과제번호
18RDPP-C150506-01

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 18RDPP-C150506-01

플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획 최종보고서

2020. 6. 1.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
협동연구기관 / 서울대학교 산학협력단
협동연구기관 / 한국가스안전공사
협동연구기관 / 한국산업기술시험원
위탁연구기관 / 건국대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

플랜트안전통합관리패키지구축사업기획최종보고서
플랜트산업고도화를위한
2020
국토교통과학기술진흥원
국 토 교 통 부

R&D / 18RDPP-C150506-01

플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획 최종보고서

2020. 6. 1.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
협동연구기관 / 서울대학교 산학협력단
협동연구기관 / 한국가스안전공사
협동연구기관 / 한국산업기술시험원
위탁연구기관 / 건국대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획’(연구개발 기간 : 2018.12.01 ~ 2019.11.30) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020. 6. 1.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 한 승 헌 (인)

협동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 김 성 철

협동연구기관명 : 한국가스안전공사 김 형 근

협동연구기관명 : 한국산업기술시험원 정 동 희

위탁연구기관명 : 건국대학교 산학협력단 송 창 선

주관연구기관책임자: 여 인 환
협동연구기관책임자: 이 철 호
협동연구기관책임자: 김 홍 철
협동연구기관책임자: 조 정 현
위탁연구기관책임자: 김 한 수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RDPP-C150506-01	해당 단계 연구 기간	1단계 `18.12.01~ `19.11.30	단계구분	1단계 / 1단계
연구사업명	중사업명	-			
	세부사업명	국토교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명	-			
	세부과제명	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획			
연구책임자	여 인 환	해당단계 참여연구원 수	총: 19명 내부: 18명 외부: 1명	해당단계 연구비	정부: 14,300천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 14,300천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 19명 내부: 18명 외부: 1명	총 연구비	정부: 14,300천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 14,300천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국건설기술연구원			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 건국대학교 산학협력단			연구책임자: 김 한 수	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반, 본 기획 보고서는 향후 본과제 추진 및 지원을 위한 지원자들에게 공개되어야 하므로 일반 등급으로 지정해야 함

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수 527

요 약 문

연구의 목적 및 내용	□ 고위험 플랜트시설의 재난(지진, 화재, 폭발, 누출) 유형별 위험에 최적 대응하고 예측, 대응, 유지관리 전주기의 기술 및 관련 제도의 통합관리를 위한 “플랜트 안전 통합관리 패키지 구축” 사업 기획 • 플랜트 시설물 안전성 확보를 위한 기술 개발 및 관련 제도 고도화를 통해 기술과 제도가 유기적으로 호환하는 “플랜트 안전 통합관리 패키지 구축*” 안 제시 목표 * (제도통합) 부처별 산재되어 있는 현행 안전규제 개선을 통한 제도운영의 효율성 증대 * (기술통합) 잠재적이면서도 재난요인 대응 구획/공간관점의 안전기술 개발 및 안전성능 검증/평가를 위한 안전인증체계 구축 • 플랜트 재난 대응 위험도 평가 기술 개발, 안전 설계기술 개발, 재난 대응 매뉴얼 및 손상 복구 기술 개발, 플랜트 재난 안전 코드 제정 및 안전 기술기준, 안전성평가 절차·지침 개발, 플랜트 안전시험 인프라 구축 및 통합안전관리 시스템 구축 등 사업추진을 위한 정책적·기술적·경제적 타당성 확보
연구개발성과	□ 플랜트 안전 관련 시장, 기술, 특허, 정책 등 동향 분석 보고서 □ 기술수요조사 및 과제도출 방안 제시 • 산학연, 협회 등의 전문가 의견청취 및 필요 연구 수요조사를 통해 목적과 성격에 부합되는 과제 발굴 • 연구/기술동향 및 SWOT분석, 기술니즈 확인, 포트폴리오 분석 등을 통해 사업의 비전과 목표에 부합하는 과제 도출 □ 세부계획 및 실용화 방안 제시 • 각 기술개발과제 별 세부추진계획 및 목표성과물 실용화 혹은 사업화 방안 도출
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	□ 국가주도 종합적 플랜트 안전 설계 및 인증을 통한 정책/기술/사회적 기대효과 창출 • 국내 플랜트의 독자 기술기준 확보를 통한 국가 정책기준의 고도화 • 전무한 국내 화재안전기술의 선진화, 국제협력 증진을 통한 기술력 향상 및 대외 기술의존도 저감 • 플랜트 재난은 복합적 대규모 재난이고 2차피해 위험성이 크므로 이를 종합적으로 관리할 수 있는 기술은 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 기여 □ 플랜트 재난 및 대응 안전인증 기반 구축을 통한 국가 안전사회 구현 • 플랜트 안전설계 및 인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화 가능 • 플랜트 설비 안전성평가 절차 및 지침개발 가능 • 플랜트 시험인증 기반 구축 가능

국문핵심어 (5개 이내)	플랜트	재난	위험도평가	안전설계	시험인증
영문핵심어 (5개 이내)	Plant	Disaster	Risk evaluation	Safety design	Test certificaion

목 차

플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획

제 출 문 ····· i

목 차 ····· v

표 목 차 ····· viii

그림목차 ····· xi

제1장 기획 개요 ····· 1

제1절 플랜트 ····· 3

1. 플랜트 정의 ····· 3
2. 플랜트산업 기본 구조 ····· 10

제2절 기획 추진개요 ····· 14

1. 추진배경 및 필요성 ····· 14
2. 추진목표 및 내용 ····· 48

제3절 기획 추진체계 및 경과 ····· 55

1. 추진체계 ····· 55
2. 추진전략 ····· 64
3. 추진경과 ····· 69

제2장 대내외 환경분석 ····· 75

제1절 메가트렌드 분석 ····· 77

1. 메가트렌드 분석과정 ····· 77
2. 메가트렌드 분석결과 ····· 80
3. 메가트렌드 세부이슈 ····· 83

제2절 국내·외 기술/시장/정책 동향 분석 ····· 92

1. 기술 동향 ····· 92
2. 시장 동향 ····· 119
3. 정책 동향 ····· 135
4. 국내 플랜트 관계 부처별 법·제도 현황 ····· 144

제3절 국내 연구 동향 분석 ····· 158

1. R&D 동향 ····· 158

2. 논문 동향 ····· 168
3. 특허 동향 ····· 171

제4절 시사점 ····· 173

1. PEST 분석 ····· 173
2. SWOT 분석 ····· 176

제3장 연구개발 과제 도출 ····· 181

제1절 연구개발 과제 도출체계 ····· 183

제2절 기술수요조사 및 연구개발 과제 도출 ····· 220

1. 기술수요조사 ····· 220
2. 후보 연구개발 과제 도출 ····· 223
3. 최종 연구개발 과제 도출 ····· 226

제4장 연구개발 사업 구성 및 추진전략 ····· 233

제1절 연구개발 사업 개요 ····· 235

1. 사업 개요 ····· 235
2. 사업 개념 및 추진 필요성 ····· 254
3. 연구과제 구성 및 목표 ····· 256
4. 사업의 비전 및 목표, 추진전략 ····· 261

제2절 연구개발 과제 내용 ····· 281

1. [전략과제 1. 플랜트 위험도 평가기술] ····· 281
2. [전략과제 2. 플랜트 설계/시공 안전 기술] ····· 311
3. [전략과제 3. 플랜트 대응/유지관리 안전기술] ····· 327
4. [전략과제 4. 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼] ····· 338
5. [전략과제 5. 플랜트 안전 관련 제도 선진화] ····· 347

제3절 연구개발 로드맵 및 소요예산 ····· 350

1. 연구개발 로드맵 ····· 350
2. 소요예산 산출내역 ····· 354
3. 소요예산 적정성 ····· 362

제5장 타당성 분석 ····· 365

제1절 정책적 타당성 분석 ····· 367

1. 정책의 일관성 및 추진체계 ····· 367
2. 사업 추진체제 및 추진의지 ····· 382

3. 사업 추진상의 위험요인 ····· 385
4. 사업수행 위험요인 및 대응방안 ····· 388
제2절 기술적 타당성 분석 ····· 390
1. 기술개발계획의 적절성 ····· 390
2. 중복성 및 연계방안 검토 ····· 392
3. 기술개발 계획의 적절성 ····· 406
제3절 파급효과 및 미래상 ····· 413
참 고 문 헌 ····· **417**
부록 1 플랜트 사고사례 ····· **421**
부록 2 기술수요조사 ····· **437**
부록 3 RFP ····· **493**
부록 4 과제/연차별 소요예산산출 ····· **511**

표 목 차

〈표 1.1.1〉 플랜트건설과 일반건설의 생애주기 프로세스 비교 ····· 4
〈표 1.1.2〉 플랜트건설과 일반건설의 차이점 ····· 5
〈표 1.1.3〉 플랜트의 생산목적별 구분 ····· 8
〈표 1.1.4〉 플랜트 설비 대상의 안전기술 분류 ····· 9
〈표 1.1.5〉 분야별 선진국 대비 기술수준 ····· 12
〈표 1.2.1〉 국내 플랜트 관련 기술기준 ····· 18
〈표 1.2.2〉 플랜트 시설물 용어 예시 ····· 19
〈표 1.2.3〉 플랜트 설비 용어 예시 ····· 19
〈표 1.2.4〉 일본 동북부 대지진(2011)으로 인한 플랜트 시설 화재피해사례 ····· 33
〈표 1.2.5〉 건축구조물, 비구조요소, 건물외구조물의 일반적인 분류체계 ····· 43
〈표 1.2.6〉 플랜트 안전성 시험/인증 전문기관 운영 국가 ····· 47
〈표 1.3.1〉 참여연구기관별 중점 연구목표 ····· 58
〈표 1.3.2〉 연구수행기관별 세부추진계획 및 일정 ····· 59
〈표 1.3.3〉 재난유형별 전문가 자문그룹 ····· 60
〈표 1.3.4〉 플랜트 일반 부문 전문가 그룹 ····· 61
〈표 1.3.5〉 기획방향 전문가 그룹(기획위원회) ····· 61
〈표 1.3.6〉 기획결과 타당성 검증 전문가 그룹 ····· 61
〈표 2.1.1〉 주요 미래트렌드 보고서의 STEEP 분석 종합(안) ····· 79
〈표 2.1.2〉 1차 STEEP 분석 ····· 80
〈표 2.1.3〉 1차 STEEP 분석 ····· 82
〈표 2.1.4〉 SOC 시설물 노후화 추세 전망 ····· 86
〈표 2.2.1〉 국가별 안전기술 경쟁력 분석 ····· 118
〈표 2.2.2〉 플랜트 산업의 수주 실적 ····· 119
〈표 2.2.3〉 플랜트 산업의 수주 실적 추이('11년~'25년) ····· 120
〈표 2.2.4〉 플랜트 산업의 건설분야 시장 추이('11년 ~'18년) ····· 121
〈표 2.2.5〉 해외 플랜트 지역별 수주액 추이 ····· 122
〈표 2.2.6〉 해외 플랜트 설비별 수주액 추지 ····· 123
〈표 2.2.7〉 세계 발전 설비용량 전망 ····· 125
〈표 2.2.8〉 세계 발전 설비용량 신증설전망(2014년~2025년) ····· 125
〈표 2.2.9〉 석탄발전 설비용량 전망 ····· 126
〈표 2.2.10〉 석탄발전 설비용량 전망 ····· 127
〈표 2.2.11〉 석탄발전 설비용량 전망 ····· 128
〈표 2.2.12〉 석탄발전 설비용량 전망 ····· 129
〈표 2.2.13〉 투자비 전망(2014~2025) ····· 131

〈표 2.2.14〉 플랜트 산업의 건설분야 시장 추이('11년~'18년) ····· 134
〈표 2.2.15〉 기계설비법 관련 종합계획 ····· 144
〈표 2.2.16〉 건설기술진흥법 관련 종합계획 ····· 145
〈표 2.2.17〉 건설산업기본법 관련 종합계획 ····· 146
〈표 2.2.18〉 도시가스사업법 관련 종합계획 ····· 147
〈표 2.2.19〉 고압가스 안전관리법 관련 종합계획 ····· 148
〈표 2.2.20〉 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 관련 종합계획 ····· 149
〈표 2.2.21〉 에너지 이용 합리화법 관련 종합계획 ····· 149
〈표 2.2.22〉 소방기본법 관련 종합계획 ····· 150
〈표 2.2.23〉 화학물질관리법 관련 종합계획 ····· 152
〈표 2.2.24〉 산업안전보건법 관련 종합계획 ····· 152
〈표 2.2.25〉 부처별 플랜트 산업 비교 ····· 154
〈표 2.3.1〉 플랜트 관련 R&D 과제 현황 ····· 158
〈표 2.3.2〉 안전, 재해 관련 R&D 과제 현황 ····· 159
〈표 2.3.3〉 안전 및 재해 관련 사업 현황 ····· 160
〈표 2.3.4〉 플랜트 관련 정부투자 연구비 현황 ····· 161
〈표 2.3.5〉 안전, 재해 관련 정부투자 연구비 현황 ····· 162
〈표 2.3.6〉 플랜트 관련 연구 단계별 현황 ····· 164
〈표 2.3.7〉 안전, 재해 관련 연구 단계별 현황 ····· 165
〈표 2.3.8〉 플랜트 관련 연구수행 주체별 현황 ····· 166
〈표 2.3.9〉 안전, 재해 관련 연구수행 주체별 현황 ····· 167
〈표 2.3.10〉 플랜트 관련 논문 현황 ····· 168
〈표 2.3.11〉 안전, 재해 관련 논문 현황 ····· 169
〈표 2.3.12〉 플랜트 관련 논문 현황 ····· 170
〈표 2.3.13〉 플랜트 관련 특허 동향 ····· 171
〈표 2.3.14〉 안전, 재해 관련 특허 동향 ····· 172
〈표 2.4.1〉 동 사업 관련 SWOT 전략 ····· 177
〈표 3.1.1〉 메가트렌드에 따른 플랜트 산업 이슈 ····· 190
〈표 3.1.2〉 대내·외 환경분석에 따른 플랜트 산업 관련 이슈 ····· 191
〈표 3.1.3〉 대내·외 환경분석에 따른 플랜트 산업 관련 이슈 ····· 192
〈표 3.1.4〉 사업 추진방향 및 중점추진분야 도출 ····· 218
〈표 3.2.1〉 기술수요조사서 양식 ····· 220
〈표 3.2.2〉 기술수요조사 결과(54개) ····· 222
〈표 3.2.3〉 후보 연구개발 과제 도출(25개) ····· 225
〈표 3.2.4〉 최종 연구개발 과제 도출(15개) ····· 231
〈표 4.1.1〉 석유화학계통 산업 플랜트의 주요 연구단지 현황 ····· 239
〈표 4.1.2〉 주요 연구단지별 특성 ····· 240

〈표 4.1.3〉 기계설비법 하위 플랜트 기술기준 제시(안) ····· 250
〈표 4.1.4〉 사업의 연구과제 구성 및 연차(단계)별 예산 투입계획 ····· 256
〈표 4.1.5〉 연구개발 과제 목표 ····· 257
〈표 4.1.6〉 비전 수립 틀 설계 ····· 269
〈표 4.1.7〉 국가정책 및 상위계획과 비전 ····· 270
〈표 4.1.8〉 성과지표 목표 ····· 271
〈표 4.1.9〉 세부 성과 목표 및 지표 ····· 272
〈표 4.2.1〉 위험장소 구분 기준(KGS GC101, 2017) ····· 284
〈표 4.2.2〉 고압가스시설에서 제3종 독성가스 및 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탑류의 중요도등급 분류 ····· 285
〈표 4.2.3〉 고압가스특정제조시설에서 제3종 독성가스 및 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탑류의 중요도등급 분류 ····· 285
〈표 4.2.4〉 가스시설 내진등급 분류 ····· 286
〈표 4.2.5〉 화학시설 화재위험도 분류 기준 (CFPA Guideline) ····· 287
〈표 4.2.6〉 위험장소 결정 예 ····· 299
〈표 4.3.1〉 旣 추진된 유사과제 비교 ····· 362
〈표 4.3.2〉 국가연구개발사업 소요재원 ····· 364
〈표 4.3.3〉 연차별 투자계획 ····· 364
〈표 4.3.4〉 연구개발부문 인력투입계획 ····· 364
〈표 5.1.1〉 국가정책(문제인 정부 100대 국정과제)과의 부합성 ····· 369
〈표 5.1.2〉 제3차 재난안전기술개발 종합계획 중점 추진과제 ····· 370
〈표 5.1.3〉 제3차 재난안전기술개발과의 부합성 ····· 371
〈표 5.1.4〉 연구개발 정책(제4차 과학기술기본계획)과의 부합성 ····· 373
〈표 5.1.5〉 연구개발 정책(제4차 과학기술기본계획)과의 부합성 ····· 375
〈표 5.1.6〉 연구개발 정책(2019년 국가연구개발투자방향 및 기준)과의 부합성 ····· 376
〈표 5.1.7〉 국가 안전정책(국가안전관리기본계획)과의 부합성 ····· 378
〈표 5.1.8〉 국가 안전정책(제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획)과의 부합성 ····· 380
〈표 5.1.9〉 상위계획과의 부합성 평가 ····· 381
〈표 5.1.10〉 플랜트 안전 관련 정부부처별 소관 법 ····· 386
〈표 5.1.11〉 법적·제도적 위험요인 평가 ····· 387
〈표 5.2.1〉 플랜트연구사업 개발과의 비교 ····· 393
〈표 5.2.2〉 건설기술연구사업과의 비교 ····· 394
〈표 5.2.3〉 플랜트엔지니어링 핵심기술개발사업과 비교 ····· 395
〈표 5.2.4〉 유사과제와의 차별성 ····· 401
〈표 5.3.1〉 플랜트 안전관리 기술 개선수준 및 향후모습 ····· 416

그 림 목 차

[그림 1.1.1] 플랜트 건설의 구성 ····· 4
[그림 1.1.2] 플랜트 건설 프로세스 ····· 4
[그림 1.1.3] 정유 및 석유화학플랜트 건설비 구성 ····· 5
[그림 1.1.4] 플랜트산업 기본 구조 ····· 10
[그림 1.1.5] 플랜트 엔지니어링 산업과 타 산업의 수출 추이(단위:억불) ····· 11
[그림 1.1.6] 최근 15년간('03~'17) 플랜트 종류별 해외수주 비중(단위:%) ····· 12
[그림 1.2.1] 기획 추진배경 ····· 15
[그림 1.2.2] 기계설비 관련 34개 법령·고시·기준 ····· 17
[그림 1.2.3] 본 Sumitomo 제철소 피해현황 (2011 동일본 대지진) ····· 33
[그림 1.2.4] 일본 동북부 지진(2011)으로 인한 가스저장시설 화재 및 폭발 사례 ····· 34
[그림 1.2.5] 안전 기반 플랜트 설계 프로세스 ····· 35
[그림 1.2.6] 경주지진(2016.9.12.) 및 포항지진(2017.11.15.)의 피해 사례 ····· 41
[그림 1.2.7] 일본 Sumitomo 제철소 피해현황(2011 동일본 대지진) ····· 41
[그림 1.2.8] 비구조요소와 건물외구조의 구분 ····· 43
[그림 1.2.9] 건물형 건물외구조물로 분류되는 플랜트 시설물(관로지지구조 및 설비지지구조) · 43
[그림 1.2.10] 기획 범위 ····· 54
[그림 1.2.11] 플랜트안전 통합관리 패키지(기술+제도) 개념 ····· 54
[그림 1.3.1] 기획 추진체계 ····· 55
[그림 1.3.2] 기획 연구진 구성 ····· 56
[그림 1.3.3] 전문가 자문그룹 구성 ····· 57
[그림 1.3.4] 기획 기본방향 및 추진 총괄 시나리오 ····· 63
[그림 1.3.5] 기술동향분석 예시(논문 분석) ····· 65
[그림 1.3.6] 특허동향분석 절차 예시 ····· 65
[그림 2.1.1] 메가트렌드 분석 대상 검토기준 ····· 78
[그림 2.1.2] 메가트렌드 분석 대상 검토 기준 ····· 78
[그림 2.1.3] 세계 인구 증가 전망 ····· 83
[그림 2.1.4] 플랜트+ICT 융합도 ····· 85
[그림 2.1.5] 플랜트+IT 기술융합 전망 ····· 86
[그림 2.1.6] 녹색성장을 위한 주요국 추진전략 ····· 89
[그림 2.1.7] 경주 지역 산업단지의 노후화 현황 ····· 89
[그림 2.1.8] 누출사고로 인한 오염된 농작물 제거 작업 ····· 90
[그림 2.2.1] 무인 항공기술 이용 보일러 노내 점검기술 현장테스트 ····· 93
[그림 2.2.2] 드론을 활용한 사각지대 설비 이상 유무 점검 ····· 94
[그림 2.2.3] MOU 협약을 통한 SK에너지의 트라이코넥스 안전시스템 ····· 96

[그림 2.2.4] 도시가스 지역 정합기 안전훈련 시스템 ····· 97
[그림 2.2.5] 현대엔지니어링 '모바일 3D 플랜트 설계 시스템' ····· 99
[그림 2.2.6] 플랜트의 정량적 위험성 평가 절차 ····· 101
[그림 2.2.7] 화재폭발 위험도평가 체계도 ····· 102
[그림 2.2.8] 기존의 QRA 방법과 RBI와의 관계 ····· 103
[그림 2.2.9] RBI의 목적 ····· 103
[그림 2.2.10] RBI를 적용한 정량적 위험성평가결과 Matrix ····· 104
[그림 2.2.11] RBDA에 의한 위험성평가 및 설계절차 ····· 104
[그림 2.2.12] 가스 압력에 따른 위험반경 ····· 105
[그림 2.2.13] 플랜트 누출/화재/폭발 사고 해석 시뮬레이션 ····· 106
[그림 2.2.14] Gexcon의 FLACS ····· 107
[그림 2.2.15] EU 국가의 사회적 위험도 허용기준(F-N Curve) ····· 108
[그림 2.2.16] 미국 산사태 위험도지도(USGS, 2009) 및 미국 쓰나미 예경보시스템(PMEL, 2006) ·· 109
[그림 2.2.17] 미국 FEMA Hazus-MH 시스템 ····· 109
[그림 2.2.18] 화재폭발 피해 예측 소프트웨어 ····· 109
[그림 2.2.19] 폭발 저항 설계의 참고 자료 ····· 110
[그림 2.2.20] KGS-RBI의 정량적 위험분석체계 ····· 111
[그림 2.2.21] Risk-Based Maintenance(RBM) 계획 ····· 111
[그림 2.2.22] 수자원공사 수명예측 체계도 ····· 112
[그림 2.2.23] 라이프라인 정량적인 지진위험평가 사례 (Northridge(1994), Lobe(1995) 지진 데이터에 기반한 위험도 및 회복력 평가) ····· 112
[그림 2.2.24] 모니터링 시스템 개념 ····· 113
[그림 2.2.25] 지하 화재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션 ····· 114
[그림 2.2.26] 스마트 건설 안전 관리 시스템 구성도 ····· 115
[그림 2.2.27] 스마트 건설 안전 관리 시스템 개념도 ····· 115
[그림 2.2.28] 당진-평택 해저터널 3.4km 실구축 현장 방재신기술 적용 관제 모니터링 화면 ····· 116
[그림 2.2.29] 해외 플랜트 지역별 안전관련 시장 크기 ····· 122
[그림 2.2.30] 해외 플랜트 지역별 안전관련 시장 크기 ····· 123
[그림 2.2.31] 천연가스 가격 전망 ····· 128
[그림 2.2.32] 주요 지역 송배전망 증설 전망 ····· 131
[그림 2.2.33] 글로벌 플랜트 시장규모 및 전망 ····· 132
[그림 2.2.34] 2035년 전통/비전통 가스 국가별 생산량 전망 ····· 133
[그림 2.2.35] 세계 플랜트엔지니어링 시장규모 및 증가율 ····· 134
[그림 2.2.36] 문재인 정부 20대 국정전략 중 재난 관리체계 ····· 135
[그림 2.2.37] 정책목표과제(재난안전 분야) ····· 136
[그림 2.2.38] 국정과제 우선순위(재난안전 분야) ····· 137
[그림 2.2.39] 유럽 재난위험관리지식센터(DRMKC)의 3가지 핵심기능 ····· 141

[그림 2.2.40] 영국 NPPF의 지속가능한 개발과 토지이용계획을 위한 원칙 ····· 142
[그림 2.2.41] 플랜트 생애주기에서 각 종 재해/재난 대비 안전 기준 ····· 153
[그림 3.1.1] 기획연구 추진체계 ····· 185
[그림 3.1.2] 기획과제 추진체계(상세) ····· 187
[그림 3.1.3] Top-Down을 통한 사업방향 프로세스 ····· 189
[그림 3.1.4] 국토교통부 및 관리기관(국토교통과학기술진흥원) 의견수렴 증빙자료(Top-Down) ····· 192
[그림 3.1.5] 국토교통부 및 관리기관(국토교통과학기술진흥원) 의견수렴 증빙자료(Top-Down) ····· 193
[그림 3.1.6] 문제정의 및 기획방향 설정 증빙자료(Bottom-Up) ····· 217
[그림 3.1.7] 중점추진분야/기술수요대상 선정 증빙자료(Bottom-Up) ····· 219
[그림 3.2.1] 후보 연구개발 과제 도출 검증 증빙자료 ····· 223
[그림 3.2.2] 5개 전략분야 25개 후보군 도출 과정 ····· 224
[그림 3.2.3] 15개 핵심기술 도출 프로세스 ····· 226
[그림 3.2.4] 5개 전략분야 15개 핵심기술 도출 과정 ····· 230
[그림 4.1.1] 플랜트 종류별 사고사례 분포 (1996 ~ 2019) ····· 236
[그림 4.1.2] 안전기술 개발 대상 구분의 필요성 ····· 237
[그림 4.1.3] 재난유형별 안전기술 개발 대상의 분류 ····· 238
[그림 4.1.4] 플랜트 사고사례 분석에 따른 재난/재해 원인 분포 (1996 ~ 2019) ····· 239
[그림 4.1.5] 플랜트산업과 항공산업의 법령 체계 비교 ····· 245
[그림 4.1.6] 기술기준 제정 프로세스 ····· 246
[그림 4.1.7] 플랜트 인증수요 및 국내 플랜트 기자재 국제표준 활용 현황 (플랜트기자재 인증기반 구축 연구'최종보고서) ····· 246
[그림 4.1.8] 항공산업의 안전성평가 체계 (SAE ARP 4754A, Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems) ····· 247
[그림 4.1.9] 플랜트 시설 구축에서의 안전성평가 지침 적용 방안 ····· 248
[그림 4.1.10] 영국 NPPF의 지속가능한 개발과 토지이용계획을 위한 원칙 ····· 266
[그림 4.1.11] 유럽 재난위험관리지식센터(DRMKC)의 3가지 핵심기능 ····· 267
[그림 4.1.12] 사업 비전 및 목표 ····· 268
[그림 4.1.13] 사업 프로세스 ····· 277
[그림 4.2.1] 고위험 플랜트 시설물의 화재위험도평가를 위한 3차원 리스크 매트릭스 ····· 287
[그림 4.2.2] 플랜트의 정량적 위험성 평가 절차 ····· 288
[그림 4.2.3] 증기운 폭발 사고가 발생한 플랜트 ····· 293
[그림 4.2.4] 충력파와 압력파 ····· 294
[그림 4.2.5] GIS 기반 위험도 평가의 예 ····· 294
[그림 4.2.6] CFD를 활용한 폭발 위험도 평가의 예 ····· 295
[그림 4.2.7] 선형-완전소성으로의 이상화 예 ····· 295
[그림 4.2.8] 구조 성능 기준의 예 ····· 296
[그림 4.2.9] 폭발저항 모듈러(BRM) 구조의 예 ····· 296

[그림 4.2.10] 수소가스충전 시의 온도상승 특성 데이터베이스 예 ····· 298
[그림 4.2.11] 위험장소의 분류 ····· 299
[그림 4.2.12] FLACS에 의한 확산 시뮬레이션 결과 ····· 300
[그림 4.2.13] 대규모 가스분출 및 점화시험이 가능한 야외시험장 ····· 300
[그림 4.2.14] 노즐 직경 별 수소 Jet 화재시험 수행 사례 ····· 301
[그림 4.2.15] 방호벽 화재폭발 실증 사례 ····· 303
[그림 4.2.16] 방호벽 추가 설치 구간 산정 예 ····· 303
[그림 4.2.17] 단자유도 비선형 동적 해석의 개념 ····· 308
[그림 4.2.18] 연속체 요소를 사용한 철근콘크리트 기둥의 비선형 동적 해석 ····· 309
[그림 4.2.19] BRM 구조물의 폭압 해석 예 ····· 309
[그림 4.2.20] 위험도 기반 화학플랜트 평면 계획 사례(Risk based design of chemical plants) ····· 312
[그림 4.2.21] 프리캐스트 콘크리트 벽체와 철골부재를 이용한 구조물의 예 ····· 325
[그림 4.2.22] 골조에 외장재를 부착하기 위한 확대 와셔를 사용한 접합부 설계 예 ····· 325
[그림 4.3.1] 기술개발 로드맵(총괄) ····· 352
[그림 5.1.1] 사업추진체계 ····· 382
[그림 5.1.2] 동 사업에서 국토교통부의 업역 ····· 388
[그림 5.2.1] NTIS 키워드 검색 ····· 399
[그림 5.2.2] 도출 세부과제(15개)의 중복성 검토 결과 ····· 404
[그림 5.2.3] 기술개발 로드맵(총괄) ····· 412
[그림 5.3.1] 간접적 기대효과 ····· 415

제 1 장

기획 개요

제1장 기획 개요

제1절 플랜트

1. 플랜트 정의

가. 정의

□ **플랜트란 발전소나 정유공장과 같이 기계와 장치를 설치하여 생산자가 목적으로 하는 원료 또는 중간재, 최종 제품을 제조할 수 있는 생산설비를 의미**[1)2)3)]

ㅇ 플랜트는 복합공정을 통해서 계획된 산출물을 생산하는 통합설비를 의미

- 통합설비(Integrated facility)란 독립적인 기능을 갖도록 소재·부품·단위 기계·부분 조립체·계기·용기·배관·구조물 등을 유기적이고 체계적으로 조합한 집합체로 유틸리티·부지·노동력·자금 등의 투입 수반
- 플랜트산업은 설계·조달·시공이 반드시 포함 되며 최근에는 사업관리 요구가 확대되는 추세

나. 플랜트건설

□ **플랜트건설은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있으며, 플랜트/공정 설계기술, 제작/시공 기술, 진단/통합 운영기술로 분류하고 있음**

ㅇ 일반건설은 노동집약적인 반면 플랜트건설은 기술집약적이며, 플랜트건설의 하드웨어 부문이 상대적으로 더 복잡하며, 소프트웨어 부문의 라이센스-FEED-시운전/운영 연결체인이 핵심

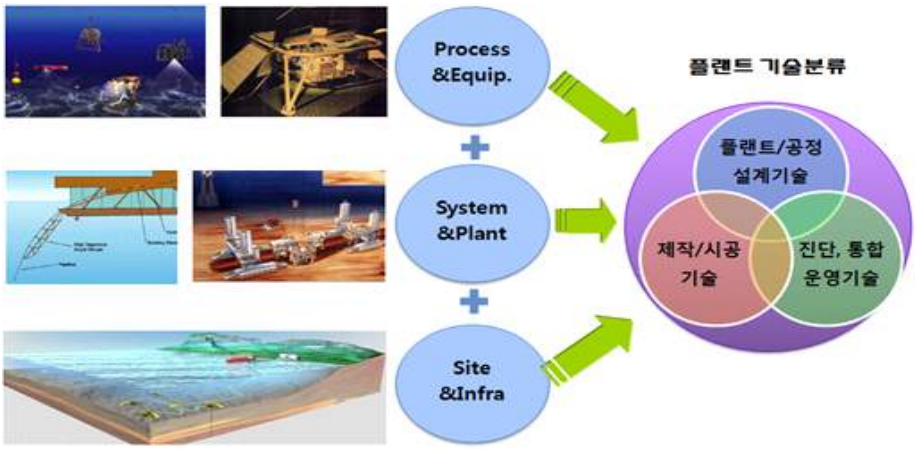
- (하드웨어) 공정장치, 기자재, 재료, 기초·구조물, 건축물, 현장, 지원 인프라(전기 및 용수 등 유틸리티, 제도 등) 등
- (소프트웨어) 사업관리, 계획, 라이센스, FEED, 상세설계, 조달, 시공/시운전, 운영(운전), 유지관리 등

ㅇ (플랜트 건설의 기능과 범위) 단순기능을 지닌 공정·기계·장치류의 유기적 결합으로 다양한 제품생산, 에너지·자원 개발, 공급 및 처리 등의 효용을 갖는 서비스 제공하고, 범위로는

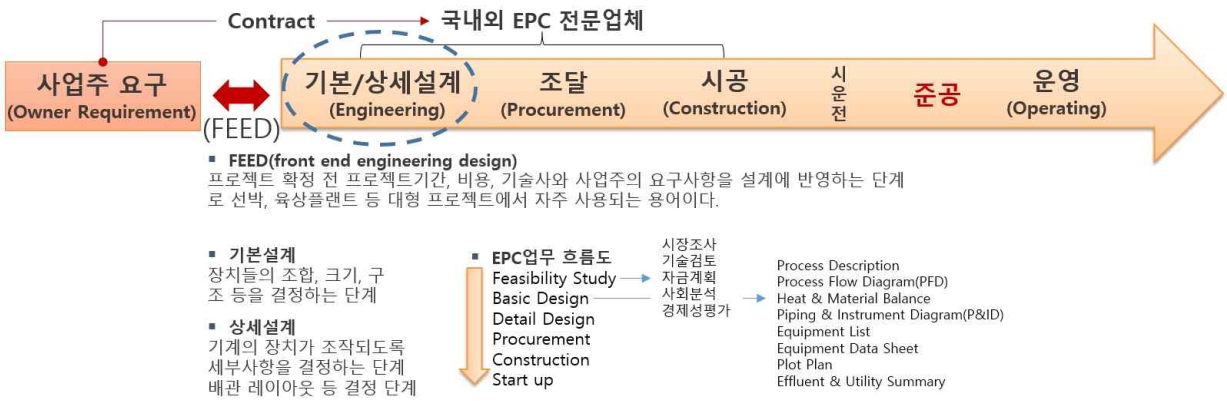
1) 국토교통 R&D 동향조사-플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원 (2015)
2) 플랜트/엔지니어링산업 시장동향과 기술개발전략, 지식산업정보원 (2003)
3) 플랜트산업의 기초분석, 산업연구원 (2012)

목적 서비스 제공을 위한 사업계획, 장치 계획, 라이센스 설계, FEED, 상세설계, 기자재 조달, 시공, 시운전, O&M 등의 생애주기를 고려하여 현장(Site)에 건설

※ FEED(front end engineering design) : 프로젝트 확정 전 프로젝트기간, 비용, 기술사와 사업주의 요구사항을 설계에 반영하는 단계로 선박, 육상플랜트 등 대형 프로젝트에서 자주 사용되는 용어



[그림 1.1.1] 플랜트 건설의 구성



[그림 1.1.2] 플랜트 건설 프로세스

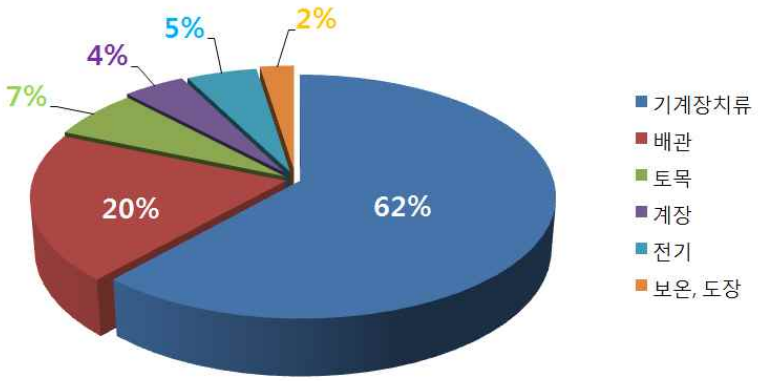
〈표 1.1.1〉 플랜트건설과 일반건설의 생애주기 프로세스 비교

구 분	플랜트건설	일반건설
기획 (계획 등)	◦ 계획수립: 10년 내외 소요 ◦ 건설기간: 3~7년 소요 ◦ 핵심요소: 초기투자비, 운전비, 유지관리비	◦ 계획기간: 5년 내외 소요 ◦ 건설기간: 3년 내외 소요 ◦ 핵심요소: 초기투자비, 유지관리비
라이센스	◦ 공정기술, 원천기술의 라이센스 확보 여부가 결정적 ◦ 기본설계와 시운전에 미치는 영향이 큼	◦ 원천기술과 경험이 중요 ◦ 기본설계부터 수행
기본설계	◦ 라이센스를 기초로 FEED 수행	◦ 기본설계 수행

구 분	플랜트건설	일반건설
	◦ 상세설계, 기자재 조달, 시운전, 운전, 유지보수 등에 영향이 큼	◦ 상세설계와 유지관리에 미치는 영향이 큼
상세설계	◦ FEED를 토대로 실시설계 수행	◦ 기본설계를 토대로 실시설계 수행
조달	◦ 기자재, 장치, 재료 등	◦ 재료 등
시공	◦ 조립, 설치, 토공/건축 시공 등	◦ 토목, 건축 시공 위주
시운전	◦ 라이센스 데이터, FEED에 기반하여 중요한 업무	◦ 해당사항이 미미함
O&M	◦ 운전비용이 크게 발생(라이센스, FEED와 연계 최적화가 중요) ◦ 20~30년 장기 운전으로 유지관리가 복잡·정교	◦ 운전비용은 거의 없음 ◦ 개·보수 중심의 유지관리

출처: 창조형 플랜트건설 육성전략 2030, 국토교통과학기술진흥원 (2013)

□ **(발주방식) 일반건설의 경우 분리발주이나 플랜트건설은 EPC 턴키발주의 비중이 높으며, 건설비 구성에서도 플랜트건설은 일반건설에 비해 건축, 토목 관련 비용보다 기계장치 관련 비용이 매우 높음**



출처: 국산 건설기자재 및 인력활용을 통한 외화가득율 제고방안 연구, 국토해양부 (2009)

[그림 1.1.3] 정유 및 석유화학플랜트 건설비 구성

〈표 1.1.2〉 플랜트건설과 일반건설의 차이점

구 분	플랜트건설	일반건설
투입요소	기술집약	노동집약
생애주기	계획, 라이센스, FEED, H/W 기자재 및 재료 조달, 시공 / 시운전, 운영(운전) / 유지관리	계획, 설계, 재료 조달, 시공, 유지관리
발주방식	EPC 턴키발주	분리발주
핵심가치	FEED, 운전 및 유지관리	시공, 유지관리(개·보수)

*출처: 창조형 플랜트건설 육성전략 2030, 국토교통과학기술진흥원 (2013)

다. 플랜트 종류

□ **플랜트는 생산목적에 따라 발전 플랜트, 자원개발 플랜트, 신재생에너지 플랜트, 담수처리 및 환경플랜트, 제철플랜트, 해양플랜트로 구분**[4)]

ㅇ **(발전 플랜트)** 석탄 및 석유, 가스 등의 연소, 핵분열 및 핵융합에 의한 열에너지와 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 구동시켜 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술로 화력발전, 원자력발전, 핵융합발전, 수력발전으로 구분

- (화력발전 플랜트) 석탄, 석유, 가스 등을 연소시켜 발생하는 고온·고압의 가스나 열에 의한 증기를 이용한 가스터빈 및 증기터빈 또는 이를 조합한 열에너지를 전기에너지로 변환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
- (원자력발전 플랜트) 핵분열에 의해 발생한 열에너지를 이용하여 터빈과 발전기를 회전시킴으로써 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리/해체기술
- (핵융합발전 플랜트) 핵융합 시 생긴 질량결손에 의해 방출되는 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
- (수력발전 플랜트) 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 이용하여 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

ㅇ **(자원개발 플랜트)** 석유, 가스. 광물 등 각종 에너지·자원의 탐사·개발, 전처리, 변환 및 전환, 기존 유·가스 채굴방식과 다른 방식으로 채굴(셰일가스, 오일샌드, 석탄가스화 등 비전통 에너지)하기 위한 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술이며, 석탄가스화, 오일샌드/셰일가스 추출, 심해저자원개발, 자원이송/스테이션, 가스플랜트로 구분

- (석탄가스화 플랜트) 석탄을 불완전 연소시켜 발생한 합성가스를 탄화수소 재질을 통해 메탄 등으로 전환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
- (오일샌드/셰일가스 추출 플랜트) 지하에 매장된 오일샌드와 셰일가스를 추출하기 위한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술
- (심해저자원개발 플랜트) 심해저에 매장되어 있는 고체상태의 메탄하이드레이트 및 천연가스를 채취, 생산·변환하여 이송하기 위한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술
- (자원이송/스테이션 플랜트) 원격지의 가스, 오일 등을 수요처로 이송하는 기술로서 주로 장거리 배관계통이나 중계스테이션 및 핵심설비의 설계/재료/시공/운영 및 유지관리 기술

4) 국토교통 R&D 동향조사-플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원 (2015)

- (가스 플랜트) 가스전에서 채굴한 원료의 전처리, 초저온 액화, 액체연료나 원료로 전환, 이송 및 운송, 저장 등에 관한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술

ㅇ **(신재생에너지 플랜트)** 신재생에너지를 생산하거나 이용하는 설비 또는 이를 활용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술로 국토교통부에서 다루는 풍력발전, 해양에너지, 바이오가스화, 태양광/태양열 발전, 지열발전, 수소생산/인프라로 구분

- (풍력발전 플랜트) 공기의 유동이 가진 운동에너지의 공기역학적 특성을 이용하여 회전지를 회전시켜 기계적 에너지로 변환 후 직접 이용하거나 발전기를 구동하여 전력을 얻는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (해양에너지 플랜트) 조석이 발생하는 하구, 만을 방조제로 막아 해수를 가두고 수차 발전기를 설치하여 외해와 조지 내의 수위차를 이용하여 발전시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (바이오가스화 플랜트) 유기성 원료를 분해시 발생하는 가스를 정제하여 메탄 등으로 전환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (태양광/태양열 발전 플랜트) 태양으로 전달되는 복사에너지를 전기에너지로 변환하는 발전설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 및 태양으로부터 전달되는 복사열을 고온으로 집열하여 증기를 발생시키고 증기로 인한 팽창력으로 증기터빈을 구동시켜 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (지열발전 플랜트) 지표면으로부터 수내지 수십미터 깊이의 흙 또는 지하수, 호수나 강물 등을 에너지원으로 하여 전력 또는 냉난방 열원으로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (수소생산/인프라 플랜트) 수소를 에너지원으로 사용하기 위한 수소제조, 저장, 수송과 관련된 설비기술

ㅇ **(담수처리 및 환경 플랜트)** 염분을 포함하는 해수나 염수에서 염분을 제거하거나 각종 오폐수에서 오염원을 적절한 수준으로 제거하여 음용수 또는 용수로 처리하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술, 도시나 단지 등에서 발생하는 폐기물을 수집·처리·활용하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술, 플랜트 건설 및 운영상 발생하는 온실가스 등을 포집·활용하는 기술

- (해수담수화 플랜트) 해수 중에 용해되어 있는 염분을 제거하여 담수를 얻을 수 있는 제반 프로세스 및 설비의 처리/공정/설계/시공/운영 및 유지관리 기술

- (폐기물처리 플랜트) 폐기물을 환경적으로 무해하게 안정화 처리하면서 자원화를 통해 재활용 할 수 있는 폐기물 처리 기술과 설비의 기획/설계/시공 및 유지관리 기술

- (수처리 플랜트) 기존의 물리적, 화학적 및 생물학적 처리 기법을 이용하여 산업 용도에

따른 초순수 제조기술, 생활 및 산업활동에서 발생하는 하수 및 폐수 처리 및 재활용 기술

- (대기오염방지 및 CCS) 대기배출시설에서 배출되는 오염물질을 제거하거나 감소시키는 설비 및 CO2 회수 설비기술을 의미

ㅇ **(제철 플랜트)** 제철플랜트는 제선, 제강, 연구, 압연의 설비로 이루어지는 철강플랜트 기술을 의미

- (제선) 원료처리설비로서 광산에서 채굴하여 선박이나 철도 등을 통해 반입된 철광석, 석탄, 석회석 등의 원료를 소요 공장의 용도에 맞게 파쇄, 선별, 배합과정을 거친 뒤 저장 또는 운반하는 설비기술
- (제강) 고로에서 생산된 쇳물에서 불순물을 제거하는 설비기술
- (연주) 액체 상태의 쇳물을 주형(Model)에 넣어 연속 주조기를 통과시키면 식으면서 고체로 응고되는 설비기술
- (압연) 연주공장에서 만들어진 슬래브(Slab)를 열연 코일(Coil)로 만든 설비기술

ㅇ **(해양 플랜트)** 석유, 가스 등 해양자원을 발굴하거나 시추·생산하는 자원개발 활동에 필요한 장비를 건조·설치·공급하는 설비기술

〈표 1.1.3〉 플랜트의 생산목적별 구분

플랜트 유형	정의 및 범위
발전 플랜트	석탄 및 석유, 가스 등의 연소, 핵분열 및 핵융합에 의한 열에너지와 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 구동시켜 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
자원개발 플랜트	석유, 가스, 광물 등 각종 에너지·자원의 탐사·개발, 전처리, 변환 및 전환, 기존 유·가스 채굴방식과 다른 방식으로 채굴(셰일가스, 오일샌드, 석탄가스화 등 비전통에너지)하기 위한 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
신재생에너지 플랜트	신재생에너지를 생산하거나 이용하는 설비 또는 이를 활용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
담수처리 및 환경 플랜트	염분을 포함하는 해수나 염수에서 염분을 제거하거나 각종 오폐수에서 오염원을 적절한 수준으로 제거하여 음용수 또는 용도별 용수로 처리하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 도시나 단지 등에서 발생하는 폐기물을 수집·처리·활용하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 플랜트 건설 및 운영상 발생하는 온실가스 등을 포집·활용하는 기술
제철 플랜트	제철플랜트는 제선, 제강, 연구, 압연의 설비로 이루어지는 철강플랜트 기술을 의미
해양 플랜트	석유, 가스 등 해양자원을 발굴하거나 시추·생산하는 자원개발 활동에 필요한 장비를 건조·설치·공급하는 설비기술

* 출처 : 국토교통 R&D 동향조사-플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원(2015)

라. 플랜트 안전기술 분류

□ **플랜트 설비의 설계, 운영, 관리부분에 대한 안전기술 분류는 아래 표와 같이 장치/부품 설계 기술, 소재선정 및 개발 기술, 설비진단 및 운영 기술로 구분하고 있으나 화재/폭발 및 지진 등으로부터 요소 설비가 아닌 시설물을 대상으로 하는 안전기술은 따로 구분하고 있지 않음**

- 압력, 온도(고/저온), 부식 등 다양한 복합 환경 아래 운영되고 있는 대표적 산업설비인 플랜트 설비에서는 설비 가동기간, 생산량 등의 생산요소를 고려하여 설비 고장, 장치 파손 및 폭발 등의 사고를 방지를 실현할 수 있는 방향으로 확대되고 있는 추세이며 안전관리를 위해 각 부문별 요소기술들이 제시되고 있음

- 특히 플랜트는 운전 과정 중 설비의 고장이나 파손에 의해 가동이 중지될 경우, 국가 산업 전반에 걸쳐 사회경제적 피해를 야기할 수 있으므로 사고빈도 등 확률을 낮추는 방향의 연구가 주된 경향을 보이고 있으나 플랜트 내외 시설물을 대상으로 하는 안전기술은 크게 다루어지고 있지 않음

〈표 1.1.4〉 플랜트 설비 대상의 안전기술 분류

대분류	세부분류	내용
장치/부품 설계 기술	안전 및 내구성을 위한 설계 기술	공정 조건을 감안한 설비의 안전성 극대화를 위한 안전 설계 기술
소재선정 및 개발	안전과 내구성 고려한 상용소재 선정	설계 과정에서 선택되는 상용 소재의 DB구축 및 활용 기술
	화학플랜트 특수 공정을 위한 소재 개발 기술	화학플랜트에서 적용되는 고유의 특수공정 장치를 위한 내식 내열 특수소재 개발 기술
설비진단 및 운영 기술	비파괴 평가 기술	장치 부품/소재의 손상 평가용 비파괴 측정 및 모니터링 기술
	기술상원인분석 기술	부품/소재별 손상기구 규명 및 대책에 관한 기술
	수명 예측	손상부위의 보수 및 관련된 수명 예측 기술
	신뢰성중시보전기술(RCM)	플랜트 안전관리를 위한 종합 시스템 운용

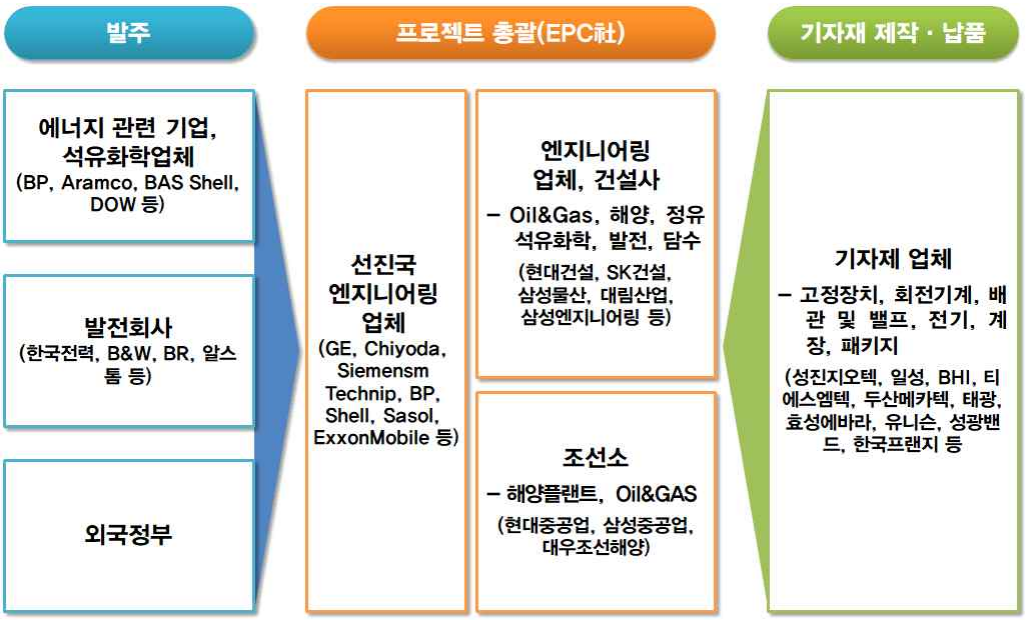
※ 2015년 법안전융합연구소회보 '안전산업의 진단과 전망'

2. 플랜트산업 기본 구조

□ **플랜트 산업은 매우 광범위하여 사업 기술분야 및 사업성격에 따라 사업 주체 요구사항과 지역 법령요건을 종합적으로 만족시켜야 할 필요가 있음**

ㅇ 플랜트를 수주 받아 기획 및 설계(Engineering), 필요한 자재의 조달(Procurement), 시공(Construction)에 이르는 분야를 총괄하는 산업으로 일반적으로 이를 EPC社가 주도적인 역할

- 플랜트 산업에서 플랜트 전체에 대한 자체적인 설계능력을 갖추고 실제 직접 수주 및 프로젝트 전체를 총괄하는 엔지니어링 기관, 건설사 또는 조선사를 EPC社(대기업)라 지칭
- EPC社는 발주처의 주문사항(Spec)에 따라 시공에 필요한 기자재를 주로 중소 제조기관으로부터 조달하는데 이 기자재의 생산·공급기관(Vendor)를 플랜트 기자재 기관이라 지칭



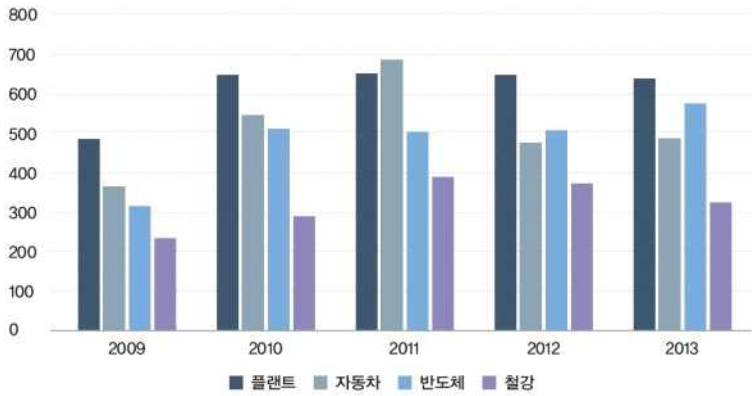
* 출처 : 창조형 플랜트건설 육성전략2030, 국토교통부(2013)

[그림 1.1.4] 플랜트산업 기본 구조

ㅇ (플랜트 엔지니어링) 플랜트의 연구/기획, 타당성조사, 개념/기본설계(FEED, Front End Engineering and Design), 상세설계, 구매/조달, 시공, 감리, 유지/보수 등의 활동과 그 활동에 관한 프로젝트 종합관리(PMC)를 포함하는 매우 포괄적인 기술 분야로서 플랜트의 생산성과 성능/품질 향상에 직접적인 영향을 미치는 지식기반 기술[5)]

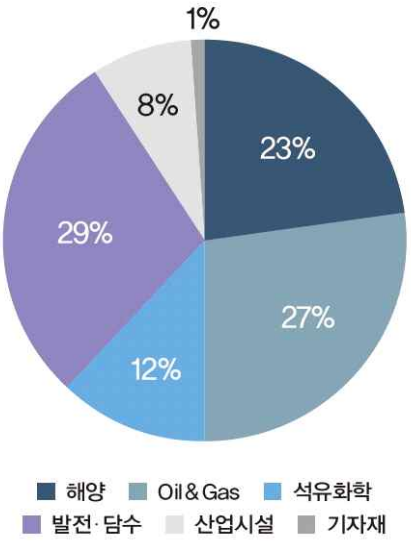
5) 플랜트 엔지니어링산업, 4차 산업혁명기술 융합으로 재도약 필요, 스타트업투데이, 염충섭, 2008

- 소수의 발주자에 의한 일괄수주 방식의 발주가 일반화되어 있어 프로젝트 종합관리, 설계, 기자재, 시공 등의 기술개발이 통합적/체계적
- 플랜트 엔지니어링 산업에서 건설단계까지의 원가 구성은 전방가치사슬인 기본설계(FEED, Front End Engineering Design)와 상세설계가 약 9%, 기자재가 약 58%, 시공이 약 33%로 구성되고 있으며 플랜트 엔지니어링 산업은 지식 집약 서비스를 대표하는 산업으로 장기간에 걸친 경험과 축적된 기술이 경쟁력의 원천임
- 국내 플랜트산업의 수출은 다른 주요 산업에 비해 수출액 규모가 거의 수위에 있을 정도로 큰 수출 비중을 차지해 왔으며 2010년~2012년에 걸쳐서는 국내 기업의 해외 플랜트 수주총액이 매년 650억불 정도의 수준을 유지했으나 2016년에는 약 210억불, 2017년 270억불 정도의 수준으로 급감한 상황임



[그림 1.1.5] 플랜트 엔지니어링 산업과 타 산업의 수출 추이(단위:억불)

- 특히 해양플랜트 및 Oil & Gas 플랜트 부문의 수주액 급감은 심각한 상황임. 수주 부진의 원인을 살펴보면 국내의 기존 해외 플랜트 수주는 EPC(Engineering, Procurement & Construction)분야에 집중되어 시공 위주의 사업모델에 집중적으로 의존해 왔고, 유가 변동 등의 세계시장 환경변화에 따른 발주물량의 감소에 따라 과다 출혈을 감수한 수주 전략을 채택했기 때문
- 또한 플랜트 엔지니어링산업의 고부가가치 부문인 원천기술 및 FEED 등은 해외선진기업이 독점하고 있으며, 국내 기업은 부가가치가 낮은 상세설계 및 시공분야에 강점을 가지고 있음. 즉, 국내 플랜트 엔지니어링산업은 원천기술을 포함한 엔지니어링 및 기자재 분야에서는 글로벌 경쟁력이 매우 미흡한 형편이며, 이는 장기적인 관점의 기술개발 투자가 선진국 대비 저조하고, 신기술 획득에 필수적인 파일럿 및 실증 플랜트의 설계, 건설 및 운영경험이 부족하며, 토목 및 건축 인력은 공급과잉이나 기본설계 엔지니어링을 담당할 고급 전문인력의 부족에 기인함. 또한 핵심기자재에 대한 기술력의 한계로 기자재 부문의 수주액도 아주 미미한 상황



[그림 1.1.6] 최근 15년간('03~'17) 플랜트 종류별 해외수주 비중(단위:%)

〈표 1.1.5〉 분야별 선진국 대비 기술수준

(단위:%, 최고 선진국=100)

구 분	엔지니어링			기자재	시공·관리
	원천기술	기본설계	상세설계		
정유/석유화학	55	80	95	70	98
Oil&Gas	50	60	80	60	90
발전	60	70	95	75	95
물	70	80	95	85	98
해양	60	80	90	80	90
계	60	75	90	75	95

출처: 한국플랜트산업협회

- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 기업들은 발주처 현지 밀착형 경영, M&A 및 전략적 제휴 활성화, 네트워크 구축과 공동수주 등을 통하여 글로벌 경쟁력 제고를 추진하고 있음. 세계의 플랜트 엔지니어링 시장은 발전부문에서는 Bechtel사와 Enelpower사가, 원유 및 가스 부문에서는 Bechtel사와 Snamprogetti사 등이, 석유화학부문에서는 Technip사와 JGC사가 선도하고 있음

- 2018년도 ENR(Engineering New Record) 보고서에 따르면 2017년도 세계 건설 엔지니어링 시장에서 중국 기업들이 23.7%, 우리나라가 5.3%의 시장 점유율을 차지하고 있으며 중국의 경우 수주의 대부분을 시공분야에서 차지하고 있는 것으로 나타나 국내 기업의 강점 분야와 중복된 것으로 보고되고 있음. 참고로 기술 및 경험, 금융지원 등이 중요한 요소로 작용하는 세계 플랜트 엔지니어링 시장은 상위 20개 선진기관이 전체 시장의 60%를 차지하고 있으며, 국내 기업의 시장 점유율은 0.5%로 매우 낮은 수준임

- 해외 선진 플랜트 엔지니어링 기업은 수익성이 높고 사업 리스크가 비교적 낮은 FEED와 PMC 등 고부가가치 엔지니어링 영역에 집중하고 있으며, 중국 및 인도 등의 후발 EPC 기업은 낮은 인건비를 기반으로 한 가격경쟁력과 풍부한 자국 플랜트 수요를 기반으로 시장 점유율을 높여가고 있는 상태임. 또한 해외 현지의 발주자들은 기자재 및 시공 부문의 국산화와 엔지니어링 기술의 국산화를 위해 기술전수 및 인력양성을 추가로 요구하고 있는 상황으로 국내 플랜트 엔지니어링 기업의 넛크래커(Nut-Cracker) 현상이 심화되고 있음

※ 넛크래커(Nut-Cracker) 현상 : 한국 경제가 선진국에 비해서는 기술과 품질 경쟁에서, 후발 개발도상국에 비해서는 가격 경쟁에서 밀리는 현상

제2절 기획 추진개요

1. 추진배경 및 필요성

가. 일반부문

□ 세계 플랜트 엔지니어링 시장의 성장 속도 회복 및 국내 플랜트 시장의 확대

ㅇ 글로벌 메이저 기업들은 핵심공정에 대한 원천기술을 독점하고, 기술진입장벽을 활용한 시장 지배력 강화

ㅇ 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 시험·인증·지원 인프라 구축을 통한 국산 기술(기자재)의 품질경쟁력 확보 요구 증대

- 국제표준 대응과 시험·인증 지원 조직과 테스트베드, 인증체계 등 인프라 구축 시급

□ 환경 및 안전규제 강화로 친환경·고안전 정책 시행

ㅇ 국내외 주요 플랜트 시설의 안전사고로 인한 환경오염, 인명사고 문제가 부각됨에 따라, 엔지니어링 측면의 안전문제, 환경에 미치는 영향 등 이슈화

ㅇ 플랜트산업은 대표적인 안전 및 환경규제 대상 분야로 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 국제 표준(CE, ASME, ISO, QS 등)과 같은 TBT(Technical Barrier to Trade)에 대한 조직적 대응체계 구축 운영 중

□ 플랜트 시설물은 일반 건축물에 비해 재난시 위험도가 매우 크며, 재난 발생시 국가적 대형 사고로 확대될 가능성이 높음

ㅇ 플랜트 재난 발생에 따른 피해 범위는 플랜트 자체에 대한 피해뿐만 아니라 불특정 국민들을 대상으로 범위가 확대될 가능성이 크므로, 특별하고 높은 수준의 설계·관리 필요

- 시설물 중심의 안전기술은 플랜트 시설물 자체에 대한 것이며(재난 대비 플랜트 시설물 안전성능 강화), 구획/공간 중심의 안전기술은 플랜트 입지조건 설정(플랜트 SITE 전체의 고위험등급 및 방호등급에 따라 플랜트 입지조건(도심지, 시외 등) 결정, 주거지역과의 이격거리 설정 등)과 같은 구획/공간 관점에서의 안전기술을 의미

ㅇ 플랜트 설비/시설물의 위험도를 고려하면 재난 발생 시 초기대응, 피난대책, 구조적 안전설계, 보수·보강 등 종합대책 마련이 필요성 요구

ㅇ 최근, 울산/경주/포항지진 사례에서 알 수 있듯이 국내 국가기반 플랜트 산업시설이 밀집해 있는 지역에서 지진 및 화재폭발, 가스누출 등은 실효적 재난요소로 지칭

- 경주 및 포항 지진 이후 지진은 이제 국내에서도 실효적 위협으로 인식되고 있음. 반면, 플랜트의 기본적인 구조는 대부분 에너지 소산 요소의 구분 및 항복 메커니즘이 명확하지 않은 비정의구조물이므로, 지진 발생 시 그에 따른 거동과 내진성능의 확보 여부가 불분명하므로 이에 따른 구조시스템 차원에서부터의 내진성능 개선방안이 시급함. 국가주도의 학술연구를 기반으로 하여, 플랜트특화 고성능 지진력저항시스템과 실무 친화적인 관련 설계법 및 인증접합부를 개발함으로써 국내 플랜트 시설의 내진안전성을 제고할 필요가 있음

o 특히 최근 수소도시 이슈를 비롯해 도심지 내 플랜트 설비 및 시설에 대한 수요가 확대됨에 따라 국민의 안전을 위협하는 잠재적인 요인으로 부각되고 있음



[그림 1.2.1] 기획 추진배경

□ **대규모 기반 구조물 설계 및 설비와 융복합 건설 수요 증가, 극한조건에서의 시설운용, 생산성 및 안전성 확보 등 기술적 난이도가 높아짐에 따라 정부주도의 플랜트 안전 설계 기반 구축이 필수적임**

o 고위험 플랜트 재난관리는 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 필수적 요소이며, 글로벌 신시장 개척, 에너지·자원 자립화 등 국익에 미치는 영향이 매우 크고, 대규모 복합사업의 특성상 민간 리스크 경감을 위한 정부주도의 전략적 지원 중요

o 플랜트 안전 확보를 위한 포괄적, 핵심적 기술의 저변 확보와 제도운영의 합리성과 활용성 확대를 위해서는 정부 지원의 기준수립과 조정역할이 필수적임

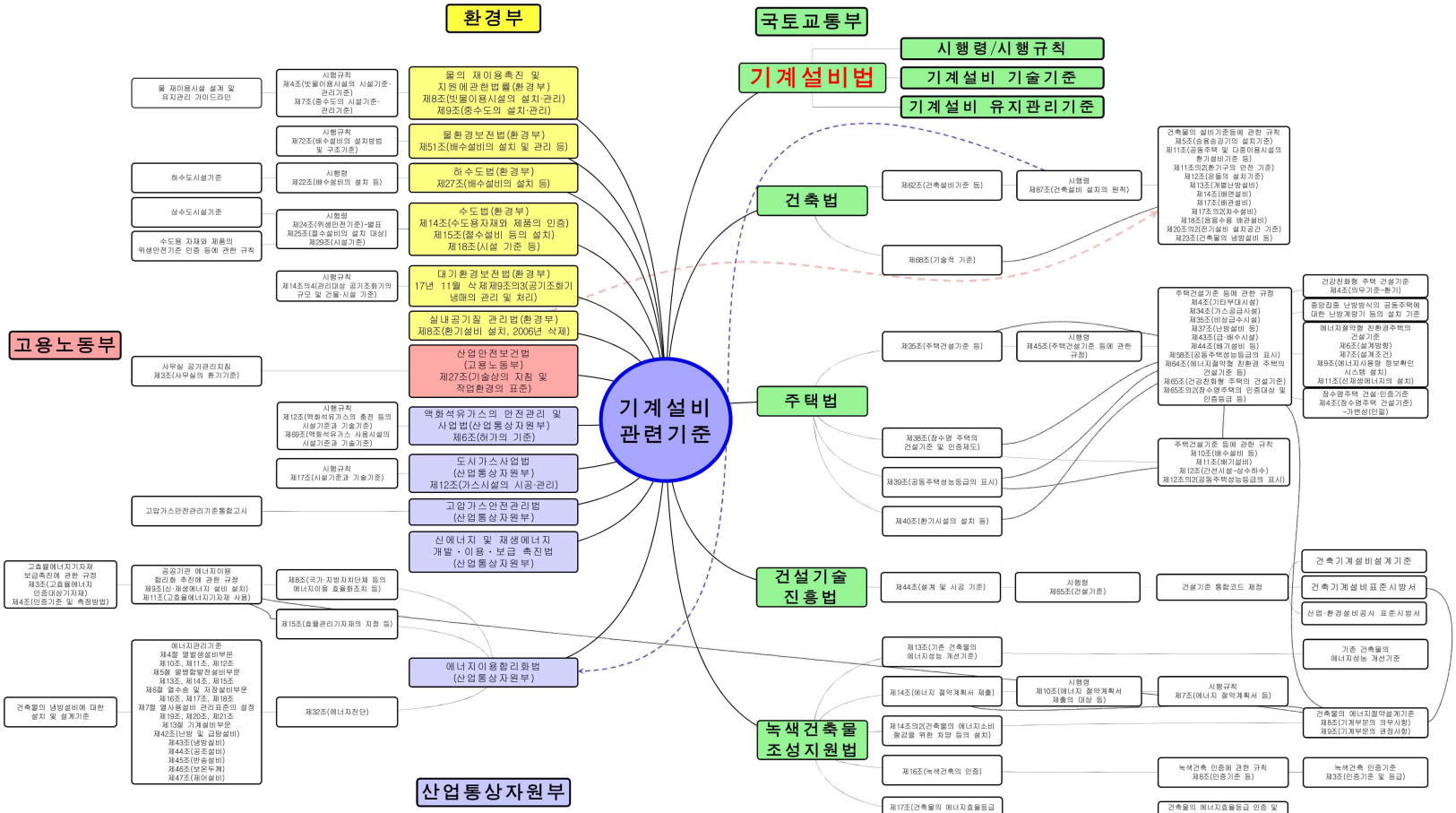
나. 제도부문

□ **플랜트 설비 및 시설물에 관한 법/제도의 분산으로 인해 플랜트에 대한 법적 용어정의 및 대상 선정 불분명에 따른 혼란 가중**

ㅇ 플랜트 설비와 관련 높은 법/제도는 4개 정부부처* 34개 법령·고시·기준 등으로 산재되어 있으며, 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물)과 관련성이 높은 제도들은 3개 정부부처** 8여개의 법령·규칙 등으로 산재

*(4개의 정부부처) 산업통상자원부, 고용노동부, 환경부, 국토교통부

**(3개의 정부부처) 산업통상자원부, 국토교통부, 소방청



*제공: 대한기계설비산업연구원

[그림 1.2.2] 기계설비 관련 34개 법령·고시·기준

〈표 1.2.1〉 국내 플랜트 관련 기술기준

엔지니어링산업진흥법	해저광물개발법
• 엔지니어링 기술표준화 전문기관 및 산업진흥시설 지정 등에 대한 규정 • 엔지니어링산업진흥 기본계획	• 해저광물개발법 시행규칙

건설산업기본법	전기사업법
• 건설업 관리 규정 • 건설업자간 상호협력에 관한 권장사항 및 평가기준	• 사업용전기설비의 검사업무 처리규정 • 전기설비 기술기준 • 송전용 전기설비 시설기준 • 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준

건설기술진흥법		액화석유가스의 안전관리 및 사업법
• 건설공사 기준 코드체계 • 건설기술 진흥업무 운영규정 • 산업, 환경설비공사 표준시방서 • 건설공사 품질관리 업무지침	• 건설공사 안전관리 업무수행 지침 • 건설공사 타당성 조사 지침 • 건설공사 사업관리방식 검토기준 및 업무수행 지침	• 고압가스 및 액화석유가스 ISO탱크 컨테이너의 제조, 충전운반, 저장사용에 관한 기준 • 액화석유가스 배관망공급에 대한 안전관리 및 운영기준 • 액화석유가스 안전관리기준 통합고시

전기공사업법	도시가스사업법
• 전기공사업 운영요령	• 도시가스 안전관리기준 통합고시 • 도시가스 중압배관 정밀안전진단의 절차방법 등의 고시 • 액화천연가스의 인수기지 및 액화천연가스저장탱크 정밀안전진단의 절차방법 등 고시 • 온압 보정장치의 설치 및 안전관리에 관한 특례기준

신에너지 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법	시설물의 안전 및 유지관리에 대한 특별법
• 신재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리운영지침 • 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정	• 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 • 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침

에너지법	위험물 안전관리법
• 에너지법시행령 • 에너지법 시행규칙	• 위험물 규제업무 처리규정 • 위험물안전관리에 관한 세부기준 • 위험물의 분류 및 표지에 관한 기준

에너지이용합리화법	화학물질 관리법
• 에너지진단 운용규정 • 열사용기재재의 검사 및 검사면제에 대한 기준 • 효율관리기자재 운용규정	• 유해화학물질 취급시설의 설치정기수시검사의 방법 등에 관한 세부지침 • 배관 등의 구조 및 두께 등에 관한 세부기준 • 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리기준 등에 관한 고시 • 안전성 평가의 기준 및 절차 등에 관한 고시

집단에너지사업법	고압가스 안전관리법
• 집단에너지시설의 기술기준 • 열 공급시설의 검사기준 • 집단에너지사업허가대상자 선정기준	• 고압가스 안전관리기준통합고시 • 고압가스 및 액화석유가스 ISO탱크 컨테이너의 제도, 충전운반, 저장사용에 관한 기준

원자력안전법	
• 방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 • 고준위방사성폐기물 심충처분시설에 관한 일반기준 • 방사선방효 등에 관한 기준	

〈표 1.2.2〉 플랜트 시설물 용어 예시

용어		법령	내용	소관 부처
공작물	건축물	건축 기본법	"건축물"이란 토지에 정착하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 부수되는 시설물을 말한다.	국토교통부
		건축법	"건축물"이란 토지에 정착(定着)하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과 이에 딸린 시설물, 지하나 고가(高架)의 공작물에 설치하는 사무소·공연장·점포·차고·창고, 그 밖에 대통령령으로 정하는 것을 말한다.	국토교통부
	시설물	시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법	"시설물"이란 건설공사를 통하여 만들어진 교량·터널·항만·댐·건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 제7조 각 호에 따른 제1종시설물, 제2종시설물 및 제3종시설물을 말한다.	국토교통부
	공장	산업집적 활성화 및 공장설립에 관한 법률	"공장"이란 건축물 또는 공작물, 물품제조공정을 형성하는 기계·장치 등 제조시설과 그 부대시설(이하 "제조시설등"이라 한다)을 갖추고 대통령령으로 정하는 제조업을 하기 위한 사업장으로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.	산업통상자원부
	제조소	위험물 안전관리법 고압가스 안전관리법	"제조소"라 함은 위험물을 제조할 목적으로 지정수량 이상의 위험물을 취급하기 위하여 제6조제1항의 규정에 따른 허가(동조제3항의 규정에 따라 허가가 면제된 경우 및 제7조제2항의 규정에 따라 협의로써 허가를 받은 것으로 보는 경우를 포함한다. 이하 제4호 및 제5호에서 같다)를 받은 장소를 말한다. "저장소"라 함은 지정수량 이상의 위험물을 저장하기 위한 대통령령이 정하는 장소로서 제6조제1항의 규정에 따른 허가를 받은 장소를 말한다. "저장소"란 산업통상자원부령으로 정하는 일정량 이상의 고압가스를 용기나 저장탱크로 저장하는 일정한 장소를 말한다. "취급소"라 함은 지정수량 이상의 위험물을 제조외의 목적으로 취급하기 위한 대통령령이 정하는 장소로서 제6조제1항의 규정에 따른 허가를 받은 장소를 말한다.	소방청 산업통상자원부
	저장소			
	취급소			
가스 플랜트		석유광산 안전규칙	"가스플랜트"란 가연성 천연가스로부터 액체탄화수소를 분리하는 시설을 말한다.	산업통상자원부

〈표 1.2.3〉 플랜트 설비 용어 예시

용어		법령	내용	소관 부처
부속시설/설비	기계설비	기계설비법	"기계설비"란 건축물, 시설물 등(이하 "건축물등"이라 한다)에 설치된 기계·기구·배관 및 그 밖에 건축물등의 성능을 유지하기 위한 설비로서 대통령령으로 정하는 설비를 말한다.	국토교통부
	특정설비	고압가스 안전관리법	"특정설비"란 저장탱크와 산업통상자원부령으로 정하는 고압가스 관련 설비를 말한다.	산업통상자원부
	용기		"용기(容器)"란 고압가스를 충전(充塡)하기 위한 것(부속품을 포함한다)으로서 이동할 수 있는 것을 말한다.	산업통상자원부
	저장탱크		"저장탱크"란 고압가스를 저장하기 위한 것으로서 일정한 위치에 고정(固定)설치된 것을 말한다.	산업통상자원부

- 구획/공간 위험도평가* 결과에 따른 시설물 및 구획/공간 중심의 플랜트 안전설계에 대한 법/제도 부재

*재난 발생 시 단위 구획/공간 내 위험도 및 장외영향도를 종합/정량적으로 평가하는 것을 의미

o 통합적이고 체계적이면서도 플랜트 시설물을 대상으로 하는 안전관련 법/제도 선진화가 필요

예시 1) 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령)

제255조(화학설비를 설치하는 건축물의 구조)
사업주는 별표 7의 화학설비(이하 "화학설비"라 한다) 및 그 부속설비를 건축물 내부에 설치하는 경우에는 **건축물의 바닥·벽·기둥·계단 및 지붕 등에 불연성 재료를 사용하여야 한다.**

제270조(내화기준)
① 사업주는 제230조제1항에 따른 **가스폭발 위험장소 또는 분진폭발 위험장소에 설치되는 건축물 등에 대해서는 다음 각 호에 해당하는 부분을 내화구조로 하여야 하며**, 그 성능이 항상 유지될 수 있도록 점검·보수 등 적절한 조치를 하여야 한다. 다만, 건축물 등의 주변에 화재에 대비하여 물 분무시설 또는 폼 헤드(foam head)설비 등의 자동소화설비를 설치하여 건축물 등이 화재시에 2시간 이상 그 안전성을 유지할 수 있도록 한 경우에는 내화구조로 하지 아니할 수 있다.
1. 건축물의 기둥 및 보: 지상 1층(지상 1층의 높이가 6미터를 초과하는 경우에는 6미터)까지
2. 위험물 저장·취급용기의 지지대(높이가 30센티미터 이하인 것은 제외한다): 지상으로부터 지지대의 끝부분까지

제271조(안전거리)
사업주는 별표 1 제1호부터 제5호까지의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우에는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 **별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다.** 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제49조의2에 따른 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다.

■ 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 8]

안전거리(제271조 관련)

구분	안전거리
1. 단위공정시설 및 설비로부터 다른 단위공정시설 및 설비의 사이	설비의 바깥 면으로부터 10미터 이상
2. 플레어스택으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크 또는 위험물질 하역설비의 사이	플레어스택으로부터 반경 20미터 이상. 다만, 단위공정시설 등이 불연재로 시공된 지붕 아래에 설치된 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 위험물질 저장탱크로부터 단위공정시설 및 설비, 보일러 또는 가열로의 사이	저장탱크의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 다만, 저장탱크의 방호벽, 원격조종 화설비 또는 살수설비를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 사무실 · 연구실 · 실험실 · 정비실 또는 식당으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크, 위험물질 하역설비, 보일러 또는 가열로의 사이	사무실 등의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 다만, 난방용 보일러인 경우 또는 사무실 등의 벽을 방호구조로 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

상기 규칙에서는 내화구조를 적용하라고 명시하고 있으나 여기서의 내화구조는 표준 화재(위험)하중을 가정하여 기술된 것으로서, 위험물의 종류 및 저장/취급량에 따라서 화재(위험)하중이 달라지므로 건축물에서 적용되는 일반적인 내화구조(내화설계) 개념을 플랜트 시설물에 적용하는 것은 옳지 않음

예시2) 위험물안전관리법 시행규칙(소방청)

제3장 제조소등의 위치·구조 및 설비의 기준

제28조(제조소의 기준)
법 제5조제4항의 규정에 의한 제조소등의 위치·구조 및 설비의 기준 중 제조소에 관한 것은 **별표 4**와 같다.

제29조(옥내저장소의 기준)
법 제5조제4항의 규정에 의한 제조소등의 위치·구조 및 설비의 기준 중 옥내저장소에 관한 것은 **별표 5**와 같다.

[별표 4] 〈개정 2017. 7. 26.〉

제조소의 위치·구조 및 설비의 기준(제28조관련)

Ⅰ. 안전거리

1. 제조소(제6류 위험물을 취급하는 제조소를 제외한다)는 다음 각목의 규정에 의한 건축물의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측으로부터 당해 **제조소의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측까지의 사이에 다음 각목의 규정에 의한 수평거리(이하 "안전거리"라 한다)를 두어야 한다.**
   가. 나목 내지 라목의 규정에 의한 것 외의 건축물 그 밖의 공작물로서 주거용으로 사용되는 것(제조소가 설치된 부지내에 있는 것을 제외한다)에 있어서는 10m 이상
   나. 학교·병원·극장 그 밖에 다수인을 수용하는 시설로서 다음의 1에 해당하는 것에 있어서는 30m 이상
      1) 「초·중등교육법」 제2조 및 「고등교육법」제2조에 정하는 학교
      2) 「의료법」 제3조제2항제3호에 따른 병원급 의료기관
      3) 「공연법」 제2조제4호에 따른 공연장, 「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 영화상영관 및 그 밖에 이와 유사한 시설로서 3백명 이상의 인원을 수용할 수 있는 것
      4) 「아동복지법」 제3조제10호에 따른 아동복지시설, 「노인복지법」 제31조제1호부터 제3호까지에 해당하는 노인복지시설, 「장애인복지법」 제58조제1항에 따른 장애인복지시설, 「한부모가족지원법」 제19조제1항에 따른 한부모가족복지시설, 「영유아보육법」 제2조제3호에 따른 어린이집, 「성매매방지 및 피해자보호 등에 관한 법률」 제5조제1항에 따른 성매매피해자등을 위한 지원시설, 「정신보건법」 제3조제2호에 따른 정신보건시설, 「가정폭력방지 및 피해자보호 등에 관한 법률」 제7조의2제1항에 따른 보호시설 및 그 밖에 이와 유사한 시설로서 20명 이상의 인원을 수용할 수 있는 것
   다. 「문화재보호법」의 규정에 의한 유형문화재와 기념물 중 지정문화재에 있어서는 50m 이상
   라. 고압가스, 액화석유가스 또는 도시가스를 저장 또는 취급하는 시설로서 다음의 1에 해당하는 것에 있어서는 20m 이상. 다만, 당해 시설의 배관 중 제조소가 설치된 부지 내에 있는 것은 제외한다.
      1) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 고압가스제조시설(용기에 충전하는 것을 포함한다) 또는 고압가스 사용시설로서 1일 30㎥ 이상의 용적을 취급하는 시설이 있는 것
      2) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 고압가스저장시설
      3) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 액화산소를 소비하는 시설
      4) 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」의 규정에 의하여 허가를 받아야 하는 액화석유가스제조시설 및 액화석유가스저장시설
      5) 「도시가스사업법」제2조제5호의 규정에 의한 가스공급시설
   마. 사용전압이 7,000V 초과 35,000V 이하의 특고압가공전선에 있어서는 3m 이상
   바. 사용전압이 35,000V를 초과하는 특고압가공전선에 있어서는 5m 이상
2. 제1호가목 내지 다목의 규정에 의한 건축물 등은 부표의 기준에 의하여 **불연재료로 된 방화상 유효한 담 또는 벽을 설치하는 경우에는 동표의 기준에 의하여 안전거리를 단축할 수 있다.**

Ⅱ. 보유공지

1. 위험물을 취급하는 건축물 그 밖의 시설(위험물을 이송하기 위한 배관 그 밖에 이와 유사한 시설을 제외한다)의 주위에는 그 취급하는 위험물의 최대수량에 따라 다음 표에 의한 너비의 공지를 보유하여야 한다.

취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비
지정수량의 10배 이하	3m 이상
지정수량의 10배 초과	5m 이상

2. 제조소의 작업공정이 다른 작업장의 작업공정과 연속되어 있어, 제조소의 건축물 그 밖의 공작물의 주위에 공지를 두게 되면 그 제조소의 작업에 현저한 지장이 생길 우려가 있는 경우 당해 제조소와 다른 작업장 사이에 다음 각

목의 기준에 따라 방화상 유효한 격벽을 설치한 때에는 당해 제조소와 다른 작업장 사이에 제1호의 규정에 의한 공지를 보유하지 아니할 수 있다.

가. 방화벽은 내화구조로 할 것, 다만 취급하는 위험물이 제6류 위험물인 경우에는 불연재료로 할 수 있다.

나. 방화벽에 설치하는 출입구 및 창 등의 개구부는 가능한 한 최소로 하고, 출입구 및 창에는 자동폐쇄식의 갑종방화문을 설치할 것

다. 방화벽의 양단 및 상단이 외벽 또는 지붕으로부터 50cm 이상 돌출하도록 할 것

Ⅲ. 표지 및 게시판

1. 제조소에는 보기 쉬운 곳에 다음 각목의 기준에 따라 "위험물 제조소"라는 표시를 한 표지를 설치하여야 한다.
   가. 표지는 한변의 길이가 0.3m 이상, 다른 한변의 길이가 0.6m 이상인 직사각형으로 할 것
   나. 표지의 바탕은 백색으로, 문자는 흑색으로 할 것
2. 제조소에는 보기 쉬운 곳에 다음 각목의 기준에 따라 방화에 관하여 필요한 사항을 게시한 게시판을 설치하여야 한다.
   가. 게시판은 한변의 길이가 0.3m 이상, 다른 한변의 길이가 0.6m 이상인 직사각형으로 할 것
   나. 게시판에는 저장 또는 취급하는 위험물의 유별·품명 및 저장최대수량 또는 취급최대수량, 지정수량의 배수 및 안전관리자의 성명 또는 직명을 기재할 것
   다. 나목의 게시판의 바탕은 백색으로, 문자는 흑색으로 할 것
   라. 나목의 게시판 외에 저장 또는 취급하는 위험물에 따라 다음의 규정에 의한 주의사항을 표시한 게시판을 설치할 것
      1) 제1류 위험물 중 알칼리금속의 과산화물과 이를 함유한 것 또는 제3류 위험물 중 금수성물질에 있어서는 “물기엄금”
      2) 제2류 위험물(인화성고체를 제외한다)에 있어서는 "화기주의"
      3) 제2류 위험물 중 인화성고체, 제3류 위험물 중 자연발화성물질, 제4류 위험물 또는 제5류 위험물에 있어서는 “화기엄금”
   마. 라목의 게시판의 색은 “물기엄금”을 표시하는 것에 있어서는 청색바탕에 백색문자로, “화기주의” 또는 “화기엄금”을 표시하는 것에 있어서는 적색바탕에 백색문자로 할 것

Ⅳ. 건축물의 구조

위험물을 취급하는 건축물의 구조는 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 지하층이 없도록 하여야 한다. 다만, 위험물을 취급하지 아니하는 지하층으로서 위험물의 취급장소에서 새어나온 위험물 또는 가연성의 증기가 흘러 들어갈 우려가 없는 구조로 된 경우에는 그러하지 아니하다.
2. **벽·기둥·바닥·보·서까래 및 계단을 불연재료로 하고, 연소(延燒)의 우려가 있는 외벽(소방청장이 정하여 고시하는 것에 한한다. 이하 같다)은 출입구 외의 개구부가 없는 내화구조의 벽으로 하여야 한다.** 이 경우 제6류 위험물을 취급하는 건축물에 있어서 위험물이 스며들 우려가 있는 부분에 대하여는 아스팔트 그 밖에 부식되지 아니하는 재료로 피복하여야 한다.
3. 지붕(작업공정상 제조기계시설 등이 2층 이상에 연결되어 설치된 경우에는 최상층의 지붕을 말한다)은 폭발력이 위로 방출될 정도의 가벼운 불연재료로 덮어야 한다. 다만, 위험물을 취급하는 건축물이 다음 각목의 1에 해당하는 경우에는 그 지붕을 내화구조로 할 수 있다.
   가. 제2류 위험물(분상의 것과 인화성고체를 제외한다), 제4류 위험물 중 제4석유류·동식물유류 또는 제6류 위험물을 취급하는 건축물인 경우
   나. 다음의 기준에 적합한 밀폐형 구조의 건축물인 경우
      1) 발생할 수 있는 내부의 과압(過壓) 또는 부압(負壓)에 견딜 수 있는 철근콘크리트조일 것
      2) 외부화재에 90분 이상 견딜 수 있는 구조일 것
4. 출입구와 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제17조에 따라 설치하여야 하는 비상구에는 갑종방화문 또는 을종방화문을 설치하되, 연소의 우려가 있는 외벽에 설치하는 출입구에는 수시로 열 수 있는 자동폐쇄식의 갑종방화문을 설치하여야 한다.
5. 위험물을 취급하는 건축물의 창 및 출입구에 유리를 이용하는 경우에는 망입유리로 하여야 한다.
6. 액체의 위험물을 취급하는 건축물의 바닥은 위험물이 스며들지 못하는 재료를 사용하고, 적당한 경사를 두어 그 최저부에 집유설비를 하여야 한다.

Ⅴ. 채광·조명 및 환기설비

1. 위험물을 취급하는 건축물에는 다음 각목의 기준에 의하여 위험물을 취급하는데 필요한 채광·조명 및 환기의 설비를 설치하여야 한다.
   가. 채광설비는 불연재료로 하고, 연소의 우려가 없는 장소에 설치하되 채광면적을 최소로 할 것
   나. 조명설비는 다음의 기준에 적합하게 설치할 것

1) 가연성가스 등이 체류할 우려가 잇는 장소의 조명등은 방폭등으로 할 것
2) 전선은 내화·내열전선으로 할 것
3) 점멸스위치는 출입구 바깥부분에 설치할 것. 다만, 스위치의 스파크로 인한 화재·폭발의 우려가 없을 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 환기설비는 다음의 기준에 의할 것
1) 환기는 자연배기방식으로 할 것
2) 급기구는 당해 급기구가 설치된 실의 바닥면적 150㎡마다 1개 이상으로 하되, 급기구의 크기는 800㎠ 이상으로 할 것. 다만 바닥면적이 150㎡ 미만인 경우에는 다음의 크기로 하여야 한다.

바닥면적	급기구의 면적
60㎡ 미만	150㎠ 이상
60㎡ 이상 90㎡ 미만	300㎠ 이상
90㎡ 이상 120㎡ 미만	450㎠ 이상
120㎡ 이상 150㎡ 미만	600㎠ 이상

3) 급기구는 낮은 곳에 설치하고 가는 눈의 구리망 등으로 인화방지망을 설치할 것
4) 환기구는 지붕위 또는 지상 2m 이상의 높이에 회전식 고정벤티레이터 또는 루푸팬방식으로 설치할 것

2. 배출설비가 설치되어 유효하게 환기가 되는 건축물에는 환기설비를 하지 아니 할 수 있고, 조명설비가 설치되어 유효하게 조도가 확보되는 건축물에는 채광설비를 하지 아니할 수 있다.

Ⅵ. 배출설비

가연성의 증기 또는 미분이 체류할 우려가 있는 건축물에는 그 증기 또는 미분을 옥외의 높은 곳으로 배출할 수 있도록 다음 각호의 기준에 의하여 배출설비를 설치하여야 한다.

1. 배출설비는 국소방식으로 하여야 한다. 다만, 다음 각목의 1에 해당하는 경우에는 전역방식으로 할 수 있다.
   가. 위험물취급설비가 배관이음 등으로만 된 경우
   나. 건축물의 구조·작업장소의 분포 등의 조건에 의하여 전역방식이 유효한 경우
2. 배출설비는 배풍기·배출닥트·후드 등을 이용하여 강제적으로 배출하는 것으로 하여야 한다.
3. 배출능력은 1시간당 배출장소 용적의 20배 이상인 것으로 하여야 한다. 다만, 전역방식의 경우에는 바닥면적 1㎡당 18㎥ 이상으로 할 수 있다.
4. 배출설비의 급기구 및 배출구는 다음 각목의 기준에 의하여야 한다.
   가. 급기구는 높은 곳에 설치하고, 가는 눈의 구리망 등으로 인화방지망을 설치할 것
   나. 배출구는 지상 2m 이상으로서 연소의 우려가 없는 장소에 설치하고, 배출닥트가 관통하는 벽부분의 바로 가까이에 화재시 자동으로 폐쇄되는 방화댐퍼를 설치할 것
5. 배풍기는 강제배기방식으로 하고, 옥내닥트의 내압이 대기압 이상이 되지 아니하는 위치에 설치하여야 한다.

Ⅶ. 옥외설비의 바닥

옥외에서 액체위험물을 취급하는 설비의 바닥은 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 바닥의 둘레에 높이 0.15m 이상의 턱을 설치하는 등 위험물이 외부로 흘러나가지 아니하도록 하여야 한다.
2. 바닥은 콘크리트 등 위험물이 스며들지 아니하는 재료로 하고, 제1호의 턱이 있는 쪽이 낮게 경사지게 하여야 한다.
3. 바닥의 최저부에 집유설비를 하여야 한다.
4. 위험물(온도 20℃의 물 100g에 용해되는 양이 1g 미만인 것에 한한다)을 취급하는 설비에 있어서는 당해 위험물이 직접 배수구에 흘러들어가지 아니하도록 집유설비에 유분리장치를 설치하여야 한다.

Ⅷ. 기타설비

1. 위험물의 누출·비산방지
   위험물을 취급하는 기계·기구 그 밖의 설비는 위험물이 새거나 넘치거나 비산하는 것을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다. 다만, 당해 설비에 위험물의 누출 등으로 인한 재해를 방지할 수 있는 부대설비(되돌림관·수막 등)를 한 때에는 그러하지 아니하다.
2. 가열·냉각설비 등의 온도측정장치
   위험물을 가열하거나 냉각하는 설비 또는 위험물의 취급에 수반하여 온도변화가 생기는 설비에는 온도측정장치를 설치하여야 한다.
3. 가열건조설비
   위험물을 가열 또는 건조하는 설비는 직접 불을 사용하지 아니하는 구조로 하여야 한다. 다만, 당해 설비가 방화상 안전한 장소에 설치되어 있거나 화재를 방지할 수 있는 부대설비를 한 때에는 그러하지 아니하다.
4. 압력계 및 안전장치
   위험물을 가압하는 설비 또는 그 취급하는 위험물의 압력이 상승할 우려가 있는 설비에는 압력계 및 다음 각목의 1에

해당하는 안전장치를 설치하여야 한다. 다만, 라목의 파괴판은 위험물의 성질에 따라 안전밸브의 작동이 곤란한 가압설비에 한한다.
가. 자동적으로 압력의 상승을 정지시키는 장치
나. 감압측에 안전밸브를 부착한 감압밸브
다. 안전밸브를 병용하는 경보장치
라. 파괴판

5. 전기설비
제조소에 설치하는 전기설비는 「전기사업법」에 의한 전기설비기술기준에 의하여야 한다.
6. 정전기 제거설비
위험물을 취급함에 있어서 정전기가 발생할 우려가 있는 설비에는 다음 각목의 1에 해당하는 방법으로 정전기를 유효하게 제거할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.
가. 접지에 의한 방법
나. 공기 중의 상대습도를 70% 이상으로 하는 방법
다. 공기를 이온화하는 방법
7. 피뢰설비
지정수량의 10배 이상의 위험물을 취급하는 제조소(제6류 위험물을 취급하는 위험물제조소를 제외한다)에는 피뢰침(「산업표준화법」 제12조에 따른 한국산업표준 중 피뢰설비 표준에 적합한 것을 말한다. 이하 같다)을 설치하여야 한다. 다만, 제조소의 주위의 상황에 따라 안전상 지장이 없는 경우에는 피뢰침을 설치하지 아니할 수 있다.
8. 전동기 등
전동기 및 위험물을 취급하는 설비의 펌프·밸브·스위치 등은 화재예방상 지장이 없는 위치에 부착하여야 한다.

Ⅸ. 위험물 취급탱크

1. 위험물제조소의 옥외에 있는 위험물취급탱크(용량이 지정수량의 5분의 1 미만인 것을 제외한다)는 다음 각목의 기준에 의하여 설치하여야 한다.
가. 옥외에 있는 위험물취급탱크의 구조 및 설비는 별표 6 Ⅵ제1호(특정옥외저장탱크 및 준특정옥외저장탱크와 관련되는 부분을 제외한다)·제3호 내지 제9호·제11호 내지 제14호 및 ⅩⅣ의 규정에 의한 옥외탱크저장소의 탱크의 구조 및 설비의 기준을 준용할 것
나. 옥외에 있는 위험물취급탱크로서 액체위험물(이황화탄소를 제외한다)을 취급하는 것의 주위에는 다음의 기준에 의하여 방유제를 설치할 것
1) 하나의 취급탱크 주위에 설치하는 방유제의 용량은 당해 탱크용량의 50% 이상으로 하고, 2 이상의 취급탱크 주위에 하나의 방유제를 설치하는 경우 그 방유제의 용량은 당해 탱크 중 용량이 최대인 것의 50%에 나머지 탱크용량 합계의 10%를 가산한 양 이상이 되게 할 것. 이 경우 방유제의 용량은 당해 방유제의 내용적에서 용량이 최대인 탱크 외의 탱크의 방유제 높이 이하 부분의 용적, 당해 방유제 내에 있는 모든 탱크의 지반면 이상 부분의 기초의 체적, 간막이 둑의 체적 및 당해 방유제 내에 있는 배관 등의 체적을 뺀 것으로 한다.
2) 방유제의 구조 및 설비는 별표 6 Ⅸ제1호 나목·사목·차목·카목 및 파목의 규정에 의한 옥외저장탱크의 방유제의 기준에 적합하게 할 것

2. 위험물제조소의 옥내에 있는 위험물취급탱크(용량이 지정수량의 5분의 1 미만인 것을 제외한다)는 다음 각목의 기준에 의하여 설치하여야 한다.
가. 탱크의 구조 및 설비는 별표 7 Ⅰ제1호 마목 내지 자목 및 카목 내지 파목의 규정에 의한 옥내탱크저장소의 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크의 구조 및 설비의 기준을 준용할 것
나. 위험물취급탱크의 주위에는 턱(이하 "방유턱"이라고 한다)을 설치하는 등 위험물이 누설된 경우에 그 유출을 방지하기 위한 조치를 할 것. 이 경우 당해조치는 탱크에 수납하는 위험물의 양(하나의 방유턱안에 2 이상의 탱크가 있는 경우는 당해 탱크 중 실제로 수납하는 위험물의 양이 최대인 탱크의 양)을 전부 수용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 위험물제조소의 지하에 있는 위험물취급탱크의 위치·구조 및 설비는 별표 8 Ⅰ(제5호·제11호 및 제14호를 제외한다), Ⅱ(Ⅰ제5호·제11호 및 제14호의 규정을 적용하도록 하는 부분을 제외한다) 또는 Ⅲ(Ⅰ제5호·제11호 및 제14호의 규정을 적용하도록 하는 부분을 제외한다)의 규정에 의한 지하탱크저장소의 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크의 위치·구조 및 설비의 기준에 준하여 설치하여야 한다.

Ⅹ. 배관

위험물제조소내의 위험물을 취급하는 배관은 다음 각호의 기준에 의하여 설치하여야 한다.

1. 배관의 재질은 강관 그 밖에 이와 유사한 금속성으로 하여야 한다. 다만, 다음 각 목의 기준에 적합한 경우에는 그러하지 아니하다.
가. 배관의 재질은 한국산업규격의 유리섬유강화플라스틱·고밀도폴리에틸렌 또는 폴리우레탄으로 할 것
나. 배관의 구조는 내관 및 외관의 이중으로 하고, 내관과 외관의 사이에는 틈새공간을 두어 누설여부를 외부에서

쉽게 확인할 수 있도록 할 것. 다만, 배관의 재질이 취급하는 위험물에 의해 쉽게 열화될 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
다. 국내 또는 국외의 관련공인시험기관으로부터 안전성에 대한 시험 또는 인증을 받을 것
라. 배관은 지하에 매설할 것. 다만, 화재 등 열에 의하여 쉽게 변형될 우려가 없는 재질이거나 화재 등 열에 의한 악영향을 받을 우려가 없는 장소에 설치되는 경우에는 그러하지 아니하다.

2. 배관에 걸리는 최대상용압력의 1.5배 이상의 압력으로 수압시험(불연성의 액체 또는 기체를 이용하여 실시하는 시험을 포함한다)을 실시하여 누설 그 밖의 이상이 없는 것으로 하여야 한다.
3. 배관을 지상에 설치하는 경우에는 지진·풍압·지반침하 및 온도변화에 안전한 구조의 지지물에 설치하되, 지면에 닿지 아니하도록 하고 배관의 외면에 부식방지를 위한 도장을 하여야 한다. 다만, 불변강관 또는 부식의 우려가 없는 재질의 배관의 경우에는 부식방지를 위한 도장을 아니할 수 있다.
4. 배관을 지하에 매설하는 경우에는 다음 각목의 기준에 적합하게 하여야 한다.
가. 금속성 배관의 외면에는 부식방지를 위하여 도복장·코팅 또는 전기방식등의 필요한 조치를 할 것
나. 배관의 접합부분(용접에 의한 접합부 또는 위험물의 누설의 우려가 없다고 인정되는 방법에 의하여 접합된 부분을 제외한다)에는 위험물의 누설여부를 점검할 수 있는 점검구를 설치할 것
다. 지면에 미치는 중량이 당해 배관에 미치지 아니하도록 보호할 것
5. 배관에 가열 또는 보온을 위한 설비를 설치하는 경우에는 화재예방상 안전한 구조로 하여야 한다.

Ⅺ. 고인화점 위험물의 제조소의 특례

인화점이 100℃ 이상인 제4류 위험물(이하 "고인화점위험물"이라 한다)만을 100℃ 미만의 온도에서 취급하는 제조소로서 그 위치 및 구조가 다음 각호의 기준에 모두 적합한 제조소에 대하여는 Ⅰ, Ⅱ, Ⅳ제1호, Ⅳ제3호 내지 제5호, Ⅷ제6호·제7호 및 Ⅸ제1호나목2)에 의하여 준용되는 별표 6 Ⅸ제1호 나목의 규정을 적용하지 아니한다.

1. 다음 각목의 규정에 의한 건축물의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측으로부터 당해 제조소의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측까지의 사이에 다음 각목의 규정에 의한 안전거리를 두어야 한다. 다만, 가목 내지 다목의 규정에 의한 건축물 등에 부표의 기준에 의하여 불연재료로 된 방화상 유효한 담 또는 벽을 설치하여 소방본부장 또는 소방서장이 안전하다고 인정하는 거리로 할 수 있다.
가. 나목 내지 라목 외의 건축물 그 밖의 공작물로서 주거용으로 제공하는 것(제조소가 있는 부지와 동일한 부지내에 있는 것을 제외한다)에 있어서는 10m 이상
나. Ⅰ제1호 나목1) 내지 4)의 규정에 의한 시설에 있어서는 30m 이상
다. 「문화재보호법」의 규정에 의한 유형문화재와 기념물 중 지정문화재에 있어서는 50m 이상
라. Ⅰ제1호 라목1) 내지 5)의 규정에 의한 시설(불활성 가스만을 저장 또는 취급하는 것을 제외한다)에 있어서는 20m 이상
2. 위험물을 취급하는 건축물 그 밖의 공작물(위험물을 이송하기 위한 배관 그 밖에 이에 준하는 공작물을 제외한다)의 주위에 3m 이상의 너비의 공지를 보유하여야 한다. 다만, Ⅱ제2호 각목의 규정에 의하여 방화상 유효한 격벽을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.
3. **위험물을 취급하는 건축물은 그 지붕을 불연재료로 하여야 한다.**
4. 위험물을 취급하는 건축물의 창 및 출입구에는 을종방화문·갑종방화문 또는 불연재료나 유리로 만든 문을 달고, 연소의 우려가 있는 외벽에 두는 출입구에는 수시로 열 수 있는 자동폐쇄식의 갑종방화문을 설치하여야 한다.
5. 위험물을 취급하는 건축물의 연소의 우려가 있는 외벽에 두는 출입구에 유리를 이용하는 경우에는 망입유리로 하여야 한다.

Ⅻ. 위험물의 성질에 따른 제조소의 특례

1. 다음 각목의 1에 해당하는 위험물을 취급하는 제조소에 있어서는 Ⅰ 내지 Ⅷ의 규정에 의한 기준에 의하는 외에 당해 위험물의 성질에 따라 제2호 내지 제4조의 기준에 의하여야 한다.
가. 제3류 위험물 중 알킬알루미늄·알킬리튬 또는 이중 어느 하나 이상을 함유하는 것(이하 “알킬알루미늄등”이라 한다)
나. 제4류 위험물중 특수인화물의 아세트알데히드·산화프로필렌 또는 이중 어느 하나 이상을 함유하는 것(이하 “아세트알데히드등”이라 한다)
다. 제5류 위험물 중 히드록실아민·히드록실아민염류 또는 이중 어느 하나 이상을 함유하는 것(이하 “히드록실아민등”이라 한다)
2. 알킬알루미늄등을 취급하는 제조소의 특례는 다음 각목과 같다.
가. 알킬알루미늄등을 취급하는 설비의 주위에는 누설범위를 국한하기 위한 설비와 누설된 알킬알루미늄등을 안전한 장소에 설치된 저장실에 유입시킬수 있는 설비를 갖출 것
나. 알킬알루미늄등을 취급하는 설비에는 불활성기체를 봉입하는 장치를 갖출 것
3. 아세트알데히드등을 취급하는 제조소의 특례는 다음 각목과 같다.
가. 아세트알데히드등을 취급하는 설비는 은·수은·동·마그네슘 또는 이들을 성분으로 하는 합금으로 만들지 아니할 것

나. 아세트알데히드등을 취급하는 설비에는 연소성 혼합기체의 생성에 의한 폭발을 방지하기 위한 불활성기체 또는 수증기를 봉입하는 장치를 갖출 것

다. 아세트알데히드등을 취급하는 탱크(옥외에 있는 탱크 또는 옥내에 있는 탱크로서 그 용량이 지정수량의 5분의 1 미만의 것을 제외한다)에는 냉각장치 또는 저온을 유지하기 위한 장치(이하 "보냉장치"라 한다) 및 연소성 혼합기체의 생성에 의한 폭발을 방지하기 위한 불활성기체를 봉입하는 장치를 갖출 것. 다만, 지하에 있는 탱크가 아세트알데히드등의 온도를 저온으로 유지할 수 있는 구조인 경우에는 냉각장치 및 보냉장치를 갖추지 아니할 수 있다.

라. 다목의 규정에 의한 냉각장치 또는 보냉장치는 2 이상 설치하여 하나의 냉각장치 도는 보냉장치가 고장난 때에도 일정 온도를 유지할 수 있도록 하고, 다음의 기준에 적합한 비상전원을 갖출 것

1) 상용전력원이 고장인 경우에 자동으로 비상전원으로 전환되어 가동되도록 할 것

2) 비상전원의 용량은 냉각장치 또는 보냉장치를 유효하게 작동할 수 있는 정도일 것

마. 아세트알데히드등을 취급하는 탱크를 지하에 매설하는 경우에는 Ⅸ제3호의 규정에 의하여 적용되는 별표 8 Ⅰ제1호 단서의 규정에 불구하고 당해 탱크를 탱크전용실에 설치할 것

4. 히드록실아민등을 취급하는 제조소의 특례는 다음 각목과 같다.

가. Ⅰ제1호가목부터 라목까지의 규정에도 불구하고 지정수량 이상의 히드록실아민등을 취급하는 제조소의 위치는 Ⅰ제1호가목부터 라목까지의 규정에 의한 건축물의 벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측으로부터 해당 제조소의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측까지의 사이에 다음 식에 의하여 요구되는 거리 이상의 안전거리를 둘 것

$$D = 51.1\sqrt[3]{N}$$

D : 거리(m)

N : 해당 제조소에서 취급하는 히드록실아민등의 지정수량의 배수

나. 가목의 제조소의 주위에는 다음에 정하는 기준에 적합한 담 도는 토제(土堤)를 설치할 것

1) 담 또는 토제는 당해 제조소의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측으로부터 2m 이상 떨어진 장소에 설치할 것

2) 담 또는 토제의 높이는 당해 제조소에 있어서 히드록실아민등을 취급 하는 부분의 높이 이상으로 할 것

3) 담은 두께 15㎝ 이상의 철근콘크리트조·철골철근콘크리트조 또는 두께 20㎝ 이상의 보강콘크리트블록조로 할 것

4) 토제의 경사면의 경사도는 60도 미만으로 할 것

다. 히드록실아민등을 취급하는 설비에는 히드록실아민등의 온도 및 농도의 상승에 의한 위험한 반응을 방지하기 위한 조치를 강구할 것

라. 히드록실아민등을 취급하는 설비에는 철이온 등의 혼입에 의한 위험한 반응을 방지하기 위한 조치를 강구할 것

[별표 5] 〈개정 2017. 12. 29.〉

옥내저장소의 위치·구조 및 설비의 기준(제29조관련)

Ⅰ. 옥내저장소의 기준(Ⅱ 및 Ⅲ의 규정에 의한 것을 제외한다)

1. 옥내저장소는 별표 4 Ⅰ의 규정에 준하여 안전거리를 두어야 한다. 다만, 다음 각목의 1에 해당하는 옥내저장소는 안전거리를 두지 아니할 수 있다.

가. 제4석유류 또는 동식물유류의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소로서 그 최대수량이 지정수량의 20배 미만인 것

나. 제6류 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소

다. 지정수량의 20배(하나의 저장창고의 바닥면적이 150㎡ 이하인 경우에는 50배) 이하의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소로서 다음의 기준에 적합한 것

1) **저장창고의 벽·기둥·바닥·보 및 지붕이 내화구조인 것**

2) 저장창고의 출입구에 수시로 열 수 있는 자동폐쇄방식의 갑종방화문이 설치되어 있을 것

3) 저장창고에 창을 설치하지 아니할 것

2. 옥내저장소의 주위에는 그 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량에 따라 다음 표에 의한 너비의 공지를 보유하여야 한다. 다만, 지정수량의 20배를 초과하는 옥내저장소와 동일한 부지내에 있는 다른 옥내저장소와의 사이에는 동표에 정하는 공지의 너비의 3분의 1(당해 수치가 3m 미만인 경우에는 3m)의 공지를 보유할 수 있다.

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비	
	벽·기둥 및 바닥이 내화구조로 된 건축물	그 밖의 건축물
지정수량의 5배 이하		0.5m 이상
지정수량의 5배 초과 10배 이하	1m 이상	1.5m 이상
지정수량의 10배 초과 20배 이하	2m 이상	3m 이상
지정수량의 20배 초과 50배 이하	3m 이상	5m 이상
지정수량의 50배 초과 200배 이하	5m 이상	10m 이상
지정수량의 200배 초과	10m 이상	15m 이상

3. 옥내저장소에는 별표 4 Ⅲ제1호의 기준에 따라 보기 쉬운 곳에 "위험물 옥내저장소"라는 표시를 한 표지와 동표 Ⅲ제2호의 기준에 따라 방화에 관하여 필요한 사항을 게시한 게시판을 설치하여야 한다.
4. 저장창고는 위험물의 저장을 전용으로 하는 독립된 건축물로 하여야 한다.
5. 저장창고는 지면에서 처마까지의 높이(이하 "처마높이"라 한다)가 6m 미만인 단층건물로 하고 그 바닥을 지반면보다 높게 하여야 한다. 다만, 제2류 또는 제4류의 위험물만을 저장하는 창고로서 다음 각목의 기준에 적합한 창고의 경우에는 20m 이하로 할 수 있다.
   가. 벽·기둥·보 및 바닥을 내화구조로 할 것
   나. 출입구에 갑종방화문을 설치할 것
   다. 피뢰침을 설치할 것. 다만, 주위상황에 의하여 안전상 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
6. 하나의 저장창고의 바닥면적(2 이상의 구획된 실이 있는 경우에는 각 실의 바닥면적의 합계)은 다음 각목의 구분에 의한 면적 이하로 하여야 한다. 이 경우 가목의 위험물과 나목의 위험물을 같은 저장창고에 저장하는 때에는 가목의 위험물을 저장하는 것으로 보아 그에 따른 바닥면적을 적용한다.
   가. 다음의 위험물을 저장하는 창고 : 1,000㎡
      1) 제1류 위험물 중 아염소산염류, 염소산염류, 과염소산염류, 무기과산화물 그 밖에 지정수량이 50㎏인 위험물
      2) 제3류 위험물 중 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄, 알킬리튬 그 밖에 지정수량이 10㎏인 위험물 및 황린
      3) 제4류 위험물 중 특수인화물, 제1석유류 및 알코올류
      4) 제5류 위험물 중 유기과산화물, 질산에스테르류 그 밖에 지정수량이 10㎏인 위험물
      5) 제6류 위험물
   나. 가목의 위험물 외의 위험물을 저장하는 창고 : 2,000㎡
   다. 가목의 위험물과 나목의 위험물을 내화구조의 격벽으로 완전히 구획된 실에 각각 저장하는 창고 : 1,500㎡(가목의 위험물을 저장하는 실의 면적은 500㎡를 초과할 수 없다)
7. **저장창고의 벽·기둥 및 바닥은 내화구조로 하고, 보와 서까래는 불연재료로 하여야 한다. 다만, 지정수량의 10배 이하의 위험물의 저장창고 또는 제2류와 제4류의 위험물(인화성고체 및 인화점이 70℃ 미만인 제4류 위험물을 제외한다)만의 저장창고에 있어서는 연소의 우려가 없는 벽·기둥 및 바닥은 불연재료로 할 수 있다.**
8. 저장창고는 지붕을 폭발력이 위로 방출될 정도의 가벼운 불연재료로 하고, 천장을 만들지 아니하여야 한다. 다만, 제2류 위험물(분상의 것과 인화성고체를 제외한다)과 제6류 위험물만의 저장창고에 있어서는 지붕을 내화구조로 할 수 있고, 제5류 위험물만의 저장창고에 있어서는 당해 저장창고내의 온도를 저온으로 유지하기 위하여 난연재료 또는 불연재료로 된 천장을 설치할 수 있다.
9. 저장창고의 출입구에는 갑종방화문 또는 을종방화문을 설치하되, 연소의 우려가 있는 외벽에 있는 출입구에는 수시로 열 수 있는 자동폐쇄식의 갑종방화문을 설치하여야 한다.
10. 저장창고의 창 또는 출입구에 유리를 이용하는 경우에는 망입유리로 하여야 한다.
11. 제1류 위험물 중 알칼리금속의 과산화물 또는 이를 함유하는 것, 제2류 위험물 중 철분·금속분·마그네슘 또는 이중 어느 하나 이상을 함유하는 것, 제3류 위험물 중 금수성물질 또는 제4류 위험물의 저장창고의 바닥은 물이 스며 나오거나 스며들지 아니하는 구조로 하여야 한다.
12. 액상의 위험물의 저장창고의 바닥은 위험물이 스며들지 아니하는 구조로 하고, 적당하게 경사지게 하여 그 최저부에 집유설비를 하여야 한다.

13. 저장창고에 선반 등의 수납장을 설치하는 경우에는 다음 각목의 기준에 적합하게 하여야 한다.
    가. 수납장은 불연재료로 만들어 견고한 기초 위에 고정할 것
    나. 수납장은 당해 수납장 및 그 부속설비의 자중, 저장하는 위험물의 중량 등의 하중에 의하여 생기는 응력에 대하여 안전한 것으로 할 것
    다. 수납장에는 위험물을 수납한 용기가 쉽게 떨어지지 아니하게 하는 조치를 할 것
14. 저장창고에는 별표 4 V 및 VI의 규정에 준하여 채광·조명 및 환기의 설비를 갖추어야 하고, 인화점이 70℃ 미만인 위험물의 저장창고에 있어서는 내부에 체류한 가연성의 증기를 지붕 위로 배출하는 설비를 갖추어야 한다.
15. 저장창고에 설치하는 전기설비는 「전기사업법」에 의한 전기설비기술기준에 의하여야 한다.
16. 지정수량의 10배 이상의 저장창고(제6류 위험물의 저장창고를 제외한다)에는 피뢰침을 설치하여야 한다. 다만, 저장창고의 주위의 상황에 따라 안전상 지장이 없는 경우에는 피뢰침을 설치하지 아니할 수 있다.
17. 제5류 위험물 중 셀룰로이드 그 밖에 온도의 상승에 의하여 분해·발화할 우려가 있는 것의 저장창고는 당해 위험물이 발화하는 온도에 달하지 아니하는 온도를 유지하는 구조로 하거나 다음 각목의 기준에 적합한 비상전원을 갖춘 통풍장치 또는 냉방장치 등의 설비를 2 이상 설치하여야 한다.
    가. 상용전력원이 고장인 경우에 자동으로 비상전원으로 전환되어 가동되도록 할 것
    나. 비상전원의 용량은 통풍장치 또는 냉방장치 등의 설비를 유효하게 작동할 수 있는 정도일 것

Ⅱ. 다층건물의 옥내저장소의 기준

옥내저장소중 제2류 또는 제4류의 위험물(인화성고체 및 인화점이 70℃ 미만인 제4류 위험물을 제외한다)만을 저장 또는 취급하는 저장창고가 다층건물인 옥내저장소의 위치·구조 및 설비의 기술기준은 Ⅰ제1호 내지 제4호 및 제8호 내지 제16호의 규정에 의하는 외에 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 저장창고는 각층의 바닥을 지면보다 높게 하고, 바닥면으로부터 상층의 바닥(상층이 없는 경우에는 처마)까지의 높이(이하 "층고"라 한다)를 6m 미만으로 하여야 한다.
2. 하나의 저장창고의 바닥면적 합계는 1,000㎡ 이하로 하여야 한다.
3. 저장창고의 벽·기둥·바닥 및 보를 내화구조로 하고, 계단을 불연재료로 하며, 연소의 우려가 있는 외벽은 출입구외의 개구부를 갖지 아니하는 벽으로 하여야 한다.
4. 2층 이상의 층의 바닥에는 개구부를 두지 아니하여야 한다. 다만, 내화구조의 벽과 갑종방화문 또는 을종방화문으로 구획된 계단실에 있어서는 그러하지 아니하다.

Ⅲ. 복합용도 건축물의 옥내저장소의 기준

옥내저장소중 지정수량의 20배 이하의 것(옥내저장소외의 용도로 사용하는 부분이 있는 건축물에 설치하는 것에 한한다)의 위치·구조 및 설비의 기술기준은 Ⅰ제3호, 제11호 내지 제17호의 규정에 의하는 외에 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 옥내저장소는 벽·기둥·바닥 및 보가 내화구조인 건축물의 1층 또는 2층의 어느 하나의 층에 설치하여야 한다.
2. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분의 바닥은 지면보다 높게 설치하고 그 층고를 6m 미만으로 하여야 한다.
3. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분의 바닥면적은 75㎡ 이하로 하여야 한다.
4. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분은 벽·기둥·바닥·보 및 지붕(상층이 있는 경우에는 상층의 바닥)을 내화구조로 하고, 출입구외의 개구부가 없는 두께 70㎜ 이상의 철근콘크리트조 또는 이와 동등 이상의 강도가 있는 구조의 바닥 또는 벽으로 당해 건축물의 다른 부분과 구획되도록 하여야 한다.
5. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분의 출입구에는 수시로 열 수 있는 자동폐쇄방식의 갑종방화문을 설치하여야 한다.
6. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분에는 창을 설치하지 아니하여야 한다.
7. 옥내저장소의 용도에 사용되는 부분의 환기설비 및 배출설비에는 방화상 유효한 댐퍼 등을 설치하여야 한다.

Ⅳ. 소규모 옥내저장소의 특례

1. 지정수량의 50배 이하인 소규모의 옥내저장소중 저장창고의 처마높이가 6m 미만인 것으로서 저장창고가 다음 각목에 정하는 기준에 적합한 것에 대하여는 Ⅰ제1호·제2호 및 제6호 내지 제9호의 규정은 적용하지 아니한다.
    가. 저장창고의 주위에는 다음 표에 정하는 너비의 공지를 보유할 것

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비
지정수량의 5배 이하	
지정수량의 5배 초과 20배 이하	1m 이상
지정수량의 20배 초과 50배 이하	2m 이상

나. 하나의 저장창고 바닥면적은 150㎡ 이하로 할 것

다. 저장창고는 벽·기둥·바닥·보 및 지붕을 내화구조로 할 것

라. 저장창고의 출입구에는 수시로 개방할 수 있는 자동폐쇄방식의 갑종방화문을 설치할 것

마. 저장창고에는 창을 설치하지 아니할 것

2. 지정수량의 50배 이하인 소규모의 옥내저장소중 저장창고의 처마높이가 6m 이상인 것으로서 저장창고가 제1호 나목 내지 마목의 규정에 의한 기준에 적합한 것에 대하여는 Ⅰ제1호 및 제6호 내지 제9호의 규정은 적용하지 아니한다.

Ⅴ. 고인화점 위험물의 단층건물 옥내저장소의 특례

1. 고인화점 위험물만을 저장 또는 취급하는 단층건물의 옥내저장소중 저장창고의 처마높이가 6m 미만인 것으로서 위치 및 구조가 다음 각목의 규정에 적합한 것은 Ⅰ제1호·제2호·제8호 내지 제10호 및 제16호의 규정은 적용하지 아니한다.

가. 지정수량의 20배를 초과하는 옥내저장소에 있어서는 별표 4 Ⅺ제1호의 규정에 준하여 안전거리를 둘 것

나. 저장창고의 주위에는 다음 표에 정하는 너비의 공지를 보유할 것

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비	
	당해 건축물의 벽·기둥 및 바닥이 내화구조로 된 경우	왼쪽란에 정하는 경우외의 경우
20배 이하		0.5m 이상
20배 초과 50배 이하	1m 이상	1.5m 이상
50배 초과 200배 이하	2m 이상	3m 이상
200배 초과	3m 이상	5m 이상

다. 저장창고는 지붕을 불연재료로 할 것

라. 저장창고의 창 및 출입구에는 방화문 또는 불연재료나 유리로 된 문을 달고, 연소의 우려가 있는 외벽에 두는 출입구에는 수시로 열 수 있는 자동폐쇄방식의 갑종방화문을 설치할 것

마. 저장창고의 연소의 우려가 있는 외벽에 설치하는 출입구에 유리를 이용하는 경우에는 망입유리로 할 것

2. 고인화점 위험물만을 저장 또는 취급하는 단층건물의 옥내저장소중 저장창고의 처마높이가 6m 이상인 것으로서 위치가 제1호가목의 규정에 의한 기준에 적합한 것은 Ⅰ제1호의 규정은 적용하지 아니한다.

Ⅵ. 고인화점 위험물의 다층건물 옥내저장소의 특례

1. 고인화점 위험물만을 저장 또는 취급하는 다층건물의 옥내저장소중 그 위치 및 구조가 다음 각목의 규정에 의한 기준에 적합한 것에 대하여는 Ⅰ제1호·제2호·제8호 내지 제10호 및 제16호와 Ⅱ제3호의 규정은 적용하지 아니한다.

가. Ⅴ제1호 각목의 기준에 적합할 것

나. 저장창고는 벽·기둥·바닥·보 및 계단을 불연재료로 만들고, 연소의 우려가 있는 외벽은 출입구외의 개구부가 없는 내화구조의 벽으로 할 것

Ⅶ. 고인화점 위험물의 소규모 옥내저장소의 특례

1. 고인화점 위험물만을 지정수량의 50배 이하로 저장 또는 취급하는 옥내저장소중 저장창고의 처마높이가 6m 미만인 것으로서 Ⅳ제1호 나목 내지 마목의 규정에 의한 기준에 적합한 것에 대하여는 Ⅰ제1호·제2호 및 제6호 내지 제9호 및 제16호의 규정은 적용하지 아니한다.
2. 고인화점 위험물만을 지정수량의 50배 이하로 저장 또는 취급하는 옥내저장소중 처마높이가 6m 이상인 것으로서 저장창고가 Ⅳ제1호 각목의 규정에 의한 기준에 적합한 것에 대하여는 Ⅰ제1호·제2호·제6호 내지 제9호의 규정은 적용하지 아니한다.

Ⅷ. 위험물의 성질에 따른 옥내저장소의 특례

1. 다음 각목의 1에 해당하는 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소에 있어서는 Ⅰ 내지 Ⅳ의 규정에 의하되, 당해 위험물의 성질에 따라 강화되는 기준은 제2호 내지 제4호에 의하여야 한다.
   가. 제5류 위험물중 유기과산화물 또는 이를 함유하는 것으로서 지정수량이 10㎏인 것(이하 "지정과산화물"이라 한다)
   나. 알킬알루미늄등
   다. 히드록실아민등
2. 지정과산화물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소에 대하여 강화되는 기준은 다음 각목과 같다.
   가. 옥내저장소는 당해 옥내저장소의 외벽으로부터 별표 4 Ⅰ제1호 가목 내지 다목의 규정에 의한 건축물의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측까지의 사이에 부표 1에 정하는 안전거리를 두어야 한다.
   나. 옥내저장소의 저장창고 주위에는 부표 2에 정하는 너비의 공지를 보유하여야 한다. 다만, 2 이상의 옥내저장소를 동일한 부지내에 인접하여 설치하는 때에는 당해 옥내저장소의 상호간 공지의 너비를 동표에 정하는 공지 너비의 3분의 2로 할 수 있다.
   다. 옥내저장소의 저장창고의 기준은 다음과 같다.
      1) 저장창고는 150㎡ 이내마다 격벽으로 완전하게 구획할 것. 이 경우 당해 격벽은 두께 30㎝ 이상의 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트조로 하거나 두께 40㎝ 이상의 보강콘크리트블록조로 하고, 당해 저장창고의 양측의 외벽으로부터 1m 이상, 상부의 지붕으로부터 50㎝ 이상 돌출하게 하여야 한다.
      2) 저장창고의 외벽은 두께 20㎝ 이상의 철근콘크리트조나 철골철근콘크리트조 또는 두께 30㎝ 이상의 보강콘크리트블록조로 할 것
      3) 저장창고의 지붕은 다음 각목의 1에 적합할 것
         가) 중도리 또는 서까래의 간격은 30㎝ 이하로 할 것
         나) 지붕의 아래쪽 면에는 한 변의 길이가 45㎝ 이하의 환강(丸鋼)·경량형강(輕量形鋼) 등으로 된 강제(鋼製)의 격자를 설치할 것
         다) 지붕의 아래쪽 면에 철망을 쳐서 불연재료의 도리·보 또는 서까래에 단단히 결합할 것
         라) 두께 5㎝ 이상, 너비 30㎝ 이상의 목재로 만든 받침대를 설치할 것
      4) 저장창고의 출입구에는 갑종방화문을 설치할 것
      5) 저장창고의 창은 바닥면으로부터 2m 이상의 높이에 두되, 하나의 벽면에 두는 창의 면적의 합계를 당해 벽면의 면적의 80분의 1 이내로 하고, 하나의 창의 면적을 0.4㎡ 이내로 할 것
   라. Ⅱ 내지 Ⅳ의 규정은 적용하지 아니한다.
3. 알킬알루미늄등을 저장 또는 취급하는 옥내저장소에 대하여 강화되는 기준은 다음 각목과 같다.
   가. 옥내저장소에는 누설범위를 국한하기 위한 설비 및 누설한 알킬알루미늄등을 안전한 장소에 설치된 조(槽)로 끌어들일 수 있는 설비를 설치하여야 한다.
   나. Ⅱ 내지 Ⅳ의 규정은 적용하지 아니한다.
4. 히드록실아민등을 저장 또는 취급하는 옥내저장소에 대하여 강화되는 기준은 히드록실아민등의 온도의 상승에 의한 위험한 반응을 방지하기 위한 조치를 강구하는 것으로 한다.

Ⅸ. 수출입 하역장소의 옥내저장소의 특례

「관세법」 제154조에 따른 보세구역, 「항만법」 제2조제1호에 따른 항만 또는 같은 조 제7호에 따른 항만배후단지 내에서 수출입을 위한 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소 중 Ⅰ(제2호는 제외한다)의 규정에 적합한 것은 다음 표에 정하는 너비의 공지(空地)를 보유할 수 있다.

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비	
	벽·기둥 및 바닥이 내화구조로 된 건축물	그 밖의 건축물
지정수량의 5배 이하		0.5m 이상
지정수량의 5배 초과 10배 이하	1m 이상	1.5m 이상
지정수량의 10배 초과 20배 이하	2m 이상	3m 이상
지정수량의 20배 초과 50배 이하	3m 이상	3.3m 이상
지정수량의 50배 초과 200배 이하	3.3m 이상	3.5m 이상
지정수량의 200배 초과	3.5m 이상	5m 이상

[부표 1] 〈개정 2005.5.26〉

지정과산화물의 옥내저장소의 안전거리(별표 5관련)

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	안전거리					
	별표 4 Ⅰ제1호 가목에 정하는 것		별표 4 Ⅰ제1호 나목에 정하는 것		별표 4 Ⅰ제1호 다목에 정하는 것	
	저장창고의 주위에 비고 제1호에 정하는 담 또는 토제를 설치한 경우	왼쪽란에 정하는 경우 외의 경우	저장창고의 주위에 비고 제1호에 정하는 담 또는 토제를 설치한 경우	왼쪽란에 정하는 경우 외의 경우	저장창고의 주위에 비고 제1호에 정하는 담 또는 토제를 설치한 경우	왼쪽란에 정하는 경우 외의 경우
10배 이하	20m 이상	40m 이상	30m 이상	50m 이상	50m 이상	60m 이상
10배 초과 20배 이하	22m 이상	45m 이상	33m 이상	55m 이상	54m 이상	65m 이상
20배 초과 40배 이하	24m 이상	50m 이상	36m 이상	60m 이상	58m 이상	70m 이상
40배 초과 60배 이하	27m 이상	55m 이상	39m 이상	65m 이상	62m 이상	75m 이상
60배 초과 90배 이하	32m 이상	65m 이상	45m 이상	75m 이상	70m 이상	85m 이상
90배 초과 150배 이하	37m 이상	75m 이상	51m 이상	85m 이상	79m 이상	95m 이상
150배 초과 300배 이하	42m 이상	85m 이상	57m 이상	95m 이상	87m 이상	105m 이상
300배 초과	47m 이상	95m 이상	66m 이상	110m 이상	100m 이상	120m 이상

비 고

1. 담 또는 토제는 다음 각목에 적합한 것으로 하여야 한다. 다만, 지정수량의 5배이하인 지정과산화물의 옥내저장소에 대하여는 당해 옥내저장소의 저장창고의 외벽을 두께 30㎝ 이상의 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트조로 만드는 것으로서 담 또는 토제에 대신할 수 있다.
   가. 담 또는 토제는 저장창고의 외벽으로부터 2m 이상 떨어진 장소에 설치할 것. 다만, 담 또는 토제와 당해 저장창고와의 간격은 당해 옥내저장소의 공지의 너비의 5분의 1을 초과할 수 없다.
   나. 담 또는 토제의 높이는 저장창고의 처마높이 이상으로 할 것
   다. 담은 두께 15㎝ 이상의 철근콘크리트조나 철골철근콘크리트조 또는 두께 20㎝ 이상의 보강콘크리트블록조로 할 것
   라. 토제의 경사면의 경사도는 60도 미만으로 할 것
2. 지정수량의 5배 이하인 지정과산화물의 옥내저장소에 당해 옥내저장소의 저장창고의 외벽을 제1호 단서의 규정에 의한 구조로 하고 주위에 제1호 각목의 규정에 의한 담 또는 토제를 설치하는 때에는 별표 4 Ⅰ제1호 가목에 정하는 건축물 등까지의 사이의 거리를 10m 이상으로 할 수 있다.

[부표 2] 〈개정 2005.5.26〉

지정과산화물의 옥내저장소의 보유공지(별표 5관련)

저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량	공지의 너비	
	저장창고의 주위에 비고 제1호에 담 또는 토제를 설치하는 경우	왼쪽란에 정하는 경우 외의 경우
5배 이하	3.0m 이상	10m 이상
5배 초과 10배 이하	5.0m 이상	15m 이상

10배 초과 20배 이하	6.5m 이상	20m 이상
20배 초과 40배 이하	8.0m 이상	25m 이상
40배 초과 60배 이하	10.0m 이상	30m 이상
60배 초과 90배 이하	11.5m 이상	35m 이상
90배 초과 150배 이하	13.0m 이상	40m 이상
150배 초과 300배 이하	15.0m 이상	45m 이상
300배 초과	16.5m 이상	50m 이상

비 고

1. 담 또는 토제는 다음 각목에 적합한 것으로 하여야 한다. 다만, 지정수량의 5배 이하인 지정과산화물의 옥내저장소에 대하여는 당해 옥내저장소의 저장창고의 외벽을 두께 30㎝ 이상의 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트조로 만드는 것으로서 담 또는 토제에 대신할 수 있다.
   가. 담 또는 토제는 저장창고의 외벽으로부터 2m 이상 떨어진 장소에 설치할 것. 다만, 담 또는 토제와 당해 저장창고와의 간격은 당해 옥내저장소의 공지의 너비의 5분의 1을 초과할 수 없다.
   나. 담 또는 토제의 높이는 저장창고의 처마높이 이상으로 할 것
   다. 담은 두께 15㎝ 이상의 철근콘크리트조나 철골철근콘크리트조 또는 두께 20㎝ 이상의 보강콘크리트블록조로 할 것
   라. 토제의 경사면의 경사도는 60도 미만으로 할 것
2. 지정수량의 5배 이하인 지정과산화물의 옥내저장소에 당해 옥내저장소의 저장창고의 외벽을 제1호 단서의 규정에 의한 구조로 하고 주위에 제1호 각목의 규정에 의한 담 또는 토제를 설치하는 때에는 그 공지의 너비를 2m 이상으로 할 수 있다.

상기 예시들과 같이 여러 부처의 소관 제도로 분산되어 있거나 용어 정의의 불분명하여, 불확실한 안전설계가 진행될 여지가 있는 제도/기준들을 기계설비법 하위 "기계설비 기술기준 – 플랜트 안전부문" 으로 인용, 정리(통합 또는 축소)하여 통합적인 플랜트 안전관리 체계 구축이 필요

□ ((정부지원의 필요성) 플랜트 시설물 대상 국가주도 안전설계 기반 구축 및 제도화 요구 증대) 플랜트는 중대형 규모의 특수시설물로서 공동주도형 시설물 안전설계 기반 구축 및 제도적 기반 운영 요구 증대

o 플랜트는 엔지니어링, 기자재, 시공 등이 복합된 대규모의 종합설비로서, 사고 시 대형 인명피해, 환경오염, 재산손실이 발생될 가능성이 높음
플랜트 안전성을 높이기 위한 설계, 시공, 검증 단계의 체계적인 안전관리 체계 도입은 정부주도의 공공성이 매우 높은 행정서비스로 통합적인 안전관리 감독 필요

- 대규모 플랜트 시설물 설계 및 설비와 융복합 건설 수요 증가, 극한조건에서의 시설운용, 생산성 및 안전성 확보 기술들이 다양해지면서 이를 통합적으로 정리하고 관리해야 할 정부주도의 플랜트 안전 설계 기반 구축이 필수적임
- 잠재적인 고위험 플랜트 시설물의 재난관리는 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 필수적 요소이며, 안전성이 확보된 기술을 바탕으로 글로벌 신시장 개척 등 국익에 미치는 영향이 매우 크므로 정부주도의 전략적 지원 중요
- (화재/폭발) 화재/폭발에 대비한 플랜트 안전관리 체계 구축은 화재/폭발 위험도 평가 및 구조 안전 설계, 시공 및 유지관리체계가 필요한 분야로 공공성이 매우 높은 행정

서비스로 정부주도의 통합 안전관리 패키지 마련이 필요함

- 플랜트 폭발로 인한 재난은 파급효과가 매우 크며 화재 및 환경오염 등의 복합적 재난이 될 수 있으며 이에 대한 관리는 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 필수적 요소임. 플랜트 산업은 건설, 화공, 기계 등 설계 기술과 설비 기재재 등의 생산 기술 및 시공 유지관리 기술 등 복합된 대규모 산업으로 대규모 복합산업의 특성상 민간 리스크(최소한의 관리 없이 민간에서 자유롭게 안전설계를 실시할 경우 발생할 수 있는 잠재적 위험요인)를 경감할 수 있도록 정부주도의 전략적 정책 지원이 중요함.
- (지진) 신축플랜트의 내진설계/시공 기준, 기존플랜트의 내진평가 및 내진보강 기준, 비상대책 및 유지관리 기준, 내진성능인증 평가시험절차 기준 등 다양한 기준이 정부지원 및 주도 하에 일관적이고 통합된 형식으로 정립되어야 할 필요가 있음
- 경주 및 포항 지진 이후 지진은 이제 국내에서도 실효적 위협으로 인식되고 있음. 반면, 현행 플랜트 건물의 기본구조의 경우 대부분 에너지 소산 요소의 구분 및 항복 메커니즘이 명확하지 않은 비정의구조물이며, 따라서 지진 내습 시 거동과 내진 성능이 불분명하여 이에 따라 구조시스템 차원에서부터의 내진성능 개선방안이 시급함(요소 설비에 대한 내진기술은 다수 존재하나 플랜트 구조물/시설물 차원에서의 내진기술은 걸음마 단계). 국가주도의 학술연구를 기반으로 하여, 한국형 플랜트특화 고성능 지진력저항시스템과 실무친화적인 관련 설계법 및 인증접합부를 개발함으로써 국내 플랜트 시설의 내진안전성을 제고할 필요가 있음



Damage to a coke oven gas pipe (Source : Sumitomo)

Damage to the base of the coke oven (Source : Sumitomo)

Gas holder fire, March 11th, 2011 (amateur photo)

[그림 1.2.3] 본 Sumitomo 제철소 피해현황 (2011 동일본 대지진)

〈표 1.2.4〉 일본 동북부 대지진(2011)으로 인한 플랜트 시설 화재피해사례

구분	개소	화재 및 폭발 내역
미야기현	1	배관 랙, 위험물 탱크 등이 변형되었고 누출된 기름에 의해 화재가 발생 (LPG 출하설비 화재)
치바현	3	LPG 탱크 전도, LPG배관 손상, LPG 누출 및 발화, LPG탱크 17기 파열 및 전소 (화재 및 파열에 의한 비산물로 가연성 가스배관 파손, 누출된 가스에 의한 화재)



경상일보

2016년 07월 08일 금요일 003면 종합

긴급진단 울산지진-전문가에게 듣는다

"석유화학업체·원전 밀집한 울산도 규모 7 수준 내륙형 지진 대비해야"

(1) 한반도, 지진 안전지대인가-UNIST 도시환경공학부 신명수 교수

대자연이 던지고 있는 경고 제대로 인식해야 재난 막아

지난 7월5일 오후 필자는 대학원생과 함께 학교 연구실에서 실험계획 토의에 몰두하고 있었다. 어느순간 갑자기 건물이 '고유 진동수를 느낄 수 있을 정도로' 수 초간 심하게 흔들렸다. 우리는 곧 지진이 발생한 것을 직감했고, 여진을 우려해 비상계단을 이용해 서둘러 건물 밖

계적인 내진설계 표준을 따르자면 과거 수 천년 간의 기록을 살피는 것

함하는 울산 일대에는 총 10기의 원자력발전소가 가동 중이며, 건설 중인 원전까지 포함하면 14기에 달한다.

우리 모두는 2011년 3월11일 일본 동부 대지진과 지진해일로부터 비롯된 후쿠시마 원자력발전소 폭발 사고를 생생히 기억하고 있다. 이 사건은 인류가 꿈속에서 조차 상상하지 못했던 규모의 엄청난 피해와 절망감을 전세계에 남겼다. 이로 인해 방사능 오염물질의 전 지구적 확



[그림 1.2.4] 일본 동북부 지진(2011)으로 인한 가스저장시설 화재 및 폭발 사례

o 플랜트 개별설비 단위의 안전설계는 대부분 해외기술(민간기업 보유기술(License) 등)에 의존하고 있어 공정 자체에 국가가 법/제도를 기반으로서 개입하는 것은 어려웠으나 시설물을 대상으로 한 안전기준 적용은 국내 법/제도에 기반하여 보다 합리적, 실효적으로 개선하여 일관성 있는 통합 기술기준의 확립 필요

- 플랜트 안전 확보를 위한 포괄적, 핵심적 기술의 저변 확보와 제도운영의 합리성과 활용성 확대를 위해서는 정부 지원의 기준수립과 조정역할이 필수적임

다. 기술부문

□ **(플랜트 안전기술 기반 부족) 플랜트산업 활성화를 위한 정책 및 생산성 향상 위주의 기술에 비해 안전부문의 기술개발 연구와 정책 개선은 매우 부족한 실정**

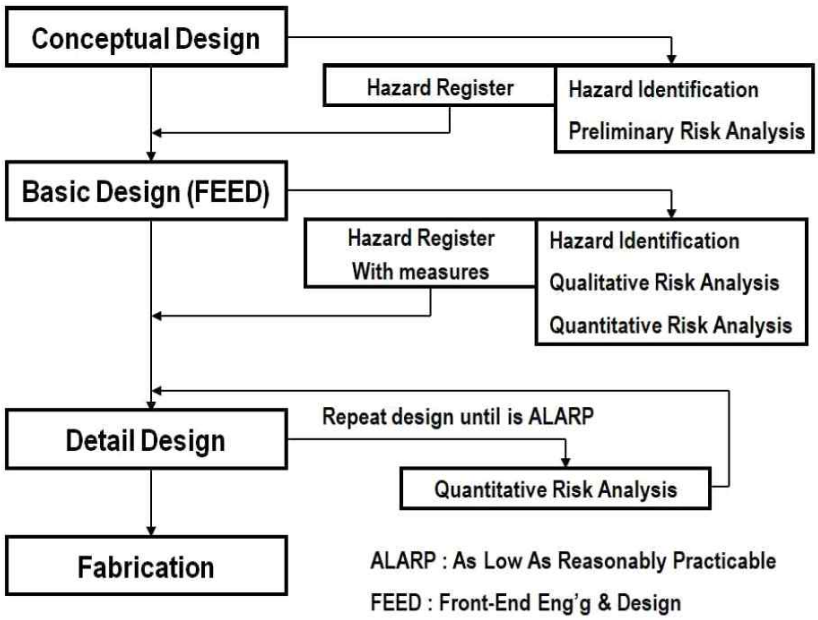
ㅇ 플랜트 안전설계 기술은 플랜트의 핵심기술 중의 하나로서, 안전설계 기술 보유여부에 따라 플랜트 수주규모 및 업계판도 큰 영향력 존재

- 플랜트 안전관련 설계·제작·신뢰성 검증·테스트 기술 확보를 통해 통합적 플랜트 안전 설계기술 구축 필요

ㅇ 플랜트 설계의 주안점은 플랜트가 운영되어질 때 가동률(Production availability)을 높이고 플랜트 위험도(Risk)를 낮추는 것으로 목표 설정

- 가동률 개념의 경우, EPC社의 경험으로 설계가 일정 수준 가능하나 플랜트 위험도 분석을 통한 안전설계 능력은 매우 부족한 실정으로 외국기관에 전적으로 의존

ㅇ 안전 관련 기술력의 부족은 플랜트 시장에서 국내 기관의 기술 경쟁력 신장에 걸림돌로 작용하므로 개념설계 및 FEED 패키지 설계능력을 확보하기 위해서는 안전설계 및 신뢰성 공학 기술 등을 포함한 안전기술의 기반 확보가 필수



* 출처 : 대형 기계설비 안전기술 개발, 한국기계연구원(2014)

[그림 1.2.5] 안전 기반 플랜트 설계 프로세스

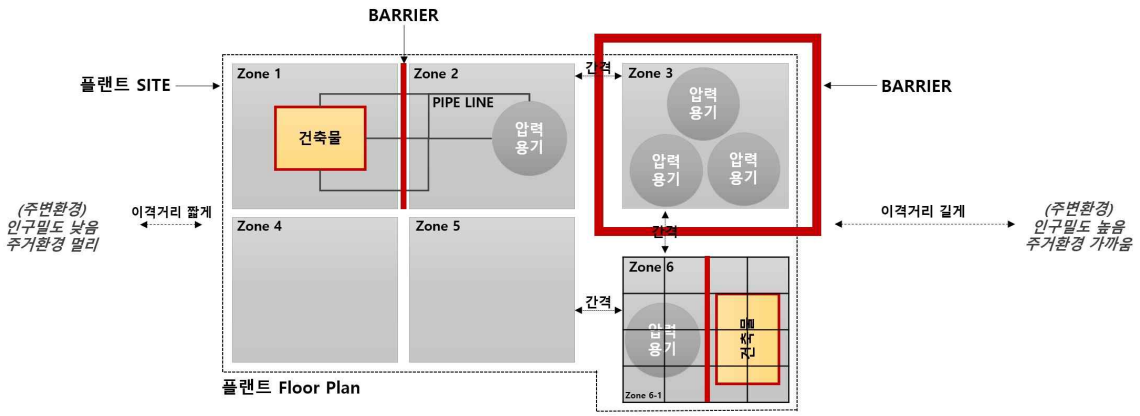
□ **(재난유형-화재/폭발) 현재, 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 개별설비/시스템)의 안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 시설물 및 구획/공간 중심의 플랜트 안전기술 미흡**

- ㅇ 소관 부처별 규정에서는 방재대상 및 범위가 개별 구성요소 수준(플랜트 개별설비/시스템)에 그치고 있으므로 구획/공간단위 위험도평가 결과를 고려한 구획/공간 관점에서의 플랜트 시설물 안전설계 기술 필요

- ㅇ 플랜트 시설물은 일반 건축물 비해 화재폭발로 야기되는 위험이 높기 때문에 차별화된 안전설계가 필요하나 위험도 기반 맞춤 설계가 이루어지지 못하고 있음(고위험물질의 종류, 취급 용량, 사용환경(제조·저장·운반의 공정 요인 및 이격거리 등 포함)에 대한 특성을 반영한 시설물 안전설계 필요)

□ **구획/공간 관점의 플랜트 안전설계(예시)**

* 재난 발생 시 단위 구획/공간 내 위험도 및 장외 영향도를 종합/정량적으로 평가를 의미



구획/공간 위험도 평가에 따른 안전설계 개념도

- ㅇ 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준의 안전성능에 대한 검토는 산자부의 소관으로 많이 치우쳐 있으므로, 국토교통부는 구획/공간 관점에서의 플랜트 안전설계 기반 구축이 필요

- ㅇ **(플랜트 SITE 일부 - Zone 1)** 플랜트 SITE 내에는 지붕이 있는 건축물이 존재할 수 있으며, 이 건축물 내부에는 생산을 목적으로 하는 기계설비 존재 가능

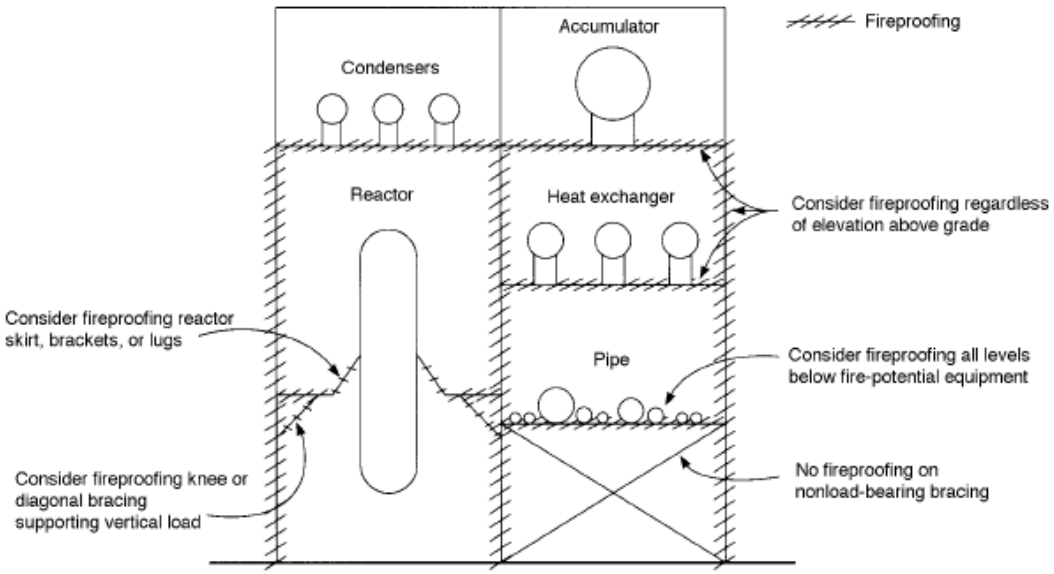
  - (시설물 중심) 건축물 내부 플랜트 시설/장비의 위험도에 따른 철골구조물 또는 주요구조부의 내화기준 강화(보, 벽, 기둥 두께 증가 등) ← API PUBL 2218 참고

API PUBL 2218 참고

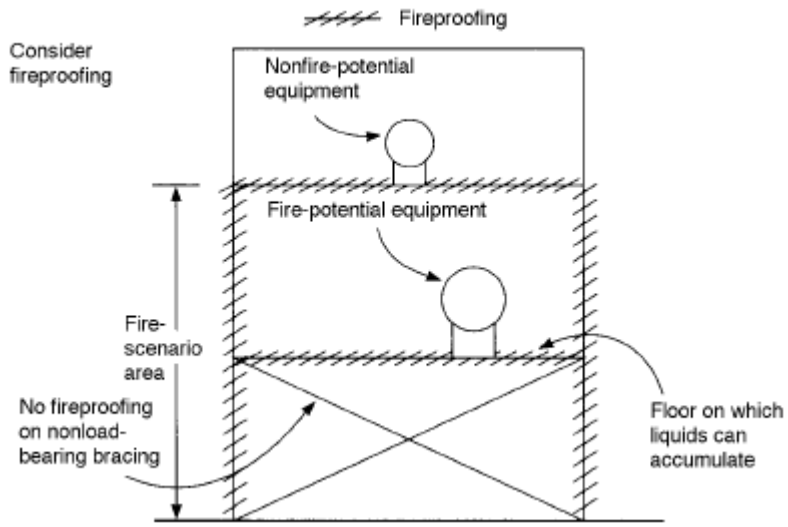
- API PUBL 2218에서는 플랜트 시설물 내의 구체적인 설비 유형별로 시설물의 내화범위에 대한 가이드 라인을 제시하고 있음

▶ 다층 구조의 철골구조물(Multilevel Equipment Structures, Excluding Pipe Racks)

- 연료추가 또는 화재확대의 잠재성이 있는 설비를 지지하는 구조물인 경우에는 가장 높은 위치까지 수직 및 수평의 지지구조물에 대하여 내화구조로 하여야 함

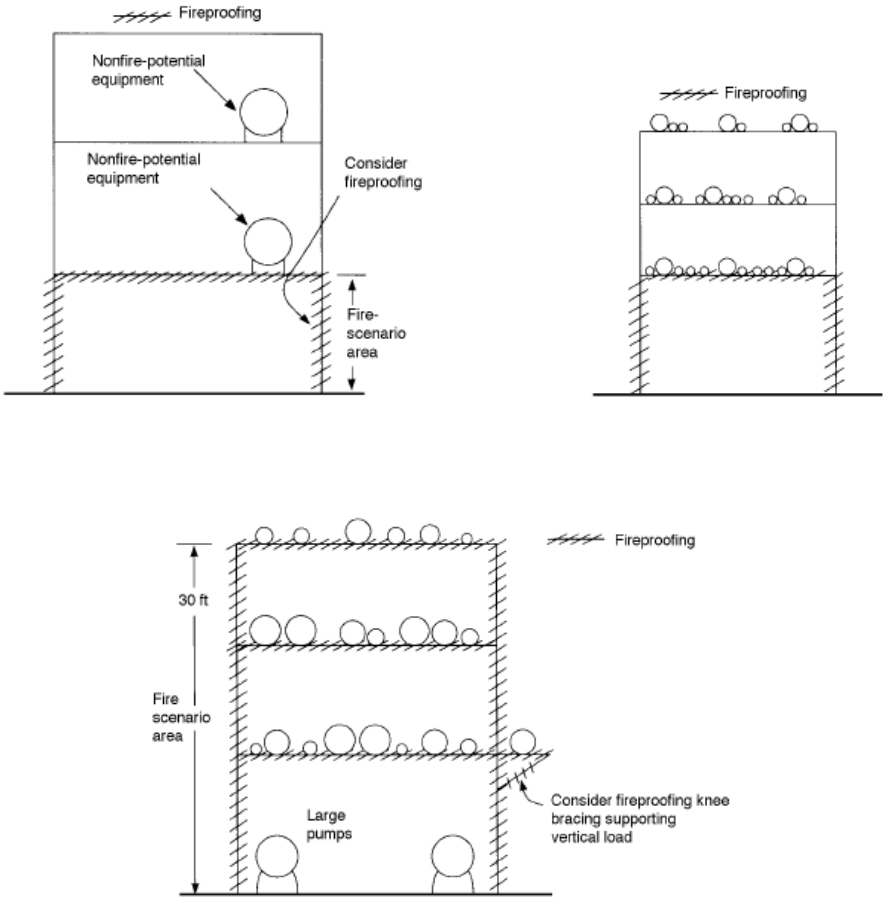


- 액체 상태의 탄화수소 물질이 다량 유지될 수 있는 바닥과 플랫폼은 지면에 설치된 것과 동등하게 상부의 철골 구조물에 대하여 내화구조로 하여야 함

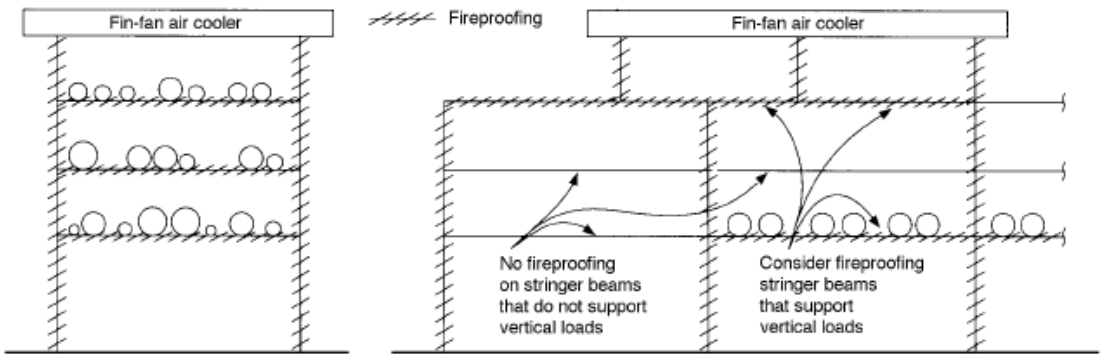


▶ 파이프 랙(Pipe Rack)지지 구조물

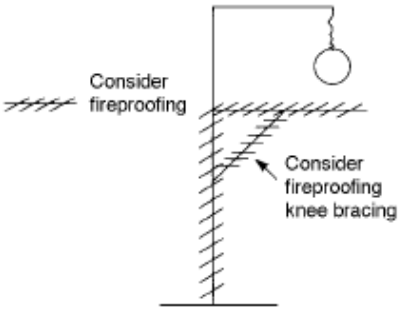
- 파이프 랙이 화재위험지역 내에 있는 파이프 랙 1단까지(다만, 파이프 랙 하부에 대용량 펌프가 있는 경우는 9.1m까지) 모든 수직 및 수평구조물을 내화구조로 하여야 함

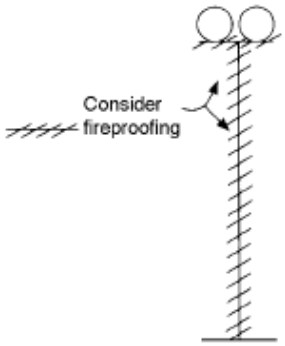


- 파이프 랙 최상부에 액체상태의 가연성물질(탄화수소)이 공급되는 Fin-Fan형 공기 냉각기가 있는 경우는 높이에 관계없이 전 층의 모든 수직 및 수평구조물을 내화구조로 하여야 함



- 배관이 파이프 랙을 벗어나 측면 파이프 랙 또는 독립적인 기둥을 필요로 하는 경우, 직경 150mm 이상의 배관이나 탑류에 연결된 펌프인입배관과 같이 중요한 배관의 지지대는 내화구조로 하여야 함





▶ 탑류와 수직형 용기(Tower, Vertical-Vessel)의 Skirt
- 탑류 및 수직용기의 Skirt에 개구부가 없는 경우에는 외부 표면만을 내화구조로 함
- 탑류 및 수직용기의 Skirt에 밀폐되지 않은 직경 600mm 또는 동등 이상의 개구부가 있거나, Skirt 내부에 플랜지나 밸브 등 누출위험이 있는 연결부위가 있으면 Skirt 내외부 모두를 내화구조로 하여야 함
- Skirt에 설치된 맨홀 등 개구부를 막는 경우에는 마개를 탈착이 가능ㅎ한 두께 6mm 이상의 철판으로 제작하여야 함
- Skirt에 부착된 Bracket 또는 Lug도 포함하여 내화조치를 하여야 함

▶ 탑류 및 용기의 지지대
- 탑류 또는 용기류가 지지대 위에 설치되면, 지지대의 가장 높은 위치까지 내화구조로 하여야 함

▶ Horizontal Type 열교환기, 냉각기, 드럼 등의 받침대
- 직경 750mm 이상인 열교환기, 냉각기, 드럼 등의 철제 받침대(Steel saddles)가 콘크리트 받침대와 동체와의 간격이 300mm를 초과하는 경우 철제 받침대도 내화구조로 하여야 함

▶ 가열로(Fire Heater)의 지지구조물
- 인화성 또는 가연성 액체를 처리하고 있는 직화 가열로를 지지하고 있는 모든 철골구조물은 내화구조로 하여야 함
- 화재위험 지역 내에 위치한다면 가연성물질이 아닌 다른 물질을 취급하는 직화 가열로의 철골구조물도 내화구조로 하여야 함
- 스팀과열기(Steam Superheater), 열분해장치의 공기히터와 같은 탄화수소를 취급하지 않는 설비도 이들의 붕괴가 인근 탄화수소 처리설비나 배관 등의 손상을 초래할 수 있으면 이들의 구조물도 내화구조로 하여야 함

▶ 전력 및 계기용 케이블(Electrical power & instrument cable)
- 화재영향을 경감시키기 위해서는 긴급가동정지 시스템과 같은 필요한 장치를 구동하거나 제어하기 위해 사용되는 전기나 제어시스템은 화재로부터 보호되어야 하며, 이들은 화재에 노출될 경우 세이프(Fail-safe) 시스템으로 설계되어야 함
- 만일 화재 중 긴급가동정지장치(감압장치, 격리장치 포함)를 작동시키기 위해 사용되는 제어계통의 배선이 화재에 노출될 수 있으면 배선은 UL 1709에 의한 내화성능으로 15~30분간 화재로부터 보호되어야 함

* 출처: 화학플랜트에서 철골구조물 내화기준의 합리적인 개선에 관한 연구, 황순용 외 2명, 2007

* 출처: 화학물질 취급시설의 안전관리 합리화 방안 연구: 건축물 내화기준 중심, 이은별 외 1명, 2019

ㅇ **(플랜트 SITE 일부 - Zone 3)** 다른 Zone에 비해서 압력용기의 배치수가 많아 위험도가 상대적으로 높을 가능성 존재

- Zone별 위험도평가 결과에 따라 Zone과 Zone 사이 BARRIER 설치여부 및 두께 결정, Zone간의 이격거리 설정

ㅇ **(플랜트 SITE 전체)** 사고 위험성이 큰 플랜트의 경우 고위험(High Hazard) 시설물로 따로 분류함과 동시에 세부 위험인자의 특성에 따라 단계별 고위험등급(High Hazard Level)으로 분류

- 등급에 맞춰 방호등급(Protection Level)이 정해지고 관련 세부규정을 설정

- (구획/공간 중심) 플랜트 SITE 전체의 고위험등급 및 방호등급에 따라 플랜트 입지조건(도심지, 시외 등) 결정

□ **(재난유형-지진) 경주, 울산, 포항지진은 지진공학계는 물론 정부, 건물주, 시설물 관리자 등 모든 이해당사자에게 내진설계 및 내진보강의 필요성을 확인시킴**

ㅇ 비구조요소 내진이슈, 산업시설물의 내진안전성, 지진대응 및 복구, 국내의 지진위험도 및 활성단층 논란에 이르기까지 여러 가지 시사점과 과제 시사

- 중요 산업시설물의 내진성능을 전반적으로 재점검하고, 최근의 내진성능평가/내진설계 기술을 반영하여 합리적 대응책을 모색할 필요성 대두

ㅇ 현재 플랜트 내진설계의 경우 국내외를 불문하고 건물기반 내진기술을 적용하지만, 플랜트의 경우 비건물 구조형식을 갖는 설비 및 장비가 대다수를 이루므로 많은 혼선과 불합리가 불가피

- 지진위험도 및 대형설비와 지지구조가 상호작용하는 플랜트 시설물의 특성을 고려하여 적정한 내진 목표수준을 재설정하고, 설정된 내진성능 목표를 달성하기 위한 내진성능강화 방안 수립 필요

ㅇ 경주 지진 이후, 산업단지의 내진설계를 의무화하고 노후화된 시설에 대해서는 안전시설을 강화해야 한다는 언론보도가 나옴(그림2 참조)

- 경주 지역과 인근 울산지역은 원자력발전소, 석유화학공단, 화학공장, 운송시설 등이 산재되어 있어 평소에도 사고 위험이 높은 지역임

- 국내 원전의 경우 내진설계값이 0.2g으로 외국 수준과 동일하거나 높게 설정되어 있으며(미국: 0.183g, 일본: 0.27~6.0g),국내 석유화학단지도 설계 당시 선진국의 기준을 적용하였기 때문에 내진설계가 반영되었을 것으로 추정됨

- 하지만 내진설계 기준이 반영되지 않은 시설(일반 화학시설)이 다수 존재하며, 설령 내진

기준이 반영되었더라도 플랜트 및 건축물 시설의 노후화로 인해 내진성능이 떨어져 있을 가능성이 큼

- 이에 지진 영향 지역 내에 분포하는 산업단지의 내진설계 반영 여부 등을 확인하고, 지진 등 외부 압력에 의한 피해를 예방할 수 있는 강력한 안전관리 정책 마련이 시급함



[그림 1.2.6] 경주지진(2016.9.12.) 및 포항지진(2017.11.15.)의 피해 사례



Damage to a coke oven gas pipe (Source : Sumitomo)

Damage to the base of the coke oven (Source : Sumitomo)

Gas holder fire, March 11th, 2011 (amateur photo)

[그림 1.2.7] 일본 Sumitomo 제철소 피해현황(2011 동일본 대지진)

o 한국의 화학물질 취급시설의 내진설계는 「화학물질관리법」에서 장외영향평가서 혹은 위해관리계획서 제출 후 유해화학물질 취급시설 설치검사 시, 내진설계 여부 검사하도록 규정

- 지진 발생에 대비하여 KGS GC203(가스시설 내진설계 기준)에 따라 지진의 영향으로부터 안전한 구조로 설계 · 제작 · 설치 등 내진성능 확보, 안전장치 설치 등 필요한 조치 마련 여부 검사

- 그러나 화학물질 취급시설에 대해 가스시설 내진설계 기준에 따르라고만 규정되어 있고, 화학시설별 내진설계(예, 미국의 RMP)나 지진구역별 내진설계(예, 프랑스 지진구역도별 산업시설 내진설계)와 같은 상세한 규정이 없음

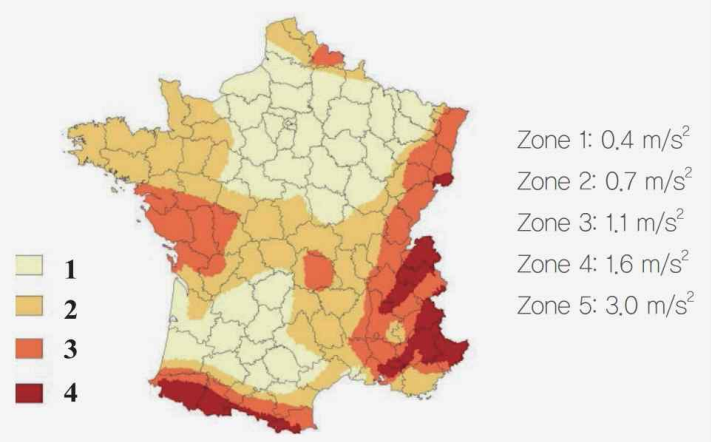
※ 미국의 위해관리계획(RMP) 제도 : 미국 환경보호청(EPA)이 주관하는 RMP(Risk

Management Plan)는 규정 수량 이상 독성물질을 취급하는 시설에서 화학사고 발생 시 사업장 밖의 환경에 미치는 영향을 분석하여 취급시설의 설계 단계에서부터 안전대책을 반영하도록 하는 제도 → RMP 규정에는 영국의 LUP 제도에서와 같이 자연재해를 고려한 외부 위험성 분석을 요구하는 사항은 없음. 단, 산업시설별로 내진설계 적용을 통해 지진으로 인한 화학물질 누출사고를 대비

- 시설별로 Uniform Building Code(재현주기 475년)9 또는 International Building Code(재현주기 2475년)10와 같은 내진설계 기준을 적용
- 하중 기준은 일반적인 구조설계의 요구조건과 각종 하중 기준을 반영한 지침서인 ASCE(American Society of Civil Engineers) 지침서 적용

※ 프랑스의 산업시설 내진설계 : 신규 지진구역도에 따른 중대 산업시설 내진설계에 관한 새로운 규정 마련(Decrees 2010-1254와 2010-1255)

- 지진의 위험도에 따라 아래 그림과 같이 5가지 영역으로 구분(5구역은 카리브해 섬) 하며, 등급이 높을수록 지진에 대한 위험이 높음



*Asian(2013). p.2 인용

o 미국 IBC, 국내 건축구조기준(KBC) 등 현행 국내외 내진설계기준은 역사적으로 일반 건축물 입주자의 인명안전 확보를 기본적인 성능목표로 설정하여 집필

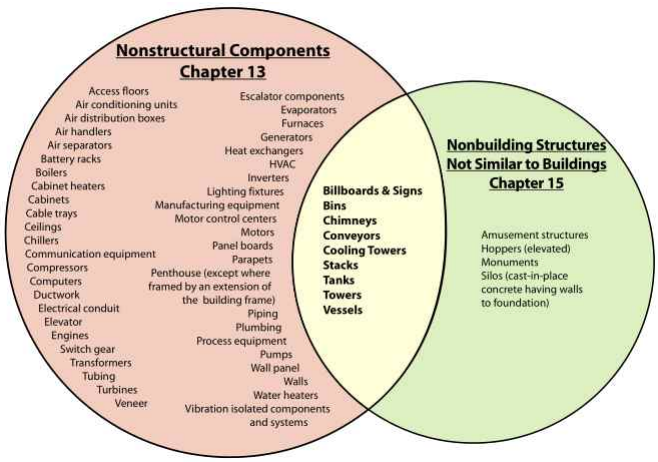
- 지진 내습시 기능유지 내지는 즉시복구가 관건인 산업용시설의 내진기준으로 활용하기에는 다소 미흡
- 산업시설물 비구조요소의 피해는 인명사상, 재산손실은 물론 막대한 비용을 유발하는 다운타임(downtime, 사용중지 내지는 생산정지)에 발생
- 최근, 지진재해 관리의 핵심요소로 부상(생산중단으로 인한 피해가 강진, 중진 관계없이 산업용 건물 경제피해액의 대부분을 차지)

- 따라서, 산업용 건물의 경우 인명피해 예방과 더불어 일정 수준 지진에 대한 기능 유지와 비구조요소의 향상된 내진성능 확보가 내진설계에 있어 필수적

o 이에 따라 본 연구에서는 지진위험도 및 대형설비와 지지구조가 상호작용하는 플랜트 시설물의 특성을 고려하여 적정한 내진 목표수준을 재설정하고, 설정된 내진성능 목표를 달성하기 위한 내진성능강화 방안을 수립

〈표 1.2.5〉 건축구조물, 비구조요소, 건물외구조물의 일반적인 분류체계

분류	소분류	예시	비고
건축 구조물	-	철골조, 철근콘크리트조 건물	건물내 비구조요소의 중량이 전체 중량의 25%를 초과하는 경우는 건물외 구조물로 분류
비구조 요소	건축비구조요소	칸막이벽, 외장패널, 이중바닥, 천정틀 등	비구조요소는 특성에 따라 변형민감요소와 가속도민감요소로 분류
	기계/전기/배관설비	HVAC 시스템, 엘리베이터, 배관, 일반기계, 전기기구	
건물외 구조물	건물형 건물외구조물	관로지지구조, 설비지지구조	건물과 유사한 횡력저항시스템을 가진 구조물
	비건물형 건물외구조물	용기, 굴뚝, 탱크 및 저장용기, 냉각탑, 통신탑	건물과 전혀 다른 횡력저항시스템을 가진 구조물



[그림 1.2.8] 비구조요소와 건물외구조의 구분



[그림 1.2.9] 건물형 건물외구조물로 분류되는 플랜트 시설물(관로지지구조 및 설비지지구조)

□ **(안전기술 시험/평가/인증 부문) 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 시험·인증·지원인프라 구축을 통한 국산 안전기술의 품질경쟁력 확보 요구 증대**

○ 개별 구성요소(플랜트 개별설비/시스템)에 대한 안전성능의 시험/인증은 시행되고 있으나, 플랜트 시설물(구획/공간 관점)에 대한 안전성능 시험/인증 체계는 부재

- 법/제도에 기반한 시설물(구획/공간 관점)의 안전성능 적합 평가를 위한 인증기반 구축 필요
- 플랜트 시설물(구획/공간 관점)의 성능위주 안전설계*의 적합성 평가를 위한 전문기구 필요

* (성능위주 안전설계) 사양적 안전설계가 아닌 위험도평가 결과에 따른 상대적인 안전설계를 실시한다는 것을 의미

□ **시험인증 산업의 개요**

○ 시험·인증산업의 범위에는 시험(Testing), 검사(Inspection) 그리고 인증(Certification) 서비스 제공, 즉 관련 시험성적서나 검사서, 인증서 등의 발급 외에 시험인증기관에 대한 정부의 관리·감독 활동인 인정(Accreditation)까지 포함됨

시험	검사	교정	인증	교육	컨설팅
					
자동차 충격시험	수질검사	저울교정	KS인증	시험 교육	고장분석

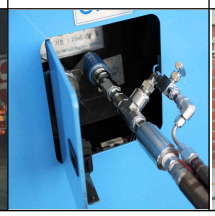
〈시험·인증산업의 범위〉

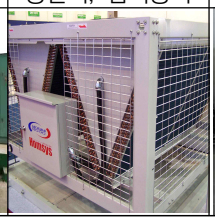
□ **시험인증 또는 검사대상**

○ 플랜트 설비(기자재)의 시험인증은 자율인증 성격이 강하며, 검사대상은 강제인증에 의해 수행 중

○ 국내 플랜트 설비(기자재) 중 강제인증 대상은 다음과 같음

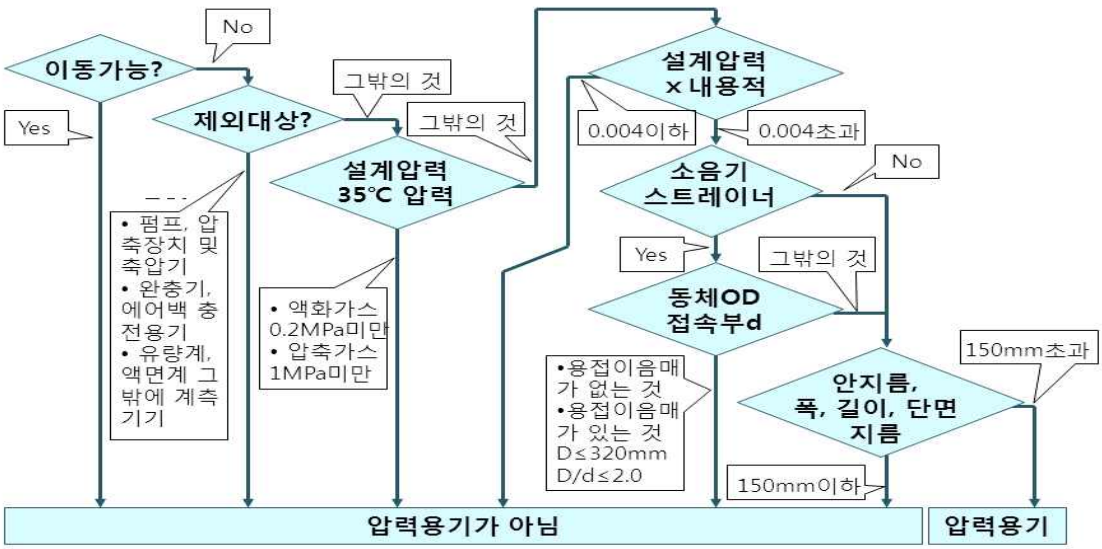
〈플랜트 설비(기자재) 검사대상 현황〉

용기 (용기부속품)	저장탱크 (소형저장탱크)	압력용기	차량에고정된탱크	자동주입기	완속충전설비
용기,용기부속품 (튜브트레일러)	고정설치 (LNG저장탱크)	공정중에 설치	운반차량	LPG용, CNG용	CNG자동차용
					

긴급차단장치	독성가스배관용밸브	안전밸브	냉동기	냉동용특정설비	실린더캐비닛
공압식, 유압식, 전기식(석유화재)	독성가스가 흐르는 배관에 설치	스프링 직동식	일체형 냉동기 (3RT이상)	압축기·응축기· 증발기, 압력용기	특정고압가스용
					

- **플랜트를 구성하는 핵심 설비(기자재)인 압력용기**는 고법 시행규칙 별표 12 제4호다목, KGS AC111 1.4.2에 의해 35℃에서의 압력 또는 설계압력이, 그 내용물이 액화가스*인 경우는 0.2 ㎫ 이상, 압축가스인 경우는 1 ㎫ 이상인 용기를 말함

- 압력용기 적용대상 확인 절차 -



- 플랜트는 많은 설비(기자재)로 구성되며 그 중심에 압력용기가 있고 압력용기를 중심으로 배관, 펌프, 밸브 등으로 연결되어 하나의 생산 목적을 갖게 됨



압력용기의 안전상 고려사항

- 따라서, 압력용기는 미국 ASME Section Ⅷ, Division 2는 Article C-1, 일본 JIS B 8243은 Para 1.1 and 1.2에 상세하게 기술되어 있음

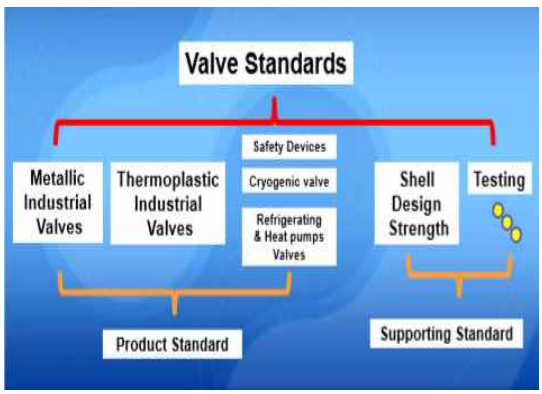
〈ASME에 의한 압력용기 적용 규격〉

구 분	ASME SEC. Ⅷ DIV. 1	ASME SEC. Ⅷ DIV. 2	JIS B 8243
Max. Pressure	3000 PSI(210.97 ㎏/㎠)	규정없음 (무한계)	300 ㎏/㎠
Min. Pressure	15PSI(1.054 ㎏/㎠)	15PSI(1.054 ㎏/㎠)	대기압
Max. Temperature	사용재료에 따른다	사용재료에 따른다	사용재료에 따른다
Min. Temperature	Impact Test로 보증한계	Impact Test로 보증한계	상동
Capacity (min.)	454 ℓ	454 ℓ	규정없음
Min. Size (Dia.)	6″ (152㎜)	6″ (152㎜)	규정없음
압력용기 범위	1) Vessel 본체로부터 Piping쪽 첫 용접Line	DIV.1과 동일	DIV.1과 동일
	2) 첫 Flange 면		
	3) 첫 Fitting 연결부		
	4) 본체의 내외부에 직접 용접되는 곳의 용접		
	5) 압력 Cover (Manhole Cover등)		
	6) Bolt/Nut, Gasket		

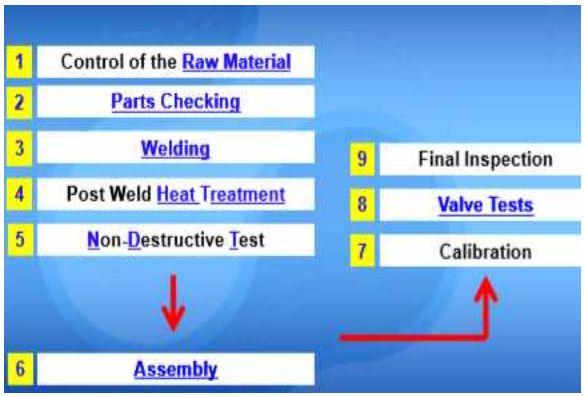
- 압력용기는 다음과 같이 사용자/제작자 3자 검사 결과에 대한 책임 한계를 명확히 하고 있음

사용자 측	설계 및 제작자	검사관
자료 제공 1) 운전(설계)자료 2) Corrosion Allowance 3) 독극물 여부 4) 후열처리 적용여부 5) 기기설치 조건 * DIV.2의 추가사항 1) 피로해석 여부 2) Erosion Allowance 3) 설계사양서	**설계/요구 적용** 1) 구매자 요구사항 2) 코드 요구사항 3) 자체품질 보증사항 4) 법적 요구사항 * DIV.2의 추가사항. 1) manufacturer's Design report 작성 & 5년 보관	1) Quality System 확인 2) 계산서 확인/도면 확인 3) 자재검사 4) PQR & Welder quality 확인 5) PWHT 확인 6) 자재 수정 검사 7) NDE inspection 8) Visual inspection 9) 수압/공기압 입회검사 10) Cerificte sign 11) 그 외 inspector가 필요하다고 인정하는것.

- 밸브류는 압력용기류와 거의 유사한 절차를 거치거나 동일한 사업자가 제작하는 경우도 많으며 유럽기준에 의한 검사대상 밸브의 분류기준 및 검사절차는 다음과 같음



검사대상 밸브의 분류 기준



검사절차

〈유럽의 검사대상 밸브의 분류 기준 및 검사절차〉

〈표 1.2.6〉 플랜트 안전성 시험/인증 전문기관 운영 국가

기관(기업)명		소재지(본사)	비고
ABSA the pressure equipment safety authority	Alberta Boiler Safety Association	캐나다Alberta (Edmonton)	공인기관
Safety Authority	British Columbia Safety Authority	캐나다British Columbia (New Westminster)	인증기관
C-FER Technologies	Centre for Frontier Engineering Research	캐나다 Alberta (Edmonton)	인증기관
ProLabNL PROCESS LABORATORIES THE NETHERLANDS	Process Laboratories The Netherlands	네덜란드 Arnhem	시험설비
TNO innovation for life	Netherlands Organization for Applied Scientific Research	네덜란드 The Hague	비영리조직
simaps	Simulation for Applied Process Safety	독일 Jockgrim	인증기관

2. 추진목표 및 내용

가. 추진대상 및 범위

□ (기획명) 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획

연구과제명	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획
1. 연구기획 목표	

◦ 고위험 플랜트시설의 재난(지진, 화재, 폭발, 누출) 유형별 위험에 최적 대응하고 예측, 대응, 유지관리 전주기의 기술 및 관련 제도의 통합관리를 위한 "플랜트 안전 통합관리 패키지 구축" 사업 기획

* 플랜트 재난 대응 위험도 평가 기술 개발, 안전 설계기술 개발, 재난 대응 매뉴얼 및 손상 복구 기술 개발, 플랜트 재난 안전 코드 제정 및 안전 기술기준, 안전성평가 절차·지침 개발, 플랜트 안전시험 인프라 구축 및 통합안전관리 시스템 구축 등 사업추진을 위한 정책적·기술적·경제적 타당성 확보

2. 연구기획 필요성	

□ 필요성

◦ 플랜트설비는 일반 건축물에 비해 재난시 인명 및 재산손실의 위험도가 매우 크며, 재난 발생시 국가적 대형 사고로 확대될 가능성이 높음

- 플랜트 재난 발생의 경우 직접적 피해(플랜트 기능수행정지) 및 공공안전(불특정 대량 인명 손실)에 대한 위험성이 매우 크므로, 플랜트 특성에 적합한 안전설계 및 관리 필요

◦ 국내외적으로 환경규제 및 안전규제 강화로 친환경·고안전 정책 시행

- 플랜트산업은 대표적인 안전 및 환경규제 대상 분야로 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 국제표준(CE, ASME, ISO, QS 등)과 같은 TBT(Technical Barrier to Trade)에 대한 조직적 대응체계 구축 운영 중

◦ 국가주도 안전 설계 기반 구축 및 제도화 요구 증대

- 플랜트는 엔지니어링, 기자재, 시공 등이 복합된 대규모 종합설비로서, 사고시 대형 인명피해, 환경오염, 재산손실로 연결될 수 있으므로 플랜트 안전을 위해 설계/발주/건설/운영/유지관리 단계별 체계적인 관리체계 도입이 매우 중요하며, 안전사고 발생 시 재난 유형별 위험에 최적 대응을 위해서는 정부주도의 통합적 안전관리감독 필요

◦ 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 시험·인증·지원인프라 구축을 통한 국산 기술(기자재)의 품질경쟁력 확보 요구 증대

- 국제표준 대응과 시험·인증 지원조직과 시험테스트베드, 인증체계 등 인프라시설 구축이 시급

□ 국내외 연구동향

◦ 국내 기업의 해외 플랜트 수주 실적은 연평균 600억달러(2010~2015년)를 달성할 정도로 사업 규모가 커졌으나, 설계기술/안전기준/운영관리 등의 측면에서는 아직도 독자적 기술·기준을 보유하지 못해 국내외 현장을 불문하고 대부분 해외기술(NFPA 등)에 의존

◦ 선진국의 경우 학회/협회/기술단체(NFPA, API, IRI, BS 등)를 통해 자국에 적합한 플랜트 안전기술기준을 별도로 운영하고 있으며, 플랜트 설비표준을 포함하여 플랜트 계획 단계의 위험성평가 및 환경안전기준, 설계, 건설, 검사, 운전 및 유지관리 등에 대한 세부적인 기술기준 운영을 통해 체계적으로 플랜트의 안전관리를 수행하고 있음

◦ 플랜트 기자재의 고압/고온/대용량에 대응하기 위하여 방폭구조, 긴급차단기능, 비파괴검사, 검지센서 기능 내장형 등 구조적 안전설계 및 안전설비 채택

□ 국내외 정책동향

◦ (국내) 플랜트 시설에는 국가기반시설이 다수 포함되어 있어 사회적 재난대응체계 확보(국가중점과학기술 분류상 “걱정없는 안전사회 구축기술”에 해당)를 위해서 플랜트의 화재 위험에 대비한 초기대응, 피난대책, 내화구조, 보수·보강 등 화재안전설계에 대한 종합적인 대책 마련이 필요

◦ (국외) 미국은 제도적인 측면의 접근 이외에도 UL(Underwriters Laboratories, Inc.), 보험관련 단체인 AIA(American Insurance Association) 및 FIA(Factory Insurance Association), 압축가스협회인 CGA(Compressed Gas Association), 컨베이어제작자 협회인 CEMA(Conveyor Equipment Manufactures Association) 등과 같이 많은 민간단체에서 석유화학 안전 및 소방과 관련한 각종 Code, Standard, 권장기준, 매뉴얼, 회보, 발간물 등을 통한 기준을 마련

3. 연구기획 범위

※ 기술적 범위의 기술 분야는 예시이며, 이슈 및 니즈분석 등을 통해 R&D 추진을 위한 분야, 기술은 변경될 수 있음

◦ 위험도 평가 및 안전설계 기술 개발 분야

- 플랜트 재난(지진, 화재, 폭발, 누출) 위험도 평가기술
- 플랜트 산업 고도화를 위한 위험도 기반 한국형 안전 설계 기술
- 플랜트 피해 구조물 재사용성 확보 및 손상 복구 기술 등

◦ 안전인증 기반 구축 분야

- 플랜트 안전설계 및 안전인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화
- 플랜트 설비 안전성평가 절차 및 지침 개발

- 플랜트 시험인증 기반 구축 등

* 플랜트 재난 모사 및 대응 시험설비 인프라, 전문 시험인증 조직 및 전문인력 양성 등

4. 연구기획 내용

□ 1단계 : 기술개발 동향 및 수요조사 실시

◦ **기술의 정의 및 분류체계**

- 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업의 기술 정의 및 분류체계 설정

◦ **기술개발 동향 및 환경 분석**

- 국내외 정책·시장·기술 동향 및 전망 분석

* 주요국의 기술개발 정책 및 시장분석 포함

- 국내·외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라기술 인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석
- 개발기술에 대한 국내 수요처 의견수렴 및 시장 요구사항 분석

◦ **기술수요/한계, 기술예측 조사 실시 및 실용화를 위한 개선방안 제시**

- 특허/논문 동향 분석을 통해 국내외 기관의 원천특허 보유여부, 기술경쟁력 등 분석

◦ **동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립(SWOT 분석 등)**

◦ **기술개발에 따른 미래상 및 필요성 분석**

□ 2단계 : 기술개발 전략수립 및 연구내용 설정

◦ **기술개발 전략수립**

- 비전 및 기술발전 시나리오, 기술로드맵 제시
- 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점분야 설정
- 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 설정

◦ **연구개발 후보과제 우선순위 도출**

- 기술적 진보성, 경제적 탁월성을 보장할 수 있는 후보과제군 도출
- 후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물 설정, 후보과제간 연계 및 중복 검토(특허분석 포함) 등 종합검토

◦ **과제추진 체계(연구단, 연구단, 일반과제 등)설정**

◦ **연구개발 후보과제별 과제카드 작성**

- 연구개발목표, 기술개발 및 산업/시장 동향, 기존기술 활용방안, 기술개발 필요성, 주요 연구내용, 정부지원 타당성, 기술확보전략, 과제규모, 최종성과물 및 활용방안 등
- 후보과제별 연구유형(기초·원천, 응용, 실용화, 사업화 등), 성과물유형(시제품, S/W, 기준·

지침, 정책제안, 표준제안 등), 시장경쟁력 확보방안, 실용화방안, 목표 TRL 단계, 제도개선 사항 등 제시

□ 3단계 : 연구개발과제 기획

◦ 연구 목표 및 범위 설정

- 목표 및 연구범위 설정(정량적이고 구체적인 목표 설정)
- 세부과제(핵심 요소기술) 도출 및 연구내용 설정
  * 핵심 요소기술별 기술유형 및 기술성숙도(TRL)를 제시하고, 세계 최고, 국내 최초·최고 등 괄목할 만한 성과가 기대될 경우"Top Brand"로 구분
- 세부과제 연차별·단계별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함)설정 및 성과맵 제시
  * 요소기술별 가능한 정량적 목표(목표 성능, 기술수준, 시장진입가격수준 등)을 제시하고, 실용화 기술의 경우 시장경쟁력 확보 방안을 반드시 포함
  * 핵심성과는 연구개발과정에서 도출되는 산출물(Output)과 연구개발종료시(종료후) 최종 달성되는 성과물(Outcome)로 구분하여 제시

◦ 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립

- 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립
  * 기술 수요기관(공단, 공사, 민간기업 등)의 충분한 의견수렴을 통한 실용성 확보
  * 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함(필요시)
- 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안
  * 참여 주체별 역할과 전문영역을 고려한 바람직한 추진체계 제시

◦ 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시

- 성과분석 및 검증방안 제시
  * 핵심성과별 목표달성 여부를 판단할 수 있는 질적 성과점검(측정) 기준 및 측정방법 제시
- 제도·정책 활용, 현장적용, 테스트베드 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 제시
  * 테스트베드 설치와 관련하여 유치희망기관(공사 및 공단, 민간기업 등)을 조사하고, 가능한 범위에서 유치희망의사 및 후보지, 규모, 테스트베드 예산 등을 제시
- 관련제품/기술의 해외시장 진출전략 제시

◦ 인력투입 계획 및 소요예산 산정

- 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립
- 과제별 소요예산 산정
  * 단위과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성하여 소요예산 적정성 검토 필요
  * 총 연구기간 중 2회(중간/최종 단계)의 성과점검·분석을 실시하기 위한 예산계획 수립 및 반영(성과점검·분석의 대상 설정 포함)

◦ 사전타당성 검토

- (정책적 타당성 검토) 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토

- (기술적 타당성 검토) 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성 등에 대한 검토
- (경제적 타당성 검토) 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학 기술적 파급효과 등에 대한 검토

◦ **과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정**

- 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성
- 연차별 평가를 위한 성과목표·지표·마일스톤의 설정, 평가방법, 평가항목 및 가감점 기준 설정

* 연구목적 및 내용을 고려하여, 선정·중간·최종평가를 위한 평가지표 제시

□ 주요 산출물

◦ 기획연구보고서(과제제안요구서 포함)

□ 보고서 제출

◦ 중간보고서 : 전문기관 요청시 단계별 제출

◦ 최종보고서 : 협약종료 후 45일 이내

※ 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제26조 2항

5. 연구기획 추진방법

◦ 국내외 동향조사 및 기술예측, 연구개발과제 도출 등을 위하여 전문 연구기관 및 관련 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성

◦ 실용적인 기획연구 결과 도출을 위하여 정부부처, 공기업, 지자체, 산기관 등 기술수요처 자문위원을 반드시 포함토록 함

- 수요기관 및 수요자들의 의견수렴 체계 확립 및 필수 협조기관 운영·활용 계획 포함

◦ 사전 타당성 검토결과의 객관성 확보를 위해 외부전문가(경제, 기술가치평가, 정책 등)를 통해서 검증 필요

◦ 특허 및 논문 정보 등은 “국토교통 R&D포털(www.kaia.re.kr)”,“한국특허정보원(www.kipris.or.kr)"를 이용하여 객관적 분석 실시

◦ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 관련 연구개발과제, 신규 예타 사업 기획과제 등과 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시

6. 연구기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 2018. 12. ~ 2019. 11. (12개월)

◦ 총 정부출연금 : 143백만원

※ 과제특성상(기획연구) 정부출연금을 총 연구개발비의 100%까지 지원 가능

7. 기 타
◦ 기획과정 중 착수보고회, 단계별 기획타당성 검토회의, 기획현황 보고 수시 실시 - 단계별 기획타당성 검토회의의 결과에 따라 과제 수행을 중단할 수 있으며 이 경우 정부출연금을 단계별로 지급할 수 있음 ※ '국토교통부 소관 연구개발사업의 신규과제 선정 등에 관한 지침(국토교통부 훈령 510호, 2015.4.6.)' 제10조 ◦ 기획연구과제 수행기관 선정 후 전문가 구성에 대해서는 전문기관의 검토 및 협의를 거쳐 조정할 수 있음 ◦ 연구신청자는 참여기관 수 과다편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구의 효율성을 도모할 것 ◦ 연구개발비 중 연구장비·재료비, 지식재산권 출원·등록비, 과학문화 활동비는 원칙적으로 계상하지 않음 ※ 다만, 일부 필요하다고 인정되는 경우에는 제한적으로 계상 ◦ 대내외 환경 변화 등에 따라 연구 수행 중 기획 내용 변경 가능

o 본 연구기획은 국토교통부를 소관부처로 하고 있으므로, 플랜트 설비가 아닌 시설물을 대상으로 하는 안전기술 개발과 제도의 수립/운영의 선진화를 위한 것으로 기획의 범위와 결과 예측을 분명히 할 필요성이 있음

- 플랜트는 개별설비/시스템 및 시설물의 종류와 특성이 다양하고 해당 규정도 여러 부처에 산재되어 있어 기획방향에 따라 복수의 부처가 참여하는 다부처 과제로 귀결될 가능성 존재(이러한 점을 고려하여 여러 분야 관계자들의 의견 수렴이 필요하며, 특히 소관부처인 국토교통부 및 관리기관(국토교통과학기술진흥원)과의 충분한 협의를 통해 기획방향 설정이 필요)

- 특히 플랜트 설비를 대상으로 하는 안전기술의 경우 국토교통부가 아닌 타 부처의 소관으로 판단되나 개별설비를 포함하는 시설물 및 개별설비를 지지하고 있는 구조물의 화재/폭발, 지진에 대응한 안전관리 체계구축은 국토교통부의 업역인 것으로 판단됨



[그림 1.2.10] 기획 범위



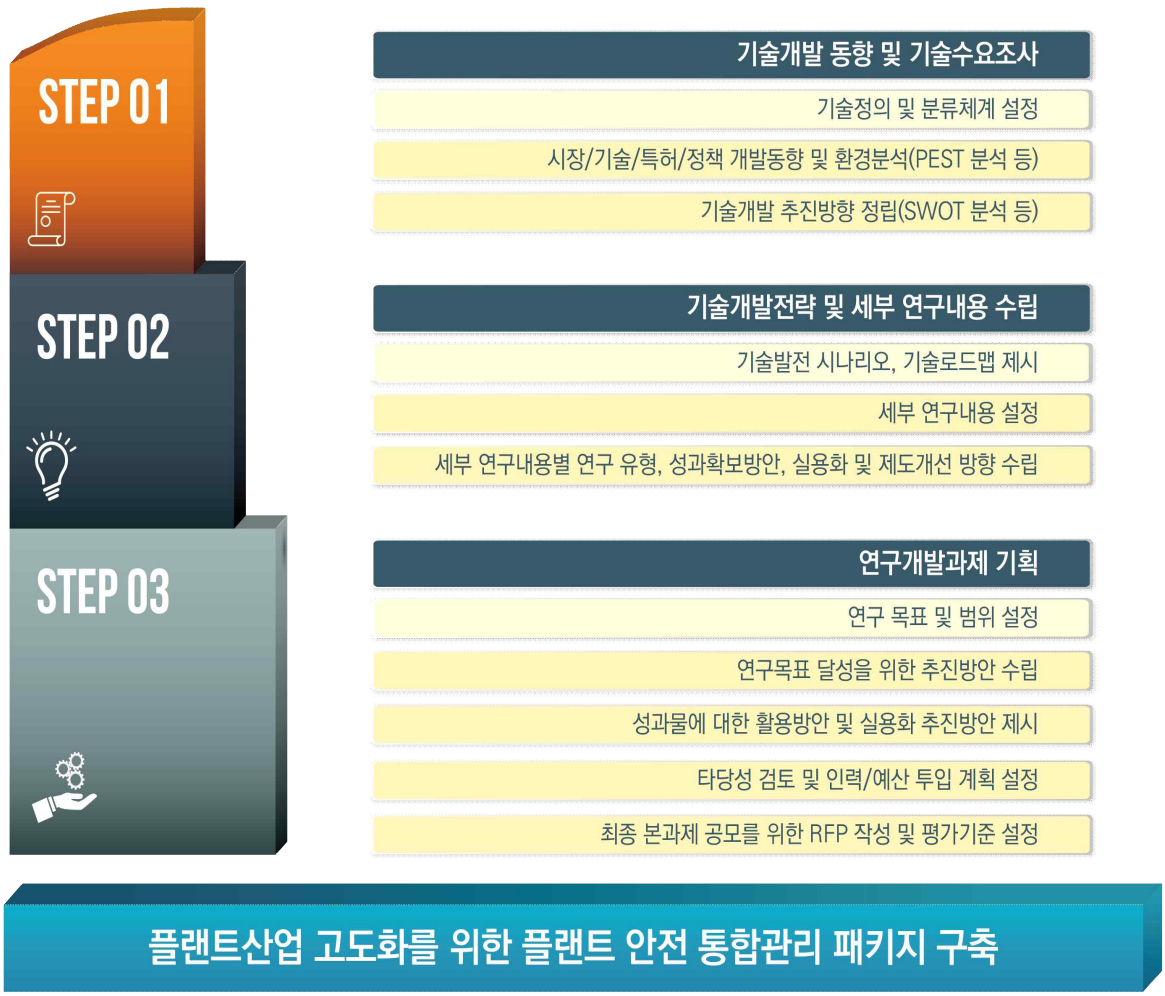
[그림 1.2.11] 플랜트안전 통합관리 패키지(기술+제도) 개념

제3절 기획 추진체계 및 경과

1. 추진체계

□ **본 기획의 추진은 3단계로 진행되며, 각 단계는 기술개발 동향 및 기술수요조사, 기술개발전략 및 세부 연구내용 수립, 연구개발과제 기획으로 진행**

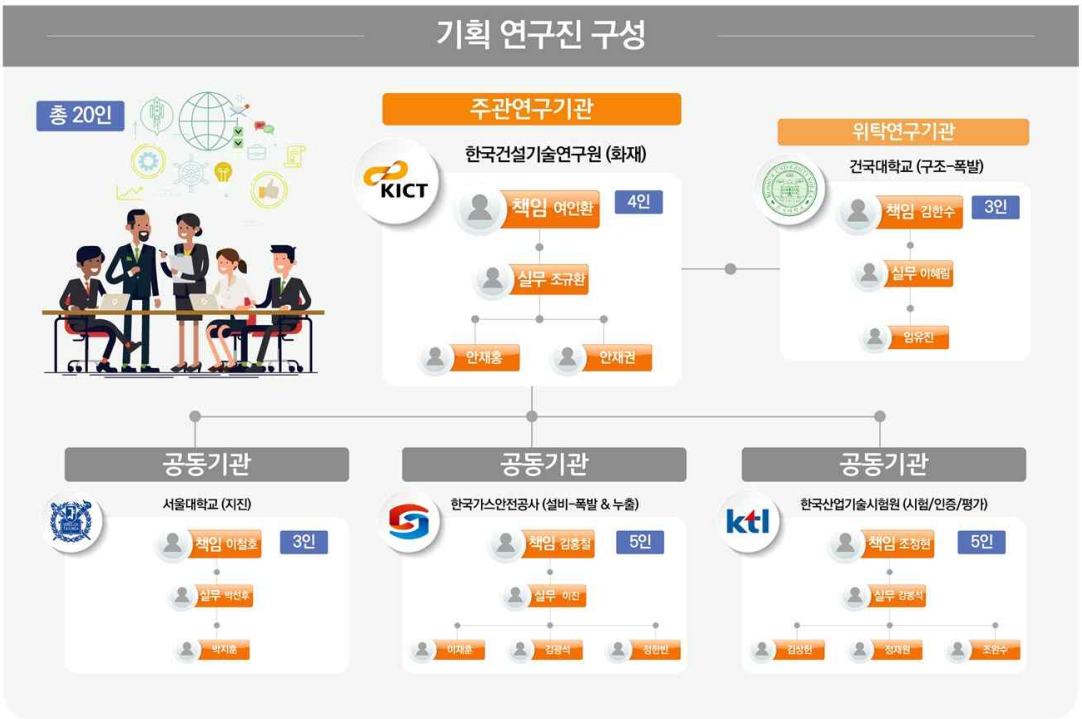
○ (기술개발 동향 및 기술수요조사) 플랜트는 각종 기계설비들의 종합 시스템으로서 플랜트에 대한 정의 및 분류체계에 대한 설정을 우선시 할 필요가 있으며, 메가트랜드 분석 및 국내외 시장/기술/특허/정책 등 PEST 및 SWOT 분석을 통한 연구사업 추진의 당위성을 설정하고, 그에 따른 사업 추진 전략 및 필요 세부과제를 도출하였음



[그림 1.3.1] 기획 추진체계

□ **추진주체별 역할**

- ㅇ (국토교통부) 국토교통부는 플랜트 시설물의 안전성 확보를 위한 목적으로, 플랜트 안전과 관련한 기술 및 제도의 선진화를 모색하기 위해 사업기획 추진 / 사업 주관부처로서, 플랜트 안전관리 체계구축 관련 총괄관리 및 자문단 조정의견 등 종합·검토
- ㅇ (국토교통과학기술진흥원) 기획연구 수행기관을 활용하여 기획 분과별 위원회 운영, 기획 전반 주관 및 국토통부와의 원활한 의사소통 유지
- ㅇ (기획연구 수행기관) 사업 기획 수행에 따른 세부전략 수립, 성과목표 설정 등 역할 수행
  - 기획연구는 주관기관(한국건설기술연구원)에서 총괄하며, 전문가 자문그룹은 플랜트 시설물에 발생 가능한 재난유형에 따라 총 4개 분과(화재, 지진, 폭발/누출, 시험/인증)를 구성하여 각 분과별 검토의견과 제도상 문제점 등을 상호 보완하여 기획연구 시 활용
  - 각 전문가 자문그룹 분과는 해당 재난요인을 담당하는 기관이 기획 일정에 따라 주도하고 주관기관은 각 자문그룹 분과별 전문가 중에서 일부를 선별하여 총괄 기획 자문그룹을 별도로 운영 가능



[그림 1.3.2] 기획 연구진 구성



[그림 1.3.3] 전문가 자문그룹 구성

〈표 1.3.1〉 참여연구기관별 중점 연구목표

연구기관		기관명	중점 연구목표
기획 총괄		**한국건설기술연구원**	**• 시장, 기술, 특허, 정책 등 동향분석 종합** **• 기술수요조사 및 과제도출 방향 제시** **• 우선순위 결정 및 로드맵 종합 제시** **• 세부실행계획 종합 작성**
	주관 연구기관	한국건설기술연구원	[재난유형 : 화재] • 플랜트 화재위험도 평가기술 개발 • 플랜트 화재안전설계기술 개발 • 플랜트 화재대응 기술 개발 • 플랜트 화재 소화 및 피난기술 개발 • 화재손상 플랜트 재사용성 확보기술 개발
		(위탁) 건국대학교	[재난유형 : 구조 폭발] • 플랜트 폭발 하중의 위험도 평가 기획 • 플랜트 구조 안전 성능의 요구량 결정 기술 기획 • 폭압에 의한 구조거동 해석 기술 기획 • 구조 형식에 따른 폭발 저항 설계 기술 기획
	공동 연구기관	서울대학교	[재난유형 : 지진] • 부지고유 지진재해도 분석 방법론 조사 및 표준화 연구방향 제시 • 플랜트 시설물 유형 및 설비 유형에 따른 성능목표 재설정 방안 • 국내외 최신 성능기반 내진설계법 조사 및 비교분석 • 플랜트 특화 지진력 저항시스템 및 접합부 취약성 조사 및 특화 상세 개발 방향 제시 • 내진성능검증실험 절차 분석 및 인프라 요구사항 제시
	공동 연구기관	한국가스안전공사	[재난유형 : 설비 누출/폭발] • 가스플랜트 화재폭발 사고 예방을 위한 RBDA(Risk Based Design and Assessment) 기반 잔존수명 예측 실증 기술 개발 • 가스플랜트 화재폭발 실증을 통한 위험예측 기술 개발 • 플랜트분야 경쟁력 확보를 위한 제도정책 수립
	공동 연구기관	한국산업기술시험원	[시험/평가/인증] • 플랜트 안전설계 및 안전인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화 기획연구 • 플랜트 설비 안전성평가 절차 및 지침 개발 기획연구 • 플랜트 시험인증 기반 구축 타당성 검토 및 구축방안 수립

□ (추진계획 및 일정) 주관연구기관인 한국건설기술연구원은 기획 전반을 총괄하고 기획에 참여하는 공동기관 및 위탁기관은 재난요인별로 구분하여 아래 표와 같이 연구분야를 담당함

〈표 1.3.2〉 연구수행기관별 세부추진계획 및 일정

연구수행기관	연구내용 (연구책임자)	추 진 일 정 (12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11)	연구비 (천원)	비고
주관 (한국건설기술연구원)	총괄 및 화재안전 (여인환)	시장, 기술, 특허, 정책 동향분석 기술수요조사 및 과제도출 선순위 결정 및 로드맵 작성 세부실행계획 수립 총괄보고서 작성	83,000	
공동 (서울대학교)	지진안전 (이철호)	플랜트 내진설계 지침 개발을 위한 사전 분석 플랜트 특화 지진력저항시스템 및 접합부 상세 개발 방향 제시 플랜트 내진성능 평가 지침 작성 방향 제시 플랜트 지진대응, 피해점검 및 복구지침 개발을 위한 사전조사 플랜트 내진성능검증 실험 표준절차 제공을 위한 현행지침 분석 내진성능평가실험 인프라 구축을 위한 인프라 요구사항 제시	20,000	
공동 (한국가스안전공사)	폭발/누출안전 (설비) (김홍철)	국내외 시장 동향 조사 국가별 플랜트 안전정책 조사 기술수요조사 및 세부과제 범위 도출 사업화 로드맵 및 보고서 작성, 평가	20,000	
공동 (한국산업기술시험원)	시험/평가/인증 (조정현)	동향분석 기술수요조사 및 과제도출 선순위 결정 및 로드맵 작성 세부실행계획 및 실용화방안 수립	20,000	
위탁 (건국대학교)	폭발(구조물) (김한수)	위험도평가 성능요구량 제시 방폭구조해석 방향 제시 방폭구조설계 방향 제시	15,000	
사업진도(%)		20 / 25 / 25 / 30	100	
연구비 집행계획 (천원)		30,000 / 30,000 / 40,000 / 43,000	143,000	

□ **기술 및 자문위원회 구성**

ㅇ (전문가 자문단) 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획에 대해 기획방향 전반 검토 및 자문

- 전문가 자문단 구성은 크게 2분류로 구성하였으며, 플랜트 일반(플랜트 산업 전문가(설계, 시공 등), 제도관련 전문가) 및 안전(재난유형별) 분야의 관련 전문가 그룹과 더불어 기획방향 및 결과에 대한 타당성을 검토하는 전문가 그룹으로 구성

〈표 1.3.3〉 재난유형별 전문가 자문그룹

분야	성명	소속	직급	역할
지진 안전분야	정○재	3D 구조	소장	사업 추진방향 및 중점추진분야 도출
	지○청	포스코건설	부장	
	유○우	삼성물산	매니저	
	김○민	보성구조	대표	
	김○진	창민우구조	사장	
화재 안전분야	김○회	방재시험연구원	책임연구원	
	김○형	한국소방산업기술원	과장	
	이○주	서울시립대학교	교수	
	라○원	한국에너지기술연구원	실장	
	김○식	한국조선해양기자재연구원	본부장	
	최○찬	한방유비스	전무	
	김○헌	대림산업	부장	
폭발/누출 안전분야	정○호	아주대학교	교수	
	이○원	호서대학교	교수	
	김○준	대전대학교	교수	
	김○구	성균관대학교	교수	
	이○구	단국대학교	교수	
	김○호	연세대학교	교수	
	곽○경	한국과학기술원	교수	
시험/평가/ 인증 분야	김○화	두산중공업	책임	
	서○세	경상대학교	교수	
	김○용	한국공인검사원	팀장	
	신○철	동아대학교	교수	
	안○당	엠케이	이사	

o 플랜트 일반부문 전문가 자문그룹

〈표 1.3.4〉 플랜트 일반 부문 전문가 그룹

분야	성명	소속	직급	역할
플랜트 일반	김○일	한방유비스	전무	플랜트 일반 부문 자문 • 플랜트 정의 및 범위 • 플랜트 산업의 기본 구조 • 플랜트 설계 프로세스 • 플랜트 안전기술 동향
	류○관	삼성방재연구소	부장	
	박○민	SaFire	대표이사	
	김○헌	대림산업	부장	
	변○정	대림산업	차장	

o 기획 방향 설정 전문가 자문그룹

〈표 1.3.5〉 기획방향 전문가 그룹(기획위원회)

분야	성명	소속	직급	역할
기획방향	신○식	(사)한국플랜트정보기술협회	회장	기획방향 검토 기술수요 대상 및 범위 선정 검토
	박○국	고등기술원	연구위원	
	박○태	한국가스안전공사	부장	
	신○일	명지대학교	교수	
	류○규	대한기계설비산업연구원	연구위원	

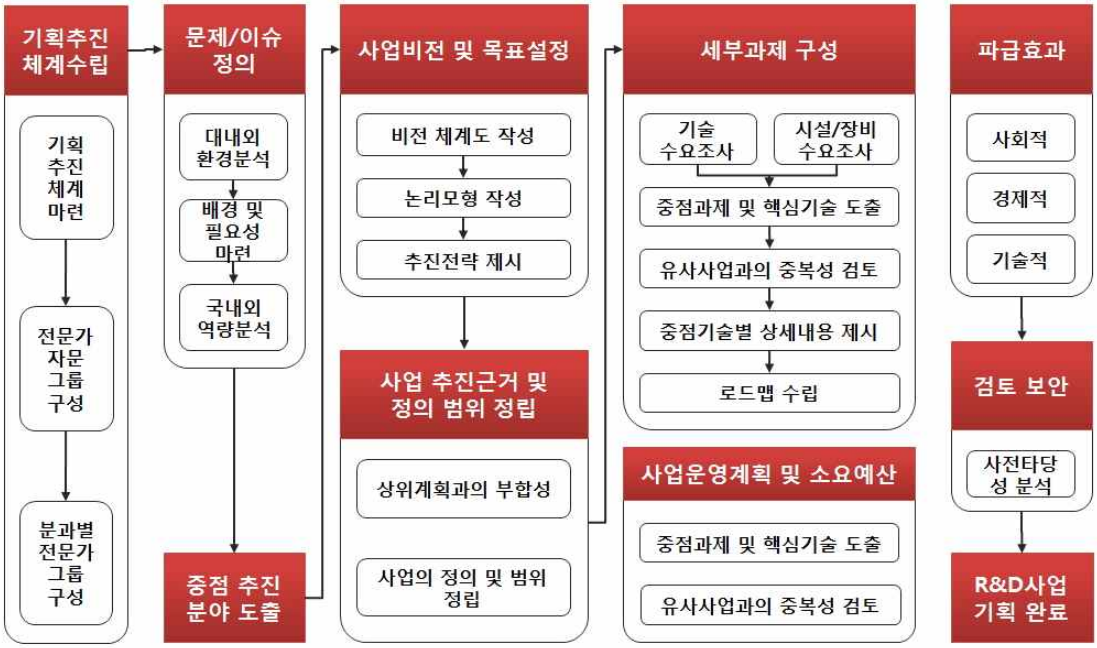
o 기획 결과 타당성 검증 전문가 자문그룹

〈표 1.3.6〉 기획결과 타당성 검증 전문가 그룹

분야	성명	소속	직급	역할
기획결과 검토	유○선	대한기계설비산업연구원	원장	기획연구 결과 도출 연구개발 과제들의 추진 타당성 분석/검토
	박○철	대한설비공학회	회장	
	안○성	대한기계설비건설협회	기술상무	
	김○담	플랜트설비공사협의회	부회장	
	신○준	㈜화용씨티에스	소장	

□ **기획 기본방향 및 사업추진을 위한 총괄 시나리오**

- o 당초 공고된 RFP를 기획 목적 및 방향에 따라 면밀히 분석하고, 건설교통R&D기획 매뉴얼을 활용하여 체계적인 조사·분석 수행
- o 기술개발 R&D 전략의 타당성과 실효성을 확보할 수 있도록 다양한 이해관계자 및 전문가 활용
- o 본 기획은 플랜트 안전 관련 국토교통부 소관 설계기준 수립 및 안전성 평가 제도를 마련하기 위한 R&D 기획
  - 기 수행되었거나 진행 중인 타 부처 추진 사업과의 중복 및 차별성을 검토하고 국토교통부 특성에 부합하는 구체적 추진방안 제시를 우선으로 함
- o 본 기획 범위는 국토교통부 소관 사업으로 우선 검토하고, 플랜트 시스템 전체의 내구수명, 안전관리에 대해서는 충분한 논의를 진행하였음
  - 플랜트 개별설비/시스템 단위의 안전기준 및 유지관리에 관한 사항은 타 부처 소관업무와 중첩으로 인한 혼란을 야기할 수 있으므로 기획과정에서 해당사항 충분히 검토
- o 본 기획은 재난요인에 따른 플랜트 시설물의 안전설계기술 및 요소기술을 개발하고 관련 평가, 인증체계 구축의 당위성을 확인하는 것이 주요 목적
  - 플랜트 시설물 내 개별설비 단위인 배관, 압력용기, 교환기 등 단위설비의 내구수명 및 안전관리에 관한 사항은 기획 우선 대상에서 제외(단, 재난유형 중 지진에 대응하는 안전기술에 대해서는 개별설비/시스템 부문까지 고려함. 지진은 국소적인 화재/폭발에 비해 그 범위가 매우 광범위하고 시설물 외에도 개별설비/시스템에 대한 안전성을 동시에 고려해야 하므로 시급성이 매우 높은 재난유형으로 볼 수 있음)
- o 본 기획 결과 제시되는 국토교통부 규정의 운영과 실효성 확보 방안에 대해서는 기획과정에서 검토
- o 본 연구기획에서 대상으로 하는 재난요인은 화재/폭발, 지진이며, 대상 플랜트는 잠재적인 고위험성을 내포한 발전플랜트, 자원개발플랜트, 제철플랜트를 우선 고려대상으로 하고 있으나 플랜트의 정의 및 범위를 명확히 구분하기 위한 제도적 근거가 불충분하며 다양한 이견들이 존재하여 논란의 소지가 있으므로 전문가 자문그룹 검토절차 등을 거쳐 우선순위에 따른 대상 플랜트의 조정 여부를 검토
- o 플랜트 안전과 관련한 국토교통부 정책수립 시 적극 지원



[그림 1.3.4] 기획 기본방향 및 추진 총괄 시나리오

□ 기획연구의 완성도 제고를 위한 계획

o 기획연구의 진행 경과, 세부 목표, 향후 본과제 추진 방향성 등 기획연구의 완성도를 위하여 총괄 수행 연구기관인 KICT와 기획사업 전문 관리기관인 KAIA가 매월 1회 이상 진행 과정에 대한 검토회의를 수행

- 필요한 경우 자문단 그룹과 동시에 검토회의를 수행하여 기획과제의 완성도 제고

o 플랜트산업 분야 현장의견 반영 및 주요 목표 설정 시 투명성 확보를 위하여, 필요한 경우 플랜트 산업분야 공청회 등을 수행하고, 플랜트 설계분야 종사자의 설문 조사도 수행할 계획임

o 그리고 전문가 자문단의 구성은 재난별 대응기술 전문가, 플랜트 산업 종사자, 제도 등 관련 전문가 등을 추가로 포함하여 자문의견 수렴 등을 월 1회로 정례화

2. 추진전략

가. 시장, 기술, 특허, 정책 등 동향분석 방안

□ 시장 동향 분석

① 기초자료 수집 및 분석
- 플랜트 안전관리 관련 국내외 DB 검색
- 플랜트 안전관리 문헌 조사
- 전문가 인터뷰 및 설문 조사

② 국내외 시장 동향 조사
- 연도별 기술 및 시장 동향
- 기술 분류별 현황 및 시장 점유 현황
- 향후 시장규모 및 발전 전망

③ 시사점 도출/결과 정리

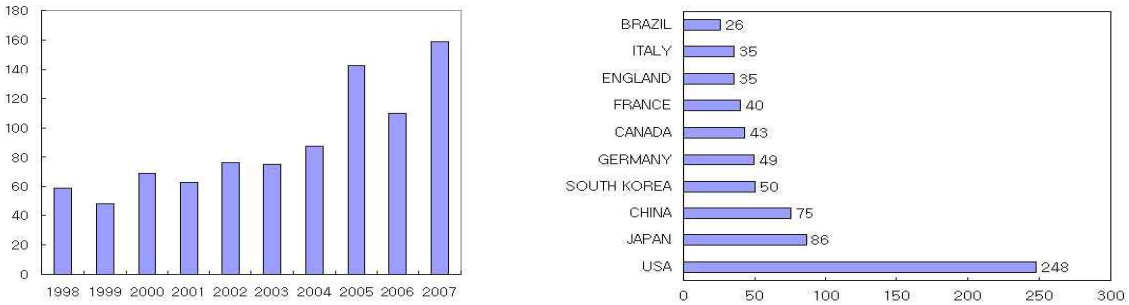
※ 시장조사: 통계청, 과학기술정보통합서비스(NDSL), 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 한국과학기술정보연구원(KISTI) 등 이용

□ 기술 동향 분석

① 기초자료 수집 및 분석
- 국내외 핵심기술 확보 현황 및 차세대 기술 개발 동향 분석
- 국내외 주요기업, 연구소 및 대학의 기술 개발 프로젝트 내용 수집

② 눈문 분석
- 논문(국제저널)을 대상으로 기술군과 관련된 논문을 검색
- 기술군별 적정기간(3~10년)의 관련 키워드 검색
- 논문 적합성 검토

③ 국내외 기술 현황 및 기술 개발 전망 도출
- 국내외 플랜트 안전설계 기술요인을 분석하여 현행 기술/제도 문제점 보완 방향 및 향후 관련 정책방안 검토



(a) LNG 플랜트 분야 논문 연도별 발표 건수 (b) LNG 플랜트 분야 논문 발표 주요 국가

[그림 1.3.5] 기술동향분석 예시(논문 분석)

□ **특허 동향 분석**

① 조사범위 설정

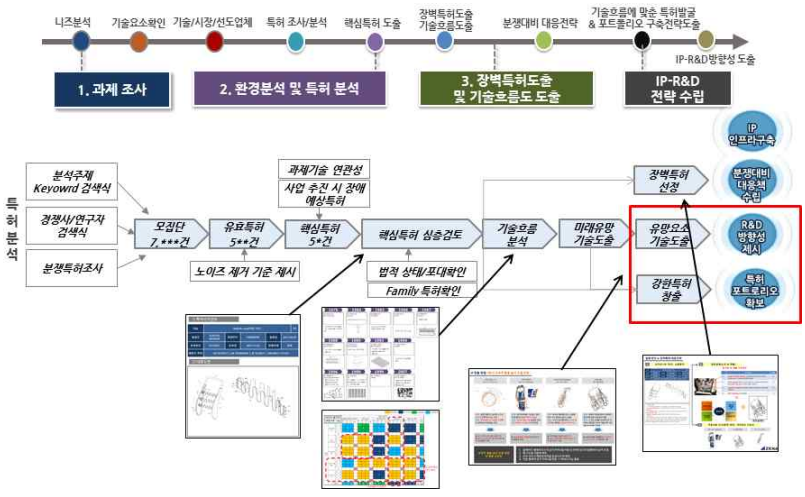
- 조사 범위(매크로/메조/마이크로)의 수준 설정

② 조사 방법 설정

- 특허 전문 검색 DB 활용
- 특허 등고선 혹은 특허맵 활용

③ 시사점 도출/결과 정리

- 특허 동향 및 기술흐름 도출(미래 유망 기술 및 특허 트렌드 분석)



[그림 1.3.6] 특허동향분석 절차 예시

□ **정책 동향 분석**

① 국내 정책 동향
- 국내 플랜트 기술 및 제도 관련 정책 조사
- 정부 추진 전략 검토 및 관계기관 인터뷰(국토교통부 등)
- 플랜트 안전 평가/인증제도 수립을 위해 타법령 혹은 유사 평가/인증 제도 사례 조사

② 국외 정책 동향
- 주요 국가별 정책 동향 비교 분석
- 해외 플랜트 안전설계기준 및 정책동향 조사는 국내 현실에 부합하는 방향으로 활용 가능성 고려한 검토, 분석

나. 기술수요조사 및 과제도출 방안

□ **기술수요조사: 산·학·연·협회 등을 통한 폭넓은 수요조사를 통해 기술 성격과 부합되는 과제 수요 발굴**

① 수요조사 목적 확인 및 방법론 선정

② 수요조사 계획 및 양식 설계: 조사기간, 소요예산, 단계별 일정, 조사 양식

③ 조사 실시, 결과 정리, 과제 도출 방향 설정
- 본 기획은 플랜트 안전 관련 국토교통부 소관 설계기준 수립 및 안전성 평가 제도를 마련하기 위한 R&D 기획으로서, 타 부처 추진 사업과의 중복 및 차별성을 검토하고 국토교통부 특성에 부합하는 구체적 추진방안을 제시
- 본 기획은 국토교통부 소관 R&D기획으로서 국토교통부 소관 사업으로 한정하며, 플랜트 시스템 전체의 내구수명, 안전관리 등 단위설비의 안전기준 및 유지관리에 관한 사항은 타 부처 소관업무와 중첩으로 인한 혼란을 야기할 수 있으므로 대상에서 제외함
- 배관, 압력용기, 교환기 등 단위설비의 내구수명 및 안전관리에 관한 사항과 관련 최종 사용승인부처의 역할에 관한 사항은 대상으로 하지 않음
- 본 기획 결과 제시되는 국토교통부 규정의 운영과 실효성 확보 방안에 대해서는 기획과정에서 검토 예정임

□ **과제도출 방안: 동향 분석 및 기술수요조사 수행 결과를 바탕으로 기술 니즈를 확인하고 포트폴리오 분석 등을 통한 사업 전략에 따라 사업의 비전과 목표에 부합하는 과제를 도출**

① 핵심과제 및 기술 도출: 동향분석, 기술예측조사, 기술수준 및 수요조사를 통해 작성된

기술계통도/요소기술 Pool 중에서 중점 추진분야를 결정

- 본 기획 과제에서 대상으로 하는 재난요인은 지진, 화재, 폭발, 누출이며, 대상 플랜트는 고위험군의 시설로서 석유화학플랜트, 가스플랜트, 발전플랜트, 이송/저장플랜트로 하고 있으나 산업계, 제도운영 전문가 그룹 자문위원회 검토절차 등을 거쳐 우선순위에 대상 시설물 조정 여부를 검토하였음

② 요소기술 구성

- 핵심 과제/기술을 확장하여 개발 가능한 요소기술을 도출
- 선정 요소기술의 그룹화, 레벨링을 통하여 요소기술 분류체계도를 작성

③ 요소기술별 중요도 평가

- 중요도 평가 기준 설정
- 전문가에 의한 중요도 평가 수행
- 평가 결과 분석 및 우선순위 선정

④ 과제 구성

- 우선순위 선정결과에 따라 요소기술 분류체계도 재구성
- 동일 목적과 레벨의 요소기술들로 세부 또는 세세부과제를 구성

다. 우선순위 결정 및 로드맵 작성 방안

□ 우선순위 결정: 연구개발 투자최적화와 올바른 과제 도출을 위해 포트폴리오 분석 등을 실시하고 이를 바탕으로 우선순위 결정

① 포트폴리오 분석: 사업전략 및 기술확보전략 분석을 통하여 요소기술별 세부 전략을 도출

② AHP 분석: 요소기술들의 계층화, 가중치 추정, 최종 우선순위 평가

③ 우선순위 설정

- 전체적인 개괄 로드맵을 통한 거시적 추진방안 수립 및 상세로드맵 구성
- 도출된 세부과제들을 대상으로 최종 목표 달성에 필요한 우선순위 개념을 적용해 정성적, 정량적 방법을 통한 순위 결정

□ 로드맵 작성: 핵심기술 확보를 위해 연구주체 간 공동의 목표 및 전략을 공유하여 기술 수요를 충족시키는 기술개발의 거시적 방향을 설정

① 기술로드맵 목표 설정: 현재와 미래의 기술 위치 및 방향을 객관적으로 평가하고 외부의 핵심기술 변화과정을 잘 추적할 수 있는 목표 설정

② 기술 로드맵 작성: 도출된 중점과제 분야들에 대해 우선순위, 기술 연계성 등을 바탕으로 시간 순으로 도식화

③ 참여주체별 역할 설정

라. 세부실행계획 및 실용화 방안

□ 세부실행계획

① 중장기계획: 정부 연구개발 예산 전망, 주무부처 투자가능 예산 규모 예측, 중점과제별 예산 배분 기준 마련(우선순위 분석 결과 활용)

② 과제 기획: 핵심과제별 예산 산출, 세세부과제별 적정비용 산정 및 총 예산 규모 확정, 세부 예산 확정

□ 실용화 방안: 각 기술개발과제의 목표성과물별 실용화 혹은 사업화 방안

① 실용화 및 사업화 방안 제시
- 특화된 사업추진체계 및 방법 제시
- 제도 및 정책 수립방안 제시
- 테스트베드 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 검토
- 본 연구개발계획에는 테스트베드 구축에 필요한 기간 및 사업비를 예상 본과제 내용에 포함하고 있지 않으나, 기획과정에서 테스트베드 구축 필요성 및 사업비 등 필요한 사항을 검토할 예정임

② 연계산업 활용방안 제시

마. 기획연구 최종 성과물

□ 시장/기술/특허/정책 동향 분석 보고서

□ 기획연구 최종보고서

□ 기획과제 RFP(연구단 핵심 및 세부과제 RFP)

3. 추진경과

가. 기획연구 수행 경과

□ **국토교통과학기술진흥원이 2018년 국토교통연구기획사업 시행 공고를 발표함에 따라 2018. 12.01.~2019.11.30. “플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획” 과제 착수**

ㅇ 2018년 12월 5일 ← 국토교통부 & KAIA & 연구진 착수회의

- 장소 : 국토교통부(세종)
- 참석자 : 서정관 서기관 외 1명(국토교통부), 정시교 그룹장 외 1명(KAIA), 기관별 연구책임자 5인
- 내용 : 플랜트 건설을 위한 프로세스(설계→시공→준공 단계)에 있어, “안전 통합관리”를 위한 국토교통부의 역할과 기획과제 수행계획에 대한 논의

ㅇ 2018년 12월 14일 ← 연구진 회의

- 장소 : 강남 토즈(서울)
- 참석자 : 이재훈, 조정현, 여인환, 조규환
- 내용 : 타 법 소관 절차/기술기준은 현행 그대로 활용하면서 시설물 구축을 위해 필요한 국토교통부 소관 통합 설계/시공 기준 및 종합 평가/인증시스템 구축 & 기존 추진방식과 차별화, 실현가능성, 입안의 당위성 논리 & 건축법의 건축사 역할 유사주체 신설 검토 & 기획과제 추진방법 및 절차 논의

ㅇ 2019년 1월 4일 ← 연구진 총괄회의

- 장소 : 글로탑(용산)
- 참석자 : 기관별 책임/실무자 15인
- 내용 : “기획과제 추진 일정”논의 & “대표전문가”자문 그룹 구성 및 소개 &“시장, 기술, 특허, 정책관련 동향조사” 방법 및 계획(안) 소개

ㅇ 2019년 1월 14일 ← 동향조사 전문기관 협의

- 장소 : The BNI(서울)
- 참석자 : 고민구, 홍성실(The BNI) / 여인환, 안재권, 조규환
- 내용 : 플랜트 관련 대내외 환경분석 방법 및 범위 1차 논의(메가트렌드, 법제도, 정책, 산업/시장, R&D 등)

ㅇ 2019년 1월 25일 ← 동향조사 전문기관 협의

- 장소 : The BNI(서울)
- 참석자 : 고민구, 홍성실(The BNI) / 안재권, 조규환
- 내용 : 플랜트 관련 대내외 환경분석 방법 및 범위 2차 논의(메가트렌드, 법제도, 정책, 산업/시장, R&D 등) & 결과물 도출 일정 논의

ㅇ 2019년 2월 13일 ← 1차 워크샵

- 장소 : 강남 토즈
- 참석자 : 정시교 그룹장 / 참여기관별 연구책임자 및 실무자
- 내용 : 분과별* 연구 진행상황 및 향후 계획 발표 / 현황→문제점→개선방향→연계과제로 이어지는 Framework 작성 요망

  *화재분과(KICT) / 지진분과(서울대) / 구조-폭발분과(건국대) / 설비-폭발누출분과(KGS) / 시험인증평가분과(KTL)

ㅇ 2019년 3월 25일 ← 2차 워크샵 겸 기획과제 관련 진도보고

- 장소 : 국토교통부
- 참석자 : 서정관 서기관, 김형준 주무관 / 정시교 그룹장 / 류형규 / 여인환, 조규환
- 내용 : 기획연구 수행 상황 보고 / 플랜트 안전관리 부분에서의 국토교통부의 역할(안) 제시

ㅇ 2019년 8월 1일(목) ← 연구진 회의

- 장소 : 한국건설기술연구원(일산 본원)
- 참석자 : 이재훈 / 조정현 / 여인환, 안재권, 조규환
- 내용 : 과제 진도 및 방향관련 참여연구진 회의(개별설비 단위가 아닌 구획/공간 단위 관점에서의 플랜트 안전 기술)

ㅇ 2019년 8월 2일(금) ← 연구진 회의

- 장소 : 강남 토즈 2호점
- 참석자 : 김한수, 이재훈, 조정현, 김선후 / 여인환, 안재권
- 내용 : 기획과제 절차에 따른 '기술수요조사서' & 본 과제용 'RFP' 작성 방법 교육 / (최종)보고서 작성 일정 논의

ㅇ 2019년 8월 5일(월) ~ 8월 19일(월) ← '기술수요조사서' 조사

- 대상 : KAIA 추천 전문가 / 관련 전문가 / 불특정다수 대상(BNI 주도)
- 내용 : 기술수요조사서는 플랜트의 개별 설비단위와 구획/공간 단위로 구분되어 조사되었으며, 제도/기술/시험인증평가 시스템으로 구분되어 조사되었음. 54개 주제의 기술수요 조사

ㅇ 2019년 8월 20일(화) ~ 8월 25일(일) ← 'RFP'도출

- 내용 : 조사/취합된 기술수요조사서를 바탕으로 본 과제용 RFP 도출

ㅇ 2019년 8월 26일(월) ← '기술수요조사서'&'RFP'동향분석 전문기관 송부

- 내용 : 조사/취합, 작성된 기술수요조사서, RFP를 전문 동향분석 전문기관(The BNI)으로 송부, 보고서 초안 작성 시작

ㅇ 2019년 11월 14일 ← 연구진 회의

- 장소 : 토즈 강남2호점
- 참석자 : 참여기관별 연구책임자
- 내용 : 도출된 최종 RFP 타당성 검토와 더불어 예산 배분 및 예산산출에 대한 논의 / 보고서 작성 및 추후 일정

나. 전문가 자문회의 수행 경과

□ 본 사업기획은 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획으로 산, 학, 연의 관련 전문가들의 충분한 의견 수렴이 중요

ㅇ 2018년 12월 18일 ← 전문가 자문회의(소방설계/엔지니어링 전문가 면담)

- 장소 : 한방유비스(서울)
- 참석자 : 김상일 / 여인환, 조규환
- 내용 : 대상플랜트 단순/집중화, 플랜트 특성상 공정전문가가 주역 & 국토교통부 입장에서 산별적 플랜트 안전기준 통합 의미 있음

ㅇ 2018년 12월 21일 ← 전문가 자문회의

- 장소 : 삼성방재연구소(서울)
- 참석자 : 류승관 / 여인환
- 내용 : 대상플랜트 범위 좁혀야, 유경험 플랜트에 대해서만 파악 가능, 과다설계 현실, 기술자립도 떨어짐

ㅇ 2019년 01월 14일 ← 전문가 자문회의(플랜트 소방설계/엔지니어링 전문가 면담)

- 장소 : 글로탑(용산)
- 참석자 : 박승민((주)사파이어) / 이재훈, 조정현, 이혜림, 임유진, 여인환, 안재권, 조규환
- 내용 : 플랜트는 공정/용도별 위험도에 따라 시공/설계하는 기관나 관리/승인해주는 주체가 다름 & 플랜트는 일반적인 건축물과는 달리 위험물 저장시설이나 보일러 등, 화재 위험 요인들이 많고 플랜트의 사용 용도별(석유화학, 제약, 반도체 등)로 고려해야 될 사항들이 달라 소방설계에서도 일률적인 기준을 적용하기란 매우 어려운 실정임 & (박승민 의견) 플랜트 안전과 관련하여 포괄적인 법제도를 만드는 것은 지양(가이드라인 지향)

ㅇ 2019년 01월 18일 ← 전문가 자문회의(플랜트 EPC 기관 관계자 면담)

- 장소 : D-Tower(서울)
- 참석자 : 김상헌, 권순영, 변기정((주)대림산업) / 조정현, 김상헌, 강봉석, 이혜림, 임유진, 여인환, 안재권, 권오상, 조규환
- 내용 : 플랜트 건설 프로세스에는 크게 사업주(Owner), Licensor, FEED(Front-End Engineering Design)기관, EPC(Engineering Procurement Construction)기관, PMC(Project Management Consultancy)기관이 관여함 & 플랜트 프로세스에서 중요한 역할을 담당하는 Licensor가 대부분 해외의 기관이고, 기술적 장벽이 매우 높아 시장 진입이 어려움. 또한, 플랜트는 용도별, 공정별로 너무 많은 요소가 개입되어 있으므로 포괄적인 법제도를 기획하는 것은 어려울 것으로 보임

ㅇ 2019년 01월 25일 ← 전문가 자문회의(기계설비법 제정 관계자)

- 장소 : 대한기계설비산업연구원(서울)
- 참석자 : 류형규(대한기계설비산업연구원) / 여인환, 조규환
- 내용 : 기계설비법 제정 배경, 범위 & 기계설비법에서 말하는 플랜트란? & 플랜트는 기계설비의 Complex Body이므로, 기계설비법령에 플랜트를 정의하고 기술기준을 규정하는 것이 바람직함 & 기계설비법 제정에 따라(2018.4) 현재 하위 시행령 및 규칙을 만들고 있는 단계, 국토교통부 고시로 기술기준(안) 작성 중 (기능과 안전에 대한 기술기준)

ㅇ 2019년 02월 15일 ← 전문가 자문회의(플랜트 EPC 관계자 면담)

- 장소 : D-Tower(서울)
- 참석자 : 김상헌((주)대림산업) / 안재권, 조규환
- 내용 : EPC社별로 플랜트 주요 위험설비에 대한 개별관리 및 점검 → 일관성 결여로 인한 국내 법적규제 중복수검, 사각지대 발생(책임소재 불분명) / 플랜트 안전설계와 안전성

판단 예시 확보(국내 법적규제 수검에 따른 플랜트 압력용기 안전설계(㈜대림산업 제공))

ㅇ 2019년 04월 02일 ← 전문가 자문회의(기계설비법 제정 관계자)

- 장소 : 대한기계설비산업연구원(서울)
- 참석자 : 류형규(대한기계설비산업연구원) / 여인환, 조규환
- 내용 : 기계설비법 시행령 내 플랜트 정의 및 범위 작성 논의 / 플랜트 기술기준 구성(안) 작성 논의

ㅇ 2019년 10월 31일 ~ 11월 8일 ← 플랜트 학회/협회 Head 자문회의

- 참석자 : 유호선(대한기계설비산업연구원 원장) / 안장성(기계설비건설협회) / 김용담(플랜트협의회) / 박진철(대한설비공학회 회장)
- 내용 : 기획결과로 도출된 RFP(25개) 타당성 검토

다. 정부부처 및 관리기관 의견수렴 경과

□ 본 사업기획은 여러 부처간의 이해관계가 존재하므로 사업기획 추진 방향에 대한 국토교통부 기술정책과/건설산업과 및 전문 관리기관과의 충분한 협의가 필요

ㅇ 2018년 12월 05일 ← 국토교통부 & KAIA & 연구진 착수회의

- 장소 : 국토교통부(세종)
- 참석자 : 서정관 서기관 외 1명(국토교통부) / 정시교 그룹장 외 1명(KAIA) / 기관별 연구책임자 5인
- 내용 : 플랜트 건설을 위한 프로세스(설계→시공→준공 단계)에 있어, “안전 통합관리”를 위한 국토교통부의 역할과 기획과제 수행계획에 대한 논의

ㅇ 2019년 01월 11일 ← 진행상황 브리핑

- 장소 : 국토교통과학기술진흥원(안양)
- 참석자 : 정시교 그룹장 / 여인환, 조규환
- 내용 : 국토교통부가 요구한 2가지 사안에 대한 기획안 제시 관련
  ① 국내외 현안분석에 기반한 플랜트 안전관리 패키지 구성방안?
  ② 플랜트 안전관리 부분에서의 국토교통부의 역할?

ㅇ 2019년 03월 25일 ← 기획과제 관련 진도보고

- 장소 : 국토교통부

- 참석자 : 서정관 서기관, 김형준 주무관 / 정시교 그룹장 / 류형규 / 여인환, 조규환
- 내용 : 기획연구 수행 상황 보고 / 플랜트 안전관리 부분에서의 국토교통부의 역할(안) 제시

① 국내외 현안분석에 기반한 플랜트안전 통합관리 패키지 구성방안?

☞ 플랜트안전 통합관리 패키지 ← 제도 + 기술(재난유형별 안전기술개발 & 시험_인증평가 시스템 구축)

② 플랜트 안전관리 부분에서의 국토교통부의 역할?

☞ 제도(법) 활용을 통해 국토교통부의 역할을 만들어내는 것

☞「기계설비법(2018년 4월 17일 제정)」하위법령에 "플랜트 안전" 연계방안 보고 ← 기계설비법은 다부처에 산재되어 있는 기계설비 관련 규정을 단일화 하고 효과적으로 관리하기 위한 것으로서 유관단체(기계설비건설협회, 설비공학회, 설비기술협회, 냉동공조산업협회, 설비설계협회, 기계설비산업연구원)들에서 하위규정 마련 및 기술기준(안) 작성 진행 중, 기계설비법에 플랜트를 다루고자 하는 움직임이 있음

ㅇ 2019년 7월 19일(금) ← 중간진도 보고회 이후 연구방향 및 진도 논의

- 장소 : 국토교통과학기술진흥원
- 참석자 : 권태규 그룹장 외 3명(KAIA) / 여인환, 조규환
- 내용 : 중간진도 보고회 시 외부 전문가들의 의견 논의 / R&D 추진을 위한 기획연구 절차 및 업무 준수에 따른 연구 추진 / 국토교통부 관련 담당과(기술정책과, 건설산업과 등)에 본 기획연구의 내용 및 R&D 추진의 필요성을 설명하는 노력 필요

ㅇ 2019년 10월 29일 ← 국토교통부 담당부처 방문 기획과제 결과 검토회의

- 참석자 : 김무극 사무관(건설산업과), 하철호 사무관(기술정책과) / 이종석(KAIA) / 여인환, 조규환(한국건설기술연구원)
- 내용 : "플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업" 추진 필요성 설명

ㅇ 2019년 11월 13일(수) ← 기획결과 논의

- 장소 : 국토교통과학기술진흥원
- 참석자 : 이종석, 성호진 PD(KAIA) / 여인환, 조규환
- 내용 : 기획연구 결과에 대한 예산산정 내역 및 로드맵 작성 필요 / 보고서 작성 및 추후 대응관련 논의

제2장

대내외 환경분석

제2장 대내외 환경분석

제1절 메가트렌드 분석

1. 메가트렌드 분석과정

□ **국토교통 미래비전을 위해 현재 다양한 모습들에서 기인하는 미래상과 국민이 희망하는 모습들을 고려한 미래의 트렌드를 제시하기 위하여 국내·외 미래예측 및 트렌드 분석관련 선행연구 기반 메가트렌드 분석 실시**

- ㅇ 메가트렌드와 국토교통 미래이슈의 상호작용에 기반을 둔 2050년의 미래 비전을 제시하기 위하여 다양하고 상세한 자료조사를 기반으로 정확한 메가트렌드와 플랜트산업 트렌드를 분석 추진

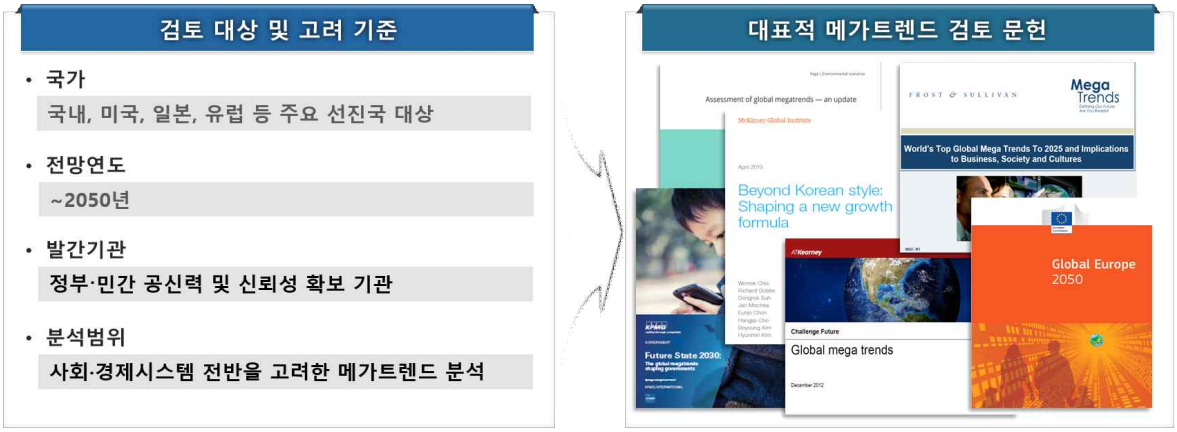
□ **국내외 공신력 있는 공공·민간 연구기관에서 발간한 미래 전망 및 국토교통 관련 전망 보고서를 수집**

- ㅇ 미래전망 내용 및 예측실현시기의 정확성을 높이고자 국내외 주요 미래 예측 및 국토교통 전망 관련 선행 연구 문헌 조사를 대상으로 설정
- ㅇ 국내뿐만 아니라 주요 선진국에서 추진한 정부 및 민간기관의 미래예측 및 트렌드 관련 연구에서 메가트렌드 현황을 조사
  - 선행연구 자료는 발행연도와 연구에서 타겟으로 설정한 전망시기, 발행국가 및 기관, 국토교통 관련 분야 등을 고려하여 분석 대상을 설정

□ **메가트렌드는 수집된 자료를 바탕으로 각 자료별 발행년도, 전망시기, 본 사업과의 연관성 등을 고려하여 1차 스크리닝 후 분석을 수행**

- ㅇ 메가트렌드의 결과 도출을 위해 발행 국가 및 기관, 미래트렌드 분석 범위 등을 고려하여 1차 스크리닝을 진행
  - 중·장기적으로 사회 전반 이슈에 관하여 미국, 일본, 유럽 등 주요 선진국 및 국내에서 발행한 미래보고서를 대상으로 스크리닝을 진행
  - 메가트렌드는 사회·경제시스템 전반에 걸쳐 영향을 줄 수 있는 트렌드를 대상으로 도출함에 따라 특정 분야에 한정된 전망을 기반으로 전략을 수립한 문헌의 경우 메가트렌드 분석 시 제외

- 보고서 발행 국가 및 기관의 공신력 및 신뢰성을 고려하여 추가로 스크리닝을 진행하고 전체 문헌 중 약 30여개 문헌을 대상으로 메가트렌드 분석을 수행



[그림 2.1.1] 메가트렌드 분석 대상 검토기준

o 분석대상 문헌을 기준으로 메타분석을 수행하여 최근 일어나고 있는 국내외 공통적 사회 주요 이슈들을 플랜트 트렌드에 반영하고자 국내외 사회 현한 분석 수행

- 미래사회에서 거대하게 변화하는 흐름을 분석하고 공통적으로 논의가 진행되고 있는 이슈를 분석하고자 선행연구에 대한 메타분석을 수행

- 선행연구에서 분석하고 있는 주요 메가트렌드와 메가트렌드에서 파급되는 영향력, 메가트렌드의 범위 및 세부 내용 등을 다각적으로 분석하여 메가트렌드가 플랜트 분야에 끼치는 영향에 대해 분석

국가	발간기관	보고서명	발행연도	전망시기	메가트렌드
국제기구	The Millennium Project	유엔미래보고서 2050	2016	2050	세계화, 인구통계학적 변화, 기술 변화의 가속
독일	German Convention Bureau	A Study of megatrends shaping our industry	2015	2030	미래 이동성 관련 기술, 인구구조변화, 지속가능개발, 다양성의 대두, 일과 삶터에서의 기술
일본	국토교통성	A Study of megatrends shaping our industry	2015	2050	미래 이동성 관련 기술, 인구구조변화, 지속가능개발, 다양성의 대두, 일과 삶터에서의 기술
유럽	EEA(European Environment Agency)	Assessment of global megatrends	2015	-	세계 인구구조 변화, 세계 도시화, 전염병에 의한 리스크 변화, 세계 양극화 극심화, 심각한 기후변화 등
미국	NIC(National Intelligence Council)	Global Trends 2030_ Alternative Worlds	2012	2030	개인 권한 확대, 권력의 분산, 인구패턴의 변화, 식량, 물, 에너지 위기
Global Consulting Firm	Mckinsey	Beyond Korean style : Shaping a new growth formula	2013	-	중산층 위기, 서비스, 중소기업 낙후, 맞벌이 가구 비중 감소, 출산율에 기인한 노동시장 문제

[그림 2.1.2] 메가트렌드 분석 대상 검토 기준

□ 1차 스키리닝된 국내외 선행연구 자료를 기반으로 검토된 메가트렌드에 대해 STEEP 별로 분류 및 유사군에 대해 그루핑 실시

〈표 2.1.1〉 주요 미래트렌드 보고서의 STEEP 분석 종합(안)

분야	미래트렌드 보고서명	STEEP 기준 분류				
		Social	Technology	Economy	Ecological	Political
일반	Global Trends 2030_Alternative Worlds	인구구조의 변화 문화적 다양성 증가	과학기술의 발달과 융복합화	글로벌화의 심화 중국의 부상	에너지·자원 고갈	갈등의 심화
	유엔미래보고서 2050	인구구조 및 라이프스타일의 변화	과학기술 융합 가속화	지식기반사회 진전과 글로벌화	기후변화 및 환경 문제 심화	새로운 안보이슈 등장
	Future State 2030	고령화 인간화	네트워크사회	글로벌 다각화 시대 정착	환경오염과 자원문제 심화	정치 환경의 다원화
	Global Europe 2050	저출산·고령화	네트워크, 컨버전스	양극화 지식기반경제 글로벌 인재 부상	환경과 자원문제 이슈화	정치 다극화
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
국토	국토 그랜드 디자인 2050	가치관 및 문화 다양화	기술변화의 가속화	세계 경제지형 변화	기후변화 및 환경 오염	-
	America 2050 Megaregions	건강·장수 의료 환경 사회격차	첨단과학기술발전	세계경제 통합 및 국제 분업	에너지 위기	국가이익 실현
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
교통	transit vision 2050	인구 문제	과학기술 발달 및 융복합화	경제 글로벌화	지구온난화, 기후변화	-
	미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망	여가·문화의 가치 증대	고부가가치 생태농업	그린 ICT 비즈니스	지구환경 변화 녹색성장 이슈	남북통합
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

□ 본 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업의 미래 전망과 현안, 문제점, 미래 이슈 등을 STEEP 분석을 통해 도출

o 4차 산업혁명의 변화요인이 플랜트 산업 분야에 미치는 영향과 변화모습을 전망하여, 이에 따른 플랜트 산업 분야의 핵심이슈와 기술니즈를 도출하여 사업방향성 설정의 근거자료 활용

2. 메가트렌드 분석결과

가. 1차 분석 결과

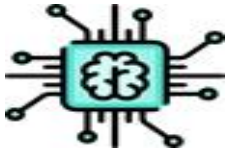
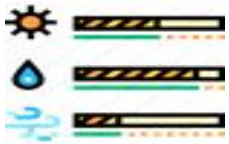
〈표 2.1.2〉 1차 STEEP 분석

구분	메가트렌드	국토 연관 이슈	사업 연관 이슈	위험요인 연관 이슈
사회/문화 분야 (S)	• 세계화 속에 권역화 및 지역화 가속 • 인구구조 변화에 따른 경제활동 인구 감소 • 초고령 장수 사회	• 대규모 국토개발 수요 감소, 재생활성화 • 고령인구 거주 증가, 실버 서비스 수요 증가 • 도시 소형주택 수요 증가	• 플랜트 산업 인력활용의 애로, 자동화·무인화 기술수요 증가 • 전문인력 유입부족으로 플랜트 산업의 기술인력 고령화	• 고령화 작업자의 화기작업, 운전미스, 과실, 낙화 등의 사고로 인한 플랜트 시설물 안전 위협 • 플랜트 건설 안전분야의 전문인력 유입 부족 • 플랜트 시설물, 공업단지 등을 대상으로 산업재해 및 자연재해에 취약할 것이라는 사회적 우려 심화 • 도시양극화로 플랜트 시설물 노후화 심화로 관리 비용 및 재해·재난 증가
과학/기술 분야 (T)	• 경제·사회 현안 해소를 위한 첨단기술 개발 • 기술분야 간 융·복합화 가속 • 자국 기술보호 및 카르텔 확대	• IoT, 인공지능, 가상·원격, 통신 등 융·복합기술 확산 • 첨단, 통합기술의 접목을 통한 한계 극복 • 디지털화, 초고속화, 광역화, 원격 근무 증가	• 플랜트 산업 연구개발 투자저조로 선도국과 기술격차 확대, 경쟁력 저하 • 플랜트 개발에 적합한 핵심기술 확보가 시급하나 장기개발 소요 • 선도국의 첨단 엔지니어링, 플랜트 기술 장벽이 높아짐 • 플랜트 건설·운영 고도화	• 플랜트 시설물·설비의 고장이나 균열 등으로 시설 자체의 결함에 의해 발생 • 플랜트 시설물 안전설계 기술과 구조물 비구조물 내진설계 기술 미흡 • 플랜트 시설물 노후화에 대한 붕괴 위험성이 대두 • 공간·구획 관점의 위험도 평가 기반 플랜트 전 주기 안전기술의 개발 필요

구분	메가트렌드	국토 연관 이슈	사업 연관 이슈	위험요인 연관 이슈
경제 분야 (E)	• 글로벌 경제시대 도래 및 세계시장 경쟁심화 • 시장 다변화, 국가간 전략적 제휴 • 물·에너지·자원 수요 증가에 따라 생산투자 지속 증가	• 글로벌 네트워크 및 협업 활동 가속화 • 선도국의 다변화 전략으로 북극권, 중앙아시아, 북미, 중남미 지역개발이 점진적 증가 • 역내 경쟁 심화 및 협력 강화, 산업 입지 수요 변화	• 선도국 기업의 시장 카르텔로 중견 및 중소기업의 자력진출에 애로 • 선도기업은 EPC 산업의 M&A 및 전략적 제휴를 통한 글로벌 경쟁력 강화 • 지난 10년간 해외 수주지역과 공종 편중심화, 수주급감 • 세계 오일 및 가스 수요는 지속 증가하고, 이에 따른 생산도 증가	• 정유공장 폭발사고(약 350억 피해), 대구 도시 가스폭발사고(약 540억 피해) 등 가스 누출 및 폭발로 인한 대형사고 상존 • 선제적 플랜트 시설물 안전관리를 통한 노후시설물의 피해를 최소화하여 SOC와 사회비용 절감을 도모 • 자연재해·산업재해 등으로 파손된 공장·설비의 복구를 위한 기업의 설비투자 확대 • 노후화된 플랜트 시설물의 안전성 유지는 수입에 의존
환경/생태 분야 (E)	• 기후변화 및 환경오염 심화에 대응 청정생산체계 확산 • 산업 및 생활 전부문에 재난, 안전성 확보 강화 • 자원 부족	• 에너지 효율적 국토이용 및 방재 중시 • 지구온난화 대응 글로벌 환경규제 및 인증제도 강화 • 환경오염 저감기술, 친환경 건설기술 등 산업현장에 적합한 청정생산 기술요구 • 부존 지하자원, 신규 에너지원 중시	• 기후변화는 플랜트산업의 자원개발에 기회 • 현지 생태계 및 원주민 보호, 생산수 부족, 현장의 안전규제 강화 • 플랜트산업지역 특성을 고려한 안정성 및 효율성 도모	• 플랜트 시설물 인근 주민들과의 안전거리가 확보되지 않아 안전성을 보장하는데 미흡 • 고위험물질의 사용 환경, 산업지역 등 다양한 특성을 반영한 플랜트별 시설물 안전기술 요구
정치/안보 분야 (E)	• 민족·종교·국가간 갈등의 심화 • 국가간 물·에너지 갈등 증가 • 글로벌 공조화	• 국가별 에너지 안보강화 • 글로벌 인증기준 및 표준화 시스템 강화 • 중남미 산유국의 정치, 경제, 치안 불확실성 • 산업·금융 다국적화, 글로벌 경제위기 공조화	• 플랜트 산업의 자원시장·북극항로 개척은 주변 국가간 안보차원의 접근 • 현지 진출을 위한 현지 정부와 지자체, 기업, 연구기관의 교류협력 강화 • 플랜트 분야의 글로벌 표준화, 시험·인증 등 기술무역장벽 해소 노력	• 자연재해로 인한 노후화 플랜트 시설물 보강 및 유지관리(SOC자본) 관련 정부출연금 증가 • 지진 피해 저감 및 초기 대응력 강화를 위해 지진센터설립 대두 • 도시 및 시민 중심의 안전체계에 관한 정부정책 시행(기계설비법, 지진안전 시설물 인증제) • 플랜트 시설물 안전설계에 대한 법·제도 마련 미흡

나. 최종 STEEP 분석 결과

〈표 2.1.3〉 1차 STEEP 분석

구분	메가트렌드	국토 연관 이슈	사업 연관 이슈	위험요인 연관 이슈
사회/문화 분야 (S)	 [인구구조 변화]	 [고령인구 증가]	 [무인화]	 [폭발사고다수발생]
과학/기술 분야 (T)	 [기술의 독점화]	 [기술 장벽화]	 [기술격차심화]	 [붕괴 위험성 대두]
경제 분야 (E)	 [경쟁심화]	 [네트워크증가]	 [선도국기업의 방해]	 [SOC 비용 발생 증가]
환경/생태 분야 (E)	 [기후변화심화]	 [환경규제강화]	 [친환경기술요구]	 [자연재해로 손해 발생]
정치/안보 분야 (E)	 [자원무기화]	 [에너지안보강화]	 [기술무역장벽 해소노력]	 [안전정책 시행]

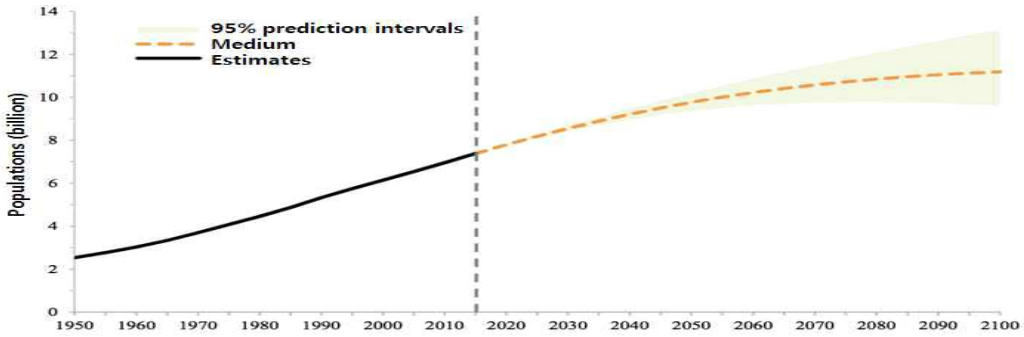
3. 메가트렌드 세부이슈

가. 사회/문화(Society)

□ 고령화 및 평균연령 증가로 인한 인구구조 변화에 따른 초고령 사회 진입 예상

ㅇ 인구증가는 지속되지만 인구 증가율은 낮아지면서 인구의 연령 분포에 변화 시작

- 2050년에는 아프리카를 제외한 지구촌 인구의 25%가 고령자로 바뀔 전망
- 유엔 경제사회구(UNDESA)에 따르면 2017년 세계 인구는 75억5천만명이며, 2023년 80억명, 2037년 90억명, 2055년 100억명에 도달할 전망
- UN이 제시한 인구전망 중 낮은 출산율 등에 따르면 2070년대부터 인구 감소가 시작되는 것도 가능



출처 : UNDESA, World Population Prospects, 2017

[그림 2.1.3] 세계 인구 증가 전망

□ 경제 선진국뿐만 아니라, 경제성장과 함께 소득수준 향상이 두드러진 거대 후발 개도국들의 신규 플랜트 시장에서의 상호문화적 이해와 융합을 통한 공공 및 지역이익 갈등의 조정역할 증대

ㅇ 러시아 하도급 용역 기관이 노동자 관리를 소홀히 하여 근로(용역)계약 체결이나 관할 기관 신고가 되어 있지 않고 무자료로 인력을 관리하는 경우 현장을 관할하는 사업장이 불법적으로 외국인 노동자를 사용한 것으로 해석하여 사업장을 처벌하는 경우 발생

ㅇ 2017년 4월 중순 앨버타 주정부는 연방정부와 협력하여 기업들이 29개의 특정 분야에서 앨버타 주의 숙련인력을 고용하도록 장려하는 일자리 프로그램을 발표

- 24개월간 파일럿 프로그램으로 운영될 예정으로, 프로그램에 해당하는 일자리로는 토목 기사, 기계 기술자, 배관공, 전기공, 목수, 건설 기계 및 중장비 정비공 등

ㅇ 세계화 속에 현지 인력의 활용이 증가하고, 자국의 인력 활용을 일정 비율 이상 요구하고 있으며, 또한 현지 교육과 훈련을 통한 갈등의 조정역할이 커지고 있음

□ **플랜트 산업에서 해외진출 확대를 위해서는 인력수급이 매우 중요하나, IT, 문화 등 새로운 산업의 확대, 건설현장 기피현상 등으로 플랜트 산업의 청년기술·기능인력 부족현상 심화 추세 (제6차 건설기술진흥기본계획)**

ㅇ 건설산업 근로자 중 55세 이상 장년층의 비율은 2008년 14.3%에서 2015년 26.7%로 증가하면서 제조업(10.3%→15.8%), 서비스업 (15.4%→22.8%) 등 타 산업에 비해 빠른 고령화 속도 확인

- (기존 기술인력) 기업의 인력 수요와 대졸 신규 기술자의 역량간의 불균형으로 경력자 선호 현상 발생하고 있으며, 신규 기술인력 유입 부족은 기존 기술인력의 고령화 초래
- (신규 기술인력) 청년에게 불리한 등급산정 기술자 활용제도, 기업수요와 맞지 않는 교육으로 인해 신규기술자 활용 저하

ㅇ 건설산업 고령화는 숙련노동자의 감소로 이어져 생산성 저하를 심화시키고 고령자의 건설재해로 이어져 건설산업 안전성 악화

- 2015년 건설산업 사고 사망자의 68%가 50세 이상으로 고령 건설노동자의 비율이 증가할수록 건설업 사고사망자 수 비중 증가
- 작업자의 화기작업, 운전미스, 과실, 낙화 등으로 인한 화재폭발사고 다수 발생

□ **산업단지 주변의 위험성에 대한 인식이 고조되어 주민들의 안전 확보 및 환경오염 문제로 인해 갈등이 야기되는 등 중요한 사회문제 대두**

ㅇ 대형 공장에서의 사고는 안전뿐만 아니라, 환경문제, 기업의 이미지 추락까지 유발시킬 수 있는 복합적인 성격을 소유

ㅇ 자연재해 및 대형 산업재해는 불특정 다수에게 피해를 줄 수 있으며 국민에게 불안감을 조성하는 등 사회적인 성격이 대두

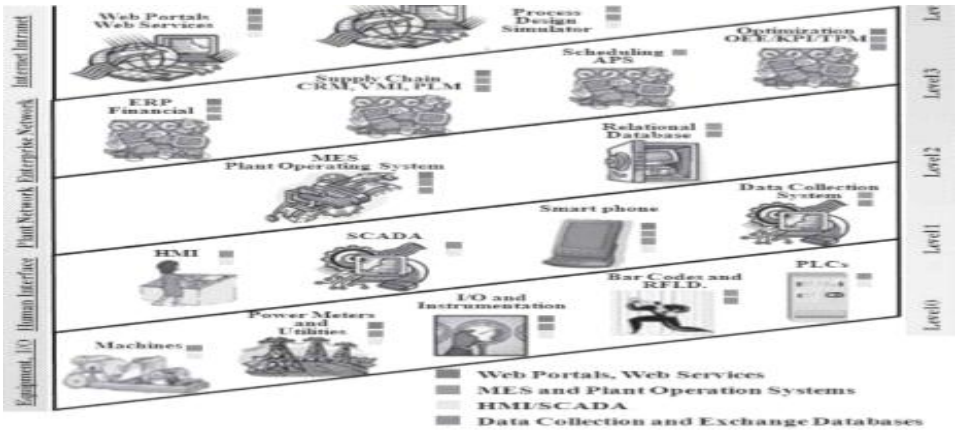
나. 과학/기술(Technology)

□ **스마트 전력 및 워터그리드 연계 플랜트 등 IT기반의 융복합 신산업 출현의 가시화, 글로벌 환경 규제 대응 신재생 융합 플랜트의 활성화 및 고부가가치화 지속**

ㅇ 선도국 기업들의 시장 수성을 위한 독자적인 프로세스 라이선스 확보, 이와 연계한 핵심 시자재의 선점을 위한 High Tech융합기술에 대한 지속적인 R&D투자 및 Test-bed 플랜트를 통한 R&D 실효성 확보 필요

ㅇ 기존 경험의존적 산업에서 지석·첨단산업으로 패러다임 전환이 이루어지며, 다양한 기술의 융합·정보의 공유, BIM 등 단계 통합적 기술적용으로 업역간·단계간 단절을 해소하는 새로운 가치 창출

□ IT 강국인 우리나라는 ICT 기반으로 플랜트 산업에 적용함으로서 고부가가치의 신시장 개척 및 플랜트 산업의 부흥을 이끌어 가야할 중요한 시점으로 인식



출처 : 중소·중견기업 기술로드맵 플랜트엔지니어링 2017-2019(중소기업청, 2017)

[그림 2.1.4] 플랜트+ICT 융합도

ㅇ 4차 산업혁명은 인공지능, 빅데이터, IoT 등 디지털기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명으로 산업뿐만 아니라 국가시스템, 사회, 삶 전반의 혁신적 변화 유발

- (영국) 'Construction 2025'를 통해 건설산업 혁신방안으로 건설산업의 스마트화 강조
- (미국) 스마트 건설기술 스타트업 활성화하며, 다양한 프로젝트에 BIM 등 디지털 기술 적극적으로 활용
- (일본) '25년까지 건설현장의 생산성 20%향상을 목표로 건설사업 전주기에 ICT 기술을 활용하는 'I-Construction' 추진

□ 카르텔 형성을 통해 핵심기술의 집중화가 진행되고 있으며 기술독점을 통한 진입장벽이 공고해지고 있어, 플랜트 선진국 진입을 위해서 설계기술 및 핵심기자재의 자립 시급

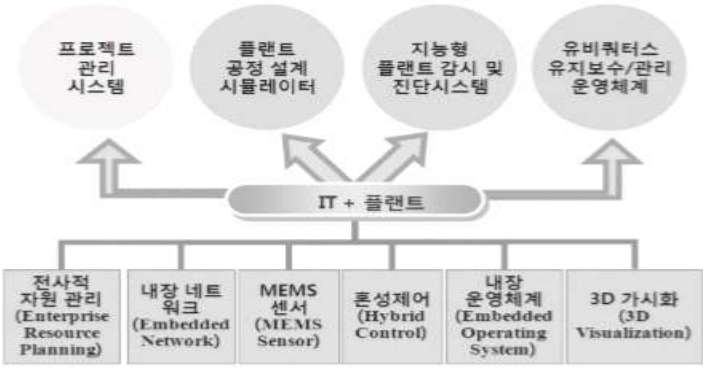
ㅇ 플랜트 기술의 모듈화, 집적화, 융복합화가 확산되고 이종 플랜트의 결합 또는 다목적 플랜트가 출현하고 있어 이를 이용한 시장 진입을 모색 및 시장 확대 전략 필요

ㅇ 탐사 및 채굴기술의 발달로 셰일가스 등 비전통 오일 및 가스의 개발이 급속하게 확대되고 있으며, 이로 인해 에너지 가격, 수급구조, 에너지 정치구도 변화

- 플랜트 산업 측면에서 기회 요인으로서 틈새시장을 이용한 도약 가능

□ **4차 산업혁명 대응 및 산업경쟁력 강화를 위해 IT와 플랜트산업이 연계되어 다양한 기술로 서비스를 구성**

- ICT와 제조업 기술이 융합하여 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, CPS(Cyber Physical System) 등을 통해 공장 내의 장비, 부품들이 연결 및 상호 소통하는 생산체계인 스마트 공장으로의 전환
- 전사전 지원시스템과 접목한 프로젝트 관리, 공정 시뮬레이터, 지능형 플랜트 감시 및 진단, 유비쿼터스 유지보수 및 관리 등이 진행될 것으로 전망



출처 : 플랜트 IT 융합기술 현황 및 전망 (기계저널, 2012)

[그림 2.1.5] 플랜트+IT 기술융합 전망

□ **경주지진과 포항지진 이후 증가한 시민의 불안감 및 걱정을 불식시키고 전문가들의 공학적 지식을 활용해 실제 예상되는 위협을 최소화할 다양한 연구 진행**

- 자연재해 및 노후화에 선제적으로 대비하고 SOC(사회간접자본)관련하여 자연재해 복원력 확보를 위한 연구가 활발히 진행
  - 또한, 자연재해 발생 후 유지보수 및 SOC 비용 발생 증가로 플랜트 및 건축물 노후화에 대한 붕괴 위험성이 대두

〈표 2.1.4〉 SOC 시설물 노후화 추세 전망

구분		1996년	2006년	2016년	2026년	2036년
공공	수량(개)	7,518	17,674	26,930	35,120	39,817
30년 이상	수량(개)	671	1,267	2,744	7,518	17,674
	비율(%)	8.93	7.17	10.30	21.41	44.39

출처: 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(국토교통부, 2017)

다. 경제(Economy)

□ 국내외 플랜트 시장의 경쟁심화 및 시장 과점화로 인한 글로벌 경쟁력 심화

ㅇ 전통적으로 미국, 일본, 서유럽등 기술선도국의 기업들이 중심이 되어 시장을 주도하고 발전해왔던 플랜트 시장이 최근 후발기업들의 가격경쟁력과 선도국들의 기술경쟁력과의 대립구조로 변화

- 선진국들의 고부가가치 시장의 독점력 강화와 새로운 가치창조를 위한 EPC 수주 패턴의 변화와 함께 후발국들의 기술 및 가격 경쟁력 강화에 포지셔닝 변화 심화
- 시장 경쟁력 강화 및 고부가가치 분야의 시장 점유율 제고를 위한 선진기업과 후발기업의 전략적 제휴 및 M&A등 글로벌 카르텔화에 의한 핵심사업의 컨소시엄 수주 확대

ㅇ 신규 플랜트 시장뿐만 아니라 기존 플랜트의 노후화로 인한 성능향상 및 리모델링 혹은 폐기 후 재설치하는 등 재생 플랜트 시장이 선진국을 중심으로 부상

- 에너지자원 확보 경쟁에 따른 신재생 에너지 플랜트 및 해양플랜트의 급속한 시장 확대 전망

ㅇ 경제 위기, 유가 변동에 따른 플랜트 발주 물량의 감소에 따른 국내 기관 간 경쟁 가속화

□ 북미 제조업의 부흥과 중국의 급부상으로 인한 국내 플랜트산업의 입지가 좁아지고 있으므로 대응방안이 필요

ㅇ 중국의 자본 및 자원, 큰 내수시장, 기술력 신장을 바탕으로 글로벌 G2로 부상하고 있으며, 플랜트 산업에서도 점유율 1위로 도약

- 에너지 소비 증가로 고유가가 지속되고 있어 저급 자원의 활용 및 비전통 에너지 개발의 경제성이 증가

ㅇ 가스로 촉발된 북미지역의 화학, 철강 등 제조업의 부흥 및 일자리 창출이 가속되고 있으며, 가스 발전 비중의 지속적 증가가 예상되어 플랜트 시장은 커질 것으로 전망

ㅇ 국내 석유화학 산업의 경쟁력은 낮아지고 경쟁력 유지를 위한 대응방안도 시급한 실정

□ 국가경제의 발전과 함께 석유화학 및 가스 산업시설은 양적으로 팽창하였으나, 통합안전관리 체계가 미흡하여 대형사고 위험성이 상존

ㅇ 정유공장 폭발사고(약 350억 피해), 대구 도시가스폭발사고(약 540억 피해) 등과 같은 대형사고 위험성 상존

ㅇ 국가의 위상과 산업규모에 맞춰 가스누출 및 폭발에 관한 안전관리 기술을 조속히 추진하여 통합안전관리체계 구축이 절박한 실정

□ **노후화 되어가고 있는 석유화학 시설 및 에너지 시설의 안전성 확보 기술은 대부분 국외 선진 기술들에 의존하고 있으며, 우리나라 소프트웨어 개발은 비용측면에서 매우 중요**

- ㅇ 산업시설에서 사고 발생시 드는 비용은 근로자의 재해, 장치의 복구와 조업의 중단 등 인적피해 보다 훨씬 크고 막대한 비용이 소요
- ㅇ 외국의 위험성 평가용 소프트웨어가 국내 시장을 차지하는 문제점은 매년 지불되는 비용 외에도 관련 기술의 종속 및 자체 정보의 대외 유출이라는 측면에서 더 큰 문제점을 야기
- ㅇ 그러나 최근 국내 소프트웨어 프로그래밍 기술이 비약적으로 발달하였고, 위험성평가 소프트웨어를 일부 개발된 실정
  - 이를 바탕으로 한 소프트웨어의 개발이 국내대형사고 예방뿐만 아니라 해외플랜트 수출에 일조할 것으로 사료

라. 환경/생태(Environment)

□ **기후변화에 따른 온실가스 배출 등 환경규제의 강화가 지속적으로 향상 중**

- ㅇ 기후변화에 따른 온실가스 배출 감축 등 환경규제의 강화 및 그린화에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이에 따라 클린연료에 대한 수요 증가가 예상
- ㅇ 공정의 고효율화 등 플랜트의 그린화와 천연가스 액체연료화 등의 클린 연료 생산 플랜트의 수요가 빠르게 증가

□ **기후변화, 환경, 안전문제는 새로운 무역규제로 작용할 것으로 전망되고, 청정생산체계로 전환이 가속화될 것으로 전망**

- ㅇ 기후변화관련 에너지, 환경 이슈해결을 위한 각국 정부의 대응이 강화되면서, 새로운 무역규제로 활용될 전망
  - 우리나라를 비롯한 세계 주요국들은 저탄소 산업에 대한 적극적인 육성 및 지원 추진
    ※ 미국 : 2020년까지 2005년 대비 온실가스 17% 감축
    ※ E U : '20-20-20' target(2020년까지 온실가스 20% 감축, 재생에너지 비중 20% 달성)
    ※ 일본 : 2020년까지 1990년 대비 온실가스 25% 감축
    ※ 중국 : 2020년까지 2005년 대비 GDP당 온실가스 40~45% 감축
- ㅇ 후발 개도국의 급격한 경제성장과 오일피크에 따른 우려로 세계적으로 화석 에너지 문제가 이슈로 대두되면서 시설에 신재생에너지의 접목 활용이 증가 추세



[그림 2.1.6] 녹색성장을 위한 주요국 추진전략

□ **다량·다수의 화학물질을 제조·사용하는 산업단지는 외부의 압력에 매우 취약하며, 기후변화 및 자연재해과 같은 대규모 외부 압력으로 피해가 쉽게 발생**

- 경주 지진발생(16.9) 인근에 사고대비물질을 취급하는 시설이 수백 곳이 운영되고 있으며, 이 가운데 20년 이상 노후화된 시설도 27% 차지
- 사고대비물질을 20톤 이상 다량 취급하는 사업장 149개 중 20년 이상 인 사업장은 44개로 30% 차지

설립시기	사업장 수	비율(%)
10년 미만	120	34
10~20년	138	39
20~30년	92	26
30년 이상	4	1
합계	353	100

〈 사고대비물질 취급 사업장〉

설립시기	사업장 수	비율(%)
10년 미만	43	29
10~20년	61	41
20~30년	43	29
30년 이상	1	1
합계	149	100

〈사고대비물질 20톤 이상 다량 취급 사업장〉

출처 : 지진대비 산업단지 환경안전을 위한 정책 제언(KEL, 2016)

[그림 2.1.7] 경주 지역 산업단지의 노후화 현황

- 그러나 이러한 시설을 대상으로 내진설계와 노후화 등에 대한 안전진단을 수행한 적이 없어, 기후변화 및 자연재해에 취약할 것으로 사회적 우려가 심화

□ **산업단지와 거주지역간의 적절한 안전거리가 확보되지 않아 주민들이 유해물질에 노출될 뿐만 아니라 자연재해발생 시 대형참사로 번질 위험이 상존**

- 유해 화학물질을 취급하는 시설을 설치하거나 운영하려는 사업자는 주변 지역의 사람이나 환경 등에 미치는 영향을 사업장을 설계·설치할 때부터 반영하도록 영향평가서를 작성하도록 시행

- 영향평가서는 자율적이고 의무화가 아니며, 심사하는 인력이 부족해 심사의 지연 심각



출처: NEWSIS(2012), 봉산리 주민들 "또 어떤 피해 생길지 불안"

[그림 2.1.8] 누출사고로 인한 오염된 농작물 제거 작업

마. 정치/안보(Politics)

□ **중국, 러시아 등 강력한 지도력을 갖춘 스트롱맨들은 '자국 우선주의'를 내세우며, 미국이 주도해온 세계질서에 정면 도전, 세계 패권 경쟁이 본격화**

- ㅇ 세계 경제의 불확실성이 커지면서 트럼피즘(Trumpism)에서 푸티니즘(Putinism)에 이르기까지 자국의 이익을 가장 우선시하는 신국가주의(Neo-nationalism)가전방위로 확산되며 신자유주의(Neo-liberalism)를 대체
- ㅇ 지금까지 미국은 막대한 국방예산을 기반으로 경쟁자들을 압도했으나, 중국과 러시아의 경제력이 성장하면서 군사 부문까지 대등한 수준으로 근접 노력
- ㅇ 유럽의 경우에도 강한 국가를 기치로 유럽연합의 연대를 거부하고 탈퇴 움직임이 확대되는 등 하나의 유럽에 균열조심을 보이며 신국가주의가 부상

□ **에너지 및 환경관련 글로벌 표준 및 규정에 대한 대응이 필요**

- ㅇ FTA확산에 따른 영향이 있어 대응전략이 수립이 시급하며, 인권, 환경, 안정에 대한 관심이 높아지고 있음

□ **엔지니어링 전체 생애 주기 관점에서 정보의 관리와 HSE 대응을 위한 시스템과 O&M 관련 기술개발 추구**

- ㅇ 자국 기업의 노하우와 기술정보, 고객 제공의 설계자료 등 중요 정보를 보호하기 위한 정보보안 관리시스템과 프로젝트 관리기술등 S/W관리기술 강화

□ **'지진안전 시설물 인증제'를 통해 지진안전 시설물을 확인할 수 있으며, 민간건축물의 내진보강 촉진 및 강화를 통한 시민들의 안전불감증을 해소**

ㅇ 민간분야 건축물의 내진보강을 촉진하기 위해 인증에 소요되는 내진성능평가 비용과 인증 수수료 일부를 건축구 등에게 지원

ㅇ 또한, 인증을 받은 건축물은 세제감면, 보험료 할인, 건폐율·용적률 완화 등의 혜택을 제공하여 건축물 내진 보강 촉진 유발

□ **한국가스안전공사는 전국 최대 규모의 석유화학단지가 있는 울상광역시와 공동으로 가스시설에 대한 지진 안전성을 강화**

ㅇ 가스안전공사와 울산광역시는 국가산업단지 내 가스시설의 내진성능 확인 및 보수보강을 위한 지진안전성 향상 추진단을 발족

- 추진단 발족은 지난 2016년 경주 및 2017년 포항에서 발생한 지진으로 국가 산업단지 등 대형 시설이 밀집돼 있는 지역에 대한 지진 안전성 확보가 중요 사안으로 떠오른 것에 따른 조치

- 추진단은 성능확인 및 보수보강 업무에 대해서는 외부전문가와 자문을 통해 신뢰성을 확보 할 계획

ㅇ 내진기준이 도입되기 전에 설치된 독성·가연성 저장탱크에 대해서는 오는 2022년까지 성능확인을 실시

- 이 과정에 내진 성능에 적합하지 않는 시설에 대해 가스사업자에게 보강계획서 수립하도록하고, 시설물 보강 등에 대한 기술지원을 제공하는 등 실질적인 내진보강이 이루어지도록 할 방침

- 성능확인 및 보수·보강에 대한 다양한 인센티브를 개발해 사업자의 부담을 줄이고, 시설개선 홍보를 통해 지진에 대한 시민 불안감도 해소하기 위해 노력

제2절 국내·외 기술/시장/정책 동향 분석

1. 기술 동향

가. 발전플랜트

⑴ 화력발전

□ **한국동서발전소는 '안전마스터 플랜'을 수립하여 고위험 작업장소에 폐쇄회로TV(CCTV)와 블랙박스를 설치하고 사물인터넷(IoT) 안전관리시스템을 개발**

ㅇ IoT 기반 안전관리시스템은 첨단 정보통신기술(ICT)로 작업자의 움직임과 하중 분포 등 작업 상태를 자동으로 감지해 위험에 선제적으로 대응하는 체계

- 2021년까지 현장에 적용되면 사업장 안전 수준을 크게 끌어올릴 것으로 기대

□ **한국중부발전은 서울복합화력에 IoT센서 기반의 재난·산업안전 예방 실시간 지능형 모니터링 시스템 '스마트 재난안전타워'구축을 위한 업무협약(MOU) 체결**

ㅇ 발전소 내부에 화재, 유해가스 누출 등 안전사고가 우려되는 상황 발생 시 인명 및 설비 피해가 1%도 없는 한 차원 높은 안전관리체계를 구축을 위해 업무협약을 추진

- 주요 개발내용은 작업자의 위험 인지, 작업현장 환경 정보수집 및 위험도 분석을 위한 디바이스 개발, AI기반의 영상분석시스템 개발 및 적용, 능동형 대피유도시스템 개발, 통합 모니터링 플랫폼 개발 등

- 참여 스타트업 기업에 연구개발자금 및 테스트베드를 제공하여 신기술 확보, 특허 취득, 일자리 창출 등 동반성장을 통한 상생의 가치 실현에도 선도적인 역할

ㅇ 발전사 최초로 신보령발전본부에 건설 신기술을 활용한 스마트 안전공유시스템을 시범 구축

- 4차 산업기술을 활용해 증강현실(AR) 기반의 설비점검시스템 및 가상현실(VR) 기반의 안전체험장 등을 개발 및 운영

- 최근 5G 기술을 접목해 4차 산업혁명 핵심기술을 구현하기 위한 인프라 구축도 추진

□ **산업통상자원부는 경남 고성 삼천포발전소에서 석탄화력발전소 저탄장을 안전관리하는 드론 시범비행을 실시**

ㅇ 남동발전 중앙관제소는 드론으로 촬영하는 영상을 실시간 전송받아 저탄장을 3차원 지도화(Mapping)하여 쌓여있는 석탄량을 정확히 측정하고, 저탄장의 온도분포도를 그려 석탄의 자연 발화를 예측·예방

o 향후 안전관리에 드론을 활용하면서 성능을 지속 보완하여 상용화하고, 여수, 영흥 등 다른 발전소에도 특성*에 맞는 드론을 도입할 계획

* 저탄장관리(삼천포발전), 보일러점검(여수발전), 재난·화재감시(영흥발전), 시설물점검(분당본부)

□ **한전 KDN은 IoT 혁신대상 2019에서 '전력설비 감시·진단 IoT 시스템' 출품했으며, IoT 요소 기술과 서비스 모델의 우수성을 인정받아 선정**

o 다양한 설비 환경에서의 안정적인 IoT서비스를 지원하며, IoT인프라와 전력설비의 상태 감시·진단에 최적화된 IoT 센서를 제작, 운영하는 기술로 구성

- 특히, 전력설비로 인한 화재·안전사고 예방과 전력 설비 초기고장 검출에 필요한 다양한 IoT 센서와 연계할 수 있는 것이 주요 특징
- 이 시스템은 당진화력발전소, 영흥 발전소를 대상으로 실증사업을 완료

□ **한국서부발전은 드론을 활용한 '무인 항공기술 이용 보일러 노내 점검기술개발'을 위한 현장 테스트를 시행**

o 석탄화력발전소 보일러 노내에는 클링커(Clinker)낙하에 의한 튜브 손상, 노내 화염부 및 산화물에 의한 튜브 부식, 장단기 과열에 의한 튜브 크립(Creep), 비산회(Fly Ash)에 의한 튜브 마모 등의 문제가 발생할 수 있어 튜브관리가 시설물 안전 이슈 중 하나

- 튜브 점검을 위해서는 비계를 설치, 점검해야 하는데 비계 설치를 위해서는 인력투입과 시간이 필요하고 비계붕괴, 작업자 추락 등의 안전문제가 상시 존재

o 무인 항공기술을 이용한 보일러 노내 점검기술개발은 시설물 안전성 향상을 위해 드론 비행기능, 영상송신기능, 초저도 카메라 기술, 실내 위치센서 기술 등을 활용해 보일러 노내 점검시 이용할 수 있도록 계획



출처: 건설경제(2018), '드론' 띄워 석탄화력발전소 보일러 내부 점검

[그림 2.2.1] 무인 항공기술 이용 보일러 노내 점검기술 현장테스트

나. 자원개발플랜트

(1) 석탄가스화

□ **한국서부발전은 새로운 정보통신기술(ICT)에 기반한 안전관리 과학화를 통해 사업재해율을 획기적으로 감소**

ㅇ 드론(무인항공기)과 초음파기기 등 최첨단 기기로 높은 곳이나 사각지대에 있는 설비의 이상유무를 신속하고 안전하게 점검

- 드론을 활용한 보일러 점검, 저탄장 석탄 재고 관리 시스템 등 4차 산업혁명에 대응하여 빅데이터에 기반한 발전 운전 정보 최적화 인공지능(AI) 시스템 구축도 추진

ㅇ 또한, 재해사고를 줄이기 위해 안전자문단을 운영하면서 작업자 종합진단 기준을 마련, 시행하고 협력기관의 대외 안전인증 획득 지원



출처: 한국서부발전

[그림 2.2.2] 드론을 활용한 사각지대 설비 이상 유무 점검

□ **한국서부발전은 신속한 재난 대응을 위해 '재난 대응 스마트폰 앱'을 자체 개발해 운영 중**

ㅇ 폰 앱은 '지하전력구 화재발생시 대응절차'등 11종 50개의 재난 대응 시나리오에 대해 초동조치·재난대책본부 운영·사후수습 등 단계별 행동 요령을 제시

- 직원들이 언제 어디서든지 앱을 활용해 바로 신고가 가능하며, 재난발생 현장에서'재난 유형별 행동요령'을 검색해 자신의 임무를 확인한 후 신속하게 초동 조치를 수행 가능

ㅇ 불시에 재난 상황 메시지에 대응할 수 있는 실전과 같은 훈련 방식으로 재난 대응 훈련을 실시

- 사전에 공지된 장소에서 가상 시나리오는 현실성이 부족하기 때문에 변경하였고, 바뀐 재난 대응 훈련은 골든타임(초동대처)에 중점을 맞춰 실시

□ **석탄가스화복합발전의 안전성 확보를 위해 정보통신기술을 활용, 근로자 위치 정보를 관리하는 등 신속히 대응할 수 있는 통합안전관리시스템을 구축**

ㅇ 시스템 내용으로는 근로자 위치 정보 관리, 휴대용 멀티 통신장비로 유독가스를 감지, 작업 현장의 안전상태를 실시간 모니터링 등을 구축

ㅇ 공정 안전 관리 온라인 시스템을 개발해 위험물질 정보, 도면, 안전설계 정보등 주요 위험 정보를 종합 관리함으로써 유해 위험 설비에 대한 체계적인 안전관리 및 이력 관리를 시행

□ **SK에너지는 석유화학 공정의 안전 강화를 위해 에너지 관리 및 자동화 분야의 디지털 혁신을 선도하고 있는 글로벌 기업 슈나이더일렉트리 시스템스코리아와 업무협약(MOU)을 체결(20.01)**

ㅇ 슈나이더일렉트릭은 한국에서 SK에너지에 안전 계측 시스템인 트라이코넥스 삼중화 안전 PLC 시스템과 터보 기계류 종합 솔루션을 제공하는 단독 공급기관으로 선정

- SK에너지는 울산 석유 화학 플랜트에 슈나이더일렉트릭 공정 안전 강화 시스템을 구축해 보다 높은 안전성과 생산성을 확보

- 구체적인 부가가치 및 비즈니스 성과를 이루기 위해 장기적인 파트너십을 강화

ㅇ 슈나이더일렉트릭은 글로벌 시장 점유율 1위의 SIS(Safety Instrumented Systems, 안전 계측 시스템) 공급기관으로 국내 뿐만 아니라 전 세계 상위 20위권의 대형 오일·가스 회사들에서 채택해 활용

- 슈나이덜일렉트릭의 '에코스트럭처 트라이코넥스 안전 시스템(EcoStruxure Triconex Safety)'은 석유 및 가스, 정유, 석유화학, 발전 등 기타 고위험 산업에 적용하여 사이버 보안, 위험 완화, 운영 지속성을 강화

- 또한, 이 시스템은 IoT 상호운영 아키텍쳐인 에코스트럭처 플랜트(EcoSruxure Plant)의 일부로서 다양한 산업 표준 프로토콜을 통해 상호연동 가능하며, 엔드-투-엔드(End-to-End) 사이버보안이 적용
- 국제적 기준인 IES 62443 표준을 준수하고 TUV에서 인증 받아 안전 무결성 레벨3(SIL3)까지의 안전 애플리케이션에도 적용 가능



[그림 2.2.3] MOU 협약을 통한 SK에너지의 트라이코넥스 안전시스템

□ **한화종합화학은 울산시와 ETRI(한국전자통신연구원)와 공동으로 화학플랜트 안전기술을 개발**

○ 3개 단체는 '화학플랜트 안전 기술과 ICT 분야의 기술교류를 위한 업무제휴(MOU)를 체결(19.11)

- 향후 3년간 울산지역 화학 플랜트의 안전을 위해 ICT(정보통신기술), 지능형 IoT(사물인터넷), 빅데이터 등을 이용한 다양한 스마트 안전 시스템을 공동 개발

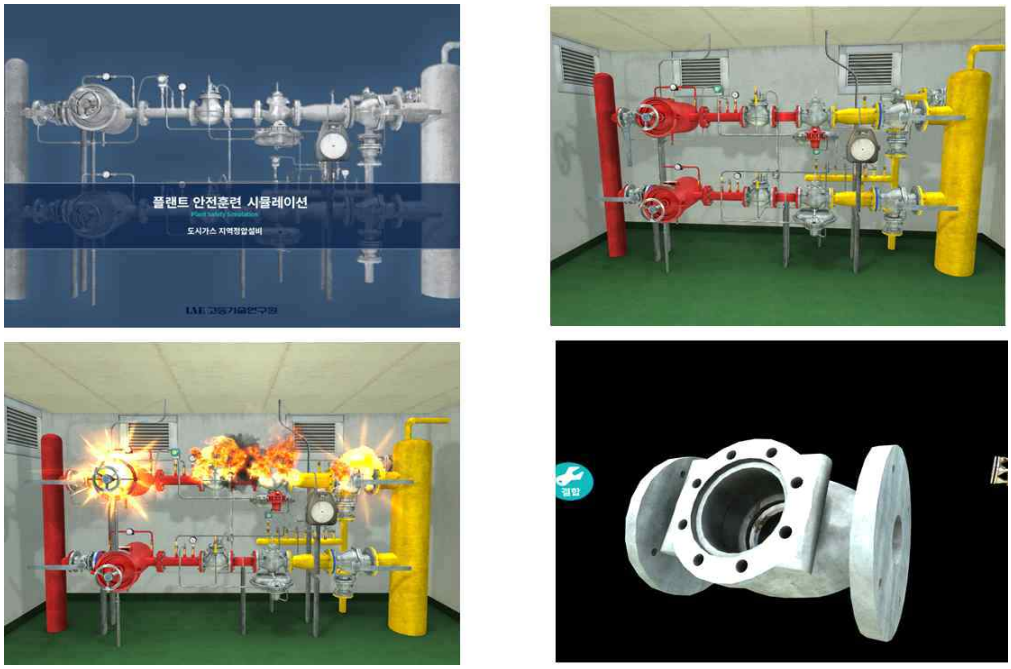
○ 한화종합화학은 2018년부터 PTA(고순도테레프 탈산, Purified Terephthalic Acid) 공장 전 지역에 P-LTE 통신망(단지 내 전용 무선통신망) 인프라를 구축하여 작업자의 안전사고에 대한 위험요소를 제거연구 진행

- 특히, 사고 발생시 중대형 인명사고 가능성이 높은 밀폐공간 작업에 대한 사고를 사전에 방지하고자 ETRI와 함께 실시간으로 모니터링하는 시스템을 개발

○ 3개 단체의 협약을 통해 실시간 작업자 안전 모니터링 시스템, 실시간 설비 모니터링 시스템, 실시간 출입자 관리 시스템과 같은 실질적으로 작업자의 안전을 확보할 수 있는 시스템을 개발 검토

(3) 가스플랜트

□ **한국가스안전공사, 서울도시가스, 전자부품연구원, LG화학 등 8개사 공동으로 도시가스 배관망을 대상으로 IT 기반 안전 플랜트 프레임워크를 여수 석유화학단지에서 실증 실험 진행**



출처: 인터젠컨설팅(주)(2019), 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구기획 최종보고서

[그림 2.2.4] 도시가스 지역 정합기 안전훈련 시스템

o 작업자 지능형 안전교육 기술의 경우, 도시가스 정압설비와 화학공정 플랜트를 대상으로 햅틱기반 플랜트 안전훈련시스템 기술 개발 연구단이 국토교통부 연구개발사업을 진행

- 광주과학기술원에서는 플랜트 장비 조작 촉감을 구현한 햅틱 밸브 장치를 개발 중에 있으며, 신우이앤티에서는 플랜트 운전원의 현장 이동 촉감을 구현한 이동 보행 장치를 개발 중

□ **SK C&C는 드론을 통해 도시가스 시설 주변 상황을 분석해 위험 상황을 파악하고 경고하는 '에이든 드론관제 플랫폼'서비스 개시**

o '에이든 드론관제 플랫폼'은 SK C&C의 비전 AI 솔루션 '에이든'과 연계한 드론으로 사람이 접근하기 힘든 지역의 도시가스 시설물 등을 감시하는 역할

- 가장 큰 장점은 위험 현장의 빠르고 정확한 파악과 위치 정보제공

□ **한국가스안전공사는 △가상현실기반 안전훈련 시스템 기술 △데이터 통합관리 기반 배관 정밀 안전진단(CPMS) 기술 △광학센서를 이용한 가스누출 검지기술 등 개발**

ㅇ '가상현실(VR) 기반 안전훈련 시스템 기술'은 독성가스 등 실제 모의훈련이 어려웠던 교육에 활용

ㅇ 휴대용 방폭형 복합가스(LNG, LPG, CO) 검지기 기술인 '광학센서를 이용한 가스누출 검지기술'은 해외 선진기술에 비해 우수한 성능을 보유

- 유효거리 30m까지 검사할 수 있으며, 높거나 외벽에 설치된 배관 등 사각지대에 있는 배관검사가 가능해 일일이 배관부근에서 검지작업이 진행되는 기존 검사장비에 비해 높은 효율을 보이는 것으로 평가
- 가스누출이나 폭발시 원거리에서 검사가 진행되기에 안전관리자의 안전도 확보 가능

□ **현대엔지니어링이 우즈베키스탄 칸딤 가스처리시설 플랜트 공사 현장에 '3D 플랜트 설계 시스템'을 도입하여 종이 도면이 사라진 스마트 현장을 구현**

ㅇ '모바일 3D 플랜트 설계 시스템'은 기존 2D 도면(종이도면)에서는 확인하기 어려운 최종 시공 형상을 모바일 기기(테블릿 PC)에 구현하는 획기적인 시스템

- 모바일 시스템을 도입하면 플랜트 현장의 모든 공정을 3D 형상으로 구현해 시공전 작업 담당자가 최종 완성품을 모바일 기기에서 미리 시각적으로 확인
- 종이 도면을 기초로 작업했을 경우에 발생할 수 있는 시공 오류를 최소화할 수 있는 것이 가장 큰 장점

ㅇ 3D 시스템은 배관공정이 복잡한 플랜트 현장에서 효과적이며, 배관 설치 전후의 작업 공간을 시각적으로 확인할 수 있어 갑도 체크가 가능하고 시공 중 발생할 수 있는 위험 요소도 사전에 파악 가능

- 현대엔지니어링의 3D 시스템은 시공, 자재 조달 현황 등의 데이터를 통합해 활용 범위가 넓은 것이 특징
- 투입되는 자재들을 설치완료, 납품완료, 설치예정, 입고지연 등으로 구분하고 각각 다른 색(色)으로 표시함으로써 공정 현황 파악, 후속 공정과의 간섭 제거 등 시공 효율도 크게 제고 가능
- '모바일 3D 플랜트 설계 시스템'이 플랜트 현장에 정착되면 현장 공정 단축 및 원가 절감이 가능할 것으로 기대



출처: 건설경제(2016), 현대엔지니어링, '모바일 3D 플랜트 설계 시스템' 도입

[그림 2.2.5] 현대엔지니어링 '모바일 3D 플랜트 설계 시스템'

□ **정부는 석유·가스 및 유해화학물질 저장시설의 안전성 강화를 위한 전국적인 정부합동 안전 점검을 실시하고, 제도개선을 위한 관계부처 안전대책반(TF)도 운영**

o 안전대책반은 석유저장탱크 부식속도가 10년인 점을 감안해 측정하는 저장탱크 정기검사 기간을 10년이 아닌 11년으로 개선

- 정부는 사고 위험요인의 조기 인지를 위한 석유저장탱크 정기검사(11년) 기간내 중간검사 제도를 2020년 상반기에 도입하고, 검사대상 주기는 전문가 등의 의견수렴 후 결정

o 가스저장탱크별 정밀안전 진단주기도 현행 5년에서 A~E등급에 분류해 1~7년으로 차등 적용하여 '20년도부터 시행

o 화재사고 예방을 위해 화재폭발 위험성이 강한 석유저장탱크 주변에 화재감지기와 탱크 지붕에 화염방지기의 설치를 의무화하고 가스저장탱크에는 의무적으로 가스누출 정밀감시 장비를 활용

o 작업자 표준작업안전수칙과 안전보건기술지침을 마련하여 가스공사 생산기지에 가상훈련 시뮬레이션을 구축·운영해 휴먼리스크를 최소화하는 계획

- 평택·통영은 설치 완료하였으며 인천은 2020년 설치예정

다. 제철플랜트

(1) 수소환원제철 플랜트

□ 포스코는 착용형 스마트기기(Wearable Device)인 스마트 안전모를 도입해 작업자의 안전을 확보

- ㅇ 스마트 안전모에는 총 10가지 부품이 부착되어 있으며, 카메라와 랜턴을 비롯해, 가스 감지기, 고전압 감지기, 무선 귓속 마이크, 스마트 태그 등으로 구성
  - 작업자가 가스 누출이나 고전압 작업현장에 노출되면 이를 감지해 진동으로 전달
  - 사전에 위험요인을 감지, 작업자에게 경고함으로써 안전상 실수를 예방하고 적재적소에 위험상황에 대응해 효과적인 안전활동 가능
- ㅇ TBM활동을 스마트 앱과 연동해 활용할 수 있는 시스템을 구축하여 안전한 작업환경을 조성을 목표
  - 작업 전에 직원들이 작업내용에 대한 잠재 위험요일을 사전에 발굴하고 안전조치를 실시하는 활용
- ㅇ 포항제철소는 현장 안전을 위해 스마트 세이프티(Smart Safety) 안전활동을 위해 포항 2열연공장의 스마트팩토리* 모델 플랜트를 연내에 구축해 단계적으로 운영

  * 스마트팩토리는 공장설비에 설치된 사물인터넷 센서를 통해 데이터를 실시간 수집하고, 이를 기반으로 목적에 맞게 스스로 가동하는 공장

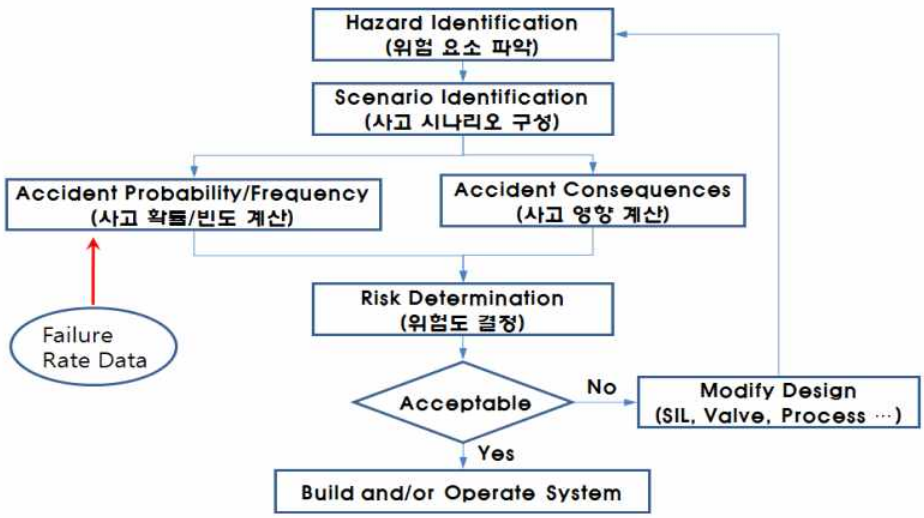
  - 스마트 세이프티란 안전활동에 사물인터넷(IoT) 기술을 접목해 사람의 실수를 최소화하고 현장 위험요인을 개선하는 활동으로 각종 센서와 통신기능을 극대화해 작업자의 작은 실수를 비롯해 현장 위험요인을 최소화하는 것
  - 2열연공장은 설비와 제품 품질간의 상관관계를 데이터로 수집할 수 있는 시스템을 갖추고 있으며 수집된 데이터를 분석해 설비상태를 실시간 진단·예측 가능하여 이를 통해 안정적인 조업환경을 유지하고 설비 수명도 연장

라. 공통

□ **(기술기준 부문) 선진국의 경우, 플랜트 시설물의 위험특성을 반영한 개별적 설계기준을 통해 잠재적 위험이 높은 석유화학 및 가스 플랜트 등에 대하여 높은 수준의 안전기준을 확보**

- ㅇ 선진국의 경우 학회/협회/기술단체(NFPA, API, IRI, BS 등)를 통해 자국에 적합한 플랜트 안전기술기준을 별도로 운영
  - 플랜트 설비표준을 포함하여 플랜트 계획 단계의 위험성평가 및 환경안전기준, 설계, 건설, 검사, 운전 및 유지관리 등에 대한 세부적인 기술기준 운영을 통해 체계적으로 플랜트의 안전관리를 수행
- ㅇ 북미의 경우 UL(Underwriters Laboratories, Inc.), 보험관련단체인 AIA(American Insurance Assoiation)와 FIA(Factory Insurance Association), 압축가스협회인 CGA(Compressed Gas Association), 콘베이어제작자 협회인 CEMA(Conveyor Equipment Manufactures Association) 등과 같은 민간단체에서 석유화학 안전 및 소방과 관련한 각종 Code, Standard, Manual 등을 통한 기준 마련
- ㅇ 미국석유협회(API)에서는 1990년대에 미국기계학회(ASME)의 가이드라인을 바탕으로 산업 플랜트에 대한 안전 기술을 개발

□ **(위험도평가 부문) 선진국의 경우, 플랜트의 공정, 기기배치, 운영 중에 발생 가능한 모든 위험성(Hazards)을 평가, 정량화하여 설계의 적합성을 분석**



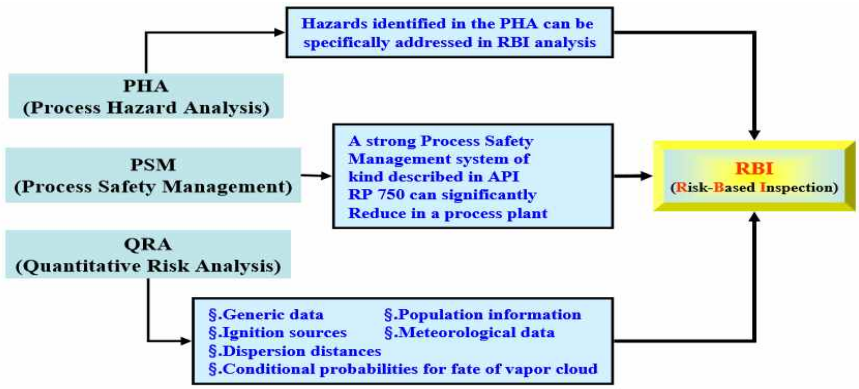
[그림 2.2.6] 플랜트의 정량적 위험성 평가 절차



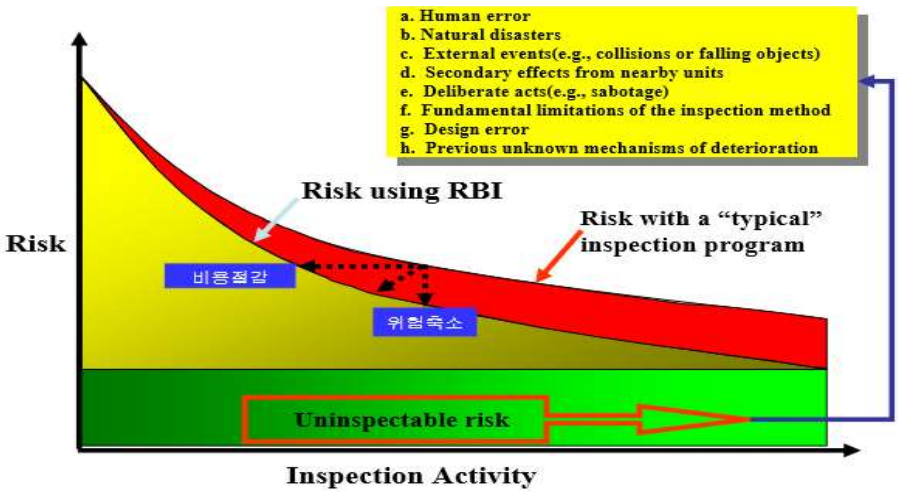
화재 위험도 분석	폭발 위험도 분석
화재 시나리오의 선택	폭발 시나리오 선택
화재 시나리오에 따른 CFD 시뮬레이션	가스 확산 / 폭발 시나리오의 CFD 시뮬레이션
CFD 시뮬레이션 결과에 따른 구조분석	CFD 시뮬레이션 결과에 따른 구조분석
평가 및 개선	평가 및 개선
분석 완료	분석 완료

[그림 2.2.7] 화재폭발 위험도평가 체계도

○ 미국석유협회(API)에서는 2000년대 초반에 정량적 위험도 기법이 포함된 API 580, API 581 코드를 제정하여 정량적 위험성평가프로그램인 RBI프로그램 개발을 통한 산업 플랜트에서의 재해안전 대책에 활용

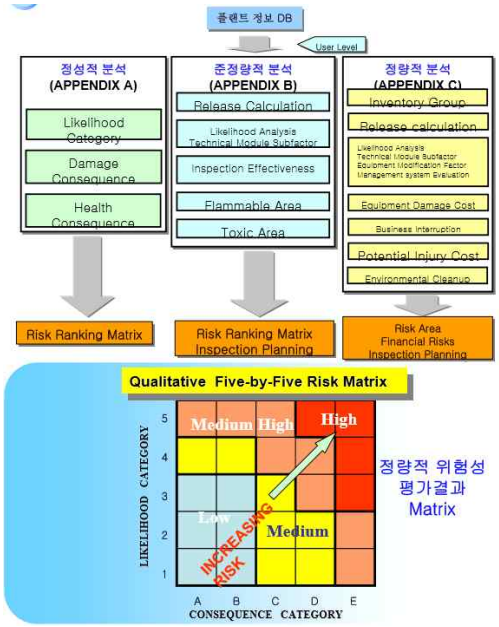


[그림 2.2.8] 기존의 QRA 방법과 RBI와의 관계



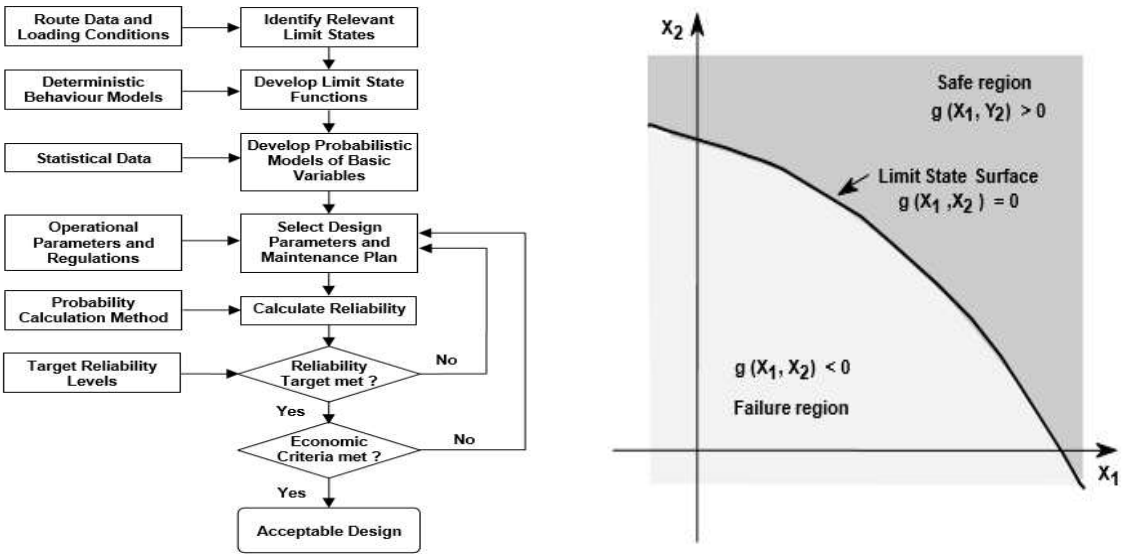
[그림 2.2.9] RBI의 목적

○ 기존 위험성평가방법의 경우 평가자 및 사용하는 고장율 데이터베이스에 따라 정량적 위험성평가 결과가 상당한 차이를 보여 공정하게 평가하기가 곤란한 상황임. 또한 상용 프로그램은 상당히 고가이고, 일반설계자가 사용하기에는 전문적 지식이 많이 요구됨.



[그림 2.2.10] RBI를 적용한 정량적 위험성평가결과 Matrix

ㅇ 캐나다 RBDA(Reliability Based Design and Assessment: 신뢰성 기반 설계 및 평가) 기법은 지하라이프라인에 가해지는 내압 환경하에서 부식결함이 존재하는 배관의 잔존강도와 생애주기 동안 하중과 저항의 시간적 변화에 따른 부식배관의 파손확률을 확률론적 방법으로 계산

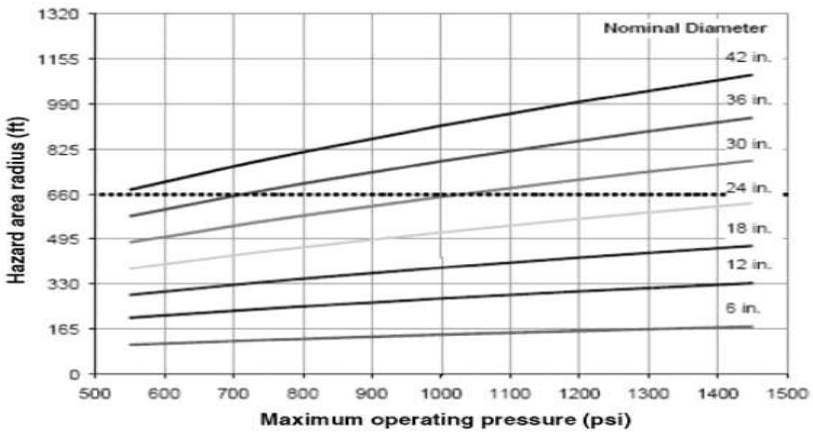


RBDA에 의한 위험성평가 및 설계절차 위험존의 구분

[그림 2.2.11] RBDA에 의한 위험성평가 및 설계절차

ㅇ 캐나다의 경우 CSAZ 662 기준에 의해 지하매몰 에너지지설의 위험성평가 절차(RBDA)를 제시하고 자국의 오일 및 가스파이프라인 적용

ㅇ 정량적 위험성 평가전문 기관인 캐나다 C-FER의 오일 및 가스분야 위험성 평가 프로그램인 "피라미드"의 경우 정성적 위험성평가 항목 4가지, 정량적 위험성 평가 5개 항목의 matrix로 평가



출처: Proposed hazard area radius as a function of line diameter and Maximum operating pressure. Stephens, M. J. 2000. GRI-00/0189. Gas Research Institute, Oct.

[그림 2.2.12] 가스 압력에 따른 위험반경

ㅇ ASME Inspection Planning Using Risk Based Method 주도로 설비 손상기구에 대한 종합적인 연구와 성과물을 제시하고 WRC(Welding Research Council)과 API에서는 공동연구를 통해 각각 주요 시설물에서 발생 가능한 손상기구에 대하여 WRC 490과 APl 571을 통해 제시

ㅇ 손상기구 검색 테이블(damage mechanism screening table), 설비 재질(11종), 온도(5구간), 유체의 종류(15종), 유체상태(2조건), 응력상태(4조건)에 따라 발생이 가능한 약 90여종의 손상기구 검색 테이블을 작성

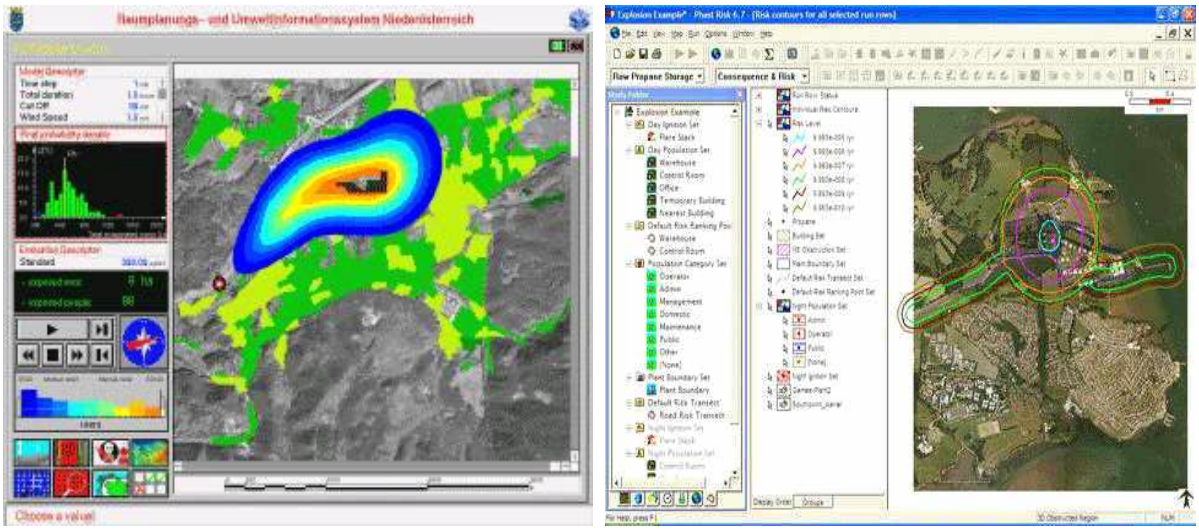
ㅇ WRC 490과 API 571은 그 대상에서 차이를 보이나 구성은 동일하며, 손상기구를 대부분의 시설물에서 발생하는 일반 손상기구와 각 대상설비에서 발생하는 손상기구로 구분하고 있음. 일반 시설물 손상기구 44종 화력발전 시설물 손상기구 5종 정유플랜트 손상기구 18종을 제시함

ㅇ DNV의 SAFETI-QRA(정량적위험성평가)는 육상에 설치된 석유화학관련시설들에 대한 위험성평가 기술로 시설에서 발생 가능한 주요 위험을 빠르게 확인 가능

- DNV소프트웨어의 경우 네덜란드 정부에 5년사용에 4년 연장 가능한 SAFETI- NL(DNV의 정량적 위험성평가 소프트웨어)을 공급

□ **(국외) 재난 대응 시뮬레이터 기술을 개발하여 플랜트 위험도 해석 프로그램을 통해 사고 이후 효과적 대응 및 대피 방안 마련**

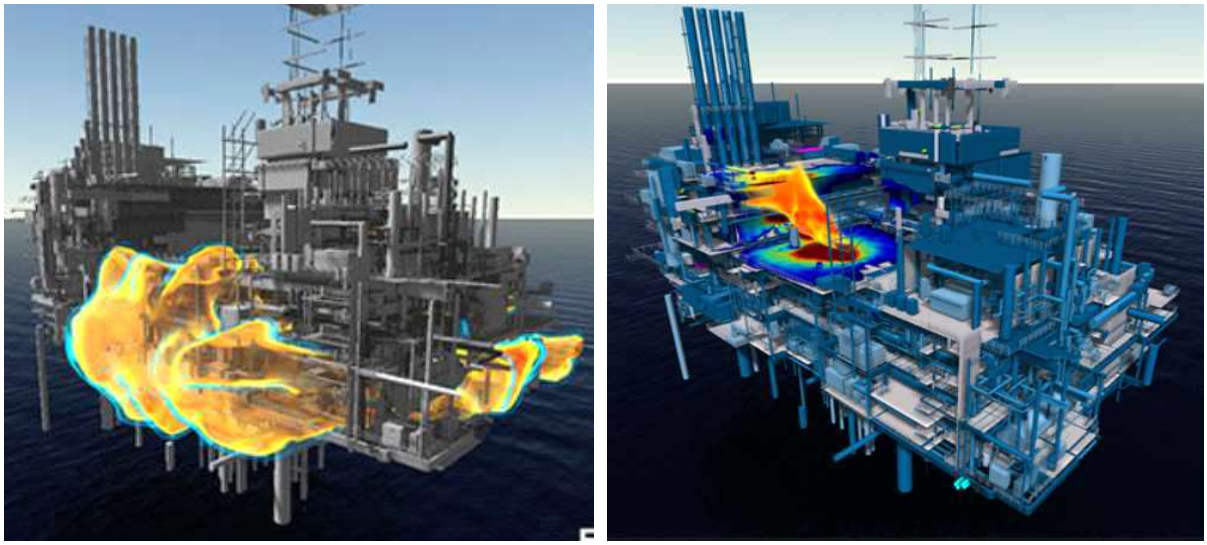
- ㅇ 정성적인 플랜트 위험도 해석 방법론의 대표 주자는 HAZID/HAZOP이며, 이와 유사하게 FMECA, What-if, Checklist 등이 있음
  - HAZOP은 시스템에서 이렁날 수 있는 상황을 지시어(Guideword = Deviation + Process Parameters)에 따라 설정하고, 그 원인과 결과, 거기에 따른 안전 대책이 세워져 있는 검토
- ㅇ 정량적 플랜트 위험 분석은 위험 물질 누출, 화재, 폭발에 대한 피해 범위, 파괴력 등을 부석하는 과정이며 이미 국내 및 해외에서 이를 전문적으로 분석하는 소프트웨어가 출시되어 있는 상황
  - 대표적으로 DNV사의 Phast, Saferti 등이 있으며, 미국에서는 ALOHA, 국내에서는 K-CARM이라는 프로그램이 개발



출처: 인터젠컨설팅(주)(2019), 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구기획 최종보고서

[그림 2.2.13] 플랜트 누출/화재/폭발 사고 해석 시뮬레이션

- ㅇ Gexcon의 FLACS(Flame Acceleration Simulator)는 상용 CFD 소프트웨어로서 폭발, 확산 모델링 등 산업 안전 및 위험성 평가에 사용
  - 정유화학, 제조업, 식품 가공 처리, 목재 재조, 금속 가공, 원자력 발전소 등에 사용



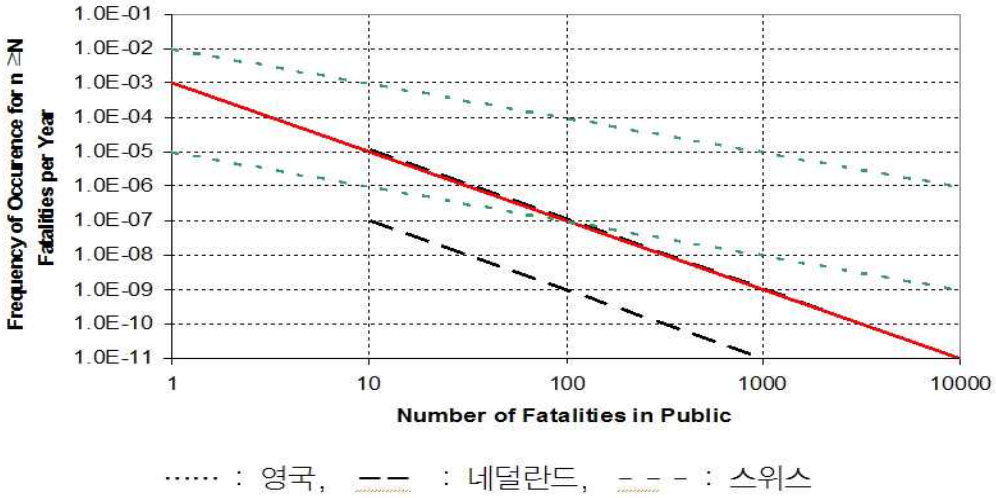
출처: 인터젠컨설팅(주)(2019), 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구기획 최종보고서

[그림 2.2.14] Gexcon의 FLACS

- NIST의 Fire Dynamics Simulator(FDS)는 화재 전용 시뮬레이터로서 지하 화재 발생 시 환기 지도, 탈출 경로 등을 계획

□ **각국은 위험도 분석에 따른 위험도 기준을 사회적 기준 및 개인적 기준으로 분리하여 제시 운영**

- 플랜트의 누출 등으로 인한 화재폭발 발생시 재해손실 허용범위를 결정하는 개인적/사회적 위험성 분석 방법론 도출 및 합리적 기준 산정기술 정립개인의 위험도 기준(Individual risk criteria) 및 사회적 위험도 기준(Societal risk criteria)을 각 국가별로 규정하여 F-N Curve로 위험을 관리(F: Frequency of Occurrence for n≥N Fatalities per year, N: Number of Fatalities in Public)



[그림 2.2.15] EU 국가의 사회적 위험도 허용기준(F-N Curve)

o 복합재난은 자연재난과 사회재난이 연쇄적 또는 동시다발적으로 발생함에 따라, 예측 가능한 범위 밖의 거대한 규모로 전개되는 재난

- 라이프라인의 속성 상 다수의 시설과 수요가 연결되어 있어 기능의 중단·사고가 미치는 연쇄효과가 크기 때문에 안정성이 중요

o 복합재난 발생 유형은 크게 다발성, 연속형, 다중형으로 구분

- (다발성 복합재난) 하나의 재난요인에 의해 다수의 피해가 동시에 나타나는 형태 (2011.7.27. 수도권 집중호우)
- (연속형 복합재난) 하나의 재난요인에 의해 피해가 연차적으로 발생(캐나다 퀘벡 열차탈선 -폭주로 인한 탈선사고 후 적재원유 누출·인화로 40여 동 건물 파괴)
- (다중형 복합재난) 마지막으로 최초의 재난요인에 의해 중·대규모의 2·3차 재난이 촉발되는 형태

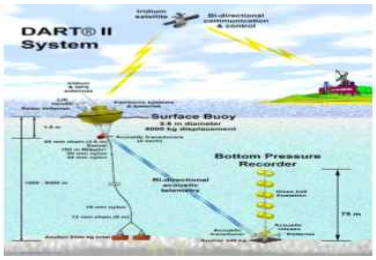
o 선진 외국의 화재, 폭발등 대비 재해 재난 관리 체제의 공통적인 특징은 재해 재난에 대한 예방 및 복구 대책이 국가차원에서 지속적으로 투자

- SOC 시설물의 재해대응을 목적으로 한 선진국의 투자 및 연구개발 지원 강화

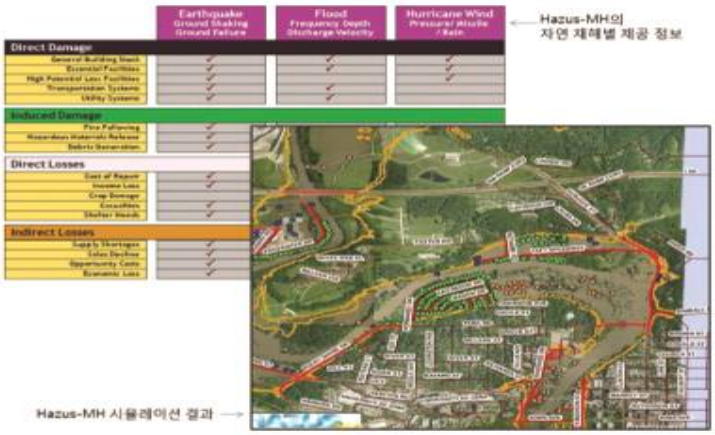
o 미국 FEMA의 재난관리용 통신시스템인 Hazus-MH는 GIS 기반의 재해맵과 범국가적 인벤토리를 근간으로 만들어진 재난관리시스템

- 지진, 허리케인, 홍수 등 자연재해 발생 시 사전 대응 및 피해 예측이 가능



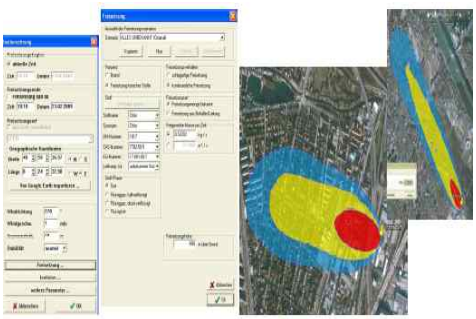


[그림 2.2.16] 미국 산사태 위험도지도(USGS, 2009) 및 미국 쓰나미 예경보시스템(PMEL, 2006)

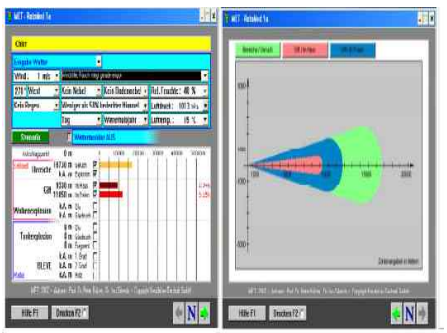


[그림 2.2.17] 미국 FEMA Hazus-MH 시스템

- 독일의 SAM-S, 스위스의 MEMPLEX등 누출확산 프로그램을 이용하여 사고 발생시 다양한 시나리오별 피해예측 모델링 수행
- 네덜란드 TNO의 AutoReaGas, 노르웨이 CMR의 FLACS, 영국 AEAT의 CFX등은 실증 실험데이터를 바탕으로 화재폭발 피해 예측 소프트웨어 개발 및 업그레이드 연구



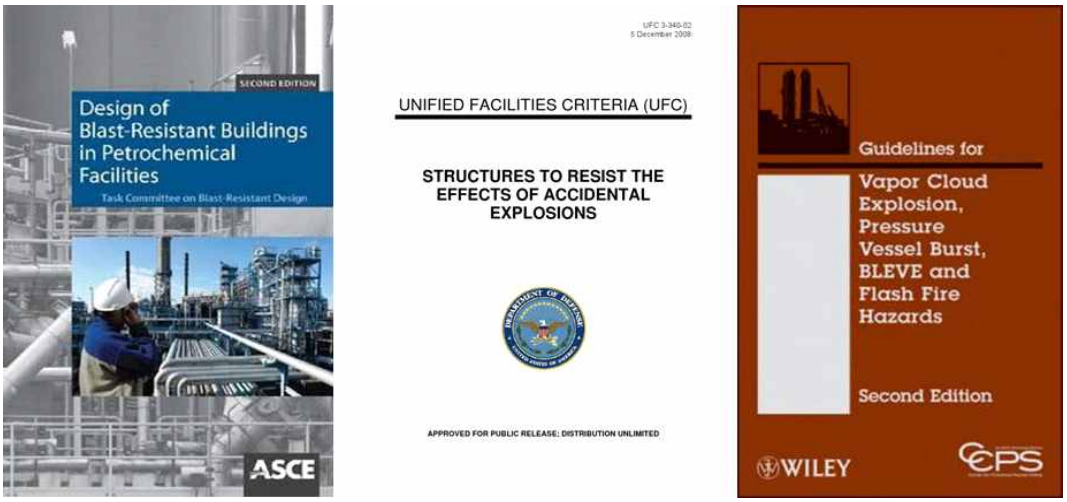
독일의 SAM-S 프로그램



스위스의 MEMPLEX 프로그램

[그림 2.2.18] 화재폭발 피해 예측 소프트웨어

- 석유화학 플랜트의 폭발 저항 건축물 설계(Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities): 미국 국방부에서 발간한 UFC 3-340-02 (TM 5-1300의 개정판) Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions와 미국공병단 방어설계센터(Protective Design Center)에서 발간한 PDC-TR 06-08 Single Degree of Freedom Structural Response Limits for Antiterrorism Design을 기반으로 플랜트 폭발 사고의 특성을 고려한 여러 가지 구조 형식의 폭발 저항 설계 지침 존재
- 플랜트의 폭발 위험도: 미국화공학회(AIChE)의 CCPS (Center for Chemical Process Safety)에서 발간한 Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards
- 플랜트 설계, 건설, 유지관리에 관련한 정보 및 규정을 교류하기 위하여 FABIG (Fire and Blast Information Group), PIP (Process Industry Practices) 등의 단체 등에서 발간한 플랜트 폭발 사고에 대비한 설계 지침 존재



[그림 2.2.19] 폭발 저항 설계의 참고 자료

□ **국내의 경우 대부분 석유화학플랜트에서 사용하는 해외의 범용 위험성평가 프로그램(Phast/ Safeti, EFFECTS/ RISKCURVES 등)을 도입하여 사용하고 있는 실정으로 위험성평가 결과의 편차가 사용자에 따라 큰 상황임.**

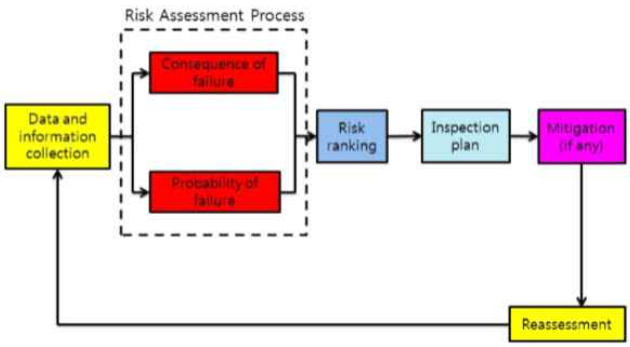
- RBI 기술은 대표적인 대규모 산업설비의 리스크 평가 및 관리기술로서, IT 기술을 기반으로 한 위험의 정량화, 개량화를 통한 비용편익을 분석하고, 검사 및 유 지관리의 과학적 기법을 도입하여 경영자의 의사결정을 지원하는 프로그램으로 KGS는 KGS-RBI 프로그램을 개발함



[그림 2.2.20] KGS-RBI의 정량적 위험분석체계

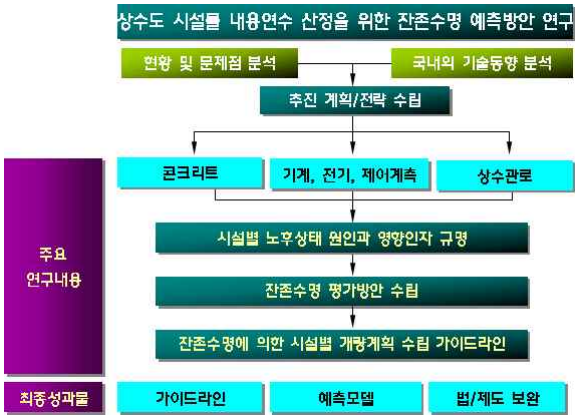
- 대규모 장치산업인 플랜트 분야 안전성확보를 위하여 검사(Inspection) 프로그램의 운용 및 효율성에 대한 우선순위를 각 장치의 위험도(Risk)에 근거하여 산정, 특정 장치의 운전과 관련된 위험도를 결정하고, 위험도를 수반하는 중요인자(Key Factors)를 규명, 특정 검사활동의 수행에 대한 제반가치를 설명하는 수단(Tool)제공 및 검사 계획 수립을 위한 의사결정 경영수단(Decision Making Management tool)제공의 일환

- 한국지역난방공사: Risk-Based Maintenance(RBM)기술을 적용하여 운영중인 발전 플랜트에 신뢰도 및 위험도 기반 유지보수관리 및 주요설비를 대상으로 신뢰도 및 위험도 기반 유지보수 업무절차서를 개발에 활용 중



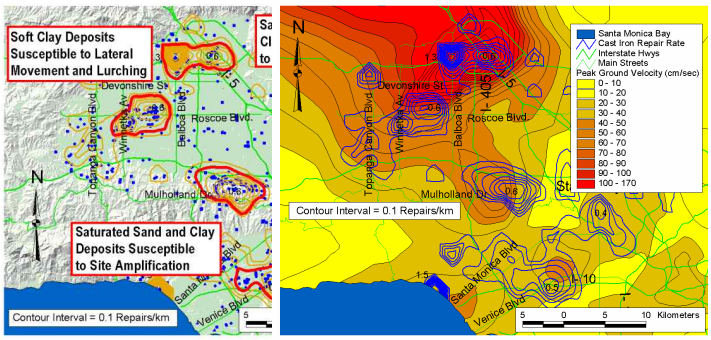
[그림 2.2.21] Risk-Based Maintenance(RBM) 계획

- 한국수자원공사: 누출로 인한 지반침하 사고의 다수를 차지하는 상수도 시설의 내용연수 산정을 위한 잔존수명 방안 연구를 통하여 누출예방 및 수명평가에 의한 시설물 개량시기 결정, 계획 수립 가이드라인 제시함



[그림 2.2.22] 수자원공사 수명예측 체계도

o 국내 플랜트 설비의 고도화, 대형화 추세에 따라 각종 사고가 발생하고 있으며, 이러한 설비에서 유해 액체나 가스의 누출은 화재나 폭발과 같은 중대한 재해뿐만 아니라 인명 피해 및 환경오염 등 심각한 재해를 유발하고 있어 이를 방지하고 피해를 최소화하기 위한 기술개발이 요구됨



[그림 2.2.23] 라이프라인 정량적인 지진위험평가 사례
(Northridge(1994), Lobe(1995) 지진 데이터에 기반한 위험도 및 회복력 평가)

o 국립환경연구원: 2002년 CARIS이라는 S/W를 개발하여 유해화학물질로 인한 환경 오염 사고 발생 시 피해 확산 예측을 위한 대응정보시스템(CARIS)를 개발 운영 중

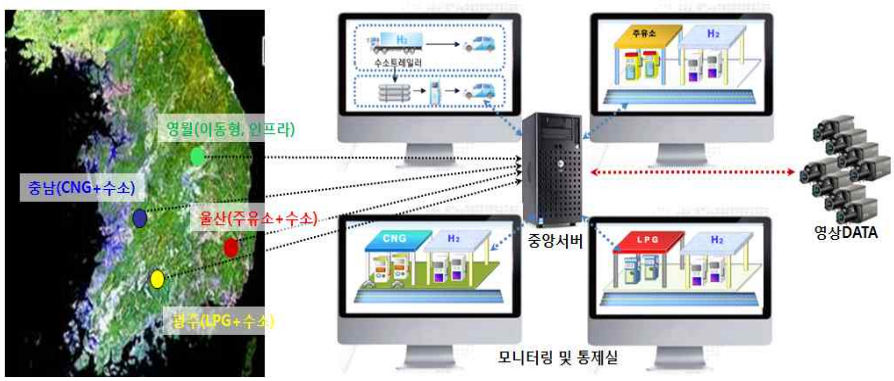
- CARIS는 지상 및 상층관측자료를 수집하여 RAMS를 통해 1일 2회 기상장을 생성하여 해석을 위한 기초자료로 사용한다. 피해예측을 위해 VCE, BLEVE, 독성가스확산모델을 제공하고 SLAB, ALOHA모델을 통한 피해범위를 예측하여 GIS를 기반으로 사고시나리오를 표출하여 제공한다. 또한 화학물질정보 및 기관정보, 방재정보 등을 제공하는 DB를 포함

o 한국가스안전공사: 2011년 “유해화학물질 누출대기확산시스템” 개발을 통하여 유해화학물질 누출사고로 인한 대기확산 범위를 즉각적으로 산출 가능한 대기확산시스템을 설계하고 구현.

- 계산에 필요한 인자를 실시간 측정시스템으로부터 수집된 데이터를 무선데이터로 송·수신 받아 해석을 수행.

- 피해범위 산출을 위해 가우시안 확산모델과 SLAB모델을 적용.

o 한국가스안전공사: 최근 초고압으로 운전되고 있는 수소융복합충전소 안전관리 및 운전 데이터 지속 축적을 통한 융복합충전소 표준모델 개발을 위하여 센서류로부터 확보된 신호를 실시간으로 획득하고 획득된 다양한 신호를 분석하여 기존의 해석툴을 이용하여 사고 위험지도를 구축하기위한 모니터링 사업추진 중



[그림 2.2.24] 모니터링 시스템 개념

o 강원대학교: 독성가스 누출사고 시 신속한 대책을 수립하기 위하여 독성가스의 확산범위와 농도를 예측하는 독성가스 확산모델 시스템(TGDMS)을 개발함

- 기상자료 입력을 위한 기상전처리 시스템과 시스템 본체로 이루어져 있으며, 시스템은 다시 배출량 시스템, 확산모델 시스템, 영향 피해분석 시스템, 디스플레이 시스템, 화학 데이터베이스로 구성

o 명지대학교: 1999년 PML-Chem이라는 S/W를 이용하여 가연성가스의 폭발(BLEVE, VCE)로 인한 사고피해 영향을 해석함

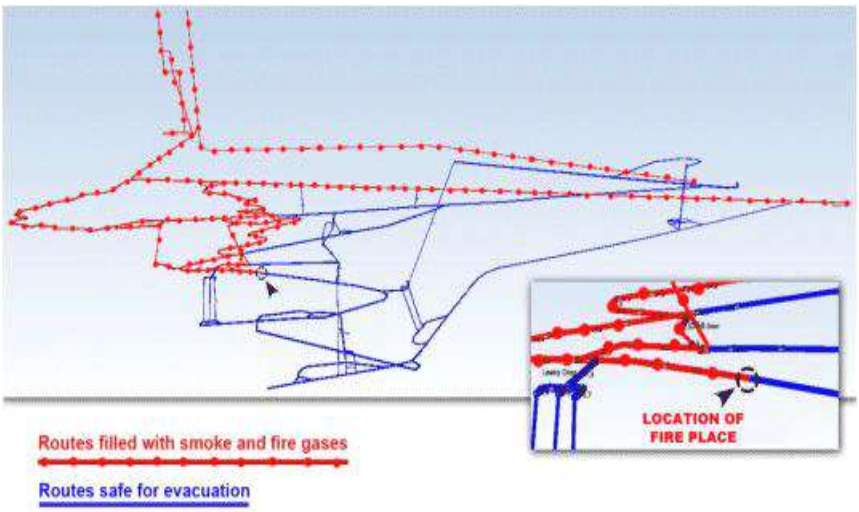
□ **한화종합화학은 울산시, ETRI(한국전자통신연구원)와 공동으로 ICT(정보통신기술), 지능형 IoT (사물인터넷), 빅데이터) 등을 이용한 다양한 스마트 안전 시스템을 공동 개발**

o 실시간 작업자 안전 모니터링 시스템, 실시간 설비 안전 모니터링 시스템, 실시간 출입자 관리 시스템과 같은 실질적으로 작업자의 안전을 확보할 수 있는 시스템 개발을 추진

- 한화종합화학은 울산과 대산에 위치한 PTA(고순도테레프 탈산, Purified Terephthalic Acid) 공장 전 지역에 P-LTE 통신망(단지 내 전용 무선통신망) 인프라를 구축하여 작업자의 안전사고에 대한 위험요소를 제거

- 사고 발생시 중대형 인명사고 가능성이 높은 밀폐공간 작업에 대한 사고를 사전에 방지하고자 ETRI와 함께 모니터링하는 시스템을 개발

ㅇ 이 공동개발을 통해 지자체, 정부기관, 대기업과 중소기업의 협업을 바탕으로 각 기관과 조직의 시너지를 통해 더욱 안전하고 스마트한 사고 예방 시스템을 개발할 것으로 예상



출처 : 인터젠컨설팅(주)(2019), 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구기획 최종보고서

[그림 2.2.25] 지하 화재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션

□ **㈜지에스아이엘(GSIL)은 스마트 건설관리 IT기업으로 플랜트·터널·지하 등 밀폐구조물 건설현장에서 근로자의 위치정보를 제공하는 시스템을 개발 적용**

ㅇ GSIL의 스마트 통합 안전관리시스템은 밀폐구조물 근로자의 실시간 위치를 파악과 진동, 수위, 화재, 유해가스 등 해당 현장의 위험요소를 실시간으로 파악

- 재난 발생으로 밀폐공간에서 통신, 전력공급이 중단되더라도 현장 근로자의 마지막 위치를 알 수 있고 SOS 구조신호도 보내는 것이 가능

- 스마트 통합 안전관리시스템은 국토교통부 건설신기술(제828호)에 이어 올해 행정안전부 방재신기술(제2019-5호)로 지정



출처 : 지에스아이엘(주)(2019), '스마트 건설 안전 관리 시스템' 건설 신기술 지정

[그림 2.2.26] 스마트 건설 안전 관리 시스템 구성도



출처 : 지에스아이엘(주) 홈페이지(http://gsil.kr)

[그림 2.2.27] 스마트 건설 안전 관리 시스템 개념도

o GSIL의 시스템은 블루투스 기반 근거리 통신기술로, 제품 크기가 작고 단말기 가격이 싸며 전력소모가 적은 사물인터넷(IoT) 기술 중 하나인 비콘(Beacon)을 활용

- 스마트 하드웨어 간 통신을 그물망처럼 설계해 먼지, 침수, 정전 등으로 일부 중계기가 고장나더라도 안정적으로 시스템을 유지해주는 메쉬(Mesh) 통신기술을 적용

o GSIL의 스마트 안전고리 체결감지 장치는 고소작업시 작업자의 안전고리 체결여부를 알려주는 시스템으로 기존 안전고리에 간편하게 장착 가능

- 24시간 CCTV 촬영 영상을 인공지능(AI) 엔진이 실시간 분석해 화재·연기를 감지하는 재난 대응 프로세스도 제공

- 또한, 안전하고 효율적인 고소작업을 위한 '레이저 가이드'는 천장에 레이저 라인으로 상승위치를 표시하여 고소작업대인 테이블리프트가 작업위치를 잘못 파악해서 생기는 불필요한 리프트 상승·하강을 줄여주어 작업 능률을 상승

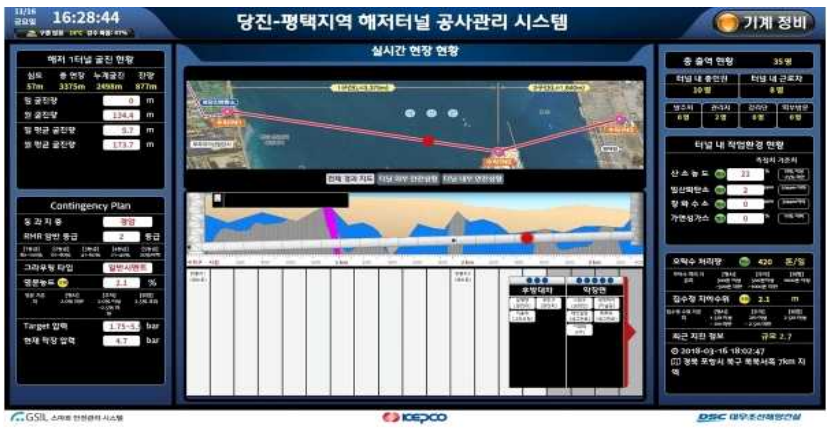
ㅇ 스마트 안전제품이 구동되는 플랫폼(스마트 통합안전관리 시스템)을 통해 건설현장의 작업 전부터 작업 완료시까지 전과정을 본사·발주처와 현장소장, 안전관리자에게 실시간 전송

ㅇ 플랜트 공사, 터널, 지하구조물, 지하철 공사, 일반 건축현장 등에서 폭넓게 활용

- 한국철도시설공단 강원본부는 전 현장의 작업 여부와 근로자 투입규모, 장비 현황, 취약지역 등을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구축

- 삼성엔지니어링은 삼성전자 탕정 반도체 공장 건설현장의 밀폐 수조작업 근무자 현황 등을 GSIL 시스템으로 파악

- 한국전력공사가 발주하고, 대우조선해양건설이 시공한 당진~평택 해저 전력구 건설현장에도 GSIL의 공사관리 시스템이 적용



출처 : 지에스아이엘(주)(2019), 지에스아이엘, 'IoT 활용 근로자 안전관리 시스템' 방재신기술 지정

[그림 2.2.28] 당진-평택 해저터널 3.4km 실구축 현장 방재신기술 적용 관제 모니터링 화면

ㅇ GSIL은 해외시장 진출도 힘쓰며, 2020년 1월부터 시작되는 화공플랜트인 베트남 롱손 프로젝트와 국내 발전회사와의 멕시코 발전소 프로젝트 등에 스마트 안전 시스템 구축을 접목

- 중동지역에선 F1 경기장의 유지관리시스템과 도로 스마트 빗물받이시스템 수출을 추진

□ **㈜지에스아이엘(GSIL)은 스마트 건설관리 IT기업으로 플랜트·터널·지하 등 밀폐구조물 건설현장에서 근로자의 위치정보를 제공하는 시스템을 개발 적용**

ㅇ GSIL의 스마트 통합 안전관리시스템은 밀폐구조물 근로자의 실시간 위치를 파악과 진동, 수위, 화재, 유해가스 등 해당 현장의 위험요소를 실시간으로 파악

- 재난 발생으로 밀폐공간에서 통신, 전력공급이 중단되더라도 현장 근로자의 마지막 위치를 알 수 있고 SOS 구조신호도 보내는 것이 가능

□ **LG유플러스와 한화토탈이 사물인터넷(IoT)을 활용한 LTE고객전용망(P-LTE) 기반의 스마트 플랜트 구현을 위한 업무 제휴(MOU)를 체결(`18.6)**

ㅇ 양사는 유량계측, 가스탐지, 펌프가동 등 사람이 직접 확인하기 어려운 설비를 실시간으로 모니터링할 수 있는 IoT기술개발과 실증에 나설 계획

ㅇ LG유플러스는 한화토탈이 추진 중인 스마트 플랜트 프로젝트의 중장기 로드맵을 수립하는데 노하우를 적극 전수한다는 방침

- LG유플러스의 IT 전문가와 한화토탈의 실무진으로 구성된 TF를 구성해 상호협력할 예정

- 해당 실증사업의 결과와 기존 설비 활용 사례 등을 기반으로 스마트 플랜트 구축에 필요한 무선통신 환경의 활용범위와 수준을 한 단계 끌어올릴 계획

□ **ICT업계는 재난학회 등과 협업해 5G 기반 건설유관 분야 및 플랜트 안전솔루션 개발에 착수하거나, 5G 상용화 이후 보다 활성화될 것으로 예상되는 드론, 통신모듈 등으로 재난·안전 시스템을 개편한다는 계획**

ㅇ KT는 2020년까지 5G 기반의 '재난안전 플랫폼'을 최종적으로 구축하여 마이크로웨이브통신망, 광 인프라, 위성을 기반으로 전국 최대 규모의 긴급 복구체계를 확보할 계획

- 최근 재난안전통신망 이용에 특화된 '스카이십(Sky ship) 플랫폼'을 구축했는데, 이 플랫폼에는 통신모듈, 고해상도 열화상 카메라, 드론을 탑재

- 스카이십이 조난자 탐색을 마치면 스카이십에 탑재됐던 드론이 사출돼 재난현장의 세부적인 수색을 진행

- 조난자 수색 뒤 실시간으로 휴대폰 메시지를 검출하는 '스카이 스캔'으로 조난자의 신원 검색 가능

ㅇ KT는 재난정보학회와 협업해 5G 기반 차세대 재난안전 솔루션 공동 개발에도 나선 상황

- 지능형 재난안전 표준 대응절차를 개발하고, 케이블, 통신주 등 통신 인프라에 사물인터넷 지진 감지센서를 설치해 지진을 조기에 감지·대응하는 전문 플랫폼도 마련

ㅇ LG유플러스는 5G로 보다 활성화할 것으로 예상되는 '드론'을 재난현장에 집중적으로 활용

- 서울시 서초구에 드론을 활용해 재난현장 실시간 영상 전송할 수 있는 시스템을 구축

ㅇ SK텔레콤은 소방 분야 ICT 지원으로 바디캠과 관제드론, 실시간 관제시스템으로 재난현장에 출동한 소방관이 바디캠으로 현장을 찍거나 드론을 띄워 촬영된 영상을 상황실에 전달하는 식

□ 국가별 플랜트 안전기술 경쟁력

ㅇ 국내 기업의 경우 플랜트 위험도 분석을 통한 안전설계 능력은 국외 선진국과 비교해서 아래 표와 같이 매우 부족한 실정

- 안전관련 기술의 부족은 플랜트 시장에서 우리나라 기관의 기술 경쟁력 신장에 걸림돌로 작용하였으므로, 개념설계 및 FEED(Front End Engineering & Design) 패키지 설계 능력을 확보하기 위해서는 안전설계 및 신뢰성 공학기술 등을 포함한안전기반기술의 확보가 필수

- 특히 모든 안전 설계의 기본이 되는 플랜트 기자재의 고장률 DB구축이 시급. 이러한 고장률 자료는 안전설계뿐만 아니라 플랜트 기자재가 플랜트에 적용되기 위하여 필수적으로 확보되어야 하는 자료로 국내 플랜트 기자재 기관의 성장에도 장애 요소로 작용

〈표 2.2.1〉 국가별 안전기술 경쟁력 분석

회사명	주요기술	국가	기술력 평가	비고
ABS Baker engineering and risk consultant, inc.	안전인증 및 진단 전반적 화재 및 위험 해석	미국	●	
Technip	전반적 안전설계 가능	프랑스	●	EPC
Saipem	전반적 안전설계 가능	이탈리아	●	
DNV	안전인증 및 진단	노르웨이	●	
LR HSE	안전인증 및 진단 위험 및 안전에 관한 규정 제정	영국	●	보건안전청 (HSE)
TUV GL	장비 안전등급 인증(SIL) 안전 인증 및 진단	독일	●	
MODEC	FEED, 상세, 생산설계	일본	◕	EPC
중국선박중공집단(CSIC) 중국선박공업집단(CSSC)	지원(Support) 수준	중국	◔	FEED 및 상세설계 부족
대우조선해양 삼성중공업 현대중공업 STX 조선해양	지원(Support) 수준	한국	◑	

출처: 해양플랜트 산업 경쟁력 분석 및 장단기 발전전략, 2011. 11, 지식경제부

● (최상경쟁력) ◕ (경쟁력 우수) ◑ (경쟁력 보통) ◔ (경쟁력 열등) ○ (경쟁력 없음)

2. 시장 동향

가. 국내 플랜트 산업의 수주실적

□ **전체 플랜트 산업(Oil&Gas, 기계, 담수&발전, 산업시설, 석유화학, 해양)의 2011년~2018년의 수주 실적을 조사한 결과 산업시설, 석유화학을 제외한 모든 부분이 하락하고 있는 상황**

- Oil&Gas 플랜트 산업의 수주 실적으로는 2011년 9,362백만 달러에서 2018년 7,505백만 달러로 감소하였으며, 전체적인 CAGR(평균상승률)은 11.4% 하락
- 기계 플랜트 산업의 수주 실적으로는 2011년 485백만 달러에서 2018년 186백만 달러로 감소하였으며, 전체적인 CAGR(평균상승률)은 8.4%하락
- 담수&발전 플랜트 산업의 수주 실적으로는 2011년 18,876백만 달러에서 2018년 1,794백만 달러로 감소하였으며, 전체적인 CAGR(평균상승률)은 76.0% 하락
- 산업시설 플랜트 산업의 수주 실적으로는 2011년 9,923백만 달러에서 2018년 4,086백만 달러로 크게 감소하였으나, 전체적인 CAGR(평균상승률)은 120.5% 상승

〈표 2.2.2〉 플랜트 산업의 수주 실적

(단위 : 백만달러, %)

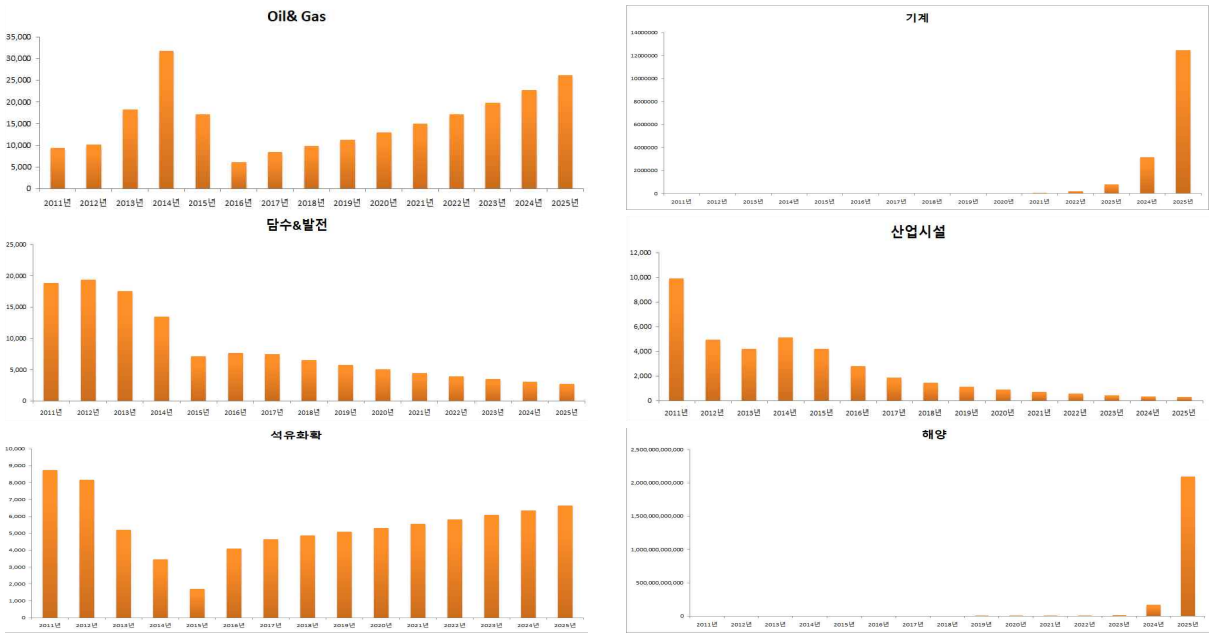
구분	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	CAGR
Oil&Gas	9,362	10,196	18,263	31,780	17,077	6,070	8,469	7,505	△11.4
기계	485	324	368	316	15	306	205	186	△8.4
담수&발전	18,876	19,367	17,504	13,494	7,129	7,620	7,465	1,794	△76.0
산업시설	9,923	4,932	4,184	5,099	4,176	2,780	1,853	4,086	120.5
석유화학	8,741	8,161	5,191	3,459	1,701	4,097	4,654	7,612	63.6
해양	17,597	21,785	18,166	5,387	6,273	58	4,066	506	△88.0

출처: e-나라지표 수주 실적 현황(2011~2018년 수주실적)

□ **전체 플랜트 산업의 수주실적에 관한 CAGR(평균상승률)을 단순추정으로 삽입하여 '25년까지의 수주 실적을 산출한 결과 해양플랜트 산업의 수주 실적이 크게 증가하는 것으로 판단**

- o Oil&Gas플랜트 산업의 수주 실적으로는 '25년 26,160백만 달러로 추정
- o 기계플랜트 산업의 수주 실적이 '25년 12,479,852백만 달러로 추정
- o 담수&발전 산업의 수주 실적이 '25년 2,675백만 달러로 추정
- o 산업시설 플랜트 산업의 수주 실적이 '25년 270백만 달러로 추정
- o 석유화학 플랜트 산업의 수주 실적이 '25년 6,639백만 달러로 추정
- o 해양 플랜트 산업의 수주 실적이 '25년 2,094,793,630,687백만 달러로 추정

〈표 2.2.3〉 플랜트 산업의 수주 실적 추이('11년~'25년)



(단위 : 백만 달러, %)

구분	CAGR	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년
Oil&Gas	15.14	12,927	14,885	17,138	19,733	22,720	26,160
기계	290.53	12,762	50,580	200,465	794,503	3,148,854	12,479,852
담수&발전	△12.04	5,080	4,469	3,931	3,457	3,041	2,675
산업시설	△21.41	899	707	556	437	343	270
석유화학	4.54	5,317	5,558	5,811	6,075	6,350	6,639
해양	1,126.93	7,518,957	92,289,928	1,132,794,269	13,904,256,701	170,665,018,020	2,094,793,630,687

출처: 한국산업플랜트협회 수주 실적 현황(2011~2017년 수주실적)

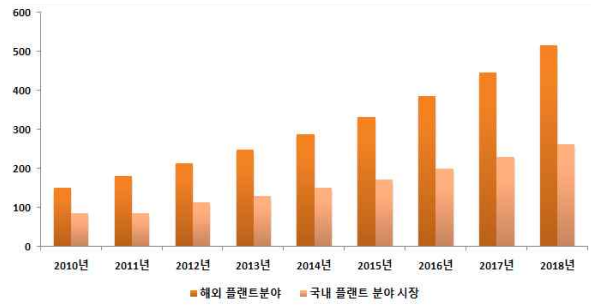
나. 국외 플랜트 건설분야 시장

□ **ENR의 세계건설시장의 공종별 매출규모를 추정한 결과, 2018년 해외 플랜트분야 건설시장은 약 5,154억 달러규모, 국내 플랜트 분야 건설시장은 29조원 규모**

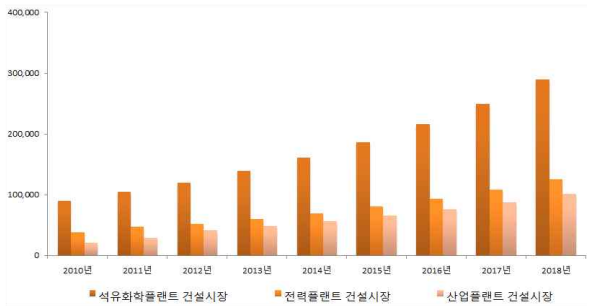
○ 해외 플랜트분야 시장은 석유화학플랜트 건설시장, 전력플랜트 건설시장, 산업플랜트 건설시장 등으로 구분되며, ENR 자료를 기반으로 추정하면 2018년 해외 플랜트 분야 건설시장 규모는 약 5,154억 달러 규모로 추정

- 석유화학플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, 2018년 석유화학플랜트시장 총매출은 2,887.7억 달러로 추정
- 전력플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, 2018년 전력플랜트시장 총 매출은 1,251.3억 달러로 추정
- 산업플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, 2018년 산업플랜트시장 총매출은 1,015.5억 달러로 추정

〈표 2.2.4〉 플랜트 산업의 건설분야 시장 추이('11년 ~'18년)



국내외 플랜트 분야 시장



업종별 플랜트 시장

(단위 : 억 달러, %)

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	CAGR
해외 플랜트분야	148.8	180.8	213.8	247.6	286.7	332.0	384.4	445.1	515.4	15.80
석유화학플랜트 건설시장	89,320	104,230	119,770	138,691	160,601	185,972	215,351	249,371	288,766	15.80
전력플랜트 건설시장	38,600	47,040	51,900	60,099	69,593	80,587	93,318	108,060	125,131	15.80
산업플랜트 건설시장	20,950	29,570	42,120	48,774	56,479	65,401	75,733	87,697	101,552	15.80
국내 플랜트 분야 시장* (억원)	85.1 (95,843)	85.2 (95,950)	112.8 (126,938)	128.9 (145,106)	149.4 (168,168)	172.0 (193,561)	198.0 (222,789)	227.9 (256,430)	262.3 (256,430)	15.10

* 억원을 억달러로 변환(환율 : 2019.02.11. 기준으로 1달러 = 1,125.80원)

** 출처: 국토교통과학기술진흥원(2015), 2015 국토교통 R&D 동향조사(플랜트분야)

□ **해외 플랜트 수주액은 2014년 이후 급속히 악화**

- ('10~'14년) 고유가, 에너지자원 개발, 산업 인프라 확충 등으로 프로젝트발주가 증가하여 년 평균 630억 달러를 상회하는 수주 기록
- ('15~'16년) 저유가, 주요 발주국의 재정 악화 등으로 인해 중동, 아시아등 플랜트 주력 시장의 발주량 감소, 프로젝트 지연/취소 사례가발생하여 수주 급감 ('15년 : 365억 달러, '16년 : 209억 달러)
- ('17년~) 유가 회복세에 따른 중동 시장 부활로 수주 상황이 반등되었지만, 유로화 약세 등 외부변수로 인해 수주 경쟁 치열로300~350억불 수준 수주 전망

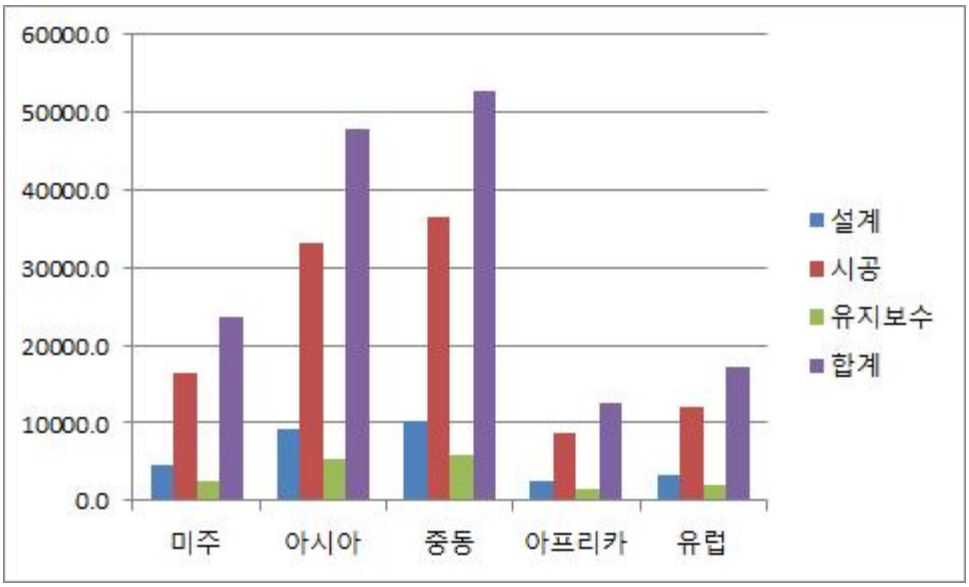
〈표 2.2.5〉 해외 플랜트 지역별 수주액 추이

(단위 : 백만 달러, %)

구분	미주	아시아	중동	아프리카	유럽	합계
수주액	52,559	105,616	116,536	28,025	38,227	340.962
비율	15.4	31.0	34.2	8.2	11.2	100

자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지

□ **해외 플랜트 지역별 수주액을 바탕으로 안전과 관련된 설계, 시공, 유지보수의 경우 모든 지역에서 시공, 설계, 유지보수의 순서로 시장의 크기가 집계**



[그림 2.2.29] 해외 플랜트 지역별 안전관련 시장 크기

□ **발전, 해양, Oil&Gas 분야가 전체 수주액의 약 85%를 차지**

- ㅇ (Oil&Gas) 국제유가 회복 기대로 관련 플랜트 수주 실적도 확대 전망
- ㅇ (해양) 시장 자체는 커질 전망이지만 중국, 싱가포르 등 신흥 경쟁국과의경쟁이 더욱 치열해질 것으로 예상
- ㅇ (발전) 주요 개도국 에너지 개발정책 추진, 인구증가 등으로 전력프로젝트 증가 예상

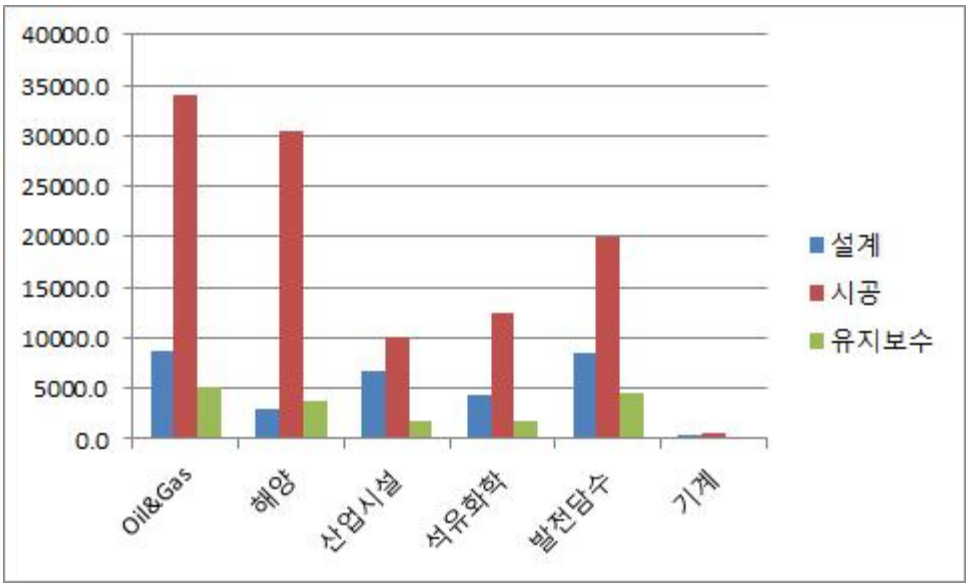
〈표 2.2.6〉 해외 플랜트 설비별 수주액 추지

(단위 : 백만 달러, %)

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

자료: 한국플랜트산업협회 홈페이지

□ **해외 플랜트 설비별 수주액을 바탕으로 안전과 관련된 설계, 시공, 유지보수의 경우 대부분의 설비가 시공, 설계, 유지보수 순서로 시장의 크기가 집계**



[그림 2.2.30] 해외 플랜트 지역별 안전관련 시장 크기

다. 플랜트별 산업 시장 동향

□ **(발전플랜트) 전력수요는 2025년까지 연평균 2.4% 증가 추세**

ㅇ 세계 전력수요는 개발도상국 중심으로 2012년 19,562TWh에서 2025년 26,761TWh로 1.4배 증가 추세

- 개발도상국은 경제성장, 산업화, 인당 전력소비량 증가로 전력수요가 연평균 3.6% 증가하며, 국가별로는 인도가 연평균 4$, 중국과 동남아가 각각 연평균 4.1% 증가
- 선진국은 제조업 비중 감소, 전기요금 인상(신재생에너지 확대 등), 자가발전 확대 등으로 전력수요는 경제성장률 대비 낮은 연평균 1.0% 증가

□ **(발전플랜트) 발전설비 용량은 2012년 5,683GW에서 2025년 8,179GW로 현재대비 1.4배 증가하며, 석탄, 가스발전의 확대와 신재생에너지의 보급 증가**

ㅇ 석탄발전 설비용량은 2012년 1,805GW에서 2025년 2,245GW로 1.2배 증가하여 주요 발전원의 위치를 유지

- 선진국은 환경문제로 석탄발전소 증설이 둔화되나 개발도상국을 중심으로 2025년까지 617GW가 증설되어 가스발전 다음으로 큰 신증설용량

ㅇ 가스발전 설비용량은 2012년 1,462GW에사 2025년 2,095GW로 현재대비 1.4배 증가하며 가장 큰 신증설용량을 보유

- 선진국의 석탄화력 발전 규제로 석탄화력발전 및 원전을 대체하면 2025년까지 788GW가 증설되 타 전원대비 가장 빠르게 증가
- 셰일가스 개발로 인해 가스가격 상승률이 둔화되고 산유국을 중심으로 가스발전 수요가 지속되면서 가스 발전소 증설이 확대

ㅇ 유류발전 설비요량은 2012년 442GW에서 2025년 325GW로 감소

- 중동 및 개발도상국을 중심으로 37GW가 증설되나 OECD 국가의 유류발전 용량 비중은 지속적으로 감소

ㅇ 수력발전 용량은 2012년 1,085GW에서 2025년 1,483GW로 1.4배 증가

- 중국, 인도 등 아시아를 중심으로 2025년까지 422GW를 신증설

ㅇ 풍력 발전용량은 2012년 282GW에서 2020년 598GW, 2025년 798GW로 2.8배 증가

ㅇ 태양광 발전용량은 98GW에서 2020년 364GW, 2025년 505GW로 5.2배 증가

〈표 2.2.7〉 세계 발전 설비용량 전망

(단위 : GW)

구분	2012년	2020년	2025년
석탄	1,805	2,096	2,245
유류	442	371	325
가스	1,462	1,883	2,095
수력	1,085	1,351	1,483
풍력	282	598	798
태양광	98	364	505
기타	115	187	239

출처: World Energy Outlook 2014

〈표 2.2.8〉 세계 발전 설비용량 신증설전망(2014년~2025년)

(단위 : GW)

지역		석탄	가스	유류	수력	신재생
세계		617	788	57	422	1,011
OECD	아메리카*	9	162	15	34	173
	미국	5	126	14	19	136
	유럽	36	107	1	40	209
	아시아·오세아니아**	18	65	4	10	83
	Total	63	334	20	84	465
비 OECD	아시아	471	174	4	212	454
	중국	257	81	0	123	344
	인도	135	43	1	36	76
	동남아	58	36	2	22	20
	동유럽·유라시아	47	105	1	21	15
	중동	1	78	15	7	16
	중남미	4	37	8	68	29
	아프리카	31	60	8	30	33
	Total	554	454	36	338	547

* 미국, 캐나다, 칠레, 멕시코

** 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드

*** 출처 : World Energy Outlook 2014

□ (발전플랜트) 석탄발전은 연료비가 낮아 중국, 인도 등 개발도상국 중심으로 확대

ㅇ 중국은 세계 최대 석탄발전국이며, 인도는 석탄발전소 증설로 향후, 미국을 대신하여 세계 2위의 석탄발전 시장으로 부상

- 중국은 2025년까지 257GW가 신증설되면서 설치용량은 2012년 791GW에서 2025년 1,064GW로 1.4배 증가

- 인도는 2025년까지 135GW가 신증설되면서 설치용량은 212년 138GW에서 2025년 284GW로 2.1배 증가

ㅇ 선진국은 환경규제 강화, 온실가스 감축 등으로 인해 석탄화력 발전시장이 축소될 전망

〈표 2.2.9〉 석탄발전 설비용량 전망

(단위 : GW)

지역			2012	2020	2025	증감
세계			1,805	2,096	2,245	440
OECD	아메리카*		353	314	304	△49
		미국	330	290	281	△49
	유럽		193	180	159	△34
	아시아·오세아니아**		106	114	112	6
	Total		652	608	575	△77
비 OECD	아시아		995	1,319	1,494	499
		중국	791	975	1,064	273
		인도	138	228	284	146
	동유럽·유라시아		110	105	101	△9
	중동		0	1	1	1
	중남미		6	9	9	3
	아프리카		42	56	65	23
	Total		1,153	1,490	1,670	517

* 미국, 캐나다, 칠레, 멕시코

** 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드

*** 출처 : World Energy Outlook 2014

- 미국은 2014년 기존 발전소의 탄소 배출을 규제하는 청정에너지계획*, 저효율 석탄 화력 발전소의 폐쇄를 유도하는 수은 및 대기오염물질 표준**을 제안

* 청정에너지계획(Clean Power Plan) : 2030년 까지 미국내 발전소의 탄소배출량을 2005년 기준으로 32% 감축

** 수은 및 대기오염물질 표준 : Mercury and Air Toxic Standards

- 영국은 모든 석탄화력발전소를 2025년까지 폐쇄할 계획을 발표

ㅇ 환경규제 강화, 탄소세 도입으로 고효율 발전설비 도입 확대

- 중국은 규제 강화로 2014년 석탄화력발전 신증설 용량의 약 50%를 초초임계압*이 차지

* 초초임계압 : 압력과 온도에 따라 아임계약, 초임계약, 초초임계압으로 발전

- OECD 국가들은 수출신용기관의 해외석탄화력 발전 금융규제에 합의하여 2017년부터 저효율 발전설비에 대한 금융지원을 중단

〈표 2.2.10〉 석탄발전 설비용량 전망

(단위 : GW)

구분	선진국	중국	인도	기타
아임계	415	529	149	158
초임계	147	205	25	28
초초임계	85	130	0	51
CCS*	0.1	-	-	-

* Carbon Capture and Storage(이산화탄소 포집 및 저장기술).

** 출처 : 한국수출입은행(2015), 발전플랜트 산업 전망 및 국내기업 경쟁력

o 국가별 소득, 전력보급률 등에 따라 지원 가능한 발전기술을 제한

- 전세계 석탄화력발전소의 평균 효율은 노후 아임계 발전소의 폐쇄와 고효율 기술 채택으로 현재 36%에서 40% 향상

- 이산화탄소 포집 및 저장기술*은 2025년 이후부터 상용화될 것으로 예상되며, 탄소 배출권 거래제를 채택한 일부 지역에 제한적으로 도입될 전망

* 화석연료에서 발생하는 이산화탄소를 대기로 배출하기 전에 추출한 후 압력을 가해 액체 상태로 만들어 저장하는 기술

□ **(발전플랜트) 가스발전소 신증설은 아시아 및 중동을 중심으로 확대되며, 선진국에서도 가스발전소는 꾸준히 증가 추세**

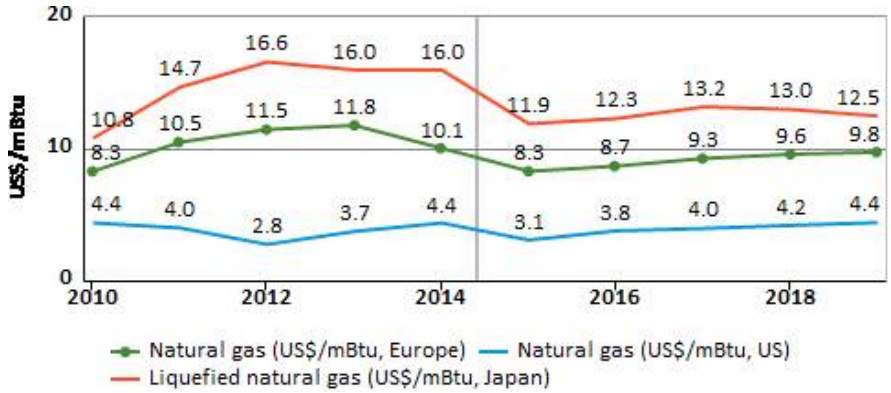
o 북미 셰일가스 개발로 천연가스 가격 상승률이 둔화되면서 가스발전은 미국 등에서 석탄화력을 대체

- 셰일가스 개발로 천연가스 가격이 약 20% 하락하여 전세계에서 가장 가격이 높은 아시아의 천연가스 가격은 향후 $12~13/MMbtu 수준에서 안정화

o 중국, 일본, 인도가 가스발전 사업을 확대하면서 중동은 고부가가치 제품인 석유 수출을 위해 가스 발전 사업을 확대

- 중국은 환경오염을 줄이기 위해 2025년까지 81GW를 신증설

- 일본은 대지진이후 가스발전사업을 확대하여 2025년까지 51GW를 신증설



출처: 한국수출입은행(2015), 발전플랜트 산업 전망 및 국내기업 경쟁력

[그림 2.2.31] 천연가스 가격 전망

〈표 2.2.11〉 석탄발전 설비용량 전망

(단위 : GW)

지역			2012	2020	2025	증감
세계			1,462	1,883	2,095	663
OECD	아메리카*		496	574	599	103
		미국	446	506	517	71
	유럽		232	290	327	95
	아시아·오세아니아**		127	171	173	46
	Total		855	1,035	1,099	243
비 OECD	아시아		175	279	354	179
		중국	43	97	130	87
		인도	23	45	67	44
	동유럽·유라시아		156	176	191	35
	중동		166	227	246	80
	중남미		50	68	84	34
	아프리카		60	100	122	62
	Total		607	849	996	389

* 미국, 캐나다, 칠레, 멕시코

** 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드

*** 출처 : World Energy Outlook 2014

o 발전시간이 불규칙한 신재생에너지가 확대되면서 이를 보완하기 위해 Flexibility가 높은 가스발전에 대한 관심 증가

□ **(발전플랜트) 수력발전 설치용량은 2012년 1,085GW에서 2025년 1,483GW로 1.4배 증가**

o 아시아, 남미, 아프리카의 수력 자원이 풍부

- 중국, 인도, 브라질 등을 중심으로 대규모 수력발전소 건설 추진

- 동남아에서는 태국, 캄보디아, 라오스 등이 메콩강을 중심으로 수력자원이 풍부
- 아프리카는 콩고, 이디오피아, 앙골라, 카메룬 등의 성장잠재력이 높으나 정치적 위험 및 자금조달의 어려움이 존재

o 수력발전소는 전력 수요지로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하는 경우가 많아 상당한 규모의 송전망 투자가 필요

〈표 2.2.12〉 석탄발전 설비용량 전망

(단위 : GW)

지역			2012	2020	2025	증감
세계			1,085	1,351	1,483	398
OECD	아메리카*		194	204	210	16
	유럽		202	215	222	20
	아시아·오세아니아**		69	71	73	40
	Total		465	490	505	39
비 OECD	아시아		343	511	581	238
		중국	249	375	400	151
		인도	42	58	77	35
	동유럽·유라시아		93	103	110	17
	중동		14	18	22	8
	중남미		143	187	211	68
	아프리카		25	41	54	29
	Total		618	860	978	360

* 미국, 캐나다, 칠레, 멕시코

** 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드

*** 출처 : World Energy Outlook 2014

□ (발전플랜트) 풍력 및 태양광 설치용량은 2012년 380GW에서 2020년 962GW로 2.5배 증가하며, 이후 2025년 까지 1,303GW로 1.4배 증가

o '파리협정('15)'에서 지구 평균온도 상승폭을 산업화 이전대비 1.5℃이하로 제한하는데 합의하여 신재생에너지 발전이 선진국 뿐만아니라 개발도상국에서도 확대될 전망

- 선진국과 개발도상국은 자국이 스스로 정한 방식에 따라 2020년부터 의무적으로 온실가스 배출 감축을 추진

o 풍력 설비용량은 2012년 282GW에서 2020년 598GW로 2.1배 증가한 후, 2025년 798GW로 1.3배 증가

- 유럽, 미국, 중국, 인도를 중심으로 확대되며, 다수의 유럽 지원 프로그램이 2015~2016년에 종료되면서 단기적으로는 유럽의 성장률이 둔화될 가능성이 존재

- 풍력발전소는 평균 20년간 운영되며, 기존 터빈을 교체하려는 Repowering 수요는 미국, 유럽, 중국에서 상당한 규모의 시장을 형성
- 해상풍력은 영국, 독일, 벨기에, 덴마크 중심으로 설치되어 있으며, 유럽 중심으로 성장

ㅇ 태양광 발전 설비용량은 2012년 98GW에서 2020년 364GW, 2025년 505GW로 증가하여 유럽, 중국, 미국 등을 중심으로 확대

- 대형 프로젝트는 부지확보, 계통연계 등의 문제로 향후 성장률이 둔화되고 신규 설치 용량의 50%는 소규모 프로젝트(가정용, 소규모 상업용)로 전환

□ **(발전플랜트-투자 현황 및 전망) 2013년에는 총 6,630억달러가 투자되었으며, 2014년부터 2025년까지 총 8.8조 달러가 투자될 전망**

ㅇ 발전소 신증설에 4,150억 달러를 투자하였으며, 송배전망 증설에 2,500억 달러 투자

- 전원별 비중은 태양광 24%, 수력 20%, 석탄화력 19%, 풍력 15%, 가스발전 12%
- 발전소 신증설은 2011년 4,450억 달러로 정점을 찍고 이후 신재생에너지 투자비 하락 및 보조금 축소로 투자 증가율이 둔화됨

ㅇ 발전소 증설에 5.0조 달러, 송배전망에 3.8조 달러를 투자

- 연간 7,340억 달러가 투자되며, 발전소 신증설에 4,200억 달러, 송배전망에 3,313억 달러로 예상

ㅇ 전원별 발전소 투자비는 화력발전이 1.5조 달러로 가장 큰 비중을 차지

- 풍력 0.9조 달러, 수력 0.88조 달러, 태양광 0.7조달러

ㅇ 송배전망 투자는 선진국의 노후 설비 교체, 개발도상국의 송배전망 증설, 스마트 그리드 사업추진으로 증가

- 선진국 송배전망은 주로 1960~1970년대 건설되었으며, 평균 40년 동안 사용되므로 향후 상당한 설비 교체 수요 발생 예상
- 비OECD 국가의 송배전망 투자가 2/3을 차지하며 투자비중 68%는 신설, 29%는 기존 송배전망 보수 및 교체에 투자될 전망

〈표 2.2.13〉 투자비 전망(2014~2025)

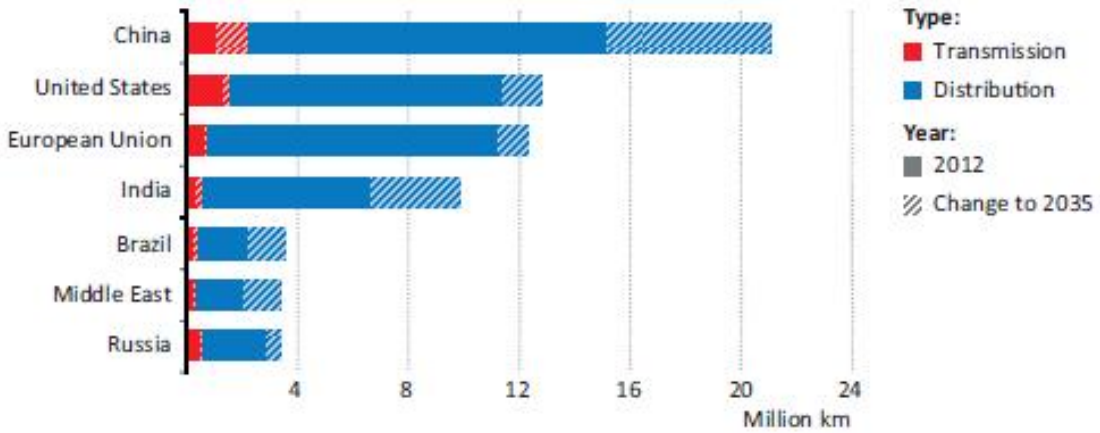
(단위 : 10억 달러)

지역			발전설비			송배전
			화력	수력	신재생	
세계			1,478	881	2,070	3,761
OECD	아메리카*		196	88	415	569
	유럽		174	104	501	468
	아시아·오세아니아**		106	23	250	245
	Total		476	215	1,166	1,282
비 OECD	아시아		586	397	683	1,606
		중국	255	211	489	982
		인도	176	73	121	289
		동남아	112	45	44	247
	동유럽·유라시아		202	42	38	234
	중동		83	15	37	117
	중남미		37	147	60	240
	아프리카		93	64	87	282
	Total		1,002	666	904	2,479

* 미국, 캐나다, 칠레, 멕시코

** 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드

*** 출처 : World Energy Outlook 2014

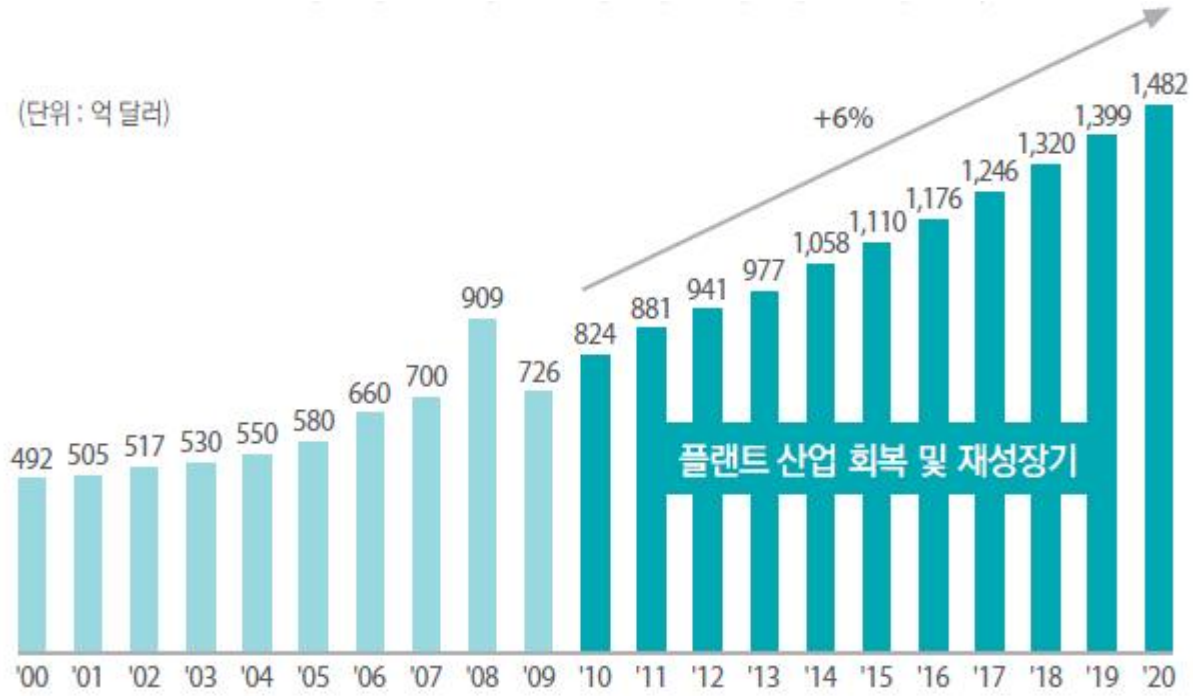


* 출처 : 한국수출입은행(2015), 발전플랜트 산업 전망 및 국내기업 경쟁력

[그림 2.2.32] 주요 지역 송배전망 증설 전망

□ **(자원개발/철강 플랜트) 글로벌 금융위기 여파로 성장세가 주춤했던 플랜트 산업은 이후 회복 국면에 접어 들면서 장기적 시장규모 확대를 연출할 것으로 전망**

○ 글로벌 자원개발/철강 플랜트 시장규모는 2010년 기준 9,692억 달러에서 연평균 7%의 성장률로 2020년 1조 9,085억 달러로 규모로 성장할 전망



* 플랜트 공종 : 석유(E&P,정유) 가스(E&P, 수송/LNG, 전력, 바이오, 석탄, 석유화학, 수처리, 철강 등 포함
** 출처 : 한국산업기술진흥원(2014), Market Leading Products

[그림 2.2.33] 글로벌 플랜트 시장규모 및 전망

□ **(자원개발/철강 플랜트) 셰일가스 등 비전통자원 개발 확대에 따른 플랜트 인프라 수요 증대**

○ 미국에서 시작된 셰일가스 개발은 기존 중동과 러시아 중심의 글로벌 천연가스 공급 지형을 다원화 체제로 변화

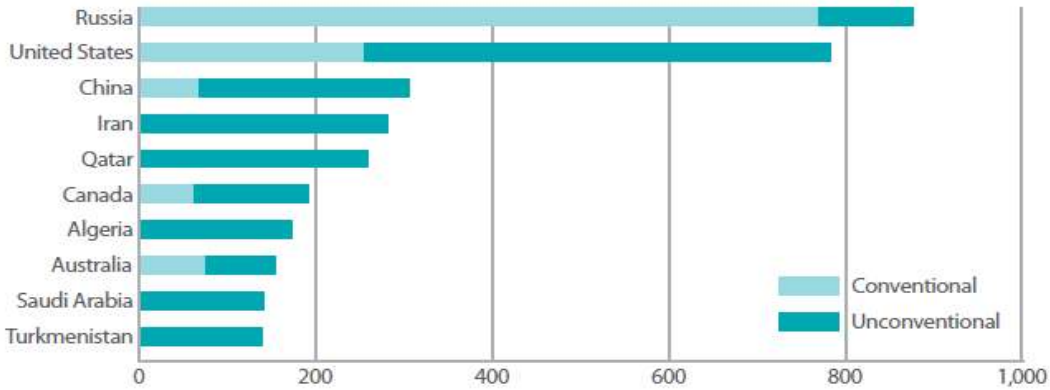
○ 셰일가스 개발은 LNG 액화플랜트, 발전플랜트 등 관련 플랜트 산업의 추가적인 수요 촉발

- 따라서 글로벌 메이저 기업들은 독립계 셰일가스전 인수를 통해 셰일가스 산업 수직 계열화를 시도하고 있어 향후 이들 위주로 시장의 통폐합이 더욱 빠르게 진행될 것으로 전망

○ 오일샌드, 오일셰일 및 셰일가스 등 비전통 자원의 풍부한 매장량과 채산성 확보 가능성 고조에 따라 시추, 생산 등 관련 인프라 수요가 증가할 전망

□ **(자원개발/철강 플랜트) LNG 수출국 다변화, 전 세계적 차원의 LNG 수요 증가에 따라 LNG 액화 플랜트 등 관련 인프라 시장이 급속하게 성장할 것으로 전망**

- ㅇ 미국의 셰일가스 등 본격적인 LNG 수출국 다변화 및 공급물량 확대 전망에 따라 글로벌 LNG 시장은 2017년 이후 구매자 중심 시장으로 돌아설 것으로 전망
- ㅇ 특히, 최근 미국 정부는 안보상 제한적으로 허용했던 LNG 수출을 FTA 미체결 국가로 확대 결정함으로써 본격적인 LNG 수출국으로 부상할 전망



출처: 한국산업기술진흥원(2014), Market Leading Products

[그림 2.2.34] 2035년 전통/비전통 가스 국가별 생산량 전망

□ **(자원개발/철강 플랜트) 정유 플랜트 시장은 연평균 3.9%의 성장률로 (2010~2020년 기준) 2020년에는 346억 달러 규모로 성장할 전망**

- ㅇ 특히 산유국을 중심으로 자국내 downstream 과 제조업 투자를 위한 Feedstock 확보, 글로벌 환경규제에 부합할 저탈황 정제 설비의 필요성 등에 따라 고도화된 정제설비의 투자 필요성이 고조

□ **(자원개발/철강 플랜트) 중동과 동남아시아의 정유 플랜트 발주가 본격화될 것으로 예상**

- ㅇ 산유국의 사업다각화 전략 강화, 지연된 프로젝트의 재착수 등으로 2013년 중동의 경우에만 올해 계획되어 있는 프로젝트는 규모만으로 약 936억 달러로 지난 해 계획 648억 달러 대비 약 44% 증가할 것으로 예상
- ㅇ 북아프리카의 산유국과 이란의 석유화학 및 정유 플랜트 시장이 크게 성장할 것으로 예상됨

라. 플랜트 엔지니어링 산업시장 동향

□ 해외 플랜트엔지니어링 시장은 2019년 16,319억 달러로 예상되며, 연평균 성장률 6.83%로 지속 성장 예상

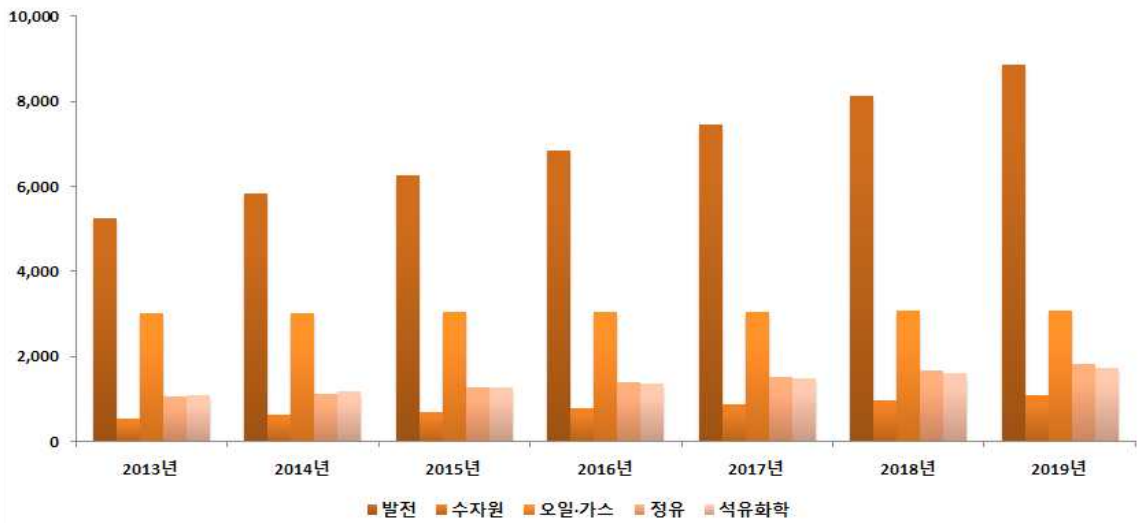
- ㅇ 발전 플랜트 분야는 2019년 8,860억 달러로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 수자원 플랜트 분야는 연평균성장률이 11.94%로 높은 성장성 보유
- ㅇ 아시아 지역의 플랜트 시장이 최근 높은 성장세를 보이고 있으며, 아시아, 아프리카, 중남미 등 신흥 개도국시장 전체의 60%를 상회
  - 북미 지역도 셰일가스 투자 및 개발 등이 활발해 지면서 시장규모가 꾸준히 확대
- ㅇ 글로벌 플랜트 기관 250社의 매출을 분석한 결과, 플랜트 세계시장의 상위 10개국이 전 세계 플랜트 시장의 90%를 차지하고 있을 정도로 선진국의 시장지배력이 강함

〈표 2.2.14〉 플랜트 산업의 건설분야 시장 추이('11년~'18년)

(단위 : 억 달러, %)

구분	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR
발전	5,262	5,827	6,260	6,828	7,447	8,123	8,860	9.07
수자원	553	619	693	776	868	972	1,088	11.94
오일·가스	3,029	3,016	3,044	3,052	3,059	3,067	3,074	0.25
정유	1,048	1,132	1,262	1,385	1,520	1,668	1,830	9.74
석유화학	1,082	1,177	1,266	1,369	1,481	1,602	1,733	8.17

* 출처 : 중소기업청(2016), 중소·중견기업 기술로드맵(플랜트엔지니어링) 2017-2019



* 출처: 중소기업청(2016), 중소·중견기업 기술로드맵(플랜트엔지니어링) 2017-2019

[그림 2.2.35] 세계 플랜트엔지니어링 시장규모 및 증가율

3. 정책 동향

가. 국내 동향

□ **문재인 정부는 20대 국정전략 중 재난 관리체계를 '국민안전과 생명을 지키는 안심사회'를 전략과제로 설정하였으며, 이 계획에서 재난 및 안전과 관련한 내용은 '내 삶을 책임지는 국가(5대 국정목표)로 확인**

○ '국민 안전과 생명을 지키는 안심사회'의 세부 국정과 '제로 안전사고 예방 및 재난 안전 관리의 국가책임 체제 구축'과 '통합적 재난관리 체계 구축 및 현장 즉시대응 역량강화'로 확인

	국정전략 12 : 국민안전과 생명을 지키는 안심사회	
내 삶을 책임지는 국가 (32개 국정과제)	55	안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축 (행안부)
	56	통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화 (행안부)
	57	국민 건강을 지키는 생활안전 강화 (환경부 · 식약처)
	58	미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성 (환경부)
	59	지속가능한 국토환경 조성 (환경부)
	60	탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환 (산업부 · 원안위)
	61	신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축 (환경부)
	62	해양영토 수호와 해양안전 강화 (해수부)

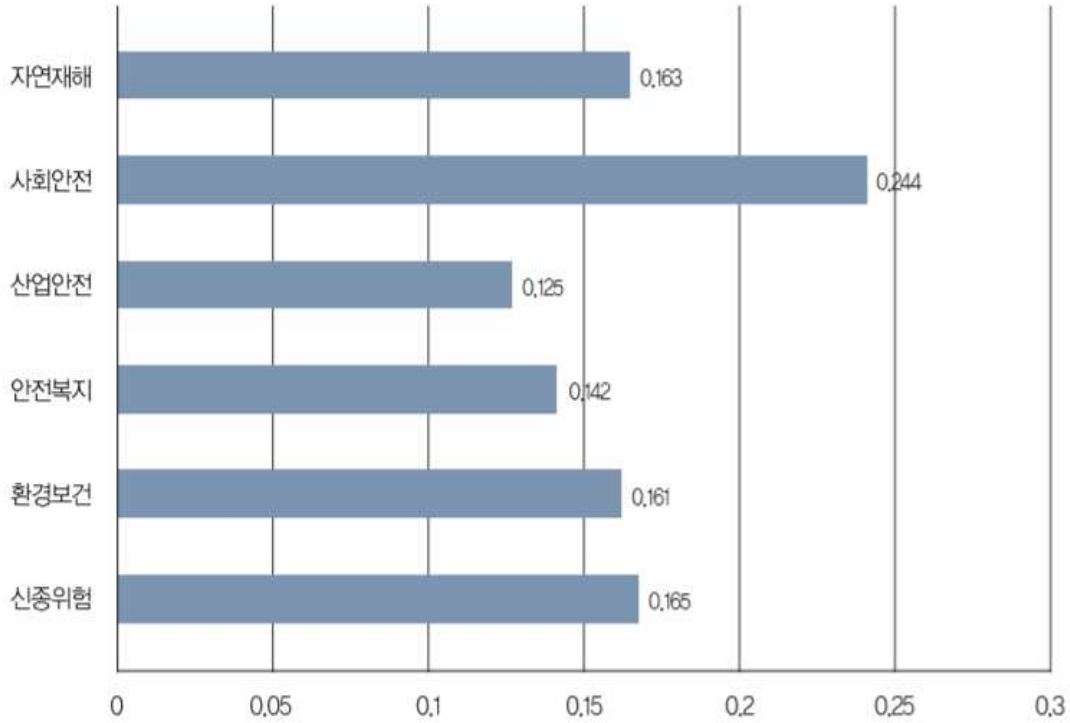
* 출처 : 정부혁신 어젠다(II): 규제·안전통합(KIPA, 2017)

[그림 2.2.36] 문재인 정부 20대 국정전략 중 재난 관리체계

□ **재난안전 분야 역량 제고를 위한 국정과제 6개 분야별 정책목표과제에 대한 우선순위를 도출한 결과, 사회안전(0.244), 신종위험(0.165), 자연재해(0.613), 환경보건(0.161), 안전복지(0.142), 산업안전(0.125) 순으로 확인**

○ 사회안전 분야가 타 정책목표과제보다 높게 조사된 것은 교통안전, 노후시설물 안전 관리 등 우리 사회가 쉽게 체감할 수 있는 안전관리가 재난안전 증진을 위해 가장 중요한 요소로 판단

○ 즉, 재난안전 증진을 위해 국민들의 삶과 직결되어 있는 사회안전이 우리사회가 해결해야 할 시급한 과제라고 판단



* 출처 : 정부혁신 어젠다(II): 규제·안전통합(KIPA, 2017)

[그림 2.2.37] 정책목표과제(재난안전 분야)

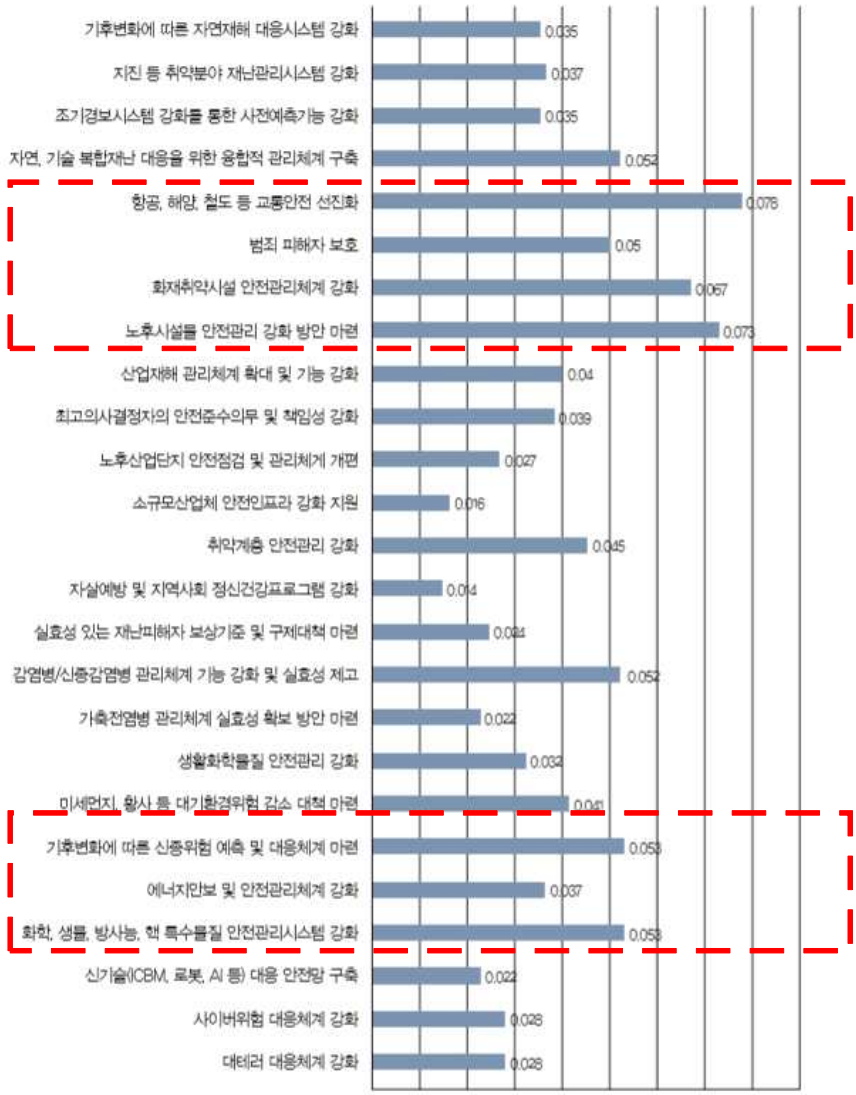
□ **재난안전 증진을 위한 이슈 중 정책목표과제 전체 25개 과정과제(안)에 대한 우선순위를 도출한 결과, 노후 및 화재 취약시설물 관리체계 강화 등이 가장 높은 것으로 확인**

ㅇ 기후변화에 따른 신종위험 예측 및 대응체계 마련이 상위 우선순위로 설정

- 이는 전문가들이 자연재해, 평균기온 상승 등 기후변화에 따른 신종위험의 증가와 그 피해에 대한 적절한 사전 예측 및 대응체계 마련이 시급하다고 판단

ㅇ 現 정부에서 재난안전 분야의 국정과제로 우선적으로 다루어야하는 것은 총 세 가지로 구분

- (첫째) 국민들의 생활과 밀접한 교통안전 선진화·노후 및 화재취약시설물 관리체계 강화
- (둘째) 신종위험의 증가 및 사회적 문제로 급부상하고 있는 기후변화에 따른 신종위험 예측 및 대응 체계 마련
- (셋째) 방사능 및 핵 등과 관련한 특수물질에 대한 안전관리 시스템 강화



* 출처: 정부혁신 어젠다(II): 규제·안전통합(KIPA, 2017)

[그림 2.2.38] 국정과제 우선순위(재난안전 분야)

□ **2020년까지 플랜트 상용화 및 국제 CCS 기술경쟁력 확보를 목표로 범부처의 국가 CCS 종합 추진계획을 수립**

ㅇ (환경관리 및 기반구축 분야) 신뢰성 확보를 위한 전주기 환경관리체계 구축 및 모니터링, 위해성평가 및 관리기술 개발

□ **범부처 차원에서 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획안(2018~2022), 제4차 과학기술 기본계획(2018~2022), 재난과학기술개발 10개년 로드맵(2015~2024) 등 최근 재난안전에 대한 지속적인 R&D 계획 수립**

- ㅇ 재난현장 데이터를 활용한 문제 해결 및 안전서비스 제공, 위험 전조 감지·예측 모니터링 서비스 마련, 통합재난방송시스템 확대 구축, 인공지능형 로봇·드론 등을 활용한 재난 안전사고 대응지원체계 마련

□ **국토교통부의 제5차 국토종합계획 수립 지침(2018. 10) 및 제 4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018~2022년)에서 자연재해·사고로부터 안전하고 회복력 있는 관리체계 구축 시도**

- ㅇ 기후변화 대응 및 복합재난 위험관리에 따른 통합적 대응체계, 4차 산업혁명 기술을 활용하여 시설물 안전·유지관리 고도화, 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착 등을 제시
- ㅇ 또한, 제 1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획에서 '모듈화 플랜트' 고도화와 현지 맞춤형 바이오매스 플랜트 설계·시공·운영 관리하는 국산화 패키지 시스템 개발 추진

□ **플랜트 시설에는 국가기반시설이 다수 포함되어 있어 사회적 재난대응체계 확보(국가중점과학기술 분류상 '걱정없는 안전사회 구축기술'에 해당)를 위해서는 종합적인 정책 대응 마련이 필요**

□ **에너지 전화 정책은 경제성장의 새로운 원천으로 작용할 것으로 기대하며 에너지 전환 촉진에 따라 글로벌 GDP의 추가 증가가 예상되며 재생에너지 확대와 에너지 효율 개선을 동시 추진**

- ㅇ 문재인 정부 국정과제 중 37. 친환경 미래 에너지 발굴·육성(산업부), 60. 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환(산업부·원안위), 61. 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축(환경부)의 관련 과제 추진

□ **신정부는 국민의 요구와 에너지전환이라는 세계흐름에 부흥하고자 출범과 동시에 '재생에너지 3020(2017.12)'이행계획 발표**

- ㅇ 에너지전환 추진을 위해 에너지안보, 국가경제활성화 방안, 기후변화 대비 등 장기적인 관점에서 세부 정책 수립 필요
  - 2030년까지 재생에서지 발전량을 20%까지 확대

□ **플랜트산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 플랜트의 안전하고 효율적인 유지관리를 위하여 필요한 사항으로 '기계설비법(2020.4)'을 시행하여 국민의 안전 및 공공복리 증진**

- ㅇ 플랜트산업에 대한 지원과 기반 구축, 안전관리를 위한 조치, 기계설비 유지관리, 기계설비성능점검업 등 플랜트산업의 안전 및 유지관리에 필요한 시책을 수립·시책

□ **화학물질을 제조, 보관·저장 운반 또는 사용하는 시설이나 장비로부터 국민 건강 및 환경상의 위해를 예방하기 위한 화학물질관리법(`15.1)을 시행**

o (화학사고 장외영향평가서의 작성·제출) 유해화학물질 취급시설이 사업장 밖의 제3자에게 인적·물적 피해를 야기하지 않도록 안전하게 설계·설치하도록 유도

- 위험도에 따라 안전성을 확보하는 장치를 마련하는 등 안전관리 강화

o (유해화학물질 취급시설 배치·설치·관리 기준) 유해화학물질 취급시설을 유형별로 취급시설의 배치, 설치 및 법적기준에 따라 적법하게 설치·운영토록 규정하여 사고 예방

o (유해화학물질 취급시설 검사) 유해화학물질 취급시설의 안전관리 강화를 위해 모든 시설에 대해 법적 규정 준수 운영 여부 검사를 의무화 함으로써 화학사고 예방

o (유해물질 취급시설 자체점검) 취급시설에 대해 주 1회 점검을 의무화함으로써 화학물질 안전관리 강화로 사고 예방

o (사고대비물질 관리기준) 사고대비물질은 급성독성·폭발성 등이 강하여 사고발생 가능성이 높거나 사고 발생시 피해가 큼에 따라 유독물질보다 강화된 관리규정 적용으로 사고 예방

나. 국외 동향

(1) 미국

□ **여러 연방부처와 독립기관에 의해 분권화되어 다원화된 과학기술정책을 추진**

- ㅇ 허나, 기후변화, 제조업 혁신 등 사회문제 해결을 위한 과제는 협업과제의 형태로 구성·추진
- ㅇ '국가 지진해일 저감 프로그램(2013-2017)'은 해양대기관리청, 지질조사국, 연방재난관리청, 과학재단 및 28개 연안지역 인접주가 함께 수립
- ㅇ 'FEMA Strategic Plan(2014~2018년)에서는 신속한 재난대응을 위해 재난 정보 전달 서비스 및 복구체계를 중점 계획
- ㅇ 백악관 산하 국가과학기술회에서는 '국가재난과학기술 10개년 전략계획(2008~2017)을 통해 초대형 재난대응, 재난상황 행동분석 및 현장장비 관련 계획 수립

□ **인프라 유지보수 투자의 적정시기를 놓쳐 많은 비용을 지불하고 있으며, 충분한 투자가 이루어지지 않아 시설물 안전, 노후화, 교량의 붕괴 등 실질적인 문제 경험**

- ㅇ MAP-21 혁신법안 비준을 통해 기반시설에 대한 적극적 예산 투입과 전략적 유지관리(성능 중심 자산관리)를 의무화하고, 인프라 실태조사(Report Card) 실시

□ **4차 산업혁명에 따른 스마트 건설·플랜트분야 신규 수익사업 모델 발굴 및 안전성 확보 추진**

- ㅇ 미국 석유협회(API)는 플랜트에 대한 안전기술에 정량도 위험기업을 포함한 API 580, API 581 코드를 제정하여 플랜트 재해안전 대책에 활용

(2) 유럽

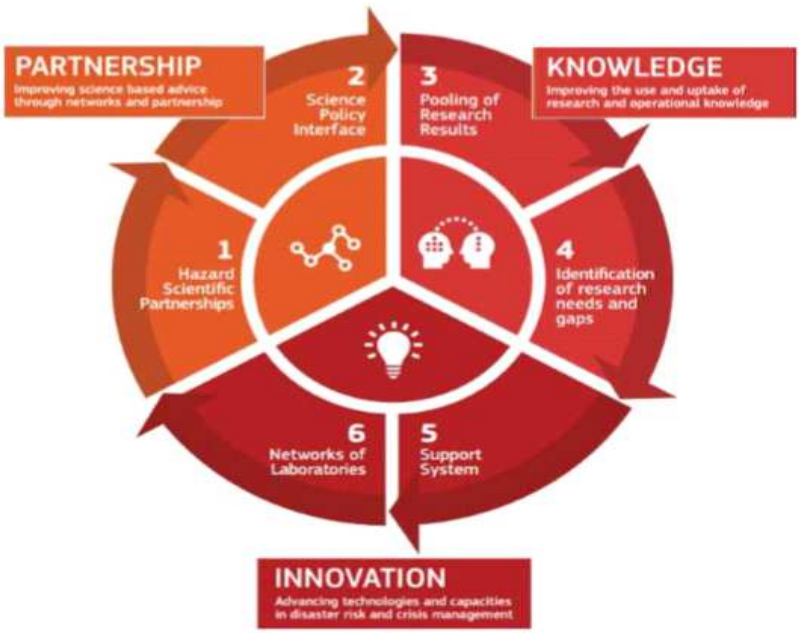
□ **산업 및 연구분야를 포함한 시민사회 대표로 구성된 자문위원과 다양한 전문기관이 함께 협의·검토를 걸친 Work Programme(2018~2020) 안에서 플랜트 분야와 관련된 것은 14. 안전한 사회(유럽과 시민들의 자유와 안전보호)로 구분**

- ㅇ 자연재해와 인적재난에 대응하여 우리 사회의 회복력을 향상시키고, 핵심기반 시설의 보호를 위한 혁신적 해결책의 개발을 중점적으로 추진

□ **유럽연합은 회원국 간의 다양한 재난연구 네트워크 활동과 프로젝트의 구심점 역할을 수행하는 재난위험관리지식센터(DRMKC : Disastrt Risk Management Knowledge Centre) 설립**

o 재난안전 연구활동의 복잡한 과학적 데이터를 유용한 정책적 정보로 제공함으로써, 재난 위험 관리정책에 대한 과학적 자문과 비상대비 및 재난대응 활용에 대한 과학적 긴반의 분석을 지원

- 과학적기반의 서비스 향상을 위한'파트너십'구축
- 연구성과의 활용을 증진하기 위한'지식'허브
- 재난위험 관리를 위한 기술 및 접근방안의 '혁신'을 설정



* 출처 : 미래 재난안전 최소화 및 산업화를 위한 국가 R&D 투자전략 연구(과학기술정보통신부, 2018)

[그림 2.2.39] 유럽 재난위험관리지식센터(DRMKC)의 3가지 핵심기능

□ **유럽연합국가(EU)에서도 지리정보체계(GIS)를 이용하여 Seveso Plant Information Retrieval System (SPIRS)이라는 프로젝트를 수행하고 있으며, 이미 SevesoⅡ 규정 적용대상 사업장으로부터 데이터를 받아 입력하고 있으며, 도식화된 위험지도를 작성하여 위험관리정보를 제공하고 체계적인 위험관리, 비상조치계획 및 토지이용계획에 활용**

□ **(독일) '에너지 구상 2010'을 바탕으로, 2050년까지 온실가스 배출량 80~95%(2090년 대비) 감축, 1차에너지 수요 50%(`08년 대비) 감축 등을 주요 장기정책목표 설정**

o 에너지 정책은 에너지 이용의 경제성, 에너지공급의 안정성, 에너지의 환경친화적 이용이라는 3대 목표를 기조로 추진

□ **(영국) 2010년 NPPF의 도입을 선언하고 2012년 '지방정부와 공동체 부처'(UK department of communties and government)에서 이를 공표하여 국민의 안전성 제고**

- ㅇ NPPF는 지방정부와 지역공동체가 계획을 수립하고 시행하기 위한 기본 원칙과 가이드라인을 제공하고 있으며 이는 지역주민들과 주민협의체가 협력하여 근린계획을 수립할 때 반드시 반영

□ **영국은 산업안전보건청(HSE)에서 위험설비위치정보시스템(HSE Map)을 개발하여 화학물질 취급 사업장의 위험설비와 화학물질의 사용량 등을 전산화하여 관리하고 있으며, 위험설비에서 화재, 폭발 또는 독성물질 누출사고의 발생위험 등을 고려한 위험등고선(Risk Contour)을 활용하여 위험시설 주변지역에 다른 위험시설이나 주거용건물 또는 공공건물 등을 설치할 경우 위험성을 평가하여 안전한지의 여부를 확인한 후에 설치허가를 하도록 제도화하고 있음**

지속가능한 개발의 5원칙	토지이용계획을 위한 12원칙
환경적 제약 안에서 살아가기 Living within the Planet's environmental limits 강력하고 건강하며 공정한 사회 구현하기 Ensuring a strong, healthy, and just society 지속가능한 경제성장 추구하기 Achieving a sustainable economy 좋은 거버넌스를 구축하기 Promoting good governance 과학/연구결과를 책임감 있게 사용하기 Using sound science responsible	① 계획 수립의 주체로서 지역공동체의 역량을 강화하기 ② 생활환경 및 삶의 질 향상하기 ③ 지역의 요구를 합리적으로 수용하면서도 지속가능한 발전 추구하기 ④ 양질의 디자인/ 쾌적한 생활편의시설 제공하기 ⑤ 생물다양성을 보장하고 그린벨트 및 지역경관 보존하기 ⑥ 저탄소미래를 지향하기(기후변화 적응 및 재해 경감) ⑦ 자연환경을 보존하기(환경오염 관련) ⑧ 기존의 오염되고 버려진 산업단지 재사용을 지원하기 ⑨ 혼합용도 개발을 유도하기 ⑩ 문화유산을 보존하기 ⑪ 도심 내 다양한 이동수단을 고려한 성장관리 방식을 추구하기 ⑫ 건강 및 사회문화적 웰빙 추구하기 ※ 예외적으로 폐기물관리와 관련된 정책은 NPPF의 범위에서 제외되고 대신 국가폐기물계획정책에서 따로 다룸

* 출처 : 미래 재난안전 최소화 및 산업화를 위한 국가 R&D 투자전략 연구(과학기술정보통신부, 2018)

[그림 2.2.40] 영국 NPPF의 지속가능한 개발과 토지이용계획을 위한 원칙

(3) 일본

□ **일본 경제산업성은 신규 및 재건축 화력 발전소의 설비와 석탄에 대한 연료별 발전효율 기준을 마련하고 기준 이상의 시설 설치를 의무화하는 조항 신설**

- ㅇ 원전 정지로 인한 전력 부족으로 소형 석탄 화력 발전소 신설 급증에 대응하기 위하여 CO2 배출량이 적으면서도 발전효율이 높은 설비를 의무 설치해야하는 규제 마련

□ **2017년 문화과학성은 초 스마트 사회 실현을 위하여 IoT, 빅데이터, 인공지능 등 첨단 과학기술을 활용한 재난예측 및 대응 기술 계획 수립(과학기술 혁신 종합전략, 2017)**

□ **노후 인프라 유지관리 비용 증가로 국가차원의 '인프라 장수명화 기본계획(2014~2020년)'을 수립·시행**

ㅇ 인프라 장수명화 기본계획은 국토 강인화 기본계획의 행동계획으로 기존 지자체 중심의 인프라 관리에서 국가 차원의 계획/관리로 이행

- 안전하고 강인한 인프라 시스템의 구축(노후 인프라 중대사고 Zero화)
- 종합적이고 통합된 인프라 매니지먼트의 구현(모든 시설 건전성 확보)
- 유지보수산업에 의한 인프라 비즈니스 경쟁력 강화(유지보수 산업발전)

ㅇ 센서, 로봇, 비파괴 검사기술 적극적인 개발 및 활용을 추진하고, 2030년에는 관련 세계 시장 30%를 점유하는 것을 목표로 함

(4) 호주

□ **인프라 건설·운영의 컨트롤 타워 조직을 구성하고, 정부재원의 한계를 극복하기 위해 민간자본도 적극 활용**

ㅇ 정부 내 컨트롤 타워 마련을 통한 거버넌스 확립을 통해 재원조달 방식·규모, 투자 우선순위 등의 조정·결정

(5) 캐나다

□ **가스전 개발(셰일가스 생산 플랜트, 저장 및 수송시설, 산업설비, 발전소 등 인프라 부문)에 3,860억('35년) 캐나다 달러의 투자가 예상*되며, 에너지 시설의 위험성 평가 절차 등 안전성 확보 노력****

* 한·캐나다 FTA의 의미와 영향(한국경제 연구원, `14.12)

** CSA Z662 기준에 의해 지중 에너지 시설의 위험성 평가 절차를 제시하고 오일 및 가스 파이프라인에 적용 중

4. 국내 플랜트 관계 부처별 법·제도 현황

가. 국토교통부

□ 국토교통부에서는 기계설비법, 건축법, 주택법, 건설기술진흥법, 녹색건축물 조성 지원법, 건설산업기본법이 플랜트 산업의 법·제도에 해당

ㅇ 기계설비법

- (목적) 기계설비산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 기계설비의 안전하고 효율적인 유지관리를 위하여 필요한 사항을 정함으로써 국가경제의 발전과 국민의 안전 및 공공복리 증진 목표
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 기계설비발전기본계획에 해당

〈표 2.2.15〉 기계설비법 관련 종합계획

기계설비 발전 기본계획 수립	- 국토교통부장관은 기계설비산업의 육성과 기계설비의 효율적인 유지관리 및 성능확보를 위하여 다음 각 호의 사항이 포함된 기계설비 발전 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 5년마다 수립·시행하여야 한다. · 기계설비산업의 발전을 위한 시책의 기본방향 · 기계설비산업의 부문별 육성시책에 관한 사항 · 기계설비산업의 기반조성 및 창업지원에 관한 사항 · 기계설비의 안전 및 유지관리와 관련된 정책의 기본목표 및 추진방향 · 기계설비의 안전 및 유지관리를 위한 법령·제도의 마련 등 기반조성 · 기계설비기술자 등 기계설비 전문인력(이하 "전문인력"이라 한다)의 양성에 관한 사항 · 기계설비의 성능 및 기능향상을 위한 사항 · 기계설비산업의 국제협력 및 해외시장 진출 지원에 관한 사항 · 기계설비기술의 연구개발 및 보급에 관한 사항 · 그 밖에 기계설비산업의 발전과 기계설비의 안전 및 유지관리를 위하여 대통령령으로 정하는 사항 - 국토교통부장관은 기본계획을 수립하는 경우 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 거쳐야 한다.

ㅇ 건축법

- (목적) 이 법은 건축물의 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전·기능·환경 및 미관을 향상시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적으로 설정

ㅇ 주택법

- (목적) 이 법은 쾌적하고 살기 좋은 주거호나경 조성에 필요한 주택의 건설·공급 및 주택시장의 관리 등에 관한 사항을 정함으로써 국민의 주거안정과 주거수준의 향상에 이바지함을 목적으로 설정

ㅇ 건설기술진흥법

- (목적) 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전 확보
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 건설기술진흥 기본계획에 해당

〈표 2.2.16〉 건설기술진흥법 관련 종합계획

건설기술진흥 기본계획	- 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발을 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하며 관련 산업의 진흥을 도모하기 위하여 건설기술진흥 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 5년마다 수립하여야 한다. - 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 건설기술 진흥의 기본목표 및 추진방향 · 건설기술의 개발 촉진 및 활용을 위한 시책 · 건설기술에 관한 정보 관리 · 건설기술인력의 수급(需給)·활용 및 기술능력의 향상 · 건설기술연구기관의 육성 · 건설기술용역 산업구조의 고도화 · 건설기술용역의 해외진출 및 국제교류 등의 지원에 관한 사항 · 건설기술용역사업자의 지원에 관한 사항 · 건설공사의 환경관리에 관한 사항 · 건설공사의 안전관리 및 품질관리에 관한 사항 · 그 밖에 건설기술 진흥에 관한 중요 사항 - 국토교통부장관은 기본계획을 수립할 때에는 관계 중앙행정기관의 장과 미리 협의한 후 제5조에 따라 국토교통부에 두는 중앙건설기술심의위원회의 심의를 받아야 한다. 기본계획 중 대통령령으로 정하는 내용을 변경하려는 경우에도 같다. - 관계 행정기관의 장은 기본계획의 연차별 시행계획(이하 "시행계획"이라 한다)을 수립하여 국토교통부장관에게 통보하고 시행하여야 한다. - 제1항부터 제4항까지에서 규정한 사항 외에 기본계획과 시행계획의 수립·시행에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. - 국토교통부장관은 건설기술의 진흥을 위하여 필요한 경우 건설기술에 관한 정보관리, 건설기술인력 관리, 건설공사의 환경관리·안전관리·품질관리 등 건설기술의 각 분야별 기본계획을 수립할 수 있다.

ㅇ 건설산업기본법

- (목적) 이 법은 건설공사의 조사, 설계, 시공, 감리, 유지관리, 기술관리 등에 관한 기본적인 사항과 건설업의 등록 및 건설공사의 도급 등에 필요한 사항 선정
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은건설산업진흥기본계획에 해당

〈표 2.2.17〉 건설산업기본법 관련 종합계획

건설산업진흥 기본계획 수립	- 국토교통부장관은 「건설산업기본법」(이하 "법"이라 한다) 제6조 제1항의 규정에 의하여 건설산업진흥기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립하고자 하는 때에는 관계중앙행정기관의 장의 의견을 들어야 한다. 다만, 법 제6조 제2항 제2호의 사항에 관하여는 「건설기술 진흥법」 제3조 제1항에 따라 수립되는 건설기술 진흥 기본계획에 따른다. - 국토교통부장관은 제1항의 규정에 의하여 기본계획을 수립한 때에는 관보에 그 내용을 고시하고 관계중앙행정기관의 장에게 통보하여야 한다. - 법 제6조 제2항 제6호에서 "대통령령으로 정하는 사항"이란 다음 각 호의 사항을 말한다. · 건설공사의 생산성 향상대책 · 건설자재의 품질향상 및 규격표준화 대책 · 건설사업관리제도의 발전대책

□ 국토교통부의 재난유형별 관련 제도 현황

ㅇ 화재/폭발

- 건축물 화재 방지, 구조물 안전, 확산 방지, 피난 등에 관련한 규정 운영

  * 건축법, 건축물의 피난·방화 구조 등의 기준에 관한 규칙

- 국토교통부에서는 플랜트 시설물을 공장(산업시설)으로 구분하고 있음

  * 폭발성 위험물의 처리/제조/저장 등 고위험군 플랜트 시설에 대하여 별도로 특정하지 않고 있음

ㅇ 지진

- 건축법/시행령/시행규칙: 건축물 안전과 관련한 기본 규정 명시
- 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙: 건축물의 구조적 안전과 관련한 세부 규정 명시
- 건축구조기준:건축재료 및 구조시스템에 따른 건축물 구조설계절차 및 세부 설계기준

  * 국내의 경우 1988년부터 건축물의 내진설계 적용 시작함(6층 이상). 이후부터 최근의 경주/포항 지진을 겪기까지 적용대상이 확대되어 오고 있음(2층 이상, 연면적 200㎡ 이상).

  * 건축구조기준에서는 내진설계대상에 “비구조요소” 및 “건물외 구조물”을 포함하고 있으며 플랜트 시설물의 경우 건물외 구조물로 간주될 수 있음.

  * 건물외 구조물의 경우 위험성 및 기능성을 기준으로 각각 2단계(2등급/특등급)의 중요도계수 및 내진등급으로 구분

  * 대부분의 플랜트 시설물은 현행 내진설계법에 근거할 경우 “비정의(undefined)” 시스템으로 분류되기 때문에, 실제 내진성능이 명확하지 않음.

나. 산업통상자원부

□ **산업통상자원부는 액화석유가스 안전 및 사업법, 도시가스사업법, 고압가스 안전관리법, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법, 에너지 이용 합리화법이 해당**

o 액화석유가스의 안전 및 사업법

- (목적) 액화석유가스의 충전·저장·판매·사용 및 가스용품의 안전 관리에 관한 사항을 정하고 액화석유가스사업을 합리적으로 조정하여 액화석유가스를 적정히 공급·사용

o 도시가스사업법

- (목적) 도시가스사업을 합리적으로 조정·육성하여 사용자의 이익을 보호하고 도시가스사업의 건전한 발전을 도모
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 가스의 공급계획, 가스의 수급계획, 가스공급시설 공사계획에 해당

〈표 2.2.18〉 도시가스사업법 관련 종합계획

가스의 공급계획	- 일반도시가스사업자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 다음 연도 이후 5년간의 가스공급계획을 작성하여 매년 11월 말일까지 시·도지사에게 제출하여야 한다. 이 경우 가스도매사업자와 협의하여야 한다. - 가스도매사업자 및 합성천연가스제조사업자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 다음 연도 이후 5년간의 가스공급계획을 작성하여 매년 12월 말일까지 산업통상자원부장관에게 제출하여야 한다. 이 경우 합성천연가스제조사업자는 가스도매사업자와 협의하여야 한다. - 나프타부생가스·바이오가스제조사업자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 다음 연도 이후 5년간의 가스공급계획을 작성하여 매년 11월 말일까지 시·도지사에게 제출하여야 한다. 이 경우 나프타부생가스·바이오가스제조사업자는 가스도매사업자 또는 일반도시가스사업자와 협의하여야 한다. - 도시가스사업자가 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 가스공급계획을 변경한 경우에는 미리 산업통상자원부장관 또는 시·도지사에게 보고하여야 한다. - 산업통상자원부장관 또는 시·도지사는 제1항부터 제4항까지의 규정에 따른 가스공급계획이 사회적·경제적 사정의 변동으로 적절하지 못하게 되어 공공의 이익 증진에 지장을 가져올 염려가 있다고 인정되면 도시가스사업자에게 적절한 기간을 정하여 그 가스공급계획을 변경하도록 명할 수 있다.
가스의 수급계획	- 시·도지사는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 다음 연도 이후 5년간의 가스수급계획을 작성하여 매년 12월 말일까지 산업통상자원부장관에게 제출하여야 한다. 이 경우 가스수급계획에는 도시가스가 공급되지 아니하는 지역의 도시가스 공급을 촉진하기 위한 지원 등 도시가스 보급확대계획이 포함되어야 한다. - 산업통상자원부장관은 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 매년 해당 연도를 포함한 5년간의 가스수급계획을 수립하여야 한다. - 산업통상자원부장관은 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 2년마다 해당 연도를 포함한 10년 이상의 기간에 걸친 장기 천연가스 수급계획을 수립하여 그 주요 내용을 공고하여야 한다. - 산업통상자원부장관은 제2항 및 제3항에 따른 가스수급계획에 도시가스가 공급되지 아니하는 지역의 도시가스 공급을 촉진하기 위한 지원 등 도시가스 보급확대계획이 포함되도록 노력하여야 한다. - 산업통상자원부장관은 천연가스의 수급상 필요하다고 인정할 때에는 제3항에 따른 장기 천연가스 수급계획을 변경할 수 있다. 이 경우 그 변경 사유와 주요 내용을 공고하여야 한다.
가스의 공급계획	- 시·도지사는 제18조 제1항에 따라 일반도시가스사업자가 제출한 가스공급계획을 기초로 하여 매년 3월 말일까지 해당 연도를 포함한 2년간의 지역별 가스공급시설의 공사계획을 수립하여 공고하여야 한다. 공고한 계획을 변경한 경우에도 또한 같다. - 일반도시가스사업자는 제1항에 따라 공고한 지역별 가스공급시설의 공사계획에 따라 가스공급시설을 설치하여야 한다. 다만, 산업통상자원부령으로 정하는 부득이한 사유가 있는 경우에는 그러하지 아니하다.

ㅇ 고압가스 안전관리법

- (목적) 고압가스에 관한 기술이 변경되거나 그 밖에 고압가스의 안전관리를 위하여 산업통상자원부장관이 필요하다고 인정하거나 시설·기술 기준 등의 시행에 필요한 세부적인 사항을 정하여 고시

- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 가스안전관리에 관한 기본계획에 해당

〈표 2.2.19〉 고압가스 안전관리법 관련 종합계획

가스안전관리에 관한 기본계획 수립	- 산업통상자원부장관은 가스로 인한 위해 방지 및 체계적인 가스안전관리를 위하여 5년마다 가스안전관리에 관한 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립·시행하여야 한다. - 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 고압가스, 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 제2조 제1호에 따른 액화석유가스 및 「도시가스사업법」 제2조 제1호에 따른 도시가스(이하 "고압가스등"이라 한다)에 대한 중기·장기 안전관리 정책에 관한 사항 · 고압가스등 안전관리 제도의 개선에 관한 사항 · 고압가스등으로 인한 사고를 예방하기 위한 교육·홍보 및 검사·진단에 관한 사항 · 고압가스등의 안전관리를 위한 정책 및 기술 등의 연구·개발에 관한 사항 · 그 밖에 고압가스등의 안전관리를 위하여 필요한 사항 - 산업통상자원부장관은 기본계획을 수립하거나 변경하려면 미리 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후 「에너지법」 제9조 제1항에 따른 에너지위원회의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하려는 경우에는 협의 및 심의 절차를 생략할 수 있다. - 산업통상자원부장관은 기본계획의 수립·변경 또는 시행을 위하여 필요한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장, 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다) 또는 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관의 장에 대하여 관련 자료의 제출이나 협력을 요청할 수 있다. 이 경우 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. - 산업통상자원부장관은 기본계획을 수립 또는 변경한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관(가스안전에 관한 업무를 수행하는 공공기관에 한정한다)의 장에게 통보하고, 공고(인터넷 게재를 포함한다)하여야 한다. - 제1항부터 제5항까지의 규정에 따른 기본계획의 수립·변경 및 시행에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

ㅇ 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법

- (목적) 이 법은 신에너지 및 재생에너지의 기술개발 및 이용·보급 촉진과 신에너지 및 재생에너지 산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경의 보전, 국가경제의 건전하고 지속적인 발전 및 국민복지의 증진에 이바지함을 목적으로 설정

- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 초진법의 기본계획에 해당

〈표 2.2.20〉 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 관련 종합계획

신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 기본계획	- 산업통상자원부장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 한 후 제8조에 따른 신·재생에너지정책심의회의 심의를 거쳐 신·재생에너지의 기술개발 및 이용·보급을 촉진하기 위한 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 5년마다 수립하여야 한다. - 기본계획의 계획기간은 10년 이상으로 하며, 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 기본계획의 목표 및 기간 · 신·재생에너지원별 기술개발 및 이용·보급의 목표 · 총전력생산량 중 신·재생에너지 발전량이 차지하는 비율의 목표 ·「에너지법」 제2조 제10호에 따른 온실가스의 배출 감소 목표 · 기본계획의 추진방법 · 신·재생에너지 기술수준의 평가와 보급전망 및 기대효과 · 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급에 관한 지원 방안 · 신·재생에너지 분야 전문인력 양성계획 · 직전 기본계획에 대한 평가 · 그 밖에 기본계획의 목표달성을 위하여 산업통상자원부장관이 필요하다고 인정하는 사항 - 산업통상자원부장관은 신·재생에너지의 기술개발 동향, 에너지 수요·공급 동향의 변화, 그 밖의 사정으로 인하여 수립된 기본계획을 변경할 필요가 있다고 인정하면 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 한 후 제8조에 따른 신·재생에너지정책심의회의 심의를 거쳐 그 기본계획을 변경할 수 있다. 〈개정 2013. 3. 23.〉

o 에너지 이용 합리화법

- (목적) 이 법은 에너지 수급(需給)을 안정시키고 에너지의 합리적이고 효율적인 이용을 증진하며 에너지소비로 인한 환경피해를 줄임으로써 국민경제의 건전한 발전 및 국민복지의 증진과 지구온난화의 최소화에 이바지함을 목적으로 설정

- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 에너지이용 합리화 기본계획에 해당

〈표 2.2.21〉 에너지 이용 합리화법 관련 종합계획

에너지이용 합리화 기본계획	- 산업통상자원부장관은 에너지를 합리적으로 이용하게 하기 위하여 에너지이용 합리화에 관한 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립하여야 한다. - 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 에너지절약형 경제구조로의 전환 · 에너지이용효율의 증대 · 에너지이용 합리화를 위한 기술개발 · 에너지이용 합리화를 위한 홍보 및 교육 · 에너지원간 대체(代替) · 열사용기자재의 안전관리 · 에너지이용 합리화를 위한 가격예시제(價格豫示制)의 시행에 관한 사항 · 에너지의 합리적인 이용을 통한 온실가스의 배출을 줄이기 위한 대책 · 그 밖에 에너지이용 합리화를 추진하기 위하여 필요한 사항으로서 산업통상자원부령으로 정하는 사항 - 산업통상자원부장관이 제1항에 따라 기본계획을 수립하려면 관계 행정기관의 장과 협의한 후 「에너지법」 제9조에 따른 에너지위원회(이하 "위원회"라 한다)의 심의를 거쳐야 한다. - 산업통상자원부장관은 기본계획을 수립하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우 관계 행정기관의 장에게 필요한 자료를 제출하도록 요청할 수 있다.

□ **산업통상자원의 재난유형별 관련 제도 현황**

ㅇ 화재/폭발

- 위험물질(고압가스, 액화석유가스, 도시가스)의 제조/저장/판매/운반/용기 등에 대한 규정 운영

  * 고압가스 안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법, 도시가스사업법

- 폭발성 가스의 위험물질 취급 및 폭발에 대비한 안전규정을 운영하고 있음

  * 위험물질 폭발에 대한 일반 안전사항을 규정한 것으로, 이를 제조 및 저장하는 플랜트 시설물 화재 및 화재시 폭발 등을 별도로 고려하지 않음

ㅇ 지진

- 고압가스 안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법, 도시가스사업법: 위험물질(고압가스, 액화석유가스, 도시가스)의 제조/저장/판매/운반/용기 등에 대한 규정
- 가스시설 및 지상가스배관 내진설계기준(KGS GC 203): 가스 관련 3법의 적용을 받는 가스시설 및 지상가스배관의 내진설계에 대하여 적용

  * 기존 개별적 관리기준에 의해 운영해오던 내진설계기준을 최근 KGS(Korea Gas Safety) Code로 통합, 관리/운영해오고 있으며, 관련 플랜트 시설물에 적용 가능.

  * 다만, 내진설계절차 및 세부 설계법의 경우 건축구조기준의 내용과 다소 차이가 있음을 고려해야 함.

다. 행정안전부(소방청)

□ **행정안정부는 소방기본법, 위험물 안전관리법이 해당**

ㅇ 소방기본법

- (목적) 「소방기본법」에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 제1차 소방안전 특별관리 기본계획에 해당

〈표 2.2.22〉 소방기본법 관련 종합계획

제1차 소방안전 특별관리 기본계획 수립	-「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 고나한 법률」 제20조의2 · 국민안전처장관은 특별관리시설물에 대해 소방안전 특별관리를 하여야 한다. · 국민안전처장관은 시·도지사와 협의하여 소방안전 특별관리기본계획을 수립하여 시행하여야 한다.

ㅇ 위험물 안전 관리법

- (목적) 위험물의 저장·취급 및 운반과 이에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 위험물로 인한 위해를 방지하여 공공의 안전을 확보

□ 행정안전부(소방청)의 재난유형별 관련 제도 현황

ㅇ 화재/폭발

- 화재 발생 예방, 감지, 소화, 진압, 구호 등에 관련한 규정 운영

  * 소방기본법, 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률

- 위험물(인화물질 등)에 대하여 저장, 취급, 운반과 관련한 별도 규정 운영

  * 위험물 안전 관리법

- 고위험군 플랜트 화재시 일반 건축물과 화재 강도, 확산 등 피해 양상에 차이가 발생하지만, 별도의 플랜트 화재 대비 규정은 없음

  * 플랜트 화재는 2차 피해(폭발, 누출에 따른 화재확산 등) 동반 가능성 높음

ㅇ 지진

- 소방시설의 내진설계기준: “소방기본법, 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률”에 의거하여 소방시설물(배관, 지진분리장치, 흔들림 방지 버팀대 등)의 내진설계 및 설치 방안을 규정

  * 현행 기준의 경우 최근 제정된 것으로 아직은 일부 소방시설물만을 대상으로 하고 있으며, 플랜트 시설물의 소방시설과 관련한 구체적/독자적 설계/관리 방안은 부재

라. 고용노동부/환경부

□ 고용노동부는 산업안전보건법이 환경부는 화학물질관리법이 해당

ㅇ 화학물질관리법

- (목적) 화학물질로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 화학물질을 적절하게 관리하는 한편, 화학물질로 인하여 발생하는 사고에 신속히 대응함으로써 화학물질로부터 모든 국민의 생명과 재산 또는 환경을 보호

- 근거법에 기반한 국가단위종합계은 화학물질의 관리에 관한 기본계획에 해당

〈표 2.2.23〉 화학물질관리법 관련 종합계획

화학물질의 관리에 관한 기본계획 수립	- 환경부장관은 유해성·위해성이 있는 화학물질을 효율적으로 관리하기 위하여 5년마다 화학물질의 관리에 관한 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립하여야 한다. - 환경부장관은 기본계획을 수립하는 경우 미리 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후 제7조에 따른 화학물질관리위원회의 심의를 거쳐야 한다. 기본계획을 변경하려는 경우에도 또한 같다. - 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. · 화학물질 관리정책의 목표와 이를 달성하기 위한 전략 · 화학물질 관리를 위한 주요 추진시책과 추진계획 · 화학물질의 관리현황과 향후 전망 · 화학물질 관리를 위한 각종 사업의 시행에 드는 재원조달 방안 · 화학물질 관리와 관련한 기관 및 국제기구 등과의 협력계획 · 화학사고에 대비한 훈련·교육 · 화학사고 대응 및 사후조치에 관한 기관별 역할 및 공조체계 · 화학사고 대응 및 사후조치에 필요한 자원 및 인력·장비 등의 동원 방법 · 그 밖에 화학물질 관리 및 화학사고 대응을 위하여 필요한 사항 - 환경부장관은 기본계획을 수립하면 지체 없이 그 내용을 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장에게 통보하여야 한다. - 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 기본계획에 따라 소관 사항에 속하는 시책을 수립·시행하여야 한다.

ㅇ 산업안전보건법

- (목적) 「산업안전보건법」에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정
- 근거법에 기반한 국가단위종합계획은 산업재해 예방계획에 해당

〈표 2.2.24〉 산업안전보건법 관련 종합계획

산업재해 예방계획	- 고용노동부장관은 산업재해 예방에 관한 중·장기 기본계획을 수립하여야 한다. - 고용노동부장관은 제1항에 따라 수립한 산업재해 예방계획을 「산업재해보상보험법」 제8조 제1항에 따른 산업재해보상보험및예방심의위원회의 심의를 거쳐 공표하여야 한다. 이를 변경하려는 경우에도 또한 같다.

□ 고용노동부/환경부의 재난유형별 관련 제도 현황

ㅇ 화재/폭발

- 폭발성, 인화성 물질의 취급 등 산업재해 예방에 관한 규정 운영(고용노동부)

  * 산업안전보건법

- 유해물질(화학물질 등)의 누출 등을 방지하기 위한 규정 운영(환경부)

  * 화학물질관리법

- 위험물질, 유해물질의 취급 등 산업시설의 재난방지에 관한 규정임

  * 플랜트 화재시 구조물의 안전, 폭발/누출에 따른 화재 확산 등을 고려하지 않음

마. 부처별 플랜트산업 소계

(1) 부처별 플랜트산업 범위



[그림 2.2.41] 플랜트 생애주기에서 각 종 재해/재난 대비 안전 기준

(2) 부처별 플랜트산업 비교

〈표 2.2.25〉 부처별 플랜트 산업 비교

부처 구분		목적	근거법에 기반한 국가단위종합계획	다른법률(법령)과의 관계
국토교통부	기계설비법	• 기계설비산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 기계설비의 안전하고 효율적인 유지관리를 위하여 필요한 사항을 선정	기계설비 발전 기본계획	• 제21조에 따른 기계설비성능점검업에 관하여 이 법에 규정된 것을 제외하고는 「건설기술 진흥법」 제28조부터 제30조까지, 제32조부터 제34조까지, 제37조 및 제38조를 준용
	건축법	• 건축물의 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전·기능·환경 및 미관을 향상시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적	-	• 법 시행 당시 다른 법령에서 종전의 「건축법」 또는 그 규정을 인용한 경우에 이 법 가운데 그에 해당하는 규정이 있으면 종전의 규정을 갈음하여 이 법 또는 이 법의 해당 규정을 인용한 것으로 판단
	주택법	• 쾌적하고 살기 좋은 주거환경 조성에 필요한 주택의 건설·공급 및 주택시장의 관리 등에 관한 사항을 정함으로써 국민의 주거안정과 주거수준의 향상에 이바지함을 목적	-	• 주택의 건설 및 공급에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 법을 적용
	건설기술 진흥법	• 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적	건설기술진흥 기본계획	• 법 시행 당시 다른 법령에서 「건설기술관리법」 또는 그 규정을 인용하고 있는 경우에 이 법 가운데 그에 해당하는 규정이 있을 때에는 종전의 「건설기술관리법」 또는 그 규정을 갈음하여 이 법 또는 이 법의 해당 규정을 인용한 것으로 판단
	녹색 건축물 조성 지원법	• 「저탄소 녹색성장 기본법」에 따른 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정하고, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 통하여 저탄소 녹색성장 실현 및 국민의 복리 향상에 기여함을 목적	녹색건축물 기본계획	• 녹색건축물 조성에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 법을 적용 • 녹색건축물과 관련되는 법률을 제정하거나 개정하는 경우에는 이 법의 목적과 기본원칙에 맞도록 적용
	건설산업 기본법	• 건설공사의 조사, 설계, 시공, 감리, 유지관리, 기술관리 등에 관한 기본적인 사항과 건설업의 등록 및 건설공사의 도급 등에 필요한 사항을 선정	건설산업진흥기본계획	• 건설공사의 범위와 건설업 등록에 관한 사항에 대하여는 다른 법률의 규정에도 불구하고 이 법을 우선 적용하고, 건설용역업에 대하여는 제6조 및 제26조와 제8장(제69조부터 제79조까지, 제79조의2 및 제80조)을 적용

부처 구분		목적	근거법에 기반한 국가단위종합계획	다른법률(법령)과의 관계
산업통상자원부	액화석유가스의 안전관리 및 사업법	• 액화석유가스의 수출입·충전·저장·판매·사용 및 가스용품의 안전 관리에 관한 사항을 정하여 공공의 안전을 확보하고 액화석유가스사업을 합리적으로 조정하여 액화석유가스를 적정히 공급·사용하게 함을 목적	-	• 액화석유가스에 관하여 이 법에서 규정하지 아니한 사항에 대하여는 「고압가스 안전관리법」과 「도시가스사업법」을 적용 • 액화석유가스 충전사업자, 액화석유가스 판매사업자가 액화석유가스를 판매하는 경우에는 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조를 미적용
	도시가스사업법	• 도시가스사업을 합리적으로 조정·육성하여 사용자의 이익을 보호하고 도시가스사업의 건전한 발전을 도모	가스의 공급계획, 가스의 수급계획, 가스공급시설 공사계획	• 가스공급시설이나 가스사용시설에 관하여 이 법에서 규정하지 아니한 사항에 대하여는 「고압가스 안전관리법」과 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」을 적용 • 도시가스사업자가 도시가스를 판매하는 경우에는 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조를 적용하지 않음
	고압가스 안전 관리법	• 고압가스에 관한 기술이 변경되거나 그 밖에 고압가스의 안전관리를 위하여 산업통상자원부장관이 필요하다고 인정하거나 시설·기술 기준 등의 시행에 필요한 세부적인 사항을 정하여 고시	가스안전관리에 관한 기본계획	• 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」과 「도시가스사업법」에서 규정한 사항에 대하여는 이 법을 적용하지 않음 • 고압가스제조자와 고압가스판매자가 고압가스를 판매하는 경우에는 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조(부산물인 석유제품의 판매업에 관한 사항은 제외한다)를 적용하지 않음
	신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법	• 신에너지 및 재생에너지의 기술개발 및 이용·보급 촉진과 신에너지 및 재생에너지 산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경의 보전, 국가경제의 건전하고 지속적인 발전 및 국민복지의 증진에 이바지함을 목적	신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 기본계획	• 법 시행 당시 다른 법률에서 종전의 대체에너지개발 및이용·보급 촉진법의 규정을 인용한 경우에 이 법중 그에 해당하는 규정이 있는 때에는 이 법의 해당 규정을 인용한 것으로 판단
	에너지 이용 합리화법	• 에너지의 수급(需給)을 안정시키고 에너지의 합리적이고 효율적인 이용을 증진하며 에너지소비로 인한 환경피해를 줄임으로써 국민경제의 건전한 발전 및 국민복지의 증진과 지구온난화의 최소화에 이바지함을 목적	에너지이용 합리화 기본계획	• 「집단에너지사업법」 제4조에 따라 집단에너지의 공급타당성에 관한 협의를 한 경우에는 제10조에 따른 에너지사용계획의 협의 내용 중 집단에너지공급에 관한 사항을 협의한 것으로 본다.

부처 구분		목적	근거법에 기반한 국가단위종합계획	다른법률(법령)과의 관계
행정안전부	소방 기본법	• 「소방기본법」에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정	제1차 소방안전 특별관리기본계획	• 시행 당시 다른 법령에서 종전의 소방법의 규정을 인용하고 있는 경우 이 법 가운데 그에 해당하는 규정이 있는 때에는 종전의 규정에 갈음하여 이 법의 해당 규정을 인용
	위험물 안전 관리법	• 위험물의 저장·취급 및 운반과 이에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 위험물로 인한 위해를 방지하여 공공의 안전을 확보	-	• 제조소등에서 저장·취급하는 위험물이 「화학물질관리법」에 따른 유독물질에 해당하는 경우 등 대통령령이 정하는 경우에는 당해 제조소등을 설치한 자는 다른 법률에 의하여 안전관리업무를 하는 자로 선임된 자 가운데 대통령령이 정하는 자를 안전관리자로 선임
고용노동부	화학물질 관리법	• 화학물질로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 화학물질을 적절하게 관리하는 한편, 화학물질로 인하여 발생하는 사고에 신속히 대응함으로써 화학물질로부터 모든 국민의 생명과 재산 또는 환경을 보호	화학물질의 관리에 관한 기본계획	• 시행 당시 다른 법령에서 종전의 「유해화학물질 관리법」 또는 그 규정을 인용하고 있는 경우 이 법에서 그에 해당하는 규정이 있으면 종전의 규정을 갈음하여 이 법 또는 이 법의 해당 규정을 인용
	산업안전 보건법	• 「산업안전보건법」에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정	산업재해 예방계획	• 시행 전에 다른 법령에서 종전의 산업안전보건법의 규정을 인용하고 있는 것은 이 법의 해당 조항을 인용

□ **부처별 플랜트 연구사업 관련 추진근거 및 내용**

ㅇ **(국토교통부)** 해외건설촉진법, 건설산업기본법 제2조(정의) 및 제7조(건설관련 주체의 책무), 건설기술진흥법 제16조(공동연구·개발 등) 및 제16조의 2(건설기술연구개발사업) 산업설비(플랜트) 설계~유지관리, 자재 품질 기준 등, 건설기술의 연구개발 촉진(플랜트연구사업)

- (추진 내용) 국내외 건설사업 주무부처로서 단위요소 기술개발은 지양하고, 기 개발된 단위요소 기술의 연계 통합, 성능개선 등을 통해 실용화 가능한 플랜트시스템 구현에 집중

ㅇ **(산업통상자원부)** 엔지니어링산업진흥법 제9조(엔지니어링기술의 연구·개발 및 보급지원 등), 산업기술혁신촉진법 제1조 및 제19조(산업기술개발사업 수행 등)

- (추진 내용) 부품·소재 및 장비·단위설비, 해양플랜트용 기자재, 자원 탐사, 기초 원천 엔지니어링기술 등 추진

ㅇ **(환경부)** 환경기술 및 환경산업지원법 제5조(환경기술개발사업 추진) 및 제13조(기술진단)

- (추진 내용) 하수처리 및 소각시설의 단위 공정기술 등 환경설비기술 개발 추진

□ **국토교통부 플랜트연구사업 연구범위 및 타 부처 연계·협력 방안**

ㅇ 플랜트건설사업의 계획·사업관리, 설계(FEED 포함), 기자재·부품 조달, 현장 시공·시운전, 운영·유지관리 등의 건설생애주기 전반에 관한 기술 개발

- 국토교통부의 플랜트연구사업의 범위는 단순히 기자재/공정장치를 개발하는 데 있기 보다는 현장 요구사항을 고려하여 유틸리티 및 인프라를 포함한 전체 시스템의 구현 및 응용·실증 연구개발에 중점 추진
- 산업통상자원부 연구개발사업과 차별점: 기자재/공정장치는 산자부 R&D 결과의 연계·조달에 중점(미비한 분야는 연구를 병행 추진)

ㅇ 플랜트 시설물은 각 개별설비 및 시스템의 종류와 특성이 다양하고 관련 규정도 여러 부처에 산재해 있어 기획의 방향 설정에 따라 복수의 부처가 참여하는 다부처 과제 도출로 귀결될 가능성 존재(이러한 문제를 위해 사업을 추진하기에 앞서 부처별 대상 플랜트에 대한 업역의 구분 중요)

- 국토교통부의 플랜트 안전 연구사업의 범위는 단순히 기자재/공정장치의 안전기술을 개발하는데 있기 보다는 인프라를 포함한 전체 시스템 즉, 플랜트 시설물에 대한 안전 연구개발에 중점 추진 필요

제3절 국내 연구 동향 분석

1. R&D 동향

가. R&D 과제 현황

□ **(플랜트 - 일반) 2014~2018년 기준 플랜트 관련 부처별 R&D 과제 현황을 조사한 결과, 산업통상자원부가 1,231건으로 가장 많은 과제를 진행**

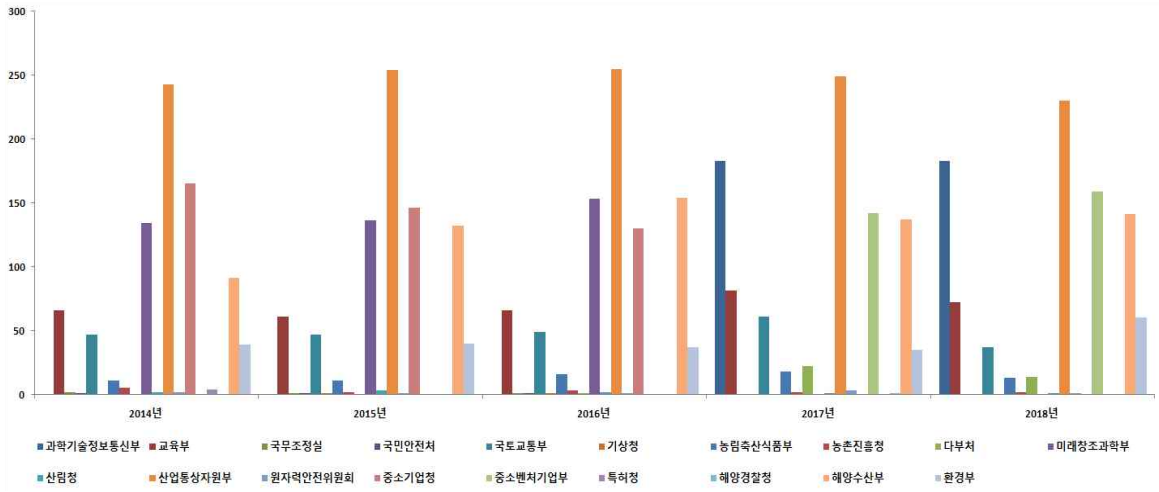
- 해양수산부 655건, 중소기업청 441건, 미래창조과학부 366건, 교육부 346건, 중소벤처기업부 301건, 국토교통부 241건 순으로 확인
- 2018년에는 산업통상자원부가 230건, 과학기술정보통신부 183건, 중소벤처기업부 159건, 해양수산부 141건, 교육부 72건, 환경부 60건, 국토교통부 37건 순으로 확인

〈표 2.3.1〉 플랜트 관련 R&D 과제 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
과학기술정보통신부	0	0	0	183	183	366	-
교육부	66	61	66	81	72	346	3.06
국무조정실	2	1	1	0	0	4	-
국민안전처	1	1	1	0	0	3	-
국토교통부	47	47	49	61	37	241	△2.65
기상청	0	1	1	0	0	2	-
농림축산식품부	11	11	16	18	13	69	7.54
농촌진흥청	5	2	3	2	2	14	△10.83
다부처	0	0	1	22	14	37	515.91
미래창조과학부	134	136	153	0	0	423	△21.50
산림청	2	3	2	1	1	9	△8.33
산업통상자원부	243	254	255	249	230	1,231	△1.27
원자력안전위원회	2	1	1	3	1	8	20.83
중소기업청	165	146	130	0	0	441	△30.62
중소벤처기업부	0	0	0	142	159	301	11.97
특허청	4	0	0	0	0	4	-
해양경찰청	0	0	0	1	0	1	-
해양수산부	91	132	154	137	141	655	13.40
환경부	39	40	37	35	60	211	15.27
합계	812	836	870	935	913	4,366	3.04

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 – 안전) 2014~2018년 기준 안전 재해 관련 부처별 R&D 과제 현황을 조사한 결과, 산업통상자원부가 64건으로 가장 많은 과제를 진행**

- 해양수산부 36건, 과학기술정보통신부 33건, 중소기업청과 농림축산식품부가 각각 26건, 국토교통부 21건, 교육부 13건, 중소벤처기업부 11건 순으로 확인
- 2018년에는 과학기술정보통신부가 17건, 산업통상자원부 12건, 중소벤처기업부 9건, 해양수산부 6건, 국토교통부 5건, 교육부 3건, 농림축산식품부 1건 순으로 확인

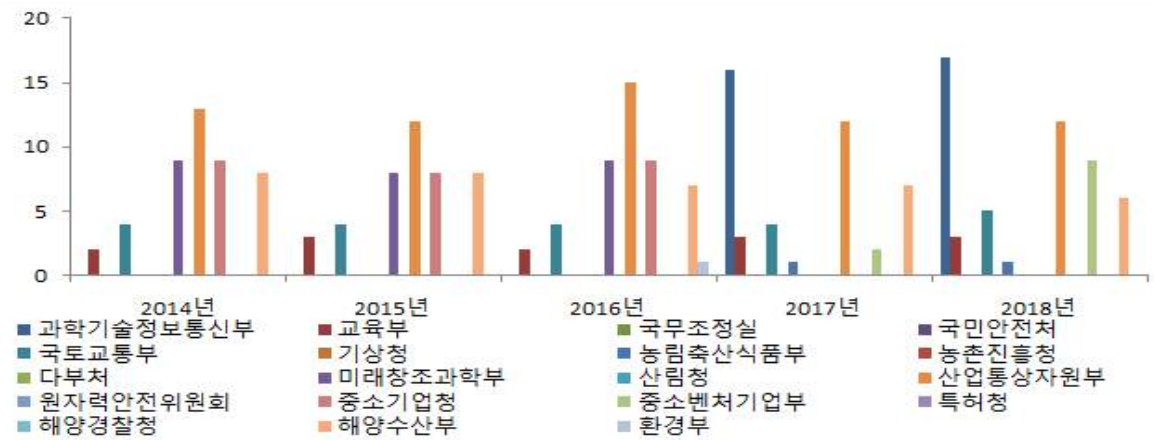
〈표 2.3.2〉 안전, 재해 관련 R&D 과제 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
과학기술정보통신부	0	0	0	16	17	33	-
교육부	2	3	2	3	3	13	16.67
국무조정실	0	0	0	0	0	0	-
국민안전처	0	0	0	0	0	0	-
국토교통부	4	4	4	4	5	21	6.25
기상청	0	0	0	0	0	0	-
농림축산식품부	0	0	0	1	1	2	-
농촌진흥청	0	0	0	0	0	0	-
다부처	0	0	0	0	0	0	-
미래창조과학부	9	8	9	0	0	26	-
산림청	0	0	0	0	0	0	-
산업통상자원부	13	12	15	12	12	64	△0.67
원자력안전위원회	0	0	0	0	0	0	-
중소기업청	9	8	9	0	0	26	-
중소벤처기업부	0	0	0	2	9	11	-
특허청	0	0	0	0	0	0	-
해양경찰청	0	0	0	0	0	0	-
해양수산부	8	8	7	7	6	36	△6.70
환경부	0	0	1	0	0	1	-
합계	45	43	47	45	53	233	4.60

* 키워드가 중복된 사업 존재

** 출처 : NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 - 안전) 최근 5년간(2014~2018년), 플랜트 산업의 전체 R&D 중 본 사업과 연관되는 플랜트 산업의 안전, 지진 화재, 폭발, 누출 등을 확인한 결과, 매우 미비한 것으로 확인**

- ㅇ 플랜트 산업의 전체 9,791건의 과제 중 안전과 관련된 건은 1,252건, 지진 92건, 화재 157건, 폭발 123건, 누출 109건으로 확인
- ㅇ 플랜트 산업의 전체 사업 중 안전 및 재해와 관련된 사업이 매우 저조한 것으로 판단
- ㅇ 플랜트 산업의 R&D는 안전 및 재해보다는 기술개발 및 해외수출에 중점적으로 진행된 것으로 판단

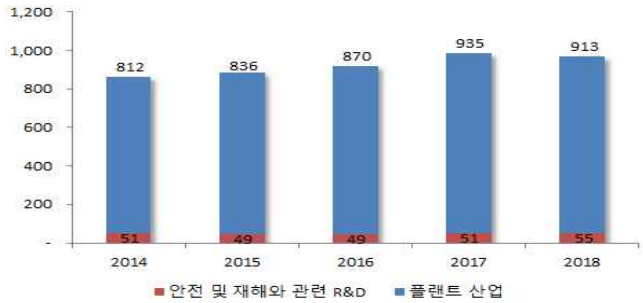
〈표 2.3.3〉 안전 및 재해 관련 사업 현황

(단위 : 건수, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
플랜트 산업	812	836	870	935	913	4,366	3.00
안전	33(4.1%)	35(4.2%)	40(4.6%)	38(4.1%)	37(4.1%)	183(4.3%)	△0.90
지진	0(0.0%)	0(0.0%)	1(0.1%)	3(0.3%)	6(0.7%)	10(0.2%)	150.00
화재	5(0.6%)	10(1.2%)	5(0.6%)	6(0.6%)	7(0.8%)	33(0.8%)	21.67
폭발	4(0.5%)	2(0.2%)	1(0.1%)	2(0.2%)	3(0.3%)	12(0.3%)	12.50
누출	3(0.4%)	2(0.2%)	2(0.2%)	2(0.2%)	2(0.2%)	11(0.3%)	△8.30
안전 및 재해와 관련된 R&D*	45(5.9%)	43(4.1%)	47(5.5%)	45(5.1%)	53(5.9%)	233(5.3%)	4.60

* 키워드가 중복된 사업 존재

** 출처 : NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



나. R&D 투자 현황

□ **(플랜트 - 일반) 2014~2018년 기준 플랜트 관련 부처별 R&D 연구 투자 현황을 조사한 결과, 산업통상자원부가 1,247억 원으로 가장 활발한 투자 진행**

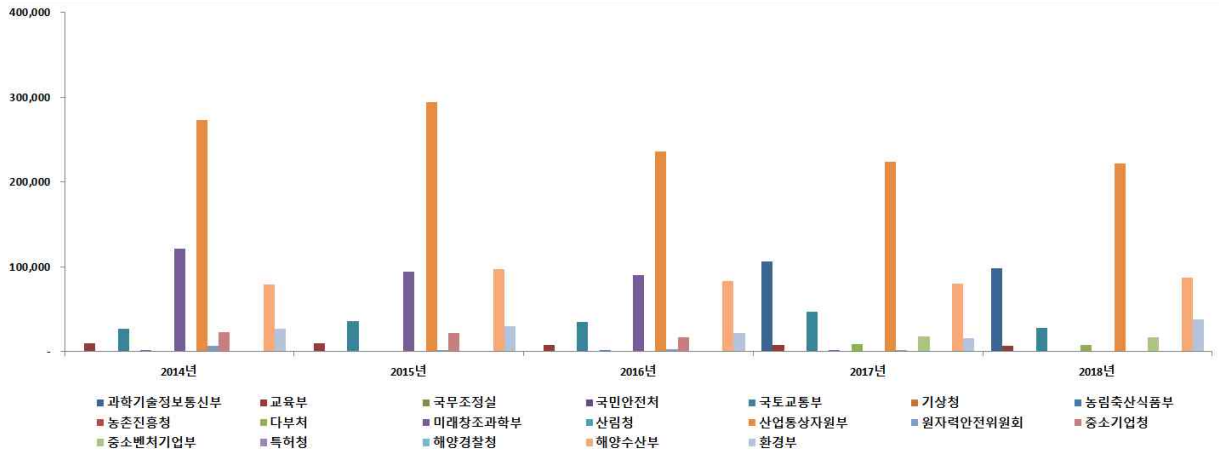
- 과학기술정보통신부(前 미래창조과학부) 511억 원, 해양수산부 426억 원, 국토교통부 171억 원 순으로 확인
- 2018년에는 산업통상자원부 221억 원, 과학기술정보통신부 98억 원, 해양수산부 87억 원, 환경부 38억 원, 국토교통부 27억 원 순으로 확인
- 최근 5년(2014~2018)간 평균증가율(CAGR : -2.53)은 전체적으로 감소하였지만, 국토교통부(6.49), 다부처(1,857.16), 해양수산부(3.52), 환경부(24.53) 사업에만 증가하고 있는 추세로 확인

〈표 2.3.4〉 플랜트 관련 정부투자 연구비 현황

(단위 : 백만원, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
과학기술정보통신부	0.00	0.00	0.00	106,723.05	98,638.46	205,361.51	△7.58
교육부	9,656.06	9,480.54	8,133.92	7,322.11	6,972.48	41,565.10	△7.69
국무조정실	113.82	5.00	86.00	0.00	0.00	204.82	-
국민안전처	75.00	281.00	250.00	0.00	0.00	606.00	-
국토교통부	26,388.25	35,852.07	34,904.90	46,679.07	27,550.00	171,374.29	6.49
기상청	0.00	40.00	40.00	0.00	0.00	80.00	-
농림축산식품부	1,780.19	875.75	1,225.00	1,567.00	1,161.00	6,608.94	△2.23
농촌진흥청	740.39	140.00	2 35.00	200.00	205.00	1,520.39	△6.41
다부처	0.00	0.00	220.00	8,400.00	8,076.00	16,696.00	1,857.16
미래창조과학부	121,673.20	94,625.07	89,812.40	0.00	0.00	306,110.67	-
산림청	917.02	1,180.65	859.67	329.51	209.97	3,496.82	△24.10
산업통상자원부	272,605.54	293,622.64	235,747.73	223,734.29	221,767.90	1,247,478.09	△4.49
원자력안전위원회	6,406.00	1,530.00	2,752.00	1,920.00	200	12,808.00	△29.02
중소기업청	22,857.50	21,734.93	16,612.28	0.00	0.00	61,204.71	-
중소벤처기업부	0.00	0.00	0.00	17,640.32	16,392.09	34,032.41	△7.08
특허청	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.00	-
해양경찰청	0.00	0.00	0.00	225.00	0.00	225.00	-
해양수산부	78,828.39	96,979.40	82,912.35	80,596.53	87,319.04	426,635.71	3.52
환경부	26,631.85	29,498.56	21,899.00	15,919.80	38,275.30	132,224.51	24.53
합계	568,853.20	585,845.60	495,690.24	511,256.67	506,767.24	2,668,412.96	△2.53

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 - 안전) 2014~2018년 기준 안전, 재해 관련 부처별 R&D 연구 투자 현황을 조사한 결과, 산업통상자원부가 390억원으로 가장 활발한 투자 진행**

- 해양수산부 347억원, 미래창조과학부 119억원, 과학기술정보통신부 93억원, 국토교통부가 77억원 순으로 확인
- 2018년에는 산업통상자원부가 80억원, 해양수산부 54억원, 과학기술정보통신부 47억원, 국토교통부 26억원, 중소벤처기업부 18억원 순으로 확인
- 최근 5년(2014~2018), 평균증가율(CAGR : 2.15)은 전체적으로 증가하였지만, 교육부(-12.92), 환경부(-7.22) 사업에서만 감소하는 추세

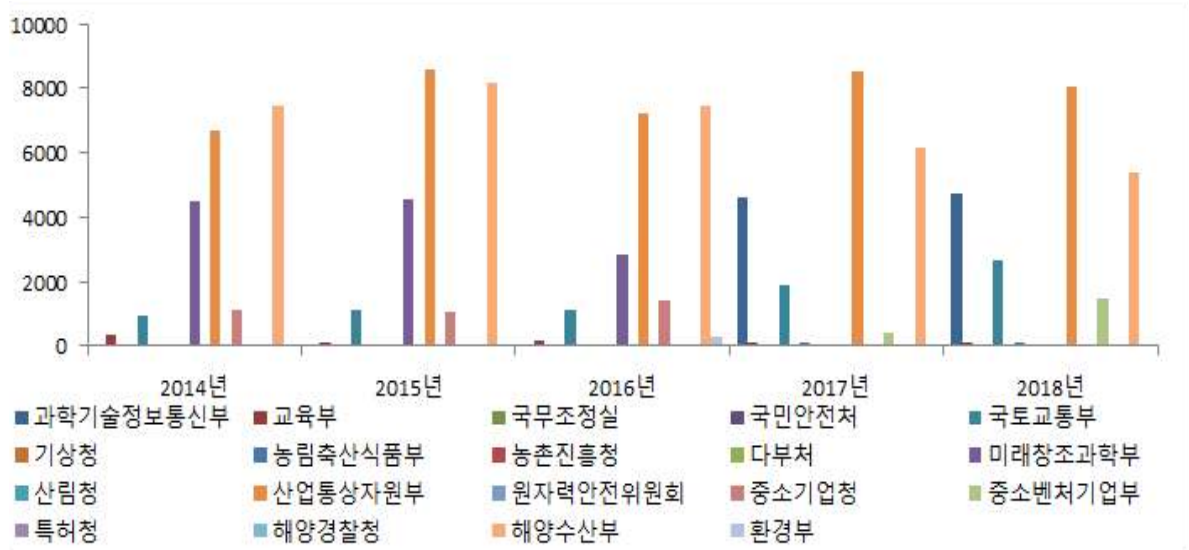
〈표 2.3.5〉 안전, 재해 관련 정부투자 연구비 현황

(단위 : 백만원, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
과학기술정보통신부	0.00	0.00	0.00	4,613.58	4,713.71	9,327.29	-
교육부	347.32	127.09	153.39	124.02	136.67	889.01	△12.92
국무조정실	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
국민안전처	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
국토교통부	919	1,135	1,122	1,891	2,653	7,720	32.80
기상청	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
농림축산식품부	0.00	0.00	0.00	90	100	190	-
농촌진흥청	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
다부처	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
미래창조과학부	4,497.95	4,526.43	2,857.14	0.00	0.00	11,878.52	-
산림청	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
산업통상자원부	6,707.79	8,610.80	7,205.00	8,523.00	8,027.00	39,073.59	6.13
원자력안전위원회	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
중소기업청	1,107.02	1,054.74	1,420.50	0.00	0.00	3,582.26	-
중소벤처기업부	0.00	0.00	0.00	420.00	1,470.90	1,890.90	-

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
특허청	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
해양경찰청	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
해양수산부	7,467.73	8,164.27	7,482.65	6,133.36	5,408.96	34,656.97	△7.22
환경부	0.00	0.00	270	0.00	0.00	270	-
합계	21,046.81	23,615.33	20,511.22	21,794.96	22,510.23	109,478.55	2.15

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



다. R&D 연구단계별 현황

□ (플랜트 - 일반) 전 부처의 플랜트 관련 연구과제(2014~2018년) 4,366건 중 개발연구 2,441건, 기초연구 998건, 응용연구 568건, 기타 359건으로 확인

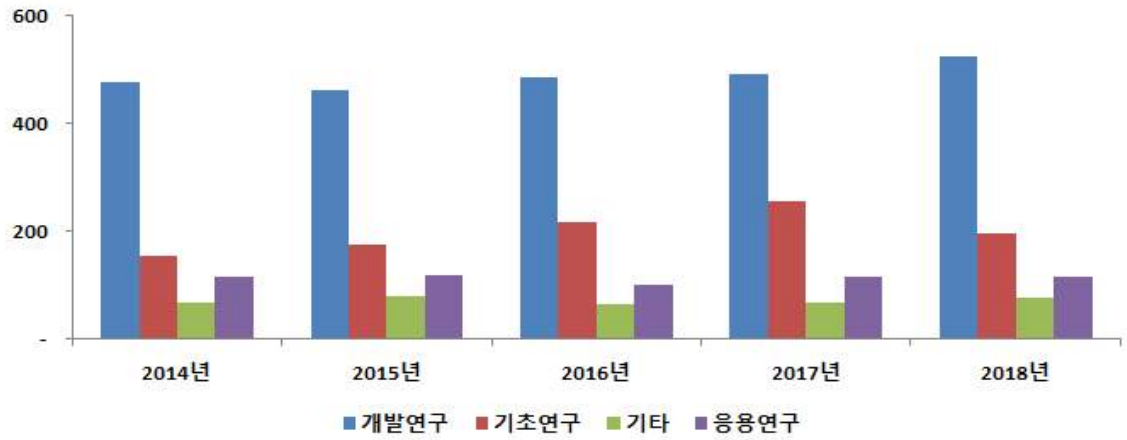
○ 총 연구개발 사업 중 개발연구의 비중이 전체 약 56%에 육박함에 따라 대부분의 R&D 투자가 개발연구에 집중화되어 있는 것으로 확인

〈표 2.3.6〉 플랜트 관련 연구 단계별 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
개발연구	476	463	485	493	524	2,441	2.49
기초연구	153	175	218	256	196	998	8.24
응용연구	67	79	66	69	78	359	4.76
기타	116	119	101	117	115	568	0.40
합계	812	836	870	935	913	4,366	3.04

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ (플랜트 - 안전) 전 부처의 플랜트 관련 연구과제(2014~2018) 233건 중 개발연구 135건, 기초연구 54건, 응용연구 35건, 기타 9건 등으로 확인

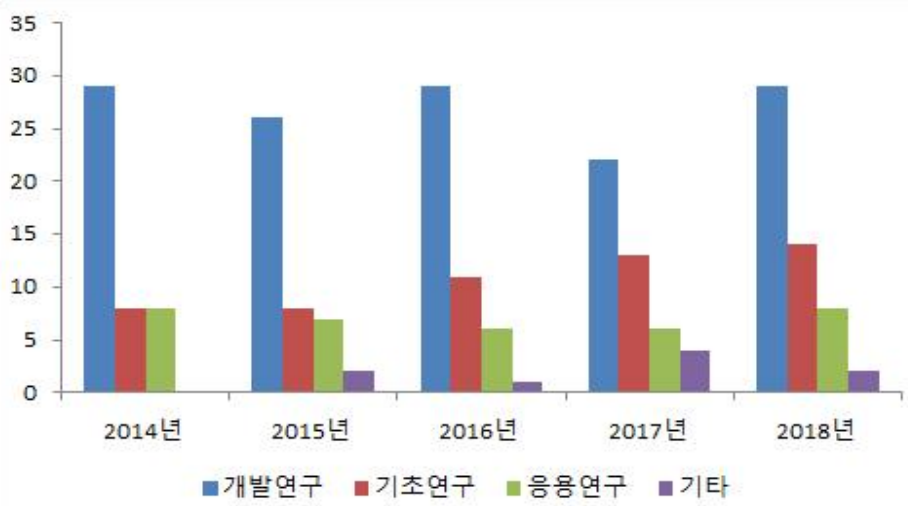
○ 총 연구개발 사업 중 개발연구의 비중이 전체의 약 58%에 육박함에 따라 대부분의 R&D 투자가 개발연구에 집중화되어 있는 것으로 확인

〈표 2.3.7〉 안전, 재해 관련 연구 단계별 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
개발연구	29	26	29	22	29	135	2.22
기초연구	8	8	11	13	14	54	15.84
응용연구	8	7	6	6	8	35	1.64
기타	0	2	1	4	2	9	-
합계	45	43	47	45	53	233	4.60

출처 : NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



라. R&D 연구수행주체별 현황

□ **(플랜트 – 일반) 전 부처의 플랜트 분야 연구개발의 연구수행 주체별로 분석을 실시한 결과, 중소기업 1,638건으로 가장 많은 것으로 확인**

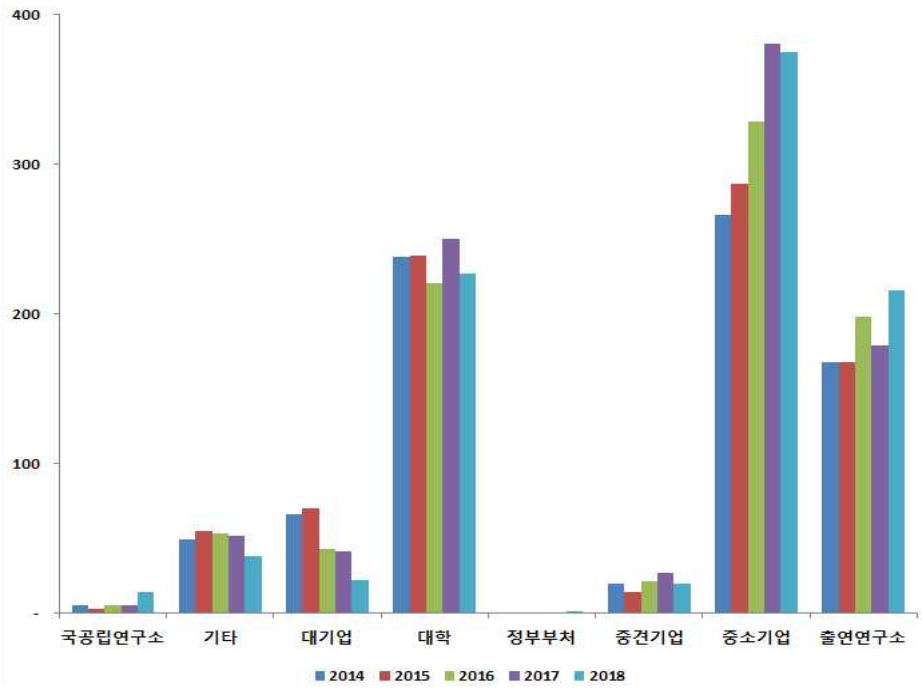
- 대학 1,175건, 출연연구소 929건, 기타 247건, 대기업 242건, 중견기업 102건, 국공립연구소 32건, 정부 1건 순으로 연구를 수행하고 있는 것으로 확인
- 연구단계별, 연구수행주체별 플랜트 분야 연구개발은 산업계, 학계 및 연구계 중심의 개발 연구를 수행하고 있는 것으로 파악

〈표 2.3.8〉 플랜트 관련 연구수행 주체별 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
국공립연구소	5	3	5	5	14	32	51.67
기타	49	55	53	52	38	247	△5.05
대기업	66	70	43	41	22	242	△20.88
대학	238	239	221	250	227	1,175	△0.80
정부부처	0	0	0	0	1	1	-
중견기업	20	14	21	27	20	102	5.66
중소기업	266	287	329	381	375	1,638	9.17
출연연구소	168	168	198	179	216	929	7.23
총합계	812	836	870	935	913	4,366	3.04

* 출처 : NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 – 안전) 전 부처의 플랜트 분야 연구개발의 연구수행 주체별로 분석을 실시한 결과, 중소기업 86건으로 가장 많았으며, 대학 71건, 출연연구소 54건, 기타 15건, 대기업 과 중견기업 각각 3건, 국공립연구소 1건 순으로 연구 수행**

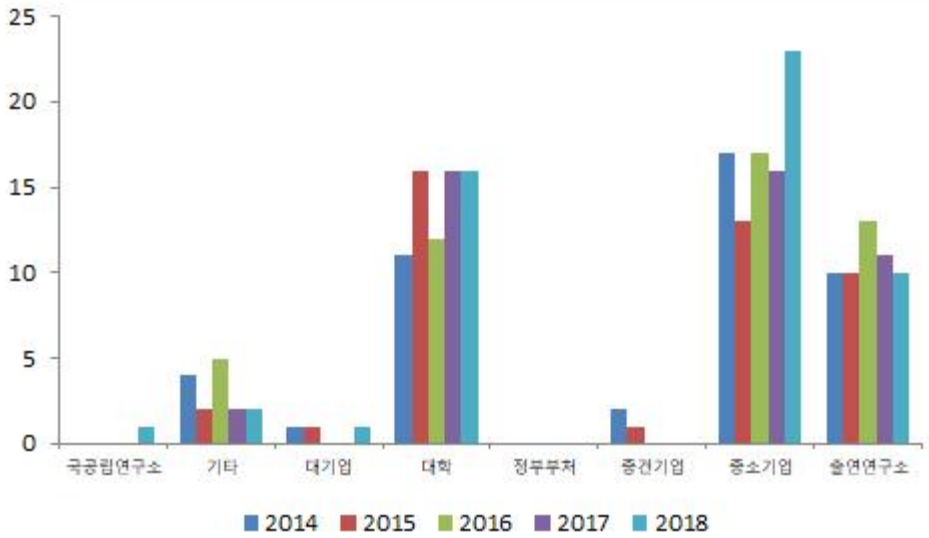
○ 연구단계별, 연구수행주체별 안전, 재해분야 연구개발은 산업계, 학계 및 연구계 중심의 개발연구를 수행하고 있는 것으로 파악

〈표 2.3.9〉 안전, 재해 관련 연구수행 주체별 현황

(단위 : 건수, %)

부처명	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
국공립연구소	0	0	0	0	1	1	-
기타	4	2	5	2	2	15	10.00
대기업	1	1	0	0	1	3	-
대학	11	16	12	16	16	71	13.45
정부부처	0	0	0	0	0	0	-
중견기업	2	1	0	0	0	3	-
중소기업	17	13	17	16	23	86	11.28
출연연구소	10	10	13	11	10	54	1.38
총합계	45	43	47	45	53	233	4.60

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



2. 논문 동향

□ **(플랜트 - 일반) 2014~2018년 기준 플랜트 관련 논문 동향을 조사한 결과, SCI(E)급 논문이 4건, 비SCI(E) 논문이 616건, 총 620건으로 나타나 평균상승률은 -10.67로 감소**

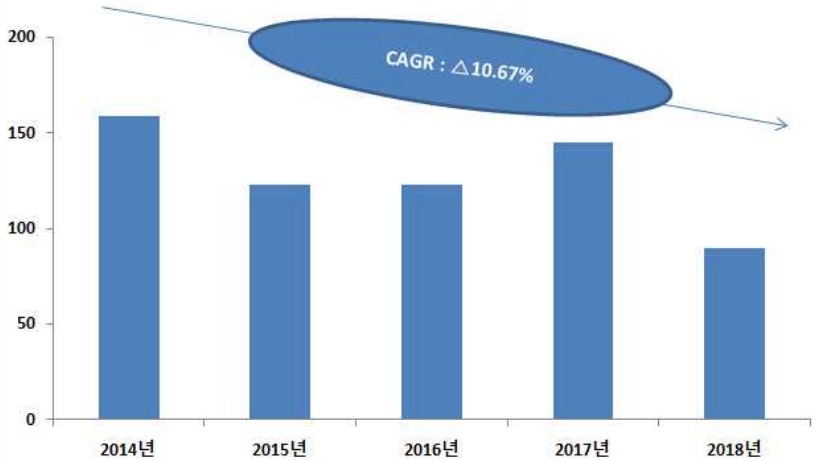
- ㅇ SCI(E)급 논문은 2016년(2건)에 가장 많았으며, 2018년에는 1건으로 나타났고, 비SCI(E)급 논문은 2014년(159건)에 가장 많았으며, 2018년에는 89건으로 나타나 평균상승률은 -8.88로 감소
- ㅇ 플랜트 전체 논문 비율은 비SCI(E) 논문이 99%, SCI(E)급 논문이 1%를 나타내고 있어 질적 성과가 절대적으로 부족한 것으로 확인

〈표 2.3.10〉 플랜트 관련 논문 현황

(단위 : 건수, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
SCI(E)	0	1	2	0	1	4	-
비SCI(E)	159	122	101	145	89	616	△8.88
합계	159	123	123	145	90	620	△10.67

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 - 안전) 2014~2018년 기준 플랜트 관련 논문 동향을 조사한 결과, SCI(E)급 논문이 0건, 비SCI(E) 논문이 40건으로 평균상승률은 23.48로 증가**

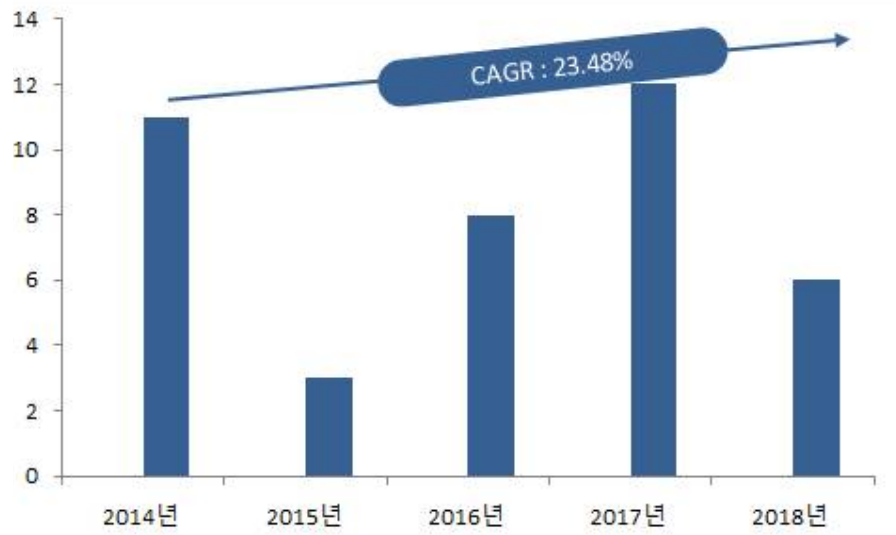
○ 플랜트 전체 논문 비율은 비SCI(E) 논문이 100%, SCI(E)급 논문이 0%를 나타내고 있어 질적 성과가 절대적 부족

〈표 2.3.11〉 안전, 재해 관련 논문 현황

(단위 : 건수, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
SCI(E)	0	0	0	0	0	0	-
비SCI(E)	11	3	8	12	6	40	23.48
합계	11	3	8	12	6	40	23.48

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색

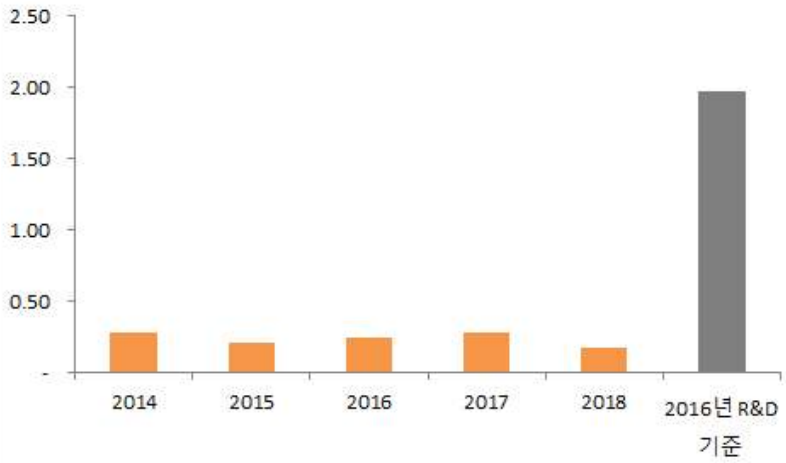


□ 정부출연금 10억원 당 SCI(E) 논문 건수는 0.18건으로 나타나고 있으며, 국가 R&D 사업(2016년 기준)의 약 10배 이상의 낮은 성과를 창출

〈표 2.3.12〉 플랜트 관련 논문 현황

(단위 : 건수)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2016년 R&D 기준
건수	159	123	123	145	90	-
정부출연금 10억원	0.28	0.21	0.25	0.28	0.18	1.97



3. 특허 동향

□ **(플랜트 - 일반) 2014~2018년 기준 플랜트 관련 특허 동향을 조사한 결과, 등록 84건, 출원이 152건으로 총 236건으로 나타남**

ㅇ 등록은 2014년(37건)에 가장 많았으며, 2018년에는 3건으로 나타나 평균상승률은 -28.47로 감소

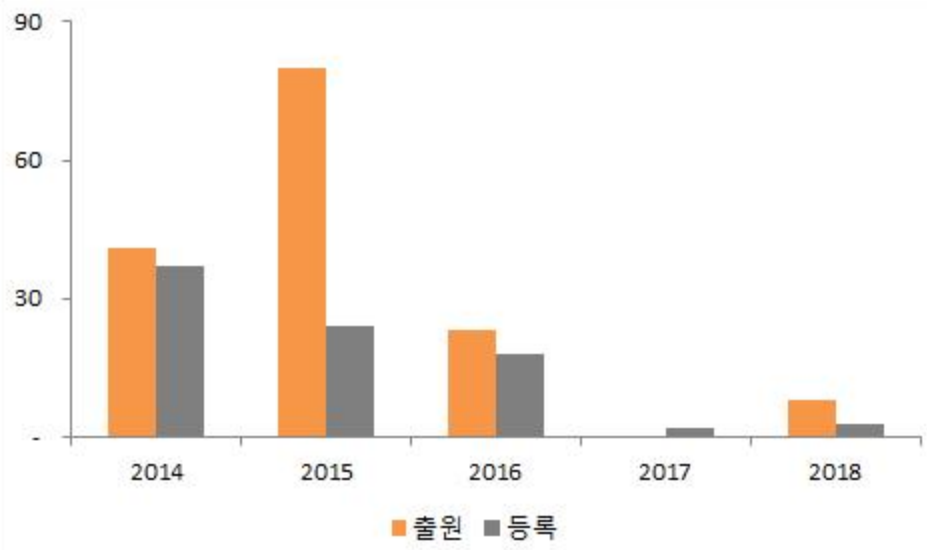
- 출원은 2016년(80건)에 가장 많았으며, 2018년에는 8건으로 나타나 평균상승률은 -42.81로 감소

〈표 2.3.13〉 플랜트 관련 특허 동향

(단위 : 건수, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
등록	37	24	18	2	3	84	△28.47
출원	41	80	23	0	8	152	△42.81
합계	78	104	41	2	11	236	△38.92

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



□ **(플랜트 - 안전) 2014~2018년 기준 안전, 재해 관련 특허 동향을 조사한 결과, 등록 4건, 출원이 6건으로 총 10건으로 확인**

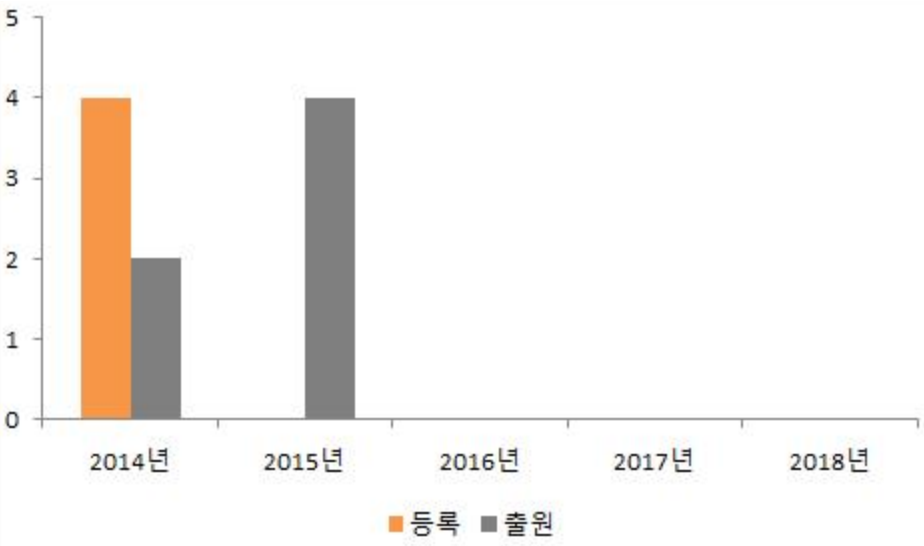
○ 등록은 '14년에 4건, 출원은 '14년 2건, '15년 4건 발생

〈표 2.3.14〉 안전, 재해 관련 특허 동향

(단위 : 건수, %)

구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	합계	CAGR
등록	4	0	0	0	0	4	-
출원	2	4	0	0	0	6	-
합계	6	4	0	0	0	10	-

출처: NTIS(2014~2018년), 2019.03.04. 검색



제4절 시사점

1. PEST 분석

□ PEST분석을 통한 본 기술개발 사업의 시사점 도출

환경분석		시사점
정책 동향	• (국외) 플랜트 시설물 안전, 노후화, 교량의 붕괴 등 실질적인 문제를 경험하여 플랜트분야 안전성 확보 추진 - (미국) 플랜트에 대한 안전기술에 정량도 위험기업을 포함한 API 580, API 581 코드를 제정하여 플랜트 재해안전 대책에 활용 - (유럽) 회원국 간의 다양한 재난연구 네트워크 활동과 프로젝트의 구심점 역할을 수행하는 재난위험관리 지식센터 설립 - (일본) IoT, 빅데이터, 인공지능 등 첨단과학기술을 활용한 재난예측 및 대응 기술 계획 수립(과학기술혁신 종합전략, 2017) • (국내) 재난안전, 플랜트 시설 분야 등 플랜트산업 관련 정책 추진 중 - 제5차 국토종합계획 수립 지침(2018.10) 및 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획('18~'22)에서 자연재해·사고로부터 안전하고 회복력있는 관리체계 구축 시도 - 플랜트 산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 플랜트의 안전하고 효율적인 유지관리를 위하여 필요한 사항으로 '기계설비법(2020.4)을 시행 - 2020년까지 플랜트 상용화 및 국제 CCS기술경쟁력 확보를 목표로 범부처의 국가 종합추진계획을 수립	• 플랜트 시설물 안전에 실질적인 문제를 해결하기 위해 안전설계관련 정부정책 추진 필요 - 현재 국내 안전기술은 선진국과의 기술격차가 많아 빠르게 좁히기 위해 초기에 강력한 산업 정책이 필요 - 국제협력 증진을 통한 기술력향상 및 대외 기술 의존도 저감 효과도 기대 • 플랜트 시설물의 환경 및 안전 규제 강화로 플랜트 시설물의 확대와 ICT 기술을 접목한 안전 관리 및 운영 효율화 연구개발 추진 - 플랜트 시설물의 안전 설계, 시공 등의 연구가 추진 - 플랜트 시설물을 안전하게 구축 후, 모니터링 관리, 운영하기 위한 ICT 연계 및 융합 시도 - 플랜트 시설물에 ICT 기술을 접목한 안전, 방재, 운영 기술을 개발하여 해외 시장 진출 경쟁력 확보 필요 • 정부의 정책적 방향 및 계획에서 필요로 하는 기술개발, 제도 및 법 개선 필요 - 재난현장 데이터를 활용한 문제해결 및 통합재난방송 시스템 확대 구축, 인공지능형 로봇·드론 등을 활용한 재난 안전사고 대응지원체계 필요 - 전주기 환경관리체계 구축 및 모니터링, 위해성평가 및 관리 기술 개발 필요
경제 동향	• 국내외 플랜트 시장의 경쟁심화 및 시장 과점화로 인한 글로벌 경쟁력 심화 - 플랜트는 기술선도국의 기업들이 중심이 되어 시장을 주도했지만, 최근 후발기업들의 가격경쟁력과의 대립구조로 변화 • 국내 석유화학 및 산업시설은 양적으로 팽창하였으나, 통합안전관리체계가 미흡하여 대형사고 위험성이 상존 • 선진 외국의 화재, 폭발 등 대비 재해 재난 관리 체제의 공통적인 특징은 재해 재난에 대한 예방 및 복구 대책이 국가차원에서 지속적으로 투자 - SOC 시설물의 재해 대응을 목적으로 한 선진국의 투자 및 연구개발 지원 강화 • 노후화 되고있는 석유화학 시설 및 에너지 시설의 안전성 유지는 수입에 의존하고 있으며, 우리나라 소프트웨어 개발은 비용 측면에서 매우 중요	• 후발국과 선진국 사이에서 경쟁력이 심화 - 외국의 선진기업들은 플랜트 시설물 설계 및 공정기술의 라이센스를 독점하여 고부가가치화 성립 - 인도·중국 등의 후발국들은 저임금을 기반으로 진입장벽이 낮은 플랜트 상세설계 및 시공 분야 진출을 통한 외형 확장에 주력 - 한국은 선진국과 후발국 사이에서의 경쟁력이 저하 • 산업규모에 맞춰 플랜트 시설물 안전관리 기술을 개발하여 통합안전관리체계구축이 필요 - 정유공장 폭발사고(약 350억 피해), 대구 도시가스폭발사고(약 540억 피해) 등과 같은 대형사고 위험성 상존 • 플랜트 설계 단계에서는 이미 많은 국내외 안전 코드를 만족시키는 설계가 이루어졌지만, 시공 분야에서는 아직까지 블루오션 분야 • 선제적 플랜트 시설물 안전관리를 통한 노후시설물의 피해를 최소화하여 SOC와 사회비용 절감을 도모 • 플랜트 시설물에 실시간/축적 데이터 모니터링 분석을 통한 예지 기반의 공정시스템 최적설계 및 최적 운영 등 전주기 통합 디지털 엔지니어링으로 변화 필요 - 비용절감 및 효율증가로 이익의 극대화 실현

환경분석		시사점
사회 동향	• IT, 문화 등 새로운 산업의 확대, 건설현장 기피현상 등으로 플랜트 산업의 청년기술·기능인력 부족현상 심화 추세 (제6차 건설기술진흥기본계획) - 청년에게 불리한 등급산정 기술자 활용제도, 기업 수요와 맞지 않는 교육으로 인해 신규기술자 활용저하 • 건설산업 고령화는 숙련노동자의 감소로 이어져 생산성 저하를 심화시키고 고령자의 건설재해로 이어져 건설산업 안정성 악화	• 플랜트 산업의 청년기술·기능인력 부족현상을 완화하기 위한 제도 및 교육 필요 - 기업수요에 맞춘 플랜트 시설물관련 교육을 통해 신규 기술자 활용 극대화 • 숙련인력을 고용하도록 장려하는 일자리 프로그램 및 교육 필요
	• 산업단지 주변 주민들의 안전 확보 및 환경오염 문제로 인해 갈등이 야기 - 자연재해 및 대형 산업재해는 불특정 다수에게 피해를 주며 국민에게 불안감을 조성하는 등 사회적인 성격 대두 • 고위험물질의 사용환경, 산업지역, 민간지역 등 다양한 특성을 반영한 플랜트별 시설물 안전기술 요구	• 대형 공장 사고, 자연재해 및 대형 산업재해는 불특정 다수에게 피해를 주기 때문에 플랜트 시설물에 안전 설계·시공 기술 개발이 필요 - 님비현상, 지역이기주의 등에 따른 민원, 사회갈등 해소 기술, 유티리티 및 서비스 공급의 안정성, 플랜트 시설물 기술의 개발 및 보급에 대한 수요 증가 - 사회갈등의 요인이 되고 있는 플랜트 시설의 입지, 건설 등에 있어서 새로운 안전 기술의 요구 증가
기술 동향	• IT기반의 융복합 신산업 출현의 가시화, 글로벌 환경규제 대응 신재생 융합 플랜트의 활성화 및 고부가가치화 지속 - 다양한 기술의 융합·정보의 공유, BIM 등 단계 통합적 기술적용으로 새로운 가치 창출 - 스마트 건설관리 IT기업은 플랜트·터널·지하 등 밀폐 구조물 건설현장에서 근로자의 위치정보를 제공하는 시스템을 개발	• 플랜트 시설물 선진국 진입을 위한 설계·시공기술 및 핵심기자재의 자립 시급 - 플랜트 시설물에 High Tech 융합기술을 접목한 지속적인 R&D투자 및 Test-bed 플랜트 시설물을 통한 R&D 실효성 확보 필요 • 이종 플랜트의 결합, 다목적 플랜트 등을 활용하여 시장 진입을 모색 및 시장을 확대할 수 있는 전략 필요 - IT와 플랜트 산업이 연계외어 다양한 기술로 플랜트 시설물 안전서비스를 구성
	• 4차 산업혁명 대응 및 산업경쟁력 강화를 위해 IT와 플랜트 산업이 연계되어 다양한 기술로 서비스를 구성 - ICT업계는 재난학회 등과 협업해 5G 기반 플랜트 시설물 안전 솔루션 개발에 착수 - 5G 상용화 이후 보다 활성화 될 것으로 예상되는 드론, 통신 모듈 등으로 재난·안전시스템 개편 계획	• 전사적 지원시스템과 플랜트 시설물 안전 기술을 접목한 프로젝트 관리, 지능형 플랜트 시설물 감시 및 진단 등에 대한 기술개발 필요 • 재난의 대형·복합화, 신종재난 발생 증가 등 재난환경 변화에 따라 4차 산업혁명 등 첨단기술과 접목한 플랜트 시설물 안전 기술개발 추세
	• 자연재해 발생 후 유지보수 및 SOC비용 발생증가로 플랜트 및 건축물 노후화에 대한 붕괴 위험성 대두 - SOC 시설물 노후화는 지속적으로 증가하는 추세	• 자연재해 및 노후화에 선제적으로 대비하고 SOC관련하여 자연재해 복원력 확보를 위한 연구 필요 - 재난·재해로 인한 SOC 시설물 피해 사전예방 응급 복구 및 성능 중심의 선제적 플랜트 시설물 운영·유지 관리 기술 개발 필요 - 기존 플랜트 시설물의 유지·관리를 위한 지능형 시스템 구축으로 운영 비용 절감 추진

□ 대내외 환경분석을 통한 핵심 이슈 및 문제 도출

PEST 분석	핵심 이슈	문제
[정책 P] • 해외를 비롯하여 국내에서도 재난안전, 플랜트 시설분야 등 플랜트산업 관련 정책 추진 중 • 자연재해·사고로부터 안전하고 회복력 있는 관리체계 구축 • 플랜트 상용화 및 국제 CCS기술경쟁력확보를 목표로 범부처의 국가 종합추진계획 수립	• 재난·안전사고 대응 지원체계 필요	• 재난·안전부문 기술 분야 연구 부족
	• 통합안전관리체계구축 필요	• 플랜트 관련 법적 용어 및 대상 불분명, 법/제도 분산
[경제 E] • 국내외 플랜트 시장의 경쟁심화 및 시장과점화로 인한 글로벌 경쟁력 심화 • 통합안전관리체계가 미흡하여 대형사고 위험성이 상존 • 수입에 의해 시설 안정성을 유지하고 있기에 우리나라 소프트웨어 개발 필요	• 우리나라 소프트웨어 개발은 비용측면에서 매우 중요	• 기술에 대한 높은 진입장벽
	• 플랜트 산업의 청년 기술·기능인력 부족	• 기술자 활용제도 미흡, 기업 수요와 맞지 않는 교육
[사회 S] • 플랜트 산업의 청년기술·기능인력 부족현상 심화 추세(제6차 건설기술진흥기본계획) • 고령화로 인한 숙련노동자의 감소 • 산업단지 주변 주민들의 안전 확보 및 환경오염 문제로 인한 갈등 고조	• 고령자의 건설재해로 인한 건설산업 안전성 악화	• 숙련인력을 고용하도록 장려하는 교육 및 프로그램 미흡
	• 플랜트 설계기술 및 핵심 기자재 필요	• 기술독점으로 인한 진입장벽
[기술 T] • IT기반의 융복합 신산업 출현의 가시화, 글로벌 환경규제 대응 신재생 융합 플랜트의 활성화 및 고부가가치화 지속 • 모듈화, 집적화, 융복합화가 확산되고 이종 플랜트의 결합 또는 다목적 플랜트 출현 • IT와 플랜트 산업이 연계되어 다양한 기술로 서비스를 구성 • 유지보수 및 SOC비용 발생증가로 플랜트 및 건축물 노후화에 대한 붕괴 위험성 대두	• IT와 플랜트산업의 연계된 다양한 서비스 구성	• 플랜트 시설물 안전 설계 기술 미흡
	• 플랜트 시설물 및 노후 건축물에 대비한 선제적 대응	• 선진국의 투자 및 연구개발 지원 대비 부족

2. SWOT 분석

□ **개요**

ㅇ SWOT 분석은 1차적으로 각 중점분야별 연구진 브레인스토밍을 통해 작성, 2차적으로 연구진 및 분과별 전문가 자문단의 검토를 통해 확정

- 각 분과별로 작성된 내외부 환경요인 및 포지션별 전략 취합을 통해 총괄 SWOT 분석 작성

□ **강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석**

ㅇ 외부 환경대비 상대적으로 우수하거나 부족한 부분을 제시함

- 강점 및 약점은 앞서 검토된 동향 및 환경분석에서 기술, 시장, 정책 분석결과를 내부와 외부 요인으로 구분한 후 내부요인을 강점과 약점으로 다시 구분하여 키워드 작성

□ **기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석**

ㅇ 대외 환경변화로 인하여 새롭게 발생하는 기회요인 및 불안요인 등을 제시함

- 기회 및 위협요인은 동향 및 환경분석에서 정책/시장/기술동향 분석결과를 내/외부 요인으로 구분하고 외부요인을 기회와 위협요인으로 구분하여 정리

□ **포지션별 전략 수립**

ㅇ 제시된 내부 강점(S) 및 약점(W), 외부 기회(O) 및 위협(T) 요인을 분석하고 활성화 전략 SO / 보완전략 WO / 차별화 전략 ST / 약점극복 전략 WT의 포지션별 전략을 수립함

강점(Strength)	약점(Weakness)
• 플랜트 일반 EPC 경험 풍부 • 플랜트 일반 성능 부문 선행 연구기술, 우수인력 및 장비 등 보유	• 플랜트 시설물 안전성 확보를 위한 제도적 기반 부족 • 플랜트 시설물 안전설계 관련 연구 경험 부족 • 플랜트 안전 연구수행을 위한 전문가 및 인프라 전무 • 플랜트 안전 관련 핵심 기술(기자재) 경쟁력 부족
기회(Opportunity)	**위협(Threat)**
• 안전 문제에 대한 국민적인 관심 증대 및 공감대 형성(국민안전 확보를 위한 정책) • 수소도시 이슈 등 도심지 내 플랜트 시설물의 잠재적수요 확대 • 플랜트 일반 부문 대비 안전 부문에 대한 연구, 기술, 특허, 시장 확대에 대한 잠재적 시장성	• 플랜트 설비 라이센스 유출 금지(해외 선도기업들의 관련 기술 유출 금지) • 선발주자의 공정 비밀 유지, 특허 장벽 및 시장독점 • 플랜트 설비 & 시설물에 대한 정의 및 범위 산정 모호(혼란 가중) • 정부부처 및 관련 기관/협회의 이해관계 발생 여지 존재

〈표 2.4.1〉 동 사업 관련 SWOT 전략

환경측면 \ 역량측면		S(강점)	W(약점)
		• 플랜트 일반 EPC 경험 풍부 • 플랜트 일반 성능 부문 선행 연구기술, 우수인력 및 장비 등 보유	• 플랜트 시설물 안전성 확보를 위한 제도적 기반 부족 • 플랜트 시설물 안전설계 관련 연구 경험 부족 • 플랜트 안전 연구수행을 위한 전문가 및 인프라 전무 • 플랜트 안전 관련 핵심 기술(기자재) 경쟁력 부족
O (기회)	• 안전 문제에 대한 국민적인 관심 증대 및 공감대 형성(국민 안전 확보를 위한 정책) • 수소도시 이슈 등 도심지 내 플랜트 시설물 잠재적인 수요 확대 • 플랜트 일반 부문 대비 안전 부문에 대한 연구, 기술, 특허, 시장 확대에 대한 잠재적 시장성	**[활성화 전략(SO전략)]** • 플랜트 시설물의 안전성 강화로 민원 해소 및 계획단계 도심공간 활용성 증가 • 기술 경쟁력, 선행 연구기술을 바탕으로 플랜트 안전 관련 기술 확대 • 수소도시 이슈 등 국가 정책에 따른 준비의 일환으로 선도형 연구 실시 • 플랜트 일반 부문의 기술과 안전 기술과의 융·복합을 통해 미래 성장 견인	**[보완전략(WO전략)]** • 위험도와 파급효과 검토에 바탕한 중점추진기술 우선 투자 • 타 기술과의 융ㆍ복합을 통해 플랜트 안전 기술 관련 신시장 개척 및 새로운 비즈니스 모델 수립 • 해외 선진기업과 전략적 제휴를 통한 안전기술 공동개발 추진 • 플랜트 안전 신기술을 보유한 고급인력 및 스타트업기업 육성 • 기술수준을 고려하여 중장기적 관점의 예방-대비-대응-복구 전주기 기술 개발
T (위협)	• 플랜트 설비 라이센스 유출 금지(해외 선도기업들의 관련 기술 유출 금지) • 선발주자의 공정 비밀 유지, 특허 장벽 및 시장독점 • 플랜트 설비 & 시설물에 대한 정의 및 범위 산정 모호(혼란 가중) • 정부부처 및 관련 기관/협회의 이해관계 발생 여지 존재	**[차별화 전략(ST전략)]** • 플랜트 안전 기술개발 및 자립화에 의한 해외 경쟁력 확보 • 세계적 수준의 선도 안전기술을 바탕으로 해외 선도기업과의 기술격차 최소화 • 유관부처, 수요기관 연계 강화 통한 수요발굴 및 현장적용 촉진 • 기술개발결과 적용 위한 제도개선 및 플랜트 안전기술 교육훈련 등 정책개발 병행	**[약점극복 전략(WT전략)]** • 국내 중소기업 등이 보유한 기술 접목을 통해 플랜트 안전 시스템 엔지니어링 기술 개발 • 선진기관 및 기관과 기술 및 인적 교류 확대 • 개발기술의 실증 강화 및 국내외 교류협력활동 강화 • 플랜트 안전 글로벌 표준, 국내 기준, 인증체계 구축에 적극 참여 • 유관 부처 기술 중복성·연계성 검토 통한 후속기술개발 지원 등 부처간 R&D 사업 연계 강화

□ (R&D 부문) 최근 5년간(2014~2018년) 플랜트 산업 전체 R&D 중 본 사업(플랜트 안전)과 연관되는 R&D 현황을 확인한 결과, 매우 미비한 것으로 나타남

o 여러 정부부처가 플랜트 관련 R&D를 추진하고 있으나 그 중 산업통상자원부가 가장 많은 R&D수행 이력과 더불어 투자를 하고 있는 것으로 나타나 플랜트 설비를 중심으로 하는 R&D가 대부분 이루어지고 있는 것으로 판단됨

- ㅇ 개발연구, 기초연구, 응용연구 중 개발연구의 비중이 전체 약 56%에 육박함에 따라 대부분의 R&D가 개발연구에 집중되어 있는 것으로 분석되며, 연구수행주체는 대부분 산업계로서 플랜트 설비에 관한 연구를 수행하고 있는 것으로 분석됨

- ㅇ 특히, 생산성 향상을 목표로 하는 R&D가 주를 이루고 있으며, 안전부문의 R&D는 거의 없는 것으로 나타나 지금까지는 해외시장 진출 및 확대를 위한 성능위주(생산성) 향상 기술 개발이 중점적으로 진행된 것으로 판단됨

- ㅇ 다양한 정부부처가 플랜트 관련 사업 및 연구를 추진하고 있으나 대부분 플랜트 공정상의 생산성과 관련한 기술개발이 주를 이루고 있으며, 안전부문의 R&D는 매우 미비한 것으로 나타나 다양한 설비들을 포함하고 있는 플랜트 시설물의 안전성 확보와 관련된 국토교통부 주도의 연구사업 추진은 반드시 필요한 것으로 사료됨

□ (논문 부문) 최근 5년간(2014~2018년) 플랜트 산업 전체 논문 중 본 사업(플랜트 안전)과 연관되는 논문 현황을 확인한 결과, 매우 미비한 것으로 나타남

- ㅇ 플랜트와 관련된 논문들은 재난안전 주제보다는 생산성 부문의 기술개발에 중점적으로 작성된 것으로 판단되며, 특히 안전과 관련된 논문은 최근 5년간 희박한 것으로 나타나 플랜트 설비 및 시설물의 안전성 확보를 위해서도 본 사업의 추진이 반드시 필요한 것으로 판단됨

- ㅇ 따라서, 다양한 설비들을 포함하고 있는 플랜트 시설물의 안전성 확보와 관련한 국토교통부 주도의 연구사업 추진은 반드시 필요한 것으로 판단됨

□ (특허 부문) 최근 5년간(2014~2018년), 플랜트 산업 전체 특허 중 본 사업(플랜트 안전)과 연관되는 특허 현황을 확인한 결과, 매우 미비한 것으로 나타남

- ㅇ 플랜트 관련 특허는 재난안전보다는 생산성 부문의 기술개발에 중점적으로 진행된 것으로 판단되며, 특히 2016년부터 현재까지는 관련 특허 등록/출원이 희박한 것으로 나타나 플랜트 설비 및 시설물의 안전성 확보를 위해서는 본 사업의 추진이 반드시 필요함

- ㅇ 따라서, 다양한 설비들을 포함하고 있는 플랜트 시설물의 안전성 확보와 관련하여 국토교통부 주도의 연구사업 추진은 반드시 필요한 것으로 판단됨

구분	추진방향	중점분야
활성화 전략	• 플랜트 시설물의 안전성 강화로 민원 해소 및 계획단계 도심 공간 활용성 증가 • 기술 경쟁력, 선행 연구기술을 바탕으로 플랜트 안전 관련 기술 확대 • 수소도시 이슈 등 국가 정책에 따른 준비의 일환으로 선도형 연구 실시 • 플랜트 생산성 부문의 향상 기술과 안전 기술과의 융·복합을 통해 미래 성장 견인	**플랜트 안전 관련 제도 선진화**
보완 전략	• 위험도와 파급효과 검토에 바탕한 중점추진기술 우선 투자 • 타 기술과의 융 · 복합을 통해 플랜트 안전 기술 관련 신시장 개척 및 새로운 비즈니스 모델 수립 • 해외 선진기업과 전략적 제휴를 통한 안전기술 공동개발 추진 • 플랜트 안전 신기술을 보유한 고급인력 및 스타트업기업 육성 • 기술수준을 고려하여 중장기적 관점의 예방-대비-대응-복구 전주기 기술개발	**플랜트 위험도평가 기술 개발** **플랜트 설계/시공 안전기술 개발**
차별화 전략	• 플랜트 안전 기술개발 및 자립화에 의한 해외 경쟁력 확보 • 세계적 수준의 선도 안전기술을 바탕으로 해외 선도기업과의 기술격차 최소화 • 유관부처, 수요기관 연계 강화 통한 수요발굴 및 현장적용 촉진 • 기술개발결과 적용 위한 제도개선 및 플랜트 안전기술 교육훈련 등 정책개발 병행	**플랜트 대응/유지관리 안전기술 개발**
약점극복 전략	• 국내 중소기업 등이 보유한 기술 접목을 통해 플랜트 안전 시스템 엔지니어링 기술 개발 • 선진기관 및 기관과 기술 및 인적 교류 확대 • 개발기술의 실증 강화 및 국내외 교류협력활동 강화 • 플랜트 안전 글로벌 표준, 국내 기준, 인증체계 구축에 적극 참여 • 유관 부처 기술 중복성·연계성 검토 통한 융·복합기술개발 지원 등 부처간 R&D 사업 연계 강화	**플랜트 안전 시험/평가/인증 플랫폼 구축**

제3장

연구개발 과제 도출

제3장 연구개발 과제 도출

제1절 연구개발 과제 도출체계

□ **본 사업기획 시 합리성, 객관성 및 사업화 가능한 사업 아이템 선정을 위해 플랜트 안전 분야 관련 국내 R&D 동향, 사업추진 기본방향 및 추진전략 등을 통해 중점분야 및 세부기술을 도출**

ㅇ 본 사업기획에서는 사업기획의 충실성을 기하기 위해 도출한 기술분류체계의 범위에서 Top-down과 Bottom-up 방식을 병행하는 형태로 문제정의 및 중점추진 및 세부기술 분야 발굴

- 기술분류체계 : 플랜트 안전 통합관리 패키지(제도, 기술) 구성과 엔지니어링 영역에 속하는 설계 및 사업관리 분야로 구성(제도부문, 기술부문, 시험인증평가부문)

ㅇ Top-down 기술기획 : 플랜트 안전기술 개발사업의 중점영역을 도출하기 위하여 기술분류 체계의 범위에서 산업, 시장, 기술 동향을 조사·분석

- 중점분야 후보는 플랜트 시설물(구획/공간) 중심으로 하는 사업을 고려하되 기획연구진 및 내부 전문가 그룹의 검토를 거쳐서 도출

- 세부과제 후보는 현재의 관련 문제, 사회적 이슈를 확인한 후에, 이를 해결하기 위한 기술을 기술적 연관성, 핵심기술요소 등을 기획연구진 및 내부 전문가 그룹의 토의를 통하여 후보기술 도출(본 사업과 관련된 기술적 현안 문제 및 이슈를 중심으로 중점사업 후보를 도출)

ㅇ Bottom-up 기술기획 : 국내 산·학·연 수요자(수혜자, 개발기술 및 성과의 최종 활용자)를 대상으로 플랜트 안전 분야 기술 개발의 현재 및 미래에 요구되는 기술수요조사를 2회 실시

- 후보기술에 대하여 그 적정성을 평가하기 위한 기준을 설정하고 우선순위 평가를 시행

□ **세부과제 그룹별 수요조사 기술의 적합도 평가**

ㅇ 우선순위 설정은 기술의 특성을 고려하여 잠재성, 시장성, 기대효과 등에 가중치를 두고 항목별 정량적인 결과수치에 따라 중점분야별 세부기술의 우선순위를 설정하였음

ㅇ 평가항목 검토

- 공공성

① 정부역할 : 기술 성숙주기나 국내 역량을 고려 시에 정부가 지원할 필요성

② 파급효과 : 기술적, 경제적 파급효과가 큰 정도

- 기술성

① 기술개발 성공 가능성 : 기술추세나 국내 역량, 장애요인 등을 고려

② 경쟁력 확보 가능성 : 선진기술, 경쟁기술 대비 동등 이상의 기술력 확보

- 시장성

① 시장 성장성 : 개발기술을 적용할 시장의 규모, 성장전망 등

② 해외진출 가능성 : 진입장벽, 국제공동연구, 시험인증 등 해소방안

ㅇ 중점분야 및 세부과제의 우선순위 평가배점 검토

- 공공성, 기술성, 시장성의 배점 비율은 안전기술을 토대로 한 플랜트산업 고도화를 위한 국가연구개발사업을 고려 30, 40, 30으로 각각 제안

- 합계 80점 이상을 후보로 선정, 배점별 소수점 이하 허용

구분	공공성(30)		기술성(40)		시장성(30)		계
	정부역할	파급효과	기술개발 성공가능성	경쟁력 확보가능성	해외시장 성장성	해외진출 가능성	
배점	15	15	20	20	15	15	100



[그림 3.1.1] 기획연구 추진체계

사업 개념 및 대내외 환경변화 분석

1) 사업 정의 및 범위 정립
2) 메가트랜드 분석 및 핵심이슈 도출
3) 정책, 산업/시장, 사회, 기술, 법/제도, 환경, 연구 동향 및 주요 시사점 도출

관	국토교통부 KAIA	산	플랜트 업계 종사자 국내 대형 건설사 화재소방안전 관련 종사자 / 설계사	학	한국지진공학회 한국화재소방학회 한국강구조학회 한국소방시설협회	연	동향조사 전문기관 대한기계설비산업연구원 고등기술연구원

사업 추진방향 및 중점추진분야 도출

1) '안전 통합관리 패키지'는 제도, 기술, 인증/평가부문으로 구성
2) 가정하고 있는 재난유형은 화재, 폭발, 지진, 누출
3) 플랜트 안전기술은, '개별 구성요소 수준(플랜트 설비)'의 안전기술과 더불어 '구획/공간(조닝)' 관점에서의 안전기술로 분류
4) 전주기적 설계/시공단계와 대응/유지관리단계에서의 안전기술로 분류

기술수요 대상 및 범위 선정

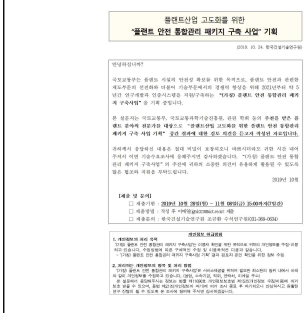
제도 부문	1 플랜트 안전 관련 제도 선진화 부문	
기술 부문	2 플랜트 위험도 평가기술	개별 설비단위
		구획/공간단위
	3 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	개별 설비단위
		구획/공간단위
	4 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	개별 설비단위
		구획/공간단위
시험/평가/인증 부문	5 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	

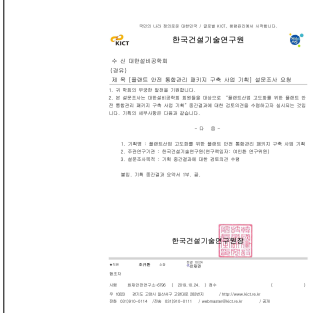
기술수요조사

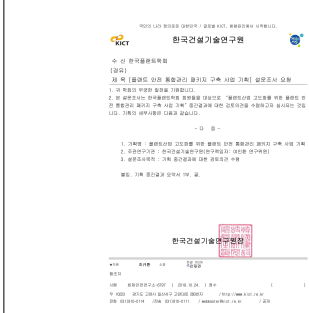
1) 1차 기술수요조사: 분과별(화재, 지진, 폭발/누출, 시험/인증) 내부전문가 자문그룹(총 24명 대상)
2) 2차 기술수요조사: 외부전문가, KAIA 추천 외부전문가, 주관기관 내 관련 전문가(약 900명 대상)

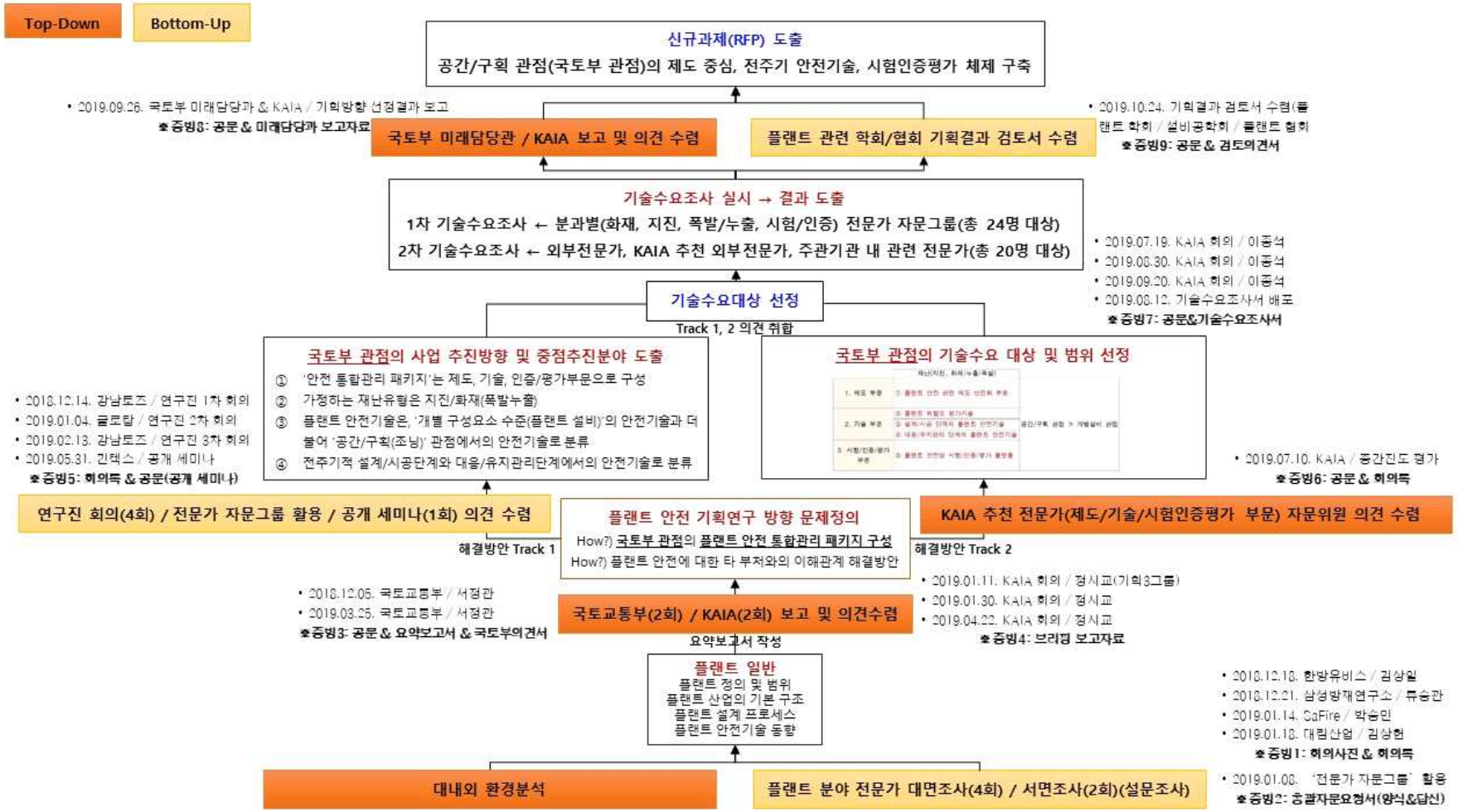
기획결과에 대한 플랜트 관련 학회/협회의 검토의견 수렴

대한설비공학회 / 한국플랜트학회 / 기계설비건설협회 / 플랜트 협의회









[그림 3.1.2] 기획과제 추진체계(상세)

가. Top-Down 추진체계

(1) 문제정의 및 기획방향 설정

□ **(대내외 환경분석) 본 사업의 전략분야는 메가트렌드에 의한 플랜트 산업 관련 이슈 및 대내·외 환경분석에서 도출된 핵심이슈에 대응이 되는 미래 기술니즈 키워드를 도출하여 기획연구진 및 분과별 전문가 그룹 토의를 통하여 중점사업 및 세부과제 후보군을 도출**

ㅇ 중점사업 도출 :

① 플랜트 안전 관련 메가트렌드 분석, 국내외 R&D 동향 및 대내외 환경분석을 통해 본 사업관련 이슈나 문제를 도출

② 관련 이슈나 문제를 해결하기 위한 기술니즈를 키워드로 도출

③ 전문가 토의 : 시장에서 사업모델(발주, 수주), 시스템의 물리적 구성, 수반되는 기술 및 공법 검토, 사업의 이슈에 매칭(이슈 해소)되는 키워드 그룹군 도출

④ 중점사업 후보군 도출 및 피드백

ㅇ 세부기술 도출

① 플랜트 시설물 안전성 확보에서 기술적 현안문제, 이슈, 한계 등을 도출

② 관련 기술적 이슈나 문제를 해결하기 위한 세부기술수요를 도출

③ 전문가 토의 : 시장에서 사업모델(발주, 수주), 시스템의 물리적 구성, 기술의 이슈와 문제, 한계에 매칭(이슈 해소)되는 기술수요군 도출

④ 세부과제 후보군 도출 및 피드백(메가트렌드 분석, 환경분석, 국가정책 방향 등을 종합적으로 고려한 후보과제 및 전체 RFP 도출)

□ **중점분야는 산·학·연 분과별 전문가 그룹에서 검토 및 조정을 통해 초기 중점분야 2개 ⇒ 5개로 조정하여 선별함**

ㅇ (중점분야 도출기준) 플랜트 안전 관련한 국내외 R&D 동향, 대내외 환경분석에서 도출된 핵심이슈에 대응이 되는 미래 기술니즈 키워드를 도출하여 기획연구진 및 분과별 자문그룹을 통하여 중점분야 도출

- 중점분야는 '플랜트 안전 통합관리 패키지'를 고려하여 제도, 기술, 인증/평가부문으로 구성하였으며, 가정하고 있는 재난유형을 화재/폭발, 지진으로, 안전기술 개발 대상은 '플랜트 시설물(구획/공간) 중심' , 또한 전주기적 설계/시공단계와 대응/유지관리단계에서의 안전기술로 분류 특성을 고려하여 설정함

o 플랜트 안전 관련 주요 이슈와 PEST, SWOT 분석을 통해 도출된 중점 추진방향을 토대로 기획연구진 및 전문가 자문그룹의 검토 및 조정을 통하여 중점분야 후보 5개를 도출

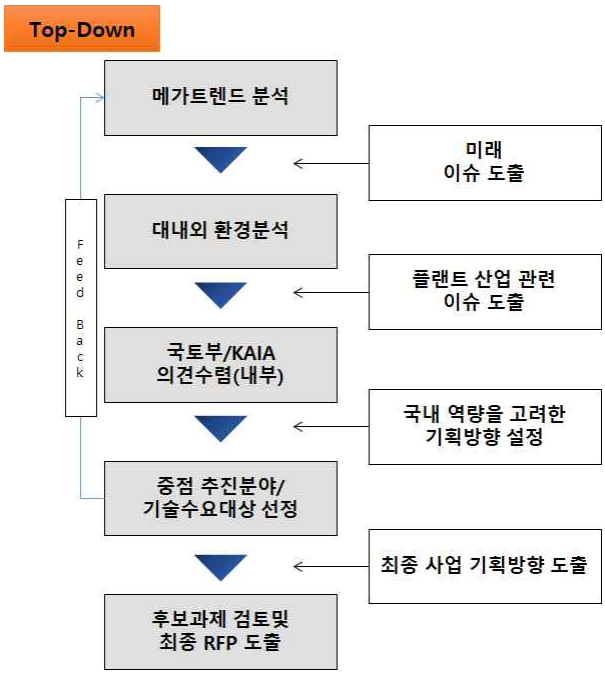
① 플랜트 안전 관련 제도 선진화 부문

② 플랜트 위험도평가 기술 개발 부문

③ 플랜트 설계/시공 안전기술 개발 부문

④ 플랜트 대응/유지관리 안전기술 개발 부문

⑤ 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 구축 부문



[그림 3.1.3] Top-Down을 통한 사업방향 프로세스

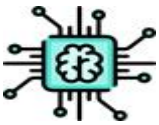
□ 메가트렌드에 따른 플랜트 산업 및 위험요인 관련 이슈

○ 플랜트 안전 관련 분야 미래사회 변화 전망을 위한 메가트렌드 분석을 실시하고 이에 대응하기 위한 기술니즈를 도출

- (메가트렌드) 인구구조 변화, 기술의 독점화, 경쟁심화, 기후변화 심화, 자원 무기화
- (플랜트산업) 무인화, 기술격차 심화, 선도국기업의 방해, 친환경기술 요구, 기술무역장벽 해소
- (위험요인) 폭발사고 다수 발생, 붕괴 위험성 대두, SOC 비용발생 증가, 자연재해로 손해 발생, 안전정책 시행

※ 메가트렌드 분석 및 관련 상세 내용은 2장 1절에 기술

〈표 3.1.1〉 메가트렌드에 따른 플랜트 산업 이슈

메가트렌드	사업 연관 이슈	위험요인 연관 이슈
 [인구구조 변화]	 [무인화]	 [폭발사고다수발생]
 [기술의 독점화]	 [기술격차심화]	 [붕괴 위험성 대두]
 [경쟁심화]	 [선도국기업의 방해]	 [SOC 비용 발생 증가]
 [기후변화심화]	 [친환경기술요구]	 [자연재해로 손해 발생]
 [자원무기화]	 [기술무역장벽 해소노력]	 [안전정책 시행]

□ **국내외 기술/시장/정책 동향 분석에 따른 플랜트 산업 관련 이슈 도출**

ㅇ 플랜트산업 관련 분야 미래사회 변화 전망을 위한 기술, 시장, 정책분야를 통한 관련 이슈 도출

- 국내 기술 이슈는 국산화율을 제고하여 국가기술로 추진하고 에너지효율증가 및 CO2 감축 효과 추진
- 국내 시장 이슈는 국내 플랜트산업 수주 실적은 전체적으로 하락하고 있지만, 산업시설은 '17년을 기점으로 상승중이며, 석유화학은 '16년을 기점으로 상승
- 국내 정책 이슈는 노후 및 화재 취약시설물 관리체계 강화, 걱정없는 안전사회 구축, 산재되어 있는 플랜트 산업의 기준 및 정책을 기계설비법으로 효율적 관리체계 수립

〈표 3.1.2〉 대내·외 환경분석에 따른 플랜트 산업 관련 이슈

구분	플랜트 산업 관련 주요 이슈
기술	• (국내) 국산화율을 제고하여 국가기술로 추진하고 에너지효율증가 및 CO2 감축 효과 추진 • (국외) 고효율 기술을 통한 실증을 추진하고 CO2 감축과 재난 대응에 관한 대형국책사업 추진
시장	• (국내) 플랜트 산업의 수주 실적은 전체적으로 하락하고 있지만, 산업시설은 '17년 기점으로 상승중이며, 석유화학은 '16년 기점으로 상승 • (국외) 국외 플랜트 산업은 점진적으로 증가하고 있는 추세
정책	• (미국) 4차 산업혁명에 따른 스마트화 추진 • (유럽) 재난 대응을 위한 네트워크 및 프로젝트 추진 • (독일) 온실가스 배출을 위한 장기정책목표 설정 • (영국) 국민의 안전성 제고를 위한 지속가능한 개발 추진 • (일본) 노후 인프라 유지관리를 위한 '인프라 장수명화 기본계획' 수립 및 시행 • (호주) 컨트롤 타워 조직을 구성하고 민간자본 적극 활용 • (캐나다) 에너지 시설의 위험성 평가 절차 등을 통해 안전성 확보 추진 • (카타르) LNG 생산량을 30% 증가하는 계획 발표 • (국내) 노후 및 화재 취약시설물 관리체계 강화, 걱정 없는 안전사회 구축, 산재되어 있는 플랜트 산업의 기준 및 정책을 기계설비법으로 효율적 관리체계

(2) 중점추진분야 선정

□ **메가트렌드 및 대내·외 환경분석에 따른 미래 및 현재 플랜트 산업 관련 이슈를 바탕으로 재난 대응 및 제도 및 기준에 따른 사업 전략분야 도출**

ㅇ 플랜트산업 관련 이슈는 플랜트에 요구되는 재난 대응과 제도 및 정책의 재정립으로 구분 가능

- 플랜트 산업의 재난 대응을 위한 화재, 지진, 폭발 및 누출, 시험/평가/인증으로 분류 가능
- 국내에 산재되어 있는 플랜트 산업의 제도 및 정책을 통합적 제도·정책으로 전략 수립 가능

ㅇ 플랜트 산업의 재난 대응 및 통합적 제도·정책 추진하기 위한 전략분야 도출

〈표 3.1.3〉 대내·외 환경분석에 따른 플랜트 산업 관련 이슈

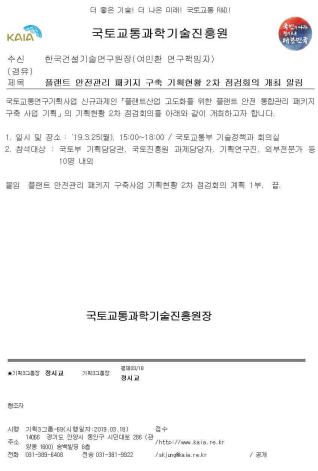
국토교통부 관점의 기술수요 대상 및 범위 선정		
제도부문	1-1 플랜트 안전 관련 제도 선진화	구획/공간 관점 ∨ 개별설비 관점
기술부문	2-1 플랜트 위험도 평가기술	
	2-2 설계/시공 단계의 플랜트 안전 기술	
	2-3 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	
시험/평가/인증 부문	3-1 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	

(3) 후보과제 검토 및 최종 RFP 도출

□ **플랜트 안전 연구과제의 당위성에 대한 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원 관계자 의견수렴**

ㅇ 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원 관계자 보고 이후 제기된 플랜트 안전 기획연구 방향 문제정의 해결방안 요구

- 국토교통부 관점의 플랜트 안전 통합관리 패키지의 구성방안 제시 필요
- 플랜트 안전에 대한 타 정부부처와의 이해관계 해결방안 제시 필요



더 좋은 기술! 더 나은 미래! 국토교통 R&D!

KAIA 국토교통과학기술진흥원

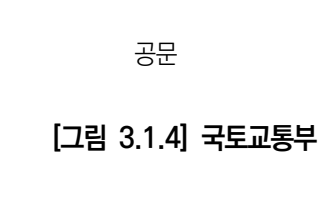
수신 한국건설기술연구원장(여인환 연구책임자)
(경유)
제목 플랜트 안전관리 패키지 구축 기획현황 2차 점검회의 개최 알림

국토교통연구기획사업 신규과제인 "플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획」의 기획현황 2차 점검회의를 아래와 같이 개최하고자 합니다.

1. 일시 및 장소 : '19.3.25(월), 15:00~18:00 / 국토교통부 기술정책과 회의실
2. 참석대상 : 국토부 기획담당관, 국토진흥원 과제담당자, 기획연구진, 외부전문가 등 10명 내외

붙임 플랜트 안전관리 패키지 구축사업 기획현황 2차 점검회의 계획 1부. 끝.

국토교통과학기술진흥원장



플랜트 기획과제 진행상황 Briefing

2019. 04. 22.
(KAIA & KICT)

▣ 주요경과

□ 2018년 12월 18일 ← 국토교통부 & KAIA & 연구진 착수회의
- 장 소 : 국토교통부(세종)
- 참석자 : 서정한 사기관 과 1명(국토교통부) / 정석교 그룹장 외 1명(KAIA) / 기관별 연구책임자 3인
- 내 용 : 플랜트 진흥을 위한 프로젝트(설계→시공→준공 단계)에 있어, "안전 통합관리" 를 위한 국토교통부의 역할과 기획과제 수행계획에 대한 논의

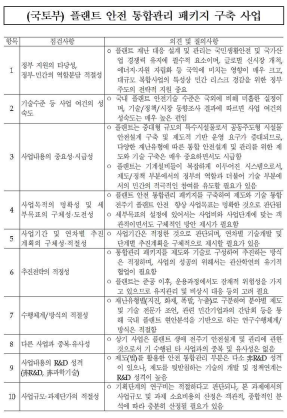
□ 2018년 12월 14일 ← 연구진 회의
- 장 소 : 장남 프즈(서울)
- 참석자 : 이제훈 / 조정원 / 여인환, 조규환
- 내 용 : 타 법 소관 정치/기술기준은 현행 그대로 활용하면서 시설물 구축을 위해 필요한 국토부 소관 통합 설계/시공 기준 및 통합 평가/인증시스템 구축 & 기존 추진방식과 차별화, 실현가능성, 입안의 당위성 논의 & 건축법상 건축사 역할 유사주체 선정 필요 & 기획과제 추진방법 및 절차 논의

□ 2018년 12월 18일 ← 원준기 차문희(소방설계변지나이팅 선준기 변담)
- 장 소 : 한양두리스(서울)
- 참석자 : 김상일 / 서인환, 조규환
- 내 용 : 대상플랜트 단순(집중화, 플랜트 특성상 통정적준기가 주체 & 국토부 입장에서 산별적 플랜트 안전기준 통합 피이 있슬

□ 2018년 12월 21일 ← 원준기 차문희의
- 장 소 : 삼성경제연구소(서울)
- 참석자 : 류승택 / 서인환
- 내 용 : 대상플랜트 법위 종적아, 추정점 플랜트에 대해서만 적아 가능, 파다설계 변경, 기술자립도 명어저

□ 2019년 01월 04일 ← 연구진 종합회의
- 장 소 : 글프빌(광신)
- 참석자 : 기보별 책임심우자 10인
- 내 용 : "기획과제 추진 입장" 논의 & "대프원준기" 차문 그룹 구성 및 소기 & "시장, 기술, 특허, 정책전문 공청조사" 방법 및 계획(안) 소개 & 추후 종합 워크당 추진 계획 소기

- 1 -



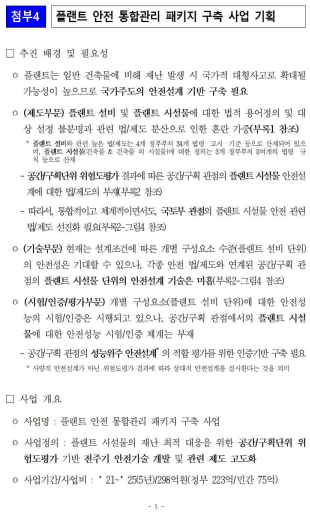
(국토부) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업

항목	점검사항	의견 및 결의사항
1	정부 지원의 타당성, 정부-민간의 역할분담 적절성	ㅇ 플랜트 재난 대응 설계 및 관리는 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 필수적 요소이며, 글로벌 선사양 개척, 에너지자원 자립화 등 국익에 미치는 영향이 매우 크고, 대규모 복합사업의 특성상 민간 리스크 경감을 위한 정부 주도의 관리적 지원 중요
2	기술수준 등 사업 여건의 성숙도	ㅇ 국내 중대로 전문기술 수준은 국외에 비해 미흡한 실정이며, 기술/정책/시장 등행조사 결과에 따르면 사업 여건의 성숙도는 매우 높은 편임
3	사업내용의 중요성·시급성	ㅇ 플랜트는 장기개발 기간과 복수사업참로서 공동주도형 지원을 안전성계 구축 및 제도적 기반 운영 요구가 증대되므로, 다양한 계나융합에 따른 통합 안전성계 및 관리를 위한 제도와 기술 구축은 매우 중요하면서도 시급함 ㅇ 플랜트는 기술발전함이 복잡하게 이루어진 시스템으로서, 제도/정책 부분에서의 정부의 역할과 더불어 기술 부분에서의 민간의 전극적인 참여를 유도할 필요가 있음
4	사업목적의 명확성 및 세부목표의 구체성·도전성	ㅇ 플랜트 안전 통합관리 패키지를 구축하여 제도와 기술 통합 접주기 증대로 안전 항상 사업목표는 명확한 것으로 판단됨 ㅇ 세부목표의 실현에 있어서는 사업여와 사업단계에 맞는 계산하면서도 구체적인 방안 제시가 필요함
5	사업기간 및 연차별 추진체계의 구체성·적절성	ㅇ 사업기간은 적절한 것으로 판단되며, 연차별 기술개발 및 단계별 추진체계는 구체적으로 제시할 필요가 있음
6	추진전략의 적정성	ㅇ 통합관리 패키지를 제도와 기술로 구분하여 추진하는 방식은 적절하며, 사업의 성공의 위해서는 관산학연의 유기적 협업이 필요함 ㅇ 플랜트는 준공 이후, 운용과정에서도 장계적 위험성을 가지고 있으므로 유지관리 및 비상시 대응 등의 고려 필요
7	수행체계/방식의 적절성	ㅇ 제난유형별(지진, 화재, 폭발, 누출)로 구분하여 분야별 제도 및 기술 전문가 20인, 관련 민간사업체의 산업계 등을 통해 국내 플랜트 현안분석을 기반으로 하는 연구수행체계/방식은 적절함
8	다른 사업과 중복·유사성	ㅇ 상기 사업은 플랜트 생애 전주기 안전성계 및 관리에 관한 것으로서 기 수행된 타 사업과의 중복 및 유사성은 없음
9	사업내용의 R&D 성격 (R&D, 非R&D)	ㅇ 제도(안)을 활용한 안전 통합관리 부분은 다소 非R&D 성격이 있으나, 제도를 뒷받침하는 기술의 개발 및 정책연계는 R&D 성격이 높음
10	사업규모·자체단가의 적절성	ㅇ 기획단계의 연구비는 적절하다고 판단되나, 본 과제에서의 사업규모 및 과제 소요예종의 산정은 객관적, 종합적인 분석에 따라 충분히 산정될 필요가 있음

공문 브리핑 보고자료 국토교통부 의견서

[그림 3.1.4] 국토교통부 및 관리기관(국토교통과학기술진흥원) 의견수렴 증빙자료(Top-Down)

- o 도출된 기술을 바탕으로 국토교통부 담당과 및 KAIA와 협의를 거쳐 구획/공간 관점(국토교통부 관점)의 신규과제 도출 논리 확정
- o (결과) 안전기술 개발 및 관련 제도 선진화 대상을 플랜트 시설물(구획/공간) 단위의 관점을 고려
  - 재난유형별(화재/폭발, 지진) 대비 안전기술을 고려
  - 구획/공간단위 관점과 개별설비단위 관점으로 구분하였으나 구획/공간단위 관점 고려
  - 전주기적 관점(설계/시공단계와 대응/유지관리단계)을 명확히 구분



첨부4 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획

□ 추진 배경 및 필요성

○ 플랜트는 일반 건축물에 비해 재난 발생 시 국가적 대형사고로 확대될 가능성이 높으므로 **국가주도의 안전설계 기반 구축 필요**

○ **(제도부문) 플랜트 설비** 및 **플랜트 시설물**에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중**(부록1 참조)**

* 플랜트 설비와 관련 높은 법/제도는 4개 정부부처 체계 법령 고시 기준 등으로 산재되어 있으며, 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물)에 대한 정의는 3개 정부부처 8여개의 법령 · 규칙 등으로 산재

- **공간/구획단위 위험도평가** 결과에 따른 공간/구획 관점의 **플랜트 시설물** 안전진계에 대한 법/제도의 부재(부록2-그림4 참조)
- 따라서, 통합적이고 체계적이면서도, **국토부 관점의** 플랜트 시설물 안전 관련 법/제도 선진화 필요(부록2-그림4 참조)

○ **(기술부문)** 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비 단위)의 안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 공간/구획 관점의 **플랜트 시설물 단위의 안전설계 기술은 미흡**(부록2-그림4 참조)

○ **(시험/인증/평가부문)** 개별 구성요소(플랜트 설비 단위)에 대한 안전성능의 시험/인증은 시행되고 있으나, 공간/구획 관점에서의 **플랜트 시설물**에 대한 안전성능 시험/인증 체계는 부재

- 공간/구획 관점의 **성능위주 안전설계**' 의 적합 평가를 위한 인증기반 구축 필요

* 시설의 안전설계가 아닌 위험도평가 결과에 따라 상대적 안전성확보 실시한다는 것을 의미

□ 사업 개요

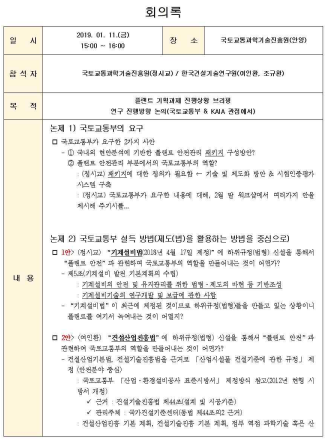
○ 사업명 : 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업

○ 사업정의 : 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 **공간/구획단위 위험도평가** 기반 **전주기 안전기술 개발** 및 **관련 제도 고도화**

○ 사업기간/사업비 : ' 21~' 25(5년)/298억원(정부 223억/민간 75억)

- 1 -

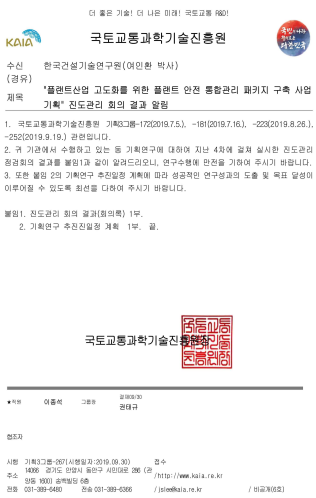
미래담당관실 보고자료



회의록

일 시	2019. 01. 11.(금) 15:00 ~ 16:00	장 소	국토교통과학기술진흥원(안암)
참 석 자	국토교통과학기술진흥원(원시교) / 한국건설기술연구원(이인환, 조규환)		
목 적	플랜트 기획과제 진행상황 브리핑 연구 진행방향 논의(국토교통부 & KAIA 관점에서)		
내 용	논제 1) 국토교통부의 요구 □ 국토교통부가 요구한 3가지 사안 - ① 국내외 현안분석에 기반한 플랜트 안전관리 로드맵 구상방안? ② 플랜트 안전관리 차원에서의 국토교통부의 역할? : (제시고) 로드맵에 대한 정리가 필요함 ← 기술 및 제도화 방안 & 시범인증평가 시스템 구축 : (제시고) 국토교통부가 요구한 내용에 대해, 2월 말 워크샵에서 떠미기지 안을 하시에 추가시를... 논제 2) 국토교통부 설득 방법(제도(법)을 활용하는 방법을 중심으로) □ 1안) (정시고) "**건설법률법**"(3크년 6월 1개 제정)" 에 하위규정(법령) 신설을 통해서 "플랜트 안전" 과 관련하여 국토교통부의 역할을 만들어내는 것이 어떻까? - 제도화(기재설비 안전 기본계획의 수립) : 기재설비의 안전 및 유지관리를 위한 법령 · 제도의 마련 등 기본조정 : 기재설비기술의 연구개발 및 보급에 관한 사항 - "기재설비법" 이 최근에 제정된 점이므로 하위규정(법령)을 만들고 일산 상황이니 플랜트를 여기서 녹여내는 것이 어떻까? □ 2안) (어인환) "**전설성법률법**" 에 하위규정(법령) 신설을 통해서 "플랜트 안전" 과 관련하여 국토교통부의 역할을 만들어내는 것이 어떻까? - 건설산업기본법 「건설기술진흥법을 근거로 「산업시설물 건설기준에 관한 규정」 제정 (선진문아 주장) : 국토교통부 「산업 · 환경설비등사 표준시방서」 제정방식 참고(2012년 현행 시방서 개정) ✓ 근거 : 건설기술진흥법 제44조(설계 및 시공기준) ✓ 관리주체 : 국가건설기준센터(동법 제44조의2 근거) : 건설산업진흥 기본 계획, 건설기술진흥 기본 계획, 정부 역점 과학기술 추진 상		

회의록



더 좋은 기술! 더 나은 미래! 국토교통 R&D!

KAIA 국토교통과학기술진흥원

수신 (경유) 한국건설기술연구원(여인환 박사)

제목 '플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획' 진도관리 회의 결과 알림

1. 국토교통과학기술진흥원 기획3그룹-172(2019.7.5.), -181(2019.7.16.), -223(2019.8.26.), -252(2019.9.19.) 관련입니다.
2. 귀 기관에서 수행하고 있는 동 기획연구에 대하여 지난 4차에 걸쳐 실시한 진도관리 점검회의 결과를 붙임1과 같이 알려드리오니, 연구수행에 만전을 기하여 주시기 바랍니다.
3. 또한 붙임 2의 기획연구 추진일정 계획에 따라 성공적인 연구성과의 도출 및 목표 달성이 이루어질 수 있도록 최선을 다하여 주시기 바랍니다.

붙임1. 진도관리 회의 결과(회의록) 1부.
2. 기획연구 추진일정 계획 1부. 끝.

국토교통과학기술진흥원장

★처장 이종석 그룹장 권태규

협조자

시행 기획3그룹-267(시행일자:2019.09.30) 접수

주소 14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 286 (관 /http://www.kaia.re.kr

전화 031-389-6460 전송 031-389-6066 / jslee@kaia.re.kr / 비공개(6호)

공문

[그림 3.1.5] 국토교통부 및 관리기관(국토교통과학기술진흥원) 의견수렴 증빙자료(Top-Down)

(국토교통부) 의견사항

항목	점검사항	의견 및 질의사항
1	정부 지원의 타당성, 정부·민간의 역할분담 적절성	○ 플랜트 재난 대응 설계 및 관리는 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 필수적 요소이며, 글로벌 신시장 개척, 에너지·자원 자립화 등 국익에 미치는 영향이 매우 크고, 대규모 복합사업의 특성상 민간 리스크 경감을 위한 **정부주도의 전략적 지원 중요**
2	기술수준 등 사업 여건의 성숙도	○ 국내 플랜트 안전기술 수준은 국외에 비해 미흡한 실정이며, 기술/정책/시장 동향조사 결과에 따르면 사업 여건의 성숙도는 매우 높은 편임
3	사업내용의 중요성·시급성	○ 플랜트는 중대형 규모의 특수시설물로서 공동주도형 시설물 안전설계 구축 및 제도적 기반 운영 요구가 증대되므로, 다양한 재난유형에 따른 통합 안전설계 및 관리를 위한 제도와 기술 구축은 매우 중요하면서도 시급함 ○ 플랜트는 기계설비들이 복잡하게 이루어진 시스템으로서, **제도/정책 부분에서의 정부의 역할과 더불어 기술 부분에서의 민간의 적극적인 참여를 유도할 필요**가 있음
4	사업목적의 명확성 및 세부목표의 구체성·도전성	○ 플랜트 안전 통합관리 패키지를 구축하여 제도와 기술 통합 전주기 플랜트 안전 향상 사업목표는 명확한 것으로 판단됨 ○ 세부목표의 설정에 있어서는 사업비와 연구단계에 맞는 객관적이면서도 구체적인 방안 제시가 필요함
5	사업기간 및 연차별 추진계획의 구체성·적절성	○ 사업기간은 적정한 것으로 판단되며, 연차별 기술개발 및 단계별 추진계획을 구체적으로 제시할 필요가 있음
6	추진전략의 적정성	○ 통합관리 패키지를 제도와 기술로 구성하여 추진하는 방식은 적정하며, 사업의 성공의 위해서는 관산학연의 유기적 협업이 필요함 ○ 플랜트는 준공 이후, 운용과정에서도 잠재적 위험성을 가지고 있으므로 **유지관리 및 비상시 대응 등의 고려 필요**
7	수행체계/방식의 적절성	○ 재난유형별(지진, 화재, 폭발, 누출)로 구분하여 분야별 제도 및 기술 전문가 조언, 관련 민간기업과의 간담회 등을 통해 국내 플랜트 현안분석을 기반으로 하는 연구수행체계/방식은 적절함
8	다른 사업과 중복·유사성	○ 상기 사업은 **플랜트 생애 전주기 안전설계 및 관리에 관한 것**으로서 기 수행된 타 사업과의 중복 및 유사성은 없음
9	사업내용의 R&D 성격 (非R&D, 非과학기술)	○ 제도(법)를 활용한 안전 통합관리 부분은 다소 非R&D 성격이 있으나, **제도를 뒷받침하는 기술의 개발 및 정책연계는 R&D 성격이 높음**
10	사업규모·과제단가의 적절성	○ 기획단계의 연구비는 적절하다고 판단되나, 본 과제에서의 사업규모 및 과제 소요비용의 산정은 객관적, 종합적인 분석에 따라 충분히 산정될 필요가 있음

나. Bottom-Up 추진체계

(1) 문제정의 및 기획방향 설정

□ 본 사업기획에 필요한 요소기술 발굴을 위하여 아래와 같은 기획 방식을 적용

- ㅇ 관리기관 및 산업계, 학계, 연구계의 관련자 또는 전문가를 대상으로 기술수요조사를 실시
- ㅇ 국내 플랜트 산업 및 안전기술 동향을 분석하기 위한 플랜트 분야 전문가를 대상으로 대면 또는 서면조사(총괄자문요청서) 실시
  - 대면조사 4회 & 서면조사 2회
- ㅇ (결과) 플랜트 정의 및 범위, 플랜트 산업의 기본 구조, 플랜트 설계 프로세스, 플랜트 안전기술 동향 등, 국내 플랜트의 일반적인 사항들에 대한 분석/정리

자문의견서

일 시	2019. 01. 14.(월) 14:00 ~ 18:00	장 소	글로탑 (용산)
참 석 자	SaFire(박승민) / 한국가스안전공사(이재훈) / 한국산업기술시험원(조정현) / 건국대학교(이혜림, 임유진) / 한국건설기술연구원(여인환, 안재권, 조규환)		
목 적	플랜트 건설에서의 소방설계		
내 용	**논제 1) 건축 VS 플랜트** □ 소방설계는 대상물(건축/플랜트)의 종류를 굳이 구분하지 않음 - 건축 ← 건축사에 종속(수직적 관계 형성), 건축법 & 소방법과 같은 제도(법)의 적용이 가능(오랜 세월동안 정리되어 온 결과) - 플랜트 ← 공정/용도별 위험도에 따라 적용되는 제도(법)나 기준이 달라짐. Complex Body(수평적 관계 형성) : 건축에서는 면적당 기준 등이 있는 반면, 플랜트는 공정/용도별 위험도에 따라 시공/설계하는 기관이나 관리/승인해주는 주체가 달라짐. 즉, 플랜트는 일반적인 건축과는 달리 위험물 저장시설이나 보일러 등, 화재 위험요인들이 많고 플랜트의 사용 용도별(석유화학, 제약, 반도체 등)로 고려해야 될 사항들이 달라 소방설계에서도 일률적인 기준을 적용하기란 매우 어려운 실정임 : 건축과 달리 플랜트 건설에서 소방은 대등한 공종의 일환 → 소방시설물 시공적합성은 소방이 최종 판단(허가권자) - 건축은 대상물 단위(공간, 용도)로 시설물 안전 기준을 적용하는 반면 플랜트는 프로세스별 위험도에 따라 적용		

논제 2) 한국의 플랜트 건설(소방설계 중심으로)

□ Local Requirement(법적 규제)에 따라 설계
- NFPA, API 등을 어느 정도 준용하고 있으나 차이가 많음. 현재, 소방설계에 있어 법적 규제인 소방법이 있지만 사업주의 요구사항(Owner Requirement)이 더욱 중시됨.
- 여러 법적 규제들 중에서 어떤 법적 규제가 상/하위에 있다고는 단언하기 어려움
- 우리나라는 위험물질 위험도등급이 세분화되어 있지 않아 위험도 산정이 제각각인지라 과소/과다 설계가 되기도 함

□ Owner Requirement(사업주의 요구(의지))에 따라 설계
- 사업주의 요구대로 설계를 하는 형식. 보통, 방화·안전설비 및 산업안전 방지장치 등과 관련한 국제기준인 NFPA를 번역하여 사업장마다 자체적인 검토사항을 만들고, 여기에 국내 소방설계 관련 제도(법)들에 끼워 맞춰나가는 방식. 따라서 사업장마다 설계방식이 제각각임. 예를 들어, Fume Duct에 방재설비를 설치하는 것이 국내 법규에는 지정되어 있지 않으나 현재, 각 사업장에서는 모두 설치하도록 함.(LG, 삼성 등) 그러나, 이 방법도 사업장마다 제각각 다름(스프링클러, CO2등)
  : 따라서 설계/시공에서 근거가 될 수 있는 제도(법) 몇 가지만 만족하면 된다는 심리가 적용됨. 부끄럽지만 모든 제도(법)의 요구를 만족할 필요가 없다는 심리 작용
- 사업주 요구사항은 보험사, consultant와 연계하여 산정되고 사업주체별, 프로젝트 단위별로 제각각임

□ 플랜트에서 위험물질 사용허가는 사업장 관할 소방서에서 판정(위험물질 취급에 따른 안전확보의 여부를 소방서에서 결정)
- 건축물(지붕이 있는 구조물)을 제외한 모든 위험물질의 취급은 그 허가권자가 소방관청임. 만약 플랜트가 건축물과 함께 옥외 위험물질을 포함(사용)하고 있다면 소방법(위험물 안전관리법)과 건축법의 규제를 받음. 건축법과 소방법은 법규의 경계가 모호해 가끔 충돌하는 것으로 보임

논제 3) 박승민(대표전문가)의 정리 의견

□ (여인환 질문) 플랜트 건설 프로젝트마다 화재안전과 관련한 Owner Requirement가 있고 이것이 가장 큰 비중을 차지한다고 한다면, 각각의 법적 규제들을 포함하는 포괄적인 법적 규제가 과연 필요한지요?
- 포괄적인 제도(법) ← 타 부처와의 이해관계들을 정리해 가면서 만들기란 어려울 것으로 생각
- 플랜트 범위 광범위하므로 국가기준화는 현실적 어려움 있으며 가이드라인정도는 필요할 수 있음
- 설계/시공기관별로 가이드라인을 자체 제작(기업의 노하우를 가이드로) ← 미국은 필요에 따라서 각 기업의 가이드라인을 활용하면서 설계 및 시공을 수행함
  : 박승민) 가이드라인이 더 나을 것으로 보임. 소방설계에서는 위험요소(hazard)의 검토가 대단히 중요한데, 플랜트 종류마다 위험요소가 모두 다르고 예외사항들이 많아 법률 제/개정 시 문제가 많음. 매우 복잡하고도 많은 내용이라 정리해낼 수 있을지 우려(NFPA도 몇 가지 사항만 표준화, 모든 내용을 담지 않음). 한 종류의 플랜트만 대상으로 하더라도 5~10년 정도가 소요될 것으로 예상됨

□ (여인환 질문)“표준화” 또는 “안전” 중 어떤 것을 본 기획과제의 방향으로 내세우는 것이 좋겠는지요?
- (박승민) 안전 측면 : 사업주의 요구(Owner Requirement)가 최소 안전조건을 만족

시키는지에 대해 그 여부를 정부가 검토하는 것은 과도한 개입이라고 판단. 안전하다는 판단은 사람마다 다르게 정의하므로 정답이 없음. 우리나라는 현재, 산업안전보건법에 장외영향평가(유해화학물질 취급시설 설계·설치단계에서부터 사업장 외부의 제3자에게 인적·물적 피해를 일으키지 않도록 안전개념에 따라 설계·설치되었는지 확인하여 취급시설이 충분한 안전성을 확보하도록 유도하는 제도적 장치)를 통해 검토하고 있는 실정임

- (박승민) 표준화 측면 : 해외 수출에는 용이 하지만 표준화가 될 경우, 국외 기업(값싼 인력을 확보한 기업)이 국내로 쉽게 유입되는 현상 발생. 이는 국내 플랜트 산업 육성에는 오히려 역효과로서 작용될 우려. 표준화의 양면성. 따라서 우리나라의 기준을 미국(국제표준)으로부터 승인을 받고 상호인증 등을 통해 국제 경쟁력을 쌓는 과정을 거쳐야 함
- 플랜트는 소방성능설계 대상 아님
- 내진소방시설 → 건축물에만 적용(자동식 소화설비 + 옥내소화전)
- 플랜트 설계변경은 건축보다 다반사로 발생

□ 플랜트는 취급 물질의 위험 수준에 따라 위험도가 달라지며, 각 종 재난으로부터 안전성을 확보하기 위해서는 **위험도를 먼저 판단하여 이에 맞는 안전설계가 필요**

□ 플랜트 안전설계는 Local과 Owner 요구에 따라 조금이라도 관련성이 있다고 판단되는 국제 기준을 무분별하게 적용하고 있음. 따라서 **일관된 안전설계 기술기준이 필요**하다는 생각에는 동의하나 정리는 쉽지 않을 것으로 예상됨

□ 플랜트 재난유형 중 대표적인 것은 화재/폭발이 가장 빈번하기 발생하나 현재 국내 플랜트에서는 지진을 감안한 연구/기술은 미진한 상태로 **지진에 대한 플랜트 안전 기술 관련한 연구도 필요**할 것으로 사료됨

자문의견서

일 시	2019. 01. 18.(금) 14:00 ~ 18:00	장 소	D타워(서울 광화문) 접견실
참 석 자	대림산업(김상헌, 권순영, 변기정) / 한국산업기술시험원(조정현, 김상헌, 강봉석) / 건국대학교(이혜림, 임유진) / 한국건설기술연구원(여인환, 안재권, 권오상, 조규환)		
목 적	플랜트 건설 프로세스		
내 용	**논제 1) 플랜트 건설 프로세스?** □ 플랜트 건설 프로세스에는 크게 **사업주(Owner), Licensor, FEED(Front-End Engineering Design)기관, EPC(Engineering Procurement Construction)기관, PMC(Project Management Consultancy)기관**이 관련됨 ※ Licensor : 플랜트 건설의 경우, License(플랜트 건설과 관련하여 전반적인 설계/시공 절차 방법 노하우 등이 집약된 특허)를 소유한 기관이 반드시 필요함. 특히, 유화플랜트 - 플랜트 건설 사업 발생 시, EPC기관은 건축과 마찬가지로 타당성조사(Feasibility Study)를 통하여 해당 과제의 진행 여부를 검토한 후 진행하기로 결정할 시 초보적인 개념설계를 실시 - 발전과 제철을 제외한 대부분의 플랜트들은 플랜트 설계에 대한 원천기술 및 그에 대한 특허를 보유한 해외의 Licensor 기관이 더 발전된 개념설계 및 기본설계를 실시하여'프로세스 디자인 패키지'를 제시함(발전/제철 플랜트는 관련 자료가 거의 공개되어 있으므로 Licensor가 필요 없음. 필요한 경우 하나의 Licensor를 고용할 수도 있으며, 때로는 여러 Licensor가 제시한 안 중, 기술적 조사(Technical study)를 통해 최적안을 선택할 수 있음) - 결정된'프로세스 디자인 패키지'는 이후 FEED기관에 의하여 지역적 규제사항(Local requirement) 및 사업주의 요구사항(Owner requirement) 등을 반영하여 더욱 발전된 설계안으로 작성됨(이 과정은 사업기간을 단축시키기 위하여 생략될 수 있음) - 이 설계안을 가지고 EPC기관은 경쟁입찰에 참여하며 이 때 EPC기관이 선정 될 시 설계안을 더 발전시켜 시공하는 형태임. FEED기관의 설계안은 시공 전까지 많이 바뀔 가능성이 높음 〈석유화학플랜트 건설사업 일반 절차〉 1. 사업주 타당성 조사, 컨셉 조사 사업 진행 여부 의사 결정 2. Licensor와 계약, 전체적 공정 및 단계 선정 3. Local regulation 추가, 사업주 요구사항 반영 EPC(설계,시공) ⇔ FEED(전문정밀설계) - 시공 시 EPC기관의 감리는 PMC기관에서 진행함(PMC기관을 고용할지 사업주 내부 인력을 사용할 지는 경제적 논리에 의하여 판단될 때도 있음) - 플랜트에서 안전사고가 발생하는 것은 시공 및 운영 시의 실수(Human Error)에 의한 것이 대부분이라고 볼 수 있음. 따라서 시운전 시 시공 단계에서의 실수로 인한 문제들을		

초기에 잡아내고 전체적인 플랜트 공정을 정상화하는 과정을 거침
- EPC기관은 시운전까지 관여하는 경우는 드물고, 시운전 준비 단계까지만 관여하는 것이 일반적임
- 석유화학 플랜트는 새로 짓는 것보다 증축의 경우가 많이 있고, 대부분은 증축을 염두에 두고 신축 시 설계를 함(증축 시에는 생산용량이 커지므로 주요기기를 용량이 큰 것으로 교체함. 증가한 용량에 대한 위험정도 분석은 신축 시 사전에 이미 계획됨)
- 프로젝트 단위로 Licensor를 통해야 하며, Licence는 개발자 고유의 영역이어서 표준화는 불가
- API는 개별기기 별 화재 등에 관한 기준을 명시하고 있을 뿐 공정에 관한 사항을 다루지는 않음

: EPC(engineering procurement construction) / EPC 턴키

✓ 설계(engineering), 조달(procurement), 시공(construction) 등의 영문 첫 글자를 딴 말이다. 대형 건설 프로젝트나 인프라사업 계약을 따낸 사업자가 설계와 부품·소재 조달, 공사를 원스톱으로 제공하는 형태의 사업을 뜻한다. 일괄수주를 의미하는 턴키(turn-key)와 비슷한 개념이다.

✓ EPC는 발전소, 공장 등의 플랜트에서의 설계 및 자금조달, 시공까지의 전 과정을 수주하는 것을 말하며 EPC 턴키는 발주자가 열쇠만 돌리면 플랜트나 건물이 작동이 할 수 있도록 설계부터 시공까지의 전 과정을 일괄하여 입찰하는 방식을 말한다. 따라서 EPC 턴키는 발전소나 공장 등을 낙찰기관이 스스로 자금을 조달하여 설계부터 인도까지 마무리 짓는 방식을 말한다.

: FEED(front end engineering design)

✓ 프로젝트 확정 전 프로젝트기간, 비용, 기술사와 사업주의 요구사항을 설계에 반영하는 단계로 선박, 육상플랜트 등 대형 프로젝트에서 자주 사용되는 용어이다.

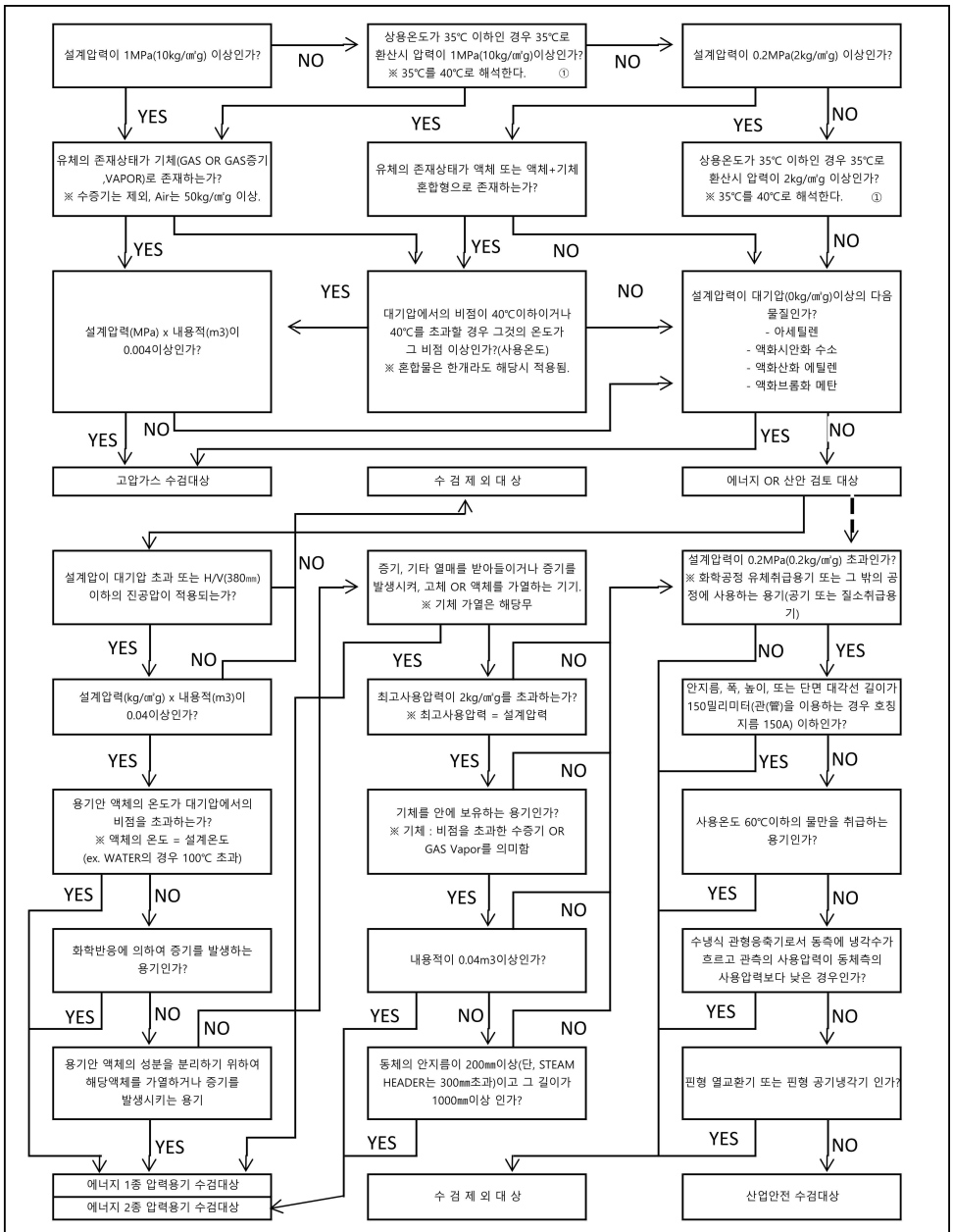
✓ 시공 전 설계 및 시공에 사업주의 의사를 충분히 반영하는 단계로 프로젝트 최초의 엔지니어링 검토 작업이다. 경쟁 입찰을 통해 총액(Lump-Sum)베이스로 공사를 수행하게 된다.

논제 2) 김상헌(대표전문가)의 의견

□ (여인환 질문) 플랜트에 대한 기술이나 정보가 없는 국토교통부에서 자체적인 법규, 혹은 타부처에 산재되어 있는 법규들을 통합할 수 있을지요?
- (김상헌) 현재도 법규가 많이 산재되어 있음(고압가스법, 산업안전법 등). 국토교통부에서 자체적인 법규를 추가적으로 만드는 것은 실무입장에서 좋지 않다고 생각함(상위 법적 규제가 하나 더 추가되는 것으로 생각됨)
- (김상헌/권순영) 물론, 국내 규정은 미국이나 일본 규정을 번역한 것이 많아 모호한 부분이 많음. 규정이 불분명하기 때문에 법규에 대한 해석이 자의적이게 됨. 예를 들어 EPC와 공무원의 규정에 대한 해석이 서로 다를 경우, 인허가시 공무원이 승인을 해주지 않는 경우도 있음. 따라서 국내 법규에서 모호한 부분을 정확하게 정의해 주거나 통일된 기준으로 정리할 필요 있으며, 예시를 들어 설명하는 부분이 있다면 실무에 도움이 될 것이라는 의견
- (김상헌) 통합 안전관리 기준을 만들어 내기 위해서는, 각각의 법적규제를 해석하고 상호 상관성/차별성 등을 도출해야 하는데 이는 상당한 시간이 소요될 것으로 생각됨

	□ (여인환 질문) 국내 플랜트 사업을 진행하며 적용된 법 조항들을 일목요연하게 정리한 자료가 있는지요? - 부서별로 산재되어 있어 하나의 프로젝트에 적용되는 법규들을 취합해서 갖고 있지는 않음 - 우리나라의 법적규제(Local requirement)는 까다로움. 오히려 산업육성측면에서 법적 규제를 간소화하는 방향이 좋음 - 플랜트 관련한 설비에 대하여 국내 규격이 매우 복잡하며 국제 규격과 달라 이중 검토를 하는 과정에서 상당한 시간이 소요됨(예를 들어, 압력용기의 경우 ASME의 승인을 받고 추후에 국내의 KGS의 승인을 받아야 하는데 이 인허가 과정이 몇 개월 정도소요됨) - 국제적 공인 규격 만족시키면 국내 규정 적용을 면제해주는 방향으로 통합된다면 좋을 것 같다는 의견 - 지붕 있는 구조물은 건축법 적용 설계하고 허가 또는 신고로 진행 - 건축법과 화학물질관리법 상 내화구조 적용 대상 등 상이 → 허가권자의 자의적 해석 논란 → 통합 필요 □ 플랜트 개별 설비(밸브, 압력용기 등)는 제작하는 업체마다 자체적인 고유 Licence를 바탕으로 안전성을 판단하고 있으므로, **설비 단위의 안전기술 개발 연구는 과거부터 많이 진행되어 오고 있으므로 크게 어필되지는 않을 것으로 사료됨** □ 플랜트는 안전을 확보하기 위해 다양한 국제 안전기준들을 적용하여 안전설계를 진행하고 있으나 정해진 절차나 규정이 따로 존재하지 않아 플랜트 Owner의 요구에 맞춰 진행할 수밖에 없는 실정. 이 또한 플랜트 EPC 마다 과거부터 자체적으로 적립된 방식에 맞춰 진행하고 있음. 따라서 **일관된 기술기준이 필요하다는 점은 동의**하나 **이중 규제에 대한 우려를 불식하기 위해서는 간소/표준화가 필요**

국내법규수검 적용여부 판단방법



NOTE

① 가스의 온도를 35℃라고 가정하고, 이 때의 압력이 게이지압력으로 9kg/㎠g 이라면 보일-샤를의 법칙에 의하여 35℃로 환산한 압력은

$$(9+1.033) \times \frac{273+5}{279-30} - 1.033 \fallingdotseq 11.68\text{kg/㎠g}$$ 이다.

*출처 : 대림산업 플랜트 압력용기의 국내 법규 수검 과정 일례

자문의견서

일 시	2019. 07. 10.(수) 15:00 ~ 18:00	장 소	국토교통과학기술진흥원 9F
참 석 자	외부위원 : 신안식, 박찬국, 박규태, 신동일, 류형규 KAIA : 권태규, 이종석, 오제승 연구진 : 여인환, 조규환, 이철호, 김한수, 이용길, 박지훈, 조정현		
목 적	플랜트 기획과제 중간진도 보고회		
내 용	□ **신안식 ((사)한국플랜트정보기술협회)** 화공플랜트 총괄, 설계/시공 경험 다수 - 플랜트 안전 통합관리에 대한 정부차원에서의 역할은 분명 필요 - 재난유형별 대비 안전기술 필요. 특히, Demolition(폭파, 파괴) 부분의 안전기술은 중요 - 각론(기술부문 개선안)은 반드시 필요하나 총론에 대한 이야기가 약함. 플랜트 대상 범위, 기획과제의 목적 등을 보다 명확하게 하여 본 과제로의 방향 설정이 필요 - 연구결과를 어떻게 실용화할 것인지?, 실제 시장에 어떻게 적용할 것인지? 논의가 필요할 듯 ← 연구방향 관련 - 플랜트와 관련해서는 3가지 Health, Safety, Environment를 같이 확인해야 함. 여기서는 Shell Standard가 가장 많이 활용됨 - 우리나라에서는 플랜트 안전설계와 관련해 산업안전관리공단, 가스안전공단 등이 있으며, 공정 단계마다 만족해야 하는 Safety Check가 있음 - 과거에는 없었지만 최근에서는 플랜트 엔지니어링 회사마다 안전설계팀이 따로 존재 - 플랜트는 기계설비가 복잡하기 때문에 이론적인 접근보다는 경험적인 접근이 많아질 수밖에 없고, 그렇기 때문에 과다/과소 설계가 됨 ← 정확한 이론적인 근거가 없으므로 이를 만들어줄 필요가 있음 - Code와 Standard는 최소한으로 만족시켜야 하고, Local Regulation(국가별로 다름)도 만족시켜야 함. 거기에 더해서 발주처가 안전설계를 더욱 요구함. 이유는 보험사가 요구하기 때문에,,, 보험금으로 인해 발주처가 안전에 대해 더 요구할 수밖에 없는 구조 **발주처 요구 ⊃ Code & Standard ⊃ Local Regulation : 세가지 모두 만족시켜야 함** - Code & Standard : 예) NFPA, ASCE, 등 - 로컬 레귤레이션 : 고압가스안전관리법 등 - 발주처 리콰이어먼트 : 보험사의 요구에 따라 정도가 달라짐 □ **신동일 (명지대학교)** - 플랜트는 안전에 대해서는 예방, 대응단계에서의 고려도 중요하지만 실시간 모니터링도 중요함 - 과거 유사 프로젝트를 분석하여 본 기획과제 및 본과제와 비교 시, 부족하거나 누락된 것이 무엇인지 확인하는 것이 중요. 2002년 안전보건공단에서 수행한 Process Safety Management 확인 필요 - 본 기획과제를 통해 이루고자 하는 내용이 매우 광범위하므로 범위를 축소하거나 방향성을 다시 확인해 보는 것이 중요 - 플랜트 사고사례 조사와 분석(어떤 문제로)이 필요할 것으로 생각 - 최근의 국가, 사회적인 이슈(기후변화, 도시문제, 노후화, 4차산업혁명)에 따른 플랜트 안전 연구가 필요할 것으로 생각		

□ 박찬국 (고등기술원)
- 플랜트 안전과 관련한 연구, 기술들도 최근 전 세계적인 트렌트인 4차산업혁명에 발맞춰 스마트 관련 기술이 필요할 것으로 생각. 물론, 전통적인 기술도 중요하지만 플랜트와 같이 다양한 기계설비들이 복잡하게 얽혀있는 구조라고 한다면, 실시간 지능형 진단 및 대응(진압)이 가능한 스마트 기술이 필요할 것으로 사료
- 연구타깃을 국내용 혹은 해외용 여부로 구분할 필요

□ 박규태 (한국가스안전공사)
- 재난유형별로 구분하여 진행하고자 하는 본 기획과제의 방향성은 괜찮은 것으로 생각
- 제도와 기술을 아우르는 통합안전 패키지의 구성은 괜찮음

□ 류형규 (대한기계설비산업연구원)
- 기계설비법 제정 취지 설명, 기계설비법 내 플랜트 기술기준 반영 고려
- 현재, 기계설비법 하위 시행령, 규칙, 기술기준의 구성을 만들고 있으며, 특히, 기술기준은 7월 내에 국토교통부와 협의가 이루어질 예정이고, 연내에 입법예고가 있을 예정
- 기계설비법에 플랜트 태우려면 타 법 주요설비의 안전규정을 인용하는 내용 우선 포함 필요

□ 향후 계획 관련
- 오늘 참석해 주신 외부 위원분들을 만나 뵙고 본 기획과제의 방향에 대한 설득 및 보완/수정 등을 논의할 예정
- 연구진 자체회의를 통해 연구 사업화의 당위성을 논의하고 본 과제에서의 프레임웍을 구성
- 최종 보고서 등의 작업 시작

□ 기타 의견
- 국내에서는 대형 규모의 플랜트 설계/시공이 어려울 것임. 소형 플랜트를 설계/시공하거나 기존의 것을 개조하는 방향으로 흐를 것임. 따라서, 개조에 대한 안전연구도 한번쯤은 생각해 보는 것이 좋을 듯

□ 플랜트에서 안전 사고 발생 시 국가적인 재난으로 이어질 수 있으므로, 정**부차원의 안전 제도 및 기술 개발은 필요.** 다만, 정부와 민간의 유기적인 협력이 필요.
□ 특히 석유화학 플랜트 등은 설계 전 장외영향평가가 이루어지므로 **플랜트 내 시설물 및 주변 거주지역 등을 고려하여 재난 대응 안전설계가 이루어져야 함**
□ 플랜트는 생산목적에 따라 다양하게 설계/시공 될 수 있으므로 **사고사례 조사 등을 통해 대표적인 플랜트로 한정시키는 것을 권장**함
□ 연구를 수행함에 있어서도 안전기술만 개발할 것이 아니라 **안전기술과 제도가 유기적으로 연계될 수 있도록 패키지로 구축하는 것을 권장**함
□ 플랜트 설계/시공 단계의 안전기술 개발 외에도 **재난 발생 시 실시간 대응 기술도 필요하며, 사고 손상 이후의 복구 기술도 필요**

플랜트 기획과제 [총괄 자문요청서] (1차 총괄 자문)

〈한국건설기술연구원〉

1. 일반 질의: 다음은 플랜트(석유화학, 가스, 제철, 발전)의 "기획/설계/시공/준공/운영"의 전주기 프로세스를 파악하기 위한 질의입니다(그림 1 참조).

1.1 위의 플랜트 건설 프로세스 각 단계에서 단계별 담당주체 및 관리주체는 누구이며, 역할 및 범위는?

[김영민]
- 플랜트는 제품을 만들기 위한 설비와 이를 지지하는 구조물로 구성
- 제품생산량과 비용등을 고려하여 국내 혹은 국외에서 P&ID라는 기본적인 설비프로세스를 개발 혹은 구매하여 각종 설비들의 구성을 하고 플랜트부지에 이러한 설비 및 이를 지지하는 구조물로 구성된 GA(General Arrangement)를 작성
- 대기업 혹은 엔지니어링 회사에서 설비 기계 건축 토목 등의 전문팀으로 구성된 조직에서 담당분야에 대한 설계를 하고 시공을 한다.
- 시공이 완료되면 운영팀으로 이관하여 정해진 매뉴얼에 따라서 가동.

[유진우]
- 기획 단계 : 발전운영사(한국전력, 한국수력원자력 등 발전운영사)
- 설계/시공/준공 단계 : EPC사 주체, 발주처(발전운영사) 감독
- 운영 단계 : 발주처(발전운영사) 운영

[정석재]
1) 기획 : 사업주가 전체 사업을 기획, 총괄함.
- 석유화학, 제철 플랜트 : 대부분 민간사업으로 진행
- 발전, 가스 플랜트 : 대부분 공공사업으로 진행하나 발전플랜트의 경우 민간사업자도 있음.
  공공사업으로 진행되는 경우 : 한국전력공사, 한국지역난방공사, 한국가스공사가 사업주 역할
  발전플랜트의 경우 민간사업자(가령 포스파워)가 수행하는 경우도 있음.

2) 설계 및 시공 :
- 대형 플랜트 사업 : 대부분 EPC(Engineering, Procurement & Construction)가 담당함.
  국내 대부분의 대형 건설사는 사업주가 발주하는 플랜트 사업에 EPC사 자격으로 참여함.
  EPC사 역할 : 각 분야/공정별로 전문설계사(엔지니어링사) 및 전문시공기관에 외주
  EPC사의 분야/공정별 담당부서에서 전문기관의 설계 및 시공을 관리
  사업주 관리방식 : EPC의 업무를 관리하고 승인하는 조직을 별도로 두거나
  제3의 기관(3rd Party)에 의뢰함.
  예) oo화력발전소의 설계와 시공
  서부발전(사업주)이 발주
  대우건설(EPC사)이 설계와 시공 담당.
  한국전력기술(3rd Party)이 사업주를 대신하여 EPC사의 설계 및 시공을 관리.

3) 준공 :
- 설계 및 시공에 대한 준공업무: EPC사가 담당함.
- 준공 승인 : 준공 전 사업주가 시운전 등을 통해 기능, 성능을 확인하고 승인.

4) 운영 :
- 사업주가 직접 운영하거나 위탁 운영함.
- 최근에 해외 플랜트의 경우 EPC&M(Engineering, Procurement, Construction & Maintenance)사에 운영까지 맡기는 경우도 있음.

[지호청]

[표 1] 건설 프로세스 각 단계별 담당주체 및 관리주체

구 분	기획	설계	시공	준공
담당주체	POSCO	POSCO (국,내외사 외주)	(주)포스코건설 또는 건설기관	(주)포스코건설 또는 건설기관
관리주체	POSCO	POSCO	POSCO	POSCO
역할 및 범위	사업기획	**POSCO:** 외주발주용역 (E(P) 또는 EPC용역) **해외사 및 국내사기관** ((주)포스코건설 포함): E(P)또는 EPC설계수행	**POSCO:** 공사감독 **국내사 기관** ((주)포스코건설 포함): 건설공사	**POSCO:** 준공 관리 **국내외사 기관** **(**(주)포스코건설 포함): 설비 시운전 및 준공도작성

1.2 위의 플랜트 건설 프로세스 각 단계에 적용되는 국내/국외 법령/제도/규정/기준 등은 무엇인가요? 국내외 현장에 따라서는 어떻게 다르게 적용되는지요?

[김선웅]
1) 국내 관련기준

[표 2] 국내 플랜트시설 관련기준

시설 분류	관련법	담당부서	적용 시설	관련 기준	개정년도
건축물	건축법	국토교통부	2층 이상, 연면적 200m^{2}이상 건축물	건축구조기준	2018
가스시설물	도시가스사업법 고압가스 안전관리법 액화석유 가스의 안전관리 및 사업법	산업통상 자원부	액화석유가스저장탱크, 고압가스저장탱크, 도시가스저장태크, 지지구조물 및 기초 및 배관	가스시설 내진설계 기준 가스배관 내진설계 기준	2017 2017
압력용기	산업안전보건법	고용노동부	유체압력을 받는 밀폐된 용기	위험기계·기구안전인증 고시	2016
석유시설	석유 및 석유대체연료 사업법	산업통상 자원부	석유생산시설, 정제시설 및 비축시설	위험물안전관리에 관한 세부기준	2018
송유관	송유관 안전관리법	산업통상 자원부	송유관	송유관설치공사의 내진설계기준	2014
폐수종말 시설	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	환경부	폐수 송·배수시설, 폐수처리시설	폐수종말처리시설 설치 및 운영관리지침	2017
원자로 및 시설	원자력법	원자력안전위 원회	원자로, 방사성폐기물처분시설, 방사성폐기물처리저장시설, 핵연료주기시설	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙	2015
전력시설	전기사업법 건축법	산업통상자원 부 국토교통부	수력설비, 화력설비, 송변전설비, 변전소건축물 등	전기설비 기술기준 건축구조기준	2018 2018
공공하수 처리시설	하수도법	환경부	하수관거, 중수도, 배수설비, 분뇨처리시설 등	하수도시설기준	2017
전기통신 설비	전기통신기본법	미래창조 과학부	통신국사, 전원설비	방송통신설비의 안전성 및 신뢰성에 대한 기술기준	2016
공급시설	집단에너지 사업법	산업통상 자원부	집단에너지의 생산·수송또는 분배를 위한 시설	집단에너지사업법	2017

2) 국외 관련기준
- American Concrete Institute (ACI), Building code requirements for structural concrete: ACI 318M
- American Petroleum Institute (API), Welded storage tanks for oil storage: API 650, 2007
- American Society of Civil Engineers (ASCE), Minimum design loads for buildings and other structures: ASCE 7
- American Society of Civil Engineers (ASCE), Guidelines for seismic evaluation and design of petrochemical facilities, 2011
- American Society of Civil Engineers (ASCE), Design blast resistant buildings in petrochemical facilities
- American Society of Civil Engineers (ASCE), Wind loads and anchor bolt design in petrochemical facilities
- American Institute of Steel Construction (AISC), Steel construction manual
- American Institute of Steel Construction (AISC), Specification for structural buildings
- American Society of Mechanical Engineers (ASME), Boiler and Pressure Vessel Code, 2017
- American Welding Society (AWS), Structural welding code
- European committee for Standardization: Part 4 – Silos, tanks, and pipelines; Eurocode 8, Design provisions for earthquake resistance of structures, 2006
- New Zealand Society for Earthquake Engineering, Seismic design of storage tanks, 2009

[김영민]
- 국내: 기본적으로 국내 건축법(시행령 시행규칙 KBCs 등)에 따름.
- 국외: 발주처가 플랜트 건설기관(일반적으로 EPC기관) 입찰 시 제시하는 구매사양서(ITB)에 적용 기준 제시. 건축과 토목은 일반적으로 ACI, AISC, ASCE등을 기본으로 함.

[김태진]
- 플랜트시설 관련 내진기준 현황 첨부(국민안전처): [첨부 1]

[유진우]
- 건축구조기준(국토교통부), 원자력, 전력기술기준 등 다양
- 각 국가기준 상이

[정석재]
1) 국내 플랜트 건축물(공작물포함)
설계단계 : 건축법
시공단계 : 건축법, 건설기술진흥법
운영단계 : 건축법, 시설물안전관리에 관한 특별법
※ 기타 플랜트 관련 법령
- 발전용 각종 설비 : 전기사업법,
- 원자로 및 관계시설 : 원자력안전법
- 가스 공급 및 저장시설 : 도시가스사업법, 고압가스 안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법
- 압력용기, 크레인, 리프트 등 : 산업안전보건법
- 석유 정제, 비축, 저장시설 : 석유 및 석유대체연료 사업법
- 전기통신설비 : 전기통신기본법

2) 해외 플랜트 건축물
- 기본적으로 Local Regulation을 준수해야 함.
- 사업주가 제공하는 Project Specification에 적용/준수해야 하는 기준(시방서 포함)를 명시.
- Project Specification은 계약문서로 반드시 준수해야 함.

[지호청]

[표 3] 국내외 플랜트시설 관련기준

구 분	기획/설계	시공	운영
국내	산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률 산업입지및개발에관한법률 환경·교통·재해등에 관한 영향평가법 공유수면매립법 항만법 / 항공법 / 항로표지법 문화재보호법 공업용수공급규칙 하수도법 / 도로법 건축법 / 건축구조기준 국가공통설계기준 건설안전기본법 건설기술진흥법 화학물질관리법 고압가스안전관리법 액화석유가스 안전관리 및 사업법 도시가스사업법 소방기본법 위험물 안전관리법 화재예방, 소방시설, 설비 유지 및 안전관리에 관한 법률 소방시설공사업법 철도사업법 전기사업법 수질보전법 대기환경보전법 원자력법 에너지이용합리화법	공유수면매립법 항만법 / 항공법 / 항로표지법 문화재보호법 공업용수공급규칙 하수도법 / 도로법 건축법 고압가스안전관리법 액화석유가스 안전관리 및 사업법 도시가스사업법 소방시설공사업법 정보통신공사업법 오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 도시가스사업법 고압가스안전관리법 화학물질관리법 폐기물관리법 산업안전보건법 위험물 안전관리법 화재예방, 소방시설, 설비 유지 및 안전관리에 관한 법률 소방시설공사업법 철도사업법 전기사업법 수질보전법 대기환경보전법 원자력법 에너지이용합리화법	산업안전보건법 재난 및 안전관리 기본법 자연재해대책법 소방기본법 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 위험물 안전관리법 전기사업법 고압가스안전관리법 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 에너지 이용 합리화법 산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률
국외	국내와 유사하지만 현지 Lcoal법에 의한 현지 Local사 활용 Local법/ASTM/ASME IEEE693/IEC/ HE I/ NFPA	국내와 유사하지만 현지 Lcoal법에 의한 현지 Local사 활용	발주처 및 현지 Local법

1.3 각 플랜트 건설 단계에서 "안전"이라는 관점(지진/화재/폭발/누출 위험 위주)에서의 접근요소(혹은 위험요소)는 어떤 것이 있는지요?

[김영민]

1) 석유화학설비

- 기본적으로 화재와 폭발에 대한 설계가 기획단계에서 이루어짐.
- 연소원(fire source)에서 일정한 거리에 있는 구조부재 등은 맨톨라이트등으로 내화
- 방폭설계 적용

  대상: 폭발 발생시 설비를 긴급 중지 혹은 조정을 해야 하는 콘트롤빌딩 fire source등은 설비에서 제공하고 토목건축에서 이에 대한 설계가 이루어짐
- 유해물질

  대상: 독극물을 사용하는 제지공장 등 지진 시 설비 전도 등으로 유해물질 유출 시 긴급히 이송라인 정지를 위한 대응메뉴얼 필요

[유진우]

- 응력 및 변형에 따른 변형, 파단, 미작동, 누출 등 성능기준 설정 요함

[지호청]

1) 제철 플랜트 건설단계에서의 지진관점에서의 위험요소
- 국내 현행 설계기준상 위험물 저장 및 처리시설이 적어 내진특등급 해당 시설물은 많지 않음.
- 주로 인명안전 목표로 설계
- 중량물 설비가 많이 설치되는 제철소 플랜트 특성상 기능수행 요구 시 기존 구조물 및 설비들이 이에 부합될지 확신할 수 없음.
  - Over Head Crane 및 대차 등의 운송설비
  - 쇳물을 담는 용기 및 구동장치, SLAB / 코일 운송물
  - 저장설비형의 건물외구조물
  - 플랜트 각종 Utility 비구조요소의 지지구조물 등

2) 주로 건축구조물 보다는 건축구조물에 부착되는 설비 정착부가 주 관리 대상이 될 것으로 판단

3) 지진대응 설계가 필요한 설비자체의 구성요소
- 고려할 인자 등을 충분히 검토하기 어려운 여건: 주요설비 외자사에 의존 경향

2. 과제 관련 질의: 다음은 "플랜트 산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획" 이라는 기획과제와 관련한 내용입니다(그림 2 참조).

2.1 플랜트 건설의 사용 승인(국토교통부) 전 각 단계(설계/시공/준공)에 있어, "안전"관리를 위해, 제도적으로 개선해야 할 부분은 무엇인가요?

[표 4] 플랜트 안전관리 제도적 개선사항 자문의견 요약

전문가	자문의견
김선웅	• 기기와 구조물간 상대변위의 설계 반영 미비(충돌 등 고려) • 기계/장치 Support 설계 미숙. Vender가 설계하기 보다는 구조기술자와의 협업 필요 • 관련 내진설계 기준이 개정되면서 성능설계기준으로 변경(공통적용사항 준수): 구체적 설계방법론 부재 • 내진분야 전문성이 취약한 엔지니어가 활용 가능한 내진설계 가이드 필요 • 산업별로 세분화된 건물외구조, 비구조요소 설계기준 및 상세한 가이드 필요 • 정착부 별도 설계기준 필요 • 기존 구조물 내진성능평가 기준 필요
김영민	• 비구조요소, 건물외 구조에 대한 내진안전 확인절차 미흡 • 설비 내진요건의 구매/시공 후 확인 절차 정립 필요 • 유지관리: 설비 교체 시 구조안전 확인절차 정립 필요
김태진	• 2차피해를 고려한 내진설계 재해 시나리오 개발 및 대응체계 수립
유진우	• 다양한 설계기준의 통합 또는 일관성 부여 • 비 건설분야 엔지니어의 내진설계 경험/지식 부족 : 교육 또는 건축분야와의 협업 체계화
정석재	• 누락된 주요 구조물의 법적 관리대상 편입 • 배관, 설비 지지 구조물의 설계 및 시공 주체를 구조전문가로 정립 • 산재한 설계기준의 통합 및 유지관리 기준 필요 • 개별 플랜트 요소의 특성을 반영하기 위해 vender, manufacturer 제시 기준의 평가 승인 절차 필요 • 기기의 내진안전성 시험기준 필요 • 위험물 저장시설의 특별관리 절차 및 제도 필요
지호청	• 재래식 공법 적용 구조물의 특수구조 분류 완화 또는 폐지 • 일률적 성능기반설계 요구보다는 성능확보 가능한 사양기반설계 기준 정립 필요 • 설비 내진등급 수립은 필요하나 큰 틀만 제공하고 특등급 외에는 기업에서 자율적 관리 • 내진 성능시험 인증 기반구축 시 대형, 중량 설비 등에 대한 시험 요구조건 현실화(해석으로 대체 • 내진설계 대상 설비의 범위와 방법에 대한 현실화 필요

[김선웅]

1) 플랜트는 위험물 안전 관리법, 화관법, 건축법, 고압가스법 등의 규준을 따라서 설계를 하게 되는데 위험물 유출을 평가하고 성능을 만족하는 설계를 한다는 것은 현재로서는 어려운 이야기지만 일부 Tank 류 등에 붙는 배관 등은 변위에 대한 유동성을 고려해서 설계하고 있음. 하지만 기기와 구조물간 상대 변위를 고려해서 충돌 파손 등을 고려해서 내진설계를 하고 있지는 않음. 플랜트는 건축/토목/전기/계장/배관/기계(주로 회전기기)/장치(주로 static 기기)로 조직되어 설계를 하는데 내진설계는 건축에서 BEDD 정도 제공하고, 실제 기계설계시 기계/장치의 Vendor가 직접 전기/계장/배관 Support를 설계를 진행하는데 내진설계에 대한 이론 및 개념을 잘 모르는 상태로 적용을 잘못하고 있는 실정임. 다만, 구조물 위에 올라 가거나 건축에 검토 의뢰한 구조물에 대해서만 내진 설계 점검을 하고 있는 실정임. 예를 들어 고압가스법을 보면 최근 변경된 내진설계 기준이 성능설계 기준으로 변경 되었는데 (특A 신설) 현재의 플랜트 산업은 성능설계를 거의 적용하지 못하고 있는 실정임. 내진 기준이 산업에 비해 너무 앞서 나가고 있음.
2) 현재 플랜트 산업 특히 기기 Vendor 제작 기관들의 경우 내진설계 전문성을 가진 설계 인력을 고용하지 않고 자체 연구팀 내 인력으로 대충 적용하고 있기 때문에 내진 전문성이 매우 허약한 실정임. 이를 개선하기 위해서는 국내 설비 기기별 내진 (ASCE Seismic Guideline과 같이) 기준을 마련해 주는 것이 가장 좋을 것으로 보임.
3) 즉 기기별로 non-building structure, non-structural component 등의 R값 등 설계 기준을 정해 줄 수 있다면 가장 좋을 것으로 보이고 성능설계를 기준에서 요구하게 되면 수행할 수 있는 인력이 극소수가 되기 때문에 현실적으로 적용은 어렵다고 보이며 만약에 요구하게 된다면 기준에서 전문 구조설계 기관을 통해 설계 될 수 있도록 강제하면 되는데 이는 비용 증가로 업계의 반대가 있을 수 있음.
4) 건물외 구조물 (non-structural component) : 기기 종류가 워낙 많아 대표 Case 별 설계 방법 정리 필요
5) Non building structure (similar/non-similar to building) 구분 시 플랜트 특성에 따른 구조물(화공/발전/산업)별로 구분 하여 설계 기준 작성
   - Ex. 석탄화력: 보일러 구조물, ESP, FGD Structure, Stack, Piperack, 터빈동
     일례로 보일러 구조물은 보통 철골만 1~2만톤 정도 되는데 R값을 규준상에 무엇을 쓰느냐에 따라 기초 및 철골 물량이 엄청나게 변동 됨.
   - Ex. 화공: Equipment Structure, Piperack, Shelters, Reactor/Regenerator Structure, etc.
6) 기계 구조물의 내진설계 기준은 종류를 최대한 상세히 구분하고 영세 제작 기관에서도 쉽게 적용할 수 있는 기준이 작성 되면 아주 좋을 것으로 보임
7) 배관 및 Cable 등 구조물에 지지되는 hanger, support 등에 대한 기준도 있으면 좋을 것으로 보임.
8) 기존 구조물 내진성능평가 방법에 대해서도 기준이 있으면 좋을 것임.

[김영민]

1) 지진에 대해서 건축물 및 구조물에 대해서는 내진안전을 확인하고 있지만 비구조물(non structure) 건물외구조물(non building)에 대해서는 이러한 절차가 미흡한 것으로 사료된다.
2) 시공단계에서는 플랜트의 특성상 엔지니어링 이후에 설비가 확정되므로 이후 초기 엔지니어링 조건과 부합되는지를 구매 시공부서와 계속된 협의 및 검토가 필요하나 이러한 절차가 미흡하다
3) 준공후 유지관리 단계에서는 설비교체 및 용량증가 등에 따라 구조물 안전을 확인하여야 하는데 이러한 절차가 미흡하다.

[김태진]

1) 강진 이후 2차적으로 발생할 수 있는 재해(화재, 폭발 등)를 고려하여 주요 산단에 대한 재해 시나리오 개발 및 대응체계 구축이 필요합니다.

[유진우]

1) 다양한 설계기준의 통일
2) 건설 주체의 교육, 안전계몽활동
3) 현행 국내 건설/설계사의 내진설계 관련 제도적 문제점
   - 기계, 전기, 계장, 소방의 업무담당자들은 내진설계에 대한 경험 및 지식이 부족함. 필요 시 건축파트와 협업하거나, 건축구조설계사무소와의 협업을 연결하여 주고 있음.
   - 각 분야 설계지침들이 다양함.

예로, 전력시설물 설계지침서 개발에 관한 타당성 조사 연구 보고서-대한전기학회(2011.11)의 일부 내용 발췌

<표 2-3>은 특수전력시설물이나 특정 대상물에 대한 국내 전기분야 설계발주처 및 기관의 설계지침 관리현황이다.

<표 2-3> 설계발주처 및 기관별 설계지침 관리현황

발행처	명 칭
SH공사	- 전기설비 설계기준, 시방서 - 전기(소방) 설계기준 - 정보통신 설계기준, 시방서 - 승강기 설계기준, 시방서
한국전력공사	- 가공송전선로 설계기준 - 가공송전탑 설계기준 - 전력구조물 설계기준 - 지중케이블 포설기준 - 765kV 송전분야 시공절차서 - 송전선로 감리절차서 - 변전소 시공가이드 - 변전 설계기준 - 변전소 공사감리기준 - 배전선로 설계기준 - 배전선로 시공기준 - 배전설비 시공실무 - 자가용전기기술자 핸드북
한국전력연구원	- 가공분야 설계기준해설서 - 지중분야 설계기준해설서
LH공사	- 전기·정보통신 설계지침서 - 공사감독핸드북 - 전기·소방기준 - 전기·소방설비기준(옥외) - 전기·소방설비기준(정보통신설비)
한국수자원공사	- 전기전자통신공사 설계지침 - 설계도서작성지침
한국토지주택공사	- 전기, 정보통신 설계지침서
인천도시개발공사	- 설계과업지침서
한국전기안전공사	- 전기안전기술지침
한국산업인력공단	- 피뢰설비의 설치에 관한 기술지침
한국철도시설공단	- 전철전력설비시설지침
한국환경공단	- 하수종말처리시설 전기계측제어설비공사 설계지침
서울특별시	- 공공건축물 가이드라인 - 공공건축물 에너지절약 설계기준
대한전기협회	- IEC규격에 의한 전기설비 설계가이드 - 자가용전기기술자 핸드북 - 발·변전 규정 - 변전소 등에서의 내진설계지침서 - 변전소 등에서의 방화대책지침서 - 건축전기설비 내진설계시공지침서
LED 조명추진협의회	- LED 조명 핸드북
한국조명전기설비학회	- 조명 핸드북 - 조명공사표준시방서
한국전기공사협회	- 건축전기설비설계기준 - 전기설비 시공표준
해양수산부	- 항만설계기준 핸드북
국토해양부	- 건축물의 에너지절약 설계기준
건설교통부	- 고속철도전철전력시설지침 - 고속철도통신설비시설지침 - 철도설계기준 - 터널설계기준 - 터널공사 표준시방서 및 동해설 - 건축전기설비 설계기준 - 건축전기설비공사 표준시방서
국방부	- 병영시설 유형별 설계기준 - 설계도서작성 실무지침서

[그림 1] 전력시설물 설계지침서 개발에 관한 타당성 조사 연구 보고서-대한전기학회(2011.11)의 일부 내용 발췌

[정석재]

1) 건축법에서 '건축물' 및 '축조신고를 해야 하는 공작물'로 분류되지 않는 구조물은 법적 관리대상에서 제외되어 제대로 관리되고 있지 않음.
2) 보일러건물, 파이프랙 등 각종 배관이나 설비를 지지하는 구조물의 설계(인허가 포함) 및 시공 시 감리 등은 구조 공학적 이론과 내진설계 개념이 있는 구조전문가가 주체가 되어야 함.
3) 여러 소관부처 및 유관기관에 산재되어 있는 플랜트 내 각종 시설물에 대한 기준을 통합한 설계기준과 유지관리기준이 필요함.
4) 구조 및 내진 안전에 필수적인 사항은 통합된 설계기준에 포함시키고, 각각의 플랜트 특성에 따라 요구되는 개별적인 사항은 Vendor나 Manufacturer가 제시하는 기준을 평가하고 승인하는 절차나 제도 포함하는 것이 바람직. (수많은 플랜트 설비 사양을 만족하는 통합된 기준을 만들 수는 없으므로)
5) 주요 기기에 대한 지진 안정성을 실험적/해석적으로 검증하고 승인하는 절차, 제도 필요
6) 재난 시 큰 피해를 일으킬 수 있는 플랜트 설비(위험물 저장시설 등)를 지지하는 구조물은 건축법의 '특수구조건축물'과 같이 설계 및 시공 단계에서 특별히 관리될 수 있는 법적, 제도적 장치 필요
7) 기기와 구조물의 연결부, 전기설비와 구조물의 접합부, 앵커부 내진설계 미흡.
8) 장대형 또는 중량, 구조물 및 기기 설치 시 단계별 안전을 확인하는 절차 및 제도 미흡

[지호청]

1) 철골 재래식 공법 적용 특수구조 건축물 분류 완화(경간 20m → 40m) 또는 폐지 요청건
   - 현행 건축법 시행령 제2조에 기둥과 기둥사이 20M 이상인 건축물인 경우 특수구조 건축물로 분류되어 사전 심의대상이 되고 있습니다. 이 조항은 과거 경주 마우나 적설하중에 의한 지붕 붕괴사고후, 법 개정된 사항으로 해당 건축물은 PEB구조물인 특수공법을 적용한 구조물로서 특수구조 건축물로 분류 하여 관리하는 것으로 이해가 되지만 제철 플랜트에 적용되고 있는 구조물은 대부분 구조시스템이 재래식 공법으로 모멘트저항 시스템 또는 트러스 구조물이 일반 재래식 공법의 기둥과 같이 연결되어 강체 구조물로 거동되고 있습니다.
   - 대부분 제철플랜트 구조물이 이 조항에 해당되어 인허가시 특수 구조물 사전심의 대상이 되어 행정적으로 많은 불편함 및 시간소요를 초래하고 있는 실정으로 비구조요소에 대한 내진설계관리 까지 모두 정부에서 관리한다고 하면 실무

적인 측면에서 많은 애로가 발생합니다. (설계용역비와 공기는 짧은데 관리 포인트는 너무 많이 발생되는 상황)
- 따라서 정부에서 보편적으로 적용하고 있는 일반 재래식 공법까지 관리하는 것이 아닌가 하며, 철골조로 재래식 공법을 적용한 경우 기존 기둥 Span 20m에서 40m로 개정 또는 폐지되었으면 합니다. (단, PEB구조물은 특수건축구조물로 분류하여 관리)

2) 내진 안전 통합관리 패키지 구축 제도화건
- 내진등급분류는 설비 중요도와 관련이 있지만 설비별 특성이 모두 다르므로 일의적으로 모두 기준화 하기는 어려움. 포괄적인 중요도 등급은 기준화하여 등급을 구분하되 건축주별로 세부 설비 중요도 분류를 사전 정립하는 권고 장치 제도화가 필요할 것으로 판단됨.(특등급은 별도 관리필요)
- 국가에서 너무 세부적인 것까지 관리항목 및 절차를 관리하는 것이 아닌지? 큰 그림만 국가에서 관리하고 세부사항은 건축주 및 민간에서 자율적으로 관리하는 방안도 모색 필요
- 플랜트 구조물의 성능기반 내진설계를 의무적으로 해야되는지?
  플랜트 특성상 일반건축물과 달리 다양한 공종의 설비와 연관되어 있고 복잡성 및 수많은 설계자료에 의해 Fast Track으로 설계되고 있으므로 현실적으로 성능기반 설계는 적용이 어려울 것으로 판단됨.
  → 건축주가 요구시 성능기반 설계를 하는 경우에 한해 성능기반 내진설계 반영

3) 내진 성능시험 인증 기반구축시 재도화건
- 플랜트 설비의 경험 중량 및 실물 크기가 크고 성능시험 불가한 설비가 많이 발생되며 또한, 제한된 시험장소에 국내전 플랜트 설비를 수행하기는 현실적으로 불가하므로 시험외에 해석적 방법을 제시할 수 있는 설계지침 Guide도 필요함.

4) 비구조요소 내진설계 절차관련
- 인명안전 또는 기능수행별로 목표설정에 따라 관련 업계별 경제적 투자 비용이 많이 다를 것으로 판단됨. (제철의 경우 위험물 저장 및 처리시설이 적어 현행 기준상 내진특에 해당되는 시설물이 적음)
- 인명피해가 없이 설비의 지진 피해 파손시 교체가 쉬운 설비의 내진설계 대상으로 삼을 필요가 없을 것으로 사료됨.
- 비구조요소(설비)의 내진성능 평가시 설비자체와 정착부와 함께 평가를 해야되는데 주로 실험에 의해 검증되어야 할 것으로 보임. 설비자체의 내진성능평가를 단순히 요구되어진 지진가속도에 대해 진동 실험에 의한 저항여부 합격여부에 따라 판단되는바 평가 판단기준을 정량화 하기가 상당히 어려울 것으로 판단됨. -- 측정된 변위 및 응력의 결과치가 기기성능에 어떤 영향을 주는지 그 판단 기준을 정의가 어려움.
- 해석적 모델링 검토의 어려움과 실험결과를 비교할 수 있는 것도 한계가 따를 것으로 보임.
- 실험이 요구될 경우 기관의 비용 및 공기에 많은 영향을 줄것 같음. (참고로 방송통신법의 내진시험방법을 국립전파연구원에서 고시, 정부 발주 공사시 시험결과를 요구하고 있으나 시험소가 4개소밖에 지정되어 있지 않아 많은 시간 대기와 비용발생으로 기관의 불만이 많다고 신문기사에 나온 사례도 있음)
- 건축분야에 국한한다면 주로 정착부가 주요 핵심대상이 될 것 같으며, 설비자체에 대한 구체적인 내진설계 방법 및 절차가 없음.

2.2 플랜트 건설의 단계별(설계/시공/준공)"안전"관리를 위해 기술적으로 개선하거나 연구사업이 필요한 부분은 무엇인가요?

[표 5] 플랜트 안전관리 제도적 개선사항 자문의견 요약

전문가	자문의견
김영민	• 대형설비-지지구조물 상호작용 검토 기술
김태진	• 유지관리에 필요한 데이터를 포함한 BIM 모델링 기술
유은종	• 지진후 피해복구 기간, 비용, 2차피해 위험성 등을 성능지표화한 설계기술 개발 및 이들 성능지표에 기반한 적정 내진성능 목표 설정 • 지진격리장치, 내진스토퍼, 댐퍼, 진동감시 장치 등의 기술 개발

전문가	자문의견
유진우	• 성능수준별 허용기준, • 신축이음 등의 성능기준 및 제품 개발 • 비구조요소와 지지구조물의 통합 해석 기술 또는 개별 해석후 통합 검토 기준
정석재	• 플랜트 설비의 분류 체계 및 내진 중요도 정립 • 다양한 건물외구조물의 내진설계계수 및 내진설계 절차 수립 • 플랜트 구조물에 적합한 면진, 제진 시스템 개발 및 설계 절차 수립 • 노후화 플랜트 시설물의 내진성능 평가 (내진)성능 향상 기술 개발 • 석유화학 공장의 위험물 폭발 설계기준 수립
지호청	• 플랜트 내진설계 범위 및 성능목표 설정 • 설비 분류 및 중요도 등급 부여 체계 수립 • 비구조요소, 건물외구조의 상세 분류별 설계계수 정립 • 해외 설비공급사의 사용기준과 통용 가능한 기준 수립 • 플랜트 특성에 적합한 • 비구조요소 내진설계 대상 의무 범위 규정 및 건축주와의 협의 절차 • 플랜트 비구조요소 설계절차(Fast Track 설계에 적용할 수 있도록) • 비구조요소의 다양성 수용방안 • 설계도서 작성 요령 및 관리 시스템 체계화 • 구조형식이 복합된 경우 해석 및 설계 방법 제시 • 실제 사례를 반영한 정착부 내진설계 기준 수립 • 비구조요소 내진설계 예제 • 비구조요소 내진성능 시험 체크 리스트 • 지진피해 사례 조사를 통한 설계 고려사항 및 착안점 발굴 • 제철분야에 특화된 내진설계 지침

[김영민]

1) 설계단계에서 각종 비구조물 설비등에 대한 내진설계가 독립적으로 검토되지만 대형설비등은 지지구조물과 상호작용(interaction)에 의해서 증폭될 수 있어 이러한 설비와 구조물과 동시 검토가 필요하다.

[김태진]

1) IOT 등을 이용한 실시간 모니터링 시스템 개발도 필요하겠습니다.
2) 신축의 경우 설계를 위한 BIM(Building Information Model)에 유지관리를 위한 데이터까지 포함할 필요가 있겠습니다.

[유은종]

1) 성능기반설계 개념의 도입을 통한 국내 기존 설계기준의 개선
   → [첨부 2] Resilience-based design 관련 ppt (이하 ppt)
   → [첨부 3] Resilience-based design 관련 논문

- ppt 13-18 페이지에 걸친 내용의 요지는 “산업시설의 성능기반 내진설계에서는 기능유지가 중요하므로 기존의 일반건물대상 성능기반내진설계만으로 부족하다” 로 생각됨.
- 관련해서 큰 그림으로 Resilience based design을 도입 (혹은 언급)하면 좋을 듯 합니다.
  Resilience는 회복탄력성, 혹은 회복력으로 번역하고 있는 듯 한데 “회복력 기반 성능기반설계”가 어떨까 합니다.

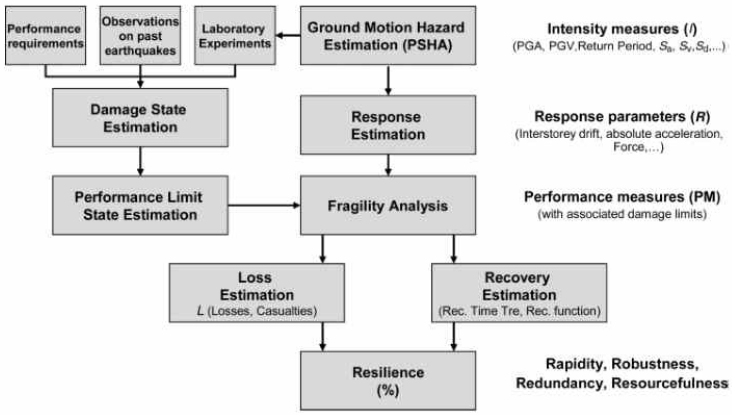


Figure 2. Performance assessment methodology (MCEER approach) (Cimellaro *et al.* 2009a)

[그림 2] Resilience-based design 접근 방식

- 전체 개념은 위의 그림을 참조할 수 있는데 기존의 성능기반설계법과의 차이점은

1. 평가의 결과물이 단순한 성능수준의 파악이 아니고 손실액(Loss), 가동중지기간(Downtime)으로 나타남. : 이 개념은 차세대 성능기반설계 (FEMA 445, FEMA P-58)과 같고 위의 그림에서 Recovery estimation과 Resilience를 제외한 부분입니다.
2. 즉, 지진발생시 피해가 발생하기 않도록 하는 것만을 목표로 하는 것이 아니고 피해가 발생한다는 가정하에 얼마나 빨리 그리고 적은 비용으로 회복하여 경제적인 손실을 줄일수 있는가를 주안점으로 하여 설계하는 개념으로 생각됩니다.
3. 산업시설은 많은 공정이 유기적으로 결합되어 있어 일부 공정의 가동중지가 전체 생산시설의 중지를 가져올 수 있으나 실제적으로 모든 공정에서 기능수행을 달성하기 힘들다는 점. 또한 지진을 포함한 비상시에는 shut-off 계획을 가지고 있으므로 유용한 개념으로 판단됩니다.
4. 유해물질유출로 인한 2차피해가 우려되는 화학공장의 경우는 Loss estimation에 2차피해의 영향을 고려할 필요가 있고 전체 성능목표도 기능유지 뿐 아니라 인명안전 (원자력발전소와 유사하게)도 강조될 필요가 있습니다.

- 위에서 1,2는 공장내 개별 설비의 설계에 적용될 수 있고 이를 위해서는 ppt 18페이지 하단에 제시된 사항의 개발이 필요할 것입니다.
- 3,4는 공장전체의 전역적인 지진피해예측에 관련된 것으로 HAZUS와 같이 정밀하지는 않지만 확률에 기반한 이론적 tool 필요

- 일부에서는 산업시설의 중요도를 지나치게 과대평가하고 또한 이를 단순히 설계지진의 크기만을 상향시켜 해결하려는 움직임이 있습니다. 이에 대한 코멘트도 가능할 듯 합니다. (산자부의 '에너지시설 내진성능평가 공통적용사항'에서는 산업시설을 '핵심시설', '일반시설', '기타시설'로 분류하고 설계지진을 각각 0.3g, 0.22g, 0.154g로 설정)
- 산업시설이 중요하기는 하나 인명안전에 직접적으로 관련된 건물보다 너무 과대평가할 필요는 없다고 생각합니다. 또한 산업시설은 가동연한이 건물보다 짧으므로 (보통 30년?) 이를 고려하여 설계지진을 조정할 필요도 있습니다.
- 위의 이론적 tool이 개발되면 일반건물 대비 산업시설의 적절한 risk 목표설정가능

2) 요소기술 개발
- 구조물과 설비의 vulnerability 감소 + resilience 상향
- 지진격리장치, 내진스토퍼, 댐퍼, 진동감시 장치 등

[유진우]
1) 성능수준별 허용기준 개발
2) 비구조요소의 EJ 신축이음의 성능기준 및 제품개발
3) 국내 건설/설계사의 내진설계의 기술 측면에서의 현황 및 문제점
- 국내의 발전시설 및 중동지역 등 중·약진지역의 해외 프로젝트가 대부분 내진설계 경험.
- 내진설계는 건축·토목구조물 위주로 반영됨.
- 탱크구조물의 경우 미국 API 기준 또는 국내 소방방재청 기준에 준하여 설계됨.
- 배관분야의 경우만이 유체응력 설계 시 내진설계를 반영하고 있음. 그러나 건축물 또는 Piperack 등의 지지구조물의 지진응답에 따른 변형을 반영하지 못하고 있음. (이유는 배관설계의 프로그램과 구조물설계의 프로그램이 상이하고, 호환도 안됨.)
- 원자력의 경우 층응답스펙트럼에 기초하여 equipment 및 비구조요소의 내진설계를 진행하고 있음.

[정석재]
1) 플랜트 설비의 분류 체계 및 내진 중요도 정립
2) 다양한 건물외구조물의 내진설계계수 및 내진설계 절차 수립
3) 플랜트 구조물에 적합한 면진, 제진 시스템 개발 및 설계 절차 수립
4) 노후화 플랜트 시설물의 내진성능 평가 (내진)성능 향상 기술 개발
5) 석유화학 공장의 위험물 폭발 시 폭발하중 산정과 설계방법 정립, 기준화 필요 (현재 국내기준에는 없음)

[지호청]
1) 플랜트 내진설계 적용대상 및 성능 목표설정 필요
- 건축물
- 건물 비구조요소
- 건물외구조

2) 산업플랜트 특성별/설비별 중요도에 따른 내진설계 등급 기준화 및 세부 설계지침기준 정립
- 플랜트 설비 특성상 중요도 등급 분류는 설비종류가 워낙 다양하고 현행 기준상으로도 세부적인 기준이 없어 다소 주관적인 판단사항이 있을수 있고, 분야별 관련 이해당사자가 많아 건축분야 전문가가 결정하기가 어려움. 설비별 특성/기능 고려하여 설비분류에 따른 중요도 부여가 필요하지만 이를 분류하는 체계를 어떻게 가져가야 할지 모색필요
- 건축구조 KBC 기준의 기계/전기 비구조요소 및 건물 외구조 내진설계시 각종 계수(중요도계수, 반응수정계수, 증폭계수 등)가 플랜트 설비특성 구체화가 미약함. 최소한 미국 ASCE 기준에 따른 세부 분류 체계도입 및 국내 실정에 맞는 분류체계 설정필요. 가령, 전기판넬 Switch gear인 경우(비구조요소) 설비 유형별로 공통적용 사항이 많은데 국내기준을 보면 내진설계 계수 분류가 애매 모호하지만 ASCE의 경우 국내보다 다소 구체적으로 명시되어 있음.
- 제철 플랜트 설비는 주로 설비공급사가인 외국사가 Global 기준(ASME, IEE693, IEC, HEI, NFPA, API 등)을 따르고 있으므로 내진설계 기준수립시 국제적으로 통용될수 있는 기준 수립필요
- 비구조요소의 내진설계 적용대상 의무가 필요한 경우 또는 건축주와의 협의에 따르는 대상설정이 필요 할 것 같음. 또한, 플랜트 구조물은 수많은 설비인 비구조요소를 구성되어 있으므로 비구조 요소의 내진설계 반영시 구조체의 내진설계와 동시에 진행이 불가능한 경우가 많음. 플랜트 특성에 맞는 내진설계대상 및 설계절차 규정 필요 (원인:Fast Track 설계 + 비구조요소 수가 다양하고 많음)
- 비구조요소에 대해 공종별 설계시 의사소통의 표준화를 위해 각설비 비구조요소에 대한 도면상의 하중자료 및 내진설계시 필요한 Bracing을 도면에 표기하는 방법 등 해외사 벤치마킹 필요(해외의 관리시스템도 파악필요). 별첨 미국의 사례로서 "ISAT(비구조요소 Bracing 시공 엔지니어링 기관) 기관"을 보면 미국에서는 어느정도 체계화가 되는 것 같음.
→ [첨부 4] 비구조요소 Bracing 시공 관련 미국 사례
- 국내 KBC 기준상 건물외 구조 지진력 저항시스템의 경우 글자로 표현되어 있어 정확한 의사전달이 되지 않은 것 같음. 가령, Silo가 하부 철골구조물로 지지하는 형태의 구조물인 경우(건물외 구조)로서 철골구조물은 SCBF로 설계가 가능한지 (현행 기준은 탄성거동 개념으로 낮은 반응수정계수 적용)와 이때 Silo를 설계할 경우 반응 수정계수의 차이도 있기 때문에 별도 분리하여 모델링하여 설계 해야하는지 등 설계절차가 구체적으로 언급이 되었으면 좋겠습니다.

- 플랜트 구조 및 비구조요소 설계시 피해사례로 많이 차지하는 정착부(선매입식, 후설치식 앵커) 내진설계기준 방안 수립 및 사례 반영
- 비구조요소에 대한 내진성능 평가 및 설계를 위한 내진설계 예제 매뉴얼 작성 및 내진성능 검증실험 결과에 대한 Checklist 작성화도 필요(건축주도 알수 있게)
  → 평가결과(응답가속도,변위 등) 포함

2) 플랜트 특성상 지진재해 피해사례 조사를 통한 설계고려 및 착안사항 발굴필요

3) 제철분야 내진설계 지침
- Over Head Crane 및 대차 등 운송설비의 내진성능 설계지침
  운송물(쇳물, Slab, 코일 등)의 중요도 또는 사용목적(조업, Maintenance)에 따른 내진설계 등급 기준화
- 쇳물을 담는 구동용기를 지지해주는 축 또는 Base의 내진성능 설계지침
- 각종 저장설비 및 공동가대 등 비건물형 건물외구조물의 내진성능 설계지침(저장물/공동가대의 위험도/중요도에 따른 내진설계 등급 기준화)
- 플랜트 Utility 설비등 비구조요소의 지지구조물 내진성능 설계지침(폭발성 Gas 배관, 소방배관, 전기판넬, 변압기 등)
- 플랜트 지하구조물(Culvert 및 Cellar)에 대한 내진성능 설계지침

2.3 플랜트 건설의 각 단계별 위험요소에 대한 "안전 통합관리"를 위해 국토교통부에 요구되는(혹은 개선이 필요한) 역할은 무엇인지요?

[유진우]
1) 유관부서와의 합의를 통한 다양한 설계기준의 통일
2) 비구조요소의 내진설계 확인절차 강화 또는 인증 제도화

[지호청]
1) 본과제를 통해 향후 국토교통부에서 플랜트 설비에 대해 안전통합관리 패키지 구축을 한다고 하는데 제도적으로 현행 기준외에 별도 추가적으로 관리한다는 내용인지와 그럴경우 어떻게 관리한다는 내용인지요? 이 내용에 따라 많은 변수 및 문제점이 나올수 있을것 같습니다.

2) 예를 들어 기존 플랜트 구조물의 내진성능 평가를 해야된다고 하면, 과거 수행된 PJT의 경우 설비 자료들이 부재하거나 (설비제원자료 및 하중자료 등) 도면이 없는 경우가 많습니다. 구조물이 워낙 복잡하고 설비가 많아 검토가 불가한 경우가 많이 발생될 것으로 판단됩니다. 이 경우 대책방안도 모색이 필요할 것 같음.

3) 안전 통합관리의 세부내용들의 관리 포인트들이 현실의 여건을 고려하지 않은 너무 정부 지향형 관리로 흘러가지 않을까 하는 염려가 있어 조심스럽습니다. (개인적인 사견임)

3. 기타 질의

3.1 플랜트 건설분야 전문가로서 "플랜트 안전"과 관련하여 건설기관/학회/정부부처를 포함한 다양한 참여 주체들이 개선해야 할 부분에 대해 자유롭게 말씀해 주십시오.

[김태진]
신축과 기존 플랜트에 대하여 내용을 분리하여 기획할 필요가 있겠습니다. 기존의 경우 국내 플랜트의 내진성능평가 및 보강에 대한 기술개발을 목적으로 하고, 신축의 경우 국내에 신설되는 플랜트가 감소 추세에 있는 것을 고려하여 해외 진출형 설계기술 개발에 집중하는 것이 좋겠습니다.

[유진우]

1) 과제 쿠킹기획 방향

- 비구조요소 / 건물외구조물의 성능수준의 정의 필요
  → 성능수준별 허용기준 개발
  → 비구조요소의 손상 정도에 따른 기능수행 정도 등 위험도 평가기준과 허용변위 등 설계기준이 equipment별/소요성능 별 정리가 될 필요가 있음.
- 내진설계기준의 통일 필요 → 국토교통부(KBC2016), 원자력, 전력기술기준 등 기준이 다양함.
- 배관 및 비구조요소의 내진설계 시, 건축물의 변형 및 drift 반영이 안됨.
  → 일정규모 또는 중요도가 높은 구조물의 경우에는 건축구조물과 함께 해석모델링을 한다든지…
  → 건축물의 최대 발생 가능한 층별 drift를 구조물의 특성을 반영하여 제시하고, 이를 비구조요소 설계에 가정조건으로 준다든지..
  → 건축물의 E.J를 cross하는 배관 및 비구조요소의 경우 설계상 hold point로 관리하여, 놓치지 않도록 안전장치를 마련한다든지…
- 기계, 배관, 전기, 계장, 소방 엔지니어들을 위한 교육 계획이 필요.
  → 경력 인증 시 필수교육 이수항목으로써 교육시간을 마련한다든지…

[지호청]

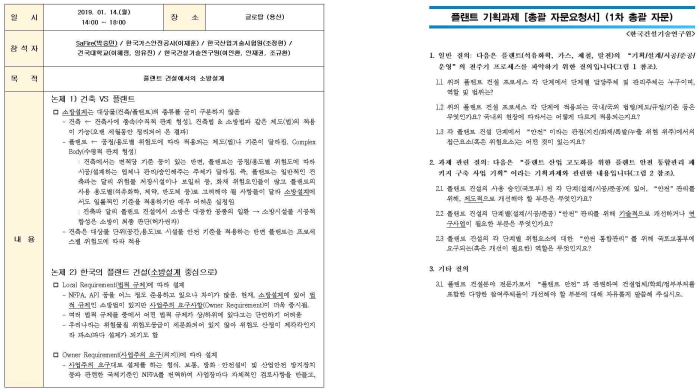
플랜트 통합 안전관리시스템 구축을 위한 제도화 마련을 위해서는 이해관계자의 입장이 모두 달라 많은 어려움이 예상됩니다. 건축주는 물론 관련 엔지니어 입장에서는 많은 비용과 시간이 소요되어 제도도입에 많은 불만을 제기할 소지가 있으므로 해외사례를 벤치마킹을 하여, 국가에서 관리하는 Point(너무 정부중심형으로 가는 경향이 있음)와 민간에서 관리해야 되는 Piont, 건축주가 관리해야 되는 Point등을 감안하여 종합적으로 프로세스를 검토하여 시스템을 구축하면 좋겠습니다.

- □ (플랜트 건설 프로세스 각 단계에서 단계별 담당/관리주체) 플랜트는 기계설비와 시설물의 종합 시스템으로서 플랜트에 시공되는 개별설비 제작사 또는 조립과 연관성이 높은 EPC사가 개별 매뉴얼 또는 Licence를 토대로 안전설계를 실시하고 있음. 이는 **일관성 없는 안전설계로 이어져 안전성 확보의 불확실성이 발생될 우려가 있으므로 정부차원에서의 지원 필요**
- □ (플랜트 안전 관련 제도 현황) 우리나라는 **플랜트 안전과 관련된 제도가 여러 정부부처의 소관법으로 분산**되어 있어 **플랜트 산업 활성화를 저해하는 요인으로 작용할 수 있으므로, 통합적인 제도로 개편하여 간소화할 필요가 있음**
- □ 플랜트는 생산목적별로 취급 물질 종류 및 양이 다르므로, 재난으로부터 안전성을 확보하기 위해서는 우선 **위험도를 평가하여 그에 따른 안전설계의 정도를 결정**하는 것을 권장
- □ 플랜트는 재난 원인이 화재/폭발에 많이 치우쳐 있으므로 그에 따른 안전기술 개발 및 제도를 개선하는 것을 권장하며, 특히 최근 **울산, 경주를 중심으로 지진 등이 빈번하게 발생되고 있어 울산을 중심으로 한 석유화학단지에 대한 내진성능을 강화할 필요가 있음**. 다만, 지진은 국소적 화재/폭발과 달리 플랜트 Site 전반에 걸쳐 영향을 주므로, 시설물 외에도 개별 설비의 내진성능을 강화할 필요가 있음

회의록

일 시	2019. 01. 14.(월) 14:00 ~ 18:00	장 소	교보빌딩 (8산)
참석자	SaiTong(책임연구) / 한국도산하공사(이재훈) / 한국산업기술시험원(조창원) / 건국대학교(이태환, 정유진) / 한국건설기술연구원(여인환, 안재현, 조규환)		
목 적	플랜트 건설에서의 소방설계		
내 용	논제 1) 건축 VS 플랜트 □ 소방설계는 대상물(건축/플랜트)에 종속을 갖기 구분적지 않음 - 건축 → 건축사에 '종속(수직적 관계 형성), 건축법 & 소방법과 같은 체도(법)의 적용이 가능(오랜 서월동안 정의되어 온 결과) - 플랜트 → 공정(종도별 위험도에 따라 적용하는 체도(법)나 기준이 달라짐, Complex Body(수평적 관계 형성) 건축에서는 변화당 기준 정이 있는 반면, 플랜트는 공정(종도별 위험도에 따라 사업(설계하는 업체나 관리(승인)해주는 주체가 달라짐. 즉, 플랜트는 일반적인 건축과는 달리 위험을 처장시킬거나 조일의 방, 화재 위험요인들이 많고 플랜트의 사용 용도별(석유화학, 제약, 반도체 중)로 그때에라 될 시험들이 달라 소방설계에 서도 일률적인 기준을 적용하기란 매우 어려운 실정임 건축과 달리 플랜트 건설에서 소방은 대경한 공종의 일환 → 소방시설을 시공적 할당은 소방이 최종 판단(허가/인증) - 건축은 대상물 단위(동간,용도)로 시설물 한의 기준을 적용하는 한면 플랜트는 프로세스별 위험도에 따라 적용 논제 2) 한국의 플랜트 건설(소방설계 중심으로) □ Local Requirement(법체 규제)에 따라 설계 - NFPA, API 등을 비는 법도 준용하고 있으나 의무가 많음. 반대, 소방설계에 있어 법적 근거인 소방법이 있기만 사업주의 요구사항(Owner Requirement)이 아주 중시됨. - 여러 법적 규제를 중에서 어떤 법적 규제가 상위하에 있다고는 단언하기 어려움 - 주려나하는 위험물질 위험도등급이 서로르러서 있지 않아 위험도 산정이 제각각인지라 재소마다 설계가 조기도 함 □ Owner Requirement(사업주의 요구)(비지)에 따라 설계 - 사업주의 요구(에로 설계를 하는 협의. 보통, 협회 '안정성이 및 산업안전 방지장치 등에 관한한 국제기준인 NFPA를 법적하여 사업일라나 지체적인 컨트사항을 반영고,		

대면조사 회의록



플랜트 기획과제 [총괄 자문요청서] (1차 총괄 자문)

<한국건설기술연구원>

1. 일반 질의: 다음은 플랜트(석유화학, 가스, 제철, 발전)의 "기획(신계/사공/준공/준정)" 의 전구기 프로세스를 파악하기 위한 질의입니다(그림 1 참조).

1.1. 귀의 플랜트 건설 프로세스 각 단계에서 단계별 업장주체 및 관리주체는 누구이며, 역할 및 법위는?

1.2 귀의 플랜트 건설 프로세스 각 단계에 적용되는 국내(외의 법령(체크리스트)규칙(기준 등은 무엇인가요? 국내외 현장의 타이서는 어떻게 다르게 적용되는지요?

1.3 각 플랜트 건설 단계에서 "안전" 이라는 관점(시간(회계)측면)을 위한 체주)에서의 접근프로(혹은 위험요소)는 어떤 것이 있는지요?

2. 과제 관련 질의: 다음은 "플랜트 산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획" 이라는 **기획과제에 관련한** 내용입니다(그림 2 참조).

2.1. 플랜트 건설의 사용 승인(국토부) 전 각 단계(설계/사공/준공)에 있어, "안전" 관리를 위해, 체크적으로 개선해야 할 부분은 무엇인가요?

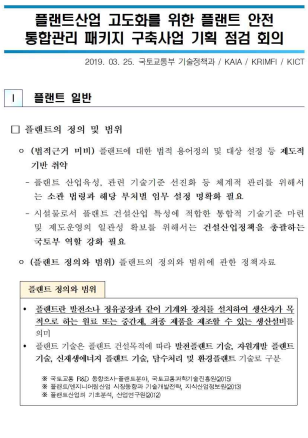
2.2 플랜트 건설의 단계별(설계/사공/준공) "안전" 관리를 위해 기술적으로 개선하거나 보구사항이 필요한 부분은 무엇인가요?

2.3 플랜트 건설의 각 단계별 위험요소에 대한 "안전 통합관리" 를 위해 국토교통부에 요구되는(혹은 기대의 필요한) 역할은 무엇인가요?

3. 기타 질의

3.1. 플랜트 건설분야 전문가로서 "플랜트 안전" 과 관련하여 건설업체(학회)협회/정부부처를 포함한 다양한 업계주체들이 개선해야 할 부분에 대해 자유롭게 말씀해 주십시오.

총괄자문 요청서



플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업 기획 점검 회의

2019. 03. 25. 국토교통부 기술정책과 / KAIA / KRIMFI / KICT

Ⅰ 플랜트 일반

□ 플랜트의 정의 및 범위

- **(법적근거 미비)** 플랜트에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 등 **체도적 기반 취약**
  - 플랜트 산업육성, 관련 기술기준 선진화 등 체계적 관리를 위해서는 **소관 법정과 해당 부처별 임무 설정 명확화 필요**
  - 시설물로서 플랜트 건설산업 특성에 적합한 통합적 기술기준 마련 및 제도운영의 일관성 확보를 위해서는 **건설산업정책을 총괄하는 국토부 역할 강화 필요**
- **(플랜트 정의와 범위)** 플랜트의 정의와 범위에 관한 정책자료

플랜트 정의와 범위

- 플랜트란 발전소나 정유공장과 같이 기계와 장치를 설치하여 생산자가 목적으로 하는 원료 또는 중간재, 최종 제품을 제조할 수 있는 생산단위를 의미
- 플랜트 기술은 플랜트 건설목적에 따라 **발전플랜트 기술, 자원개발 플랜트 기술, 신재생에너지 플랜트 기술, 담수처리 및 환경플랜트** 기술로 구분

※ 국토교통 R&D 통합조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원(2015)
※ 플랜트(엔지니어링산업 시장동향과 기술개발전략, 지식산업정보원(2013)
※ 플랜트산업의 기초분석, 산업연구원(2012)

- 1 -

요약보고서

[그림 3.1.6] 문제정의 및 기획방향 설정 증빙자료(Bottom-Up)

o 기획연구 방향 문제정의 해결을 위한 Two-Track 전략 수립

- Track 1 : 연구진 회의(4회) / 전문가 자문그룹 활용 / 공개 세미나(1회) 의견 수렴
- Track 2 : KAIA 추천 전문가(제도/기술/시험인증평가 부문) 자문위원 의견 수렴

o (결과) 국토교통부 관점에서 사업 추진방향 및 중점추진분야 및 기술수요 대상 및 범위 선정 도출

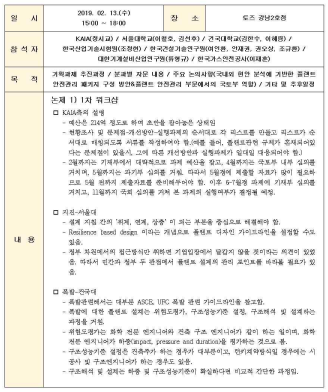
(2) 중점추진분야 / 기술수요대상 선정

〈표 3.1.4〉 사업 추진방향 및 중점추진분야 도출

1 국토교통부 의견	2 플랜트 일반 부문 전문가 의견
□ 대규모 복합사업의 특성상 민간 리스크 경감을 위한 정부주도의 전략적 지원 중요 □ 제도/정책 부분에서의 정부의 역할과 더불어 기술 부분에서의 민간의 적극적인 참여를 유도할 필요 □ 유지관리 및 비상시 대응 등의 고려 필요 □ 플랜트 생애 전주기 안전설계 및 관리에 관한 것 □ 제도를 뒷받침하는 기술의 개발 및 정책연계	□ 플랜트는 취급 물질의 위험 수준에 따라 위험도가 달라지며, 각 종 재난으로부터 안전성을 확보하기 위해서는 위험도를 먼저 판단하여 이에 맞는 안전설계가 필요 □ 플랜트 안전설계는 Local과 Owner 요구에 따라 조금이라도 관련성이 있다고 판단되는 국제 기준을 무분별하게 적용하고 있음. 따라서 일관된 안전설계 기술기준이 필요하다는 생각에는 동의하나 정리는 쉽지 않을 것으로 예상됨 □ 플랜트 재난유형 중 대표적인 것은 화재/폭발이 가장 빈번하기 발생하나 현재 국내 플랜트에서는 지진을 감안한 연구/기술은 미진한 상태로 지진에 대한 플랜트 안전기술 관련한 연구도 필요할 것으로 사료됨
3 기획방향 부문 전문가 의견	**4 재난유형 부문 전문가 의견**
□ 플랜트에서 안전 사고 발생 시 국가적인 재난으로 이어질 수 있으므로, 정부차원의 안전 제도 및 기술 개발은 필요. 다만, 정부와 민간의 유기적인 협력이 필요. □ 특히 석유화학 플랜트 등은 설계 전 장외영향평가가 이루어지므로 플랜트 내 시설물 및 주변 거주지역 등을 고려하여 재난 대응 안전설계가 이루어져야 함 □ 플랜트는 생산목적에 따라 다양하게 설계/시공 될 수 있으므로 사고사례 조사 등을 통해 대표적인 플랜트로 한정시키는 것을 권장함 □ 연구를 수행함에 있어서도 안전기술만 개발할 것이 아니라 안전기술과 제도가 유기적으로 연계될 수 있도록 패키지로 구축하는 것을 권장함 □ 플랜트 설계/시공 단계의 안전기술 개발 외에도 재난 발생 시 실시간 대응 기술도 필요하며, 사고 손상 이후의 복구 기술도 필요	□ (플랜트 건설 프로세스 각 단계에서 단계별 담당/관리주체) 플랜트는 기계설비와 시설물의 종합 시스템으로서 플랜트에 시공되는 개별설비 제작사 또는 조립과 연관성이 높은 EPC사가 개별 매뉴얼 또는 Licence를 토대로 안전설계를 실시하고 있음. 이는 일관성 없는 안전설계로 이어져 안전성 확보의 불확실성이 발생될 우려가 있으므로 정부차원에서의 지원 필요 □ (플랜트 안전 관련 제도 현황) 우리나라는 플랜트 안전과 관련된 제도가 여러 정부부처의 소관법으로 분산되어 있어 플랜트 산업 활성화를 저해하는 요인으로 작용할 수 있으므로, 통합적인 제도로 개편하여 간소화할 필요가 있음 □ 플랜트는 생산목적별로 취급 물질 종류 및 양이 다르므로, 재난으로부터 안전성을 확보하기 위해서는 우선 위험도를 평가하여 그에 따른 안전설계의 정도를 결정하는 것을 권장 □ 플랜트는 재난 원인이 화재/폭발에 많이 치우쳐 있으므로 그에 따른 안전기술 개발 및 제도를 개선하는 것을 권장하며, 특히 최근 울산, 경주를 중심으로 지진 등이 빈번하게 발생되고 있어 울산을 중심으로 한 석유화학단지에 대한 내진성능을 강화할 필요가 있음. 다만, 지진은 국소적 화재/폭발과 달리 플랜트 Site 전반에 걸쳐 영향을 주므로, 시설물 외에도 개별 설비의 내진성능을 강화할 필요가 있음

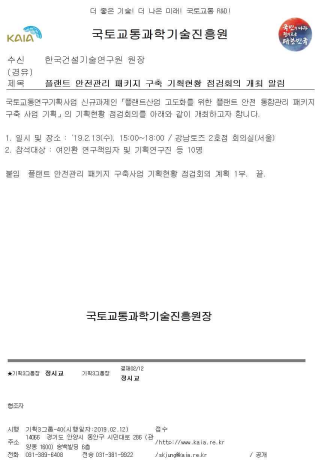
1, 2, 3, 4 → 사업 추진방향 및 중점추진분야 도출

- '안전 통합관리 패키지'는 제도, 기술, 인증/평가부문으로 구성
- 가정하는 재난유형은 화재/폭발, 지진
- 플랜트 안전기술은, '개별 구성요소 수준(플랜트 설비)'의 안전기술과 더불어 '구획/공간(조닝)' 관점에서의 안전기술로 분류
- 전주기적 설계/시공단계와 대응/유지관리단계에서의 안전기술로 분류



회의록

일 시	2019. 02. 13.(수) 15:00 ~ 18:00	장 소	오즈 강남2호점
참 석 자	KAIA(정시교) / 서울대학교(이철호, 강선주) / 건국대학교(김한수, 이혜원) / 한국산업기술시험원(조정현) / 한국건설기술연구원(이건환, 안재경, 권오성, 조규환) / 대한기계설비산업연구원(류동균) / 한국가스안전공사(이재훈)		
목 적	기획과제 추진과정 / 분과별 자문 내용 / 주요 논의사항(국내외 현안 분석에 기반한 플랜트 안전관리 패키지 구성 방안&플랜트 안전관리 부문에서의 국토부 역할) / 기타 및 주후일정		
내 용	논제 1) 1차 워크샵 □ KAIA추지 설명 - 예산은 김서에 정도로 하여 초안을 잡아놓은 상태임 - 현황조사 및 문제점-개선방안-실행과제의 순서대로 각 리스트를 만들고 리스트가 순서대로 매칭되도록 지표를 작성하여야 함.(예를 들어, 플랜트라면 구축기 조제로이있다는 문제점이 있을시, 그에 따른 개선방안과 실행과제가 일대일 대응되어야 함.) - 2월까지는 기획쪽에서 대략적으로 과제 예산을 잡고, 4월까지는 국토부 내부 설의를 거치며, 5월까지는 과기부 심의를 거침. 따라서 5월정에 제출할 자료가 없이 필요하므로 5월 전까지 제출자료를 준비해두어야 함. 이후 6-7월정 과제의 기획부 설의를 거치고, 그렇까지 국회 심의를 거쳐 큰 과제의 실행과제가 확정될 예정. □ 지진-서울대 - 설계 기준 강의 '위계, 연계, 상충' 이 3가 부분을 중심으로 매칭해야 함. - Resilience based design 이라는 개념으로 플랜트 각자인 가이드라인을 설정할 수도 있음. - 정부 부처에서의 정근방식은 위험한 기업입장에서 달갑지 않을 경기라는 의견이 있었음. 따라서 민간과 정부 두 관점에서 플랜트 설계의 관이 포인트를 파악을 필요가 있음. □ 폭발-건국대 - 폭발관련해서는 대부분 ASCE, UFC 폭발 관련 가이드라인을 참고함. - 폭발에 대한 플랜트 설계는 퍼텀프랭가, 구조성능기준 설정, 구조해석 및 설계하는 과정을 거침. - 퍼텀프랭가는 화학 섭분 엔지니어와 건축 구조 엔지니어가 같이 하는 일이며, 화학섭분 엔지니어가 하중(impact, pressure and duration)을 평가하는 것으로 봄. - 구조성능기준 설정은 건축주가 하는 경우가 대부분이고, 안기계약방식일 경우에는 시공사 및 구조엔지니어가 하는 경우도 있음. - 구조해석 및 설계는 하중 및 구조성능기준이 확실하다면 비교적 간단한 과정임.		



더 좋은 기술! 더 나은 미래! 국토교통 R&D

국토교통과학기술진흥원

수신 한국건설기술연구원 원장
(경유)
제목 플랜트 안전관리 패키지 구축 기획현황 점검회의 개최 알림

국토교통연구기획사업 신규과제인 「플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획」의 기획현황 점검회의를 아래와 같이 개최하고자 합니다.

1. 일시 및 장소 : '19.2.13(수), 15:00~18:00 / 강남오즈 2호점 회의실(서울)
2. 참석대상 : 여인환 연구책임자 및 기획연구진 등 10명

붙임 플랜트 안전관리 패키지 구축사업 기획현황 점검회의 계획 1부. 끝.

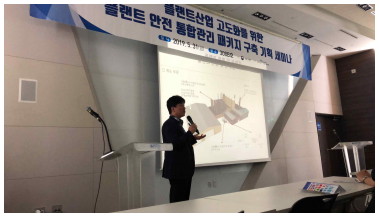
국토교통과학기술진흥원장

결재권자
●기획3그룹장 정시교 기획3그룹장 정시교

협조자

시행 기획3그룹-407(시행일자-2019.02.12) 접수
주소 14035 경기도 안양시 동안구 시민대로 288 (관 /http://www.kaia.re.kr
양동 1800) 송백빌딩 6층
전화 031-389-6408 전송 031-381-5622 /sikjung@kaia.re.kr / 공개





회의록 공문 공개세미나

[그림 3.1.7] 중점추진분야/기술수요대상 선정 증빙자료(Bottom-Up)

- 구획/공간 관점의 신규과제 후보군 도출
- (결과) 5개 전략 25개 과제 도출

(3) 후보과제 검토 및 최종 RFP 도출

□ 25개 과제 후보군에 대한 플랜트 학회/협회 전문가 검토

- 플랜트 관련 학회/협회 기획결과 검토서 수렴

제2절 기술수요조사 및 연구개발 과제 도출

1. 기술수요조사

(1) 기술수요조사 개요

□ **Top-Down과 Bottom-Up 추친체계 결과에 따라 문제정의 및 수요자 맞춤형 R&D 핵심기술 도출을 위한 기술수요조사서 작성**

- ㅇ 기술수요조사는 국내 수요처의 의견을 수렴하고, 잠재적 고부가가치 산업 수요 충족 및 안전성 확보를 위한 제도, 기술, 시험/평가/인증 부문의 기술수요를 조사하기 위해 실시
- ㅇ 수요조사 방법으로는 이메일을 이용한 문서 송부 방식으로 진행하였으며, 기술수요조사서는 제안하는 기술의 분류(플랜트 안전 관련 제도 선진화 / 위험도 평가기술 / 설계/시공 안전기술 / 대응/유지관리 안전기술 / 시험/평가/인증 플랫폼)와 개요 그리고 연구목표 및 내용으로 구성하여 세부사항을 기입하도록 하였으며, 향후 기술개발에 따른 경제사회적, 과학기술적 기대 및 파급효과를 작성하도록 하였음

〈표 3.2.1〉 기술수요조사서 양식

<table>
<tr><td>과제명(기술명)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>기술 분류
(해당란에 v표시)</td><td colspan="4">□ 플랜트 안전 관련 제도 선진화 부문
□ 개별 설비단위 위험도 평가기술 □ 구획/공간단위 위험도 평가기술
□ 설계/시공단계의 플랜트 안전기술 □ 대응/유지관리단계의 플랜트 안전기술
□ 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 부문
□ 기타( )</td></tr>
<tr><td>기술의 개요
(정의, 개념)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>필요성</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연구개발 목표</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연구내용 및 범위</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">기대 및 파급효과</td><td>경제사회적 관점</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>과학기술적 관점</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>예상 과제규모</td><td>연구비(연간)</td><td></td><td>연구기간</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">제안자 인적 사항</td><td>성명</td><td></td><td>소속기관</td><td></td></tr>
<tr><td>직위</td><td></td><td>연락처</td><td></td></tr>
<tr><td>E-mail</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>기획단 참여의사
(해당란에 v표시)</td><td colspan="4">□ 예 □ 아니오
※ 향후 “(가칭)플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업” 기획 및 본과제에 참여할 의사 표시</td></tr>
</table>

□ **수요자 맞춤형 R&D 핵심기술 도출을 위한 산·학·연 전문가 기술수요조사를 실시하여 기술 개발 니즈 파악 및 추가 핵심기술 발굴을 도모**

ㅇ 1차 기술수요조사

- 분과별(화재, 지진, 폭발/누출, 시험/인증) 전문가 자문그룹(총 24명 대상)을 대상으로 1차 기술수요조사를 실시하였음

ㅇ 2차 기술수요조사

- 1차 기술수요조사는 기획연구진이 자체 구성한 내부 전문가 자문그룹(총 24명)을 대상으로 실시하였으나 2차 기술수요조사는 외부의 다양한 의견들을 조사하기 위한 목적으로 KAIA 추천 외부전문가 및 주관기관(한국건설기술연구원) 내 연구원(약 900명 대상)을 대상으로 실시하였음

ㅇ 앞선 1, 2차 기술수요조사 결과 54개의 기술 도출

(2) 기술수요조사 결과

□ **기술수요조사를 통한 최종 기술은 5개 전략분야, 54개 핵심기술 도출**

ㅇ 1, 2차 기술수요조사 결과 54개의 기술 도출

- 기술수요조사 결과, 기술은 크게 5개 전략분야로 분류되어 수집되었으며 특히, 기술부문에서 “2 플랜트 위험도 평가 기술”부문이 전체 전략분야 중 40%로 수요가 가장 많은 것으로 분석되었음
- 플랜트 시설물(구획/공간) 및 설비의 설계/시공 단계의 안전기술 개발에 앞서 위험도를 평가하는 기술개발이 중요한 것을 시사
- 재난유형으로는 크게 화재폭발, 지진에 대응하는 안전기술로 조사되었으며, 안전설계가 필요한 대상 플랜트를 특정하지는 않는 것으로 나타나 잠재적 위험성을 가진 플랜트는 모두 해당되는 것으로 사료됨

〈표 3.2.2〉 기술수요조사 결과(54개)

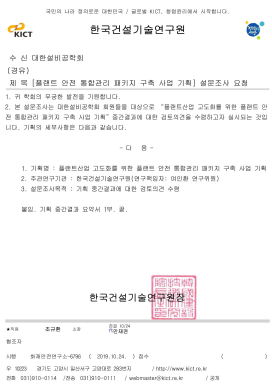
전략분야		제안 과제 목록 (54개 과제)
제도 부문	1 플랜트 안전 관련 제도 선진화	1-1 플랜트 안전 관련 제도 선진화
		1-2 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성
기술 부문	2 플랜트 위험도 평가 기술	2-1 플랜트 구획/공간 화재위험도 분류체계 설정 및 관련 기술개발
		2-2 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발
		2-3 플랜트 폭발의 유형별 위험도 평가 기술
		2-4 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술
		2-5 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발
		2-6 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술
		2-7 가연성 유체의 누출에 따른 열역학적 위험성
		2-8 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 압력 산출
		2-9 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 및 대응 기술 개발
		2-10 IoT 기반 방폭형 착탈식 플랜트 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증
		2-11 전기적 점화원에 따른 플랜트 내부 안전성 확보
		2-12 플랜트 가연성 유체 폭발에 따른 구조물 피해영향 분석
		2-13 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석
		2-14 플랜트 위험시설 범위 및 분류 기준 마련
		2-15 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화
		2-16 가스저장시설 내부 폭발에 대한 실증시험
		2-17 가스저장시설 출입을 위한 방폭문 폭발 실증시험
		2-18 방폭벽 및 방폭분 적용 확대를 위한 표준 마련
		2-19 플랜트 방호구역 설정을 위한 고압가연성가스 폭발 연계기술 개발
		2-20 기체 및 액체수소 충전소 방호벽 성능기반 설계인자 도출
		2-21 수소충전소 방폭벽의 재질 및 형태별 수소폭발 실증
		2-22 높이 2m 이상 방호벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련
	3 플랜트 설계/시공 안전기술	3-1 플랜트 시설물 방·내화 설계 및 시공 기술개발
		3-2 플랜트 화재위험도 맞춤 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술개발
		3-3 플랜트 화재 피난 및 연기제어 설계 기술개발
		3-4 플랜트 특화 고성능 철골 내진 구조시스템 개발
		3-5 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진설계 지침 개발
		3-6 기존 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발
		3-7 플랜트 특화 내진성능 강화 설계를 위한 구조시스템 및 요소기술 개발
		3-8 플랜트 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 절차 정립
		3-9 폭발 대응 플랜트 구조물 성능 기준 개발
		3-10 플랜트 폭발에 따른 형식 및 ZONE 유형별 방폭 설계 기술 개발
		3-11 폭발 대응 플랜트 구조물의 형식 및 ZONE 유형별 성능 기준 기술 개발
		3-12 폭발 저항 특수플랜트 구조물의 설계 기술 및 성능 기준 개발
		3-13 플랜트 구조 형식 및 작용 내력에 따른 폭발 저항 설계 기술
		3-14 플랜트의 비구조재 따른 폭발 저항 설계 기술
		3-15 플랜트 안전 검증 및 설계를 위한 AI와 사례기반 추론(CBR) 기반의 HAZOP 자동화 시스템
		3-16 사례기반의 플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 안전설계 기준 개발
	4 플랜트 대응/유지관리 안전기술	4-1 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발
		4-2 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발
		4-3 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기술 및 기준/지침 개발
		4-4 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 보강 설계 기술 및 평가방안/지침 개발
		4-5 플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발
		4-6 노후대형프레임구조물 내진성능향상을 위한 내진보강제 개발
시험인증 평가 부문	5 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	5-1 플랜트 화재폭발 위험 대응 안전성능 평가를 위한 시험설비 구축 방안 제시
		5-2 플랜트 모듈러 Unit의 표준 시험 절차 및 평가 기술 개발
		5-3 복합내구환경 구성이 가능한 복합 내환경시험설비 구축
		5-4 플랜트 안전기자재 성능 시험설비 구축
		5-5 플랜트 설비요소의 내진성능 검증실험 표준절차 제시
		5-6 플랜트 구조시스템 특화 내진성능 검증실험 표준절차 제공 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안제시
		5-7 플랜트 내진성능평가 실험 인프라 구축 방안 제시
		5-8 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발

2. 후보 연구개발 과제 도출

□ 기술수요조사 결과(54개 과제) 중 내부 연구진 및 외부 학회 검토를 거쳐 5개 전략분야 25개 후보군 도출

ㅇ 기술수요조사된 54개 과제 중 본 기획방향과 부합되는 기술들을 도출하기 위해 아래의 도출 관점①, ②를 중심으로 내부 기획연구진 회의 및 외부 학회(대한설비공학회, 한국플랜트학회)의 검토를 거쳤으며, 그 결과 25개의 후보군으로 도출됨(표 3.2.3 참조)

- (도출 관점①) 기술수요조사 결과 총 54개 기술수요가 조사되었으며 그 중 플랜트 시설물(구획/공간)을 대상으로 하는 안전기술들을 기술한 기술수요조사서들을 중심으로 후보군을 도출하였음
- (도출 관점②) 전주기적 관점(설계/시공단계와 대응/유지관리단계)을 명확히 구분



한국건설기술연구원

수 신 대한설비공학회

(경유)

제 목 [플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획] 설문조사 요청

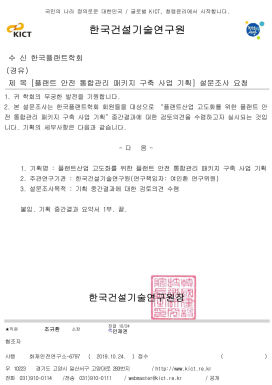
1. 귀 학회의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 본 설문조사는 대한설비공학회 회원들을 대상으로 "플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획" 중간결과에 대한 검토의견을 수렴하고자 실시되는 것입니다. 기획의 세부사항은 다음과 같습니다.

- 다 음 -

1. 기획명 : 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획
2. 주관연구기관 : 한국건설기술연구원(연구책임자: 이인환 연구위원)
3. 설문조사목적 : 기획 중간결과에 대한 검토의견 수렴

붙임. 기획 중간결과 요약서 1부. 끝.

한국건설기술연구원장



한국건설기술연구원

수 신 한국플랜트학회

(경유)

제 목 [플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획] 설문조사 요청

1. 귀 학회의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 본 설문조사는 한국플랜트학회 회원들을 대상으로 "플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획" 중간결과에 대한 검토의견을 수렴하고자 실시되는 것입니다. 기획의 세부사항은 다음과 같습니다.

- 다 음 -

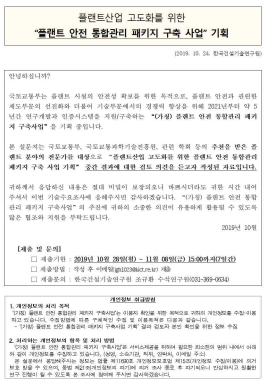
1. 기획명 : 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획
2. 주관연구기관 : 한국건설기술연구원(연구책임자: 이인환 연구위원)
3. 설문조사목적 : 기획 중간결과에 대한 검토의견 수렴

붙임. 기획 중간결과 요약서 1부. 끝.

한국건설기술연구원장

대한설비공학회 검토요청 공문

한국플랜트학회 검토요청 공문



플랜트산업 고도화를 위한
"플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업" 기획

(2019. 10. 24. 한국건설기술연구원)

안녕하십니까?

국토교통부는 플랜트 시설의 안전성 확보를 위한 목적으로, 플랜트 안전과 관련한 제도부문의 선진화와 더불어 기술부문에서의 경쟁력 향상을 위해 2021년부터 약 5년간 연구개발과 인증시스템을 지원/구축하는 **"(가칭) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업"**을 기획 중입니다.

본 설문지는 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 관련 학회 등의 **주요분 분은 플랜트 분야의 전문가를 대상으로 "플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업 기획" 중간 결과에 대한 검토 의견을 듣고자 작성된 자료입니다.**

귀하께서 응답해신 내용은 절대 비밀이 보장되오니 바쁘시더라도 귀한 시간 내어 주셔서 이번 기술수요조사에 응해주시길 강사하겠습니다. "(가칭) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업" 의 추진에 귀하의 소중한 의견이 추후에게 활용될 수 있도록 많은 협조와 지원을 부탁드립니다.

2019년 10월

[제출 및 문의]

□ 제출기한 : 2019년 10월 28일(월) ~ 11월 08일(금) 15:00까지(7일간)

□ 제출방법 : 작성 후 이메일(gs1023@kict.re.kr) 제출

□ 제출문의 : 한국건설기술연구원 조규환 수석연구원(031-369-0034)

개인정보 취급방침

1. 개인정보의 처리 목적

'(가칭) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업'을 이용자 확인을 위한 최저한으로 귀하의 개인정보를 수집·이용하고 있습니다. 수집정보에 따른 구체적인 수집 및 이용목적은 다음과 같습니다.

- '(가칭) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업' 결과 검토자 본인 확인을 위한 정보 수집

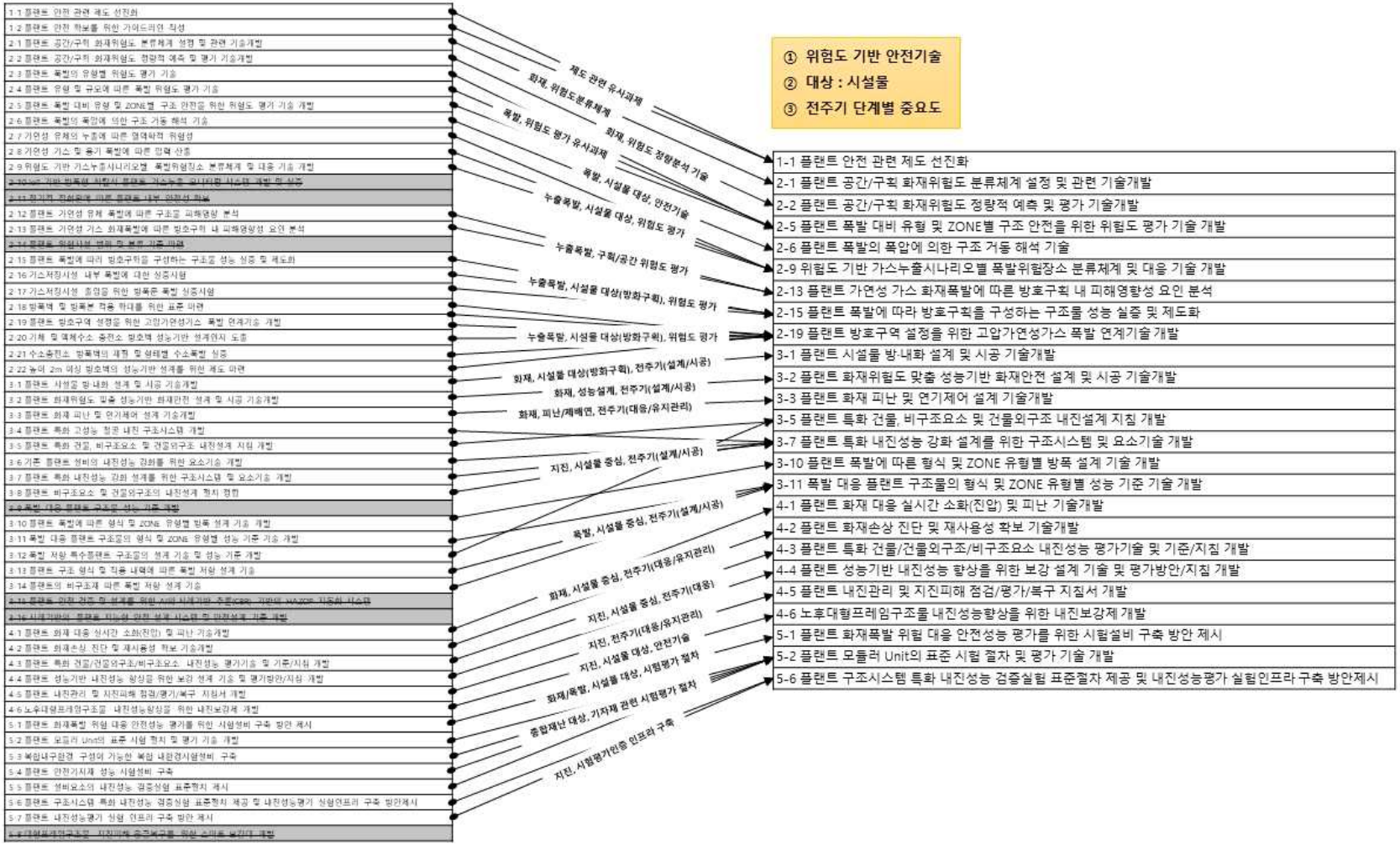
2. 처리하는 개인정보의 항목 및 처리 방법

'(가칭) 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업'은 서비스제공을 위하여 필요한 최소한의 범위 내에서 아래와 같이 개인정보를 수집하고 있으며, (성명, 소속기관, 직위, 이메일) 주소

본 설문에서 응답해주시는 정보는 많을 제기(예)로, 개인정보보호법 제15조(개인정보 수집)이용에 의거하고 있을 수 있으며, 응답 비고 하거나(정확)에 따라 의 경우 정보 주 제기(조)니 안심하시고 참여하신 연구 진행이 될 수 있도록 본 조사에 참여해 주시면 감사하겠습니다.

대한설비공학회/한국플랜트학회 대상 검토요청서

[그림 3.2.1] 후보 연구개발 과제 도출 검증 증빙자료



[그림 3.2.2] 5개 전략분야 25개 후보군 도출 과정

〈표 3.2.3〉 후보 연구개발 과제 도출(25개)

전략분야		25개 후보군
제도 부문	1 플랜트 안전 관련 제도 선진화	1-1 플랜트 안전 관련 제도 선진화
		1-2 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성
기술 부문	2 플랜트 위험도 평가 기술	2-1 플랜트 구획/공간 화재위험도 분류체계 설정 및 관련 기술개발
		2-2 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발
		2-3 플랜트 폭발의 유형별 위험도 평가 기술
		2-4 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술
		2-5 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발
		2-6 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술
		2-7 가연성 유체의 누출에 따른 열역학적 위험성
		2-8 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 압력 산출
		2-9 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 및 대응 기술 개발
		2-10 IoT 기반 방폭형 착탈식 플랜트 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증
		2-11 전거적 점화원에 따른 플랜트 내부 안전성 확보
		2-12 플랜트 가연성 유체 폭발에 따른 구조물 피해영향 분석
		2-13 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석
		2-14 플랜트 위험시설 범위 및 분류 기준 마련
		2-15 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화
		2-16 가스저장시설 내부 폭발에 대한 실증시험
		2-17 가스저장시설 출입을 위한 방폭문 폭발 실증시험
		2-18 방폭벽 및 방폭분 적용 확대를 위한 표준 마련
		2-19 플랜트 방호구역 설정을 위한 고압가연성가스 폭발 연계기술 개발
		2-20 기체 및 액체수소 충전소 방호벽 성능기반 설계인자 도출
		2-21 수소충전소 방폭벽의 재질 및 형태별 수소폭발 실증
		2-22 높이 2m 이상 방호벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련
	3 플랜트 설계/시공 안전기술	3-1 플랜트 시설물 방·내화 설계 및 시공 기술개발
		3-2 플랜트 화재위험도 맞춤 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술개발
		3-3 플랜트 화재 피난 및 연기제어 설계 기술개발
		3-4 플랜트 특화 고성능 철골 내진 구조시스템 개발
		3-5 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진설계 지침 개발
		3-6 기존 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발
		3-7 플랜트 특화 내진성능 강화 설계를 위한 구조시스템 및 요소기술 개발
		3-8 플랜트 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 절차 정립
		3-9 폭발 대응 플랜트 구조물 성능 기준 개발
		3-10 플랜트 폭발에 따른 형식 및 ZONE 유형별 방폭 설계 기술 개발
		3-11 폭발 대응 플랜트 구조물의 형식 및 ZONE 유형별 성능 기준 기술 개발
		3-12 폭발 저항 특수플랜트 구조물의 설계 기술 및 성능 기준 개발
		3-13 플랜트 구조 형식 및 작용 내력에 따른 폭발 저항 설계 기술
		3-14 플랜트의 비구조재 따른 폭발 저항 설계 기술
		3-15 플랜트 안전 검증 및 설계를 위한 AI와 사례기반 추론(CBR) 기반의 HAZOP 자동화 시스템
		3-16 사례기반의 플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 안전설계 기준 개발
	4 플랜트 대응/유지관리 안전기술	4-1 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발
		4-2 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발
		4-3 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기술 및 기준/지침 개발
		4-4 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 보강 설계 기술 및 평가방안/지침 개발
		4-5 플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발
		4-6 노후대형프레임구조물 내진성능향상을 위한 내진보강제 개발
시험인증 평가 부문	5 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	5-1 플랜트 화재폭발 위험 대응 안전성능 평가를 위한 시험설비 구축 방안 제시
		5-2 플랜트 모듈러 Unit의 표준 시험 절차 및 평가 기술 개발
		5-3 복합내구환경 구성이 가능한 복합 내환경시험설비 구축
		5-4 플랜트 안전기자재 성능 시험설비 구축
		5-5 플랜트 설비요소의 내진성능 검증실험 표준절차 제시
		5-6 플랜트 구조시스템 특화 내진성능 검증실험 표준절차 제공 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안제시
		5-7 플랜트 내진성능평가 실험 인프라 구축 방안 제시
		5-8 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발

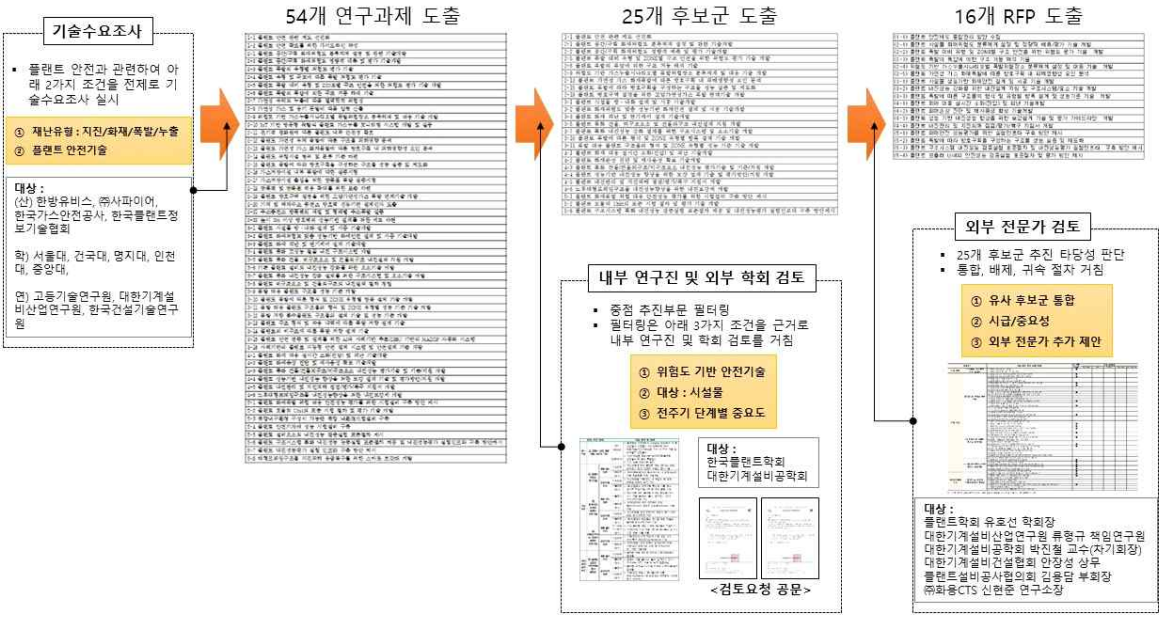
3. 최종 연구개발 과제 도출

□ 최종 중점분야 및 핵심기술은 유사한 요소는 통합, 핵심요소가 미비한 기술은 배제 등의 과정을 거침, 5개 전략분야의 15개 핵심기술 도출

ㅇ 최종 15개 핵심기술에 대한 선정 및 당위성 검토는, 플랜트에 대해 다양한 시각차를 가지고 있는 대표 기관 및 협회의 HEAD들의 의견들을 토대로 선정

- 대한기계설비산업연구원 유○선 원장
- 대한설비공학회 : 박○철 학회장
- 대한기계설비건설협회 : 안○성 기술상무
- 플랜트설비공사협의회 : 김○담 부회장
- ㈜화용씨티에스 : 신○준 소장

ㅇ 5개 전략분야의 15개 핵심 세부과제 도출

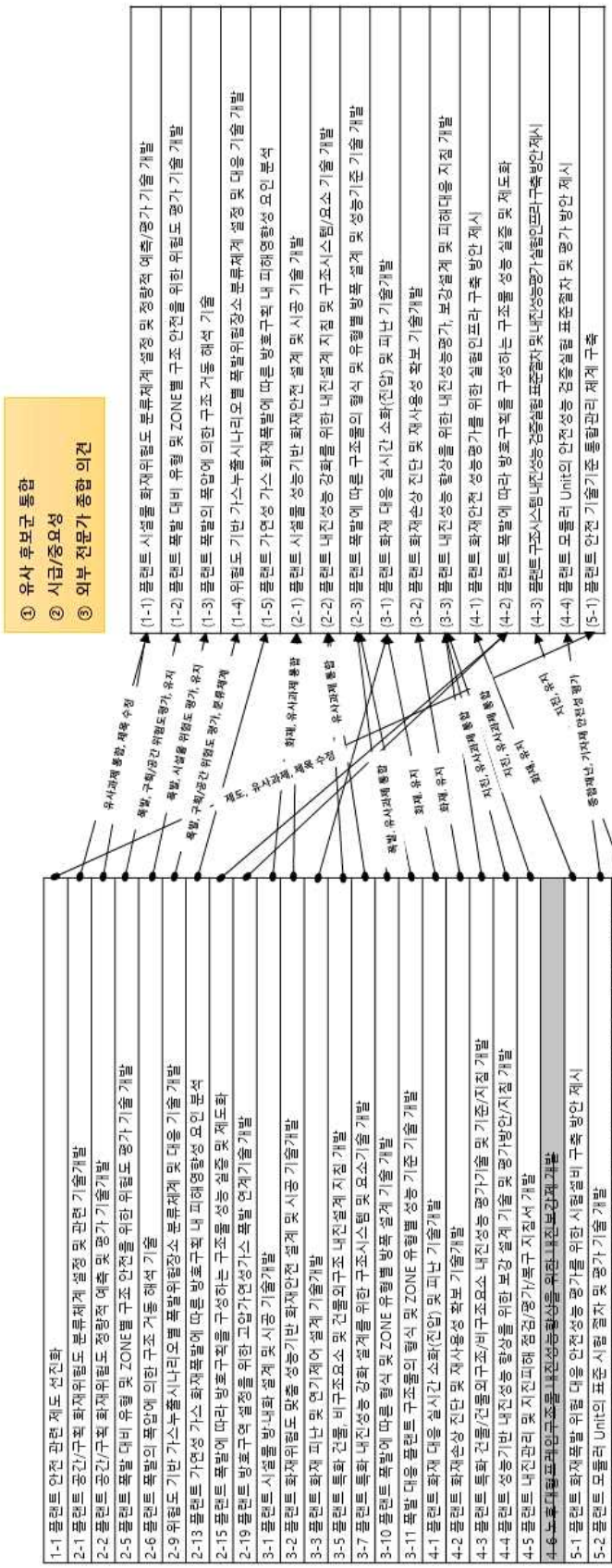


[그림 3.2.3] 15개 핵심기술 도출 프로세스

전략분야		기타 의견	
제도 부문	플랜트 안전 관련 제도 선진화	1-1: 플랜트 안전 관련 제도 선진화 1-1-1: "1-2"로	□ 검토 의견 대주제(추진 전략)-중주제(추진 전술)-소주제(핵심 방안)로 구분하여 주신 자료를 Grouping를 하였습니다. 1. 소주제 중 중복된 내용을 한 방안으로 묶었습니다. 2. 4차산업과 AL과 연계된 항목은 되살리는 것이 좋을 듯하여 2-3을 추가 했습니다. 3. 용어(중주제 및 소주제)를 통일하여 일관된 내용으로 명기하였고, 중주제의 "(단계의)" 은 삭제해도 무방할 듯 합니다. 예시) 플랜트 설계/시공 (단계의) 안전 기술 to '플랜트 설계/시공 안전 기술' 4. 기계설비법은 시행령과 시행규칙이 추진 중이어서 검토가 필요합니다. 5. 국토교통부 위주로 추진하시는 것이지만 관련 부서의 법과 제도 및 규정에 대한 취합이 필요하다고 보여집니다.(제도개선 및 주제에 걸맞은 통합관리 시스템 구축을 위해서)
기술 부문	플랜트 위험도 평가 기술	2-1: 플랜트 공간/구획 화재 위험도 분류체계 설정 및 정량적 평가 기술 개발(2-1 & 2-2를 한 방안으로 묶음) 2-1-1: "2-3"로 2-1-2: "2-4"로 2-2: 플랜트 폭발 유형 및 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발(2-5 & 2-6을 한 방안으로 묶음) 2-2-1: "2-6"로 2-2-2: 가연성 유체의 폭발(화재 등)에 따른 구조물 피해 영향 요인 분석(2-12 & 2- 13을 한 방안으로 묶음) 2-2-3: "2-9"로 2-2-4: "2-15" 2-3: Iot 기반 방폭형 착탈식 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증 연구용역 활성화- 4차 산업 인공지능 기술 도입 및 미래 먹거리 산업 기술로서 가능하다면 살리는 것이 연구 용역에 좋을 듯... 2-4: "2-19" 2-5: 2-20 기체 및 액화수소 충전소 방호벽 설계 및 시공 기술 개발 2-20-1: "2-22"로 2-20-2: "2-21" 가스 & 수소충전소 방폭벽의 구조 및 형태별 폭발 실증 수소충전소에 국한하지 말고 가스도 포함, "재질"을 구조로 바꾸면 전체를 검토할 수 있음	
	설계/시공 단계의 플랜트 안전 기술	플랜트를 앞에 붙이는 것이 1항과 용어도 통일하고 문맥이 용이함 3-1: "3-1"로 3-2: "3-2"로 3-3: '3-3" 플랜트 화제위험도 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발 - 맞춤이라는 용어한 제한적이면서 한계성이 모호하여 삭제함 3-4: 플랜트 특화 내진성능 강화를 위한 구조설계시스템 및 내진설계 지침 개발(3-5 & 3-6 & 3-7을 한 방안으로 묶음) 3-5: 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 성능 기준 기술 개발(3-10 & 3-13을 한 방안으로 묶음) 3-5-1: "3-11 & 3-12"을 한 방안으로 묶어 개발	
	대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	4-1: "4-1"로 4-2: "4-2"로 4-3: 플랜트 성능 기반 내진성능 향상을 위한 보강설계 기술 및 평가 가이드라인 개발(4-3 & 4-4 & 4-5를 한 방안으로 묶음) 4-3-1: "4-3"로 4-3-2: "4-4"로 4-3-3: "4-5"로 4-3-4: "4-6"로	
시험인증 평가 부문	플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	5-1: "5-1"로 5-2: "5-2"로 5-3: 플랜트 구조시스템 내진성능 표준절차서 개발 및 성능 실험 인프라 구축 방안 제시(5-6을 한정하는 것으로 조정)	

전략분야		기타 의견
제도 부문	플랜트 안전 관련 제도 선진화	선진화에 대한 정의가 추가되면 내용이 더욱 분명해 질 것 같으며 특히, 선진화에서 플랜트의 안전확보를 위한 가이드라인 내용까지 제시하면 더 좋을 듯 함.
기술 부문	플랜트 위험도 평가 기술	2-1, 2-2 의 용어에서 공간/구획이라는 용어에 대한 정의가 필요(용어설명에는 영어로 compartment 구획/공간으로 표시) 2-5의 타이틀 내용조정검토(플랜트 폭발유형 및 ZONE별 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발) *특히 구조 안전이라는 용어 재검토 2-6의 구조 거동에서도 구조의 세부적 내용을 제시하면 좋을 듯 함.
	설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	설계/시공단계의 플랜트안전기술 내용의 과제 선정 목록은 잘 되어 있음 3-5 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진설계 지침 개발에서 플랜트 특화건물의 비구조 및 건물외구조 요소의 내진설계 지침 개발로 과제명 수정 검토 한가지 추가사항은 최근의 4차 산업혁명에서의 인공지능(AI)과의 플랜트에서의 역할 관련 과제 도출을 검토 바람 (3-15, 16 관련 내용)
	대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	4-3 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진성능 평가기술 및 기준지침개발에서 3-5의 지침개발 내용이 중복되지 않게 하고 플랜트 특화건물의 비구조 및 건물외구조 요소의 내진과제명 성능 평가기술 및 기준지침개발로 과제명 수정 검토
시험인증 평가 부문	플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	5-2 플랜트 모듈러 Unit의 표준 시험 절차 및 평가 기술 개발 내용은 매우 중요하다고 판단 5-5 플랜트 설비요소의 내진성능 검증실험 표준절차 제시를 추가 검토를 요청함

전략분야		기타 의견
제도 부문	플랜트 안전 관련 제도 선진화	산업의 고도화에 따른 플랜트 설비는 프로젝트에 따라 건설되어 체계적인 구조가 미흡하며 PLANT : 저장설비 또는 생산설비로 나누거나 에너지(발전), 화공, 환경, 산업설비로 나누어 분류되어 활용하고 있으며 안전에 관한 분야는 산업안전보건법에 의한 산업재해를 관리하거나 소방안전에 따른 위험물안전관리법에 의한 위험물관리분야로 나누고 있어 이에 기계설비법의 제정에 따른 플랜트설비의 위해성없는 안전한 플랜트산업기준을 마련하여야 한다.
기술 부문	플랜트 위험도 평가 기술	신축 및 기축에 대한 플랜트별 위험성평가가 수반되어야 하며, 플랜트 구조에 따라 사전에 위험도를 선정하여 관리하여야 한다. - 이송설비 : 장치, 배관 또는 덕트를 통하여 수요시설로 이송하는 시설 - 저장설비 : 취급, 제조, 저장 시설 - 생산설비 : 발전, 화공, 환경, 산업 설비 각 설비에서 발생할 수 있는 위험도 중에서 빈도, 강도가 큰 대상을 선별하여 단계적 확대가 필요하다. ※ 누출(가스, 액상), 폭발(화재, 충격), 지진에 따른 내진 등
	설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	비구조부의 설계, 시공 단계에서 안전관련 대상을 선정하고 점검 체크리스트를 작성하여 예상되는 안전사항을 도출하고 착공전 검사와 사용전 확인을 받도록 한다. 플랜트산업의 특성상 시설의 고도화에 따른 보안 등의 이유로 점검을 기피하는 것이 현실이지만 프로젝트 시스템을 점검하는 방법과 요소별 점검을 통하여 기피를 사전에 방지하여야 한다. 건축구조기준에서 비구조요소의 중요도계수 1.5를 적용하는 시설물은 우선적용 검토하여야 할 것이다.
	대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	사전관리와 사후관리를 통합하여 유지관리기준에 따라 계획서를 작성하고 관리주체가 스스로 관리하도록 하며, 요소관리와 시스템관리를 병행하여 유지관리단계에서도 플랜트설비가 관리되도록 하여야 한다. 보통 기계결함, 운전미비, 공정부적합, 자연재난, 설계미비 순으로 위험요소가 발생되고 있는 현실이다.
시험인증 평가 부문	플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	시험 및 검사 등은 기존 시험 및 검사를 통하여 실시하며 추가적 인증 평가는 조금더 구체적으로 안전성확보를 위한 방안이므로 체계적 검증 방안이 요구될 것이다. 관련하여 추가적으로 검사원을 설립 운영하는 것도 방안으로 제시한다. 또한 유지관리자의 선임 및 배치가 필요하며 대상 시설 및 선임자격에 대한 선행연구가 필요할 듯 하다. 종합 : 플랜트 특성에 따른 저장 및 생산, 이송, 제어설비로 구별이 필요할듯하며, 각단계의 설비 또는 시설별 위험성평가를 진행하여 재해에 대응하고 안전을 담보할수있는 시험이나 인증등이 필요할듯합니다.



[그림 3.2.4] 5개 전략분야 15개 핵심기술 도출 과정

〈표 3.2.4〉 최종 연구개발 과제 도출(15개)

전략분야		제안 과제 목록 (54개 과제)	1차 RFP 후보군※	변경	최종 RFP 제목
제도 부문	1 플랜트 안전 관련 제도 선진화	1-1 플랜트 안전 관련 제도 선진화	●	통합	**1-1 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축** ※가이드라인 ⊂ 제도 / 플랜트 시설물의 안전과 관련된 제도를 대상으로 함
		1-2 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성			
기술 부문	2 플랜트 위험도 평가 기술	2-1 플랜트 구획/공간 화재위험도 분류체계 설정 및 관련 기술개발	●	통합	**2-1 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발** ※재난유형 **화재**, 플랜트 건축/시설물을 대상으로 화재위험도 분석
		2-2 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발	●		
		2-3 플랜트 폭발의 유형별 위험도 평가 기술		통합	**2-2 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발** ※재난유형 **폭발** / 공간구획 관점에서의 폭발위험도 평가 관련
		2-4 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술			
		2-5 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발	●		
		2-6 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술	●	유지	**2-3 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술** ※시뮬레이션 해석기술에 해당됨
		2-7 가연성 유체의 누출에 따른 열역학적 위험성		통합	**2-4 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발** ※재난유형 **가스누출폭발**
		2-8 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 압력 산출			
		2-9 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 및 대응 기술 개발	●		
		2-10 IoT 기반 방폭형 착탈식 플랜트 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증		삭제	사회적 이슈인 4차산업혁명과 관련 있는 주제이긴 하나 최종 RFP의 세세부 단위의 과제로 추진 가능함
		2-11 전기적 점화원에 따른 플랜트 내부 안전성 확보		삭제	연구범위 산정 모호(전략분야 구분 모호)
		2-12 플랜트 가연성 유체 폭발에 따른 구조물 피해영향 분석		통합	**2-5 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석** ※재난유형 **가스누출폭발**
		2-13 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석	●		
		2-14 플랜트 위험시설 범위 및 분류 기준 마련		삭제	연구범위 산정 모호(전략분야 구분 모호)
		2-15 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화	●	통합 후 이동	**5-2 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화** ※재난유형 **가스누출폭발** / '플랜트 안전성 시험인증평가 플랫폼'으로 이동
		2-16 가스저장시설 내부 폭발에 대한 실증시험			
		2-17 가스저장시설 출입을 위한 방폭문 폭발 실증시험			
		2-18 방폭벽 및 방폭분 적용 확대를 위한 표준 마련			
		2-19 플랜트 방호구역 설정을 위한 고압가연성가스 폭발 연계기술 개발	●		
		2-20 기체 및 액체수소 충전소 방호벽 성능기반 설계인자 도출			
		2-21 수소충전소 방폭벽의 재질 및 형태별 수소폭발 실증			
		2-22 높이 2m 이상 방호벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련			
	3 플랜트 설계/시공 안전기술	3-1 플랜트 시설물 방·내화 설계 및 시공 기술개발	●	통합	**3-1 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발** ※재난유형 **화재** / 화재위험도 기반 안전설계
		3-2 플랜트 화재위험도 맞춤 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술개발	●		
		3-3 플랜트 화재 피난 및 연기제어 설계 기술개발	●	귀속	4-1로 귀속
		3-4 플랜트 특화 고성능 철골 내진 구조시스템 개발		귀속	3-4로 귀속
		3-5 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진설계 지침 개발	●	통합	**3-2 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발** ※재난유형 **지진** / 신축&기존 플랜트를 대상으로 함 / 내진의 경우, 공간구획과 개별설비 관점 모두 필요함
		3-6 기존 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발			
		3-7 플랜트 특화 내진성능 강화 설계를 위한 구조시스템 및 요소기술 개발	●		
		3-8 플랜트 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 절차 정립			
		3-9 폭발 대응 플랜트 구조물 성능 기준 개발		삭제	연구범위 산정 모호(전략분야 구분 모호)
		3-10 플랜트 폭발에 따른 형식 및 ZONE 유형별 방폭 설계 기술 개발	●	통합	**3-3 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발** ※재난유형 **폭발**
		3-11 폭발 대응 플랜트 구조물의 형식 및 ZONE 유형별 성능 기준 기술 개발	●		
		3-12 폭발 저항 특수플랜트 구조물의 설계 기술 및 성능 기준 개발		귀속	3-5로 귀속
		3-13 플랜트 구조 형식 및 작용 내력에 따른 폭발 저항 설계 기술		귀속	3-5로 귀속
		3-14 플랜트의 비구조재 따른 폭발 저항 설계 기술		귀속	3-5로 귀속
		3-15 플랜트 안전 검증 및 설계를 위한 AI와 사례기반 추론(CBR) 기반의 HAZOP 자동화 시스템		삭제	사회적 이슈인 4차산업혁명과 관련 있는 주제이긴 하나 최종 RFP의 세세부 단위의 과제로 추진 가능함
		3-16 사례기반의 플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 안전설계 기준 개발		삭제	사회적 이슈인 4차산업혁명과 관련 있는 주제이긴 하나 최종 RFP의 세세부 단위의 과제로 추진 가능함
	4 플랜트 대응/유지관리 안전기술	4-1 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발	●	유지	**4-1 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발**
		4-2 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발	●	유지	**4-2 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발**
		4-3 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기술 및 기준/지침 개발	●	통합	**4-3 플랜트 성능 기반 내진성능 향상을 위한 보강설계 기술 및 평가 가이드라인 개발** ※재난유형 **지진** / 신축&기존 플랜트를 대상으로 함
		4-4 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 보강 설계 기술 및 평가방안/지침 개발	●		
		4-5 플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발	●		
		4-6 노후대형프레임구조물 내진성능향상을 위한 내진보강제 개발	●	삭제	연구범위 산정 모호(전략분야 구분 모호)
시험인증 평가 부문	5 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	5-1 플랜트 화재폭발 위험 대응 안전성능 평가를 위한 시험설비 구축 방안 제시	●	유지	**5-1 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시** ※재난유형 화재 / 플랜트 시설물을 대상으로 함
		5-2 플랜트 모듈러 Unit의 표준 시험 절차 및 평가 기술 개발	●	삭제	5-4 플랜트 모듈러 Unit의 안전성능 검증실험 표준절차 및 평가 방안 제시 ※재난유형 종합 / 유닛(개별설비) 단위
		5-3 복합내구환경 구성이 가능한 복합 내환경시험설비 구축			
		5-4 플랜트 안전기자재 성능 시험설비 구축			
		5-5 플랜트 설비요소의 내진성능 검증실험 표준절차 제시			
		5-6 플랜트 구조시스템 특화 내진성능 검증실험 표준절차 제공 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안제시	●	통합	**5-3 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시** ※재난유형 **지진** / 구조시스템 단위
		5-7 플랜트 내진성능평가 실험 인프라 구축 방안 제시			
		5-8 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발		삭제	연구범위 산정 모호(전략분야 구분 모호)

제4장

연구개발 사업 구성 및 추진전략

제4장 연구개발 사업 구성 및 추진전략

제1절 연구개발 사업 개요

1. 사업 개요

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="6">플랜트 안전 통합관리 패키지 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">전략목표</td><td colspan="6">플랜트 시설물 재난 최적 대응 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">성과목표</td><td colspan="6">1단계(5년, ‘21~‘25)</td></tr>
<tr><td colspan="6">• (기술부문) 플랜트 시설물(구획/공간) 중심 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발
• (제도부문) 플랜트 재난(화재/폭발, 지진) 대응 안전인증 기반 구축(시험/평가/인증부문) 및 관련 제도 선진화</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">전략과제 구성 및 기술개발 목표</td><td colspan="2">전략 과제명</td><td colspan="4">연구목표</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기술 부문</td><td>1. 플랜트 위험도 평가기술</td><td colspan="4">• 시설물(구획/공간) 중심 위험도평가 기술 개발</td></tr>
<tr><td>2. 플랜트 설계/시공 안전기술 (예방)</td><td colspan="4" rowspan="2">• 시설물(구획/공간) 중심 위험도평가 기반 플랜트 전주기 안전기술 개발</td></tr>
<tr><td>3. 플랜트 대응/유지관리 안전기술 (대응)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제도 부문</td><td>4. 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼</td><td colspan="4">• 플랜트 재난 대응 안전인증 기반 구축</td></tr>
<tr><td>5. 플랜트 안전 관련 제도 선진화</td><td colspan="4">• 플랜트 시설물 관련 안전기술 기준들을 국토교통부 소관 법령 기술기준으로 통합 재편</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">예산투입 계획</td><td colspan="5">1단계(5년)</td><td rowspan="2">합계</td></tr>
<tr><td>’21</td><td>’22</td><td>’23</td><td>’24</td><td>’25</td></tr>
<tr><td rowspan="3">소요 예산</td><td>국고합계</td><td>4,403</td><td>4,641</td><td>5,617</td><td>4,911</td><td>2,728</td><td>223억 원</td></tr>
<tr><td>민자</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>75억 원</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td>5,903</td><td>6,141</td><td>7,117</td><td>6,411</td><td>4,228</td><td>298억 원</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">대표 성과지표 및 목표치</td><td colspan="5">1단계(5년)</td><td rowspan="2">합계목표</td></tr>
<tr><td>’21</td><td>’22</td><td>’23</td><td>’24</td><td>’25</td></tr>
<tr><td colspan="2">논문</td><td>9</td><td>13</td><td>13</td><td>12</td><td>9</td><td>56</td></tr>
<tr><td colspan="2">특허</td><td>-</td><td>3</td><td>8</td><td>6</td><td>3</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">기준지침</td><td>2</td><td>9</td><td>15</td><td>10</td><td>7</td><td>43</td></tr>
<tr><td colspan="2">SW 개발</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">제품 개발</td><td>-</td><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>1</td><td>13</td></tr>
<tr><td colspan="2">인프라 구축(안)</td><td>-</td><td>-</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td>-</td><td>-</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td><td>7</td></tr>
</table>

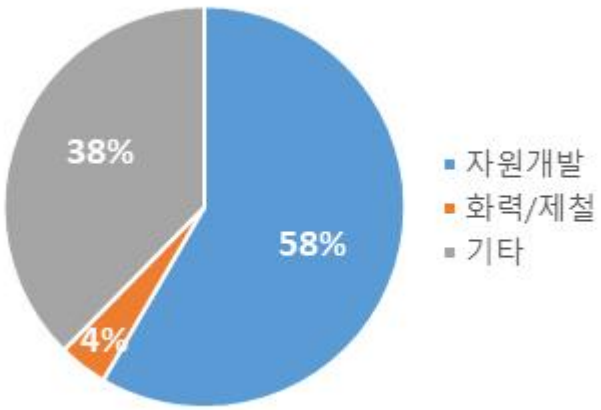
가. 사업 대상 및 범위

□ **(안전기술 개발 대상) 본 사업에서의 안전기술 개발 대상은 발전(화력), 자원개발(석유, 화학, 가스), 제철플랜트를 대상으로 하되 주로 플랜트 설비가 아닌 시설물을 대상으로 하는 안전기술 개발에 초점을 맞췄음**

ㅇ (대상 플랜트) 플랜트는 생산목적에 따라 발전 플랜트, 자원개발 플랜트, 신재생에너지 플랜트, 담수처리 및 환경플랜트, 제철플랜트, 해양플랜트 등으로 개략적으로 구분하고 있으나 법/제도상에서 그 정의와 범위를 명확히 구분하지 않고 있으며 정부 및 학계, 산업계에서도 다양한 이견들이 존재하므로, 추진 사업에서는 플랜트 사고사례 분석을 통해 가장 많은 사고가 발생된 플랜트를 중심으로 대상을 선정하였음

- 국내 플랜트 사고사례 분석 결과, 발전(화력), 자원개발(석유, 화학, 가스), 제철플랜트에서 가장 많은 사고가 발생한 것으로 조사 분석되었으므로 다양한 플랜트들 중에서 안전기술 개발이 가장 시급한 것으로 판단

* 1996년부터 최근 2019년까지의 플랜트 사고사례와 관련한 국내 문헌[6]들을 분석한 결과, 발전(화력), 자원개발(석유, 화학, 가스), 제철플랜트에서 가장 많은 사고 발생(부록1. 플랜트 사고사례 참조)



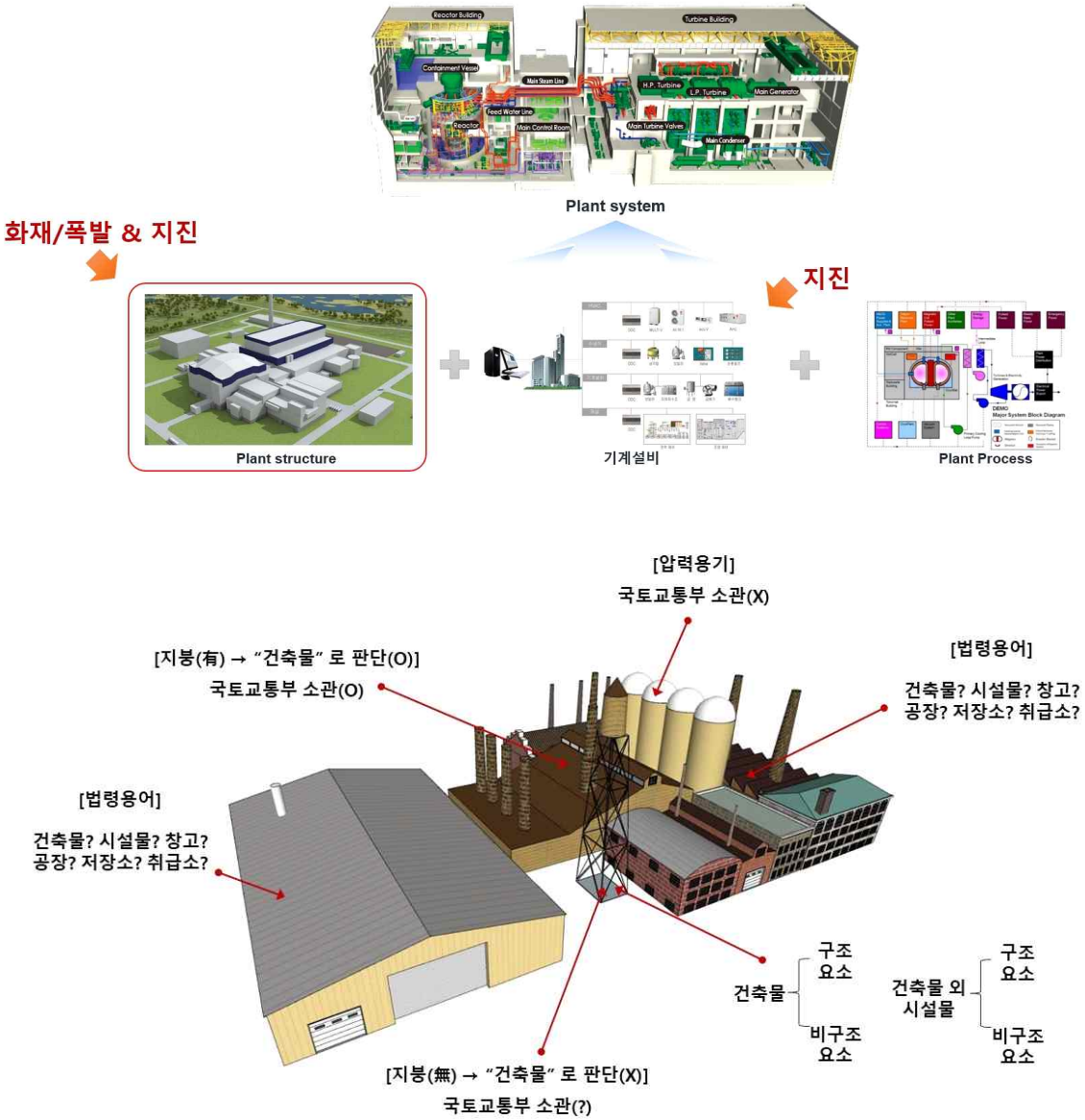
※기타는 특정 플랜트로 구분되지 않음

[그림 4.1.1] 플랜트 종류별 사고사례 분포 (1996 ~ 2019)

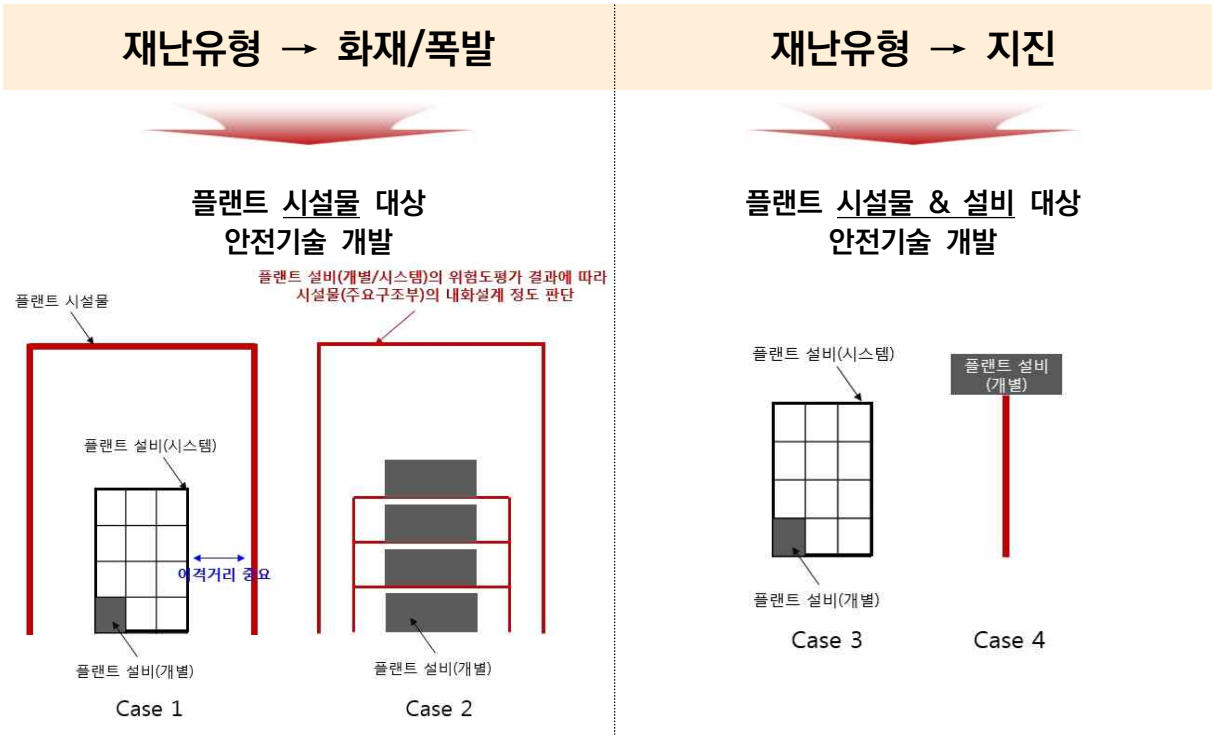
6) 중대산업사고 사례집, 한국산업안전공단 2006.
대형사고 예방을 위한 중대재해사례집, 고용노동부·안전보건공단 2013.
화재폭발 영향도 및 사고 해석 모델 연구(II), 안전보건공단 산업안전보건연구원 2017.
연구시설의 화재폭발예방 교안 자료, 한국산업안전보건공단 2019.
화학물질 사고현황 및 사례(2014 ~ 2020), 화학물질안전원 화학물질종합정보시스템

o 다만, 국토교통부는 앞서 기술한 생산목적별 플랜트 종류와 상관없이 플랜트 내 시설물에 대해서는 안전성 확보의 의무가 있으므로, 발전(화력), 자원개발(석유, 화학, 가스), 제철플랜트를 대상으로 하되 주로 플랜트 설비가 아닌 시설물을 대상으로 하는 안전기술 개발에 초점을 맞췄음

- 플랜트는 설비 및 건축/시설물의 종합적인 시스템이며, 설비는 건축/시설물 내에 위치할 수도 있으며 옥외에 노출된 상태로 존재할 수 있음. 국토교통부는 설비가 아닌 건축/시설물을 대상으로 안전성 확보 관련 기술개발 및 제도운영의 의무가 있으므로, 개별설비/시스템이 아닌 시설물을 대상으로 설정하였음(그림 4.1.2, 4.1.3 참고)



[그림 4.1.2] 안전기술 개발 대상 구분의 필요성



[그림 4.1.3] 재난유형별 안전기술 개발 대상의 분류

□ **(재난 유형) 플랜트를 위협하는 잠재 요인으로는 다양한 자연/사회재난 요인들이 있으나 본 사업에서는 화재/폭발, 지진을 대표 재난유형으로 설정하였음**

o 플랜트 사고사례를 분석한 결과 누출 다음으로 화재/폭발이 가장 많은 재난유형으로 분석되었으며 지진의 경우, 석유화학단지와 주거지역이 인접하고 있는 울산과 경주를 중심으로 빈번하게 발생하고 있으며 이는 국가적 대형 재난으로 이어질 가능성이 높으므로 시급성 측면을 고려해 대표 재난 유형으로 설정하였음

- 1996년부터 최근 2019년까지의 플랜트 사고사례와 관련한 국내 문헌*들을 종합적으로 분석한 결과, 재난 유형 중 누출, 화재/폭발이 가장 많은 것으로 나타남

* 1996년부터 2006년까지의 한국산업안전공단, “중대산업사고 사례집”의 사고사례를 분석한 결과 화재/폭발 156건, 누출 23건으로 조사됨

* 2014년부터 2020년까지의 플랜트 관련 사고사례는 “화학물질 안전원/화학물질종합정보시스템”의 통계자료에 근거하여 유형별로 보았을 때 누출 384건, 화재/폭발 68건, 기타 48건으로 조사됨

* 국외의 경우, 플랜트 시설물의 주요 재난 사고는 화재/폭발/누출 및 지진에 의한 경우가 대부분(유럽 내 1985-2002년 동안 총 498건의 플랜트 사고 분석 결과 누출, 화재, 폭발의 순으로 위험도가 높았음)

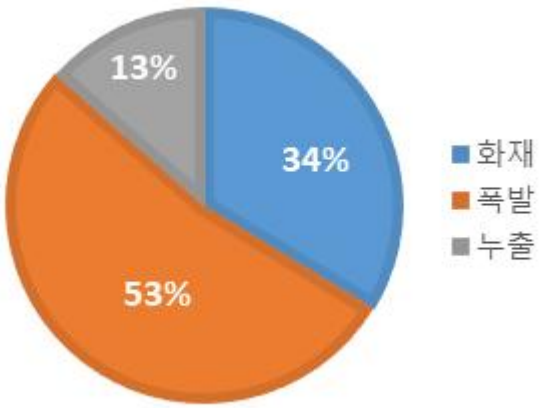
- 2016년 9월 경주 인근에서 규모 5.8의 지진 발생한 뒤 현재까지도 경주 인근에서는 여진이 지속되고 있음

- 경주 지진 이후, 산업단지의 내진설계를 의무화하고 노후화된 시설에 대해서는 안전시설을 강화해야 한다는 언론보도가 나옴

* 경주 지역과 인근 울산지역은 원자력발전소, 석유화학공단, 화학공장, 운송시설 등이 산재되어 있어 평소에도 사고 위험이 높은 지역임

* 하지만 내진설계 기준이 반영되지 않은 시설(일반 화학시설)이 다수 존재하며, 설령 내진기준이 반영되었더라도 플랜트 및 건축물 시설의 노후화로 인해 내진성능이 떨어져 있을 가능성이 큼

* 이에 지진 영향 지역 내에 분포하는 산업단지의 내진설계 반영 여부 등을 확인하고, 지진 등 외부압력에 의한 피해를 예방할 수 있는 강력한 안전관리 정책 마련이 시급함



[그림 4.1.4] 플랜트 사고사례 분석에 따른 재난/재해 원인 분포 (1996 ~ 2019)

o 특히 지진은 국소적인 화재/폭발에 비해 그 범위가 매우 광범위하고 시설물 외에도 개별 설비/시스템에 대한 안전성을 동시에 고려해야 하므로 시급성이 매우 높은 재난유형으로 볼 수 있음

- (사회적 이슈) '16년 울산지진(규모 5.0) 및 '16년 경주지진(규모 5.8) 발생에 따른 대응 방안으로 지진·화산재해대책법이 개정('17.01)되었으며, 울산지역 석유화학단지를 중심으로 '93, '09년도에'석유화학콤비나트 방재대책법'제정 등의 시도가 있었음

〈표 4.1.1〉 석유화학계통 산업 플랜트의 주요 연구단지 현황

구분	정유사	화학공장	기타	계
울산	3	32	3	38
충남(대산)	1	7	0	8
전남(여수)	1	39	1	41
계	5	78	4	87

※ 서울산업대학교 산학협력단, 석유화학콤비나트 방재기준 등에 대한 연구 2009

〈표 4.1.2〉 주요 연구단지별 특성

구분	방재특성
울산	• 기관들이 많이 입주해 있는 관계로 위험물탱크의 숫자가 많아 체계적인 관리가 되지 않을 경우 사고의 위험이 항상 존재 • 입주한 기관의 부지면적이 좁아서 한 시설 당 많은 공간을 차지하는 석유화학 플랜트의 특성상 많은 기관 밀집
대산	• 가장 최근에 조성 • 다른 지역에 비해 위험시설물질의 양이 상대적으로 적음 • 향후 석유화학 플랜트 시설이 증설될 수 있어 정부의 재난관리 영역으로 확장
여수	• 액체 및 고체 위험물이 전국에서 가장 많은 지역으로 다른 지역에 비해 석유화학시설의 밀집도가 높음 • 입주한 기관의 부지면적이 좁아서 한 시설 당 많은 공간을 차지하는 석유화학 플랜트의 특성상 많은 기관 밀집
공통	• 대산지역을 제외하고는 대부분 1960~1970년대 사이에 조성된 단지로서 건설된 지 30여년이 경과한 이후에 사고가 빈번히 발생하는 국외의 사례를 참조하여 방재대책 강화 필요 • 밀집된 장소에 많은 시설이 설치된 울산과 여수단지는 사고가 확산될 수 있으므로 이에 대한 대비 요구

※ 서울산업대학교 산학협력단, 석유화학콤비나트 방재기준 등에 대한 연구 2009

□ **(위험도평가 기반 전주기 안전기술) 플랜트는 설비 및 건축/시설물들이 유기적으로 연계되어 있는 특성상 개별 설비 중심보다는 시설물 및 구획/공간 중심의 위험도평가 기반 맞춤형 설계, 시공, 대응, 유지관리에 해당하는 전주기 안전기술 개발 필요**

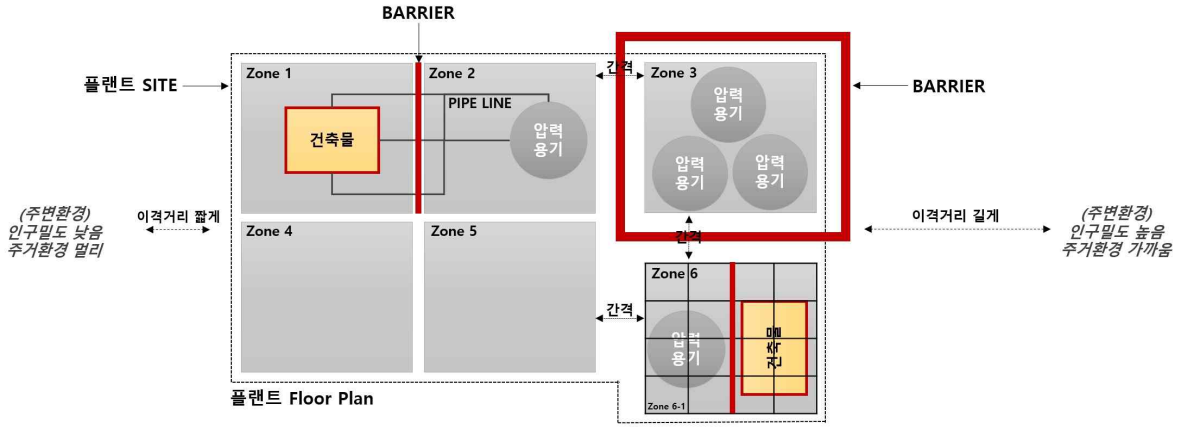
o 본 사업에서는 화재/폭발, 지진에 따른 기존 및 신축 플랜트의 시설물 및 구획/공간 관점의 위험도평가 기술개발을 목적으로 하고 있음. 다만 개별설비/시스템이 시설물 내에 포함되어 있는 경우, 국토교통부는 개별설비/시스템의 위험도평가 결과를 수용한 시설물의 위험도평가 기술개발을 목적으로 함

- 시설물 중심의 안전기술은 플랜트 시설물 자체에 대한 것이며(재난 대비 플랜트 시설물 안전성능 강화), 구획/공간 중심의 안전기술은 플랜트 입지조건 선정(플랜트 SITE 전체의 고위험등급 및 방호등급에 따라 플랜트 입지조건(도심지, 시외 등) 결정, 주거지역과의 이격거리 설정 등)과 같은 구획/공간 관점에서의 안전기술을 의미

o 본 사업에서 정의하는 안전기술은 구획/공간단위 위험도평가 결과를 기반으로 하여 개발되는 안전기술임. 다만 기존 플랜트를 대상으로 하는 안전기술의 경우 플랜트 사업주의 동의하에 위험도평가 결과에 근거하여 기술적으로는 소급 적용할 수 있으나 제도적 측면에서의 강제성은 부여할 수 없음

□ 구획/공간 관점 안전설계(예시)

* 재난 발생 시 단위 구획/공간 내 위험도 및 장외 영향도를 종합/정량적으로 평가를 의미



구획/공간 위험도 평가에 따른 안전설계 개념도

		도심	비도심
주거지역과의 거리		短	長
인구밀도		高	低
대응	플랜트 인접 구조물 안전설계 기준	강화	유지
	차폐벽(Barrier)	필수	-
	안전기술 적용	Hybrid (Active+Passive)	Passive
	공간활용	지하화 필요	지상, 지하 구분 필요 없음

- ㅇ 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준의 안전성능에 대한 검토는 산자부의 소관으로 많이 치우쳐 있으므로, 국토교통부는 구획/공간 관점에서의 플랜트 안전설계 기반 구축이 필요
- ㅇ **(플랜트 SITE 일부 - Zone 1)** 플랜트 SITE 내에는 지붕이 있는 건축물이 존재할 수 있으며, 이 건축물 내부에는 생산을 목적으로 하는 기계설비 존재 가능
  - (시설물 중심) 건축물 내부 플랜트 시설/장비의 위험도에 따른 철골구조물 또는 주요구조부의 내화기준 강화(보, 벽, 기둥 두께 증가 등) ← API PUBL 2218 참고
- ㅇ **(플랜트 SITE 일부 - Zone 3)** 다른 Zone에 비해서 압력용기의 배치수가 많아 위험도가 상대적으로 높을 가능성 존재
  - Zone별 위험도평가 결과에 따라 Zone과 Zone 사이 BARRIER 설치여부 및 두께 결정, Zone간의 이격거리 설정

ㅇ **(플랜트 SITE 전체)** 사고 위험성이 큰 플랜트의 경우 고위험(High Hazard) 시설물로 따로 분류함과 동시에 세부 위험인자의 특성에 따라 단계별 고위험등급(High Hazard Level)으로 분류

- 등급에 맞춰 방호등급(Protection Level)이 정해지고 관련 세부규정을 설정

- (구획/공간 중심) 플랜트 SITE 전체의 고위험등급 및 방호등급에 따라 플랜트 입지조건(도심지, 시외 등) 결정

□ **(플랜트 안전 제도 고도화) 플랜트 시설물의 안전 적합성 평가를 위한 시험/평가/인증 플랫폼 및 제도의 기틀을 마련하여 플랜트산업 고도화를 유도**

ㅇ (제도부분) 플랜트 시설물 안전 설계/관리에 대한 국가기준 마련하고 기계설비법 하위 플랜트 안전 기술기준 마련(각 부처에 분산되어 있는 플랜트 시설물 안전 기준 통합/체계적 정리) ← 아래 표(기계설비법 하위 플랜트 기술기준 제시(안)) 참조

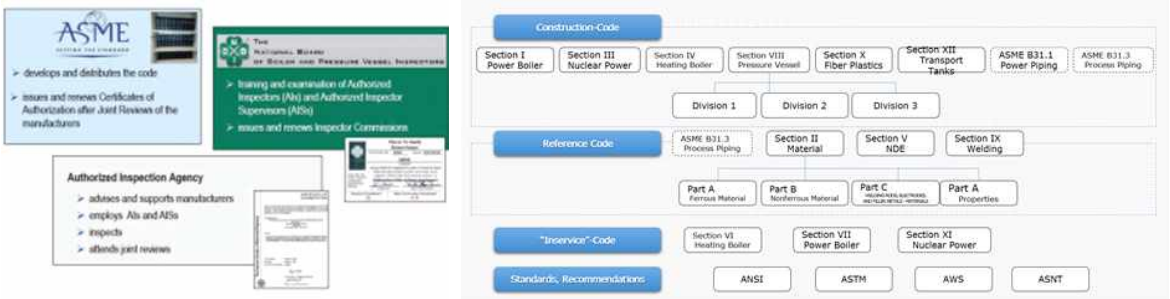
ㅇ (기술부문) 플랜트 시설물을 대상으로 화재/폭발, 지진에 대응하는 안전기술을 개발하고, 개발된 기술의 적합성을 판단할 수 있는 시험/평가/인증 관련 안전인증 기반 구축의 필요성을 검토

□ **플랜트 안전설계 및 안전인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화**

ㅇ 국내외 안전인증 법령 및 체계 분석

- 미국, 유럽 등 선진국의 플랜트 안전인증 체계 분석을 통한 벤치마킹 및 국내 적용성 검토

* 국내 플랜트 산업은 주로 미국, 유럽 등의 플랜트 관련 규정을 준수하여 개발 중에 있음. 따라서, 선진국가의 플랜트 안전코드 및 인증체계, 시험평가기술 등을 분석하여 국내 플랜트 안전 관련 법령 구축에 참고 또는 국내에 적용할 수 있는 방안을 검토



미국 플랜트 안전관리 체계
(2015 법안전융합연구소회보 '안전산업의 진단과 전망', Google 웹사이트 검색)



유럽 플랜트 안전관리 체계
(2015 법안전융합연구소회보 '안전산업의 진단과 전망', Google 웹사이트 검색)

- 현행 국내 플랜트 안전인증 체계 분석을 통해 플랜트 안전 통합관리 체계 구축 계획 수립

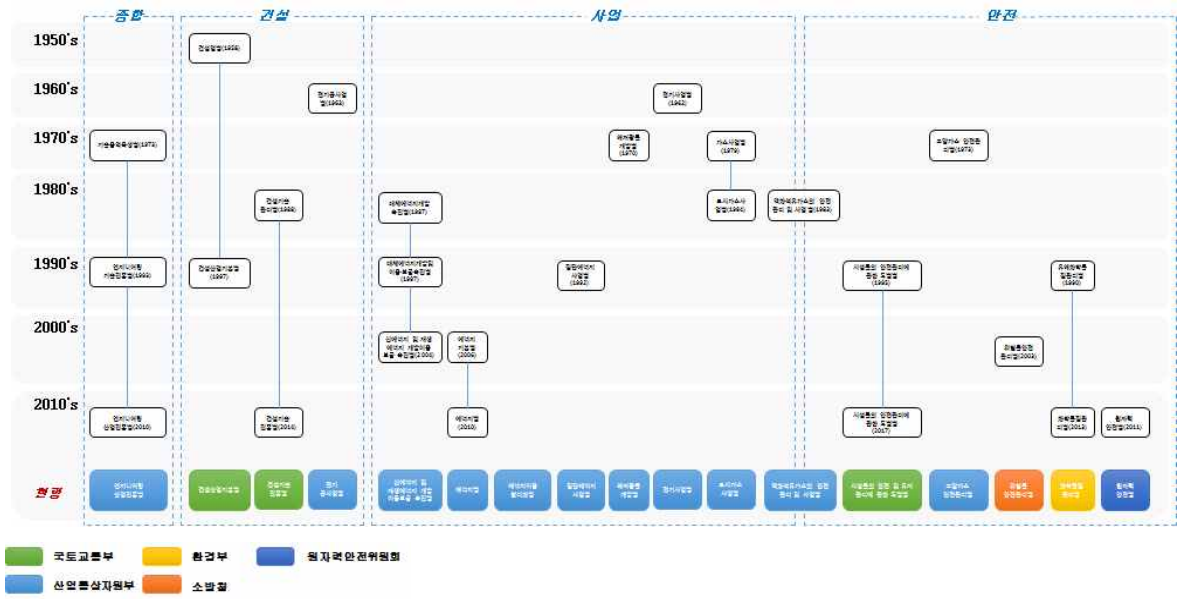
✓ 가스, 석유화학, 발전, 제철 플랜트 등 유형별 안전인증 체계 분석

* 플랜트 유형별 안전설계 및 시공, 운영관리 형태과 상이하므로 가스, 석유화학, 발전, 제철 플랜트 각 특성에 맞는 안전관련 분야 분석을 통한 안전인증 체계 구축 방안을 수립

✓ 플랜트 수요자, 사업자, 설계 및 개발자 등 자문 및 기업 설문조사를 통한 실질적인 플랜트 안전 현황 조사 분석

* 플랜트 이해관계자의 설문조사를 실시하여 안전인증 및 안전관리 현황을 조사 분석하고, 현장 맞춤형 안전 통합관리 체계 구축을 위한 종합계획 수립

* 국내에서 각 부처에 산재되어있는 플랜트 산업에서 인용하고 있는 법령 및 기준, 지침 등을 분석하여 플랜트 안전관련 법령 재정비를 위한 계획 수립



국내 플랜트 산업 법령 체계도



국내 플랜트 안전관리 기술기준

o 타산업 법령 및 체계 비교분석

- 플랜트 산업과 타산업(항공산업) 법령과의 비교분석을 통한 플랜트 안전인증 기술기준 수립의 기초자료로 활용

  * 항공산업은 안전을 최우선으로 항공기 개발 및 운영, 사업을 수행함에 따라, 관련 법령 및 기준 체계가 매우 잘갖추어져 있는 산업으로서 비교 대상으로 선정

  * 항공산업은 FAA FAR 규정을 기본으로 국내에서 미국 규정을 도입하여 적용하고 있으며, 항공기의 설계, 제작, 운영 전주기에 걸쳐 안전을 기본목표로 기준 및 지침이 수립되어 있음

  * 항공기 기술기준(Korea Airworthiness Standards)를 분석하여 플랜트 산업에의 적용 검토

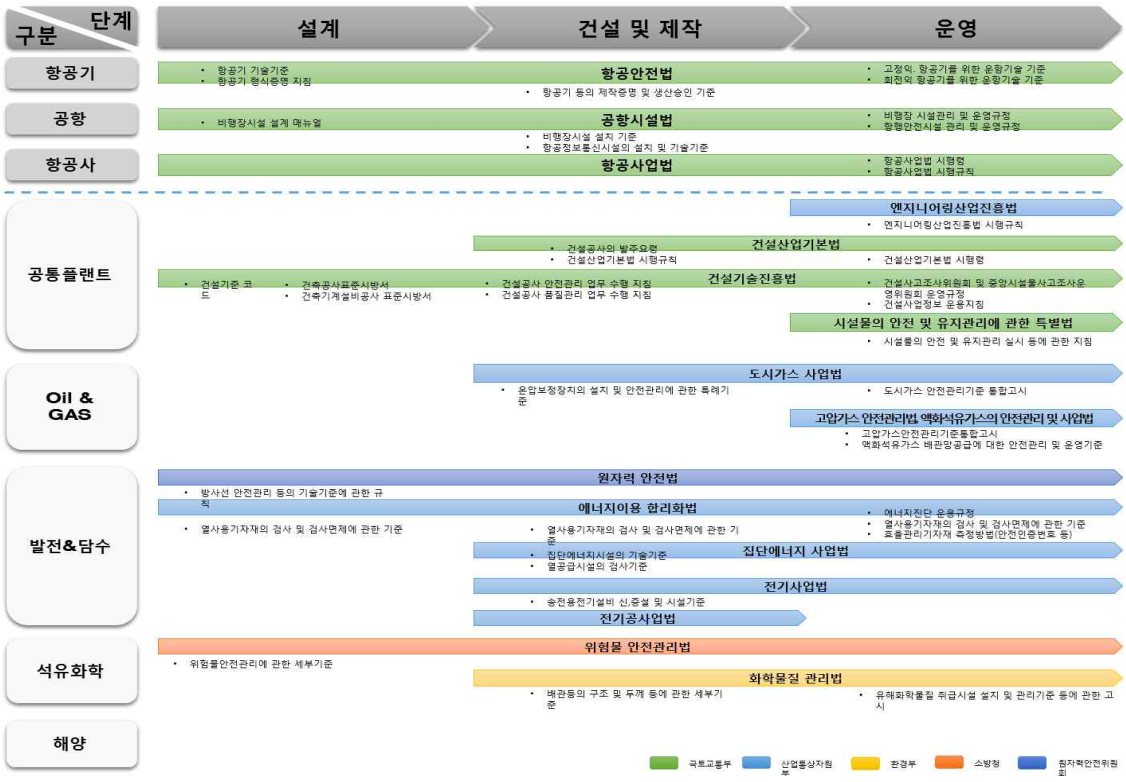
- 타산업의 법령을 참조하여 부처별로 산재되어 있는 플랜트 산업 관련 법령 재정비 방안 및 계획 수립

  ✓ 각 부처별 산재되어 있는 플랜트 안전 관련 법령의 통합방안에 대한 조사분석

  * 플랜트산업의 경우 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부, 소방청, 원자력안전위원회 등 각 부처별로 안전관련 법령이 산재되어 있어 안전관리가 제대로 실시되지 않고 있는 실정이며, 이에 통합안전관리가 가능하도록 현행 법령에 대한 심층 조사분석을 통해 법령 재정비 및 통합방안 마련

  ✓ 플랜트 안전관련 법령 통합 로드맵 작성을 위한 기본계획 수립

  * 플랜트 안전 법령의 통합안전관리를 위한 플랜트 설계 단계에서부터 운영까지의 전주기 프로세스에 대한 플랜트 안전법령의 통합로드맵 작성이 필요하며, 이를 위한 기본계획 수립



[그림 4.1.5] 플랜트산업과 항공산업의 법령 체계 비교

o 플랜트 안전인증 법령 및 체계 구축 로드맵 개발

- 정부 차원의 플랜트 안전설계 및 안전인증 체계 구축 및 제도화에 대한 로드맵 수립

  * 플랜트 안전설계 및 안전인증 체계 구축 및 제도화에 대한 국가기술지원 측면에서 범정부 차원의 법령 및 체계 구축을 위한 로드맵 제시

  * 로드맵 개발을 위한 각계의 전문가 자문 및 공청회 실시를 통해 모든 플랜트 이해관계자가 수용할 수 있는 로드맵 개발

o 플랜트 유형별(가스, 석유화학, 발전, 제철 플랜트 등) 안전 인증 기술기준(PSS-Plant Safety Standards) 개발

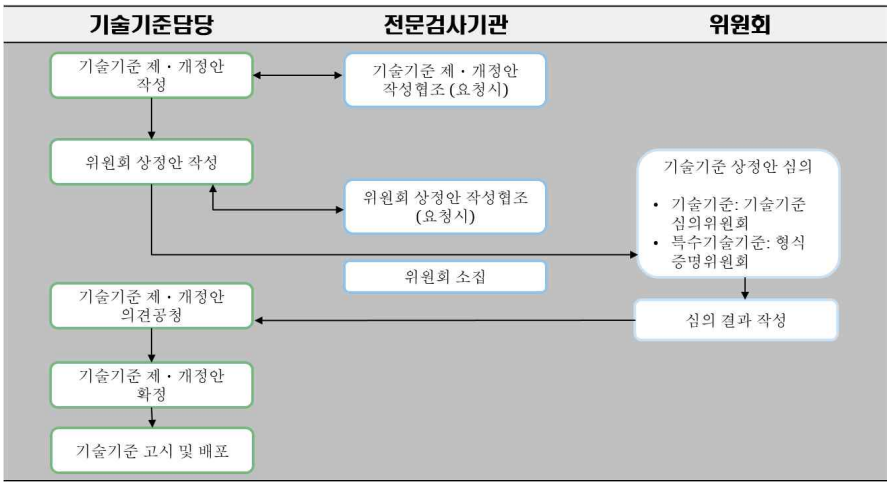
- 플랜트 유형별 안전인증 기술기준 초안 개발

  * 플랜트 유형별 안전인증 분석자료 및 로드맵 등을 기반으로 법, 시행령, 시행규칙, 기술기준 등 제도화를 위한 기준 초안 개발

o 플랜트 안전인증 법령보완 및 입법지원

- 기술기준 제정안 개발 및 위원회 소집,공청회 수행, 법령 입안 등 입법 지원

* 기술기준 제정안 초안 개발을 완료하여 위원회 소집, 공청회를 통해 지속적으로 각계 전문가의 의견을 수렴하여 법령을 보완하고 제정안에 대한 입법활동 지원



[그림 4.1.6] 기술기준 제정 프로세스

ㅇ 플랜트 안전인증 법령 제정 및 활성화 지원

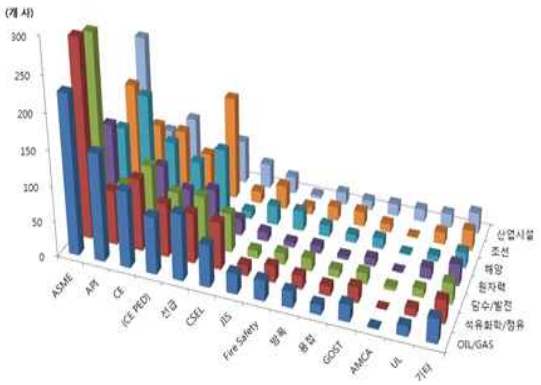
- 법령 제정에 대한 업계대상 설명회 수행 등 제도화 정착 및 활성화 지원

* 법령의 활성화 및 안정적인 정착을 위해 이해관계자를 대상으로 법령 제정 설명회를 수행하고 홍보활동을 수행

□ 플랜트 설비 안전성평가 절차 및 지침 개발

ㅇ 국내외 안전성평가 절차 및 지침 분석

- 국내외 플랜트 인증수요 및 안전성평가 지침 조사 분석



플랜트기자재 수요산업과 인증수요



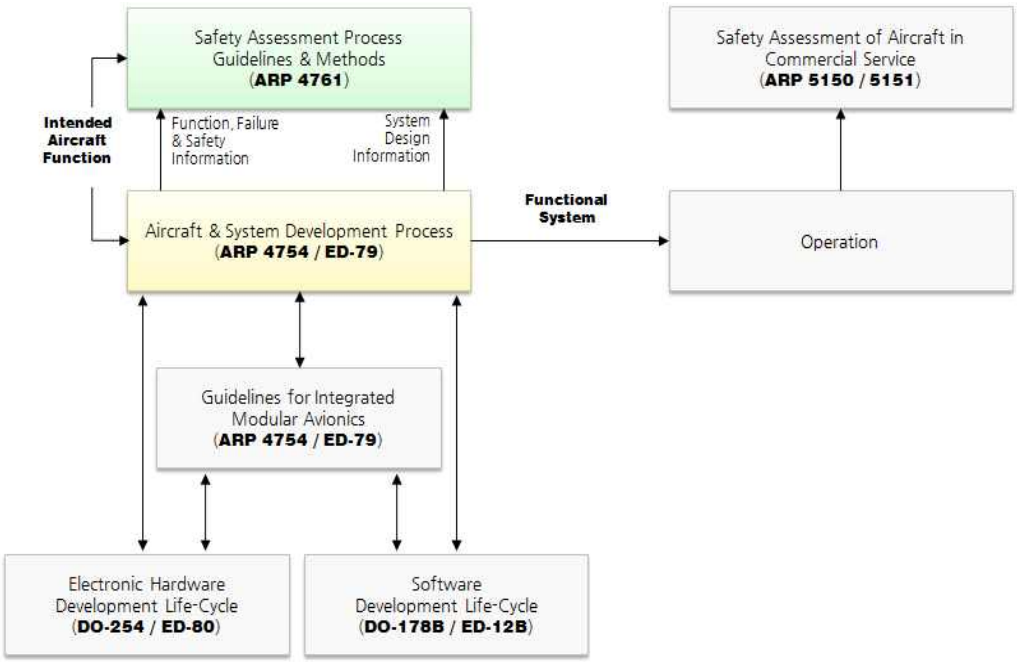
국내 플랜트기자재 기관들의 사실상 국제표준 활용 현황

[그림 4.1.7] 플랜트 인증수요 및 국내 플랜트 기자재 국제표준 활용 현황
(플랜트기자재 인증기반 구축 연구' 최종보고서)

- 국내외 타산업 안전성평가 분석 및 플랜트 산업 적용성 검토

  * 항공기 개발에서 안전성평가 지침으로 적용되고 있는 ARP 4754A(Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems), ARP 4761(Guidelines and Methods for Conducting The Safety Assessment) 기준 등을 참고하여 플랜트 안전인증 기술기준 수립에 참고

  * 항공기 개발시 구성품의 S/W 및 H/W 안전성평가를 위한 미국 RTCA(미국항공통신기술위원회)에서 발간한 DO-178(Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification) 및 DO-254(Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware) 기준 분석 및 플랜트 산업에의 적용 가능성 검토



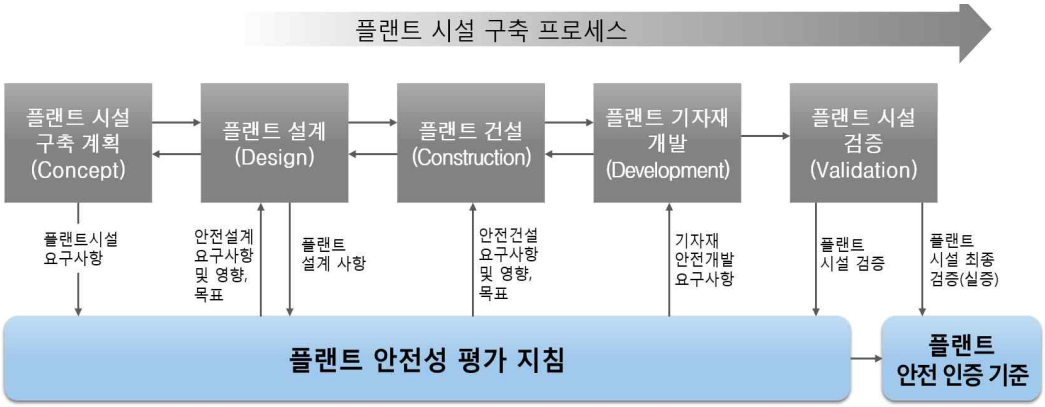
[그림 4.1.8] 항공산업의 안전성평가 체계
(SAE ARP 4754A, Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems)

o 안전성평가 절차 및 지침 개발

- 플랜트 시설 구축 全 주기 프로세스 적용을 위한 안전성평가(Safety Assessment) 지침 개발

  * 플랜트 설계에서부터 운영까지 모든 프로세스 단계별 기능/성능 기반의 안전성평가 방법(Methodology) 및 절차(Procedures) 개발

  * 안전성평가 방법 및 절차에 대한 구체적인 적용 방법 및 프로세스에 대한 안전성평가 지침 개발



[그림 4.1.9] 플랜트 시설 구축에서의 안전성평가 지침 적용 방안

ㅇ 안전성평가 절차 및 지침 제도화 지원

- 플랜트 안전성평가 지침 설명회 개최 및 지침의 제도화 지원

  * 안전성평가 절차 및 지침 초안 개발을 완료하여 전문가 자문위원회 소집, 설명회를 통해 각계 전문가의 의견을 수렴하여 지속적으로 보완하고 개발된 지침이 제도화 될 수 있도록 지원

□ **플랜트 안전 시험인증 기반 구축**

ㅇ 안전관련 설계, 제작, 신뢰성 검증 및 테스트 기술 개발

- 안전인증 기술기준 기반 시스템 검증 및 테스트 기술 개발

  * 안전인증 기술기준 제정안을 기반으로 플랜트 시스템 및 구성품의 신뢰성 검증을 위한 시험방법을 개발

ㅇ 플랜트 재난 모사 및 대응을 위한 Smart Safety Test-Bed(SSTB) 구축

- 국제적 표준 및 안전인증 기술기준 충족확인을 위한 시험인증 Test-Bed 구축

  * 국제적 표준과 개발된 안전인증 기술기준 충족확인을 위해서 플랜트 재난상황을 모사하고 대응기술의 시험검증 및 확인이 가능한 테스트 베드 구축

- 핵심 플랜트 기자재 국산화 개발 및 시험인증 시범사업에 적용

  * 핵심 플랜트 기자재 국산화 개발의 설계부터 운영까지 모든 프로세스에 안전인증 기술기준을 적용하여 시험인증 시범사업을 수행하고 해당사업에 플랜트 재난 모사 및 대응용 테스트 베드를 적용



o 플랜트 전문 시험인증 조직 설립

- 플랜트 안전설계 및 안전인증을 위한 전문시험인증기관 설립 추진

  * 플랜트 재난 모사 및 대응을 위한 SSTB를 운영하고 안전인증 기술기준에 따른 전문적인 시험인증기관 설립

- 플랜트 전문시험인증기관의 전문검사기관 인정 추진

  * 플랜트 안전 전문시험인증기관의 국내 KOLAS 인정을 추진하고 향후 플랜트 산업의 수출을 위해 국제적인 전문검사기관 인정 추진

o 플랜트 시험인증 전문인력 양성

- 플랜트 시험인증 전문인력 양성을 위한 교육프로그램 개발 및 수행

  * 플랜트 안전인증 기술기준과 안전성평가 지침에 대한 확산과 산업계의 이해를 높이기 위한 다양한 시험인증 교육 프로그램 개설 및 운용

〈표 4.1.3〉 기계설비법 하위 플랜트 기술기준 제시(안)

기계설비 기술기준(안) ver. 20191024

제4장 특수설비

제15절 플랜트설비

1. 목적

이 기준은 영 제2조에 따른 플랜트설비의 안전과 성능 확보를 위하여 필요한 설계 및 시공 방법 등 기술적 기준을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

(1) 플랜트설비의 안전 및 성능 확보를 위하여 건축물의 운영 및 유지관리 목적 등에 사용되는 기계설비를 포함하여 제조·가공·생산 등을 목적으로 옥내·외에 설치된 각종 기계설비의 설계와 시공에 적용한다.
(2) 플랜트설비 내 건축물 기계설비는 법 제2조 제1호, 영 제2조 제1호 및 제11조 별표4에 따라 본 기준 제1장부터 제3장의 기준을 따른다.

3. 플랜트 기술기준

3.1 발전 플랜트설비

석탄 및 석유, 가스 등의 연소, 핵분열 및 핵융합에 의한 열에너지와 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 구동시켜 전기에너지로 변화시키는 설비

3.2 자원개발 플랜트설비

석유, 가스, 광물 등 각종 에너지·자원의 탐사 · 개발, 전처리, 변환 및 전환, 기존 유·가스채굴방식과 다른 방식으로 채굴(셰일가스, 오일샌드, 석탄가스화 등 비전통 에너지) 또는 생산하기 위한 설비

3.3 신재생에너지 플랜트설비

신재생에너지를 생산하거나 이용하는 설비 또는 이를 활용하여 전기를 생산하는 설비

3.4 담수처리 및 환경 플랜트설비

(1) 염분을 포함하는 해수나 염수에서 염분을 제거하거나 각종 오폐수에서 오염원을 적절한 수준으로 제거하여 음용수 또는 용도별 용수로 처리하는 설비
(2) 도시나 단지 등에서 발생하는 폐기물을 수집처리·활용하는 설비
(3) 플랜트 건설 및 운영상 발생하는 온실가스 등을 포집·활용하는 기술

3.5 철강플랜트설비

철, 비철을 함유하는 광물로부터 다양한 철강제품을 생산 또는 가공하는 제철, 제강 설비

3.6 기타 플랜트설비

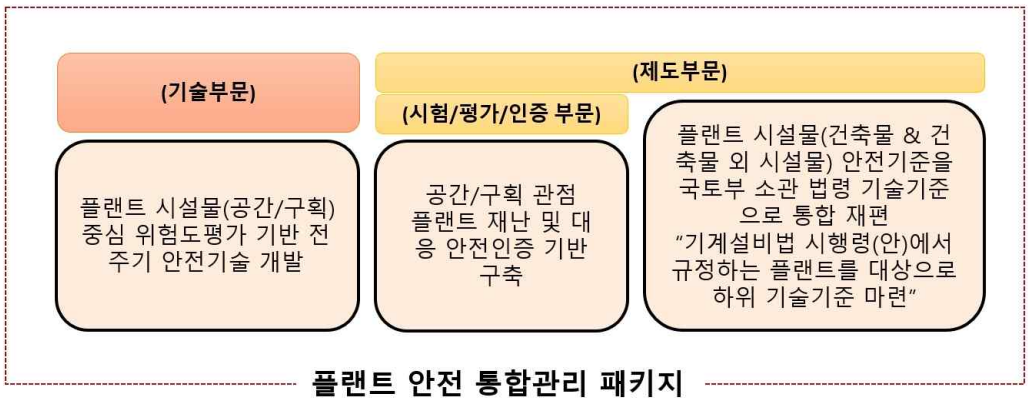
제철소 및 석유화학공장 등 산업생산시설, 열병합발전소, 집단에너지공급시설공사, 쓰레기소각장설치공사, 하수종말처리장, 폐수종말처리장, 그 밖의 플랜트설비

4. 플랜트설비 안전 및 성능 향상

플랜트설비는 발주자의 시방 등을 적용하되, 국토교통부 장관은 지진, 화재, 폭발, 누출사고 등의 재난에 대응하는 플랜트설비 안전기준을 별도로 정하여 운영할 수 있다.

□ **(플랜트 안전 통합관리 패키지) 플랜트는 잠재적 고위험 시설물로서 안전성을 확보하기 위해서는 관련 제도의 선진화뿐만 아니라 이를 뒷받침할 수 있는 기술의 개발이 지속되어야 함. 제도와 기술의 상호 연계는 복잡한 기계설비들로 이루어진 플랜트가 다양한 재난요인으로부터 안전성을 확보하는데 필수 전제조건임**

○ 플랜트 안전 통합관리 패키지 : 〈법/제도 ↔ (시험/평가/인증) ↔ 기술〉 플랜트 안전과 관련한 제도/기술/적합성평가의 통합관리 시스템. 따라서 본 사업은 기술, 시험/평가/인증, 제도를 상호 연계시켜 플랜트 시설물 재난 최적 대응을 위한 구획/공간 관점의 위험도평가 기반 플랜트 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화를 최종 사업목표로 삼고 있음



플랜트 안전 통합관리 패키지

	화재/폭발	지진	
1. 기술 부문	① 플랜트 위험도 평가기술		설비 & 시설물(구획/공간) 대상 구분
	② 플랜트 설계/시공 안전기술		
	③ 플랜트 대응/유지관리 안전기술		
2. 시험/평가/인증 부문	④ 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼		
3. 제도부문	⑤ 플랜트 안전 관련 제도 선진화		

- 플랜트 사고사례 분석을 통한 대표 재난유형(화재/폭발, 지진) 선정
- 시설물(공간/구획) 중심으로 하되 지진은 시설물과 설비 모두 고려
- 전주기적 관점(설계/시공단계와 대응/유지관리단계)을 명확히 구분

※ 플랜트 시설물 안전 시험/평가/인증 플랫폼 구축(안)

1. 플랜트 시설물 안전「기술·시험·인증체계」제도화

□ 목적

- ㅇ 플랜트산업 고도화를 위한 안전 기술기준 등 기술체계와 시험·인증에 관한 기준과 절차를 수립하여 기업의 애로사항을 해소
- ㅇ 플랜트 기계설비/시설물의 안전을 위한 기술기준과 착공전 확인·사용전 검사를 위한 세부기준 마련

□ 세부내용

- ㅇ 플랜트 안전 기술 관리체계(표준시방, 기술기준 등) 정비방안 수립
  - 국제 규제 및 표준 대응을 위한 각국의 Local regulation 조사
  - 국제 표준 대응방안, 상호인증방안 마련
- ㅇ 플랜트 안전 표준시방서 개정 및 기술기준 제정(안) 마련
  - 공사분야별 표준시방서 개정 시행
  - 표준시방서에서 참조 가능한 통합(설계·시공·운영)기술기준 제정
- ㅇ 국제표준 기반의 플랜트 안전 시험인증체계 구축 및 시행
  - 국제표준의 분석을 통한 표준시험·인증체계 시행
  - 국제표준 대응 전담조직 신설

□ 기대효과

- ㅇ 플랜트분야 기술체계(표준시방, 기술기준 등) 구축을 통하여 국내 플랜트 건설공사의 품질 제고 및 신기술 유입 촉진
- ㅇ 시험인증체계의 구축을 통하여 국산 기자재 및 기술의 품질을 향상시키고 국제표준에 대응하여 해외진출을 지원

2. 플랜트 시설물 안전성능 관리 전담 조직 신설

□ 목적

- ㅇ 플랜트산업 고도화를 위한 기초·원천기술, 융복합 연구개발을 주도하는 플랜트 건설 안전분야 기초·원천기술 전문연구조직*(가칭 “플랜트안전기술원”) 설립
  - FEED, 상류부문, 첨단기술 등 한계 돌파를 위한 연구개발 및 실증·시험·인증, 정책 지원
  - 중소기업 엔지니어링 애로 해소, 지식·정보의 조사·분석·확산

□ 세부내용

- ㅇ 플랜트안전기술원 설립 및 운용계획에 관한 마스터플랜 수립
  - 국내 유관기관 중복성, 타당성 등 정밀검토
  - 시설 규모, 장비, 인력 등을 고려한 소요 사업비 예측
  - 출연기관 지원법률안 초안 마련 후 해당 법령에 반영

ㅇ 입지선정 및 기본설계 추진
- 전담시행 및 운영조직 편제(국토교통부 유관기관 지정)
- 부지는 실증실험공간과 중장비의 연결이 가능한 지역을 대상으로 기본설계를 수행

ㅇ 건설 및 운영
- 기본계획에 따른 단계별 예산 확보를 통하여 건설 시행 (사업자)
- 초기 조직 구성 및 인력 충원, 조직 운영 및 연구수행 병행
- 단계적 장비도입 추진: 시급성, 효과성, 정책성 등을 고려
- 매년 추진실적 및 효과를 분석하여 보완

□ 기대효과

ㅇ 플랜트 건설 상류부문, FEED, O&M 등 기술, 시장 한계 등을 극복할 수 있는 돌파기술 확보기반 마련

ㅇ 플랜트 건설 안전분야 비전·정책 개발, 중소기업 엔지니어링 지원 전반에 대한 국토교통부의 컨트롤 타워 역할 지원

3. 플랜트 건설 안전분야 전문 인력 양성 기반 마련

□ 목적

ㅇ 플랜트 안전분야 엔지니어링과 현장, 연구 등의 전문인력 양성기반 조성
- 지역별 주요대학 및 출연연구소와 기업을 연계한 인력양성 전문센터 설립 및 지역 거점 지정

□ 세부내용

ㅇ 플랜트 안전 분야 전문인력 양성조직 설립방안 수립
- 연구과제에서 통합 기획

ㅇ 플랜트 안전 분야 전문인력 양성센터 설립
- 전문기관 설립, 조직 구성 및 인력 확보
- 전주기 사업관리전문가(PM) 및 고급 엔지니어(PE) 양성
- 고급화, 재교육 과정 등 경력관리를 통하여 역량을 향상

ㅇ 플랜트 안전 분야 전문인력 양성을 위한 지역거점 지정
- 지역 인프라와 연계하여 분야별 양성기관 지정
- 지역별 특성화 추진 (PM, PE, 초급, 전문분야별)

2. 사업 개념 및 추진 필요성

가. 세부과제 개념

총괄 성과목표	플랜트 시설물 재난 최적 대응 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화
사업 성과목표	• (기술부문) 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 • (제도부문) 플랜트 재난(화재/폭발, 지진) 대응 안전인증 기반 구축(시험/평가/인증부문) 및 관련 제도 선진화

	과제명
기술 부문	**(전략1) 플랜트 위험도 평가기술**
	(1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발
	(1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발
	(1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술
	(1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발
	(1-5) 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석
	(전략2) 플랜트 설계/시공 안전기술
	(2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발
	(2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발
	(2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발
	(전략3) 플랜트 대응/유지관리 안전기술
	(3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발
	(3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발
	(3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발
제도 부문	**(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼**
	(4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시
	(4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화
	(4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시
	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
	(5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축

나. 각 기술별 정의 및 범위

분 야			기술 정의 및 범위	
기술 부문	플랜트 위험도 평가기술	개별 설비 단위	기술 정의	• 재난유형에 따른 플랜트 개별 설비(ex. 밸브, 압력용기 등)의 정량적 위험도 평가기술
			기술범위 (예시)	• (화재/폭발) 화재시 밸브/파이프 내 압력상승에 따른 폭발확률 예측 기술개발
		구획/공간 단위	**기술 정의**	**• 재난유형별 구획/공간 내 위험도 및 장외 영향도 정량적 평가 기술**
			기술범위 (예시)	**• (화재) 플랜트 방호구획 특성에 따른 주요 고위험 저장/이송 설비의 화재 모형 설정**
	플랜트 설계/시공 안전기술	개별 설비 단위	기술 정의	• 재난유형 대비 플랜트 안전성 향상을 위한 요소 개별 설비(ex. 밸브, 압력용기 등)의 안전설계/시공 기술
			기술범위 (예시)	• (화재) 잠재적 화재 위험도에 따른 밸브/파이프의 성능적 소방설계 (Active) 기술 개발
		구획/공간 단위	**기술 정의**	**• 재난유형별 구획/공간단위 위험도 평가 대비 방호 구획/공간화 기술**
			기술범위 (예시)	**• (화재) 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정**
	플랜트 대응/유지관리 안전 기술	개별 설비 단위	기술 정의	• 손상 플랜트 개별 설비의 재사용성 확보기술
			기술범위 (예시)	• (화재) 화재 손상 개별 설비의 재사용성 및 잔존 수명 예측 기술 개발
		구획/공간 단위	**기술 정의**	**• 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스 (Resilience) 기술**
			기술범위 (예시)	**• (화재/폭발) 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방 · 내화 기술개발**
제도 부문	플랜트 안전성 시험/ 평가/인증 플랫폼	개별 설비 단위	기술 정의	• 플랜트 개별 설비의 안전성 시험/평가/인증 플랫폼
			기술범위 (예시)	• 플랜트 개별 설비(ex. 밸브, 압력용기 등)의 안전성능 시험, 인증 및 평가 프로세스
		구획/공간 단위	**기술 정의**	**• 플랜트 구획/공간단위의 안전성 시험/평가/인증 플랫폼**
			기술범위 (예시)	**• 구획/공간 위험도 평가결과에 따른 방호시설(Barrier) 및 방호대상 건축물의 안전도 평가 프로세스**
	플랜트 안전 관련 제도 선진화 부문		**정의 (필요성)**	**• 플랜트는 기계설비의 Complex Body로서 각 종 안전설계 기준들이 5개 정부부처 36개 법령/제도/기술기준으로 분산 → 혼란 가중 및 비효율적 안전설계**
			범위 (예시)	**• 신규 법으로 제정하는 방안((가칭)플랜트 안전설계 및 관리 특별법)** **• 기존 법을 개정하는 방안**

※ (안전기술 개발 대상) 재난유형 중 화재/폭발 대응 안전기술의 경우 시설물 및 구획/공간을 중점으로 개발되는 안전기술이며, 지진 대응 안전기술의 경우 시설물 및 구획/공간 관점 외에도 개별 설비도 포함

3. 연구과제 구성 및 목표

가. 연구개발 과제 구성 및 소요예산

〈표 4.1.4〉 사업의 연구과제 구성 및 연차(단계)별 예산 투입계획

(단위: 백만원)

분야	추진분야	추진 과제명	'21	'22	'23	'24	'25	합계
기술 부문	플랜트 위험도 평가기술	(1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발	503	391	677	581	·	2,152
		(1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발	600	495	420	140	·	1,655
		(1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술	·	295	420	440	180	1,335
		(1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발	600	495	320	·	·	1,415
		(1-5) 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석	·	595	520	540	·	1,655
			·	·	·	·	·	
	플랜트 설계/시공 안전기술	(2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발	600	395	520	540	380	2,435
		(2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발	700	495	570	590	380	2,735
		(2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발	600	395	520	540	380	2,435
			·	·	·	·	·	
	플랜트 대응/유지관리 안전기술	(3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발	·	195	420	240	·	855
		(3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발	·	195	220	240	180	835
		(3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발	600	495	620	540	580	2,835
			·	·	·	·	·	
제도 부문	플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시	·	·	·	240	288	528
		(4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화	·	·	120	140	180	440
		(4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시	·	·	120	140	180	440
	플랜트 안전 관련 제도 선진화	(5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축	200	200	150			550
	소계							22,300

나. 연구개발 과제 목표

〈표 4.1.5〉 연구개발 과제 목표

과제명	재난 유형	구분	1단계 '21	'22	'23	'24	'25	연구 목표
전략과제 1. 플랜트 위험도 평가기술								
추진과제 (1-1) **플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발**	화재	산출물	• 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 지침 • 플랜트 시설물 화재위험도 등급화 및 평가지침 • 플랜트 구획/공간 단위 화재안전성 평가지침 • 고위험 플랜트 시설물 종류에 따른 화재거동 분석 • 제품개발 1건 • 비SCI 논문 3편					• 구획/공간 내 화재위험도 및 장외 영향도 정량적 평가 기술 • 플랜트 방호구획 특성에 따른 주요 고위험 저장/이송 설비의 화재 모형 설정 • 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발
		세부과제	1	3	3	2	-	
추진과제 (1-2) **플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발**	폭발	산출물	• 폭발 사고 데이터베이스 및 폭발 시뮬레이션 도구 및 사용 지침 • GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 지침 • 폭압 산정 및 피해 예측 프로그램 개발 • 특허 1건, S/W 등록 2건 • SCI 논문 2편, 비SCI 논문 4편					• 플랜트 폭발 종류별 위험도평가 기술 개발 • 플랜트 ZONE(위치, 규모, 점화원, 장애물 등)에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발 • 빅데이터(데이터베이스 통합) 기반 및 GIS 기반 폭압 산정 기술 개발
		세부과제	2	3	2	1	-	
추진과제 (1-3) **플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술**	폭발	산출물	• 프로그램 사용 매뉴얼 및 해석 예제집 • 방폭재료의 수치 모델 라이브러리, 멀티스케일 해석 지침 • 약산해석을 위한 단자유도 비선형 동적해석프로그램 • 특허 1건, S/W 등록 2건 • SCI 논문 2편, 비SCI 논문 4편					• 폭압이 구조물에 미치는 구조물 거동 및 구조 해석 기술의 분석 및 개발 • 폭발 해석 기법 및 재료 모델링 기술 조사 및 적용 지침 개발 • 실무용 및 멀티 스케일 해석 기술 개발
		세부과제	-	2	4	3	2	
추진과제 (1-4) **위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발**	누출/폭발	산출물	• 위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정지침 • 가연성가스 열역학물성 DB • 가스 누출유형별 특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델 • 가연성가스 누출시나리오 연계 프로그램 • 특허 2건, S/W 등록 1건 • 비SCI 논문 1편					• 가연성 유체의 누출 시나리오 작성을 위한 열역학물성 DB구축 • 위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정기준 개발 • 가연성 점화원 제거를 위한 전기방폭 분류체계 및 유동해석 연계 프로그램 개발 ·실증
		세부과제	1	2	2	2	1	

과제명	재난 유형	구분	1단계					연구 목표
			'21	'22	'23	'24	'25	
추진과제 (1-5) **플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석**	화재/폭발	산출물	• 실증실험 결과가 반영된 방호벽 설계 지침 • 폭압 영향 완화를 위한 플랜트 설계 지침 • 가연성가스 및 용기폭발 영향 실증 프로그램 • 특허 1건, S/W 등록 1건 • 비SCI 논문 1편					• 플랜트내 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 방호구획 내부 압력 분포 실증시험 • 폭발압력이 방호구획을 구성하는 구조물(방호벽, 물리적 거리등)에 미치는 영향인자 분석 (Shock Tube Test)
		세부과제	-	1	2	2	-	
전략과제 2. 플랜트 설계/시공 안전기술								
추진과제 (2-1) **플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발**	화재	산출물	• 플랜트 시설물 화재안전설계지침 • 플랜트 화재 피난 설계지침 • 특허 2건, 제품개발 2건 • 비SCI 논문 4편					• 재난유형별 구획/공간단위 위험도 평가 대비 방호구획/공간화 기술 • 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정 • 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발 • 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발
		세부과제	1	2	3	4	1	
추진과제 (2-2) **플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템 개발**	지진	산출물	• 플랜트 내진설계 지침 • 고성능 공장 구조시스템 설계지침 • 고성능 공장 구조시스템 시방서 • 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 설계지침 • 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시방서 • 특허 5건, 제품개발 5건 • SCI 논문 4편, 비SCI 논문 6편					• 플랜트 설비의 특성별로 요구되는 내진 성능목표 정립 • 성능기반 및 사양기반을 포괄하는 플랜트 특화 내진설계 절차 수립 • 비구조요소, 건물외구조의 분류 및 내진설계 적용범위 체계 수립 • 지진안전 확보를 위한 고성능 플랜트 구조시스템, 구조요소 및 장치 개발
		세부과제	2	2	3	3	1	
추진과제 (2-3) **플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭설계 및 성능기준 기술 개발**	폭발	산출물	• 플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 및 철골구조 방폭 설계 지침 • 플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트 및 철골구조의 내폭 성능평가 지침 • 플랜트 산업용 폭발저항 모듈러 구조물의 설계 지침 • 특허 1건, S/W 등록 1건 • SCI논문 2편, 비SCI 논문 4편					• 밀집도, 이격거리, 장애물 등에 따른 ZONE 분류를 통한 폭발 저항 설계 기술 개발 • 철근콘크리트구조, 철골구조의 내폭 성능 기준 개발 • 비구조재 및 특수 방폭 모듈러에 대한 구조 성능 해석 및 설계 기준 개발
		세부과제	1	2	3	3	2	

과제명	재난 유형	구분	1단계 '21	'22	'23	'24	'25	연구 목표
전략과제 3. 플랜트 대응/유지관리 안전기술								
추진과제 (3-1) **플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발**	화재/폭발	산출물	• 플랜트 화재대응 피난 및 진압 지침 • 특허 1건, 제품개발 1건 • 비SCI 논문 2편					• 플랜트 화재강도에 따른 실시간 소화 범위 및 진압 기술 및 화재확산 거동에 따른 대피기술 개발 • 플랜트 특성에 따른 화재 대응 제/배연 기술 개발 • 스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발
		세부과제	-	2	4	2	-	
추진과제 (3-2) **플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발**	화재	산출물	• 화재 손상 플랜트 구조물 손상도 평가 기반 보강 지침 • 특허 1건 • 비SCI 논문 3편					• 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 • 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
		세부과제	-	1	2	2	1	
추진과제 (3-3) **플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발**	지진	산출물	• 기존 플랜트 성능기반 내진성능평가지침 • 기존 플랜트 성능기반 내진성능향상지침 • 플랜트 지진재난 대응지침 • 기존 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침 • 기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상지침 • 플랜트 지진피해 평가 및 복구지침 • 특허 4건, 제품개발 4건 • SCI 논문 4편, 비SCI 논문 6편					• 기존 국내 플랜트 구조물의 유형별 내진성능평가 실무지침 개발 • 대형 설비-지지구조 상호작용을 고려한 상세/근사 해석법 실무적용 지침 개발 • 플랜트 시설물의 내진 취약부 보강방안 수립 • 지지 대상 설비의 중요도 및 요구성능 별로 차등화 된 구조부재 분류 및 허용기준 수립 • 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발 (정착 및 지진하중저감)
		세부과제	2	2	2	3	2	
전략과제 4. 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼								
추진과제 (4-1) **플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시**	화재	산출물	• 플랜트 시설물 화재안전성능평가 인프라 구축방안 보고서 • 화재안전성능 인프라 및 인증제도 전문관리인력 • 인프라 구축(안) 보고서 1편					• 플랜트 화재안전 성능 평가 및 기술서비스 제공을 위한 지원체계 구축
		세부과제	-	-	-	1	2	
추진과제 (4-2) **플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화**	폭발	산출물	• 높이 2m이상 방호벽에 대한 설계 지침 • 고압의 기체 및 액체가연성 물질의 방폭벽 설치 기준(안) • 인프라 구축(안) 보고서 3편 • 특허 1건 • 비SCI 논문 1편					• 폭발압력별(3단계) 방폭벽 및 방폭문 설계 • 방폭벽 및 방폭문에 대한 TNT실증시험과 결과를 통한 CODE개정 발의
		세부과제	-	1	1	2	1	

과제명	재난 유형	구분	1단계					연구 목표
			'21	'22	'23	'24	'25	
추진과제 (4-3) **플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시**	지진	산출물	• 플랜트 내진시험 표준 지침서 • 플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 기술이전(3건) • 인프라 구축(안) 보고서 1편 • 인프라 및 인증제도 전문 관리 인력 양성 2인 • SCI 논문 1편, 비SCI 논문 2편					• 플랜트 구조시스템에 특화된 설비요소 내진성능평가 표준시험 지침 개발 • 플랜트 설비의 내진성능평가 실험을 위한 인프라 구축 방안 제시
		세부과제	-	-	1	1	2	
전략과제 5. 플랜트 안전 관련 제도 선진화								
추진과제 (5-1) **플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축**	종합	산출물	• 기계설비법 관련 제도(기술기준/지침 등) 제·개정 5건 • 재난유형별 플랜트 안전 확보 가이드라인 작성 1건					• 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 법/제도 선진화 • 플랜트 관련 기존 법 개정 및 하위법령/기준/지침 마련 • 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 작성
		세부과제	1	2	2	-	-	

4. 사업의 비전 및 목표, 추진전략

가. 사업의 논리모형

(1) 논리모형 설정

□ 동 사업의 구성요소 및 연관관계 등을 포함하여 사업 추진을 위한 이슈/문제 정의와 사업목표, 수혜자 등의 명확화를 위한 사업논리모형 제시

1. 이슈/문제

• (일반사항) 플랜트는 기계설비의 종합 시스템으로서 화재/폭발, 지진 등 사고 발생시 대규모 사회·경제적 피해를 초래할 가능성이 높음

- 서산 석유화학플랜트 폭발사고(`20.3) : 롯데케미칼 폭발사고(인근 주민 포함 50여명 부상)
- 광양 제철소 폭발사고(`19.12) : 포스코 ICT 폐열 발전설비 폭발(1명 중상, 4명 부상)
- 강릉 연구시설 폭발사고(`19.5) : 발전기술 개발 실증시험 중 수소탱크 폭발(2명 사망, 6명 부상)
- (이슈) `16년 울산(규모 5.0) 및 경주(규모 5.8) 지진 발생에 따른 대응방안으로 지진·화산재해대책법이 개정(`17.1)되었으며, 울산지역 석유화학단지를 중심으로 `93, `09년도에 석유화학콤비나트 방재대책법 제정 시도가 있었음
- (이슈) 최근 수소도시 이슈를 비롯해 도심지 내 플랜트설비 및 시설 수요의 확대 추세에 따라 국민생활안전을 위한 잠재적 요인으로 부각 → 기존 산업단지 등 특정부지에 대규모 설비로 구축되던 방식에서 중소규모의 플랜트 설비가 도시내에 산별 건설되는 방식으로 전환

• (제도부문) 우리나라는 플랜트 설계/시공/운영 단계에서의 안전 관련한 제도들이 5개 부처 36개 법령·고시·기준에 분산되어 있어 안전 규제의 측면에서도 모든 허용기준을 충족해야하는 비효율적인 과다설계 외에도 책임전가에 따른 사각지대가 발생

- 플랜트 안전 관련 법/제도는 5개 부처(산자부/고용노동부/환경부/국토교통부/소방청) 36개 법령·고시·기준 등에 산재
- 최근 기계설비법 제정(`18.4) 이후, 시행령·규칙(안)이 예고(`19.11) 되어 있어, 플랜트 안전 기술기준 마련 정책/기술 연구가 필요한 상황(기존 담당 부처별로 산재되어 있는 플랜트 안전 제도/기준들을 기계설비법 하위 기술기준으로 인용 또는 통합하는 노력이 필요)

• (기술부문) 최근, 국제적으로 “안전기술 기반 플랜트 설계”가 주된 경향이며, 안전 관련 기술의 확보가 국외 플랜트 건설 수주에 큰 영향을 미치고 있음

- 특히, 우리나라 플랜트는 생산성을 중시한 연구 및 기술개발이 이루어지고 있으며 안전성 측면과 관련해서는 연구(기술) 수준면에서 국외 수준과 비교해 상대적 부족
- 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 개별설비/시스템)의 안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 시설물(구획/공간) 중심의 플랜트 안전기술 미흡
- 플랜트산업 전주기에 영향을 미치는 시험·인증·지원인프라 구축을 통한 국산 안전기술의 품질경쟁력 확보 요구 증대

• (정책부문) 국내에서는 국민 안전성 확보를 위한 정책이 주도적으로 이루어지고 있어서 잠재적 고위험 플랜트 시설물에 대한 안전성 확보가 매우 중요해짐

- (국가정책) 現 정부 100대 국정과제를 통한 재난현장 신속대응을 위한 통합적 재난 관리체계 구축 등이 부합 / 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획은 현장실용화 중심의 안전생태계를 구축하고 미래·신종재난 대비 재난 안전기술을 선진화 하는데 연관성이 부합
- (연구개발정책) 제4차 과학기술기본계획은 건설·교통, 기계·제조, 재난안전 등이 부합 / 제1차 국가교통과학기술연구개발 종합계획은 재난·재해 예방 등 안전기술 개발, 사회 이슈 해결형 기술개발 등이 부합 / 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준은 연구자 주도 기초연구, 공공수요 및 규제개선 연계, 예방 중심의 재난·재해 R&D 등이 부합
- (국가안전정책) 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전 및 유지관리 서비스 지향부분 등이 부합

↓

2. 목표

- 플랜트 시설물 안전성 확보를 위한 기술 개발 및 관련 제도 고도화를 통해 기술과 제도가 유기적으로 호환하는 "플랜트 안전 통합관리 패키지 구축" 목표
  - (제도통합) 부처별 산재되어 있는 현행 안전규제 개선을 통한 제도운영의 효율성 증대
  - (기술통합) 잠재적이면서도 재난요인 대응 구획/공간관점의 안전기술 개발 및 안전성능 검증/평가를 위한 안전인증체계 구축

↓

3. 수해자

- (국민) 잠재적 위험을 예방함과 동시에 2차 피해 확산 방지에 의한 국민의 삶, 생활안전 확보 / 기술자립도가 취약한 국내 플랜트 안전기술 시장의 활성화에 따른 중소규모 기업의 진입장벽 저하
- (정부) 관련 법률/제도와 민간주도 안전기술 가이드라인의 융합을 통해 국내 시장의 진흥, 육성에 크게 기여, 국가 고부가가치 산업의 경쟁력 유지에 따른 경제 활성화

↓

4. 투입

- 연구개발 활동에 필요한 모든 자원
  - 사업비 : 298억원(정부출연금 223억원, 민간 75억원)
  - 인적 자원 : 재난(화재/폭발, 지진) 대비 플랜트 안전 관련 산, 학, 연 전문가 참여, 약 366명 전후
  - 시설 및 장비 : 플랜트 시설물 내(방)화/내(방)진/내(방)폭 검증용 시험시설 및 구획/공간 위험도평가 및 시설물 화재/폭발/지진 해석 시뮬레이션 등
  - 연구주체 : 정부출연연구원, 민간전문시험기관, 대학교, 플랜트 관련 기업, 전문관리기관 등

↓

5. 활동

- (내부) 재난/재해 요인별(화재폭발, 지진) 전문 분과위원회 구성, 관련 전문연구기관 활용
- (외부) 산학연을 연계한 플랜트 안전관리 분야 최적 연구진 구성

↓

6. 산출

- (일반사항) 연구개발 활동에 의한 일반적인 결과물
  - 잠재적 고위험 플랜트 시설물의 재난요인(화재/폭발, 지진) 유형별 최적 예방 가이드라인 구축(플랜트 시설물 안전과 관련한 제도, 기술부문의 통합관리와 더불어 민간 가이드라인 방식을 상호 혼용해, 실효적인 연계가 이루어진다면 한국형 플랜트의 안전성능 고도화 가능)
- (제도/논문/특허) 연구개발 활동에 의한 직접적인 결과물
  - (기준/지침) 플랜트 시설물 위험도 평가지침 외 14항 등
  - (기술/공법) 플랜트 시설물 화재/폭발, 지진 대응 안전기술 등

↓

7. 성과/영향

- 과학기술적 파급효과
  - 플랜트 시설물의 화재/폭발에 관한 안전성 평가방법/기준의 선진화를 통한 관련 중소기업 해외수출 기회 확대 및 해외 수입대체 효과로 국내 기업 부담경감
  - 플랜트에 특화된 내진설계기술 향상으로 성능기반설계 개념에 기반한 선진국 수준의 내진설계기술 확보
  - 플랜트 산업의 국제경쟁력을 높이기 위해서는 플랜트 안전설계 등 고부가가치 기술 확보
  - 위험도 평가 기술은 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로 활용 가능
- 경제사회적 파급효과
  - 산업 플랜트의 독자 기술기준 확보를 통한 국가 정책기준의 고도화와 현재 전무한 국내 플랜트 재난 안전기술의 선진화, 국제협력 증진을 통한 기술력 향상 및 대외 기술 의존도 저감
  - 세계적 수준의 플랜트 안전 성능평가 기술 및 솔루션을 확보하여 국내 시장 창출 및 해외 진출 견인

- 국내 노후 플랜트에 대한 안전성 기확보 및 유지보수비 절감 경제적 파급효과
- 산·학·연 간의 유기적인 기술개발 체계를 구성함으로써, 플랜트 안전 연구를 증진시키고 전문 인력 양성 기여

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'21년 수준	최종 목표수준	
	~'20	'21	'25(종료년도)	~'27(종료이후)
플랜트 안전관리 기술	• 국내 플랜트 설비 안전관리에 대한 해외 기술 의존성 높음 • 플랜트 시설물 위험도 기반 안전기술 부재	• 국내 플랜트 시설물 위험도 평가 및 관리 방안 개념 부재	• 플랜트 사고 예방 및 대응 등 플랜트 전주기 (설계-시공-유지관리) 안전기술 개발	• 국내 플랜트 안전관리 시장 탈환 및 해외시장 진출 추진
		→ 국외 기술 선진국 대비 기술경쟁력 50%	**→ 국외 기술 선진국 대비 기술경쟁력 80% 확보**	**→ 국내 플랜트 안전 관리 기술 자립 및 기술 경쟁력 확보**
	• 플랜트 설비/시설물의 안전관리기술 기준의 부처별 산재 • 국토교통부 플랜트를 포함하는 기계설비법 제정('18.4) 및 시행령·규칙 시행 예고('19.11)	• 5개 부처 36개 제도/기준/규칙/지침에 분산되어 있는 플랜트 안전 관련 기술기준 정비 착수	• 국토교통부 차원의 플랜트 안전관리기술 기준의 체계적 정비 완료	• 플랜트 전주기 (설계-시공-유지관리) 안전기술 지침, 가이드라인 등 배포
		→ 플랜트 시설물 관점 안전관리 기술기준/지침 0개	**→ 플랜트 안전관리 기술기준/지침 14개 제·개정**	**→ 국내 플랜트 시장에서 안전관리 체계가 확산**
	• 플랜트 시설물 안전 시험/평가/인증 체계 부재	• 플랜트 Owner 요구에 맞춘 비합리적 플랜트 안전설계 만연	• 국내 플랜트 안전관리 시험, 평가, 인증체계 실현 및 안전시험 인프라와 운영시스템 구축 • 플랜트 전문 시험인증 조직 설립	• 한국형 플랜트 안전 인증 (Plant Safety Standards)의 국제 표준화
		→ 플랜트 안전관리 인증체계 신뢰성 국외 선진국 대비 약 40% 수준	**→ 플랜트 안전관리 인증체계 신뢰성 국외 선진국 대비 약 70% 수준까지 개선**	**→ 세계수준의 플랜트 안전설계 및 관리기술 경쟁력 확보**

				현황	문제점	개선방향	연계 대상 연구과제	참조
플랜트안전 통합관리 패키지	**제도분야** 통합관리			- 플랜트 안전 관련 법령/고시/기준 산재로 인한 비효율적 관리 (약 6개 부처 관련 34개 법령/고시/기준) ✓ 플랜트 특성(Complex, Specific, Special) ✓ 부처간 업무영역의 충돌 ← 이해관계 복잡함	- 다양한 플랜트 기술기준들을 현행의 사양적 제도로 관리하기 어려움 ✓ 중복규제 ✓ 사각지대 발생 우려(책임소재 불분명, 법령용어의 자의적 해석) ✓ 플랜트 안전성 향상을 위한 특화 정책 · 제도 거버넌스 부재 등	- 제도적 통합관리 필요 1안) 기존법 활용(개정) : 기계설비법 2안) 신규법 제정 : (가칭)산업시설물건설기준법 : (가칭)플랜트안전설계법 3안) 제3의 단체 발족 : (가칭)플랜트안전위원회(부처간 협업)	□ 과제의 형식보다는 정부(담당부처)의 역할/의지 중요	- "기계설비법" 하위법령(예시) ← 유관단체의 의도(플랜트를 포함시키고자 하는 움직임) ✓ 기계설비 관련 협회, 학회 등 산업계 주도 의원 입법 ✓ 유관단체 : 기계설비건설협회, 설비공학회, 설비기술협회, 냉동공조산업협회, 설비설계협회, 기계설비산업연구원 ✓ 국토교통부 담당 : 건설산업과 - "석유화학콤비나트 방재대책법" 제정 시도 ✓ 행정안전부(소방청)을 중심으로 1993, 2009년 시도했으나 무산 ✓ 복잡한 기계설비로 이루어진 플랜트의 특성상 일원화 보다는 분리하는 편이 안전성 확보에 유리하다는 의견 ✓ 상위규제는 플랜트 시장의 활성화를 저해하는 것, 과도한 성위규제 신설의 실효성? ✓ 오랜 기간에 걸쳐 정해져 왔던 관리(허가권)주체를 바꾸는 것이라 혼란 초래 우려
	기술분야 통합관리	**기술개발**	**총괄**	1) (설계/시공단계)안전설계 및 해석기술 - 위험도평가 기술 등 ✓ What-If 분석 ✓ HAZOP 기법 ✓ FMEA기법 ✓ Fault Tree 분석기법 ✓ Event Tree 분석기법 2) (운영단계)주요설비 상태감시 및 수명예측 기술 - 기자재 고장률 DB 구축 기술 등 3) 가상현실 기반 안전대응 시뮬레이션 기술	- 독자적 기술기준체계 미흡/부재(수준↓/자립도↓/해외의존도↑) - 경험 부재 ✓ 미래환경 변화를 고려한 선제적/전략적 R&D투자 미흡	- 선진국 추격형 (catch-up)에서 탈피, 고부가가치 원천기술 확보를 위한 돌파형 (breakthrough) R&D 체계로 패러다임 전환 필요 - 한국형 플랜트의 공정/용도별 위험도 정량적 평가기술 개발 필요 - 기자재 국산화 필요 - 국가적 지원 필요(정책/연구부문 지원) - 플랜트 안전설계 관련 인력 및 전문기관 육성	□ 플랜트 재난 위험도 평가기술 개발 □ 플랜트 산업 고도화를 위한 위험도 기반 한국형 안전설계기술 개발 □ 플랜트 피해 구조물 재사용성 확보 및 손상 복구기술 개발 □ 플랜트 R&D 및 시범사업	플랜트 안전 기술분류※ 대분류 / 세부분류 / 내용 장치/부품 설계기술 / 안전 및 내구성을 위한 설계 기술 / 공정 조건을 감안한 설비의 안전성 극대화를 위한 안전 설계 기술 소재선정 및 개발 / 안전과 내구성 고려한 상용 소재 선정 / 설계 과정에서 선택되는 상용 소재의 DB구축 및 활용 기술 소재선정 및 개발 / 화학플랜트 특수 공정을 위한 소재개발 기술 / 화학플랜트에서 적용되는 고유의 특수공정 장치를 위한 내식내열 특수소재 개발 기술 설비진단 및 운영기술 / 비파괴 평가 기술 / 장치 부품/소재의 손상 평가용 비파괴 측정 및 모니터링 기술 설비진단 및 운영기술 / 기술상원인분석 기술 / 부품/소재별 손상기구 규명 및 대책에 관한 기술 설비진단 및 운영기술 / 수명 예측 / 손상부위의 보수 및 관련된 수명 예측 기술 설비진단 및 운영기술 / 신뢰성중시보전기술(RCM) / 플랜트 안전관리를 위한 종합 시스템 운용 ※ 2015년 법안전융합연구소회보 '안전산업의 진단과 전망'
			화재 **KICT**	- NFSC(국가화재안전기준) 적용 - NFPA/ASCE/API/BS 등 참고 1) 심층방어기술(1차, 2차피해 대응 종합 기술) - 화재위험도 분석 및 평가기술(NFPA803) - 안전정지능력분석기술(Safe Shutdown Analysis) 2) 화재모델 기술(FDS)	- 건축물에 적용하는 소방설계를 플랜트에도 적용하고 있어 Complex한 플랜트의 특성을 전혀 고려하지 않고 있음 - Local Requirement(법적 규제)와 Owner Requirement의 괴리 - 위험물질 위험도등급이 세분화되어 있지 않아 위험도 산정 체각각 - 따라서, 사기관마다 안전성 확보에 대한 판단이 자의적이라 임의적인 소방설계가 이루어지고 있음 ← 과다 또는 과소설계 원인	- 플랜트 공정/용도별로 일원화할 수 있는 소방설계 기술기준 필요(But, 정리에 난항 예상) - 국가 주도의 사양적 기술기준과는 별도로 플랜트 공정/용도별로 소방설계 기술 가이드라인 작성을 지향(민간 주도) → 사양적 제도(기술기준)를 지원 - "성능위주 소방설계" 도입 필요	□ 플랜트 화재위험도 평가기술 개발 □ 한국형 플랜트 화재안전설계기술 개발 □ 플랜트 화재대응 기술 개발 □ 플랜트 화재 소화 및 피난기술 개발 □ 화재손상 플랜트 재사용성 확보기술 개발	심층방어기술 화재발생을 방지 / 설계/건설: 점화원 및 가연물 사용의 최소화 불연성 물질 사용 운영: (임시) 가연물 관리, 변경사항 화재발생시 신속한 감지 및 진압 / 설계/건설: 감지기 및 소화설비 선정 진압 친화적인 환경 운영: 소화설비 유지관리, 수동진압대책 신속한 진압이 불가능한 경우에도 안전정지 기능 확보 / 설계/건설: 방화구역, 다중안전장비 운영: 내화구조물의 건전성, 비상대응대책 수립
			자진 **서울대**	- 내진 성능이 검증되지 않은 골조 시스템 및 설비 요소의 관행적 적용 - 성능기반 내진설계 수행 가능 전문가 부족 - 구체적 내진기준 부재에 따라 기업 자체적으로 또는 해외 용역사를 통해 내진설계 범위 및 적용 기준 설정 - 기존 노후 플랜트 시설의 설계도서 유실	- 플랜트 내진 안전관리를 구성하는 다양한 분야를 일관하는 기술표준의 부재 및 다양한 분야(건축/토목/기계/화공/전기)별로 플랜트 내진 기준 산재에 의한 혼란 및 비효율 발생 - 비구조요소, 건물외구조의 내진설계 적용범위에 대한 구체적인 법적, 기술적 기준 부재(대상 위험물 저장시설 범위 등) - 각 분야별 기술자들이 상호 연계되지 않은 개별적 방법론에 의해 설계 수행 - 국내 현행 플랜트 건물 기본구조의 내진 거동이 명확히 규명된 바 없고 내진 성능이 불분명 - 일반건축물에 적용되는 내진 기준이 플랜트 내진설계에도 그대로 적용되고 있으며 이에 따라 플랜트의 특성이 반영된 새로운 설계지침의 정립 필요 - 플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 설비 및 지지구조의 내진성능 수준에 대한 기술적 정의 부재 - 구조 및 비구조요소의 체계화된 내진성능 인증 시스템 부재	- 플랜트 설비의 특성별로 요구되는 내진 성능수준 정의 및 이를 토대로 한 플랜트특화 성능기반 내진설계 절차 수립 - 플랜트 내의 광범위한 건물, 비구조 요소, 건물외 구조에 대한 각각의 특성에 맞는 내진 안전성 강화방안 고려 - 플랜트특화 내진 구조시스템 및 요소기술 개발을 통한 내진 안전성 및 기술 자립도 제고 - 다양한 소관부처별 기술기준을 연계할수 있는 내진설계기준 개발 - 비구조요소, 건물외구조의 분류 및 내진설계 적용범위 체계 수립 - 위험물질, 화재 및 중요 공정 관련 플랜트 시설의 기능유지 성능기준 체계화 - 주요 플랜트 설비 및 지지구조물의 유형화 및 각각의 내진설계기준과 예제 개발 - 구조물 및 대형설비의 통합 지진해석 및 내진설계 기술 개발	□ 플랜트특화 건물, 비구조 요소 및 건물외 구조 내진설계 지침 개발 □ 기존 플랜트 건물, 비구조 요소 및 건물외 구조 내진성능 평가지침 개발 □ 플랜트 특화 내진성능 강화설계를 위한 구조시스템 및 요소기술 개발 □ 플랜트 지진대응, 지진피해 점검 및 복구지침 개발 □ 플랜트 내진성능 검증실험 표준절차 제공 및 내진성능평가 실험인프라 구축	
			구조폭발 **건국대**	- 등가 TNT를 이용한 폭발하중 산정 - 단자유도 해석을 이용한 구조해석 - 군사시설 방폭설계기준을 적용	- 플랜트의 특성을 고려하지 않은 설계 - 독자적 플랜트 설계 기술 부재 - 과다 또는 과소 설계 - 사고시 대응과 대책 미비 - 복합 재난에 대비한 설계 기술 부재	- 폭발 사고에 대한 위험도 평가 기술의 개발 - 성능 기반 설계 방법의 정립 - 플랜트에 적합한 방폭 시설물 구조 기술 개발 - 사고에 대비한 진단 및 복구 기술 개발	□ 플랜트 폭발 사고의 위험도 평가 기술 개발 □ 플랜트 구조물 성능 기준 기술 개발 □ 폭압에 의한 구조거동 해석 기술 개발 □ 폭압에 대비한 설계 기술 개발	
			설비폭발누출 **KGS**	- 플랜트 설비 폭발방호 및 제어실 대피기술	- 플랜트내 화재폭발 발생시 폭발 방호개념 부재 - 화재시 제어실내 통제요원 의 유독가스로 부터 보호개념 부재	- 일정규모 이상 가연성물질에 대한 화재폭발실증을 통한 폭발방호벽 도입 필요 - 화재시 유독가스로 부터 제어실 통제요원 보호 필요	□ 플랜트 화재폭발 성능평가 기술 개발 □ 시설물 폭발방호 설계, 제어실 양압·제독기술 및 핵심설비 개발	- "고압가스안전관리법 시행규칙 별표 4 제1호가목1)가)" ✓ 사업소 내 보호시설 및 전용공업지역에 있는 보호시설은 보호시설과의 안전거리 유지 대상에서 제외 ✓ 비상상태 발생 시, 컨트롤룸중요시설 보관장소 등에 대한 안전확보로 대형사고 발생 억제를 위한 새로운 안전확보 방안이 필요
		시험인증	**KTL**	- 플랜트 안전 시험인증 기반 및 전문조직 부재 - 국내 환경을 고려한 상세 기술기준 미흡 - 플랜트 개발 단계별 시험인증 방안 부재 ✓ 주로 설계단계 및 조달공급 단계에서의 자재검사 및 시공 후 완공검사에 초점	- 위험도 및 검사빈도 고저에 따른 정부산하기관 과 민간기관 간의 이원화된 시험인증 체계로 인한 시험인증 사각지대 발생 가능성 - 국내 실정을 고려하지 않은 국외 기준 적용으로 인한 행정/예산 낭비 가능성 존재 - 플랜트 안전 시험인증 전문 인력 부족	- 민간 산업시설(설비)에 대한 포괄적이고 통합적 시험/인증을 수행할 수 있는 제3자 민간검사기관 제도 확립 - 국내 실정 및 환경을 고려한 체계화된 시험인증 기술기준 개발 필요(무분별한 국외 기술기준 도입 지양) - 플랜트 안전 시험인증 전문 인력 양성	□ 플랜트 안전 시험인증체계 구축 및 전문 시험인증 조직 설립을 위한 제도개선 연구 ✓ 플랜트 생애주기별 시험인증 프로세스 개발 ✓ 플랜트 안전 시험인증 전문인력 양성방안 포함 ✓ 발주자의 안전관리 책임 강화방안 포함 □ 플랜트 안전성 평가를 위한 시험 및 인증지침 개발	

(2) 사업의 문제 정의

□ 분산되어 있는 플랜트 안전 관련 법규

ㅇ 플랜트와 관련성이 높은 기계설비는 다부처의 법령, 고시, 기준 등에 산재

- 현재 6개 부처 35개의 법령에 플랜트 업무가 산재되어 있으며, 대부분의 법령이 사업자 및 기술자 관리를 주요내용, 중복 규제 요인이 상존
- 플랜트 관련 법률/제도/기준은 부처에 걸쳐 복잡하게 분산, 규제의 중복 및 각 법령간의 상층·중복 등으로 인하여 산업경쟁력 저하가 우려

ㅇ 분산된 법률체계는 정부의 일관성 있는 건설산업 정책을 불가능하게 하며 나아가 플랜트 산업의 구조적 변화를 가져오기 힘든 중요한 요인으로 작용

□ 각 부처별 산재된 개별적 관리로 인한 과다설계 및 사각지대 발생

ㅇ 각 부처별 안전 허용 기준을 모두 준수하기 위한 비효율적인 과다 설계 발생

- 각 부처별 산재된 법률/제도/기준이 상이하고 자체적인 해석으로 인한 갈등을 조성하여 이를 다 허용하기 위한 비효율적인 과다 설계가 발생
- 책임 소재가 불분명한 규제로 인한 사각지대 발생

ㅇ 각 부처 소관 주요 위험설비에 대한 EPC社 개별 관리 및 점검에 따라 시스템 차원의 규정적용 상 합리성 및 일관성 결여

□ 국외 수준에 비해 상대적으로 부족한 안전성

ㅇ 우리나라 플랜트 설계는 기능성(생산량)을 중시하여 국외에 비해 안정성 측면에서의 정책, 연구는 상대적으로 부족한 실정

- EPC社의 경험으로 설계가 일정 수준 가능하나 플랜트 위험도 분석을 통한 안전설계 능력은 매우 부족한 수준으로 국외 기술에 전적으로 의존
- 안전 관련 기술의 부족은 플랜트 시장에서 국내 기관의 기술 경쟁력 신장에 걸림돌로 작용하므로 안전기반기술의 확보가 필수

ㅇ 플랜트 안전성 정책, 연구(기술)에 대한 경험이 다소 부족하고 높은 해외의존도로 인해 관련 연구는 극히 미미한 실정

- 국내 메이저 플랜트 기관들에 대한 적극적인 기술개발지원(장기적 관점) 및 해외 글로벌 기업의 인수합병(단기적 관점), 인력 및 전문기관 육성, 기자재 고장률 DB구축 등

- 플랜트 안전성은 플랜트의 핵심기술 중의 하나로서, 안전 기술보유여부에 따라 플랜트 수주규모 및 업계판도에 큰 영향을 미치게 될 것으로 전망
- 따라서, 플랜트 안전성관련 설계·제작·신뢰성 검증·테스트 기술 확보를 통해 플랜트 안전 정책, 연구(기술) 구축이 필요

□ **안전 연구(기술)성 확보가 국제적 이슈로 두각**

ㅇ (미국) 4차 산업혁명에 따른 스마트 건설·플랜트분야 신규 수익사업 모델 발굴 및 안전성 확보 추진

- 석유협회(API)는 플랜트에 대한 안전기술에 정량도 위험기업을 포함한 API 580, API 581 코드를 제정하여 플랜트 재해안전 대책에 활용
- SANDIA 연구실에서는 30년 전부터 수소, LPG, LNG의 대량 누출, 확산, 증발, 폭발에 대한 연구를 수행

ㅇ (일본) 소방연구소에서는 위험물질의 수송, 보관 등에 관한 안전 분야에서 오랜 기간 연구

ㅇ (영국) 2010년 NPPF의 도입을 선언하고 2012년 '지방정부와 공동체 부처'(UK department of communties and government)에서 이를 공표하여 국민의 안전성을 제고

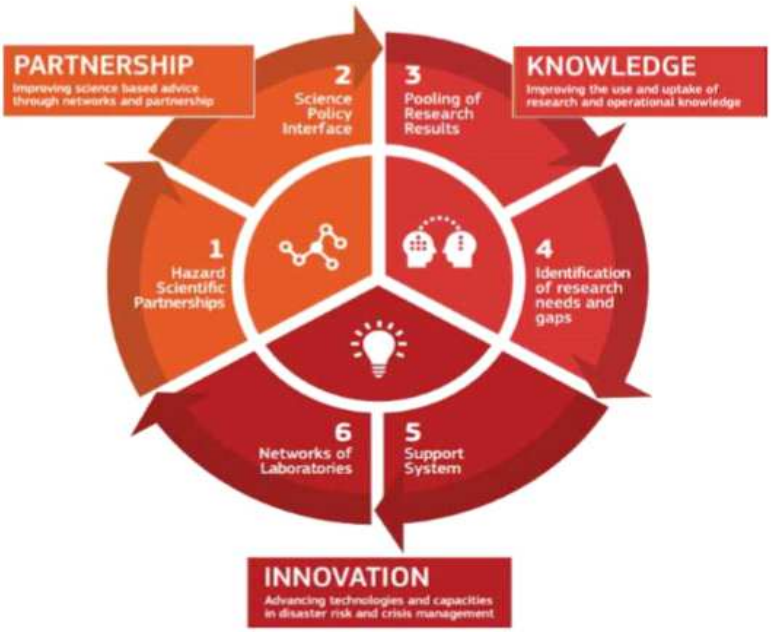
- NPPF는 지방정부와 지역공동체가 계획을 수립하고 시행하기 위한 기본 원칙과 가이드라인을 제공하고 있으며 이는 지역주민들과 주민협의체가 협력하여 근린계획을 수립할 때 반드시 반영

지속가능한 개발의 5원칙	토지이용계획을 위한 12원칙
환경적 제약 안에서 살아가기 Living within the Planet's environmental limits 강력하고 건강하며 공정한 사회 구현하기 Ensuring a strong, healthy, and just society 지속가능한 경제성장 추구하기 Achieving a sustainable economy 좋은 거버넌스를 구축하기 Promoting good governance 과학/연구결과를 책임감 있게 사용하기 Using sound science responsible	① 계획 수립의 주체로서 지역공동체의 역량을 강화하기 ② 생활환경 및 삶의 질 향상하기 ③ 지역의 요구를 합리적으로 수용하면서도 지속가능한 발전 추구하기 ④ 양질의 디자인/ 쾌적한 생활편의시설 제공하기 ⑤ 생물다양성을 보장하고 그린벨트 및 지역경관 보존하기 ⑥ 저탄소미래를 지향하기(기후변화 적응 및 재해 경감) ⑦ 자연환경을 보존하기(환경오염 관련) ⑧ 기존의 오염되고 버려진 산업단지 재사용을 지원하기 ⑨ 혼합용도 개발을 유도하기 ⑩ 문화유산을 보존하기 ⑪ 도심 내 다양한 이동수단을 고려한 성장관리 방식을 추구하기 ⑫ 건강 및 사회문화적 웰빙 추구하기 ※ 예외적으로 폐기물관리와 관련된 정책은 NPPF의 범위에서 제외되고 대신 국가폐기물계획정책에서 따로 다룸

[그림 4.1.10] 영국 NPPF의 지속가능한 개발과 토지이용계획을 위한 원칙

o (EU) 회원국 간의 다양한 재난연구 네트워크 활동과 프로젝트의 구심점 역할을 수행하는 재난위험관리지식센터(DRMKC : Disastrt Risk Management Knowledge Centre)를 설립

- 재난안전 연구활동의 복잡한 과학적 데이터를 유용한 정책적 정보로 제공함으로써, 재난위험 관리정책에 대한 과학적 자문과 비상대비 및 재난대응 활용에 대한 과학적 기반의 분석을 지원



출처: 미래 재난안전 최소화 및 산업화를 위한 국가 R&D 투자전략 연구(과학기술정보통신부, 2018)

[그림 4.1.11] 유럽 재난위험관리지식센터(DRMKC)의 3가지 핵심기능

나. 사업의 비전 및 목표

□ 본 사업은 재난으로부터 플랜트 시설물의 안전성 확보를 위해 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축을 목적으로 설정

○ 재난을 대응하고 산재되어 있는 안전관련 제도 및 관리체계를 통합적으로 운영하기 위한 체제 개편을 도모

비전	**플랜트 시설물의 재난 대응 안전인증 기반 구축을 통한 국가 안전사회 구현 및 글로벌 경쟁력 강화**
사업 목표	**플랜트 시설물 재난 최적 대응을 위한 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화** 잠재적 고위험 플랜트 시설물의 안전기술 개발 및 관련 기술기준 통합관리 체계 구축을 통한 플랜트산업 고도화와 국민의 안전성 확보

성과 목표 및 지표	논문게재	특허(출원/등록)	기준/지침	SW	인프라 구축(안)
	56건	20건	43건	7	5

전략	■ ‘플랜트 안전 통합관리 패키지’ 구축을 통한 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 * 플랜트 안전 통합관리 패키지 : 〈법/제도 ↔ (시험/평가/인증) ↔ 기술〉 국토교통부 소관 제도/기술/적합성평가의 통합관리 시스템 1. (기술부문) 플랜트 위험도평가 기술 2. (기술부문) 플랜트 설계/시공 안전기술 3. (기술부문) 플랜트 대응/유지관리 안전기술 4. (제도부문) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 5. (제도부문) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
투입 규모	**정부 주도의 중·장기 제원 투입** ■사업기간 : 2021 ~ 2025 (총 5년) ■총사업비 : 298억(정부 223억/민간 75억)
기대 효과	■ 국가주도 종합적 플랜트 시설물 안전설계 및 인증을 통한 정책/기술/사회적 기대효과 창출 - 국내 플랜트의 독자 기술기준 확보를 통한 국가 정책기준의 고도화 - 전무한 국내 화재/폭발, 지진 안전기술의 선진화, 국제협력 증진을 통한 기술력 향상 및 대외 기술 의존도 저감 - 플랜트 재난은 복합적 대규모 재난이고 2차피해 위험성이 크므로 이를 종합적으로 관리할 수 있는 기술은 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 기여 ■ 플랜트 시설물의 재난 대응 안전인증 기반 구축을 통한 국가 안전사회 구현 - 플랜트 안전설계 및 인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화 가능 - 플랜트 시설물 안전성평가 절차 및 지침개발 가능 - 플랜트 시험인증 기반 구축 가능

[그림 4.1.12] 사업 비전 및 목표

(1) 사업의 비전

비 전
플랜트 시설물의 재난 대응 안전인증 기반 구축을 통한 국가 안전사회 구현 및 글로벌 경쟁력 강화

□ 비전 수립 방법

○ 본 사업의 비전은 국가정책 및 상위계획의 방향성과 국내 플랜트산업의 현재 및 미래를 고려하여 도전적이나 실천 가능성이 높은 비전을 제시

□ 비전 수립 틀 설계

〈표 4.1.6〉 비전 수립 틀 설계

수립과정	주요 내용	수행 방법
비전 설계	· 비전 정의 규명 · 비전 구성요소 파악	· 관련 문헌 조사
기존 비전 분석	· 국내·외 유사 비전 분석 · 기존 국토교통부 비전분석	· 국내·외 사례 조사
비전 수립	· 비전 설계 및 검토	· 브레인 스토밍
목표 수립	· 비전 연계 목표 설정 · 정량적 목표 제시	· 브레인 스토밍

□ 국가정책 및 상위계획과 연계성 강화

○ 국가정책 및 상위계획의 방향성과 일관성을 유지할 수 있는 비전을 수립하기 위해 플랜트 산업 관련 정책 및 계획의 종합적 분석 실시

○ 국가정책 및 상위계획 비전 검토를 통한 핵심키워드 도출 및 플랜트산업의 재난 대응 기술 개발에 따른 달성 가능한 비전 설정

○ (주요 키워드) 국민행복, 행복사회, 자립사회, 지속발전, 친환경, 안전 등

〈표 4.1.7〉 국가정책 및 상위계획과 비전

국가정책 및 상위계획	비전
現 정부 20대 국정전략	국민의 나라 정의로운 대한민국
국가 CCS 종합계획	세계 CCS 기술강국 도약
제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획	SMART 기술개발로 '국민 맞춤형' 안전복지 구현
제4차 과학기술기본계획	과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여
제 4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획	미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축
재생에너지 3020	삶의 질을 높이는 참여형 에너지체제로 전환

□ 플랜트산업의 현재 문제 해결 및 미래상 반영

- ㅇ 현재, 국내 플랜트 산업은 수요 포화상태 및 성장 한계에 따른 정체기에 접어든 상태이며, 해외수주는 점진적으로 감소하고 있는 실정
- ㅇ 본 사업을 통하여 침체되어 있는 국내 플랜트산업을 활성화하고 나아가 플랜트 산업의 혁신적 체제 개편을 통한 글로벌 경쟁력 강화를 도모할 수 있도록 비전 설정
  - 플랜트산업에서 산재되어 있는 기준 및 제도 등을 통합적인 기준을 마련하여 제도운영의 일관성 확보 및 중복성 문제 해결 가능
  - 이러한 문제 해결을 통해 민간에서 주도하는 안전설계 가이드라인과 실효적인 상호 연계를 통해 문제점들을 보완할 수 있는 수단 가능

(2) 사업의 목표

목 표

플랜트 시설물 재난 최적 대응을 위한 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발

□ 본 사업은 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발을 통해 외부 환경에서 발생되는 문제점들을 해결하는 목적을 내포

- ㅇ (기술 부문) 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 개별설비)의 안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 단위의 안전설계 기술은 미흡 → 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도 평가 기반 전주기 안전기술 개발

- (시험/평가/인증 부문) 개별 구성요소(플랜트 설비 단위)에 대한 안전성능의 시험/인증은 시행되고 있으나, 구획/공간 관점에서의 플랜트 시설물에 대한 안전성능 시험/인증 체계는 부재 → 구획/공간 관점의 성능위주 안전설계* 의 적합 평가를 위한 인증기반 구축

- (제도 부문) 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 / 구획/공간단위 위험도평가 결과에 따른 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 안전설계에 대한 법/제도의 부재 → 따라서, 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 관련 법/제도 선진화

□ **사업 목적을 달성하기 위해 성과물로 인한 목표는 제도, 기술, 시험인증평가부문을 아우르는 '플랜트 안전 통합관리 패키지 구축'으로 설정**

(3) 성과 목표 지표

□ **(성과 목표) 사업 착수 후 단기적인 목표로서 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 위험도 평가 기반 전주기 안전기술 개발을 위한 핵심 성과목표로 설정**

- 사업의 원활한 기술개발을 위해 현실성 있는 성과목표를 설정

□ **(성과지표) 사업 목표를 달성하기 위해 과학적/기술적 성과지표, 기준 및 지침, SW, 인프라 구축(안) 제시 등을 성과지표로 설정**

〈표 4.1.8〉 성과지표 목표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	9	13	13	12	9	56
특허등록	-	3	8	6	3	20
기준/지침	2	9	15	10	7	43
SW 개발	1	2	2	2	-	7
제품개발	-	2	5	5	1	13
인프라 구축(안) 제시	-	-	1	2	2	5
기타(인력양성 및 기술이전 등)	-	-	2	3	2	7

〈표 4.1.9〉 세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 지침
기준/지침	플랜트 시설물 화재위험도 등급화 및 평가지침
기준/지침	플랜트 구획/공간 단위 화재안전성 평가지침
기준/지침	폭발 사고 데이터베이스 및 폭발 시뮬레이션 도구 및 사용 지침
기준/지침	GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 지침
기준/지침	위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정지침
기준/지침	실증실험 결과가 반영된 방호벽 설계 지침
기준/지침	폭압 영향 완화를 위한 플랜트 설계 지침
기준/지침	프로그램 사용 매뉴얼 및 해석 예제집
기준/지침	방폭재료의 수치 모델 라이브러리, 멀티스케일 해석 지침
기준/지침	플랜트 시설물 화재안전설계지침
기준/지침	플랜트 화재 피난 설계지침
기준/지침	플랜트 시설물 내화설계기술
기준/지침	플랜트 시설물 방화설계기술
기준/지침	플랜트 내진설계 지침
기준/지침	고성능 공장 구조시스템 설계지침
기준/지침	고성능 공장 구조시스템 시방
기준/지침	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 설계지침
기준/지침	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시방
기준/지침	플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 및 철골구조 방폭설계 지침
기준/지침	플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트 및 철골구조의 내폭 성능평가 지침
기준/지침	플랜트 산업용 폭발저항 모듈러 구조물의 설계 지침
기준/지침	플랜트 화재대응 피난 및 진압 지침
기준/지침	기존 플랜트 내진성능 평가지침
기준/지침	기존 플랜트 내진성능 향상지침
기준/지침	플랜트 지진재난 대응지침
기준/지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침
기준/지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상지침
기준/지침	플랜트 지진피해 평가 및 복구지침
기준/지침	높이 2m이상 방호벽에 대한 설계 지침
기준/지침	고압의 기체 및 액체가연성 물질의 방폭벽 설치 기준(안)
기준/지침	플랜트 내진시험표준 지침서
기준/지침	기계설비법 관련 제도(기술기준/지침 등) 제·개정
특허	고성능 공장 구조시스템 특허
특허	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 특허
특허	플랜트 시설물 스마트 화재모니터링 및 지능형 소화 시스템
특허	플랜트 내진보강 기술 특허
특허	플랜트 지진피해 복구기술 특허
S/W	폭압 산정 및 피해 예측 프로그램 개발
S/W	가연성가스 누출시나리오 연계 프로그램
S/W	가연성가스 및 용기폭발 영향 실증 프로그램

구분	성과물
S/W	약산해석을 위한 단자유도 비선형 동적해석프로그램
S/W	상용프로그램의 시뮬레이션 검증 DB작성
제품	고위험 플랜트 시설물 종류에 따른 화재거동 분석
제품	가연성가스 열역학물성 DB
제품	가스 누출유형별 특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델
제품	플랜트 화재시나리오 대응 피난설계기술
제품	플랜트 화재 대응 연기제어기술
제품	고성능 공장 구조시스템 시제품
제품	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시제품
제품	2차 피해 방지를 위한 유독가스 제/배연 기술
제품	플랜트 내진보강 기술 시제품
제품	플랜트 지진피해 복구기술 시제품
인프라	AGA기반 가연성 유체의 열역학 물성측정 장치
인프라	가연성 가스의 산소혼합조건에서 폭발 특성측정 장치
인프라	홀 사이즈별 누출특성 평가 실증시험 장치
인프라	용기폭발 실증실험용 모듈형 화염발생장치
인프라	용기폭발실험용 폭압실험장치
인프라	플랜트 시설물 화재안전성능평가 인프라 구축방안 보고서
인프라	가연성가스 화재폭발 특성 실증을 위한 모듈형 가스표준화염 발생장치
인프라	TNT당량 폭발 실증시험 데이터 수집 및 분석 장치
인프라	방폭문 및 방호벽 실내 폭발압력 저항 시험장치
인프라	플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 보고서
기타	화재안전성능 인프라 및 인증제도 전문관리인력
기타	플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 기술이전
기타	내진성능평가 인프라 및 인증제도 전문관리인력

다. 사업 추진전략 부문

(1) 수요기반 융복합 R&D 추진

□ 기술개발 성과물이 현장적용 및 실용화로 연계될 수 있도록 기업의 참여를 확대하고 단계별 기술개발 전략 수립

ㅇ 명확한 사업모델을 전제로 중견·중소기업의 주도적 참여를 강화하고, 대기업을 포함한 산학연 협력체계 및 성공 프로세스 구축

- 수요자 관점의 연구개발을 확대하기 위해 가치사슬과 연관성이 높은 중견·중소기업이 주도적으로 컨소시엄을 형성하고 세부 요소 기술은 출연연구소, 대학이 역할 분담
- 출연(연) 등 연구소에서 원천기술 개발 및 실증 지원을 강화하고, 대학교 등에서 요소기술 성능 향상 등을 협력

(2) 개발기술의 완성도 제고를 위한 단계적 검증과 실증을 통해 상용화 추진

□ **(기술개발 단계화를 통한 완성도 제고) 기술의 실증적 완성도 제고를 위해 연구기반 구축, 요소 및 핵심기술 개발, 시작품 파일럿 검증, 현장실증의 단계적 추진이 필요**

- ㅇ 일반적으로 플랜트 기술의 특성상, 완성도 확보까지는 장기간 소요되며, 이러한 과정은 외부에서 인정될 수 있는 파일럿 검증이나 테스트베드 실증으로 추진
- ㅇ 연구개발 투자는 주로 응용·개발(TRL 3~6)에 치중, 사업화·상용화를 위한 유사·실제 환경에서 사용가능성(TRL 7~8, 시험)과 사용적합성(TRL 9, 시험인증) 증명을 위한 실증 기반이 취약
  - 연구개발 성과이전 및 신기술 적용, 사업화 및 창업, 운용결과의 피드백 및 기술혁신 등 선순환 효과와 산업 경쟁력을 획기적으로 개선하기 위해서는 실증기반 확보가 매우 중요

□ **개발기술의 신뢰성 확보가 관건으로 기본설계 → Prototype 제작 및 검증 → 파일럿 설계·제작 및 실증 등과 같은 체계적인 검증, 실증 단계를 강화**

- ㅇ 1단계(요소 및 핵심기술 확립) 선진기술 벤치마킹 및 기존 연구사업의 성과연계를 통한 핵심기술 확보, 요소 및 핵심기술의 통합실증(테스트베드)계획수립을 병행
  - TRL 단계가 낮은 3단계 이하의 기술인 경우에, 그 유용성(전체 시스템에 미치는 영향이 크거나 현지 애로기술)을 고려하여 우선적으로 원천기술 개발을 지원하고, 그 원천기술 개발성과를 평가하여 후속 세부기술 개발에 성과를 연계·활용하여 추진토록 로드맵 구성
- ㅇ 2단계(시작품 파일럿 검증) 기술개발단위인 세부기술수준에서 파일럿 검증을 수행하고, 이에 필요한 기술은 요소기술로서, 해당 개발기간 내에 개발성과를 판단하여 시스템기술로 통합(세부기술) 검증
- ㅇ 3단계(현장 실증) 테스트베드 대상지, 적용기술 선정 등 구축방안 수립, Test-Bed를 활용한 현장적용 실증체계 구축, 이를 통한 Track Record 전략으로 활용

(3) 플랜트 시설물 안전기술 및 시험인증 주도기관과 국제교류 및 협력을 중점 추진

□ **플랜트 안전기술이 미흡한 우리의 여건에서 현지 네트워크를 활용하여 정보 및 데이터의 확보, 기술교류는 기술개발 및 사업 추진의 리스크를 대폭 삭감 가능**

- ㅇ 사업 기획단계부터 현지 국가, 유관기관과의 업무협약을 통하여 현지 공동연구 기획, 검증현장 협조, 시험인증지원 등에 관한 교류·협력 추진
- ㅇ 현지 사업분야와 연관된 국가주도의 출연연구소, 대학교 등과 인력교류, 아이디어 교류를 위한 컨퍼런스 등을 정기적으로 추진, 연구참여 인력의 현장경험 확보 및 역량 제고
- ㅇ 본 사업 추진(기술개발)단계에서 전략적으로 연구팀을 해외 현지에 파견하여 공동연구 수행 체계를 구축하고, 현지 수요기술의 사업화를 전제로 공동 개발하는 전략 추진

□ **핵심기술의 효율적 개발과 현지 실증을 지원하기 위한 국제공동연구, 실증지원체계를 구축하여 중점 추진**

- ㅇ 플랜트 안전을 위한 핵심요소기술의 선행연구, 최적화를 통한 시스템 개발, 현지 사용환경을 고려한 파일럿 검증, 테스트베드 실증을 추진하여 사업화 이관
- ㅇ 현지 수요를 파악하여 초기에 요소기술에 대한 강점과 약점을 분석하여 역할을 분담하고, 최종적으로는 관련기업(대·중소기업 등)이 현지에 사업화 진출이 가능한 모델을 상정

(4) 사업특성을 고려한 효율적인 사업관리 및 개발성과의 확산체계 구축

□ **동 사업은 중장기 산업기술개발사업으로 연구개발사업의 성공적인 추진 및 상용화· 실용화 등 현장적용 확대를 위한 민간의 협력이 필수적**

- ㅇ 동 사업은 기술개발을 통해 플랜트 안전 기술개발을 목표로 하고 있어 1차적인 연구개발 성과의 수혜자는 중견·중소기업, 일부 대기업(건설, 중공업사 등) 등
- ㅇ 최종적으로는 실용화 및 현장적용으로 연계될 수 있는 사업추진체계 구축 필요

□ **연구개발 성과물의 실용화 및 현장적용 강화를 위한 실용화 단계별 세부적인 지원방안을 수립**

- ㅇ 최근 10년간, 국토교통 R&D 예산은 지속적으로 증가하면서 양적 성과는 크게 성장했으나, 실용화를 고려한 대형사업의 연구개발 성과는 실질적으로 사업화 단계까지 도달하지 못해 현장적용 실적은 저조한 수준
  - 최근 5년 동안 종료된 275개 과제를 중심으로 실용화 성과를 살펴보면 성과가 실제로 활용된 경우는 49개 과제로 17.8%의 저조한 수준으로 파악

- 이는 개발기술을 검증하기 위한 현장 확보의 애로, 후속 사업화 지원사업의 지원과제의 한계 등에 기인하는 것으로 분석

ㅇ 따라서, 현장적용 및 실용화 등 사업화 연계를 위해 별도의 사업화 전담인력을 배치하여 우수성과·기술에 대한 체계적인 사업화 지원 담당

ㅇ 현장적용 활용을 위한 신뢰성/검증/현장평가 지원

- 타 기관이 보유한 시험/검사 장비 활용, Test-bed 활용, 현장 적용에 소요되는 제반비용에 대한 경감을 통해 사업화 단계의 전략적 지원
- 해외시장 진출 확대를 위해 해외 시험기관 평가/인증 지원 및 주요 국가별 인증기준 정보 제공

라. 사업관리 체계 및 평가 부문

(1) 사업 관리체계 및 프로세스 구축

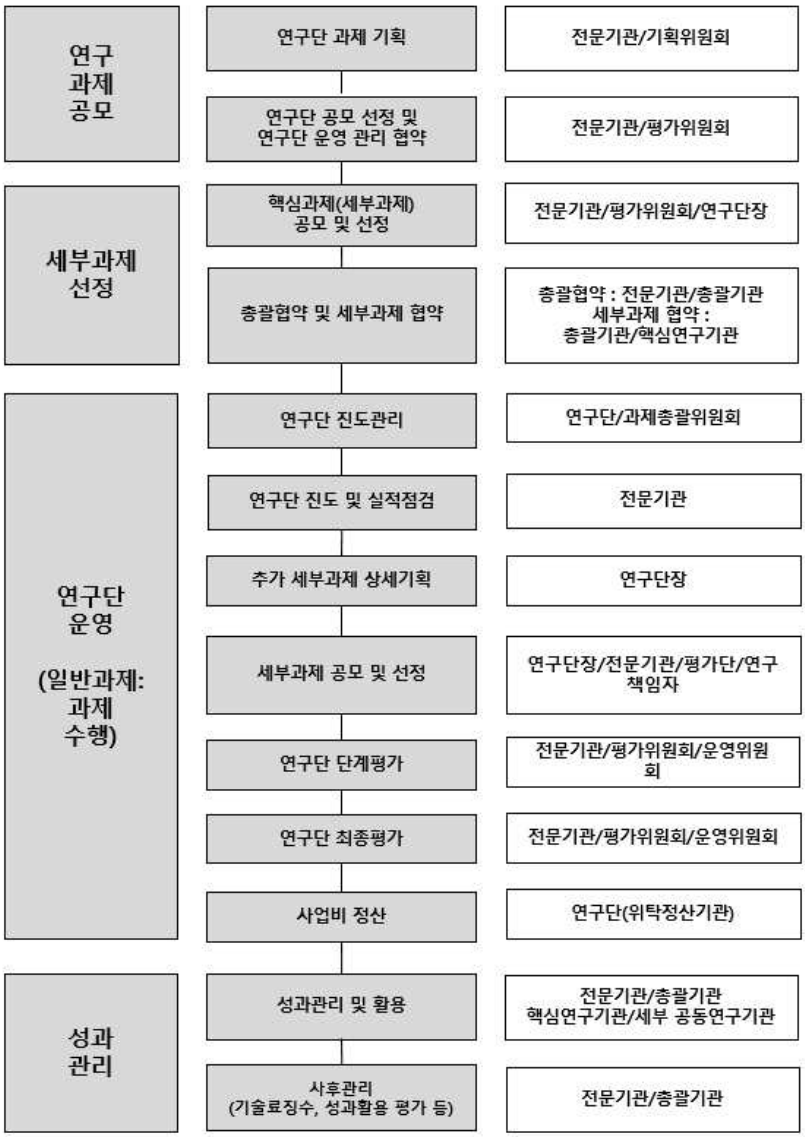
□ 본 과제에서 다루는 재난의 종류와 성격에 따라 예방/대처방법이 다양하고 대상플랜트의 종류도 다양하며, 전주기 차원을 대상으로 하기 때문에 연구단 규모의 과제 추진 필요

□ 동 사업은 국토교통부(정책총괄 및 재정지원), 국토교통과학기술진흥원(사업기획, 평가, 관리), 연구단을 중심으로 '전략수립→사업관리→성과관리' 3단계의 사업관리 체계를 구축하여 운영

ㅇ (전략수립) 선행과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하고 유사과제와의 구체적인 연계 활용방안을 계획함으로써 과제 추진의 목적 지향성 확보

ㅇ (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과 조사 관리 및 평가와 연동한 과제 진도수행 점검으로 연구성과의 효과성 강화

ㅇ (성과관리) 연구수행 과정을 평가결과에 반영하고, 단계(연차) 및 최종평가위원회를 구성·운영하여 평가의 내실화와 평가결과 환류체계 등 평가의 실효성 강화



[그림 4.1.13] 사업 프로세스

⑵ 사업관리 전략 구축

□ 사업평가 및 관리 이원화

- ㅇ 본 사업은 민간이 기술 개발을 수행하고 전문기관이 선정평가 중간 및 최종평가 및 성과관리 확산을 담당함으로써 공공과 민간의 적절한 역할 분담을 통해 전문성강화 및 공정성 확보를 동시 달성하는 관리체계로 운영
- ㅇ 프로젝트 선정 및 중간(연차 및 단계), 최종평가 시 전문기관이 평가위원회 구성 및 운영을 지원하고 운영위원회가 최종 추인
- ㅇ 기존 개발기술과의 연계를 통한 산기관 주도의 상용기술개발 추진

ㅇ 정부는 사업비 지원 비율을 원천기술개발 및 기존 성과 연계기술개발 단계, 상용기술개발 단계 등 각 추진 단계별로 연구개발비(국고/민간) 투자비율을 탄력적 조정

□ 세부기술분야 및 구성기술별 맞춤형 추진전략 구축

ㅇ 제작기관과 운영자가 공동개발-검증하여 해외수출, 수입대체, 가격인하에 성공한 개발 모델을 확대 적용하여 추진

- (제작기관) 설계기술, 제작기술, 상용화기술 개발
- (운영기관) 사용자 요구사항 도출, 실증시험
- (시험기관) 국·내외 시험 규격 등 요구 사항 도출, 성능검증 및 인증 지원

(3) 단계별 평가/관리 절차 및 기준 적용

□ 선정평가

ㅇ 사업 추진 방식에 따라 평가항목의 가중치를 다르게 부여하여 사업 실효성 제고 기술개발

ㅇ 추진계획의 타당성 및 구체성, 기술의 우수성 등에 대한 가중치를 높게 평가를 시행하여 목적지향형 R&D 사업 추진

ㅇ 매년 기술동향조사를 통한 트렌드 발굴을 통해 성능 우수 기술개발을 위한 연구개발 방향성에 적극 반영

- (사전검토) 신청기관이 제출한 연구개발계획서에 대해 과제제안요구서(RFP)와의 부합성, 타 과제와의 중복성 등 사전검토 자료를 연구과제 평가단에 제공 가능
- (평가방법) 서면평가, 온라인평가, 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시
- (평가항목 및 배점) 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음
- (평가결과의 산정) 종합평가점수 산정시 「국토교통 연구개발사업 관리지침」제17조에 따라 과제 획득점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여 가능하며, 이를 반영한 과제별 최종점수로 지원대상 기관 선정
- (평가결과의 조치) 선정평가 결과를 국토교통부장관에게 보고하고, 평가위원의 명단 및 종합의견(평가위원 개인별 점수 및 의견 제외) 등 평가결과를 신청기관에 통보 후 연구과제 평가단 의견 등을 반영 및 보완하여 협약 추진

ㅇ 선정평가 기준은 중점분야1, 중점분야2, 중점분야3의 유형에 따라 평가기준을 차등화

□ **연차(단계) 평가**

- ㅇ 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함
- ㅇ 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 평가 실시
  - 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성여부를 확인 및 평가하고 프로젝트의 성과 및 진척도를 판단
  - 과제진척도 및 성과 추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적 성과정보 모니터링 시스템 구축, 운용

□ **중간모니터링**

- ㅇ 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링 하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함
- ㅇ 미흡한 과제 검토 및 환경변화(정책, 국내외 시장 동향) 등에 대한 적극적인 모니터링 수행으로 시급성이 높은 과제 등으로 조정하는 등 환류 체계 적용
- ㅇ 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 모니터링 실시

□ **최종 평가**

- ㅇ 최종평가를 통해 당초 계획대비 최종목표의 달성 여부 및 사업화 가능성을 확인

□ **성과관리계획**

- ㅇ 정부업무평가 기본법은 성과관리를 '정부업무를 추진함에 있어 기관의 임무, 중장기 목표, 연도별 목표 및 성과지표를 수립하고 그 집행과정 및 결과를 경제성, 능률성, 효과성의 관점에서 관리하는 일련의 활동'이라고 정의
  - 정부사업의 성과관리 기본구조에 계획→집행→점검→평가→환류의 기본구조로 설계
- ㅇ 본 사업의 성과관리 계획은 정부 업무평가기본법의 기본철학을 준수하여 도출
  - 국토교통부는 매년 자체적으로 성과계획을 수립하고, 매년 당해 연도 협약종료 1개월 전에 중간(연차)보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발결과 활용계획서(최종 연차시)를 제출 받음
  - 세부사업별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리

ㅇ 추적평가 및 성과활용 관리

- 본 사업의 기술이전확산, 기술혁신 성공사례 발굴, 우수과제 인센티브 부여 등 연구개발 결과의 활용을 촉진하기 위해 추적평가 실시
- (체계 및 담당기관) R&D 전담기관 성과활용조사 평가 전문가가 성과평가 실무를 담당하고, 연구단과 유기적으로 협력하여 성과평가 실시

ㅇ 성과활용 추적평가 시, 사업 특성을 고려한 중점분야별 평가항목을 차별화하여 구성함으로써 평가기준의 형평성 확보

제2절 연구개발 과제 내용

1. [전략과제 1. 플랜트 위험도 평가기술]

가. 추진과제 (1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발

(1) 필요성

□ **개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도 분류체계 및 화재위험도를 정량적으로 예측하거나 평가 기술은 부재**

□ **요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재**

□ **건축물에 적용하는 일반적인 화재시나리오를 플랜트에도 적용하고 있어 복잡한 시스템으로 구성되어 있어 잠재적인 고위험성을 가진 플랜트의 특성을 고려하고 있지 않음**

ㅇ 위험물질 위험도등급이 세분화되어 있지 않아 위험도 산정 제각각

□ **따라서, 사기관마다 안전성 확보에 대한 판단이 자의적이라 임의적인 소방설계가 이루어지고 있음 ← 과다 또는 과소설계 원인**

(2) 연구내용

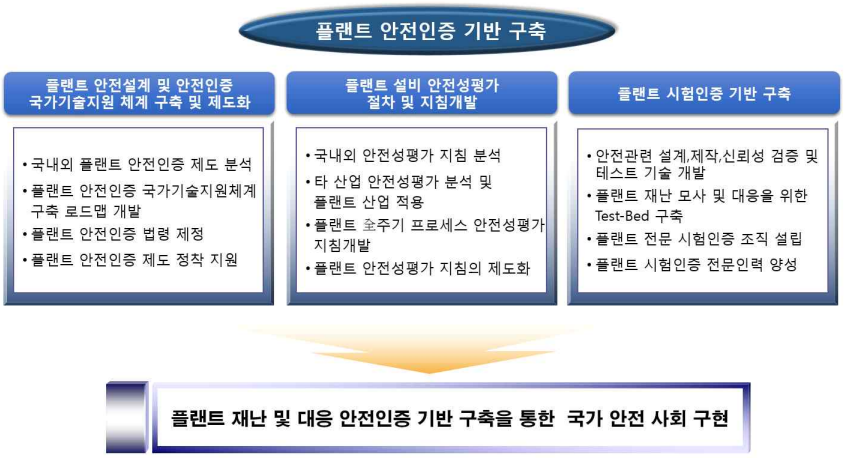
□ **국내외 플랜트 설계 및 시방기준 조사를 통한 한국형 플랜트 화재위험도 분류체계 작성**

ㅇ 국내외 플랜트 설계 및 시방기준, 기술기준 조사 분석을 통한 기술개발 범위 설정

- 국내 플랜트 설계는 기본적으로 건축법령 및 소방법령에 따른 기술기준 등을 적용하고 있으나, 해당 기술기준은 일반 건축물을 대상으로 작성된 것으로 플랜트 특성을 반영하지 못하고 있음. 이처럼 기존 법령이나 기술기준에서 플랜트 시설물에 적합하지 못한 각종 기준들의 문제점을 분석하고 이를 해결하기 위한 기술개발 범위 등을 설정

ㅇ 플랜트 화재사고 및 Case Study를 통한 위험 및 피해 심각도 분석

- 국내외 플랜트 화재사고 및 화재피해를 입은 플랜트 시설물의 Case Study를 통하여 각종 피해규모, 재난 발생 순서, 소화 및 진압의 적정성 등 위험 및 피해방지를 위한 다양한 경험적 인자 등을 조사 분석



ㅇ 건축법상 산업시설 중 고위험 플랜트 적용 범위 및 대상 설정

- 건축법령의 각종 기술기준은 일반 건축물을 주대상으로 작성된 것으로 플랜트 특성을 반영하지 못하고 있음. 또한 플랜트의 범위가 건축법령에는 산업시설로 구분되어 있어 본 사업에서 개발하여야 하는 다양한 기술 등을 적용하기 위한 플랜트의 정의, 범위 등을 설정

ㅇ 고위험 플랜트 시설물의 종류에 따른 특성을 고려한 화재거동 분석

- 플랜트 시설물이 직면하게 되는 화재위험에 대하여 시설물의 특성과 재난의 특성을 동시에 고려하여 화재 발전 양상을 예측하고 이를 분석하여 플랜트 특성에 맞는 화재 거동을 제안

ㅇ 고위험 플랜트 화재위험시설 분류 체계 설정

- 플랜트 종류 및 범위에 따른 고유한 특성을 반영하여 플랜트 화재위험을 등급화하고 이에 따른 플랜트 위험시설을 분류하는 체계를 규정

ㅇ 화재특성을 고려한 안전도 평가기술 조사 분석을 통한 플랜트 화재위험성 평가기법 도출

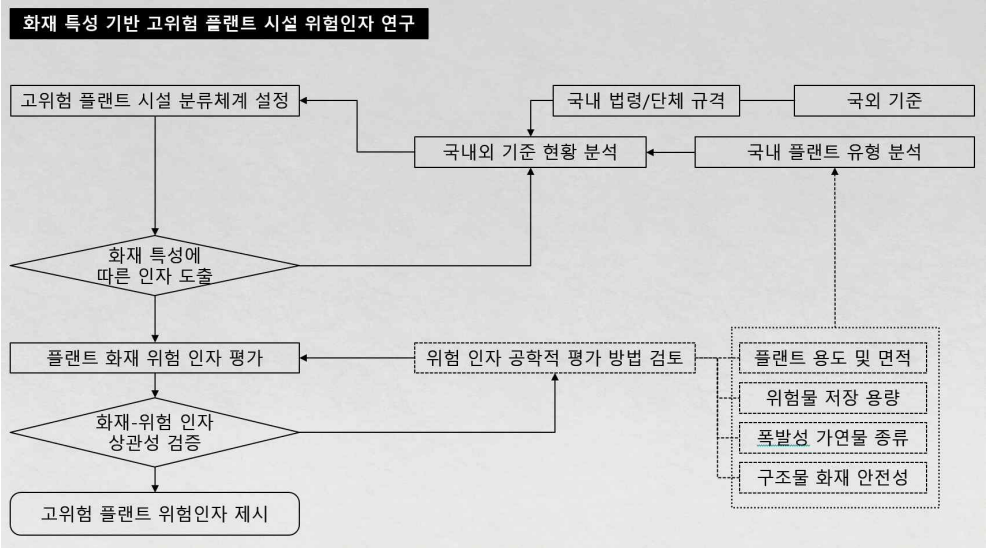
- 일반화된 안전도 평가기술을 분석하여 플랜트 재난 특성을 반영할 수 있는 플랜트 맞춤형 안전도 평가기술을 개발하고 이를 기반으로 플랜트 화재위험성 평가기법을 제안

ㅇ 플랜트 잠재적 화재위험인자 분류 체계 마련

- 화재 발생시 플랜트 종류 및 규모에 따라 발생 가능한 다양한 위험인자를 도출하고 이를 분류하고 중요도를 설정하여 등급화하여 화재위험인자 분류 체계를 제시

ㅇ 고위험 플랜트 화재위험성 평가를 위한 화재위험인자 도출

- 플랜트 특성에 따른 고위험의 범위 및 수준을 설정하고 화재위험성을 분석하고, 각 위험요소에 발생 가능한 화재위험인자를 중요도를 고려하여 제안



□ 플랜트 위험도 기반의 화재위험 등급화 기술 개발

- ㅇ 플랜트 시설의 구획 및 공간의 화재위험 특성을 판단하고 이를 통해 화재위험 인자를 도출
- ㅇ 플랜트 시설의 화재위험 인자별 상관관계 분석을 통한 구획 및 공간의 화재위험 등급 분류 기준 개발
- ㅇ (위험도 등급별 화재하중 및 시나리오 설정) 플랜트 위험도 중요도 등급과 저장 물질의 위험성 특성을 고려하여 플랜트 시설별 화재하중을 설정하고 이를 바탕으로 시설물별 화재 시나리오를 작성 및 검증

□ 고위험 플랜트의 화재위험특성 기반 분류 체계

앞 절에서는 고위험 플랜트에서의 잠재적 화재위험인자에 대해 살펴보았다. 이 절에서는 이러한 화재위험인자를 포함하는 플랜트 시설물의 최종 위험도를 구분지을 수 있는 방안에 대해 알아보고자 한다. 화재위험인자가 자체적으로 높은 위험도를 가지고 있더라도 화재 및 폭발 가능성을 적절히 제어할 수 있다면 종합적인 화재안전 리스크는 경감할 수 있다.

국내 가스시설에 대한 설계기준 가운데 최근 제정된 “가스시설의 폭발위험장소 종류 구분 및 범위 산정에 관한 기준(KGS GC101, 2017)”은 폭발성 가스분위기의 존재 가능성이 있는 장소를 위험장소로 정의하고, 화재 및 폭발 위험도에 대한 등급분류를 누출등급(연속, 1차, 2차), 환기의 효과성(희석등급), 환기의 유효성(우수, 양호, 미흡)을 기준으로 판별하고 있다. 구체적인 위험장소의 구분 및 정의는 다음과 같다.

ㅇ 위험장소의 구분

- 0종장소: 폭발성 가스분위기가 연속적으로, 장기간 또는 빈번하게 존재하는 장소

- 1종장소: 정상작동 중에 폭발성 가스분위기가 주기적 또는 간헐적으로 생성되기 쉬운 장소
- 2종장소: 정상작동 중 폭발성 가스분위기가 조성되지 않을 것으로 예상되며, 생성된다 하더라도 짧은 기간에만 지속되는 장소

o 희석등급

- 고희석등급: 누출원과 가까운 지점에서의 가연성가스의 농도가 빠르게 감소하고, 누출이 종료된 이후에는 폭발성분위기가 거의 지속되지 않는 경우
- 중희석등급: 누출이 진행되는 동안에는 가연성가스의 농도가 제어되어 위험장소의 경계가 안정적으로 형성되고, 누출이 종료된 이후에는 폭발성 분위기가 과도하게 지속되지 않는 경우
- 저희석등급: 누출이 진행되는 동안에 가연성가스의 농도가 높고 누출이 종료된 이후에도 폭발성 분위기가 오랫동안 지속되는 경우

o 환기유효성

- 우수: 환기가 사실상 연속적으로 이루어지는 경우
- 양호: 정상작동상태에서는 환기가 이루어진다고 볼 수 있는 경우. 간헐적으로 짧은 시간 동안 환기가 불연속적으로 일어나는 경우를 포함한다.
- 미흡: 환기가 “우수” 또는 “양호”에 해당하지 아니하는 경우로서 불연속적 환기가 장기간 지속되지는 아니한다고 볼 수 있는 경우

〈표 4.2.1〉 위험장소 구분 기준(KGS GC101, 2017)

누출등급	환기의 효과성						
	고희석등급			중희석등급			저희석등급
	환기의 유효성						
	우수	양호	미흡	우수	양호	미흡	우수, 양호 또는 미흡
연속누출	비폭발위험	2종장소	1종장소	0종장소	0종장소 + 2종장소	0종장소 + 1종장소	0종장소
1차누출	비폭발위험	2종장소	2종장소	1종장소	1종장소 + 2종장소	1종장소 + 2종장소	1종장소 또는 0종장소
2차누출	비폭발위험	비폭발위험	2종장소	2종장소	2종장소	2종장소	1종장소 또는 0종장소

대부분의 폭발성 위험인자의 경우 가스 누출에 의해 사고로 야기되므로 이의 경우 국내의 “가스시설 및 지상 가스배관 내진설계기준(KGS GC203, 2018)”에서 제시된 고압가스·액화석유가스·도시가스시설의 중요도 등급기준을 준용하여 화재에 대한 위험등급을 평가하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 이 기준에서는 독성가스[7]를 허용농도 기준으로 1종(염소, 시안화수소, 이산화질소, 불소 및 포스겐과 그 밖에 허용농도 1 ppm 이하인 독성가스), 2종(염화수소, 삼불화붕소, 이산화유황, 불화수소, 브롬화메틸 및 황화수소와 그 밖에 허용농도가 1 ppm 초과 10 ppm 이하인 독성가스), 3종(1종 및 2종 이외의 독성가스)으로 분류하고 있다. 더불어 가연성 가스의 경우 3종과 함께 중요도를 분류하고 있으며, 중요도 등급은 독성 및 가연성 가스를 다루는 1) 설비시설과 사업소 경계선까지의 거리와 2) 저장능력(설비 내 가스 중량)에 따라 분류한다.

〈표 4.2.2〉 고압가스시설에서 제3종 독성가스 및 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탑류의 중요도등급 분류

거리/용량	10톤 이하	10~100톤	100 ~1000톤	1000 ~10000톤	10000톤 초과
20m 이하	1	1	1	1	1
20~40m	2	1	1	1	1
40~90m	2	2	1	1	1
90~200m	2	2	2	1	1
200~400m	2	2	2	2	1
400m 초과	2	2	2	2	2

〈표 4.2.3〉 고압가스특정제조시설에서 제3종 독성가스 및 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탑류의 중요도등급 분류

거리/용량	10톤 이하	10~100톤	100~ 1000톤	1000~ 10000톤	10000톤 초과
20m 이하	1	1	1	특	특
20~40m	2	1	1	특	특
40~90m	2	2	1	특	특
90~200m	2	2	1	특	특
200~400m	2	2	1	1	특
400-900m	2	2	2	1	1
900-2000m	2	2	2	2	1
2000m 초과	2	2	2	2	2

〈표 4.2.4〉 가스시설 내진등급 분류

중요도 등급	영향도 등급	관리등급	내진등급
특등급	A	핵심시설	내진특A등급
	B	-	내진특등급
1등급	A	중요시설	
	B	-	내진 I등급
2등급	A	일반시설	
	B	-	내진 II등급

이 기준에서는 최종적 지진위험도를 평가하기 위한 내진등급을 결정하는 과정에서 영향도등급과 관리등급을 추가적으로 고려하고 있다. 영향도등급은 구조물의 피해로 초래되는 사회경제적 영향도로서 시설물의 공공성, 시설물 인접 지역의 인구밀집도, 시설물 피해에 따른 복구기간 등을 고려하여 영향도가 큰 경우 A등급, 그렇지 않은 경우 B등급으로 구분한다. 이를 바탕으로 가스시설에 대한 최종적 내진등급은 "특"등급(설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계밖에 있는 공공의 생명과 재산에 막대한 피해를 초래할 수 있을 뿐만 아니라 사회의 정상적인 기능 유지에 심각한 지장을 가져올 수 있는 경우), "Ⅰ"등급(설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계 밖에 있는 공공의 생명과 재산에 상당한 피해를 초래할 수 있는 경우), "Ⅱ"등급(설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계 밖에 있는 공공의 생명과 재산에 경미한 피해를 초래할 수 있는 경우)으로 나뉜다.

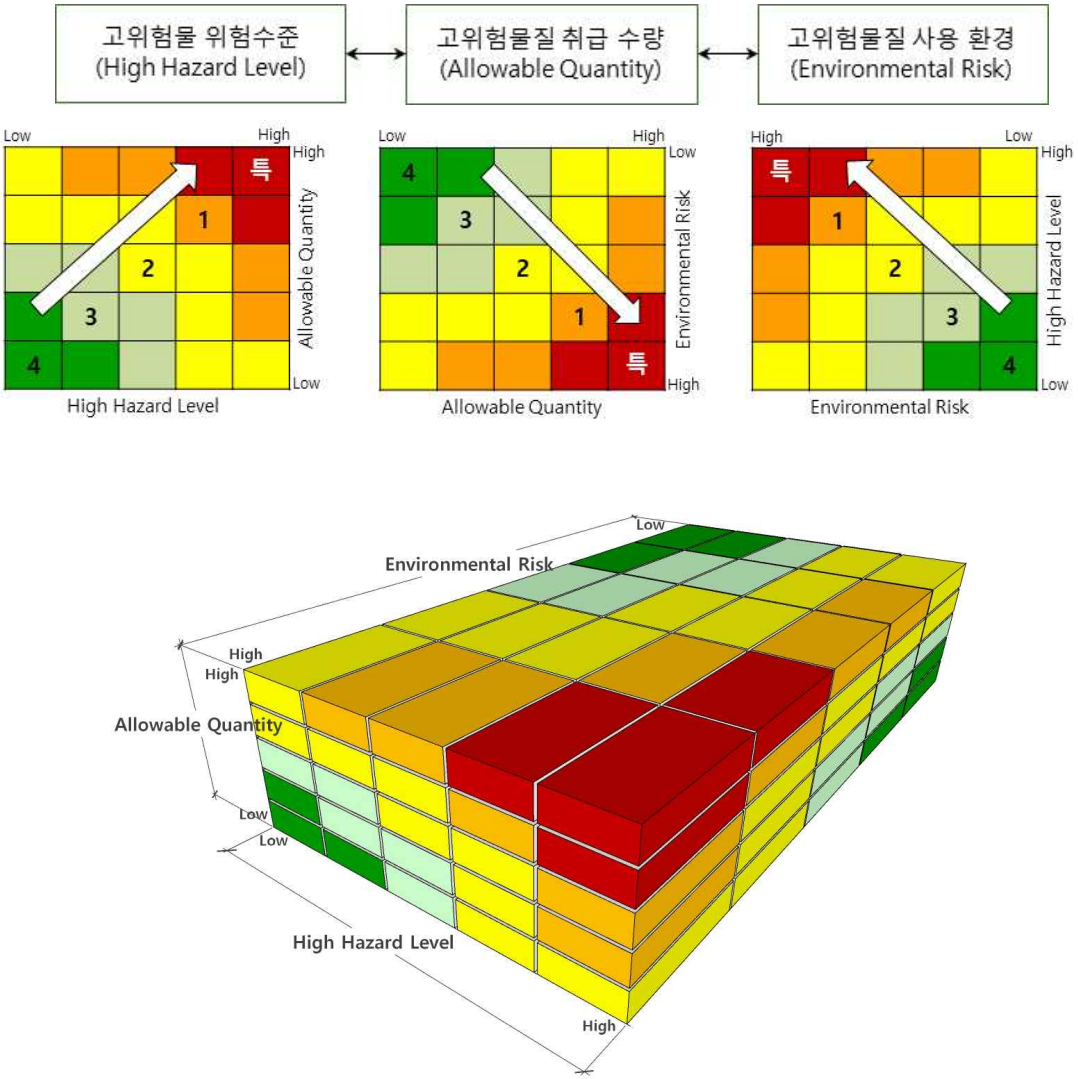
북미 IFC 및 NFPA의 경우 앞 절에서 살펴보았듯이, 화재 및 폭발이 우려되는 고위험물질의 특성에 따라 H-1, H-2, H-3, H-4, H-5의 5단계 고위험 등급(high hazard level)으로 분류하고, 이에 맞춰 방호등급(protection level)을 규정한다. 다만 각 위험인자들은 각각의 상태 및 용량에 따라 개별등급(class)이 지정되어 있으며, 개별등급에 대한 최대허용용량(Maximum Allowable Quantity, MAQ)을 초과하는 정도에 따라 고위험 등급(high hazard level)이 결정되었다. 즉, 위험등급 지정에 위험물질의 특성과 저장 및 처리 용량 요소가 함께 반영된 것이다. 다만, 이런 방식은 다양한 공정라인이 포함되는 플랜트 시설물의 경우 공정 간의 위험도 차이는 반영되어 있지 않음을 주의해야 할 것이다.

이러한 점에서 유럽 CFPA의 화학시설 방화지침(Fire Protection on Chemical Manufacturing Sites)을 주목할 필요가 있는데, 여기서는 단순 용량에 의한 구분 외에 공정의 특징에 따라 위험도를 구분하고 있다. 표 3.12는 화학시설의 화재위험도를 개별저장용량 및 전체 저장용량 외에도 저장시설, 반응기, 증류/압축기, 가압공정에 따라 구분하고 있다. 여기서 1등급은 기본적 화재위험, 2등급은 중간 정도의 화재위험, 3등급은 높은 화재위험도에 노출되어 있음을 의미한다.

이상을 종합하면 화재위험특성에 기반하여 플랜트 시설물을 분류하고자 할 경우 고위험물질의 종류, 취급 용량, 사용환경(제조·저장·운반의 공정 요인 및 이격거리 등 포함)에 대한 특성을 반영한 위험도 분류가 필요하다는 것이 결론이다. 따라서 위험물질의 종류에 따른 위험 수준, 취급 용량에 따른 위험도 등급, 사용환경에 따른 위험도 등급이 개별적으로 제시되어야 하며 이를 3차원 리스크 매트릭스(3D Risk Matrix)에 대입하면 플랜트 시설물의 종합적인 위험도를 제시할 수 있을 것이다(그림 3.2 참조).

〈표 4.2.5〉 화학시설 화재위험도 분류 기준 (CFPA Guideline)

구분	최대개별저장용량(LIQ, ton) 및 전체 용량(TV, ㎥)							
	LIQ 〈0.5	TV 〈1	LIQ 〈1	TV 〈1~10	LIQ 〈5	TV 〈10~30	LIQ 〈10	TV 〉30
저장시설	1	1	1	1	2	2	3	3
반응기	1	1	2	2	2	2	3	3
증류/응축	2	2	2	2	3	3	3	3
가압공정	3	3	3	3	3	3	3	3



[그림 4.2.1] 고위험 플랜트 시설물의 화재위험도평가를 위한 3차원 리스크 매트릭스

7) “독성가스”란 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도(정상인이 1일 8시간 또는 1주 40시간 통상적인 작업을 수행함에 있어 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 정도의 공기 중의 가스의 농도)가 100만분의 200 이하인 것을 말한다(KGS GC203, 2018).

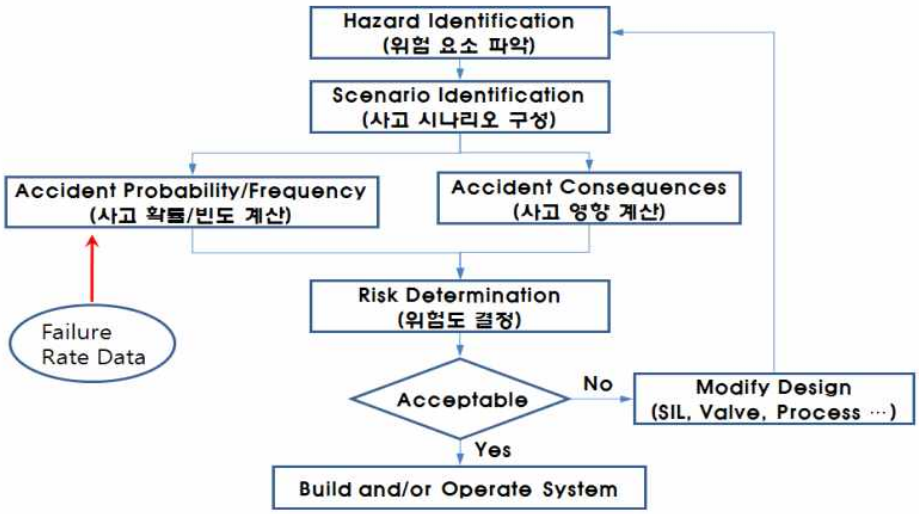
□ **플랜트 화재위험도 정량적 평가기술 개발**

ㅇ 플랜트 화재위험도 측정기술 개발

- 플랜트 화재위험도 분류, 화재위험도 인자 등을 고려하고 화재위험성 평가기법을 활용하는 플랜트 최적 위험도를 측정하는 기술을 개발하고 합리적인 검증방법을 제시

ㅇ 플랜트 특성에 최적화된 평가절차 제시 및 맞춤형 화재위험도 평가기술 제시

- 화재에 대응하기 위한 플랜트 위험도 평가절차를 마련하고 이를 통한 화재시 플랜트 특성에 최적화된 위험도 모델링 및 평가기술을 제시. 또한 맞춤형 평가기술을 적용하여 국내 플랜트 주요 대표 시설물에 대한 가상 평가 모델링을 개발 및 검증



[그림 4.2.2] 플랜트의 정량적 위험성 평가 절차

□ **플랜트 화재위험도 기반의 확산 및 피해 예측 해석기술 개발**

ㅇ 플랜트 화재로 인한 2차 피해 방지를 위하여 플랜트 위험도 등급에 따른 시설물 외부로 화염확산을 예측하고 피해를 최소화하기 위한 확산 및 피해 예측 해석기술을 개발

□ **플랜트 위험 빅데이터를 활용한 화재위험 상시 모니터링 시스템 개발**

ㅇ 플랜트 시설물에서의 온도·습도·기상 상태·CCTV 영상·센서데이터 등과 같은 빅데이터를 활용하여 화재발생 예측 기술 개발

ㅇ 기존 화재위험 인자와의 연관성 분석을 통한 화재위험 상시모니터링 기술 개발

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도 분류체계 부재 • 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도를 정량적으로 예측하거나 평가 기술은 부재 • 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재 플랜트 시설물 대상 화재위험도 분류 체계 부재 → 운영 과정에서의 사고발생 빈도에 따른 위험도평가 중심 → 건축물 대상 화재위험도 분류 체계 마련 중(플랜트 대상은 부재) 국외 대비 기술수준 20% 국내 기술성숙도(TRL) 2, 3단계	• 구획/공간 내 화재위험도 및 장외 영향도 정량적 평가 기술 • 플랜트 방호구획 특성에 따른 주요 고위험 저장/이송 설비의 화재 모형 설정 • 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발 플랜트 시설물 대상 화재위험도 분류 체계 마련 관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 70% 확보 기술성숙도(TRL) 5, 6단계 상승

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	1	1		1		3
특허등록						0
기준/지침		1	1	1		3
제품개발			1			0

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 지침
기준/지침	플랜트 시설물 화재위험도 등급화 및 평가지침
기준/지침	플랜트 구획/공간 단위 화재안전성 평가지침
제품	고위험 플랜트 시설물 종류에 따른 화재거동 분석
논문	비SCI 논문(3편)

나. 추진과제 (1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발

(1) 필요성

□ **플랜트 산업의 다양성에 따른 상응하는 분석 및 폭발에 대비한 기준을 정립하기 위한 필요성이 존재**

□ **폭발 위험도 평가 및 구조 안전 설계, 시공 및 유지관리 기술은 체계적인 관리체계가 필요한 분야로 정부주도의 통합적 패키지 마련이 필요**

□ **폭발의 발생 ZONE(위치, 규모, 공간, 장애물 등의 영향)에 따른 위험도 평가 필요**

□ **국내의 폭발과 플랜트 유형별 개별적인 데이터베이스 미흡 및 각각의 적절한 폭압 산정 기술, 해석 방법의 정립 필요**

(2) 연구내용

□ **플랜트 내에서 다양한 유형의 폭발에 따른 폭압산정 및 피해 예측 시스템 개발**

ㅇ 플랜트 폭발 유형에 따른 원인 및 손상 메커니즘 분석

- 기존 플랜트 시설물 폭발 사례 분석(플랜트 종류(발전, 담수, 화력 등)별 폭발 사례 조사 및 원인 분석)

ㅇ 각기 다른 폭발 유형(대표적: 증기운폭발)에 따른 폭압산정 및 평가법의 개발

- 플랜트 내의 폭발 사고 중 다양한 변수 및 원인에 따른 폭발 종류가 상이함에 따라 폭압 산정의 정립 및 평가법을 제시

ㅇ 전산유체역학(CFD)와 하이드로코드 프로그램을 활용한 폭압산정 및 피해 예측 프로그램의 개발

- 폭압 산정 및 시뮬레이션 프로그램을 활용한 기술 도입
- 다양한 변수를 고려한 구조재 및 전체적인 구조물의 피해 예측 프로그램 개발

ㅇ 플랜트 현장에서 발생하는 다양한 폭발 유형의 메커니즘 및 각각의 폭발 형태를 통한 적절한 위험도 평가 및 기준 관계 정립

ㅇ 플랜트 폭발의 유형에는 크게 증기운폭발, 분진폭발, 압력용기폭발, 응상폭발로 나눌 수 있게 된다. 이에 상응하는 폭발에 따라 원인 및 메커니즘 등 다양하게 구분이 되는데, 각각의 폭발 유형마다

폭압 산정 및 손상 메커니즘 등을 평가하여 최종적인 위험도 평가 기술을 발전화

- ㅇ 플랜트에서 발생하는 다양한 폭발 유형에 해당하는 폭압 산정 및 피해 예측 기술의 개발
- ㅇ 폭발 유형에 해당하는 폭압 산정 및 분석을 발전시켜서 플랜트 구조물 설계에 적절한 평가요소를 산정 가능하게 하여 정량적 판단을 정립화
- ㅇ 폭발에 따른 플랜트 구조물의 피해 예측 및 분석을 위한 통합 기초 자료를 형성하여 데이터베이스 확립

□ 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발

- ㅇ 플랜트 내의 ZONE, 설비, 화학물질 등의 유형을 파악하여 다양한 변수의 폭발 시뮬레이션을 통한 위험도 평가 기술의 개발
  - 다양한 환경 및 조건에 따른 유형을 분류하여 적절한 위험도 평가법 및 기술 개발
- ㅇ 플랜트의 규모, 공간, 점화원, 장애물 등에 따라서 피해 확산 범위, 폭압의 형태를 분석하여 피해 예측 시뮬레이션의 고도화
  - GIS 기반 프로그램을 활용하기 위한 정량적 범위 및 단계에 따른 데이터베이스 구축
- ㅇ 폭발 사고 데이터베이스 구축 및 평가 기술의 개발
  - 기존 플랜트 시설물 폭발 사례 (플랜트 종류(발전, 담수, 화력 등)별 데이터베이스 구축
  - 위험도 평가 기술 벤치 마킹 (해외 엔지니어링 기관 및 문헌), 위험도 평가 기술 프레임 워크 구축

- ㅇ 플랜트의 각기 다른 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도의 평가 및 피해 예측 기술의 선진화
- ㅇ 플랜트 산업의 고도화 및 다양화에 따른 구조물의 밀집도 및 형상이 획일적이지 않기 때문에 이에 상응하는 모든 정보를 축적 및 데이터화하여 유형 및 규모에 따른 하중 산정, 피해 규모 예측 시스템을 개발화
- ㅇ 플랜트 내의 밀집도 및 설비 군에 따라서 폭발의 유형 및 메커니즘이 상당히 차이를 나타나기 때문에 일률적인 위험도 평가를 가능케 못하기에, 각각의 상응하는 분석법 및 피해 예측 기술 개발화
- ㅇ 플랜트의 유형, 규모, 구조물의 위치 등에 따라서 체계적인 프로세스 및 분류를 통하여 방폭 설계의 기준을 확립하는데 기여를 하며, 분류에 따른 빅데이터 기술을 활용할 수 있는 기술 선진화
- ㅇ 플랜트 설비, 화학물질, 규모 등에 따른 체계적인 분류를 통한 기준 및 지표의 데이터 베이스 구축 기술 개발

□ 구조물의 위치 및 밀집도 등에 따른 GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 개발

- ㅇ 플랜트의 위치, 규모, 형상 등에 따라서 GIS(Geographic Information System) 기반의 프로그램을 적용하여 폭발의 메커니즘 및 피해 규모 예측 프로그램을 개발
  - 환경적 요인과 더불어 플랜트의 입지 조건을 세분화한 폭발 양상 및 피해 규모 정량화
  - GIS 시뮬레이션 기술을 활용한 폭발 위험도 평가 기술 개발
- ㅇ 폭발에 따른 기본적인 위험요소 뿐만 아닌 비산먼지, 진동 등에 따른 부가적 요소의 위험도 평가 기술 개발
  - 지리 및 공간에 대한 영향을 GIS 기반 시뮬레이션 기술을 활용하여 부가적인 피해(비산먼지, 진동, 발사체 등)요소의 위험도 평가 기술 개발

- ㅇ 폭발에 의한 압력은 폭발의 원인과 구조물의 이격 거리에 따라 달라지며 주변 공간의 밀집도에 의해서도 영향을 받는데, 위험도 평가에서는 공간적 영향을 포함하기 위하여 지리정보시스템(GIS)를 기반한 위험도 평가 기술의 개발화
- ㅇ 흐름, 장애물, 점화원의 위치 등을 이용하여 다양한 CFD 프로그램을 활용한 폭발 범위의 산정을 하며, 각 ZONE에 따른 과압의 영향성을 판단 및 정립화
- ㅇ 폭발에 따른 기본적인 위험요소 뿐만 아니라 비산먼지, 진동 등에 따른 부요소의 위험요소 평가 기준 생성

GIS 연계 재난 시나리오 기반 플랜트시설물 안전도 평가기술 개발	ㅇ 대만 가오슝사고, 국내 대구 지하철 가스 폭발 사고와 같은 지반침하 또는 지반 함몰 상황 발생 시 지하라이프라인 특화 단계별 긴급 대피 시나리오에 기반한 정보전달 체계가 없어 신속한 대처 곤란 ㅇ 지하라이프라인에 대한 빅데이터가 없어 위험도 높은 배관 우선 진단 곤란	ㅇ “지하공간 통합지도”와 “지하공간안전관리시스템” 등의 지하시설물정보, 지하구조물정보, 지반정보 등의 데이터베이스와 연계하고 시설물의 지진 등 자연재해 및 지반침하 등 인위재해 발생 시 사고 피해범위 예측을 위한 시나리오 도출 및 GIS 와 연계된 안전도 평가기술이 요구됨
지형과 환경조건이 고려된 플랜트 피해범위 모델링 및 사고위험지도 작성	ㅇ 플랜트 속성 상 다수의 시설과 수요가 연결되어 있어 다중 시나리오별 위험 감소를 위한 대책 마련이 중요 ㅇ 실시간 모니터링 및 위험 DB구축, 지형지물 및 기상조건이 고려된 광범위 위험성 평가기술, 신속대비 및 정보전달체계 구축 기술 개발 필요	ㅇ 플랜트의 중단·사고가 미치는 연쇄효과가 크기 때문에 재해 또는 사고 발생 시 위험도에 따라 대피, 보수의 우선순위를 평가, 지하시설물 사고원인 원인분석을 위한 다중물리해석 피해범위 모델링을 실시 및 사고위험지도 구축 ㅇ 기후변화에 대응 선제적 방재능력 강화를 위한 감시·전달체계 마련 및 예·경보 시스템 개발, 사고위험지도, IT기반 첨단 통합방재시스템, 시설물 재해 예방능력 및 복구능력 강화시스템 구축
기상정보 및 지진정보 연동 다중위험에 대한 대피시나리오 작성 및 사고발생시 신속대피 정보제공 통합기술 개발	ㅇ 지진 발생 등 외부요인에 의한 재난상황발생과 지반침하(함몰)등 예측이 어려운 상황에서 발생하는 긴급상황 대응 미흡 ㅇ 대형사고 발생 시 전파시간지연, 자료의 신뢰도, 사고조사 대응시 정확한 자료를 신속하게 제공 곤란	ㅇ 1단계 사고발생 후 10~20분내 대응용 긴급위험도 평가, 2단계는 1~4시간내, 3단계는 사후대응 등 단계별 대피시나리오 작성, 실시간 대응체계 확보를 위한 기술개발이 요구됨 ㅇ 유지관리 실태에 대한 현황분석과 불완전 요소 발굴로 안전 확보 및 정책자료 활용 체계 미흡

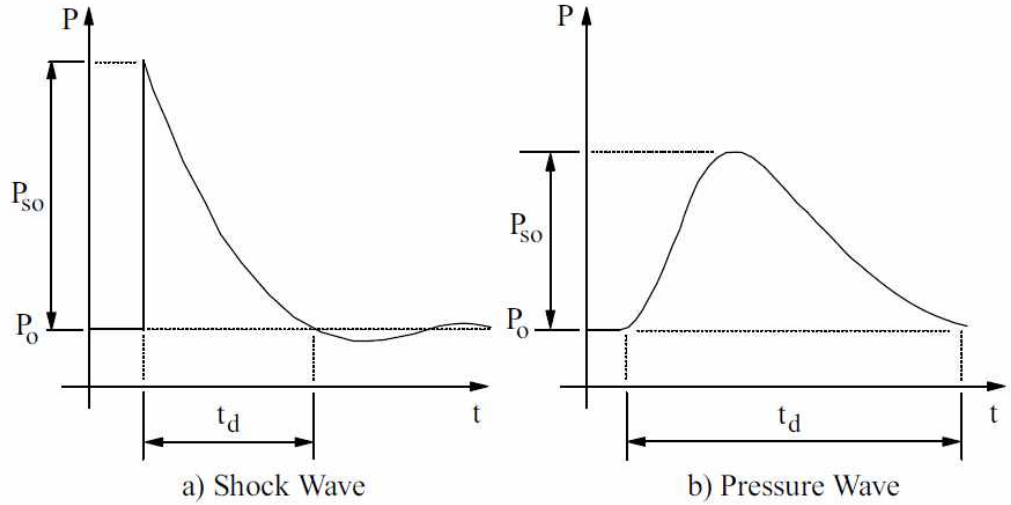
※ 참고

플랜트 폭발은 증기운 폭발 (Vapor Cloud Explosion), 압력 용기 폭발(Pressure Vessel Explosion), 응상 폭발 (Condensed Phase Explosion), 분진 폭발 (Dust Explosion)의 네가지 유형으로 나눌 수 있다. 각각의 폭발은 원인과 피해 규모가 각각 다르므로 해당 플랜트의 유형과 규모 등 특성을 고려하여 폭발 사고의 위험도를 평가하여야 한다. 위험도 평가는 위험 요소(Hazard)을 규정하고 위험 요소로 인한 사고가 발생할 확률(Risk)을 평가하고 위험 요소를 제거할 수 있는 방법을 결정하거나 제거할 수 없는 경우에는 발생 확률을 통제하는 일련의 과정을 의미한다.



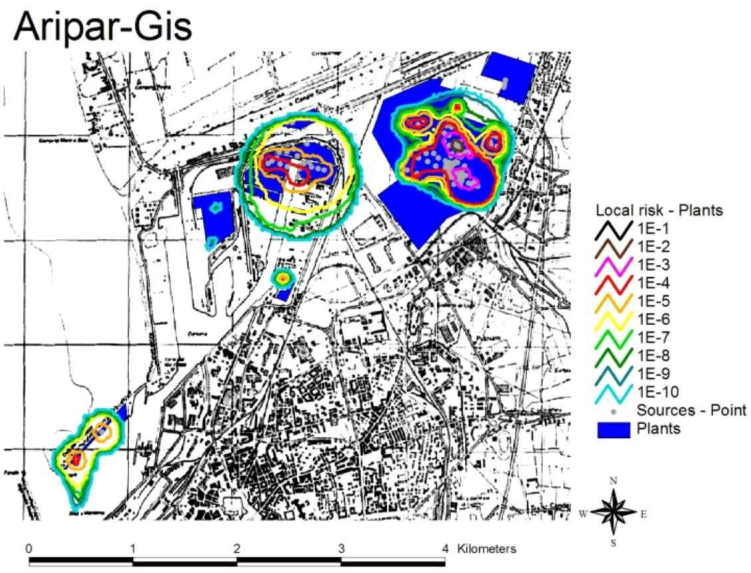
[그림 4.2.3] 증기운 폭발 사고가 발생한 플랜트

위험도 평가는 플랜트 발주자가 수행하여 구조 설계자에게 주어지는 것이 보통이여 폭압과 지속시간 또는 충격량으로 주어진다. 구조물에 영향을 미치는 폭발의 특징은 크게 충격파(Shock Wase)와 압력파(Pressure Wave)로 구분된다. 충격파는 갑자기 압력이 증가하며 높은 압력과 짧은 지속시간을 특징으로 하며 대체로 구조물에 큰 피해를 입힌다. 압력파는 점진적인 압력의 증가와 상대적으로 긴 지속시간을 갖으며 플랜트 폭발 사고에 의한 폭압이 주로 압력파의 형태를 갖는다.



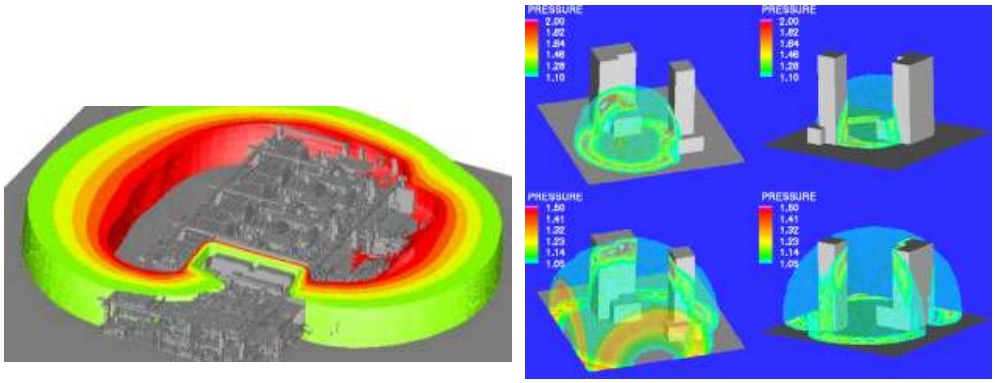
[그림 4.2.4] 충력파와 압력파

폭발에 의한 압력은 폭발의 원인과 구조물의 이격 거리에 따라 달라지며 주변 공간의 밀집도에 의해서도 영향을 받는다. 특히, 증기운 폭발의 경우에는 화염의 경로에 있는 구조물에 의해 난류가 발생하여 그 효과가 증폭되므로 단순한 이격거리로 폭발 사고의 위험도를 평가할 수 없다. 따라서 위험도 평가에서는 공간적 영향을 포함하기 위하여 지리정보시스템(GIS)를 기반한 위험도 평가 기술의 개발이 필요하다.



[그림 4.2.5] GIS 기반 위험도 평가의 예

공간적 요인에 의한 폭발 압력을 평가하기 위하여 전산유체역학(CFD)을 이용하여 평가할 수 있다. 계산량이 방대하여 실제 적용하기에는 아직도 기술적인 어려움이 있지만 증기운 폭발의 폭압을 보다 정밀하게 평가하기 위한 기술로 적용 기술을 개발할 필요가 있다.



[그림 4.2.6] CFD를 활용한 폭발 위험도 평가의 예

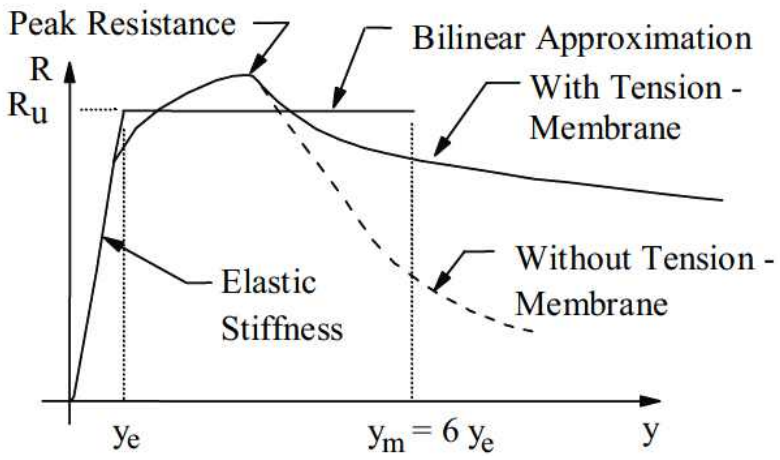
폭압은 구조물의 표면에서 반사되면서 반사압력(Reflected Pressure)를 발생시키며 폭압파가 구조물의 표면의 경계를 지나면서 회절되면서 발생하는 소거 효과(Clearing Effect)가 발생한다. 폭발 사고의 위험도 평가에서는 이같은 구조물에 작용하는 폭압의 효과를 모두 포함하여야 한다.

폭발 위험도 평가의 정확도를 개선하기 위하여 과거에 발생한 폭발 사고를 포함한 폭발 사고 데이터 베이스를 구축할 필요가 있으며 빅데이터 및 인공지능를 활용한 위험도 평가 기술의 개발도 우선 순위는 처지지만 미래 기술로 개발할 필요가 있다.

(2) 플랜트 구조물 성능 기준 기술 개발

폭압을 받는 구조물의 설계는 비선형 거동을 포함하고 있으므로 성능 기준은 흔히 연성도 요구량 또는 변형각 요구량으로 주어진다. 이 성능 기준은 철근콘크리트구조, 철골구조, 보강조적조 구조에 따라 각각 달라지며 압축력, 인장력, 휨력, 전단력 등의 내력의 종류에 따라서도 달라진다. 또한 콘크리트와 강재 등의 구조재료는 설계 강도보다 실제 재료의 강도가 높은 경우가 많으므로 실제 변형량을 보다 정확하게 평가하기 위해서 강도증진계수(Strength Increase Factor)와 빠른 변형률 상태에서는 강도가 증가하는 효과를 반영하는 동적증진계수(Dynamic Increase Factor)를 적용하여야 한다. 이들 계수들도 성능 기준에 포함되어야 한다.

비선형 동적해석에서는 구조물의 비선형 거동을 간단하게 표현한 선형-완전소성(Elasto-Perfect Plastic) 거동으로 표현하는 것이 보통이다. 철근콘크리트와 같은 복잡한 구조 거동을 단순한 선형-완전소성 거동으로 표현하는 과정을 제시하는 것도 연구 내용에 포함된다.



[그림 4.2.7] 선형-완전소성으로의 이상화 예

Component	Low Response		Medium Response		High Response	
	μ_a	θ_a	μ_a	θ_a	μ_a	θ_a
Hot Rolled Steel Compact Secondary Members (Beams, Girts, Purlins)[2]	3	2	10	6	20	12
Steel Primary Frame Members (with significant compression)[2, 3, 4]	1.5	1	2	1.5	3	2
Steel Primary Frame Members (without significant compression)[2,3,4]	1.5	1	3	2	6	4
Steel Plates [7]	5	3	10	6	20	12
Open-Web Steel Joists	1	1	2	3	4	6

[그림 4.2.8] 구조 성능 기준의 예

플랜트의 폭발 사고에 대비한 구조물로서 폭발저항 모듈러 (Blast Resistant Modular, BRM) 구조물이 사용되고 있다. BRM 구조는 이동 가능하면서 강한 폭압에 견딜 수 있으며 수평 또는 수직적으로 연결하여 사용할 수 있는 장점이 있다. BRM 구조는 철골 골조에 절곡된 철판을 용접으로 결합한 구조로 철판의 두께와 절골의 형상에 따라 폭압 저항 성능이 결정된다. 본 연구과제에서는 BRM의 성능 기준과 설계 기술 개발을 포함한다.



[그림 4.2.9] 폭발저항 모듈러(BRM) 구조의 예

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
현재 플랜트 산업 고도화 및 고령화에 따른 다양한 플랜트 폭발사고가 증가하고 있는 추세 폭발의 형태는 사용하는 위험물, 위치, 밀집도 다양한 환경조건에서 다르고 특수하지만, 현재 폭압 산정은 일률적인 TNT등가법으로 진행하고 있는 문제점 해외와 다르게 국내 플랜트는 고도화 및 다양화되고 있지만, 구조물의 밀집도 및 형상이 획일적이지 않기 때문에 이에 상응하는 설계 지침 및 관리법의 미재 플랜트 시설물 대상 폭발위험도 분류 체계 부재 → 취급물질별 폭발 위험도 평가 중심 → 폭발이 플랜트 시설물에 미치는 영향을 고려한 위험도평가 기술 부재 국외 대비 기술수준 30% 국내 기술성숙도(TRL) 2, 3단계	다양한 플랜트 폭발사고에 대비하기 위하여 각각의 폭발 유형마다의 기본적인 정립이 필요 해당하는 폭발 유형마다의 폭압산정방법 및 손상메커니즘을 분석하여 위험도 평가를 하여 폭발 저항 설계 기준 및 체계적인 프로세스 확립시키기 위한 도움이 필요 플랜트의 다양화에 상응하는 모든 정보를 축적 및 데이터화하여 유형 및 규모에 따른 하중 산정, 피해 규모 예측 시스템을 개발이 필요(빅데이터 기반) 기대효과: 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화 플랜트 시설물 대상 폭발위험도 평가 기술 마련 관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 70% 확보 기술성숙도(TRL) 5, 6단계 상승

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	3	3	3	3		12
특허등록			1	1		2
기준/지침		1		1		2
SW		1	1	1		3
인프라 구축(안) 제시						

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	폭발 사고 데이터베이스 및 폭발 시뮬레이션 도구 및 사용 지침
기준/지침	GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 지침
S/W	폭압 산정 및 피해 예측 프로그램 개발

다. 추진과제 (1-3) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 및 대응 기술 개발

(1) 필요성

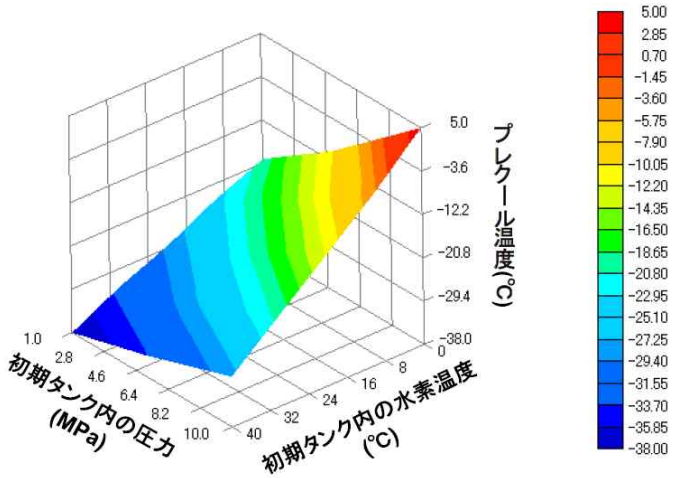
□ **플랜트 내 가연성유체 사고 예방을 위해서는 위험장소의 범위 결정이 필요하며, 누출원의 위치, 증기밀도, 방출량 및 방출속도와 환기 등의 영향이 지배하나 명확한 기준 부재**

- ㅇ 가연성 유체 누출 폭발 시 기계적인 안전 확보가 필요하나 누출, 확산 및 폭발범위 탐지는 실증실험 장소 및 민원발생 등의 문제 발생

(2) 연구내용

□ **가연성 유체의 누출 시나리오 작성을 위한 열역학물성 DB구축**

- ㅇ 미국 AGA기반 가연성 유체의 열역학 물성 데이터베이스를 구축하고 누출시나리오와 연계 프로그램 개발
  - 전기설비(점화원)로 인한 가연성가스의 화재·폭발을 방지하기 위해서는 가연성의 위험분위기 생성확률과 전기설비의 점화원 제공확률 산정



[그림 4.2.10] 수소가스충전 시의 온도상승 특성 데이터베이스 예

□ **위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정기준 개발**

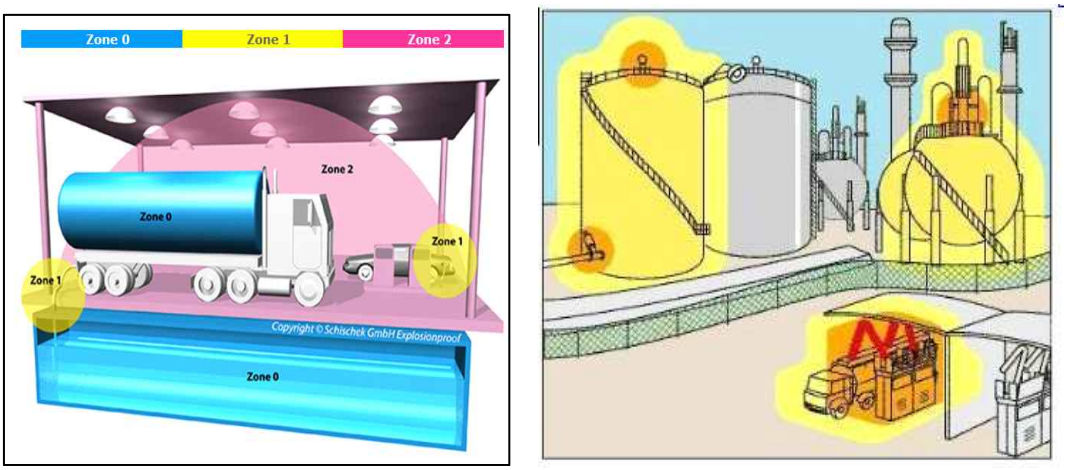
- ㅇ 폭발성가스가 존재할 가능성이 있어 방폭조치를 해야 하는 방폭대상지역을 그 가능성의 정도에 따라 몇 개로 구분하여 미리 결정해 놓는 방식을 택하는데, 이를 위험장소(Hazardous Area) 또는 방폭구역이라고 함.

- 위험도 기반접근법과 누출특성접근법, 점누출원접근법 및 직접사례 접근법을 비교하여 장단점 비교하여 최적모델 개발
- 누출등급구분, 누출홀 크기, 옥외환기속도자료, 희석등급산정, 화기유효성 검증 및 위험장소 결정 방법 개발
- 기상 및 액상 누출유형별 가스특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델 개발

〈표 4.2.6〉 위험장소 결정 예

□ 누출등급, 환기효과성 및 환기유효성에 따른 위험장소 결정

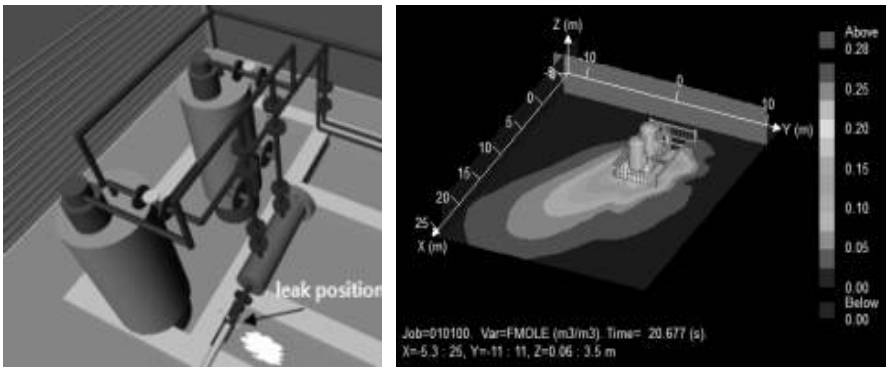
누출등급	환기의 효과성						
	고희석등급			중희석등급			저희석등급
	환기의 유효성						
	우수	양호	미흡	우수	양호	미흡	우수, 양호 또는 미흡
연속누출등급	비폭발위험 (0종장소 NE)[1]	2종장소 (0종장소 NE)[1]	1종장소 (0종장소 NE)[1]	0종장소	0종장소 + 2종장소	0종장소 + 1종장소	0종장소
1차누출등급	비폭발위험 (1종장소 NE)[1]	2종장소 (1종장소 NE)[1]	2종장소 (1종장소 NE)[1]	1종장소	1종장소 + 2종장소	1종장소 + 2종장소	1종장소 또는 0종장소[3]
2차누출등급[2]	비폭발위험 (2종장소 NE)[1]	비폭발위험 (2종장소 NE)[1]	2종장소	2종장소	2종장소	2종장소	1종장소 및 0종장소[3]



[그림 4.2.11] 위험장소의 분류

□ **가연성 점화원 제거를 위한 전기방폭 분류체계 및 유동해석 연계 실험식 도출을 위한 실증**

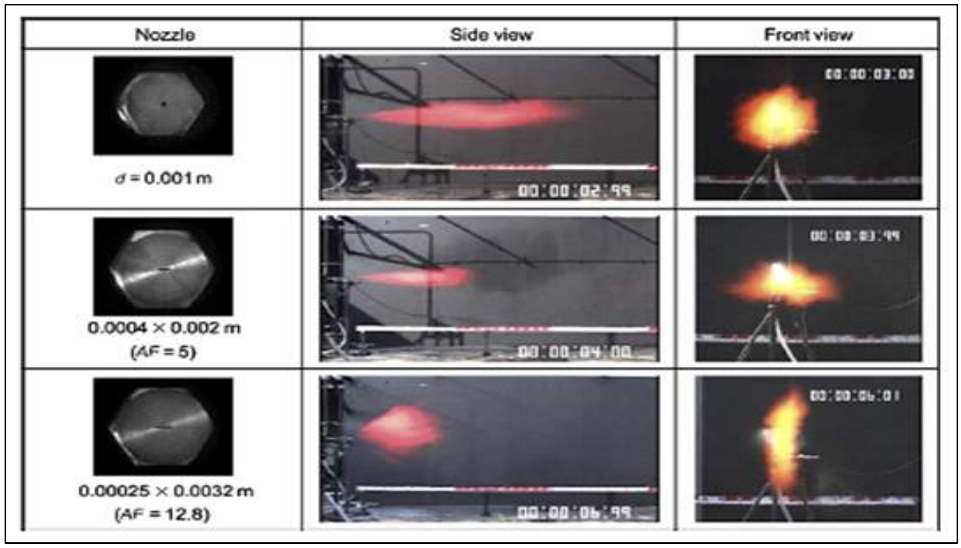
- 플랜트내 전기방폭구조의 적용 및 산소혼합조건에서 폭발 예방을 위한 방폭분류체계 개발
- 유동해석 연계 실험식 도출을 위한 누출 HOLE크기별 기·액상 누출 실증
- CFD 소프트웨어를 활용한 누출 및 확산 시뮬레이션 수행은 FLACS (Flame Acceleration Simulator)등을 사용.



[그림 4.2.12] FLACS에 의한 확산 시뮬레이션 결과



[그림 4.2.13] 대규모 가스분출 및 점화시험이 가능한 야외시험장



[그림 4.2.14] 노즐 직경 별 수소 Jet 화재시험 수행 사례

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
○가연성 유체의 국외 물성DB활용 ○이론에 의한 해석에 의존	○가연성 유체의 국내 독자 물성 DB구축 ○실증 실험기반 해석 병행

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재		1				1
특허등록			2			2
기준/지침			1			1
SW		1				1
인프라 구축(안) 제시	1	1	1			3

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
기준/지침	위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정지침
제품	가연성가스 열역학물성 DB
제품	가스 누출유형별 특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델
S/W	가연성가스 누출시나리오 연계 프로그램
인프라	AGA기반 가연성 유체의 열역학 물성측정 장치
인프라	가연성 가스의 산소혼합조건에서 폭발 특성측정 장치
인프라	홀 사이즈별 누출특성 평가 실증시험 장치

라. 추진과제 (1-4) 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석

(1) 필요성

□ **플랜트 내 가연성 가스의 생산, 보관, 취급을 위해 설치되는 용기가 파열시 인접시설물의 연쇄적 피해 확산 방지를 위해 필요**

- ㅇ 가연성가스를 생산, 보관, 취급 용기의 폭발에 따라 인접시설, 인명 등 패해 영향 저감을 위해 필요

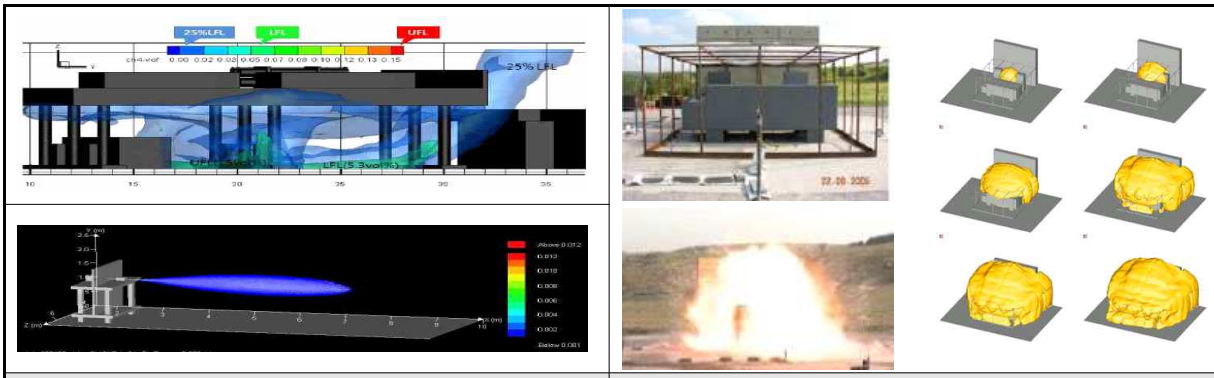
□ **가스보관시설, 제조, 충전 시설의 가스폭발 방지를 위한 구조물의 성능기반 설계 기조 자료 필요**

- ㅇ 플랜트의 화재에 따른 인전구조물 피해 방지 및 플랜트 Control Room 등 중요시설의 피해영향 방지를 위해 설치되는 방호구물의 폭발압력 저항성능 설계를 위해 폭발압력 기초자료를 위해 필요

(2) 연구내용

□ **플랜트 내 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 방호구획 내부 압력 분포 실증시험**

- ㅇ 플랜트 내 피해 화재 폭발 사고사례 및 폭발 영향 분석
- ㅇ 가연성 가스 보관시설 용기의 폭발에 따른 거리별 압력 분포 시뮬레이션
  - 가연성 가스 용기 폭발에 따른 온도, 압력, 압력지속시간 등
- ㅇ 플랜트 내부 가스용기 화재폭발 실증시험을 통해 거리별 압력분포 측정
  - 화재에 따른 용기 폭발이 인접 구조물에 미치는 영향 및 설계 인자를 도출하기 위한 압력 데이터 측정
- ㅇ 컴퓨터 시뮬레이션 압력 분포와 실증시험결과 분석을 통한 방호구획 내부 폭풍파 전달 및 방호구조물에 미치는 영향 검증

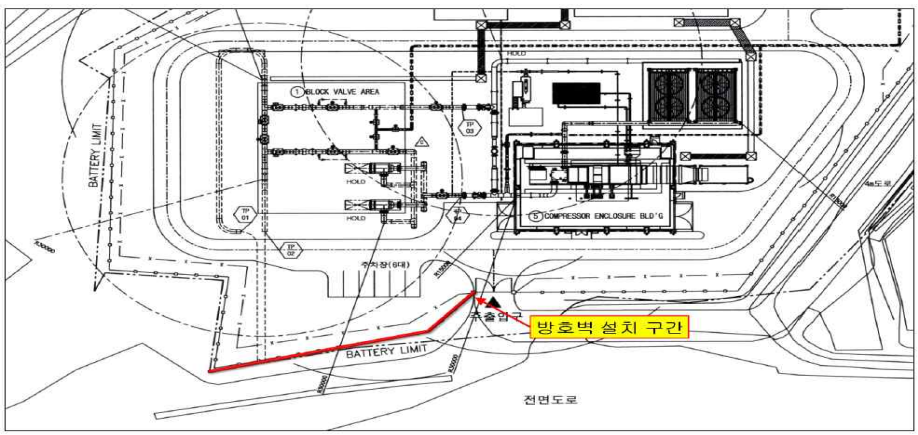


방호벽 누출 및 화염시뮬레이션	가스 화재폭발 실증

[그림 4.2.15] 방호벽 화재폭발 실증 사례

□ 폭발압력이 방호구획을 구성하는 구조물(방호벽, 물리적 거리등)에 미치는 영향인자 분석 (Shock Tube Test)

- o 용기 폭발 실증시험 결과에 따른 폭풍파의 거리, 각도, 최고압력, 지속시간 도출
- o 폭발에 따른 방호구조물 및 구획간 거리에 미치는 영향 인자 도출
- o 재료 및 구조물의 설치 각도, 형태 분석을 통한 압력 저항성 측정
- o 폭발에 따른 압력 산출을 통한 방호구조물 및 공간구획별 이격거리 설계 입력 데이터 도출
  - 구조물의 위치 및 형태에 따라 폭압의 영향성 도출을 통해 플랜트 설계 적용 압력 산출 근거 제공



[그림 4.2.16] 방호벽 추가 설치 구간 산정 예

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
국내 방호벽은 일본 기준에 의존 폭발압력 등 방호벽 영향 DB없음	실증을 통한 내폭성능 평가 결과 반영 폭발 실험등 실증실험 DB구축

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재		1				1
특허등록			1			1
기준/지침			1			1
SW		1				1
인프라 구축(안) 제시	1	1				2

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
기준/지침	실증실험 결과가 반영된 방호벽 설계 지침
기준/지침	폭압 영향 완화를 위한 플랜트 설계 지침
S/W	가연성가스 및 용기폭발 영향 실증 프로그램
인프라	용기폭발 실증실험용 모듈형 화염발생장치
인프라	용기폭발실험용 폭압실험장치

마. 추진과제 (1-5) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술

(1) 필요성

□ 폭압을 받는 구조물은 단자유도 비선형동적해석이 가장 많이 사용되지만, 우리나라의 분석 및 기술화를 통한 해외 의존도 탈피의 필요성 제기

- ㅇ 폭압을 받는 구조물의 해석은 등가정적해석법에서부터 유체-구조물의 상호작용을 해석할 수 있는 하이드로코드 해석까지 그 범위가 다양하지만, 비선형 거동을 포함하여 설계하는 것이 보통이므로 실무용 단자유도 비선형동적해석이 필요
- ㅇ 단자유도 비선형 동적해석을 지원하는 프로그램은 기술선진국인 미국에서 SBEDS라는 엑셀기반 프로그램을 개발 보급하고 있지만, 미국내에서만 공개되어있고, 우리나라에서는 활용을 할 수 없는 상황이기에 보급형 해석 프로그램 개발이 필요

□ 폭압에 따른 비선형 동적 해석을 위한 하이드로코드 및 다양한 해석의 결과 검증 등을 이용하기 위한 기술의 현저한 한계점

- ㅇ 고성능 콘크리트 등 새로운 구조재료를 내폭구조에 활용하기 위해서는 3차원 응력상태를 나타낼 수 있는 비선형 재료모델 개발이 필요
- ㅇ 플랜트 폭발을 재현한 폭발 실험을 실시하고 이를 구조해석으로 검증할 수 있는 멀티스케일 해석 기술 개발 필요

(2) 연구내용

□ 해석 방법에 따른 장단점과 기술적 한계 파악 및 해석 절차와 지침의 개발

- ㅇ 등가정적해석법, 유체-구조물 상호작용(하이드로코드) 해석법, 단자유도 비선형 해석법, 유한요소해석법 등 다양한 해석방법을 이용한 해석 절차와 지침의 정립 및 기술 개발
- ㅇ 국내 플랜트 설계에 활용할 수 있는 보급형 단자유도 비선형 동적 해석 프로그램 개발 (미국의 경우 자국내에서만 접속 가능한 프로그램, SBEDS)
  - 국내 외 논문 및 서적, 설계지침서, 다양한 소프트웨어를 활용하여 보급형 SDOF 기반 해석 프로그램을 개발
- ㅇ 소성힌지를 가진 보요소를 기반으로 한 다자유도 해석 및 연속체 요소를 사용한 해석 기술의 분석 및 활용
  - SDOF(단자유도) 와 MDOF(다자유도) 해석과 연속체 요소를 사용한 해석 기술의 분석

- ㅇ 구조 해석 방법(단자유도 및 다자유도 비선형 해석법, 유한요소 해석법, 하이드로코드 해석법)에 따른 장담점과 기술적 한계를 파악하여 보완점과 필요한 정보를 정립화
- ㅇ 미국 토목학회(ASCE)-Design of blast-resistant buildings in petrochemical facilities / UFC 3-340-02 -Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions / PDC-TR 06-08 Single Degree of Freedom Structural Response Limits for Antiterrorism Design를 기반으로 한 플랜트 폭발 사고의 특성을 고려한 여러 가지 구조형식의 폭발 저항 설계 지침을 활용
- ㅇ 플랜트의 폭발 위험도과 관련해서는 미국화공학회(AIChE)의 CCPS (Center for Chemical Process Safety)에서 발간한 Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards를 활용
  플랜트 설계, 건설, 유지관리에 관련한 정보 및 규정을 교류하기 위하여 FABIG (Fire and Blast Information Group), PIP (Process Industry Practices) 등의 단체 등에서 발간한 플랜트 폭발 사고에 대비한 설계 지침을 활용
- ㅇ 다양한 해석방법의 검증을 통한 플랜트 설계 및 관리에 필요한 프로그램을 개발화(실무에 적용할 수 있고 단순화 형태인 보급형 SDOF 비선형 동적 해석 프로그램 개발)

□ 방폭 성능을 가진 재료 모델링 기술 개발

- ㅇ 기존의 방폭 성능을 가진 시멘트 복합 재료 또는 합성수지 재료 등을 설계에 적용할 수 있도록 새로운 재료의 수치 모델화 방법의 개발
  - 폭발 해석을 위한 재료 모델링 기술 조사 및 적용 지침 개발
  - 멀티스케일 해석 기술 분석(메조스케일 및 매크로 스케일의 특장점 분석)

- ㅇ 연속체 요소를 사용한 해석 결과를 보 요소를 사용한 해석 또는 단자유도 해석으로 활용할 수 있는 멀티스케일 해석 기술을 개발
- ㅇ 폭발과 관련한 다른 연구과제에서 방폭 성능을 가진 시멘트 복합 재료 또는 합성수지 재료 등이 개발되고 있으므로 이를 설계에 활용할 수 있도록 새로운 재료의 수치 모델화 방법을 연구
- ㅇ 연속체 비선형 동적 해석은 방대한 해석 결과를 산출하게 되므로 설계에 활용할 수 있는 결과로 가시화하거나 추상화하는 기술의 개발

□ 실무에 적용할 수 있는 해석 SW 개발 및 멀티 스케일 해석 기술 개발

- ㅇ 플랜트 전문가 및 실무에 적극적으로 적용할 수 있는 폭발 해석 SW의 개발
  - 실무용 단자유도 동적 비선형 구조설계 프로그램 개발
- ㅇ 연속체 요소를 사용한 해석 결과를 보요소를 사용한 해석 또는 단자유도 해석으로 활용할 수 있는 멀티스케일 해석 기술의 개발

ㅇ 다자유도해석은 구조물의 형상이 복잡하거나 연결된 구조물의 상호 작용을 무시할 수 없는 경우에 사용되며 비선형 거동이 포함되므로 모드중첩법은 사용될 수 없고 직접법에 의한 동적해석방법이 적용하는 특성을 고려한 해석 기술의 개발

ㅇ 다자유도해석에서 소성힌지를 가진 보요소를 기반으로 한 방법과 연속체 요소를 사용한 방법으로 구분하여 적용 기술의 개발

ㅇ 연속체 요소를 사용하는 경우에는 응력-변형률 기반의 재료 모델링의 선정화 및 복잡한 3차원 응력상태에 따른 구조 재료의 거동을 포함한 정립화

□ 구조 해석 결과의 가시화 기술 및 검증 기술 개발

- ㅇ 폭발 해석의 방대한 결과 산출에 따른 가시화(Visualization) 및 추상화(Abstraction) 기술의 개발
- ㅇ 해석 방법의 타당성 확인을 위한 실증실험 이용 및 다른 해석 방법을 이용한 검증 방법 개발

ㅇ 다양한 구조 해석 결과를 각각의 해석기법 및 실험자료를 이용하여 비교 검증을 진행하며, 이에 따른 방대한 해석 결과자료를 데이터베이스화하여 가시화 및 단순화하여 실무에 적용할 수 있는 최적화 방향성을 개발

□ 폭발에 따른 구조 해석방법의 정립 및 필수 기술 개발

- ㅇ 구조 해석 방법에 따른 장단점과 기술적 한계 파악
- ㅇ 구조 해석 방법에 따른 해석 절차 및 지침 개발
  - 다양한 폭발 해석 방법에 따른 활용 분야 및 기준 제시

o 구조물의 거동으로 평가하는 단자유도 비선형 동적해석의 정립 및 필수 사항 개발

- 폭압이 전달되는 구조 경로에 있는 구조부재들의 거동을 단자유도로 변환 후 폭압을 받는 비선형거동을 분석

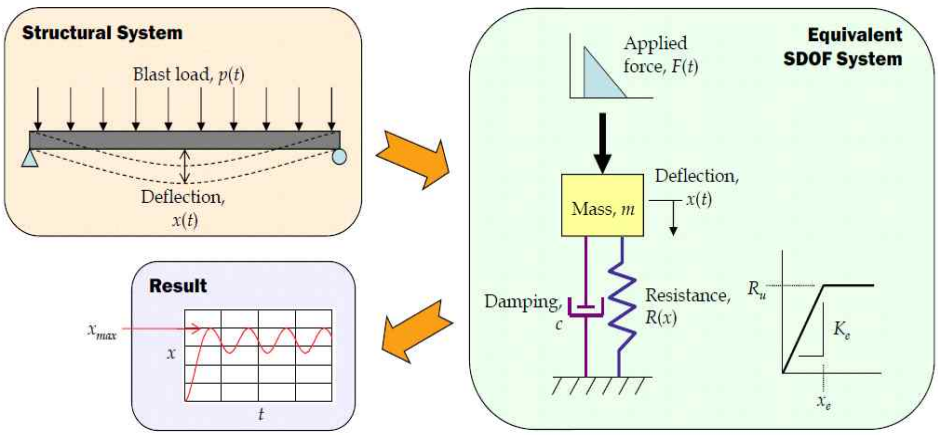
o 다양한 구조 해석 방법에 따른 검증을 거쳐 해석 절차 및 지침서를 개발을 하며, 이에 따른 각각의 폭발에 따른 활용 분야 및 기준을 제시한다.

o 철근 콘크리트, 철골 구조에 대하여 구조 부재들의 거동을 SDOF로 해석을 진행하며, 취약 부위 및 보수 보강재를 선정 할 수 있는 비선형 거동을 연구한다.

※ 참고

[폭압에 의한 구조거동 해석 기술]

폭압을 받는 구조물의 해석은 등가정적해석법에서부터 유체-구조물의 상호작용을 해석할 수 있는 하이드로코드 해석까지 그 범위가 다양하다. 폭압을 받는 구조물은 비선형 거동을 포함하여 설계하는 것이 보통이므로 단자유도 비선형동적해석이 가장 많이 사용되고 있다. 단자유도 해석은 폭압이 전달되는 구조 경로에 있는 구조부재들의 거동을 단자유도로 변환하여 폭압을 받는 비선형거동을 파악하고 이를 다시 원 구조물의 거동으로 평가하는 해석 방법이다. 플랜트 구조물은 장방형의 박스 형상을 가지고 있으며 폭압을 받는 정면의 벽체와 이를 지지하는 바닥슬래브 그리고 바닥슬래브를 지지하는 전단벽의 세단계의 하중 전달 경로를 갖는 구조물로 흔히 설계하므로 단자유도 비선형 동적해석 방법이 가장 많이 사용된다.

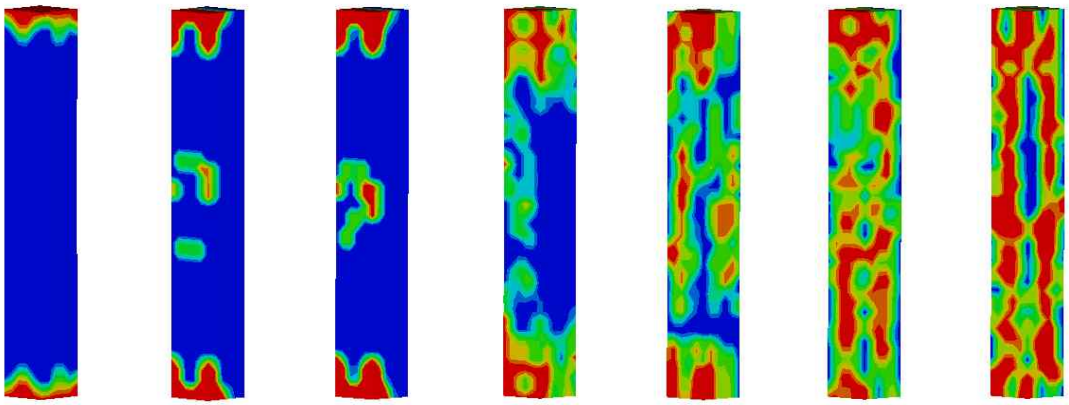


[그림 4.2.17] 단자유도 비선형 동적 해석의 개념

단자유도 비선형 동적해석을 지원하는 프로그램으로는 미공병단 방어설계센터(PDC)에서 개발한 SBEDS이지만 미국내에서만 공개되어 있고 우리나라에서는 접속할 수 없도록 되어 있어 플랜트 설계에 활용할 수 없는 상태이다. 본 과제의 내용에는 SBEDS를 대신할 수 있는 보급형 단자유도 비선형 동적 해석 프로그램 개발이 포함되어야 한다.

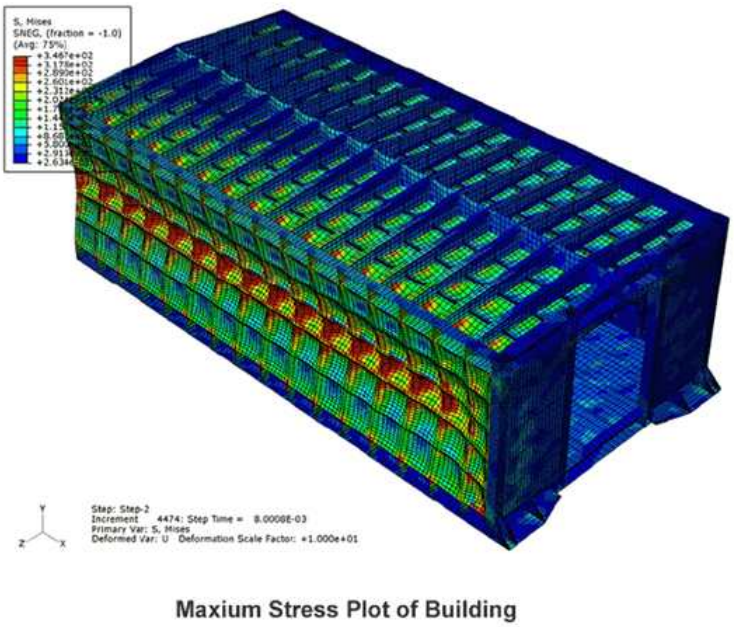
다자유도해석은 구조물의 형상이 복잡하거나 연결된 구조물의 상호 작용을 무시할 수 없는 경우에 사용되며 비선형 거동이 포함되므로 모드중첩법은 사용될 수 없고 직접법에 의한 동적해석방법이 적용된다. 다자유도해석도 소성힌지를 가진 보요소를 기반으로

한 방법과 연속체 요소를 사용한 방법으로 구분할 수 있다. 연속체 요소를 사용하는 경우에는 응력-변형률 기반의 재료 모델링이 필요하며 복잡한 3차원 응력상태에 따른 구조 재료의 거동을 포함하여야 한다. 다자유도 해석은 상업용 유한요소 해석 프로그램을 사용하는 것이 일반적이며 LS-DYNA, AUTODYN, ABAQUS, ADINA, ANSYS 등이 주로 사용된다.



[그림 4.2.18] 연속체 요소를 사용한 철근콘크리트 기둥의 비선형 동적 해석

본 연구에서는 각 해석 방법의 장단점과 기술적 한계를 분석하여 각 해석 방법에 따른 해석 절차와 적용 지침을 제시한다. 또한 연속체 요소를 사용한 해석 결과를 보 요소를 사용한 해석 또는 단자유도 해석으로 활용할 수 있는 멀티스케일 해석 기술을 개발한다. 폭발과 관련한 다른 연구과제에서 방폭 성능을 가진 시멘트 복합 재료 또는 합성수지 재료 등이 개발되고 있으므로 이를 설계에 활용할 수 있도록 새로운 재료의 수치 모델화 방법을 연구한다. 연속체 비선형 동적 해석은 방대한 해석 결과를 산출하게 되므로 설계에 활용할 수 있는 결과로 가시화하거나 추상화하는 기술이 필요하다. 또한 해석 방법의 타당성을 확인하기 위하여 실증실험을 이용하거나 다른 해석 방법을 이용한 검증 방법의 개발도 필요하다.



[그림 4.2.19] BRM 구조물의 폭압 해석 예

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
현재 플랜트 산업에서 발생할 수 있는 큰 재난 중 하나인 폭발로서 현재 미흡한 측면이지만, 다양한 분류로서 설계안이나 성능기준 등이 부재 플랜트 내의 다양한 구조물형식과 설비군에 따른 구조 거동의 특수성이 존재하지만, 이에 따른 안전 방안이 미흡한 측면 폭압을 받는 구조물은 단자유도 비선형동적해석이 가장 많이 사용되지만, 우리나라는 분석 및 기술이 해외 의존도가 높은 실정 폭압을 받는 구조물의 해석은 등가정적해석법에서부터 유체-구조물의 상호작용을 해석할 수 있는 하이드로코드 해석까지 그 범위가 다양하지만. 적절한 형태의 실무에 용이한 단자유도 비선형동적해석법이 필요 구조 해석 기술의 수준은 높으나 플랜트 폭발의 폭압 산정의 불확실성이 높음. → 폭압 산정의 정확도 향상 → 구조해석 기술의 효율성 향상 국외 대비 기술수준 50% 국내 기술성숙도(TRL) 2, 3단계	폭압을 받는 구조물은 단자유도 비선형동적해석이 가장 많이 사용되지만, 우리나라의 분석 및 기술화를 통한 해외 의존도 탈피 플랜트에서 나타나는 폭발에 대해서 상당한 과압이 구조물에 영향을 끼치게 되는데, 이에 상응하는 구조 형식별 재료 모델링별 해석 기술의 개발 폭압에 의한 구조물의 해석 프로그램의 개발과 함께 해석 방법에 따른 절차 및 지침을 개발 폭압에 따른 구조해석 기술의 정립 및 해석 결과의 검증 기술 개발 방폭 성능을 가진 재료 모델링의 기술 개발 기대효과: 폭발 사고 관련하여 국내의 환경적 요소 및 다양한 산업 플랜트의 실정에 맞추어 해외 의존도를 낮추어 국내에 최적화된 설계방안과 관리법을 도출 가능한 측면 국내 개방형 소프트웨어의 도입으로 경제적인 이점과 동시에 소프트웨어의 확장으로 방폭 설계 기술의 가속화 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화 플랜트 시설물 대상 내폭 성능평가 기술 개발 관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 80% 확보 기술성숙도(TRL) 5, 6단계 상승

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재		3	3	3	3	12
특허등록					1	1
기준/지침		1		1		2
SW			1	1		2
인프라 구축(안) 제시						

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	프로그램 사용 매뉴얼 및 해석 예제집
기준/지침	방폭재료의 수치 모델 라이브러리, 멀티스케일 해석 지침
S/W	약산해석을 위한 단자유도 비선형 동적해석프로그램

2. [전략과제 2. 플랜트 설계/시공 안전 기술]

가. 추진과제 (2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발

(1) 필요성

□ **현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡**

□ **요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재**

□ **(일반시설과 위험도 차별) 플랜트는 일반 건축물에 비해 재난시 위험도가 매우 크며, 국가적 대형 사고로 확대될 가능성 존재**

- 플랜트 재난 발생에 따른 피해 범위는 1차 플랜트 피해에 이어 도시기반 운영정지로 인한 2차 피해 가능하며, 2차 피해는 불특정 국민들을 대상으로 범위가 확대될 가능성이 매우 크므로, 특별하고 높은 수준의 설계 및 관리 필요

□ **개별 설비를 대상으로 한 화재안전기술은 개별적으로 존재하나 개별 설비들이 종합적으로 모여있는 상황속에서의 구획/공간단위에서의 화재안전기술은 부재**

- 따라서, 요소단위에서 벗어난 종합적/시스템적인 화재안전 설계/시공기술 필요

(2) 연구내용

□ **플랜트 시설별 화재강도에 따른 화재저항 성능 설정**

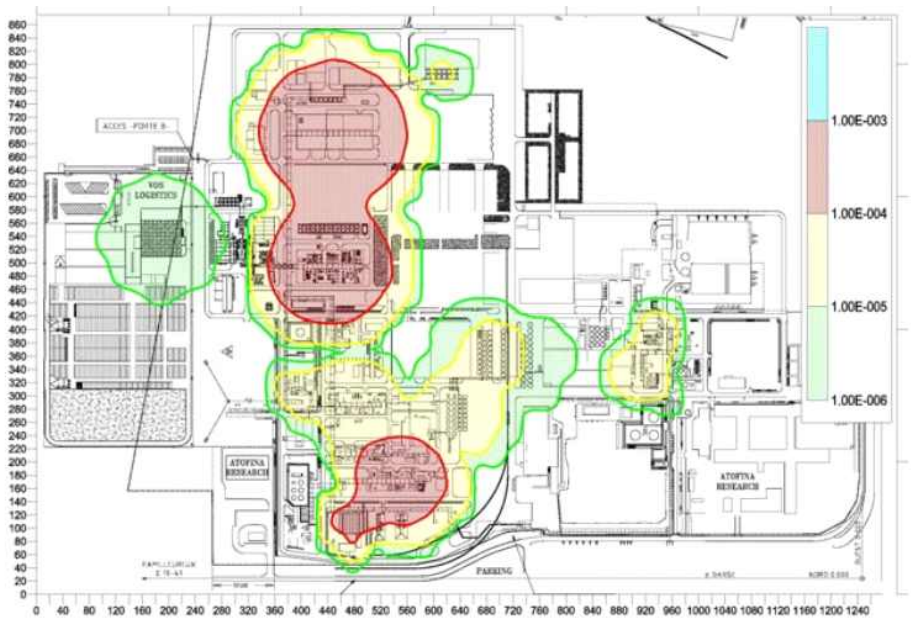
- 플랜트 시설물의 위험도, 특성, 화재하중 등을 고려하여 시설물별 맞춤형 화재강도를 제시 및 검증하고, 플랜트 화재강도에 대한 내화성능을 확보할 수 있는 구조물별 대응 내화시간을 설정

□ **플랜트 시설물 내화설계기술 개발 / 플랜트 시설물 방호기술 개발**

- 플랜트 화재시 고온에 노출된 구조물의 온도 및 거동 분석을 수행하고 이를 통한 화재강도에 대응하여 구조물 안전을 확보할 수 있는 구조물 내화설계기술 개발하고 플랜트 내화설계 지침 제시

- 플랜트 구조물의 요구내화성능을 확보하기 위한 다양한 구조물 피복기술, 고온시 구조물 변형 억제기술, 고온시 하중능력 향상기술 등 구조물 내화재료 및 기술 개발

- (플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정) 화재가 발생한 플랜트 시설물의 화염 확산 방지 및 2차 피해 방지를 위한 구획별 요구 성능 수준을 설정하고 구획 성능기준을 제시하여 플랜트 방화구획 설정을 위한 설계기술 확보
- (폭발성 온도 대응 내화재료기술 개발) 폭발성 화재를 동반하는 플랜트 화재에 대응하기 위하여 급가열 고온 폭발에 최적화된 방폭용 내화재료 개발 수행 및 검증



[그림 4.2.20] 위험도 기반 화학플랜트 평면 계획 사례(Risk based design of chemical plants)

□ 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발

- 플랜트 화재거동 및 시나리오에 따른 플랜트 내 인원과 2차 피해 발생시 인접 지역 피난계획 등을 포함한 피난설계기술을 개발하고 이를 최적화한 시뮬레이션 모델링 기술 확보

□ 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발

- 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행

□ 맞춤형 성능기반 플랜트 화재안전 설계기술 개발

- 플랜트 시설물의 특성, 위험도, 화재강도 등을 고려한 내화설계 및 피난설계를 수행하는 한국형 플랜트 화재안전 설계기술을 개발. 아울러 Euro Code에서 제시하는 내화설계절차를 분석하여

국내 실정에 적합한 사양적 기법과 성능적 기법으로 절차를 수립하여 플랜트 건설시 시설물의 다양성을 고려한 효율적이고 안전한 성능기반의 설계지침을 제안

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡 • 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재	• 재난유형별 구획/공간단위 위험도 평가 대비 방호 구획/공간화 기술 • 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정 • 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발 • 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발
건축물을 대상으로 한 성능기반 화재안전 설계 도입 노력 → 플랜트 시설물 대상 내(방)화 및 기타 화재안전 기술개발 연구 미흡	플랜트 시설물 대상 체계적인 화재안전 설계/시공 지침 마련 화재위험도 평가 결과 기반 맞춤형(성능기반) 플랜트 화재안전설계 기술 도입
국외 대비 기술수준 30% 국내 기술성숙도(TRL) 2, 3단계	관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 70% 확보 기술성숙도(TRL) 5, 6단계 상승

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	1	1	1	1		4
특허등록			1	1		2
기준/지침		1	1			2
제품개발			1	1		2

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 시설물 화재안전설계지침
기준/지침	플랜트 화재 피난 설계지침
특허	플랜트 시설물 내화설계기술
특허	플랜트 시설물 방화설계기술
제품	플랜트 화재시나리오 대응 피난설계기술 SW
제품	플랜트 화재 대응 연기제어기술
논문	비SCI 논문(4편)

나. 추진과제 (2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템 개발

(1) 필요성

□ 일반건축물에 적용되는 내진 기준이 플랜트 내진설계에도 그대로 적용되고 있으며 이에 따라 플랜트의 특성이 반영된 새로운 설계지침의 정립 필요

- ㅇ 플랜트는 공정과 관련된 시설물로서 기능수행의 내진성능목표를 달성할 수 있도록 특화된 설계지침 정립 필요. 일반건축물의 내진설계 기준은 중요 시설물의 하중을 중요도계수 1.5만큼 할증하여 설계하고 있으나 공정관련 기능수행 여부 확인은 어려움.
- ㅇ 현행 내진설계기준에서는 비구조요소와 건물외구조의 설계기준을 도입하고 있으나 구체적 내용은 대부분 관련 해외 전문기술기준(지침)을 참조하도록 하고 있기 때문에 국내 실무자들의 활용에 어려움이 있음.

□ 비구조요소와 건물외구조의 설계절차는 건물의 설계절차에 비해 미정립되어 있으나 극히 중요

- ㅇ 특히, 플랜트 내에서의 비구조요소와 건물외구조의 경우 플랜트 운영 및 공정에 직접적으로 관계되기 때문에 그 중요성이 존재
- ㅇ 해외 전문기술기준(지침)을 참고함과 동시에 국내 플랜트 설비의 특성을 반영하여 국내 관련 설계규정의 세부적인 정립을 정립 필요성 내포. 특히, 현행 건축물 내진설계기준에서 간략화되어 있는 기계/전기 설비 관련 규정에 대한 중점적인 보완 필요(위험물 저장용기, 기계/전기 설비, 배관설비 등).
- ㅇ 상이한 중요도를 갖는 설비/건물외 구조가 상호 연결되어 있기 때문에 연결부, 지지구조 설계 등에 있어서 플랜트 전체의 성능목표에 부합하는 중요도, 내진등급, 성능목표의 설정 지침 필요

□ 국내 현행 플랜트 건물 기본구조의 내진 거동이 명확히 규명된 바 없고 내진 성능이 불분명

- ㅇ 국내 플랜트 건물에서 사용하고 있는 주요 구조시스템의 내진거동에 대한 규명을 통해 설계계수의 적정성을 규명하고 요구되는 내진성능 확보를 위한 구조 상세를 제시할 필요가 있음.
- ㅇ 복합적인 시스템 내에서 상이한 설계계수(반응수정계수, 초과강도계수, 변위증폭계수)를 가지는 경우 적용 지침이 필요
- ㅇ 대형 설비-지지구조(건물 또는 건물외구조)가 복합적인 시스템으로서 상호작용하므로 이를 고려하기 위한 상세해석/간략해석의 실무적용 지침 필요

□ **철골 플랜트 시설물의 대다수는 국내외 설계기준에서 표준 구조시스템으로 분류 불가능한 비정의 구조로써 강재의 뛰어난 연성능력을 전혀 설계에 활용치 못함**

- ㅇ 철골 플랜트 시설물 대다수는 건물과 같이 강체 격막이 존재하지 않는 경우가 많아 하중재분배 능력이 불확실하며 국부적으로 좌굴에 의한 연성능력 저하로 인해 강재의 뛰어난 연성능력을 활용하지 못하고 있음.
- ㅇ 하중재분배, 에너지 소산과 연성능력의 확보가 가능한 고성능 구조시스템을 제시하고 실험적으로 검증할 필요가 있음.
- ㅇ 감쇠장치 또는 면진장치 등에 의해 공정 설비에 전달되는 지진하중을 저감함으로써 기능수행 내진성능 확보를 위한 고성능 구조시스템 설계기술 확립

(2) 연구내용

□ **플랜트 시설물 특화 내진등급 및 내진성능목표 체계 수립**

- ㅇ 건물/건물외구조/비구조요소의 성능에 기초한 상세분류
- ㅇ 시설물별 내진등급 및 중요도 분류체계 수립
- ㅇ 내진등급별 성능목표 체계 수립
- ㅇ 비구조요소 내진성능평가 대상 범위 규정
- ㅇ 피해사례 조사를 통한 설계고려사항 발굴
- ㅇ 특화된 성능의 지표화(복구기간, 복구비용, 폭발등 2차피해 위험성)

- ㅇ 공정내 중요도, 보수기간, 대체설비 유무, 기능중단 시 손실 영향범위 등을 고려하여 설비를 분류 후 각각에 적합한 내진등급 및 중요도 및 내진설계범위를 설정하기 위한 지침을 개발함.
- ㅇ 각각의 내진등급 간에 일관성 있는 내진성능목표 체계를 수립하고 지진재해도 수준별로 재난시 공정의 유지 여부 또는 복구 기간을 검토하기 위한 지침을 수립함.
- ㅇ 플랜트 시설물에 특화된 요구성능(복구기간, 복구비용 등)을 구조설계에 사용되는 공학적 지표로 정립하기 위하여 기존 피해사례에서 나타나는 복구 기간 및 비용과 물리적 피해의 상관관계를 조사 분석함.



〈 일관제철 공정의 사례(한국강구조학회, 2019) 〉

내진등급별 최소성능목표
(내진설계기준 공통적용사항, 2017)

위험도 계수	내진성능수준			
	기능 수행	즉시 복구	인명 보호	붕괴 방지
1.33	특등급		Ⅱ등급	
1.60			Ⅰ등급	
2.00			특등급	Ⅰ등급 Ⅱ등급

건축물의 내진등급별 최소성능목표
(건축물 내진설계기준 2019)

최소 설계지진 재현주기 (년)	위험도 계수	내진성능수준			
		기능 수행	즉시 복구	인명 보호	붕괴 방지
50	0.40	Ⅱ등급			
100	0.57	Ⅰ등급	Ⅱ등급		
200	0.73	특등급	Ⅰ등급	Ⅱ등급	
500	1.00		특등급	Ⅰ등급	Ⅱ등급
1000	1.40			특등급	Ⅰ등급
2400	2.00				특등급

□ 플랜트 내진설계 실무절차 수립

- ㅇ 주요 산업분야별 특화 요구사항 수집 및 내진설계지침 적용방안 제시
- ㅇ 플랜트 비구조요소의 Fast Track 설계절차

ㅇ 플랜트의 특성상 기업의 매출이 신속한 설계 및 시공과 연관되므로 관련 절차를 제시하고, 단일 플랜트를 구성하는 다양한 시설물의 개별 설계업무를 통합하여 관리하기 위한 지침을 수립함.

ㅇ 다양한 플랜트 유형별(석유화학, 발전, 제철, 반도체 등) 요구사항을 수집하여 설계지침에 반영함.

ㅇ 플랜트에서 다수 적용되는 Fast Track 설계절차에 있어서 기존의 구조체 중심의 절차에 부가하여 비구조요소의 내진설계에 관련된 지침을 수립함.

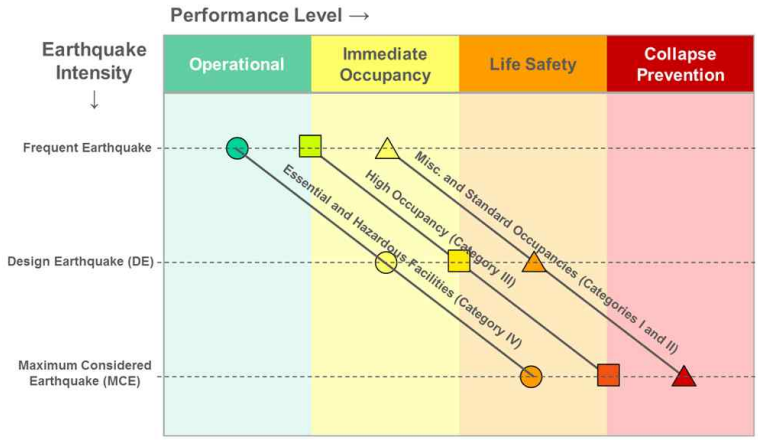


〈 산업용 클린룸 Fast Track 공사의 절차 및 특징(박도준, 2014) 〉

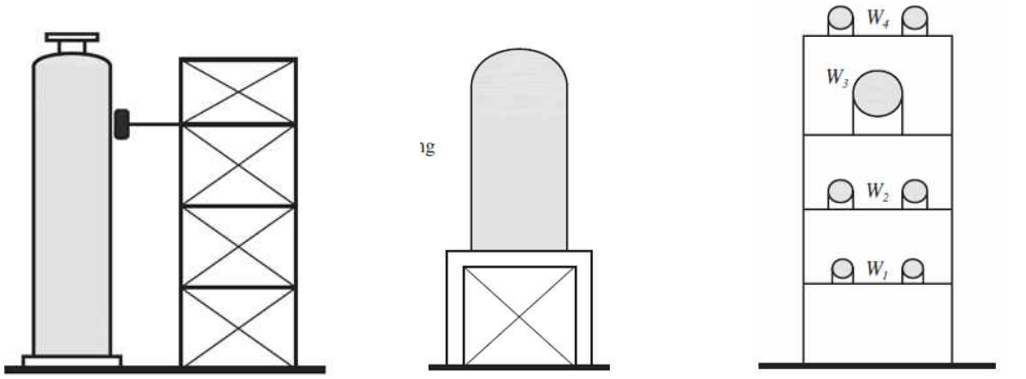
□ **플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소 내진설계지침 개발**

- o 성능기반 내진설계 및 그에 준하는 사양기반 내진설계지침의 동시 개발
- o 국내에 특화된 플랜트 구조시스템의 내진설계계수 정립
- o 상이한 요소가 복합된 구조시스템의 설계계수 결정 기술
- o 비구조요소 정착부 내진설계기준 수립
- o 비구조요소의 다양성 수용 방안 제시
- o 건물외구조/비구조요소 내진설계 예제 작성

- o 플랜트 내진설계지침은 기본적으로 공정의 기능유지를 위한 성능기반의 설계를 기본으로 하되 설계비용과 기간을 고려하여 동등한 성능확보가 가능하고 실무적 접근이 용이한 사양기반의 지침을 동시에 개발하도록 함.
- o 아직 내진설계 기준의 정립이 미비한 건물외구조와 비구조요소의 내진설계지침을 중점적으로 개발함. 특히 다양한 시스템이 복합된 구조물에서 건물-건물외구조-비구조요소 간 상호작용을 고려한 구조물 및 비구조요소의 해석 및 관련 설계계수의 결정방안 등을 중심으로 연구.
- o 다양한 건물외구조와 비구조요소의 설계예제를 작성하여 설계지침을 검증하고 활용도를 제고함.



〈 사양기반 구조설계기준에서 기대되는 내진등급 및 지진재해도 별 예상 내진성능(FEMA P-750) 〉



상이한 시스템이 병렬로 연결된 경우

상이한 시스템이 수직방향으로 연결된 경우

내부에 상이한 하위 시스템이 포함된 경우

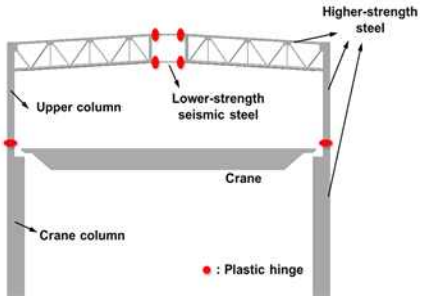
〈 상이한 요소가 복합된 플랜트 구조 시스템(ASCE 7-16 〉

□ 플랜트 특화 고성능/고효율 공장내진구조시스템 개발

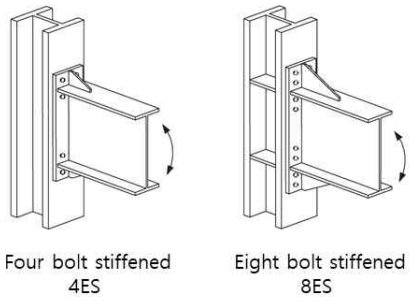
- o 기존 플랜트 구조물 프로토타입 지진해석 및 내진성능평가
- o 현행 접합상세 및 구법 분석을 통한 문제점 및 개선사항 발굴
- o 시공 용이한 모멘트골조시스템 고연성 인증접합부 개발
- o 장스팬 트러스 골조시스템 구조손상 제어 기술
- o 지진하중 저감장치 도입에 의한 고효율 구조시스템 개발
- o 개발한 구조시스템에 대한 실무친화적 설계절차 제시

o 최근 한반도 동남권 경주 및 포항에서 연이은 지진이 발생한 이후, 해당 지역에 밀집되어 있는 산업 시설물의 내진 성능에 우려 증대. 해당 지역의 다수 철골 플랜트 시설물은 장경간의 주요 산업구조물임에도 불구하고 국내/외 설계기준(KBC 및 AISC seismic provisions)에서 표준 구조시스템으로 분류 불가능한 비정의구조이며, 강진 발생 시의 거동 및 파괴모드와 같은 내진성능이 명확하게 규명된 바 없음. 지진 내습 시 바람직한 파괴모드를 형성하고 연성거동을 확보할 수 있는 플랜트 특화 고성능 철골 지진력저항시스템 개발 필요

o 현행 국내 플랜트 구조물 유형을 조사하고 비선형 구조해석 등을 통하여 취약성을 분석하여 개선방향을 도출함. 이를 토대로 시공성, 손상제어 성능이 우수한 고성능 플랜트 내진구조시스템을 개발하며, 접합부 인증 실험 등을 통하여 현행 강구조 설계기준에 따라 실무적용 가능한 수준으로 성능을 실증함.



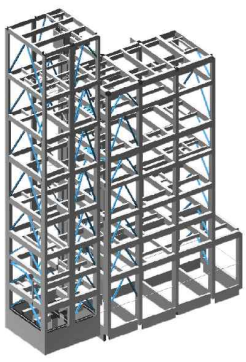
〈 지진력저항시스템 대안 아이디어 및 적용성 평가 해석(비렌딜형) 〉



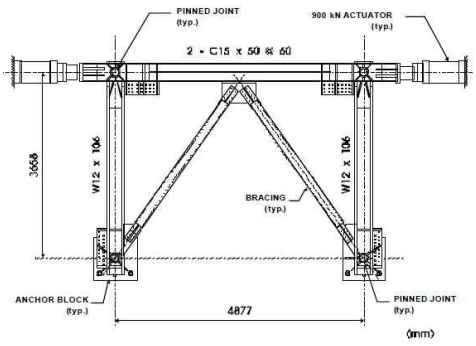
〈 ANSI/AISC 358 인증 엔드플레이트 모멘트접합부 유형 〉

o 플랜트 구조체 또는 중요 설비의 지진하중을 경감하는 감쇠장치 또는 면진장치 활용 구조시스템을 개발하고 성능을 실증함. 장치의 실험 외에 플랜트의 특성이 반영된 Subassemblage 실험 등을 통하여 접합부 거동 등을 포함한 종합적인 검증 수행.

o 플랜트 구조체의 특성을 고려하고 실무에서 쉽게 활용할 수 있는 선형탄성 설계절차를 제시함.



〈 감쇠장치가 설치된 공장 구조물(CUBUS Engineering, 2019) 〉



〈 감쇠장치 Test Subassemblage 예 〉

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 일반건축물에 적용되는 내진기준을 플랜트 내진설계에 적용하고 있음. • 현행 내진설계 기준의 비구조요소, 건물외구조 부분은 구체적 규정이 부족하고 해외 전문기술기준 참조로 대체. • 국내 플랜트 구조 시스템의 거동특성이 명확히 규명되지 않아 내진성능 불분명 • 철골 플랜트 시설물 대다수가 강재의 연성능력을 활용하지 못하는 비정의 구조 시스템 구체적 플랜트 내진 기준의 부재 → 기업 자체적으로 또는 해외 용역사를 통해 내진설계 범위 및 적용기준을 설정하는 실정으로 내진설계의 일관성 및 기술 독립성 부족 → 플랜트 내 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 적용 범위에 대한 구체적 기준의 부재 내진 성능이 검증되지 않은 골조 시스템 및 설비 요소의 관행적 적용	• 플랜트의 특성이 반영된 별도의 내진설계 지침 개발 • 국내실무자가 바로 활용 가능한 비구조요소/건물외구조 관련 상세 규정을 담은 설계지침과 예제 개발 • 구조해석 및 실험을 통해 검증된 성능기반 설계지침과 사용자 친화적 사양기반 설계지침의 개발 • 연성능력과 하중재분배가 가능한 고성능 플랜트 구조시스템 및 실무적용 플랜트 설비의 특성별로 요구되는 내진 성능수준 정의 및 이를 토대로 한 플랜트 특화 성능기반 내진설계 절차 수립 성능기반설계에 준하는 사양기반 설계지침 또한 제시하여 실무 혼선을 최소화하고 설계 효율성 증대 플랜트 특화 내진구조시스템 및 요소기술 개발을 통한 내진 안전성 및 기술 자립도 제고

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	2	2	2	2	2	10
특허등록		1	1	2	1	5
기준/지침		2	4	4	2	12
제품개발		1	1	2	1	5

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 내진설계 지침
기준/지침	고성능 공장 구조시스템 설계지침(2건)
기준/지침	고성능 공장 구조시스템 시방서(2건)
기준/지침	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 설계지침(3건)
기준/지침	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시방서(3건)
특허	고성능 공장 구조시스템 특허(2건)
특허	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 특허(3건)
제품	고성능 공장 구조시스템 시제품(2건)
제품	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시제품(3건)
논문	SCI 논문(4편)
논문	비SCI 논문(6편)

다. 추진과제 (2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭설계 및 성능 기준 기술 개발

(1) 필요성

□ **많은 구조적 재료의 발전에 따른 방폭 설계에 적용으로 구조 성능 개선 가능성 제기**

□ **국내의 폭발에 대한 미흡한 정보량으로 보다 적절한 설계를 위한 다양한 플랜트 구조형식, 작용내력, ZONE 영향 등의 분류에 따른 방폭 설계 기술 마련이 필요**

□ **현재 국내 플랜트 실정에 맞춘 폭발 관련 성능 기준이 존재하지 않는 한계점**

□ **구조물의 구조형식, 용도, 부재형식, ZONE 등에 따른 분류를 나누어 폭발에 대한 체계적인 성능 기준 정립이 필요**

□ **플랜트 산업 고도화 및 다양화에 따른 구조물의 거동 분석 및 체계적인 분석 필요**

- ㅇ 폭발 저항 설계기술은 내진 설계 기술과 유사하지만 아주 높은 압력이 짧은 시간 동안만 작용하는 지진과는 다른 특성이 있으므로 폭발 저항 설계만의 특수 설계 지침을 개발이 필요
- ㅇ 구조물의 구조형식에 따른 비선형 거동의 적용 및 손상 메커니즘을 분석하여서 상응하는 폭발 저항 설계 기술 및 분류체계가 필요
- ㅇ 구조물의 내력형식으로 압축력, 인장력, 휨력, 전단력 등을 복합적으로 고려한 분석이 필요하며, 동적인 영역으로서 재료의 변형률 속도를 고려한 정확한 폭발 저항 설계가 필요
- ㅇ 산업 플랜트의 위치, 규모, 밀집도, 장애물, 점화원 등의 다양한 변수에 따라서 ZONE 분류별 폭압을 받는 구조물 및 방호벽의 체계적인 분류 및 분석이 필요

(2) 연구내용

□ **플랜트 산업 내의 ZONE 유형별 구조물 및 방호벽 성능 기준의 개발**

- ㅇ 플랜트 산업 위치, 공간, 규모 등에 따라서 특수한 보완 및 보강을 위한 폭발 저항 설계 기술 개발
  - 다양한 환경 및 조건에 따른 플랜트의 폭발 저항 설계 기술 및 기준 개발
- ㅇ 플랜트 공간내 ZONE 유형별 위험도 평가 결과에 따라 이격거리 분석 및 산정

- 플랜트 시설 내부 또는 외부 폭발 분류에 따른 적정 이격거리 분석 및 산정법 개발

ㅇ 플랜트 내부 시설 및 장비의 위험도에 따른 방호등급 및 입지조건의 결정

- 위험도를 분류한 방호등급 및 입지조건을 제시하며, 특수 폭발 저항 설계법 지침 개발

ㅇ 환경 조건 및 ZONE에 따른 특수성을 기반으로 한 밀집도, 장애물, 점화원 등을 구분하여 위험 확률을 추정하는 평가법을 개발

ㅇ ZONE 유형별 위험도 평가 결과에 따라서 플랜트 설계 지침사항 및 이격거리 등을 산정

ㅇ 플랜트 내부의 조건을 장비의 특성, 위험물의 특성, 밀집도 등을 평가하여 위험도 등급을 체계화 하며, 특수 목적의 ZONE 및 공간에 대하여 특수 폭발 저항 설계법 지침서를 개발

□ 구조물의 용도, 구조형식, 부재형식에 따른 성능 기준 개발

ㅇ 철근콘크리트구조 및 철골구조의 부재별 폭발 저항 설계기술 개발

- 철근콘크리트구조의 철근비, 치수, 물성치 등에 따른 부재별 폭발 저항 설계 기술 개발
- 철골조의 좌굴 및 발사체에 따른 관통 저항 능력 미흡에 따른 다양한 변수를 고려한 설계 기술 개발

ㅇ 주요부재와 접합부재의 폭발에 따른 소성거동 분석 및 피해 예측 기술 개발

- 폭발에 따른 영향성이 중요하며, 연쇄붕괴 방지를 위한 주요 부재 및 접합 부재를 분석

ㅇ 플랜트 구조물의 철근콘크리트구조, 철골구조, 보강조적조 등의 다양한 구조형식별 폭발 대응 절차 및 성능 기준 개발

- 철근콘크리트구조, 철골구조, 구조 형식에 따라 각각 달라지며 압축력, 인장력, 휨력, 전단력 등의 내력의 종류에 따라서도 달라지는 특징을 고려한 해석 기술을 활용하여 손상 메커니즘 연구 및 기준 개발

ㅇ 구조물의 부재형식별 다양한 분류에 따른 피해 규모, 연속붕괴 가능성 등의 분석 및 성능 기준 개발

- 폭발에 따른 피해 규모 및 연쇄붕괴 가능성을 정량적으로 판단할 수 있는 다이어그램 및 성능 기준을 개발

- o 폭발에 해당하는 폭압 산정 및 분석을 발전시켜서 구조 형식에 따른 폭발 저항 설계 기술 개발 및 평가요소를 산정
- o 작용 내력 또는 재료의 특성별 분류를 통한 체계적인 폭발 저항 설계 기술의 개발 또는 기준의 체계적인 분류화
- o 질량이 크고 관통저항 성능이 높은 철근콘크리트 구조형식의 배근상세 등의 변수를 활용한 폭발 저항 구조물의 표준 설계안을 제시
- o 철골구조의 형강을 형성하는 판재의 좌굴로 인한 내력 감소와 상대적으로 얇은 판재로 인한 낮은 관통저항 성능이 약점을 착안하여서 다양한 해석 및 프로그램 활용을 통한 최적화된 폭발 저항 표준 설계안을 제시
- o 폭압을 받는 구조물은 수평 이동 또는 전도에 의한 파괴가 발생할 수 있으므로 기울어진 파일을 사용한 기초를 포함한 폭발 사고에 대비한 구조물의 시뮬레이션을 통한 기초 설계안을 제시
- o 파괴 양상 및 피해 규모를 다양한 결과를 바탕으로 정량적인 판단을 위한 다이어그램 및 성능 기준 지표를 정립화

□ 출입문과 창호 등 개구부의 폭압을 받는 비구조재 성능 기준 개발

- o 개구부로 폭압의 침투에 따른 피해 분석과 설계 기술 개발 및 성능 기준 개발
- o 출입문, 창호, 부착 기구 등에 따른 2차 피해 규모 및 설계 기술 개발
- o 비구조재의 사용성 및 인간에 끼치는 영향성을 분석 및 기술 개발하여 정량적 성능 기준의 개발

- o 폭발에 따른 폭압을 받는 구조재 요소뿐만 아닌 2차 피해를 야기할 수 있는 비구조재의 위치 및 성능 지표 등을 개발
- o 내부 부착물 등 간접 영향을 받는 비구조재의 성능 기준 개발
- o 폭압을 받은 비구조재가 끼치는 영향성을 CCPS, FABIG. PIP 등을 이용하여 위험 범위 및 환경 위험, 인간 위험 등의 다양한 견해를 바탕으로 설계 및 관리체계에 사용할 수 있는 지표 생성

□ **특수 방폭 구조물의 폭발 저항 설계 기술 개발 및 성능 기준 개발**

ㅇ 플랜트 산업 내 폭발저항 모듈러의 폭발 저항 예측 및 설계 적용 기술 개발

- BRM(Blast Resistant Modular steel-framed building)을 이용하여 기본 단자유도해석법에서 비선형 동적 유한요소 해석에 이르는 동적구조해석을 사용하여 BRM 설계 기술 및 성능 기준 개발

ㅇ 폭발 저항 모듈러 구조의 단일 및 복합구조의 적용을 통한 성능 기준의 개발

- 폭발에 따른 BRM 구조의 다양한 분류를 통한 최적 설계 기술 및 성능 기준의 제시

ㅇ 다양한 특수 방폭 구조물의 설계 기술 개발의 적용에 따른 성능 기준 개발

- 폭발로 인한 강력한 폭압을 견딜 수 있는 기본 박스형 구조물이 아닌 아치와 돔 형태의 구조시스템을 분석 및 개발하여 방폭 플랜트 구조물의 최적 설계 및 성능 기준 제시

ㅇ 플랜트 산업에서 컨트롤타워, 주요 설비 공간, 대피공간 등 주요 보호구역을 위한 방폭 특수 구조물의 설계 기술 및 기준 개발

ㅇ 2차 피해 방지를 위한 플랜트 내 컨트롤타워 구조물은 재난 이후 설비의 조작 및 셧다운 등을 할 수 있는 중요 구역(ZONE)을 지정하고, ZONE에 대한 방폭 특수 구조물 구조 개발

ㅇ 폭발에 따른 특수 방폭 구조물은 상당한 과압, 화염속도, 화재를 저항하기 위해서 복합적인 재료 및 구조 형식 등의 복잡한 설계 절차 및 기준을 정립

ㅇ 전산유체역학(CFD) 또는 하이드로코드 프로그램을 활용하여 BRM의 반응 및 파괴모드를 분석하여 전체 구조물과 특정한 부재의 영향 및 피해 분석

ㅇ 다중 BRM을 이용하여 인장막 효과와 소성 변형률 제한을 포함하여 모드형상을 분석 및 프로그램을 개발하여 복합적인 방폭 구조물의 최적화된 시스템 개발

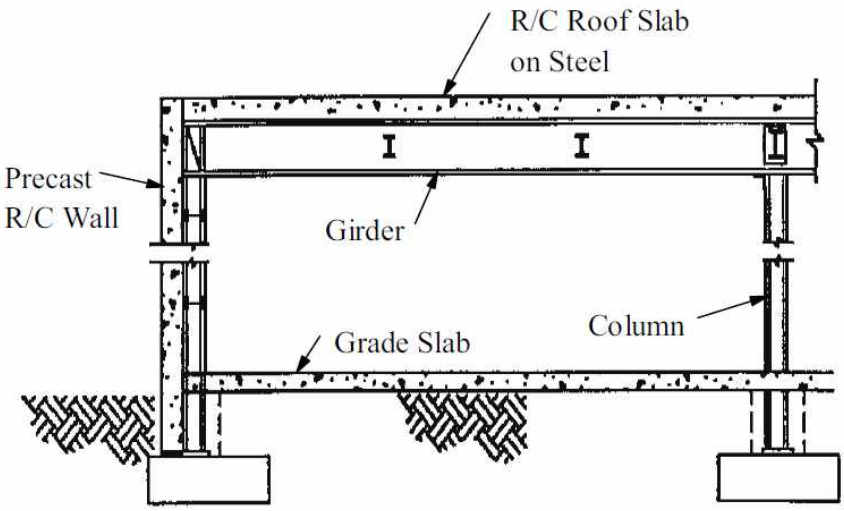
ㅇ 특수 방폭 구조물의 관통부 주변 불연속에서 나타나는 국부의 응력, 변형률 집중을 예측하여 소성에 대한 민감도를 연구 및 분석하여 설계 기술, 설계 기준을 개발

※참고

[폭발 저항 설계 기술 개발]
폭압을 받는 구조물의 해석 결과를 반영한 폭발 저항 설계 기술의 개발이 필요하다. 폭발 저항 설계 기술은 내진 설계 기술과 유사하지만 아주 높은 압력이 짧은 시간 동안만 작용하는 지진과는 다른 특성이 있으므로 폭발 저항 설계만의 특수 설계 지침을 개발하여야 한다. 질량이 크고 관통저항 성능이 높기 때문에 철근콘크리트 구조가 가장 많이 사용되는 구조 형식이며 철근콘크리트로 된 폭발 저항 구조물의 표준 설계안을 제시한다. 철근콘크리트구조는 현장타설구조 뿐만 아니라 프리캐스트구조를 포함한다.

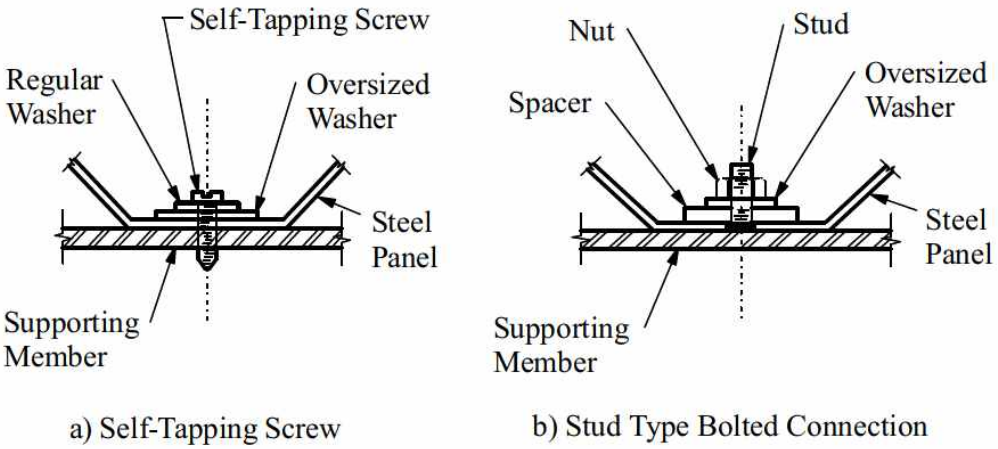
철골구조는 중력하중을 받는 골조로 설계되거나 폭압에 의한 횡력을 지지하는 골조구조로 설계될 수 있다. 또한 출입문과 창호를 지지하는 프레임 구조로 사용될 수 있다. 철골구조는 현장에서 조립만하면 되므로 빠르게 시공될 수 있다는 장점이 있지만 형강을 형성하는 판재의 좌굴로 인한 내력 감소와 상대적으로 얇은 판재로 인한 낮은 관통 저항 성능이 약점으로 지적된다.

폭압을 받는 구조물의 설계 기술 개발에는 기초 설계도 포함된다. 폭압을 받는 구조물은 수평 이동 또는 전도에 의한 파괴가 발생할 수 있으므로 기울어진 파일을 사용한 기초를 포함한 폭발 사고에 대비한 구조물의 기초 설계 지침도 제시되어야 한다.



[그림 4.2.21] 프리캐스트 콘크리트 벽체와 철골부재를 이용한 구조물의 예

폭압을 받는 구조물은 설계에서 의도된 부분에서 소성거동이 일어나야 하며 접합부 또는 연결재에서 먼저 파괴되지 않도록 접합부와 연결재 상세가 설계되어야 한다. 본 연구는 접합부와 배근 상세, 앵커와 부착 기구의 폭발 저항 설계 기술 개발도 포함된다. 출입문과 창호는 폭발시 개폐되어 폭압이 내부로 침입하거나 비산 피해를 야기할 수 있으므로 폭발을 받는 구조물의 설계 지침에 포함되어야 한다.



[그림 4.2.22] 골조에 외장재를 부착하기 위한 확대 와셔를 사용한 접합부 설계 예

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
다양한 산업 플랜트의 위치 및 환경조건이 다른 특징이 존재하지만, 밀집도 및 설비요인 등 다양한 요소를 구분한 위험도를 측정하고 있지 않은 실정 현재 국내의 산업플랜트의 철근콘크리트구조, 보강조적조, 철골구조에 개별적인 구조물의 설계를 적용하고 있는 형태이지만, 각각의 상응하는 특수한 기준이 미비한 측면 플랜트 시설물 방폭 설계 기준 부재 → 플랜트 폭발의 특성을 고려하지 못하고 있음 → 구조형식에 따른 특화된 방폭 설계 기준 부재 국외 대비 기술수준 30% 국내 기술성숙도(TRL) 2, 3단계	ZONE별 위험도를 정량화 및 기준 확립 위험도를 분류한 방호등급 및 입지조건을 제시하며, 특수 폭발 저항 설계 지침 개발 플랜트의 폭발에 따른 폭압을 받는 구조물은 복합적인 성능 기준의 개발 철근콘크리트와 같은 복잡한 구조 거동을 단순한 선형- 완전소성 거동으로 표현하는 과정을 제시 및 형식화 플랜트 구조물의 용도, 구조형식, 부재형식에 따른 성능 기준 개발 기대효과: 폭발사고에 대응할 수 있는 안전 지침 및 설계 지침을 개발하여 인명 손실 및 재정손실을 축소화 해외 플랜트와 다른 형식(입지조건, 위험물 형태, 밀집도 등)을 지닌 국내의 플랜트 형식에 맞는 등급을 지정하여 안전의 고도화 플랜트 시설물 대상 방폭 설계 기준 마련 관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 70% 확보 기술성숙도(TRL) 5, 6단계 상승

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	3	3	3	3	3	15
특허등록		1	1		1	3
기준/지침			1	1	1	3
SW		1		1		2
인프라 구축(안) 제시						

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 및 철골구조 방폭설계 지침
기준/지침	플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트 및 철골구조의 내폭 성능평가 지침
기준/지침	플랜트 산업용 폭발저항 모듈러 구조물의 설계 지침
S/W	특수 방폭 구조시스템 해석 프로그램

3. [전략과제 3. 플랜트 대응/유지관리 안전기술]

가. 추진과제 (3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발

(1) 필요성

□ **플랜트 시설물은 일반 건축물에 비해 재난시 위험도가 매우 크며, 재난 발생시 국가적 대형 사고로 확대될 가능성 증가**

- ㅇ 플랜트 재난 발생에 따른 피해 범위는 1차 플랜트 피해 및 2차 불특정 국민들을 대상으로 범위가 확대될 가능성이 매우 크므로, 특별하고 높은 수준의 설계 및 관리 필요
- ㅇ 플랜트 시설물 위험도를 고려하면 재난 발생 후 초기대응, 피난대책, 구조적 안전설계, 보수보강 등 종합대책 마련이 필요성 요구

□ **세계화·도시화 등으로 에너지(전기, 가스)와 전기·통신, 상·하수도, 열수송배관 등 국가 기반 시설의 밀집 및 시설 노후화에 따른 복합재난(지반침하, 대규모 정전 및 가스폭발 동시발생) 증가 우려로 사회/경제분야의 막대한 피해 예상, 신속한 대응 및 재사용성 확보가 관건**

(2) 연구내용

□ **플랜트 화재강도에 따른 실시간 소화 범위 및 진압 기술 개발**

- ㅇ 일반 건축물 화재와는 양상이 상이한 플랜트 화재 특성을 반영하여 이에 최적화된 소화범위를 재설정하고 폭발성 화재 등을 동반하는 플랜트 화재의 진압 목표 등을 재설정하는 진압계획을 제시
- ㅇ (2차 피해 방지를 위한 진압 대응기술 개발) 플랜트 화재시 단위 단지 뿐만 아니라 인접 지역으로 확산 가능성을 고려한 2차 피해 방지를 위한 화재 진압 대응기술을 개발하고 이를 수행하기 위한 다양한 요소기술을 개발

□ **플랜트 화재확산 거동에 따른 대피기술 개발**

- ㅇ 화재가 발생한 플랜트 내 인원의 대피를 위하여 화재확산 거동 특성을 반영한 피난 및 대피 시설물 등을 개발하고 2차 피해 발생시 인접 지역의 주민들을 이동하기 위한 피난 최적 기술 개발

□ **플랜트 특성에 따른 화재 대응 제/배연 기술 개발**

ㅇ 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행

□ **스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발**

ㅇ 대규모 플랜트 시설물의 특성상 CCTV 등 유고시스템을 활용하는 감시 체계가 효과적이므로 화재 발생 위치 등을 지능형 스마트 기술로서 자동 인지하여 순간 대응하기 위한 실시간 자동 소화 시스템를 개발하고 이를 활용하기 위한 다양한 요소기술을 개발

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 단위에서의 화재위험도 평가기술은 부재 • 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재	• 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 • 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
플랜트 설비를 대상으로 한 Active 화재안전 기술 중심 시설물 Passive 차원의 화재 대응 소화(진압), 피난 기술 부족	ICT, 스마트 등 4차산업관련 미래지향 기술 반영 플랜트 시설물 대상 Hybrid(Active&Passive) 화재안전 기술 개발
국내 수준 약 30% 국외 대비 기술수준 20%	관련 기술 선도국 대비 기술경쟁력 70% 확보

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재			1	1		2
특허등록				1		1
기준/지침			1			1
제품개발				1		1

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	플랜트 화재대응 피난 및 진압 지침
특허	플랜트 시설물 스마트 화재모니터링 및 지능형 소화 시스템
제품	2차 피해 방지를 위한 유독가스 제/배연 기술
논문	비SCI 논문(2편)

나. 추진과제 (3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발

(1) 필요성

□ **개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간단위에서의 화재위험도 평가 기술은 부재**

□ **요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재**

□ **장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발**

□ **구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술**

(2) 연구내용

□ **플랜트 화재강도에 따른 구조물 손상도 평가기술 개발**

- 플랜트 화재의 폭압, 높은 고열 등에 노출된 구조물의 재사용성 검증을 위해서는 구조물 손상도 평가가 필수적이므로 플랜트 화재에 노출된 구조물의 손상도를 정량적 평가하기 위하여 피해면적, 피해깊이, 내부 온도 변화 예측 기술 등을 손상도 평가를 위한 다양한 요소기술 개발 및 이를 기반으로 하는 손상도 등급기준 제시
- (화재 손상 플랜트 구조물 잔존강도 예측 및 잔존수명 평가기술 개발) 고온 고압에 노출된 플랜트 구조물의 잔존강도를 예측하기 위한 잔존강도 평가 방법을 개발하고 이를 통한 구조물의 잔존수명을 예측하는 기술 개발. 또한 구조물 잔존수명을 평가하여 재사용성 여부 및 보강 범위 등을 설정할 수 있는 평가절차 마련

□ **고온에 노출된 화재 손상 플랜트 구조물 보강기술 개발**

- 손상도 평가를 통한 구조물의 손상 및 피해범위, 잔존강도를 확인하고 플랜트 재사용성을 확보하기 위하여 손상 구조물 보강계획 수립과 보강기술을 개발하고 이를 검증하는 절차를 수립

□ **도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 시스템 개발**

- 개별 플랜트에 나타나는 국소적 피해와 더불어 도시적 차원의 피해에 대응하는 설계, 시공, 관리기술 구축 및 신속 진단/복구를 위한 리질리언스(Resilience) 개념 반영 시스템 구축

다. 추진과제 (3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해 대응 지침 개발

(1) 필요성

□ **플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 설비 및 지지구조의 내진성능 수준에 대한 기술적 정의 부재**

- ㅇ 일반적인 국내외 내진성능평가 지침의 경우에 구조체 중심으로 성능목표와 허용기준을 제시하고 있으나 플랜트의 기능수행을 위해서는 설비의 기능유지가 중요하므로 주요 설비의 허용기준을 중심으로 지지구조의 내진성능목표 및 허용기준을 재정립할 필요가 있음

□ **플랜트 시설물에 특화된 성능수준 및 상세가 고려된 내진 평가 및 보강 지침 부재**

- ㅇ 현행 국내 내진성능평가지침은 일반 건축물 중심으로 작성되어 있으므로 건물외구조, 비구조요소를 포함하여 국내 기존 플랜트 시설물의 주요 취약부를 식별하고 해당 구조상세 및 취약성을 반영한 내진성능평가용 구조해석 모델링 지침, 허용기준을 수립할 필요가 있음

□ **다수의 플랜트 구조물이 설계도서 유실에 따른 내진성능평가 어려움**

- ㅇ 설계도서가 없는 기존 플랜트 구조물의 경우에 주요 취약부를 식별하고 노후도 및 재료강도를 측정하여 내진성능평가에 반영하기 위한 현장조사 지침의 수립 필요
- ㅇ 현행 정밀안전진단 지침은 건축물의 형태를 기준으로 작성되어 있으므로 다수의 건물외 구조와 설비를 포함하고 있는 플랜트의 경우 설비정착부 등 특화된 조사범위와 수량, 방법을 규정할 필요가 있음

□ **플랜트 내 개개의 설비의 경우 대부분 제작 시 내진설계의 측면이 고려되지 않기 때문에 정착부나 보강 전략 등의 요소기술이 개별 설비의 내진 성능을 강화하는 데에 있어 매우 중요**

- ㅇ 현행 국내 내진보강지침은 구조체 중심의 보강기술을 제시하고 있으나 플랜트 설비의 지진후 기능수행을 위하여 구조체 뿐만 아니라 주요 설비의 정착부 및 설비간 연결부의 취약성을 분석하여 효과적인 내진보강 지침을 제시할 필요가 있음

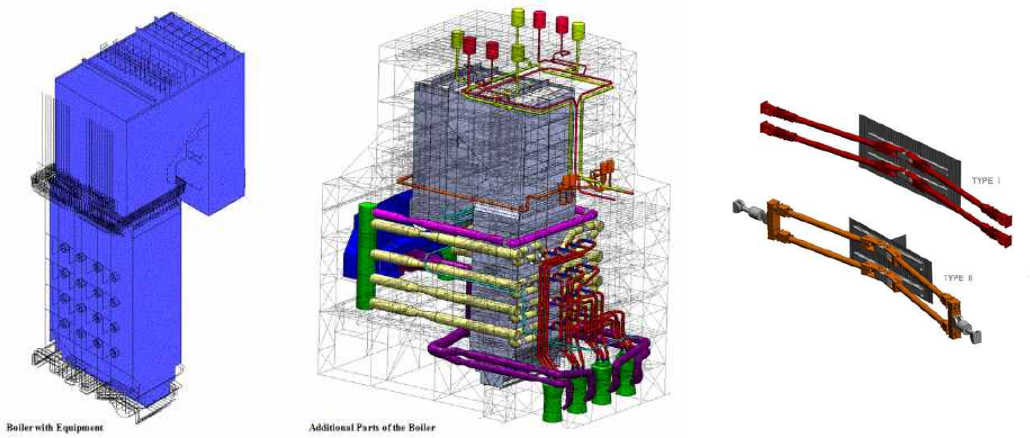
(2) 연구내용

□ 플랜트 내진특화 구조해석 및 성능평가 기술 개발

- ㅇ 대형설비-지지구조물 상호작용 해석 기술 개발
- ㅇ 복합된 건물 및 건물외구조의 구조시스템 해석 및 평가 기술 개발
- ㅇ 플랜트 비구조요소 구조물내 응답스펙트럼 산정기술 개발
- ㅇ 플랜트 설비 정착부 해석 및 평가기술 개발

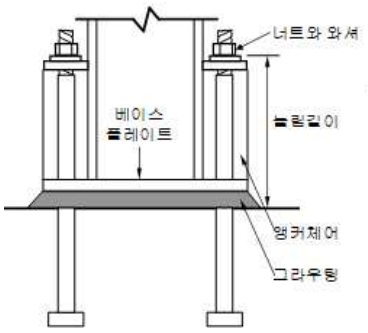
ㅇ 플랜트 시설물은 건물 외에 건물과 유사하지 않은 건물외구조, 대형설비를 포함하고 있으며 많은 경우에 하나의 구조물 안에서 이들 요소가 복합되어 있음. 이들 구성요소는 상이한 구조적 특성(강성, 강도, 비정형성)으로 인해 동적 상호작용이 발생하며, 하중을 전달하는 연결부의 경우에도 대상 플랜트 시설에 따라 다양한 형태를 갖고 있음. 따라서 복합된 구조물 및 설비 정착부의 상세 및 근사 해석모델 및 평가기술의 개발이 요구됨.

ㅇ 구조해석/모델링 기술은 정형화된 골조 구조물 중심으로 개발되어 왔으나 플랜트 구조물은 건물외구조 및 대형 설비를 포함하여 다양한 비정형성을 포괄할 수 있는 구조해석기술이 요구됨. 특히 대형 설비의 경우에는 진동대 시험에 의한 내진성능평가가 어려운 경우가 있으므로 구조해석과 설계를 병행하는 하이브리드 성능평가 방법의 정립이 필요함.

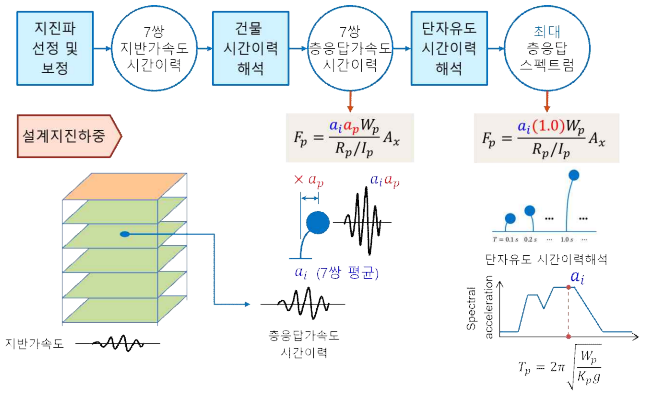


보일러 지지구조 및 연결부 해석모델의 일례(Poppelka et al., 2016)

ㅇ 플랜트 구조물은 건축물과 상이한 건물외구조인 경우가 많으므로 건물외구조에 적합한 설비 지진하중 산정기술(구조물내 응답스펙트럼)의 개발이 요구됨. 또한 다양한 형태의 플랜트 설비 정착부에 대하여 성능평가를 위한 해석모델 및 허용기준의 개발이 요구됨.



앵커접합부 연성상세 (콘크리트구조 학회기준, 2018)

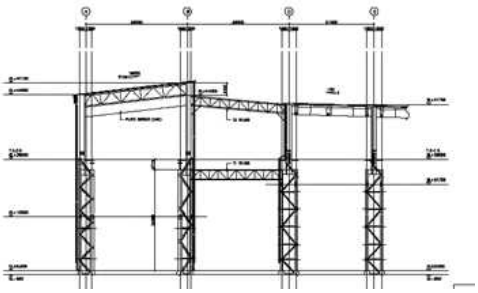


시간이력에 기초한 층응답스펙트럼 작성

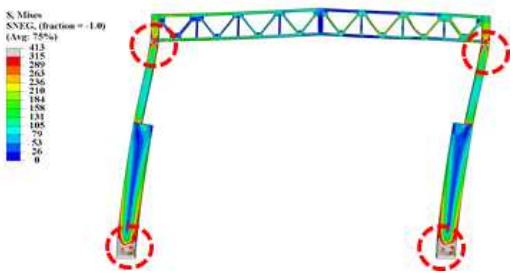
□ **기존 플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소의 내진성능 평가지침 개발**

- o 노후화 기존 플랜트 지지구조의 주요 취약 부재, 접합부 및 정착부 식별
- o 플랜트 주요 구조시스템 및 부재 상세의 구조해석 모델링 지침 개발
- o 플랜트 건물/건물외구조 및 비구조요소의 내진성능 수준별 허용기준 수립
- o 지지대상 설비의 중요도에 따른 구조부재의 분류 및 차등화된 평가방안 제시
- o 노후화 기존 플랜트의 현장조사 및 재료강도 결정 지침 제시
- o 구조유형별 해석/평가법 적용 기준 제시
- o 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침 작성

- o 국내 기존 플랜트 구조물의 주요 취약부를 식별하고 내진성능평가용 구조해석 모델링 기술 및 허용기준을 수립함.
- o 공정내 중요도 및 위험물질의 저장 여부 등을 고려하여 설비와 지지구조물을 분류하고 각각의 중요도와 거동특성(취성/연성)을 연계한 허용기준을 수립함.
- o 슬래브의 격막작용에 의해서 수평부재의 횡변위가 구속되고 하중재분배가 발생하는 일반적인 건축물과 달리 격막이 없거나 부분적으로 형성되는 플랜트 구조물의 특성을 고려한 모델링 지침과 허용기준을 수립함.

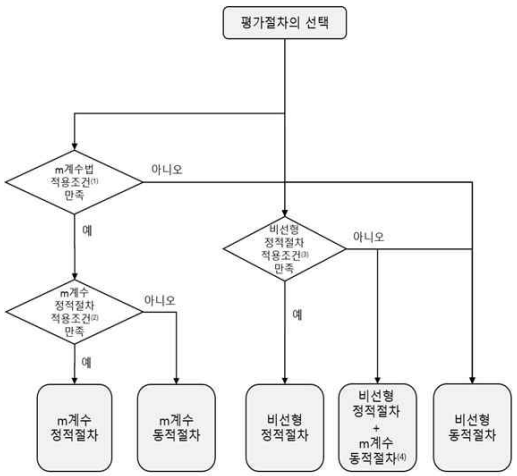


〈 비정의시스템으로
구분되는 기존 플랜트 구조 일례 〉



〈 기존 플랜트 시설물 프로토타입 비선형정적해석에 의한
항복메커니즘 〉

- 건물외구조와 설비를 포함하고 있는 플랜트에 적용할 수 있도록 재료강도, 주요 부재 및 접합부, 설비정착부 등 특화된 조사범위와 수량, 방법을 규정한 현장조사목록과 지침을 제시함.
- 다양한 구성요소가 복합된 플랜트 구조물의 비정형성, 요구연성능력의 정도를 고려하여 합리적인 구조해석 평가법의 적용 기준을 제시함.
- 플랜트에 특화된 성능목표, 현장조사, 모델링 및 해석기술, 허용기준을 종합한 성능기반 내진성능평가 지침을 개발함.



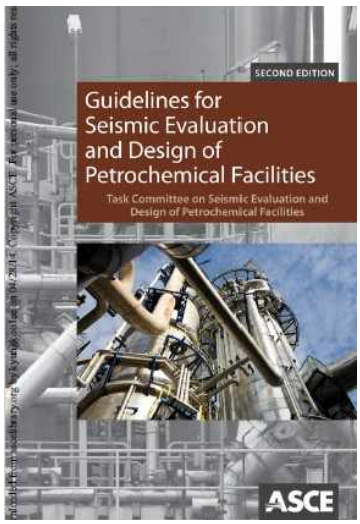
(1) m계수법
- DCR이 min (3.0, 부재별 m 값)을 초과하고 약증 비정형이나 비틀림 비정형이 있는 경우 적용할 수 없음

(2) m계수정적절차
(아래조건을 모두 만족할 경우 적용가능)
- $T < 3.5T_s$
- 수평치수의 변화율140% 이내
- 비틀림 강성비정형 없음
- 수직강성 비정형 없음
- 지진력저항시스템은 서로 직교

(3) 비선형정적절차
- 모드참여율이 90%인 해석모델과 1차 모드만 사용한 해석모델의 층전단력 차이가 130% 이하일 경우 적용가능

(4) 비선형정적절차 + m계수동적절차
- 두 평가절차에 의한 결과 모두 성능목표를 만족하여야 함.
- m계수동적절차 평가시 규정된 m 계수을 1.33배 증가시킬 수 있음.

건축물 내진성능평가 시 선형정적 및 동적 절차, 비선형정적 및 동적 절차 적용 조건 예(한국시설안전공단, 2019)

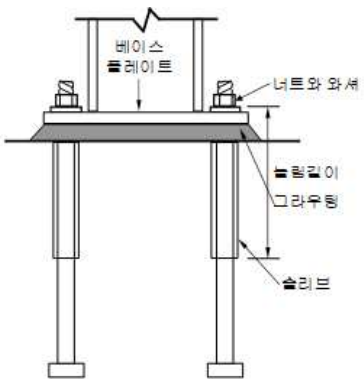


ASCE의 석유화학 플랜트 내진성능 평가 및 설계 지침

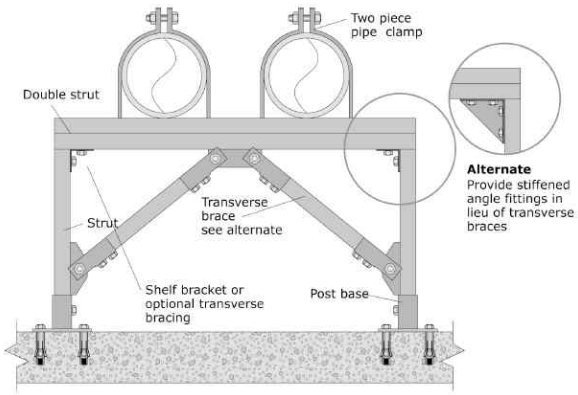
□ **플랜트 설비 내진성능강화 및 지진요구저감 요소기술 개발**

- o 현행 설치형식 상세 분석을 통한 문제점 및 개선사항 발굴
- o 연성 및 비연성 정착부 성능검증 실험 및 설계기술 개발
- o 지진하중 저감장치를 활용한 지지구조 성능검증 실험 및 설계기술 개발
- o 주요 설비 지지구조물 내진보강 기술 검증 실험 및 설계기술 개발
- o 신축이음 등의 성능기준 및 설계기술 개발
- o 내진스토퍼 성능기준 및 설계기술 개발

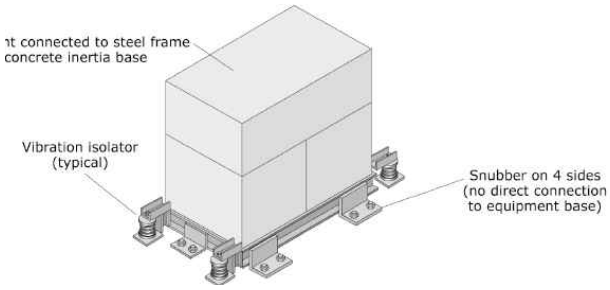
- o 국내 플랜트 설비에서 많이 사용되는 정착부 또는 지지구조 형식을 조사하여 그 취약성을 발굴하고 내진성능 향상지침 집필에 반영이 요구되는 개선사항 및 보강 요소기술을 개발함.
- o 대표적인 정착부 형식의 강성, 연성, 강도를 검증하고 성능수준별 보강설계기준을 개발함. 앵커의 강재강도 이외에 콘크리트 파괴에 의한 취성적 파괴모드, 베이스플레이트의 변형 등을 포함하는 상세 거동특성을 설계기술에 반영함.
- o 설비의 지진요구 저감을 위하여 배관 연결부의 신축이음, 설비의 지진격리장치, 지지구조물의 감쇠장치, 진동격리장치의 변위 제한을 위한 스토퍼 등 요소기술의 성능기준을 수립하고 이를 확보하기 위한 세부적인 상세와 그 설계기술을 개발함.



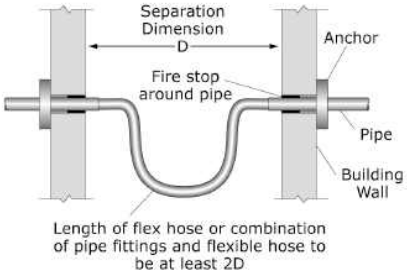
앵커접합부 연성상세의 예
(콘크리트구조 학회기준, 2018)



배관 지지구조 및 정착부
(FEMA E-74)



내진스토퍼의 일례(FEMA E-74)



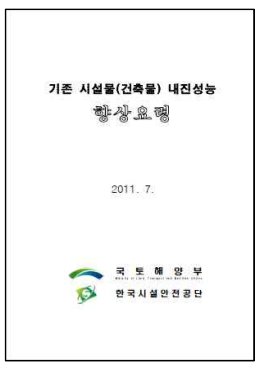
배관 신축이음의 예(FEMA E-74)

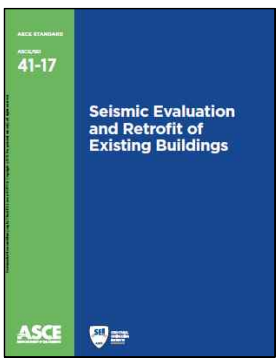
□ **기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상 지침 개발**

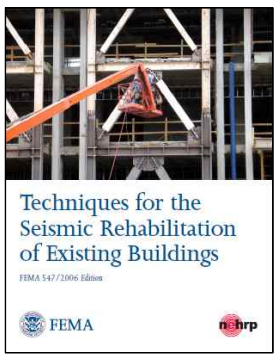
- o 플랜트구조 요소의 내진보강기술 및 풀랜트 설비의 내진성능강화 요소기술을 종합하여 기존 플랜트의 성능기반 내진성능향상지침을 개발함.
- o 주요 취약 구조 및 비구조요소의 내진성능 향상방안 수립
- o 설비 정착부 및 지지구조체 보강공법의 설계지침 및 상세 제시
- o 보강설계 결과의 성능확인을 위한 평가방법 및 기준 제시

o 플랜트구조 요소의 내진보강기술 및 풀랜트 설비의 내진성능강화 요소기술을 종합하여 기존 플랜트의 성능기반 내진성능향상지침을 개발함.

- o 국내외 기존 건축물 내진성능 향상 지침이 있으나 건물외구조와 비구조요소를 포함하는 플랜트에 특화된 지침의 개발이 요구됨.
- o 보강재의 주요 상세 및 설계방법을 제시하고 보강후 내진성능평가를 위한 구조해석 모델링 지침 및 평가기준을 제시함.







국내외 기존 건축물 내진성능 향상 지침

□ **플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발**

- o 주요 플랜트 시설 유형별 내진관리용 정기점검 지침 제시
- o 지진피해 플랜트의 현장조사 지침 제시
- o 플랜트 시설물 위험등급 기반 지진피해 등급 분류 및 판정기준 제시
- o 주요 지진피해 유형별 복구 지침 제시

- o 플랜트의 내진성능의 유지관리를 위한 주요 구조/비구조요소의 안전진단 지침을 개발함. 점검대상 요소, 점검 범위 및 수량, 점검 방법 등을 종합적으로 규정한 지침서를 개발
- o 플랜트의 특성을 고려하여 지지되는 설비나 저장물질의 위험등급을 고려한 지진후 피해등급 판정 지침을 제시함.
- o 주요 시설물의 지진피해 유형별로 지진 후 잔류 층간변형각(기울기) 등 대표 손상도를 플랜트 특성에 부합하도록 규정함.



표 3.25 철골 부재의 손상도 평가 기준

손상도	손상상태	최대 층간변형각 (%)	잔류 층간변형각 (%)
Slight (기능수행)	· 일부 부재 항복 · 주각 콘크리트 균열 발생	1/120	-
Moderate (복구가능)	· 판넬존 항복 · 부분적 파괴 발생 · 주각 앙카볼트 변형 발생 · 주각 피복콘크리트 탈락 발생	1/75	1/200
Extensive (인명 안전)	· 항복, 파손이 광범위하게 발생 · 기둥에 자 등으로 측정할 수 있는 작은 정도의 국부좌굴 발생 · 주각 (일부) 앙카볼트 인발	1/50	1/85

국내 기존 건축물 지진피해 손상도 평가기준(국립방재연구원, 2012)

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 설비 및 지지구조의 내진성능 수준에 대한 기술적 정의 부재 • 플랜트 시설물의 내진성능목표와 구조상세를 정의한 특화된 지침 부재 • 플랜트 구조물 대다수가 설계도서 유실에 따른 내진성능평가 어려움 • 비내진 플랜트는 대부분의 설비가 내진설계의 측면이 고려되지 않음.	• 플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 성능기반의 내진 성능목표 및 허용기준 수립. • 플랜트 시설물에 특화된 성능수준 및 상세가 고려된 성능기반 내진 평가 및 보강 지침 개발 • 플랜트에 특화된 현장조사 지침 개발 • 플랜트 내 설비의 정착부나 지지구조 보강전략이 구체적으로 제시된 내진성능 향상지침 개발.

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재	1	2	3	3	1	10
특허등록		1	2	1		4
기준/지침	1	1		2	2	6
제품개발		1	2	1		4

세부 성과 목표 및 지표

구분	성과물
기준/지침	기존 플랜트 내진성능 평가지침
기준/지침	기존 플랜트 내진성능 향상지침
기준/지침	플랜트 지진재난 대응지침
기준/지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침
기준/지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상지침
기준/지침	플랜트 지진피해 평가 및 복구지침
특허	플랜트 내진보강 기술 특허(3건)
특허	플랜트 지진피해 복구기술 특허(1건)
제품	플랜트 내진보강 기술 시제품(3건)
제품	플랜트 지진피해 복구기술 시제품(1건)
논문	SCI 논문(4편)
논문	비SCI 논문(6편)

4. [전략과제 4. 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼]

가. 추진과제 (4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시

(1) 필요성

□ **국가 주력산업인 플랜트 산업은 향후 5년간의 4.7% 연평균 성장률 전망하고 있으며, 이에 따른 수주 증가 대응 및 기 개발된 제품들에 대한 화재안전성능평가와 인증에 필요한 시설 인프라가 필요**

□ **엔지니어링 전문인력 양성기관 국산 플랜트 지자재의 시험인증 지원기관 절대 부족**

(2) 연구내용

□ **플랜트 화재시험인증 장비 및 실증 플랫폼 구축안 제시**

- ㅇ 플랜트 화재안전 성능 평가 설비 구축
- ㅇ 스마트기자재 대응 화재안전 시험평가 설비 구축
- ㅇ 중앙집중식 모니터링 및 시험 일관화 시스템 구축

□ **플랜트 화재시험인증 거점 기관 구축안 제시**

- ㅇ 플랜트 기자재 화재안전 인증 및 성능 시험지원센터 구축 및 운영
- ㅇ 산학연 유관기관 연계 네트워크 구축 및 운영

□ **플랜트 화재시험인증 전문인력 양성 및 지원 사업안 제시**

- ㅇ 분야별 전문가 POOL 및 네트워크 구축
- ㅇ 기자재 설계, 기자재 인증 및 CODE 교육
- ㅇ 중소기업 역량 강화 및 인력 양성을 위한 교육 컨설팅
- ㅇ 제품 상용화를 위한 해외 인증 지원

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 플랜트 시설물의 체계화된 화재성능 인증 평가 절차 부재 • 국내 플랜트 화재안전 시험장치 규모의 한계로 인해 대형 플랜트 시설물의 화재안전성능평가에 어려움 존재 • 일반 건물의 화재특성에 따른 화재안전성능 평가 플랜트 Owner 및 Local 요구에 따른 분별없는 안전 기준 충족 → 플랜트 기계설비 단위(밸브, 의)의 화재안전성 시험/평가 체계 존재(국외 유사기관 대비 20% 수준) → 플랜트 시설물 중심의 안전성 시험/평가/인증 체계 전무(국내 수준 약 0%)	• 플랜트 시설물의 체계적인 화재안전성능 인증 평가 절차 수립 • 대형 플랜트 시설물의 화재안전성능평가용 시험장비 및 시설 확보. • 플랜트에 특화된 화재특성에 따른 화재안전성능 평가 가능(플랜트 맞춤형 화재안전성능 확보) 플랜트 시설물 중심의 안전관리 시험/평가/인증 체계 구체화방안 마련(약 50% 수준 향상) 플랜트 시설물 안전관리 인증체계 신뢰성 국외 선진국 대비 약 70% 수준까지 개선

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재						0
기술이전						0
기준/지침						0
인력양성					2	2
인프라 구축(안) 제시				1	1	2

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
인프라 구축(안)	플랜트 시설물 화재안전성능평가 인프라 구축방안 보고서(2건)
인력양성	화재안전성능 인프라 및 인증제도 전문관리인력(2인)

나. 추진과제 (4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화

(1) 필요성

□ 가연성 가스를 제조, 사용하는 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구분하는 구조물 (방폭벽) 및 구획 이동을 위한 문(방폭문)의 안전성 검증 실증시험

□ 고압의 가연성 가스를 생산, 사용, 보관 플랜트는 기체와 액체로 구분되며, 기체의 경우 운전압력 700bar로 기준 석유화학플랜트의 일반적인 설계압력인 150bar의 5배

□ 플랜트용 안전설비는 성능기반 설계가 필요하나 그동안 실증 및 제도화 부재

(2) 연구내용

□ 플랜트 공간구획 구분 방폭벽의 성능 확인을 위한 TNT당량법을 활용한 실증시험 및 안전성 검증

ㅇ 가연성 가스를 생산, 보관, 운송, 사용하는 플랜트의 폭발에 따를 인전 시설물 피해 점검을 위한 공간 구획 구분을 위한 방폭벽 설계

- 최고 압력(입사, 반사), 압력 지속시간 등 실증시험을 통해 계측된 데이터 활용



[입사압]



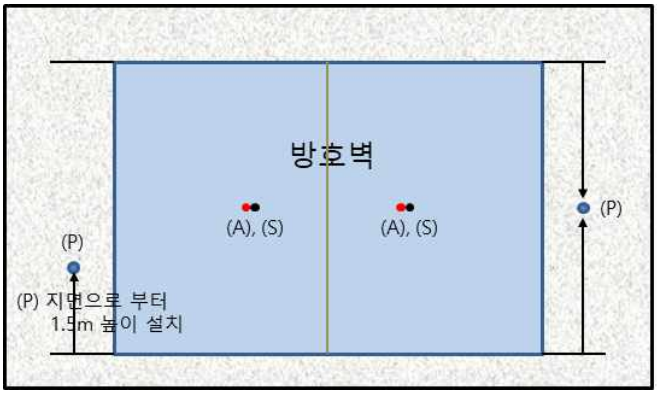
[변위량]



[반사압]

ㅇ 폭발압력의 동적 분포 및 구조적 설계 기법의 신뢰성 확보를 위해 컴퓨터 모델링을 통한 압력 분포와 실증(TNT 폭발)을 통해 얻어진 결과 분석을 통한 폭발 압력의 신뢰성 확보

- 폭발 시뮬레이션 및 구조해석과 실증시험 결과 분석 및 분석 신뢰성 확보



o 방호구역 내 폭발발생시 외부(방호구역 밖 또는 사업장 외부)로의 폭발압력 확산 방지를 위한 공간 방호를 위한 실 구조물(방폭벽) 저항성 확보 실증(TNT)시험

- 공간 내부 폭발에 따른 방폭벽 성능 확보 및 공간 구획 특성 분석



〈방호벽 TNT당량 실증 폭발〉

-



〈방호벽 폭발 실증시험 예〉

□ **높이 2m 이상 방폭벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련**

- ㅇ 기체 및 액체수소충전소에 적용 가능한 방폭벽 기준안 도출
- ㅇ KGS CODE안 심사를 위한 기술위원회 개최

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
방호벽 설계를 위한 설계입력 자료(입사압, 반사압, 충격량 및 지속시간 등) DB없음	고압의 폭풍파의 방호능력 확보를 위한 설계 입력 자료 DB 확보

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재			1			
특허등록			1			
기준/지침			2			
SW						
인프라 구축(안) 제시	1	1	1			

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
기준/지침	높이 2m이상 방호벽에 대한 설계 지침
기준/지침	고압의 기체 및 액체가연성 물질의 방폭벽 설치 기준(안)
S/W	상용프로그램의 시뮬레이션 검증 DB작성
인프라	가연성가스 화재폭발 특성 실증을 위한 모듈형 가스표준화염 발생장치
인프라	TNT당량 폭발 실증시험 데이터 수집 및 분석 장치
인프라	방폭문 및 방호벽 실내 폭발압력 저항 시험장치

다. 추진과제 (4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시

(1) 필요성

□ 플랜트 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재로 인해 상호 연계되지 않은 개별적 방법론에 의해 설비의 내진설계 진행

- ㅇ 전기, 통신설비 이외에는 국내에서 고시된 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재
- ㅇ 다양한 설비 및 지지구조물들 사이에 일관성 있는 내진성능 인증 시스템 구축(시험방법, 허용기준, 체크리스트 등)이 요구됨.

□ 건물과 상이한 플랜트 지지구조의 구조시스템 특성을 고려한 내진성능 검증실험 진동대 입력 산정기술 개발

- ㅇ 기존의 설비 내진성능시험 지침은 일반 건물의 구조특성에 기반한 지진입력을 사용하고 있으나 플랜트 설비의 지지구조는 건물과 유사하지 않은 건물외구조인 경우 많으므로 이와 같은 시스템의 동특성을 고려한 내진성능 검증실험의 가진입력 산정기술이 요구됨.

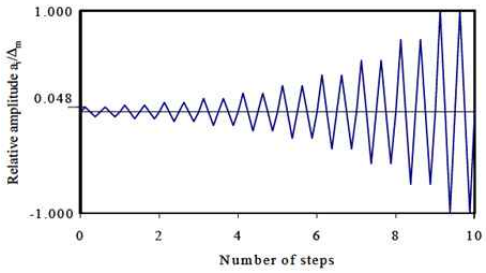
(2) 연구내용

□ 플랜트 내진시험 표준 절차 개발

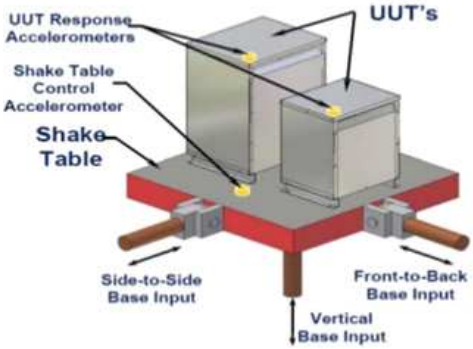
- ㅇ 국내외 플랜트 관련 설비요소 내진시험 표준 현황 조사
- ㅇ 국내 지진재해도 특성을 고려한 정적 및 동적 내진시험 프로토콜 개발
- ㅇ 건물과 유사하지 않은 지지구조의 특성을 반영할 수 있는 일반화된 실험방법 제시
- ㅇ 플랜트 비구조요소 내진시험 합격기준 제시
- ㅇ 플랜트 내진시험 표준 절차 지침서 작성
- ㅇ 비구조요소 내진성능 시험 체크 리스트 작성

ㅇ 건물과 유사한 형태의 건물외 구조 이외에도 건물과 유사하지 않은 건물외 구조를 포함하여 다양한 지지구조의 특성을 반영할 수 있는 내진시험 프로토콜과 시험절차 및 허용기준을 개발하고 지침서로 작성함.

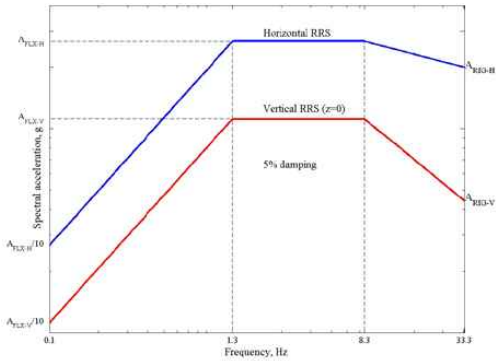
ㅇ 변위 민감 요소와 가속도 민감요소를 구분하여 국내 지진재해도 특성에 적합한 반복가력 시험 프로토콜(진폭 및 가력 횟수)과 요구 층응답스펙트럼 프로토콜 및 합격기준을 개발함.



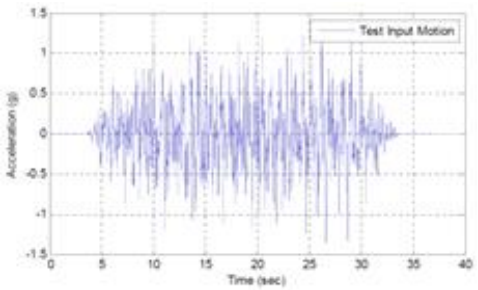
정적 변위 시험 프로토콜 (FEMA 461)



전기 및 기계설비의 진동대 실험 (Illustration by Jeff Gatscher & Scott Littler)



요구응답스펙트럼 (ICC-ES AC156)



요구응답스펙트럼에 부합하는 진동대 시험 파형 일례

□ 플랜트 내진성능평가실험을 위한 실험 인프라 구축방안 제시

ㅇ 국내외 주요 시험기관 내진시험 인프라 조사

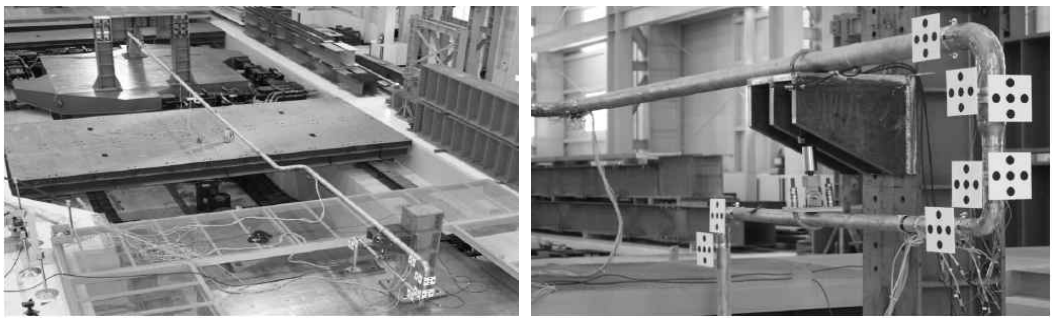
ㅇ 위험물질 저장시설 및 고압 설비의 내진안전성 평가용 선진 시험방법 조사

ㅇ 별도의 전용 진동대 시험장치 구축 방안 제시

ㅇ 주요 플랜트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 실험장비 요구 스펙 제시

o 국내외 선진 내진인프라 이 연구에서 개발되는 플랜트 설비 내진시험 표준지침서의 적용을 위해 요구되는 실험 인프라의 규모와 성능을 제시함.

o 고압 설비등 위험 설비에 요구되는 내진시험 인프라의 규격 및 규모를 조사하며, 이를 토대로 주요 플래트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 내진시험 인프라 요구스펙 제시.



다지점 진동대를 이용한 원자력발전소 배관계통의 내진성능실험(정진환 외, 2013)

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 플랜트 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재 • 국내 진동대 시험장치 규모의 한계로 인해 대형 플랜트 설비의 내진성능평가에 어려움 존재 • 일반 건물의 구조특성에 따른 지진입력 사용	• 플랜트 설비요소의 체계적인 내진성능 인증 평가 절차 수립 • 대형 플랜트 설비의 내진성능평가용 시험설비 확보. • 건물외 구조 등 플랜트 구조특성에 따른 지진입력 사용
플랜트 설비 요소에 대한 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재 플랜트 설비 요소의 내진성능 시험 시 일반 건물의 구조특성에 따른 지진입력을 사용하는 비합리적 관행 국내 진동대 시험장치의 수량 및 규모의 한계로 인한 플랜트 설비 내진성능평가의 어려움	플랜트 구조시스템에 특화된 설비 요소 내진성능 평가 표준시험 지침 개발 주요 플랜트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 실험장비 요구스펙 제시 플랜트 설비의 내진성능평가 실험을 위한 인프라 구축 방안 제시

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재			1	2		3
기술이전				1	2	3
기준/지침			1			1
인력양성					2	2
인프라 구축(안) 제시				1		1

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
기준/지침	플랜트 내진시험표준 지침서
기술이전	플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 기술이전(3건)
인프라 구축(안)	플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 보고서
인력양성	내진성능평가 인프라 및 인증제도 전문관리인력(2인)
논문	SCI 논문(1편)
논문	비SCI 논문(2편)

5. [전략과제 5. 플랜트 안전 관련 제도 선진화]

가. 추진과제 (5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축

(1) 필요성

□ 플랜트에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 등 제도적 기반 취약

- ㅇ 플랜트는 옥내 또는 옥외에 위치하는 기계설비들의 집합체이며, 사용목적에 따라 설계/시공되는 부수 설비들이 다양하고 복잡하게 얽혀있는 관계
- ㅇ 플랜트 설비와 관련 높은 법/제도는 4개 정부부처 34개 법령 · 고시 · 기준 등으로 복합적으로 산재되어 있는 실정
  - (플랜트 설비 관련 관계부처) 산업통상자원부, 국토교통부, 고용노동부, 환경부
  - (플랜트 시설물 관련 관계부처) 산업통상자원부/국토교통부/소방청
- ㅇ 플랜트 시설물은 용도, 규모, 취급 위험물질 종류 구분 등에 따라 공작물, 건축물, 시설물, 공장, 제조소, 저장소, 취급소 등의 용어를 사용
  - 부처별로 해당 대상물에 대한 자의적 해석에 따른 안전설계를 실시하고 있음(고위험물질의 종류, 취급 용량, 사용환경(제조·저장·운반의 공정 요인 및 이격거리 등 포함)에 대한 특성을 반영한 시설물 안전설계 필요)

□ 각 부처 소관 주요 위험설비에 대한 EPC社 개별 관리 및 점검에 따라 시스템차원의 규정적용 상 합리성 및 일관성 결여

- ㅇ 현재 플랜트 설비 및 시설물의 안전관리는 연구단위 운영주체별(사업주, EPC社)로 계약에 따른 개별적 기준에 따르고 있어 기술기준의 수립, 적용 및 운영에 있어 일관되고 합리적이지 못함
- ㅇ 각 부처별 산재된 개별적 관리로 인해 중복규제 및 사각지대 발생(책임소재 불분명, 법령 용어의 자의적 해석)

□ 플랜트는 중대형 규모의 특수시설물로서 공동주도형 시설물 안전설계 기반 구축 및 제도적 기반 운영 요구 증대

(2) 연구내용

□ 플랜트 안전 관련 기술기준 제도통합을 위해'기계설비법'활용

- ㅇ 기계설비법은 기계설비산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 기계설비의 안전하고 효율적인 유지관리를 목적으로 함
- ㅇ 기계설비법은 다부처에 산재되어 있는 기계설비 관련 규정을 단일화 하고 효과적으로 관리하기 위한 것으로서 하위규정 마련 및 기술기준(안) 작성 진행 중

ㅇ 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물) 안전기준을 국토교통부 소관 법령 기술기준으로 통합 재편

- 위험도 기반 성능적 시설물 안전기준 채택(현행 시설물 안전기준의 불합리성 개선)
- 기존 타부처 소관 설비 안전기준은 그대로 존속하되 시설물 안전기준은 국토교통부 기준을 따르도록 관계규정 정비

"기계설비법 시행령(안)에서 규정하는 플랜트를 대상으로 하위 기술기준 마련"

(3) As-is / To-be

As-is	To-be
• 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 • 플랜트 시설물 및 구획/공간 위험도평가 결과에 따른 플랜트 안전설계에 대한 통합된 법/제도의 부재 • 제·개정에만 많은 시간이 소요되는 제도/법의 특성상, 시시각각 변화하고 있는 플랜트 기술들을 제도 속에 유연하게 담아내기란 어려운 점이 많음 5개 부처 36개 제도/기준/규칙/지침에 분산 → 기계설비 중심의 기술기준 → 플랜트 시설물 및 구획/공간 중심의 안전관리 기술기준/지침 0개(약 0% 수준)	• 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 법/제도 선진화 • 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 도출(제도/법으로 대표되는 사양설계와 민간 가이드라인으로 대표되는 성능설계의 융·복합 가능해져 안전성을 보다 향상시킬 수 있음) 기계설비법 하위 기술기준으로 통합 → 플랜트 시설물 중심의 안전 기술기준 구축 → 플랜트 시설물 중심의 안전관리 기술기준의 체계적 정비 완료 (약 70% 수준 향상)

(4) 정량적 성과지표

구분	'21	'22	'23	'24	'25	합계
논문게재						
기술이전						
기준/지침	1	2	2			5
인력양성						
인프라 구축(안) 제시						

세부 성과 목표 및 지표(예시)

구분	성과물
기준/지침	플랜트 시설물 화재/폭발안전설계 관련 지침(5건)

제3절 연구개발 로드맵 및 소요예산

1. 연구개발 로드맵

□ **우선순위 과제**

ㅇ **(위험도 평가 부문)** 플랜트는 대상, 규모 등에 따라 위험도가 달라지므로 위험도를 기반으로 한 설계/시공 및 대응/유지관리 단계의 안전기술 개발을 위해서는 우선, 기존 플랜트 시설물에 대한 위험도 평가 연구가 우선될 필요가 있음

- **특히, 고위험물질의 종류, 취급 용량, 사용환경(제조·저장·운반의 공정 요인 및 이격거리 등 포함) 등의 특성을 고려한 플랜트 시설물 위험도 평가 부문**
- **(우선 추진대상 과제①)** 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발
- **(우선 추진대상 과제②)** 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발

ㅇ **(재난유형 - 지진)** 재난유형 중 지진의 경우 화재폭발과 달리 그 범위나 양상이 매우 광범위하므로 기존 플랜트 시설물에 대한 내진도 평가 및 지진 시 대응을 위해서는 우선적으로 진행할 필요가 있음

- 특히, 최근 울산, 경주를 중심으로 지진이 빈번하게 발생하고 있으므로, 플랜트 내진 설계 및 지진 후 대응에 연구가 우선 추진될 필요가 있음
- **(우선 추진대상 과제①) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발**

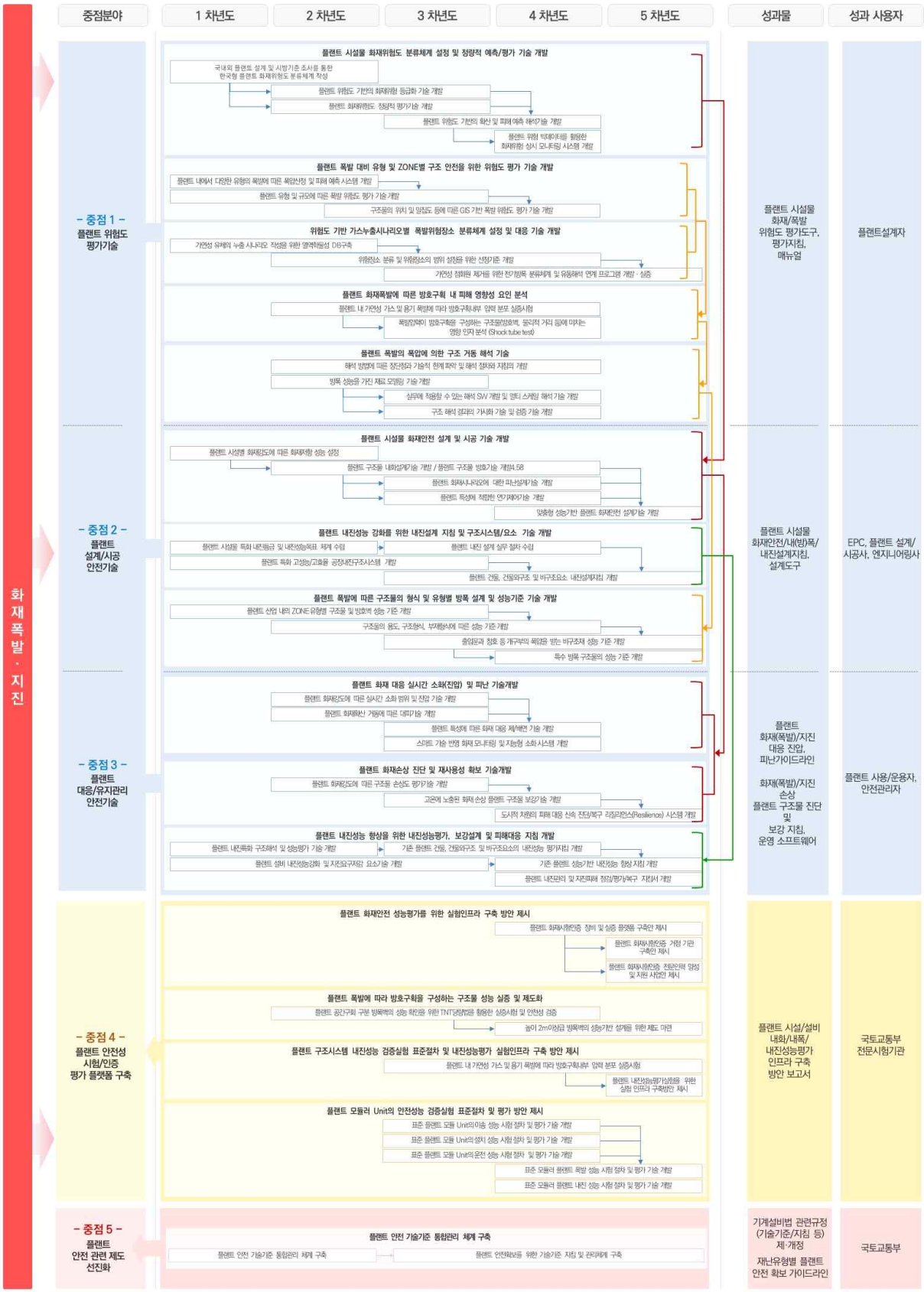
ㅇ **(제도 부문)** 기계설비법 제정과 시행령, 규칙 제정 공표에 따라 기술기준 마련에 시급함. 따라서 중점 1의 플랜트 안전관련 제도 선진화 부문을 우선적으로 추진할 필요가 있음

- 기계설비법 제정에 따른 후속 시행령, 시행규칙 제정안이 입법예고('19.11.1)되어, 플랜트를 포함하는 기계설비에 대한 안전 기술기준이 국토교통부 소관 행정규칙으로 마련되어야 하므로 관련 제반 정책/기술적 연구가 시급히 진행될 필요가 있음
- 플랜트 시설물 안전과 관련하여 기존에 산개되어 있는 제도/기준들의 기계설비법 하위 기술기준으로 인용 또는 정리(통합 또는 축소)를 위한 연구 필요
- **(우선 추진대상 과제①) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축**

1. **중요성** 판단 기준 :
   - 중첨추진분야 중 우선순위 과제 고려 → 위험도평가 기술 우선시
   - 기존&신축플랜트 대상 모두 만족 시 5점
2. **시급성** 판단 기준 : 최근 국가 시책 및 플랜트 관련 사건사고 등 현안 고려

●(4점), ◉(3점), ◎(2점), ○(1점)

	중점추진분야	과제명	중요성	시급성	계	비고	
						중점추진분야별 중요성 비교	세부 검토 의견
기술부문	1. 플랜트 위험도 평가기술	(1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발	●	●	8	- 플랜트는 대상, 규모 등에 따라 위험도가 달라지므로 위험도를 기반으로 한 설계/시공 및 대응/유지관리 안전기술 개발을 위해서는 우선, 기존/신축플랜트 시설물에 대한 위험도 평가 연구가 우선될 필요가 있음 → 따라서 기술부문(1, 2, 3) 중 가장 높은 배점 할당(3~4점)	- 광양 폭발/화재 사고 - 사고사례 재난유형으로 가장 많음
		(1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발	●	●	8		- 강릉 폭발사고, 광양 폭발/화재 사고 - 사고사례 재난유형으로 가장 많음
		(1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술	●	○	5		- (1-1), (1-2) 결과에 따른 후속조치 이므로 후순위
		(1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발	●	◎	6		- (1-1), (1-2)와 연계가능 과제로서 후순위
		(1-5) 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석	●	○	5		- (1-2) 결과에 따른 후속과제 가능
	2. 플랜트 설계/시공 안전기술	(2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발	◉	◉	6	- 위험도평가 기술 대비 후순위 → 2~3점 배점 할당	- 시설물(구획/공간) 중심 화재 대응 안전기술
		(2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발	◉	●	7		- 지진의 경우 화재폭발과 달리 그 범위나 양상이 매우 광범위 하므로 플랜트 시설물에 대한 내진도 평가 및 지진 시 대응을 위해서는 우선적으로 진행할 필요가 있음 - 특히, 최근 울산, 경주를 중심으로 지진이 빈번하게 발생하고 있으므로, 플랜트 내진 설계 및 지진 후 대응에 연구가 우선 추진될 필요가 있음 - 시설물(구획/공간) & 설비 모두를 대상으로 하는 안전기술
		(2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발	◉	◎	5		- 시설물(구획/공간) 중심 폭발 대응 안전기술
	3. 플랜트 대응/유지관리 안전기술	(3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발	◉	◎	5	- 위험도평가 기술 대비 후순위 → 2~3점 배점 할당	- 시설물 안전기술 연계 Active형 기술개발
		(3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발	◉	○	4		- (3-1)와 연계가능 과제로서 (3-1) 대비 후순위
		(3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발	◉	◉	6		- 기존플랜트 시설물을 대상으로 하는 지진 대응 안전기술
제도부문	4. 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시	◎	◎	4	- 플랜트 안전 시험/평가/인증 플랫폼을 구축하기 위한 사전기획 성격의 과제 → 기술부문에 비해 낮은 배점 할당(1~2점)	- 시설물(구획/공간) 중심 화재 대응 시험/평가/인증 플랫폼 제시
		(4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화	◎	◎	4		- 시설물(구획/공간) 중심 폭발 대응 시험/평가/인증 플랫폼 제시
		(4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능 평가 실험인프라 구축 방안 제시	◎	◎	4		- 시설물(구획/공간) 중심 지진 대응 시험/평가/인증 플랫폼 제시
	5. 플랜트 안전 관련 제도 선진화	(5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축	●	●	8	- 기계설비법 제정과 시행령, 규칙 제정 공표(`19.11.1)에 따라 기술기준 마련 시급 - 기계설비 기술기준(안)에 플랜트 안전 수록	



[그림 4.3.1] 기술개발 로드맵(총괄)

□ **세부과제별 연계성**

ㅇ 플랜트는 대상, 규모 등에 따라 위험도가 달라지므로 위험도를 기반으로 한 설계/시공 및 대응/유지관리 단계의 안전기술 개발을 위해서는 우선, 플랜트 시설물 및 구획/공간에 대한 위험도 평가가 우선시 될 필요가 있음. 또한 본 사업은 재난유형을 화재/폭발, 지진으로 구분하고 있으므로 각 재난유형에 따른 전주기(설계/시공, 대응/유지관리) 안전기술 개발 필요

- “플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발”을 통해 플랜트 시설물의 위험도 평가 결과를 토대로, 설계/시공 단계인 “플랜트 시설물 화재안전 설계 및 시공 기술 개발” 로 연계되어 위험도평가 결과에 따른 맞춤형 화재 대응 안전기술을 개발할 수 있음
- “플랜트 시설물 화재안전 설계 및 시공 기술 개발”은 신규 또는 기존 플랜트 시설물에 해당되는 안전기술로서 설계/시공 단계에 해당되며 Passive적 측면의 기술임. 다만 플랜트와 같이 잠재적 고위험 시설물의 경우, Passive적인 요소 외에도 Active적인 요소가 가미되어 실시간 화재 모니터링 및 진단, 대응이 가능하다면 화재 안전성을 더욱 높일 수 있을 것으로 사료되므로, 대응/유지관리 단계인 “플랜트 화재 대응 실시한 소화(진압) 및 피난 기술 개발”과 연계 가능. 이 또한 신규 또는 기존 플랜트 시설물 모두에 해당되는 기술
- “플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발”은 기존 플랜트 시설물에서 화재/폭발이 발생되고 난 이후의 대응/유지관리 단계의 기술로서 손상도에 대한 정확한 진단 및 적절한 보수/보강에 대한 기술
- “플랜트 폭발 대비 유형 및 Zone별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술”과 “위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발”은 구획/공간의 폭발 위험도를 평가하는 기술을 개발하는 것으로서, 구획/공간의 폭발 정도는 인근 시설물(건축물 또는 방호구획)의 구조적 거동에 영향을 미치므로 “플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해 영향성 요인 분석”과 “플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술”로 연계됨
- “플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발”은 재난유형 중 지진에 해당되는 안전기술로서 신규 플랜트에 해당되는 기술. 지진의 경우, 위험도평가 단계가 없는 이유는 지진은 국소적인 화재/폭발과 달리 매우 광범위한 재해로서 시설물 및 구획/공간으로 범위를 한정시키기 어려우므로 지진 대응 기술은 시설물 자체의 내진기술 외에도 설비단위에 대한 내진기술 개발이 동시에 필요함
- “플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발”은 기존 플랜트를 대상으로 하는 안전기술을 개발하는 것으로서 지진에 대응하는 내진기술임과 동시에 지진 후 손상을 입은 구조물/비구조물의 복구 기술을 포함하고 있음

2. 소요예산 산출내역

과제명 : (1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 플랜트 위험도평가 기술

○ (세부과제) 화재위험도 분류체계 설정 1과제 + 화재위험도 등급화 1과제 + 화재위험도 진단/평가 1과제 + 시뮬레이션 해석 1과제 + 스마트 실시간 모니터링 1과제

○ (산출근거) 6과제×4년 = **총합 2,152백만원**

1. 기초자료 조사
   - 기존 플랜트 시설물 현지 조사(플랜트 종류(발전, 담수, 화력 등)별 화재 위험요인 정보 수집) 전담팀 구성
     : 전담팀 구성 ← 인건비 5인 × 3년 = 인건비 4억
   - 플랜트 화재안전 국내외 동향조사(정책, 기술, 제도 분야)
     : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 2억
   - 국내외 Code, Guideline, 플랜트 화재안전 사고사례 자료 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1억
2. 대내외 의견수렴
   - 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 관련 협회/학회/사업주 대상 공청회/간담회 등 의견수렴(타당성 조사, 필요기술 선별 및 협의, 기술지원 및 피드백)
     : 기술자문사업 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 300인 = 1억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 1억
3. 예측 기술 개발
   - 화재위험도 정량적 예측 시뮬레이션 기술 도입 및 개발
     : 예측 시뮬레이션 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 6억
     : 예측 시뮬레이션 기술개발 관련 전문 컨설팅 활용 ← 기술서비스비용 = 2억
4. 평가 절차 및 지침 개발
   - 화재위험도 평가 관련 절차 및 지침 개발
     : 기술지원 인건비(연구인력의 활용과 병행하여 전담 기술지원인력 확보) ← 3억

과제명 : (1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 플랜트 위험도 평가기술

○ (세부과제) 폭압산정 및 피해 예측 시스템 1과제 + 폭발 위험도 평가 기술 1과제 + GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 1과제

○ (산출근거) 3과제×4년 = **총합 1,655백만원**

1. 자료 조사 및 분석
   - 기존 플랜트 시설물 폭발 사례 (플랜트 종류(발전, 담수, 화력 등)별 폭발 사례 조사 및 원인 분석) 데이터베이스 구축
     : 자료 조사 및 데이터베이스 구축 ← 인건비 3인 × 2년 = 인건비 1.2억
   - 위험도 평가 기술 벤치 마킹 (해외 엔지니어링 기관 및 문헌 조사)
     : 위험도 평가 기술 프레임워크 구축 ← 인건비 2인 × 3년 = 인건비 1.2억
   - 국내외 Code, Guideline, 플랜트 폭발 사고사례 자료 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1억
2. 예측 시스템 및 위험도 평가 시스템 개발
   - 폭압 산정 프로그램 구입 및 훈련
     : 예측 시뮬레이션 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 2억
   - GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 프로그램 개발
     : GIS 기반 API 라이브러리 구입 및 유지비 ← 2억
     : 평가 절차 개발 및 프로그램 구현 ← 인건비 3인 × 4년 = 인건비 2.4억
3. 평가 절차 및 지침 개발
   - 피해 예측 및 폭발 위험도 평가 지침 개발
     : 평가 절차 개발 및 데이터베이스 분석 ← 인건비 2인 × 3년 = 인건비 1.2억
4. 연구기관 간접비
   - 기술지원 인건비 ← 4억

과제명 : (1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술

과제분류 : 기술부문 - 플랜트 위험도 평가기술

○ (세부과제) 해석 절차와 지침 개발 1과제 + 재료 모델링 기술 1과제 + 멀티스케일 해석 기술 1과제 + 가시화 및 검증 기술 1과제

○ (산출근거) 4과제×4년 = **총합 1,335백만원**

1. 자료 조사 및 분석
   - 기존 폭발 해석 기법 및 재료 모델링 기술 조사 및 적용 지침 개발
     : 자료 조사 및 해석 지침 ← 인건비 3인 × 2년 = 인건비 1.2억
   - 멀티스케일 해석 기술 현황 조사
     : 메조스케일, 매크로 스케일의 특장점 분석 ← 인건비 2인 × 3년 = 인건비 1.2억
   - 국내외 논문, Guideline, 프로그램 기능 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1억
2. 재료 모델링 및 폭발 해석 기술 개발
   - 하이드로 비선형 해석 프로그램 구입 및 훈련
     : 방폭구조물 해석 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 2억
   - 가시화 프로그램 구입 및 훈련
     : 해석 프로그램과 연결 및 플랜트 폭발에 맞춤화 ← 2억
3. 실무용 해석 프로그램 및 멀티스케일 해석 기술 개발
   - 실무용 단자유도 동적 비선형 구조설계 프로그램 개발
     : 프로그램 설계 및 개발 설명서 작성 ← 인건비 3인 × 3년 = 인건비 1.8억
   - 멀티스케일 해석 기술 적용 및 사용 지침 개발
     : 프로그램 설계 및 개발 설명서 작성 ← 인건비 3인 × 3년 = 인건비 1.8억
4. 연구기관 간접비
   - 기술지원 인건비 ← 4억

과제명 : (1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 플랜트 위험도평가 기술

○ (세부과제) 열역학적 물성 DB 구축 1과제 + 위험장소 분류 및 범위 선정 기술 개발 1과제 + 전기방폭 분류체계 및 유동해석 프로그램 개발 1과제

○ (산출근거) 3과제×3년 = **총합 1,415백만원**

1. 기초자료 조사
   - 가연성 가스 물리적 특성 및 위험장소 분류, 범위 선정을 위한 인원 구성
     : 연구 전담인력 구성 ← 인건비 3인 × 3년 = 인건비 3억
   - 국내외 기술자료 조사(정책, 기술, 제도 분야)
     : 기술자료 및 문서 구입비용 ← 관련 자료 수집 및 분석 = 1억
2. 대내외 의견수렴
   - 위험장소 범위 설정 및 전기방폭 분루체계 설정 관련 협회/학회/사업주 대상 공청회/간담회 등 의견수렴(타당성 조사, 필요기술 선별 및 협의, 기술지원 및 피드백)
     : 기술자문사업 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 100인 × 3회 = 1억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 1억
3. 위험 범위 선정 및 유동해석 프로그램
   - 위험장소 분류 및 범위설정기술개발 및 유동해석 연계 프로그램 개발
     : 유동해성 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 2억
     : 전기방폭 및 위험장소 분류 설정 관련 전문 컨설팅 활용 ← 기술서비스비용 = 1억
4. 가연성 가스 실증시험
   - 유동해석 연계프로그램 개발 기초 데이터 수립 실증시험
     : 실증시험을 위한 기자재 구입 및 실증시험 진행 부대비용 ← 4억

과제명 : (1-5) 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석

과제분류 : 기술부문 - 플랜트 위험도평가 기술

○ (세부과제) 가연성 가스 및 용기폭발 실증시험 1과제 + 가연성 가스 폭발에 따른 설계인자 분석 1과제
○ (산출근거) 2과제×3년 = **총합 1,655백만원**

1. 기초자료 조사
   - 가연성 가스 폭발실증시험 전담인력 구성
     : 연구 전담인력 구성 ← 인건비 5인 × 3년 = 인건비 4억
   - 국내외 기술자료 조사(정책, 기술, 제도 분야)
     : 기술자료 및 문서 구입비용 ← 관련 자료 수집 및 분석 = 1억
2. 대내외 의견수렴
   - 가연성 가스 폭발 실증시험 진행 관련 국내외 플랜트 현장 관계자 의견 수렴
     : 플랜트 설계 및 운영 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 100인 × 3회 = 1억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 1억
3. 가연성 가스 폭발 실증시험
   - 가연성 가스 및 용기 폭발 압력분포 실증시험
     : 가연성 가스 폭발 해석 프로그램 구입/유지 비용 ← 1억
     : 가연성 가스 폭발 및 용기 실증시험 계측기, 연료 및 실증시험 장소 임차 및 부대비용 ← 3억
     : Shock Tube 실증시험을 위한 재료비 ← 5억
4. 폭발 영향인자 분석
   - 가연성 가스 폭발에 따른 영향인자 분석 적절성 검증
     : 가스 폭발 영향인자 기술분석 인건비 ← 2억

과제명 : (2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) 화재저항성능 설정 기술 1과제 + 내화구조 설계기술 및 방화구획 형성 기술 1과제 + 최적 피난동선 설계기술 1과제 + 연기유동 예측 설계기술 1과제 + 성능위주 화재안전설계 1과제
○ (산출근거) 1과제×1억×2년=2억, 1과제×3억×3년=9억, 1과제×1억×2년=2억, 1과제×1억×2년=2억 / 5과제×5년 = **총합 2,435백만원**

1. 기초자료 조사
   - 기존 플랜트 시설물 현지 조사(플랜트 시설물 위험도, 특성, 잠재 화재하중 조사) 전담팀 구성
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 2년 = 인건비 3억
   - 건축물의 내화설계기술 화재안전 국내외 동향조사(정책, 기술, 제도 분야)
     : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 1.0억
   - 플랜트 방/내화, 피난/제배연 관련 국내외 참고자료 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1.0억
2. 화재시나리오에 따른 방/내화, 피난/제배연 상황 구현 해석 모델링 및 실증 제작
   - 화재시나리오별 방/내화, 피난/제배연 실증장 제작 ← 4억
   - 방/내화, 피난/제배연 정량적 예측 시뮬레이션 기술 도입 및 개발
     : 예측 시뮬레이션 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 4억
     : 예측 시뮬레이션 기술개발 관련 전문 컨설팅 활용 ← 기술서비스비용 = 2억
3. 화재위험도 맞춤형 플랜트 시설물 화재안전 설계기술 개발
   - 맞춤형 성능기반(PBD) 설계기술 연구팀 구성
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 2년 = 인건비 3억
     : 기술자문사업 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 300인 = 1억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 1억
   - 플랜트 시설물 화재안전(방/내화, 피난/제배연)설계지침 제작
     : 기술지원 인건비(연구인력의 활용과 병행하여 전담 기술지원인력 확보) ← 3억

과제명 : (2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) 내진등급 및 내진성능목표 체계 1과제 + 내진설계 실무절차 수립 1과제 + 내진설계지침 개발 1과제 + 고성능 공장 내진구조시스템 개발 1과제

○ (산출근거) 1과제×2년 + 1과제×2년 + 1과제×3년 + 1과제×4년 = 3억 + 3억 + 6억 + 14억 = **총합 2,735백만원**

1. 기초자료 조사
   - 주요 플랜트 시설물 구성 요소 및 성능기준 사례조사 : 인건비 및 전문가 활용비 1억
   - 플랜트 지진피해 사례조사 및 분석 : 인건비 0.5억
   - 플랜트 설계기준 조사 및 분석 : 기술정보수집 및 문헌 구입비 0.5억
2. 전문가 의견 수렴
   - 주요 산업분야별 특화 요구사항 수렴 : 인건비 및 전문가 활용비 1억
   - Fast Track 설계 절차에 대한 실무자 의견 수렴 : 인건비 및 전문가 활용비 1억
3. 플랜트 내진설계기술 개발
   - 성능기반 내진설계 절차 개발 : 인건비 2억
   - 설계기술 검증을 위한 시뮬레이션 : 전산장비 및 SW 2억 + 인건비 2억
4. 고성능 공장 내진구조시스템 개발
   - 고연성 접합부 개발 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.2억/개 × 20 = 4.0억
   - 장스팬 트러스 손상제어 기술 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.2억/개 × 20 = 4.0억
   - 지진하중 저감장치 도입 시스템 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.2억/개 × 20 = 4.0억
   - 실험결과 분석 및 설계기술 개발 : 인건비 2억
5. 플랜트 내진설계 지침 개발
   - 플랜트 내진시험 표준 지침서 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 2.0억

과제명 : (2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭설계 및 성능기준 기술 개발

과제분류 : 기술부문 - 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) Zone 유형 구조물 성능 기준 1과제 + 구조형식 성능 기준 1과제 + 비구조재 성능 기준 1과제 + 특수 방폭 구조물 설계 1과제

○ (산출근거) 4과제×5년 = **총합 2,435억**

1. 자료 조사 및 분석
   - 플랜트 Zone 유형별 성능 기준 및 기존 구조형식별 성능 기준 조사
     : 자료 조사 및 분석 ← 인건비 3인 × 3년 = 인건비 1.8억
   - 보호 설비 및 장치를 포함한 비구조재 성능 기준 조사
     : 비구조재의 요구 성능 기준 설정 ← 인건비 3인 × 3년 = 인건비 1.8억
   - 국내외 논문, Guideline, 프로그램 기능 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 2억
2. 철근콘크리트구조, 철골구조의 내폭 성능 기준 실증 실험
   - 철근콘크리트 구조물의 내폭 실험
     : 가스 폭발 또는 TNT 폭발에 대한 구조 성능 실험 ← 3억
   - 철골구조물의 내폭 실험
     : 가스 폭발 또는 TNT 폭발에 대한 구조 성능 실험 ← 2.6억
3. 비구조재 및 특수 방폭 모듈러 구조의 성능 기준 개발
   - 비구조재 방폭 성능 기준 개발
     : 구조 해석 및 설계 설명서 작성 ← 인건비 3인 × 4년 = 인건비 2.4억
   - 특수 방폭 모듈러 벽판에 대한 구조 성능 해석 및 설계 기준 개발
     : BRM 설계 가이드라인 개발 ← 인건비 3인 × 4년 = 인건비 2.4억
4. 연구기관 간접비
   - 기술지원 인건비 ← 6억

과제명 : (3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발

과제분류 : 기술부문 - 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) 소화/진압기술 1과제(Passive & Active) + 대피기술 1과제 + 연기 제배연 1과제 + 스마트 화재 모니터링 및 소화 1과제

○ (산출근거) 1과제×2억×2년=4억, 1과제×0.5억×2년=1억, 1과제×0.5억×2년=1억, 1과제×2억×2년=4억 / 4과제×3년 = **총합 855백만원**

1. 기초자료 조사
   - 실시간 화재 소화 및 진압 관련 플랜트 안전 관련 국내외 문헌 수집/분석
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1.0억
   - 산업시설물의 소방설계 기술 관련 국내외 동향조사(기술, 제도 분야)
     : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 1.0억
   - 플랜트 시설물 안전성 위협인자 및 모니터링 요소 전담 분석팀 구성(플랜트 시설물 위험도, 특성, 잠재 화재하중 조사)
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 1년 = 인건비 1.5억
2. IoT 기술을 적용한 플랜트 안전관리시스템 구축
   - 플랜트 스마트 센싱 기술, 플랜트 통신 네트워킹 기술, 스마트 플랜트 안전 서비스 개발 구성 ← 1.5억
   - 플랜트 안전 취약인자 및 모니터링 요소 분석
     : 예측 시뮬레이션 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 1억
     : 예측 시뮬레이션 기술개발 관련 전문 컨설팅 활용 ← 기술서비스비용 = 1억
3. 스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발
   - 스마트 화재 모니터링 설계기술 연구팀 구성
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 1년 = 인건비 1.5억
   - IoT 플랜트 안전관리시스템 구축 및 현장적용성 검증 ← 1.5억

과제명 : (3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발

과제분류 : 기술부문 - 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) 손상도 진단 및 등급화 기술 1과제 + 플랜트 보수/보강 1과제 + 도시적 복구 리질리언스 1과제

○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×2억×2년=4억, 1과제×1.5억×2년=3억 / 3과제×4년= **총합 835백만원**

1. 기초자료 조사
   - 플랜트 화재손상 사례분석 관련 국내외 문헌 수집
     : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 1.0억
     : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 1.0억
   - 플랜트 시설물 안전성 위협인자 및 모니터링 요소 전담 분석팀 구성(플랜트 시설물 위험도, 특성, 잠재 화재하중 조사)
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 1년 = 인건비 1.5억
2. 화재 손상 플랜트 시설물 잔존강도 예측 및 잔존수명 평가기술 개발
   - 플랜트 시설물의 잔존강도를 예측하기 위한 잔존강도 평가 방법을 개발 ← 2억
   - 플랜트 잔존수명을 예측하는 기술 개발
     : 예측 시뮬레이션 프로그램(소프트웨어) 구입 및 유지비 ← 1억
     : 예측 시뮬레이션 기술개발 관련 전문 컨설팅 활용 ← 기술서비스비용 = 1억
3. 화재 손상 플랜트 구조물 보강기술 개발
   - 잔존강도에 따른 보수/보강기술 연구팀 구성
     : 전담팀 구성 ← 인건비 3인 × 1년 = 인건비 1.5억
   - 플랜트 신속 복구를 위한 최적 보수/보강기술 개발 ← 0.5억
4. 도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 시스템 개발
   - 플랜트 재난 발생 후 도시적 차원의 신속 해결 방안을 위한 공청회 등 의견수렴(타당성 조사, 필요기술 선별 및 협의, 기술지원 및 피드백)
     : 기술자문사업 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 300인 = 0.5억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 0.5억

과제명 : (3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발

과제분류 : 기술부문 – 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

○ (세부과제) 구조해석 및 성능평가기술 1과제 + 내진성능 평가지침 개발 1과제 + 설비 내진성능강화 1과제 + 내진성능 향상지침 개발 1과제 + 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발 1과제

○ (산출근거) 1과제×2년 + 1과제×2년 + 1과제×3년 + 1과제×2년 + 1과제×2년 = 5억 + 5억 + 10억 + 3억 + 4억 = **총합 2,835백만원**

1. 기초자료 조사
   - 노후화 기존 플랜트 취약 부위 식별 : 인건비 및 전문가 활용비 1억
   - 국내외 위험물 저장시설 내진성능평가 관련 문헌 조사 분석: 인건비 0.8억 + 문헌 구입비 0.2억
   - 국내외 플랜트 내진보강 관련 문헌 조사 분석: 인건비 0.8억 + 문헌 구입비 0.2억
2. 플랜트 구조해석 및 내진성능 평가기술 개발
   - 플랜트 구조해석 및 내진성능평가 기술 검증을 위한 시뮬레이션 : 전산장비 및 SW 3억 + 인건비 2억
3. 플랜트 설비 내진성능강화 요소기술 개발
   - 연성 및 비연성 정착부 성능 실험 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.1억/개 x 30 = 3억
   - 면진/감쇠장치를 활용한 연결부 성능 실험 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.2억/개 x 10 =2억
   - 플랜트 주요 지지구조 부재의 내진보강 기술 성능검증 실험 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.1억/개 x 20 =2억
   - 각 요소기술의 설계기술 개발 : 인건비 3억 + 기술정보수집 및 문헌구입비 1억
4. 기존 플랜트 내진성능 관련 각종 지침 개발
   - 기존 플랜트 내진성능 평가지침 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 2.0억
   - 기존 플랜트 내진성능 향상지침 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 2.0억
   - 기존 플랜트 내진점검 지침 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 1.0억
   - 기존 플랜트 지진피해 평가지침 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 1.5억
   - 기존 플랜트 지진피해 복구지침 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 1.5억

과제명 : (4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시

과제분류 : 제도부문 – 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

○ (세부과제) 장비/실증 플랫폼 구축(안) 1과제 + 기관 구축(안) 1과제 + 인력양성 및 지원사업 1과제

○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×1년×1억=1억, 1과제×1년×1억=1억 / 3과제 × 2년 = **총합 528백만원**

1. 기초자료 조사
   - 플랜트 화재안전 성능평가 기관 국내 현황 조사
     : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 1.5억
   - 국제표준 기반의 플랜트 안전 시험인증체계 구축 및 시행(국제표준의 분석을 통한 표준시험·인증체계 시행)안 작성 및 대응
     : 국제표준 대응 전담조직 신설 ← 인건비 3인 × 2년 = 인건비 1.5억
2. 플랜트 안전분야 엔지니어링과 현장, 연구 등에 소요되는 전문인력 양성을 위한 기반 조성
   - 지역별 주요대학 및 출연연구소와 기업을 연계한 인력양성 전문센터 설립 및 지역 거점 지정
     : 플랜트건설분야 전문인력 양성조직 설립방안 수립 ← 기획 0.6억
     : 플랜트건설분야 전문인력 양성센터 설립(전문기관 설립, 조직 구성 및 인력 확보, 전주기 사업관리전문가(PM) 및 고급 엔지니어(PE) 양성(150명/년) 계획 수립 ← 기획 0.7억
     : 플랜트건설분야 전문인력 양성을 위한 지역거점 지정(지역 인프라와 연계하여 분야별 양성기관 지정, 지역별 특성화 추진(PM, PE, 초급, 전문분야별)) 계획 수립 ← 기획 0.7억

과제명 : (4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화

과제분류 : 제도부문 - 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

○ (세부과제) 방폭벽 TNT 폭발 실증 1과제 + 방폭벽 안전성 검증 및 제도화 1과제
○ (산출근거) 2과제×3년 = **총합 440백만원**

1. 기초자료 조사
   - 방호벽 TNT 실증시험 및 안정성 검증 제도화 전담인력 구성
     : 연구 전담인력 구성 ← 인건비 2인 × 3년 = 인건비 1억
   - 국내외 기술자료 조사(정책, 기술, 제도 분야)
     : 기술자료 및 문서 구입비용 ← 관련 자료 수집 및 분석 = 0.5억
2. 대내외 의견수렴
   - 국내외 방폭벽 관련 국내 산/학/연 전문가 위원회 구성 및 플랜트 관련 업계 종사자 의견수렴
     : 국내외 방폭벽 전문가 위원회 기술자문 ← 30만원/1인 × 20인 × 10회 = 0.5억
     : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 0.5억
3. 방호벽 TNT 폭발 실증시험
   - TNT당량법을 활용한 방호벽 건전성 평가 실증시험
     : TNT, 방호벽 설치 관련 재료비 및 시험장 임차, 및 부대비용 ← 1.5억
4. 방폭벽 제도화
   - 방호벽(높이 2m 이상급) 설치 관련 CODE기술 개정
     : 제도화 전단 인력 인건비 ← 1억

과제명 : (4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시

과제분류 : 제도부문 - 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

○ (세부과제) 내진시험 표준절차 개발 1과제 + 실험 인프라 구축방안 제시 1과제
○ (산출근거) 1과제×3년 + 1과제×1년 = 4억 + 1억 = **총합 440백만원**

1. 기초자료 조사
   - 국내외 플랜트 및 플랜트외 시설물 내진시험 표준 조사
     : 자료 수집 및 분석 : 인건비 1.0억 + 기술정보수집 및 문헌 구입비 0.5억
   - 국내외 주요 시험기관 내진시험 인프라 조사
     : 시험기관 방문 : 여비 0.5억
2. 시험 방법 개발
   - 시험방법 검증을 위한 시뮬레이션 : 전산장비 및 SW 0.5억
     : 시험방법 검증 진동대 실험 : 실험체 제작 및 실험실 대여 0.25억/회 x 4 = 1.0억
3. 표준 및 지침 개발
   - 플랜트 내진시험 표준 지침서 개발 : 인건비(연구인력 및 전문가 활용) 1.0억
4. 실험인프라 구축방안 제시
   - 자료 분석 및 보고서 작성 : 인건비 0.5억

과제명 : (5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축
과제분류 : 제도부문 - 플랜트 안전 관련 제도 선진화
○ (세부과제) 기존 기계설비 및 플랜트 시설 관련 법/제도 분류체계 설정 및 기계설비법 하위 규정 및 기술기준(안) 마련 1과제 + 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 작성 1과제 ○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×2억×1년=2억 / 2과제×3년 = **총합 500백만원**
1. 기계설비 및 플랜트 안전 관련 국내 제도(법/시행령/규칙/고시/기술기준) 분석 - 플랜트 화재안전 국내외 제도 조사(정책, 기술, 제도 분야) : 전문기관 컨설팅 활용비 ← 기술서비스비용 = 0.7억 - 국내외 플랜트 안전 기술기준 체계 분석 관련 Code, Guideline, 자료 수집 : 기술정보수집 및 문헌 구입비 ← 관련 자료 수집/분석 = 0.3억 2. 플랜트 안전 관련 국내 법/제도 분류체계 설정 - 기계설비 및 플랜트 기설 안전 분류체계 설정 관련 협회/학회/사업주 대상 공청회/간담회 등 의견수렴(타당성 조사, 필요기술 선별 및 협의, 기술지원 및 피드백) : 기술자문사업 전문가 활용비 ← 30만원/1인 × 100인 = 0.3억 : 의견수렴 과정에서 소요되는 부대비용(설문조사 등) ← 0.7억 3. 기계설비법 하위 플랜트 안전 기술기준(안) 마련 - 유관기관 협력 : 대한기계설비산업연구원 전문가 활용 ← 0.5억 : 기술기준(안)에 대한 공청회 개최 부대비용(설문조사 등) ← 0.5억 4. 가이드라인 개발 - 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 개발 : 화재(폭발누출), 지진 가이드라인(제도 뒷받침) 개발 인건비 ← 2억

3. 소요예산 적정성

□ **동 사업의 연구목표, 주요 연구내용, 연구범위 등이 유사한 과제의 연평균 예산규모와 비교하여 근거 마련**

- ㅇ 플랜트 시설물 재난 최적 대응 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발과 유사한 과제를 플랜트연구사업, 건설기술연구사업에서 진행된 과제를 비교
- ㅇ (기술 부문) 플랜트 위험도 평가, 설계시공, 대응유지관리, 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 등의 과제는 연평균 2.8억원 ~ 4.7억원 규모로 산정
  - 플랜트 위험도 평가기술 과제는 연평균 2억원 ~ 5.5억원 규모로 산정
  - 플랜트 설계/시공 안전기술 과제는 연평균 3억원 ~ 6.2억원 규모로 산정
  - 플랜트 대응/유지관리 안전기술 과제는 연평균 3.5억원 ~ 6억원 규모로 산정
- ㅇ (제도 부문) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 과제는 연평균 1.3억원 ~ 2.32억원 규모로 산정하며, 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축을 통한 과제는 연평균 1억원의 규모로 산정

〈표 4.3.1〉 旣 추진된 유사과제 비교

(단위 : 천원)

과제명		과제체계	연구기간	정부출연금	총연구비
플랜트 시설물 재난 최적 대응 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발		-	2021 ~ 2025	-	22,300,000
플랜트 연구사업	도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술개발	연구단과제	2016.06.15. ~ 2020.06.14.	3,826,000	5,183,660
	시추용 육상 드릴링 시스템의 방향제어 추진체 및 이수순환 기술 개발	연구단과제	2017.06.15. ~ 2023.06.14	3,444,000	4,593,000
	오일샌드 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장 적용기술 개발	연구단과제	2014.12.29. ~ 2020.04.30.	5,657,000	7,543,000
	중규모 수력플랜트 건설기술개발	연구단과제	2017.04.15. ~ 2022.04.14.	3,921,000	5,349,550
	플랜트 건설 동시병행 협업 기술 및 플랫폼 개발	연구단과제	2014.12.29. ~ 2019.12.28.	3,007,000	4,355,803
	햅틱기반 플랜트 안전훈련시스템 기술 개발	연구단과제	2014.11.10. ~ 2019.09.30.	617,000	844,300
	북극권 에너지자원 플랜트 현지적용을 위한 선행기술 연구	일반과제	2018.04.16. ~ 2023.12.31.	478,000	478,000
	중소형 모듈러 LNG 저장탱크 개발 및 실용화	일반과제	2016.06.01. ~ 2019.08.31.	871,000	1,209,300
건설기술 연구사업	EMP 및 물리적 방호 구조물 건설 기술 개발	연구단과제	2018.04.13. ~ 2022.12.31.	4,530,000	4,815,000
	노후 도로시설(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발	연구단과제	2018.04.13. ~ 2021.12.31.	2,862,000	2,862,000
	대심도 복층터널 설계 및 시공 기술개발	연구단과제	2014.12.08. ~ 2020.06.30.	3,048,000	4,078,462

(단위 : 천원)

과제명		과제체계	연구기간	정부출연금	총연구비
건설기술 연구사업	도심지 소단면(ø3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발	연구단과제	2015.11.30. ~ 2020.05.29.	2,781,000	3,894,741
	자기치유형 친환경 콘크리트 기술 개발	연구단과제	2015.09.14. ~ 2020.02.13.	5,394,000	6,733,500
	저비용 고성능 광촉매를 활용한 미세먼지 저감 건설기술 개발	연구단과제	2018.06.29. ~ 2023.02.28.	4,322,000	5,561,681
	중소 노후교량 실증기반 성능 및 보수보강 평가 연구	연구단과제	2017.04.28. ~ 2021.12.31.	6,829,000	6,829,000
	지반함몰 발생 및 피해 저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술 개발	연구단과제	2015.12.28. ~ 2020.01.31.	1,459,000	1,954,207
	케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설공법 개발	연구단과제	2016.09.26. ~ 2021.09.25.	8,662,000	12,064,129
	BIM 기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리 기술 개발	일반과제	2016.09.30. ~ 2021.12.31.	1,099,000	1,466,556
	TBM 커터헤드 설계자동화 및 운전·제어시스템 개발	일반과제	2017.04.28. ~ 2021.12.31.	1,606,000	2,142,775
	고품질 순환골재 생산 및 콘크리트 활용기술 개발	일반과제	2016.09.29. ~ 2019.09.28.	355,000	476,000
	글로벌 건설 엔지니어링 고급인력 양성 3	일반과제	2016.02.26. ~ 2020.08.25.	526,000	578,600
	글로벌 건설 엔지니어링 고급인력 양성 4	일반과제	2016.02.26. ~ 2020.08.25.	526,000	578,600
	도로관리 효율화를 위한 건설사업정보 (건설CALS) 빅데이터 서비스 기술 개발	일반과제	2018.04.13. ~ 2020.12.31.	1,073,000	1,431,000
	무인검사장비 기반 교량구조물 신속진단 및 평가기술 개발	일반과제	2016.08.29. ~ 2019.11.30.	1,159,000	1,602,500
	비탈면 대상 조사·점검 개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발	일반과제	2019.04.08. ~ 2021.12.31.	954,000	1,274,000
	지반함몰 및 액상화에 관한 지하안전 위험도 평가 고도화 기술 개발	일반과제	2019.04.08. ~ 2022.12.31.	954,000	1,272,000
	터널 지보재 일체화를 위한 숏크리트용 Hyper 섬유 그물망 지보재 기술 개발	일반과제	2016.09.29. ~ 2019.12.31.	355,000	481,000
	해외 거점별 건설엔지니어링 정보시스템 개발	일반과제	2014.07.25. ~ 2019.12.31.	751,000	751,000
	현장적용성 개선 및 활용을 위한 에폭시 피복철근 개발	일반과제	2016.09.29 ~ 2019.09.28	184,000	248,500

출처: 국토교통과학기술진흥원(http://www.kaia.re.kr/)

o 동 사업은 기술개발과 더불어 제도 개선이 동시에 진행되어 타 과제 대비 다소 예산이 높게 측정되는 것으로 판단

o 전체 사업기간 대비 사업비를 비교한 결과, 타 과제 대비 플랜트 시설물 재난 최적 대응 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 사업의 사업비는 타당한 것으로 판단

- 전체 연도별 사업 규모로 확인한 결과, 제도 및 기술별 사업비 규모는 연평균 1억원 ~ 6.2억원으로 적절하게 배당된 것으로 확인

□ **동 사업의 재원 규모 및 확보방안**

○ 동 사업은 총 5년간('21~'25) 298억 원 투입예정이며 정부출연금 223억원(75%), 민간부담 75억원(25%)

〈표 4.3.2〉 국가연구개발사업 소요재원

(단위: 백만원)

구분		총사업비			
대항목	소항목	합계	국고	지방비	민자
연구개발 (100%)	플랜트 위험도 평가기술	10,212	8,212	-	2,000
	플랜트 설계/시공 안전기술	10,105	7,605	-	2,500
	플랜트 대응/유지관리 안전기술	7,025	4,525	-	2,500
	플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	1,908	1,408	-	500
	플랜트 안전 관련 제도 선진화	550	550	-	-
장비 (0%)	일반 장비	-	-	-	-
	특수 장비	-	-	-	-
	소계	-	-	-	-
합 계		29,800	22,300	-	7,500

〈표 4.3.3〉 연차별 투자계획

(단위: 백만원)

구분	총사업비	연차별 투자계획				
		'21	'22	'23	'24	'25
합 계	**29,800**	5,903	6,141	7,117	6,411	4,228
국 고	22,300	4,403	4,641	5,617	4,911	2,728
지방비	-	-	-	-	-	-
민 자	7,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

□ **동 사업에서 투입이 필요한 총 인원은 366명으로 추산되며, 책임급 인력은 47명, 선임급 인력은 104명이 소요되는 것으로 산정**

○ 중소·중견기업은 주로 연구원급, 일부 선임 책임급 인력 참여하며, 대학, 출연연구기관 중심으로 선임 책임급 인력의 참여

〈표 4.3.4〉 연구개발부문 인력투입계획

	'21	'22	'23	'24	'25	합계
책임급(명)	6	11	12	12	6	47
선임급(명)	20	20	25	19	20	104
연구원급(명)	40	35	50	55	35	215
합계(명)	6	66	87	86	61	366

제5장

타당성 분석

제5장 타당성 분석

제1절 정책적 타당성 분석

□ **플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축의 정책적 타당성은 정책의 일관성, 사업 추진상의 위험요인, 정부지원 필요성, 사업수행 위험요인 및 대응방안을 검토**

- ㅇ 정책적 타당성은 제1장 – 기획추진 배경, 필요성, 범위, 정의, 제2장 – 메가트랜드 분석, 국내외 정책동향, 국내 R&D 역량, 제4장 – 플랜트 안전 관련 제도 선진화 등을 토대로 도출
- ㅇ 정책적 타당성 분석의 항목은 '2014년 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침'의 사항을 일부 참고하여 평가
  - 정책의 일관성 및 추진체제는 1. 상위계획과의 부합성, 2. 사업 추진체계 및 추진의지의 하위평가 항목으로 구성
  - 기획추진상의 위험요인은 1. 재원조달 가능성, 2. 법·제도적 위험요인의 하위평가 항목으로 구성
  - 정부지원 필요성은 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에서 제시한 항목으로 정책적 타당성 분석의 항목으로 추가분석
  - 사업수행 위험요인 및 대응방안은 정책적 타당성 분석결과, 위험요소로 도출된 사항의 대응방안을 추가하여 제시

1. 정책의 일관성 및 추진체계

가. 상위계획과의 부합성

□ **동 사업이 국가정책을 실현하기 위해 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가**

- ㅇ 상위계획과의 부합성은 '국가계획의 내용'과 '동 사업의 연구목적'을 비교·분석하여, 국가정책 차원에서 동 사업의 정책적 부합성을 평가
- ㅇ 분석대상의 국가계획은 동 사업의 기회 목적을 고려하여 ⑴ 국가 정책, ⑵ 연구개발 정책, ⑶ 국가 안전정책 범위로 구분하여 평가
  - 예비타당성 조사 표준지침에서 제시하고 있는 국가정책은 연구개발 정책 부문에 해당

- 동 연구는 플랜트와 관련된 연구개발 부문 국가정책 외에 현 정부의 국가정책 등을 추가로 분석하였으며, 동 사업과 관련성이 높은 국가안전정책 부문까지 폭넓게 조사

(1) 국가정책

□ 국가정책 부문은 현 정부의 국가정책 기조를 담은 '문재인 정부 100대 국정과제'와 '제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획'을 분석

o 연구개발사업 예비타당성조사의 정책적 분석대상은 연구개발사업 중장기 법정계획이 기본 분석대상

o 하지만, 현 정부 운영방향을 제시하는 공약집과 경제 활성화 부문의 계획을 분석하여 정부차원의 정책적 합의 여부를 검토

□ 문재인 정부 100대 국정과제

o 문재인 정부는 국가비전 달성을 위한 실천전략으로서 5대 국정목표와 20대 국정 전략, 100대 국정과제를 제시

- 문재인 정부는 재난현장 신속대응을 위한 통합적 재난관리체계 구축을 제시함으로써 국민의 안전사고 예방 및 재난 안전관리체계를 대응할 역량 강조

  * 노후화된 국가기반시설에 대한 안전성 확보 및 재난재해에 따른 대응 사고 예방을 위한 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발을 통한 기술 적용 가능

- 도시재생뉴딜 추진과 관련해서 '17년까지 뉴딜 사업 추진방안 및 부처협업 TFT 구축 등 추진기반 마련

- 매년 도시재생뉴딜 사업지역 선정·지원됨에 따라 도시 경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위해 공공기관을 중심으로 노후주거지와 원도심 정비를 통한 도시경쟁력 제고 방향 수립

  * 원도심, 전통산업 집적지, 재래시장 등을 새로운 산업여건에 맞추어 집약적 정비를 통한 일자리 창출, 도시경쟁력 제고 자산으로 활용하기 위해서는 기존 시설물을 최대한 유지하는 비개착 기술 필요

  * 노후화된 전통산업의 집적지를 공공기관이 매입하여 새로운 산업단지로 조성이 가능하고, 일자리 창출 및 전문인력을 강화하기 위한 동 사업이 효과적이라 판단

  * 노후화된 산업단지를 포함하고 인근 구도심과 노후주거지 등을 포함하여 정비가 시급한 곳부터 우선적으로 선정하여 지역특성에 맞게 지원

〈표 5.1.1〉 국가정책(문제인 정부 100대 국정과제)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분	(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 플랜트 설계/시공 안전기술	(전략3) 플랜트 대응/유지관리 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화	△	△	△	△	△
고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	△	△	△	△	△
안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축	◎	◎	◎	◎	◎
통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화	◎	◎	◎	◎	◎
지속가능한 국토환경 조성	○	○	○	○	○
도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시 재생뉴딜 추진	○	○	○	○	○

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획

o 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획은 'SMART 기술개발로 국민 맞춤형 안전복지 구현'을 비전으로 설정하여 추진

- 국민 삶의 질 향상을 위한 재난안전기술개발 및 환경조성을 목표로 설정하여 국민의 안전을 도모
- 대형·복합·신종재난 등 각종 재난 및 안전사고로부터 국민 안전 기본권 확보를 위한 과학기술의 역할 증대
- 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난안전 분야 과학기술 개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진

〈표 5.1.2〉 제3차 재난안전기술개발 종합계획 중점 추진과제

전략	추진과제
전략 1. 국민안전 확보를 위한 맞춤형 서비스 개발	(1-1) 국민생활 안심서비스 개발
	(1-2) 재난피해자 지원서비스 개발
	(1-3) 재난피해로부터 회복력 강화 기술개발
전략 2. 미래·신종재난 대비 재난안전기술 선진화	(2-1) 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발
	(2-2) 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발
	(2-3) 재난안전 융·복합 대응 기술개발
전략 3. 현장 실용화 중심의 안전생태계 구축	(3-1) 재난안전 전문인력 양성 교육훈련 기술개발
	(3-2) 재난안전산업 실용화지원 기술개발
	(3-3) 현장중심 협력형 기술개발
관리과제	범부처 연계·협력체계 구축
	성과관리체계 구축

- 현장실용화 중심의 안전생태계를 구축하고, 미래·신종재난 대비 재난안전기술을 선진화 하는데 동 사업과 매우 연관성이 높다고 판단

  * 재난 대비 모니터링 통한 예측 및 안전위험 요소별 취약성과 위험성 평가 기술개발

  * 빅데이터를 분석하여 사회현안 및 국민 니즈(Needs) 파악, 재난상황 의사결정 지원, 위험징후 등 정보활용 기술개발

  * AR, VR, CPS 등 신기술과 융·복합한 재난대응 기술개발

  * 지진, 대형화재, 플랜트 시설사고 등 극한재난 상황에서 로봇 및 인공지능, 인공위성, 무인항공기 등 활용한 기술개발

- 또한, 범부처 차원에서 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축을 통해 국민 안전 확보 도모 가능

  * 재난현장 대응요원 교육훈련 시뮬레이터, 가상 훈련 컨텐츠 및 운영기술 개발

  * 재난안전 분야 우수기술 및 시제품 단계의 기술 등 지원

  * 재난현장 문제 해결을 위한 현장중심·부처간 협력형기술개발

〈표 5.1.3〉 제3차 재난안전기술개발과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분	(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 플랜트 설계/시공 안전기술	(전략3) 플랜트 대응/유지관리 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
국민안전 확보를 위한 맞춤형 서비스 개발	◎	◎	◎	◎	○
미래·신종재난 대비 재난안전기술 선진화	◎	◎	◎	◎	○
현장 실용화 중심의 안전생태계 구축	◎	◎	◎	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

(2) 연구개발정책

□ **연구개발정책 부문은 과학기술분야 최상위 중장기 계획인 '과학기술기본계획'과 '제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)(안)', '2019년 정부연구개발투자 방향 및 기준'을 분석하여 플랜트정책과 사업의 부합성을 검토**

- ㅇ 과학기술 기반 사회 문제 해결 종합실천계획은 일상생활에서 발생하는 사회문제 해결을 통해 건강·안전·편의 등 삶의 질을 향상시키는 R&D로 삶의 질을 저해하는 사회문제의 주요한 원인을 밝히고 문제를 해결하기 위해 수립
- ㅇ 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획(2018~2027)은 4차 산업혁명을 새로운 도약 기회로 활용하고 삶의 질 향상 등 사회적 요구에 효과적으로 대응할 수 있는 기술개발 전략을 수립
- ㅇ 2019년 정부 연구개발투자 방향 및 기준은 연구자가 혁신을 주도하고, 국민이 과학기술 성과를 체감하는 사람 중심의 국가 R&D 투자 강화를 위해 수립
- ㅇ 연구개발정책방향과 동 사업의 정책적 부합도 분석

□ **제4차 과학기술기본계획**

- ㅇ 과학기술기본계획에서는 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여하는 비전을 설정하여 기본계획을 수립
  - 과학기술이 꿈꾸는 미래 세상은 풍요로운 세상, 편리한 세상, 행복한 세상, 자연과 함께 하는 세상을 설정
- ㅇ 과학기술기본계획의 추진전략으로 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현 등의 추진전략 제시
  - 추진전략을 실현하기 위한 4개 분야, 19개 중점과제, 66개 세부추진과제를 제시하였으며, 기본계획 실현을 위한 중점과학기술개발과 인력양성이라는 주제를 설정
- ㅇ 추진전략과 추진과제를 달성하기 위한 120개 중점과학기술을 제시
  - 동 사업과 연광성이 있는 기술은 건설·교통, 기계·제조, 재난안전 등을 제시
- ㅇ 동 사업과 가장 밀접한 과제는 '과제 17 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'으로 재난현장 지원·대응을 위한 스마트 재난안전관리 시스템 확보를 제시
  - 기상, 지변 등으로 자연재해 예측 및 조기경보시스템 구축과 복합재난 예측 및 신속 대응기술 개발

- 노후 및 신설 도시 인프라의 지진 취약성 진단, 내진보강기술 개발 및 예방적 유지관리 시스템 개발

  * 지하시설물, 하천시설물, 항만, 공항 등

- 위치정보, 위성영상, 지능정보기술, 3D 공간정보등을 융합한 위험대비 통합예측기술 및 상황관리기술과 재난대응 시스템 구축

〈표 5.1.4〉 연구개발 정책(제4차 과학기술기본계획)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분		(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 플랜트 설계/시공 안전기술	(전략3) 플랜트 대응/유지관리 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
		(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
건설·교통	지속가능한 인프라 구조물 건설기술	△	◎	◎	○	△
	빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술	△	○	○	○	△
기계·제조	해양플랜트 실용화 기술	○	○	○	○	○
	친환경·스마트 플랜트 기반 기술	○	◎	◎	◎	△
재나안전	복합 재난 스마트 예측·대응 기술	◎	◎	◎	◎	△
	재난 전주기 정보통신체계 기술	△	△	△	△	△
	범죄·테러 통합 지능형 예측· 대응시스템 기술	◎	◎	◎	◎	△
	재난현장 소방구조 장비·시스템 기술	○	○	○	△	△

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ **제1차 국가교통과학기술연구개발 종합계획(2018~2027)**

ㅇ 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획(2018~2027)은 '국토교통과학기술 육성법' 제정에 따라 '국가교통기술개발계획'등 기존 계획을 통합한 국토교통 R&D 법정 종합계획 수립

- (4차 산업혁명 대응) 경제·산업 구조의 근본적 변화에 대응하여 미래 新시장 선점을 위한 각 국가의 경쟁이 치열하게 전개
- (기술 융복합) 전통적 국토교통 산업 분야에도 新기술을 결합하여 고바가가치 산업으로의 도약 계기 마련
- (삶의 질 중시) 사회·환경 변화에 대응하여 다양한 각종 사회 문제에 대한 기술적 해법을 제시하는 등 기술의 사회적 역할 요구
- (R&D 시스템 혁신) 정책환경 변화에 대응하고 연구개발의 성과를 극대화하기 위해 R&D 관리체계 전반의 혁신 필요

ㅇ 설정한 비전 및 목표를 달성하기 위해 4개의 추진전략과 12개의 실천과제를 설정

ㅇ 건설·플랜트 분야에 플랜트, 교량, 터널 등 핵심기술 경쟁력 제고로 해외 건설시장 진출 확대, 건설자동화로 생산성 제고, 시설물 진단·관리 첨단화로 안전 성능 제고를 정책방향으로 제시

- AI 기반 건설 설계·관리, 건설자동화, 고부가가치 인프라, 스마트 자원 플랜트를 기술개발 대응으로 선정

〈표 5.1.5〉 연구개발 정책(제4차 과학기술기본계획)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분		(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	(전략3) 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
		(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
사람 중심의 국토교통 기술개발	재난·재해 예방 등 안전기술 개발	◎	◎	◎	◎	△
	친환경 생활공간 조성 기술 개발	○	○	○	○	△
	사회이슈 해결형 기술개발	◎	◎	◎	◎	△
미래 지향적 R&D 시스템 도입	국토교통 R&D 관리 체계 혁신	△	△	△	△	◎
	국토교통 연구개발 기반 강화	△	△	△	△	◎
	연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화	△	△	△	△	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준

ㅇ 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준은 헌법과 법률에 근거하여 정부연구개발 활동의 목적을 명확히 설정하고, 이에 맞는 정부 R&D 투자영역 및 투자방향 수립

- (목적) 헌법과 법률에 명시된 정부 R&D의 목적은 1) 과학기술혁신(기초연구, 인력개발), 2) 국민경제 발전, 삶의 질 제고
- (투자영역) 정부 R&D 투자는 과학기술혁신, 공공수요, 산업선도 등 민간이 투자하기 어려운

분야에 집중하는 것이 필요

- (투자방향) 목적 및 투자영역에 따른 정부 R&D사업의 추진방향

ㅇ '19년도 투자방향은 노후시설물 안전성 향상 및 유지·관리 기술과 통합관리 기술에 지속 투자

- (사회기반구조물) 기반시설루의 내진성능향상 및 장수명화 기술과, 건설기술 경쟁력을 강화하고, 활용처의 실증연구 참여 확대

- (건축구조물) 최근 잦은 지진 발생에 대비하여 건축구조물의 내진성능 향상과 수직 증축 안정기술 등 건축시공 안전 확보를 위한 기준 개발 지속 지원

〈표 5.1.6〉 연구개발 정책(2019년 국가연구개발투자방향 및 기준)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분		(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	(전략3) 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
		(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
창의적인 연구환경 조성	연구자 주도 기초연구	◎	◎	◎	◎	◎
	사람 중심 연구 생태계	△	△	△	○	△
	공공수요 및 규제개선 연계	○	○	○	○	◎
국민이 체감하는 삶의 질 향상	예방 중심의 재난·재해 R&D	◎	◎	◎	◎	○
	국민건강 및 생활 편익 증진	△	△	△	△	△
	사회적 지속 가능성 확보	○	△	△	△	◎
미래를 준비하는 혁신성장 가속화	4차 산업혁명 대응 R&D	△	△	△	△	△
	신시장·신산업 R&D	△	△	△	△	△
	산업경쟁력 제고 R&D	○	○	○	◎	△
과학기술 기반 고급 일자리 창출	R&D 일자리 생태계 구축	○	○	○	◎	△
	신기술·신서비스 일자리 창출	○	○	○	◎	△
	미래대비 창의·융합형 인재양성	○	○	○	◎	△

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

(3) 국가 안전정책 동향

□ **국가안전정책 부문은 국가안전관리기본계획과 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획을 분석하여 국가안전정책과 동사업의 부합성을 검토**

- ㅇ 국가안전관리기본계획은 국가의 재난 및 안전관리의 기본방향을 설정하고 재난환경 변화에 대응하여 재난 및 안전사고로부터 국민을 보호하기 위해 수립
- ㅇ 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획은 국민생활과 밀접한 관계를 갖고 있는 시설물에 대한 안전관리를 위해 수립

□ **국가안전관리기본계획**

- ㅇ 국가안전관리기본계획은 안전 선진국 실현이라는 비전 달성을 위해 안전문화, 생활안전, 기업안전, 국가기반체계, 재난관리체계 등 5대 요소를 목표로 설정하고 9개 추진전략을 제시
  - 동 사업과 관련하여 안전 디자인개념의 전영역 확산, 예방중심의 국가 재난안전관리정책 추진, 기업의 안전관리 참여와 활동영역 확대, 능동적인 국가기반체계 관리, 신속·정확한 재난상황보고 체계 정립, 즉각 대응 및 긴급복구 체계 확립, 미래 재난환경 변화에 적극 대응의 추진전략을 제시
- ㅇ 국가안전관리기본계획은 문제해결형 상황관리 체계를 구축하여 `20~`24년까지 GIS기반 통합상황관리시스템을 통한 상황관리 시스템 구축
  - (상황실 기능을 문제해결형으로 전환) 재난상황 관리와 대응에 필요한 각종 정보를 전자지도(GIS)에 표출하여 상황공유 및 의사결정 지원
  - (첨단기술을 활용한 상황관리 지원시스템 구축) 범정부 재난안전정보에 대한 표준화 및 체계적인 품질관리를 위한 재난안전정보 공유 플랫폼 기술개발(과기부·행안부, ~`20.7)
  - (지자체 상황관리 역량 강화) 중앙↔지방간 신속·정확한 재난상황 관리를 위해 시스템 표준화 및 재난안전정보 연계 기반 강화

〈표 5.1.7〉 국가 안전정책(국가안전관리기본계획)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분	(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	(전략3) 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
안전디자인 개념의 전영역 확산	○	○	○	○	◎
예방중심의 국가 재난 안전관리정책 추진	○	○	○	○	◎
기업의 안전관리 참여와 활용영역 확대	◎	◎	◎	◎	◎
능동적인 국가기반체계 관리	○	○	○	○	◎
신속 정확한 재난 상황 보고 체계 확립	○	○	○	○	○
즉각 대응 및 긴급복구 체계 확립	○	○	○	○	○
미래재난 환경변화에 적극 대응	◎	◎	◎	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

□ **제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획**

ㅇ 시설물 안전 및 유지관리 비전은 향후 5년(18~22년)간 新정부와 함께 할 시설물 안전·유지관리 분야의 제도·정책 로드맵과 기술발전 청사진(비전)으로 '미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축'으로 제시

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

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

ㅇ 시설물 안전 및 유지관리 목표는 안전하고 오래 사용하는 시설물, 스마트한 시설물, 경제 활성화에 보탬이 되는 시설물, 국민이 믿을 수 있는 시설물로 4대 목표 설정

- 안전성능, 내구성능, 사용성능 향상에 의한 시설물 안전 확보, 첨단 융·복합 기술발전 및 적용 요구가 반영된 시설물, 산업을 고도화하고 SOC의 사회적 편익을 증진하는 시설물, 국민과의 소통기반을 구축하여 국민의 알 권리가 충족된 믿을 수 있는 시설물

ㅇ 시설물 유지관리 기본계획은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반 조성, 국민 소통형 시설물 안전·유지관리 서비스 지향 등을 제시

- 시설물 미래요구에 대응하기 위한 지속적 성능개선 기반 구축에 따른 4대 전략은 각각의 추진과제로 구성

- 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화, 융·복합을 통한 미래대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전 및 유지관리 서비스 지향 부문에서 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축과 관련성이 높은 것으로 판단

〈표 5.1.8〉 국가 안전정책(제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획)과의 부합성

(단위 : 백만원)

구분	(전략1) 플랜트 위험도 평가 기술	(전략2) 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술	(전략3) 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술	(전략4) 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	(전략5) 플랜트 안전 관련 제도 선진화
	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)	(사업비)
시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착	○	◎	○	○	◎
4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화	○	◎	◎	○	○
융·복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반 조성	○	◎	◎	○	○
국민 소통형 시설물 안전·유지관리 서비스 지향	○	◎	◎	◎	○

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

(4) 평가결과

□ **상위계획과의 부합성은 국가정책과 동 사업의 정책적 부합성을 검토하여, 동 사업이 국가정책의 구체적 실현에 기여할 수 있으며, 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가**

- ㅇ 상위계획은 (1) 국가정책 (2) 연구개발정책의 부문 (3) 국가 안전정책 부문으로 나누어 검토하였으며, 국가의 국정운영 안전정책에 이르기까지 다양한 정책방향을 검토

□ **검토결과, 동 사업은 상위계획과의 부합성이 높기 때문에 정책적 타당성이 높은 것으로 평가**

- ㅇ 재난대응 안전 설계 및 시공, 프로세스, 제도 등의 정책목표를 달성하기 위한 수단으로써 동 사업 추진 필요
- ㅇ 국가정체에서는 現 정부 100대 국정과제, 제 3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획을 평가하여 도출
  - 現 정부 100대 국정과제를 통한 재난현장 신속대응을 위한 통합적 재난 관리체계 구축 등이 부합

- 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획은 현장실용화 중심의 안전생태계를 구축하고 미래·신종재난 대비 재난 안전기술을 선진화 하는데 연관성이 부합

ㅇ 연구개발정책에서는 과학기술기본계획, 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획, 2019년 정부연구개발투자 방향 및 기준을 평가하여 도출

- 제4차 과학기술기본계획은 건설·교통, 기계·제조, 재난안전 등이 부합
- 제1차 국가교통과학기술연구개발 종합계획은 재난·재해 예방 등 안전기술 개발, 사회이슈 해결형 기술개발 등이 부합
- 2019년 국가연구개발투자방향 및 기준은 연구자 주도 기초연구, 공공수요 및 규제개선 연계, 예방 중심의 재난·재해 R&D 등이 부합

ㅇ 국가안전정책에서는 국가안전관리기본계획, 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획을 평가하여 도출

- 국가안전관리기본계획은 기업의 안전관리 참여와 활용영역 확대, 미래재난 환경변화에 적극 대응 등이 부합
- 제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지고나리 고도화, 융·복합을 통한 미래대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전 및 유지관리 서비스 지향부분 등이 부합

ㅇ 국가정책, 연구개발정책, 국가안전정책 등을 통해 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업은 실현이 가능할 것으로 판단

□ 위와 같은 정책목표를 달성하기 위한 실천수단으로써 동 사업의 추진 필요

〈표 5.1.9〉 상위계획과의 부합성 평가

국가과학기술기본계획 부문별 정책		부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
국가 정책	**부합도 높음**	**보통**	**대체로 적절**	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
연구 개발	**부합도 높음**	**보통**	**대체로 적절**	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
국가 안전	**부합도 높음**	**보통**	**대체로 적절**	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 사업 추진체계

(1) 수직적 협력체계

□ **국토교통부-국토교통과학기술진흥원-연구단의 수직적 협력체계를 구성하고 적절한 역할을 분담하여, 사업수행 및 사업관리의 효율성 증대**

- ㅇ (국토교통부) 최상위 의사결정기관으로서 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간 단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 추진과 관련한 정책결정·총괄관리·투자우선순위 결정 등의 업무 수행
- ㅇ (국토교통과학기술진흥원) 관리감독 및 지원기관으로서 사업추진방향과 과제기획방향 설정, 사업수행 결과물 관리, 총괄운영, 사후관리 등 업무 수행
- ㅇ (연구단) 사업을 주관하여 수행하는 기관으로서 모든 과제를 총괄관리하고 지원하는 역할 수행, 또한 각 과제수행에 대한 책임을 가지고 R&D 예산을 집행·관리

□ **연구단은 독립성 강화를 위해 중점기술 분야별 추진체계를 구성하고, 연구개발그룹의 구성은 세부기술의 성격과 유형을 고려하여, 산·학·연 참여형태를 차별화**

- ㅇ 과제기획부문과 사업수행자 선정 부문에서 객관성 및 전문성이 요구되고 있어 기존의 국토교통부 소관 연구관리 전문기관의 사업관리부서가 전담



[그림 5.1.1] 사업추진체계

(2) 수평적 협력체계

□ **국토교통부 내에 심의위원회와 이해관계자간의 다부처협의체를 구성하고, 국토교통과학기술진흥원에서 사업과 사업성과를 체계적으로 관리**

- ㅇ (심의위원회) 국토교통부 담당과, 외부 산·학·연 민간전문가 등으로 구성되어 사업 및 정책목표에 부합하는 운영계획 및 주요 안건에 대한 최종 결정 및 추진을 담당
- ㅇ 건축물 및 SOC 시설물의 관리주체가 다원화되어 있기 때문에 중앙정부 – 중앙부처 – 지자체간의 네트워크 구축을 통해 파급효과 극대화
  - 현재, 개별 관리주체는 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 지자체, 관리기관 등으로 다원화되어 있어 연구개발성과의 현장적용에 어려움이 존재
  - 각각의 건축물 및 시설물의 계획과 관리체계 또한 해당 시설물의 특성에 따라 상이하므로 계획단계나 적용에 대한 협력적 네트워크 구축 필요

나. 사업 추진의지

□ **사업추진의지는 사업기획 주체들의 사업추진의지와 사업으로 인해 영향을 받는 이해관계자들의 선호도를 분석**

- ㅇ 동 사업을 위해 산업계, 학계, 연구계의 전문가 위원회가 협력하여 체계적인 사업 추진
  - 동 사업 관련 산·학·연 전문가로 구성된 자문위원회를 구성하여 체계적인 사업진행

□ **사업 단계에서 사업기획에 필요한 적정한 기관들이 참여시키고, 기관의 역량에 따라 필요한 역할을 분담하여, 체계적으로 사업을 도출**

- ㅇ (국토교통부) 동 사업의 추진 주체이며, 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 안건에 대한 심의 및 결정을 담당
- ㅇ (국토교통과학기술진흥원) 동 사업의 전체적인 추진일정 조율 및 사업 방향설정, 전문가 위원회 및 기획자와의 정보교류 및 모니터링 등의 실무 총괄을 담당
- ㅇ (자문위원회) 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하며, 동 사업의 아이템 발굴, 목표설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 등 전반을 담당
- ㅇ (한국건설기술연구원) 본 사업의 기술개발 아이템 발굴, 목표 설정, 로드맵 및 사용화 전략 수립 등 사업 총괄을 담당

□ **동 사업 관련 비전 및 목표, 중점기술 도출, 기술로드맵 제시, 사업의 기술성과 투자 타당성 확보를 위한 연구개발 기획 수행**

ㅇ 자문위원회 등 관련 분야의 외부전문가 의견을 수렴하고 기획연구 반영

- (워크숍) 사업 추진 현황 점검 및 방향성 검토를 위해 관련 분야 외부전문가와 브레인스토밍을 진행하고 내부연구진과의 의견 교류
- (자문위원회) 각계 전문가 의견을 수렴하고 중점분야, 세부기술, 구성기술 등의 내용 작성 및 검토

다. 평가결과

□ **검토결과, 연구개발사업 기획의 추진체계는 해당사업을 추진하는데 필요한 주체들이 추진체계상에 포함되어 있고 사업주체의 준비정도와 사업추진의지가 높은 것으로 평가되는 바, 타당성이 높다고 판단**

ㅇ 정책결정을 위한 정부부처, 사업관리를 위한 연구관리 전문기관, 연구과제를 수행할 연구단을 국토교통부 – 국토교통과학기술진흥원 – 연구단의 협력체계로 적절하게 구성

ㅇ 또한, 사업 연구진은 자문위원회 등 관련 분야의 외부전문가 의견을 충분히 수렴

3. 사업 추진상의 위험요인

가. 법적·제도적 위험요인

(1) 사업추진 근거법령의 적절성

□ **동 사업의 사업추진 근거법령은 기계설비법으로 동법 제3장 8조에서는 연구개발사업의 추진과 공동연구·개발 등을 지원할 수 있다고 명시**

- ㅇ 기계설비법은 기계설비산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 기계설비의 안전하고 효율적인 유지관리를 위하여 필요한 사항을 정함으로써 국가경제의 발전과 국민의 안전 및 공공복리 증진에 이바지함을 목적으로 제정
- ㅇ 건설기술진흥법 제8조 및 10조에서 국토교통부장관은 종합계획의 효율적인 추진을 위하여 국토교통연구개발사업을 추진할 수 있으며, 연구과제와 관련하여 협약을 추진할 수 있다고 명시

□ **동 사업은 국토교통과학기술육성법에서 정하는 국토교통기술에 해당**

- ㅇ “국토교통과학기술”이란 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 위하여 필요한 국토교통분야 산업의 발전에 관한 과학기술로서 관계법령에서 정한 기술

□ **건설기술진흥법에서 정하는 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획부터 안전성 검토까지 포괄하고 있으며, 시설물 운영부터 철거까지 넓은 범위를 제시**

- ㅇ 건설기술진흥법 제2조제2호에서 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토와 시설물의 운영·검사·안전점검·정밀안전진단·유지·관리·보수·보강 및 철거와 건설공사에 필요한 물자의 구매와 조달, 건설장비의 시운전, 건설사업 관리까지 규정
- ㅇ 위의 건설기술의 정의 중 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축사업은 “계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토”에 해당

(2) 타 법령과의 충돌 가능성

□ **플랜트는 제도상에서 정의 및 범위를 명확하게 구분하고 있지 않고, 설비 및 시설물들이 복잡하게 연계되어 있는 특징이 있어 안전과 관련된 법은 6개 정부부처(국토교통부, 산업통상자원부, 행정안전부, 고용노동부, 환경부, 소방청)로 분산되어 있음. 또한 플랜트에 대한 부처별 관점이 상이하여 안전기술 개발 대상 설정에 따라 관계 부처가 달라지므로 업역에 대한 충돌 가능성이 일부 존재할 것으로 판단됨**

- ㅇ 국토교통부는 시설물(건축물, 건축물 외 구조물)을 중심으로 하는 안전성 확보의 의무가 있는 반면 산업통상자원부는 기계설비(밸브, 파이프, 압력용기 등)단위의 안전기술 개발에 초점을 맞추고 있어 플랜트를 해석하는 관점에 따라 충돌 가능성이 일부 존재하는 것으로 판단됨

- ㅇ (개선안①) 플랜트 안전과 관련된 정부부처간의 충돌을 사전에 예방하기 위해서는 부처간 협의를 통해 역할분담 정립((산업부) 플랜트 설비 중심의 안전기술 / (국토교통부) 플랜트 시설물 및 구획/공간 중심의 안전기술) 및 협력 체계를 마련

  - 매년 관계부처와 “플랜트 안전 R&D 협의회”를 구성하여 매년 상호 연구내용에 대해서 협력방안 등을 협의

  - 특히 플랜트 위험도평가 부문의 연구사업은 재난(화재/폭발, 지진) 발생 시 설비의 위험도를 토대로 주변 시설물의 안전설계 정도를 고려해야 하므로 다부처가 참여하는 연구사업으로 추진할 필요가 있음

- ㅇ (개선안②) 산, 학, 연을 대상으로 한 공청회를 주기적으로 개최하여 플랜트 안전기술 개발 대상에 대한 범위를 명확히 구분하고 이에 대한 공감대를 형성할 수 있도록 유도할 필요가 있음

〈표 5.1.10〉 플랜트 안전 관련 정부부처별 소관 법

부처	법	규칙/고시
국토교통부	• 건축법	• 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙
	• 기계설비법	
	• 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법	• 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행규칙
산업통상자원부	• 고압가스 안전관리법	• 고압가스 안전관리법 시행규칙
	• 액화석유가스의 안전관리 및 사업법	• 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙
	• 도시가스사업법	• 도시가스사업법 시행규칙
행정안전부	• 소방기본법	• 소방기본법 시행규칙
	• 재난 및 안전관리 기본법	• 재난 및 안전관리 기본법 시행규칙
소방청	• 화재예방, 소방시설 설치, 유지 및 안전관리에 관한 법률	• 화재예방, 소방시설 설치, 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행규칙
	• 소방시설공사업법	• 소방시설공사업법 시행규칙
	• 위험물안전관리법	• 위험물안전관리법 시행규칙
고용노동부	• 산업안전보건법	• 산업안전보건법 시행규칙
환경부	• 화학물질관리법	• 화학물질관리법 시행규칙
	• 대기환경보전법	• 대기환경보전법 시행규칙
	• 잔류성오염물질 관리법	• 잔류성오염물질 관리법 시행규칙

(3) 평가결과

□ **법적·제도적 위험요인 평가는 근거법령의 적절성, 타 법령과의 충돌 가능성 등을 평가**

□ **검토 결과, 법적·제도적 위험요인 평가 결과 위험요인은 일부 존재하는 것으로 판단**

○ 플랜트 안전과 관련된 타 부처와의 이해를 구하지 않은 상태에서 국토교통부 사업의 범위 내에서만 추진할 경우 법적 제도적인 충돌 가능성은 일부 존재할 것으로 판단

〈표 5.1.11〉 법적·제도적 위험요인 평가

법·제도적 위험요인	없음	일부위험	위험
사업추진 근거법령의 적절성	✓		
타 법령과의 충돌 가능성		✓	
연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성		✓	

4. 사업수행 위험요인 및 대응방안

가. 사업수행 위험요인

□ 플랜트 안전과 관련한 불명확한 부처별 역할

○ 플랜트는 안전성 확보와 관련하여 설계, 시공, 운영과정에서의 다양한 정부부처 소관의 법규를 준수하도록 하고 있음

- 플랜트에 대한 부처별 자의적 해석에 따라 중복규제가 발생하여 비효율적인 과다 안전 설계가 될 수 있으며, 부처간 책임소재 회피에 따른 사각지대가 발생하여 안전성 확보에 문제가 발생될 수 있음

- 본 사업인 "플랜트 안전 통합관리 패키지 구축"은 안전기술 개발 대상을 플랜트 시설물(구획/공간)을 중심으로 하고 있으므로 시설물이 계획/설계 → 시공 → 준공될 때 까지를 국토교통부의 범위로 설정. 운영과정에서의 안전사고는 본 사업의 목적과는 다소 거리가 있으므로 준공 이후는 본 사업의 범위에서 배제



[그림 5.1.2] 동 사업에서 국토교통부의 업역

○ 각각의 개발된 기술 간의 연계 및 개발된 기술의 활용도를 높여 사회적, 경제적 이슈 해결이 가능토록 하는 것이 필요

- 플랜트 안전 관련 기술개발의 연계 및 활용을 위해서는 관리주체 간 협의와 협력이 중요하며, 관리주체 간 이해관계 충돌을 완화하기 위해 산·학·연 등 다양한 부문 간의 협력적 네트워크 구축과 관계기관의 협의체 구성 등의 방안 검토

나. 대응방안

□ 타부처 협의방안

o 플랜트 안전 관련 연구개발은 국토교통부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 행정안전부, 고용노동부, 환경부, 소방청 등의 여러 부처에서 연구개발이 진행 중인 과제로 이에 대한 연구를 연계 및 활용하기 위해서는 가장 밀접한 관련이 있는 부처에서 전담하고 주요 융복합 관련 기술은 타부처와 협력하여 추진 필요

제2절 기술적 타당성 분석

1. 기술개발계획의 적절성

가. 기술개발목표의 적절성

□ **본 사업의 목표**

ㅇ 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발을 목표로 설정

ㅇ 본 사업을 통해 외부 환경에서 발생되는 문제점들을 해결하는 목적을 내포

- **(기술 부문)** 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비 단위)의 안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 단위의 안전설계 기술은 미흡 → 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도 평가 기반 전주기 안전기술 개발
- **(제도 부문 - 시험/평가/인증 부문)** 개별 구성요소(플랜트 설비 단위)에 대한 안전성능의 시험/인증은 시행되고 있으나, 구획/공간 관점에서의 플랜트 시설물에 대한 안전성능 시험/인증 체계는 부재 → 구획/공간 관점의 성능위주 안전설계의 적합 평가를 위한 인증기반 구축
- **(제도 부문)** 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 / 구획/공간단위 위험도평가 결과에 따른 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 안전설계에 대한 법/제도의 부재 → 따라서, 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 관련 법/제도 선진화

ㅇ 따라서, 사업 목적을 달성하기 위해 성과물로 인한 목표는 제도, 기술, 시험인증평가부문을 아우르는 '플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발'을 통한 목표를 수립

나. 사업추진전략의 적절성

□ **정책, 경제, 사회, 기술적 측면에서 국내 R&D약량을 고려하여 대내외 환경 분석을 통한 촉진요인과 저해요인을 분석하여 R&D 사업 추진을 위한 전략 수립**

ㅇ 소관부처인 국토교통부 및 관리기관의 의견 수렴

- **제도 개선과 기술개발 성과물이 실용화로 연계될 수 있도록 정부의 의견을 적극 수렴하여**

단계별 기술개발 전략 수립

ㅇ 개발기술의 완성도 제고를 위한 관련 전문가 및 유관기관 활용

- **연구의 진행 경과, 세부 목표, 추진 방향성 등 연구의 완성도를 위하여 관련 전문가를 활용하며, 유관기관과의 체계적인 검증 단계를 강화**

ㅇ 플랜트 안전 기술 및 시험인증 주도기관과 국제교류 및 협력을 중점 추진

- 플랜트 안전기술이 미흡한 우리의 여건에서 현지 네트워크를 활용한 정보 및 데이터의 확보, 기술교류는 기술개발 및 사업 추진의 리스크를 대폭 삭감 가능
- 핵심기술의 효율적 개발과 현지 실증을 지원하기 위한 국제공동연구, 실증지원체계를 구축하여 중점 추진

ㅇ 사업 특성을 고려한 효율적인 사업관리 및 개발성과의 확산체계 구축

- 동 사업은 중장기 산업기술개발사업으로 연구개발사업의 성공적인 추진 및 상용화·실용화 등 현장적용 확대를 위한 민간의 협력이 필수적
- 연구개발 성과물의 실용화 및 현장적용 강화를 위한 실용화 단계별 세부적인 지원방안 수립

2. 중복성 및 연계방안 검토

□ **과학기술적 타당성 분석을 위해 과학기술개발 계획의 적절성, 과학기술개발 성공가능성, 기존 사업 및 과제와의 중복성에 대한 검토를 실시함**

- ㅇ 본 사업의 세부기술 분야 및 세부과제 도출 시, 국토교통부와 산업통상자원부 소관의 연구사업을 대상으로 유사·중복성을 사전에 검증함
- ㅇ 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 활용하여 유사키워드 검색으로 재해재난 대비 플랜트 안전 분야를 도출함으로써 `02~`18년 종료/수행 중인 유사과제 도출
- ㅇ NTIS를 활용한 기존과제(`02~`18년)와의 연구과제명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 키워드를 통해 자료를 비교하였음

가. 사업부문

□ **본 사업의 세부기술 분야 및 세부과제 도출 시, 국토교통부와 산업통상자원부 소관의 연구사업을 대상으로 유사·중복성 및 차별성을 사전 검증 실시**

(1) 플랜트 연구사업

□ **(국토교통부) 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술 개발을 통해 국내적용은 물론 해외플랜트 수주 경쟁력 증대**

- ㅇ 가스·비전통 자원화 기술
  - 세계시장 주도권 확보를 위한 가스·오일·비전통 에너지원의 자원화 플랜트 설계·시공 기술 개발
- ㅇ 자원 이송 및 순환 기술
  - 도시 자원 (에너지, 물 등) 공급·처리·자원순환 플랜트 등에 관한 기술 개발
- ㅇ 플랜트건설 지원 인프라 기술
  - 플랜트 엔지니어링 생산성 개선을 위한 원격시공, 사업관리 등 기술개발 및 해외 진출을 위한 실증 인프라 구축

□ **주요 추진내용**

ㅇ 비전통에너지 수요 대응 모듈화 및 수력 플랜트, 극한지 자원 개발을 위한 건설기술 등 복합플랜트 시공 및 엔지니어링 기술개발 지원

ㅇ 도시 내 폐기물, 에너지 문제해결을 위한 도시자원 순환형 복합플랜트 기술개발

ㅇ 플랜트건설 생애주기업무 최적화를 위한 협업 지원기술과 햅틱 및 가상현실기법을 적용한 안전훈련 시스템 기술개발 지원

□ **(환경부) 해수담수화 등 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증 기술 개발을 통해 국내적용은 물론 해외플랜트 수주 경쟁력 증대**

ㅇ (사업내용) 차세대 담수화 기술 및 중동시장 맞춤형 가술 투자 강화와 대체수자원 확보를 위한 해상이동형 담수화 플랜트 개발, 막증발 공정 파일럿 플랜트 개발 등 플랜트 서비스 기술 개발

〈표 5.2.1〉 플랜트연구사업 개발과의 비교

구분	플랜트연구사업	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업
사업기간	'07 ~ '20	'21 ~'25
사업비	2,826억원(10년간)	223억원(5년간)
사업목표	플랜트 건설사업의 전주기 핵심기술의 실증개발을 통하여 국가적 현안 해소 및 신사업 창출과 해외 수주 경쟁력 증대	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축
유사중복성 및 차별성	유사 중복성	차별성
	• 국내 관련 시장의 활성화 및 해외플랜트 수주 경쟁력 확보를 위한 목적은 유사	• 플랜트 생산성 향상 부문의 기술개발이 아닌 재난에 대응하는 안전기술을 타겟으로 하고 있으므로 플랜트 연구사업과는 차별성을 가짐 • 특히, 설비단위 안전기술만이 아닌 설비 포함 시설물 단위의 안전기술 개발로서 그 차별성을 가짐
연계방안	• 플랜트연구사업의 선행성과 및 사업수행 노하우를 사전에 분석하여 플랜트 안전설계 및 유지관리기술 개발 부문으로 연계하여 활용이 가능할 것으로 분석됨	

(2) 건설기술연구사업

□ **(국토교통부) SOC 시설물의 전주기(설계, 시공, 유지관리 및 해체 등)에 대한 안전성, 고부가가치화, 첨단화 및 글로벌 선도를 위한 핵심요소기술 개발**

ㅇ 설계 엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술

- 고부가가치 설계엔지니어링 기술경쟁력 제고 및 해외시장 진출 지원을 위한 핵심기술 개발

ㅇ 건설재료 개발 및 활용 기술

- 신시장 창출을 위한 환경부하 저감 및 고성능·다기능 건설재료분야 원천기술 개발

ㅇ 시공자동화/효율화 및 특수구조물 구축 기술

- 건설생산성 제고를 위한 첨단기술 융합형 시공 프로세스 혁신 및 특수구조물 자립건설 기술개발

ㅇ 재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전기술

- 재난·재해로 인한 SOC 시설물 피해 사전예방·응급복구 및 성능중심의 선제적유지관리 기술개발

□ **주요 추진내용**

ㅇ 건설산업 해외시장 진출 지원을 위한 설계엔지니어링 기술, 고성능·다기능 건설재료 원천기술, SOC시설물 안전성 강화와 선제적 유지관리 기술 개발 집중 지원

ㅇ 고부가 메가스트럭처(교량·터널 등) 건설 및 고효율 시공을 위한 핵심기술 개발 지속 지원

〈표 5.2.2〉 건설기술연구사업과의 비교

구분	건설기술연구사업과의 비교	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업
사업기간	'07 ~ 계속	'21 ~'25
사업비	5,481.57억원(10년)	223억원(5년간)
사업목표	SOC 시설물의 전주기(설계, 시공, 유지관리 및 해체 등)에 대한 안전성, 고부가가치화, 첨단화 및 글로벌 선도를 위한 핵심요소기술 개발	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축
유사중복성 및 차별성	유사 중복성	차별성
	• 고부가가치 선도적 기술개발을 통한 해외시장 진출 취지는 유사 • 재난·재해 대비 안전기술 개발 목적은 유사 • 설계, 시공, 유지관리로 이어지는 전주기 단계의 기술개발 관점은 유사	• 대상이 플랜트(산업시설물)로서 건축/시설물을 대상으로 하는 건설기술연구사업과는 차별성을 가짐 • 본 사업은 안전기술 개발을 전문으로 하고 있으므로 플랜트연구사업과는 차별성을 가짐
연계방안	• 건설기술연구사업의 선행성과 및 사업수행 노하우를 사전에 분석하여 플랜트 안전설계 및 유지관리기술 개발 부문으로 연계하여 활용이 가능할 것으로 분석됨 • 특히, 플랜트 내 건축/시설물에 대한 안전기술을 개발하는데, 건설기술연구사업의 기술성과 등을 연계할 수 있을 것으로 분석됨	

(3) 플랜트엔지니어링 핵심기술개발사업

□ **(원천공정 기술 및 엔지니어링 기술개발) 미래시장성이 높은 해양, 에너지 환경 분야 등을 중심으로 우리나라의 미래 주력 플랜트 원천기술 개발 지원**

- ㅇ (플랜트 원천공정) 무방류 지향 하이브리드 담수화 공정기술
- ㅇ (엔지니어링) 석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술개발, 셰일가스전 발생폐수 및 생산수 처리시스템 엔지니어링 기술개발, 10kW급 연료전지

□ **(플랜트 기자재 개발) 기술과 시장이 성숙하여 수요가 많으나, 수입에 의존하고 있는 플랜트 핵심기자재 개발 지원**

- ㅇ (플랜트 기자재) 10만 배럴급 FPSO용 Turet System 설계기술 개발, 심해 드릴링 장비의 Bulk 및 LP Mud Handling 시스템 기술개발

〈표 5.2.3〉 플랜트엔지니어링 핵심기술개발사업과 비교

구분	플랜트엔지니어링 핵심기술개발사업	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축 사업
사업기간	'11 ~ 계속	'21 ~'25
사업비	394억원(4년간)	223억원(5년간)
사업목표	미래시장성이 높은 해양, 에너지 환경 분야 등을 중심으로 우리나라의 미래 주력 플랜트 원천기술 개발 지원	플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지 구축
유사중복성 및 차별성	유사 중복성	차별성
	• 고부가가치 선도적 기술개발을 통한 해외시장 진출 취지는 유사	• 본 사업은 안전기술 개발을 전문으로 하고 있으므로 플랜트 연구사업과는 차별성을 가짐 • 플랜트 설비단위 안전기술만이 아닌 설비 포함 시설물 단위의 안전기술 개발로서 그 차별성을 가짐
연계방안	플랜트엔지니어링 핵심기술개발사업의 선행성과 및 사업수행 노하우를 사전에 분석하여 플랜트 안전 설계 및 유지관리기술 개발 부문으로 연계하여 활용이 가능할 것으로 분석됨	

□ **(사업 부문) 본 사업의 세부기술 분야 및 세부과제 도출 시, 국토교통부와 산업통상자원부 소관의 연구사업을 대상으로 유사·중복성을 사전에 검증함**

- ㅇ (국토교통부)'플랜트연구사업'과 '건설기술연구사업'은 건설현장에 적용되는 토공, 지상 플랜트, 시공장비, 현장운용 등에 관한 계획설계(system configuration 등), 시스템 설계, 유틸리티, 시공, 조달, 운영 등에 관한 기술 개발이므로 본 기획과제의 방향과 차이가 있음
  - 추진 사업은 플랜트 안전기술 연구개발(R&D)을 통하여 계획·설계, 건설·시공, 유지·관리 등의 첨단기술 개발하고 실용화 연계를 위한 기술실증을 통하여 미래성장동력을 창출하는 데 목적을 두고 있다는 점에서 기존 사업들과 차별성 존재

ㅇ (국토교통부 플랜트연구사업의 정의) 현장에서 건설·운영되는 플랜트시설의 기획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지, 사업관리 기술의 실증연구 개발을 통하여 국가적 현안을 해소하고 신사업 창출과 해외수주경쟁력을 증대하기 위한 연구개발사업

- 해외 수주형 플랜트건설사업을 육성하기 위한 연구사업으로 건설생애주기 가치사슬(계획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지관리 등)을 현장에 구현하는 기술개발 및 실증 연구를 수행

ㅇ (국토교통부 플랜트연구사업의 범위) 플랜트건설사업의 계획·사업관리, FEED, 기자재·부품 조달, 현장 시공·시운전, 운영·유지관리 등의 건설생애주기 전반에 관한 기술 개발

- 플랜트연구사업의 범위는 단순히 기자재/공정장치를 개발하는 데 있기 보다는 현장 요구사항을 고려하여 유틸리티 및 인프라를 포함한 전체 시스템 SOS(System of Systems): 기자재, 부품, 공정장치 등을 유기적으로 구성한 설비들을 현장요구에 적합하게 각종 유틸리티 및 인프라와 결합하여 전체 플랜트 시스템의 목표성능을 구현

ㅇ (산업통상자원부)'플랜트엔지니어링핵심기술개발사업'은 원천공정 및 엔지니어링 기술, 시스템 설계, 유틸리티, 운영 등에 관한 기술 개발은 유사

- 추진 사업은 플랜트 안전기술 개발뿐만 아니라 실용화 연계를 위한 기술실증을 통하여 미래성장동력을 창출한다는 점에서 차별성을 가짐

□ 정부는 플랜트산업을 새로운 수출동력산업으로 육성하고 플랜트 수주 및 연관 전후방산업 활성화를 위해 중장기 플랜트 지원계획을 수립하고 기술개발을 위한 R&D사업을 지속해서 추진 중

□ 플랜트연구개발과 관련된 정부 지원 R&D과제수준(2011~2017년)을 검색해보면 그 규모 자체는 2011년 50억 원 규모였으나 2014년에는 30억 원 수준으로 감소한 이후에 증가 추세에 있는 것으로 파악됨

ㅇ 플랜트와 관련한 사업 및 과제를 검색하기 위해 기술분야별 키워드를 도출하여, 최근 2011년부터 2017년까지의 기간을 기준으로 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해 사업을 검색함

ㅇ 플랜트분야 R&D 지원 부처로는 알려진 바와 같이 국토교통부와 산업통상자원부가 주된 역할을 담당하고 있음

ㅇ 연구참여 주체로서는 대기업 이외에 출연연, 대학교, 중견·중소기업 등 다양한 주체가 참여하는 것을 확인할 수 있음

- 국토교통부와 산업통상자원부 모두 대기업의 비율이 높지만 연도별로 감소하고 있으며 산업부의 경우 중소기업과 대학의 활발한 참여가 이루어지고 있음을 알 수 있음

ㅇ 연구개발단계 기준으로는 시스템 엔지니어링 성격을 지니는 플랜트분야의 특성상 개발연구의 비율이 전체의 70%가 넘어 매우 높음. 단, 국토교통부의 경우 개발연구의 비율이 증가하고 있는 반면 산업통상자원부의 경우에는 개발연구의 비율이 줄어들고 있어 부처별 지원하는 연구개발 성격의 차별화가 진행 중인 것으로 해석할 수 있음

ㅇ 국토교통부와 산업통상자원부의 대표사업인 두 사업 모두 대기업 지원비중이 높아 대기업 비중을 축소하는 정부 정책기조에 의해 최근 3년간 연구개발 규모가 감소하였으나 최근 중소기업 지원이나 대학을 통한 원천기술개발 투자를 늘려가고 있음

ㅇ 수행과제 비용규모 측면에서 비교해보면 국토교통부 플랜트연구사업의 과제는 평균 18억 930만원이며, 산업통상자원부 플랜트엔지니어링핵심기술개발 사업의 과제는 평균 6억 730만원으로 t-test를 적용하면 규모 차이가 통계적으로 유의미함을 알 수 있음

- 이는 제반 사업이나 과제 구성 시에 다양한 요소기술과 시스템 기술이 결합되어 구성되나, 부처의 전략적인 투자정책에 있어서 국토교통부는 시스템 및 실증기술 개발에, 산업통상자원부는 부품소재나 단위공정기술 개발에 비중을 두고 있는 것으로 볼 수 있음

□ 플랜트 관련 정부R&D사업

ㅇ 국토교통부는 LNG 플랜트 및 해수담수화(역삼투압 방식) 플랜트분야의 사업을 진행하고 있으며 친환경 에너지 플랜트 분야의 사업을 계획하고 있고, 산업통상자원부에서는 최근 친환경 에너지 플랜트 부분을 중심으로 사업들을 추진하고 있음

ㅇ 국토교통부가 주관하고 있는 '플랜트연구사업'은 2007년부터 "플랜트기술고도화사업"으로 출범하여, 현지에서 요구되는 핵심공정 개발, 기본설계 및 실증을 통해 국내적용은 물론 해외 플랜트 수주 경쟁력 증대를 목적으로 하고 있음

- 주요 추진분야로 신 공정 플랜트 분야, 자원화 플랜트 분야, 플랜트 엔지니어링 분야가 있는데 신 공정 플랜트 분야로는 LNG-FPSO에 대한 기술개발, 자원화 플랜트 분야로는 비전통 에너지 개발기술인 오일생산 플랜트 모듈화 기술 그리고 플랜트 엔지니어링 분야는 제품수명주기관리(Production Life-cycle Management, PLM) 기반 모듈화 설계기술을 포함

ㅇ 국토교통부 플랜트연구사업에서 플랜트 시설물 안전 기술개발에 대한 투자가 미미함

ㅇ 산업통상자원부의 '플랜트 엔지니어링 원천기술 개발사업'은 2001년부터 Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업(2009)과 엔지니어링 기술 진흥사업(2010)을 통합하여 추진되고 있는 사업인데 동 사업은 플랜트 및 엔지니어링 분야의 핵심·원천기술 및 기자재 개발을 통한 기술 경쟁력 강화 및 주력산업의 국제 경쟁력 기반 확보를 목적으로 추진되고 있음

- 산업핵심기술개발사업 내에 시스템산업으로 분류하여, 플랜트 또는 엔지니어링분야로

과제공모가 진행되고 있으며, 산업기계류나 운전 및 유지관리 지원도구 개발을 지원하고 있음

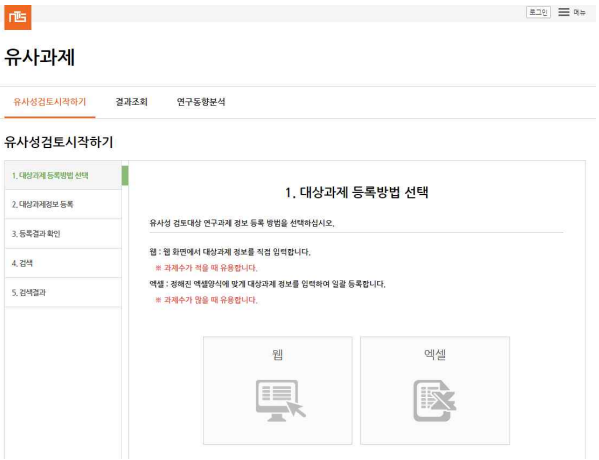
ㅇ 산업통상자원부의 '미래산업 선도기술 개발사업'은 미래 우리나라의 성장동력으로 새로운 산업을 창출하고, 산업적 파급효과가 큰 핵심기술을 개발하고자 2012년부터 추진된 총 사업비 7,30억원 규모로, 해양플랜트분야에 집중하고 있는 대형 신규사업임

- 주요내용은 지능형 심해 Oil & Gas 플랜트 엔지니어링, 해저 생산·처리 시스템, 친환경 부유식 해상설비(Topside) 시스템, 심해 Oil & Gas 플랜트 설치기술 등임

나. 과제부문

□ **유사과제 검색(기준유사도(등록과제 대비 동일키워드 비중 점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시되도록 하는 기준)를 60이상, 기준년도를 2002년부터 2019년까지로 해서 검색 / NTIS 유사과제 검색을 위해 5개 중점분야, 15개의 구성기술에 대한 연구과제명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 한글키워드, 영문키워드 검색 수행)**

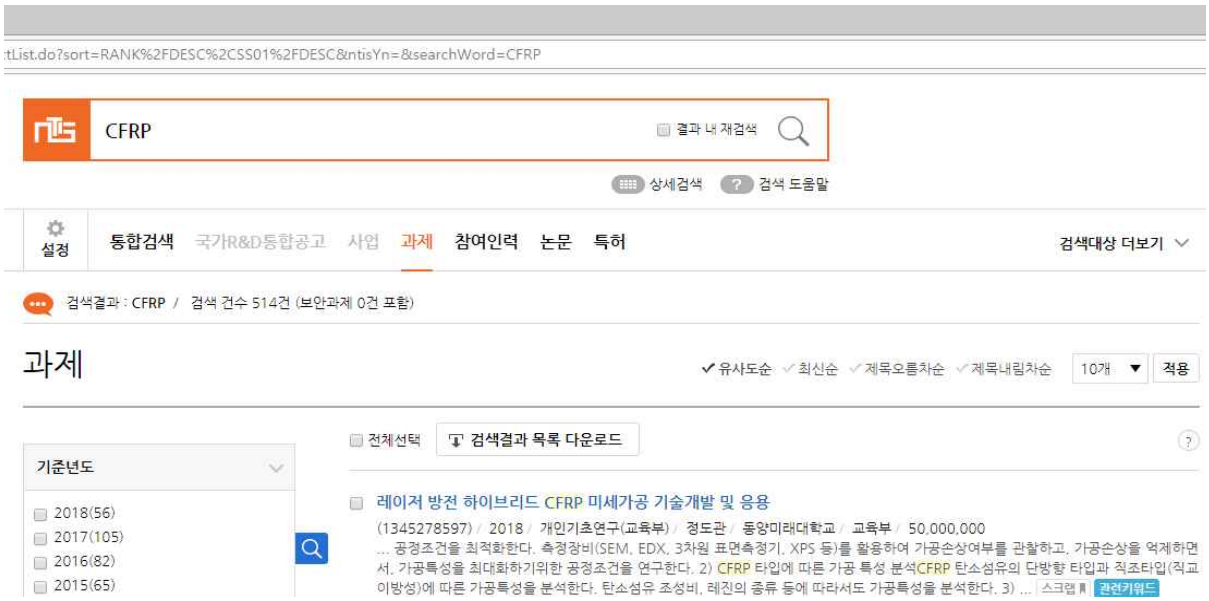
○ NTIS 유사과제 검색을 위해 5개 중점분야, 15개의 구성기술에 대한 연구과제명, 연구목표, 연구내용, 기대효과, 한글키워드, 영문키워드 검색 수행



NTIS 유사과제 검색



NTIS 대상과제 등록



[그림 5.2.1] NTIS 키워드 검색

ㅇ 키워드 : 플랜트(총 사업 51건, 총 과제 9,242건)

- (과제) 대부분 생산성능 향상을 위한 기술개발에 치우쳐 있음, 안전만을 중심으로 연구된 과제는 없음

ㅇ 키워드 : 플랜트, 안전(총 과제 2,137건)

- 실시간 대응을 위한 모니터링, 액티브 안전기술로 치우쳐 있음(기계설비 관점)
- 운영단계에서의 안전기술과 대응단계의 플랜트 안전훈련, 대피 기술 등에 치우쳐 있음
- 플랜트 설비의 고장율 및 사고율에 따른 시뮬레이션용 안전설계 기술 개발에 치우쳐 있음
- 국토교통부 관점의 재난대비 플랜트 시설물(구획/공간 관점)의 안전설계 기술개발은 거의 없음

ㅇ 키워드 : 플랜트, 안전, 화재, 폭발, 누출

- (과제) 204건 : 플랜트 화재사고 대응을 위한 기술개발에 치우쳐 있음, 유닛 단위(설비 단위)의 화재안전성 평가 시험 연구가 대부분
- (유사과제①) 화학공정 안전관리에서 3D 시뮬레이션을 통한 새로운 영향성평가 방법의 제시와 그를 포함한 정량적 위험성 평가를 통해 안전을 고려하고 수학적 알고리즘을 이용한 플랜트 배치의 최적화 연구
- (유사과제②) 해양플랜트 및 선박 유류화재 대응 3시간 내화성능 및 20년급 고내구성을 보유한 mesh-free 내화도료 개발
- (유사과제③) 원자력발전소 플랜트 외곽 RC 구조물의 극한하중에 따른 PSA 및 개선방안 제시
- (유사과제④) 도시 안전을 위한 폭발/누출입체적 감시를 통한 통합방재시스템 구축 : 가스 관련 시설물의 위험요인을 분석하고, 폭발 위험 해석 및 평가 알고리즘을 구축하여 이를 토대로 가스 누출, 폭발에 대한 위험완화/사고 대응기술, 폭발/누출 안전 DB 구축, 관련 S/W (Prototype) 개발, IT 기반 양방향 상황관리 시스템 설계를 1단계 연구에서 수행

ㅇ 키워드 : 플랜트, 안전, 지진

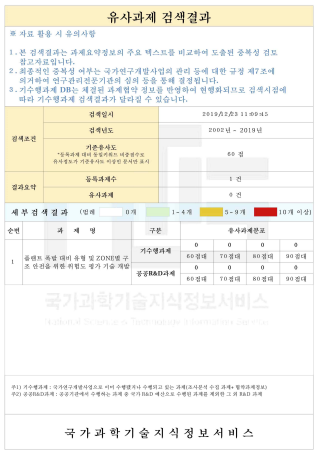
- (과제) 60건 : 지진의 경우, 공간구획 관점의 안전설계보다는 개별설비 위주의 안전설계가 주를 이루고 있으며, 플랜트 등 산업시설물을 대상으로 하여 내진설계 기술을 개발하고자 하는 연구는 전무

〈표 5.2.4〉 유사과제와의 차별성

구분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	주요 연구내용	선행과제와의 차별성
1	플랜트기자재 인증기반 구축 연구(2014)	정경수	플랜트기자재 인증기반 구축을 위한 정책방안 수립	- 플랜트기자재 현황 및 수요조사 - 플랜트기자재 인증 프로세스 연구	- 기자재뿐만 아니라 플랜트 엔지니어링 고도화를 위한 체계적 안전인증 기반 구축을 위한 기준 및 프로세스 개발을 목표로 함.
2	해양플랜트 산업지원센터 구축 및 운영 (2014-2016)	김종섭	해양플랜트 산업의 국제 경쟁력 제고 및 지속가능한 성장을 위한 종합적인 산업근접지원체계 구축 및 핵심역량(기술, 인력 및 인프라) 조기 확보	- 해양플랜트 기자재 인증체제 연구 - 해양플랜트 기자재 시험평가를 위한 표준화체계 연구 - 산/학/연 연계/협력 및 정보시스템 체계 연구 - 전문인력 교육훈련체제 연구	- 특정분야에 국한되지 않고 다양한 분야의 플랜트 엔지니어링 사업기술기준을 통합해 체계적인 안전 인증체계 및 시험인증 기반을 구축하는 한편, 핵심 플랜트 기자재에 대한 R&D사업 및 FEED 부문 역량강화 방안 모색을 통해 국내 플랜트 엔지니어링의 전반적 기술수준 향상방안 마련.
	PMC-FEED 고도화를 위한 전주기 엔지니어링 정보 통합관리 시스템 개발 (2010-2015)	조용주	플랜트 구축하 전 환경과 제조 공정을 고려하여 미리 타당성 및 적합성을 사전 분석할 수 있도록 PMC-FEED 고도화를 위한 엔지니어링 정보 관리/연계 가능한 엔지니어링 정보 통합관리 시스템' 개발	- PMC-FEED 고도화를 위한 엔지니어링 정보 통합관리 시스템 개발 - 개발 시스템 운용 효율화를 위한 운용 시스템 및 연계기술 개발 - 엔지니어링 시범사업 적용을 통한 개발 시스템 보급 확산 전략 수립	- PMC-FEED 고도화의 측면에서는 유사하나 통합정보관리 시스템 개발이 주 목적이 아니라, 플랜트 안전인증체계 구축, 시험인증 기반 구축 등 플랜트 엔지니어링 사업의 전반적 인증시스템 구축이 주목적임.
3	해양플랜트 고급기술 연구기반구축 사업 (2017-2018)	유한성	플랜트 기술서비스 연구 기반 구축, 연계확산 기반 구축	- 엔지니어링 허브 구축 - 해외 선도기업과 기술 제휴 및 엔지니어 유치 방안 - 개방형 전산플랫폼 구축 - 핵심기술개발 - 엔지니어링 단계별 국산 기자재 적용 - 시험/평가/인증 연계협력 네트워크 지원	- 해양플랜트를 포함하는 전반적 플랜트 엔지니어링 시스템에 대한 통합 시험/인증 시스템 구축이 목표로서 한층 더 구체화적이고 실용적인 실행방안을 도출하고자 함.
4	해양플랜트 폭발/화재시험 기술개발 기반구축사업 (2011-2016)	백점기	해양플랜트 폭발화재 구조파괴 시험평가/ R&D/인증 인프라 구축	- 플랜트를 대상으로 폭발 및 화재사고에 대한 연구 - 해양 플랜트 폭발화재 위험 대비용 시험 기술개발을 목적으로 하는 기반구축 사업 - 해양플랜트의 폭발 및 화재시험시 시험조건 등에 대한 고려사항	- 기존 과제의 플랜트 폭발 및 화재에 대한 시험기준 분석을 연계하여 고려할 예정 - 제안 과제는 고위험 플랜트 시설물을 대상으로 화재위험 인자를 분석, 분류하고 각각의 화재특성을 도출하는 연구이므로 차별화 가능함 - 기존 과제의 기반시설(폭발충격시험, 화재시험 등) 구축과정 중 위험도 평가관리와 시험조건에 대해서는 제안과제기술개발을 바탕으로 본 과제에 연계가능
5	화재위험도 평가 및 보수·보강 기술 개발 (2015-2020)	최두찬	재실자 특성별 화재 안전성에 대한 신뢰도를 뒷받침할 수 있는 평가 방법 및 적용기준에 대하여 정량적 및 객관적으로 판단이 가능한 평가 프로그램(모바일 어플리케이션) 개발	- 화재위험도 평가 - 기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험도 평가 - 국내·외 화재위험도 평가 기법 분석 내용	- 기존 과제는 기존 건축물을 화재위험도 평가의 주대상으로 하고 있으나, 제안과제의 경우 고위험의 플랜트 시설물을 대상으로 하고 있음. 따라서 화재위험평가를 위한 연구목적에 있어서는 유사하지만 연구대상이 상이함. - 기존 건축물을 대상으로 하고 있기 때문에 주로 인명안전 예방을 위한 재실자 특성에 근거한 화재위험도를 평가하고 있음. - 제안과제는 고위험 플랜트를 대상으로 하고 있으므로 위험요소에 따른 화재특성에 있어 큰 차이가 있음
6	대형 기계설비 안전기술개발 사업 (2012-2014)	허영철	대형 플랜트의 전주기 공정(설계, 시공, 운영, 유지보수) 에서 발생 가능한 손실 최소화 기술 개발	- 플랜트를 대상으로 위험도의 정량화 방법 정립 - LNG가스 누출로 인한 사고의 탐지, 감시 및 대응훈련에 대한 연구를 중점으로 진행함 - 플랜트 산업의 안전설계 단계에서의 정량적 위험도 평가	- 해당 과제는 플랜트의 전주기 공정(설계, 시공, 운영, 유지보수)을 대상으로 한 기술개발 과제로써 화재위험평가를 위한 연구목적과 배경이 상이함 - 연구의 대상(플랜트)은 유사하나, 본 과제의 플랜트별 화재특성 위험인자 도출 및 분류 연구와는 상이함 - 본 과제의 화재안전성능 확보를 위한 화재특성 고려시 연계하여 활용할 계획



- 과제명 : 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 1건
- 의견 : 대부분 설비 중심의 화재안전기술 개발이 이루어진 반면, 시설물 중심의 화재안전기술 개발과 관련된 과제는 검색되지 않음



- 과제명 : 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 폭발에 대비한 구조물 중심의 방(내)폭 기술개발과 관련된 연구사례는 거의 드문 것으로 나타남



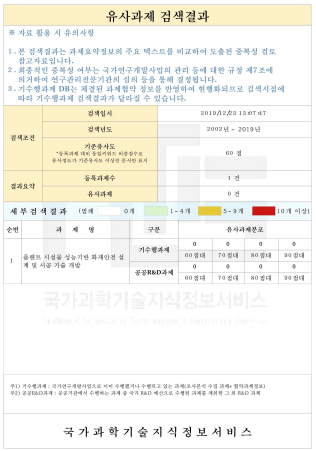
- 과제명 : 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조거동 해석 기술
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 폭압에 의한 구조거동은 플랜트 시설물의 붕괴를 방지하기 위한 목적의 기술로서 이와 관련한 유사 연구사례는 거의 없는 것으로 조사됨



- 과제명 : 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 설비단위의 안전기술을 연구한 과제가 대부분이었으며 구획/공간 또는 시설물 중심의 폭발위험장소 분류체계 설정은 새로운 관점의 안전기술임



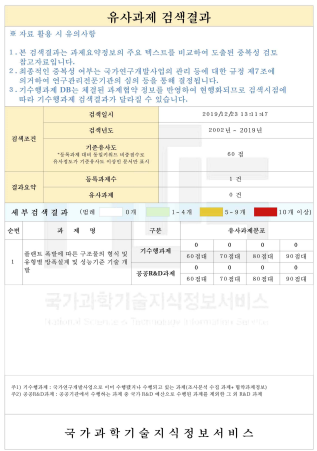
- 과제명 : 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 화재폭발 시 1차 피해를 예방하기 위해서는 방호벽을 세워 방호구획화를 형성하는 것임. 방호구획의 면적, 방호벽의 높이 등의 설치 기준 마련이 중요



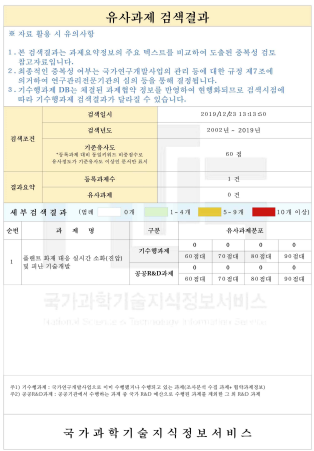
- 과제명 : 플랜트 시설물 화재안전 설계 및 시공 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 설비 단위의 화재안전기술은 각 주요 기업/나라마다의 고유 License가 있음. 그러나 시설물을 대상으로 하는 화재안전기술은 현재까지 연구과제가 수행된 사례가 없음



- 과제명 : 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진 설계 지침 및 구조시스템 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트를 대상으로 내진설계 목소리는 높으나 실질적인 과제수행이 이루어진 사례는 거의 없음



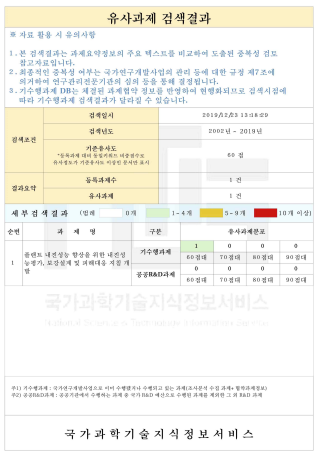
- 과제명 : 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭설계 및 성능기준 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 폭발에 대비한 구조물 중심의 방(내)폭 기술개발과 관련된 연구사례는 거의 드문 것으로 나타남



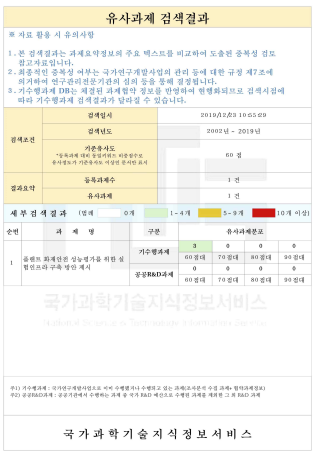
- 과제명 : 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트는 잠재적인 폭발로 이어질 가능성이 높으므로 화재를 즉시 감지하고 진압할 수 있는 시스템이 필요. 플랜트는 생산 위주의 시설로서 인명피해 저감과 관련된 안전 기술은 상대적으로 취약



- 과제명 : 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 시설물은 화재 이후

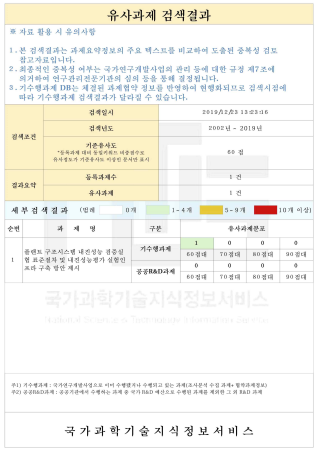


- 과제명 : 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가 보강설계 및 피해대응 지침 개발
- 중복성 검토결과 : 유사과제 1건
- 의견 : 플랜트를 대상으로 내진설계 목소리는 높으나 실질적인 과제수행이 이루어진 사례는 거의 없음. 특히, 기존 플랜트를 대상으로의 내진성능 보강은 최근 발생되는 울산, 포항 지진에 대응하기 위한 필연적인 과제



- 과제명 : 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시
- 중복성 검토결과 : 유사과제 1건
- 의견 : 플랜트 시설물의 화재안전 성능을 평가하기 위한 체계적인 절차 및 기준이 부족하므로 제도 및 기술의 연계를 바탕으로 한 안전성 증대를 위해 필수적인 과제임. 다만 설비에 대한 안전성 평가는 일부 존재하는 것으로 조사되나 시설물을 대상으로 하는 안전성 평가 플랫폼 관련 연구사례는 없음







- 과제명 : 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화
- 중복성 검토결과 : 유사과제 0건
- 의견 : 플랜트 주변으로 방호구획 형성 구조물의 내(방)폭 성능에 대한 검증 체계가 현재까지 존재하지 않음

- 과제명 : 플랜트 구조시스템 내진성능 검증 실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시
- 중복성 검토결과 : 유사과제 1건
- 의견 : 유사과제가 1건 존재하나 전반적으로 플랜트 내진성능 평가 시스템 구축과 관련해서는 부족한 실정

- 과제명 : 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축
- 중복성 검토결과 : 유사과제 1건
- 의견 : 플랜트 안전과 관련한 법/제도가 6개 부처 소관으로 분산되어 있으므로 합리적이고 체계적인 제도 적용을 위해서는 안전 관련 기술기준의 통합관리가 필요

[그림 5.2.2] 도출 세부과제(15개)의 중복성 검토 결과

다. 소결

□ **(국토교통부 VS 타 정부부처) 플랜트는 기본적으로 다양한 개별설비와 시스템의 결합으로 구성되므로 정부부처별 정책방향에 따라 연구개발 대상이 상이하게 나타남**

o 국토교통부의 플랜트 안전 연구사업의 범위는 단순히 기자재/공정장치의 안전기술을 개발하는 데 있기 보다는 인프라를 포함한 전체 시스템 즉, 플랜트 시설물에 대한 안전 연구개발에 중점 추진 필요

□ **(플랜트 안전 기술 VS 플랜트 생산성 향상 기술) 해외시장 진출을 견인하기 위한 생산성 향상 기술개발 위주의 연구사업이 주로 이루어진 반면 안전 부문에 대해서는 매우 미흡**

o “플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발”은 플랜트 생산성 향상과 관련된 기술개발이 아니라 재난에 대응하는 안전기술을 타겟으로 하고 있으므로 지금까지 각 정부부처가 주도적으로 수행하였던 연구사업과는 차별성을 가짐

□ **(플랜트 개별설비/시스템 안전기술 VS 플랜트 시설물 안전기술) 플랜트 안전과 관련하여 지금까지 추진된 부처별 연구사업을 분석한 결과, 플랜트 개별설비/시스템에 대한 기술개발이 주로 이루어져 왔음**

ㅇ 플랜트 안전기술은 개별설비/시스템 관점으로 많이 치우쳐 있으며, 시설물 즉, 구획/공간 관점에서의 안전기술 개발 부문은 전무함

□ **따라서 부처간 사업 및 과제 중복성 검토를 실시한 결과, 국토교통부가 추진하고자 하는 사업 방향과 범위에 중복되는 타 부처의 연구사업은 없는 것으로 분석되므로, 플랜트 시설물 안전성 확보를 위한 본 사업(플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발)의 방향 설정과 추진은 타당한 것으로 판단됨**

ㅇ 다양한 설비들을 포함하고 있는 플랜트 시설물의 안전성 확보와 관련된 국토교통부 주도의 연구사업 추진은 반드시 필요한 것으로 판단됨

3. 기술개발 계획의 적절성

가. 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 구체성

ㅇ “플랜트 안전 통합관리 패키지 구축” 사업의 총괄목표를 구체화하여 제시하였음

- 동 사업은 현재 플랜트 안전성 문제 해소 및 플랜트산업 활성화를 고려하여 플랜트 시설물의 안전설계 기반을 구축하는 사업으로 기술개발에 따른 수혜자는 국가와 국민이므로 연구개발 목적 및 타당성이 명확함
- 동 사업은 플랜트 시설물의 재난(화재/폭발, 누출) 최적 대응을 위한 구획/공간단위 위험도 평가 기반 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화에 대한 것으로, 아직까지 국내에서 구현된 바 없는 사업으로 안전성 확보 기술개발은 반드시 이루어져야하기에 성과목표로 반영함

ㅇ 연구 비전 설정의 구체성

- 본 연구의 비전은 “플랜트 시설물의 재난 대응 안전인증 기반 구축을 통한 국가 안전사회 구현 및 글로벌 경쟁력 강화”이며 국토교통 산업 중 최근 수소도시 이슈를 비롯해 도심지 내 플랜트 시설물 수요의 확대 추세에 따라 국민생활안전을 위한 잠재적 요인으로 부각되므로 가까운 미래에 국민 요구 및 사회문제 해결에 부합하는 목적으로 제시하였음

ㅇ 연구목표 설정의 구체성

- 본 연구의 총괄 목표는 “플랜트 시설물의 재난(화재/폭발, 지진) 최적 대응을 위한 위험도 평가 기반 전주기 안전기술 개발 및 관련 제도 고도화” 이며 연구개발을 통해 개발하고자 하는 목적물과 기술개발을 통해 실현 가능한 효과를 구체적으로 제시하였음

ㅇ 연구내용 설정의 구체성

- 5개 중점분야 구분에 따라 15개 핵심기술로 분류하였으며 핵심기술에 따른 연구내용은 본 연구사업의 총괄목표 및 성과목표 달성을 위해 필요한 내용들로 적절하게 반영되었음
- 각 핵심기술의 기술개발 필요성, 기술개발 목표, 기술개발 내용 및 성과, 기술개발에 따른 기대효과를 정리하여 나타내었으며 각 연구내용은 각 핵심기술 및 중점분야 그리고 성과목표와 총괄목표 달성을 위해 타당하게 구성되었음

나. 사업 추진 전략의 적절성

□ 사업추진전략의 구체성 및 도출근거

ㅇ 사업추진전략의 구체성

- 본 과제는 산, 학, 연 전문가로 구성된 기획위원회와 다양한 전문가 의견수렴을 통하여 기술의 정의 및 개발 기술의 적용 시나리오를 수립하였으며 이러한 과정을 통해 미래 사회 및 기술변화를 고려한 기술개발 시나리오를 수립함
- 또한 과제의 총괄목표 및 기술구성을 비롯하여 정책, 시장, 기술동향에 대한 조사와 함께 논문 및 특허분석 등 객관적이고 정량적인 자료를 바탕으로 PEST분석, SWOT 분석을 실시하였고 이를 통해 글로벌 주요 트렌드가 반영된 플랜트 안전 관련 기술이슈를 도출함
- SWOT분석을 통한 중점분야도출, 중점분야에 따른 핵심기술과 각 핵심기술에 필요성 구성기술을 도출하였음

ㅇ 사업추진체계의 적절성

- 추진체계 및 핵심기술에 따른 연구개발 내용 등 구성은 기획연구진과 기획 전문가자문위원회의 브레인스토밍을 통해 과제의 목적, 기준, 그룹핑 순으로 진행함
- 본 연구과제는 총 5년의 연구기간, 5개의 중점분야, 15개 핵심 세부기술 구성 및 223억원(정부출연금 기준) 규모의 전체 사업 특성을 고려할 때 소액사업 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨
- 선정된 5개 중점분야와 15개 핵심기술, 연구내용을 바탕으로 사업 추진을 위해 반영해야할 추진전략으로 단계별 추진전략, 수요처 확보 R&D 추진, 민간 참여 및 확산, 기술 경쟁력 확보 방안, 기존 연구 연계 활용 방안을 제시하였음

구분	추진방향	중점분야
활성화 전략	• 플랜트 시설물의 안전성 강화로 민원 해소 및 계획단계 도심공간 활용성 증가 • 기술 경쟁력, 선행 연구기술을 바탕으로 플랜트 안전 관련 기술 확대 • 수소도시 이슈 등 국가 정책에 따른 준비의 일환으로 선도형 연구 실시 • 플랜트 생산성 부문의 향상 기술과 안전 기술과의 융·복합을 통해 미래 성장 견인	플랜트 위험도평가 기술 개발 플랜트 설계/시공 안전기술 개발 플랜트 대응/유지관리 안전기술 개발 플랜트 안전 시험/평가/인증 플랫폼 구축 플랜트 안전 관련 제도 선진화
보완 전략	• 위험도와 파급효과 검토에 바탕한 중점추진기술 우선 투자 • 타 기술과의 융 · 복합을 통해 플랜트 안전 기술 관련 신시장 개척 및 새로운 비즈니스 모델 수립 • 해외 선진기업과 전략적 제휴를 통한 안전기술 공동개발 추진 • 플랜트 안전 신기술을 보유한 고급인력 및 스타트업기업 육성 • 기술수준을 고려하여 중장기적 관점의 예방-대비-대응-복구 전주기 기술개발	
차별화 전략	• 플랜트 안전 기술개발 및 자립화에 의한 해외 경쟁력 확보 • 세계적 수준의 선도 안전기술을 바탕으로 해외 선도기업과의 기술격차 최소화 • 유관부처, 수요기관 연계 강화 통한 수요발굴 및 현장적용 촉진 • 기술개발결과 적용 위한 제도개선 및 플랜트 안전기술 교육훈련 등 정책개발 병행	
약점극복 전략	• 국내 중소기업 등이 보유한 기술 접목을 통해 플랜트 안전 시스템 엔지니어링 기술 개발 • 선진기관 및 기관과 기술 및 인적 교류 확대 • 개발기술의 실증 강화 및 국내외 교류협력활동 강화 • 플랜트 안전 글로벌 표준, 국내 기준, 인증체계 구축에 적극 참여 • 유관 부처 기술 중복성·연계성 검토 통한 융·복합기술개발 지원 등 부처간 R&D 사업 연계 강화	

□ 플랜트 설비 및 시설물에 대한 안전달성을 위하여 플랜트 구획/공간 관점에서 플랜트 안전을 위한 〈법/제도-기술-시험/인증〉 시스템 구축 연구 추진 제안

ㅇ [기술] 위험도 기반 플랜트 시설물 전주기 안전기술 개발

- 공통 ① 위험도, 성능기반 안전설계 및 유지관리 / ② 도심지/비도심지 구분에 따른 플랜트 입지조건, 설계방식 결정 등

- 화재/폭발 대응 : 고위험물질의 종류, 취급용량, 사용환경(제조·저장·운반의 공정 요인 및 이격거리 등 포함) 등의 특성을 반영한 플랜트 시설물 안전기술 개발
- 지진 대응 : 플랜트 시설물(건축물, 건축물 외 구조물) 내진 안전기술

o [시험/평가/인증] 플랜트 시설물 안전 적합성 평가 시스템 구축을 위한 플랜트 안전 시험/평가/인증 플랫폼 마련

- 플랜트 안전설계 및 안전인증 국가기술지원 체계 구축 및 제도화

* 미국, 유럽 등 선진국의 플랜트 안전인증 체계 분석을 통한 벤치마킹 및 국내 적용성 검토(국내 플랜트 산업은 주로 미국, 유럽 등의 플랜트 관련 규정을 준수하여 개발 중에 있음. 따라서 선진국의 플랜트 안전코드 및 인증체계, 시험평가기술 등을 분석하여 국내 플랜트 안전 관련 법령 구축에 참고 또는 국내에 적용할 수 있는 방안을 검토)

* 정부 차원의 플랜트 안전설계 및 안전인증 체계 구축 및 제도화에 대한 로드맵 수립(플랜트 안전설계 및 안전인증 체계 구축 및 제도화에 대한 국가기술지원 측면에서 범정부 차원의 법령 및 체계 구축을 위한 로드맵 제시)

* 플랜트 유형별(가스, 석유화학, 발전, 제철 플랜트 등) 안전 인증 기술기준(PSS-Plant Safety Standards) 개발

* 플랜트 유형별 안전인증 분석자료 및 로드맵 등을 기반으로 법, 시행령, 시행규칙, 기술기준 등 제도화를 위한 기준 초안 개발

- 플랜트 안전 시험인증 기반 구축

* 안전인증 기술기준 제정안을 기반으로 플랜트 시설물의 안전 신뢰성 검증을 위한 시험방법을 개발

* (플랜트 전문 시험인증 조직 설립) 플랜트 재난 모사 및 대응을 위한 안전인증 기술기준에 따른 전문적인 시험인증기관 설립

* (플랜트 전문시험인증기관의 전문검사기관 인정 추진) 플랜트 안전 전문시험인증기관의 국내 KOLAS 인정을 추진하고 향후 플랜트 산업의 수출을 위해 국제적인 전문검사기관 인정 추진

* (플랜트 시험인증 전문인력 양성) 플랜트 시험인증 전문인력 양성을 위한 교육프로그램 개발 및 수행

o [법/제도] “플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계” 구축을 위한 제도적 기반

- 플랜트 시설물 안전 설계/관리에 대한 국가기준 마련
- 기계설비법 하위 플랜트 안전 기술기준 마련(개별설비 안전기준은 기존 각 부처 소관으로 존속하되, 시설물 안전기준은 국토교통부 기준을 따르도록 관계규정 통합/체계적 정비)

□ 사업 구성 및 예산(안)

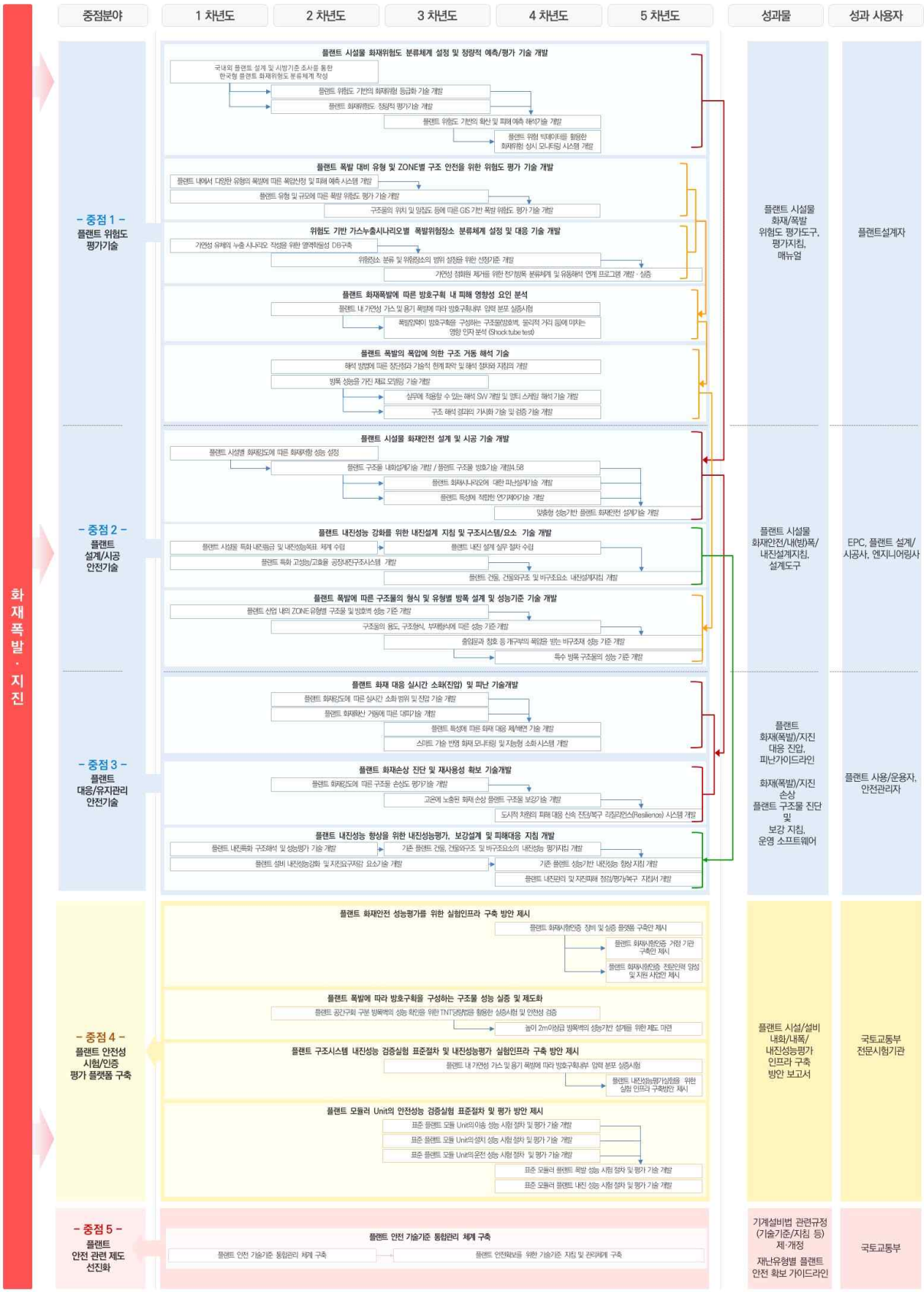
- ㅇ 사업명 : 플랜트산업 고도화를 위한 플랜트 안전 통합관리 패키지* 구축
- ㅇ 사업전략 : 플랜트 시설물의 재난 최적 대응을 위한 위험도평가 기반 전주기 안전기술 개발 구축
  - 플랜트 안전 통합관리 패키지 : 〈법/제도 ↔ (시험/평가/인증) ↔ 기술〉 국토교통부 소관 제도/기술/적합성평가의 통합관리 시스템
- ㅇ 사업기간(연구비) : '21~'25(5년)/298억원(정부 223억/민간 75억)

	중점추진분야	세부(신규)과제
기술 부문	1 플랜트 위험도 평가기술	10,212백만원
	2 플랜트 설계/시공 안전기술	10,105백만원
	3 플랜트 대응/유지관리 안전기술	7,025백만원
제도 부문	4 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼	1,908백만원
	5 플랜트 안전 관련 제도 선진화	550백만원

세부(신규)과제
1 플랜트 위험도 평가기술
(1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발
(1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발
(1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술
(1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발
(1-5) 플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석
2 플랜트 설계/시공 안전기술
(2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발
(2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발
(2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발
3 플랜트 대응/유지관리 안전기술
(3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발
(3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발
(3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발
4 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼 구축
(4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시
(4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화
(4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시
5 플랜트 안전 관련 제도 선진화
(5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축

다. 연구개발 로드맵의 우수성

- 본 연구개발 사업의 거시적 연구개발 로드맵을 작성함으로써 연도별, 중점분야별 및 핵심기술별 기술 추진 내용, 성과 등을 파악할 수 있도록 효과적으로 작성된 것으로 판단됨
- 또한, 제시된 연구 로드맵을 바탕으로 사업추진 시급성이 높은 기술 및 기술간 연계관계 파악, 각 핵심기술에서 도출 가능한 주요 성과물을 제시하여 연구개발 최종 성과물 도출에 필요한 요소기술과 기술개발 흐름이 명학하게 드러나도록 작성됨
- 본 연구기획을 통해 작성된 연구개발 로드맵은 국내외 기술동향, 환경분석 결과 등을 종합하여 도출된 핵심기술 및 구성기술을 대상으로 하기 때문에 기술적, 사회적, 경제적, 정책적 측면의 분석결과가 반영된 것으로 고려할 수 있음



[그림 5.2.3] 기술개발 로드맵(총괄)

제3절 파급효과 및 미래상

□ **정책적 기대효과**

- ㅇ 플랜트 관련 화재의 확산 방지 대책마련을 통해 인명 및 재산상 손실감소, 건설 및 유지관리비 절감을 유도하는 등 사회적 문제 해소
- ㅇ 기존 플랜트 시설에 대한 화재안전 기술 신뢰성 향상 및 실증적 화재안전 대책 마련
- ㅇ 플랜트 내진성능 향상에 따른 국가 기반산업 안전 확보
- ㅇ 국가주도 안전설계 기반 구축 및 제도화를 통한 국가기준 체계화
- ㅇ 한국형 설계기준 및 인프라 구축을 통한 국제경쟁력 확보
- ㅇ 플랜트 인프라의 효과적인 안정성, 가용도 제고를 통하여 산업활동의 안정성 향상
- ㅇ 플랜트 가동 중단에 따른 사회적 손실 최소화
- ㅇ 폭발에 대비한 플랜트 안전체계 구축은 통합 기술로 연관 산업에 파급 효과
- ㅇ 플랜트 폭발 재난 예방으로 국민생활안전 및 국가산업 경쟁력 유지에 기여
- ㅇ 국민 안전과 환경 규제에 대비한 미래기술로 활용

□ **기술적 기대효과**

- ㅇ 플랜트 화재/폭발에 관한 평가방법/기준의 선진화를 통한 관련 중소기업 해외수출 기회 확대 및 해외 수입대체 효과로 국내 기업 부담경감
- ㅇ 대규모 플랜트 시설의 공정별 화재위험 등급 산정을 통한 전주기 화재위험 관리
- ㅇ 플랜트에 특화된 내진설계기술 향상으로 성능기반설계 개념에 기반한 선진국 수준의 내진설계기술 확보
- ㅇ 플랜트 안전분야 중단기 핵심기술 개발로 국내외 기술격차 추월 가능
- ㅇ 산업플랜트 분야 손상기구 파악 및 재해확률 분석 등 중단기 핵심기술 개발로 세계적으로 선도적인 기술력을 확보 가능
- ㅇ 위험도가 높아지는 대용량, 고성능의 플랜트에 대한 재해안전 기술, 가동 중 위험진단, 수명평가 기술 및 운영자 훈련, 대피 기술 등의 핵심분야 개발을 통해 낙후된 안전기술 선진화
- ㅇ 플랜트 산업의 국제경쟁력을 높이기 위해서는 플랜트 설계 등 고부가가치 기술 확보

- 위험도 평가 기술은 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로 활용
- 폭발에 대비한 구조물 해석 및 설계 기술은 초고층 건물과 장경간 건물의 고급 설계 기술로 활용
- 종합적 플랜트 설비 시험인증 기반 구축을 위한 기술적 타당성 검토
- 플랜트 시험인증 평가기술 개발을 위한 핵심 소요기술 도출

□ 경제적 기대효과

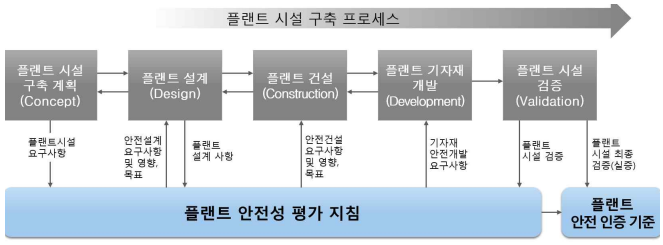
- 산업 플랜트의 독자 기술기준 확보를 통한 국가 정책기준의 고도화와 현재 전무한 국내 화재안전기술의 선진화, 국제협력 증진을 통한 기술력 향상 및 대외 기술 의존도 저감
- 플랜트 시설에 대한 성능 검증 One-Step 평가 기술 개발을 통한 국내 화재안전 기술에 향상 기틀 마련 및 국외 경쟁력 확보
- 플랜트 내 구조물뿐만 아니라 비구조요소에 대한 지진위험도 최소화함으로써 인명피해 방지와 더불어 사용중지 및 생산중단에 따른 경제적 손실을 최소화
- 강진 지역에도 적용할 수 있는 고내진성능의 플랜트 시설물 설계/시공 기술 확보를 통한 해외 플랜트건설수주시장 진입 가속
- 세계적 수준의 인프라 성능평가 기술 및 솔루션을 확보하여 국내 시장 창출 및 해외 진출 추진
- 국내 노후 플랜트에 대한 안전확보 및 비용 효율적 유지보수 수행
- 플랜트 건설 및 기자재 개발 기업의 성능시험 및 인증시험 수요조사를 통한 애로사항 파악 및 해소방안 마련
- 국내 플랜트 설비의 국제적 품질경쟁력/고 신뢰성 확보를 위한 인증체계 연구
- 플랜트 안전시험 인프라 및 통합안전관리 시스템 구축 후 활용 및 부가가치 증대방안 제언



[그림 5.3.1] 간접적 기대효과

□ As-is vs To-be

〈표 5.3.1〉 플랜트 안전관리 기술 개선수준 및 향후모습

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'21년 수준	최종 목표수준	
	~'20	'21	'25(종료년도)	~'27(종료이후)
플랜트 안전관리 기술	• 국내 플랜트 설비 안전관리에 대한 해외 기술 의존성 높음 • 플랜트 시설물 위험도 기반 안전기술 부재	• 국내 플랜트 시설물 위험도 평가 및 관리 방안 개념 부재	• 플랜트 사고 예방 및 대응 등 플랜트 전주기 (설계-시공-유지관리) 안전기술 개발	• 국내 플랜트 안전관리 시장 탈환 및 해외시장 진출 추진
		→ 국외 기술 선진국 대비 기술경쟁력 0%	**→ 국외 기술 선진국 대비 기술경쟁력 80% 확보**	**→ 국내 플랜트 안전관리 기술 자립 및 기술 경쟁력 확보**
	• 플랜트 설비/시설물의 안전관리기술 기준의 부처별 산재 • 국토교통부 플랜트를 포함하는 기계설비법 제정('18.4) 및 시행령·규칙 시행 예고('19.11)	• 5개 부처 36개 제도/기준/규칙/지침에 분산되어 있는 플랜트 안전 관련 기술기준 정비 착수	• 국토교통부 차원의 플랜트 안전관리기술 기준의 체계적 정비 완료	• 플랜트 전주기 (설계-시공-유지관리) 안전기술 지침, 가이드라인 등 배포
		→ 플랜트 시설물 관점 안전관리 기술기준/지침 0개	**→ 플랜트 안전관리 기술기준/지침 14개 제·개정**	**→ 국내 플랜트 시장에서 안전관리 체계가 확산**
	• 플랜트 시설물 안전 시험/평가/인증 체계 부재	• 플랜트 Owner 요구에 맞춘 비합리적 플랜트 안전설계 만연	• 국내 플랜트 안전관리 시험, 평가, 인증체계 실현 및 안전시험 인프라와 운영시스템 구축 • 플랜트 전문 시험인증 조직 설립	• 한국형 플랜트 안전 인증 (Plant Safety Standards)의 국제 표준화
		→ 플랜트 안전관리 인증체계 신뢰성 국외 선진국 대비 약 0% 수준	**→ 플랜트 안전관리 인증체계 신뢰성 국외 선진국 대비 약 70% 수준까지 개선**	**→ 세계수준의 플랜트 안전설계 및 관리기술 경쟁력 확보**
참고 그림	 <플랜트 재난 대응 안전설계 지침, 가이드라인 제시 사례>		 <플랜트 시설물 전주기 안전성평가 지침 적용 방안 예시>	

참 고 문 헌

1. 빅데이터 활용 화재위험도 예측시스템 구축-건물별 화재위험도 분석 및 예측 모델 개발 분석 모델링 최종분석결과서 (중앙소방본부)
2. Risk Based Design of Chemical Plants, Marc Van Overmeire, Prof. Dr., Pol Hoorelbeke, drs. Ing. Lic. (2004-7th World Congress of Chemical Engineering)
3. ICC(International Code Council)(2015). 2015 International Building Code.
4. 대한건축학회(2016). 건축구조기준(KBC2016).
5. ASCE(American Society of Civil Engineers)(2011). Guidelines for seismic evaluation and design of petrochemical facilities, second edition.
6. AISC(American Institute of Steel Construction)(2016). ANSI/AISC 341-16, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.
7. Goel, S. C., and Itani, A. M.(1994). Seismic-resistant special truss-moment frames. Journal of Structural Engineering, ASCE(American Society of Civel Engineers), 120(6), 1781-1797.
8. Kim, S.-H., Lee, C.-H., and Ha, S.-H.(2018). Development of an innovative industrial building seismic system having vierendeel-inserted truss roof. The 2018 Structures Congress (Structures18) Proceedings, Incheon, Korea.
9. Badillo-Almaraz, H., Whittaker, A. S., Reinhorn, A. M., and Cimellaro, G. P.(2006). Report MCEER-2006-0001: Seismic fragility of suspended ceiling systems. Buffalo, NY.
10. FEMA(Federal Emergency Management Agency)(2011). FEMA E-74: Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage—A Practical Guide.
11. 국립방재연구원(2012). 지진피해 건축물 긴급 위험도 평가 매뉴얼 개발.
12. ATC(Applied Technology Council)(1995). ATC 20-2: Addendum to the ATC-20 Postearthquake Building Safety Evaluation Procedures.

13. ICC-ES(International Code Council Evaluation Service)(2010). ICC-ES AC156: Acceptance criteria for seismic certification by shake-table testing of nonstructural components.

14. 국립전파연구원(2015). 국립전파연구원공고 제2015-14호: 방송통신설비의 내진 시험방법.

15. AISC(American Institute of Steel Construction)(2003). Design Guide 4: Extended End-Plate Moment Connections - Seismic and Wind Applications, second edition.

16. AISC(American Institute of Steel Construction)(2016). ANSI/AISC 358-16: Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications.

17. 정진환, 계만수, 서영득, 최형석, 김민규(2013). 다지점 진동대를 이용한 원자력발전소 배관계통의 내진 성능실험. 한국지진공학회 논문집, 17(1), 21-31.

18. 국토교통부 지특법 제35조 및 지반침하(함몰) 안전관리 매뉴얼('15년 8월)

19. 김도식 등, "QRA분석을 이용한 철도터널 방재설계사례" 한국암반공학회 학술발표회,'05.10

20. Proposed hazard area radius as a function of line diameter and Maximum operating pressure (psi). Stephens, M. J. 2000. GRI-00/0189. Gas Research Institute, Oct.

21. S. Menoni et al. Lifelines earthquake vulnerability assessment: a systemic approach. Soil dynamics and Earthquake Engineering 22:1199-1208. (2002).

22. Borgonovo, E., Marseguerra, M., Zio, E., 2000, "A Monte Carlo methodological approach to plant availability modeling with maintenance, aging and obsolescence," Reliability Engineering and System Safety 67, pp.61-73.

23. Probabilistic risk assessment of oil and gas infrastructures for seismic extreme events(2015)

24. Bareißa, J., Buckb, P., Matscheckob, B., Jovanovicc, A., Balosc, D., Perunicicc, M., 2004, "RIMAP demonstration project. Risk-based life management of piping system in power plant Heilbronn," International Journal of Pressure Vessels and Piping 81, pp.807-813.

25. Joe Zhou등, J. Pressure Vessel Technol 131(3), 031702 (Apr 28, 2009)

26. SPE Canada Heavy Oil Technical Conference, 7-9 June, Calgary, Alberta, Canada

27. 김홍석 외, 2007, “신뢰성 공학 기반 설비관리 시스템 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 717쪽.

28. 윤기봉 외, 2008, “위험도기반검사(RBI) 및 신뢰성중심정비(RCM) 기술”, 기계저널, 제48권 제6호, 34-35쪽.

29. Kylazis Pitlakis et al. Earthquake risk assessment of lifelines. Bull Earthquake Eng 4:365-390 (2006).

30. Chuang wang, et al. Artificial earthquake test of buried water distribution network. Soil dynamics and earthquake engineering 79(2015) 171-185.

31. Jun chen, et al. Shaking table test of utility tunnel under non-uniform earthquake wave excitation. Soil dynamics and Earthquake engineering 30 (2010) 1400-1416.

32. Yohsuke Kawamata, et al. Dynamic behaviors of underground structures in E-Defense shaking experiments. Soil dynamics end earthquake engineering 82(2016) 24-39

33. R.P Orense, et al. Study on wall-type gravel drains as liquefaction countermeasure for underground structures. Soil dynamics and earthquake engineering23(2003) 19-39.

34. T.D. O’Rourke, et al. Underground pipeline response to earthquake-induced ground deformation. Soil dynamics end earthquake engineering 91(2016) 272-283

35. ASCE UFC 04-010-01, Design of Blast-Resistant Buildings in PetroChemical Facilities, American Society of Civil Engineers, U.S., Reston, Virginia, 2010

36. Biggs, Introduction to Structural Dynamics, J. M. Biggs, McGraw-Hill Book Company, New York, NY, 1964

37. CCPS Explosion Guidelines, Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York, NY, 1994

38. Clough, Dynamics of Structures, 2nd edition, R. W. Clough and J. Penzien, McGraw-Hill Book Company, New York, NY, 1993

39. UFC 3-340-02, Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, Unified Facilities Criteria 3-340-02 (formerly Technical Manual TM 5-1300), U.S.Department of Defense, Washington, DC, 2008

40. UFC 04-010-01, DoD Minimum Antiterrorism Standards For Buildings, U.S. Department of Defense, Washington, DC, 2007

부록 1

플랜트 사고사례

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
1	양산	1996년 01월 04일	○○실업	비대상	반응기 상부의 염산탱크 연결닥트 보수 공사 중 반응기 폭발	1	2	폐철과 폐염산의 혼합반응에 의한 수소가스 발생	폭발	위험성평가 미실시	화학	반응기
2	전주	1996년 02월 10일	○○화학(주)	대상	아황산소다(Na2SO3) 용해탱크폭발	1	0	아황산소다 용해탱크로 H2 gas가 물 배관을 통한 억류	화재	위험성평가 미실시	석유	탱크
3	천안	1996년 02월 26일	○○정유(주)	대상	용기 타워 내부에다 트레이를 설치위해 반응기 내부로 들어가는 도중 질식	1	4	밀폐공간의 산소농도 측정 미실시	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	반응기
4	천안	1996년 03월 02일	○○종합화학	대상	복합수지공장 PP원료 호퍼 내부에서 질소가스에 의한 질식	1	0	작업시작전 산소농도 미측정	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	탱크
5	여수	1996년 03월 05일	㈜○○ 여수공장	대상	포장공실에서 추진제(화약) 절단작업 중 급격한 연소에 의한 화재	5	1	규정보다 많은 양의 추진제 절단작업 실시	화재	안전운전절차 미준수	기타	기타
6	울산	1996년 03월 15일	○○정유(주)	대상	원유 누설에 의한 화재사고	0	0	펌프의 정기검사 미실시	화재	설비유지관리 불량	석유	펌프
7	청주	1996년 03월 19일	○○화학(주)	대상	열매체 보일러 가동 시 화재폭발	0	3	인화성증기의 폭발분위기 내에서 계기조작	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	기타
8	안산	1996년 04월 16일	○○(주)	대상	도료, 수지 제조공장에서의 화재사고	1	3	원인미상	화재	분류불가	화학	기타
9	천안	1996년 04월 23일	○○종합화학(주)	대상	LLDPE공장 탈기조(Degasser)에서 화재	1	1	탈기로 하부의 토출배관의 파우더 제거시 용기내부 잔류가스에 의한 화재	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	탱크
10	청주	1996년 05월 05일	㈜○○산업	비대상	알루미늄 용해로에 폐알루미늄 장입중 수증기 폭발	1	1	폐알루미늄 수분 미제거	폭발	안전운전절차 미준수	기타	용해로
11	여수	1996년 05월 05일	○○ 정유(주)	대상	REFC공정 OFFSITE AREA STORM WATER PIT에서의 화재,폭발사고	0	0	피트내의 인화성물질의 증기발생 및 정전기 점화	폭발	위험성평가 미실시	석유	기타
12	울산	1996년 05월 17일	○○화학(주)	비대상	탱크를 청소하기 위해 탱크 내부의 V.A.M 잔량 확인 중 화재, 폭발사고	0	1	탱크내부의 인화성증기 존재여부 미확인	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크
13	여수	1996년 06월 04일	○○정유(주)	대상	P-XYLENE공장에서 화재사고	0	0	플레어 불꽃	화재	설계오류/설비결함	석유	배관
14	울산	1996년 07월 05일	㈜삼양○○	비대상	탱크로리 호스를 이용하여 솔비틀 반응액 저장조인 조정조에 투입시키는 작업 중에 폭발	0	2	과열	폭발	설계오류/설비결함	기타	탱크로리
15	여수	1996년 07월 11일	○○ 정유(주)	대상	배관 및 탱크에 잔류해 있는 혼합유(디젤)와 가연성가스의 누출로 인한 화재	0	3	밸브제거후 안전조치 미흡	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	배관
16	여수	1996년 08월 03일	○○바스프(주)	대상	탄화수소가 함유된 폐수가 폐수처리장 반응기로 유입 분해되면서 열분해 반응기 파열	1	3	교반기 고장으로 탄화수소 농도가 높은 폐수가 반응기로 유입	폭발	설계오류/설비결함	석유	반응기

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
17	울산	1996년 08월 12일	㈜○○	대상	냉동실에서 공기압축기를 가동 중 익스팬션 조인트가 파열되어 유분이 포함된 고온고압의 압축공기가 점화되어 화재	0	3	고압의 압축공기가 익스펜션조인트를 통해 윤활유와 함께 분출되면서 착화	화재	설계오류/설비결함	기타	배관
18	울산	1996년 08월 13일	○○(주) 울산 COMPLEX	대상	플레어스택에서 불기둥이 30분동안 지속되었고 동과정에서 전기시설을 점검하던 중 화상	0	2	비상사태 대응방법의 적절성 미흡	화재	설계오류/설비결함	석유	플래어 스택
19	수원	1996년 10월 26일	○○산업㈜	비대상	산화반응기에서 개발시험을 위해 반응 진행 중 가설 투광기의 전구가 반응기 내부로 떨어지면서 반응부산물(수소, 암모니아)에 점화폭발	1	0	비방폭형 전등(전기스파크) 사용	폭발	안전장치 미설치	가스	반응기
20	울산	1996년 10월 29일	○○환경산업(주)	대상	소각장에서 폐기물 소각작업중 소각로등 일련설비 폭발	3	6	소각로에 폭압방산구미 설치	폭발	안전장치 미설치	화력	보일러
21	인천	1996년 11월 11일	㈜○○화약상사	비대상	화약창고내에서 반출작업중에 뇌관을 이동하다가 폭발	0	4	작업관리감독 미흡	폭발	안전운전절차 미준수	기타	기타
22	울산	1996년 11월 26일	○○중공업㈜	대상	배관연결작업을 위해 용접작업중 용접불티가 룸 내부에 존재하고 있는 가연성 물질에 점화	0	0	화재예방조치 미실시	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
23	여수	1996년 12월 03일	○○ 정유(주) 정제공장	대상	플랜지 가스켓 파열로 인한 화재사고	0	0	과열	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	배관
24	울산	1996년 12월 12일	○○산업(주)	대상	원심분리기에 제품용액(슬러지+헥산)을 공급 중 원심분리기 폭발사고	0	2	질소로 충분히 퍼지하지 않은 상태에서 용액을 이송, 여과	폭발	안전운전절차 미준수	화학	원심분리기
25	구미	1996년 12월 17일	(주)○○	대상	폭분이 들어있는 자재여두를 뒤집어 들고 작업대 위에 놓인 소분용 쟁반에 쏟던 중 폭발	1	0	마찰충격 또는 정전기	폭발	안전운전절차 미준수	기타	기타
26	수원	1997년 01월 26일	㈜○○인더스트리	대상	엔지니어플라스틱(PPS)시험생산중 폭주반응에 의한 반응기 폭발	0	7	반응메카니즘 미규명	폭발	위험성평가 미실시	화학	반응기
27	여수	1997년 02월 20일	금호○○고무(주)	대상	Decanter의 Drain Line으로 헥산이 누출되어 점화 화재	0	0	용접작업 중 용접불티에 의해 점화	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
28	인천	1997년 03월 03일	㈜○○	비대상	코발트용해조에서 내부의 용해상태를 확인중 가스폭발	1	2	감시창 및 불활성가스 주입설비 미설치	폭발	안전장치 미설치/미작동	기타	반응기
29	울산	1997년 03월 13일	○○정유(주)	대상	휘발유 저장탱크의 맨홀 커버 설치작업중 탱크 내부의 인화성 증기에 화재발생	0	5	탱크내부의 휘발유증기 미제거	화재	안전운전절차 미준수	석유	탱크
30	울산	1997년 03월 16일	○○정유(주)	대상	윤활기유 제조공정에서 배관의 엘보우가 파열되어 수소를 포함한 탄화수소가 누출되어 화재	0	0	배관 엘보우 부분의 마모로 인한 파열	화재	설비유지관리 불량	석유	배관

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
31	천안	1997년 03월 28일	○○화성(주)	비대상	PVC안정제(SPG)의 원심분리 공정 운전 중 폭발 화재	3	7	증기누출에 의한 증기운형성	화재	안전운전절차 미준수	화학	원심분리기
32	울산	1997년 04월 11일	○○산업㈜	대상	프로필렌을 생산하는 공장 시운전중 가스히터후단 블록 밸브의 본넷 가스켓이 열팽창에 의해 늘어나 수소가 누출되어 자연발화	0	0	유지보수 및 점검절차 미준수	폭발	설비유지관리 불량	화학	배관
33	수원	1997년 04월 15일	㈜○○인더스트리	대상	정비실 출입문 보수를 위하여 용접작업 중 용접불티가 개구부 틈새를 통해 제품 포장제(스티로품)에 인화되어 화재 및 붕괴 매몰	3	0	용접작업 부주의 및 무리한 작업수행	화재	안전운전절차 미준수	기타	기타
34	안산	1997년 04월 16일	㈜○○	대상	혼합탱크에서 투명락카 제조를 위해 원료를 투입하던중 화재	1	3	비방폭 전기기계기구 사용	화재	안전장치 미설치/미작동	화학	탱크
35	울산	1997년 04월 24일	㈜○○	대상	탱크 레벨게이지 수리를 위해 용접기로 탱크상부의 녹슨 맨홀 체결볼트를 탱크 내부의 인화성 증기(탄화수소)에 의한 화재폭발	2	1	인화성 유류의 증기치환 미실시	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	배관
36	여수	1997년 05월 10일	㈜○○화학	대상	EDC 급냉탑 순환폄프의 흡입측 배관 막힘 여부를 확인하기 위하여 가압상태에서 밸브 개방중 배관내부의 VCM, EDC, HCl 등이 누출되면서 화재	0	1	확인작업을 하지 않고 가압상태의 EDC등 가연성 물질이 차단밸브를 통해 누출	화재	안전운전절차 미준수	화학	배관
37	울산	1997년 05월 05일	○○석유화학㈜	대상	CTA제조공정중 밸브휠 수리를 위해 볼트를 분해하는 순간 빙초산 누출	0	2	Block Valve를 잠그지 않고 작업	누출	안전운전절차 미준수	석유	밸브
38	창원	1997년 05월 06일	㈜○○인더스트리	비대상	탱크상부에서 용접용단작업중 용접불티가 탱크내부로 비산되면서 인화성 물질에 인화되어 폭발	1	9	국소배기장치 미설치	폭발	안전장치 미설치/미작동	기타	탱크
39	여수	1997년 06월 02일	㈜○○환경	비대상	옥내 폐기물저장소에 인화성 액체 폐기물 운반중 폭발	2	1	폐기물 소각로 연소용공기 공급방법 미실시	폭발	안전운전절차 미준수	화력	소각료
40	전주	1997년 06월 14일	○○실업	비대상	반응기내 혼합물질이 위로 분출되어 화재	0	3	전기스파크	화재	안전운전절차 미준수	화학	반응기
41	울산	1997년 07월 23일	○○정유(주)	대상	수첨분해공정의 열교환기 Shell내부 청소작업중 화재	0	4	비방폭등 사용	화재	안전장치 미설치/미작동	석유	열교환기
42	여수	1997년 07월 23일	○○폴리켐(주)	대상	노말헥산을 담은 비닐 봉지에 기름붙은 작업복을 담아서 샤워장에 놓아두었다가 샤워장의 조명등을 켜는 순간 폭발	0	1	인화성 물질에 전기스파크로 폭발	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	기타
43	여수	1997년 08월 15일	○○(주)	대상	휘발유 저장탱크의 내부부유지붕식 저장탱크 씰부위에서 화재	0	0	탱크의 진원도 불량 또는 씰부위 파손	화재	설비유지관리 불량	석유	탱크

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
44	여수	1997년 08월 26일	한국○○(주)	대상	BC유 저장탱크에서 Stream Tracing 주임중 산소용접기의 불꽃이 light vapor에 점화되어 탱크상부의 증기공간이 폭발	0	0	통기불량으로 인한 Light Vapor의 형성	폭발	설비유지관리 불량	석유	탱크
45	여수	1997년 09월 04일	○○화학㈜	대상	VCM 공장의 Furance와 scrubber의 decoking 및 내부청소작업 중 scrubber 하부에서 EDC 누출로 화재 발생	0	0	맹판 미설치 및 Line-up 미확인	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	용해로
46	여수	1997년 09월 11일	○○(주)	대상	폐수처리장 집수 펌프의 볼트를 용접기로 연결작업중 가연성물질에 폭발	0	4	집수조에 체류된 가연성 증기운 형성	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
47	청주	1997년 10월 08일	㈜○○	대상	AMMONUIM PERCHLORATE 보관창고에서 자연발화로 화재, 폭발	0	0	포장방법 부적합 및 작업 수칙 부적합	폭발	설계오류/설비결함	기타	기타
48	여수	1997년 10월 09일	○○폴리켐(주)	대상	EP고무 생산공정 중 보수작업 후 시운전시에 제품건조기의 배기가스 배출설비에서 헥산에 의한 폭발	0	0	시운전시에 Stripping되지 못한 헥산이 후속공정인 건조공정으로 유입	폭발	설계오류/설비결함	화학	건조기
49	울산	1997년 10월 27일	㈜○○조선	대상	산소-에틸렌 가스절단기로 배관 용단작업중 탱크내부에 잔류한 가연성 가스에 인화, 화재	10	7	체류가스 미확인 및 가연성 가스 퍼지 미실시	화재	안전운전절차 미준수	기타	탱크
50	울산	1997년 12월 26일	㈜○○	대상	유조선에 Kerosine을 Loading 하기 위해 이송펌프를 가동 중 탱크에서 폭발	0	4	정전기	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크
51	울산	1998년 01월 09일	㈜○○환경	대상	차량도색공장에서 페인팅 작업중 화재	0	1	직화	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
52	안산	1998년 01월	○○화학공업㈜	대상	접착제 제조반응기 내부의 불량제품 제거중 유해가스에 중독사망	1	0	유해가스 누출	누출	안전운전절차 미준수	화학	반응기
53	여수	1998년 02월 12일	○○석유화학㈜	대상	제품건조기의 대기 VENT BLOWER 끝 부위 지붕 위에 쌓여있던 SBS CRUMB에서 화재	0	0	자연발화 또는 Blower 내부 스파크	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	건조기
54	포항	1998년 02월 19일	㈜○○제철화학	대상	증류공정 가열로에서 증기분무식 버너의 가열로가 운전중 화재발생	0	0	가열로 이상시 운전정지 미실시	화재	안전운전절차 미준수	제철	가열로
55	부산지 역본부	1998년 03월 03일	㈜○○유화	비대상	냉각수 공급밸브가 잠긴상태에서 냉각 실패에 따른 증기누출로 인한 증기운 폭발	1	37	반응기 냉각실패	폭발	안전운전절차 미준수	화학	반응기

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
56	천안	1998년 05월 29일	○○석유화학㈜	대상	년차보수작업중 질소로 퍼지된 스팀 드럼에 입조하여 질식 사망	2	0	안전작업허가 미실시	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	드럼
57	부산지 역본부	1998년 05월 31일	㈜○○	대상	DPT 건조공정에서 화재, 폭발	0	1	열분해에 의한 건조기 폭발	폭발	설계오류/설비결함	화학	건조기
58	수원	1998년 06월 06일	㈜○○	대상	혼합의 내부에 용제 및 분말 원료의 혼합이 잘되지 않아 스테인리스 봉으로 문제 해결 중 폭발	0	3	정전기 또는 스파크	폭발	설계오류/설비결함	기타	탱크
59	울산	1998년 06월 18일	한국○○(주)	대상	싸이클로헥산 저장탱크에서 고정식 저장탱크의 구조 변경을 위해 슬러지 배출 작업 중 폭발	0	0	저장탱크 안 가연성 가스의 불충분한 치환	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	탱크
60	구미	1998년 07월 23일	㈜○○ 안강공장	대상	불완전한 유탄을 재조립하는 과정에서 폭발	1	0	작업안전수칙 미준수	폭발	안전운전절차 미준수	기타	기타
61	포항	1998년 09월 30일	○○금속	비대상	빗물과 칼슘 금속분말이 접촉하여 화재 폭발	0	0	용접시 발생된 열응력이 남아 있는 상태에서 가성소다가 작용하여 응력부식균열(SCC)발생	폭발	설계오류/설비결함	제철	드럼
62	여수	1998년 10월 03일	○○종합화학㈜	대상	이송배관에서의 가성소다 누출	0	0	배관유지보수 미실시에 따른 배관부식	누출	설비유지관리 불량	화학	배관
63	전주	1998년 10월 06일	○○에너지 판매	비대상	LPG충전기에서 가스누출에 따른 화재	1	6	충전기 조작실수에 따른 가스 누출	화재	안전운전절차 미준수	가스	충전기
64	여수	1998년 12월 08일	○○석유화학㈜	대상	플렉시블 호스로부터 오일이 누출되어 화재	0	0	호스파열에 의한 누출	화재	설계오류/설비결함	석유	플렉시블 호스
65	울산	1999년 01월 04일	○○정유㈜	대상	탱크로리에 등유 주입중 화재, 폭발	0	3	가솔린이 남아 있는 탱크에 등유주입시 정전기 발생	폭발	안전운전절차 미준수	석유	탱크로리
66	부산지 역본부	1999년 02월 03일	○○㈜	대상	플랜지 용접작업봉 내부에 체류해 있던 크실렌 증기가 배관내부에서 폭발, 화재	1	1	용접작업절차 미준수	폭발	안전운전절차 미준수	기타	배관
67	울산	1999년 04월 19일	㈜○○산업	비대상	탱크로리의 폐기물 하역되는 순간 가스가 발생하여 중독	2	2	기존의 폐기물과 묽은 황산과의 화학반응에 의한 유독가스 발생	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크로리
68	울산	1999년 05월 13일	○○㈜	대상	HOU PLANT의 Unicracking 공정에서 가스가 누설되면서 폭발 및 oil, 수소등이 분출되면서 화재	0	3	수소부풀림현상으로 인해 배관의 강도, 경도등 기계적 성질이 취약	폭발	설계오류/설비결함	가스	배관
69	여수	1999년 05월 15일	○○	대상	수소를 가압하던 중 밸브가 완전히 잠겨 있지 않아 수소가 누출되어 정전기에 의해 발화	0	1	배관상의 밸브 잠김상태 불량	화재	안전운전절차 미준수	가스	밸브
70	울산	1999년 07월 13일	○○산업㈜	대상	제품보관창고에서의 화재	0	0	원인미상(전기누전 추정)	화재	분류불가	기타	기타

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
71	여수	1999년 08월 13일	○○㈜	대상	배관 스펙타클 교체 과정에서 이산화황가스 누출	0	1	차단밸브의 잠김상태 불량	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	밸브
72	울산	1999년 09월 03일	○○㈜ 울산콤플렉스	대상	가스켓 이상에 의한 수소가스 누출로 화재, 폭발	0	0	가스켓 이상	폭발	설계오류/설비결함	가스	원심분리기
73	여수	1999년 11월 24일	㈜○○화학	대상	열매보일러 수리중 내부 잔류가스(C4 LPG 폭발)	0	1	열매 보일러 내부에 잔류 하고 있던 연료가스가 제거되지 않음	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	보일러
74	청주	2000년 01월 11일	○○공업㈜	비대상	건조기 운전중 접착제 제조용 원료인 인화성 물질에 점화하여 화재	0	0	정전기 제거 또는 발생 완화대책 미흡	화재	설계오류/설비결함	화학	기타
75	포항	2000년 01월 31일	㈜○○테크	비대상	톨루엔증기가 반응기 상단에 분출되어 정전기로 정화	0	1	반응기내 온도상승시 스팀공급 미차단 및 냉각수 미공급	화재	안전운전절차 미준수	화학	반응기
76	울산	2000년 02월 25일	○○㈜ Complex	대상	드레인 밸브를 열다가 수소 및 황화 수소 등 위험물질의 누출로 중독	1	0	고압의 배관을 가동중에 임의로 조작하여 누출발생	누출	안전운전절차 미준수	가스	배관
77	울산	2000년 03월 244일	○○ CHEMICAL㈜	대상	중합공정 정기보수작업 중 세정 후 잔류물을 질소가압으로 배출하기 위해 배관 플랜지 부위 맹판 취부 중 화재	1	3	안전작업 허가절차 미준수에 의한 화재	화재	안전작업허가절차 미준수/미반영	화학	배관
78	여수	2000년 04월 03일	○○화학㈜	대상	멜라민 반응기내의 튜브가 파열되면서 누출되어 화재	0	0	열매회수드럼의 액위가 상승하여 온도/압력이 상승	화재	설비유지관리 불량	화학	반응기
79	울산	2000년 04월 06일	○○바스프㈜	대상	Columm의 맨홀 도어를 개방하는 순간 고온의 증기가 분출하여 화상	0	5	설비를 완전히 냉각하지 않고 맨홀을 개방	화재	안전작업허가절차 미준수/미반영	화학	원심분리기
80	청주	2000년 04월 09일	○○미디어㈜	비대상	용제혼합탱크 교반작업 중 펌프 주위에서 화재	0	0	배관에서 누출된 용재가 펌프축 금속부 마찰에 의한 발화	화재	설비유지관리 불량	화학	펌프
81	여수	2000년 04월 24일	○○화학㈜ 여천공장	대상	VCM 회수공정에서 백필터를 청소하는 과정에서 화재	0	4	질소 퍼지를 생략한 상태로 대기 방출	화재	안전운전절차 미준수	화학	원심분리기
82	포항	2000년 04월 28일	㈜○○	대상	건조기의 화재 및 분진포집기 폭발	0	2	단백피 건조기 내부화재	폭발	설비유지관리 불량	기타	건조기
83	여수	2000년 05월 23일	○○화학㈜ 여천공장	대상	오일 히터를 분리시키기 위해 볼트너트를 해체하는 순간 오일이 비산되어 암모니아가 누출	0	4	용기 수리시 내부의 윤활유를 배출시킨 후 실시하여야 하나 배출시키지 않음	누출	안전작업절차 미준수/미작성	화학	원심분리기
84	울산	2000년 07월 20일	㈜○○가스	비대상	수소가스 충전 중 고압동파이프에서 수소가 누출되어 화재발생	0	2	동튜브관리부실에 따른 수소누출	화재	설비유지관리 불량	가스	튜브(배관)
85	여수	2000년 08월 24일	○○케엑스㈜	대상	MEK-PO 저장용기에서 MEK-PO의 급격한 분해로 폭발	7	18	중간생성물 저장조에서 적절한 중화처리를 하지 않아 잔존 황산과 MEK-PO가 분해폭발	폭발	변경관리 미실시	기타	드럼

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
86	안산	2000년 11월 02일	㈜○○화학	비대상	방부제인 DBNE의 재생과정 중 반응기 폭발	5	48	고온의 증기공급에 의한 온도상승	폭발	위험성평가 미실시	화학	반응기
87	서울지 역본부	2000년 11월 27일	○○안나	비대상	회소에탄올 드럼에서 증기가 다량 누출 후 점화원에 의한 폭발	0	6	가연성증기 누출 및 전기 누전에 의한 점화	누출	안전운전절차 미준수	화학	드럼
88	여수	2000년 12월 28일	○○화학㈜ 여수공장	대상	PVC제조공정 중 슬러리속에 잔류하는 미량의 미반응 VCM을 회수하기 위해 스트리핑 컬럼을 설치하고 슬러리탱크와 배관을 연결하는 과정에서 폭발	0	5	슬러리 탱크내부에 잔류하던 VCM증기에 용접불똥이 떨어져 탱크내부에서 폭발	폭발	안전작업절차 미준수/미작성	화학	기타
89	전주	2001년 03월 18일	㈜○○화학	비대상	피라진 아미드 제조공장 결정조에서 재해자가 내부 이물질 청소차 용기에 들어가 작업중 질식	1	0	질소배관을 용기로부터 분리하거나 맹판을 설치하여야 하나 이를 이행치 않아 질소가 누출되어 체류됨	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
90	울산	2001년 05월 11일	○○석유화학㈜	대상	암모니아 지하배관 중 누출	0	0	암모니아 배관의 PE코딩부를 손상시키고, 배관외부를 마모시켜 암모니아 배관이 관통	누출	설비유지관리 불량	석유	배관
91	울산	2001년 05월 19일	㈜○○	대상	재압출작업을 실시하기 위해 압출기 램을 실린더 내로 하강시키던 중 추진체가 들어있는 실린더내에서 폭발	0	4	폭발성 물질인 추진제가 존재	폭발	안전운전절차 미준수	기타	압축기
92	안산	2001년 08월 06일	㈜○○규산	비대상	용해조에 원료를 넣고 고온,고압의 스팀밸브를 사용하여 용해작업중 제품 중간 저장 탱크가 파열	1	0	이상발열 및 이상압력 상승을 대비한 안전장치 미설치	폭발	안정장치 미설치/미작동	화학	탱크
93	울산	2001년 08월 09일	○○산업㈜ 울산공장	대상	아크릴 공장 내에서 건조공정 일부가 화재	0	0	누전에 의한 화재	화재	설비유지관리 불량	화학	기타
94	안산	2001년 09월 14일	㈜○○유화	비대상	옥외 클로로술폰산 저장탱크의 드레인 노즐에서 누출	0	0	배관연결부 용접불량	누출	설비유지관리 불량	석유	탱크
95	여수	2001년 09월 24일	○○석유화학㈜	대상	농황산 공급탱크의 황산공급 배관에 생긴 핀홀을 용접방법으로 수리하기 위해 그라인딩 작업 중 공급 폭발	1	1	핀홀 수리를 위한 용접 준비작업으로 그라인딩 작업을 하던 중 발생된 열이 점화원으로 작용하여 폭발	폭발	설계오류/설비결함	석유	탱크
96	여수	2001년 10월 05일	○○석유화학㈜	대상	납사 저장탱크의 화재사고	4	0	저장탱크 내부에 납사성분 잔류	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	탱크
97	여수	2001년 10월 15일	여천○○㈜	비대상	BTX공정의 수소라인에서 밸브덮개 부위너트를 풀어 내던 중 충진되어 있던 수소가스가 누출되어 폭발	1	1	작업전 사전 안전조치 미흡	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	밸브
98	울산	2002년 02월 17일	○○아연㈜ 온산제련소	대상	무수황산 저장탱크 주위에서 무수황산이 누출	0	0	저장탱크의 핀홀 또는 크랙 등	누출	설비유지관리 불량	제철	탱크

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
99	춘천	2002년 03월 21일	㈜○○에이스	비대상	송진탱크의 여과기 노후로 송진흐름을 돕기 위하여 가열하던 중 배관에 압력을 이기지 못하고 파열되어 내용물이 비산되면서 화재	0	0	여과기 내압 상승으로 파열	화재	안전장치 미설치/미작동	기타	탱크
100	울산	2002년 03월 23일	㈜○○울산공장	비대상	원사 중합공장의 화재	0	3	기름증기에 불티가 옮겨 발화	화재	위험성평가 미실시	기타	기타
101	청주	2002년 03월 26일	㈜○○실업	대상	중화조에서 수산화칼슘을 이용하여 폐유기용제를 중화작업을 하던 중 화재, 폭발	2	1	중화조 하부에 퇴적되어 배출구가 막힘	폭발	안전운전절차 미준수	기타	탱크
102	울산	2002년 05월 25일	㈜한국 ○○터미널	대상	MEK저장탱크에서 폭발	0	0	흡착탑의 활성탄과 MEK의 발열반응으로 발화	폭발	위험성평가 미실시	기타	탱크
103	대전	2002년 05월 29일	㈜○○니아	대상	원심분리기내에서 폭발이 발생하여 화재로 전파	0	6	원심분리기 상부에 질소공급용 밸브가 개방하지 않은 채 작업을 하여 정전기에 의한 스파크로 헥산, 톨루엔 폭발	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	원심분리기
104	여수	2002년 06월 16일	○○석유화학㈜	대상	저장탱크로의 순환배관에 용접작업을 하던중 초산증기가 들어있던 배관을 통해 화염이 탱크로 전파되어 저장탱크가 폭발	0	0	저장탱크내의 위험물을 제거하지 않은 상태에서 화기작업 실시	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	석유	탱크
105	부산지 역본부	2002년 07월 05일	㈜○○ 동래공장	비대상	뇌관저장실에 인접한 분배실에서 포장 작업중 폭발	3	0	마찰에 의한 폭약분의 점화	폭발	위험성평가 미실시	기타	기타
106	안산	2002년 07월 18일	○○양행	비대상	락카신나보관창고에서 신나 저장캔 외부의 페인트를 걸레로 닦아내고 라이터를 켜는 순간 신나에 인화	0	0	위험지역에서의 라이타 작동	화재	안전운전절차 미준수	기타	기타
107	수원	2002년 08월 18일	○○화인켐㈜	대상	Epo됴접착제 제조설비의 이상온도 상승으로 폭발	3	12	제품의 열분해에 의한 폭발 화재	폭발	위험성평가 미실시	화학	반응기
108	안산	2002년 10월 08일	○○화학공업사	비대상	잉크용 수지제조용 반응기에서 사각 탱크로리에 제품을 충전하기 위해 Air 공급 중 과압 생성으로 반응기 폭발	0	0	밸브설정압력 부적정 및 비방폭 전기 설비 사용	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	반응기
109	울산	2002년 11월 05일	○○칼라	대상	블루크루드 안료제조공정의 반응기에서 폭발	2	0	반응기에 설치된 교반기의 Seal 쪽으로 누출되어 발화	폭발	설비유지관리 불량	화학	반응기
110	인천	2003년 01월 24일	○○산업㈜	대상	농약원제를 합성한 후 진공증류방법으로 정제하는 과정에서 화재, 폭발	0	3	냉각수공급밸브 대신 스팀공급밸브를 잘못개방 가능	폭발	안전운전절차 미준수	화학	반응기
111	울산	2003년 01월 25일	○○화학	비대상	공장내부에서 화재	0	0	정전기에 의한 스파크	화재	설비유지관리 불량	화학	기타

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
112	울산	2003년 01월 26일	○○㈜	대상	납사성분의 용제 출하작업 중 탱크로리에서 폭발	0	0	위험성평가 없이 임의의 필터를 설치, 사용함으로서 정전기로 인한 사고	폭발	변경관리 미실시	기타	탱크로리
113	창원	2003년 01월 28일	○○화공㈜	대상	연습용 축사탄 장약을 대형용기에서 소용기로 옮기는 중 장약이 폭발	0	1	전기적 점화원이 발화원으로 작용	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
114	안산	2003년 03월 05일	○○특수가스㈜	대상	충전중 실란이 누출되어 점화되어 충전실내에 있던 실란 및 충전실 내부가 전소된 화재	0	0	실란 충전 파이프라인에 연결된 플렉시블 호스 연결부위에서 누출	화재	설비유지관리 불량	가스	기타
115	여수	2003년 03월 12일	○○㈜	대상	가성소다 세척드럼 내부를 물로 세척중에 내부에 체류되어 있던 공정물질의 증기가 폭발	1	2	위험물배관 미격리 및 위험물 제거 미흡	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	드럼
116	울산	2003년 03월 25일	㈜○○유화	비대상	왁스 성형탑 상부에서 왁스분사상태를 점검하던중 화재가 발생하여 사망한 재해임	1	0	원인미상	화재	분류불가	석유	성형탑
117	안산	2003년 05월 14일	㈜○○쎄미켐	대상	염소충전공정에서 벤트 밸브가 열린상태에서 염소를 충전하여 액체염소가 이송되어 스크류버를 통하여 대기중으로 누출되어 중독	0	12	밸브 오조작	누출	안전운전절차 미준수	화학	배관
118	부산지역본부	2003년 05월 29일	㈜○○화학	비대상	이형제 제조기관에서 이형제 원료인 톨루엔등 유기용제를 저장드럼에서 주입펌프를 이용하여 소형용기로 주입하던 중 화재	1	3	정전기 스파크	화재	안전운전절차 미준수	화학	드럼
119	인천	2003년 06월 03일	○○㈜2공장	대상	콩기름 원료 등이 누출되어 화재	0	6	전기누전	화재	설비유지관리 불량	기타	기타
120	울산	2003년 06월 18일	대한○○화학㈜	대상	NaSH저장탱크상부 벤트라인 설치를 위해 화기작업중 탱크내부에 체류된 H2S 증기에 인화 폭발	1	3	가연성물질 배출 미실시 및 위험지역에서 화기작업 실시	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	탱크
121	울산	2003년 06월 23일	㈜○○	비대상	작업장내 폐과산화수소 지하저장탱크 상부에서 분해 탱크로 이송하던중 이송펌프 인입라인에 설치된 엘보우가 파열 되면서 머리에 충돌하여 사망	1	0	과산화수소 분해(온도계, 자동경보장치 미설치)	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	펌프
122	울산	2003년 07월 08일	○○인더스트리㈜	대상	탱크로리에서의 화재 폭발	0	2	정전기에 의한 폭발로 추정	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크로리
123	울산	2003년 09월 13일	○○㈜	대상	핵산 회수공정에서 결정조 하부 자켓부위의 응축수가 누수되어 보수작업을 하기 위해 용접작업을 하던중 불꽃이 메탄을 저장조에 비산되어 용기가 폭발	1	1	용접불꽃에 의한 폭발	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
124	청주	2003년 09월 22일	㈜○○유화텍	비대상	옥내저장소 내에서의 화재	0	2	위험물 포장용기 부적절	화재	설계오류/설비결함	화학	기타
125	울산	2003년 09월 25일	한국○○	대상	배관작업 중 화재 폭발	1	3	가연성 증기에 의해 인화	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	배관
126	여수	2003년 10월 03일	○○석유화학㈜	대상	폴리에틸렌(PE) 3공장에서 PE반응기 하부의 펌프 흡입측 Strainer를 청소하기 위하여 해체해 놓은 상태에서 닫혀있어야 할 차단밸브가 개방되어 헥산등 내용물이 누출되어 폭발	1	7	반응기 하부의 펌프 흡입측 Strainer를 청소하기 위해 해체한 밸브를 닫지 않고 운전	폭발	변경관리 미실시	석유	반응기
127	인천	2003년 10월 06일	○○악기㈜	대상	집진기 안에 있던 톱밥과 스크류 마찰열로 목분진 폭발	0	12	집진기의 폭발 방산구 미작동	폭발	안전장치 미설치/미작동	기타	집진기
128	안산	2003년 10월 11일	○○정밀화학㈜	대상	포장공정에서 이소프로필알콜 혼합증기에 인화되어 1차 폭발, 2차 화재	0	1	접치클램프 미연결	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	기타
129	천안	2003년 10월 16일	○○오일㈜	대상	열분해장치(Delayed Coking Unit) 가열로(Heater) Outlet Flange 가스켓에서 고온의 유분(감압B-C유) 누출 화재	0	0	코크스의 막힘으로 인한 배관내 압력상승	화재	설비유지관리 불량	석유	배관
130	수원	2003년 10월 17일	○○화학㈜	비대상	압력이 비정상적으로 상승하였으며, 과압 방출장치인 안전밸브가 작동하지 않아 용해조가 파열되면서 105-110m 비래하고 공장 설비 붕괴	3	5	용해조 내부의 이상압력 상승 및 안전밸브 기능상실	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	반응기
131	여수	2003년 10월 20일	○○석유화학㈜	대상	연구실험동(RPP:Rubber Pilot Plant)에서 중앙(대덕)연구소 파견 근로자 1명이 촉매로 쓰이는 알킬알미늄(Diisobutylaluiminum Chloride)을 20L 용기에서 희석드럼으로 이송하는 도중 호스의 연결부위에서 알킬알미늄이 누출되면서 화재	0	3	2Kg/cm2*G의 질소압력을 제거하지 않은 상태에서 연결호스를 분리시켜 누출	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	드럼
132	울산	2003년 10월 22일	○○㈜ Complex	대상	제1중질유 분해공장(HOU) UC(Unicracking)공정의 Prefractionator Reboiler Heater Tube가 파열(추정)되어 Tube 내부의 물질(증류된 중질유)이 Heater 내부의 고열에 의한 화재	0	0	고온Sulfur부식에 의한 두께감소로 내압에 의한 파열	화재	설비유지관리 불량	석유	보일러

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
133	청주	2003년 11월 18일	㈜○○ 보온공장	대상	고폭탄 제조공실에서 완성탄 조립작업중 조립불량이 발생되어 공실내에서 다른 작업중이던 작업자를 불러 조립불량 해소작업중 자탄 탄체가 폭발	2	1	자탄의 탄두케이스 압입 이상시 무리한 작업 수행	폭발	안전운전절차 미준수	기타	기타
134	울산	2004년 01월 13일	○○환경산업	비대상	열교환기 개조작업을 위해 절단작업을 하는 과정에서 폭발사고가 발생	3	0	인화성 물질이 있는 장소에서 화기작업	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	열교환기
135	안산	2004년 01월 14일	㈜○○화학	비대상	클로로 슬폰산 저장탱크 상부 용단 작업 중 폭발	1	0	용단작업중 탱크내부 가연성가스에 점화	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	화학	탱크
136	인천	2004년 01월 25일	○○종합화학	대상	공장 내 화재가 발생	0	0	전기누전	화재	설비유지관리 불량	화학	기타
137	울산	2004년 01월 29일	○○산업㈜	비대상	아크릴 생산공장 곤포작업장 화재(화재 발생 공정은 비대상임)	0	0	전기누전	화재	설비유지관리 불량	기타	기타
138	여수	2004년 02월 08일	㈜○○컴	비대상	폴리스틸렌 pellets을 사이로로 하역하던 중 벌크로리 폭발	1	0	과압	폭발	설계오류/설비결함	기타	기타
139	울산	2004년 03월 09일	㈜○○케미칼	비대상	신나 이송중 점화원에 의해 화재 폭발	0	1	전기스파크	폭발	안전운전절차 미준수	기타	탱크
140	인천	2004년 04월 01일	○○화학㈜	비대상	방청제 주원료가 담긴 드럼통 덮개를 개방상태로 방치하여 인화성 증기가 누출되어 화재 폭발	0	3	인화성 증기에 전기스파크로 점화	폭발	설비유지관리 불량	화학	드럼
141	안산	2004년 04월 08일	무허가 등록기관	비대상	불법휘발유를 포장하기 위해 주유기를 캔 내부에 삽입하는 순간 축적된 정전기 등에 의한 화재	1	4	비방폭형 전기설비 사용	화재	안전장치 미설치/미작동	기타	탱크
142	여수	2004년 04월 09일	○○산업㈜	대상	원료저장탱크 내부 바닥의 슬러지를 청소하던 중 폭발	1	1	가스농도 미측정	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크
143	수원	2004년 04월 10일	㈜○○텍 평택공장	비대상	합성섬유 원단 코팅 중 건조기 내부에서 폭발	1	2	폭발방산구 미설치	폭발	설비유지관리 불량	화학	건조기
144	울산	2004년 04월 22일	○○제넥스 울산공장	비대상	수소탱크 내부 용접작업중 폭발사고	3	0	가연성가스가 체류하고 있는 Gas Holder에서 용접 실시	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	탱크
145	울산	2004년 04월 23일	㈜○○ 울산공장	대상	안료 중간체 생산공정에서 공장 천정을 철거하던 중 화재	0	0	용접불티	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	기타
146	대전	2004년 04월 27일	㈜○○페스	대상	CMC 제조공정에서 탱크내부 청소작업 중 점화원에 의해 화재 폭발	1	1	인화성물질의 제거 및 환기 부족	폭발	위험성평가 미실시	기타	탱크
147	울산	2004년 05월 25일	㈜○○ 코퍼레이션	비대상	메틸알콜 저장탱크 지지철물 설치작업 중 용접불꽃에 의한 탱크내부에서 폭발	2	0	역화방지기 미설치	폭발	안전장치 미설치/미작동	화학	탱크

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
148	울산	2004년 05월 30일	○○화학	대상	반응기의 원료투입배관의 일부인 테플론재질의 Flexible Hose가 파열되어 배관내 유체인 PF5, HCl, HF등이 누출되면서 대기중으로 확산	0	0	플렉시블 호스 설치 및 사용의 부적합으로 인한 파열	누출	설계오류/설비결함	화학	반응기
149	대전	########	무허가 등록기관	비대상	유사휘발유 제조중 실화에 의한 화재사고	2	1	직화	화재	안전운전절차 미준수	기타	탱크
150	여수	2004년 06월 18일	○○화학	대상	내부의 Sample중 반응기 맨홀 뚜껑이 내부 잔압에 의해 뚜껑이 열리면서 가슴에 충격 사망	1	0	설비 분해시 내부압력 제거	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	반응기
151	인천	2004년 07월 25일	㈜○○실업	비대상	저장탱크(질산) 액위계 하단밸브의 고무패킹 열화에 의한 누출사고	0	0	고무패킹 열화	누출	설비유지관리 불량	화학	탱크
152	여수	2004년 08월 25일	○○석유화학㈜	대상	이물질을 제거하는 공정(KLP PLANT)에서 황제거 반응기의 촉매 교체 준비 작업 중 폭발	1	1	디엔 과산화물의 자기분해	폭발	위험성평가 미실시	석유	반응기
153	청주	2004년 08월 29일	㈜○○코리아	비대상	유류저장탱크 내부 청소작업중 조명등의 스파크에 의한 화재폭발	1	0	비방폭용전기설비 사용	화재	안전장치 미설치/미작동	기타	탱크
154	부산지 역본부	2004년 09월 05일	○○㈜ 부산물류센터	대상	육상 출하 개시를 위하여 탱크로리 유창의 해치(Hatch)를 여는 순간 유창 내에 축적된 증기가 정전기에 의해 폭발	1	1	인화성증기에 정전기가 점화	폭발	위험성평가 미실시	기타	탱크
155	울산	2004년 09월 20일	○○㈜ Complex 합성수지 공장	대상	폴리프로필렌(P.P)공정내 압축기 인입측의 퍼지 라인(내부 가스 치환용 질소배관)을 통해 누설된 수소가스가 조작판넬 내부에 들어가 스위치 조작에 의한 전기 스파크로 순간적인 폭발	2	0	조작판넬 내부에 수소가 유입되어 폭발분위기를 형성한 상태에서 스위치 조작시 발생한 전기스파크가 점화원으로 작용	폭발	변경관리 미실시	화학	기타
156	수원	2004년 09월 30일	㈜○○에너지	대상	폐유저장탱크에서의 이송 작업 중 폭발	2	3	폐 바이오디젤(메틸 에스테르 등)의 분해에 의한 유기과산화물의 이상반응	폭발	안전운전절차 미준수	기타	탱크
157	울산	2004년 10월 20일	○○바스프㈜	대상	밸브 교체작업을 하던 중 미치환된 인화성증기에 의한 화재, 폭발	0	5	공정내 치환작업 부적절	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	배관
158	대구	2004년 11월 19일	○○화학㈜	비대상	섬유코팅액 생산 작업 도중, 원인불명의 화재발생으로 톨루엔 드럼통이 열을 받아 폭발	0	10	원인미상	폭발	분류불가	기타	드럼

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
159		2009년~ 2013년	(주)○○글로벌	-	탱크 컨테이너 2호의 밸브 후단에 체결되어 있는 맹판을 제거하는 작업중 픽 소리와 함께 운무가 발생	5	12	탱크 컨테이너에 부착되어 있는 불화수소 이송용 밸브가 볼밸브이고 조작 손잡이가 Lever 형태로 설치되어 작업자가 작업 중 무게에 의하여 밸브가 개방되어 대량으로 누출	누출	안전운전절차 미준수	기타	탱크
160	당진	2010년 02월 09일	○○제철(주)	-	하우징 커버가 해체된 후 약 1분후에 부스터 하우징으로부터 다량 누출	0	2	자동밸브 차단 상태를 확인하지 못하여 수동상태로 전환하지 못함	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	제철	배관
161		2009년~ 2013년	○○(주)	-	막힌 배관을 뚫으면서 1번째 배관내부에 체류되었다가 나온 헥사민분말과 질산흡의 급격한 반응으로 발생된 화재가 점화원으로 작용하여 폭발	0	0	조건에 미치지 않은 상황에서 피스톤 밸브를 조작하였고 점검구 덮개를 열고 직접 손으로 배관을 뚫어버림	폭발	안전장치 미설치/미작동	기타	반응기
162		2009년~ 2013년	(주)○○	-	트럭 운전사인 피해자가 근무중에 반응이 없어 차량의 운전석 문을 두드렸으나 의식불명상태로 있다가 사망	1	0	배출밸브 수동 조작으로 인한 차단시간 지연	누출	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	
163	김천		○○인더스트리(주)	-	MIBK가 확산되어 폭발 분위기를 형성하였고 전기 스파크 등의 점화원에 의하여 발생	1	0	가스에 적합한 방폭성능 전기설비 및 감지기와 경보기 미설치	폭발	안전작업허가절차 미준수/미작성	가스	탱크
164	청주	2012년 08월 23일	○○화학(주)	-	배출 밸브를 수동으로 개방에서 1층의 Portable vessel 또는 빈 드럼으로 이송하게 되고 회수된 용매는 반응 공정으로 재 투입하는 과정에서 폭발	8	3	임의로 작업 변경 및 위험성 조치 미실시	화재	위험성평가 미실시	화학	드럼
165		2009년~ 2013년	○○○○(주)	-	휘발유 이송 작업 중에 정전기 또는 스파크로 추정되는 점화원에 의해 화염이 탱크 맨홀을 통해 분출	0	3	인화성 액체나 가스 등을 제조, 취급하는 장소에서 비방폭형 전기설비를 사용함	폭발	안전운전 지침서 미작성	기타	탱크
166		2009년~ 2013년	○○○(주)		점화 실시 후 래들과 래들가열대의 방열판 사이의 간격이 있어 틈새를 단열재로 덮기로 판단하고 작업을 실시하였으나 폭발 발생	0	0	래들 내부에 불화성가스를 주입할 수 있는 설비가 미설치	폭발	안전장치 미설치/미작동	가스	래들 가열기
167		2009년~ 2013년	○○화학(주)		인접 탱크에 설치된 펌프를 이용하여 염소를 공급 중 저온의 액화염소가 잘못 유입되어 배관 내에 과압을 형성	0	2	펌프 기동전에 진공배관의 차단밸브를 잠그지 않음	누출	설계오류/설비결함	화학	배관
168	화성	2009년~ 2013년	○○전자(주)		저장탱크를 완전 교체후 배관연결 작업중 배관 잔류 불산의 누출사고가 발생함	1	4	불산이 누출되고 있음에도 화학물질공급을 차단 하지 않음	누출	안전운전절차 미준수	화학	탱크

연번	지도원	발생일자	사업장명	PSM 대상 여부	사고개요	인명피해정도		주요사고원인	사고 형태	원인별	산업별	장치별
						사망	부상					
169		2009년~ 2013년	○○공업(주)		2층 저장드럼의 하부 보온재와 바닥에 화염의 흔적이 있는 것으로 판단하면 저장드럼 하부 배출구에 설치되어 있었던 포대에 화재가 발생함	1	2	세척작업 절차서에 따라 세척작업 미실시	화재	안전작업허가절차 미준수/미작성	기타	드럼
170		2009년~ 2013년	○○산업(주)		용접 작업 중이던 사일로에서 1차 폭발 후 이로 인하여 인접, 배관으로 연결된 사일로 2기에서 폭발과 함께 화염 분출	6	11	HDPE가 완전히 제거되지 않은 상태에서 작업	폭발	위험성평가 미실시	기타	탱크
171		2009년~ 2013년	○○제약(주)		누체여과기 내에서 소음이 발생하여 몸체에 귀를 가까이 하는 순간 정전기 방전에 의해 화재가 급격히 발생	0	0	비도전성 액체를 취급하는 설비임에도 본딩 및 접지 미실시	폭발	안전운전절차 미준수	기타	여과기
172		2009년~ 2013년	○○에너지(주)		Bed 정비작업을 마치고 가동준비 중 배관에서 Off-gas가 누출되면서 화재폭발사고가 발생	1	6	배관의 명세와 상이한, 부적절한 맹판을 사용	폭발	설계오류/설비결함	가스	배관
173		2009년~ 2013년	(주)○○케미칼		건조기 내부의 유증기 양이 폭발범위에 도달하였을 때 정전기 방전으로 추정되는 점화원에 의해 폭발	0	0	건조기 내에 폭발하한 이상의 증기가 축적된 상황에서 원인미상의 점화원에 의해 폭발	폭발	안전운전절차 미준수	기타	건조기
174	대전	2018년 02월 07일	○○○연구실		화학물질을 긁어내던 중 마찰 충격에 의해 잔류된 아자이드 화물이 폭발하면서 유리파편에 의한 부상을 입은 사고	0	1	충격 민감성과 폭발성이 큰 물질을 취급 시 적절한 안전조치를 위하지 않음	폭발	안전작업절차 미준수	기타	플라스크
175		2018년 07월 17일	○○○대학 재료실험실		재료 열처리하는 과정 중, 실험장치 연결부위의 고무호스의 탈락으로 수소가스가 누출되어 화재가 발생	0	1	레큘레이터 없이 직접 고무호스로 유량계를 연결하여 압력상승에 의한 입구 측 호스 탈락으로 추정	누출	안전장치 미설치/미작동	기타	실험로
176	제천	2019년 05월 13일	㈜○○○		소디움멘솔레이트 합성반응 중 반응기 내부에서 폭발이 발생	3	1	과량의 촉매를 일시에 투입하여 급격한 반응으로 인한 반응열에 의해 온도가 급격히 상승하여 발생한 사고로 추정	폭발	안전작업절차 미준수	화학	반응기
177	강릉	2019년 05월 23일	(재)○○○파크		발전기술 개발 실증시험 과정 중 수소탱크 4기가 폭발하여 재해가 발생	2	6	수소 내 산소의 혼입으로 폭발위험분위기를 형성위험이 있었으나 자동경보장치 등이 설치되지 않아 미상의 점화원에 의하여 폭발	폭발	안전장치 미설치/미작동	기타	수소탱크
179	광양	2019년	광양 포스코제철소		배열발전 축열 설비에대한 연구 과제를 수행하던 중 폭발과 함께 화재 발생		5	배열발전 축열 설비에대한 연구 과제를 수행하던 중 폭발과 함께 화재 발생	폭발	원인분석 중	제철	발전설비

부록 2

기술수요조사

추진분야 구분 제도부문 → 플랜트 안전 관련 제도 선진화

중점추진과제 1	(1-1) 플랜트 안전 관련 제도 선진화			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	종합	3년	1개	

현황 및 필요성	○ 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 ○ 플랜트 설비와 관련 높은 법/제도는 4개 정부부처 34개 법령 · 고시 · 기준 등으로 산재되어 있으며, 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물)에 대한 정의는 3개 정부부처 8여개의 법령 · 규칙 등으로 산재 ○ 공간/구획단위 위험도평가 결과에 따른 공간/구획 관점의 플랜트 시설물 안전설계에 대한 법/제도의 부재
연구목표	○ 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 법/제도 선진화 ○ 플랜트 관련 기존 법 개정 및 하위법령/기준/지침 마련
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 안전 관련 법/기준/지침 등의 통합관리를 위해 기존 '기계설비법' 의 개정 및 하위법령 마련** ▪ 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물) 안전기준을 국토교통부 소관 법령 기술기준으로 통합 재편 ▪ 위험도 기반 성능적 시설물 안전기준 채택 (현행 시설물 안전기준의 불합리성 개선) ▪ 기존 타부처 소관 설비 안전기준은 그대로 존속하되 시설물 안전기준은 국토교통부 기준을 따르도록 관계규정 정비 ▪ 기계설비법은 다부처에 산재되어 있는 기계설비 관련 규정을 단일화 하고 효과적으로 관리하기 위한 것으로서 하위규정 마련 및 기술기준(안) 작성 진행 중 ▪ 기계설비법 시행령 및 하부 기술기준에 특수설비로서 플랜트 포함 추진 필요 ※기계설비법 기계설비산업의 발전을 위한 기반을 조성하고 기계설비의 안전하고 효율적인 유지관리를 목적으로 함 / 플랜트의 안전 및 성능 확보를 위하여 건축물의 운영 및 유지관리 목적 등에 사용되는 기계설비를 포함하여 제조·가공·생산 등을 목적으로 옥내·외에 설치된 각종 기계설비의 설계와 시공에 적용
목표/기대성과	○ 정성·정량적 성과 - 기계설비법 관련 제도(기술기준/지침 등) 제·개정 10건

Keyword		
	한글	플랜트, 안전, 제도(규칙, 기준)
	영문	Plant, Safety, Enforcement rule, Criteria Notification

추진분야 구분 제도부문 → 플랜트 안전 관련 제도 선진화

중점추진과제 1	(1-2) 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	종합	3년	1개	

현황 및 필요성	○ 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 ○ 제·개정에만 많은 시간이 소요되는 제도/법의 특성상, 시시각각 변화하고 있는 플랜트 기술들을 제도 속에 유연하게 담아내기란 어려운 점이 많음
연구목표	○ 제도/법으로 대표되는 사양설계와 민간 가이드라인으로 대표되는 성능설계의 융·복합 ○ 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 작성
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성** ▪ 기계설비들이 복잡하게 얽혀있는 플랜트의 특성상, 사양적인 법적 규제만으로 안전성을 담보한다는 것은 무리가 있음 ▪ 국가 주도의 제도/법을 기본으로 하고 있는 경우 이를 뒷받침할 수 있는 연구/기술들의 재정립이 지속적으로 이루어져야 하나 우리나라는 플랜트 설계와 관련한 기술 자립도가 매우 부족할 뿐만 아니라 제·개정에만 많은 시간이 소요되는 제도/법의 특성상, 시시각각 변화하고 있는 플랜트 기술들을 제도 속에 유연하게 담아내기란 어려운 점이 많음 ▪ 한국형 플랜트에 대한 보다 확실한 안전성을 확보하기 위해서는 약 6개 부처의 34개 법령, 고시, 기준에 분산되어 있는 플랜트 안전 관련 법규들의 통합관리가 필요하며, 제도적 접근 외에도 민간에서 주도하는 안전설계 가이드라인과의 실효적인 상호연계를 통해 제도에서 오는 허점들을 보완하며 그 타당성을 증명해 낼 근거 마련이 동반되어야 함 ▪ 제도/법으로 대표되는 사양설계와 민간 가이드라인으로 대표되는 성능설계의 융·복합에 대한 노력은 플랜트 안전설계와 관련한 제도/법 제·개정 시, 민간의 자발적인 참여로 이어질 것으로 판단되어 국내 시장의 활성화가 가능할 것으로 사료되며 아울러 한국형 플랜트 설계기술에 대한 국제적인 검증 및 경쟁력 확보로 이어져 플랜트 산업의 고도화를 이룩하는데 큰 도움으로 작용될 것이라 생각
목표/기대성과	○ 정성·정량적 성과 - 재난유형별 플랜트 안전 확보 가이드라인 작성 1건

Keyword		
	한글	플랜트, 안전, 가이드라인
	영문	Plant, Safety, Guideline

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-1) 플랜트 공간/구획 화재위험도 분류체계 설정 및 관련 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	5년	4개	

현황 및 필요성	○ 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도 분류체계 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 구획/공간 내 화재위험도 및 장외 영향도 정량적 평가 기술 ○ 플랜트 방호구획 특성에 따른 주요 고위험 저장/이송 설비의 화재 모형 설정
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 국내외 플랜트 설계 및 시방기준 조사를 통한 한국형 플랜트 화재위험도 분류체계 작성** ▪ 국내외 플랜트 설계 및 시방기준, 기술기준 조사 분석을 통한 기술개발 범위 설정 ▪ 플랜트 화재사고 및 Case Study를 통한 위험 및 피해 심각도 분석 ▪ 건축법상 산업시설 중 고위험 플랜트 적용 범위 및 대상 설정 ▪ 고위험 플랜트 시설물의 종류에 따른 특성을 고려한 화재거동 분석 ▪ 고위험 플랜트 화재위험시설 분류 체계 설정 **2) 화재위험도 평가를 위한 위험인자 설정** ▪ 화재특성을 고려한 안전도 평가기술 조사 분석을 통한 플랜트 화재위험성 평가기법 도출 ▪ 플랜트 잠재적 화재위험인자 분류 체계 마련 ▪ 고위험 플랜트 화재위험성 평가를 위한 화재위험인자 도출 **3) 위험도 등급별 화재하중 및 시나리오 설정** ▪ 플랜트 위험도 중요도 등급과 저장 물질의 위험성 특성을 고려하여 플랜트 시설별 화재하중을 설정하고 이를 바탕으로 시설물별 화재 시나리오를 작성 및 검증 **4) 플랜트 위험도 기반의 화재위험 등급화 기술 개발** ▪ 플랜트 시설의 구획 및 공간의 화재위험 특성을 판단하고 이를 통해 화재위험 인자를 도출 ▪ 플랜트 시설의 화재위험 인자별 상관관계 분석을 통한 구획 및 공간의 화재위험 등급 분류 기준 개발
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-2) 플랜트 공간/구획 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	5년	3개	

현황 및 필요성	○ 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도를 정량적으로 예측하거나 평가 기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 플랜트 공간/구획 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 위험도 정량적 평가기술 개발** ▪ 플랜트 위험도 측정기술 개발 / 플랜트 특성에 최적화된 평가절차 제시 및 맞춤형 위험도 평가기술 제시 **2) 플랜트 위험도 기반의 확산 및 피해 예측 해석기술 개발** ▪ 플랜트 화재로 인한 2차 피해 방지를 위하여 플랜트 위험도 등급에 따른 시설물 외부로 화염확산을 예측하고 피해를 최소화하기 위한 확산 및 피해 예측 해석기술을 개발 **3) 플랜트 위험 빅데이터를 활용한 화재위험 상시 모니터링 시스템 개발** ▪ 플랜트 시설에서의 온도·습도·기상 상태·CCTV 영상·센서데이터 등과 같은 빅데이터를 활용하여 화재발생 예측 기술 개발 ▪ 기존 화재위험 인자와의 연관성 분석을 통한 화재위험 상시모니터링 기술 개발
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 시설물 화재위험도 평가지침 - 플랜트 구획/공간단위 화재안전성 평가지침

Keyword	**한글**	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 시뮬레이션
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Simulation

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-3) 플랜트 폭발의 유형별 위험도 평가 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	2개	300

현황 및 필요성	○ 플랜트 산업 고도화 및 고령화에 따른 다양한 플랜트 폭발사고에 대비하기 위하여 각각의 폭발 유형마다의 기본적인 정립이 필요 ○ 플랜트 산업 고도화 및 고령화에 따른 폭발 재난을 대비하기 위한 필수적인 기본요소를 확립하는 것이 필요 ○ 해당하는 폭발 유형마다의 폭압산정방법 및 손상메커니즘을 분석하여 위험도 평가를 하여 폭발 저항 설계 기준 및 체계적인 프로세스 확립시키기 위한 도움
연구목표	○ 플랜트에서 발생하는 다양한 폭발 유형에 해당하는 폭압 산정 및 피해 예측 기술의 개발 ○ 폭발 유형에 해당하는 폭압 산정 및 분석을 발전시켜서 플랜트 구조물 설계에 적절한 평가요소를 산정 가능 ○ 폭발에 따른 플랜트 구조물의 피해 예측 및 분석을 위한 통합 기초 자료를 형성
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내에서 다양한 유형의 폭발에 따른 폭압산정 및 피해 예측 시스템 개발** ▪ 폭발의 형성에 따른 원인 및 메커니즘을 활용한 다양한 폭압산정방법의 평가법 개발 ▪ 전산유체역학(CFD) 또는 하이드로코드 프로그램을 활용하여 폭압 산정 기술의 개발 **2) 폭발사고에 따른 위험도 평가 및 관련 기준 및 지표 생성** ▪ 플랜트 사고 데이터베이스 구축 기술 개발 및 활용방안 확립 ▪ 빅데이터 및 인공지능을 활용한 폭발 위험도 평가 기술 개발 ※플랜트 현장에서 발생하는 다양한 폭발 유형의 메커니즘 및 각각의 폭발 형태를 통한 적절한 위험도 평가 및 기준 관계 정립 플랜트 폭발의 유형에는 크게 증기운폭발, 분진폭발, 압력용기폭발, 응상폭발로 나눌 수 있게 된다. 이에 상응하는 폭발에 따라 원인 및 메커니즘 등 다양하게 구분이 되는데, 각각의 폭발 유형마다 폭압산정 및 손상 메커니즘 등을 평가하여 최종적인 위험도 평가 기술을 발전화
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-4) 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	2개	500

현황 및 필요성	○ 플랜트 산업의 다양성에 따른 상응하는 분석 및 폭발에 대비한 기준을 정립하기 위한 필요성이 존재 ○ 플랜트 내의 밀집도 및 설비 군에 따라서 폭발의 유형 및 메커니즘이 상당히 차이를 나타나기 때문에 일률적인 위험도 평가를 가능케 못하기에, 각각의 상응하는 분석법 및 피해 예측 기술 개발이 필요 ○ 폭발에 의한 압력은 폭발의 원인과 구조물의 이격 거리에 따라 달라지며 주변 공간의 밀집도에 의해서도 영향을 받는데, 위험도 평가에서는 공간적 영향을 포함하기 위하여 지리정보시스템(GIS)를 기반한 위험도 평가 기술의 개발이 필요 ○ 플랜트의 유형, 규모, 구조물의 위치 등에 따라서 체계적인 프로세스 및 분류를 통하여 방폭 설계의 기준을 확립하는데 기여를 하며, 분류에 따른 빅데이터 기술을 활용할 수 있는 매개체 가능
연구목표	○ 다양한 유형 및 규모에 따른 플랜트에 따른 정량적인 폭발 위험도 평가 및 분석법을 기술 개발 ○ 플랜트 유형에 해당하는 폭압 및 손상 메커니즘을 발전시켜서 플랜트 구조물 설계에 적절한 평가요소를 산정 가능 ○ 플랜트 설계 시, 규모 및 유형에 따라서 적절한 설계방안 및 폭발 피해 예측 시스템을 개발하여 합리적인 시공을 위한 기준을 확립
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트의 유형 및 규모에 따른 폭발 메커니즘 및 위험도 평가 기술 개발** ▪ 구조물과 설비군의 통합 환경에 따른 폭발 범위 및 폭압 산정을 분석 및 기술의 개발 ▪ 플랜트 유형, 규모, 위치 등에 따라서 GIS(Geographic Information System)기반 프로그램을 적용하여 폭발의 형상 및 피해 예측 프로그램을 개발 **2) 플랜트 폭발사고에 따른 다양한 분류의 관련 기준 및 지표 생성** ▪ 플랜트 설비, 화학물질, 규모 등에 따른 체계적인 분류를 통한 기준 및 지표의 데이터 베이스 구축 기술 개발 ▪ 폭발에 따른 기본적인 위험요소 뿐만 아니라 비산먼지, 진동 등에 따른 부요소의 위험요소 평가 기준 생성 ※플랜트의 각기 다른 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도의 평가 및 피해 예측 기술 플랜트 산업의 고도화 및 다양화에 따른 구조물의 밀집도 및 형상이 획일적이지 않기 때문에 이에 상응하는 모든 정보를 축적 및 데이터화하여 유형 및 규모에 따른 하중 산정, 피해 규모 예측 시스템을 개발
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-5) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	3개	910

현황 및 필요성	○ 폭발 위험도 평가 및 구조 안전 설계, 시공 및 유지관리 기술은 체계적인 관리체계가 필요한 분야로 정부주도의 통합적 패키지 마련이 필요 ○ 폭발의 발생이 ZONE(위치, 규모, 공간, 장애물 등의 영향)에 따른 위험도 평가 ○ 국내의 폭발과 플랜트 유형별 개별적인 데이터베이스 미흡 및 각각의 적절한 폭압 산정 기술, 해석 방법의 정립 필요
연구목표	○ 플랜트 ZONE(위치, 규모, 점화원, 장애물 등)에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발 ○ 빅데이터에 기반 및 GIS 기반 폭압 산정 기술의 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 폭발의 유형별 위험도 평가 기술 개발** ▪ 플랜트 폭발 유형에 따른 원인 및 손상 메커니즘의 분석 ▪ 각기 다른 폭발 유형(대표적으로 증기운 폭발)에 따른 폭압산정 정립 및 평가법의 개발 ▪ 전산유체역학(CFD)와 하이드로코드 프로그램을 활용한 폭압 산정 및 피해 예측 프로그램의 개발 **2) 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발** ▪ 플랜트내의 설비, 화학물질, 유형을 파악하여 다양한 변수의 폭발 시뮬레이션을 통한 위험도 평가 기술의 개발 ▪ 플랜트의 규모, 공간, 장애물 등에 따라서 피해 확산 범위, 폭압의 형태를 분석하여 피해 예측 시뮬레이션의 고도화 ▪ 폭발 사고 데이터베이스 구축 및 평가 기술 개발 **3) 구조물의 위치 및 밀집도 등에 따른 GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 개발** ▪ 플랜트 위치, 규모, 형상 등에 따라서 GIS(Geographic Information System)기반 프로그램을 적용하여 폭발의 형상 및 피해 규모 예측 프로그램을 개발 ▪ 폭발에 따른 기본적인 위험요소 뿐만 아니라 비산먼지, 진동 등에 따른 부가요소의 위험도 평가 기술 개발
목표/기대성과	○ 정성·정량적 성과 - 폭압 산정 및 피해 예측 프로그램 - 플랜트 폭발 위험도 평가 지침 - GIS 기반 폭발 위험도 평가 지침

Keyword	**한글**	폭발, 지리정보시스템, 전산유체역학, 폭압, 비산먼지, 증기운 폭발
	영문	explosion, GIS(Geographic Information System), CFD(Computational Fluid Dynamics), blast pressure, dust dispersion, VCE(Vapor Cloud Explosion)

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-6) 플랜트 폭발에 따른 폭압의 구조물 거동 해석 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	4개	890

현황 및 필요성	○ 폭압을 받는 구조물은 단자유도 비선형동적해석이 가장 많이 사용되지만, 현재 미국내에서 SBEDS 라는 프로그램이 자국내에서만 공개되어 있어 국내에 활용이 어려운 상황에 따른 보급형 해석 프로그램 개발이 필요 ○ 폭압에 따른 비선형 동적 해석을 위한 하이드로코드 및 다양한 해석의 결과 검증 등을 이용하기 위한 기술의 현저한 한계점 제시
연구목표	○ 폭압이 구조물에 미치는 구조 거동 및 구조해석 기술의 분석 및 개발 ○ 폭압에 따른 구조물의 거동이 초래하는 2차 영향 및 피해의 분석과 보강법 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 해석 방법에 따른 장단점과 기술적 한계 파악 및 해석 절차와 지침의 개발** ▪ 등가정적해석법, 유체-구조물 상호작용(하이드로코드) 해석법, 단자유도 비선형 해석법, 유한요소해석법 등 다양한 해석방법을 이용한 해석 절차와 지침의 정립 및 기술 개발 ▪ 국내 플랜트 설계에 활용할 수 있는 보급형 단자유도 비선형 동적 해석 프로그램 개발(미국의 경우 자국내에서만 접속 가능한 프로그램, SBEDS) ▪ 소성힌지를 가진 보요소를 기반으로 한 다자유도 해석 및 연속체 요소를 사용한 해석을 통한 해석 기술의 분석 및 활용 **2) 방폭 성능을 가진 재료 모델링 기술 개발** ▪ 기존의 방폭 성능을 가진 시멘트 복합 재료 또는 합성수지 재료 등의 개발에 따른 설계에 적용할 수 있도록 새로운 재료의 수치 모델화 방법의 개발 **3) 실무에 적용할 수 있는 해석 SW 개발 및 멀티 스케일 해석 기술 개발** ▪ 플랜트 전문가 및 실무에 적극적으로 적용할 수 있는 폭발 해석 SW의 개발 ▪ 연속체 요소를 사용한 해석 결과를 보요소를 사용한 해석 또는 단자유도 해석으로 활용할 수 있는 멀티스케일 해석 기술의 개발 **4) 구조 해석 결과의 가시화 기술 및 검증 기술 개발** ▪ 폭발의 방대한 해석 결과 산출에 따른 가시화 및 추상화하는 기술의 개발 ▪ 해석 방법의 타당성 확인을 위한 실증실험 이용 및 다른 해석 방법을 이용한 검증 방법 개발
목표/기대성과	○ 정성·정량적 성과 - 약산해석을 위한 단자유도 비선형 동적해석프로그램 - 방폭재료의 수치 모델 라이브러리, 멀티스케일 해석 지침 - 해석 예제 보고서, 프로그램 사용 설명서

Keyword	**한글**	폭압, 등가정적해석법, 하이드로코드, 유한요소해석법, 비선형 동적 해석
	영문	blast pressure, equivalent static analysis, hydrocode, finite element method, nonlinear dynamic analysis

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-7) 가연성 유체의 누출에 따른 열역학적 위험성			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	누출	3년	2개	1000

현황 및 필요성	○ 국내 플랜트는 다양한 용도(발전, 정유, 반도체 등)로 건설되어 이용중이며, 이에 따라 각 용도별 가연성 가스의 활용이 증가되고 있음 ○ 가연성 가스의 특성에 따라 누출, 화재, 폭발 등 다양한 형태의 사고 발생개연성 증가에 따른 데이터 확보 필요 ○ 초고압 수소충전소 등 산업시설의 도심지 인근 구축 증가에 따라 가연성가스의 특성 파악이 중요함
연구목표	○ 미국 가스협회의 가연성가스 데이터베이스를 기반으로 국내 플랜트시설에 사용되는 가연성가스의 열역학적 특성을 웹기반 DB 구축 ○ 웹기반 DB를 통해 가연성가스의 취급, 확산, 사고예방에 활용가능
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 가연성 유체의 열역학 물리 데이터베이스 구축** ▪ 가연성 가스의 종류, 취급용량, 압력별 특성 데이터베이스 구축 ▪ 국내 선진화된 초고속 인터넷 기술 활용을 통해 웹기반 데이터베이스구축으로 기업의 접근성 강화 및 기술 확용도 증대 **2) 누출시나리오와 연계 프로그램 개발** ▪ 가연성 가스의 누출사고 발생 폭발, 화재, 누출범위 등 피해확산범위 추정을 위한 프로그램 개발 ※미국 가스협회(AGA) 데이터베이스를 기반으로 플랜트시설에 사용되는 가연성 가스의 물리적 특성 구축 플랜트 시설에 사용되는 다양한 가스시설의 화재 및 폭발 환경에서 가연성가스의 열역학적 데이터베이스를 기반으로 영향 최소화 기술
목표/기대성과	○ 고압 플랜트시설의 화재, 폭발, 누출 등 사고 발생에 따른 안전성 확보 ○ 초고압 수소충전소 등 플랜트시설의 도심인접 기술 개발 확대 ○ 플랜트 산업현장 가연성가스 취급, 위험대비기술 확보 ○ 웹기반 기술 프로그램 개발을 통한 스마트 기술 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-8) 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 압력 산출			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	2개	1500

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 가연성 가스의 생산, 보관, 취급을 위해 설치되는 용기가 파열시 인접시설물의 연쇄적 피해 확산 방지를 위해 필요 ○ 가연성가스를 생산, 보관, 취급 용기의 폭발에 따라 인접시설, 인명 등 패해 영향 저감을 위해 필요 ○ 가스보관시설, 제조, 충전 시설의 가스폭발 방지를 위한 구조물의 성능기반 설계 기조 자료 필요 ○ 플랜트 의 화재에 따른 인전구조물 피해 방지 및 플랜트 Control Room 등 중요시설의 피해영향 방지를 위해 설치되는 방호구물의 폭발압력 저항성능 설계를 위해 폭발압력 기초자료를 위해 필요
연구목표	○ 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 압력 범위 산출을 위해 용기 폭발 시뮬레이션 및 실증시험을 통해 폭발 압력 범위 실증 ○ 가연성 가스 화개 폭발 사고사례를 토대로 피해인자 도출 ○ 가연성 가스 용기 보관실 내부 폭발에 따른 거리별 압력분포 시뮬레이션을 통해 압력 지속시간, 충력량, 온도 데이터 확보 ○ 내부 가연성 가스의 폭발 실증시험을 통해 시뮬레이션을 통한 데이터 검증 ○ 내부 가연성 보관 용기 폭발 실증시험을 통해 거리별 압력분포 검증과 성능기반 설계 기초 데이터 확보
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재폭발 사고사례 및 폭발영향 분석** ▪ 플랜트 시설 화재 폭발 사고 사례 분석을 통한 폭발 영향 인자 및 위험 요소 분석 ▪ 가연성 가스 및 용기의 주요 사용압력, 폭발 피해범위 등 분석을 통해 실증시험을 위한 데이터 활용 ▪ 사고사례 분석을 통한 플랜트 시설 내부 가연성 가스 폭발 실증시험 ▪ 실증시험을 통해 폭발시 발생하는 압력 특성(충격량, 충격지속시간, 최대 충격압력) 분석 **2) 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 폭발 실증시험 결과 분석** ▪ 폭발 압력의 분포, 확산속도, 영향인자의 컴퓨터 시뮬레이션과 실증시험 결과 분석을 통해 유효성 검증 ※가연성 가스의 누출 또는 내부 폭발, 외부 충격에 의한 압력용기 폭발에 따른 압력의 확산 범위 산출 플랜트 시험의 가연성 가스 또는 가연성 물질에 의한 인접시설물 화재로 인한 복사열 또는 직접 접촉에 의해 용기가 파열시 압력의 피해영향 범위 산정 가연성 가스의 누출에 따라 적정공간에 체류, 폭발 농도한계 내에 존치할 경우 가연성 가스의 폭발환경 조성으로 인한 가스 폭발 발생
목표/기대성과	○ 실증시험을 통해 성능기반 설계 DATA 확보를 통해 플랜트 시설의 방폭 및 방호시설 경제적인 설계 가능 ○ 플랜트 인접시설물 파손방지 기술 도입을 위한 기초 DATA로 시설물 간 피해 예방시설 도입을 위한 법적, 제도적 장치 마련 기대 ○ 실증시험으로 플랜트설계 기초 데이터 확보 및 시뮬레이션의 과학적 검증자료 활용 가능 ○ 폭발에 따른 압력분포를 기초로 압력지속시간, 최고압력, 충격량 등 물리적 데이터를 확보하고, 성능기반 설계 활용기술 확보

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-9) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 및 대응기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	3개	920

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 가연성유체 사고 예방을 위해서는 위험장소의 범위 결정이 필요하며, 누출원의 위치, 증기밀도, 방출량 및 방출속도와 환기 등의 영향이 지배하나 명확한 기준 부재 ○ 가연성 유체 누출 폭발 시 기계적인 안전 확보가 필요하나 누출, 확산 및 폭발범위 탐지는 실증실험 장소 및 민원발생 등의 문제로 어려움
연구목표	○ 가연성 유체의 열역학 물성 D/B를 구축하고, 위험도 기반 누출 시나리오별 위험장소 범위 산정 기술개발 및 가이드라인 마련 ○ 플랜트내 점화원 제거를 위한 전기방폭구조의 선정 가이드라인 개발 및 위험장소 범위 산정을 위한 범용 유동해석 프로그램과의 연계기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 가연성 유체의 누출 시나리오 작성을 위한 열역학물성 DB구축** ▪ 미국 AGA기반 가연성 유체의 열역학 물성 데이터베이스를 구축하고 누출시나리오와 연계 프로그램 개발 **2) 위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정기준 개발** ▪ 위험도 기반접근법과 누출특성접근법, 점누출원접근법 및 직접사례 접근법을 비교하여 장단점 비교하여 최적모델 개발 ▪ 누출등급구분, 누출홀 크기, 옥외환기속도자료, 희석등급산정, 화기유효성 검증 및 위험장소 결정 방법 개발 ▪ 기상 및 액상 누출유형별 가스특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델 개발 **3) 가연성 점화원 제거를 위한 전기방폭 분류체계 및 유동해석 연계 프로그램 개발 · 실증** ▪ 플랜트내 전기방폭구조의 적용 및 산소혼합조건에서 폭발 예방을 위한 방폭분류체계 개발 ▪ 유동해석 연계 프로그램 개발을 위한 누출 HOLE크기별 기·액상 누출 실증
목표/기대성과	○ 정성·정량적 성과 - 가연성 물질 DB구축 및 누출 시나리오 5건 - 가연성 물질별 유동해석 및 실증시험 3건

Keyword		
	한글	열역학 물성, 누출시나리오, 위험장소 구분, 전기방폭
	영문	Thermal property, release scenario, hazardous area classification, electrical Explosion proof device

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-10) IoT 기반 방폭형 착탈식 플랜트 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	누출/폭발	3년	3개	1,500

현황 및 필요성	○ 대형 플랜트의 효과적인 가스누출 감지시스템의 전무 ○ 대형 플랜트 내에 설치되는 가스저장탱크, 가스저장시설, 가스배관류, 밸브 등 플랜트 설비들은 주기적으로 검사 및 진단이 수행되어야 하나, 범위가 광대하과 접근하기 어려워 실질적이고 효과적인 검사 및 진단이 이루어지지 않고 있음. ○ 대형 플랜트나 저장탱크의 가스누출은 기존 법적인 고정식 가스감지기를 설치하여 운영하고 있으나, 가스감지기의 감도가 낮거나 내구성이 약하여 형식적인 설치 및 운영이 되고 있으므로 가스사고예방을 위하여 지원이 절실함.
연구목표	○ 대형 플랜트나 저장탱크 등 가스누출을 감지하기 위한 자석 또는 고리형태로 착탈 및 이동이 가능한 방폭형 고감도 가스누출감지기를 개발하고, 대형 플랜트나 저장탱크에 수십개를 설치하여 사물인터넷(IoT)과 메쉬네트워크를 구성하여 가스누출을 원격 스마트기기에서 모니터링 할 수 있는 시스템 및 솔루션의 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) IoT기반 착탈 및 이동식 방폭형 가스누출 감지기 개발** ▪ 고감도 가연성가스 센서(MOS/Catalytic 복합방식, 30~5,000ppm) 내장 ▪ 내압방폭구조(Ex d), 사물네트워크 통신모듈(zigbee/wifi) 장착 ▪ 고리 및 자석형태의 가스누출감지기 개발 **2) 실시간 가스누출 상태 모니터링 시스템 및 솔루션 개발** ▪ 수십개의 센서로 구성된 무선 메쉬네트워크 구축 ▪ 수십개의 센서에서 측정된 가스농도 데이터 집중화 중계기 개발 ▪ 각 센서별 측정된 농도표시용 소프트웨어 개발 **3) 플랜트 가스누출 상태 모니터링 테스트 베드 구축** ▪ 현장 플랜트에서 80개 이상의 가스누출감지기 설치 및 시험 베드 구축 ※IoT기반 방폭형 착탈식 플랜트 가스누출 모니터링 시스템 개발 및 실증 플랜트나 대형저장가스 탱크의 가스누출을 자석 또는 고리형태로 착탈 및 이동이 가능한 방폭형(Ex d) 고감도(30~5,000ppm) 가스누출감지기를 개발하고, 대형 플랜트나 저장탱크에 수십개를 설치하여 사물인터넷(IoT)과 메쉬네트워크(mesh network)로 구성하여 가스누출을 모니터링하여 원격 스마트기기에서 실시간 디스플레이할 수 있는 기술임 대형 플랜트나 저장탱크 테스트 베드를 구축하여 정상상태 동작, 정확도, 반응속도, 디스플레이 기능을 현장에서 실증하는 기술임
목표/기대성과	○ 대형 플랜트 및 저장탱크의 가스누출 상시점검으로 인한 사고예방, 인명 및 시설 피해 감소 ○ 세계최초 대형 플랜트 및 저장탱크 착탈 및 이동식 가스누출모니터링 시스템 개발

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-11) 전기적 점화원에 따른 플랜트 내부 안전성 확보			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	종합	3년	3	1,500

현황 및 필요성	○ 가연성 유체의 누출에 따라 전기적 점화원으로 인한 화재, 폭발 방지 기술 개발 필요 ○ 가연성 유체는 전기적, 물리적, 화학적 점화원에 의해 폭발, 화재가 발생할 가능성이 있으며, 특히 수소시설의 경우 내부 산소유입 농도에 따라 폭발 가능성을 내포하고 있음 ○ 고압의 가스 및 유체를 이송, 보관하는 플랜트 시설의 누출 발생에 따른 가스 및 유체 유동해석 정밀확도 확보를 위한 실증시험 필요 ○ 플랜트 내부 시설에 따라 바람의 이동 방향에 영향을 미치며, 누출시 누출 HOLE의 크기, 누출 상태(기체. 액체)에 따른 해석 및 실증 필요
연구목표	○ 실증시험을 통한 가연성 유체의 점화원 제거를 위한 전기방폭 및 유동해석 프로그램 개발 ○ 전기방폭구조의 적용 및 산소혼합조건에 따른 폭발 예방을 위한 방폭분류 체계 개발 ○ 유동해석 프로그램 연계를 위한 누출 HOLE크기별 누출 실증
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 전기방폭구조 적용 및 산소혼합조건에 따른 폭발 예방 분류 체계 개발** ▪ 가연성가스의 누출, 정체, 유동에 따른 유효 폭발가능 농도에 따라 전기적 점화원에 의해 폭발 가능범위 산출 ▪ 수소 등 가연성가스 내부 산소혼합조건에서 폭발 발생시 예방을 위한 방폭 분류 체계 개발 **2) 유동해설 프로그램 연계를 위한 누출 HOLE 크기별 기체 및 액상 누출 실증** ▪ 플랜트 시설 배관의 누출에 따른 가연성 유체의 누출 확산 모델 결정을 위한 유동해석 연계 프로그램 개발 ▪ 가연성 가스가 배관에 발생한 누출 HOLE의 크기별 누출량, 누출 길이, 확산 영향범위 해석을 위해 유동해석 프로그램과 실증시험을 연동하여 유동해석 프로그램의 적합성 검증 ※전기적 점화원에 의한 플랜트 내부 폭발 방지를 위한 실증 플랜트 시설의 방폭시설과 유동해설 프로그램 연계를 통해 가연성 유체 누출 피해 방지 기술 개발
목표/기대성과	○ 가연성 가스 화재 폭발 위험요인 제거를 위한 전기적 방폭 설비 기술 도입을 통해 기술적 융합 산업 발전 창출 ○ 산소혼합조건에 따른 폭발 분류 체계 개발을 통해 연관 산업시설 화재 예방 데이터 활용 기술 배양 ○ 플랜트 산업현장 안전성 확보를 위한 기초 기술 개발을 통해 향상된 안전화 기술 확보 ○ 유동해석 프로그램 연계된 실증시험을 통해 해석프로그램의 신뢰성 확보 및 과학적 실증시험 데이터 확보 ○ 가연선 유체의 누출현상 분석을 통해 유사 가스 누출 현상 분석 활용 데이터베이스 구축 가능

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-12) 플랜트 가연성 유체 폭발에 따른 구조물 피해영향 분석			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 플랜트 시설에 다양한 종류의 재료를 사용하여 시설물을 건설하고 있으며, 이에 따라 폭발압력이 각 재료에 미치는 특성 분석 필요 ○ 가연성 유체, 가스용기의 폭발에 따라 구조물을 이루는 재료적 성질을 파악하여 설계 자료로 활용 필요 ○ 폭발압력은 주변 시설물에 영향을 받아 간섭, 증폭, 상쇄될 수 있어 폭발원과 시설물의 지리적 위치가 중요한 영향 인자로 작용 ○ 플랜트 구설 시설물의 위치에 따른 폭압의 영향을 평가할 필요가 있음
연구목표	○ 폭발압력이 구조물의 재료, 위치 등에 미치는 영향인자 분석 ○ 가연성 유체의 폭발에 따른 폭압산정을 바탕으로 사용재료 및 각도별 폭압의 영향성 분석 ○ SHOCK TUBE를 활용한 폭압가 재료, 각도 등 폭풍파 영향인자별 물리적 작용 방법도출
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 용기폭발 실증시험 결과에 따른 폭풍파의 압력 산출과 SHOCK TUBE 시험을 통해 사용 재료, 설치 각도별 폭풍파의 영향인자 도출** ▪ 플랜트 시설의 사용재료(강판, 콘크리트 등) 사용재료 분석 ▪ 용기 폭발에 따른 시설 내부, 외부 용기 보관 장소 주변 시설물의 이격 거리, 사용재료의 종류에 따라 폭풍파의 영향성 분석 ▪ 인접 구조물의 위치 및 이격 거리에 따른 압력변화 및 설치 각도별 폭풍파의 영향성 분석 ▪ 가스폭발에 따른 폭풍파의 거리에 따른 압력변화 데이터를 바탕으로 설치 각도에 따른 폭풍파의 영향성 분석 ※시설물의 설치 방법 및 위치, 거리, 폭발원의 각도 등에 따라 폭발압력이 미치는 영향에 차이가 발생 가연성 가스 폭발에 따라 주면 시설(파이프, 벽체, 건축물)에 폭발압력이 미치는 영향을 분석 구조물의 구성 재료(강판, 콘크리트 등)에 따라 폭압의 저항성 분석
목표/기대성과	○ 용기 폭발에 따른 인접시설물의 설치위치, 사용재료의 적정성을 판단하여 플랜트 건설 시공현장에 적용함으로써 비용절감 효과 발생 ○ 플랜트 방호구조물 및 방폭 구조물 설계 데이터로 활용 ○ 방호구역 및 방폭 지역 설정의 데이터로서 인접 구조물간 설치 위치, 구역 구분에 활용 ○ 폭발로 인한 폭풍파의 저감 시설 및 인접구조물 피해영향 분석 기초 데이터 활용 ○ 폭발에 따른 피해영향 분석 기술 발전 및 성능기반 설계를 위한 기술 확보

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-13) 플랜트 가연성 가스 화재·폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	2개	930

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 가연성 가스의 폭발 및 용기 폭발에 따라 방호구획 내부에서 발생하는 폭풍파의 영향 및 피해영향 요인분석
연구목표	○ 용기 폭발의 실증시험을 통해 거리별 압력분포 측정 및 컴퓨터 시뮬레이션과 비교 ○ 압력에 따른 플랜트 시설 안전 검증을 위한 충격관(Shock tube) 실증시험
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내 가연성 가스 및 용기 폭발에 따라 방호구획내부 압력 분포 실증시험** ▪ 플랜트 내 피해 화재 폭발 사고사례 및 폭발 영향 분석 ▪ 가연성 가스 보관시설 용기의 폭발에 따른 거리별 압력 분포 시뮬레이션 * 가연성 가스 용기 폭발에 따른 온도, 압력, 압력지속시간 등 ▪ 플랜트 내부 가스용기 화재폭발 실증시험을 통해 거리별 압력분포 측정 * 화재에 따른 용기 폭발이 인접 구조물에 미치는 영향 및 설계 인자를 도출하기 위한 압력 데이터 측정 ▪ 컴퓨터 시뮬레이션 압력 분포와 실증시험결과 분석을 통한 방호구획 내부 폭풍파 전달 및 방호구조물에 미치는 영향 검증 **2) 폭발압력이 방호구획을 구성하는 구조물(방호벽, 물리적 거리 등)에 미치는 영향 인자 분석 (Shock tube test)** * 구조물(기계설비, 시설, 건축물 등) 설치 형태 각도 등에 따른 압력 산출 ▪ 용기 폭발 실증시험 결과에 따른 폭풍파의 거리, 각도, 최고압력, 지속시간 도출 ▪ 폭발에 따른 방호구조물 및 구획간 거리에 미치는 영향 인자 도출 ▪ 재료 및 구조물의 설치 각도, 형태 분석을 통한압력 저항성 측정 ▪ 폭발에 따른 압력 산출을 통한 방호구조물 및 공간구획별 이격거리 설계 입력 데이터 도출 * 구조물의 위치 및 형태에 따라 폭압의 영향성 도출을 통해 플랜트 설계 적용 압력 산출 근거 제공
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 가연성 가스별 용기 폭발 실증시험 및 특성분석 5건 - 폭발압력의 특성 분석을 통해 플랜트 설계인자(입사, 반사, 충격량) 도출 5건

Keyword		
	한글	폭발압력, 플랜트 설계, 가스폭발, 충격관
	영문	Explosion pressure, Plant Disign, gas explosion, Shock tube test

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-14) 플랜트 위험시설 범위 및 분류 기준 마련			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	종합	3년	2개	700

현황 및 필요성	○ 플랜트 시설에서 사용되는 각종 가연성가스, 독성가스, 고압설비의 누출, 폭발, 화재 등 사고에 따른 안전성 확보 ○ 시설 위험성에 따른 구역을 선정하여 필요 안전조치 강화, 주변시설 확산방지 등 기술적용을 위해 구분 구획 필요 ○ 위험성 기반설계에 따른 구역별 위험도 산출 기술 개발 필요 ○ 플랜트 시설에 설치되는 고압가스, 독성가스, 가연성가스의 운송관로 내 파열, 누출, 화재에 따라 피해확산 범위 산정 필요
연구목표	○ 가연성 유체 및 독성 유체의 누출, 화재, 폭발 범위 산정을 통한 위험장소 구분 및 범위 선정 ○ 플랜트 사고사례 및 누출특성, 점원누출의 장단점을 분석하여 최적화된 위험 범위 산정 및 산출 기준 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 위험도 분석기법 및 사례 분석을 통한 위험장소 분류 기준 정립** ▪ 위험도 기반 분석과 누출특성, 사고사례를 비교하여 각 장단점을 반영한 최적화 모델 개발 **2) 누출되는 물리적 상태를 반영한 위험장소 표준 보델 개발** ▪ 플랜트 시설의 위험장소 결정방법 개발 ▪ 누출등급 구분, 누출 HOLE SIZE, 환기방법 및 점화원의 종류에 따른 위험장소 구분 방법 개발 ▪ 누출 가스의 물리적 상태에 따른 특성을 반영하여 위험장소 범위설정 및 선정 기준 개발 ※플랜트시설의 설계에 반영되는 위험요소별 위험 구역 선정기술 개발 가연성가스의 누출 특성, 누출원인 및 주변 시설 환경을 고려한 위험구역 설정 기술 개발
목표/기대성과	○ 플랜트 시설의 다양한 위험요인을 분석하여 위험구역 구분으로 성능기반 설계 기본 자료 확보 ○ 위험구역과 비위험구역의 구분을 통해 비경제적인 시설 설치 방지 ○ 위험시설 장소 구분 및 등급 설정을 통해 위험 지역 인명, 시설 피해 최소화 기술 개발 ○ 독성, 고압, 액상, 기상의 물리적 및 화학적 성질에 따른 위험시설 등급 기술 개발을 활용한 성능기반 설계 기초 데이터 확보 ○ 플랜트 시설 설계기술 기초 데이터 확보를 통한 안전화 기술 개발 촉진

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-15) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	3개	900

현황 및 필요성	○ 가스를 제조, 사용하는 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구분하는 구조물(방호벽) 및 구획간 이동성 보장을 위한 문(방폭문)의 안전성 검증 실증시험
연구목표	○ 방호벽(방폭기능) 및 방호벽 출입문(방폭문)의 실물폭발(TNT) 실증시험
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 가연성 가스를 사용하는 플랜트 내부 공간 구획 구분을 위해 설치되는 방폭벽 설계 및 폭발(TNT)실증시험을 통한 안전성 검증** ▪ 가연성 가스를 생산, 보관, 운송, 사용하는 플랜트의 폭발에 따를 인전 시설물 피해 저검을 위한 공간 구획 구분을 위한 방폭벽 설계 * 최고 압력(입사, 반사), 압력 지속시간 등 실증시험을 통해 계측된 데이터 활용 ▪ 폭발 압력의 동적 분포 및 구조적 설계 기법의 신뢰성 확보를 위해 컴퓨터 모델링을 통한 압력 분포와 실증(TNT 폭발)을 통해 얻어진 결과 분석을 통한 폭발 압력의 신뢰성 확보 * 폭발 시뮬레이션 및 구조해석과 실증시험 결과 분석 및 분석 신뢰성 확보 ▪ 방호구역 내 폭발발생시 외부(방호구역 밖 또는 사업장 외부)로의 폭발압력 확산 방지를 위한 공간 방호를 위한 실 구조물(방폭벽) 저항성 확보 실증(TNT)시험 * 공간 내부 폭발에 따른 방폭벽 성능 확보 및 공간 구획 특성 분석 **2) 폭발에 따른 공간구획 출입을 위한 방폭문 폭발(TNT) 실증시험** ▪ 폭발영향 최소화를 위해 구성된 방호구역 출입을 위해 설치되는 출입문(방폭문) 실증시험을 통해 개구부영향성 분석 및 개구부 설계 기법 개발 * 구조물 설계 검증을 위한 동적압력의 정적 설계 Facter 적용 ▪ 최대 폭발압력과 충격지속시간을 적용한 구조적 안정성 검증 ▪ 방호구역 구분을 우해 설치되는 구조물(방폭벽) 동등이상의 방폭문 성능 실증시험 * 단위 사용압력을 TNT 폭발로 실증시험 후 검증 **3) 플랜트 적용성 확대를 위한 표준 반영** ▪ 개발된 방폭문의 실증실험 결과를 바탕으로 고압가스안전관리법 적용성 검토 * 방호구역 설정 이격거리, 방폭벽 설치 근거 및 비구조 방호를 위한 인접시설물 피해영향 거리 적용 등 ▪ KGS CODE안 심사를 위한 기술위원회 개최
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 방폭벽 3종 및 방폭문 3종 TNT폭발 실증시험 - 고압가스안전관리법 또는 시행규칙 개정 1건

Keyword		
	한글	방폭벽, 방폭문, 폭발압력, 구조계산, 충격량
	영문	Blast Wall, Blast Door, Explosion pressure, Structure Calculation, Impules

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-16) 가스저장시설 내부 폭발에 대한 실증시험			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 가스저장시설은 현재 방호벽을 설치하도록 KGS CODE에 규정되어 있으나, 시설 내 가스폭발에 방호할 수 있는 강도와 시설 규모를 규정하고 있지 않음 ○ 고압 가스시설의 용기 및 저장 시설 내 가스 폭발이 발생할 경우 인접 시설물에 큰 피해를 줄 우려가 있음. ○ 폭발압력을 상부로 배출시키고, 인접 시설물 및 인원보호를 위해 방폭벽 설치 필요 ○ 방폭벽 설치를 위해 고가의 플랜트 시설 보호와 함께 인좁 시설 피해 저감을 통해 플랜트시설의 도시근접 설계 가능
연구목표	○ 도심지 인근 플랜트 설계를 위한 방폭벽 설계 및 실증시험 ○ 가연성 가스 폭발에 따른 가스저장시설 내부 폭발이 외부 시설물에 미치는 피해 최소화를 위한 방폭벽 설계 ○ 설계된 방폭벽의 성능 검증을 위한 실증시험 ○ 가연성 가스의 TNT당량 치환을 통해 TNT폭발압력 실증시험
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 가스저장시설 방폭벽 설계 및 폭발(TNT) 실증시험** ▪ 플랜트 시설내 가스저장시설의 폭발 방지를 위하 최고 입사압력, 지속시간 등 압력분포 실증시험 결과를 바탕으로 방폭벽 설계 ▪ 폭발압력의 분포와 피해확산 방지기술 도입 ▪ 폭발 압력 분포 모델링을 통한 압력산정을 통해 TNT폭발압력에 대한 실증시험 ▪ TNT폭발에 따른 압력 폭발 실증시험을 통해 설계된 방폭벽의 건전성 확인 ※플랜트 내 가스저장시설의 폭발에 대비하여 인접시설물의 피해영향 최소화를 위한 방폭벽 설치 가스폭발에 따른 폭발 압력을 막고, 인접시설물의 피해를 최소화하며, 가스압력을 상부로 배출시킬 수 있는 방폭벽 설계 및 실증시험
목표/기대성과	○ 도심 인접형 플랜트 설계를 통해 수소충전소, 고압가스 제조시설의 도심인접 건설로 물류비용 감소 ○ 플랜트 인접시설 안전성 확보를 통해 국민적 공감대 형성과 안전 신뢰성 향상 ○ 폭발압력의 영향성 및 시뮬레이션 검증과 실증시험을 통해 방폭 구조물 설계 기준 제시

Keyword	**한글**	방폭벽, 방폭문, 폭발압력, 구조계산, 충격량
	영문	Blast Wall, Blast Door, Explosion pressure, Structure Calculation, Impules

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-17) 가스저장시설 출입을 위한 방폭문 폭발 실증시험			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 가스저장시설의 가스저장용기의 점검, 충전, 보수를 위해 출입하는 문의 설치가 필요하며, 설치된 문은 방폭기능이 필요함 ○ 시설의 상시점검을 위한 출입문과 인접시설물의 피해저감을 위해 방폭문 설치 필요 ○ 실물 폭발 시험을 통해 성능이 검증된 방폭문 설치 필요
연구목표	○ 가스저장시설의 용기폭발 압력 피해 영향 최소화를 위한 방폭문 개발 및 실증시험 ○ 가연성 가스 폭발압력 데이터를 기초로 방폭문 개발 ○ TNT폭발을 통한 방폭문 실증시험
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 가스저장시설 방폭문 설계 및 폭발(TNT) 실증시험** ▪ 가스저장시설 용기 폭발 피해 최소화를 위한 방폭벽 동등이상의 방폭문 개발 ▪ 폭발압력의 분포와 피해확산 방지기술 도입 ▪ 폭발 압력 분포 모델링을 통한 압력산정과 TNT폭발 실증시험 ▪ TNT폭발에 따른 압력 폭발 실증시험을 통해 설계된 방폭문 건전성 확인 ※가스저장시설 내부 압력 폭발 피해 방지를 위해 설치되 방폭벽과 동등이상의 성능의 출입문을 설치 가스저장시설의 출입을 위해 설치되는 문의 방폭기능 확보를 통해 폭발 피해영향 최소화 기술 개발
목표/기대성과	○ 가스저장시설 출입을 위한 방폭문 도입을 통해 산업시설 방폭문 신사업 분야 창출 ○ 방폭벽과 동등 이상의 성능확보를 통한 안전성 향상 기술 개발 ○ 폭발압력을 통한 방폭문 검증을 통해 폭발피해영향 최소화 기술 확보

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-18) 방폭벽 및 방폭분 적용 확대를 위한 표준 마련			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 플랜트 시설의 안전성 확보를 위한 방폭문 및 방폭벽 적용기술 확대를 위한 법적 기준 마련 필요 ○ 플랜트 사용자 및 건설시공관련 민원과 기술기준 해석의 통일성을 위해 기준 마련 필요
연구목표	○ 방폭문 및 방폭벽 적용 확대 통한 플랜트 인접시설 안전성 확보 ○ 방폭벽 및 방폭문 적용시설 확대 및 시공기술 기준 통일 ○ 인접시설물 피해영향 최소화를 위한 플랜트 산업 확대 적용
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) KSG CODE(안) 제정 및 심사를 위한 기술위원회 개최** ▪ 방폭문 및 방폭벽 실증시험 결과를 바탕을 고압가스안전관리법 반영 타당성 검토 ▪ 고압가스 제조, 저장, 사용, 충전, 판매시설에 설치되는 시설기준 개정 검토 ※고압가스안전관리법에 포함된 방호벽 이외 방폭기능이 추가된 방폭벽 활용 기준 반영 타당성 검토 개발된 방폭벽 및 방폭문 실증시험 결과를 바탕으로 KGS CODE적용 기술위원회 개최
목표/기대성과	○ 방폭문 및 방폭벽 기준 도입을 통한 시설기준 확립 ○ 방폭시설 설치 개발 기술 확대를 통한 신사업 분야 개척 ○ 가스저장시설 방폭 기술 확대 적용을 통한 안전기술 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-19) 플랜트 방호구역 설정을 위한 고압가연성가스 폭발 연계기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	3개	910

현황 및 필요성	○ 고압의 가연성 가스를 생산, 사용, 보관 플랜트는 기체와 액체로 구분되며, 기체의 경우 운전압력 700bar로 기준 석유화학플랜트의 일반적인 설계압력인 150bar의 5배 ○ 플랜트용 안전설비는 성능기반 설계가 필요하나 그동안 실증 및 제도화 부재
연구목표	○ 기체 또는 액체의 고압 가연성 가스 취급 풀랜트의 성능기반 설계인자 도출 및 실증
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 기체 또는 액체의 고압가연성 가스 취급 플랜트 공간구획을 위한 방호벽의 성능기반 설계 인자 도출** ▪ 고압의 가연성 가스설비 폭발시 압력별 비산 거리 시뮬레이션 ▪ 방호벽의 두께, 높이 및 폭발 잔해물 비산 예방을 위한 날개 구조물의 크기 두께 선정기술 개발 ▪ 인접 플랜트 시설의 피해영향 확대를 방지하기 위한 물리적(설비, 구조체, 이격거리) 시설 설계 기술 개발 **2) 고압의 가연성 가스폭발 피해영향 초소화를 위한 방폭벽 재질별 형태별 폭발실증 (수소, 850bar)** ▪ 강판제, 철근콘크리트제, 콘크리트 블록제 등 방호별 재질별 열플럭스 영향 실증 ▪ 수소충전소 안전설비 성능기반 설계를 위한 설계변수 도출 **3) 높이 2m이상급 방폭벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련** ▪ 기체 및 액체수소충전소에 적용 가능한 방폭벽 기준안 도출 ▪ KGS CODE안 심사를 위한 기술위원회 개최
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 방폭벽 재질별 실증시험 3건 및 방폭벽 성능기반 설계인자 3건 - 방폭벽 관련 CODE개정 2건

Keyword		
	한글	수소충전소, 안전기준, 제도화
	영문	hydrogen refueling station, safety standard, institutionalization

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-20) 기체 및 액체수소 충전소 방호벽 성능기반 설계인자 도출			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 고압의 수소충전소는 사용압력이 700bar 이상으로서 가스설비 파열시 비산물이 인접 시설, 인면에 피해를 야기함 ○ 방호벽 설치시 비산물의 피해저감을 위해 방호벽 구조 형태 및 두께, 높이 등을 통해 비산물의 이동을 차단하는 기술 개발이 필요함.
연구목표	○ 수소충전소 가스설비 폭발에 따라 발생하는 비산물 차단을 위해 방호벽 구조, 두께, 높이 산정 기술 개발 ○ 수소충전소 가스설비 폭발시 압력에 따른 비산 거리 시뮬레이션 ○ 인점시설 피해저감을 위한 방호벽의 형태, 도께. 높이, 및 비산물 예방 기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 수소중전소 가스설비의 폭발에 따른 비산물 피해 예방을 위한 방호벽 설계 인자 도출** ▪ 가스설비 폭발 시뮬레이션을 통해 비산거리 추정 및 비산물 방지를 위한 방호벽 형태, 두께, 높이 등을 활용한 비산물 차단 설계 인자 도출 ※수소충전소 내 가스설비 폭발 발생 파편의 비산거리를 시뮬레이션을 통해 도출 가스설비 파열시 압력분출과 함께 파편의 비산으로 인접시설물 및 인명 피해를 발생시킬 수 있어 피해저감을 위해 폭발 잔해물의 비산 예방을 위해 구조물의 크기 두께 선정 기술 개발
목표/기대성과	○ 수소충전소의 도심지 설치 가능기술 개발로 충전소 이동 시간 단출 효과 기대 ○ 비산물 방지를 위한 시설 설치로 폭발에 따른 피해영향 최소화 기대 ○ 수소충전소 도심지 설치에 따른 피해저감 기술 개발과 비산물 차단을 위한 설계 기술 확보

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-21) 수소충전소 방폭벽의 재질 및 형태별 수소폭발 실증			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1500

현황 및 필요성	○ 수소충전소의 폭발과 함께 발생하는 고온의 열에의한 방호벽의 성능저하 발생 영향 분석 필요 ○ 콘크리트의 경우 열화작용에 따른 강도 및 물리적 성질 변화를 발생하므로, 수소충전소 설비 폭발에 따른 영향성 파악이 필요
연구목표	○ 수소충전소 설치 방호벽 재질별 수소 폭발 실증시험 ○ 방호벽 사용재료(콘크리트, 콘크리트 블록, 강판재)에 따른 열영향 분석 ○ 수소중전소 안전설비 성능 기반 설계 변수 도출
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 수소충전소 운전압력(850bar)에 따른 수소 폭발 실증시험** ▪ 수소충전소에 사용되는 수소가스의 누출 폭발에 따른 주변 화재 발생으롤 방호벽의 성능 변화을 통해 성능기반 설계 변수 도출 ※수소중전소 내부 폭발에 따른 열, 폭풍파가 발생하며 방호벽의 재잴에 따라 장시간 방생하는 열에 대한 저항성능 유지 기술 확보 폭발과 합께 발생하는 열의 저항성능 확보를 위해 사용재료(콘크리트, 콘크리트 블록, 강판제)의 특성에 따른 열플럭스 영향 실증
목표/기대성과	○ 수소충전소의 화재 폭발에 따른 인접시설 피해영향 최소화 ○ 수소충전소 설치 방호벽의 재료선정 기순 재시를 통한 성능기반 설계 오류 최소화 ○ 수소충전소의 확대에 따른 방호벽 설치 기술 기준 개발을 통해 성능기반 설계기술 확대

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(2-22) 높이 2m 이상 방호벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	3년	1개	1800

현황 및 필요성	○ 2m 이상의 방폭벽이 설치될 경우 높이에 따른 좌굴, 휨, 풍압 등이 증가하여 방폭벽 안전성 검증이 필요 ○ 폭발 압력에 따른 방폭벽의 설계 기준과 높이에 증가에 따른 방폭벽 설계 기준 마련이 필요 ○ 고압의 수소충전시설의 경우 비산물에 따른 피해 방지를 위해 2m이사의 방폭벽 설계 기준마련 필요
연구목표	○ 기체 및 액체 수소중전소에 적용 가능한 2m이상 방폭벽 성능기반 설계 제도 제안 ○ 수소 충전소 비산물, 압력 방지를 위한 2m이상 방폭벽 설계 기술개발 ○ 2m이상 방폭벽 현장 적용을 위한 기술 기준 제도 제안
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 수소충전소 설치 방호벽(2m 이상)에 대한 방폭벽 도입 기준안 도출** ▪ KGS CODE 개정을 위한 기술심위원회 개최 ※고압가스안전관리법에 따른 방호벽 최소높이 2m이상의 방호벽을 건설할 경우 방호벽 설계를 위한 기술 기준 마련 기체 및 액체 수소충전소의 설비 파열시 발생하는 비산물의 방지, 압력확산 방지를 위해 설치하는 방폭벽 기술 기준안 도출
목표/기대성과	○ 수소충전소 안전성 확보를 위한 방호벽 기술 기준 마련을 통해 설계 오류 최소화 ○ 방호벽 설계 기준 정립을 통한 수소충전소 방폭설계 기술 기준 선점

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-1) 플랜트 시설물 방·내화 설계 및 시공 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	5개	

현황 및 필요성	○ 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 공간/구획 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 재난유형별 공간/구획단위 위험도 평가 대비 방호 공간/구획화 기술 ○ 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 시설별 화재강도에 따른 화재저항 성능 설정** - 플랜트 시설물의 위험도, 특성, 화재하중 등을 고려하여 시설물별 맞춤형 화재강도를 제시 및 검증하고, 플랜트 화재강도에 대한 내화성능을 확보할 수 있는 구조물별 대응 내화시간을 설정 **2) 플랜트 구조물 내화설계기술 개발 / 플랜트 구조물 방호기술 개발** - 플랜트 화재시 고온에 노출된 구조물의 온도 및 거동 분석을 수행하고 이를 통한 화재강도에 대응하여 구조물 안전을 확보할 수 있는 구조물 내화설계기술 개발하고 플랜트 내화설계지침 제시 - 플랜트 구조물의 요구내화성능을 확보하기 위한 다양한 구조물 피복기술, 고온시 구조물 변형 억제기술, 고온시 하중능력 향상기술 등 구조물 내화재료 및 기술 개발 **3) 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정** - 화재가 발생한 플랜트 시설물의 화염 확산 방지 및 2차 피해 방지를 위한 구획별 요구 성능 수준을 설정하고 구획 성능기준을 제시하여 플랜트 방화구획 설정을 위한 설계기술 확보 **4) 플랜트 시설물 화재확산방지기술 개발** - 플랜트 시설물 화재 발생시 최초 발화지점으로 화재를 국한시키기 위한 구획요소기술과 제품을 개발하고 검증. Pool Fire 와 같은 용기내 위험물질의 전도에 의한 화재와 2차 피해 방지를 위한 플랜트 시설 전체의 확산방지 기술 개발, 각종 배관류의 제어를 위한 Fire Jocket 등 배관의 내화성능 확보기술 개발 **5) 폭발성 온도 대응 내화재료기술 개발** - 폭발성 화재를 동반하는 플랜트 화재에 대응하기 위하여 급가열 고온 폭발에 최적화된 방폭용 내화재료 개발 수행 및 검증
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 플랜트 시설물 화재안전설계지침 - 플랜트 구획/공간단위 화재강도에 안전한 구조물 내화피복기술

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-2) 플랜트 화재 피난 및 연기제어 설계 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	2개	

현황 및 필요성	○ 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 공간/구획 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발 ○ 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발** - 플랜트 화재거동 및 시나리오에 따른 플랜트 내 인원과 2차 피해 발생시 인접 지역 피난계획 등을 포함한 피난설계기술을 개발하고 이를 최적화한 시뮬레이션 모델링 기술 확보 **2) 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발** - 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 화재 피난 설계지침

Keyword		
	한글	화재, 플랜트, 화재시나리오, 피난, 연기
	영문	Fire, Plant, Fire Scenario, Escape, Smoke

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-3) 플랜트 화재위험도 맞춤 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	1개	

현황 및 필요성	○ 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 공간/구획 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 재난유형별 공간/구획단위 위험도 평가 대비 방호 공간/구획화 기술 ○ 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 맞춤형 성능기반 성능기반 한국형 플랜트 화재안전 설계기술 개발** - 플랜트 시설물의 특성, 위험도, 화재강도 등을 고려한 내화설계 및 피난설계를 수행하는 한국형 플랜트 화재안전 설계기술을 개발. 아울러 Euro Code 에서 제시하는 내화설계절차를 분석하여 국내 실정에 적합한 사양적 기법과 성능적 기법으로 절차를 수립하여 플랜트 건설시 시설물의 다양성을 고려한 효율적이고 안전한 성능기반의 설계지침을 제안
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 시설물 화재안전설계지침 - 플랜트 구획/공간단위 화재강도에 안전한 구조물 내화피복기술

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-4) 플랜트 특화 고성능 철골 내진 구조시스템 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	4년	2개	1000

현황 및 필요성	○ 최근 한반도 동남권 경주 및 포항에서 연이은 지진이 발생한 이래, 지진은 이제 국내에서도 부정할 수 없는 실효적 위협이 되었다. 건축물의 내진설계가 강화되기 시작하였으며, 특히 동남권 지역에 밀집된 산업시설물의 내진 성능에 대한 우려의 목소리가 커지고 있다. 그에 반해, 철골 플랜트 시설물의 대다수는 장경간의 주요 산업구조물임에도 불구하고 국내/외 설계기준(KBC 및 AISC seismic provisions)에서 표준 구조시스템으로 분류 불가능한 비정의구조이며, 강진 발생 시의 거동 및 파괴모드와 같은 내진성능이 명확하게 규명된 바 없다. ○ 또한 기둥부재도 작은 사이즈의 H형강을 사재나 띠판으로 결집하여 제작하는 과거의 비경제적 조립기둥이 사용되어 그 거동이 불분명하고 현 강구조설계기준에서의 설계법이 불비하여 실무자들이 해석이나 안정성 설계에 있어서도 많은 어려움과 혼선을 겪고 있다. 실무에서는 R의 최소값 3을 택한 후 비내진구조 설계절차에 따라 설계를 수행해야 하는 경우가 많다. 즉 강재가 지닌 뛰어난 연성능력을 전혀 설계에 활용치 못하는 것이고 설계 후에도 비내진절차에 따른 결과로 내진안전성이 얼마가 되는지를 가늠하기도 어렵다. 에너지 소산부위가 불분명하기 때문에 정정시스템인 트러스의 부재가 좌굴할 경우 전체시스템의 붕괴 등 치명적 구조 손상을 초래할 가능성 또한 충분하다. 따라서 플랜트 구조에 특화된 형태로서 명확한 에너지소산 메커니즘을 보유하고 연성능력이 검증되어 성능기반 또는 R계수 기반 설계에 모두 적용 가능한 고성능 구조시스템 개발이 필요하다.
연구목표	○ 플랜트에 특화된 고성능 철골 내진 구조시스템 및 설계법의 개발 ○ 결과물: 고성능 · 고효율 철골 공장 내진시스템, 상세, 관련 설계지침, 특허
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 기존 철골 플랜트 구조물의 내진성능 평가 및 개선방향 제시** ▪ 기존 철골 플랜트 구조물 프로토타입 선정 ▪ 기존 철골 플랜트 구조물 지진해석 및 내진성능평가 ▪ 현행 접합상세 및 구법 분석 ▪ 문제점 파악 및 개선사항 발굴 **2) 플랜트 특화 고성능/고효율 공장내진구조시스템 개발** ▪ 모멘트골조시스템 개발(고연성 인증접합부 개발) ▪ 장스팬 트러스 골조시스템 개발 ▪ 댐퍼 및 면진 도입에 의한 고효율 구조시스템 개발 ▪ 개발된 구조시스템에 대한 실무친화적 설계절차 제시 ▪ 개발된 구조시스템에의 고성능강 적용 방안 수립
목표/기대성과	○ 산업시설물의 내진 안전성 제고를 통한 지진 내습 시 경제적 충격 최소화 ○ 강진지역에도 적용이 가능한 고성능 내진구조시스템을 개발함으로써 해외 플랜트 건설수주 시장 진입 가속화 ○ 플랜트에 특화된 내진설계기술 향상으로 성능기반설계 개념에 기반한 선진국 수준의 내진설계 역량 확보 ○ 국제적으로 기술수준이 건축분야에 비해 상대적으로 미흡한 플랜트 내진설계 분야에 국내 독자 기술 확보를 통한 기술 선도성 제고 ○ 구조성능이 명확히 검증된 고성능 구조시스템 적용을 통한 산업시설물의 내진성능 신뢰도 제고

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-5) 플랜트 특화 건물, 비구조요소 및 건물외구조 내진설계 지침 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	5개	1,100

현황 및 필요성	○ 일반건축물에 적용되는 내진 기준이 플랜트 내진설계에도 그대로 적용되고 있으며 이에 따라 플랜트의 특성이 반영된 새로운 설계지침의 정립 필요 ○ 플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 설비 및 지지구조의 내진성능 수준에 대한 기술적 정의 부재
연구목표	○ 플랜트 설비의 특성별로 요구되는 내진 성능수준 정의 및 이를 토대로 한 플랜트 특화 성능기반 내진설계 절차 수립 ○ 비구조요소, 건물외구조의 분류 및 내진설계 적용범위 체계 수립 ○ 대형 설비-지지구조(건물 또는 건물외구조) 상호작용을 고려한 상세/근사 해석법 실무적용 지침 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 건물/건물외구조/비구조요소 내진등급 체계 수립** - 건물/건물외구조/비구조요소의 성능에 기초한 상세분류 - 중요도 등급 체계 수립 - 비구조요소 내진설계 대상 범위 규정 - 피해사례 조사를 통한 설계고려사항 발굴 **2) 플랜트 특화 내진성능목표 수립 및 성능기반 내진설계절차 개발** - 등급별 성능목표 체계 수립 - 특화된 성능의 지표화(복구기간, 복구비용, 폭발등 2차피해 위험성) - 해외 설비공급사의 사용 기준 조사 - 성능수준별 구조/비구조요소 허용기준 수립 - 성능기반 내진설계절차 개발 **3) 플랜트 내진특화 구조해석 및 설계 기술 개발** - 대형설비-지지구조물 상호작용 검토 기술 - 복합된 구조시스템의 해석 및 설계 - 플랜트 주요 구조시스템 및 부재 상세를 반영한 구조해석 모델링 기술 - 상이한 요소가 복합된 구조시스템의 설계계수 결정 기술 **4) 플랜트 건물외구조/비구조요소 내진설계 지침 개발** - 다양한 건물외구조/비구조요소의 내진설계계수 정립 - 비구조요소 정착부 내진설계기준 수립 - 비구조요소의 다양성 수용 방안 제시 - 주요 산업분야별 특화 지침 제시 - 성능기반 설계에 준하는 사양기반 설계지침의 동시 개발 - 건물외구조/비구조요소 내진설계 예제 작성 **5) 플랜트 내진설계 실무절차 수립** - 주요 산업분야별 특화 사항 제시 - 플랜트 비구조요소의 Fast Track 설계절차 - 설계도서 작성요령 및 체계적 관리시스템 제시
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 내진설계 지침 - 산업시설물의 내진 안전성 제고 - 고위험군 설비에 각각에 대한 특화된 내진설계 절차 제시 - 플랜트 내진설계 지침 1건, - 플랜트 건물외구조 내진설계 예제집 1건 - 플랜트 비구조요소 내진설계 예제집 1건 - 해외 플랜트 설계기준 조사 보고서 1건 - SCI/비SCI 논문 5/10건

Keyword		
	한글	플랜트, 성능기반 내진설계, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소
	영문	industrial plant, performance-based seismic design, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements.

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-6) 기존 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	4년	1개	600

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 개개의 설비의 경우 대부분 제작 시 내진설계의 측면이 고려되지 않기 때문에 정착부나 지지 구조체의 보강 전략과 주요 공법의 설계기술 및 상세 등의 요소기술이 개별 설비의 내진 성능을 강화하는 데에 있어 매우 중요하다.
연구목표	○ 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 개발 ○ 결과물: 설비 내진성능 향상 설계 지침 및 시방서
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 개발** ▪ 설비에 작용하는 지진하중 산정법 ▪ 신축이음 등의 성능기준 및 설계기술 개발 ▪ 연성 및 비연성 정착부 성능기준 및 설계기술 개발 ▪ 지진격리장치, 댐퍼, 내진스토퍼, 진동감시 장치 등의 요소기술 성능기준 및 설계기술 개발 ▪ 설비 내진성능 향상 요소 기술에 대한 설계 지침 및 시방서 제공 ※기존 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발
목표/기대성과	○ 기존 산업시설물의 설비 내진 안전성 제고를 통한 지진 내습시 산업 및 국가경제 충격 완화 ○ 비용 효율적 설비 내진성능 강화 방안의 제시 ○ 세부적인 내진안전기술의 체계적 정립을 통한 국내 기술기준의 고도화 및 선진화 ○ 각종 내진보강 공법, 제품 개발 시 표준 역할

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-7) 플랜트 특화 내진성능 강화 설계를 위한 구조시스템 및 요소기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	3개	1,000

현황 및 필요성	○ 국내 현행 플랜트 건물 기본구조의 내진 거동이 명확히 규명된 바 없고 내진 성능이 불분명 ○ 철골 플랜트 시설물의 대다수는 국내외 설계기준에서 표준 구조시스템으로 분류 불가능한 비정의 구조로써 강재의 뛰어난 연성능력을 전혀 설계에 활용치 못함 ○ 플랜트 내 개개의 설비의 경우 대부분 제작 시 내진설계의 측면이 고려되지 않기 때문에 정착부나 보강 전략 등의 요소기술이 개별 설비의 내진 성능을 강화하는 데에 있어 매우 중요
연구목표	○ 지진안전 확보를 위한 고성능 플랜트 구조시스템, 구조요소 및 장치 개발 ○ 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**(공통) 기존 플랜트 내진성능 평가 및 개선방향 제시** - 기존 플랜트 구조물/설비 프로토타입 선정 - 기존 플랜트 구조물/설비 지진해석 및 내진성능평가 - 현행 접합상세 및 구법 분석 - 문제점 파악 및 개선사항 발굴 **1) 플랜트 특화 고성능/고효율 공장내진구조시스템 개발** - 시공 용이한 모멘트골조시스템 고연성 인증접합부 개발 - 장스팬 트러스 골조시스템 구조손상 제어 기술 - 댐퍼 또는 면진 도입에 의한 고효율 구조시스템 - 개발한 구조시스템에 대한 실무친화적 설계절차 제시 **2) 플랜트 설비용 내진성능강화 연결부 요소기술 개발** - 신축이음 등의 성능기준 및 설계기술 개발 - 연성 및 비연성 정착부 성능기준 및 설계기술 개발 **3) 플랜트 설비용 지진요구저감 요소기술 개발** - 지진격리장치 요소기술 성능기준 및 설계기술 개발 - 감쇠장치 성능기준 및 설계기술 개발 - 내진스토퍼 성능기준 및 설계기술 개발 - 진동감시장치 성능기준 수립
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 고성능 공장 구조시스템 개발 및 관련 설계지침 제공 - 설비 내진성능 향상 설계 지침 및 시방서 제공 - 강진지역에도 적용이 가능한 고성능 내진구조시스템을 개발함으로써 해외 플랜트 건설 수주 시장 진입 가속화 - 플랜트 내진설계 분야에 국내 독자의 고급기술 확보를 통한 기술 선도성 제고 - 고성능 공장 구조시스템 특허 2건, 시제품 2건, 설계지침 및 시방서 2건 - 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 특허 3건, 시제품 3건, 설계지침 및 시방서 5건 - SCI논문 8편, 비SCI 논문 12편

Keyword		
	한글	플랜트, 내진성능, 내진구조시스템, 인증접합부, 댐퍼, 요소기술
	영문	industrial plant, seismic performance, earthquake resistant industrial buildings, prequalified connections, dampers, base isolation.

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-8) 플랜트 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 절차 정립			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	4년	1개	1000

현황 및 필요성	○ 비구조요소와 건물외구조의 설계절차는 건물의 설계절차에 비해 미정립되어 있으나 극히 중요한 내용이다. 특히 플랜트 내에서의 비구조요소와 건물외구조의 경우 플랜트 운영 및 공정에 직접적으로 관계되기 때문에 그 중요성이 크다. 비구조요소와 건물외구조의 설계절차를 보다 상세히 규정한 외국의 설계규정을 참고함과 동시에 국내 플랜트 설비의 특성을 반영하여 국내 관련설계규정을 정립할 필요가 있다. ○ 특히 현행 건축구조기준에서 간략화되어 있는 기계/전기 설비관련 규정에 대한 중점적인 보완이 필요하다. 플랜트의 경우, 위험도가 큰 저장용기, 기계/전기설비, 배관설비 등에 대한 추가적인 고려가 이루어져야 한다. ○ 상이한 중요도를 갖는 설비/건물외 구조가 상호 연결되어 있기 때문에 연결부, 지지구조 설계 등에 있어서 플랜트 전체의 성능목표에 부합하는 중요도, 내진등급, 성능목표의 설정 지침이 필요함. ○ 복합적인 시스템 내에서 상이한 설계계수(반응수정계수, 초과강도계수, 변위증폭계수)를 가지는 경우 적용 지침이 필요.
연구목표	○ 플랜트 내의 다양한 비구조요소 및 건물외구조의 특성을 반영한 내진설계 절차의 정립 ○ 결과물: 플랜트 비구조요소 및 건물외구조 내진설계지침
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 비구조요소/건물외구조 내진설계 지침 작성** ▪ 비구조요소, 건물외구조의 상세 분류 ▪ 고위험군 비구조요소에 대한 내진성능평가 수행 및 권장상세 제시 ▪ 다양한 건물외구조/비구조요소의 내진설계계수 정립 ▪ 상이한 내진설계계수를 갖는 구성요소가 복합된 시스템의 내진설계계수 적용방안 제시 ▪ 성능기반 체계 및 R계수 설계법과 연계될 수 있도록 제시 ▪ 비구조요소 정착부 내진설계기준 수립 ▪ 비구조요소의 다양성 수용 방안 제시 ▪ 건물과 유사하지 않은 건물외 구조의 상세 설계지침 제시 ▪ 주요 산업분야별 특화 지침 제시 ▪ 대표적인 건물외구조/비구조요소 내진설계 예제 작성 ※플랜트 내 비구조요소 및 건물외구조의 내진설계 지침 정립 플랜트 내 비구조요소 및 건물외구조를 위험도, 중요도, 동특성에 따라 효과적으로 분류하고 각각에 대한 설계 절차를 제시
목표/기대성과	○ 고위험군 설비 및 건물외구조에 대한 특화 내진설계 절차를 제시함으로써 플랜트 내 내진 안전성 제고를 통해 지진시 기업활동 연속성 확보 ○ 각 설비에 특화된 내진설계 지침의 제공으로 경제적 설계에 이바지 ○ 플랜트 비구조요소, 건물외구조는 일반 건축물의 비구조요소, 건물외구조를 포함하는 상위 개념이므로 해당 설계지침은 일반 건축물에도 그대로 적용할 수 있다는 확장성을 가짐

Keyword		
	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-9) 폭발 대응 플랜트 구조물 성능 기준 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	2개	300

현황 및 필요성	○ 플랜트의 폭발에 따른 폭압을 받는 구조물은 복합적인 성능 기준의 개발이 필수적이며, 거동에 따른 특수성 또한 연구 개발이 필요 ○ 폭압을 받는 구조물의 설계는 비선형 거동을 포함하고 있으므로 성능 기준은 흔히 연성도 요구량 또는 변형각 요구량으로 주어지는데, 구조물 형식 및 내력의 종류에 따라 달라지므로, 연구를 통한 체계적인 확립이 필요 ○ 비선형 동적해석에서는 구조물의 비선형 거동을 간단하게 표현한 선형-완전소성(Elasto-Perfect Plastic) 거동으로 표현하는 것이 보통인데, 철근콘크리트와 같은 복잡한 구조 거동을 단순한 선형- 완전소성 거동으로 표현하는 과정을 제시하는 것이 필요
연구목표	○ 폭발에 대응하는 플랜트 구조물의 성능 기준의 분류 및 개발 ○ 플랜트 구조물의 용도에 따른 성능 기준 개발 ○ 플랜트 구조물의 구조형식에 따른 성능 기준 개발 ○ 플랜트 구조물의 부재형식에 따른 성능 기준 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내에서 폭발에 따른 다양한 분류체계를 형성하여 손상 메커니즘 및 기준의 형성** ▪ 철근콘크리트구조, 철골구조, 보강조적조 등 구조 형식에 따라 각각 달라지며 압축력, 인장력, 휨력, 전단력 등의 내력의 종류에 따라서도 달라지는 특징으로서 CFD 프로그램 등 개발하여 손상 메커니즘 연구 및 기준 적용 ▪ 폭압을 받는 구조물의 설계에 대한 비선형 거동의 특수성을 활용하여 연성도 요구량 및 변형각 요구량의 관계 정립 및 관련 영향도 분석 **2) 사용성 및 운영을 위한 비구조재의 성능 기준의 개발** ▪ 출입문과 창호 등 폭압을 받는 비구조재의 분석 및 성능 기준 개발 ▪ 내부 부착물, 설비 등 간접 영향을 받는 요소의 분석 및 성능 기준 개발 ※플랜트 현장에서 발생할 수 있는 폭발에 대응하여 구조물의 성능 기준의 정립 및 개발 산업 플랜트에서 발생할 수 있는 큰 재난 중 하나인 폭발로서 현재 미흡한 측면이 있어 다양한 분류로서 최적의 설계 및 시공을 위한 성능 기준 개발 산업 플랜트 내의 복잡하고 다양한 구조물 및 설비군의 활용으로 인하여 복합적으로 폭발 대응을 위한 안전 방안을 구축
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-10) 플랜트 폭발에 따른 형식 및 ZONE 유형별 방폭 설계 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	5개	900

현황 및 필요성	○ 많은 구조 재료의 발전에 따른 방폭 설계에 적용에 따른 성능 개선 가능성 ○ 국내의 폭발에 대한 미흡한 준비와 함께 적절한 설계를 위한 다양한 플랜트 구조형식별, 작용내력, ZONE 영향 등 분류에 따른 방폭 설계 기술 마련이 필요
연구목표	○ 구조물 형식별, 작용 내력 등의 다양한 분류를 통한 폭발 저항 설계 기술 개발 ○ 밀집도, 이격거리 등에 따른 ZONE 분류를 적용한 폭발 저항 설계 기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 구조 형식에 따른 폭발 저항 설계 기술 개발 (다양한 해석법의 적용)** - 철근콘크리트구조 및 보강조적조의 부재별 폭발 저항 설계 기술의 개발 - 폭압에 따른 기초의 피해 형상 및 예측을 이용한 기초 설계 기술의 개발 - 철골구조의 좌굴 및 낮은 관통 저항 성능에 따른 폭발 저항 설계 기술 개발 **2) 접합부와 배근 상세에 대한 폭발 저항 설계 기술 개발** - 주요부재와 접합부재와의 폭발에 따른 소성거동 분석 및 피해 예측 기술 개발 - 접합부 또는 연결재의 상세 설계 및 기술의 개발 **3) 출입문과 창호 등 폭압을 받는 비구조재의 설계 기술 개발** - 개구부로 폭압의 침투에 따른 피해 분석 및 설계 기술 개발 - 출입문, 창호, 부착 기구 등에 따른 2차 피해 규모 및 설계 기술 개발 - 폭압에 따른 주요 위험과 함께 비산 피해로 인한 특수 설계 기술 개발 **4) 특수 방폭 구조물의 설계 기술 개발** - 플랜트 산업 내에서 폭발저항 모듈러의 폭발 저항 예측 및 설계 적용 기술 개발 - 폭발저항 모듈러의 단자유도해석부터 비선형 동적 유한요소해석에 이르는 다양한 구조해석을 통한 분석 - 폭발저항 모듈러 구조의 인장막 효과와 소성 변형률 제한을 포함하여 반응 및 실패 모드의 분석 및 기술 개발 - 기존의 박스형이 아닌 아치 및 돔을 이용한 폭발 저항 기술 분석 및 개발 **5) ZONE 분류에 따른 폭발 저항 설계 기술 개발** - 플랜트 산업 위치, 공간, 규모 등에 따라서 특수한 보완 및 보강을 위한 폭발 저항 설계 기술 개발 - 폭압을 받은 플랜트 시설 장비 및 설비가 유발하는 발사체 또는 파편(2차 피해) 저항를 위한 이격거리 및 장벽 등의 설계 기술 개발
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 방폭설계 지침 - 플랜트 안전을 위한 철골구조 방폭설계 지침 - 폭발저항 모듈러 구조물 설계 지침

Keyword	**한글**	폭발저항 설계, 폭발저항 모듈러, 인장막 효과, 단자유도해석, 유한요소해석, 발사체
	영문	blast-resistant design, BRM(blast resistant modular steel-framed building), membrane effect, single degree of freedom method, finite element method, projectile

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-11) 폭발 대응 플랜트 구조물의 형식 및 ZONE 유형별 성능 기준 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	4개	900

1현황 및 필요성	○ 현재 우리나라의 플랜트 실정에 맞춘 폭발 관련 성능 기준이 존재하지 않는 한계 ○ 플랜트 내의 밀집도, 장애물, 점화원 등에 따른 ZONE 개념을 적용한 분석 필요 ○ 구조물의 구조형식, 용도, 부재형식 등에 따른 분류를 나누어서 폭발에 대한 체계적인 성능 기준 데이터베이스의 정립이 필요
연구목표	○ 플랜트 구조물의 폭압 산정 및 피해 예측을 이용하여 구조물의 성능 기준 정립 및 기술 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 산업 내의 ZONE 유형별 구조물 및 방호벽 성능 기준 개발** - 플랜트 공간내 ZONE 유형별 위험도 평가 결과에 따라 이격거리 분석 및 산정 - 플랜트 내부 시설 및 장비의 위험도에 따른 방호등급 및 입지조건의 결정 **2) 구조물의 용도, 구조형식, 부재형식에 따른 성능 기준 개발** - 플랜트의 분류 및 사용형태에 따른 폭발 대응 구조물 분석 및 성능 기준 개발 - 플랜트 구조물의 철근콘크리트구조, 철골구조, 보강조적조 등의 다양한 구조형식별 폭발 대응 절차 및 성능 기준 개발 - 구조물의 부재형식별 다양한 분류에 따른 피해 규모, 연속붕괴 가능성 등의 분석 및 성능 기준 개발 **3) 출입문과 창호 등 개구부의 폭압을 받는 비구조재 성능 기준 개발** - 폭압에 따른 비구조재의 피해 양상 및 성능 기준의 개발 - 비구조재의 사용성 및 인간에 끼치는 영향성을 분석 및 기술 개발하여 정량적 성능 기준의 개발 **4) 특수 방폭 구조물의 성능 기준 개발** - 폭발 저항 모듈러 구조의 단일 및 복합구조의 적용을 통한 성능 기준의 개발 - 다양한 특수 방폭 구조물의 설계 기술 개발의 적용에 따른 성능 기준 개발
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트구조의 내폭 성능평가 지침 - 플랜트 폭발 사고에 대비한 철골구조의 내폭 성능평가 지침 - 특수 방폭 구조물의 성능 설계 기준

Keyword		
	한글	데이터베이스, 연쇄붕괴, 폭발저항 모듈러 구조, 성능 기준, 특수방폭구조물
	영문	database, progressive collapse, BRM(blast resistant modular steel-framed building), performance criteria, special blast resistant building

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-12) 폭발 저항 특수플랜트 구조물의 설계 기술 및 성능 기준 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	1개	500

현황 및 필요성	○ 플랜트 산업에서 컨트롤타워, 주요 설비 공간, 대피공간 등 주요 보호구역을 위한 방폭 특수 구조물의 설계 기술 및 기준이 필요 ○ 플랜트에서 폭발이 일어나게 될 경우, 엄청난 과압이 발생하게 되는데, 2차 피해 방지를 위한 플랜트 내 컨트롤타워 구조물은 재난 이후 설비의 조작 및 셧다운 등을 할 수 있는 중요 구역이기에 특수 방폭 구조가 필요 ○ 폭발에 따른 특수 방폭 구조물은 상당한 과압, 화염속도, 화재를 저항하기 위해서 복합적인 재료 및 구조 형식 등의 복잡한 설계 절차 및 기준을 정립할 필요가 존재
연구목표	○ 플랜트의 특수 방폭 구조물 형식에 대하여 피해 예측 및 성능 기준의 지표 형성 ○ BRM(Blast Resistant Modular steel-framed building)을 이용하여 기본 단자유도해석법에서 비선형 동적 유한요소 해석에 이르는 동적구조해석을 사용하여서 설계 기술 및 성능 기준 개발 ○ 폭발로 인한 강력한 폭압을 견딜 수 있는 기본 박스형 구조물이 아닌 아치와 돔 형태의 구조시스템을 분석 및 개발하여 방폭 플랜트 구조물의 최적화
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 특수 방폭 구조물의 거동 분석 및 피해 예측을 활용한 설계 기술 개발** ○ 전산유체역학(CFD) 또는 하이드로코드 프로그램을 활용하여 BRM의 반응 및 파괴모드를 분석하여 전체 구조물과 특정한 부재의 영향 및 피해 분석 ○ 다중 BRM을 이용하여 인장막 효과와 소성 변형률 제한을 포함하여 모드형상을 분석 및 프로그램을 개발하여 복합적인 방폭 구조물의 최적화된 시스템 개발 ○ 특수 방폭 구조물의 관통부 주변 불연속에서 나타나는 국부의 응력, 변형률 집중을 예측하여 소성에 대한 민감도를 연구 및 분석하여 설계 기술, 설계 기준을 개발 ※플랜트 현장에서 발생하는 폭발에 대비하기 위한 특수 구조물의 설계 기술 및 성능 기준 개발 일반적인 산업 플랜트의 구조물의 경우, 일반 구조물에 비해 성능을 높인 구조물을 적용하고 있는데, 다양한 특수 구조물 (BRM 등) 설계 및 기준을 개발하여 주요 보호구역을 폭발로부터 저항할 수 있는 기술
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword		
	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-13) 플랜트 구조 형식 및 작용 내력에 따른 폭발 저항 설계 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	1개	1000

현황 및 필요성	○ 플랜트 산업 고도화 및 다양화에 따른 구조물의 거동 분석 및 체계적인 분석이 필요 ○ 폭발 저항 설계기술은 내진 설계 기술과 유사하지만 아주 높은 압력이 짧은 시간 동안만 작용하는 지진과는 다른 특성이 있으므로 폭발 저항 설계만의 특수 설계 지침을 개발이 필요 ○ 구조물의 구조형식에 따른 비선형 거동의 적용 및 손상 메커니즘을 분석하여서 상응하는 폭발 저항 설계 기술 및 분류체계가 필요 ○ 구조물의 내력형식으로 압축력, 인장력, 휨력, 전단력 등을 복합적으로 고려한 분석이 필요하며, 동적인 영역으로서 재료의 변형률 속도를 고려한 정확한 폭발 저항 설계가 필요
연구목표	○ 폭발에 의한 구조 형식 및 다양한 분류를 통한 폭발 저항 설계 기술 개발 ○ 폭발에 해당하는 폭압 산정 및 분석을 발전시켜서 구조 형식에 따른 폭발 저항 설계 기술 개발 및 평가요소를 산정 ○ 작용 내력 또는 재료의 특성별 분류를 통한 체계적인 폭발 저항 설계 기술의 개발 또는 기준의 체계적인 분류화
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 폭발을 받는 구조물의 구조형식별, 작용 내력, 재료의 특성을 복합적으로 분류하여 최종적인 폭발 저항 설계 기술의 개발 및 기준 확립** ○ 질량이 크고 관통저항 성능이 높은 철근콘크리트 구조형식의 배근상세 등의 변수를 활용한 폭발 저항 구조물의 표준 설계안을 제시 ○ 철골구조의 형강을 형성하는 판재의 좌굴로 인한 내력 감소와 상대적으로 얇은 판재로 인한 낮은 관통 저항 성능이 약점을 착안하여서 다양한 해석 및 프로그램 활용을 통한 최적화된 폭발 저항 표준 설계안을 제시 ○ 폭압을 받는 구조물은 수평 이동 또는 전도에 의한 파괴가 발생할 수 있으므로 기울어진 파일을 사용한 기초를 포함한 폭발 사고에 대비한 구조물의 시뮬레이션을 통한 기초 설계안을 제시 ※산업 플랜트의 구조물은 다양한 구조 형식을 적용함에 따른 개별적으로 상응하는 폭발 저항 설계 기술의 개발 현재 국내의 산업플랜트의 철근콘크리트구조, 보강조적조, 철골구조에 개별적인 구조물의 설계를 적용하고 있는 형태를 바탕으로서, 폭압을 받게 되는 경우 다양한 변수 (접합부, 배근상세 등)를 적용하여 폭발 저항 설계 기술을 개발
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-14) 플랜트의 비구조재 따른 폭발 저항 설계 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	1개	800

1현황 및 필요성	○ 산업 플랜트의 설비와 비구조재의 영향이 존재함에 따른 다양한 변수를 이용한 폭발저항 설계의 개발 및 기준의 확립이 필요 ○ 산업 플랜트의 경우 다양한 목적의 설비와 함께 환기구, 창호, 문 등의 개구부가 포함되어있는데, 이에 따른 구조물 주변의 피해 영향과 전체적인 구조물의 손상도 또한 복합적으로 분석 및 연구해야 할 필요가 높음 ○ 출입문과 창호는 폭발 시 개폐되어 폭압이 내부로 침입하거나 비산 피해를 야기할 수 있으므로 폭발을 받는 구조물의 설계 지침에 포함이 필요
연구목표	○ 플랜트에서 발생하는 다양한 비구조재의 영향 산정 및 피해 예측 기술의 개발 ○ 폭발을 받는 비구조재의 영향을 변수에 따라 판별하여 전체 구조물의 피해 예측 ○ 비구조재의 파편 및 발사체에 따른 피해 및 비산먼지의 확산 등을 분석 및 검증
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내에서 폭압을 받는 비구조재 및 부착기의 폭발 저항 설계 기술 개발** ▪ 출입문과 창호 등 폭압을 받는 비구조재의 설계 기술 개발 ▪ 비구조재의 폭발 저항 성능 기준의 정립 ▪ 전산유체역학(CFD)+지리정보시스템(GIS) 등 프로그램을 활용 및 개발하여 비구조재의 파편이나 발사체 및 비산먼지에 의한 2차 피해 방지 기술 개발 ※플랜트 현장에서 발생하는 안전성에 따른 주요한 구조재의 분석뿐만 아닌 사용성 및 안전성을 위한 비구조재의 폭발저항 설계 기술 개발 플랜트 폭발에 따라서 구조물의 주요 구조 요소의 안전성도 중요하지만, 플랜트 내의 다양한 설비 및 출입문 창호 등 다양한 비구조재의 영향도 상당수 차지하므로, 형태 및 위치 등 다양한 변수에 따른 폭발 저항 설계 기술의 개발
목표/기대성과	○ 폭발 사고 관련하여 기술선진국이 주도하고 있는 측면에 대하여 독자적인 국내 산업 플랜트 위험도 평가로서, 실정에 맞춘 최적화된 정량화 및 지침의 개발 활용 가능 ○ 플랜트의 다양한 폭발 유형에 따른 폭압 산정 및 피해 규모를 예상하여 복합적으로 내진설계와 내화설계에도 활용할 수 있으며, 종합적인 성능기반 설계의 요소 기술로서 확충 및 개발 가속화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-15) 플랜트 안전 검증 및 설계를 위한 AI와 사례기반 추론(CBR) 기반의 HAZOP 자동화 시스템			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
		3년	4개	2000

1현황 및 필요성	○ 운전중인 플랜트, 변경이 도입된 플랜트, 신규 설계 플랜트 모두 안전성 검증의 첫단계는 HAZOP(위험요소 및 운전성 분석)으로 플랜트 안전 통합관리 패키지의 핵심/필수 요소 ○ 기존 방식의 HAZOP은 전문 지식과 경험을 가진 다수의 전문가가 참여하는 형태기에, 시간 및 자원의 소모가 큼 ○ 과거 사례 빅데이터, 지식베이스를 구축하고, symbolic AI 의 활용을 통해 자동화된 시스템을 개발하면, 설계 및 유지보수 단계의 비용 절감과 동시에 안전 검증 가능 -〉 플랜트 안전 통합관리 패키지의 경쟁력 확보에도 기여
연구목표	○ 과거 HAZOP 사례 빅데이터, 플랜트/안전 지식베이스를 구축하고, symbolic AI 및 사례기반 추론(CBR)의 활용을 통해 자동화된 HAZOP 시스템 개발 ○ 신규 설계 및 유지보수 단계 플랜트의 자동화된 HAZOP 통한 비용 절감과 동시에 안전 검증 및 최적화된 안전설계 보장
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 유사 공정별, 더 세분하면 반응, 분리 등 기본 요소별 HAZOP 과거 사례 빅데이터 및 공정 지식베이스를 구축** **2) Symbolic AI 및 case-based reasoning (CBR)에 기반한 추론 시스템 개발** **3) 플랜트 P&ID 비롯한 효율적인 정보 입력 및 HAZOP 결과의 시각적 표현 UI 개발** **4) 신규 HAZOP 사례의 선순환 지식 축적 및 활용 시스템 개발** □ 운전중인 플랜트, 변경이 도입된 플랜트, 신규 설계 플랜트 모두 안전성 검증의 첫단계는 HAZOP(위험요소 및 운전성 분석) □ 2000년대 미국, 유럽, 일본을 중심으로 개발이 시도되었으나, 지식베이스 및 사례확보 미흡으로, 완전 자동화에 이르지는 못했음 □ 각광을 받고 있는 Intergraph사의 SmartP&ID는 3,000개 경험법칙에 기반해 설계 P&ID의 안전 오류를 자동으로 검증해주고 있음
목표/기대성과	○ 신규 설계 및 유지보수 단계 플랜트의 자동화된 HAZOP 통한 비용 절감과 동시에 안전 검증 보장 ○ 전문 지식과 경험을 가진 다수의 전문가가 참여하는 기존 brainstorming 형태 대비 위험요소 및 운전성 분석 소요 시간 및 자원 소모 절감 ○ 과거 사례 빅데이터, 지식베이스를 구축하고, symbolic AI 의 활용을 통해 자동화된 HAZOP 시스템 개발하면, 설계 및 유지보수 단계의 비용 절감과 동시에 체계화된 신뢰도 높은 안전 검증 가능

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-16) 사례기반의 플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 안전설계 기준 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)

1현황 및 필요성	○ 대부분의 해외 수주 가스플랜트는 인화성가스, 높은 작동압력, 낮은 온도 등으로 인하여 FEED 설계과정중에 안전 해석 및 설계가 매우 중요한 요소임. ○ 국내외 오일 및 가스, 정유화학 플랜트에서의 사고 발생 개연성은 매우 높으며, 특히 국내기업의 사업수행 경험이 부족한 지역에서의 대규모 사고 발생에 대한 재난예측 대응 설계능력은 매우 미흡한 실정임. 이는 사업 수주 시 HSE 관리 능력 부문에서 저평가를 받을 수 있는 부분이기 때문에 수주 실적에도 악영향을 미칠 수 있음. ○ 2017년부터 2025년까지 연평균(CAGR) 7.0 %의 전세계 플랜트 안전 시스템 시장이 확장 될 것으로 전망되며, 2025년 말까지 5,287.8백만 달러의 형성 예측 (출처: Transparency Market Research, TMR 2017 보고서) ○ 주로 국내 EPC 회사에서 해외 정량적평가 SW기술에 의존하는 단순안전설계기술은 기본설계보다는 설계결과의 안전 결과평가에 치우친 면이 있으며, 또한, 관련 인적/물적자원이 부족한 중견/중소기업에서 해외에 진출하기 위해서는 응용이 간편하고 손쉽게 적용이 가능한 사례기반의 지능형 플랜트 안전설계 기술 개발이 매우 시급함
연구목표	○ 고위험도 플랜트 중요 설비 화재/폭발 사고 발생 시 대응과 안전 설계를 위한 사례기반의 빅데이터, AI 기반 안전설계 기준 및 안전설계 보조시스템 개발 ○ 고위험도 플랜트 사고 발생 시 대응과 안전 설계를 위한 사례기반의 전문가 사고 예측 기술 개발 ○ 고위험도 플랜트 화재/폭발 사고 확산 범위, 속도 등 해석 기술을 기반으로 피해 범위, 정도 등을 반영한 안전설계 시스템 개발 ○ 가스(LNG 생산 및 처리, 수소생산/충전 등)플랜트 안전설계 FEED 패키지 ○ 플랜트 EPC 및 플랜트 테스트베드 사례, 플랜트 국내외 재난 사례를 분석하여 정량적 위험도 평가기반의 플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 안전설계 기준(Guideline) 개발 ○ 플랜트 기본설계에 가장 기본적인 장비 배치 및 플랜트 구획설계(GA, General Arrangement Design)시 안전설계(Safety for Design)가 매우 중요함. 기본적인 공정설계자료, 3D 모형, 대구경 배관배치 및 현지 플랜트 운전 상황 등을 고려하여 중소플랜트 기관에서도 쉽게 활용이 가능한 정량적 위험도 평가 기반의 안전설계/안전시공 기준 및 지능형 안전설계 시스템을 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 사례기반의 플랜트 전문가 사고 예측 기술 개발** - 플랜트 사고 발생 시 대응과 안전 설계를 위한 사례기반 자료조사, 전문가 시맨틱스 및 DB 구축 - 플랜트 전문가 시맨틱 기반의 사고 사례 시뮬레이션 구축 - 사례기반의 플랜트 전문가 사고 예측 시스템 개발 **2) 사례기반의 플랜트 안전설계 기술 개발** - 고위험도 플랜트 사고 발생 시 대응과 안전 설계를 위한 사례기반의 안전설계 적용사례 개발 - 고위험도 플랜트 화재/폭발 사고 확산 범위, 속도 등을 반영한 피해 범위, 정도 등을 고려한 빅데이터, 인공지능기반 안전설계 시스템 개발 **3) 가스처리 플랜트 안전설계 FEED 패키지 개발** - 가스(LNG액화/전처리 등, 수소생산/충전 등) 처리 플랜트 사고 발생 및 대응 시나리오 및 사고 모사 사례모델 개발 - 사고시나리오 기반의 가스처리 플랜트 기본설계(FEED) 패키지 구축 및 검증
목표/기대성과	

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	5개	

1현황 및 필요성	○ 개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간단위에서의 화재위험도 평가기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 ○ 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재강도에 따른 소화 범위 및 진압 계획 설정** - 일반 건축물 화재와는 양상이 상이한 플랜트 화재 특성을 반영하여 이에 최적화된 소화범위를 재설정하고 폭발성 화재 등을 동반하는 플랜트 화재의 진압 목표 등을 재설정하는 진압계획을 제시 **2) 2차 피해 방지를 위한 진압 대응기술 개발** - 플랜트 화재시 단위 단지 뿐만 아니라 인접 지역으로 확산 가능성을 고려한 2차 피해 방지를 위한 화재 진압 대응기술을 개발하고 이를 수행하기 위한 다양한 요소기술을 개발 **3) 플랜트 화재확산 거동에 따른 대피기술 개발** - 화재가 발생한 플랜트 내 인원의 대피를 위하여 화재확산 거동 특성을 반영한 피난 및 대피 시설물 등을 개발하고 2차 피해 발생시 인접 지역의 주민들을 이동하기 위한 피난 최적 기술 개발 **4) 플랜트 특성에 따른 화재 대응 제/배연 기술 개발** - 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행 **5) 스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발** - 대규모 플랜트 시설물의 특성상 CCTV 등 유고시스템을 활용하는 감시 체계가 효과적이므로 화재 발생 위치 등을 지능형 스마트 기술로서 자동 인지하여 순간 대응하기 위한 실시간 자동 소화 시스템를 개발하고 이를 활용하기 위한 다양한 요소기술을 개발
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 화재 대응 실시간 인공지능 소화 기술 - 플랜트 화재 대응 피난 및 진압 매뉴얼

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 보수/보강, 리질리언스
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Repair/Rehabilitation, Resilience

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	5년	4개	

1현황 및 필요성	○ 개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간단위에서의 화재위험도 평가기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 ○ 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재강도에 따른 구조물 손상도 평가기술 개발** - 플랜트 화재의 폭압, 높은 고열 등에 노출된 구조물의 재사용성 검증을 위해서는 구조물 손상도 평가가 필수적이므로 플랜트 화재에 노출된 구조물의 손상도를 정량적 평가하기 위하여 피해면적, 피해깊이, 내부 온도 변화 예측 기술 등을 손상도 평가를 위한 다양한 요소기술 개발 및 이를 기반으로 하는 손상도 등급기준 제시 **2) 화재 손상 플랜트 구조물 잔존강도 예측 및 잔존수명 평가기술 개발** - 고온 고압에 노출된 플랜트 구조물의 잔존강도를 예측하기 위한 잔존강도 평가 방법을 개발하고 이를 통한 구조물의 잔존수명을 예측하는 기술 개발. 또한 구조물 잔존수명을 평가하여 재사용성 여부 및 보강 범위 등을 설정할 수 있는 평가절차 마련 **3) 고온에 노출된 화재 손상 플랜트 구조물 보강기술 개발** - 손상도 평가를 통한 구조물의 손상 및 피해범위, 잔존강도를 확인하고 플랜트 재사용성을 확보하기 위하여 손상 구조물 보강계획 수립과 보강기술을 개발하고 이를 검증하는 절차를 수립 **4) 도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 시스템 개발** - 개별 플랜트에 나타나는 국소적 피해와 더불어 도시적 차원의 피해에 대응하는 설계, 시공, 관리기술 구축 및 신속 진단/복구를 위한 리질리언스(Resilience) 개념 반영 시스템 구축
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 화재 손상 플랜트 구조물 손상도 평가 기반 보강 지침

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 보수/보강, 리질리언스
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Repair/Rehabilitation, Resilience

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-3) 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기술 및 기준/지침 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	2개	1,000

1현황 및 필요성	○ 플랜트 시설물에 특화된 적합 성능 수준 및 상세가 고려된 내진성능 평가기술 및 지침 부재 ○ 다수의 플랜트 구조물이 설계도서 유실에 따른 내진성능평가 어려움
연구목표	○ 기존 국내 플랜트 구조물의 유형화를 통한 내진성능 간략평가 및 상세평가 실무지침 개발 ○ 지지하고 있는 설비의 중요도 및 요구성능에 따라 차등화된 구조부재 분류 및 허용기준 수립
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기술 개발** - 노후화 기존 플랜트의 주요 취약 지지구조 및 정착부 식별 - 플랜트 주요 구조시스템 및 부재 상세의 구조해석 모델 개발 - 비내진 플랜트 건물/건물외 구조의 선형/비선형 구조해석 평가기술 개발 **2) 플랜트 특화 건물/건물외구조/비구조요소 내진성능 평가기준 및 지침 개발** - 위험물 관련 건물/건물외구조/비구조요소의 내진성능 수준별 허용기준 수립 - 지지하고 있는 설비의 중요도에 따른 구조부재의 분류 및 차등화된 허용기준 수립 - 노후화 기존 플랜트의 현장조사 지침 제시 - 구조유형별 해석/평가법 적용 기준 제시 - 구조체 및 비구조요소 성능판정 기준 제시 - 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침 작성
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 기존 플랜트 내진성능 평가지침 - 기존 노후화 플랜트의 내진 안전성 제고 - 기존 플랜트 성능기반 내진성능평가지침 1건 - SCI논문 1편, 비SCI 논문 2편

Keyword	한글	플랜트, 내진성능평가, 내진보강, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소
	영문	industrial plant, seismic evaluation, seismic retrofit, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements.

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-4) 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 보강 설계 기술 및 평가방안/지침 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	2개	800

1현황 및 필요성	○ 플랜트 시설물에 특화된 적합 성능 수준 및 상세가 고려된 내진 보강 세부 기술 및 지침 부재 ○ 대부분의 기존 플랜트 구조물이 설계도서 관리 부실로 내진성능평가 및 최적 보강기술 적용이 곤란함
연구목표	○ 기존 국내 플랜트 구조물의 유형별 내진 취약부에 대한 보강방안 수립 ○ 지지 설비의 내진 특성(중요도 및 요구성능)에 따라 차등화된 내진보강 전략 수립
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 보강 설계 기술 개발** - 주요 취약 구조 및 비구조요소의 내진성능 향상방안 수립 - 설비 정착부 및 지지구조체 보강공법의 설계기술 및 상세 제시 **2) 플랜트 성능기반 내진성능 향상을 위한 평가방안 및 지침 개발** - 보강설계 결과의 성능확인을 위한 평가방안 개발 - 플랜트 내진성능 향상을 위한 보강 지침 제시
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 기존 노후화 플랜트의 내진 보강 전략 제시 - 노후화 플랜트의 사용연한 증가를 통한 경제적 기여 - 기존 플랜트 성능기반 내진성능향상지침 1건 - 플랜트 내진보강 기술 특허 3건, 시제품 3건 - SCI논문 1편, 비SCI 논문 2편

Keyword	한글	플랜트, 내진성능평가, 내진보강, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소
	영문	industrial plant, seismic evaluation, seismic retrofit, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements.

추진분야 구분	기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-5) 플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	2개	700

1현황 및 필요성	○ 플랜트 시설물의 대응/유지관리 단계에서의 특화된 세부 지침 부재 ○ 다수의 노후 플랜트 구조물이 지진피해 점검/평가/복구단계의 합리적 관리 미흡
연구목표	○ 지진피해 플랜트의 현장조사 체계화 및 점검 지침 마련 ○ 지진피해 플랜트의 피해등급/판정기준 마련 및 평가/복구지침 제시
세부추진과제명 (주요연구내용)	1) **플랜트 내진관리 및 지진피해 점검 지침서 개발** - 지진피해 플랜트의 현장조사 체크리스트 제시 - 지진피해 플랜트의 현장조사 지침 제시 2) **플랜트 내진관리 및 지진피해 평가 지침서 개발** - 지진피해 플랜트의 피해등급 분류 - 지진피해 플랜트의 판정기준 제시 3) **플랜트 내진관리 및 지진피해 복구 지침서 개발** - 플랜트 지진피해 복구 표준절차 제시 - 플랜트 지진피해 복구 지침 제시
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 지진 재난대응 지침 제공 - 플랜트 지진 피해 대응 점검/평가/복구 세부 지침 각 1건 제시 - 플랜트 지진피해 복구기술 특허 1건, 시제품 1건 - SCI논문 1편, 비SCI 논문 2편

Keyword		
	한글	플랜트, 내진성능평가, 내진보강, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소
	영문	industrial plant, seismic evaluation, seismic retrofit, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements.

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 4	(4-6) 노후대형프레임구조물 내진성능향상을 위한 내진보강제 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	4개	1,400

1현황 및 필요성	○ 댐퍼 등을 활용한 에너지 소산형 내진 보강재 시장은 있으나, 건물내부에 신속시공이 가능한 모듈형 내진보강재는 없음 ○ 이미 시공된 대형 프레임구조물은 지진 발생이후 구조물 안전성 문제로 인한 복구인력 진입의 문제와 초기보강방법에 따라 구조물의 복구에 사용되는 기간과 비용이 매우 달라지므로, 지진피해 초기단계에서 응급복구 할 수 있는 신속 내진보수 및 보강기술 개발필요
연구목표	○ 노후대형프레임구조물 내진성능향상을 위한 모듈형 내진보강재 개발 ○ 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 모듈형 내진보강재 기본 설계 및 상세 설계** - 신속시공이 가능한 모듈형 내진 보강재 형상 개발 - 모듈형 내진 보강재용 에너지 소산 장치 설계 - 구조해석 및 내진 해석을 통한 내진보강재의 성능 검토 **2) 모듈형 내진 보강재 신속 시공을 위한 시공 기술 개발** - 신속 시공을 위한 내진보강재 사이의 체결 방식 설계 - 신속 시공을 위한 내진보강재 운송 방식 설계 **3) 원격 조정이 가능한 스마트 보강대 설계 기술 개발** - 보강대 기본 형상 설계 - 원격 제어 모듈 설계 - 구조해석 및 동적 해석을 통한 성능 검토 - 시제품 제작을 위한 도서 제작 **4) 성능 시험 및 실증 시험** - 성능 시험을 위한 성능시험 절차서 개발 - 실증 시험을 위한 시험 절차서 개발 - 구조 시험 및 내진 시험을 통한 보강재의 성능 시험 - 실증 시험
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 모듈형 내진보강재 시제품 1건 - 모듈형 내진보강재 특허 1건 - 스마트 보강대 시제품 1건 - 스마트 보강대 특허 1건 - SCI·비SCI 논문 5건, 기술이전 2건

Keyword		
	한글	모듈형, 신속시공, 내진, 보강재
	영문	Modular, Rapid Construction, Seismic, Reinforcement

추진분야 구분	시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-1) 플랜트 화재폭발 위험 대응 안전성능 평가를 위한 시험설비 구축 방안 제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	-	3년	3개	700

1현황 및 필요성	○ 국가 주력산업인 플랜트 산업은 향후 5년간의 4.7% 연평균 성장률 전망하고 있으며, 이에 따른 수주 증가 대응 및 기 개발된 제품들에 대한 성능평가와 인증에 필요한 시설 인프라가 필요 ○ 엔지니어링 전문인력 양성기관 국산 플랜트 지자재의 시험인증 지원기관 절대 부족
연구목표	○ 플랜트용 안전기자재 성능 평가 및 기술서비스 제공을 위한 지원체계 구축
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 시험인증 장비 및 실증 플랫폼 구축** - 압축성 유체 대응 성능 평가 설비 구축 - 스마트기자재 대응 내환경 시험평가 설비 구축 - 중앙집중식 모니터링 및 시험 일관화 시스템 구축 **2)복합환경 내구성능시험설비 구축** - 환경챔버 및 진동대 기본 설계 및 상세 설계 - 환경챔버 및 진동대 운영 시스템 설계 및 제작 - 중앙집중식 모니터링 및 시험 일관화 시스템 구축 **3) 인증 거점 기관 구축** - 기자재 인증 및 성능 시험지원센터 구축 및 운영 - 산학연 유관기관 연계 네트워크 구축 및 운영 **4) 전문인력 양성 및 지원 사업** - 분야별 전문가 POOL 및 네트워크 구축 - 기자재 설계, 기자재 인증 및 CODE 교육 - 중소기업 역량 강화 및 인력 양성을 위한 교육 컨설팅 - 제품 상용화를 위한 해외 인증 지원
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 기자재 인증 및 성능 시험지원센터 지정 1건 - 전문가 네트워크 구축 및 교류회 구성 1건 - 기기관 대상 인증 및 코드 교육 6회 - 인증 지원 6건

Keyword		
	한글	압력방출장치, 안전기자재, 성능시험
	영문	Pressure Relief Device, Safety Features, Testing

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-2) 플랜트 모듈러 Unit의 표준 시험 절차 및 평가 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	3년	5개	700

1현황 및 필요성	○ 오일샌드플랜트용 모듈제작 실적은 있으나, 아직 초기단계 ○ 담수화 플랜트, Separator 등 다양한 플랜트에 대해 모듈형태로 제작하여 플랜트 건설에 활용
연구목표	○ 급속시공 플랜트 모듈러 Unit 표준 시험 절차 개발
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 표준 플랜트 모듈 Unit의 이송 성능 시험 절차 및 평가 기술 개발** - Unit 이송 환경 분석 및 이송 하중 데이터 분석 - 하중데이터 분석 결과를 활용한 표준 하중 데이터 제시 - 환경 및 표준 하중 데이터를 활용한 성능 시험 기준 수립 **2) 표준 플랜트 모듈 Unit의 설치 성능 시험 절차 및 평가 기술 개발** - Unit 설치 환경 분석 및 설치 하중 데이터 분석 - 하중데이터 분석 결과를 활용한 표준 하중 데이터 제시 - 환경 및 표준 하중 데이터를 활용한 설치 성능 시험 기준 수립 **3) 표준 플랜트 모듈 Unit의 운전 성능 시험 절차 및 평가 기술 개발** - Unit 운영 환경 분석 및 운전 하중 데이터 분석 - 하중데이터 분석 결과를 활용한 표준 하중 데이터 제시 - 환경 및 표준 하중 데이터를 활용한 성능 시험 기준 수립 **4) 표준 모듈러 플랜트 폭발 성능 시험 절차 및 평가 기술 개발** - 폭발 환경 분석 및 폭발시뮬레이션 기술 확보 - 폭발 하중 데이터 확보 및 분석 - 하중데이터 분석 결과를 활용한 표준 하중 데이터 제시 - 환경 및 표준 하중 데이터를 활용한 성능 시험 기준 수립 **5) 표준 모듈러 플랜트 내진 성능 시험 절차 및 평가 기술 개발** - 지진 분석 및 지진 시뮬레이션 기술 확보 - 지진 하중 데이터 확보 및 분석 - 하중데이터 분석 결과를 활용한 표준 하중 데이터 제시 - 환경 및 표준 하중 데이터를 활용한 성능 시험 기준 수립
목표/기대성과	**○ 정성·정량적 성과** - 급속시공 플랜트 모듈러 Unit 표준 시험 절차 제시(가이드라인) - SCI·비SCI 논문 2건, 기술이전 1건

Keyword		
	한글	모듈형, 신속시공, 내진
	영문	Modular, Rapid Construction, Seismic

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-3) 복합내구환경 구성이 가능한 복합 내환경시험설비 구축			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	3년	5개	700

현황 및 필요성	○ 플랜트는 특히 지진이나 바람과 같은 강한 외부동적 하중으로부터 건축 및 토목 구조물의 동적응답 제어가 필요하지만, 실제 구조물을 대상으로 제어성능 평가 실험을 수행하기에는 많은 한계 ○ 이를 해결하기 위하여 축소을 활용한 모델 시험, 고온/고압 환경구현이 가능한 선형가진 시스템을 활용한 복합환경내구성능시험 등이 필요하며 이를 통한 해석적 모델 관계 분석을 통한 구조물의 구조안전성평가 필요
연구목표	○ 플랜트 구조물의 복합환경 모사 내환경성능시험설비 및 구조물건전성 평가기술 개발

성능지표명	기술개발목표
온도 범위	-40 ~ 80 ℃
온도 제어 성능	± 1 ℃
온도 변화율	2 ℃ / min 이상
최대 진동 가속도	±7 g (@최대 하중)
진동대 최대 하중	30 ton 이상
진동대 자유도	6

세부추진과제명 (주요연구내용)

1) 환경챔버 및 진동대 기본 설계 및 상세 설계

2) 환경챔버 및 진동대 운영 시스템 설계 및 제작

3) 성능 시험

※플랜트 구조물의 내환경 안전검증을 위한 복합환경 모사 및 구조물건전성 평가 설비 구축

축소을 활용한 모델 시험, 고온/고압 환경구현이 가능한 선형가진 시스템을 활용한 해석적 모델 관계 분석을 통한 구조물의 구조안전성평가

목표/기대성과	○ 토목, 건설, 산업, 에너지 및 환경 전반적인 분야에 걸친 다양한 실험 등으로 구조물의 설계 안전성 평가를 통한 확보에 따른 사회적 비용 감소 ○ 플랜트의 동적/정적 안전성 확보를 위한 기술을 확립

Keyword		
	한글	모듈형, 신속시공, 내진
	영문	Modular, Rapid Construction, Seismic

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-4) 플랜트 안전기자재 성능 시험설비 구축			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
		5년	4개	4,800

현황 및 필요성

○ 플랜트산업 영역은 개발형 프로젝트의 경우 기획부터 확인, 평가, 검토, 견적, 수주, 설계까지의 과정이 필요하며, 엔지니어링, 자재의 조달, 시공하는 EPC(Engineering, Procurement, Construction)를 포괄

○ 국가 주력산업인 플랜트 산업은 향후 5년간의 4.7% 연평균 성장률 전망하고 있으며, 이에 따른 수주 증가 대응 및 기 개발된 제품들에 대한 성능평가와 인증에 필요한 시설 인프라가 필요

○ 엔지니어링 전문인력 양성기관 국산 플랜트 지자재의 시험인증 지원기관 절대 부족

연구목표

○ 플랜트 안전기자재 성능 시험설비 구축

성능지표명	기술개발목표		
시험품 Size	DN 150 이상		
최대 시험 유량 및 압력	(Water)	2,100 L/min 이상	43 bar 이상
	(Air)	20,000 m3/h 이상	250 bar 이상
	(Steam)	7,300 kg/h 이상	60 bar 이상

세부추진과제명 (주요연구내용)

1) 플랜트용 안전장치 성능 평가 및 실증 설비 구축

2) 능동형 제어 시스템 성능 평가 시스템 구축

3) 중앙 집중식 모니터링 및 시험 일관화 시스템 구축

4) 플랜트용 안전 기자재 검증/인증 기반 구축

※플랜트 안전기자재(Pressure Relief Device 등)의 성능 시험 설비 구축
플랜트용 안전 기자재 국산화 및 해외시장 진출이 가능한 규격 기반의 성능평가 및 기술서비스 제공을 위한 지원체계 구축

목표/기대성과

○ 플랜트 수주가 후속 기계류 수출확대로 이어져 중소기자재 기관의 해외 진출 촉진, 지역경제 활성화

○ 플랜트 안전 기자재의 제품 인증기간 단축 및 제품 신뢰성 향상 기대

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분	시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-5) 플랜트 설비요소의 내진성능 검증실험 표준절차 제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	4년	2개	600

현황 및 필요성	○ 플랜트 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재로 인해 상호 연계되지 않은 개별적 방법론에 의해 설비의 내진설계가 이루어지고 있어 일관적인 설비 및 지지구조물의 내진성능 인증 시스템 구축(시험방법, 허용기준, 체크리스트 등)이 요구됨
연구목표	○ 플랜트 설비요소 내진시험 표준지침 제공 ○ 결과물: 플랜트 내진시험 표준
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 내진시험 표준 현황 조사** ○ 국내외 플랜트 내진시험 표준 현황 조사 ○ 타 시설물 관련 설비요소 내진시험 표준 현황 조사 **2) 플랜트 내진시험 표준 절차 개발** ○ 플랜트 비구조요소 구조물내 응답스펙트럼 산정기술 개발 ○ 국내 지진재해도 특성을 고려한 정적 및 동적 내진시험 프로토콜 개발 ○ 플랜트 내진시험 표준 절차 지침서 작성 ○ 플랜트 비구조요소 내진성능 허용기준 제시 ○ 비구조요소 내진성능 시험 체크 리스트 작성 ※플랜트 설비요소 내진성능평가 표준시험 지침 제공 설비요소의 내진성능 인증을 위해 성능시험의 수행과 성능검증보고서의 작성에 관한 표준 지침 제시
목표/기대성과	○ 표준화된 내진시험 절차에 기초한 내진용 비구조요소(설비) 개발 및 관련 산업 활성화 ○ 시험인증 제도의 마련을 기술적으로 뒷받침하여 특수설비 내진설계의 원활함 및 효율성 증대 ○ 설비의 시험 인증과 그에 따른 성능 검증의 문서화를 통한 설계도서의 체계화에 기여 ○ 건물에 적용되는 내진설계 방법론 및 성능수준의 정의가 설비 요소에도 일관적으로 적용됨에 따라 각 설계 주체 간의 혼선을 방지

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-6) 플랜트 구조시스템 특화 내진성능 검증실험 표준절차 제공 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	3년	2개	600

현황 및 필요성	○ 플랜트 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재 ○ 국내 진동대 시험장치의 수량 및 규모의 한계로 인해 플랜트 설비의 내진성능평가에 어려움 존재 ○ 일반 건물의 구조특성에 따른 지진입력 사용
연구목표	○ 플랜트 구조시스템에 특화된 설비요소 내진성능평가 표준시험 지침 제공 ○ 플랜트 설비의 내진성능평가 실험을 위한 인프라 구축 방안 제시
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내진시험 표준 절차 개발** - 국내외 플랜트 내진시험 표준 현황 조사 - 타 시설물 관련 설비요소 내진시험 표준 현황 조사 - 플랜트 비구조요소 구조물내 응답스펙트럼 산정기술 개발 - 국내 지진재해도 특성을 고려한 정적 및 동적 내진시험 프로토콜 개발 - 건물과 유사하지 않은 지지구조의 특성을 반영할 수 있는 일반화된 실험방법 제시 - 플랜트 비구조요소 내진성능 허용기준 제시 - 플랜트 내진시험 표준 절차 지침서 작성 - 비구조요소 내진성능 시험 체크 리스트 작성 **2) 플랜트 내진성능평가실험을 위한 실험 인프라 구축방안 제시** - 국내외 주요 시험기관 내진시험 인프라 조사 - 위험물질 저장시설 및 고압 설비의 내진안전성 평가를 위한 선진 시험방법 조사 - 소규모 진동대 중심의 국내 내진시험 인프라 활용성 극대화를 위한 방안 수립 (다지점 진동대 실험 등) - 별도의 전용 진동대 시험장치 구축 방안 제시 - 주요 플랜트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 실험장비 요구 스펙 제시
목표/기대성과	○ **정성·정량적 성과** - 플랜트 내진시험 표준 지침서 1건 - 플랜트 내진시험 표준 및 인프라 조사보고서 1건 - 플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축 방안 보고서 1건 - 인프라 및 인증제도 전문 관리 인력 양성 2인 - SCI논문 1편, 비SCI 논문 3편 - 기술이전 3건

Keyword	**한글**	플랜트, 비구조요소, 내진시험인증, 내진실험인프라
	영문	industrial plant, non-structural elements, seismic certification, seismic testing, seismic testing facilities.

추진분야 구분	시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-7) 플랜트 내진성능평가 실험 인프라 구축 방안 제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	4년	2개	400

1현황 및 필요성	○ 국내 진동대 시험장치의 수량 및 규모의 한계로 인해 플랜트 설비의 내진성능평가에 어려움이 따른다. ○ 기존에 국내의 내진성능평가 실험은 진동대 실험을 위주로 수행되어 왔으나 플랜트의 특성상 위험한 조건에서 직접적인 시험을 수행하기 어렵기 때문에 화재, 폭발, 누출 시험방법 개발과 연계하여 지진하중의 특성을 반영하기 위하여 유사동적 시험 또는 등가정적 시험 등 다양한 시험 방법이 정립될 필요가 있으며, 이러한 시험 방법에 대한 인프라가 구축되어야 할 필요가 있다. ○ 국제적 인증이 가능한 수준의 시험 인프라 구축을 통해 내진용 비구조요소의 해외진출 역량을 제고함.
연구목표	○ 플랜트 내진성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 국내 내진시험 인프라 현황 조사** **2) 플랜트 내진성능평가실험을 위한 실험 인프라 구축방안 제시** ▪ 위험물질 저장시설 및 고압 설비의 내진안전성 평가를 위한 선진 시험방법 조사 ▪ 소규모 진동대 중심의 국내 내진시험 인프라 활용성 극대화를 위한 방안 수립 (다지점 진동대 실험 등) ▪ 별도의 전용 진동대 시험장치 구축 방안 제시 ▪ 주요 플랜트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 실험장비 요구 스펙 제시 ※플랜트 설비의 내진성능평가 실험을 위한 인프라 구축 방안 제시 기존 국내 인프라 활용 방안 및 전용시험장치 구축 방안 제시
목표/기대성과	○ 인프라 구축을 통해 시험인증 제도의 원활한 실현을 기대할 수 있음. ○ 인프라 및 인증제도 전문 관리 인력의 양성에 따른 경제효과 창출 기대 ○ 플랜트 설비의 원활한 내진성능 인증을 통해 관련 산업의 해외진출 지원 ○ 고급 실험인프라 구축을 통한 국내 R&D 역량 강화

Keyword	한글	
	영문	

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 5	(5-8) 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	3년	3개	300

1현황 및 필요성	○ 국내에서 진행 중인 대부분의 내진관련 연구중심이 내진설계나 면진설계와 같은 지진피해 이전의 예방 설계에 초점을 맞추고 있음 ○ 이미 시공된 대형 프레임구조물은 지진 발생이후 구조물 안전성 문제로 인한 복구인력 진입의 문제와 초기보강방법에 따라 구조물의 복구에 사용되는 기간과 비용이 매우 달라지므로, 지진피해 초기단계에서 응급복구 할 수 있는 신속 내진보수 및 보강기술 개발필요
연구목표	○ 대형프레임구조물 지진피해 응급복구를 위한 스마트 보강대 개발

성능지표명	기술개발목표
보강대 이동 속도	1 m/s
보강대 위치 제어 정밀도	±0.05 m
원격 제어 거리	30 m 이상
보강대 최대 스트로크	500 mm 이상
최대 지지 하중	5 000 kN이상

세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 원격 조정이 가능한 스마트 보강대 기본 설계 및 상세 설계** **2) 원격 조정이 가능한 스마트 보강대 시제품 제작** **3) 성능 시험 및 실증 시험** ※기존 대형프레임구조물의 지진 발생 시, 초기 지진피해 응급복구를 위한 원격제어 스마트 보강대 지진발생후 응급복구에 들어가는 시간, 작업의 난이도 및 위험도를 낮추는 원격제어가 가능한 구조보강대 개발
목표/기대성과	○ 유관 산업과의 시너지 효과를 통해서 새로운 고부가가치 신사업 창출 ○ 지진피해 후 손상을 입은 구조물에 신속하고 간편한 보수 및 보강대책 제시 ○ 신속 보수/보강에 따른 공기단축으로 인하여 주변환경 피해 최소화 및 비용절감이 가능 ○ 지진 후, 구조물의 안전성 확보를 위한 기술을 확립하고, 기존 응급복구기술의 한계인 시간과 안전성 확보

Keyword	한글	
	영문	

부록 3

RFP

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제	(1-1) 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	4년	5개	2,152

현황 및 필요성	○ 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도 분류체계 부재 ○ 개별 설비단위의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간 관점에서의 화재위험도를 정량적으로 예측하거나 평가 기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 구획/공간 내 화재위험도 및 장외 영향도 정량적 평가 기술 ○ 플랜트 방호구획 특성에 따른 주요 고위험 저장/이송 설비의 화재 모형 설정 ○ 플랜트 구획/공간 화재위험도 정량적 예측 및 평가 기술개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 화재위험도 분류체계 설정 1과제 + 화재위험도 등급화 1과제 + 화재위험도 진단/평가 1과제 + 시뮬레이션 해석 1과제 + 스마트 실시간 모니터링 1과제 ○ (산출근거) 5과제×4년 = 총합 2,152백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 국내외 플랜트 설계 및 시방기준 조사를 통한 한국형 플랜트 화재위험도 분류체계 작성** ▪ 국내외 플랜트 설계 및 시방기준, 기술기준 조사 분석을 통한 기술개발 범위 설정 ▪ 플랜트 화재사고 및 Case Study를 통한 위험 및 피해 심각도 분석 ▪ 건축법상 산업시설 중 고위험 플랜트 적용 범위 및 대상 설정 ▪ 고위험 플랜트 시설물의 종류에 따른 특성을 고려한 화재거동 분석 ▪ 고위험 플랜트 화재위험시설 분류 체계 설정 ▪ 화재특성을 고려한 안전도 평가기술 조사 분석을 통한 플랜트 화재위험성 평가기법 도출 ▪ 플랜트 잠재적 화재위험인자 분류 체계 마련 ▪ 고위험 플랜트 화재위험성 평가를 위한 화재위험인자 도출 **2) 플랜트 위험도 기반의 화재위험 등급화 기술 개발** ▪ 플랜트 시설의 구획 및 공간의 화재위험 특성을 판단하고 이를 통해 화재위험 인자를 도출 ▪ 플랜트 시설의 화재위험 인자별 상관관계 분석을 통한 구획 및 공간의 화재위험 등급 분류 기준 개발 ▪ **(위험도 등급별 화재하중 및 시나리오 설정)** 플랜트 위험도 중요도 등급과 저장 물질의 위험성 특성을 고려하여 플랜트 시설별 화재하중을 설정하고 이를 바탕으로 시설물별 화재 시나리오를 작성 및 검증 **3) 플랜트 화재위험도 정량적 평가기술 개발** ▪ 플랜트 화재위험도 측정기술 개발 / 플랜트 특성에 최적화된 평가절차 제시 및 맞춤형 화재위험도 평가기술 제시 **4) 플랜트 화재위험도 기반의 확산 및 피해 예측 해석기술 개발** ▪ 플랜트 화재로 인한 2차 피해 방지를 위하여 플랜트 위험도 등급에 따른 시설물 외부로 화염확산을 예측하고 피해를 최소화하기 위한 확산 및 피해 예측 해석기술을 개발 **5) 플랜트 위험 빅데이터를 활용한 화재위험 상시 모니터링 시스템 개발** ▪ 플랜트 시설에서의 온도·습도·기상 상태·CCTV 영상·센서데이터 등과 같은 빅데이터를 활용하여 화재발생 예측 기술 개발 ▪ 기존 화재위험 인자와의 연관성 분석을 통한 화재위험 상시모니터링 기술 개발
목표/기대성과	○ 플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 지침 ○ 플랜트 시설물 화재위험도 등급화 및 평가지침 ○ 플랜트 구획/공간 단위 화재안전성 평가지침

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오, 시뮬레이션
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario, Simulation

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(1-2) 플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	3개	1,655

현황 및 필요성	○ 폭발 위험도 평가 및 구조 안전 설계, 시공 및 유지관리 기술은 체계적인 관리체계가 필요한 분야로 정부주도의 통합적 패키지 마련이 필요 ○ 폭발의 발생이 ZONE(위치, 규모, 공간, 장애물 등의 영향)에 따른 위험도 평가 ○ 국내의 폭발과 플랜트 유형별 개별적인 데이터베이스 미흡 및 각각의 적절한 폭압 산정 기술, 해석 방법의 정립 필요
연구목표	○ 플랜트 폭발의 종류별 위험도 평가 기술 개발 ○ 플랜트 ZONE(위치, 규모, 점화원, 장애물 등)에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발 ○ 빅데이터(데이터베이스 통합) 기반 및 GIS 기반 폭압 산정 기술 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 폭압산정 및 피해 예측 시스템 1과제 + 폭발 위험도 평가 기술 1과제 + GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 1과제 ○ (산출근거) 3과제×4년 = 총합 1,655백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내에서 다양한 유형의 폭발에 따른 폭압산정 및 피해 예측 시스템 개발** ▪ 플랜트 폭발 유형에 따른 원인 및 손상 메커니즘 분석 ▪ 각기 다른 폭발 유형(대표적: 증기운폭발)에 따른 폭압산정 및 평가법의 개발 ▪ 전산유체역학(CFD)와 하이드로코드 프로그램을 활용한 폭압산정 및 피해 예측 프로그램의 개발 **2) 플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발** ▪ 플랜트 내의 ZONE, 설비, 화학물질 등의 유형을 파악하여 다양한 변수의 폭발 시뮬레이션을 통한 위험도 평가 기술의 개발 ▪ 플랜트의 규모, 공간, 점화원, 장애물 등에 따라서 피해 확산 범위, 폭압의 형태를 분석하여 피해 예측 시뮬레이션의 고도화 ▪ 폭발 사고 데이터베이스 구축 및 평가 기술의 개발 **3) 구조물의 위치 및 밀집도 등에 따른 GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 개발** ▪ 플랜트의 위치, 규모, 형상 등에 따라서 GIS(Geographic Information System) 기반의 프로그램을 적용하여 폭발의 메커니즘 및 피해 규모 예측 프로그램을 개발 ▪ 폭발에 따른 기본적인 위험요소 뿐만 아닌 비산먼지, 진동 등에 따른 부가적 요소의 위험도 평가 기술 개발
목표/기대성과	○ 폭발 사고 데이터베이스 및 폭발 시뮬레이션 도구 및 사용 지침 ○ GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 지침 ○ 폭압 산정 및 피해 예측 프로그램 개발

Keyword	**한글**	폭발, 공간구획, 지리정보시스템, 전산유체역학, 폭압, 증기운폭발
	영문	Explosion, Zoning, GIS(Geographic Information System), CFD(Computational Fluid Dynamics), blast pressure, dust dispersion, VCE(Vapor Cloud Explosion)

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(1-3) 플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	4년	4개	1,335

현황 및 필요성	○ 폭압을 받는 구조물은 단자유도 비선형 동적 해석이 가장 많이 사용되지만, 현재 미국내에서 SBEDS라는 프로그램이 자국내에서만 공개되어 있으므로, 국내에 활용이 어려운 상황에 따른 보급형 해석 프로그램 개발이 필요 ○ 폭압에 따른 비선형 동적 해석을 위한 하이드로코드 및 다양한 해석의 결과 검증 등을 이용하기 위한 기술의 현저한 한계점
연구목표	○ 폭압이 구조물에 미치는 구조 거동 및 구조해석 기술의 분석 및 개발 ○ 폭압에 따른 구조물의 거동이 초래하는 2차 영향 및 피해의 분석과 보강법 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 해석 절차와 지침 개발 1과제 + 재료 모델링 기술 1과제 + 멀티스케일 해석 기술 1과제 + 가시화 및 검증 기술 1과제 ○ (산출근거) 4과제×4년 = 총합 1,335백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 해석 방법에 따른 장단점과 기술적 한계 파악 및 해석 절차와 지침의 개발** ▪ 등가정적해석법, 유체-구조물 상호작용(하이드로코드) 해석법, 단자유도 비선형 해석법, 유한요소해석법 등 다양한 해석방법을 이용한 해석 절차와 지침의 정립 및 기술 개발 ▪ 국내 플랜트 설계에 활용할 수 있는 보급형 단자유도 비선형 동적 해석 프로그램 개발(미국의 경우 자국내에서만 접속 가능한 프로그램, SBEDS) ▪ 소성힌지를 가진 보요소를 기반으로 한 다자유도 해석 및 연속체 요소를 사용한 해석을 통한 해석 기술의 분석 및 활용 **2) 방폭 성능을 가진 재료 모델링 기술 개발** ▪ 기존의 방폭 성능을 가진 시멘트 복합 재료 또는 합성수지 재료 등의 개발에 따른 설계에 적용할 수 있도록 새로운 재료의 수치 모델화 방법의 개발 **3) 실무에 적용할 수 있는 해석 SW 개발 및 멀티 스케일 해석 기술 개발** ▪ 플랜트 전문가 및 실무에 적극적으로 적용할 수 있는 폭발 해석 SW의 개발 ▪ 연속체 요소를 사용한 해석 결과를 보요소를 사용한 해석 또는 단자유도 해석으로 활용할 수 있는 멀티스케일 해석 기술의 개발 **4) 구조 해석 결과의 가시화 기술 및 검증 기술 개발** ▪ 폭발의 방대한 해석 결과 산출에 따른 가시화 및 추상화하는 기술의 개발 ▪ 해석 방법의 타당성 확인을 위한 실증실험 이용 및 다른 해석 방법을 이용한 검증 방법 개발
목표/기대성과	○ 프로그램 사용 매뉴얼 및 해석 예제집 ○ 방폭재료의 수치 모델 라이브러리, 멀티스케일 해석 지침 ○ 약산해석을 위한 단자유도 비선형 동적해석프로그램

Keyword	**한글**	폭압, 등가정적해석법, 하이드로코드, 유한요소해석법, 비선형 동적 해석
	영문	blast pressure, equivalent static analysis, hydrocode, finite element method, nonlinear dynamic analysis

추진분야 구분 기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(1-4) 위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	3개	1,415

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 가연성유체 사고 예방을 위해서는 위험장소의 범위 결정이 필요하며, 누출원의 위치, 증기밀도, 방출량 및 방출속도와 환기 등의 영향이 지배하나 명확한 기준 부재 ○ 가연성 유체 누출 폭발 시 기계적인 안전 확보가 필요하나 누출, 확산 및 폭발범위 탐지는 실증실험 장소 및 민원발생 등의 문제로 어려움
연구목표	○ 가연성 유체의 열역학 물성 D/B를 구축하고, 위험도 기반 누출 시나리오별 위험장소 범위 산정 기술개발 및 가이드라인 마련 ○ 플랜트내 점화원 제거를 위한 전기방폭구조의 선정 가이드라인 개발 및 위험장소 범위 산정을 위한 범용 유동해석 프로그램과의 연계기술 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 열역학적 물성 DB 구축 1과제 + 위험장소 분류 및 범위 선정 기술 개발 1과제 + 전기방폭 분류체계 및 유동해석 프로그램 개발 1과제 ○ (산출근거) 3과제×3년 = 총합 1,415백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 가연성 유체의 누출 시나리오 작성을 위한 열역학 물성 DB구축** ▪ 미국 AGA기반 가연성 유체의 열역학 물성 데이터베이스를 구축하고 누출시나리오와 연계 프로그램 개발 **2) 위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정기준 개발** ▪ 위험도 기반접근법과 누출특성접근법, 점누출원접근법 및 직접사례 접근법을 비교하여 장단점 비교하여 최적모델 개발 ▪ 누출등급구분, 누출홀 크기, 옥외환기속도자료, 희석등급산정, 화기유효성 검증 및 위험장소 결정 방법 개발 ▪ 기상 및 액상 누출유형별 가스특성을 반영한 위험장소 계산 표준 모델 개발 **3) 가연성 점화원 제거를 위한 정기방폭 분류체계 및 유동해석 연계 프로그램 개발·실증** ▪ 플랜트내 전기방폭구조의 적용 및 산소혼합조건에서 폭발 예방을 위한 방폭분류체계 개발 ▪ 유동해석 연계 프로그램 개발을 위한 누출 HOLE크기별 기·액상 누출 실증
목표/기대성과	○ 위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정지침 ○ 가연성가스 열역학물성 DB

Keyword	한글	열역학 물성, 누출시나리오, 위험장소 구분, 전기방폭
	영문	Thermal property, release scenario, hazardous area classification, electrical Explosion proof device

추진분야 구분	기술부문 → 플랜트 위험도 평가기술

중점추진과제 2	(1-5) 플랜트 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해영향성 요인 분석			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	2개	1,655

현황 및 필요성	○ 플랜트 내 가연성 가스의 폭발 및 용기 폭발에 따라 방호구획 내부에서 발생하는 폭풍파의 영향 및 피해영향 요인분석
연구목표	○ 용기 폭발의 실증시험을 통해 거리별 압력분포 측정 및 컴퓨터 시뮬레이션과 비교 ○ 압력에 따른 플랜트 시설 안전 검증을 위한 충격관(Shock tube) 실증시험
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 가연성 가스 및 용기폭발 실증시험 1과제 + 가연성 가스 폭발에 따른 설계인자 분석 1과제 ○ (산출근거) 2과제×3년 = 총합 1,655백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트내 가연성 가스 및 용기 폭발에 따른 방호구획 내부 압력 분포 실증시험** ▪ 플랜트 내 피해 화재 폭발 사고사례 및 폭발 영향 분석 ▪ 가연성 가스 보관시설 용기의 폭발에 따른 거리별 압력 분포 시뮬레이션 - 가연성 가스 용기 폭발에 따른 온도, 압력, 압력지속시간 등 ▪ 플랜트 내부 가스용기 화재폭발 실증시험을 통해 거리별 압력분포 측정 - 화재에 따른 용기 폭발이 인접 구조물에 미치는 영향 및 설계 인자를 도출하기 위한 압력 데이터 측정 ▪ 컴퓨터 시뮬레이션 압력 분포와 실증시험결과 분석을 통한 방호구획 내부 폭풍파 전달 및 방호구조물에 미치는 영향 검증 **2) 폭발압력이 방호구획을 구성하는 구조물(방호벽, 물리적 거리등)에 미치는 영향인자 분석 (Shock Tube Test)** ▪ 용기 폭발 실증시험 결과에 따른 폭풍파의 거리, 각도, 최고압력, 지속시간 도출 ▪ 폭발에 따른 방호구조물 및 구획간 거리에 미치는 영향 인자 도출 ▪ 재료 및 구조물의 설치 각도, 형태 분석을 통한압력 저항성 측정 ▪ 폭발에 따른 압력 산출을 통한 방호구조물 및 공간구획별 이격거리 설계 입력 데이터 도출 - 구조물의 위치 및 형태에 따라 폭압의 영향성 도출을 통해 플랜트 설계 적용 압력 산출 근거 제공
목표/기대성과	○ 실증실험 결과가 반영된 방호벽 설계 지침 ○ 폭압 영향 완화를 위한 플랜트 설계 지침 ○ 가연성가스 및 용기폭발 영향 실증 프로그램

Keyword		
	한글	폭발압력, 플랜트 설계, 가스폭발, 충격관
	영문	Explosion pressure, Plant Disign, gas explosion, Shock tube test

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 2	(2-1) 플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	5년	5개	2,435

현황 및 필요성	○ 현재는 설계조건에 따른 개별 구성요소 수준(플랜트 설비)의 화재안전성은 기대할 수 있으나, 각종 안전 법/제도와 연계된 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 화재안전설계/시공 기술은 미흡 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 재난유형별 구획/공간단위 위험도 평가 대비 방호 구획/공간화 기술 ○ 플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정 ○ 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발 ○ 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 화재저항성능 설정 기술 1과제 + 내화구조 설계기술 및 방화구획 형성 기술 1과제 + 최적 피난동선 설계기술 1과제 + 연기유동 예측 설계기술 1과제 + 성능위주 화재안전설계 1과제 ○ (산출근거) 1과제×1억×2년=2억, 1과제×3억×3년=9억, 1과제×1억×2년=2억, 1과제×1억×2년=2억 / 5과제×5년 = 총합 2,435백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 시설별 화재강도에 따른 화재저항 성능 설정** ▪ 플랜트 시설물의 위험도, 특성, 화재하중 등을 고려하여 시설물별 맞춤형 화재강도를 제시 및 검증하고, 플랜트 화재강도에 대한 내화성능을 확보할 수 있는 구조물별 대응 내화시간을 설정 **2) 플랜트 시설물 내화설계기술 개발 / 플랜트 시설물 방호기술 개발** ▪ 플랜트 화재시 고온에 노출된 구조물의 온도 및 거동 분석을 수행하고 이를 통한 화재강도에 대응하여 구조물 안전을 확보할 수 있는 구조물 내화설계기술 개발하고 플랜트 내화설계지침 제시 ▪ 플랜트 구조물의 요구내화성능을 확보하기 위한 다양한 구조물 피복기술, 고온시 구조물 변형 억제기술, 고온시 하중능력 향상기술 등 구조물 내화재료 및 기술 개발 ▪ (플랜트 화염확산 방지를 위한 맞춤형 플랜트 방화구획 기준 설정) 화재가 발생한 플랜트 시설물의 화염확산 방지 및 2차 피해 방지를 위한 구획별 요구 성능 수준을 설정하고 구획 성능기준을 제시하여 플랜트 방화구획 설정을 위한 설계기술 확보 ▪ (폭발성 온도 대응 내화재료기술 개발) 폭발성 화재를 동반하는 플랜트 화재에 대응하기 위하여 급가열 고온 폭발에 최적화된 방폭용 내화재료 개발 수행 및 검증 **3) 플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발** ▪ 플랜트 화재거동 및 시나리오에 따른 플랜트 내 인원과 2차 피해 발생시 인접 지역 피난계획 등을 포함한 피난설계기술을 개발하고 이를 최적화한 시뮬레이션 모델링 기술 확보 **4) 플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발** ▪ 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행 **5) 맞춤형 성능기반 플랜트 화재안전 설계기술 개발** ▪ 플랜트 시설물의 특성, 위험도, 화재강도 등을 고려한 내화설계 및 피난설계를 수행하는 한국형 플랜트 화재안전 설계기술을 개발. 아울러 Euro Code 에서 제시하는 내화설계절차를 분석하여 국내 실정에 적합한 사양적 기법과 성능적 기법으로 절차를 수립하여 플랜트 건설시 시설물의 다양성을 고려한 효율적이고 안전한 성능기반의 설계지침을 제안
목표/기대성과	○ 플랜트 시설물 화재안전설계지침 ○ 플랜트 화재 피난 설계지침

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 화재시나리오
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Fire Scenario

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 2	(2-2) 플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	4개	2,735

현황 및 필요성	○ 일반건축물에 적용되는 내진 기준이 플랜트 내진설계에도 그대로 적용되고 있으며 이에 따라 플랜트의 특성이 반영된 새로운 설계지침의 정립 필요 ○ 국내 현행 플랜트 건물 기본구조의 내진 거동이 명확히 규명된 바 없고 내진 성능이 불분명 ○ 철골 플랜트 시설물의 대다수는 국내외 설계기준에서 표준 구조시스템으로 분류 불가능한 비정의 구조로써 강재의 뛰어난 연성능력을 전혀 설계에 활용치 못함
연구목표	○ 플랜트 설비의 특성별로 요구되는 내진 성능목표 정립 ○ 성능기반 및 사양기반을 포괄하는 플랜트 특화 내진설계 절차 수립 ○ 비구조요소, 건물외구조의 분류 및 내진설계 적용범위 체계 수립 ○ 지진안전 확보를 위한 고성능 플랜트 구조시스템, 구조요소 및 장치 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 내진등급 및 내진성능목표 체계 1과제 + 내진설계 실무절차 수립 1과제 + 내진설계지침 개발 1과제 + 고성능 공장 내진구조시스템 개발 1과제 ○ (산출근거) 1과제×2년 + 1과제×2년 + 1과제×3년 + 1과제×4년 = 3억 + 3억 + 6억 + 14억 = 총합 2,735백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 시설물 특화 내진등급 및 내진성능목표 체계 수립(1~2차년)** ▪ 건물/건물외구조/비구조요소의 성능에 기초한 상세분류 ▪ 시설물별 내진등급 및 중요도 분류체계 수립 ▪ 내진등급별 성능목표 체계 수립 ▪ 비구조요소 내진성능평가 대상 범위 규정 ▪ 피해사례 조사를 통한 설계고려사항 발굴 ▪ 특화된 성능의 지표화(복구기간, 복구비용, 폭발등 2차피해 위험성) **2) 플랜트 내진설계 실무절차 수립 (3~4차년)** ▪ 주요 산업분야별 특화 요구사항 수집 및 내진설계지침 적용방안 제시 ▪ 플랜트 비구조요소의 Fast Track 설계절차 **3) 플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소 내진설계지침 개발 (3~5차년)** ▪ 성능기반 내진설계 및 그에 준하는 사양기반 내진설계지침의 동시 개발 ▪ 국내에 특화된 플랜트 구조시스템의 내진설계계수 정립 ▪ 상이한 요소가 복합된 구조시스템의 설계계수 결정 기술 ▪ 비구조요소 정착부 내진설계기준 수립 ▪ 비구조요소의 다양성 수용 방안 제시 ▪ 건물외구조/비구조요소 내진설계 예제 작성 **4) 플랜트 특화 고성능/고효율 공장내진구조시스템 개발 (1~4차년)** ▪ 기존 플랜트 구조물 프로토타입 지진해석 및 내진성능평가 ▪ 현행 접합상세 및 구법 분석을 통한 문제점 및 개선사항 발굴 ▪ 시공 용이한 모멘트골조시스템 고연성 인증접합부 개발 ▪ 장스팬 트러스 골조시스템 구조손상 제어 기술 ▪ 지진하중 저감장치 도입에 의한 고효율 구조시스템 개발 ▪ 개발한 구조시스템에 대한 실무친화적 설계절차 제시
목표/기대성과	○ 플랜트 내진설계 지침 ○ 고성능 공장 구조시스템 설계지침 ○ 고성능 공장 구조시스템 시방서 ○ 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 설계지침 ○ 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시방서

Keyword	한글	플랜트, 내진설계, 내진성능, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소 내진구조시스템, 인증접합부, 감쇠장치, 면진장치
	영문	industrial plant, seismic design, seismic performance, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements. earthquake resistant industrial buildings, prequalified connections, dampers, base isolation.

추진분야 구분 기술부문 → 설계/시공 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 2	(2-3) 플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭설계 및 성능기준 기술 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	폭발	5년	4개	2,435

현황 및 필요성	○ 많은 구조적 재료의 발전에 따른 방폭 설계에 적용으로 성능 개선 가능성 ○ 국내의 폭발에 대한 미흡한 정보량으로 보다 적절한 설계를 위한 다양한 플랜트 구조형식, 작용내력, ZONE 영향 등의 분류에 따른 방폭 설계 기술 마련이 필요 ○ 현재 국내 플랜트 실정에 맞춘 폭발 관련 성능 기준이 존재하지 않는 한계점 ○ 구조물의 구조형식, 용도, 부재형식, ZONE 등에 따른 분류를 나누어 폭발에 대한 체계적인 설능 기준 데이터베이스 정립이 필요
연구목표	○ 구조물의 형식별, 작용내력 등의 다양한 분류를 통한 폭발 저항 설계 기술 개발 ○ 밀집도, 이격거리, 장애물 등에 따른 ZONE 분류를 통한 폭발 저항 설계 기술 개발 ○ 플랜트 구조물의 폭압 산정 및 피해 예측을 통하여 다양한 분류별 성능 기준 정립 및 기술 개발
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) Zone 유형 구조물 성능 기준 1과제 + 구조형식 성능 기준 1과제 + 비구조재 성능 기준 1과제 + 특수 방폭 구조물 설계 1과제 ○ (산출근거) 4과제×5년 = 총합 2,435억
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 산업 내의 ZONE 유형별 구조물 및 방호벽 성능 기준의 개발** ▪ 플랜트 산업 위치, 공간, 규모 등에 따라서 특수한 보완 및 보강을 위한 폭발 저항 설계 기술 개발 ▪ 플랜트 공간내 ZONE 유형별 위험도 평가 결과에 따라 이격거리 분석 및 산정 ▪ 플랜트 내부 시설 및 장비의 위험도에 따른 방호등급 및 입지조건의 결정 **2) 구조물의 용도, 구조형식, 부재형식에 따른 성능 기준 개발** ▪ 철근콘크리트구조 및 철골구조의 부재별 폭발 저항 설계기술 개발 ▪ 주요부재와 접합부재의 폭발에 따른 소성거동 분석 및 피해 예측 기술 개발 ▪ 플랜트 구조물의 철근콘크리트구조, 철골구조, 보강조적조 등의 다양한 구조형식별 폭발 대응 절차 및 성능 기준 개발 ▪ 구조물의 부재형식별 다양한 분류에 따른 피해 규모, 연속붕괴 가능성 등의 분석 및 성능 기준 개발 **3) 출입문과 창호 등 개구부의 폭압을 받는 비구조재 성능 기준 개발** ▪ 개구부로 폭압의 침투에 따른 피해 분석과 설계 기술 개발 및 성능 기준 개발 ▪ 출입문, 창호, 부착 기구 등에 따른 2차 피해 규모 및 설계 기술 개발 ▪ 비구조재의 사용성 및 인간에 끼치는 영향성을 분석 및 기술 개발하여 정량적 성능 기준의 개발 **4) 특수 방폭 구조물의 폭발 저항 설계 기술 개발 및 성능 기준 개발** ▪ 플랜트 산업 내 폭발저항 모듈러의 폭발 저항 예측 및 설계 적용 기술 개발 ▪ 폭발 저항 모듈러 구조의 단일 및 복합구조의 적용을 통한 성능 기준의 개발 ▪ 다양한 특수 방폭 구조물의 설계 기술 개발의 적용에 따른 성능 기준 개발
목표/기대성과	○ 플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 및 철골구조 방폭설계 지침 ○ 플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트 및 철골구조의 내폭 성능평가 지침 ○ 플랜트 산업용 폭발저항 모듈러 구조물의 설계 지침

Keyword	한글	폭발저항 설계, 폭발저항 모듈러, 단자유도해석, 유한요소해석, 발사체, 성능기준
	영문	blast-resistant design, BRM(blast resistant modular steel-framed building), single degree of freedom method, finite element method, projectile, perfor

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-1) 플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	3년	4개	855

현황 및 필요성	○ 개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간단위에서의 화재위험도 평가기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 ○ 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 소화/진압기술 1과제(Passive & Active) + 대피기술 1과제 + 연기 제배연 1과제 + 스마트 화재 모니터링 및 소화 1과제 ○ (산출근거) 1과제×2억×2년=4억, 1과제×0.5억×2년=1억, 1과제×0.5억×2년=1억, 1과제×2억×2년=4억 / 4과제×3년 = 총합 855백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재강도에 따른 실시간 소화 범위 및 진압 기술 개발** ▪ 일반 건축물 화재와는 양상이 상이한 플랜트 화재 특성을 반영하여 이에 최적화된 소화범위를 재설정하고 폭발성 화재 등을 동반하는 플랜트 화재의 진압 목표 등을 재설정하는 진압계획을 제시 ▪ (2차 피해 방지를 위한 진압 대응기술 개발) 플랜트 화재시 단위 단지 뿐만 아니라 인접 지역으로 확산 가능성을 고려한 2차 피해 방지를 위한 화재 진압 대응기술을 개발하고 이를 수행하기 위한 다양한 요소기술을 개발 **2) 플랜트 화재확산 거동에 따른 대피기술 개발** ▪ 화재가 발생한 플랜트 내 인원의 대피를 위하여 화재확산 거동 특성을 반영한 피난 및 대피 시설물 등을 개발하고 2차 피해 발생시 인접 지역의 주민들을 이동하기 위한 피난 최적 기술 개발 **3) 플랜트 특성에 따른 화재 대응 제/배연 기술 개발** ▪ 플랜트 화재 발생시 각종 위험물질의 연소에 따라 발생하는 독성가스 등 연기 및 가스를 제어하기 위한 Smoke Control System 개발 및 검증. 그리고 플랜트 시설물의 특성에 적합한 연기 유동 해석 프로그램을 개발하여 연기 제어 및 거동 예측을 수행 **4) 스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발** ▪ 대규모 플랜트 시설물의 특성상 CCTV 등 유고시스템을 활용하는 감시 체계가 효과적이므로 화재 발생 위치 등을 지능형 스마트 기술로서 자동 인지하여 순간 대응하기 위한 실시간 자동 소화 시스템를 개발하고 이를 활용하기 위한 다양한 요소기술을 개발
목표/기대성과	○ 플랜트 화재 대응 실시간 인공지능 소화 기술 ○ 플랜트 화재 대응 피난 및 진압 지침

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 대피, 연기, 스마트 기술
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Escape, Smoke, Smart

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-2) 플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	4년	3개	835

현황 및 필요성	○ 개별 기계설비 중심의 위험도 평가기술은 존재하나 구획/공간단위에서의 화재위험도 평가기술은 부재 ○ 요소단위에서 벗어나 종합적/시스템적인 화재안전 대응기술 관점 부재
연구목표	○ 장외 영향도 평가결과에 따른 구획/공간 방호시설 강화 및 하이브리드 방·내화 기술개발 ○ 구획/공간/도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 기술
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 손상도 진단 및 등급화 기술 1과제 + 플랜트 보수/보강 1과제 + 도시적 복구 리질리언스 1과제 ○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×2억×2년=4억, 1과제×1.5억×2년=3억 / 3과제×4년= 총합 835백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재강도에 따른 구조물 손상도 평가기술 개발** - 플랜트 화재의 폭압, 높은 고열 등에 노출된 구조물의 재사용성 검증을 위해서는 구조물 손상도 평가가 필수적이므로 플랜트 화재에 노출된 구조물의 손상도를 정량적 평가하기 위하여 피해면적, 피해깊이, 내부 온도 변화 예측 기술 등을 손상도 평가를 위한 다양한 요소기술 개발 및 이를 기반으로 하는 손상도 등급기준 제시 - **(화재 손상 플랜트 구조물 잔존강도 예측 및 잔존수명 평가기술 개발)** 고온 고압에 노출된 플랜트 구조물의 잔존강도를 예측하기 위한 잔존강도 평가 방법을 개발하고 이를 통한 구조물의 잔존수명을 예측하는 기술 개발. 또한 구조물 잔존수명을 평가하여 재사용성 여부 및 보강 범위 등을 설정할 수 있는 평가절차 마련 **2) 고온에 노출된 화재 손상 플랜트 구조물 보강기술 개발** - 손상도 평가를 통한 구조물의 손상 및 피해범위, 잔존강도를 확인하고 플랜트 재사용성을 확보하기 위하여 손상 구조물 보강계획 수립과 보강기술을 개발하고 이를 검증하는 절차를 수립 **3) 도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 시스템 개발** - 개별 플랜트에 나타나는 국소적 피해와 더불어 도시적 차원의 피해에 대응하는 설계, 시공, 관리기술 구축 및 신속 진단/복구를 위한 리질리언스(Resilience) 개념 반영 시스템 구축
목표/기대성과	○ 화재 손상 플랜트 구조물 손상도 평가 기반 보강 지침

Keyword		
	한글	화재위험도, 구획/공간단위, 플랜트, 보수/보강, 리질리언스
	영문	Fire Risk, Compartment, Plant, Repair/Rehabilitation, Resilience

추진분야 구분 기술부문 → 대응/유지관리 단계의 플랜트 안전기술

중점추진과제 3	(3-3) 플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	5년	5개	2,835

현황 및 필요성	○ 플랜트 주요 설비의 지진후 기능수행을 위한 설비 및 지지구조의 내진성능 수준에 대한 기술적 정의 부재 ○ 플랜트 시설물에 특화된 성능수준 및 상세가 고려된 내진 평가 및 보강 지침 부재 ○ 다수의 플랜트 구조물이 설계도서 유실에 따른 내진성능평가 어려움 ○ 플랜트 내 개개의 설비의 경우 대부분 제작 시 내진설계의 측면이 고려되지 않기 때문에 정착부나 보강 전략 등의 요소기술이 개별 설비의 내진 성능을 강화하는 데에 있어 매우 중요
연구목표	○ 기존 국내 플랜트 구조물의 유형화를 통한 내진성능 간략평가 및 상세평가 실무지침 개발 ○ 대형 설비-지지구조(건물, 건물외구조) 상호작용을 고려한 상세/근사 해석법 실무적용 지침 개발 ○ 플랜트 시설물의 내진 취약부 보강방안 수립 ○ 지지 대상 설비의 중요도 및 요구성능에 따라 차등화된 구조부재 분류 및 허용기준 수립 ○ 플랜트 설비의 내진성능 강화를 위한 요소기술 개발(정착 및 지진하중 저감)
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 구조해석 및 성능평가기술 1과제 + 내진성능 평가지침 개발 1과제 + 설비 내진성능강화 1과제 + 내진성능 향상지침 개발 1과제 + 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발 1과제 ○ (산출근거) 1과제×2년 + 1과제×2년 + 1과제×3년 + 1과제×2년 + 1과제×2년 = 5억 + 5억 + 10억 + 3억 + 4억 = 총합 2,835백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내진특화 구조해석 및 성능평가 기술 개발 (1~2차년)** ▪ 대형설비-지지구조물 상호작용 해석 기술 개발 ▪ 복합된 건물 및 건물외구조의 구조시스템 해석 및 평가 기술 개발 ▪ 플랜트 비구조요소 구조물내 응답스펙트럼 산정기술 개발 ▪ 플랜트 설비 정착부 해석 및 평가기술 개발 **2) 기존 플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소의 내진성능 평가지침 개발 (3~4차년)** ▪ 노후화 기존 플랜트 지지구조의 주요 취약 부재, 접합부 및 정착부 식별 ▪ 플랜트 주요 구조시스템 및 부재 상세의 구조해석 모델링 지침 개발 ▪ 플랜트 건물/건물외구조 및 비구조요소의 내진성능 수준별 허용기준 수립 ▪ 지지대상 설비의 중요도에 따른 구조부재의 분류 및 차등화된 평가방안 제시 ▪ 노후화 기존 플랜트의 현장조사 및 재료강도 결정 지침 제시 ▪ 구조유형별 해석/평가법 적용 기준 제시 ▪ 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침 작성 **3) 플랜트 설비 내진성능강화 및 지진요구저감 요소기술 개발 (1~3차년)** ▪ 현행 설치형식 상세 분석을 통한 문제점 및 개선사항 발굴 ▪ 연성 및 비연성 정착부 성능검증 실험 및 설계기술 개발 ▪ 지진하중 저감장치를 활용한 지지구조 성능검증 실험 및 설계기술 개발 ▪ 주요 설비 지지구조물 내진보강기술 검증 실험 및 설계기술 개발 ▪ 신축이음 등의 성능기준 및 설계기술 개발 ▪ 내진스토퍼 성능기준 및 설계기술 개발 **4) 기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상 지침 개발(4~5차년)** ▪ 주요 취약 구조 및 비구조요소의 내진성능 향상방안 수립 ▪ 설비 정착부 및 지지구조체 보강공법의 설계지침 및 상세 제시 ▪ 보강설계 결과의 성능확인을 위한 평가방법 및 기준 제시 **5) 플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발(4~5차년)** ▪ 주요 플랜트 시설 유형별 내진관리용 정기점검 지침 제시 ▪ 지진피해 플랜트의 현장조사 지침 제시 ▪ 플랜트 시설물 위험등급 기반 지진피해 등급 분류 및 판정기준 제시 ▪ 주요 지진피해 유형별 복구 지침 제시
목표/기대성과	○ 기존 플랜트 성능기반 내진성능평가지침 ○ 기존 플랜트 성능기반 내진성능향상지침 ○ 플랜트 지진재난 대응지침 ○ 기존 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침 ○ 기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상지침 ○ 플랜트 지진피해 평가 및 복구지침

Keyword		
	한글	플랜트, 내진성능평가, 내진보강, 건물구조, 건물외구조, 비구조요소
	영문	industrial plant, seismic evaluation, seismic retrofit, industrial building structures, non-building structures, non-structural elements.

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 ④	(4-1) 플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재	2년	3개	528

현황 및 필요성	○ 국가 주력산업인 플랜트 산업은 향후 5년간의 4.7% 연평균 성장률 전망하고 있으며, 이에 따른 수주 증가 대응 및 기 개발된 제품들에 대한 화재안전성능평가와 인증에 필요한 시설 인프라가 필요 ○ 엔지니어링 전문인력 양성기관 국산 플랜트 지자재의 시험인증 지원기관 절대 부족
연구목표	○ 플랜트 화재안전 성능 평가 및 기술서비스 제공을 위한 지원체계 구축
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 장비/실증 플랫폼 구축(안) 1과제 + 기관 구축(안) 1과제 + 인력양성 및 지원사업 1과제 ○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×1년×1억=1억, 1과제×1년×1억=1억 / 3과제 × 2년 = 총합 528백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 화재시험인증 장비 및 실증 플랫폼 구축안 제시** - 플랜트 화재안전 성능 평가 설비 구축 - 스마트기자재 대응 화재안전 시험평가 설비 구축 - 중앙집중식 모니터링 및 시험 일관화 시스템 구축 **2) 플랜트 화재시험인증 거점 기관 구축안 제시** - 플랜트 기자재 화재안전 인증 및 성능 시험지원센터 구축 및 운영 - 산학연 유관기관 연계 네트워크 구축 및 운영 **3) 플랜트 화재시험인증 전문인력 양성 및 지원 사업안 제시** - 분야별 전문가 POOL 및 네트워크 구축 - 기자재 설계, 기자재 인증 및 CODE 교육 - 중소기업 역량 강화 및 인력 양성을 위한 교육 컨설팅 - 제품 상용화를 위한 해외 인증 지원
목표/기대성과	○ 플랜트 시설물 화재안전성능평가 인프라 구축방안 보고서

Keyword		
	한글	플랜트, 화재안전, 시험, 인프라
	영문	Plant, Fire Safety, Testion, Infra

추진분야 구분	시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 4	(4-2) 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	화재/폭발	3년	2개	440

현황 및 필요성	○ 가연성 가스를 제조, 사용하는 플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구분하는 구조물(방폭벽) 및 구획 이동을 위한 문(방폭문)의 안전성 검증 실증시험 ○ 고압의 가연성 가스를 생산, 사용, 보관 플랜트는 기체와 액체로 구분되며, 기체의 경우 운전압력 700bar로 기준 석유화학플랜트의 일반적인 설계압력인 150bar의 5배 ○ 플랜트용 안전설비는 성능기반 설계가 필요하나 그동안 실증 및 제도화 부재
연구목표	○ 방호벽(방폭기능) 및 방호벽 출입문(방폭문)의 실물폭발(TNT) 실증시험 ○ 방호벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련 (높이 2m 이상 방호벽)
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 방폭벽 TNT 폭발 실증 1과제 + 방폭벽 안전성 검증 및 제도화 1과제 ○ (산출근거) 2과제×3년 = 총합 440백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 공간구획 구분 방폭벽의 성능 확인을 위한 TNT당량법을 활용한 실증시험 및 안전성 검증** ▪ 가연성 가스를 생산, 보관, 운송, 사용하는 플랜트의 폭발에 따를 인전 시설물 피해 저검을 위한 공간 구획 구분을 위한 방폭벽 설계 - 최고 압력(입사, 반사), 압력 지속시간 등 실증시험을 통해 계측된 데이터 활용 ▪ 폭발압력의 동적 분포 및 구조적 설계 기법의 신뢰성 확보를 위해 컴퓨터 모델링을 통한 압력 분포와 실증(TNT 폭발)을 통해 얻어진 결과 분석을 통한 폭발 압력의 신뢰성 확보 - 폭발 시뮬레이션 및 구조해석과 실증시험 결과 분석 및 분석 신뢰성 확보 ▪ 방호구역 내 폭발발생시 외부(방호구역 밖 또는 사업장 외부)로의 폭발압력 확산 방지를 위한 공간 방호를 위한 실 구조물(방폭벽) 저항성 확보 실증(TNT)시험 - 공간 내부 폭발에 따른 방폭벽 성능 확보 및 공간 구획 특성 분석 **2) 높이 2m 이상 방폭벽의 성능기반 설계를 위한 제도 마련** ▪ 기체 및 액체수소충전소에 적용 가능한 방폭벽 기준안 도출 ▪ KGS CODE안 심사를 위한 기술위원회 개최
목표/기대성과	○ 높이 2m이상 방호벽에 대한 설계 지침 ○ 고압의 기체 및 액체가연성 물질의 방폭벽 설치 기준(안) 제시 및 관련 보고서

Keyword	한글	폭발압력, 플랜트 설계, 가스폭발, 충격관
	영문	Explosion pressure, Plant Disign, gas explosion, Shock tube test

추진분야 구분 시험인증평가부문 → 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼

중점추진과제 4	(4-3) 플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	지진	3년	2개	440

1현황 및 필요성	○ 플랜트 설비요소의 체계화된 내진성능 인증 평가 절차 부재 ○ 국내 진동대 시험장치의 수량 및 규모의 한계로 인해 플랜트 설비의 내진성능평가에 어려움 존재 ○ 일반 건물의 구조특성에 따른 지진입력 사용
연구목표	○ 플랜트 구조시스템에 특화된 설비요소 내진성능평가 표준시험 지침 개발 ○ 플랜트 설비의 내진성능평가 실험을 위한 인프라 구축 방안 제시
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 내진시험 표준절차 개발 1과제 + 실험 인프라 구축방안 제시 1과제 ○ (산출근거) 1과제×3년 + 1과제×1년 = 4억 + 1억 = 총합 440백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 내진시험 표준 절차 개발(3-5년차)** ▪ 국내외 플랜트 관련 설비요소 내진시험 표준 현황 조사 ▪ 국내 지진재해도 특성을 고려한 정적 및 동적 내진시험 프로토콜 개발 ▪ 건물과 유사하지 않은 지지구조의 특성을 반영할 수 있는 일반화된 실험방법 제시 ▪ 플랜트 비구조요소 내진시험 합격기준 제시 ▪ 플랜트 내진시험 표준 절차 지침서 작성 ▪ 비구조요소 내진성능 시험 체크 리스트 작성 **2) 플랜트 내진성능평가실험을 위한 실험 인프라 구축방안 제시(5년차)** ▪ 국내외 주요 시험기관 내진시험 인프라 조사 ▪ 위험물질 저장시설 및 고압 설비의 내진안전성 평가용 선진 시험방법 조사 ▪ 별도의 전용 진동대 시험장치 구축 방안 제시 ▪ 주요 플랜트 설비의 요구성능 수준에 부합하는 실험장비 요구 스펙 제시
목표/기대성과	○ 플랜트 내진시험 표준 지침서 ○ 플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 보고서

Keyword	한글	플랜트, 비구조요소, 내진시험인증, 내진실험인프라
	영문	industrial plant, non-structural elements, seismic certification, seismic testing, seismic testing facilities.

추진분야 구분	제도부문 → 플랜트 안전 관련 제도 선진화

중점추진과제 5	(5-1) 플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축			
과제개요	재난대상	연구기간	세부추진과제 개수	예산(백만원)
	종합	3년	2개	500

현황 및 필요성	○ 플랜트 설비 및 플랜트 시설물에 대한 법적 용어정의 및 대상 설정 불분명과 관련 법/제도 분산으로 인한 혼란 가중 ○ 플랜트 설비와 관련 높은 법/제도는 4개 정부부처 34개 법령 · 고시 · 기준 등으로 산재되어 있으며, 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물)에 대한 정의는 3개 정부부처 8여개의 법령 · 규칙 등으로 산재 ○ 구획/공간단위 위험도평가 결과에 따른 구획/공간 관점의 플랜트 시설물 안전설계에 대한 법/제도의 부재 ○ 제 · 개정에만 많은 시간이 소요되는 제도/법의 특성상, 시시각각 변화하고 있는 플랜트 기술들을 제도 속에 유연하게 담아내기란 어려운 점이 많음(제도/법으로 대표되는 사양설계와 민간 가이드라인으로 대표되는 성능설계의 융 · 복합)
연구목표	○ 통합적이고 체계적이면서도, 국토교통부 관점의 플랜트 시설물 안전 법/제도 선진화 ○ 플랜트 관련 기존 법 개정 및 하위법령/기준/지침 마련 ○ 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 작성
세부과제 및 예산산출 근거	○ (세부과제) 기존 기계설비 및 플랜트 시설 관련 법/제도 분류체계 설정 및 기계설비법 하위 규정 및 기술기준(안) 마련 1과제 + 플랜트 안전 확보를 위한 재난유형별 가이드라인 작성 1과제 ○ (산출근거) 1과제×1.5억×2년=3억, 1과제×2억×1년=2억 / 2과제×3년 = 총합 500백만원
세부추진과제명 (주요연구내용)	**1) 플랜트 안전 관련 법/기준/지침 등의 통합관리를 위해 기존 '기계설비법' 의 개정 및 하위법령 마련** ▪ 플랜트 시설물(건축물 & 건축물 외 시설물) 안전기준을 국토교통부 소관 법령 기술기준으로 통합 재편 ▪ 위험도 기반 성능적 시설물 안전기준 채택 (현행 시설물 안전기준의 불합리성 개선) ▪ 기존 타부처 소관 설비 안전기준은 그대로 존속하되 시설물 안전기준은 국토교통부 기준을 따르도록 관계규정 정비 ▪ 기계설비법은 다부처에 산재되어 있는 기계설비 관련 규정을 단일화 하고 효과적으로 관리하기 위한 것으로서 하위규정 마련 및 기술기준(안) 작성 진행 중 ▪ 기계설비법 시행령 및 하부 기술기준에 특수설비로서 플랜트 포함 추진 필요 **2) 플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성** ▪ 기계설비들이 복잡하게 얽혀있는 플랜트의 특성상, 사양적인 법적 규제만으로 안전성을 담보한다는 것은 무리가 있음 ▪ 국가 주도의 제도/법을 기본으로 하고 있는 경우 이를 뒷받침할 수 있는 연구/기술들의 재정립이 지속적으로 이루어져야 하나 우리나라는 플랜트 설계와 관련한 기술 자립도가 매우 부족할 뿐만 아니라 제 · 개정에만 많은 시간이 소요되는 제도/법의 특성상, 시시각각 변화하고 있는 플랜트 기술들을 제도 속에 유연하게 담아내기란 어려운 점이 많음 ▪ 한국형 플랜트에 대한 보다 확실한 안전성을 확보하기 위해서는 약 6개 부처의 34개 법령, 고시, 기준에 분산되어 있는 플랜트 안전 관련 법규들의 통합관리가 필요하며, 제도적 접근 외에도 민간에서 주도하는 안전설계 가이드라인과의 실효적인 상호연계를 통해 제도에서 오는 허점들을 보완하며 그 타당성을 증명해 낼 근거 마련이 동반되어야 함 ▪ 제도/법으로 대표되는 사양설계와 민간 가이드라인으로 대표되는 성능설계의 융 · 복합에 대한 노력은 플랜트 안전설계와 관련한 제도/법 제 · 개정 시, 민간의 자발적인 참여로 이어질 것으로 판단되어 국내 시장의 활성화가 가능할 것으로 사료되며 아울러 한국형 플랜트 설계기술에 대한 국제적인 검증 및 경쟁력 확보로 이어져 플랜트 산업의 고도화를 이룩하는데 큰 도움으로 작용될 것이라 생각
목표/기대성과	○ 기계설비법 관련 제도(기술기준/지침 등) 제·개정 ○ 재난유형별 플랜트 안전 확보 가이드라인 작성

Keyword		
	한글	플랜트, 안전, 제도(규칙, 기준), 가이드라인
	영문	Plant, Safety, Enforcement rule, Criteria Notification, Guideline

부록 4

과제/연차별 소요예산산출

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 설정 및 정량적 예측/평가 기술 개발	503	391	677	581	0	2,152백만원
연구개발내용	국내외 플랜트 설계 및 시방기준 조사를 통한 한국형 플랜트 화재위험도 분류체계 작성					
		플랜트 위험도 기반의 화재위험 등급화 기술 개발				
		플랜트 화재위험도 정량적 평가기술 개발				
				플랜트 화재위험도 기반의 확산 및 피해 예측 해석기술 개발		
				플랜트 위험 빅데이터를 활용한 화재위험 상시 모니터링 시스템 개발		
연구 성과물		플랜트 시설물 화재위험도 분류체계 지침	플랜트 시설물 화재위험도 등급화 및 평가지침	플랜트 구획/공간 단위 화재안전성 평가지침		
	보고서 1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 시제품제작1건 보고서1편		
소요예산 산출근거	1. (인건비) 국내 플랜트 현장조사/분석 : 20백만원/1인*10인=200백만원 2. (직접비)국내외플랜트설계/시방기준조사/분석:①기술정보수집 및 문헌 구입(60백만원), ②전문기관 활용(기술서비스 활용비 60백만원/1회*2회=120백만원), ③기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(7백만원), 현장조사 여비(10백만원), 보고서인쇄/복사(6백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 한국형 화재위험도 분류체계 지침 작성 : 20백만원/1인*5인=100백만원 2. (직접비)화재위험도분류체계(완)/등급화(안)타당성전문가검토:전문가활용비(30만원/1인*200인=60백만원) 화재확산/예측SW구입/유지비(30백만원) 플랜트시설물화재위험도모듈/실대실험(30백만원*4회=120백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(3백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=70백만원	1. (인건비) 화재위험도 평가 기술개발 : 20백만원/1인*8인=160백만원 2. (직접비)화재확산/예측SW구입/유지비(30백만원),예측시뮬레이션기술개발관련전문컨설팅활용(기술서비스활용비 100백만원/1회*2회=200백만원) 위험도정량적평가기술검증용모듈/축소/실대실험:30백만원*5회=150백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=130백만원	1. (인건비) 화재위험도 평가 기술개발 : 20백만원/1인*5인=100백만원 2. (직접비)빅데이터 응용 플랜트 시설물 화재모니터링 기술 시제품 제작(60백만원) 시제품기술검증Casestudy 실험(30백만원*5회=150백만원) 예측시뮬레이션기술개발관련전문컨설팅활용(기술서비스활용비50백만원/1회*3회=150백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(6백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=110백만원		

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 폭발 대비 유형 및 ZONE별 구조 안전을 위한 위험도 평가 기술 개발	600	495	420	140	0	1,655백만원
연구개발내용	플랜트 내에서 다양한 유형의 폭발에 따른 폭압산정 및 피해예측 시스템 개발					
	플랜트 유형 및 규모에 따른 폭발 위험도 평가 기술 개발					
		구조물의 위치 및 밀집도 등에 따른 GIS 기반 폭발 위험도 평가 기술 개발				
연구 성과물		폭발 사고 데이터베이스 및 폭발 시뮬레이션 도구 및 사용 지침	GIS 기반 플랜트 폭발 위험도 평가 지침	폭압 산정 및 피해예측 프로그램		
	비SCI논문 1편 보고서1편	S/W 등록 1건 비SCI논문1편 보고서1편	특허 1건 SCI논문1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	S/W 등록 1건 SCI논문1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편		
소요예산 산출근거	1. (인건비) 기존 플랜트 폭발 사례 자료 조사, 데이터베이스 구축, 평가 기술 프레임워크 구축: 20백만원/1인*11인=220백만원 2. (직접비)①폭압 산정에 관한 기술정보수집 및 문헌 구입(80백만원), ②폭발에 의한 피해예측을 위한 시뮬레이션 장비 구입 및 유지비(100백만원), ③GIS 기반 폭발 위험도 평가를 위한 GIS 프로그램 개발 위탁의뢰(70백만원), ④ 기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(3백만원), 현장조사 여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 피해예측 시스템 개발, 위험도 평가 기술 개발, GIS 프로그램 개발: 20백만원/1인*11인=220백만원 2. (직접비)①피해예측프로그램 개발관련전문기술서비스활용(60백만원),②폭발에따른피해예측을위한고성능워크스테이션구입및업그레이드(60백만원),③GIS기반폭발위험도 평가를위한GIS프로그램개발 전문기관위탁(50백만원),④ 기타(연구활동비&연구과제 추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=95백만원	1. (인건비) 위험도 평가 기술 개발, GIS 기반 위험도 평가 기술 개발: 20백만원/1인*11인=220백만원 2. (직접비)①폭발위험도평가프로그램개발관련전문기술서비스활용(50백만원),②폭발위험도평가시뮬레이션을위한워크스테이션업그레이드(20백만원),③GIS기반폭발위험도 평가를위한GIS프로그램개발 전문기관위탁(40백만원),④ 기타(연구활동비&연구과제 추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=80백만원	1. (인건비) GIS 기반 위험도 평가 기술 개발: 20백만원/1인*4인=80 2. (직접비)①GIS기반폭발위험도평가를위한워크스테이션업그레이드(30백만원),③기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원), 현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=20백만원		

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 폭발의 폭압에 의한 구조 거동 해석 기술	0	295	420	440	180	1,335백만원
연구개발내용		해석 방법에 따른 장단점과 기술적 한계 파악 및 해석 절차와 지침의 개발				
		방폭 성능을 가진 재료 모델링 기술 개발				
			실무에 적용할 수 있는 해석 S/W 개발 및 멀티스케일 해석 기술 개발			
				구조 해석 결과의 가시화 기술 및 검증 기술 개발		
연구 성과물			방폭재료의 수치 모델 라이브러리	프로그램 사용 매뉴얼 및 해석 예제집	멀티스케일 해석 지침, 약산해석을 위한 비선형 동적해석 프로그램	
		비SCI논문 1편 보고서1편	S/W 등록 1건 비SCI논문1편 보고서1편	특허 1건 SCI논문1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	S/W 등록 1건 SCI논문1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	
소요예산 산출근거		1. (인건비) 기존 폭발 해석 기법 및 재료 모델링 기술 조사 및 적용 지침 개발: 20백만원/1인*7인=140백만원 2. (직접비)①기존 폭발 해석 기법 조사를 위한 기술정보수집 및 문헌 구입(10백만원), ② 폭발하중에 의한 구조물 거동 해석을 위한 하이드로 비선형 해석 전문기관 위탁(50백만원), ③해석 결과 분석을 위한 가시화 프로그램 구입 및 훈련(30백만원), ④ 기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(3백만원), 현장조사여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=55백만원	1. (인건비) 재료 모델링 개발, 해석 지침 개발: 20백만원/1인*9인=180 2. (직접비)①재료모델링기술정보수집및문헌구입(15백만원),②개발된재료모델링을적용한폭발해석을위한고성능워크스테이션구입및유지관리(110백만원),③폭발에의한구조물거동해석을위한전문기관위탁(25백만원),④기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=80백만원	1. (인건비) 지침 개발, 멀티스케일 해석 기술 개발: 20백만원/1인*11인=220 2. (직접비)①멀터스케일해석기술정보수집및문헌구입(30백만원),②멀티스케일해석결과분석을위한구조해석가시화프로그램구입및훈련(50백만원),③멀티스케일구조물해석을위한전문기관위탁(50백만원),④기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=80백만원	1. (인건비) 멀티스케일 해석 기술 개발, 검증 기술 개발: 20백만원/1인*6인=120 2. (직접비)①멀티스케일해석에관한기술정보수집및문헌구입(20백만원),②기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=30백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
위험도 기반 가스누출시나리오별 폭발위험장소 분류체계 설정 및 대응 기술 개발	600	495	320	0	0	1,415백만원
연구개발내용	AGA 기반 가연성 탄화수소 열역학적 DB구축					
	혼합가스 폭발한계값, 확산속도 측정 장치 개발 및 실증시험 데이터 확보					
	방폭구역 설정기준 분석	가연성 유증기 확산속도별 방폭등급 차등화 기준 개발				
	Hole size model에 따른 기상 및 액상 누출 확산 시뮬레이션					
	가연성 가스 확산 실증시험					
연구 성과물	AGA 기반 가연성 유체의 열역학 물성측정장치	가연성가스 열역학적 물성 DB	위험장소 분류 및 위험장소의 범위 설정을 위한 선정지침			
	보고서 1편	논문 1건 소프트웨어1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 특허등록2건 보고서1편			
소요예산 산출근거	1. (인건비) 물성DB구축, 장비 개발 및 실증시험 : 25백만원/1인*6인=150백만원 2. (직접비) 자기부유식(비접촉식)질량계 보정기술관련전문컨설팅활용(30백만원) 비접촉식가스열물성측정장치(200백만원) 열물성측정시험(5백만원*16회=80백만원) 물성측정보정해석용소프트웨어구입COMSOLMultiphysics(13백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 물성DB구축, 장비 개발 및 실증시험 : 25백만원/1인*6인=150백만원 2. (직접비) 국내외화재폭발전문가기술컨설팅활용(25백만원) 혼합가스가스성분분석장비구입(30백만원) 폭발특성측정장비(105백만원) 폭발한계측정시험(1백만원*80개=80백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의20%=95백만원	1. (인건비) 물성DB구축, 장비 개발 및 실증시험 : 25백만원/1인*6인=150백만원 2. (직접비) 위험장소분류등기준안검토를 위한국내소방관련전문가활용(23백만원) 가스누출실증시험비(10백만원*4회=40백만원) 가스분출화재실증시험비(10백만원*4회=40백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=60백만원			

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 가연성 가스 화재폭발에 따른 방호구획 내 피해 영향성 요인 분석	0	595	520	540	0	1,655백만원
연구개발내용		컴퓨터 시뮬레이션을 통한 용기폭발 피해영향 예측				
		플랜트 내부 가스용기 화재폭발 실증시험을 통한 거리별 압력분포 측정 실증				
			용기 폭발에 의한 방호벽 후단 거리별 과압측정 실증			
				방호구획 내 가스용기 폭발에 의한 과압 확산 양산 실증		
연구 성과물		가연성가스 및 용기폭발 영향 실증 프로그램	실증시험 결과가 반영된 방호벽 설계지침	폭압영향 완화를 위한 플랜트 설계지침		
		보고서 1편	논문 1건 소프트웨어1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 특허등록1건		
소요예산 산출근거		1. (인건비) 플랜트용 방호벽 설계 및 성능평가 : 25백만원/1인*6인=150백만원 2. (직접비) 국외방호시설전문가컨설팅및기술검증(43백만원) 가스폭발피해확산및영향평가시뮬레이션용SW(FLACS)구입/유지비(60백만원) 가스폭발확산방지실증을위한 플랜트용방호벽(고압가스안전관리법기준직립형,강판제)샘플제작및시험비(30백만원*4회=120백만원) 가스폭발확산방지성능실증을 위한폭발과압측정센서구입비(10백만원*10개=100백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=115백만원	1. (인건비) 플랜트용 방호벽 설계 및 성능평가 : 25백만원/1인*7인=175백만원 2. (직접비) 실증시험제3자전문가검증비용(10백만원) 실규모폭발실증을위한실증시험장(예,공병학교포격시험장)대여(35백만원) 가스폭발확산방지실증용방호벽(개선안반영상부Y,철근콘크리트제)샘플제작및시험비(30백만원*4회=120백만원) 폭발과압측정센서구입비(10백만원*5개=50백만원)*비고:폭압센서는1~2회시험후교체필요. 시험시설보호를위한방호블록구축(23백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 플랜트용 방호벽 설계 및 성능평가 : 25백만원/1인*7인=175백만원 2. (직접비) 실증시험제3자전문가검증비용(18백만원) 가상플랜트방호구획(총면적약1,800m2)모형제작및설치,시험비용(120백만원*1회=120백만원) 폭발과압측정센서구입비(10백만원*12개=120백만원)*비고:폭압센서는1~2회시험후교체필요한1회성소모품임. 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원		

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 시설물 성능기반 화재안전 설계 및 시공 기술 개발	600	395	520	540	380	2435백만원
연구개발내용	플랜트 시설별 화재강도에 따른 화재저항 성능 설정					
		플랜트 시설물 내화설계기술 개발 / 플랜트 시설물 방호기술 개발				
			플랜트 화재시나리오에 대한 피난설계기술 개발			
			플랜트 특성에 적합한 연기제어기술 개발			
				맞춤형 성능기반 플랜트 화재안전 설계기술 개발		
연구 성과물	플랜트 시설물 화재안전설계지침			플랜트 화재 피난 설계지침 플랜트연기제어설계지침	플랜트 화재위험 맞춤형 성능안전설계 가이드라인	
	보고서 1편	논문 1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 특허1건 시제품제작1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 특허1건 시제품제작1건 보고서1편	논문 1건 보고서1편	
소요예산 산출근거	1. (인건비) 기존 플랜트 시설물 현지 조사(플랜트 시설물 위험도, 특성, 잠재 화재하중 조사) 전담팀 구성 : 20백만원/1인*7인=140백만원 2. (직접비)국내외플랜트화재사고사례조사/분석:①기술정보 수집 및 문헌 구입(100백만원), ②전문기관 활용(기술서비스 활용비 100백만원/1회*2회=200백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):플랜트구분및사고사례조사결과세미나개최비(10백만원),현장조사여비(20백만원),보고서인쇄/복사(10백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 플랜트 시설별 화재강도 등급화 마련 : 20백만원/1인*7인=140백만원 2. (직접비)플랜트시설별화재강도등급화(안)전문가/기관검토:전문가활용비(30만원/1인*200인=60백만원) 플랜트시설물화재시구조거동예측SW구입/유지비(90백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(10백만원),보고서인쇄/복사(10백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=75백만원	1. (인건비) 플랜트 시설물 방(내)화 기술 개발 : 20백만원/1인*7인=140백만원 2. (직접비)플랜트시설물내화성능검증/평가실대실험:30백만원*5회=150백만원 플랜트시설물피난Casestudy검증장구축:50백만원*1회=50백만원 방(내)화,피난유도시제품제작(60백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 플랜트 시설물 피난, 연기제어 설계 기술 개발 : 20백만원/1인*5인=100백만원 성능설계절차/방향(안)구축:20백만원/1인*4인=80백만원 2. (직접비)플랜트시설물내화성능검증/평가실대실험:30백만원*4회=120백만원 플랜트시설물피난/연기제배연실물/모듈실험:30백만원*2회=60백만원 연기제배연예측SW구입/유지비(30백만원) 연기제배연신기술시제품제작(30백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 성능설계 절차/방향(안) & 가이드라인 구축 : 20백만원/1인*11인=220백만원 2. (직접비)가이드라인타당성전문가검토:전문가활용비(30만원/1인*200인=60백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(5백만원),세미나개최비(20백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=70백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 내진성능 강화를 위한 내진설계 지침 및 구조시스템/요소 기술 개발	700	495	570	590	380	2,735백만원
연구개발내용	플랜트 시설물 특화 내진등급 및 내진성능목표 체계 수립		플랜트 내진 설계 실무 절차 수립			
	플랜트 특화 고성능/고효율 공장내진구조시스템 개발					
	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 개발					
			플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소 내진설계지침 개발			
연구 성과물	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 시제품			고성능 내진구조시스템 시제품	플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 설계지침 및 시방서	고성능 공장 구조시스템 설계지침 및 시방서
	논문 2건 특허1건 보고서1편	기준/지침 제개정 2건 논문2건 제품개발1건 특허1건 보고서1편	기준/지침 제개정 4건 논문2건 제품개발1건 특허2건 보고서1편	기준/지침 제개정 4건 논문2건 제품개발2건 특허2건 보고서1편	기준/지침 제개정 2건 논문2건 제품개발1건 특허2건 보고서1편	
소요예산 산출근거	1. (인건비) 플랜트 내진설계 국내외 사례 및 선진기술 분석 20/인*5인=100백만원 고성능내진구조시스템및플랜트설비용내진성능강화요소기술개발 20/인*9인=180백만원	1. (인건비) 플랜트 특화 내진등급 및 내진성능목표 체계 수립 20/인*2인=40백만원 고성능내진구조시스템및플랜트설비용내진성능강화요소기술개발 20/인*7인=140백만원	1. (인건비) 고성능 공장 구조시스템 개발 20/인*4인=80백만원	1. (인건비) 플랜트 설비용 내진성능강화 요소기술 개발 20/인*9인=180백만원	1. (인건비) 플랜트 내진설계 지침 개발 20/인*10인=200백만원	
	2. (직접비)고성능내진구조시스템성능검증실험 10/회*13회=130백만원 플랜트설비내진요소기술성능검증실험 10/회*9회=90백만원 플랜트설비내진성능강화기술시제품제작 20백만원 연구활동비(특허출원및제품개발 부대비용 포함) 15백만원 전문가활용비(기술개발자문) 0.5/회*30=15백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원)	2. (직접비) 고성능내진구조시스템성능검증실험 10/회*6회=60백만원 고성능내진구조시스템시제품제작 20백만원 플랜트설비내진요소기술성능검증실험 10/회*10회=100백만원 연구활동비(특허출원및제품개발 부대비용 포함) 15백만원 전문가활용비(기술개발자문) 0.5/회*30=15백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원)	2. (직접비)고성능내진구조시스템시제품기술검증실물실험 20/회*8회=160백만원 플랜트 설비 내진요소기술 시제품 기술검증 실물실험 20/회*8회=160백만원 연구활동비(특허출원및제품개발 부대비용 포함) 25백만원 전문가활용비(설계지침및시방서 자문) 0.5/회*50=25백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원)	2. (직접비)고성능 내진구조시스템 시제품 보완 검증 실물실험 20/회*5회=100백만원 플랜트 설비 내진요소기술 시제품 보완 검증 실물실험 20/회*6회=120백만원 연구활동비(특허출원및제품개발부대비용포함) 45백만원 전문가활용비(설계지침및시방서자문) 0.5/회*50=25백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원)	2. (직접비)연구활동비(특허출원및제품개발부대비용포함) 50백만원 전문가활용비(내진설계지침 집필 자문) 0.5/회*100=50백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원)	
	3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=140백만원	3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=95백만원	3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=110백만원	3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=110백만원	3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=70백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 폭발에 따른 구조물의 형식 및 유형별 방폭 설계 및 성능기준 기술 개발	600	395	520	540	380	2,435백만원
연구개발내용	플랜트 산업 내의 ZONE 유형별 구조물 및 방호벽 성능 기준 개발					
		구조물의 용도, 구조형식, 부재형식에 따른 성능 기준 개발				
			출입문과 창호 등 개부부의 폭압을 받는 비구조재 성능 기준 개발			
				특수 방폭 구조물의 성능 기준 개발		
연구 성과물		플랜트 안전을 위한 철근콘크리트 방폭 설계 지침	플랜트 안전을 위한 철골구조 방폭 설계 지침	플랜트 폭발 사고에 대비한 철근콘크리트 및 철골구조 내폭 성능 평가 지침	플랜트 산업용 폭발저항 모듈러 구조물의 설계 지침	
	보고서 1편	비SCI논문 1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	SCI 논문 1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	특허 1건 비SCI논문1편 보고서1편	S/W 등록 1건 SCI논문1편 비SCI논문1편 기준/지침제개정1건 보고서1편	
소요예산 산출근거	1. (인건비) 기존 구조물 및 방호벽 성능 기준 조사 및 실험: 20백만원/1인*12인=240백만원 2. (직접비)①기존 구조물 및 방호벽 성능 기준에 관한 기술정보수집 및 문헌 구입(50백만원), ② 구조물 및 방호벽에 대한 내폭 실험(50/회*3회=150백만원), ③ 실험 결과의 상호 검증을 위한 데이터 처리 전문기관 위탁(30백만원), ④ 기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(3백만원), 현장조사 여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 구조형식에 따른 성능 기준 개발: 20백만원/1인*8인=160백만원 2. (직접비)①구조형식에따른성능기준에관한기술정보수집및문헌구입(20백만원),②구조물및방호벽에대한내폭실험(65/회*2회=130백만원),③기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=75백만원	1. (인건비) 구조재 및 비구조재 성능 기준 개발, 실험 수행: 20백만원/1인*12인=240백만원 2. (직접비)①비구조재 성능 기준에 관한 기술정보수집 및 문헌 구입(20백만원) ② 비구조재 및 출입문과 창호에 대한 내폭 실험(50/회*3회=150백만원), ③ 기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(3백만원), 현장조사 여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 비구조재 성능 기준 개발, 특수방폭 구조물 실험 수행: 20백만원/1인*12인=240백만원 2. (직접비)①특수방폭구조물에 관한기술정보수집및문헌구입(20백만원)②특수방폭구조물에대한내폭실험(155백만원), ③특수방폭구조물내폭실험결과분석을위한전문기관위탁(15백만원),④기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 비구조재 성능 기준 개발, 특수 방폭 구조물 실험 수행: 20백만원/1인*9인=180백만원 2. (직접비)①특수방폭구조물에 관한기술정보수집및문헌구입(10백만원)②특수방폭구조물에대한내폭실험(110백만원), ③기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원), 보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=70백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 화재 대응 실시간 소화(진압) 및 피난 기술개발		195	420	240		855백만원
연구개발내용		플랜트 화재강도에 따른 실시간 소화 범위 및 진압 기술 개발				
		플랜트 화재확산 거동에 따른 대피기술 개발				
			플랜트 특성에 따른 화재 대응 제/배연 기술 개발			
			스마트 기술 반영 화재 모니터링 및 지능형 소화 시스템 개발			
연구 성과물		플랜트 화재대응 피난 및 진압 지침 플랜트화재대응대피가이드라인	스마트 지능형 화재모니터링/소화진압 장치			
		논문 1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 특허1건 보고서1편	특허 1건 시제품제작1건 보고서1편		
소요예산 산출근거		1. (인건비) 플랜트 시설별 실시간 소화/피난 기술 개발 : 20백만원/1인*4인=80백만원 2. (직접비)플랜트시설물실시간 소화/피난기술검증실험:30백만원*2회=60백만원 기타(연구활동비&연구과제 추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=35백만원	1. (인건비) 플랜트 시설별 실시간 소화/피난 기술 개발 : 20백만원/1인*3인=60백만원 화재대응소화/대피/제배연 HybridSystem기술개발:20백만원/1인*3인=60백만원 2. (직접비)플랜트시설물실시간 소화/대피/제배연HybridSystem검증실험:30백만원*5회=150백만원 플랜트시설물소화/대피/제배연 HybridSystemCasestudy 검증장구축:50백만원*1회=50백만원 기타(연구활동비&연구과제 추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=80백만원	1. (인건비) 화재 대응 소화/대피/제배연 Hybrid System 기술 개발 : 20백만원/1인*3인=60백만원 2. (직접비)플랜트시설물피난/연기제배연실물/모듈&지능형스마트기술검증실험:30백만원*3회=90백만원 지능형스마트방재기술시제품 제작(30백만원) 기타(연구활동비&연구과제 추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원		

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 화재손상 진단 및 재사용성 확보 기술개발		195	220	240	180	835백만원
연구개발내용		플랜트 화재강도에 따른 구조물 손상도 평가기술 개발				
			고온에 노출된 화재 손상 플랜트 구조물 보강기술 개발			
				도시적 차원의 피해 대응 신속 진단/복구 리질리언스(Resilience) 시스템 개발		
연구 성과물		플랜트 화재손상도 진단 지침	화재 손상 플랜트 구조물 손상도 평가 기반 보강 지침			
		보고서 1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문1건 특허1건 보고서1편	보고서 1편	
소요예산 산출근거		1. (인건비) 플랜트 시설물 화재 사고 사례조사 : 20백만원/1인*3인=60백만원 2. (직접비)플랜트시설물화재손상진단절차및평가기술개발/검증Case실험:30백만원*3회=90백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=35백만원	1. (인건비) 플랜트 시설물 화재 사고 사례 분석 : 20백만원/1인*2인=40백만원 화재손상플랜트시설물보수/보강기술수요수집/분석:20백만원/1인*2인=40백만원 2. (직접비)플랜트시설물화재손상진단절차및평가기술개발/(잔존강도)검증Case실험:20백만원*2회=40백만원 플랜트시설물보수기술개발/검증Case실험:20백만원*2회=40백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원	1. (인건비) 화재 손상 플랜트 시설물 보수/보강 기술 개발 : 20백만원/1인*4인=80백만원 2. (직접비)플랜트시설물보수기술개발/검증Case실험:20백만원*3회=60백만원 보수/보강후잔존강도예측구조해석SW구입/유지비(40백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):논문및특허출원/등록비(10백만원),세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원	1. (인건비) 신속 피해 복구를 위한 리질리언스 가이드라인 작성 : 20백만원/1인*5인=100백만원 2. (직접비)리질리언스가이드라인의견수렴(타당성조사,필요기술선별및협의,기술지원및피드백):전문가활용비(30만원/1인*100인=30백만원) 세미나개최:2백만원*5회=10백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=30백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 내진성능 향상을 위한 내진성능평가, 보강설계 및 피해대응 지침 개발	600	495	620	540	580	2,835백만원
연구개발내용	플랜트 내진특화 구조해석 및 성능평가 기술 개발		기존 플랜트 건물, 건물외구조 및 비구조요소의 내진성능 평가지침 개발			
	플랜트 설비 내진성능강화 및 지진요구저감 요소기술 개발			기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상 지침 개발		
				플랜트 내진관리 및 지진피해 점검/평가/복구 지침서 개발		
연구 성과물	플랜트 지진재난 대응지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 평가지침	기존 플랜트 성능기반 내진성능 향상지침	기존 플랜트 내진성능 평가지침	기존 플랜트 내진성능 향상지침	
	기준/지침 제개정 1건 논문1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문2건 제품개발1건 특허출원1건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문3건 제품개발2건 특허출원2건 보고서1편	기준/지침 제개정 1건 논문3건 제품개발1건 특허출원1건 특허등록1건 보고서1편	기준/지침 제개정 2건 논문1건 특허등록1건 보고서1편	
소요예산 산출근거	1. (인건비) 플랜트 지진재난 대응지침 작성 20/인*12인=240백만원 2. (직접비)플랜트설비정착부성능검증실험 10/회*10회=100백만원 건물/건물외구조/비구조요소상호연계해석을위한고급구조해석소프트웨어구매 50/식*2식=100백만원 연구활동비(논문심사비등부대비용포함) 10백만원 전문가활용비(건물/건물외구조/비구조요소상호연계복잡계해석모델링컨설팅) 0.5/회*50=25백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 플랜트 내진특화 구조 해석 및 평가기술 개발 20/인*7인=140백만원 2. (직접비)지진하중 저감장치를 활용한 설비 지지구조 성능검증 실험 20/회*6회=120백만원 설비 지진하중 저감장치 시제품 제작 10/건*3건=30백만원 주요 설비 지지구조물 내진보강 기술 검증 실험 20/회*4회=80백만원 연구활동비(특허등록 및 제품개발 부대비용 포함) 10백만원 전문가활용비(기술기준 집필자문) 0.5/회*30=15백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=95백만원	1. (인건비) 플랜트 설비 내진보강 요소기술 개발 20/인*10인=200백만원 2. (직접비)설비지진하중저감장치검증실험 20/회*5회=100백만원 설비 지진하중 저감장치 시제품 제작 10/건*2건=20백만원 주요 설비 지지구조물 내진보강 공법 시제품 제작 10/건*2건=20백만원 주요 설비 지지구조물 내진보강 공법 검증실험 20/회*5회=100백만원 연구활동비(특허등록 및 제품개발 부대비용 포함) 30백만원 전문가활용비(기술기준 집필자문) 0.5/회*40=20백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(5백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=120백만원	1. (인건비) 플랜트 내진성능평가 지침 개발 20/인*9인=180백만원 2. (직접비)플랜트 구조 내진보강안 성능검증 실험 10/회*15회=150백만원 주요 설비 지지구조물 내진보강 공법 시제품 제작 10/건*2건=20백만원 플랜트 지진피해 복구기술 검증 실험 10/회*5회=50백만원 연구활동비(특허등록 및 제품개발 부대비용 포함) 15백만원 전문가활용비(기술기준 집필자문) 0.5/회*40=20백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=100백만원	1. (인건비) 플랜트 내진성능향상 지침 개발 20/인*12인=240백만원 2. (직접비)플랜트 구조 내진보강안 성능검증 실험 10/회*16회=160백만원 연구활동비(특허등록 및 제품개발 부대비용 포함) 45백만원 전문가활용비(기술기준 집필자문) 0.5/회*40=20백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=110백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 화재안전 성능평가를 위한 실험인프라 구축 방안 제시	0	0	0	240	288	528백만원
연구개발내용				플랜트 화재시험인증 장비 및 실증 플랫폼 구축안 제시		
					플랜트 화재시험인증 거점 기관 구축안 제시	
					플랜트 화재시험인증 전문인력 양성 및 지원 사업안 제시	
연구 성과물				기관설립 및 전문인력 양성(안) 등 플랜트 화재안전 시험/평가/인증 플랫폼 구축 보고서		
				국내외 플랜트 전문 화재시험 기관 분석보고서 1편	구축(안) 보고서 1편	
소요예산 산출근거				1. (인건비) 국내외 플랜트 화재시험 기관 및 국제 표준시험, 인증체계 조사/분석 : 20백만원/1인*5인=100백만원 2. (직접비)국내외플랜트화재시험기관시험인증체계조사/분석:①기술정보수집비(40백만원), ②전문기관 활용(기술서비스 활용비 50백만원/1회*1회=50백만원), ③기타(연구활동비&연구과제추진비) : 세미나개최비(4백만원), 보고서인쇄/복사(6백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원	1. (인건비) 장비, 시험인증 기관 구축(안) 보고서 작성 : 20백만원/1인*5인=100백만원 교육등전문인력양성및지원(안)보고서작성:20백만원/1인*5인=100백만원 2. (직접비)장비,시험인증기관구축(안)보고서타당성전문가검토:전문가활용비(30만원/1인*100인=30백만원) 교육등전문인력양성및지원(안)세미나/공청회개최:2백만원*2회=4백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):보고서인쇄/복사(4백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=50백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 폭발에 따라 방호구획을 구성하는 구조물 성능 실증 및 제도화	0	0	120	140	180	440백만원
연구개발내용			플랜트 폭발에 따른 인접 시설물 피해 저감을 위한 공간 구획구분용 방폭벽 설계			
			TNT당량법을 활용한 실증시험 및 안전성 검증시험			
				최고압력, 압력지속시간 등 실증 시험데이터 기반 방폭벽 설계	높이 2m이상 방폭벽의 성능기반 설계 제도화	
					KGS CODE안 심사를 위한 기술위원회 개최	
연구 성과물			TNT당량 폭발 실증시험 데이터 수집 및 분석시스템	가연성가스 화재폭발 특성 실증을 위한 모듈형 표준화염발생장치	높이 2m이상 방호벽에 대한 설계 지침 고압기체및가연성물질의방폭벽 설치기준제시	
			시작품 1편 보고서1편	시작품 1편 보고서1편	논문 1건 특허1건 소프트웨어1건 보고서1편	
소요예산 산출근거			1. (인건비) 플랜트 유형별 피해 확산방지를 위한 방호구획 표준안 개발 : 25백만원/1인*2인=50백만원 2. (직접비) 국외화재폭발및방호전문가(BAM등)기술확보15백만원 실증데이터분석및검증을위한 학술활동,외부기관용역10백만원 재료비:가스폭발의TNT당량 산출및 검증을 위한 실증시험 15백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=20백만원	1. (인건비) 방호벽 TNT 폭발실증시험 : 25백만원/1인*2인=50백만원 2. (직접비) 국외화재폭발및방호전문가(BAM등)기술확보15백만원 방호구조물설계비10백만원 재료비:2m이상방호벽기준제도화를위한가스폭발실증시험 35백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=20백만원	1. (인건비) 방호벽 TNT 폭발실증시험 : 25백만원/1인*2인=50백만원 2. (직접비) KGSCODE제정을위한위원회 개최및개정안집필20백만원 논문,특허등지적재산권출원 비용10백만원 재료비:방호구획에대한가스 폭발영향전파실증실험50백만원 재료비:데이터해석및소프트웨어제작비10백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(5백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=30백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 구조시스템 내진성능 검증실험 표준절차 및 내진성능평가 실험인프라 구축 방안 제시	0	0	120	140	180	440백만원
연구개발내용			플랜트 내진시험 표준절차 개발			
				플랜트 내진성능평가실험을 위한 실험 인프라 구축방안 제시		
연구 성과물			플랜트 내진시험표준 지침서	내진성능평가 인프라 및 인증제도 전문관리인력	플랜트 설비 내진성능평가 인프라 구축방안 보고서	
			기준/지침 제개정 1건 논문1건 보고서1건	논문 2건 기술이전1건 인프라구축(안)1건 보고서1편	기술이전 2건 인력양성2건 보고서1편	
소요예산 산출근거			1. (인건비) 국내외 내진시험 표준 분석 및 플랜트 설비 내진시험 표준지침 개발 20/인*3인=60백만원 2. (직접비)국내외플랜트설비내진시험표준현황기술정보수집비 20백만원 전문가활용비(기술기준집필자문) 0.5/회*4회*5인=10백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(4백만원),현장조사여비(2백만원),보고서인쇄/복사(4백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=20백만원	1. (인건비) 국내외 내진시험 인프라 조사 분석 20/인*2인=40백만원 내진시험인프라기술이전및전문관리인력양성 20/인*2인=40백만원 2. (직접비)국내외 주요 시험기관 인프라 현황 및 위험설비 실험사례 정보수집비 5백만원 내진성능평가인프라및인증제도전문관리인력의국내외교육훈련비 10백만원 실험설비전문가활용비(보고서집필자문) 0.5/회*6회*5인=15백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(3백만원),현장조사여비(5백만원),보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=20백만원	1. (인건비) 내진시험 인프라 기술이전 및 전문관리인력양성 20/인*2인=40백만원 플랜트내진성능평가인프라구축안정립 20/인*2인=40백만원 2. (직접비)내진성능평가인프라및인증제도전문관리인력의국내외교육 훈련비 30백만원 실험설비전문가활용비(보고서집필자문) 0.5/회*8회*5인=20백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(7백만원),현장조사여비(7백만원),보고서인쇄/복사(6백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=30백만원	

세부 연구분야	21년 연구비	22년 연구비	23년 연구비	24년 연구비	25년 연구비	총 연구비(21-25)
플랜트 안전 기술기준 통합관리 체계 구축	200	200	150	0	0	550백만원
연구개발내용	플랜트 안전 관련 법/기준/지침 등의 통합관리를 위해 기존 '기계설비법' 의 개정 및 하위법령 마련					
		플랜트 안전 확보를 위한 가이드라인 작성				
연구 성과물	기계설비법 관련 제도(기술기준/지침 등) 제·개정					
		재난유형별 플랜트 시설물 안전 확보 가이드라인				
	기준/지침 제개정 2건	기준/지침 제개정 2건	기준/지침 제개정 1건 가이드라인1건			
소요예산 산출근거	1. (인건비) 플랜트 화재안전 국내외 제도 조사(정책, 기술, 제도 분야) : 20백만원/1인*5인=100 백만원 2. (직접비)국내외플랜트안전제도관련자료수집:기술정보수집 및 문헌 구입(20백만원) 기술기준(안)타당성 전문가 검토 : 전문가 활용비(30만원/1인*100인=30백만원) 공청회/세미나개최:2백만원*4회=8백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원	1. (인건비) 기계설비법 하위 플랜트 안전 기술기준 작성 : 20백만원/1인*3인=60백만원 재난유형별가이드라인초안작성: 20백만원/1인*3인=60백만원 2. (직접비)기술기준(안)타당성 전문가검토:전문가활용비(30만원/1인*100인=30백만원) 공청회/세미나개최:2백만원*4회=8백만원 기타(연구활동비&연구과제추진비):보고서인쇄/복사(2백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=40백만원	1. (인건비) 재난 유형별 가이드라인 작성 : 20백만원/1인*4인=80백만원 2. (직접비)가이드라인타당성전문가검토:전문가활용비(30만원/1인*100인=30백만원) 기타(연구활동비&연구과제추진비):세미나개최비(7백만원),보고서인쇄/복사(3백만원) 3. (간접비)기술지원인건비:총액의 20%=30백만원			

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.