

17RDPP-
C136046
-01

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

R&D / 17RDPP-C136046-01

지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구기획 최종보고서

2019. 3. 14

주관연구기관 / 인터젠컨설팅(주)
공동연구기관 / 고등기술연구원
지에스건설(주)

지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구기획
최종보고서

2019

국토교통
부

국토교통과학기술진흥원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 원장 귀하

‘지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 기획’(연구개발 기간 : 2017.09.15. ~ 2019.03.14) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019.03.14.

주관연구기관명 : 인터젠컨설팅(주) (대표자) 김 승 혁 (인)

공동연구기관명 : 고등기술연구원 (대표자) 김 진 균 (인)

지에스건설(주) (대표자) 임 병 용 (인)

주관연구기관책임자: 김승혁 대표이사

공동연구기관책임자: 김호 수석연구원

박시삼 수석연구원

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	17RDPP-C136 046-01	해당 단계 연구 기간	2017-09-15 ~ 2019-03-14	단계구분	(해당단계)/ (총단계)
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 기획			
	세부과제명				
연구책임자	김 승 혁	해당단계 참여연구원 수	총: 24명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구비	정부:172,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:172,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 24명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부:172,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:172,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	인터젠컨설팅(주)			공동기관명 고등기술연구원 지에스건설(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 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
715

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 『지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 기획을 통한 핵심기술(과제) 도출 및 실증연구 사업에 대한 예비타당성 조사 및 기술성 평가 신청을 위한 기획보고서 도출 - 도시기반 복합플랜트 관련 국내외 기술현황 및 특허 조사, 에너지, 환경, 첨단 EPC, O&M, 재해방지 기술을 포함한 도시기반 지하 복합플랜트 기반기술 조사, 도시기반 복합플랜트 기반기술의 유기적 연계 및 통합을 통한, 저비용, 고효율, 저CO2 복합플랜트 핵심기술 도출, 실증단지 구축 방안 도출 등을 통해 복합플랜트 실증연구를 위한 구체적인 방안을 수립하는 한편 동 기획과제의 예비타당성 조사 평가 신청을 위한 상세 기획보고서 제출을 목표로 함				
연구개발성과	○ 단계별 기획과제를 통한 최적의 R&D 전략 수립 ○ 산학연으로 구성된 최고의 전문가 중심의 기획위원회 구성을 통한 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 과제 도출 및 우선순위 선정 ○ 복합플랜트의 지하공간 적용 및 사업화 실질적 방안 제시				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 RFP 제시를 통한 향후 과제 공모에 활용 ○ 연구개발 사전타당성 조사를 통한 R&D 기획, 예산확보, 추진 등에 활용 ○ 친환경 미래 도시 인프라 구축을 통한 각종 사회문제 해결 및 에너지·환경 플랜트 시장 대외 경쟁력 강화				
국문핵심어 (5개 이내)	지하공간	복합플랜트	실증단지	에너지통합 관리시스템	예비타당성
영문핵심어 (5개 이내)	underground space	complex plant	demonstration complex	Energy Integrated Management System	Preliminary feasibility study

〈목차〉

제1장 사업개요 및 추진 필요성	3
제1절 사업개요	3
1. 추진사업 개요	3
2. 사업의 정의 및 범위	5
제2절 사업추진 필요성	17
1. 사업추진 배경 및 필요성	17
2. 정부지원의 필요성	54
3. 사업추진의 시급성	57
제3절 사업 추진근거 및 기획경과	61
1. 사업 추진근거	61
2. 사업기획 추진체계	62
3. 사업기획 추진경과	63
4. 사업기획 추진절차	66
제2장 대내외 환경 분석	69
제1절 메가트렌드 분석(STEEP)	69
1. STEEP 분석 결과	69
2. STEEP 분석에 따른 이슈 해소방향	83
3. 소결	88
제2절 국내외 정책 동향 분석	89
1. 국내 정책 동향	89
2. 국외 정책 동향	119
3. 요약 및 시사점	146
제3절 국내외 산업 및 시장 동향 분석	149
1. 플랜트 건설	149
2. 폐자원 에너지화	164
3. 스마트시티	190
4. 요약 및 시사점	204
제4절 국내외 기술 동향 및 분석	207
1. 지하공간 활용	207
2. 폐자원 에너지화	217
3. 플랜트 운영(Operation&Maintenance)	225
4. 플랜트 방재·안전	236
5. 에너지 수요 관리	244
6. 요약 및 시사점	250
제5절 국내 R&D 역량 분석	253
1. R&D 투자 현황	253
2. 특허 동향 분석	262
3. 기술수준 분석	273
4. R&D 인프라 현황	280
제6절 종합분석(SWOT) 및 추진방향 도출	302
1. SWOT 분석	302
2. SWOT 분석을 통한 사업 전략 방향 도출	303

제3장 기존 사업 성과 분석	309
제1절 기존 사업 현황 및 추진경과	309
1. 연구개발 개요	309
2. 사업 추진 현황 및 경과	312
제2절 기존 사업 성과분석	318
1. 종합적 성과분석	318
2. 성과분석 결과	323
제3절 종합분석	326
1. 기존 사업의 우수점	326
2. 기존 사업의 시사점	329
제4장 사업설계를 위한 조사분석	335
제1절 관련 사전조사	335
1. 기술수요 조사	335
2. 폐자원에너지협의회 기술 워크숍 설문조사	342
3. 사업 참여의향 조사	346
제2절 관련 사업 추진현황	348
1. 유사사업 현황 및 중복성 검토	348
2. 민간기술 연계방안	354
제5장 사업 추진계획	361
제1절 사업추진방향	361
1. 추진절차	361
2. 사업의 기본방향	363
제2절 사업 비전 및 목표	370
1. 비전 체계도	370
2. 사업비전 및 목표	371
3. 논리모형	376
4. 추진전략	378
제3절 사업구성	381
1. 기술도출프레임	381
2. Top-down 기술기획	382
3. Bottom-up 기술기획(수요조사·분석)	384
제6장 사업의 구성	395
제1절 기술개발 개요	395
제2절 (중점분야 1) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축	397
1. (세부과제 1-1) 복합플랜트 지하공간 활용 기술	398
2. (세부과제 1-2) WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact 기술	421
3. (세부과제 1-3) 사회적 수용성 확보를 위한 사회기반기술	446
제3절 (중점분야 2) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축	466
1. (세부과제 2-1) 플랫폼 아키텍처	467
2. (세부과제 2-2) 플랫폼 운영 솔루션	502
제4절 (중점분야 3) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증	528
1. (세부과제 3-1) 복합플랜트 상용급 Test Bed 구축 및 운영	529
2. (세부과제 3-2) 복합플랜트 운영 사업모델 개발	540

제7장 사업 운영계획 및 소요예산	551
제1절 사업추진체계 및 성과지표 설정	551
1. 사업추진체계 및 추진 주체별 역할	551
2. 사업 성과목표·지표	554
제2절 사업관리방안	559
1. 사업 관리체계 및 프로세스	559
2. 사업관리 전략	562
3. 단계별 평가/관리 절차 및 기준	565
제3절 성과활용·확산 계획	575
1. 현장실증 실적 확보	575
2. 테스트베드 개념의 명확화	576
3. 산학연 연구주체의 역할 확립	577
제4절 소요예산 및 재원조달방안	578
1. 소요예산	578
2. 재원조달방안	583
제8장 사전타당성 분석	591
제1절 정책적 타당성 분석	591
1. 정책적 타당성 검토 개요 및 체계	591
2. 정책의 일관성 및 추진체제	592
3. 국고지원의 적합성	607
4. 사업추진 상의 위험요인 및 대응방안	616
제2절 기술적 타당성 분석	632
1. 기술적 타당성 검토 개요 및 체계	632
2. 기술개발 계획의 적절성	633
3. 기술개발 성공 가능성	646
4. 기술개발 위험요인 및 대응방안	661
5. 기존 사업과의 중복성	663
제3절 경제적 타당성 분석	668
1. 경제적 타당성 검토 개요 및 체계	668
2. 비용/편익 분석	674
제4절 기대 및 파급효과	684
1. 기대효과 분석	684
2. 파급효과 분석	686

〈표 목차〉

〈표 1-1〉 본 사업 기술적 이슈 및 문제점 분석	8
〈표 1-2〉 플랜트 건설기술 공정별 분류 및 범위	11
〈표 1-3〉 플랜트 공종별 분류	12
〈표 1-4〉 폐자원 에너지화 산업별 분류	13
〈표 1-5〉 폐자원 에너지화 시설별 분류	13
〈표 1-6〉 지하공간 유형별 분류	14
〈표 1-7〉 스마트시티 구성요소	15
〈표 1-8〉 스마트시티의 분야	16
〈표 1-9〉 수도권 환경기초시설 지하화 요구 민원 현황	20
〈표 1-10〉 하남 유니온파크 지상·지하 시설	22
〈표 1-11〉 국내 지하화 에너지화시설 운영현황	23
〈표 1-12〉 세계 1차에너지 원별 수요 전망(NPS)	26
〈표 1-13〉 주요국 신재생에너지 비중 전망	26
〈표 1-14〉 연도별 국내 폐기물 발생 현황	30
〈표 1-15〉 폐기물처리시설별 생활폐기물 처리량('16)	30
〈표 1-16〉 기존 플랜트와 복합 플랜트의 특징 및 효과 비교	33
〈표 1-17〉 플랜트 종류별 수주 비율 현황	35
〈표 1-18〉 SOC 분야 재정투입 전망	36
〈표 1-19〉 스마트시티의 개념 및 본 사업 관련 분야	39
〈표 1-20〉 스마트시티 해외시장 전망	40
〈표 1-21〉 LH공사에서 해외 추진 중인 신도시 사업	41
〈표 1-22〉 플랜트 엔지니어링 분야별 선진국 대비 국내 기술수준	46
〈표 1-23〉 지하공간의 방재 특성	52
〈표 1-24〉 산업분야별 부가가치율	58
〈표 1-25〉 산업분야별 취업 유발 효과	58
〈표 1-26〉 수도권 매립지 부지 현황	59
〈표 1-27〉 전국 시군구 환경기초시설 사용연한 종료시점	59
〈표 1-28〉 관련주체별 역할	62
〈표 1-29〉 컨소시엄 및 기획회의 개최현황	63
〈표 2-1〉 엔지니어링 가치사슬별 인력 부족률('15)	70
〈표 2-2〉 국가별 4차 산업혁명 대응정책 현황	73
〈표 2-3〉 국가별 플랜트 ICT 연계 및 융합 연구 동향	74
〈표 2-4〉 OECD국가의 1차에너지 원별 수요 전망(NPS)	78
〈표 2-5〉 주요국 신재생 에너지 플랜트 정책동향	78
〈표 2-6〉 주요국 순환경제 정책동향	80
〈표 2-7〉 STEEP 분석 결과	88
〈표 2-8〉 본 사업 관련 100대 국정과제	89
〈표 2-9〉 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점 추진과제	92
〈표 2-10〉 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록	93
〈표 2-11〉 재생에너지 3020 실행계획의 보급목표	99
〈표 2-12〉 국토교통 기술 연구개발사업 플랜트연구사업 기술분야	101
〈표 2-13〉 연도별 RPS 의무공급량 비율	104
〈표 2-14〉 신재생에너지원별 발전차액 지원금	104
〈표 2-15〉 RHO 적용대상 및 의무비율 계획(안)	105
〈표 2-16〉 국고보조 사업 지원 대상	106
〈표 2-17〉 2030 온실가스 감축 로드맵 폐기물 부문	106
〈표 2-18〉 폐자원 에너지화 대책수립	107

<표 2-19> 청주시 친환경에너지타운 주요사업 내용	108
<표 2-20> 아산시 친환경에너지타운 주요사업 내용	109
<표 2-21> 경주시 친환경에너지타운 주요사업 내용	109
<표 2-22> 영천시 친환경에너지타운 주요사업 내용	110
<표 2-23> 양산시 친환경에너지타운 주요사업 내용	110
<표 2-24> 지하안전영향평가 주요내용	111
<표 2-25> 서울북합화력발전소 사업 개요 및 조감도	115
<표 2-26> 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)의 연도별 투자 금액	119
<표 2-27> EU의 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표	120
<표 2-28> 독일의 하이테크 전략 '20년의 기후에너지 중점분야 정책 목표	122
<표 2-29> 일본의 제4차 에너지기본계획의 에너지원별 위상 및 정책방향	123
<표 2-30> 일본 NEDO의 연구분야별 중장기 계획 프로젝트	124
<표 2-31> 미국 생활폐기물의 발생 및 처리	127
<표 2-32> 미국의 고형연료화 및 전용 발전시설의 현황	127
<표 2-33> 유럽의 중소형 폐기물 소각 발전시설	129
<표 2-34> EU 순환경제패키지 주요내용	130
<표 2-35> 미국의 지하공간 이용 구분	138
<표 2-36> 일본의 지하공간 이용 구분	141
<표 2-37> 플랜트 건설기술의 공정 흐름 (Value Chain)	149
<표 2-38> 플랜트 건설기술 공정별 분류 및 범위	149
<표 2-39> 지능정보연계 플랜트 O&M 분야 산업 구조	151
<표 2-40> 산업분야별 부가가치율	152
<표 2-41> 산업분야별 전후방 산업연관효과	152
<표 2-42> 산업분야별 취업 유발 효과	152
<표 2-43> 해외 플랜트 지역별 수주액 추이	153
<표 2-44> 해외 플랜트 설비별 수주액 추이	154
<표 2-45> 세계 건설 시장 연도별 시장규모 현황	155
<표 2-46> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망	155
<표 2-47> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 지역별 비중 현황 및 전망	156
<표 2-48> 주요 5개 엔지니어링 사업분야별 문제점과 대책 방향	157
<표 2-49> 국내·외 엔지니어링 기업 순위('17)	159
<표 2-50> 국가별 해외건설시장 매출액 비중 및 순위	159
<표 2-51> 선진국 대비 분야별 국내 엔지니어링 기술수준	161
<표 2-52> 엔지니어링 가치사슬별 인력 부족률('15)	163
<표 2-53> 폐자원 에너지화 산업별 분류	165
<표 2-54> 폐기물 에너지화 산업 구조	165
<표 2-55> 폐자원 에너지화 시설별 분류	166
<표 2-56> 연도별 국내 폐기물 발생 현황	167
<표 2-57> 연도별 국내 폐기물 처리 현황	170
<표 2-58> 지자체 폐기물처리시설 운영 현황 (생활폐기물)('16)	171
<표 2-59> 지자체 폐기물처리시설별 처리량 (생활폐기물)('16)	171
<표 2-60> 신재생에너지 폐자원 부문 생산량('14)	174
<표 2-61> 폐자원 에너지화 관련 시장 매출액 추이	175
<표 2-62> 소각여열 회수 분야 국내 시장 규모 추이	175
<표 2-63> 폐기물 고형연료 국내 시장 규모 추이	176
<표 2-64> 바이오가스 국내 시장 규모 추이	177
<표 2-65> 슬러지 탈수/건조 국내 시장 현황	177
<표 2-66> 세계 폐자원 에너지화 시장규모(WTE Plant) 현황	178
<표 2-67> 세계 폐자원 에너지화 시장규모 전망	178
<표 2-68> 유럽 폐자원 에너지화 시장규모 전망	179

<표 2-69> 북미 폐자원 에너지화 시장규모 전망	179
<표 2-70> 소각열 회수 분야 세계 시장 추이	180
<표 2-71> 고형연료 생산 분야 세계 시장 추이	181
<표 2-72> 바이오가스 분야 세계 시장 추이	181
<표 2-73> 소각열 회수시설 처리 현황('14)	182
<표 2-74> 소각시설 통계('14)	182
<표 2-75> 소각열회수 이용량 분석('14)	183
<표 2-76> 고형연료 제조 및 사용 현황('17)	183
<표 2-77> 유기성폐기물 바이오가스화 비중('14)	184
<표 2-78> 하수슬러지 발생량 추이	185
<표 2-79> 하수슬러지 처리현황('14)	185
<표 2-80> 폐자원 처리 시설별 확충 및 투자계획	185
<표 2-81> 스마트시티 구성요소	190
<표 2-82> 스마트시티의 분야	191
<표 2-83> 국내 스마트시티 시장 규모 전망	194
<표 2-84> 국내 도시별 U-City 사업 추진 현황	194
<표 2-85> 스마트도시 국가 시범도시 현황	196
<표 2-86> 스마트시티 해외시장 전망	197
<표 2-87> LH공사에서 해외 추진 중인 신도시 사업	200
<표 2-88> 스마트시티 사업영역 및 목표시장, 기본 전략 방향	203
<표 2-89> 지하의 특성과 이용되는 시설과의 관계	207
<표 2-90> 지하공간의 개발방식 변화	208
<표 2-91> 비개착식 지반굴착기술의 종류	209
<표 2-92> 해외 순환유통증 기반 고형연료 전용 발전기술 개발 사례	221
<표 2-93> 국내 고형연료 전용 발전기술 개발 사례	222
<표 2-94> 일본 바이오가스 주요 선도기업 현황	223
<표 2-95> 플랜트산업의 주요 트렌드 변화	225
<표 2-96> 플랜트 O&M 분야 기술 변화 동향	228
<표 2-97> SK이노베이션 스마트 플랜트 구축 4개 세부내용	234
<표 2-98> 주요국 재난·재해 기술동향	236
<표 2-99> 지역난방 세대별 특징	246
<표 2-100> 플랜트 관련 연구사업 정부연구비 현황('11~'18)	253
<표 2-101> 국토교통부 플랜트 과제 연구수행주체별 정부연구비 비중('12~'16)	254
<표 2-102> 산업통상자원부 플랜트 과제 연구수행주체별 정부연구비 비중('12~'16)	254
<표 2-103> 플랜트 관련 연구사업에서 개발단계 과제 비율('12~'16)	254
<표 2-104> 플랜트 관련 국가 R&D 사업	255
<표 2-105> 국토교통부 플랜트 연구사업 투자실적 및 계획	256
<표 2-106> 플랜트 연구사업 주요성과	256
<표 2-107> 특허 검색 DB 및 검색범위	262
<표 2-108> 분석대상 기술분류	263
<표 2-109> 특허분석을 위한 기술별 검색식	263
<표 2-110> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수	265
<표 2-111> 유효특허 선별결과	265
<표 2-112> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수	268
<표 2-113> 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과	269
<표 2-114> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수	270
<표 2-115> 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과	271
<표 2-116> 국가별 기술독점도 분석 결과	272
<표 2-117> 본 사업 연관기술 및 분야	274
<표 2-118> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 국내 기술 수준	276

<표 2-119> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 연구주체별 기술 수준	277
<표 2-120> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 국내 기술 수준	278
<표 2-121> 전공별 석·박사 연구원수('16)	280
<표 2-122> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)	280
<표 2-123> 전공별 석·박사 연구원수(공공연구기관)('16)	280
<표 2-124> 플랜트 관련 대학 학과 현황	282
<표 2-125> 본 사업 관련 대학 연구실험실	285
<표 2-126> 플랜트 관련 연구기관 현황	288
<표 2-127> 산업체 현황 조사 프레임	290
<표 2-128> 10차 한국표준산업분류 내 유관 대분류	290
<표 2-129> 10차 한국표준산업분류 내 유관 대분류	290
<표 2-130> 10차 한국표준산업분류 내 유관 세세분류 및 기술분류 매칭	291
<표 2-131> 관련 산업체 매출액 및 영업이익 평균	293
<표 2-132> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요	295
<표 2-133> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황	297
<표 2-134> SWOT 분석	302
<표 3-1> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 추진현황	312
<표 3-2> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 세부 과제구성	313
<표 3-3> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 1차년도 추진경과	315
<표 3-4> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2차년도 추진경과	315
<표 3-5> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 3차년도 추진경과	316
<표 3-6> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 4, 5차년도 추진계획	317
<표 3-7> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업의 과학기술적 성과	320
<표 3-8> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 1세부 성과분석	323
<표 3-9> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2세부 성과분석	324
<표 3-10> 기존 플랜트와 복합 플랜트의 특징 및 효과 비교	327
<표 3-11> 본 과제와 기존 과제의 차별성	331
<표 4-1> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)	336
<표 4-2> 기술수요조사 응답률	339
<표 4-3> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)	339
<표 4-4> 수요조사 결과 도출 시설 지하화 기술목록(20개)	340
<표 4-5> (설문결과) 환경기초시설의 도입시 가장 큰 문제점	342
<표 4-6> (설문결과) 환경기초시설의 도입시 주민 동의를 얻기 위한 방법	343
<표 4-7> (설문결과) 복합플랜트 구축시 예상되는 효과	343
<표 4-8> (설문결과) 중점분야 1 세부과제 적정성 평가	343
<표 4-9> (설문결과) 중점분야 2 세부과제 적정성 평가	344
<표 4-10> (설문결과) 중점분야 3 세부과제 적정성 평가	345
<표 4-11> 본사업 참여의향서 제출 기관 목록	346
<표 4-12> 본 사업 및 부처별 유사사업 현황	349
<표 4-13> 플랜트 연구사업(국토부)과의 중복성 비교	350
<표 4-14> 건설기술 연구사업(국토부)과의 중복성 비교	351
<표 4-15> 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업(산업부)과의 중복성 비교	352
<표 4-16> 폐자원 에너지화 기술 개발사업(환경부)과의 중복성 비교	353
<표 4-17> 하남 유니온파크 주변 인프라 연계 계획 및 설계	357
<표 4-18> 하남 유니온파크 주변 연계대상 시설현황	358
<표 4-19> 하수처리수 및 소각폐열증기 이용계획	358
<표 5-1> 국가정책 및 상위계획, 관련 사업의 비전 사례 검토	371
<표 5-2> 사업추진 논리모형	376
<표 5-3> 국토교통 R&D 현장적용 성과	378
<표 5-4> 세부기술 후보분야 도출	383

<표 5-5> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)	385
<표 5-6> 기술수요조사 응답률	388
<표 4-20> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)	388
<표 4-21> 수요조사 결과 도출 시설 지하화 기술목록(20개)	389
<표 5-7> 선정지표별 가중치	390
<표 5-8> 핵심기술 우선순위 평가	391
<표 6-1> 과제 구성	395
<표 6-2> (세부 1-1) 과제 개요	398
<표 6-3> (세부 1-1) 핵심이슈 및 해결방안	400
<표 6-4> (세부 1-1) 핵심기술 구성	401
<표 6-5> (세부 1-1) 최종 성과물 및 성과지표	403
<표 6-6> (핵심 1-1-1) 기술 구성	404
<표 6-7> (핵심 1-1-1) 최종 목표	406
<표 6-8> (핵심 1-1-1) 단계별 목표	407
<표 6-9> (핵심 1-1-1) 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교	407
<표 6-10> (핵심 1-1-1) 핵심기술 확보전략	410
<표 6-11> (핵심 1-1-1) 유사과제 분석	410
<표 6-12> (핵심 1-1-1) 전후방 기술과 연계 활용방안	411
<표 6-13> (핵심 1-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	412
<표 6-14> (핵심 1-1-1) 기술별 투자계획	412
<표 6-15> (핵심 1-1-1) 총 투자계획	413
<표 6-16> (핵심 1-1-2) 기술 구성	414
<표 6-17> (핵심 1-1-2) 최종 목표	415
<표 6-18> (핵심 1-1-2) 단계별 목표	415
<표 6-19> (핵심 1-1-2) 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교	416
<표 6-20> (핵심 1-1-2) 핵심기술 확보전략	418
<표 6-21> (핵심 1-1-2) 유사과제 분석	418
<표 6-22> (핵심 1-1-2) 전후방 기술과 연계 활용방안	419
<표 6-23> (핵심 1-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안	419
<표 6-24> (핵심 1-1-2) 기술별 투자계획	420
<표 6-25> (핵심 1-1-2) 총 투자계획	420
<표 6-26> (세부 1-2) 과제 개요	421
<표 6-27> (세부 1-2) 핵심이슈 및 해결방안	423
<표 6-28> (세부 1-2) 핵심기술 구성	424
<표 6-29> (세부 1-2) 최종 성과물 및 성과지표	425
<표 6-30> (핵심 1-2-1) 기술 구성	426
<표 6-31> 컴팩트화 기술의 정의 및 구분	426
<표 6-32> (핵심 1-2-1) 핵심기술 확보전략	435
<표 6-33> (핵심 1-2) 전후방 기술과 연계 활용방안	436
<표 6-34> (핵심 1-2-1) 기술별 투자계획	437
<표 6-35> (핵심 1-2-1) 총 투자계획	437
<표 6-36> (핵심 1-2-2) 기술 구성	438
<표 6-37> 이차부산물 near zero화 compact 기술정의 및 구분	438
<표 6-38> (핵심 1-2-2) 최종 목표	442
<표 6-39> (핵심 1-2-2) 단계별 목표	442
<표 6-40> (핵심 1-2-2) 기술별 투자계획	445
<표 6-41> (핵심 1-1-2) 총 투자계획	445
<표 6-42> (세부 1-3) 과제 개요	446
<표 6-43> (세부 1-3) 핵심이슈 및 해결방안	448
<표 6-44> (세부 1-3) 핵심기술 구성	449

<표 6-45> (세부 1-3) 최종 성과물 및 성과지표	451
<표 6-46> (핵심 1-3-1) 기술 구성	452
<표 6-47> (핵심 1-3-1) 최종 목표	453
<표 6-48> (핵심 1-3-1) 단계별 목표	454
<표 6-49> (핵심 1-3-1) 핵심기술 확보전략	454
<표 6-50> (핵심 1-3-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	455
<표 6-51> (핵심 1-3-1) 기술별 투자계획	455
<표 6-52> (핵심 1-3-1) 총 투자계획	456
<표 6-53> (핵심 1-3-2) 기술 구성	457
<표 6-54> (핵심 1-3-2) 최종 목표	458
<표 6-55> (핵심 1-3-2) 단계별 목표	459
<표 6-56> (핵심 1-3-2) 핵심기술 확보전략	459
<표 6-57> (핵심 1-3-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안	460
<표 6-58> (핵심 1-3-2) 기술별 투자계획	460
<표 6-59> (핵심 1-3-2) 총 투자계획	460
<표 6-60> (핵심 1-3-3) 기술 구성	461
<표 6-61> (핵심 1-3-3) 최종 목표	463
<표 6-62> (핵심 1-3-3) 단계별 목표	463
<표 6-63> (핵심 1-3-3) 핵심기술 확보전략	464
<표 6-64> (핵심 1-3-3) 기술개발 위험요인 및 대응방안	464
<표 6-65> (핵심 1-3-3) 기술별 투자계획	465
<표 6-66> (핵심 1-3-3) 총 투자계획	465
<표 6-67> (세부 2-1) 과제 개요	467
<표 6-68> (세부 2-1) 핵심이슈 및 해결방안	468
<표 6-69> (세부 2-1) 기술 구성	468
<표 6-70> (세부 2-1) 최종 성과물 및 성과지표	470
<표 6-71> (핵심 2-1-1) 기술 구성	472
<표 6-72> (핵심 2-1-1) 최종 목표	473
<표 6-73> (핵심 2-1-1) 단계별 목표	474
<표 6-74> (핵심 2-1-1) 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교	474
<표 6-75> (핵심 2-1-1) 핵심기술 확보전략	476
<표 6-76> (핵심 2-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	476
<표 6-77> (핵심 2-1-1) 유사과제 분석	476
<표 6-78> (핵심 2-1-1) 전후방 기술과 연계 활용방안	477
<표 6-79> (핵심 2-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	478
<표 6-80> (핵심 2-1-1) 기술별 투자계획	478
<표 6-81> (핵심 2-1-1) 총 투자계획	478
<표 6-82> (핵심 2-1-2) 기술 구성	479
<표 6-83> 환경기초시설 국내 사고 사례	479
<표 6-84> (핵심 2-1-2) 최종 목표	481
<표 6-85> (핵심 2-1-2) 단계별 목표	481
<표 6-86> (핵심 2-1-2) 핵심기술 확보전략	485
<표 6-87> (핵심 2-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안	485
<표 6-88> (핵심 2-1-2) 기술별 투자계획	486
<표 6-89> (핵심 2-1-2) 총 투자계획	486
<표 6-90> (핵심 2-1-3) 기술 구성	487
<표 6-91> (핵심 2-1-3) 최종 목표	488
<표 6-92> (핵심 2-1-3) 단계별 목표	488
<표 6-93> (핵심 2-1-2) 핵심기술 확보전략	489
<표 6-94> (핵심 2-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안	490

<표 6-95> (핵심 2-1-3) 기술별 투자계획	490
<표 6-96> (핵심 2-1-3) 총 투자계획	491
<표 6-97> (핵심 2-1-4) 기술 구성	492
<표 6-98> (핵심 2-1-4) 최종 목표	492
<표 6-99> (핵심 2-1-4) 단계별 목표	493
<표 6-100> (핵심 2-1-4) 핵심기술 확보전략	494
<표 6-101> (핵심 2-1-4) 기술개발 위험요인 및 대응방안	495
<표 6-102> (핵심 2-1-4) 기술별 투자계획	495
<표 6-103> (핵심 2-1-4) 총 투자계획	496
<표 6-104> (핵심 2-1-5) 기술 구성	497
<표 6-105> (핵심 2-1-5) 최종 목표	498
<표 6-106> (핵심 2-1-5) 단계별 목표	498
<표 6-107> (핵심 2-1-5) 핵심기술 확보전략	500
<표 6-108> (핵심 2-1-5) 기술개발 위험요인 및 대응방안	500
<표 6-109> (핵심 2-1-5) 기술별 투자계획	501
<표 6-110> (핵심 2-1-5) 총 투자계획	501
<표 6-111> (세부 2-2) 과제 개요	502
<표 6-112> (세부 2-2) 핵심이슈 및 해결방안	502
<표 6-113> (핵심 2-2) 과제 구성 개요	503
<표 6-114> (세부 2-2) 최종 성과물 및 성과지표	505
<표 6-115> (핵심 2-1-3) 기술 구성	506
<표 6-116> (핵심 2-1-3) 최종 목표	507
<표 6-117> (핵심 2-1-3) 단계별 목표	507
<표 6-118> (핵심 2-2-1) 핵심기술 확보전략	509
<표 6-119> (핵심 2-2-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	509
<표 6-120> (핵심 2-2-1) 기술별 투자계획	510
<표 6-121> (핵심 2-2-1) 총 투자계획	510
<표 6-122> (핵심 2-2-2) 기술 구성	511
<표 6-123> (핵심 2-2-2) 최종 목표	512
<표 6-124> (핵심 2-2-2) 단계별 목표	512
<표 6-125> (핵심 2-2-2) 핵심기술 확보전략	514
<표 6-126> (핵심 2-2-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안	514
<표 6-127> (핵심 2-2-2) 기술별 투자계획	514
<표 6-128> (핵심 2-2-2) 총 투자계획	515
<표 6-129> (핵심 2-2-3) 기술 구성	516
<표 6-130> (핵심 2-2-3) 최종 목표	518
<표 6-131> (핵심 2-2-3) 단계별 목표	518
<표 6-132> 산업자동화 트렌드	519
<표 6-133> (핵심 2-2-3) 핵심기술 확보전략	521
<표 6-134> (핵심 2-2-3) 기술개발 위험요인 및 대응방안	521
<표 6-135> (핵심 2-2-3) 기술별 투자계획	522
<표 6-136> (핵심 2-2-3) 총 투자계획	522
<표 6-137> (핵심 2-2-4) 기술 구성	523
<표 6-138> (핵심 2-2-4) 단계별 목표	524
<표 6-139> 해외 에너지거래 블록체인 적용 사례	525
<표 6-140> (핵심 2-2-4) 기술개발 위험요인 및 대응방안	526
<표 6-141> (핵심 2-2-4) 기술별 투자계획	526
<표 6-142> (핵심 2-2-4) 총 투자계획	527
<표 6-143> (세부 3-1) 과제 개요	529
<표 6-144> 세종시 수질복원센터 운영 계획	533

<표 6-145> 세종시 폐기물처리시설 운영 계획	534
<표 6-146> 하수처리시설 배치계획평면도	537
<표 6-147> 폐기물처리시설 전체배치도(1/2)	538
<표 6-148> 폐기물처리시설 전체배치도(2/2)	538
<표 6-149> 상용급 실증 플랜트 건설 사업 예산 계획(재원별)	539
<표 6-150> 상용급 실증 플랜트 연간 운영 비용 추정	539
<표 6-151> (세부 3-2) 과제 개요	540
<표 6-152> (세부 3-2) 핵심이슈 및 해결방안	541
<표 6-153> (세부 3-1) 기술 구성	541
<표 6-154> (세부 3-1) 최종 성과물 및 성과지표	542
<표 6-155> (핵심 3-1-1) 기술 구성	544
<표 6-156> (핵심 3-1-1) 단계별 목표	545
<표 6-157> (핵심 3-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안	547
<표 6-158> (핵심 3-1-1) 기술별 투자계획	547
<표 6-159> (핵심 3-1-1) 총 투자계획	548
<표 7-1> 추진 주체별 역할 및 기능	552
<표 7-2> R&D 사업 유형 분류	554
<표 7-3> R&D 사업 유형 분류	554
<표 7-4> 성과 유형별 공통 지표(안)	555
<표 7-5> 세부과제별 성과목표	555
<표 7-6> 성과목표 및 지표 총괄표	556
<표 7-7> 1단계 성과목표 및 지표	557
<표 7-8> 2단계 성과목표 및 지표	558
<표 7-9> 사업 관리체계 및 주체	559
<표 7-10> 사업관리 프로세스	560
<표 7-11> 실용화 추진 전략	563
<표 7-12> 선정평가 주요 절차 및 내용	565
<표 7-13> 선정평가 기준(안)	566
<표 7-14> 연차(단계)평가 주요 절차 및 내용	567
<표 7-15> 중간모니터링 주요 절차 및 내용	569
<표 7-16> 중간모니터링 항목	570
<표 7-17> 최종평가 주요 절차 및 내용	571
<표 7-18> 연구개발과제 수행실태 평가항목	572
<표 7-19> 평가 지표 및 배점(안)	573
<표 7-20> 현장실증과 상용실증의 차이점 비교(플랜트 분야)	576
<표 7-21> 산학연별 연구·기술·비즈니스 주체 구성(안)	577
<표 7-22> 총사업비 구성	578
<표 7-23> (중점1) 세부사업별 예산	579
<표 7-24> (중점2) 세부사업별 예산	580
<표 7-25> (중점3) 세부사업별 예산	581
<표 7-26> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황	583
<표 7-27> 전년도 대비 2017년도 국토교통 R&D 사업 및 부분별 투자현황	584
<표 7-28> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황	586
<표 7-29> 재원 부담 현황	586
<표 8-1> 정책적 타당성 분석 항목	591
<표 8-2> 본 사업 관련 100대 국정과제	592
<표 8-3> 국정과제 부합성 분석	593
<표 8-4> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점 추진과제	594
<표 8-5> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록	594
<표 8-6> 법정 상위계획과의 부합성 조사 결과	599

<표 8-7> 상위계획과의 부합성 평가	600
<표 8-8> 사업 기획 주체별 역할	604
<표 8-9> 산업분야별 부가가치율	611
<표 8-10> 산업분야별 취업 유발 효과	611
<표 8-11> 플랜트 엔지니어링 분야별 선진국 대비 국내 기술수준	612
<표 8-12> 본 사업 관계 법규	617
<표 8-13> 도입 시설에 대한 법제사항	622
<표 8-14> 복합플랜트 도입기능 모색(타 시설 비교)	624
<표 8-15> 국가연구개발사업 절차 본 보고서 반영 사항	626
<표 8-16> WTO 보조금의 유형	627
<표 8-17> 법·제도적 위험요인 평가	629
<표 8-18> 연차별 투자계획	630
<표 8-19> 정책적 타당성 분석 항목	632
<표 8-20> 사업 기획 주체별 역할	633
<표 8-21> 사업기획위원회 구성	634
<표 8-22> 기술기획위원회 구성	635
<표 8-23> 복합플랜트 관련 기술목록(110개)	636
<표 8-24> 우선순위 평가항목	639
<표 8-25> 본 사업 기술적 이슈 및 문제점 분석	641
<표 8-26> SWOT 분석	642
<표 8-27> 전공별 석·박사 연구원수('16)	646
<표 8-28> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)	646
<표 8-29> 전공별 석·박사 연구원수(공공연구기관)('16)	646
<표 8-30> 본사업 관련 연구기관 현황	647
<표 8-31> 플랜트 관련 대학 학과 현황	649
<표 8-32> 본 사업 관련 대학 연구실험실	652
<표 8-33> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요	655
<표 8-34> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요	656
<표 8-35> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황	656
<표 8-36> 친환경 에너지타운 유형별 모델 제시	659
<표 8-37> 관련기술 수준 및 기술개발 역량	659
<표 8-38> 본 사업 및 부처별 유사사업 현황	663
<표 8-39> 플랜트 연구사업(국토부)과의 중복성 비교	664
<표 8-40> 건설기술 연구사업(국토부)과의 중복성 비교	665
<표 8-41> 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업(산업부)과의 중복성 비교	666
<표 8-42> 폐자원 에너지화 기술 개발사업(환경부)과의 중복성 비교	667
<표 8-43> 본 사업 분야별 편익항목 유형 및 대상	672
<표 8-44> R&D 사업 편익 추정방법 분류	672
<표 8-45> 세계 폐자원 에너지화 시장규모(WTE Plant) 현황	674
<표 8-46> 편익대상 시장 규모 추정	675
<표 8-47> 편익발생기간 시장수요 전망 결과	675
<표 8-48> 국내기업 수주 목표별 시장규모	675
<표 8-49> 편익산정 기준 및 지표 설명	676
<표 8-50> 편익 분석 결과(보수적 시나리오)	676
<표 8-51> 편익 분석 결과(중도적 시나리오)	676
<표 8-52> 편익 분석 결과(보수적 시나리오)	677
<표 8-53> 기술개발 총비용	677
<표 8-54> 보수적 시나리오 경제성 분석 종합	678
<표 8-55> 중도적 시나리오 경제성 분석 종합	678
<표 8-56> 낙관적 시나리오 경제성 분석 종합	679

<표 8-57> 복합플랜트 Test Bed 연간 운영 수익 추정	680
<표 8-58> 복합플랜트 Test Bed 사회적 편익 추정	681
<표 8-59> 상용급 실증 플랜트 건설 사업 예산 계획(재원별)	681
<표 8-60> 상용급 실증 플랜트 연간 운영 비용 추정	682
<표 8-61> Test Bed 비용/편익 분석 종합	682
<표 8-62> Test Bed 비용/편익 상세 분석	683
<표 8-63> 각 산업별 유발계수 분석	686
<표 8-64> 본 사업 파급효과	686

〈그림 목차〉

〈그림 1-1〉 도시기반 복합플랜트의 기본 개념	5
〈그림 1-2〉 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 적용 조감도	6
〈그림 1-3〉 복합플랜트의 에너지 생산 공정 개요	7
〈그림 1-4〉 본 사업의 추진 배경 및 필요성	17
〈그림 1-5〉 환경기초시설로 인한 NIMBY 현상 사례	18
〈그림 1-6〉 갈등의 종류별 건수 및 지속일수	19
〈그림 1-7〉 설립반대 기피시설 비율	19
〈그림 1-8〉 기존 환경기초시설의 도심지 편입 예 (과천 자원정화센터)	20
〈그림 1-9〉 지역 혐오시설의 랜드마크화 사례 (하남, 용인)	21
〈그림 1-10〉 스톡홀름 Henriksdal 지하환경시설	22
〈그림 1-11〉 지역별 전력 발전량 및 소비량	24
〈그림 1-12〉 지역별 폐기물 발생량 및 처리량	24
〈그림 1-13〉 제8차 전력수급기본계획 기본방향	27
〈그림 1-14〉 전력 설비용량 및 발전량 목표	27
〈그림 1-15〉 싱가포르 WEW NEXUS 처리과정	28
〈그림 1-16〉 국내 신재생에너지원별 발전량 비중('14)	29
〈그림 1-17〉 도시자원 순환형 복합플랜트 개념	32
〈그림 1-18〉 Gryaab 복합플랜트 에너지 생산 흐름도	34
〈그림 1-19〉 Rosenlund 플랜트 냉방수 생산시설 개요	34
〈그림 1-20〉 해외수주 추이, 증감 및 주요 8개사 해외 신규수주 추이	35
〈그림 1-21〉 지역별 및 공종별 수주 추이	36
〈그림 1-22〉 국내 6개 대형 건설사 부분별 영업이익률 및 플랜트 업체 수주잔고	36
〈그림 1-23〉 후쿠시마 원전사고와 보하이만 원유 유출 사고	37
〈그림 1-24〉 지하공간 활용 도시기반 자원 순환형 복합플랜트 적용 조감도	38
〈그림 1-25〉 해외 스마트시티 건설 현황	41
〈그림 1-26〉 스마트시티 에너지 부문 비중	42
〈그림 1-27〉 제로 에너지 스마트 시티 기본 구상	43
〈그림 1-28〉 읍살라 시 연도별 에너지 공급 현황	44
〈그림 1-29〉 예테보리 시 에너지 공급원별 비중('08)	44
〈그림 1-30〉 국내 플랜트엔지니어링 산업 경쟁 상황	45
〈그림 1-31〉 플랜트 프로젝트 수행시 국내·외 기업의 주요 사업 영역 비교	46
〈그림 1-32〉 해외 석탄 가스화 플랜트 분야 단계별 기술개발용 Test Bed 현황	48
〈그림 1-33〉 몬트리올 언더그라운드 시티와 뉴욕 로라인 프로젝트	50
〈그림 1-34〉 멕시코시티에 조성 예정중인 지하 65층 건물 조감도	51
〈그림 1-35〉 미국 Subtropolis	53
〈그림 1-36〉 기후행동추적으로부터 불충분 판정을 받은 한국의 INDC	54
〈그림 1-37〉 국내 플랜트 산업의 수주액 증가 추이	57
〈그림 1-38〉 1차 기술기획위원회	63
〈그림 1-39〉 3차 기술기획위원회	63
〈그림 1-40〉 전문기관 점검회의	64
〈그림 1-41〉 전문기관 점검회의	65
〈그림 1-42〉 1차 사업기획위원회	65
〈그림 1-43〉 사업기획 절차	66
〈그림2-1〉 우리나라 인구구조 변화 추이	69
〈그림2-2〉 세계 도시화율 추이	71
〈그림2-3〉 스마트시티를 통한 문제 해결 방식	72
〈그림2-4〉 2013년 전세계 이상기후 발생 분포도	76

<그림2-5> 파리 기후협약 핵심사항	77
<그림2-6> 선형경제와 순환경제의 기본 개념	79
<그림2-7> 혁신성장동력 추진계획 본 사업 관련 분야	94
<그림2-8> 고부가가치 건설기술 창출 주요 기술전략 트리	95
<그림2-9> 자원순환기본법 주요내용	103
<그림2-10> 하남유니온파크 지상 주민친화시설	113
<그림2-11> 하남유니온파크 지하 하수/폐기물 처리시설	113
<그림2-12> 용인 수지 레스피아 지상 주민친화시설	114
<그림2-13> 박달하수처리장 과거 전경 및 지하화 조감도	114
<그림2-14> 2023년 영동대로 지하 복합환승센터 조성도	116
<그림2-15> 일본 인프라 유지보수 혁명 개념	125
<그림2-16> 일본 i-Construction 개념	125
<그림2-17> 일본 고품질 인프라의 해외 전개 개념	125
<그림2-18> EU 환경행동 프로그램 목표	131
<그림2-19> 읍살라 시 연도별 에너지 공급 현황	131
<그림2-20> 읍살라 시 에너지믹스	132
<그림2-21> 예테보리 시 에너지 공급 현황	133
<그림2-22> 비엔나 슈피텔라우 소각장 리모델링 전후	133
<그림2-23> 일본의 폐기물처리 우선순위	136
<그림2-24> 일본 자원생산성의 추이	136
<그림2-25> 일본 순환이용률의 추이	137
<그림2-26> 일본 최종처분량의 추이	137
<그림2-27> 뉴욕시 로라인 프로젝트	139
<그림2-28> 미국 SubTrooplis	139
<그림2-29> 몬트리올 언더그라운드 시티	140
<그림2-30> 플랜트 건설 산업의 생태계 사례	150
<그림2-31> 플랜트 건설 산업의 전·후방 가치사슬	151
<그림2-32> 해외 플랜트 연도별 수주액 추이	153
<그림2-33> 세계 엔지니어링, 시공 국가별 점유율('16)	160
<그림2-34> 육상·해상플랜트 영업이익률 연도별 추이	161
<그림2-35> 폐기물 에너지화 방법의 종류	164
<그림2-36> 지역별 폐기물 발생량('16)	168
<그림2-37> 생활 폐기물 발생 추이	169
<그림2-38> 사업장 폐기물 발생 추이	169
<그림2-39> 건설 폐기물 발생 추이	170
<그림2-40> 하·폐수 처리 현황	172
<그림2-41> 생활 하수 발생 추이	172
<그림2-42> 축산 폐수 발생 추이	173
<그림2-43> 산업 폐수 발생 추이	173
<그림2-44> 스마트시티를 통한 문제 해결 방식	193
<그림2-45> 세계 스마트시티 시장 지역별 시장 전망	198
<그림2-46> 국가별 시장 유형 및 유형별 스마트시티 진출 방안	201
<그림2-47> 지역별 건설시장 규모, 도시인구 성장률, 사업 용이성	202
<그림2-48> 스마트시티 사업 영역 및 스마트시티 사업 모델	202
<그림2-49> 매설물 공사를 위한 간이형 수직굴착 흙막이 사례 (영국, 일본)	209
<그림2-50> 탄성파를 이용한 터널 전방 탐사	211
<그림2-51> 비개착 주방식 굴착공법 개념도	212
<그림2-52> 복합탐사해석시스템 개념	213
<그림2-53> 지하수위 측정장비 개념도	213
<그림2-54> 복합탐사 해석 소프트웨어	214

<그림2-55> 지반 굴착시 차수성능향상을 위한 보강기술 개념도	214
<그림2-56> 차수용 박층 멤브레인 기술 시공과정	215
<그림2-57> 변위제어형 CIP-SCW 복합(CS-H) 연직벽체 조성 공법 개요	216
<그림2-58> 차세대 지하횡단공법 개요	216
<그림2-59> 고품연료 생산 및 발전 프로세스	218
<그림2-60> 스마트 플랜트의 기본 개념	227
<그림2-61> GE의 Predix	229
<그림2-62> GE의 Digital Power Plant	229
<그림2-63> Honeywell의 Connected Performance Services	230
<그림2-64> Siemens의 MindSphere	231
<그림2-65> Siemens의 COSMOS MRO	231
<그림2-66> DVN-GL의 Maros and Taro	232
<그림2-67> Schneider-Electric의 Operator Training Simulator & Eyesim	233
<그림2-68> 화학공정 플랜트 안전 관리 체계	237
<그림2-69> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고해석 시뮬레이션	238
<그림2-70> Gexcon의 FLACS	239
<그림2-71> 지하 환재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션	239
<그림2-72> AVESTAR 프로젝트 시뮬레이션 활동	240
<그림2-73> 건설안전 가상현실 교육 프로그램	240
<그림2-74> 도시가스 지역 정압기 안전훈련 시스템	241
<그림2-75> 플랜트 햅틱 밸브 장치	242
<그림2-76> 플랜트 이동 보행 장치	241
<그림2-77> 가상 현실용 글러브와 움직임 감지 시스템	242
<그림2-78> 플랜트 작업현장에서 사용되는 각종 웨어러블 안전기기	243
<그림2-79> 활용 가능한 소규모 분산자원	245
<그림2-80> 울릉도 친환경에너지 자립섬 조성사업	248
<그림2-81> 특허출원 건수 시계열 추이	267
<그림2-82> (1-1) 기술경쟁력 포트폴리오	270
<그림2-83> (1-2) 기술경쟁력 포트폴리오	271
<그림2-84> 학위 및 기술자격별 인력 동향	281
<그림2-85> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요	295
<그림2-86> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요	296
<그림2-87> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요	296
<그림 3-1> 복합플랜트 연구단 비전 및 목표	309
<그림 3-2> 국토교통부 연구개발 업역범위	311
<그림 3-3> 연구기관별 복합플랜트 단위기술 개발 범위	312
<그림 3-4> 수열탄화 반응의 원리 및 개념	318
<그림 3-5> 복합플랜트 처리공정 개요	326
<그림 3-6> 기존플랜트와 복합플랜트 처리공정도 비교	328
<그림 3-7> 복합플랜트 본 사업 기술개발 영역	332
<그림 4-1> 기술수요조사 진행과정	335
<그림 4-2> 하남유니온파크 6단계 악취방지 밀폐시스템	354
<그림 4-3> 하남유니온파크 환경 모니터링 시스템	354
<그림 4-4> 하남유니온파크 자연급기구 환기시스템	355
<그림 4-5> 하남유니온파크 저소음·저진동 기기·설비 적용 및 배치	355
<그림 4-6> 하남유니온파크 하수처리시설	356
<그림 4-7> 하남유니온파크 소각시설	356
<그림 4-8> 하남유니온파크 음식물 자원화 시설	357
<그림 4-9> 하남유니온파크 주변시설 연계계획	358
<그림 5-1> 본 사업기획 추진방향 설정 프로세스	361

<그림 5-2> 본 사업 관련 분야 미래 이슈·문제와 기술니즈	365
<그림 5-3> 2018년 분야별 예산안 증감율	366
<그림 5-4> 국내 플랜트 산업의 수주액 증가 추이	366
<그림 5-5> 갈등의 종류별 건수 및 지속일수	368
<그림 5-6> 지역 혐오시설의 랜드마크화 사례 (하남, 용인)	369
<그림 5-7> 사업 비전 체계도	370
<그림 5-8> 지하공간 활용 도시기반 자원 순환형 복합플랜트 적용 조감도	370
<그림 5-9> 비전 수립 틀	371
<그림 5-10> 주체별 역할 구분	379
<그림 5-11> 지하 복합플랜트 주요 기술니즈	382
<그림 5-12> 기술수요조사 진행과정	384
<그림 6-1> 본 사업 기술로드맵	396
<그림 6-2> (중점 1) 세부과제 구성	397
<그림 6-3> (세부 1-1) 과제 개념	398
<그림 6-4> (세부 1-1) 핵심기술간 연계성	402
<그림 6-5> 모듈식 격자 지하공간 구조 및 활용 설계 개념도	404
<그림 6-6> 운용 중 확장을 위한 기계굴착 예시	405
하단부 시공 및 체결	405
상단부 시공 및 체결	405
체결부 타설 및 단열 마감	405
<그림 6-8> 유닛형 에너지 구조체 개념도(안)	405
<그림 6-7> 격자형 지하공간의 공정 검토 및 배수방식 검토의 예	408
<그림 6-8> 세계 지열 열펌프 시스템 보급 용량 분석 및 전망	409
<그림 6-9> 미국 Subtropolis 상업 시설 개념도	409
<그림 6-10> 기존 플랜트의 지하화 시공 문제점(예시)	416
<그림 6-11> 탄성파를 이용한 터널 전방 탐사	417
<그림 6-12> Principle of Magnetic Flux Leakage 공법	417
<그림 6-13> (세부 1-2) 과제 개념	421
<그림 6-14> 도시발생 폐자원 에너지 생산 플랜트(기존)	427
<그림 6-15> 최대에너지 생산 복합플랜트 Compact 기술	427
<그림 6-16> 단위핵심설비 compact화 기술적용 개념(예시)	428
<그림 6-17> 복합플랜트 공통설비 통합 concept	428
<그림 6-18> 통합공정내 핵심단위설비의 모듈화 구축(안)	429
<그림 6-19> 단위 핵심설비(수열탄화) 모듈화 설계(예시)	429
<그림 6-20> 단위 핵심설비(탈수기) 모듈화 적용(예시)	429
<그림 6-21> 서울복합화력발전소 투시도	433
<그림 6-22> 하남시 환경기초시설 투시도	433
<그림 6-23> 평택시 환경기초시설 투시도	433
<그림 6-24> 탄천 하수열 이용 지역난방 공급 사업	434
<그림 6-25> 환경오염 저감 compact화 기술 개념도	439
<그림 6-26> 단위 핵심설비(질소자원회수) compact화 설계(예시)	439
<그림 6-27> 복합플랜트 회수 유용자원 자체 활용 및 순환개념도	440
<그림 6-28> 복합플랜트 공정내 폐열(냉각수 및 배가스) 재활용 수지(예시)	440
<그림 6-29> 단위핵심설비 미활용에너지 통합공정내 이용 개념	441
<그림 6-30> 수직형 환경 설비 개념도	441
<그림 6-31> (중점 2) 과제구성	466
<그림 6-32> 환경 모니터링 통합관리시스템 개요	472
<그림 6-33> 토양오염의 원인	473
<그림 6-34> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고해석 시뮬레이션	483
<그림 6-35> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고확산 CFD	484

<그림 6-36> 지하 화재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션	484
<그림 6-37> 복합플랜트 빅데이터 시스템 개요	487
<그림 6-38> 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술 개요	506
<그림 6-39> 터널 형태의 지하 원자력 연구 실험 설비	513
<그림 6-40> 지하 화재 발생 확산 모델과 시인성 확보 거리	513
<그림 6-41> 정밀제어 기술이 적용된 복합플랜트 개념도	516
<그림 6-42> 스마트 복합플랜트 개념도	517
<그림 6-43> IO-Link를 사용한 자동화 시스템	517
<그림 6-44> 세계 스마트 팩토리 기술/시장 전망	520
<그림 6-45> (중점 3) 과제구성	528
<그림 6-46> 지자체 공무원 대상 복합플랜트 도입 저해요인 설문조사 결과	530
<그림 6-47> 세종시 사업 대상지역	531
<그림 6-48> 세종시 제로에너지 스마트도시 조성 개념도	532
<그림 6-49> 세종시 수질복원센터 운영 계획	532
<그림 6-50> 자원 순환형 폐기물 중합관리체계	533
<그림 6-51> 실증 후보지 제공 관련 지자체 LOI	535
<그림 6-52> 실증 플랜트 전체 처리 계통도	536
<그림 7-1> 사업 추진체계 구성	551
<그림 7-2> 사업관리 전략	562
<그림 7-3> 신시장 창출형 무빙타겟 제도 사례	563
<그림 8-1> 혁신성장동력 추진계획 본 사업 관련 분야	596
<그림 8-2> 사업 추진체계 구성	601
<그림 8-3> 산업통상자원부와 플랜트 R&D 협의 진행	604
<그림 8-4> 사업기획 추진체계	605
<그림 8-5> 국내 도시화율	607
<그림 8-6> 기후행동추적으로부터 불충분 판정을 받은 한국의 INDC	608
<그림 8-7> 국내 플랜트엔지니어링 산업 경쟁 상황	612
<그림 8-8> 플랜트 프로젝트 수행시 국내·외 기업의 주요 사업 영역 비교	612
<그림 8-9> 몬트리올 언더그라운드 시티와 뉴욕 로라인 프로젝트	615
<그림 8-10> 국내 공간계획체계와 본 사업 관련 법률	621
<그림 8-11> 행복도시법을 통한 실시계획 인가 의제처리	623
<그림 8-12> 규제 샌드박스 3종 제도, 신청 요건 및 절차	625
<그림 8-13> 사업기획 추진체계	633
<그림 8-13> 본 사업기획 추진방향 설정 프로세스	644
<그림 8-14> 학위 및 기술자격별 인력 동향	647
<그림 8-15> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요	654
<그림 8-16> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요	655
<그림 8-17> 플랜트 안전사고 플랫폼 구성	661
<그림 8-18> 플랜트 안전사고 대응을 위한 위험성 평가표 예시	662
<그림 8-19> 경제성 분석 주요 검토 항목	669
<그림 8-20> 세부 편익 및 비용 항목	670
<그림 8-21> 경제성분석 절차	671
<그림 8-22> 경제성분석 과정 개략도	671

제1장 사업개요 및 추진 필요성

제1장 사업개요 및 추진 필요성

제1절 사업개요

1. 추진사업 개요

- (사업명) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구
- (사업예산) 총 4,738.6억 원 (국고 3,317.2억 원, 민간 1,421.4억 원)
- (사업기간) 2020년 ~ 2026년 (총 7년)
- (사업추진 주체) 국토교통부/국토교통과학기술진흥원
- (사업 목적) 친환경 미래 도시 인프라 구축을 통한 각종 사회문제 해결 및 에너지·환경 플랜트 시장 대외 경쟁력 강화
 - 지하 복합플랜트 건설 핵심 기술 개발 및 실검증을 통한 Track Record 확보
 - 친환경 복합플랜트 사업모델을 통한 사회문제 해결 및 신산업 동력 확보
- (주요 내용) 3개 중점분야와 7개 세부과제로 구성
 - 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축
 - 복합플랜트 부지 인근 주민의 편익을 증진하기 위해 지하공간을 최대한 경제적·효율적으로 활용하기 위한 설계·시공 기술과 사회적 수용성 제고 방안 개발
 - 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축
 - 지하 복합플랜트의 통합관리(에너지, 자원, 환경, 안전 등) 및 도시의 에너지/자원 네트워크와 연계된 효율적 운전(수요, 생산, 거래 등)을 위한 통합운영 플랫폼 개발 및 운영 솔루션 확보
 - 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증
 - 복합플랜트의 도시 단위 실증을 통한 통합솔루션(설계, 시공, 운영)을 확보함과 동시에 복합플랜트를 활용한 사업모델 개발 및 시장 확대를

위한 사업기획, 사업평가 방안 등 수립

□ 기대 효과

○ 과학기술적 효과

- 핵심기술 개발 및 실증을 통한 플랜트 고부가가치 기술력 및 경쟁력 강화
- ICT 기반 플랜트 운영 및 유지관리 기술 확보로 4차 산업혁명 선도
- 플랜트 분야 뿐만 아니라 도시계획, 지하공간 활용, 에너지, 환경, ICT 등 연관기술과 융복합 후속 R&D로 파급

○ 사회경제적 효과

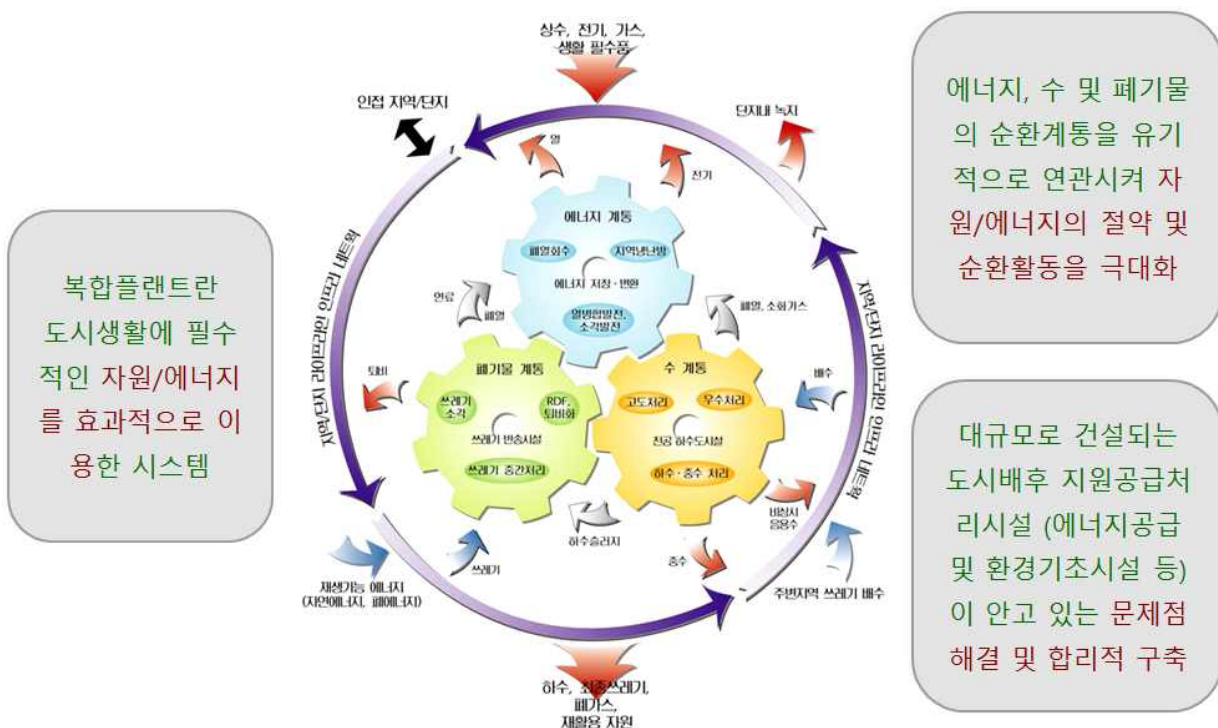
- 기피시설 주민 반대 극복으로 사회적 손실 방지
- 신사업 모델 창출로 에너지·환경 플랜트 경쟁력 제고
- 복합플랜트 운영 최적화를 통해 에너지 생산량과 처리효율 비용저감 효과 기대
- 복합플랜트 사업 수주 확대를 통한 고용촉진효과

2. 사업의 정의 및 범위

2.1 관련 용어의 정의

□ 도시기반 복합플랜트

- 에너지와 수자원 및 폐기물 등 인간이 도시생활을 영위하기 위해 필수불가결한 요소인 자원과 에너지를 효과적, 합리적으로 이용하기 위해 구축되는 도시기반 자원과 에너지의 공급 및 처리시설의 일종
- 에너지와 수자원 및 폐기물의 순환계통을 유기적으로 연관시켜 도시 내에서 소비, 배출되는 자원과 에너지의 절약 및 순환활동을 극대화함으로써 자연에 미치는 환경부하를 최소화
- 지금까지 대규모로 건설되어온 도시 배후 공급 및 처리시설(에너지 수급 시설 및 환경기초시설 등)이 안고 있는 제반 문제점을 근본적으로 해결하기 위해 구축되는 중·소규모의 분산형(On-site) 복합시설



<그림 1-1> 도시기반 복합플랜트의 기본 개념

□ 지하공간 활용 정의

- 지표수준을 경계로하여 지상공간과 대칭되는 개념으로서 임의의 목적을 위하여 자연 지표면 하부에 인위적으로 형성한 공간자원으로 정의하는

단편적 사고를 극복하고 지금까지 소홀하였던 도시공간 자원인 지하공간을 미래도시 공간의 통합과 재생을 위한 활용을 통해서 개별적이고 단편적인 개발이 아닌 도시 전체적인 공간을 효율적으로 이용하는 공공 공간자원으로 활용

- 도시 지하 대공간 활용을 통하여 항온·항습·기밀·차음·차광성의 우수성에 바탕하여 자연재해 안정성, 신재생에너지를 통한 에너지 절감과 재생 지속가능성, 주변 경관과의 조화를 통한 효율적 국토자원 이용, 혐오시설의 지하화를 통한 도시미관증진, 시설물의 기능적 광역성, 지상-지하 연계 교통통신 효율성 등의 장점 보유
- 국가의 저탄소 녹색성장 정책과 부합하고 또한 자연순환적 기능(에너지 및 물순환, 자연재해 대응)을 갖는 지상-지하 대공간 Complex 계획은 지속 가능한 미래의 도시 건설기술로 평가되며, 새로운 인프라공간의 제공을 통하여 국민의 삶의 질 향상 욕구에 합당한 도시주거·상업·산업·환경 측면에서 새로운 복지 도시 건설 기술의 특징을 보유



<그림 1-2> 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 적용 조감도

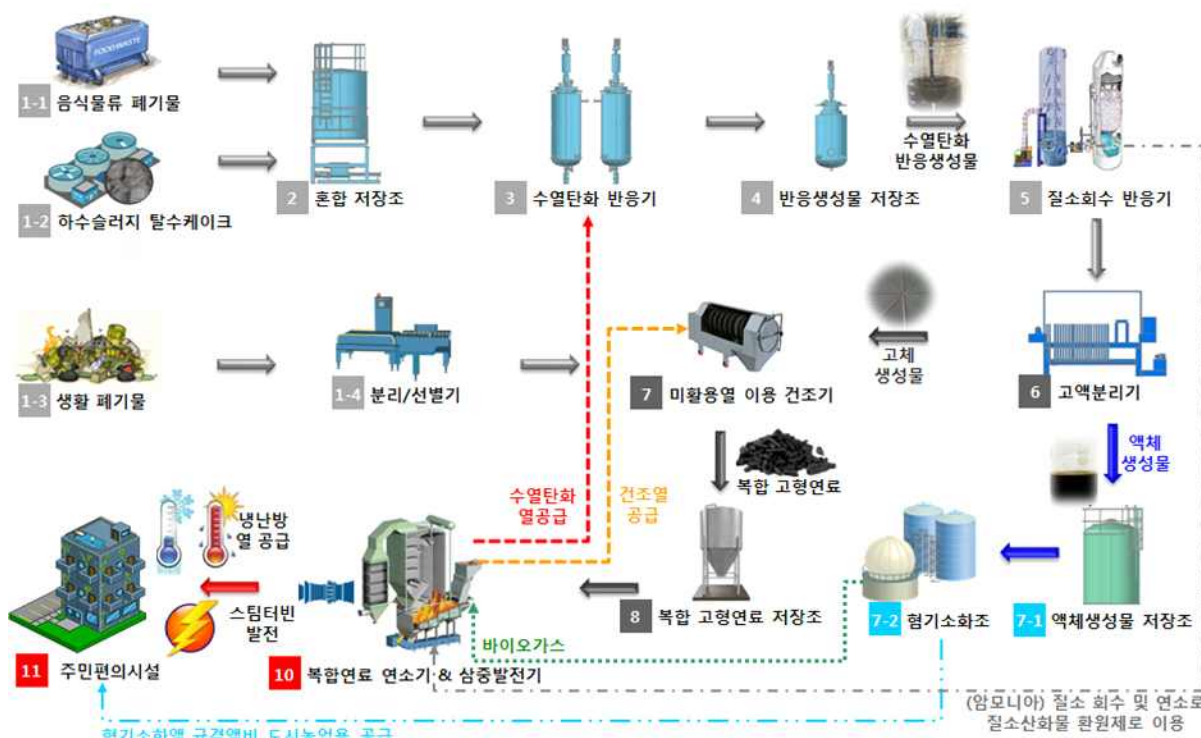
2.2 기술의 정의

□ (정의) 다양한 도시 폐자원을 하나의 사이트에서 상호연계된 연료 및 에너지 생산을 위한 시설로서, 복합플랜트의 지하화 건설과 안전성 및 유지관리 효율화를 극대화하고 다양한 사업 모델을 확보하는 기술

○ 다양한 폐자원을 하나의 플랜트에서 에너지로 재생산할 수 있는 지하 복합 플랜트 기술 개발로 도시에너지 자립 추진

- 폐자원-물-에너지 순환 복합플랜트 기술 개발로 생활 및 음식물 쓰레기, 하수슬러지 등의 폐기물 처리와 에너지 생산을 동시 실현
- 복합플랜트 지하화 기술 개발 등을 통해 지상공간을 편익시설로 제공하여 환경친화형 플랜트 건설 실현

□ (복합플랜트의 최대 에너지 생산 공정) 2종 이상의 도시기반 폐기물로부터 에너지 생산 및 자원의 선순환 시스템 구현을 위해 가연성 폐기물을 활용한 에너지 생산 최대화 공정 구현



<그림 1-3> 복합플랜트의 에너지 생산 공정 개요

○ 복합 유기성폐기물을 활용한 전처리 장비로써 저에너지 소비형(250,000 kcal/kg-waste 이하) 열화학적 전처리 설비 적용

○ 환경부하 최소화를 위한 발생부산물 활용 연계 공정 적용: 자원회수를

통한 공정 내 재활용(De-NOx 공정의 환원제 활용)

- 부산물(고형연료) 활용 에너지 생산량 극대화
- 공정해석을 통한 미활용 에너지원 이용 복합연료 건조 기술
- 저공해 연소기 및 삼중발전 (전기+냉·난방) 기술

□ (기술적 이슈) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 사업의 기술적 애로사항은 플랜트의 지하화에 따른 공간적 제약 극복과 안전 확보 등이 핵심으로 파악됨

- 환경기초시설의 지하화를 통해 인근 주민과의 갈등을 극복할 수 있으나, 한정된 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 지하공간 확장 기술, 시설 소형·모듈화 기술, 안전 기술 필요
- 복합플랜트의 에너지 생산 및 폐기물 처리 최적 및 효율화를 위해 운영 아키텍처 및 솔루션 개발 필요
- 기 개발된 복합플랜트 통합공정의 상용급 Test Bed 실증을 통해 Track Record를 확보하고 기술의 대외 신뢰성 확보 필요

<표 1-1> 본 사업 기술적 이슈 및 문제점 분석

이슈, 문제점	기존 기술과 유사·차별성
제한된 지하공간의 효율적 활용	• 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 시설의 소형·모듈화 기술 • 지하 대공간 확장에 대한 어려움이 있어, 기존 지하화된 시설에 대한 연계 시스템 구축이 어려움 극복 필요
환경기초시설의 주민 반대 극복	• 도시확장에 따른 기존 환경기초시설의 도심지 편입으로 환경기초시설에 대한 주민 수용성 제고 필요
지하공간에 따른 플랜트 안전성 검증	• 밀폐구조의 지하공간에서 시설 및 공간에 대한 안전성 검증과 ICT 기반 안전 예측 솔루션 필요
플랜트 운영 최적 및 효율화	• 경제성이 낮은 환경 시설의 경제성 확보를 위한 ICT 기반에너지 생산 및 폐기물 처리 최적화 운영 기술 필요
에너지 및 폐자원 최적 거래 모델 확보	• 복합플랜트 운영을 통해 발생하는 전력, 열을 최적 거래하는 사업화 모델 필요
기술의 대외 신뢰성 확보	• 확보된 기술의 대외 신뢰성 확보를 위해 상용급 Test Bed를 구축하여 운영 및 검증 필요

2.3 사업의(R&D) 정의

◆ 본 사업은 플랜트 연구사업으로 진행되고 있는 “저탄소 도시지향 폐자원 순환 복합플랜트 핵심기술 개발” 연구의 후속 과제로서 개발된 복합플랜트 통합공정의 실증을 통한 상용화 기반 확보를 목적으로 함

□ (정의) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 건설에 요구되는 지하화 인프라와 운영 플랫폼 개발 및 복합플랜트 공정의 현장검증을 위한 Test Bed 구축 기술 고도화 공공기술 R&D 사업

○ (기술검증 및 실용화) 핵심기술의 검증·실증을 통한 현장적용과 실용화 추진, 실증실적을 기반으로 미래 고부가가치 신시장 창출

□ (목적) 친환경 미래도시 인프라 구축을 통한 각종 사회문제 해결 및 에너지·환경 플랜트 시장 대외 경쟁력 강화

○ (사업목표) 복합플랜트 기술의 상용화와 실검증을 통한 기술 고도화 및 고부가가치 신사업 모델 창출

□ (범위) 본 사업은 실증형 기술개발사업으로 복합플랜트의 지하공간 건설기술, 운영 플랫폼 기술, 실증을 통한 사업 모델 기획을 범위로 함

○ (중점분야 1) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축

- 대규모 복합플랜트를 도심지 지하에 안전하게 건설하고 운영하기 위한 지하공간 활용 및 복합플랜트 소형화·모듈화 기술 개발

○ (중점분야 2) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 운영 Platform 구축

- 지하 복합플랜트의 운영 시 발생하는 환경영향, 재난 대응, 운영 효율화를 위한 플랫폼 구축 및 운영 솔루션 개발

○ (중점분야 3) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증

- 복합플랜트의 Test Bed 구축 및 실증을 통한 통합 사업 수행 프로세스 개발 및 사업성 확보 방안 도출과 함께 이를 이용한 다양한 서비스 사업 모델 확보

□ (타겟시장) 노후화 및 처리량 부족, 도심지의 확장 등으로 인해 시설 개선이 필요한 기존 환경 기초 시설과 스마트 시티의 에너지·환경 인프라 시장을 타겟 시장으로 설정

- 신도시 개발, 도시 리모델링, 노후 환경기초시설 현대화 등 도시 개발 계획과 연계하여 새로운 비즈니스 모델 창출 기대
- (국내) 구도심의 확장으로 도심지에 편입된 노후 환경 기초시설의 개선, 3기 신도시, 세종시 등 인구의 증가로 인해 기존 환경 기초시설의 용량 증대 또는 신규 건설 시장 적용을 타겟으로 설정
- (해외) 아시아·태평양 지역을 중심으로 급격하게 성장하고 있는 스마트 시티 에너지·환경 인프라 시장 진출을 타겟으로 설정
- 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진
- 아시아 지역은 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발로 스마트시티 구현
- 특히 아시아·태평양 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대

□ (파급효과) 3,109.8원의 생산 유발효과와 1,222.5억 원의 부가가치 유발효과, 1,754명의 취업 유발효과 및 2,122.3명의 고용 유발효과를 나타낼 것으로 기대

○ 과학기술적 효과

- 핵심기술 개발 및 실증을 통한 플랜트 고부가가치 경쟁력 강화
- ICT 기반 플랜트 운영 및 유지관리 기술 확보로 4차 산업혁명 선도
- 플랜트 분야 뿐만 아니라 도시계획, 지하공간 활용, 에너지, 환경, ICT 등 연관기술과 융복합 후속 R&D로 파급

○ 사회경제적 효과

- 기피시설 주민 반대 극복으로 사회적 손실 방지
- 신사업 모델 창출로 에너지·환경 플랜트 경쟁력 제고
- 복합플랜트 운영 최적화를 통해 에너지 생산량과 처리효율 비용저감
- 복합플랜트 사업 수주 확대를 통한 고용촉진효과

2.4 관련 산업 분야

◆ 본 사업과 관련된 산업분야로 플랜트, 폐자원 에너지화, 지하공간 활용, 스마트시티를 선정하여 관련 산업의 정의와 범위를 설정하고 향후 환경분석에 활용

가. 플랜트 건설 분야

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

<표 1-2> 플랜트 건설기술 공정별 분류 및 범위

구분		내용	비고
PP (프로젝트기획)	시장분석	시장조사, 시장예측, 경쟁분석	본 기획 과제
	기술분석	기술조사, 기술예측	
	투자타당성 분석	비용산정, 기술-경제성 분석, 경제성 분석	
		재무 분석, 환경영향 분석, 운전/유지보수 분석	
EPC	E(설계)	설계/해석	선행 과제
		개념설계 : Conceptual Design Package	
		기본설계 : Basic Design Package(BDP)	
		FEED: FEED Package	
		상세설계(3D, 4D, 5D), 시공서, 시공성 분석	
		공정해석, 정적해석, 동적해석, 시뮬레이션	
		RAM 분석, 위험 분석, 안전성 분석	
	P(조달)	조달	구매, 자재 관리, 발주, 계약, 검사, Expediting
	C(시공)	시공	
PM (프로젝트 관리)	관리	설계관리(EM), 구매관리(PM), 건설관리(CM), 설계관리(EM), 위험관리(RM), 정보관리	
O&M (운영 관리)	운영	운전, 관제, HSE	본 기획 과제
	유지보수	유지보수, 공정감시	
	해체	해체	

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

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

- 본 기획은 플랜트 공종 분류 기준으로 발전, 수자원, 환경 플랜트의 융·복합을 목적으로 하고 있음
- 연구·기획, 타당성조사, 유지·보수 등 일부 엔지니어링 공통 기반 기술을 개발하여 고부가가치 분야 역량 강화를 목적으로 함

<표 1-3> 플랜트 공종별 분류

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

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

나. 폐자원 에너지화 분야

○ (정의) 폐기물을 가공, 처리하여 얻어지는 고체, 액체 또는 기체 형태의 연료와 이를 연소 또는 변환시켜 에너지를 회수하는 형태의 과정

- 3R(Reduce, Reuse, Recycle) 이후 매립·소각·해양 배출 되는 가연성 폐기물 및 유기성 폐기물과 매립가스·산업폐가스 등을 열화학적 또는 생물학적 방법으로 열, 전력, 수송연료 등으로 에너지화 하는 기술

○ (범위) 폐자원 에너지화 산업은 가연성 폐자원 에너지화와 유기성 폐자원 에너지화로 분류

- 가연성 폐자원 에너지화 : 가연성 폐기물 등을 열화학적 및 생물학적인 방법으로 열, 전력 등의 에너지로 전환
- 유기성 폐자원 에너지화 : 유기성 폐기물의 생물화학적인 전환이나 폐플라스틱과 같은 폐화학제품의 화학전환 등에 의하여 화학연료 및 수송연료 등의 에너지로 전환

- 본 기획은 폐자원 에너지화 산업 분류 기준으로 유기성 폐자원 에너지화의 바이오가스화 산업, 가연성 폐자원 에너지화의 고형연료 제조, 가스화, 소각여열 회수 이용 산업 범위에 해당

<표 1-4> 폐자원 에너지화 산업별 분류

구분	세부 구분	범위
유기성 폐자원 에너지화	바이오가스화 산업	• 하수슬러지/음식물쓰레기/축산폐기물 가스화 • 바이오가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
	매립지가스회수 이용 산업	• 매립지가스 회수 • 매립지가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
가연성 폐자원 에너지화	고형연료 제조 산업	• 전처리(파쇄, 선별) • RDF (비성형 포함), RPF, WCF, TDF • 정제, 전용 보일러, 열병합 발전
	열분해 산업	• 전처리(탈염화수소) • 열분해(탄화 포함) • 열분해가스 및 열분해유 정제 • 디젤엔진 발전
	가스화 산업	• 전처리(파쇄, 선별) • 가스화 • 합성가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
	소각여열 회수 이용 산업	• 스팀제조, 스팀발전, 열병합 발전

자료 : 「폐자원에너지화 산업 해외진출 실무 가이드북」, 한국환경산업기술원 (2013.12)

- 폐자원 에너지화 시설은 소각여열 회수시설, 매립가스 활용시설, 가연성폐자원 에너지화시설, 유기성폐자원 에너지화시설로 분류
- 본 기획은 소각여열 회수시설, 가연성폐자원 에너지화시설, 유기성폐자원 에너지화시설의 복합화를 목적으로 하고 있음

<표 1-5> 폐자원 에너지화 시설별 분류

구분	시설명	시설정의
소각여열 회수시설	소각시설	• 가연성폐기물을 소각하는 시설 및 발생된 소각 열을 회수하여 에너지를 활용 및 공급하는 시설
매립가스 활용시설	매립시설	• 폐기물을 최종 매립하는 시설 및 매립가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
가연성폐자원 에너지화시설	고형연료제품 제조시설(SRF제조)	• 고형연료제품을 제조하는 시설
	고형연료제품 사용시설(SRF사용)	• 고형연료제품을 사용하여 에너지를 생산·이용하는 시설

<표 1-5> 폐자원 에너지화 시설별 분류

구분	시설명	시설정의
유기성폐자원 에너지화시설	음식물류폐기물 바이오가스화 시설	•음식물, 음폐수를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	가축분뇨 바이오 가스화 시설	•가축분뇨를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	하수슬러지 바이오가스화 시설	•하수슬러지를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	병합 바이오가스화 시설	•2개 이상의 유기성폐자원을 병합 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

다. 지하공간 활용 분야

- (정의) 경제적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 교통, 유통, 역사 등 서비스 공간과 문서, 폐기물, 유류저장탱크 등의 보관·저장 시설 등 활용의 목적으로 인공적으로 조성된 공간 자원
- (범위) 국내에서는 지하공간의 물리적 깊이에 따라 천심도, 저심도, 중심도, 대심도로 분류
 - 본 기획은 분류상 중심도 및 대심도에 적용을 목적으로 하고 있음
 - * 분류상으로는 대심도에 해당하나 입지에 따라 중심도에도 적용 가능

<표 1-6> 지하공간 유형별 분류

구분	내용
천심도 (4.5m 이내)	•전기선, 통신선, 상·하수도관, 가스관, 냉난방배관 등 공급처리시설 및 공동구로 수용 가능한 간선관로계
저심도 (4.5m~20m)	•지하보도, 지하광장, 지하상가, 지하주차장 등
중심도 (20m~40m)	•지하철도, 지하도로 등의 도시교통시설, 지하철 등 광역시설과 연계된 공급처리 시설
대심도 (40m 이상)	•발전·송전시설, 정보 네트워크시설, 특수시설(지하하천, 폐기물처리장 등)

자료 : 「도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책제언」, 한국환경정책·평가연구원 (2013.11)

라. 스마트시티 분야

- (정의) 인적자원과 환경, 에너지, 교통, 도시인프라 등 도시 관련 모든

자원에 첨단 ICT를 활용하여 지속적인 경제발전과 삶의 질 향상을 실천하는 미래형 도시

○ (범위) 스마트시티를 구성하는 요소는 크게 인프라, 데이터, 서비스로 구분되며 세부적으로 7계층으로 구성

- 인프라는 도시 및 ICT 기술, 공간정보 인프라를 포함한 물리적, 기술적 인프라
- 데이터는 IoT 기술을 기반으로 하여 도시 내 모든 인프라와 사물에서 발산하는 데이터의 자유로운 공유 및 활용 지원
- 서비스는 수집된 데이터를 바탕으로 실제 활용 가능한 품질 및 지능서비스를 개발하여 시민이 주도적으로 활용 가능한 환경 조성
- 본 기획은 스마트시티 구성요소 기준으로 도시 인프라, IoT, 알고리즘&서비스에 해당

<표 1-7> 스마트시티 구성요소

구분	세부 구분	주요내용
인프라	도시 인프라	• 도시의 하드웨어인 기본적인 도시기반시설의 발전
	ICT 인프라	• 유무선 통신망과 전자정부 구축 등 정보사회의 기틀 마련
	공간정보 인프라	• 현실공간과 사이버공간 융합을 위해 공간정보의 핵심 플랫폼 조성 • 초정밀지도, 3D지도, GPS 등 위치측정 인프라 구축 및 인공 위성 활용 등
데이터	IoT	• 도시 내 각종 인프라와 사물을 센서기반으로 네트워크에 연결
	데이터 공유	• 협의의 스마트시티 플랫폼으로, 분야간 경계를 넘어선 융합 혹은 연계 서비스를 통한 데이터의 자유로운 공유 및 활용 지원
서비스	알고리즘 & 서비스	• 도시가 하나의 플랫폼처럼 기능할 수 있도록 데이터 공급이 원활하고 실제 활용 가능한 신뢰도 높은 지능서비스 개발 • 표준 제정 등 데이터공유를 위한 기술적 아키텍처 마련
	도시 혁신	• 도시문제 해결을 위한 아이디어 및 서비스가 가능한 환경 조성 • 정치적 리더십 및 사회신뢰 등의 사회적 자본이 작용하는 영역

자료 : 「미국의 스마트시티 지원 정책 및 시사점」, 산은조사월보 (2017.9)

- 본 기획 관련 스마트시티 분야로는 스마트 에너지와 스마트 기반시설이 있음

<표 1-8> 스마트시티의 분야

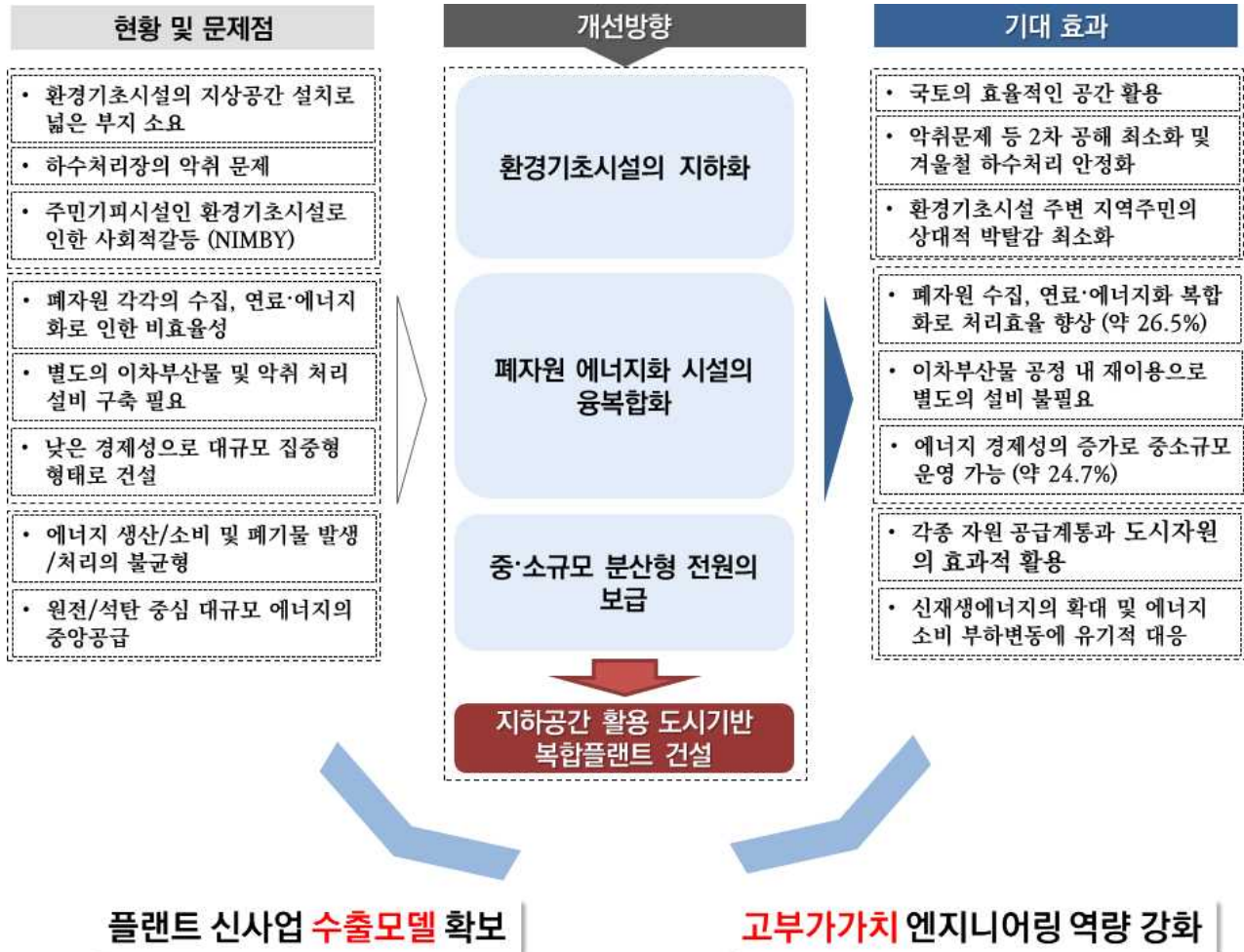
분류	정의
스마트 에너지	• 지능형 통합전송 · 전력분배에 대한 수요 대응을 위해 첨단 미터 인프라, 고전압 전송 시스템을 이용하여 디지털 기술 사용
스마트 빌딩	• 조명, 온도, 에너지 소비를 독립적으로 또는 최소한의 사람 개입으로 제어 · 관리하는 첨단 자동화 인프라
스마트 모빌리티	• 저공해자동차 및 다양한 운송 시스템과 같은 혁신적이고 통합된 기술 및 솔루션을 사용한 지능형 이동성
스마트 기술	• 스마트 그리드, 스마트 홈, 고속 광대역 연결 등으로 집, 사무실, 휴대폰 및 자동차를 단일 무선 ICT 플랫폼에 연결
스마트 헬스케어	• e-Health, m-Health 시스템과 지능형 연결 의료 기기를 사용하여 시민들의 건강, 웰니스, 웰빙을 장려하는 정책 시행
스마트 기반시설	• 에너지 그리드, 운송 네트워크와 같은 다양한 유형의 지능형 인프라를 관리, 통신 및 통합하는 지능형 · 자동화 시스템
스마트 정부	• 인센티브, 보조금 또는 기타 홍보를 통한 친환경 및 지능형 솔루션 채택을 지원하고 지원하는 정부 정책 및 디지털 서비스
스마트 보안	• 사람, 재산 및 정보를 보호하도록 설계된 비디오 감시, 공공 안전 LTE 및 관리 보안 서비스와 같은 기술 및 솔루션 포함
스마트 시민	• 일상적인 활동에서 스마트하고 친환경적인 솔루션을 채택하는데 관심을 가지고 있는 시민

자료 : 「도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책제언」, 한국환경정책·평가연구원 (2013.11)

제2절 사업추진 필요성

1. 사업추진 배경 및 필요성

- 본 사업을 통해 다양한 사회 문제 및 정책적 현안을 해결하고 플랜트 신사업 수출모델을 확보하고, 고부가가치 엔지니어링 역량을 강화할 수 있음



<그림 1-4> 본 사업의 추진 배경 및 필요성

1.1 혐오시설의 지하화

◇ 도시화로 인한 도심지의 확장으로 외곽에 위치한 환경기초시설이 도심지로 편입됨에 따라 환경기초시설의 지하화를 통해 갈등을 극복하는 사례 증가

□ (배경) 환경기초시설에 대한 님비현상으로 사회갈등 유발

○ (NIMBY 현상) 환경처리시설이나 장례시설 등이 필요하지만 자신의 집 주위에 설치하는 것은 반대하는 현상



울산 음식물처리시설 반대 시위('13.07)



안동 음식물처리시설 반대 시위('15.07)



인천 하수처리장 반대 시위('16.02)



서울 광진구 음식물처리시설 반대 시위('16.10)



이천 축산폐기물처리시설 반대 시위('17.10)



제주 하수처리시설 반대 시위('18.07)



세종시 하수처리시설 반대 시위('18.07)



청주 폐기물처리시설 반대 시위('18.11)



아산 음식물처리시설 반대 시위('19.04)

<그림 1-5> 환경기초시설로 인한 NIMBY 현상 사례

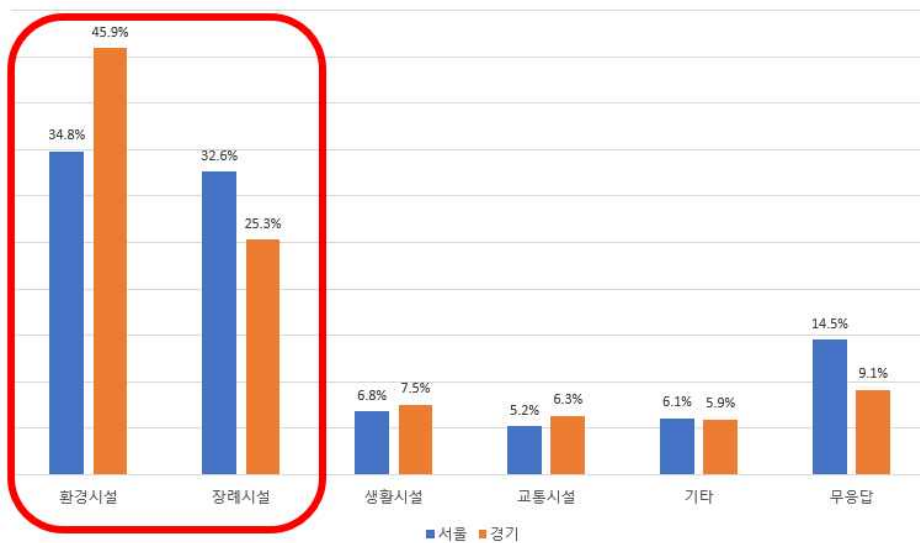
○ 주민기피시설과 관련된 지역갈등과 환경갈등이 사회갈등의 대다수를 차지하며 해결에 필요한 기간도 최장

- 한국은 OECD 29개국 중 7번째로 사회적 갈등 수준이며, G7 국가의 평균 사회적 갈등 수준까지 국내 사회적 갈등 수준이 하락한다면 실질 GDP 성장률은 약 0.3%p 상승 가능¹⁾



자료 : 「주민기피시설 해법, 성공사례에서 찾자」, 경기개발연구원 (2012.3)

<그림 1-6> 갈등의 종류별 건수 및 지속일수



자료 : 「주민기피시설 해법, 성공사례에서 찾자」, 경기개발연구원 (2012.3)

<그림 1-7> 설립 반대 기피시설 비율

○ NIMBY 현상으로 인한 경제적, 환경적 피해 심각

- 매립 또는 소각장 증설을 두고 환경 문제를 우려하는 주민과의 갈등으로 전국 자치단체의 쓰레기 산 235곳, 120만여ton 방치²⁾
- 중국 수입중단 및 불법수출 단속으로 국토 곳곳이 쓰레기 대란이나 넘비현상으로 매립·소각장·연료 재처리 시설 확충 지연 등 대책마련 시급

○ 기존 환경기초시설의 증설·개량의 필요 및 도심지로의 편입

- 신도시 조성이후 30년이 지나 주거환경 개선을 위한 주택 재건축, 지구단위계획 변경 등으로 하수량의 증가(약 3,000㎥ 이상) 예상
- 기존 환경기초시설의 노후화로 일부시설 개량(교체) 필요

1) 「사회적 갈등의 경제적 효과 추정과 시사점」, 현대경제연구원 (2016.11)

2) 환경부 (2019.3)

- 기존 도심의 확장으로 도시 외곽에 있던 혐오·기피시설의 도심지 편입(안양 박달하수처리장, 과천 자원정화센터, 난지 물재생센터 등)으로 새로운 갈등 야기



<그림 1-8> 기존 환경기초시설의 도심지 편입 예 (과천 자원정화센터)

<표 1-9> 수도권 환경기초시설 지하화 요구 민원 현황

지역	내용
서울시 서대문구	• 난지음식물처리장 악취 및 비산먼지 피해 방지를 위한 지역 주민 시설 지하화 요구 민원 다수 발생('19년)
경기도 수원시	• 수원시 음식물자원화시설 악취 피해 최소화를 위해 지역 주민 시설 지하화 추진 요구 민원 다수 발생('18년)
경기도 광주시	• 광주하수처리장 인근 악취 문제 해결을 위한 하수처리시설 지하화 요구 민원 다수 발생('18년)
경기도 파주시	• 파주환경순환센터 악취 문제 해결을 위해 현대화(시설 지하화) 계획('18년)

□ (해결 방안) 혐오시설인 생활폐기물, 음식물류폐기물, 하수슬러지 처리 환경기초시설 등의 지하 유치로 주민의 삶의 질 향상

- 기피시설 반대이유: 생활환경 불편, 미관 저해, 안전과 건강 우려 순
 - 상대적으로 교통시설과 생활시설은 받아들이나 환경시설과 장례시설은 기피
- 지상 설치가 어려운 하수처리시설, 폐기물처리시설 등의 님비(NIMBY) 시설 지하화로 국토 공간의 효율적 활용 및 사회 갈등 해결
 - 하수처리장의 수처리 과정에서 발생하는 악취 등 2차 공해를 근원적으로 해결하기 위해 지하 밀폐 시공함으로써 시각적·후각적 저해 요인을

최소화

- 겨울철 하수온도가 10℃ 이하로 떨어지면 미생물의 활동이 둔해져 처리효율이 떨어지는 문제를 지하화 함으로써 처리효율 안정화
- 하남 유니온파크, 용인 하수처리장, 안양 박달하수처리장의 경우 지하에 시설을 설치하고 지상에는 주민편의시설(공원, 체육시설 등)을 설치하여 주민들이 환영 (환경기초시설 주변 지역주민의 상대적 박탈감 최소화)
- 과천시 대규모 도시 개발(지식정보타운)에 따른 자원정화센터의 지하화 논의 활발



<그림 1-9> 지역 혐오시설의 랜드마크화 사례 (하남, 용인)

(참고) 국내외 지하환경시설 사례

1. 스톡홀름 Henriksdal

- 스웨덴 스톡홀름시의 지하에 터널형식으로 설치되어 있는 환경시설로서 1941년에 최초 설치되었으며 수차례에 걸쳐 시설개선 및 확장공사를 진행함. 하수처리량은 24만m³/일, 면적은 30만m², 18km의 터널을 이용하여 설치
- 하수처리 공정은 화학적처리 및 생물학적처리, 사여과 공정으로 구성되어 있으며 화학처리와 생물학적 처리에서 발생된 슬러지는 Anaerobic Digestion 시설을 통해 연간 13MNm³의 바이오가스를 생산하여 발전, 지역난방, 차량연료 등으로 공급 중. 또한 소화조에서 발생된 액비는 농업용 비료로 사용되고 있음



<그림 1-10> 스톡홀름 Henriksdal 지하환경시설

2. 국내 하남 유니온파크

- 세계에서 처음으로 시도된 하수 및 폐기물 지하 통합처리시설로 하남 유니온파크(위치: 하남시 신장동 241번지)가 있으며 2011년에서 착공되어 2015년에 완공된 시설임. 해당 시설은 폐기물/하수처리와 함께 냉난방 공급시설 및 주민친화시설이 구비됨
- 지상 주민친화시설
 - 105m 전망타워(배출시설)
 - 다목적 체육관, 야외체육시설, 어린이 물놀이시설, 잔디광장, 생태연못
- 지하 하수처리시설
 - 공공하수처리시설 : 32,000톤/일
 - 오수중계펌프장 : 110,000톤/일
 - 슬러지 건조시설 : 60톤/일
- 지하 폐기물 처리시설
 - 재활용품 선별시설 : 50톤/일
 - 음식물 자원화시설 : 80톤/일
 - 생활폐기물 압축시설 : 60톤/일
 - 소각시설 : 48톤/일
 - 적환장 : 4500m²



<표 1-10> 하남 유니온파크 지상·지하 시설

<표 1-11> 국내 지하화 에너지화시설 운영현황

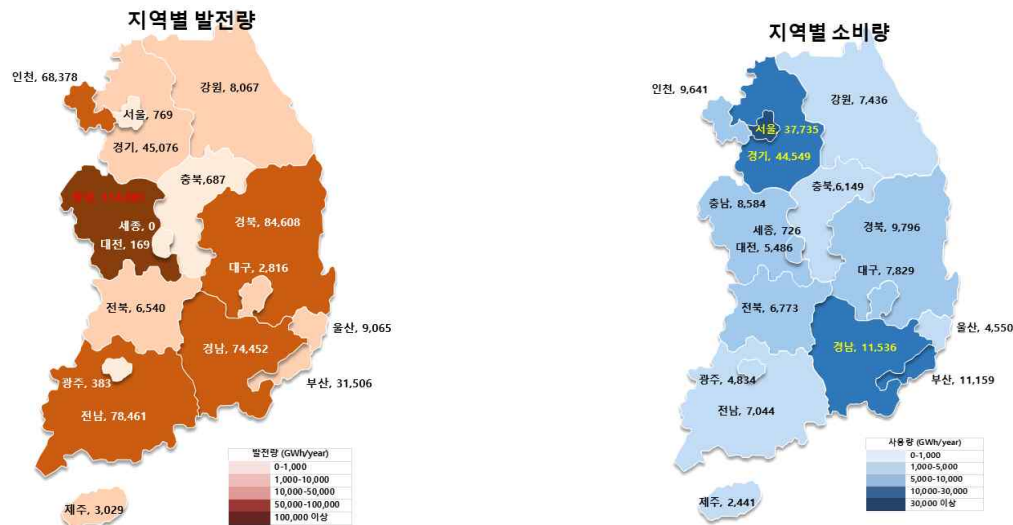
지역	시설명	시설종류	결과
경기 하남	유니온파크	하수처리시설	• 시민 휴식공간으로 이용, 민원 제로화
		소각시설	
		음식물자원화시설	
		재활용선별시설	
경기 안양	안양새물공원	하수처리	• 친환경 에너지 생산시설 로 변화, 지역갈등 해결
경기 용인	레스피아	하수처리	
		슬러지자원화시설	
		바이오가스화시설	
서울	중량물재생센터	하수처리	
경기 성남	판교수질복원센터	하수처리	
		오수중계펌프장	
경기 수원	수원시환경사업소	하수처리	• 철새도래지, 환경오염 전무
경기 김포	통진 레코파크	하수처리	• 시민 휴식공간으로 이용
경기 김포	고촌 레코파크	하수처리	
경기 시흥	월곶 에코피아	하수처리	
대구	음식물류폐기물 처리시설	음식물퇴비화시설	
		가축분뇨처리시설	
부산	수영하수처리장	하수처리	
광주	유덕사업소	건조사료화 시설	
		음폐수바이오가스화	

1.2 분산형 전원의 보급

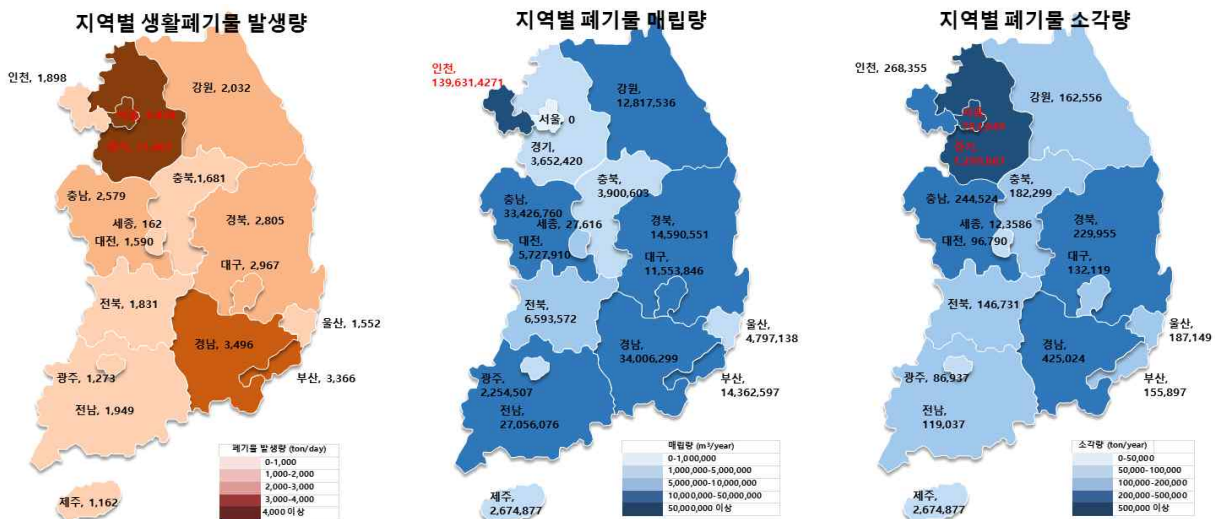
◆ 도시기반 중·소규모 분산형 전원의 배치로 폐기물 발생·처리와 에너지 생산·소비의 불균형을 해소하고 도시자원의 효과적 활용 가능

□ (배경) 분산형 열병합 발전과 폐기물 발생지 처리 원칙 요구 증대

○ 현재 폐기물과 에너지가 발생되고 생산되는 지역과 처리 및 소비되는 지역의 불균형으로 인한 사회적 문제 해결이 요구됨



<그림 1-11> 지역별 전력 발전량 및 소비량



<그림 1-12> 지역별 폐기물 발생량 및 처리량

- 서울·경기 지역은 가정·산업용 전기의 44.2%를 사용함에 반해 발전량은 8.7%로 대부분 인천 및 충남 지역에서 생산되는 전기를 사용하고 있음 ('15년 기준) → 분산형 열병합 발전 요구 증대

- 서울·경기 지역의 폐기물이 전국 발생량의 40.8%를 차지하고 있으나 매립장 보유율은 1.2% 수준으로 대부분 인천시에 위치한 수도권 매립지로 집결되어 처리 ('15년 기준) → 폐기물 발생지 처리 원칙 발생

□ (배경) 공급위주의 수동적인 에너지정책에서 수요관리 및 양방향거래 등의 능동적인 에너지정책 및 관리 패러다임의 변화

○ 전통적인 전력시스템의 경우, 대규모 발전에 따른 장거리 송전, 화석에너지 기반 전력생산에 따른 비효율성으로 에너지 절감에 구조적인 어려움이 존재

- 전력저장이 어려워 생산과 소비가 동시에 이루어져야 하기 때문에 수급 안정성을 위해 항상 여분의 전력 예비율을 확보해야하는 비효율 발생
- 자원 및 에너지의 장거리 반송에 따른 비효율 수반
- 송·변전 과정에서의 전력 손실량은 연간 8,352GWh로 약 9,148억원의 가치 ('17년 기준)³⁾

○ 미래 전력수급 환경의 불확실성 증대

- 이상기온에 따른 전력수요 예측의 어려움, 이에 따른 전력수급의 불확실성 증가
- 발·송전설비에 대한 님비현상 심화로 전력공급시설의 적기 확충 곤란

□ (해결 방안) 중·소규모 분산형 전원 배치로 지역별 폐기물 발생/처리 및 에너지 생산/소비의 불균형 해소와 안정적이고 친환경적인 에너지 공급

○ 최근에는 양적 팽창이 정점에 도달, 유가상승 및 지구환경차원의 규제 등으로 인해 기존의 도시외곽 대규모 용량의 독립적인 플랜트에서 도시기반 플랜트 건설로 패러다임의 변화 요구

- 현재 전력계통망은 테러 및 자연재해 등 외부 교란에 취약할 뿐만 아니라 수도권 송전선의 포화, 밀양 송전탑 건설사태 등과 같이 대규모 발전단지에 대한 주민들의 반대 등의 이유로 점차 중앙집권적 발전·송전 시스템을 고수하기 어려움
- 전력은 물론 가스와 열 및 각종 자원 공급계통을 포함하여 배열과 신재생에너지원, 폐자원 등 도시자원의 효과적 활용 가능

3) 「2018년도판 한국전력통계(제87호)」, 한국전력공사 (2018.6)

1.3 신재생에너지의 확대

◆ 폐자원에너지화 시설의 융·복합화로 자원/에너지를 절약하고, 폐자원의 순환활동을 극대화하여 정부정책과 기후변화에 대응 가능

□ (배경) 자원의 한계성 및 환경문제 등으로 신재생에너지의 수요 증가

○ 전 세계적으로 자원의 한계성 및 환경문제 등으로 에너지 공급체계, 신재생에너지 보급 확대 등의 에너지 공급 및 이용 패러다임이 에너지 확보차원에서 변하고 있는 상태

<표 1-12> 세계 1차에너지 원별 수요 전망(NPS)

(단위 : Mtoe)

구분	2016	2025	2030	2035	2040	비중		연평균 △(%)
						2016	2040	'16~40
1차에너지 수요	13,760	15,182	16,011	16,806	17,584	100.0	100.0	1.0
석탄	3,775	3,842	3,896	3,909	3,929	27.3	22.3	0.2
석유	4,388	4,633	4,715	4,764	4,830	31.9	27.5	0.4
가스	3,007	3,436	3,737	4,068	4,356	21.9	24.8	1.6
원자력	681	839	897	949	1,002	4.9	5.7	1.6
수력	350	413	459	499	533	2.5	3.0	1.8
바이오 에너지	1,354	1,530	1,630	1,721	1,801	9.8	10.2	1.2
기타 재생에너지	225	490	676	896	1,133	1.6	6.4	7.0

자료 : 「세계 에너지수요전망(WEO-2017)과 에너지수급 변화 요인」, 에너지경제연구원 (2017.12)

- 미래 1차 에너지 수요는 중국 등 비 OECD 국가의 수요 급증으로 에너지 자원 부족이 심화될 것으로 추정 ('16년 대비 '40년 에너지수요 30% 증가)
- 2040년 1차에너지 수요구조는 현재 대비 석탄 및 석유 기여도가 각각 5%p 및 4.4%p 감소하는 반면 가스 및 신재생에너지 기여도는 크게 신장될 것으로 전망되고 있음

○ 신재생에너지 산업은 중장기적으로 지속적인 성장 전망

<표 1-13> 주요국 신재생에너지 비중 전망

(단위 : %)

구분	미국		일본		중국		OECD 유럽	
	2011	2035	2011	2035	2011	2035	2011	2035
신재생 비중	5	13	3	13	9	10	9	21

자료 : 「제4차 신재생에너지 기본계획」, 산업통상자원부 (2014.9)

- 신재생에너지 투자액은 그동안 크게 늘어왔으며, 주요국은 장기적으로 신재생에너지 비중을 확대할 계획

* '04~'11 세계 신재생 투자액은 5배 증가, 누적투자액 1조달러(원자력 발전의 10배)

- 전세계적으로 빠르게 성장하는 신재생에너지 시장 선점을 위한 국내외 업체간 경쟁이 가열

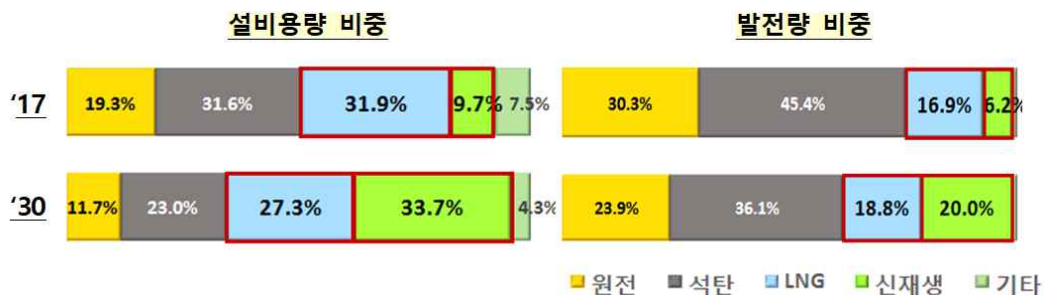
□ (배경) 정부의 에너지·자원 계획 개편

- (제8차 전력수급기본계획) 기후변화에 따른 화석연료 감축으로 신재생 에너지에 대한 관심 증가



자료 : 「제8차 전력수급계획」, (2017.12)

<그림 1-13> 제8차 전력수급기본계획 기본방향



자료 : 「제8차 전력수급계획」, (2017.12)

<그림 1-14> 전력 설비용량 및 발전량 목표

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

- (자원순환기본법) 자원순환 방안 촉진 및 업계 지원

- (배경) 매립되거나 단순 소각으로 처리되는 폐기물 중 에너지 회수가 가능한 폐기물이 56%로 자원낭비 심각
- (규제합리화) 순환자원인정제 도입, 재활용시설 설치 규제완화

- (자원순환 성과관리) 기술수준, 업종 특성 고려한 성과 관리 및 순환자원 사용 확대
- (재활용산업 육성) 순환자원 정보센터 운영 및 재정, 기술지원
- (매립소각부담금) 재활용가능자원 단순 매립 소각을 줄이고 선순환 유도

□ (해결 방안) 자원/에너지의 절약 및 순환활동 극대화로 친환경 에너지 비중 확대

○ 도시기반 에너지 시설의 연계 및 융·복합화를 통해 에너지 수급의 불균형과 반복되는 전력난 해소에 기여

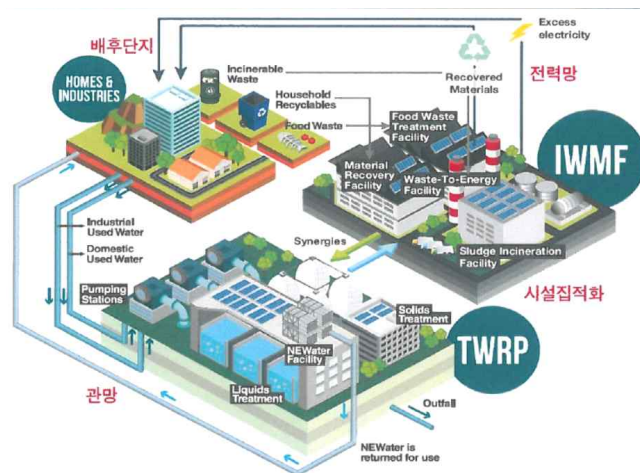
- 에너지, 물 및 폐기물의 순환계통을 유기적으로 연관시켜 자원/에너지의 절약 및 순환활동 극대화
- 신재생에너지(지열 등)를 접목하여 친환경 에너지 비중 확대

○ 도시에서 발생하는 폐기물을 도시 외부로 반출하지 않고 도시 내부에서 에너지로 활용

- 폐기물로부터 도시에너지의 안정적 공급을 통해 화석연료 사용을 줄이면서 안정적인 열 및 전력 생산에 기여가 가능

(참고) 싱가포르 WEW NEXUS 플랜트

- 싱가포르에서는 물재생센터와 통합 폐기물 처리시설을 복합화하여 친환경 에너지 생산, 폐기물과 수처리 집적화로 비용절감, 시너지 극대화의 효과 창출을 위한 WEW NEXUS 플랜트를 설계 및 사업자 선정 중에 있음
- (TWRP) Tuas Water Reclamation Plant, 물재생센터
- (IWMF) Integrated Waste Management Facility, 통합폐기물 처리센터
- 현재 컨셉단계로 설계 및 사업자 선정 중



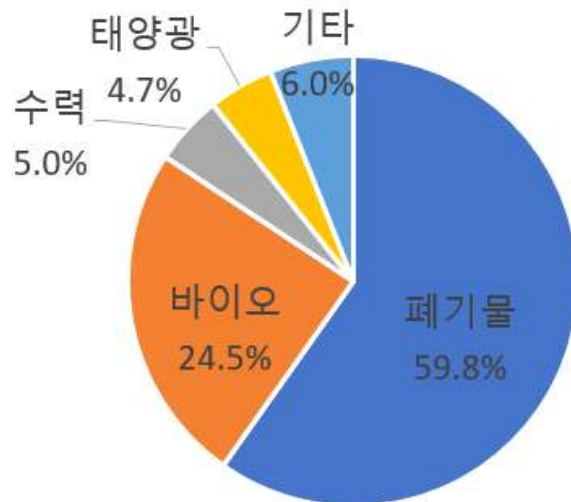
<그림 1-15> 싱가포르 WEW NEXUS 처리과정

1.4 폐자원 산업의 패러다임 변화

◆ 폐자원에너지화 시설의 융·복합화로 에너지 다소비 시설에서 에너지 재생산 시설로 패러다임을 전환하고, 시설 경제성 대폭 강화 가능

□ (배경) 폐기물의 기존 단순 소각·매립에서 벗어나 자원화 및 에너지화를 통한 자원순환사회 추진

- 기후변화가 가속화되고 에너지 자원의 무기화로 폐자원의 에너지화가 활성화되고 있음
 - 세계적으로 도시인구가 급속도로 증가하고 있는 추세에 따라 도시발생 폐기물은 2011년 20억 톤에서 2022년 29억 톤 까지 증가할 것으로 예상⁴⁾
 - 선진국을 중심으로 폐자원 에너지화 시장을 적극적으로 개발 추진 중
- 국내 신재생에너지 생산량(11,537천 toe/년) 중 폐기물 에너지의 비중이 약 59.8%(6,904천 toe/년)이고 바이오에너지가 24.5%(2,821천 toe/년)로 폐자원 및 바이오 에너지의 생산량이 다른 신재생에너지에 비해 압도적으로 많은 상황('14년 기준)



자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

<그림 1-16> 국내 신재생에너지원별 발전량 비중('14)

- 향후 국내 폐기물 배출량의 지속적 증가에 따라 폐기물 에너지 산업도 지속적 성장 예상

4) 「폐자원에너지화 산업 해외진출 실무 가이드북」, 한국환경산업기술원 (2013.12)

<표 1-14> 연도별 국내 폐기물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

구분		2011	2012	2013	2014	2015	2016
총계	발생량	373,312	382,009	380,709	388,486	404,812	415,345
	전년대비 증감율	2.2	2.3	-0.3	2.0	4.2	2.6
생활계 폐기물	발생량	48,904	48,990	48,728	49,915	51,247	53,772
	전년대비 증감율	-0.5	0.1	-0.5	2.4	2.7	4.9
사업장 폐기물	발생량	137,961	146,390	148,443	153,189	155,305	162,129
	전년대비 증감율	0.1	6.1	1.4	3.2	1.4	4.4
건설 폐기물	발생량	186,417	186,629	183,538	185,382	198,260	199,444
	전년대비 증감율	4.7	0.1	-1.7	1.0	6.9	0.6

자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

- 국내에서 발생하는 폐기물의 경우 재활용률이 약 82% 수준까지 증가하였으나 나머지 18%는 재활용에 의존할 수 없는 폐기물로서 매립·소각·해양배출 등의 방식으로 처리

<표 1-15> 폐기물처리시설별 생활폐기물 처리량('16)

(단위 : 천톤/년, %)

구분		계획 처리량	실제 처리량	처리율	시설수
계		10,048	11,641	86%	631
소각시설		5,574	4,751	85%	166
매립시설		-	2,988	-	185
재활용	소계	4,474	3,902	87%	280
	생활자원회수센터	1,235	899	73%	175
	음식물류폐기물 공공처리시설	2,093	2,069	99%	79
	가연성폐기물 연료화시설	513	419	82%	12
	유기성폐자원 바이오가스화시설	633	515	81%	14

자료 : 「2016 폐기물처리시설 설치·운영 실태 평가 결과보고서」, 한국환경공단 (2017.11)

※ 매립시설은 계획 처리량 및 처리율 분석에서 제외

- 국내 소각시설 중 소각여열을 활용하는 시설은 85개 시설로 전체 시설중

51% (미활용시설 81개)

- 국내 매립시설 중 매립가스를 활용하는 시설은 전체 185개 시설 중 9개 시설에 불과함
- 소각여열 회수 및 운용, 매립가스 활용, 사료/퇴비·고형연료제품(SRF)·바이오가스 생산 및 활용으로 폐기물 처리시설의 활용 확대 필요

○ 가연성 폐기물과 유기성 폐기물 처리간의 융·복합을 통해 기존 단독 플랜트보다 경제성의 향상 필요

- 기존 환경플랜트의 단순한 집합에서 유기적인 복합플랜트 구성에 의한 실효성 있는 환경적 경제적 시너지 효과를 만들어 내야함 (에너지 소모 절감 및 유가 자원 생산 증대 방안)
- 현재의 상황은 각각의 독립된 플랜트에서 발생하는 폐열에 대한 활용성을 저하시키고 2차 환경오염원을 발생

□ (배경) 하수처리시설의 에너지 다소비 시설에서 재생산 시설로의 패러다임 전환

○ 하수처리시설은 공공환경기초시설 중에서도 에너지 다소비 시설의 하나로 전체 하수처리시설에서의 연간 에너지 소비량은 1,129toe에 달하고 있으며, 하수도보급률 상승에 따라 에너지 소비량도 더욱 증가

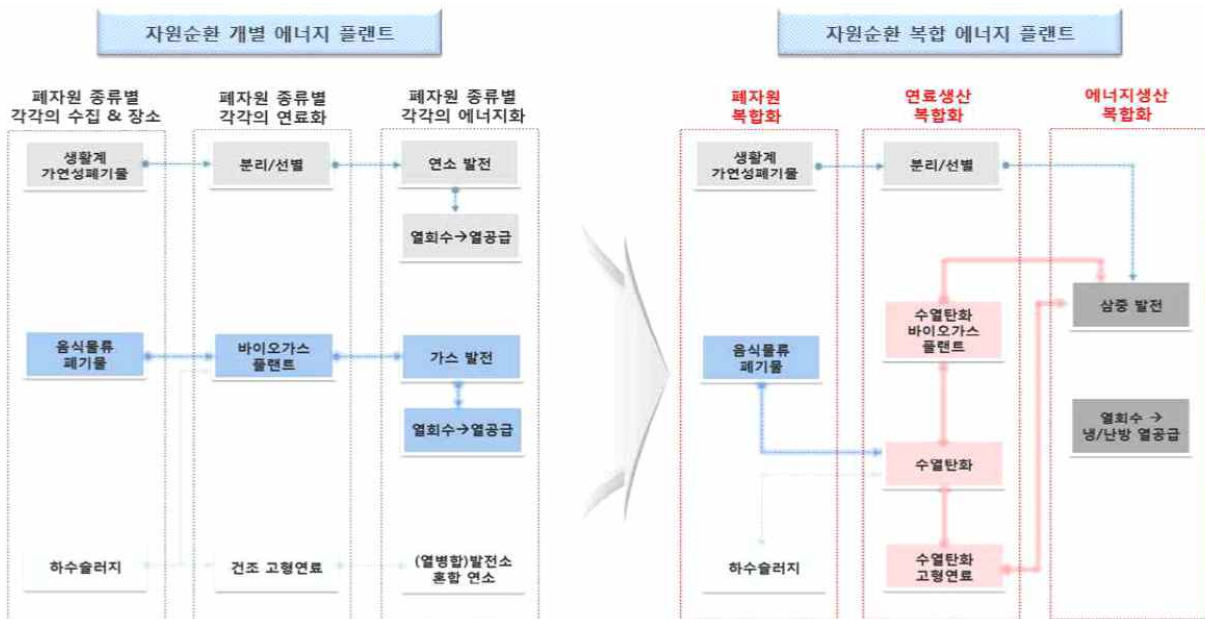
- 그간 우리나라 하수도 사업은 시설확충 및 처리효율(수처리, 악취, 하수찌꺼기 등의 처리공정상의 성능향상)을 높이기 위한 신기술 도입에 초점이 맞추어져 에너지 사용 효율성에 대해서는 미흡한 실정
- 현재 하·폐수 처리분야 가운데 가장 뒤떨어진 분야라고 할 수 있는 하·폐수 내 존재하는 유용 자원 재생 및 재활용 기술개발에 대해 정부의 적극적 지원이 필요 → 미래지향적 산업
- 하수처리과정(소화가스, 소수력발전, 하수열) 및 입지특성상 풍부한 에너지 잠재력을 보유
- 하수처리시설의 기능 확대 요구에 따른 저탄소, 녹색성장 및 기후변화에 대비한 에너지 자립화 및 온실가스 감축 필요

○ 하수처리기술은 환경공학(ET), 나노공학(NT), 바이오공학(BT), 정보통신공학(IT) 등 다양한 기술이 융합해야하는 기술로, 관련 분야 산업이 균형있게 발전 가능

- 에너지 고갈 및 지구환경 문제에 대처하기 위하여 하수처리시설에서도 에너지사용을 절감하고 하수처리과정에서의 부생물질의 자원화 및 미활용 재생에너지의 이용을 극대화하는 하수처리시설의 에너지자립화가 절실히 요구

□ (해결 방안) 도시기반 복합플랜트 개발로 산업 패러다임 변화에 대응

- 복합플랜트 에너지 순환구조를 통해 도시 내 가용자원(폐기물, 하수, 신재생에너지 등)의 효율적 활용으로 자원 및 에너지 손실을 최소화하면서 경제성 향상 가능



자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성을 위한 기본구상」, 국토연구원 (2016.12)

<그림 1-17> 도시자원 순환형 복합플랜트 개념

- 기존의 에너지 공급 플랜트 또는 환경 기초 플랜트는 각자 도시지역과 배타적 거리를 두고 대규모로 운영되어 재생가능 자원 및 에너지의 활용이 불가능
- 각각 환경플랜트 설비들의 운영에 의해 발생하는 부산물 및 유가 자원을 각 설비에 효율적으로 배분하여 적절한 처리를 통해 친환경적이고 경제적인 처리 시스템 활용 가능 (하수슬러지, 소각잔재, 여열, 하수열, 소수력, 바이오가스 등)
- 특히, 도시 내 공급/순환 가능한 에너지원(가스, 폐기물, 물, 신재생 에너지 등)에 대한 각각의 생산에너지(전력/열)별 기술 분류/생산량 검토와 함께 이종 에너지원 간 연계(온도대별 열에너지 활용 및 부산물

재활용 등)를 통한 에너지효율 증대/부산물 최소화 가능

- 도시기반 순환형 복합플랜트는 도시 내 가용자원의 효율적 활용(폐기물, 하수, 신재생에너지 등) 및 경제성 확보가 가능하며 도시 내 설치 가능한 분산/복합화된 에너지생산시설

<표 1-16> 기존 플랜트와 복합 플랜트의 특징 및 효과 비교

항목 (인구 2만명 기준)	기존 환경 플랜트	도시자원 순환형 복합플랜트
플랜트 특징 및 효과	• 폐기물 종류별로 특정 장소로 이송하여 종류별 연료 및 에너지화 • 환경에너지 플랜트 설치에 어려움이 많고 낮은 경제성으로 대규모 집중형 형태로 건설됨 • 에너지 소비 부하변동에 대응 어려움 • 별도의 이차부산물 및 악취 처리 설비 구축 필요	• 폐기물 종류를 하나의 장소에 이송하여 복합플랜트에서 통합 연료 및 에너지화 • 중소규모에서 운영이 가능하여 경제성 확보 가능 • 에너지 소비 부하변동에 유기적 대응 가능 • 이차부산물 공정 내 재이용 별도의 악취 처리설비 불필요
잉여 에너지 생산량 (Gcal/일)	13.46 (이차부산물, 악취 처리 별도)	17.04 (26.5% 향상) (이차부산물, 악취 처리 포함)
에너지 경제성 (이익, 백만원/년)	894 (이차부산물, 악취 처리 별도)	1,115 (24.7% 향상) (이차부산물, 악취 처리 포함)
온실가스 저감 효과 (ton-CO ₂ /년)	1,875	2,466 (31.5% 향상)

자료 : 「국토교통과학기술진흥원 소식지 2017 Fall.Vol.08」, 국토교통과학기술진흥원 (2017.10)

※ 계산 근거

* 2014년도 전국 폐기물 발생량 및 처리현황/인구통계, 2014년도 전국 하수도 통계/인구통계

* 발전 및 열 효율은 기존 플랜트와 복합플랜트 동일하게 적용 (연료기준 대비 에너지 효율 80%)

* 에너지 경제성 : 폐자원으로부터 생산된 잉여에너지 (생산에너지 - 소비에너지) 가치만 산정

* 온실가스 저감 효과는 발전용 무연탄 및 LNG 대체 효과 산정

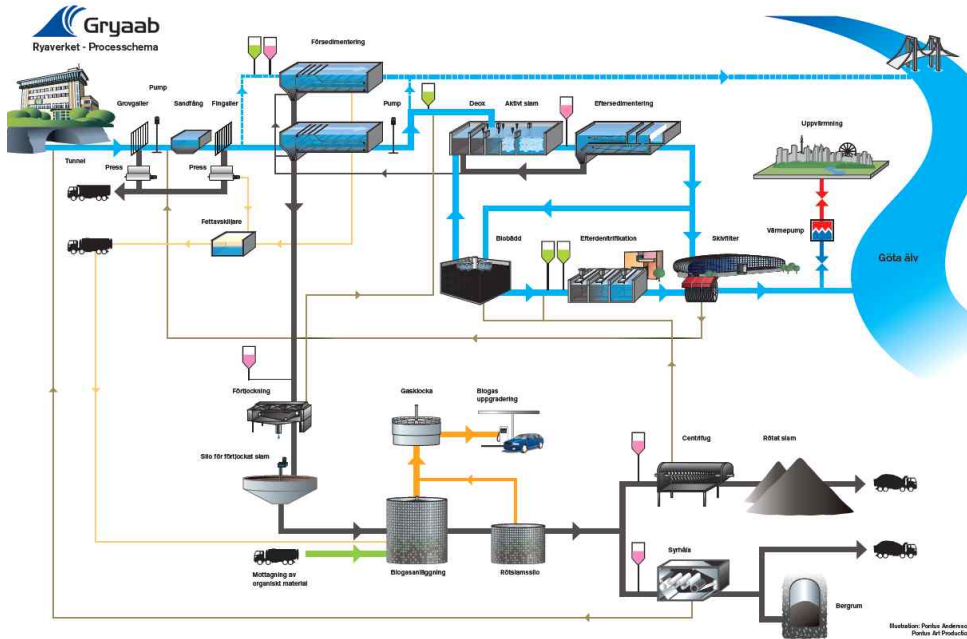
* 1인당 발생 폐기물 (kg/인·일)

- 도시 생활 폐기물 발생량 1.13kg (음식물류 제외 생활계 가연성 폐기물 0.7kg, 음식물류 폐기물 0.24kg, 하수슬러지 케이크 0.19kg)

(참고) 스웨덴 예테보리시 가연성·유기성 폐기물 복합플랜트 운용 사례

1. Gryaab 플랜트

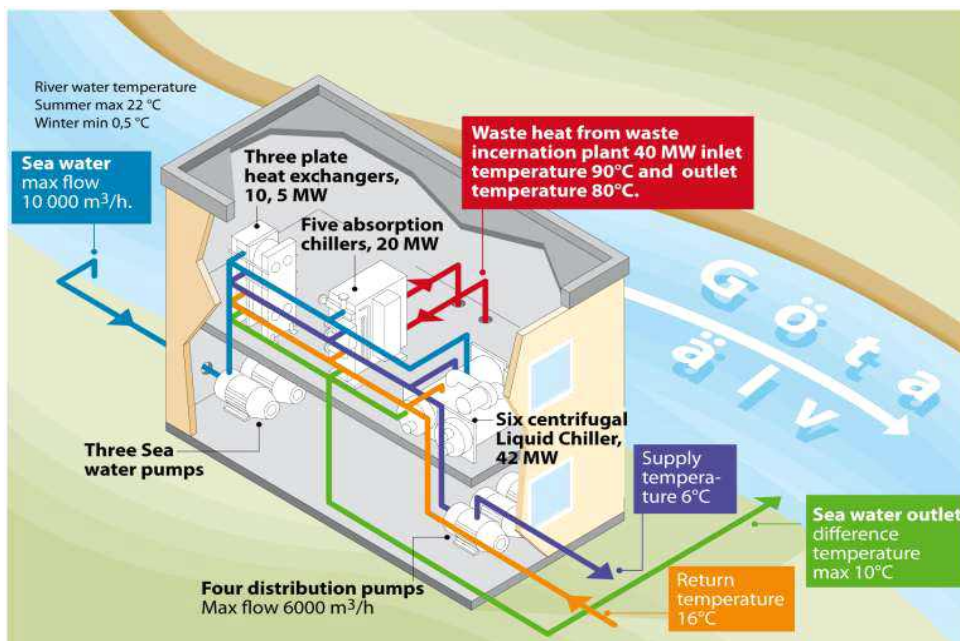
- Gryaab의 하수처리 플랜트는 생활하수, 산업폐수, 침투수 등을 처리하는 플랜트로 140Mm³/year (2012년 기준)의 하수를 처리하고 있으며, Gryaab 복합플랜트에서 하수처리와 관련되어 바이오가스 67.3GWh, 순 생산 열 330GWh (2012년 기준)을 생산하고 있음
- 아래의 그림은 Gryaab 복합 플랜트에서의 물질흐름을 보여주고 있음. 하수의 전처리 과정에서 바이오 가스 생산에 필요한 원료를 공급하고 있고, 처리된 하수로부터 열을 생산하여 Rya 플랜트에 공급하는 복합플랜트 구조



<그림 1-18> Gryaab 복합플랜트 에너지 생산 흐름도

2. Rosenlund 플랜트

- 하천수의 미활용에너지, 소각로 폐열을 이용하여 지역냉방에 냉수 공급
- 아래의 그림은 복합플랜트에 구성, 용량 및 열 흐름을 도시함. 이 플랜트의 SSEER (System Seasonal Energy Efficiency Ratio)는 14.3으로 보고되고 있는데 이것은 빌딩단위의 기존 냉방시설 이용시 보다 약 7배 정도 좋은 효율에 해당
- 에너지원으로서 쓰레기의 소각폐열과 산업폐열, 하수열, 바이오매스 등의 재생가능에너지와 및 석탄, 석유, 천연가스 등의 화석연료를 사용. 공급된 전체 에너지량 중에서 각종 폐열과 바이오매스에 의해 생산, 공급된 에너지량이 70%를 상회



<그림 1-19> Rosenlund 플랜트 냉방수 생산시설 개요

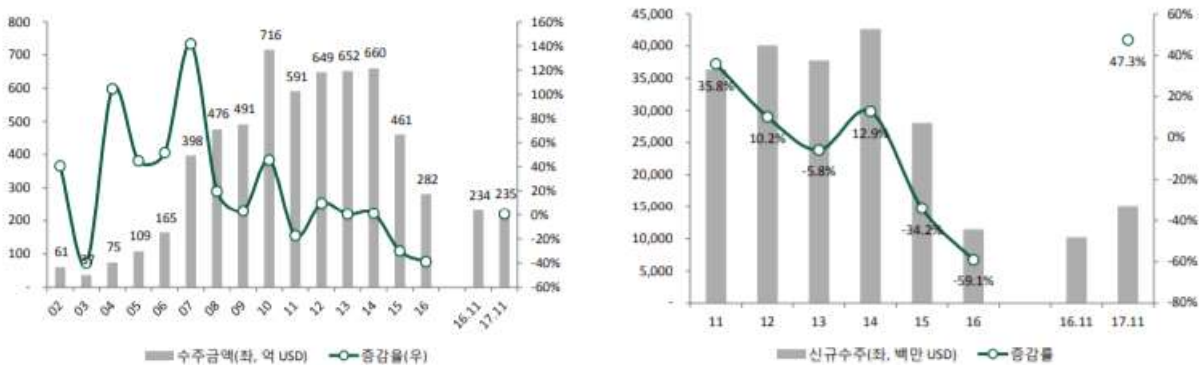
1.5 해외건설 시장 신사업 수출 모델 확보

◆ ICT 융합 도시기반 복합플랜트 모델 개발로 고부가가치 신사업 모델을 창출하여 침체된 해외건설 시장 극복 가능

□ (배경) 저조한 해외건설 시장 경쟁력 강화 요구 증가

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

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



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

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

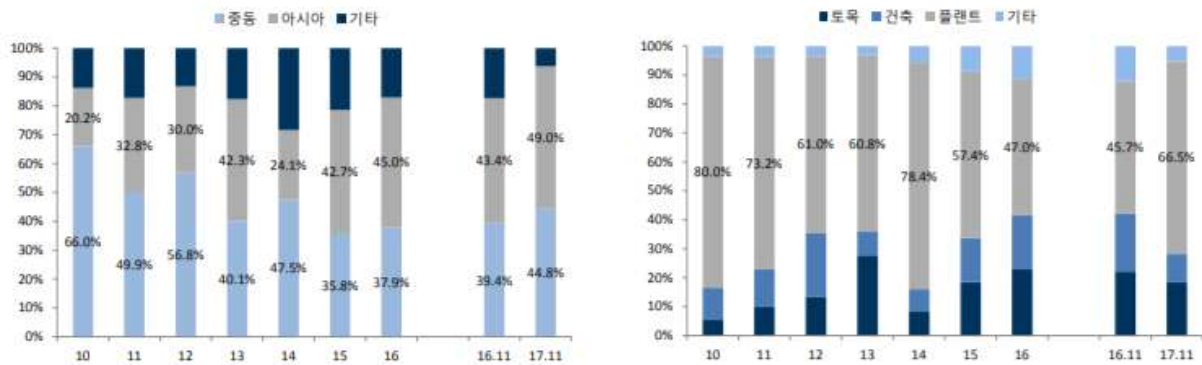
<그림 1-20> 해외수주 추이, 증감 및 주요 8개사 해외 신규수주 추이

- 2015년 이후 아시아 지역 수주 강세가 이어졌으며, 꾸준히 높은 순위를 기록해 온 베트남 이외에 싱가포르, 말레이시아, 중국, 인도네시아 등에 대한 수주활동이 활발히 진행된 결과 꾸준히 수주량 증가
- 반면, 중동지역은 수주가 활발하게 진행되었던 2010년대 초반과 비교할 때 30%수준에 그치고 있음
- 공종별로는 대형 공사 수주 여부에 따른 연도별 편차가 있기는 하지만 플랜트에 대한 집중도가 여전히 높은 수준이며 그 중에서도 에너지·발전 플랜트에 수주가 집중되는 상황

<표 1-17> 플랜트 종류별 수주 비율 현황

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

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



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

<그림 1-21> 지역별 및 공종별 수주 추이

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



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

<그림 1-22> 국내 6개 대형 건설사 부분별 영업이익률 및 플랜트 업체 수주잔고

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

<표 1-18> SOC 분야 재정투입 전망

(단위 : %)

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

자료 : 「2016~2020년 국가재정운용계획」, (2016)

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

□ (배경) 산업간 기술융합 및 고부가가치화 지속

- 스마트 전력 및 워터그리드 연계 플랜트 등 IT기반의 융복합 신산업 출현의 가시화, 글로벌 환경규제 대응 신재생 융합 플랜트의 활성화 등 기술 융합 현상의 가속화
 - IT 강국인 우리나라는 ICT를 기반으로 플랜트 산업에 적용함으로써 고부가가치의 신시장 개척 및 플랜트 산업의 부흥을 이끌어 가야할 중요한 시점으로 인식
- 국내외 주요 플랜트 시설의 안전사고로 인한 환경오염, 인명사고 문제가 부각됨에 따라, 엔지니어링 측면의 안전문제, 환경에 미치는 영향 등 이슈화
 - 플랜트는 대규모의 종합설비로서, 후쿠시마 원전사고('11), 보하이만 원유 유출 사고('11), 멕시코만 원유 유출 사고('10)와 같이 사고발생시 대형의 인명피해, 환경오염, 재산 손실을 초래하므로 안전 기술의 중요성이 점차 부각되고 있음



<그림 1-23> 후쿠시마 원전사고와 보하이만 원유 유출 사고

- 플랜트의 고효율화, 저비용화를 통해 에너지 소비를 최소화 하면서, 건설비 및 운영비의 절감을 통해 플랜트 경쟁력을 확보할 수 있는 기술 수요 급증
- ## □ (해결 방안) ICT 융합 도시기반 복합플랜트 모델의 확보로 대외 플랜트 경쟁력 강화 및 수출 기반 확보
- 플랜트는 다양한 산업분야가 포함된 자본 및 기술집약적 고부가가치

산업으로 기술개발 및 제도적 지원 필수

- 단순도급 수주는 경쟁이 치열해져 운영부분까지 영역을 확장하고 주도적인 사업 개발 필요

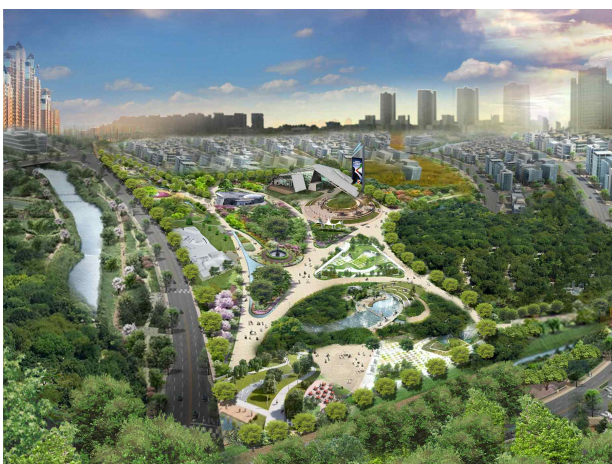
○ ICT 기술을 융합한 운전기술 도입으로 복합플랜트 운용 효율화 및 재난대비 안전기술 확보 가능

- 에너지 사용 및 CO2 배출을 최소화하기 위하여 에너지 공급망을 개별적으로 독립운전(Individual Operation) 또는 연계운전(Combined Operation)하는 것보다 ICT 기술을 도입하여 전력 외 연료, 열, CO2, 용수관리 등의 여러 에너지/자원망 사이에서 에너지 부하 이동/전환이 용이하도록 복합운전(Integrated Operation) 필요

- 복합플랜트 내 지능형 운영 시스템, 무인 감시 및 진단, 유지보수 및 관리운영체계 구축으로 지하공간내 사고 시나리오 (누출 및 누수, 폭발, 화재, 쓰나미, 지진 등)에 대해 인명, 환경, 자산의 피해를 최소화하고, 대규모 인명 사고나 환경오염에 대처할 수 있는 기술 개발 필요

○ 신도시 개발, 도시 리모델링, 노후 환경기초시설 현대화 등 도시 개발 계획과 연계하여 새로운 비즈니스 모델 창출 기대

- 고밀도로 개발된 도심에서 새로운 공간을 창출하는 창조적 SOC 산업
- 지상과 지하를 활용할 수 있는 압축적, 입체적 도시계획 및 재생에 기여
- 신도시 적용형과 기존도시 확장형으로 선진국, 개도국 구별 및 지역적 편중 없이 적용 가능
- 향후 노후화 환경기초시설의 증가로 수요 확대가 예상



<그림 1-24> 지하공간 활용 도시기반 자원 순환형 복합플랜트 적용 조감도

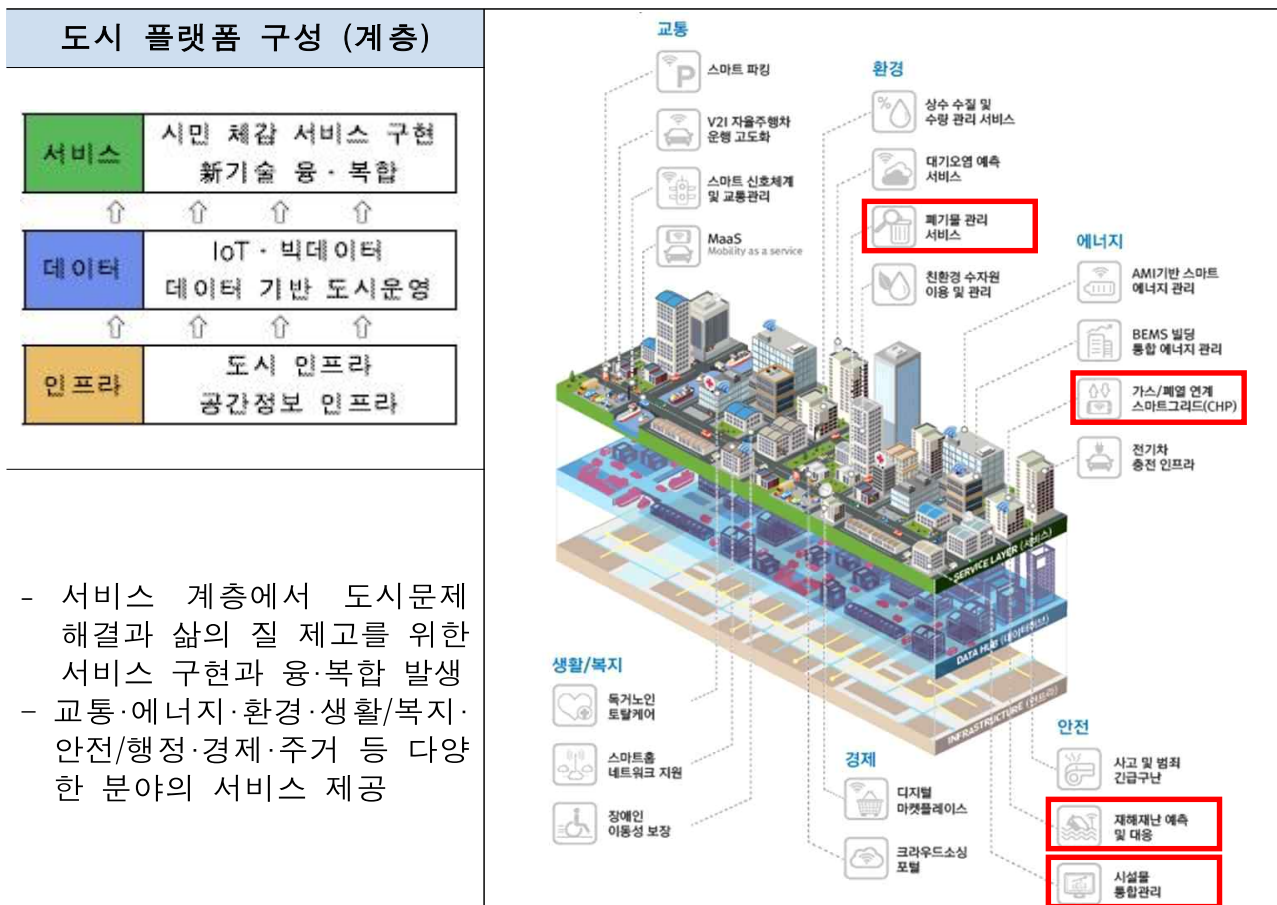
1.6 스마트시티의 등장에 따른 신시장 기회 증가

◆ 스마트시티에 에너지 & 물질 자원 순환형 복합플랜트의 조성으로 에너지 자립도시 실현 및 해외 도시개발 사업 기반 구축

□ (배경) 미래 도시 모델인 스마트시티의 확장

- UN의 세계 인구전망에 의하면 세계인구는 지속 증가 추세로 2050년에는 약 95억명으로 증가가 예측되며, 그 중 67%가 도시에 거주할 것으로 예상됨
- 도시문제에 대한 해결책으로 도시 인프라 확충 대신 기존 인프라의 효율적 활용을 통해 저비용으로 도시문제를 해결하는 접근방식이 주목

<표 1-19> 스마트시티의 개념 및 본 사업 관련 분야



자료 : 「도시혁신 및 미래성장동력 창출을 위한 스마트시티 추진전략」, 4차산업혁명위원회 (2018.1)

- 기존에는 도시 문제 발생 시 대규모 재원을 장기적으로 투자하여 인력 투입확대, 기반 시설 확충 등의 방식으로 해결
- 스마트시티는 도시 전역에서 정보를 수집·분석하여 필요한 곳에 자원을

- 투입하거나 기존 자원의 효율적 활용을 유도하는 방식으로 문제를 해결
- 이를 통해 비용절감, 도시 서비스의 향상, 삶의 질 제고, 생산성·지속가능성 향상의 효과를 기대
- 도시거주민의 안전하고 높은 수준의 삶의 질을 제공하기 위해서 새로운 도시계획을 구성하면서, 이산화탄소 배출 감소 및 에너지 소비 절약, 안정적인 에너지 공급 등 최신 ICT 기술을 융합
- 도시문제의 효율적 해결과 함께, 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하고 新성장동력을 창출
 - 글로벌 저성장 추세, 첨단 ICT의 급격한 발전, 증가하는 도시개발 수요를 바탕으로 전 세계 각국에서 경쟁적으로 추진
- 전 세계적으로 스마트시티의 시장은 연평균 10~19% 성장을 전망하고 있으며 지역별로 스마트시티의 개발 방향에 차이가 있음
- 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진 중에 있으며 빅데이터 구축, 스마트시티 솔루션 개발 등 스마트시티 거버넌스에 집중
 - 아시아·태평양 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대되며 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발 중심
 - 일본, 미국, EU 등의 다수의 글로벌 기업들이 스마트 시티 시장 선점을 위한 경쟁 중으로 향후 글로벌 스마트 시티 시장의 활성화가 예상

<표 1-20> 스마트시티 해외시장 전망

시장조사기관		내용
Navigant Research (2016)	전망	• '16년 368억 달러(약 43조 원) → '25년 887억 달러(약 104조 원), 연평균 10.3% 성장
	조사범위	• 에너지, 수자원, 교통, 빌딩 등 개별 산업 중 스마트시티 관련 사업 및 주요 스마트시티 정부사업
Markets&Markets (2016)	전망	• '15년 3,120억 달러(약 370조 원) → '20년 7,590억 달러(약 912조 원), 연평균 19.4% 성장
	조사범위	• 교통, 철도 및 도로, 에너지·수자원·가스, 빌딩-상업·주거, 교육, 의료, 안전 등 시민대상 서비스
Frost&Sullivan (2014)	전망	• '20년 1.56조 달러(약 1,800조 원), 연평균 19.6% 성장
	조사범위	• 스마트빌딩, 스마트 정부&스마트 교육, 스마트 방법, 스마트에너지, 스마트 인프라, 스마트 교통, 스마트 의료 등 7개 분야

자료 : 「KISTEP 기술동향브리프(스마트시티)」, 한국과학기술기획평가원 (2018)



<그림 1-25> 해외 스마트시티 건설 현황

- 국내에서는 LH공사를 중심으로 쿠웨이트 압둘라 신도시 등 스마트시티 개발 사업과 산업단지 투자개발 사업을 활발히 추진 중
 - 그동안의 국내에서 대규모 도시개발 건설경험과 건설, 교통, 국토정보, ICT 등의 분야에서 글로벌 경쟁력을 바탕으로 개발도상국을 중심으로 다양한 국가들과 협력 지속 중

<표 1-21> LH공사에서 해외 추진 중인 신도시 사업

구분	유형	국가	지역	면적(천 m ²)	사업비(억원)
총계				80,836	57,178
추진 중	합계			71,700	49,685
	스마트시티	소계		67,000	47,800
		쿠웨이트	압둘라	64,500	44,000
		인도	KDMC	2,500	3,800
	산업단지	소계		4,700	1,885
		베트남	동반3	2,300	605
		미얀마	야웅니핀	2,400	1,280
검토 중	합계			9,136	7,493
	산업단지	베트남	리투엥켓	5,000	2,000
	스마트시티	베트남	하노이	4,000	4,269
	주택사업	볼리비아	산타크루즈	136	1,224

자료 : LH (2017.8)

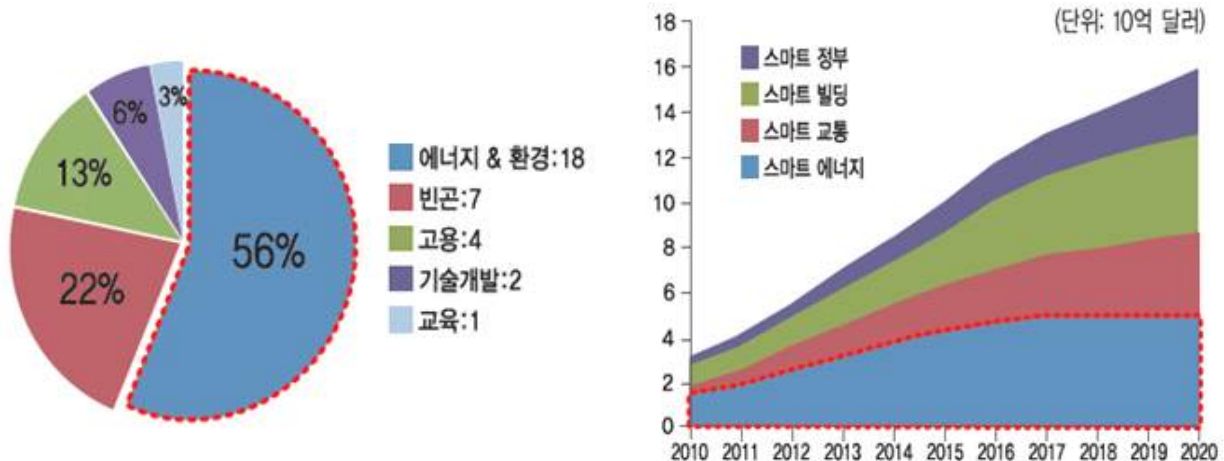
- 지금까지의 다양한 스마트시티 협력사업이 기술자문과 기본설계 수주 등에 집중되고 그 후속사업인 본 사업으로 연결되지 않아 하나의 한계
- LH공사가 쿠웨이트에서 추진 중인 압둘라 신도시 개발사업은 우리나라 기관이 직접 기본 설계 뿐만 아니라 실시설계를 하고 있고 2019년에

착공될 예정으로 있어 우리의 우수한 스마트시티 솔루션과 제도·문화를 수출할 수 있는 좋은 기회로 활용 필요

- 신도시 건설 노하우 역시 단위사업(수출) 아이템으로 자리잡고 있는 추세
- 과거에는 도로망, 통신망 구축이 주요 도시수출 모델이었지만, 앞으로는 에너지 공급망이 포함될 것

□ (해결 방안) 제로 에너지 스마트 시티 조성으로 스마트 시티 에너지 분야 해외 도시개발 사업 진출을 위한 기술 및 실적기반 마련

- BP(British Petroleum)의 에너지소비 전망에 의하면 2035년의 에너지 소비량은 1990년 에너지 소비량의 2배 이상 증가될 전망으로 도시화 문제와 자원부족 문제를 해소할 수 있는 대안으로 스마트 에너지 시티 시장 개발에 대한 수요가 급격히 증대
- 에너지는 스마트시티를 구성하는 핵심 요소임에도 불구하고 현재 국내외에서 기획 중인 스마트시티에서는 에너지 분야에 대한 구체적 대안 제시 미흡



자료 : 「Mapping Smart Cities in EU」, (2014.1)
 Navigant Research (2014.7)

<그림 1-26> 스마트시티 에너지 부문 비중

- (스마트 에너지 시티) 청정에너지 생산 및 소비(전력거래)의 균형으로 도시내 에너지 자립 도모를 목표로 함
- 도시내 연간 소비하는 최종 에너지의 양과 생산하는 에너지의 양이 균형을 이루는 도시

- 그린 에너지 기술과 스마트 기술을 융·복합 하여 궁극적으로 시민의 삶의 질과 도시의 경쟁력 제고

○ 스마트 자원순환 시스템으로 제로 에너지 스마트 시티 조성 기여



자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

<그림 1-27> 제로 에너지 스마트 시티 기본 구상

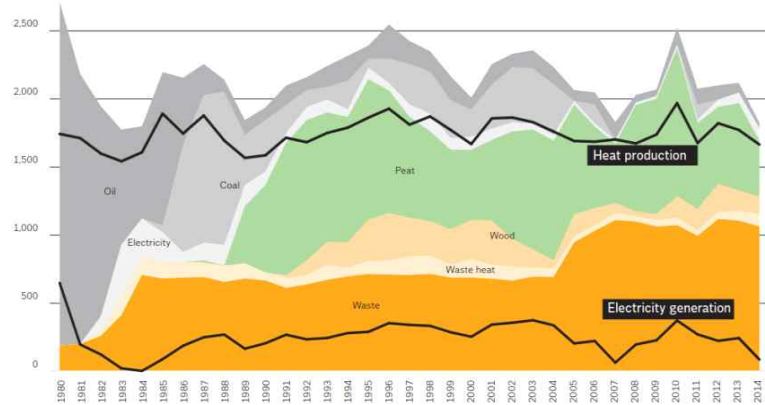
- (지하 복합플랜트) 생활폐기물의 지하화 및 자동화와 연계한 도시기반 자원순환 복합 플랜트 도입으로 도시폐기물 100% 에너지화와 공간 및 공정효율을 극대화하고, 지속발전 가능한 도시모델 구축

○ (통합 폐기물관리) 폐기물 에너지의 도시 기저부하 활용을 높이기 위하여 에너지 밀도가 높은 고형연료로 저장하고, 시계별 도시에너지 소비패턴을 예측하여 선도적 대응이 가능한 플랫폼 구축

(참고) 스웨덴 에너지 자급자족 도시

1. 스웨덴 Uppsala 시 (약 98% 에너지 자급자족)

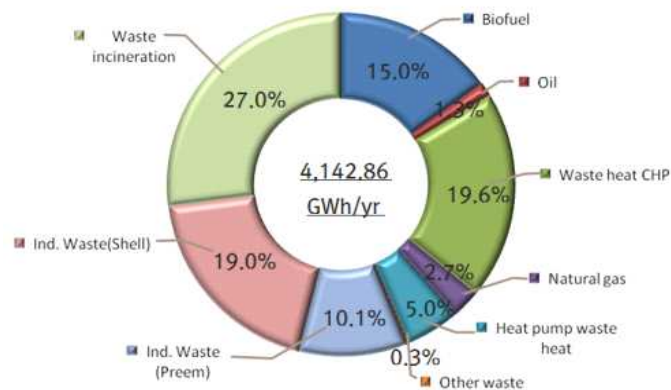
- 해당 사이트는 ① 전력의 안정공급, ② 환경보전, ③ 저렴한 에너지의 공급을 주된 목표로 하여 쓰레기 소각폐열, 초탄 등의 피트나 목재칩과 같은 고체연료, 하수열원 열펌프, 전기보일러, 태양열 암반공동 장기축열 등에 의한 에너지원의 다양화를 위해서 복합플랜트를 구성 (인구 14만명)
- 시의 전체 열수요 중 약 98%를 도시에너지회사(Vattenfall Heat Uppsala)에서 담당하고 있으며, 동 절기 최대 열부하는 약 890MW
- 중앙플랜트에서는 목재칩, 피트, 도시쓰레기 등을 연료로 하는 발전플랜트가 설치되어 전력과 온수를 공급. 그 이외의 보조플랜트로는 열량의 비용을 고려하여 하수폐열을 열원으로 이용하는 열펌프에 의한 온수공급시설 및 전기보일러와 연계 운전되는 태양열 암반공동 장기축열식



<그림 1-28> 읍살라 시 연도별 에너지 공급 현황

2. 스웨덴 Goteborg 시 (약 96% 에너지 자급자족)

- Goteborg Energi에서 운영/관리하는 Plant는 총 14개소이며, 예테보리市에 열원 및 전력을 공급하고 있으며, 공급되는 에너지의 96% 정도를 폐열과 신재생 에너지를 활용하고 있음. 또한, 예테보리 아파트단지 90%에 지역난방을 통한 열에너지 공급 (2008년 기준)
- Goteborg Energi에서 공급하는 열에너지 및 전기에너지는 예테보리 市 총 공급에너지의 60% 및 26% 정도이며, 공급되는 열에너지의 81% 정도가 폐열을 활용하고 있음
- 연간 예테보리 市에 공급되는 지역난방 열원은 쓰레기 소각, 폐열활용 및 CHP 플랜트 순이며, 지역난방 공급량이 증가함에 따라 상당량의 유해가스(황, 질소, 이산화탄소) 발생량을 감소시켰음



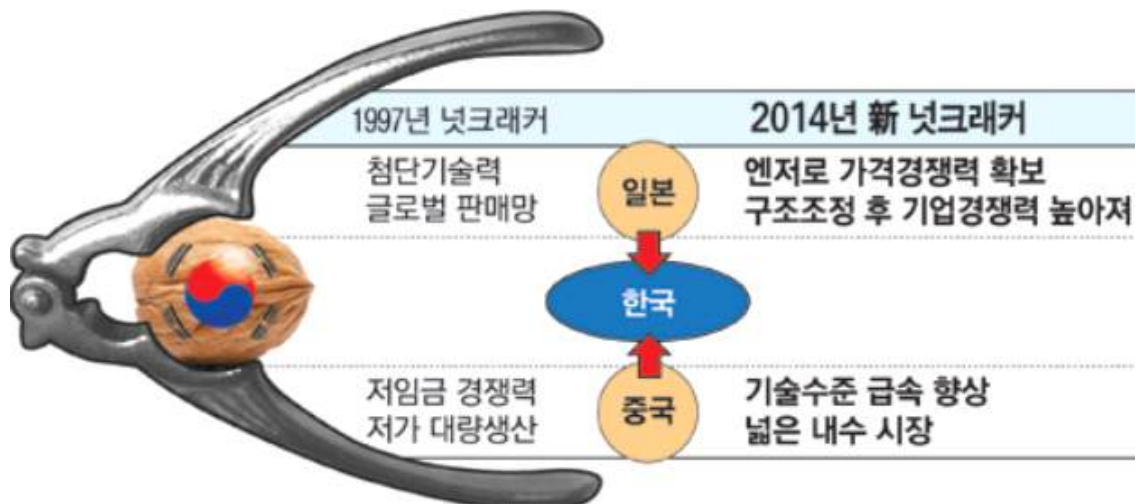
<그림 1-29> 예테보리 시 에너지 공급원별 비중('08)

1.7 플랜트 엔지니어링 고부가가치 영역 경쟁력 강화

◆ 플랜트 신사업 모델 개발을 통해 국내 엔지니어링 R&D 역량을 강화하고, 新 Nut Cracker 현상 탈피

□ (배경) 국내 플랜트 엔지니어링 역량 축소

- (新 Nut Cracker 현상) 핵심기술을 보유한 선진국의 견제, 가격경쟁력을 앞세운 후발 국가의 추격으로 경쟁여건 악화
- 2015년의 국제 원유가격 폭락과 이후 저유가 기조 지속으로 중동 산유국을 위시한 주요국들의 석유화학 플랜트 신규발주가 대폭 연기 및 취소되면서 국내외 플랜트 건설경기 침체가 장기화 되고, 이에 따라 해외시장 의존도가 큰 국내 플랜트엔지니어링 기업들의 해외 공사 수주가 대폭 감소
- 중국·인도 등 주요 신흥국들은 자체의 거대 국내시장과 저임금을 배경으로 자국 플랜트엔지니어링 산업을 육성하는 한편, 고급 엔지니어링 기술의 개발 지원을 통해 기술경쟁력 향상도 도모
- 반면 세계시장을 주도하고 있는 선진국 엔지니어링 전문기업들은 기본설계를 중심으로 인증 및 지식재산권을 선점, 무기화함으로써 진입장벽을 높여 갈수록 격차를 확대



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

<그림 1-30> 국내 플랜트엔지니어링 산업 경쟁 상황

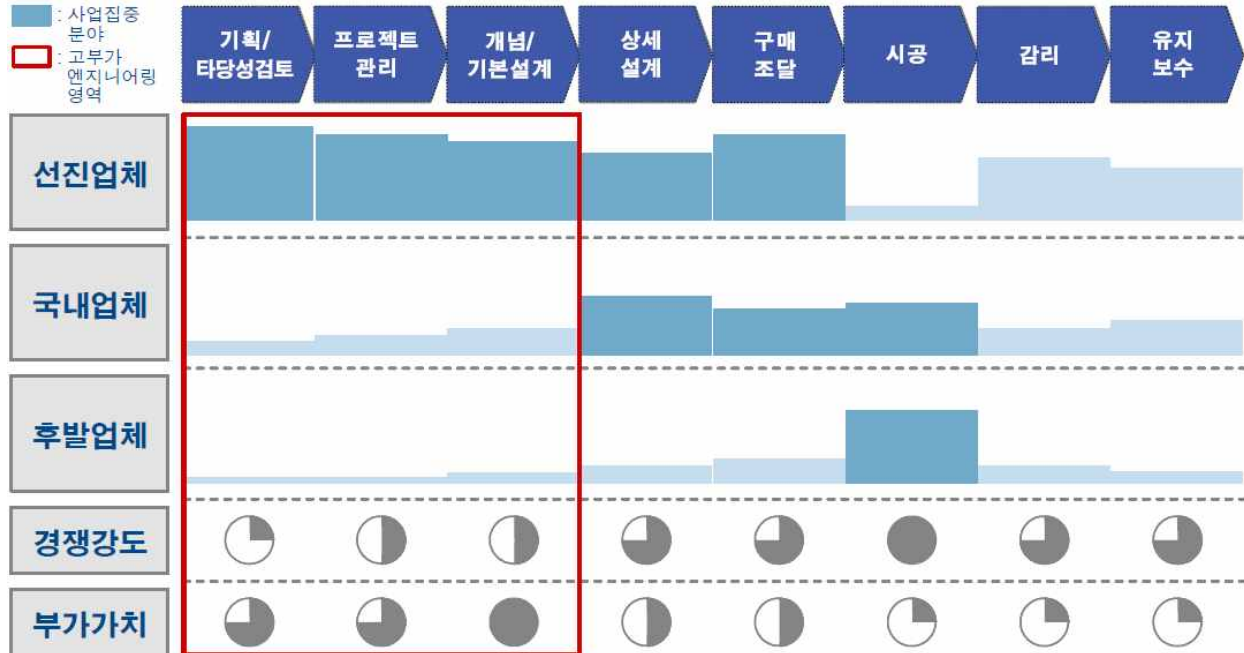
- (고부가가치 기술역량 부족) 부가가치가 높은 PMC 부분은 취약하고 부가가치가 낮은 EPC 분야에만 집중

<표 1-22> 플랜트 엔지니어링 분야별 선진국 대비 국내 기술수준

(단위 : %)

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

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



<그림 1-31> 플랜트 프로젝트 수행시 국내·외 기업의 주요 사업 영역 비교

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

- EPC에 집중된 시공위주 수주에서 벗어나 운영관리 등 전주기적 기술 경쟁력 확보 및 생산성 확보·안전운영 등 다변화되는 해외진출 수요 반영한 체계적인 정보 및 전문기술 구축 필요

□ (배경) 국내 엔지니어링 산업의 한계

○ 국내 엔지니어링 시장 협소에 따른 구조적 한계

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

○ 엔지니어링 분야 국가 R&D 테마 도출 시 사업화를 위한 전략적 사고 부족으로 사업화 미진

- 예산 부족으로 소규모 기자재 중심 R&D 과제를 추구한 결과 파급효과 미흡
- 사업화에 필요한 Track Record 확보 전략의 부재로 개발결과 사장
- 단기 성과창출 지향형 BM 추구로 기업들의 중장기 기술개발 및 실증사업 참여 저조

○ 4차 산업혁명 진입에 대한 이해와 대응역량 부족

- 4차 산업혁명 지능정보기술에 대한 이해와 전문인력 및 기술역량 부족
- 개별 엔지니어 역량 의존형 설계 및 프로젝트 수행 문화로 경험지식의 전수 제한 및 지식베이스기반 설계 자동화 역량 부족

○ 대·중·소기업 간 상생협력 인식 부족으로 R&D 협업 생태계 조성 미흡

- 지능정보 기술활용을 위한 인프라로서의 데이터 공유 및 협조 의식 부족

○ 기술 융·복합 및 협력을 위한 이해와 인프라 부족

- 개발 성과에 대한 검증 및 인증 체계 미비로 사업화 부진
- 글로벌 R&D 협력에 대한 이해와 기업의 의지 부족으로 최신 기술도입 부진

- 정부 부처 간 영역 분할로 통합적 엔지니어링 프로젝트 발굴 저해

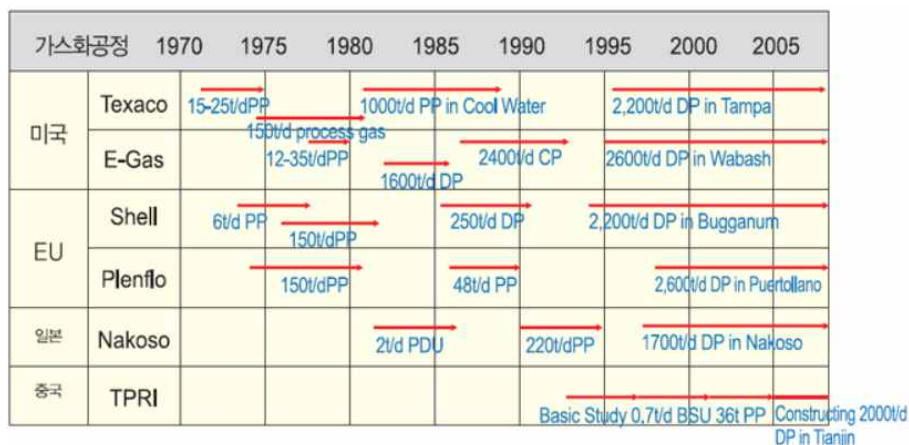
□ (배경) 도시기반 지하 복합플랜트의 신뢰성 확보 및 상용화를 위한 실증 연구 실적(Track Record) 필요

○ (Track Record 부족) 신뢰성 부족으로 인한 수주 저조의 상호 악순환

- 자국내 자원개발 광구가 없어 경험을 쌓을 수 있는 기회 부족
- 정부의 기술개발 지원의 실증·사업화로의 연계 부족
- 플랜트 산업이 가진 보수성으로 인하여 대부분 개발 기술은 원천기술 단계
- 짧은 역사, 국내기업에 대한 신뢰성 부족으로 외국기업 선호

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

- 단계별 기술개발용 플랜트를 운용하여 기술개발 수준별 적용



<그림 1-32> 해외 석탄 가스화 플랜트 분야 단계별 기술개발용 Test Bed 현황

□ (해결 방안) 신사업 모델 개발을 통한 고부가가치 영역(PMC·FEED) 역량 강화로 글로벌 엔지니어링 선도 그룹으로 진입

○ 신사업 모델인 에너지 및 물질 순환형 복합 플랜트 구축을 위한 핵심 설계 및 공정기술에 대한 국내 원천기술 확보 필요

- 국내 건설사의 핵심 엔지니어링 역량 배양 및 도시기반 플랜트 건설 관련 핵심기술의 국산화 필요
- 국내에서 보유하고 있는 각 플랜트 복합화 기술 확보를 통한 해외 시장

선점 시급

- 실증 Test Bed 운용을 통한 Track Record 확보로 사업화 모델 확보 필요
 - 사업화를 위한 상용급 실증 Test Bed의 구축 및 운용으로 Track Record 확보로 해외 수출 경쟁력 제고 및 신뢰성 확보
- 지능정보기술의 도입을 통한 O&M 고부가가치화
 - 더 이상 기술 선진국들에게 뒤처지지 않는 기반 기술 연구와 함께 IT융합 기술 도입을 통해 미래지향적이고 창의적인 기술 개발 및 적용 필요
 - O&M 경험지식의 지식자산화
- 설계/구축/운영 실적(Track Record) 확보를 위한 상용급 복합플랜트 실증 Test Bed 구축으로 기술 자립화 필요
 - 국내외 인증을 위한 Test Bed 사업 수행 및 실증을 통한 기술 자립 필요
 - 국제경쟁력 강화를 위한 요소 및 실증기술 개발로 도시기반 지하 복합 플랜트의 국산화율 제고
 - 전체 사업 Value Chain에 대한 사업 수행을 통하여 기존의 단순 수주형 사업이 아닌 개발형 사업 진출을 위한 역량 확보(사업성 검토, EPC 최적화, 운영 서비스 개발 등)

1.8 지하공간 개발 필요성 증대

◆ 지하공간 활용 및 ICT 연계 재난·재해 대응 기술 개발을 통해 국토의 입체적·효율적 활용 가능

□ (배경) 미래도시의 방향으로 지하 도시 건설이 주목

- 지하공간은 암반의 열전도율이 낮고 온도 및 습도조절이 지상시설물에 비하여 용이
 - 지하공간 자체가 갖는 특성, 즉 지표로부터의 격리성, 향온·향습성, 방음성, 내진성 등으로 에너지 절약, 비용절감, 환경보존 등 여러 측면에서 그 이점이 대단히 큼
- 핀란드, 노르웨이, 캐나다 같은 겨울철 추위로 향온성을 유지하기 위한 국가와, 미국 뉴욕, 일본, 홍콩과 같이 인구밀집도가 높은 지역 위주로 지하공간 개발이 활발하게 진행

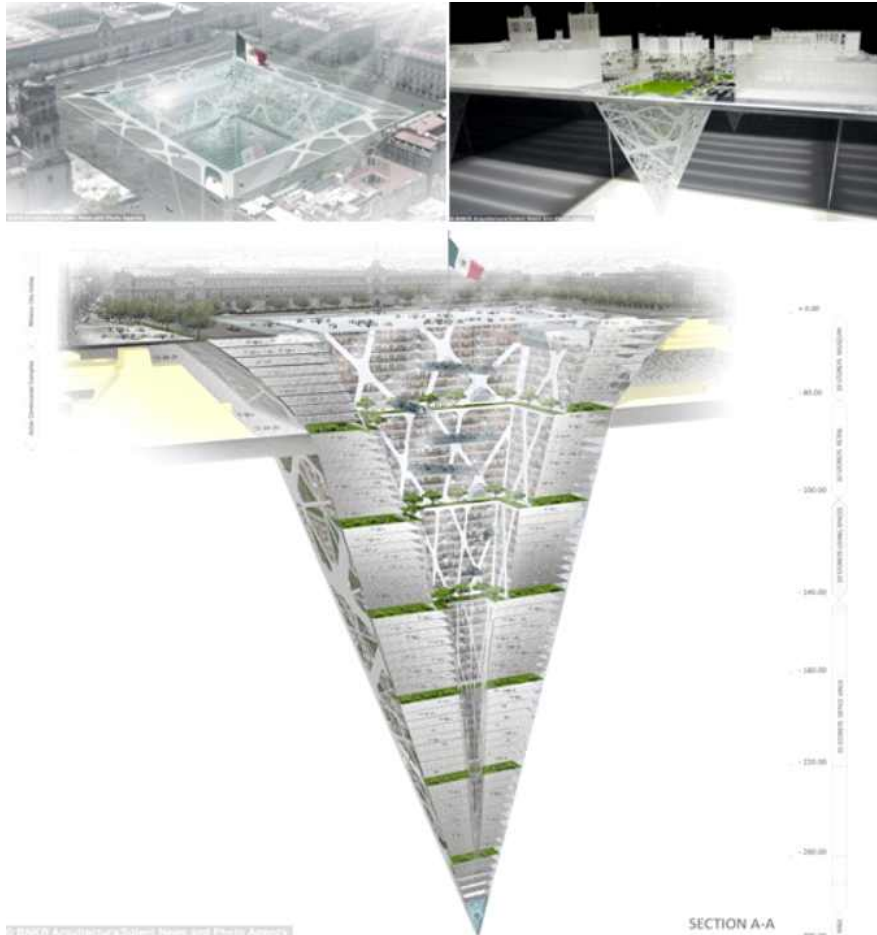


<그림 1-33> 몬트리올 언더그라운드 시티와 뉴욕 로라인 프로젝트

- 한국의 인구 밀집도는 490명/km²으로 세계 3위이며 총 인구의 49%인 2400만 명이 수도권지역에 밀집하여있음
- 국내는 대규모 지하공간 개발·유지를 위한 종합적인 기술수준과 경험이 낮고 정부차원의 종합적인 계획안이 미비하여 개발주체별로 독자적인 개발에 나섬으로써 연계성이 부족
 - 서울시의 지하에는 지하철, 도로터널, 상가, 전기 등 인프라 시설이 복잡하게 얹혀 있으며, 얕은 심도에서는 이미 혼잡과 난개발의 징후로 새로운 지하 시설물의 건설이나 효율적인 노후 시설 교체가 어려워지고

있음

- 지하공간을 새롭게 개척해야 할 국토로 간주하고 지상의 도시기능, 산업시설 등을 적극적으로 지하로 이전하여 적극 개발해야함
- 지상과 지하를 유기적으로 결합시킨 입체적인 국토이용을 통해 토지이용 효율 극대화



<그림 1-34> 멕시코시티에 조성 예정중인 지하 65층 건물 조감도

- 지하공간을 지상의 개선 및 자연환경의 보호와 에너지 절약을 위한 시설로서 적극 개발 필요
- (배경) 지하공간에 대한 개발, 이용 요구가 증가함에 따라 재난·재해 대응 기술 개발 필요
- 한정된 지상 공간을 대신하여 도시 재정비, 교통량 제어, 기후변화 대응, 가용 용지 확보 및 민원문제 해결 등의 공공목적을 이유로 지하공간의 활용이 증가
 - 지하 공간은 화재, 폭발, 침수 등 재난위험에 취약

- 국내에서 발생한 대표적인 사고로 대구 상인동 지하철 가스폭발 사고(1995.04), 대구 지하철 1호선 중앙로역 화재사고 (2003.02)등 지하공간에서의 사건 사고 피해는 지상에 비해 사고 수습이 어려움
- 지하의 심층화, 복합화, 대규모화에 따른 화재안전성평가 대책 중에서 피난대책이 매우 중요하며, 더불어 연소확대 방지대책, 초기소화대책, 관리 대책, 출화방지 대책, 소방활동 대책 등이 필요

<표 1-23> 지하공간의 방재 특성

항목	문제점
피난상의 곤란성	• 불안감 등에 의한 곤란성 • 연기와 동일 방향으로 피난하는 것에 의한 곤란성 • 상방향 피난에 따른 체력적 곤란성 • 지하 전체가 위험해지는 것에 대한 곤란성 • 외부공간으로부터의 최종 피난수단이 없다는 것에 의한 곤란성
소방 활동상의 곤란성	• 상황 파악의 곤란성 • 시설로의 진입 곤란성 • 장시간의 소방활동의 곤란성 • 극한환경 등에 있어서 곤란성 • 누수·수몰의 우려 • 지상과의 무선 교신의 곤란성
대규모화·복합화에 따른 위험	• 평면적인 넓어짐 및 입체적인 복잡화에 의한 미로화 • 접속부분에서 방화관리 체제의 불명확성 및 부정확성 • 각 시설마다를 단위로 하는 방화 안전대책의 방안 부족

자료 : 「지하공간 위험특성 분석 및 제도개선 방안 연구」, 한국화재소방학회 (2013.9)

- 지하 복합 플랜트의 경우, 인화성 가스의 누출로 인한 화재 폭발의 위험성이 상존하여 예방적 관리와 신속한 초동 대응이 매우 중요

□ (해결 방안) 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 개발 기술과 ICT 기술을 이용한 재난·재해 방지 기술 개발을 통해 국토의 효율적 활용 가능

○ 기존에 개별적으로 개발되어 연계 및 확장이 불가능한 지하공간에 대비되는 지하공간 간 유기적인 연계 및 필요시 추가 확장이 가능한 지하공간 개발 기술 필요

- 미국 Subtropolis의 경우 수요에 따라 공간을 확장하는 형태로 지속 개발하는 중이며, 인근 지방 정부와 연계하여 도로망 등 교통 시설과의 연계도 고려



<그림 1-35> 미국 Subtropolis

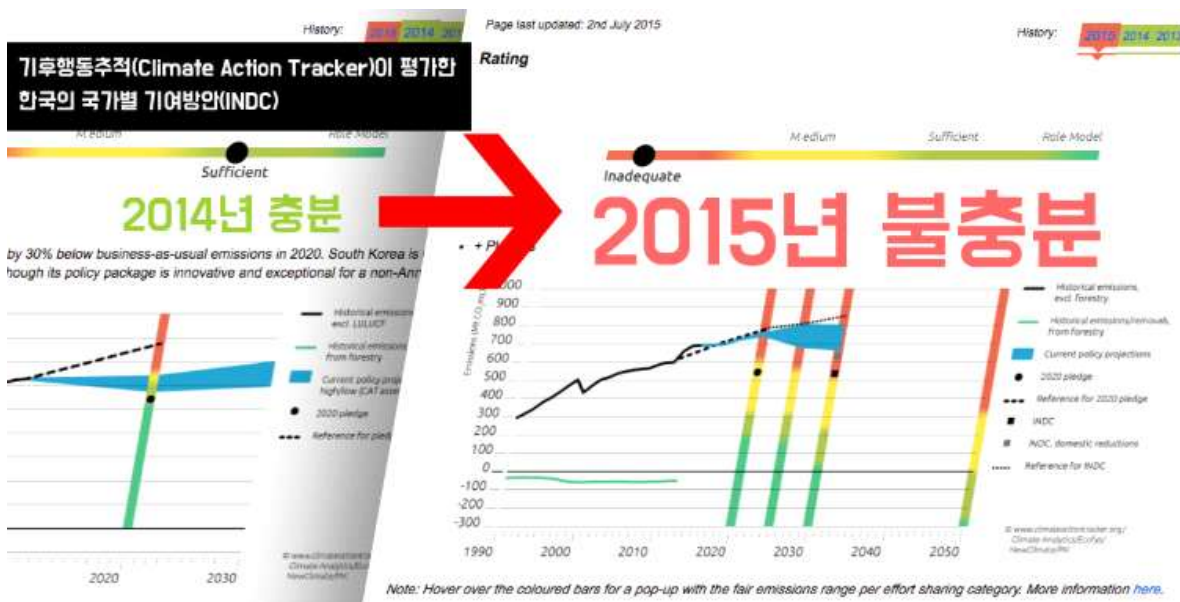
- 재난 발생 시 신속하고 적절한 대응은 대형사고로의 확산을 방지할 수 있으나, 대부분의 재난 대응 매뉴얼이 책 형태의 매뉴얼로 작성되어 있어서, 재난의 초기 단계에서 신속하고 적절한 대응이 어려움
 - 현재 환경플랜트 안전교육은 직접 체험하는 기술이나 태도 변화에 대한 교육이 아닌 지식 전달교육
- 최근 급격히 발전하고 있는 IoT 및 통신 기술을 이용하여 재난을 조기에 감지하고, 재난 발생 시 관리자들의 적절한 대응 및 효율적인 피난 유도 기술 등이 통합 방재 시스템과 연동되어 피해를 최소화 할 수 있는 지하공간 재난 대응 시스템 필요
 - 지하공간 특성을 고려한 채광, 악취, 먼지 등의 작업자 환경과 화재, 침수, 폭발 등의 재난재해에 대한 안전 확보 필요
 - 지하공간 환기시스템, 화재 배연시스템, 지하 공동저류조, 폭발가스 감지 및 배기 시스템, 대피체계 구축 등 안전관리기술 확보 필요
 - 위험성 요인을 기반으로한 교육 과정 및 체험형 VR/AR 교육 프로그램 개발 필요

2. 정부지원의 필요성

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

□ (온실가스 배출량 감축) 도시발생 자원의 순환활용을 통해 탄소배출량 및 폐기물 발생을 최소화시키는 친환경 지속 가능형 도시기반 구축을 통한 기후변화, 환경관련 국제규범 강화에 능동적인 대응 및 선도 가능

○ 2015년 파리기후협정의 이행 대비



<그림 1-36> 기후행동추적으로부터 불충분 판정을 받은 한국의 INDC

- 2014년 기준 한국의 온실가스 배출량은 5억 6,781만 톤으로 전 세계 7위, OECD 국가 중 4위를 기록하고 있으며, 전 세계 온실가스 배출량 중 1.75%를 차지함⁵⁾
- 2013년 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면 국내 온실가스 배출 중 가장 많은 비중인 41%를 석탄화력발전소가 차지함 → 국가적 차원에서 신재생 에너지의 확대 주도 필요

○ 2030년 목표 온실가스 배출량 5억 3,600만 톤으로 전망치(BAU) 대비 37%감축 목표

- 온실가스 배출량 규제에 따라 기존 화석연료를 에너지원으로 활용하는 발전플랜트 개량 및 청정에너지 자원개발 플랜트 건설이 확대될 것으로

5) Greenpeace (2016.10)

전망

- 폐기물 감량화와 재활용 활성화, 공공부문 온실가스·에너지 목표관리제 강화 등의 조치로 약 1,100만톤을 줄일 계획
- 도시에서 배출되는 폐자원을 순환시켜 재생 가능 자원·에너지의 절약 및 순환활동 극대화 가능
- 기존 환경플랜트를 자원 순환형 복합플랜트로 전환시 24.7%의 에너지 경제성 향상과 31.5%의 온실가스 감축효과 발생⁶⁾

□ (공공성이 강한 국가의 기간산업) 복합플랜트는 공공성이 강한 분야로 국토교통부 중심의 국가연구개발 사업으로 추진이 필요함

- 에너지·환경 산업은 공공성이 강한 국가의 기간산업 분야로 국가경쟁력과 직결되므로 정부가 기술개발 및 확산을 주도하여 신산업·신시장 창출 필요
- 복합플랜트 테스트베드 사업은 도시 규모를 대상으로 이뤄지는 사업이며, 다양한 이해 관계자 및 정부 부처가 연관되어 있는 사업으로 이에 대한 최적의 사업지 및 적합한 사업자의 선정, 플랜트 추진사업의 간소화 등과 같은 업무를 효율적으로 이행하기 위해서는 정부의 지원이 반드시 필요함
- 현재 독립적으로 운영되고 있는 폐기물 종류별 이동과 처리시설, 에너지 생산 시설, 에너지 공급망, 에너지 활용시설 고효율화를 위해서는 하나의 체계에서 관리할 수 있는 시스템으로 개선이 요구되며, 이는 도시계획업무를 관장하고 있는 국토교통부 중심의 국가연구개발 사업을 통해 통합적으로 추진될 필요가 있음
- 기존 에너지·환경 시설을 도시에 위치할 수 있도록 유도하기 위해 님비현상, 지자체간의 갈등 문제 등으로 많은 어려움이 있으며, 이를 효과적으로 해결하기 위해서는 지역주민의 편익증진이라는 관점과 국토의 효율적인 이용이라는 측면에서 국토교통부 중심의 통합적인 기술개발이 수행되어야 함
- 지하공간을 활용하여 지상 유휴부지를 주민편익시설로 개발함으로써 국토의 효율적 활용 가능

6) 「국토교통과학기술진흥원 소식지 2017 Fall.Vol.08」, 국토교통과학기술진흥원 (2017.10)

□ (민간투자의 한계) 제도적인 제약과 불확실한 시장 상황에 따른 불확실성으로 정부의 적극적인 투자가 필요함

- 환경과 에너지간의 유기적 이용성 측면에서 제도적인 제약과 불확실한 시장 상황에 민간 주도의 연구개발이 어려운 상황이며, 국가 차원에서 자원부족을 최소화하기 위한 연구개발로서 수행되어야 함
- 에너지 및 물질 순환형 복합플랜트는 기술적 난이도가 높고 기술 개발 성공시 파급효과가 크며, 고위험·고수익(High Risk·High Return) 특징으로 인해 민간기업 보다는 정부주도로 연구개발 필요
- 기업들은 단기간 내에 사업으로 발전가능한 분야에 관심이 있으므로, 본 과제를 통해 미래의 도시 개념을 도출하여 사업모델을 개발한 후, 기업 주도의 사업추진 유도가 필요

□ (심화되는 전력난) 증가하는 전력 수요에 따른 전력 공급 효율화 필요

- 2018년 여름 최대전력수요는 9,247만kW(2018.07.24.)로 산업부 예측치(8,830만kW)를 돌파
- 경제성장과 사회 고도화 및 지구 온난화 등으로 에너지 수요는 크게 늘어나고 있는 반면, 발전소 및 송배전 설비를 설치할 수 있는 입지는 사회적 장벽으로 제약되고 있는 상황
 - 주요 국가를 중심으로 스마트그리드에 의한 전력공급 시스템 변화를 위한 다양한 연구개발과 실증 프로젝트가 진행되고 있는 추세
- 현재 국내의 경우 전력, 도시가스, 열, 용수 공급 인프라가 개별적으로 관리되고 있어, 국가에너지 공급 인프라의 효율적 관리 및 이용효율 극대화를 위해서는 통합관리가 시급
 - 전력산업의 ICT 기술 적용으로 전반적인 에너지 시스템의 효율성 제고와 에너지 활용의 스마트화 추진 필요

3. 사업추진의 시급성

◆ 노후화 환경기초시설의 증가와 해외 건설 사업 불황 극복을 위해 조속한 사업 추진 필요

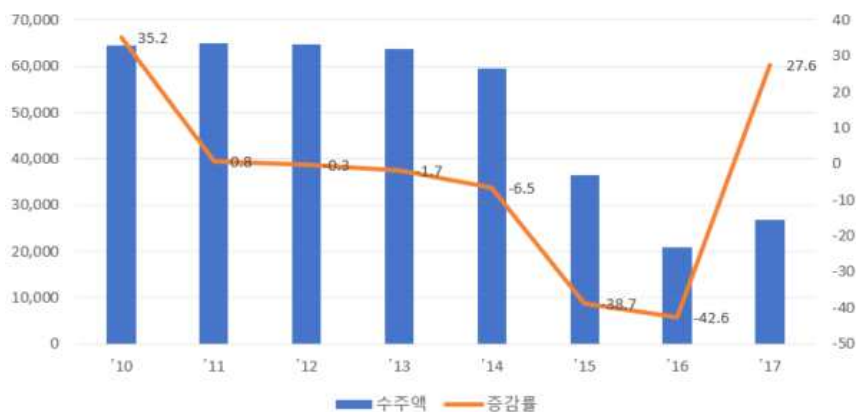
□ (해외 건설 사업 불황 극복) 국내외 건설시장 수주 감소로 인한 대응 방안 마련 시급

○ 기술력 부재에 따른 해외·국내 시장에서의 한계

- 국내 건설·플랜트 엔지니어링 산업은 양적 성장이 활발히 이루어지고 있으며 상세설계, 시공 및 감리 등의 업무영역에 대한 기술력은 국제적으로 인정받는 수준에 도달
- 그러나 차별화된 기술력의 뒷받침이 미흡하여 대부분의 업체들은 중·저부가가치 업무영역과 공종에 집중하고 있는 상황
- 해외 수주의 경우 대형 건설사들을 중심으로 한 플랜트사업 부문이 가장 큰 비중을 담당하고 있으나 국내 대형 EPC 업체들의 기술경쟁력은 해외 선진업체들 대비 상대적으로 낮은 수준
- 매출액의 비중이 높은 국내시장에서 조차 고부가가치 업무영역은 해외 업체들에 의해 수행

○ 국내업체 해외 플랜트수주는 2014년 이후 큰 폭으로 감소하여 지지부진한 상황

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



자료 : 플랜트산업협회

<그림 1-37> 국내 플랜트 산업의 수주액 증가 추이

- 플랜트는 다양한 산업분야가 포함된 종합산업으로 해외 수출 시 외화가득률이 높은 고부가가치 산업
 - 플랜트는 제품을 제조하기 위한 기계·장비 등의 하드웨어, 하드웨어 설치에 필요한 설계 및 엔지니어링 등의 소프트웨어, 건설시공, 운영 및 유지보수가 포함된 종합산업으로 산업연관 효과가 매우 큰 산업
 - 플랜트 산업은 자국내 새로운 산업육성이나 수입대체 및 수출진흥에 기여하는 바가 크며, 비교적 통상마찰 및 규제가 적은 반면 외화가득률이 높은 고부가가치 산업

<표 1-24> 산업분야별 부가가치율

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

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

- 타 산업과의 연관효과가 지대하며 해외 시장 개척자 역할을 수행하는 등 국가경제를 주도할 핵심 산업
 - 전후방·연관산업·기업의 경쟁력과 시장 참여 및 확대를 주도하고 있으며, SOC, 플랜트, 건설, 산업설비, IT 등 광범위한 분야와 최근에는 환경·에너지·녹색 기술 등 첨단기술 분야가 접목되어 국가 주력 산업의 생산성과 성능·품질향상에 직접적인 영향을 미치는 중핵사업
 - SOC, 산업 플랜트, 건설, 전기·전자산업등의 수출확대에 기여하는 전략적 중요성과 국내 완제품, 시설등의 해외 진출 첨병 역할을 수행할 수 있는 수출 주도 및 해외 시장 개척형 산업
 - 전체 프로젝트중 엔지니어링 분야가 차지하는 비용은 전체 건설비의 5~10%에 불과하지만 프로젝트의 성패에 지대한 영향을 미침

<표 1-25> 산업분야별 취업 유발 효과

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

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

□ (노후화 환경기초시설의 증가) 노후 환경기초시설의 급증으로
환경기초시설의 건설 및 시설 개선 요구 증가

○ 매립지 용량한계에 따른 쓰레기 대란 예상

- 수도권매립지 사용연한 도래(2025년 종료 예정)
- 수도권매립지 대체부지 부재 및 후보지 선정의 어려움

<표 1-26> 수도권 매립지 부지 현황

구분	부지면적 (만 ㎡)	매립면적 (만 ㎡)	매립용량 (만 톤)	운전기간 (년도)
제1 매립장	409	251	6,425	'92~'00
제2 매립장	378	262	8,018	'00~'18
제3-1 매립장	103	83	1,819	'18~'25
제3-2 매립장	110	-	-	계획없음

○ 환경기초시설의 대규모 보수시기 도래

- 2025년에 전국 지자체 환경기초시설(매립지, 소각시설, 하수슬러지 처리시설 등) 31.5% 사용연한 종료
- 기존 환경기초시설의 대보수 요구

<표 1-27> 전국 시군구 환경기초시설 사용연한 종료시점

(단위 : 개)

사용연한 종료시점	2020년	2025년	2030년
매립시설	44	36	103
소각시설	54	75	49
기타시설	32	37	31
하수슬러지 처리시설	17	46	56
합계	147	194	239

○ 3기 신도시 추진으로 인한 인구 증가

- 국토부는 주택시장 안정을 위해 2027년까지 서울 경계로부터 2km 근방에 대규모 주택공급(30만호) 계획 발표
- 향후 수도권 인구 증가로 인한 환경기초시설 증설 필요성 증대와 환경문제로 인한 NIMBY현상 우려

- 국내 지자체의 경우 '27년까지 폐기물 처리시설 사업(총 32,537억 원)으로 예정되어 있어 본 사업의 성과물 적용 가능
 - (소각시설) 신규 8개소 및 내구연한이 도래한 교체소요 119개소 등 14,079억 원 규모 적용 가능
 - (폐기물처리시설) 음식물 처리시설 11개소 317억 원, 바이오가스화 시설 90개소 11,528억 원 규모 적용 가능

제3절 사업 추진근거 및 기획경과

1. 사업 추진근거

- 『국토교통과학기술 육성법』, 『건설기술 진흥법』
- 『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령)』 및 『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 시행규칙(미래창조과학부령)』
- 『국토교통부소관 연구개발사업 운영규정(훈령)』, 『국토교통 연구개발사업 관리지침』

2. 사업기획 추진체계

- 국토교통부 사업 총괄, 국토교통과학기술진흥원(KAIA)에서 사업을 주관하여 외부 용역, 전문가 기획위원회를 통하여 체계적인 추진
- 수행기관으로 인터젠컨설팅(주)을 주관사, 고등기술연구원 및 GS건설이 공동수행사로 참여하여 사업 필요성 도출 및 환경 분석, 추진전략, 사전조사 및 사업구성, 사전 타당성 분석 등 사업 기획

<표 1-28> 관련주체별 역할

주체	세부역할
국토교통부	• 본 기획사업의 추진주체이며 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 안건에 대한 심의 및 결정을 담당
국토교통과학기술진흥원(KAIA)	• 복합플랜트사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성이 방향설정, 전문가 위원회 및 기획용역사와의 정보교류 및 모니터링 등의 실무 총괄을 담당
인터젠컨설팅(주)	• 기획 관련 조사·분석, 기획보고서 검토 및 수정·보완, 경제성 분석 및 예비타당성 평가 지원 등 기획사업 전반의 실무를 지원
고등기술연구원	• 도시기반 복합플랜트 관련 국내·외 기술현황 및 특허 조사 • 에너지, 환경, 첨단 EPC, O&M, 재해방지 기술을 포함한 도시기반 지하 복합플랜트 기반기술 조사 • 도시기반 복합플랜트 기반기술의 유기적 연계 및 통합을 통한, 저비용, 고효율, 저CO2 복합플랜트 핵심기술 도출
지에스건설(주)	• 실증단지 구축 방안 도출 • 국내외 T/B 후보지 조사, 입지 확보방안 및 개념설계 수행 • 도시기반 복합시설 관련 제도·쟁점 분석, 장애요인 및 해소방안 검토
기술기획위원회	• 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하며, 기획사업의 연구개발 핵심기술 발굴, 목표 설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 • 既투자된 정부과제에 대해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 기반으로 관련 사업 및 기술에 대한 중복성 검토
타당성검토위원회	• 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성, 자원투입계획 등)에 대한 단계별 타당성 검토를 통해 기획연구의 지속 수행여부를 판단하고, 내실 있는 기획결과가 도출되도록 조정

3. 사업기획 추진경과

○ 동 사업추진을 위한 컨소시엄 및 기획회의 개최현황

<표 1-29> 컨소시엄 및 기획회의 개최현황

구분	일자	장소	내용
1차	'17.11.28	서울 한신인터밸리	기술기획위원회 운영방안 및 기술수요조사 수행 방안 협의
2차	'17.12.08	서울 도화 엔지니어링	- 기술기획위원회 1차회의 개최 - 사업추진 배경 및 필요성 도출  <그림 1-38> 1차 기술기획위원회
3차	'17.12.15	국토교통과학 기술진흥원	1단계 기획타당성검토위원회 개최
3차	'18.01.24	서울 한신인터밸리	기술수요조사 결과 취합
4차	'18.02.02	국토교통과학 기술진흥원	추진 배경 및 필요성 보완 및 기획방향 점검 회의
5차	'18.02.06	용산역 ITX회의실	- 기술기획위원회 2차회의 개최 - 기술수요조사 결과 검토 및 우선순위 평가 진행
6차	'18.02.27	서울 그랑서울	- 기술기획위원회 3차회의 개최 - 기술 우선순위 평가 결과 취합 및 중점과제 도출 협의  <그림 1-39> 3차 기술기획위원회

<표 1-29> 컨소시엄 및 기획회의 개최현황

구분	일자	장소	내용
7차	'18.03.06	국토교통과학기술진흥원	• 2단계 기획타당성검토위원회 개최
8차	'18.03.20	서울 그랑서울	• 기술기획위원회 4차회의 개최 • 중점과제 및 세부과제 도출 및 보완
9차	'18.03.22	서울역 KORAIL	• 국토부 담당 과장 보고 및 의견 청취
10차	'18.04.17	서울 한신인터밸리	• 사업 실증 후보지 검토 • 중점과제 및 세부과제 재정리
11차	'18.05.17	LH세종특별본부	• 세종시 도시개발 계획과 본 사업 추진 일정 조율 논의
12차	'18.06.20	국토교통과학기술진흥원	• 중점과제 및 세부과제 검토 및 보완 • 사업 실증 후보지 검토 및 대안 마련 논의
13차	'18.06.28	국토교통과학기술진흥원	• 3단계 기획타당성검토위원회 개최
14차	'18.07.04	부산 노보텔	• 자원플랜트 통합워크숍 참석 및 본 사업 발표
15차	'18.07.17	국토교통과학기술진흥원	• 중점과제 및 세부과제 검토 및 보완
16차	'18.08.07	국토교통과학기술진흥원	• 전체적인 보고서 작성 진행 상황 점검 • 향후 일정 논의  <그림 1-40> 전문기관 점검회의
17차	'18.08.22	용인 GS기술연구소	• 중점과제 및 세부과제 검토 및 보완 • 사업 실증 후보지 검토
18차	'18.09.04	국토교통과학기술진흥원	• 3단계 2차 기획타당성검토위원회 개최

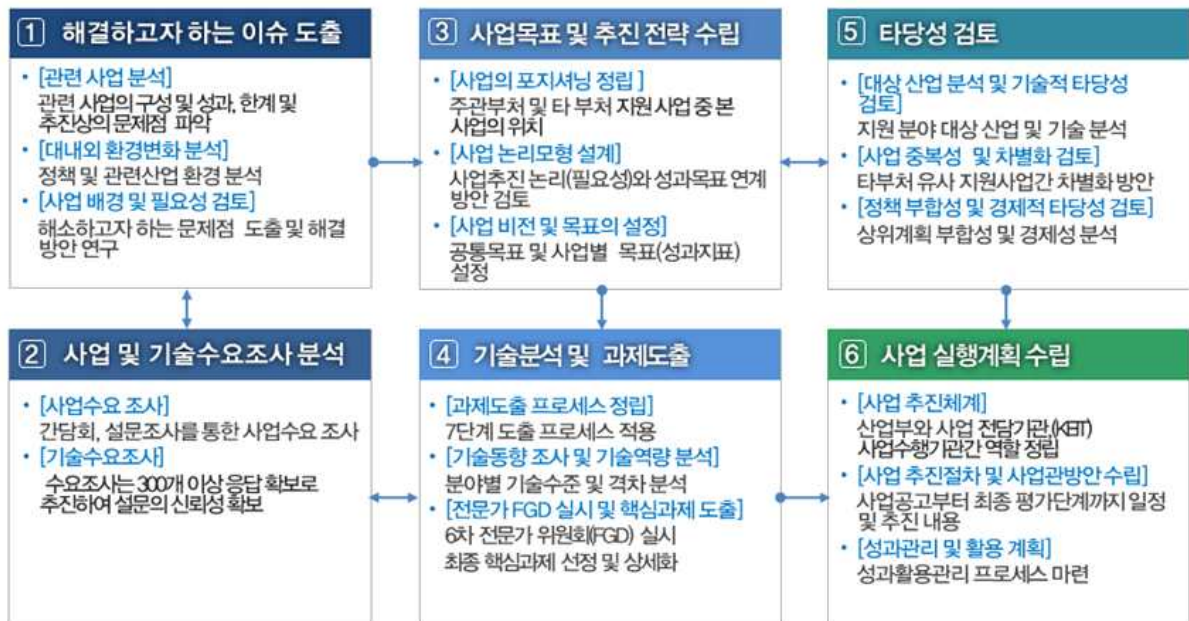
<표 1-29> 컨소시엄 및 기획회의 개최현황

구분	일자	장소	내용
19차	'18.09.12	용인 GS기술연구소	• 중점과제 및 세부과제 검토 및 과제 상세화 방향 논의 • 향후 기획방향 및 수행사별 역할 재정립
20차	'18.09.20	국토교통과학 기술진흥원	• 핵심과제 기술수준 검토 및 보완
21차	'18.10.10	서울 한신인터밸리	• 과제 구성(안) 최종점검 및 미흡사항 보완
22차	'18.10.16	국토교통과학 기술진흥원	• 최종 기획보고서 검토 및 보완의견 도출 <그림 1-41> 전문기관 점검회의
23차	'18.12.05	선릉 TOZ	• 1차 사업기획위원회 개최 <그림 1-42> 1차 사업기획위원회
24차	19.02.14	국토교통과학 기술진흥원	• 4단계 기획타당성검토위원회 개최
25차	19.03.20	국토교통과학 기술진흥원	• 진행상황 점검

4. 사업기획 추진절차

□ 효과적인 연구 수행을 위해 6단계 프로세스로 구성

- 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침을 준용하여 평가항목과 분석방법론을 도입
- 추진절차는 대내외 환경분석을 통해 사업의 이슈와 문제점을 도출하고 이를 기반으로 중점분야 및 핵심세부기술 도출



<그림 1-43> 사업기획 절차

제2장 대내외 환경 분석

제2장 대내외 환경 분석

제1절 메가트렌드 분석(STEEP)

1. STEEP 분석 결과

1.1 사회/문화(Social)

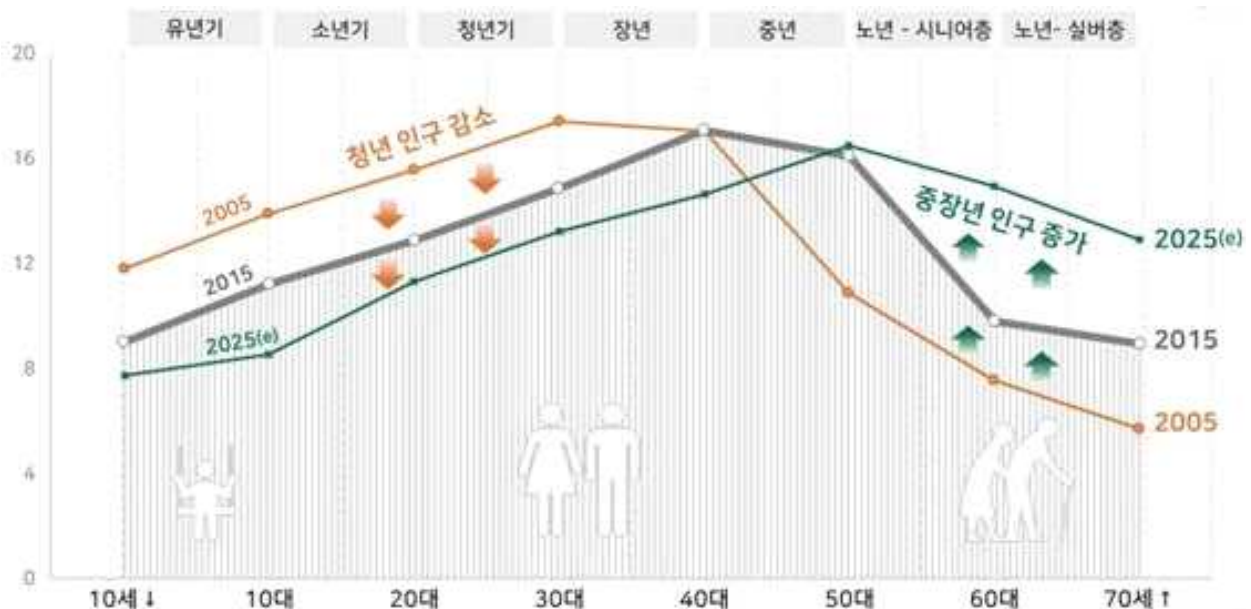
◆ 경제활동인구의 감소로 인한 공공서비스 공급의 무인화 및 넘비현상, 도시 문제 등 사회 갈등의 해소를 위한 기술개발 필요

가. 인구구조 변화에 따른 경제활동 인구 감소

□ 전 세계적으로 고령자 인구의 비중이 증가하는 나라들을 중심으로 GDP 성장률 저하 또는 경기침체가 발생할 가능성 증가

○ OECD의 고소득 국가들은 2030년에 중간 연령이 평균 42.8세에 이를 것으로 예상(2010년 기준 37.9세)

○ 우리나라의 경우, 저출산·고령화로 인해 OECD 국가 중에서 고령화가 가장 빠르게 진행 중



자료 : 통계청 인구총조사

<그림2-1> 우리나라 인구구조 변화 추이

- 통계청 발표자료에 따르면, 우리나라 인구는 2024년부터 인구가

감소하고 가구증가세가 둔화될 전망

- 우리나라 생산가능인구(15~64세)는 2017년부터 완만하게 감소하다 2020년경부터는 급격하게 감소함으로써 국가 경제성장을 둔화시키고 활력을 저하하는 요인으로 작용

- 고령 인구(65세 이상)의 비중은 2018년에 14%를 넘어 고령사회에 진입하게 되며, 2026년에는 초고령사회(20% 이상) 진입 예상

○ 고령화 현상은 경제 활동 및 소비 위축, 고용 악화, 청장년층 생활 기반 악화, 저출산 심화라는 악순환 야기

□ 엔지니어링, 플랜트 산업에서 해외진출 확대를 위해서는 인력수급이 매우 중요하나, 청년기술·기능인력 부족현상 심화

<표 2-1> 엔지니어링 가치사슬별 인력 부족률('15)

(단위 : %)

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

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

○ 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

- (기존 기술인력) 기업의 인력 수요와 대졸 신규 기술자의 역량간의 불균형(mis-match)으로 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

○ 건설산업 고령화는 숙련노동자의 감소로 이어져 생산성 저하를 심화시키고 고령자의 건설재해로 이어져 건설산업 안전성도 악화

- 2015년 건설산업 사고 사망자의 68%가 50세 이상으로 고령 건설노동자의 비율이 증가할수록 건설업 사고사망자 수 비중 증가

나. 도시 집중현상 심화로 인한 도시문제의 가속화

□ 전 세계적으로 도시집중 현상이 가속화됨에 따라 도시 자원 및 인프라 부족, 교통 혼잡, 에너지 문제 등 도시 문제가 증가

- 세계 인구는 2050년 약 100억 명이 될 것으로 전망되며 기술의 발전으로 인해 도시화율도 꾸준히 증가할 것으로 예상됨
- 2015년 기준 국내 도시화율 82.5% 육박 (전세계 평균 54.0%)



자료 : 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」, 국토교통부(2018)

<그림2-2> 세계 도시화율 추이

- 도시인구의 급격한 증가로 교통혼잡, 주거·녹지공간 부족, 복합재난 증가 등 다양한 도시문제 발생 우려
- 2050년까지 도시 인구가 66%까지 증가할 것으로 예측⁷⁾됨에 따라 도시의 지속가능성 및 경쟁력 확보를 위한 노력 필요성 증대
- 도시는 자원의 50~60%를 소비하고 온실 가스의 60~80%를 배출⁸⁾하는 등 도시화에 따른 지속가능성에 대한 우려가 높아지고 있는 상황
- 도시문제 해결과 동시에 도시노후화 및 기후변화에 대응할 수 있는 지속가능한 새로운 도시모델의 필요성 증대
- **넘비현상, 지역이기주의 등에 따른 민원, 사회갈등 해소기술, 유틸리티 및 서비스 공급의 안정성 제고기술의 개발 및 보급에 대한 수요 증가**
- 급속한 도시화로 인한 기존 도심지역의 비효율적 개발로 인한 삶의 질 저하와 무분별한 지하공간 개발로 인한 환경오염, 민원발생 증가
- 사회갈등의 요인이 되고 있는 환경기초시설의 입지, 건설 등에 있어서 새로운 대체 기술의 요구 증가
- **도시문제의 효율적 해결과 함께, 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하고 신성장동력을 창출하고자 스마트시티가 빠르게 확산**
- ICT 기반 첨단산업 융합의 스마트시티가 구축되어 도시생활의 편의를 증대시키고, 체계적인 도시관리를 통해 삶의 질과 도시경쟁력 향상
- 세계 스마트 시티 시장은 2014년 4,113억 달러 규모에서 2019년 1조

7) UN(2014)

8) IDC(2013)

1,348억 달러 규모 이상으로 급격히 성장할 전망⁹⁾으로 세계 각국에서 스마트시티에 대한 개발 및 투자가 빠르게 확산

- 스마트시티의 발달로 각종 사회적 비용절감, 도시 서비스의 향상, 시민 삶의 질 제고, 생산성·지속가능성 향상의 효과 기대
 - 기존에는 도시 문제 발생 시 대규모 재원을 장기적으로 투자하여 인력 투입 확대, 기반 시설 확충 등의 방식으로 해결
 - 스마트시티는 도시 전역에서 정보를 수집·분석하여 필요한 곳에 자원을 투입하거나 기존 자원의 효율적 활용을 유도하여 문제 해결



자료 : 「스마트시티 정책 및 향후 방향」, 이재웅(2017.3)

<그림2-3> 스마트시티를 통한 문제 해결 방식

9) Market&Markets(2016)

1.2 과학/기술(Technological)

◆ 4차 산업혁명 기술의 발달로 인해 플랜트 공정장치와 ICT 기술간 융·복합화 추진

가. 4차 산업혁명 기술의 융·복합 가속화와 고부가가치화

□ 4차 산업혁명은 인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명으로 산업, 국가시스템, 사회, 삶 전반의 혁신 유발

○ 디지털 혁명이라는 3차 산업혁명의 기반 위에서 4차 산업혁명이 창조되고 있으며 다양한 융복합 기술에 의해 산업융합이 진행

- 사물인터넷(IoT)과 인공지능을 기반으로 사이버 세계와 물리적 세계가 네트워크로 연결돼 하나로 통합되는 지능형 사이버물리시스템(CPS)을 구축

○ 美, 日, EU 등 주요국은 산업융합을 미래 발전과 경제·사회 혁신의 원천으로 인식하고 범 정부차원의 국가 융합전략 추진

<표 2-2> 국가별 4차 산업혁명 대응정책 현황

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

- 독일의 ‘인더스트리 4.0’, 미국의 ‘산업 인터넷’, 일본의 ‘로봇 신전략’, 중국의 ‘제조 2025’ 등 4차 산업혁명을 이끄는 주요 기술융합 전략을 제시

○ 우리나라도 ‘제조업 혁신 3.0 전략’에서 IT와 SW융합을 통한 제조업 혁신전략을 설정하고, 스마트공장 1만 개 확산 목표를 제시

- 스마트공장에 대한 국내·외 높은 관심에도 불구하고, 이에 대한 구체적 개념 및 효과에 대한 명확한 논리와 실천계획이 여전히 미흡한 실정

□ 첨단기술 발달 및 기술간 융·복합화로 인해 플랜트에 ICT 기술 적용 확대 전망

○ 스마트 전력 및 워터그리드 연계 플랜트 등 IT 기반의 융복합 신산업 출현의 가시화, 글로벌 환경규제 대응 신재생 융합 플랜트의 활성화

- IT와 결합한 지능형 인프라는 실시간 지능형 유지관리, 방재를 가능하게 하여 더욱 편리하고 안전한 운영 가능

○ 멕시코만/보하이만 원유누출 사고 및 후쿠시마 원전사태 등으로 플랜트 안전규제 강화

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

<표 2-3> 국가별 플랜트 ICT 연계 및 융합 연구 동향

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

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

1.3 경제(Economic)

◆ 글로벌 경쟁체제의 돌입에 따른 선도국과 개도국간 신산업 분야 선점을 위한 국가간 경쟁 심화

가. 국가 간 FTA 체결 증가로 인한 글로벌 무한경쟁 시대 도래

□ 세계화 인식의 확산 등에 따라 경제적 장벽이 급속히 허물어지고 있으며, 최근 자유무역협정(FTA) 체결이 증가하면서 글로벌 경제시대 도래

○ 세계시장 통합은 기업 입장에서는 글로벌 단일 시장이라는 거대한 기회를 주는 동시에, 전 세계 무한 경쟁이라는 위협을 제기

○ 다국적 기업은 무한경쟁 속에서 글로벌 아웃소싱 네트워크를 강화함으로써 생산성 향상 및 비용 절감 효과 극대화

□ 지역주의 추세의 확산 및 중국·인도의 급성장 등에 따라 다수의 국가가 주도권을 잡는 다자주의 시대 도래

○ 주요국간 관계가 한 국가의 패권적 주도에 의해 결정되기 보다는 정책 현안에 따라 협력과 경쟁이 동시에 발현, 교차되어 점차 다극화로 이행

○ 글로벌 표준화, 시험·인증 등 기술무역장벽의 가시화

□ 해외 플랜트 건설 시장 수주경쟁 심화

○ 전통적으로 미국, 일본, 서유럽 등 기술선도국의 기업들이 중심이 되어 시장을 주도하고 발전해왔던 플랜트 엔지니어링 시장이 최근 후발 기업들의 가격 경쟁력과 선도국들의 기술경쟁력간 격돌 상태로 변화

○ 선진국들의 고부가가치 시장의 독점력 강화와 새로운 가치창조를 위한 투자개발형 사업으로 EPC 수주 패턴의 변화

- 설계와 시공, 프로젝트 금융 등 패키지형 서비스 요구증가 추세에 따른 투자 개발형 프로젝트 시장 활성화 및 프로젝트 파이낸싱의 중요성 확대

○ 시장 경쟁력 강화 및 고부가가치 분야의 시장 점유율 제고를 위한 선진기업과 후발기업의 전략적 제휴 및 M&A등 글로벌 카르텔화에 의한 핵심사업의 컨소시엄 수주 확대 필요

1.4 환경/생태(Ecological)

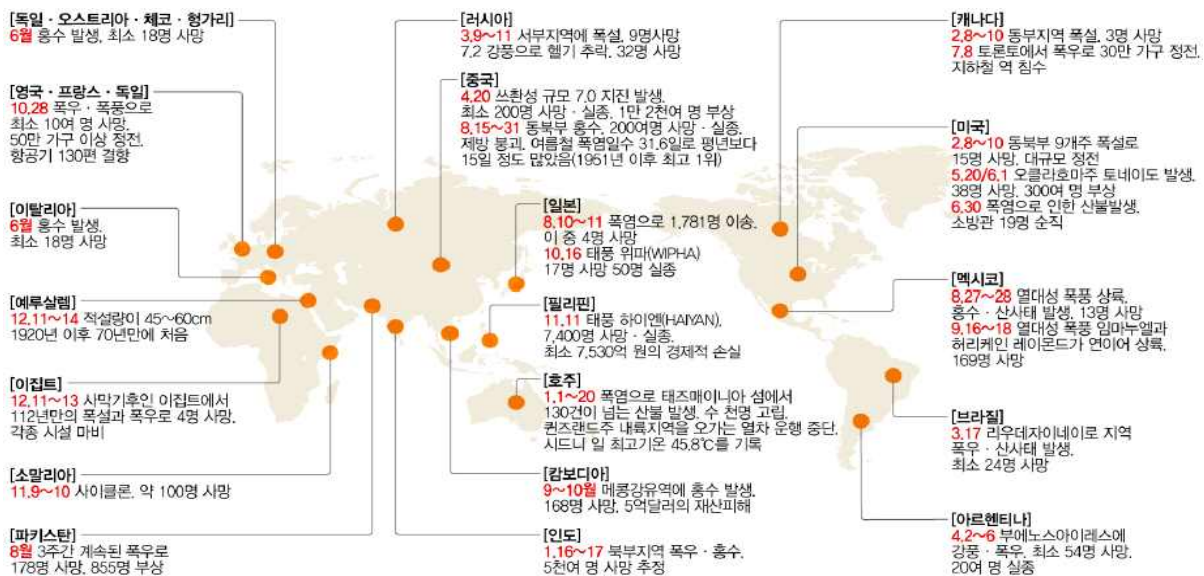
◇ 기후변화 등 환경문제의 증가로 신재생에너지, 순환경제 등 친환경 정책 및 기술개발 수요 증가

가. 지구 온난화 및 기후변화 영향 증가로 친환경 기술 수요 증대

□ 지구 온난화로 기온이 상승하면서 이상기후 현상이 발생하는등 환경 문제 심화

○ 지난 100년간 평균기온이 0.74℃ 상승함에 따라 해수면 상승과 빙하 감소가 일어나고 있을 뿐만 아니라 전 세계 사막화 면적이 연간 평균 3,572km²으로 20년전 대비 2배 증가

○ 기후변화에 따른 기상재해의 대형화로 인해 피해액 및 복구비 규모가 매년 증가 추세에 있어 예방 위주의 관리시스템에 대한 수요 증가



<그림2-4> 2013년 전세계 이상기후 발생 분포도

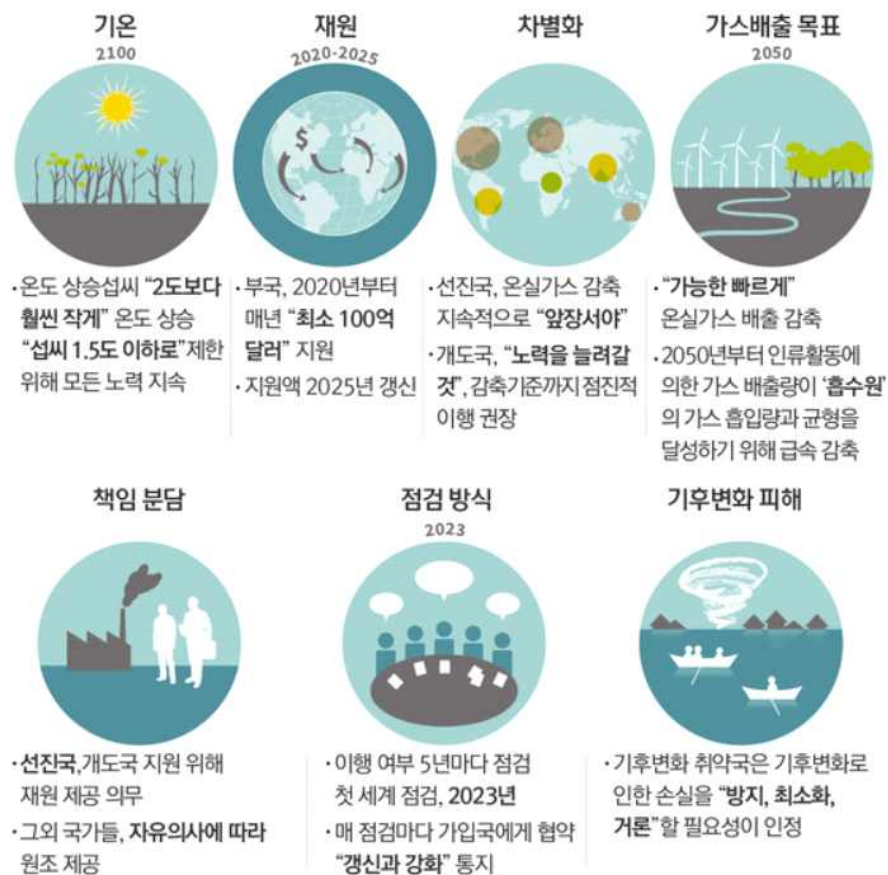
□ 파리협정 채택('15.12)으로 인한 신(新) 기후체제로의 전환

○ 국제사회는 기후변화 문제에 대응하기 위해 기후변화협약을 채택하였고, 교토의정서 체제를 통하여 목표를 달성하려 하였으나 한계 존재

○ 파리협정의 목표는 기후변화 위협에 대응을 강화하는 것이며, 이를 달성하기 위하여 감축, 적응, 재원 측면에서의 세부 목표 규정

- 감축 : 온실가스 양을 줄여 온도 상승을 2℃ 이하로 유지하고 1.5℃ 까지 제한하도록 노력하여야 함

- 적응 : 온실가스 배출량 감축을 위하여 노력하면서 현재 일어나고 있는 기후변화 때문에 발생하는 부정적 영향에 대한 적응력 강화
 - 재원 : 선진국은 재원을 조성하는 역할을 수행하며, 개발도상국의 필요를 고려하여 재원을 지원
- 기후변화에 대응하기 위해 분야별로 당사국이 취해야 할 노력을 결정하여 제출한 목표인 NDC(Nationally Determined Contribution, 국가결정기여)를 모든 당사국에 제출할 의무 부여
- 우리나라는 2030년까지 배출전망치(BAU) 대비 37%를 감축하겠다는 목표를 제출하였으며, 2030년 감축 목표를 달성하기 위하여 관련 정책과 기술개발이 필요



자료 : AFP (2015.12)

<그림2-5> 파리 기후협약 핵심사항

□ OECD국가를 중심으로 화석에너지에서 바이오에너지 및 신재생에너지로 대체하는 정책이 적극적으로 추진

- 온실가스 배출 감축 및 신(新) 에너지 시장에서 전략적 우위를 점하기 위하여 선진국을 중심으로 신재생 에너지 지원 정책 추진¹⁰⁾

- OECD 국가의 화석에너지의 1차에너지 비중은 2016년 79.8%에서 2040년 71.0%로 감소할 것으로 전망
- 천연가스는 화석연료 중 유일하게 증가하여 2035년 부터는 원별 분담률 1위(30.9%)를 기록하고, 2040년에는 31.6%까지 증가할 것으로 전망
- 재생에너지(바이오·기타 재생에너지)의 분담률은 2016~2040년 중 8.8% 증가하여 2040년에는 17.0%를 기록할 것으로 전망

<표 2-4> OECD국가의 1차에너지 원별 수요 전망(NPS)

(단위 : Mtoe, %)

구분	2016	2025	2030	2035	2040	2016~2040	
						증감분 (Mtoe)	연평균 △(%) '16~'40
1차에너지수요 (Mtoe)	5,255	5,221	5,138	5,066	5,049	-206	-0.2
석탄	16.9	14.7	13.7	12.5	11.8	-289	-1.6
석유	36.2	33.4	31.5	29.3	27.6	-510	-1.3
가스	26.7	28.1	29.4	30.9	31.6	191	0.5
원자력	9.7	9.9	9.5	9.2	9.1	-51	-0.4
수력	2.3	2.6	2.7	2.8	2.9	26	0.8
바이오 에너지	5.9	7.2	7.9	8.6	9.1	148	1.6
기타 재생에너지	2.3	4.1	5.3	6.7	7.9	280	5.1

자료 : 「세계 에너지수요전망(WEO-2017)과 에너지수급 변화 요인」, 에너지경제연구원 (2017.12)

- 중국 등 신흥국들은 차세대 발전 플랜트의 에너지원이 될 신재생에너지 산업의 육성을 위하여 정부적 차원에서의 정책적 지원을 추진 중

<표 2-5> 주요국 신재생 에너지 플랜트 정책동향

국가	정책 동향
미국	• 트럼프는 기존 오바마 행정부의 청정전력계획(CPP)으로 일자리가 줄어들고 제조경쟁력이 저하되었다는 논리를 펼치며 화석연료 산업을 적극 지원, 원유·가스 증산 및 자원 수출 확대 정책으로 온실가스 감축정책이 후퇴하고 신재생에너지 산업 투자 및 비중 증가세는 둔화되고 있음

10) 「세계 에너지수요전망(WEO-2017)과 에너지수급 변화 요인」, 에너지경제연구원 (2017.12)

<표 2-5> 주요국 신재생 에너지 플랜트 정책동향

국가	정책 동향
EU	• 2020전략에 이어 '2030 기후, 에너지 정책 프레임워크'를 통해 온실가스 배출저감 및 재생에너지 확대, 에너지 효율 개선 정책 기조를 유지하고 있으며, '에너지로드맵 2050'을 통해 장기적 관점의 온실가스 배출저감 정책 목표를 제시
독일	• 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량의 19%를 재생에너지로 충당, '22년까지 원전을 완전 폐쇄)을 시행하고, 에너지의 효율성제고 및 재생에너지 개발을 위한 연구('에너지 기초연구 2020+', '하이테크 전략 2020', '바이오 경제 2030')를 추진
프랑스	• 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지 비율 23% 목표)을 시행하고 있으며, 환경 및 에너지 관리청 주도로 '20년까지 연구개발을 추진
일본	• 최근 일본은 '원전 제로' 방침에서 원전 재가동을 위한 정책을 추진함과 동시에 신재생에너지 도입을 촉진하기 위한 정책 시행을 위한 'Cool Earth' 프로그램을 통해 '50년까지의 에너지원별 기술개발 로드맵'을 수립
중국	• 신재생에너지 활성화 정책('15년까지 전체 에너지소비의 9.5%를 신재생에너지로 보급하는 것을 목표로 설정)을 시행하고 있으며, 특히 태양광분야 발전을 집중적으로 지원('13년~'14년 간 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 태양광 발전 정책이 12건)
한국	• 최근 정부의 '신재생 3020'정책 발표 및 탈원전 선언으로 정부의 에너지정책이 기존의 대규모 발전소 건립에서 신재생에너지 중심의 에너지믹스를 추진할 전망이다 (2030년 신재생에너지 비중 20% 목표)

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

나. 순환경제의 개념 도입으로 지속가능한 발전 추구

- 대량생산, 소비 폐기의 선형적 경제 모델에 대비되는 개념으로 자원 사용, 제품 설계, 재활용 등 전 과정에서 환경 영향을 고려

[선형경제 vs 순환경제]



자료 : 「대한상의 브리프」, 대한상공회의소, (2018.2)

<그림2-6> 선형경제와 순환경제의 기본 개념

- 제품 제조를 위한 자원 채취부터 제품 사용 이후까지 전과정에서 자원을 효율적으로 사용하고 폐기물의 배출 최소화
- 유럽을 중심으로 각국은 순환경제 관련 정책 수립

□ OECD 고베 3R 행동계획 ('08)

- 자원생산성, 지속가능한 자원의 사용 및 관리, 순환경제 이슈를 다루기 위해 '08년 일본 고베에서 개최된 G8 환경장관 미팅에서 ‘고베 3R 행동계획’ 채택
- 3R 정책의 우선순위, 자원생산성 향상 및 목표 설정, 3R 폐기물 정책과 온실가스 저감 정책 간 공동이익 지향, 3R 관련 기술혁신 향상 및 시장 창출 등
- 건전한 자원순환 향상을 위한 국제협력, 3R 관련 물질·제품·생산품의 국제 무역 증대 등
- 지속가능한 물질관리
- 자원의 전 생애에 걸친 효율적 관리를 위한 정책제언을 담은 지속가능한 물질관리 도입

□ UN 지속가능발전목표 ('15.9)

- (폐기물 발생 감축 및 재활용 촉진) 17개 목표 중 하나로 ‘지속가능한 소비와 생산’ 반영
- 자연자원의 효율적 사용과 지속가능한 관리 추구
- 개인·소매에서 음식물 쓰레기 절반 감량, 생산·공급 과정의 음식물 손실 감소
- 2020년까지 전 생애주기별 환경적으로 건전한 폐기물 관리방안 달성
- 발생 예방, 감축, 재활용, 재사용을 통한 폐기물 발생량의 상당한 감축

□ 각 국가는 순환경제 사회를 구축하기 위해 각종 정책 및 기술 개발 추진

<표 2-6> 주요국 순환경제 정책동향

구분	정책 동향
미국	• 자원보존 및 재생법(RCRA)를 통해 고형폐기물을 활성화하고 유해폐기물을 발생시점부터 처분때까지 관리하여 폐기물 및 유해폐기물의 부적절한 관리로 인한 문제 방지, 자원의 회수 및 폐기물의 재활용을 통한 자원 및 에너지 절약, 가능한 신속히 유해폐기물의 발생억제 및 최소화를 목표로 함

<표 2-6> 주요국 순환경제 정책동향

구분	정책 동향
EU	• 유해폐기물을 2020년까지 50% 줄이는 목표를 제시하고 있으며 이를 위한 정책적 수단으로 폐기물 정의의 법률화, 폐기물 매립 및 소각시설 운영 표준화, 우선적 재활용에 대한 법률적 목표 등을 제시 • 2030년까지 모든 플라스틱 포장재를 재활용하고 생산부터 소비, 제조, 폐기물 관리와 2차원료 활용을 아우르는 전체 공급망에 순환경제 원리를 적용하는 순환경제 패키지 채택
독일	• 독일은 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량의 19%를 재생에너지로 충당, '22년까지 원전을 완전 폐쇄)을 시행하고, 에너지의 효율성제고 및 재생에너지 개발을 위한 연구('에너지 기초 연구 2020+', '하이테크 전략 2020', '바이오 경제 2030')를 추진
일본	• 순환형사회형성 추진 기본법을 제정하여 폐기물의 발생억제와 순환사회형성을 위한 국가 시책으로 재생제품의 사용 촉진, 환경에 대한 부정적 영향 방지, 순환적 이용 및 처분을 위한 경제적 수단을 도입하고 있음
중국	• 2020년까지 기본적인 순환경제사회 체계 구축 추진, 폐기물 재활용은 2015년 2.5억 톤에서 2020년 3.5억 톤으로 40%이상 증가 목표 수립
한국	• 자원순환기본법과 자원순환기본계획을 수립하여 순환자원 인정, 자원순환성과관리, 제품 순환이용성평가, 폐기물처분부담금 등 생산부터 유통·소비·폐기에 이르는 전 과정에서 폐기물 발생을 줄이고, 재활용을 촉진

자료 : 「폐기물 관리체계 개편방안 마련 연구」, 환경부, (2013.3)

「한국의 폐기물 자원관리 및 활용정책」, 국토연구원, (2016.12)

「폐자원 에너지 사업의 현안과 수용성 제고」, 국토연구원, (2018.10)

1.5 정치/안보(Political)

◆ 무역기술장벽의 극복과 물·에너지·자원 확보 경쟁 심화에 따른 국가적 차원의 지원과 노력 필요

가. 무역기술장벽(TBT : Technical Barriers to Trade)의 심화

- 기술무역장벽(TBT) 해소를 위한 국제 기술규정, 표준 및 적합성 평가 관련 기술개발 수요 증가
 - 국가간 자유무역협정 체결이 확대됨에 따라 전통적 무역장벽인 관세나 수입수량제한 등은 감축 또는 철폐되어가고 있으나, 기술규정, 표준 및 적합성평가절차 등 기술무역 장벽은 높아지는 추세
 - 자유무역협정 체결에 따라 교정, 시험, 검사 등 적합성 평가결과의 상호인정과 적합성평가기관의 개방이 주요 관심사로 부상

나. 물·에너지·자원 확보 경쟁 심화

- 에너지·자원 확보의 어려움을 극복하기 위한 수단으로 대체 에너지 개발 및 재활용을 위한 국가적 차원의 노력 지속
 - 산업 의존도가 높은 광물 및 원자재 수급 불안으로 인한 국가간 자원 확보 분쟁이 증대됨에 따라 자원 무기화로 이어질 가능성이 높아지고 있으며, 이로 인한 천연 자원의 국가 통제가 지속화될 전망
 - 산업생산 증가 및 생활수준 향상에 따른 물·에너지·자원 수요가 증가함에 따라 수요와 공급의 불균형 증가
 - 자원 저소비 및 순환형 도시, 산업단지 및 지역의 효율·안전 등 고도화 필요

2. STEEP 분석에 따른 이슈 해소방향

2.1 사회/문화 분야 대응방향

- 현장 운영 인력 부족의 극복을 위해 자동화·무인화, 원격 인프라, 디지털 네트워크화 등 첨단 기술 적용
 - 전문 기술 인력 부족의 극복을 위해 신뢰성을 갖춘 ICT 기반 자동화·무인화 기술 도입으로 안전성 강화 및 운영 효율화 추진
 - 플랜트 운영 현장에서 애로가 큰 노동력, 작업자의 안전문제를 해결하기 위한 현장 통합 관리, 작업자 안전 교육 기술 등을 개발하여 적용
- 민원, 악취 등 사회갈등 해소를 위해 환경기초시설의 지하화 추진
 - 넘비현상, 사회갈등 해소를 위해 기피시설을 지하화하고 지상공간에 주민 편익시설을 배치하여 지역주민의 편익 증대
 - 지하공간 활용 기술 개발을 통한 국토의 효율적 활용 추진
- 스마트시티 시범도시를 활용하여 관련 기술의 실·검증으로 상용화 기반 확보
 - 스마트시티 시범도시로 추진중인 세종 5-1지구에 Test Bed를 구축하여 관련 기술의 실·검증 추진
 - 친환경·고부가가치 미래 도시 인프라 모델로 해외 진출을 위한 사업 모델 구축

2.2 과학/기술 분야 대응방향

- 첨단기술 접목 및 기술융복합화를 통한 복합플랜트 유지관리 고도화 및 안전성 향상 기술 개발
 - 복합플랜트 관련 운영 기술 개발을 통한 유지관리 비용 저감과 생산성 향상 추진
 - 첨단 센서, IoT 기반 스마트 진단 및 유지보수 기술 개발 추진
 - 나노, 소형화, 사이버물리시스템, 지능화 등 신기술의 플랜트 융·복합 접목
 - 각종 사고 및 재해·재난 등 복합 재해 대응형 기술 개발
 - 재해예측, 사전경보 시스템 등 기존 플랜트 성능향상과 선제적 안전관리 체계 구축
 - 지하시설물간 실시간 모니터링, 건전도 평가기술 등 위험요인 분석 및 지하공간 정보망 구축을 통한 체계적 관리 필요

2.3 경제 분야 대응방향

- 복합플랜트 건설 기술 개발을 통한 고부가가치 신시장 창출 및 시장 선점으로 플랜트 산업 전반의 경쟁력 강화 필요
 - 지역/국가 간 경쟁 심화에 따른 일부 선진국의 시장 선점 및 독점으로 인해 신규 시장 진출에 어려움이 있으므로 복합플랜트 개발을 통한 신시장 창출로 시장 선점 필요
 - 기 개발 및 연구중인 복합플랜트 통합 공정의 상용화 기반 확보를 위해 지하공간 활용 기술, 운영 기술, 사업화 기술 등에 집중 투자를 통한 상용화 기반 확보 필요
- 향후 도시화가 집중적으로 진행되는 아시아·태평양 국가들과 교류협력 확대를 통해 진출여건 조성으로 시장 진출 확대 추진
 - 국내 SOC 예산의 감소와 도시화의 진척으로 상대적으로 성장 가능성이 크고 환경 문제가 부각되기 시작하는 동남아, 중국, 인도 등 개도국 시장으로 진출 모색
 - 대기업-중소기업간, 시공-엔지니어링 산업간 해외진출 불균형으로 인하여 건설업계의 글로벌 성장의 한계가 존재하므로 새로운 건설수요, 시장창출 뿐만이 아닌 해외진출에 필요한 실질적인 역량 강화 필요

2.4 환경/생태 분야 대응방향

- 기후변화 및 환경오염에 대한 선제적 대응시스템 구축 및 복합플랜트 안전성 강화를 위한 기술개발 필요
 - 불확실한 자연재해로부터 피해를 최소화하기 위한 복합플랜트 안전성 강화 및 재난재해 대응 복구기술 필요
 - 복합플랜트 운영에 따른 토양오염, 수질악화 등의 환경오염 모니터링 및 피해저감 기술 개발 필요
- 신재생에너지 보급 확대에 따른 복합플랜트 에너지 생산효율 증대 및 순환경제 도입에 따른 폐자원의 재활용 확대 필요
 - 복합플랜트 보급을 통한 에너지·물·자원의 공급 순환 과정의 손실 저감 및 효율적 공급을 위한 지능형 관리 시스템 구축
 - 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환
 - 도시 폐기물의 자원화에 따른 쾌적한 도시환경 조성

2.5 정치/안보 분야 대응방안

- 기술무역장벽(TBT) 해소를 위한 복합플랜트 관련 기술의 국제표준 실태 조사 및 대응전략 수립 필요
 - 복합플랜트 관련 기술의 표준 원천 기술의 추적 및 틈새시장의 확보전략 수립
 - 측정과학기술분야 연구개발을 통한 무역기술장벽 극복 및 글로벌 국가경쟁력 강화를 위한 R&D 투자 확대
- 에너지·물 자원 확보경쟁 심화로 인한 자원절약형 산업발달 및 에너지 절약형 국토공간 개발 확대
 - 폐기물 에너지 보급 확대를 위한 정책추진 및 신기술 개발을 위한 연구개발 투자 강화
 - 신재생에너지 보급확대를 위한 소규모, 자립형, 분산형 도시공간 구성 및 에너지 효율 증대를 위한 Compact 도시개발 확대
- 기술무역장벽(TBT) 대응을 위한 국제표준에 부합하는 시험평가, 인증 등 적합성 평가 기술개발 강화 필요

3. 소결

□ 본 복합플랜트 실증 사업의 미래 전망과 현안, 문제점, 대응 방향 등을 STEEP 분석을 통해 도출

○ 도출된 이슈는 미래 기술니즈, 사업의 기본방향, 사업목표 및 추진전략, 사업 및 기술 구성에 반영

<표 2-7> STEEP 분석 결과

구분	메가트렌드	주요 전망	관련 이슈 대응 방향
사회/문화 (S)	- 인구구조 변화에 따른 경제활동 인구 감소 - 도시 집중현상 심화로 인한 도시문제 가속화	- 기능 및 기술인력 부족에 따른 무인화, 자동화 확산 - 넘비현상, 사회갈등 해소를 위한 인프라 기술 수요 증가 - 스마트시티의 보급 확대	- 현장 운영 인력 부족의 극복을 위해 자동화·무인화, 원격 인프라, 디지털 네트워크화 등 첨단 기술 적용 - 민원, 악취 등 사회갈등 해소를 위해 환경기초시설의 지하화 추진 - 스마트시티 시범도시를 활용하여 관련 기술의 실·검증으로 상용화 기반 확보
과학/기술 (T)	4차 산업혁명 기술의 융·복합 가속화와 고부가가치화	IoT·인공지능·VR/AR 등 융·복합기술 확산	첨단기술 접목 및 기술융복합화를 통한 복합플랜트 유지관리 고도화 및 안전성 향상 기술 개발
경제 (E)	국가 간 FTA 체결 증가로 인한 글로벌 무한경쟁 시대 도래	- 글로벌 네트워크 협업 활동 가속화 - 플랜트 산업 경쟁 심화 - 선진국과 개발도상국의 제도·기술적 격차 심화	- 복합플랜트 건설 기술 개발을 통한 고부가가치 신시장 창출 및 시장 선점으로 플랜트 산업 전반의 경쟁력 강화 필요 - 향후 도시화가 집중적으로 진행되는 아시아·태평양 국가들과 교류협력 확대를 통해 진출여건 조성으로 시장 진출 확대 추진
환경/생태 (E)	- 지구 온난화 및 기후변화 영향 증가로 친환경 기술 수요 증대 - 순환경제의 개념 도입으로 지속가능한 발전 추구	지구온난화 대응 글로벌 환경규제 및 인증제도 강화	- 기후변화 및 환경오염에 대한 선제적 대응시스템 구축 및 복합플랜트 안전성 강화를 위한 기술개발 필요 - 신재생에너지 보급 확대에 따른 복합플랜트 에너지 생산효율 증대 및 순환경제 도입에 따른 폐자원의 재활용 확대 필요
정치/안보 (P)	- 무역기술장벽의 심화 - 물·에너지·자원 확보 경쟁 심화	- 국가별 에너지 안보 강화 - 글로벌 인증기준 및 표준화 시스템 강화	- 기술무역장벽(TBT) 해소를 위한 복합플랜트 관련 기술의 국제표준 실태 조사 및 대응전략 필요 - 에너지·물 자원 확보경쟁 심화로 인한 자원절약형 산업발달 및 에너지 절약형 국토공간 개발 확대

제2절 국내외 정책 동향 분석

1. 국내 정책 동향

◆ 국내 정책동향을 파악하기 위하여 국정과제, 부처별 정책 동향 및 플랜트, 폐자원 에너지화, 지하공간 활용, 스마트시티 등 분야별 정책동향을 분석하여 복합플랜트의 위상을 파악하고 사업기획 방향 설정에 활용

1.1 문재인 정부의 국정과제

□ 문재인 정부는 공약을 기초로 국민제안 사항, 정책현안 등을 종합적으로 고려하여 5대 국정목표, 20대 국정전략과 100대 국정과제를 선정

○ 문재인 정부가 2017년 7월 발표한 100대 국정과제에서 본 사업과 관련된 국책과제는 더불어 잘사는 경제(국정과제 33, 34, 37), 내 삶을 책임지는 국가(국정과제 55, 56, 59, 60, 61), 고르게 발전하는 지역(국정과제 79)

<표 2-8> 본 사업 관련 100대 국정과제

정책목표	전략 및 국정과제
더불어 잘사는 경제	전략 4 : 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명
	33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축 (과기부)
	34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성 (산업부·과기부·국토부)
	37. 친환경 미래 에너지 발굴·육성 (산업부)
내 삶을 책임지는 국가	전략 3 : 국민안전과 생명을 지키는 안심사회
	55. 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축 (안전처)
	56. 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화 (안전처)
	59. 지속가능한 국토환경 조성 (환경부)
	60. 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환 (산업부·원안위)
	61. 신기후체제에 대한 건실한 이행체계 구축 (환경부)
고르게 발전하는 지역	전략 2 : 골고루 잘사는 균형발전
	79. 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진 (국토부)

- (국정과제 33) 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 기반 구축
- (생태계 조성) 지능정보 핵심기술 R&D, 인재양성 등에 집중투자하고, ICT 신기술·서비스 시장진입이 원활하도록 규제 개선 추진
 - (인프라 조성 및 융합 확산) 5G·IoT 네트워크 인프라 구축, 데이터 개방 및 유통 활성화, 스마트홈·정밀의료 등 ICT 융합 서비스 발굴·확산
 - (기대효과) ICT·소프트웨어 혁신과 산업간 융합 추진으로 새로운

성장동력 창출 및 경제성장 견인 (일자리 26여만개 창출)

○ (국정과제 34) 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성

- (첨단기술 산업) 융복합 추진전략 마련, AR·VR, IoT 등 첨단기술 산업 육성을 위해 R&D 실증·인프라 구축 지원
- (표준·인증) 신속인증제 운영 활성화, 범부처 TBT대응지원 센터 운영, 신속표준제도 도입 등 신산업 표준·인증제도 혁신
- (기대효과) 신산업 분야 핵심 원천기술 확보 및 시장 선점

○ (국정과제 37) 친환경 미래 에너지 발굴·육성

- (재생에너지) 소규모 사업자의 참여 여건 및 기업투자 여건 개선 등을 통해 '30년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성
- (에너지신산업) 친환경·스마트 에너지 인프라 구축, IoE 기반 신비즈니스 창출
- (에너지효율) 핵심분야별 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환
- (기대효과) 에너지 다소비 경제구조를 친환경·고효율 구조로 전환하고, 실효성 있는 서민층 에너지 복지 강화

○ (국정과제 55) 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축

- (안전위험요소 제거) 승강기·건설·지하안전 등 부문별 위험요소 제거, IoT를 활용한 위험 예측, 감지, 분석, 대응기술 개발
- (기대효과) OECD 중위권 수준 교통안전 달성, '15년 대비 화재 피해 17% 감축

○ (국정과제 56) 통합적 재난관리체계구축 및 현장 즉시대응 역량 강화

- (재난 예·경보) 대국민 재난정보 전달체계 전면 개선, '20년까지 재난 안전통신망 구축, 지진해일 분석·예측·정보전달 체계 고도화
- (기대효과) 통합적 재난관리체계 구축 및 현장대응 역량 강화를 통해 국가재난관리 역량 강화, 독립적인 사고원인 조사로 사회적 논란 최소화

○ (국정과제 59) 지속가능한 국토환경 조성

- (국토보전·이용 조화) 난개발 차단을 위한 국토관리 패러다임 전환
- (기대효과) '21년까지 보호지역을 국토 대비 17%로 확대

- (국정과제 60) 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환
 - (분산형 전원 확대) 분산형 전원(신재생, 집단에너지, 자가발전)의 인허가, 연료 구매, 요금 설정 등 전 과정에 대한 체계적인 지원 강화
 - (기대효과) 안전하고 깨끗한 에너지로의 에너지 패러다임 전환
- (국정과제 61) 신기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축
 - (온실가스 감축 강화) 배출권거래제 정상화 등 온실가스 배출증가 억제
 - (기후적응 역량 제고) 기후변화 적응 역량 평가·점검체계 구축
 - (기대효과) 기후·대기·에너지 통합관리로 저탄소 경제, 기후변화 위험으로부터 안전한 사회 구현
- (국정과제 79) 도시경쟁력 강화, 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진
 - (도시재생뉴딜사업 발굴·지원) 구도심과 노후주거지 등을 포함하여 정비가 시급히 필요한 곳부터 우선적으로 선정 및 지원
 - (기대효과) 구도심과 노후주거지 생활 여건 개선으로 주민 삶의 질을 개선하고, 쇠퇴지역을 혁신공간으로 재창출

1.2 상위 정책 동향

가. 제4차 과학기술기본계획 (2018~2022)

- 과학기술기본계획은 과학기술기본법에 따라 5년 마다 수립하는, 법정 중장기 계획이자 과학기술분야 최상위 계획
- 향후 5년 간 우리나라 과학기술 발전목표와 정책방향을 설정하고 이를 달성하기 위한 범정부적 정책과제 제시

<표 2-9> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점 추진과제

4대 전략	중점 추진과제
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	• (11) 4차 산업혁명 대응기반 강화
	• (12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	• (17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현
	• (18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」, (2017)

○ (과제 11) 4차 산업혁명 대응 기반 강화

- 기존 규제 적용없이 제한된 조건하에서 실증을 허용하는 ‘규제 샌드박스’ 제도를 도입하여 혁신적인 신기술·서비스의 시장출시 지원
- 스마트시티 고도화를 통해 다양한 4차 산업혁명 관련 기술 및 비즈니스의 실증 환경 제공
- 기업수요에 기반하여 인프라-실증솔루션-비즈니스모델이 연계된 실증 R&D 지원
- 스마트 그리드, 신재생에너지, ESS 등 주요 에너지 신산업 분야의 실증연구 투자 확대

○ (과제 12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성

- 4차 산업혁명을 선도할 혁신성장동력 분야(13개)를 조기상요오하와 원천기술확보로 유형화하여, 맞춤형으로 지원·육성
- 신기술 실 환경 실증을 통해 기술규제 발굴과 민간참여 유도
- 혁신성장동력 성과의 재난·안전 영역 활용 확대
- 첨단기술 산업 분야 국가경쟁력 강화

○ (과제 17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현

- 통합연계 훈련 강화를 위한 재난유형별, 시기별, 지역별 특성에 맞는 현장 중심의 가상·증강현실 기반의 훈련 프로그램 개발
- 노후 및 신설 도시 인프라의 지진 취약성 진단, 내진보강기술 개발 및 예방적 유지관리 시스템 개발
- 위치정보, 위성영상, 지능정보기술, 3D 공간정보 등을 융합한 위험대비 통합 예측 기술 및 상황 관리 기술과 재난대응 시스템 구축

○ (과제 18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성

- 쓰레기, 폐기물, 하·폐수의 처리·재활용·자원화 기술 고도화
- 도시의 지속가능성 제고를 위한 청정 환경·에너지 시스템 구축

<표 2-10> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록

대분류	중분류	중점과학기술
에너지·자원	신재생에너지	•바이오 및 폐자원 에너지화 기술
ICT·SW	빅데이터·인공지능	•지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술, 초고속·대용량 데이터 플랫폼 기술, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술
	콘텐츠	•가상·혼합현실 기술, 지능형 콘텐츠제작 기술
건설·교통	도시 및 국토	•지속가능한 도시재생 기술, 스마트시티 구축 및 운영 기술
	사회기반 시설	•지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술
기계·제조	플랜트	•친환경·스마트 플랜트 기반 기술
재난안전	재난안전	•복합재난 스마트 예측·대응기술

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

나. 혁신성장동력 추진계획 ('17.12)

- 지난정부의 성장동력 분야에 대한 일관성을 유지하면서, 분야별 특성과 대내외적 환경변화를 고려하여 맞춤형으로 지원하는 ‘혁신성장동력 추진전략’을 마련

- 지능화 인프라, 스마트 이동체, 융합서비스, 산업기반 분야에 총 13개 혁신성장동력 선정

혁신 성장 동력 분야	지능화 인프라	빅데이터(D) 빅데이터 개방·활용 	차세대통신(N) 5G, IoT 상용화 	인공지능(A) AI 핵심기술 개발 
	스마트 이동체	자율주행차 레벨3 자율주행 		드론(무인기) 공공용·산업용 무인기 보급 
		맞춤형 헬스케어 개인맞춤 정밀의료 	스마트시티 도시문제 저감 	가상증강현실 개별산업과 VR/AR 융합 
	융합 서비스			지능형로봇 의료·안전용 서비스 로봇 
	산업기반	지능형반도체 AI용 반도체 개발 	첨단소재 항공부품, 자동차 경량화 	혁신신약 후보물질 100개 개발 
				신재생에너지 재생에너지 발전비중 확대 (17.70%→ 22.105%→30.20%) 
정책 과제	F4 맞춤형 전략 1 조기상용화 2 원천기술확보		F5 전주기 관리 1 신규분야 발굴·기획 2 사업·추진체계 개편 3 성장동력 분석·평가	
			F6 국민체감 확대 1 실증·시연·체험 증대 2 재난·안전 활용	

자료 : 「혁신성장동력 추진계획」, (2017.12)

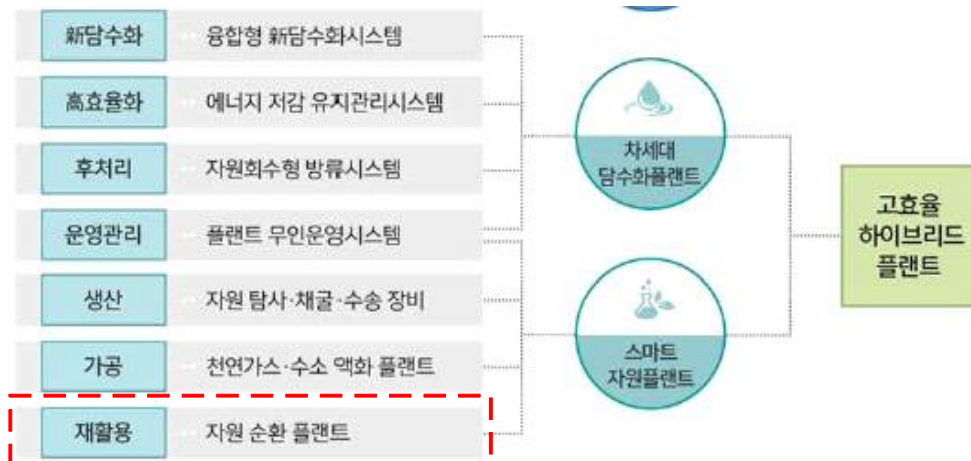
<그림2-7> 혁신성장동력 추진계획 본 사업 관련 분야

다. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (2018~2027)

- 「국토교통과학기술 육성법」 제정으로 향후 10년간 R&D 중장기 전략을 제시할 연구개발 종합계획 수립의 근거 마련
- 기존 건설 기술에 AI, 로봇, IoT 등 첨단기술 융·복합을 통해 ‘건설지능화’와 ‘건설기술 고부가가치화’ 달성을 목표로 추진
- (고부가가치 건설기술 창출) 시장 형성 단계로써 선제적 대응을 통해 수출 전략화가 가능한 ‘미래형 건축 구조물’과 ‘고효율 하이브리드 플랜트’를 전략목표로 설정
- (스마트 자원플랜트) 에너지 자립화와 극한지 新시장의 이니셔티브 확보를 위해서 플랜트 생산효율성 강화 및 친환경 자원순환형 에너지 기술 개발
 - (재활용) 다양한 폐자원을 하나의 플랜트에서 에너지로 재생산할 수

있는 지하 복합플랜트 기술 개발 등으로 도시 에너지 자립 추진

- 에너지·폐자원·물 복합플랜트 기술 개발 등으로 생활 및 음식물 쓰레기, 하수슬러지 등의 폐기물 처리와 에너지 생산을 동시 실현
- 복합플랜트 지하화 기술 개발 등을 통해 지상공간을 편익시설로 제공하여 환경친화형 플랜트 건설 실현



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

<그림2-8> 고부가가치 건설기술 창출 주요 기술전략 트리

라. 제6차 건설기술진흥기본계획 (2018~2022)

□ “SMART Construction 2025” 비전과 실행방안을 제6차 건설기술진흥 기본계획에 반영하여 실천계획

□ 해외 수요 대응형 건설기술 개발

○ (메가스트럭처, 플랜트 R&D) 기획단계부터 체계적인 시장 수요 분석을 실시하고, Track-record 확보가 용이한 분야를 중점 추진

- (수주 연계 R&D) 기술적 난이도가 높은 국·내외 SOC 건설 프로젝트와 연계하여 필요 기술을 개발하는 건설 수주 연계 R&D 사업 추진

□ 건설 안전·환경 관리

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

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

- 기술을 개발하여 시설물 이상을 신속 검지·대응
- (지하시설물 관리 기술 개발) 지하시설물을 비개착 방식으로 건설하고 유지·관리할 수 있는 장비 기술 개발로 국민 편의 증진
- (Maintenance Free 건설재료) 구조물 상태를 진단하고 스스로 치유가 가능한 건설재료를 개발하여 시설물 유지관리 효율화

마. 제3차 해외건설진흥기본계획

- 해외건설촉진법 제5조에 따른 해외건설산업 발전과 진출촉진 정책방안 제시
- (해외건설산업의 수익성 제고) EPC 이전 사업발굴·기획, 프로젝트 관리, 개념설계 등 고부가가치 영역으로의 진출 확대를 위한 지원 강화
 - 타당성 조사(FS)의 질적 제고로 우량 인프라 개발사업 발굴 지원
 - 민간기업의 사업 포트폴리오 확장 및 역량 제고 지원
 - 공기업의 사업기획·발굴, 운영/보수 경험과 민간기업의 엔지니어링 시공 능력을 결합한 공공-민간 기업의 공동진출 활성화
 - 글로벌 선진기업들의 진출 전략 및 동향 분석 등 정책연구 강화
 - 국제 기준에 부합한 건설기술용역 시범사업 실시
- 진출지역·진출분야 다변화 추구
 - 진출지역 다변화를 위한 지원 강화
 - 진출분야 확대를 위한 맞춤형 전략 수립
 - (도시개발 분야) 도시개발 수요가 높은 현지 공무원과의 공동 연구단 구성을 통해 대상국가 및 맞춤형 사업 선정

바. 제1차 자원순환기본계획

- 우리나라의 경제사회구조를 지속가능한 자원순환형으로 개선하기 위한 법률적 기반으로 「자원순환기본법」 제정
- 동 법에 따라 순환경제 실현을 위한 국가의 중장기 정책방향과

세부전략을 담은 국가 자원순환기본계획 수립

□ 폐기물 직매립 제로화 및 처리 최적화

- 폐기물 매립·소각 시 폐기물처분부담금 부과·징수를 통해 매립최소화 및 재활용 극대화
 - 폐기물처분부담금 도입에 따른 매립 감소율 등 성과평가('22)를 통해 부담금 산정·감면기준 등을 지속적으로 조정
- 권역별로 주민·시민단체·전문가 등이 포함된 지역 거버넌스를 구축, 주민 의견수렴 등 의사소통을 통해 님비현상 최소화
 - 공공시설 최적화 상황을 고려하여 공공·민간부문 상호 연계처리 유도
- 노후 소각시설 현대화를 지원하여 시설 수명연장 및 잔재물 발생 저감
 - 향후 10년간 총 119개 시설의 내구연한이 도래할 예정으로, 기술진단 및 설비 현대화 지원을 통해 수명연장 및 효율적 운영 촉진
- 일정규모 이상 매립·소각시설에 폐열, 매립가스 등의 회수·이용을 의무화하여 온실가스 발생 저감 및 폐자원에너지 활용 극대화

□ 물질 재활용 중심의 재활용 체계 개선

- 고형연료제품(SRF) 사용에 대한 환경안전성 강화 및 주민수용성 제고를 기본 방향으로 하는 관리제도 개선
 - 오염물질 배출관리가 미흡하여 환경위해 우려가 큰 소규모 시설 억제를 위해 보일러 시설의 최소 사용량 기준 상향 조정
 - 환경오염배출 우려가 적고 환경 안전성이 검증된 시설에 한하여 SRF 사용이 가능한 시설 추가 확보
- 음식물류 폐기물, 하수슬러지, 가축분뇨 등 통합 처리시설 확충을 통한 바이오가스 생산효율 개선 및 지역별 사용처 확보 강화
 - 유기성폐자원의 통합관리와 바이오가스화 사업의 전 과정에 대한 관리 체계 구축
 - 가스 생산량·이용률 확대를 위한 단계별 대응방안 추진 및 신규시설 대상 타당성 조사 의무화 등 새로운 사업방식 추진 도입

□ 소각·매립시설 신규설치를 지양하고, 기존 시설 보수·효율개선 투자

- 신규시설은 신도시 건설 등 시급성·불가피성을 고려하고, 현장조사 및 주민 의견 수렴 등을 거쳐 제한적으로 반영
- 소각시설은 현재 가동 중인 시설의 내구연한 도래시 대보수를 통하여 비용·효율적으로 처리성능 확보
- 매립시설은 현재 조성된 면적에 수평·수직 증설, 또는 순환형 매립지 조성으로 처리용량 확보 및 환경영향 최소화

□ 폐기물 처분시설 대신 폐기물 재활용 및 에너지화 인프라 구축에 집중

- 생활폐기물 집하·선별장 등 공공 재활용 기반시설 현대화 등을 위한 생활자원회수센터 지속 확충
- 고형연료제품 사용·제조시설은 추가 설치를 지양하고, 유기성 폐기물 바이오가스화 시설 확충, 매립가스 자원화 및 소각시설의 에너지 회수·이용시설 설치로 온실가스 저감 및 에너지 이용 극대화

사. 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 (2018~2022)

□ 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난안전 분야 과학기술 개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진

- IoT, 인공지능, 빅데이터 등 신기술을 재난안전 분야에 접목함으로써 재난관리에 있어서 새로운 변화와 혁신 기대

□ 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발

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

□ 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발

- 빅데이터 등의 정보를 활용한 재난 모니터링 강화와 재난안전 정보 조기

감시 및 예·경보 기술개발

- 다양한 정보의 수집 분류 분석을 통한 새로운 재난안전 데이터 생성 기술개발

□ 재난안전 융·복합 대응 기술개발

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

□ 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술개발

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

아. 재생에너지 3020 ('17.12)

□ (목표) 2030년 재생에너지 발전량 비중 20%

<표 2-11> 재생에너지 3020 실행계획의 보급목표

구분		2016	2022	2030
재생에너지 발전비중(%)		7.0	10.5	20
재생에너지 설비용량(GW)		13.3	27.5	63.8
주요 원별 설비용량 및 비중	태양광	5.7GW(38%)		38.5GW(57%)
	풍력	1.2GW(8%)		17.7GW(28%)
	바이오	2.3GW(16%)		3.3GW(5%)
	폐기물	3.8GW(25%)		3.8GW(6%)

자료 : 「재생에너지 3020 이행계획과 정책적 시사점」, KIET (2018.1)

- (재생에너지 산업경쟁력 강화) 단·중기 R&D 로드맵 → 실증 → 제도개선 등 확산 → 수출산업화
- (분산전원 기반 에너지 新산업 육성) 분산전원 확대를 위한 전력중개시장, ESS·연료전지 등 육성, 다양한 분산전원과 서비스업이 공존할 수 있는 인프라와 제도기반 구축

- (IoT 활용 수요관리 서비스 산업 육성) 첨단 전력인프라와 IoT 기술을 활용한 새로운 서비스 산업 창출
- (스마트시티를 통한 新산업 실증) 스마트시티 사업을 에너지 新산업 비즈니스 모델 실증 기회로 활용

자. 2030 국가 온실가스감축 기본로드맵 수정 ('18.6)

- 미세먼지 감축과 에너지전환 등 변화된 대기·에너지 정책을 반영하고, 부문별 감축여력을 재검토하여 감축로드맵 수정
 - (배출전망) 2030년 850.8백만 톤
 - (감축목표) 감축 후 배출량 536.0백만 톤(BAU 대비 37%)
- (폐기물 부문) 11.0백만 톤 배출(감축률 28.9%)
 - 생활 및 사업장 폐기물 뿐 아니라 지정·건설 폐기물까지 폐기물 감량화 및 재활용을 강화하고, 수도권 매립지 등을 대상으로 매립지 메탄가스 회수 및 에너지화 추진

1.3 플랜트 분야

□ ‘재생에너지 3020’ 을 통해 신재생에너지에 기반한 지속가능한 에너지 시스템 구축 목표

- ‘30년까지 1차 에너지의 20%를 신재생에너지로 공급 계획
 - (‘16) 7.0% → (‘22) 10.5% → (‘30) 20.0%
- 폐기물 비중 축소, 태양광과 풍력을 핵심 에너지원으로 육성
 - 폐기물 에너지 생산량은 유지 및 효율화 추진
- 정부 주도에서 민관파트너십으로 전환하기 위한 신재생에너지시장 생태계 조성에 주력
- 해외시장 진출을 통해 지속가능성장을 위한 자생력 확보에 주력

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

- 에너지 효율향상 및 온실가스 감축 기술개발을 통해 에너지 기본계획의 목표 달성을 위한 기술적 토대 마련
 - ‘23년까지 기술사업화율 40% 및 주요 분야 기술수준 90% 이상 달성, 국내외 파급효과 31조 원, 일자리 10만 명 창출 목표

□ 해외 플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 플랜트 연구사업 추진 중

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

<표 2-12> 국토교통 기술 연구개발사업 플랜트연구사업 기술분야

(단위 : 억 원)

연구분야		투자 실적 및 계획			
중점분야	세부 기술분야	'13년	'14년	'15년	'16년~
담수화 기술	막공정 융·복합 기술 공정효율화 기술 담수화 응용 플랜트 기술	46.0	84.0	132.0	408.0
가스·비전통 자원화 기술	가스플랜트 고도화 기술 극한지 에너지 플랜트 건설기술 가스·비전통 자원화시설 건설기술	169.2	74.0	64.9	175.0

<표 2-12> 국토교통 기술 연구개발사업 플랜트연구사업 기술분야

(단위 : 억 원)

연구분야		투자 실적 및 계획			
중점분야	세부 기술분야	'13년	'14년	'15년	'16년~
자원 이송 및 순환기술	자원 이송 네트워크 기술 수소 인프라 구축 기술 생활기반 자원순환 플랜트 건설기술	30.0	46.0	38.2	115.8
플랜트 건설 지원 인프라 기술	플랜트 사업수행 고도화 기술 글로벌 진출 지원시스템 구축 기술 실증 인프라 기술	5.0	20.0	40.0	172.0

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

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

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

1.4 폐자원 에너지화 분야

□ 자원순환기본법 제정 (시행 : '18.1)



자료 : 환경부

<그림2-9> 자원순환기본법 주요내용

- (자원순환 성과관리제) 폐기물의 발생을 억제하고 순환이용을 촉진하기 위해 폐기물을 다량으로 배출하는 사업장 등에 대해 자원순환 목표를 부여한 후 그 이행실적을 평가하고 관리
 - 특히 사업자단체와 협의하여 업종별 특성을 고려한 자원순환목표(순환이용율, 최종처분율 등)를 설정하고, 우수한 성과를 보인 사업자 등에 대해서는 재정적·기술적 인센티브 제공
- (폐기물처분 부담금제) 시장·군수·구청장 또는 사업장폐기물배출자는 2018년 1월 1일 이후부터 유용한 자원을 단순 소각 또는 매립하여 영구 폐기하는 경우에는 재활용비용에 버금가는 비용을 폐기물처분 부담금으로 납부
 - * 감면 : 일정기준 이상 에너지를 회수하는 경우, 자가매립지에 매립하는 경우, 중소기업에 해당하는 경우, 폐기물부담금을 기 납부한 경우

- (순환자원 안정제) 환경에 미치는 영향이 적고 경제성이 있어 원료로 직접 투입가능한 폐지·고철과 같은 폐기물은 순환자원으로 인정받을 수 있고 인정을 받으면 폐기물 규제에서 배제
- (자원순환기반 구축) 그 외에 자원순환사회로의 발전을 위한 문화조성, 제품 등의 유해성 및 순환이용성 평가, 순환자원 품질표지 도입 등 폐기물의 순환이용을 촉진하기 위한 기술과 재정지원 시책 마련

□ 기대 효과

- (경제적) 향후 재활용량이 연간 약 1,000만톤이 늘어나고 재활용시장이 1조 7,000억원으로 확대되며 약 1만개의 일자리 창출 효과 예상
- (환경적) 매립소각부담금 부과로 매립량이 감소하여 매립지 수명을 20년 이상 연장
- (사회적) 주변환경을 개선하고 지역주민을 지원하여 배출자와 매립지 주변 지역간 상생 기여

□ 신재생에너지 공급의무화(RPS) 제도

- 일정규모(500MW) 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자에게 총 발전량의 일정량 이상을 신재생에너지로 생산한 전력을 공급하도록 의무화한 제도

<표 2-13> 연도별 RPS 의무공급량 비율

'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24
2.0%	2.5%	3.0%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

<표 2-14> 신재생에너지원별 발전차액 지원금

구분	적용설비용량기준	기준가격(원/kWh)		비고
		고정요금	변동요금	
태양광 (일반부지)	3MW 초과(15년)	349.2		
	3MW 초과(20년)	316.8		
풍력	10kW 이상	107.29		감소율 2%
수력(일반)	1MW 이상	86.04	SMP+15	5MW 이하
조력(방조제유)	최대조차 8.5m 이상	62.81		50MW 이상

<표 2-14> 신재생에너지원별 발전차액 지원금

구분	적용설비용량기준	기준가격(원/kWh)		비고
		고정요금	변동요금	
연료전지(기타연료)	200kW 이상	274.06		감소율 3%
LFG	20MW 이상	68.07	SMP+5	화석연료 투입비율 30% 미만
바이오가스	150kW 이상	72.73	SMP+20	
바이오매스	목질계 바이오	68.99	SMP+15	
폐기물소각	20MW 이하		SMP+5	
RDF	50MW 이하		SMP+15	

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

□ 신재생 열에너지 공급 의무화(RHO) 제도

○ 일정 규모 이상의 신·증·개축 건축물 또는 집단에너지 등 열공급 사업자를 대상으로 일정 비율 이상의 신재생 열에너지를 의무적으로 공급하도록 하는 제도

- 태양열, 지열, 바이오매스, 연료전지, 폐열, 하천수 등을 에너지원으로 고려

<표 2-15> RHO 적용대상 및 의무비율 계획(안)

구분	1단계	2단계	3단계
대상	연면적 1만㎡ 이상 신축건축물 대상	연면적 5천㎡ 이상 신축건축물 대상	연면적 3천㎡ 이상 신·증축건축물 대상
의무 비율	10%	15%	20%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

□ 국고지원제도

○ 폐기물 처리시설의 신설, 증설, 대보수 사업을 대상으로 폐기물의 적정처리와 재정투자 효율화를 위해 최적화 추진단의 사전예산협의를 받은 사업으로 처리권역 내에서 최적화된 폐기물 처리시설을 설치할 경우 국고에서 우선 반영

○ 소각, 매립 등의 폐기물 처리시설 신규 설치 시 에너지화 시설을 설치하여 생산·활용하는 지역은 국고 우선 지원

○ 신규사업 중 온실가스 감축량의 계량화 및 배출권 확보가 가능한

청정개발체제(CDM) 또는 기타 국제적으로 인정되는 온실가스 감축 제도와 연계 계획이 있는 사업 우선 지원

<표 2-16> 국고보조 사업 지원 대상

지원 대상	
폐기물 처리시설	매립시설 소각시설 음식물류폐기물 처리시설 순환형매립지 조성사업 비위생매립지 정비사업
폐기물 자원회수시설	가연성폐기물 연료화시설 유기성폐자원 바이오가스화 시설 소각여열 회수시설 매립가스 자원화시설
농어촌 폐기물 처리시설, 생활자원회수센터, 자원순환종합단지 조성사업, 친환경에너지타운 조성사업	

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

□ 폐자원 에너지화를 통한 온실가스 감축 계획(2020~2030)

- ‘2030 온실가스 감축 로드맵(안)’의 폐기물 부문 핵심 감축수단은 폐기물 감량화·재활용·에너지화

<표 2-17> 2030 온실가스 감축 로드맵 폐기물 부문

구분	생활폐기물 감량	사업장폐기물 감량		매립가스 회수
대상	매립처리율 감소	연도별 감량목표	재활용 비율확대	매립가스 회수 확대
목표	(‘17) 9%→(‘30) 2%	연간 3%	(‘17) 82% →(‘30) 88%	(‘17) 140천 톤 →(‘30) 2% 169천 톤

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 제4차 국가환경종합계획, 자원순환사회 전환 촉진법 시행, 순환자원 거래소 구축 및 운영, 중소 재활용업체 지원체제 강화 등으로 생활 폐기물 감량 및 재활용률 제고
- 순환자원 인정제도 도입, 폐기물 처분 부담금 도입 및 부담금 세입의 재활용 관련 시설 확충 지원 등으로 생활폐기물 재활용 인프라 구축
- 생활폐기물의 재활용 확대 및 매립처리량 감축에 따라 온실가스 약 0.19백만 톤 감축
- 매립가스 포집시설 확충 및 회수시설 운영효율 증대 등을 통하여 폐기물 매립지에서 발생하는 메탄가스 회수량 확대
- 가연성·유기성 폐자원 에너지화 시설 확충 등 생활폐기물 매립 처리량

감축 사업에 총 3,250억 원 투자와 매립가스 회수시설 확충에 170억 원 투자 계획 수립

□ 유기성폐기물 통합 에너지화 촉진

- 런던협약 시행에 따른 해양배출금지로 유기성폐기물 바이오가스화 활성화에 주목
- 단기간에 건조·소각 등 처리·처분 위주의 시설을 확충함에 따라 유효 활동에 대한 고려가 미흡하여 유기성폐자원 통합처리로 전환하여 효율성 및 경제성 향상 가능
 - 바이오가스화 시설 확충(33개소, 5,160 톤/일)으로 연간 바이오가스 약 1억 2,145만㎥을 회수하여 '20년까지 가용 잠재량의 41%를 에너지화 하도록 추진 중
 - 바이오가스 관련 안전사고를 사전에 예방하기 위해 안전 관리 기준을 마련하고, 주요 운영인자에 대한 사전 모니터링 활성화와 기술지침서 개정, 프로세스 검증 제도 도입으로 시설의 효율적·안정적 설치 및 운영을 위한 제도 마련

□ 폐자원 에너지화 활성화 대책 수립(2016~2020)

- (비전) 에너지화 가능 폐자원의 매립 제로화 실현

<표 2-18> 폐자원 에너지화 대책수립

추진과제	세부과제
1. 시설확충	• 가연성폐자원 잠재량 전량 에너지화 • 유기성폐자원 에너지화 시설 다각화 • 에너지 사용 중심의 에너지회수시설 설치
2. 가치제고, 수요처 확대	• 폐자원에너지화 생산성·효율성 제고 • 폐자원에너지화시설 설치 고도화·선진화 • 폐자원에너지화시설 운영 효율화·안정화 • 친환경에너지타운 확대 보급
3. 국산화 제고 효율화 증대	• 폐자원에너지화 기술 국산화율 제고 • 현장중심 실증연구 추진

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 가연성 폐자원의 탄력적 에너지화 추진

- 기존 소각되던 폐기물 중 56%인 가연성 폐기물에 대한 에너지화 방안 마련
- 대상 폐기물의 발생 추이, 선별비용 및 기술력, 폐기물처분 부담금 규모

등 여건변화에 따라 탄력적으로 가연성폐자원 에너지화 추진

○ 단순 원천기술 개발을 지양하고 기존 개발된 기술에 안정성·효율성이 추가된 기술의 선진화·고도화 유도

- (가연성 분야) 통합처리 실증시스템 및 소규모 시설 적용 가능한 열공급·가스화 기술 등 환경부하 저감 및 안정적 에너지 확보 가능 기술 개발
- (유기성 분야) 악취해소 및 효율개선 기술, 성상변화 및 부하변동에 유연한 하이브리드 기술 등 친환경 고부가가치 에너지화 기술 개발

○ 기술의 고도화 및 글로벌 이니셔티브를 확보하기 위한 전략 추진

- 폐기물 환경부하 저감, 에너지화 과정에서 발생 가능한 2차 오염 등 환경문제 해결, 투입 에너지 대비 생산 에너지의 비율 및 품질 등이 우수한 기술개발 주력
- 단기성과 확보가 가능한 산업화·실용화 분야에 집중 투자하고 중·장기적으로는 가스화 및 수소화로의 기술 고도화 유도
- 저급 탄화수소의 연료화 등 직접연소방식에서 가스화에 따른 효율이 높은 복합 발전 유도
- 개발 기술의 사업화 애로 해소 및 기술개발성과 활용도 제고를 위해 관련부문의 기존 사업화 연계 프로그램 활용

□ 친환경에너지타운 조성

○ (청주시) 바이오가스를 도시가스로 만들어 지역주민들에게 공급하고 발전시설의 열에너지를 온실과 건조장에 이용

- 태양광 발전으로 마을 회관에 전력 공급 계획

<표 2-19> 청주시 친환경에너지타운 주요사업 내용

구분	주요내용
폐자원 에너지	• 바이오가스 발전시설 및 발전폐열(온수) 활용 공급배관 설치(57억) • 바이오가스 발전 폐열(온수) 활용 온실 및 건조장 설치(12억)
재생 에너지	• 마을회관 옥상에 태양광 발전시설 설치(0.4억)
예상 수익	• 바이오가스 발전으로 매전수익 : 8.7억 원/년 • 139가구 연료 전환에 따른 난방비 절감 : 1.1억 원/년 • 발전폐열 활용 통한 농산물 판매 수익 : 2.8억 원 • 태양광 발전으로 마을회관 전력비 절감 : 0.1억 원/년

자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

○ (아산시) 폐기물 소각장의 여열을 활용하여 세탁공장을 설치·운영

- 바이오가스 발전 설비에서 발생하는 폐열을 활용하여 온실속에서 파프리카를 재배하고 곤충·사육
- 곤충사육의 경우 생태곤충원과 아산환경과학공원과 연계하여 문화·관광 자원으로 활용

<표 2-20> 아산시 친환경에너지타운 주요사업 내용

구분	주요내용
폐자원 에너지	• 소각 여열 활용 세탁공장(사회적기업) 설치(12억) • 바이오가스 발전 폐열(온수) 활용 곤충 사육용 유리온실(11억) 및 파프리카 재배용 유리온실(14억) 설치
문화/관광 연계	• 장영실 과학관·생태곤충원·아산환경과학공원 연계 복합 테마공원 조성(11억)
예상 수익	• 기업세탁공장 운영 수익(운영비 절감) : 3.6억 원/년 • 곤충바이오 유리온실 운영 수익(난방비 절감) : 3.4억 원/년 • 파프리카 재배용 유리온실 운영 수익(난방비 절감) : 2.8억 원 • 테마·생태공원 조성 입장료 수익 : 1.6억 원/년

자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

○ (경주시) 소각장의 발전 폐열을 다목적 캠핑장, 친환경 사랑방, 온실에 공급할 계획

- 친환경 사랑방은 온실에서 재배한 농작물을 판매하고 친환경 체험공간으로 이용할 계획
- 매립시설 진입로 주변의 경관을 정비하고 환경생태공원 조성

<표 2-21> 경주시 친환경에너지타운 주요사업 내용

구분	주요내용
폐자원 에너지	• 소각 발전 폐열 공급배관 설치(6억) • 소각 발전 폐열 활용 다목적 캠핑장 및 친환경사랑방 설치(33억) • 소각 발전 폐열 활용 농작물 온실 설치(6억)
재생 에너지	• 친환경사랑방 옥상에 태양광 발전(14kW) 시설 설치(0.5억)
문화/관광 연계	• 매립시설 진입로 주변 경관정비 및 환경생태공원 조성(6.4억)
예상 수익	• 다목적캠핑장·친환경사랑방·온실 난방비 절감 : 2.5억 원/년 • 다목적캠핑장 조성·운영 수익 : 4.5억 원/년 • 농작물 재배용 유리온실 운영, 농작물 판매 수익 : 0.9억 원/년 • 환경개선·환경생태공원, 다목적 캠핑장 방문객 편익 : 3.5억 원/년

자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

○ (영천시) 금호강의 수질을 개선하고 생태습지를 조성하기 위해 친환경 에너지타운 조성

- 특히 태양광 발전과 태양광 전기 자전거 대여점 설치 등으로 주민소득 향상 전망

<표 2-22> 영천시 친환경에너지타운 주요사업 내용

구분	주요내용
폐자원 에너지	• 유기성 바이오가스화 시설 및 발전시설 설치(382억)
재생 에너지	• 하수처리장 유휴부지 내 태양광 발전시설 설치(10억) • 경로당에 태양열 보일러 설치(0.6억) • 태양광 전기자전거 대여점 설치(1.5억)
환경 개선 및 문화 관광 연계	• 기존 가축분뇨 처리시설 내 악취저감시설 설치(9억) • 하수처리수 재활용을 통한 금호강 수변벨트 생태습지 조성(7.6억)
예상 수익	• 악취저감으로 환경개선 편익 : 0.6억 원/년 • 태양광 보일러·발전으로 난방비 절감 : 1.8억 원/년 • 생태습지 주변 문화/관광 수익 : 1.9억 원/년 • 전기자전거 대여점 운영 수익 : 0.4억 원/년

자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

○ (양산시) 가축 분뇨 처리시설에서 발생하는 폐열을 활용하여 딸기를 재배할 계획이며, 그린하우스에 찜질방과 농산물 판매장 조성 계획

- 족욕장을 설치하여 낙동강 수변지역 자전거길과 생태탐방 프로그램을 연계하여 지역주민의 소득증대와 일자리 창출에 기여 전망

<표 2-23> 양산시 친환경에너지타운 주요사업 내용

구분	주요내용
폐자원 에너지	• 바이오가스 발전 폐열 활용 공급배관 설치(8억) • 바이오가스 발전 폐열 활용 그린하우스 설치(22억) • 친환경 족욕장 및 체험형 주말농장 설치(1억)
재생 에너지	• 그린하우스 설치육상에 태양광 발전시설 설치(2억)
예상 수익	• 판매인프라 공간 운영 수익 : 1.3억 원/년 • 생산인프라 공간 운영 수익 : 4.1억 원/년 • 목욕시설 운영 수익 : 0.4억 원/년 • 바이오가스 발전 폐열 활용 운영비 절감 : 0.8억 원/년

자료 : 「제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구」, 국토연구원 (2016.12)

1.5 지하공간 활용 분야

□ 지반침하 예방대책(국가정책조정회의, '14.12)

- (추진배경) 최근 도심지 중심으로 지반침하 사고 발생 빈번
 - 인명피해 발생 등 지하안전에 대한 국민 불안 가중
- 불안요소에 대한 선제 모니터링 관리
 - 「지하안전관리에 관한 특별법」 제정 ('18.1.1 시행)
- 굴착공사 현장 주변의 안전관리 강화
 - 지하안전영향평가 제도 도입
- 지하공간 통합지도 구축
 - 전국 도심지 지하공간 정보 통합

□ 지하안전관리에 관한 특별법 제정 (시행 : '18.1)

- (지하안전 영향평가) 깊은 굴착공사나 터널공사로 인한 지반침하 사고를 예방하기 위하여, 지하 20m 이상의 굴착 또는 터널 공사의 경우 지하안전영향평가 실시
 - 지형 및 지질 현황, 지하수 변화에 의한 영향 및 지반안전성 평가

<표 2-24> 지하안전영향평가 주요내용

구분	평가 항목	평가 방법
지하안전 영향평가	• 지반 및 지질 현황 • 지하수 변화에 의한 영향 • 지반안전성	• 정보분석 및 시추조사, 투수시험, 지하물리탐사 • 지하수조사 및 흐름분석, 양수시험 등 • 지반안전성 분석, 주변시설물 안전성 분석
소규모 지하안전 영향평가	• 지반 및 지질 현황 • 지하수변화에 의한 영향 • 지반안전성	• 정보분석 및 시추조사, 투수시험 • 지하수조사 및 흐름분석 • 지반안전성 분석, 주변시설물 안전성 분석
사후 지하안전 영향조사	• 지반 및 지질 현황 • 지하수 변화에 의한 영향 • 지하안전 확보방안의 이행여부 • 지반안전성	• 지하안전영향평가 검토, 지하물리탐사 • 지하수 관측망자료 및 주변 계측자료 분석 • 지하안전 확보방안 적정성 분석 및 이행여부 검토 • 계측(경사계, 침하계 등), 계측자료 분석을 통한 지반안전성 및 주변 시설물 영향 분석

<표 2-24> 지하안전영향평가 주요내용

구분	평가 항목	평가 방법
지반침하 위험도평가	• 지반 및 지질현황 • 공동조사 • 지반안전성	• 정보분석, 시추조사 • 내시경카메라조사, 지하물리탐사 • 공동 여부에 따른 지하안전성 분석

○ (지하시설물의 안전관리) 지하개발 완료 후에도 지하시설물과 관련하여 지속적으로 지하 안전관리 이행

- 지하에 매설 또는 설치되는 상·하수도, 전기·통신시설, 가스공급시설 등을 지하시설물로 규정하고 안전관리규정을 수립

□ 서울시 지하공간 종합개발계획

○ 지하공간의 무분별한 개발을 방지하고 미래 지향적인 도시공간관리 및 활용을 위해 2007년에 마련한 ‘지하공간 종합개발계획’을 토대로 2026년까지 3.3km²(100만 평)의 지하공간 건설 추진 중

- 서울형 지하도시 개발을 위해 4대문 안쪽과 그 외 거점으로 나뉘어 계획을 구체화하고 있으며, 종로 세운상가 및 대림상가와 을지로 지하상가를 연결하는 ‘다시세운 프로젝트’ 추진 중

□ (관련사례 1) 하남 유니온파크

○ 세계에서 처음으로 시도된 하수 및 폐기물 지하 통합 처리 시설로 해당 시설은 폐기물/하수처리와 함께 냉난방 공급시설 및 주민친화시설 구비

○ 상부공원(주민친화시설)

- 105m 전망타워(배출시설), 다목적체육관, 야외체육시설, 어린이 물놀이 시설, 잔디광장, 생태연못 조성

○ 지하 하수처리시설

- 공공하수 처리시설 : 32,000톤/일
- 오수중계 펌프장 : 110,000톤/일
- 슬러지 건조시설 : 60톤/일

○ 지하 폐기물 처리시설

- 재활용품 선별시설 : 50톤/일
- 음식물 자원화시설 : 80톤/일

- 생활폐기물 압축시설 : 60톤/일
- 소각시설 : 48톤/일
- 적환장 : 4500m²



<그림2-10> 하남유니온파크 지상 주민친화시설



<그림2-11> 하남유니온파크 지하 하수/폐기물 처리시설

□ (관련 사례 2) 용인 수지 레스피아

- 용인레스피아는 공공하수처리시설 및 가축분뇨병합 처리시설로 이루어져 있으며, 처인구에서 발생하는 하수와 가축분뇨의 생물학적 처리수를 연계하여 처리 중
 - 수처리방식은 B3공법을 적용하였으며, 슬러지 처리방식은 농축 및 소화후 탈수처리하고 있음
 - 가축분뇨는 전처리 및 생물학적 처리 후 2차 침전공정을 거쳐

하수처리시설로 연계 처리하여 운영

- 지상에는 각종 주민 친화시설을 운영



<그림2-12> 용인 수지 레스피아 지상 주민친화시설

□ (관련 사례 3) 안양 박달하수처리장



<그림2-13> 박달하수처리장 과거 전경 및 지하화 조감도

- 1992년 처음 가동을 시작한 안양시 박달하수처리장은 과거 악취로 인한 민원이 잇따라 제기되어 광명 역세권 개발 사업과 맞물려 2013년 4월부터 지하화 공사에 착수
- 대규모 하수처리시설을 완전 지하화하는 국내 최초의 사업으로 세계적으로도 유사한 사례를 찾아보기 힘들
- 축구장 20개면에 해당하는 총면적 18만^m² 규모로, 약 3,200억 원의 사업비를 투입하고 있으며, 최신의 기술을 접목하여 하수처리 효율을 증대하고, 처리시설 상부에 공원이나 체육 시설을 설치하여 시민들의

휴식과 여가활동 공간 제공

- 에너지자립화 시설을 적극 도입하여 하수찌꺼기 처리과정에서 발생하는 바이오가스를 활용하여 연간 약 1만 2,000Mwh의 전력을 생산할 것으로 예상되며, 연간 약 20억 원의 수익 창출 예상

□ (관련 사례 4) 서울복합화력발전소

- 세계 최초로 기존 화력발전소인 서울발전소(1~3호기)를 폐지 후, 해당 부지 지하에 서울복합화력 1·2호기(800MW, 400MW x 2기)를 시공하는 사업을 진행 중. 또한, 기존 4~5호기 폐지 후에는 해당 부지를 20년까지 지상 공원화하는 사업 진행 예정

<표 2-25> 서울복합화력발전소 사업 개요 및 조감도

구분	내용	 
공사기간	55개월 (13.6~18.12)	
사업비	1조181억원	
시공사 및 발전사	• 시공사: 포스코건설, 롯데건설 등 • 발전사: 한국중부발전	
용량	• 발전용량 800MW (400MW x 2기) - 서울 전력사용량의 9.8% 공급 • 열공급량 530Gcal/h - 열공급 10만여 세대 • 종합효율: 52%	
부지면적 및 위치	• 지상부지: 11만 8,779㎡ • 지하부지: 2만 6,000㎡ (지중깊이 35.7m) - 위치: 서울특별시 마포구 토정로 56	

□ (관련 사례 5) 영동대로 지하 복합환승센터

- 국내 지하공간 개발 역사상 최대 규모로 서울 삼성동 영동대로 일대에 잠실야구장 30개가 들어가는 규모(42만5천㎡)의 거대 지하도시를 만들고 복합환승센터와 다양한 공공시설이 들어서 거대한 지하도시가 만들어지며, 차량이 사라진 지상 도로에는 서울시청 앞 광장의 2.5배 규모의 광장이 만들어짐



<그림2-14> 2023년 영동대로 지하 복합환승센터 조성도

1.6 스마트 시티 분야

□ 국토교통부를 중심으로 도시혁신 및 미래성장 동력 창출을 위한 스마트시티 조성·확산 정책을 추진 중

- '18년 7대 혁신변화 기반의 도시 성장 단계별 차별화된 접근을 추진하는 7대 정책 추진 방향, 스마트시티 기본 구상을 발표
 - (도시 신규 개발 단계) 국가 시범도시 조성과 지역거점 육성을 목표로 세종 5-1 생활권과 부산 에코델타 시티가 시범도시로 선정
 - (도시 운영 단계) 도시별 데이터 허브 구축과 지자체 성과평가를 통해 징적 특성에 맞는 기술고도화 목표
 - (도시 노후 단계) 교통, 에너지·환경 등 각 분야의 주요 서비스를 접목하여 생활환경을 개선하는 ‘스마트시티형 도시재생 뉴딜’을 추진 예정

□ 스마트시티 국가 시범도시 기본구상안 ('18.7)

- (추진경과) 국가스마트도시위원회 의결, 4차위원회 발표를 통해 세종 5-1생활권, 부산 에코델타시티를 시범도시로 설정
 - (세종 5-1 생활권) 7대 혁신 서비스(모빌리티, 헬스케어, 교육, 에너지와 환경, 거버넌스, 문화와 쇼핑, 일자리)를 중심으로 시민 행복을 높이고 창조적 기회를 제공하는 지속가능한 플랫폼 도시 추진
 - * (에너지와 환경) 청정에너지 생산 및 소비의 균형으로 에너지 자립 도모
 - (부산 에코델타시티) 3대 특화 전략(혁신 산업생태계 도시, 친환경 물 특화 도시, 상상이 현실이 되는 도시)으로 자연, 사람, 기술이 만나 미래의 생활을 앞당기는 글로벌 혁신 성장 도시 추진
- 시범도시 접목가능한 신규 콘텐츠(기술·서비스) 발굴 지원
 - 4차산업혁명 관련 다양한 신기술과 서비스 접목 추진
- 혁신적인 시범도시 조성을 위한 규제 개선
 - 신산업육성을 위한 각종 특례, 혁신성장 진흥구역 도입을 규정한 「스마트도시법」 개정안 발의 및 통과
 - 시범도시에 보다 자유로운 실증과 다양한 비즈니스 모델 구현이

가능하도록 규제 샌드박스를 도입하는 방안 추가 검토

○ 공공의 선제적 투자와 R&D 및 정책사업 연계

- (재정지원) 시범도시의 시행 주체별로 사업재원을 분담하고, 공공에서는 민간의 투자를 유인할 마중물로 예산 투자, R&D·정책사업의 연계 추진
- (R&D 연계) '21년 전후 개발이 종료되는 R&D 중 시범도시 추가 실증이나, 시범도시 실증을 전제한 신규 R&D 등 검토

○ 해외수출과 교차실증을 위한 국제협력 추진

- 신남방정책 일환으로 추진중인 한-아세안 스마트시티 네트워크에 참여하여, 시범도시 모델을 해외로 수출
- 시범도시와 규모·특성면에서 유사한 유럽 도시 등을 대상으로 스마트시티 교차 실증을 추진, 도시 서비스 향상 및 해외진출 지원

2. 국외 정책 동향

◆ 국외 정책동향을 파악하기 위하여 플랜트, 폐자원 에너지화, 지하공간 활용, 스마트시티 등 분야별 주요국가의 사례를 통한 분석을 실시하여 이를 통해 해외 각국의 대응체계를 기반으로 사업기획 방향 설정에 활용

2.1 플랜트 분야

가. 미국

□ 미국 최우선 에너지 계획

- 파리협정 탈퇴로 기존 청정전력계획(CPS)나 차량연비기준(CAFE) 등 오바마 정부의 규제와 행정명령은 트럼프 정부의 반대로 목표치 달성 미비
- 미국 내 화석연료 개발 및 생산 확대를 통한 에너지 독립 추구
- 에너지·환경 규제 철폐 주장

□ 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)은 혁신적 에너지기술 투자를 지속적으로 확대하여, '16년 3억 2,500만 달러를 투자할 계획

- 성능향상, 비용절감, 상용화시기 단축을 통해 미래 메가트렌드 변혁을 선도하는 한계돌파형 기술개발 추진

<표 2-26> 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)의 연도별 투자 금액

(단위 : 억 달러)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016
투자 금액	1.8	2.75	2.51	2.8	2.8	3.25

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

□ 미국은 후쿠시마 원전사고 이후에도, 기존 신규 원전건설 계획 유지

- '15년 6월 미국에서는 총 5개의 원자로가 건설 중이며 49개의 원자로를 추가로 건설할 계획

나. 유럽 연합

□ '2030 기후 에너지 정책 프레임워크' 를 통해 '30년까지 온실가스 배출량을 '90년 대비 40% 감축 계획

- 온실가스 배출량을 감축하기 위해 재생에너지 확충, 에너지 효율 개선

추진

□ EU는 에너지 공급안보와 경쟁력 개선 '50년까지 온실가스배출 감축률 80% 달성을 목표로 하는 '에너지 로드맵 2050' 추진 중

○ 에너지 믹스, 신재생 에너지, 에너지 효율성 및 신기술 관련 시나리오를 작성

- 모든 시나리오는 4대 탈탄소화 요소인 에너지 효율성, 신재생, 원자력, 탄소포집저장에 관한 전망 포함
- 가스의 비중이 증가하고, 원자력은 중립, 신재생에너지의 확대, 에너지 효율성 증대를 통한 에너지 소비 감소 예측

□ Horizon 2020에서는 '안전, 청정, 고효율 에너지' 개발을 중요시하며, 에너지 효율, 저탄소 기술, 대체연료, 스마트 그리드 등의 기술개발 추진

○ 전체 Horizon 2020 예산 630억 유로 중 35%인 220억 유로를 '안전, 청정, 고효율 에너지' 개발에 투자

□ 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan)을 실천하기 위해 저탄소 에너지기술 개발에 연간 32~54억 유로 투자

○ SET-Plan은 저탄소 기술개발의 가속화와 시장 확장을 EU가 주도하기 위해 추진된 프로젝트로 청정·고효율 및 저탄소 에너지 기술 개발을 목표로 설정

- '20년까지 CO₂ 20% 저감, 저탄소에너지원으로 20% 할당, 에너지효율 증가를 통한 주 에너지 사용 20% 감소를 목표

○ 주요 개발 영역은 바이오에너지, 태양열, 에너지 효율 빌딩, 열에너지 네트워크, 에너지 저장, 지열 및 핵에너지, 광발전·풍력 및 조력에너지, 시스템 통합, 교육 및 훈련 시스템의 조화 등

<표 2-27> EU의 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표

분야	목표
바이오에너지	• 바이오연료/액체 개발로 온실가스 배출량 60% 감축
CCS	• 발전 및 에너지집약산업에 CCS 적용으로 온실가스 배출량 20% 감축
전력망	• '20년까지 분산·집중된 신재생에너지 발전량의 35%를, '50년까지는 100% 수용 가능한 송배전 시스템 마련

<표 2-27> EU의 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표

분야	목표
수소·연료전지	• '15년~'20년 대량 시장도입 및 상용화를 위해 수소공급 및 연료전지 기술개발 가속화
원자력	• '20년까지 GEN IV 시범사업 추진, '40년 이후 상용화 목표
에너지 효율-스마트도시	• 도시에 에너지 효율향상기술, 신재생에너지 보급
태양에너지	• 태양광/태양열 발전 대량 보급, 전력망과의 연계성 강화
풍력	• 해상풍력의 경쟁력 강화, 전력망과의 통합 촉진

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

다. 독일

□ '22년까지 원전의 완전 폐쇄, 화석연료 의존도 감축, 신재생에너지 비중을 증가시키는 에너지 전환 정책을 추진

- 독일은 원전폐쇄, 화석연료 의존도 감축 및 신재생에너지 비중 증가를 중장기 에너지 정책 목표로 설정하고 재생에너지를 중심으로 하는 전원 구성을 추진
- 에너지 전환을 위해 총 8개의 법안을 개정하여 원전 운영시기 제한, 신재생에너지 증대, 에너지 효율성 강화, 지능형 전력계량기 도입 등 추진

□ '20년까지 독일 신재생에너지 보급의 기본계획이 되는 국가에너지 실행계획(NREAP)을 발표하고 신재생에너지 개발 확대

- 최종 에너지 소비량의 18%, 냉·난방 수요의 15.5%, 전력수요의 37%, 수송용 에너지의 13%를 재생에너지로 충당
- 신재생에너지 발전의 구체적인 실행계획으로 Amendment of the Renewable Energy Sources Act와 Market Incentive Program을 추진
 - Amendment of the Renewable Energy Sources Act를 통해 '12년 총 전력공급량 대비 '20년에는 35%, '30년에는 50%, '40년에는 65%, '50년에는 100%를 재생에너지로 충당할 계획
 - 전력공급에서 재생에너지 비중을 증가시키기 위해 시장·시스템·

력망의 통합을 강조하였으며, FTT*제도 도입

- * 정부에 의해 정해진 가격에 의해 전력회사가 신재생에너지를 사들이는 제도로, 일부 발전 사업자에게 일정 비율의 전력을 신재생에너지로 충당시킬 것을 의무화시키는 RPS 제도와 구분됨

□ 지속가능한 에너지 개발, 에너지의 효율적 사용, 기후변화 대응을 위한 재생에너지 개발에 중점을 둔 연구개발 프로그램 추진

- 지속가능한 에너지 기술 개발을 위한 ‘지속가능한 발전을 위한 연구(FORNE)’ 계획을 수립하여 ‘10년부터 ‘15년까지 20억 유로 투입
- 에너지의 효율적 생산, 전환, 저장, 이용, 수송 등과 관련한 기초연구를 위한 ‘에너지 기초연구 2020+’를 발표
 - ‘90년부터 에너지 생산성 2배 향상에 기여하는 기술개발을 목표로 효율적 에너지 생산, 변환, 저장, 수송, 사용 및 온실가스 감축 관련 연구를 ‘20년까지 추진
 - ‘하이테크 전략 2020’을 통해 기후에너지 분야에 대한 연구를 수행하며 고효율 에너지 미래 도시 개발, 바이오연료 자원 개발, 에너지 공급 다변화 분야의 기술개발을 추진

<표 2-28> 독일의 하이테크 전략 '20년의 기후에너지 중점분야 정책 목표

분야	정책의 목표	단기 시책	장기 시책
친환경 및 고효율에너지 미래도시 개발	국민의 삶의 질이 보장되는 미래도시 개발	에너지 효율 매년 1%에서 2%로 증대, '20년까지 난방수요 20% 감축	'50년까지 모든 도시건축물 에너지 수요 80% 감축
바이오연료 자원개발	후세대를 위한 화석연료를 보완하고 대체하는 바이오연료 개발	'30년까지 화학비료를 대체할 바이오 연료 개발	친환경바이오 연료를 개발하여 고용창출 및 제조원료의 국산화
에너지공급 다변화	에너지공급 효율성 증대위한 새로운 에너지 기술 개발	이산화탄소 배출량 90%까지 감축, 화석연료 사용량 50% 감축, 전기사용량 25% 감축	'50년까지 모든 건물 난방량 80% 감축 및 교통분야 에너지 사용량 40% 감축

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

- 바이오 연료 자원 개발 목표 달성을 위해 연방정부에서 ‘바이오 경제 2030’ R&D 프로젝트를 추진하며, 총 5억 7,000만 유로 투자 계획

라. 일본

□ '14년 ‘제4차 에너지기본계획’을 통해 후쿠시마 원전 사고 이후 ‘원전 제로’ 에너지 정책기조를 ‘원전 재가동’으로 전환하고 원자력을 주요 에너지원으로 적극 활용과 동시에 재생에너지 보급 확대 추진

- 동일본 대지진 이후 처음으로 수립된 정책계획인 ‘제4차 에너지기본계획’에서는 후쿠시마 원전 사고 당시 민주당 정권이 주장했던 ‘원전 제로’ 방침 포기
- 장기적 관점에서 원전 의존도를 감소시키기 위해, 신재생에너지 도입을 최대한 촉진하며 계통 강화, 규제 합리화, 저비용화의 연구개발 추진을 주요 정책방향으로 설정

<표 2-29> 일본의 제4차 에너지기본계획의 에너지원별 위상 및 정책방향

	위상	정책 방향
재생에너지	• 온실가스 배출 없이 일본에서 생산할 수 있는 유망한 국산 에너지원	• 3년간 도입을 최대한 가속화 • 현재 수준을 상회하는 도입 목표 설정
원자력	• 중요한 기저부하 전원으로 인정	• 원전 의존도는 감소 • 안정 확보 규모를 판단하기 위해 원자력 규제 위원회의 규제기준에 따라 안전 확인 후, 원전 가동
석탄	• 중요한 기저부하 전원 • 화력발전소 재건설 등으로 최신기술 도입	• 노후 화력발전소의 교체 및 신증설을 통한 이용 가능 최신기술 도입 • 발전효율 개선을 통한 발전량 당 온실가스 배출량 감소 추진
천연가스	• 공급원 다각화 등으로 비용 삭감 추진	• 높은 가격에 LNG를 도입하기 때문에 과도한 의존을 피하면서 다변화 추진을 통한 비용 감축 필요 • 천연가스 이용율을 높이고 유사 시 강인성 향상 등의 체제 구축
석유	• 향후 활용해 가는 중요한 에너지원	• 공급원 다변화, 산유국과의 협력, 비축 등 위기관리 강화 • 원유의 효율적 이용, 운송용 연료의 다양화, 조정 정원으로서의 석유 화력 발전 활용
LP 가스	• 재해 시에 에너지 공급의 마지막 수단	• 꾸준한 비축 시행 및 충전소의 설비 강화 등의 공급체제 강화 • 공급구조 개선을 통한 비용 억제

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

□ 일본의 NEDO(New Energy Development Organization)는 제3차 기관 중장기 계획을 통해 신재생에너지와 청정석탄기술의 보급을 위해

에너지원별 연구개발사업 추진

- NEDO는 신재생에너지의 보급을 확대하기 위해 '15년부터 추진되는 제3기 중기 목표를 수립하고 신재생에너지 분야별 기술개발 계획 수립

<표 2-30> 일본 NEDO의 연구분야별 중장기 계획 프로젝트

연구분야	에너지원	프로젝트 명
신재생 에너지	태양광발전	- 태양에너지 기술 연구개발 - 태양광 발전 다용도 시범 프로젝트 - 태양광 발전 시스템 효율향상·유지관리 기술개발 프로젝트
	풍력발전	- 풍력발전 등 기술 연구개발 - 풍력발전 등 도입 지원 사업
	바이오매스	- 바이오매스 에너지 기술 연구개발 - 바이오매스 에너지의 지역 자립 시스템 시범 사업
	해양에너지 발전	해양에너지 기술 연구개발
	지열에너지 발전	- 지열 발전 기술 연구개발 - 신재생에너지 열이용 기술 개발
청정석탄기술분야		- 제로배출 석탄화력 기술개발 프로젝트 - 환경조화형 제철 공정 기술 개발

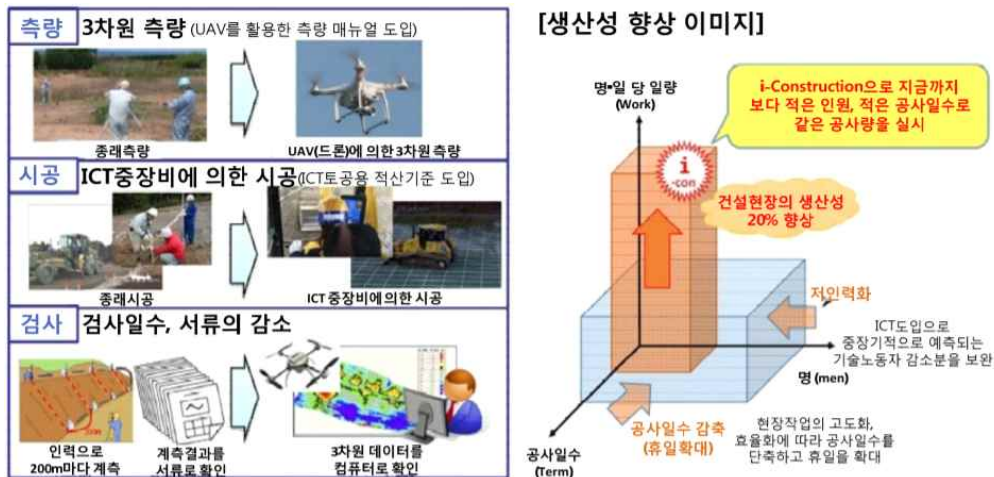
자료 : 「국토교통 R&D조사-플랜트 분야」, 국토교통과학기술진흥원 (2015)

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

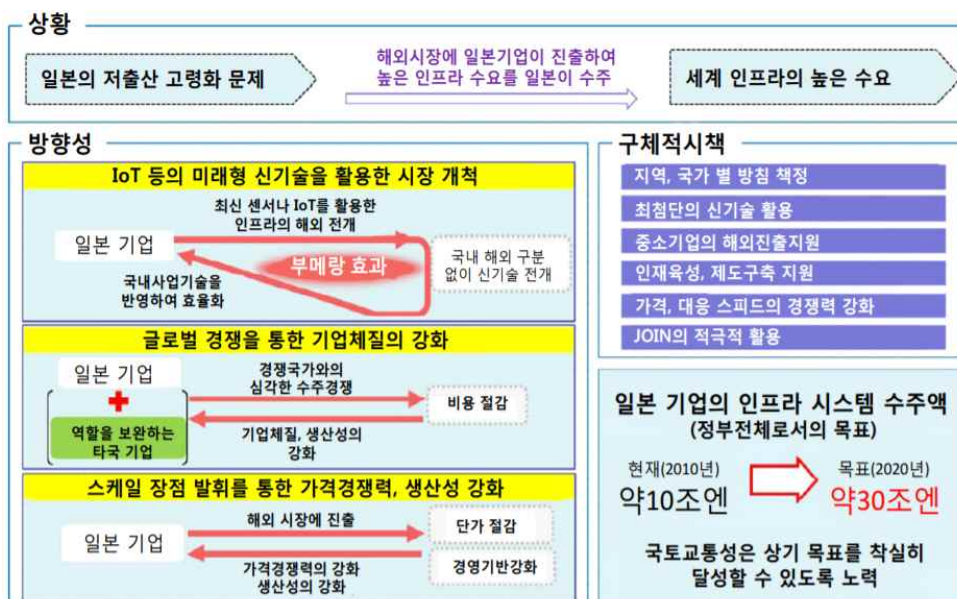
- (생산성혁명 프로젝트) i-Construction, 인프라 유지보수 혁명, 고품질 인프라의 해외진출 등을 포함한 20개 프로젝트 추진('16.3)
- (인프라 유지보수 혁명) 인프라 유지보수 사이클의 모든 단계에서 다양한 사업의 기술이나 민간의 노하우를 활용하여 유지보수 산업의 생산성을 향상시키고, 유지보수 산업을 육성, 확대할 예정임
 - (i-Construction) '25년까지 건설현장 생산성 20% 향상을 목표로 기술력 향상 중심의 4차 산업혁명 대응전략 수립·추진('17.1)
 - (고품질 인프라의 해외 전개) IoT 등의 미래형 신기술을 활용하여 시장을 개척하고, 해외의 높은 인프라 수요를 적극적으로 수주함으로써 일본 기업 체질의 강화, 가격 경쟁력, 생산성의 강화를 도모하고, 강인한 국토교통산업의 성장궤도를 개척하는 성장형 고품질 인프라의 해외 전개를 강력하게 추진



<그림2-15> 일본 인프라 유지보수 혁명 개념



<그림2-16> 일본 i-Construction 개념



<그림2-17> 일본 고품질 인프라의 해외 전개 개념

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

2.2 폐자원 에너지화 분야

가. 미국

□ 미국에서 발생한 생활폐기물은 대부분 매립처리되고 있으며 매립, 재활용, 소각 순으로 높은 처리 비중

○ 2013년 기준 미국 생활폐기물 처리의 세부현황은 소각률 13%, 매립률 53%, 재활용률(퇴비화 포함) 34%로 절반 이상의 생활폐기물이 매립

- 넓은 영토와 낮은 매립 가격으로 인하여 기술을 보유함에도 불구하고 전체 폐기물의 13%만 소각

<표 2-31> 미국 생활폐기물의 발생 및 처리

(단위 : 천 톤)

구분	2000	2005	2009	2011	2012	2013
총 발생량	243,450	253,730	244,600	250,540	251,040	254,110 (100%)
재활용	53,010	59,240	61,890	66,400	65,240	64,740 (25%)
퇴비화	16,450	20,550	20,750	20,570	21,330	22,440 (9%)
소각	33,730	31,620	28,010	31,800	32,200	32,660 (13%)
매립	140,260	142,320	132,950	131,770	132,270	134,270 (53%)

자료 : 「지속가능한 미래를 위한 대한민국 2050 에너지 전략」, 세계자연기금 (2017.8)

□ 폐자원 에너지화 정책 현황

○ 세계에서 폐기물 에너지 생산량이 가장 많은 국가로 전기생산만으로도 약 2,554MW의 능력 보유

- 미국의 '14년 신재생에너지 백서에 따르면 하루에 1,000~3,000톤 정도의 폐기물을 소각하는 초대용량 플랜트 수십 기 가동 중

- 폐기물로부터 고형연료를 생산한 후 현장에서 전용 발전시설을 통해 전력 생산

<표 2-32> 미국의 고형연료화 및 전용 발전시설의 현황

회사명	지역	시설용량 (ton/day)	발전용량 (MW)
Xcel Energy French Island Generating Plant	LaCrosse, WI	400	32
Ames Municipal Electric Utility	Ames, IA	175	10

<표 2-32> 미국의 고형연료화 및 전용 발전시설의 현황

회사명	지역	시설용량 (ton/day)	발전용량 (MW)
Mid-Connecticut Resource Recovery Facility	Hartford, CT	2,000	68
Miami-Dade County Resource Recovery Facility	Miami, FL	3,000	77
North County Resource Recovery Facility	West Palm Beach, FL	1,800	62
Southeastern Public Service Authority of Virginia	Portsmouth, VA	2,000	50
Honolulu Resource Recovery Facility	Honolulu, HI	1,851	57
Great River Energy-Elk River Station	Elk River,, MN	1,000	35
SEMASS Resource Recovery Facility	West Wareham, MA	2,700	78
Greater Detroit Resource Recovery Facility	Detroit, MI	2,832	65
Xcel Energy-Red Wing Steam Plant	Red Wing, MN	720	21
Xcel Energy-Wilmarth Plant	Mankato, MN	720	22
Maine Energy Recovery Company	Bidderford, ME	600	22

○ 미국 연방차원의 폐기물처리 규제는 장래에 배출될 폐기물이 적절히 처리되도록 하는 RCRA에 의한 규제와 이미 배출된 폐기물로 인한 오염을 복구하기 위해 환경복구 배상 및 책임에 관한 Superfund법에 의한 규제가 존재

- (RCRA) 모든 폐기물의 불법 매립을 금지하고, 폐기물 발생원 감소와 안전한 처분 및 재활용 장려
- (Superfund) 유해폐기물 오염지역에 대한 관리, 화학 및 석유시설에 대한 세금 부과와 유해물질의 방출에 관여 가능한 연방권한 제공

○ 각 지자체는 각 주의 폐기물 관리법에 근거하여 독자적인 폐기물 발생억제 및 재활용에 대한 대책 추진

- 지자체가 무료로 수집하는 도로변수집방식과 유료로 수집하는 폐기물 종량 요금제 병행

□ 소각폐열의 적극적 활용

○ 미국은 전 세계에서 폐기물 에너지 생산량이 가장 많은 국가로 소각폐열을 이용한 대규모 발전사업이 일찍이 도입되어 활성화

- (PURPA) 발전사업자가 일정한 자격을 구비한 설비에서 생산된

신·재생에너지를 적절한 가격에 구매할 수 있으며, 생산자에게는 일반 발전설비에 적용되는 규제 완화

○ 매립을 지양하고 소각열의 활용정책을 장려

나. 유럽 연합

□ EU 매립지령 ('99)

○ 미생물 해성의 도시쓰레기 매립중량을 2016년까지 1995년의 35%로 삭감을 목표로 자원순환, 비료화, 바이오가스화 혹은 물질·에너지회수 추진

- 분리수집에 의한 재순환의 추진과 열에너지를 회수하는 소각시설의 도입

○ EU 매립지침의 영향으로 가연성 폐기물의 고형연료와 유기성 폐기물의 퇴비화를 동시에 하는 MBT 플랜트가 많이 보급

- 생산된 고형연료는 대부분 대형 연소시설에서 에너지를 생산하기 위한 연료로 사용

<표 2-33> 유럽의 중소형 폐기물 소각 발전시설

지역	전기판매 (kWhr/ton)	년간 용량 (ton/yr)	준공	시공사
Montale/Agliona Italy	109	33,000	2001	Technitalia
Livorno, Italy	168	44,000	2003	SECIT
Poggibonsi, Italy	149	20,400	1997	
Statte, Italy	86	48,700	2001	VonRoll
Terni, Italy	317	27,000	1998	SECIT
Carhaix, France	317	30,000	-	Novergie
Planguenoual, France	292	42,000	-	Novergie
Rosier d'Egletons, France	335	40,000	-	Novergie
Averoy, Norway	210	32,000	2000	Energos
Sandness, Norway	32	39,000	2002	Energos

□ 순환경제 패키지(Circular Economy Package)

○ EU 집행위는 순환경제를 향한 이행을 촉진하기 위해 2015년 12월 순환경제패키지 정책제안을 발표

- 자원 채취, 제품 생산·사용·폐기라는 일방향적, 직선적 경제체제에서 한정된 자원을 최대한 효율적으로 사용하고 소비하며 이를 다시 재사용, 재활용하는 경제체제로 전환 목적
- 순환경제 패키지는 제품 생산, 소비, 폐기물 처리, 재활용 촉진 등으로 구성된 순환경제 구현을 위한 행동계획과 4개의 규정 개정안으로 구성

<표 2-34> EU 순환경제패키지 주요내용

구분	세부내용
제품 생산단계	• 제품의 재활용과 수리, 재사용 증대를 위하여 최초 제품 구상 및 디자인 단계부터 수리용이성, 내구성, 재활용가능성 등을 높이기 위한 필요조건 개발 추진 • 제품 생산단계부터 자원의 효율적 이용을 위하여 각 회원국들이 산업시설 설치허가 시 자원사용의 효율성과 폐기물 발생 저감에 대한 내용을 산업 공정별 최적가용기술 지침서에 반영 수립
제품 소비단계	• 생산 제품이 폐기물로 배출 전에 충분히 오랫동안 사용하고, 제품의 내구성 증대를 위하여 에코디자인 지침 개정 시 제품별 교체부품, 수리정보 제공 등에 대한 기준 등 포함 필요 • EU 회원국 정부와 각종 공공기관을 통해 대규모로 이뤄지는 공공기관의 물품조달에서 제품의 내구성과 수리 가능성을 중시하는 녹색조달(Green Public Procurement)에 역점
발생된 폐기물 관리	• EU 차원의 폐기물 처리 정책 목표 : 2030년까지 도시폐기물 재활용 65%, 포장폐기물 재활용 75%, 모든 폐기물의 매립을 최대 10% 수준으로 감축 • EU 전체적으로 일관되고, 비교 가능한 통계생성을 위해 관련 정의, 계산 기법 등의 단순화 및 중소기업 부담경감을 위해 보고의무 단순화, 매립세 등과 같은 경제적 수단 도입 유도 • 회원국 내 매립·소각시설 등 폐기물 처리시설의 과잉방지를 위해 적절한 조절 유도
재생원료 사용촉진	• 폐기물 중 재활용 불가능 시 소각·매립처분하고, 재사용 가능 자원들은 신제품 생산 시 이차자원(secondary raw materials) 사용 및 사용촉진을 위해 EU 공통의 품질기준 마련 추진 • 개별 회원국들마다 상이한 기준으로 사용 확산이 어려운 음식물 폐기물, 하수슬러지, 퇴비를 활용한 유기성 비료의 사용 증대를 위하여 EU 차원의 규정정비 추진 • 폐수 재활용촉진을 위하여 EU 차원의 최소한도의 기준설정 및 이차자원 이동 시 전자정보 교환을 통해 국경이동 보고 단순화 등 추진

자료 : 「제1차 자원순환기본계획」, (2018.9)

□ 환경행동 프로그램

○ EU는 환경보호를 목표로 구체적인 정책과제들을 기술한 환경행동 프로그램 발표

- 제7차 환경행동프로그램('16)은 2020년까지 환경보호를 위한 구체적인

목표 및 환경 정책에 대해 9가지 목표 제시



목표

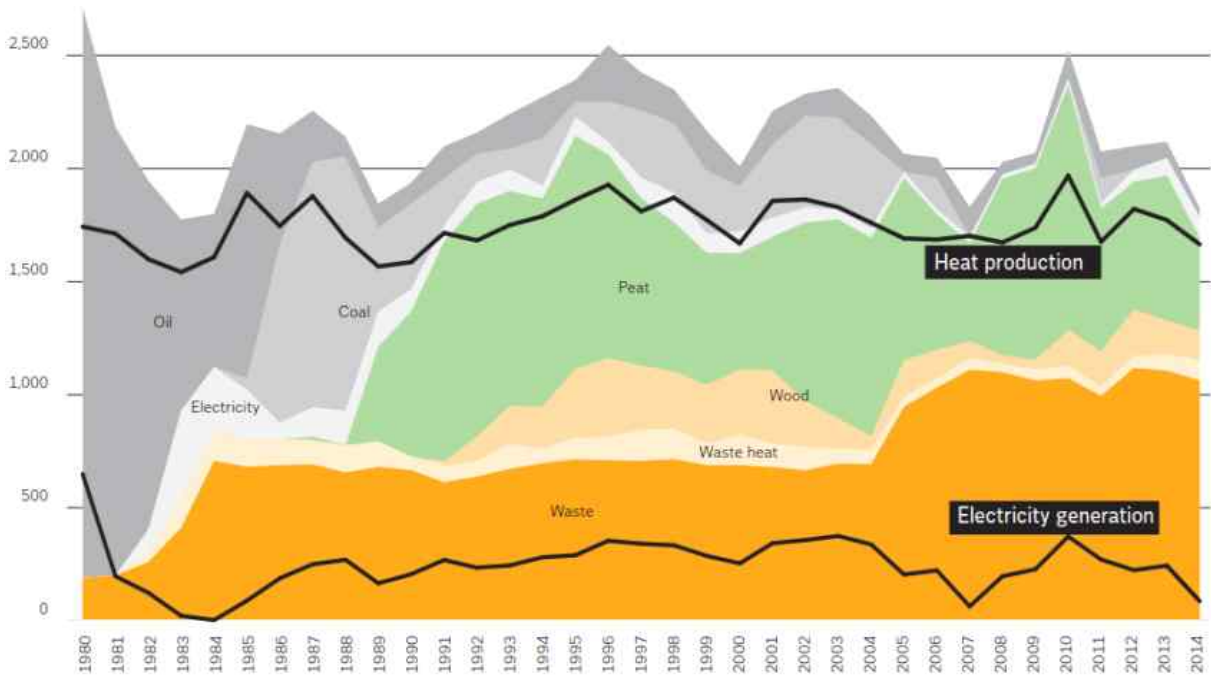
- 자연자본의 보호, 보존, 가치향상
- 자원 효율성, 녹색 및 저탄소 경제
- 환경관련 압력과 위협으로부터의 보호
- 법률의 더 나은 완성
- 지식기반 개선에 의한 더 나은 정보
- 환경 및 기후 정책에 대한 현명한 투자
- 다른 정책에 환경적 요구 및 고려사항 통합
- 지속가능한 도시
- 보다 효율적인 국제환경과 기후문제의 해결

자료 : 「제1차 자원순환기본계획」, (2018.9)

<그림2-18> EU 환경행동 프로그램 목표

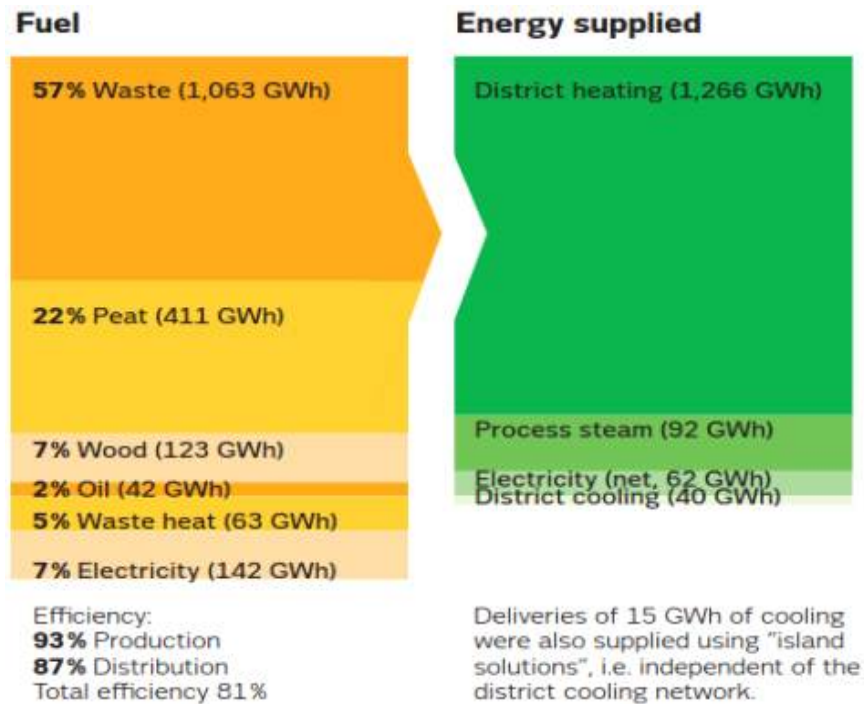
□ (관련 사례 1) 스웨덴 읍살라(Uppsala) 시

- 해당 사이트는 ① 전력의 안정공급, ② 환경보전, ③ 저렴한 에너지의 공급을 주된 목표로 하여 쓰레기 소각폐열, 초탄 등의 피트나 목재칩과 같은 고체연료, 하수열원 열펌프, 전기보일러, 태양열 암반공동 장기축열 등에 의한 에너지원의 다양화를 위해서 복합플랜트를 구성 (인구 14만명)
- 시의 전체 열수요 중 약 98%를 도시에너지회사(Vattenfall Heat Uppsala)에서 담당하고 있으며, 동절기 최대 열부하는 약 890MW



<그림2-19> 읍살라 시 연도별 에너지 공급 현황

- 중앙플랜트에서는 목재칩, 피트, 도시쓰레기 등을 연료로 하는 발전플랜트가 설치되어 전력과 온수를 공급. 그 이외의 보조플랜트로는 열량의 비용을 고려하여 하수폐열을 열원으로 이용하는 열펌프에 의한 온수공급시설 및 전기보일러와 연계 운전되는 태양열 암반공동 장기축열식 온수공급시설 등이 복합 설치



<그림2-20> 옥살라 시 에너지믹스

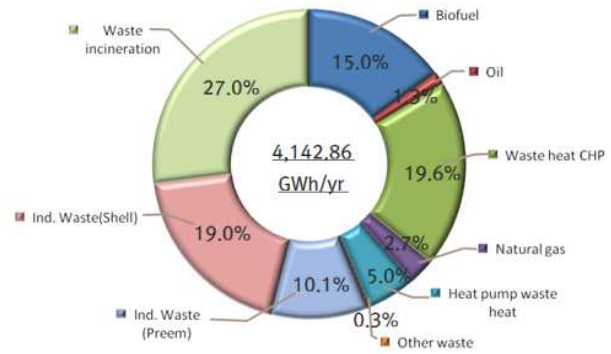
□ (관련 사례 2) 스웨덴 예테보리(Goteborg) 시

- Göteborg Energi에서 운영/관리하는 Plant는 총 14개소이며, 예테보리市에 열원 및 전력을 공급하고 있으며, 공급되는 에너지의 96% 정도를 폐열과 신재생 에너지를 활용하여 예테보리 아파트단지 90%에 지역난방을 통한 열에너지 공급 (2008년 기준)
- Göteborg Energi에서 공급하는 열에너지 및 전기에너지는 예테보리 市 총 공급에너지의 60% 및 26% 정도이며, 공급되는 열에너지의 81% 정도가 폐열을 활용
- 연간 예테보리 市에 공급되는 지역난방 열원은 쓰레기 소각, 폐열활용 및 CHP 플랜트 순이며, 지역난방 공급량이 증가함에 따라 상당량의 유해가스(황, 질소, 이산화탄소) 발생량 감소

(공급 방식에 따른 현황)



(에너지원별 현황)



<그림2-21> 예테보리 시 에너지 공급 현황

□ (관련 사례 3) 오스트리아 비엔나 슈퍼텔라우 소각장 리모델링 사업



<그림2-22> 비엔나 슈퍼텔라우 소각장 리모델링 전후

- '87년 대형 화재 이후 안전한 도시고형폐기물 처리 및 지역난방을 위한 소각장 리모델링 사업 실시('91)
- 연 250,000톤의 폐기물을 처리하여 60MW의 증기(지역난방 공급) 및 전기 생산, 생산된 전기는 소각시설 자체 전기로 사용 또는 인근 6만여 세대에 급탕을 무상 공급하는 등 비엔나 시 아파트 37%에 공급
- 시 중심에 소각장이 입지하여 물류비용 절감 및 열/전기 생산을 통한 온수 공급/건물 냉각수로 활용
- 전기를 생산하여 자체소비하고 잉여분은 판매하여 환경에 재투자하는 방식 (자연친화적인 이미지 부각에 초점 → 다이옥신/악취 저감 및 소각처리과정 감시 전광판 설치)
- 경제적 효과로는 지역 주민을 위한 난방 무상공급과 이로 인한 주택 가격 상승

- 사회적으로도 혐오시설을 시민 친근 시설로 전환한 사례(관광지로 활용, 오스트리아 출신 건축가 훈데르트바서(1928~2000)가 설계한 초현실주의 적용)

다. 독일

□ EU내 선도적으로 자원순환사회 촉진정책 추진

- 독일의 자원순환은 안전, 고용창출, 산업발전의 주요 문제로서 혁신적 환경기술을 투입하여 자원효율성을 향상하는 동시에 지속가능한 녹색경제를 달성하는 것을 목표로 함

□ 세계 최대의 바이오가스화 시설 보유국

- 가축분뇨나 바이오폐기물을 대상으로 한 바이오가스화 시설의 수가 2006년 기준 3,400기이며, 발전능력은 약 850MW 수준
 - 대부분 농업폐기물이나 자원 작물 등의 바이오매스가 주원료

□ 폐기물 예방 프로그램

- 폐기물 예방의 주목적은 폐기물 발생 방지이나 최종목적은 폐기물 발생으로 인한 인체 및 생태계 악영향과 경제성장의 디커플링
 - 폐기물의 양 감소, 폐기물의 악영향 감소, 제품과 폐기물 내 유해물질의 감소

□ 자원효율성 프로그램

- 천연자원의 추출과 사용의 지속가능성 향상 및 환경오염을 저감하기 위하여 제1차 자원효율성 프로그램을 발표('12)
 - 주요분야로 지속가능한 원자재 공급 보장, 생산에서 자원 효율성 향상, 자원효율화를 위한 소비 증진, 자원순환 향상, 적절한 제도의 이용을 제시
- 제1차 계획의 성과를 평가·분석하여 제2차 자원효율성 프로그램 발표('16)
 - 주요분야로 지속가능한 원자재 공급 보장, 생산에서 자원 효율성 향상, 자원효율적인 생산·소비, 자원효율적인 순환 경제 발전, 지속가능한

건축 및 도시개발, 자원효율적인 정보통신기술과 이를 뒷받침하기 위한 제도적 조치들을 명시

□ (관련 사례) 독일 뮌헨 NEXUS CITY

- 빗물 이용으로 화장실 플러싱 용수 100%대체
 - (효과) 상수도 생산량 26% 감소 및 관련에너지 절약과 화장실 플러싱 용수를 빗물로 100% 대체
- 하수슬러지 및 유기성 폐기물로 바이오가스 생산
 - (효과) 하수슬러지 및 유기성 폐기물 활용으로 최대 전기수요량의 20% 생산
- 재이용수로 도시농업관개용수 사용

라. 일본

□ 아시아 폐기물에너지 보급의 선도적 역할

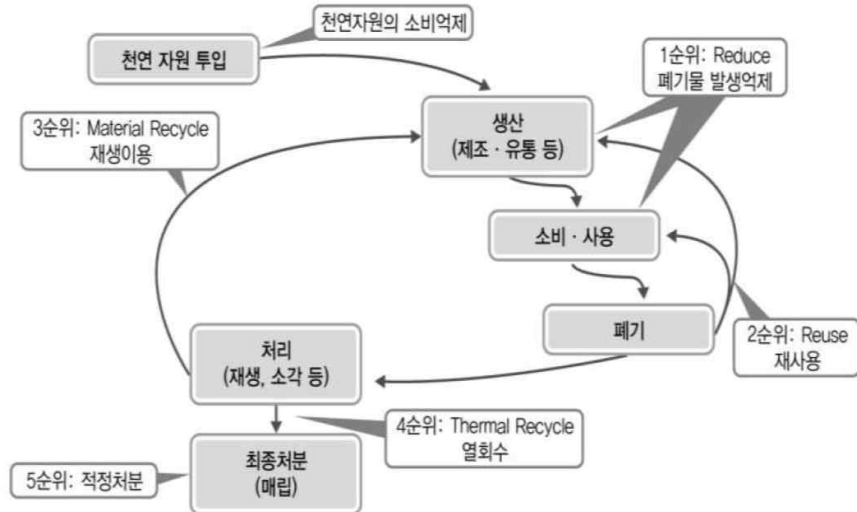
- 현재 70기의 생활폐기물 고형연료화 시설과 5곳의 고형연료 전용 발전소가 운전 중
- 약 900여개 소각시설에서 폐기물에너지를 회수중이며, 약 1,400MW 규모의 발전 설비가 설치

□ 2000년대 초반부터 순환형 사회형성 추진

- 일본은 환경 보전 및 자원의 유효이용의 관점에서 폐기물의 발생 억제, 순환자원의 적정한 재사용·재활용 및 처분에 대처
 - 2000년대 초반 순환형사회를 구축하기 위해 법체계를 완성하였으며, 일본의 법체계는 「환경기본법」 및 「순환형 사회형성 추진 기본법」 아래에 물품의 특성에 따라 개별법을 제정하여 규제
- 순환형 사회경제 시스템의 실현을 위해 총 물질투입량·자원채취량·폐기물 발생량·에너지 소비량 등의 억제, 재사용, 재생이용을 통한 천연자원 소비억제와 환경부하 저감을 목표로 추진
 - 「순환형 사회형성 추진 기본법」에 따라 ‘순환형 사회형성 추진 기본계획’은 2003년에 처음 수립되었으며, 5년마다 재검토를 실시하고,

물질흐름지표로 자원생산성, 자원순환률, 최종처분량 제시

- 자원생산성은 사업장의 원재료 투입량과 직결되며, 자원순환률은 원재료 대비 재생원료의 투입량과 관계가 높으며, 최종처분량은 사업장폐기물의 발생량 및 재자원화량의 추세와 밀접한 관계

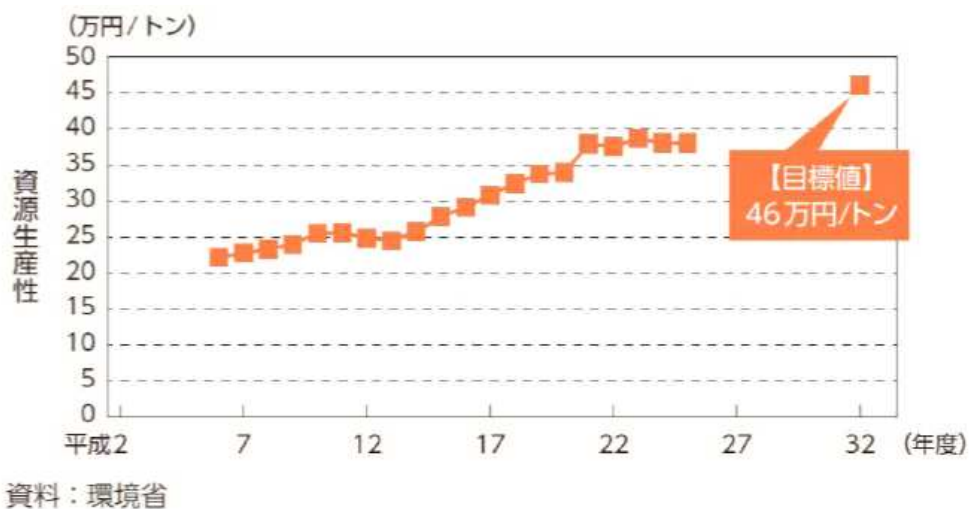


자료 : 「제1차 자원순환기본계획」, (2018.9)

<그림2-23> 일본의 폐기물처리 우선순위

□ 순환형 사회형성 추진 실적

- (자원생산성 목표) 2020년 까지 46만 엔/톤 목표(2000년도 약 25만 엔/톤에서 80% 향상)
- 2013년 자원생산성은 약 37.8만 엔/톤이며, 2000년 대비 약 53% 상승



자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

<그림2-24> 일본 자원생산성의 추이

○ (순환이용률 목표) 2020년까지 17% 달성 목표(2000년도 약 10%에서 70% 향상)

- 2000년과 비교하여, 2013년의 순환이용률은 약 6.1p 상승



資料：環境省

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

<그림2-25> 일본 순환이용률의 추이

○ (최종 처분량 목표) 2020년까지 1,700만 톤 목표 (2000년 약 5,600만톤 대비 70% 감소)

- 2000년 대비 2013년의 최종 처분량은 약 71% 감소



資料：環境省

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

<그림2-26> 일본 최종처분량의 추이

2.3 지하공간 활용 분야

가. 미국

□ 미국의 지하공간 이용유형 구분

- 미국에서는 AUA에서 지각의 구조를 고려하여 이용 가능한 지하공간의 깊이를 3,000m로 보고 지하공간을 표층 지하 공간(near surface space), 지표접근 지하 공간(surface accessible space), 심층 지하 공간(deep underground space)로 구분

<표 2-35> 미국의 지하공간 이용 구분

구분	이용유형
표층 (3~30m)	•복토건물, 건물지하층, 지하도, 지하철 등 교통시설, 민방위 시설, 위락시설, 스포츠시설, 식료품 등 지하저장시설, 지중선로시설(전력·통신), 폐수 및 급배수 시설
지표접근 (30~300m)	•터널용 지하철, 지하유류 저장시설, 지하수력발전소, 지역난방시설, 주요 군사시설
심층 (300~3000m)	•지하양수발전소, 압축공기에 의한 에너지 저장소, 핵폐기물 저장 시설

자료 : 「도시지역 대심도 지하공간 개발의 지반 환경영향 및 정책제언」, 한국환경정책·평가연구원(2013.11)

□ 용도지구제와 지하공간 계획

- 지하공간개발에 있어 주거지역에 지하실이나 독립 공간을 포함하지 못하도록 제한
 - 지하공간은 비거주지역으로 제한되며 유틸리티나 환기설비와 같은 설비는 지상구조물의 건축 기준 적용

□ (관련 사례 1) 뉴욕시 로라인 프로젝트

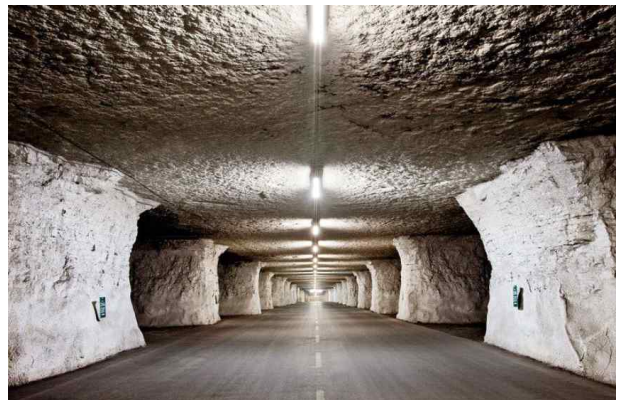
- 맨해튼 지역 지하에 60년 이상 방치된 축구장 두배 넓이의 폐 전차역을 2020년 개장을 목표로 세계 최초의 지하공원으로 개조 중
- 깊이가 지표면에서 불과 10m 안팎에 불과한 지하공간으로 인공광이 아닌 자연광을 지하로 끌어들여 식물이 자라게 할 계획



<그림2-27> 뉴욕시 로라인 프로젝트

□ (관련 사례 2) 미국 서브트로폴리스(SubTropolis)

- 미국 캔사스시티에 위치한 세계 최대 규모의 상업용 지하 복합시설로 1960년대 석회석 폐광산을 개조하여 개발(여의도 면적의 약 58%인 150만평)
 - 굴착된 암반을 공간으로 활용하고 굴착되지 않은 암반을 기둥으로 사용
 - 지하공간의 장점인 항온성으로 인해서 유지비 절감 효과 창출



<그림2-28> 미국 SubTrooplis

나. 캐나다

□ 토론토 지하보행네트워크 관련 정책보고서

- 토론토 도심계획(Plan for Downtown Toronto, 1963)
 - 차량동선을 지하 터널로 분리시키고 잘 정돈된 고층 타워들과 광장의 네트워크로 기존 도심 개조
- 보행 도심(On Foot Downtown, 1969)

- 보도과밀, 교차로 혼잡, 출퇴근 혼잡, 개인적인 위험, 극한의 기후조건, 공개공지 및 녹지 부족 등을 보행과 관련된 도심 문제로 규정
- 공유지와 사유지를 통합한 개발을 위해 블록 내부 통로시스템 개발 강조
- 주요 도심프로젝트 개발시 지하에 쇼핑코너 설치 및 연결통로 확보 등으로 재정적 보조 및 전략적 인센티브 추진

□ (관련 사례) 몬트리올 언더그라운드 시티



<그림2-29> 몬트리올 언더그라운드 시티

- 1962년에 건설된 지하쇼핑센터를 1984년~1992년에 걸쳐 확장한 뒤 2008년 최종 완공 (면적 : 총 면적 12km²으로 여의도의 약 네 배)
- 겨울철 평균 기온이 영하 10℃에 이르는 몬트리올의 춥고 긴 겨울 때문에 지상에 나가지 않고 모든 것을 해결할 수 있도록 아파트와 호텔, 은행, 사무실, 쇼핑몰, 박물관, 대학, 공연장, 지하철역과 기차역 등 모든 것을 갖추고 있음. 하루 평균 50만 명의 사람들이 언더그라운드 시티 안에서 지내며, 120개의 통로가 지상과 연결

다. 일본

□ 일본의 지하공간 이용유형 구분

- 지하공간을 천심도, 대심도, 울트라 대심도로 구분

<표 2-36> 일본의 지하공간 이용 구분

구분	이용유형
천심도	• 지하실, 지하도, 전력·가스·수도·통신 시설 등 일반적인 지하 이용 시설
대심도	• 토지소유자의 통상적인 이용 행위가 예상되지 않는 지하 일정 깊이 이상의 영역
울트라 대심도	• 석유비축탱크, 철도터널, 다이아몬드 제작공장 등 광업권에 해당되는 시설물 존재

자료 : 「도시지역 대심도 지하공간 개발의 지반 환경영향 및 정책제언」, 한국환경정책·평가연구원(2013.11)

□ 오사카 시 지하이용 가이드 플랜

- 일본 오사카 시에서는 지하공간을 개발할 때에 합리적, 효율적인 이용을 위한 지하이용 가이드플랜을 설정하도록 규정
 - 지하이용의 방향, 층별 이용원칙, 지하이용 계획지구의 선정, 이용밀도, 깊이 제한, 인프라 공간, 3차원 구획정리 등으로 구성
 - 지상의 보행자 네트워크와 유기저거으로 기능이 연계되도록 구성
 - 지하이용 마스터플랜은 일정 규모 이상의 도시에 대해 5년 단위로 수립한 후 심의과정을 거쳐 확정하고, 별도의 지하이용 마스터플랜 수립지침을 두어 적용

□ 대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별 조치법

- 공공의 이익이 되는 사업을 위한 대심도 지하의 사용에 관해 그 요건과 수속 등에 대한 특별조치를 강구함으로써 대심도 지하의 적정과 사업의 원활한 수행, 합리적인 이용을 목적으로함
- 인구의 집중도, 토지이용 상황, 그 외의 사정을 감안하고 공공에 이익이 되는 사업을 원활하게 수행하기 위해 대심도 지하를 사용할 사회적 경제적 필요성이 존재하는 지역을 대상으로 하며, 안전 확보와 환경 보전을 중시
- 화재, 폭발, 지진, 침수, 정전, 구급, 구조 활동, 범죄 방지 등의 사항 명시

2.4 스마트시티 분야

가. 미국

□ 정부주도로 도시문제 해결을 위한 스마트시티 프로젝트를 추진 중이며, 민간의 적극적인 참여 유도

- ‘스마트시티 이니셔티브’ 발표를 통해 1억 6,000만 달러를 투자함으로서 잠재력 있는 사업 및 연구단 지원('15)
- 정부부처 및 공공기관은 도시문제 해결 중심의 스마트시티 정책을 추진
 - 국립 표준 기술 연구소는 스마트도시 구축 민·관 협력 파트너십 ‘Smart America Challenge’를 발표('13)하고 후속사업으로 ‘Global City Teams Challenge’를 추진하여('14) 세계 각국의 도시들 간 정보·기술 교류 등 상호 협력을 도모
 - 미국 교통부(DOT)도 교통정체 해소, 안전통행, 환경 보호, 기후변화 대응 등 도시 교통의 혁신적 해결을 위하여 총 5,000만 달러를 지원하는 스마트시티 챌린지 프로젝트 실시('16)
- 민간의 적극적인 참여를 유도하여 스마트시티 로드맵 구축, 보안 문제의 해결을 위한 노력 중
 - GE, IBM, AT&T 등 스마트시티 선도 기업이 참여한 ‘Smart Cities Council’을 설립('13)하여 스마트시티 준비 지침서인 ‘Smart Readiness Guide’를 발간('15)
 - 보안 전문업체가 모여 만든 ‘Securing Smart Cities’는 스마트시티 구축 시 직면하게 될 다양한 보안 문제의 정보공유 및 공동연구 수행('15)

나. 유럽

□ 유럽은 유럽집행위원회(EC) 주도로 에너지 및 교통 인프라 개선 중심의 스마트시티를 구현

- EU는 2020년까지 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 20%까지 확대하는 것을 목표로 하는 ‘Energy 2020’ 전략과 이에 더 나아가 ‘2030 기후·에너지 정책 프레임워크’를 수행 중

- 2030 기후·에너지 정책 프레임워크의 주요 내용으로는 에너지 소비 중 재생에너지 비중 27% 확대(기존 20%), 1990년 대비 온실가스 배출 40% 감축(기존 20%) 등의 목표 제시

○ 또한 EC는 ‘스마트시티 및 커뮤니티 혁신 파트너십’을 통해 지속가능한 도시 이동성의 향상 목표

□ (네덜란드) 암스테르담은 '16년 ‘지속 가능한 발전을 위한 환경도시 계획’을 기반으로 EU 최초의 스마트시티 추진

○ 정부, 민간기업, 학교 및 지역 주민들이 참여하고 있는 ASC(Amsterdam Smart City)라는 오픈 플랫폼 운영을 통해 사회현안 해결 및 일자리 창출 시행

- ASC 스마트시티 플랫폼은 민간 주도로 운영

* 정부(14.2%), 기업(40.1%), 스타트업(14.9%), 연구기관(13.9%), 재단(4.6%)

- 온라인에서는 ‘ASC 웹사이트’를 통해 의견을 수렴하고, 오프라인에서는 ‘스마트시티 체험 랩’을 운영하여 시민들이 직접 프로젝트를 공유하고 서비스를 체험 할 수 있는 공간을 마련

□ (스페인) 바르셀로나는 도시 데이터를 개방하여 활용을 유도하고, 첨단 기술 집약형 혁신 클러스터 운영

○ 바르셀로나는 시에서 수집한 각종 도시 데이터를 개방하여 창조적 서비스 개발을 유도하고 '15년에는 도시운영을 위한 플랫폼(바르셀로나 City OS) 개발에도 착수하였으며 매년 ‘Smart City EXPO World Congress’와 ‘World Smart City Award’ 개최

○ 구도심 재생사업 및 고부가가치 육성 사업 운영

□ (영국) 시민중심의 미래도시 조성을 목표로 스마트시티 구축

○ 영국은 '07년 스마트시티를 본격적으로 추진하기 위해 기술전략위원회(TSB)를 설치하였고, '12년 스마트시티 프로젝트에 대한 지방정부 제안서인 ‘Future Cities Demonstrator Competition’ 공모

- 공모에 참여한 30여개 도시들 중 글래스고가 선정되어 시민들이 직접적으로 겪는 교통, 범죄, 에너지, 환경 등의 도시문제 해결에 스마트시티 기술 활용

다. 일본

- 각 정부 주요 부처 중심으로 에너지 안보 및 재난 안전 위주의 스마트시티 구현
 - 경제산업성과 신에너지 산업기술종합개발기구는 ‘스마트 커뮤니티’를 설립('10)하여 가정, 건물, 지역의 종합적 에너지 관리를 할 수 있는 지역 통합 에너지 관리 시스템을 구축
 - 내각부는 일본 신성장 전략('10) 및 스마트시티 정책 일환으로 ‘그린 이노베이션 환경·에너지 대국전략’을 추진 중이며 스마트 에너지 분야를 중심으로 정책을 수립·추진
 - '10년부터 5년간 총 860억 엔(약 9,300억 원) 예산을 투입하고 요코하마, 교토, 토요다, 기타큐슈 등 4개 지자체를 시범지역으로 지정하여 가변전기요금제, 교통 데이터관리 시스템 등 도입
 - 총무성은 ICT를 활용한 재난 재해 예방 중심의 ‘ICT 스마트 타운’ 정책을 발표 하였으며, 해외진출을 위한 ASEAN ICT 구축 사업 로드맵 구축('13)
 - 제4차 에너지 기본계획에서 에너지 이용 효율화와 고효율자 돌봄 등 생활지원 시스템을 포함하는 스마트시티 구축계획 명시('14)

라. 중국

- 경제성장과 도시 문제 해결 중심의 스마트시티를 구현하고 있으며, 중앙정부 차원에서 직접 스마트시티를 관리
 - 지방정부가 개별적으로 추진하던 스마트시티 정책을 13년부터 중앙정부 차원에서 직접 관리 및 추진
 - ‘제13차 경제개발 5개년 계획('14)’ 및 신형도시화계획('15)을 통해 총 5천억 위안(약 90조 원)을 투자하여 스마트시티 500여개를 구축하겠다는 계획을 발표
 - 항저우의 경우 민간기업(알리바이)의 선진 기술을 적용하여 모바일페이, 교통 인프라 개선을 목표로 하는 ‘시티브레인’ 프로젝트를 진행

마. 싱가포르

□ 국가핵심사업으로 ‘스마트네이션(Smart Nation) 프로젝트’를 공식적으로 출범('14)하였으며 정부 주도하의 산학연 연계 프로젝트 진행

○ 총리 산하 스마트네이션 프로그램 오피스(SNPO)가 스마트시티 사업 총괄
싱가포르 국립연구재단, 국토청, 정보통신개발청이 함께 공간정보 기반의
버추얼 싱가포르 프로젝트를 추진

- 정부, 시민, 기업, 연구기관이 모두 협력할 수 있는 통합 플랫폼을
구축하여 3D의 형태로 싱가포르의 자연 및 인공 지형을 묘사하는
방식으로 가상화(Virtual), 시각화(Visual), 벤처화(Venture)의 세 가지 목표
추구

3. 요약 및 시사점

◆ 본 사업은 국정과제와 부처 상위계획에 반영된 기술로서 정부의 정책과 부합성이 매우 높으며 해외 선도국 역시 관련 분야 연구개발 적극 추진

□ (플랜트) 플랜트의 환경 및 안전 규제 강화로 안전, 청정, 고효율 에너지 플랜트의 확대와 ICT 기술을 접목한 안전 관리 및 운영 효율화 연구개발 추진

○ 후발개도국의 급격한 경제성장과 오일피크에 따른 우려로 세계적으로 에너지문제가 이슈로 대두되면서 청정 대체에너지 및 신재생에너지 시대로의 진입

- OECD국가들 중심으로 화석에너지에서 바이오에너지 및 신재생에너지로 대체하는 정책이 적극적으로 추진

- 중국 등 신흥국들은 차세대 발전 플랜트의 에너지원이 될 신재생에너지 산업의 육성을 위하여 정부 차원에서의 정책적 지원 추진 중

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

- 플랜트의 주요 핵심기기들에 고장진단, 의사결정, 자료처리 등의 기능을 부여하는 스마트 기기 개발 연구가 활발하게 수행

- 플랜트를 원격 모니터링, 관리, 운영하기위한 ICT 연계 및 융합이 활발하게 시도

○ 복합플랜트에 ICT 기술을 접목한 방재, 운영 기술을 개발하여 해외 시장 진출 경쟁력 확보 필요

□ (폐자원 에너지화) 지속가능한 발전을 위해 한정된 자원을 최대한 효율적으로 사용하고 소비하며 이를 다시 재사용, 재활용하는 순환형 경제체제로 전환

○ 전 세계적으로 ‘채취-생산-소비-폐기’로 이루어지는 선형 경제구조를 순환형으로 전환하는 ‘순환경제’ 정책 추진 중

- 자원 빈국으로서 해외 의존도가 높고, 좁은 국토 면적으로 추가적인 폐기물 매립지 건설이 어려운 우리나라는 순환경제로의 전환 시급

○ 우리나라는 폐자원 에너지의 확대 생산보다는 처리 효율화 추구

- 「자원순환기본법」, 「자원순환기본계획」 등을 통해 재활용 극대화와 매립 제로화 추진
- 복합플랜트의 공급 확대를 통해 이차 부산물 Zero화, 처리 공정 효율화 추진 필요
- (지하공간 활용) 도심지 과밀화로 인한 토지자원의 수급문제와 항온, 항습, 에너지 절약 등 지하공간 이용의 이점을 활용하기 위해 지하공간을 이용하는 정책이 활발하게 제시
 - 캐나다, 미국 동북부, 북유럽 등 북반구 지역과 홍콩, 싱가포르, 서유럽 등 인구 밀집도가 높은 도시들 위주로 지하공간 활용 계획이 활발하게 추진
 - 수송시설, 저장 및 처리시설 등 공공시설 위주로 지하공간 활용
 - 국내에서는 하남 유니온파크, 안양 박달하수처리장, 용인 수지레스피아 등 환경기초시설을 위주로 지하화가 활발
 - 지하의 심층화, 복합화, 대규모화에 따른 관련 기술 개발 필요
 - 복합플랜트의 지하화에 따른 지하공간 확장 기술, 구조물 건전도 평가 기술, 지하 방재 및 작업자 안전 기술 등 관련 기술 확보로 안전성과 지하공간 활용 능력 확보 필요
- (스마트시티) 도시문제에 대한 해결책으로 도시 인프라 확충 대신 기존 인프라의 효율적 활용을 통해 저비용으로 도시문제를 해결하는 스마트시티가 주목
 - 전 세계적으로 스마트시티의 시장은 연평균 10~19% 성장을 전망하고 있으며 지역별로 스마트시티의 개발 방향에 차이가 있음
 - 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진 중에 있으며 빅데이터 구축, 스마트시티 솔루션 개발 등 스마트시티 거버넌스에 집중
 - 아시아·태평양 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대되며 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발 중심
 - 일본, 미국, EU 등의 다수의 글로벌 기업들이 스마트 시티 시장 선점을 위한 경쟁 중으로 향후 글로벌 스마트 시티 시장의 활성화 예상

- 복합플랜트는 친환경·고부가가치 미래 도시 인프라로서 스마트시티 에너지 분야에 타겟팅이 가능하며 에너지 자립화와 도시 자원 문제를 해결 가능
- 관련 비즈니스 모델 개발 및 실증으로 해외 진출 기반 마련 필요

제3절 국내외 산업 및 시장 동향 분석

1. 플랜트 건설

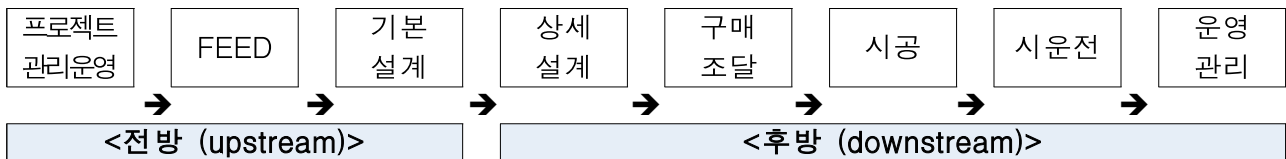
◆ 플랜트 건설 산업 및 시장을 파악하기 위하여 해외 플랜트 수주 동향, 세계 플랜트 시장 동향, 산업 이슈 및 문제점 분석을 실시하고 이를 통해 플랜트 산업의 니즈를 파악하고 사업 기획 방향 설정에 활용

1.1 산업 일반 현황

가. 정의 및 범위

- (정의) 제품 생산 프로세스를 갖는 설비 및 시설에 대하여 기획 단계에서 타당성을 조사하고 기본 설계를 실시하며 수행단계에서 상세설계, 기자재 조달 및 건설을 수행한 후 시운전을 거쳐 소기의 성능 보장 후, 원하는 제품이 생산되도록 하는 일련의 과정

<표 2-37> 플랜트 건설기술의 공정 흐름 (Value Chain)



자료 : 중견·중소기업 기술로드맵(2017)

- (범위) 플랜트 건설기술은 개발형 프로젝트의 기획에서 수주, 설계하는 엔지니어링(Engineering)과 필요한 자재를 조달(Procurement)하여 시공(Construction)하는 EPC를 포괄하며 유지관리 등 서비스 영역까지 확장
- 본 기획의 플랜트 공정상 적용 범위는 플랜트 건설기술 공통기반 기준, ① PP(프로젝트기획) → ② EPC(설계, 조달, 시공) → ③ PM (프로젝트 관리) → ④ O&M(운영·유지관리) 중 프로젝트 기획과 운영·유지 관리에 해당

<표 2-38> 플랜트 건설기술 공정별 분류 및 범위

구분		내용	담당 주체
PP (프로젝트기획)	시장분석	시장조사, 시장예측, 경쟁분석	개발자
	기술분석	기술조사, 기술예측	
	투자타당성 분석	비용산정, 기술-경제성 분석, 경제성 분석	
		재무 분석, 환경영향 분석, 운전/유지보수 분석	
EPC	E(설계)	설계/ 개념설계 : Conceptual Design Package	턴키

<표 2-38> 플랜트 건설기술 공정별 분류 및 범위

구분			내 용	담당 주체		
		해석	기본설계 : Basic Design Package(BDP)	계약		
			FEED: FEED Package			
			상세설계(3D, 4D, 5D), 시공서, 시공성 분석			
			공정해석, 정적해석, 동적해석, 시뮬레이션			
			RAM 분석, 위험 분석, 안전성 분석			
	P(조달)	조달	구매, 자재 관리, 발주, 계약, 검사, Expediting	시공 업체		
	C(시공)	시공	시공, 제작, 시운전, 감리			
PM (프로젝트 관리)		관리	설계관리(EM), 구매 관리(PM), 건설관리(CM), 설계관리(EM), 위험관리(RM), 정보관리	공통 분야		
O&M (운영 관리)		운영	운전, 관제, HSE	사업주		
		유지보수	유지보수, 공정감시			
		해체	해체			

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



자료 : 하나금융연구소

<그림2-30> 플랜트 건설 산업의 생태계 사례

- (O&M) 준공 이후 운영사가 인수하여 생산성 제고, 에너지 효율 향상, 안전 등을 위한 시설 운전 및 유지보수과정 수행
- 4차 산업혁명의 발달로 단순 운영과 사후 유지보수에 머물던 전통적인 플랜트 운영관리가 IoT·빅데이터 기반의 최적 의사결정을 통한 지능화 진행

<표 2-39> 지능정보연계 플랜트 O&M 분야 산업 구조

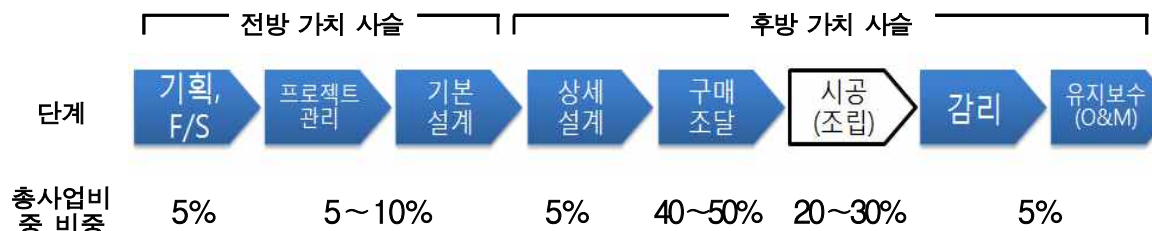
후방산업	지능정보연계 플랜트 O&M 산업	전방산업
석유화학플랜트 /해양플랜트 /건설플랜트 /기계플랜트 O&M 엔지니어링	지능형 운영 시스템 무인 감시 및 진단 시스템 유지보수 및 관리운영체계	시뮬레이션 공정설계 3D플랜트 설계 장비설계 경제성분석

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

나. 산업의 특징

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

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



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

<그림2-31> 플랜트 건설 산업의 전·후방 가치사슬

- 엔지니어링산업은 인재와 기술이 융합된 지식집약형 산업으로서 고도의 기술, 경험 및 사업관리가 필요하기 때문에 진입장벽이 매우 높은 종합적인 시스템 산업
- 장기간에 걸친 경험과 축적된 기술이 경쟁력의 관건이 되는 기술집약적인 고부가가치 산업으로 국가기술 개발력 및 국가경쟁력을 좌우하는 산업의 핵심 역할을 담당하며, 전 산업을 선도하는 기술 서비스 산업이며, 인적자원이 비교적 풍부한 우리나라에서 국가 전략산업으로서 육성이 가능한 산업

○ 엔지니어링 분야의 시장경쟁 심화, 턴키 프로젝트 증가, 프로젝트 복잡화

등으로 인해 고부가가치 기술 및 품질 중심의 비가격(기술) 경쟁력의 중요성이 부각되고 있음

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

<표 2-40> 산업분야별 부가가치율

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

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

<표 2-41> 산업분야별 전후방 산업연관효과

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

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

<표 2-42> 산업분야별 취업 유발 효과

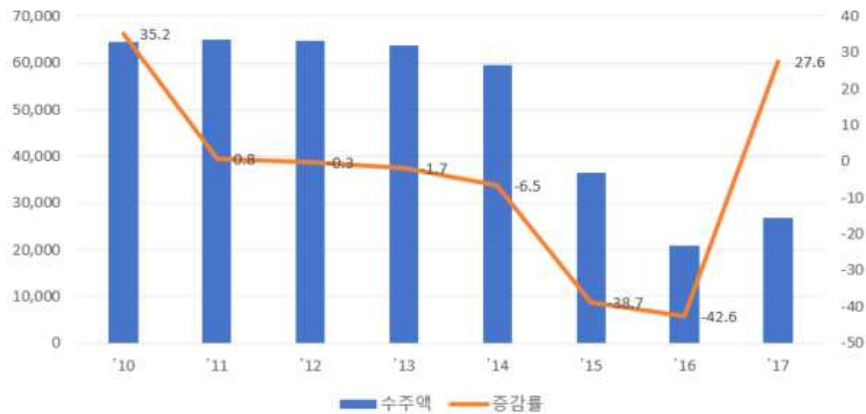
	엔지니어링	소프트웨어	자동차	조선	반도체
취업유발효과 (명/10억원)	19.0	16.5	10.8	9.9	6.2

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

1.2 국내외 플랜트 건설 시장 현황 및 전망

가. 해외 플랜트 수주 현황 및 전망

□ 해외 플랜트 수주액은 2014년 이후 급속히 악화



자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지, e-나라지표

<그림2-32> 해외 플랜트 연도별 수주액 추이

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

<표 2-43> 해외 플랜트 지역별 수주액 추이

(단위 : 백만 달러, %)

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

자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지

※ 2011년부터 2018년 2월까지의 현황

- 해외건설의 중동·아시아 지역 편중으로 지정학적 리스크에 크게 노출

- 세계 건설시장에서는 아프리카·미주 지역이 절반 정도를 차지하고 있으나 우리나라의 경우 약 65%를 중동·아시아지역에서 수주

○ 향후 모든 지역에서 수주가 증가할 것으로 예상됨

- (중동) 유가 회복, 산업 다각화 등은 긍정적 요소이나, 정세불안에 따른 불안정 요소도 상존
- (아시아) 신남방정책, 일대일로 등 정책 추진력을 바탕으로 발전, 석유, 가스플랜트 분야 시장 확대 전망
- (유럽) 한국의 신북방정책, 러시아의 신동방정책 시너지로 가스, 전력 분야 협력 확대 전망
- (아프리카) 세계 원자재 가격 회복세, 주요국 인프라 개발추진 등 전반적으로 시장 확대 전망
- (미주) 미국 인프라의 노후화로 인한 전반적인 인프라 시장 확대 전망

□ 설비 분야별로는 Oil&Gas, 담수&발전, 해양 분야에 집중

<표 2-44> 해외 플랜트 설비별 수주액 추이

(단위 : 백만 달러, %)

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

자료 : 한국플랜트산업협회 홈페이지

※ 2011년부터 2018년 2월까지의 현황

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

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

나. 세계 플랜트 시장 현황 및 전망

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

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

<표 2-45> 세계 건설 시장 연도별 시장규모 현황

(단위 : 억 달러)

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

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

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

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

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

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

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

<표 2-46> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망

(단위 : 억 달러)

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

<표 2-46> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 연도별 시장규모 현황 및 전망

(단위 : 억 달러)

설비별	2016년	2017년	2018년	2019년~2020년
발전플랜트	680	700	730	1,070
총계	2,050	2,800	4,230	9,370

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

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

<표 2-47> 세계 플랜트 EPC 발주 시장 지역별 비중 현황 및 전망

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

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

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

1.3 산업 이슈 및 문제점

□ 국내 엔지니어링 기업의 역량 약화

- (EPC 기업) 국내 EPC 기업들의 해외 수주는 2011년 약 650억 달러에서 2016년 약 200억 달러로 떨어져 감소율이 70%에 육박하며, 2017년에 소폭 상승
- (O&M 기업) 국내 정유 및 석유화학 플랜트 운영기업들은 오랜 플랜트 O&M 경험을 바탕으로 글로벌 경기침체 여건에도 불구하고 탄탄한 경영실적을 달성해 왔으나 급변하는 글로벌 시장 및 기술 변화에 적절한 대응역량 부족
 - 향후 비전통 에너지 자원 개발 확대에 따라 가스·신재생 에너지 기반 플랜트 산업 비중이 확대될 것으로 예상
 - 해외 선진 O&M 기업들은 4차 산업혁명 지능정보기술과 연계한 스마트 플랜트 O&M 기술 및 서비스 개발에 적극적으로 투자함으로써 플랜트 운영의 최적화(Optimization) 및 이익의 극대화(Maximization) 추구
 - 반면, 플랜트 운영산업은 장치산업의 보수적인 특성으로 인하여 타 업종에 비해 기술혁신 투자가 저조하여, 경쟁력 및 수익성 악화가 우려

<표 2-48> 주요 5개 엔지니어링 사업분야별 문제점과 대책 방향

분야	중요성	문제점	대책 방향
설계	• 시공 등 후속 공정의 경제성과 운영 플랜트의 경쟁력 결정	• 절대적인 기술/경험/인력의 부족으로 개발된 기술의 실효성 부족 • CAD 등 핵심 도구의 외산 솔루션 의존으로 개발 대상 영역 협소 • 설계 기준/절차/지침을 준수하는 문화와 이를 관리하는 시스템 부족	• 설계 데이터, 지식, 경험의 지식 자산화를 통한 지능형 설계 지원 기술 필요 • 개인에의 의존성을 줄이고 설계 빅데이터 및 AI를 기반으로 설계 자동화 및 최적화 지원 시스템
PM	• 플랜트 건설 프로젝트의 수익성 결정 • PM 과정에서 변화에 대응하는 위기관리 중요성 증대	• 거대화/복잡화로 프로젝트 수행의 위험도가 증가한 가운데 상세설계/시공 중심의 영업으로 수행과정에서의 변화에 따른 위험에 취약 • 설계변경 등 변화에 따른 계약관리, 원가관리 및 PMC 대응 등 위기관리 기	• PM사례 경험지식 재활용을 위한 데이터 기반 구축 필요 • 사례 경험지식기반 위험관리를 위한 지능형 PM 기술 필요

<표 2-48> 주요 5개 엔지니어링 사업분야별 문제점과 대책 방향

분야	중요성	문제점	대책 방향
		- 술/경험 부족 • 위기관리 등 새로운 지능형 PM R&D 투자 부족	
O&M	• 사후대응에서 예지보전으로 기술 및 시장 변화 • 스마트 O&M은 고부가가치 신시장 창출 잠재력 • 세계수준의 경험/지식 보유	• 세계수준의 경험/지식을 보유하고 있으나 지식자산화는 미진 • 숙련된 전문인력의 고령화 및 은퇴로 보유 경험/지식의 사장 우려 • 플랜트 운영기업들의 보수적인 자세로 신기술 도입/투자 미진 • O&M 기술과 지능정보기술의 융·복합 기술 및 전문인력 부족 • 선진 기업들의 스마트 O&M 기술개발 경쟁으로 기술 및 시장 종속 우려	• 지능정보기술의 도입을 통한 O&M 경험지식의 지식자산화 • O&M 기술과 지능정보기술 융·복합 전문인력 양성 • 기술 및 글로벌 시장 선점을 위한 글로벌 기술 개발 협력 네트워크 구축
디지털 협업	• 설계-시공-운영 부분 최적화에서 전주기 최적화로 고도화를 위한 기업 간 협업 환경 조성	• 협업을 위한 기술적 인프라 미흡 • 데이터 공유 및 활용체계 미진 • 중조 엔지니어링 SW의 외산 의존 • 다자간 협업관리 기술/경험 부족 • 협업용 매뉴얼 및 rule의 부재 • 기업 간 협업을 저해하는 문화 • 수직적 불평등 관계, 일방향 소통	• 국내 기업 환경에 적합한 엔지니어링 협업 기술영역 개척 • 기술 및 시장을 선점한 글로벌 선진기업들과의 협력 방안 모색
원천 공정 기술	• 고부가가치 원천 기술 IP 확보를 통한 기술 종속성 탈피	• 원천 공정기술에 의한 높은 글로벌 시장 진입장벽 형성 • 절대적인 기술개발 및 축적의 시간 부족으로 기술 및 경험 부족 • 국내의 공정기술 개발 시도는 상업화보다 기술개발에 중점 • Track Record 확보 등 사업화 전략 미흡	• 공정기술 빅데이터 확보 및 분석과 시뮬레이션 등 지능정보기술의 접목을 통한 신공정 기술개발의 효율성 증대

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

□ 국내 엔지니어링 기업의 해외 시장 점유율 약화

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

<표 2-49> 국내·외 엔지니어링 기업 순위('17)

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

자료 : 「2017년 세계 250 시공사」, ENR (2017)

- 세계 225대 Eng. 기업의 평균 해외매출 비중은 48.1%이나, 국내 건설 Eng. 업체는 29.8%로 해외시장 매출비중이 낮음('17)

<표 2-50> 국가별 해외건설시장 매출액 비중 및 순위

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

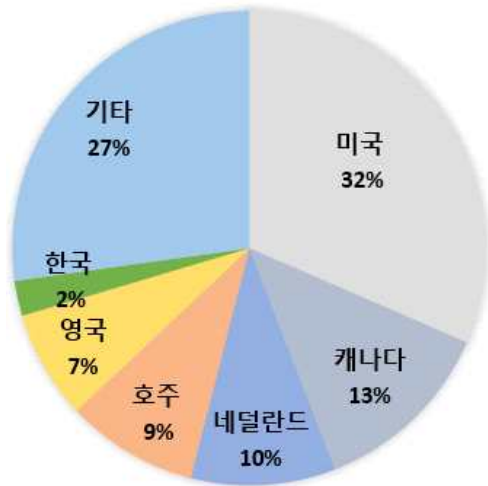
자료 : 「제6차 건설기술진흥기본계획」

- 세계 건설Eng. 은 5개 주요 선진국이 70% 내외를 점유하며 시장 주도
 - 선진국은 기술력에 기반하여 엔지니어링, 신흥국은 인건비 우위를 바탕으로 시공에 주력
 - 중국은 후발국이나 가격 경쟁력, 자국내 실적(Track Record) 등을

바탕으로 해외시장에서 빠르게 성장

- 반면, 국내 Eng. 기업의 해외시장 점유율은 2% 내외로 미미한 수준

<엔지니어링 분야>



<시공 분야>



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

<그림2-33> 세계 엔지니어링, 시공 국가별 점유율('16)

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

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

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

□ 고부가가치 엔지니어링 영역의 기술역량 부족

○ 선진기업들은 저위험도의 소규모 고부가가치 전방가치사슬영역 (개념/기본설계, FEED) 위주의 영업방식을 추구해온 데 비해 국내 EPC 기업들은 상대적으로 고위험도 대규모 저부가가치 후방가치사슬영역 (상세설계, 시공부문)에 치중된 영업방식을 추구하여, 고위험 프로젝트 과다 수주 및 저가 수주경쟁으로 막대한 적자 발생

- 선진국은 공정 라이선스 등을 독점하면서 기본설계(FEED)는 물론, 프로젝트 관리(PM), 유지·보수(O&M) 등도 선점
- 메이저 기업들은 FEED 및 PMC 역량을 바탕으로 단순 EPC는 한국 등 후발국에 넘겨주고, 플랜트 가치사슬 중 부가가치가 높은 영역에 집중
- PMC·FEED 영역에 대한 기술 부족으로 EPC turnkey 방식 참여를 기피하고 시공 위주의 사업 수주에 주력

<표 2-51> 선진국 대비 분야별 국내 엔지니어링 기술수준

(단위 : %)

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

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

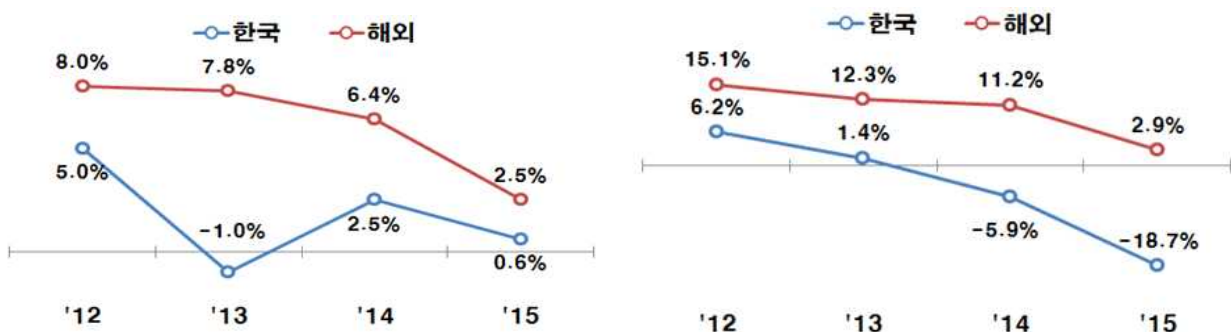
□ 프로젝트 수행의 위험도 증가로 인한 승자의 저주

- 프로젝트의 거대화·복잡화 추세로 프로젝트 수행 위험도가 증가하는 가운데, 핵심 기본설계 라이선스 해외의존과 거대 프로젝트 관리역량 부족에 따른 소통 및 이해와 수행경험 부족에 따른 시행착오성 에러, 위험관리 능력 부족으로 막대한 손실
- 공사비, 공기 등에 대한 예측 부족으로 해외 플랜트 현장에서 DLP* 지급 등 수익성 약화

* DLD(지체보상금 : 준공일 지연)+PLD(성능보장)/일 2백만 달러 수준으로 총 공사비의 10~20% 수준

□ 후발국과 선진국 사이에서 新넛크래커 현상

- 외국의 선진기업들은 설계 및 공정기술의 라이선스를 독점하여 고부가가치화 하고, 인도·중국 등의 후발국들은 저임금을 기반으로 진입장벽이 낮은 상세설계 및 시공 분야 진출을 통한 외형 확장에 주력하여 한국은 그 사이에서 경쟁력 저하



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

<그림2-34> 육상·해상플랜트 영업이익률 연도별 추이

- 글로벌 메이저 기업들은 핵심공정에 대한 원천기술을 독점하고, 기술 진입장벽을 활용한 시장 지배력 강화
- LNG 플랜트의 경우 소수의 카르텔에 의한 시장지배 지속

- 해양플랜트에서도 기술의 진입장벽화가 진행되고 있어 후발주자의 진입이 어려운 환경으로, FMC, Cameron 등이 Subsea 시장을 독점
- Technip의 경우와 같이, 자체개발 뿐만 아니라 M&A를 통해 기술경쟁력을 확보하고 사업영역을 확대
- 중국 등 기술 후발국의 경우, 정부 주도/지원을 통한 기술개발 사례가 많으며, 특히 테스트베드를 통한 실증, Track Record 기회 제공 등 간접적 지원 비중이 높음
- 중국은 엔지니어링 후발국이나 시공분야 경쟁력, 막대한 자국시장 수행 경험(Track Record) 등을 바탕으로 해외시장에서 빠르게 성장
- * 중국 해외시장 점유율 : ('05) 14개社, 1.7% → ('15) : 23社 4.0%

□ 4차 산업혁명 기술활용 전략 및 정보의 호환성 부족

- (전략 미흡) 4차 산업혁명에 대한 관심과 기술 활용 의지는 높으나, 구체적인 기술 활용방안·효과 분석에 기반한 추진전략은 미흡
- (규제 및 기준) 창의적인 새로운 기술을 도입·활용하기 위해서는 유연한 제도가 필요하나 규격 기준 방식에서는 신기술 활용 제한
- (정보간 단절) CALS, BMS 등 다양한 시스템에 구축된 정보의 폐쇄성, 비표준화로 인해, 고부가 정보의 생산·활용 기반 미흡
- (환경변화 대응 취약) 건설산업의 환경 변화 및 BIM·융복합 기술 활용에 대응하는 교과개발, 교육과정 개설 등은 미진

□ 기본설계 등 핵심영역의 고급인력 부족

- 세계 플랜트 엔지니어링 시장은 점차 대형화 및 복잡화되면서 엔지니어의 전문성은 증대되고 있으나, 해외 수주 업무를 담당할 전문 인력은 매우 부족
- (자격 중심 관리제도) 건설기술자 관리제도가 국가자격시험과 경력에 따른 등급제도로 운영되고 있어 기술력 중심 관리 필요
- (청년 기술인력 유입저조) 청년에게 불리한 등급산정·기술자 활용제도, 기업 수요와 맞지않는 교육으로 인해 신규기술자 활용 저하
- * (20대 기술인력 비율) '11. 60,939명 → '16.10월 30,363명(50.2%감소)

<표 2-52> 엔지니어링 가치사슬별 인력 부족률('15)

(단위 : %)

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

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

□ Track Reord 부족 ↔ 수주 저조의 상호 악순환

- 자국내 자원개발 광구가 없어 경험을 쌓을 수 있는 기회 부족
- 정부의 기술개발 지원의 실증·사업화로의 연계 부족
- 짧은 역사, 국내기업에 대한 신뢰성 부족 등으로 외국기업 선호

□ 건설현장의 과도한 사고 발생 및 노후 기반시설 증가

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

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

- (취약시설 관리) 소규모 취약시설물의 안전점검 결과, 26.5%가 미흡·불량 등급으로 판정 받음에 따라 점검·관리 강화 필요
- (노후시설 증가) 준공연도가 30년 이상 경과된 노후 기반시설의 증가로 인해 시설물 안전 저하 우려 및 유지관리 재정 확보 필요

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

2. 폐자원 에너지화

◆ 폐자원 에너지화 산업 및 시장을 파악하기 위하여 국내외 폐자원 에너지화 시장 동향, 폐자원 에너지화 시설 현황, 산업 이슈 및 문제점 분석을 실시하고 이를 통해 폐자원 에너지화 산업의 니즈를 파악하고 사업 기획 방향 설정에 활용

2.1 산업 일반 현황

가. 정의 및 범위

- (정의) 폐기물을 가공, 처리하여 얻어지는 고체, 액체 또는 기체 형태의 연료와 이를 연소 또는 변환시켜 에너지를 회수하는 형태의 과정
- 3R(Reduce, Reuse, Recycle) 이후 매립·소각·해양 배출 되는 가연성 폐기물 및 유기성 폐기물과 매립가스·산업폐가스 등을 열화학적 또는 생물학적 방법으로 열, 전력, 수송연료 등으로 에너지화 하는 기술



자료 : 「KISTI Market Report Vol.4」, KISTI

<그림2-35> 폐기물 에너지화 방법의 종류

- (범위) 폐자원 에너지화 산업은 가연성 폐자원 에너지화와 유기성 폐자원 에너지화로 분류
- 가연성 폐자원 에너지화 : 가연성 폐기물 등을 열화학적 및 생물학적인 방법으로 열, 전력 등의 에너지로 전환
- 유기성 폐자원 에너지화 : 유기성 폐기물의 생물화화학적인 전환이나 폐플라스틱과 같은 폐화학제품의 화학전환 등에 의하여 화학연료 및 수송연료 등의 에너지로 전환
- 본 기획은 폐자원 에너지화 산업 분류 기준으로 유기성 폐자원

에너지화의 바이오가스화 산업, 가연성 폐자원 에너지화의 고형연료 제조, 가스화, 소각여열 회수 이용 산업 범위에 해당

<표 2-53> 폐자원 에너지화 산업별 분류

구분	세부 구분	범위
유기성 폐자원 에너지화	바이오가스화 산업	• 하수슬러지/음식물쓰레기/축산폐기물 가스화 • 바이오가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
	매립지가스회수 이용 산업	• 매립지가스 회수 • 매립지가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
가연성 폐자원 에너지화	고형연료 제조 산업	• 전처리(파쇄, 선별) • RDF (비성형 포함), RPF, WCF, TDF • 정제, 전용 보일러, 열병합 발전
	열분해 산업	• 전처리(탈염화수소) • 열분해(탄화 포함) • 열분해가스 및 열분해유 정제 • 디젤엔진 발전
	가스화 산업	• 전처리(파쇄, 선별) • 가스화 • 합성가스 분리 및 정제 • 가스엔진(터빈) 발전
	소각여열 회수 이용 산업	• 스팀제조, 스팀발전, 열병합 발전

자료 : 「폐자원에너지화 산업 해외진출 실무 가이드북」, 한국환경산업기술원 (2013.12)

<표 2-54> 폐기물 에너지화 산업 구조

후방산업	폐기물 에너지화 산업	전방산업
석유화학산업 기계 가공/설비 산업 엔지니어링 산업 소재 산업, 건설 산업 바이오산업, 폐기물 처리산업 의료산업 농업/임업/수산업/축산업	고형연료 열분해 연료유 폐기물 합성가스 회수 소각열	폐기물 처리산업 (열병합) 발전산업 재생 에너지 산업 집단에너지 공급 산업 시멘트 산업, 목지/제지 산업 농업/축산업

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018 (에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

- 폐자원 에너지화 시설은 소각여열 회수시설, 매립가스 활용시설, 가연성폐자원 에너지화시설, 유기성폐자원 에너지화시설로 분류
- 본 기획은 소각여열 회수시설, 가연성폐자원 에너지화시설, 유기성폐자원 에너지화시설의 복합화를 목적으로 하고 있음

<표 2-55> 폐자원 에너지화 시설별 분류

구분	시설명	시설정의
소각여열 회수시설	소각시설	• 가연성폐기물을 소각하는 시설 및 발생한 소각열을 회수하여 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
매립가스 활용시설	매립시설	• 폐기물을 최종 매립하는 시설 및 매립가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
가연성폐자원 에너지화시설	고형연료제품 제조시설(SRF제조)	• 고형연료제품을 제조하는 시설
	고형연료제품 사용시설(SRF사용)	• 고형연료제품을 사용하여 에너지를 생산·이용하는 시설
유기성폐자원 에너지화시설	음식물류폐기물 바이오가스화 시설	• 음식물, 음폐수를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	가축분뇨 바이오 가스화 시설	• 가축분뇨를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	하수슬러지 바이오가스화 시설	• 하수슬러지를 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설
	병합 바이오가스화 시설	• 2개 이상의 유기성폐자원을 병합 혐기성소화하여 바이오가스를 회수하는 시설로 에너지를 활용하거나 공급하는 시설

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

나. 산업의 특징

□ (경제상황에 큰 영향을 받는 산업) 원료 수급은 폐기물 발생량과 직접적 관련이 있으므로, 경기변동과 밀접한 관련이 있음

○ 폐기물 에너지화 산업은 가정 및 사업장에서 발생하는 폐기물을 근간으로 사업이 이루어지므로 폐기물 발생량에 따라 전체 산업규모가 결정

○ 산업구조의 변화, 기술발전, 소비형태의 변화 영향 등 시장 내외의 다양한 요인들이 폐기물의 종류와 발생에 영향

□ (시장 외적 영향이 큰 산업) 환경산업의 일부로서 다수의 이해관계자가 존재하며, 공공적인 성격이 강하여 규제 많고 정책에 민감

○ 발생한 폐기물의 처리방법(소각, 재활용, 매립 등) 및 국가 폐기물 정책의 변화에 따라 활용 가능한 폐기물량의 변화가 발생하며 에너지

가격 및 정부의 인센티브 정책에 따라 폐기물 에너지의 경제성 변화

○ 국내에서는 「폐기물관리법」, 「자원순환법」 등의 관련 법률을 통해 폐기물의 수거와 처리 과정을 엄격하게 관리

□ (기후변화대책 산업) 유기성 폐기물을 에너지자원으로 재활용하면 악취 발생에 의한 대기오염을 방지하고 온실가스 배출량 억제 가능

○ 유기성 폐기물은 혐기성 분해시 악취 발생, 지구온난화 지수가 21인 메탄이 발생하지만 에너지 자원화 또는 메탄을 회수하여 연료로 사용하면 온난화 지수 1인 이산화탄소로 배출

○ 정부는 매립장 폐기물 분해에 의한 LFG 포집·회수 및 이용, 축산 분뇨등 유기성 폐수의 혐기성 분해에 의한 메탄 회수 및 이용 기술개발과 지자체 단위의 설비 확대 보급을 적극 지원

○ 국제에너지기구(IEA)의 정의에 의하면 폐기물에너지는 고체바이오매스, 바이오가스, 액체바이오연료, 지열, 태양열 등과 함께 재생에너지산업의 범주에 포함

□ (진입장벽이 높은 산업) 혐오시설로 인식되는 매립지와 소각장 등은 지역주민들의 적극적인 반대와 민원 발생을 우려하는 지자체의 허가 기피로 신규 설치가 대단히 어려움

○ 지역주민 설득에 상당한 시간이 소요되며 적절한 보상 필요

다. 국내 폐기물, 하·폐수 발생 및 처리 현황

□ (폐기물 발생 추이) 폐기물 발생량은 연간 약 2%씩 증가하고 있으며, 생활폐기물이 13.0%, 사업장 폐기물이 39.0%, 건설폐기물이 48.0%를 구성

○ '16년도 총 폐기물 발생량(지정폐기물 제외)은 1일 415,345톤으로, 전년(404,812톤/일) 대비 약 2.6% 증가

<표 2-56> 연도별 국내 폐기물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

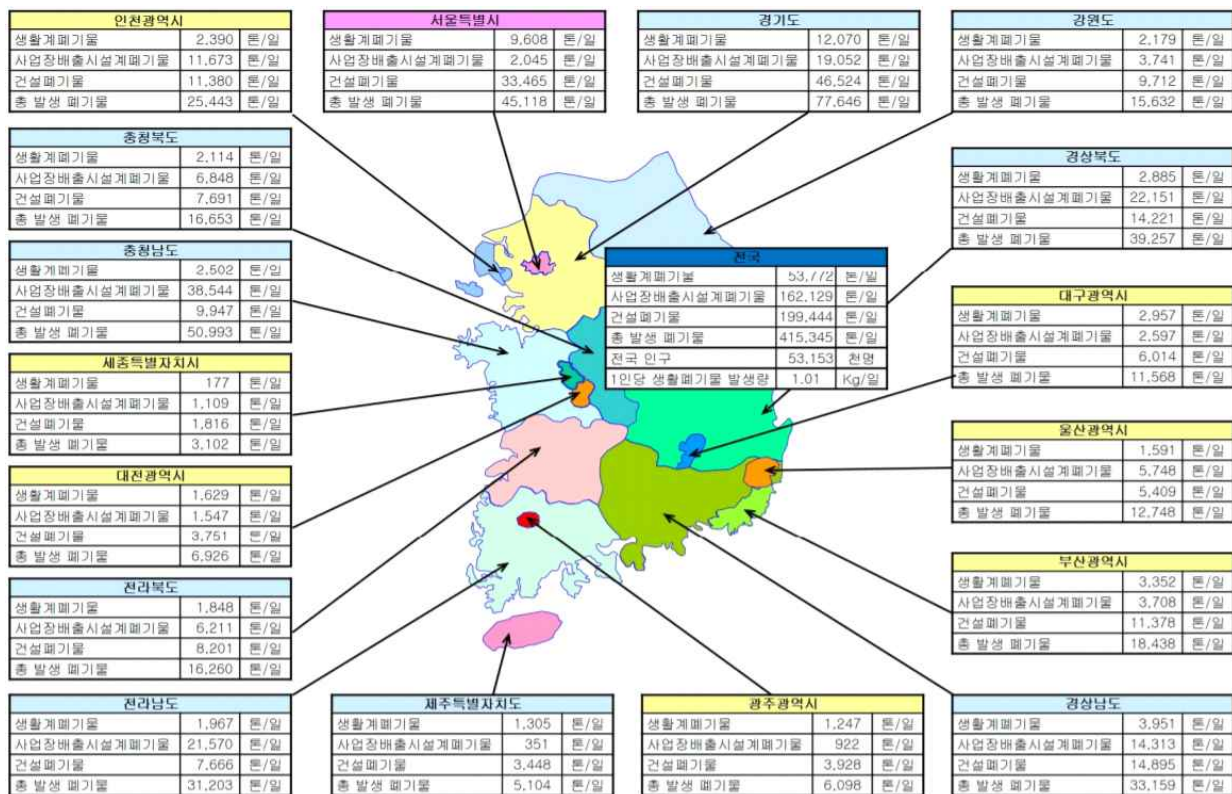
구분		2011	2012	2013	2014	2015	2016
총계	발생량	373,312	382,009	380,709	388,486	404,812	415,345
	전년대비 증감율	2.2	2.3	-0.3	2.0	4.2	2.6

<표 2-56> 연도별 국내 폐기물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

구분		2011	2012	2013	2014	2015	2016
생활계 폐기물	발생량	48,904	48,990	48,728	49,915	51,247	53,772
	전년대비 증감율	-0.5	0.1	-0.5	2.4	2.7	4.9
사업장 폐기물	발생량	137,961	146,390	148,443	153,189	155,305	162,129
	전년대비 증감율	0.1	6.1	1.4	3.2	1.4	4.4
건설 폐기물	발생량	186,417	186,629	183,538	185,382	198,260	199,444
	전년대비 증감율	4.7	0.1	-1.7	1.0	6.9	0.6

자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

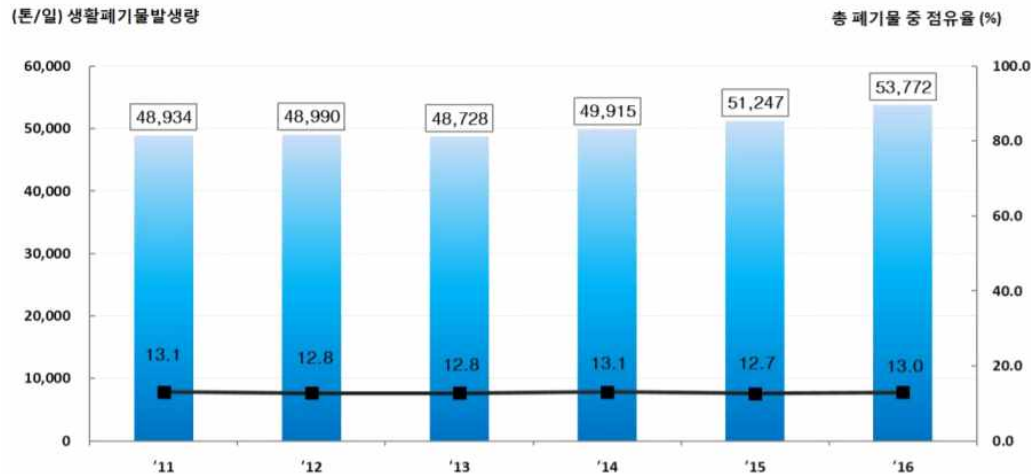


자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

<그림2-36> 지역별 폐기물 발생량('16)

○ (생활 폐기물) 2016년도 생활폐기물 발생량(2015년 기준)은 1일 51,772톤으로 전년(51,247톤/일) 대비 4.9% 증가

- 생활폐기물의 발생량은 감소추세를 보이다 '14년도 이후 소폭 증가추세로 전환



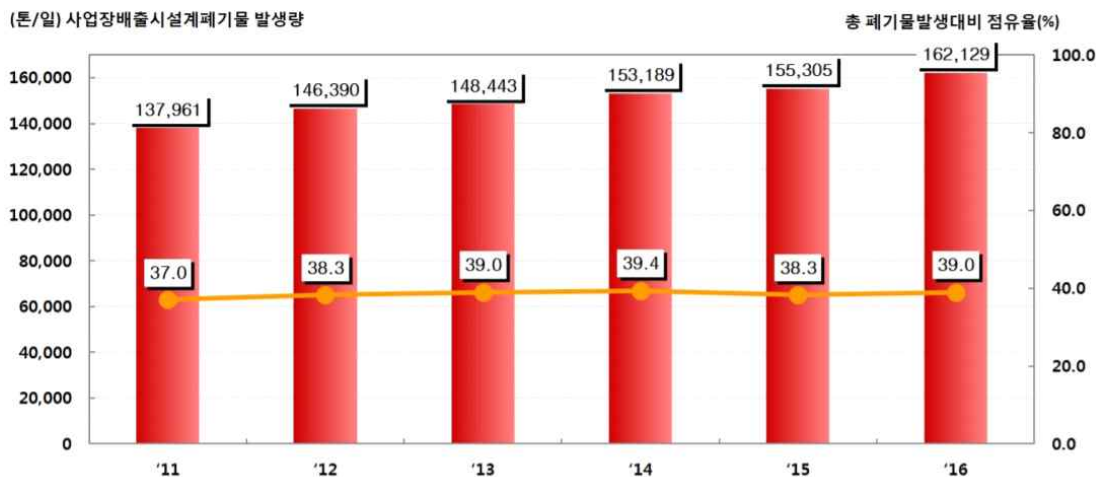
자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

<그림2-37> 생활 폐기물 발생 추이

- 총 폐기물 중 생활폐기물의 점유율은 13.0%로 전년대비 0.3%P 증가
- '16년도 1인당 1일 생활 폐기물 발생량은 1.01kg으로 '15년도 대비 0.04kg 증가

○ (사업장 폐기물) 2016년도 사업장폐기물 발생량은 1일 162,129톤으로 전년(155,305톤/일) 대비 4.4% 증가

- 총 폐기물 중 사업장폐기물의 점유율은 39.0%로 전년대비 0.7%P 증가로 '11년도 이후 소폭의 증가추세



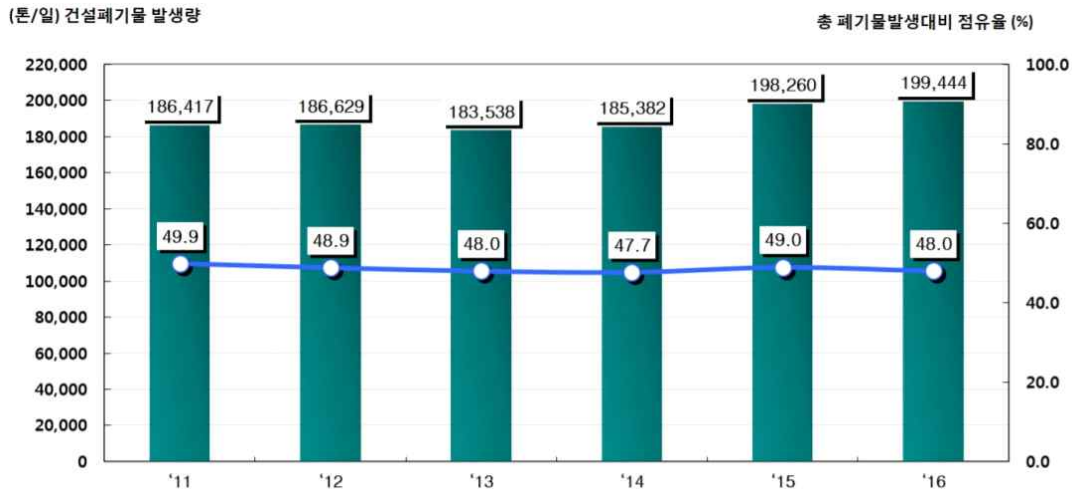
자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

<그림2-38> 사업장 폐기물 발생 추이

- 업종별 사업장 폐기물 발생량은 제조업이 60.5%, 전기·가스·증기 및 수도사업 업종이 19.4%, 하수·폐기물처리·원료재생 및 환경복원업 업종이 15.2%를 차지

○ (건설 폐기물) 2016년도 건설폐기물 발생량은 1일 199,444톤으로 전년(198,260톤/일) 대비 0.6% 증가

- 건설폐기물의 발생량 점유율은 48.0%로 전년도 49.0%에 비해 1.0%p 감소



자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

<그림2-39> 건설 폐기물 발생 추이

□ (폐기물 처리 현황) 폐기물의 처리에 있어 주요 방법은 재활용이며, 2016년도 재활용율은 85.7%로 전년(85.2%) 대비 0.5%p 증가

○ 2016년도 매립율은 8.4%로 전년(8.7%) 대비 0.3%p 감소하였으며, 소각률은 5.8%로 전년(5.9%) 대비 0.1%p 감소

○ 폐기물 재활용 증가율 및 매립률 감소율은 둔화 추세에 접어들었으며, 소각율은 큰 변화 없이 답보 상태

<표 2-57> 연도별 국내 폐기물 처리 현황

(단위 : 톤/일, %)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016
합계	373,312	382,009	380,709	388,486	404,812	415,345
매립	34,026 (9.1%)	33,698 (8.8%)	35,604 (9.4%)	35,375 (9.1%)	35,133 (8.7%)	35,032 (8.4%)
소각	20,898 (5.6%)	22,848 (6.0%)	22,918 (6.0%)	22,420 (5.8%)	23,904 (5.9%)	24,135 (5.8%)
재활용	312,521 (83.6%)	322,419 (84.4%)	319,579 (83.9%)	329,268 (84.8%)	345,114 (85.2%)	356,086 (85.7%)
해역 배출	5,867 (1.6%)	3,044 (0.8%)	2,608 (0.7%)	1,423 (0.3%)	661 (0.2%)	92 (0.1%)

자료 : 「전국 폐기물 발생 및 처리현황」, 환경부 (2017)

- (폐기물 처리 시설별 현황) 지자체 보유 생활폐기물 처리시설 기준 운영 현황은 매립시설이 185개소로 가장 많았으며 생활자원회수센터가 175개소, 소각시설이 166개소 순

<표 2-58> 지자체 폐기물처리시설 운영 현황 (생활폐기물)('16)

합계	소각 시설	매립 시설	생활자원 회수센터	음식물류 폐기물 처리시설	가연성 폐기물 연료화시설	유기성 폐자원 바이오 가스화시설
631	166	185	175	79	12	14

자료 : 「2016 폐기물처리시설 설치·운영 실태 평가 결과보고서」, 한국환경공단 (2017.11)

<표 2-59> 지자체 폐기물처리시설별 처리량 (생활폐기물)('16)

(단위 : 천톤/년, %)

구분		계획 처리량	실제 처리량	처리율	시설수
계		10,048	11,641	86%	631
소각시설		5,574	4,751	85%	166
매립시설		-	2,988	-	185
재 활 용	소계	4,474	3,902	87%	280
	생활자원회수센터	1,235	899	73%	175
	음식물류폐기물 공공처리시설	2,093	2,069	99%	79
	가연성폐기물 연료화시설	513	419	82%	12
	유기성폐자원 바이오가스화시설	633	515	81%	14

자료 : 「2016 폐기물처리시설 설치·운영 실태 평가 결과보고서」, 한국환경공단 (2017.11)

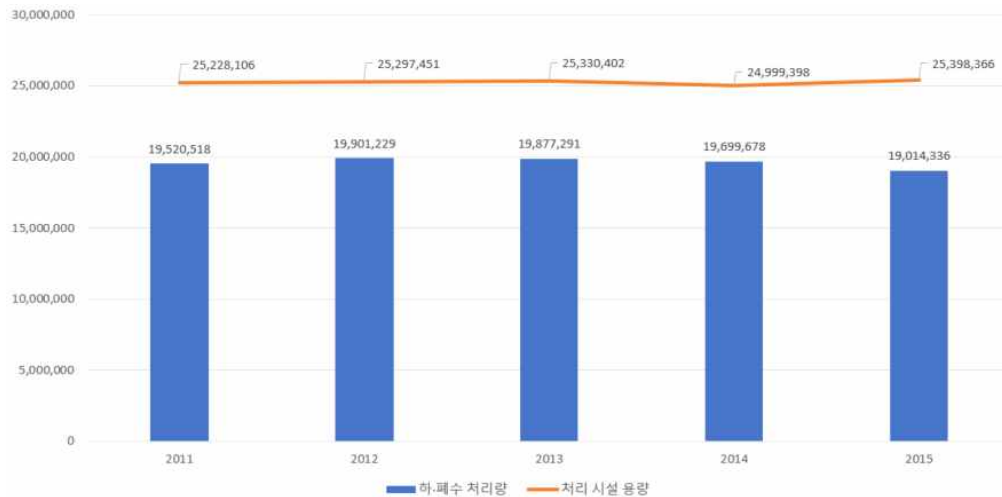
※ 매립시설은 계획 처리량 및 처리율 분석에서 제외

※ 민간부분의 생활폐기물 처리실적은 제외

- (하·폐수 발생 추이) 하·폐수 발생량은 연간 소폭 감소하고 있으며, 생활 하수가 72.8%, 산업 폐수가 26.0%, 축산 폐수가 0.9%를 구성

- '15년도 총 하·폐수 발생량은 1일 19,014,336^m으로, 전년 (19,699,678^m/일) 대비 약 2.6% 감소

- '15년도 하·폐수 처리 시설 용량은 1일 25,398,366^m으로 전년(24,999,398^m/일) 대비 약 1.6% 증가

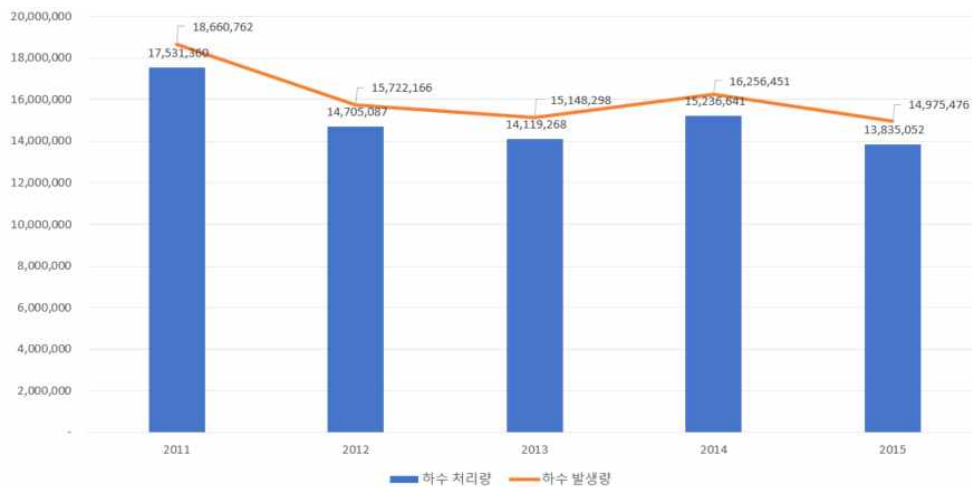


자료 : 통계청 홈페이지, (2017)

<그림2-40> 하·폐수 처리 현황

○ (생활 하수) 2015년도 생활 하수 발생량은 1일 14,975,476 m^3 으로 전년(14,401,314 m^3) 대비 3.9% 증가

- 이중 하수처리구역 내 처리량이 13,835,051 m^3 으로 약 92.3% 처리



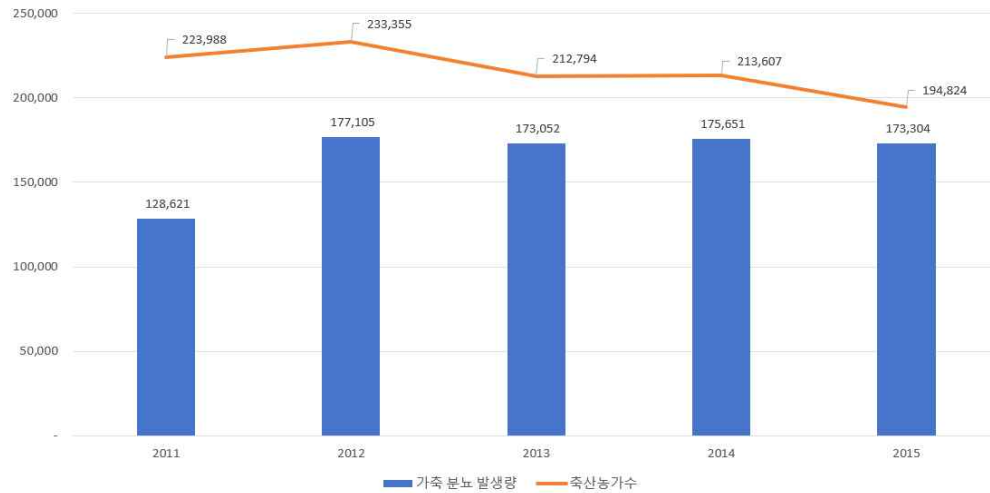
자료 : 환경부 홈페이지, (2017)

<그림2-41> 생활 하수 발생 추이

○ (산업 폐수) 2015년도 산업 폐수 발생량은 1일 4,950,635 m^3 으로 전년(5,088,925 m^3 /일) 대비 약 2.7% 감소

- 2015년도 폐수배출 업소수는 50,375개로 전년(50,965개) 대비 약 1.2% 감소

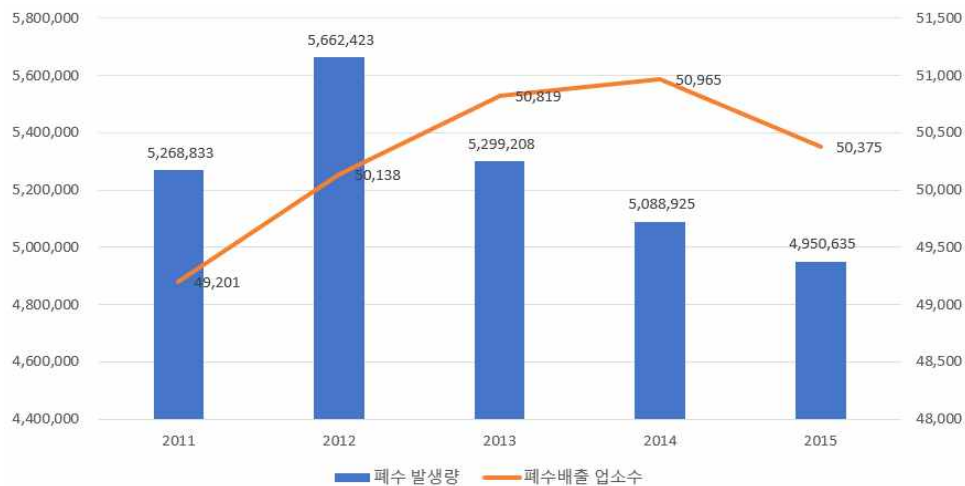
○ (축산 폐수) 2015년도 축산 폐수 발생량은 1일 173,304 m^3 으로 전년(175,651 m^3 /일) 대비 1.3% 감소



자료 : 환경부 홈페이지 , (2017)

<그림2-42> 축산 폐수 발생 추이

- 2015년도 축산농가수는 194,824개로 전년(213,607개) 대비 8.8% 감소
- 2015년도 가축분뇨처리 현황(전년대비)은 자원화 88.4%(-1%), 정화처리 1%(=), 기타(위탁처리 등) 10.6%(+9%)로 구성



자료 : 통계청 홈페이지 , (2017)

<그림2-43> 산업 폐수 발생 추이

2.2 국내외 폐자원 에너지화 시장 현황 및 전망

가. 국내 폐자원 에너지화 시장 현황 및 전망

□ 국내 신재생에너지 생산량의 약 60%를 폐기물·바이오 에너지가 차지

○ 2014년 기준 신재생에너지(11,537천 toe) 생산량 중 폐기물 에너지의 비중이 59.8%(6,904천 toe)로 가장 높으며, 바이오에너지 24.5%(2,821천 toe), 수력 5.0%, 태양광 4.7% 순¹⁾

<표 2-60> 신재생에너지 폐자원 부문 생산량('14)

구분		에너지생산량 (천toe)	비중	비고
총 1차에너지		282,938		
신재생에너지 합계		11,537	4.08%	
바 이 오 에 너 지	소계	2,821	24.5%	
	바이오가스	143	1.2%	유기성폐자원 에너지화시설
	매립지가스	80	0.7%	
	바이오디젤	388	3.4%	
	우드칩	191	1.7%	
	성형탄	25	0.2%	
	임산연료	5	0.0%	
	목재펠릿	795	6.9%	
	폐목재	191	1.7%	
	흑액	322	2.8%	
	하수슬러지 고형연료	41	0.4%	하수슬러지 에너지화시설
	Bio-SRF	527	4.6%	가연성폐자원 에너지화시설
	바이오중유	113	1.0%	
폐 자 원 에 너 지	소계	6,904	59.8%	
	폐가스	4,148	36.0%	
	산업폐기물	781	6.8%	소각여열 회수시설
	생활폐기물	157	1.4%	소각여열 회수시설
	대형도시쓰레기	725	6.3%	소각여열 회수시설
	시멘트킬른보조연료	837	7.3%	
	SRF	59	0.5%	가연성폐자원 에너지화시설
	정제연료유	197	1.7%	

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 본 과업대상 에너지생산량 합계는 2,433천 toe로 신재생에너지 총생산량 중 20.1%를 구성

□ 2016년 기준 폐자원 에너지화 관련 시장 매출액은 약 5.5조 원으로 연평균 1.7%씩 소폭 상승

○ 폐기물 에너지 공급 등 서비스 시장이 3.5조 원으로 60% 이상을 구성

<표 2-61> 폐자원 에너지화 관련 시장 매출액 추이

(단위 : 억 원)

구분	2014년	2015년	2016년	CAGR ('14~'16)
폐자원에너지화 기기 제조	8,229	9,918	9,348	6.5%
폐자원에너지화 시설 건설	10,524	10,980	10,989	2.2%
폐자원에너지화 관련 서비스	34,696	34,826	34,893	0.3%
합계	53,449	55,724	55,230	1.7%

자료 : 「환경산업통계조사보고서」, 한국환경공단 (2017)

○ (소각여열 회수분야) 소각여열 회수 시장 규모는 2013년 4,110억 원에서 2018년 5,229억 원으로 연평균 4.2%씩 성장

<표 2-62> 소각여열 회수 분야 국내 시장 규모 추이

(단위 : 억 원, %)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR ('13~'18)
소각여열	3,900	4,110	4,320	4,500	4,689	4,878	4.2%

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

※ 소각열 시장현황 및 전망의 분석에 있어서 각 세부제품 산업별로 분석을 하는 것은 폐기물처리 및 에너지전환 기술이 결합된 플랜트산업의 특성상 실질적으로 불가능하므로 주요 핵심공정인 폐기물 소각로시장으로 통합

- 소각여열을 회수하고 있는 기존 설비의 여열 회수율을 높이고 내구성 높은 설비의 신증설 수요, 에너지 비용저감을 위해 소각 여열 미회수 시설에 대한 신규 여열회수설비의 수요 증가
- 소형 소각시설에 대한 배출허용 기준강화로 소형 폐기물 소각시설 시장은 축소되고, 열과 전기의 공급 및 냉난방이 동시에 가능한 중대형 분산형 열병합발전 시스템의 보급이 확대
- 생활계 폐기물의 발열량 증가에 의해 폐기물의 에너지원으로서의 효용성이 점차 증대하고 있으며, 이에 따라 고효율 소각일체형 보일러

11) 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

시스템의 수요 증가

- 소각 대상 폐기물의 다양화 추세로 가연성 고형 폐기물 이외에 SRF 등과 같은 폐기물 고형연료를 사용하는 전용 또는 혼용 소각설비의 개발 및 보급이 활발
- 원유 등 에너지 자원의 가격상승에 따른 에너지 비용의 증가 및 화석연료 사용에 의한 온실가스 배출에 대해 국제적인 규제정책이 심화됨에 따라 폐자원 에너지화에 대한 수요 증가
- 국내 플랜트 및 설비 제작업체는 중동 및 동남아 등에서 다양한 플랜트의 설계 및 제작, 시공경험을 통하여 우수한 기술력을 보유하고 있으므로, 폐기물 소각로 및 에너지 생산설비를 연계한 소각발전 플랜트를 수출 아이템으로 육성 가능

○ (고형연료 분야) 국내 고형연료 시장은 2012년 3,300억에서 2017년 5,730억으로 연간 약 11%씩 성장

- 고형연료제품(SRF) : 일반고형연료제품(SRF), 바이오 고형연료제품(Bio-SRF)로 분류

<표 2-63> 폐기물 고형연료 국내 시장 규모 추이

(단위 : 억 원)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SRF	1,100	1,255	1,471	1,627	1,823	2,040
Bio-SRF	200	240	290	350	410	470
SRF 이용	2,000	2,200	2,420	2,660	2,930	3,220
합계	3,300	3,696	4,181	4,637	5,163	5,730

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2015-2017(에너지 공급)」, 중소기업청 (2015)

※ 연간 매출액 기준, 성장률 : '06~'20년의 평균 증가율 11.0% 적용

- 폐기물 고형연료는 초기 투자비용이 큰 폐기물 액체 또는 기체 연료화 기술에 비해 상대적으로 경제성이 우수하며 일반적인 소각방법에 비하여 수송성, 저장성, 연소안정성이 우수하여 시장 수요가 지속적으로 성장 전망
- 생활폐기물의 분리수거 체계가 구축되고 정부의 지속적인 폐기물 에너지화 정책 추진으로 폐기물 고형연료의 제조 및 이용 기술이 확립되어 시장이 확대되고 있음

- (바이오가스 분야) 국내 바이오가스 시장은 2013년 424억 원에서 2018년 880억으로 연평균 15.2%씩 성장 전망

<표 2-64> 바이오가스 국내 시장 규모 추이

(단위 : 억 원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR ('13~'18)
바이오 가스	424	500	580	660	770	880	15.2%

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

- 음식물류 폐기물 직접 매립금지와 폐기물의 해양 배출의 제한에 따라 중요성이 증가하여 바이오가스 산업의 수요가 지속적으로 증가
- 국내외적으로 정부 차원의 바이오에너지 보급 지원 정책에 따라 성장 가능성 증가

- (슬러지 탈수/건조 분야) 슬러지 탈수 및 건조 산업은 매립지 부족 및 유기성 폐기물의 안전처리를 위한 규제강화에 따라 기본적인 시장 형성

- 이송 비용 및 처리비용을 줄이기 위한 부피 및 무게 감량화 요구에 따른 시장 수요 확대
- 처리과정에서 발생하는 악취 제어를 위한 부수적 시장이 크게 성장 중

<표 2-65> 슬러지 탈수/건조 국내 시장 현황

(단위 : 억 원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR ('13~'18)
탈수/건조	650	1,252	1,315	1,380	1,250	1,523	5.0%
연료화	500	1,900	1,995	2,090	2,194	2,300	5.0%
합계	1,150	3,152	3,310	3,470	3,444	3,823	

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

- 슬러지 이송, 탈수기, 악취제어에는 주로 중소기업이 분포해있으며 건조기 및 연료화 시설은 대기업 참여

나. 세계 폐자원 에너지화 시장 현황 및 전망

- (세계 폐자원 에너지화 시장 현황) 세계 폐자원 에너지화 시장은 '12년 약 180억 달러에서 '16년 약 286억 달러로 연평균 9.8% 성장

- 폐기물 에너지화를 장려하는 관련 법률과 정책에 따라 지속적 성장

<표 2-66> 세계 폐자원 에너지화 시장규모(WTE Plant) 현황

(단위 : 억 달러, %)

구분	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	CAGR ('09~'16)
기존시설 현대화	42.1	43.1	44.1	45.2	47.0	48.4	50.2	52.2	3.1%
신규 플랜트	91.4	80.0	48.0	118.3	116.4	124.0	128.6	214.0	12.9%
플랜트 O&M	14.8	15.2	14.7	16.3	16.9	17.5	18.1	19.5	4.0%
플랜트 수(개)	1,970	1,994	2,011	2,044	2,078	2,106	2,139	2,192	1.5%
총 시장규모	148.3	118.3	107.4	179.8	180.2	189.8	196.9	285.7	9.8%

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

「Global Waste to Energy Plant Market」, Frost&Sullivan (2013)

□ (세계 폐자원 에너지화 시장 전망) 폐자원 에너지 산업은 온실가스 감축 의무와 폐기물의 직매립 금지 등과 관련하여 지속적인 성장이 예상

- World Bank는 세계 생활폐기물 발생량이 2012년 13억 톤에서 2025년 22억 톤으로 증가하고, 폐기물 관리비용이 인도, 브라질 등 중위 소득국가는 4배, 저소득 국가는 5배 이상 증가할 것으로 전망
- 각종 해외 시장 조사 전문기관은 세계 폐자원 에너지화 시장이 연평균 약 6% 이상 성장할 것으로 전망

<표 2-67> 세계 폐자원 에너지화 시장규모 전망

(단위 : 억 달러, %)

년도	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR ('17~'24)
시장 규모	284.3	301.4	319.5	338.7	359.0	380.5	403.3	427.4	6.0

자료 : 「Projected waste-to-energy market value worldwide from 2017 to 2024」, statista (2018)

「Global Trends in Waste to Energy Market Size & Share Will Grow \$42.74 Bn By 2024」, Zion Market Research (2018.9)

- 폐기물 에너지 시장은 소각 폐열, 열분해 및 가스화 부문이 80% 이상을 구성하며, 바이오가스 분야는 현재 규모는 작지만 연평균 9.4% 이상 빠르게 성장
 - 소각 폐열을 회수하여 전력 및 열에너지 생산, 열분해 및 가스화에 의한 연료유 및 합성가스 생산 및 이용 분야 시장이 주도적

□ (지역별 시장) 폐자원 에너지화 시장은 유럽, 북미 등 선진국 시장이 대부분을 차지하고 있으며, 개도국은 폐기물 문제가 시작되는 단계로

향후 시장 성장 가능성이 매우 높음

- (유럽) 유럽은 세계 폐기물에너지 시장의 약 50%를 차지하며 연평균 6.9%씩 성장

<표 2-68> 유럽 폐자원 에너지화 시장규모 전망

(단위 : 억 달러, %)

년도	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR ('17~'24)
시장 규모	141.6	151.3	161.8	172.9	185.9	197.6	211.3	225.8	6.9

자료 : 「EUROPE WASTE TO ENERGY MARKET FORECAST 2017-2026」, Inkwood Research (2017.12)

- 폐자원 에너지 시장 선도 지역으로 WTE 시장의 성장성과 잠재력이 높게 평가되며, 소각을 이용한 WTE 시장은 성숙기
- 유기성폐기물의 매립을 금지하는 정책 시행으로 MBT 시설이 증가하여 약 450개의 MBT 설비에서 4,600만톤의 유기성 폐기물을 연료화
- 에너지 효율을 극대화하기 위한 측면에서 폐기물 처리 구조를 변화하고 있으며 높은 수준의 원천 기술 보유
- 국가간 폐기물 매립세금의 차이 및 에너지화 설비 용량의 불균형으로 영국, 이탈리아 등에서 독일, 네덜란드, 스웨덴 등으로 고형연료 수출 무역 활발
- 스웨덴, 노르웨이 및 덴마크 등의 북유럽 국가들은 열병합 발전으로 지역난방에 열과 전력을 공급하고, 남부 유럽 국가들은 주로 소각열을 이용한 발전에 주력

- (북미) 1970년대 초부터 폐자원 에너지화를 추진하였으나 넓은 영토와 낮은 매립 가격으로 인하여 기술을 보유함에도 불구하고 경제성의 문제로 전체 폐기물의 13%만 WTE 플랜트에 활용

<표 2-69> 북미 폐자원 에너지화 시장규모 전망

(단위 : 억 달러, %)

년도	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR ('17~'24)
시장 규모	38.9	41.7	44.7	47.9	51.4	55.0	59.0	63.3	7.2%

자료 : 「NORTH AMERICA WASTE TO ENERGY MARKET FORECAST 2017-2026」, Inkwood Research (2017.12)

- 일반적으로 대형의 소각열 회수와 RDF 발전소 운영이 중심으로 약 2,769MWh의 폐기물 에너지 생산량을 보유

- 84개의 대형 폐기물에너지 설비중 76%는 소각, 15%는 RDF 생산
- (중국) 도시화, 인구증가, 경제 성장 등으로 세계에서 가장 많은 폐기물을 배출
 - 급격한 폐기물의 증가로 지속가능한 폐기물 관리 해결책 개발 및 효율적 관리에 많은 이슈 발생하며 향후 높은 성장 가능성 보유
 - 운전 또는 건설 중인 대형 소각로가 170개 이상이고 향후 건설 예정인 대규모 소각발전설비가 400개 이상
- (일본) 높은 땅값으로 매립지 활용이 어려워 재활용률이 높고 폐기물 재활용 및 처리 기술은 세계 최고 기술 보유국
 - 세계적으로 가장 높은 용량의 소각시설들을 가지고 있지만, 기존 시설의 유지 보수 및 현대화 수요 증가
 - 1970년대 이후 가장 많은 소각로를 개발 및 건설한 세계 제1의 소각로 보유국으로 가장높은 기술력과 상업화 보유
 - 소각시설을 하수처리장 인접에 설치하여 소각시설에서 생산하는 열에너지 및 전력을 하수처리장, 주변 주민급탕 및 복지시설의 난방에 이용 또는 지역난방 플랜트에 공급하는 등 소각여열을 적극적으로 활용
- (동남아 및 중남미) 도심 인구 증가에 따른 대량 폐기물의 안전한 처리 및 부족한 전력 공급을 위해 공해물질 발생량이 적은 고품연료 플랜트의 수출산업화 확대 예상
- (중동 및 북아프리카) 신재생에너지 산업 투자 및 발전 정도는 아직 미약한 수준이나 화석연료의 고갈 및 기후변화 대응에 관심을 가지고 투자 확대 중
- (분야별 시장) 소각여열 회수 시장이 약 80%의 비중을 차지하며 최근 자원순환사회 구축에 따라 고품연료와 바이오가스 시장도 빠르게 성장
- (소각여열 회수분야) 세계 소각여열 회수 시장 규모는 2013년 156억 달러에서 2018년 196억 달러로 연평균 4.7%씩 성장

<표 2-70> 소각열 회수 분야 세계 시장 추이

(단위 : 억 달러, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR ('12~'17)
소각여열	156.0	163.8	172.0	180.6	187.8	196.0	4.7%

<표 2-70> 소각열 회수 분야 세계 시장 추이

(단위 : 억 달러, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR (‘12~‘17)

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

※ 소각열 시장현황 및 전망의 분석에 있어서 각 세부제품 산업별로 분석을 하는 것은 폐기물처리 및 에너지전환 기술이 결합된 플랜트산업의 특성상 실질적으로 불가능하므로 주요 핵심공정인 폐기물 소각로시장으로 통합

- 폐자원 에너지화 시장의 약 80%를 차지하여 가장 비중이 높음

○ (고형연료 분야) 세계 고형연료 제조 분야는 2012년 26.7억 달러에서 2017년 43.9억 달러로 연평균 10.4%씩 성장

- 유럽을 중심으로 집중적인 MBT 플랜트의 보급으로 빠른 속도로 성장 중

<표 2-71> 고형연료 생산 분야 세계 시장 추이

(단위 : 억 달러, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR (‘12~‘17)
SRF	26.7	29.7	33.0	36.6	39.9	43.9	10.4%

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

○ (바이오가스 분야) 세계 바이오가스 시장은 2014년 132억 달러에서 2018년 222.6억 달러로 연평균 14.0%씩 성장

<표 2-72> 바이오가스 분야 세계 시장 추이

(단위 : 억 달러, %)

구분	2014	2015	2016	2017	2018	CAGR (‘14~‘18)
바이오 가스	132.0	159.0	196.0	210.0	222.6	10.4%

자료 : 「중견·중소기업 기술로드맵 2016-2018(에너지자원활용)」, 중소기업청 (2015)

2.3 폐자원 에너지화 시설 현황 및 전망

가. 폐자원 에너지화 시설 현황

□ (소각여열 회수시설) 가연성폐기물을 소각하여 발생하는 열을 스팀이나 온수로 회수하여 열원으로 재활용하는 시설

○ 2014년 기준 가연성폐기물 발생량 대비 소각처리 비율은 40.1%이고, 가연성 생활폐기물의 소각처리 비율은 70%로 전체 소각처리량 중 56.4% 비율을 차지

- 2014년 기준 신재생에너지 생산량중 소각여열 회수시설의 에너지 생산량 비중은 약 14.4%

<표 2-73> 소각여열 회수시설 처리 현황('14)

(단위 : 톤/일, %)

구분	총계	생활폐기물	사업장폐기물	건설폐기물
폐기물발생량 (톤/일)	388,486	49,915	153,189	185,382
가연성폐기물발생량 (톤/일)	55,915	18,070	35,326	2,519
가연성폐기물 비율	14.4%	36.2%	23.1%	1.4%
소각처리량 (톤/일)	22,421	12,648	8,797	976
처리 비중		56.4%	39.2%	4.4%
가연성폐기물 발생량 대비 소각처리비율	40.1%	70.0%	24.9%	38.7%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 2014년 기준 국내 생활 및 사업장폐기물 소각시설은 총 476개소이며 시설용량은 32,007(톤/일)

- 국내 소각시설은 법·제도적 요인으로 지속적 감소 중

<표 2-74> 소각시설 통계('14)

(단위 : 톤/일, %)

구분	합계	지방자치 단체	자가처리업체		처분업체
			생활 폐기물	사업장 폐기물	
시설수	476	185	19	202	70
시설용량(톤/일)	32,007	16,769	52	7,847	7,339
처리량(톤/일)	7,935,705	4,342,480	9,840	1,811,662	1,771,723
처리 비중		54.7%	0.1%	22.8%	22.3%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 소각시설의 소각여열 이용량은 시설용량에 비례하여 증가하며 일정규모 이상 시설에서는 자체적으로 운영효율 향상 및 에너지 활용률 증가에 관심
- 국내 소각여열 이용시설은 75개소로 외부공급, 자체이용, 발전으로 구분하여 분석한 결과 외부공급 53개소(71%), 발전 46개소(61%), 자체이용 30개소(40%) 적용

<표 2-75> 소각여열회수 이용량 분석('14)

(단위 : Gcal/년, %)

구분		소각여열이용	외부공급	자체이용	발전
대상수(개소)		75	53	30	46
비중			71%	40%	61%
소각여열 이용량 (Gcal/년)	이용량	6,874,877	4,506,320	930,097	1,526,331
	비중		66%	14%	22%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- (소각여열 회수 업체 동향) 폐기물 수집 및 수송, 중간처리와 중소규모의 소각로는 주로 중소기업이 참여하며, 대형 소각로 및 에너지 자원화 사업은 종합 플랜트 산업의 특성상 대형 건설·엔지니어링사에서 수행

- 최근에는 국내 RPS 제도의 운영 및 온실가스 에너지목표 관리제 시행으로 전력회사 및 지역 냉난방을 담당하는 에너지회사 등이 폐기물 에너지 자원화 사업에 적극적 참여

- (고형연료 제조/사용 시설) 재활용시설에서 가연성폐자원을 변환시켜 고형연료제품을 생산하고 연료로 활용하는 시설

- 2014년 기준 신재생에너지 생산량중 가연성폐자원 에너지화시설의 에너지 생산량 비중은 약 5.1%

<표 2-76> 고형연료 제조 및 사용 현황('17)

(단위 : 만 톤/년, %)

구분	총계		SRF		Bio-SRF		전년대비 증감
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
고형연료 제조시설(개소)	246	263					8%
고형연료 제조실적(톤/일)	192.3	269.9	105.8	134.6	86.5	135.3	40.3%
고형연료 사용시설	146	162					
고형연료 사용실적	335.9	361.5	100.6	119.9	235.3	241.6	7.6%

자료 : 「2017년 고형연료제품 제조·사용·수입 실적 현황」, 한국환경공단 (2018.3)

- 2017년 고형연료 제조실적은 269.9만 톤으로 전년 대비(192.3만톤) 약 40.3% 증가
- 2017년 고형연료 사용실적은 361.5만 톤으로 전년 대비(335.9만톤) 약 7.6% 증가

○ (고형연료 생산업체 동향) 고형연료 제조산업에는 주로 중소·중견기업이 참여하고 있으며, 고형연료의 이용은 에너지 생산 효율성이 우수한 유틸리티 업계가 주도

- 고형연료 제조산업은 악취 및 분진 발생이 많아 작업환경이 열악하고 다양한 곳에서 발생하는 폐기물 원료 확보가 용이한 중소·중견기업의 사업 경쟁력이 우수
- 고형연료의 대량 이용산업은 열 또는 전기를 생산하는 유틸리티 업계로 대부분 대형 플랜트 업계가 주도
- 도심지역 대량의 생활폐기물을 이용한 고형연료의 제조 및 이용 사업이 대도시 인근에서 활발하게 수행
- 열과 전기를 동시에 공급이 가능한 열병합발전소는 에너지 이용효율이 높은 고형연료 이용 선호

□ (유기성폐자원 에너지화시설) 슬러지류와 음식물류 폐기물을 혐기성 소화를 통해 처리하고 처리과정중 발생된 바이오가스를 이용하여 발전, 열에너지 생산, 기체연료로 활용하는 시설

○ 2014년 기준 신재생에너지 생산량중 유기성폐자원 에너지화시설의 에너지 생산량 비중은 약 1.2%

<표 2-77> 유기성폐기물 바이오가스화 비중('14)

(단위 : 톤/년, %)

구분	시설수	폐기물반입량 (톤/년)	가스화 처리량 (톤/년)	가스화 처리 비율
음식물	84	2,203,685	535,259	24.3%
음폐수	15	701,457	701,457	100.0%
축산분뇨	1	14,542	14,542	100.0%
병합	8	226,782	224,540	99.0%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

□ (하수슬러지 에너지화시설) 하수슬러지 자체가 지니고 있는 수분함량을 저하시켜 건조 또는 탄화프로세스를 이용하여 고형연료(Bio-SRF)를 제조하는 시설

○ 2014년 기준 하수슬러지 건조연료화는 806,028 톤/년으로 총 처리량의 약 26.6%

- 하수시설 확충, 종인처리시설 설치 등에 따라 하수슬러지 발생량은 연평균 5.9%로 지속적 증가

<표 2-78> 하수슬러지 발생량 추이

		'10	'11	'12	'15	'20(추정)	'25(추정)
500m ³ /일 이상 처리시설	개소수	470	496	535	639	811	984
	용량 (천 m ³ /일)	16,111	18,353	20,392	22,900	27,080	31,260
하수슬러지 발생량 (톤/일)		8,438	9,156	10,008	10,763	12,728	14,692

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

- 2014년 기준 신재생에너지 생산량중 하수슬러지 에너지화시설의 에너지 생산량 비중은 약 0.4%

<표 2-79> 하수슬러지 처리현황('14)

구분	합계	건조 연료	전용 소각	고화	매립	탄화	해양 투기	기타
처리량 (톤/년)	3,033,855	806,028	402,384	538,179	480,336	79,250	0	727,678
비중		26.6%	13.3%	17.7%	15.8%	2.6%	0.0%	24.0%

자료 : 「폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련」, 한국환경공단 (2016.9)

나. 폐자원 에너지화 시설 전망

□ 2027년까지 폐기물 처리시설 설치사업에 총 32,537억 원 투자 예정

○ 소각시설과 바이오가스화 시설 위주로 투자

<표 2-80> 폐자원 처리 시설별 확충 및 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	중기계획(5년)					장기계획(5년)					계
	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	
계	1,328	4,528	5,692	5,620	2,738	12,631					32,537

<표 2-80> 폐자원 처리 시설별 확충 및 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	중기계획(5년)					장기계획(5년)					계
	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	
소각 시설	453	3,084	3,802	3,801	484	2,455					14,079
매립 시설	321	773	323	290	143	377					2,227
매립지 정비	107	150	366	330	259	682					1,894
음식물 처리시설	9	19	52	24	13	200					317
바이오 가스화 시설	301	314	858	951	1,614	7,490					11,528
친환경 에너지 타운	70	88	183	150	151	927					1,569
생활자원 회수센터	67	102	106	74	74	500					923

자료 : 「제1차 자원순환 기본계획」

- (소각시설) 신규시설 설치를 지양하고, 내구연한이 도래한 기존시설에 대한 교체소요 위주 편성
 - 현재 사업이 확정되어 추진 중인 신규시설 8개소와 향후 내구연한 도래에 따른 교체 119개소 등 총 127개 시설에 대하여 14,079억 원 투자
- (음식물류 폐기물 처리시설) 총 11개 시설에 대하여 317억 원 투자
 - 음식물류 폐기물 처리방법이 사료·퇴비화 위주에서 바이오가스화 중심으로 개편됨에 따라 최소한의 시설만 편성
- (바이오가스화 시설) 총 90개 시설에 대하여 11,528억 원 투자
 - 음식물류 폐기물, 가축분뇨, 하수슬러지 등을 함께 처리하여 운영 효율이 높은 통합시설 설치 추진
- (친환경에너지타운) 총 50개 지역에 대하여 1,569억 원 투자
 - 기피시설의 에너지를 활용하여 주민의 소득증대 및 주민이 적극 참여하는 사업에 한하여 면밀한 심사와 검토를 거쳐 사업 선정

2.4 산업 이슈 및 문제점

□ 낮은 경제성으로 시장 성장을 둔화

- 폐기물 에너지화 시장은 국내 시장만을 고려하면 규모가 다른 산업 분야에 비하여 상대적으로 협소하고, 관련업체 간의 경쟁이 심하므로 이러한 한계를 극복하기 위한 수출 산업화 전략 필요
- 태양광, 풍력, 소수력, 바이오매스, 조력 등에 비하여 상대적으로 미미한 발전 차액
- 국내에서 폐기물 에너지화는 일부 대기업이 참여중인 SRF 제조설비, 대형 소각/가스화 설비를 제외한 분야에 영세 규모의 중소기업들이 다수 참여하고 있기 때문에 체계적인 관리와 대규모 설비 가동을 통한 경제성 확보에 장애
 - 현재 국내 대부분 소각시설에서 폐기물의 처분 과정에서 발생하는 폐열을 보일러를 통하여 회수·이용하고 있으나 효율이 낮고 중소규모 시설에서의 이용률은 현저히 낮은 실정으로 발전효율 증대 및 중소규모 시설에서의 폐열 이용 증대 등의 시설 보완 필요

□ 폐기물 처리시설 운영효율 개선 시기 도래

- 사용종료 또는 종료예정 매립지에 대한 매립지 복원 및 자원화를 확대하여 사용연한 연장, 신규 매립지 수요 감소 요구 증가
 - 매립지 정비를 위해 굴착한 폐기물을 최대한 재활용 또는 에너지원으로 활용하고, 재매립되는 양을 최소화

* 순환형매립지 조성 확대 : 현재 11개소 → 21개소('27)

- 노후 소각시설 현대화를 지원하여 시설 수명연장 및 잔재물 발생 저감 필요
 - 향후 10년간 총 119개 시설의 내구연한이 도래할 예정으로, 기술진단 및 설비 현대화 지원을 통해 수명연장 및 효율적 운영 촉진
- 일정규모 이상 매립·소각시설에 폐열, 매립가스 등의 회수·이용을 의무화하여 온실가스 발생 저감 및 폐자원에너지 활용 극대화 추진

□ NIMBY 현상으로 폐자원 에너지화 시설의 설치 및 확충의 어려움

- 폐기물 에너지화 분야는 아직도 NIMBY 현상의 대표적인 기피 분야로서 국내에서 사업화를 촉진하고 대량 보급을 추진하는데에 한계
 - 도시에서 발생하는 폐기물을 민원문제 감소를 위하여 공간적으로 떨어진 광역설비에서 에너지로 전환시킬 경우 장거리 이송에 의한 에너지소비 및 환경성 문제로 에너지 활용성 저하
- 가연성 폐기물로부터 연료를 생산하는 과정에서 발생하는 배가스, 잔류물, 악취, 화재, 슬러그 등의 2차 환경오염물질의 처리 필요

□ 대규모 폐기물 에너지 자원화 종합 플랜트 수출 산업화

- 중국, 동남아, 동유럽, 남미 등 고도로 사회가 발전하는 지역에서의 폐기물 에너지화 플랜트 수요의 증가
 - 개도국의 도심 인구 증가로 폐기물 발생량이 크게 증가하고 전력 등 에너지는 부족하므로 가연성 도시 생활폐기물을 소각·연소 처리하여 에너지를 생산하는 설비 수요 증가
 - 국내에서는 200톤/일 규모의 플랜트가 대세이나, 중국 등 신규 시장에서는 400톤/일급 규모의 대형 플랜트 생산을 위한 기술개발 필요
 - 원유 등 에너지 자원의 가격상승에 따른 에너지 비용의 증가 및 화석연료 사용에 의한 온실가스 배출에 대해 국제적인 규제정책이 심화됨에 따라 유기성 폐기물 에너지 자원화에 대한 수요 증가
 - 국내 플랜트 및 설비 제작업체는 중동 및 동남아 등에서 다양한 플랜트의 설계 및 제작, 시공 경험을 통하여 우수한 기술력을 보유하고 있으며, 폐기물 소각로 및 에너지 생산설비를 연계한 소각발전 플랜트는 전략적인 수출사업 아이템으로 육성 가능
- 해외 동남아 팜유산업에서 배출되는 대량의 농산 폐기물을 이용하여 열과 전기를 동시에 공급하는 분산형 열병합발전설비의 수출사업화를 위한 현지 적용형 기술 개발 추진
 - 해외 폐바이오매스를 이용한 신재생에너지사업의 경우, 온실가스 감축사업으로 인정되어 기후변화 대응기술의 국제적 협력에 의한 배출권 확보 가능

□ 국내 기술경쟁력 부족으로 해외 진출역량 부족

- 대기업에서 건설·시공한 소각로는 해외기술로 해외기술력 습득, 시공 능력은 충분히 보유 하였으나 원천기술의 부족이라는 한계를 가지고 있으며, 체계적인 기술개발 미흡으로 경쟁력 부족
- 향후 폐자원 활용에 대한 관심이 지속적으로 증대될 것으로 예상되지만 현재는 기술적 기반이 부족한 현실임에 따라 이를 극복하기 위해 폐자원 순환기술의 개발을 토대로 폐기물을 종류별로 자원화하는 공정의 개발과 함께 상용화를 위한 방안 마련도 이루어져야 함

□ 사물인터넷을 통한 도시 폐기물의 체계적 관리 기술 도입

- IoT기반의 폐기물 관리를 통해 효율성을 높이고 비용을 절감하며 이산화탄소 배출 저감 가능
- 환경모니터링 기술을 통해 환경재난을 미리 감지하고 예방 가능

3. 스마트시티

◆ 스마트시티 산업 및 시장을 파악하기 위하여 국내외 스마트시티 시장 동향, 해외 스마트시티 사업 진출 동향 분석을 실시하고 이를 통해 스마트시티 산업의 니즈를 파악하고 사업 기획 방향 설정에 활용

3.1 산업 일반 현황

가. 정의 및 범위

- (정의) 인적자원과 환경, 에너지, 교통, 도시인프라 등 도시 관련 모든 자원에 첨단 ICT를 활용하여 지속적인 경제발전과 삶의 질 향상을 실천하는 미래형 도시
- (범위) 스마트시티를 구성하는 요소는 크게 인프라, 데이터, 서비스로 구분되며 세부적으로 7계층으로 구성
 - 인프라는 도시 및 ICT 기술, 공간정보 인프라를 포함한 물리적, 기술적 인프라
 - 데이터는 IoT 기술을 기반으로 하여 도시 내 모든 인프라와 사물에서 발산하는 데이터의 자유로운 공유 및 활용 지원
 - 서비스는 수집된 데이터를 바탕으로 실제 활용 가능한 품질 및 지능서비스를 개발하여 시민이 주도적으로 활용 가능한 환경 조성
 - 본 기획은 스마트시티 구성요소 기준으로 도시 인프라, IoT, 알고리즘&서비스에 해당

<표 2-81> 스마트시티 구성요소

구분	세부 구분	주요내용
인프라	도시 인프라	• 도시의 하드웨어인 기본적인 도시기반시설의 발전
	ICT 인프라	• 유무선 통신망과 전자정부 구축 등 정보사회의 기틀 마련
	공간정보 인프라	• 현실공간과 사이버공간 융합을 위해 공간정보의 핵심 플랫폼 조성 • 초정밀지도, 3D지도, GPS 등 위치측정 인프라 구축 및 인공 위성 활용 등
데이터	IoT	• 도시 내 각종 인프라와 사물을 센서기반으로 네트워크에 연결
	데이터 공유	• 협의의 스마트시티 플랫폼으로, 분야간 경계를 넘어선 융합 혹은 연계 서비스를 통한 데이터의 자유로운 공유 및 활용 지원

<표 2-81> 스마트시티 구성요소

구분	세부 구분	주요내용
서비스	알고리즘 & 서비스	• 도시가 하나의 플랫폼처럼 기능할 수 있도록 데이터 공급이 원활하고 실제 활용 가능한 신뢰도 높은 지능서비스 개발 • 표준 제정 등 데이터공유를 위한 기술적 아키텍처 마련
	도시 혁신	• 도시문제 해결을 위한 아이디어 및 서비스가 가능한 환경 조성 • 정치적 리더십 및 사회신뢰 등의 사회적 자본이 작용하는 영역

자료 : 「미국의 스마트시티 지원 정책 및 시사점」, 산은조사월보 (2017.9)

- 본 기획 관련 스마트시티 분야로는 스마트 에너지와 스마트 기반시설이 있음

<표 2-82> 스마트시티의 분야

분류	정의
스마트 에너지	• 지능형 통합전송·전력분배에 대한 수요 대응을 위해 첨단 미터 인프라, 고전압 전송 시스템을 이용하여 디지털 기술 사용
스마트 빌딩	• 조명, 온도, 에너지 소비를 독립적으로 또는 최소한의 사람 개입으로 제어·관리하는 첨단 자동화 인프라
스마트 모빌리티	• 저공해자동차 및 다양한 운송 시스템과 같은 혁신적이고 통합된 기술 및 솔루션을 사용한 지능형 이동성
스마트 기술	• 스마트 그리드, 스마트 홈, 고속 광대역 연결 등으로 집, 사무실, 휴대폰 및 자동차를 단일 무선 ICT 플랫폼에 연결
스마트 헬스케어	• e-Health, m-Health 시스템과 지능형 연결 의료 기기를 사용하여 시민들의 건강, 웰니스, 웰빙을 장려하는 정책 시행
스마트 기반시설	• 에너지 그리드, 운송 네트워크와 같은 다양한 유형의 지능형 인프라를 관리, 통신 및 통합하는 지능형·자동화 시스템
스마트 정부	• 인센티브, 보조금 또는 기타 홍보를 통한 친환경 및 지능형 솔루션 채택을 지원하고 지원하는 정부 정책 및 디지털 서비스
스마트 보안	• 사람, 재산 및 정보를 보호하도록 설계된 비디오 감시, 공공 안전 LTE 및 관리 보안 서비스와 같은 기술 및 솔루션 포함
스마트 시민	• 일상적인 활동에서 스마트하고 친환경적인 솔루션을 채택하는데 관심을 가지고 있는 시민

자료 : 「도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책제언」, 한국환경정책·평가연구원 (2013.11)

나. 산업의 특징

□ 국가별 경제 수준이나 도시계획 수요 등에 따라 스마트시티의 개념이 상이

○ 미국, 유럽 등 선진국들은 물리적 도시 인프라에 정보통신·사회적·비즈니스 기반시설을 연결함으로써 도시의 집합적인 지식을 극대화하는

도시로 이해

- 인도, 중국 등 개발도상국에서는 부족한 교통, 통신 등 물리적 도시 인프라의 구축 및 현대화에 주력하고, 투자와 비즈니스를 포함한 경제 활성화, 행정의 효율성과 투명성, 안전과 치안 등 현재 직면한 문제 해결을 중시
- 국내에서는 U-city사업을 중심으로 신도시 건설시 첨단 기반시설을 구축하는 것으로 인식

□ 새로운 경제적 기회 창출 및 도시 효율성 제고, 주민 삶의 질 향상 등의 효과 창출 가능

- 스마트시티 건설 단계 별로 산업을 육성하여 신성장 동력으로 발전시킬 수 있어, 새로운 경제적 기회 창출 가능
 - IoT, 지리정보시스템(GIS) 등 스마트시티 기반 시장 형성 → 스마트빌딩 등 건축물 조성 → 도시 준공 후 스마트 서비스(교통, 방범, 교육 등) 제공 등 단계별 새로운 사업기회를 창출할 수 있는 혁신 사이클과 경제활동 개발 가능
- 지자체 경쟁력 향상 및 주민 삶의 질 향상
 - 교통, 물류 등의 네트워크가 지능화되고 교통체증 해소, 물류비용 절감 등으로 도시기능 및 위상이 제고되어 지자체 브랜드 가치 확보 가능
 - 스마트시티 플랫폼을 기반으로 데이터 수집 및 분석을 통해 자원사용의 최적 배분을 실현할 수 있어 자원절약, 환경보호 및 주민의 삶의 질 향상 기대

□ 스마트시티를 통한 도시문제의 해결 가능

- 스마트시티는 도시문제 해결의 저비용 효율적 수단인 동시에 기후변화 대응에 매우 적합한 모델
 - 사물인터넷(IoT)의 발전으로 실시간으로 필요한 정보를 제공하거나 수집하는 것을 가능하게 하여 도시를 매우 효율적으로 관리 가능
 - 기존에는 도시 문제 발생 시 대규모 재원을 장기적으로 투자하여 인력 투입 확대, 기반 시설 확충 등의 방식으로 해결
 - 스마트시티는 도시 전역에서 정보를 수집·분석하여 필요한 곳에 자원을

투입하거나 기존 자원의 효율적 활용을 유도하여 문제 해결



자료 : 「스마트시티 정책 및 향후 방향」, 이재용(2017.3)

<그림2-44> 스마트시티를 통한 문제 해결 방식

3.2 국내외 스마트시티 시장 현황 및 전망

가. 국내 스마트시티 시장 현황 및 전망

- 국내 스마트시티 시장 규모는 2016년 약 70조원 규모로 추정되며 연간 16.6%씩 성장 예상

<표 2-83> 국내 스마트시티 시장 규모 전망

(단위 : 조 원, %)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR ('16~'21)
국내시장	70	82	95	111	129	151	16.6%

자료 : 「스마트시티, 미래 도시의 패러다임」, 산업연구원 (2017)

- 국내에서는 2000년대 U-City 사업을 시작으로 적극적으로 스마트시티 사업 추진

- (U-City 사업) 2006년부터 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보 서비스를 도시공간에 융합하여 도시 생활 편의 증대, 삶의 질 향상, 체계적 도시관리, 시민 복지 향상, 신사업 창출 등 도시의 제반기능을 혁신시킬 수 있는 한국형 신도시 조성 사업

<표 2-84> 국내 도시별 U-City 사업 추진 현황

지역	내용
서울	• 은평뉴타운, 송파신도시, 마곡지구 등 15개의 U-City 사업을 진행하였거나 진행 중이며, 800억 원 이상의 예산이 소요되었으며 SH공사, 한국토지공사, 서울시 등이 시행업자로 참여
부산	• 유비쿼터스 무선인프라 구축, CCTV 통합시스템 구축, U-응급의료 서비스 시스템 구축 등 약 700억 원 투자를 통해 12개 이상의 사업을 진행하였으며, 노바노스, 앤시정보기술, PKT, SK C&C, 비트밸리 등의 기업 참여
인천	• 약 20여개의 사업이 진행되었으며 송도를 중심으로 한 구축사업이 가장 활발 • LG CNS, SKT, 삼성SDS 등 국내 기업 참여
대구	• 헬스, 기술, 방재, 안전서비스 등에 대한 9개 이상의 구축사업이 약 1조 원 이상의 투자를 통해 진행 되었으며, 한국토지공사, 대구 테크노파크, 경북 테크노파크 등 참여
대전	• USN기반 기술의 실용화 검증사업, 유비쿼터스 시범단지 사업, 영상정보처리 기기 통합관제센터 사업 등 5개 이상의 사업이 진행되었으며 한국전자통신연구원과 한국 토지공사, 알바트로스 플러스 등 참여
광주	• 능동형 U-City 안전망 구축, U-Culture 콘텐츠 통합관리 및 유통서비스 등 안전, 문화 등의 분야에서 7개 이상의 U-City 관련 사업 진행

<표 2-84> 국내 도시별 U-City 사업 추진 현황

지역	내용
울산	•U-울산 마스터플랜, U-City 추진을 위한 USP 수립 사업 등이 울산시 전역에서 진행되었으며, 9개 이상의 U-City 조성사업 시행
경기도	•고양, 용인, 화성, 성남, 파주, 수원 등에서 독거노인 U-care 구축사업, U-City, 신도시 구축사업 등을 진행
강원도	•U-관광, U-커머스, U-HealthLife 등의 U-City 사업이 도 전역에 걸쳐 진행
충청남도	•U-방법 서비스 시범적용 사업이 연기군에서 진행되었으며, 황해경제자유구역(YESFEZ) 사업도 25년까지 7조 원 이상의 예산으로 구축 중
충청북도	•U-City 사업을 오창, 오송, 청원, 청주 등에서 진행하였으며 동북아 생명산업의 메디컬 허브 오송 신도시 건설 사업 진행 중
전라남도	•전국 지자체 최초로 U-City 통합 플랫폼 기반 구축사업을 광양시에서 완료하였으며, U-순천만 생태환경관리시스템과 광주 전남 혁신도시 구축 사업 진행
전라북도	•전주시와 순창군, 완주군 일대에서 U-City 사업을 진행하였으며, 새만금 경제자유지역 구축사업은 현재 진행 중
경상남도	•통영, 진주, 양산, 하동, 창원 등에서 유비쿼터스존 구축사업, BIS 시스템 구축사업, U-City 통합플랫폼 구축사업 등 11개 이상의 U-City 사업 진행
경상북도	•도내 전 지역에서 U-IT기반 농산물관리체계실용화구현 사업이 진행되었으며, 영양군, 고령군, 구미시, 김천시, 포항시 등에서 U-City 관련 구축사업 진행
제주도	•서귀포 신시가지 인근에서 제주혁신도시 사업, 제주도 전체에서 U-Tourpia사업, 음식물쓰레기 계량시스템 구축사업이 진행

자료 : 「세계 선도형 스마트시티 연구개발사업」, 한국과학기술기획평가원 (2018.1)

- (판교 제로시티) 판교테크노밸리와 연계한 생태계 구축, 도시안전, 저탄소 친환경, 첨단 정보통신기술(ICT)등이 융합된 미래형 스마트도시로 조성
- (스마트시티 국가 시범도시) 세종 5-1 생활권과 부산 에코델타시티에 4차 산업혁명 관련 신기술을 자유롭게 실증·접목하고 창의적인 비즈니스 모델이 구현되는 혁신 산업생태계 조성 목적
 - (신기술 테스트베드) 4차 산업혁명의 융복합 新기술을 도시에서 테스트 →시민 피드백 리빙랩
 - (도시 문제해결) 교통, 에너지 등 각종 도시 문제를 해결하는 서비스 구현 → 삶의 질 제고
 - (혁신 산업생태계) 도시 데이터 플랫폼을 활용한 新서비스 개발 → 스타트업 등 신산업 창출

<표 2-85> 스마트도시 국가 시범도시 현황

지역	구분	내용
세종 5-1	입지 여건 및 특징	•(접근성) KTX 오송역, 경부·호남 고속철도, 경부·중부·천안·논산·서울세종 고속도로, 청주공항 등 입지 •(주변 시설) 정부종합청사, 국책연구단지, 대학(KAIST 등), 대덕연구단지, 오송생명과학단지와 첨단산업단지 등 입지 •(특징) 주거·행정·연구·산업 등 다양한 기능이 융·복합된 자족도시 조성을 추진 중으로 에너지 중심의 스마트시티 구현 예정
	기본 컨셉	•(에너지) 에너지관리시스템(EMS), AMI 및 전력중개판매 서비스 도입, 제로 에너지단지 조성 등으로 주거비용 절감 및 지속가능한 도시 구현 •(교통) 자율주행 정밀지도, 3차원 공간정보시스템, C-ITS 등 스마트 인프라를 기반으로 자율주행 특화도시로 조성 •(생활·안전) 스마트팜, 미세먼지 모니터링, 재난대응 AI 시스템 등 도입
부산 에코델타	입지 여건 및 특징	•(접근성) 김해국제공항, 제2남해고속도로, 부산신항만 등 입지 •(주변 시설) 국제물류·첨단산업단지(사상스마트밸리 등)가 밀집된 동남권 산업벨트로 배후와 연계한 혁신수요 풍부 •(특징) 수변도시를 특징으로 워터시티 컨셉·국제물류와 연계되는 스마트시티 구현가능, 공항·항만 등 우수한 교통여건 등 입지적 강점
	기본 컨셉	•(수자원) 수열에너지 시스템, 분산형 정수시스템 등 혁신기술을 도입하고, LID 등이 접목된 스마트 워터 시티 조성 •(생활·안전) 각종 도시 생활정보, 5G Free Wi-Fi, 지능형 CCTV 등을 접목한 스마트 키오스크 단지 구축, 지진·홍수 통합관리시스템 구축 •(기타) 에너지 Credit Zone 조성, 드론 실증구역 및 R&D 밸리 조성

자료 : 「스마트시티 국가 시범도시 기본구상」, 4차산업혁명위원회 (2018.7)

□ 주로 이동통신사, SI(System Intergration), IoT 업체들의 참여가 활발

- (SK) SKT의 통신 인프라 시설을 포함한 계열사와의 연계성을 기반으로 스마트시티를 구축하고 있으며 성남 판교지구 구축사업, 중국 스마트시티 MOU 체결 등을 진행
- (LG-CNS) 2006년 성남판교지구 프로젝트를 시작으로 인천, 수원, 원주, 송산 등 13개의 스마트시티 구축 프로젝트 참여
- (KT) 대부분의 U-City 통신 인프라 구축사업에 참여하였으며, 천안시 첨단교통관제시스템, 서울시 상수도 통합통신망 구축 등 8개 이상의

구축사업에 참여

- (한국전력) 두바이 수전력청에 300만 달러 규모의 태양광, 전기저장장치, 통합운영 시스템 등을 연계한 에너지 최적화 시스템인 ‘스마트그리드 스테이션 모델’ 구축 예정
- 스마트시티 국가 시범도시로 선정된 세종시에는 한국토지주택공사(LH)가 7,000억 규모의 사업비를 기반으로 부산에서는 한국수자원공사(K-water)가 1조원 규모의 사업비를 기반으로 스마트시티를 조성할 계획

나. 세계 스마트시티 시장 현황 및 전망

□ 세계 스마트시티 시장은 연평균 10~19% 성장 전망

- 스마트시티 해외시장 규모는 해외시장 조사기관 보고서에 따라 상이하지만 빠르게 성장하는 블루오션 산업군이라는 점과 아시아 시장이 가장 빠르게 성장할 것이라는 점에서 일치

<표 2-86> 스마트시티 해외시장 전망

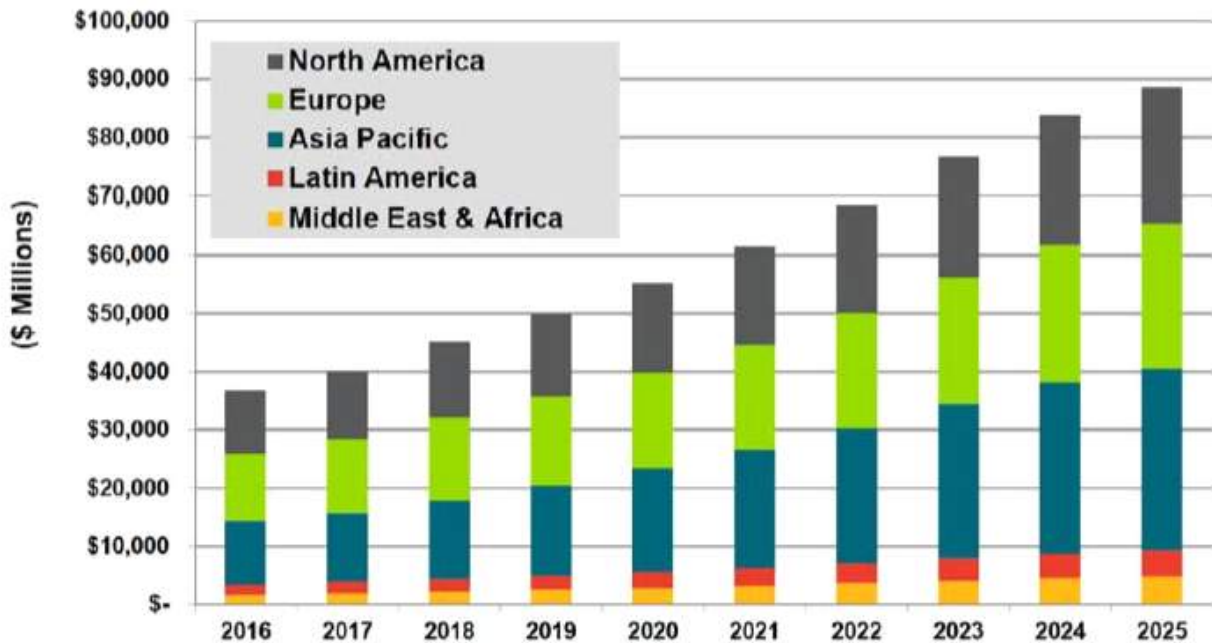
시장조사기관		내용
Navigant Research (2016)	전망	• '16년 368억 달러(약 43조 원) → '25년 887억 달러(약 104조 원), 연평균 10.3% 성장
	조사범위	• 에너지, 수자원, 교통, 빌딩 등 개별 산업 중 스마트시티 관련 사업 및 주요 스마트시티 정부사업
Markets&Markets (2016)	전망	• '15년 3,120억 달러(약 370조 원) → '20년 7,590억 달러(약 912조 원), 연평균 19.4% 성장
	조사범위	• 교통, 철도 및 도로, 에너지·수자원·가스, 빌딩-상업·주거, 교육, 의료, 안전 등 시민대상 서비스
Frost&Sullivan (2014)	전망	• '20년 1.56조 달러(약 1,800조 원), 연평균 19.6% 성장
	조사범위	• 스마트빌딩, 스마트 정부&스마트 교육, 스마트 방법, 스마트에너지, 스마트 인프라, 스마트 교통, 스마트 의료 등 7개 분야

자료 : 「KISTEP 기술동향브리프(스마트시티)」, 한국과학기술기획평가원 (2018)

- 스마트시티 시장 규모는 아시아·태평양 지역을 중심으로 급격히 성장
 - 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진 중에 있으며 빅데이터 구축, 스마트시티 솔루션 개발 등 스마트시티 거버넌스에 집중

- 아시아 지역은 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발로 스마트시티 구현
- 특히 아시아·태평양 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대

* 전 세계 스마트시티 중 아시아 비중 : ('16) 28.6% → ('25) 33.9%¹²⁾



자료 : 「KISTEP 기술동향브리프(스마트시티)」, 한국과학기술기획평가원 (2018)

<그림2-45> 세계 스마트시티 시장 지역별 시장 전망

□ 해외 선진 기업들은 적극적으로 스마트시티 구축 사업에 참여

- (IBM) 스마트시티 분야에서 가장 선진 기업으로 평가되고 있으며 스마트시티 컨설팅, 소프트웨어 구축 및 유지관리 등 솔루션 제공 중심의 사업기반을 구축
 - 아시아, 미주, 유럽, 중동, 아프리카 30개 도시에서 GCTC(Global City Teams Challenge) 프로그램을 진행하고 있으며 정부, 민간기업과의 협력을 통해 스마트시티 구현('16)
 - 스마트 상수도, 공공안전, 교통, 빌딩, 에너지 등의 솔루션을 보유하고 있으며, IBM의 스마트시티 프로그램은 스마트시티 개념 적용에 중요한 역할로 작용
- (CISCO) 스마트시티 초기단계부터 참여하고 있으며 자사의 네트워크 기술을 기반으로 여러 분야의 스마트시티 솔루션 제공

12) 자료 : 「Smart City Report」, Navigant Research (2016)

- ‘Smart + Connected Communities’ 라는 프로젝트를 통해 교통, 안전 및 보안, 교육, 부동산, 전력, 건강, 스포츠 및 엔터테인먼트, 행정 등의 솔루션을 제공
- 인천 송도의 만물인터넷 솔루션 센터, 덴마크 코펜하겐의 스마트 가로등, 스페인 바르셀로나의 스마트 파킹 및 인도에서 진행 중인 DMIC (Delhi-Mumbai industrial Corridor) 개발 참여
- (AT&T) IoT 서비스 기반 신규 수익원 창출을 위해 스마트 그리드 사업 추진
 - 지능형계량기와 IP기반 무선 네트워크를 통해 에너지 사용 정보를 유틸리티 업체와 가정에 보내는 서비스 추진
- (구글) 무인자동차, 풍력·태양열 발전 등 대규모 에너지 프로젝트 등 스마트시티 구축 사업 참여
 - 캐나다 토론토에 스마트시티 구축을 위해 친환경 도시설계, 오염, 교통체증, 매립 쓰레기 감축등을 목표로 사업 추진 중

3.3 해외 스마트시티 사업 진출 동향

□ LH공사를 중심으로 쿠웨이트 압둘라 신도시 등 스마트시티 개발 사업과 산업단지 투자개발 사업을 활발히 추진 중

○ 그동안의 국내에서 대규모 도시개발 건설경험과 건설, 교통, 국토정보, ICT 등의 분야에서 글로벌 경쟁력을 바탕으로 개발도상국을 중심으로 다양한 국가들과 협력

<표 2-87> LH공사에서 해외 추진 중인 신도시 사업

구분	유형	국가	지역	면적(천 m²)	사업비(억원)
총계				80,836	57,178
추진 중	합계			71,700	49,685
	스마트시티	소계		67,000	47,800
		쿠웨이트	압둘라	64,500	44,000
		인도	KDMC	2,500	3,800
	산업단지	소계		4,700	1,885
		베트남	동반3	2,300	605
		미얀마	야응니핀	2,400	1,280
검토 중	합계			9,136	7,493
	산업단지	베트남	리투엥켓	5,000	2,000
	스마트시티	베트남	하노이	4,000	4,269
	주택사업	볼리비아	산타크루즈	136	1,224

자료 : LH (2017.8)

○ (쿠웨이트 압둘라) 한국형 스마트시티 수출 1호 사업으로 쿠웨이트 정부측과 신도시 추진 MOU 체결('16) 이후 신도시 마스터플랜(MP)과 실시설계 용역계약을 체결('17)하여 사업이 본격적으로 추진

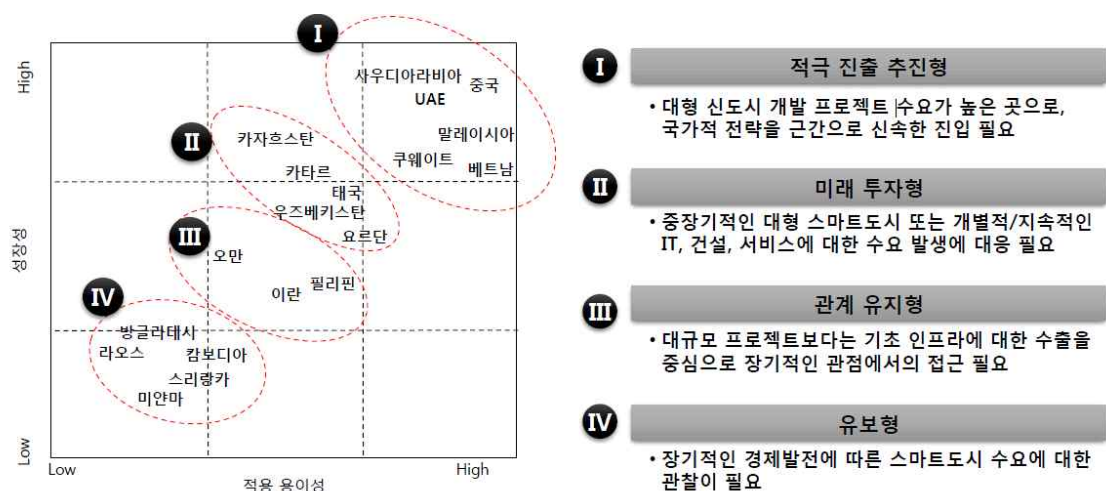
- 사업대상지의 면적은 64.5km²로 분당신도시의 3배 규모이며, 지능형 교통시스템, 첨단 폐기물 처리시스템, 대기·토양 감시 시스템 등 스마트시티 요소기술 다수 포함

○ (인도 깔리안 돔비블리) 스마트 신도시 건설 MOU를 체결하고 본 사업 추진을 위해 다양한 선결요건에 대해 검토 중으로 한국-인도 간 협력 개발사업으로 선정('16)되었으며 LH공사와 인도 주정부 간에 MOU 체결('17)

- 방법·방재도시, 첨단 상수도 시설 및 전력설비, 친환경 처리 시설 구축

검토 중

- (베트남 하노이) 319ha 면적의 스마트시티를 건설하기 위해 현지 법인과 SPC를 검토 중
 - (미얀마 야웅니핀) 산업단지 조성을 위해 미얀마 측과 사업추진을 위한 합의각서 (MOA)를 체결
 - (볼리비아 산타쿠르즈) 분당신도시의 3배 규모의 신도시 건설사업에 LH공사에서 사업기획(MP) 용역을 수행 중
 - LH공사 외에도 국토교통과학기술진흥원, 국토연구원, 한국건설기술연구원 등에서도 기술자문, 용역 설계 등의 형태로 다양한 스마트시티 협력사업을 진행 중
 - (시사점) 지금까지의 다양한 스마트시티 협력사업이 기술자문과 기본설계 수주 등에 집중되고 그 후속사업인 본 사업으로 연결되지 않음
 - LH공사가 쿠웨이트에서 추진 중인 압둘라 신도시 개발사업은 기본 설계 뿐만 아니라 실시설계를 하고 있고 2019년에 착공될 예정으로 있어 우리의 우수한 스마트시티 솔루션과 제도·문화를 수출할 수 있는 좋은 기회로 활용 필요
- 스마트시티 시장 유형은 크게 4가지 형태로 분류할 수 있고, 각각의 그룹별 스마트도시 국가전략에 근거한 효율적 진출 필요

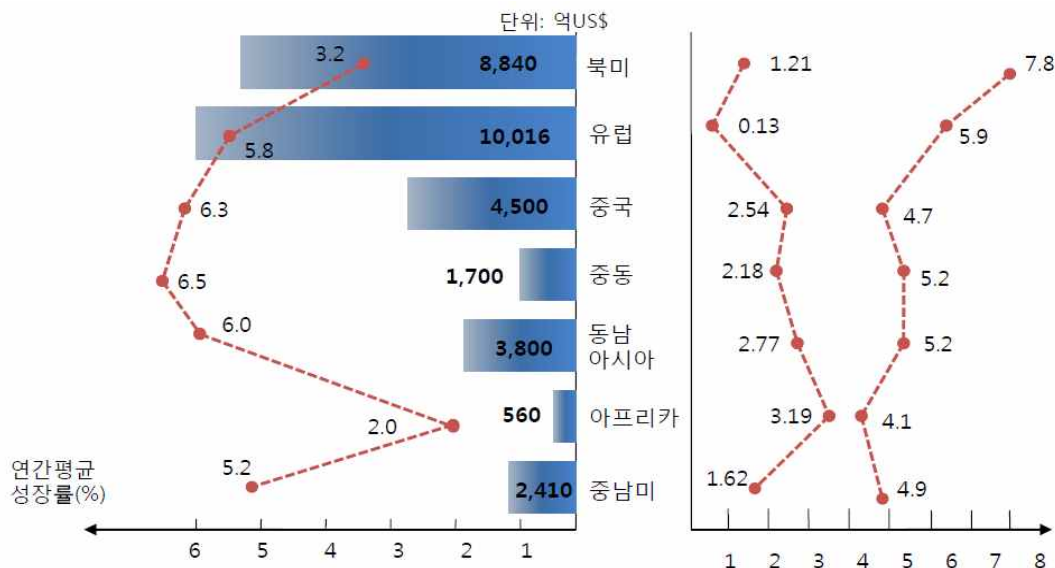


자료 : GS건설 (2017)

<그림2-46> 국가별 시장 유형 및 유형별 스마트시티 진출 방안

- 해외 시장의 시장성, 사업 용이성 및 도시개발 특성을 고려할 때 중동, 동남아시아가 스마트도시의 목표 시장으로 유력

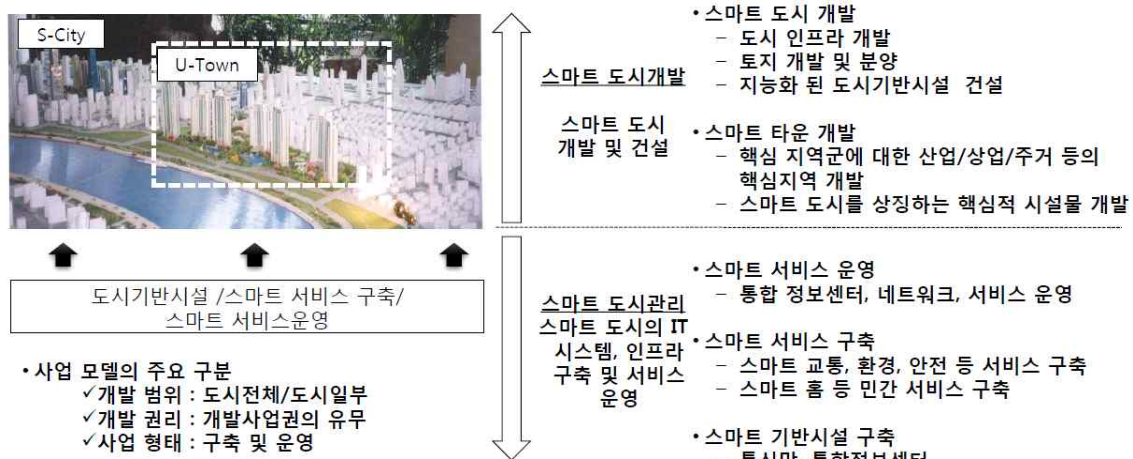
- 대규모 신규 첨단 복합도시 개발 형태 및 주택 개발 중심/신도시 형태의 개발 형태에 부합



자료 : GS건설 (2017)

<그림2-47> 지역별 건설시장 규모, 도시인구 성장률, 사업 용이성

- 국가별 시장유형에 따른 시장진입을 위해 개발규모와 사업 Coverage에 따라 5가지 사업모델로 구분



자료 : GS건설 (2017)

<그림2-48> 스마트시티 사업 영역 및 스마트시티 사업 모델

- 스마트시티 사업영역과 진출방안을 연계하여 개별시장에 적합한 유연한 사업형태의 조합을 설정하고 진입하는 것이 필요하며, 복합플랜트를 활용한 도시개발 사업모델로는 도시개발 분야와 인프라 구축 이후 해당 시설을 활용한 에너지운영 및 에너지공급과 같은 서비스 분야로의 진출이 가능할 것으로 예상

<표 2-88> 스마트시티 사업영역 및 목표시장, 기본 전략 방향

구분	사업영역	목표 시장	기본 전략 방향
도시 개발	스마트 도시 개발	• 대규모 신규 도시 개발이 활발한 개발 도상국 • 적극 진출 추진형(쿠웨이트, 말레이시아, 인도네시아, 베트남, UAE, 사우디 등)	• 국가 또는 해당 지역 자치단체에 의해 추진되는 형태로 국가차원의 컨소시엄 구성에 의한 Total Solution 제공 필요 - 건설, IT, 서비스/시스템/인프라 구축 - 국내 역량을 규합하는 대형 컨소시엄 구성 - 정부주도의 정책전략과 통일된 마케팅 전략 수립 - Project Financ, 기술이전, 표준화 등에 대한 고려 필요
	스마트 타운 개발	• 특정 목적 단지에 대한 개발이 중요시 되는 차별화 도시 • 미래 투자형(카타르, 태국, 오만 등) • 성장 잠재형(요르단 등)	
도시 관리	스마트 도시 운영	• 효율적인 도시 운영 관리 • 모든형태의 진출방안에 기초 또는 연계되는 사업 영역으로, 개별 항목에 대한 독립적 진출 수요 상존	• 기존 인프라 구축에 대한 요구사항 파악 및 개별 또는 컨소시엄의 탄력적 접근 필요 - 중장기, 개별 역량 또는 컨소시엄 등을 유기적으로 결합하는 전략 필요
	스마트 서비스 구축		
	스마트 인프라 구축		

자료 : GS건설 (2017)

4. 요약 및 시사점

◆ 본 사업은 관련 산업분야의 시장이 빠르게 성장하고 있고, 해외 진출 가능성 또한 매우 높아 새로운 경제적 기회 창출 가능

□ (플랜트) 플랜트 건설 시장은 유가 상승과 세계 경기회복에 더불어 회복세에 진입할 전망

○ (EPC) 에너지 수요 증가, 인구증가, 도시화 등 시장 수요 측면과 기술개발 등 경영혁신 측면에서 장기적 관점으로 플랜트 시장의 지속 성장이 예견

- 불확실한 경제상황과 시장기회 감소로 장기적인 설비투자 계획 수립이 어려워짐에 따라 플랜트 업체 간 경쟁이 심화되고 이로 인해 이익률이 낮은 저가 수주 공세 증가

○ (O&M) 사후대응에서 예지보전으로 기술 및 시장 변화

- 해외 선진 O&M 기업들은 4차 산업혁명 지능정보기술과 연계한 스마트 플랜트 O&M 기술 및 서비스 개발에 적극적으로 투자함으로써 플랜트 운영의 최적화(Optimization) 및 이익의 극대화(Maximization) 추구
- 반면, 플랜트 운영산업은 장치산업의 보수적인 특성으로 인하여 타 업종에 비해 기술혁신 투자가 저조하여, 경쟁력 및 수익성 악화가 우려

○ 후발국과 선진국 사이에서 新넛크래커 현상

- 외국의 선진기업들은 설계 및 공정기술의 라이선스를 독점하여 고부가가치화 하고, 인도·중국 등의 후발국들은 저임금을 기반으로 진입장벽이 낮은 상세설계 및 시공 분야 진출을 통한 외형 확장에 주력하여 한국은 그 사이에서 경쟁력 저하

□ (폐자원 에너지화) 온실가스 감축 의무와 폐기물의 직매립 금지 등 관련 국제 협약 등 법률에 따라 지속적인 성장이 예상

○ 폐자원 에너지화 시장은 유럽, 북미 등 선진국 시장이 대부분을 차지하고 있으며, 개도국은 폐기물 문제가 시작되는 단계로 향후 시장 성장 가능성이 매우 높음

- 선진국은 에너지 효율을 극대화하기 위한 측면에서 폐기물 처리 구조 변화 추진

- 개도국은 도심 인구 증가에 따른 대량 폐기물의 안전한 처리 및 부족한 전력 공급을 위해 폐자원 에너지화 시설의 수요가 대폭 증가할 전망

○ 국내에서는 시설의 낮은 경제성과 NIMBY 현상등의 어려움으로 사업화를 촉진하고 대량 보급을 추진하는데에 한계

- 폐기물 에너지화는 일부 대기업이 참여중인 SRF 제조설비, 대형 소각/가스화 설비를 제외한 분야에 영세 규모의 중소기업들이 다수 참여하고 있기 때문에 체계적인 관리와 대규모 설비 가동을 통한 경제성 확보에 장애
- 도시에서 발생하는 폐기물을 민원문제 감소를 위하여 공간적으로 떨어진 광역설비에서 에너지로 전환시킬 경우 장거리 이송에 의한 에너지소비 및 환경성 문제로 에너지 활용성 저하

○ 대규모 폐기물 에너지 자원화 종합 플랜트 수출 산업화 필요

- 폐기물 에너지화 시장은 국내 시장만을 고려하면 규모가 다른 산업 분야에 비하여 상대적으로 협소하고, 관련업체 간의 경쟁이 심하므로 이러한 한계를 극복하기 위한 수출 산업화 전략 필요
- 국내 플랜트 및 설비 제작업체는 중동 및 동남아 등에서 다양한 플랜트의 설계 및 제작, 시공 경험을 통하여 우수한 기술력을 보유하고 있으며, 폐기물 소각로 및 에너지 생산설비를 연계한 소각발전 플랜트는 전략적인 수출사업 아이템으로 육성 가능

□ (스마트시티) 세계 스마트시티 시장은 연평균 10~19% 성장이 전망되며 4차 산업혁명 관련 신기술의 Test Bed로 활용되며 신산업 창출 가능

○ 스마트시티 해외시장 규모는 해외시장 조사기관 보고서에 따라 상이하지만 빠르게 성장하는 블루오션 산업군이라는 점과 아시아 시장이 가장 빠르게 성장할 것이라는 점에서 일치

- 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진 중에 있으며 빅데이터 구축, 스마트시티 솔루션 개발 등 스마트시티 거버넌스에 집중
- 아시아 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대되며 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발로 스마트시티 구현

- (스마트시티 국가 시범도시) 세종 5-1 생활권과 부산 에코델타시티에 4차 산업혁명 관련 신기술을 자유롭게 실증·접목하고 창의적인 비즈니스 모델이 구현되는 혁신 산업생태계 조성 목적
- (신기술 테스트베드) 4차 산업혁명의 융복합 新기술을 도에서 테스트 →시민 피드백 리빙랩
- (도시 문제해결) 교통, 에너지 등 각종 도시 문제를 해결하는 서비스 구현 → 삶의 질 제고
- (혁신 산업생태계) 도시 데이터 플랫폼을 활용한 新서비스 개발 → 스타트업 등 신산업 창출

제4절 국내외 기술 동향 및 분석

1. 지하공간 활용

◆ 복합플랜트 건설과정에 해당하는 지하공간 활용 기술 동향을 파악하기 위하여 기술 동향과 사례 분석을 실시하고 사업 기획 방향 설정에 활용

1.1 기술개발 동향

□ 지상 토지확보의 어려움, 도시의 무분별한 확장, 교통 및 환경문제 등 각종 도시문제를 해결하기 위해 지상과 지하공간의 입체적인 활용의 필요성 증가

○ 지상 환경의 손상을 최소화하는 범위내에서 공간개발을 합리적으로 하기 위한 지하공간의 개발은 항온, 항습, 내진성, 격리성 등 지하의 특성에 대한 적극적인 활용, 지상의 환경 및 경관보존, 역사적인 보존의 가치가 있는 시설 및 장소의 보존, 국민의 안보 및 군사 등의 차원에서 실행

<표 2-89> 지하의 특성과 이용되는 시설과의 관계

지하특성	지상에 비하여 유리한 특성	특성활용의 대표적인 시설	특성이용이 전망되는 시설
단열성 항온성 항습성 내후성	• 지반으로 인한 큰 열용량과 느린 열전달속도 • 지하 5m정도 이하이면 지표기온변화의 영향이 적고 안정된 상태의 지중온도 • 외부와의 교환이 적은 습도 • 폐쇄된 공간으로 인한 환경제어의 용이성	도서관 지하가 정밀기계공장 통신·정보센터 식료품 저장시설	문화·교육시설 스포츠시설 상업·산업시설 정보·통신시설 에너지시설
방음성 방습성	• 음파동에너지 파동의 투과손실이 크므로 음전달이 어려움 • 폐쇄공간에 있기때문에 보다 유효	고속도로, 지하철도 도서관 정밀기계공장 통신·정보센터	문화·교육시설 산업시설 정보·통신시설 교통·물류시설
불연성 내화성	• 지반의 불연성	정보·방재센터 지하변전소	정보·통신시설 환경·방재시설 에너지시설
방진성 저진동성 내진성	• 깊은 지하지반의 높은 강성으로 인한 진동과 진폭의 감소	정밀기계공장 정보센터	산업시설·공장 정보·통신시설
기밀성 격리성	• 지중을 이동하는 기체의 유량이나 유속이 대기중에서 보다 적음 • 지하환경의 격리성	방재센터 하수처리시설 발전소, 변전소	환경·방재시설 처리·처분시설 에너지시설

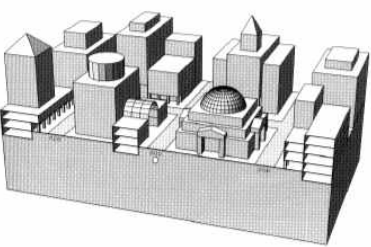
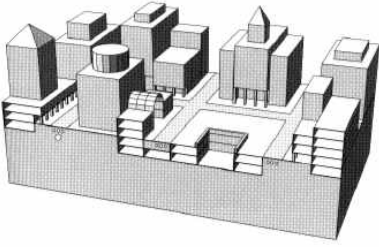
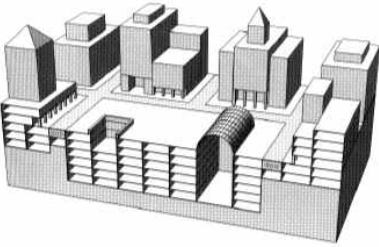
<표 2-89> 지하의 특성과 이용되는 시설과의 관계

지하특성	지상에 비하여 유리한 특성	특성활용의 대표적인 시설	특성이용이 전망되는 시설
방사능 차단성	•지반중에 있는 방사성 물질은 암반에 흡착되어 대기중에서 보다 이동속도가 작음	방재센터 핵셸터	환경·방재시설 에너지시설
전자파 차단성	•전자파는 암반속에서 전기전달율 감소 •주파수, 투자율의 현저한 감소	정보·방재센터 우주선관측시설	정보·통신시설 환경·방재시설 연구개발시설
차광성 암묵성	•지반으로 인해 도달하기 어려운 태양광선 •자외선의 영향이 미미	식료저장시설 식품재배시설	물류·저장시설 연구개발시설
화학적 안정성	•암석은 강산, 강알칼리에 대한 반응 지연	석유류비축시설	에너지시설 저장시설
방폭성	•암반은 높은 강도와 중량으로 인해 폭발시 발생하는 압력에 대해 안정성 확보가 용이	석유류비축시설 폭파실험시설 방공호	에너지시설 연구개발시설

자료 : 「지하공간 활용 및 관리개선 연구」, 국토교통부(2008)

□ 지하공간의 개발방식은 개별건물 개발에서 블록단위 개발, 네트워크 개발 방식으로 점차 변화하는 추세

<표 2-90> 지하공간의 개발방식 변화

개별건물 개발	블록단위 개발	네트워크 개발
•개별건물에서의 개발은 현재 국내는 물론 전세계적으로 가장 많이 행해지고 있는 지하공간의 개발방식으로 지하공간 개발의 초보적인 단계	•여러 필지가 모여있고 간선도로로 구획되는 블록에서의 개발로서, 이러한 개발은 지상의 오픈 스페이스를 확대 시키며 지하에 보행자네트워크를 도입 가능 •도시계획적인 차원에서의 고려가 요구되며, 개별건물의 개발보다 발전된 형태	•도시 차원에서 네트워크화하여 개발하는 방식으로, 장기적인 안목과 종합적인 계획, 법적·제도적인 완비 등이 필요한 고도의 개발 방식 •지상과 지하의 입체적인 활용을 높임으로써 도시의 효율적인 고밀도 개발과 향상된 지상 환경을 가져올 수 있음
		

자료 : 「지하공간 활용 및 관리개선 연구」, 국토교통부(2008)

□ 도심지 지반 굴착기술은 개착식에서 비개착식으로 변화

○ (개착식 지반굴착기술) 주변 지반의 변위를 발생시켜 변화를 유발하여,

인접구조물의 안전에 직·간접적으로 영향을 줌

- 국내에서는 과거부터 다수의 근접시공 경험으로 세계수준의 기술을 축적하고 있지만, 최근의 붕괴사고 등으로 사회적인 문제로 대두
- 굴착 심도가 깊어질수록 굴착에 따른 문제점이 기하급수적으로 증가하게 되며, 굴착공사 하부 또는 상부에도 여러 시설물들이 매설되어 있어서 도심지 함몰 사고의 위험 증가
- 강재의 사용량을 줄이고 시공법이 간편한 도심지 중소규모형 흙막이 공법을 개발하여, 도시의 안전 추구



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-49> 매설물 공사를 위한 간이형 수직굴착 흙막이 사례 (영국, 일본)

- (비개착식 지반굴착기술) 굴착전 지반 이완 등의 주변 변형을 억제할 수 있는 임시 지보를 설치한 후 안전하게 굴착하여 구조물을 시공하여 민원 해결과 지장물 이설비용을 최소화

<표 2-91> 비개착식 지반굴착기술의 종류

구분	내용	특징
Pipe Roof 공법	• 터널 및 지하 구조물을 시공할 때의 보조공법이며, 터널 굴착에 앞서 굴착단면의 외곽을 따라 강관 Pipe를 삽입하여 구조물 형상에 맞춘 Roof를 형성하고 굴착과 함께 이 Roof를 지보재로 직접 지지하여 굴착으로 인한 지반이완 및 지표면의 변형 억제	• 다수의 시공 실적 • 특허 공법이 아님 • 강관과 강관 사이의 토사 유출 및 탈락에 대비하여 그라우팅 필요
PRS 공법	• 강관의 한쪽에 수평방향으로 홈을 형성시키고 다른 쪽은 수평 홈과 맞물릴 수 있도록 앵글을 설치하여 여러 강관들을 이웃하게 서로 맞댄 상태로 연결시켜 횡방향 강성을 극대화 시킴으로써 별도의 횡방향 지보재 없이 강관 슬래브	• 강관이 Guidance Rail을 이용하여 추진되므로 강관의 일체형 정밀 시공 가능 • 강성 증대로 안정성 확보

<표 2-91> 비개착식 지반굴착기술의 종류

구분	내용	특징
	를 형성하고 내부를 굴착하는 강관압입공법	• 간단한 공종으로 품질의 우수성 및 경제성 확보 • 역방수 시공에 따른 방수 관리 필요
UPRS 공법	• PRS 공법을 개량한 공법으로 레일이 부착된 기성강관 묶음을 이용하여 강관 다발을 압입하는 공법	• PRS 공법보다 공기 단축 • 구조적 안정성 증대 • 구조물의 추가 방수 X
STS 공법	• 공장에서 날개강판을 부착시킨 소형 강관을 사용하여 지중에 Roof를 형성하고 횡방향 연결부를 철근으로 보강한 후 종횡으로 일체화된 라멘 구조체를 형성하고 지보재를 이용하여 굴착한 후 구조물을 시공하는 공법	• 용접이 불필요 • 완벽한 차수 및 방수 • 탁월한 침하 안정성 • 보강철근을 사용한 횡방향 연결 구조
TRcM 공법	• 작업구에서 종횡단 구배에 따라 선형을 조정할 수 있도록 선도관과 후속관 사이에 유압식 조정장치를 장착한 강관을 유압책으로 압입한 후 강관 내부를 굴착, 철근 배근 및 콘크리트를 타설하여 상부 슬래브를 완성시키고 PC 판넬 및 Support재를 이용하여 지중 수직벽을 설치한 후 내부를 굴착하여 구조물을 시공하는 공법	• 토질변화에 대한 대처 능력 우수 • 곡선선형에 관계없이 시공 • 공기 단축 및 원가 절감 • 안정성 확보 • 작업용 소규모 가시설 필요 • 지반 이완이 큼
NTR 공법	• 강관 내 토압지지대를 설치하고 압입관 상하, 좌우를 절개한 다음 절개된 외측 또는 상부를 철판으로 용접하여 방수한 후, 구조물 형성을 위한 거푸집 철근을 설치하고 콘크리트를 타설하여 구조체를 축조한 다음 내부 토사를 굴착하는 공법	• 붕괴 위험성이 적음 • 방수 우수 • 타 구조물과 연결시에도 이질감이 없음 • 유지관리 보수 불필요 • 가설구조물의 영구 활용 가능
TSM 공법	• 강관을 압입한 상태에서 강관 내부에 보강품을 설치하고, 강관과 강관 사이에 슬롯홀을 형성한 후 철판으로 일체화한 다음, 형성된 Roof에 수직 지보재를 설치하면서 굴착하는 공법	• 지상 및 주변 구조물에 대한 영향 최소화 • 구조체의 방수 확보 • 강관 압입 완료후 강관 외부 그라우팅 필요

자료 : 「지하구조물 시공을 위한 비개착공법의 소개」, 쌍용건설(2012)

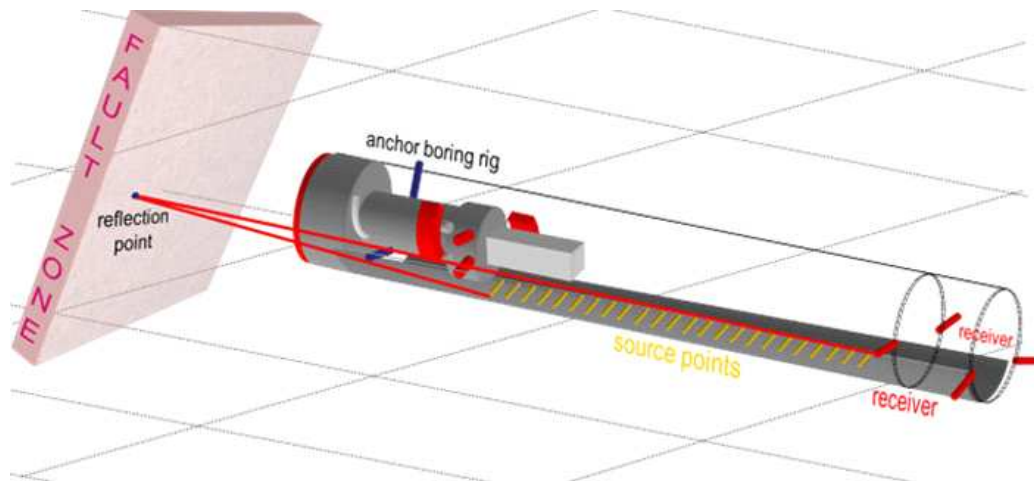
□ 도심지 지하공간에 대한 활용이 증대되면서, 기존 지하시설물을 확장하여 연결하는 수평굴착에 대한 수요가 증가

○ 기존 지하시설을 확장하거나 서로 연결하는 것은 고도의 기술이 필요한 사항으로 지상 및 인접구조물의 안전을 확보하면서 시공성 및 경제성을 추구하는 연구 필요

□ 굴착 중 전방의 지질구조, 이상대, 용수대 등의 공간적인 정보나 물성 정보를 예측하여 굴착 안전성을 확보하고 설계 효율성을 증대시키는

탐사기법 대두

- 탄성파를 이용한 VSP(Vertical Seismic Profiling)나 TSP(Tunnel Seismic Profiling) 기법 등이 있으며 비저항 센서를 활용하는 방법 등 다양하게 사용



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-50> 탄성파를 이용한 터널 전방 탐사

□ 최근 IT 기술을 활용하여 계측자료를 실시간 모니터링하는 기술이 각광

- 현장에서 측정된 다양한 계측자료들을 IT 기술을 접목하여 가시화하거나 모바일 등의 통신 수단을 활용하여 관리자에게 통보
 - 미시추 구간 및 막장 전방 특성 예측이나 설계 지반정보 및 시공 중 지반정보들을 실시간으로 다룰 수 있는 장점이 있음
 - 굴착으로 인한 인접 구조물에 대한 계측은 국내에서도 진행되고 있으나 계측기간 장기화에 따른 계측기 내구성 부족으로 데이터 활용에 문제
 - 방대한 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 기술과 계측 데이터간의 상관관계로 체계적인 공학적 판단을 수행할 기술 필요

1.2 기술개발 사례

가. 비개착 주방식 공법(Room-and-Pillar Underground Method)

- 한국건설기술연구원에서는 지하공간의 운용 중에도 확장이 가능하고 시공 부지의 암반을 구조물로 사용하는 주방식 굴착공법 개발
- 기존에 도심지에서 대규모 지하 공간 개발은 대부분 개착 공사나 발파공법에 의해 수행
 - 공사 중의 소음·진동 발생, 지하수 저감, 지반 침하 등의 문제 대두
 - 건설된 지하공간 시설들의 마감을 콘크리트 구조체로 시공하기 때문에 완공 후에 시설들의 확장이 현실적으로 불가능
- 주방식 채광법 개념에 근거하여 대도시 하부에 존재하는 암반의 지지력을 최대한 활용하면서 인공적인 콘크리트 구조물의 시공을 최소화



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-51> 비개착 주방식 굴착공법 개념도

- 공사비를 대폭 절감함(약 20%)과 동시에 사용 중에도 지속적인 공간 확장이 가능한 격자형 지하 공간 건설 공법과 관련 시공 기술 개발
- 도심지에서 새롭게 격자형 주방식 공간을 건설하는 것에 초점을 맞추어 높은 안정성을 확보
- 암반 굴착시 암반의 손상을 최소화하는 커팅헤드의 원천기술 확보
- 암반 기둥을 현장에서 쉽고 빠르고 효율적으로 보강하기 위한 휴대용 고압 그라우팅 펌프 시스템과 굴착토 및 굴착 암석의 처리가 가능한

바이오폴리머 기술 완성

나. 복합탐사해석 시스템

□ 굴착시 지반이완영역 탐사(심도10m 이상)를 위한 복합탐사해석시스템 개발

○ 굴착공사 현장 주변의 지반 함몰 예측 및 피해 저감을 위한 지하안전영향 평가를 목적으로 여러 가지 물리탐사 방법을 연구하고 이를 결합하여 복합 해석(소프트웨어)하기 위한 통합적 시스템

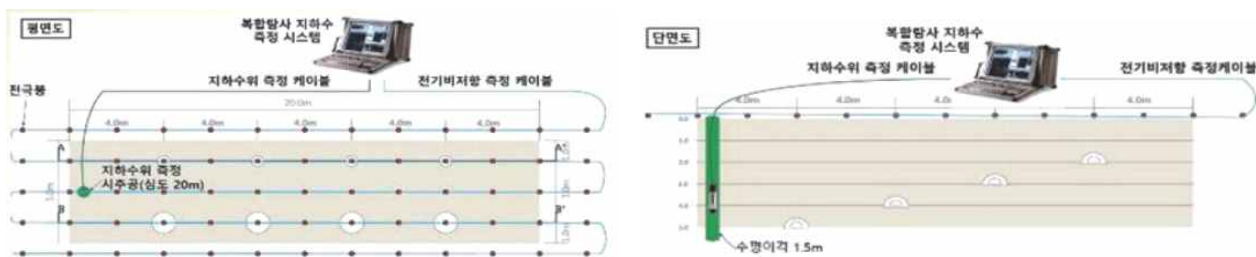


자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-52> 복합탐사해석시스템 개념

○ 지하수위 측정장비 개발

- 공내 지하수위 측정 센서와 전기비저항 측정 모듈로 구성된 지하수위 측정장비를 개발하고 현장 검증
- 고출력(900W 이상) 전류 송전으로 전기적 잡음에 강점



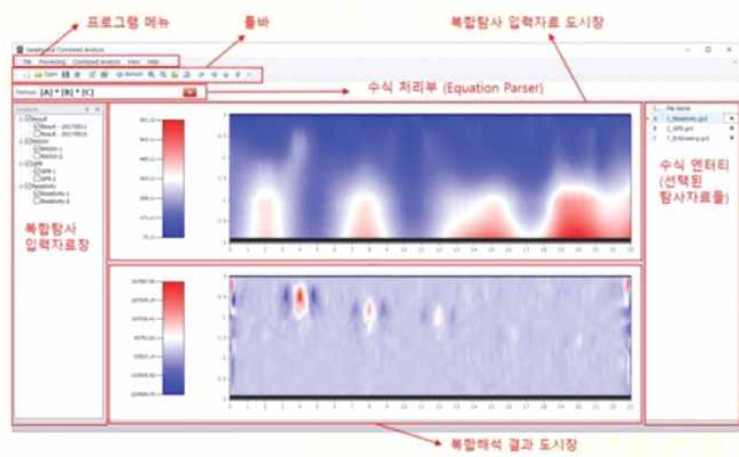
자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-53> 지하수위 측정장비 개념도

○ 복합탐사 해석 소프트웨어 개발

- GPR, 전기비저항, MASW 개별탐사 결과의 복합해석을 통한 최적의 해석단면 도출

- 천부 지하공동의 경우, 전기비저항과 GPR 결과의 복합해석을 통해 탐지능력 향상



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-54> 복합탐사 해석 소프트웨어

다. 지반 굴착시 차수성능향상을 위한 보강기술

- 도심지 굴착공사로 인한 지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 차수·보강 기술 개발



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-55> 지반 굴착시 차수성능향상을 위한 보강기술 개념도

- (차수용 박층 멤브레인 기술) 터널 등 지하 구조물의 완전 방수 또는 누수구간의 부분 방수를 위해 적용



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-56> 차수용 박층 멤브레인 기술 시공과정

○ (다중 동시주입 공법) 친환경 고화제와 다중 동시주입 펌프를 활용한 차수 보강 기술

- 지하수 노출 시 그라우트 구근 형성 곤란을 극복하기 위해 지하수가 노출된 지반조건에서도 환경 유해물질 배출이 없는 저유동성 모르타르 주입재용 무시멘트 고화제 개발
- 기존 그라우팅의 낮은 시공효율을 극복하기 위해 시공성/경제성을 향상시키기 위한 다중 동시주입 펌프 및 원격제어 모니터링 프로그램 개발

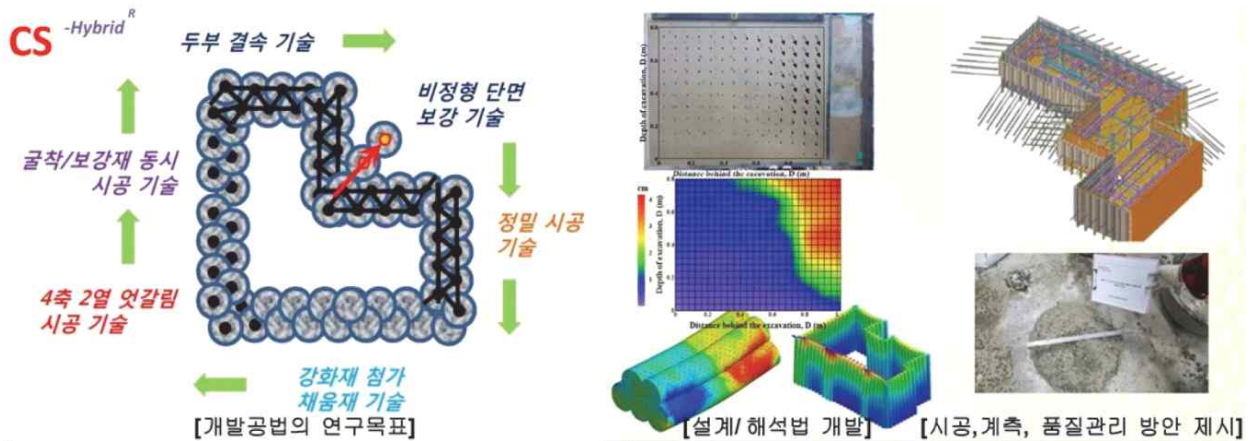
라. 대심도 및 도심지 굴착시 지반변위 최소화를 위한 굴착공법

1) 대심도 수직굴착시 지반변위 및 지반함몰 위험 최소화를 위한 CIP-SCW 복합 연직 지지벽체 조성공법

- 대심도 굴착시 시공되는 굴착 벽체 품질 개선 및 성능 극대화를 통한 지반함몰 위험도 최소화 공법 개발
- 시공법, 설계/해석법, 계측 및 공정/품질 관리방안, 위험도 관리방안 등을 제시할 수 있는 토탈 솔루션 개발

2) 비개착식 수평굴착 기술

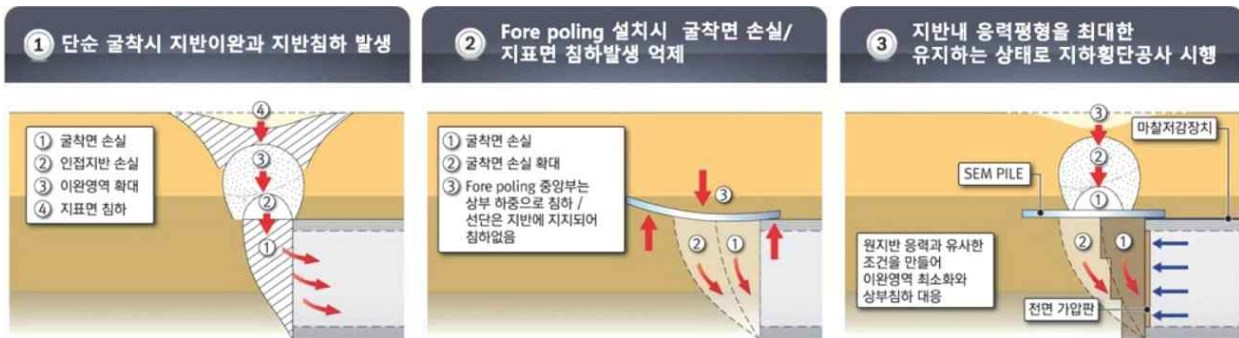
□ 차세대 지하횡단 공법(Super Equilibrium Method ; SEM) 개발



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-57> 변위제어형 CIP-SCW 복합(CS-H) 연직벽체 조성 공법 개요

- 지반내 응력균형을 유지하면서, 상부 변형을 억제할 수 있는 지하횡단공법 개발



자료 : 한국건설기술연구원

<그림2-58> 차세대 지하횡단공법 개요

2. 폐자원 에너지화

◆ 복합플랜트 내부 공정에 해당하는 폐자원 에너지화 기술 동향을 파악하기 위하여 기술 동향과 사례 분석을 실시하고 사업 기획 방향 설정에 활용

2.1 기술개발 동향

□ 지속적으로 강화되는 각종 환경규제 강화에 대응하여 환경 오염 배출 물질의 에너지화 등에 대한 기술수요 증대

○ 소형 소각시설에 대한 배출허용 기준 강화로 소형 폐기물 소각시설 시장은 축소되고, 열과 전기의 공급 및 냉난방이 동시에 가능한 중대형 분산형 열병합발전 시스템의 보급 확대

○ 폐기물 고형연료의 연소시 발생하는 환경오염물질의 배출량을 더욱 감소시키기 위해 폐기물 고형연료를 열분해 또는 가스화공정의 원료로 사용하거나 탄화시켜 사용하는 기술의 연구개발 및 적용

- 고형연료는 원료 폐기물에 함유된 이물질 또는 환경오염물질이 완전히 제거되지 않은 상태로 연소 과정에서 2차 환경오염물질이 배출될 수 있으므로 공해문제를 방지하고 수송 및 화학연료 등 다양한 형태로 원료화하는 기술개발 시도 중

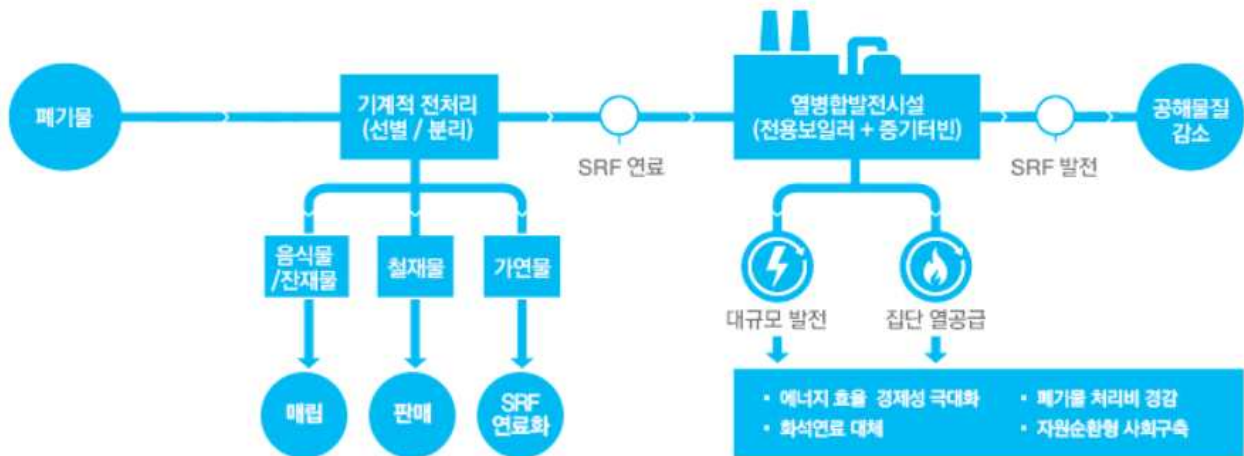
- 고형연료로부터 부식성이 낮은 청정연료를 생산하여 고온·고압 증기 생산에 의한 고효율 발전기술, 이동성이 좋고 환경오염물질 배출이 적어 도심 지역에서 사용이 가능한 액체 또는 기체 형태의 청정연료 생산 및 이용기술 개발 추진 중

□ 기존기술의 고효율 및 고성능화, 설비의 안정적 운전 및 신뢰성 확보 추진

○ 폐기물 소각열을 이용하여 30% 이상의 고효율 발전을 달성하기 위해서 내부식성이 높은 소각로 구조 및 내부식성 재질의 제품기술, 저온증기의 2차 가열에 의한 고온증기 발생기술, 증기 터빈과 가스터빈을 연계한 발전기술 등이 개발되어 보급 확산 전망

○ 생활 수준 향상으로 발열량이 증가하는 생활폐기물의 효과적 에너지 활용을 위해 화격자, 연소로, 보일러로 이루어진 고효율 소각일체형 보일러 시스템 개발

- 폐기물의 고형연료화, 소각 또는 연소과정에서 발생하는 열에너지로부터 온수, 증기 또는 전력 생산 등 전통적인 이용기술에서 가스화 또는 열분해에 의한 가스나 액체 형태의 청정연료, 화학공장의 원료물질을 회수하는 고부가가치 기술 개발



자료 : 포스코에너지 홈페이지

<그림2-59> 고형연료 생산 및 발전 프로세스

- 고형연료 제조기술은 발열량이 낮고 이물질 함량이 높은 저급 폐기물 원료 이용 및 고형연료 제조비용을 감소시켜 산업의 경제성을 높이는 기술들이 주목
- 하이브리드 기술 및 융복합에 의한 고효율, 고성능 설비 및 청정연료로의 전환 기술 개발
 - 연료전지, 태양에너지 등 이중의 신재생에너지와 연계한 하이브리드 기술로 설비의 고효율화 추진
 - 유럽에서는 유기물은 생물학적 처리에 의해 퇴비를 만들고 가연성분은 고형연료를 만드는 방식의 복합플랜트가 주류

2.2 기술개발 사례

가. 고효율 소각 및 열회수 설비

□ (미국) 세계 최대의 폐기물 에너지 생산시스템을 개발하여 경제성을 향상하는 한편 소각여열의 다양한 활용 기술 개발

- (TransHeat-Cold) 폐열 저장, 운송 컨테이너를 개발해 폐기물 처리장에서 발생하는 폐열을 트랜스 히트 컨테이너에 축열한 후 오프라인으로 수송, 선박용 프로펠러를 청소하기 위한 온수의 열원으로 이용
- (TMEIC) ORC(Organic Rankine Cycle) 기반의 WHR(Waste Heat Recovery) 시스템을 개발하여 폐열기반의 전력 생산의 효율화
- (Dresser-Rand) Echogen은 폐열을 전력으로 변환하는 작동 유체로 증기가 아닌 초임계 이산화탄소를 사용해 공정이 간소화되어 소형화 가능
- (GE Power) 열교환 과정 중 발생하는 다이옥신을 줄이는 입자 제거 기술 개발

□ (유럽) 1870년대에 소각로를 설치하고 폐열을 회수하여 증기를 생산하기 시작하였으며 매립금지 등의 정책으로 소각여열 활용 기술 개발 활발

- (Durr-독일) ORC(Organic Rankine Cycle)를 개발하여 연소엔진에서 나오는 배출가스의 열을 이용해 터빈을 돌려 전기를 생산하는 기술로 90~600℃의 고열에도 적용 가능
- (Simens-독일) 폐열회수 토탈 솔루션 SICEMENT를 제공하며 자사가 보유한 터빈을 활용해 고온의 폐열에서 전기를 생산
- (HRS-영국) 전통적인 직사각형 배기가스 열교환기 유닛인 WHRU(Waste Heat Recovery Unit Design)와 소음기, 바이패스 및 열 교환기가 결합된 소형화 원형 WHRU 개발

□ (일본) 유럽으로부터 소각기술을 도입한 후 국산화하여 세계적으로 경쟁력이 높은 기술력 보유

- 발전효율을 증가시키기 위하여 LNG 가스터빈을 함께 적용하는 소각시설 운영

- 폐열의 활용도를 높이기 위한 다양한 요소 기술들을 개발 중
- (Hitachi) : 수냉 화격자와 배출가스 순환기술을 적용하여 고온 연소와 화격자의 수명연장을 통한 에너지 회수율 증가와 경제성 향상 기술 개발
- (Sanki) 트랜스 히트 컨테이너를 개발하였으며 이는 온도 저하가 적고 열 출력이 큰 열매체 오일과 PCM의 직접 접촉식 열교환 방식하고 있으며 또한 차량을 이용한 오프라인 방식으로 폐열 공급

□ (국내) 해외 경향과 유사하게 에너지 회수율의 효율 향상을 위한 기술 중심

- 초기에는 소각 폐열의 활용에 대한 관심도가 낮았으나 점차 에너지에 대한 관심이 증가됨에 따라 단순 소각시설에서 에너지 회수시설로 변화
 - (한국전력연구원) ORC 발전시스템 개발하여 내연기관 및 산업공정에서 버려지는 폐열로 물보다 낮은 온도에서 증발하는 냉매를 가열해 전기를 생산하는 방식으로, 에너지 효율을 높이는 동시에 연료절감에 따른 온실가스 감축효과
 - (한국스파이렉스사코) 보일러 블로우다운 폐열회수 시스템을 개발하여 후레쉬 베셀 시스템(FVS)를 적용해 블로우다운수의 캐리오버를 방지하며 재증발 증기의 발생속도를 낮춰 폐열 회수 효율 향상
- 고효율 소각일체형 보일러의 개발이 정부 지원하에 진행되었으나, 산업체 및 인허가상의 문제로 개발 중단
- 클링커 생성 및 보일러 부식 등과 같은 소각시설 운영상의 문제를 해결하기 위한 기술개발 활발
 - 스토키식 소각로의 경우 국부적인 고온 소각 시 발생하는 클링커의 생성억제를 위한 기술개발 활발
 - (신한열기) 수관식 폐열보일러를 개발하여 분리막 구조로 가스 누출이 없고 방열손실을 최소화했으며 특수 비수방지판으로 완전건증기를 생산하고 특수 세정 시슬메을 도입해 설비의 효율과 수명 향상
- 국내 소각열 회수는 발전보다는 스팀과 같은 열적 에너지의 회수형태가 대부분

나. 고형연료 제조 시설

□ (미국) 배기가스 처리를 동반한 고형연료 전용 소각플랜트 개발

- MRF(Material Recycling Facilities) 혹은 RRF(Resource Recovery Facilities)와 연계되어 선별에 많은 비중을 두고 있고 Eddy Current를 이용한 정밀하고 자동화된 선별 시스템을 개발하여 자원 재활용율을 크게 높임

□ (유럽) 생물학적 처리기술을 함께 적용하는 MBT 기술은 유기성폐기물의 매립을 엄격하게 통제하고 있는 유럽을 중심으로 기술개발 진행

- 고형연료의 생산수율 확대 및 품질 향상을 위해 반탄화기술 개발 활발
- 순환유동층(CFBC) 기반의 폐기물 전용 발전기술의 개발이 진행되어 상용화 공정 증가
 - 공기와 석회를 동시에 주입시켜 연소시킴으로써 질소산화물, 황산화물 등 오염물질 배출을 크게 줄이는 친환경 발전설비

<표 2-92> 해외 순환유동층 기반 고형연료 전용 발전기술 개발 사례

업체명	기술내용
Foster wheeler	• 세계 최대 CFBC 보일러 회사로 200MWe 이상의 실적 보유
Andritz	• 보일러 이외에 연료 전처리 등 다양한 기술 보유
Envirotherm	• 중소규모 CFBC 보일러 기술 보유
Lentjes	• 중소규모 CFBC 보일러 기술 보유
Valmet(Metso)	• 중소규모 CFBC 보일러 기술 보유와 함께 고온부식 저감기술 상용화
BWE	• CFBC 보일러와 함께 Grate firing 보일러 사업도 진행
Vatenfall	• 유럽 최대의 발전사로 고온부식 저감 등 다양한 운영기술 개발

자료 : 「신재생에너지 원별 기술동향-폐기물」, 오세천 (2016)

- (EREMA-오스트리아) 플라스틱을 고온 접촉 및 수냉방식으로 소형입상 성형품을 생산하는 제품 개발

□ (일본) 기존 제철 분야의 용융로 관련 기술을 활용하여 일반 폐기물 고온 용융 가스화 방식의 폐기물 에너지화 기술 주도

- (신일본제철) 신일본제철은 동경 하수도국과 함수율이 높은 하수슬러지를 함수율 10% 이하로 건조, 3,500 kcal/kg의 고형연료로 생산하여 야하다

발전소에서 석탄과 혼소하여 발전하는 기술 개발

□ (국내) 폐기물 고형연료 제조기술은 아직 미흡하여 해외기술을 도입 후, 제조설비를 건설 및 운영하여 연구를 진행

- 국내 상용화에 성공한 최초 고형연료 생산기술은 1996년 진행되었으며, 2기 생산 공정이 추가적으로 건설되어 운영 중
- 고형연료의 생산 수율 증가와 단위 핵심장치의 국산화를 목적으로 기술개발 진행 중
- 고형연료 생산시설에서 배출되는 잔류물로부터 저비용의 에너지로 추가의 고형연료를 생산하여 최종 고형연료의 생산수율을 증가시키기 위한 기술개발 추진 중

<표 2-93> 국내 고형연료 전용 발전기술 개발 사례

업체명	기술내용
한국중부발전	• 원주시 고형연료 전용 발전시설(10MW) 개발 및 운영
한솔신텍	• 한국에너지기술연구원의 기술이전으로 고형연료 전용 CFBC 건설
한국에너지기술연구원	• 10MW급 고형연료 전용 CFBC 개발, 연소장애 극복 기술개발 중
한국동서발전	• Bio-SRF 전용 CFBC 발전소(30MW) 운영 및 요소기술 개발
한국지역난방공사	• Bio-SRF 전용 발전소 운영
한국생산기술연구원	• 고형연료 전용 연소보일러의 고온부식 저감, 고효율 연소기술 개발 중

자료 : 「폐자원 에너지화 기술동향보고서」, 한국환경산업기술원 (2013.4)

- 비성형 고형연료에 대한 900톤/일 규모의 제조설비가 부산시에 건설되어 열병합 발전시설과 함께 운영 중
- 고형연료 이용기술은 석탄화력 열병합발전소에서 고형연료를 혼소하는 기술, 무한궤도 회격자식과 외부순환 유동층식 고형연료 전용보일러가 연구되었으며, 400kg/시 급 무한궤도식 고형연료 보일러가 원주시청에서 상시 가동 중
- 외부순환유동층식 전용발전소는 정부 연구개발을 통해 1MWe급 Pilot Plant를 구축한 뒤, 10MW급 실증플랜트 기술개발을 진행 중

다. 유기성 폐자원 에너지화 시설

□ (미국) 기존 바이오가스화 공정의 비용절감을 위해 태양열 에너지와 결합한 가스화 공정의 경제성을 확인하였으며, 플랜트 규모 확장을 위한

후속연구 추진 중

- 온도별 혐기성 소화, 반응기 형태별 혐기성 소화, 바이오가스 이용기술개발에 역점을 두고 있고, 상업화된 혐기성 공정은 중온조건 혹은 상온조건에서 운전되는 전통적인 관흐름형, 수직 관흐름형, covered lagoon 및 완전혼합형(CSTR) 반응기 등 적용
- 매립 부지 확보에 어려움을 겪고 있는 EU와 일본 등에서는 도시 배출 유기성 폐기물과 각종 슬러지 등을 메탄 생산 반응기에서 소화하여 메탄을 생산하여 열 에너지원 또는 발전 연료로 사용하는 기술 개발 및 보급
- (일본) 음식물쓰레기와 하수슬러지, 가축분뇨 등의 유기성 폐자원을 이용하여 메탄가스를 발생시켜 이를 에너지원으로 활용하는 바이오매스 타운 운영
 - 1990년대 초반부터 덴마크, 독일의 농가보급형 축산분뇨 바이오가스 플랜트 적용 가능성에 관한 연구 진행

<표 2-94> 일본 바이오가스 주요 선도기업 현황

기업	기술명	대상폐기물
(주)에바라	온사이트형 메탄 발효장치	• 음식물쓰레기, 축분, 하수슬러지, 농업 취락 배수 슬러지
(주)카와사키중공업	하수처리장 습윤 바이오매스 종합처리시스템	• 축분, 생활쓰레기, 식품 폐기물, 하수슬러지
(주)히타치조선	바이오처리 시스템-뷰라시스템	• 전지가지, 음식물쓰레기
(주)오사카가스	고효율 메탄 발효 가스 발전 시스템	• 산업폐수 슬러지, 하수슬러지, 가축분뇨
(주)타쿠마	바이오가스 회수 플랜트	• 음식물쓰레기, 종이, 초목류
(주)KYOWA EXEO Co.	PAMSys 바이오가스	• 축분, 음식물쓰레기

자료 : 「폐자원 에너지화 기술동향보고서」, 한국환경산업기술원 (2013.4)

- 유기성 폐기물의 80%를 처리할 수 있는 기술개발 및 보급체계 구축 목표 수립
- 높은 수거 비용을 극복하기 위한 고효율 소규모 에너지화 공정 개발에 집중
- 낮은 경제성 보완을 위해 상대적으로 고부가가치 소재 생산 기술 병행 추진

- (유럽) 바이오가스의 고도 이용을 위하여 정제를 통한 고질 연료화 기술이 실용화 보급되어 있으며, 소형시설을 대상으로 분리막을 활용한 바이오가스 정제기술을 도입
- (국내) 바이오에너지 생산에 활용 가능한 바이오매스 자원이 거의 없어 국내 발생 유기성폐기물이 중요한 바이오에너지의 생산 원료
 - 음식물쓰레기, 축산분뇨, 하수슬러지 분야는 일부 실용화 되었고 실규모 플랜트가 건설되어 운영되고 있으나, 혐기성소화 후 부산물을 경제적으로 처리할 수 있는 시스템 개발 미진
 - 기존 기술의 문제점으로 비경제적이고 잦은 문제 발생으로 인해 효율적으로 운영되지 않고 있으며, 고농도 악취 발생문제 대두
 - 관련 기술 중 상당수는 해외 기술 도입에 의존하는 실정이므로 기존 상용화 문제를 해결하여 국내 기술력 확보를 통해 해외시장에 진출할 수 있는 폐자원 에너지화 연구개발 추진 필요

3. 플랜트 운영(Operation&Maintenance)

◆ 복합플랜트 운영 및 관리와 관련된 플랜트 O&M 기술 동향을 파악하기 위하여 기술 동향과 사례 분석을 실시하고 사업 기획 방향 설정에 활용

3.1 기술개발 동향

□ 플랜트 산업의 주요 트렌드 변화

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

<표 2-95> 플랜트산업의 주요 트렌드 변화

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

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

- (기술융합의 가속화와 고부가가치화 지속) IoT·빅데이터·AI·클라우드 등의 4차 산업혁명 지능정보기술과 융복합을 통하여 전체 생애주기 관점에서 기획·설계·프로젝트관리·플랜트 O&M 및 HSE 대응을 위한 공통 엔지니어링 기술과 이를 지원하는 산업용 플랫폼 개발 추구
- 선도국 기업들의 시장 수성을 위한 독자적인 프로세스 라이선스 확보, 이와 연계한 핵심 기자재의 선점을 위한 High Tech 융합기술에 대한 지속적인 R&D투자 및 테스트베드 플랜트를 통한 R&D 실효성 확보 필요
 - 엔지니어링 전체 생애주기 관점에서 정보의 관리와 HSE 대응을 위한 시스템과 O&M 관련 기술개발 추구
 - 자국 기업의 노하우와 기술정보, 고객 제공의 설계자료 등 중요 정보를

보호하기 위한 정보보안 관리시스템과 프로젝트 관리기술등 S/W관리기술 강화

○ (안전기술 중요성 대두) 주요 고위험 시설물의 안전사고로 인한 인명피해, 환경오염 문제의 부각에 따라 안전성 평가 및 운영 기술이 이슈화

- 일본 대지진으로 인한 에너지 플랜트 가동중단으로 플랜트 업계 전반에 다양한 측면으로 영향을 줄 것으로 보임

○ 플랜트 O&M 관점에서 안전진단, 유지보수 기술의 고도화를 위한 기술융합 가속화

- IoT 기반 플랜트 안전 모니터링 및 빅데이터 기반 플랜트 수명 예측, 유지보수 기술 등 기술융합을 통한 안전성 향상 기술 요구 증대

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

○ 에너지·자원 플랜트의 고효율화, 저비용화를 통해 에너지 소비를 최소로 하면서, 건설비 및 운영비의 절감을 통해 플랜트 경쟁력을 확보할 수 있는 기술 수요 급증

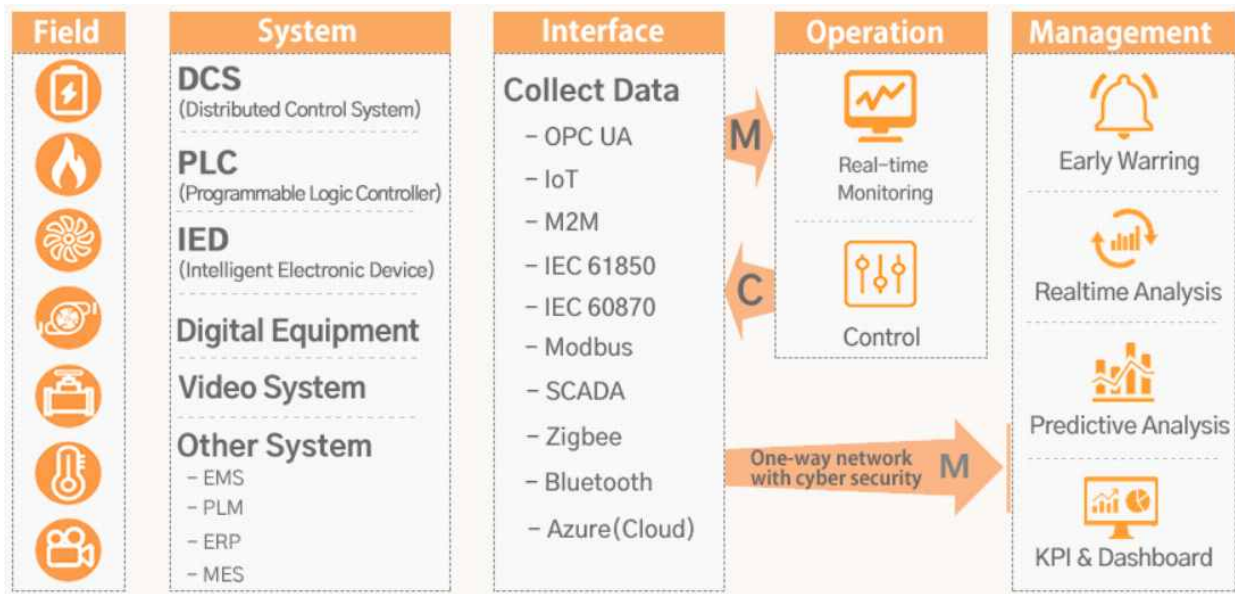
○ 기후변화 대응, 에너지·수자원의 확보를 위한 그린 플랜트기술 개발 요구 증대

- 플랜트의 친환경화, 신재생에너지자원의 확보 및 저에너지소비형 시스템에 대한 기술수요 급증

- 기존 화석연료에 비하여 온실가스 배출을 near-zero화 할 수 있는 신재생연료를 생산 또는 사용하는 플랜트 기술에 대한 요구 증가

○ 플랜트 분야의 기술개발은 기초연구 보다는 기존 기술을 응용 또는 융합하는 방향으로 진행되며, 선진국에서는 주로 산업생태계를 중심으로 기술개발 진행

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



자료 : BNF technology 홈페이지

<그림2-60> 스마트 플랜트의 기본 개념

- (디지털 트윈) 설비나 기계장비의 성능·수명 등 주요 속성을 모사한 모델로, 실제 설비나 기계장비와 실시간 연동에 의해 일체화 되어 관심 속성의 진단 및 예측을 가능하게 함으로써 최적화된 운전 및 유지보수 관리 지원
 - 스마트 플랜트 O&M 기술과 지식은 운영관리 기술역량 향상에 그치지 않고 설계와 시공 공정에도 적극적으로 순환·반영되어 각기 시행착오 예방과 최적 운영을 통해 효율향상과 비용절감 지원
 - 설계-시공-운영 전주기에 걸친 엔지니어링 통합 최적화에 기여
- 성능 및 노후화 예측형 자산 유지관리 기술, 모델 기반의 형상관리 기술, 실시간 설계정보 인식 기술에서 시작하여 디지털 트윈 기반의 스마트 O&M 기술로 고도화
- 다양한 유형의 플랜트 O&M 사례 데이터 수집 및 분석을 통하여 주요 플랜트 기자재의 수명 및 성능에 관한 빅데이터 구축과 병행
- 디지털 트윈 등 스마트 O&M 기술의 성능검증 및 활용경험 획득을 위하여 주요 플랜트 대상의 실증 프로젝트 지원
- 모든 공정 및 설비에 대한 운전 및 운영 데이터 경험지식의 디지털화
 - 전통적 O&M 방식인 공정운영환경과 단절된 설비의 단순 운영 및 유지보수로부터, 지능형 디지털 엔지니어링 기술의 적용을 통한

실시간/축적 데이터 모니터링 분석을 통한 예지 기반의 공정시스템 최적설계 및 최적 운영 등 전주기 통합 디지털 엔지니어링으로 변화

- 비용절감 및 효율증가로 이익의 극대화 실현(Operation & Maintenance → Optimization & Maximization)

<표 2-96> 플랜트 O&M 분야 기술 변화 동향

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

자료 : 「4차 산업혁명과 스마트 플랜트」, (NICE, 2018)

- 스마트 엔지니어링 서비스를 통한 고부가가치 신시장 창출

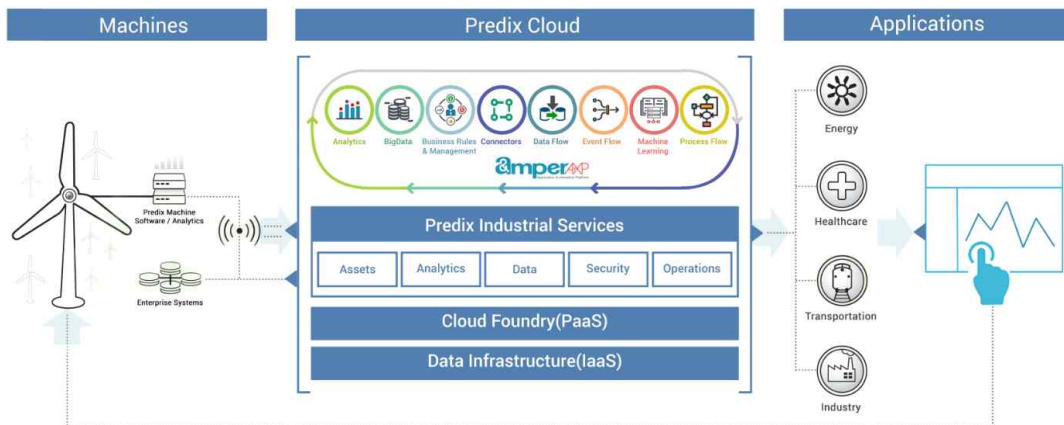
□ 플랜트 산업이 가진 보수성으로 인하여 대부분 개발 기술은 원천기술 단계

- 플랜트의 유지 및 보수를 위한 상태감시 시스템의 경우 주요 설비에 대한 상시 감시체계가 갖추어져 있으나 오작동에 의한 상태신호의 판단오류 등의 운영문제가 종종 발생
- 현 기술은 데이터의 유무선 통신 기술을 기반으로 이동형 단말기 개발 등의 IT 기술로 확장 되고 있으나 상태신호로부터 고장을 예측할 수 있는 기술보다 핵심적인 진단기술의 개발은 미흡
- 플랜트 시스템 전체의 상태 감시 및 유지보수를 위한 핵심 기술인 플랜트 기기 자체의 스마트화는 플랜트 산업이 가진 보수성으로 상용화가 어려움
- 실증 Track Record 확보를 통한 실용화 과정 필요

3.2 기술개발 사례

가. GE(미국) : Predix

- 발전기기 제작사로서 오랜 기간에 걸쳐 축적된 설계 경험과 운전 지식을 기반으로 제조업 용도의 산업 인터넷 플랫폼을 통한 고객 서비스 제공을 목적으로 개발된 디지털 트윈 기반 플랫폼 및 서비스



자료 : GE 홈페이지

<그림2-61> GE의 Predix

- 운영체제, 클라우드, 빅데이터, 분석 SW 등을 종합 지원하는 개방형 산업 인터넷 기반 플랫폼 서비스 솔루션으로, 발전 플랜트의 소재/부품/설비 /시스템을 포함한 GE의 발전 플랜트 전주기 현장 데이터 정보, 데이터 활용/분석 툴 및 서비스 제공
- (GE Digital Power Plant) Predix를 기반으로 모바일 및 VR/AR 기술을 접목한 솔루션으로 발전 플랜트의 종합적인 운영을 지원



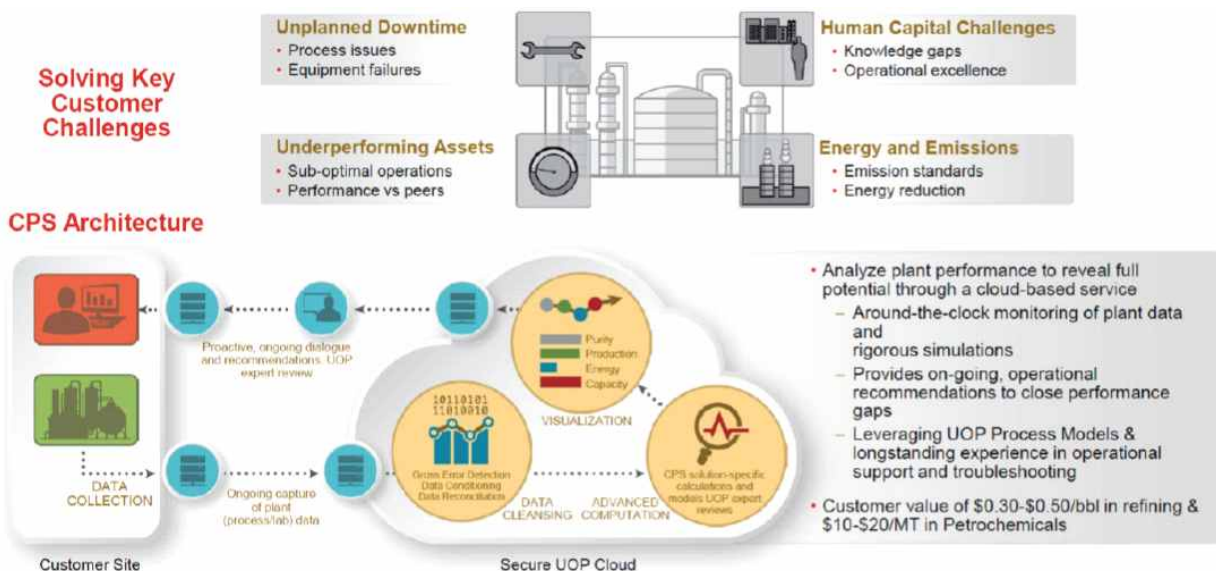
자료 : GE 홈페이지

<그림2-62> GE의 Digital Power Plant

- IoT기반 산업 인터넷 빅데이터 클라우드 플랫폼으로 플랜트 O&M 과정에서 생성된 각종 정보 취합, 처리·저장 및 분석을 지원
- GE는 Predix를 통해 라이선스 및 서비스 매출을 2016년 60억 달러에서 2020년 까지 연매출 150억 달러를 예상

나. Honeywell(미국) : Connected Performance Services(CPS)

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

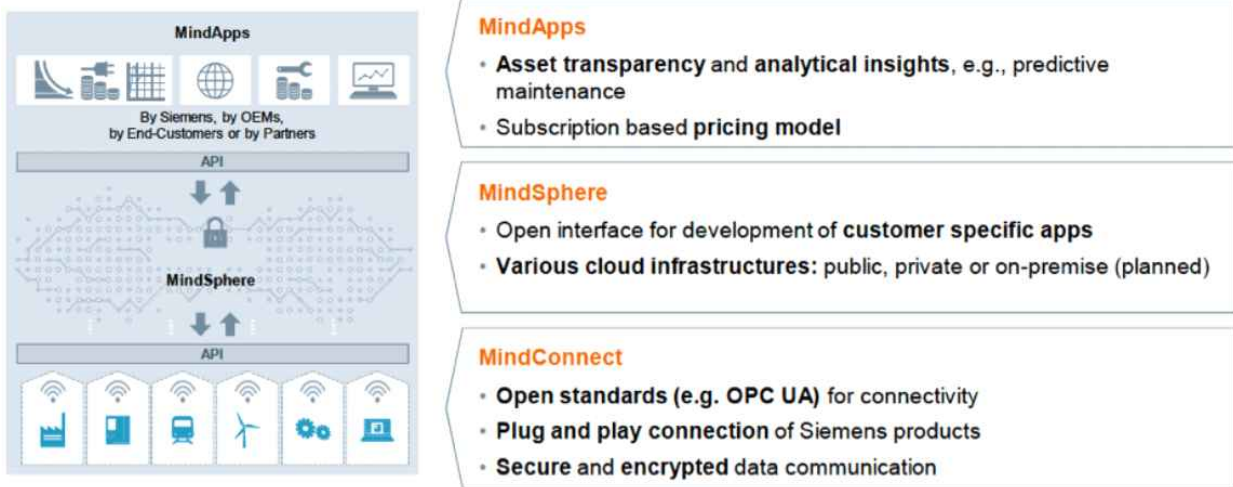


<그림2-63> Honeywell의 Connected Performance Services

다. Simens(독일) : MindSphere

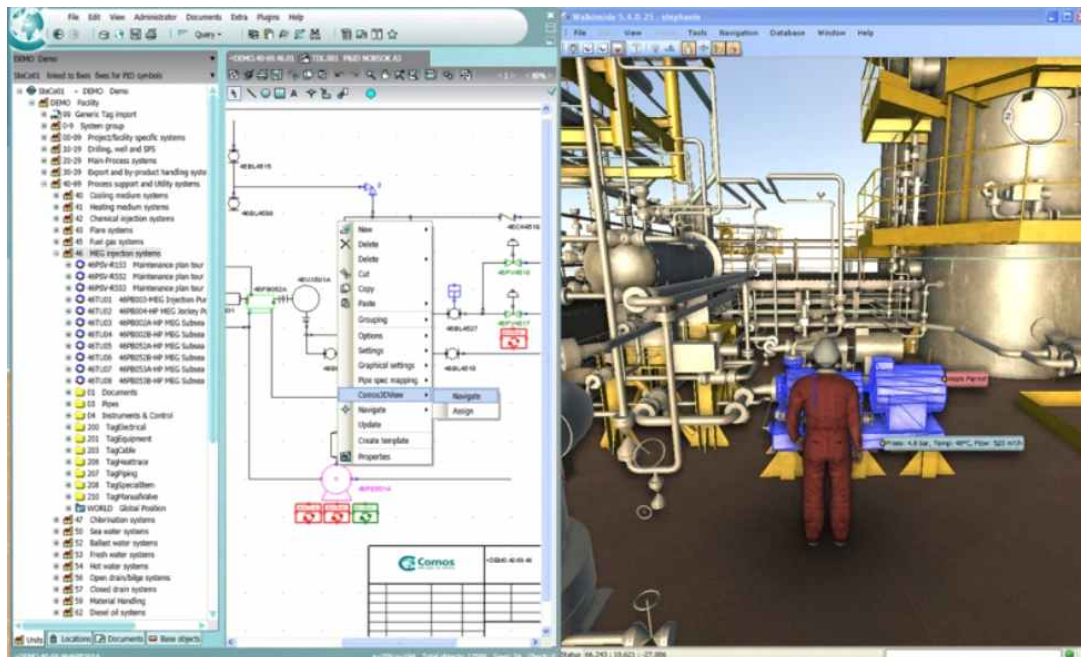
- 클라우드기반 개방형 IoT 솔루션으로 전사적 정보의 취합, 처리·저장 및 분석을 지원하는 플랫폼
- IoT를 활용하여 장치 혹은 시스템 데이터의 가시화 및 해석을 수행하며 다양한 분석 틀을 통한 최적 운전 및 자산운영 방안을 제시
- 공정 설비들을 디지털 환경에서 일체화 시킨 디지털 트윈을 생성하고, 현실에 대응되는 가상세계를 구현하는 기술과 획득된 데이터들의 처리 및 분석과 데이터 및 분석결과의 활용을 지원하는 플랫폼 제공

- 사용자 스스로 원하는 제품을 개발할 수 있도록 환경을 제공하는 개방형 인터페이스를 채택하고, 기계, 자동화 등 관련 산업과의 파트너십 혹은 직접 참여 유도



<그림 2-64> Siemens의 MindSphere

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

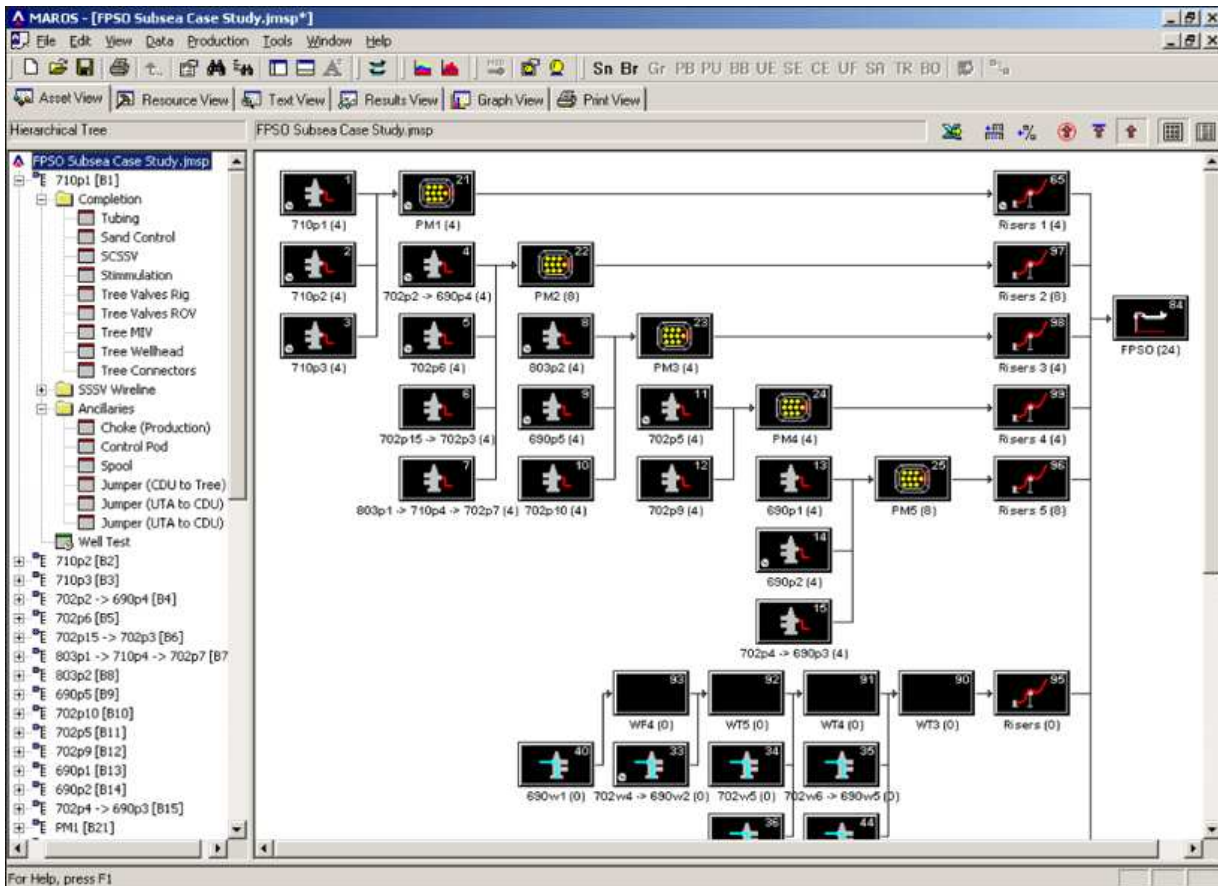


<그림 2-65> Simens의 COSMOS MRO

- (Siemens Flex-Power Service) 원격 모니터링을 통해 신재생 에너지 발전량 증가에 따른 발전소 운전 유연성 확보와 최적화 달성을 지원하는 시스템

라. DNV-GL(노르웨이) : Maros and Taro

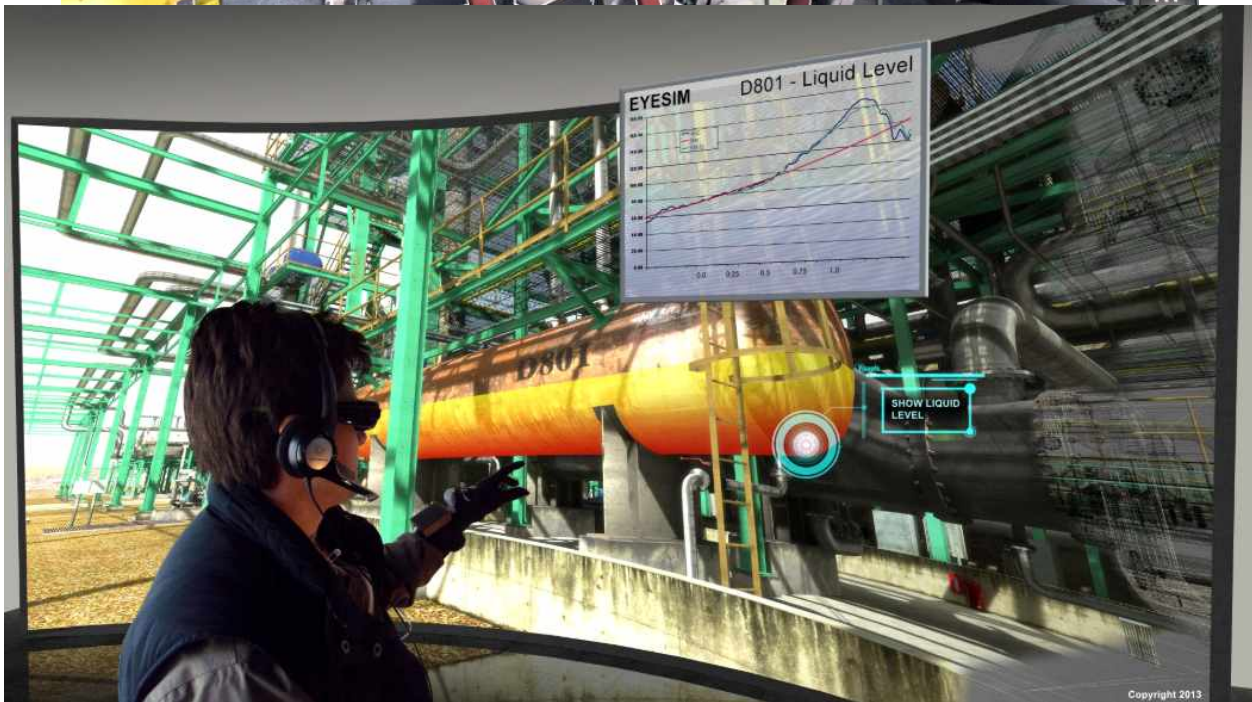
- Up-stream 석유/가스 산업에서 자산의 성능 예측을 지원하는 RAM (Reliability Availability & Maintainability) 분석 프로그램
- RAM 연구를 통해 안전하고 책임 있는 방식으로 석유 및 가스 생산을 최적화하는 의사 결정을 지원



<그림 2-66> DVN-GL의 Maros and Taro

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

- 플랜트 공정 시뮬레이션 모델과 3D 모델을 이용한 VR 기반의 모의운전 시스템
 - 실제 플랜트와 동일하게 모사된 3D 시뮬레이션 환경에서 내부의 시설점검, 안전교육, 사고발생 시 대처방법 등의 교육훈련 적용
 - 플랜트의 시운전, 정상상태 운전, 가동중지 및 비정상적인 공정상황에 대처하는 운전능력의 향상 지원



<그림2-67> Schneider-Electric의 Operator Training Simulator & Eyesim

바. SK 이노베이션 : 울산 CLX

- 공정 운전 및 안전성 등에 글로벌 경쟁력을 가지기 위해 생산 효율성을 높이고 공정 안전성 수준을 끌어올릴 수 있는 스마트 플랜트 도입
- 첨단 ICT기술 융합을 통해 인간의 오차를 줄이고, 조기 위험감지와 이상징후 발견을 통한 공정운전 안전성 제고

<표 2-97> SK이노베이션 스마트 플랜트 구축 4개 세부내용

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

자료 :SK 이노베이션 블로그

사. VR/AR/MR

□ VR·AR·MR 기술과 실시간 모니터링 기술을 적용하여 플랜트 수명주기 개선과 다운타임 저감을 위한 플랜트 설비 유지관리 의사결정과 작업자의 교육훈련용으로 활용

○ (Imperial College/영국) 영국 정부의 국가차원 지원과 ABB와의 산학협력을 통하여 이루어낸 세계 최고의 교육용 실습 프로그램으로 이산화탄소 포집 파일럿 플랜트와 공정운전 제어실로 구성하여 운영

- 화공과 필수 핵심과목으로 활용될 뿐 아니라, 방학기간 개방형 유료 프로그램으로 운영하여 미국 코넬대 등에서 해당 프로그램에 정기적으로 학생 파견

- 높이 11m, 직경 25cm 크기 2개의 흡수탑 및 재생탑으로 구성된 하루 최대 1.2톤의 CO₂ 포집공정으로 구성되고, 약 250개의 ABB 계측 장치들이 설치되어 제어실에 들어오는 파일럿 플랜트의 공정 정보들이 실시간으로 전달
- 파일럿 플랜트 바로 옆 제어실에서 학생들이 직접 플랜트를 보며 제어하고, 2개의 대형 모니터에서는 공정흐름도(PFD, P&ID)를 통해 공정 운전상태에 대한 정보의 파악이 가능하며, iPad를 통한 원거리 모니터링 및 제어 가능
- (Texas A&M 대학/미국) 미 연방정부의 인프라재건 프로그램과 텍사스 주정부의 재정지원으로 2017년 가상증강현실센터(TAMUVR)를 설립하고, 엔지니어링 관련 VR/AR/MR의 구현 및 체험을 지원하는 파일럿 시설을 구축하고 있으며, 포항공대 등 한국 연구 기관과 파트너십 모색 중
- (Schneider-Electric/프랑스) 시뮬레이션과 공정최적화 SW 전문기업 SimSci의 인수를 통해, 플랜트 공정에 최적화된 VR 시뮬레이터 EYESIM SW와 화학·정유 등의 프로세스 자동화 현장에서 축적된 노하우를 흡수함으로써 작업자들이 실제 공장과 같은 3D 시뮬레이션 환경 속에서 공장 내부의 시설점검, 안전교육, 사고 발생 시 대처법 등의 교육훈련 개발 중

4. 플랜트 방재 · 안전

◆ 복합플랜트 운영 및 관리와 관련된 플랜트 방재 · 안전 기술 동향을 파악하기 위하여 기술 동향과 사례 분석을 실시하고 사업 기획 방향 설정에 활용

4.1 기술개발 동향

□ 재난의 대형 · 복합화, 신종재난 발생 증가 등 재난환경 변화에 따라 4차 산업혁명 등 첨단기술과 접목한 기술개발 추세

<표 2-98> 주요국 재난·재해 기술동향

구분	주요내용
미국	• 앞선 ICT 인프라를 바탕으로 최신 기술을 반영한 실용적 기술개발을 통해 세계 재난안전 기술 선도 - 세계 최고의 군사용 로봇 기술을 바탕으로 재난대응 관련 장비 개발 추진 - 재난 회복력(resilience) 개념 도입 및 관련 방안 마련
일본	• 지리적 특성상, 잦은 지진을 극복하기 위한 재난·재해 R&D가 발달하였으며, 원전 사고 이후 극한 상황에서의 대응을 위한 기술개발에 관심 - 세계 최고 수준의 지진 예·관측 및 대응 시스템 구축 - 극한 재난 상황에서 사람을 대신하거나 보조할 수 있는 장비 개발 및 어떤 상황에도 연결되는 통신네트워크 등 - 정부에서 '제4차 산업혁명'이라는 용어를 적극 수용하여 첨단 AI 기술 및 빅데이터를 활용한 재난·재해 대응 기술 개발 추진
유럽	• 공동연구프로그램(FP) 등을 통한 다국적 협력을 적극 이용하고 세계적인 수준의 ICT 요소기술들을 활용하여 다양한 재난·안전 기술 연구 - Horizon 2020을 바탕으로 재난·재해로부터의 안전에 관한 다양한 프로젝트 추진 - 유럽 및 전지구적 사회안전 유지 등을 위한 위성을 개발하고 정보를 활용하는 코페르니쿠스 프로젝트 추진

자료 : 「제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획」, 쌍용건설(2012)

○ 재난안전 위험요소 예측 · 영향 평가 기술개발

- 재난 대비 모니터링 통한 예측 및 안전위험 요소별 취약성과 위험성 평가 기술개발

○ 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발

- 수집된 빅데이터를 분석하여 사회현안 및 국민 니즈 파악, 재난상황 의사결정 지원, 위험징후 등 정보활용 기술개발

○ 재난안전 융 · 복합 대응 기술개발

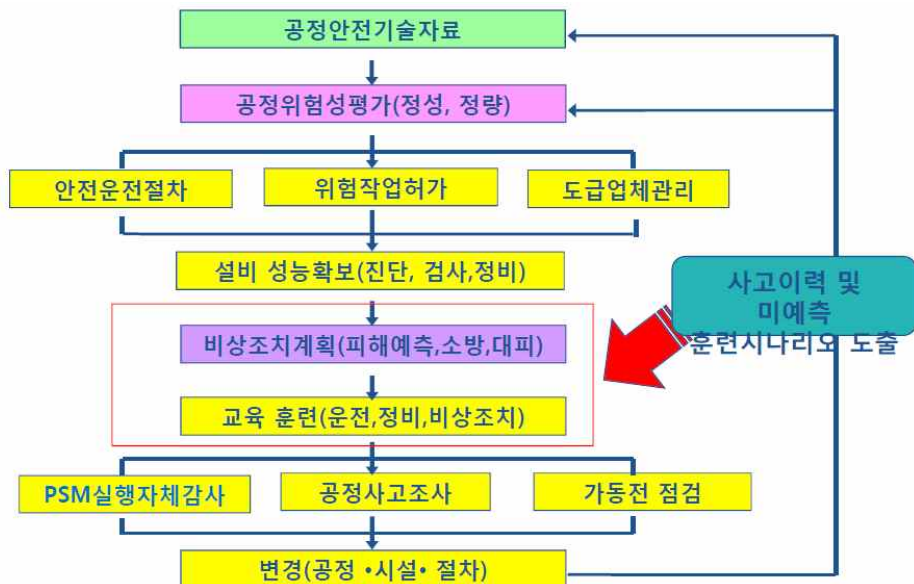
- AR, VR, CPS 등 신기술과 융 · 복합한 재난대응 기술개발

○ 로봇 및 인공지능 기반 재난안전 관리지원 기술개발

- 지진, 대형화재 등 극한재난 상황에서 로봇 및 인공지능, 인공위성, 무인항공기 등 활용한 기술 개발

□ 플랜트 운영 단계에서는 안전훈련시스템이 개발 중에 있으며, 플랜트 설계 단계에서는 이미 많은 국내외 안전 코드를 만족시키는 설계가 이루어져 왔음에도 시공 분야에서는 아직까지 블루오션 분야

○ 국내 건설공사 사고 유형 조사 및 원인 분석, 건설공사 안전관리 체계 등이 연구되었지만, ICT 기술 기반의 안전훈련시스템으로서의 형태를 갖추지는 못하고 있음



자료 : 현대오일뱅크 (2013)

<그림2-68> 화학공정 플랜트 안전 관리 체계

- 기존 기술과는 달리 플랜트 사고 발행 이후 단계의 사고 대응보다는 사고 발생 이전의 사고 예방을 위한 설비 유지보수 훈련에 초점

4.2 기술개발 사례

가. 재난 대응 시뮬레이터

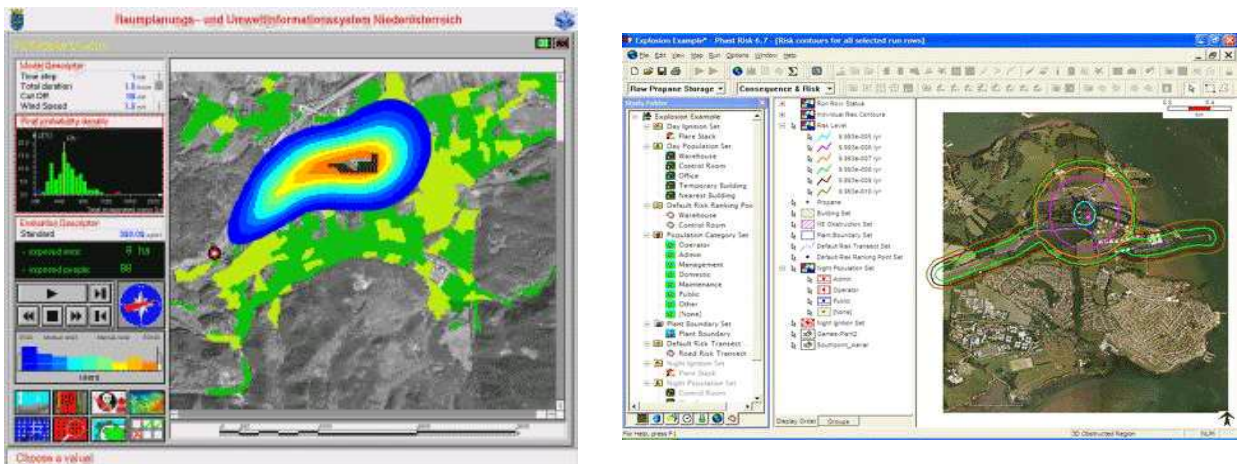
□ 플랜트 위험도 해석 프로그램을 통해 사고 이후 효과적 대응 및 대피 방안 마련

○ 정성적인 플랜트 위험도 해석 방법론의 대표 주자는 HAZID/HAZOP이며, 이와 유사하게 FMECA, What-if, Checklist 등이 있음

- HAZOP은 시스템에서 일어날 수 있는 상황을 지시어(Guideword = Deviation + Process Parameters)에 따라 설정하고, 그 원인과 결과, 거기에 따른 안전 대책이 세워져 있는지 검토

○ 정량적 플랜트 위험 분석은 위험 물질 누출, 화재, 폭발에 대한 피해 범위, 파괴력 등을 분석하는 과정이며 이미 국내 및 해외에서 이를 전문으로 분석하는 소프트웨어가 출시되어있는 상황

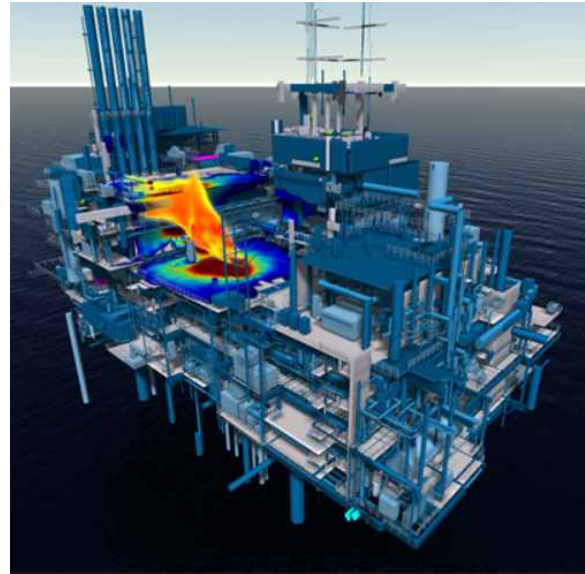
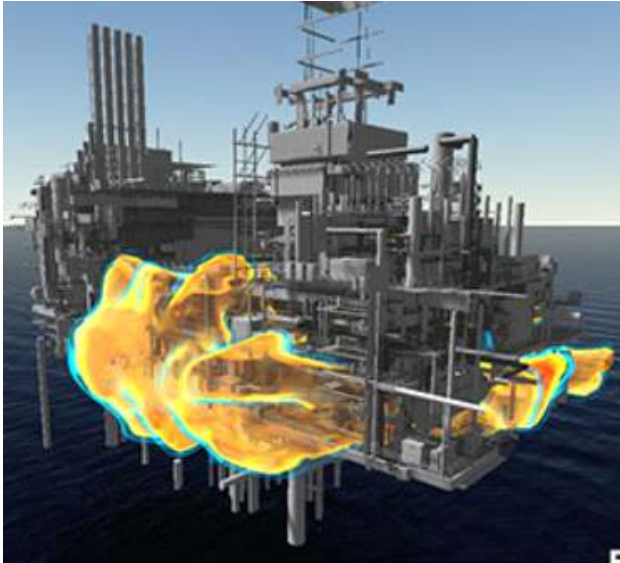
- 대표적으로 DNV사의 Phast, Safeti 등이 있으며 미국에서는 ALOHA, 국내에서는 K-CARM이라는 프로그램이 개발



<그림2-69> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고해석 시뮬레이션

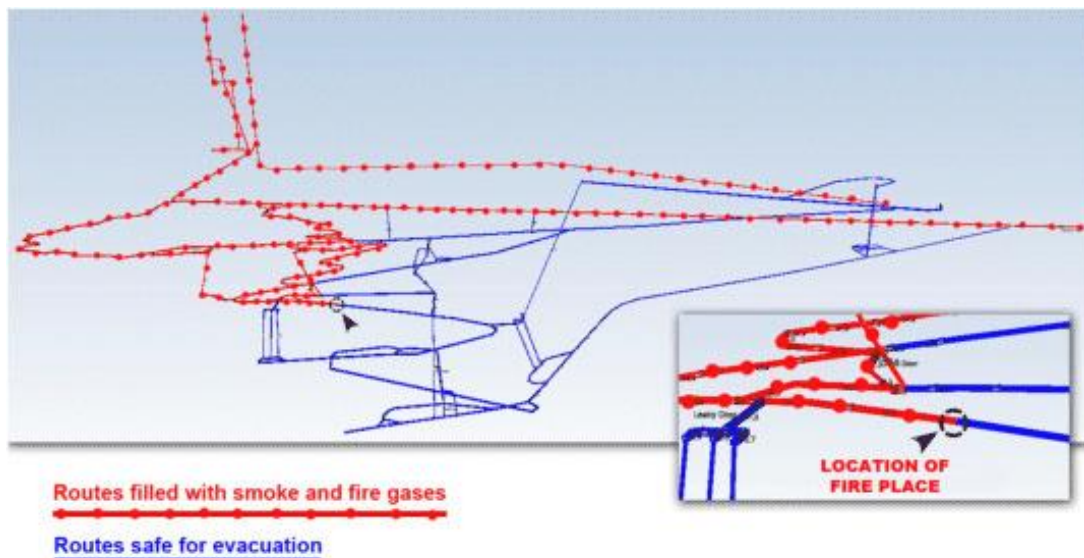
○ Gexcon의 FLACS (FLame ACceleration Simulator)는 상용 CFD 소프트웨어로서 폭발, 확산 모델링 등 산업 안전 및 위험성 평가에 사용

- 정유화학, 제조업, 식품 가공 처리, 목재 재조, 금속 가공, 원자력 발전소 등에 사용



<그림2-70> Gexcon의 FLACS

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



<그림2-71> 지하 화재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션

나. 작업자 안전훈련 시스템

- 작업자 지능형 안전교육 기술의 경우, 일반적인 공정 프로세스 시뮬레이터기반의 Operator Training Simulator (OTS)가 개발되었고, 3D 모델과 OTS를 통합하는 연구개발이 수행

- 미국 DOE NETL의 AVESTAR 프로젝트에서는 동적 시뮬레이션과 사고

시뮬레이션의 연계, 현장 운전원들을 위한 OTS의 활용, IGCC, CO2 포집 공정 시뮬레이션과 OTS 연계, 3D 가상 훈련 시스템을 개발



자료 : Politecnico de Milano (2013)

<그림2-72> AVESTAR 프로젝트 시뮬레이션 활동

- 밀라노 대학교에서는 공정 시뮬레이션과 사고 시뮬레이션의 연계, 3D 가상 현실 사용 기존 OTS와 차별화 및 공정 시뮬레이션 데이터와 사고 사례 데이터를 3D 모델에 반영하는 연계 방안 연구
- 대형 건축물 건설안전분야에서 미국 보스턴의 Millennium Tower Project 건설안전 가상현실 교육 프로그램 개발



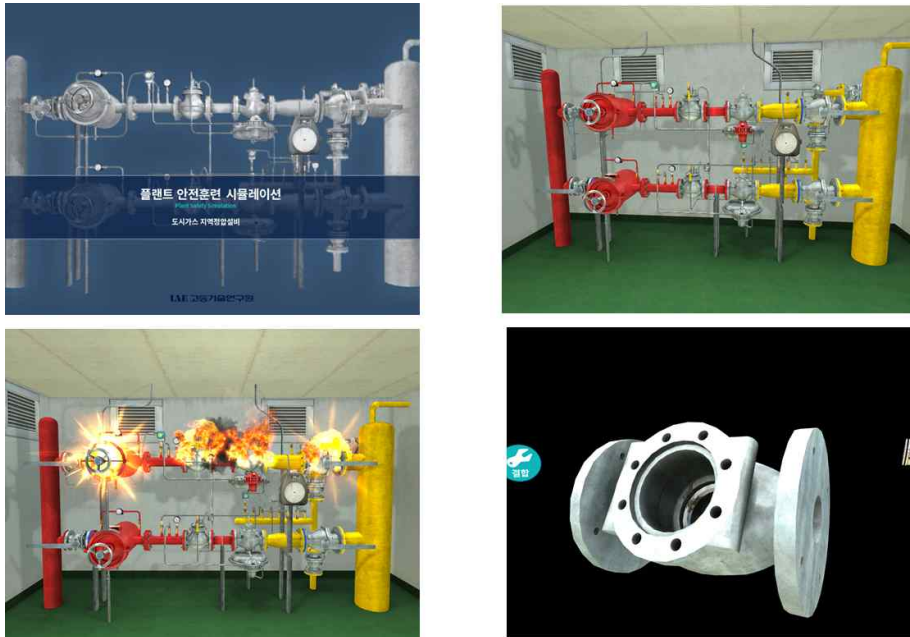
자료 : Boston Suffolk Northeast's Millennium Tower Project (2014)

<그림2-73> 건설안전 가상현실 교육 프로그램

- 작업자는 건설 사이트상에 있는 숨어있는 위험 요소 및 위치를 파악해서 지적할 수 있어야 하며, 사고가 발생했을 경우에는 작업자가 겪게 되는 참혹한 결과나 작업자가 당하는 부상 정도를 가상현실상 아바타를 통해 전달
- 작업자가 같은 부상 재발 방지를 위해 어떤 행동을 취해야 하는 지를 훈련시켜주며, 비좁은 공간을 통과하거나 사다리다리를 안전하게

설치하거나 용접 작업을 안전하게 함으로써 화재를 방지하는 등 일상적인 작업을 어떻게 보다 안전하게 수행할 수 있을 지를 가상 환경에서 교육

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



자료 : 고등기술연구원 (2017)

<그림2-74> 도시가스 지역 정압기 안전훈련 시스템

- 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, 신우이앤디에서는 플랜트 운전원의 현장 이동 촉감을 구현한 이동 보행 장치를 개발 중



자료 : 신우이앤디 (2017)

<그림2-76> 플랜트 이동 보행 장치



자료 : 광주과학기술원 (2017)

<그림2-75> 플랜트 햅틱 밸브 장치

□ 플랜트 안전훈련시스템용 인터페이스 장치 기술 개발은 국외에서 원천 기술 및 상용화 기술 개발이 상당히 진행

○ 플랜트 안전훈련시스템용 인터페이스 기술의 경우, 국내와의 기술 격차가 가장 큰 분야

- 외국에서는 대부분의 가상현실 장치 및 응용 소프트웨어 원천 기술 보유



자료 : Dexta Robotics (2017)



자료 : Noitom (2017)

<그림2-77> 가상 현실용 글러브와 움직임 감지 시스템

- 가상 현실용 손동작 인식이 가능한 Dexta Robotics사의 Dexmo, 한정된 좁은 공간 내에서 넓은 공간의 이동 촉감을 구현해줄 수 있는 Virtuix사의 Omni, 가상 현실 사용자 신체 여러 부위의 움직임을 감지하여 가상현실시스템에 데이터 입력이 가능한 Noitom사의 Perception Neuron 등이 개발됨

○ 미국의 DAQRI는 웨어러블 기술, 센서 패키지, 증강현실 (AR, Augmented Reality) 기술을 조합하여 작업 현장의 효율성과 안전성을 높여주는

스마트 헬멧 개발

- 스마트 헬멧의 사물 인터넷을 통해 빅데이터 서버에 사진, 동영상, 온도, 환경 소음, 3D 형상과 같은 많은 양의 플랜트 운전 데이터 제공
- 현장 작업 환경이 좋지 않은 대규모 플랜트에서도 헬멧으로 유지보수 정보를 수신하여 많은 업무를 처리할 수 있기 때문에 생산성 40% 향상, 공장 다운타임 50% 감소의 효과 발생
- Tata Group의 Smart Watch, Human Condition Safety사의 VR 헤드셋기반의 Safe Scan, Honeywell사의 Connected Worker, GE사의 Smart Helmet 등이 개발됨



자료 : Tata Group, Human Condition Safety, Honeywell

<그림2-78> 플랜트 작업현장에서 사용되는 각종 웨어러블 안전기기

5. 에너지 수요 관리

◆ 복합플랜트에서 생산된 열과 전기를 거래하기 위해 관련된 에너지 수요 관리 기술 동향을 파악하기 위하여 기술 동향과 사례 분석을 실시하고 사업 기획 방향 설정에 활용

5.1 기술개발 동향

□ 기존 전력시스템의 한계

- 전통적인 전력시스템의 경우, 대규모 발전에 따른 장거리 송전, 화석 에너지 기반 전력생산에 따른 비효율성으로 에너지 절감에 구조적인 어려움 존재
 - 전력저장이 어려워 생산과 소비가 동시에 이루어져야 하기 때문에 수급 안전성을 위해 항상 여분의 전력 예비율을 확보해야하는 비효율 발생
- 송배전 및 스마트그리드 관련 해외 주요국은 전통적 전력시스템의 한계를 느끼고, 새로운 전력 시스템 추진
- 새로운 전력시스템 추진에 따라, 국내에서도 계통연계형 마이크로그리드, K-MEG 등을 통하여 정부지원과제로 연구 및 실증이 진행되고 있으나, 실증단지 수준으로 구현된 상태이며 본격적인 시장은 부재

□ 공급 위주의 전력수급에서 수요관리 중심으로 전환됨에 따라 소규모로 분산되어 있는 발전자원을 중개하기 위한 예측, 제어, 연계로 분산전원 계통연계 기술, EESS 운영 및 관리 기술등의 중요성 대두

- 소규모 분산자원은 소비지 또는 인근(On-site)에 위치한 소규모 발전설비로 필요한 전기의 일부 및 전부를 직접 발전하여 소비하며 남은 전력을 판매하는 새로운 형태의 전력사업자인 프로슈머 수준에서 활용 가능한 발전 자원
- 신재생 에너지 등 분산 자원에서 발생하는 다양한 에너지를 시장 또는 개별 수요처에 판매할 수 있는 비즈니스 모델 기반의 기술 및 인프라
 - 에너지 프로슈머(E-Prosumer) : 생산(Production), 소비(Conduction)의 합성어로 에너지를 직접 생산하면서 소비를 하는 주체
 - 분산자원을 전력거래소와 같은 에너지거래 중개기관이나 혹은 도소매를 위한 분산자원 중개기관에서 거래를 할 수 있도록 지원하는 중개거래

시스템

	신에너지	재생에너지	신기술·고효율
상용화 개시 발전자원	연료전지	태양광 풍력	Micro CHP ESS
상용화 준비 발전자원		태양열 지열 수력	V2G
기술개발 또는 부각화	수소에너지 석탄가스화	해양 바이오 폐기물	

자료 : 한국수력원자력

<그림2-79> 활용 가능한 소규모 분산자원

- E-프로슈머 사업의 기반이되는 ‘스마트그리드’를 통한 전력 공급자와 수요자간의 효율적인 네트워크 사업은 여러 국가에서 많은 관심을 가지고 추진
- 글로벌 기업을 중심으로 분산 에너지망 설계, 인프라 구축, 데이터 활용, 운영기술 등의 사업 전반에 걸쳐 광범위한 연구가 진행되고 있으며 일부의 경우 ISO에 기반을 둔 상업 모델이 개시되어 Engineering 및 O&M에 대한 지속적인 기술개발 수행
- 국내의 경우 기존의 중앙 집중 에너지 공급방식은 선진국대비 최우수 등급의 인프라를 보유하고 있으나 새로운 에너지 패러다임인 E-프로슈머의 확산에 필요한 인프라는 국지적인 실증사업형태로 추진 중

5.2 기술개발 사례

가. 다양한 에너지원의 활용

- 유럽은 4세대 집단에너지 기술인 저온 공급 열 네트워크 기술이 실증단계에 있으며, 중소규모 사용자시설 대상 적용 완료

<표 2-99> 지역난방 세대별 특징

구분	1세대	2세대	3세대	4세대
시기	1880~1930	1930~1980	1980~2020	2020~2050
공급온도	스팀 (200℃)	고온수 (100℃ 이상)	고온수 (100℃ 내외)	저온수 (30~70℃)
열원구성	석탄 보일러, 중유 CHP	석탄, 중유 CHP	중대형 CHP, 소각로 바이오매스 등	소각로 CHP, 지열, 연료전지, 태양열, 바이오매스 등
도입목적	편리성, 위험 감소	연료·비용 절감	공급 안전성 확보	지속가능한 에너지 시스템

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

- 유럽의 Resilient Project는 2012년부터 2016년까지 전기와 열 네트워크를 결합한 ICT Based Framework for District Energy Management를 실증 중
- (네덜란드) 광역망 네트워크에 소각열, 산업폐열 및 미활용 에너지를 연계한 분산형 축열조를 적용, 네트워크 인근에 대규모 축열조를 건설하고 이를 매개로(Hub) 여러 사업자들간 발생하는 열수요와 공급간 거래 실증화 사업 진행 중
- (오스트리아) 신재생에너지원과의 시스템 접목성을 고려하여 중저온 열 공급(50℃) 네트워크를 중심으로 고온(90℃) 열공급 및 저온(25℃) 배관간 상호 열에너지 교환이 가능한 Cascade 열 네트워크 기술개발을 추진 중
- (독일) 상이한 온도대로 운전되는 복수의 열 공급 네트워크를 구축, 소비자 분산 전원으로부터 발생하는 다양한 온도대의 열에너지를 엑서지 손실 없이 저장, 이용 가능한 기술 개발 수행 중
- (국내) 국내 열에너지 활용의 경우 2, 3세대 네트워크를 활용한 열거래 사례는 다수 존재하나 신재생에너지를 활용한 4세대 저온 열거래는 연구단계 수준
 - 양방향 열거래 기반의 마이크로 에너지네트워크 기술개발, 분산형

가상다중발전 시스템 개발 등 ICT 기반 에너지 프로슈머 개념의 신 분산형 열 네트워크 원천 기술개발이 한국 에너지 기술 연구원에서 연구 진행 중

- 가스 에너지의 경우 제철사에서 부생가스를 자체 발전 열원으로 사용하고 있으나 프로슈머 개념으로의 확장은 이루어지지 않음

나. 분산자원 중개기술

□ 해외에서는 분산자원의 효율적인 전력시장 참여와 계통의 영향을 최소화하기 위해 분산자원을 모집하여 전력시장에 판매하는 중개사업자 도입

○ (호주) 소규모 분산자원의 전력시장 진입장벽을 해소하여 능동적 참여를 유도하고 전력시장에서 분산자원의 효과적 활용을 위해 중개사업자 제도 도입

- 새로운 유형의 시장참여자로 소규모 발전 중개사업자(SGA)를 신설하고 소형발전기(30MW미만)를 모집하여 집합된 자원을 전력시장에 판매
- 소규모 발전 사업자는 기존 복잡한 발전기 등록절차 및 높은 등록비용 발생 없이 소규모 발전 중개사업자를 통해 전력시장에 참여 가능
- 기존발전기는 발전력을 시장에 판매하고, 시장운영자로부터 현물가격(spot price)로 정산 받으며 시장고객은 시장을 통해 전기를 구입하여 시장 운영자에게 현물 가격(spot price) 지불, 중개사업자는 모집된 소형발전기의 발전력 포트폴리오를 시장에 판매 하고, 시장가격(pool price)로 정산 받음

○ (미국) 에너지저장장치 및 집합된 분산자원의 전력시장 참여를 촉진하기 위해 분산자원공급자(DERP)와 스케줄관리자(SC) 제도 도입 진행

- (분산자원공급자) 분산자원을 모집하여 모집된 자원의 전력시장 거래를 실시하고, 개별 자원의 용량, 운영특성 등을 전력시장 운영자와 공유
- (스케줄관리자) 분산자원을 제어하여 실제 시장에 참여할 수 있도록, 전력 시장에 대한 입찰을 실시하고 계량데이터를 검증관리
- 소규모 분산자원의 시장참여를 촉진해 남은 전력의 조직적 판매와 소규모 자원의 수익성을 향상시키는 한편, 신재생에너지 등 분산자원의

확산 유도

○ (독일) 신재생에너지에 대한 발전차액지원제도(FIT)로 전기 소비자의 부담이 급격하게 증가하자, 신재생에너지 발전사업자가 스스로 도매시장에 전력을 판매하도록 의무화하여 소규모 자원의 전면적 시장참여 유도

- 중개사업자가 소규모 자원을 대신해 도매시장 참여에 필요한 행정절차를 대신하면서 거래비용 절감
- 소규모 분산자원 모집 및 중개시장 형성 촉진을 위해 중개사업자에게 인센티브 제공

○ 글로벌 IT 기업을 중심으로 신재생에너지 및 에너지시장 분야로 영역을 확장하며 E-프로슈머 투자 동반 성장 예상

□ 국내의 경우 E-프로슈머 산업에 대해 대기업 및 에너지 공기업을 중심으로 파일럿 프로젝트 추진 중

○ (LG) 에너지 자립섬을 중심으로 다방면의 소규모 분산자원 관련 사업 추진



<그림2-80> 울릉도 친환경에너지 자립섬 조성사업

- 울릉도 친환경 에너지자립섬 조성사업은 기존 디젤발전 중심의 전력공급체계를 ICT(ESS, EMS)가 융합된 신재생발전원(태양광, 풍력, 소수력, 지열 및 연료전지)으로 대체하는 사업
- 태양전지 모듈, ESS, 시스템에어컨, 창호·단열재, 전기차 충전 인프라와 에너지관리시스템까지 포괄하는 ‘토탈 에너지 솔루션’을 구축

- (한국전력공사) 정부 주도로 진행되는 ‘전력분야 10대 프로젝트’에 2조 9000억 원을 투입하여 전력신산업펀드 조성을 비롯해 전기차 충전 인프라 설치, 원격검침인프라(AMI) 등에 투자
- (SK) 사물인터넷(IoT) 기반의 에너지 효율화 사업을 진행
- 국내 E-프로슈머 시장은 초기단계이나 전력거래 시장제도를 신설하고 대상별 맞춤형 사업을 발굴하여 '30년 총발전량의 12.8%까지 확대할 계획
 - (마이크로그리드) 시범사업 수준에 있으며 '30년까지 분산형 전원을 활용하여 확산 계획
 - (친환경에너지타운) 바이오 가스(홍천), 대규모 태양광(광주) 등 주민 참여형 시범사업을 개발하는 등 현재 13개소가 지정되어 있으며 '30년까지 총 100개소 확산 예정
 - (프로슈머 실증사업) 산업부·한전은 수원 솔대마을과 홍천 친환경 에너지 타운에 소규모 태양광으로 생산한 전기를 이웃에 판매할 수 있는 실증사업 시작

6. 요약 및 시사점

◆ 본 사업은 관련 기술분야의 개발이 빠르게 추진되고 있고, 각 분야별 트렌드와도 밀접하게 연관되어 기술개발의 필요성이 충분하다고 판단됨

□ (지하공간 활용) 각종 도시문제를 해결하기 위해 지상과 지하공간의 입체적인 활용의 필요성 증가

- 지하공간의 개발방식은 개별건물 개발에서 블록단위 개발, 네트워크 개발 방식으로 점차 변화
 - 지상과 지하의 입체적인 활용을 높임으로써 도시의 효율적인 고밀도 개발과 향상된 지상 환경을 가져올 수 있음
- 도심지 지반 굴착기술은 개착식에서 비개착식으로 변화
 - (개착식 지반굴착기술) 주변 지반의 변위를 발생시켜 변화를 유발하여, 인접구조물의 안전에 직·간접적으로 영향
 - (비개착식 지반굴착기술) 굴착전 지반 이완 등의 주변 변형을 억제할 수 있는 임시 지보를 설치한 후 안전하게 굴착하여 구조물을 시공하여 민원 해결과 지장물 이설비용을 최소화

□ (폐자원 에너지화) 지속적으로 강화되는 각종 환경규제 강화에 대응하여 환경 오염 배출 물질의 에너지화 등에 대한 기술수요 증대

- 기존기술의 고효율 및 고성능화, 설비의 안정적 운전 및 신뢰성 확보 추진
 - 단순 소각시설에서 에너지 회수시설로 변화함에 따라 소각여열의 다양한 활용기술 개발
 - 경제성을 높이고 잔여물을 감소시키는 고형연료 제조 기술 개발 중
- 하이브리드 기술 및 융복합에 의한 고효율, 고성능 설비 및 청정연료로의 전환 기술 개발
 - 유기성폐기물의 통합처리, 경제성을 높이기위한 고부가가치화 기술 개발 진행 중

□ (플랜트 운영) 모든 공정 및 설비에 대한 운전 및 운영 데이터 경험지식의 디지털화

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

□ (플랜트 방재·안전) 재난의 대형·복합화, 신종재난 발생 증가 등 재난환경 변화에 따라 4차 산업혁명 등 첨단기술과 접목한 기술개발 추세

- 플랜트 운영 단계에서는 안전훈련시스템이 개발 중에 있으며, 플랜트 설계 단계에서는 이미 많은 국내외 안전 코드를 만족시키는 설계가 이루어져 왔음에도 시공 분야에서는 아직까지 블루오션 분야
 - 플랜트 위험도 해석 프로그램을 통해 사고 이후 효과적 대응 및 대피 방안 마련
 - VR/AR 등을 활용한 작업자 안전 교육훈련 시스템의 구축으로 안전사고의 선제적 예방

□ (에너지 수요 관리) 공급 위주의 전력수급에서 수요관리 중심으로 전환됨에 따라 소규모로 분산되어 있는 발전자원을 중개하기 위한 예측, 제어, 연계로 분산전원 계통연계 기술, EESS 운영 및 관리 기술등의 중요성 대두

- E-프로슈머 사업의 기반이되는 ‘스마트그리드’를 통한 전력 공급자와 수요자간의 효율적인 네트워크 사업은 여러 국가에서 많은 관심을 가지고 추진
 - 글로벌 기업을 중심으로 분산 에너지망 설계, 인프라 구축, 데이터 활용, 운영기술 등의 사업 전반에 걸쳐 광범위한 연구가 진행되고 있으며 일부의 경우 ISO에 기반을 둔 상업 모델이 개시되어 Engineering 및 O&M에 대한 지속적인 기술개발 수행

- 국내의 경우 기존의 중앙 집중 에너지 공급방식은 선진국대비 최우수 등급의 인프라를 보유하고 있으나 새로운 에너지 패러다임인 E-프로슈머의 확산에 필요한 인프라는 국지적인 실증사업형태로 추진

제5절 국내 R&D 역량 분석

1. R&D 투자 현황

1.1 플랜트분야 국가 R&D 투자 동향

- 정부는 플랜트산업을 새로운 수출동력산업으로 육성하고 플랜트 수주 및 연관 전후방산업 활성화를 위해 중장기 플랜트 지원계획을 수립하고 기술개발을 위한 R&D사업을 추진 중
- 정부 지원 플랜트연구개발과 관련된 R&D과제수준 검색(2011~2018년)을 수행해보면 그 규모 자체는 2011년 500억 원 규모였으나 2014년에는 330억 원 수준으로 감소한 이후에 증가 추세에 있는 것으로 파악
 - 플랜트R&D와 관련한 사업 및 과제를 검색하기 위해 기술분야별 키워드를 도출하여, 최근 2011년부터 2018년까지의 기간을 기준으로 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해 사업을 검색
 - 플랜트분야 R&D 지원부처로는 국토교통부와 산업통상자원부가 주된 역할 담당

<표 2-100> 플랜트 관련 연구사업 정부연구비 현황('11~'18)

(단위 : 억 원)

연도	국토교통부		산업통상자원부	
	예산	증감율(%)	예산	증감율(%)
2018	382.10	1.2%	214.70	5.6%
2017	377.56	36.9%	203.26	68.8%
2016	275.86	0.3%	120.43	-5.7%
2015	275.06	22.8%	127.69	13.8%
2014	224.00	-10.4%	112.23	21.0%
2013	250.13	-31.9%	92.74	-7.3%
2012	367.11	-13.4%	100.00	11.1%
2011	423.94		90.00	
합계	2151.82		971.05	

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

- 연구참여 주체로서는 대기업 이외에 출연연, 대학교, 중견·중소기업 등 다양한 주체가 참여

- 국토교통부와 산업통상자원부 모두 대기업의 비율이 높지만 연도별로 감소하고 있으며 산업부의 경우 중소기업과 대학의 활발한 참여가 이루어지고 있음

<표 2-101> 국토교통부 플랜트 과제 연구수행주체별 정부연구비 비중('12~'16)

(단위 : %)

연도	출연연	대학	대기업	중소기업	기타
2016	21.9	25.2	19.7	26.0	7.2
2015	20.6	26.9	26.2	18.7	7.6
2014	21.6	22.2	35.4	10.0	10.8
2013	24.2	9.6	51.2	8.3	6.8
2012	13.9	9.1	67.2	8.6	1.2

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

<표 2-102> 산업통상자원부 플랜트 과제 연구수행주체별 정부연구비 비중('12~'16)

(단위 : %)

연도	출연연	대학	대기업	중소기업	기타
2016	17.1	18.6	0.0	58.7	5.6
2015	16.1	16.1	36.3	24.3	7.3
2014	22.4	7.1	44.4	18.7	7.4
2013	25.0	0.0	60.7	5.4	8.9
2012	24.6	0.0	50.0	17.4	8.0

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

- 연구개발단계 기준으로는 시스템 엔지니어링 성격을 지니는 플랜트 분야의 특성상 개발 연구의 비율이 전체의 70% 이상
- 단, 국토교통부의 경우 개발 연구의 비율이 증가하고 있는 반면 산업통상자원부의 경우에는 개발연구의 비율이 감소중
- 부처의 전략적인 투자정책에 있어서 국토교통부는 시스템 및 실증기술 개발에, 산업통상자원부는 부품소재나 단위공정기술 개발에 비중을 두고 있는 것으로 해석됨

<표 2-103> 플랜트 관련 연구사업에서 개발단계 과제 비율('12~'16)

(단위 : %)

연도	국토부	산업부
2016	58.3	63.1
2015	61.8	75.2
2014	73.1	75.4
2013	87.2	77.2
2012	8.3	79.8

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

□ 국토교통부는 LNG 플랜트 등 다양한 플랜트분야의 사업을 진행하고 있으며 산업통상자원부에서는 최근 친환경에너지 플랜트 부분을 중심으로 사업 추진

<표 2-104> 플랜트 관련 국가 R&D 사업

관련 부처	관련 사업명	담당 플랜트 기술 분야
국토교통부	플랜트 연구사업	• 천연가스 액화 플랜트, 해수담수화(역삼투) 플랜트 핵심공정의 기본설계, 실증 플랜트 건설 및 기자재 개발 • 자원 이송 및 순환 기술, 플랜트 건설 지원 인프라 기술, 플랜트 O&M 서비스 기술 등 개발 및 파일럿 실증
산업통상자원부	Eco-Energy 플랜트 경쟁력 확보사업	• 미래유망 친환경 고효율 에너지 플랜트 원천기술, 기자재 개발 및 인증기반 구축 • 이산화탄소액화 플랜트, GTH 플랜트, 수소액화 플랜트 개발
	신재생에너지 기술개발사업	• 석탄가스화복합발전(IGCC) 플랜트 가스화 공정 종합설계 및 테스트베드 구축
	에너지자원기술 개발지원사업	• NGH 저장·운송 및 이용기술, BTL 합성원유생산·이용기술, 목질계 바이오매스 연료화 기술 개발
환경부	차세대핵심환경 기술개발사업	• PET 재생플랜트 등의 폐기물 활용 소규모 실증 플랜트 개발

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

※2017년 물관리 일원화 정책으로 해수담수화 사업 환경부로 이관

○ 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 함

- 해외 담수화 시장 점유율 증대를 위한 차세대 담수화 기술 중점 투자 및 중동지역 맞춤형 담수화 응용 플랜트 기술개발 지원
- 비전통에너지 수요 대응 모듈화 및 수력 플랜트, 극한지 자원 개발을 위한 건설기술 등 복합플랜트 시공 및 엔지니어링 기술 지원
- 플랜트 건설 생애주기 업무 최적화를 위한 협업지원기술과 햅틱 및 가상현실기법을 적용한 안전훈련 시스템 기술개발 지원
- 저비용 고효율 담수·에너지 공급을 위한 막중발법(MD) 공정 및 수자원 취약지역을 위한 해상 이동형 담수플랜트 기술 개발 지원

<표 2-105> 국토교통부 플랜트 연구사업 투자실적 및 계획

(단위 : 억 원)

구분	'07~'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19~
플랜트 연구사업(합)	2,051	224	275	276	378	382	1,063
담수화 기술	978	84	132	169	211	164	131
가스·비전통 자원화 기술	1,034	74	65	35	71	117	572
자원 이송 및 순환 기술	33	46	38	39	55	35	48
플랜트건설 지원 인프라기술	5	20	40	33	41	51	47
플랜트 O&M 서비스	-	-	-	-	-	15	266

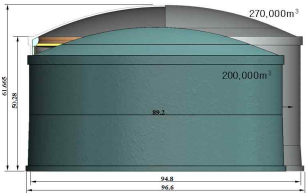
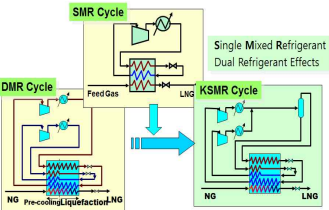
자료 : 국토교통과학기술진흥원(www.kaia.re.kr)

- 산업통상자원부의 ‘플랜트 엔지니어링 원천기술 개발사업’은 2011년부터 Eco-Ener 플랜트 경쟁력 확보사업(2009)과 엔지니어링 기술 진흥사업(2010)을 통합하여 추진
 - 플랜트 및 엔지니어링 분야의 핵심·원천기술 및 기자재 개발을 통한 기술 경쟁력 강화 및 주력산업의 국제 경쟁력 기반 확보를 목적으로 추진
- 산업통상자원부의 ‘미래산업 선도기술 개발사업’은 미래 우리나라의 성장동력으로 새로운 산업을 창출하고, 산업적 파급효과가 큰 핵심기술을 개발하고자 2012년부터 추진된 총 사업비 7,300억원 규모로, 해양플랜트분야에 집중하고 있는 대형 신규사업
 - 주요내용은 지능형 심해 Oil & Gas 플랜트 엔지니어링, 해저 생산·처리 시스템, 친환경 부유식 해상설비(Topside) 시스템, 심해 Oil & Gas 플랜트 설치기술 등

<표 2-106> 플랜트 연구사업 주요성과

주요성과	
	• 해수담수화 삼투 분리막 105만 달러 수출 계약('11) - 고열제거율을 가진 8, 16인치 역삼투 분리막 미국, 이란, 태국, 필리핀 등 수출

<표 2-106> 플랜트 연구사업 주요성과

주요성과	
	• 역삼투압 방식 해수담수화플랜트 해외 수주 - 칠레 220,000톤/일급(일 55만명 규모, 1,030억 원) 수주('13) - 쿠웨이트 270,000톤/일급(일 90만명 규모, 4,600억 원) 수주('16) - 이란 200,000톤/일급(일 67만명 규모, 2,200억 원) 수주('16)
	• 국내 최초 상용공정(C3MR)을 적용한 LNG플랜트 테스트베드 Train-1 시운전 완료('14) - 생산량 100톤/일(100TPD)
	• 세계최초, 세계최대 용량의 27만^{m³}급 9% 니켈형 LNG 저장탱크 설계기술 개발('12) - 싱가포르 SLNG LNG 저장탱크 설계 600만 불 수주('14) - 삼척생산기지 #10-12 저장탱크 준공('17)
	• 부산 기장에 세계 최고수준의 역삼투방식 해수담수화 플랜트 시설 구축('14) - 시설용량 45,460톤/일급 (일 15만명 규모)
	• 200^{m³}/일 규모의 MD 실증파일럿 구축 및 0.1^{m³}/일 규모의 MD 공정 인정서 획득('17) - MD(Membrane Distillation) : 농축수 증발 담수화
	• 고효율 천연가스 신액화공정(KSMR) 최적화 기술 개발('14) 및 상용화 - KSMR : Korea Single Mixed Refrigerant - 미국 재응축기 스킴드 15억 원 수주 및 납품('15)
	• 부산에 240^{m³}/일 규모의 SWRO-PRO 실증 파일럿 시운전('17) - SWRO-PRO(Sea Water Reverse Osmosis-Pressure-Retarded Osmosis) : 역삼투압 해수담수화-압력지연삼투

1.2 2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준

가. 에너지·자원

□ 투자비중('16년)은 8.5%로 감소 추세이나, 신재생에너지, 원자력안전 등 핵심기술 분야에 대한 투자는 활발

○ (주요사업) 재생에너지 기술역량 및 보급 활성화

- 재생에너지 확대 정책 목표 달성을 위한 신재생에너지 발전 및 전력 수요관리 R&D 사업의 지속 추진

* 신재생에너지 기술개발, 스마트그리드 기술개발, 에너지수요관리 기술개발, 기후변화대응 기술개발 등

○ (신재생에너지) 고효율화 기술 확보에 따른 신재생에너지 단가절감 및 실증·융합연구 가속화

- 신재생에너지 적용 대상 다양화를 위한 실증연구 및 분산발전시스템 확대를 위한 에너지저장시스템과의 융합연구 확대 추진 전망

○ (전력) ICT 기업들의 전력분야 진출로 인해 전력산업의 융복합화 및 다양한 스마트그리드 활용 비즈니스 모델 창출

- 기존 전력망과 ICT 기술을 융합한 통합솔루션 및 핵심기술 개발이 지속되고, 스마트그리드 플랫폼을 활용한 비즈니스 모델 창출
- 소규모 마이크로그리드 실증에서 다중 마이크로그리드 기반 스마트시티 플랫폼 실증으로 확대 전망

나. 기계·제조

□ 정부투자('16)는 전년과 비슷한 수준이며, 공정장비·산업기기(17.1%), 조선해양·플랜트(9.9%) 등의 분야 투자 증가

○ (주요사업) 제조-서비스 융합을 통한 新비즈니스를 창출하고 부가가치 제고를 통해 미래 성장동력으로 육성

- 스마트화·융복합화·서비스화 분야 및 미래시장 선점을 위한 신산업 분야 핵심 원천기술 확보 지원
- 고부가가치 신시장 선점을 위한 스마트 생산시스템, 설계·생산 기술 개발 및 핵심 기자재 국산화 지원

- (플랜트) ICT 기반 플랜트 생산성 향상 기술, 엔지니어링·운영 서비스 등 ICT와 접목된 고부가가치 시장 확대 전망
 - 국제 환경·안전 규제 대응 기술에 지속적으로 지원하고 ICT 융합 기술개발 투자를 강화하여 글로벌 경쟁력 제고
 - 플랜트 성능, 안전, 표준화 등에 기반한 융복합 설계 및 생산운영을 통합하는 전주기 엔지니어링 플랫폼 기술개발 지원
 - (공정장비·산업기기) 기술융합의 가속화로 차세대 기계산업(생산 플랫폼, 건설기계 등)과 융합형 시스템 등을 통해 고부가가치화 진행
 - 선진국은 신융합 핵심기술 선정, 현장의 빅데이터와 연계한 신시장 창출형 혁신성장 제품화 전략을 통한 신산업 창출 선도
- * GE : 제조산업 중심에서 디지털 데이터 및 분석 중심으로 전환 중으로 매출의 46%가 서비스 부문에서 창출¹³⁾
- ICT 융합을 통한 신시장 경쟁력 확보, 지속적인 국산화율 제고 및 친환경화를 통한 규제 대응 분야 지속 지원

13) GE Annual Report (2016)

1.3 요약 및 시사점

- (그간 투자에 대한 평가) 핵심기술역량에 대한 장기적 R&D 투자전략이 미흡하였고, 수요-공급 연계 미흡, 공급자 중심 R&D 기획으로 기술이전 및 사업화 등 R&D 성과 선순환 부족
- (민간기술 성숙분야 역할 차별화 부족) 민간역량이 높은 분야에 대해서는 민간R&D는 제품 개발에, 정부R&D는 핵심기술역량 확보에 집중해야 하나 차별화된 기술자립화 전략 미흡
 - 플랜트 등 핵심기술 역량이 취약한 상태에서 정부R&D 투자는 응용 및 개발 연구에 치중
- 기계·제조 분야의 R&D 지원이 중소 중견기업, 연구소 및 대학 중심으로 이루어지고 있으나, 성과와 수요간 연계 부족
- 기존 주력시장(중동, 동남아 등)을 타겟으로 하는 해수담수화 및 LNG플랜트에 집중투자로 인하여 신시장 주력사업모델(Flagship) 개발에 대한 투자가 극히 미흡
- 개발된 기술과 제품의 사업화에 필수적인 실증 및 신뢰성 확보지원 연계의 한계로 인해 R&D 성과의 완결성 미흡
- (플랜트 분야 역할분담) 복수의 부처가 플랜트 분야의 R&D사업을 추진하고 있으나, 상호 교류협력으로 국토교통부와 산업통상자원부의 역할분담이 진척
 - 플랜트 분야의 효율적인 연구개발을 위해 2012년부터 실무부서 차원의 비상설 협의를 진행하였고, '15년부터 부처 간 플랜트R&D협의회 운영
 - 국토교통부에서는 주로 육상 플랜트를 대상으로 현지 요구특성을 고려한 공정계통 및 전체 시스템 설계와 시공, 사업관리, 실증기술 개발에 중점을 두고 추진 중
 - 사업의 일몰예정에 따라 가스·액화, 자원화 플랜트 등으로 중점영역을 재설정하여 기획중
 - 산업통상자원부는 부품소재나 단위공정 및 기자재, 해양플랜트 기술 개발에 비중을 증가시키는 추세임
 - 정부는 범용·전통 기술 등 민간영역 활성화 분야보다는 미래산업 대비

첨단기술 및 핵심기술·공통 기반기술 연구에 투자를 강화하고, 주력산업의 고부가가치화와 Track Record 확보에 집중 투자 필요

□ (기술수요 전망) 기존 산업의 패러다임을 넘어 개인 편의성 증진, 친환경성 강화, 안전규제 등에 적극적으로 대응하기 위해 연관 산업간 융합 필요

- 스마트 선박 기술, ICT 기반 조선·플랜트 생산성 향상 기술, 플랜트 엔지니어링·운영서비스 등 ICT와 접목된 고부가가치 시장 확대 전망
- 플랜트 시스템의 신뢰성, 안전성 확보의 핵심요소인 개념·기본설계(FEED) 등 고부가가치 기술 요구

2. 특허 동향 분석

2.1 분석 개요

□ 분석 범위

- 본 특허기술동향조사는 2017년 12월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽국가 및 중국의 특허를 대상으로 분석됨
- 본 조사는 WISDOMAIN 검색 DB를 주요하게 사용하여 특허검색을 실시하고, 해당기술에 대해 유럽 내 특정 국가에서 원천 및 선두 기술을 보유하고 있는 것으로 판단되는 경우, 유럽 내 해당 국가 특허청 검색을 실시함
- 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위¹⁴⁾

<표 2-107> 특허 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	WISDOMAIN	2007.01.01.~ 2018.12.31.	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)	WISDOMAIN		
	일본 (JPO)	WISDOMAIN		
	유럽 (EPO)	WISDOMAIN		
	중국 (CIPO)	WISDOMAIN		

□ 분석대상 기술 및 검색식 도출

- (기술분류체계) 본 특허기술동향조사 분석에서는 연구자와의 논의를 거쳐 확정된 중분류 및 소분류 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시함
- 기술분류체계는 기술동향, 논문동향, 특허동향 등을 분석하는데 있어서, 조사·분석의 범위를 특정하기 위해 도입하였음
- 하위의 기술분류는 중분류, 소분류로 구분하였으며, 각각의 구성단위는 시스템의 물리적 결합이나 기술의 속성별로 구분하여 체계화하였음

14) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있으므로 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2017년부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 2007년도(2007.1.1.)~2018(2018.12.31.)년도 까지 한정

- 기술분류명은 일반적인 표준용어로 설정하여 다양한 기술이 반영될 수 있도록 함
- 이러한 기술분류체계는 기획위원회를 통하여 의견수렴을 통해 진행됨(초기 기획회의)

<표 2-108> 분석대상 기술분류

대분류	중분류
지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축	복합 플랜트 지하공간 활용 기술
	WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술

□ 유효특허 선별

- 기술분류체계에 따른 특허조사 Raw Data : 본 특허기술동향조사의 각 기술분류별 특허검색을 위한 핵심 키워드를 조합하여 각 소분류 기술별 검색식을 아래표와 같이 작성

<표 2-109> 특허분석을 위한 기술별 검색식

중분류	검색식
복합 플랜트 지하공간 활용 기술	TI=((지하 OR 땅 속 OR 땅 밑 OR subsurface* OR underground* OR base*) AND (공장 OR 건축* OR 구조* OR factory* OR complex* OR plant* or structure* or construction*)) AND AD>=20070101
WWE(물-폐 기물-에너 지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술	(((TI=("지하*" "underground*" "subsurface*") and (((("폐기*" "쓰레*" "waste*" "garbage*" "trash*" "rubbish*" "tire*" "MSW*" c/1("유기*", "폐기*") "음식물*" "슬러지*" "오니*" "바이오매스*" "생물량*" c/1("바이오*", "매스*") c/1("organic*", "waste*") "sludge*" "biomass*" "wood*") and (c/1(("기계*" "물리*", "처리*") "선별*" "파쇄*" "건조*" c/1(("mechanic*" "phsic*", "treat*") "sort*" "select*" "separat*" "mill*" "crush*" "dry*" "열분해*" "탄화*" "가스화*" "pyrolysis*" "carboniz*" "torrefact*" "gasificat*" c/1("생물*", "처리*") "소화*" "메탄*" "발효*" c/1("biologic*", "treat*") "digest*" "ferment*" "methanat*" "사료*" "퇴비*" "액비*" c/1("animal*", "feed*") "compost*" "fertiliz*")) or ((("폐기*" "쓰레*" "waste*" "garbage*" "trash*" "rubbish*" "tire*" "MSW*" c/1("유기*", "폐기*") "음식물*" "슬러지*" "오니*" "바이오매스*" "생물량*" c/1("바이오*", "매스*") c/1("organic*", "waste*") "sludge*" "biomass*" "wood*") and (c/1("고형*", "연료*") "고형연료*" c/1(("refuse*" "plastic*" "paper*" "tire*" "wood*" "chip*" "solid*" "deriv*"), "fuel*") "RPF*" "TDF*" "WCF*" "SRF*" c/1("바이오*", "연료*" "가스*" "메탄*" "수소*")) "바이오연료*" "바이오가스*" "바이오메탄*" "바이오수소*" c/1("bio*", "fuel*" "gas*" "methan*" "hydrogen*")) "biofuel*" "biogas*" "biomethan*" "biohydrogen*" c/1("바이오*", "에탄올*" "디젤*")) "바이오에탄올"

<표 2-109> 특허분석을 위한 기술별 검색식

중분류	검색식
	" "바이오디젤" "bioethanol*" "biodiesel*" c/1("bio*","ethanol*" "diesel*")))) or ((c/1(("기계*" "물리*"),"처리*") "선별*" "파쇄*" "건조*" c/1(("mechanic*" "phsic*"),"treat*") "sort*" "select*" "separat*" "mill*" "crush*" "dry*" "열분해*" "탄화*" "가스화*" "pyrolysis*" "carboniz*" "torrefact*" "gasificat*" c/1("생물*","처리*") "소화*" "메탄*" "발효*" c/1("biologic*","treat*") "digest*" "ferment*" "methanat*" "사료*" "퇴비*" "액비*" c/1("animal*","feed*") "compost*" "fertiliz*") and (c/1("고형*","연료*") "고형연료*" c/1(("refuse*" "plastic*" "paper*" "tire*" "wood*" "chip*" "solid*" "deriv*"),"fuel*") "RPF*" "TDF*" "WCF*" "SRF*" c/1("바이오*","연료*" "가스*" "메탄*" "수소*")) "바이오연료*" "바이오가스*" "바이오메탄*" "바이오수소*" c/1("bio*","fuel*" "gas*" "methan*" "hydrogen*")) "biofuel*" "biogas*" "biomethan*" "biohydrogen*" c/1("바이오*","에탄올*" "디젤*")) "바이오에탄올*" "바이오디젤*" "bioethanol*" "biodiesel*" c/1("bio*","ethanol*" "diesel*"))))))) or ((TI="지하*" "underground*" "subsurface*") and ("상수*" "수도*" c/1("water*","supply*") c/1(("pip*" "tap*"),"water*") "중수도*" c/1(("gray*" "reus*" "recycle*" "reclamat*"),("water*" "wastewater*")) "하수*" "하폐수*" "오수*" "wastewater*" "waste water*" "swage*" "수처리*" "정수*" "침전*" "응집*" "여과*" "흡착*" c/1("water*","treat*") "sediment*" "coagulat*" "cohes*" "aggregat*" "filtrat*" "adsorpt*" "고도산화*" "고도 산화*" "부상분리*" "부상 분리*" "정삼투*" "활성탄*" "멤브레인*" "바이오 필터*" "바이오 필터*" c/1("advance*","oxidat*") "float*" "osmosis*" "charcoal*" "activated carbon*" "membrane*" "biofiltrat*" c/1("관망*","관리*" "진단*")) "관로 갱생*" "관로갱생*" "유수율*" c/1(("무단*" "분산*"),("용수*" "공급*")) c/1("water*","distribut*") c/1("rehabilitat*","water*" "pipe*")) c/1("water*","rate*" "loss*" "count*"))))) and (((TI="지하*" "underground*" "subsurface*") and ("소각*" "연소*" "incinerat*" "stoker*" "combust*" c/1("fluidiz*","bed*") "heat*" "burn*" "flam*" "arc*" "plasma*" "furnace*" "fir*" "보일러*" "증기*" "boiler*" "vapor*" "다이옥신*" "배기가스*" "배기 가스*" "소각재*" "dioxin*" "chlorine*" "SOX*" "NOX*" "purificat*" c/1(("exhaust*" "flue*"),"gas*") "ash*")) or ((TI="지하*" "underground*" "subsurface*") and ("열병합*" "코제너레*" "코제네*" "열전병급*" "삼중발전*" "트리제너*" "도리제네*" "새 제너레*" "삼중 발전*" c/1(("터빈*" "엔진*"),"발전*") "cogenerat*" "trigenerat*" c/1(("turbine*" "engine*"),("generat*" "electric*")) "하수열*" "소각여열*" "소각 여열*" "폐열 회수*" c/1(("swage*" "waste*"),"heat*") c/1("heat*","recover*") "태양광*" "풍력*" "지열*" "태양 열*" "소수력*" "solar*" "photovoltaic*" "wind*" "geothermal*" c/1("small*","hydro*") "연료전지*" "연료 전지*" c/1("fuel*","cell*") "SOFC*" "PAFC*" "MCFC*" "PEMFC*" "DMFC*") or ("축열*" c/1("에너지*","저장*") c/1(("thermal*" "energy*"),"storage*") "ESS*") or (c/1(("스마트*" "차세대*" "독립*" "지능*" "소규모*"),("그리드*" "전력망*" "배전망*")) c/1("전력*","수요*" "관리*")) "네가와트*" "전력소매*" "전력 소매*" c/1(("smart*" "intelligent*" "power*" "off*" "micro*"),"grid*") "intelligrid*" "off-grid*" "negawatt*" c/1("demand*","manag*") "DSM*" c/1("power*","retail*")))) and AD>=20070101

- 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)의 건수는 아래 표와 같음

<표 2-110> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

중분류	검색 건수					
	한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EU)	중국 (CIPO)	계
복합 플랜트 지하공간 활용 기술	887	841	959	643	6,195	772
WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술	564	662	656	574	1,103	300
총계	1,451	1,504	1,615	1,217	7,298	11,868

- 유효특허 선별 기준 및 결과 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)에서 본 특허기술동향조사의 대상이 되는 000 000 · 가스 생산 및 이송 플랜트 기술과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈 제거 기준을 연구자와의 논의를 거쳐 작성하였으며, 이를 기준으로 각 소분류별 국가별 유효특허를 추출함. 추출한 유효데이터를 대상으로 본 조사 정량분석을 진행함

<표 2-111> 유효특허 선별결과

	Raw-data		유효특허		비율	
	11,868		1,734		14.6%	
중분류	유효데이터 건수					
	한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EU)	중국 (CIPO)	계
복합 플랜트 지하공간 활용 기술	311	188	283	87	410	1,279
WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술	58	51	95	51	200	455
총계	369	239	378	138	610	1,734

□ 특허기술동향조사 분석 방법

- 본 특허기술동향조사는 특허동향분석(정량분석)을 수행하며, 특허동향 분석은 특허기술 Landscape와 주요 출원인 분석, 세부기술별 Landscape를 분석함
- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EU), 및 중국(CIPO) 등 주요 국가별 기술개발 활동현황,

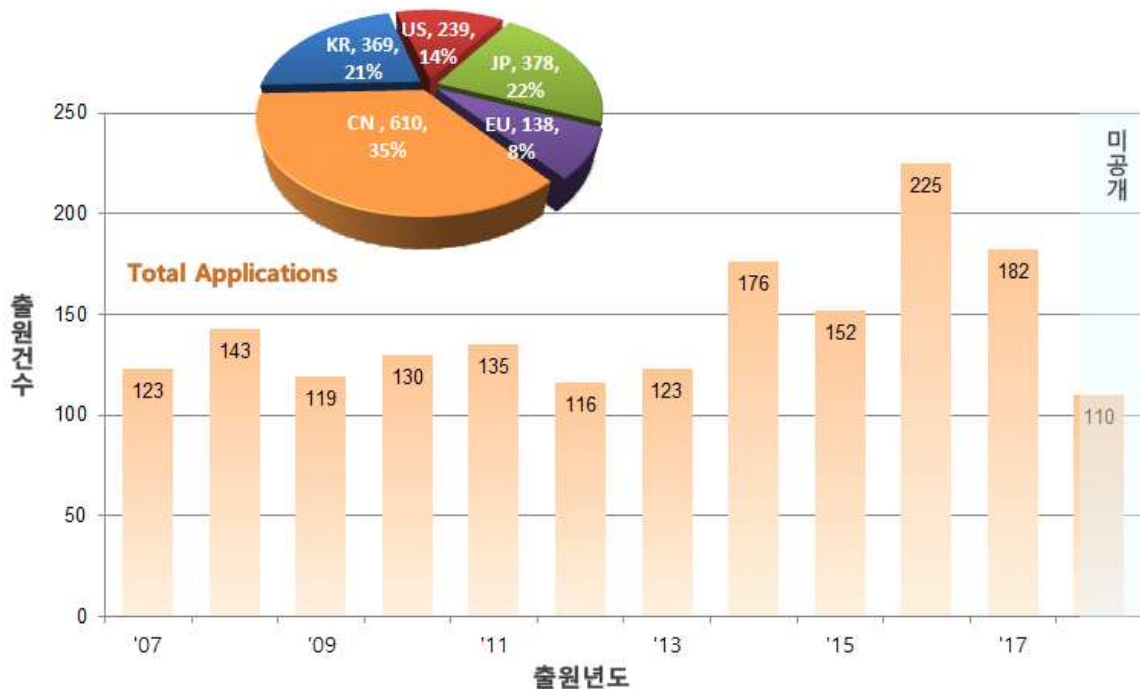
구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 단계를 분석함

- 주요 출원인 분석에서는 상위 다출원인을 도출하여 해당 출원인의 기술 확보력, 주력 기술분야, 특허출원 밀집도 등을 분석함
- 세부기술별 Landscape에서는 세부기술별 국가별 특허기술성장 단계 및 포트폴리오 분석 지표를 분석함

2.2 분석결과 요약

□ 전체 특허동향

- 본 개발 과제 관련 기술의 세계(한국, 미국, 일본, 중국, 유럽지역) 연도별 특허 출원 건수의 추세 및 증가율을 살펴보면, 2007년부터 2018년까지 연간 110~220건 수준의 특허 출원을 유지하고 있음



<그림2-81> 특허출원 건수 시계열 추이

- 본 기술에 있어 특허 출원 건수가 가장 높은 국가는 중국으로 약 11년간('07년~'18년) 610건(35%)이 출원되었으며, 일본 378건(22%), 한국 369건(21%), 미국 239건(14%) 및 유럽지역 138건(8%) 순으로 나타남
- 본 개발 과제 관련 기술의 국가별 세계(한국, 미국, 일본, 유럽, 중국) 특허 출원 건수의 추세 및 증가율을 살펴보면, 중국이 2007년부터 2018년까지 연간 20~130건 수준의 특허 출원을 유지하며, 가장 많은 출원활동을 보이고 있음
- 본 기술에 있어 일본은 2007년부터 2018년까지 연간 20~50건 수준의 특허 출원을 유지하며, 한국은 연간 약 25~40건 수준의 특허 출원을 유지하고, 미국은 연간 20~30건의 특허 출원을 유지하는 등 활발한 출원활동을 보이고 있음

- 본 기술에 있어 유럽국가 지역은 2007년부터 2018년까지 연간 10~20건 수준의 특허 출원을 유지하는 등 상대적으로 저조한 출원활동을 보이고 있음

□ 포트폴리오 특허기술 성장주기 및 기술수명주기 분석

- 특허기술 성장단계 분석은 태동, 성장, 성숙, 쇠퇴 및 회복 과정을 파악할 수 있으며, 출원건수의 증가는 기술개발이 활발하고, 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가함을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함
- 본 기술 개발 분야는 전 세계적으로 출원건수와 출원인수가 완만하게 증가하여 성장, 성숙단계로 나타났음

<표 2-112> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

대분류	중분류	포트폴리오 기술주기(특허)분석			기술 수명주기
		전체	미국	한국	
지하공간 활용 도시기반 복합플랜 트 Infra 구축	복합플랜트 지하공간 활용 기술	성장기	성숙기	성숙기	6
	WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술	성장기	성숙기	성숙기	4

- 국가별 특허기술 성장단계를 살펴본 결과, 한국과 미국 그리고 일본은 출원건수와 출원인수가 동시에 증가하다 정체하여 성숙기 단계로 나타났고, 중국은 출원건수와 출원인수가 동시에 증가하여 감소하면서 성장기로 보이며, 유럽국가 지역은 상대적으로 출원활동이 저조하여 분석에 큰 의미가 없는 것으로 보여짐
- 복합플랜트 지하공간 활용 기술의 기술수명은 평균 6년으로 이는 복합플랜트 지하공간 활용 기술분야에서 새로운 기술개발이 시장에 활용되는 기간을 의미
- WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술의 기술수명은 평균 4년으로 이는 WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술분야에서 새로운 기술개발이 시장에 활용되는 기간을 의미

- 산출근거는 중분류로 구분된 기술에 관하여 등록된 특정국가(미국, 일본, 중국, 유럽, 대한민국) 특허 각각에 대해 피인용 특허들의 등록연도 차에 대한 중앙값을 개별적으로 산출하고 산출된 기술수명주기 값에 대해 해당 기술별로 그 평균치를 정리한 것임.

□ 기술분류별 경쟁력 분석

- 등록특허를 대상으로 기술경쟁력 분석에 있어서 국가별 비교를 수행하기 위해 상위 5개 국가 및 지역을 분석대상으로 함
 - PFS(시장확보지수), CPP(피인용도지수) TS지수, 기술독점도 지수(허핀달지수) 등을 분석함
 - 제공되는 등록 특허 건수, 패밀리 특허 건수, 피인용 횟수 등을 활용하여 분석을 실시
- 복합플랜트 지하공간 활용 기술
 - 복합플랜트 지하공간 활용 기술의 시장확보지수(PFS)는 남미, 캐나다, 미국 순이었으며, 피인용지수(CPP)는 캐나다, 미국, 남미 순으로 분석됨
 - 기술의 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS) 모두 평균보다 높은 국가는 미국, 중국으로 나타났으며, 이들 국가는 기술의 질적 수준이 높으면서 시장확보력이 높은 국가로 평가됨

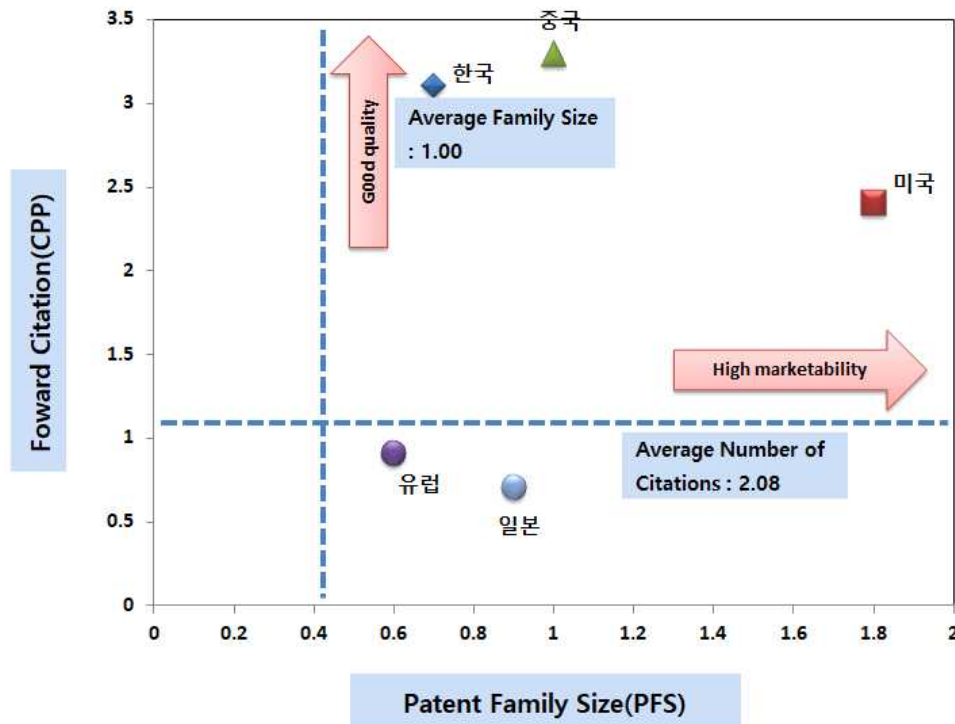
<표 2-113> 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수(PFS)	순위	피인용도 지수(CPP)	순위
미국	116	568	281	1.8	1	2.4	3
일본	161	368	117	0.9	3	0.7	5
한국	190	350	580	0.7	4	3.1	2
중국	157	439	514	1.0	2	3.3	1
유럽	46	76	43	0.6	5	0.9	4

- 한국의 경우, 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS)를 고려한 결과 각각 기술선도국 지위에 근접한 기술을 보유한 것으로 나타남
- ‘복합플랜트 지하공간 활용 기술’ 분야의 국가별 기술독점도(허핀달지수)를 살펴보면, 일본이 282.56으로 5개국 가운데 가장 높은 기술독점도를 보였으며, 유럽이 그 뒤를 이어 231.21, 나머지 3개국은 이

둘에 비해 모두 상대적으로 낮은 기술독점도를 보이는 것으로 판단됨

- 기술독점도(허핀달지수)가 낮다라는 사실은 기술의 시장 진입 장벽이 낮음을 의미하며, 현재 ‘복합플랜트 지하공간 활용 기술’은 글로벌 대기업에 의한 기술독점력이 그다지 크지 않음을 시사함



<그림2-82> (1-1) 기술경쟁력 포트폴리오

<표 2-114> 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

구분	특허건수	허핀달지수(HHI)
한국	311	73.92
미국	188	71.87
일본	283	282.56
유럽	87	231.21
중국	410	63.42

○ WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술

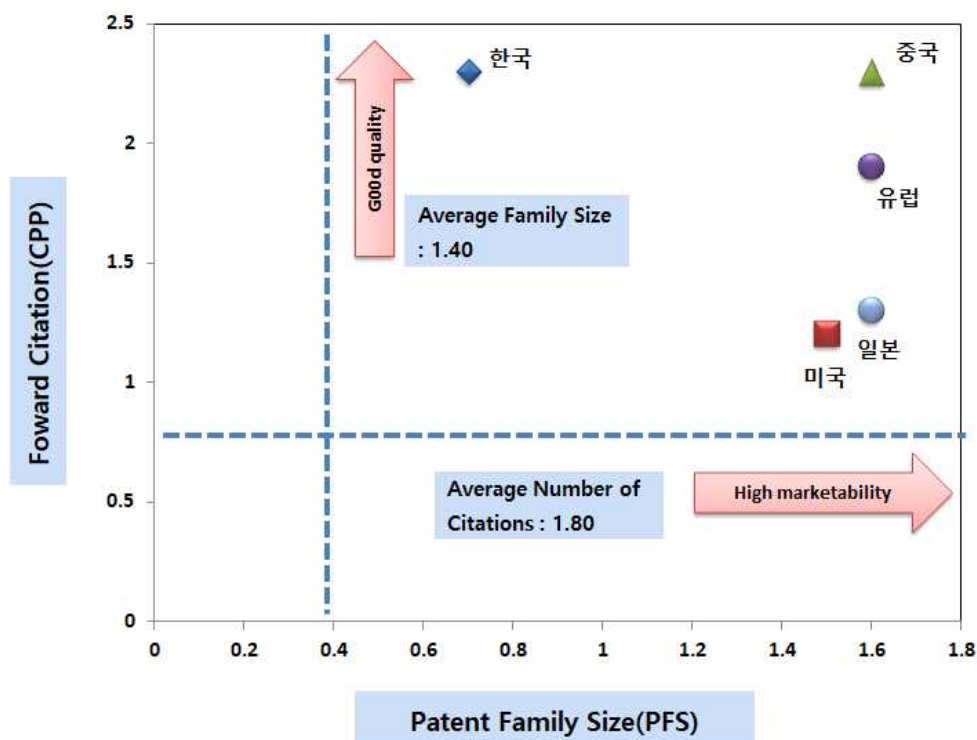
- ‘WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술’의 시장확보지수(PFS)는 유럽, 일본, 중국 순이었으며, 피인용지수(CPP)는 한국, 중국, 유럽 순으로 분석됨
- 기술의 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS) 모두 평균보다 높은 국가는 중국, 유럽국가지역으로 나타났으며, 이들 국가는 기술의 질적

수준이 높으면서 시장확보력이 높은 국가로 이해할 수 있음

<표 2-115> 주요 국가별 기술경쟁력 분석 결과

국가명	등록 특허 건수	family 특허 건수	피인용 횟수	시장확보 지수(PFS)	순위	피인용도 지수(CPP)	순위
미국	33	132	41	1.5	4	1.2	5
일본	38	163	49	1.6	1	1.3	4
한국	35	65	79	0.7	5	2.3	1
중국	56	243	129	1.6	1	2.3	1
유럽	12	53	23	1.6	1	1.9	3

- 한국의 경우, 피인용도지수(CPP)와 시장확보지수(PFS)를 고려한 결과 질적수준 측면에서는 기술선도국 지위에 필요한 연구개발 및 시장 확보력 확충이 시급한 것으로 보여짐
- ‘WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술’의 국가별 기술독점도(허핀달지수)를 살펴보면, 한국이 321.05로 상대적으로 높은 기술독점도를 보였으나 전체적으로 5개국 모두 낮은 기술독점도를 보이는 것으로 판단됨



<그림2-83> (1-2) 기술경쟁력 포트폴리오

<표 2-116> 국가별 기술독점도 분석 결과

구분	특허건수	허핀달지수(HHI)
한국	58	321.05
미국	51	234.52
일본	95	136.29
유럽	51	265.28
중국	200	67.00

3. 기술수준 분석

3.1 본 사업 연관기술 및 분야

□ 120개 국가전략기술(10대 기술분야) 가운데 본 사업에서 추진하고자 하는 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트와 연관성이 있는 15개 기술 선정

○ (전자·정보·통신) 18개 기술 중 3개 기술이 본 사업 분야와 연관

- 지식기반 빅데이터 활용, 가상·증강현실, 융합서비스 플랫폼 기술은 플랜트 운영 데이터의 활용 및 처리를 통하여 효율적인 운전 및 유지관리 기술로 연계성 보유

○ (에너지·자원·극한기술) 21개 기술 중 3개 기술이 본 사업 분야와 연관

- 스마트그리드, 열에너지 네트워크 기술은 복합플랜트에서 생산된 열과 전기를 수요처에 공급하기 위한 기술
- 폐자원 에너지화 기술은 복합플랜트 에너지 생산 핵심 프로세스로 높은 연계성 보유

○ (환경·지구·해양) 11개 기술 중 3개 기술이 본 사업 분야와 연관

- 환경 통합 모니터링 및 관리, 오염 물질 제어 및 처리 기술은 복합플랜트 운영시 발생할 수 있는 주변 환경에 대한 영향과 환경 규제 강화에 따라 유지·관리에 활용 가능
- 폐기물 감량 및 처리 기술은 복합플랜트 물질 순환 핵심 프로세스로 높은 연계성 보유

○ (건설·교통) 16개 기술 중 3개 기술이 본 사업 분야와 연관

- 미래 첨단도시 건설, 복합지하 대공간 활용 기술은 복합플랜트 시공시 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 핵심 기술
- 첨단플랜트 원천 기술은 플랜트 고부가가치 분야인 공정설비 설계 및 제작, 시공 원천기술로서 높은 연계성 보유

○ (재난·재해·안전) 8개 기술 중 3개 기술이 본 사업 분야와 연관

- 자연재해 모니터링 예측·대응, 사회적 복합재난 예측·대응, 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술은 재난·재해 발생시 플랜트 시설의 피해확대방지(소방 등)와 성능 유지를 위해 연계성이 높음

<표 2-117> 본 사업 연관기술 및 분야

분야	기술	내용	연관성
전자·정보·통신	지식기반 빅데이터 활용	•대량의 정형 또는 비정형 데이터로부터 설비의 효율적인 운전조건과 유지관리를 가능하게 하는 기술	보통
	가상·증강현실	•실제 상황이 재현된 가상공간에 작업자 훈련과 현실세계에서 제공하지 못하는 정보들을 보강하여 제공	보통
	융합서비스 플랫폼	•플랜트 공정장치와 ICT 기술을 융합하여 효율적으로 운전이 가능하게 하는 기반 기술	높음
에너지·자원·극한 기술	스마트그리드	•기존 전력 인프라에 정보통신 인프라가 융합되어 단순 전력공급에서 융복합 비즈니스 플랫폼 열할 수행	보통
	열에너지 네트워크	•열분야 스마트그리드와 운영체계 최적화를 통한 종합적 에너지 이용효율개선 기술	보통
	폐자원 에너지화	•가연성·유기성 폐기물을 에너지로 전환하여 폐기물 배출량을 감소시키고 에너지를 생산하는 기술	높음
환경·지구·해양	환경 통합 모니터링 및 관리	•플랜트 운용시 배출되는 오염 물질을 실시간으로 감시하고 추적하는 기술	보통
	오염 물질 제어 및 처리	•오염부지 위해성 저감을 위한 환경처리 엔지니어링에 기반하여 오염 물질을 정화하고 사후 관리하는 기술	보통
	폐기물 감량 및 처리	•폐기물의 특성과 종류에 따라 최적화된 맞춤형 처리 기술을 개발하여 경제성을 높이고 자원을 회수하는 기술	높음
건설·교통	미래 첨단도시 건설	•첨단 정보통신과 건설기술을 활용하여 도시 문제들을 해결하고 시민 친화적이고 효율적인 도시공간을 구축하는 기술	보통
	복합 지하 대공간 활용	•지속가능한 지하 신공간 창출, 에너지 저감/생산을 위한 지하공간 활용 등 지하 대공간 해석, 설계, 시공, 방재, 유지관리에 관한 기술	높음
	첨단플랜트 원천 기술	•중장기 미래 플랜트 건설시장 진출을 위한 첨단담수화, 복합플랜트, 폐기물 처리, 신재생에너지 플랜트 등 선진국 수준의 탈추격형 신공정 라이선스화 원천기술	높음
재난·재해·안전	자연재해 모니터링·예측·대응	•자연재해 데이터를 지능형 컴퓨터로 처리하여, 재해발생 초기에 신속한 대	보통

<표 2-117> 본 사업 연관기술 및 분야

분야	기술	내용	연관성
		응을 위해 필수적인 예·경보나 실시간 재해상황을 파악하는 기술	
	사회적 복합재난 예측·대응	• 사회안전 관련 여러 가지 불확실한 위험요인이 작용하는 복합재난에 대하여 발생원인과 추이 예측 및 연구를 통해 사회적 혼란을 최소화하기 위한 대응 기술	보통
	기반시설 기능유지 및 복구·복원	• 전력, 에너지, 정보통신 등 국가 핵심 인프라에서 대규모 재난이 발생한 경우 사회기능을 유지하고 피해를 최소화하며, 추가적인 피해를 방지할 수 있는 기술	보통

자료 : 「2016년 기술수준평가」, 한국과학기술기획평가원(2017)

3.2 국내외 기술수준 비교

□ 본 사업 관련 국가전략기술의 국내 기초연구 수준은 77.1%, 응용·개발 연구 수준은 80.1%, 종합 기술수준은 78.3%

○ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트와 연관성이 있는 국가전략기술 15개를 기초연구 수준과 응용·개발 수준으로 나누어 기술수준 분석

- 기초연구 수준이 높은 기술은 스마트 그리드(90.1%) 및 열에너지 네트워크(84.6%)이며 상대적으로 낮은 기술은 사회적 복합재난 예측·대응 기술(66.2%)
- 오염 물질 제어 및 처리 기술을 제외한 기술들은 응용·개발연구 수준이 기초연구 수준보다 높음

<표 2-118> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 국내 기술 수준

분야	기술	기술 수준	기초 연구 수준	응용·개발 연구 수준
전자·정보·통신	지식기반 빅데이터 활용	77.3%	75.0%	79.6%
	가상·증강현실	75.0%	77.7%	82.1%
	융합서비스 플랫폼	80.7%	79.5%	81.8%
에너지·자원·극한 기술	스마트그리드	90.1%	88.2%	92.0%
	열에너지 네트워크	84.6%	83.3%	85.0%
	폐자원 에너지화	78.9%	77.3%	80.4%
환경·지구·해양	환경 통합 모니터링 및 관리	74.8%	74.6%	74.9%
	오염 물질 제어 및 처리	77.6%	77.8%	77.3%
	폐기물 감량 및 처리	83.5%	82.9%	84.1%
건설·교통	미래 첨단도시 건설	77.5%	74.4%	80.6%
	복합 지하 대공간 활용	82.8%	81.2%	84.4%
	첨단플랜트 원천기술	78.3%	78.0%	78.6%
재난·재해·안전	자연재해 모니터링·예측·대응	74.4%	73.3%	75.4%
	사회적 복합재난 예측·대응	66.2%	63.6%	68.8%
	기반시설 기능유지 및 복구·복원	72.6%	69.2%	76.0%
평균		78.3%	77.1%	80.1%

자료 : 「2016년 기술수준평가」, 한국과학기술기획평가원(2017)

□ 본 사업 관련 국가전략기술의 연구주체별 국내 기술수준 평균은 연구계가 78.4%로 가장 높고, 중소기업이 73.8%로 가장 낮음

- 국내 대기업은 지식기반 빅데이터 활용(78.4%), 열에너지 네트워크(79.0%), 폐기물 감량 및 처리(83.9%), 미래 첨단도시 건설(80.7%), 첨단플랜트 원천기술(84.6%)에서 최고의 기술수준을 보유
- 중소기업의 기술수준은 타 주체에 비해 전체적으로 낮으나 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술(74.2%)에서 타 주체보다 우수

<표 2-119> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 연구주체별 기술 수준

분야	기술	대기업	중소기업	연구계	학계
전자·정보·통신	지식기반 빅데이터 활용	78.4%	75.4%	77.8%	77.6%
	가상·증강현실	79.1%	71.4%	81.1%	82.1%
	융합서비스 플랫폼	80.0%	74.7%	80.7%	77.0%
에너지·자원·극한 기술	스마트그리드	87.0%	83.2%	87.8%	88.3%
	열에너지 네트워크	79.0%	71.3%	75.0%	72.0%
	폐자원 에너지화	78.7%	76.0%	81.0%	78.4%
환경·지구·해양	환경 통합 모니터링 및 관리	69.3%	70.7%	75.6%	75.7%
	오염 물질 제어 및 처리	70.4%	70.4%	77.4%	75.2%
	폐기물 감량 및 처리	83.9%	79.4%	80.9%	79.9%
건설·교통	미래 첨단도시 건설	80.7%	75.7%	79.0%	79.0%
	복합 지하 대공간 활용	82.4%	76.0%	83.8%	78.4%
	첨단플랜트 원천기술	84.6%	74.8%	76.2%	73.6%
재난·재해·안전	자연재해 모니터링·예측·대응	69.3%	69.3%	75.6%	75.1%
	사회적 복합재난 예측·대응	67.0%	63.8%	69.4%	68.2%
	기반시설 기능유지 및 복구·복원	74.0%	74.2%	74.0%	72.3%
평균		77.6%	73.8%	78.4%	76.9%

자료 : 「2016년 기술수준평가」, 한국과학기술기획평가원(2017)

□ 본 사업 관련 국가전략기술의 최고국가는 대부분 미국이며 기술격차는 2014년 4.4년에서 2016년 3.9년으로 0.5년 감소

- 최고국 대비 기술격차가 가장 적은 기술은 스마트그리드 기술(1.9년)이며, 가장 큰 기술은 기반시설 기능유지 및 복구·복원 기술

(6.8년)로 분석

- 2014년도 대비 2016년 상대적으로 기술격차가 크게 감소한 기술은 사회적 복합재난 예측·대응 기술(-1.3년)이며, 기술격차가 크게 증가한 기술은 첨단플랜트 원천기술(+0.5년)로 분석

<표 2-120> 본 사업 관련 분야 국가전략기술의 국내 기술 수준

분야	기술	최고국	기술격차 (2014년)	기술격차 (2016년)
전자·정보·통신	지식기반 빅데이터 활용	미국	3.4	3.3
	가상·증강현실	미국	2.0	2.0
	융합서비스 플랫폼	미국	2.7	2.3
에너지·자원·극한 기술	스마트그리드	미국	1.9	1.2
	열에너지 네트워크	EU	2.9	2.5
	폐자원 에너지화	EU	4.8	3.7
환경·지구·해양	환경 통합 모니터링 및 관리	미국	6.2	5.5
	오염 물질 제어 및 처리	미국	5.4	4.8
	폐기물 감량 및 처리	일본	4.1	2.9
건설·교통	미래 첨단도시 건설	미국	4.7	4.0
	복합 지하 대공간 활용	일본	4.7	4.0
	첨단플랜트 원천기술	미국	3.3	3.8
재난·재해·안전	자연재해 모니터링·예측·대응	미국	6.0	6.4
	사회적 복합재난 예측·대응	미국	6.5	5.2
	기반시설 기능유지 및 복구·복원	미국	6.8	6.4
평균		미국	4.4	3.9

자료 : 「2016년 기술수준평가」, 한국과학기술기획평가원(2017)

3.3 요약 및 시사점

- 2016년 기술수준평가에 따르면, 전체적으로 재난·재해·안전 분야에서 기술 수준이 낮고 에너지·자원·극한 기술에서 기술 수준이 높음
 - 재난·재해·안전 분야의 기술수준이 71.1%로 낮게 나타나고, 기술 격차도 6년 이상으로 평가된 반면 건설·교통 기술은 79.5% 에너지·자원·극한 기술은 84.5%로 나타남
 - 재난·재해·안전 분야의 개발 난이도가 높은 것으로 평가되며, 플랜트 건설 및 에너지·자원 기술은 실용화 기술개발을 통해 사업 기간 내에 선진기술에 도달할 수 있을 것으로 분석
 - 본 사업 관련 국가전략기술의 국내 기초연구 수준은 77.1%, 응용·개발 연구 수준은 80.1%, 종합 기술수준은 78.3%
 - 연구주체별 국내 기술수준 평균은 연구계가 78.4%로 가장 높고, 중소기업이 73.8%로 가장 낮음
 - 국가전략기술의 최고국가는 대부분 미국이며 기술격차는 2014년 4.4년에서 2016년 3.9년으로 0.5년 감소

4. R&D 인프라 현황

4.1 연구인력

□ KISTEP에서 2018년 발간한 「2016년도 연구개발활동조사보고서」에 따르면 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 기술개발과 관련이 있는 전공분류별 우리나라 석·박사 학위 연구원은 총 50,705명

○ 관련 전공은 토목·건축, 기계, 화학공학, 자원 등으로서, 박사 학위자가 총 17,758명이고 석사 학위자가 총 32,947명

○ 정부출연연구기관을 포함한 공공연구기관의 경우에, 박사 학위자가 4,607명이고 석사 학위자는 총 3,199명

○ 기업의 경우 박사 학위자가 5,957명이고 석사 학위자는 22,985명

<표 2-121> 전공별 석·박사 연구원수('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	3,634	4,733	8,367
기계·항공·원자력	7,859	16,743	24,602
화학공학	3,443	7,819	11,262
환경·자원·조선·해양	2,822	3,652	6,474
합계	17,758	32,947	50,705

자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

<표 2-123> 전공별 석·박사 연구원수(공공연구기관)('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	730	545	1,275
기계·항공·원자력	2,482	1,662	4,144
화학공학	669	395	1,064
환경·자원·조선·해양	726	597	1,323
합계	4,607	3,199	7,806

자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

<표 2-122> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	999	2,882	3,881
기계·항공·원자력	2,852	12,349	15,201
화학공학	1,593	6,021	7,614
환경·자원·조선·해양	513	1,733	2,246

<표 2-122> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)

전공별	박사	석사	계
합계	5,957	22,985	28,942

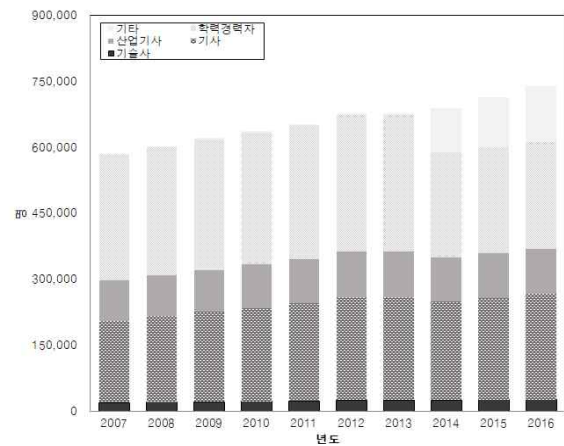
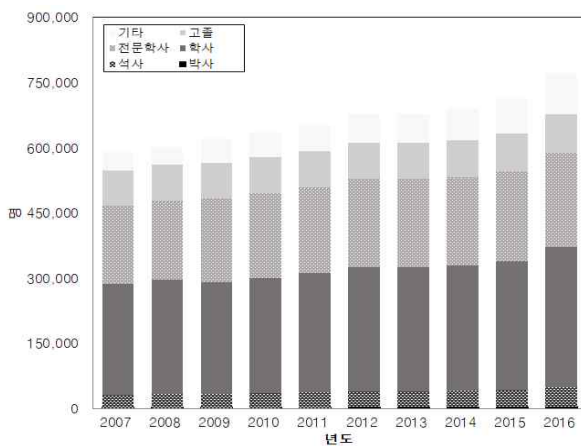
자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

□ 한국건설기술인협회에 등록된 건설기술자 전체를 대상으로 토목, 건축, 기계, 국토개발, 안전관리, 환경, 전자, 화공을 포함한 관련 연구인력 인프라에 대해 조사

○ 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 꾸준히 증가

○ 학경력자 및 기사 자격 보유자의 인력공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학력경력자 및 기사 자격 보유자에 대한 인력은 꾸준히 증가

○ 산업기사 및 기술사도 꾸준히 증가하는 추세이나 상대적으로 적음



자료 : 한국건설기술인협회

<그림2-84> 학위 및 기술자격별 인력 동향

4.2 대학

- 대다수의 대학들이 기계, 건축, 토목, 화공 등 플랜트 관련 학과를 설치하고 있으나, 플랜트 및 산업간 융복합에 특화된 전문인력 양성 및 배출은 부족한 상황
- 교육통계서비스에서 2017년 대학 학과별 입학상황 통계에 따르면 공학계열에서 전기·전자, 기계·금속, 건축학과 입학자 수는 전체 공과계열 입학자 비율이 각각 10% 이상이지만, 플랜트에 특화된 학과를 포함하고 있는 응용공학과와 의 경우 3.6%로 매우 낮음
- 플랜트 산업은 타당성 조사, 금융조달, 사업계획, 설계, 기자재 제작 등이 유기체적으로 연결되어 있는 사업이기 때문에 대학에서 배우는 전공지식만으로는 인력양성의 한계 존재
- 정부에서는 이를 해결하기 위해 2009년부터 다양한 플랜트 인력 양성 프로그램을 운영하고 있지만, 이론 위주의 단기 수업이 많아 인력 부족 현상은 유지되고 있는 실정

<표 2-124> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
서울	건국대학교	사회환경플랜트공학과, 건축학과, 기계공학과, 화학공학과, 기계설계학과, 인프라시스템공학과, 환경공학과 등
	경희대학교	환경공학과, 건축공학과, 기계공학과, 화학공학과 등
	고려대학교	건축사회환경공학부, 건축학과, 기계공학부, 전기전자공학부 등
	광운대학교	건축공학과, 환경공학과, 화학공학과, 건축학과 등
	국민대학교	기계공학부, 신소재공학부, 전자공학부, 건설시스템공학전공, 건축학부, 응용화학과 등
	동국대학교	건설환경공학과, 건축공학부, 전자전기공학부, 화공생물공학과, 산업시스템공학과 등
	상명대학교	에너지그리드학과, 화공신소재학과, 화학과 등
	서강대학교	화공생명공학, 기계공학전공, 전자공학전공 등
	서울과학기술대학교	플랜트엔지니어링학과, 시설물유지관리공학과, 건축환경설비공학과, 화공생명공학과, 건설시스템공학과, 건축산업학과, 기계·자동차공학과, 기계설비공학과, 정밀화학과 등
	서울대학교	건설환경공학부, 기계공학전공, 재료공학부, 건축학과, 화학생물공학과, 에너지자원공학과 등
	서울시립대학교	토목공학과, 화학공학과, 기계정보공학과 등
	성균관대학교	건설환경공학부, 건축학과, 기계공학부, 화학공학/고분자공학부, 건설환경공학부 등
	세종대학교	건축공학부, 건설환경공학과, 기계공학전공, 에너지자원공학과, 환경에너지공간융합학과 등

<표 2-124> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
	숙명여자대학교	화공생명공학부, ICT융합공학부, 기계시스템학부 등
	숭실대학교	기계공학과, 화학공학과, 건축학부, 정보시스템공학과 등
	연세대학교	화공생명공학부, 기계공학부, 전기전자공학부, 사회환경시스템공학부, 건축도시공학부, 등
	중앙대학교	사회기반시스템공학부(건설환경플랜트공학전공), 건축학부(건축공학전공), 기계공학부, 에너지시스템공학부 등
	한성대학교	기계시스템공학과, IT응용시스템공학과 등
	한양대학교	건설환경공학과, 건축공학부, 기계공학부, 에너지공학과, 자원환경공학과, 화학공학과 등
	홍익대학교	건축학부(건축학전공), 건설·도시공학부(토목공학전공), 신소재화공시스템공학부, 기계·시스템디자인공학과 등
인천	인천대학교	기계·로봇공학과, 전자공학과, 안전공학과 에너지화학공학과 등
	인하대학교	건축학부, 기계공학과, 에너지자원공학과, 화학공학과, 환경공학과, 공간정보공학과, 전자공학과 등
경기	가천대학교	건축공학과, 화공생명공학과, 기계공학과, 토목환경공학과, 설비·소방학과 등
	경기대학교	건축공학과, 기계시스템공학과, 토목공학과, 환경에너지공학과, 화학공학과, 전자공학과 등
	경동대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	단국대학교	건축공학과, 기계공학과, 토목환경공학과, 화학공학과 등
	대진대학교	에너지환경공학부, 전기전자공학부, 건설시스템공학과, 컴퓨터응용기계설계공학과 등
	명지대학교	기계공학과, 토목환경공학과, 화학공학과, 전자공학과, 환경에너지공학과, 건축학부 등
	수원대학교	건설환경에너지공학부, 산업기계공학부, 전기전자공학부, 화학공학·신소재공학부 등
	아주대학교	건축학과, 기계공학과, 화학공학과, 건설시스템공학과 등
	한경대학교	건축학부, 전기전자제어공학과, 기계공학과, 토목안전환경공학과, 화학공학과 등
	한국산업기술대학교	기계공학과, 기계설계공학과, 메카트로닉스공학과, 생명화학공학과 등
	한양대학교(ERICA)	건설환경플랜트공학과, 건축공학전공, 건축학전공, 기계공학과, 응용화학과 등
	협성대학교	건축공학과 등
부산	경성대학교	메카트로닉스전공, 토목공학전공, 전자공학과 등
	동명대학교	기계전자공학부, 산업응용공학부 등
	동서대학교	건축토목공학부, 메카트로닉스 융합공학부, 화학공학부 등
	동아대학교	기계·산업경영공학부(기계공학과, 조선해양플랜트공학과), 신소재화학공학부(화학공학과), 인간환경융합공학부(건축공학과, 에너지·자원공학과, 토목공학과) 등
	동의대학교	건설공학부, 화학환경공학부 등
	부경대학교	건축공학과, 기계공학과, 토목공학과, 화학공학과, 공업화학과, 기계시스템공학과 등
	부산대학교	기계공학부, 건축공학과, 사회환경시스템공학과, 화학공학·고분자공학과, 전기전자컴퓨터공학과 등
	신라대학교	건축학부, 에너지화학공학부 등

<표 2-124> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
울산	한국해양대학교	건설공학과, 기계공학부, 제어자동화공학부 등
	울산대학교	기계공학부, 화학공학부, 건축공학부, 건설환경공학부 등
경남	경남대학교	건축학부, 기계공학부, 전자공학과, 토목공학과 등
	경상대학교	건축공학전공, 토목공학전공, 기계공학전공, 산업시스템공학부, 전자공학과, 화학공학과, 등
	영산대학교	전기전자공학과 등
	인제대학교	건축학과, 메카트로닉스공학과, 생산기계공학과 등
	창신대학교	토목공학과 등
	창원대학교	건축학부, 기계공학부 등
	한국국제대학교	그린수송시스템공학과, 기계자동차공학과 등
대구	경북대학교	토목공학과, 기계공학부, 에너지공학부, 응용화학공학부 등
	계명대학교	건축토목공학부, 화학공학과 등
경북	경일대학교	건설공학부, 건축학부, 화학공학과 등
	경주대학교	건축토목학과 등
	금오공과대학교	건축학부, 기계공학과, 기계설계공학과, 기계시스템공학과, 토목공학과, 화학소재융합공학부 등
	대구가톨릭대학교	건축학부, 첨단건설기계시스템전공, 신소재화학공학과 등
	대구대학교	건축공학과, 건설시스템공학과, 기계공학부, 화학공학과 등
	안동대학교	기계공학과, 기계설계공학과, 토목공학과, 응용신소재공학전공 등
	영남대학교	건설시스템공학과, 화학공학부, 기계공학부 등
	위덕대학교	에너지전기공학부, 원전·제어시스템공학전공 등
	포항공과대학교	기계공학과, 전자전기공학과, 화학공학과 등
광주	광주대학교	건축학부, 토목공학과, 전기전자공학부 등
	송원대학교	건축공학과, 토목공학과, 전기전자공학과 등
	전남대학교	건축학부, 기계공학부, 에너지자원공학과 화학공학부, 토목공학과 등
	조선대학교	건축공학전공, 기계공학과, 기계설계공학과, 에너지자원공학과, 토목공학과, 응용화학소재공학과 등
	호남대학교	건축학과, 토목환경공학과 등
전남	동신대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	목포대학교	건축토목공학과, 기계공학과, 화학과 등
	순천대학교	건축학부, 고분자·화학공학부(화학공학전공), 기계우주항공공학부(기계공학전공), 토목공학과 등
	초당대학교	건축토목공학부 등
전북	군산대학교	기계자동차조선해양공학부(기계공학전공), 융복합기술 공학과, 토목공학과, 화학과 등
	우석대학교	에너지공학과, 토목환경공학과 등
	원광대학교	건축공학과, 토목환경공학과 등
	전북대학교	건축공학과, 기계공학과, 자원·에너지공학과, 토목공학과, 화학공학부 등
	전주대학교	건축공학과, 토목환경공학과 등
대전	대전대학교	건축공학과, 응용화학과, 토목공학과 등
	목원대학교	건축학부 건축공학전공 등
	우송대학교	건축공학과 등
	충남대학교	건축학과(5), 기계공학부, 메카트로닉스공학과, 응용화학공학과, 토목공학과 등
	한국과학기술원	건설및환경공학과, 기계공학과, 화학과 등

<표 2-124> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
	한남대학교	건축·토목공학과, 기계공학과 등
	한밭대학교	기계공학과, 설비공학과, 융합기술학과, 화학생명공학과 등
충남	공주대학교	건설환경공학부, 건축학부 건축공학전공, 기계공학전공, 기계시스템공학전공, 메카트로닉스공학과, 토목환경공학전공 등
	남서울대학교	건축공학과 등
	단국대학교	전자전기공학부, 토목환경공학과, 화학공학과, 기계공학과 등
	서남대학교	전기전자공학과, 환경화학공학과, 건축공학과, 토목공학과 등
	선문대학교	기계ICT융합공학부, 기초공학부 등
	순천향대학교	건축학과(5), 기계공학과, 에너지환경공학과, 화학과 등
	중부대학교	건축학과, 토목건설학과, 토목공학과 등
	한국기술교육대학교	기계공학부, 메카트로닉스공학부 등
	호서대학교	건축공학전공, 건축토목환경공학부, 기계공학전공, 토목공학전공, 화학공학과 등
충북	고려대학교(세종)	환경시스템공학과 등
	세명대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	중원대학교	방재안전공학과, 전기전자공학전공, 소방방재공학전공 등
	청주대학교	건축공학과, 응용화학과, 토목공학과 등
	충북대학교	건축공학과, 토목공학부, 화학공학과, 등
	한국교통대학교	기계공학과, 에너지시스템공학과 등
	홍익대학교(세종)	건축공학전공, 기계정보공학과 등
강원	가톨릭관동대학교	에너지플랜트공학과, 건축공학과, 토목공학과 등
	강릉원주대학교	토목공학과, 기계자동차공학부(정밀기계공학전공), 등
	강원대학교	건축공학전공, 기계융합공학부, 메카트로닉스공학전공, 자원에너지시스템공학과, 토목공학과, 화학공학과, 기계공학과, 에너지공학부, 에너지화학공학전공, 제어계측공학과, 등
	경동대학교	건축공학과 등
	한라대학교	건축공학전공, 기계공학전공, 토목공학과 등
	한중대학교	건축공학전공, 기계자동차공학전공, 토목환경공학전공 등
제주	제주국제대학교	건축학과, 자동차기계공학과, 토목공학과 등
	제주대학교	건축공학전공, 기계공학전공, 기계메카에너지화학공학부, 메카트로닉스공학전공, 에너지공학전공 등

자료 : <http://univ.kcue.or.kr/>

□ 본 사업과 연관된 국내 대학별 주요 연구실험실의 역할 및 성과를 조사하여 R&D 수행 가능성 검토

<표 2-125> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
고려대학교	지하공간	• 지하공간 건설 분야의 원천 핵심기술 개발 및 관련 인력 양성	• 터널 굴착면 전방의 이상지반 예측을 위한 전기비저항 기반 하모니 서치 • 실드TRM 터널에 적용 가능한 리스크 관리
	구조해석	• 사회기반시설물의 구조적 Performance에 관한 연구	• 궤도 유지보수 주기 예측을 위한 구간 특성에 따른 진전

<표 2-125> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
		• 생애주기 Performance와 연관하여 구조물의 진단/계측, 유지/보수/관리 방안 연구	• 정도 분석 • 고강도 콘크리트의 등가응력 매개변수 추정 연구
	지반 시스템	• 전통적인 지반공학과 신재생 에너지 활용을 위한 지열공학 등 연구	• 지중온도 경사를 이용한 효율적 지중에너지 이용 방안 연구
	지반 물리탐사	• 여러 가지의 탄성파와 전자기파를 적용하여 지반조사와 비파괴검사 연구	• 동결에 따른 모래-실트 혼합토의 탄성파 특성 • 용해재료가 포함된 지반의 전단강도 특성
경북대학교	지반 및 암반공학	• 토질 및 암반역학의 다양한 분야에서 연구 수행 • 터널 설계 최적화, 설계리스크 최소화를 위한 연구개발	• 하수터널의 콘크리트 라이닝 부식 방지공법
부산대학교	환경분석 모니터링	• 다양한 분석기기를 사용하여 환경 내 존재하는 유해화학물질 분석해 내는 연구 수행	• 환경 중 미량유해물질 모니터링 및 거동 평가 • 독성유해물질의 환경 및 인체 위해성 평가
	온실가스 저감 및 폐기물 열분해	• 고형연료로서의 가장 적합하고 이상적인 연료생성공정을 판단하여 복합고형연료 제조	• 하수처리장 하수와 음식물쓰레기 병합처리 시 공정별 악취 특성 및 후처리시설 효율 평가
	지반공학	• 철근콘크리트의 보수·보강을 위한 반복 및 피로실험 등을 비롯한 실험 수행	• 토사터널 굴착시의 터널 깊이비에 따른 지반거동과 네일링의 변형 효과 • 굴착 시 굴착저면의 안전성 평가에 관한 연구
	지반 시스템 해석	• 연약지반, 기초 등의 전통적 지반공학의 분야와 더불어 융·복합 연구분야인 에너지 및 녹색성장에 관한 연구 수행	• 도로·교통시설 및 물순환 고도화 기술개발 • 터널 막장의 침투수압 연구
서울대학교	폐기물	• 폐기물 관련 시설의 설계, 시공, 유지관리 • 음식물쓰레기의 자원화 및 에너지화	• 음식물 쓰레기를 이용한 침출수의 생물학적 탈질 방법 • 아파트 음식물 쓰레기 에너지 회수 및 자원화 장치
	지반환경 공학	• 지반 및 오염물 특성을 조사하여 오염물의 이동성과 특성을 조사하고 오염된 토양 및 지하수로부터 정화하는 연구 진행	• Fe-loaded zeolite로 충전된 투수성 반응벽체를 이용한 지반 내 Cd과 Cr(VI)의 동시 제거
	건설혁신	• 건설사업 생애주기에 걸친 혁신적인 건설관리 및 융·복합 기반 연구	• 건설 안전 및 재난 관리 • 빅데이터분석 및 생애주기에 걸친 BIM기반 건설 관리

<표 2-125> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대 학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
성균관대학교	스마트 구조 및 건설 IT	•스마트 건설 IT 연구소의 연구 초점. 건설-IT 융합 설계 컨셉에 대한 강조와 함께 스마트 센서, 토목 및 건축 시스템, 정보 기술융합을 통합 새로운 건설 신기술 개발	•현장 플랜트 안전관리를 위한 방폭형 압전센싱 기반 원격 NDT 시스템 개발 •복층터널의 내부형상 모니터링 및 관리 기술 개발
연세대학교	첨단구조	•지하공간연구센터와 연계하여 정책, 기획, 설계, 시공 측면을 종합적으로 연구	•지하공간의 환경적 특성에 관한 연구
한국과학 기술원	스마트 구조 및 시스템	•구조물 안전진단과 센싱 기술을 중점 연구	•구조물 안전 진단 및 센싱 연구
	구조제어 및 지능 시스템	•사회기반시설을 지능화시킴으로써 자연재해 및 인위재해로부터 스마트 구조 건설 기술 연구 수행	•스마트 재료를 이용한 구조 진동제어 •재해로부터 안전한 사회기반 시설물 연구

자료 : 기계·건설공학연구정보센터

4.3 연구기관

- 한국건설기술연구원, 한국생산기술연구원 등 다양한 국·공립 연구소 및 정부출연연구소에서 국가 R&D 사업에 참여하고있으며, 한국플랜트산업 협회 등의 기관에서 플랜트 해외진출 지원

<표 2-126> 플랜트 관련 연구기관 현황

구분	기관명	주요연구분야
준정부 기관	국토교통과학기술진흥원	• 건설교통기술혁신로드맵 및 중장기 계획 등 다양한 국토교통 R&D 정보 제공 • 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 사업의 전반적 사업관리 및 예산 운용 등의 실무 추진 계획
	한국환경산업기술원	• 하폐·수 고도처리 및 유용자원 재활용 기술 개발 • 가연성·유기성 폐자원 에너지화 기술개발
	한국에너지기술평가원	• 기후변화, 고유가 등 에너지 환경변화 대응을 위한 녹색성장 기술개발 • 스마트 송전, 스마트 전력서비스 기술 개발
정부출연 연구소	한국건설기술연구원	• 도시기반 순환형 복합플랜트 연구 • 구조물 기초, 터널, 지반 보강·개량, 지반환경 등과 관련된 각종 인프라의 첨단 건설 기술 개발
	한국생산기술연구원	• 에너지자원 관련 플랜트 핵심기술 개발 • 생산기반기술연구 및 생산시스템의 통합 및 친환경, 고효율, 자동/기능화 생산시스템 기술개발
	한국기계연구원	• 대형 복합 기계시스템의 설계와 엔지니어링에 필요한 핵심 요소 기술 • 플랜트와 타 기술 분야의 융합 및 플랜트 안전 확보 기술
	한국에너지기술연구원	• 하수슬러지 연료화 제조 및 공정기술 개발 • 저탄소 에너지/환경 공정기술 개발
	한국환경정책평가연구원	• 지속가능한 국토환경 조성을 위해 전략 수립과 계획·관리에 관한 연구를 추진 • 물관리 정책 및 신재생에너지 정책과 관련하여 기술개발 방향 제시
공기업	한국토지주택공사	• 기후변화 적응을 위한 도시기반시설 설계효율화 및 설계기준 • 도시 및 교통계획, 도시기반 환경계획, 경관 및 조경계획 등
기업 연구소	GS건설기술연구소	• 초장대 터널 및 지하공간을 높은 효율성으로 안전하게 시공할 수 있는 설계, 시공, 유지관리 기술
	현대엔지니어링기술연구소	• 폐기물을 차량연료로 만드는 바이오가스 차량연료화 정제기술 개발

<표 2-126> 플랜트 관련 연구기관 현황

구분	기관명	주요연구분야
기타	고등기술연구원	에너지환경 분야의 pilot plant 설계/제작/시운전까지의 turn-key service 운용 및 공정해석
	한국플랜트 산업협회	- 해외플랜트 타당성 조사 지원 - 해외 수주 지원 - 플랜트 관련 전문인력 양성 - 중소형 플랜트 수출 지원 - 플랜트 산업 관련 이슈별/국가별 연구
	건설연구인프라 운영원	- 전국에 분산 구축된 대형실험시설 운영 및 관리 - 재난 및 안전분야(구조물, 지반 등)에 대한 대형 실증실험 지원 및 컨트롤타워 역할
	건설기계부품 연구원	융복합 건설기계, 친환경 건설기계 관련 기술개발 및 건설기계 제품·부품 신뢰성 평가
	건축도시공간 연구소	- 건축·도시공간과 관련한 국정과제 및 중장기 발전방향 제시 - 기본계획 수립, 법령 제·개정 등 정책현안에 대한 개선 방안 도출 수행

자료 : 각 기관별 홈페이지

4.4 산업체

- 한국표준산업분류 매칭을 통한 동사업과 관련한 산업체 현황을 조사하여
예상 수요 및 산업계 역량 파악

<표 2-127> 산업체 현황 조사 프레임

목표	데이터 Pool	분석방법
분야별 표준산업분류 매칭	10차 한국표준산업분류	한국표준산업분류 항목명 및 전문가 검토를 통해 세부기술 분야별 해당 표준산업분류 코드 확보
업체 리스트 구축	Kisline 산업분류	한국표준산업분류 세세분류 코드 기준으로 Kisline을 이용해 업체 리스트 확보
업체 도출	Kisline 기업 정보	전문가검토와 기업의 주 생산품 및 기술을 기준으로 필터링
R&D 과제 참여 업체 추가 보충	NTIS	R&D 과제 참여기업을 조사해 구축된 업체 리스트와 비교대조하여 추가

- (1단계) 한국표준산업분류 기준으로 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트
사업과 연관성 높은 산업분야를 1차적으로 도출

<표 2-128> 10차 한국표준산업분류 내 유관 대분류

코드	대분류	분야
C	제조업	설비, 모듈
D	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	열·전기 판매
E	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	폐기물 수집 및 처리
F	건설업	건설공법
J	정보통신업	유지관리
M	전문, 과학 및 기술 서비스업	엔지니어링, 건설공법

<표 2-129> 10차 한국표준산업분류 내 유관 대분류

중분류		소분류		세분류	
29	기타 기계 및 장비 제조업	291	일반 목적용 기계 제조업	2911	내연기관 및 터빈 제조업
				2912	유압 기기 제조업
				2913	펌프 및 압축기 제조업

<표 2-129> 10차 한국표준산업분류 내 유관 대분류

중분류		소분류		세분류	
				2914	베어링, 기어 및 동력 전달장치 제조업
				2917	냉각, 공기 조화, 여과, 증류 및 가스 발생기 제조업
35	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	351	전기업	3511	발전업
				3513	전기 판매업
		352	연료용 가스 제조 및 배관공급업	3520	연료용 가스 제조 및 배관공급업
		353	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	3530	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업
37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3701	하수 및 폐수 처리업
38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	381	폐기물 수집, 운반업	3811	지정 외 폐기물 수집, 운반업
		382	폐기물 처리업	3821	지정 외 폐기물 처리업
41	종합 건설업	412	토목 건설업	4121	지반조성 건설업
				4122	토목 시설물 건설업
42	전문직별 공사업	421	기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	4212	기반조성 관련 전문공사업
		425	시설물 유지관리 공사업	4250	시설물 유지관리 공사업
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	620	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	6201	컴퓨터 프로그래밍 서비스업
				6202	컴퓨터 시스템 통합 자문, 구축 및 관리업
				6209	기타 정보 기술 및 컴퓨터 운영 관련 서비스업
70	연구개발업	701	자연과학 및 공학 연구개발업	7011	자연과학 연구개발업
				7012	공학 연구개발업
				7013	자연과학 및 공학 융합 연구개발업
72	건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	721	건축 기술, 엔지니어링 및 관련 기술 서비스업	7211	건축 및 조경 설계 서비스업
				7212	엔지니어링 서비스업

<표 2-130> 10차 한국표준산업분류 내 유관 세세분류 및 기술분류 매칭

세세분류	항목명	기술분야 매칭
29111	내연기관 제조업	설비, 모듈
29119	기타 기관 및 터빈 제조업	

<표 2-130> 10차 한국표준산업분류 내 유관 세세분류 및 기술분류 매칭

세세분류	항목명	기술분야 매칭
29120	유압기기 제조업	
29131	액체펌프 제조업	
29132	기체 펌프 및 압축기 제조업	
29133	탭, 밸브 및 유사 장치 제조업	
29141	구름베어링 제조업	
29142	기어 및 동력전달장치 제조업	
29171	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	
29172	공기 조화장치 제조업	
29173	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	
29174	기체 여과기 제조업	
29175	액체 여과기 제조업	
29176	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	
35119	기타 발전업	열·전기 판매
35130	전기 판매업	
35200	연료용 가스 제조 및 배관공급업	
35300	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	
37011	하수 처리업	폐기물 수집 및 처리
37012	폐수 처리업	
38110	지정 외 폐기물 수집, 운반업	
38210	지정 외 폐기물 처리업	
39009	기타 환경 정화 및 복원업	
41210	지반조성 건설업	건설공법
41224	환경설비 건설업	
41225	산업 생산시설 종합 건설통합업	
41229	기타 토목 시설물 건설업	
42121	토공사업	
42122	보링, 그라우팅 및 관정 공사업	
42123	파일공사 및 축조관련 기초 공사업	
42129	기타 기반조성 관련 전문공사업	
42500	시설물 유지관리 공사업	
62010	컴퓨터 프로그래밍 서비스업	유지관리
62021	컴퓨터 시스템 통합 자문 및 구축 서비스업	
62022	컴퓨터시설 관리업	

<표 2-130> 10차 한국표준산업분류 내 유관 세세분류 및 기술분류 매칭

세세분류	항목명	기술분야 매칭
62090	기타 정보 기술 및 컴퓨터 운영 관련 서비스업	엔지니어링, 건설공법
70111	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	
70121	전기·전자공학 연구개발업	
70129	기타 공학 연구개발업	
70130	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	
72111	건축 설계 및 관련 서비스업	
72112	도시 계획 및 조경 설계 서비스업	
72121	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업	
72122	환경 관련 엔지니어링 서비스업	
72129	기타 엔지니어링 서비스업	

□ 본 사업 관련 산업체의 최근 3년간의 매출액 및 영업이익의 평균을 조사한 결과 대부분의 분야에서 관련 산업이 크게 성장한 것으로 분석

- 설비, 모듈관련 업체의 영업이익은 '15년 115.5백만 원에서 '17년 229.2백만 원으로 꾸준히 증가
- 열·전기 판매 관련 업체의 영업이익은 '15년 555,179.9 백만 원에서 '17년 100,239.4백만 원으로 대폭 감소
- 폐기물 수집 및 처리 관련 업체의 영업이익은 '15년 241.9백만 원에서 '17년 348.0백만 원으로 꾸준히 증가
- 건설공법 관련 업체의 영업이익은 '15년 88.8백만 원에서 '17년 114.4백만 원으로 꾸준히 증가
- 유지관리 관련 업체의 영업이익은 '15년 37.0백만 원에서 '17년 56.6백만 원으로 꾸준히 증가
- 엔지니어링, 건설공법 관련 업체의 영업이익은 '15년 771.4백만 원에서 '17년 1,105.6백만 원으로 증가

<표 2-131> 관련 산업체 매출액 및 영업이익 평균

(단위 : 백만 원)

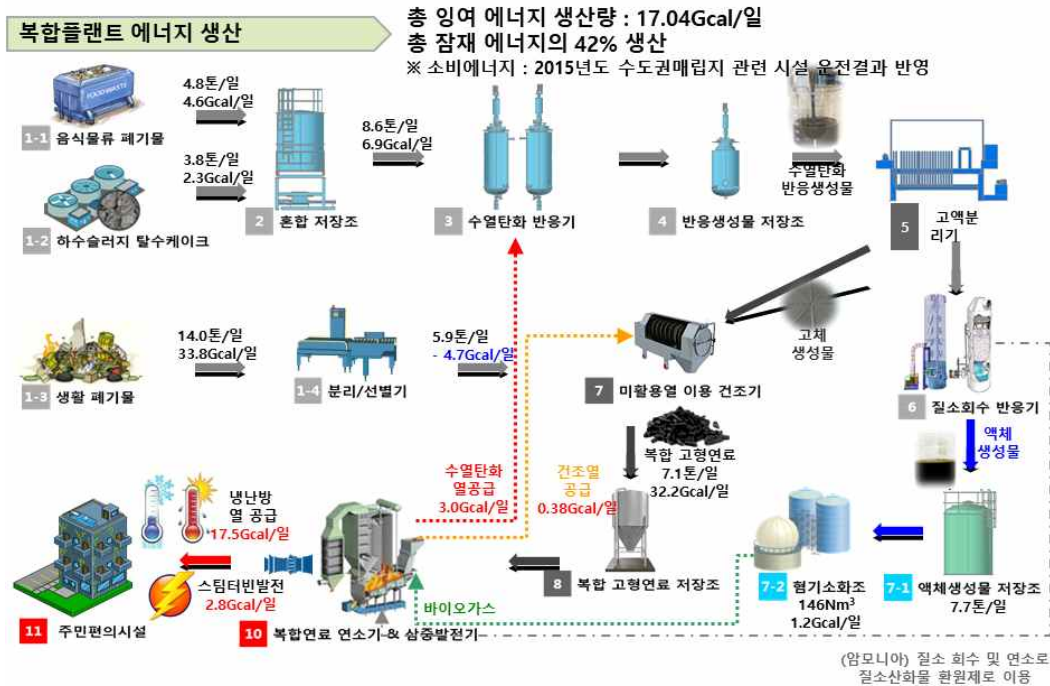
	매출액			영업이익		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
2911	5,212.8	4,634.1	5,909.4	191.2	177.9	159.7

<표 2-131> 관련 산업체 매출액 및 영업이익 평균

(단위 : 백만 원)

	매출액			영업이익		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
2912	2,538.3	2,533.1	3,154.2	167.6	185.5	224.7
2913	3,180.5	3,299.7	3,904.3	210.5	222.3	248.6
2914	2,640.5	2,950.2	3,697.5	185.9	206.5	246.0
2917	2,844.8	3,059.0	3,529.9	156.8	181.5	197.6
3511	1,093.7	980.4	1,569.2	115.5	105.4	178.3
3513	29,270,712.8	20,096,912.2	14,991,905.6	2,212,736.8	1,627,215.2	388,415.8
3520	220,059.1	166,145.9	189,547.4	4,285.0	4,862.2	6,985.4
3530	62,847.8	72,226.9	80,884.1	3,574.1	4,033.8	5,378.1
3701	3,641.0	3,993.1	4,692.1	464.7	489.0	602.4
3811	1,518.6	1,641.8	1,962.8	75.0	82.9	99.5
3821	2,814.3	3,219.5	4,068.6	185.9	234.2	342.1
4121	5,514.3	5,936.8	7,616.7	93.7	79.4	105.8
4122	2,637.3	2,864.7	3,783.5	92.0	106.0	144.6
4212	2,345.3	2,620.1	3,605.0	87.9	103.0	127.6
4250	1,628.7	1,427.3	1,546.0	81.4	67.2	79.6
6201	925.3	1,030.9	1,151.0	18.3	34.4	31.4
6202	2,067.0	2,140.8	2,812.9	48.8	55.2	75.7
6209	1,714.0	1,676.4	1,944.9	43.8	61.4	62.8
7011	1,140.0	974.2	1,112.9	- 133.1	- 246.6	- 431.7
7012	1,865.7	1,544.6	1,375.4	- 34.0	- 25.7	- 15.5
7013	152,665.9	82,043.2	99,193.3	3,867.7	1,813.7	5,734.0
7211	816.5	955.9	1,333.0	76.0	92.3	133.3
7212	1,316.1	1,379.1	1,670.0	80.5	88.9	107.9

□ 인구 2만기준 복합플랜트 시설(Test Bed)



자료 : 고등기술연구원

<그림2-86> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요

<그림2-87> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요

구분		내용
시설명		인구 2만기준 에너지생산 복합플랜트 통합공정
시설 용량		• 인구 2만명, 음식물류폐기물 5톤/일, 하수슬러지 4톤/일, 생활폐기물 14톤/일
주요 시설	반입공급설비	• 슬러지 저장조 : 35m³ / 음식물류 저장조 : 35m³ / 생활폐기물 저장조 : 35m³ / • 슬러지 공급(MONO) 펌프 : 4m³/hr X 20kgf/cm².g X 2기 • 벨트컨베이어+버켓엘레베이터+플레이트컨베이어 : 500kg/hr X 1식
	수열탄화 설비	• 수열탄화 반응기 : 1.45m³(유효용량 : 1.0m³) X 2기
	고액분리 설비	• 열회수조 : 2.9m³(유효용량 : 2.0m³) X 1기
	과립건조 설비	• 고압필터프레스 : 2m³/cycle (수열탄화 반응물저장조 : 10m³ X 1기)
	연소열 회수 설비	• 건조기 : 200kg/hr X 1기 • 스토커식 연소기 : 300kg/hr(=1,200Mcal/hr) + LNG 버너 겸용 X 1기 • 폐열 보일러 : 16kgf/cm² X 1기 • 열매유 보일러 : 250도 X 1기 • 발전설비 : 500kW
	질소 회수 설비	• 암모니아 탈기탑 : 10m³/min • 암모니아 흡수탑 : 10m³/min
	급배수 설비	• 공정수 저장조 : 30m³ X 3기 • 방류수 저수조 : 10m³ X 1기
	악취제거 설비	• 악취연소 : 60m³/min • 악취 스크러버 400m³/min

□ 본 사업에서 복합플랜트 구축에 필요한 연구장비(설비)의 시험 및 평가
기관 현황 분석

<표 2-133> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
한국산업기술시험원	시험 인증	•기계설비성능평가, 내진검증 및 시험평가, 승강기시험평가, 방폭인증, 조선기자재 시험인증, 음향기기 음압시험
(재)포항산업과학연구원	시험	• 금속재료, EPMA분석, 신뢰성환경, 신뢰성물성
한국승강기안전기술원	시험	•정밀안전검사,완성검사,수시검사,정기검사
건설기계부품연구원	시험	• 금속 및 관련제품(인장, 굽힘, 브리넬 경도, 충격시험 방법 등)
전남대학교산학협력단 바이오하우징연구센터	시험	•시멘트 및 관련제품(콘크리트의 압축 강도, 콘크리트 촉진 탄산화, 금속 동결 융해에 대한 저항 시험 방법 등)
군산대학교 산학협력단 기술혁신센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 자동차(자동차 부품 진동 시험 방법)
한국기계연구원 부설 재료연구소	시험	• 금속및관련제품(인장,브리넬경도시험방법),플라스틱및관련제 품, 철강(철 및 강의 스파크 방전 원자 방출 분광 분석 방법 등)
한국기술교육대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(피막두께 측정 등), 물리적 시험(플라스틱 등)
한국항공대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 플라스틱 및 관련제품
동아대학교 산학협력단	시험	• 기계요소(밸브 시험 등)
(재)경북하이브리드부 품연구원	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 자동차(부품 진동 시험 방 법 등)
창원대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(기하학적 제품 사양), 산업용 기계(공작기 계), 진동특성(기계적 진동)
경기과학기술대학교 고정밀계측기술센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법 등)
(재)부산테크노파크 고령친화산업지원센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 고무와 관련제품(가황고무)
조달품질원	시험	• 기타재료 및 제품(건축 내장재)
한국교통대학교 산학협력단국제공인시 험연구센터	시험	• 시멘트 및 관련제품(콘크리트 휨, 압축강도)
한밭대학교 재료평가연구센터	시험	• 금속 및 관련제품(비커스, 로크웰 경도 시험방법 등)
광주전남지방중소기업 청 제주시험연구센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장, 굽힘 시험방법), 시멘트 및 관련제 품(콘크리트), 골재 및 관련제품(석재)
한국철도기술연구원	시험	• 금속 및 관련제품(충격, 쇼어, 브리넬 경도, 인장, 굽힘 시험 방법), 시멘트 관련제품(PSC침목), 철도차량 및 관련제품 (철도차량용 합성제륜자), 산업용 전기기기, 전자기적합성, 환경 및 신뢰성(철도신호 보안부품), 화재, 냉난방기기
(재)한국조선해양기자 재연구원	시험	• 금속 및 관련제품(인장강도), 조선
한국소방산업기술원(시험)	시험	• 금속 및 관련제품, 고무와 관련제품, 물리적 시험, 철강, 가 스류, 석유제품, 화재

<표 2-133> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
포항공과대학교 나노융합기술원	시험	• 금속 및 관련제품
교통안전공단 자동차안전연구원	시험	• 자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법
수원대학교 그린카에너지활용부품 센터	시험	• 금속재료인장시험방법,축하중피로시험
(재)자동차융합기술원	시험	• 금속재료 인장시험
계명대학교 첨단건설재료실험센터	시험	• 금속 및 시멘트 관련 제품
근로복지공단 재활공학연구소	시험	• 물리적 시험(수동휠체어, 가정 요양용 수동침대 등)
한국산업기술시험원	시험 인증	• 소프트웨어 성능신뢰성 및 품질평가(GS인증)
RFID/USN 센터	시험	• RFID/USN 성능평가 및 안테나 성능평가, EMS(전자파내성), EMI(전자파간섭)
구미전자정보기술원	시험	• 유/무선 통신기기(전자파흡수율 측정)
한국정보통신기술협회 (TTA)	시험 인증	• GS인증기관(SW품질인증, 지경부 지정),CC평가기관(SW보안 인증, 국정원 지정),디지털 방송 시험기관, GSM, WCDMA, LTE, B/T 등
국방기술품질원기술진 흥센터	시험	• 무기체계소프트웨어개발및관리매뉴얼
동의대학교 산학협력단	시험	• 소프트웨어 제품 품질 요구사항 및 평가(SQuaRE)
한국승강기안전기술원	시험	• 정밀안전검사,완성검사,수시검사,정기검사
(재)대구기계부품연구 원	시험	• 금속 및 관련제품(브리넬, 재료 충격 시험 등), 비철(구리, 알루미늄), 전자기적합성
합동상호운용성기술센 터	시험	• 소프트웨어 시험
한국산업기술대학교 산학협력단전력저감센터	시험	• 에너지효율(최대 수요 전력 제어기, 고효율에너지기자재)
(재)지능형자동차부품 진흥원	시험	• 환경 및 신뢰성(환경 시험 방법)
경일대학교산학협력단 (자동차부품시험지역 혁신센터)	시험	• 환경 및 신뢰성(환경시험 및 자동차 부품 진동 시험 방법)
서울대학교병원 의공학과	시험	• 환경 및 신뢰성(환경시험)
한국가스안전공사(시 험검사)	시험	• 금속 및 관련제품, 물리적 시험(연수 분무시험), 안전장구, 가스류, 산업용 전기기기(폭발성), 에너지효율, 냉난방기기(가스)
한국전기안전공사 안전인증센터	시험	• 의료기기, 배선기구류, 대전력 및 고전압 시험, 산업용 전자 기기
한국전력공사 전력연구원(시험)	시험	• 석유제품(석탄류 및 석유), 기타 석유제품(절연유,석유계), 전선,케이블, 전로용품(전기 케이블)
한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	시험	• 안전장구, 산업용 전기기기(방호장치)
전자부품연구원	시험	• 환경 및 신뢰성(환경 시험방법-전기,전자)

<표 2-133> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
한국에너지기기산업진흥회	시험	• 에너지 효율(효율관리기자재), 냉난방기기(가스연소기기)
국방기술품질원	시험	• 음향특성, 진동특성
(재)한국건설산업품질연구원	시험	• 온도 및 습도(보온재의 열 전도율), 진동특성
창원대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(기하학적 제품 사양), 산업용 기계(공작기계), 진동특성(기계적 진동)
(재)한국섬유기계연구원	시험	• 음향특성(작업환경에서의 소음, 섬유기계), 진동특성(광대역 랜덤 진동시험)
한국생산기술연구원(천안)	시험	• 수질, 섬유, 음향특성
한국건설기술연구원	시험	• 시멘트및관련제품, 골재 및 관련제품, 목재 및 관련제품, 토질 및 관련제품, 유리 및 유리제품, 건설 및 건자재, 수질, 실내 및 기타환경, 온도 및 습도, 화재, 음향특성, 진동특성
한국에너지기기산업진흥회	시험	• 에너지 효율

4.6 소결 및 시사점

□ (연구인력) 본 사업과 관련있는 전공별 석·박사 수와 건설기술자 수에 대해 조사한 결과 사업추진에 충분한 것으로 판단됨

○ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 기술개발과 관련이 있는 전공분류별 우리나라 석·박사 학위 연구원은 총 50,705명

- 관련 전공은 토목·건축, 기계, 화학공학, 자원 등으로서, 박사 학위자가 총 17,758명이고 석사 학위자가 총 32,947명

- 정부출연연구기관을 포함한 공공연구기관의 경우에, 박사 학위자가 4,607명이고 석사 학위자는 총 3,199명

- 기업의 경우 박사 학위자가 5,957명이고 석사 학위자는 22,985명

○ 건설기술자의 경우 '16년 기준 약 700,000명으로 이중 기술자가 약 300,000명이며 꾸준히 증가

- 학경력자 및 기사 자격 보유자의 인력공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학력경력자 및 기사 자격 보유자에 대한 인력은 꾸준히 증가

- 산업기사 및 기술사도 꾸준히 증가하는 추세이나 상대적으로 적음

□ (대학) 대다수의 대학들이 기계, 건축, 토목, 화공 등 플랜트 관련 학과를 설치하고 있으나, 플랜트 및 산업간 융복합에 특화된 전문인력 양성 및 배출은 부족한 상황

○ 교육통계서비스에서 2017년 대학 학과별 입학상황 통계에 따르면 공학계열에서 전기·전자, 기계·금속, 건축학과 입학자 수는 전체 공과계열 입학자 비율이 각각 10% 이상이지만, 플랜트에 특화된 학과를 포함하고 있는 응용공학과인 경우 3.6%로 매우 낮음

- 정부에서는 이를 해결하기 위해 2009년부터 다양한 플랜트 인력 양성 프로그램을 운영하고 있지만, 이론 위주의 단기 수업이 많아 인력 부족 현상은 유지되고 있는 상황

- (연구기관) 한국건설기술연구원, 한국생산기술연구원 등 다양한 국·공립 연구소 및 정부출연연구소에서 국가 R&D 사업에 참여하고있으며, 한국플랜트산업 협회 등의 기관에서 플랜트 해외진출 지원
 - 준정부기관, 공기업, 기업연구소 등 다양한 기관에서 본 사업 관련 분야 연구를 활발히 진행하고 있음
- (산업체) 한국표준산업분류기준 6개 대분류, 9개 중분류, 23개 세분류 분야가 본 사업과 관련되어 있음
 - 설비, 모듈관련 업체의 영업이익은 '15년 115.5백만 원에서 '17년 229.2백만 원으로 꾸준히 증가
 - 열·전기 판매 관련 업체의 영업이익은 '15년 555,179.9 백만 원에서 '17년 100,239.4백만 원으로 대폭 감소
 - 폐기물 수집 및 처리 관련 업체의 영업이익은 '15년 241.9백만 원에서 '17년 348.0백만 원으로 꾸준히 증가
 - 건설공법 관련 업체의 영업이익은 '15년 88.8백만 원에서 '17년 114.4백만 원으로 꾸준히 증가
 - 유지관리 관련 업체의 영업이익은 '15년 37.0백만 원에서 '17년 56.6백만 원으로 꾸준히 증가
 - 엔지니어링, 건설공법 관련 업체의 영업이익은 '15년 771.4백만 원에서 '17년 1,105.6백만 원으로 증가
- (시설 및 실험장비) 타 사업 및 선행 사업에서 구축된 복합플랜트 통합공정을 활용하여 본 사업 연구결과를 위한 Test Bed로 활용 가능
 - 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설, 인구 2만기준 복합플랜트 시설(Test Bed)이 구축되어 현재 활용중에 있음

제6절 종합분석(SWOT) 및 추진방향 도출

1. SWOT 분석

◆ 국내외 정책, 산업·시장, 기술 동향 분석 결과를 바탕으로 기회요인과 위협요인을 도출하고, 국내 R&D 인프라 분석 결과와 기술예측결과를 바탕으로 강점과 약점을 도출하여 SWOT 분석을 통해 Keyword를 도출

<표 2-134> SWOT 분석

내부요인 외부요인	강점 (S)	약점 (W)
	• 우수한 복합플랜트 통합공정 및 Pilot규모 플랜트 확보 • ICT 활용 통합관리 체계 기술 보유 • 우수한 해외플랜트 시공 실적 • Test Bed 후보지 확보	• 선진국 대비 낮은 플랜트 엔지니어링 경쟁력 • 복합플랜트 설치 및 운영에 대한 경험 부족 • 시설비 증가에 따르는 경제성 문제
기회 (O)	SO 전략	WO 전략
• 에너지 및 폐기물의 효율적 관리체계 중요성 증가 • 온실가스 감축 등 국제 환경규제 강화 • 에너지 공급 및 폐기물 처리 비용 증가 • 도시인구 증가 및 삶의 질 향상으로 쾌적한 국토공간 조성을 위한 시설물 지중화 건설수요 증가	• 국내 강점을 기반으로 수요 맞춤형 복합플랜트 상용화 기술 개발 추진 • 에너지와 환경문제에 관한 사회적 공감대와 정부의 의지를 기반으로 순환형 시스템 기술개발 및 설치 추진 • 분산형 에너지 공급 및 자립화로 경제성 확보 • ICT 기반 운영 및 유지보수 최적화로 운영 비용 절감 • 핵심기술 실증을 통한 해외 시장 진출 기반 구축	• 플랜트 고부가가치 전방 기술 개발을 지원하여 엔지니어링 대외 경쟁력 제고 • 실증 플랜트 운영을 통해 Track Record를 확보하며 최적 운영 모델 도출 • 지하공간 효율적 굴착 기술을 개발하여 지하개발 수요 대응 및 굴착 비용 절감 • 도시기반 지하화 환경플랜트 시범구축을 통한 경제성 및 주민친화성 검증, 홍보
위협 (T)	ST 전략	WT 전략
• 민원으로 인한 에너지·환경 플랜트의 도심 설치 어려움 • 도심 플랜트 환경오염 설비 강화로 경제성 저하 • 비좁은 도심 공간 활용에 의한 제한성 증가 • 지하공간 개발 증가에 따른 시설물 위험도 증가	• 복합플랜트의 지하화로 환경문제에 대한 민원 해소 및 도심공간 활용성 증가 • 폐기물 이동에 의한 비용 절감으로 경제성 확보 • 지상공간에 주민편익시설 조성으로 친환경성 강화 • ICT 기반 시설물 재난·재해 대응 기술을 개발하여 신뢰성 확보	• 주민 입주전 신도시 부지에 실증규모 플랜트를 구축하여 단계별 실·검증 추진 • 국가 R&D 사업에 의한 복합플랜트의 기술력과 신뢰성 확보를 통해 경쟁력 강화 • 외국의 선진사례를 벤치마킹하여 계획에 반영하고, 기존 개발기술 적극 활용 추진

2. SWOT 분석을 통한 사업 전략 방향 도출

2.1 SO전략

- 국내 시장이 갖고 있는 강점 요인과 대내외 환경의 기회 요인을 동시에 비추어 보면 먼저 국제유가 변동에 따른 에너지 위기의식 고조와 온실가스 감축으로 대변되는 환경 관련 국제규범 강화에 대한 대응방안으로 국내에서 보유하고 있는 우수한 도시기반 플랜트 및 건설 경험과 다양한 도시기반 플랜트의 운전을 통해 축적된 경험을 결합하여 사회적 공감대와 정부의 의지를 기반으로 순환형 시스템의 기술 개발 및 설치를 추진하는 것임.
- 이와 같은 도시기반 복합플랜트는 도시 자원 및 에너지의 순환형 시스템을 구축할 수 있게 해주는 물론, 전력을 비롯한 에너지의 공급체계 개선을 통해 전력난의 근본적인 해결은 물론 합리적 에너지 공급체계를 구축할 수 있음. 또 생애주기를 고려할 때 이미 물리적, 사회적 수명이 다해 개선이나 교체가 요구되는 많은 유틸리티 시설들을 Test Bed로 활용하여 시범적으로 구축함으로써 국내 실정에 적합한 도시기반 유틸리티 모델의 확보 가능
- 또한, 지하 공간의 활용 기술(설계, 시공, 운영 및 안전)의 확보를 통해 최근 증가하고 있는 지하 도시 개발 및 시설의 지하화 분야에 대한 선행 기술 확보가 가능할 것으로 기대됨.

2.2 WO 전략

- 국내 시장이 갖고 있는 단점 요인과 대내외 환경의 기회 요인을 동시에 들여다보면 지금까지 단기간에 걸쳐 산업화와 도시화를 이뤄야 했기 때문에 기술력이 턱없이 부족한 우리로서는 주로 선진기술의 도입에 전적으로 의존해 왔음. 따라서 플랜트 분야의 핵심기술이 축적되지 못한 상태이며, 따라서 국제 플랜트 건설시장에서 주도적인 사업수행이 어려운 실정임. 기존 유틸리티 시설에 관한 공정기술 및 설계기술 등 핵심기술은 뒤졌지만, 도시기반 순환형 복합플랜트에 관한 기술 개발을 통해 핵심 공정기술의 확보 가능.
- 이와 더불어 낙후된 계획 및 설계기술 등 엔지니어링 기술도 조기에 확보함으로써 플랜트 건설산업의 수출경쟁력 향상을 도모할 수 있음. 또,

단순한 기능 이외의 복합플랜트 설치 및 운영에 대한 경험이 매우 부족하고 기존 도시기반 유틸리티 시설의 설치관행에 따른 고정관념이 팽배해 있다는 점을 감안하여 도시기반 순환형 복합플랜트를 시범적으로 구축하여 개발 기술과 도입효과 및 주민친화성을 검증하고 이를 주민 홍보용으로 활용할 수 있음.

- 또한, 신도시와 같은 신규 시설 건설의 경우 도시 계획단계에서부터 시설 구축에 대한 검토를 통해 도시계획과 연계된 효율적인 공간 활용 및 배치 가능.

2.3 ST 전략

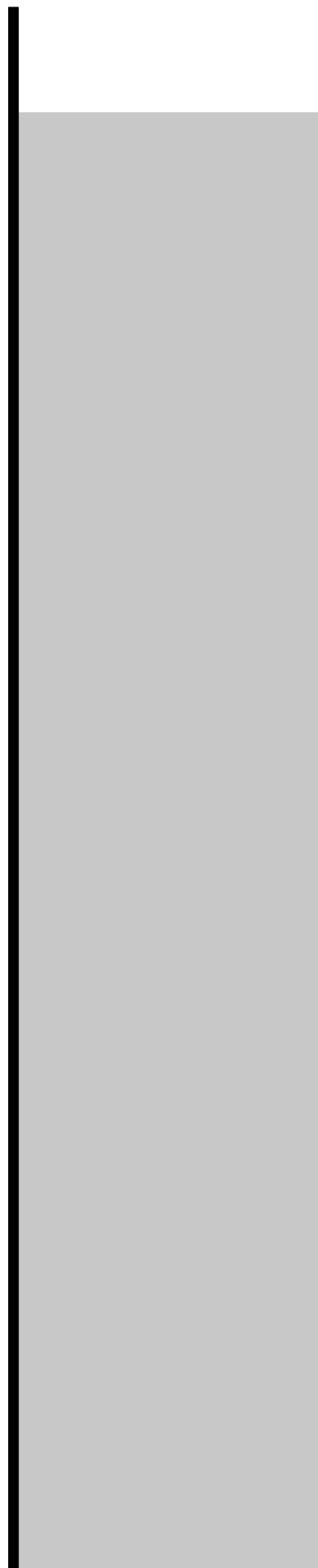
- 국내 시장이 갖고 있는 강점 요인과 대내외 환경의 위협 요인에 대한 분석을 통해서는 먼저 국내 시장과 기술이 갖고 있는 장점, 즉 국내에서 보유하고 있는 우수한 도시기반 플랜트 및 건설 경험과 다양한 도시기반 플랜트의 운전을 통해 축적된 경험을 바탕으로 도심지 등의 공공용지의 지하를 이용하여 도시기반 순환형 복합플랜트를 설치할 수 있음. 물론 여기에는 요구되는 기술들의 개발이 전제가 되며, 지금까지 원격지의 대규모 시설의 설치 및 운전경험이 큰 도움으로 작용할 것으로 기대됨.
- 또한 시설이 설치되는 지상의 공간에는 매우 다양한 주민편익시설을 친환경적으로 조성함으로써 주민친화 공간으로 개발 가능. 궁극적으로 도시기반 유틸리티 시설들의 설치를 위한 부지난의 근본적인 해소에 일익을 담당할 수 있음. 또한, 지금까지 단순이용 및 폐기에 의존해왔던 기존의 일과성 시스템을 순환형으로 구축함으로써 경제성과 친환경성 및 주민친화성을 증명하고 도입에 필요한 저변확보 효과 기대.

2.4 WT 전략

- 국내 시장과 기술의 약점 요인과 대내외 환경의 위협 요인을 분석해보면 먼저 국내에서는 도시기반 순환형 복합플랜트에 대한 설치, 운영 경험이 거의 없고 또 도심에 설치하고자 하는 경우 적지 않은 반대도 예상됨. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 우선 현재 개발 중인 신도시를 대상으로 시설 구축 후 실제 운영을 통해 경제성과 친환경성 및 주민친화성을 증명함과 동시에 주민의 의식을 개선하는 치밀한 전략과 지속적인 노력이 요구.

- 이를 위해서는 외국의 선진사례를 벤치마킹하여 계획에 반영하고, 이미 개발되었으나 활용되지 못한 기술들을 발굴하여 적극 활용할 필요가 있음. 또한 주민의 의식개선에 따라 기존의 도시 에너지 자원 유틸리티의 공급체계를 개선하기 위한 제도개선 방안도 마련하여 추진하여야 할 것임. 뿐만 아니라 해당 설비의 적용에 따른 효과(경제적, 사회적)를 주민들이 체감할 수 있도록 하는 방법 역시 필요.

제3장 기존 사업 성과 분석



제3장 기존 사업 성과 분석

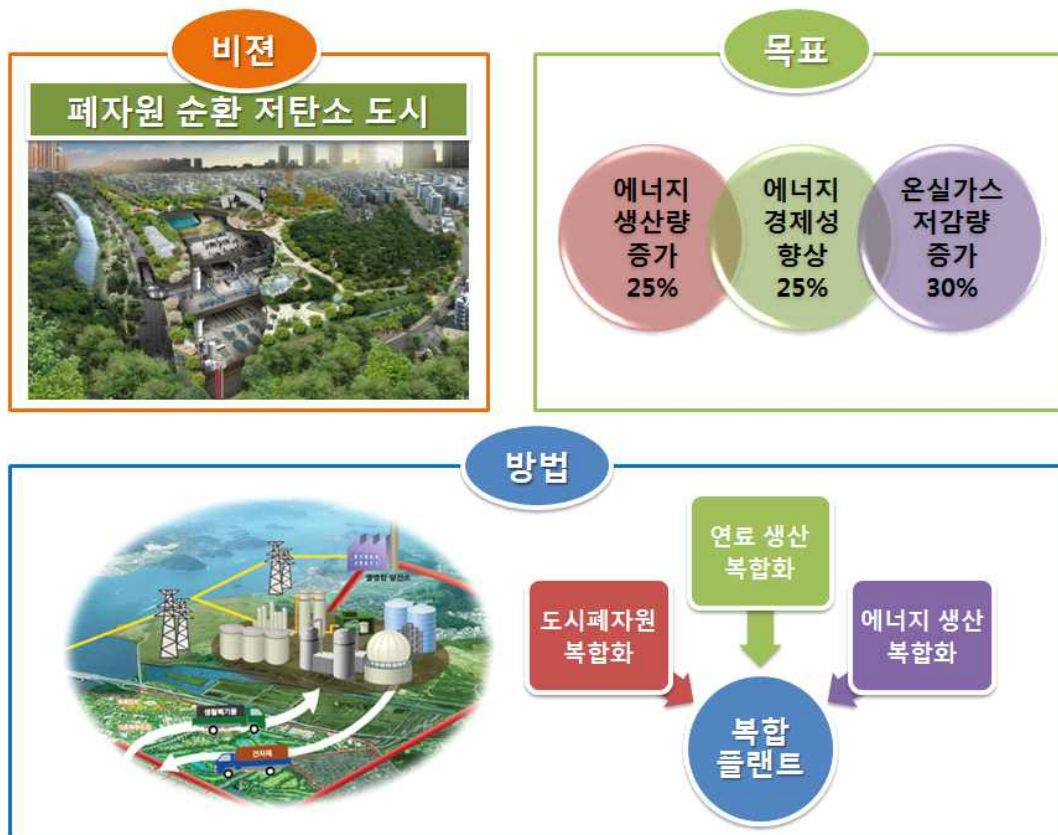
- ◆ 선행사업과 신규사업의 차별성 및 세부과제별 단위에서 연계·활용이 가능한 사항을 체계적으로 제시하고, 선행사업의 성과를 종합적으로 분석하여 신규사업의 방향성을 설정

제1절 기존 사업 현황 및 추진경과

1. 연구개발 개요

1.1 사업 목적 및 목표

- (목적) 복합플랜트 건설에 요구되는 핵심공정, 생산기술 및 운영기술 개발을 통해 국내적용은 물론 해외플랜트 수주경쟁력 증대
- 지속가능한 저탄소 미래도시 실현을 위하여 다양한 도시폐자원(생활계 가연성 폐기물, 음식물류 폐기물, 하수 슬러지)을 하나의 사이트에서 상호 연계된 연료생산 및 에너지생산 복합플랜트 개발



<그림 3-1> 복합플랜트 연구단 비전 및 목표

1.2 사업 배경 및 필요성

□ 도시화로 인프라 부족과 불균형 심화 사회문제 해결 필요

- 도시 팽창으로 폐기물 발생/처리 및 에너지 생산/소비의 불균형 문제 증가와 NIMBY 현상으로 국토의 효율적 활용 어려움
- 도시기반 에너지 및 환경플랜트의 연계 및 융·복합 핵심기술 개발을 통해 국토의 효율적 활용과 주민친화적 도시기반 에너지·환경플랜트 모델 제시 필요
- 국가 신재생에너지 보급·확대 정책과 온실가스 감축 통한 기후변화 대응 정책을 동시에 만족할 수 있는 통합된 환경 및 에너지 분야 해결방법 개발 필요
 - 도시 발생 다양한 폐기물 이용 도시에너지 기저 부하 담당 가능한 분산형 에너지 생산/소비 방법 개발 필요

□ 에너지 생산·공급 플랜트 및 환경플랜트가 복합적으로 연계된 새로운 플랜트 모델에 대한, 설계, 건설, 운영, 관리를 성공적으로 수행함으로써, 복합플랜트라는 새로운 플랜트 비즈니스 모델 개발 필요

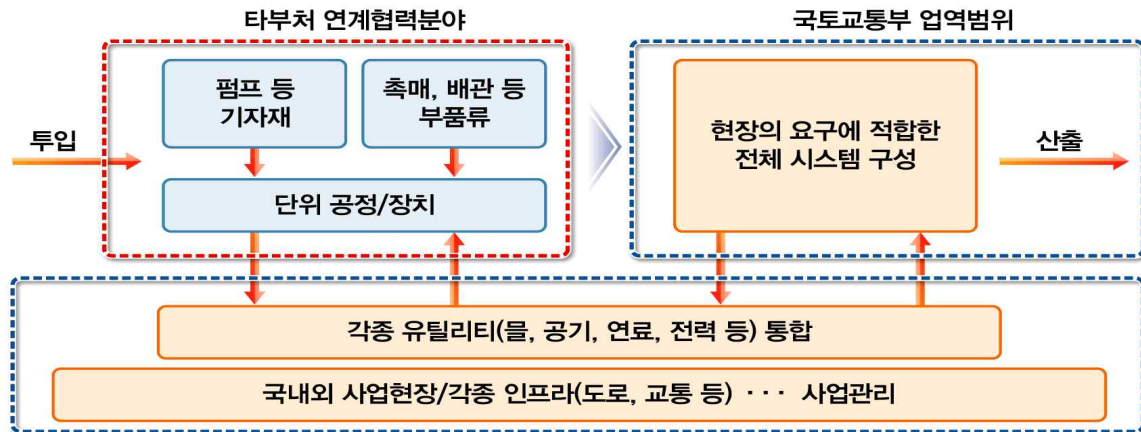
□ 지속가능한 저탄소 미래도시 실현을 위한 다양한 도시폐자원(생활계 가연성폐기물, 음식물류폐기물, 하수 슬러지)을 하나의 사이트에서 상호 연계된 연료 생산 및 에너지 생산을 위한 복합플랜트 개발 수행

- 복합플랜트 개발을 통해 기존의 도시 폐자원을 이용한 에너지 생산 플랜트와 비교하여 에너지 생산량 25%, 온실가스 저감량 30% 증가, 복합에너지 활용 체계 구축으로 수도권매립지 드림파크 CC 클립하우스 에너지 자립화율 200% 확보

1.3 사업추진 지원근거

□ 국토교통과학기술 육성법(타법개정 2017.1.17., 법률 제14545호) 및 동법 시행령(제정 2018.01.01, 대통령령 제27280호) 시행규칙에 의거하여 추진

○ 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 및 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정(국토교통부 훈령 제676호)



<그림 3-2> 국토교통부 연구개발 업역범위

* 산업통상자원부 연구개발사업과 차별점 : 기자재/공정장치는 산통부 R&D 결과의 연계·조달에 중점(미비한 분야는 연구를 병행 추진)

<건설기술관리>

제8조(연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업(이하 "연구개발사업"이라 한다)을 할 수 있다.

② 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별·분야별 연구과제를 선정하여 다음 각 호의 기관 또는 단체 등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다. 이 경우 제5호의 기관 중 법인이 아닌 기관에 대하여는 그 기관이 속한 법인의 대표와 협약을 맺을 수 있다. <개정 2016. 3. 22.>

1. 국공립 연구기관
 2. 「특정연구기관 육성법」 제2조에 따른 연구기관
 3. 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조제1항에 따른 연구기관 또는 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조제1항에 따른 연구기관
 4. 「고등교육법」 제2조에 따른 학교
 5. 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조의2제1항에 따라 인정받은 기업부설연구소 및 기업의 연구개발전담부서
 6. 「민법」이나 다른 법률에 따라 설립된 법인으로서 국토교통 관련 연구를 하는 기관
 7. 그 밖에 대통령령으로 정하는 국토교통분야의 연구기관 또는 단체
- ③ 국토교통부장관은 연구개발사업을 추진하기 위하여 제2항에 따라 연구를 수행하는 기관이나 단체 등에 출연금을 지원할 수 있다.
- ④ 제2항에 따른 연구과제의 선정방법, 협약의 체결방법과 제3항에 따른 출연금의 지급·사용 및 관리에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

- 도시폐자원 복합연료(고형연료+바이오메탄) 열병합발전 고효율 기술 개발
- 열병합발전열 이용 유기성 폐자원(음식물류 폐기물, 하수슬러지) 수열탄화 기반 복합연료 (고형연료 및 바이오메탄) 생산기술 개발
- 생산된 전기 및 열에너지의 사용자 중심 활용을 위한 ICT 기반 운영기술 개발

<표 3-2> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 세부 과제구성

구분	세부 사업	추진 내용
1-1	복합 유기성 폐자원 수열탄화 기반 복합플랜트 통합공정 개발	- 복합폐자원(생활폐기물 + 음식물류폐기물 + 하수슬러지)활용 통합공정 건설기술 개발 - 복합유기성 폐자원(음식물류폐기물 + 하수슬러지)활용 수열탄화 기반 핵심기술 개발
	복합 유기성 폐자원 수열탄화액의 혐기소화 운전조건 최적화 연구	- 암모니아 저해 저감형 혐기소화 기술 개발 - 수열탄화액 전용 고효율 바이오가스화 기술 개발 - 수열탄화, 질소·인 회수 복합공정기술 개발
	저탄소 도시형 복합플랜트 탄소중립 모델 개발	- 온실가스 배출량 신규 방법론 개발 - 외부 감축사업 등록 추진 - 탄소중립 모델 개발
1-2	복합 유기성 폐자원 수열탄화 반응생성물 고액분리 효율 향상 기술 개발	- 복합플랜트의 경제성 향상을 위한 멤브레인 필터프레스 적용 고액분리 공정 적용
1-3	복합연료 활용 저공해 고효율 연소로 및 삼중발전 기술 개발	- 복합 고형연료(생활폐기물 SRF + 수열탄화 SRF) 전용 유동층연소와 화격자연소가 일체화된 연소로 개발 - DeNOx 공정에 환원용액제제(공정추출암모니아수) 사용하는 SNCR기술 개발 - 배압식스팀 열병합발전과 발전 폐 스팀을 활용한 흡수식 냉난방기술이 융합된 공정에너지 효율 향상 기술 개발 - 고온 배가스 에너지 활용을 통한 저온 공기비 실현 및 연소로 연소효율 향상을 위한 고온 배가스 재순환 기술 개발
1-4	복합플랜트 미활용 에너지 활용 고형연료 생산 경제성 향상 기술 개발	- 150℃ 이하의 저품위 대용량 미활용 에너지 회수·활용 기술 개발 - 건조시스템 내부의 고효율 열전달 방법 개발 및 설계 - 저품위 대용량 에너지 호라용 건조시스템 개발 및 고형연료 건조 기술 개발
1-5	복합플랜트 부산물 Near Zero 실현을 위한 자원 재이용 핵심기술 개발	- 수열탄화액의 암모니아성질소 회수를 위한 탈기 시스템 및 중탄산암모늄 제조 기술 개발 - 바이오가스 혐기소화액의 규격액비 생산 및 품질관리를 위한 판정 지표 확립 - 폐기물 고형연료 연소재의 토양 환원을 위한 토양개량제 및 미량원소 비료 개발 - 부산물로부터 회수된 질소, 액비, 토양개량제, 미량원소 비료의 제품화 및 도시농업분야 적용

<표 3-2> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 세부 과제구성

구분	세부 사업	추진 내용
2-1	도시 유형별 복합플랜트 Biz-model 개발	- 도시 모델별(신도시, 도시재생 등) 및 도시 특성별 적용 가능한 복합에너지 플랜트 적용 가능 기술 검토 및 이에 대한 경제성/효과 분석 내용을 바탕으로 한 사업 모델 도출
2-2	복합플랜트 사업 타당성 검토 기술 개발	- Test Bed 대상지역 현황(에너지, 자원 수요 및 발생량, 인프라 시설) 분석 및 지역 내 복합플랜트 관련 제도/법령 등 검토 - 복합플랜트와 기존시설 연계방안 검토 등의 정책/제도적 해결 방안 확보 - 복합플랜트 적용에 따른 효과 분석(경제적/사회적 편익 등) 및 비용 분석을 통한 사업성 분석, 민감도 분석을 기반으로 한 사업성 확보 방안 도출
2-3	폐자원과 에너지 계통연계 ICT 기반 복합플랜트 운영관리 기술 개발	- 복합플랜트의 설계 및 운영정보와 도시자원의 공급 및 처리 수요정보의 실시간 모니터링 및 의사결정을 지원하는 도시자원 실시간 분석 시뮬레이터 개발

2.2 사업 추진 경과

가. 1차년도

<표 3-3> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 1차년도 추진경과

구분	기관	추진 내역
1-1	고등기술연구원(주관)	• 복합플랜트 핵심공정기술 개발 • 복합유기성 폐자원(하수슬러지+음식물류폐기물) 수열탄화 운전 조건 최적화 • 최적조건의 복합플랜트 통합공정 물질&에너지 수지 제시
	-1 환경대학교(위탁)	• 도심형 바이오가스화 복합플랜트 공정 개념 확립 • 혐기소화 pilot 장치 설계 인자 도출
	-2 한림대학교(위탁)	• 비교군 시스템과 저탄소 도시형 복합플랜트의 온실가스 배출공정 비교 분석
1-2	수도권매립지관리공사(공동)	• 복합 유기성 폐자원 수열탄화 반응물 고액분리 최적 조건 도출 • 복합플랜트 pilot 설비 적정 설치부지 검토 및 관련 유틸리티 조사
1-3	조선내화이엔지(공동)	• 비성형 복합 SRF 전용 열병합발전 및 미활용 에너지 활용 시스템 기본 설계 및 공정 최적화
1-4	한국산업기술시험원(공동)	• 복합플랜트 미활용 에너지 조사 및 이를 활용하는 건조 시스템 개념 설계
1-5	에코멤브레인(공동)	• 수열탄화 반응생성물의 경제성 있는 질소 회수 기술 개발 • 기존 질소회수 기술은 90% 이상의 암모니아성질소 회수를 위해 다량의약품비와 동력비가 소요되므로 최적의 회수효율을 확보 할 수 있는 기술 개발 • 회수된 암모니아수를 이용한 25% 이상의 암모니아수 농축방법 연구
2-1	지에스건설(주)(협동)	• 국내외 복합플랜트 관련 기술 적용 사례 조사 및 관련 정책/제도 분석 • 기타 에너지/인프라 시장 동향 및 도시개발 사례 조사
2-2	네오에코즈(공동)	• 인천 수도권 매립지 관련 현황 분석 및 Pre F/S 수행
2-3	한국건설기술연구원(공동)	• 복합플랜트 구성요소 분석 및 모델 설정 • 도시자원 공급처리 수요 분석 및 모델 설정

나. 2차년도

<표 3-4> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2차년도 추진경과

구분	기관	추진 내역
1-1	고등기술연구원(주관)	• 1톤/일급 반응기 운전을 통한 복합 유기성 폐자원 수열탄화 특성 검증 • 복합 유기성 폐자원 수열탄화 후 고형물 건조 및 성형 최적 조건 도출 • 복합플랜트 각 장치별 구성 및 핵심개발 단위공정 설계 • 복합플랜트 통합공정 실시설계 완료

<표 3-4> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2차년도 추진경과

구분	기관	추진 내역
	-1	한경대학교(위탁)
	-2	한림대학교(위탁)
1-2	수도권매립지관리공사 (공동)	• 도심형 바이오가스화 복합플랜트 설계 인자 확립 • 비교군 시스템과 저탄소 도시형 복합플랜트의 온실가스 배출공정별 온실가스 산정방법론 개발
1-3	조선내화이엔지(공동)	• 멤브레인 필터프레스 적용 고효율 고액분리공정 실시 설계 • Pilot 규모 복합플랜트 설치를 위한 인·허가 검토 및 사전 필요사항 조치
1-4	한국산업기술시험원 (공동)	• 복합플랜트 미활용 에너지 활용 고형연료 건조시스템 개발 및 실시설계
1-5	에코멤브레인(공동)	• 수열탄화 반응생성물의 질소회수 효율 90% 이상 최적 조건 확립 • CO₂ 를 이용한 중탄산암모늄 제조기술 개발(중탄산암모늄 전환율 95% 이상) • 혐기소화액의 고품질 규격 액비 제조기술 개발
2-1	지에스건설(주)(협동)	• 국내외 복합플랜트 Test Bed 후보지 조사/검토(기술 검토)
2-2	네오에코즈(공동)	• 국내외 복합플랜트 Test Bed 후보지 조사/검토(정책/전략 검토)
2-3	한국건설기술연구원 (공동)	• 도시자원 계통 정보화 계획 수립 • 도시자원 실시간 분석 및 관리를 위한 시뮬레이터 구축

다. 3차년도

<표 3-5> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 3차년도 추진경과

구분	기관	추진 내역
1-1	고등기술연구원(주관)	• 수열탄화 기반 고형연료 생산 파일럿 플랜트 제작 및 설치 • 수열탄화 기반 핵심개발공정 시운전 및 trouble shooting • Pilot 규모 복합플랜트 설비보완 및 자동화 • Pilot 규모 복합플랜트 통합공정 인·허가
	-1	한경대학교(위탁)
	-2	한림대학교(위탁)
1-2	수도권매립지관리공사 (공동)	• Pilot 규모 멤브레인 필터프레스 적용 고액분리공정 제작, 설치 및 시운전 • Pilot 규모 복합플랜트 설치를 위한 인·허가 완료
1-3	조선내화이엔지(공동)	• 복합 SRF 전용 열병합발전 및 미활용 에너지 활용 시스템 현장 시공 및 시운전
1-4	한국산업기술시험원 (공동)	• 복합플랜트 미활용 에너지 활용 고형연료 건조시스템 제작 및 시운전
1-5	에코멤브레인(공동)	• Pilot 규모 질소회수 시스템 설치 및 시운전 • 혐기소화액 이용 고품질 규격액비의 비료가치 타당성 평가 • 고형연료 연소재의 토양환원 기술 개발

<표 3-5> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 3차년도 추진경과

구분	기관	추진 내역
2-1	지에스건설(주)(협동)	• 국내외 복합플랜트 Test Bed 대상 복합플랜트 에너지/물질 수지 분석 및 효과 분석
2-2	네오에코즈(공동)	• 국내외 복합플랜트 Test Bed 대상 복합플랜트 사업성 확보 방안 도출
2-3	한국건설기술연구원 (공동)	• 도시자원 공급처리 계통 분석 및 관리를 위한 실시간 모니터링 시스템 구축

라. 4, 5차년도 (예정)

<표 3-6> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 4, 5차년도 추진계획

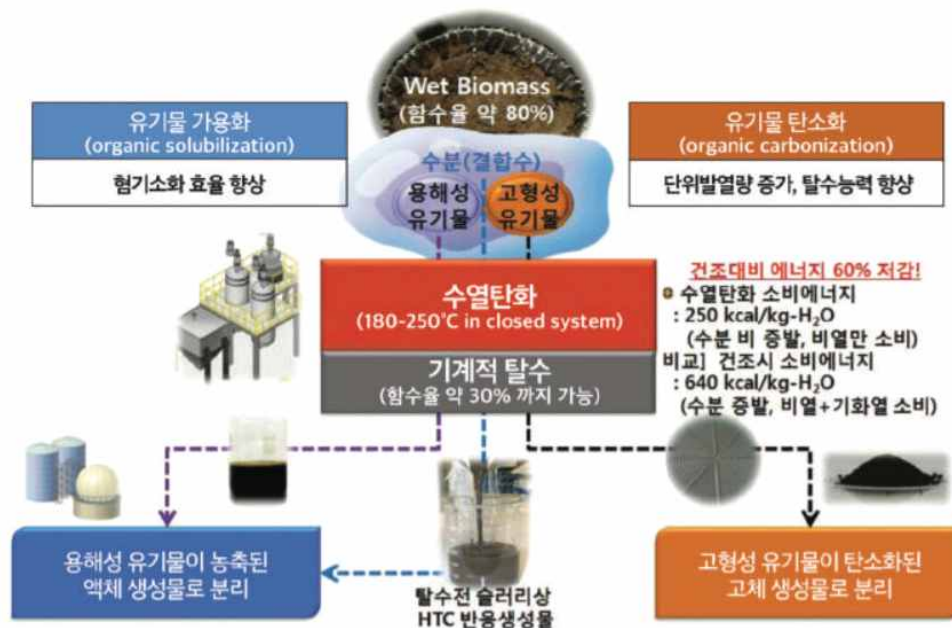
구분	기관	추진 내역
1-1	고등기술연구원(주관)	• 복합플랜트 파일럿 플랜트의 운전기술 확보 • 복합플랜트 운전관리기술 개발 및 검증 • ICT 기반 복합플랜트 통합 모니터링 기술 개발 • 실증 복합플랜트(인구 10만명)의 복합플랜트 설계 • 실증 복합플랜트를 위한 사업타당성 검토 및 사업화 방안 제시
	-1 환경대학교(위탁)	• 도심형 바이오가스화 복합플랜트 개발
	-2 한림대학교(위탁)	• 저탄소 도시형 복합플랜트의 탄소중립 모델 개발 제시
1-2	수도권매립지관리공사 (공동)	• Pilot 규모 멤브레인 필터프레스 적용 고액분리공정 운전 및 효율 평가
1-3	조선내화이엔지(공동)	• 복합 SRF 전용 열병합발전 및 미활용 에너지 활용 시스템 장기 연속 운전 및 패키지화 기술
1-4	한국산업기술시험원 (공동)	• 복합플랜트 미활용 에너지 활용 고형연료 생산 경제성 향상율 평가
1-5	에코멤브레인(공동)	• 수열탄화 반응생성물의 질소회수를 위한 Pilot Plant 운전 평가 • 고형연료 연소재의 중금속 분리 및 재이용 기술 • 고형연료 연소재의 토양개량제 및 미량원소 영양제 개발 • 토양개량제 사용시 토양오염 대책기준 적합 판정
2-1	지에스건설(주)(협동)	• 도시 모델별 에너지 신산업 연계형 복합에너지 플랜트 구축을 위한 사업 모델 개발
2-2	네오에코즈(공동)	• 복합플랜트 사업타당성 검토 프로세스 확립 및 사업 모델 검토
2-3	한국건설기술연구원 (공동)	• 복합플랜트 모니터링 및 운영관리 시스템 개발

제2절 기존 사업 성과분석

1. 종합적 성과분석

1.1 사업 대표성과

- 고함수 유기성 폐기물(음식물류 폐기물, 하수슬러지)을 처리 및 에너지화하는 수열탄화 기술 개발
- 기존 기술에서 대부분 적용되는 폐기물 건조방법은 수분을 증발하는 과정에서 에너지를 대량 소비하기 때문에 실질적인 잉여 에너지 생산이 어려움
- 수열탄화기술은 수분을 증발하지 않고 약 200℃의 열수를 이용하여 가수분해 및 탄소화를 진행시켜 유기물을 고형물과 액체상으로 분리시키기 때문에 증발에너지를 소비하지 않음



<그림 3-4> 수열탄화 반응의 원리 및 개념

- 수분함량이 높은 유기성 폐기물계 바이오매스를 닫힌계(closed system)에서 승온시키면 150℃~250℃ 범위에서 열수(hot water)에 의하여 유기물류가 분해되기 시작
- 이 과정에서 탈카르복실화(decarboxylation)와 탈수(dehydration) 반응이 유도되며 O/C, H/C 비율을 낮추고 탄소고정을 통해 바이오매스

고형연료의 에너지 밀도를 높임과 동시에 소수서오하로 인한 탈수능력 증가

- 이러한 원리를 바탕으로 수분함량 80% 수준의 하수슬러지 케이크를 건조하여 수분을 증발시키지 않고 고형물과 액체상으로 분리함으로서 수분제거시 소비되는 에너지를 건조대비 60% 이상 절감

1.2 과학기술적 성과

- 복합플랜트 연구사업은 지난 3년간 특허출원 11건, SCI(E) 19건, 일반 학술논문 4건 등 성과가 우수

<표 3-7> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업의 과학기술적 성과

구분		성과지표명		실적
기술적 성과	지식재산권	특허	출원	11
			등록	10
	시제품 제작	시제품 제작		4
학술적 성과		국내외 학술지 게재	일반학술지	4
			SCI(E)학술지	19
기타성과		현장시험 및 검증		1
		연구개발 관련 홍보		5

- 등록특허의 SMART 등급 분석결과 '16년 , 17년 으로 국토교통 R&D 전체 평균값(3.80)을 상회하는 우수한 결과
- 학술지 게재 논문의 경우 우수성을 나타내는 mmlF(표준화된 순위보정영향력지수) 값이 95이상인 논문 수는 '16년 건에서 '17년 건으로 증가

1.3 경제사회적 효과

- (경제적) 폐기물 에너지화 플랜트의 복합화 및 최적화를 통하여 에너지 생산량을 단순 연계 플랜트 대비 50% 증가가 가능하며, 연간 전력 판매수익 약 500억 원, 열 판매 수익은 약 300억 원으로 총 800억 원의 수익 창출
 - 매립지 유입 폐기물(가연성 1,224톤/일 + 음식물류 142톤/일 + 하수슬러지 1,000톤/일) 적용시 복합플랜트로부터 221,732m³/일 메탄가스 생산
 - 주변 도시에 발전을 통하여 전기를 공급시 하루 867 MWh를 공급할 수 있으며 이는 주변 도시의 가정에 253,879명의 전기 담당(가정용 전력 1인당 전력 소비량 1,247 kwh, 2012년 통계 기준)
 - 주변 도시에 발전미활용 에너지 회수를 통하여 열공급시 하루 948 Gcal를 공급할 수 있으며 이는 주변 도시에 1,400톤/일의 스팀을 공급할 수 있음 (스팀열량 667 kcal/kg 기준)
 - 복합플랜트 운전에 의하여 기존 단독역할의 플랜트보다 에너지 생산량 약 50% 이상 증가
 - 복합화를 통해 유기성폐기물 잔재물 75% 감축 (유기성폐기물 153톤/일 기준 연간 11억원 절감 가능)
 - 연간 이산화탄소 절감량 310천 톤으로부터 200백만 원의 탄소배출권 확보 (2014년 03월 31일 CER 0.45 유로/t-CO₂ 기준)
 - 중앙집중형 에너지 수급구조를 분산화하여 원료비에 연동된 합리적인 수급체계를 구축함으로써 에너지의 소비 절약, 고효율화 및 순환이용에 따른 비용 절감
- (사회적) 저탄소 도시 구축에 의하여 폐기물 처리공정의 Near Zero Waste화를 통한 환경오염을 최소화 할 수 있으며 매립장 수명을 연장
 - 기존 매립장 활용을 통해서 도시 주민의 부정적 요인(NIMBY) 회피
 - 가연성 폐기물 1,200톤/일 + 음식물류 폐기물 140톤/일 + 하수슬러지 1,000톤/일 적용 시 연간 이산화탄소 절감량은 310천 톤으로 추정
 - 저탄소 도시 구축에 의하여 계절별, 에너지원별 부하 평준화를 통한

에너지 수급 불균형 해소 및 전력난 완화

- 주변 열이용 복지·편의시설(기후변화 대응 대피소, 주민센터, 식물원, 수영장, 체육시설 등 레저공간) 확충
- 분산형 시설의 운영관리를 위한 전문인력 신규 고용창출 발생
- 첨단 복합플랜트 건설기술 확보를 통한 국내 건설산업의 해외진출 지원 및 국가 신성장산업화 유도

2. 성과분석 결과

<표 3-8> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 1세부 성과분석

세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과	성과 달성 여부
복합유기성 폐자원 수열탄화 장치	수열탄화 고형연료 저 위 발 열 량 4,000kcal/kg 이상	• 1t/d급 수열탄화 반응기 실험결과 분석 및 발열량 측정	• 혼합폐기물 고형연료 발열량 4,100-4,300kcal/kg	○
	수열탄화 고형연료 수득율 80 % 이상	• 1t/d급 수열탄화 반응기 실험 결과 고체 수득율 분석	• 혼합폐기물 고형연료 고형물 수득률 80% 달성	○
복합플랜트 부산물 재이용 장치	중탄산암모늄 생성 조건 및 순도 향상	• 40 L/d 규모의 중탄산암모늄 생성 및 95% 이상 순도 확보	• 95% 이상의 중탄산암모늄 순도 확보	○
	암모니아회수 효율 95% 이상 확보	• 연속운전을 통한 95% 이상의 암모니아수 회수 효율 확보	• 암모니아수 회수 효율 95% 이상 확보	○
수열탄화액 바이오메탄 생산 기법	유기물 부하율 2.5 kg-COD/m ³ /day	• Lab pilot 규모 혐기소화조를 이용한 수열탄화액의 최적 설계 및 운전인자 도출	• Lab pilot 규모 혐기소화조의 연속운전을 통한 질소인회수공정 후 수열탄화액의 유기물부하율 2.6 kg-COD/m ³ /day 에서 메탄생성량 0.26 Nm ³ /kg-COD _{C,added} 달성	○
	메탄생산효율 0.26 Nm ³ /kg-COD _{C,added}			
복합플랜트 탄소중립 모델	복합플랜트 온실가스 배출량 평가 및 감축 방법론 개발	• 비교군 시스템 및 복합플랜트의 배출공정별 온실가스 배출량 산정방법론 개발, 외부감축사업의 등록 요건 파악 및 외부감축사업 결정	• 배출원별 산정법 결정 • 국내 외부감축사업 등록 요건 파악 및 외부감축 사업 결정	○
수열탄화 반응물 고액분리 장치	멤브레인 필터프레스 적용 고효율 고액분리장치 실시설계	• 멤브레인 필터프레스 고품질 함수율 설계인자 (복합 유기성 수열탄화 반응물 적용) • 탈수기 실시설계	• 압력 강도 및 유지 시간에 따른 탈수 특성 비교 설계인자 도출 • 실시설계 완료	○
복합연료 활용 삼중발전 장치	에너지회수율 80%	• 복합 SRF 전용 삼중발전 전체 공정 분석을 통한 기술 보완	• 복합 SRF 전용 삼중발전 전체 공정 분석을 통한 기술 실시설계	○
	강열감량 CO 배출 강열감량 5%, 배출 가스 10ppm이하	• 연소로내 구동화격자 등 핵심 부품에 대한 기술검토 및 보완	• 연소로내 구동화격자등 핵심 부품에 대한 기술 개발 특허2건	○
미활용 에너지 활용 건조시스템 실시설계	복합 고형연료 생산 건조에너지의 미활용 에너지 대체율 50% 이상	• 생활폐기물 및 수열탄화 생성물에 대한 건조 특성 실험	• 슬러지 함수율에 따른 습공기 처리량, 미활용 에너지회수량 도출을 통한 실시설계 반영	○
	미활용 에너지를 이용한 건조기 실시설계	• Mass 및 heat balance 도출을 통한 건조기 구조설계, 악취분석, CFD 모델링 유동해석	• 슬러지 함수율에 따른 건조특성 분석 및 유동해석을 통한 건조기 실시설계	○

<표 3-9> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2세부 성과분석

세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과	성과 달성 여부
복합플랜트 비즈모델	국내외 복합플랜트 사업 대상 후보지 조사 및 입지 조건 분석	• 대상 지역 에너지/자원 사용량 및 자원 유입량/에너지 가용량 분석	• 관련 데이터 D/B화 및 정량화를 통한 설비용량/조합 검토 • 폐기물 조건에 따른 설비 변화 및 복합플랜트 성능/용량 변화 검토	○
		• 대상 지역 기존 설비 현황 및 입지 조건 분석, 관련 시설 연계 방안 검토	• 기존 도시의 경우 현 설비 검토 (용량, 운영현황 등) • 신규 도시의 경우 도시 계획 검토 (인구, 용도/지구계획 등)	○
복합플랜트 시뮬레이터	도시자원 공급처리 계통 분석 및 정보화시스템 구축방안 수립	• 도시자원 공급처리 플랜트 운영사례 조사	• 개별 공급처리 플랜트 운영 관리 체계 조사 • 현장 방문 및 문헌조사를 통한 자료수집 • 수집자료 분석, 문제점 및 복합플랜트 운영을 위한 시사점 도출	○
		• 도시자원 정보화시스템 구축방안 검토	• 관리항목 선정 : 모니터링 및 제어 요소 • 분석, 진단 및 운영관리 방안 검토	○
		• 국내 실정을 반영한 정보화시스템 구축전략 수립	• 개방형 플랫폼 활용안 검토 • 에너지 모니터링 및 수요관리 시스템 연계방안 검토 • 테스트베드 공정 검토 및 관리시스템 구축방안 검토	○
	도시자원 공급처리 계통 실시간 분석 및 관리를 위한 시뮬레이터 설계	• 복합플랜트의 설계, 운영 정보와 도시자원의 공급 및 처리 수요정보의 실시간 모니터링/의사결정 지원	• 복합플랜트 설계정보 제공체계 검토 • 복합플랜트 운영정보 및 수요정보의 실시간 모니터링을 위한 HMI 요소 파악 • 분석, 진단 및 운영관리 알고리즘 파악(1세부과제 제공) • 분석, 진단 및 운영관리 시뮬레이터 설계	○
	드림파크 CC 클럽하우스 열/전기에너지 모니터링 시스템 구축	• 클럽하우스 열에너지 사용 패턴 모니터링 시스템 구축	• 열에너지 공급 현황 분석 • 열에너지 사용 패턴 모니터링 현황 검토 • 에너지 사용 패턴 모니터링 시스템 구축 계획	○
		• 클럽하우스 전기에너지 사용 패턴 모니터링 시스템	• 태양광 발전 현황 • 전기에너지 사용 패턴 모니	○

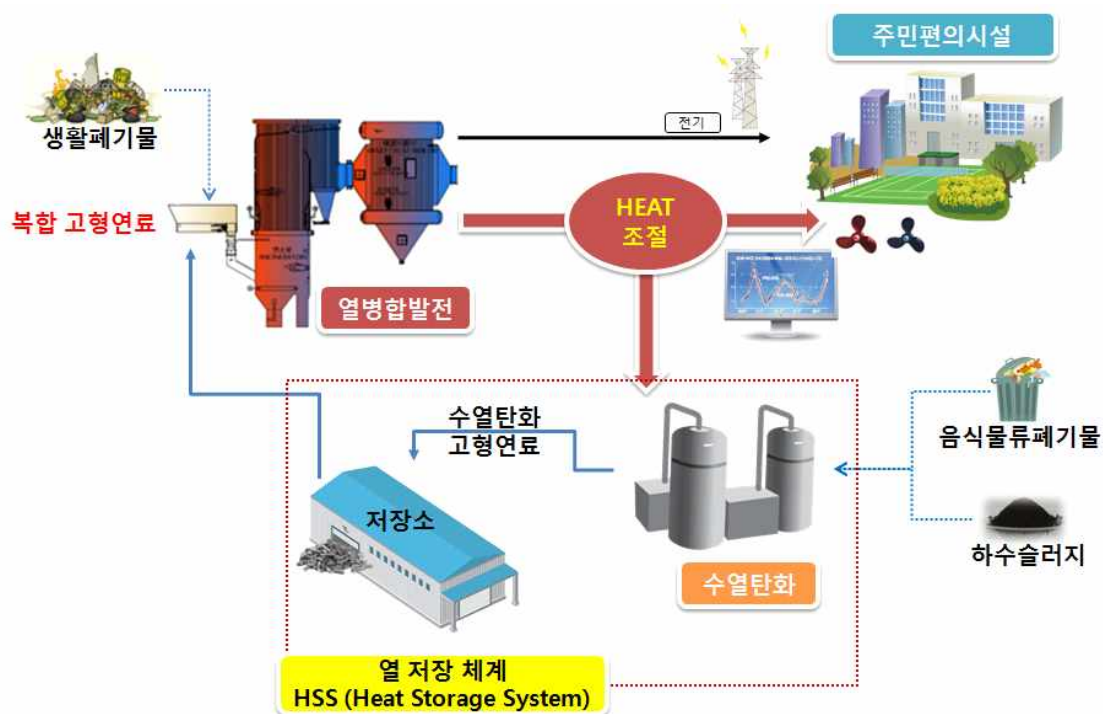
<표 3-9> 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 연구사업 2세부 성과분석

세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과	성과 달성 여부
		구축	터링 현황 검토 • 전기에너지 사용 패턴 모니터링 시스템 구축 계획	
복합플랜트 사업타당성 검토 ((주)네오에코즈)	사업 후보 대상지에 대한 정책/전략 검토 및 사업성 분석	• 사업후보대상지에 대한 정책조사 및 법규/제도 분석	• 사업후보대상지에 대한 정책 분석 • 인프라, 건축, 시설 및 설비, 에너지 등과 관련한 법규 및 제도 분석	○
		• 사업후보대상지의 복합플랜트 경제성 분석	• 복합플랜트 설비 도입 및 설치 시나리오에 따른 비용 분석 • 복합플랜트 투자비/운영비 및 에너지 판매 수익 등을 고려한 경제성 분석	○

제3절 종합분석

1. 기존 사업의 우수점

- 환경과 에너지 문제를 동시에 해결하기 위하여 도시생활 폐기물로부터 에너지 생산량을 최대화하고 이차부산물을 최소화
- 도시의 인프라와 특성을 살려서 여러 가지 신재생에너지와 결합한 다양한 형태의 복합플랜트 모델들이 개발되고 보급되어 지속가능한 한국형 미래도시 구축



<그림 3-5> 복합플랜트 처리공정 개요

- 기존의 폐기물 처리 및 에너지화 방법은 폐기물 종류에 따라 처리방법, 연료화 방법, 에너지 생산설비가 상이함
- 처리과정에서 저등급 폐열은 활용성이 낮아 대부분 버려지게 되며, 별도의 이차부산물 처리 및 악취제거 설비가 필요함에 따라 경제성이 저조함
- 고농도의 암모니아가 함유된 폐수가 발생하며, 다량의 악취가 발생하기 때문에 이를 처리하는 방지설비들이 별도로 구성 및 운영

□ 도시자원 순환형 복합플랜트의 폐기물 처리 및 에너지화 방법은 각각의 폐기물을 하나의 사이트에서 연료화하여 하나의 에너지생산설비를 거쳐 에너지화

- 처리과정에서 발생하는 저등급 폐열은 고함수율의 하수슬러지 및 음식물류 폐기물을 처리하기 위한 수열탄화 반응기의 투입에너지로 재이용되어 외부연료 소비없이 고형연료를 생산
- 하수슬러지 및 음식물류 폐기물의 수열탄화 이후 분리된 액체생성물은 바이오가스 플랜트 원료로 재이용되며 이 과정에서 용존된 암모니아를 회수하고 연소배가스 중 질소화합물을 처리하는 환원제로 재이용하여 2차오염원의 발생을 최소화
- 전체 공정에서 발생하는 악취물질은 별도의 처리설비를 구비하지 않아도 연소공기로 재이용하는 과정과 질소화합물을 회수하는 과정에서 전량 처리 가능

<표 3-10> 기존 플랜트와 복합 플랜트의 특징 및 효과 비교

항목 (인구 2만명 기준)	기존 환경 플랜트	도시자원 순환형 복합플랜트
플랜트 특징 및 효과	• 폐기물 종류별로 특정 장소로 이송하여 종류별 연료 및 에너지화 • 환경에너지 플랜트 설치에 어려움이 많고 낮은 경제성으로 대규모 집중형 형태로 건설됨 • 에너지 소비 부하변동에 대응 어려움 • 별도의 이차부산물 및 악취 처리 설비 구축 필요	• 폐기물 종류를 하나의 장소에 이송하여 복합플랜트에서 통합 연료 및 에너지화 • 중소규모에서 운영이 가능하여 경제성 확보 가능 • 에너지 소비 부하변동에 유기적 대응 가능 • 이차부산물 공정 내 재이용 별도의 악취 처리설비 불필요
잉여 에너지 생산량 (Gcal/일)	13.46 (이차부산물, 악취 처리 별도)	17.04 (26.5% 향상) (이차부산물, 악취 처리 포함)
에너지 경제성 (이익, 백만원/년)	894 (이차부산물, 악취 처리 별도)	1,115 (24.7% 향상) (이차부산물, 악취 처리 포함)
온실가스 저감 효과 (ton-CO ₂ /년)	1,875	2,466 (31.5% 향상)

자료 : 「국토교통과학기술진흥원 소식지 2017 Fall.Vol.08」, 국토교통과학기술진흥원 (2017.10)

※ 계산 근거

* 2014년도 전국 폐기물 발생량 및 처리현황/인구통계, 2014년도 전국 하수도 통계/인구통계

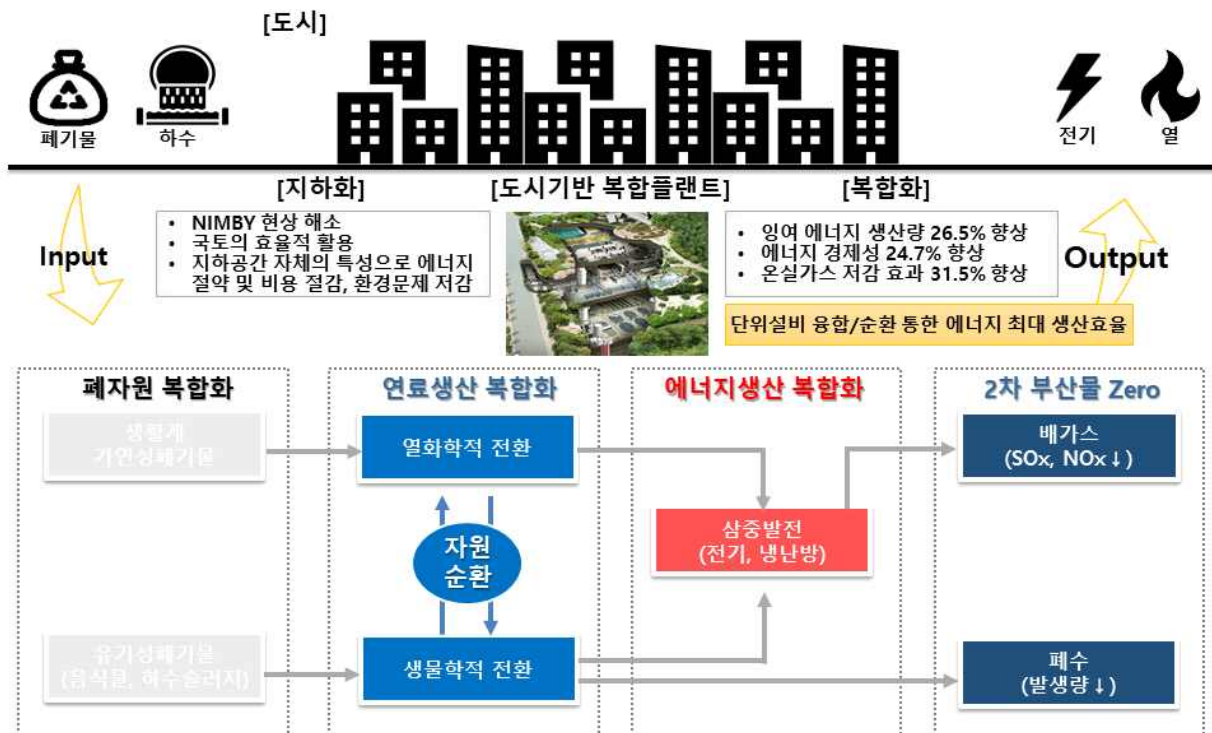
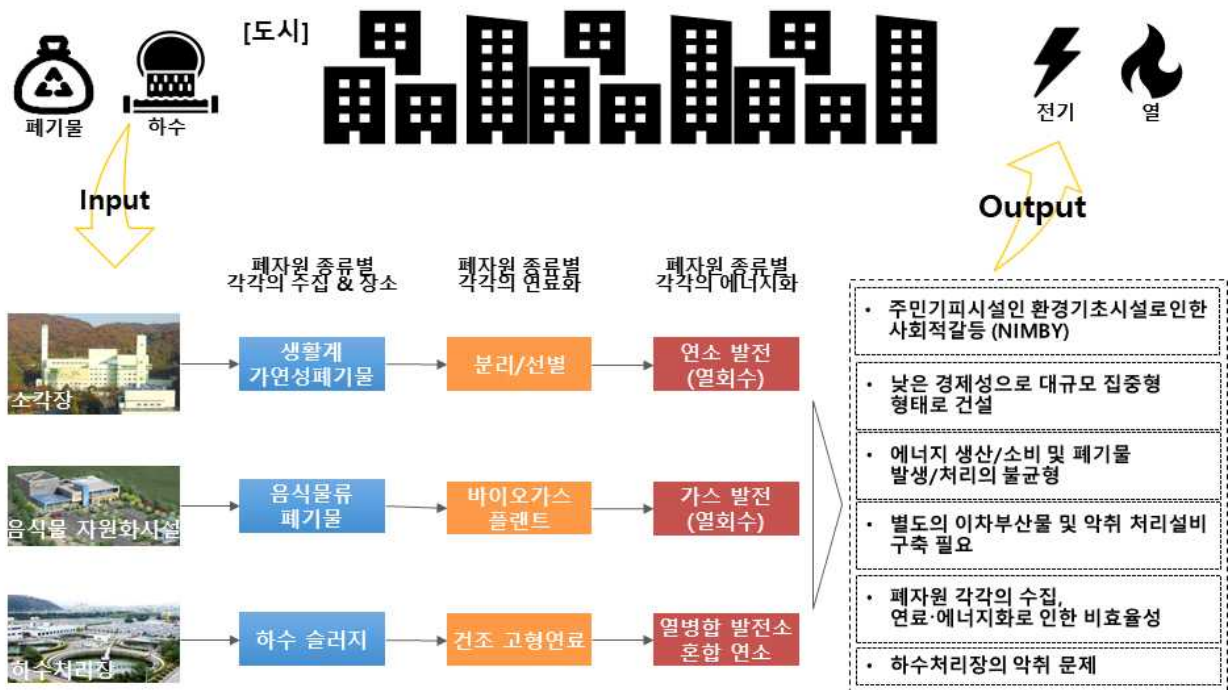
* 발전 및 열 효율은 기존 플랜트와 복합플랜트 동일하게 적용 (연료기준 대비 에너지 효율 80%)

* 에너지 경제성 : 폐자원으로부터 생산된 잉여에너지 (생산에너지 - 소비에너지) 가치만 산정

* 온실가스 저감 효과는 발전용 무연탄 및 LNG 대체 효과 산정

* 1인당 발생 폐기물 (kg/인·일)

- 도시 생활 폐기물 발생량 1.13kg (음식물류 제외 생활계 가연성 폐기물 0.7kg, 음식물류 폐기물 0.24kg, 하수슬러지 케이크 0.19kg)



<그림 3-6> 기존플랜트와 복합플랜트 처리공정도 비교

2. 기존 사업의 시사점

2.1 사업의 한계 및 개선방안

□ 글로벌 시장환경 변화를 고려한 사업 다각화 및 다변화 시급

- 중동지역 산유국 수주 편중 및 경기침체 영향에 민감하는 등, 안정적이고 지속가능한 수주확대 및 리스크 분산이 부족하나 개선 진행중
- 에너지·자원 등 미래 플랜트 건설시장 선점과 신시장 진출을 위한 장기적 전략 부재
- 신흥국의 신도시 인프라 건설, 도시재생, 친환경 에너지 타운 등 다양한 수요에 적극 대응하여 시장 다변화 및 수익률 제고

□ 글로벌 플랜트 건설시장·기술 경쟁환경과 패러다임 변화에 따른 전주기적인 R&D의 핵심가치 제고

- 우리나라의 플랜트건설사업 수행역량을 제고하여 사업 수주구조의 편중, 경기변동 리스크 등에서 탈피
 - 상세설계, 시공 등 단발성, 단기성 수주에서 벗어나 기획, 원천기술 기반의 FEED, CM, O&M 등으로 사업영역 다양화 필요
- 기존 사업은 복합플랜트 핵심 공정 중심 기술개발로 구성되어 사업화를 위한 타당성분석, O&M 영역의 역량 부족

□ 플랜트건설 R&D 투자의 효율성 제고

- 핵심기술 개발 및 상용화의 성공률 제고를 위하여 핵심기술의 대형 실증시설 구축과 기술검증 필요
 - Track Record 확보를 통해 해외시장 진출 기반 마련
- 복합플랜트 분야의 경쟁력 지속을 위하여 기수행 과제의 후속 응용연구 필요

□ 플랜트건설분야 중소기업 지원 확대

- 전체 건설시장에서 플랜트건설부문은 9.5%를 점유
 - 공종별 점유율: 건설 59.5%, 토목 28.9%, 플랜트 9.5%, 조경 2.1%

- 하·폐수 종말처리장 2조 1,625억 원, 쓰레기 소각시설 7,211억원, 발전소 2조 6,004억원, 에너지 저장시설 1조 2,203억원, 산업생산 3조 3,324억원, 기타 플랜트설치 2조 6,569억 원¹⁵⁾
- 전체 플랜트건설 관련 기업 중 중소기업은 2,907개사로 95.9%를 차지하고 있으나 하도급 수행 업체에 불과¹⁶⁾
- 플랜트 건설사업실적은 전년대비 32.3% 증가 추세이고, 쓰레기 소각시설을 제외한 플랜트 설치, 산업생산, 하·폐수 종말처리장 등 전반적으로 호조¹⁷⁾
- 중소기업을 위한 창의적인 플랜트건설 관련 과제 발굴 및 지원
 - 플랜트 사업수행, 관련 S/W, 중소기업형 사업모델 등 발굴 지원
- 독자 해외진출이 어려운 중소기업의 현실을 고려, R&D과제를 통해 해외진출의 첨병이 되는 대기업과 중소기업의 협력관계를 구성하게 하여, 해외 동반진출 유도

15) 「종합건설업통계 2012」, 대한건설협회(2013)

16) 「2014 엔지니어링 통계편람」, 한국엔지니어링협회(2014)

17) 「2012년도 민간건설백서」, 대한건설협회(2014)

2.2 본 사업과의 차별성

□ 본 사업은 기존 사업에서 개발된 복합플랜트 통합공정의 실증 및 사업화를 위한 인프라, 플랫폼, 서비스 기술 개발 위주

○ 기존 과제와 본 과제의 차별성은 도시 폐자원 활용, 지하공간 활용, 신재생에너지 생산, 복합플랜트 구성 측면에서 볼 수 있음

- 기획과제는 주민 민원으로 지상 설치가 어려운 소각시설, 음식물류 폐기물 처리시설 등의 기피시설을 도심지의 지하에 건설함으로써 NIMBY 문제 해결 가능
- 건설기술 과제는 음식물, 하수슬러지, 생활계 가연성 폐기물 등 한정된 도시 폐자원을 처리하기 위한 복합플랜트를 구성하여 과제가 수행되고 있으나, 기획과제는 하수를 포함한 다양한 도시 폐자원을 원료로 하수열의 지역난방 공급, 소각열의 음식물/하수슬러지 건조 활용, 폐기물/음식물처리시설 폐수 하수처리장 연계 처리, 이차부산물 Near zero 등 환경기초시설의 복합플랜트화로 에너지효율 및 경제성 향상 가능

<표 3-11> 본 과제와 기존 과제의 차별성

구분	도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술	지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구
대상 폐자원	생활계 가연성 폐기물, 음식물 쓰레기, 하수슬러지	생활계 가연성 폐기물, 음식물 쓰레기, 하수, 하수슬러지
설치 공간	지상공간	지하공간
신재생에너지 연계	없음	하수열, 부력 등
플랜트 구성	소각 시설	하수처리 + 소각기반
과제 발굴	기술지향, 제작사기반	시장지향, 수요처기반
	단편적·산발적 (매년 제안되는 아이템 중 사업예산 고려 일부 선정)	체계적·목적지향 (단기시장진입 또는 미래시장선도 등 목적별 품목 선별)
참여기관	제한없음 (자유로운 산학연 컨소시엄)	목적에 따른 주관기관 조건 (플랜트 유관기관 또는 출연연)
지원범위	설계·제작·단품성능시험 및	설계·제작·단품성능시험 및

<표 3-11> 본 과제와 기존 과제의 차별성

구분	도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술	지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구
	파일럿 실증	현장 실증
특징	기술개발 후 사업화를 위한 추가 활동(운영기관 협조 현장시험 등) 필요	사업내 전주기적 실용화 지원으로 사업종료 후 즉시 시장진입 가능
성과 목표	제안자 설정	사전기획을 통한 목표 부여

※ 기존 과제 : 도시자원 순환형 복합플랜트 건설 기술, 주관기관 고등기술연구원, (2016.6-2020.5)

본 과제 : 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증연구 기획, 주관기관 인터젠컨설팅, (2017.6-2019.3)



<그림 3-7> 복합플랜트 본 사업 기술개발 영역

제4장 사업설계를 위한 조사분석

제4장 사업설계를 위한 조사분석

제1절 관련 사전조사

1. 기술수요 조사

- (목적) 기술기획위원회에서 제안한 기술도출목록을 바탕으로 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 기술개발의 현재 및 미래에 요구되는 기술수요를 파악
- (일시) 2018년 1월 9일 ~ 2018년 1월 23일
- (대상) 플랜트 관련 제작사, 설계업체, 기자재 업체, 대학, 출연연 등
 - 산업계 152명, 학계 175명, 연구계 206명, 기타 24명으로 총 557명을 대상으로 실시
- (조사내용) 환경에너지/시설지하화 각 분야별 기술 우선순위와 필요시 추가기술명 제시
 - 1차 기술기획위원회에서 도출된 110가지 기술을 설문 발송하여 우선순위 1~3순위를 선택하도록 시행하여 1순위를 3점, 2순위를 2점 3순위를 1점으로 배점하여 총합 점수 도출
- 수요조사기술은 산·학·연 전문가 기획위원회에서 단계적 검토 및 우선순위 평가, 조정을 통해 110개 → 20개를 최종 선별



<그림 4-1> 기술수요조사 진행 과정

○ (1단계) 1차 기술기획위원회를 통해 본 사업 관련 2개 대분류 9개 소분류 110개 기술 도출

- 환경 에너지 44개, 시설 지하화 66개 기술 도출

<표 4-1> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
환경 에너지	폐수 및 폐기물 처리 및 에너지화 기술	1	하수처리 기술
		2	하수 폭기 공기의 친환경적 정화 기술
		3	하수처리수의 재이용 기술
		4	고농도의 질소/인 폐수를 이용한 수경재배 기술
		5	생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗물 등 순환이용, 생태 연못 등)
		6	음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수처리 기술
		7	슬러지 소화 촉진 기술
		8	하수처리장 소수력발전 기술
		9	MBT를 포함한 생활폐기물 전처리 기술
		10	물질 재활용 및 재사용 기술
		11	SRF 및 Bio-SRF 생산기술(건조, 성형)
		12	SRF, Bio-SRF 및 바이오매스 연소 및 혼소 기술
		13	생활폐기물 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		14	바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		15	유기성폐기물 건조 기술
		16	유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용화)
		17	유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술
		18	유기성폐기물 발효 기술
		19	매립 및 매립가스 이용 기술
		20	폐기물 재활용품에 대한 자원회수 및 이용 기술
		21	퇴비를 이용한 악취제거 기술
	열에너지 기술	22	하수열/상수열 회수기술
		23	지열
		24	태양열 (저온/중온/고온)
		25	미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)
		26	열회수기술(히트펌프)
		27	폐열을 이용한 효율적인 저압터빈 발전 기술 (CO ₂ 초임계 발전 및 ORC 등)
		28	온도대별 수요처 발굴을 통한 열원 cascading 기술
		29	폐열을 이용한 유기물 건조 기술
		30	중고온 열을 활용한 흡착/흡수식 냉방 기술
		31	에너지 변동성 보완기술
	에너지 저장	32	Hydrogen-ESS(Energy Storage System 기술)
		33	계간축열(Seasonal Thermal storage system)
		34	ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등
		35	V2G 등 전기차 활용기술
		36	열저장 및 운송기술 (화학축열, 열택배 등)
	수소 및 연료전지	37	태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술

<표 4-1> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
		38	수소에너지 생산·저장·이송·이용 기술
		39	물에너지 순환기술(수전해 및 연료전지 기술)
		40	CO ₂ 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)
		41	폐기물 연료이용 연료전지 발전기술
		42	수소전기차 기술
		43	수소충전, 저장 및 이송기술
		44	CO ₂ free 수소 생산 기술
시설 지하 화	스마트 빌딩 기술	45	빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)
		46	BIM 기반의 건물에너지 수요예측 및 모니터링 기술(계측, 예측, 평가)
		47	시스템 통합 및 보안 기술
		48	건물에너지효율평가 기술
		49	센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술
		50	시스템 제어 알고리즘 및 제어모듈 설계 기술
		51	에너지사용량 통계분석기술
	지하공간 안전관리 및 재난대응 기술	52	바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술
		53	안전훈련시스템 기술
		54	복합시설 지하공간 침수발생 모니터링 기술
		55	화재 위험요소 및 피해규모 예측 기술
		56	복합시설 지하공간 침수 예측 모델
		57	지하공간 3D 통합관제 시스템
		58	복합시설 지하공간 피난유도 기술
		59	지하공간 공사 중 스마트 안전관리 기술
		60	지하 대공간 연기제어 기술
		61	지하공간 침수방지시설 및 대피 기술
		62	화재손상 구조물의 피해온도 예측기술
		63	조기 대응 및 신속 복구 기술
	지하공간 설계 및 시공기술	64	지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하공간 건설기술
		65	지하공간 자연 채광 기술
		66	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온·습도 제어기술
		67	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 악취 관리 기술
		68	저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구
		69	에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술
		70	시설의 설치를 위한 입체적 지하공간 설계/배치 및 굴착 기술
		71	소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술
		72	지하공간 내 장비 및 물류의 효율적 운송을 위한 동선 설계 및 다중공간 설계 기술
		73	외방수공법 최적화를 통한 지하공간 차수 및 방수 기술
		74	대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술
		75	지하공간 시공 중 환기 기술
		76	대심도/대단면 굴착 기술
		77	기존 지하 교통망과의 연계 기술
		78	대다면 지하공간의 안정성 검토 및 최적 안정성 확보 기술
		79	운용 중인 지하공간의 확장 건설 기술
		80	개착 시 흙막이벽 차수 및 방수 공법(연결부 보강 등)

<표 4-1> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야	번호	기술명
	81	지하공간 굴착 후 보강 공법(고강도/속경성 쇼크리트 등)
	82	대심도 메가프레서 통수압 및 부력 방지 공법
	83	지중 무선통신 기반의 실시간 굴착 거동 모니터링 시스템
	84	지하공간의 지하수 흐름 보존 기술
	85	현장 발생토를 이용한 건설 재료 활용 기술
	86	굴착 전 지반 보강을 위한 그라우팅 시스템(주입재료, 동시 주입관, 그라우트 주입 관리 시스템 등) 기술
	87	통합공조(공조 및 제배연) 시스템 설계 및 시공 기술
	88	주기동 좌굴 방지 내화공법
	89	장스팬(무기둥) 대공간 굴착 기술
	90	기계굴착용 커팅헤드 최적 배치 및 설계 기술
	91	지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술
	92	분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발(부하연동, 부하 해석 및 예측 등)
	93	가상 융·복합 플랜트 플랫폼 운영 시뮬레이션 기술
	94	분산형 복합플랜트 시설의 원격관리를 위한 3D-CIM 기반 통합 관제 기술 개발
	95	생산/처리 시스템 연계를 통한 연간 가동율 향상기술 개발
	96	주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술
	97	운영 현황 분석을 위한 센서 네트워크 기술
	98	친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시유형별, 활용 부지별 등)
	99	도시에너지/CO ₂ 저감 등의 제로에너지시티 구축을 위한 목표치 설정/달성률 평가 기술
	100	도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술
복합플랜트 최적화, 자동화, 및 운영 기술	101	에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망(자동집하 시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술
	102	에너지/자원 공급 및 처리 시설 분산화 및 최적배치 기술 (GIS 기반의 mapping 기술)
	103	도시 단위 에너지/자원 소비량 및 생산가능량 평가 기술(에너지 및 자원 원단위 DB 구축)
	104	도시 단위 에너지운영플랫폼 구축 및 운영 기술(수요예측, 생산량예측, 에너지거래, 부하평준화, 모니터링 등)
	105	에너지/자원 부하에 따른 기존 설비 또는 신규 설비 간의 네트워크 기술
	106	플랜트의 설치에 따른 각종 효과를 예상하고 검증할 수 있는 계획의 타당성 및 경제성 평가기술
	107	도시단위 순환형 복합플랜트 실증기술 개발(설계/시공/운영관리 process 도출)
	108	도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)
	109	국가별 자원/에너지 순환형 도시 계획수립을 위한 정책/제도 연구
	110	자원/에너지 순환형 토지이용계획 수립 관련 제도적/정책적 가이드라인 작성 연구
도시계획 연계기술		

○ (2단계) 관련 산·학·연 557명에게 설문조사를 배포하여 환경

<표 4-2> 기술수요조사 응답률

구분	산업계	학계	연구계	기타	합계
대상자	152	175	206	24	557
응답자(비율)	33(36.3%)	33(36.3%)	25(27.4%)	0(0.0%)	91
응답률(%)	21.7%	18.9%	12.1%	0.0%	16.3%

에너지/시설지하화 각 분야별 기술 우선순위와 필요시 추가 기술명을 제시하도록 설문조사 실시

- 우선순위 1~3순위를 선택하도록 시행하여 1순위를 3점, 2순위를 2점 3순위를 1점으로 배점하여 점수가 높은 순서대로 분야별(환경·에너지, 시설 지하화)로 20개씩의 기술 도출

<표 4-3> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
1	14	4	1	51	유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술
2	6	3	6	30	미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)
3	7	4	0	29	바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기술
4	5	5	2	27	ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등
5	5	2	5	24	물질 재활용 및 재사용 기술
6	3	5	4	23	하수처리수의 재이용 기술
6	2	7	3	23	에너지 변동성 보완기술
8	3	5	2	21	하수열/상수열 회수기술
8	5	1	4	21	태양열 (저온/중온/고온)
10	5	0	2	17	하수처리 기술
11	5	0	0	15	생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗물 등 순환이용, 생태연못 등)
11	2	3	3	15	유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용화)
11	0	7	1	15	유기성폐기물 발효 기술
14	2	3	2	14	CO2 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)
15	1	3	4	13	음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수처리 기술
15	2	3	1	13	계간축열(Seasonal Thermal storage system)

<표 4-3> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
17	4	0	0	12	생활폐기물 열분해/탄화/가스화/융융 기술
18	1	4	0	11	지열
19	0	3	4	10	수소에너지 생산·저장·이송·이용 기술
20	0	1	7	9	태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술

<표 4-4> 수요조사 결과 도출 시설 지하화 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
1	8	4	3	35	지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하공간 건설기술
2	7	4	1	30	대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술
3	4	6	3	27	지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술
4	8	0	0	24	빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)
5	6	2	1	23	지하공간 3D 통합관제 시스템
6	6	1	2	22	바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술
6	5	1	2	19	친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시 유형별, 활용 부지별 등)
8	2	5	1	17	분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발(부하연동, 부하해석 및 예측 등)
8	3	0	3	12	에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술
10	2	2	2	12	소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술
11	0	5	1	11	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온·습도 제어기술
11	1	2	4	11	주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술
11	1	3	1	10	센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술
14	1	1	5	10	지하공간 자연 채광 기술
15	1	3	1	10	저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구
15	1	2	3	10	도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술
17	0	4	1	9	건물에너지효율평가 기술
18	0	3	3	9	지하공간 시공 중 환기 기술
19	1	3	0	9	에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망

<표 4-4> 수요조사 결과 도출 시설 지하화 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
					(자동집하시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술
20	2	1	1	9	도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)

- (3단계) 2차 기술기획위원회에서 기술수요조사 결과 기술을 바탕으로 기술성, 시장성, 정책 부합성에 따라 우선순위 조사를 실시하여 최종 20개 기술 선정
- (4단계) 3차 기술기획위원회에서 최종 선정된 기술을 조정하여 각 중점분야에 세부과제에 편제

2. 폐자원에너지협의회 기술 워크숍 설문조사

□ (목적) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 기술개발의 추진 필요성, 도입 의사 수렴과 구성 기술에 대하여 이해관계자의 적정성 평가 및 의견 수렴

□ (일시) 2018년 10월 23일 한국폐자원에너지기술협의회 기술 WORKSHOP

□ (대상) 환경·폐자원 에너지화 관련 기업, 플랜트 엔지니어링 기업, 대학, 출연연, 지자체 공무원 등

○ 산업계 34명, 학계 3명, 연구계 8명, 공무원 1명으로 총 46명을 대상으로 실시

□ (사업 추진 필요성) 환경기초시설의 도입시 가장 큰 문제점은 주민과 지자체간 갈등이었으며 이를 해결하기 위한 가장 효과적인 방법으로는 복지시설의 제공과 지하화를 통한 쾌적한 환경 유지가 제시됨

○ 환경기초시설의 도입시 가장 큰 문제점으로는 주민과 지자체간 갈등을 뽑았으며, 환경문제유발은 다소 문제가 적은 것으로 나타남

<표 4-5> (설문결과) 환경기초시설의 도입시 가장 큰 문제점

질의 항목	1	2	3	4	5	평균 (5점 만점)
	전혀 동의안함	동의 안함	보통	동의함	매우 동의함	
투입 자원 조달	0	2	11	15	16	4.02
주민간 갈등	0	3	5	18	18	4.20
주민과 지자체간 갈등	0	2	2	21	19	4.33
지자체간 갈등	1	2	17	19	6	3.60
도입 시설의 경제성 취약	0	2	15	23	4	3.71
가용 부지 부족	0	2	15	21	6	3.76
환경 문제 유발	1	5	14	21	4	3.49

○ 지역 내 환경기초시설의 도입시 주민의 동의를 얻기 위한 좋은 방법으로는 복지시설의 제공과 시설의 지하화가 가장 효과적인 방법으로 선정되었으며 금전적 보상은 다소 효과가 적은 것으로 나타남

<표 4-6> (설문결과) 환경기초시설의 도입시 주민 동의를 얻기 위한 방법

질의 항목	1	2	3	4	5	평균 (5점 만점)
	전혀 동의안함	동의 안함	보통	동의함	매우 동의함	
복지시설 제공	0	0	6	14	26	4.43
충분한 사전 공론화	0	0	6	15	25	4.41
부지 주변 거주민에 대한 금전적 보상	2	2	10	21	10	3.83
시설의 지하화를 통한 쾌적한 환경 유지	0	0	3	15	25	4.61

- 복합플랜트 구축시 예상되는 효과로는 해외 플랜트 수출에 기여가 가장 많았으며, 지하화를 통한 환경유해물질 배출의 완전한 해소가 가장 기대하기 어려운 효과로 나타남

<표 4-7> (설문결과) 복합플랜트 구축시 예상되는 효과

질의 항목	1	2	3	4	5	평균 (5점 만점)
	전혀 동의안함	동의 안함	보통	동의함	매우 동의함	
거주 환경 악화에 대한 주민 반대 감소	1	9	13	18	5	3.37
지하화를 통한 환경유해 물질 배출의 완전한해소	3	24	12	6	1	2.52
해외 플랜트 수출에 기여	0	4	9	20	13	3.91

- (도출 기술의 적정성) 본 사업에 구성된 관련 24개 세부과제에 대한 적정성 평가를 시행한 결과 평균 3.22점으로 전반적으로 필요한 기술로 구성됨으로 나타남

- (중점분야 1) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축 과제는 평균 3.42점으로 가장 점수가 높은 기술은 플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술(3.82)이며, 가장 점수가 낮은 기술은 지속적 공간 확장을 위한 건설 기술(3.14)로 나타남

<표 4-8> (설문결과) 중점분야 1 세부과제 적정성 평가

세부과제		1	2	3	4	평균 (4점 만점)
		필요하지 않음	보통	필요함	매우 필요함	
1-1-1	지속적 공간 확장을 위한 건설 기술	0	7	23	13	3.14
1-1-2	플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술	2	3	19	20	3.82
1-2-1	최대 에너지 생산 & 활용을 위한 복합플랜트 Compact화 기술	0	3	17	24	3.48

<표 4-8> (설문결과) 중점분야 1 세부과제 적정성 평가

세부과제		1	2	3	4	평균 (4점 만점)
		필요하지 않음	보통	필요함	매우 필요함	
1-2-2	이차부산물 Near Zero를 위한 복합플랜트 Compact화 기술	0	4	16	24	3.45
1-2-3	신재생에너지 활용 및 연계 기술	1	6	19	18	3.23
합계		3	23	94	99	3.42

- (중점과제 2) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축 과제는 평균 3.17점으로 가장 점수가 높은 기술은 지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술(3.58)이며, 가장 점수가 낮은 기술은 복합플랜트 수요/공급 예측 기술(2.89)로 나타남

<표 4-9> (설문결과) 중점분야 2 세부과제 적정성 평가

세부과제		1	2	3	4	평균 (4점 만점)
		필요하지 않음	보통	필요함	매우 필요함	
2-1-1	에너지/자원/환경 모니터링 기술	0	2	29	13	3.25
2-1-2	지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술	0	2	14	27	3.58
2-1-3	복합플랜트 빅데이터 시스템 기술	0	7	27	10	3.07
2-1-4	복합플랜트 수요/공급 예측 기술	0	11	27	6	2.89
2-1-5	복합플랜트 통합운영 플랫폼(REMS)	0	7	28	9	3.05
2-2-1	에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술	1	4	39	9	3.07
2-2-2	지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술	0	4	16	24	3.45
2-2-3	WWE(물-폐기물-에너지) 순환 정밀 제어 기술	0	4	25	15	3.25
2-2-4	복합플랜트 에너지 거래 기술	1	11	21	11	2.95
합계		2	52	217	124	3.17

- (중점과제 3) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 과제는 평균 3.15점으로 가장 점수가 높은 기술은 지하밀폐공간 HSE(Health Safety & Environment) 서비스 기술(3.41)이며, 가장 점수가 낮은 기술은 양방향 에너지 거래와 AR/VR 활용 인프라 유지/관리 서비스 기술(2.95)로 나타남

<표 4-10> (설문결과) 중점분야 3 세부과제 적정성 평가

세부과제		1	2	3	4	평균 (4점 만점)
		필요하지 않음	보통	필요함	매우 필요함	
3-1-1	양방향 에너지 거래	0	8	30	6	2.95
3-1-2	에너지(전력/열) 및 자원 인프라 통합 공급	0	4	20	20	3.36
3-1-3	분산 자원 중개 사업	0	18	22	4	2.68
3-2-1	스마트 운영 및 시설 유지보수 기술	0	4	23	17	3.30
3-2-2	AR/VR 활용 인프라 유지/관리 서비스	3	5	27	9	2.95
3-2-3	지하밀폐공간 HSE(Health Safety & Environment) 서비스 기술	0	3	20	21	3.41
3-3-1	대상지 분석(자원/에너지/환경)	0	4	27	13	3.20
3-3-2	자원순환 및 통합 에너지 관련 제도 연구 및 정책 반영	0	7	23	14	3.16
3-3-3	자원/에너지 Value Chain 재정립 및 사업타당성 평가 기법 개발	0	3	32	9	3.14
3-3-4	수용성 제고 방안(사회적 관점) 연구	0	4	22	18	3.32
합계		3	60	246	131	3.15

3. 사업 참여의향 조사

□ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업에 대한 관심도와 참여의사를 확인하기 위해 과제 수행이 가능한 업체를 대상으로 참여의향 조사

<표 4-11> 본사업 참여의향서 제출 기관 목록

(단위 : 억 원)

기관	참여내용	매출액	R&D 투자규모
동문이엔티(주)	복합플랜트 통합공정 시스템 제어시스템 구성	160	8
유토엔지니어링	복합플랜트 전처리 설비인 열화학적 가수분해 장치 제작	25	7.5
코리아엔텍(주)	기계배관 설치 공정 구축	28	1.5
(주)아쿠아테크	하·폐수 처리기술	32	3
조선내화이엔지	SRF전용 복합플랜트 설비 개발	367	100
동우종합건설	토목, 건축, 산업환경설비 공사	146	5
(주)동일캔바스엔지니어링	탈수설비	220	15
(주)에덴	악취저감 기술	20	3
(주)이앤에프	수처리설비	16	3
이메이트기술(주)	공정 및 기계설계	21	2
금남플랜트(주)	폐열보일러 설계, 제작 및 설치	171	6
ATS종합건축사사무소	건축설계	5	0.1
(주)개산리바이오	에너지 생산 플랜트	15	2
(주)케이이씨시스템	플랜트 설비 설치 및 시공	7	4
삼영플랜트	건설기계, 파쇄선별, 수열탄화설비	238	15
(주)청류에프앤에스	배기가스 정제 설비	55	3
신창이엔씨	토목 시공	25	3
(주)도화엔지니어링	복합플랜트 설계	4,012	128
재이기술단	전기, 통신, 소방, 설계 및 감리	12	2
(주)금강씨엔티	탈질설비 설계, 제작 및 설치	68	3.2
(주)진성산전	자동제어	28	1
에스씨에이	기계 설계 및 산업용 부품 제작	4	2
(주)티이에스	신재생에너지 활용 및 연계	4.3	1

<표 4-11> 본사업 참여의향서 제출 기관 목록

(단위 : 억 원)

기관	참여내용	매출액	R&D 투자규모
(주)티제이에스리써치	기계 설계 및 해석	3	0.5
인하아이티허브	건축 설계	0.06	0.03
유원컨설턴트(주)	지하 재난 안전 시스템	12.7	1.5
(주)정우에이앤씨	청정각실제어환기시스템	25	0
코너스	복합플랜트 플랫폼 아키텍처 기술	30	10
라운프렌즈(주)	복합플랜트 통합 운영 솔루션	3.5	1.2
에너클	복합플랜트 통합 운영 솔루션	17.4	2
유엔젤	복합플랜트 통합 운영 플랫폼	335	3
(주)미래환경플랜건축사사무소	자원 순환 및 통합에너지 제도	39	6
(주)우원엠앤이	플랜트 Compact화, 모니터링	91	9
지엔원에너지(주)	신재생에너지 융합시스템 설계 및 시공	294	2.1
한국산업기술컨설팅(주)	사업 타당성평가	11	1
(주)에디슨전기	신재생에너지 활용 및 연계	75	3
(주)퀀텀솔루션	에너지/자원/환경 모니터링 기술	23.4	5.8
헤넷시스(주)	지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술	19.8	2
(주)인포트롤테크놀러지	소프트웨어 제공	22	0.2
지에스건설(주)	복합플랜트 사업 모델 개발 및 실증	131,393	526
(주)나눔정보기술	복합플랜트 통합운영 플랫폼	44.5	1.5
유진에너지컨설팅	플랜트 Compact화, 신재생 연계	6.2	1.6
(주)크로센트	환경 모니터링 기술	57.8	8.6

제2절 관련 사업 추진현황

1. 유사사업 현황 및 중복성 검토

◆ 본 사업의 중점 분야 및 세부과제 도출 시 각 관련 부처 소관의 연구사업을 대상으로 유사·중복성을 사전에 검증함(사업수준 중복성 검토)

□ 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부를 포함한 모든 부처의 기 지원된 사업을 대상으로 사업목적, 지원대상, 기술분야 등에 대한 중복성을 사전 검증

○ (국토교통부 플랜트연구사업의 정의) 현장에서 건설·운영되는 플랜트 시설의 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 건설 생애주기 가치사슬(계획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지관리 등)을 현장에 구현하는 기술개발 및 실증 연구를 수행

* 라이선스에 의한 FEED(Front End Engineering Design) 수행능력과 현장 적용 실적(Track Record)이 대규모 사업 참여에 중요

○ (국토교통부 플랜트연구사업의 범위) 플랜트건설사업의 계획·사업관리, FEED(Front-end Engineering Design, 라이선스를 기초로 현장에 적합한 기본설계 범주), 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

□ 플랜트는 기본적으로 다양한 요소기술과 시스템이 결합되어 구성되나, 부처의 정책방향에 따라 연구개발 투자분야의 특성이 상이하게 나타남

○ 국토교통부는 해외 육상현장을 고려한 시스템과 실증 기술 개발에 주력하고, 산업통상자원부는 해양플랜트나 친환경 에너지플랜트에 주력

- 과거에 해수담수화플랜트 공정방식에 따른 지원사례도 있었으나, 부처간 중복지원 문제에 대해 사전 검토를 통해 중복투자는 없는 것으로 파악됨

□ 당해 예비타당성조사를 신청하는 “지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구사업”은 폐자원 에너지화 시설의 지하화·복합화를 통해, 사회 문제를 해결하고 신사업 모델을 창출하는 실용화 기술로 범위가 설정되어 차별성을 보유

<표 4-12> 본 사업 및 부처별 유사사업 현황

부처	사업명	과제기간	총연구비 (‘18년 까지)
국토교통부	지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구사업 (본 사업)	’20 ~ ’26	
	플랜트 연구사업	’07 ~ ’20	3,585.7억 원
	건설기술 연구사업	’07 ~	7,210.1억 원
산업통상 자원부	플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업	’11 ~	522.7억 원
환경부	폐자원 에너지화 기술 개발사업	’13 ~ ’20	703.5억 원

<표 4-13> 플랜트 연구사업(국토부)과의 중복성 비교

구분	플랜트 연구사업
사업목적	• 플랜트 건설사업의 전주기 핵심기술의 실증개발을 통하여 국가적 현안 해소 및 신사업 창출과 해외 수주 경쟁력 증대
사업기간	'07 ~ '20
사업비	3,585.7억 원('07 ~ '18)
사업시행 주체	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업규모	4개 구성기술
사업내용	• 현장에 건설·운영되는 플랜트 시설의 기획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지, 사업관리 기술의 연구, 실증 개발을 통하여 국가적 현안을 해소하고 신산업 창출과 해외수주 경쟁력을 증대하기 위하여, 시장선도형 플랜트 핵심기술 확보, 관련 수주 및 수출 확대 등 전략적으로 추진 - (담수화 기술) 에너지 절감을 위한 해수담수화 플랜트 막공정 융복합 기술, 공정효율화 등 응용플랜트 기술개발 - (가스·비전통 자원화 기술) 세계시장 주도권 확보를 위한 가스·오일·비전통 에너지원의 자원화 플랜트 설계·시공 기술 개발 - (자원이송 및 순환기술) 동토지역 자원이송망, 수소 인프라, 도시자원(에너지, 물 등) 공급·처리·자원순환 플랜트 등에 관한 기술 개발 - (플랜트 건설 지원 인프라 기술) 플랜트 엔지니어링 생산성 개선을 위한 원격시공, 사업관리 등 기술개발 및 해외 진출을 위한 실증 인프라 구축
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 기존 사업에서 자원 순환기술, 인프라 기술과 유사성을 보이나, 보다 구체적으로는 도시자원 순환 복합플랜트 연구단에서 대상으로 하는 목적물에서 유사성을 보임
	• (차별성) 복합플랜트 핵심 통합공정이 아닌, 사업화 모델을 확보를 위한 지하공간 활용과 시설 단위 복합화 기술을 중심으로, 사업의 계획·설계, 건설·시공, 유지·관리 등과 결합 수행되어 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 복합플랜트의 폐자원 에너지화 핵심 공정 기술과 관련하여, 도시폐자원 복합연료 생산 및 열병합발전 기술, 생산된 전기 및 열에너지의 사용자 중심 활용을 위한 ICT 기반 운영기술 관한 성과를 연계가능

<표 4-14> 건설기술 연구사업(국토부)과의 중복성 비교

구분	건설기술 연구사업
사업목적	• SOC 시설물의 전주기(설계, 시공, 유지관리 및 해체 등)에 대한 안전성, 고부가가치화, 첨단화 및 글로벌 선도를 위한 핵심요소기술 개발
사업기간	'07 ~ 계속
사업비	7,210.05억 원('07 ~ '18)
사업시행 주체	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업규모	4개 구성기술
사업내용	• 설계, 시공, 유지관리 및 해체 등 SOC 시설물의 전주기적인 안전성 확보, 고부가가치화, 첨단화를 통한 글로벌 선도 핵심요소기술 개발 사업 - (설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술) 고부가가치 설계 ENG 기술경쟁력 제고 및 해외시장 진출 지원을 위한 핵심기술 개발 - (건설재료 개발 및 활용 기술) 신시장 창출을 위한 환경부하 저감 및 고성능·다기능 신설 재료분야 원천 기술개발 - (시공자동화/효율화 및 특수구조물 구축 기술) 건설생산성 제고를 위한 첨단기술 융합형 기공 프로세스 혁신 및 특수 구조물 자립 건설기술 개발 - (재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설 안전기술) 재난·재해를 위한 SOC 시설물 피해 사전예방 응급 복구 및 성능 중심의 선제적 유지 관리기술 개발
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 본 사업 재난·재해 관리 기술과 일부 유사성을 가질 것으로 사료되며, 이는 주로 운영 및 유지관리와 관련
	• (차별성) 일반적인 재난·재해 예방 및 대응 기술이 아닌, 플랜트의 지하화에 따른 지하공간에 특화된 누출, 화재, 폭발과 같은 재난·재해 예방 및 대응 기술을 개발함으로써 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 일부 재난·재해 위험성 평가를 위한 정량적 데이터 및 인프라 유지보수 및 통합관리 ICT 기술 연계 가능

<표 4-15> 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업(산업부)과의 중복성 비교

구분	플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업
사업목적	• 플랜트 및 엔지니어링 분야의 핵심 원천기술 및 기자재 개발을 통한 기술 경쟁력 강화 및 주력산업의 글로벌 경쟁력 기반 확보
사업기간	'11 ~ 계속
사업비	522.66억 원('11 ~ '15)
사업시행 주체	산업통상자원부(한국에너지기술평가원)
사업규모	2개 세부기술분야, 3개 구성기술
사업내용	• 플랜트 원천공정기술 및 엔지니어링 기술개발 - 미래 시장성이 높은 해양, 에너지, 환경 분야 등을 중심으로 우리나라의 미래 주력 플랜트의 원천기술 개발 지원 - 주력플랜트의 원천공정기술, 엔지니어링의 체계적 기술개발을 위해 플랜트 및 엔지니어링 R&D 지원 - (플랜트 원천공정) 무방류 지향 하이브리드 담수화 공정기술 - (엔지니어링) 석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술개발, 세일가스전 발생폐수 및 생산수 처리시스템 엔지니어링 기술개발, 100kW급 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템 엔지니어링 기술개발, 플랜트 O&M지원을 위한 가상플랜트 엔지니어링 기술개발 등 • 플랜트 기자재 개발 - 기술과 시장이 성숙하여 수요가 많으나, 수입에 의존하고 있는 플랜트 핵심기자재 기술 개발 지원 - (플랜트 기자재) 100만 배럴급 FPSO용 Turret System 설계기술 개발, 심해 드릴링 장비의 Bulk 및 LP Mud Handling 시스템 기술개발
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 원천공정 및 엔지니어링 기술, 시스템 설계, 유틸리티, 운영 등에 관한 공통기술에 있어서 연구방법론이 유사성을 가지는 것으로 사료됨
	• (차별성) 기존 오일·가스, 발전 플랜트 분야가 아닌 신산업분야인 지하공간 활용 복합플랜트 핵심 기술을 대상으로, 사업의 계획·설계, 건설·시공, 유지·관리 등과 결합 및 수행되어 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 해당 사업에서 개발되는 성과로, 발전시스템, 석탄가스화, 해저용 장비, 기자재류 등에 집중하고 있어, 일부 발전 시스템이나 관련 기자재의 일부성과를 연계할 수 있을 것으로 예상됨

<표 4-16> 폐자원 에너지화 기술 개발사업(환경부)과의 중복성 비교

구분	폐자원 에너지화 기술 개발사업
사업목적	•매립·소각·해양배출을 대체하여 발생폐자원을 처리와 동시에 에너지 자원으로 활용할 수 있는 한국형 폐자원에너지화 실증시스템 개발
사업기간	'13 ~ '20
사업비	703.46억 원('13 ~ '18)
사업시행 주체	환경부(한국환경산업기술원)
사업규모	2개 세부기술분야, 7개 구성기술
사업내용	•가연성폐자원 에너지화 기술개발 - (공기사용 가스화 및 활용) 생활폐기물의 친환경적 처리와 동시에 신재생에너지 활용이 가능한 기술 개발 - (생활 및 혼합건설 가연성폐자원 에너지화) 생활폐기물, 혼합건설폐기물(폐목재, 폐플라스틱 등) 중 가연성분을 선별하는 제조과정이 간편하고 에너지 효율이 높은 시스템 개발을 통한 폐자원 연료 생산으로 신재생에너지 보급 및 확대 - (고형연료 이송 및 관리) 비성형 고형연료의 이송/운송/저장 등 과정에서 제품의 안전성 향상 및 민원 발생요인 차단을 위한 기술개발 - (매립지 정비 폐자원에너지화) 기존 매립지의 순환 이용을 통한 신규 매립지 확보난 해소 및 연료 및 복토재 활용 등을 위한 기술개발 •유기성폐자원 에너지화 기술개발 - (슬러지류와 소화잔재물 고체연료화 및 무해화) 유기성 폐기물의 친환경적 처리와 동시에 신재생에너지 및 고부가 원료를 생산할 수 있는 기술개발 - (유기성폐자원 바이오 연료화) 한국형 바이오가스화 기술 및 셀룰로오스계 폐자원(폐목재 등)을 이용하여 고부가 연료 및 원료를 생산하는 바이오 액상연료화 기술 개발을 통해 국가 에너지 수급 정책(RPS, RFS 등) 기여 - (공통환경기술개발) 바이오 에너지화 시스템에서 발생하는 잔재폐기물을 처리하여 2차 오염문제 최소화 및 에너지 수급
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	•(유사·중복성) 폐자원 에너지화에 관하여 생활폐기물의 친환경적 처리, 고형연료화, 하수슬러지·음식물 쓰레기의 연료화 등에 있어서 유사성 보유
	•(차별성) 본 사업은 가연성 폐자원과 유기성 폐자원의 개별 에너지화 기술 개발이 아닌 공정 및 시설을 통합 연계 처리하여 기존 개별 처리 대비 온실가스 저감, 경제성 향상, 에너지 생산성 향상 등을 목표로 차별성을 가짐
	•(연계활용방안) 해당 사업에서 개발되는 각각의 폐자원 에너지화 기술을 활용하여 복합 시설 공정에 통합·연계 가능

2. 민간기술 연계방안

2.1 하남 유니온파크 조성 사업 주요 성과 및 연계

□ 쾌적한 주민친화공원 조성을 위한 6단계 악취방지 밀폐시스템

- (주요성과) 반입장 악취원 6단계 밀폐로 외부로의 악취확산 완벽 차단 시스템 구축
- 초고농도 악취 3단계 처리 → 완벽한 악취 제거 → 상부공원 악취영향 Zero 화

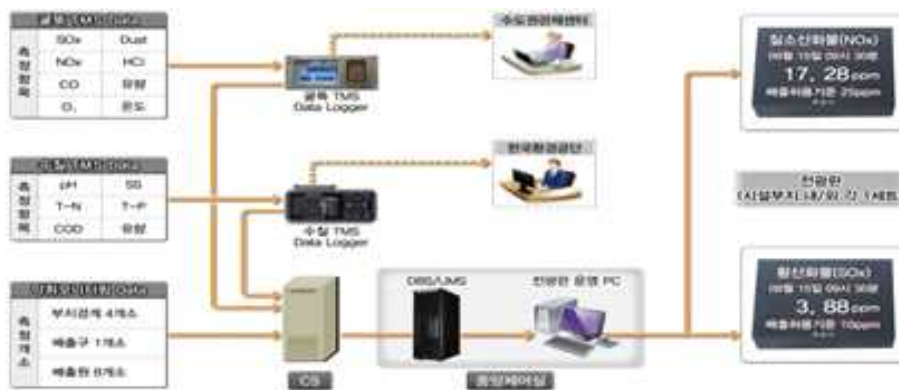


<그림 4-2> 하남유니온파크 6단계 악취 방지 밀폐시스템

- (연계방안) Test Bed 구축시 반영

□ 청정 환경사업장 이미지 조성을 위한 환경 모니터링 시스템

- (주요성과) 악취, 대기, 수질 모니터링 시스템의 구축으로 지역주민 및 방문자에게 환경친화적인 청정 사업장 이미지 제고



<그림 4-3> 하남유니온파크 환경 모니터링 시스템

○ (연계방안) 복합플랜트 운용시 발생하는 환경 영향에 대한 평가 시스템에 통합 및 연계

□ 신선한 공기의 지하 시설 유입을 위한 환기시스템

○ (주요성과) 5개소의 자연급기구에 의한 실내공기질 향상



<그림 4-4> 하남유니온파크 자연급기구 환기시스템

○ (연계방안) Test Bed 구축시 반영

□ 저소음·저진동 기기선정, 시설물 집약배치로 소음·진동의 최소화

○ (주요성과) 소음·진동 방지시설 및 발생원 집약 배치를 통해 소음·진동 발생 최소화로 실내 근무환경 개선

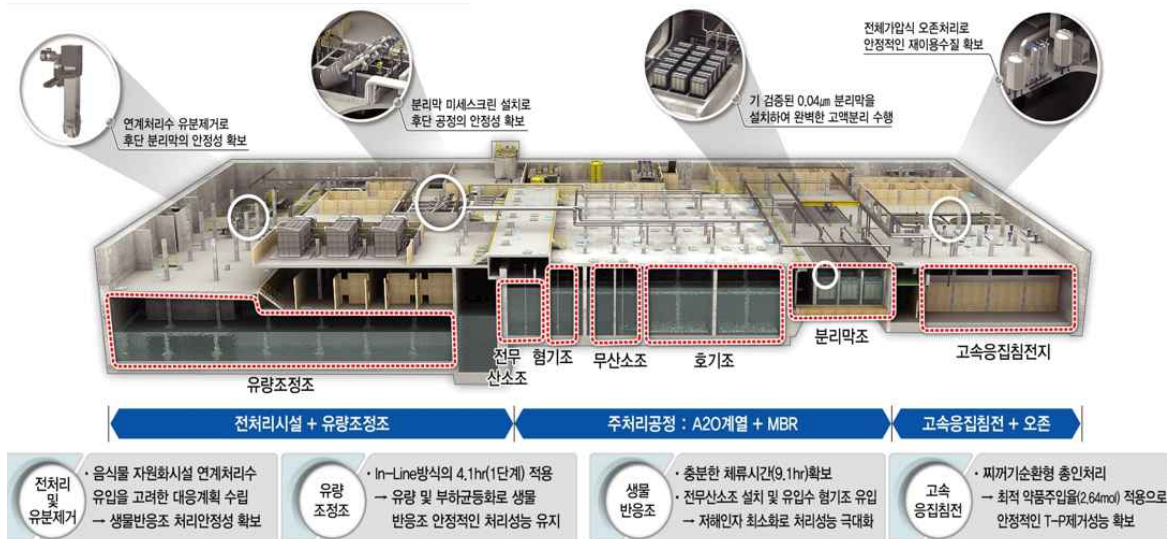


<그림 4-5> 하남유니온파크 저소음·저진동 기기·설비 적용 및 배치

○ (성과연계) Test Bed 구축시 반영

□ 고농도 유입시에도 상시 최상의 수질확보가 가능한 하수처리공정

○ (주요성과) 고농도의 하수 유입시에도 최상의 수질확보가 가능한 하수처리공정 개발 및 적용

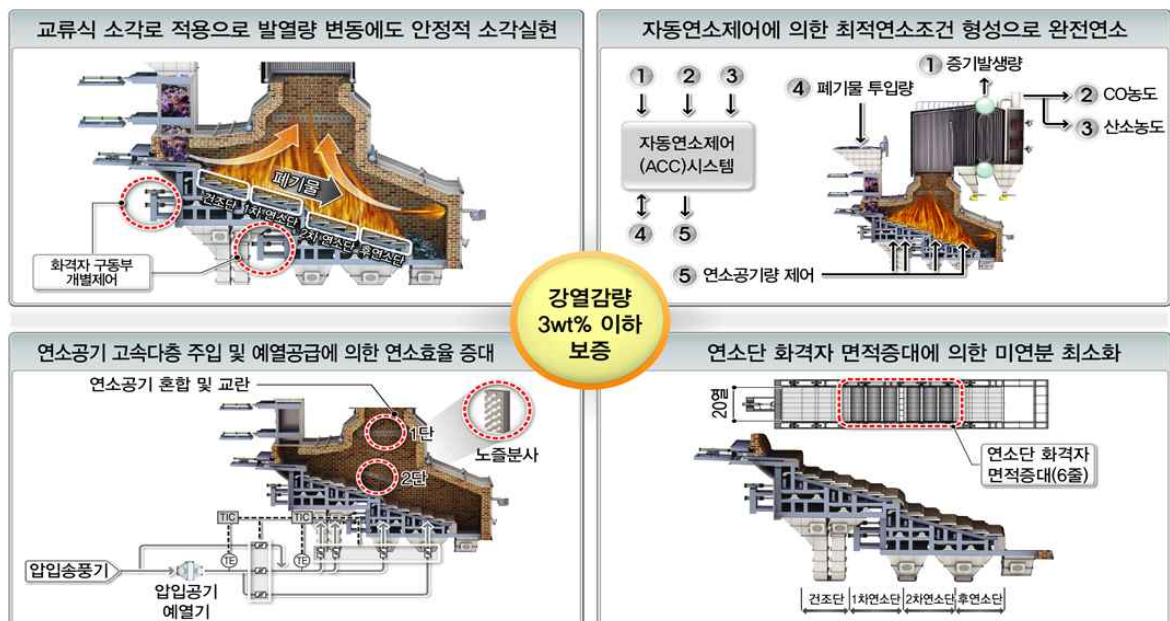


<그림 4-6> 하남유니온파크 하수처리시설

○ (성과연계) Test Bed 구축시 반영

□ 열회수 극대화 및 완벽한 열축적방지 소각시설

○ (주요성과) 기존 소각로 대비 안정적이고 강열감량 3wt% 이하의 소각시설 개발

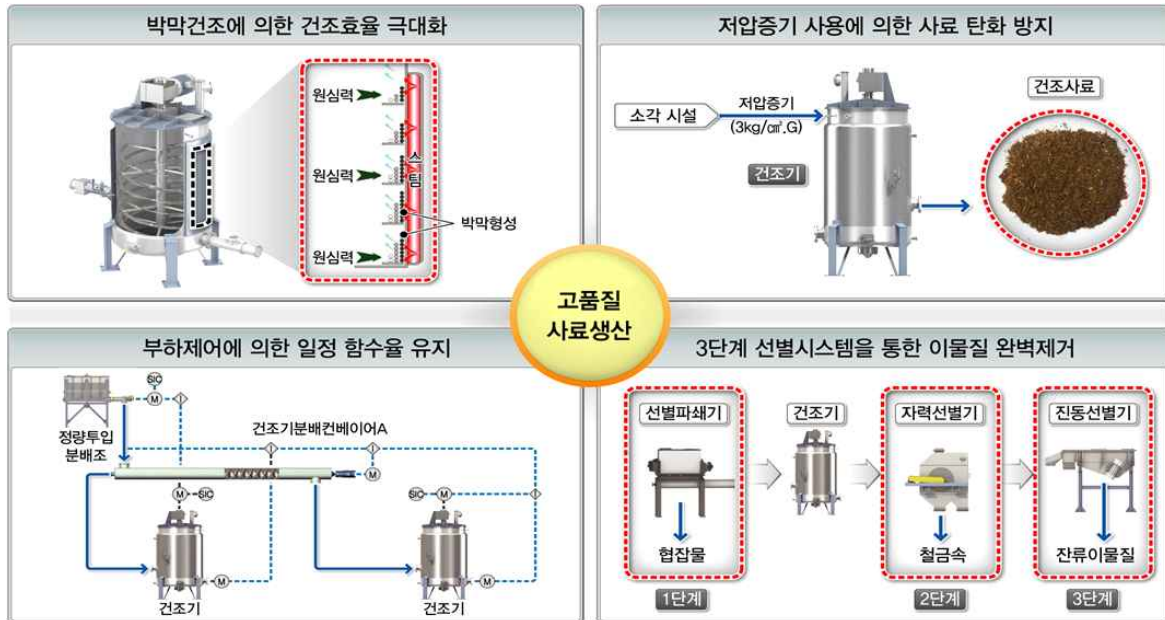


<그림 4-7> 하남유니온파크 소각시설

○ (성과연계) 복합플랜트 통합공정 내 삼중 발전시스템 연계 가능

□ 박막건조설비로 고품질 사료생산이 가능한 음식물 자원화 시설

○ (주요성과) 박막건조설비로 탄화물이 없는 기존대비 고품질 사료 생산 가능



<그림 4-8> 하남유니온파크 음식물 자원화 시설

○ (성과연계) 본 사업은 사료생산 공정이 없으므로 반영 하지않음

□ 주변 인프라와의 연계 계획

<표 4-17> 하남 유니온파크 주변 인프라 연계 계획 및 설계

구분	내용	
기본방향	부산물 적정처리계획	• 주변 연계대상 시설현황 분석을 통한 계획 수립
	주변시설과의 연계계획	• 폐기물처리시설이 원활한 운영을 위한 계획 수립
	자원절감을 위한 공정 내 연계계획	• 하수처리수 및 소가폐열증기 재이용 계획 수립
설계방향	안정적인 수요계획	• 생산사료 및 선별재활용품 수요처 각 3개소 확보
	소각여열 연계	• 지역난방 공급, 폐수 → 전처리후 하남 하수처리시설 연계
	하수처리수 및 소각폐열 재이용 자원절감 증대	• 용수 약 7,577톤/일, 에너지 약 141Gcal/일 저감



<그림 4-9> 하남유니온파크 주변시설 연계계획

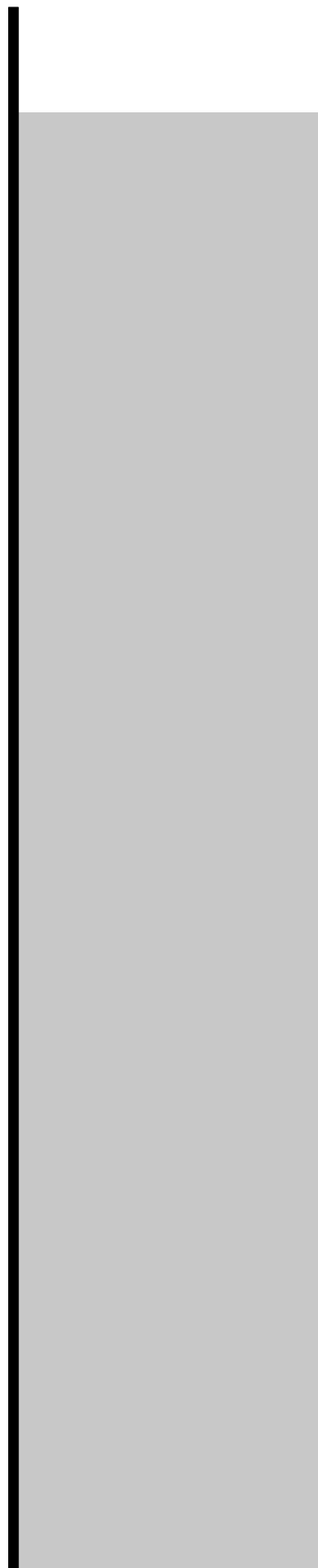
<표 4-18> 하남 유니온파크 주변 연계대상 시설현황

시설명	위치	시설용량	비고
탄천물재생센터	서울시 강남구 일원동	110만m³/일	비상시 폐수연계처리
수도권매립지관리공사	인천시 서구 백석동	22,800만 톤	바닥재, 잔재물연계처리
W사지정폐기물매립장	충청남도 당진군 송악면	-	비산재 위탁처리
집단에너지시설(예정)	하남미사보금자리지구내	328.7Gcal/hr	여열판매
A농장 외 2개소	경기도 남양주시 진건읍	-	사료수요처
B자원 외 1개소	경기도 포천시 내촌면	-	선별 재활용품 수요처
H사 시멘트 공장	강원도 영월군 한반도면	400만 톤/년	RPF 수요처

<표 4-19> 하수처리수 및 소각폐열증기 이용계획

하수처리시설 처리수 사용계획	소각폐열증기 사용계획
- 음식물 건조배가스 냉각수 : 7,548톤/일(상시) - 청소수, 세차용수 등 : 28.4톤/일(상시) - 증기복수기 냉각수 : 4,834톤/일(비상시)	- 소각시설 및 건축 냉·난방 : 46.8Gcal/일 - 음식물건조 : 53.7Gcal/일 - 집단에너지시설 : 41.8Gcal/일

제5장 사업 추진계획

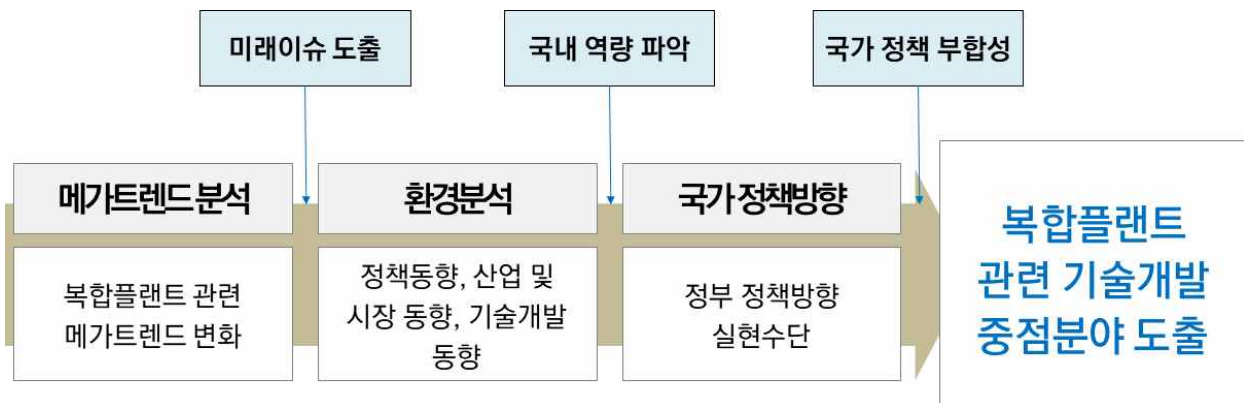


제5장 사업 추진계획

제1절 사업추진방향

1. 추진절차

- 동 사업의 기본방향 설정을 위해 메가트렌드 분석, 국내외 환경분석(정책, 기술, 산업·시장), 국가정책 방향성 등을 종합적으로 고려



<그림 5-1> 본 사업계획 추진방향 설정 프로세스

- 대외 환경변화(정책, 기술, 산업·시장 등)를 파악하기 위한 STEEP 분석을 통해 사업의 이슈와 문제점을 도출하고, 이에 적합한 목표설정 활용
- 국정목표, 정부의 상위계획 등을 검토하여 정부부처의 전략목표와 부합성을 판단하여, 정부의 정책방향에 부합되는 기술개발방향 수립에 활용
- 산업 및 시장동향을 토대로 타겟시장 여부, 성장추세를 확인하고, 글로벌 시장 경쟁에 있어 기회요인을 분석하여, 유망 사업모델에 대한 시사점을 파악
- 기술동향은 먼저 기술분류체계를 검토하고 이를 토대로 관련 키워드 중심으로 논문, 기술보고서, 선진기술사례와 패러다임 변화를 검토하여 기술추세가 있는지 시사점을 도출
- 기술개발 성공 가능성을 분석하기 위한 기초자료로, 기술수준과 산업수명주기를 평가하였으며, 이를 토대로 정부투자전략의 적합성을

판단

- 정부 정책의 실천수단으로, R&D 사업의 전략목표, 성과목표 등이 연계성을 가지도록 계획
- 이와 같은 메가트렌드 분석, 환경분석, 국가정책 방향 등을 종합적으로 고려한 사업의 기본방향 및 추진전략 도출, 이슈 및 문제 해결을 위한 중점 추진분야 설정

2. 사업의 기본방향

2.1 정부의 국정과제 및 상위계획에 부합하는 R&D 사업 발굴 및 수행체계 구성

□ (정부의 국정목표를 고려한 R&D 사업체계 구성) 현 정부의 국정기조인 「더불어 잘사는 경제」실현을 위한 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명’, ‘중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장’에 기여도가 높은 기술개발계획 반영

○ 정부의 “4차 산업혁명 대응계획”에 포함된 스마트건설 기술의 접목을 통해 복합플랜트 실증의 애로(지하건설, 유지관리 등)를 해결하고 기술 경쟁력을 향상

○ 과제의 구성에 있어 중견·중소기업의 사업모델을 중점 반영하고, 실제 수행에 있어서도 이들 기업이 주도적으로 대기업과 협력하여 추진하도록 전략을 반영

- (연관 국정과제) 더불어 발전하는 대·중소기업 상생 협력(중기부), 33 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축 (과기정통부), 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성 (산업부·과기정통부·국토부), 친환경 미래 에너지 발굴·육성 (산업부)

□ (부처의 상위계획과 부합성 확보) 본 사업은 과학기술정보통신부, 국토교통부 등에서 소관하는 상위계획을 반영함

○ (제4차 과학기술기본계획) 바이오 및 폐자원 에너지화 기술, 친환경 스마트 플랜트 기술 반영

○ (제1차 국토교통연구개발사업종합계획) 고부가가치 건설기술 창출분야의 자원순환 플랜트 기술, 유지관리 기술 반영

○ (제6차 건설기술진흥기본계획) 고부가가치 기술확보를 위한 플랜트 R&D 추진, 스마트 건설기술(IoT 기반 스마트 유지관리, 지하시설물 관리 기술, Maintenance Free 건설재료)을 반영

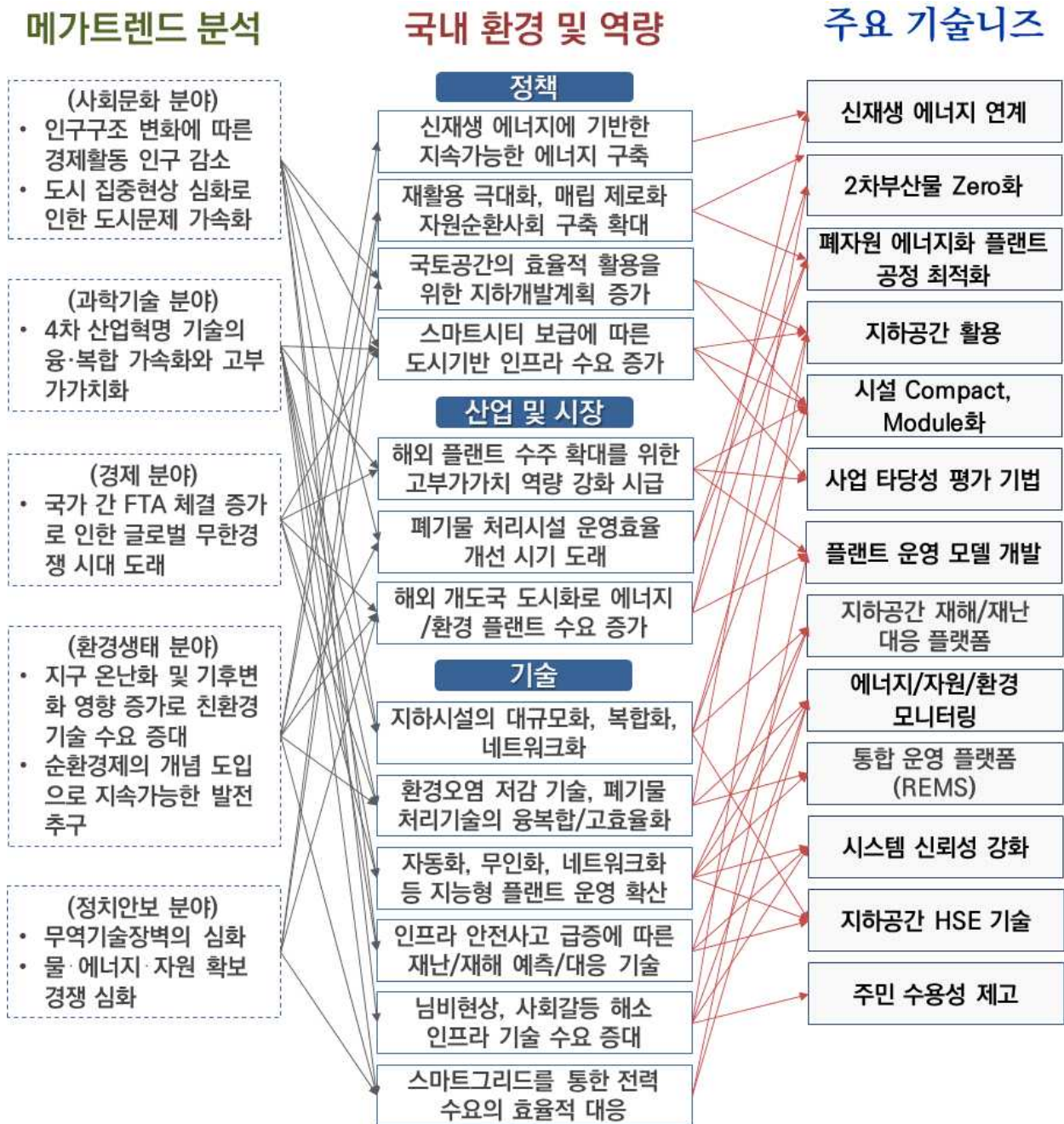
○ (제3차 해외건설진흥기본계획) EPC 이전 사업발굴·기획, 프로젝트 관리, 개념설계 등 고부가가치 영역으로의 진출 확대를 위한 지원 전략 반영

- (제1차 자원순환기본계획) 폐기물 직매립 제로화 및 처리 최적화, 폐기물 재활용 및 에너지화 인프라 구축 전략 반영
- (제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획) 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술, 빅데이터 기반 재난안전 정보활용 기술개발, 재난안전 융·복합 대응 기술 등 추진 전략 반영
- (중견·중소기업의 참여확대 및 산업활성화 기여) 본 사업을 통한 해외 에너지·환경 인프라 시장진출과 연계하여 핵심기술, 설계, 장치·기자재 제작(조달), 운전 및 유지관리 등 중견·중소기업 참여
 - 복합플랜트 장치 및 기자재, 시험인증에 관한 기술역량을 확보하여 제작과 서비스 등 조달체인을 담당하는 중견·중소기업이 참여하는 융·복합 기술을 70% 이상 반영
 - 해외 에너지·환경 플랜트 시장 진출과 산업생태계 활성화를 통한 신시장 창출과 신규 일자리 창출에 기여
 - 대형 건설사/중공업사/엔지니어링사, 중견 엔지니어링/기자재사, 중소 기자재사의 동반 진출, 협력 생태계 지원

2.2 미래변화 선제적 대응을 위한 기술개발 추진

□ 본 사업 관련 분야의 메가트렌드 분석을 실시하고 이에 효과적으로 대응하기 위한 기술니즈 도출

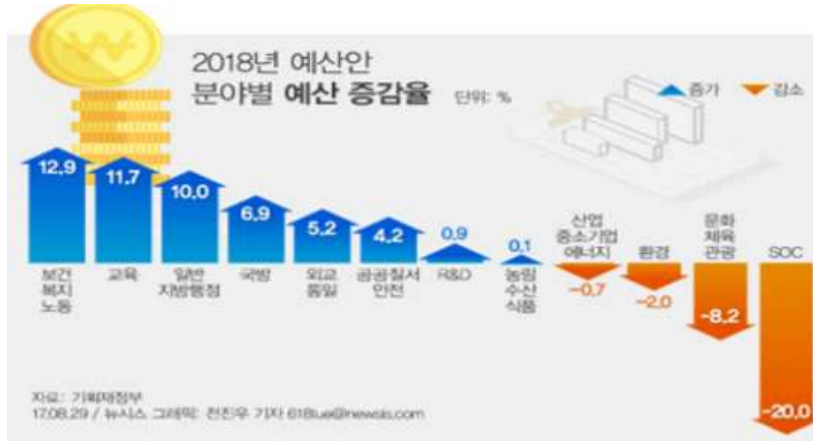
○ 국내외 R&D 동향 및 환경분석을 통한 주요 이슈와 기술니즈 매칭을 통해 중점사업 도출



<그림 5-2> 본 사업 관련 분야 미래 이슈·문제와 기술니즈

2.3 국내 R&D 역량을 고려한 R&D 추진

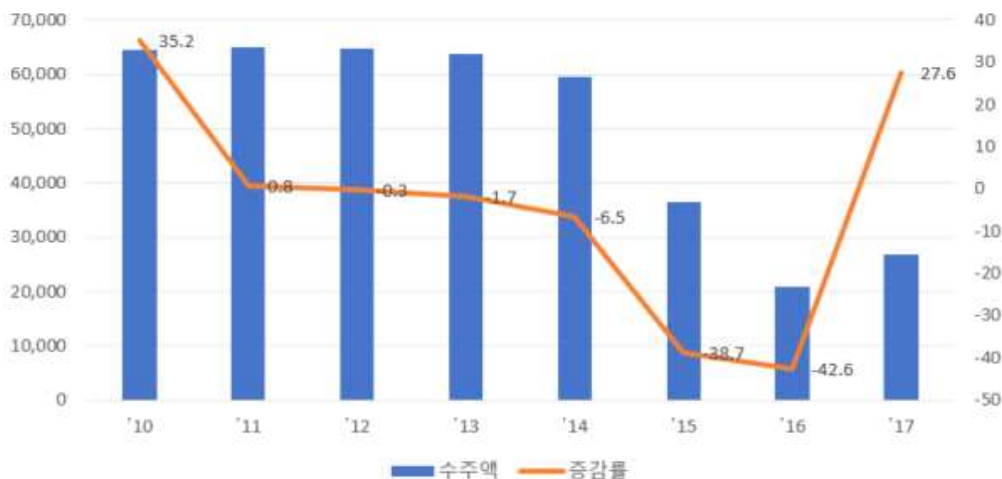
- (정책측면) SOC 신규투자 및 건설산업 R&D 투자의 지속적인 감소추세를 대응하기 위한 시설 유지보수 및 안전성 강화의 정책 변화



자료 : 기획재정부

<그림 5-3> 2018년 분야별 예산안 증감율

- 일부 신도시를 제외한 기존 도심에 소재한 환경기초시설의 현대화 또는 지하화를 통해 적용할 수 있는 인프라 기술 개발
- 기존 시설물의 유지·관리를 위한 지능형 시스템 구축으로 운영 비용 절감 추진
- (경제측면) 해외 플랜트 수주 약화와 공종별 편중으로 사업 다각화 및 안정성 확보 필요



자료 : 플랜트산업협회

<그림 5-4> 국내 플랜트 산업의 수주액 증가 추이

- 향후 개도국의 급격한 도시화로 인해 에너지·환경 플랜트의 지속적인

성장이 예상됨에 따라 복합플랜트 사업 모델 확보로 대외 경쟁력 제고

- 국내 건설사의 고부가가치 엔지니어링 역량 약화로 인한 Nut Cracker 현상 극복을 위해 플랜트 전공정 프로세스를 확보하는 신사업 모델 개발 추진

□ (사회측면) 환경기초시설에 대한 기피현상 극복과 지하복합개발로 인한 지하 공간 안전 기술 확보로 국토의 효율적 활용 가치 증대

- 사회 필수 기반시설임에도 불구하고 지역이기주의로 인해 설치가 어려운 환경기초시설을 지하화와 지상공간 활용을 통해 주민 편익시설로 전환
- 지하공간 개발 수요 증가에 따라 효율적 활용기술과 재난·재해 대응 기술 개발로 지하공간 활용능력 최대화

□ (기술측면) 복합플랜트 핵심 통합공정 확보로 사업화를 위해 관련 상용화 기술 및 실·검증 필요

- 복합플랜트의 사업화 모델 확보를 위하여 지하화, 시설 복합화, 운영 기술 개발 추진
- 복합플랜트 Test Bed 운영을 통한 실·검증으로 Track Record를 확보하여 핵심기술의 대외 신뢰성 확보

2.4 사회이슈 대응형 R&D 사업 추진

□ 공공성이 높은 국토교통 R&D 사업의 특성을 고려하여 사회이슈 및 현안과제 등의 해결을 위한 공공 R&D 추진

- 환경기초시설은 국민 생활을 위한 필수 인프라로써 계획·설계 → 건설·공급 → 유지·보수 등의 전 과정에서 사회적 갈등과 민원 발생
- 대표적인 기피시설인 환경기초시설은 주민과 지자체간의 갈등으로 인해 적시·적소에 공급이 이루어지지 않고 있으며 사회적 손실이 심화



자료 : 「주민기피시설 해법, 성공사례에서 찾자」, 경기개발연구원 (2012.3)

<그림 5-5> 갈등의 종류별 건수 및 지속일수

- 반면 기존 도심지의 확장과 인구 증가 등 급격한 도시화로 인해 과거 도시 외곽에 위치해 있던 환경기초시설이 도심지 내로 편입됨에 따라 새로운 갈등으로 대두되고 있음
- 위와 같은 환경기초시설외 에너지 시설 등으로 인해 발생하는 다양한 사회이슈 및 현안과제 해결을 위해 선진적인 기술개발 수요의 증가
 - 국내와 같은 문제를 겪고 있는 유럽, 홍콩 등과 같은 높은 인구밀도를 가진 선진국의 경우 환경기초시설의 체계적 지하화를 통해 인근 주민의 민원을 감소하고 시설에서의 에너지 생산을 통해 주민에게 편익을 제공하는 정책을 추진
 - 우리나라 또한 하남 유니온파크, 박달 하수처리장 등 환경기초시설의 지하화와 지상의 공원화 및 편익시설을 도입하여 사회적 갈등을 해소하기 위해 노력하고 있음



<그림 5-6> 지역 혐오시설의 랜드마크화 사례 (하남, 용인)

- 다만, 현재는 단순한 시설의 지하화로 인해 낮은 경제성이 극복되지 못하고 있으며, 단순 굴착으로 인해 많은 비용과 활용성이 떨어지는 단점이 있음
- 폭발과 화재에 취약한 지하공간의 재해·재난 대비 기술의 필요성 또한 증가하고 있으며 폐쇄된 지하공간에서 작업하는 근로자의 안전 기술 개발도 필요함

제2절 사업 비전 및 목표

1. 비전 체계도

비전	“도시기반플랜트의 지하/복합화를 통한 국토의 효율적 활용 및 국민생활의 편익 증진”	
목표	복합플랜트 기술의 상용화와 실검증을 통한 고부가가치 신사업 모델 창출 및 사회문제 해결	
세부 목표	[과학기술적]	[사회경제적]
	지하 복합플랜트 건설 핵심 기술 개발 및 실검증을 통한 Track Record 확보 - 실증 플랜트 구축 및 운영 - 플랜트 고부가가치 기술력 강화	친환경 복합플랜트 사업모델을 통한 사회문제 해결 및 신산업 동력 확보 - 해외 에너지/환경 플랜트 시장 개척 - NIMBY 해결과 지역 주민 편익 강화
기본 방향	As-Is : NIMBY & Inefficient 도심지 외곽 대형 환경기초시설	To-Be : Eco-friendly & Smart 도시기반 자원 순환형 지하 복합플랜트
추진 전략	❖ 개발기술의 신뢰성 확보를 위해 실증 플랜트를 구축 및 운용하여 단계적 실·검증 추진 ❖ 운영조건별 최적 사업화 모델을 도출하여 해외 시장 진출 기반 구축 ❖ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 국내외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 ❖ 효율적인 사업관리 및 개발성과의 확산체계 구축 및 실행	

<그림 5-7> 사업 비전 체계도



<그림 5-8> 지하공간 활용 도시기반 자원 순환형 복합플랜트 적용 조감도

2. 사업비전 및 목표

2.1 사업 비전

비 전
도시기반플랜트의 지하·복합화를 통한 국토의 효율적 활용 및 국민생활의 편의 증진

□ 비전 수립방법

- 동 사업의 비전은 국가정책 및 상위계획의 방향성과 극한지 시장으로 진출이 극히 미미한 실정을 반영하고, 국내 역량을 고려하여 도전적이나 실천 가능한 비전을 제시함
- 비전의 수립을 위해 아래 그림과 같이 수립 틀을 도출하고, 사업의 성격(중장기 산업기술)을 고려하여 관련 중장기 계획이나 성격이 유사한 기술개발사업의 비전을 조사·분석함



<그림 5-9> 비전 수립 틀

<표 5-1> 국가정책 및 상위계획, 관련 사업의 비전 사례 검토

상위계획	비전 및 목표
1. 제3차 과학기술기본계획	창조적 과학기술로 여는 희망의 새시대
2. 제4차 과학기술기본계획	과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여
3. 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획(2018~2027)	혁신을 통한 성장, 사람 중심의 국토공간
4. 제6차 건설기술진흥기본계획	SMART Construction 2025

<표 5-1> 국가정책 및 상위계획, 관련 사업의 비전 사례 검토

상위계획	비전 및 목표
5. 플랜트연구사업	일등 복지국가 실현을 선도하는 글로벌 플랜트기술 TOP 5 실현
6. 건설기술연구사업	국민복지와 창조경제를 리드하는 스마트 인프라 시스템

□ 비전을 위한 부처의 정책 방향성 검토 : 4차 산업혁명 기술의 접목을 통한 성장동력 혁신 및 신시장·일자리 창출에 기여

- 제4차 과학기술기본계획 : 과학기술 역량 확충 및 생태계 조성, 글로벌 시장 선도, 중소기업 육성, 신산업 일자리 창출 등을 반영
- 제1차 국토교통과학기술연구개발종합계획(2018~2027) : “혁신을 통한 성장, 사람 중심의 국토 공간” 실현을 위해 스마트 자원화 플랜트를 반영하여 실천계획
- 제6차 건설기술진흥기본계획(2018-2022) : “SMART Construction 2025” 비전과 실행방안을 기본계획에 반영하여 실천계획
 - 고부가가치 기술확보를 위한 플랜트 R&D 추진-극한지 자원화 기술을 포함

2.2 사업목표 및 성과목표

가. 사업목표

사업 목표

복합플랜트 기술의 상용화와 실검증을 통한
고부가가치 신사업 모델 창출 및 사회문제 해결

- 동 사업은 부처의 정책방향을 고려, 사업의 이슈와 문제를 해소하고 사업비전을 달성하기 위해 “복합플랜트 기술의 상용화와 실검증을 통한 고부가가치 신사업 모델 창출 및 사회문제 해결”을 사업목표로 설정하고, 이를 통해 폐자원 에너지화 시장 진출 경쟁력을 확보하도록 논리를 구성
- 우리나라 플랜트 건설산업과 폐자원 에너지화 시장의 현안문제, 이슈를 해결하기 위한 목표를 수립하되, 국토교통부의 정책방향이나 성과목표 등과 연계성을 가지도록 설정

나. 성과목표

- 동 사업의 최종목표의 달성 여부를 확인할 수 있는 하위의 목표로, 과학기술 및 경제사회 측면에서 성과목표를 정성적, 정량적으로 설정함
- (과학기술적 성과목표) 지하 복합플랜트 건설 핵심 기술 개발 및 실검증을 통한 Track Record 확보
- (세계적 핵심기술 확보) 핵심요소 기술 확보를 통해 관련 분야에 대한 해외 논문거재 확대 및 특허 SMART 지수 등의 과학기술 역량을 강화함
 - 평가방법 : 해외특허, 국내특허의 청구항 권리, SCI 논문, 기술이전 및 활용, 현장적용 등을 종합 평가(별도 측정기준을 설정하고 심의위원회를 통하여 결정)
- (학술지게재 논문지수) 본 사업과 유사한 성격의 사업인 국토교통기술촉진사업의 최근 3년간 학술지 게재 논문지수의 평균값을 초기연도 목표치로 설정하여 산정
 - 도전적 목표치 설정에 따라 연차별 매년 2% 증가 수준으로 설정

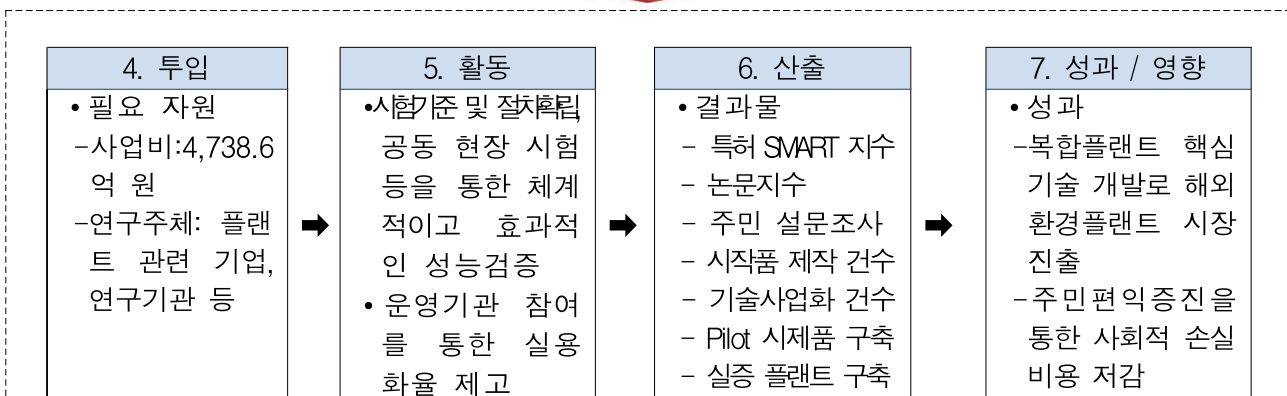
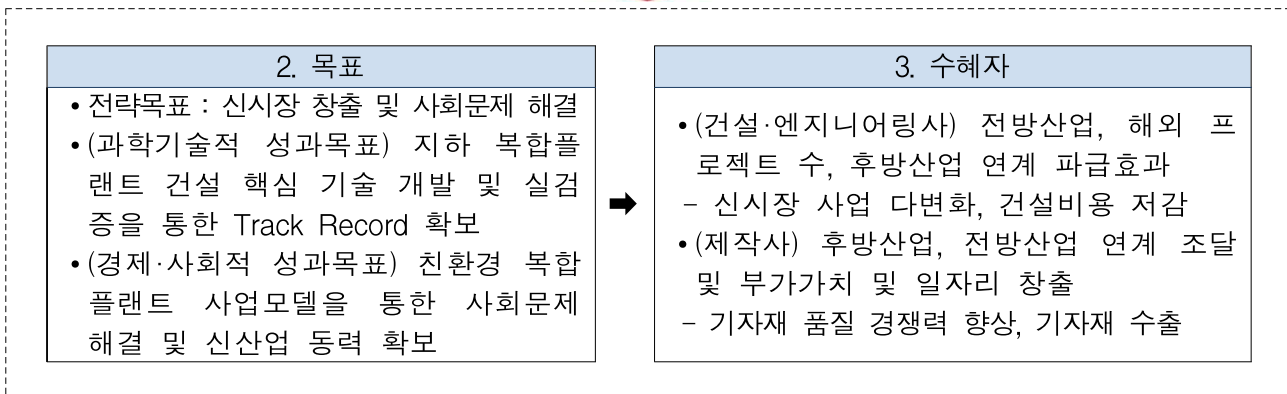
- (특허 SMART) 사업과 유사한 성격의 사업인 국토교통기술촉진사업의 최근 3년간 평균값을 초기연도 목표치로 설정하여 산정
 - 도전적 목표치 설정에 따라 연차별 매년 2% 증가 수준으로 설정
- (현장 통합실증기술 확보) 상용급 Test Bed 통합실증을 통하여 실적(Track Record)을 확보, 이는 사업추진 2단계에 우수기술을 중심으로 실증 1종을 확보하고, 이후 연계 가능한 시스템 2종을 추가하여 총 3종을 확보함으로써 통합실증기술 확보
- (경제사회적 성과목표) 친환경 복합플랜트 사업모델을 통한 사회문제 해결 및 신산업 동력 확보
 - 연구개발과제를 통한 핵심 성과물의 기술이전과 현장검증 및 실증을 통한 현지수요에 선제적 대응 마련
 - (핵심요소기술검증건수) 사업추진 이후 3년이 경과한 시점부터 5개 세부기술분야별 최소 1건 이상의 핵심기술을 개발하여 현장적용을 위한 기술검증을 실시함
 - (기술실시계약건수) 사업추진 3년이 경과한 시점부터 기술실시계약 실적이 발생할 수 있다는 가정하에 초기연도 4건에서 점차 증가하는 목표치를 설정함
 - (주민 설문조사 실시) 상용급 복합플랜트 Test Bed 설치 후 운영 중 4년간 연 1회 주민 설문조사를 실시하여 본 사업 성과물에 대한 주민 만족도 설문조사를 실시하여 주민 편의 증진 여부 검토
 - 국내 현장적용 확대를 통한 지하 복합플랜트의 효율성, 안전성, 효율성, 편의성을 통해 정책활용도 향상
 - (시제품 제작 건수) 1단계에 발생한 논문, 특허, 현장 검증 성과를 기반으로 2단계 이후 시제품 제작 성과가 발생하는 것을 가정하여 연도별 목표치를 설정함
 - (정책제안 건수) 정책현안 해결 및 국민 민원해소 등 사회/공공적 성과창출을 측정하기 위한 2단계 지표로써 3개 중점분야별로 매년 1건 이상씩의 성과를 창출하는 것을 목표치로 설정함
 - 정부의 정책방향 등에 따라 채택여부가 결정됨에 따라 매년 증가하는데 무리가 있어 초기목표를 유지

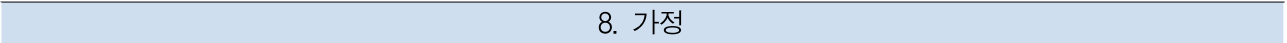
- (성과지표) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 연구개발 사업 내 세부 기술분야별 성과지표 도출을 위한 성과지표 Pool은 ‘국가연구개발사업 표준성과지표’를 준용하여 유형별 성과지표를 추출하여 구축 (제7장에서 상세기술)

3. 논리모형

<표 5-2> 사업추진 논리모형

이슈 / 문제
• 배경요인 : 플랜트 해외수주가 중동, 동남아시아 등으로 편중이 70%이상(해외플랜트 건설 사업의 진출지역과 저부가가치 가치사슬 수주 편중이 심화)으로 경기변동에 따른 수주 리스크가 매우 크고 양적 성장의 한계 도달 ⇒ 해외 플랜트 수주 지역 및 공종 편중 고착화, 종합 경쟁력 저하로 수주감소 및 산업기반 약화 • 문제·이슈 : 1. 자원순환 시장이 점진적으로 증가추세이나 다변화 진출은 극히 저조하고 민간 자력으로 진출 경쟁력 확보의 어려움, 2. 플랜트 기술 선진국과 기술격차 심화 및 후발국(중국, 인도, 터키 등)으로부터 추격 위협, 기술개발에 장기 소요 • 정책동향 : 제4차 과학기술기본계획 : 국가전략기술(지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 친환경·스마트 플랜트기술), 제6차 건설기술진흥기본계획(고부가가치 플랜트 수주), 국토교통연구개발종합계획 등 • 환경변화 : 전 세계적으로 도시집중 현상이 가속화됨에 따라 도시 자원 및 인프라 부족, 교통 혼잡, 에너지 문제 등 도시 문제가 증가, 첨단기술 발달 및 기술간 융·복합화로 인해 플랜트에 ICT 기술 적용 확대 전망, 에너지·자원 확보의 어려움을 극복하기 위한 수단으로 대체 에너지 개발 및 재활용을 위한 국가적 차원의 노력 지속 • 미지원시에 해외플랜트 건설수주의 지역 및 공종 편중은 고착화되고 수주규모는 해외변수에 의존하게 되며, 후발 진출국으로부터 기술격차가 줄어들게 될것임 • 대안 검토 : 기존 플랜트연구사업의 일몰로 대안사업 미비, 부처별 수주대책 및 지원제도는 기술 미보유에 따라 라이선스 기반의 사업수주가 지속될 것으로 검토되어, 본 연구개발사업의 시급한 추진이 필요함





- 연구단계별 성과목표는 계획된 세부기술별로 우수기술, 실증기술, 사업화, 스타트업 등이

-

4. 추진전략

4.1 기업의 과제주관 및 참여 확대를 통한 사업화 성과 제고

- 기술개발 성과물이 현장적용 및 실용화로 연계될 수 있도록 기업의 참여 및 주관을 확대하고 단계별 기술개발 전략 수립
 - 사업화 성공률이 높은 과제의 특성을 살펴보면, 주관기관이 민간인 경우가 공공의 경우보다 더욱 높게 나타나고 있으며, 과제기획 단계에서 실용화 및 현장적용을 고려한 과제발굴이 필요함
 - WPM(World Premium Material) 사업의 경우 10대 소재에 대한 총괄 주관을 모두 기업으로 선정함
 - 즉, 수요자 관점의 연구개발을 확대하기 위해 기업을 주관 기관으로 하여 컨소시엄을 형성하고 세부 요소 기술은 출연연구소, 대학이 역할을 분담함
 - 최근 10년간 국토교통 R&D 예산은 지속적으로 증가하면서 양적 성과는 크게 성장함
 - SCI 논문 추이 : ('11) 160건 → ('12) 148건 → ('13) 191건
 - 특허 추이 : ('11) 865건 → ('12) 940건 → ('13) 1,145건
 - 그러나 실용화를 고려한 대형사업의 연구개발 성과는 실질적으로 사업화 단계까지 도달하지 못해 현장적용 실적은 저조한 수준으로 나타남
 - 최근 5년동안 종료된 275개 과제를 중심으로 실용화 성과를 살펴보면 성과가 실제로 활용된 경우는 49개 과제로 17.8%의 저조한 수준을 보이고 있음

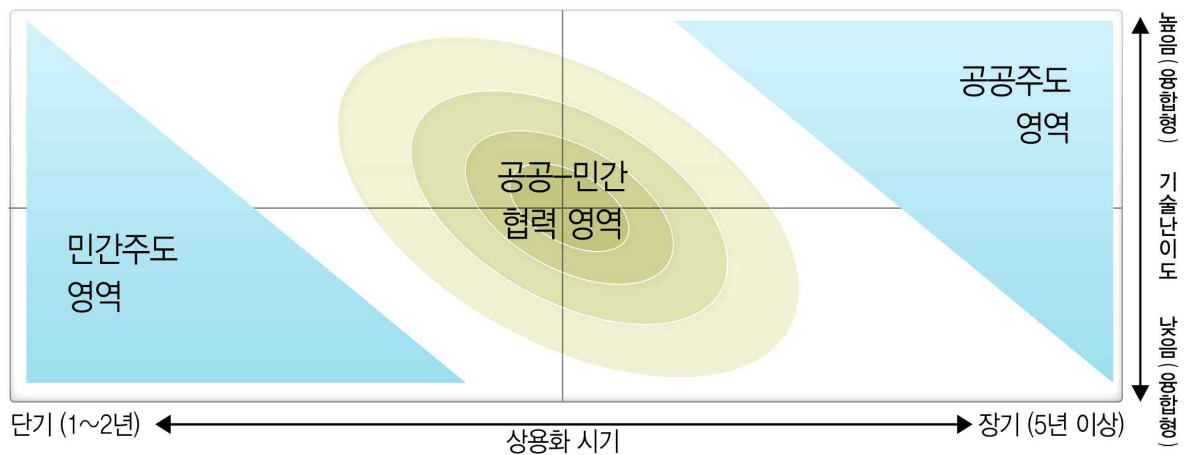
<표 5-3> 국토교통 R&D 현장적용 성과

구분	과제수	활용		미활용	
		과제수	비중	과제수	비중
합계	275	49	17.8%	226	82.2%

자료 : 해외건설 기술경쟁력 강화 연구개발사업(KAIA, 2014)

4.2 산학연 협력 생태계 기반 조성

- 동 사업은 공공기술개발사업과 중장기 산업기술개발사업이 혼합된 사업으로 연구개발사업의 성공적인 추진 및 상용화·실용화 등 현장적용 확대를 위한 공공과 민간의 협력이 필수적임
- 동 사업은 기술개발을 통해 지하 복합플랜트의 안전성 향상 및 효율성 제고를 목표로 하고 있어 1차적인 연구개발 성과의 수혜자는 국민으로써 공공성이 높음
- 최종적으로는 국내 현장적용 실적을 바탕으로 해외 폐자원 에너지화 플랜트 시장 진출을 궁극적인 목적으로 하고 있어 실용화 및 현장적용으로 연계될 수 있는 타 사업과 차별화된 사업추진체계 구축이 필요
- 이에 따라, 과제유형 및 특성, R&D 성과의 최종 수혜자, 정부와 민간의 역량을 고려한 정부와 민간의 명확한 역할 구분 및 유기적인 협력체계 구축이 필요함
 - 구성기술별 기술의 난이도(융합형, 단일형), 상용화 시기(단기-중기-단기) 등을 고려하여 공공주도 영역과 민간주도 영역으로 구분
 - 공공과 민간주도 영역을 제외한 부문에 대하여는 공공과 민간 공동연구 추진 필요



<그림 5-10> 주체별 역할 구분

4.3 개발기술의 완성도 제고를 위한 단계적 검증과 실증을 통해 상용화 추진

- (기술개발 단계화를 통한 완성도 제고) 기술의 실증적 완성도 제고를 위해 연구기반구축, 요소 및 핵심기술 개발, 시작품 파일럿 검증, 현장실증의 단계적 추진이 필요
 - 일반적으로 플랜트 기술의 특성상, 완성도 확보까지는 장기간 소요되며, 이러한 과정은 외부에서 인정될 수 있는 테스트베드 실증으로 추진
 - 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 실증기반이 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
 - 플랜트사업의 해외진출에 있어 Track Record를 중요하게 평가하며, 극한지 현상이 없는 우리의 실정에서 해외 테스트베드 부지를 확보하여 실증을 추진하는 방안을 모색 필요
- 개발기술의 신뢰성 확보가 관건으로 기본설계 → Prototype 제작 및 검증 → 파일럿 모듈 설계·제작 및 실증 등과 같은 체계적인 검증, 실증 단계를 강화
 - 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
 - 2단계(현장실증) 테스트베드 대상지, 적용기술 선정 등 구축방안 수립, Test-Bed를 활용한 현장적용 실증체계 구축, 이를 통한 Track Record 전략으로 활용

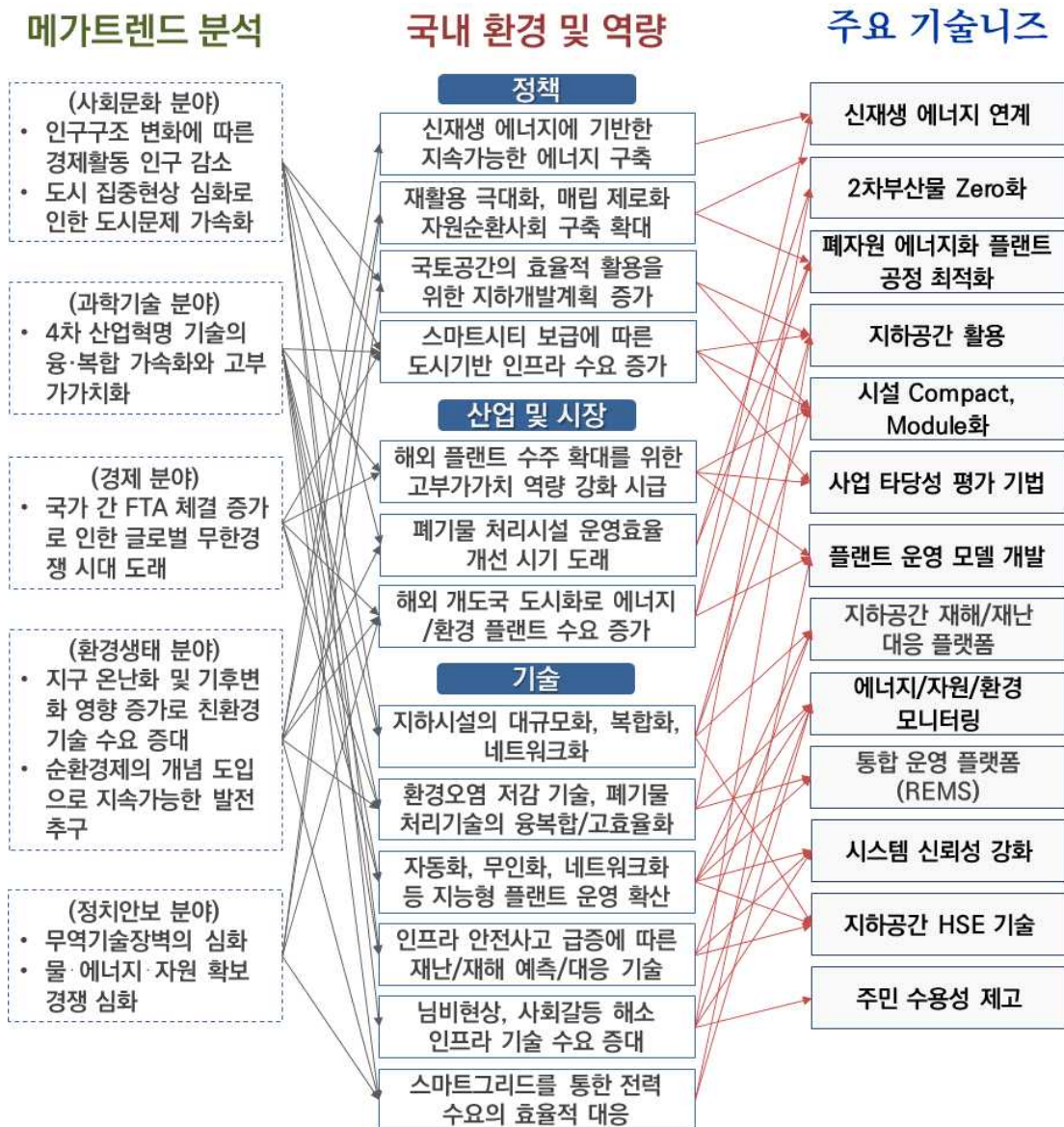
제3절 사업구성

1. 기술도출프레임

- 본 사업기획 시 합리성, 객관성 및 사업화 가능한 기술구성을 위해 복합 플랜트 관련 국내 R&D 동향, 사업추진 기본방향 및 추진전략 등을 통해 추진기술을 도출
 - 사업기획의 충실성을 위해 예비타당성조사 지침에 근거하여, 앞서 도출한 기술분류체계의 범위에서 Top-down과 Bottom-up 방식을 병행하는 형태로 중점분야 및 세부기술 분야 발굴
 - (Top-down 기술기획) 복합플랜트 기술개발사업의 중점영역을 도출하기 위하여 기술분류체계의 범위에서 산업, 시장, 기술 동향을 조사·분석하여, 본 사업과 관련된 기술적 현안 문제 및 이슈를 중심으로 중점분야 후보를 도출
 - 중점분야 후보는 현지 시장에서 발주하는 사업과 하위의 조달분야를 고려하되, 기술개발의 특성상 물리적 시스템을 검토하여 기획위원회 전문가 토의를 통하여 도출
 - 세부기술 후보는 현지의 기술적 문제, 기술이슈, 기술적 한계를 확인한 후에, 이를 해결하기 위한 기술을 기술적 연관성, 핵심기술요소 등을 기획위원회 토의를 통하여 후보기술 도출
 - (Bottom-up 기술기획) 국내 산·학·연 수요자(수혜자, 개발기술 및 성과의 최종 활용자)를 대상으로 복합 플랜트 분야 기술 개발의 현재 및 미래에 요구되는 기술수요조사를 실시
 - 후보기술에 대하여 그 적정성을 평가하기 위한 기준을 설정하고 우선순위 평가를 시행

2. Top-down 기술기획

- 지하 복합플랜트 관련 산업 미래 니즈 키워드와 국내외 R&D 동향, 대내·외 환경 분석에서 도출된 핵심이슈를 매칭 및 분석하여 중점 추진 분야를 도출
- 미래사회의 환경변화에 따른 지하 복합플랜트 대응방향 모색을 고려한 주요 키워드를 도출
- 미래 니즈 키워드와 국내외 R&D 동향 및 환경분석을 통해 사회 이슈 해결을 위한 중점 추진 분야를 설정



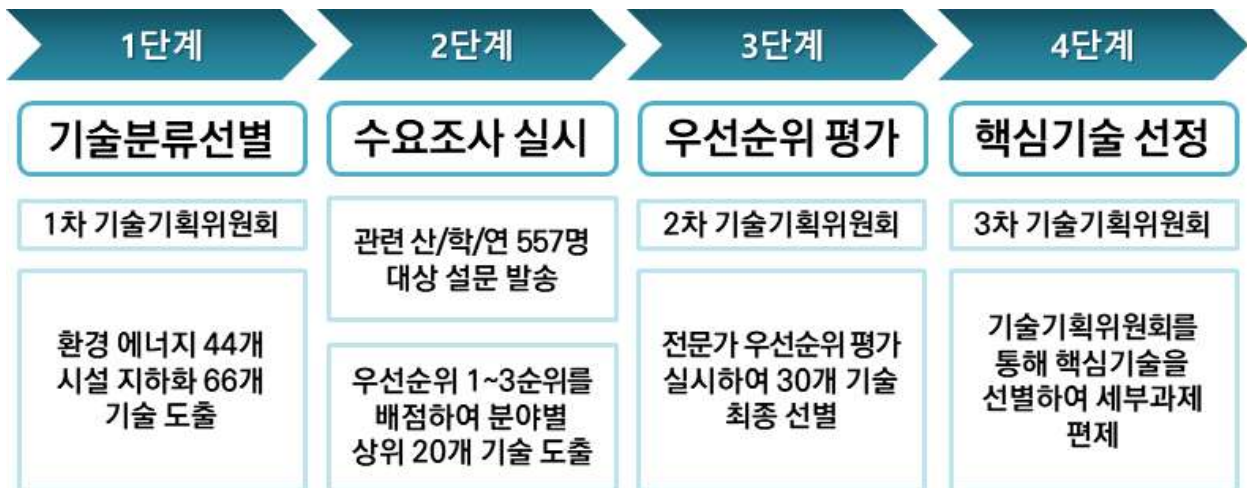
<그림 5-11> 지하 복합플랜트 주요 기술니즈

<표 5-4> 세부기술 후보분야 도출

18개 후보과제	1차 기술기획위원회(12개)	2차 기술기획위원회(8개 최종)
1. 지속가능한 개발을 위한 복합 플랜트용 지하공간 건설기술	1. 폐자원 기반 에너지 최대 생산 복합플랜트 기술	1. 복합플랜트 지하공간 활용 기술
2. 지하 복합플랜트 최적 운영 관리 기술	2. 폐자원 기반 이차 부산물 Near Zero 자원순환 복합 플랜트 기술	
3. 대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기 기술	3. 지하공간 적용 위한 복합 플랜트 Compact화	2. 복합플랜트 요소기술
4. 친환경 도시계획 및 토지이용 계획 기술	4. 지하 복합플랜트 엔지니어링 기술	
5. 지하공간 침수 예측 방지 및 대피 기술	5. 지하복합플랜트 환경/안전/재난 대응 기술	3. 도시자원 양방향 네트워크 구축 기술
6. 지하공간 3D 통합 관제 시스템	6. 지하복합플랜트 ICT/IoT 기반 통합 운전 기술	
7. 화재 위험요소 피해규모 예측 기술	7. 지하복합플랜트 에너지 활용 최적화 기술	4. 플랫폼 아키텍처
8. 복합시설 지하공간 피단유도 기술(능동형 피난)	8. 지하복합플랜트 Intelligent Safety Platform	
9. 빌딩에너지 관리시스템 기술	9. 테스트베드 운영/진단 프로세서 개발	5. 플랫폼 운영 솔루션
10. 에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술	10. 실증 모델 제도 개선 기술	6. 상용급 Test Bed 구축
11. 주요 구성 설비시스템 공정 분석 및 최적화 기술	11. 도시 유형별 사업 모델 개발	
12. 지하공간 내 장비 및 물류의 효율적 운송을 위한 동선 설계 및 다중공간 설계 기술	12. 세종시 5-1지구 실증	7. 에너지/자원 Trade & Concession
13. 에너지/자원 부하에 따른 기존 설비 및 신규 설비 간의 네트워크 기술		
14. 센서 네트워크 기반의 실내 환경 및 에너지관리/자동제어 기술		
15. 지하공간 공사 중 스마트 안전관리 기술		
16. 화재 손상 구조물의 피해온도 예측 기술		
17. 조기 대응 및 신속 복구 기술		
18. 친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술		

3. Bottom-up 기술기획(수요조사·분석)

- (목적) 기술기획위원회에서 제안한 기술도출목록을 바탕으로 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 기술개발의 현재 및 미래에 요구되는 기술수요를 파악
- (일시) 2018년 1월 9일 ~ 2018년 1월 23일
- (대상) 플랜트 관련 제작사, 설계업체, 기자재 업체, 대학, 출연연 등
 - 산업계 152명, 학계 175명, 연구계 206명, 기타 24명으로 총 557명을 대상으로 실시
- (조사내용) 환경에너지/시설지하화 각 분야별 기술 우선순위와 필요시 추가기술명 제시
 - 1차 기술기획위원회에서 도출된 110가지 기술을 설문 발송하여 우선순위 1~3순위를 선택하도록 시행하여 1순위를 3점, 2순위를 2점 3순위를 1점으로 배점하여 총합 점수 도출



<그림 5-12> 기술수요조사 진행 과정

- 수요조사기술은 산·학·연 전문가 기획위원회에서 단계적 검토 및 우선순위 평가, 조정을 통해 110개 → 30개를 최종 선별
- (1단계) 1차 기술기획위원회를 통해 본 사업 관련 2개 대분류 9개 소분류 110개 기술 도출

- 환경 에너지 44개, 시설 지하화 66개 기술 도출

<표 5-5> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
환경 에너지	폐수 및 폐기물 처리 및 에너지화 기술	1	하수처리 기술
		2	하수 폭기 공기의 친환경적 정화 기술
		3	하수처리수의 재이용 기술
		4	고농도의 질소/인 폐수를 이용한 수경재배 기술
		5	생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗물 등 순환이용, 생태 연못 등)
		6	음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수처리 기술
		7	슬러지 소화 촉진 기술
		8	하수처리장 소수력발전 기술
		9	MBT를 포함한 생활폐기물 전처리 기술
		10	물질 재활용 및 재사용 기술
		11	SRF 및 Bio-SRF 생산기술(건조, 성형)
		12	SRF, Bio-SRF 및 바이오매스 연소 및 혼소 기술
		13	생활폐기물 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		14	바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		15	유기성폐기물 건조 기술
		16	유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용화)
		17	유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술
		18	유기성폐기물 발효 기술
		19	매립 및 매립가스 이용 기술
		20	폐기물 재활용품에 대한 자원회수 및 이용 기술
		21	퇴비를 이용한 악취제거 기술
	열에너지 기술	22	하수열/상수열 회수기술
		23	지열
		24	태양열 (저온/중온/고온)
		25	미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)
		26	열회수기술(히트펌프)
		27	폐열을 이용한 효율적인 저압터빈 발전 기술 (CO ₂ 초임계 발전 및 ORC 등)
		28	온도대별 수요처 발굴을 통한 열원 cascading 기술
		29	폐열을 이용한 유기물 건조 기술
		30	중고온 열을 활용한 흡착/흡수식 냉방 기술
	에너지 저장	31	에너지 변동성 보완기술
		32	Hydrogen-ESS(Energy Storage System 기술)
		33	계간축열(Seasonal Thermal storage system)
		34	ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등
		35	V2G 등 전기차 활용기술
		36	열저장 및 운송기술 (화학축열, 열택배 등)
	수소 및 연료전지	37	태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술
		38	수소에너지 생산·저장·이송·이용 기술
		39	물에너지 순환기술(수전해 및 연료전지 기술)
		40	CO ₂ 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)

<표 5-5> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
시설 지하 화		41	폐기물 연료이용 연료전지 발전기술
		42	수소전기차 기술
		43	수소충전, 저장 및 이송기술
		44	CO ₂ free 수소 생산 기술
	스마트 빌딩 기술	45	빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)
		46	BIM 기반의 건물에너지 수요예측 및 모니터링 기술(계측, 예측, 평가)
		47	시스템 통합 및 보안 기술
		48	건물에너지효율평가 기술
		49	센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술
		50	시스템 제어 알고리즘 및 제어모듈 설계 기술
		51	에너지사용량 통계분석기술
	지하공간 안전관리 및 재난대응 기술	52	바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술
		53	안전훈련시스템 기술
		54	복합시설 지하공간 침수발생 모니터링 기술
		55	화재 위험요소 및 피해규모 예측 기술
		56	복합시설 지하공간 침수 예측 모델
		57	지하공간 3D 통합관제 시스템
		58	복합시설 지하공간 피난유도 기술
		59	지하공간 공사 중 스마트 안전관리 기술
		60	지하 대공간 연기제어 기술
		61	지하공간 침수방지시설 및 대피 기술
		62	화재손상 구조물의 피해온도 예측기술
		63	조기 대응 및 신속 복구 기술
	지하공간 설계 및 시공기술	64	지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하공간 건설기술
		65	지하공간 자연 채광 기술
		66	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온·습도 제어기술
		67	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 악취 관리 기술
		68	저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구
		69	에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술
		70	시설의 설치를 위한 입체적 지하공간 설계/배치 및 굴착 기술
		71	소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술
		72	지하공간 내 장비 및 물류의 효율적 운송을 위한 동선 설계 및 다중공간 설계 기술
		73	외방수공법 최적화를 통한 지하공간 차수 및 방수 기술
		74	대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술
		75	지하공간 시공 중 환기 기술
		76	대심도/대단면 굴착 기술
		77	기존 지하 교통망과의 연계 기술
		78	대다면 지하공간의 안정성 검토 및 최적 안정성 확보 기술
		79	운용 중인 지하공간의 확장 건설 기술
		80	개착 시 흙막이벽 차수 및 방수 공법(연결부 보강 등)
		81	지하공간 굴착 후 보강 공법(고강도/속경성 쇼크리트 등)
		82	대심도 메가프레스 통수압 및 부력 방지 공법
		83	지중 무선통신 기반의 실시간 굴착 거동 모니터링 시스템
		84	지하공간의 지하수 흐름 보존 기술

<표 5-5> 기술기획위원회 도출 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
		85	현장 발생토를 이용한 건설 재료 활용 기술
		86	굴착 전 지반 보강을 위한 그라우팅 시스템(주입재료, 동시 주입관, 그라우트 주입 관리 시스템 등) 기술
		87	통합공조(공조 및 제배연) 시스템 설계 및 시공 기술
		88	주기동 좌굴 방지 내화공법
		89	장스팬(무기동) 대공간 굴착 기술
		90	기계굴착용 커팅헤드 최적 배치 및 설계 기술
	복합플랜트 최적화, 자동화, 및 운영 기술	91	지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술
		92	분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발(부하연동, 부하 해석 및 예측 등)
		93	가상 융·복합 플랜트 플랫폼 운영 시뮬레이션 기술
		94	분산형 복합플랜트 시설의 원격관리를 위한 3D-CIM 기반 통합 관제 기술 개발
		95	생산/처리 시스템 연계를 통한 연간 가동율 향상기술 개발
		96	주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술
		97	운영 현황 분석을 위한 센서 네트워크 기술
	도시계획 연계기술	98	친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시유형별, 활용 부지별 등)
		99	도시에너지/CO ₂ 저감 등의 제로에너지시티 구축을 위한 목표치 설정/달성률 평가 기술
		100	도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술
		101	에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망(자동집하 시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술
		102	에너지/자원 공급 및 처리 시설 분산화 및 최적배치 기술 (GIS 기반의 mapping 기술)
		103	도시 단위 에너지/자원 소비량 및 생산가능량 평가 기술(에너지 및 자원 원단위 DB 구축)
		104	도시 단위 에너지운영플랫폼 구축 및 운영 기술(수요예측, 생산량예측, 에너지거래, 부하평준화, 모니터링 등)
		105	에너지/자원 부하에 따른 기존 설비 또는 신규 설비 간의 네트워크 기술
		106	플랜트의 설치에 따른 각종 효과를 예상하고 검증할 수 있는 계획의 타당성 및 경제성 평가기술
		107	도시단위 순환형 복합플랜트 실증기술 개발(설계/시공/운영관리 process 도출)
		108	도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)
		109	국가별 자원/에너지 순환형 도시 계획수립을 위한 정책/제도 연구
		110	자원/에너지 순환형 토지이용계획 수립 관련 제도적/정책적 가이드라인 작성 연구

○ (2단계) 관련 산·학·연 557명에게 설문조사를 배포하여 환경 에너지/시설지하화 각 분야별 기술 우선순위와 필요시 추가 기술명을 제시하도록 설문조사 실시

<표 5-6> 기술수요조사 응답률

구분	산업계	학계	연구계	기타	합계
대상자	152	175	206	24	557
응답자(비율)	33(36.3%)	33(36.3%)	25(27.4%)	0(0.0%)	91
응답률(%)	21.7%	18.9%	12.1%	0.0%	16.3%

- 우선순위 1~3순위를 선택하도록 시행하여 1순위를 3점, 2순위를 2점 3순위를 1점으로 배점하여 점수가 높은 순서대로 분야별(환경·에너지, 시설 지하화)로 20개씩의 기술 도출

<표 4-20> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
1	14	4	1	51	유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술
2	6	3	6	30	미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)
3	7	4	0	29	바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기술
4	5	5	2	27	ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등
5	5	2	5	24	물질 재활용 및 재사용 기술
6	3	5	4	23	하수처리수의 재이용 기술
6	2	7	3	23	에너지 변동성 보완기술
8	3	5	2	21	하수열/상수열 회수기술
8	5	1	4	21	태양열 (저온/중온/고온)
10	5	0	2	17	하수처리 기술
11	5	0	0	15	생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗물 등 순환이용, 생태연못 등)
11	2	3	3	15	유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용화)
11	0	7	1	15	유기성폐기물 발효 기술
14	2	3	2	14	CO2 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)
15	1	3	4	13	음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수처리 기술
15	2	3	1	13	계간축열(Seasonal Thermal storage system)
17	4	0	0	12	생활폐기물 열분해/탄화/가스화/용융 기술
18	1	4	0	11	지열

<표 4-20> 수요조사 결과 도출 환경·에너지 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
19	0	3	4	10	수소에너지 생산·저장·이송·이용 기술
20	0	1	7	9	태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술

<표 4-21> 수요조사 결과 도출 시설 지하화 기술목록(20개)

순위	번호				기술명
	1순위	2	3	점수	
1	8	4	3	35	지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하 공간 건설기술
2	7	4	1	30	대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술
3	4	6	3	27	지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술
4	8	0	0	24	빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)
5	6	2	1	23	지하공간 3D 통합관제 시스템
6	6	1	2	22	바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술
6	5	1	2	19	친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시 유형별, 활용 부지별 등)
8	2	5	1	17	분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발 (부하연동, 부하해석 및 예측 등)
8	3	0	3	12	에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술
10	2	2	2	12	소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술
11	0	5	1	11	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온·습도 제어기술
11	1	2	4	11	주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술
11	1	3	1	10	센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술
14	1	1	5	10	지하공간 자연 채광 기술
15	1	3	1	10	저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구
15	1	2	3	10	도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술
17	0	4	1	9	건물에너지효율평가 기술
18	0	3	3	9	지하공간 시공 중 환기 기술
19	1	3	0	9	에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망(자동집하시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술
20	2	1	1	9	도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)

○ (3단계) 2차 기술기획위원회에서 기술수요조사 결과 기술을 바탕으로 기술성, 시장성, 정책 부합성에 따라 우선순위 조사를 실시하여 최종 20개 기술 선정

- 기술수요조사 총 40개 도출기술을 대상으로 전문가 FGD (기술기획위원회) 실시
- (개요) 지원 대상 제품을 선정하기 위한 의사결정 계층구조를 수립하여 적용
- 의사결정에 고려되는 평가요소들을 동질적인 집합으로 군집화하고, 다수의 수준으로 계층화한 후, 각 수준별로 분석. 종합함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 과정을 지원
- (지표구성) 우선순위 선정기준으로 「기술성」, 「시장성」, 「국가산업기여」의 3개 항목을 정하고 각각의 하위 평가항목을 정의

○ 평가서 작성(5점 척도)

평가	매우 부합	부합	보통	부합성 약함	부합성 매우 약함
점수	5	4	3	2	1

○ 우선순위 평가항목

- (선정항목별 가중치) 전문가 회의 결과를 반영하여 평가항목별 가중치 적용

<표 5-7> 선정지표별 가중치

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가내용	가중치
기술성 (30%)	기술개발 시급성	전략기술의 성장에 있어 해당기술의 개발이 선결적으로 해결되어야 하는 시급함의 정도	15%
	기술독창성 및 실현성	다양한 건설분야와 융합 콜라보레이션을 통해 주변 건설 산업의 부가가치 증진 및 확산이 가능한가	15%
시장성 (40%)	시장수요성	- 에너지 환경 및 복합화, 지하화 등의 글로벌 트렌드를 감안할 때 시장 수요는 충분한가 - 기술의 라이프사이클을 고려할 때 시장지속성이 있는가	25%
	산업변화 이슈 반영도	미래사회와 라이프스타일, 기술변화에 대응하여 새로운 시장의 패러다임을 반영하고 있는가	15%
정책 부합성 (30%)	국가 정책 부합도	- 정부 및 해당부처의 정책과 부합하는가 - 지원 타당성은 충분한가	10%

<표 5-7> 선정지표별 가중치

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가내용	가중치
	산업 및 사회적 파급성	• 산업 및 사회적 파급성의 정량효과는 충분 한가	20%

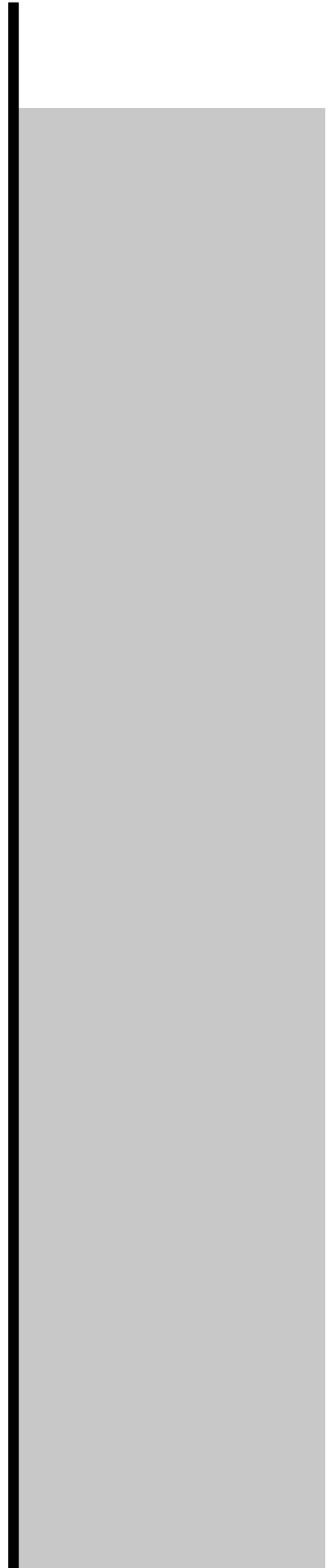
<표 5-8> 핵심기술 우선순위 평가

핵심기술명	기술성		시장성		정책부합성		합계
	시급 성	독창 성 및 실현 성	시장 수요 성	산업 이슈	정책 부합 성	파급 성	
유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술	3.7	3.5	3.6	4.0	4.1	3.7	3.7
미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)	3.8	4.2	4.5	4.2	3.7	3.4	4.0
바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기 술	4.1	3.9	4.3	4.0	3.6	4.1	4.1
ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등	4.2	4.3	3.7	3.6	4.3	3.7	3.9
물질 재활용 및 재사용 기술	3.6	3.7	4.1	3.9	4.3	3.6	3.9
하수처리수의 재이용 기술	3.4	3.4	4.3	3.7	4.1	3.7	3.8
에너지 변동성 보완기술	3.7	3.9	4.4	4.2	4.3	4.5	4.2
하수열/상수열 회수기술	3.5	3.7	4.1	3.3	3.4	3.1	3.6
태양열 (저온/중온/고온)	3.2	3.1	3.7	3.2	4.0	3.7	3.5
하수처리 기술	3.3	3.2	3.3	2.9	2.8	2.9	3.1
생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗 물 등 순환이용, 생태연못 등)	2.8	3.5	3.4	3.3	2.7	2.6	3.1
유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용 화)	3.5	3.7	3.9	4.1	3.7	3.6	3.8
유기성폐기물 발효 기술	3.6	3.5	3.2	3.4	3.6	2.5	3.2
CO2 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)	3.6	3.5	3.4	2.6	2.8	3.1	3.2
음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수 처리 기술	2.7	2.6	2.8	3.1	3.2	3.3	2.9
계간축열(Seasonal Thermal storage system)	2.9	3.2	3.3	2.7	3.6	3.1	3.1
생활폐기물 열분해/탄화/가스화/용융 기술	3.4	3.6	3.7	3.7	3.4	3.1	3.5
지열	3.7	3.3	4.4	4.3	4.3	4.6	4.1
수소에너지 생산·저장·이송·이용 기	3.6	3.5	3.4	3.2	2.7	3.1	3.3

<표 5-8> 핵심기술 우선순위 평가

핵심기술명	기술성		시장성		정책부합성		합계
	시급성	독창성 및 실현성	시장수요성	산업이슈	정책부합성	파급성	
솔							
태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술	2.8	3.4	3.3	2.8	3.1	3.2	3.1
지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하공간 건설기술	4.7	4.8	4.6	4.6	4.8	4.6	4.7
대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술	4.2	4.3	3.7	3.5	3.4	3.8	3.8
지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술	4.4	4.7	4.5	4.3	4.6	4.4	4.5
빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)	3.6	3.4	3.1	3.3	4.1	3.2	3.4
지하공간 3D 통합관제 시스템	4.2	4.5	4.3	4.7	4.5	4.4	4.4
바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술	4.6	4.4	4.5	4.3	4.1	3.9	4.3
친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시유형별, 활용 부지별 등)	3.4	3.3	3.6	3.5	3.4	3.1	3.4
분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발(부하연동, 부하해석 및 예측 등)	4.2	4.3	3.8	4.6	4.4	3.8	4.1
에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술	3.1	3.5	3.3	3.2	3.0	2.8	3.2
소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술	3.4	3.2	3.3	3.1	3.0	3.2	3.2
지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온도 제어기술	3.7	3.2	3.3	3.4	3.3	3.5	3.4
주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술	4.4	4.7	4.5	4.1	3.9	4.3	4.4
센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술	4.2	4.3	3.8	4.6	4.4	3.8	4.1
지하공간 자연 채광 기술	3.5	3.7	4.1	3.3	3.4	3.1	3.6
저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구	3.2	3.3	3.4	3.1	2.9	3.3	3.2
도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술	3.6	3.1	3.7	3.8	4.1	4.2	3.8
건물에너지효율평가 기술	2.7	2.6	2.8	3.1	3.2	3.3	2.9
지하공간 시공 중 환기 기술	3.6	3.4	3.1	3.3	4.1	3.2	3.4
에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망(자동집하시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술	4.2	4.3	3.8	4.6	4.4	3.8	4.1
도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)	4.6	4.4	4.5	4.3	4.1	3.9	4.3

제6장 사업의 구성

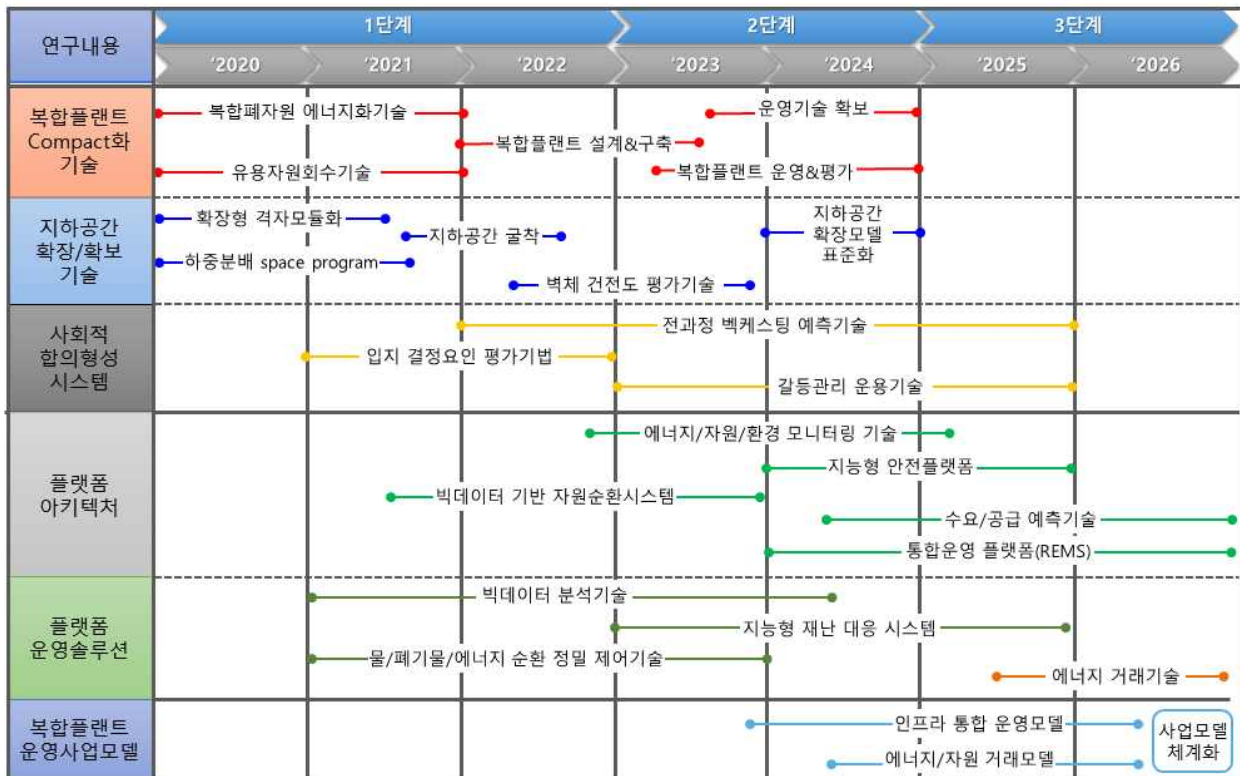


제6장 사업의 구성

제1절 기술개발 개요

<표 6-1> 과제 구성

중점분야	세부과제	핵심기술	기간	예산
(중점 1) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축	1. 복합플랜트 지하 공간 활용 기술	1.지속적 공간 확장을 위한 건설 기술	20~24 (5년)	70억 원
		2.플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대 공간 건설 기술	20~24 (5년)	85억 원
	2. WWE 순환형 복 합 플 랜 트 Compact화 기술	1.최대 에너지 생산 및 활용을 위한 복 합플랜트 Compact화 기술	20~26 (7년)	174억 원
		2.이차부산물 Near Zero를 위한 복합플 랜트 Compact화 기술	20~26 (7년)	78억 원
	3. 사회적 수용성 확 보를 위한 사회 기반기술	1.지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사 회적 합의형성 시스템	20~26 (7년)	70억 원
		2.지하공간 내 복합플랜트 입지를 위한 환경영향평가 기술	20~26 (7년)	70억 원
		3.지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회영향평가 기술	20~26 (7년)	40억 원
(중점 2) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축	1. 플랫폼 아키텍처	1.에너지/자원/환경 모니터링 기술	20~26 (7년)	160억 원
		2.지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술	20~26 (7년)	170억 원
		3.복합플랜트 빅데이터 시스템 기술	20~26 (7년)	130억 원
		4.복합플랜트 수요/공급 예측 기술	20~24 (5년)	80억 원
		5.복합플랜트 통합 운영 플랫폼	22~26 (5년)	70억 원
	2. 플랫폼 운영 솔 루션	1.에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술	20~26 (7년)	60억 원
		2.지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술	20~26 (7년)	110억 원
		3.WWE 순환 정밀 제어 기술	20~24 (5년)	105억 원
		4.복합플랜트 에너지 거래 기술	21~24 (4년)	150억 원
(중점 3) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증	1. 복합플랜트 상용 급 Test Bed 구 축 및 운영	1.복합플랜트 상용급 Test Bed 구축	20~22 (3년)	2,759.2억 원
		2.복합플랜트 상용급 Test Bed 구축	23~36 (4년)	225.4억 원
	2. 복합플랜트 운영 사업모델 개발	1.에너지/자원 거래 모델 개발	23~26 (4년)	120억 원



<그림 6-1> 본 사업 기술로드맵

제2절 (중점분야 1) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축

- (목적) 복합플랜트 부지 인근 주민의 편익을 증진하기 위해 지하공간을 최대한 경제적·효율적으로 활용하기 위한 설계·시공 기술과 사회적 수용성 제고 방안 개발

세부 1-1	복합플랜트 지하공간 활용 기술
핵심 기술	• 지속적 공간 확장을 위한 모듈화 건설 기술 • 플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술
세부 1-2	WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact화 기술
핵심 기술	• 최대 에너지 생산 및 활용을 위한 복합플랜트 Compact화 기술 • 이차부산물 Near Zero를 위한 복합플랜트 Compact화 기술 • 신재생에너지 활용 및 연계 기술
세부 1-3	사회적 수용성 확보를 위한 사회기반기술
핵심 기술	• 지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회적 합의형성 시스템 • 지하공간 내 복합플랜트 입지를 위한 환경영향평가 기술 • 지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회영향평가 기술

<그림 6-2> (중점 1) 세부과제 구성

1. (세부과제 1-1) 복합플랜트 지하공간 활용 기술

1.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-2> (세부 1-1) 과제 개요

구분	내용
정의	• 대규모 복합플랜트를 도심지 지하에 안전하게 건설하고 운영하기 위한 대형 지하공간 설계, 시공 및 건전도 평가기술과 향후 확장이 가능한 지하공간 모듈러 시공기술 개발
목적	• 지하공간에 플랜트를 고집적으로 배치하기 위한 지하 대공간 건설 핵심 기술 확보 • 지하공간에 건설된 복합플랜트 시설의 증설(확장)을 감안하여 지속적 지하 공간 확장을 위한 건설 시공 기술(모듈화) 확보 • 복합플랜트 지하 최적배치(하중분배 Space Program) 기술 확보를 통한 플랜트 공간배치 최적화 • 진동 및 지진 등에 대비한 지하복합플랜트 구조물/벽체 건전도 평가 기술 확보 • 피해지점 급속보강 및 지하구조물 유지관리 최적화 기술 확보 • 지하공간에 플랜트를 고집적으로 배치하기 위한 지하대공간 건설 핵심 기술 선점 • 지하공간에 건설된 복합플랜트 시설의 증설을 감안하여 지속적 지하 공간 확장을 위한 건설 시공 기술 선점



<그림 6-3> (세부 1-1) 과제 개념

나. 추진 배경 및 필요성

- 도시화, 경제성장 등에 따른 지역 NIMBY 해결을 위해 지하공간 및 지하시설 등을 활용한 지하 복합플랜트 건설에 대한 관심 및 수요 증가
- 환경기초시설 및 에너지생산시설의 경우, NIMBY 문제 해결을 위해 지하공간을 활용하여 시설을 설치하고자 하는 요구 증대
 - NIMBY 문제로 설치가 어려운 환경기초시설을 지하에 설치하고 상부 지상 공간을 공원화하여 주민 수용성을 제고할 수 있는 지하 복합플랜트의 도입 필요
- 하수처리시설, 음식물처리시설 등 일부 개별 환경기초시설에 대한 지하화시설은 건설되어 운영 중에 있으나, 환경기초시설과 에너지생산시설을 복합화하여 지하공간에 복합플랜트를 건설한 사례는 아직 없음
- 폐기물을 기반으로 한 환경기초시설과 에너지생산시설의 복합플랜트를 지하화 할 경우에 필수적으로 지하 활용 공간 극대화를 위한 시공기술, 설비 플랜트의 최적배치 및 운영상에 구조물(지하벽체 포함) 안전 문제(건전도 평가)에 대한 대책 등 Infra 관련 기술 개발 필요
- 지하공간에 복합플랜트 건설 후 향후 시설의 증설을 감안하여 지하공간 확장 가능성을 고려한 설계 및 시공이 필요
 - 자연 암반의 지지력을 최대한 활용하여 콘크리트 구조물과 지보재의 시공을 최소화하며 시설물 운용 중에도 공간 확장이 가능한 공간 구조 건설 기술이 필요한 단계
 - 암반이 발달한 우리나라(심도 약 20 m 하부에 양호한 암반 존재)에서도 컴팩트화된 복합플랜트를 지하 암반에 공동(cavern) 또는 격자형(room-and-pillar 또는 grid-type) 형태로 구성하여, 인공적인 콘크리트 구조물 대비 공사비를 절감하면서 시설 운용 중에도 지속적인 확장이 가능하도록 하는 시설 개념의 도입 필요

다. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-3> (세부 1-1) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
• 확장이 어려운 기존 일체형 구조의 지하공간에 지상 복합플랜트 인프라를 이전하는데 한계(예를 들어 라멘식 지하공간의 경우, 많은 개수 기둥으로 공간 활용성 제약) • 도심지 인구 증가로 인해 기존 시설물의 처리능력을 넘어설 경우, 추가 시설물 건설에 시간이 걸리며 추가 부지확보도 어려운 실정	• 최적화된 플랜트 공간 설계시 벽체가 직접 하중을 받는 벽식으로 시공하거나 돔형태로 대형 지하공간을 시공하여 기존 지상 복합플랜트의 이전 공간 대량 확보가능 설계 기술 적용	• 벽식 시공, 돔형태 대형 지하 공간 개발
• 제로에너지 복합플랜트 구현을 위한 신재생에너지 활용 요구 • 기존 일반적인 지중열교환기는 확장형 지하공간에 적용하기 어려움	• 지하공간 확장 시 벽체 및 바닥 구조물에 열교환 파이프가 삽입된 유닛형 에너지 구조체를 설치하여 지속적 확장이 가능한 형태로 지열에너지를 복합플랜트 냉난방에 활용	• 유닛형 에너지구조체 개발, 전열 및 단열 구조 최적화
• 인구밀집과 사용자원의 증대에 따라 기 건설된 지하공간의 확장 요구	• 시설물 운영 중에도 확장이 가능한 굴착 장비와 구조물 설계기술을 확보하여 시설물 용량 증대에 따른 확장에도 신속하게 대응	• 확장 가능한 격자형/모듈화 기술 개발
• 도심지 지하구조물 건설에서 소음과 진동에 의한 민원과 환경문제로 인해 지하공간 시설을 확장하는 것은 현실적으로 곤란	• 공간 확장 시 소음과 진동을 최소화 할 수 있는 굴착 공법과 확장을 고려한 격자형 공간 설계 기술 적용	
• 벽체 및 지반주변부 손상에 따른 주변지역 피해 가능성(오염물질 유출, 싱크홀 등) 존재 • 위해시설의 지하화에 따른 문제 발생시, 주민피해 및 민원 발생 증가 가능성 존재	• 벽체 및 지반주변부의 손상을 단기간에 효율적으로 검측하고 장기적으로 모니터링하여 급속보강을 통해 사회경제적 피해 예방가능 기술 적용	• 모니터링 및 급속보강기법

라. 핵심기술 구성 및 연계성

□ (기간/예산) 5년/155억 원(국고 110억 원, 민자 45억 원)

<표 6-4> (세부 1-1) 핵심기술 구성

구분		개요	결과물	기간 (총년)	소요예산
지속적 공간 확장을 위한 모듈화 건설 기술		• 확장이 가능한 대규모 지하복합플랜트 시설물을 건설할 수 있는 모듈러 지하공간 건설 기술 개발		5년	70억 원
구 성 기 술	확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	• 모듈식 확장을 고려한 격자 지하공간 최적 설계법 개발을 통해 지하복합플랜트 공간구조, 확장을 위한 접근 공간 설계, 보강 및 공간활용기술 개발	모듈식 격자 지하공간 최적 설계법	5년	28억 원
	복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	• 지하 복합플랜트 운용 중, 확장이 필요한 공간에 대해 소음·진동 등 도심지 환경저해 요인의 최소화가 가능하도록 하고 자연암반을 구조체로 활용하여 시공비를 절감할 수 있는 모듈형 공간 건설을 위한 시공 기술	지하공간 모듈화에 필요한 최적 시공 기술	5년	42억 원
	플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술	• 복합플랜트의 지하 활용가능 공간 확보(배치) 기술, 지하복합플랜트 구조물 건전도 평가 및 최적 유지보수 기술 개발		5년	85억 원
구 성 기 술	복합플랜트 지하 최적배치 (하중분배 Space Program) 기술	• 벽식 혹은 돔형 대형 지하공간 개발 • 최적화된 하중분배 Space program 개발	벽식, 돔형 지하공간 확보 및 하중분배의 최적화 가이드라인	5년	42억 원
	구조물/벽체 건전도 평가 기술	• 이동성(소형화, 경량화)이 용이한 기술 개발 • 효율성(동시다발적 측정, 경제적)이 높은 기술 개발 • 단기측정 및 장기 모니터링이 가능한 시스템 구축	5 kg 이하 측정모듈 개발	5년	29억 원
		• 단기간 높은 강도가 발현하는 재료 개발 • 충진력이 용이한 고유동성의 재료 및 기법 개발	단기강도: 400 kPa / 1hr (양생시간), 유동성: 230 mm 이상의 재료 개발	5년	14억 원

□ 핵심기술 간 연계성

- 핵심기술 1-1-1과 1-1-2에서 고려한 하중 분배 space를 고려하여 공간배치를 검토하고 향후 확장이 가능한 공간 건설기술을 개발
- 핵심기술 1-1-2에서 고려하는 장기 모니터링 시스템과 건전도 평가 기술을 활용하여 1-1-1의 지하공간 확장에 대한 평가를 수행. 설계 과정에서 위험 구간과 주요 지점에 대해 계측지점을 확보하는 등 기술 연계. 공간 확장을 진행하는 과정에서 발생하는 진동, 변위 등의 주요 계측 정보 공유
- 핵심기술 1-1-2의 벽체 및 주변지반 급속보강기술의 적용을 통해 1-1-1의 플랜트의 정상적인 운용 및 지하공간 확장중의 유지보수 수행
- 핵심기술 1-1-1 “확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술” → 1-1-2 “복합플랜트 지하 최적배치(공간 최적활용)” → 1-1-2 “구조물/벽체 건전도 평가” → 1-1-2 “급속 유지보수 기술” → 1-1-1 “지속적 지하공간 확장”의 유기적인 핵심기술간 연계를 통해 상호보완 가능



<그림 6-4> (세부 1-1) 핵심기술간 연계성

마. 최종 성과물 및 성과지표

<표 6-5> (세부 1-1) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표		성과지표	측정방법	단위	목표치
핵심 요소 기술 검증	격자형 지하공간 설계 목표	설계규모	100 m급 설계(안) 제시여부 (단면높이 8 m)	건	1
		지보패턴	지보패턴(안) 제시	건	1
	운용 중 공간확장 시공 기술	지반조건에 따른 굴착기술 선정방법	굴착기술 선정 가이드라인 제시	건	1
		동시 버력처리 개수	파일럿테스트 보고서	건	1
	복합플랜트 지하 최적배치 기술	하중분배 Space program 개발 및 최적화 시공법 개발	가이드라인 제시	건	1
		제도/정책 (실증적용 타당성)	관련 전문가 평가	%	90
	진동 및 지진 등에 대비한 지하복합플랜트 구조물/벽체 건전도 평가 기술	이동성 및 운용성이 용이한 평가기술 시스템 구축	평가시스템 중량	kg	< 5
	피해지점 급속보강 및 지하구조물 유지관리 최적화 기술	급속보강에 적합한 재료의 개발	단기강도 및 유동성	kPa/ 1hr; mm	400; 230
공공적 성과		법 제정 및 개선	제정 및 개선 건수	건	
		설계기준, 시방서, 지침	제안 건수	건	
			반영 건수	건	
		정책 제안	제안 건수	건	
기술적 성과	지식재산권	특허건수	특허출원 여부	건	6
			특허등록 여부	건	3
		소프트웨어	제작 여부	건	1
	기술인증	신기술 지정 (제품/품질인증 포함)	신기술 지정 건수	건	
		표준채택	표준 채택 건수	건	
	시작품 제작	시작품 제작	제작 건수	건	
	기술실시 계약	기술 실시 계약	계약 건수	건	
	사업화 건수	사업화 건수	사업화 건수	건	
학술적성과		논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	10
			SCI급 논문 게재 여부	건	4

1.2 (핵심기술 1-1-1) 지속적 공간 확장을 위한 모듈화 건설 기술

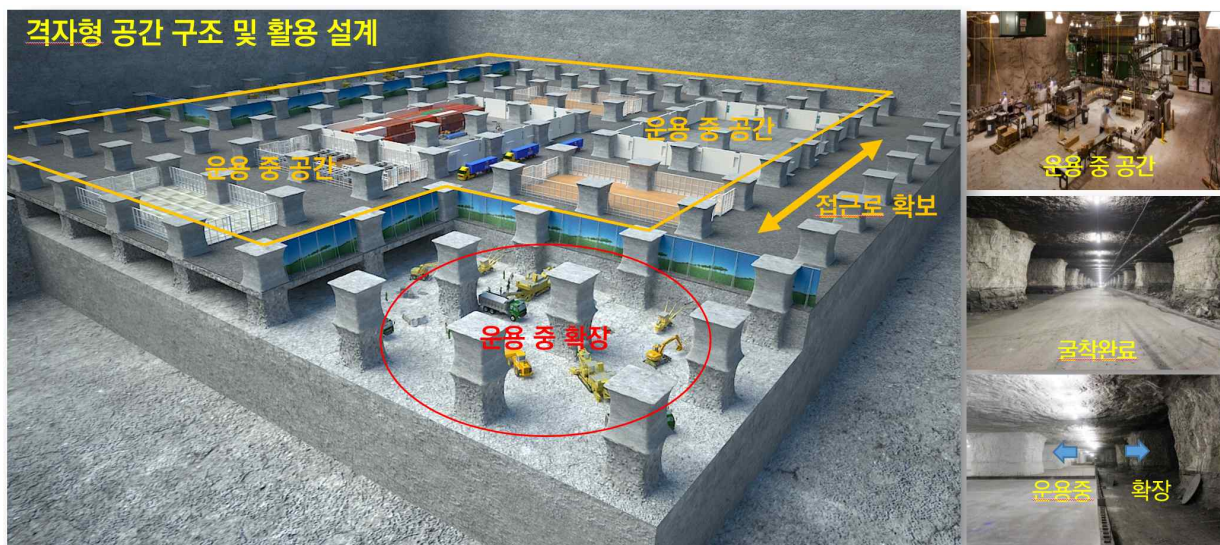
가. 기술 개요

- (정의) 확장이 가능한 대규모 지하 복합플랜트 시설물을 건설할 수 있는 모듈러 지하공간 건설 기술 개발

<표 6-6> (핵심 1-1-1) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-1-1. 지속적 공간 확장을 위한 모듈화 건설 기술		5년	70억 원
	-1. 확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	5년	28억 원
	-2. 복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	5년	42억 원

- 지하 모듈식 확장을 고려한 격자 지하공간 최적 설계법 개발을 통해 지하복합플랜트 공간구조, 확장을 위한 접근 공간 설계, 보강 및 공간 활용기술



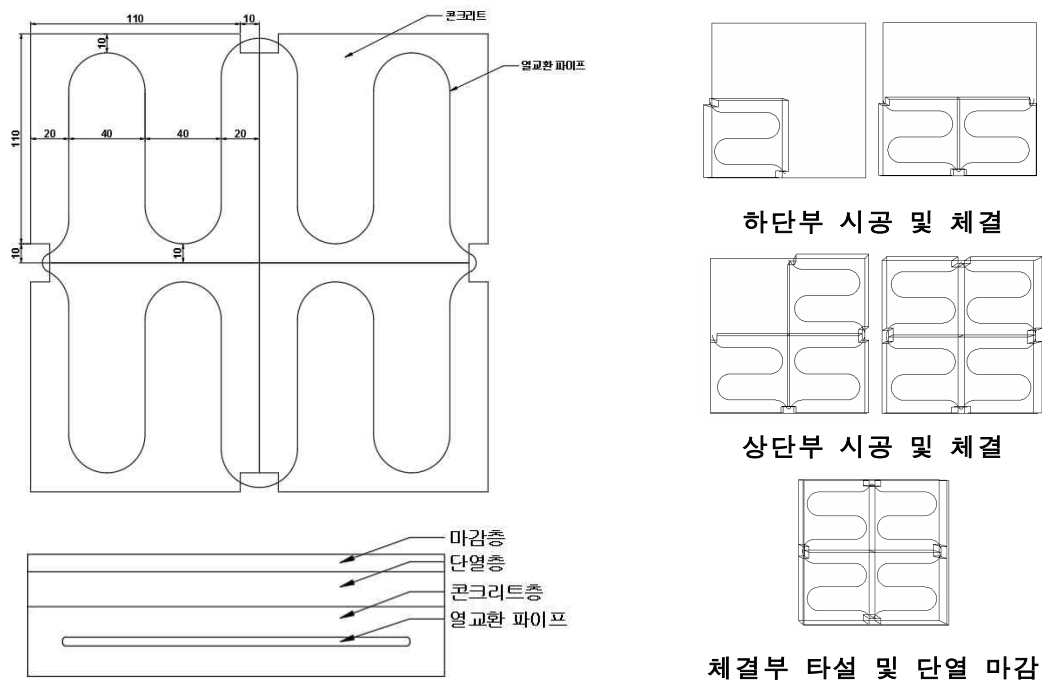
<그림 6-5> 모듈식 격자 지하공간 구조 및 활용 설계 개념도

- 시설물 운용 중에도 확장이 필요한 공간에 대해 소음·진동 등 도심지 환경저해 요인과 기존 지하공간 지장물에 대한 영향을 최소화하고 자연암반을 구조체를 활용하여 시공비를 절감할 수 있는 모듈형 공간 건설을 위한 시공 기술



<그림 6-6> 운용 중 확장을 위한 기계굴착 예시

- 유닛형 에너지 구조체 개발을 통해 지속적 공간확장을 위한 모듈화 설계 · 시공기술과 연계하여 지하 복합플랜트 내의 냉 · 난방 효율 증가



<그림 6-8> 유닛형 에너지 구조체 개념도(안)

나. 기술개발 필요성

- 도심지 지하복합플랜트 시설물 운영 중에도 용량 확대에 따라 시설물 증대가 필요한 경우, 추가적인 공사나 플랜트 시설 증대를 위한 부지 확보에 어려움이 있기 때문에 이를 해결하기 위해서는 운영 중에도 지하공간에서 확장이 가능한 지하공간 건설 기술이 요구
- 시설물 운영 중 확장이 가능한 지하공간 건설에는 발파 공법과 같은 진동이 크게 발생하는 공법의 사용을 지양하고 자유단면 굴착기와 같은 소규모 굴착 장비를 활용한 기계 굴착 공법이 요구됨. 이와 더불어 버력운반차량의 운행 시 발생하는 문제를 저감시키기 위한 버력처리 방법 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-7> (핵심 1-1-1) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재 스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	설계규모(m)	<50 m 급 *지하철 역사 규모 설계	50 m 급 *지하복합플랜트에 적합한 규모의 설계 규모	100 m 급 *지하복합플랜트에 적합한 규모의 설계 규모
	단면 높이(m)	6 m *오피스 등 사무공간 규모 설계 기준	6m *지하복합플랜트에 적합한 규모의 단면 높이 달성	8m *지하복합플랜트에 적합한 규모의 단면 높이 달성
	열전달 성능(일반 상업건물 히트펌프 7일 가동 기준)	미적용	35 W/m ²	45 W/m ²
복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	버력 처리 개소수(개)	미적용	2개소 *2개소의 굴착 공사에 대한 시스템 모듈화	3개소 이상 *3개소 이상의 굴착 공사에 대한 시스템 모듈화를 통해 컨베이어 벨트 버력처리 효율화 달성
	합성지보재 최대 힘강도(MPa, 3점 휨시험 기준)	기존 고강도 슛크리트 최대 힘강도(100%)	기존 대비 10% 향상(최대 힘강도 기준)	기존 대비 10% 향상(잔류 힘강도 증가)

<표 6-8> (핵심 1-1-1) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	1 단계	격자 지하공간 모듈화 개념 정립 및 설계기술 개발	• 복합플랜트를 위한 지하공간 격자화 설계 • 수치해석을 통한 지하공간 격자 설계의 안전성 검토 • 격자형 지하공간 지보 및 배수 패턴 제시 • 유닛형 에너지 구조체 설계법
	2 단계	지하공간 확장을 위한 모듈러 격자 최적 설계기술 개발	• 기존 운용공간과 지하공간 확장을 고려한 모듈러 격자 최적 설계기술 • 유닛형 에너지 구조체 파일럿 테스트 • 개발기술의 경제성 평가 및 유지관리 기법
복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	1 단계	지하공간 확장 시공기술의 모듈화	• 지반강도를 고려한 기계굴착 적용 기술 • 컨베이어 벨트를 이용한 지하공간 다중 버력 처리 기술 개발
	2 단계	격자형 지하공간 시공을 위한 모듈화 기술의 파일럿 테스트	• 격자형 지하공간 기계굴착 시공 기술 모듈화 • 지하공간 확장을 위한 굴착/버력처리 시스템 모듈화 • 격자형 지하공간 시공 기술 파일럿 테스트

라. 관련 R&D 동향

<표 6-9> (핵심 1-1-1) 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100(미국)	60
TRL	> 9	4~5
기술 성숙도	공간 규모, 운영 시스템, 공간 확장기술 확보	단순 채굴목적의 광산분야 Room&Pillar기술 사용, Room&Pillar 설계패턴 일부 연구
주요성능	• 기존 광산 리모델링 및 확장기술을 통한 상업적 공간 확보·운영, 상업시설물로 활용	• 도심지 Room&Pillar 지하구조의 설계 패턴 검토, 지반 조건에 따른 지보재 설계 패턴 검토 단계, 실제 현장 적용 단계에 이르지 못함

1) 국내 동향

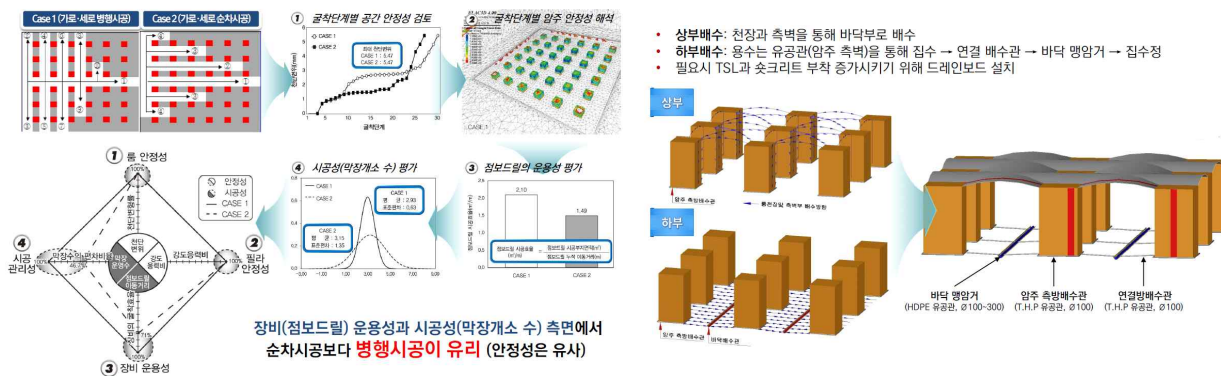
- 격자형 지하공간 시공 방법을 활용한 지하공간 개발 방법은 한국건설기술연구원 자체사업인 “도심지 공간확장형 지하굴착 핵심 솔루션 개발(2017)”을 통해 도심지 공간확장형 지하굴착 공법으로

개념적으로 고려된 바 있으며 사무실, 창고 등의 규모의 설계개념을 정립

○ 그러나, 국내 격자형 지하구조물 관련 연구는 성능 평가 위주의 기초 단계 연구만 진행되었으며, 시공 및 설계 기술 등 사업화 단계의 연구는 수행되지 않음. 특히, 토목시설물에 적용한 지중열교환기에 대한 연구는 대부분 말뚝, 터널, 기초 슬래브 등의 콘크리트 구조물에 대해 수행되었으며, 유닛형 에너지 구조체에 대한 연구는 수행된 바 없음

○ 지하 복합플랜트 규모에 적합한 공간 확보와 이를 구조적으로 해결하기 위한 지보방법, 굴착 방법의 구체적 해결방안 필요

- 자연 암반을 사용하는 경우, 기존 콘크리트 기둥보다 규모가 상대적으로 커지기 때문에 부지가 한정될 경우, 공간확보 차원의 문제를 해결할 방안이 필요
- 좁은 공간에서 암반을 수평으로 굴착해야 하기 때문에 굴착에 적합한 장비와 굴착에 소요되는 커터 개발의 한계를 극복해야 함
- 격자형 지하공간 건설공법이 Pilot Plant에 적용된 사례가 없으며, 향후 확장성의 개념 정립까지 고려되어 있으나 구체적인 공법과 장비, 설계 등의 검토는 이루어지지 않은 상태



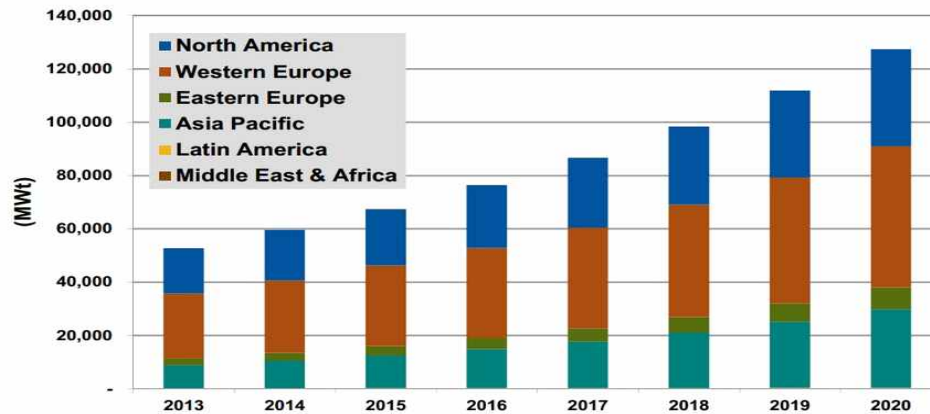
<그림 6-7> 격자형 지하공간의 공정 검토 및 배수방식 검토의 예

- 광산분야의 격자식 굴착공법은 암주(기둥)를 임시 구조체 역할로 취급하므로 구조 보강을 위한 지보재를 고려하고 있지 않고 주로 발파에 의한 신속한 굴착에 초점

2) 해외 동향

○ 미국과 EU를 비롯한 국외 주요 국가들은 지열 열펌프 시스템의 효율

향상, 기후 및 다양한 건물에 적합한 시스템 개발 및 실증, 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발을 위해 장기 로드맵과 전략 방안을 구축하며 지열 기술개발에 주력



자료 : Navigant Research

<그림 6-8> 세계 지열 열펌프 시스템 보급 용량 분석 및 전망

- 지하구조물을 이용한 지중열교환기 융합기술에 대한 국외 기술은 2003년부터 오스트리아 비엔나 공대의 지하철 터널을 이용한 지열 에너지 연구를 시작으로 현재는 파일 기초 및 지중연속벽 구조물의 활용 기술 연구로 발전
- 이 중 에너지파일 기술은 독일, 영국, 오스트리아 등 유럽 전역에 약 300개 이상의 구조물에 적용되고 있음
- 기존 격자식 광산(암석류)을 활용한 지하공간 활용 사례에서 무지보 압주를 기본으로 상업용 대규모 지하공간을 개발



<그림 6-9> 미국 Subtropolis 상업 시설 개념도

- 미국 Subtropolis의 경우, 상업시설(물류창고, 우편물, 일반 상가, 학교 등)로 활용을 진행 중이며 수요에 따라 공간을 확장하는 형태로 지속

개발하는 중임. 인근 지방 정부와 연계하여 도로망 등 교통 시설과의 연계도 고려중

- 북유럽에서는 구도심지의 외형을 보존하기 위하여 신규 지하공간 건설 공사가 제한된 곳이 많기 때문에 이러한 지역에서 지하공간을 활용하는 사례가 늘고 있으며 기반암의 상태가 양호한 경우, 격자형 지하공간으로 주차장을 건설하는 사례가 증가함(예) Q-park, Helsinki, Finland). 그러나 향후 확장을 고려하거나 대규모 상업시설 개발은 현재까지 이루어지지 않음

마. 핵심기술 확보전략

- 기존 R&D연구에서 수행한 격자식 지하공간구축 설계개념을 도입하고 지하공간 설계방법과 모듈화를 통해 향후 확장성 연계방안에 대해 연구성과를 활용
 - 모듈개념의 공간확장을 위해 저소음·저진동 기계굴착공법의 적용성을 검토하고 공간구조를 고려한 굴착 후 버력처리기술을 확보함으로써 확장형 지하공간 시공기술을 구현
 - 설계개념은 기존 R&D 연구 결과를 활용하되 지보, 방수 및 굴착 방법 등은 신규로 고려하고 확장에 있어서 구조적인 고려 뿐만 아니라 유닛형 에너지 구조체를 포함하는 모듈형 구조체로 확장하는 방식으로 확장형 지하 공간의 활용을 극대화하는 기술 개발

<표 6-10> (핵심 1-1-1) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	7		●			
복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	7		●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 유사과제 중복성, 차별성, 연계 활용방안 검토

<표 6-11> (핵심 1-1-1) 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
도심지 공간확장형 지하굴착 핵심	한국건설기술 연구원	2013-2017	• 도심지 지하공간 활용을 위한 건설 공법 개발 • 격자형 공간을 고려하고 향후 확장성을 고려하였

<표 6-11> (핵심 1-1-1) 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
솔루션 개발			으나 대규모 공간 설계는 이뤄지지 않음 • 원천기술 개발 성격으로 Pilot test를 수행하지 않았으며 시설물을 고려한 설계는 적용되지 않았으며 향후 확장성 검토 단계
주방식 채굴공법 (광산 분야)	-	-	• 암주의 임시 구조체 역할로 영구 구조물 개념 미적용 • 지보재 등은 설계에 미고려 • 주로 발파에 의한 구조 건설로 손상구간 발생
지반조건을 고려한 에너지 파일 해석 및 모니터링 기술	한국과학기술원	2010~2013	• 에너지 파일은 열교환을 위해 HDPE 파이프를 추가로 설치하는 구조물이지만, 본 연구에서 개발하고자 하는 소구경, 고강도 에너지 구조체는 HDPE 파이프의 추가 설치 없이 소구경 강관을 이용하여 구조적 역할 및 열교환 역할이 가능
수직밀폐형 지중열교환기 및 지열원 히트펌프 시스템 성능 향상에 관한 실증 연구	가진기업(주)	2016~2019	• 수직밀폐형 지중열교환기는 본 연구의 소구경, 고강도 강관을 이용한 지중연속벽과 같이 열교환을 목적으로 하는 구조물이지만, 추가 시공 부지 및 시공비가 발생하는 단점이 존재 • 소구경, 고강도 강관을 이용할 경우 초기투자비용 절약이 가능

<표 6-12> (핵심 1-1-1) 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술			본 핵심기술명		후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	격자형 지하공간 설계 패턴	⇒	지속적 공간 확장을 위한 모듈화 건설 기술	⇒	기술명	확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술
연계 대상물	격자형 지하공간 설계 기술				대상 성과물	향후 확장을 고려한 격자형 지하공간
활용 방안	확장성을 고려한 복합플랜트 시설물용 지하공간 설계 기술에 활용				활용 방안	향후 확장성을 고려한 설계방안 및 시공 기술 제공

↑

기존 사업 /기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안
	과제명 : 도심지 공간확장형 지하굴착 핵심 솔루션 개발 기간 : 2013~2017.	주방식 지하공간 설계패턴, 자유단면굴착기의 커팅헤드 설계 원천기술, 주방식	(차별성) 향후 확장성 고려, 복합플랜트 시설물 크기에 적합한 설계 규모 (활용방안) 설계 패턴을 활용한 시

<표 6-12> (핵심 1-1-1) 전후방 기술과 연계 활용방안

내용 : 도심지 지하공간 활용을 위한 굴착 관련 기술 개발	지하공간 지보 및 보강을 위한 TSL 재료	설물 설계 고려, 경암용 픽커터 개발, 지보성능을 고려한 방수재료 개발

사. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-13> (핵심 1-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	지하공간 확장 시 기존 시설 이용에 문제 없고 기존 지하공간 지장물 등에 영향을 최소화하면서 확장 공사를 진행하기 위한 방안	확장형 격자 지하공간 설계단계에서 확장 공사를 위한 접근로 확보 및 기존공간과의 공간구분을 통해 기존 시설 이용에 문제가 없도록 조치
복합플랜트 운용 중 공간 확장 굴착 및 지보 기술	지하공간 확장 고려 시 기존 시설물의 피해를 최소화 하는 방안	운영 중인 시설물의 피해를 최소화하고 소음 및 진동을 조절할 수 있는 전략 필요
	제한된 공간에서 지하복합플랜트 공사를 위한 충분한 공간 확보가 가능한 가	자연암반과 무지보를 지향하던 기존 공법에서 암주 보강공법을 고안하여 최적 공간확보가 가능하게 할 수 있는 전략 강구

아. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 70억 원 중 정부출연금 50억 원(71%), 민간부담금 20억 원(29%)로 구성

<표 6-14> (핵심 1-1-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
확장형 격자 지하공간 모듈화 설계 기술	국고	3	3	5	5	4			20
	민자	1	1	2	2	2			8
	소계	4	4	7	7	6			28
복합플랜트 운용 중 공간 확장 시공 기술	국고	5	5	6	7	7			30
	민자	2	2	2	3	3			12
	소계	7	7	8	10	10			42
합계		11	11	15	17	16			70

<표 6-15> (핵심 1-1-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	8	8	11	12	11			50
민자	3	3	4	5	5			20
합계	11	11	15	17	16			70

1.3 (핵심기술 1-1-2) 플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술

가. 기술 개요

- (정의) 복합플랜트의 지하 시공가능 공간 확보(배치) 기술, 지하 복합플랜트 구조물 건전도 평가 및 최적 유지보수 기술 개발

<표 6-16> (핵심 1-1-2) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-1-2. 플랜트의 고집적 배치를 위한 지하대공간 건설 기술		5년	85억 원
	-1. 복합플랜트 지하 최적배치 (하중분배 Space Program) 기술	5년	42억 원
	-2. 구조물/벽체 건전도 평가 및 유지보수 기술	5년	43억 원

- 복합플랜트의 공간 활용도를 극대화하기 위하여 대공간 설계 기술, 기둥과 벽을 적절히 배치한 하중분배 기술 확보
- 대단면 굴착 후 지하 다층구조 건설 및 공간 활용에 적합한 하중분배 Space Program의 개발 및 이를 통한 안정성, 경제성 향상
- 안정성, 경제성, 효율성이 확보된 물리탐사 기반 벽체 안정성 평가기법 개발
- 벽체 및 주변지반의 급속보강을 위한 재료의 배합비 선정

나. 기술개발 필요성

- 플랜트의 고집적 배치를 통한 지하공간의 효율적 공간활용 기술 요구
- 지하 구조물의 벽체 주변부 및 인접한 지반상태를 평가하기 위한 비파괴 탐사법의 개발 요구
 - 벽체의 재료, 밀도, 두께, 균열의 정도 등과 인접한 지반상태(싱크홀, 지하수 유입 정도 등)에 따른 비파괴 탐사 결과를 분석하는 기술 필요
- 유지관리 기술의 측면에서 단기적인 비파괴 탐사를 위해 소형화된 장비의 개발을 통해 효율적인 운용성을 확보 필요
 - 시간에 따른 구조물 인접 지반의 변화를 관찰하기 위해 신호를 모니터링 하는 기술 요구
- 벽체 및 지반의 균열이 발생한 경우, 지하 복합플랜트의 운용 중에도

유지보수가 가능한 기술 필요

- 단기간 안에 높은 강도가 발현하는 재료를 선정하고, 균열 단면에 대한 주입법 필요

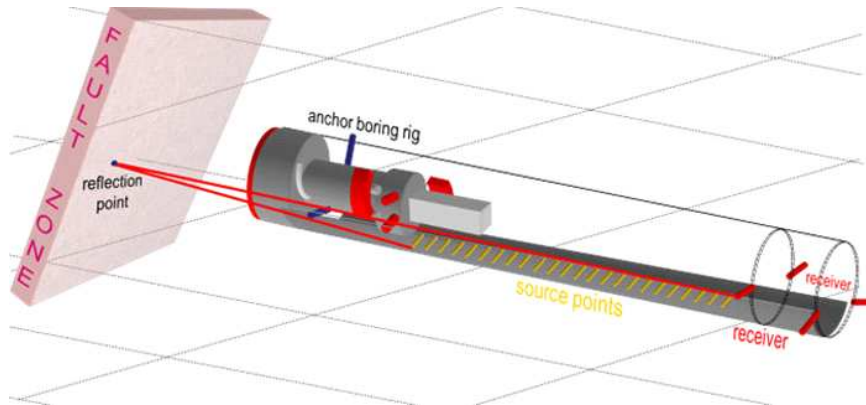
다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-17> (핵심 1-1-2) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재 스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
복합플랜트 지하 최적배치 기술	설계 및 시공법	미적용	벽식, 돔형 (플랜트 활용도 높음) 등 대규모 지하공간 확보	벽식 및 돔형 통합 지하대공간 설계기술 개발
구조물/벽체 건전도 평가 기술	평가시스템 중량 (kg)	20 kg 내외 * 전자기파 탐사를 활용한 지하투과레이더(GPR)	10 kg 이하 * 측정시스템 및 모듈 포함 (일체형측정시스템 설계 필요)	5 kg 이하 * 소형화 및 경량화를 통한 이동성 확보
	단기강도 / 유동성	500 kPa/4hr(양생시간) / 200 mm (ASTM D6103 기준)	500 kPa/2hr (양생시간) / 200mm 이상	400 kPa/1hr (양생시간) / 250mm 이상

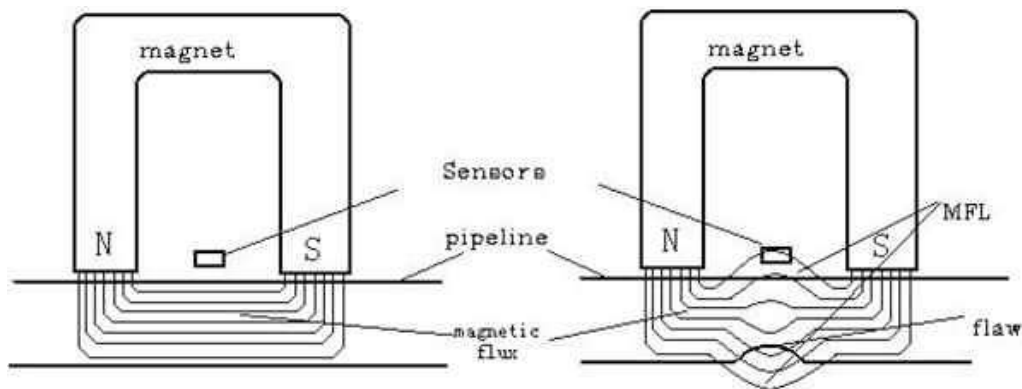
<표 6-18> (핵심 1-1-2) 단계별 목표

구성기술	기간	기술개발목표	기술개발내용
복합플랜트 지하 최적배치 기술	1 단계	벽식 혹은 돔형 지하공간 시공이 가능한 설계기술 개발	• 복합플랜트시설물의 지하 최적화를 위하여 지하대공간 시공이 가능한 설계기술 개발
	2 단계	상부하중 지지가 가능한 복합플랜트 최적배치 기술 및 시공법 개발	• 상부하중을 지지할 수 있는 플랜트 최적배치 기술(하중분배 Space Program) 및 시공법 개발
구조물/벽체 건전도 평가 기술	1 단계	벽체 및 주면부 지반 특성에 따른 상호거동 분석기법 정립	• 기존 탐사장비에 비해 동시다발적으로 여러 지점을 측정할 수 있어 효율적이며, 매우 경제적인 탄성파를 이용한 소형화 및 경량화된 센서와 측정시스템 개발
		벽체에서 전파하는 탄성파를 이용한 주면부 지반상태 평가기법 개발	
	2 단계	플랜트 가동(운영)에 영향을 미치지 않는 급속보강기술 개발	• 균열 및 공동을 구조물의 손상을 최소화하며 충전하기 위하여 협소한 공간의 충진이 용이한 고유동성의 재료 개발
		피해지점 실시간 감지에측이 가능한 모니터링 및 유지관리 기술 개발	• 보강된 구조물의 안정성 확보를 위하여 원 구조물과의 밀착성이 효과적인 충전 재료에 대한 기술 개발.



<그림 6-11> 탄성파를 이용한 터널 전방 탐사

- 전자기파를 사용한 비파괴 탐사시에는 Magnetic Flux Leakage, Broadband Electromagnetic 등의 기술이 사용되었으나 내부에 특정 센서를 영구적으로 부착하여야 하거나, 강관 등의 특정 물성을 가지는 벽체에서만 사용 가능한 등의 한계 존재



<그림 6-12> Principle of Magnetic Flux Leakage 공법

- 최근 국내에서 다수의 싱크홀이 발생하며 이에 따른 지반침하를 방지하기 위해 작은 공동에 충전재를 주입하는 공법 및 혼합비별 재료의 발현강도 등에 대한 연구 수행
- 지반 공동 현상 발생시 현재 가장 많이 쓰이는 공법으로는 토사의 되메우기 공법과 그라우팅 공법이 있으나 되메우기 공법은 양질의 토사 수급문제와 다짐의 어려움과 2차 지반 공동 현상 발생의 우려가 있으며, 그라우팅 공법은 재료의 분리시 보강효과의 저하, 그라우팅 플랜트 설치시간과 재료의 혼합시간으로 인해 긴급 복구에 부적합
- 이러한 단점을 보완하기 위해 시간의존성이 고려된 지반 공동 보강용 혼화재의 개발과 능동적 다변형 지반신소재 포켓을 이용한 지반 공동내

비개착 주입기술이 개발중

마. 핵심기술 확보전략

- 지하 대공간 확보가 가능한 최적의 지붕 형식 등을 결정하고, 상부하중 일부를 플랜트 구조물이 지지할 수 있도록 지하 복합플랜트 Space Program 도출
- 비파괴 탐사법을 활용한 벽체 주면부 지반의 특성에 대한 상호거동 문헌조사 및 실내모사실험을 수행하며, 주입식 충전재에 관한 재료의 특성 조사 및 혼합비별 충전재의 발현강도 관찰
- 벽체 및 지반의 물리적 특성에 따른 탄성파의 경향을 파악하고, 공동을 모사한 경우 벽체 및 지반의 경계면에서 반사된 탄성파의 특성을 평가함. 또한, 탄성파와 전자기파를 이용하여 미세한 공동 및 균열을 파악하고, 충전재의 혼합비 선정 및 주입식 충전공법을 제시
- 개발 기술에 대하여 실제 현장에 적용하고 설계 및 시공단계에서의 경제성을 평가
- 또한, 시공된 구조체의 유지관리를 위한 연구를 진행하여 효과적으로 운용할 수 있는 방안 제시

<표 6-20> (핵심 1-1-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
복합플랜트 지하 최적배치 기술 개발	7	●	●	○	○	○
구조물/벽체 건전도 평가 기술	7	●	●	○	○	○

※ ● : 주, ○ : 부

바. 유사과제 중복성, 차별성, 연계 활용방안 검토

<표 6-21> (핵심 1-1-2) 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
지하공간을 이용한 협오시설의 복합플랜트화	한국건설기술 연구원	1999~2004	• 지하 복합플랜트의 설계기법을 적용한 벽식/ 돔형 지하 공간의 활용 및 플랜트의 대형화
생애주기를 고려한 LH 도시환경플랜트 환경 및 경제성 평가방안 연구	한국토지주택 공사(토지주 택연구원)	2017~2018	• 지속적인 모니터링 시스템 구축을 통한 생애 주기 외의 다양한 자연변수에 의한 노후화 파 악 및 급속보강을 통한 플랜트의 정상적인 가 동

<표 6-22> (핵심 1-1-2) 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술			본 핵심기술명		후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	생애주기를 고려한 플랜트 환경 및 경제성 평가	⇒	지하 복합플랜트 구조물 건전도 평가 및 최적 유지보수 기술 개발	⇒	기술명	지하 복합플랜트 구조물/벽체 건전도 평가 및 유지관리 모니터링
연계 대상물	환경플랜트의 생애주기 평가 모형				대상 성과물	피해지점 실시간 감지에 측이 가능한 모니터링 및 유지관리 기술 개발
활용 방안	도시환경 플랜트의 생애주기 파악을 통한 유지보수주기 예측에 활용				활용 방안	생애주기별 정밀 계측 및 급속보강기술 적용을 통한 효율적 유지관리



기존 사업 /기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안
	과제명 : 지하공간을 이용한 혐오시설의 복합플랜트화 기간 : 1999.09. - 2004.09. 내용 : 도시의 지하공간을 이용한 친환경 에너지 순환형 복합플랜트 구축	도시형 에너지 공급 및 처리용 복합플랜트의 도입방안과 시스템 기본모델 제시	(차별성) 지하 대공간 확보를 위한 벽식/돔형 설계 (활용방안) 지하 플랜트 설계기법을 적용한 벽식/돔형 대형 복합플랜트 시공
	과제명 : 생애주기를 고려한 LH 도시환경플랜트 환경 및 경제성 평가방안 연구 기간 : 2017.03. - 2018.03. 내용 : 신기술 및 공법이 도입된 환경플랜트의 생애주기 고려 및 경제성 평가	도시개발 사업지구 환경플랜트 생애주기 평가 모형 개발	(차별성) 지하 복합플랜트 유지관리 실시간 모니터링 시스템 (활용방안) 생애주기별 정밀 계측 및 실시간 모니터링 시스템 상호 비교를 통한 경제적인 유지관리

사. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-23> (핵심 1-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
복합플랜트 지하 최적배치 기술	• 지하공간의 벽식 시공시 라멘식에 비해 리모델링 및 구조의 재배치가 어려울 수 있음	• 지하플랜트의 공간 활용성 극대화를 위한 Space Program 도입 및 하중분배를 통한 층별 대공간 확보
구조물/벽체 건전도 평가 기술	• 음파 방출을 통한 탄성과 탐사의 가탐심도 한계 여부	• 다양한 주파수의 센서를 개발하여 벽체 및 주변부 지반 모니터링에 최적화된 가탐심도 및 해상도 선정

<표 6-23> (핵심 1-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
	• 벽체의 손상과 주변부 지반의 공동 발생에 따른 탐사결과의 차이 구별	• 실내모사실험 수행시 다양한 케이스 스터디를 통하여 데이터베이스 구축
	• 충전재료의 조기 경화성으로 인하여 균열 및 공동을 충전하기 이전에 충전재의 주입 경로 차단 가능성	• 비파괴 탐사를 활용하여 균열 및 공동의 형상 파악 및 형상에 따라 경화 속도를 조절하기 위해 공동 형상에 따른 충전재료 배합비 제시
	• 충전재료의 수축에 의한 균열 및 공동 재발 가능성	• 충전재료의 수축에 의한 균열 및 2차 공동을 방지하기 위해 무수축성 재료를 개발하고, 원 구조물과의 밀착성을 확보하기 위해 팽창성 재료 검토

아. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 85억 원 중 정부출연금 60억 원(71%), 민간부담금 25억 원(29%)로 구성

<표 6-24> (핵심 1-1-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
복합플랜트 지하 최적배치 기술	국고	5	5	7	7	6			30
	민자	2	2	3	3	2			12
	소계	7	7	10	10	8			42
구조물/벽체 건전도 평가 기술	국고	5	5	7	7	6			30
	민자	2	2	3	3	3			13
	소계	7	7	10	10	9			43
합계		14	14	20	20	17			85

<표 6-25> (핵심 1-1-2) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	10	10	14	14	12			60
민자	4	4	6	6	5			25
합계	14	14	20	20	17			85

2. (세부과제 1-2) WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합플랜트 Compact 기술

2.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-26> (세부 1-2) 과제 개요

구분	내용
정의	최대 에너지 생산 및 활용을 위한 도시 폐자원 순환형 복합플랜트를 compact화 하기 위한 복합플랜트의 소형화/모듈화 설계 및 시공기술 개발
목적	- 최대 에너지 생산 & 활용을 위한 복합플랜트의 지하공간 설치를 위한 설비의 소형화/모듈화 설계 및 시공 기술 확보 - 이차부산물의 near zero를 위한 복합플랜트의 유용자원 회수 및 자원 재이용 설비의 compact화 설계 및 시공 기술 확보 - 신재생에너지 활용 및 연계를 위한 공정 기술 확보 - 복합플랜트의 컴팩트화를 위한 통합공정 최적화 설계 및 시공 기술 확보 - 지하공간에 건설된 복합플랜트의 컴팩트화를 통해 지하공간 활용에 따른 경제성이 확보된 건설 시공 기술 선점 - 실증후보지를 대상으로 지하공간 설치 모듈형 복합플랜트 구축 기술 선점



<그림 6-13> (세부 1-2) 과제 개념

나. 추진 배경 및 필요성

- WWE(물-폐기물-에너지)를 기반으로 한 복합플랜트를 지하화 할 경우에 필수적으로 설비의 모듈화/소형화를 통한 compact화 설계 및 시공기술 등 경제성을 확보할 수 있는 Infra 관련 기술 개발 필요
- 현재 하수처리시설, 음식물처리시설 등 일부 개별 환경기초시설에 대한 지하화시설은 건설되어 운영 중에 있으나, WWE(물-폐기물-에너지)을 기반으로 하는 복합플랜트는 지상과 지하 공간에 건설한 사례가 아직 없음
- 지하 공간에 복합플랜트 건설 시 공사비 절감을 위한 설비의 모듈화/소형화를 위한 설계 및 시공 기술 개발 필요
 - 복합플랜트(환경기초시설 및 에너지생산시설)의 경우, NIMBY 문제 해결을 위해 지하공간을 활용하여 시설을 설치하고자 하는 요구가 증대하고 있으나 사업비 문제로 사업 시행 저조
 - 지하화에 따른 사업비 문제를 해결하기 위한 복합플랜트의 compact화 기술 개발 필요
- 지하 공간 복합플랜트의 에너지생산 극대화를 위해 지하 복합플랜트에서 생산 가능한 신재생에너지 활용 및 연계 기술 개발 필요
 - 지하공간에서 생산 할 수 있는 신재생에너지의 한계를 극복하고자 새로운 신재생에너지원 확보를 위한 기술 개발이 필요하며, 기존 기술 활용 및 연계를 통한 복합화를 통하여 에너지 생산 극대화 기술 개발 필요
 - 기존 신재생에너지 생산 기술인 수두차, 온도차 발전의 효율을 향상시키는 기술과 함께 현재 초기 연구단계인 하수처리장 생물반응조(포기조)내 하수를 이용한 부력 발전 기술을 상용화시켜 신재생에너지원 확보 필요
- 지하 공간 복합플랜트에서 발생 되는 이차부산물을 Near Zero화 하기 위한 기술 개발 필요
- 지하 공간의 특수성으로 인해 악취, 폐기물 등 환경오염물질 처리를 위한 해결책 마련이 필요함

- 지하 공간 복합플랜트에서 발생 되는 이차부산물을 near zero화 하기 위한 유용자원 병합 회수 또는 고부가가치 소재로 활용하는 환경오염물질 저감 활용 기술 개발 필요
- 폐기물 감량화에만 중점을 두었던 기존 기술의 한계를 극복하고 복합플랜트 적용에 따라 발생 되는 이차부산물 내 유용자원을 회수하고 회수된 자원을 재이용함으로써 폐기물 near-zero화 친환경 복합플랜트 공정 구현

다. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-27> (세부 1-2) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
• 최근 환경기초시설의 지하화 건설이 진행 중에 있으며, 지하화에 따른 공사비 증가로 인해 경제성이 저하가 지속적인 건설 곤란 • 또한, 지하화 시설은 개별시설을 지하에 설치한 시설로 에너지 활용 등 시너지효과가 전무함	• 지하화 시설의 경제성 확보를 위한 설비의 소형화 및 모듈화를 통한 컴팩트화가 필요하며, 시설의 융/복합화를 통한 에너지 활용 등으로 경제성 확보 기술 적용 필요	• 자원 순환형 복합플랜트 compact 기술 개발
• 지하에 복합플랜트를 설치함에 따른 신재생에너지 확보 한계	• 지하에 위치함에 따라 생산 가능한 수두차 발전, 하수열 발전 등의 신재생에너지 발전 효율 극대화 기술 적용	
• 태양광 및 풍력 등의 대규모 신재생에너지 생산량 확보 불가로 경제성 저하	• 신재생에너지를 복합플랜트에 연계하는 기술을 적용하여 지하복합플랜트 에너지 생산 극대화 대응	
• 민원으로 인한 에너지·환경 기초시설 도심 설치 어려움	• 기존 혐오시설을 지하화함으로써 환경친화적, 주민 친화적 시설로 전환이 가능한 기술 적용	• 이차부산물 near zero 기술 개발
• 도심 플랜트 악취, 미세먼지 등 환경오염 저감 설비 강화로 인한 경제성 저하	• 환경오염물질의 최소화를 위해 추가적인 부대설비 없이 자체 요소기술의 병합화를 통한 오염물질 저감 공정 적용	

라. 핵심기술 구성

□ (기간/예산) 5년/ 252억 원(국고 180억 원, 민자 72억 원)

<표 6-28> (세부 1-2) 핵심기술 구성

구분		개요	결과물	기간 (총년)	소요예산 (국고)
최대에너지 생산 & 활용 위한 복합플랜트 compact화 기술		• 도시폐자원을 기반으로 에너지를 최대 생산하고 활용하기 위한 복합플랜트를 지하에 설치하기 위한 compact 화 기술 개발 및 신재생에너지 활용 연계 기술		5년	174억 원
구 성 기 술	도시 폐자원 기반 에너지 생산 & 활용 복합플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술	• 지하에 복합플랜트를 설치시 지하공간을 최적으로 활용하기 위한 복합플랜트 설비의 소형화/모듈화 설계 및 건설 기술 개발	복 합 플 랜 트 설비 소형화/ 모듈화 설계 및 건설 기술	5년	81억 원
	하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	• 지하에 위치한 하수처리장에서 생산 가능한 신재생에너지 발전 효율 향상 및 복합 발전 기술 개발	수두차, 온도 차 발전 효율 향상 기술개발 부력발전 기 술개발	5년	93억 원
이차부산물 near zero 위한 복합플랜트 compact 기술		• 복합플랜트에서 발생 되는 이차부산물의 유용자원 회수, 제품화 및 활용을 위한 설비와 환경오염물질 저감 설비의 소형화 및 모듈화 기술 개발		5년	78억 원
구 성 기 술	다종부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	• 복합플랜트에서 발생 되는 다종 부산물(하수슬러지, 질소, 인 등) 중 오염물질 제거뿐만 아니라 유용자원 확보를 위한 설비 소형화 및 모듈화 기술 개발	소형화/모듈화 설계 기술 개 발	5년	53억 원
	회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	• 복합플랜트 내 연계공정을 구성하여 회수된 유용자원의 효율적 이용을 위한 설비의 소형화 및 모듈화 기술 개발	N H 4 O H 의 SNCR 시스템 의 환원제 활 용 설비 소형 화 및 모듈화 기술 개발 배가스 발생 폐열 활용 연 계공정 설비 의 소형화 모 듈화 기술 개 발	5년	25억 원

마. 최종 성과물 및 성과지표

<표 6-29> (세부 1-2) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표		성과지표	측정방법	단위	목표치
공공적 성과		법 제정 및 개선	제정 및 개선 건수	건	5
		설계기준, 시방서, 지침	제안 건수	건	7
			반영 건수	건	5
		정책 제안	제안 건수	건	15
기술적 성과	지식재산권	특허건수	특허출원 여부	건	20
			특허등록 여부	건	10
		소프트웨어	제작 여부	건	5
	기술인증	신기술 지정 (제품/품질인증 포함)	신기술 지정 건수	건	7
		표준채택	표준 채택 건수	건	
	시제품 제작	시제품 제작	제작 건수	건	7
	기술실시 계약	기술 실시 계약	계약 건수	건	10
	사업화 건수	사업화 건수	사업화 건수	건	3
학술적성과		논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	20
			SCI급 논문 게재 여부	건	5

2.2 (핵심기술 1-2-1) 최대 에너지 생산 & 활용 위한 복합플랜트 Compact 기술

가. 기술 개요

- (정의) 지하 공간에 복합플랜트 구축 시 신재생에너지 연계 및 활용 지하 공간 최적 활용을 위한 복합플랜트 설비의 소형화 및 모듈화 기술 개발

<표 6-30> (핵심 1-2-1) 기술 구성

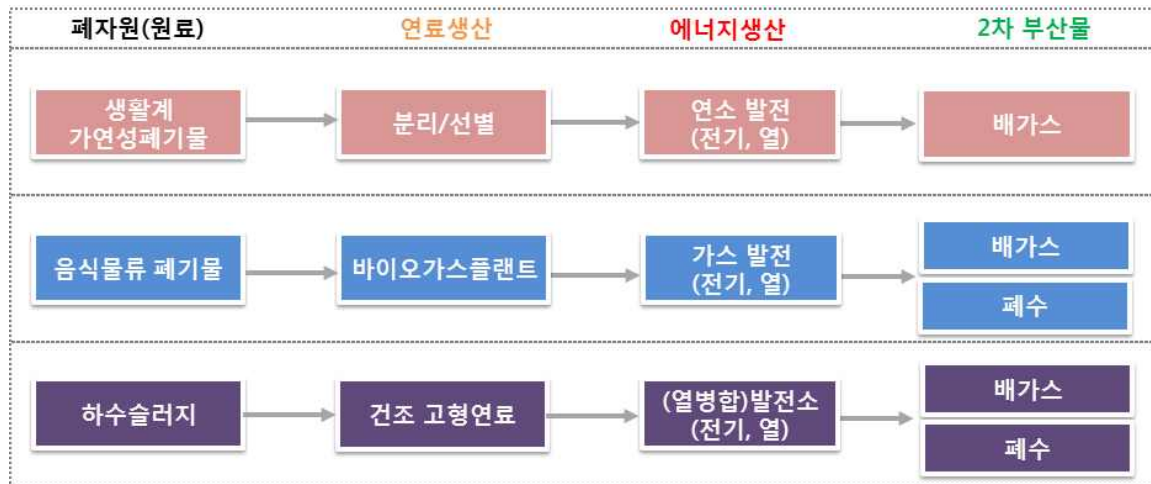
핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-2-1. 최대 에너지 생산 & 활용 위한 복합플랜트 compact 기술		5년	174억 원
	-1. 도시 폐자원 기반 에너지생산 & 활용 복합플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술 개발	5년	81억 원
	-2. 하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	5년	93억 원

- 기존 도시 발생 폐자원을 이용한 개별적 에너지 생산 플랜트 및 기술의 적용으로 1. 폐자원 종류별 반입 및 수집, 2. 폐자원 종류별 연료화 설비, 3. 생산연료 종류별 에너지화 설비를 구축(설비 규모 확대 및 에너지 순환체계 비효율적 관리 = 에너지 생산 효율저하)
- 복합플랜트 적용을 통하여 1. 폐자원 종류별 반입 및 수집처 복합화 구현, 2. 연료생산에 필요한 연료화 설비 복합화를 통하여 Compact화 실현, 3. 에너지 생산 복합화를 통하여 Compact화 및 에너지 선 순환체계 구축(최대 에너지 생산 및 활용 기술 개발)
- 폐자원, 연료생산, 에너지생산 설비의 집적화(복합화) 최적 설계 및 건설을 통한 복합플랜트의 Compact 기술을 개발하고, 복합플랜트 공정내 발생 에너지 및 자원의 공정 순환최적화로 에너지 생산 효율 향상

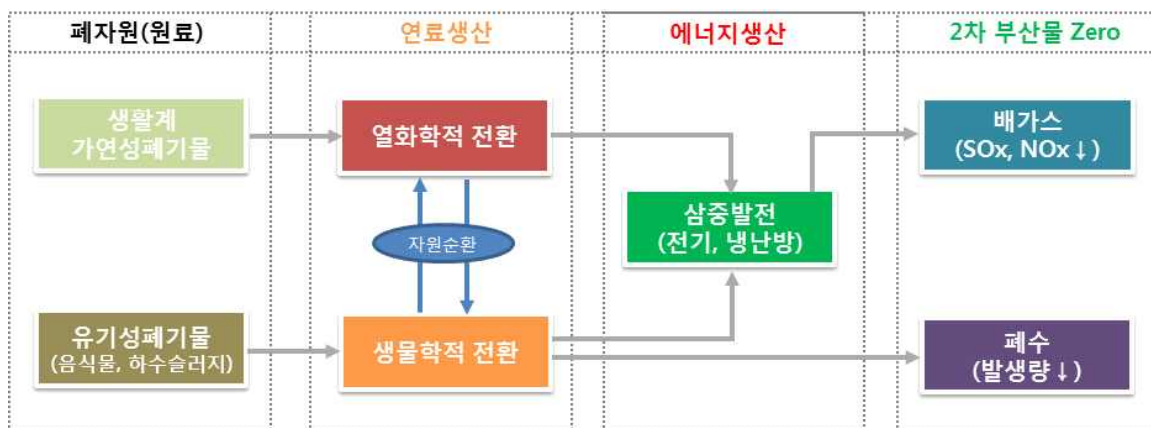
<표 6-31> 컴팩트화 기술의 정의 및 구분

구분	내용
정의	• 30m 지하공간에서의 복합플랜트 구축시 수평면적 최소화 기술
구분 (범위)	• 플랜트 복합화에 따른 공통설비 통합기술 (통합공정 컴팩트화 기술) - 발전설비, 열회수설비, 유틸리티(압축공기, 공정수)설비 등..
	• 핵심단위설비 모듈화/컴팩트화 기술 (단위공정 컴팩트화 기술) - 수열탄화 반응기 모듈, 필터프레스 모듈 등..

- 다양한 여러 단위핵심설비의 복합화 및 연계에 따른 운영제어기술의 확보뿐만 아니라, 플랜트 고장예측진단과 더불어 안정적인 운영을 위하여 선제적이고 능동적인 대응을 통하여 설비를 compact하게 운영되도록 제어 기술 확보



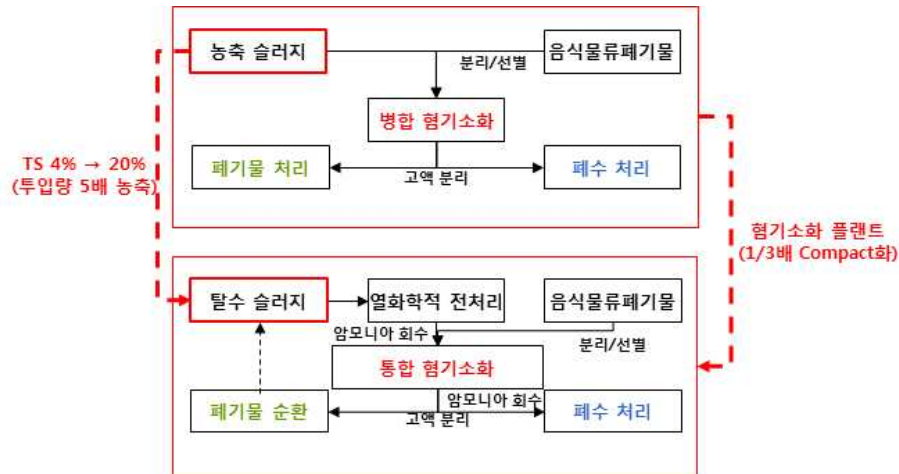
<그림 6-14> 도시발생 폐자원 에너지 생산 플랜트(기존)



<그림 6-15> 최대에너지 생산 복합플랜트 Compact 기술

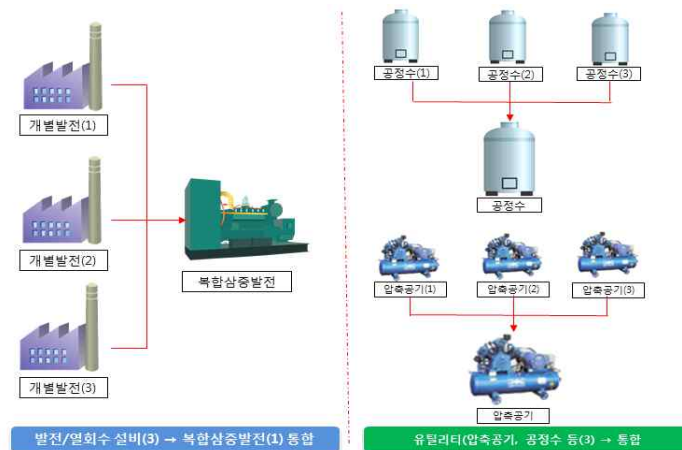
□ 플랜트 복합화에 따른 공통설비 통합기술 (통합공정 컴팩트화 기술)

- 기존 폐자원 에너지화 플랜트의 독립적 구축시 공통적으로 건설되는 발전설비, 열회수설비, 공정수 및 압축공기(유틸리티) 등의 설비를 복합화에 따른 중복설비 생략 및 통합에 따라 설치 부지면적 축소 및 컴팩트화 실현
- 도시발생 폐자원의 전처리 및 공정변환을 통하여 단위핵심설비의 설비용량 최소화 및 처리효율을 개선하며, 그에 따른 복합플랜트 통합공정의 전 단위공정 규모를 축소 시킬 수 있는 공정(기술) 개발



<그림 6-16> 단위핵심설비 compact화 기술적용 개념(예시)

- 기존 개별적 생산원료(고체, 기체연료)를 이용한 각각의 에너지 생산 플랜트에서 복합연료를 동시에 이용하는 하나의 복합삼중 발전설비를 이용함으로써 설비의 통합을 이루며, 각각의 필요 유틸리티(압축공기/ 공정수) 및 부대설비(이송장치/저장조 등)을 통합 및 생략함으로써 컴팩트한 복합플랜트 구현



<그림 6-17> 복합플랜트 공통설비 통합 concept

□ 핵심단위설비 모듈화/컴팩트화 기술 (단위공정 컴팩트화 기술)

- 복합플랜트는 단위핵심설비들이 연계되어 구성되어 있는바, 단위설비 중 주요핵심에 해당하는 요소(장치, 반응기 등)를 모듈화 함으로써 공간활용을 극대화 하고 설비의 유지보수 및 증설 용이성 확보
- 각 설비 모듈화 설계시 부대설비(저장조, 투입장치, 기타 유틸리티)에 대해서는 통합된 설비로 구현하고, 각각의 모듈화된 설비에 연계하여 운영 가능하도록 구현

나. 기술개발 필요성

□ 지하 공간에 복합플랜트 건설을 위한 경제성 확보를 위해서는 하중과 부지면적 최소화를 위한 시스템 컴팩트화 기술 필요

○ 단위 설비별로 필요한 유틸리티(물, 전기, 가스(공기, 질소), 보조연료(LNG) 등을 통합 설치로 부지 및 설치비용 절감 가능

○ 복합플랜트 설비의 소형화 및 모듈화를 위한 설계 및 건설 기술은 시공비용의 저감 뿐만 아니라, 건설의 공간적 제약을 해결할 수 있는 핵심기술로서 해양 및 가스/오일 개발 플랜트에 적용 사례가 증가하고 있으며, 복합플랜트 내의 시스템 간 중복되는 설비*를 동시 처리 또는 공동 활용함으로써 공정을 단순화하여 플랜트를 컴팩트화가 가능한 이점이 있음

* 음식물류폐기물과 하수슬러지의 바이오가스화로, SRF(Solid Refuse Fuel, 폐기물 전처리 고형연료) 보일러와 소각로의 배가스처리 및 발전설비 등

○ 복합플랜트의 장점인 동시 처리 및 공동이용으로 인한 시설의 단순화 뿐만아니라 설비의 입체화 및 모듈화를 통한 설비 자체를 소형화하여 컴팩트화 하는 기술 개발 필요

○ 현재 개별 환경기초시설의 에너지자립율은 매우 낮으며 지상에 설치된 환경기초시설의 경우 태양광 및 풍력 발전 등을 통해 신재생에너지를 생산하고 있으며, 하수처리장의 경우 지하 설치 시 하수열, 부력 발전 등을 통한 추가 신재생에너지 확보로 에너지자립율 증대가 가능하나, 현재까지 하수처리장의 에너지자립율은 0.8%로 미미하며, 에너지 다소비 시설

- 이에 따라 복합플랜트가 지하공간에 위치함에 따라 기존 지상에서 확보 가능한 태양광, 풍력 등의 신재생에너지가 아닌 지하공간에서 생산 가능한 신재생 에너지원 확보가 필요하며, 생산된 에너지는 복합플랜트에 연계하여 기존 에너지 다소비 시설에서 에너지 생산 시설로 변화가 가능한 경제성 있는 모델 구축 필요

○ 또한, 지하공간에 설치한 복합플랜트의 특성을 감안한 신재생에너지 융합을 통해 에너지 자립화 및 하수처리과정에서 온실가스 감축기술 적용으로 물과 에너지 관련 기술 경쟁력 강화가 필요하며, 둘 이상의

신재생에너지 융합 시스템 구축으로 기존 단일 신재생 에너지원이 가진 공급 불확실성 개선 및 청정에너지공급으로 안정적인 전력 사용을 위한 기술 개발 필요

- 복합플랜트의 안정적이고 지속적인 운전을 위하여 실시간 설비 모니터링, 장비의 원격 제어, 이상 징후 예측이 선행되어야 하며, 에너지 소비량 파악, 환경오염도 및 이상원인 분석을 실시간으로 분석하여 최적화된 복합플랜트의 안정적인 운전 기술 확보 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-1> (핵심 1-2-1) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
도시 폐자원 기반 에너지생산 & 활용 복합플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술 개발	연료생산효율	-	바이오메탄 생산량 30% 향상	
	고형연료 품질	2,500kcal/kg 고형연료 (하수슬러지 기준)	4,000 kcal/kg급 고형연료 (도시 폐자원 기준)	
	에너지 생산효율	-	25% 증가	
	모듈화	모듈화 미적용	단위공정 모듈화 30% 적용	
	저품질미활용에너지 대체율	50%	60% 이상	
하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	수두차 발전 효율	-	30% 향상	
	온도차 발전 효율	-	30% 향상	
	부력 발전 효율	상용화 기술 없음 (특허 출원)	상용화	
	에너지 활용	각 단위 기술 단독 사용이 주류	80% 향상	

<표 6-1> (핵심 1-2-1) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
도시 폐자원 기반 에너지 생산 & 활용 복합 플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술 개발	1 단계	복합플랜트 에너지생산 및 활용 극대화 기술 개발	• 복합연료 활용 복합에너지 생산 기술 개발 • 생활폐기물(가연성) 열분해 가스화 설계 및 컴팩트화 기술 개발 • 유기성폐기물(하수슬러지+음식물류폐기물) 병합소화 컴팩트화 기술 개발 • 복합연료 활용 저공해 고효율 발전설비 개발
	2 단계	소형화/모듈화 설계 및 건설 기술 개발	• 에너지 생산 및 활용 관련 복합플랜트 설비의 소형화/모듈화 기술 개발
하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	1 단계	수두차 발전 효율 개선 기술 개발	• 에너지 생산 효율 50% 이상, 온실가스 감축 60% 향상 기술 개발
		하수열 발전 기술 개발	• 에너지 생산 효율 50% 이상, 온실가스 감축 60% 향상 기술 개발
		부력발전 기술 개발	• 부력발전 실증을 통한 상용화 기술 개발
	2 단계	신재생에너지 복합 발전 및 연계 활용 기술 개발	• 신재생에너지 복합 발전 설비 및 복합플랜트 연계를 위한 설계 및 건설 기술 개발

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

○ (국내 사업) 지하 LNG 발전시설, 지하환경기초시설 건설 또는 가동 중이나 단순히 혐오시설을 지하에 평면적으로 설치하고 컴팩트화 기술은 미적용하여 구축한 상황이며, 에너지 및 자원을 상호 연계하는 지하 복합플랜트 전무

- 800MW급 세계 최초 지하(35.7m) LNG 서울복합발전소가 당인동에 준공('17.12)
- 국내 최초 지하(25m) 환경기초시설이 하남시에 준공('15.6)되어 상업 운전 중
- 소각폐열 증기 활용으로 소각시설 및 건축냉난방 사용, 음식물건조 (음식물사료화), 하남 미사 보금자리주택 소각여열 판매
- 국내 최대 규모 지하 SRF 열병합발전소 및 환경기초시설이 평택시에서

착공('16.5)



<그림 6-21> 서울복합화력발전소 투시도



<그림 6-22> 하남시 환경기초시설 투시도

- 고�형연료 제조, SRF 열병합발전, 재활용선별, 음식물폐기물 바이오 가스화, 슬러지처리 등 5개 시설의 평면 배치 캠퍍트화 기술 미적용



<그림 6-23> 평택시 환경기초시설 투시도

- 하수열 발전 사업의 경우 서울의 탄천물재생센터를 시작으로 서남, 난지 및 중량 물재생센터에 시설이 설치될 예정이며, 지하 하수처리장에 설치된 시설은 미미
- 탄천 하수열 이용 지역난방 공급설비(2014년 12월 준공)의 경우 설비용량 히트펌프($9\text{Gcal/h} \times 7\text{기}$) 설치로 열생산량은 연간 20만 Gcal를 생산하며, LNG는 연 $19,000,000\text{Nm}^3$ 대체 효과가 있고, CO₂는 연 44,000tCO₂ 감축효과가 있음



<그림 6-24> 탄천 하수열 이용 지역난방 공급 사업

- 부력발전의 경우 국내에 다수 특허가 출원되어 있으나, 상용화된 기술은 전무하며, 특히 하수처리장 생물반응조(포기조)에서 부력발전으로 에너지를 생산하는 기술 초기 연구 단계
- (국내 R&D) 국토교통과학기술진흥원에서 연구단 규모 선행과제를 수행중이고, 사업단 규모의 기획 과제 수행하였으나 기존 연구에서는 설비의 소형화 및 모듈화 기술 개발 전무
 - 선행과제: 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 개발('16.6~'20.5)
 - 기획과제: 도시기반 순환형 복합플랜트 기술 기획('14.6)
- 현재 지상 개별 환경기초시설에서 태양광 또는 풍력 발전 등을 통한 신재생에너지 생산 및 활용에 대한 연구는 진행되고 있으나, 지하에 설치된 시설에 특화된 신재생에너지 기술 개발 전무
 - 산자부 2016년 에너지기술개발사업 ‘신재생에너지 융합을 통한 에너지 절약형 친환경 하수처리장 모델 개발’ (2016.6~2019.5)을 통해 하수처리장에 특화된 신재생에너지 융합 시스템 개발 연구를 수행하였으며, 하수열 회수 냉난방 기술 개발 등의 연구가 수행되었음

2) 해외 동향

- 대심도 지하도시 개발 중이나 환경기초시설은 초기 단계
 - 캐나다 몬트리올, 핀란드 헬싱키, 프랑스의 포름데알, 일본 오사카 등 지역의 랜드마크로 개발
- 하수열을 이용한 발전은 일본, 유럽 등 이미 상용화되어있으며, 유럽, 일본 등에서는 하수의 수송거리를 단축하기 위해 미처리수 및 하수관거 내의 하수열을 이용하는 사례가 많음
 - 일본의 경우 1986년 동경 오치아이 하수처리장을 시작으로 많은 하수처리장에서 하수열을 이용한 관리동 냉난방을 해왔으며, 1990년 이후부터는 지역 냉난방 열원으로 이용
 - 스웨덴, 노르웨이 등 북유럽은 주로 도시단위 대규모 하수열 이용 지역난방 시스템이 가동되고 있으며, 공급열의 형태는 70℃ 이상의 고온수임.

마. 핵심기술 확보 전략

- 기존 선행 연구(도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 개발, 2016.6 ~ 2020.5)의 건설기술을 활용하고 자체 개발을 통해 각 설비를 지하에 설치하기 위한 설비의 소형화/모듈화 설계 및 건설 기술 확보로 지하 공간 활용 극대화를 위한 방안으로 활용 가능
- 지하 복합플랜트에서 신재생에너지를 생산하기 위한 수두차 및 온도차 발전은 기존 기술을 도입하여 효율 극대화함으로써 활용이 가능하며, 하수처리장 생물반응조(포기조)의 하수 폭기에 따른 부력 발전은 자체 기술을 개발하고 상용화시켜 신재생에너지 복합 발전기술 구현

<표 6-32> (핵심 1-2-1) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
도시 폐자원 기반 에너지 생산 & 활용 복합플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술 개발	8	●	●			
하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	8		●	○		

※ ● : 주, ○ : 부

바. 유사과제 중복성, 차별성, 연계 활용방안 검토

<표 6-33> (핵심 1-2) 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		본 핵심기술명	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)
선행 기술명	WWE(물-폐기물-에너지) 단위공정별 핵심기술 및 타당성 평가	⇒ WWE(물-폐기물-에너지) 순환형 복합 플랜트 Compact 기 술 ⇒	기술명 자원순환체계 구축 플랜 트의 지하 건설 설계 및 시공 플랫폼 개발
연계 대상물	단위공정 복합화에 따른 경제성 도출		대상 성과물 지하건설을 위한 복합플 랜트의 단위공정별 모듈 화 기술 개발
활용 방안	주변 도심환경에 따른 복합플랜트 단위공정의 구성 및 사업화모델 제시		활용 방안 지하공간 적용 및 시공을 위한 소형화/모듈화에 의 한 경제성 확보



	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안
기존 사업 /기술 연계	과제명 : 자원순환체계 구 축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발 기간 : 2011.12. - 2016.06. 내용 : 물-폐기물-에너지 자원순환체계 중심의 도 시계획 시스템	도시형 폐기물처리 및 에너지 공급에 대한 도시계획 지원 시스템 및 모델제시	(차별성) 자원순환체계(물-폐기물- 에너지)의 구성<복합화> 및 도시 적용 체계<도심내 지하화> (활용방안) 자원 및 에너지의 도심 내 시스템 적용 계획 활용
	과제명 : 플랜트 협업 단 위 모듈화 지식 기반 시 스템 및 시공성 평가 시 물레이션 기술개발 기간 : 2014.12. - 2019.12. 내용 : 플랜트 운송성 및 시공성평가 기반 최적화 (Compact화)설계 기술	복 합 플 랜 트 Compact화를 위한 단위공정 모듈화 및 최적화 설계 기술 확보	(차별성) 물-폐기물-에너지의 순환 형 체계 플랜트의 복합화 기술 (활용방안) 지하공간 활용을 위한 복합플랜트의 Compact 설계 및 최 적화 설계, 시공 기술확보

사. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-1> (핵심 1-2-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
도시 폐자원 기반 에너지생산	•복합플랜트의 특성상 매우 다양한 통합 공정이 필요함에 따라 복잡한 공정을 단 순환 할 수 있는 설계/건설 기술 필요	•복합플랜트를 공동 설비 사용에 따른 설비 단순화 및 모듈화/소형화 설계 기술 제시

<표 6-1> (핵심 1-2-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
& 활용 복합플랜트 소형화/모듈 화 설계/건설 기술 개발	• 현재 국내 도시 폐자원 기반 복합연료 생산 플랜트는 전무한 실정이며, 단일 플 란트에서 단일 원료를 활용하여 연료를 생산하는 상용화 플랜트만 구축	• 복합플랜트는 각각의 단일 플랜트를 복 합화 및 최적화하여, 에너지 생산량을 증 가시키며, 도시 기반 공급 및 처리시설의 복합 연계시스템 구축 기술 제시
	• 공동 사용으로 인해 시설이 단순해지는 장점은 있으나 연계 배관이 길어지고 배 치가 복잡해지는 문제 해결 필요	• 공동설비를 사용할 경우 기기 배치를 최적화하여 연계 배관의 길이를 최소 화하는 배치 최적화 제시
하수처리 연 계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	• 하수처리시설 생물 반응조(포기조) 하수 부력 발전은 실제 초기 연구 단계로 기 술 미확보	• 부력발전 기술을 파일럿부터 실증단 계까지 개발하여 복합플랜트 상용설 비로 구축
	• 수두차 및 온도차 발전 기술은 실제 상 용화된 기술로 추가 개발 요소 결여	• 수두차 및 온도차 발전의 발전 효율 을 높이고 전체 신재생에너지 복합 발전 기술 확보

아. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 174억 원 중 정부출연금 124억 원(71%), 민간부담금 50억 원(29%)로
구성

<표 6-34> (핵심 1-2-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	총계
도시 폐자원 기반 에너지 생산 & 활용 복합플랜트 소형화/모듈화 설계/건설 기술	국고	8	8	17	20	5	58
	민자	3	3	7	8	2	23
	소계	11	11	24	28	7	81
하수처리 연계 수두 차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술	국고	8	8	20	25	5	66
	민자	3	3	8	11	2	27
	소계	11	11	28	36	7	93
합계		22	22	52	64	14	174

<표 6-35> (핵심 1-2-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	총계
국고	16	16	37	45	10	124
민자	6	6	15	19	4	50
합계	22	22	52	64	14	174

2.3 (핵심기술 1-2-2) 이차부산물 Near Zero를 위한 복합플랜트 Compact화 기술

가. 기술 개요

- (정의) 복합플랜트에서 발생 되는 이차부산물(악취, 미세먼지, 폐수 등)을 near zero화하기 위한 유사폐기물 동시 처리 및 공통설비 단순화 등의 복합플랜트 환경설비의 소형화 및 모듈화 기술 개발

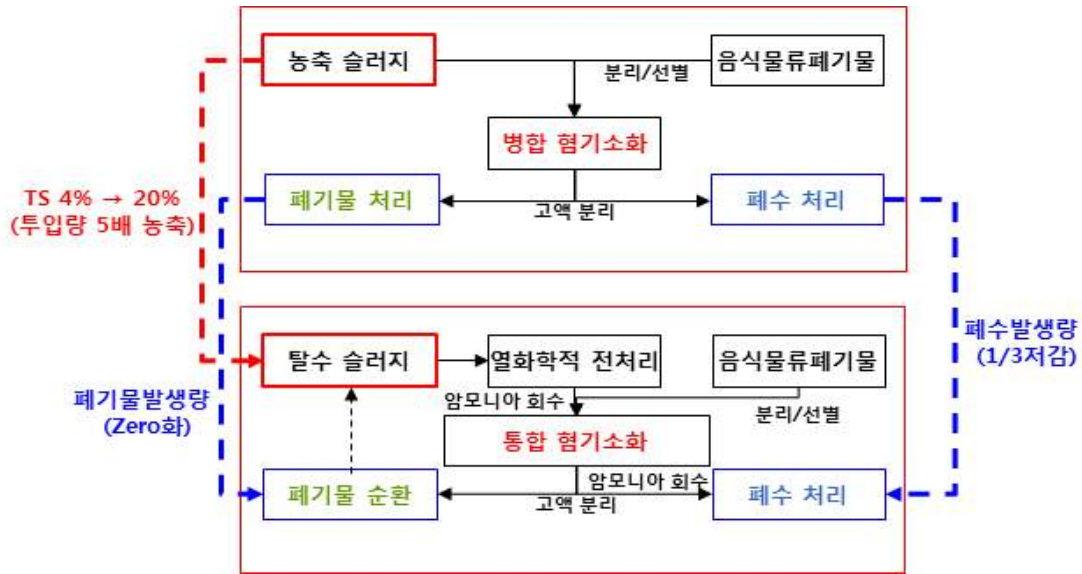
<표 6-36> (핵심 1-2-2) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-2-2. 이차부산물 near zero 위한 복합플랜트 compact 기술		5년	78억 원
	-1. 다종부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	5년	53억 원
	-2. 회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	5년	25억 원

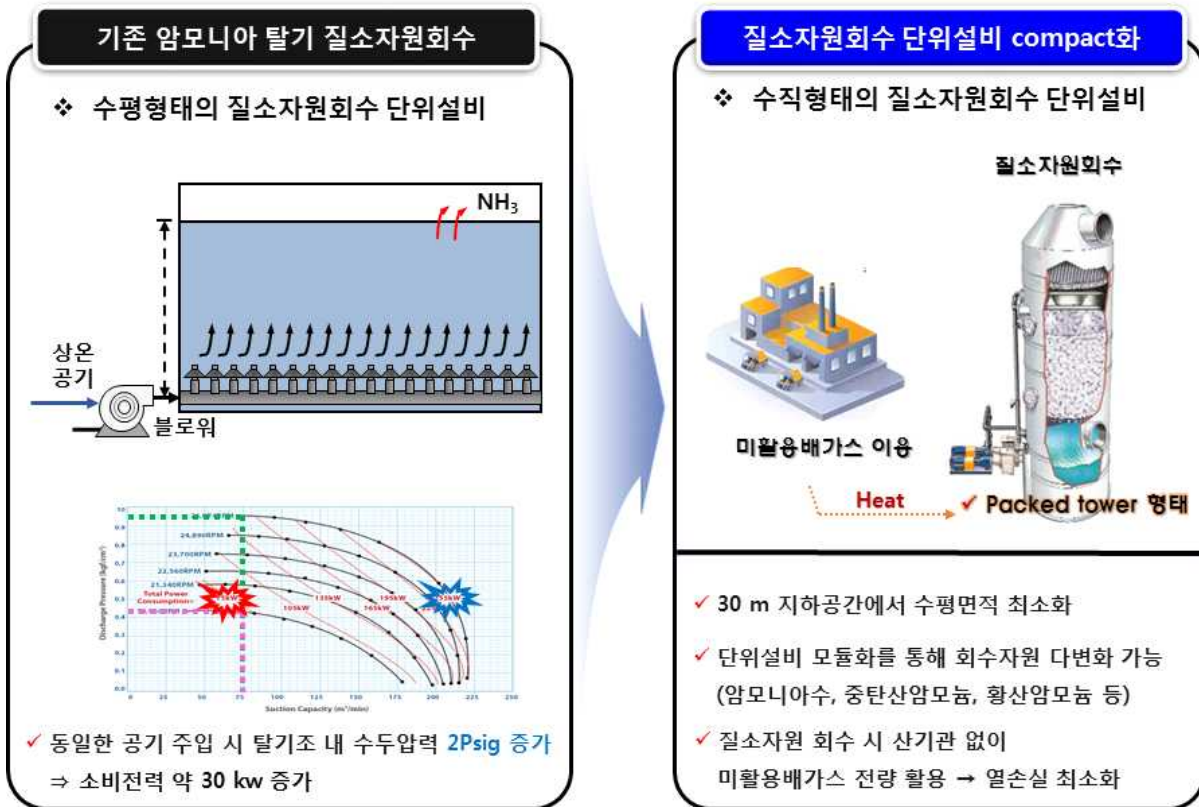
<표 6-37> 이차부산물 near zero화 compact 기술정의 및 구분

구분	내용
정의	이차부산물 발생 최소화 및 공정내 순환을 통한 수평면적 최소화 기술
구분 (범위)	• 공정부산물 발생 최소화 및 자원회수 기술 - 폐수, 악취, 배가스 발생량 저감 • 통합공정 에너지/자원 순환체계 구축기술 - 폐열에너지 재활용, 자원 재활용 등..

- 복합플랜트의 주민 수용성 확보를 위한 부산물 “near-zero” 를 실현하기 위해, 공정부산물로 발생하는 2차 오염원(폐수, 악취, 폐기물 등)을 최소화하기 위한 것으로, 각 요소기술을 연계하여 고부가가치의 자원 회수기술 확보 및 공정내외 공급시스템 체계구축
- 환경기초시설의 주요 목적인 환경오염물질의 최소화를 위해, 유용자원 회수 및 회수된 유용자원의 효율적 이용을 통하여 추가적인 부대설비 없이 자체 요소기술의 병합화, 소형화 및 모듈화를 통한 compact한 오염물질 저감을 위한 공정 기술 개발

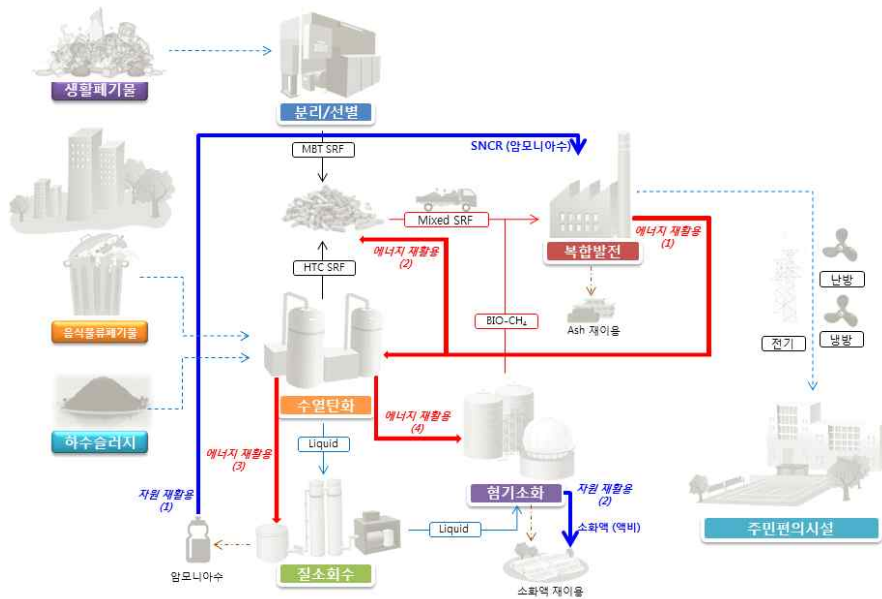


<그림 6-25> 환경오염 저감 compact화 기술 개념도



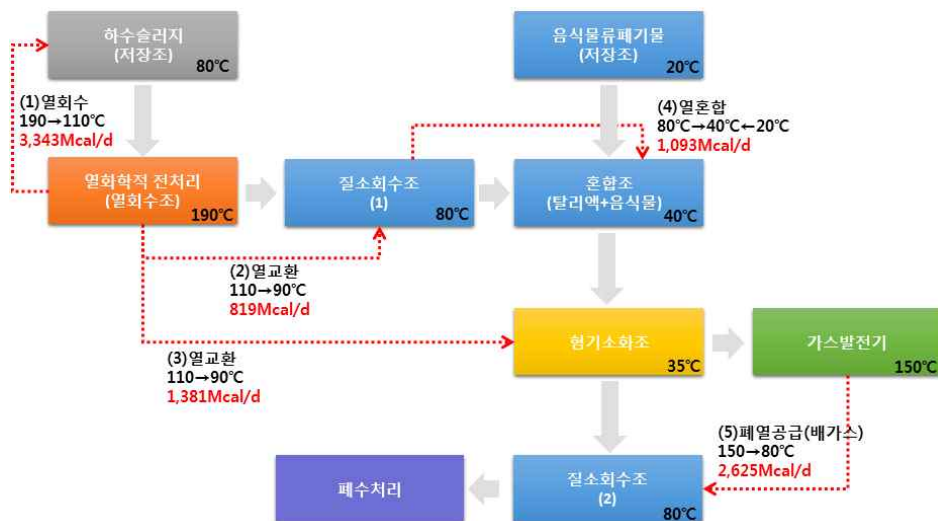
<그림 6-26> 단위 핵심설비(질소자원회수) compact화 설계(예시)

- 복합플랜트의 통합공정내 에너지 및 자원의 순환체계를 구축하여 별도 추가 설비없이 통합공정에서 발생하는 폐열(냉각수, 배가스 등) 및 자원(온수, 암모니아수 등)의 순환을 통한 설비규모 축소(소형화) 실현

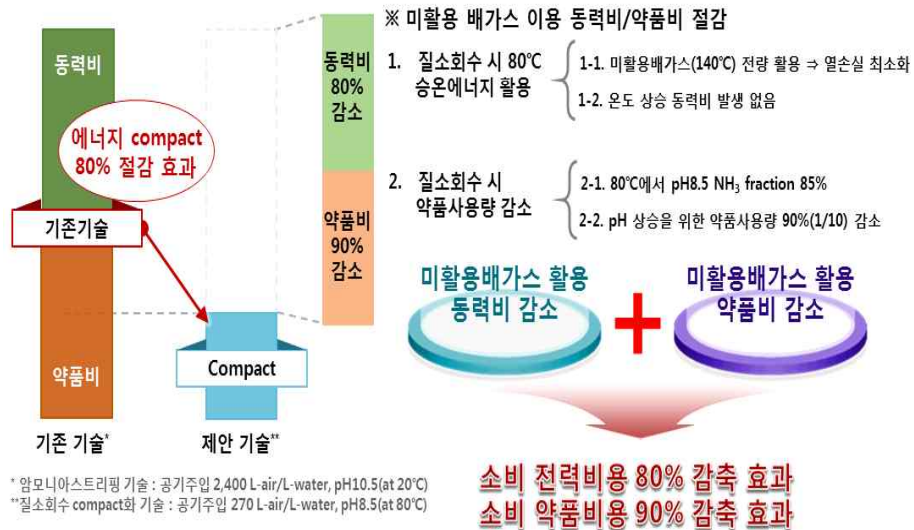


<그림 6-27> 복합플랜트 회수 유용자원 자체 활용 및 순환개념도

- 플랜트 복합화에 따라 통합공정 열원공급이 필요한 에너지를 단위설비간의 폐열에너지 회수 및 순환을 통하여 별도의 개별 열원공급 설비 없이 통합공정을 콤팩트하게 구축
- 복합플랜트 운영시 발생하는 자원역시 통합공정내 활용함에 따라 추가적인 외부공급설비를 제외함으로 플랜트의 규모 축소를 구현
- 복합플랜트 통합공정내 발생 배가스를 재이용하여 경제성있는 폐수내 질소회수를 회수, 암모니아 농축을 통하여 통합공정내 재활용하고 열원설비에서의 폐열(냉각수)을 통합공정내 연계를 통하여 순환체계를 구축



<그림 6-28> 복합플랜트 공정내 폐열(냉각수 및 배가스) 재활용 수지(예시)



<그림 6-29> 단위핵심설비 미활용에너지 통합공정내 이용 개념

나. 기술개발 필요성

- 지하 공간에 설치된 복합플랜트에서 발생 되는 이차부산물을 처리하기 위해 폐기물 감량화에만 중점을 두었던 기존 기술의 한계를 극복하고 복합플랜트 적용에 따라 발생 되는 2차 부산물 내 유용자원을 회수하고 회수된 자원을 재이용함으로써 폐기물 near-zero화 친환경 복합플랜트 공정 구현이 필요하며, 지하 공간에 설치되는 복합플랜트의 특성을 감안하여 설비의 compact 가능한 기술개발 필요
- 복합플랜트의 특징인 유사 폐기물의 동시 처리 설비(하수슬러지와 음식물류폐기물 병합 바이오가스화) 활용 및 공통설비 단순화(유틸리티, 배가스 처리설비, 발전설비 등)를 통한 지하 공간 부지 및 설치비용 절감



<그림 6-30> 수직형 환경 설비 개념도

- 또한, 복합플랜트 이차부산물 near zero 설비의 소형화 및 모듈화를 위한 설계 및 건설 기술이 필요하며, 이는 단순히 평면적인 공간 최소화를 통한 소형화뿐만 아니라 수직 형태의 입체적인 설계/건설 기술 도입을 통한 소형화 및 모듈화 기술 개발 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-38> (핵심 1-2-2) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재 스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
다종부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	자원회수율(%)	단일 부산물에 대한 단일 플랜트 자원회수기술	암모니아수 회수율 10% 증가 고형연료 수득율 80% 이상 규격액비 제품화 2종 이상	
	모듈기반 공정 기술	모듈 공정 미적용	30%	
	설치면적 절감	평면배치 적용	30%	
회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	오염물질 저감율(%)	단일 부산물에 대한 단일 플랜트 자원회수기술	복합플랜트 최종부산물 발생율 30% 저감	
	모듈기반 공정 기술	모듈 공정 미적용	30%	
	설치면적 절감	평면배치 적용	30%	

<표 6-39> (핵심 1-2-2) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
다종부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	1 단계	유용자원 회수기술 개발	- 복합플랜트 연계공정 용·복합(발전폐열)을 통한 암모니아 탈기 효율 증대 - 질소 유용자원의 다변화(NH_4HCO_3, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4OH)를 위한 연계공정 구축 - 고품질 규격액비 생산 및 제품화 - 연소재 이용 토양개량제 및 미량 원소비료 제품화
	2 단계	유용자원 회수를 위한 생산체계 확보 위한 연계 공정 설비 소형화 및 모듈화 기술 개발	유용자원 회수 설비의 소형화 및 모듈화를 위한 설계 및 건설 기술 개발
회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	1 단계	회수자원 복합플랜트 연계공정 개발	- 미활용 에너지 활용을 위한 배가스 재순환 기술 개발 - 건조시스템 내부의 고효율 연전달 방법 개발 및 설계 - 저품위 대용량 에너지 활용 고형연료 건조 기술 개발 - 회수자원 De-NOx 연계공정 개발

<표 6-39> (핵심 1-2-2) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
	2 단계	회수자원 복합플랜트 연계공정 소형화 및 모듈화 기술 개발	회수 유용자원 활용 및 환경오염 저감 설비의 소형화 및 모듈화를 위한 설계 및 건설 기술 개발

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

□ (국내 R&D) 현재 유용다중부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화하는 연구는 일부에 수행되었으나, 설비의 소형화 및 모듈화 연구는 전무함.

○ 하수슬러지 고형연료 생산 플랜트에서 하수슬러지를 원료로 하여 고형연료를 생산하여 제품화하는 연구가 완료되었으며, 본 연구결과 고형연료 생산 시 발생하는 폐수에 포함된 질소를 회수하여 연소로 배가스 deNOx 환원제로 재이용하며, 시설에서 포집된 악취가스를 고형연료 보일러 연소가스로 처리하는 연구가 완료되었으나, 설비의 소형화/모듈화 기술은 전무함.

○ 국내 최대 수열탄화 적용 50TPD급 하수슬러지 고형연료 생산 플랜트 준공 및 연구 완료(2015년 에너지기술개발 사업, 열병합 발전용 저에너지 소비형 슬러지 고형연료 생산 및 적용 기술 개발, 2019.2 종료)

○ 또한, 국토부 ‘도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 개발’ (‘16.6~’20.5)을 통해 유용자원 회수 및 병합, 회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감에 관한 연구는 진행 중에 있으나, 앞서 연구와 같이 설비의 소형화 모듈화에 대한 연구는 전무

□ (국내 사업) 국내 최초 지하(25m) 환경기초시설이 하남시에 준공(‘15.6)되어 상업 운전 중이나 시설을 평면적으로 배치하여 설비의 소형화 및 모듈화는 전무함

○ 하수처리수 재이용으로 음식물 자원화시설(음식물사료화) 건조 배가스 냉각용수 및 망월천 하천유지용수로 사용

2) 해외 동향

○ 해외 플랜트로 홍콩 T-Park, 싱가포르 WEW NEXUS 등이 있으며

물-폐기물-에너지를 순환하는 설비는 반영되어있으나, 각각의 설비를 평면으로 배치하거나, 일부 자원만 에너지로 사용하고 있으며, 소형화 및 모듈화 전무

○ 홍콩 T-Park(2016년 5월 가동)

- 하수슬러지 T-Park 소각열 활용 처리, 하수 재이용으로 조경 및 청소용수 활용

○ 싱가포르 WEW NEXUS(현재 설계 중)

- 하수처리시설과 통합폐기물처리시설 집적화에 의한 시너지 효과
- 하수찌거기와 음식물폐기물 병합소화, 탈수슬러지 연계 소각 등

마. 핵심기술 확보 전략

- 복합플랜트의 특성을 반영하여 이차부산물 중 유용자원을 회수하고 발생하는 이차부산물의 공통설비를 통한 처리 단순화 및 자체 기술개발을 통한 설비의 입체적인 설계 및 시공으로 콤팩트화 기술 구현

<표 6-1> (핵심 1-2-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
다중부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	8		●			
회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소 형화/모듈화 기술	8		●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-1> (핵심 1-2-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
다 중 부 산 물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모 듈화 기술	• 복합플랜트에서 발생하는 다중부산물의 유용자원 병합 및 회수를 위한 설비 구 축시 복잡한 배관과 공정으로 인한 운전 의 어려움 우려	• 복합플랜트의 공통 공정을 단순화시 킬수 있으며, 입체화된 설계 기술 반 영을 통해 배치를 조정하여 배관 길 이를 최소화하는 방안 제시 강구
	• 소형화 및 모듈화에 대한 평가 기준이 모호함으로 구체적인 평가 기준 제시 필요	• 기존 시설이 단일 플랜트의 평면배치 로 설비가 구성되나 복합플랜트는 입 체로 설비를 구성하며, 단일 용량 플 랜트 대비 평가 지표 제시

<표 6-1> (핵심 1-2-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
	유용자원 회수 및 제품화시 제품 판로 확보 필요	유용자원 회수로 생산된 고품연료, 액비 등을 판매하여 공급 가능한 수요처 제시
회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	회수 유용자원 활용시 사업대상부지 지역의 특수성을 반영한 소각 불가 등의 관련 인허가 검토 필요	사업대상부지 구축시 관련인허가를 검토하여 복합플랜트의 입지가 가능한 지역 제시
	소형화 및 모듈화에 대한 평가 기준이 모호함으로 구체적인 평가 기준 제시 필요	기존 시설이 단일 플랜트의 평면배치로 설비가 구성되나 복합플랜트는 입체로 설비를 구성하며, 단일 용량 플랜트 대비 평가 지표 제시

사. 소요예산

1) 투자 규모

- 총 78억 원 중 정부출연금 56억 원(72%), 민간부담금 22억 원(28%)로 구성

<표 6-40> (핵심 1-2-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
다종부산물 중 유용자원 병합 회수 및 제품화 소형화/모듈화 기술	국고	5	5	10	15	3			38
	민자	2	2	4	6	1			15
	소계	7	7	14	21	4			53
회수 유용자원 자체 활용 및 환경오염 저감 소형화/모듈화 기술	국고	3	3	5	5	2			18
	민자	1	1	2	2	1			7
	소계	4	4	7	7	3			25
합계		11	11	21	28	7			78

<표 6-41> (핵심 1-1-2) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	8	8	15	20	5			56
민자	3	3	6	8	2			22
합계	11	11	21	28	7			78

3. (세부과제 1-3) 사회적 수용성 확보를 위한 사회기반기술

3.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-42> (세부 1-3) 과제 개요

구분	내용
정의	• 시설의 사회적 수용성을 확보하기 위한, 사회적 니즈를 반영, 환경/사회 리스크 저감, 소통 및 협의 시스템 등의 사회기반 시스템을 개발
목적	• 폐기물 처리시설 등 환경기초시설 건설과 관련하여 지역주민과의 분쟁발생이 끊임없이 발생하고 있음 • 주민과의 갈등은 보상, 지역상생계획, 소통계획 과 같은 사회적 이유, 소음·악취와 같은 환경적 이유 등이 원인임 • 따라서 지역주민의 사회적 수용성을 확보하기 위한 계획수립 프로세스 및 의사결정지원 시스템을 구축하는 것을 목적으로 함

나. 추진 배경 및 필요성

□ 폐기물 처리시설 등 환경기초시설의 건설 및 운영과 관련하여 많은 사회적 갈등이 발생하고 있음

- 사회적 수용성을 위해서는 사회적 수용성이 높은 계획수립하는 것이 필요하며, 또한 계획절차의 정당성을 확보하는 것이 중요
 - 현재상태의 논의가 아닌 미래의 지역사회를 위한 바람직한 목표상을 형성하고, 이에 대한 사회적 합의를 추구하는 것이 중요함
 - 지역주민의 니즈를 반영한 계획수립 절차가 중요함
 - 환경 영향 및 사회영향을 회피, 완화, 저감할 수 있는 환경사회영향평가 시스템의 보완이 필요함
 - 환경사회영향의 지속적인 모니터링으로 지역주민과의 신뢰형성이 중요
- 위해시설 유형의 지하공간 도시기반시설 입지 및 건설, 운용과정에 발생하는 사회적 갈등 및 비용을 효과적으로 저감하고 주민의 수용성을 확보할 수 있는 참여적 도시계획 기술 개발
- 지하공간 활용으로 인한 환경 영향 변화를 예측하고 이를 적절히 관리하기 위한 방안을 도출하여 안전한 지하 복합플랜트 운영계획

수입을 지원

- 사회영향평가 기술력 개발과 함께 영향평가 결과 소통을 위한 방안 마련
- 지하공간의 활용과 관련된 시설계획, 건설, 운용 등 전과정을 이해관계자(사업자, 시공사, 관리 주체(지자체 및 중앙부처 등) 및 주민 등)와 공동의 정보공유 체계, 주민 의견 반영 도구 개발

다. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-43> (세부 1-3) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
• 환경기초시설 입지에 있어 지역주민과의 빈번한 갈등 발생과 해결기법 부재 • 입지결정, 공사과정, 시설운용 등에 있어 기술-지역사회 간 신뢰 부재와 사회적 비용 발생	• 시설의 계획, 입지선정, 건설, 운용 등 전과정에 걸친 수용성 확보 기술개발과 적용을 통한 각 단계별 갈등요인의 사전적 예측 및 대응 • 시설 계획 단계에서 벡세스팅 모델 적용을 통한 복합플랜트 시설의 사회적 영향예측과 지역사회 단위에서 합의형성을 위한 시나리오 마련	• 지하공간 활용 복합플랜트 시설의 계획-설계-입지선정-건설-운용 등 전과정의 단계별 사회적 영향예측 기술
• 님비 및 핼피 현상의 원인분석 및 결정요인 파악 부재	• 님비 및 핼피 현상의 입지 및 공간구성 결정요인을 파악하고 복합플랜트 시설의 계획 및 설계단계에서 사전 반영	
• 주민과 합의형성을 위한 표준 기술 및 평가기법 부재	• 표준적 합의형성 기법 및 단계별 평가기술을 통하여 시범사업 이후 확대적용 시 이해관계자 합의형성 프로세스로 활용	• 시설입지의 합의형성 요인 분석 및 평가를 위한 표준화 기술
• 복합플랜트 건설 전후의 합의형성 단계에서 활용할 수 있는 공론화 플랫폼 부재(발생이슈별 대응)	• 공론화 플랫폼 기술을 통한 복합플랜트의 지속가능한 소통채널 확보	• 지역사회 단위에서 시설입지 및 운용 단계에 적용할 수 있는 사회적 갈등요인 관리기술 (공론화 플랫폼)
• 사업으로 인한 편익과 피해의 공평한 분배 필요성 증대	• 사회영향평가를 통한 사업 관련 주민 수용성 확보	• 사회영향평가 방법론 적용 방안 마련
• 기존의 지하공간 개발 및 활용은 하드웨어 중심의 개발자 관점 유지 • 청사진 계획을 통하여 사용자에게 일방적인 정보를 제공하고 있으며, 각각의 이해관계자간의 상이한 정보공유가 발생	• 적극적 주민참여를 위하여 정보 공개 및 공유의 “장”이 필요하며, ICT 기술과 접목한 양방향 정보 교류 필요 • 사업자, 시공사, 운영 주체 및 주민(사용자) 등의 모든 이해관계자간의 효율적 정보공유 및 의사결정의 투명성 확보	• 시설계획, 건설, 운용의 전과정 및 구성원간 정보공유를 효율적으로 수행하는 플랫폼 • 정보공유, 참여 및 의사결정의 전과정을 공유 하는 플랫폼

라. 핵심기술 구성 및 연계성

□ (기간/예산) 7년/ 180억 원(국고 126억 원, 민자 54억 원)

<표 6-44> (세부 1-3) 핵심기술 구성

구분		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
지하공간 내 위해 시설 기술 적용의 사회적 합의형성 시스템 개발		•위해시설 유형의 지하공간 도시기반시설 입지 및 건설, 운용과정에 발생하는 사회적 갈등 및 비용 을 효과적으로 저감하고 주민의 수용성을 확보할 수 있는 참여적 도시계획 기술		7	70억 원
구 성 기 술	시설계획-건설- 운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 벙커스팅 예측기술	•시설의 전과정을 고려하여 각 단계별 사회적 갈등영향을 예측할 수 있는 전 략적 계획기술 개발	벙커스팅 예측기술	3	15억 원
	사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	•도시기반시설의 넘비 및 핼피 현상 에 대한 구조적 분석에 기반한 공 간 상 입지결정요인 평가기술 개발	입지결정요 인 평가기술	4	20억 원
	지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	•지역사회 단위에서 위해시설 안전 성의 신뢰구축과 지속성 확보를 갈 등관리 운용기술 개발	공론화 형성 플랫폼 및 운영기술	7	35억 원
지하공간 내 복합플랜트 입지를 위한 환경영향 평가 기술개발		•지하공간 활용으로 인한 환경 영향 변화를 예측 하고 이를 적절히 관리하기 위한 방안을 도출하여 안전한 지하 복합플랜트 운영계획 수입을 지원		7	70억 원
구 성 기 술	생활환경 영향평가 기술개발	•플랜트 운영시 지하공간 내부 공기 질 변화, 외부로의 악취 누출, 배기 가스 확산 범위 등에 관한 예측기 술과 저감 기술을 개발	악취/대기질/ 진동 영향 예측 및 저 감기술	7	28억 원
	자연환경 영향평가 기술개발	•플랜트 입지를 위한 지하공간 개발 시 지하수위 변동, 지반안정성 등 에 관한 예측기술과 저감기술 개발	지하수영향 예측 및 저 감기술	7	28억 원
	지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	•기술적, 경제적으로 실행가능한 환 경보전목표를 설정하고 이를 달성 하기 위한 환경기준개발을 포함한 관리제도 개발	환경기준 설 정을 위한 규제 프레임	4	14억 원
지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회 영향평가 기술		•사회영향평가 기술력 개발과 함께 영향평가 결과 소통을 위한 방안 마련		7	40억 원

<표 6-44> (세부 1-3) 핵심기술 구성

구분		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
구 성 기 술	이해당사자 분석	• 사업으로 인한 경제적, 사회적, 환경적 영향의 대상자인 스테이크 홀더 분석 방법을 개발	이해관계자 분석 매뉴얼	2	10억 원
	피해-편익 형평성 분석	• 환경피해의 편익 및 시설도입의 편익 분포를 분석하고, 이에 대한 형평성 분석 방법을 개발	환경정의 분석기법 개발	4	10억 원
	사회조사방법론 활용 지침 개발	• 사회영향평가 방법론 개발(항목별 조사, 예측, 평가 기법개발)	사회영향평가 기술개발	7	20억 원

마. 최종 성과물 및 성과지표

<표 6-45> (세부 1-3) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표		성과지표	측정방법	단위	목표치
핵심 요소 기술 검증	전과정 사회적 갈등영향 예측	벡케스팅 예측기술 개발	관련 전문가 평가	%	90
	사회적 합의의 공간단위 결정요인 평가기법 개발	평가기법 개발	관련 전문가 평가	%	90
	지역단위 공론화 형성을 위한 온라인/오프라인 플랫폼 및 운용기술 개발	오프라인 공론화 장 마련	공론화 장 마련 여부	건	1
		네트워크 기반 정보공유 플랫폼 마련	플랫폼 제작 여부	건	1
	이해당사자 소통 확대	이해관계자 소통 기술 개발	관련 전문가 평가	%	90
공공적 성과		법 제정 및 개선	제정 및 개선 건수	건	
		설계기준, 시방서, 지침	제안 건수	건	
			반영 건수	건	
		정책 제안	제안 건수	건	
기술적 성과	지식 재산권	특허건수	특허출원 여부	건	1
			특허등록 여부	건	1
		소프트웨어	제작 여부	건	
	기술인증	신기술 지정 (제품/품질인증 포함)	신기술 지정 건수	건	
		표준채택	표준 채택 건수	건	
	시제품 제작	시제품 제작	제작 건수	건	
	기술실시 계약	기술 실시 계약	계약 건수	건	
	사업화 건수	사업화 건수	사업화 건수	건	
학술적성과		논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	10
			SCI급 논문 게재 여부	건	5

3.2 (핵심기술 1-3-1) 지하공간 내 위해 시설 기술 적용의 사회적 합의형성 시스템 개발

가. 기술 개요

- (정의) 위해시설 유형의 지하공간 도시기반시설 입지 및 건설, 운용과정에 발생하는 사회적 갈등 및 비용을 효과적으로 저감하고 주민의 수용성을 확보할 수 있는 참여적 도시계획 기술 개발

<표 6-46> (핵심 1-3-1) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-3-1.	지하공간 내 위해 시설 기술 적용의 사회적 합의형성 시스템 개발	7	70억
	-1. 시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 백케스팅 예측기술	3	15억
	-2. 사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	4	20억
	-3. 지역사회 단위에서 위해시설 안전성의 신뢰구축과 지속성 확보를 갈등관리 운용기술 개발	7	35억

- (백케스팅 예측기술) 미래 시점을 기준으로 바람직한 목표의 달성을 위해 필요한 현재의 정책 수단을 도출하는 기술로서, 과거의 트렌드에 의한 미래 예측이 아닌 참여에 의한 합의과정을 중시하는 전략적 예측 기술
 - 위해시설의 입지를 위해 시설계획-건설-운영 등 전 과정에 대해 시나리오를 구성하고 시나리오에 따른 공학적 기술요소, 사회적 제한요소, 외생변수, 복합영향 등을 추정하는 미래 예측기술
- (입지 결정요인 평가기법) 위해시설의 물리적·사회경제적 최적입지를 결정하기 위해 사회적 여론과 반대요인을 파악하고 이를 고려한 사회적으로 타당한 입지요인을 객관적으로 평가할 수 있는 평가기법
- (지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술) 지역사회 단위에서 사전적인 갈등요인 해결을 위한 지역주민 여론 형성, 정보공개, 지역단위에서의 토론, 갈등해결 과정 등을 접근할 수 있는 온오프라인 구성체
 - 위해시설의 입지에서 발생할 수 있는 갈등요인을 지역사회 내에서 논의할 수 있는 공론화 과정의 설계, 인적·물적 플랫폼 구성과 더불어 플랫폼을 운용할 수 있는 기법 등 개발

나. 기술개발 필요성

- 위해시설의 입지, 운용 상에 있어 지역사회 내 갈등은 최근 증폭되고 있는 경향을 보이고 있음
- 위해시설로 분류되는 도시기반시설의 경우, 환경·보건적 위해성을 이유로 주민들의 반발이 심하게 나타나고 있음
 - 고형폐기물(SRF) 발전시설, 쓰레기 소각장, 하수처리장, 화장장 등 도시 내 필수적인 시설이지만 님비 현상으로 인해 설치되지 못하는 도시기반 시설 증가
- 도시 내 위해시설 입지와 관련한 갈등은 다양한 원인에 기인하고 있으나, 갈등이 증폭되어 해결되지 못하는 경우, 사전의 정보 공개 부족과 공론화 과정의 부족, 갈등 당사자간 상대방에 대한 무시 전략 등으로 인한 것으로 나타나고 있으며¹⁸⁾ 이같은 경향은 최근 더욱 심화
- 최근 사회적으로 민감한 일부 이슈에 대해 공론화 과정이 도입되고 있기는 하나, 갈등이 첨예한 위해시설에 도입된 바는 없으며 그 과정 역시 표준화되지 않아 다양한 사례에 적용하기에는 어려움이 존재
- 지하공간 활용 도시기반 복합 플랜트의 경우 위해시설이 다중으로 포함되며 환경·보건적 위해성에 기반한 사회적 갈등요인이 내재되어 있어 이를 사전에 해결할 수 있는 사회합의 기반 기술 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-47> (핵심 1-3-1) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 벡케스팅 예측기술	사회적 갈등영향 예측을 위한 평가지표 마련	미적용	3개 이상	
사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	입지결정요인 평가지표 마련	미적용	3개 이상	
지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	공론화 장 마련 운영기술 개발	사업계획 후 공청회	사전계획 단계에서 1건	

18) 「갈등의 유형화를 통한 갈등사례 분석과 그 정책적 합의」 김동현, 장훈, 임업(2009)

<표 6-48> (핵심 1-3-1) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 벡케스팅 예측기술	1 단계	단계별 벡케스팅 기초 기술개발	• 사회이슈 갈등해결에 벡케스팅 예측기법 적용 단계 설계 및 단계별 방법 구성
	2 단계	시나리오 구성 및 계획-건설-운용 단계별 적용 기술 개발	• 위해시설 건설을 위한 시설계획, 건설, 운용 등에 있어 단계별로 적용가능한 참여적 합의형성 방법
사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	1 단계	공간단위 입지 결정요인의 요인 분해	• 도시기반시설 입지의 님비 및 핼피 현상 구조 분석
	2 단계	공간단위 입지 결정요인 평가기법 개발	• 위해시설 입지를 위한 사회적 합의 기반 공간입지요인 평가기법 개발
지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	1 단계	지역단위 공론화 형성 플랫폼 구성	• 공론화 형성 온/오프라인 플랫폼 구성
	2 단계	지역단위 공론화 형성 플랫폼 운용 기술	• 시범지역 공론화 형성 플랫폼 적용을 통한 단계별 운용 기술 확보

라. 핵심기술 확보전략

<표 6-49> (핵심 1-3-1) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 벡케스팅 예측기술	8		●		○	
사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	8		●		○	
지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	8		●		○	

※ ● : 주, ○ : 부

마. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-50> (핵심 1-3-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 백케스팅 예측기술	• 국내 적용 사례가 없음	• 해외 적용 사례 토대로 개발하여 단계를 설계
	• 개발된 단계 및 기술의 국내 적용 시 일부 예측기술에서 적합성이 낮을 수 있음	• 모의 적용 및 시범 적용을 통하여 적합성을 최대한 확보
사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	• 입지 결정요인 파악을 위한 국내 DB 한계	• 다중 사례분석 기법 적용 및 질적 분석기법 적용을 통한 요인 도출
	• 과거 갈등사례 자료 접근 한계	• 언론자료 및 빅데이터 분석을 통한 자료 확보 및 분석 적용
지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	• 공론화 과정 초기 단계에서 주민 참여 저조 및 비협조	• 계획 및 설계단계에서부터 주민 협의체, 지역의회 등 공식 채널을 활용한 접근법 적용
	• 위해시설에 대한 집단적 반발로 인한 참여 거부 가능성	• 위해시설에 대한 환경적, 사회적 영향 평가 결과를 공론화 형성 플랫폼에 활용

바. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 70억 원 중 정부출연금 49억 원(70%), 민간부담금 21억 원(30%)로 구성

<표 6-51> (핵심 1-3-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
시설계획-건설-운용 등 전과정 수용성 확보를 위한 백케스팅 예측기술	국고	3	4	3	-	-	-	-	10
	민자	2	1	2	-	-	-	-	5
	소계	5	5	5	-	-	-	-	15
사회적 합의의 공간단위 입지 결정요인 평가기법	국고	3	4	3	4	-	-	-	14
	민자	2	1	2	1	-	-	-	6
	소계	5	5	5	5	-	-	-	20
지역단위 공론화 형성 플랫폼 및 운용기술	국고	3	3	4	4	3	4	3	24
	민자	2	2	1	1	2	1	2	11
	소계	5	5	5	5	5	5	5	35
합계		15	15	15	10	5	5	5	70

<표 6-52> (핵심 1-3-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	10	10	11	7	4	4	3	49
민자	5	5	4	3	1	1	2	21
합계	15	15	15	10	5	5	5	70

3.3 (핵심기술 1-3-2) 지하공간 내 복합플랜트 입지를 위한 환경영향 평가 기술개발

가. 기술 개요

- (정의) 지하공간 활용으로 인한 환경 영향 변화를 예측하고 이를 적절히 관리하기 위한 방안을 도출하여 안전한 지하 복합플랜트 운영계획 수입을 지원

<표 6-53> (핵심 1-3-2) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-3-2. 지하공간 내 복합플랜트 입지를 위한 환경영향 평가 기술개발		7년	70억
	-1. 생활환경 영향평가 기술개발	7년	28억
	-2. 자연환경 영향평가 기술개발	7년	28억
	-3. 지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	4년	14억

- 환경영향평가는 복합플랜트 계획으로 인한 환경적 영향을 사전에 예측·평가하고 발생가능한 부정적 영향을 최소화하기 위한 환경보전방안 등을 계획에 반영하기 위한 도구
- 도시의 지하공간을 활용하고 분산형으로 플랜트를 배치하기 위해서는 도시환경의 지속가능성과 건강하고 쾌적한 생활환경을 확보할 수 있는 사업계획 수립이 중요
- 지하공간 내 복합플랜트 입지로 인한 환경변화를 예측하기 위한 기술, 부정적 영향을 최소화하고 적절히 관리하기 위한 저감 기술 및 의사결정을 위한 환경기준 설정 프레임이 환경영향평가 기술개발의 범주에 포함됨. 환경은 지형·지질, 토지이용, 토양, 지하수 등을 포함하는 자연환경과, 악취, 대기질, 소음·진동 등을 포함하는 생활환경을 포괄

나. 기술개발 필요성

- 폐기물 처리 시설 및 에너지 생산시설은 악취로 인한 민원발생, 배가스로 인한 건강영향 우려 및 소각재 등 부산물 발생 우려를 유발하여 환경적·사회적 민감 사업
- 지하공간의 활용은 최근 도시공간 이용 효율성 측면에서 증가하고 있으나, 지하수 영향, 지하 공기질(라돈 등), 진동, 안전 및 대기질(환기 등) 영향에 대한 우려가 제기
- 「영동대로 지하공간 복합개발 타당성 조사 및 기본계획 수립에 따른 전략환경 영향평가서」에 따르면 주민의견 수렴 시, 환기구 주변 대기질 관리, 지하수 유출 방지 공법, 무진동 발파 작업, 차수 공법 시행 및 재난사고 대비 등을 요구
 - ‘지하공간 활용 도시기반 복합플랜트’ 건설은 이러한 영향이 복합적으로 표출될 수 있는 프로젝트로써, 환경영향의 불확실성을 최소화하고 적절히 저감·관리하기 위한 기술개발 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-54> (핵심 1-3-2) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
생활환경 영향평가 기술개발	지하시설로 인한 악취 확산범위 예측 및 저감 기술 확보	미적용	악취 유발물질 도출 및 지상 영향예측 모델 구현	
				악취 저감률 90% 달성
	지하 소각 시설 배가스 확산범위 예측 및 저감 기술 확보	미적용	대기오염물질 도출 및 지상 영향예측 모델 구현	
				저감 이후 환경기준 부합
자연환경 영향평가 기술개발	지하수위 변동 예측 및 지반안정성 유지 기술 확보	미적용	지하수영향예측 모델 구현	
			싱크홀 등 지반침하 예방 기술 적용계획 수립	
지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	지하시설 환경보전목표 설정 근거 도출	미적용	지하시설 환경관리 기준 설정 (분야별)	

<표 6-55> (핵심 1-3-2) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
생활환경 영향평가 기술개발	1 단계	지하공간 내부 공기질 변화, 외부로 악취 누출, 배기가스 확산 범위 예측기술 개발	• 대기질 및 악취의 지상부 영향 범위 설정 및 영향 정도의 정밀예측을 위한 방법론 개발
	2 단계	대기환경 저감기술 개발	• 환기구 및 배기구 등 설계와 처리시설별 저 감효율 자료 확보를 통해 대기오염물질 및 악취 유발 물질 외부 확산 방지계획 수립 지원
자연환경 영향평가 기술개발	1 단계	지하수위 변동 등 지하수 영향 예측기술 개발	• 지하공간 개발로 인한 영향 범위 예측을 위 한 평가 요소 및 방법론 개발
	2 단계	지반안정성 확보 등 토지환경 영향 저감기술 개발	• 지하수 유출 방지 공법 및 차수 공법 등 저 감기술의 효율 자료 확보를 통해 지반 안정 성 확보 계획 수립 지원
지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	1 단계	환경 분야 규제 사항 분석 및 제한 요인 도출	• 지하공간 활용의 특성을 반영한 환경관리 요소를 도출하고 현 규제 프레임 적용으로 인한 한계점 분석
	2 단계	환경보전목표를 설정을 위한 환경기준 개발	• 기술적, 경제적으로 실행가능한 환경관리계 획 수립을 위한 분야별(대기, 폐기물 및 수 환경) 환경기준(안) 도출

라. 핵심기술 확보전략

<표 6-56> (핵심 1-3-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
생활환경 영향평가 기술개발	8		●			○
자연환경 영향평가 기술개발	8		●			○
지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	8		●			○

※ ● : 주, ○ : 부

마.

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-57> (핵심 1-3-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
생활환경 영향평가 기술개발	• 국내 적용 사례 없음	• 유사 국내 사례 토대로 적용 가능성 평가 및 기능 향상
	• 개발된 단계 및 기술의 국내 적용 시 일부 예측기술에서 적 응성이 낮을 수 있음	
자연환경 영향평가 기술개발	• 지하수 변동 자료 확보 한계	• 유사 개발사례 모니터링 자료 확보 및 분석
지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	• 관계 기관 협의, 중복성 및 형평성 논란	• 해외 유사사례 토대로 규제 프레임 설정
		• 기준 적용 대상 구체화 및 공론화 과정 활용

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 70억 원/년 중 정부출연금 49억 원(70%), 민간부담금 21억 원(30%)로 구성

<표 6-58> (핵심 1-3-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
생활환경 영향평가 기술개발	국고	4	4	5	2	2	1	1	19
	민자	2	2	1	1	1	1	1	9
	소계	6	6	6	3	3	2	2	28
자연환경 영향평가 기술개발	국고	4	5	4	2	2	1	1	19
	민자	2	1	2	1	1	1	1	9
	소계	6	6	6	3	3	2	2	28
지하공간 환경관리 규제 프레임 개발	국고	2	4	4	-	-	-	-	10
	민자	1	1	1	1	-	-	-	4
	소계	3	5	5	1	-	-	-	14
합계		15	17	17	7	6	4	4	70

<표 6-59> (핵심 1-3-2) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	10	12	12	5	4	3	3	49
민자	5	5	5	2	2	1	1	21
합계	15	17	17	7	6	4	4	70

3.4 (핵심기술 1-3-3) 지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회영향평가 기술

가. 기술 개요

- (정의) 사회영향평가 기술력 개발과 함께 영향평가 결과 소통을 위한 방안 마련

<표 6-60> (핵심 1-3-3) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
1-3-3. 지하공간 내 위해시설 기술 적용의 사회영향평가 기술		7년	40억
	-1. 이해당사자 분석	2년	10억
	-2. 피해-편익 형평성 분석	4년	10억
	-3. 사회조사방법론 활용 지침 개발	7년	20억

- (이해당사자 분석) 사업대상지 인근지역 주민들의 인구학적 구성을 바탕으로 사업과 관련된 쟁점사항을 그룹별로 확인하여 각 그룹 간 상호관계를 알아보기 위한 분석방법
 - 이해당사자 분석 결과는 주민참여 방법의 설계에 도움이 될 뿐 아니라 소통 기법을 마련하는데 중요한 근본이 되는 자료임
- (편익-피해 형평성 분석) 사업으로 인한 편익과 피해를 분석하는 방법으로 편익과 피해를 개념적 영역으로 구분하여 비교, 분석을 통해 수용 가능한 수준을 가늠하는 방법론
 - 보통의 경우 사업으로 인한 혜택은 지역 주민에게 집중되기 보다는 사업대상지가 속한 지자체에 골고루 돌아가는 특징이 있는 반면 사업으로 인한 피해는 지역주민에게 집중되는 특징이 있으므로, 편익-피해 분석 방법론은 지역 주민들이 수용할 수 있는 편익의 기준점을 설정하는데 도움
- (사회조사 방법론 활용 지침 개발) 사회영향조사 및 조사 결과를 이해당사자와 소통하기 위해서는 주민의견 수렴 및 의견 교환의 방법에 대한 고민이 필요하며 주민의견 수렴 방법이나 소통 기회 설계 시 이해당사자 현황 및 사업 관련 이슈 등을 고려하여 동 사업 맞춤형 설계를 위한 방법임

- 사회조사 방법론은 설문조사, 간담회, 합의회의, 시나리오 워크숍, 공중 오픈하우스, 포커스그룹미팅 등 다양한 방법론에 대한 검토 및 활용 지침 개발을 의미

나. 기술개발 필요성

- 환경피해시설물 및 기피시설은 사람들의 생활을 위해 반드시 필요한 시설임에도 불구하고, 운영 시 발생하는 생활환경의 악영향, 경관상 부정적 영향, 인근 지가에 부정적인 영향 등 다양한 이유로 민원 발생이 잦은 사업 유형으로 투명한 의사결정 과정이 중요
- 투명한 의사결정을 위해서 우선적으로 조사해야 하는 내용은 사업대상지 인근 지역 주민들의 성향 및 이들의 상호작용이고, 사업대상지 인근 지역 주민들이 시설물의 입지로 피해를 입는 부분과 혜택을 보는 부분을 비교 분석하는 것이 필요
 - 분석 결과를 바탕으로 사업으로 인한 이해당사자들과 소통하는 기회의 설계를 통해 사업으로 인한 수용성 확보 또한 필요
- 사회조사방법론에 대한 이해 부족, 방법론 부재, 사회조사방법론 수행에 의한 시간적 영향, 합의 형성 필요성에 대한 사업자의 인식 부족 등 의사결정 과정에서 이해당사자들의 참여 및 수용성 제고가 이루어지지 못했음
- 사업의 실행 및 공사 단계에서 지역 주민들과 갈등이 발생하면 사업의 지연 및 심각한 경우 사업의 취소로도 연결될 수 있으므로, 갈등으로 발생하는 사회적 비용을 최소화하기 위해서는 사회조사방법론 및 소통기술에 대한 개발이 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-61> (핵심 1-3-3) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
이해당사자 분석	사업대상지 내 인구학적 구성 및 구성원 간 상호작용 조사	미적용	2개 이상	
피해-편익 형평성 분석	사업으로 인한 영향지역 거주 주민의 편익 및 피해 분석	미적용	2개 이상	
사회조사방법론 활용 지침 개발	주민의견 수렴 및 소통기회의 효과적인 설계를 위한 방법론 별 활용 지침 마련	공고·공람-설명회-공청회 (필요시)	타겟 사회조사 방법론 설정 후 활용 지침 마련	

<표 6-62> (핵심 1-3-3) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
이해당사자 분석	1 단계	사업대상지 인구학적 특성 분석	•정량적인 방법론(인구학적 구성 조사) 및 정성적인 방법론(사업과 관련된 쟁점사항 파악)의 활용 방법 및 이해당사자 그룹 파악
	2 단계	이해당사자 간 상호작용 분석	•확인된 이해당사자 간 역학관계 조사 방법론 정립
피해-편익 형평성 분석	1 단계	편익과 피해 유형의 구조화	•기존 문헌을 바탕으로 사업으로 인한 편익과 피해 유형을 구조화하고, 현 사업에 적용 (피해와 편익의 공간적 스케일 분석)
	2 단계	수용 가능한 편익과 피해의 기준선 설정	•이해당사자 조사를 바탕으로 사업으로 인한 편익-피해의 균형점을 주민들 입장에서 제시
사회조사방법론 활용 지침 개발	1 단계	타겟 사회조사방법론 설정	•현재 활용되는 사회조사방법론 중 환경영향평가 및 의견 수렴 시 자주 활용되는 방법론 파악 후 타겟 방법론 설정
	2 단계	각 방법론의 운영 방법 제시	•이해당사자 분석 결과 및 사업유형 등을 고려하여 각 방법론 활용 시 유의사항 및 적용 방법 제시

라. 핵심기술 확보전략

<표 6-63> (핵심 1-3-3) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
이해당사자 분석	8		●		○	
피해-편익 형평성 분석	8		●		○	
사회조사방법론 활용 지침 개발	8		●		○	

※ ● : 주, ○ : 부

마. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-64> (핵심 1-3-3) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
이해당사자 분석	• 국내 적용 사례가 없음	• 해외 적용 사례 토대로 개발하여 단계를 설계
	• 개발된 단계 및 기술의 국내 적용 시 일부 예측기술에서 적합성이 낮을 수 있음	• 모의 적용 및 시범 적용을 통하여 적합성을 최대한 확보
피해-편익 형평성 분석	• 피해와 편익이 보상과 관련되면 보상법 적용 대상이라 해법 도출 애로	• 보상 이외 다양한 피해-편익 영역 파악
	• 국내 편익-피해 분석 사례 부족	• 해외 사례도 추가하고, 사회적, 문화적 상이성최대한 고려
사회조사방법론 활용 지침 개발	• 다양한 방법론 적용 사례 부족	• 최대한 다수의 방법론에 대한 모의 적용 및 시범 적용을 통해 국내 적용 가능성 진단
	• 이해당사자 간 인식 차이 존재	• 갈등 중재 워크숍을 통해 인식 차이 극복

바. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 40억 원 중 정부출연금 28억 원(70%), 민간부담금 12억 원(30%)로 구성

<표 6-65> (핵심 1-3-3) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
이해당사자 분석	국고	3	4	-	-	-	-	-	7
	민자	2	1	-	-	-	-	-	3
	소계	5	5	-	-	-	-	-	10
피해-편익 형평성 분석	국고	1	2	2	1	-	-	-	6
	민자	1	1	1	1	-	-	-	4
	소계	2	3	3	2	-	-	-	10
사회조사방법론 활용 지침 개발	국고	2	3	3	3	1	1	1	14
	민자	1	1	1	1	1	1	-	6
	소계	3	4	4	4	2	2	1	20
합계		10	12	7	6	2	2	1	40

<표 6-66> (핵심 1-3-3) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	7	8	5	5	1	1	1	28
민자	3	4	2	1	1	1	-	12
합계	10	12	7	6	2	2	1	40

제3절 (중점분야 2) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축

- (목적) 지하 복합플랜트의 통합관리(에너지, 자원, 환경, 안전 등) 및 도시의 에너지/자원 네트워크와 연계된 효율적 운전(수요, 생산, 거래 등)을 위한 통합운영 플랫폼 개발 및 운영 솔루션 확보

세부 2-1	플랫폼 아키텍처
핵심 기술	• 에너지/자원/환경 모니터링 기술 • 지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술 • 복합플랜트 빅데이터 시스템 기술 • 복합플랜트 수요/공급 예측 기술 • 복합플랜트 통합 운영 플랫폼(REMS)
세부 2-2	플랫폼 운영 솔루션
핵심 기술	• 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술 • 지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술 • WWE(물-폐기물-에너지) 순환 정밀 제어 기술 • 복합플랜트 에너지 거래 기술

<그림 6-31> (중점 2) 과제 구성

1. (세부과제 2-1) 플랫폼 아키텍처

1.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-67> (세부 2-1) 과제 개요

구분	내용
정의	• 단위 지역의 환경적 욕구를 수용하고 폐자원 다중 순환 체계의 에너지/자원의 효율성 극대화를 위한 지하 복합플랜트의 통합 운영 플랫폼
목적	• 지하복합플랜트 관련 토양, 지하수, 오염물, 누수, 지하안전 등에 대한 조사, 탐사, 분석, 해석, 모델링, 평가, 예방, 영향평가, 환경평가, 모니터링 시스템 등의 개발 및 구축 • 복합플랜트 지하화/복합화 운영에 따른 지하시설물에 대한 안전을 확보하기 위한 시스템 플랫폼 기술 • 폐자원 기반 지하복합플랜트의 자원 순환 상태, 에너지 생산 예측 및 각종 환경부하 발생에 대한 실시간 데이터 수집 및 분석을 위한 최적화된 빅데이터 시스템 기술 개발 • 단위 지역의 폐자원 발생/에너지 수요/ 에너지 공급의 데이터 기반 예측 기술 개발

나. 추진 필요성

□ 도시공간에 지하복합플랜트 건설 및 운영이 이루어지므로 환경오염에 대한 주민들의 우려와 민원문제가 클 것으로 전망

- 혐오시설이 아닌 친환경적시설로의 인식전환을 위하여 지하복합플랜트의 안전 및 환경 인자들의 지속적, 장기적인 모니터링 시스템의 개발 및 구축이 필수적임
- 단순한 안전 정기검진, 정밀검진 외에 계속적인 데이터 수집 및 분석이 요구되므로 사물인터넷, 빅데이터 등 최신 기술을 활용한 플랫폼이 주목받을 것으로 기대됨
- 이와 함께 지하복합플랜트 인근 지역민과 이용자의 환경적 욕구를 충족하기 위한 통합 운영 플랫폼을 개발하고 모니터링 시스템을 구축하는 대응이 필요함

다. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-68> (세부 2-1) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
• 지하 복합플랜트 건설에 있어 환경 문제에 대한 우려는 불가피하며, 이로 인해 선정 부지의 사용자 및 거주자의 반대가 예상	• 지하 복합플랜트의 건설 및 운영 시 환경 문제 발생 여부를 지속적·장기적으로 평가할 수 있는 모니터링 플랫폼 기술 개발	• 사전조사 및 시뮬레이션 • 환경영향평가
• 지하 복합플랜트 건설 및 운영에 대한 실례가 미비하여, 오염물 검측 및 유출 평가에 대한 기준이 마련되지 않았으며 검측기술 또한 전무	• 환경영향평가를 위한 오염물의 종류 및 허용 농도를 제시하고, 구조물의 사용을 저해하지 않으며 측정 및 해석이 가능한 전자기파 기반의 검측기술을 도입	• 전자탐사법 • 모니터링 기법

라. 과제 구성 개요

○ (기간/예산) 7년/405억 원(국고 283억 원, 민자 122억 원)

<표 6-69> (세부 2-1) 기술 구성

세부과제/기술	개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
에너지/자원/환경 모니터링 기술	• 지하복합플랜트 관련 토양, 지하수, 오염물, 누수, 지하안전 등에 대한 조사, 탐사, 분석, 해석, 모델링, 평가, 예방, 영향평가, 환경평가, 모니터링 시스템 등의 개발 및 구축		7년	160억 원
구 성 기 술	• 지하수와 토양에 영향을 줄 수 있는 건설프로젝트에 대한 환경영향평가와 모니터링 플랫폼에 대한 정책이나 법안에 대한 가이드라인 제시	관측공과 유출감지 센서모듈의 설치기준과 오염물 유출 평가기준에 대한 정책	7년	80억 원
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	• 향후 진행될 수 있는 지하구조물 건설프로젝트에서 지하수 및 지반에 영향을 주어 사회적인 문제를 야기할 수 있는 경우에 대한 환경영향평가 모니터링 플랫폼을 개발	관측공과 센서모듈의 활용을 통해 환경영향평가 종합 모니터링 시스템 구축	7년	80억 원
지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술	• 복합플랜트 지하화/복합화 운영에 따른 지하시설물에 대한 안전을 확보하기 위한 시스템 플랫폼 기술		7년	170억 원

<표 6-69> (세부 2-1) 기술 구성

세부과제/기술		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
구 성 기 술	빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	• 지하 복합플랜트에서 발생할 수 있는 가스누출, 화재, 폭발 등을 실시간으로 통합 감시 및 확산방지 설비 및 시스템을 구축하여 설비 및 운영자의 안전을 확보할 수 있는 기술	지하 설비 사고 감시 시스템	5년	60억 원
	지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술	• 복합플랜트 지하화/복합화 운영에 따른 여러 지하시설물에 대한 안전을 확보하기 위하여 피해규모 예측을 위한 사고 해석 및 확산 방지 기술	지하 설비 사고 확산 예측 모델	5년	60억 원
	지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	• 지하공간의 열악한 흡배기환경에서 설비의 운전/안전 사고 문제가 발생할 가능성이 있으며 가스누출, 화재, 폭발 등 시설물 및 인적 위험을 최소화할 수 있는 무인화 안전 운전 기술을 구축하여 설비 및 운영자의 안전을 확보할 수 있는 기술	지하복합플 랜트 무인 운전 제어 시스템	5년	50억 원
복합플랜트 빅데이터 시스템 기술		• 폐자원 기반 지하복합플랜트의 자원 순환 상태, 에너지 생산 예측 및 각종 환경부하 발생에 대한 실시간 데이터 수집 및 분석을 위한 최적화된 빅데이터 시스템 기술 개발		7년	130억 원
구 성 기 술	복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	• 다중 폐자원 순환 연동 상태, 에너지 생산 상태 및 각종 환경부하 발생 상태등에 대한 데이터를 수집/저장/관리할 수 있는 복합플랜트 에너지/자원/환경 실시간 빅데이터 처리 기술을 개발	복합플랜트 에너지/자원/ 환경 실시간 빅데이터 처리 기술	7년	60억 원
	단위 지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	• IoT 표준 기반 인터페이스, 빅데이터 전처리, 다양한 유형의 DB화등을 통해 단위 지역에서 발생하는 빅데이터를 효과적으로 수용하기 위한 단위 지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술을 개발	단위지역 에너지/자원/ 환경 빅데이터 시스템 기술	7년	70억 원
복합플랜트 수요/공급 예측 기술		• 단위 지역의 폐자원 발생/에너지 수요/에너지 공급의 데이터 기반 예측 기술 개발		5년	80억 원
구 성 기 술	단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	• 구역 용도별 에너지 수요패턴 분석 및 용도별 표준수요 패턴화 기술	용도별 에너지 표준수요 패턴	5년	25억 원

<표 6-69> (세부 2-1) 기술 구성

세부과제/기술		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
		•용도별 면적 기반 단위지역 에너지 수요 예측 모델 기술	에너지 수요 예측 모델		
	복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	•단위지역 구역 용도에 따른 자원별 발생량 데이터 분석 기술	단위지역 구역 용도별 자원 발생량 표준 패턴	5년	25억 원
		•단위지역 구역 용도에 따른 자원별 공급 예측 기술	자원별 공급 예측 모델		
	자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술	•자원 순환 연동형 복합플랜트 설계 기술	단위지역 자원 공급량 유형별 복합 플랜트 구성	5년	30억 원
		•폐자원 활용 에너지 생산량 예측 기술	자원 순환 연동형 복합 플랜트 공급 예측 모델		
복합플랜트 통합운영 플랫폼(REMS)		•에너지/자원/환경 설비 대상 복합플랜트 구축을 위한 양방향 통합 네트워크 운영 기술 및 운영 시스템(하드웨어 및 소프트웨어) 기술		5년	70억 원
구 성 기 술	복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	•복합플랜트 네트워크 성능 확보 기술 개발 •양방향 통신 및 분산형 제어가 가능한 복합플랜트 네트워크 핵심기기 개발	복합플랜트 통합 운영관리를 위한 네트워크 기술	5년	30억 원
	자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	•복합플랜트 대상 개방형 플랫폼 구축기술 개발 •AI 기반 분석 서비스를 제공하는 복합플랜트 통합 운영 시스템 개발 및 통합관제센터 구축	통합운영시스템 및 관제센터 구축	5년	40억 원

마. 최종 성과물 및 성과지표

<표 6-70> (세부 2-1) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
지하복합플랜트 주변 지하수 조사 및 평가기술 확보	오염물 검출농도의 목표를 달성할 수 있는 가장 경제적인 배치도출	목표달성 여부	%	90

<표 6-70> (세부 2-1) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
오염물 검측 및 유출평가 기술 개발	오염물 검측 가능 농도 목표치 달성	개발된 장비를 이용해 실내실험에서 목표 오염농도 검측	농도 (mg/L)	5mg/L 이하 검측
	실증적용 타당성	관련 전문가 평가	%	90
	복합 물리탐사장비 개발	지하 복합플랜트 주변 지하수 조사 및 평가를 위한 복합 물리탐사장비 설계 및 제작	종	2종 이상
환경영향평가 종합 모니터링 기술 구축	센서 모듈화 (소형화 및 단일화)	목표 위험물 검측농도를 만족할 수 있는 센서의 제원을 산정	센서 모듈 크기 (cm)	20cm x 10cm x 2cm 이하
	시작품 제작	제작 여부	건	1
빅데이터 기반 고신뢰도 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 기술 개발	모니터링 신뢰도	육상 정유화학, 가스 유인 플랜트 이상 감지 시스템 부분 적용 건수 측정	건	2
지하 복합플랜트 재난 위험요소 및 피해규모 예측/확산 방지 기술 개발	통합 감시율	공공하수도시설 내 위험물 시설의 설치 및 유지관리 지침에 따른 통합 감시율 측정	%	80
	확산방지 적용 건수	도시가스사업법 적용 건수 측정 또는 산업안전보건법 적용 건수 측정	건	2
지하 복합플랜트 무인화 안전 운전 기술 개발	모듈화 설비의 연속 무인 운전 시간	원격제어 기반 플랜트 부분 시험 적용 시간 측정	시간	12
지식재산권	특허출원	특허출원 여부	건	8
	특허등록	특허등록 여부	건	4
학술적성과	국내외 학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재 여부	건	10
	SCI급 게재 논문 건수	SCI급 논문 게재 여부	건	5

1.2 (핵심기술 2-1-1) 에너지/자원/환경 모니터링 기술

가. 기술 개요

- (정의) 지하 복합플랜트 시설의 토양 및 지하수 오염을 측정·평가하는 장비 개발, 지하 복합플랜트를 포함한 인근 지역의 환경 문제를 장기적·지속적으로 모니터링 할 수 있는 시설 및 시스템

<표 6-71> (핵심 2-1-1) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-1. 에너지/자원/환경 모니터링 기술		7년	160억 원
	-1. 지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	7년	80억 원
	-2. IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	7년	80억 원



<그림 6-32> 환경 모니터링 통합관리시스템 개요

나. 기술개발 필요성

- 지하 복합플랜트의 경우 설계부터 시공, 운영에 이르는 기간 동안 넓은 구역을 장기간 모니터링 할 수 있는 플랫폼의 설치가 필수적
 - 지하복합플랜트의 오염물질 누출여부를 지속적으로 상시 감시하고 발생할 수 있는 토양·지하수 오염을 사전에 차단하기 위한 기술개발 필요
- 지하 복합플랜트 주변 지하수 조사 및 평가기술은 지하복합플랜트로 인해 주변 지역 거주자와 사용자에게 악영향을 미칠 수 있는 지하수 및 토양에 대한 조사기술을 의미하며, 오염된 지하수 및 토양을 조속히 확인하여 관리할 수 있도록 적합한 관측공 설치가 요구
- 오염물 검측 및 유출평가기술은 지하복합플랜트에서 지하수로의 오염물



<그림 6-33> 토양오염의 원인

유출 여부를 평가할 수 있는 기술을 의미함. 이를 위해서는 전자기파를 이용한 검측기술이 필요하며, 지하수 오염상황을 모델링하고 측정한 전자기파의 신호 해석 및 해석 결과의 신뢰도 검증이 요구

- 환경영향평가 종합모니터링기술은 오염물 검측 및 유출평가기술을 기반으로 한 센서 모듈 및 통계이론을 이용하여 설계된 복합적 모니터링 기법을 의미
 - 센서모듈은 지하복합플랜트에 대한 적용성, 적합성, 경제성 등을 고려한 최적설계를 목표로 하며, 통계적 기법으로 오염물 유출위치 및 유출정도를 정확히 평가할 수 있도록 함

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-72> (핵심 2-1-1) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	지하수 조사용 관측공 설치 간격 및 위치or샘플링	폐기물 매립장에 대해서만 하류에 지하수 검사정 2개 이상 설치, 분기별 1회 이상 측정	문헌조사, 현장답사를 통한 관측공 배치 결정	환경적/경제 적으로 최적화된 배치로 수정
	센서 모듈화 (소형화 및 단일 개체화)	개별 측정 센서	다종의 센서를 종합할 수 있는 모듈 개발	센서 모듈 최소화 (20cm X 10cm X 2cm 이하)
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	오염물 검측농도(mg/L) 2종 이상 복합 물리탐사장비 개발	오염물 200mg/L 이하 검측 개별 물리탐사 장비	5mg/L 이하의 오염물 검측이 가능한 음파	5mg/L 이하의 오염물 검측이 가능한

<표 6-72> (핵심 2-1-1) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
			탐사 장비 개발	음파/전자기파 탐사 장비 개발
	IoT를 활용한 모니터링 기술 마련	모니터링 기술 분야에서 IoT에 대한 지식이 부족하며 도입 미온적	IoT를 도입한 모니터링 기술 개발	IoT를 도입한 모니터링 효율·경제성 평가

<표 6-73> (핵심 2-1-1) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	1 단계	지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술 수립	• 심도별, 위치별 토양 및 지하수 샘플링 기법 개발 • 오염물 검출 및 유출평가 해석 기법 개발
	2 단계	지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가기술 구체화 및 상용화	• 복합 기법을 이용한 토양 및 지하수의 영향 평가 기술 개발 • 오염물 검출 및 유출 평가 정밀도 향상
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	1 단계	IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술 도입 및 실효성 분석	• 계측 기술용 모니터링 센서 모듈 제작
	2 단계	IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술 운영 및 개선	• 센서 모듈 및 IoT를 활용한 종합 모니터링 시스템 구축

라. 관련 R&D 동향

<표 6-74> (핵심 2-1-1) 최고 기술 보유국 대비 국내 수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준
기술수준	100 (미국)	30
TRL	8	2
기술 성숙도	IoT 기술을 활용한 사회기반시설 감시 및 방재시스템을 연계 구축	지하시설물 정보를 개별 시스템으로 구축
주요성능	산업설비에 무선센서를 적용하고 저전력/장거리 통신 개발 및 표준화	IoT 기술 활용을 위한 산업계의 요구에 따라 기술개발 및 국제표준 제정

1) 국내 동향

○ (연구동향) 지하수 유동과 침출수 누수가 문제가 되는 구조물 주변

지역에서의 지하수 및 토양 모니터링은 필수적이며, 이는 수질검사를 위한 관측공을 설치하는 방법과 물리탐사 기반으로 지하수를 조사하는 방법으로 나눌 수 있음.

- 관측공을 설치하는 방법의 경우, 설치 지점의 심도별 지하수를 지속적으로 채취할 수 있으며 실험을 통하여 직접적인 영향평가가 가능하다는 장점이 있으나 관측공 설치 및 관리가 고가이므로 넓은 지역의 지하수 모니터링이 어려움
- 물리탐사 기반의 지하수 조사의 경우, 비교적 넓은 지역의 지하수 및 토양 모니터링이 가능하지만 지반의 비균질성으로 인해 영향평가의 정확성이 떨어지며 평가에 한계

○ **(관측공 설치)** 오염원을 제공할 수 있는 시설 주변의 지하수 흐름을 파악하고 오염발생 이전의 지하수 수질을 채취 및 분석할 수 있는 지점과 오염물이 주위 토양 및 지하수로 이동하는 것을 탐지할 수 있는 지점에 설치

- 사전조사를 통하여 관측공 설치 지점의 선정이 적절하게 수행되어야 하며 심도별 토양 및 지하수의 샘플링 및 분석 기술 개발이 필수

○ **(향후 기술개발 방향)** 넓은 지역의 모니터링이 불가능한 관측공 설치 방법과 관측공에 대해 비교적 정확성이 떨어지는 물리탐사법의 단점 보완 필요

- 관측공 설치와 물리탐사를 상호보완하면 광범위한 지역에서의 지하수 및 토양의 오염도에 대한 정확한 모니터링이 가능

○ **(샘플링 및 조사 기술의 체계화 요구)** 넓은 지역에서 모니터링을 장기간 동안 수행할 경우 일관적인 조사 및 평가 요구

- 지하수 및 토양의 샘플링 기법과 조사 기술에 대하여 매뉴얼을 작성하고 지하시설에 미치는 영향평가의 기준을 제시하여 일관된 평가 가능

2) 해외 동향

○ **(물리탐사)** 물리탐사방법은 탐사지점의 전기비저항과 같은 지구물리학적 물성치를 제공하며, 이를 이용하여 지층 하부의 물리적 특성을 유추

- 침출수 오염이 진행된 지역에서는 지하수 및 토양의 성분 변화로 인하여 전기적 물성 변화가 발생하는데, 이를 토양 및 지하수의 영향 평가에

연계시키는 연구 필요

마. 추진 전략

- 1단계에서는 사전 조사를 통하여 적절한 물리탐사기술을 확보하고 토양 및 지하수 샘플링 기법을 개발하며, 기존 물리탐사법을 적용한 센서모듈을 개발 및 검증
- 2단계에서는 1단계 기술개발을 통해 확보된 기술을 이용하여 현장 적용성 평가를 수행하며, 측정된 토양 및 지하수의 물성치에 근거하여 환경영향평가 기준을 제시

<표 6-75> (핵심 2-1-1) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
지하복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	8	●	●	○	○	○
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	6	●	●	○	○	○

※ ● : 주, ○ : 부

바. 유사과제 중복성, 차별성, 연계 활용방안 검토

<표 6-76> (핵심 2-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	- 관측공 설치와 물리탐사를 복합적으로 사용하는 기술이 적용된 바 없으며, 샘플링 및 해석 기법에 있어 일관성 부족 - 지하수에서의 오염물 검출에 적합한 물리탐사기술의 부족	- 복합 기법을 구성하고 현장 적용을 위한 연구개발을 수행하고, 일관적인 측정 및 분석을 위한 가이드라인 제시가 필요 - 각 물리탐사기술과 비교 분석하여 선정하고 새로운 해석 기술을 통한 물리탐사의 기술적합성 증대
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	환경영향 평가 시스템에서 유출위치 평가의 불확실성	통계적 기법을 적용하여 목표오차 내의 유출위치 평가가 가능하도록 보완하고, 복합적 평가 및 상호보완이 가능한 물성치들을 사용

<표 6-77> (핵심 2-1-1) 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
AIS 연계 및 IoT 기술기반 해양플랜트 통합관제 솔루션 개발	(주)네오텍	2015~2017	플랜트의 모니터링 시스템 구축이란 점에서 유사하나 본 과제에서는 해양구조물이 아닌 도심지구조물이라는 점에서 IoT 기술 활용 시 차이가 있음. 또한 단순히 구조물의 안전성만을 평가하는 것이 아닌 환경영향 요인을 실시간으로 감시한다는 점에서 의의가 있음.

<표 6-77> (핵심 2-1-1) 유사과제 분석

유사과제명	수행기관명	수행기간	차별성
도시기반 순환형 복합플랜트 기술 기획	한국건설기술 연구원	2013~2014	도시기반의 복합플랜트 기술 개발이라는 점에서 유사하고 환경 분석을 수행하였으나 기술 개발 기획만 수립하였음. 본 연구는 복합플랜트를 환경적으로 모니터링하기 위한 플랫폼을 실증적/구체적으로 구축한다는 점에서 차별성이 있음.

<표 6-78> (핵심 2-1-1) 전후방 기술과 연계 활용방안

사전 확보기술		⇒	본 핵심기술명	⇒	후속/연계 활용기술 (본 사업 핵심/구성기술에서)	
선행 기술명	사물인터넷(IoT) 기반 도시 지하매설물 모니터링 및 관리시스템 기술 개발		기술명		IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	
연계 대상물	지하매설물 모니터링 및 관리 기술		대상 성과물		IoT를 도입한 지속적/장기적 모니터링 시스템 개발	
활용 방안	사전 확보기술을 활용하여 지하복합플랜트의 모니터링을 위한 최적화된 시스템 구축		활용 방안		도심지 지하복합플랜트의 환경적/구조적 요인을 모니터링하여 통합운영 플랫폼에 적용	



기존 사업 /기술 연계	과제 개요	연계대상 성과물	차별성/활용방안
	과제명 : AIS 연계 및 IoT 기술기반 해양플랜트 통합관제 솔루션 개발 기간 : 2015~2017 내용 : 해양플랜트 모니터링 플랫폼 운영을 위한 프로그램 개발	임베디드 기반 모니터링 솔루션	(차별성) 구조적 안정성 외에도 환경 요인들을 평가할 수 있는 모니터링 시스템 (활용방안) 환경 요인들을 지속적/장기적으로 측정 및 분석하여 지역민의 환경적 욕구 충족
	과제명 : 도시기반 순환형 복합플랜트 기술 기획 기간 : 2013~2014 내용 : 도시기반의 복합플랜트 기술 개발 및 핵심과제 도출	도시기반 순환형 복합플랜트 기획	(차별성) 통합운영 플랫폼을 실증적/구체적으로 구축 (활용방안) 통합운영 플랫폼 구축을 통한 지하복합플랜트 운영의 구조적/환경적 안정성 확보

사. 기술개발 위험요인 및 대응 방안

<표 6-79> (핵심 2-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	• 관측공 설치와 물리탐사를 복합적으로 사용하는 기술이 적용된 바 없으며, 샘플링 및 해석 기법에 있어 일관성 부족	• 복합 기법을 구성하고 현장 적용을 위한 연구개발을 수행하고, 일관적인 측정 및 분석을 위한 가이드라인 제시가 필요
	• 지하수에서의 오염물 검출에 적합한 물리탐사기술의 부족	• 각 물리탐사기술과 비교 분석하여 선정하고 새로운 해석 기술을 통한 물리탐사의 기술적합성 증대
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	• 환경영향 평가 시스템에서 유출위치 평가의 불확실성	• 통계적 기법을 적용하여 목표오차 내의 유출위치 평가가 가능하도록 보완하고, 복합적 평가 및 상호보완이 가능한 물성치들을 사용

아. 소요예산

1) 투자 규모

- 총 160억 원 중 정부출연금 112억 원(70%), 민간부담금 48억 원(30%)로 구성

<표 6-80> (핵심 2-1-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
지하 복합플랜트 환경영향 조사/평가 기술	국고	6	10	15	10	7	4	4	56
	민자	3	4	6	6	3	1	1	24
	소계	9	14	21	16	10	5	5	80
IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 기술	국고	7	9	14	14	7	4	1	56
	민자	3	4	6	6	3	1	1	24
	소계	10	13	20	20	10	5	2	80
합계		19	27	41	36	20	10	7	160

<표 6-81> (핵심 2-1-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	13	18	29	26	14	7	5	112
민자	6	9	12	10	6	3	2	48
합계	19	27	41	36	20	10	7	160

1.3 (핵심기술 2-1-2) 지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술

가. 기술 개요

- (정의) 플랜트의 지하화/복합화 설계, 건설 및 운영에 따른 여러 위험/안전 요인을 사전에 인지하고 해결하기 위한 안전 플랫폼 구축 기술

<표 6-82> (핵심 2-1-2) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-2. 지하밀폐공간 지능형 재난 안전 플랫폼 기술		7년	170억
	-1. 빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	5년	60억
	-2. 지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술	5년	60억
	-3. 지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	5년	50억

나. 기술개발 필요성

- 하수 찌꺼기를 이용해서 바이오가스를 생산하는 혐기성 소화조와 발생한 가스를 이용하기 위한 가스 저장시설 등에 대한 안전관리가 중요하며, 소화조 등 위험시설의 폭발·화재 위험과, 밀폐된 공간에서 가스 질식 등 안전사고가 다수 발생
- 맨홀, 하수도, 펌프장 등 밀폐된 공간은 황화수소 등 유해가스로 인해 질식 위험이 매우 높은 곳으로, 작업 전에 안전사고 예방조치 구축 필요

<표 6-83> 환경기초시설 국내 사고 사례

시·군	시설명	하수처리장 사고 개요
대구시	신천 하수처리장	• 일 시 : 2016. 10. 24 • 장 소 : 신천하수처리장 내 소화조 • 사고내용 : 메탄가스로 인한 소화조 폭발로 소화조와 연결된 음식물쓰레기 처리수 배관교체 및 보온작업 중인 근로자 사상 • 피해상황 - 인적 피해 : 사망 2명 - 시설물 피해 : 소화조 폭발·화재로 인한 주변시설 전소 • 조치내용 : 소화조 설치 등 전소시설 재건
제주시	남원 하수처리장	• 일 시 : 2016. 7. 7 • 장 소 : 서귀포시 표선면 하수펌프장 • 사고내용 : 작업인부 2명이 펌프장 준설작업 중 부패된 슬러지에서 발생한 유독가스에 의해 질식 • 피해상황

<표 6-83> 환경기초시설 국내 사고 사례

		- 인적 피해 : 사망 2명 - 시설물 피해 : 없음 • 조치내용 : 지하층 등 밀폐공간 점검 시 2인 이상 동행 및 사전 흡배기시설 가동여부 확인, 유해가스 측정, 안전마스크 착용 등
경기도 안산	안산 하수처리장	• 일 시 : 2016. 9. 6 • 장 소 : 안산하수처리장 내 농축기동 • 사고내용 : 순찰자 1명이 농축기동 순찰 중 환기시설 미가동에 따른 황화수소로 추정되는 가스에 질식 • 피해상황 - 인적 피해 : 질식 3명, 사망 1명 - 시설물 피해 : 없음 • 조치내용 : 환기시설 개선 및 안전교육 등
전남 목포시	북항 하수처리장	• 일 시 : 2014. 6. 14 • 장 소 : 북항 하수처리장 내 탈수기동 지하1층 • 사고내용 : 작업인부 2명이 집수정 펌프교체 작업 중 바닥에 쌓여 있는 부패슬러지에서 발생된 유해가스에 의해 질식 • 피해상황 - 인적 피해 : 중상 1명, 사망 1명 - 시설물 피해 : 없음 • 조치내용 : 흡·배기시설 개선 보수 완료 등
경기도 시흥시	시화 하수처리장	• 일 시 : 2014. 7. 1 • 장 소 : 탈수기동 지하저류조 부근 • 사고내용 : 약품납품 업체대표가 보호장비 미착용 상태에서 슬러지 저류조 약품 투입상태 확인 과정에서 유해가스에 의해 질식사고 발생 • 피해상황 : 사망 1명(시설물 피해 없음) • 조치내용 : 탈수기동 지하실 환기시설 개선 등

○ 지하플랜트 설계/설치/운전 경험이 전무하여 통합 감시 시스템에 대한 경험이 부족하나, 우리나라는 ICT 분야 강점을 살려 이를 이용할 수 있는 지하밀폐공간 안전 시스템을 독자적으로 구축할 수 있는 기술을 정부적 관점에서 확보하여야 하며, 추후 관련기술을 전 세계 시장을 대상으로 수출할 수 있는 기반 구축 필요

○ 도시기반 지하복합플랜트의 연계, 통합화/지하화 구축시 기계장치, 장비, 배관, 운전자 등을 고려한 안전운전이 필요하며, 지하공간의 흡배기환경에서 장시간 노출되어 근무하는 현장 작업자들은 환경인지 감각이 둔감해지므로 설비의 운전/안전 사고 문제가 발생할 가능성이 있으며, 이러한 문제를 해결할 수 있는 지능형 지하밀폐공간 재난 안전 플랫폼 개발 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-84> (핵심 2-1-2) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	모니터링 신뢰도	육상 정유화학, 가스 유인 플랜트 이상 감지 시스템 부분 적용	AI 기반 이상 상황 자동 감지 및 대응 시제품 개발 및 검증
			고신뢰도 안전 계장 시스템 개발 및 검증
지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술	통합 감시율, 확산방지 적용 건수	공공하수도시설 내 위험물 시설의 설치 및 유지관리 지침	누출/화재/폭발 개별/통합 감시용 플랜트 적용 및 위험도 영향 분석
			통합 감시망 시스템 설계의 고도화
지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	모듈형 설비의 연속 무인 운전 시간	원격제어 기반 플랜트 부분 시험 적용	지하복합플랜트 무인 안전 운전 검증(12시간 이상)
			이상 상황 감지 자동 안전 섯다운 시스템 구축

<표 6-85> (핵심 2-1-2) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	1 단계	AI 기반 이상 상황 자동 감지 및 대응 시스템 시제품 설계	• AI 기반 이상 상황 자동 감지 시스템 설계 • AI 기반 이상 상황 대응 시스템 설계
		고신뢰도 안전계장 시스템 설계	• 안전도 수준(SIL)의 평가 및 인증 • 제어 시스템(DSC 등)과의 분리 설계 • 입력 모듈, 논리회로 모듈, 출력 모듈 등의 조합 배선 및 안전계장 시스템 로직 처리 설계 • 강인한 내환경구조 설계 및 자가진단 기반 의 높은 안전성 설계
	2 단계	AI 기반 이상 상황 자동 감지 및 대응 시스템 시제품 개발 및 검증	• AI 기반 이상 상황 자동 감지 시스템 개발 및 검증 • AI 기반 이상 상황 대응 시스템 개발 및 검증
		고신뢰도 안전계장 시스템 개발 및 검증	• 안전도 수준(SIL)의 시스템 로직 반영 • 제어 시스템(DSC 등)과의 분리 구현 • 입력 모듈, 논리회로 모듈, 출력 모듈 등의 조합 배선 및 안전계장 시스템 로직 구현 • 강인한 내환경구조 및 자가진단기반의 높은 안전성 실현
지하복합플랜트 누출/화재/폭발	1 단계	지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시망 설계 및 개념 정립	• 지하 복합플랜트 운영 데이터 연결, 데이터 분석 및 진단, 지능화/자율화 요구사항 도출 • 지하 복합플랜트 운영 데이터 연결, 데이터

<표 6-85> (핵심 2-1-2) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
실시간 통합 감시 및 확산방지 기술		시나리오기반 안전설계, 통합 감시망 설계 개념 적용 사례 구현	분석 및 진단, 지능화/자율화 프로세스 및 프레임 워크 설계 • 지하 복합플랜트 실시간 통합 감시망 개념적 적용 대상 및 시나리오 도출 • 지하 복합플랜트 실시간 통합 감시망 개념적 모델 구현
	2 단계	누출/화재/폭발 개별/통합 감시용 방법론의 대상 플랜트 적용 및 위험도 영향 분석	• 누출/화재/폭발 개별/통합 감시용 방법론의 대상 플랜트 적용 • 적용 플랜트 누출/화재/폭발 위험도 영향 분석 • 통합 감시망 시스템 설계 고도화 기능 도출 및 부분 구현
		통합 감시망 시스템 설계의 고도화 및 매뉴얼화	• 통합 감시망 시스템 매뉴얼기반 표준화 설계
지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	1 단계	지하 복합플랜트 모듈별 무인화 안전 운전 시스템 설계 구현 및 시험	• 지하 복합플랜트 무인화 안전 운전 시스템 설계 • 지하 복합플랜트 무인화 안전 운전 시스템 구현 • 지하 복합플랜트 무인화 안전 운전 시스템 시험
	2 단계	지하 복합플랜트 무인 안전 운전 검증	• 지하 복합플랜트 모듈별 무인화 안전 운전 시스템 통합 • 지하 복합플랜트 무인화 안전 운전 시스템 대상 플랜트 적용
		이상 상황 감지 자동 안전 섯다운 시스템 개발 및 시험	• 이상 상황 감지 자동 안전 섯다운 시스템 개발 및 적용

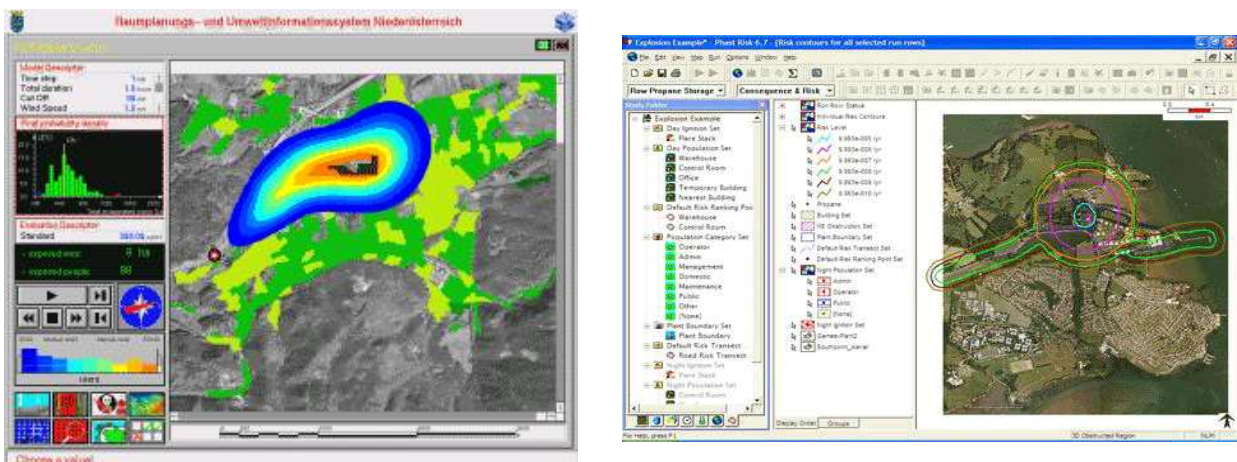
라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- 정유, 석유화학 및 가스 등 육상 플랜트 이상감지, 모니터링 기술 국산화는 현재 서울대, 명지대, ECMiner 등에서 다년간 연구 개발 중
- 플랜트 자동 안전 섯다운 기술은 인공지능의 planning 기술에 기반해 발전소 및 보일러를 중심으로 부산대, 명지대 등에서 섯다운 자동합성 시스템 연구 중
- 빅데이터 기반 안전 예지정비 및 플랜트 신뢰성 확보 기술중 예지정비는 플랜트에 도입중이나, 대부분이 외산 패키지를 이용

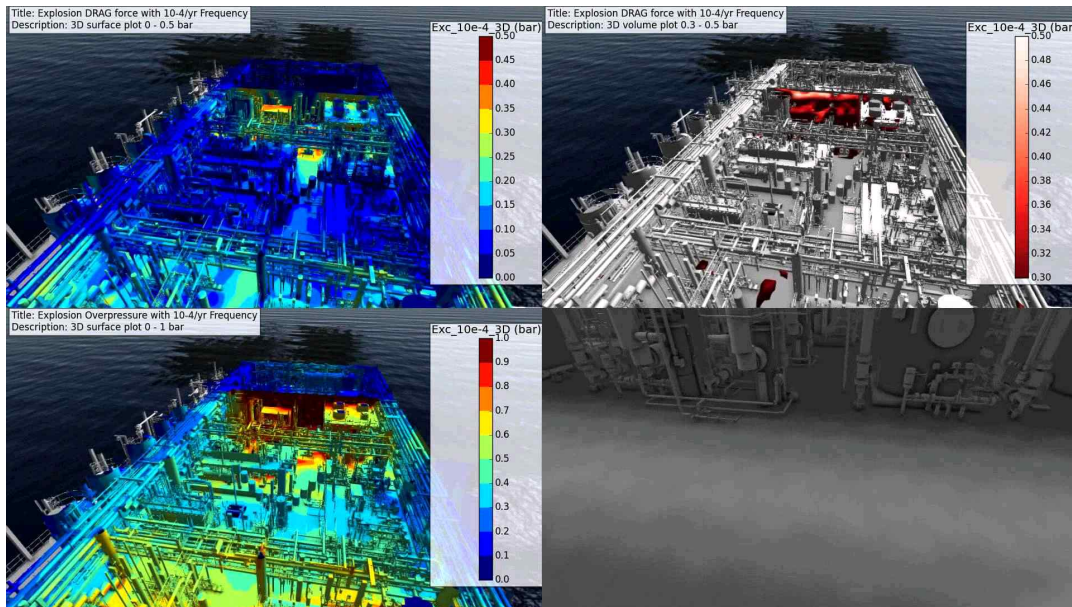
2) 해외 동향

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

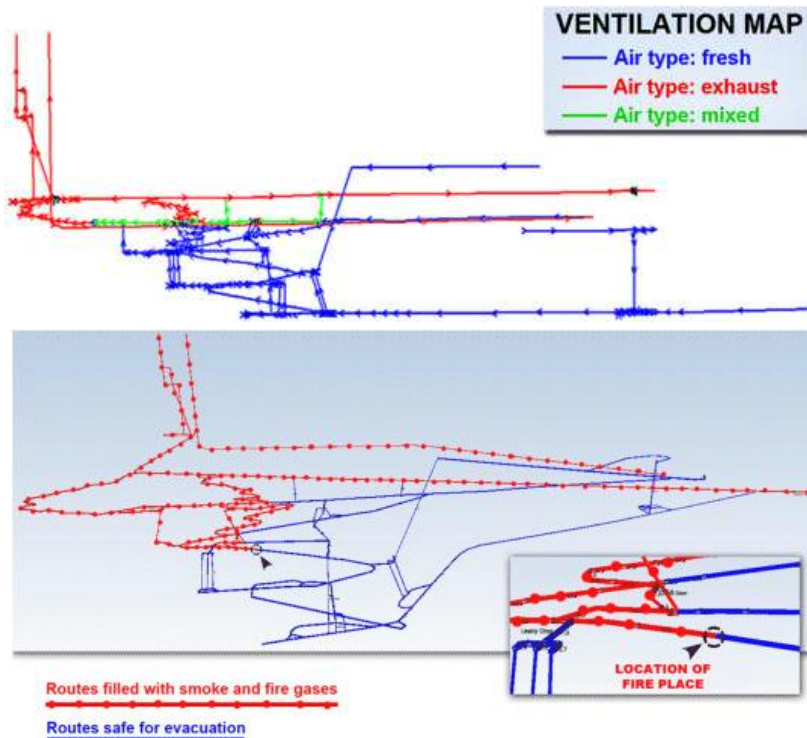


<그림 6-34> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고해석 시뮬레이션

- FLACS (FLame ACceleration Simulator)는 상용 CFD 소프트웨어로서 폭발, 확산 모델링 등 산업 안전 및 위험성 평가에 주로 사용되며, 정유화학, 제조업, 식품 가공 처리, 목재 재조, 금속 가공, 원자력 발전소 등에 사용
- 미국 NIST에서 개발한 Fire Dynamics Simulator (FDS)는 화재 전용 시뮬레이터로서, 지하 화재 발생시 배기 환기 지도, 탈출 경로 등을 계획 가능



<그림 6-35> 플랜트 가스누출/화재/폭발 사고확산 CFD



<그림 6-36> 지하 화재 환기 지도 및 화재 탈출 경로 시뮬레이션

- 유럽에서 연구 프로젝트로 수행된 HITERM프로젝트는 2000년에 완료되었으며 3D 기반의 환경 영향 확산 모델링 및 시뮬레이션과 사고 대응 관리를 위해 위험 물질 확산, 사고 대응을 화학 플랜트를 대상으로 구현
- 미국 NIST-Honeywell의 ASM 기술개발(1994-현재)과 더불어, Emerson, Shell 등이 육상 플랜트의 이상감지, 모니터링 및 진단 기술을 해상 및

소규모의 극한지 플랜트 무인화에 확대 적용 중

- Emerson의 영국 offshore Solan 오일 플랫폼 무인화 시스템 구축
- Shell의 무인화를 넘어선 로봇화된 설비 기반의 미래 플랜트 비전 제시
- 플랜트 이상상황 자동 감지 대응 자동 섯다운 기술은 일본 요코가와를 중심으로 자동 섯다운 시스템을 가스플랜트 등에 공급중
- 빅데이터 기반 안전 예지정비 및 플랜트 신뢰성 확보 기술은 Schneider, Honeywell 등이 국내 플랜트사를 중심으로 컨설팅 중

마. 추진 전략

<표 6-86> (핵심 2-1-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술		○	●			
지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술		○	●			
지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술			●		○	

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-87> (핵심 2-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	• 지하 복합플랜트 안전사고 데이터 확보 여부	• 데이터 분석 기술개발을 목적으로 기존 실적 플랜트 건설 사고 데이터를 활용하 여 분석 기술 개발 가능
지하복합플랜 트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술	• 개발될 지하 복합플랜트 재난 위험요소 및 피해 규모 예측 기술의 실효성 여부	• 지하 복합플랜트 프로젝트의 대부분은 기 자재 및 모듈로 구성이 되며, 이들의 플 랜트 시공 및 운영시 발생 가능한 사고를 예측하여 사전 대비하는 것이 중요 • 지하 환경에서는 일반 환경과는 상이한 작업 환경으로 플랜트 중요 설비의 운전 특성과 운영이 매우 중요할 것으로 판단 됨 • 중요 설비 안전 관리 기술은 공정 및 시 공 관리, 플랜트 운영에 필수

<표 6-87> (핵심 2-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	• 유인 운전과 비교하여 안전 사고 발생시 대응 능력 신뢰도 여부	• 향후 기술 개발 완료 단계에서 테스트 베드를 대상으로 실증을 통해 무인화 플랜트의 사고 대응 능력과 신뢰도 검증
		• 이상 상태 감지 작동 Shut down 시스템과 같은 비상 상황 대비 안전 장치 구축

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 170억 원 중 정부출연금 119억 원(70%), 민간부담금 51억 원(30%)로 구성

<표 6-88> (핵심 2-1-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
빅데이터 및 신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	국고	-	-	3	14	14	7	4	42
	민자	-	-	2	6	6	3	1	18
	소계	-	-	5	20	20	10	5	60
지하복합플랜트 누출/화재/폭발 실시간 통합 감시 및 확산방지 기술	국고	7	10	14	7	4	-	-	42
	민자	3	5	6	3	1	-	-	18
	소계	10	15	20	10	5	-	-	60
지하복합플랜트 무인화 안전 운전 기술	국고	7	14	7	3	4	-	-	35
	민자	3	6	3	2	1	-	-	15
	소계	10	20	10	5	5	-	-	50
합계		20	35	35	35	30	10	5	170

<표 6-89> (핵심 2-1-2) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	14	24	25	24	21	7	4	119
민자	6	11	10	11	9	3	1	51
합계	20	35	35	35	30	10	5	170

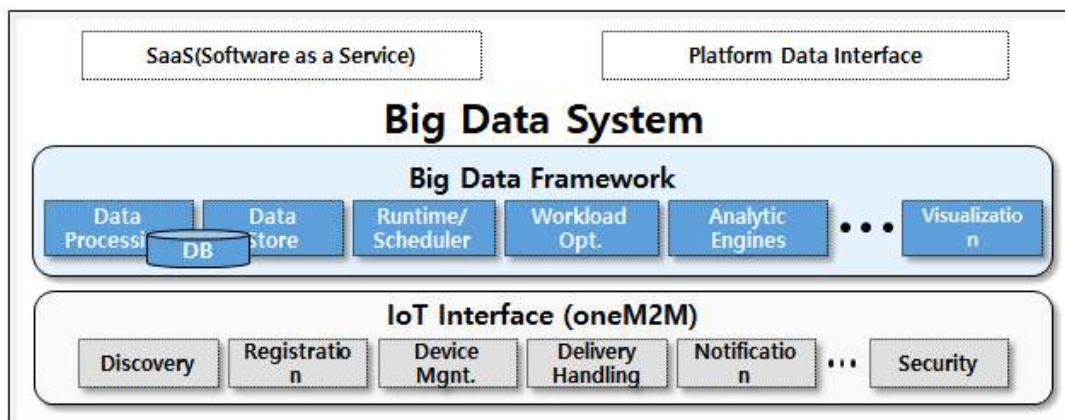
1.4 (핵심기술 2-1-3) 복합플랜트 빅데이터 시스템 기술

가. 기술 개요

- (정의) IoT기반의 모니터링 기술과의 연계하고 복합플랜트의 실시간 운영 최적화를 위해 단위 지역에서 발생하는 다양한 형태의 빅데이터를 실시간으로 수집/처리/저장/관리하는 빅데이터 시스템 기술

<표 6-90> (핵심 2-1-3) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-3. 복합플랜트 빅데이터 시스템 기술		7년	130억 원
	-1. 복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	7년	60억 원
	-2. 단위지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	7년	70억 원



<그림 6-37> 복합플랜트 빅데이터 시스템 개요

나. 기술개발 필요성

- 지하공간에서 운영되는 폐자원 순환 기반 복합플랜트의 에너지, 자원 및 환경 측면의 다각적 관점의 능동적인 운영 분석을 통한 운전 최적화의 필요성 증가
 - 복합플랜트의 자원순환, 에너지 효율 및 환경 부하등에 대한 효과적인 분석을 지원할 수 있는 높은 가용성 기반의 빅데이터 시스템 기술 개발이 필요
- 도시자원 기반 지하복합플랜트의 자원 순환 상태, 에너지 생산 예측 및 각종 환경부하 발생에 대한 실시간 데이터 수집 및 분석을 위한 최적화된 빅데이터 시스템을 구축하여 복합플랜트의 가용성 제고

- 폐자원 순환 기반의 복합플랜트의 운영에 기여하는 다양한 복합인자들의 실시간 변동 특성 분석을 통해 복합플랜트의 운영 신뢰성과 운전 효율성을 확보할 수 있는 실시간 빅데이터 시스템 기술 개발 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-91> (핵심 2-1-3) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	스트림 빅데이터 처리 속도	스트림 빅데이터에 대한 초당 처리 건수	에뮬레이터 또는 실증 사이트 스트림 빅데이터 Throughput 검증
단위지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	빅데이터 플랫폼 가용성	Watchdog 시스템 연동 기반 시스템 운영 상태 측정	빅데이터 전세 시스템 및 세부 모듈에 대한 운영 상태 가용성 99% 검증

<표 6-92> (핵심 2-1-3) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	1 단계	복합플랜트 실시간 빅데이터 설계 및 처리 기술 개발	• 지하공간 복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 분류 및 다중 데이터 포맷 설계 • 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 전처리 프레임워크 개발 • 지하공간 복합플랜트 에너지/자원/환경 실시간 빅데이터 처리 기술 개발
	2 단계	복합플랜트 IoT 모니터링 시스템 연동 적용 및 실시간 처리 기술 실용화	• IoT 기반 에너지/자원/환경 모니터링 시스템과의 연동 실증 • 복합플랜트 적용 기반 에너지/자원/환경 빅데이터 전처리 및 실시간 스트리밍 처리 기술 보완 및 고도화 • 복합플랜트 에너지/자원/환경 실시간 빅데이터 처리 기술 실용화
단위지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	1 단계	복합플랜트 빅데이터 collector 및 배치 데이터 처리 프레임워크 개발	• IoT connectivity 지원을 위한 표준 인터페이스 프로토콜 적용 기술 개발 • 복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 속성 기반 데이터 collector 기술 개발 • 맵리듀스 기반 배치 처리 프레임워크 개발
	2 단계	단위지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 실증 적용 및 고도화	• IoT 표준 connectivity 적용 기반 데이터 collector 기능 보완 및 최적화 • 단위 지역 에너지/자원/환경 다중 빅데이터 통합 처리 프레임워크 실증 적용 및 고도화 • 복합플랜트 실증 적용 기반 단위 지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 실용화

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- (연구 동향) 국내의 경우 4차 산업 혁명에 대응하기 위한 데이터 수집, 텍스트 마이닝, 하둡 생태계 통합 연계, 통합 관리/운영 체계, 실시간 확장성과 안정성을 제공하기 위한 빅데이터 플랫폼 개발이 활발히 진행되고 있음
- 국내에서도 한전 등의 에너지 공기업을 포함한 다수의 민간기업에서 건물에너지관리시스템(BEMS), 공장에너지관리시스템(FEMS) 등의 분야에서 효과적인 빅데이터 시스템 개발과 구축을 진행하고 있음

2) 해외 동향

- (연구동향) 미국의 경우 ‘에너지 빅데이터 플랫폼 그린버튼’ 프로젝트를 통해 전력 생산자와 소비자의 정보를 공유하게 함으로써 전력소비자가 실시간으로 전력사용량을 확인할 수 있도록 하는 플랫폼을 개발함
- 덴마크의 풍력발전 터빈 제조업체인 베스타스 윈드 시스템(Vestas Wind System)은 기온, 강수량, 풍속, 습도, 대기압 등의 정형 및 비정형 빅데이터를 활용한 모델링 기법으로 최적 운영방안을 도출하는데 활용

마. 추진 전략

- 1단계에서는 사전 연구를 통하여 지하공간 복합플랜트의 에너지, 자원 및 환경 영향 인자 기반의 빅데이터를 설계하고 배치 및 실시간 처리 기술을 개발하여 이를 검증함
- 2단계에서는 1단계 기술개발을 통해 확보된 기술을 현장에 대한 실증 적용을 통해 기술의 기능 및 성능을 검증하여 실용화를 추진함

<표 6-93> (핵심 2-1-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술			●			
단위지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술			●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응 방안

<표 6-94> (핵심 2-1-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	복합플랜트의 폐자원 순환 상태, 에너지 생산 및 각종 환경부하 관련 빅데이터의 실시간 수집 시 데이터 프라이버시 문제가 발생할 소지가 있음	- 복합플랜트의 운영과 운영에 따른 각종 환경부하 관련 데이터의 확보를 위해 이해 당사자간 의 협약을 통해 이에 대응함 - 기술적으로는 관련 Security 기술을 적용하여 빅데이터에 대한 침입 탐지 및 외부 유출에 대응함으로써 데이터 보안을 강화함
단위 지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	지하공간 복합플랜트의 에너지/자원/환경 빅데이터 처리 용량 예측 정확도에 따른 빅데이터 시스템 가용성 저하	- 지하공간에서의 각종 환경 부하와 복합플랜트의 자원 순환 연계 메커니즘에 대한 충분한 사전 연구를 통해 플랜트의 최적 센싱 포인트 갯수와 전송 데이터 주기 등을 수립함 - 데이터 용량의 가변성을 고려한 확장된 구조의 유연한 빅데이터 프레임워크 설계로 용량 확장에 대응함으로써 신뢰성 있는 빅데이터 시스템을 구축함

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 130억 원 중 정부출연금 91억 원(70%), 민간부담금 39억 원(30%)로 구성

<표 6-95> (핵심 2-1-3) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 실시간 처리 기술	국고	4	10	11	7	6	2	2	42
	민자	1	5	4	3	3	1	1	18
	소계	5	15	15	10	9	3	3	60
단위 지역 에너지/자원/환경 빅데이터 시스템 기술	국고	3	7	14	14	5	4	2	49
	민자	1	3	6	6	3	1	1	21
	소계	4	10	20	20	8	5	3	70
합계		9	25	35	30	17	8	6	130

<표 6-96> (핵심 2-1-3) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	6	17	25	22	12	5	4	91
민자	3	8	10	8	5	3	2	39
합계	9	25	35	30	17	8	6	130

1.5 (핵심기술 2-1-4) 복합플랜트 수요/공급 예측 기술

가. 기술 개요

- (정의) 복합플랜트 설계 및 운영을 위한 기반 기술로 단위 지역의 폐자원 발생량과 에너지 수요량, 에너지 공급량을 빅데이터에 기반하여 예측하는 기술

<표 6-97> (핵심 2-1-4) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-4. 복합플랜트 수요/공급 예측 기술		5	130
	-1. 단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	5	40
	-2. 복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	5	40
	-3. 자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술	5	50

나. 기술개발 필요성

- 단위 지역의 에너지 수요를 예측하고 단위 지역에서 발생하는 다양한 폐자원 에너지(폐가스, 산업폐기물, 생활 폐기물등) 및 신재생에너지의 생산을 연계하는 복합 플랜트의 효율적인 운영을 위한 기반 기술의 필요성이 대두
- 폐자원 순환 정도 및 이를 기반으로 한 에너지 생산과 에너지 수요에 대한 정확한 예측을 통해 복합 플랜트의 운용성 제고

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-98> (핵심 2-1-4) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	1시간 전력수요 예측 오차율(%)	3년 평균 1.97% ¹⁹⁾	1.8%
	1일 열수요 예측 오차율(%)	4년 평균 3.87% ²⁰⁾	3.5%
복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	1일 전력생산 예측(%)	RMSE 1.7% ²¹⁾	1.5%
	1일 열생산량 예측(%)	RMSE 1.0%	0.9%
자원 순환 연동형	1일 전력생산량	RMSE 1.7%	1.5%

<표 6-98> (핵심 2-1-4) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
복합플랜트 공급 예측 기술	예측(%)		
	1일 열생산량 예측(%)	RMSE 1.0%	0.9%

<표 6-99> (핵심 2-1-4) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	1 단 계	구역/용도별 에너지 수요패턴 분석 및 용도별 표준수요 패턴화 기술	• 구역면적의 용도별 에너지 사용량 분석 • 구역면적의 용도별 에너지 사용량의 예측인자 분석 • 용도별 에너지 사용량의 표준패턴 도출
	2 단 계	용도별 면적 기반 단위지역 에너지 수요 예측모델 기술	• 단위지역 용도별 면적 파악 • 단위지역 용도별 면적에 따른 표준패턴의 조합/단위지역 에너지 사용패턴 도출 • 거시적관점(시계열)과 미시적관점(용도별 수요 조합)을 연결한 하이브리드 에너지 수요 예측 모델 도출
복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	1 단 계	단위지역 구역 용도에 따른 자원별 발생량 데이터 분석 기술	• 폐자원 발생량의 단위지역 용도별 구분 • 구역 용도별 폐자원 발생량 추정 표준모델 도출
	2 단 계	단위지역 구역 용도에 따른 자원별 공급 예측 기술	• 단위지역 용도별 면적 파악 • 단위지역 용도별 면적에 따른 폐자원 발생량 표준모델의 조합 • 단위지역 폐자원 발생량 예측
자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술	1 단 계	자원 순환 연동형 복합플랜트 설계 기술	• 단위지역 폐자원 발생량에 맞는 폐자원 생산시설의 구성 및 설계 • 단위지역 에너지 수요에 맞는 폐자원 활용 열병합 플랜트 및 에너지 생산시설의 설계
	2 단 계	폐자원 활용 에너지 생산량 예측 기술	• 폐자원 활용 재료(SRF, MDF 등) 생산량 예측 • 폐자원 활용 재료를 이용한 열병합발전 에너지 생산량 예측 • 소각열을 이용한 열병합 플랜트 에너지 생산량 예측

19) 「전력 수요예측 기법에 대한 해외 동향 및 국내 수요예측 현황」, 임종훈 외 (2013)

20) 「한국지역난방공사의 겨울철 열수요 예측을 위한 선형회귀모형 개발」, 백종관, 한정희 (2011)

21) 「소형 가스엔진 열병합발전의 운전거동 예측을 위한 컴퓨터 시뮬레이션」, 조우진 외 (2010)

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- 스마트 배전 시스템 내 다량의 데이터가 축적되면서, 대용량 데이터를 수집 및 처리하고, 분석하는 빅데이터 분석 기술을 에너지 및 전력 산업 내 적용하는 연구개발 시도가 이루어지고 있는 추세
- 아직까지는 AMI를 기반으로 한 비즈니스모델 유형이 다양하지는 않지만 개인정보보호 등 문제가 해결되고 활용분야가 많아지면 비즈니스 영역이 넓어질 것으로 기대되며 다양한 비즈니스 모델을 이용하여 중소기업이 사업화 할 수 있는 부분이 확대될 것으로 전망
- AMI 기반의 융합 사업모델은 전기자동차, 수요자원거래시장, 스마트기기 등 관련 사업과 연동되면서 다양한 비즈니스 모델의 창출이 가능하나 현재 국내에서는 초기시장 형성 중

2) 해외 동향

- 글로벌 에너지 업체인 ABB, ALSTOM, SIEMENS 그리고 GE를 중심으로, 에너지 효율화를 위한 수요/공급 예측에 대한 연구개발에 많은 투자가 이루어지고 있는 추세. 또한, 최근에는 적극적인 정부 지원 하에 중국이 빠르게 성장하고 있는 경향을 보임

마. 추진 전략

<표 6-100> (핵심 2-1-4) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술			●			
복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술			●			
자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술			●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-101> (핵심 2-1-4) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	• 단위 지역의 용도별로 구분된 에너지 사용량의 데이터 부족	• 시범단지를 활용한 단위 지역의 용도별 구분 에너지 사용량 데이터 구축 • 단위지역 전체의 시계열 분석(거시적)과 용도별 구분모델을 조합한 방법(미시적)의 하이브리드 모델 사용으로 예측 정확도 향상
복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	• 단위 지역의 용도별로 구분된 폐자원 발생량의 데이터 부족	• 시범단지를 활용한 단위 지역의 용도별 구분 폐자원 발생량 데이터 구축 • 단위지역 전체의 시계열 분석(거시적)과 용도별 구분모델을 조합한 방법(미시적)의 하이브리드 모델 사용으로 예측 정확도 향상
자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술	• 폐자원 활용 재료(SRF, MDF 등) 생산량 데이터 부족 • 폐자원 활용 열병합발전 에너지 생산량 데이터 부족	• 국내외 폐자원 활용재료 생산량 및 폐자원 활용 에너지 생산시설의 운전데이터 확보

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 80억 원 중 정부출연금 56억 원(70%), 민간부담금 26억 원(30%)로 구성

<표 6-102> (핵심 2-1-4) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
단위 지역 통합 에너지 수요 예측 기술	국고		8	5	2	1	1		17
	민자	1	2	2	1	1	1		8
	소계	1	10	7	3	2	2		25
복합플랜트 단위 지역 자원별 공급 예측 기술	국고	2	7	4	3	1			17
	민자	1	3	1	2	1			8
	소계	3	10	5	5	2			25
자원 순환 연동형 복합플랜트 공급 예측 기술	국고	1	4	7	7	1	1		21
	민자	1	1	3	2	1		1	9
	소계	2	5	10	9	2	1	1	30

<표 6-102> (핵심 2-1-4) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
합계		6	25	22	17	6	3	1	80

<표 6-103> (핵심 2-1-4) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	4	17	16	12	4	2	1	56
민자	2	8	8	5	2	1		26
합계	6	25	22	17	6	3	1	80

1.6 (핵심기술 2-1-5) 복합플랜트 통합운영 플랫폼(REMS)

가. 기술 개요

- (정의) 에너지/자원/환경 설비 대상 복합플랜트 구축을 위한 양방향 통합 네트워크 운영 기술 및 운영 시스템(하드웨어 및 소프트웨어) 기술

<표 6-104> (핵심 2-1-5) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-5. 복합플랜트 통합운영 플랫폼(REMS)		5년	70억 원
	-1. 복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	5년	30억 원
	-2. 자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	5년	40억 원

- 다양한 시설별 데이터를 취득하고, 분석하며, 통합 서비스하는 모듈화되고, 분산화된 하드웨어 기반의 통합운영 플랫폼 기술
- 분산화된 시설과 통합 관제 센터와의 양방향 통신이 가능하고, 통합 관제 센터에서 AI기반 분석된 데이터를 기반으로 자동제어 가능한 플랫폼 기술
- 복합플랜트 대상 실시간 대용량 모니터링이 가능하고, 양방향 통신이 가능하며, 인터페이스가 자유로운 플랫폼 구현 및 AI를 이용한 빅데이터 분석 및 서비스가 가능한 복합플랜트 통합관제센터 구축 기술

나. 기술개발 필요성

- 도시 내 다양한 시설에 대한 운영 데이터를 취득하고, 분석하며, 통합 서비스하기 위한 모듈화/분산화된 하드웨어 기반의 통합운영 플랫폼 개발 필요성 증대
- 복합플랜트를 포함한 도시 내 분산화된 시설과 통합 관제 센터와의 양방향 통신이 가능하고, 통합 관제 센터에서 AI기반 분석된 데이터를 기반으로 자동제어를 지원하기 위한 플랫폼 기반의 통합관제센터 구축 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-105> (핵심 2-1-5) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	복합플랜트 양방향 무선망 네트워크 속도 (Rx+Tx)	1Gbps	10Gbps
	복합플랜트 무선망 네트워크 연결속도	100Mbps(LTE)	2Gbps(5G)
	무선 데이터 전달 신뢰성	95%	99%
자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	실시간 모니터링 성능	1분	1초
	데이터 제공 프레임워크 처리 (1차년도에 정의한 데이터 규격 및 포맷 기준)	1천건/초	4천건/초
	REMS 처리 Resolution	없음	10분
	AI 분석 알고리즘 적용 건수	없음	5건

<표 6-106> (핵심 2-1-5) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	1 단계	복합플랜트 네트워크 성능 확보기술 개발	• 복합플랜트 네트워크 통신성능 및 신뢰성 향상 기술 개발 • 신뢰성 데이터 확보기술 개발 • 복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 관제 분석 및 가시화 기술 개발
	2 단계	양방향 통신 및 분산형 제어가 가능한 복합플랜트 네트워크 핵심기기 개발	• 양방향 통신이 가능한 게이트웨이 개발 • 분산형 컨트롤러 개발 • 통합 DB 구축 기술 개발
자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	1 단계	복합플랜트 대상 개방형 플랫폼 구축기술 개발	• 복합플랜트 대상 실시간 대용량 모니터링 기술 개발 • 복합플랜트 대상 양방향 통신 및 인터페이스가 자유로운 플랫폼 구축 기술 개발 • 원격 통합관리 및 복합플랜트 노드 제어기술 개발

<표 6-106> (핵심 2-1-5) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
	2 단 계	AI 기반 분석 서비스를 제공하는 복합플랜트 통합 운영 시스템 개발 및 통합관제센터 구축	• 복합플랜트 BIM 기반 공정 흐름 3D 가시화 기술 개발 • AI를 이용한 빅데이터 분석 및 복합플랜트 운영 서비스 기술개발 • 통합관제센터 구축

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- ICT 기반 모니터링 및 제어 기술의 발전으로 EMS 기술도 빠르게 진화. 지금까지 에너지 시각화 및 분석에 초점을 맞추어 왔으나 수요 반응, 설비 관리 등 서비스 기능 확대 추세
- EMS 공급업체들은 에너지를 보다 효율적으로 관리할 수 있는 혁신적 방법과 기술을 찾아서 접목하려 노력
 - IT 기반 모니터링 및 제어 기술의 개발뿐만 아니라 소프트웨어 기반 플랫폼을 개발하여 서비스 기능 확대
 - 특히, 클라우드 기반 EMS는 설치 및 사용 방식의 변화뿐만 아니라 EMS의 비즈니스 모델을 변화시키고 있음

2) 해외 동향

- (ConEdison社) CONnectED Homes Platform, 전력회사-에너지서비스기업-고객을 연계하는 DER사업 플랫폼으로 ConEd가 분산형 전원 시장을 주도하고 이를 통해 수익을 창출하기 위한 기반으로 활용하기 위해, 분산형 전원사업플랫폼을 중심으로 운영
- (Engie社) Blu.e Digital Platform, Engie Digital Factory 구현의 일환으로 개발된 데이터 플랫폼, 다양한 에너지 및 외부 데이터를 수집·분석해 에너지효율 컨설팅을 제공
- (GE社) 풍력발전단지가 기존 화력 발전단지와 유사한 계통 친화적인 다양한 기능들을 제공할 수 있도록 성능 극대화를 위한 제어기기와 전자장비를 조합

마. 추진 전략

<표 6-107> (핵심 2-1-5) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술			●			○
자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술			●			○

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-108> (핵심 2-1-5) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	• 복합플랜트를 구성하는 핵심 시설별(에너지 시설, 자원시설, 환경시설 등) 각각의 네트워크 환경의 차이	• 복합플랜트를 구성하는 핵심 시설별 관제 점, 데이터, 네트워크 환경에 대해 정밀 분석 수행 • 복합플랜트 구성 네트워크의 표준화, 모듈화 수행 및 개방형 통신프로토콜 도입 및 가이드라인 개발
	• 높은 데이터 정확성과 낮은 데이터 유실율의 신뢰성 있는 네트워크 구축의 어려움	• 모니터링 데이터의 정확성 제고를 위해 복합플랜트의 구조와 자원 순환 속성을 사전 검토를 통해 최적 센싱 포인트 도출에 대한 연구 진행 • 신뢰성 있는 네트워크 구축을 위해 유무선 복합 방식의 물리적인 구조와 데이터 유실율을 최소화할 수 있는 프로토콜을 종합적으로 적용
자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	• 시설별 관제시스템이 아닌 복합플랜트 통합관제시스템 구축 및 운영에 따른 시스템의 대형화·복잡화	• 지능화·자동화 도구 및 분석 엔진 적용 • 복합플랜트에 적합한 공정개발부터 센서 설치, 데이터 수집 및 분석, 관제시스템 개발까지 일체화된 프로세스 개발과 플랫폼 구축 • 시범운영을 통한 리스크 해소

사. 소요예산

1) 투자 규모

- 총 70억 원 중 정부출연금 49억 원(70%), 민간부담금 21억 원(30%)로 구성

<표 6-109> (핵심 2-1-5) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
복합플랜트 에너지/자원/환경 통합 네트워크 운영 기술	국고			4	7	7	2	1	21
	민자			1	3	3	1	1	9
	소계			5	10	10	3	2	30
자원 순환 연동형 복합플랜트 통합 운영 시스템 기술	국고			7	11	5	4	1	28
	민자			3	4	3	1	1	9
	소계			10	15	8	5	2	40
합계				15	25	18	8	4	70

<표 6-110> (핵심 2-1-5) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고			11	17	13	5	3	49
민자			4	8	5	3	1	21
합계			15	25	18	8	4	70

2. (세부과제 2-2) 플랫폼 운영 솔루션

2.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-111> (세부 2-2) 과제 개요

구분	내용
정의	단위 지역의 환경적 욕구를 수용하고 폐자원 다중 순환 체계의 에너지/자원의 효율성 극대화를 목적으로 하는 지하 복합플랜트의 통합 운영 플랫폼의 최적 운영 알고리즘, 데이터처리, 사업 지원 기술
목적	- 에너지/자원/환경 빅데이터를 정밀 분석하여 상호 의존성을 패턴화하여 지하공간의 환경적 위험 및 복합플랜트 운영 상태에 대한 실시간 대응 - 플랜트 지하화/복합화/밀폐화 운영에 따른 지하 시설물에 대한 안전을 확보하기 위한 재난 대응 - 물/폐기물/에너지가 복합화된 플랜트의 자원 순환 및 에너지 순환을 지원하기 위한 운영 솔루션 확보 - 지하공간 복합플랜트 및 사업대상지 내 다양한 형태의 분산에너지원(열/전기 포함), 에너지저장장치를 활용한 사업자 간 또는 사업자/소비자 간 에너지 거래를 지원하기 위한 기반 시스템 구축

나. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-112> (세부 2-2) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
입지 선정시 풍수해 재난안전 위험파악이 가능한 방안 연구 미비	풍수해 재난안전 입지선정 체크리스트 개발	- 에너지거래를 위한 신규 거래 지원체계 수립 - 에너지 공급처, 수요처, 네트워크 망의 최적 연계 운영을 위한 열/전기 최적 운영 기술 - 에너지/자원 거래를 통한 신규 수익 창출이 가능한 거래 모델
기존 유사사례(일부 전기거래, 열거래)는 존재하나, 새로운 형태의 사업모델을 지원하기 위한 에너지거래에 대한 집단에너지사업법, 전기사업법 등의 규제가 문제되며, 개인정보 공유 등의 사회적 이슈	- 최근 이슈화되고 있는 스마트시티 시범사업의 규제샌드박스 등의 활용 - 블록체인 등과 같은 정보보안체계 구축	
대상지 내 다양한 분산에너지원의 경제성 및 성능을 고려한 복합적인 운영을 위한 지원 체계 마련 필요	선진 사례 분석 및 전문가(설비운영, 사업성 검토 등)의 경험적 지식을 적극 활용	

다. 과제 구성 개요

<표 6-113> (핵심 2-2) 과제 구성 개요

세부과제/기술		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술		• 에너지/자원/환경 빅데이터를 정밀 분석하여 상호 의존성을 패턴화하여 지하공간의 환경적 위험 및 복합플랜트 운영 상태에 대한 실시간 대응 기술 개발		7년	60억 원
연구 활동	AI 기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술	• 지하공간 복합 플랜트의 다중 폐자원 순환 연동, 에너지 생산 레벨, 환경 부하간의 상호 영향성과 의존성을 분석하여 연관 패턴을 도출할 수 있는 AI기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술을 개발	AI기반 상관관계 분석 솔루션	7년	30억 원
	IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀 분석 기술	• IoT/빅데이터 기반의 에너지/자원/환경 데이터의 정밀 분석을 통해 지하공간의 환경적 위험과 복합플랜트의 상태를 정밀하게 진단할 수 있는 IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀 분석 기술을 개발	IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/ 환경 정밀 분석 솔루션	7년	30억 원
지하밀폐공간 지능형 재난 대응 시스템 기술		• 플랜트 지하화/복합화/밀폐화 운영에 따른 지하 시설물에 대한 안전을 확보하기 위한 재난 대응 시스템 기술		7년	110억 원
연구 활동	가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	• 플랜트 지하화/복합화 운영에 따른 여러 지하시설물에 대한 안전을 확보하기 위하여 빅데이터 및 고신뢰도 기반 지능형 설비 모니터링 기술	지하 가스 저장 설비 모니터링 시스템	5년	52억 원
	풍수해 재난 지하복합플랜트 안전관리 기술	• 지하 복합플랜트에서 발생할 수 있는 풍수해 재난 등을 실시간으로 통합 감시 및 확산방지 설비 및 시스템을 구축하여 풍수해 재난 안전을 확보할 수 있는 기술	지하복합플 랜트 풍수해 재난 안전 관리 시스템	5년	31억 원
	지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난	• 지하공간의 열악한 흡배기 환경에서 설비의 운전/안전 사고 발생을 방지할 목적으로, 가스누출, 화재, 폭발 등 시설물 및 인적 위험을 최소화할 수 있는	지하 재난 확산 차단 및 피난 유도 시스템	5년	27억 원

<표 6-113> (핵심 2-2) 과제 구성 개요

세부과제/기술		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
	유도 기술	사고 확산 차단 및 피난 유도 기술			
WWE 순환 정밀 제어 기술		도시기반 폐자원을 처리하기 위해 수처리시설, 폐기물처리시설, 에너지공급시설을 기반으로 물-폐기물-에너지의 3대 요소 상호간 연계 이용되는 복합플랜트가 지속적이고 안정적으로 운영될 수 있도록 최적 정밀 제어 기술 개발		5년	105억 원
연구 활동	복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	-		5년	55억 원
	복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	-		5년	50억 원
복합플랜트 에너지 거래 기술		지하공간 복합플랜트 및 사업대상지 내 다양한 형태의 분산에너지원(열/전기 포함), 에너지저장장치를 활용한 사업자 간 또는 사업자/소비자 간 에너지 거래를 지원하기 위한 시스템 개발		4	150억원
연구 활동	다중 자원 순환을 위한 자원간 에너지 최적 거래 기술	다양한 형태의 자원(물, 가스, 폐기물, 신재생)을 활용한 지하공간 복합플랜트의 최적 순환을 위한 에너지 변환/저장 등의 운영 체계 구축	최적 에너지순환 지원 알고리즘	4	105억원
	단위 지역 프로슈머/사업자/자원간 통합 에너지 거래 기술(P2P, P2B, B2B)	대상 지역 내 다양한 에너지 사업자 간 에너지 거래를 위한 거래 체계 및 지원 플랫폼 개발	최적 에너지거래 운영 알고리즘	4	45억원

라. 최종 성과물 및 성과 지표

<표 6-114> (세부 2-2) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술 개발	지하 설치 운영 가스 저장 설비 용량	지하에 설치되어 재난대응 시스템을 운영 중인 가스 저장 설비 용량, 크기, 압력 등 사양 측정	용량, 크기, 압력	-
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술 개발	풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 감시 및 관리 기술 신뢰도	풍수해 대비 지하 복합플랜트 입지 선정 안전 체크리스트 만족 비율	%	90
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	지하 밀폐 공간 다중 피난 무전원 유도 시스템 신뢰도	최적 피난 경로 일치도 및 최소 피난 시간 대비 무전원 유도 피난 시간	%	90

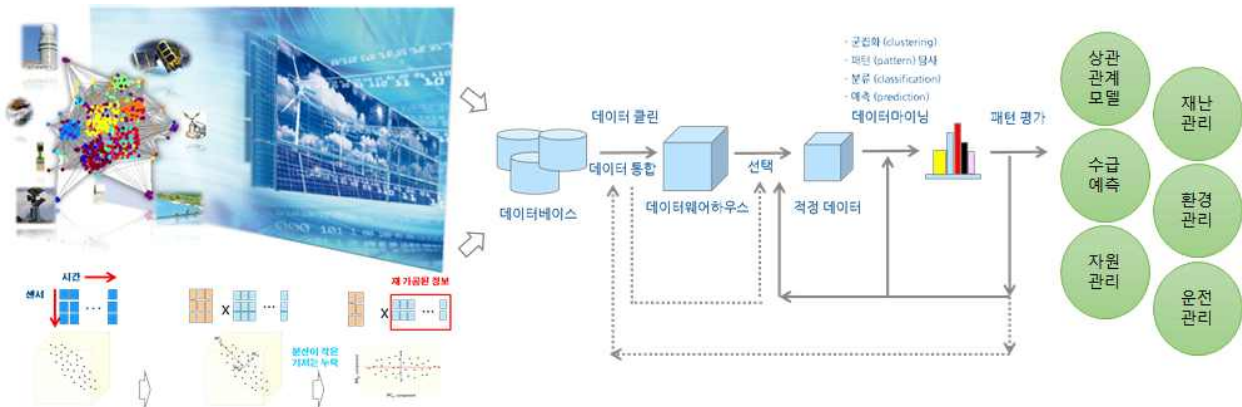
2.2 (핵심기술 2-2-1) 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술

가. 기술 개요

- (정의) 에너지/자원/환경 관련 빅데이터를 정밀 분석하고 이들 간의 상호 의존성을 패턴화함으로써 지하공간의 환경적 위험 및 복합플랜트의 이상 징후에 대한 실시간 감지 기술을 개발

<표 6-115> (핵심 2-1-3) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-1-3. 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술		7년	60억 원
	-1. AI기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술	7년	30억 원
	-2. IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀분석 기술	7년	30억 원



<그림 6-38> 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술 개요

나. 기술개발 필요성

- 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술은 단위 지역 지하공간 복합플랜트 운영과 관련되어 발생하는 에너지/자원/환경 빅데이터를 기반으로 이들 간의 상관관계를 분석하기 위한 기반 기술임
- 지하복합플랜트 관련 에너지/자원/환경 빅데이터에 대한 상관관계 분석을 통해 지하공간의 환경적 위험 및 복합플랜트 상태에 대한 실시간 감지 및 대응을 위한 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기술 개발이 필요
- 지하공간이라는 특수한 환경에서의 복합 플랜트 운영에 있어 다중 폐자원 연동, 에너지 생산, 환경 부하 간에 상호 영향성을 AI 기법을 적용하여 분석하는 기술임

- 에너지/자원/환경 관련 데이터를 정밀 분석하고 이들 간의 상호 의존성을 패턴화 함으로써 지하공간의 환경적 위험 및 복합플랜트의 이상 징후의 실시간 감지 및 대응을 통해 지하공간 복합 플랜트의 운용성을 제고

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-116> (핵심 2-1-3) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
AI기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술	상관관계 모델 신뢰도	에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술	에너지/자원/환경 파라미터 간 상관관계 신뢰도 90% 이상
IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀분석 기술	정밀분석 레졸루션	Uniform 레졸루션 적용 분석	에너지/자원/환경 데이터별 2종 이상의 가변 레졸루션 적용 및 검증

<표 6-117> (핵심 2-1-3) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
AI기반 에너지/자원/ 환경 상관관계 분석 기술	1 단계	복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 분석 기법 설계 및 상관관계 모델링 기술 개발	• 복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 상관 관계 분석 사례 및 분석 방안 설계 • 다중 빅데이터 간 상관관계 모델링을 통한 상호 의존성 패턴 도출 • 에너지/자원/환경 빅데이터 간 상관관계 분 석 프로토타입 솔루션 개발
	2 단계	IoT/빅데이터 시스템 연동 및 복합플랜트 적용을 통한 기술 실용화	• IoT기반 에너지/자원/환경 모니터링 및 빅데 이터 시스템과의 연동 실증 • 복합플랜트 적용 기반 에너지/자원/환경 빅 데이터를 통한 AI 상관관계 분석 솔루션 기술 보완 및 고도화 • 복합플랜트 에너지/자원/환경 빅데이터 상관 관계 분석 기술 실용화
IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/ 환경 상태 정밀분석 기술	1 단계	복합플랜트 정밀분석 인자 연구 및 에너지/자원/환경 상태 정밀 분석 기술 개발	• 복합플랜트 운전 상태 및 상관관계 기반 환경 부 하 정밀 분석 기준안 개발 • IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 정밀 분석 기 법 개발 • 분석 기준안 및 기법 기반 정밀 분석 솔루션 프로토타입 개발
	2 단계	복합플랜트 운영 기반의 에너지/자원/환경 상태 실시간 정밀 분석 기술 실용화	• IoT기반 모니터링 시스템 및 통합 운영 플 랫폼과의 연동 기능 최적화 • 통합 운영 플랫폼 연계를 통한 정밀 분석 결과 실 시간 사용자 서비스 개발 • 복합플랜트 실증 적용 기반 에너지/자원/한 경 상태 정밀 분석 기술 실용화

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- (연구 동향) 국내의 경우 제2차 에너지산업 협의회에서 한전, 발전사, 전력거래소등의 전력 데이터 외 가스, 열에너지 등의 다양한 데이터 공개를 결정하였으며 '16년 9월 '전력 빅데이터 센터' 를 개소하여 전력 통계 및 빅데이터 제공
- SKT, KT, LS산전 및 대우정보시스템과 같은 민간기업을 중심으로 ICT 기술을 활용하여 다양한 산업 분야에서의 에너지 빅데이터를 활용한 사용량, 패턴, 예측, 제어 등의 고도화 기능에 대한 연구 개발을 진행중경우 4차 산업 혁명에 대응하기 위한 데이터 수집, 텍스트 마이닝, 하둡 생태계 통합 연계, 통합 관리/운영 체계, 실시간 확장성과 안정성을 제공하기 위한 빅데이터 플랫폼 개발이 활발히 진행되고 있음

2) 해외 동향

- (연구동향) 일본 NEC사는 플랜트에 설치된 센서로 수집된 빅데이터를 기반으로 변수 간 상관관계를 통해 고장징후를 사전에 파악하여 가시화함으로써 적절한 대응을 통해 완벽한 플랜트 감시를 실현하는 기술을 적용중임
- 스페인의 경우 에너지데이터 분석센터(EDAC : Energy Data Analysis Center)를 운영하여 월단위, 년단위로 진행되는 현재의 에너지 통계 분석과 차별화하여 실시간, 시간 단위 이하의 데이터 분석 진행

마. 추진 전략

- 1단계에서는 복합플랜트에서 발생하는 에너지/자원/환경 도메인의 다양한 빅데이터들을 정의하고 이들 간의 상관관계 모델링 기법과 정밀 분석 진단 기법을 개발하고 이를 검증함
- 2단계에서는 1단계 기술개발을 통해 확보된 기술을 IoT 모니터링 및 빅데이터 시스템 기술과 연동하고 현장에 대한 실증 적용을 통해 기술의 기능 및 성능을 검증하여 실용화를 추진함

<표 6-118> (핵심 2-2-1) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
AI기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술			●			
IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀분석 기술			●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응 방안

<표 6-119> (핵심 2-2-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
AI기반 에너지/자원/ 환경 상관관계 분석 기술	복합플랜트의 다중 폐자원 연동, 에너지 생산 및 환경 부하간의 상호 연관성 분석을 위한 다각적 관점의 연구 미흡	- 플랜트와 환경 부하의 상관관계에 대한 선진 사례 분석과 다학제적 접근을 통한 관련 전문가의 경험적 지식을 적극 활용하여 이에 대응 - 데이터 간 상관관계 분석을 위한 다양한 기법을 적용하여 최적의 솔루션을 조기에 확보하고 실증 적용 DB를 통해 이에 대한 검증을 진행
IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/ 환경 상태 정밀분석 기술	복합플랜트 운영 상태 및 그에 따른 각종 환경 부하 기준안에 대한 낮은 정확성으로 인한 실시간 대응성 저하	- 복합플랜트의 다중 자원 순환 연동 체계에 대한 충분한 연구를 통해 복합플랜트의 정상 및 이상 상태에 대한 정밀 분석 기준안을 수립함 - 복합플랜트 실증 운영을 통해 확보된 에너지/자원/환경 상관관계 분석을 기반으로 복합플랜트 운영과 각종 환경 부하간의 상호 의존성을 패턴화하여 정밀 분석 기준안의 정확성을 제고함으로써 실시간 검지 능력의 가용성을 확보함

사. 소요예산

1) 투자 규모

- 총 60억 원 중 정부출연금 39억 원(70%), 민간부담금 21억 원(30%)로 구성

<표 6-120> (핵심 2-2-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
AI기반 에너지/자원/환경 상관관계 분석 기술	국고	1	7	5	4	3	1		21
	민자	1	3	2	1	2		1	9
	소계	2	10	7	5	4	1	1	30
IoT/빅데이터 기반 에너지/자원/환경 상태 정밀분석 기술	국고	3	7	4	4	2	1		21
	민자	1	3	1	1	1	1	1	9
	소계	4	10	5	5	3	2	1	30
합계		6	20	12	10	7	3	2	60

<표 6-121> (핵심 2-2-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	4	13	8	7	4	2	1	39
민자	2	7	4	3	3	1	1	21
합계	6	20	12	10	7	3	2	60

2.3 (핵심기술 2-2-2) 지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술

가. 기술 개요

- (정의) 복합플랜트의 특성(에너지생산, 자원처리 등)이 반영됨과 동시에 지하공간에서 화재, 폭발, 홍수 및 지진 등의 재난에 능동적으로 대응 가능한 재난 대응 시스템 기술

<표 6-122> (핵심 2-2-2) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-2-2. 지하밀폐공간 재난 대응 시스템 기술		7년	110억 원
	-1. 가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	5년	52억 원
	-2. 풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술	5년	31억 원
	-3. 지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	5년	27억 원

나. 기술개발 필요성

- 2008년 한해 우리나라 전국의 폐기물 소각시설 78개소에서 소각과정 중 발생한 총 여열가운데 86.6%가 회수 이용되어 폐기물 소각시설의 에너지 자원을 회수하는 시설로 바뀌고 있음에도 불구하고 아직도 쓰레기 매립장, 쓰레기 소각장, 하수 처리장이나 퇴비화 시설 등은 주민 혐오시설로서 많은 사고위험 내재
 - 지하공간은 폐쇄적인 공간으로서 피난경로의 차단, 연기의 급속한 확대, 폐쇄공포, 밀실공포, 복잡한 구조에 의한 피난 어려움 및 매몰공포 등 구조적, 심리적 불안요소가 높음
- 도시기반 복합플랜트의 연계, 통합화/지하화로 인해 지하밀폐공간 안전을 담보할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 통합 재난 대응 시스템이 필요하며, 이에 따라 실증형 지하 복합플랜트에 적용 가능한 지하밀폐공간 재난 대응 시스템을 개발하여 실증을 통한 상용화 목표

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-123> (핵심 2-2-2) 최종 목표

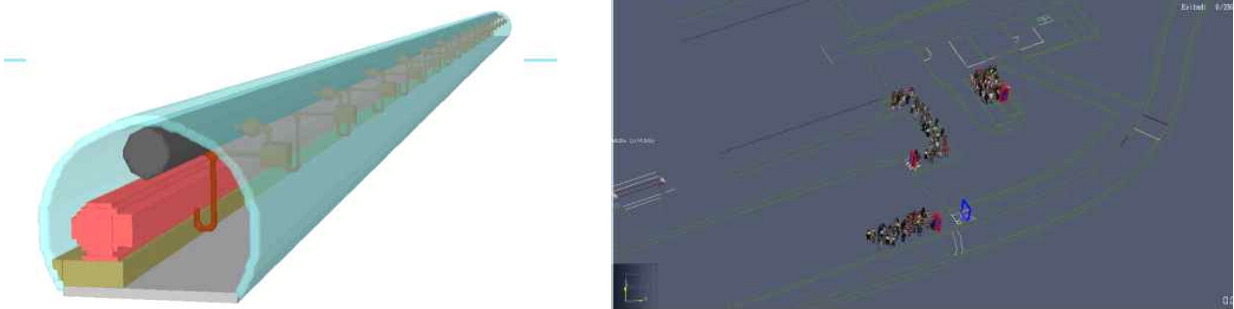
연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	가스 저장 용량	지상 가스저장설비 다수 상용설비기술	IoT 기반 지하 밀폐 공간 고안전성 보장 가스 저장설비 검증
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술	풍수해 재난 방재 시스템 신뢰도	지상 풍수해 지난 예측 및 안전관리	풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 감시 및 관리 기술 신뢰도 90% 이상
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	피난 유도 시스템 신뢰도	재난 발생 알람 시스템, 재난 방송	지하 밀폐 공간 다중 피난 무전원 유도 시스템 신뢰도 90% 이상

<표 6-124> (핵심 2-2-2) 단계별 목표

연구내용	기 간	기술개발목표	기술개발내용
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	1 단 계	IoT 기반 지하 밀폐 공간 고안전성 보장 가스 저장 설계 기술 개발	- 저장탱크 지하설치 한국가스안전공사 가스 안전 코드 분석 - IoT 기반 지하 밀폐 공간 가스 저장 탱크 설계집 작성
	2 단 계	IoT 기반 지하 밀폐 공간 고안전성 보장 가스 저장 설비 제작 및 검증	- 지하설치 저장탱크 감시 IoT 인프라 구축 - IoT 기반 지하 밀폐 공간 가스 저장 설비 제작 및 검증
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술	1 단 계	풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 감시 및 관리 기술 설계	- 지하 복합플랜트 풍수해 재난 시뮬레이션기 반 입지 선정 기술 개발 - 풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전 관리 시 스템 설계
	2 단 계	풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 감시 및 관리 기술 구현	- 풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 감 시 시스템 개발 - 풍수해 재난 시뮬레이션 기반 지하 복합플 랜트 안전관리 감시 시스템 성능 검증
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	1 단 계	지하 밀폐 공간 다중 피난 무전원 유도 시스템 설계	- 지하 밀폐 공간 다중 피난 시나리오 개발 - 지하 밀폐 공간 다중 피난 시나리오 기반 무전원 유도 시스템 설계
	2 단 계	지하 밀폐 공간 다중 피난 무전원 유도 시스템 개발	- 지하 복합플랜트 재난 위험요소 및 피해규 모 예측 모델과의 연계, 최적화 및 고도화 - 지하 밀폐 공간 다중 피난 무전원 유도 시 스템 개발 및 성능 검증

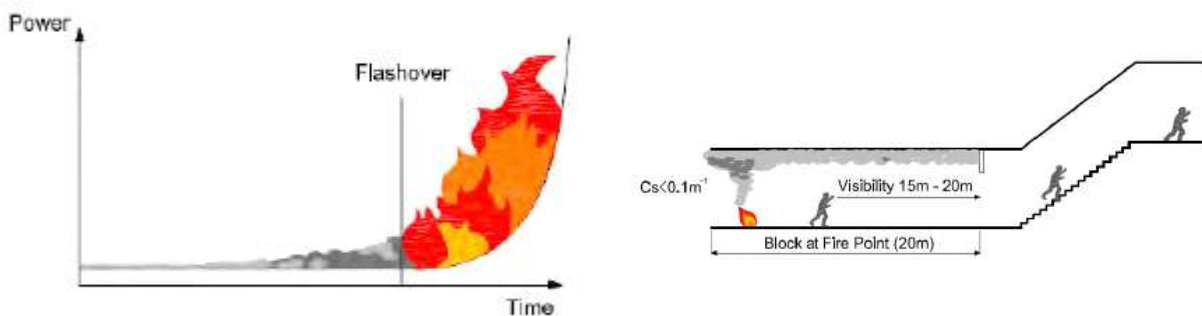
라. 관련 R&D 동향

- 미국 에너지성 (DOE, Department of Energy)에서는 화재 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 긴 터널 형태의 지하 실험 설비에서의 연기 확산, 화재 규모, 화재 발생 지점, 스프링클러, 탈출 시간, 최대 화재 규모 등을 시뮬레이션하고 케이블 트레이나 액체 표면에서 발생하는 화재로부터 연구원들이 신속하게 미로와 같은 터널에서 최단의 경로로 탈출할 수 있도록 훈련 실시



<그림 6-39> 터널 형태의 지하 원자력 연구 실험 설비

- 영국 정부에서는 ‘Fire and Rescue Service Operational Guidance - Incidents in Tunnels and Underground Structures’ 를 배포하여 터널이나 지하 구조물에서의 화재 대응 지침 마련
- 일본 정부는 지하철 발생 화재 발생 및 확산 모델링을 통해 지하 연기 발생과 시인성 확보 거리 등을 계산하여 규정화



<그림 6-40> 지하 화재 발생 확산 모델과 시인성 확보 거리

마. 추진 전략

<표 6-125> (핵심 2-2-2) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술		○	●			
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술		○	●			
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술		○	●			

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방향

<표 6-126> (핵심 2-2-2) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	• 가스 저장 설비의 지하 설치와 관련된 가스 안전 관리 기준 여부	• 한국가스안전공사 규정 코드 기준(KGS FU111)이 있으나 완전한 지하 독립 공간의 가스 저장 탱크 규정이 아니므로 연구 개발 필요
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술	• 지하 복합플랜트에 영향을 미치는 풍수해 데이터 확보 가능 여부	• 통계 누리의 재해현황, 기후변화에 따른 대응대책, 기후변화 취약성 평가 프로그램, 풍수해 저감 종합 계획 등 활용 • 상세하고 공학에 기반한 풍수해 모델링 및 시뮬레이션 연구개발 추진
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	• 기존 알람 대비 무전원 유도 기술의 사고 발생시 신뢰성	• 테스트베드를 통한 사고 대응 능력과 신뢰도 검증 추진 • 이상 상태 감지 작동 Shut down 시스템과 같은 비상 상황 대비 안전 장치 구축

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 110억 원 중 정부출연금 77억 원(70%), 민간부담금 33억 원(30%)로 구성

<표 6-127> (핵심 2-2-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
가스 저장 설비 지하화 재난대응 기술	국고	3	14	14	4	1			36
	민자	2	6	6	1	1			16

<표 6-127> (핵심 2-2-2) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
	소계	5	20	20	5	2			52
풍수해 재난 지하 복합플랜트 안전관리 기술	국고			4	10	4	4		22
	민자			1	5	1	1	1	9
	소계			5	15	5	5	1	31
지하공간 복합 재난 피해 저감을 위한 차단 및 피난 유도 기술	국고	1	4	7	4	3			19
	민자	1	1	3	1	2			8
	소계	2	5	10	5	5			27
합계		7	25	35	25	12	5	1	110

<표 6-128> (핵심 2-2-2) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	5	17	24	18	8	4	1	77
민자	2	8	11	7	4	1		33
합계	7	25	35	25	12	5	1	110

2.4 (핵심기술 2-2-3) WVE(물-폐기물-에너지) 순환 정밀 제어 기술

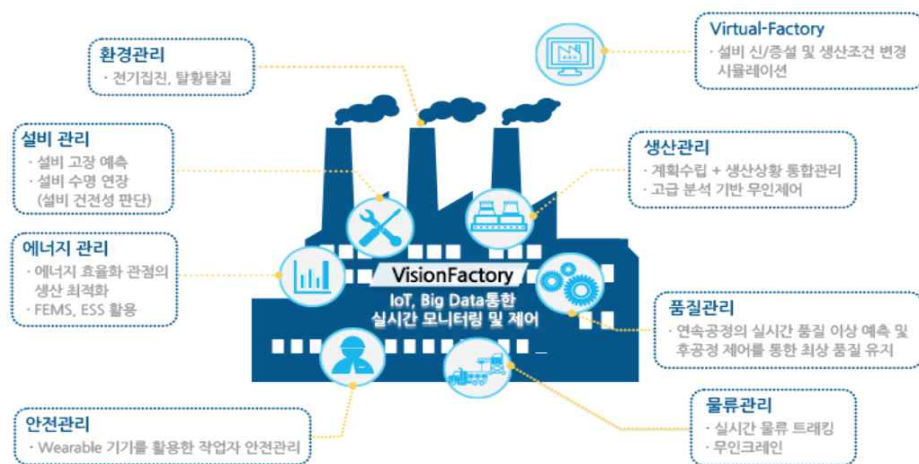
가. 기술 개요

- (정의) 도시기반 폐자원을 처리하기 위해 수처리시설, 폐기물처리시설, 에너지공급시설을 기반으로 물-폐기물-에너지의 3대 요소 상호간 연계 이용되는 복합플랜트가 지속적이고 안정적으로 운영될 수 있도록 최적 정밀 제어 기술 개발

<표 6-129> (핵심 2-2-3) 기술 구성

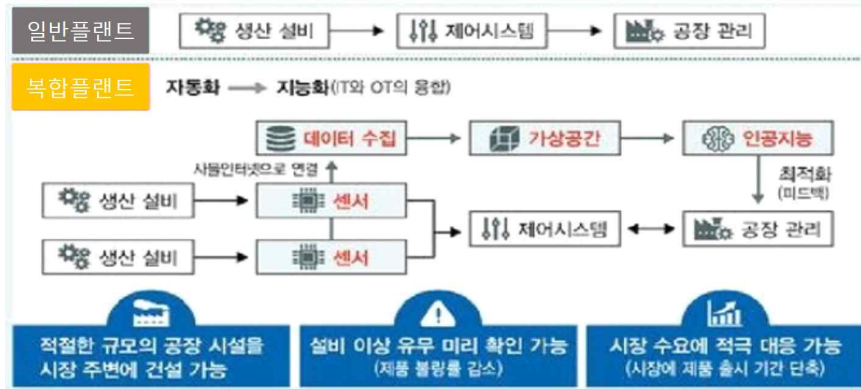
핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-2-3. WVE(물-폐기물-에너지) 순환 정밀 제어 기술		5년	105억 원
	-1. 복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	5년	55억 원
	-2. 복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	5년	50억 원

- WVE(물-폐기물-에너지)의 상호 연계적이고 효율적인 통합운영 및 관리를 위하여 물-폐기물의 발생과정부터 에너지의 생산(공급)과정까지 모두 네트워크로 연결되고 정보를 교환하기 위한 모든 단계의 공정을 최적화된 복합플랜트 제어 및 운영기술 시스템



<그림 6-41> 정밀제어 기술이 적용된 복합플랜트 개념도

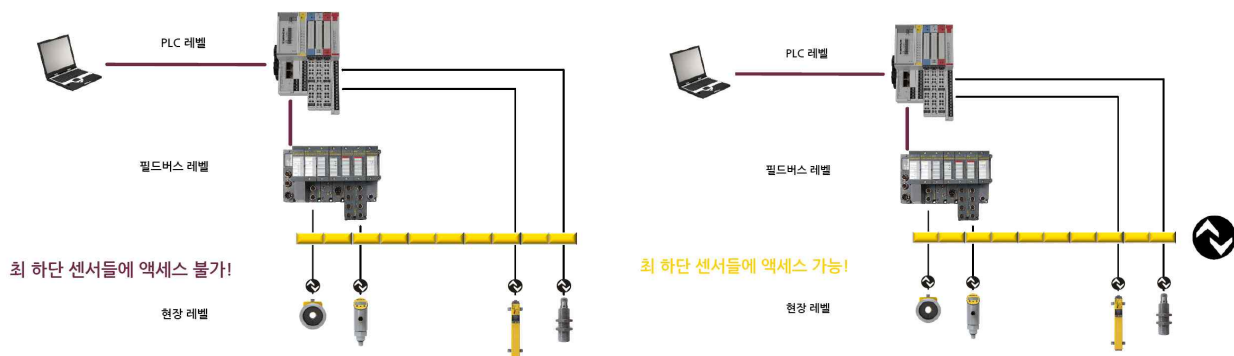
- 복합플랜트의 운영에 있어서 단순 자동화 플랜트가 아닌 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전과정을 ICT로 통합해 스스로 데이터를 수집하고 작업명령을 내릴 수 있도록 설계된 지능형 복합플랜트 운영 시스템 구축



<그림 6-42> 스마트 복합플랜트 개념도

○ IO-Link 통신을 이용하여 어플리케이션 결과에 따른 Cyclic 데이터를 제공

- Process data, Value status(예. 측정값, 값에 대한 품질상태 등) 및 파라미터 및 진단을 위한 Acyclic 데이터 제공 : Device data, Events (예. 스위칭 포인트 설정, 에러 메시지, 내부 온도 경고 등)으로 1. 혁신적인 설계, 2. 비용절감, 3. 설치 시간단축, 4. 생산성 향상, 5. 유지보수 혁신을 이끌어 내는 시스템



<그림 6-43> IO-Link를 사용한 자동화 시스템

나. 기술개발 필요성

○ 물-폐기물-에너지는 수요와 공급, 토지의 이용 및 지표면, 인구이동, 기술, 정책, 지역경제, 기후 등과 같은 많은 요소들에 영향을 받으며, 여러 요소들에 걸쳐 구성된 순환체계 모델은 복잡한 시스템 간의 상호작용과 의존성이 발생함으로 신속 정확하고 정밀한 제어기술이 필요

○ 복합플랜트 안정적이고 지속적인 운전을 위하여 실시간 설비 모니터링,

장비의 원격 제어, 이상 징후 예측이 선행되어야 하며, 에너지 소비량 파악, 환경오염도 및 이상원인 분석을 실시간으로 분석하여 최적화된 복합플랜트의 안정적인 운전 기술 확보 필요

- 센서 수요기업은 성능·신뢰성 등을 이유로 해외제품을 사용하고 국내 센서기업은 영세성과 기술력 부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환 형성으로 고성능의 신뢰성 높은 국산 첨단센서 개발 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

<표 6-130> (핵심 2-2-3) 최종 목표

연구내용	성능지표	현재스펙	개발목표스펙	
			1단계	2단계
복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	측정데이터 신뢰도	-	재현성(반복성)편차 범위 : Max 1%이내	
	스마트 센서 정보전송 오차율	세계최고수준 대비 80%	5%미만	
	성능경보 시스템 예측 오차율	-	실제 경보발생 대비 예측 오차율 2%이내	
복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	설비 진단 정밀도	-	고장원인 적합성 90% 이상	
	최적화 솔루션 패키지 개발	단위공정 최적화 수준 (통합공정 60% 수준)	통합공정 최적화 기술 (단품패키지 통합화 10개 이상)	
	무선통신 RFID 인식율	일반 플랜트 RFID 응용 (통합공정 80% 수준)	100%	
	pilot 설비 구축	-	무인 자동화 운영 실증 설비 구축	

<표 6-131> (핵심 2-2-3) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	1 단계	복합기능 고직접화가 가능한 정밀 센서 개발	• 정밀 제어용 일체형 복합센서(온도, 압력, 습도, pH 등) 개발 • 센서 신호처리부 집적화 • 데이터 저장/분석 및 자율해석
	2 단계	정밀 제어 센서의 정밀도 평가 표준지표 및 유지관리 기술 개발	• Big Data 분석 패턴 학습을 통한 센서 장애 및 고장 진단 • 정밀센서 자율보정 기능 개발 • 센서 정밀도평가 표준화 추진체계 개발 • 센서 유지관리 기법 개발
복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	1 단계	ICT 기반 도시자원 계통 정보화 및 복합플랜트 운영관리 시스템 개발	• 최신 ICT기술 활용 도시자원 계통정보 수집 및 분석(통계)기술 개발 • 실시간 빅데이터의 분석/진단평가 기법 개발

<표 6-131> (핵심 2-2-3) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
			• 산업용 빅데이터 플랫폼 개발 • ERP/MES/PLS 등 타시스템 연계 시스템 구축 • 능동형 관리감시를 위한 유기적 통신네트워크 시스템 및 보안기술 개발
	2 단계	복합플랜트 운전 자가진단 및 자율적 효율평가 시스템 개발	• 복합플랜트 운영 알고리즘을 통해 설비 오작동 예측기술 개발 • 복합플랜트 운영 효율평가분석 기법 개발 • 패턴 인식을 통한 결함 진단 예지보전 체계 구축 • 단위설비 소모성 부품 수명주기 예측기법 개발

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- 국내 자동화 시장 규모는 2015년 약 5.3조원이며, 산업용 로봇이 가장 빠르게 성장하여 2000년 1,200억원에서 2015년 1조 9,124억원으로 20.3% 성장하였음. 같은 기간 산업용 PC는 14.4%, 센서는 10.2%, PLC는 10.7%, 머신비전은 5.9% 성장하였음
- 산업자동화는 CT 기술과 융복합화, 산업설비의 로봇화, 생산공정 유연화, 센서기술과 고정밀화 방향으로 흘러가고 있음

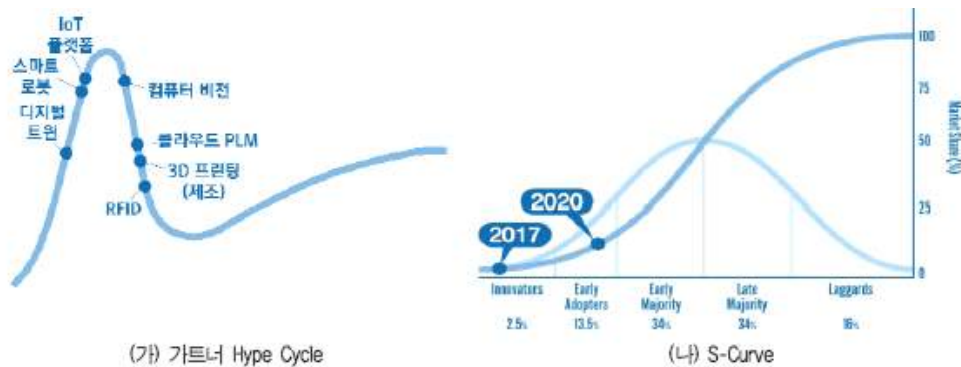
<표 6-132> 산업자동화 트렌드

산업자동화 방향	내 용
CT 기술과 융복합화	• 네트워크, 인터넷, 모바일 기술 등의 IT 기술이 생산설비와 융합되면서 요소부품의 통합적 관리 및 원격 HMI
산업설비의 로봇화	• 센서를 통해 외부 환경의 변화를 인식, 스스로 판단, 대응하여 움직이는 지능형 산업용 로봇으로 진화
생산공정 유연화	• 소비자 기호의 다양화에 따라 소품종 대량생산의 일괄 수송 체제에서 생산자동화를 통한 다품종 소량 다빈도화가 가능
센서기술과 고정밀화	• 다양한 센서 기술 적용으로 고정밀 생산 가능 센서기술은 지능형 로봇의 필수적 부품으로 향후 산업자동화 시스템의 경쟁력을 좌우

- 국내 제조 경쟁력 강화를 위해 최근 업계에서는 [스마트 팩토리]가 대안으로 제시되고 있으며, 4차 산업혁명 시대도래, 저성장의 일상화 뉴노멀 시대 진입, 고령화로 인한 숙련공 부족, 기술혁신 등이 스마트 팩토리 도입을 촉진하는 요인임

- 국내 스마트 팩토리 산업은 중견/중소기업 타깃 제조업용 애플리케이션 개발 업체들로 대부분 구성되어 있으며, 스마트 팩토리 산업에서 대기업들은 대부분 토털 솔루션을 구비하고 있지만, 중소기업들은 중견/중소기업을 타깃으로 하는 제조업용 애플리케이션 (ERP, MES, PLM, SCM) 관련 사업을 대부분 추진 중임.
- 자체 솔루션을 개발한 기업이라 할지라도 일부 분야에만 초점을 맞춘 경우가 많고 자체 솔루션이 없는 기업들 중 상당수가 외산 솔루션을 이용한 SI/컨설팅/교육 사업을 진행하고 있는 것이 국내 스마트 팩토리 산업의 현실임

2) 해외 동향



<자료> Gartner, 2017.

<그림 6-44> 세계 스마트 팩토리 기술/시장 전망

- 자동화산업 세계시장 규모는 2015년 2,352억 달러이며, 연평균 7.3% 성장할 것으로 전망하고 있음.
- 세계 산업자동화 시스템은 2000년 817억 달러에서 2015년 2,352억 달러로 연평균 7.3% 성장해 왔음.
- 특히, 산업용 로봇이 가장 빠르게 성장하여 2000년 63억 달러에서 2015년 551억 달러로 연평균 15.6% 성장하였음.
- 또한, 4차 산업혁명 시대의 도래로 제조 경쟁력을 강화시킬 수 있는 스마트 팩토리가 주목받고 있으며, 컨설팅 기업 딜로이트가 3년 주기로 발표하는 [세계 제조 경쟁력 지수]에서 우리나라의 순위는 지속적으로 하락하는 추세에 있음.
- 투자은행 골드만삭스는 스마트 팩토리를 도입함으로써 기업들이 공장 당 평균 10~15%의 비용절감 효과 거둘 수 있을 것으로 기대했으며, 이에

따라 전 세계적으로 5,000~6,500억 달러의 잠재적 경제 효과가 기대된다고 발표

마. 핵심기술 확보전략

- 정확성, 정밀성, 반복성, 감도, 선형성 등의 특성에 따라 플랜트 핵심요소 기술에 대한 적합한 정밀센서 적용 분야를 분류하고 4차 산업 기술과의 융복합 기술 확보
- ICT 및 센서 기술의 진보로 복합플랜트의 자율적 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 완벽한 스마트 복합플랜트로 전환하여 WWE(물-폐기물-에너지)의 전체 생산 공정을 최적화·효율화하고, 산업 공정의 유연성과 성능을 업그레이드 시킴.
- 도시자원 공급처리 계통의 최적화 알고리즘 및 시뮬레이터 구축으로 최적화된 실시간 계통 분석 및 모니터링 관리를 실현하고 HMI (Human-Machine Interface) 모니터링 시스템에 의한 최적화된 복합플랜트 운영관리를 진행

<표 6-133> (핵심 2-2-3) 핵심기술 확보전략

구성기술	목표 TRL	성과 연계	자체 개발	기술 도입	글로벌 협력	아웃 소싱
복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	8			●		
복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	8		●	○		

※ ● : 주, ○ : 부

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-134> (핵심 2-2-3) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
최적의 복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	정밀제어 센싱 기술(센서)에 대한 정밀도 및 정확성에 대한 신뢰도 판단 기준의 모호성	각 센싱 기술(센서)에 대한 표준 규격화 되어 있는 기준(안) 마련
복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	- 기존에 구축되어 있는 WWE(물-폐기물-에너지)의 관리체계와 신규 구축 복합플랜트의 운영 데이터(수요처, 공급처) 연계성 문제 - 도시 유형별 적용되는 다양한 복합플랜트의 시나리오별 운영 최적화 기술에 대하여 접목이 가능한가	- 복합플랜트 운영에 필요한 빅데이터를 확보하고 운영 알고리즘 개발을 통하여 기존 확보데이터의 선행분석 후 플랜트 구축을 검토 - 도시 유형별 복합플랜트의 구성요소를 모듈화하여 구축하고 모듈별 운영기술에 대한 개발과 유형별 통합관리 기술체계를 구축

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 105억 원 중 정부출연금 80억 원(%), 민간부담금 25억 원(%)로 구성

<표 6-135> (핵심 2-2-3) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
복합플랜트 정밀 제어 센싱 기술 개발	국고	4	14	14	5	1			38
	민자	1	6	6	3	1			17
	소계	5	20	20	8	2			55
복합플랜트 운영 최적화 기술 개발	국고	4	7	16	7	1			35
	민자	1	3	7	3	1			15
	소계	5	10	23	10	2			50
합계		10	30	53	18	4			105

<표 6-136> (핵심 2-2-3) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고	7	21	37	12	3			80
민자	3	9	16	6	1			25
합계	10	30	53	18	4			105

2.5 (핵심기술 2-2-4) 복합플랜트 에너지 거래 기술

가. 기술 개요

- (정의) 지하공간 복합플랜트 및 사업대상지 내 다양한 형태의 분산에너지원(열/전기 포함), 에너지저장장치를 활용한 사업자 간 또는 사업자/소비자 간 에너지 거래를 지원하기 위한 기반 시스템 구축을 위한 기술

<표 6-137> (핵심 2-2-4) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
2-2-4. 복합플랜트 에너지 거래 기술		4년	150억 원
	-1. 다중 자원 순환을 위한 자원간 에너지 최적 거래 기술	4년	80억 원
	-2. 단위 지역 프로슈머/사업자/자원간 통합 에너지 거래 기술(P2P, P2B, B2B)	4년	70억 원

- 대상지 내 다양한 분산에너지원을 보유하고 있는 생산자 또는 소비자의 현황 모니터링 및 분석을 통한 에너지거래를 지원할 수 있는 에너지블록체인 개발
- 지하공간이라는 특수한 환경에서의 복합플랜트 운영에 있어 다중 폐자원 연동, 에너지 생산, 환경 부하 간에 상호 영향성을 AI 기법을 적용하여 분석하는 기술임

나. 기술개발 필요성

- 복합플랜트를 포함한 사업대상지 내 다양한 분산에너지원 활용, 이중 에너지원 간 에너지거래 및 변환을 통한 설비 효율성 제고와 함께 이를 통한 신규 에너지사업 발굴을 위한 근간 필요
- 단위 지역에서 발생하는 폐자원, 미활용에너지 및 신재생에너지의 효율적인 다중 순환 연동형(Serial/Parallel To Serial/Parallel) 연계 체계 구축을 통한 효율적인 에너지 운영과 함께 변화하는 에너지시장에 대응하기 위한 신규 사업 모델을 지원하기 위한 거래 체계 수립 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

- 지하복합플랜트 및 사업대상지 내 분산에너지원의 현황(생산/소비), 에너지저장장치에 대한 분석과 함께 요금 체계에 대한 검토를 통하여 사업 참여자의 수익 확보 및 대상지 내 에너지/자원 시설의 효율성 제고를 지원하는 에너지거래 기술체계 수립

<표 6-138> (핵심 2-2-4) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
다중 자원 순환을 위한 자원간 에너지 최적 거래 기술	1 단계	복합플랜트 활용 에너지 거래 사례 검토	• 국내외 복합플랜트 또는 분산에너지원 활용 에너지 거래 사업 사례 수집 • 에너지거래 사업 주요 player 및 거래 관련 기술 검토 • 국내외 에너지거래 상비 정책/제도 관련 Tariff 분석, 운영 현황 분석
	2 단계	복합플랜트 활용 에너지 거래 시나리오 수립	• 복합플랜트 최적 운영 시나리오 수립 및 성능 데이터 분석 • 신재생에너지 생산량 예측 및 성능 데이터 분석 • 에너지 저장장치 운영 시나리오 검토 및 성능 데이터 분석 • 에너지생산/저장설비에 대한 비용 DB 및 LCOE 분석 • 다양한 사업자 참여(생산자, 소비자, 프로슈머)에 따른 다중 에너지설비의 운영 시나리오 검토(변환, 저장 등) • 다양한 사업자 및 설비 참여에 따른 에너지 블록체인 구축 기술
단위 지역 프로슈머/사업 자/자원간 통합 에너지 거래 기술	3 단계	복합플랜트 활용 에너지 거래 기술 실증	• 다중 에너지 설비 실증을 위한 T/B 구축 • 다중 에너지 설비 적용 및 사업자 참여 모델 실증 • 복합플랜트 운영기반 다중 에너지설비 운영 안 보완 개발 • 다중 에너지설비 성능 분석 실증 및 거래 체계 효용성 실증

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- 17년도 4월부터 12월까지 한국전력공사 전력연구원은 블록체인 기술을 이용하여 전력 분야 융합 서비스 모델을 발굴하기 위해서 P2P 전력

거래와 전기자동차 전력거래에 블록체인 기술을 활용하는 시범 사업 추진 중

- 이 외에 이젠파트너스 등이 소형건물물 대상의 수요관리 블록체인기술 사업을 수행
- 열 분야의 경우 국내는 현재 2, 3세대 네트워크를 활용한 사업자 간 열거래 사례는 다수 존재하나, 신재생에너지 등을 활용한 4세대 저온 열거래는 연구 단계 수준

2) 해외동향

<표 6-139> 해외 에너지거래 블록체인 적용 사례

유형	주요내용	사례
P2P 전력거래	•개인간 전력거래 비용을 줄이고 투명한 전력거래를 위해 블록체인 기술 활용	•미국 브루클린 마이크로그리드, 중국 에너고, 호주 파워레저, 미국 솔라코인
전기차 충전 및 공유	•전기차를 충전 및 결제할 때 블록체인 기술을 활용하여 신뢰성을 높이고 비용 절감	•독일 슬록, it&RWE, 중국 에너고
에너지 데이터 활용	•블록체인에 에너지 데이터를 공유해 새로운 비즈니스 모델 구축	•오스트리아 그리드싱글러리티
에너지 공유	•에너지 공급이 필요한 개발도상국에 신재생에너지 설비를 공유할 수 있도록 블록체인 활용	•남아공 뱅키문, 덴마크 M-페이G
탄소자산 거래	•탄소배출권 거래제와 같은 탄소자산 거래를 활성화하기 위해 블록체인 기술 도입	•중국IBM & 스마트 블록체인 랩

- 열분야의 경우 유럽은 4세대 집단에너지 기술인 저온 공급 열 네트워크 기술이 실증단계에 돌입하였으며, 중소규모 사용자시설(단독주택 등) 대상 적용 기술 완료. 또한, 유럽의 Resilient Project는 2012년부터 2016년까지 전기와 열 네트워크를 결합한 ICT Based Framework for District Energy Management를 실증 중
- 오스트리아에서는 신재생에너지원과의 시스템 접목성을 고려하여 중저온 열 공급(50℃) 네트워크를 중심으로 고온(90℃) 열공급 및 저온(25℃) 배관 간 상호 열에너지 교환이 가능한 Cascade 열 네트워크 기술개발을 추진 중
- 독일에서는 상이한 온도대로 운전되는 복수의 열 공급 네트워크를 구축, 소비자 분산 전원으로부터 발생하는 다양한 온도대의 열에너지를 엑서지 손실 없이 저장, 이용 가능한 기술 개발 수행 중 (TU Berlin)

마. 추진 전략

- 타 과제에서 개발된 복합플랜트 통합운영플랫폼 내 에너지거래지원을 위한 솔루션 제공 또는 집단에너지운영사업자의 에너지통합운영플랫폼 내 적용을 통한 에너지거래 기술의 실증 (중점과제 2 및 중점과제 3)
- 복합플랜트를 포함한 다양한 에너지설비에 대한 DB 구축(성능, 비용 등)을 통한 대상지 현황을 반영한 에너지 효율, 비용 최적화가 가능함과 동시에 다양한 player의 참여가 가능한 거래 솔루션 수립

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-140> (핵심 2-2-4) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
다중 자원 순환을 위한 자원간 에너지 최적 거래 기술	• 새로운 형태의 사업 모델을 지원하기 위한 에너지 거래에 대한 집단에너지 사업법, 전기사업법 등의 규제와 개인정보 공유 등의 사회적 이슈	• 스마트시티 시범사업 단지의 규제 샌드박스 활용 • 블록체인기술 활용과 같은 정보 보안 체계 확보 필요
단위 지역 프로슈머/사업자/자원간 통합 에너지 거래 기술	• 대상지 내 다양한 분산에너지원의 경제성 및 성능을 고려한 복합적인 운영을 위한 지원 체계	• 타 세부과제와의 연계 및 실증사업을 통하여 운영방안에 대한 지속적인 보완과 선진 사례 분석 및 전문가의 경험적 지식을 적극 활용

사. 소요예산

1) 투자 규모

- 150억 원 중 정부출연금 105억 원(70%), 민간부담금 45억 원(30%)로 구성

<표 6-141> (핵심 2-2-4) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
다중 자원 순환을 위한 자원간 에너지 최적 거래 기술	국고		8	20	20	8			56
	민자		4	8	8	4			24
	소계		12	28	28	12			80
단위 지역 프로슈머/사업자/자원간 통합 에너지 거래 기술	국고		9	15	15	10			49
	민자		3	7	7	4			21
	소계		12	22	22	14			70
합계			24	50	50	26			150

<표 6-142> (핵심 2-2-4) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고		17	35	35	18			105
민자		7	15	15	8			45
합계		24	50	50	26			150

제4절 (중점분야 3) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증

- (목적) 복합플랜트의 도시 단위 실증을 통한 통합솔루션(설계, 시공, 운영)을 확보함과 동시에 복합플랜트를 활용한 사업모델 개발

세부 3-1	복합플랜트 상용급 Test Bed 구축 및 운영
핵심 기술	• 복합플랜트 상용급 Test Bed 구축 • 복합플랜트 상용급 Test Bed 운영
세부 3-2	복합플랜트 운영 사업모델 개발
핵심 기술	• 에너지/자원 거래 모델 개발

<그림 6-45> (중점 3) 과제 구성

1. (세부과제 3-1) 복합플랜트 상용급 Test Bed 구축 및 운영

1.1 세부과제 개요

가. 정의 및 목적

<표 6-143> (세부 3-1) 과제 개요

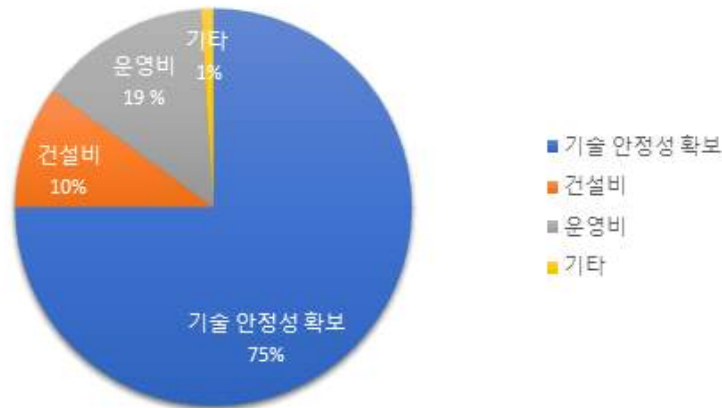
구분	내용
정의	• 지하 공간 활용 복합플랜트의 설계 기술을 기반으로 실제 도심 지하 공간 내 복합플랜트의 건설/시운전 및 장기 운영으로 복합플랜트 시설의 운영/관리
목적	• 에너지생산 및 자원처리 시설의 실증 사이트 내 지하화를 위한 시공 기술 확보와 함께 통합관리기술시스템 개발을 통하여 설계/시공/운영에 대한 Total solution 확보를 바탕으로 한 사업 모델 구축

나. 추진 필요성

- 환경기초시설 도심 편입 대응 사회적 재난 수준인 미세먼지, 이차부산물 등의 환경부하 저감 및 에너지 생산&활용효율 극대화 위한 기술의 신뢰성 확보 시급
- 도시확장, 님비문제, 환경기초시설의 대규모 리밸류잉, 매립지 용량 한계 시점 임박 등의 다양한 문제속에서 환경기초시설의 도심지 편입은 불가피
 - 폐자원별 처리시설의 단순 지하화는 대규모 부지 요구와 에너지 생산 및 활용효율이 낮기 때문에 이를 해결 할 수 있는 복합폐자원을 이용한 복합에너지화시설이 절실
 - 일부 지역에서 하수처리시설, 음식물처리시설 등 일부 개별 환경기초시설에 대한 지하화시설은 건설되어 운영 중
 - 환경기초시설과 에너지생산 시설을 복합화하여 지하공간에 복합플랜트를 건설한 사례 없음
- 지하복합플랜트는 부지 제공, 폐자원 확보 및 인허가 등을 위해 지자체 참여와 협조가 필수적이며 이에 따른 지자체 설문조사를 실시
 - 지자체 공무원을 대상으로 한 설문 조사 결과 지하복합플랜트 도입시 지하복합플랜트 기술 안정성 확보가 우선적으로 해소 되어야 된다는

응답이 압도적(75%)

- 지자체에서 지하복합플랜트 도입에 대한 기술적인 불안감 해소를 위해 실증 시설 구축을 통한 상용급 지하 복합플랜트의 신뢰성 확보가 시급



<그림 6-46> 지자체 공무원 대상 복합플랜트 도입 저해요인 설문조사 결과

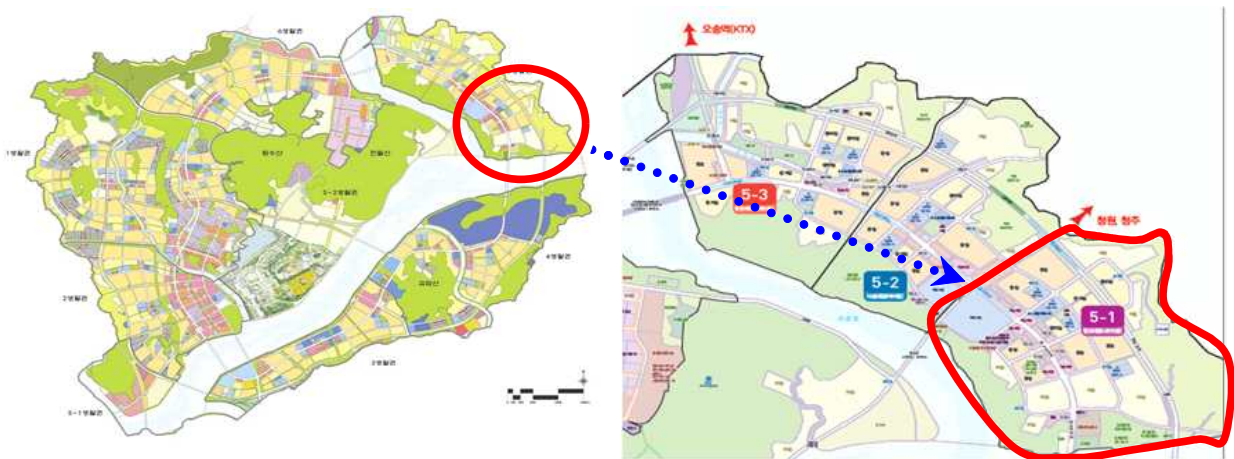
- 상용급 지하 복합플랜트의 기술검증으로 지역자치단체 연계 신기술 도입에 대한 불안감 해소

다. 실증 후보지 검토

□ 복합플랜트의 실증 후보지로는 도시기반형, 도시배후형, 신재생 연계형 등이 있음

- (도시기반형) 국내외 신도시 건설지역이나 기존 신도시 근린체육공원 등의 도시 공공용지
- (도시배후형) 수도권 매립지 등 도시 외곽지역에 기 설치되어 있는 기존 시설이나 새만금 간척지와 같이 새로 조성될 예정인 시설
- (신재생에너지 연계형) 기존 시설이나 산업단지 등에서 발생하는 미활용 에너지 등의 이용가능 시설
- 본 기획에서 검토하고자 하는 실증사이트인 세종시 5-1 생활권은 스마트제로에너지시티화를 목표로 현재 지구단위계획 설계를 진행 중
 - 해당 지역은 개발 전 단계인 그린필드 상태로 있으므로, 복합플랜트와 같은 사회기반시설의 입지 선정에 발생할 수 있는 문제 최소화
 - 대상지에 다른 사회기반시설 및 에너지 생산시설이 전무한 관계로

독자적인 운영이 가능



<그림 6-47> 세종시 사업 대상지역

라. 본 사업 관련 세종시 정책

□ 국내 최대 규모의 ‘제로에너지 스마트도시’ 조성

- 행정중심복합도시건설청은 행정중심복합도시(이하 행복도시) 합강리(5-1생활권) 약 274만㎡를 ‘제로에너지타운’으로 건설하기 위한 ‘제로에너지 스마트도시 조성방안’ 발표
- 행복도시는 그동안 세계 최고의 저탄소 친환경도시 구현을 위해 ‘녹색도시(그린시티) 조성 종합계획’을 수립(2013.9월)하여, 오는 2030년까지 온실가스 73% 감축, 신재생에너지 15% 도입 목표를 설정하고 단계별 도시건설 계획과 연계해 점진적으로 추진
 - 자전거도로, 방음터널, 주차장 등 다양한 도시 시설물을 대상으로 태양광을 설치하여 행복도시를 세계적인 태양광 도시로 조성해 나가는 한편, 지열 및 연료전지 등 다양한 신재생에너지 도입도 적극 추진 중에 있음
- 지구단위 수준의 지역생활권을 대상으로 추진 중인 국내 최대 규모의 ‘제로에너지타운’에는 하수 및 폐기물을 재활용하는 도시기반 순환형 복합 플랜트 도입과 동시에, 스마트 그리드(Smart Grid) 인프라에 열과 전기 에너지 믹스(Mix)개념을 도입한 에너지 효율화 시스템 도입을 적극 검토 중

○ 스마트 인프라 · 에코 · 라이프 융합 → 살기좋은 미래도시, 해외 수출 모델 구현



자료 : 세종시

<그림 6-48> 세종시 제로에너지 스마트도시 조성 개념도

□ 세종시 공급처리계획(수질복원센터, 폐기물 연료화시설 등) 검토

○ 수질복원센터



자료 : LH공사

<그림 6-49> 세종시 수질복원센터 운영 계획

- 행복도시는 4개의 하수처리 구역으로 구분되어 A구역(1, 2, 6-3, 6-4 생활권), B구역(3, 4 생활권)은 하수처리장 조성, 운영중에 있음
- 5생활권 및 6-1, 6-2 생활권은 C, D 처리구역으로 구분되어 별도의 하수처리시설 필요

* C 처리구역 : 6-1, 6-2, 5-3 생활권 ('23. 12월 가동)

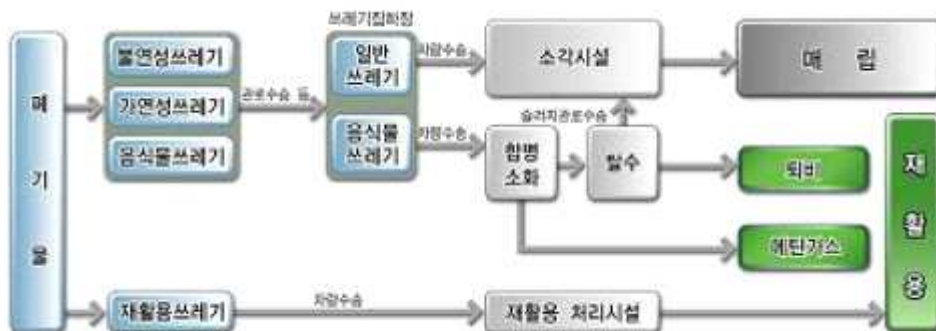
* D 처리구역 : 5-1, 5-2 생활권 ('21. 12월 가동)

<표 6-144> 세종시 수질복원센터 운영 계획

구분	해당구역	해당 생활권	시설용량	비고
A-하수처리장 (S-2 입지)	A구역	1생활권 전체 2생활권 전체 S-1생활권 전체 6-3, 4 생활권	11만 m ³ /일	운영 중
B-하수처리장 (3-1 입지)	B구역	3생활권 전체 4생활권 전체	5만 m ³ /일	운영 중
C-하수처리장 (6-1 예정)	C구역	6-1, 2 생활권 5-3 생활권	3만 m ³ /일	38천 m ²
D-하수처리장 (5-1 예정)	D구역	5-1,2 생활권	1.4만 m ³ /일	24천 m ²

○ 폐기물 연료화시설

- 폐기물을 최소화·자원화하고 안전하게 관리할 수 있는 자원 순환형 폐기물 종합관리체계 구축



자료 : LH공사

<그림 6-50> 자원 순환형 폐기물 종합관리체계

- 현재 폐기물처리시설의 처리방안은 신규 연료화시설B 신설(5, 6

생활권)과 가람동 지역난방공사 SRF 발전시설 신설 계획

- 기존 연료화 방식의 효율성 한계, 냄새·악취 등의 문제점으로 인해 폐기물의 처리는 고효율 소각시설 신설이 타당한 것으로 검토(지하화가 새로운 대안으로 검토될 수 있음)

* 세종시 전체 폐기물 통합처리체계 구축 및 신규처리시설 최적 입지 검토를 위한 2단계 용역 수행(한국환경공단) 중

<표 6-145> 세종시 폐기물처리시설 운영 계획

구 분	자동집하시설				중간처분시설		최종처분시설
	1집하장	2집하장	3집하장	5집하장	연료화 시설A	크린에너지 센터	고운동 매립장
내용	1-1	1-2,3,4	1-5	2-2	65톤/일	50m³/일	274,659m³

구 분		규 모	현 황
자동집하시설	3 집하장	2-1, S-1	시운전(2017.07)
	5,6,7 집하장	2-2, 3, 4-1	시운전(2017.07)
	8 집하장	4-2	공사 중
	4, 9~12 집하장	S-1, 5~6	분리관로 계획 진행 중
중간처분시설	폐기물연료화 A-2	65톤/일	공사 중(2017.10)
	크린에너지센터(증설)	32m³/일	설계 완료(미정)
	폐기물연료화B	130톤/일	계획 중(미정)
	생활자원회수센터	50톤/일	공사 중(2017.12)
	SRF발전시설	50톤/일	계획 중(미정)
최종처분시설	고운동매립장(2단계)	310,000m³	향후 예정(미정)

○ 열원공급시설

- 열·가스·폐기물처리시설 등의 복합화 설치계획 수립
- 집단에너지 공급시설은 하수처리장과 복합화하여 복합공급처리시설부지 내에 설치하되 에너지 공급권역을 고려하여 월산산업단지와 금강하류지역 2개소에 각각 설치
- 열병합 시설의 용량은 계획인구수에 따른 열부하량을 기준으로 결정(에너지 사용계획, 개발계획 등 상위계획)
- 전력부하량은 열부하량에 근거해 기준에 따라 산정(집단에너지사업법 시행령 제 2조 및 열생산용량 및 전기생산용량의 계산방법 등 기준, 열부하량 > 전기생산용량)
- 열원공급시설의 용량은 ‘집단에너지 사업계획’에 따라 행복도시 전체 1,239Gcal/h로 결정되고, 1단계로 S-2생활권에 744Gcal/h(발전 391 + PLB 103 + 축열조 250)가 건설 운영 중(2017.7 기준)

마. 실증 추진방안

□ 세종시 5-1 생활권 외에도 추가적으로 복합플랜트 기술의 적용이 가능한 지자체에 대한 조사 진행

○ 도출, 검토한 실증 후보지 이외에도 가능한 대상이 있을 수 있고, 또 대상 후보지별로 특장점이 있을 수 있으므로, 세종시 5-1 생활권 외에도 추가적으로 복합플랜트 기술의 적용이 가능한 지자체에 대한 조사를 진행하고 있으며, 이에 대한 의사 결정까지 가능한 단계의 서류까지 준비할 예정

- 또한, 실증 대상 및 후보지 선정과정에서는 표준화된 도시 규모에 대하여 제안된 복합공정의 실현가능성과 적용효과, 기존 시설 관리주체의 의지와 협조관계, 연구예산 중 민간부담금 출연 내역 및 신뢰성, 향후 본 사업(사업단 과제) 추진을 시사점 및 파급효과 등이 중점적으로 검토하여 지자체와의 협의 시에 활용

행정도시 차공 10주년, 국민이 행복한 도시로 만들겠습니다.

 **행정중심복합도시건설청**

수신 수신자 참조
(경유)
제목 '지하공간 활용 도시 기반 복합플랜트 실증연구 기획' 관련 LOI 요청에 대한 회신

1. GS(건) 기연 2017-22(2017.7.3)의 관련입니다.

2. 국토교통과학기술진흥원 주관 '지하공간 활용 도시 기반 복합플랜트 실증연구 기획' 테스트베드 제공 요청과 관련하여 아래와 같은 조건으로 5-1 생활권 제로에너지 타운 등 행복도시 내 실증단지 제공이 가능함을 확인합니다.

- 아 래 -

○ 5-1 생활권 지구단위계획, 폐기물처리시설 처리방식 변경 및 복합공급처리시설 입지 변경 등과 연계하여 '18년 상반기 내 최종 확정 가능

끝.

행정중심복합도시건설청

수신자 지에스건설 주식회사 대표이사, 한국토지주택공사 사장

행정사무관 조민하 과장 2017. 7. 12. 이장호

참조자

시행 녹색에너지환경과-1046 (2017. 7. 12.) 접수

주. 30103 세종특별자치시 도움6로 11, 행정중심복합도시건설청 (여 / http://naeco.go.kr)

전화번호 044-200-3250 팩스번호 044-200-3259 / cjh19782000@korea.kr / 대한민국 공개

공공정보의 개방/공유로 만들어 가는 투명한 정부

과제 참여 의향서

시흥지역 환경문제 해결을 위해 설립된 시흥녹색환경지원센터는 국토교통과학기술진흥원에서 국토교통기술연구개발사업으로 기획하고 있는 "지하공간 활용 도시 기반 복합플랜트 실증 연구"에 대하여 많은 관심을 가지고 있으며, 향후 본 사업에 참여하여 과제의 목적을 이룰 수 있도록 협력할 의향이 있습니다.

2019년 5월 8일

시흥녹색환경지원센터

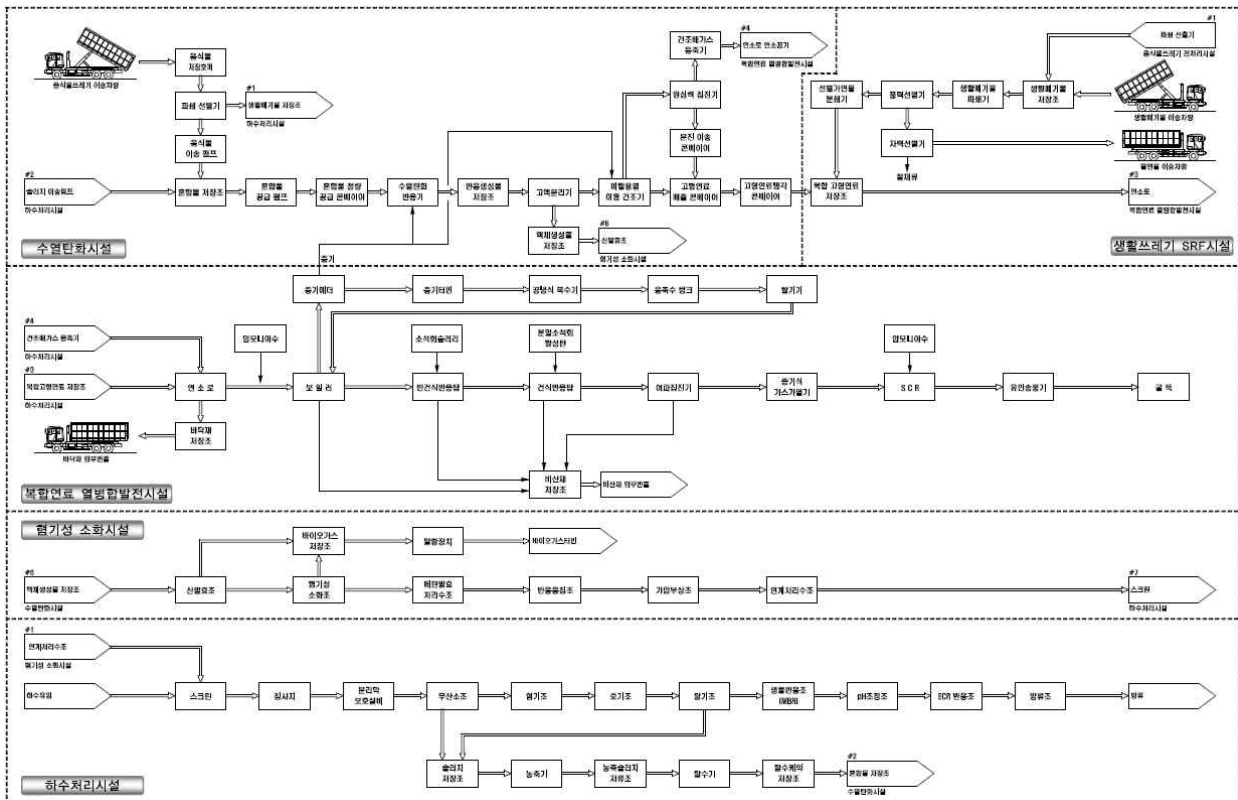


<그림 6-51> 실증 후보지 제공 관련 지자체 LOI

1.2 지하 복합플랜트 상용급 Test Bed 설계(안)

□ (전체 처리 계통도) 수열탄화시설, 생활쓰레기 SRF 시설, 복합연료 열병합 발전시설, 혐기성 소화시설, 하수처리시설로 구성

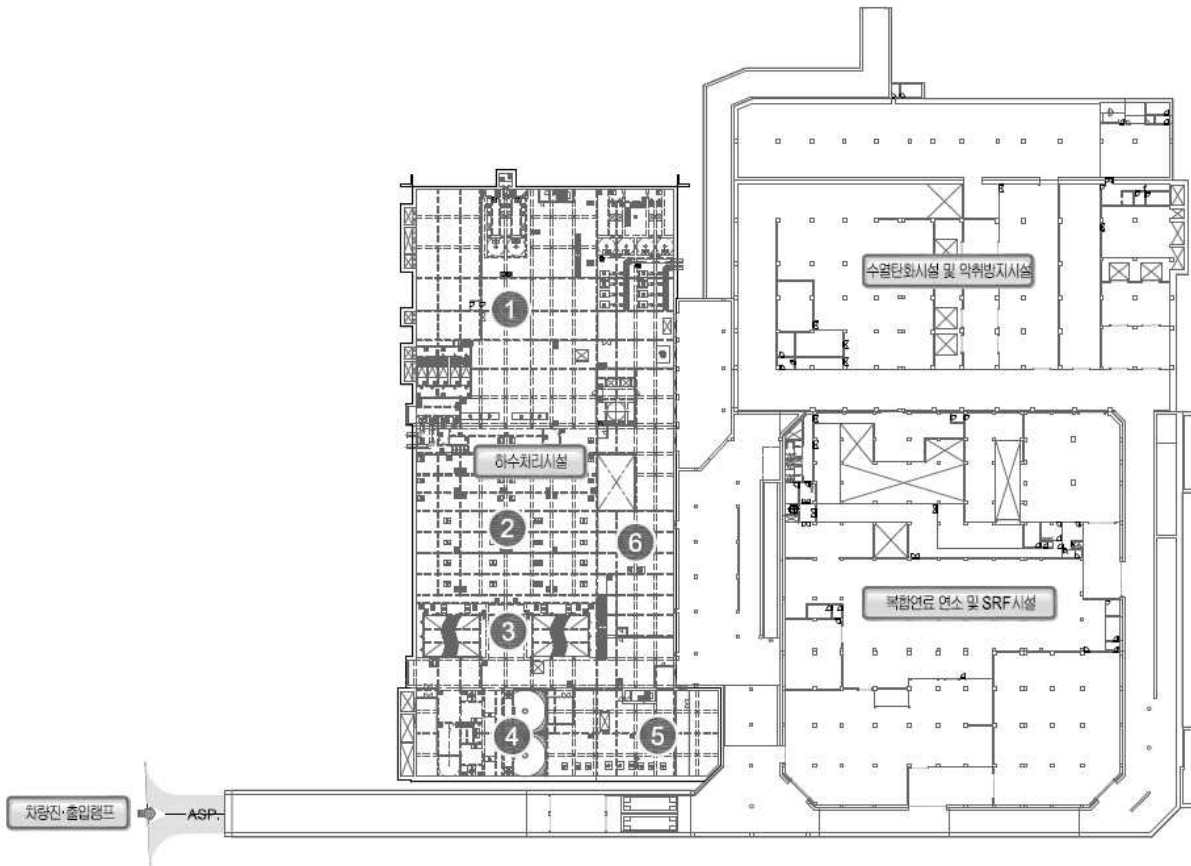
○ (시설개요) 세종시 5-1지구내에 위치할 예정인 실증 플랜트는 지하 4층의 구조물로 하수처리시설 및 폐기물처리시설로 구성



<그림 6-52> 실증 플랜트 전체 처리 계통도

<표 6-146> 하수처리시설 배치계획평면도

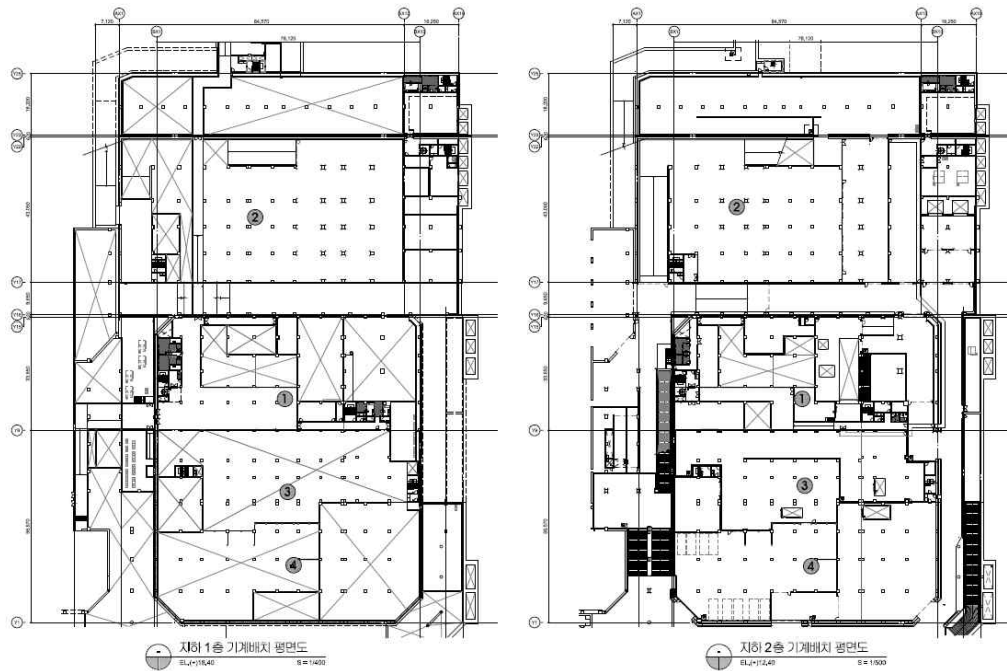
축척 : 1/800



번호	명 칭	규 격	용도 및 특이사항
1	유량조정조(금회분)	W10.0mXL53.0mXH6.4m	
2	전무산소조	W10.0mXL5.5mXH9.0m	
	혐기조	W10.0mXL4.5mXH9.0m	
	무산소조#1, #2	W10.0mXL7.5mXH9.0m	
	호기조#1	W10.0mXL9.3mXH9.0m	
	호기조#2	W10.0mXL9.3mXH9.0m	
3	분리막조	W2.9mXL12.8mXH4.4m	
4	고속응집 침전조	W9.7mXL9.7mXH7.0m	
5	방류수조	W7.0mXL5.6mXH7.0m	
	재이용수조	W7.0mXL5.05mXH7.0m	
6	찌꺼기 저류조	W10.5mXL8.5mXH6.2m	
	농축찌꺼기 저류조	W4.35mXL6.25mXH6.2m	

<표 6-147> 폐기물처리시설 전체배치도(1/2)

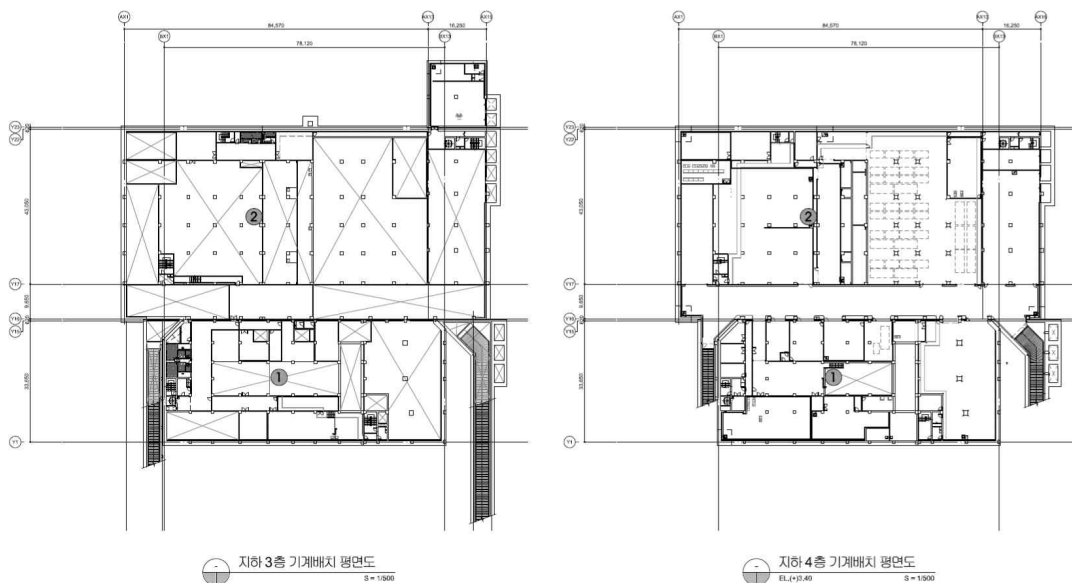
축척 : 1:450



번호	명 칭	규 격	용도 및 특이사항
1	복합연료 열병합시설		
2	수열탄화시설		
3	생활폐기물 SRF 제조시설		
4	협기성 소화시설		
5	악취방지시설		

<표 6-148> 폐기물처리시설 전체배치도(2/2)

축척 : 1:450



번호	명 칭	규 격	용도 및 특이사항
1	복합연료 열병합발전시설		
2	수열탄화시설		

- 실증 플랜트 건설 사업 예산은 총 2759.2억 원으로 정부출연금 1931.4억 원(70%), 민간부담금 827.8억 원(30%)으로 구성

<표 6-149> 상용급 실증 플랜트 건설 사업 예산 계획(자원별)

(단위 : 억원)

구분	총 사업비 자원별 구성			
	합계	국고	지방비	민자
토목 분야	1150.3	805.2	0.0	345.1
하수 분야	669.8	468.9	0.0	200.9
폐기물 분야	480.5	336.4	0.0	144.2
건축 분야	397.5	278.3	0.0	119.3
하수 분야	232.8	163.0	0.0	69.8
폐기물 분야	164.7	115.3	0.0	49.4
기계 분야	739.9	517.9	0.0	222.0
하수 분야	346.7	242.7	0.0	104.0
폐기물 분야	393.2	275.2	0.0	118.0
건축설비 분야	141.4	99.0	0.0	42.4
전기계측 분야	229.0	160.3	0.0	68.7
조경 분야	101.1	70.8	0.0	30.3
계	2759.2	1931.4	0.0	827.8

자료 : 이메이트 기술(주) 설계 용역

- 실증 플랜트는 연간 약 56.35억 원으로 건설 후 4년간 225.4억 원의 운영 비용이 발생할 것으로 추정

- 연간 총 56.35억 원의 운영 비용 중 정부출연금 39.45억 원, 민간부담금 16.9억 원으로 구성

<표 6-150> 상용급 실증 플랜트 연간 운영 비용 추정

(단위 : 억 원)

구분		처리량	단위	단가	연간 비용
운전비	생활폐기물 SRF 생산	51,092	톤/년	35,700원/톤	18.24억
	수열탄화 바이오가스 플랜트 운전비	21,487		12,100원/톤	2.6억
	수열탄화 운전비	31,428		7,700원/톤	2.4억
	소계				23.24억
인건비		중급숙련기술자 3명, 초급숙련기술자 6명			3.3억
유지보수비		시설비의 0.1%로 가정			2.8억
전력비		연간처리량 X 25,979원/톤			27.01억
합계					33.11억

자료 : 도시자원 순환형 복합플랜트 연구단

※ 기존 복합플랜트 대비 인건비는 30%, 유지보수비는 10%로 절감할 것으로 가정하여 운영비 추정

2. (세부과제 3-2) 복합플랜트 운영 사업모델 개발

2.1 세부과제 개요 및 구성

가. 정의 및 목적

<표 6-151> (세부 3-2) 과제 개요

구분	내용
정의	• 다양한 운영 조건(생산, 소비, 거래 등)에 따른 에너지·자원 거래 기술 및 플랜트 운영 관리 기술을 바탕으로 한 사업 모델 도출
목적	• 도시 또는 지구 단위의 에너지공급사업자의 다양한 시설 중 복합플랜트를 Sub-utility로 활용하여 에너지/자원 공급 및 처리를 하는 사업에 대한 사업모델을 개발함으로써 국내외 도시 개발 사업 및 인프라 구축 사업의 진출을 위한 기반 마련

나. 추진 필요성

- 전 세계적으로 도시화에 따른 자원 및 인프라 부족, 교통 혼잡, 에너지 부족 등 각종 도시문제가 점차 심화될 것으로 전망
- 단순한 도시 인프라의 확충 대신 기존 인프라의 효율적 활용과 함께 다양한 에너지/자원 인프라의 융복합을 통하여 저비용/친환경적으로 도시문제를 해결하는 접근방식(신재생에너지원, 미활용에너지원, 에너지원 분산화 등)이 주목
- 이와 함께 최근 도시문제의 효율적 해결과 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하고 新성장동력을 창출하고자 스마트시티 시장이 빠르게 확산 중이며, 이에 대비하기 위하여 파급효과가 큰 미래 신성장동력이라 할 수 있는 도시 또는 지역/지구 단위의 에너지/자원 인프라에 대한 기술 확보 및 사업모델 확보를 통하여 선제적 대응 필요

다. 핵심이슈 및 해결방안

<표 6-152> (세부 3-2) 핵심이슈 및 해결방안

핵심이슈	해결방안	기술적니즈
전 세계적으로 도시화가 급속히 진행됨에 따라 스마트 시티 시장이 급성장	신도시 개발경험(도시 인프라-건물, 사회기간 시설 등) 과 ICT 인프라 구축 및 운영 경험의 적극 활용	신도시 건설(스마트시티 등) 시장에 대응하기 위한 인프라 건설 및 운영/관리 기술
공급자 중심의 추진방식으로 인한 시민 체감 부족, 인프라 건설 위주, 수익모델 및 운영 관리방안 부재, 해당 사업의 홍보 및 인식 제고 부족 등의 한계로 기존의 도시개발 사업의 확대 저조	사업자뿐만 아닌 실제 사용자 측면에서도 사업 참여를 통한 이익 창출이 가능한 사업 모델 개발	도시 차원에서의 수익 창출(시민 편익 기여 등) 및 관련 분야의 지속적인 확대와 도시 거주 시민의 체험 및 다양한 이해 관계자의 참여가 가능한 서비스 사업모델
플랜트 건설사들의 단기실적 집착으로 인한 과다경쟁과 수행 역량을 초과한 사업 수주 및 관리 능력 부족으로 인하여 수익악화 문제가 불거짐에 따라 기술 역량 확보와 함께 사업 관리 능력의 필요성 확대	건설사를 중심으로 한 국내외 다양한 플랜트(발전, 폐기물, 하폐수 처리시설 등)의 EPC 경험 활용과 함께 전체 사업에 대한 수행 경험 확보	수익성 개선을 목적으로 한 기술 역량과 사업 관리 능력
집단에너지사업의 경우 사업성에 대한 문제의식이 지역난방 사업 중 구역전기사업에서부터 시작해 지역난방 사업 전반으로 확대	집단에너지(분산전원 효과, 에너지효율제고, 온실가스 및 환경오염 저감) 편익이 제대로 반영된 제도개선 및 지원 방안 마련과 함께 수익성 개선을 위한 새로운 형태의 사업모델 개발	새로운 형태의 에너지/자원 공급 모델 확보

라. 과제 구성 개요

○ (기간/예산) 4년/ 120억 원(국고 84억 원, 민자 36억 원)

<표 6-153> (세부 3-1) 기술 구성

구분	개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
에너지/자원 거래 모델 개발	복합플랜트를 활용한 전기/열 및 기타 부산물의 대상지 내 사업자 간 거래 모델 개발 및 실증		4년	120억 원
구 성 기 양방향 에너지 거래 사업 모델(집단에너지)	다양한 운영 조건(생산, 소비, 거래 등)에 대응하고, 지하공간 복합플랜트를 포함한 대상지 내 분산에너지	복합플랜트 운영 사업모델	4년	60억 원

<표 6-153> (세부 3-1) 기술 구성

구분		개요	결과물	기간 (총년)	소요 예산
기술	사업 내 분산 에너지원 시설 간, 대상지 내 에너지 사업자/ 소비자간 실증	원의 효율적 운용성 제고를 위한 ‘양 방향 에너지거래 사업 모델 개발 및 실증’	양방향 에너지거래 시장 지원 정책/제도		
			에너지 저감량 평가		
	집 단에너지사업 대상지 내 분산 자원(복합플랜트, 열병합, 신재생에너지원 등) 활용 Aggregator 기술 실증	분산자원 Aggregator 기술은 기존의 중앙전원이 가지고 있는 대규모 및 장거리 송전과 대비되는 분산자원 (10MW 이하) 간의 거래를 중개하는 기술로 이에 대한 실증 사업 진행	분산자원 거래 시스템 구축	4년	60억 원
			분산자원 거래시장 지원 정책/제도		
			비즈니스 및 부가서비스 개발		

마. 최종 성과물 및 성과지표

<표 6-154> (세부 3-1) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
단위기술 성능 목표달성	단위기술 개발 목표 달성도	목표 달성 여부	%	100
실증 모델 적용 효과	실증모델 적용 효과 달성 여부	실증적용 수요자 만족도	%	100
정책/제도	에너지 거래시장 조사/평가 적합성	관련 전문가 평가	%	90
학술적 성과	국내외 학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재 여부	건	3
양방향 에너지 거래 사업모델 제안	사업모델 건수	제안 건수	건	2
양방향 에너지 거래 지원 정책/제도 제안	정책/제도 제안 건수	제안 건수	건	2

<표 6-154> (세부 3-1) 최종 성과물 및 성과지표

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치
에너지 저감량	전력/열 사용량 저감량	전력/열 사용량 검침	%	15
지하공간 작업자 지능형 안전교육 시스템	안전사고 감소율	지하복합시설 내 측정가능한 안전사고 감소 건수 및 정량적 교육 비용 감소율	%	30
	교육비용 감소율			30
지하공간 장시간 작업자 건강관리 시스템	밀폐공간 작업자 건강 지표 향상율	소화조 가스가 도시가스에 해당되는 경우 도시가스 사업법 적용 건수 측정 또는 산업안전보건법이 적용되는 밀폐공간 작업자 건강 지표 측정	%	30
착용형 스마트 안전 장치 및 생체신호 기반 HSE 서비스 시스템	현장 적용 건수	소화조 가스가 도시가스에 해당되는 경우 도시가스 사업법 적용 건수 측정 또는 산업안전보건법이 적용되는 현장 적용 건수 측정	건	5

2.2 (핵심기술 3-2-1) 에너지/자원 거래 모델 개발

가. 기술 개요

- (정의) 소규모/분산형 에너지생산설비와 ICT 기술의 발전에 따라 기존의 수직통합적 독점체제로 유지되어 오던 에너지시장에 다양한 공급자와 수요자의 시장 참여를 지원하는 서비스 모델

<표 6-155> (핵심 3-1-1) 기술 구성

핵심 기술	연구 내용	개발기간	소요예산
3-1-1. 에너지/자원 Trade & Concession		4년	120억 원
	-1. 양방향 에너지 거래 사업 모델(집단에너지 사업 내 분산 에너지원 시설 간, 대상지 내 에너지 사업자/소비자간) 실증	4년	60억 원
	-2. 집단 에너지 사업 대상지(지구/지구 단위) 내 분산 자원(복합플랜트, 열병합, 신재생에너지원 등) 활용 Aggregator 기술 실증	4년	60억 원

- 복합플랜트를 포함한 다양한 분산에너지자원, 에너지저장장치, 전기 자동차 등에 대한 ICT 기술의 적용을 통한 관련 시스템의 효율적 운영과 함께 수익 창출이 가능한 사업 모델 개발
- 소규모로 분산되어 있는 발전자원을 중개하기 위한 예측, 제어, 연계로 분산전원 계통연계 기술, ESS 운영 및 관리 기술, 신재생원 하이브리드 출력 예측기술, 거래 및 계약 중개 기술 등 포함

나. 기술개발 필요성

- 양방향 에너지거래를 위한 에너지거래 중개기관 또는 도소매를 위한 분산에너지원중개기관에서 거래를 할 수 있도록 지원하는 중개거래 사업 모델 개발과 함께 관련 정책/제도적 지침과 같은 사업 생태계를 구축 필요

다. 최종 목표 및 단계별 목표

- 복합플랜트를 포함한 다양한 분산에너지원을 활용하는 지역/지구 단위 에너지운영사업의 효율적 설비 운영 및 수익성 제고를 위한 양방향 거래 중심의 에너지사업 모델 수립

<표 6-156> (핵심 3-1-1) 단계별 목표

연구내용	기간	기술개발목표	기술개발내용
양방향 에너지 거래 사업 모델 실증	1 단계	양방향 에너지 거래 기존 사례 분석	• 국내외 양방향 에너지(열/전기) 거래 사례 분석 • 국내외 양방향 에너지 거래 시장 수요 Player 검토 • 국내외 양방향 에너지 거래 사업 분석을 통한 주요 시사점 도출
	2 단계	양방향 에너지 거래 방안 수립	• 사업 대상지 내 적용 가능한 분산에너지원(용량, 종류 등) 및 생산자/수요자 검토 • 분산에너지원의 발전단가 분석(규모, 운영 조건별 등) • 사업 대상지 내 분산 에너지원의 거래 플랫폼 연동 체계 구축 • 대상지 내 에너지 거래 운영 시나리오 및 거래 체계(요금, 규제/지원 제도 등) 구축
	3 단계	양방향 에너지 거래 사업 운영	• 양방향 에너지 거래 최적 운영 방안 보완 개발(설비 효율, 수익 개선 등) • 사업 모델 확장 방안 수립 • 양방향 에너지 거래 효용성 검증 방안 수립
집단 에너지 사업 대상지내 분산 자원 활용 Aggregator 기술 실증	1 단계	분산자원 중개사업자 지원 포털 구축	• 국내외 분산자원 중개사업 사례, 표준 검토 및 동향 분석 • 분산자원 중개거래를 위한 거래 체계 구축(지원 제도, 발전 단가, 거래 요금, REC 등) • 원활한 분산자원 중개 거래를 위한 지원 포털 구축 • 분산자원 평가 지표 및 프로세스 개발
	2 단계	분산자원 계약 중개 기술 개발	• 시장 참여 분산자원 계량 및 분석을 통한 데이터 검증/관리 기술 • 분산자원의 유효거래 자원화 기술 • 분산자원 위치 및 전력계통에 따른 생산자/소비자 간 직거래 기술 • 시장참여 지원을 위한 입찰 시장 관리 및 운영 특성, 용량 등의 정보 제공 기술(매핑, 공급 자동화 등) • 분산자원과 배전계통 간의 안정적 상호 연계/접속을 위한 운영관리 모델 및 알고리즘 기술
	3 단계	분산자원 거래 서비스 실증	• 소규모 분산자원의 특성, 소유자, 정책 등을 융복합한 사업 모델 개발 • 관련 부가서비스 사업 모델 확장 방안 수립 • 분산자원 최적 운영 방안 보완 개발(거래 활성화, 설비 효율, 수익 개선 등)

라. 관련 R&D 동향

1) 국내 동향

- 국내에서는 한국에너지기술연구원에서 양방향의 에너지 거래가 가능하도록 하는 다중 열원·열수요 양방향 열거래 Test Bed를 구축하여 최적 네트워크 운영이 가능한 설비 모듈화 제어 연구에 대한 운영 테스트를 수행한 바 있음
- 한전을 중심으로 ICT 기술을 기반으로 한 신재생, ESS, 전기차, 수요자원, 소규모 발전소 등 분산자원을 하나의 발전소(수백 MW급)처럼 통합 운영하는 사업에 연구를 진행
- 국내 E-프로슈머 시장 확대를 위한 실증 사업을 수행한 바 있음

2) 해외 동향

- 유럽의 Resilient Project는 2012년부터 2016년까지 전기와 열 네트워크를 결합한 ICT Based Framework for District Energy Management 실증 중
- 글로벌 기업을 중심으로 분산 에너지망 설계, 인프라 구축, 데이터 활용, 운영기술 등의 사업 전반에 걸쳐 광범위한 연구가 진행되고 있으며 일부의 경우 ISO에 기반을 둔 상업모델이 개시, Engineering 및 O&M에 대한 지속적인 기술개발 진행
- 공급망의 설계 및 운용의 경우 글로벌 대기업이 중심이 되어 안전성 확보 및 공-배급 최적화를 수행하고 있으며, 수용가 부분에서는 다양한 기술기업(Technical company)과 스타트업 기업이 참여하여 시장 확대

마. 추진 전략

- 복합플랜트를 포함한 다양한 분산에너지원을 활용하는 지역/지구 단위 에너지운영사업의 효율적 설비 운영 및 수익성 제고를 위한 양방향 거래 중심의 에너지사업 모델 수립
- 복합플랜트 및 사업 대상지 내 분산에너지원의 분산자원 중개시장 참여를 위한 성능 예측, 제어 및 계통연계 등의 기술 확보와 함께 최근 확대되고 있는 정부의 분산자원 중개시장 참여를 통하여 실시간 에너지거래를 위한 시장 운영 기반 마련

바. 기술개발 위험요인 및 대응방안

<표 6-157> (핵심 3-1-1) 기술개발 위험요인 및 대응방안

구성기술	위험요인	대응방안
양방향 에너지 거래 사업 모델 실증	집단에너지 사업법, 전기사업법 등 에너지 거래 모델의 사업화의 제도적 제약에 따른 복합플랜트(폐기물 활용)를 포함한 분산 에너지원(열/전기) 사업화의 어려움	집단 에너지 사업자의 수익성 개선을 위한 규제 완화(요금 상한제, 시설 규모 완화, 수익성 보존, 인센티브 등)
		신재생에너지(전기, 열), EV 또는 관련 인프라 등의 설치 의무화 비율 확대
		신재생에너지 적용 범위 확대 및 인증 규제 완화(연료전지, 수소, ESS, EV 등)
집단 에너지 사업 대상지내 분산 자원 활용 Aggregator 기술 실증	기존의 대규모 중앙집중형 에너지 생산 설비에 비해 높은 건설 단가 및 발전 비용	최근 정부의 E-프로슈머 분산자원 중개 시장 도입을 위한 정부정책의 가이드라인 제시(REC 거래, 인센티브 제공 등) 및 저탄소형 전력시장모델 개발을 위한 전력거래소 주관 실증사업 추진 등과 같이 관련 시장의 확대에 대한 필요성이 점차 확대되고 있으며, 해당 지원 사업에 적극적 참여를 통하여 경제성 및 기술적 문제 극복 가능
	불규칙한 출력 특성 보유에 따른 안전성 문제	

사. 소요예산

1) 투자 규모

○ 총 120억 원 중 정부출연금 84억 원(70%), 민간부담금 36억 원(30%)로 구성

<표 6-158> (핵심 3-1-1) 기술별 투자계획

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
양방향 에너지 거래 사업 모델 실증	국고				5	13	13	11	42
	민자				2	6	6	4	18
	소계				7	19	19	15	60
집단 에너지 사업 대상지내 분산 자원 활용 Aggregator 기술 실증	국고				5	13	13	11	42
	민자				2	6	6	4	18
	소계				7	19	19	15	60
합계					14	38	38	30	120

<표 6-159> (핵심 3-1-1) 총 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
국고				10	26	26	22	84
민자				4	12	12	8	36
합계				14	38	38	30	120

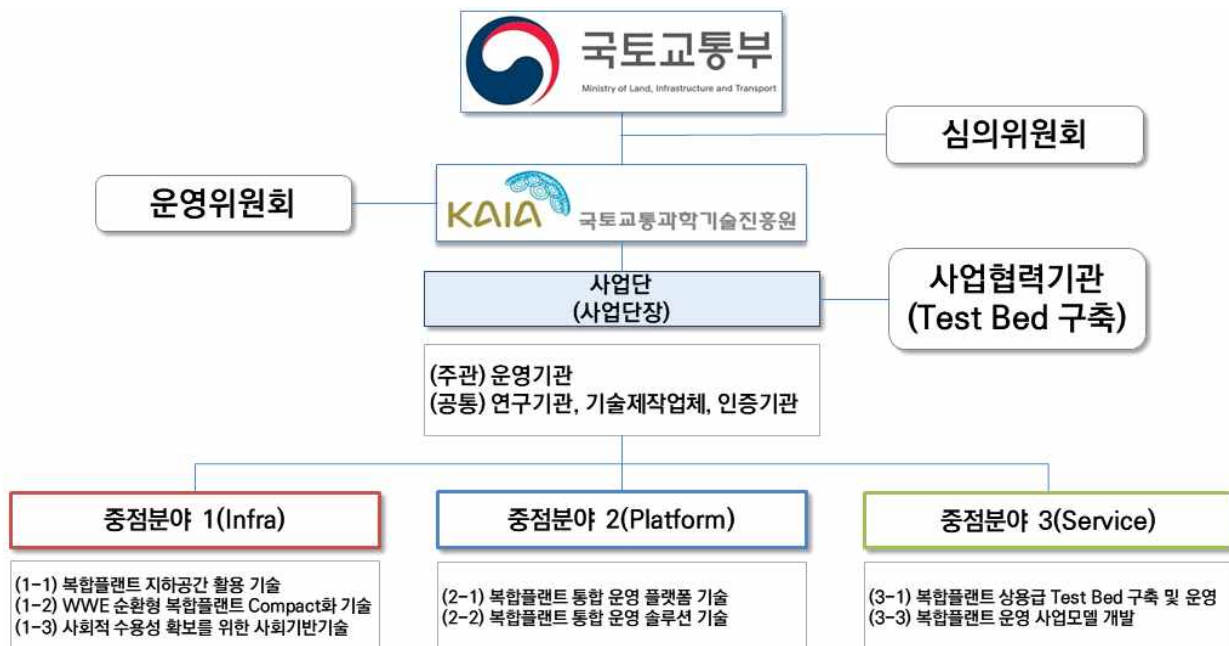
제7장 사업 운영계획 및 소요예산

제7장 사업 운영계획 및 소요예산

제1절 사업추진체계 및 성과지표 설정

1. 사업추진체계 및 추진 주체별 역할

- 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 하며, 사업의 효율적인 운영과 성과 실용화 제고를 위해 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구사업을 수행하는 총괄과제가 포함된 사업단으로 추진
- 동 사업은 사업의 목적 및 특성 등을 고려하여 단위 요소기술 개발 및 혼합된 R&D 사업으로 설정
 - 24개의 핵심기술 분야별 추진목적 및 특성 등을 고려하여 각각의 유형을 구분
- 사업은 2단계, 총 7년(3년 + 4년)으로, 상용화기술 → 현장 실증 단계별 실용화 전략 사업을 구성
- 예산은 총 2,047억 원(국고 1,423 억 원, 민자 624 억 원, 민자 비율은 30%)



<그림 7-1> 사업 추진체계 구성

- (추진체계 설계) 사업 목표를 위한 중점분야, 세부과제, 핵심기술의 구성 기술별 역할 및 실증 플랜트 구축 등 사업특성을 고려한 추진체계 설계
- 중점분야 및 세부과제 간의 연계와 이를 종합한 테스트베드 추진 등 전체적인 사업수행을 총괄하기 위한 사업단을 선정하여 추진
 - 사업단과 중점분야 과제(세부과제)간 협약을 통해 사업단을 중심으로 과제간 유기적 협력체계 구축
 - 에너지·환경 플랜트 시장의 환경변화 등을 고려하여 사업추진 중에도 대내외 환경변화 대응을 위한 체계와 역할 반영

<표 7-1> 추진 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	• 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) • 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정 • 사업 시행계획 수립 • 사업 투자우선순위 결정 등
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	• 사업단 기획·평가·운영위원회 구성 및 운영 • 사업단 진도 및 실적 점검 • 사업단 및 중점, 세부과제 선정·단계·최종평가 • 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	• 전문기관이 요청한 사항에 대한 검토·심의·조정 - 사업 세부시행계획 수립에 관한 사항 - 주요 내용변경에 관한 사항 - 지원 우선순위, 연구개발비 규모 등에 관한 사항
사업단(사업단장) 총괄과제	• 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 • 사무국 구성·운영 • 세부과제 진도관리·자체평가·참여기관 간 역할배분 등 • 연구성과 관리 및 사업화 지원 • 연구성과 보급·확산 및 홍보 • 연구성과의 실용화를 지원 인증획득, 현장시험 등을 종합적으로 지원할 수 있도록 운영기관, 시험인증기관 및 에너지·환경 플랜트 제작 업체로 구성 - 수요처(운영기관 및 플랜트 제작사)의 요구조건을 정의하여 세부과제별 요소기술 설계에 반영 - 개발품의 현장적합성검증 및 기술성능시험 등의 지원을 위한 플랜트 시험계획 수립, 임대 및 시운전 운영기관 합의 - 국내외 시장 진출을 위해 필요한 인증조사, 인증항목 및 절차 정의, 세부과제 인증획득활동 지원 등

<표 7-1> 추진 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
사업협력기관	• 사업단과 긴밀한 협력을 통해 테스트베드 구축 및 적용 등 연구성과의 실용성을 높이기 위한 공공기관(지자체 등) 또는 민간기업
중점과제 (사업 주관 및 참여기관)	• 산학연 컨소시엄으로 향후 기술확보를 통한 세계시장 경쟁이 가능한 기술개발 및 시제품 제작, 성능검증시험 등 프로젝트 수행 • 국·공립 연구기관, 출연(연), 대학, 기업부설연구소, 공공기관, 조합 등 「국토교통부소관 연구개발 사업 운영규정」 제4조(연구개발사업 참여기관의 자격)에 의한 기관

□ 관련 부처와의 협력

- (부처 협력체계) 타 부처의 선행연구, 요소기술 등을 종합적으로 접목하기 위한 부처간 협력체계를 구축하여 운영
- (연구성과의 연계 활용) 본 사업 추진에 있어 등의 기술에 대해서는 산업통상자원부, 환경부 및 과학기술정보통신부 연구성과의 연계 활용
- (부처협력 운영방안) 부처간 연구성과의 연계 활용이 필요한 기술에 대해서는 그 특성을 반영하여 과제선정시 평가반영 또는 컨소시엄 구성시 해당분야 기술 보유기관 의무참여 등의 방식으로 협력방안 운영

2. 사업 성과목표 · 지표

2.1 성과목표 및 지표 설정

가. 사업유형 구분

- 과학기술정보통신부에서 발간한 「국가연구개발사업 표준성과지표 가이드라인」에서 제시한 R&D 사업 유형을 참고하여 본 사업의 유형을 구분
- 플랜트연구 개발사업은 사업의 목적 및 특성 등을 고려하여 중장기 산업기술 개발사업을 위한 R&D 사업으로 설정

<표 7-2> R&D 사업 유형 분류

유형	개념 및 분류기준
중장기산업 기술개발	• 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업

나. 공통 성과지표 풀(Pool) 구축

- 본 연구개발 사업 내 세부 기술분야별 성과지표 도출을 위한 성과지표 Pool은 「국가연구개발사업 표준성과지표」를 준용하여 유형별 성과지표 구축

<표 7-3> R&D 사업 유형 분류

유형	분류 기준	사업유형별 성과지표
공공기술개발	• 국민 건강증진, 재난 방지 등 국민 삶의 질 기여 기술 개발	• 논문게재 건수, 특허출원 및 등록건수, 기술이전 건수, 기술지도 건수, 정책화 건수
중장기산업 기술개발	• 광범위한 응용가능성에 중점을 두고 장기간에 걸쳐 기술 개발	• 신진연구자지원수, 신진연구자지원비율, 논문게재 건수, 특허출원 및 등록건수, 시험인증 통과율, 연간 TRL 달성도, 기술분야를 고려한 IF 활용 논문지수, 삼극특허 등록 건수, 시제품 생산건수, 특허기술가치, 특허 인용도, 목표기술 확보여부(전문가 판단), 관련 산업 민간투자 유인, 매출액, 수출액, 시장점유율

다. 공통 성과지표 설정

- 공통 성과지표는 전문가 자문회의를 통해 과학 기술적 성과, 사회적 성과, 경제적 성과로 구분하고 연관관계를 고려하여 성과지표 설정

<표 7-4> 성과 유형별 공통 지표(안)

성과유형	공통 성과지표	비고
과학적 성과	• SCI 논문건수	• SCI 논문 건수
기술적 성과	• 특허 SMART • 시제품 및 프로토타입 구축 건수 • 핵심기술 확보	• 기술수준향상 및 사업화 연계
경제적 성과	• 사업화매출액	• R&D 결과물의 사업화 연계 실적

라. 세부과제별 성과지표 목표치 설정

- 세부과제별 성과에 대한 표준성과지표와 목표치 설정

<표 7-5> 세부과제별 성과목표

세부과제		성과지표(건)								
		특허 등록	논문 (SCI)	소프트 웨어	인증	시험 성적서	시험	시제품	기술 실시 계약	사업화 건수
1-1	복합플랜트 지하공간 활용 기술	3	4	2	-	-	-	-	-	-
1-2	WWE 순환형 복합 플랜트 Compact화 기술	10	5	5	7	-	-	7	10	3
1-3	사회적 수용성 확보를 위한 사회기반기술	1	5							
중점 1 합계		14	14	7	7	-	-	7	10	3
2-1	복합플랜트 통합 운영 플랫폼 기술	4	5	4	2	-	-	-	-	-
2-2	복합플랜트 통합 운영 솔루션 기술	-	-	2	-	-	-	1	1	-
중점 2 합계		4	5	6	2	-	-	1	1	-
3-1	복합플랜트 상용급 Test Bed 구축									
3-2	운영사업모델 개발	-	1	-	5	-	-	-	-	-
중점 3 합계		-	1	-	5	-	-	-	-	-
총계		17	20	13	14	-	-	8	11	3

2.2 성과목표 및 지표 총괄표

<표 7-6> 성과목표 및 지표 총괄표

구분	내용					
전략 목표	• 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 핵심 기술 개발 및 실증					
성과 목표	• 핵심기술의 개발 및 실·검증을 통한 상용화 달성 - 인구 20만 기준, 에너지 자립율 10% • 도시기반 복합플랜트 해외수주를 통한 상용화 달성 - 실증 사업화 모델제시를 통한 5건 이상의 track-record 달성					
단계별 성과 목표	1단계(2020~2022)			2단계(2023~2026)		
	• 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트의 핵심요소 기술 확보			• 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트의 현장적용·검증을 통한 기술 고도화 및 주민 편익 증진		
성과 지표	지표명	지표 구분	가중치	지표명	지표 구분	가중치
	특허 SMART	질	0.2	특허 SMART	질	0.1
	논문지수	질	0.2	기술사업화 건수	양	0.2
	핵심요소 기술 검증 건수	양	0.3	주민 만족도 설문조사	질	0.3
	소프트웨어 등록 건수	양	0.1	시제품 건수	양	0.2
	시작품 제작 건수	양	0.2	해외인증 건수	질	0.2
	합계		1.0	합계		1.0

2.3 단계별 성과목표 및 성과지표

가. 1단계 (2020~2022)

<표 7-7> 1단계 성과목표 및 지표

구분	내용										
성과 목표	• 복합플랜트 요소기술 개발을 및 기술수준 향상을 통한 기술적 역량강화										
설정 근거	• 1단계 목표달성을 위해 국내 기술수준을 선진국 대비 70% 이상 수준으로 향상 • 핵심요소기술의 기술적 역량강화 평가를 위해 특허의 질적성과와 핵심기술 검증에 가중치를 부여										
성과지표명	단 위	구분	실적 및 목표치			가 중 치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	공대실 용지표	성과지표 설명
		연도	2020	2021	2022						
특허 SMART ¹⁾	질	목표	3.31	3.43	3.48	0.3	기술적	결과	O		핵심기술에 대한 특허를 통한 기술력 강화
		실적									
논문지수 ¹⁾	질	목표	57.19	58.69	59.57	0.2	경제적	결과	O		핵심기술의 기술력 향상을 위한 성과지표로
		실적									
핵심요소기술 검증	양	목표		1	1	0.3	기술적	결과	O		핵심요소기술의 기술력 향상을 통한 현장 적용
		실적									
소프트웨어 등록 건수	양	목표	3	5	5	0.1	기술적	결과	O		개발기술의 검증 및 확산을 위한 소프트웨어 등록
		실적									
시작품 제작 건수	양	목표	2	2	2	0.2	경제적	결과	O		다양한 폐자원의 Lab-실험용 기술개발
		실적									
계						1.0					

※ 본 기획사업과 유사한 국토교통기술촉진사업의 최근 3년간 평균값을 초기 목표치로 설정, 연차별로는 도전적성과를 위해 3% 증가

나. 2단계 (2023~2026)

<표 7-8> 2단계 성과목표 및 지표

구분		내 용										
성과 목표		• 개발된 복합플랜트 요소기술의 compact화 연계방안 검증을 통한 실증										
설정 근거		• 국내 실증모델 적용을 위한 기술수준을 선진국 대비 85% 이상 수준으로 향상 • 지하화 구현을 위한 연계모델 구축 및 실증을 위하여 핵심요소기술 검증에 대한 가중치를 높임 • 주민 만족도 설문조사를 실시해 사회문제 해결 가능여부 검토										
성과지표명	단 위	구분	실적 및 목표치				가 중 치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	공대실 용지표	성과지표
		연도	2023	2024	2025	2026						
특허 SMART	질	목표	3.54	3.54	3.64	3.70	0.2	기술적	결과	O		핵심기술에 대한 특허를 상
		실적										
기술사업화 건수	질	목표		1	1	1	0.2	경제적	결과	O		핵심기술 사업화율 성과목표
		실적										
주민 만족도 설문조사	질	목표	75	80	85	90	0.3	사회적	결과	O		Test Bed 인근 설문조사 결과
		실적										
해외인증 건수	양	목표	2	4	4	4	0.2	기술적	결과	O		해외시장 진출 국외 품질규격에 성능 실현 성과
		실적										
시제품 제작 건수	양	목표	3	2	2	1	0.2	경제적	결과	O		현장실증 플랜트
		실적										
계							1.0					

※ 본 기획사업과 유사한 국토교통기술촉진사업의 최근 3년간 평균값을 초기 목표치로 설정, 연차별로는 도전적성과를 위해 3% 증가

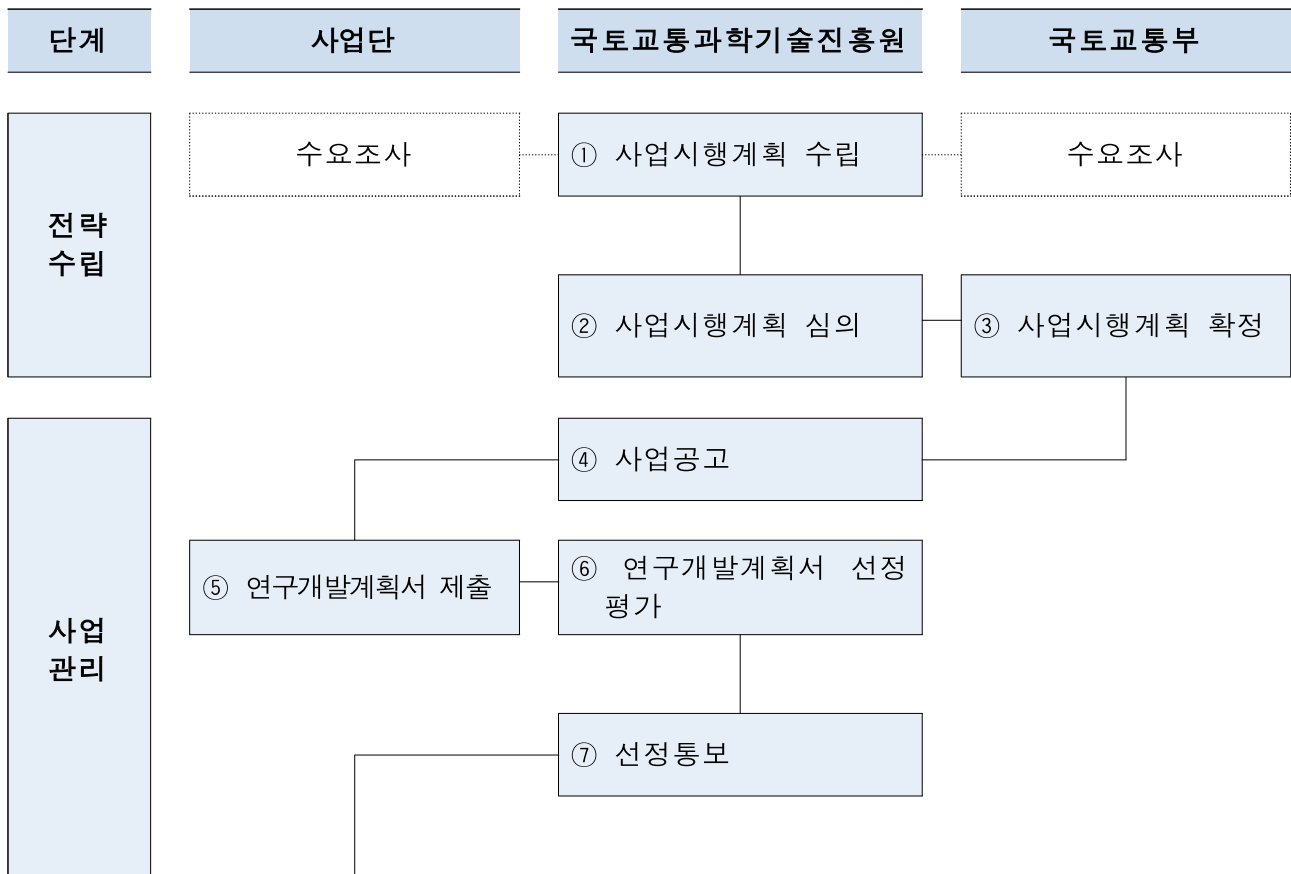
제2절 사업관리방안

1. 사업 관리체계 및 프로세스

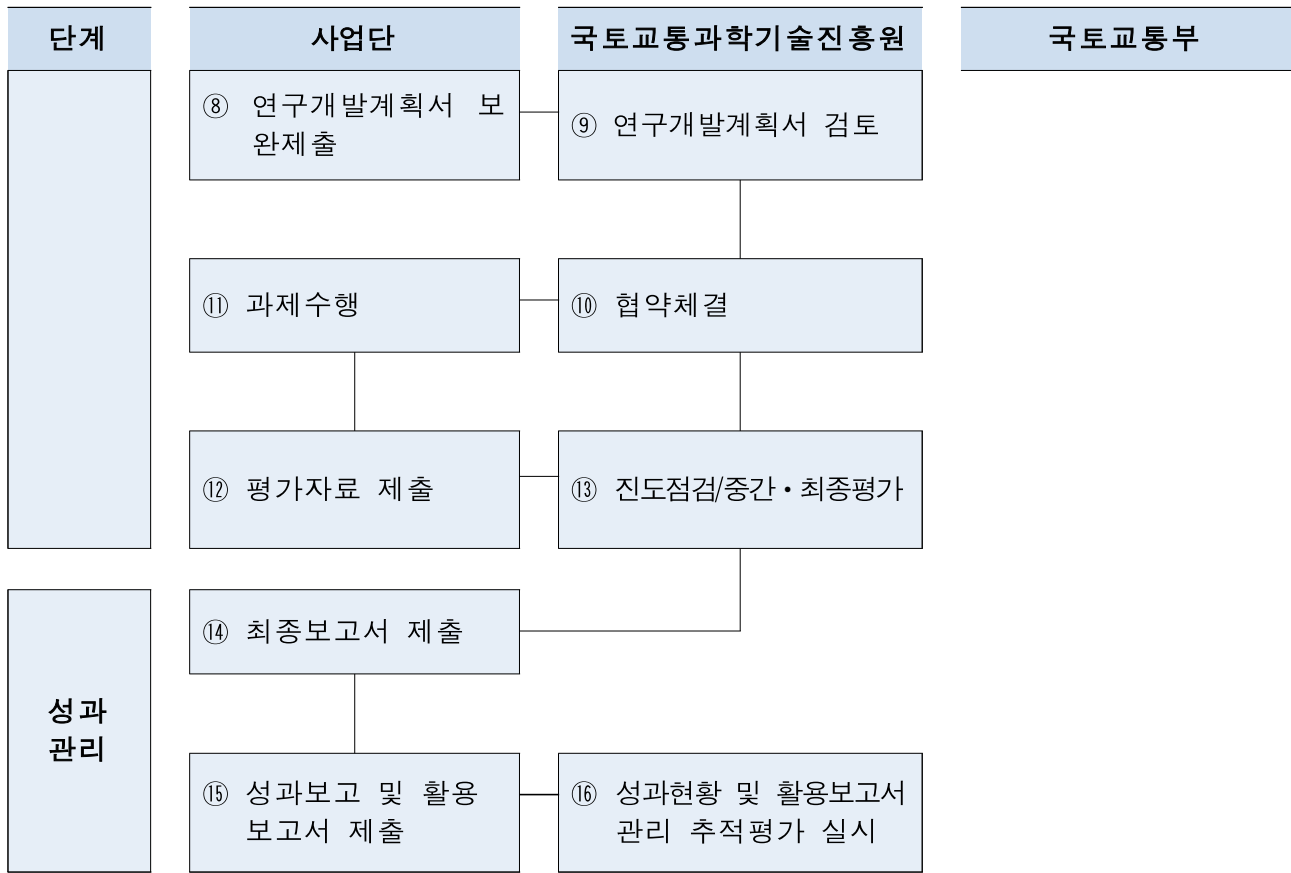
□ 동 사업은 국토교통부(정책총괄 및 재정지원), 국토교통과학기술진흥원(사업기획, 평가, 관리), 사업단을 중심으로 ‘전략수립 → 사업관리 → 성과관리’ 3단계의 사업관리 체계를 구축하여 운영

- (전략수립) 선행과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하고 유사과제와의 구체적인 연계·활용방안을 계획함으로써 과제 추진의 목적 지향성을 확보
- (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과 조사·관리 및 평가와 연동한 과제 진도수행 점검으로 연구성과의 효과성 강화
- (성과관리) 연구수행 과정을 평가결과에 반영하고, 단계(연차) 및 최종평가위원회를 구성·운영하여 평가의 내실화와 평가결과 환류체계 등 평가의 실효성 강화

<표 7-9> 사업 관리체계 및 주체

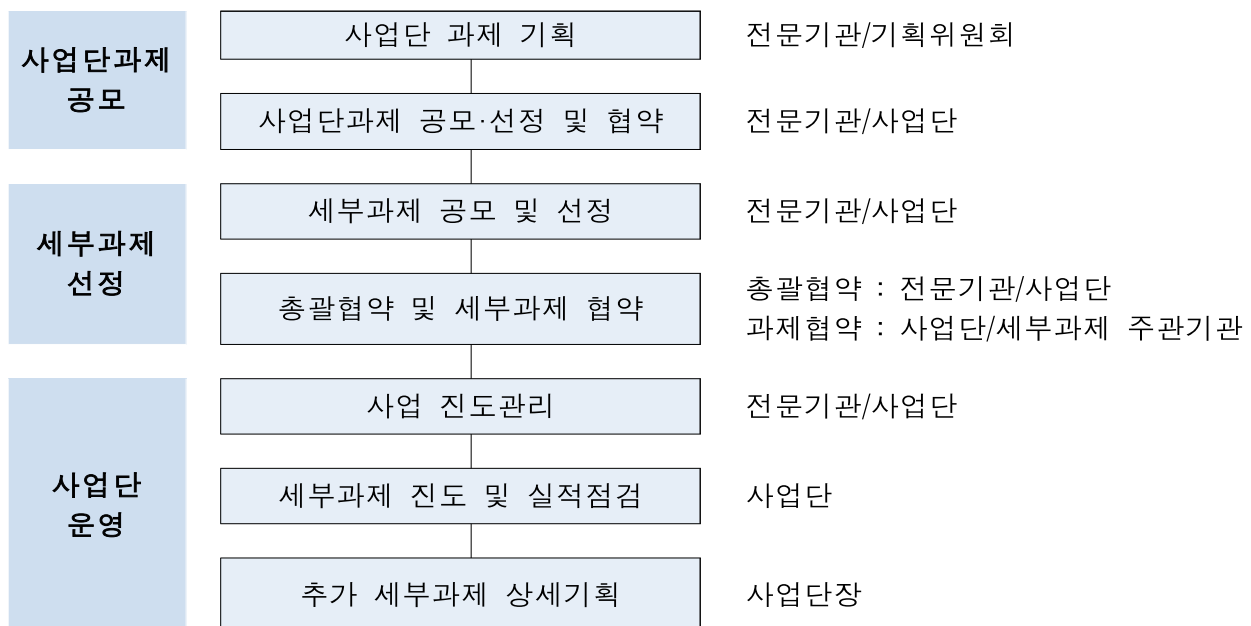


<표 7-9> 사업 관리체계 및 주체

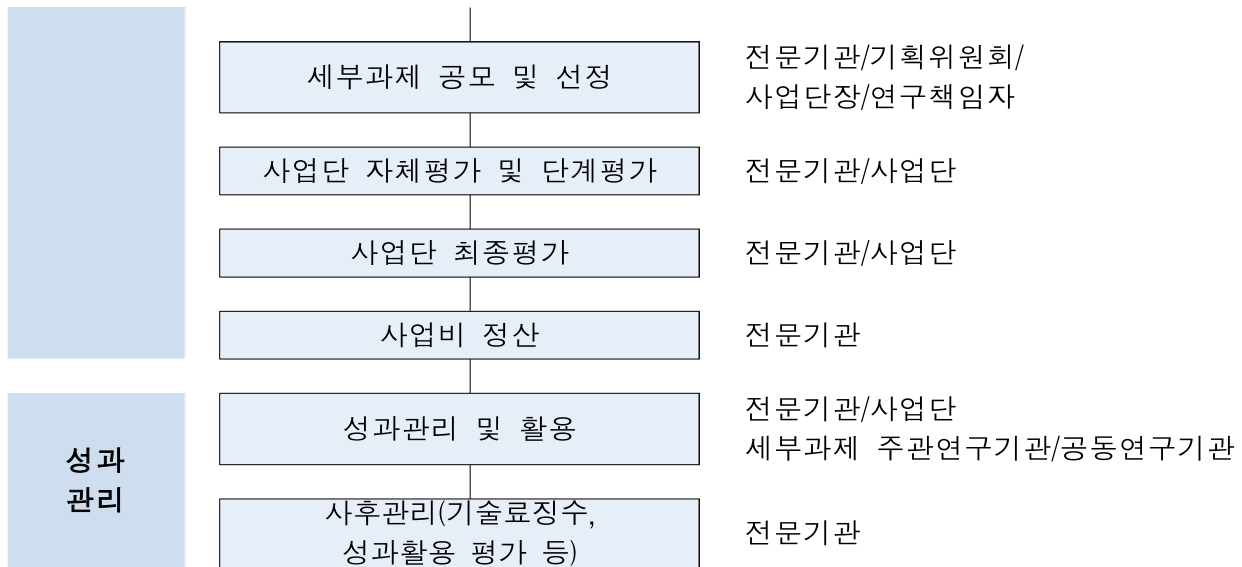


□ 사업기획부터 공고, 선정 및 연구수행, 사후관리까지 세부 프로세스 및 수행주체별 명확한 역할분담을 통한 R&D 전주기적 관리 프로세스 확립

<표 7-10> 사업관리 프로세스



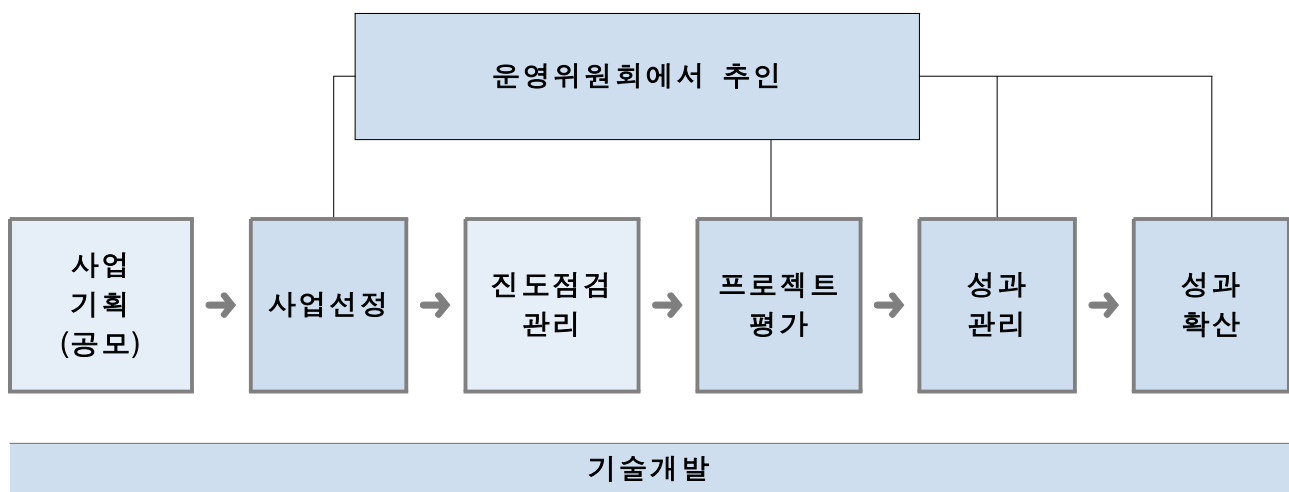
<표 7-10> 사업관리 프로세스



2. 사업관리 전략

□ 사업평가 및 관리 이원화

- 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
- 프로젝트 선정 및 중간(연차 및 단계), 최종평가 시 전문기관이 평가위원회 구성 및 운영을 지원하고 운영위원회가 최종 추진



<그림 7-2> 사업관리 전략

- 기존 개발기술과의 연계를 통한 산업체 주도의 상용기술개발 추진
- 정부는 사업비 지원 비율을 원천기술개발 및 기존 성과 연계기술개발 단계, 상용기술개발 단계 등 각 추진 단계별로 연구개발비(국고/민간) 투자비율을 탄력적으로 조정

□ 세부기술분야 및 구성기술별 맞춤형 추진전략 구축

- 제작업체와 운영자가 공동개발-검증하여 해외수출, 수입대체, 가격인하에 성공한 개발 모델을 확대 적용하여 추진
- (제작업체) 설계기술, 제작기술, 상용화기술 개발
- (운영기관) 사용자 요구사항 도출, 실증시험
- (시험기관) 국·내외 시험 규격 등 요구 사항 도출, 성능검증 및 인증 지원

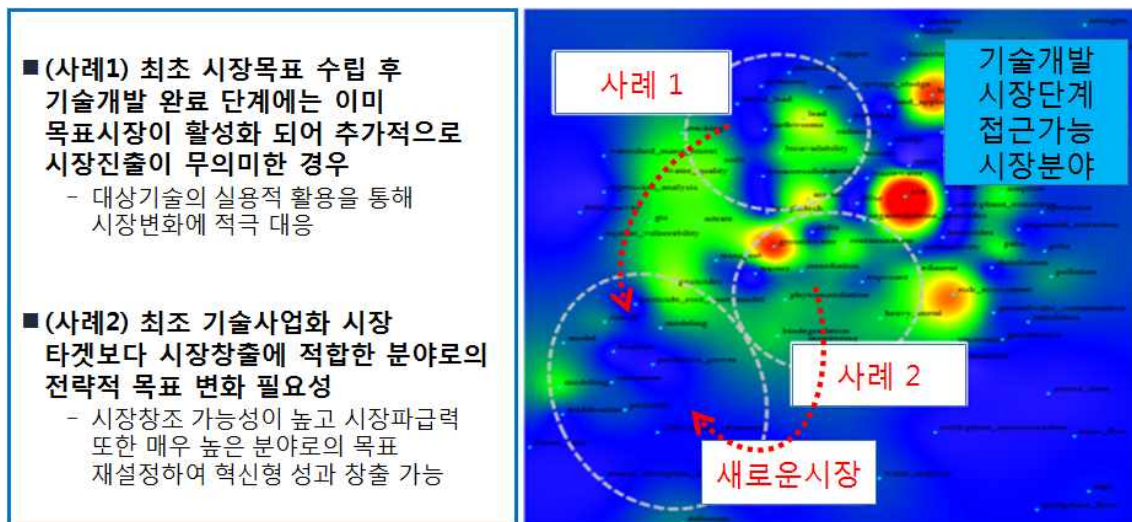
<표 7-11> 실용화 추진 전략

구분	추진 전략
타겟시장과 국내역량을 고려한 핵심기술의 실증개발 추진	장기운전에 따른 신뢰성 확보가 관건으로 시스템 개발 단계화를 통하여 검증, 실증 단계 강화
R&D기반 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 기술 사업화 추진을 통해 산업 생태계 활성화 추진	- 복합플랜트 건설사업에 연관되는 원천·핵심기술, 설계, 기자재 조달, 운전 및 유지 등 핵심가치사슬을 중심으로 대기업과 중소기업간 협업체계를 구축하고 정보지식 공유 등을 통해 산업 주체 간 연계활동 활성화 - 복합플랜트 기술 및 가치사슬은 국내에 미미한 실정으로 선택적 투자를 통한 중·장기 시장진출의 교두보 마련

□ 성공적인 사업화를 위한 무빙타겟 제도 도입

○ 기술·시장환경 변화 등에 따라 연구목표 변경이 가능하도록 추진 필요

- 연구개발사업은 협약 당시의 사업계획서를 기준으로 사후 평가를 진행하다보니, 시장 및 트렌드 변화에 따른 Risk가 존재하고, 미래 시장 진출 및 부가가치 증대를 위해 연구개발사업을 수행하였지만, 상용화 시점에는 당초 기획했던 목표와는 다른 상황에 직면



<그림 7-3> 신시장 창출형 무빙타겟 제도 사례

- 기술개발 수립단계에서의 타겟시장에 대하여 기술개발 도중(중간평가시) 시장환경 변화에 따른 연구목표변경이 가능하도록 허용하여 도전적 연구를 촉진하는 무빙타겟 제도 도입으로 시장변화 맞춤형 현장적용이 가능한 지원제도 추진 필요

○ 개선방향

- 시장 환경 변화 및 트렌드 변화에 따른 상용화 실적 제고를 위하여 중간평가 시 무빙타겟이 필요로 하는 대상과제 선정
 - 시장 변화(고객의 니즈 변화), 트렌드 변화(사회 트렌드 변화), 정책 변화(정책 수요 변화), 경쟁 변화(경쟁 제품 서비스의 변화) 등을 고려하여 대상과제 선정
 - 무빙타겟 대상과제는 시장 환경 변화에 대응할 수 있는 기술 목표 및 사업목표를 재설정하고, 변경된 신규 목표를 위해 기술개발 및 사업화 추진
 - 시장 환경 변화에 따라 불가피하게 연구개발을 지속하기 어려운 경우에는 패널티 없이 지원과제가 중단이 가능할 수 있도록 함
 - 무빙타겟이 필요한 과제에 대하여 목표 수정에 대한 자문과 검토를 담당할 「(가칭) 연구목표수정자문단」을 구성하여 운영
 - 기술 및 시장, 사업화 전문가를 활용한 자문단을 구성하여 특허, 디자인, 마케팅 등에 대해 연구개발과제의 중간평가 내용에 따라 목표 재설계를 신속 지원
 - 연구개발 수행 기업이 상용화 추진을 위해 불가피하게 연구개발계획서의 목표를 수정하고자할 때, 적합한 평가를 거쳐 기술개발목표 및 성과지표를 변경하고, 변경된 목표를 바탕으로 최종 평가 진행
 - 기획·R&D 단계에 시장 수요·변화를 조사하여 수시로 반영하는 ‘무빙타겟형 R&D’를 지원하고 현지화를 통한 ‘R&D → 사업화’까지 실현되도록 각 지원정책을 연계 지원
- * 시장별: 기후 역사 기호 등 환경·문화적 특성으로 인한 장벽,
- * 국가별: 산업규격 인증 제도(규제) 등 산업장벽, 특히 국가별 신규 도입되는 규제

3. 단계별 평가/관리 절차 및 기준

3.1 선정평가

- 사업 추진 방식에 따라 평가항목의 가중치를 다르게 부여하여 사업 실효성 제고
 - 기술개발 추진계획의 타당성 및 구체성, 기술의 우수성 등에 대한 가중치를 높게 평가하여 목적지향형 R&D 사업 추진
 - 매년 기술동향조사를 통한 트렌드 발굴을 통해 성능 우수 부품개발을 위한 연구개발 방향성에 적극 반영

<표 7-12> 선정평가 주요 절차 및 내용

주요 절차	내 용
신청서류 접수 (전문기관)	• 연구개발계획서 등 신청서류 접수
↓	
선정평가 계획수립 (전문기관)	• 선정평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
↓	
사전검토 (전문기관)	• 과제담당자 사전검토 - 신청서류 적합성 - RFP 부합여부 - 중복성 조사내용 등
↓	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 - 이해관계인 제척
↓	
선정평가 실시 (연구과제 평가단)	• 서면평가, 온라인평가, 발표평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법 • 고가(3천만원 이상) 연구장비 심의
↓	
평가결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 선정평가 결과 국토부 보고 • 평가결과 신청기관 통보 및 협약체결 안내
↓	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	• 선정기관은 평가위원 의견을 반영 조치 • 협약체결

- (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 「국토골오R&D 평가 업무 매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음
 - * 연구계획의 창의성·우수성, 과제목표의 도전성·적절성, 과제지표의 적절성 등의 항목에 대해 평가위원의 전문적 판단에 기반을 둔 정성평가 중심으로 실시
- (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
- 선정평가 기준은 중점분야1, 중점분야2, 중점분야3의 유형에 따라 평가기준을 차등화

<표 7-13> 선정평가 기준(안)

평가항목	평가지표	배점		
		중점1	중점2	중점3
기술개발 추진계획	•기술개발 계획목표 및 범위의 명확성	20	20	20
	•기술개발 추진체계 및 참여인력구성의 적절성			
	•기술개발을 위한 사업비 책정의 타당성 및 구체성			
도전성과 창의성	•기존 기술대비 도전성, 창의성, 차별성	15	15	10
	•창의적 기술로 신규 시장 창출 및 개척가능성			
주관기관 기술개발역량	•총괄책임자의 역량	20	20	30
	•주관기관의 기술개발 역량			
기술의 우수성	•기술개발의 완성도, 혁신성, 차별성	15	20	10
	•기술개발 조기 성공 가능성			
	•기술의 수명주기상의 위치			
	•기술의 권리확보 및 모방용이성			
기술의 사업성	•세부기술간 패키지 기술개발 가능성	15	10	15
	•마케팅 계획, 예상 판로의 다양성 및 구축정도			
	•생산기반의 확보 및 생산성			
기술의 시장성	•사업화대상 기술의 시장규모 및 시장 성장 가능성	15	15	15
	•해당산업의 시장 경쟁구도 및 진입장벽, 예상시장 점유율			
	•사업화대상기술 및 해당산업의 경제적 파급효과			
평가배점 합계		100	100	100

3.2 연차(단계) 평가

- 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함
- 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 평가 실시
 - 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성여부를 확인 및 평가하고 프로젝트의 성과 및 진척도를 판단
 - 과제 진척도 및 성과 추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템 구축, 운용

<표 7-14> 연차(단계)평가 주요 절차 및 내용

주요 절차	내 용
연차(단계)평가 계획수립 (전문기관)	• 연차(단계)평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
↓	
연차(단계)평가 자료 제출	• 연차(단계)실적계획서, 성과점검기준표 증빙서류 등 평가자료 제출
↓	
사전검토	• 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 연구계획 변경내용 - 실용화 점검결과 반영내용 - 연구비 집행실적 및 이월신청 등
↓	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 - 이해관계인 제척
↓	
연차(단계)평가 실시 (전문기관)	• 해당 연도(단계) 실적평가 및 다음 연차(단계) 계획 검토 * 대면(발표)평가, 현장평가 등 적합한 평가방법 선택
↓	
연차(단계)평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 연차(단계)평가결과 국토부 보고 • 연차(단계)평가결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
↓	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	• 연차(단계)평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

- (사전검토) 주관연구기관이 제출한 연차(단계)실적·계획서, 성과점검

기준표 등을 연구과제 평가단에 미리 송부하여 사전 검토하도록 하고, 전담기관 담당자는 사전검토 내역을 평가단에 제공 가능

- **(평가방법)** 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 평가하고 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
 - **(기본방향)** 원칙적으로 정성평가를 실시하되 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가 실시 가능
 - **(실적)** 당해연차(단계)의 핵심성과 중심의 질적 달성수준을 중심으로 점수평가 실시
 - **(계획)** 최종목표 달성을 위해 수립된 다음 연차(단계) 연구계획의 적정성에 대한 연구과제 평가단의 검토를 통해 ‘일부보완’ 또는 ‘전면수정’ 판정
- **(평가결과의 산정)** 종합평가점수 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함
 - 연구단과제를 세부과제 단위로 평가한 경우 연구단 종합평가점수는 세부과제 종합평가점수의 평균으로 정함
- **(평가결과의 조치)** 실적 종합평가점수에 따라 과제의 ‘계속지원’ (60점 이상) 또는 ‘지원중단’ (60점 미만) 판정하고, 실적 종합평가점수에 따라 평가단위 과제의 연구수당 지급기준을 차등적용함
 - 계속지원 대상과제에 대해서는 평가결과 및 종합의견을 통보하고, 보완대비표 및 연차(단계)실적·계획서 등을 수정·보완 요청
 - **(계획 일부보완)** 평가단 의견에 따른 연차(단계)실적·계획서 수정·보완 여부에 대하여 전문기관 담당자 확인을 거쳐 협약 추진
 - **(계획 전면수정)** 평가단 의견에 따라 전면 수정된 연차(단계)실적·계획서에 대하여 평가단 확인(검토회의 또는 서면검토 등)을 거쳐 협약 추진

3.3 중간 모니터링

- 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링 하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함
 - 미흡한 과제 검토 및 환경변화(정책, 국내외 시장 동향) 등에 대한 적극적인 모니터링 수행으로 시급성이 높은 과제 등으로 조정하는 등 환류 체계 적용
- 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 모니터링 실시

<표 7-15> 중간모니터링 주요 절차 및 내용

주요 절차	내 용
중간모니터링 계획수립 (전문기관) ↓	• 중간모니터링 절차 및 일정 계획수립 및 안내
중간모니터링 자료 제출 (주관연구기관) ↓	• 연차(단계)실적계획서, 성과증빙자료(성과요약서 등) 등 자료 제출
사전검토 (전문기관) ↓	• 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 연구계획 변경내용 - 실용화 점검결과 반영내용 - 연구비 집행실적 및 이월신청 등
중간모니터링 위원회 구성 (전문기관) ↓	• 전문가 중심 모니터링위원회 구성(3인) - 이해관계인 제척
중간모니터링 실시 (중간모니터링 위원회) ↓	• 해당 연차 연구실적 및 다음 연차 계획 점검 - 필요시, 주관 연구책임자 질의·응답 실시
중간모니터링 결과 보고 및 통보 (전문기관) ↓	• 중간모니터링결과 국토부 보고 • 중간모니터링결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
연차평가(필요시) (전문기관) ↓	• 중간모니터링 결과 ‘연차평가 대상’인 경우 연차평가 실시
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	• 모니터링결과, 연차평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

- (사전검토) 주관연구기관이 제출한 연차(단계)실적·계획서, 성과증빙자료 등을 중간모니터링 위원회에 미리 송부하여 사전검토토록 하고, 전담기관 담당자는 사전검토 내역을 중간모니터링 위원회에 평가당일 제공 가능
- (평가방법) 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 모니터링하고 서면검토를 원칙으로 하며, 컨설팅 중심으로 진행
 - 전년도 목표달성과 수행내용에 대한 항목위주로 위원간 논의와 합의에 의해 중간모니터링 종합결과서 작성
 - 과제특성 및 수행단계 등을 고려하여 필요시 연구책임자가 참여한 질의·응답 실시 가능
- (모니터링 항목) 과제의 특성 등을 고려하여 개별 평가계획 수립시 모니터링 항목을 달리할 수 있음

<표 7-16> 중간모니터링 항목

중간모니터링 항목	착안사항
성과 달성도	• 해당 연차 질적·양적 성과지표 및 목표의 달성 정도(성과점검기준표) • 연구성과물의 기술적/경제적 우수성 • 최종 성과목표 달성을 위한 중간성과물의 기여도 및 활용가능성
계획의 적정성	• 최종목표 대비 다음 연차 추진계획의 적합성 • 연구개발성과 활용방안(실용화·사업화 등)의 적정성 • 목표달성을 위한 질적·양적 성과지표 및 목표의 적정성(성과점검기준표) • 관련 환경 변화의 반영 여부 • 연구내용 대비 연구기간, 연구기관 구성, 인력투입 계획 등의 적합성 • 다음 연차 신청연구비 및 비목별·기관별 예산 배분의 적정성 • 연구비 이월신청 사유 및 내역 적정성(해당시) • 장비구축계획 등 장비도입 적정성 심의(해당시) • 실적 평가결과에 따른 다음 연차 계획의 수정·보완 의견 및 대책 등

- (대상) 개발 부품의 적정성 → 중간평가 과정에서 부품기술의 변화 및 환경변화 등을 고려하여 부품 개발 필요성이 저감된 경우, 혹은 새로운 신규부품 개발 필요성이 발생한 경우 사업품목 변경으로 조정

- (모니터링 결과의 조치) 중간모니터링 결과에 따라 ‘계속지원’ 또는 ‘연차평가대상’ 여부는 중간모니터링 위원회에서 판정
 - ‘계속지원’ 과제에 대해서는 종합결과서를 연구기관에 통보하여 보완대비표, 보완 연차(단계)실적·계획서, 협약체결 관련 서류 등 제출 요청
 - ‘연차평가대상’ 과제는 연차평가 절차 및 방법에 따라 평가실시

3.4 최종 평가

- 최종평가를 통해 당초 계획대비 최종목표의 달성 여부 및 사업화 가능성 확인

<표 7-17> 최종평가 주요 절차 및 내용

주요 절차	내 용
최종평가 자료 제출 (주관연구기관)	• 최종보고서, 성과점검기준표, 자체평가보고서, 연구개발결과 활용 계획서(SMK 포함) 등 평가자료 제출
↓	
최종평가 계획수립 (전문기관)	• 최종평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
↓	
사전검토 (전문기관)	• 과제담당자 사전검토 - 연구성과 질적·양적 달성도 - 당초 연구개발계획 대비 수행여부 - 연구성과 활용계획의 적정성 등
↓	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	• 전문가 중심 연구과제 평가단 구성 - 이해관계인 제척
↓	
최종평가 실시 (연구과제 평가단)	• 연구개발 목표 달성여부, 연구성과 우수성 등에 대한 평가
↓	
최종평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	• 최종평가결과 국토부 보고 • 최종평가결과 주관기관 통보 및 보완요청
↓	
최종보고서 발간·배포 (주관연구기관)	• 최종보고서 보완본 필수배포처 배포

- **(사전검토)** 주관연구기관이 제출한 연구개발 최종보고서·요약서 등 평가자료에 대한 사전검토결과를 연구과제 평가단에 미리 송부하여 사전검토토록 하고, 전문기관 담당자는 사전검토 내역을 평가단에 당일 제공 가능
- **(평가방법)** 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 평가하고 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) 종합평가점수를 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함
- 연구단과제를 세부과제 단위로 평가한 경우 연구단 종합평가점수는 세부과제 종합평가점수의 평균으로 정함
- (평가결과의 조치) 종합평가점수에 따라 과제의 ‘성공’ (60점 이상) 또는 ‘실패’ (60점 미만) 판정
- 실패과제(60점 미만)는 연구개발과제 수행실태 등 점검을 통해 성실수행 여부를 확인

<표 7-18> 연구개발과제 수행실태 평가항목

평가항목	세부지표
목표 미달성 사유	• 연구목표의 적절성 - 당초의 연구목표가 리스크를 감안하고 도전적으로 설정되어 실패의 가능성이 인정되는지 여부 • 외부요인으로 인한 목표달성 실패 - 시장의 미성숙, 환경 변화, 타 과제에서 유사기술 개발 완료, 정부 정책 변화 등 외적인 요인 존재 여부
연구수행 방법 및 과정의 적절성	• 수행방법의 평가 - 연구 성격 상 반복수행이 가능한 연구의 경우 연구목표 도출 실패 후 1회 이상 재시도 했는지 여부 • 수행과정의 평가 - 연구노트 등 기술개발과정에 대한 자료 및 각종데이터가 체계적이고 충실한지 여부 - 연구진행과정을 입증하는 초기·수정모델, 실험데이터 등 유·무형적 발생물의 존재 여부

3.5 성과관리 계획

- 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 정의²²⁾
 - 정부사업의 성과관리 기본구조에 계획→집행→점검→평가→환류의 기본구조로 설계
- 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(최종연차시)를 제출 받음
 - 세부사업별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리
- 추적평가 및 성과활용 관리
 - 본 사업의 기술이전확산, 기술혁신 성공사례발굴, 우수과제 인센티브 부여 등 연구개발결과의 활용을 촉진하기 위해 추적평가 실시
 - (체계 및 담당기관) R&D 전담기관 성과활용조사·평가 전문가가 성과평가 실무를 담당하고, 연구단과 유기적으로 협력하여 성과평가 실시
- 성과활용 추적평가 시, 사업 특성을 고려한 중점분야별 평가항목을 차별화하여 구성함으로써 평가기준의 형평성 확보
 - 중점분야 1의 경우 사업화, 지식창출 평가항목에 가중치를 높게 부여하며 중점분야 2의 경우 지식창출 우선 평가 기준(논문 실적) 등에 가중치를 높게 부여하여 사업특성에 따른 평가의 차별성 기준 마련

<표 7-19> 평가 지표 및 배점(안)

평가항목		평가지표	배점		
			중점1	중점2	중점3
사업화	추가투자	• 사업화를 위한 추가투자의 적정성	20	20	10
		• 활용 건수(실증과제의 경우)			

22) 정부업무평가기본법 제2조 6항

<표 7-19> 평가 지표 및 배점(안)

평가항목		평가지표	배점		
			중점1	중점2	중점3
	제품·공정 시장출시	•부품의 시장 출시 여부	20	20	-
		•부품의 시장 지배도			
	매출실적	•투입대비 매출성과 규모 및 관련 매출의 증가 추이	10	10	-
		•수입대체 및 수출 효과			
	인력고용	•사업화에 따른 추가인력고용 효과	20	20	-
지식 창출	특허출원 및 등록	•수행과제와의 관련성 및 투입대비 특허성과의 적정성	5	5	-
		•특허확보에 따른 기술선점 효과			
	논문실적	•수행과제와의 관련성 및 내용의 우수성	5	5	10
		•투입대비 논문성과의 적정성			
활용 전망	사업화 잠재력	•향후 시장진입·확대 가능성	10	10	30
		•고용창출 효과, 시장규모, 수익성 투자 대비 효과			
	추가 활용 가능성	•관련 분야에 추가 사업화 가능성	10	10	50
		•응용기술로서 타 분야 파급효과			
		•시험 인증 건수(실증과제 경우)			
평가배점 합계			100	100	100

제3절 성과활용·확산 계획

1. 현장실증 실적 확보

□ 현장실증 reference 확보 및 적극적 활용을 통한 상용화 촉진기능 강화

- 연구개발 결과가 실제 확대적용 또는 민간/공공 기업의 사업화까지 연결될 수 있도록 실증 테스트베드 운영을 포함하여 사업을 추진
- 대형 실용화 기술을 통해 경제적 효과를 창출하기 위해서는 세계 시장의 수요를 확보하는 것이 중요하나 해당 기술의 우수성을 세계적으로 입증할 수 있는 reference가 부족
- 사업을 통해 구축 및 운영하는 테스트베드가 현장 실증 reference의 역할을 충실하게 수행할 수 있도록 집중 관리
 - 테스트베드를 통해 기술 성능을 검증하고 동시에 기술 역량을 세계적으로 널리 홍보

□ 미완성 기술의 실용화를 위한 테스트베드 실증 지원 방안 마련

- 본 사업을 통한 개발 기술의 성능이 미흡하여 테스트베드 현장에 즉시 적용되지 못하는 경우, 테스트베드에 단계적으로 적용하여 실증 및 사업화까지 이어질 수 있도록 테스트베드 운영계획을 수립
 - 테스트베드 구축 시 당초 적용되지 못했던 기술의 향후 적용이 가능하도록 테스트베드의 확장성 및 유연성을 고려한 구축 및 운영

2. 테스트베드 개념의 명확화

□ 테스트베드 개념의 명확한 정의를 통한 사업단 기술개발 목표 구체화

- 테스트베드의 개념과 기술개발 시 담당하는 구체적 역할을 명확하게 정의하고 도입 규모 및 선정 지역 등을 면밀하게 검토

<표 7-20> 현장실증과 상용실증의 차이점 비교(플랜트 분야)

구분	실증 플랜트	상용 플랜트
건설 목적	연구개발용, 공정 개선, 신공정기술 개발, 신제품 개발	산업용 제품 생산 및 판매
건설 규모	상용플랜트 규모 대비 소규모	대규모
설비 투자 형태	정부 지원 연구개발 자금 활용 기업 자체 연구 개발비 활용	프로젝트 파이낸싱 (자체 투자+외부기관)
건설기간	최소 수개월~최대 1년 이내 (단일 프로젝트 기준)	2~3년의 장기간 소요
공정 안정성	불안정 요소 상존 신규 라이선스 개발 기존 공정 모방 필요	공정 안정성 확보 라이선스 패키지 이용
설비 변경 용이성	소규모에 대한 변경 용이 다목적형 플랜트로 활용 가능	설비 변경 용이성 저조 단일 목적 플랜트
제품 수익성 및 생산 가치	미래가치 중심 판매 수익성 확보 불확실 고부가가치 제품 소량 생산 가능	현재가치 중심 판매 수익성 확보 가능 대량의 제품 생산 가능
경제적 측면	실패시 경제적 부담 적음	실패시 경제적 부담 큼

자료 : 「실증플랜트 구축사업 타당성조사를 위한 분석방안 마련 연구」, KISTEP(2014.4)

3. 산학연 연구주체의 역할 확립

□ 연구-기술-비즈니스 주체의 분리

- 대형 실용화 기술개발 사업단 프로젝트를 위해서는 산·학·연 기관의 특성을 고려하여 역할을 체계적으로 구성

<표 7-21> 산학연별 연구·기술·비즈니스 주체 구성(안)

기관 구분	주도 분야	상세내용
산업계 (민간기업)	실증 및 사업화	• 수요자 관점에서 기술 개발을 추진할 수 있어 실용화 연구의 추진력을 보유 • 각 기술들의 개발결과를 test-bed를 통하여 실증함으로써 현실성 있는 사업화 실현에 기여
학계 (대학)	기초연구 원천기술 개발	• 사업화 이전 단계에서 비교적 독립적, 객관적 입장에서 기술의 개발과 평가를 진행할 수 있어 원천기술 개발에 적합
연구계 (정부출연연구소)	기술 개발 및 통합	• 개발 기술과 관련한 광범위한 연구그룹 등을 활용하여 기술의 유기적 통합이 가능하므로 대형 시스템형 프로젝트를 수행을 위한 효과적 기술통합 수행 가능

제4절 소요예산 및 재원조달방안

1. 소요예산

1.1 총사업비 개요

□ 본 사업의 총사업비는 4,738.6억 원으로 Infra 구축에 587억 원(12.4%), Platform 구축에 1,047억 원(22.1%), 실증에 3,104.6억 원(65.5%)을 책정

□ 재정분담 주체별로는 국비가 3,317.2억 원(70%), 민자가 1,421.4억 원(30%)으로 구성

<표 7-22> 총사업비 구성

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
총 사업비	국고	2,053.4	216	315	330.45	209.45	105.45	87.45	3,317.2
	민자	880.8	97	132	137.9	91.9	46.9	34.9	1,421.4
	합계	2,934.2	313	447	468.35	301.35	152.35	122.35	4,738.6
중점 1. 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축	국고	69	72	105	108	47	8	7	416
	민자	29	30	42	44	20	3	3	171
	소계	98	102	147	152	67	11	10	587
중점 2. 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Platform 구축	국고	53	144	210	173	97	32	19	728
	민자	24	67	90	73	43	15	7	319
	소계	77	211	300	246	140	47	26	1047
중점 3. 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증	국고	1,931.4			49.45	65.45	65.45	61.45	2,173.2
	민자	827.8			20.9	28.9	28.9	24.9	931.4
	합계	2,759.2			70.35	94.35	94.35	86.35	3,104.6

1.2 중점사업별 예산

가. 중점분야 1

□ 중점분야 1 사업비는 총 587억 원으로 정부출연금 416억 원(70%), 민간부담금 171억 원(30%)으로 구성

<표 7-23> (중점1) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술		구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
중점 1. 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 Infra 구축		국고	69	72	105	108	47	8	7	416
		민자	29	30	42	44	20	3	3	171
		합계	98	102	147	152	67	11	10	587
세부1-1. 복합플랜트 지하공간 활용 기술		국고	18	18	25	26	23			110
		민자	7	7	10	11	10			45
		소계	25	25	35	37	33			155
	핵심1-1-1	국고	8	8	11	12	11			50
		민자	3	3	4	5	5			20
		소계	11	11	15	17	16			70
	핵심1-1-2	국고	10	10	14	14	12			60
		민자	4	4	6	6	5			25
		소계	14	14	20	20	17			85
세부1-2. WWE 순환형 복합플랜트 Compact 기술		국고	24	24	52	65	15			180
		민자	9	9	21	27	6			72
		소계	33	33	73	92	21			252
	핵심1-2-1	국고	16	16	37	45	10			124
		민자	6	6	15	19	4			50
		소계	22	22	52	64	14			174
	핵심1-2-2	국고	8	8	15	20	5			56
		민자	3	3	6	8	2			22
		소계	11	11	21	28	7			78
세부1-3. 사회적 수용성 확보를 위한 사회기반기술		국고	27	30	28	17	9	8	7	126
		민자	13	14	11	6	4	3	3	54
		소계	40	44	39	23	13	11	10	180
	핵심1-3-1	국고	10	10	11	7	4	4	3	49
		민자	5	5	4	3	1	1	2	21
		소계	15	15	15	10	5	5	5	70

<표 7-23> (중점1) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
	핵심1-3-2	국고	10	12	12	5	4	3	49
		민자	5	5	5	2	2	1	21
		소계	15	17	17	7	6	4	70
	핵심1-3-3	국고	7	8	5	5	1	1	28
		민자	3	4	2	1	1		12
		소계	10	12	7	6	2	2	40

나. 중점분야 2

□ 중점분야 2 사업비는 총 1,047억 원으로 정부출연금 728억 원(70%), 민간부담금 319억 원(30%)으로 구성

<표 7-24> (중점2) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
중점 2. 지하공간 활용 도시기반 복합플랫폼 Platform 구축	국고	53	144	210	173	97	32	19	728
	민자	24	67	90	73	43	15	7	319
	합계	77	211	300	246	140	47	26	1047
세부2-1. 플랫폼 아키텍처	국고	37	76	106	101	64	26	17	427
	민자	17	36	44	42	27	13	6	185
	소계	54	112	150	143	91	39	23	612
	핵심2-1-1	국고	13	18	29	26	14	7	112
		민자	6	9	12	10	6	3	48
		소계	19	27	41	36	20	10	160
	핵심2-1-2	국고	14	24	25	24	21	7	119
		민자	6	11	10	11	9	3	51
		소계	20	35	35	35	30	10	170
	핵심2-1-3	국고	6	17	25	22	12	5	91
		민자	3	8	10	8	5	3	39
		소계	9	25	35	30	17	8	130
	핵심2-1-4	국고	4	17	16	12	4	2	56
		민자	2	8	8	5	2	1	26
		소계	6	25	24	17	6	3	82
	핵심2-1-5	국고			11	17	13	5	49
		민자			4	8	5	3	21

<표 7-24> (중점2) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
	소계			15	25	18	8	4	70
세부2-2. 플랫폼 운영 솔루션	국고	16	68	104	72	33	6	2	301
	민자	7	31	46	31	16	2	1	134
	소계	23	99	150	103	49	8	3	435
	핵심2-2-1	국고	4	13	8	7	4	2	39
		민자	2	7	4	3	3	1	21
		소계	6	20	12	10	7	3	60
	핵심2-2-2	국고	5	17	24	18	8	4	77
		민자	2	8	11	7	4	1	33
		소계	7	25	35	25	12	5	110
	핵심2-2-3	국고	7	21	37	12	3		80
		민자	3	9	16	6	1		35
		소계	10	30	53	18	4		115
	핵심2-2-4	국고		17	35	35	18		105
		민자		7	15	15	8		45
		소계		24	50	50	26		150

다. 중점분야 3

□ 중점분야 3 사업비는 총 3,104.6억 원으로 정부출연금 2,173.2억 원(70%), 민간부담금 931.4억 원(30%)으로 구성

<표 7-25> (중점3) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
중점 3. 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증	국고	1931.4			49.45	65.45	65.45	61.45	2173.2
	민자	827.8			20.9	28.9	28.9	24.9	931.4
	합계	2759.2			70.35	94.35	94.35	86.35	3104.6
세부3-1. 복합플랜트 상용급 Test Bed 구축 및 운영	국고	1931.4			39.45	39.45	39.45	39.45	2089.2
	민자	827.8			16.9	16.9	16.9	16.9	895.4
	소계	2759.2			56.35	56.35	56.35	56.35	2984.6
복합플랜트 상용급 Test Bed 구축	국고	1931.4							1931.4
	민자	827.8							827.8
	소계	2759.2							2759.2

<표 7-25> (중점3) 세부사업별 예산

(단위 : 억 원)

구성기술		구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
	복합플랜트 상용급 Test Bed 운영	국고				39.45	39.45	39.45	39.45	157.8
		민자				16.9	16.9	16.9	16.9	67.6
		소계				56.35	56.35	56.35	56.35	225.4
세부3-2. 복합플랜트 운영 사업모델 개발		국고				10	26	26	22	84
		민자				4	12	12	8	36
		소계				14	38	38	30	120
	핵심3-2-1	국고				10	26	26	22	84
		민자				4	12	12	8	36
		소계				14	38	38	30	120

2. 재원조달방안

□ 국가재정운용 계획(2017~2021)」 (2017, 기획재정부)

○ 재정운용 기본방향 및 목표, R&D 투자방안 등과 연계 추진

- 국민들이 안전에 대한 인식 수준이 높아지면서 종전보다 높은 수준의 안전 확보를 요구함에 따라 도로, 철도 등의 SOC분야의 「예방중심의 안전체계 구축」을 목표로 안전점검 및 유지관리에 대한 안전투자를 지속할 계획
- 「미래 신성장동력 창출」을 위해 기초연구 R&D를 적극 지원하는 한편 R&D 투자 효율화를 병행
- 미래성장동력을 확충하고, 4차 산업혁명에 전략적으로 대응하기 위한 R&D 투자를 지속적으로 확대할 방침
- 인공지능(AI), 하드웨어(HW), 데이터 유통 및 활용(ICBM) 관련 원천기술을 확보할 계획이며, 4차 산업혁명 대응기술과 기존 기술·산업의 융합 R&D도 적극 지원할 예정
- 특히, 시설물 유지보수 산업 등 자동화·무인화 기술을 도입하여 새로운 사업 기회와 서비스를 창출할 수 있도록 지원할 계획
- 「국민의 안전과 쾌적한 삶을 위한 R&D 투자 확대」를 목표로 과학적으로 해결하기 위한 지원을 지속적으로 강화할 전망이며 적극적 기술개발 지원을 통해 세계적 수준의 기술경쟁력을 확보할 계획
- 「중소기업간 공동 연구개발 지원 확대」를 통해 협업 네트워크, 인프라 지원으로 규모의 경제를 구현할 계획

- 최근 5개년 기준, 정부 R&D 예산의 성장은 연평균 2.56%, 국토교통 R&D분야의 예산 비중은 '18년 기준 2.57%

<표 7-26> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황

(단위 : 억 원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
정부 R&D 예산	177,793	188,245	190,942	194,615	196,681	2.56%
국토부 R&D 예산	4,117	4,500	4,458	4,738	5,058	2.9%
국토부 R&D 비중	2.32%	2.39%	2.33%	2.43%	2.57%	평균비중 : 2.41%

- '18년은 실예산이며 '19~'22년은 중기재정계획을 반영, '23~'26년은 국토교통 R&D 중기재정계획('18~'22)의 연평균 예산증가율(9.6%)을 '23~'26년까지 적용하여 추정
 - 2017년의 국토교통 추진방향은 중소기업 R&D 경쟁력 강화, ICT 등 첨단기술 융복합 촉진, 국민 안전 R&D 투자 강화, 국민체감 서비스 R&D 등에 역량을 결집
- 국토건설 분야는 전년대비 206억 원(12.3%)증액된 1,887억 원이 집행
- 시설물 유지관리, 건설안전 등 안전한 사회기반시설 구축과 다양한 주거 수요 반영 맞춤형 주택 기술 및 에너지 관리기술 개발 등 재난, 재해 대응 사회기반 시설 안전성 확보 및 주거 등의 사회문제 해결을 위한 기술개발이 포함
 - 또한, 동 사업 중 일부 세부기술분야가 흡수 및 이동이 될 것으로 예상
- 교통 분야는 전년대비 55억 원(3.0%) 증액된 1,904억 원이 집행
- 도로 붕괴 예방, 실시간 철도통합 안전감시 등 교통시설 안전성 향상 및 효율성 제고, 인프라 개선 및 운영효율화를 위한 연구개발이 포함
- 기반구축 분야는 전년대비 19억 원(2.0%) 증액된 947억 원으로 집행
- 기술사업화 지원을 위한 지원 프로그램의 다양화 및 사회이슈 해결, 신성장동력 창출을 위한 혁신도약형 R&D 지원 등의 지원이 포함

<표 7-27> 전년도 대비 2017년도 국토교통 R&D 사업 및 부분별 투자현황
(단위 : 억 원)

사업명	2016년 예산	2017년 예산	증감액	증감률(%)
총계	4,458	4,737	279	6.3
국토기술분야 (6개 사업)	1,681	1,886	205	12.2
건설기술연구사업	505	498	△6.9	△1.4
물관리연구사업	317	270	△46	△14.7
플랜트연구사업	275	377	101	36.9
도시·건축연구사업	296	302	5	1.8
주거환경연구사업	138	179	41	30.2
국토공간정보연구사업	147	258	110	75.0

<표 7-27> 전년도 대비 2017년도 국토교통 R&D 사업 및 부분별 투자현황
(단위 : 억 원)

사업명	2016년예산	2017년예산	증감액	증감률(%)
교통부문 (5개 사업)	1,849	1,903	54	2.9
교통물류연구사업	422	549	126	30.0
철도기술연구사업	944	997	53	5.6
항공안전기술개발사업	481	294	△187	△38.9
무인비행체안전지원 기술개발사업	(신규)	51	51	순증
민수헬기인증기술개발사업	(신규)	9.9	9.9	순증
기반구축 분야 (8개 사업)	928	947	19	2.1
국토교통기술촉진연구사업	562	542	△19	△3.5
국토교통 기술사업화 지원	205	212	7	3.4
건설교통기술지역 특성화사업	86	81	△5	△5.8
국토교통연구기획	40	40	△0.3	△0.7
국토교통연구성과 활용지원사업	13	13	△0.1	△0.7
국가전략프로젝트	(신규)	4	4	순증
국토교통연구개발운영지원	(신규)	33	33	순증
정책연구개발사업	19	18	△0.5	△3.0

□ 국토교통 R&D 예산 예상 및 재원확보 타당성

- 중소기업 육성 및 일자리 창출 등 창조경제 실현과 국민복지 구현을 위한 R&D의 예산은 증대될 것으로 전망
- 정부 R&D 예산에서 국토교통 R&D 예산을 전망하고, 국토교통 R&D 예산 내에서 신규 R&D 가용 예산을 추정
 - '19년 예산은 정부안 기준이며, '20년 이후 예산은 국토교통 R&D 중기재정계획('18~'22)의 연평균 예산 증가율(9.9%)을 '26년까지 적용하여 추정
 - 국토교통 R&D 장기계속사업의 일몰제 적용으로 '20년부터 계속과제

수요예산의 단계적 감소에 따라 신규 R&D 사업 추진을 위한 소요예산 반영 가능

- '19년을 기준, '20년부터 '26년까지 계속과제 수요예산 9,632억원을 제외한 국토교통부 R&D 사업의 가용예산 추정치는 총 40,388억원 수준

<표 7-28> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황

(단위 : 억 원)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	계	연평균 증가율
국토교통부 R&D 예산 추정치	4,812	5,289	5,812	6,388	7,020	7,715	8,47	9,318	-	9.9
계속과제 수요예	4,812	4,639	3,074	1,432	487	-	-	-	-	△43.6
신규 R&D사업 가용예산 추정치	-	650	2,738	4,956	6,533	7,715	8,479	9,318	40,388	42.8
본 사업 예산	-	2,934.2	313	447	468.35	301.35	152.35	122.35	4738.6	-
신규 R&D사업 가용예산 대비 본 사업예산 비율		451%	11.4%	9.0%	7.2%	3.9%	1.8%	1.3%	11.7%	-

- 본 사업 기간인 '20~'26년 총 소요예산은 4,738.6억 원으로 동 기간 국토교통 신규 R&D 사업 가용예산 추정치(40,388억원)의 11.7%에 해당하여 가용범위 내에 있음
- 본 사업은 2020-2026년까지 7년 간 총 사업비 4,738.6억 원을 조달하여 운영하며, 총 사업비 중 3,317.2억 원을 국토교통부가 정부출연금 형태로 지원하고 나머지 1,421.4억 원은 민간의 부담금으로 충당 계획
- 민간 부담금은 '국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정'에 의해 대기업(50%), 중견(40%), 중소기업(25%), 컨소시엄(복합) 등 각 프로그램별 타킷에 따라 부담비율을 적용
- 민간 부담금은 각 세부기술 분야별 성격 및 시장 상황 등을 종합적으로 고려하여 획일적 적용 보다는 탄력적 운영을 예정

<표 7-29> 자원 부담 현황

(단위 : 억 원)

구분	사업비	비율
합 계	4,738.6	100%
국 비	3,317.2	70%
민 자	1,421.4	30%

- 민간 재원 분담 비율은 본 사업 참여 가능 기업의 규모를 고려하여 30% 수준으로 설정
 - 대기업, 중견, 중소기업 모두 참여가 예상되나, 핵심기술개발을 주도하는 기업은 중견, 중소기업 위주로 구성될 예정이므로, 중견기업의 분담비율 40%와 중소기업의 분담비율 25%의 중간 수준으로 민간 분담비율을 설정함
 - 기업 참여의향서 접수 시, 민간 분담 가능 금액을 함께 접수 받았으며, 의향서 접수 결과 민간 분담금 확보 가능

제8장 사전타당성 분석

제8장 사전타당성 분석

제1절 정책적 타당성 분석

1. 정책적 타당성 검토 개요 및 체계

□ 정책적 타당성의 분석을 위해 정책의 일관성 및 추진체제, 국고지원의 적합성, 사업 추진상의 위험요인에 대한 검토 실시

○ 정책적 타당성 분석 항목은 「2018년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」을 참고하여 검토

<표 8-1> 정책적 타당성 분석 항목

분석주안점	분석분야	분석항목
정책의 일관성 및 추진체제	상위계획과의 부합성	• 상위계획별 부합성
	사업 추진체제 및 추진의지	• 사업 추진체제의 적절성
		• 사업 추진의지
		• 평가결과
국고지원의 적합성	정부지원의 필요성	• 정책적 측면
		• 경제적 측면
		• 기술적 측면
사업 추진상의 위험요인	법·제도적 위험요인	• 사업추진 근거법령의 적절성
		• 타 법령과의 충돌 가능성
		• 국가 연구개발사업 절차의 누락 가능성
		• 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성
	재원조달 가능성	• 국고지원 조달 가능성
		• 민간부담금 조달 가능성

2. 정책의 일관성 및 추진체제

2.1 상위계획과의 부합성

- 상위계획과의 부합성은 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업이 국가정책을 실현하기 위해 정책적 일관성을 가지고 추진될 수 있는지를 평가
 - 상위계획과의 부합성은 ‘국가계획의 내용’과 ‘동 사업의 연구 목적’을 비교·분석하여, 국가정책 차원에서 동 사업의 정책적 부합성을 평가
 - 분석대상의 국가계획은 동 사업의 기획 목적을 고려하여 국가정책, 연구개발정책, 해외진출 대책 범위로 구분하여 평가
 - 예비타당성 조사 표준지침에서 제시하고 있는 국가정책은 연구개발정책 부문에 해당
 - 동 연구는 연구개발부문 국가정책 외에 현 정부의 국정목표를 추가로 분석하였으며, 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업과 관련성이 있는 해외진출대책까지 폭넓게 조사

가. 문재인 정부의 국정과제

- 국가정책 부문은 문재인 정부의 국가정책 기조를 담은 ‘5대 국정목표 및 100대 과제’를 분석
 - 5대 국정목표 중 더불어 잘사는 경제, 내 삶을 책임지는 국가, 고르게 발전하는 지역과 밀접하게 부합

<표 8-2> 본 사업 관련 100대 국정과제

정책목표	전략 및 국정과제
더불어 잘사는 경제	전략 4 : 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명
	33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축 (과기부)
	34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성 (산업부·과기부·국토부)
	37. 친환경 미래 에너지 발굴·육성 (산업부)
내 삶을 책임지는 국가	전략 3 : 국민안전과 생명을 지키는 안심사회
	55. 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축 (안전처)
	56. 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화 (안전처)
	59. 지속가능한 국토환경 조성 (환경부)

<표 8-2> 본 사업 관련 100대 국정과제

정책 목표	전략 및 국정과제
	60. 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환 (산업부·원안위)
	61. 신기후체제에 대한 건실한 이행체계 구축 (환경부)
고르게 발전하는 지역	전략 2 : 골고루 잘사는 균형발전
	79. 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진 (국토부)

<표 8-3> 국정과제 부합성 분석

국정 과제	부합성 설명
33. 소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축	• 복합플랜트 건설 사업에서 필요한 안전 및 환경 규제로 인한 문제를 해결하는 운영 기술인 모니터링 기술과 ICT 기술 도입을 통하여 운영 효율을 개선하고 이를 통해 4차 산업혁명을 선도하기 위한 기반 구축 가능
34. 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	• 저부가가치의 현재 환경 플랜트를 복합플랜트로 전환하여 고부가가치 신산업으로 전환
37. 친환경 미래 에너지 발굴·육성	• 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환
55. 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체계 구축	• IoT기반 공정 및 설비/구조물의 사전 이상진단 기술 개발로 플랜트 안전 사고를 사전에 예방 가능
56. 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화	• 플랜트의 대형화, 복잡화로 안전 사고 또한 대형화 추세, 이에 선제적 예방 기술 개발과 무인 감시 기술로 즉각적인 사고 대응 역량 강화 가능
59. 지속가능한 국토환경 조성	• 넓은 부지를 활용하고 있는 현재 환경 기초 시설의 지하화를 통해 지상 공간의 효율적 활용 추구
60. 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환	• 폐자원 에너지의 확대와 수두차 발전 등 신재생 에너지의 활용을 통해 안전하고 깨끗한 에너지로의 에너지 패러다임 전환
61. 신기후체제에 대한 건실한 이행체계 구축	• 복합플랜트 구축을 통해 온실가스 배출 억제와 순환경제 실현으로 기후변화에 선제적 대응
79. 도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진	• 구도심의 노후 환경 기초 시설을 개선하여 주민 삶의 질을 향상하고, 쇠퇴지역을 혁신공간으로 재창출

나. 법정 상위계획과의 부합성

1) 제4차 과학기술기본계획

□ 과학기술기본법에 따라 5년 마다 수립하는, 법정 중장기 계획이자 과학기술분야 최상위 계획

○ 향후 5년 간 우리나라 과학기술 발전목표와 정책방향을 설정하고 이를 달성하기 위한 범정부적 정책과제 제시

- 중점 추진과제로 4차 산업혁명 대응 기반 강화, 혁신성장동력 육성,

안전사회 구현, 쾌적하고 편안한 생활환경 조성 등 관련 분야 제시

□ (본 사업 관련 분야) 본 사업은 4개 중점 추진과제와 7개의 관련 중점 과학기술 분야와 연관

<표 8-4> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점 추진과제

4대 전략	중점 추진과제
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	•(11) 4차 산업혁명 대응기반 강화
	•(12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	•(17) 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현
	•(18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」, (2017)

○ (과제 11) 스마트시티 고도화를 통해 다양한 4차 산업혁명 관련 기술 및 비즈니스의 실증 환경 제공 및 에너지 신산업 실증 투자 확대

- 스마트시티 시범도시에 복합플랜트 Test Bed를 구축함으로써 ICT 기반 운영 효율화, 재난 안전 기술 등 관련 4차 산업혁명 기술 실증과 에너지·자원 거래 기술 개발 추진

○ (과제 12) 혁신성장동력의 재난·안전 영역 활용 확대와 첨단기술 산업 국가 경쟁력 강화 추진

- ICT 기술과 방재 기술을 융·복합화하여 첨단 플랜트 개발 추진

○ (과제 17) VR/AR 기술을 활용하여 위험대비 통합 예측 기술 및 상황 관리 기술과 재난 대응 시스템 구축

- VR/AR 기술을 활용하여 플랜트 작업자 안전 교육 프로그램 개발

○ (과제 18) 폐기물, 하·폐수의 처리·재활용·자원화 기술 고도화를 통해 도시의 지속가능성 제고를 위한 청정 환경·에너지 시스템 구축

- 복합플랜트 통합공정의 실증을 통한 도시 자원순환 체제 구축

<표 8-5> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록

대분류	중분류	중점과학기술
에너지·자원	신재생에너지	•바이오 및 폐자원 에너지화 기술
ICT·SW	빅데이터	•지능형 빅데이터 분석 및 활용 기술, 초고속·대용량 데이터

<표 8-5> 제4차 과학기술기본계획 본 사업 관련 중점과학기술 목록

대분류	중분류	중점과학기술
	·인공지능	플랫폼 기술, 다중 인공지능 공통 플랫폼 기술
	콘텐츠	• 가상·혼합현실 기술, 지능형 콘텐츠제작 기술
건설·교통	도시 및 국토	• 지속가능한 도시재생 기술, 스마트시티 구축 및 운영 기술
	사회기반 시설	• 지속가능한 인프라 구조물 건설기술, 빅데이터 기반 국가 인프라 예방적 유지관리 기술
기계·제조	플랜트	• 친환경·스마트 플랜트 기반 기술
재난안전	재난안전	• 복합재난 스마트 예측·대응기술

자료 : 「제4차 과학기술기본계획」

2) 혁신성장동력 추진계획

□ 지난정부의 성장동력 분야에 대한 일관성을 유지하면서, 분야별 특성과 대내외적 환경변화를 고려하여 맞춤형으로 지원하는 ‘혁신성장동력 추진전략’을 마련

○ 성장동력 육성은 연구개발(R&D)을 바탕으로 신산업과 일자리를 창출하는 범부처 정책으로 과학기술기본법에 근거

□ (본 사업 관련 분야) 13개 혁신성장동력 중 6개와 본 사업 연관

○ (빅데이터) 에너지·자원·환경 빅데이터 시스템 구축 및 분석 기술 개발

○ (IoT) IoT 기반 플랜트 운영 모니터링 기술 개발

○ (AI) AI 기반 에너지·자원·환경 상관관계 분석 기술 개발

○ (스마트시티) 복합플랜트 보급을 통한 폐기물 관리 효율화 및 에너지 자립 도시 기반 구축

○ (VR/AR) 가상증강현실을 활용한 재난 대응 시스템 구축

○ (신재생에너지) 하수처리 연계 수두차, 온도차 및 부력 복합 발전 기술 등 신재생에너지 활용 및 연계 기술 개발

3) 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

□ 「국토교통과학기술 육성법」 제정으로 향후 10년간 R&D 중장기 전략을

제시할 연구개발 종합계획 수립의 근거 마련

혁신
성장
동력
분야

	빅데이터(D)	차세대통신(N)	인공지능(A)	
지능화 인프라	빅데이터 개방·활용 	5G, IoT 상용화 	AI 핵심기술 개발 	
스마트 이동체	자율주행차 레벨3 자율주행 		드론(무인기) 공공용·산업용 무인기 보급 	
	맞춤형 헬스케어 개인맞춤 정밀의료 	스마트시티 도시문제 저감 	가상증강현실 개별산업과 VR/AR 융합 	지능형로봇 의료·안전용 서비스 로봇 
산업기반	지능형반도체 AI용 반도체 개발 	첨단소재 항공부품, 자동차 경량화 	혁신신약 후보물질 100개 개발 	신재생에너지 재생에너지 발전비중 확대 (17 7.0%→ 22 10.5%→30 20%) 

정
책
과
제

F4 맞춤형 전략

- 1 조기상용화
- 2 원천기술확보

F5 전주기 관리

- 1 신규분야 발굴·기획
- 2 사업·추진체계 개편
- 3 성장동력 분석·평가

F6 국민체감 확대

- 1 실증·시연·체험 증대
- 2 재난·안전 활용

자료 : 「혁신성장동력 추진계획」, (2017.12)

<그림 8-1> 혁신성장동력 추진계획 본 사업 관련 분야

- 기존 건설 기술에 AI, 로봇, IoT 등 첨단기술 융·복합을 통해 ‘건설지능화’와 ‘건설기술 고부가가치화’ 달성을 목표로 추진
- (본 사업 관련 분야) 시장 형성 단계로써 선제적 대응을 통해 수출전략화가 가능한 고효율 하이브리드 플랜트 분야
 - (스마트 자원플랜트) 에너지 자립화와 극한지 新시장의 이니셔티브 확보를 위해서 플랜트 생산효율성 강화 및 친환경 자원순환형 에너지 기술 개발
 - (재활용) 다양한 폐자원을 하나의 플랜트에서 에너지로 재생산할 수 있는 지하 복합플랜트 기술 개발 등으로 도시 에너지 자립 추진
 - 에너지·폐자원·물 복합플랜트 기술 개발 등으로 생활 및 음식물 쓰레기, 하수슬러지 등의 폐기물 처리와 에너지 생산을 동시 실현
 - 복합플랜트 지하화 기술 개발 등을 통해 지상공간을 편익시설로

제공하여 환경친화형 플랜트 건설 실현

4) 제6차 건설기술진흥기본계획

□ “SMART Construction 2025” 비전과 실행방안을 제6차 건설기술진흥기본계획에 반영하여 실천계획

○ (해외 수요 대응형 건설기술 개발) 기획단계부터 체계적인 시장 수요, 분석을 실시하고, Track-record 확보가 용이한 분야를 중점, 고부가가치 기술확보를 위한 자원화 플랜트 R&D 추진

5) 제3차 해외건설진흥기본계획

□ 해외건설촉진법 제5조에 따른 해외건설산업 발전과 진출촉진 정책 방안 제시

○ (민간기업의 사업 포트폴리오 확장 및 역량 제고 지원) 공기업의 사업기획·발굴, 운영/보수 경험과 민간기업의 엔지니어링, 시공 능력을 결합한 공공-민간기업의 공동진출 활성화

6) 제1차 자원순환기본계획

□ 「자원순환기본법」 제정에 따라 순환경제 실현을 위한 국가의 중장기 정책방향과 세부전략을 담은 국가 자원순환기본계획 수립

○ (폐기물 재활용 및 에너지화 인프라 구축) 공공 재활용 기반시설 현대화 등을 위한 생활자원회수센터와 폐자원 에너지화 시설 확충으로 온실가스 저감 및 에너지 이용 극대화 추진

7) 제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획

□ 제4차 산업혁명 등으로 인한 기술의 진보에 발맞춘 재난안전 분야 과학기술 개발 및 범부처 차원의 협력적 R&D 추진

○ IoT, 인공지능, 빅데이터 등 신기술을 재난안전 분야에 접목함으로써 재난관리에 있어서 새로운 변화와 혁신 기대

다. 정부 R&D 투자 방향 (2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준)

□ (법적 근거) 과학기술기본법 제12조의2

○ 「2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준」을 마련하여, 2019년도

국가 연구개발사업 예산 배분·조정과 예산 편성의 기본방향으로 활용

□ (에너지·자원) 투자비중('16년)은 8.5%로 감소 추세이나, 신재생에너지, 원자력안전 등 핵심기술 분야에 대한 투자는 활발

○ (주요사업) 재생에너지 기술역량 및 보급 활성화

- 재생에너지 확대 정책 목표 달성을 위한 신재생에너지 발전 및 전력 수요관리 R&D 사업의 지속 추진

* 신재생에너지 기술개발, 스마트그리드 기술개발, 에너지수요관리 기술개발, 기후변화대응 기술개발 등

○ (신재생에너지) 고효율화 기술 확보에 따른 신재생에너지 단가절감 및 실증·융합연구 가속화

- 신재생에너지 적용 대상 다양화를 위한 실증연구 및 분산발전시스템 확대를 위한 에너지저장시스템과의 융합연구 확대 추진 전망

○ (전력) ICT 기업들의 전력분야 진출로 인해 전력산업의 융복합화 및 다양한 스마트그리드 활용 비즈니스 모델 창출

- 기존 전력망과 ICT 기술을 융합한 통합솔루션 및 핵심기술 개발이 지속되고, 스마트그리드 플랫폼을 활용한 비즈니스 모델 창출
- 소규모 마이크로그리드 실증에서 다중 마이크로그리드 기반 스마트시티 플랫폼 실증으로 확대 전망

□ (기계·제조) 정부투자('16)는 전년대 비슷한 수준이며, 공정장비·산업기기(17.1%), 조선해양·플랜트(9.9%) 등의 분야 투자 증가

○ (주요사업) 제조-서비스 융합을 통한 新비즈니스를 창출하고 부가가치 제고를 통해 미래 성장동력으로 육성

- 스마트화·융복합화·서비스화 분야 및 미래시장 선점을 위한 신산업 분야 핵심 원천기술 확보 지원
- 고부가가치 신시장 선점을 위한 스마트 생산시스템, 설계·생산 기술 개발 및 핵심 기자재 국산화 지원

○ (플랜트) ICT 기반 플랜트 생산성 향상 기술, 엔지니어링·운영 서비스 등 ICT와 접목된 고부가가치 시장 확대 전망

- 국제 환경·안전 규제 대응 기술에 지속적으로 지원하고 ICT 융합

기술개발 투자를 강화하여 글로벌 경쟁력 제고

- 플랜트 성능, 안전, 표준화 등에 기반한 융복합 설계 및 생산운영을 통합하는 전주기 엔지니어링 플랫폼 기술개발 지원

○ (공정장비·산업기기) 기술융합의 가속화로 차세대 기계산업(생산 플랫폼, 건설기계 등)과 융합형 시스템 등을 통해 고부가가치화 진행

- 선진국은 신융합 핵심기술 선정, 현장의 빅데이터와 연계한 신시장 창출형 혁신성장 제품화 전략을 통한 신산업 창출 선도

* GE : 제조산업 중심에서 디지털 데이터 및 분석 중심으로 전환 중으로 매출의 46%가 서비스 부문에서 창출²³⁾

- ICT 융합을 통한 신시장 경쟁력 확보, 지속적인 국산화율 제고 및 친환경화를 통한 규제 대응 분야 지속 지원

라. 검토결과

□ 검토결과, 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업은 상위계획과의 부합성이 매우 높기 때문에, 정책적 타당성이 높은 것으로 평가

○ 4차 산업혁명 등 트렌드 변화에 선도적으로 대응하고 침체된 플랜트 산업의 해외 시장 경쟁력 강화, 안전한 사회 구현을 위한 실천 수단으로써 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업 기획 필요

<표 8-6> 법정 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
연구개발정책	제4차 과학기술 기본계획			✓
	혁신성장동력 추진계획			✓
	2019년도 국가연구개발 투자방향 및 기준			✓
	제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획			✓
부처별 중장기 계획	제6차 건설기술진흥기본계획			✓
	제3차 해외건설진흥기본계획			✓
	제1차 자원순환기본계획			✓
	제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획			✓

23) GE Annual Report (2016)

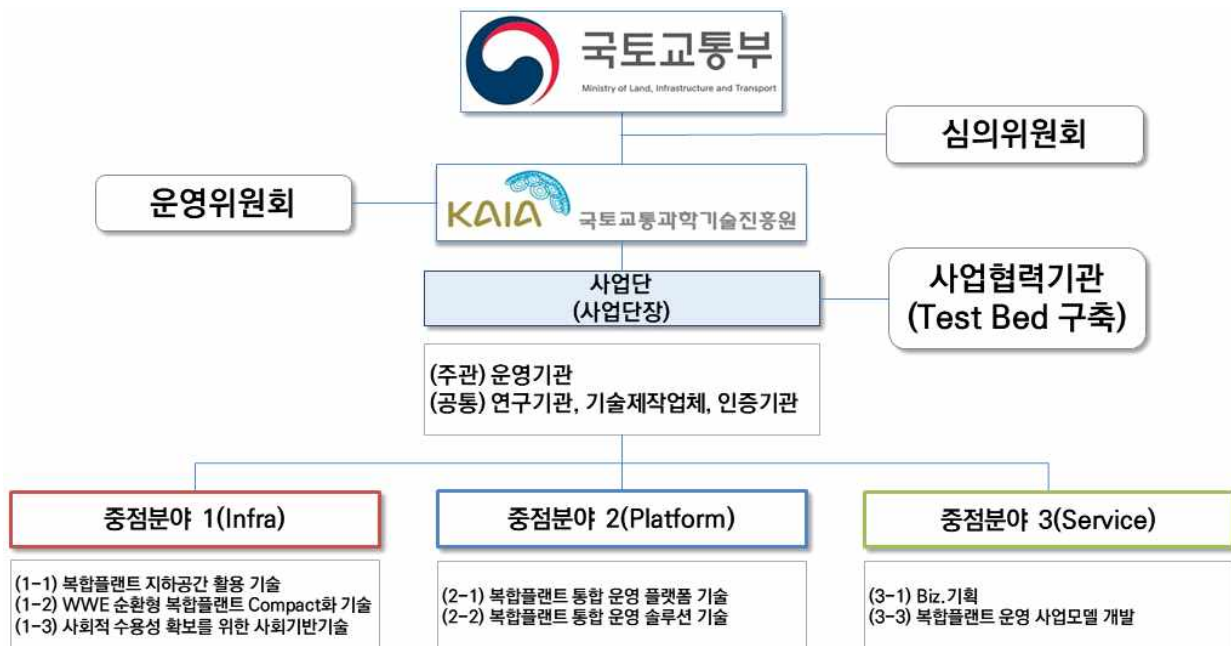
<표 8-7> 상위계획과의 부합성 평가

국가과학기술기본계획 부문별정책		부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
국정목표	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
연구개발 정책	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
부처별 중장기 계획	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2.2 사업 추진체제 및 추진의지

가. 사업 추진체제의 적절성

- 사업 추진체제 및 추진의지는 주관부처·수행기관·유관부처·유관기관 등 각 주체 간의 사업수행체제와 협조체제를 검토하고, 사업주체들의 추진의지를 평가하는 항목
- 정책목표를 달성하기 위해 사업수행체제와 역할분담의 적절성, 협조체제와 운영방안의 효율성 등을 거버넌스 관점에서 수직적·수평적 협력체제로 평가
 - 수직적 협력체제는 정책을 결정하는 정부부처, 사업을 관리하는 연구·관리 전문기관, 연구 과제를 수행하는 연구기관 간의 정책목적 전달과 자금의 제공 및 조정체제를 평가
 - 수평적 협력체제는 사업에 참여하는 정부부처·연구기관·연구자 등 사업 참여주체 간, 사업 참여주체와 이해관계자 간의 네트워크 및 소통체제를 평가
- 사업 추진의지는 사업기획주체들의 사업추진의지와 사업으로 인해 영향 받는 이해관계자들의 선호도를 분석



<그림 8-2> 사업 추진체제 구성

□ 수직적 협력체계

- 사업수행체계·사업관리체계의 관점에서 타당성을 분석하며, 실제 연구과제를 주관하여 수행하는 연구단 체계를 별도로 분석
 - 국토교통부-국토교통과학기술진흥원-연구단의 수직적 협력체계를 구성하고 적절한 역할을 분담하여, 사업수행 및 사업관리의 효율성 증대
 - (국토교통부) 최상위 의사결정기관으로서 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업 추진과 관련한 정책결정·총괄관리·투자우선순위 결정 등의 업무 수행
 - (국토교통과학기술진흥원) 관리감독 및 지원기관으로서 사업 추진방향과 과제 기획방향 설정, 사업수행 결과물 관리, 총괄운영, 사후관리등의 업무 수행
 - (사업단, 연구단, 일반과제) 사업을 주관하여 수행하는 기관으로서 모든 과제를 총괄관리하고 지원하는 역할 수행. 또한 각 과제수행에 대한 책임을 가지고 R&D 예산을 집행·관리
- 기술개발 사업관리를 위한 형태의 사업단을 설치하며, 각 세부기술 분야 수행의 효과성 제고 및 개별 연구그룹의 성과연계를 통한 현장적용 및 실증 강화를 위한 단일 사업단 구성
 - 과제유형과 사업기간 및 규모 등을 고려하여 사업단 유형으로 사업 추진체계를 구성
 - 기초원천 기술은 관련기술이 대학 및 출연연이 주관기관으로 추진하고, 특히 실용화를 전제로 하는 거대 원천기술은 출연(연) 주도로 추진
 - 응용/상용화기술은 사업화 기술을 확보하는 차원에서 중소·중견기업을 주관으로 추진하고 대학 및 출연연은 참여기관으로 구성
 - 사업주관 및 참여기관은 국·공립 연구기관, 출연(연), 대학, 기업부설연구소, 공공기관, 조합 등 「국토교통부 소관 연구 개발사업 운영규정」 제4조(연구 개발사업 참여기관의 자격)에 의한 기관으로 구성
- 사업추진에 대한 권한과 책임 하에 과제기획부터 성과확산까지 총괄업무를 추진하며, 기술개발사업 사업추진을 위한 컨소시엄(연구그룹) 구성

- 연구개발계획, 유·무형의 성과물 관리, 대외협력업무, 사업화 전략수립, 대국민 홍보 등 전주기적 관리
- 과제수행에 대한 자체평가 및 사업추진방향·예산 조정에 대한 권한과 책임사업을 주관하여 수행하는 기관을 의미하며 모든 과제를 총괄 관리 및 지원하는 역할을 수행함

□ 수평적 협력체계

- 국토교통부 내에 심의위원회와 이해관계자간의 사업협력기관을 구성하고, 국토교통과학기술진흥원 내에 사업단을 설치하여, 사업과 사업성과를 체계적으로 관리
 - (심의위원회) 국토교통부 내에 설치하는 최고의사결정기구로서 정책목표에 부합하는 총괄운영계획 수립, 사업추진계획 수립, 최종의사결정 등의 업무 수행
 - (운영위원회) 부처 간 협의기구로서 R&D 성과물의 현장적용, 관리규정 및 지침 등의 변경과 적용, 규제완화 협의 등의 업무 수행
 - (사업협력기관) 사업단과 긴밀한 협력을 통해 시작품제작, 테스트베드 적용 등 연구성과의 실용성을 높이기 위한 공공기관(지자체 등) 또는 민간기업
 - 사업관리팀은 선정 및 평가를 담당하는 인력(간사)과 성과확산(성과분석 및 피드백, 사업화 지원) 및 사후관리(문제과제 및 기술료 등)를 담당하는 인력으로 구성
 - 사업화지원팀은 IP 확보지원을 위한 전담인력과 신뢰성 검증 및 현장평가 지원을 위한 전담인력 등을 추가적으로 확보하며, 기추진 중인 사업화 지원사업과 연계할 수 있는 모듈 구성
- 산업통상자원부 엔지니어링디자인과(前 창의산업정책과)와 플랜트 분야 연구개발 추진에 대한 협의회 운영
 - 15년부터 매년 “플랜트R&D협의회” 협의를 통해 상호 협력방안 마련 및 공동연구 추진 협의

**플랜트, 엔지니어링 R&D협의회
협의 결과**
(국토교통부/산업통상자원부)

2015. 06. 11.

국토교통부	산업통상자원부
건설인력기재과 김한광 과장	엔지니어링팀 이영호 팀장
건설인력기재과 양동인 사무관	창의산업정책과 남상록 서기관

플랜트R&D협의회 협의결과
(국토교통부/산업통상자원부)

2016. 05. 27.

국토교통부	산업통상자원부
건설인력기재과 이영준 과장	창의산업정책과 황수성 과장
건설인력기재과 양동인 서기관	창의산업정책과 임태섭 사무관

플랜트R&D협의회 협의결과
(국토교통부/산업통상자원부)

2017. 05. 12.

국토교통부	산업통상자원부
기술정책과 정세교 과장	창의산업정책과 권현철 팀장
기술정책과 유종 사무관	창의산업정책과 임태섭 사무관

<그림 8-3> 산업통상자원부와 플랜트 R&D 협의 진행

나. 사업 추진의지

□ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가 기획위원회가 협력하여 체계적인 예비타당성 사업기획 추진

○ 복합플랜트 관련 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회를 구성하여, 기술성·정책성·경제성·중복성을 체계적으로 분석

<표 8-8> 사업 기획 주체별 역할

주체		세부역할
국토교통부		• 본 기획사업의 추진주체이며 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 안건에 대한 심의 및 결정을 담당
국토교통과학기술진흥원(KAIA)		• 복합플랜트사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성에 방향설정, 전문가 위원회 및 기획용역사와의 정보교류 및 모니터링 등의 실무 총괄을 담당
기획수행기관	인터젠컨설팅(주)	• 기획 관련 조사·분석, 기획보고서 검토 및 수정·보완, 경제성 분석 및 예비 타당성 평가 지원 등 기획사업 전반의 실무를 지원
	고등기술연구원	• 도시기반 복합플랜트 관련 국내·외 기술현황 및 특허 조사 • 에너지, 환경, 첨단 EPC, O&M, 재해방지 기술을 포함한 도시기반 지하 복합플랜트 기반기술 조사 • 도시기반 복합플랜트 기반기술의 유기적 연계 및 통합을 통한, 저비용, 고효율, 저CO2 복합플랜트 핵심기술 도출
	지에스건설(주)	• 실증단지 구축 방안 도출 • 국내외 T/B 후보지 조사, 입지 확보방안 및 개념설계 수행 • 도시기반 복합시설 관련 제도·쟁점 분석, 장애요인 및 해소방안 검토

<표 8-8> 사업 기획 주체별 역할

주체		세부역할
기획분과위원회		• 사업에 대한 기술적 관점에서 전문적으로 검토하여 기획대상 기술에 대한 기획 결과(안) 도출
외부 전문가	사업기획위원회	• 국내외 지하 복합플랜트 관련 정책동향, R&D 투자동향 분석 및 전략적 투자 방안 수립, 전략사업별 대체 시장 및 시정 점유 가능 비율 분석 및 전략사업별 경제적 타당성(BC) 검토
	기술기획위원회	• 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하며, 기획사업의 연구개발 핵심기술 발굴, 목표 설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 • 旣투자된 정부과제에 대해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 기반으로 관련 사업 및 기술에 대한 중복성 검토



<그림 8-4> 사업기획 추진체계

다. 검토결과

- 사업 참여 주체간의 수행체계와 협조체계, 운영체계를 검토하고, 사업 추진체계 및 추진의지 평가
 - 사업 추진체계는 역할분담의 적절성, 운영방안의 효율성 등을 거버넌스의 관점에서 수직적·수평적 협력체계를 평가하였으며,
 - 사업 추진의지는 사업기획 주체들의 사업추진의지와 사업으로 인해 영향

받는 이해관계자들의 선호도를 분석

- 검토결과, 연구개발사업 기획의 추진체제는 해당사업을 추진하는데 필요한 주체들이 추진체계상에 포함되어 있고, 사업주체의 준비정도와 사업추진 의지가 높은 것으로 평가되는바, 타당성이 높다고 판단됨
- 정책결정을 위한 정부부처, 사업관리를 위한 연구 관리전문기관, 연구과제를 수행할 연구단을 국토교통부 - 국토교통과학기술진흥원 - 사업단의 협력체계로 적절하게 구성됨
- 사업 참여 주체간의 네트워크 체계를 강화하기 위해 심의위원회와 다부처협의체, 지원센터를 설치하여, 사업성과의 체계적 관리가 가능할 것으로 평가
- 사업기획 연구진은 정책결정자인 국토부의 의견과 총괄위원회·총괄기획위원회·기술기획위원회 등 관련 분야의 외부전문가 의견을 충분히 수렴했을 뿐만 아니라 유관기업·학회·협회·공사 등 다양한 사업 참여 주체의 의견을 반영

3. 국고지원의 적합성

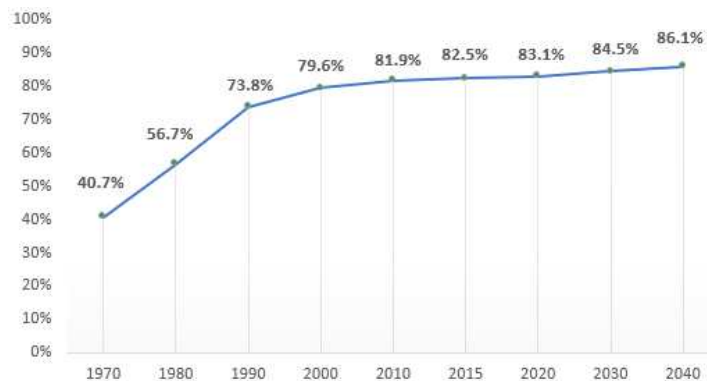
3.1 정부지원의 필요성

가. 정책적 측면

□ (국토의 효율적 활용) 환경기초시설의 지하화를 통해 지상 유휴부지를 주민편익시설로 개발함으로써 국토를 효율적으로 활용

○ 지속적인 도시 인프라 수요 증가에 따른 안정적 공급의 필요성 증대

- 도시문제 가속화 : 자원부족, 인프라 부족, 환경부하 가중
- 삶의 질에 대한 인식변화 : 소득증대, 주거생활 환경개선
- 신도시 모델 개발 : 성장동력 강화, 생활환경개선, 자연환경회복
- 도시 인프라 관리 패러다임의 변화 : 에너지, 물 부족 해결을 위한 다차원적 접근이 요구됨
- 높은 인구밀도에 에너지 소모량 및 환경오염 부하 증가로 시설 설치 부지 확보 시급



자료 : KOSIS (2016.9)

<그림 8-5> 국내 도시화율

○ 지상 설치가 어려운 하수처리시설, 폐기물처리시설 등의 님비(NIMBY) 시설 지하화로 국토 공간의 효율적 활용

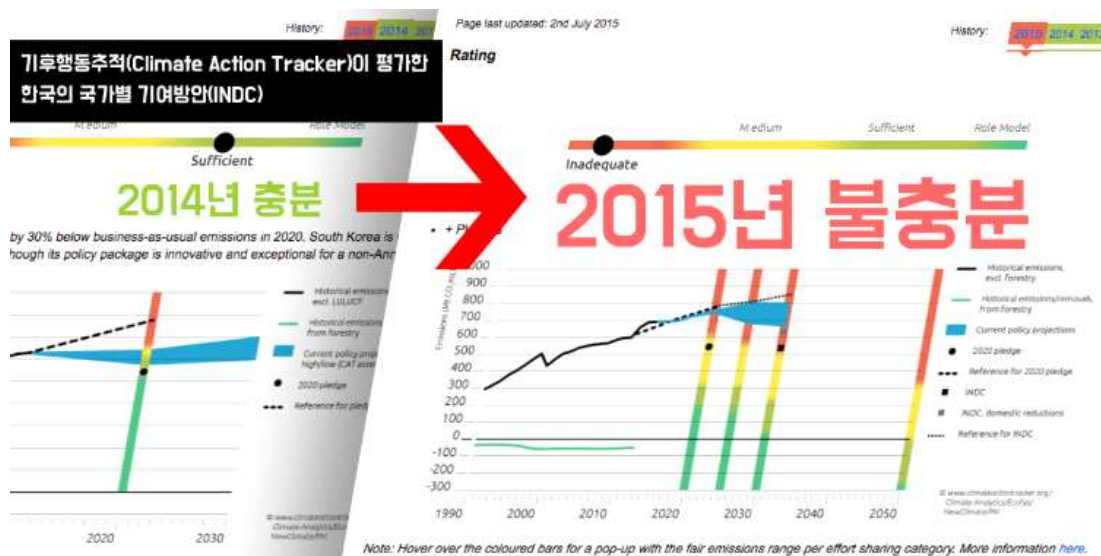
- 하수처리장의 수처리 과정에서 발생하는 악취 등 2차 공해를 근원적으로 해결하기 위해 지하 밀폐 시공함으로써 시각적·후각적 저해 요인을 최소화
- 겨울철 하수온도가 10℃ 이하로 떨어지면 미생물의 활동이 둔해져

처리효율이 떨어지는 문제를 지하화 함으로써 처리효율 안정화

- 하남 유니온파크 , 용인 하수처리장, 안양 박달하수처리장의 경우 지하에 시설을 설치하고 지상에는 주민편의시설(공원, 체육시설 등)을 설치하여 주민들이 환영 (환경기초시설 주변 지역주민의 상대적 박탈감 최소화)

□ (온실가스 배출량 감축) 도시발생 자원의 순환활용을 통해 탄소배출량 및 폐기물 발생을 최소화시키는 친환경 지속 가능형 도시기반 구축을 통한 기후변화, 환경관련 국제규범 강화에 능동적인 대응 및 선도 가능

○ 2015년 파리기후협정의 이행 대비



<그림 8-6> 기후행동추적으로부터 불충분 판정을 받은 한국의 INDC

- 24) 2014년 기준 한국의 온실가스 배출량은 5억 6,781만 톤으로 전 세계 7위, OECD 국가 중 4위를 기록하고 있으며, 전 세계 온실가스 배출량 중 1.75%를 차지함
- 2013년 국가 온실가스 인벤토리 보고서에 따르면 국내 온실가스 배출 중 가장 많은 비중인 41%를 석탄화력발전소가 차지함 → 국가적 차원에서 신재생 에너지의 확대 주도 필요

○ 2030년 목표 온실가스 배출량 5억 3,600만 톤으로 전망치(BAU) 대비 37%감축 목표

- 온실가스 배출량 규제에 따라 기존 화석연료를 에너지원으로 활용하는 발전플랜트 개량 및 청정에너지 자원개발 플랜트 건설이 확대될 것으로

전망

- 폐기물 감량화와 재활용 활성화, 공공부문 온실가스·에너지 목표관리제 강화 등의 조치로 약 1,100만톤을 줄일 계획
- 25) 기존 환경플랜트를 자원 순환형 복합플랜트로 전환시 24.7%의 에너지 경제성 향상과 31.5%의 온실가스 감축효과 발생

□ (심화되는 전력난) 증가하는 전력 수요에 따른 전력 공급 효율화 필요

- 2018년 여름 최대전력수요는 9,247만kW(2018.07.24.)로 산업부 예측치(8,830만kW)를 돌파
- 경제성장과 사회 고도화 및 지구 온난화 등으로 에너지 수요는 크게 늘어나고 있는 반면, 발전소 및 송배전 설비를 설치할 수 있는 입지는 사회적 장벽으로 제약되고 있는 상황
 - 주요 국가를 중심으로 스마트그리드에 의한 전력공급 시스템 변화를 위한 다양한 연구개발과 실증 프로젝트가 진행되고 있는 추세
- 현재 국내의 경우 전력, 도시가스, 열, 용수 공급 인프라가 개별적으로 관리되고 있어, 국가에너지 공급 인프라의 효율적 관리 및 이용효율 극대화를 위해서는 통합관리가 시급
 - 전력산업의 ICT 기술 적용으로 전반적인 에너지 시스템의 효율성 제고와 에너지 활용의 스마트화 추진 필요

나. 산업·경제적 측면

□ (공공성이 강한 국가의 기간산업) 복합플랜트는 공공성이 강한 분야로 국토교통부 중심의 국가연구개발 사업으로 추진 필요

- 에너지·환경 산업은 공공성이 강한 국가의 기간산업 분야로 국가경쟁력과 직결되므로 정부가 기술개발 및 확산을 주도하여 신산업·신시장 창출 필요
- 복합플랜트 테스트베드 사업은 도시 규모를 대상으로 이뤄지는 사업이며, 다양한 이해 관계자 및 정부 부처가 연관되어 있는 사업으로 이에 대한 최적의 사업지 및 적합한 사업자의 선정, 플랜트 추진사업의 간소화 등과 같은 업무를 효율적으로 이행하기 위해서는 정부의 지원이

25) 「국토교통과학기술진흥원 소식지 2017 Fall.Vol.08」, 국토교통과학기술진흥원 (2017.10)

반드시 필요함

- 현재 독립적으로 운영되고 있는 폐기물 종류별 이동과 처리시설, 에너지 생산 시설, 에너지 공급망, 에너지 활용시설 고효율화를 위해서는 하나의 체계에서 관리할 수 있는 시스템으로 개선이 요구되며, 이는 도시계획업무를 관장하고 있는 국토교통부 중심의 국가연구개발 사업을 통해 통합적으로 추진될 필요가 있음
- 기존 에너지·환경 시설을 도시내에 위치할 수 있도록 유도하기위해 님비현상, 지자체간의 갈등 문제 등으로 많은 어려움이 있으며, 이를 효과적으로 해결하기 위해서는 지역주민의 편익증진이라는 관점과 국토의 효율적인 이용이라는 측면에서 국토교통부 중심의 통합적인 기술개발이 수행되어야 함

□ (민간투자의 한계) 제도적인 제약과 불확실한 시장 상황에 따른 불확실성으로 정부의 적극적인 투자가 필요함

- 환경과 에너지간의 유기적 이용성 측면에서 제도적인 제약과 불확실한 시장 상황에 민간 주도의 연구개발이 어려운 상황이며, 국가 차원에서 자원부족을 최소화하기 위한 연구개발로서 수행되어야 함
- 에너지 및 물질 순환형 복합플랜트는 기술적 난이도가 높고 기술 개발 성공시 파급효과가 크며, 고위험·고수익(High Risk·High Return) 특징으로 인해 민간기업 보다는 정부주도로 연구개발 필요
- 기업들은 단기간 내에 사업으로 발전가능한 분야에 관심이 있으므로, 본 과제를 통해 미래의 도시 개념을 도출하여 사업모델을 개발한 후, 기업 주도의 사업추진 유도가 필요

□ (산업생태계 활성화) 복합플랜트 R&D 기반 산업 생태계 활성화를 통한 일자리 창출에 기여

- 플랜트는 다양한 산업분야가 포함된 종합산업으로 해외 수출 시 외화가득률이 높은 고부가가치 산업
 - 플랜트는 제품을 제조하기 위한 기계·장비 등의 하드웨어, 하드웨어 설치에 필요한 설계 및 엔지니어링 등의 소프트웨어, 건설시공, 운영 및 유지보수가 포함된 종합산업으로 산업연관 효과가 매우 큰 산업
 - 플랜트 산업은 자국내 새로운 산업육성이나 수입대체 및 수출진흥에

기여하는 바가 크며, 비교적 통상마찰 및 규제가 적은 반면 외화가득률이 높은 고부가가치 산업

<표 8-9> 산업분야별 부가가치율

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

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

- 타 산업과의 연관효과가 지대하며 해외 시장 개척자 역할을 수행하는 등 국가경제를 주도할 핵심 산업
 - 전후방·연관산업·기업의 경쟁력과 시장 참여 및 확대를 주도하고 있으며, SOC, 플랜트, 건설, 산업설비, IT 등 광범위한 분야와 최근에는 환경·에너지·녹색 기술 등 첨단기술 분야가 접목되어 국가 주력 산업의 생산성과 성능·품질향상에 직접적인 영향을 미치는 중핵사업
 - SOC, 산업 플랜트, 건설, 전기·전자산업등의 수출확대에 기여하는 전략적 중요성과 국내 완제품, 시설등의 해외 진출 첨병 역할을 수행할 수 있는 수출 주도 및 해외 시장 개척형 산업
 - 전체 프로젝트중 엔지니어링 분야가 차지하는 비용은 전체 건설비의 5~10%에 불과하지만 프로젝트의 성패에 지대한 영향을 미침

<표 8-10> 산업분야별 취업 유발 효과

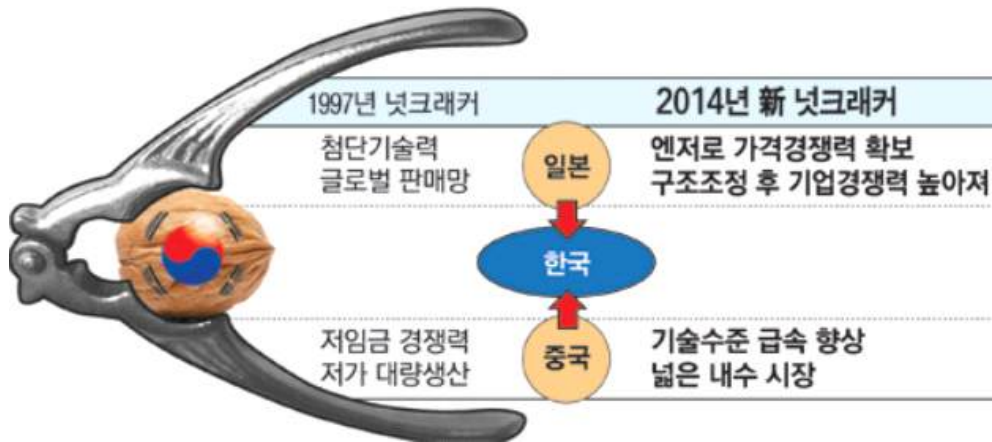
	엔지니어링	소프트웨어	자동차	조선	반도체
취업유발효과 (명/10억원)	19.0	16.5	10.8	9.9	6.2

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

다. 기술적 측면

- (플랜트 엔지니어링 기술역량 강화) 복합플랜트 기술개발을 통한 고부가가치 영역(PMC·FEED) 역량 강화로 글로벌 엔지니어링 선도 그룹으로 진입
- (新 Nut Cracker 현상) 핵심기술을 보유한 선진국의 견제, 가격경쟁력을 앞세운 후발 국가의 추격으로 경쟁여건 악화
 - 중국·인도 등 주요 신흥국들은 자체의 거대 국내시장과 저임금을 배경으로 자국 플랜트엔지니어링 산업을 육성하는 한편, 고급 엔지니어링 기술의 개발 지원을 통해 기술경쟁력 향상도 도모

- 반면 세계시장을 주도하고 있는 선진국 엔지니어링 전문기업들은 기본설계를 중심으로 인증 및 지식재산권을 선점, 무기화함으로써 진입장벽을 높여 갈수록 격차를 확대



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

<그림 8-7> 국내 플랜트엔지니어링 산업 경쟁 상황

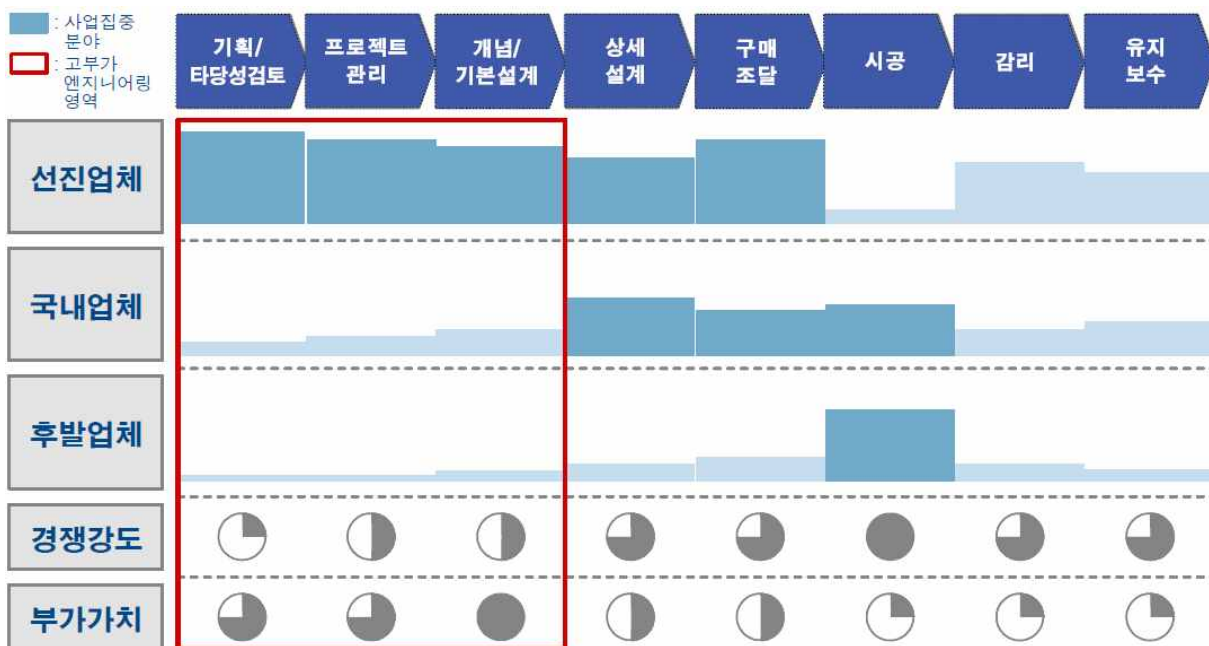
- (고부가가치 기술역량 부족) 부가가치가 높은 PMC 부분은 취약하고 부가가치가 낮은 EPC 분야에만 집중

<표 8-11> 플랜트 엔지니어링 분야별 선진국 대비 국내 기술수준

(단위 : %)

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

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



<그림 8-8> 플랜트 프로젝트 수행시 국내·외 기업의 주요 사업 영역 비교

- PMC 역량이 미흡하고 공사비, 공기 등에 대한 예측 부족으로 해외 플랜트 현장에서 DLP 지급 등 수익성 악화
- 국내 플랜트엔지니어링 기업들은 시장 환경변화에 대응하여 개념설계, 기본설계, FEED 등 고부가가치 영역의 기반기술 역량 확보를 위해 노력하기보다 이러한 기반기술은 외국 전문기업들의 라이선스에 의존하여, 프로젝트 소요 예산중에서 차지하는 비중 증가
- FEED 영역에 대한 기술 부족으로 EPC turnkey(일괄 수주) 방식 참여를 기피하고 시공 위주의 사업 수주에 주력
- 시공사의 부가가치가 낮은 상세설계 및 시공 부문에 치중하여 외형만 키워온 결과, 후발 신흥국의 추격에 따른 경쟁 심화와 저가 수주로 수익성 악화
- 플랜트 엔지니어링 산업은 고부가가치 기술의 부족으로 수출에 의한 외화가득률이 약 30%이며, 자동차(70%), 조선(68%) 등에 비해서 상당히 낮은 수준
- EPC에 집중된 시공위주 수주에서 벗어나 운영관리 등 전주기적 기술 경쟁력 확보 및 생산성 확보·안전운영 등 다변화되는 해외진출 수요 반영한 체계적인 정보 및 전문기술 구축 필요
- 신산업 모델인 에너지 및 물질 순환형 복합 플랜트 구축을 위한 핵심 설계 및 공정기술에 대한 국내 원천기술 확보 필요
 - 국내 건설사의 핵심 엔지니어링 역량 배양 및 도시기반 플랜트 건설 관련 핵심기술의 국산화 필요
 - 국내에서 보유하고 있는 각 플랜트 복합화 기술 확보를 통한 해외 시장 선점 시급
- 실증 Test Bed 운용을 통한 Track Record 확보로 사업화 모델 확보 필요
 - 사업화를 위한 상용급 실증 Test Bed의 구축 및 운용으로 Track Record 확보로 해외 수출 경쟁력 제고 및 신뢰성 확보
- 지능정보기술의 도입을 통한 O&M 고부가가치화
 - 더 이상 기술 선진국들에게 뒤처지지 않는 기반 기술 연구와 함께 IT융합 기술 도입을 통해 미래지향적이고 창의적인 기술 개발 및 적용 필요

- O&M 경험지식의 지식자산화

○ (국토교통부 정책방향) 정부 부처(국토교통부)의 방향성과 플랜트 연구사업의 목적은 핵심기술 실증을 통하여 해외수주 경쟁력 강화임. 미지원시에 북방 극한지 신시장으로 진출기회 상실

- 본 사업은 시장진입시기, 산업 파급효과, 중소기업 육성 등 국가적인 현안문제 해결에 중요한 기술로서, 국가 정책 실천 차원에서 정부 주도의 투자가 시급

□ (자원순환기술 확보) 자원순환형 사회 추세에 따른 기회요인을 적기에 활용하여 신시장 진출 경쟁력을 강화하기 위한 기술개발 시급

○ 도시화가 급격하게 진행중인 동남아·중국등 개도국의 경우 향후 폐기물의 효율적 처리를 위한 수요가 증가할 것으로 예상되어 시장 개척을 위한 기술개발 필요

- 최근 지구 온난화 및 순환사회에 관한 관심의 증대로 유럽·일본 등의 선진국은 자원순환 플랜트 기술 개발을 활발히 추진중

○ 플랜트의 공종별·지역별 다변화를 위해 경쟁력을 가지고 시장을 점유할 수 있는 주력 사업모델의 확보가 시급한 실정으로, 핵심기술의 실증개발과 현지화 전략을 통해 시장 및 기술 한계를 극복할 수 있는 돌파구 기술개발이 시급

○ 국내에서는 국토교통부에서 2016년부터 추진하고 있는 도시자원 순환형 복합플랜트 기술과 환경부 폐자원 에너지화 기술 사업 외에 관련기술 개발에 대한 투자가 미미

- 기존 플랜트연구사업에서 지원규모가 미미하고, 해당사업의 일몰로 인하여 추가 투자 여력이 없는 실정으로 앞서 도출한 사업의 이슈와 문제 해결을 위한 목표 달성을 위해서는 새로운 사업으로 추진 시급

□ (지하공간 활용 기술 확보) 증가하는 지하공간의 수요에 대응하여 지하공간의 효율적이고 안전한 활용기술 확보 필요

○ 지하공간은 암반의 열전도율이 낮고 온도 및 습도조절이 지상시설물에 비하여 용이

- 지하공간 자체가 갖는 특성, 즉 지표로부터의 격리성, 향온·향습성, 방음성, 내진성 등으로 에너지 절약, 비용절감, 환경보존 등 여러

측면에서 그 이점이 대단히 큼



<그림 8-9> 몬트리올 언더그라운드 시티와 뉴욕 로라인 프로젝트

- 핀란드, 노르웨이, 캐나다 같은 겨울철 추위로 향온성을 유지하기 위한 국가와, 미국 뉴욕, 일본, 홍콩과 같이 인구밀집도가 높은 지역 위주로 지하공간 개발이 활발하게 진행
 - 한국의 인구 밀집도는 490명/km²으로 세계 3위이며 총 인구의 49%인 2400만 명이 수도권지역에 밀집하여있음
- 국내는 대규모 지하공간 개발·유지를 위한 종합적인 기술수준과 경험이 낮고 정부차원의 종합적인 계획안이 미비하여 개발주체별로 독자적인 개발에 나섬으로써 연계성이 부족
 - 서울시의 지하에는 지하철, 도로터널, 상가, 전기 등 인프라 시설이 복잡하게 얹혀 있으며, 얕은 심도에서는 이미 혼잡과 난개발의 징후로 새로운 지하 시설물의 건설이나 효율적인 노후 시설 교체가 어려워지고 있음
- 지하공간을 새롭게 개척해야 할 국토로 간주하고 지상의 도시기능, 산업시설 등을 적극적으로 지하로 이전하여 적극 개발해야함
 - 지상과 지하를 유기적으로 결합시킨 입체적인 국토이용을 통해 토지이용 효율 극대화
 - 지하공간을 지상의 개선 및 자연환경의 보호와 에너지 절약을 위한 시설로서 적극 개발 필요

4. 사업추진 상의 위험요인 및 대응방안

4.1 법·제도적 위험요인 검토 및 대응 방안

- 법·제도적 위험요인은 개발기술 분야에 따라 관련 법률을 검토하여, 연구개발사업이 관련 법·제도·규정에 부합하는지 평가
 - (사업추진 근거법령의 적절성) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업의 추진근거 법령을 검토하고, 사업추진의 적절성 평가
 - (타 법령과의 충돌 가능성) 본 사업의 개발기술 분야와 개발기술의 목적물에 따라 관련 법률을 검토하고, 타 법령과의 충돌 가능성 평가
 - (국가연구개발사업 절차의 누락 가능성) 예비타당성조사 대상인 국가사업은 국가가 투자하는 공공사업이므로, 관련 법·제도·규정에 부합하도록 진행 필요
 - (연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성) 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역에 적용될 때의 고려사항으로써, 국가연구개발사업의 지원이 금지보조금에 해당하여 외국과 마찰의 마찰 유무 평가

가. 사업추진 근거법령의 적절성

- 본 사업의 사업추진 근거 법령은 「건설기술진흥법」으로, 건설기술 진흥법 제7조와 제9조에서는 연구개발사업의 추진과 공동연구·개발 등을 지원할 수 있다고 명시
 - 건설기술진흥법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여, 건설기술의 수준 향상, 관련 산업의 진흥, 건설공사의 적정 시행, 건설공사의 품질 향상, 건설공사의 안전 확보 등 공공복리의 증진과 국민경제의 발전을 위해 제정한 법률
 - (건설기술진흥법 제7조) 건설기술 연구·개발 사업에서는, 국토교통부장관은 건설기술을 향상시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여, 정부출연연구기관 등의 기관·단체와 협약을 체결하여, 건설기술 연구·개발 사업을 할 수 있다고 명시
 - (건설기술진흥법 제9조) 공동연구·개발등에서는, 국토교통부장관은 건설기술의 연구·개발과 관련된 공공기관·법인·단체·대학 등의 건설기술

연구기관의 효율적 활용과 선진 건설기술 획득을 위하여, 관계 중앙행정기관의 장과 공동연구를 추진하거나 건설기술 연구기관의 건설기술 연구·개발을 지원할 수 있다고 명시

□ 본 사업은 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술과 건설기술자의 직무분야에 해당

- 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획부터 안전성검토까지를 포괄하고 있으며, 시설물의 운영부터 철거까지 매우 넓은 범위를 제시
 - 건설기술진흥법 제2조 제2호에서 건설기술이란, 건설공사에 관한 계획·조사·설계·시공·감리·시험·평가·측량·자문·지도·품질관리·안전점검 및 안전성 검토와 시설물의 운영·검사·안전점검·정밀안전진단·유지·관리·보수·보강 및 철거와 건설공사에 필요한 물자의 구매와 조달, 건설장비의 시운전, 건설사업관리까지로 규정
- 건설기술진흥법에서 정하는 건설기술자에는 건설기술자의 직무분야를 규정하고 있으며, 기계·전기·전자·토목·건축·도시·교통·안전관리·환경 등 10개 분야 제시

나. 타 법령과의 충돌 가능성

□ 본 사업의 개발기술 분야와 개발기술의 목적물에 따라 관련 법률을 검토하고, 타 법령과의 충돌 가능성 평가

<표 8-12> 본 사업 관계 법규

관련 분야	관계법규	목적 및 주요내용	
에너지	에너지법	목적	•에너지 수급(需給) 구조를 실현하기 위한 에너지 정책 및 에너지 관련 계획의 수립·시행에 관한 기본적인 사항을 정함
		관련 조항	•제7조(지역에너지계획의 수립), 제11조(에너지기술 개발계획), 제12조(에너지기술 개발)
	집단 에너지 사업법	목적	•이 법은 집단에너지공급을 확대하고, 집단에너지사업을 합리적으로 운영하며, 집단에너지시설의 설치·운용 및 안전에 관한 사항을 정함으로써 「기후변화에 관한 국제연합 기본협약」에 능동적으로 대응하고 에너지 절약과 국민생활의 편의증진에 이바지함을 목적으로 함
		관련 조항	•제3조(집단에너지공급기본계획), 제4조(집단에너지 공급에 관한 협의), 제18조(건설비용의 부담금)

<표 8-12> 본 사업 관계 법규

관련 분야	관계법규	목적 및 주요내용	
	신에너지 및 신재생 에너지 개발·이용·보 급 촉진법	목적	•에너지를 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경의 보전, 국가경제의 지속적인 발전 및 국민복지의 증진에 이바지함
		관련 조항	•제12조의2(신재생에너지이용건축물에 대한 인증 등), 제12조의3(건축물인증의 표시 등), 제12조의4(건축물인증의 취소), 제28조(신재생에너지 기술의 사업화)
환경	환경정책 기본법	목적	•환경 보전에 관한 국민의 권리·의무와 국가의 책무를 명확히 하고 환경정책의 기본 사항을 정하여 환경을 적정하고 지속 가능하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있도록 함
		관련 조항	•제12조(환경기준의 설정), 제13조(환경기준의 유지), 제18조(시도의 환경보전계획의 수립 등), 제19조(시군구의 환경보전계획의 수립 등), 제21조(개발 계획사업의 환경적 고려 등), 제23조(환경친화적 계획기법 등의 작성보급)
	온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법	목적	•「저탄소 녹색성장 기본법」 제46조에 따라 온실가스 배출권을 거래하는 제도를 도입함으로써 시장기능을 활용하여 효과적으로 국가의 온실가스 감축목표 달성
		관련 조항	•제4조(배출권거래제 기본계획의 수립 등)
	저탄소 녹색성장 기본법	목적	•경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소(低炭素) 녹색 성장에 필요한 기반을 조성하고 저탄소 사회구현을 통하여 국민의 삶의 질을 높이며 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약
		관련 조항	•제9조(저탄소 녹색성장 국가전략), 제34조(녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지조성 등), 제50조(지속가능발전 기본계획의 수립시행), 제51조(녹색국토의 관리), 제52조(녹색건축물의 확대)
	지속가능 발전법	목적	•지속가능발전을 이룩하고, 지속가능발전을 위한 국제사회의 노력에 동참하여 현재 세대와 미래 세대가 보다 나은 삶의 질을 누릴 수 있도록 함
		관련 조항	•제13조(지속가능발전지표 및 지속가능성 평가)
도시 계획	국토 계획법	목적	•이 법은 국토의 이용·개발과 보전을 위한 계획의 수립 및 집행 등에 필요한 사항을 정하여 공공복리를 증진시키고 국민의 삶의 질을 향상시키는 것을 목적으로 한다.
		관련 조항	•제5조(환경친화적 국토관리), 제5조의2(지속가능한 국토관리의 평가지표 및 기준), 제17조(부문별계획의 수립)
	도시 및 주거환경 정비법	목적	•도시기능회복이 필요하거나 주거환경이 불량한 지역을 정비하고 이에 필요한 사항을 규정함으로써 도시환경을 개선하고 주거생활의 질을 높이고자 함

<표 8-12> 본 사업 관계 법규

관련 분야	관계법규	목적 및 주요내용	
		관련 조항	• 제2조의3(도시 및 주거환경정비 기본방침 수립), 제3조(도시주거환경정비기본계획의 수립)
	도시공원 및 녹지에 관한 법률	목적	• 도시에서의 공원녹지의 확충·관리·이용 및 도시녹화 등에 필요한 사항을 규정하여 쾌적한 도시환경을 조성
		관련 조항	• 제11조(도시녹화계획), 제52조의2 (온실가스 배출 감축사업의 인정)
건축	건설기술 진흥법	목적	• 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
		관련 조항	• 제2장(건설기술의 연구·개발 지원 등)
	건축법	목적	• 건축물의 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전·기능·환경 및 미관을 향상시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적으로 한다.
		관련 조항	• 제65조(친환경건축물의 인증), 제66조(건축물에 관한 효율적인 에너지 이용과 친환경 건축물 건축의 활성화), 제66조의 2(건축물의 에너지효율등급인증)
	친환경건축물 인증에 관한 규칙	목적	• 「건축법」 제65조제5항에서 위임된 친환경건축물 인증과 인증기관 지정 등에 관한 사항을 규정
		관련 조항	• 제2조~제12조(인증관련), 제6,7,9조(인증의 신청, 심사, 취소)
폐기물	폐기물 관리법	목적	• 폐기물을 적정하게 처리하여 자연환경 및 생활환경을 청결히 함으로써 환경보전과 국민생활의 질적 향상에 이바지함
		관련 조항	• 제3조2(폐기물 관리의 기본원칙), 제10조(폐기물 관리 종합계획)
	자원순환 기본법	목적	• 자원을 효율적으로 이용하여 폐기물의 발생을 최대한 억제하고 발생된 폐기물의 순환이용 및 적정한 처분을 촉진하여 천연자원과 에너지의 소비를 줄임으로써 환경을 보전하고 지속가능한 자원순환사회를 만드는 데 필요한 기본적인 사항을 규정함을 목적으로함
		관련 조항	• 제8조(자원순환사회의 발전을 위한 문화 조성), 제15조(시·도의 자원순환 성과관리 및 지원), 제17조(순환자원의 사용 촉진), 제21조(폐기물처분부담금), 제26조(재정적·기술적 지원 등)
	자원의 절약과 재활용촉진에 관한법률	목적	• 폐기물의 발생을 억제하고 재활용(再活用)을 촉진하는 등 자원(資源)을 순환적으로 이용하도록 함으로써 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함
		관련 조항	• 제4조(국가와 지방자치단체의 책무), 제5조(사업자의 책무), 제12조(폐기물부담금)

<표 8-12> 본 사업 관계 법규

관련 분야	관계법규	목적 및 주요내용	
	폐기물 처리 시설 설치촉진 및 주변 지역 지원등에 관한 법률	목적	• 폐기물처리시설의 주변 지역주민을 지원함으로써 부지확보와 폐기물처리시설 설치를 원활히 진행해 주변 지역주민의 복지를 증진하고 환경보전과 국민생활을 질적으로 향상시키는데 이바지함
		관련 조항	• 제5조(산업단지조성 등에 따른 폐기물처리시설의 설치 및 운영), 제11조(설치계획 승인 등)
	하수도법	목적	• 이 법은 하수도의 설치 및 관리의 기준 등을 정함으로써 하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전함을 목적
		관련 조항	• 제2장(공공하수도의 설치 및 관리), 제6장(비용부담 등)
기타	산업안전 보건법	목적	• 이 법은 산업안전·보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 근로자의 안전과 보건을 유지·증진함을 목적
		관련 조항	• 제2장(안전·보건 관리체계), 제3장(안전보건관리규정), 제4장(유해·위험 예방조치), 제5장(근로자의 보건관리)
	위험물 안전 관리법	목적	• 이 법은 위험물의 저장·취급 및 운반과 이에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 위험물로 인한 위해를 방지하여 공공의 안전을 확보함을 목적
		관련 조항	• 제2장(위험물시설의 설치 및 변경), 제3장(위험물시설의 안전관리)

○ 기존의 복합플랜트 관련 법(에너지, 환경, 도시, 건축 분야 등)은 각 분야별 복합플랜트와 관련된 내용을 일부 제시하고 있으나 상호간 연계체계가 미흡하여 연계할 수 있는 방안 필요

- (에너지 관련법) 에너지정책, 공급 및 활용, 신재생에너지 도입을 위한 제도적 기반
- (환경 관련법) 환경정책, 온실가스 배출, 대기오염배출 억제 등의 규정
- (도시 관련법) 국토계획 및 정책, 관련 개발계획 등의 사항을 규정
- (건축 관련법) 건축정책의 수립, 건축계획, 친환경건축물 인증 및 에너지 절약을 위한 설계 등에 대한 사항

○ 복합플랜트와 연계한 도시모델 도출을 위해서는 상기법들의 종합적인 검토를 기반으로 통합화 필요

- 최근 친환경에너지타운과 같은 사업에서 일부 시도가 이뤄졌으며, 이에 대한 기준 마련

○ 도시·군 계획 시설 관련법에서 복합플랜트와 관련된 명확한 규정 및 관리에 대한 규정 마련 필요



<그림 8-10> 국내 공간계획체계와 본 사업 관련 법률

- 광역폐기물 시설 등 광역시설의 경우 해당 지역 및 지자체를 비롯한 주변 지역과의 관계를 고려한 설치 및 관리 기준의 마련이 필요
 - 관리계획에서 주변지역과의 연계 등을 고려한 계획수립과 이에 따른 사업시행이 이루어져야 할 것으로 판단됨
- 향후 복합에너지플랜트 적용 도시 모델의 전국적인 확산을 위해 신도시 개발/도시재생사업 등 구체적인 사업과의 연계 시 환경기초시설에 대한 개별법령의 검토를 통해 도시계획법에서 관련내용을 연계·통합 필요
- 도시계획 측면의 공간적인 발전방안 등을 고려하여 도시·군관리 계획 수립
 - 복합플랜트 구축 이후 도시계획법에 따라 관리·운영 필요
 - 다양한 부처 사이의 협력체계 구축 필요. 단일 부처가 아닌

국무조정실과 같은 통합관리가 가능한 기구에서 전체적인 총괄관리 역할을 수행 및 협의기구 운영 필요

- 주민참여를 통한 사업추진을 위하여 도시계획 관련 제도를 활용 필요 (계획부터 운영까지)

□ 본 사업의 테스트베드 설치시에 적용되는 법제사항을 분석하여, 사전 인·허가 요인을 파악하고 대응방안을 제시

- 네가지 도입시설의 조건을 모두 충족하는 지역은 공업지역·녹지지역·관리지역이고, 각 시설별로 협의 및 승인 진행 필요

<표 8-13> 도입 시설에 대한 법제사항

관련 시설	관계 조항	결정기준	관련 법령 및 인·허가
유통 및 공급시설	전기공급 설비 (67~69조)	• 전용공업지역·일반공업지역·준공업지역·자연녹지지역 및 계획관리지역에만 설치 • 신·재생에너지 설비에 해당하는 발전 시설은 전용주거지역 및 일반주거지역외의 지역에 설치	「전기사업법」 산업통상부장관의 허가 (전기위원회 심의) (전력산업과/전력진흥과)
	열공급 설비 (73~75조)	• 제2종전용주거지역·제2종일반주거지역·제3종일반주거지역·준주거지역·전용공업지역·일반공업지역·자연녹지지역 및 계획관리지역에 한하여 설치	「집단에너지사업법」 산업통상부장관과 협의 (에너지수요관리과)
환경 기초시설	폐기물처리 및 재활용 시설 (155~158조)	• (폐기물시설) 공업지역·녹지지역·관리지역·농림지역·자연환경보전지역에 설치 • (재활용시설) 주거지역(제2종일반주거지역·제3종일반주거지역 및 준주거지역)·일반상업지역·공업지역·녹지지역·관리지역·농림지역·자연환경보전지역에 설치	「대기환경보전법」 「폐기물관리법」 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시·도 유역(지방) 환경청 승인
	수질오염 방지시설 (159~161조)	• 전용공업지역·일반공업지역·준공업지역·생산녹지지역·자연녹지지역·생산관리지역·계획관리지역 및 농림지역에 한하여 설치	「물환경보전법」 환경처장관의 승인 (수질관리과)

자료 : 「도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」

- 복합플랜트의 도입시설을 개별 도시계획시설사업으로 진행하면 시행자 지정신청부터 비용과 시간이 상당 소요되므로 행복도시법 실시계획을 통하여 복합플랜트 관련 도시계획시설사업 진행 필요



<그림 8-11> 행복도시법을 통한 실시계획 인가 의제처리

(참고) 행복도시법 제22조(인·허가등의 의제)

- 행복도시법 제21조에 따라 실시계획이 승인되었을 때에는 인·허가 등을 받은 것으로 보며, 실시계획의 승인이 고시되었을 때에는 다음 각 호의 법률에 따른 인·허가 등이 고시 또는 공고된 것으로 봄

○ (시설 도입기능 모색) 시설 지하부에 열·전기공급설비가 있어 도입 시설의 제약이 있을것으로 예상

- 소음, 환경오염 방지 및 사고예방에 따른 지상부 토지이용 요구
- 주민친화시설(공원 및 관련 시설), 복합플랜트 관리 및 홍보시설, 신재생 에너지 시설 등의 1차적인 도입이 유리할 것으로 판단됨

<표 8-14> 복합플랜트 도입기능 모색(타 시설 비교)

구분		하남 유니온파크	가재울 중앙공원	복합플랜트(안)
위치		경기 하남시 신장동	서울 서대문구 북가좌동	5-1생활권 하수처리시설 부지
도입 시설	지상	공원(주민친화시설) 관리동	근린공원	주거 및 업무시설은 공급설비 도입으로 인·허가 난항 예상
	지하	하수처리시설 폐기물처리시설	폐기물처리시설 (중간처분시설)	전기·열 공급설비 폐기물처리·재활용시설 수질오염방지시설
해당 용도지역		자연녹지지역	제2종일반주거지역	개발계획 中
주변 지역과의 관계		완충녹지 15m 설치 (일반상업지역)	완충녹지 설치X (제2종일반주거지역)	완충녹지 20m (제2종일반주거지역)
도시계획시설 결정		중복결정 (공원+환경기초시설)	중복결정 (공원+환경기초시설)	시설 중복결정 or 비시설 입체적 결정
시사점		- 물놀이시설, 체육시설 등으로 방문객 증가 - 관리동에 하남시청 관련 부서 위치	- 폐 기 물 처 리 시 설 의 종류와 허용기준에 따라 주거지역에도 설치 가능	- 방문객유치를 위한 시설의 지상부 도입 - 신재생에너지 관련 시설 등도 고려

자료 : 「도시·군 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」

○ (사업 추진을 위한 규제개선 방안 검토) 도시 내 환경 및 에너지시설 건설 및 이를 활용한 도시 열·전기공급을 위한 통합에너지공급사업 추진 시 발생할 수 있는 제약에 대한 검토 및 해결 방안 수립 필요

- 현재 사업후보지인 세종시 5-1생활권은 18. 01 월에 선정된 스마트시티 국가시범도시 중 하나임.
- 18.07월에 개정된 스마트도시법에 따라 시범도시 내 다양한 형태의 신산업 육성과 개인정보 데이터의 원활한 활용을 위한 특례가 2월15일부터 시행. 이와 함께 혁신적 도시계획(입지규제완화), 공유차량활성화, 신재생에너지원 인정 범위 확대 등 특례도 조속히 입법될 수 있도록 추진 중
- 또한, 도시 단위에서 스마트도시 사업을 위한 관련 규제를 일괄 해소할

수 있도록 ‘스마트시티형 규제 샌드박스’ 도입을 추진 중

- 이를 통하여 기존 에너지공급사업의 문제점(열/전기 개별 운영, 단일요금제, 단방향 공급, 신재생에너지사업성 개선 등)에 대한 고려를 통하여, 스마트시티에 부합하는 스마트 통합 공급 및 운영/관리를 위한 관련 규제 검토 및 개선방안 수립이 가능할 것으로 판단됨

구분	실증테스트 목적 (구역·기간·규모 등 제한)	시장출시 목적 (구역·규모 제한 정도가 낮거나 없음)
규제 모호	① 규제 신속확인 제도 ○ 허가 필요여부, 규제 존재 여부 등을 신속하게 확인 ○ 사업자 신청 → 산업부·과기정통부 장관 → 관계부처 검토(30일 내 회신)	
법령 공백 · 적용 부적합	② 실증을 위한 규제특례 ○ 안전성 등 시험·검증 위해 규제 적용 배제(2년 이내, 1회 연장 가능) ○ 사업자 → 산업부·과기정통부 → 관계부처협의 → 심의위원회 결정	③ 임시허가 ○ 시장출시를 위해 임시 허가 부여(1회 연장 가능) ○ 사업자 → 산업부·과기정통부 → 관계부처협의 → 심의위원회 결정
금지·불허	관련법령 제·개정 필요	

<그림 8-12> 규제 샌드박스 3종 제도, 신청 요건 및 절차

다. 국가연구개발사업 절차의 누락 가능성

- 본 사업의 추진체계 및 세부절차가 「국가재정법」, 「과학기술기본법」에 근거하고 있는지 평가
 - 국가재정법 제38조에서는 총사업비 500억 원 이상이고, 국가의 재정지원 규모가 300억 원 이상인 신규사업을 예비타당성 조사대상으로 규정
 - 과학기술기본법에서는 중앙행정기관의 장은 과학기술기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하도록 규정
 - 상위계획과의 부합성 검토결과, 동 연구개발사업은 과학기술기본계획에서 제시한 사업 중 국토교통부 소관의 사업이며, 총사업비가 500억 원 이상, 국가 재정지원 300억 원 이상의 사업으로서, 국토교통부장관은 예비타당성 조사를 통해 국가연구개발사업을 추진할 필요가 있음
- 사업기획 단계는 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에 따라 기술수요조사서 작성(연구기관), 기술수요조사서 제출(연구관리전문기관),

기술수요조사(중앙행정기관), 사전조사 및 기획연구(중앙행정기관)를 통해 사업기획(안)을 작성해야 함

- 사전조사 및 기획연구를 하는 경우에는 국내외 특허 동향, 기술 동향, 표준화 동향 및 표준특허 동향 등 다음의 사항이 포함되어야 하며, 동 기획연구에서는 연구내용에 따라 각 장별로 충실히 반영

<표 8-15> 국가연구개발사업 절차 본 보고서 반영 사항

관련 사항	본 보고서 반영 부분
국가연구개발사업의 목표, 세부추진내용 및 추진체계	제5장
다른 중앙행정기관의 소관 업무와 관련되는 사항에 대한 조정방안	제4장, 제7장
국가연구개발사업의 평가계획	제7장
필요한 자원의 규모 및 인력 확보방안	제6장, 제7장
정부지원의 타당성 검토 결과	제8장
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	제7장, 제8장
국내외 특허 동향, 기술 동향, 표준화 동향 및 표준특허 동향	제2장, 제3장

□ 중앙행정기관의 장은 다음의 사항을 포함한 기술수요조사를 정기적으로 실시하고, 그 결과를 반영하여 연구개발과제를 발굴해야 함

- 제안하는 기술의 개발목표 및 내용, 제안하는 기술의 연구개발 동향 및 파급효과, 제안하는 기술의 시장 동향 및 규모, 제안하는 기술의 개발기간, 정부지원 규모 및 형태, 제안하는 기술의 연구개발 추진체계, 제안하는 기술에 대한 평가의 주안점
- 동 사업에서는 산·학·연 중심의 기술수요조사를 통해 관련 필요 기술을 파악
 - 관련 산·학·연 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하여, 현장의 의견수렴과 기술수요를 파악하고 기술수요조사서 91건을 접수하여 세부기술에 반영
 - Top-down 방식으로 선정된 24개 세부기술분야에 대하여 기획위원회 중요도 평가를 실시하여 16개 세부과제로 편성

라. 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성(WTO 보조금 위반 검토)

□ 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역재에 적용될 때의 고려 사항으로써, 국가연구개발사업의 지원이 WTO 금지보조금 및 조치가능보조금에 해당하여 외국과의 마찰 가능성이 있는지를 검토

- (보조금) 정책당국이 특정한 정책목표를 달성하기 위하여 산업 및 기업 활동에 제공하는 각종 지원
- ‘WTO 보조금 및 상계조치협정(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures, 이하 보조금협정)’ 제2조에 따르면 동 협정은 ‘특정성’ 있는 보조금만을 규제 대상으로 하고 있음
 - (특정성)보조금 지급의 대상이 법률상 또는 사실상 특정 기업(군)이나 산업(군) 또는 특정 지역 안에 위치한 기업으로 제한되어 있는 경우
- 현재 보조금은 크게 ‘금지보조금’ 과 ‘조치가능보조금’ 으로 구분되며 예비타당성 조사에서의 보조금에 대한 사항은 상기 두 가지 보조금에 대해 검토하여야 함

<표 8-16> WTO 보조금의 유형

구분	내용
금지 보조금	• 그 자체로 특정성이 있는 것으로 간주되어 특정성 존재 여부와 관계없이 WTO 차원에서의 신속하고 직접적인 제재의 대상이 되거나, 수입국이 자국법에 의해 상계관세를 부과할 수 있음 • WTO 보조금협정상 금지보조금의 운용은 회원국의 경제개발 정도에 따라 적용시점이 달리 규정되어 있으나, 일부 예외를 제외하면 유예기간이 종료되어 거의 모든 회원국의 수출보조금과 수입대체보조금이 예외 없이 금지되고 있음 • 유형 - 수출보조금 : 법률상 또는 사실상 수출실적에 따라 공여되는 보조금 - 수입대체보조금 : 수입품 대신 국산품의 사용을 조건으로 하여 공여되는 보조금
조치가능 보조금	• ①정부 또는 공적 기관에 의한 재정적 기여로 인해, ② 혜택이 부여되고, ③ 특정성이 있을 경우의 3가지 요건이 모두 충족되면 그러한 재정적 기여는 조치가능보조금에 해당 • 다른 회원국의 이익에 부정적인 효과를 초래하였을 경우에는 WTO 제소 또는 피해국으로부터의 직접적인 상계조치를 받을 수 있음 • 다른 회원국의 국내 산업에 대한 피해, 1994년 GATT협정에 의한 양허혜택의 무효화 또는 침해, 다른 회원국의 이익에 대한 심각한 손상 등

자료 : 「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제2-1판」, 한국과학기술기획평가원 (2016.11)

○ 금지보조금에 대한 검토

- (수출보조금) 정부의 연구개발 지원은 관련 산업의 수출 증진을 목표 또는 기대효과로 인식하고 있는 부분이 없는 것은 아니나, 플랜트

연구개발 사업의 경우, 반드시 기업의 수출을 위한 보조금형태로 지원하는 부분은 없음

- (수입대체보조금) 본 연구개발사업의 목적 상 수입품을 국산제품으로 대체하는 것이 주된 목적이 아니라 유지보수가 필요한 부품의 성능을 향상시켜 유지보수 주기 증가 및 안정성 확보를 위한 기술개발이 주된 목적이고 수입대체보조금형태로 지원하는 부분은 없음

○ 조치가능보조금에 대한 검토

- (재정적 기여) WTO 보조금 협정 제8조에 따르면, ‘R&D 보조금은 산업적 연구비용의 75%를 초과하지 않아야 한다’ 고 연구개발 보조금 규범을 명시하고 있는데, 본 사업은 「국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」*에 따라 R&D 정부분담금 비율을 최대 75% 이내로 지원할 예정이므로 WTO 재정적 기여에 대한 위배사항은 없음

* 국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령 제28043호) 제12조 3항 중앙행정기관의 연구개발비 출연기준 의거, 대기업 50% 이내, 중견기업 60% 이내, 중소기업 75% 이내로 규정

- (혜택여부) 본 연구개발 사업은 기술개발 부분만 다를 뿐 개발된 기술을 가지고 상품화, 사업화하기 위한 시설투자, 시장개척 등은 기업의 역할이므로 본 사업의 지원범위에 해당하지 않아 직접적인 혜택이 발생하는 것으로 볼 수 없음
- (특정성) 본 연구개발 사업은 플랜트 산업 이외에도 ICT산업 등 다양한 산업분야가 포함되어 진행되며 기업 매칭과 경쟁공모에 의해 사업이 추진되므로 특정성이 있다고 보기 어려움

<표 4-22> WTO 보조금 위배사항 종합검토

WTO 보조금 위배 규정항목		본 연구개발사업	위배사항 검토	관련내용
금지보조금	수출보조금		×	•기업의 수출을 위한 보조금 지원 부분 없음
	수입대체보조금		×	•국산화제품 양산이 주된 목적이 아닌 성능향상 및 안정성 확보 추구
조치가능 보조금	재정적 기여		×	•WTO 보조금 협정 내 산업적 연구비용 최대 75% 이내 지원 기준 준수
	혜택여부		×	•정부는 기술개발만 지원, 시설투자 및 시장개척

<표 4-22> WTO 보조금 위배사항 종합검토

WTO 보조금 위배 규정항목	본 연구개발사업	위배사항 검토	관련내용
	특정성		
			은 기업이 담당
	특정성	×	• 타 산업과의 연계가 가능하며, 기업 경쟁공모에 의한 사업 추진

마. 검토결과

□ 검토결과, 법적·제도적 위험요인은 중립으로 평가되나, 타 법령과의 충돌 가능성이 있어 이에 대한 방안 마련 필요

- 건설기술진흥법에서는 건설기술과 건설기술자의 직무분야를 규정하고 있으며, 동 사업의 기술분야는 건설기술에 해당. 따라서 건설기술진흥법에 따라 연구개발사업과 공동연구개발을 지원받을 수 있음
- 국토계획법과 도시계획시설규칙에서 도시계획시설에 대해 종합규정을 두고 있지만, 내용이 방대하거나 전문내용인 경우 별도의 법률로 관리하고 있음. 이에 따라, 본 사업은 국토 및 지역계획 차원에서 통합적으로 관리되고 있지 못함
- 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에서 제시한 사전조사 및 기획연구의 내용을 충실히 반영하였으며, 산·학·연 중심의 기술 수요조사를 통해 세부기술을 도출하였으므로 절차의 누락 가능성은 낮음
- 본 사업 기획은 그 내용상 상품무역에 관련된 지원이 아니므로, 금지보조금에 따른 분쟁 가능성은 없음

<표 8-17> 법·제도적 위험요인 평가

	중립	일부위험	위험
사업추진 근거법령의 적절성	√		
타 법령과의 충돌 가능성		√	
국가연구개발사업 절차의 누락 가능성	√		
연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성	√		

4.2 재원조달 가능성

□ 재원조달 가능성은 연구개발사업 추진에 필요한 재원투입에 있어, 투입계획 시점과 투입규모의 관점에서 문제발생 가능성을 분석하여 재원조달 문제로 인한 사업지연 가능성 검토

○ 연구개발사업 추진을 위한 재원으로, 중앙정부가 제공하는 국고, 지방자치단체가 부담하는 지방비, 민간참여자가 부담하는 민자로 구분하여 재원별 위험요인 분석

가. 국고지원 조달 가능성

□ 본 사업 운영을 위해 필요한 재원과 정부 R&D 예산, 국토부 R&D 예산을 추정하여, 사업기간 동안의 재원조달 가능성을 연도별로 평가

○ 본 사업의 운영을 위해 필요한 재원은 2020년부터 2026년까지 7년간 총 4,738.6억 원이며, 이 중 국비는 3,317.2억 원, 민자는 1,421.4억 원으로 구성

<표 8-18> 연차별 투자계획

(단위 : 억 원, %)

구분		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
정부	금액	2,053.4	216	315	330.45	209.45	105.45	87.45	3,317.2
	비율	70	70	70	70	70	70	70	70
민간	금액	880.8	97	132	137.9	91.9	46.9	34.9	1,421.4
	비율	30	30	30	30	30	30	30	30
합계		2,934.2	313	447	468.35	301.35	152.35	122.35	4,738.6

○ 정부 R&D 예산에서 국토교통 R&D 예산을 전망하고, 국토교통 R&D 예산 내에서 신규 R&D 가용 예산을 추정

- '19년 예산은 정부안 기준이며, '20년 이후 예산은 국토교통 R&D 중기재정계획('18~'22)의 연평균 예산 증가율(9.9%)을 '26년까지 적용하여 추정
- 국토교통 R&D 장기계속사업의 일몰제 적용으로 '20년부터 계속과제 수요예산의 단계적 감소에 따라 신규 R&D 사업 추진을 위한 소요예산 반영 가능
- '19년을 기준, '20년부터 '26년까지 계속과제 수요예산 9,632억원을

제외한 국토교통부 R&D 사업의 가용예산 추정치는 총 40,388억원 수준

<표 7-30> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황

(단위 : 억 원)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	계	연평균 증가율
국토교통부 R&D 예산 추정치	4,812	5,289	5,812	6,388	7,020	7,715	8,47	9,318	-	9.9
계속과제 수요예	4,812	4,639	3,074	1,432	487	-	-	-	-	△43.6
신규 R&D사업 가용예산 추정치	-	650	2,738	4,956	6,533	7,715	8,479	9,318	40,388	42.8
본 사업 예산	-	2,934.2	313	447	468.35	301.35	152.35	122.35	4738.6	-
신규 R&D사업 가용예산 대비 본 사업예산 비율		451%	11.4%	9.0%	7.2%	3.9%	1.8%	1.3%	11.7%	-

- 본 사업 기간인 '20~'26년 총 소요예산은 4,738.6억 원으로 동 기간 국토교통 신규 R&D 사업 가용예산 추정치(40,388억원)의 11.7%에 해당하여 가용범위 내에 있음

제2절 기술적 타당성 분석

1. 기술적 타당성 검토 개요 및 체계

□ 기술적 타당성의 분석을 위해 기술개발 계획의 적절성, 기술개발 성공 가능성, 기존 사업과의 중복성에 대한 검토 실시

○ 기술적 타당성 분석 항목은 「2018년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」을 참고하여 검토

<표 8-19> 정책적 타당성 분석 항목

분석주안점	분석분야	분석항목
기술개발 계획의 적절성	기획과정의 적절성	• 기획 참여 전문가 집단 구성의 적절성
		• 기술수요조사의 적절성
		• 우선순위 설정과정의 적절성
	사업목표의 적절성	• 문제/이슈의 적절성
		• SWOT 분석을 통한 전략방향 도출
		• 목표설정의 적절성
기술개발 성공 가능성	기술확보 성공 가능성	• 연구인력 확보 가능성
		• 연구장비 확보 가능성
		• 기술수준 달성 가능성
	기술개발 위험요인 및 대응방안	• 플랜트 안전성 검토
기존 사업과의 중복성	사업수준의 중복성 검토	• 기존 사업과의 중복성 검토의 적절성
		• 기존 사업과의 중복성 검토 결과
	과제수준의 중복성 검토	• 기존 과제와의 중복성 검토의 적절성
		• 기존 과제와의 중복성 검토 결과

2. 기술개발 계획의 적절성

2.1 기획과정의 적절성

가. 기획 참여 전문가 집단 구성의 적절성

□ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증사업 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가 기획위원회가 협력하여 체계적인 예비타당성 사업기획 추진

○ 복합플랜트 관련 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회를 구성하여, 기술성·정책성·경제성·중복성을 체계적으로 분석



<그림 8-13> 사업기획 추진체계

<표 8-20> 사업 기획 주체별 역할

주체	세부역할
국토교통부	• 본 기획사업의 추진주체이며 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 안건에 대한 심의 및 결정을 담당
국토교통과학기술진흥원(KAIA)	• 복합플랜트사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성에 방향설정, 전문가 위원회 및 기획용역사와의 정보교류 및 모니터링 등의 실무 총괄을 담당

<표 8-20> 사업 기획 주체별 역할

주체		세부역할
기획수행기관	인터젠컨설팅(주)	• 기획 관련 조사·분석, 기획보고서 검토 및 수정·보완, 경제성 분석 및 예비타당성 평가 지원 등 기획사업 전반의 실무를 지원
	고등기술연구원	• 도시기반 복합플랜트 관련 국내·외 기술현황 및 특허 조사 • 에너지, 환경, 첨단 EPC, O&M, 재해방지 기술을 포함한 도시기반 지하 복합플랜트 기반기술 조사 • 도시기반 복합플랜트 기반기술의 유기적 연계 및 통합을 통한, 저비용, 고효율, 저CO2 복합플랜트 핵심기술 도출
	지에스건설(주)	• 실증단지 구축 방안 도출 • 국내외 T/B 후보지 조사, 입지 확보방안 및 개념설계 수행 • 도시기반 복합시설 관련 제도·쟁점 분석, 장애요인 및 해소방안 검토
기획분과위원회		• 사업에 대한 기술적 관점에서 전문적으로 검토하여 기획대상 기술에 대한 기획 결과(안) 도출
외부전문가	사업기획위원회	• 국내외 지하 복합플랜트 관련 정책동향, R&D 투자동향 분석 및 전략적 투자 방안 수립, 전략사업별 대체 시장 및 시정 점유 가능 비율 분석 및 전략사업별 경제적 타당성(BC) 검토
	기술기획위원회	• 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하며, 기획사업의 연구개발 핵심기술 발굴, 목표 설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 • 旣투자된 정부과제에 대해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 기반으로 관련 사업 및 기술에 대한 중복성 검토

<표 8-21> 사업기획위원회 구성

구분	이름	소속	직책	전문분야
산	안한근	LH공사	팀장	도시계획
	김해룡	경호엔지니어링	부사장	
학	신동일	명지대학교	교수	재난안전
	박재민	건국대학교	교수	기술경영
연	김영석	건설기술연구원	연구위원	
	조공장	환경정책평가연구원	연구위원	
	박용국	전자부품연구원	책임	
	김현무	한아도시연구소	이사	도시계획
	성지은	과학기술정책연구원	연구위원	

<표 8-22> 기술기획위원회 구성

구분	이름	소속	직책	전문분야
산	전영봉	도화엔지니어링	상무	환경플랜트
	변천석	한국에너지공단	팀장	신재생에너지
	유영섭	대우건설	수석	바이오가스
	이교성	현대건설	부장	환경플랜트
	이정운	한국가스안전공사	책임	수소·연료전지
	이영민	SH공사	수석	도시계획
	여욱현	유엔아이	부사장	방폭방재
	김성수	LH	차장	도시계획
	윤성욱	Arup	지사장	엔지니어링
학	윤영만	한경대학교	교수	유기성폐기물
	박현웅	경북대학교	교수	태양광·열
	이훈	신한대학교	교수	도시계획
	최항석	고려대학교	교수	지반공학(토목)
	김재영	서울대학교	교수	환경플랜트
	박두희	한양대학교	교수	지반공학(토목)
연	장수호	건설기술연구원	연구위원	지하굴착
	김현무	한아도시연구소	이사	도시계획

나. 기술수요조사의 적절성

- 본 사업기획 시 합리성, 객관성 및 사업화 가능한 사업 아이템 선정을 위해 복합플랜트 관련 국내 R&D 동향, 사업추진 기본방향 및 추진전략 등을 통해 중점분야 및 세부기술을 도출
- 본 사업기획에서는 기획의 충실성을 기하기 위해 예비타당성조사 평가 매뉴얼에 근거하였으며, 관련 기술분류체계의 범위에서 Top-down과 Bottom-up 방식을 병행하는 형태로 중점분야 및 세부기술 분야 발굴
- (기술분류체계) 복합플랜트의 환경·에너지 기술과 시설 및 지하화 분야로 구성

<표 8-23> 복합플랜트 관련 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
환경 에너지	폐수 및 폐기물 처리 및 에너지화 기술	1	하수처리 기술
		2	하수 폭기 공기의 친환경적 정화 기술
		3	하수처리수의 재이용 기술
		4	고농도의 질소/인 폐수를 이용한 수경재배 기술
		5	생태공학적 물 순환이용 기술(중수, 빗물 등 순환이용, 생태 연못 등)
		6	음식물 및 분뇨의 탄소원을 이용한 수처리 기술
		7	슬러지 소화 촉진 기술
		8	하수처리장 소수력발전 기술
		9	MBT를 포함한 생활폐기물 전처리 기술
		10	물질 재활용 및 재사용 기술
		11	SRF 및 Bio-SRF 생산기술(건조, 성형)
		12	SRF, Bio-SRF 및 바이오매스 연소 및 혼소 기술
		13	생활폐기물 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		14	바이오매스 열분해/탄화/가스화/용융 기술
		15	유기성폐기물 건조 기술
		16	유기성폐기물 전처리 기술(선별, 가용화)
		17	유기성폐기물 혐기소화(메탄, 수소) 및 활용 기술
		18	유기성폐기물 발효 기술
		19	매립 및 매립가스 이용 기술
		20	폐기물 재활용품에 대한 자원회수 및 이용 기술
		21	퇴비를 이용한 악취제거 기술
	열에너지 기술	22	하수열/상수열 회수기술
		23	지열
		24	태양열 (저온/중온/고온)
		25	미활용 열에너지 회수기술 (도시배열, 공정폐열, 배가스열, 응축수열, 현열, 산화반응열 등)
		26	열회수기술(히트펌프)
		27	폐열을 이용한 효율적인 저압터빈 발전 기술 (CO ₂ 초임계 발전 및 ORC 등)
		28	온도대별 수요처 발굴을 통한 열원 cascading 기술
		29	폐열을 이용한 유기물 건조 기술
		30	중고온 열을 활용한 흡착/흡수식 냉방 기술
		31	에너지 변동성 보완기술
	에너지 저장	32	Hydrogen-ESS(Energy Storage System 기술)
		33	계간축열(Seasonal Thermal storage system)
		34	ESS(Energy Storage System)-Battery, CAES, 양수발전 등
		35	V2G 등 전기차 활용기술
		36	열저장 및 운송기술 (화학축열, 열택배 등)
		37	태양광 등 재생에너지 이용 수소변환(P2G, Power to Gas) 기술
	수소 및 연료전지	38	수소에너지 생산·저장·이송·이용 기술
		39	물에너지 순환기술(수전해 및 연료전지 기술)
		40	CO ₂ 순환 기술(CCS(Carbon Capture & Storage) 기술연계 수소에너지 메탄화 기술)
		41	폐기물 연료이용 연료전지 발전기술

<표 8-23> 복합플랜트 관련 기술목록(110개)

분야		번호	기술명
시설 지하 화		42	수소전기차 기술
		43	수소충전, 저장 및 이송기술
		44	CO ₂ free 수소 생산 기술
	스마트 빌딩 기술	45	빌딩에너지 관리시스템 기술(BAS, BEMS)
		46	BIM 기반의 건물에너지 수요예측 및 모니터링 기술(계측, 예측, 평가)
		47	시스템 통합 및 보안 기술
		48	건물에너지효율평가 기술
		49	센서네트워크 기반의 실내환경 및 에너지관리/자동제어기술
		50	시스템 제어 알고리즘 및 제어모듈 설계 기술
		51	에너지사용량 통계분석기술
	지하공간 안전관리 및 재난대응 기술	52	바이오가스 누출감지 및 안전관리 및 진단 기술
		53	안전훈련시스템 기술
		54	복합시설 지하공간 침수발생 모니터링 기술
		55	화재 위험요소 및 피해규모 예측 기술
		56	복합시설 지하공간 침수 예측 모델
		57	지하공간 3D 통합관제 시스템
		58	복합시설 지하공간 피난유도 기술
		59	지하공간 공사 중 스마트 안전관리 기술
		60	지하 대공간 연기제어 기술
		61	지하공간 침수방지시설 및 대피 기술
		62	화재손상 구조물의 피해온도 예측기술
		63	조기 대응 및 신속 복구 기술
	지하공간 설계 및 시공기술	64	지속가능한 개발을 위한 복합플랜트용 지하공간 건설기술
		65	지하공간 자연 채광 기술
		66	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 온·습도 제어기술
		67	지하공간 쾌적화를 위한 ICT융합 악취 관리 기술
		68	저 태양광 이용 작물 재배에 관한 연구
		69	에너지와 부산물을 이용한 식물생산/지하공간 녹지화 기술
		70	시설의 설치를 위한 입체적 지하공간 설계/배치 및 굴착 기술
		71	소음 및 진동을 최소화할 수 있는 지하공간 건설 기술
		72	지하공간 내 장비 및 물류의 효율적 운송을 위한 동선 설계 및 다중공간 설계 기술
		73	외방수공법 최적화를 통한 지하공간 차수 및 방수 기술
		74	대규모 지하공간 내 공기 정화 및 환기, 배연 기술
		75	지하공간 시공 중 환기 기술
		76	대심도/대단면 굴착 기술
		77	기존 지하 교통망과의 연계 기술
		78	대다면 지하공간의 안정성 검토 및 최적 안정성 확보 기술
		79	운용 중인 지하공간의 확장 건설 기술
		80	개착 시 흙막이벽 차수 및 방수 공법(연결부 보강 등)
		81	지하공간 굴착 후 보강 공법(고강도/속경성 쇼크리트 등)
		82	대심도 메가프레스터 통수압 및 부력 방지 공법
		83	지중 무선통신 기반의 실시간 굴착 거동 모니터링 시스템
		84	지하공간의 지하수 흐름 보존 기술
		85	현장 발생토를 이용한 건설 재료 활용 기술

<표 8-23> 복합플랜트 관련 기술목록(110개)

분야	번호	기술명
	86	굴착 전 지반 보강을 위한 그라우팅 시스템(주입재료, 동시 주입관, 그라우트 주입 관리 시스템 등) 기술
	87	통합공조(공조 및 제배연) 시스템 설계 및 시공 기술
	88	주기동 좌굴 방지 내화공법
	89	장스팬(무기동) 대공간 굴착 기술
	90	기계굴착용 커팅헤드 최적 배치 및 설계 기술
	복합플랜트 최적화, 자동화 및 운영 기술	91 지하공간 특성을 활용한 지하 복합플랜트의 최적 운영·관리 기술
		92 분산형 복합시설의 통합 운영알고리즘 개발(부하연동, 부하 해석 및 예측 등)
		93 가상 융·복합 플랜트 플랫폼 운영 시뮬레이션 기술
		94 분산형 복합플랜트 시설의 원격관리를 위한 3D-CIM 기반 통합 관제 기술 개발
		95 생산/처리 시스템 연계를 통한 연간 가동율 향상기술 개발
		96 주요 구성 설비시스템 공정분석 및 최적화 기술
		97 운영 현황 분석을 위한 센서 네트워크 기술
	도시계획 연계기술	98 친환경 도시계획 및 토지이용계획 기술(도시유형별, 활용 부지별 등)
		99 도시에너지/CO ₂ 저감 등의 제로에너지시티 구축을 위한 목표치 설정/달성률 평가 기술
		100 도시 단위 라이프라인(열/전기/가스/물 등) 분석 및 검토 기술
		101 에너지/자원 공급(4세대난방, HVDC 등) 및 처리망(자동집하 시설, 상하수망 등) 네트워크 구축 기술
		102 에너지/자원 공급 및 처리 시설 분산화 및 최적배치 기술 (GIS 기반의 mapping 기술)
		103 도시 단위 에너지/자원 소비량 및 생산가능량 평가 기술(에너지 및 자원 원단위 DB 구축)
		104 도시 단위 에너지운영플랫폼 구축 및 운영 기술(수요예측, 생산량예측, 에너지거래, 부하평준화, 모니터링 등)
		105 에너지/자원 부하에 따른 기존 설비 또는 신규 설비 간의 네트워크 기술
		106 플랜트의 설치에 따른 각종 효과를 예상하고 검증할 수 있는 계획의 타당성 및 경제성 평가기술
		107 도시단위 순환형 복합플랜트 실증기술 개발(설계/시공/운영관리 process 도출)
		108 도시기반 복합플랜트 입지공간의 주민친화적/입체적 이용계획 수립 기술(지상공간 활용)
		109 국가별 자원/에너지 순환형 도시 계획수립을 위한 정책/제도 연구
		110 자원/에너지 순환형 토지이용계획 수립 관련 제도적/정책적 가이드라인 작성 연구

- (Top-down 기술기획) 복합플랜트 기술개발 사업의 중점영역을 도출하기 위하여 기술분류체계의 범위에서 산업, 시장, 기술 동향을 조사·분석하여, 본 사업과 관련된 기술적 현안 문제 및 이슈를 중심으로 중점사업 후보를 도출

- 중점사업 후보는 복합플랜트 사업화 모델 확보를 위한 기술적 니즈를 파악하고, 기술개발의 특성상 물리적 시스템 구성을 조합하여 기획위원회 전문가 토의를 통하여 도출 (공동기관 : 고등기술연구원, GS건설)
- 세부기술후보는 각 중점사업별 기술적 문제, 기술이슈, 기술적 한계를 먼저 도출한 후에, 이를 해결하기 위한 요소기술군을 그룹화하여 세부기술 후보군을 도출하고, 기술적 연관성, 물리적 결합성, 개발요소 유무 등을 기획위원회 전문가 토의를 통하여 도출
- (Bottom-up 기술기획) 국내 산·학·연 수요자(수혜자, 개발기술 및 성과의 최종 활용자)를 대상으로 복합플랜트 분야 기술 분류체계를 바탕으로 우선순위를 1, 2, 3순위 선정하는 기술수요조사를 1회 실시
- 기술수요조사 결과를 바탕으로 기술 목록을 배점하여 분야별 상위 기술을 20개씩 도출하고 전문가 위원회에서 우선순위 평가 및 토의를 통하여 세부기술 후보군에 포함
- 최종적으로 Top-down 기획과 Bottom-up 기획을 결합하여 중점사업, 세부과제, 핵심기술로 구성되는 사업구성(안) 도출

다. 우선순위 설정과정의 적절성

- 우선순위 설정 기준으로 기술성, 시장성, 정책 부합성의 3개 항목을 정하고 각각의 하위 평가항목을 정의

<표 8-24> 우선순위 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가내용	가중치
기술성 (30%)	기술개발 시급성	• 전략기술의 성장에 있어 해당기술의 개발이 선결적으로 해결되어야 하는 시급함의 정도	15%
	기술독창성 및 실현성	• 다양한 건설분야와 융합 콜라보레이션을 통해 주변 건설 산업의 부가가치 증진 및 확산이 가능한가	15%
시장성 (40%)	시장수요성	• 에너지 환경 및 복합화, 지하화 등의 글로벌 트렌드를 감안할 때 시장 수요는 충분한가 • 기술의 라이프사이클을 고려할 때 시장지속성이 있는가	25%

<표 8-24> 우선순위 평가항목

평가항목 (1계층)	평가항목 (2계층)	평가내용	가중치
	산업변화 이슈 반영도	• 미래사회와 라이프스타일, 기술변화에 대응하여 새로운 시장의 패러다임을 반영하고 있는가	15%
정책 부합성 (30%)	국가 정책 부합도	• 정부 및 해당부처의 정책과 부합하는가 • 지원 타당성은 충분한가	10%
	산업 및 사회적 파급성	• 산업 및 사회적 파급성의 정량효과는 충분한가	20%

2.2 사업 목표의 적절성

가. 문제/이슈의 적절성

- (기술적 이슈) 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 사업의 기술적 애로사항은 플랜트의 지하화에 따른 공간적 제약 극복과 안전 확보 등이 핵심으로 파악됨
- 환경기초시설의 지하화를 통해 인근 주민과의 갈등을 극복할 수 있으나, 한정된 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 지하공간 확장 기술, 시설 소형·모듈화 기술, 안전 기술 필요
- 복합플랜트의 에너지 생산 및 폐기물 처리 최적 및 효율화를 위해 운영 아키텍처 및 솔루션 개발 필요
- 기 개발된 복합플랜트 통합공정의 상용급 Test Bed 실증을 통해 Track Record를 확보하고 기술의 대외 신뢰성 확보 필요

<표 8-25> 본 사업 기술적 이슈 및 문제점 분석

이슈, 문제점	기존 기술과 유사·차별성
제한된 지하공간의 효율적 활용	• 지하공간을 효율적으로 활용하기 위한 시설의 소형·모듈화 기술 • 지하 대공간 확장에 대한 어려움이 있어, 기존 지하화된 시설에 대한 연계 시스템 구축이 어려움 극복 필요
환경기초시설의 주민 반대 극복	• 도시확장에 따른 기존 환경기초시설의 도심지 편입으로 환경기초시설에 대한 주민 수용성 제고 필요
지하공간에 따른 플랜트 안전성 검증	• 밀폐구조의 지하공간에서 시설 및 공간에 대한 안전성 검증과 ICT 기반 안전 예측 솔루션 필요
플랜트 운영 최적 및 효율화	• 경제성이 낮은 환경 시설의 경제성 확보를 위한 ICT 기반에너지 생산 및 폐기물 처리 최적화 운영 기술 필요
에너지 및 폐자원 최적 거래 모델 확보	• 복합플랜트 운영을 통해 발생하는 전력, 열을 최적 거래하는 사업화 모델 필요
기술의 대외 신뢰성 확보	• 확보된 기술의 대외 신뢰성 확보를 위해 상용급 Test Bed를 구축하여 운영 및 검증 필요

나. SWOT분석을 통한 전략방향 도출

- 국내외 기술, 시장, 정책 동향 분석 결과를 바탕으로 기회요인과 위협요인을 도출하고, 국내 기술 인프라 기술 인력 현황 분석 결과와 기술예측결과를 바탕으로 강점과 약점을 도출하여 SWOT 분석을 통해 Keyword 도출

<표 8-26> SWOT 분석

내부요인 외부요인	강점 (S)	약점 (W)
	• 우수한 복합플랜트 통합공정 및 Pilot규모 플랜트 확보 • ICT 활용 통합관리 체계 기술 보유 • 우수한 해외플랜트 시공 실적 • Test Bed 후보지 확보	• 선진국 대비 낮은 플랜트 엔지니어링 경쟁력 • 복합플랜트 설치 및 운영에 대한 경험 부족 • 시설비 증가에 따르는 경제성 문제
기회 (O)	SO 전략	WO 전략
• 에너지 및 폐기물의 효율적 관리체계 중요성 증가 • 온실가스 감축 등 국제 환경규제 강화 • 에너지 공급 및 폐기물 처리 비용 증가 • 도시인구 증가 및 삶의 질 향상으로 쾌적한 국토공간 조성을 위한 시설물 지중화 건설수요 증가	• 국내 강점을 기반으로 수요 맞춤형 복합플랜트 상용화 기술 개발 추진 • 에너지와 환경문제에 관한 사회적 공감대와 정부의 의지를 기반으로 순환형 시스템 기술개발 및 설치 추진 • 분산형 에너지 공급 및 자립화로 경제성 확보 • ICT 기반 운영 및 유지보수 최적화로 운영 비용 절감 • 핵심기술 실증을 통한 해외 시장 진출 기반 구축	• 플랜트 고부가가치 전방 기술 개발을 지원하여 엔지니어링 대외 경쟁력 제고 • 실증 플랜트 운영을 통해 Track Record를 확보하며 최적 운영 모델 도출 • 지하공간 효율적 굴착 기술을 개발하여 지하개발 수요 대응 및 굴착 비용 절감 • 도시기반 지하화 환경플랜트 시범구축을 통한 경제성 및 주민친화성 검증, 홍보
위협 (T)	ST 전략	WT 전략
• 민원으로 인한 에너지·환경 플랜트의 도심 설치 어려움 • 도심 플랜트 환경오염 설비 강화로 경제성 저하 • 비좁은 도심 공간 활용에 의한 제한성 증가 • 지하공간 개발 증가에 따른 시설물 위험도 증가	• 복합플랜트의 지하화로 환경문제에 대한 민원 해소 및 도심공간 활용성 증가 • 폐기물 이동에 의한 비용 절감으로 경제성 확보 • 지상공간에 주민편익시설 조성으로 친환경성 강화 • ICT 기반 시설물 재난·재해 대응 기술을 개발하여 신뢰성 확보	• 주민 입주전 신도시 부지에 실증규모 플랜트를 구축하여 단계별 실·검증 추진 • 국가 R&D 사업에 의한 복합플랜트의 기술력과 신뢰성 확보를 통해 경쟁력 강화 • 외국의 선진사례를 벤치마킹하여 계획에 반영하고, 기존 개발기술 적극 활용 추진

□ (SO 전략) 국제유가 변동에 따른 에너지 위기의식 고조와 온실가스 감축으로 대변되는 환경 관련 국제규범 강화에 대한 대응방안으로 국내에서 보유하고 있는 우수한 도시기반 플랜트 및 건설 경험과 다양한 도시기반 플랜트의 운전을 통해 축적된 경험을 결합하여 사회적 공감대와 정부의 의지를 기반으로 순환형 시스템의 기술 개발 및 설치 추진 필요

○ 도시기반 복합플랫폼은 도시 자원 및 에너지의 순환형 시스템을 구축할

수 있게 해줄은 물론, 전력을 비롯한 에너지의 공급체계 개선을 통해 전력난의 근본적인 해결은 물론 합리적 에너지 공급체계를 구축할 수 있음. 또 생애주기를 고려할 때 이미 물리적, 사회적 수명이 다해 개선이나 교체가 요구되는 많은 유틸리티 시설들을 Test Bed로 활용하여 시범적으로 구축함으로써 국내 실정에 적합한 도시기반 유틸리티 모델의 확보 가능

- 지하 공간의 활용 기술(설계, 시공, 운영 및 안전)의 확보를 통해 최근 증가하고 있는 지하 도시 개발 및 시설의 지하화 분야에 대한 선행 기술 확보가 가능할 것으로 기대

□ (WO 전략) 단기간에 걸쳐 산업화와 도시화를 이뤄야 했기 때문에 기술력이 턱없이 부족한 우리로서는 주로 선진기술의 도입에 전적으로 의존해 왔으므로 플랜트 분야의 핵심기술이 축적되지 못한 상태이며, 따라서 국제 플랜트 건설시장에서 주도적인 사업수행이 어려운 실정임. 기존 유틸리티 시설에 관한 공정기술 및 설계기술 등 핵심기술은 뒤졌지만, 도시기반 순환형 복합플랜트에 관한 기술 개발을 통해 핵심 공정기술의 확보 가능.

- 낙후된 계획 및 설계기술 등 엔지니어링 기술도 조기에 확보함으로써 플랜트 건설산업의 수출경쟁력 향상을 도모할 수 있음. 또, 단순한 기능 이외의 복합플랜트 설치 및 운영에 대한 경험이 매우 부족하고 기존 도시기반 유틸리티 시설의 설치관행에 따른 고정관념이 팽배해 있다는 점을 감안하여 도시기반 순환형 복합플랜트를 시범적으로 구축하여 개발 기술과 도입효과 및 주민친화성을 검증하고 이를 주민 홍보용으로 활용할 수 있음.

- 신도시와 같은 신규 시설 건설의 경우 도시 계획단계에서부터 시설 구축에 대한 검토를 통해 도시계획과 연계된 효율적인 공간 활용 및 배치 가능.

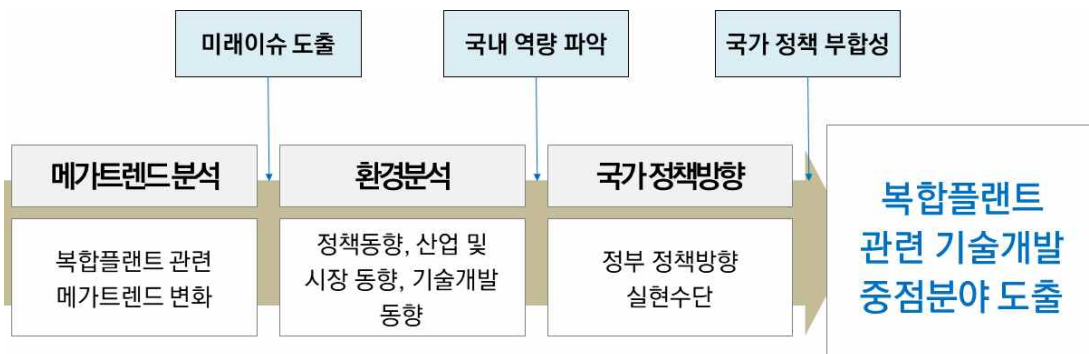
□ (ST 전략) 국내 시장과 기술이 갖고 있는 장점, 즉 국내에서 보유하고 있는 우수한 도시기반 플랜트 및 건설 경험과 다양한 도시기반 플랜트의 운전을 통해 축적된 경험을 바탕으로 도심지 등의 공공용지의 지하를 이용하여 도시기반 순환형 복합플랜트를 설치할 수 있음. 물론 여기에는 요구되는 기술들의 개발이 전제가 되며, 지금까지 원격지의 대규모

시설의 설치 및 운전경험이 큰 도움으로 작용할 것으로 기대

- 또한 시설이 설치되는 지상의 공간에는 매우 다양한 주민편익시설을 친환경적으로 조성함으로써 주민친화 공간으로 개발 가능. 궁극적으로 도시기반 유틸리티 시설들의 설치를 위한 부지난의 근본적인 해소에 일익을 담당할 수 있음. 또한, 지금까지 단순이용 및 폐기에 의존해왔던 기존의 일과성 시스템을 순환형으로 구축함으로써 경제성과 친환경성 및 주민친화성을 증명하고 도입에 필요한 저변확보 효과 기대
- (WT 전략) 국내에서는 도시기반 순환형 복합플랜트에 대한 설치, 운영 경험이 거의 없고 또 도심에 설치하고자 하는 경우 적지 않은 반대로 예상됨. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 우선 현재 개발 중인 신도시를 대상으로 시설 구축 후 실제 운영을 통해 경제성과 친환경성 및 주민친화성을 증명함과 동시에 주민의 의식을 개선하는 치밀한 전략과 지속적인 노력이 요구
- 이를 위해서는 외국의 선진사례를 벤치마킹하여 계획에 반영하고, 이미 개발되었으나 활용되지 못한 기술들을 발굴하여 적극 활용할 필요가 있음. 또한 주민의 의식개선에 따라 기존의 도시 에너지 자원 유틸리티의 공급체계를 개선하기 위한 제도개선 방안도 마련하여 추진하여야 할 것임. 뿐만 아니라 해당 설비의 적용에 따른 효과(경제적, 사회적)를 주민들이 체감할 수 있도록 하는 방법 필요

다. 목표설정의 적절성

- 동 사업의 기본방향 설정을 위해 메가트렌드 분석, 국내외 환경분석(정책, 기술, 산업·시장), 국가정책 방향성 등을 종합적으로 고려



<그림 5-13> 본 사업기획 추진방향 설정 프로세스

- 대외 환경변화(정책, 기술, 산업·시장 등)를 파악하기 위한 STEEP 분석을 통해 사업의 이슈와 문제점을 도출하고, 이에 적합한 목표설정에 활용
- 국정목표, 정부의 상위계획 등을 검토하여 정부부처의 전략목표와 부합성을 판단하여, 정부의 정책방향에 부합되는 기술개발방향 수립에 활용
- 산업 및 시장동향을 토대로 타겟시장 여부, 성장추세를 확인하고, 글로벌 시장 경쟁에 있어 기회요인을 분석하여, 유망 사업모델에 대한 시사점을 파악
- 기술동향은 먼저 기술분류체계를 검토하고 이를 토대로 관련 키워드 중심으로 논문, 기술보고서, 선진기술사례와 패러다임 변화를 검토하여 기술추세가 있는지 시사점을 도출
- 기술개발 성공 가능성을 분석하기 위한 기초자료로, 기술수준과 산업수명주기를 평가하였으며, 이를 토대로 정부투자전략의 적합성을 판단
- 정부 정책의 실천수단으로, R&D 사업의 전략목표, 성과목표 등이 연계성을 가지도록 계획
- 이와 같은 메가트렌드 분석, 환경분석, 국가정책 방향 등을 종합적으로 고려한 사업의 기본방향 및 추진전략 도출, 이슈 및 문제 해결을 위한 중점 추진분야 설정

3. 기술개발 성공 가능성

3.1 기술확보 성공 가능성

가. 연구인력 확보 가능성

□ KISTEP에서 2018년 발간한 「2016년도 연구개발활동조사보고서」에 따르면 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 기술개발과 관련이 있는 전공분류별 우리나라 석·박사 학위 연구원은 총 50,705명

○ 관련 전공은 토목·건축, 기계, 화학공학, 자원 등으로서, 박사 학위자가 총 17,758명이고 석사 학위자가 총 32,947명

○ 정부출연연구기관을 포함한 공공연구기관의 경우에, 박사 학위자가 4,607명이고 석사 학위자는 총 3,199명

○ 기업의 경우 박사 학위자가 5,957명이고 석사 학위자는 22,985명

<표 8-27> 전공별 석·박사 연구원수('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	3,634	4,733	8,367
기계·항공·원자력	7,859	16,743	24,602
화학공학	3,443	7,819	11,262
환경·자원·조선·해양	2,822	3,652	6,474
합계	17,758	32,947	50,705

자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

<표 8-29> 전공별 석·박사 연구원수(공공연구기관)('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	730	545	1,275
기계·항공·원자력	2,482	1,662	4,144
화학공학	669	395	1,064
환경·자원·조선·해양	726	597	1,323
합계	4,607	3,199	7,806

자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

<표 8-28> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)

전공별	박사	석사	계
토목·건축	999	2,882	3,881
기계·항공·원자력	2,852	12,349	15,201

<표 8-28> 전공별 석·박사 연구원수(기업체)('16)

전공별	박사	석사	계
화학공학	1,593	6,021	7,614
환경·자원·조선·해양	513	1,733	2,246
합계	5,957	22,985	28,942

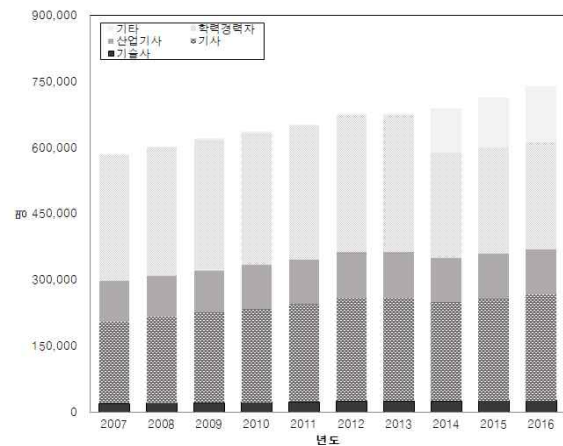
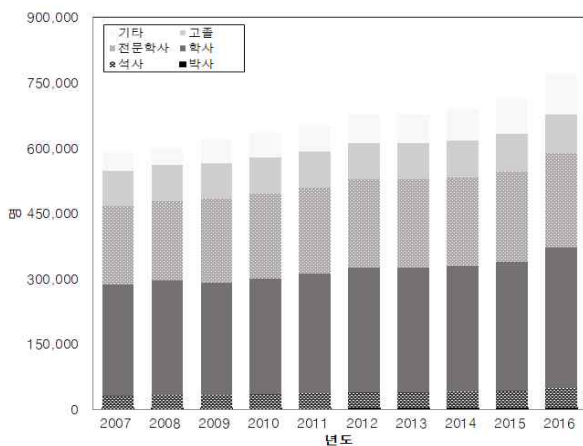
자료 : 「2016년도 연구개발활동조사보고서」, 한국과학기술기획평가원(2018)

□ 한국건설기술인협회에 등록된 건설기술자 전체를 대상으로 토목, 건축, 기계, 국토개발, 안전관리, 환경, 전자, 화공을 포함한 관련 연구인력 인프라에 대해 조사

○ 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 꾸준히 증가

○ 학경력자 및 기사 자격 보유자의 인력공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 학력경력자 및 기사 자격 보유자에 대한 인력은 꾸준히 증가

○ 산업기사 및 기술사도 꾸준히 증가하는 추세이나 상대적으로 적음



자료 : 한국건설기술인협회

<그림 8-14> 학위 및 기술자격별 인력 동향

<표 8-30> 본사업 관련 연구기관 현황

구분	기관명	주요연구분야
준정부 기관	국토교통과학기술진흥원	- 건설교통기술혁신로드맵 및 중장기 계획 등 다양한 국토교통 R&D 정보 제공 - 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 사업의 전반적 사업관리 및 예산 운용 등의 실무 추진 계획
	한국환경산업기술원	- 하폐·수 고도처리 및 유용자원 재활용 기술 개발 - 가연성·유기성 폐자원 에너지화 기술개발
	한국에너지	기후변화, 고유가 등 에너지 환경변화 대응을 위한 녹

<표 8-30> 본사업 관련 연구기관 현황

구분	기관명	주요연구분야
정부출연 연구소	기술평가원	- 색성장 기술개발 - 스마트 송전, 스마트 전력서비스 기술 개발
	한국건설기술 연구원	- 도시기반 순환형 복합플랜트 연구 - 구조물 기초, 터널, 지반 보강·개량, 지반환경 등과 관련된 각종 인프라의 첨단 건설 기술 개발
	한국생산기술 연구원	- 에너지자원 관련 플랜트 핵심기술 개발 - 생산기반기술연구 및 생산시스템의 통합 및 친환경, 고효율, 자동/기능화 생산시스템 기술개발
	한국기계연구원	- 대형 복합 기계시스템의 설계와 엔지니어링에 필요한 핵심 요소 기술 - 플랜트와 타 기술 분야의 융합 및 플랜트 안전 확보 기술
	한국에너지 기술연구원	- 하수슬러지 연료화 제조 및 공정기술 개발 - 저탄소 에너지/환경 공정기술 개발
기업 연구소	한국환경정책 평가연구원	- 지속가능한 국토환경 조성을 위해 전략 수립과 계획·관리에 관한 연구를 추진 - 물관리 정책 및 신재생에너지 정책과 관련하여 기술개발 방향 제시
	한국토지주택공사	- 기후변화 적응을 위한 도시기반시설 설계효율화 및 설계기준 - 도시 및 교통계획, 도시기반 환경계획, 경관 및 조경계획 등
기업 연구소	GS건설 기술연구소	초장대 터널 및 지하공간을 높은 효율성으로 안전하게 시공할 수 있는 설계, 시공, 유지관리 기술
	현대엔지니어링 기술연구소	폐기물을 차량연료로 만드는 바이오가스 차량연료화 정제기술 개발
기타	고등기술연구원	에너지환경 분야의 pilot plant 설계/제작/시운전까지의 turn-key service 운용 및 공정해석
	한국플랜트 산업협회	- 해외플랜트 타당성 조사 지원 - 해외 수주 지원 - 플랜트 관련 전문인력 양성 - 중소형 플랜트 수출 지원 - 플랜트 산업 관련 이슈별/국가별 연구
	건설연구인프라 운영원	- 전국에 분산 구축된 대형실험시설 운영 및 관리 - 재난 및 안전분야(구조물, 지반 등)에 대한 대형 실증실험 지원 및 컨트롤타워 역할
	건설기계부품 연구원	융복합 건설기계, 친환경 건설기계 관련 기술개발 및 건설기계 제품·부품 신뢰성 평가
	건축도시공간 연구소	- 건축·도시공간과 관련한 국정과제 및 중장기 발전방향 제시 - 기본계획 수립, 법령 제·개정 등 정책현안에 대한 개선 방안 도출 수행

자료 : 각 기관별 홈페이지

□ 대다수의 대학들이 기계, 건축, 토목, 화공 등 플랜트 관련 학과를 설치하고 있으나, 플랜트 및 산업간 융복합에 특화된 전문인력 양성 및 배출은 부족한 상황

- 교육통계서비스에서 2017년 대학 학과별 입학상황 통계에 따르면 공학계열에서 전기·전자, 기계·금속, 건축학과 입학자 수는 전체 공과계열 입학자 비율이 각각 10% 이상이지만, 플랜트에 특화된 학과를 포함하고 있는 응용공학과인 경우 3.6%로 매우 낮음
- 플랜트 산업은 타당성 조사, 금융조달, 사업계획, 설계, 기자재 제작 등이 유기체적으로 연결되어 있는 사업이기 때문에 대학에서 배우는 전공지식만으로는 인력양성의 한계 존재
- 정부에서는 이를 해결하기 위해 2009년부터 다양한 플랜트 인력 양성 프로그램을 운영하고 있지만, 이론 위주의 단기 수업이 많아 인력 부족 현상은 유지되고 있는 실정

<표 8-31> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
서울	건국대학교	사회환경플랜트공학과, 건축학과, 기계공학과, 화학공학과, 기계설계학과, 인프라시스템공학과, 환경공학과 등
	경희대학교	환경공학과, 건축공학과, 기계공학과, 화학공학과 등
	고려대학교	건축사회환경공학부, 건축학과, 기계공학부, 전기전자공학부 등
	광운대학교	건축공학과, 환경공학과, 화학공학과, 건축학과 등
	국민대학교	기계공학부, 신소재공학부, 전자공학부, 건설시스템공학전공, 건축학부, 응용화학과 등
	동국대학교	건설환경공학과, 건축공학부, 전자전기공학부, 화공생물공학과, 산업시스템공학과 등
	상명대학교	에너지그리드학과, 화공신소재학과, 화학과 등
	서강대학교	화공생명공학, 기계공학전공, 전자공학전공 등
	서울과학기술대학교	플랜트엔지니어링학과, 시설물유지관리공학과, 건축환경설비공학과, 화공생명공학과, 건설시스템공학과, 건축산업학과, 기계·자동차공학과, 기계설비공학과, 정밀화학과 등
	서울대학교	건설환경공학부, 기계공학전공, 재료공학부, 건축학과, 화학생물공학부, 에너지자원공학과 등
	서울시립대학교	토목공학과, 화학공학과, 기계정보공학과 등
	성균관대학교	건설환경공학부, 건축학과, 기계공학부, 화학공학/고분자공학부, 건설환경공학부 등
	세종대학교	건축공학부, 건설환경공학과, 기계공학전공, 에너지자원공학과, 환경에너지공간융합학과 등
	숙명여자대학교	화공생명공학부, ICT융합공학부, 기계시스템학부 등
	송실대학교	기계공학과, 화학공학과, 건축학부, 정보시스템공학과 등

<표 8-31> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
	연세대학교	화공생명공학부, 기계공학부, 전기전자공학부, 사회환경시스템공학부, 건축도시공학부, 등
	중앙대학교	사회기반시스템공학부(건설환경플랜트공학전공), 건축학부(건축공학전공), 기계공학부, 에너지시스템공학부 등
	한성대학교	기계시스템공학과, IT응용시스템공학과 등
	한양대학교	건설환경공학과, 건축공학부, 기계공학부, 에너지공학과, 자원환경공학과, 화학공학과 등
	홍익대학교	건축학부(건축학전공), 건설·도시공학부(토목공학전공), 신소재화공시스템공학부, 기계·시스템디자인공학과 등
인천	인천대학교	기계·로봇공학과, 전자공학과, 안전공학과 에너지화학공학과 등
	인하대학교	건축학부, 기계공학과, 에너지자원공학과, 화학공학과, 환경공학과, 공간정보공학과, 전자공학과 등
경기	가천대학교	건축공학과, 화공생명공학과, 기계공학과, 토목환경공학과, 설비·소방학과 등
	경기대학교	건축공학과, 기계시스템공학과, 토목공학과, 환경에너지공학과, 화학공학과, 전자공학과 등
	경동대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	단국대학교	건축공학과, 기계공학과, 토목환경공학과, 화학공학과 등
	대진대학교	에너지환경공학부, 전기전자공학부, 건설시스템공학과, 컴퓨터응용기계설계공학과 등
	명지대학교	기계공학과, 토목환경공학과, 화학공학과, 전자공학과, 환경에너지공학과, 건축학부 등
	수원대학교	건설환경에너지공학부, 산업기계공학부, 전기전자공학부, 화학공학·신소재공학부 등
	아주대학교	건축학과, 기계공학과, 화학공학과, 건설시스템공학과 등
	한경대학교	건축학부, 전기전자제어공학과, 기계공학과, 토목안전환경공학과, 화학공학과 등
	한국산업기술대학교	기계공학과, 기계설계공학과, 메카트로닉스공학과, 생명화학공학과 등
	한양대학교(ERICA)	건설환경플랜트공학과, 건축공학전공, 건축학전공, 기계공학과, 응용화학과 등
	협성대학교	건축공학과 등
부산	경성대학교	메카트로닉스전공, 토목공학전공, 전자공학과 등
	동명대학교	기계전자공학부, 산업응용공학부 등
	동서대학교	건축토목공학부, 메카트로닉스 융합공학부, 화학공학부 등
	동아대학교	기계·산업경영공학부(기계공학과, 조선해양플랜트공학과), 신소재화학공학부(화학공학과), 인간환경융합공학부(건축공학과, 에너지·자원공학과, 토목공학과) 등
	동의대학교	건설공학부, 화학환경공학부 등
	부경대학교	건축공학과, 기계공학과, 토목공학과, 화학공학과, 공업화학과, 기계시스템공학과 등
	부산대학교	기계공학부, 건축공학과, 사회환경시스템공학과, 화학공학·고분자공학과, 전기전자컴퓨터공학과 등
	신라대학교	건축학부, 에너지화학공학부 등
	한국해양대학교	건설공학과, 기계공학부, 제어자동화공학부 등
울산	울산대학교	기계공학부, 화학공학부, 건축공학부, 건설환경공학부 등

<표 8-31> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
경남	경남대학교	건축학부, 기계공학부, 전자공학과, 토목공학과 등
	경상대학교	건축공학전공, 토목공학전공, 기계공학전공, 산업시스템공학부, 전자공학과, 화학공학과, 등
	영산대학교	전기전자공학과 등
	인제대학교	건축학과, 메카트로닉스공학과, 생산기계공학과 등
	창신대학교	토목공학과 등
	창원대학교	건축학부, 기계공학부 등
	한국국제대학교	그린수송시스템공학과, 기계자동차공학과 등
대구	경북대학교	토목공학과, 기계공학부, 에너지공학부, 응용화학공학부 등
	계명대학교	건축토목공학부, 화학공학과 등
경북	경일대학교	건설공학부, 건축학부, 화학공학과 등
	경주대학교	건축토목학과 등
	금오공과대학교	건축학부, 기계공학과, 기계설계공학과, 기계시스템공학과, 토목공학과, 화학소재융합공학부 등
	대구가톨릭대학교	건축학부, 첨단건설기계시스템전공, 신소재화학공학과 등
	대구대학교	건축공학과, 건설시스템공학과, 기계공학부, 화학공학과 등
	안동대학교	기계공학과, 기계설계공학과, 토목공학과, 응용신소재공학전공 등
	영남대학교	건설시스템공학과, 화학공학부, 기계공학부 등
	위덕대학교	에너지전기공학부, 원전·제어시스템공학전공 등
	포항공과대학교	기계공학과, 전자전기공학과, 화학공학과 등
광주	광주대학교	건축학부, 토목공학과, 전기전자공학부 등
	송원대학교	건축공학과, 토목공학과, 전기전자공학과 등
	전남대학교	건축학부, 기계공학부, 에너지자원공학과 화학공학부, 토목공학과 등
	조선대학교	건축공학전공, 기계공학과, 기계설계공학과, 에너지자원공학과, 토목공학과, 응용화학소재공학과 등
	호남대학교	건축학과, 토목환경공학과 등
전남	동신대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	목포대학교	건축토목공학과, 기계공학과, 화학과 등
	순천대학교	건축학부, 고분자·화학공학부(화학공학전공), 기계우주항공공학부(기계공학전공), 토목공학과 등
	초당대학교	건축토목공학부 등
전북	군산대학교	기계자동차조선해양공학부(기계공학전공), 융복합기술 공학과, 토목공학과, 화학과 등
	우석대학교	에너지공학과, 토목환경공학과 등
	원광대학교	건축공학과, 토목환경공학과 등
	전북대학교	건축공학과, 기계공학과, 자원·에너지공학과, 토목공학과, 화학공학부 등
	전주대학교	건축공학과, 토목환경공학과 등
대전	대전대학교	건축공학과, 응용화학과, 토목공학과 등
	목원대학교	건축학부 건축공학전공 등
	우송대학교	건축공학과 등
	충남대학교	건축학과(5), 기계공학부, 메카트로닉스공학과, 응용화학공학과, 토목공학과 등
	한국과학기술원	건설및환경공학과, 기계공학과, 화학과 등
	한남대학교	건축·토목공학과, 기계공학과 등
	한밭대학교	기계공학과, 설비공학과, 융합기술학과, 화학생명공학과 등

<표 8-31> 플랜트 관련 대학 학과 현황

지역	학교명	학과명
충남	공주대학교	건설환경공학부, 건축학부 건축공학전공, 기계공학전공, 기계시스템공학전공, 메카트로닉스공학과, 토목환경공학전공 등
	남서울대학교	건축공학과 등
	단국대학교	전자전기공학부, 토목환경공학과, 화학공학과, 기계공학과 등
	서남대학교	전기전자공학과, 환경화학공학과, 건축공학과, 토목공학과 등
	선문대학교	기계ICT융합공학부, 기초공학부 등
	순천향대학교	건축학과(5), 기계공학과, 에너지환경공학과, 화학과 등
	중부대학교	건축학과, 토목건설학과, 토목공학과 등
	한국기술교육대학교	기계공학부, 메카트로닉스공학부 등
	호서대학교	건축공학전공, 건축토목환경공학부, 기계공학전공, 토목공학전공, 화학공학과 등
충북	고려대학교(세종)	환경시스템공학과 등
	세명대학교	건축공학과, 토목공학과 등
	중원대학교	방재안전공학과, 전기전자공학전공, 소방방재공학전공 등
	청주대학교	건축공학과, 응용화학과, 토목공학과 등
	충북대학교	건축공학과, 토목공학부, 화학공학과, 등
	한국교통대학교	기계공학과, 에너지시스템공학과 등
	홍익대학교(세종)	건축공학전공, 기계정보공학과 등
강원	가톨릭관동대학교	에너지플랜트공학과, 건축공학과, 토목공학과 등
	강릉원주대학교	토목공학과, 기계자동차공학부(정밀기계공학전공), 등
	강원대학교	건축공학전공, 기계융합공학부, 메카트로닉스공학전공, 자원에너지시스템공학과, 토목공학과, 화학공학과, 기계공학과, 에너지공학부, 에너지화학공학전공, 제어계측공학과, 등
	경동대학교	건축공학과 등
	한라대학교	건축공학전공, 기계공학전공, 토목공학과 등
	한중대학교	건축공학전공, 기계자동차공학전공, 토목환경공학전공 등
	제주국제대학교	건축학과, 자동차기계공학과, 토목공학과 등
제주	제주대학교	건축공학전공, 기계공학전공, 기계메카에너지화학공학부, 메카트로닉스공학전공, 에너지공학전공 등

자료 : <http://univ.kcue.or.kr/>

□ 본 사업과 연관된 국내 대학별 주요 연구실험실의 역할 및 성과를 조사하여 R&D 수행 가능성 검토

<표 8-32> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
고려대학교	지하공간	• 지하공간 건설 분야의 원천 핵심기술 개발 및 관련 인력 양성	• 터널 굴착면 전방의 이상지반 예측을 위한 전기비저항 기반 하모니 서치 • 쉴드TRM 터널에 적용 가능한 리스크 관리
	구조해석	• 사회기반시설물의 구조적 Performance에 관한 연구 • 생애주기 Performance와 연관	• 궤도 유지보수 주기 예측을 위한 구간 특성에 따른 진전 정도 분석

<표 8-32> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대 학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
		하어 구조물의 진단/계측, 유지/보수/관리 방안 연구	• 고강도 콘크리트의 등가응력 매개변수 추정 연구
	지반 시스템	• 전통적인 지반공학과 신재생 에너지 활용을 위한 지열공학 등 연구	• 지중온도 경사를 이용한 효율적 지중에너지 이용 방안 연구
	지반 물리탐사	• 여러 가지의 탄성파와 전자기파를 적용하여 지반조사와 비파괴검사 연구	• 동결에 따른 모래-실트 혼합토의 탄성파 특성 • 용해재료가 포함된 지반의 전단강도 특성
경북대학교	지반 및 암반공학	• 토질 및 암반역학의 다양한 분야에서 연구 수행 • 터널 설계 최적화, 설계리스크 최소화를 위한 연구개발	• 하수터널의 콘크리트 라이닝 부식 방지공법
부산대학교	환경분석 모니터링	• 다양한 분석기기를 사용하여 환경 내 존재하는 유해화학물질 분석해 내는 연구 수행	• 환경 중 미량유해물질 모니터링 및 거동 평가 • 독성유해물질의 환경 및 인체 위해성 평가
	온실가스 저감 및 폐기물 열분해	• 고형연료로서의 가장 적합하고 이상적인 연료생성공정을 판단하여 복합고형연료 제조	• 하수처리장 하수와 음식물쓰레기 병합처리 시 공정별 악취 특성 및 후처리시설 효율 평가
	지반공학	• 철근콘크리트의 보수·보강을 위한 반복 및 피로실험 등을 비롯한 실험 수행	• 토사터널 굴착시의 터널 깊이비에 따른 지반거동과 네일링의 변형 효과 • 굴착 시 굴착저면의 안전성 평가에 관한 연구
	지반 시스템 해석	• 연약지반, 기초 등의 전통적 지반공학의 분야와 더불어 융·복합 연구분야인 에너지 및 녹색성장에 관한 연구 수행	• 도로·교통시설 및 물순환 고도화 기술개발 • 터널 막장의 침투수압 연구
서울대학교	폐기물	• 폐기물 관련 시설의 설계, 시공, 유지관리 • 음식물쓰레기의 자원화 및 에너지화	• 음식물 쓰레기를 이용한 침출수의 생물학적 탈질 방법 • 아파트 음식물 쓰레기 에너지 회수 및 자원화 장치
	지반환경 공학	• 지반 및 오염물 특성을 조사하여 오염물의 이동성과 특성을 조사하고 오염된 토양 및 지하수로부터 정화하는 연구 진행	• Fe-loaded zeolite로 충전된 투수성 반응벽체를 이용한 지반 내 Cd과 Cr(VI)의 동시 제거
	건설혁신	• 건설사업 생애주기에 걸친 혁신적인 건설관리 및 융·복합 기반 연구	• 건설 안전 및 재난 관리 • 빅데이터분석 및 생애주기에 걸친 BIM기반 건설 관리
성균관대학교	스마트	• 스마트 건설 IT 연구소의 연	• 현장 플랜트 안전관리를 위한

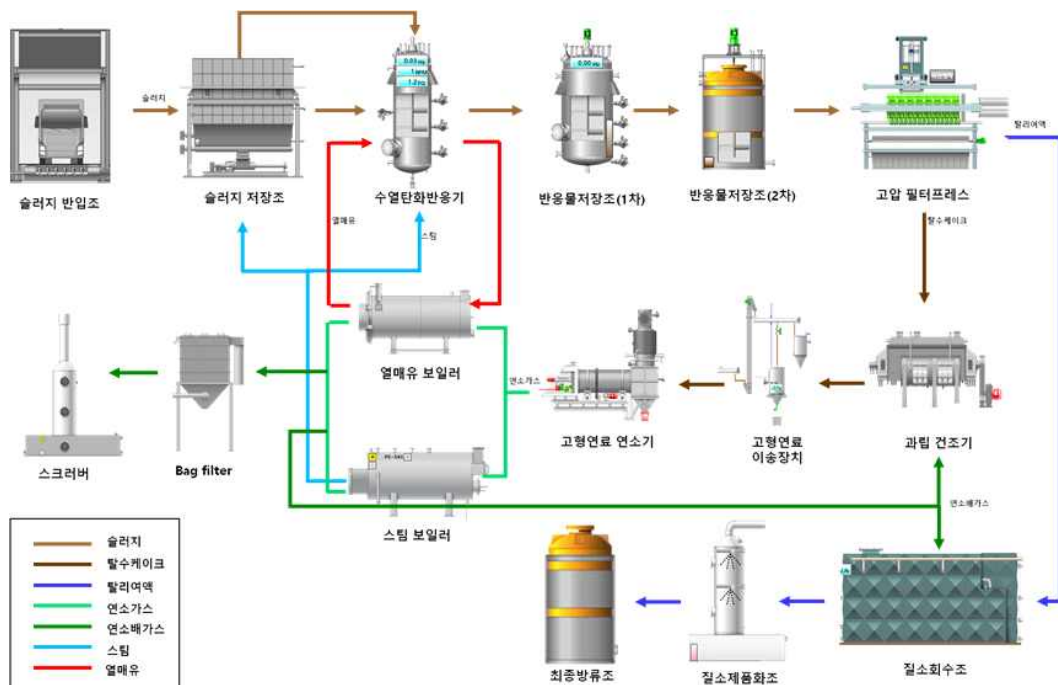
<표 8-32> 본 사업 관련 대학 연구실험실

대학	연구실	연구실 소개	주요 연구성과
	구조 및 건설 IT	구 초점. 건설-IT 융합 설계 컨셉에 대한 강조와 함께 스마트 센서, 토목 및 건축 시스템, 정보 기술융합을 통합 새로운 건설 신기술 개발	방폭형 압전센싱 기반 원격 NDT 시스템 개발 •복층터널의 내부형상 모니터링 및 관리 기술 개발
연세대 학교	첨단구조	•지하공간연구센터와 연계하여 정책, 기획, 설계, 시공 측면을 종합적으로 연구	•지하공간의 환경적 특성에 관한 연구
한국과학기술원	스마트 구조 및 시스템	•구조물 안전진단과 센싱 기술을 중점 연구	•구조물 안전 진단 및 센싱 연구
	구조제어 및 지능 시스템	•사회기반시설을 지능화시킴으로써 자연재해 및 인위재해로부터 스마트 구조 건설 기술 연구 수행	•스마트 재료를 이용한 구조 진동제어 •재해로부터 안전한 사회기반 시설물 연구

자료 : 기계·건설공학연구정보센터

나. 연구장비 확보 가능성

□ 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설



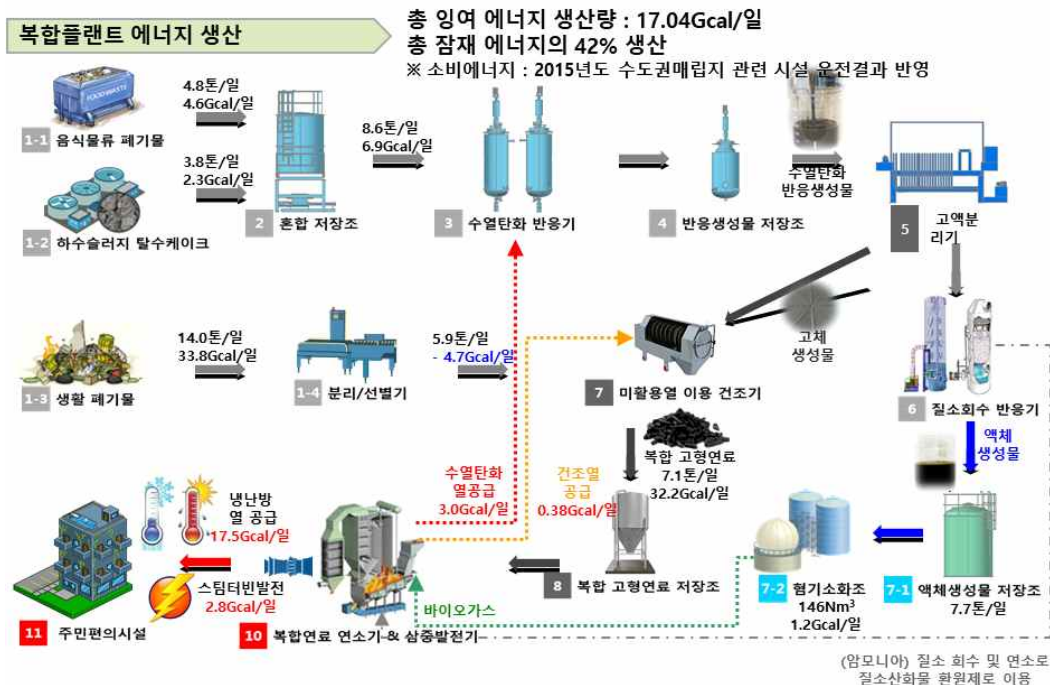
자료 : 고등기술연구원

<그림 8-15> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요

<표 8-33> 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 개요

구분		내용
시설명		50톤/일급 수열탄화 기반 고형연료 생산 통합공정
시설 용량		• 하수슬러지 50톤/일(함수율 80% 기준)
주요 시설	반입공급설비	• 슬러지 저장조 : 50m³ / 슬러지 이송(HOSE) 펌프 : 10m³/hr X 20kgf/cm² X 1기 • 슬러지 공급(MONO) 펌프 : 12m³/hr X 20kgf/cm².g X 1기
	수열탄화 설비	• 수열탄화 반응기 : 7.5m³(유효용량 : 5.0m³) X 2기 • 열회수조 : 12.5m³(유효용량 : 10.0m³) X 1기
	고액분리 설비	• 고압필터프레스 : 10m³/cycle (수열탄화 반응물저장조 : 30m³ X 1기)
	과립건조 설비	• 과립기 : 350kg/hr X 1기 • 건조기 : 350kg/hr X 1기
	연소열 회수 설비	• 로터리 킬른 : 230kg/hr(=920Mcal/hr) + LNG 버터 겸용 X 2기 • 스팀 보일러 : 8kgf/cm² X 1기 • 열매유 보일러 : 250도 X 1기
	질소 회수 설비	• 암모니아 탈기탑 : 50m³/min • 암모니아 흡수탑 : 100m³/min
	급배수 설비	• 공정수 저장조 : 10m³ X 3기 • 방류수 저수조 : 30m³ X 1기
	악취제거 설비	• 악취연소 : 45m³/min • 악취 스크러버 150m³/min

□ 인구 2만기준 복합플랜트 시설(Test Bed)



자료 : 고등기술연구원

<그림 8-16> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요

<표 8-34> 인구 2만기준 복합플랜트 시설 개요

구분		내용
시설명		인구 2만기준 에너지생산 복합플랜트 통합공정
시설 용량		인구 2만명, 음식물류폐기물 5톤/일, 하수슬러지 4톤/일, 생활폐기물 14톤/일
주요 시설	반입공급설비	- 슬러지 저장조 : 35m³ / 음식물류 저장조 : 35m³ / 생활폐기물 저장조 : 35m³ / - 슬러지 공급(MONO) 펌프 : 4m³/hr X 20kgf/cm².g X 2기 - 벨트컨베이어+버킷엘레베이터+플레이트컨베이어 : 500kg/hr X 1식
	수열탄화 설비	- 반응기 - 열회수조 - 수열탄화 반응기 : 1.45m³(유효용량 : 1.0m³) X 2기 - 열회수조 : 2.9m³(유효용량 : 2.0m³) X 1기
	고액분리 설비	고압필터프레스 : 2m³/cycle (수열탄화 반응물저장조 : 10m³ X 1기)
	과립건조 설비	건조기 : 200kg/hr X 1기
	연소열 회수 설비	- 스토커식 연소기 : 300kg/hr(=1,200Mcal/hr) + LNG 버너 겸용 X 1기 - 폐열 보일러 : 16kgf/cm² X 1기 - 열매유 보일러 : 250도 X 1기 - 발전설비 : 500kW
	질소 회수 설비	- 암모니아 탈기탑 : 10m³/min - 암모니아 흡수탑 : 10m³/min
	급배수 설비	- 공정수 저장조 : 30m³ X 3기 - 방류수 저수조 : 10m³ X 1기
	악취제거 설비	- 악취연소 : 60m³/min - 악취 스크러버 400m³/min

□ 본 사업에서 복합플랜트 구축에 필요한 연구장비(설비)의 시험 및 평가 기관 현황 분석

<표 8-35> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
한국산업기술시험원	시험 인증	기계설비성능평가, 내진검증 및 시험평가, 승강기시험평가, 방폭인증, 조선기자재 시험인증, 음향기기 음압시험
(재)포항산업과학연구원	시험	금속재료, EPMA분석, 신뢰성환경, 신뢰성물성
한국승강기안전기술원	시험	정밀안전검사,완성검사,수시검사,정기검사
건설기계부품연구원	시험	금속 및 관련제품(인장, 굽힘, 브리넬 경도, 충격시험 방법 등)
전남대학교산학협력단 바이오하우징연구센터	시험	시멘트 및 관련제품(콘크리트의 압축 강도, 콘크리트 촉진탄산화, 금속 동결 융해에 대한 저항 시험 방법 등)
군산대학교 산학협력단 기술혁신센터	시험	금속 및 관련제품(인장시험방법), 자동차(자동차 부품 진동 시험 방법)
한국기계연구원 부설 재료연구소	시험	금속및관련제품(인장,브리넬경도시험방법),플라스틱및관련제품, 철강(철 및 강의 스파크 방전 원자 방출 분광 분석 방법 등)
한국기술교육대학교 산학협력단	시험	금속 및 관련제품(피막두께 측정 등), 물리적 시험(플라스틱 등)
한국항공대학교 산학협력단	시험	금속 및 관련제품(인장시험방법), 플라스틱 및 관련제품

<표 8-35> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
동아대학교 산학협력단	시험	• 기계요소(밸브 시험 등)
(재)경북하이브리드부 품연구원	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 자동차(부품 진동 시험 방 법 등)
창원대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(기하학적 제품 사양), 산업용 기계(공작기 계), 진동특성(기계적 진동)
경기과학기술대학교 고정밀계측기술센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법 등)
(재)부산테크노파크 고령친화산업지원센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장시험방법), 고무와 관련제품(가황고무)
조달품질원	시험	• 기타재료 및 제품(건축 내장재)
한국교통대학교 산학협력단국제공인시 험연구센터	시험	• 시멘트 및 관련제품(콘크리트 휨, 압축강도)
한밭대학교 재료평가연구센터	시험	• 금속 및 관련제품(비커스, 로크웰 경도 시험방법 등)
광주전남지방중소기업 청 제주시험연구센터	시험	• 금속 및 관련제품(인장, 굽힘 시험방법), 시멘트 및 관련제 품(콘크리트), 골재 및 관련제품(석재)
한국철도기술연구원	시험	• 금속 및 관련제품(충격, 쇼어, 브리넬 경도, 인장, 굽힘 시험 방법), 시멘트 관련제품(PSC침목), 철도차량 및 관련제품 (철도차량용 합성제륜자), 산업용 전기기기, 전자기적합성, 환경 및 신뢰성(철도신호 보안부품), 화재, 냉난방기기
(재)한국조선해양기자 재연구원	시험	• 금속 및 관련제품(인장강도), 조선
한국소방산업기술원(시험)	시험	• 금속 및 관련제품, 고무와 관련제품, 물리적 시험, 철강, 가 스류, 석유제품, 화재
포항공과대학교 나노융합기술원	시험	• 금속 및 관련제품
교통안전공단 자동차안전연구원	시험	• 자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법
수원대학교 그린카에너지활용부품 센터	시험	• 금속재료인장시험방법,축하중피로시험
(재)자동차융합기술원	시험	• 금속재료 인장시험
계명대학교 첨단건설재료실험센터	시험	• 금속 및 시멘트 관련 제품
근로복지공단 재활공학연구소	시험	• 물리적 시험(수동휠체어, 가정 요양용 수동침대 등)
한국산업기술시험원	시험 인증	• 소프트웨어 성능신뢰성 및 품질평가(GS인증)
RFID/USN 센터	시험	• RFID/USN 성능평가 및 안테나 성능평가, EMS(전자파내성), EMI(전자파간섭)
구미전자정보기술원	시험	• 유/무선 통신기기(전자파흡수율 측정)
한국정보통신기술협회 (TTA)	시험 인증	• GS인증기관(SW품질인증, 지경부 지정),CC평가기관(SW보안 인증, 국정원 지정),디지털 방송 시험기관, GSM, WCDMA, LTE, B/T 등
국방기술품질원기술진 흥센터	시험	• 무기체계소프트웨어개발및관리매뉴얼

<표 8-35> 본 사업관련 분석 연구장비 및 시험(평가)기관 현황

기관명	항목	품목
동의대학교 산학협력단	시험	• 소프트웨어 제품 품질 요구사항 및 평가(SQuaRE)
한국승강기안전기술원	시험	• 정밀안전검사, 완성검사, 수시검사, 정기검사
(재)대구기계부품연구원	시험	• 금속 및 관련제품(브리넬, 재료 충격 시험 등), 비철(구리, 알루미늄), 전자기적합성
합동상호운용성기술센터	시험	• 소프트웨어 시험
한국산업기술대학교 산학협력단전력저감센터	시험	• 에너지효율(최대 수요 전력 제어기, 고효율에너지기자재)
(재)지능형자동차부품진흥원	시험	• 환경 및 신뢰성(환경 시험 방법)
경일대학교산학협력단 (자동차부품시험지역 혁신센터)	시험	• 환경 및 신뢰성(환경시험 및 자동차 부품 진동 시험 방법)
서울대학교병원 의공학과	시험	• 환경 및 신뢰성(환경시험)
한국가스안전공사(시험검사)	시험	• 금속 및 관련제품, 물리적 시험(연수 분무시험), 안전장구, 가스류, 산업용 전기기기(폭발성), 에너지효율, 냉난방기기(가스)
한국전기안전공사 안전인증센터	시험	• 의료기기, 배선기구류, 대전력 및 고전압 시험, 산업용 전자 기기
한국전력공사 전력연구원(시험)	시험	• 석유제품(석탄류 및 석유), 기타 석유제품(절연유, 석유계), 전선, 케이블, 전로용품(전기 케이블)
한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	시험	• 안전장구, 산업용 전기기기(방호장치)
전자부품연구원	시험	• 환경 및 신뢰성(환경 시험방법-전기, 전자)
한국에너지기기산업진흥회	시험	• 에너지효율(효율관리기자재), 냉난방기기(가스연소기기)
국방기술품질원	시험	• 음향특성, 진동특성
(재)한국건설산업품질연구원	시험	• 온도 및 습도(보온재의 열 전도율), 진동특성
창원대학교 산학협력단	시험	• 금속 및 관련제품(기하학적 제품 사양), 산업용 기계(공작기계), 진동특성(기계적 진동)
(재)한국섬유기계연구원	시험	• 음향특성(작업환경에서의 소음, 섬유기계), 진동특성(광대역 랜덤 진동시험)
한국생산기술연구원(천안)	시험	• 수질, 섬유, 음향특성
한국건설기술연구원	시험	• 시멘트및관련제품, 골재 및 관련제품, 목재 및 관련제품, 토질 및 관련제품, 유리 및 유리제품, 건설 및 건자재, 수질, 실내 및 기타환경, 온도 및 습도, 화재, 음향특성, 진동특성
한국에너지기기산업진흥회	시험	• 에너지효율

다. 기술수준 달성 가능성

- 국내에서는 아직 도시기반 순환형 복합플랜트에 대한 구체적인 사례를 찾아보기 어려우나 정부의 주도로 시범사업 추진을 기획하는 단계 그러나

유사개념의 친환경에너지 타운등 시범사업을 활발히 지원 및 추진하고 있음.

- 친환경 에너지 타운은 매립지 등 기피·혐오시설에 에너지 자립, 문화관광 등 수익모델을 가미, 주민수익 향상을 통해 궁극적으로 환경시설의 자발적 설치를 유도하는 모델
- 소각장, 매립지 등 폐기물 처리시설의 폐자원 활용, 태양광 등 신재생에너지 설치로 에너지 자립률을 제고
- 협동조합 등 지역 주민들이 주도적으로 참여하는 수익모델을 통해 지속적·안정적 수익모델을 창출, 정부와 지원기관(환경공단, 에너지 관리공단등)은 환경·에너지·문화관광 등에 걸쳐 종합적·체계적으로 지원 방침

<표 8-36> 친환경 에너지타운 유형별 모델 제시

유 형	사 업 개 요	수 익 모 델
매립지형	대규모 태양광 설비 구축	생산전력을 한전에 판매
폐기물처리형	바이오가스·퇴비 생산시설 설치	바이오가스·퇴비판매 수입
신재생 융복합형	여러 신재생에너지 간 융복합 설비구축	생산전력은 판매, 열은 자체사용

□ 복합플랜트 기술 구축관련 국내 관련 기술에 대한 평가 결과 대부분 상용화 단계에 도달하였으며, 기술개발 난이도 및 수준이 대부분 “상” 분류에 해당

<표 8-37> 관련기술 수준 및 기술개발 역량

구분		기술발전 단계	기술수준(%)			우수기술 보유기관	기술개발 난이도 (상/중/하)	기술개발의 신규성 (상/중/하)
			‘15	‘18	‘20			
고농도 유기물 혐기소화 시스템 개발	최고 기술 보유국	기업화 단계	60	75	90	벨기에 OLIS 독일BIOFER M 영국 KEDO	상	상
	우리나라	상용화 연구 단계	30	60	72	한경대 학교	상	상
고형연료 생산기술 개발	최고 기술 보유국	상용화 보급 단계	80	90	90	EnerTec (미국)	상	중
	우리나라	상용화 연구	70	80	90	고등기술연구원	상	중

<표 8-37> 관련기술 수준 및 기술개발 역량

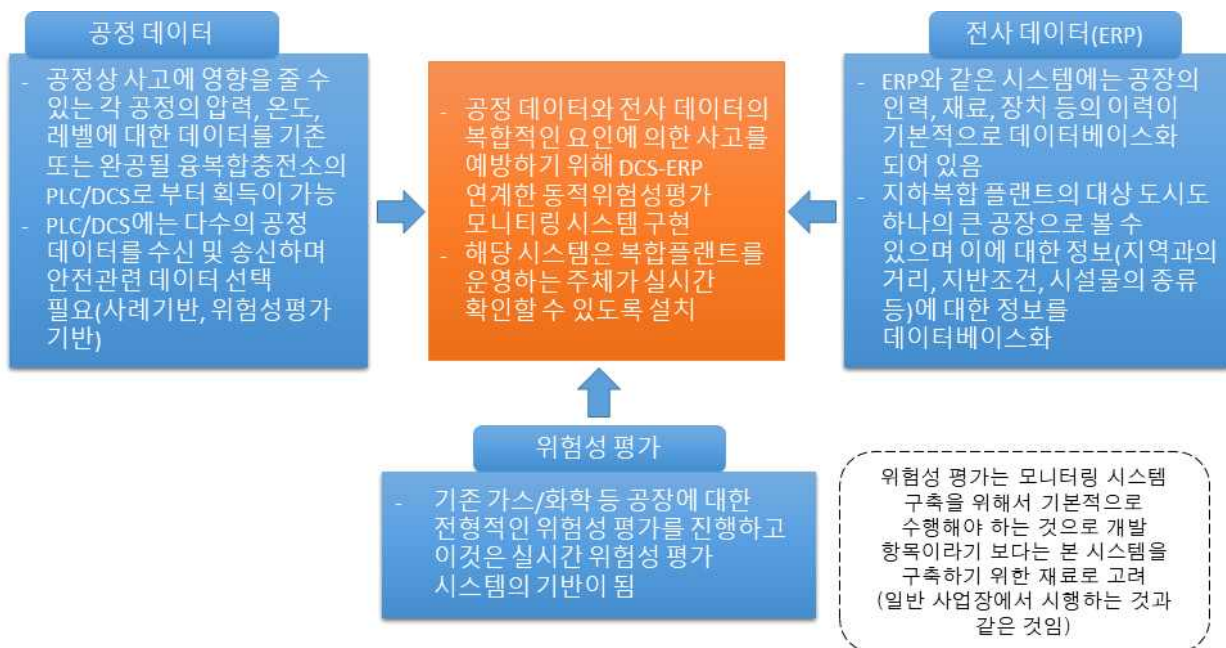
구분		기술발전 단계	기술수준(%)			우수기술 보유기관	기술개발 난이도 (상/중/하)	기술개발의 신규성 (상/중/하)
			'15	'18	'20			
		단계						
에너지 화 통합관 리 사업화 모델 구축 및 실증	최고 기술 보유국	상용화 보급 단계	100	100	100	0DBFZ(독일)	중	하
	우리나라	상용화 연구 단계	40	80	100	한경대학교	중	상

4. 기술개발 위험요인 및 대응방안

4.1 플랜트 안정성 검토

□ 플랜트 안정성 관련하여 국내외 시뮬레이션 기반의 안정성 alarming 서비스를 제공하고 있는 실정으로, 본 기획에서도 이를 기반한 위험성에 대한 판단은(위험성 평가) 각 사고(화재, 폭발 등)에 대한 확산 피해를 시뮬레이션을 통해서 판단 할 수 있으며, 공정에 대한 위험성 평가는 전문 엔지니어와 안전분야 전문가의 협업을 통하여 도출

○ 본 과제에서는 플랜트의 안전성을 높이기 위해서 공정에 대한 위험성 평가 뿐 아니라 환경적 요인에 대한 위험성평가를 진행하고 이에 대한 실시간 변화를 모니터링하여 현 상황에 대한 위험성을 알리는 시스템 구축



자료 : 고등기술연구원

<그림 8-17> 플랜트 안전사고 플랫폼 구성

○ 위험성평가표를 기반으로 각 대상 도시별, 지리적 조건별, 시설물의 종류 및 취급 대상 내용물에 대한 database화를 통해 사고 발생확률 감소 기대

- 해당 사업장의 모든 조건 고려하여 연 1회 실시
- 사고 요인의 강도, 위험도, 빈도를 고려하여 우선순위 설정

평가대상공정명	가전제품공정(B-1)	위험성 평가표 (4M-Risk Assessment)	평가자 (리더 및 팀원)	김오세	
평가일시	2012. 11. 16		평균위험도	현재 4.2	개선후 3.4

주요내용	위험수준	위험요인 과제명	위험 발생 빈도	위험위험도			개선 대책	개선 효과	개선후 위험도		
				빈도	중 요 성	위험 도			빈도	중 요 성	위험 도
가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1) 가전제품공정(B-1)	가전제품	가전제품공정(B-1)	위험	3	3	9	가전제품공정(B-1) 개선	B-1	1	3	3
		가전제품공정(B-1)	위험	3	4	12	가전제품	B-1	1	4	4
		가전제품공정(B-1)	위험	2	3	6			2	3	6
		가전제품공정(B-1)	위험	1	2	2			1	2	2
		가전제품공정(B-1)	위험	2	3	6			2	3	6
	가전제품	가전제품공정(B-1)	위험	1	2	2			1	2	2
		가전제품공정(B-1)	위험	2	3	6			2	3	6
		가전제품공정(B-1)	위험	2	2	4			2	2	4
		가전제품공정(B-1)	위험	1	2	2			1	2	2
		가전제품공정(B-1)	위험	2	3	6			2	3	6
	가전제품	가전제품공정(B-1)	위험	2	2	4			2	2	4
		가전제품공정(B-1)	위험	2	3	6			2	3	6
		가전제품공정(B-1)	위험	1	2	2			1	2	2
		가전제품공정(B-1)	위험	2	2	4			2	2	4
		가전제품공정(B-1)	위험	1	2	2			1	2	2
	가전제품	가전제품공정(B-1)	위험	-	-	-			-	-	-
		가전제품공정(B-1)	위험	-	-	-			-	-	-
		가전제품공정(B-1)	위험	-	-	-			-	-	-
		가전제품공정(B-1)	위험	-	-	-			-	-	-
		가전제품공정(B-1)	위험	-	-	-			-	-	-

자료 : 고등기술연구원

<그림 8-18> 플랜트 안전사고 대응을 위한 위험성 평가표 예시

5. 기존 사업과의 중복성

5.1 사업수준의 중복성 검토

가. 기존 사업과의 중복성 검토의 적절성

- 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부를 포함한 모든 부처의 기 지원된 사업을 대상으로 사업목적, 지원대상, 기술분야 등에 대한 중복성을 사전 검증

<표 8-38> 본 사업 및 부처별 유사사업 현황

부처	사업명	과제기간	총연구비 (‘18년 까지)
국토교통부	지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 연구사업 (본 사업)	'20 ~ '26	4,738.6억 원
	플랜트 연구사업	'07 ~ '20	3,585.7억 원
	건설기술 연구사업	'07 ~	7,210.1억 원
산업통상 자원부	플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업	'11 ~	522.7억 원
환경부	폐자원 에너지화 기술 개발사업	'13 ~ '20	703.5억 원

<표 8-39> 플랜트 연구사업(국토부)과의 중복성 비교

구분	플랜트 연구사업
사업목적	• 플랜트 건설사업의 전주기 핵심기술의 실증개발을 통하여 국가적 현안 해소 및 신사업 창출과 해외 수주 경쟁력 증대
사업기간	'07 ~ '20
사업비	3,585.7억 원('07 ~ '18)
사업시행 주체	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업규모	4개 구성기술
사업내용	• 현장에 건설·운영되는 플랜트 시설의 기획, 설계, 조달, 시공, 운영·유지, 사업관리 기술의 연구, 실증 개발을 통하여 국가적 현안을 해소하고 신산업 창출과 해외수주 경쟁력을 증대하기 위하여, 시장선도형 플랜트 핵심기술 확보, 관련 수주 및 수출 확대 등 전략적으로 추진 - (담수화 기술) 에너지 절감을 위한 해수담수화 플랜트 막공정 융복합 기술, 공정 효율화 등 응용플랜트 기술개발 - (가스·비전통 자원화 기술) 세계시장 주도권 확보를 위한 가스·오일·비전통 에너지원의 자원화 플랜트 설계·시공 기술 개발 - (자원이송 및 순환기술) 동토지역 자원이송망, 수소 인프라, 도시자원(에너지, 물 등) 공급·처리·자원순환 플랜트 등에 관한 기술 개발 - (플랜트 건설 지원 인프라 기술) 플랜트 엔지니어링 생산성 개선을 위한 원격시공, 사업관리 등 기술개발 및 해외 진출을 위한 실증 인프라 구축
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 기존 사업에서 자원 순환기술, 인프라 기술과 유사성을 보이거나, 보다 구체적으로는 도시자원 순환 복합플랜트 연구단에서 대상으로 하는 목적물에서 유사성을 보임
	• (차별성) 복합플랜트 핵심 통합공정이 아닌, 사업화 모델 확보를 위한 지하공간 활용과 시설 단위 복합화 기술을 중심으로, 사업의 계획·설계, 건설·시공, 유지·관리 등과 결합 수행되어 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 복합플랜트의 폐자원 에너지화 핵심 공정 기술과 관련하여, 도시폐자원 복합연료 생산 및 열병합발전 기술, 생산된 전기 및 열에너지의 사용자 중심 활용을 위한 ICT 기반 운영기술 관한 성과를 연계가능

<표 8-40> 건설기술 연구사업(국토부)과의 중복성 비교

구분	건설기술 연구사업
사업목적	• SOC 시설물의 전주기(설계, 시공, 유지관리 및 해체 등)에 대한 안전성, 고부가가치화, 첨단화 및 글로벌 선도를 위한 핵심요소기술 개발
사업기간	'07 ~ 계속
사업비	7,210.05억 원('07 ~ '18)
사업시행 주체	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원
사업규모	4개 구성기술
사업내용	• 설계, 시공, 유지관리 및 해체 등 SOC 시설물의 전주기적인 안전성 확보, 고부가가치화, 첨단화를 통한 글로벌 선도 핵심요소기술 개발 사업 - (설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술) 고부가가치 설계 ENG 기술경쟁력 제고 및 해외시장 진출 지원을 위한 핵심기술 개발 - (건설재료 개발 및 활용 기술) 신시장 창출을 위한 환경부하 저감 및 고성능·다기능 신설 재료분야 원천 기술개발 - (시공자동화/효율화 및 특수구조물 구축 기술) 건설생산성 제고를 위한 첨단기술 융합형 기공 프로세스 혁신 및 특수 구조물 자립 건설기술 개발 - (재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설 안전기술) 재난·재해를 인한 SOC 시설물 피해 사전예방 응급 복구 및 성능 중심의 선제적 유지 관리기술 개발
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 본 사업 재난·재해 관리 기술과 일부 유사성을 가질 것으로 사료되며, 이는 주로 운영 및 유지관리와 관련
	• (차별성) 일반적인 재난·재해 예방 및 대응 기술이 아닌, 플랜트의 지하화에 따른 지하공간에 특화된 누출, 화재, 폭발과 같은 재난·재해 예방 및 대응 기술을 개발함으로써 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 일부 재난·재해 위험성 평가를 위한 정량적 데이터 및 인프라 유지보수 및 통합관리 ICT 기술 연계 가능

<표 8-41> 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업(산업부)과의 중복성 비교

구분	플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업
사업목적	• 플랜트 및 엔지니어링 분야의 핵심 원천기술 및 기자재 개발을 통한 기술 경쟁력 강화 및 주력산업의 글로벌 경쟁력 기반 확보
사업기간	'11 ~ 계속
사업비	522.66억 원('11 ~ '15)
사업시행 주체	산업통상자원부(한국에너지기술평가원)
사업규모	2개 세부기술분야, 3개 구성기술
사업내용	• 플랜트 원천공정기술 및 엔지니어링 기술개발 - 미래 시장성이 높은 해양, 에너지, 환경 분야 등을 중심으로 우리나라의 미래 주력 플랜트의 원천기술 개발 지원 - 주력플랜트의 원천공정기술, 엔지니어링의 체계적 기술개발을 위해 플랜트 및 엔지니어링 R&D 지원 - (플랜트 원천공정) 무방류 지향 하이브리드 담수화 공정기술 - (엔지니어링) 석탄층 메탄가스 자원화 엔지니어링 기술개발, 세일가스전 발생페수 및 생산수 처리시스템 엔지니어링 기술개발, 100kW급 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템 엔지니어링 기술개발, 플랜트 O&M지원을 위한 가상플랜트 엔지니어링 기술개발 등 • 플랜트 기자재 개발 - 기술과 시장이 성숙하여 수요가 많으나, 수입에 의존하고 있는 플랜트 핵심기자재 기술 개발 지원 - (플랜트 기자재) 100만 배럴급 FPSO용 Turret System 설계기술 개발, 심해 드릴링 장비의 Bulk 및 LP Mud Handling 시스템 기술개발
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	• (유사·중복성) 원천공정 및 엔지니어링 기술, 시스템 설계, 유틸리티, 운영 등에 관한 공통기술에 있어서 연구방법론이 유사성을 가지는 것으로 사료됨
	• (차별성) 기존 오일·가스, 발전 플랜트 분야가 아닌 신산업분야인 지하공간 활용 복합플랜트 핵심 기술을 대상으로, 사업의 계획·설계, 건설·시공, 유지·관리 등과 결합 및 수행되어 차별성을 가짐
	• (연계활용방안) 해당 사업에서 개발되는 성과로, 발전시스템, 석탄가스화, 해저용 장비, 기자재류 등에 집중하고 있어, 일부 발전 시스템이나 관련 기자재의 일부성과를 연계할 수 있을 것으로 예상됨

<표 8-42> 폐자원 에너지화 기술 개발사업(환경부)과의 중복성 비교

구분	폐자원 에너지화 기술 개발사업
사업목적	•매립·소각·해양배출을 대체하여 발생폐자원을 처리와 동시에 에너지 자원으로 활용할 수 있는 한국형 폐자원에너지화 실증시스템 개발
사업기간	'13 ~ '20
사업비	703.46억 원('13 ~ '18)
사업시행 주체	환경부(한국환경산업기술원)
사업규모	2개 세부기술분야, 7개 구성기술
사업내용	•가연성폐자원 에너지화 기술개발 - (공기사용 가스화 및 활용) 생활폐기물의 친환경적 처리와 동시에 신재생에너지 활용이 가능한 기술 개발 - (생활 및 혼합건설 가연성폐자원 에너지화) 생활폐기물, 혼합건설폐기물(폐목재, 폐플라스틱 등) 중 가연성분을 선별하는 제조과정이 간편하고 에너지 효율이 높은 시스템 개발을 통한 폐자원 연료 생산으로 신재생에너지 보급 및 확대 - (고형연료 이송 및 관리) 비성형 고형연료의 이송/운송/저장 등 과정에서 제품의 안전성 향상 및 민원 발생요인 차단을 위한 기술개발 - (매립지 정비 폐자원에너지화) 기존 매립지의 순환 이용을 통한 신규 매립지 확보난 해소 및 연료 및 복토재 활용 등을 위한 기술개발 •유기성폐자원 에너지화 기술개발 - (슬러지류와 소화잔재물 고체연료화 및 무해화) 유기성 폐기물의 친환경적 처리와 동시에 신재생에너지 및 고부가 원료를 생산할 수 있는 기술개발 - (유기성폐자원 바이오 연료화) 한국형 바이오가스화 기술 및 셀룰로오스계 폐자원(폐목재 등)을 이용하여 고부가 연료 및 원료를 생산하는 바이오 액상연료화 기술 개발을 통해 국가 에너지 수급 정책(RPS, RFS 등) 기여 - (공통환경기술개발) 바이오 에너지화 시스템에서 발생하는 잔재폐기물을 처리하여 2차 오염문제 최소화 및 에너지 수급
미비점 보완대책 및 연계방안	주요내용
	•(유사·중복성) 폐자원 에너지화에 관하여 생활폐기물의 친환경적 처리, 고형연료화, 하수슬러지·음식물 쓰레기의 연료화 등에 있어서 유사성 보유
	•(차별성) 본 사업은 가연성 폐자원과 유기성 폐자원의 개별 에너지화 기술 개발이 아닌 공정 및 시설을 통합 연계 처리하여 기존 개별 처리 대비 온실가스 저감, 경제성 향상, 에너지 생산성 향상 등을 목표로 차별성을 가짐
	•(연계활용방안) 해당 사업에서 개발되는 각각의 폐자원 에너지화 기술을 활용하여 복합 시설 공정에 통합·연계 가능

제3절 경제적 타당성 분석

1. 경제적 타당성 검토 개요 및 체계

1.1 비용편익(B/C) 분석 개요

가. 비용편익 분석의 개념

□ 경제성 분석은 해당 사업의 추진에 의해 국민경제 전체에서 발생이 예상되는 편익과 비용을 추정하고 이를 이용해 비용편익분석(Cost-benefit Analysis)을 이용하여 사업의 타당성 판단

○ 비용편익분석에서 이용되는 기준으로는 순현재가치(NPV, Net Present Value)/기대순현재가치(ENPV, Expected NPV), 편익-비용 비율(B/C ratio) 등 다양한 방법이 있는데, 본 분석에서는 비용-편의 비율(B/C ratio)을 이용

○ 편익-비용 비율은 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나눈 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

- 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여, 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함

- 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단

○ 편익/비용 비율은 특정 항목을 편익 또는 비용으로 처리하는가에 따라 값이 달라지는 단점이 있으나, 일반적인 투자심사 기준으로 사용

나. 분석항목

□ 경제적 타당성 분석의 기본 항목으로는 총 사업비, 총비용, 편익 등으로 구분할 수 있으며, 객관화된 데이터를 기반으로 추정되어야 함

○ 비용은 사업기간 내 발생하는 총 사업비로 산정

- 편익은 해당 세부기술개발과제로 인해 실질적으로 혜택을 받게 되는 수요(기업, 대국민 등)를 추정하여 편익 추정
- 분석된 비용과 편익을 현재가치화 시켜 B/C값을 분석하고 B/C값이 1 이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단

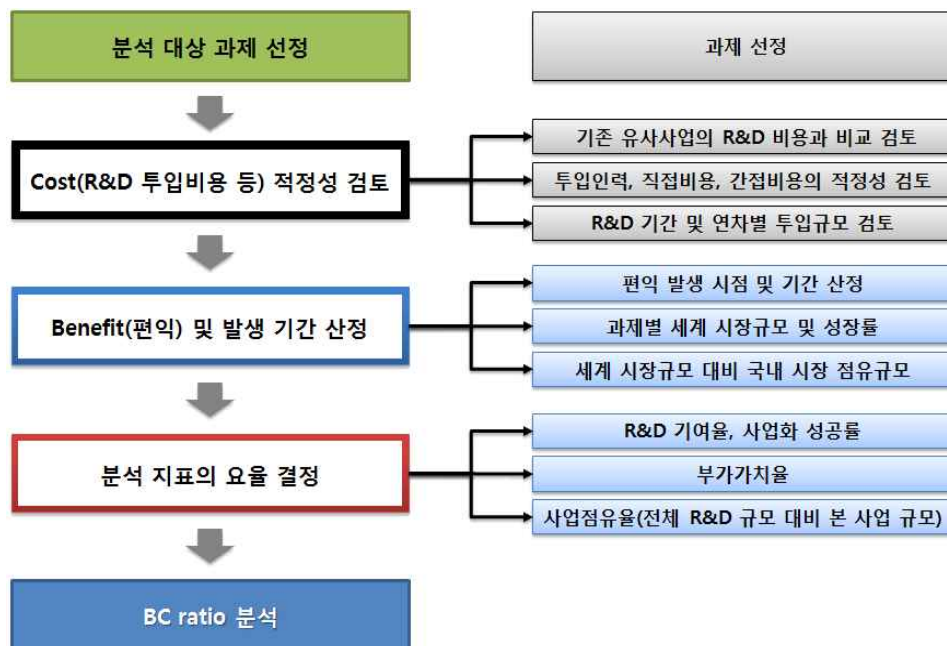
중항목	소항목		주요 검토 내용
비용 추정	연구개발	연구활동지원	• 과제규모, 연구수행주체(수, 질), 기술성숙도(기술수명주기), 연구기간, 연구개발단계, 과제특성(직접비/간접비 비중) 등
		체계개발(HW,SW)	• 용도, 사양, 중량, 복잡도, 기술적 난이도, 기존 수행경험, 기능점수 등
	연구시설·장비 구입 및 유지비	연구시설	• 용도, 면적(인원, 시설장비규모), 지형, 지질학적특성, 입지, 재료, 층수, 개조관련사항, 허가사항, 환경영향, 공공수용성, 내부체계 등
		연구장비	• 용도, 사양, 개수, 발주처(비교견적서) 등
	연구관리		• 관리인력(수, 질), 과제(평가.관리방법, 과제규모), 등
편익 추정 ※ 시장수요접근법 ¹⁾ 가장 많이 적용	수요 추정		• 해당 연구개발을 통해 실질적으로 혜택을 받을 수요를 추정
	편익 산정		• 對 국민 경제적 편익, 연구개발 편익, 과학기술 및 산업적 응용 편익 등을 고려 - 연구개발 편익 : 핵심 기술 및 노하우, 경험 확보->무형적 편익 - 편익 범위 명확화 및 기준선 설정 필요 - 직접 편익과 간접 편익 고려
경제성 분석	B/C 분석		• 현재가로 환산한 비용 대비 편익의 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단 • 시나리오 별로 BC 분석
	E/C 분석		• 편익을 화폐가치로 환산할 수 없는 경우 비용효과분석 적용 • 비용대비 효과 값이 비교대상 사업에 비해 클 경우 사업 시행이 적절함
	사회적 할인율 설정		• 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 데 사용하는 할인율 • 적정 사회적 할인율 5.5% 적용
	민감도 분석		• 투입 요소 변동에 따른 순현재가치의 변화 정도를 분석하기 위해 - 민감도 분석을 실시(할인율 ±2%, 비용/편익 ±20%) - 민감도가 클수록 위험한 사업으로 인식

<그림 8-19> 경제성 분석 주요 검토 항목

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	• 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 추가 시장 창출 규모 • 관련 기업 추가 매출액 • 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 • 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 비용 절감액 • 인명피해/재해복구 등의 사회적 비용 감소 편익, 정보제공에 따른 사회적 편익증가 • 연구기반으로 인한 비용저감효과
	간접 편익	• 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등
비용 (Cost)	연구개발비	• 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연원의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고)
	시설구축비	• 단지조성, 센터 구축 등 시설구축비(설계비, 감리비, 측량비 등을 포함한 전체 공사비)
	운영 및 유지보수비	• 편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

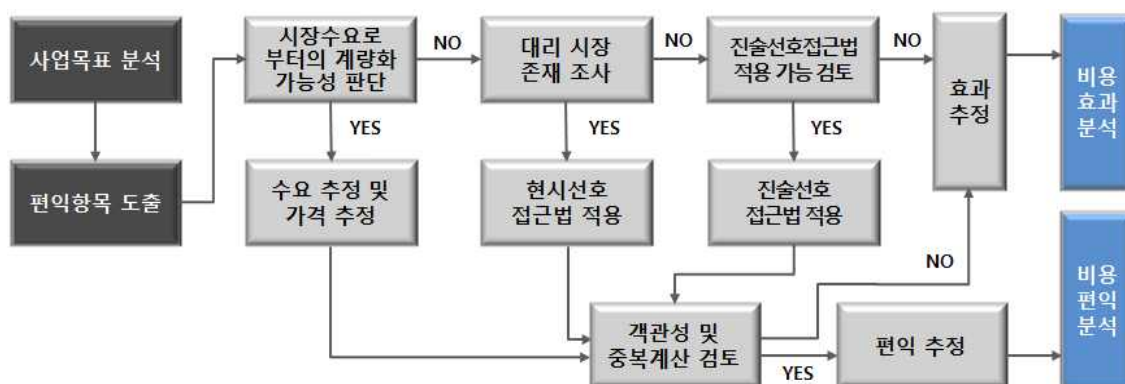
<그림 8-20> 세부 편익 및 비용 항목

1.2 비용편익(B/C) 분석 절차



<그림 8-21> 경제성분석 절차

- 분석대상 사업은 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 사업의 목표와 부합되는 예상성과로부터 기대되는 직접적인 경제적 편익을 분석하여 사업 전반적인 타당성 여부를 판단
- 먼저, 동 사업 수행을 위해 소요되는 총 사업비를 추정하여 기본비용으로 산정
- 다음으로, 편익발생시점과 편익발생기간 등을 설정한 후, 편익유형 및 추정방법 결정
- 최종적으로 편익산정을 위한 분석 지표 설정 후, 경제성 분석 실시



<그림 8-22> 경제성분석 과정 개략도

1.3 비용편익(B/C) 분석 전제조건

□ (편익항목) 「국가연구개발 사업 예비타당성 조사 일반지침 제2판」을 준용한 시장수요접근법과 Test Bed 운영을 통한 수익 적용

○ 동 사업의 목표, 수혜자, 성과물 등을 종합적으로 검토한 결과 전 세계적인 자원순환사회 구축 및 신재생에너지의 확대에 의해 폐자원의 효율적 에너지화를 위한 WTE(Waste to Energy) 플랜트 수주가 증가할 것으로 전망

- 대표적으로 급격한 도시화로 폐기물 처리 문제가 대두하고 신도시 개발이 활발한 아시아 시장을 타겟시장으로 설정
- 복합플랜트 실증 및 글로벌 경쟁력 강화를 통해 해외 신규 WTE 플랜트 관련 수주 확대에 따른 부가가치 창출 효과를 편익항목으로 설정

○ 본 사업을 통해 추진중인 Test Bed 건설을 통해서 얻어지는 전기 및 열 판매 수익을 분석하여 편익에 추가

- 복합플랜트 Test Bed 운영을 통한 매출액-운영비용을 계산하여 나온 수익을 도출하여 편익항목으로 설정

<표 8-43> 본 사업 분야별 편익항목 유형 및 대상

구분	편익항목
기술개발 과제	•(부가가치 창출) WTE 플랜트 신규 건설 수주 및 기존시설 현대화 시장 규모
상용급 실증 Test Bed 구축 및 운영	•Test Bed 운영으로 인한 폐기물 처리, 에너지·열 판매 수익

<표 8-44> R&D 사업 편익 추정방법 분류

대분류	세부분류	내용
가치창출	시장수요접근법	•미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	•로열티로 인하여 발생하는 편익계산
비용감소	생산비용접근법	•생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	•R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

□ (분석대상 시간) 사업 종료(2026년) 3년 이후 최초 편익이 발생하며,

기술수명주기 6년 동안 경제적 가치가 있는 것으로 가정

- 분석대상 기간은 사업이 추진되는 초기 연도인 2020년을 시작으로 편익이 발생하는 최종년도 까지 설정
 - 편익발생기간은 KISTEP 예타지침에서 제시하고 있는 응용·개발 단계의 연구개발사업 회임기간 3년을 적용한 후, 특허데이터 분석에 기반한 기술수명주기 6년을 적용하여 설정
- (환율) 2017년 평균 환율 1,130.6원 적용
- (사회적 할인율) 본 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 기획재정부 「예비타당성조사 수행 총괄 지침」에 따라 4.5% 적용
- (R&D 기여율) 35.4% 적용(예비타당성조사 표준지침 제2판)
- (사업화 성공율) 국토교통 R&D 사업화율(현장적용+사업화비율)을 조사하여 26.2% 적용²⁶⁾
- (사업 기여율) 동 사업 외 정부투자과 민간투자 규모를 NTIS 검색을 통해 규모를 추정하여 동 사업이 점유하는 비율 90.4% 산정
- (부가 가치율) 한국은행 산업연관표 중 본 사업 관련 산업시설 건설 부가가치율 33.7% 활용

26) 「해외건설 기술경쟁력 연구개발」, (2014)

2. 비용/편익 분석

2.1 해외 복합플랜트 건설 수주

가. 편익 추정 개요

- 최근, 국내 기업의 해외 플랜트 수주 실적은 '11년 72.3조원에서 '17년 29.8조원으로 연평균 13.7%의 높은 감소 추세를 유지
- 전체 플랜트 수주실적에서 공종별로는 Oil&Gas와 담수·분야에 집중되어 공종별 편중현상 심화
- 국내 플랜트 산업의 재도약과 공종별 편중의 극복을 위해 신산업 모델인 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 기술개발 필요

나. 편익대상 시장 추정

- 세계 폐자원 에너지화 플랜트 시장은 '09년 148.3억 달러에서 '16년 285.7억 달러로 연평균 9.8%씩 성장

<표 8-45> 세계 폐자원 에너지화 시장규모(WTE Plant) 현황

(단위 : 억 달러, %)

구분	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	CAGR ('09~'16)
기존시설 현대화	42.1	43.1	44.1	45.2	47.0	48.4	50.2	52.2	3.1%
신규 플랜트	91.4	80.0	48.0	118.3	116.4	124.0	128.6	214.0	12.9%
플랜트 O&M	14.8	15.2	14.7	16.3	16.9	17.5	18.1	19.5	4.0%
플랜트 수(개)	1,970	1,994	2,011	2,044	2,078	2,106	2,139	2,192	1.5%
총 시장규모	148.3	118.3	107.4	179.8	180.2	189.8	196.9	285.7	9.8%

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

「Global Waste to Energy Plant Market」, Frost&Sullivan (2013)

- 전체 폐자원 에너지화 플랜트 시장 중 기술적용 대상에 해당하는 시장은 기존시설 현대화와 신규 플랜트 시장으로 약 93.2%에 해당
- 세계 플랜트 EPC 발주 시장 중 아시아 지역의 비율은 약 30%²⁷⁾

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

<표 8-46> 편익대상 시장 규모 추정

(단위 : 억 달러)

구분	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26
세계 WTE Plant 시장	285.7	313.7	344.4	378.2	415.3	456.0	500.6	549.7	603.6	662.7	727.7
기술개발 범위(93.2%)	266.3	292.4	321.0	352.5	387.0	425.0	466.6	512.3	562.5	617.7	678.2
EPC 아시아 비중(30%)	79.9	87.7	96.3	105.7	116.1	127.5	140.0	153.7	168.8	185.3	203.5

- 편익발생 기간은 사업기간 총 7년('20년~'26년)에 회임기간 3년과 기술수명주기 6년을 적용하면 2030년~2035년으로 설정
- 폐자원 에너지화 시장규모 CAGR을 적용하여 시장수요를 전망한 결과 편익대상 시장규모는 2030년 295.7억 달러에서 2035년 471.9억 달러로 추정

<표 8-47> 편익발생기간 시장수요 전망 결과

(단위 : 억 달러)

연도	세계 WTE Plant 시장	편익대상 시장
2030	1057.7	295.7
2031	1161.3	324.7
2032	1275.1	356.5
2033	1400.1	391.5
2034	1537.3	429.8
2035	1687.9	471.9

- 편익대상 시장규모 중 국내기업의 수주 목표치 4~6%를 적용하여 시나리오별 분석 결과 중도적 시나리오에서는 2030년 14.8억 달러에서 2035년 23.6억 달러로 추정

<표 8-48> 국내기업 수주 목표별 시장규모

(단위 : 억 달러)

연도	편익대상 시장	보수적 시나리오(4%)	중도적 시나리오(5%)	낙관적 시나리오(6%)
2030	295.7	11.8	14.8	17.7
2031	324.7	13.0	16.2	19.5
2032	356.5	14.3	17.8	21.4
2033	391.5	15.7	19.6	23.5
2034	429.8	17.2	21.5	25.8
2035	471.9	18.9	23.6	28.3

다. 편익 추정 결과

- 해외 복합플랜트 건설 수주 확대에 따른 부가가치창출 효과 추정을 위해 분석지표인 부가가치율, 사업화 성공률, R&D 기여율, 사회적 할인율 등을 모두 적용하여 편익을 추정

<표 8-49> 편익산정 기준 및 지표 설명

구분	기준	산정근거
R&D 기여율	35.4%	연구개발사업 예비타당성 조사 표준지침(2판)
사업화 성공률	26.2%	최근 3년간(국토교통 R&D 사업화 성공률)
부가가치율	33.7%	산업시설 건설
사업기여율	90.4%	유사과제 규모 기준
사회적 할인율	4.5%	연구개발사업 예비타당성 조사 표준지침(2판)
편익 발생기간	6년	특허데이터 분석에 기반한 기술수명주기 적용

- (보수적 시나리오) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 중도적 시나리오에 따른 총 편익규모는 2,903.9억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 1,588.2억 원으로 추정됨

<표 8-50> 편익 분석 결과(보수적 시나리오)

(단위 : 억 원)

연도	시장규모	R&D기여율	사업화 성공률	부가가치율	사업기여율	편익	현재가치
2030	13,341.1	4,722.7	1,237.4	417.0	377.0	377.0	232.3
2031	14,697.8	5,203.0	1,363.2	459.4	415.3	415.3	244.9
2032	16,167.6	5,723.3	1,499.5	505.3	456.8	456.8	257.8
2033	17,750.4	6,283.6	1,646.3	554.8	501.5	501.5	270.8
2034	19,446.3	6,884.0	1,803.6	607.8	549.5	549.5	283.9
2035	21,368.3	7,564.4	1,981.9	667.9	603.8	603.8	298.6
합계	102,771.5	36,381.1	9,531.9	3,212.2	2,903.9	2,903.9	1,588.2

- (중도적 시나리오) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 낙관적 시나리오에 따른 총 편익규모는 3,625.8억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 1,897.7억 원으로 추정됨

<표 8-51> 편익 분석 결과(중도적 시나리오)

(단위 : 억 원)

연도	시장규모	R&D기여율	사업화 성공률	부가가치율	사업기여율	편익	현재가치
2030	16,732.9	5,923.4	1,551.9	523.0	472.8	472.8	291.3
2031	18,315.7	6,483.8	1,698.7	572.5	517.5	517.5	305.2
2032	20,124.7	7,124.1	1,866.5	629.0	568.6	568.6	320.8

<표 8-51> 편익 분석 결과(중도적 시나리오)

(단위 : 억 원)

연도	시장규모	R&D기여율	사업화 성공률	부가가치율	사업기여율	편익	현재가치
2033	22,159.8	7,844.6	2,055.3	692.6	626.1	626.1	338.1
2034	24,307.9	8,605.0	2,254.5	759.8	686.8	686.8	354.9
2035	26,682.2	9,445.5	2,474.7	834.0	753.9	753.9	372.8
합계	128,323.1	45,426.4	11,901.7	4,010.9	3,625.8	3,625.8	1,983.1

○ (낙관적 시나리오) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 보수적 시나리오에 따른 총 편익규모는 4,351.2억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 2,379.9억 원으로 추정됨

<표 8-52> 편익 분석 결과(보수적 시나리오)

(단위 : 억 원)

연도	시장규모	R&D기여율	사업화 성공률	부가가치율	사업기여율	편익	현재가치
2030	20,059.1	7,100.9	1,860.4	627.0	566.8	566.8	349.2
2031	22,026.3	7,797.3	2,042.9	688.5	622.4	622.4	367.0
2032	24,183.5	8,561.0	2,243.0	755.9	683.3	683.3	385.6
2033	26,557.8	9,401.5	2,463.2	830.1	750.4	750.4	405.2
2034	29,155.9	10,321.2	2,704.2	911.3	823.8	823.8	425.7
2035	32,011.8	11,332.2	2,969.0	1,000.6	904.5	904.5	447.3
합계	153,994.5	54,514.1	14,282.7	4,813.3	4,351.2	4,351.2	2,379.9

라. 본 과제 비용 도출

□ 본 과제에서 기술개발이 차지하는 비용은 총 1,754억 원으로 정부출연금 1,228억 원, 민간부담금 526억 원으로 구성

<표 8-53> 기술개발 총비용

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총계
총 사업비	국고	122	216	315	291	170	66	48	1,228
	민자	53	97	132	121	75	30	18	526
	합계	175	313	447	412	245	96	66	1,754
	현재가치	167.5	286.6	391.7	345.5	196.6	73.7	48.5	1,510.1

마. 비용/편익 분석 결과

□ (보수적 시나리오) 보수적 시나리오에 대한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 1.05로 산정

- (비용) 본 기술개발 과제는 2020년부터 2026년까지 7년간 1,754억 원의 비용이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 1,510.1억 원으로 산출
- (편익) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 중도적 시나리오에 따른 총 편익규모는 2,903.9억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 1,588.2억 원으로 추정
- 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 $1,588.2/1,510.1 = 1.05$ 의 값 산정

<표 8-54> 보수적 시나리오 경제성 분석 종합

(단위 : 억 원, %, 배)

구분	편익-비용		경제성 지표		
	편익(억원)	비용(억원)	NPV(억원)	IRR(%)	BCR(배)
산출내용	1,588.2	1,510.1	78	5.0%	1.05

□ (중도적 시나리오) 중도적 시나리오에 대한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 1.31로 산정

- (비용) 본 기술개발 과제는 2020년부터 2026년까지 7년간 1,754억 원의 비용이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 1,510.1억 원으로 산출
- (편익) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 중도적 시나리오에 따른 총 편익규모는 3,625.7억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 1,983.1억 원으로 추정
- 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 $1,983.1/1,510.1 = 1.31$ 의 값 산정

<표 8-55> 중도적 시나리오 경제성 분석 종합

(단위 : 억 원, %, 배)

구분	편익-비용		경제성 지표		
	편익(억원)	비용(억원)	NPV(억원)	IRR(%)	BCR(배)
산출내용	1,983.1	1,510.1	473	7.3%	1.31

□ (낙관적 시나리오) 낙관적 시나리오에 대한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 1.58로 산정

- (비용) 본 기술개발 과제는 2020년부터 2026년까지 7년간 1,754억 원의 비용이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 1,510.1억 원으로 산출
- (편익) 해외 복합플랜트 건설 수주에 따른 부가가치 창출 편익의 중도적 시나리오에 따른 총 편익규모는 4,351.2억 원이며, 이를 현재가치화로 환산하면 2,379.9억 원으로 추정
- 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 $2,379.9/1,510.1 = 1.58$ 의 값 산정

<표 8-56> 낙관적 시나리오 경제성 분석 종합

(단위 : 억 원, %, 배)

구분	편익-비용		경제성 지표		
	편익(억원)	비용(억원)	NPV(억원)	IRR(%)	BCR(배)
산출내용	2,379.9	1,510	870	9.2%	1.58

2.2 복합플랜트 Test Bed 운영 수익

가. 편익 추정 개요

- 지하 공간 활용 복합플랜트의 설계 기술을 기반으로 실제 도심 지하 공간 내 복합플랜트의 건설/시운전 및 장기 운영으로 복합플랜트 시설의 운영/관리의 실증을 통한 사업화 기술 개발
- 실제 Test Bed를 설치하고 운영함으로써 바이오메탄 및 고형연료를 통해 생산한 에너지와 온실가스 배출권 추가 확보분에 대해 추정하여 편익에 반영

나. 편익 대상 추정

□ (운영수익) 복합플랜트 Test Bed 운영수익은 연간 234.11억 원으로 추정

<표 8-57> 복합플랜트 Test Bed 연간 운영 수익 추정

(단위 : 억 원)

구분		처리량/ 생산량	단위	단가	연간 수익
폐기물 처리	생활 폐기물 처리	51,110	톤/년	195,000원/톤	99.6억
	음식물류 폐기물 처리	17,520		222,000원/톤	38.9억
	하수슬러지 처리	13,870		180,800원/톤	25.1억
	소계				163.6억
에너지 판매	전력 판매	8.89	Gcal/일	160,000원/Mwh	5.46억
	열 판매	161.47		113,740원/Gcal	60.61억
	온실가스 배출권	24,662	tCO ₂ /년	26,000원/tCO ₂	4.44억
	소계				70.51억
합계					234.11억

자료 : 「도시자원 순환형 복합플랜트 연구단 1차년도 보고서」, 고등기술연구원 (2017)

※ 참고자료 도출 근거 기반은 2만 명 규모 Pilot 플랜트로서 본 사업은 20만 명 규모 실증 플랜트이므로 근거자료의 10배로 추정

- (처리량, 생산량, 단가 산정기준) 본 사업의 실증계획인구를 반영하여 폐기물 발생량을 산정하고, 폐기물 처리시설에 대한 건설비는 본 사업의 폐기물 발생량을 고려, 플랜트 건설 표준단가 산정기준에 근거하여 산정²⁸⁾

28) 2019년도 폐기물처리시설 국고보조금 업무처리지침(환경부)
하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령(환경부)
2019년 표준사업비 산정표(환경부, 2018년 예산편성지침)

- (1인당 도시생활폐기물 발생량) 생활계 가연성 폐기물 0.7kg/일, 음식물류 폐기물 0.24kg/일, 하수슬러지 0.19kg/일

□ (사회적 편익) 복합플랜트 Test Bed의 사회적 편익은 초기 지자체 녹지공간 확보 편익 52.5억 원과 환경개선 및 지상공원화 편익 연 100.6억 원으로 추정

<표 8-58> 복합플랜트 Test Bed 사회적 편익 추정

항목	Compact화 지하 복합플랜트
지자체 녹지공간 확보 편익	52.5억 원 (지상부지 1,750㎡적용)
환경개선 편익	연 89.0억 원
지상 공원화 편익	연 11.6억 원

※ 환경개선 편익 및 지상 공원화 편익은 사회적투자수익률(SROI)을 고려한 물환경 인프라시설 투자 방향 연구(한국환경정책·평가연구원, 2016)을 참조하여 편익 산출

※ 지자체 녹지공간 확보 편익의 경우 해당 Test Bed의 후보 설치 부지인 세종시 5-1지구 공시지가를 산출하여 예상 필요 부지 넓이를 적요하여 편익 산출

다. Test Bed 건설 및 운영 비용 도출

□ 실증 플랜트 건설 사업 예산은 총 2759.2억 원으로 정부출연금 1931.4억 원(70%), 민간부담금 827.8억 원(30%)으로 구성

<표 8-59> 상용급 실증 플랜트 건설 사업 예산 계획(자원별)

(단위 : 억원)

구분	총 사업비 자원별 구성			
	합계	국고	지방비	민자
토목 분야	1150.3	805.2	0.0	345.1
하수 분야	669.8	468.9	0.0	200.9
폐기물 분야	480.5	336.4	0.0	144.2
건축 분야	397.5	278.3	0.0	119.3
하수 분야	232.8	163.0	0.0	69.8
폐기물 분야	164.7	115.3	0.0	49.4
기계 분야	739.9	517.9	0.0	222.0
하수 분야	346.7	242.7	0.0	104.0
폐기물 분야	393.2	275.2	0.0	118.0
건축설비 분야	141.4	99.0	0.0	42.4
전기계측 분야	229.0	160.3	0.0	68.7
조경 분야	101.1	70.8	0.0	30.3
계	2759.2	1931.4	0.0	827.8

<표 8-59> 상용급 실증 플랜트 건설 사업 예산 계획(재원별)

(단위 : 억 원)

구분	총 사업비 재원별 구성			
	합계	국고	지방비	민자

자료 : 이메이트 기술(주) 설계 용역

□ 실증 플랜트는 운영비용은 연간 약 56.35억 원으로 Test Bed 운영기간인 15년간 약 845.25억 원으로 추정

○ 연간 총 56.35억 원의 운영 비용 중 정부출연금 39.45억 원, 민간부담금 16.9억 원으로 구성

<표 8-60> 상용급 실증 플랜트 연간 운영 비용 추정

(단위 : 억 원)

구분		처리량	단위	단가	연간 비용
운전비	생활폐기물 SRF 생산	51,092	톤/년	35,700원/톤	18.24억
	수열탄화 바이오가스 플랜트 운전비	21,487		12,100원/톤	2.6억
	수열탄화 운전비	31,428		7,700원/톤	2.4억
	소계				23.24억
인건비		중급숙련기술자 3명, 초급숙련기술자 6명			3.3억
유지보수비		시설비의 0.1%로 가정			2.8억
전력비		연간처리량 X 25,979원/톤			27.01억
합계					33.11억

자료 : 도시자원 순환형 복합플랜트 연구단

※ 기존 복합플랜트 대비 인건비는 30%, 유지보수비는 10%로 절감할 것으로 가정하여 운영비 추정

라. 비용/편익 분석 결과

○ (비용) 본 Test Bed는 2020년부터 3년간 건설 후, 2023년부터 15년간 운영하는 것으로 가정하여 3,604.5억 원의 비용이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 3,170.7억 원으로 산출

○ (편익) 본 Test Bed는 2023년부터 2037년까지(총 15년) 5,073.2억 원의 운영 이익이 발생 하고, 사회적 할인율 4.5% 적용 시 3,200.2억 원으로 산출

○ 동 사업의 총 비용 및 편익 추정을 통한 경제적 타당성 분석 결과 B/C Ratio는 $3,200.2/3,170.7 = 1.01$ 의 값 산정

<표 8-61> Test Bed 비용/편익 분석 종합

(단위 : 억 원, %, 배)

구분	편익-비용		경제성 지표		
	편익(억원)	비용(억원)	NPV(억원)	IRR(%)	BCR(배)
산출내용	3,200.2	3,170.7	30	4.6%	1.01

<표 8-62> Test Bed 비용/편익 상세 분석

(단위 : 억 원)

구분	편익		비용		부가가치 순편익	
	편익	현재가치	비용	현재가치	순편익	현재가치
2020년	52.5	50.2	2,759.2	2,640.4	- 2,706.7	- 2,590.1
2021년						
2022년						
2023년	334.7	280.7	56.4	47.3	278.4	233.4
2024년	334.7	268.6	56.4	45.2	278.4	223.4
2025년	334.7	257.0	56.4	43.3	278.4	213.8
2026년	334.7	246.0	56.4	41.4	278.4	204.5
2027년	334.7	235.4	56.4	39.6	278.4	195.7
2028년	334.7	225.2	56.4	37.9	278.4	187.3
2029년	334.7	215.5	56.4	36.3	278.4	179.2
2030년	334.7	206.2	56.4	34.7	278.4	171.5
2031년	334.7	197.4	56.4	33.2	278.4	164.1
2032년	334.7	188.9	56.4	31.8	278.4	157.1
2033년	334.7	180.7	56.4	30.4	278.4	150.3
2034년	334.7	173.0	56.4	29.1	278.4	143.8
2035년	334.7	165.5	56.4	27.9	278.4	137.6
2036년	334.7	158.4	56.4	26.7	278.4	131.7
2037년	334.7	151.6	56.4	25.5	278.4	126.0
합계	5,073.2	3,200.2	3,604.5	3,170.7	1,468.7	29.5

제4절 기대 및 파급효과

1. 기대효과 분석

1.1 과학기술적 측면

- 핵심기술 개발 및 실증을 통한 플랜트 고부가가치 기술력 및 경쟁력 강화
 - 고부가가치 전방 핵심기술 확보로 외국 선진업체에 대한 기술 의존도 감소와 기술자립화 실현
 - 기술 노하우 및 기술경험 축적으로 해외 기술시장 진출 기회 마련
 - 지하공간 활용 기술, 플랜트 O&M 기술 개발을 통해 기술 경쟁력 강화
- ICT 기반 플랜트 운영 및 유지관리 기술 확보로 4차 산업혁명 선도
 - ICT 기반 융·복합 플랜트 O&M 기술 개발로 운영 최적화 및 자동화, 무인화 실현
 - ICT 기반 재해·재난 대응 기술 개발로 통합 방재 시스템과 연동되어 피해를 최소화 할 수 있는 지하 공간 재난 대응 시스템 개발
- 플랜트 분야 뿐만 아니라 도시계획, 지하공간 활용, 에너지, 환경, ICT 등 연관기술과 융복합 후속 R&D로 파급
 - 중장기 기술 개발 방향 제시를 통해 플랜트 연구개발 인프라 확대 기대
 - 플랜트 산업 활성화 뿐만 아니라 산업성장의 시너지 효과 창출 등 파급효과 기대

1.2 사회경제적 측면

□ 기피시설 주민 반대 극복으로 사회적 손실 방지

- 지하화를 통해 기피시설에 대한 주민 반대를 극복하고 사회적 갈등으로 인한 손실 방지
- 지상공간에 주민 편의시설 구축으로 인근 주민 편의 제공 및 박탈감 해소

□ 신사업 모델 창출로 에너지·환경 플랜트 경쟁력 제고

- 신사업 모델 창출로 도시기반 에너지·환경 인프라 시설의 경쟁력 확보
- 우리나라 해외플랜트 수주의 편중화 개선 및 진출 시장의 다변화로 사업 안정화 및 지속적 발전 도모

□ 복합플랜트 운영 최적화를 통해 에너지 생산량과 처리효율 비용저감 효과 기대

- 복합화를 통한 통합 최적화 처리과정으로 에너지 생산량과 경제성 증가
- 온실가스 저감효과로 탄소배출권 수익 확보
- 기존의 환경기초시설과 달리 도시내 처리시설이 위치하여 폐기물과 에너지 운송 비용 절감

□ 복합플랜트 사업 수주 확대를 통한 고용촉진효과

- 복합플랜트 상용화 기술 확보 및 실·검증을 통해 다양한 수주경쟁에서 유리한 고지 확보 가능
- 복합플랜트 사업 수주 확대로 국내 엔지니어링 인력 고용촉진 및 국가 경제성장에 기여

2. 파급효과 분석

- 본 사업은 2020년부터 2026년까지 총 7년간 3,109.8원의 생산 유발효과와 1,222.5억 원의 부가가치 유발효과, 1,754명의 취업 유발효과 및 2,122.3명의 고용 유발효과를 나타낼 것으로 기대
- 생산유발계수와 부가가치유발계수는 어떤 산업부문의 최종수요가 한 단위 증가 하였을 때, 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 생산액 수준과 부가가치 단위를 나타냄
 - 고용유발계수는 어떤 산업부문의 최종수요가 일정금액(10억 원) 증가할 경우 각 산업 부문에서 직·간접으로 유발되는 고용자 수를 나타냄
 - 취업유발계수는 어떤 산업부문의 최종수요가 일정금액(10억 원) 증가할 경우 각 산업 부문에서 직·간접으로 유발되는 취업자 수를 나타냄
 - 파급효과 분석을 위해 2014년 기준 한국은행 산업연관표(를 활용하여 복합플랜트 건설기술에 해당되는 관련 산업의 산업연관계수를 도출

<표 8-63> 각 산업별 유발계수 분석

산업구분	생산 유발계수	부가가치 유발계수	고용 유발계수 (명/10억 원)	취업 유발계수 (명/10억 원)
기계 및 장비	1.730	0.492	9.1	7.2
전기 및 전자기기	2.328	0.637	5.3	4.3
전력, 가스 및 증기	2.549	0.682	2.3	2.0
수도, 폐기물 및 재활용 서비스	1.378	0.636	9.9	7.8
건설	1.136	0.392	13.9	10.2
전문, 과학 및 기술 서비스	1.715	0.977	15.6	12.9
사업지원 서비스	1.578	1.060	28.3	25.4
평균	1.773	0.697	12.1	10.0

<표 8-64> 본 사업 파급효과

산업구분	생산 유발효과	부가가치 유발효과	고용 유발효과 (명/10억 원)	취업 유발효과 (명/10억 원)
2020	310.3	122.0	175.0	211.8

<표 8-64> 본 사업 파급효과

산업구분	생산 유발효과	부가가치 유발효과	고용 유발효과 (명/10억 원)	취업 유발효과 (명/10억 원)
2021	554.9	218.2	313.0	378.7
2022	792.5	311.6	447.0	540.9
2023	730.5	287.2	412.0	498.5
2024	434.4	170.8	245.0	296.5
2025	170.2	66.9	96.0	116.2
2026	117.0	46.0	66.0	79.9
합계	3109.8	1222.5	1754.0	2122.3

참고문헌

1. 2014 신·재생에너지 백서(2014)
2. 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)
3. 2015 국토교통 기술수준분석(국토교통과학기술진흥원, 2015)
4. 2016 폐기물처리시설 설치·운영 실태 평가 결과보고서(한국환경공단, 2017.11)
5. 2016년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(온실가스종합정보센터, 2017.3)
6. 2016년 기준 환경산업통계조사 보고서(환경관리공단, 2017)
7. 2017년 건설산업 위기와 기회요인 점검(한국수출입은행, 2017.4)
8. 2017년 고형연료제품 제조·사용·수입 실적현황(한국환경공단, 2018.3)
9. 2018년 건설경기 전망(대한건설정책연구원, 2017.12)
10. Industry Credit Outlook (해외건설)(한국기업평가, 2017.12)
11. 고부가가치 일자리 창출을 위한 엔지니어링산업 경쟁력 강화방안 (2016.10)
12. 국내 유기성폐자원 에너지화 수요공급 현황 및 활성화 방안(환경대학교, 2017.5)
13. 국내 인프라 시설 지하화 사례 현황(GS건설)
14. 국내외 지하공간 개발현황 및 전망(쌍용건설, 2012)
15. 국토교통 R&D조사-플랜트 분야(KAIA, 2015)
16. 도시 지하에 격자형 지하 공간 건설, 지속 가능한 도시개발 수단으로 부상(장수호, 2015.9)
17. 도시기반 순환형 복합플랜트 기술 기획 최종보고서 (국토교통과학기술진흥원, 2014.6)
18. 도시기반 환경·에너지 복합플랜트(한국건설기술연구원, 2011.1)
19. 도심지역 대심도 지하공간 개발의 지반환경영향 및 정책제언 (한국환경정책·평가연구원, 2013.11)
20. 물 비즈니스 관련 산업 현황 및 사업 기회 점검(하나금융그룹, 2011.7)
21. 복합플랜트 사업대상후보지 에너지공급계획 분석(GS건설, 2017.12)
22. 사회적투자수익률(SROI)을 고려한 물환경 인프라시설 투자방향 연구(한국환경정책·평가연구원, 2016)
23. 산업분석 In-depth 건설(한국투자증권, 2018.5)

24. 세계 건설시장 동향 및 시사점(한국수출입은행, 2015.5)
25. 세계 선도형 스마트시티 연구개발사업(한국과학기술기획평가원, 2018.1)
26. 세계 에너지수요전망과 에너지수급 변화 요인(에너지경제연구원, 2017.12)
27. 세계화도시 (세계인프라시장동향)(KOTRA, 2018.2)
28. 스마트도시의 국내외 사례 및 법·제도 개선방안 연구(홍익대학교, 2017.11)
29. 스마트시티 개념과 표준화 현황(한국정보통신기술협회, 2018.9)
30. 스마트시티 리빙랩 사례 분석과 과제(과학기술정책연구원, 2018.4)
31. 스마트시티(한국과학기술기획평가원, 2018)
32. 시민 주도 스마트시티의 도전과제(한국정보화진흥원)
33. 시민과 함께하는 스마트시티 (한국정보화진흥원, 2017)
34. 신재생에너지 원별 기술동향(폐기물)(오세천, 2016)
35. 안양 박달하수처리장 지하화 완공 보도자료(한국환경공단, 2017. 3)
36. 안전한 지반굴착기술 개발기획 최종보고서(국토교통과학기술진흥원, 2015.6)
37. 용인에코타운 조성사업 타당성조사 용역(용인시, 2016.5)
38. 유기성폐기물 바이오가스화 기술현황 및 전망(한국환경산업기술원)
39. 융합연구리뷰(융합연구정책센터, 2018.5)
40. 재생에너지 3020 이행계획(안)(산업통상자원부, 2017.12)
41. 재생에너지 3020 이행계획과 정책적 시사점(KIET, 2018.1)
42. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(국토교통부, 2018.6)
43. 제1차 자원순환기본계획(2018.6)
44. 제2차 에너지 기본계획(산업통상자원부, 2014.1)
45. 제4차 신재생에너지 기본계획(산업통상자원부, 2014.9)
46. 제로 에너지 스마트 도시 조성방안 연구(국토연구원, 2016.12)
47. 주민기피시설해법 성공사례에서찾자(경기개발연구원, 2012.3)
48. 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 (에너지, 환경기계시스템)
(중소기업청, 2016)
49. 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 (에너지공급)(중소기업청, 2016)
50. 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 (에너지수요관리)(중소기업청, 2016)

51. 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 (플랜트엔지니어링)(중소기업청, 2016)
52. 중소기업 기술로드맵 2015-2017 (에너지자원활용)(중소기업청, 2015)
53. 중소기업 기술로드맵 2018-2020 (에너지)(중소기업청, 2017)
54. 중소기업 전략기술로드맵 2016-2018 (녹색제조)(중소기업청, 2015)
55. 지하공간 위험특성 분석 및 제도개선 방안 연구(한국화재소방학회, 2013)
56. 지하구조물 시공을 위한 비개착공법의 소개(쌍용건설, 2012)
57. 최근 국내외 대심도 지하공간 개발 사례 및 전망(쌍용건설, 2013)
58. 폐기물 관리체계 개편방안 마련 연구(환경부, 2013.3)
59. 폐기물 에너지화 기술-시장 급속히 성장할 엄청난 잠재력 보유(KISTI, 2014)
60. 폐기물산업 현황 및 주요 업체 점검(KB금융지주 경영연구소, 2017.1)
61. 폐자원 에너지화 기술개발사업(한국과학기술기획평가원, 2012.12)
62. 폐자원 에너지화 기술동향보고서(한국환경산업기술원, 2013.4)
63. 폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련 (한국환경공단, 2016.9)
64. 폐자원에너지화 산업 해외진출 실무 가이드북(한국환경산업기술원, 2013.12)
65. 하수슬러지 자원화시설 반입슬러지 함수율 저감시설 적용 타당성조사 연구 용역(수도권매립지관리공사, 2014.10)
66. 한국의 폐기물 자원관리 및 활용정책(국토연구원, 2016.12)
67. 해외 도시개발 시장 동향(GS건설)
68. 행복도시 5-1생활권 스마트시티 국가시범도시 기본구상(안)(LH, 2018.3)
69. 행정중심복합도시 복합공급처리시설용지 입지검토(LH)
70. 환경기초시설 에너지 자립률 제고와 한계(경기연구원, 2016.5)

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.