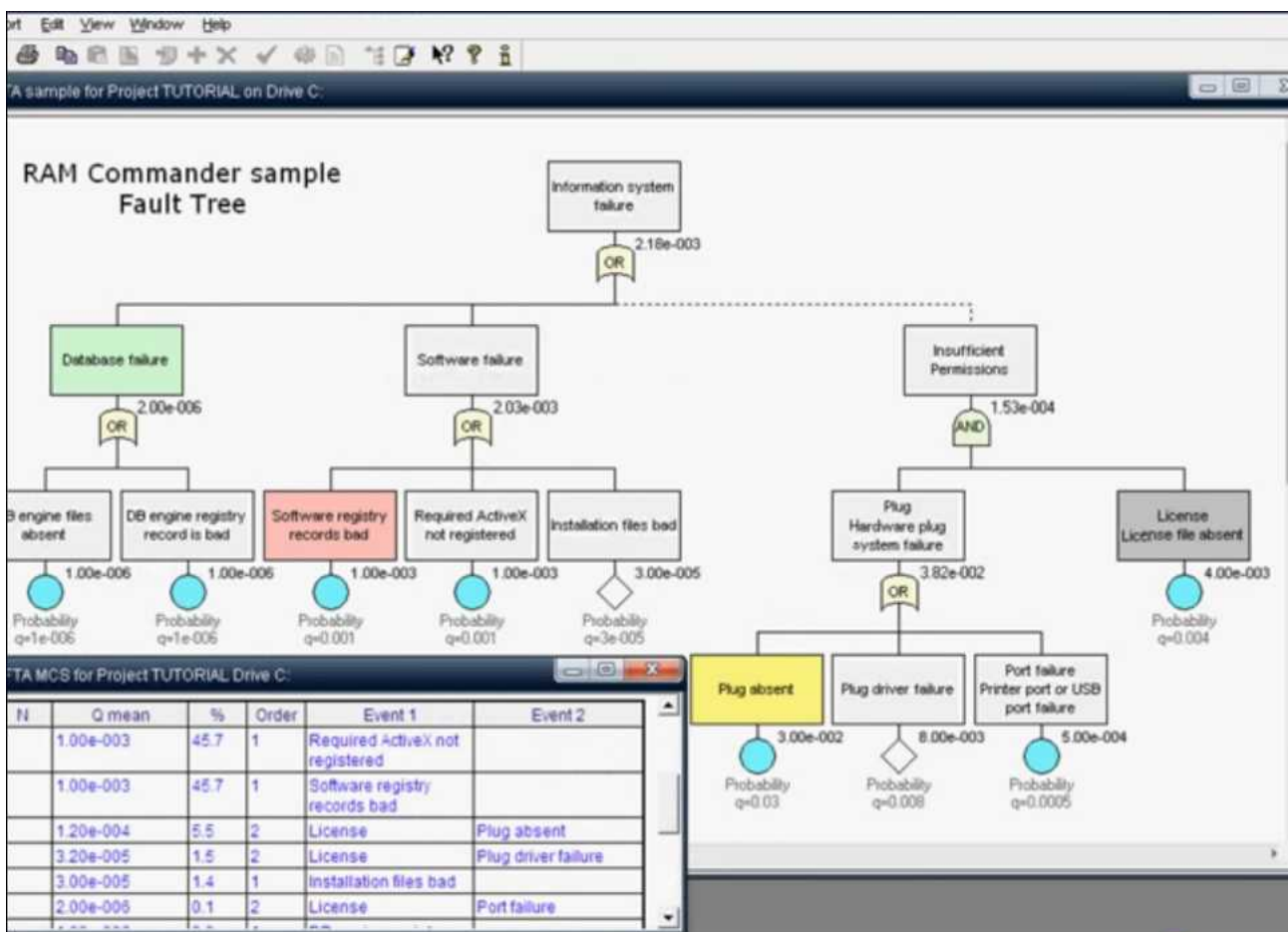


그림 4-6 플랜트 가용도 평가 솔루션 사례

□ 세부 3과제

- 세부 3과제는 플랜트의 생애주기 기간 중 사고로 인한 피해를 최소화하기 위하여 시스템 상태 진단, 정비이력 등 제반 사항을 종합 검토하여, 시스템 RISK 평가를 기반으로 플랜트 유지관리 최적화 기술(RA(risk assessment), RBI(risk inspection) 기술, 종합진단실에서 플랜

트 RISK 기반 유지관리 최적화 관리를 위한 표준 플랫폼 개발을 포함

- 세부 3과제에서 개발을 추진하고 있는 RISK 평가기술, RBI 기술의 경우 한국가스안전공사 등에서 상당부분 연구개발이 이루어진 부분으로 해당 기술을 채택하여 플랜트 건전성 평가 종합 솔루션을 구축하는데 활용



그림 4-7 RISK 기반 RBI 솔루션 개발 추진전략

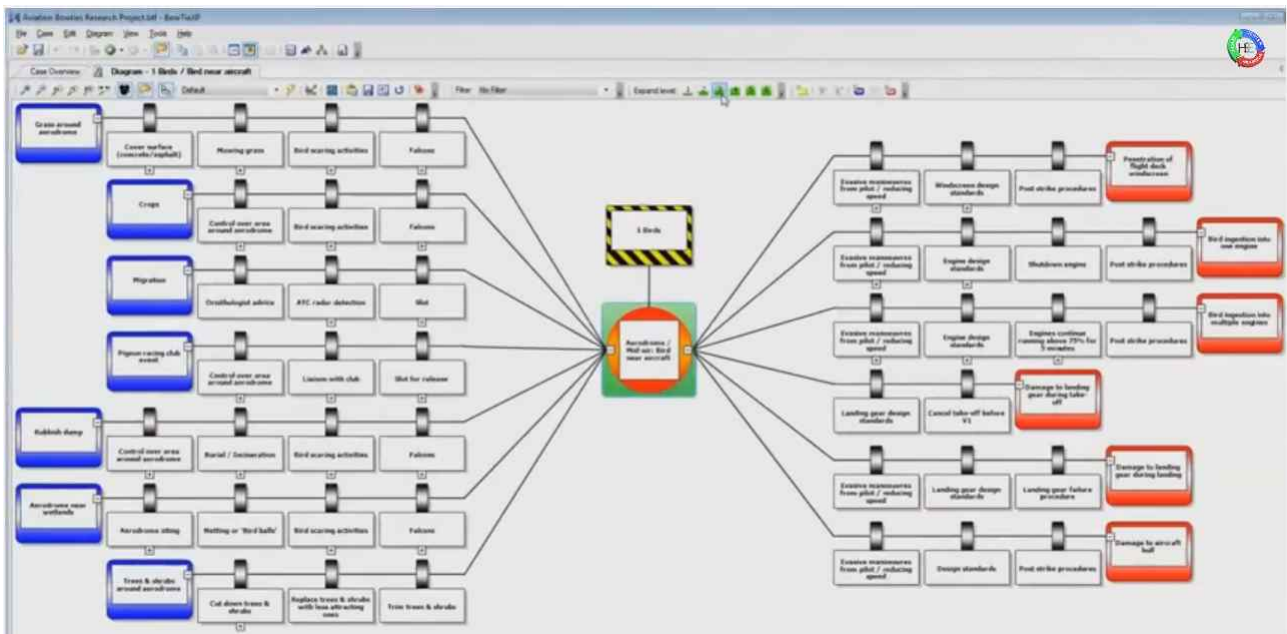


그림 4-8 플랜트 위험도 평가 솔루션 사례

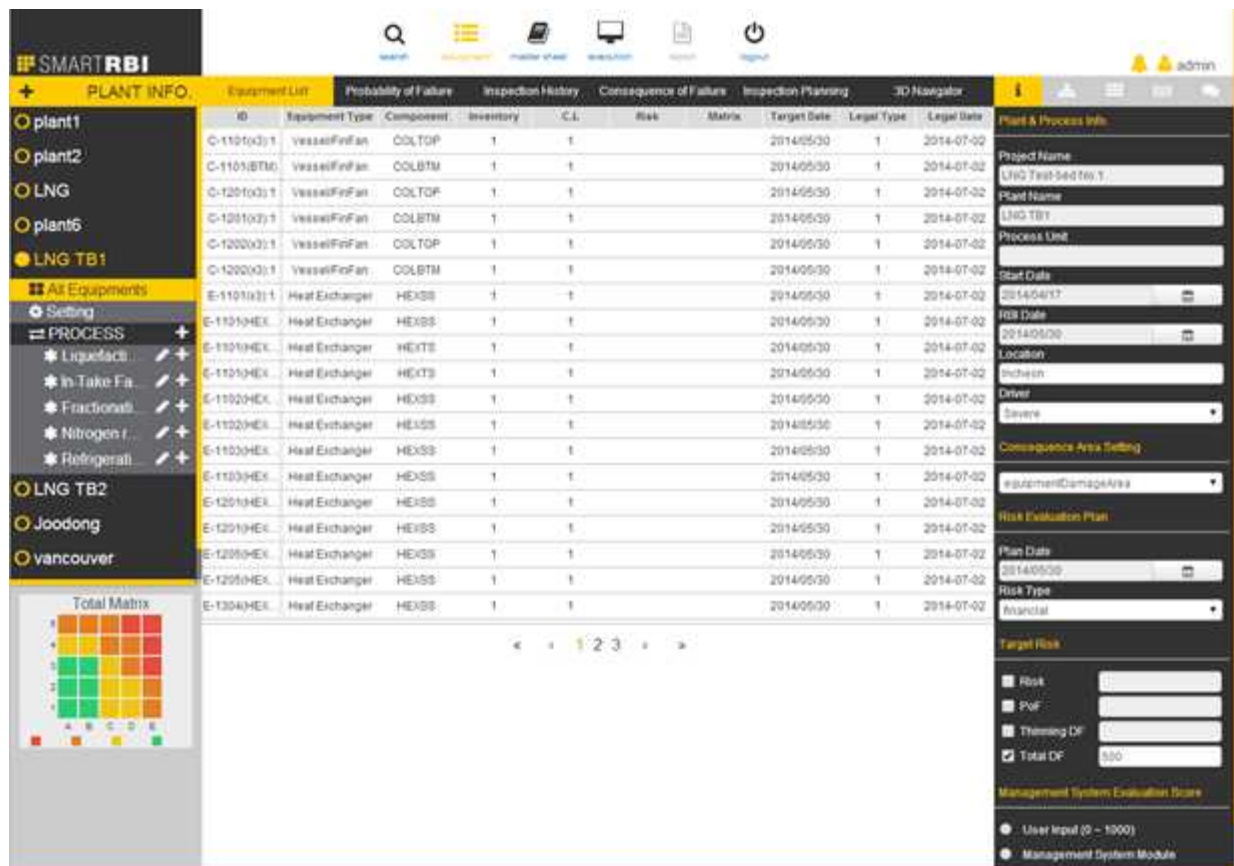
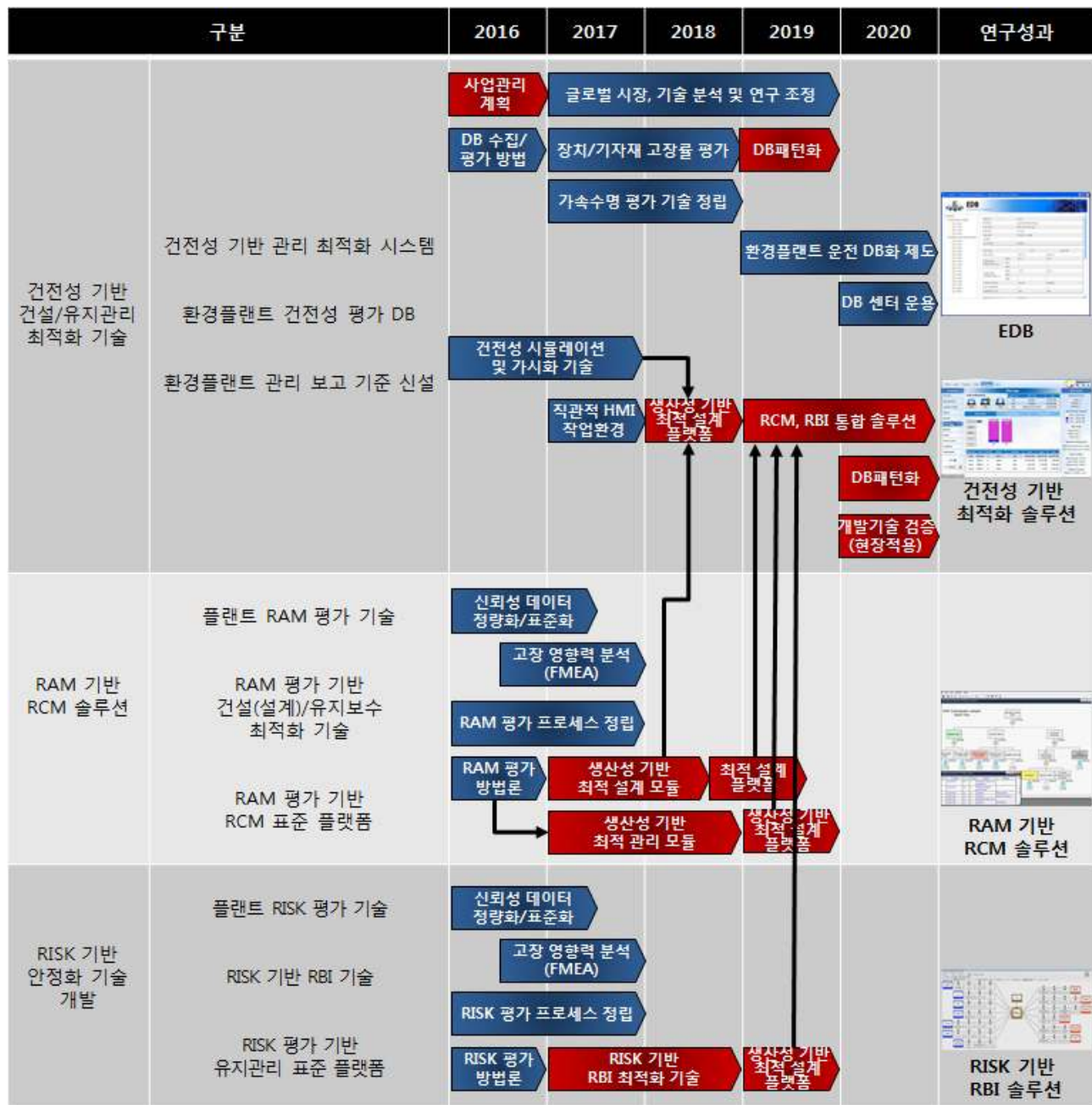


그림 4-9 한국가스안전공사의 smart RBI 프로그램 사례

4.5 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵



임의여백

제 5 장 연구투입 소요예산 산정

5.1. 인력투입계획

- 전체사업 인력투입계획

연차	연구내용	인력투입 (man/month)			
		책임급	선임급	연구원급	보조원급
1차년도	세부1과제	5.0	10.0	10.0	8.5
	세부2과제	4.0	8.0	7.0	5.4
	세부3과제	2.0	4.0	4.0	2.1
	소계	11.0	22.0	21.0	15.9
2차년도	세부1과제	8.0	12.0	12.0	7.7
	세부2과제	5.0	10.0	10.0	8.5
	세부3과제	2.0	6.0	6.0	2.3
	소계	15.0	28.0	28.0	18.4
3차년도	세부1과제	8.0	12.0	12.0	7.7
	세부2과제	5.0	10.0	10.0	8.5
	세부3과제	2.0	6.0	6.0	2.3
	소계	15.0	28.0	28.0	18.4
4차년도	세부1과제	8.0	12.0	12.0	7.7
	세부2과제	4.0	8.0	7.0	5.4
	세부3과제	2.0	4.0	4.0	2.1
	소계	14.0	24.0	23.0	15.1
5차년도	세부1과제	4.0	8.0	7.0	5.4
	세부2과제	2.0	5.0	5.0	4.2
	세부3과제	1.5	2.5	2.2	2.0
	소계	7.5	15.5	14.2	11.6
계		62.5	117.5	114.2	79.4

5.2. 소요예산 산정

- 본 사업은 대규모 예산(정부출연금 180억원, 민간부담금 60억원)이 투입되는 연구개발 사업으로 소요예산의 명확한 산출 근거를 제시하고 관련 규정 범위에서 산출해야 함
 - 사업의 특성상 선행기술 개발 성격이므로 이에 적합한 정부출연금과 민간부담금의 비율을 정하고 예산이 실질적으로 핵심 기술개발에 소요되도록 함
- 소요예산은 관련 규정 및 지침에 의거하여 편성하여 적정성과 적합성을 갖게 함
 - 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 동 시행규칙
 - 국토해양부 소관 연구개발사업 운영규정 및 동 규정 관리지침
 - 건설교통기술연구개발사업단과제 관리지침
- 소요예산의 비목은 인건비, 직접비, 간접비로 구성함
 - 인건비 산출 기준은 기획재정부의 2014년 학술연구용역 인건비 기준단가 준용하였으며, 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 50%로 산정
 - 연구장비 재료비 산출기준은 연구장비, 시작품, 재료비 예상 시장 가격 반영

□ 전체사업 재원별 소요예산

(단위 : 백만원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	정부	1,200	1,500	1,500	1,500	900	6,600
	민간	400	500	500	500	300	2,200
	계	1,600	2,000	2,000	2,000	1,200	8,800
2세부	정부	900	1,200	1,200	900	600	4,800
	민간	300	400	400	300	200	1,600
	계	1,200	1,600	1,600	1,200	800	6,400
3세부	정부	450	600	600	450	300	2,400
	민간	150	200	200	150	100	800
	계	600	800	800	600	400	3,200
합계	정부	2,550	3,300	3,300	2,850	1,800	13,800
	민간	850	1,100	1,100	950	600	4,600
	계	3,400	4,400	4,400	3,800	2,400	18,400

□ 전체사업 비목별 소요예산

(단위 : 백만원)

구분			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	미지급 인건비		0	0	0	0	0	0
	지급인건비	현금	850	1,100	1,100	950	600	4,600
		현물	765	990	990	855	540	4,140
	학생인건비		0	0	0	0	0	0
	소계		1,615	2,090	2,090	1,805	1,140	8,740
	연구장비 재료비	현금	510	660	660	570	360	2,760
		현물	0	0	0	0	0	0
	연구활동비		306	396	396	342	216	1,656
	연구과제추진비		204	264	264	228	144	1,104
	연구수당		153	198	198	171	108	828
	소계		1,173	1,518	1,518	1,311	828	6,348
위탁연구개발비		255	330	330	285	180	1,380	
간접비			357	462	462	399	252	1,932
합계			3,400	4,400	4,400	3,800	2,400	18,400

□ 세부 1과제 비목별 소요예산

(단위 : 백만원)

구분			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	미지급 인건비		0	0	0	0	0	0
	지급인건비	현금	400	500	500	500	300	2,200
		현물	360	450	450	450	270	1,980
	학생인건비		0	0	0	0	0	0
	소계		760	950	950	950	570	4,180
	연구장비 재료비	현금	240	300	300	300	180	1,320
		현물	0	0	0	0	0	0
	연구활동비		144	180	180	180	108	792
	연구과제추진비		96	120	120	120	72	528
	연구수당		72	90	90	90	54	396
	소계		552	690	690	690	414	3,036
위탁연구개발비		120	150	150	150	90	660	
간접비			168	210	210	210	126	924
합계			1,600	2,000	2,000	2,000	1,200	8,800

□ 세부 2과제 비목별 소요예산

(단위 : 백만원)

구분			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	미지급 인건비		0	0	0	0	0	0
	지급인건비	현금	300	400	400	300	200	1,600
		현물	270	360	360	270	180	1,440
	학생인건비		0	0	0	0	0	0
	소계		570	760	760	570	380	3,040
	연구장비 재료비	현금	180	240	240	180	120	960
		현물	0	0	0	0	0	0
	연구활동비		108	144	144	108	72	576
	연구과제추진비		72	96	96	72	48	384
	연구수당		54	72	72	54	36	288
	소계		414	552	552	414	276	2,208
	위탁연구개발비		90	120	120	90	60	480
간접비			126	168	168	126	84	672
합계			1,200	1,600	1,600	1,200	800	6,400

□ 세부 3과제 비목별 소요예산

(단위 : 백만원)

구분			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
직접비	미지급 인건비		0	0	0	0	0	0
	지급인건비	현금	150	200	200	150	100	800
		현물	135	180	180	135	90	720
	학생인건비		0	0	0	0	0	0
	소계		285	380	380	285	190	1,520
	연구장비 재료비	현금	90	120	120	90	60	480
		현물	0	0	0	0	0	0
	연구활동비		54	72	72	54	36	288
	연구과제추진비		36	48	48	36	24	192
	연구수당		27	36	36	27	18	144
	소계		207	276	276	207	138	1,104
위탁연구개발비		45	60	60	45	30	240	
간접비			63	84	84	63	42	336
합계			600	800	800	600	400	3,200

□ 세부 1과제 비목별 소요예산

◦ 인건비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		비고(기준인건비)	
	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	월급여 (원)	년급여 (원)
책임연구원	5	181	8	289	8	289	8	289	4	144	3,018,785	36,225,420
연구원	10	277	12	333	12	333	12	333	8	222	2,314,762	27,777,144
연구보조원	10	185	12	222	12	222	12	222	7	129	1,547,342	18,568,104
보조원	8.45	117	7.65	106	7.65	106	7.65	106	5.4	75	1,160,546	13,926,552
합계	33.45	760	39.65	950	39.65	950	39.65	950	24.4	570		

◦ 연구장비재료비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도	
	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산
연구장비	오라클 DB	50	HMI 작업툴, 워크스테이션	50	리포팅툴	50				
시작품	건전성 가시화 시스템	140	HMI 환경 플랫폼	200	생산성 기반 최적설계 플랫폼	200	RCM, RBI 통합시스템	250	RCM, RBI 통합시스템	100
재료비	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	80
합계		240		300		300		300		180

□ 세부 2과제 비목별 소요예산

◦ 인건비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		비고(기준인건비)	
	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	월급여 (원)	년급여 (원)
책임연구원	4	144	5	181	5	181	4	144	2	72	3,018,785	36,225,420
연구원	8	222	10	277	10	277	8	222	5	138	2,314,762	27,777,144
연구보조원	7	129	10	185	10	185	7	129	5	92	1,547,342	18,568,104
보조원	5.4	75	8.45	117	8.45	117	5.4	75	4.2	58	1,160,546	13,926,552
합계	24.4	570	33.45	760	33.45	760	24.4	570	16.2	360		

◦ 연구장비재료비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도	
	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산
연구장비	워크스테이션	50	워크스테이션	50	리포팅 툴	50				
시작품	FMEA 서브 모듈	80	RAM 연산엔진	140	RAM 기반 설계/ 관리 모듈	140	RCM솔루션개발/ 통합	130	RCM 솔루션 개 선	50
재료비	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	50	소모품류	70
합계		180		240		240		180		120

□ 세부 3과제 비목별 소요예산

◦ 인건비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		비고(기준인건비)	
	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	투입량 (인×년)	인건비 (백만원)	월급여 (원)	년급여 (원)
책임연구원	2	72	2	72	2	72	2	72	1.5	54	3,018,785	36,225,420
연구원	4	111	6	166	6	166	4	111	2.5	69	2,314,762	27,777,144
연구보조원	4	74	6	111	6	111	4	74	2.2	40	1,547,342	18,568,104
보조원	2.05	28	2.25	31	2.25	31	2.05	28	2	27	1,160,546	13,926,552
합계	12.05	285	16.25	380	16.25	380	12.05	285	8.2	190		

◦ 연구장비재료비

(단위 : 백만원)

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도	
	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산	품명	소요예산
연구장비	워크스테이션	50	리포팅 툴	50						
시작품	FMEA 서브 모듈	20	RISK 연산엔진	50	RISK 기반 RBI 모듈	100	RBI 솔루션 개발/통합	70	RBI 솔루션 개선	20
재료비	소모품류	20	소모품류	20	소모품류	20	소모품류	20	소모품류	40
합계		90		120		120		90		60

임의여백

제 6 장 사전타당성 검토

‘플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술’ 연구단 과제의 경우 국가연구개발사업으로서 대규모 예산 투입이 필요한 사업으로서 사업의 실패 혹은 성과 미비에 따른 예산 낭비를 방지하고 투자 효율성을 증대시키기 위해 타당성 조사를 실시하였다.

국가연구개발사업 예비타당성조사는 500억원 이상이고 국가의 재정지원 규모가 300억원 이상인 신규 사업을 대상으로 사업수행 이전에 기술적, 정책적, 경제적 측면에서의 타당성을 종합적으로 검토하도록 하고 있다.

본 기획 연구의 경우 관련법규에 따른 한국과학기술기획평가원(기획재정부장관의 요청)에서 수행하는 예비타당성조사 대상이 아니기 때문에 관련 절차를 준용하여 사전 타당성 검토 내용을 수록하였다.

< 관련법규 >

□ 국가재정법 제38조 (예비타당성조사)

- ① 기획재정부장관은 대통령령이 정하는 대규모사업에 대한 예산을 편성하기 위하여 미리 예비타당성조사를 실시하여야 한다.<개정 2008.2.29.>
- ② 제1항의 규정에 따라 실시하는 예비타당성조사 대상사업은 기획재정부 장관이 중앙관서의 장의 신청에 따라 또는 직권으로 선정할 수 있다.<개정 2008.2.29.>
- ③ 기획재정부장관은 국회가 그 의결로 요구하는 사업에 대하여는 예비타당성 조사를 실시하여야 한다.<개정 2008.2.29.>
- ④ 기획재정부장관은 제1항의 규정에 따른 예비타당성조사 대상사업의 선정기준, 조사수행기관, 조사방법 및 절차 등에 관한 지침을 마련하여 중앙관서의 장에게 통보하여야 한다.<개정 2008.2.29>

○ 국가재정법시행령 제13조(예비타당성조사)

- ① 법 제38조제1항에서 "대통령령이 정하는 대규모 사업"이란 총사업비가 500억원 이상이고 국가의 재정지원 규모가 300억원 이상인 신규 사업으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해

당하는 사업을 말한다. 다만, 제4호의 사업은 법 제28조에 따라 제출된 중기사업계획서에 의한 재정지출이 500억원 이상 수반되는 신규 사업을 말한다. <개정2008.2.29, 2008.7.23, 2009.8.21.>

1. 건설공사가 포함된 사업
2. 국가정보화 기본법 제15조제1항에 따른 정보화 사업
3. 과학기술기본법 제11조에 따른 국가연구개발사업
4. 그 밖에 사회복지, 보건, 교육, 노동, 문화 및 관광, 환경 보호, 농림해양수산, 산업·중소기업 분야의 사업

○ 국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제3조(국가연구개발사업의 기획 등)

- ① 중앙행정기관의 장은 국가연구개발사업을 추진하고자 하는 경우에는 그에 대한 기술적·경제적 타당성 등에 대한 사전조사 또는 기획연구를 수행하여야 한다.

○ 국토해양기술 연구개발사업 관리지침 제12조(연구개발 사업기획 등)

- ① 전문기관의 장은 장관의 요구가 있거나, 중장기 연구개발계획을 토대로 필요하다고 인정되는 경우 연구개발과제에 대한 기술적·경제적 타당성에 대한 사전조사 또는 기획연구를 추진할 수 있다.

‘다목적 방향성 드릴시스템 개발 사업단’ 과제의 사전 타당성 검토를 위하여 예비타당성 조사 항목에 기초하여 기술적, 정책적, 경제적 타당성을 검토하였다.



그림 6-1 사전타당성 평가 프로세스 개요

6.1 기술적 타당성

□ 시스템 건전성 평가 분야 기술 선도그룹

- 글로벌 플랜트 EPC O&M사에서는 다양한 형태의 신뢰성 기반의 RAM, RISK 솔루션을 활용
- 대표적인 신뢰도 기반 건전성 평가 프로그램의 경우 MAROS, RELEX, ISOgraph, Lamda predict, Item 등이 있으며, 적용 분야별 기능 구성
- 노르웨이 DNV, 핀란드 AL Safety Design 사 등에서는 RAM, RCM 전용프로그램을 개발하여 상업적으로 보급하고 있으며, 신뢰성 기반의 위험도, 가용도, 유지관리에 관한 엔지니어링 솔루션 및 DB, 현장 컨설팅 등은 선진 몇 개 기업에 종속적인 실정으로 이의 탈피를 위한 노력이 정부출연연구소를 중심으로 시도

□ 플랜트 위험도 평가 분야 기술 선도그룹

- 미국 내 API code를 중심으로 1993년에 RBI의 기법 개발이 시작되어 1999년도에 Phase3 (정량적인 평가)가 완료된 상태
- API 581 code를 중심으로 관련 지침서 및 데이터가 출시된 상황으로, 이에 따라 외국의 컨설팅 업체들은 API-RBI를 모방하거나 유사하게 작성된 프로그램을 이용하여 원유정제 시설 또는 석유화학 시설물들에 대해 RBI를 구축 중
- 유럽에서는 RIMAP(Risk Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry)에 대한 기술개발을 2001년~2005년까지 유럽연합 공동체(EU)에서 추진(독일 MPA연구소가 주도, 36개 후원그룹과 10개의 Observer로서 구성)

□ 플랜트 위험도 평가 분야 기술 선도그룹

- 플랜트 건전성 평가를 위해서는 신뢰성 데이터베이스가 필수적이거나, 글로벌 선도그룹의 경우 다수 기업의 연합 및 현업 노하우 등을 바탕으로 육상, 해상 플랜트를 대상으로 장비 고장 데이터를 구축하고, 후발 업체에 대한 기술 방어 수단으로 활용하고 있음.
- 글로벌 선도그룹의 경우 데이터베이스를 정량화, 사용자 피드백을 통하여 상대적으로 내구수명이 짧은 장비의 개선을 유도하는 등 선순환 시스템을 구축하는 등 선순화 고리를 형성하고 있음.
- 다만, 플랜트 건전성 평가에 필수적인 신뢰성 데이터베이스 확보는 대규모 재원 투입이 소요되는 분야로서 정부 주도의 R&D가 이루어질 경우 환경플랜트 분야에 특화 기술을 확보 및 관련 시장 진출이 가능함.

표 6-1 상용 RAMS 분석 도구 비교

Functions	Relex 2009	Isograph	Lamda Predict 3 Pack	Item
RAMS Prediction	○	○	○	○
Libraries(Standards)	MIL-HDBK-217 외 9종	MIL-HDBK-217 외 6종	MIL-HDBK-217 외 3종	MIL-HDBK-217 외 6종
FMECA	○	○	○	○
Reliability Block Diagram(RBD)	○	○	○	○
Fault Tree Analysis	○	○	○	○
Markov Analysis	○	○	○	○
Hazop	X	○	X	X
FRANCS	○	○	○	X
Simulation	○	○	○	○
Life Cycle Cost Analysis	○	○	○	○
Risk Analysis	○	X	○	X
Weibull	○	○	○	○
가격	高	中高	低	低
호환성 및 부가 기능	Web, Reporting	Reporting	가속수명시험,DOE	MS Office 호환
종합 평가	中 (도구 대비가격)	上 (도구 대비 가격)	中上 (도구 대비 가격)	中 (도구 대비 가격)

□ 기존사업과의 중복성 검토

- 미래창조과학부 국가R&D사업관리서비스 유사과제 검색서비스를 이용하여 기획 과제의 기존 사업과의 중복성을 검토함
- 유사과제여부를 검토에 있어서 국가연구개발사업으로 본인과 타인이 이미 추진되었거나 추진 중인 과제에 대한 통합 검색을 실시하였으며, 과제명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 키워드 검색을 통하여 60% 이상의 중복성이 의심되는 별도의 과제가 검색되지 않음

표 6-2 사업단 과제 중복성 검토 기준

구분	세부사항	비고
연구과제명	◦ 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술	
연구책임자명	◦	
과제관리기관명	◦ 국토교통과학기술진흥원	
연구목표	◦ 플랜트 설계/건설의 최적화, 극한지역 등에 설치된 플랜트의 유지보수 최소화 및 노후 플랜트의 가용 기간의 평가, 유지보수 등을 위한 기술로서 플랜트 생산가용도, 리스크 분야 시스템 엔지니어링 기술 확충을 통하여 플랜트 건설 및 유지관리 효율 개선을 위한 통합 해석 및 설계기술 개발 연구과제 ◦ 국가가 발주하고, 지자체에서 관리감독이 이루어지는 대표적인 SOC 시설인 환경플랜트를 대상으로 플랜트 건전성 평가기술, 플랜트 건전성 평가 플랫폼, 플랜트 건전성 평가 데이터베이스 구축/평가 기술, 운전 결과 보고 의무화 제도 개발	
연구내용	◦ 플랜트 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술 개발 - 건전성 평가 기반 시스템 관리 최적화 시스템 개발 - 환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성 DB 개발 - 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도 제안 ◦ 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 개발 - RAM 평가 기술 개발 - RAM 평가 기반 설계, 유지보수 최적화 기술 개발	

	- RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼 개발 ◦ 플랜트 RISK 평가 기반 안정화 기술 개발 - RISK 평가 기술 개발 - RISK 기반 RBI 기술 개발 - RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼 개발	
기대효과	◦ 국내 EPC construction 중심의 플랜트 산업 생태계를 운영, 유지보수 시장으로 확장하기 위한 씨드 기술	
한글키워드	◦ 신뢰성, 가용성, 생산성, 위험도, 건전성	
영문키워드	◦ reliability, availability, productivity, risk, health	

유사과제

검색결과이력

?

플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술-1

결과

| 검색결과 : 1건

순번	검색범위	검색항목	검색상태	유사도	검색일시	검색결과
1	기수행 타인	과제 내용 목표 효과 책임자 키워드	: 검색완료	60	2015-01-26 15:23:02	

※ 기수행과제 건수를 클릭하면 상세정보를 확인 할 수 있습니다.

순번	세부과제명	연구책임자	유사과제건수		제재정보
			기수행과제	타인등록과제	
1	? 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술	이홍철	0	0	X

그림 6-2 미래창조과학부 국가R&D사업관리서비스 유사과제 검색 결과

6.1 정책적 타당성

6.1.1 국정기조와의 부합성

- 4대 국정기조 140개 과제 가운데 6개의 과제에 해당되며, 관련 사항을 아래 정리함

표 6-3 국정기조와의 부합성 (출처: <http://pmo.go.kr/pmo/inform/inform01-2.jsp>)

국정기조	전략	해당과제
경제부흥	창조 경제	2. 지식재산의 창출·보호·활용 체계 선진화
		5. 중소·중견기업의 수출경쟁력 강화
		7. IT·SW 융합을 통한 주력산업 구조 고도화
		8. 과학기술을 통한 창조경제 기반 조성
		10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원
		21. 신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성

6.1.2 국토교통부 정책과의 부합성

- 국토교통부는 건설교통 R&D는 '06년에 장기(10년) 마스터플랜(건설교통 혁신 R&D 로드맵) 및 제1차 중장기계획('08~'12)을 수립하면서 본격적 추진했으며, 제2차 계획에서는 미래 환경변화에 대응하고, 녹색성장 기조에부합하는 효과적 투자전략을 마련함으로써 건교 R&D를 보다 선진화하고 있음
- 융복합 첨단기술 확보 목표를 건설기술 융복합을 통한 스마트설계 및 시공 기술고도화 추진 중 미래 경제가치 창출을 위해서 플랜트 공정계통 최적화 설계 및 평가 등 플랜트 엔지니어링 기술 확보를 통해 플랜트 기술 해외진출 지원을 목표로 하고 있으며, 플랜트 건전성 기반 설계, 유지관리 최적화 기술은 이러한 목표 달성에 부합함

6.1.3 정부 지원의 타당성

- 국내 플랜트 건설 시공능력 향상을 통한 경쟁력 강화를 위해서는 관련 산업분야의 표준 제정 및 플랜트 건설, 유지관리 인력의 체계적인 교육체계 구축이 필요하며 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술은 이러한 경쟁력 강화를 위한 효율적인 툴로서 활용이 가능함

- 플랜트 건설, 유지관리 최적화를 위해서는 제반 업계의 표준화가 필수적이며, 현재 국내 플랜트 업계의 개별적인 개발 성과를 통합하고 향후 상호 호환가능한 환경을 구축하기 위해서는 현 시점에서 국가 주도적 형태로 연구개발 과제를 수행하고 표준을 제시함으로써 민간 기업의 개별적인 개발의 방향성에 대한 가이드라인을 제시하고, 이들 성과를 통합할 수 있는 기초를 마련해야 할 필요가 있음
- 기존 도제식 인력 양성 및 개인 중심의 노하우 집적을 IT 솔루션을 중심으로 시스템에 축적함으로써 플랜트 건설 분야 만성적인 인력 부족 현상 해소에 기여할 수 있으며, 또한 인적 자원의 개별적 업무능력 향상을 통해서 플랜트 관리 능력을 높이도록 업계 전반에 걸친 계몽 및 유도를 정부 주도가 아니면 성공하기 어려움

6.3 경제적 타당성

□ 개 요

- 연구개발사업의 경제적 효과 검토를 위하여 사회적 또는 국가 전체적인 관점에서 직접적인 경제적 효과 검토를 위하여 비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 수행하고, 간접적인 파급효과 분석을 위하여 산업연관효과에 기초한 비용-효과분석(Cost-Effectiveness Analysis)을 실시
- 직접적인 경제성 분석을 위하여 연구비 투입과 비교한 ‘건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매’, ‘수처리 환경 플랜트 최적설계 및 유지관리 개선 효과’ 등의 편익 검토가 가능하며, 직간접적으로 발생하는 경제적 효과 평가를 위하여 국내산업연관표의 건설산업, 서비스업제조업 분야 부가가치 유발효과를 검토
- 사회, 경제적 파급효과 분석을 위하여 생산유발효과, 고용유발효과, 대외무역 증진효과 분석을 실시하였다. 또한 과학기술적 파급효과 분석을 위하여 기술혁신 기반, 지식 증진, 인력 양성 등 효과를 분석



그림 6-3 경제적 타당성 평가 프로세스 개요

- 직접적 경제적 타당성 평가, 의사결정을 위한 편익 추정은 과제 수행 결과 발생하는 편익의 산정을 위하여 부가가치 접근법을 이용하였으며, 다음 편익 추정을 위한 분석틀에 기초하여

연구단 과제의 수행을 통한 수주율 증가에 따르는 부가가치의 증가분을 편익으로 간주

- 직접적인 경제 효과는 핵심 연구 성과인 (1)건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매, (2)수처리 환경 플랜트 최적설계 및 유지관리 개선 효과에 따른 부가가치에 대한 편익에 기초하여 평가

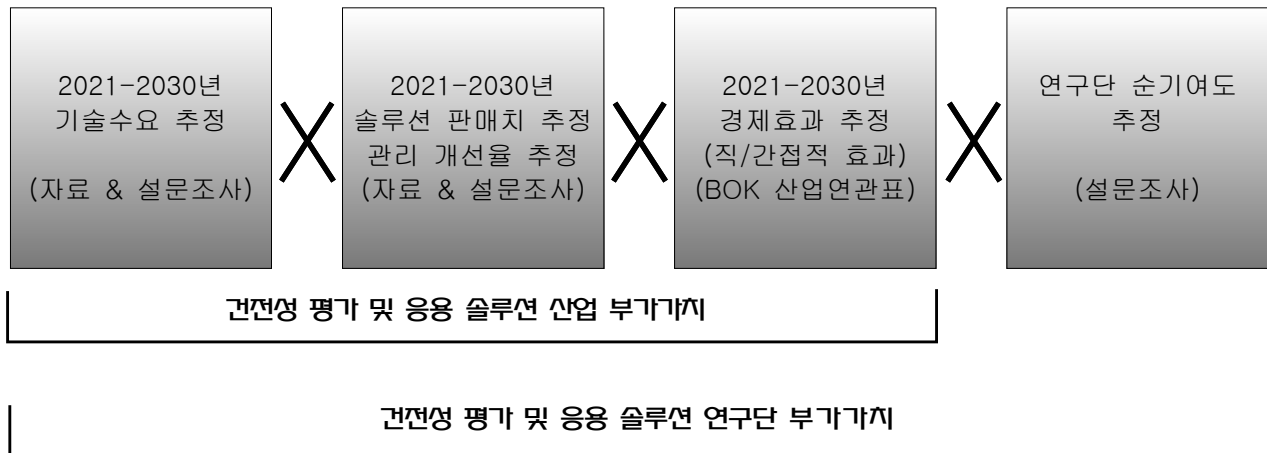


그림 6-4 편익 추정의 분석틀

□ 연구개발비 구성 (현가 기준)

- ‘플랜트·인프라 시설물 설계정보체계 및 건설시뮬레이터 개발 - 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발’ 분과는 크게 3개 세부과제로 구성
- 직접적인 경제적 타당성 평가, 의사결정을 위한 투입 비용의 경우 본 과제 소요 연구비를 현재가치로 환산하여 적용하였다. 본 과제 연구비에 대한 현가 환산을 위하여 한국은행에서 제공하는 금융시장동향 중 2015년 3월 기준 10년 만기 국고채 기준금리 2.28%를 적용

표 6-4 연구단 과제별 연구비 편성

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	정부	1,200	1,500	1,500	1,500	900	6,600
	민간	400	500	500	500	300	2,200
	계	1,600	2,000	2,000	2,000	1,200	8,800
2세부	정부	900	1,200	1,200	900	600	4,800
	민간	300	400	400	300	200	1,600
	계	1,200	1,600	1,600	1,200	800	6,400

3세부	정부	450	600	600	450	300	2,400
	민간	150	200	200	150	100	800
	계	600	800	800	600	400	3,200
합계	정부	2,550	3,300	3,300	2,850	1,800	13,800
	민간	850	1,100	1,100	950	600	4,600
	계	3,400	4,400	4,400	3,800	2,400	18,400

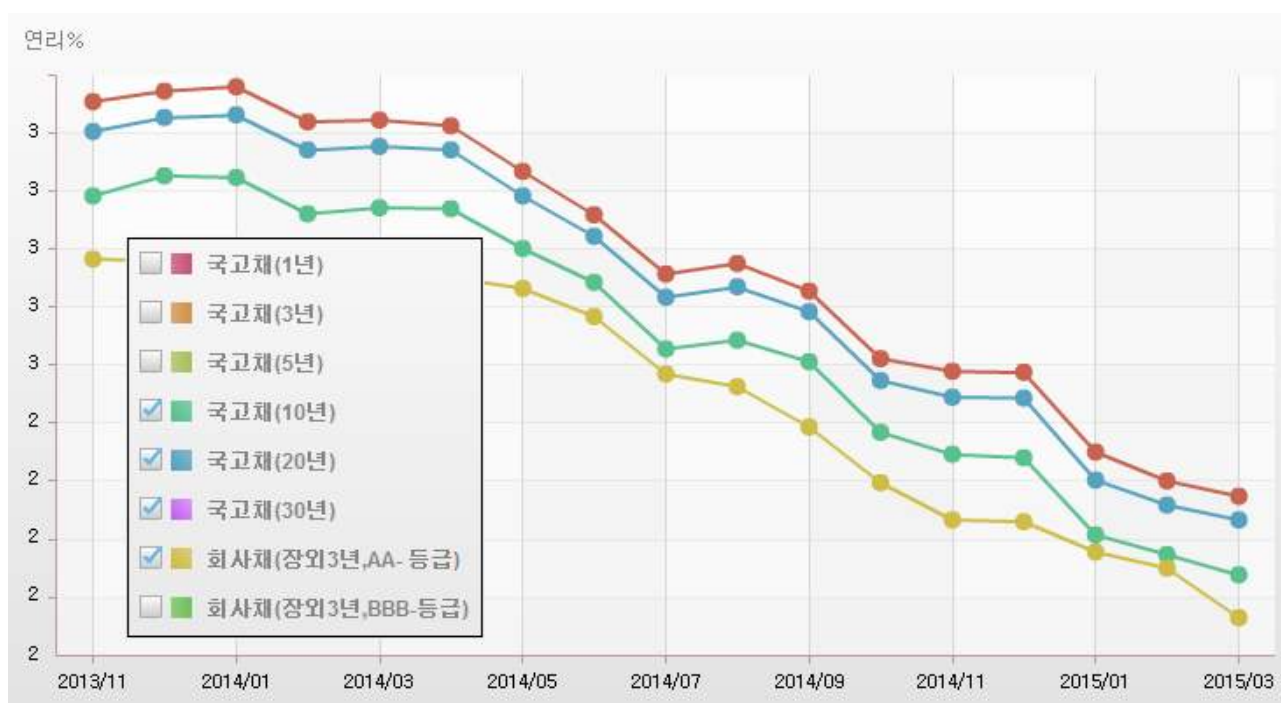


그림 6-5 주요시장금리(출처: 한국은행 2015년 3월 금융시장동향)

표 6-5 연구단 과제별 연구비 현가

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	정부	1,200	1,467	1,434	1,402	822	6,325
	민간	400	489	478	467	274	2,108
	계	1,600	1,955	1,912	1,869	1,097	8,433
2세부	정부	900	1,173	1,147	841	548	4,610
	민간	300	391	382	280	183	1,537
	계	1,200	1,564	1,529	1,122	731	6,146

3세부	정부	450	587	574	421	274	2,305
	민간	150	196	191	140	91	768
	계	600	782	765	561	366	3,073
합계	정부	2,550	3,226	3,155	2,664	1,645	13,239
	민간	850	1,075	1,052	888	548	4,413
	계	3,400	4,302	4,206	3,551	2,193	17,652

6.3.1 직접적 경제효과

□ 건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매에 대한 비용-편익 분석

- 플랜트 자산무결성 평가 분야 솔루션을 제공하고 있는 대표적 기업으로서 DNV-GL사의 2009~2013년 기업보고서에 따르면 플랜트 시험, 인증, 컨설팅 및 엔지니어링, 위험 평가, 자산 무결성 및 최적화, QHSE, 등 분야 시장 규모 순증 상태
- DNV-GL 시험, 인증, 컨설팅 및 엔지니어링, 위험 평가, 자산 무결성 및 최적화, QHSE, 등 분야 소프트웨어 2013년 매출 전년 대비 14%의 성장하고 있으며, 플랜트의 공정 안전, 위험 및 신뢰성 분야의 시장은 자산관리 하부 엔지니어링 분야임에도 불구하고 DNV GL 신뢰도 분석, RAM RISK 등 분야 솔루션 공급 규모가 전년 대비 24% 성장 상태
- DNV-GL사의 2009~2013년 수익 분포와 전체 매출 중 Software 부분의 수익 비중을 고려하여 건전성 기반 유지관리 솔루션 시장을 추정
- 낙관적 시장 전망의 경우 건전성 기반 유지관리 솔루션의 매출이 최근의 시장 규모를 유지하고 있는 형태를 가정
- 비관적 시장 전망의 경우 건전성 기반 유지관리 솔루션의 매출이 매 년 1.0% 수준 감소하는 형태를 가정

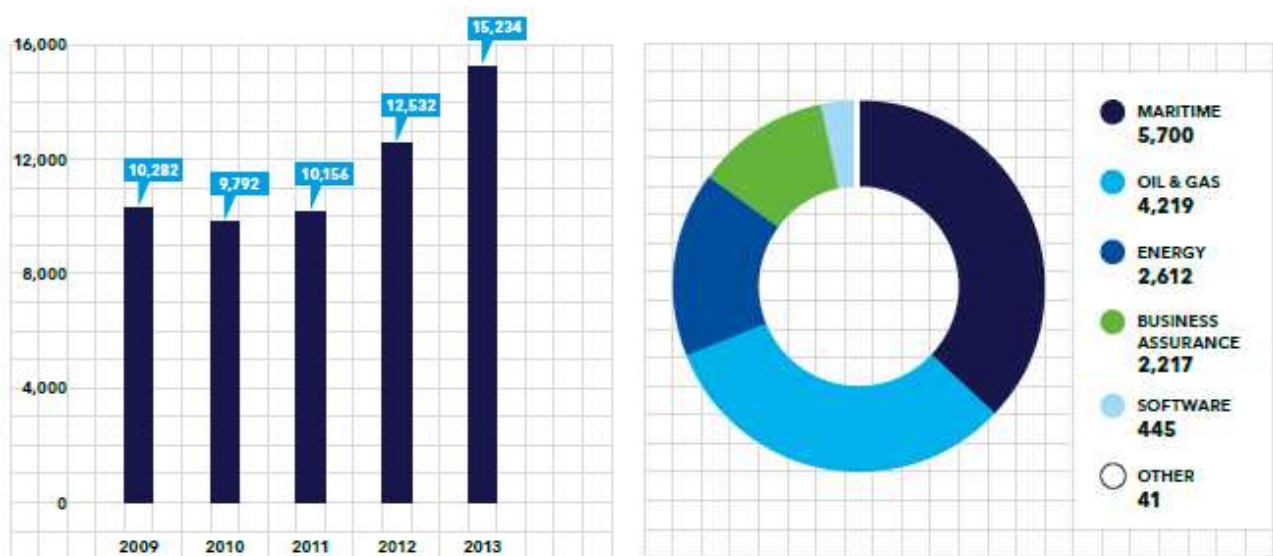


그림 6-6 DNV-GL사 수익 변동(좌), 사업분야(우)

(출처: DNV-GL annual report 2013)

표 6-6 건전성 평가 기반 유지관리 솔루션 수요 예측

	Revenue of DNV-GL Software market	Market outlook		비고
		Positive	Negative	
2009	41,559			
2010	39,579			
2011	41,050			
2012	50,653			
2013	61,575	61,575	61,575	
2014		67,732	67,732	
2015		72,473	71,119	
2016		75,372	72,541	
2017		76,880	72,541	
2018		76,880	71,816	
2019		76,880	71,098	
2020		76,880	70,387	
2021		76,880	69,683	
2022		76,880	68,986	
2023		76,880	68,296	
2024		76,880	67,613	
2025		76,880	66,937	
2026		76,880	66,268	
2027		76,880	65,605	
2028		76,880	64,949	
2029		76,880	64,299	
2030		76,880	63,656	

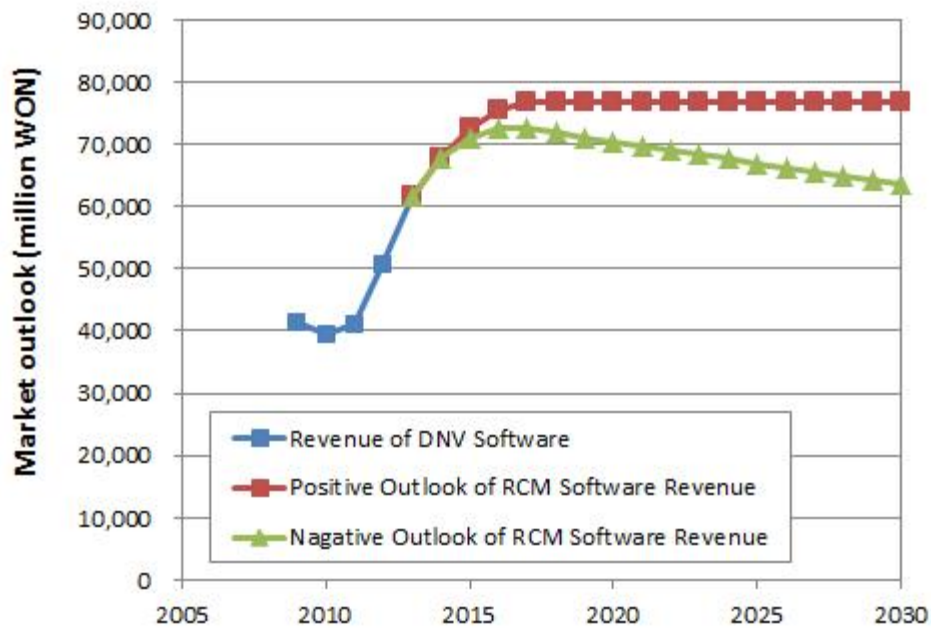


그림 6-7 건전성 기반 유지관리 솔루션 시장 전망

- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 및 솔루션 개발 후 글로벌 솔루션 시장에서의 편익 산출을 위하여 시장점유율, 과제기여도의 경우 전문가 설문을 실시, 부가가치 유발계수는 산업연관표 2010 중 기타 서비스 분야의 부가가치 유발계수를 인용 적용

표 6-7 연구과제 편익 평가를 위한 개량 지표 설문 및 산업연관효과

구분	설문지표, 연관지표	비고
시장점유율(%)	2.71	전문가 설문
과제기여도(%)	37.35	전문가 설문
부가가치유발계수	0.838	산업연관표 2010

- Positive market outlook 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구단 전체 연구비 현가는 132.39억원으로 평가되었으며, 6,219억원 글로벌 시장에서 168억원의 수익이 발생할 것으로 예상되며, 연구단 기여분은 63억원 수준으로 평가
- 연구단 과제 수행을 통한 부가가치 편익은 53억원 수준으로 투자비 대비 0.40배 수준의 투자비가 회수

표 6-8 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)

	연구개발비	시장규모 (현가)	국내기업 추정 수익	과제기여 평가 액	부가가치 유발액
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		68,684	1,859	694	582
2022		67,153	1,817	679	569
2023		65,656	1,777	664	556
2024		64,193	1,737	649	544
2025		62,762	1,698	634	532
2026		61,363	1,660	620	520
2027		59,995	1,623	606	508
2028		58,657	1,587	593	497
2029		57,350	1,552	580	486
2030		56,071	1,517	567	475
합계	13,240	621,884	16,827	6,286	5,269

- Negative market outlook 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구단 전체 연구비 현가는 132.39억원으로 평가되었으며, 5,400억원 글로벌 시장에서 146억원의 수익이 발생할 것으로 예상되며, 연구단 기여분은 55억원 수준으로 평가
- 연구단 과제 수행을 통한 부가가치 편익은 46억원 수준으로 투자비 대비 0.35배 수준의 투자비가 회수

표 6-9 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)

	연구개발비	시장규모 (현가)	국내기업 추정 수익	과제기여 평가 액	부가가치 유발액
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		62,255	1,685	629	527
2022		60,258	1,631	609	510
2023		58,326	1,578	590	494
2024		56,455	1,528	571	478
2025		54,645	1,479	552	463
2026		52,892	1,431	535	448
2027		51,196	1,385	517	434
2028		49,554	1,341	501	420
2029		47,965	1,298	485	406
2030		46,427	1,256	469	393
합계	13,240	539,973	14,612	5,458	4,573

□ 환경(하수처리) 플랜트 운전비 절감에 대한 비용-편익 분석

- 환경부의 2008년 공공하수처리시설 투자계획 수립에 관한 연구보고서에 따르면 각 지자체별 투자소요를 반영한 2015년까지의 총 사업비는 19조 2,459억원이며, 계속사업비는 6조 7,848억원, 신규투자소요는 11조 4,292억원, 장래 보급률 향상 및 유지를 위해 필요한 장래 투자계획 소요는 1조 319억원 수준
- 환경부의 2013년 공공하수처리시설 운영관리실태 분석결과 보고서에 따르면 공공하수처리시설 용량 및 비용은 처리단가의 지속 상승(2003년 66원/톤 → 2012년 143원/톤)에 따라 2003년 5,055억원에서 2012년 13,140억원으로 11.2%/년 수준 증가
- 공공하수처리시설 운영 비용에 대한 낙관적 시장 전망의 경우 처리단가의 상승 등에 따라 하수처리비용이 현 수준의 증가율을 유지하는 형태를 가정
- 비관적 시장 전망의 경우 하수처리분야 기술개발 및 시설 공급률 개선에 따라 운전비 증가율이 현 수준의 50% 수준으로 감소하는 형태를 가정

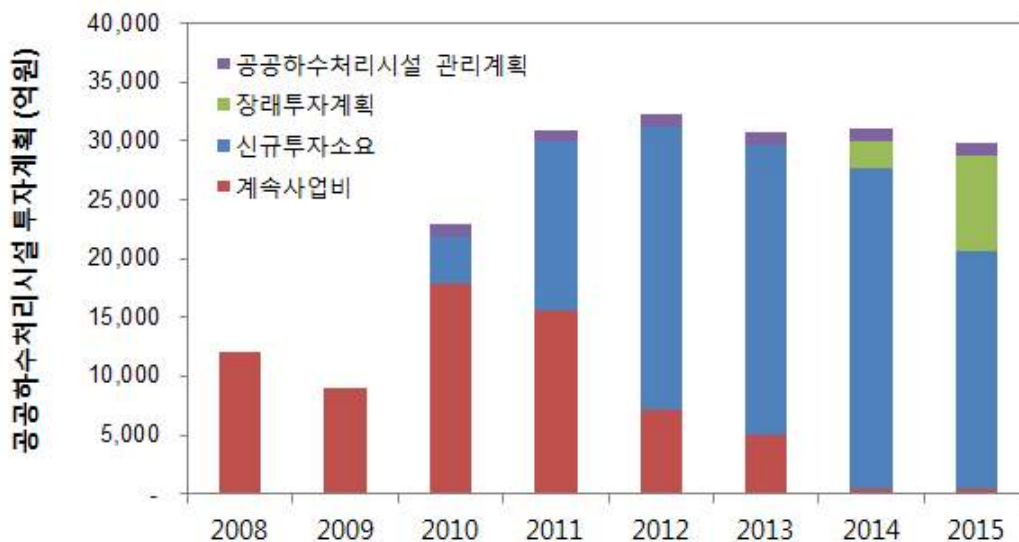


그림 6-8 공공하수처리시설 투자계획

(공공하수처리시설 투자계획 수립에 관한 연구보고서, 환경부, 2008.10)

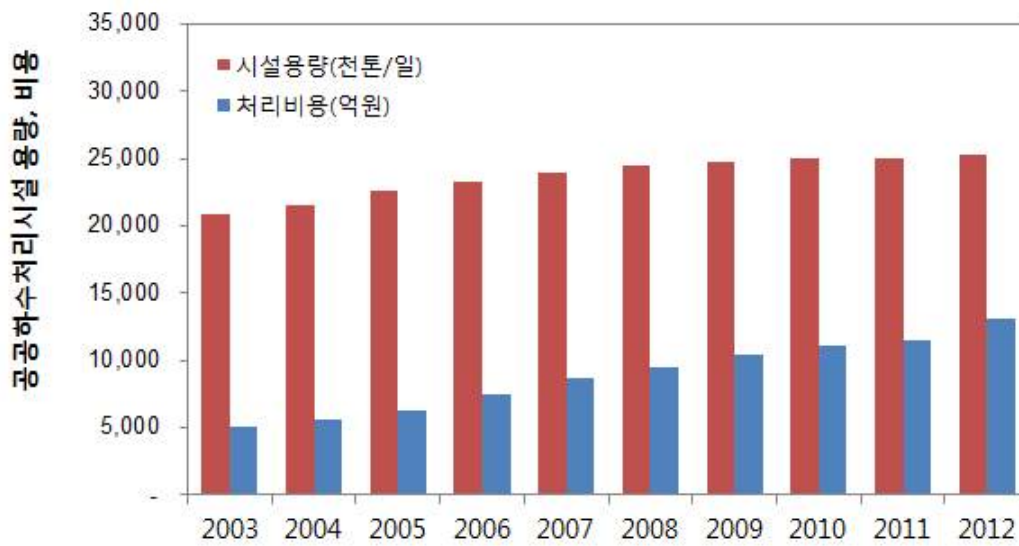


그림 6-9 공공하수처리시설 용량 및 비용
(공공하수처리시설 운영관리실태 분석결과, 환경부, 2013.8)

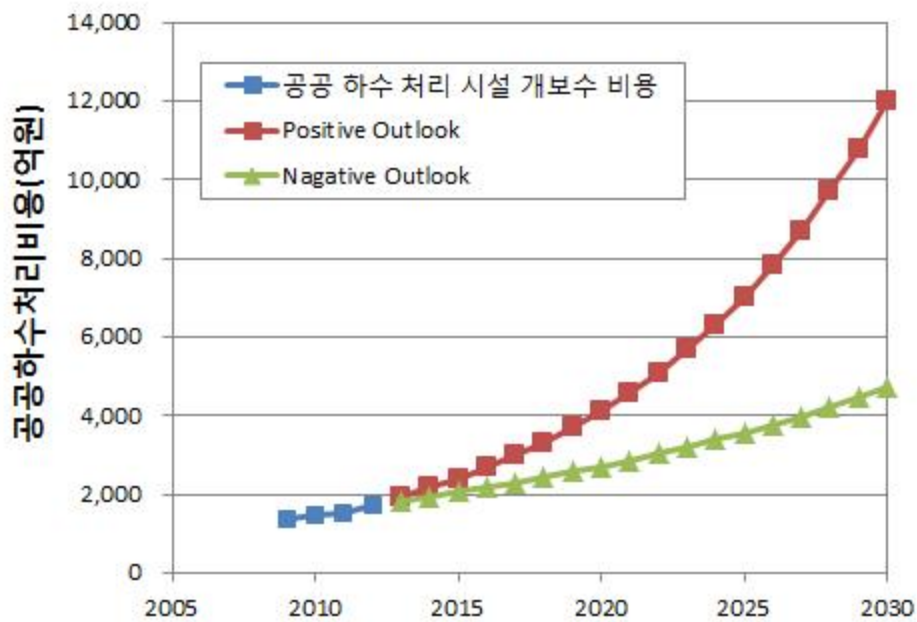


그림 6-10 환경(하수처리) 플랜트 시설 운영비(시설 개보수 비용) 증가 전망

표 6-10 환경(하수처리) 플랜트 시설 운영비 수요 예측(단위: 억원)

	공공하수처리 비용	공공하수처리 시설 개보수 비용	Market outlook		비고
			Positive	Negative	
2009	10,453	1,390			
2010	11,122	1,479			
2011	11,482	1,527			
2012	13,140	1,748			
2013			1,945	1,846	
2014			2,165	1,951	
2015			2,409	2,061	
2016			2,681	2,177	
2017			2,984	2,300	
2018			3,321	2,430	
2019			3,696	2,567	
2020			4,113	2,712	
2021			4,578	2,865	
2022			5,095	3,027	
2023			5,670	3,198	
2024			6,310	3,378	
2025			7,023	3,569	
2026			7,816	3,771	
2027			8,699	3,984	
2028			9,681	4,208	
2029			10,774	4,446	
2030			11,991	4,697	

- 플랜트 건전성 기반 시설 운용에 따른 운영 편익 산출을 위하여 처리비용 절감효과의 경우 연구단의 목표치(운영비 절감 10%)를 적용하였으며, 과제기여도의 경우 전문가 설문을 실시

표 6-11 연구과제 편익 평가를 위한 개량 지표 설문 및 산업연관효과

구분	설문지표, 연관지표	비고
처리비용 절감효과(%)	10.00	연구단 목표치
과제기여도(%)	4.35	전문가 설문

- Positive market outlook 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구단 전체 연구비 현가는 132.39억원으로 평가되었으며, 61,578억원 개보수 운영비용 중 6,159억원의 절감이 가능하며, 연구단 기술개발을 통한 기여분은 268억원 수준으로 평가
- 연구단 과제 수행을 통한 개보수 운영비용 절감효과는 투자비 대비 2.02배 수준의 투자비가 회수

표 6-12 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준)

	연구개발비 (백만원)	시설 개보수 운영비용 현가 (억원)	개보수 운영 비용 절감 (억원)	과제기여 평가 액 (억원)	비고
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		4,090	409	18	
2022		4,450	445	19	
2023		4,842	484	21	
2024		5,269	527	23	
2025		5,733	573	25	
2026		6,238	624	27	
2027		6,788	679	30	
2028		7,386	739	32	
2029		8,037	804	35	
2030		8,745	875	38	
합계	13,240	61,578	6,159	268	B/C=2.02

- Negative market outlook 기준 연구단 과제 비용, 편익 분석 결과 연구단 전체 연구비 현가는 132.39억원으로 평가되었으며, 29,743억원 개보수 운영비용 중 2,974억원의 절감이 가능하며, 연구단 기술개발을 통한 기여분은 130억원 수준으로 평가
- 연구단 과제 수행을 통한 개보수 운영비용 절감효과는 투자비 대비 0.98배 수준의 투자비가 회수

표 6-13 연구과제 비용, 편익 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원)

	연구개발비	시설 개보수 운영비용 현가 (억원)	개보수 운영 비용 절감 (억원)	과제기여 평가 액 (억원)	비고
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		2,560	256	11	
2022		2,644	264	12	
2023		2,731	273	12	
2024		2,821	282	12	
2025		2,914	291	13	
2026		3,010	301	13	
2027		3,109	311	14	
2028		3,211	321	14	
2029		3,317	332	14	
2030		3,426	343	15	
합계	13,240	29,743	2,974	130	B/C=0.98

□ 시사점

이상과 같이 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발에 대한 비용-편익 분석을 실시하였으며, 연관 과제별 종합적 비용-편익의 경우 낙관적 전망에 따른 비용, 편익비는 2.42로 평가되었으며, 비관적 전망에 따른 비용, 편익비는 1.33으로 평가되었다.

표 6-14 연구과제 비용, 편익 종합 분석

	구분	비용	편익	B/C	비고
낙관적 전망	건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매	132.39	53	0.40	
	환경(하수처리) 플랜트 운전비 절감		268	2.02	
	소계		321	2.42	
비관적 전망	건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매	132.39	46	0.35	
	환경(하수처리) 플랜트 운전비 절감		130	0.98	
	소계		176	1.33	

6.3.2 간접적 파급효과

- ‘플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발’ 연구단 과제 수행에 따르는 간접적 파급 효과는 환경(하수처리) 플랜트 운전비 절감 따르는 간접효과가 기대되지 않기 때문에 건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매에 따르는 간접효과만을 검토

□ 건전성 기반 최적설계, 유지관리 솔루션 판매에 따르는 간접효과

- ‘플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 연구단’은 대규모 연구 및 기자재 개발, 현지 적용 등에 대규모 비용이 소요되며, 10년 이상 장기간 연구 성과의 활용이 예상되는 산업 분야로서 기술적, 경제적 타당성 평가 외에 산업 연관 효과 분석이 요구
- 산업연관표를 이용하여 산업간의 상호연관관계를 파악하고, 이를 국민경제구조의 분석, 장래의 경제예측 등에 사용하고자 하는 분석기법을 산업연관분석(input-output analysis 또는 inter-industry analysis)을 실시
- 이는 산업연관표를 기준으로 연구개발에 따르는 타산업의 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 수출 및 수입 유발효과, 신규 일자리 창출효과, 피용자 보수 창출 효과(피용자 보수 등) 등을 분석
- 산업연관효과 효과는 한국은행의 산업연관표에 기준하여 추정하였으며, 해외에서 이루어지는 사업 특성 반영을 위하여 국제산업연관표를 추가 적용

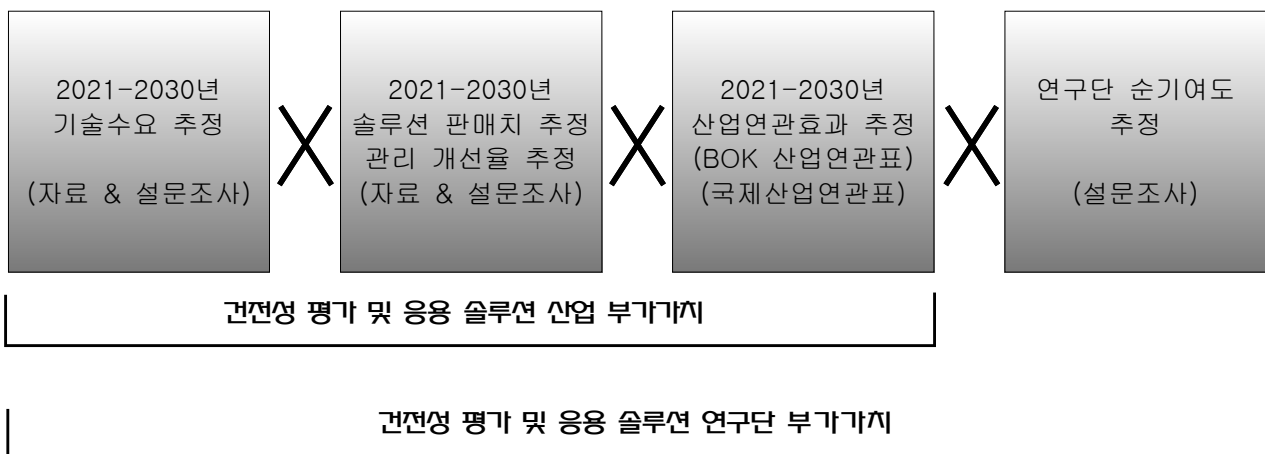


그림 6-11 산업연관효과 추정의 분석틀

- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 솔루션 제공에 따른 낙관적, 비관적 부가가치 기여액 기준 생산유발액, 취업유발 인원을 평가
- 낙관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 121억원, 취업 유발 인원은 10.7명으로 평가되었으며, 비관적 전망 기준 연구과제 생산유발액은 105억원, 취업 유발 인원은 9.2명으로 평가

표 6-15 연구과제 간접 효과 분석(Positive market outlook 기준, 단위: 백만원, 명)

	연구개발비	부가가치 유발액	생산유발액	취업유발	비고
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		582	1,338	1.2	
2022		569	1,309	1.1	
2023		556	1,279	1.1	
2024		544	1,251	1.1	
2025		532	1,223	1.1	
2026		520	1,196	1.1	
2027		508	1,169	1.0	
2028		497	1,143	1.0	
2029		486	1,118	1.0	
2030		475	1,093	1.0	
합계	13,240	5,269	12,119	10.7	

표 6-16 연구과제 간접 효과 분석(Negative market outlook 기준, 단위: 백만원, 명)

	연구개발비	부가가치 유발액	생산유발액	취업유발	비고
2016	2,550				
2017	3,226				
2018	3,155				
2019	2,664				
2020	1,645				
2021		527	1,213	1.1	
2022		510	1,174	1.0	
2023		494	1,137	1.0	
2024		478	1,100	1.0	
2025		463	1,065	0.9	
2026		448	1,031	0.9	
2027		434	998	0.9	
2028		420	966	0.8	
2029		406	935	0.8	
2030		393	905	0.8	
합계	13,240	4,573	10,524	9.2	

(표 13)

산업별 부가가치유발계수

	2005년	2008년(A)	2009년(B)	2010년(C)	차이(B-A)	차이(C-B)
농 립 어 업	0.865	0.801	0.817	0.821	0.016	0.004
광 업	0.847	0.800	0.816	0.822	0.017	0.006
제조업 ¹⁾	0.650	0.566	0.589	0.590	0.023	0.001
소 비 제 업 종 ¹⁾	0.724	0.653	0.676	0.664	0.023	-0.012
음 식 료 품	0.776	0.693	0.703	0.706	0.010	0.004
섬 유 및 가 죽 제 품	0.693	0.641	0.651	0.629	0.010	-0.022
목 재 및 종 이 제 품	0.635	0.549	0.599	0.573	0.050	-0.026
인 쇄 및 복 제	0.810	0.753	0.766	0.757	0.013	-0.009
기 타 제 조 업 제 품	0.707	0.628	0.663	0.655	0.035	-0.008
기 초 소 제 업 종 ¹⁾	0.582	0.465	0.497	0.505	0.032	0.008
석 유 및 석 탄 제 품	0.355	0.231	0.259	0.280	0.028	0.022
화 학 제 품	0.582	0.463	0.499	0.497	0.036	-0.002
비 금 속 광 물 제 품	0.718	0.612	0.631	0.633	0.019	0.003
제 1 차 금 속 제 품	0.539	0.427	0.461	0.465	0.034	0.004
금 속 제 품	0.716	0.594	0.637	0.651	0.044	0.014
조 립 가 공 업 종 ¹⁾	0.641	0.583	0.595	0.602	0.012	0.007
일 반 기 계	0.704	0.625	0.651	0.645	0.027	-0.006
전 기 및 전 자 기 기	0.552	0.499	0.501	0.523	0.002	0.022
정 밀 기 기	0.660	0.622	0.624	0.622	0.002	-0.002
수 송 장 비	0.650	0.587	0.603	0.616	0.016	0.013
전력·가스·수도 및 건설업 ¹⁾	0.704	0.545	0.601	0.605	0.056	0.004
전 력·가 스·수 도	0.596	0.358	0.432	0.461	0.094	0.009
건설	0.812	0.732	0.749	0.749	0.017	-0.001
서비스업 ¹⁾	0.865	0.819	0.829	0.826	0.010	-0.003
도 소 매	0.891	0.861	0.865	0.858	0.005	-0.007
음 식 점 및 숙 박	0.836	0.776	0.779	0.782	0.003	0.003
운 수 및 보 관	0.649	0.521	0.576	0.561	0.055	-0.016
통 신 및 방 송	0.877	0.837	0.836	0.838	-0.001	0.001
금 융 및 보 험	0.943	0.911	0.913	0.919	0.002	0.006
부 동 산 및 사 업 서 비 스	0.930	0.903	0.907	0.903	0.004	-0.004
공 공 행 정 및 국 방	0.892	0.859	0.871	0.868	0.011	-0.003
교 육 및 보 건	0.900	0.867	0.868	0.866	0.001	-0.002
사 회 및 기 타 서 비 스	0.872	0.834	0.842	0.838	0.008	-0.004
전 산 업 평 균 ¹⁾	0.741	0.666	0.687	0.686	0.021	-0.001

주: 1) 28부문 부가가치유발계수의 단순평균

그림 6-12 산업연관표 - 산업별 부가가치 유발계수(출처: 한국은행)

(표 12)

산업별 생산유발계수

	2005년	2008년(A)	2009년(B)	2010년(C)	차이(B-A)	차이(C-B)
농 립 어 업	1.746	1.862	1.874	1.860	0.012	-0.014
광 업	1.722	1.719	1.731	1.684	0.012	-0.047
제조업 ¹⁾	2.064	2.061	2.081	2.071	0.020	-0.010
소 비 재 업 종 ¹⁾	2.076	2.072	2.099	2.084	0.027	-0.015
음 식 료 품	2.093	2.083	2.128	2.134	0.045	0.006
섬 유 및 가 직 제 품	2.060	2.007	2.049	2.003	0.042	-0.046
목 재 및 종 이 제 품	1.996	2.020	1.997	1.977	-0.022	-0.021
인 채 및 복 제	2.040	2.029	2.078	2.076	0.049	-0.002
기 타 제 조 업 제 품	2.189	2.219	2.242	2.230	0.023	-0.012
기 초 소 재 업 종 ¹⁾	1.965	1.965	1.989	1.968	0.025	-0.021
석 유 및 석 탄 제 품	1.139	1.139	1.170	1.224	0.031	0.054
화 학 제 품	2.059	2.061	2.039	2.017	-0.022	-0.022
비 금 속 광 물 제 품	2.015	1.955	1.926	1.927	-0.029	0.001
제 1 차 금 속 제 품	2.257	2.252	2.353	2.289	0.101	-0.064
금 속 제 품	2.357	2.415	2.457	2.384	0.043	-0.074
조 립 가 공 업 종 ¹⁾	2.173	2.169	2.174	2.185	0.005	0.011
일 반 기 계	2.338	2.378	2.374	2.361	-0.005	-0.012
전 기 및 전 자 기 기	1.845	1.863	1.923	1.991	0.060	0.069
정 밀 기 기	2.047	2.101	2.104	2.075	0.003	-0.029
수 송 장 비	2.462	2.332	2.294	2.311	-0.038	0.017
전력·가스·수도 및 건설업 ¹⁾	1.739	1.805	1.806	1.791	0.001	-0.015
전 력·가 스·수 도	1.459	1.516	1.483	1.477	-0.034	-0.005
건 설	2.020	2.093	2.129	2.104	0.036	-0.025
서 비 스 업 ¹⁾	1.695	1.712	1.728	1.733	0.016	0.005
도 소 매	1.649	1.633	1.678	1.722	0.045	0.044
음 식 점 및 숙 박	2.024	2.023	2.065	2.060	0.042	-0.005
운 수 및 보 관	1.579	1.560	1.593	1.586	0.033	-0.008
통 신 및 방 송	1.809	1.883	1.867	1.883	-0.016	0.015
금 용 및 보 험	1.587	1.714	1.734	1.706	0.020	-0.029
부 동 산 및 사 업 서 비 스	1.544	1.551	1.559	1.573	0.008	0.014
공 공 행 정 및 국 방	1.563	1.568	1.561	1.549	-0.007	-0.012
교 육 및 보 건	1.559	1.569	1.589	1.593	0.020	0.004
사 회 및 기 타 서 비 스	1.943	1.910	1.908	1.928	-0.002	0.020
전 산 업 평 균 ¹⁾	1.926	1.937	1.955	1.948	0.018	-0.007

주: 1) 28부문 생산유발계수의 단순평균

그림 6-13 산업연관표 - 산업별 생산 유발계수(출처: 한국은행)

(표 16)

산업별 고용유발계수 추이

(단위 : 명/10억원, %)

	2005년	2008년(A)	2009년(B)	2010년(C)	차이(B-A)	차이(C-B)
농 립 어 업	7.2	7.1	6.9	6.6	-0.2	-0.3
광 업	8.3	7.1	7.0	6.3	-0.1	-0.7
제조업 ¹⁾	8.8	7.3	7.2	6.7	-0.1	-0.5
음 식 료 품	8.0	6.8	6.8	6.6	0.0	-0.2
섬 유 및 가 직 제 품	13.2	10.8	10.6	9.4	-0.2	-1.2
목 재 및 종 이 제 품	9.4	7.7	7.4	7.0	-0.3	-0.4
인 채 및 복 제	13.0	12.9	11.9	11.0	-1.0	-0.9
석 유 및 석 탄 제 품	0.7	0.6	0.8	0.9	0.2	0.1
화 학 제 품	6.7	4.8	5.1	4.7	0.3	-0.4
비 금 속 광 물 제 품	8.8	7.0	6.6	6.3	-0.4	-0.3
제 1 차 금 속 제 품	4.0	3.1	3.5	3.1	0.4	-0.4
금 속 제 품	10.0	8.0	8.2	8.3	0.2	0.1
일 반 기 계	10.0	8.1	8.2	7.8	0.1	-0.4
전 기 및 전 자 기 기	6.9	5.6	5.5	5.1	-0.1	-0.4
정 밀 기 기	11.6	9.9	9.9	8.8	0.0	-1.1
수 송 장 비	8.2	6.4	6.5	6.0	0.1	-0.5
기 타 제 조 업 제 품	12.2	10.1	9.8	9.4	-0.3	-0.4
전 력·가 스·수 도	3.2	2.4	2.5	2.2	0.1	-0.3
건설	14.8	12.6	12.4	12.1	-0.2	-0.3
서비스업 ¹⁾	12.8	11.6	11.7	11.2	0.1	-0.5
도 소 매	15.2	14.3	14.3	12.9	0.0	-1.4
음 식 점 및 숙 박	16.5	14.6	14.4	14.3	-0.2	-0.1
운 수 및 보 관	10.7	7.9	8.9	8.0	1.0	-0.9
통 신 및 방 송	7.5	7.8	7.4	7.2	-0.4	-0.2
금 융 및 보 험	9.6	8.9	9.0	8.6	0.1	-0.4
부 동 산 및 사 업 서 비 스	9.8	10.1	10.2	9.9	0.1	-0.3
공 공 행 정 및 국 방	13.0	11.0	11.5	11.3	0.5	-0.2
교 육 및 보 건	17.4	15.6	15.4	15.6	-0.2	0.2
사 회 및 기 타 서 비 스	15.5	13.7	13.7	13.3	0.0	-0.4
전 산 업 평 균	10.1	8.8	8.8	8.3	0.0	-0.5

주: 1) 28부문 고용유발계수의 단순평균

그림 6-14 산업연관표 - 산업별 고용 유발계수(출처: 한국은행)

〈부록1〉

우리나라의 2009년 수출입액 및 부가가치 기준의 국가별 구성

(단위 : 억달러, %)

	수출입액					부가가치				
	수출		수입		(수출-수입)	이입		이출		(이입-이출)
	4,084	100.0	3,502	100.0	582	2,276	100.0	1,928	100.0	348
중 국	1,192	29.2	798	22.8	394	460	20.2	396	20.5	64
미 국	329	8.0	359	10.2	-30	288	12.6	258	13.4	30
일 본	196	4.8	388	11.1	-193	114	5.0	202	10.5	-88
독 일	149	3.6	161	4.6	-13	103	4.5	99	5.1	4
대 만	83	2.0	68	2.0	14	21	0.9	23	1.2	-2
멕시코	69	1.7	9	0.3	60	31	1.4	8	0.4	23
프랑스	67	1.6	60	1.7	7	57	2.5	38	2.0	19
러시아	63	1.5	42	1.2	20	46	2.0	42	2.2	4
캐나다	50	1.2	41	1.2	9	38	1.6	28	1.5	9
인도네시아	50	1.2	93	2.6	-43	30	1.3	50	2.6	-21
호주	48	1.2	139	4.0	-91	35	1.5	77	4.0	-42
그리스	48	1.2	12	0.3	36	32	1.4	5	0.3	27
인도	44	1.1	20	0.6	24	36	1.6	13	0.7	23
이탈리아	39	1.0	43	1.2	-4	37	1.6	32	1.7	4
브라질	38	0.9	25	0.7	13	29	1.3	18	0.9	11
영국	37	0.9	61	1.7	-24	38	1.7	47	2.4	-9
터키	35	0.9	4	0.1	31	23	1.0	4	0.2	19
폴란드	26	0.6	4	0.1	22	15	0.7	5	0.3	11
벨기에	24	0.6	17	0.5	7	14	0.6	10	0.5	4
슬로바키아	23	0.6	1	0.0	22	9	0.4	2	0.1	7
스페인	22	0.5	10	0.3	12	22	1.0	9	0.5	12
네덜란드	21	0.5	23	0.7	-2	16	0.7	17	0.9	-1
덴마크	19	0.5	11	0.3	8	11	0.5	6	0.3	5
헝가리	18	0.4	17	0.5	1	7	0.3	11	0.6	-4
스웨덴	10	0.2	18	0.5	-8	8	0.4	13	0.7	-4
체코	9	0.2	4	0.1	5	5	0.2	3	0.2	2
오스트리아	6	0.1	12	0.3	-6	7	0.3	10	0.5	-3
핀란드	6	0.1	9	0.3	-3	4	0.2	5	0.3	-1
아일랜드	5	0.1	10	0.3	-4	4	0.2	6	0.3	-2
루마니아	5	0.1	4	0.1	1	4	0.2	3	0.2	0
포르투갈	3	0.1	1	0.0	3	3	0.1	1	0.1	2
슬로베니아	2	0.0	1	0.0	1	1	0.1	1	0.0	1
불가리아	1	0.0	1	0.0	0	1	0.1	1	0.1	0
에스토니아	1	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0
룩셈부르크	1	0.0	1	0.0	1	1	0.0	1	0.1	-1
싸이프러스	0	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0
리투아니아	0	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0
라트비아	0	0.0	2	0.1	-2	0	0.0	2	0.1	-2
몰타	0	0.0	1	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0
기타(ROW)	1,344	32.9	1,032	29.5	312	725	31.9	479	24.8	246

자료 : 2009년 WIOD

제 7 장 과제 제안요구서 및 평가기준 설정

7.1 과제 제안요구서

연구개발과제명	플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 연구단
1. 연구개발 목표	☐ 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술 개발 연구단 ◦ 환경플랜트(하수처리) 건전성 기반 생애주기 생산성 개선 및 운용 최적화 기술 및 솔루션 개발 - 시설규모 500 ton/day급 - 건설수요 완화 5% (시설용량 2012년 25,246천톤/일 → 2020년 25,000천톤/일, 년 평균 증가율 2.1% 고려) - 건전성 평가 DB 구축 90% ◦ RAM 기반 RCM 솔루션 구축 - 생애주기 생산성 개선 5% (가동률 2012년 79.4% → 2020년 85%) - 생애주기 운전비용 절감 10% (처리비용 2012년 142.6원 → 2020년 145.0원, 년 평균 처리비용 증가율 11.29% 고려) ◦ RISK 기반 안정화 기술 개발 - 생애주기 운전 수명 5% 개선 (500 ton/day 이상 시설개선 소요년수 2012년 11.5년 → 2020년 12.0년) - 생애주기 운전비용 절감 10% (처리비용 2012년 142.6원 → 2020년 145.0원, 년 평균 처리비용 증가율 11.29% 고려)
☐ 연구개발의 범위 및 ☐ 연구개발 범위	

정의

- 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 시스템 기술은 플랜트 설계/건설의 최적화, 극한지역 등에 설치된 플랜트의 유지보수 최소화 및 노후 플랜트의 가용 기간의 평가, 유지보수 등을 위한 기술로서 플랜트 생산가용도, 리스크 분야 시스템 엔지니어링 기술 확충을 통하여 플랜트 건설 및 유지관리 효율 개선을 위한 통합 해석 및 설계기술 개발임
- 국가가 발주하고, 지자체에서 관리감독이 이루어지는 대표적인 SOC 시설인 환경플랜트를 대상으로 플랜트 건전성 평가기술, 플랜트 건전성 평가 플랫폼, 플랜트 건전성 평가 데이터베이스 구축/평가 기술, 운전 결과 보고 의무화 제도 개발 기획을 포함함

□ 연구개발 정의

- 플랜트 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술 개발
 - 플랜트 생산가용도 평가를 통하여 설계 최적화 시스템, 건전성 평가를 통하여 유지관리 최적화 시스템의 표준 플랫폼을 구축하고, 시스템의 개별 구성 요소들을 통합, 장치 고장, 사고 시나리오를 구성, 예측하여 최종적으로 플랜트 생애주기 생산성을 최상의 상태로 유지하기 위한 플랫폼 기술로서
 - 환경플랜트를 대상으로 구성 장치 및 기자재의 신뢰성(reliability) 데이터베이스를 수집, 정량화 연구를 포함하고 있으며, 신뢰성 데이터베이스 수집을 위하여 가속수명 평가 방법론, 현장 데이터베이스 수집 정량화 연구를 포함함.
 - 또한 환경플랜트의 현장 데이터베이스 수집 정량화를 위한 제도적 장치로서 운전, 유지보수 결과의 보고 의무화 제도 신설 연구를 포함하고 있음.
- 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술 개발
 - 플랜트의 생애주기 소요 비용의 최소화 및 생산성 최대화를 위하여 시스템 정비전략과 유지보수 비용에 관한 제반 사항을 종합 검토하여 플랜트 시스템 신뢰성, 유지보수 특성을 반영한 생애주기 가용도, 생산성 평가 기반으로 플랜트 건설(설계) 최적화 및 건전

성 평가를 기반으로 유지보수 최적화 기술(RCM) 개발을 포함하고 있으며,

- 또한 종합상황실 및 현장에서 플랜트 RAM 기반 유지관리 최적화 관리를 위하여 햅틱 기반 플랜트 RCM 표준 플랫폼 개발을 포함하고 있음.

◦ 플랜트 RISK 평가 기반 안정성 최적화 기술 개발

- 플랜트의 생애주기 기간 중 사고로 인한 피해를 최소화하기 위하여 시스템 상태 진단, 정비이력 등 제반 사항을 종합 검토하여, 시스템 RISK 평가를 기반으로 플랜트 유지관리 최적화 기술(RA(risk assessment), RBI(risk inspection) 기술을 포함하고 있으며,

- 또한 종합진단실에서 플랜트 RISK 기반 유지관리 최적화 관리를 위한 표준 플랫폼 개발을 포함하고 있음.

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의

필요성

- 플랜트 엔지니어링 기술은 플랜트 건설 분야 중에서도 고부가가치 산업분야로서 국내 EPC construction 중심의 플랜트 산업 생태계를 운용, 유지보수 시장으로 확장, 나아가서는 플랜트 FEED 분야로 확대하기 위한 교두보적 씨드 기술
- 이를 위해서는 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획·설계·시공 자동화, 스마트 운영 등에 관한 기술혁신이 필요하고, 신뢰성, 생산가용도 및 위험도, 안전진단 등 시설 관리가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 또한 직관적 플랫폼 인터페이스를 통한 플랜트 유지관리 기술 혁신을 통하여 사회 기반시설 운용 과정의 현장/시설 건전성 및 안전성 개선이 필요
- 급격한 인구 고령화 시대에서 기존 인적자원 중심 노하우 집적 방식을 시스템 중심의 집적 방식으로 전환 시점이 도래됨
 - 한국사회 2018년 고령사회 도달 예상: 65세이상 인구 14.3%
 - 숙련된 운전원 퇴직→노동력 부족→비숙련 운전원 경험 부족→생산성 저하 및 안전 위협

- 비숙련 운전원의 효과적 시설관리를 위한 노하우 전수 수단 필요
- 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요
- 이에 생산가용도 설계기술의 미래전망 및 이슈, 니즈 등 환경분석, 기술수요 도출, 비전 및 목표 설정, 기술개발전략 수립, 타당성 조사 등을 통하여 기술개발과제로서 타당성을 확보할 수 있도록 기획연구의 수행이 필요
- 플랜트 건설시 기후와 가혹한 현장 여건으로 인한 생산성, 신뢰성 저하 해결을 위한 대안 필요
 - 전주기 엔지니어링 데이터 기반의 계획, 설계, 시공, 운영 등에 관한 기술 혁신 필요
 - 신뢰성 및 생산가용도 설계가 중요한 경쟁 이슈로 부각됨에 따라 국내 공공플랜트 엔지니어링과 연계한 시너지 제고 필요

□ 기술동향

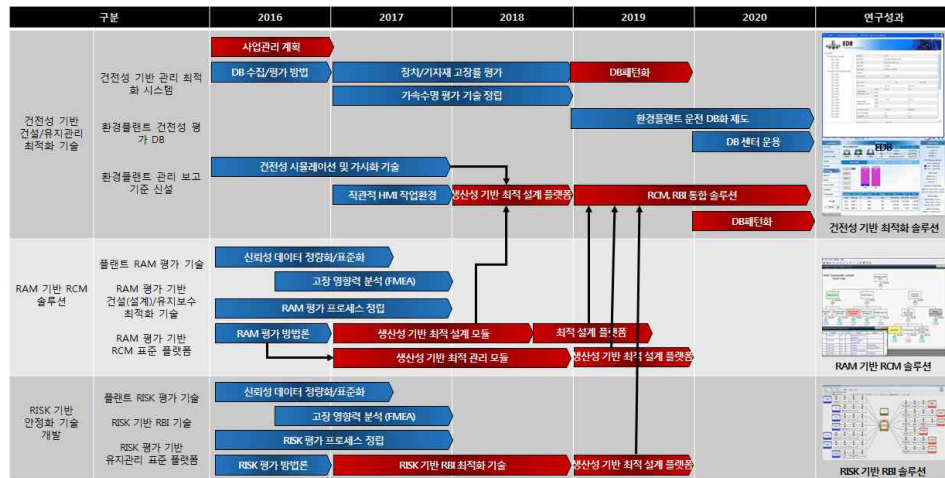
- 일반적인 민간기업(자원개발 플랜트 등의 경우 영국과 노르웨이 기반 석유 회사)에 의하여 주도적으로 개발 활용
- 자산관리 국제 표준으로서 ISO 55000이 정의되어 있으며, 조직의 전략적 계획(경영목표) 달성을 목적으로 자산과 사잔 시스템의 전 생애에 걸쳐 성능(기능)과 리스크, 비용 등 최적화를 위한 지속적 보 전 표준을 제시
- 전 세계적으로 RAMS, SIL 등은 IEC 61508을 기본규격으로 산업분야별로 차별화하여 관련 규격을 적용
- 영국의 경우 BS(British Standard)의 PAS55-1(Management specification for the optimized management of Physical asset 2008“을 통하여 설비 자산 관리 표준을 제시
- 미국석유협회 등 선진국의 경우 API(American Petroleum Institute) code, ISO(International Organization for Standardization)를 중심으로 RBI(Risk Based Inspection), RBM(Risk Based Maintenance based on API581 code를 중심으로 시스템 위험성 평가를 수행하고 있으며, software 형태 솔루션을 활용하고 있음.

3. 연구개발내용 및 범위

- 세부 1과제 : 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술
 - 플랜트 건전성 평가 기반 시스템 관리 최적화 시스템 개발
 - 환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성(reliability) 데이터베이스 개발
 - 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(신설) 연구
- 세부 2과제 : RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술
 - 플랜트 RAM 평가 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 건설(설계), 유지보수 최적화 기술 개발
 - 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼 개발
- 세부 3과제 : RISK 평가 기반 안정화 기술
 - 플랜트 RISK 평가 기술 개발
 - 플랜트 RISK 기반 RBI 기술 개발
 - 플랜트 RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼 개발

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 연구수행 단계는 2단계로 나누며 1단계(1차 및 3차년도)에는 요소기술 및 기반 구축, 2단계(4차 및 5차년도)에는 핵심기술 개발을 중심으로 검증 및 실증을 통해서 드릴 시스템 독자기술을 확보
 - (1단계) 플랜트 건전성 기반 건설 및 유지보수 기술보유기술 및 특허자료 분석을 통하여 선행기술에 대한 조사 및 분석을 실시하고, 구성요소의 기능 및 기술에 대한 상세분석을 통한 시스템 기본설계 도출
 - (2단계) 리그 플랫폼 및 주요 기자재 제작목표를 달성하고, 적용 현장의 특성을 고려하여 최적 서비스 제공 전략 수립 및 적용 현장 확보
 - 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함
 - 다양한 국제교류 활동을 통하여 기술습득의 기회가 필요하며, 불가한 핵심기술의 경우에는 경쟁기술로서 개발도 검토가 필요함



5. 최종성과물

□ 주요

[세부1과제] : 건전성 평가 기반 건설, 유지관리 최적화 기술

최종성과물

- 플랜트 건전성 평가 기반 설계, 관리 최적화 기술 개발
 - 수처리 및 환경 플랜트의 설계, 예지보전 최적화 시스템 개발
 - 시계열 건전성 시뮬레이션 및 가시화 기술 개발
- 환경플랜트 장치 및 기자재 신뢰성 DB 개발
 - 현장데이터 기반 신뢰성 평가 기술 개발
 - 가속 수명 평가 기반 신뢰성 평가 기술 개발
- 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(신설) 연구
 - 환경플랜트 운전, 유지보수 보고 의무화 제도(안)
 - 장비/기자재 신뢰성 평가 데이터베이스 센터 운용(안)

[세부2과제] : RAM 평가 기반 RCM 최적화 기술

- 플랜트 RAM 평가 방법론/프로세스 표준화
 - 플랜트 RAM 평가 방법론
 - 생산성 기반 최적 설계 기술
- 플랜트 RAM 평가 기반 건설(설계), 유지보수 최적화 기술 개발
 - 기자재, 장치 노화, 유지보수에 따른 생산가용도 예측 기술
 - 수요 vs 버퍼/저장 설비 연계 생산가용도 예측 기술
 - 생산가용도, FMEA 기반 유지보수 최적화 기술
 - VE 추진을 위한 업무절차 간소화/표준화, 파트너링 기법 개발

- 플랜트 RAM 평가 기반 RCM 표준 플랫폼 개발
 - 고장/오작동 및 영향력 데이터베이스 코드화
 - 고장/오작동 모드별 유지보수 기능 정의/표준화

[세부3과제] : RISK 평가 기반 안정화 기술

- 플랜트 RISK 평가 방법론/프로세스 표준화
 - RISK 기초 데이터 수집 활동 표준화(데이터 추출, 의사교환, 운전 정책 정량화 등)
 - RISK 모드별 영향력 분석 표준화
 - RISK 평가/분석 절차/방법론 표준화
- 플랜트 RISK 기반 RBI 기술 개발
 - RISK 모드별 RBI 예측 기술
 - 장치 요소별 RBI 평가/예측 방법론 표준화
- 플랜트 RISK 평가 기반 유지관리 표준 플랫폼 개발
 - RISK 및 RBI 데이터베이스 코드화
 - 시스템 안정성 유지 정의/표준화

6. 활용방안 및 기대효과

- 개발된 성과는 환경플랜트(하수처리) 뿐만아니라 플랜트, 설비 등 다양한 산업분야에 활용 가능한 기술임
- 성과 유형별 기술이전, 기술실시 등을 통하여 국내·외 현장적용, 실용화 및 사업화 추진
 - 기술이전을 달성하여 기술료 창출, 중소·중견기업의 사업화 촉진
 - 사업화, 연구개발서비스, 시험인증 등 신규 매출 기대됨
- 시스템·서비스 시장 경쟁력 90% 이상 확보
- 중동, 동남아시아 등 개도국 SOC 개선 사업으로 참여

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2016. 01 ~ 2020. 12(5년)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2016. 01 ~ 2016.12 (12개월)
- 총 정부출연금 : 0000 백만원 이내(연구단 총 지원금)
 - 1차년도 정부출연금 : 0000백만원 이내
- ❖ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조

정될 수 있음

- ❖ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ❖ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수할 것
- ❖ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
- ❖ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
- ❖ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

- ❖ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함
- ❖ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 연구성과의 실용화 계획을 SMK(Sales Material Kit)으로 수립하여 제시해야함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
- ❖ www.koced.or.kr 참조
- 기타 연구내용, 주요 성과물 등은 ‘오일샌드플랜트 모듈화기술 기획

연구' 최종보고서 참조

7.2 평가기준 설정

기준항목	세부평가항목	점수
연구개발 목표 (10)	최종 목표/성과목표의 명확성, 타당성	5
	연차별 연구목표/성과목표(지표) 설정의 적절성	5
연구개발 내용 (25)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
	목표달성을 위한 연구내용 및 예상성과의 적절성	10
	세부과제 구성의 타당성 및 연계성	5
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
추진전략 및 계획 (20)	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	5
	연구수행체계 구성의 타당성	10
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	5
활용방안 및 실용화(정책제안) 가능성 (20)	연구성과 활용방안의 적절성 및 구체성	10
	연구성과 실용화 및 정책제안 가능성	5
	개발기술의 기대성과 (기술적, 경제적) 및 파급효과	5
연구책임자 기획·관리 능력 (15)	연구수행책 관리능력	5
	연구개발과제 성과도출 능력	10
연구진의 주요 실적* (10)	공모과제 관련 국내외 논문 게재 건수	5
	공모과제 관련 실무프로젝트 수행실적 건수	5
합계		100

제 8 장 참고문헌

1. 고용환, SK 울산 Complex 기계설비 RCM 기법 적용사례, www.skmss.com.
2. 이창환, 2003, 철도 분야에서의 RCM 적용에 관한 연구, Reliability engineering and system safety 82 (2003) p.257-273.
3. Hossam A. Gabbar, 2003, Computer-aided RCM-based plant maintenance management system, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 19 (2003) 449.458.
4. IAEA, 2007, Application of reliability centred maintenance to optimize operation and maintenance in nuclear power plants.
5. IBM, 2007, 기업설비 자산관리의 올바른 접근방법.
6. 이메인텍, 2007, Plant Maintenance Based on Reliability.
7. DOD of USA, 2005, Dod guide for achieving reliability, availability, and maintainability.
8. 윤기봉, 2008, 위험도기반검사(RBI) 및 신뢰성중심정비 (RCM) 기술, 기계저널 제48권 제6호, pp 34-40.
9. IBM, 2008, 설비관리 전략의 최적화 방안과 솔루션
10. 환경부, 2008, 공공하수처리시설 투자계획 수립에 관한 연구
11. 환경부, 2009, 10대 환경산업 육성을 통한 환경시장 창출전략
12. 환경부, 2009, 하수처리시설 공사비 소요비용
13. IBM, 2009, 플랜트 설비관리를 위한 시스템 구축방안
14. DSME, 2010, 선박 수명주기 관리를 위한 CMMS 개발 추진 사례
15. Gee Wook Song, 2010, RCM Based Failure-Prediction System for Equipment, 대한기계학회논문집 A권, 제34권 제9호, pp. 1281~1286, 2010
16. DNV, 2010, Production availability evaluation manyal with MAROS
17. KTH, 2010, Production engineering and management
18. 환경부, 2011, 환경산업 해외진출 촉진 중장기 기본계획
19. 환경부, 2011, 환경기술 기술동향보고서, 미래지향형 하수처리 시스템에 대한 기술동향
20. INL, 2011, System verification through reliability, availability, maintainability (ram) analysis & technology readiness levels (TRLs)
21. 한국환경산업기술원, 2011, 미래지향형 하수처리기술의 동향과 향후 전망
22. 서울특별시, 2012, 공공하수처리시설 계획
23. 한국전력, 2012, 발전설비 예측정비 기술

24. 환경부, 2012, 환경산업통계 조사보고서-2012년 기준
25. 환경부, 2013 공공하수처리시설 운영관리실태 분석결과
26. 환경부, 2013, UAE 플랜트 운영 및 유지보수시장
27. 환경부, 2014, World Downstream Maintenance Market Forecast 2014-2018
28. DNV, 2009 DNV GL Annual Report 2009~2013