

(옆면)

(앞면)

18RDPP-
C50606-
01

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

R&D /
18RDPP-C50606-01

2
0
3
0
에너지
환경
변화
대응
건축
도시
에너지
최적화
기술개발
최종보고서

2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시
에너지 최적화 기술 개발
최종보고서

2019. 9.23.

주관연구기관 / 한국에너지기술연구원

2019

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

‘2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술개발’(연구개발 기간 : 2018. 12. ~ 2019. 08.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2019. 9. 23.

주관연구기관명 : 한국에너지기술연구원 (대표자) 광병성 (인)

주관연구기관책임자: 김종규 실장

참여연구원: 윤재호 소장

“ : 이동원 책임연구원

“ : 허재혁 선임연구원

“ : 김민휘 선임연구원

“ : 김득원 기술원

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호		해당 단계 연구 기간	2018.12.11.~ 2019.8.10	단계구분	
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술개발			
연구책임자	김종규	해당단계 참여연구원 수	총: 5명 내부: 5명 외부: 명	해당단계 연구비	정부:96,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:96,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부: 천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국에너지기술연구원 태양열융합연구실			참여기업명	
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
---	--------

요약문

1. 사업개요

- 사업명 : 2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술개발
- 총사업비 : 0.96억 원 (정부 0.96억 원, 민간 억 원)
- 사업기간 : 2018년 12월 ~ 2019년 8월 (8개월)
- 사업목적 : 건축, 도시 에너지 최적화를 위한 ‘기술개발 및 실증사업 조성’
- 추진주체
 - 주관부처 : 국토교통부
 - 전문기관 : 국토교통과학기술진흥원
- 사업목표 : 건축, 도시 에너지 최적화 기술
 - 2030 에너지 환경변화에 대응한 건물 및 도시 에너지의 최적화 기술 개발을 위한 사업 추진 타당성 검토 및 사업 추진체계 수립
- 추진근거
 - 과학기술기본법 제11조(국가연구개발사업의 추진)
 - 국토교통과학기술 육성법 제8조(연구개발사업의 추진)
 - 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)
 - 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)
 - 제4차 국가과학기술기본계획(2018~2022)
 - 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획(21개 범부처, 2017.11)
 - 건설산업 혁신방안(경제관계장관회의, 2018.6)
 - 스마트 건설기술 로드맵(국토교통부, 2018.10)

○ 주요 사업내용

- (중점분야1) 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 기술

- 건물 에너지절감과 더불어 도시차원의 실내외 미세먼지 저감과 재실자의 열쾌적을 동시에 만족시킬 수 있는 기술 개발 필요
- 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술
- 친환경 차세대 지역냉난방 기술
- 패시브/액티브 하이브리드 건물에너지 최적화 기술

- (중점분야2) 건축/도시 신재생 기술 고도화

- 고효율 에너지 절약 건물을 위해서는 새로운 개념의 에너지 생산형태의 외피시스템 기술이 필요
- 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술
- 건축물 대상 신재생 기술 고도화

- (중점분야3) 스마트 녹색 리빙랩 구현

- 건축물 에너지 최적화를 위한 실시간 성능 및 거주성 중심의 건물에너지 최적관리 기술로서 개발형 플랫폼 기반의 건물운영 관리 및 AR/VR을 활용하는 건물 관리, 운영 및 유지관리 패키지 기술 필요
- 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술
- 중소형 건물에너지 관리기술
- 성능기반 건물에너지관리기술

- (중점분야4) 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현

- 커뮤니티 단위의 에너지 통합관리를 위한 스마트 진단 및 분산형 에너지 최적 운영 기술개발 및 이를 이용한 수요대응용 열 및 전기 에너지 전환·저장·공유 기술 필요
- 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계
- 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술
- 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술

참고 : 제로에너지도시 최적화 방안

2030 에너지 환경 변화 대응 제로에너지도시 최적화 구현 ”



참고 : 도시에너지재생 최적화 방안

“ 2030 노후화 건축/도시 대응 도시에너지재생 최적화 구현 ”



2. 배경 및 필요성

□ (산업) 제로에너지빌딩을 ‘8대 에너지 신사업’ 으로 선정 등 급성장 중

- 정부는 제로에너지빌딩을 '8대 에너지 신사업'으로 선정해 2025년 신규 건축 면적의 50%를 제로에너지건물로 건축할 경우 연간 260만 톤 온실가스 감축 및 18만 명의 고용효과 기대
- 2016년 11월 4일, 신기후체제 'Post2020'이 발효되었고, 우리나라는 하루 앞선 11월 3일 파리협정 비준동의안이 국회를 통과해 도쿄의정서(Tokyo Protocol) 2차기간이 만료되는 시점인 2020년 이후, 2030년까지 37%의 온실가스 감축의무를 달성해야 함
- 개정된 '녹색건축물 조성 지원법'이 2017년 1월 20일 시행에 들어가면서 '제로에너지건축물(ZEB) 인증제'도 본격화 될 전망

□ (경제) 국내 제로에너지빌딩 시장 정체, 스마트 시티 시장 급성장 중

- 2010년 이후 선진국뿐만 아니라 중동 산유국과 중국, 인도 등 개발도상국도 스마트 도시 구축을 강력히 추진하고 있어 관련시장이 급속히 성장 중임
- 인구 1천만명 이상의 메가시티도 2014년 28개에서 2030년 41개로 확대될 전망

- 세계 에너지 트렌드는 전기화(에너지 전환) 및 도시화라고 할 수 있으며 이로 인해 국내에서는 3020 정책이행, 스마트시티 구축, 수소 경제 도입, 미세먼지 저감 등의 이슈가 있음



- 세계 도시 중 인구가 천만 이상인 메가 시티가 2013년 23개에서 2025년 37개로 늘어날 전망이며 그 영향으로 스마트시티 시장이 빠르게 성장할 것으로 기대됨

[표] 스마트시티 시장규모 및 전망 예측

예측 기관	시장 전망		
ABI Research	2013년 81억\$		2018년 395억\$
Markets and Markets	2014년 411.31억\$		2019년 1,134.84억\$
Frost & Sullivan (2013)	2016년 1조\$		2025년 3.3조\$
Mordor Intelligence	2014년 386.55억\$		2020년 1,386.56억\$
Pike Research	스마트시티 기술	2012년 61억\$	2020년 202억\$
Navigant (2017)	솔루션 및 서비스	2017년 40.1억\$	2026년 94.2억\$
CTA (2018)	2020년 340억\$		2025년 887억\$

* 자료 : 융합연구리뷰 no.5, 융합연구정책센터, 2018. 5

☐ (사회) 신축 도시의 공급량 저하에 따른 기존 도시 리모델링 수요 증대와 미세먼지 해결 및 재생에너지 공급 요구 증대

- 신도시 건설이 2030년 이후 급격히 축소되며, 기존 건축물에대한 리모델링을 통한 에너지자립 요구가 증대됨
- 대기 미세먼지에대한 건물 내 재실자 건강을 위한 대책 필요
- 재생에너지원 증대를 통한 친환경에너지 공급 증대를 위해서는 새로운 해법 필요

☐ (기술) EU를 중심으로 제로 및 플러스에너지 스마트 시티 개발에 투자를 확대하면서 미래시장 선점 중

- EU Horizon 2020 research 중 Smart Cities and Communities (SCC1)를 통해 2019년까지 40개 주요도시와 53개의 보조도시에 대한 연구 프로젝트가 진행되어오고 있음
- 블록 및 지구(district)단위의 플러스에너지화, 건물·사용자·대규모 에너지시스템 간의 에너지 거래 및 공유, 그리고 전기차의 수용성 증대를 위한 에너지 시스템을 중점으로 구현함

☐

- (정책) 선진국은 제로에너지건축을 넘어 도시단위 제로에너지화를 위한 중장기 계획을 수립하고, 온실가스 감축 및 지속가능에너지 확대를 위한 정책 추진 중
- ※ EU(2030 Climate and Energy Policy Framework), 일본(저탄소, 건강한 라이프 스타일과 행동변화를 위한 정책) 등
- 국내에서도 국토교통부를 중심으로 제로에너지건축물 보급확산 방안을 발표하면서, 지구단위 제로에너지 시범사업 추진 및 다양한 유형의 건축물 맞춤형으로 제로에너지건축 확산 추진 중

※ 제로에너지건축, 건축을 넘어 도시로! 이제 시작합니다(' 19.06)

제로에너지건축, 건축을 넘어 도시로! 이제 시작합니다.

- 국토교통부, 제로에너지건축 보급 확산 방안 발표 -

◆ 제로에너지건축 단계적 의무화 추진 - '20년 1천㎡이상 공공건축물을 시작으로 '30년까지 단계적 의무화 추진 • [20년] 공공[1천㎡ 이상] → [25년] 공공[5백㎡ 이상], 민간[1천㎡ 이상] → [30년] 모든건축물[5백㎡ 이상] ◆ 지구단위 제로에너지 시범사업 추진 - 시범사업지구로 "구리시 갈매역세권, 성남시 복정1" 공공주택지구 지정 - 시범사업 성과를 바탕으로 향후 3기 신도시 등으로 확대 검토 ◆ 다양한 유형의 건축물 맞춤형 확산 추진 - [공동주택] 과천·남양주·인천에 3개 제로에너지 시범단지(2,389호) 추진 - [단독주택] 세종·동탄2·부산에 임대형 단독주택단지(480호) 공급

- (종합) 국내 건설산업의 산업구조를 근본적으로 개선하고, 재생에너지기반 제로에너지건축물 활성화와 재실자의 건강을 위한 건축 패러다임 변화 및 건물에너지의 도시로의 확장을 통해 국가 경쟁력을 높이기 위해서는 「2030에너지 환경변화 대응 도시 및 건물에너지 최적화기술 개발」 추진을 통한 기술혁신 필요

3. 본 사업 적용 범위

□ 적용 대상

- 도시 및 건물에너지 최적화 기술의 종합적 실증을 고려하여 ‘스마트시티 국가시범도시’를 주요 대상으로 하되, ‘도시 재생’, ‘스마트시티’ 및 ‘신규 공공주택단지’ 전반을 대상으로 함
 - 제로/플러스에너지 주택 및 공동주택 등으로 구성되어 커뮤니티, 도시의 에너지 자립을 높이하고자 하는 도시재생 또는 신규 주택 단지
 - 스마트시티에서 보전, 치안 등 에너지와 관련되어있지 않은 부분에 대한 개발은 기존 R&D사업이나 신규 기획과제로 진행하고 있어 본 사업의 적용 범위에서 배제

□ 적용 범위

- 기존 도심 도시재생 뉴딜사업에 따른 광장, 폐교, 공공시설 등의 공간을 이용하여 신재생에너지 공급 허브로 활용
 - 주변 노후 건축물의 리모델링 기술적용 및 에너지 효율 향상
 - 에너지 허브 시스템 주변의 주택, 상가 등으로 에너지 공급
 - 주차공간 확보와 전기차 충전 인프라 설치로 건물 및 교통에너지 공급 가능
- 도시재생 기술 활용 및 실증
 - 대학 건물의 노후화에 따른 리모델링 및 제로/플러스에너지 건물화 작업
 - 이를 통한 도시 적용 리모델링 기술, 외피기술 등의 실용화
 - 주거형 건물, 공공건물, 상업건물 및 수송 등의 다양한 이용조건, 에너지 규모 등의 실증
- 건축에너지 확대를 통한 도시에너지 제로화 구현
 - 제로/플러스에너지 주택 및 공동주택으로 구성되어 전체 에너지 자립을 확보
 - 미세먼지, 환기, 신 냉난방 기술 및 건물일체형 신재생에너지 기술 적용 및 실증
 - 커뮤니티 단위의 에너지 네트워크, 저장, 전환 기술의 적용 및 실증을 통한 기술 확보
 - 건물단위 성능기반 에너지 관리기술 적용과 이를 포함한 도시단위 에너지 관리기술 실증

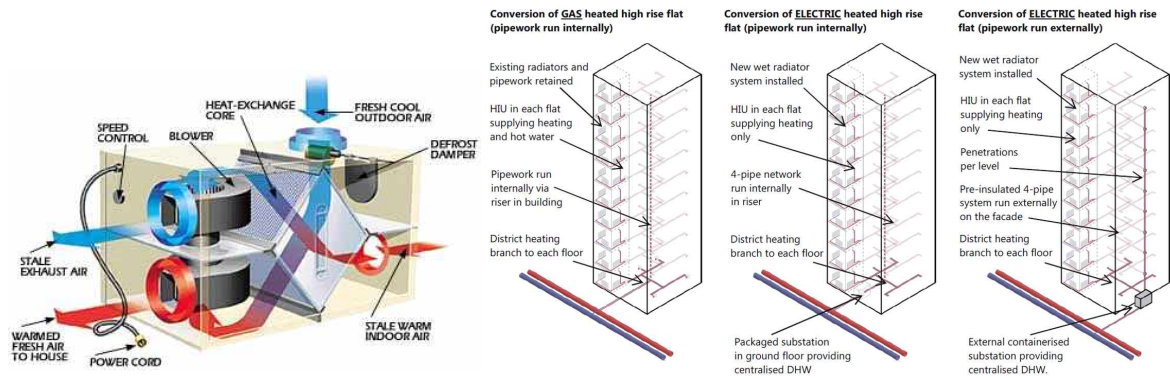
4. 비전 및 목표

비전	미래 글로벌 건축, 도시 에너지 기술 선도		
사업 목적	2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술 개발		
사업 목표	① 2030 에너지 환경 변화 대응 제로에너지도시 최적화 구현 (신도시) 도시 에너지 자립율 100% 달성		
	② 2030 노후화 건축/도시 대응 도시에너지재생 최적화 구현 (도시재생) 도시 에너지 자립율 20% 달성		
추진 단계	1단계 ('21~'22)	2단계 ('23~'24)	3단계 ('25~'26)
	• 중점분야 내 핵심/ 구성기술 개발	• 중점분야 간 핵심/구성기 술 연계	• 실증 및 검증
성과 목표	에너지 최적화를 위한 핵심기술 확보		에너지 최적화 기술 실증 적용

중점분야 및 핵심기술	중점분야	핵심기술
	친환경 고효율 지역 냉난방연계 건축설비 기술	◆ 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술 ◆ 주거용 소형 냉난방 및 환기 복합시스템 ◆ 패시브/액티브 하이브리드 건물에너지 최적화 기술 등
	건축/도시 신재생 기술 고도화	◆ 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 ◆ 건축물 맞춤형 신재생에너지 설치 및 활용기술 ◆ 건물 신재생-냉난방 융복합 기술 등
	스마트 녹색 건축 리빙랩 구현	◆ 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술 ◆ 성능기반 건물에너지관리기술 ◆ 건축물간 에너지 연계 및 거래 기술 ◆ 공동주택 신재생에너지 최적 운영 기술 등
	스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현	◆ 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계 ◆ 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술 ◆ 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술 ◆ 공공기반시설(인프라)이용 도시에너지 공급 기술 등

5. 중점분야별 핵심기술 개발 계획

□ 중점분야1. 고효율 지역냉난방연계 건축설비 기술



[환기 및 기존 건물 지역 냉난방 적용 관련기술 예시]

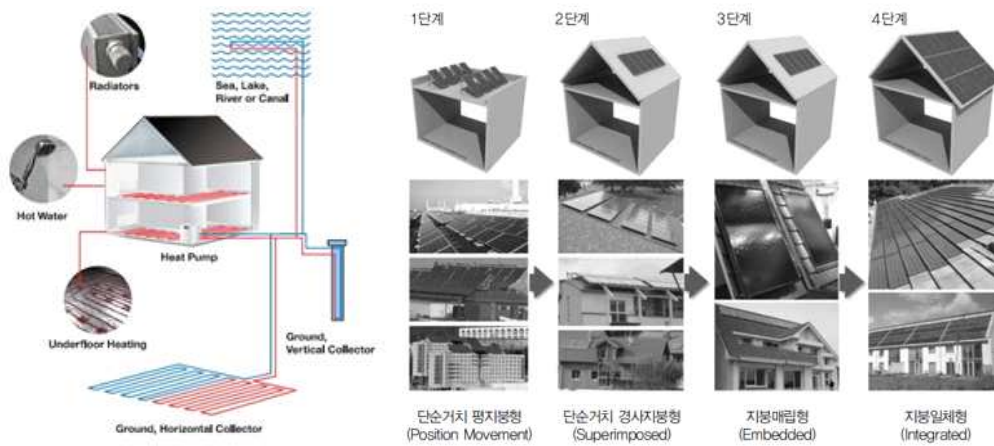
○ 개요 및 목표

개요	■ 건축에 적용된 신재생에너지를 이용한 건물형 제습과 환기 일체형 시스템을 개발하고 도심지내 건물 공조시스템 등을 활용하여 미세먼지를 포집할 수 있는 시스템 기술
목표	■ 건강 건축/도시를 위한 제로에너지 미세먼지-free형 제습환기시스템 및 최적운영 제어 기술 개발

○ 기술구성

핵심기술	구성기술
건물유형별 미세먼지-Free 환기시스템 기술	제로에너지 건물형 환기시스템 기술
	도시에너지와 건물 수요관리와 대응한 환기시스템 기술
건축물 활용 미세먼지 포집기술	건물 공조시스템을 활용한 미세먼지 포집기술
	건축물 활용 미세먼지 포집 효과 분석 기술 개발
미세먼지-Free형 환기시스템 최적운영 기술	실내 미세먼지 관리 및 재실자의 온열쾌적도 향상을 위한 최적 제어 기술

□ 중점분야2. 건축/도시 신재생 기술 고도화



[건물 일체형 신재생에너지 기술 예시]

○ 개요 및 목표

개요	■ 건축물 대상 친환경-비용절감형 신재생에너지 연계 냉난방설비 융복합 기술과 이를 적용한 시스템을 개발하고 도심내 수자원 등 미활용 에너지를 이용한 차세대 지역 냉난방 기술
목표	■ 도심형 차세대 지역냉난방 기술 개발

○ 기술구성

핵심기술	구성기술
신재생에너지-냉난방설비 융복합 기술	신재생에너지 설비에서 생산된 전기와 냉난방설비와의 연계를 통한 건물 자체에너지소비 증대 및 계통이용효율 극대화 기술, 잉여 전기/열 저장 및 이용 기술
	건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합시스템 기술
도심 미활용에너지 활용 지역냉난방 기술	차세대 지역냉난방 기술을 통한 열에너지 거래 및 열손실 최소화 공급 기술
	건물의 지붕 및 벽면에서 신재생에너지 적용 증대를 위한 지역냉난방 기술
건물일체형 기술연계 냉난방 기술	공기단축 및 공간활용 극대화를 위한 Factory made 형태의 패키지 시스템 기술
	건축구조에 최적화된 외피 일체형 신재생에너지 기술

□ 중점분야3. 스마트 녹색 리빙랩 구현



[건물에너지 모니터링 및 관리기술 관련 예시]

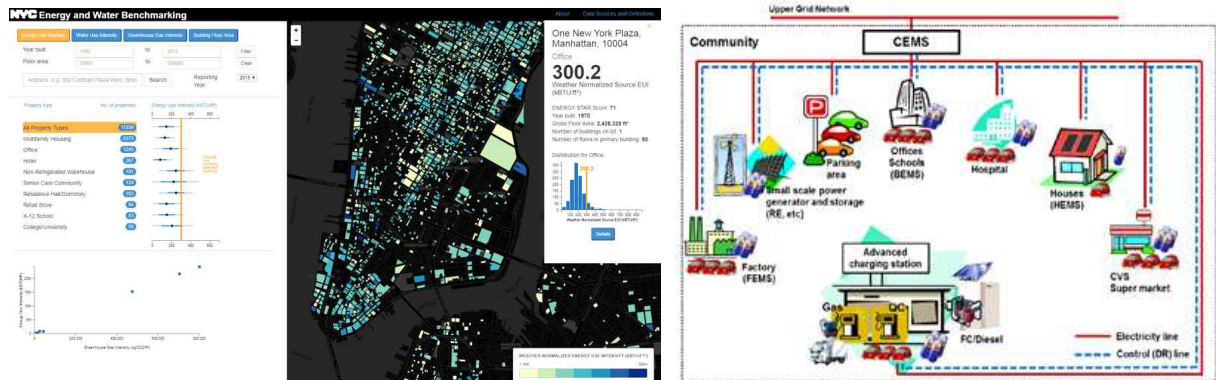
○ 개요 및 목표

개요	■ 건축물 에너지 최적화를 위한 실시간 성능 및 거주성 중심의 건물에너지 최적관리 기술로서 개방형 플랫폼 기반의 건물운영 관리 및 AR/VR을 활용하는 건물 관리, 운영 및 유지관리 패키지 기술
목표	■ 실시간 성능 및 거주성 중심 에너지관리기술 개발

○ 기술구성

핵심기술	구성기술
거주성 평가지표기준 건물에너지 최적관리 기술	PMV(열쾌적성지수), PPD(쾌적성 불만지수), POE(거주후 평가) 등의 평가지표를 통한 실내환경과 건물에너지 연계 분석 기술
	실시간 PMV, PPD, POE 지표 데이터기반 에너지관리기술
개방형 플랫폼 기반 건물운영관리 및 S/W 기술	건물운영관리와 평가를 위한 개방형 플랫폼 기술
	건물운영관리와 평가를 상용 SW패키지 기술
AR/VR활용기반 건물관리, 운영, 유지 패키지 기술	AR/VR 플랫폼 기술
	AR/VR 플랫폼 기반의 건물관리, 운영, 유지관리 패키지 기술

□ 중점분야4. 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현



[도시 에너지 설계 및 관리 관련 예시]

○ 개요 및 목표

개요	커뮤니티 단위의 에너지 통합관리를 위한 스마트 진단 및 분산형 에너지 최적 운영 기술개발 및 이를 이용한 수요대응용 열 및 전기 에너지 전환·저장·공유 기술
목표	에너지 공유 기반 커뮤니티의 에너지 통합 관리를 위한 스마트 진단 및 분산형 에너지 최적 운영 기술 확보

○ 기술구성

핵심기술	구성기술
에너지 공유기반 부하패턴 분석 및 최적 운영 기술	에너지 공유 기반 에너지 네트워크 부하패턴 분석 및 최적 운영기술 개발
	에너지 공유 기반 분산형 에너지 생산, 공급 및 배분 기술 개발
빅데이터를 활용한 스마트 진단기술	ICT-IoT 기술을 활용 관리 대상 커뮤니티의 상시 모니터링 및 관리 기술 개발데이터기반 시뮬레이션
	빅데이터를 활용한 이상징후 감지 및 안내 서비스 기술 개발
커뮤니티 내 기반시설 활용 에너지 클러스터 구축 기술	신재생 및 미활용 에너지를 최대한 이용할 수 있으며 계통 에너지원과 연계가 용이한 에너지설비 구축 최적 입지 선정
	커뮤니티 내 시간대별, 일별, 계절별 에너지 수요변화에 따른 에너지 공급 최적 관리 기술 개발
열 및 전력저장 동시 활용을 통한 부하관리 기술	전력저장과 열저장 기술을 동시에 이용하여 부하관리 및 에너지공유를 실현하는 에너지저장 시스템 구축 및 운용
	필요 시 열에너지로의 효율적 변환을 통한 에너지저장 활용

6. 기대효과

□ 과학기술적

- 재생에너지기반 스마트시티 조성 및 운영과정에서 생산되는 모든 정보의 디지털화를 통해 국내 스마트 건설기술의 경쟁력 확보 및 기존 도시에 대한 재생에너지기반 도시재생 기술 확보를 통해 해외 수출 활로 확보 가능
- 도시단위의 제로에너지화를 위한 친환경 고효율 지역냉난방 연계 건축설비 기술 확보
- 다양한 도시 유형에 대한 제로에너지화를 위한 재생에너지기반 차세대 지역냉난방 리모델링 기술 확보
- 도시단위 패시브/액티브 하이브리드 에너지 시스템 최적화 기술 확보
- 건물 신재생에너지의 도시단위 확대를 위한 건물 일체형 신재생에너지 기술 고도화
- 다양한 건물 유형 맞춤형 신재생에너지 설치 및 활용 기술 확보
- 노후화 건물의 제로에너지화를 위한 신재생에너지 적용 기술 및 냉난방시스템 리모델링 기술 확보
- 건축물 리모델링을 통한 에너지 최적화 분석 기술 확보
- 건축물간 에너지 연계 및 거래 기술 확보를 통한 신산업 창출 기대
- 신도시의 에너지최적 시스템 설계 기술 및 노후화 도시의 제로에너지화를 위한 도시재생 설계 기술 확보
- 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술 확보에 따른 신도시 및 노후화 도시의 도시 경쟁력 확보
- 재생에너지 기반 다양한 에너지 공급뿐만 아니라 에너지 효율 측면에서 도시 단위 에너지 수요관리를 통한 열/전기 에너지 이용 효율 극대화 가능
- 다양한 미활용 및 재생에너지원으로부터의 에너지 공급에 따른 SPC 활성화 및 분산에너지 사업자를 통한 에너지 공유 및 거래 시장을 위한 기술 확보

□ 경제·산업적

- 스마트 시티로의 패러다임 전환기에 재생에너지 기반 제로에너지건축 및 신개념 집단에너지 기술 활용으로 새로운 비즈니스 모델 및 일자리 창출 효과 기대
- 제로에너지도시화를 통한 재생에너지 및 에너지 효율화관련 신산업 창출
- 건물뿐만 아니라 도시단위의 에너지 수요관리/생산/공급 산업 활성화에 따른 신산업 활성화 및 일자리 증대

- 정부 및 지자체 중심의 에너지전환 정책 주도에서 에너지 SPC의 적극적인 참여 및 활성화로 다양한 민간중심의 에너지전환 산업 증대
- 도시단위 에너지 리모델링 시장 관련 신산업 창출 및 건물에서의 신재생에너지 중심 리모델링 시장 활성화와 일자리 증대
- 재생에너지시장이 국민의 새로운 자산으로 인식되면서 건물 및 도시단위 재생에너지 활성화를 민간주도로 선순환 확장
- 현재 건축산업이 신도시, 신축 공동주택 개발에 치우친 한계를 뛰어넘어 재생에너지중심의 리모델링 시장으로 변화되면서 건축산업 활성화 및 새로운 국가성장동력 창출
- 국내 제로에너지도시 관련 건축 산업의 역량 강화를 통해 해외 진출 및 주요 제로에너지도시 선도국가와 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 기회 마련
- 다양한 미활용 및 재생에너지원으로부터의 에너지 공급에 따른 SPC 활성화 및 분산에너지 사업자를 통한 에너지 공유 및 거래 시장 활성화에 따른 새로운 에너지 시장 창출

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.

목 차

제1장. 사업개요	12
제1절. 배경 및 필요성	12
1. 사업 추진배경	12
2. 정부지원의 필요성	13
3. 사업추진의 시급성	14
제2절. 사업 추진현황 및 근거	16
1. 사업 추진현황	16
2. 사업 추진근거	18
제3절. 기획 추진 체계 및 경과	20
1. 사업기획 추진체계	20
2. 사업기획 추진경과	21
제2장. 건축/도시 에너지 최적화의 개념 및 사업환경 분석	24
제1절. 건축/도시 에너지 최적화 정의 및 범위	24
1. 건축/도시 에너지 최적화 관련 기본 용어 설명	24
2. 건축/도시 에너지 최적화 관련 건물 액티브 기술 설명	25
3. 건축/도시 에너지 최적화 관련 건물 신재생 및 융복합 기술 설명 ..	29
제2절. 대내외 환경 분석	33
1. 메가트렌드 분석	33
2. 사회적 환경 분석	40
3. 기술적 환경 분석	43
4. 경제적 환경 분석	58
5. 생태적 환경 분석	69
6. 정책적 환경 분석	72
7. 주요 시사점	86
제3절. 국내 R&D 역량분석	87

1. R&D 투자현황	87
2. 특허 동향 분석	89
3. 논문 동향 분석	136
4. R&D 인프라 현황	146
5. 주요 시사점	148
제3장. 기존 건축, 도시에너지사업 성과 분석	150
제1절. 기존 사업현황 및 추진경과	150
1. 기존 사업 현황	150
2. 기존 사업 추진경과	152
제2절. 기존 사업 성과분석	154
1. 분야별 사업 현황	154
제4장. 사업설계를 위한 조사분석	177
제1절. 건축/도시 에너지 최적화 사업 관련 사전조사	177
1. 기술수요 조사	177
2. 공청회	192
제2절. 건축/도시 에너지 최적화 기술개발 사업 추진현황	198
1. 유사사업 현황	198
2. 국토교통부 사업 현황	200
제3절. 주요 시사점	209
1. 수행과제 검토의견	209
2. 향후 기술개발 의견	210
제5장. 연구개발 추진계획(안)	214
제1절. 사업추진방향 및 과제 도출	214
1. 사업 추진방향 도출 방법	214
2. 사업의 중점 추진분야 도출	217
제2절. 연구의 비전 및 목표	218

1. 연구의 개요	218
2. 연구의 비전	218
3. 연구의 목표	220
4. 중점과제 및 핵심기술 도출	221
 제3절. 실증계획	225
1. 도시재생 - 도심에너지 허브	225
2. 도시재생 - 노후 캠퍼스 활용	226
3. 제로에너지 - 신규 커뮤니티	227
 제6장. 중점 기술개발 내용	229
제1절. 중점기술별 상세내용	229
1. 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 기술	229
2. 건축/도시 신재생 기술 고도화	235
3. 스마트 녹색 건축 리빙랩 구현	239
4. 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현	245
제2절. 파급효과	251
1. 기대효과 및 파급효과	251
 [부록]	253
1. 전문가 기술수요조사서	254
2. 지자체 기술수요조사서	316

그림목차

[그림 1-1] 스마트시티의 등장배경: 도시인구 증가 및 도시문제 발생	15
[그림 1-2] 스마트시티시장 규모 및 투자규모	16
[그림 1-3] 스마트시티 국가별 비중 및 중점분야	16
[그림 1-4] 기획과제 추진체계도	20
[그림 1-5] 기획연구 추진일정	21
[그림 2-1] 도시화 및 고령화 전망	33
[그림 2-2] 전 세계 도시 및 농촌 인구 현황 및 전망	33
[그림 2-3] 전 세계 도시화율 및 인구 전망	34
[그림 2-4] 고령 및 고령화 사회 진입 속도	34
[그림 2-5] 친환경 지속가능 발전 개념도	35
[그림 2-6] ‘모두를 포용하는 지속가능 국가’ 비전체계도	36
[그림 2-7] 분야간 융복합, 빅데이터 기반 산업 강화 개념도	36
[그림 2-8] 제로 에너지 시티 개념도	38
[그림 2-9] 스마트 에너지 시티 해외 동향	39
[그림 2-10] 스마트 시티 사회적 환경 분석	40
[그림 2-11] 패시브하우스 단열관련 건축자재	40
[그림 2-12] 고내화콘크리트 기술	41
[그림 2-13] 신재생에너지 활용 냉난방 시스템	41
[그림 2-14] 실내환기 시스템 기술사례	42
[그림 2-15] 마곡 스마트에너지시티 개요	42
[그림 2-16] 에너지 전환 전개과정	43
[그림 2-17] 2050 건물에너지 소비전망	44
[그림 2-18] 2050 수송에너지 소비전망	45
[그림 2-19] 글로벌 에너지 시장 트렌드	45
[그림 2-20] 스마트에너지시티 개발 방안	46
[그림 2-21] 기후, 도시개발정도, 인구밀도에 따른 신재생에너지 에너지원 비교	48
[그림 2-22] Smart Cities and Communities 프로젝트 주요도시	49
[그림 2-23] +CityxChange 프로젝트 개요도 및 목표	50
[그림 2-24] 홍콩 발전에너지원별 비중	51
[그림 2-25] 독일 슈나이더 일렉트릭의 마이크로그리드 관리 시스템	51
[그림 2-26] U-city 개념 및 추진현황	53
[그림 2-27] 진천 친환경에너지타운 실증단지 개념도	54
[그림 2-28] 노원구 제로에너지주택 실증단지	55
[그림 2-29] 총 에너지 공급관련 에너지원별 비중변화	56
[그림 2-30] 전력 공급관련 에너지원별 비중변화	57
[그림 2-31] 제로에너지건물 시장 전망	58
[그림 2-32] 지역냉난방 사업자 연도별 에너지 사용량 및 지역난방의 에너지절감과 환경개선 효과	59
[그림 2-33] 태양광 전력판매 입찰 및 수익단가 추이	60
[그림 2-34] 해외 재생에너지 시장규모 및 전망	61

[그림 2-35] 신재생에너지 수요 현황 및 전망	61
[그림 2-36] 글로벌 신재생에너지 투자 추이	62
[그림 2-37] 발전원별 신재생에너지 설치 추위	62
[그림 2-38] 세계 스마트시티 수	63
[그림 2-39] 스마트시티 시장규모 및 전망	63
[그림 2-40] 건물 일체형 신재생에너지시스템의 세계 시장 규모 및 전망	64
[그림 2-41] VPP산업 시장 현황	68
[그림 2-42] 전 세계 신재생에너지 경제성 변화	68
[그림 2-43] 전 세계 에너지저장 시장 변화	69
[그림 2-44] 유럽 주요국가 ESS 설치량 현황 및 전망	69
[그림 2-45] 기후변화에 따른 2100년도 한반도 모습 전망	70
[그림 2-46] 제로에너지건축 보급 확산 방안1	72
[그림 2-47] 제로에너지건축 보급 확산 방안2	73
[그림 2-48] 2030 온실가스 감축 계획	73
[그림 2-49] 신재생에너지 지원 사업규모	75
[그림 2-50] 정부의 에너지절감 계획 중 EERS가 차지하는 비중	77
[그림 2-51] 국내외 제로에너지 정책 동향	78
[그림 2-52] 스마트시티관련 연구개발단계별 비중	88
[그림 2-53] 키워드별 클라우드 분석 결과	90
[그림 2-54] 기술성장도 분석	90
[그림 2-55] 기술경쟁력 분석 결과	91
[그림 2-56] 특허출원 종합평가	96
[그림 2-57] 액티브 친환경기술 클라우드 분석결과	98
[그림 2-58] 액티브 친환경기술 기술성장도 분석결과	98
[그림 2-59] 액티브 친환경 기술 국가별 특허출원 동향	99
[그림 2-60] 액티브 친환경 기술 국가별 외국인 출원 비중	100
[그림 2-61] 액티브 친환경 기술 전 세계주요 출원인 현황	100
[그림 2-62] 액티브 친환경 기술 국가별 주요 출원인 현황	100
[그림 2-63] 액티브 친환경 기술 IPC 코드별 특허 분포	101
[그림 2-64] 액티브 친환경 기술 출원인별 특허현황	102
[그림 2-65] 신재생 에너지기술 클라우드 분석결과	107
[그림 2-66] 신재생 에너지기술 기술성장도 분석결과	108
[그림 2-67] 신재생 에너지기술 국가별 특허출원 동향	108
[그림 2-68] 신재생 에너지기술 국가별 외국인 출원 비중	109
[그림 2-69] 신재생 에너지기술 전 세계주요 출원인 현황	109
[그림 2-70] 신재생 에너지기술 국가별 주요 출원인 현황	110
[그림 2-71] 신재생 에너지기술 IPC 코드별 특허 분포	110
[그림 2-72] 신재생 에너지기술 출원인별 특허현황	111
[그림 2-73] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 클라우드 분석결과	117
[그림 2-74] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 기술성장도 분석결과	118
[그림 2-75] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 특허출원 동향	118
[그림 2-76] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 외국인 출원 비중	119

[그림 2-77] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 전 세계주요 출원인 현황	119
[그림 2-78] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 주요 출원인 현황	120
[그림 2-79] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 IPC 코드별 특허 분포	120
[그림 2-80] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원인별 특허현황	121
[그림 2-81] 유럽 AC분야 기술성분석 종합	128
[그림 2-82] 유럽 기술시장 종합결과	128
[그림 2-83] 일본 CB분야 기술성분석 종합	129
[그림 2-84] 일본 기술시장 종합결과	129
[그림 2-85] 한국 CB분야 기술성분석 종합	130
[그림 2-86] 한국 기술시장 종합결과	131
[그림 2-87] 미국 AC분야 기술성분석 종합	132
[그림 2-88] 미국 기술시장 종합결과	133
[그림 2-89] 기술성분석 소결	135
[그림 2-90] 신재생 에너지기술 분야 논문현황	137
[그림 2-91] 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 분야 논문현황	139
[그림 2-92] 액티브 기술 분야 논문현황	141
[그림 2-93] 스마트 녹색건축 리빙랩 분야 논문현황	143
[그림 2-94] 건물에너지평가 분야 논문현황	145
[그림 2-95] 스마트 제로에너지 시티 착수 보고회의 사진	146
[그림 2-96] 진천 친환경에너지타운 신재생에너지기반 열공급 개념도	147
[그림 2-97] 진천 친환경에너지타운 발전 및 열에너지설비 개념도	147
[그림 3-1] 부처별 건축, 도시에너지 관련 수행과제 수(도시재생 제외)	151
[그림 3-2] 부처별 건축, 도시에너지 관련 수행과제 예산(도시재생 제외)	151
[그림 3-3] 분야별 과제 수행건수 추이	153
[그림 3-4] 분야별 과제 예산 추이	153
[그림 3-5] 부처별 제로에너지건축/리모델링 관련 수행과제 수	154
[그림 3-6] 부처별 건물신재생에너지 관련 수행과제 수	155
[그림 3-7] 부처별 제로에너지건축 관리기술 수행과제 수	156
[그림 3-8] 부처별 탄소제로 커뮤니티 구현 관련 수행과제 수	157
[그림 3-9] 2010~2014 제로에너지건축/리모델링 수행과제	158
[그림 3-10] 2015~2019 제로에너지건축/리모델링 수행과제	158
[그림 3-11] 2010~2014 건물신재생에너지 수행과제	159
[그림 3-12] 2015~2019 건물신재생에너지 수행과제	160
[그림 3-13] 2010~2014 제로에너지건축 수행과제	161
[그림 3-14] 2015~2019 제로에너지건축 수행과제	162
[그림 3-15] 2010~2014 탄소제로 커뮤니티 구현 수행과제	163
[그림 3-16] 2015~2019 탄소제로 커뮤니티 구현 수행과제	163
[그림 4-1] 전문가 간담회 일정	179
[그림 4-2] 전문가 간담회 사진	180
[그림 4-3] 전문가 간담회 1분과 회의 사진	180
[그림 4-4] 전문가 간담회 2분과 회의 사진	181
[그림 4-5] 수요조사 공문	189

[그림 4-6] 수요조사 수행양식	189
[그림 4-7] 공청회 일정	193
[그림 4-8] 공청회 사진	193
[그림 5-1] 건물 도시에너지 기술 분야	215
[그림 5-2] 건물 도시에너지 하드웨어 기술 대중소 분류	215
[그림 5-3] 건물 도시에너지 소프트웨어 기술 대중소 분류	215
[그림 5-4] 도시에너지 변화 대응 프로세스	217
[그림 5-5] 제로에너지도시 최적화 구현 (안)	220
[그림 5-6] 제로에너지도시 최적화 구현	222
[그림 5-7] 제로에너지도시 최적화 구현 (안)	222
[그림 5-8] 도시에너지재생 최적화 구현	224
[그림 5-9] 도시에너지재생 최적화 구현 (안)	224
[그림 5-10] 도시재생 모델-1 (도심 에너지 허브 모델)	225
[그림 5-11] 도시재생 모델-2 (노후 캠퍼스 활용 모델)	226
[그림 5-12] 신규도시 모델 (신규 공공주택단지 리빙랩 모델)	227
[그림 6-1] 기존 건물에서 지역냉난방 적용 방안 예시	231
[그림 6-2] 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 예시	235
[그림 6-3] 건물에너지 모니터링 화면 예시	239
[그림 6-4] 커뮤니티 단위 에너지 설계 프로그램 예시	245
[그림 6-5] 커뮤니티 단위 에너지 모니터링 예시	247
[그림 6-6] 커뮤니티 단위 에너지저장, 변환, 공유 기술 예시	249

표목차

[표 1-1] 스마트시티 시장규모 및 전망 예측	12
[표 1-2] 부처간 R&D 추진 현황 비교	18
[표 2-1] 주요 국가별 스마트 시티 정의	37
[표 2-2] 유럽주요국가 열에너지 관련 탈탄소화 로드맵	47
[표 2-3] 경기 신도시 건설계획	56
[표 2-4] 정책변화에 따른 에너지원별 설비용량 비중	57
[표 2-5] 연도별 지역난방 판매량 및 판매수입	59
[표 2-6] 금융회사별 신재생에너지 펀드 설정액	60
[표 2-7] 스마트시티 시장 전망	63
[표 2-8] 일본 전력관리 정책 및 현황	65
[표 2-9] 미국 전력관리 정책 및 현황	65
[표 2-10] EU 전력관리 정책 및 현황	66
[표 2-11] 세계 에너지 신산업 품목별 시장규모 및 전망	67
[표 2-12] REC가중치 개정 사항	76
[표 2-13] 에너지 저장장치 운영 및 피크 부하 관리 정책	77
[표 2-14] 전 세계 온실가스 감축 목표	78
[표 2-15] 국제에너지기구 온실가스 감축을 위한 권고시책	79
[표 2-16] 전 세계 온실가스 저감 정책	79
[표 2-17] BELS(building-housing energy-efficiency labeling system)관련 예산보조제도	82
[표 2-18] EU 집단에너지 보급현황	84
[표 2-19] 일본 전력 수요관리 현황	84
[표 2-20] 전력 수요관리 정책	85
[표 2-21] 국내 스마트시티 분야 정부 투자규모	87
[표 2-22] 녹색건축물 조성을 위한 기술분류	89
[표 2-23] 특허동향 분석기간 구분	89
[표 2-24] 분야별 특허 및 논문 기술경쟁력 비교	91
[표 2-25] 특허 기술경쟁력 분석지표	92
[표 2-26] 시장확보지표(IP시장성 지표)	93
[표 2-27] 특허영향력지표(보조지표)	93
[표 2-28] 출원증가율 종합지표	94
[표 2-29] 최근 특허출원 증가율	94
[표 2-30] 점유증가율	94
[표 2-31] 증가율예측	95
[표 2-32] 2013년도 특허 출원 증가율	95
[표 2-33] 액티브 친환경기술 분류 및 검색식	97
[표 2-34] 액티브 친환경기술관련 중분류 국가별 검색결과	97
[표 2-35] 액티브 친환경기술 검색 구간별 특허출원 동향	98

[표 2-36] 액티브 친환경기술 양 및 질적 지표	102
[표 2-37] 액티브 친환경기술 기술경쟁력 분석	103
[표 2-38] 액티브 친환경기술(AA분야) 특허 영향력 분석	103
[표 2-39] 액티브 친환경기술(AB분야) 특허 영향력 분석	104
[표 2-40] 액티브 친환경기술(AC분야) 특허 영향력 분석	104
[표 2-41] 주요국가 액티브 친환경기술 출원증가율 비교	105
[표 2-42] 액티브 친환경기술 출원증가율 종합지표 비교	105
[표 2-43] 신재생 에너지기술 분류 및 검색식	106
[표 2-44] 신재생 에너지기술관련 중분류 국가별 검색결과	106
[표 2-45] 신재생 에너지기술 검색 구간별 특허출원 동향	107
[표 2-46] 신재생 에너지기술 양 및 질적 지표	112
[표 2-47] 신재생 에너지기술 기술경쟁력 분석	112
[표 2-48] 신재생 에너지기술(BA분야) 특허 영향력 분석	113
[표 2-49] 신재생 에너지기술(BB분야) 특허 영향력 분석	113
[표 2-50] 신재생 에너지기술(BC분야) 특허 영향력 분석	113
[표 2-51] 주요국가 신재생 에너지기술 출원증가율 비교	114
[표 2-52] 신재생 에너지기술 출원증가율 종합지표 비교	115
[표 2-53] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 분류 및 검색식	116
[표 2-54] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술관련 중분류 국가별 검색결과	116
[표 2-55] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 검색 구간별 특허출원 동향	117
[표 2-56] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 양 및 질적 지표	122
[표 2-57] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 기술경쟁력 분석	122
[표 2-58] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CA분야) 특허 영향력 분석	123
[표 2-59] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CB분야) 특허 영향력 분석	123
[표 2-60] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CC분야) 특허 영향력 분석	124
[표 2-61] 주요국가 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원증가율 비교	125
[표 2-62] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원증가율 종합지표 비교	125
[표 2-63] 기술성(IP 부상성)분석 종합결과	126
[표 2-64] 기술성(IP 장벽성)분석 종합결과	127
[표 2-65] 기술성(IP 유망성)분석 종합결과	127
[표 2-66] 신재생 에너지기술 분야 논문 키워드	136
[표 2-67] 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 분야 논문 키워드	138
[표 2-68] 액티브 기술 분야 논문 키워드	140
[표 2-69] 스마트 녹색건축 리빙랩 분야 논문 키워드	142
[표 2-70] 건물에너지평가 분야 논문 키워드	144
[표 3-1] 건축, 도시에너지 관련 사업수	150
[표 3-2] 건축, 도시에너지 관련 사업예산	151
[표 3-3] 제로에너지 건축/리모델링 관련 사업수	155
[표 3-4] 건물 신재생에너지 관련 사업 투입 예산	155
[표 3-5] 건물 신재생에너지 관련 사업 수	157
[표 3-6] 건물 신재생에너지 관련 사업 투입 예산	157
[표 3-7] 제로에너지 건축 관리기술 관련 사업 수	159

[표 3-8] 제로에너지 건축 관리기술 관련 사업 투입 예산	160
[표 3-9] 탄소제로 커뮤니티 구현(도시재생)관련 사업 수	162
[표 3-10] 탄소제로 커뮤니티 구현(도시재생)관련 투입 예산	162
[표 3-11] 2010~2014년 제로에너지건축/리모델링 수행과제	164
[표 3-12] 2010~2014년 건물신재생에너지 수행과제	164
[표 3-13] 2010~2014년 제로에너지건축 관리기술 수행과제	165
[표 3-14] 2010~2014년 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생 수행과제	166
[표 3-15] 2015~2019년 제로에너지건축/리모델링 수행과제	169
[표 3-16] 2015~2019년 건물신재생에너지 수행과제	170
[표 3-17] 2015~2019년 제로에너지건축 관리기술 수행과제	172
[표 3-18] 2015~2019년 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생 수행과제	173
[표 4-1] 전문가 및 지자체수요조사서 회수 현황	177
[표 4-2] 건축·도시 R&D 기술 분류 체계	178
[표 4-3] 제안 기술 분류	178
[표 4-4] 1분과 전문가 간담회 의견 요약	181
[표 4-5] 2분과 전문가 간담회 의견 요약	183
[표 4-6] 수요기술조사서 구성 항목	186
[표 4-7] 기술개발단계 집계 결과	187
[표 4-8] 기술분류 집계 결과	187
[표 4-9] 지자체 응답 현황	190
[표 4-10] 공청회 패널 의견 요약	194
[표 6-1] 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술 상세내용	230
[표 6-2] 친환경 건강도시형 차세대 지역냉난방 기술 개발 및 실증 상세내용	232
[표 6-3] 패시브-액티브 하이브리드 기술 상세내용	234
[표 6-4] 건축물 대상 신재생 활용기술 상세내용	236
[표 6-5] 건축물 대상 신재생 기술 고도화 상세내용	238
[표 6-6] 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술 상세내용	240
[표 6-7] 중소형 건물에너지관리기술 상세내용	242
[표 6-8] 성능기반 건물에너지관리기술 상세내용	244
[표 6-9] 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계 상세내용	246
[표 6-10] 커뮤니티 단위 에너지 모니터링 및 분석기술 상세내용	248
[표 6-11] 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유기술 상세내용	250

제 1 장 사업 개요

제 1 절 배경 및 필요성

제 2 절 사업 추진현황 및 근거

제 3 절 기획 추진 체계 및 경과

제1장. 사업개요

제1절. 배경 및 필요성

1. 사업 추진배경

나. 추진배경

○ 제로에너지빌딩을 ‘8대 에너지 신사업’으로 선정 등 급성장 중

- 정부는 제로에너지빌딩을 ‘8대 에너지 신사업’으로 선정해 2025년 신규 건축 면적의 50%를 제로에너지건물로 건축할 경우 연간 260만 톤 온실가스 감축 및 18만 명의 고용효과 기대
- 2016년 11월 4일, 신기후체제 ‘Post2020’이 발효되었고, 우리나라는 하루 앞선 11월 3일 파리협정 비준동의안이 국회를 통과해 도쿄의정서(Tokyo Protocol) 2차기간이 만료되는 시점인 2020년 이후, 2030년까지 37%의 온실가스 감축의무를 달성해야 함
- 개정된 ‘녹색건축물 조성 지원법’이 2017년 1월 20일 시행에 들어가면서 ‘제로에너지건축물(ZEB) 인증제’도 본격화 될 전망과

○ (경제) 국내 제로에너지빌딩 시장 정체, 스마트 시티 시장 급성장 중

- 2010년 이후 선진국뿐만 아니라 중동 산유국과 중국, 인도 등 개발도상국도 스마트도시 구축을 강력히 추진하고 있어 관련시장이 급속히 성장 중임
- 인구 1천만명 이상의 메가시티도 2014년 28개에서 2030년 41개로 확대될 전망
- 세계 에너지 트렌드는 전기화(에너지 전환) 및 도시화라고 할 수 있으며 이로 인해 국내에서는 3020 정책이행, 스마트시티 구축, 수소 경제 도입, 미세먼지 저감 등의 이슈가 있음
- 세계 도시 중 인구가 천만 이상인 메가 시티가 2013년 23개에서 2025년 37개로 늘어날 전망이며 그 영향으로 스마트시티 시장이 빠르게 성장할 것으로 기대됨

예측 기관	시장 전망	
ABI Research	2013년 81억\$	2018년 395억\$
Markets and Markets	2014년 411.31억\$	2019년 1,134.84억\$
Frost & Sullivan (2013)	2016년 1조\$	2025년 3.3조\$
Mordor Intelligence	2014년 386.55억\$	2020년 1,386.56억\$

Pike Research	스마트시티 기술	2012년 61억\$	2020년 202억\$
Navigant (2017)	솔루션 및 서비스	2017년 40.1억\$	2026년 94.2억\$
CTA (2018)	2020년 340억\$		2025년 887억\$

*자료 : 융합연구리뷰 no.5, 융합연구정책센터, 2018. 5

○ (기술) EU를 중심으로 제로 및 플러스에너지 스마트 시티 개발에 투자를 확대하면서 미래시장 선점 중

- EU Horizon 2020 research 중 Smart Cities and Communities (SCC1)를 통해 2019년까지 40개 주요도시와 53개의 보조도시에 대한 연구 프로젝트가 진행
- 블록 및 지구(district)단위의 플러스에너지화, 건물·사용자·대규모 에너지시스템간의 에너지 거래 및 공유, 그리고 전기차의 수용성 증대를 위한 에너지 시스템을 중점으로 구현

2. 정부지원의 필요성

○ 온실가스 감축을 위해 화석연료 에너지 최소화 및 신재생에너지 중심으로 개편되는 국가 에너지 정책에 부합하기 위한 건물/도시에너지 분야 신규 사업 추진 필요

- POST-2020 국가 온실가스 감축 이행 수정 로드맵의 건물 부문 감축 요구량 확대('18), 3020 계획에 따른 에너지전환(탈원전)이 가시화, 재생에너지 중심 분산형 발전 확대('18, 제3차 에너지기본계획) 등에 대응한 건물 및 지역, 도시차원의 건물에너지 최적화 기법 도입 필요(Integrated Micro and Macro Approach)
- 미국, EU 등은 이미 국가사업으로 개별 건물의 효율화 추진과 함께 네트워크 기반 공유 및 연계형 건물 및 도시 에너지 시장 활성화를 위한 방안으로 에너지 공급/수요 연계 연구 및 국가사업을 추진 중

○ 미래 수요 및 시장전망을 종합적으로 고려하여 건물/도시에너지 분야 R&D 중장기 전략을 작성하여 정부 및 민간 연구개발에 전략적으로 활용 필요

○ 각 부처별 R&D 추진 방향이 다르며, 신재생에너지 원별 원천기술 중심으로 진행되는 과기정통부와 신재생에너지 단위 원별 또는 공급/생산을 위한 시스템 기술 중심인 산업부와는 달리, 국토부는 건물/도로 등 도시 구성요소에 기반한 도시 일체형 신재생에너지 적용성 및 건물부하/생산 실증 기술 중심으로 진행이 요구되므로 본 과제 추진이 필요

○ 건축물 단위에서 도시로 확대된 에너지 제로화 및 최적화 연구 필요성

- 건물 및 도시에서의 에너지 생산과 소비를 최적화하기 위한 기술개발은 글로벌 문제인

기후변화 대응에 가장 기본적이며 직접적인 기여를 하는 분야로서, 사적 이익을 뛰어넘는 공공적 목적의 기술개발임

- 국가 온실가스 감축 이행을 위한 수정 로드맵의 건물부문 감축요구량 증대로 ZEB, PEB에 대한 관심이 증가하면서, 이들 건물들이 포함된 도시 단위 에너지 최적화 기본설계와 운용방안 마련 등 모범적 모델 제시를 위한 중대규모 실증연구와 모니터링 및 분석연구 수행이 반드시 필요
- 이러한 에너지 분야의 중대규모 실증연구는 단기적 이익을 추구하는 민간차원에서 기획하고 주도할 수 없으며, 정부가 지원하고 산학연 연계를 통해 수행하는 방향 설정이 필요
- 한편, 신재생에너지 이용은 정부의 정책적 지원이 필수인 바, 이를 적극적으로 활용하는 건물 및 도시 에너지 최적화 기술개발은 관련 정책방향을 결정할 수 있도록 범부처 차원에서 추진되어야 할 사항임
- 미국, EU 등은 이미 국가사업으로 개별 건물의 효율화 추진과 함께, 에너지 네트워크를 통한 공유 및 연계형 건물 및 도시 에너지 시장 활성화를 위한 방안으로 에너지 공급/수요 연계 연구지원 및 국가사업을 추진 중

3. 사업추진의 시급성

○ 온실가스 감축에 대한 글로벌 이슈

- 에너지 고갈 및 기후변화에 대응하고 지속가능한 발전을 위해 주요 선진국은 국가별 온실가스 감축 목표를 정하고 연차별 이행방안을 수립하여 운영하고 있음
- 한국은 파리기후변화협약 당시 온실가스를 자연증가분 대비 37%(3억 1,500만 톤)를 감축하는 것을 목표로 설정하고, 이에 대한 부문별 온실가스 감축 목표 설정 및 추진 방안을 마련함
- 22번째 당사국 총회 (COP 22)에서 캐나다, 독일, 멕시코, 미국은 장기적인 저탄소 전략을 선도적으로 발표하였음. 미국 캐나다는 2050년까지 2005년 대비 80% 감축, 독일은 1990년 대비 80~95% 감축, 멕시코는 2000년 대비 50% 감축을 선언함

○ 국외 스마트시티 투자 증가

- 전 세계 스마트시티 프로젝트의 약 70%가 에너지, 교통, 안전 등 3대 스마트시티 요소에 집중될 것으로 전망 (IDC, 2013)
- 스마트시티는 도시인구의 급격한 증가에 따라 에너지소비량의 증가, 교통 혼잡, 환경오염 및 인프라 노후 등 다양한 문제 발생으로 인하여 전 세계적으로 수요 증가 추세
- 2050년 전 세계 인구는 약 95억명으로 증가하고 그 중 약 67%가 도시에 거주할 것으로 예측

- 인구증가와 급격한 도시화로 인한 문제를 해결하기 위해 전 세계 스마트시티 시장 규모는 2016년 7,819억 달러에서 2021년 2조 달러까지 연평균 16.6% 성장 예상
- 2030년까지 중국 7조 4,500억 달러, 미국 6조 8,500억 달러 투자, 아시아 지역(일본, 중국, 인도 제외) 4.27조 달러, 인도 2조 5,800억 달러, 일본 1조 1,700억 달러 투자 전망
- 세계 주요국은 정부 차원에서 스마트시티 구축과 관련 기술개발 계획을 발표하고 적극적으로 투자

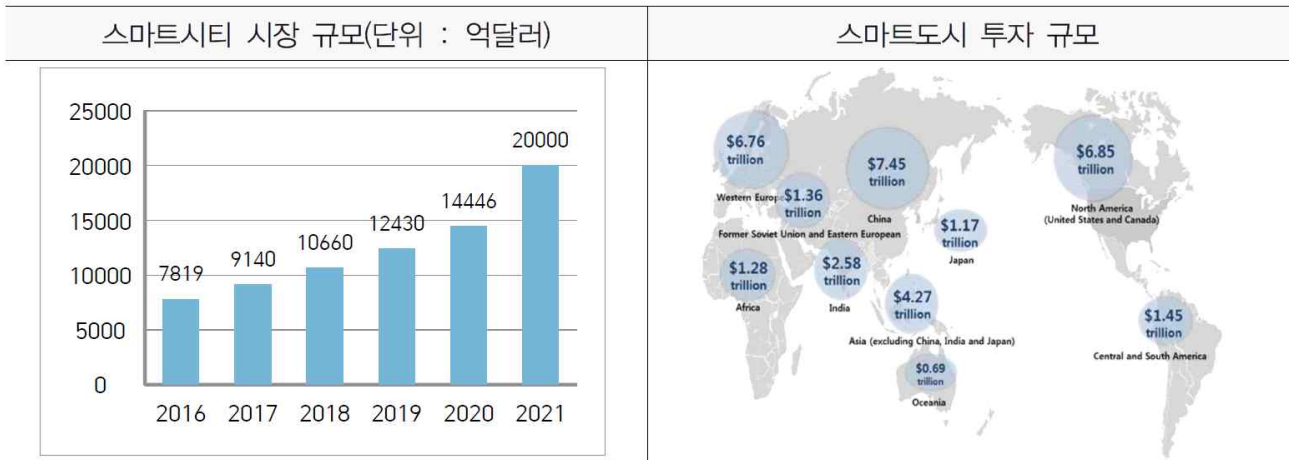
○ 한국의 건축물 부문의 온실가스 감축목표는 자연증가분 대비 18.1%(3,580만 톤)로, 목표달성을 위해 정부는 다음과 같은 세부부문별 목표를 설정

- 신축/기존 건축물 단열 성능향상, 신재생 에너지 적용(태양광 설비 설치)등 고효율건축물 보급 확대를 통해 1,320만 톤 감축
- 에너지 소비 효율이 높은 고효율 기자재 설치, 설비효율 개선 및 LED 조명 등 설비 에너지효율 개선을 통해 1,910만 톤 감축
- 건물 에너지관리시스템(BEMS) 보급 등 운영단계 이용효율 개선을 통해 350만 톤을 감축



[그림 -1] 스마트시티의 등장배경: 도시인구 증가 및 도시문제 발생

*자료: 스마트시티 정책 및 향후 방향, 국토연구원, 2017

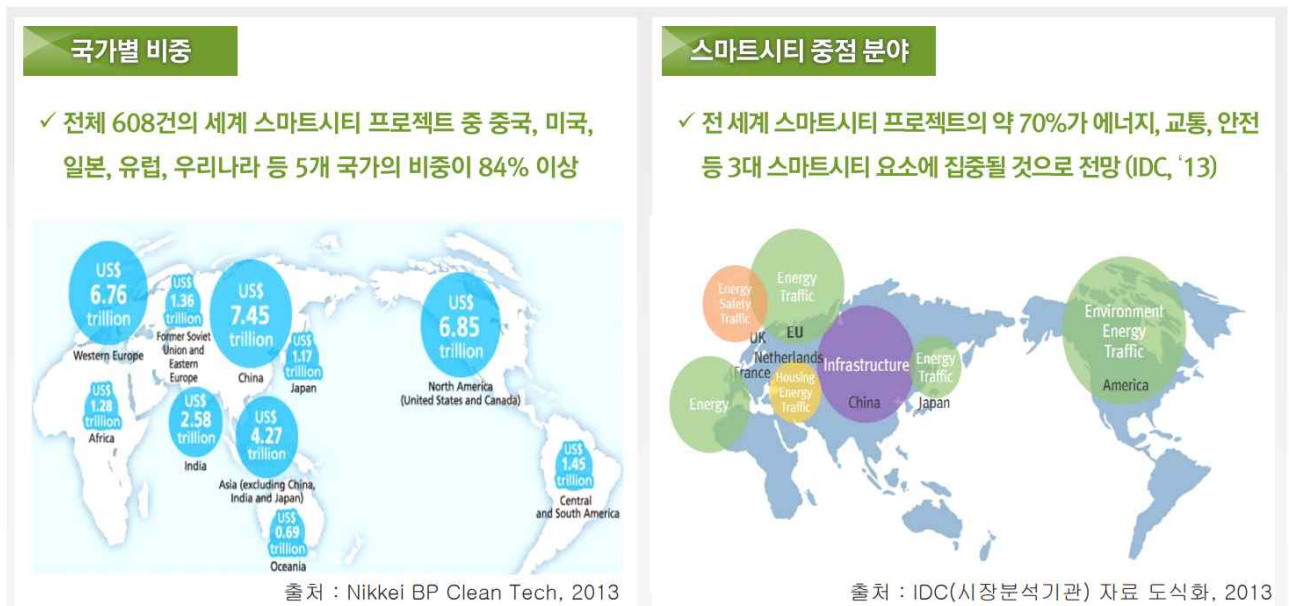


자료 : Research and Market(2017.06) 재편집

자료 : 아이뉴스(2015)

[그림 1-2] 스마트시티시장 규모 및 투자 규모

*자료: Energy in the Smart City, 한국에너지기술연구원, 2018



[그림 1-3] 스마트시티 국가별 비중 및 중점분야

*자료: 스마트시티 정책 및 향후 방향 발표자료, 국토연구원 이재용, 2017

- 국내외에서 온실가스 감축에 대한 공격적인 목표 설정에 대응하고, 각 부문별 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해서는 대규모 실증연구가 시급히 요구됨
- 유럽, 미국, 중국을 중심으로 스마트시티에 대한 대규모 투자가 이루어지고 있으며, 전 세계 스마트시티 프로젝트가 3대 스마트시티 요소 중 하나인 에너지에 집중되는 가운데, 차별화된 기술 개발과 대규모 실증연구를 통해 도시단위 제로에너지와 관련하여 국제적 선도위치를 선점할 수 있음

제2절. 사업 추진현황 및 근거

1. 사업 추진현황

○ 국토부 R&D 지원현황

- (건축물 에너지통합지원 시스템 개발) 건축물 정보 DB 구축 및 통합지원, 건축자재 서비스 포털, 에너지사용량 표준 원단위 분석 등 추진
- (제로에너지빌딩/주택 개발 및 실증) 액티브/패시브 자재, 신재생 등 요소기술 적용, 통합설계·시공, 에너지평가 및 최적화 등 실증
- * 연세대 송도캠퍼스 파일럿(저에너지친환경 공동주택, '13년), 포스코그린빌딩(빌딩 제어/에너지 최적화, 15년), 노원구 제로에너지 실증주택(설계·시공/설비커미셔닝/ 최적화, '17년)
- (단지/도시단위 온실가스 저감 기술 개발) 온실가스 저감 도시재생 설계, AMI모니터링 기반 단지 에너지수요관리*, 단지 자원순환 기술 등

○ 산업부 R&D 지원현황

- (에너지절감 요소기술) ZEB 구현을 위한 부하저감 기술(조명, 냉난방·공기순환장치 등) 및 신재생에너지 연동시스템 등 개발
- (기술 실증) 다중이용시설, 주거밀집건축물 대상 에너지 자립화 모델 개발(IoT, 신재생에너지 연계)과 도시 분산에너지(전력, 열) 관리·거래가 가능한 통합운영시스템 개발(Smart ZEC(Zero Energy City))* 추진
- * 서울에너지공사, LH, 에기연, 건기연, GS건설, LG전자, GS파워, 한화에너지 등 23개 기관 참여하여 홈, 빌딩, 커뮤니티, 타운, 히트그리드(지역난방) 등 5개 대표모델 구축
- * 주요기술: ①IoT활용 조명, 전자제품 모니터링/관리, ② 건물에너지관리시스템을 통한 에너지 소비/생산 최적화, ③ 분산형 에너지네트워크(연료전지+하수열+지열+열병합발전 등), ④ 열(집단에너지)과 전기에너지 통합관리 및 운전 최적화 (건축물 에너지통합지원 시스템 개발) 건축물 정보 DB 구축 및 통합지원, 건축자재 서비스

○ 과기부 R&D 지원현황

- (기초·원천) 과기부는 상향식 중소형 과제 다수 지원, 선도연구센터 지정 등을 통해 대학연구지원 등을 지속 추진
- * 지속가능건강건축연구센터(08~15년, 95억원): 건축물 건강, 쾌적성능을 위한 기술개발 지원(채광조명환경 제어, 실내열환경 제어, 습기/미생물 제어, 공기질, 새집증후군 등 요소기술 개발과 행동과학기반 건강건축 계획/설계/융합서비스 개발)

* 친환경건축연구센터(05 ~ 14년, 95억원): 환경부하 저감을 위한 LCCO2 평가프로그램, 관련 요소기술 개발(BIM기반 설계기술, 이중외피/급기덕트/태양열시스템 적용기술, 공사 폐기물 처리/재활용 기술 등)

- (기술실증) 여러 신재생에너지원 간의 융복합을 통해 일정규모의 타운에서 필요로 하는 에너지를 자체 생산·거래하는 “친환경 에너지타운” * 조성

* 기피·혐오시설에 에너지 자립, 문화관광 등 주민 수익모델 가미, 주민 수익향상으로 환경시설 자발적 설치 유도, 충북 진천에 실증단지('15 ~ '18년, 135억원)를 조성하여 계간축열 및 신재생에너지 등을 적용하여 단지차원의 에너지 자립률 75 ~ 83% 달성

구분	국토부	산업부	과기부
지원 분야	·건물에너지관리(공공/민간) ·녹색건축물(ZEB, 생태건축 등) ·건물/단지/도시 단위 온실가스 저감, 자원순환 기술	·설비, 신재생 등 액티브기술 및 실증(ESCO 중심) ·에너지수요관리기술(AMI), 도시 에너지 관리·거래 기술	· 연구센터 지원(대학) · 건물에너지, 생태건축 등 관련 분야 기초·원천 기술 · 친환경에너지타운(사회문제 해결형)
지원 유형	·중대형 실증규모 사업 중심	·중규모 실용화개발 ·커뮤니티 단위 실증(기술검증)	·논문·특허중심 원천개발 ·원천기술 구현 및 지자체 연계 사회이슈 해결
수혜자	·정부, 국민	·중소·중견기업	·대학, 연구소, 국민
성과 활용	<개발기술의 공공/사회적 확산> ·건물부문 온실가스 저감 활용 ·설계기준 반영(지자체 조례 포함) ·지자체, 민간 확산 모델로 선도	<산업생태계 조성> ·개발기술 상용화로 중소·중견 기업 역량강화 ·국가 에너지관리에 기여	<과학기술역량 증대> ·연구역량강화, 고급 인재 양성 ·첨단기술의 실제적용 국내기술의 확산 기반조성

2. 사업 추진근거

가. 추진근거

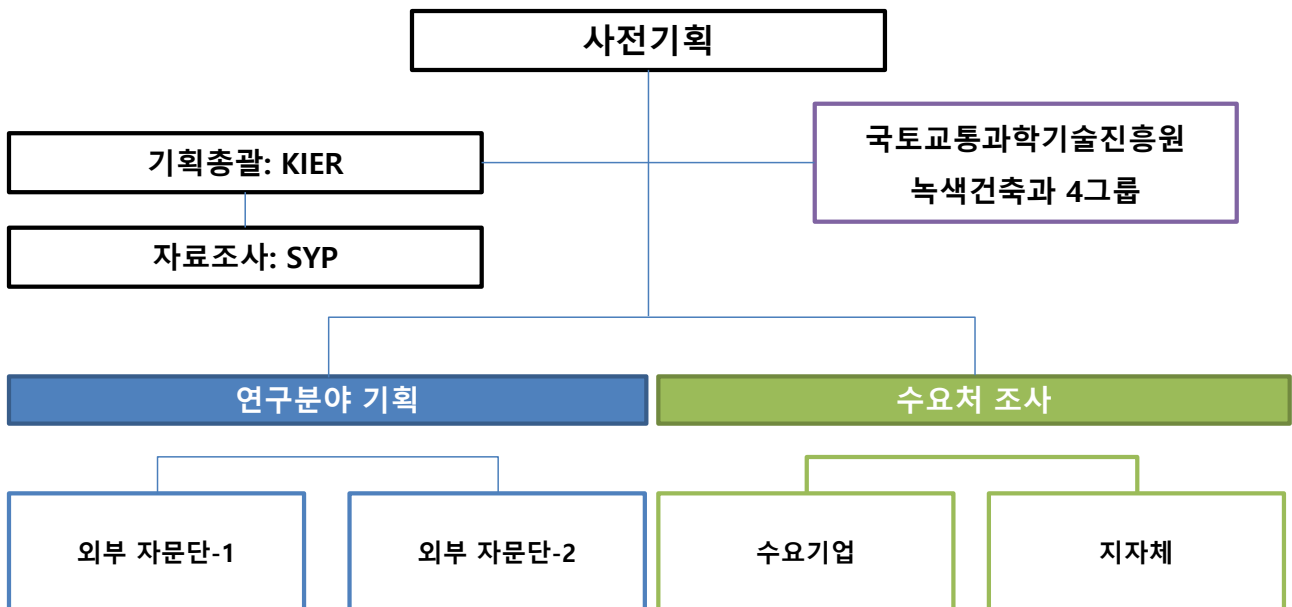
- 과학기술기본법 제11조(국가연구개발사업의 추진)
- 국토교통과학기술 육성법 제8조(연구개발사업의 추진)
- 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)
- 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)
- 제4차 국가과학기술기본계획(2018~2022)

- 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획(21개 범부처, 2017.11)
- 건설산업 혁신방안(경제관계장관회의, 2018.6)
- 스마트 건설기술 로드맵(국토교통부, 2018.10)스마트 건설기술 로드맵(국토교통부, 2018.10)

제3절. 기획 추진 체계 및 경과

1. 사업기획 추진체계

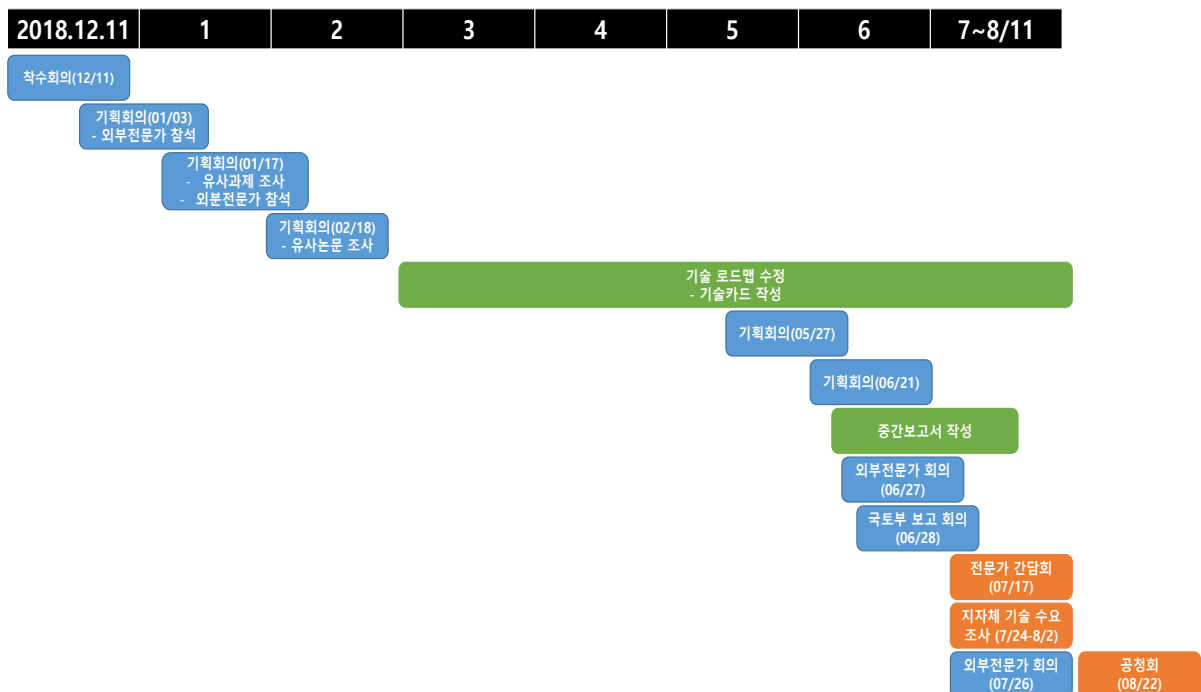
- 한국에너지기술연구원이 기획총괄 수행
 - 한국에너지기술연구원 신재생에너지연구소에서 연구기획을 진행하였으며 관련 특허검토 및 자료조사는 특허법인 SYP에서 수행
- 국토교통과학기술진흥원은 녹색건축과 4그룹에서 담당
 - 국토부 녹색건축과에서도 기획회의에 참석하여 기획의 방향성에 대해 논의 진행
- 연구기획 기간 중 2개의 외부 전문가 자문단이 기획내용에 대한 의견을 제시
 - 외부자문단은 건축설비, 도시에너지, 신재생에너지, 에너지 공유, 건설 관련 기업, 학교, 공단 등의 전문가로 구성
- 지자체와 외부전문가(수요기업)을 대상으로 수요조사 및 간담회 진행
 - 지자체 수요조사를 진행하여 당면 문제점 및 지자체 계획 사업과의 유사분야 등에 대한 조사를 수행하였으며
 - 전문가 간담회를 진행하여 필요 개발기술에 대한 수요를 조사하였음.



[그림 1-4] 기획과제 추진체계도

2. 사업기획 추진경과

- 기획연구 추진일정에 대해서 [그림 1-5]에 나타내었으며 국토교통과학기술진흥원 담당자, 외부전문가 및 국토부에서 참석하여 기획 회의를 진행
- 건축, 도시에너지 기술에 대한 기 수행과제에 대한 검토 및 관련 논문 조사
 - 2005~2019년까지 부처별 수행과제를 건물에너지, 제로에너지, 도시에너지, 리모델링, 친환경에너지, 도시재생의 주제어로 조사하여 분류
 - 2013-2017 국토부 정책연구 내용 중 정책 및 연구주제어 빈도 및 중심성 분석 (공간정보, 공동주택, 도시재생, 에너지, 임대주택, (그린)리모델링 대상)
- 2030 환경변화 대비 건축, 도시에너지의 미래상에 따른 필요기술 제시
 - 구도시 재생사업 에너지 최적화를 반영하는 방안
 - 구도시 노후 주택, 건축물에 대한 리모델링 방안
 - 신도시 개발에 따른 도시에너지 자립을 확보 방안
- 국토교통과학기술진흥원에서 작성한 기술로드맵을 바탕으로 3개 대분류, 10개 중분류 및 세부과제로 분류
 - 중분류별 2019년 이후 추진이 필요한 세부과제 도출
 - 기술(과제)카드를 작성하여 세부과제에 반영하여 수정



[그림 1-5] 기획연구 추진일정

- 외부전문가 자문회의 진행을 통한 기획안 수정
 - 기업, 연구소, 대학, 공공기관의 전문가로 구성된 외부전문가 자문회의 진행
 - 1차 외부전문가 자문을 통해 초기 기획방향에 대한 의견을 제시하였으며 기획 종료시점에 2차 외부전문가 자문으로 보완사항 점검
- 전문가 간담회를 통한 기술수요조사 진행
 - 대기업/공사, 중소기업, 건축/설계사무소, 컨설팅 분야 전문가들의 현업에서의 필요기술에 대한 분과별 논의 및 수요조사서 작성
 - 이를 반영하여 로드맵 세부기술에 반영
- 지자체 필요기술에 대한 조사
 - 각 시도별 지자체 담당자에게 수요조사서를 전달하여 필요기술에 대한 의견 수렴
 - 성남, 진천 등 일부 지자체를 직접 방문하여 지자체의 관심사항, 사업 수행에 따른 문제점 등에 대한 인터뷰 진행
- 공청회 진행
 - 과제 기획내용에 대한 전문가, 지자체 및 민간을 대상으로 공청회를 진행
 - 국토부 담당 사무관을 포함 7인의 패널과 참석자 의견 제시

제 2 장 건축/도시 에너지 최적화의 개념 및 사업환경 분석

제 1 절 건축/도시 에너지 최적화의 정의 및 범위

제 2 절 대내외 환경 분석

제 3 절 기획 추진 체계 및 경과

제2장. 건축/도시 에너지 최적화 개념 및 사업환경 분석

제1절. 건축/도시 에너지 최적화 정의 및 범위

1. 건축/도시 에너지 최적화 관련 기본 용어 설명

○ 공조시스템

- 산업공기조화(空氣調和), Air Conditioning, HVAC(Heating, Ventilating & Air Conditioning) 시스템 등으로도 호칭됨
- 실내에 있는 사람 또는 물품 등을 위하여 온도와 습도 등을 쾌적한 조건으로 유지하기 위한 시스템

○ 냉난방부하

- 냉방부하(Cooling Load): 실내공기를 냉각하기 위하여 필요한 냉열량
- 난방부하(Heating Load): 실내공기를 가열하기 위하여 필요한 온열량

○ 공조기기

- 온열 또는 냉열을 만들거나(열원기기) 환기를 위한 기기
- 보일러와 냉동기는 대표적인 온열원기기 및 냉열원기기이며, 히트펌프는 냉열 및 온열을 모두 생산할 수 있는 열원기기

○ 개별공조(분산공조)

- 소규모 건물이나 중대형 건물의 일부 구역만을 위한 공조
- 냉방용 에어컨과 소형 보일러를 함께 이용하거나, VRF(Variable Refrigerant Flow, 일명 시스템 에어컨으로 실외기 한 대에 실내기 여러 대가 결합된 히트펌프)를 활용
- 부분운전 및 개별제어가 용이하며 사용자 편의성이 우수한 정점이 있으나, 유지관리는 전적으로 생산업체에 의존
- 소형 열원기기는 중대형에 비해 성능이 낮은 경우가 일반적이며, 부하추종 운전이 이루어지므로 피크부하 발생의 원인
- 일반적인 VRF는 공기열원을 이용함으로써 상대적으로 성능이 낮으며, 특히 겨울철 혹한기 난방성능 저하가 두드러짐

○ 중앙공조

- 중대형 건물이나, 건물군 대상의 중앙공급 방식 공조
- 중대형 보일러와 냉동기 또는 중대형 히트펌프를 이용해 온수나 냉수를 생산하고, 생산된 냉온수를 공조대상 구역으로 순환시키는 방식

- 상대적으로 성능이 우수하고 관리자가 존재하는 경우 유지관리가 용이한 반면, 배관설치에 따른 비용과 공간활용성의 문제 발생 여지가 있으며 부분운전 등의 개별제어가 상대적으로 불리
- 지열, 하천수열 등 다양한 열원을 활용할 수 있고, 이 경우 연중 균일하고 높은 성능 유지가 가능
- 흡수식 히트펌프 또는 축열식 히트펌프를 사용하는 경우 전력부하 평준화에 기여

○ 4세대 지역난방

- 난방 및 온수급탕을 위한 기존 110℃ 수준의 고온수 공급을 지양하고 60℃ 수준의 온수를 공급함으로써, 열원 생산효율 향상 및 열손실 감소 기대
- 소규모 분산형 지역난방이 활발한 유럽에서 최근 실증사례 증가하고 있으며, 신재생에너지원의 적극적 활용을 위한 열에너지 그리드에 이용 가능
- 중소규모의 단위지역 난방(분산열원 시스템)에 적합

○ 양방향 에너지거래

- 에너지 프로슈머(생산자이면서 소비자)간 전력 또는 열에너지 거래
- 전력의 경우 양방향 거래를 대비한 스마트 그리드 관련 연구가 다수 수행되었으나, 열에너지의 경우는 최근에서야 마이크로 열 네트워크를 대상으로 한 기초연구 착수
- 단위 건물 또는 단위 지역간 에너지 거래를 통해 지역간 에너지 불균형을 해소할 수 있으며, 에너지 생산설비의 설치 억제와 효율적 이용에 기여
- 또한 재생에너지 설비에서 발생하는 잉여 에너지의 적극적 활용과 친환경에너지 설비의 자발적 수용성을 증대시키는 효과를 기대
- 에너지신산업에 포함되어 있으나 현재는 제도미비로 실현 불가(향후 실현 전망)공조시스템

2. 건축/도시 에너지 최적화 관련 건물 액티브 기술 설명

가. 고효율 냉난방 시스템(히트펌프 시스템) 기술

○ 개요

- 히트펌프는 저온의 열원에서 고온의 열원으로 열을 이동시키는 기기
- 저온 구역에서 열을 빼앗아(냉방) 고온 구역으로 전달(난방)하기 때문에 냉난방이 동시에 가능하지만, 일반적으로는 시기에 따라 냉방용 또는 난방용으로만 활용
- 열을 공급받거나 버릴 수 있는 가능한 일정한 온도의 안정적 열원이 필요
- 전력을 이용하는 압축식 히트펌프와 연소열 등 열에너지를 이용하는 흡수식 히트펌프로 대별

- 압축식은 성능과 안정성이 우수하며 다양한 열원을 활용할 수 있는 장점은 있으나, 피크전력부하를 유발하는 원인
- 흡수식은 전력을 사용하지 않는 장점이 있으나, 성능이 상대적으로 낮고 유지관리 면에서 불리

○ 기술개발 현황

- 삼성전자, LG전자 등 국내기업은 물론 캐리어, 히다치 등 전세계 공조시스템 기업과 학계, 연구계에서 히트펌프 성능향상을 위한 연구개발이 진행 중
- 압축식 히트펌프의 열원으로는 공기열원, 지열원, 하천수열원, 해수열원 등이 가능
- 압축식 히트펌프는 소형부터 대형까지 모두 가능하지만, 흡수식 히트펌프는 중대형이 상용화 수준
- 흡수식 히트펌프 중에는 중온수(~110℃)인 지역난방수를 이용하는 기기도 있으나 성능이 낮아 제한적으로 사용됨(집단에너지 고시 지역 등)
- 흡수식 히트펌프와 유사한 흡착식 히트펌프가 있으나, 상용화 수준은 아님
- 저온 열원을 이용하는 흡수식 또는 흡착식 히트펌프 연구가 산업부 과제로 진행된 바 있으나, 역시 상용화 수준은 아님
- 히트펌프 이용 시 제기되는 문제는 대부분 시공 또는 유지관리의 문제임
- 지열원의 경우 천공에 따른 시공비 증가, 하천수/하수/해수 열원의 경우 열교환기 오염 및 사용처가 열원 인근지역으로 제한된다는 등의 단점
- 전반적인 성능향상과, 특히 겨울철 난방성능 향상을 위한 기술개발이 추진

나. 고효율 환기 시스템 기술

○ 개요

- 건물 내 공기질 개선을 위한 외부 공기와의 인위적인 교환으로, 공조설비에서는 주로 강제환기를 의미
- 미세먼지 등의 제거를 위한 공기청정기와는 구분됨
- 창문형, 주방용, 창호일체형, 천정부착형 등이 있음
- 환기에 따른 에너지소비와 실내 냉온열 손실의 최소화가 중요
- 환기와 동시에 실내 및 외부 공기와의 열교환이 이루어지는 열회수 환기장치(recuperator) 활용이 일반적 히트펌프는 저온의 열원에서 고온의 열원으로 열을 이동시키는 기기

○ 기술개발 현황

- 인위적인 조작이나 정해진 시간간격으로 환기가 이루어지던 추세에서, 실내 공기질을 측정하고 분석하여 필요 시 환기가 이루어지는 IoT기술 적용 추세
- 이용되는 필터에 대한 기술개발이 지속적으로 추진되고 있어, 보다 다양한 오염물질 제거가 가능해지는 추세
- 열회수 환기장치의 열적성능 향상 기술개발 등이 진행
- 제습냉방 설비와의 연계 기술 개발

다. 전기에너지 저장/활용 기술

○ 개요

- 전기에너지의 수요와 공급사이에 발생하는 시간적/양적 불균형을 해소하기 위해서, 2차전지(배터리)를 이용하여 전력을 저장하였다가 필요 시 방출
- 2차전지 외 양수발전이나 압축공기저장 등도 있으나, 제한적으로 이용
- 전기에너지 저장장치(Electric ESS)는 2차전지와 PCS(전력특성 변환장치), BMS(관리 장치), PMS(감시제어 장치) 등으로 구성
- 전기자동차용 2차전지 개발이 활발하며, 이 외 태양광발전이나 풍력발전 등 변동성이 높은 전력을 안정화하는데도 이용
- 경부하 시간대 전력을 저장하였다가 피크부하 시간대 활용함으로써, 전력부하 평준화에 기여할 수도 있음

○ 기술개발 현황

- 과거에는 무겁고 부피가 큰 납축전지가 활용되었으나, 현재는 리튬이온 2차전지가 빠르게 대체하고 있음
- 그러나 아직은 고가(高價)이고, 세심한 유지관리가 이루어지지 않는 경우 화재(폭발)가 발생하는 문제가 있음
- 에너지 저장밀도는 200~300 Wh/kg 수준이며, 밀도 증대와 안정성 향상을 위한 연구가 지속 중
- 국내 리튬이온 2차전지 기술과 생산성이 높아 국제경쟁력을 갖추고 있음(삼성SDI, SK이노베이션, LG화학 등)
- 화재 위험성이 없는 고체전해질 이용 전고체 2차전지 개발과, 충전밀도 증대, 충전시간 단축, 내구성 향상 등의 연구개발이 전 세계적으로 진행 중

라. 열에너지 저장/활용 기술

○ 개요

- 열에너지의 수요와 공급사이에 발생하는 시간적/양적 불균형을 해소하기 위해서, 축열조에 열을 저장하였다가 필요 시 방출
- 물의 온도변화에 따른 현열(顯熱)을 이용하는 수축열(水蓄熱)이 일반적이며, 액체에서 고체로 상변화하는데 따른 특정 잠열재(PCM, Phase Change Material)의 잠열(潛熱)을 이용하는 잠열축열, 그리고 화학반응 과정의 흡열 및 발열을 이용하는 화학축열이 있음
- 최종 소비에너지 형태가 열에너지인 경우, 전기에너지 저장보다 기술적 난이도가 낮고 효율도 우수하며 안정적이고 경제적이어서 선호됨
- 중장기 저장 시 열손실에 따라 효율이 저하되고 축열조 부피가 증가하여 공간활용의 문제 발생

○ 기술개발 현황

- 한전의 심야전력 이용 축열시스템에 대한 지원으로, 냉난방이 가능한 수축열과 냉방 전용 빙축열 시스템은 보급 중
- 지역난방 기업은 열병합발전에서 생산된 열에너지의 수급조절을 위해 고온용 수축열 시스템 운용 중
- 잠열축열 중 얼음을 이용해 냉열을 저장하는 빙축열이 보급되고 있으나, 기타 잠열축열은 냉동탑차 등에 제한적으로 활용됨
- 화학축열에 대한 연구는 지속되고 있으나 실용화 수준에 크게 미치지 못함
- 태양열/열병합발전/연료전지 등에서 발생하는 열에너지 저장을 위한 경제적 중장기 축열시스템 관련 기술개발이 필요

마. 고효율 조명 시스템 기술

○ 개요

- 태양광에 의한 채광인 주광조명과 인공광원에 의한 인공조명으로 분류되며, 국내의 경우 인공조명용 전력사용량이 전체 전력사용량의 약 17% 수준으로 추정됨
- 전력사용량이 백열전등의 1/10 수준(형광등의 1/2 수준)이고 수명이 긴 LED 조명 비중을 ' 20년까지 60%(공공기관 100%)로 확대 추진 계획임

○ 기술개발 현황

- 과거 백열전등이나 형광등에서 전력사용량이 대폭 감소한 차세대 조명인 LED와 OLED 조명으로 대체되고 있으나, 국내 원천기술 및 특허가 부족하여 핵심 소재 및 장비의 수입의존도가 높음
- 친환경, 저소비전력(고효율), 장수명 및 저가화를 위한 기술개발이 꾸준히 진행 중
- 제품화 초기단계인 OLED 조명의 경우 국내 핵심 원천기술 선점 가능성이 있음
- 실내 채광을 감지하여 자동으로 인공조명을 제어하는 기술이 일부 적용되고 있음

3. 건축/도시 에너지 최적화 관련 건물 신재생 및 융복합 기술 설명

가. 태양광발전 시스템 기술

○ 개요

- 태양의 빛에너지를 전기에너지로 변환하는 광전효과에 의해 전력을 생산하는 태양전지 셀을 여러 장 직렬로 연결하여 패널 형태의 모듈을 제작하고, 이 모듈을 직병렬로 연결하여 태양광발전 시스템을 제작
- 빛을 흡수하는 소재의 종류에 따라 실리콘계(Si계), 화합물반도체계, 유기계 등으로 분류하며, 이용방법에 따라 독립형, 계통연계형, 복합발전형 등이 있음
- 결정질 실리콘 태양전지가 태양광 시장의 90% 이상을 차지하고, 박막 실리콘과 화합물계 태양전지가 나머지의 대부분을 차지
- 정부지원을 받기 위한 태양전지의 효율은 17% 이상이어야 하며, 20% 초반 효율을 갖는 제품도 판매되고 있음
- 가격 하락에 따라 보급이 증가하고 있으나 설치장소 등으로 사회적 문제가 야기되고 있으며, 기상조건에 따른 생산전력 변동으로 부하추종이 곤란한 단점
- 부하대응과 안정성을 위해 ESS와 함께 설치 시 경제성 저하 및 유지관리 필요

○ 기술개발 현황

- 효율이 높은 결정질 실리콘 태양전지의 가격 하락으로, 타 태양전지에 대한 기술개발이 부진한 상태
- 염료감응 태양전지는 색상변경이 가능하고 투명도가 높아 BIPV나 모바일 등에 적용이 가능하지만, 효율이 10%대 초반이고 내구성이 낮아 상용화를 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있음
- 최근 고효율 및 낮은 원가, 유연성 등의 장점을 갖는 페로브스카이트 태양전지가

실리콘 태양전지를 대체할 태양전지로 각광을 받으며, Pb-free, 장수명화, 플렉서블화 등의 연구 진행 중

나. 태양열 시스템 기술

○ 개요

- 태양의 빛에너지를 열에너지로 전환하는 집열기를 이용하여 온수를 생산하는 설비로써, 건물의 온수급탕이나 난방 등에 활용
- 태양열 집열기에서 생산된 열에너지는 축열조에 저장하였다가 활용하며, 집열매체의 순환이 자연대류에 의존하는 자연형(소형)과 펌프에 의한 강제대류를 이용하는 설비형(중대형)으로 구분
- 적절하게 관리하면서 이용하는 경우 40% 수준의 높은 효율을 기대할 수 있으며, 연중 온수사용량이 많은 목욕탕이나 요양시설 등에 적합
- 역시 설치장소 문제가 있으며, 겨울철 동파와 여름철 과열에 따른 파손 우려로 유지관리 노력이 필요
- 태양열 집열기는 보급이 활발한 중국으로부터의 수입품 또는 수입가공품이 대부분이며, 영세기업이 보급을 담당하는 경우가 많아 시공 및 A/S 문제가 발생

○ 기술개발 현황

- 집열기의 성능향상보다는 열악한 운전조건하에서의 내구성 강화를 위한 노력이 필요
- 여름철 과도한 열에너지 생산에 따른 문제 해결, 또는 잉여 열에너지 이용방안에 대한 기술개발 필요(저온 흡수식 냉방기 열원, 계간축열 등)

다. 수소-연료전지 시스템 기술

○ 개요

- 연료전지는 연료인 수소와 공기 중 산소의 화학반응으로 발생하는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키며, 이 때 물과 열에너지도 발생
- 발전효율 30%~40%, 열효율 40% 이상으로, 70%~80% 수준의 높은 종합효율과 친환경성이 특징
- 전해질의 종류와 작동온도에 따라 인산형(PAFC, 저온), 고체고분자형(PEMFC, 저온), 용융탄산염형(MCFC, 고온), 고체산화물형(SOFC, 고온) 등으로 분류
- PEMFC가 건물용이나 자동차용 등으로 가장 널리 보급되어 있으며, 고온용은

발전용으로 적합

- 수소를 직접 이용하지 않는 경우 LNG 등의 연료로부터 수소를 생산하는 개질기(reformer)가 별도로 필요
- 아직은 높은 설비비용과 연료비용을 포함한 높은 유지관리 비용으로 경제성이 미흡한 수준이며, 여름철 전력생산 시 발생하는 배열인 잉여 열에너지의 활용문제 발생(태양열, 열병합발전 시스템과 동일한 문제)

○ 기술개발 현황

- 연료전지 셀 부품인 전극과 촉매의 저가화 및 국산화를 위한 기술개발에 집중
- 현재 가정·건물용은 약 7 MW, 발전용은 약 310 MW 규모의 연료전지가 보급되었는데, 2022년까지 각각 50 MW와 1.5 GW로 증대시키는 계획 수립(2040년 각각 2.1 GW, 8 GW)
- 연료전지 보급 확대를 통해 설치비와 발전단가를 중소형 가스터빈 수준으로 절감시키는 목표 수립(현재 설치비 450만원/kW, 발전단가 250원/kWh 수준)
- 연료전지 연료인 수소를 재생에너지를 이용한 수전해 방식으로 생산하는 등, 효율향상과 저가화를 목표로 다양한 방식의 수소생산 기술개발 추진 중
- 수소저장은 전력저장보다 용이하고 중장기 저장이 가능하므로 건물/발전/교통용 연료전지를 위한 다양한 기술개발이 이루어지고 있으며, 가장 유력한 압축탱크 이용방식의 경우 압축에 따른 에너지소모를 감소시키는데 집중

라. 태양광-태양열(PVT) 또는 PVT-지열(PVT-Geothermal) 시스템 기술

○ 개요

- 태양전지 모듈 배면(背面)에 태양열 집열기를 붙인 형태로, 태양에너지를 이용하여 전력과 열을 동시에 생산하는 설비
- 태양전지의 온도가 상승하는 경우 효율이 저하되므로, 태양전지의 온도상승에 따른 효율저하를 방지하고 부가적으로 열에너지를 얻는 장점이 있음
- 생산된 열에너지를 활용하지 않는 경우 태양열 집열기를 순환하는 열매체의 온도가 점차 상승하여 오히려 태양전지의 효율을 저하시킬 수 있으므로, 이에 대한 대응방안이 필요
- 생산된 열에너지를 지중열교환기를 통해 지중으로 방출하였다가, 필요 시 다시 활용하는 PVT-지열 시스템도 가능
- 설비비용의 증가에 비례하는 이용 가능 에너지생산이 가능한지에 대한 세심한 검토가 필요

○ 기술개발 현황

- 기존 상용화 설비의 저가화에 대한 기술개발이 지속되고 있음
- 합리적 에너지 이용(특히 열에너지 이용)을 위한 PVT 포함 통합 에너지 시스템 설계 및 제어 기술 등이 요구됨

제2절. 대내외 환경 분석

1. 메가트렌드 분석

1-1. 인구의 도시집중, 인구의 고령화 가속

- 2050년에는 전 세계 인구 중 66%가 도시에 거주할 것으로 예상되고 있음

[Mega-1] 도시와, 고령화

도시로 인구 집중(전체 면적의 2%에 전체 인구의 55% 인구 거주)
한국 도시인구 비율은 81.5%에서 86.2%로증가

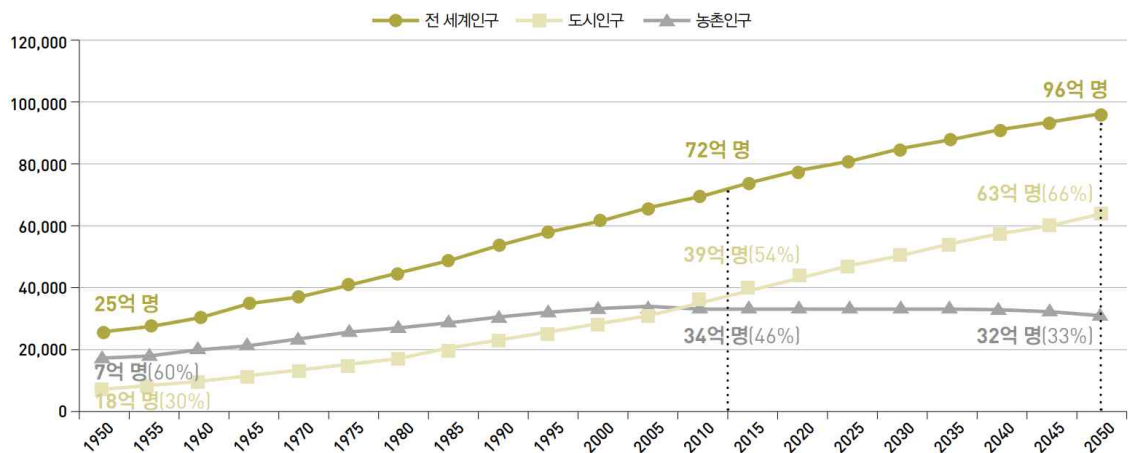
- 2030년에는 1천만 명 이상이 거주하는 ‘메가시티’가 43곳까지 늘어날 것으로 예측되고 있음(현재31곳)

한국은 2017년 고령사회 진입,
2025년 초고령사회 진입 예상

- 도시화가 가속화됨에 따라 가장 중요한 문제로 부각되고 있는 것이 자원의 고갈, 미세먼지, 에너지 등에 대한 이슈 들이 있음



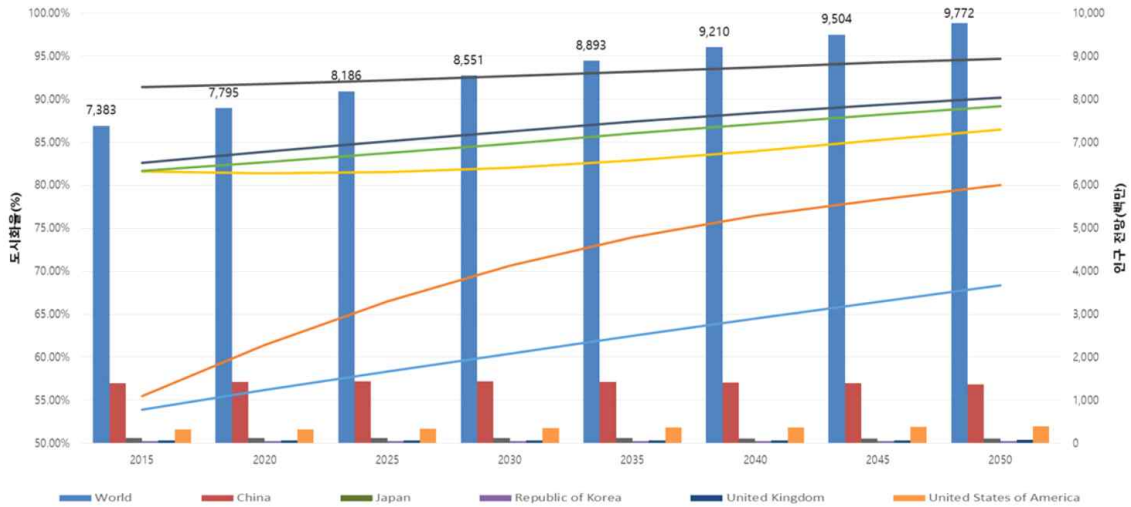
[그림 2-1] 도시화 및 고령화 전망



자료 : UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, CD-ROM Edition. 자료 분석

[그림 2-2] 전 세계 도시 및 농촌 인구 현황 및 전망

- 전세계 지리의 2%만 차지하는 도시에서 총 소비 에너지의 66%, 식수의 60%를 소비하고 있으며, 이산화탄소 배출량은 70%를 차지함으로써 도시에너지 소비 개선은 지구 생태계에 있어 매우 중요한 사안임



[그림 2-3] 전 세계 도시화율 및 인구 전망

- 중국의 경우 급격한 경제성장 이후 붙어진 도시화가 많은 문제를 야기하고 있으며, 중앙 정부 차원에서 솔루션을 제시하고 과제로 추진하는 등 많은 노력을 기울이고 있는 것으로 알려져 있음
- 노령화 사회로의 진행속도는 도시화만큼이나 빠르고 심각한 수준이며 우리나라는 특히 그 현상이 매우 두드러짐
- 통계청 자료에 의하면 우리나라에서는 2000년에 이미 65세 이상 고령인구비율이 7.2%로 고령화 사회(65세 이상 인구비율이 전체 인구의 7% 이상)로 진입했음
- 2009년에는 10.7%, 2019년에는 그 비율이 14%에 도달하여 고령사회가 될 것으로 예측하고 있음
- 세계 주요 국가들과 비교해도 매우 빠르다는 것을 확인할 수 있는데 예를 들어, 프랑스는 초고령 사회로 진입하는데 115년이 소요되었고 일본은 24년이 걸리는데 반해 우리나라는 18년이 소요될 예정임
- 세계적으로 보면 소득규모가 상대적으로 저조한 국가에서 고령화가 조금 더 빨리 진행되는 경향이 있다고 보고되고 있음



[그림 2-4] 고령 및 고령화 사회 진입속도

- 따라서, 지속가능 발전 관련 보고서들에서는 팽창하는 도시를 성공적으로 관리함으로써 지속가능한 개발이 가능할 것이라고 지적하고 있음

1-2. 친환경, 지속가능발전



[그림 2-5] 친환경 지속가능 발전 개념도

- 지금 세계는 도시화 가속, 인구의 증가, 환경파괴 심화에 따른 지속가능발전에 대한 우려의 목소리가 높아지면서 불확실한 자원흐름을 미리 예측하고 지속가능한 방향으로의 발전을 지향하고 있음
- ‘지속가능발전’ (Sustainable Development)이라는 용어는 “세계환경개발위원회” (WCED)가 1987년에 발표한 우리 공동의 미래(Our Common Future)에서 “미래 세대의 욕구를 충족시킬 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 욕구를 충족시키는 발전(Development that meets the needs of the present without compromising the ability of generations to meet their own needs)이라고 정의하면서 본격적으로 사용하기 시작함
- 지속가능발전은 비단 한 분야에 국한되어 개선된다고 해서 달성가능 한 것은 아니며, 모든 사회 영역에서 동시에 융합적으로 이루어져야 달성할 수 있는 개념임
- 정부 추진 지속가능발전은 세대 간 형평성, 삶의 질 향상, 사회적 통합, 국제적 책임을 주요 원칙을 추진함
- 지난 12월 환경부에서는 국가 지속가능발전목표*(이하, K-SDGs)가 발표했음
- ‘모두를 포용하는 지속가능국가’ 라는 이상(비전)아래 모두가 사람답게 살 수 있는 포용사회 구현, 모든 세대가 누리는 깨끗한 환경 보전, 삶의 질을 향상시키는 경제성장, 인권보호와 남북평화구축, 지구촌협력 등 5대목표와 실천을 위한 17개 세부 목표가 제시됨

〈 비 전 체 계 도 〉

비전

모두를 포용하는 지속가능국가

5대 전략

17개 목표

**① 모두가 사람답게 살 수 있는
포용사회 구현**

- 빈곤감소 및 사회안전망 강화
- 식량안보 및 지속가능한 농업 구현
- 건강하고 행복한 삶 보장
- 모두가 누리는 교육 증진
- 함께하는 성평등 보장
- 소외 없는 사회를 위한 불평등 해소

**② 모든 세대가 누리는 깨끗한
환경보전**

- 건강하고 안전한 물관리
- 에너지의 친환경적 생산과 소비
- 기후변화 대응
- 해양생태계 보전
- 육상생태계 보전

**③ 삶의 질을 향상시키는
경제성장**

- 일자리 확대와 경제성장
- 사회기반시설 구축 및 R&D 확대
- 포용적이며 안전한 도시와 주거지 조성
- 지속가능한 소비·생산 증진

④ 인권보호와 남북평화구축

- 범죄 감소, 여성·아동 대상 폭력 대응, 남북평화 구축 및 협력 증진

⑤ 지구촌 협력

- 개발원조 확대, 개도국 지속가능발전목표 이행 지원 등 글로벌 파트너십 확대

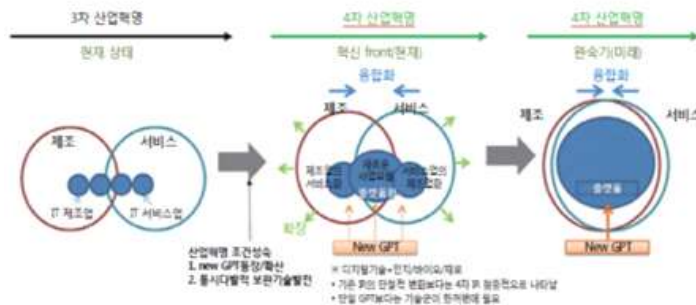
[그림 2-6] ‘모두를 포용하는 지속가능국가’ 비전체계도

*자료: 지속가능발전위원회 보도자료

1-3. 분야간 융·복합, 빅데이터 기반 사회

[Mega-3] 분야간 융복합, 빅데이터 기반 산업 강화

사물인터넷, 빅데이터, 클라우드, 모바일, 인공지능 등 다분야 기술이 융복합되어 하나의 서비스를 제공



신재생에너지와 도시, 교통, ICT 등이 모두 융복합된 지속가능한
제로에너지도시 건설에 대한 시장 니즈강화

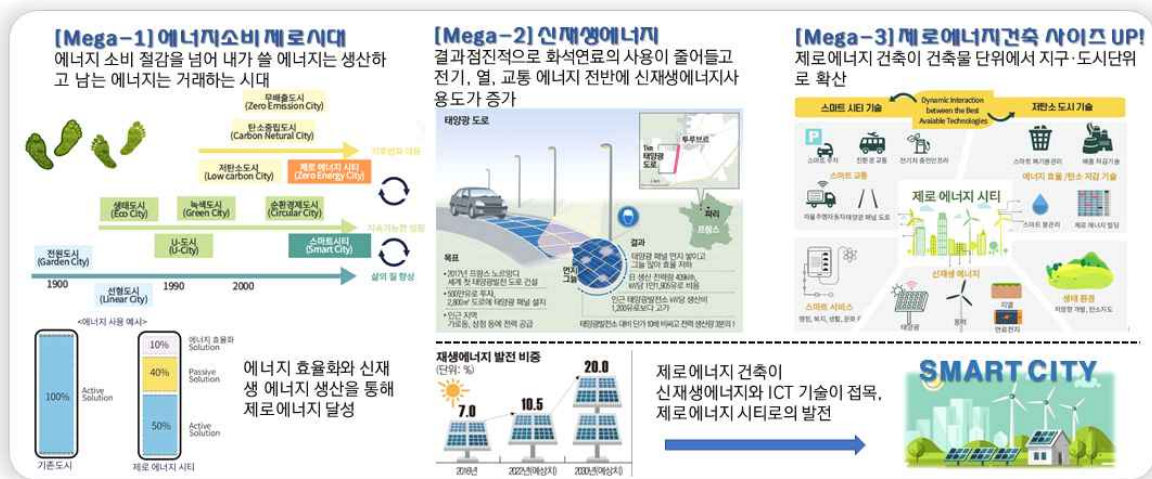
[그림 2-7] 분야간 융복합, 빅데이터 기반 산업 강화 개념도

- 최근 몇 년사이 빅데이터(Big Data)라는 말이 흔해지고 있는데 글자 그대로 해석하면 다량의 정보를 말함
- 빅데이터가 산업 각 영역에 적용되게 되면서 붙어진 문제들은 데이터의 수집, 데이터의 처리, 신산업 창출등으로 볼 수 있음
- 데이터의 수집은 결국, 대량의 데이터가 되기 위해서는 엔드포인트(End Point)에서 데이터가 모아야 하는데 이때 데이터의 가치산출, 데이터 수집으로 인해 붙어질 수 있는 사생활 침해 등이 있을 수 있음
- 또한 빅데이터 처리에 대한 기술적 경쟁이 심화되어 가고, 빅데이터를 기반으로 한 신산업이 창출되면서 신규 사업영역에 적응하기 위한 과제들이 던져지고 있음
- 그러나, 빅데이터가 중요시 되는 것은 개별 산업과 융합되었을 때 기대할 수 있는 시너지가 매우 크다는 점이며 이로 인해 각 산업에서는 빅데이터를 접목시키기 위한 연구에 매진하고 있음
- 도시개념에서 ICT가 접목된 것이 ‘스마트시티’로 “도시에 ICT·빅데이터 등 신기술을 접목하여 각종 도시문제를 해결하고, 삶의 질을 개선할 수 있는 도시모델”로 사용되고 있음
- 주요 국가들에서 ICT가 접목된 “스마트 시티”에 대한 정의를 다음과 같이 하고 있음
- 제로에너지 시티는 에너지와 건축분야에 빅데이터를 접목함으로써 보다 효율적이며 현실 데이터에 기반한 기획, 추진이 될 수 있음

[표 2-1] 주요 국가별 스마트 시티 정의

특성	내용
EU ¹⁾	디지털 기술을 활용하여 시민에게 더 나은 공공서비스를 제공하고, 자원을 효율적으로 사용하며, 환경에 미치는 영향을 최소화해 통해 시민의 삶의 질 개선 및 도시 지속가능성을 높이는 도시
일본 ²⁾	에너지의 효율적인 사용, 열과 미사용 에너지원의 이용 및 교통시스템 개선 등 시민 삶의 질 개선을 위해 다양한 차세대 기술과 선진 사회 시스템이 효과적으로 통합되고 활용되는 도시
중국 ³⁾	IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터와 같은 차세대 정보 기술을 활용하여 스마트한 도시계획, 건설, 관리 및 서비스를 제공하는 도시
CISCO ⁴⁾	ICT 기술을 이용하여 도시의 문제를 해결하고 효율성과 안정성을 높여 시민들의 삶의 질을 향상시키는 신개념의 도시
NIPA ⁵⁾	ICT 기술을 통해 도시 거주자 삶의 질과 도시경쟁력이 향상되는 보다 친환경적이고 지속가능한 도시
IBM ⁶⁾	도시를 운용하기 위해서 핵심적인 시스템의 열쇠가 되는 정보를 ICT를 이용하여 수집하고, 분석하며, 통합할 수 있는 도시
Navigant ⁷⁾	지속가능성, 시민 복지 및 경제 개발을 위해 전략적으로 기술을 통합하는 도시

1-4. 제로 에너지 시티 메가 트렌드



[그림 2-8] 제로 에너지 시티 개념도

가. 에너지소비 제로시대

- 에너지 효율화와 신재생설비를 통한 에너지 생산을 접목해 에너지 생산량과 소비량 총합 제로(0)를 지향하는 개념
- 초기 에너지 소비량 절감을 위해 시작했던 기술은 ‘패시브 하우스’로 기밀성, 단열성 보강 등을 통해 최소한의 냉난방으로 적절한 실내온도를 유지하도록 하는 자연에너지 활용 난방주택을 의미했음
- 이후 ‘액티브 하우스’ 등으로 발전하면서 신재생에너지 설비를 통한 에너지 생산 개념으로 발전하면서 신재생에너지와 건축기술, ICT 기술 등 범분야 융·복합을 통한 제로에너지 시티를 지향하고 있음

나. 신재생에너지

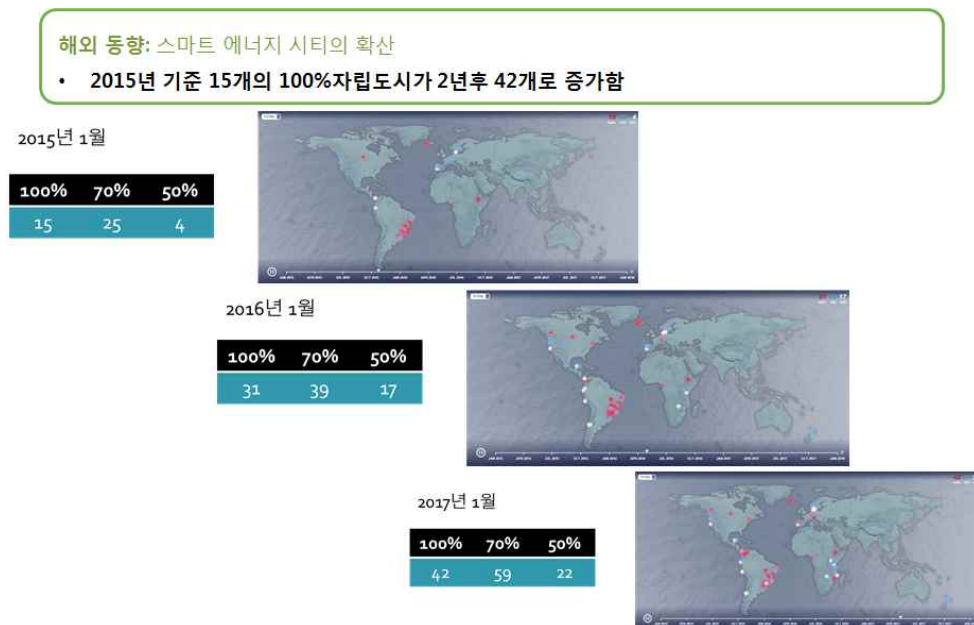
- 점진적으로 화석연료의 사용량 감소동향이 있어왔음
- 기존에 신재생에너지 사용이 하우스 전기, 공원 소규모 전력 등에 국한되었다면

- 1) 서울연구원, 스마트도시 개념과 의미, 2015
- 2) EU-Japan Centre for industrial cooperation, Smart Cities in Japan, 2014
- 3) UNDP China, Smart Cities and Social Governance, 2017
- 4) 최귀남, 첨단 IT기술기반 스마트시티 구현, 2016
- 5) NIPA, 국내외 스마트시티 구축 동향 및 시사점, 2013
- 6) IBM, a Vision of Smart City, 2009
- 7) Navigant, Smart City Challenges & Opportunities, 2016

최근에는 전기 뿐 아니라 열에너지, 교통에너지 등 다양한 부분에서 사용되어지고 있으며, 이와 관련한 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있음

다. 제로에너지건축 사이즈 UP!

- 패시브하우스, 액티브하우스 등 다양한 규모의 제로에너지 건축물에 대한 연구 및 사업이 이루어지다가 최근 들어 그 규모가 건축물에서 도시단위로 그 범위가 확대되고 있음
- 제로에너지 건축이 도시단위가 된다는 것은 다양한 기술분야의 접목을 의미함
- 하우스에서 생산되고 남은 잉여에너지의 교환이 가능하려면 에너지 교환 기반시설이 있어야하고 잉여에너지의 활용처가 공공시설물 뿐만 아니라 교통분야나 공공시설 냉난방까지 확대 사용되기 위한 시설이 확충되어야 함
- 세계적으로도 제로에너지 하우스 구현, 체계적으로 운영 관리할 수 있는 시스템을 도입하는 등 제로에너지를 지향하는 실증도시가 생겨나고 있음



[그림 2-9] 스마트 에너지 시티 해외 동향

2. 사회적 환경 분석



[그림 2-10] 스마트 시티 사회적 환경 분석

- 미세먼지 및 온실가스에 대한 사회적 우려가 높아지면서 신재생에너지 발전 설비의 발전, 하우스 단위의 제로에너지 실현을 넘어 이제 도시 단위의 제로에너지 타운이 사회적 목표가 되고 있음

■ 업계 기준 강화

- 최근 들어 친환경 건축자재 기준이 강화되면서 단열성능 뿐 아니라 고내열, 고단열 자재의 개발이 활발해 저가고 있으며 기준 또한 강화되고 있음
- 에너지 소비 절감을 위한 패시브 건축자재는 기본적으로 고단열을 추구하는데, 시중에 유통되는 고단열 제품은 외단열과 내단열로 구분됨
- 내단열의 경우 구조체 외벽 온도가 -9°C , 외단열은 구조체 외벽 온도 18°C 인 제품들이 있음



[그림 2-11] 패시브 하우스 단열관련 건축자재

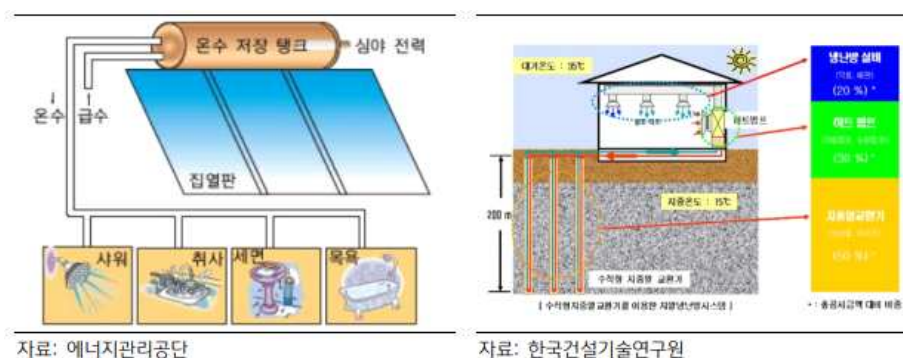
- 고기밀성은 창문이나 문을 닫았을 때 열이 누출되는 틈을 최소화하는 것이며, 이를 비롯한 고성능 단열자재들에 대한 니즈가 증가하고 있음
- 또한, 패시브 건축자재에서 사회 안전에 대한 우려가 높아지면서 단열성능 뿐만 아니라 높은 방화성능(Fire protecting performance) 또한 동시에 중요시 되고 있음
- 친환경 건축자재 인증이 너무 많아지는 것이 하나의 폐단이 되고 있기도 하지만 그만큼 사회적으로 건축자재의 친환경 기술력에 관심을 갖는다는 뜻일 수도 있음



[그림 2-12] 고내화 콘크리트 기술

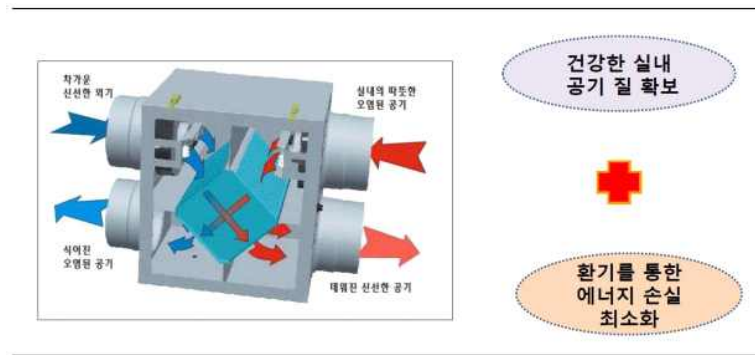
■ 온실가스 감축

- 사회적으로도 단열재의 친환경성에 대한 의식이 강화되고 있음
- 주택분야에서 신재생에너지를 통한 전력 생산 및 공급이 가능하도록 기술개발이 지속되고 있으며 정책적으로 지원규모가 증가하고 있음
- 또한, 기존에 전기에너지에만 한정되던 신재생에너지 발전분야가 열공급, 냉방공급, 급탕 공급 등으로 그 적용분야가 확대되고 있음



[그림 2-13] 신재생에너지 활용 냉난방 시스템

- 최근 들어, 에너지 생산과 소비 절감의 일환에서 실내의 오염된 공기와 실외의 신선한 공기를 교환함으로써 에너지 소비를 절감하도록 폐열회수 환기 장치 등에 대한 개발도 활발해 지고 있음



자료: 아산시 녹색공공건축 조성사례(2017)

[그림 2-14] 실내 환기 시스템 기술 사례

■ ICT와 융복합 동향

- 세계적 IT 강국으로써 강점을 살려 ICT와 융복합 된 ‘스마트 제로에너지 타운’ 으로의 발전이 두드러지고 있음
- 신재생에너지를 도시단위로 확대 적용하면서 ICT와의 접목이 중요하게 부각되고 있는데, 예를 들어 ‘수소차 · 전기차 보급사업’ 에 스마트 계량기(AMI) 보급사업이 동시에 이루어지 지고 있음
- 또한, 인공위성 기반 스마트 자원지도 실증사업도 이같은 동향에 부합하는 형태라고 볼 수 있음
- 우리나라 실증단지 중 하나인 마곡지구에서는 스마트 에너지시티를 조성하여 2022년까지 마곡지구의 전력자립률 30% 달성을 목표로 하고 있음
- 마곡지구에서 ICT의 역할은 에너지 소비 관리, 모니터링을 위한 스마트 에너지 리빙랩을 추구함



[그림 2-15] 마곡스마트에너지시티 개요

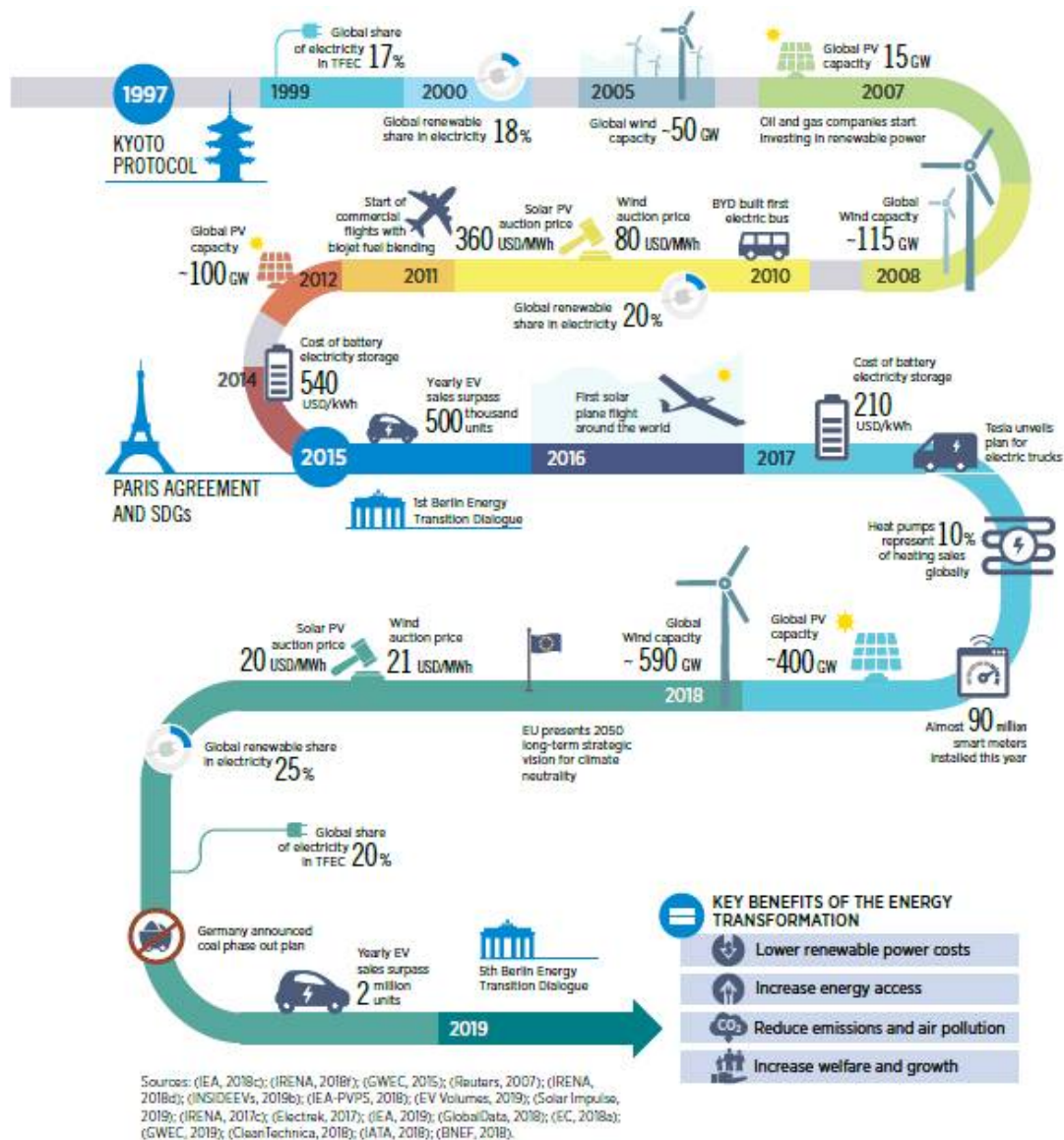
3. 기술적 환경 분석

3-1. 해외 기술 및 연구동향

가. 2050 글로벌 에너지 동향

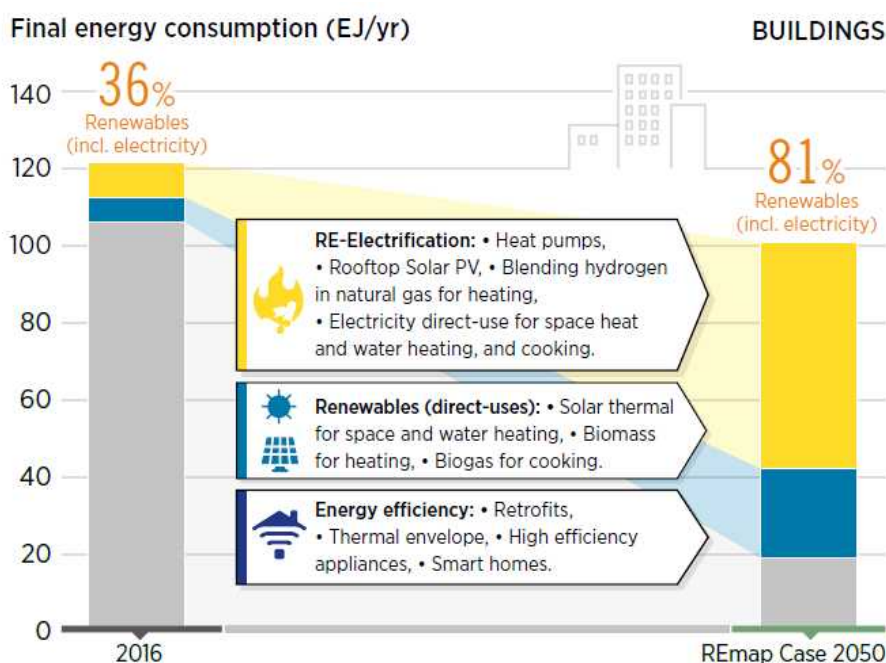
○ Global Energy Transformation - A Roadmap to 2050 (IRENA 2019) 참조

○ 재생에너지에 의한 전력생산은 이산화탄소 배출 감소와 연계되며 화석연료에 의한 전력생산 보다 낮은 가격이 형성될 것으로 기대



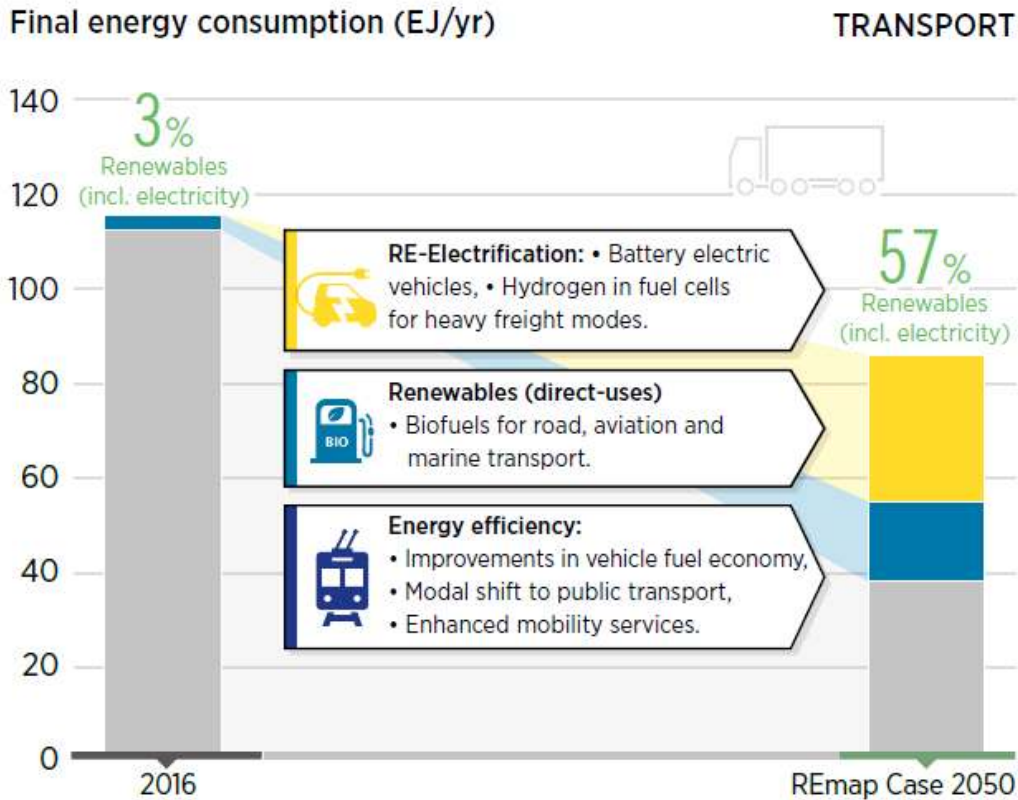
[그림2-16] 에너지 전환 전개과정

- 에너지 전달체로서 전기는 현재 20%에서 2050년까지 50%로 성장할 것이며 전체 전기에너지 소비는 2배 이상 증가할 것임. 이는 전기차로 인한 수요 증가 및 전기를 이용한 열공급 및 재생 수소 사용으로 기인할 것임.
- 재생에너지 공급, 전기화에 따른 에너지 서비스 및 에너지 효율 향상이 이산화탄소 배출 저감 목표의 90%를 차지할 것이며 특히, 재생에너지와 전기화만으로 75%의 저감 목표에 해당할 것으로 예상
- 건물의 경우 리트로핏, 건물 에너지 효율 향상 기술 등으로 인하여 자체 에너지 소비 감소가 예상되며 태양열, 히트펌프, 지역냉난방 등의 재생에너지 및 저탄소 기기의 활용 등으로 REmap 2050에 따라 건물 에너지 소비(전기포함)의 81%가 재생에너지를 사용할 것으로 예상
- 수송에너지의 경우 자동차 공유서비스, 자율주행, 대중교통(트램, 전기버스 등) 이용으로 인한 수송에너지 소비 트렌드의 변화가 예상되며
- 전기차 우선의 도시주행, 전기차 위주의 정책, 수송에너지와 전력그리드의 연계 및 배기가스 저 배출 트럭 등으로 인한 전기차 사용 급증
- 바이오연료를 사용하는 자동차 정책과 화석연료 보조금 삭감 및 카본 과징금에 따른 재생에너지연료 사용 증가 등으로 인하여 수송에너지의 57%(전기포함)를 재생에너지가 차지할 것으로 예상



[그림 2-17] 2050 건물에너지 소비 전망

*REmap 2050 Building Energy consumption (IRENA)



[그림 2-18] 2050 수송에너지 소비 전망

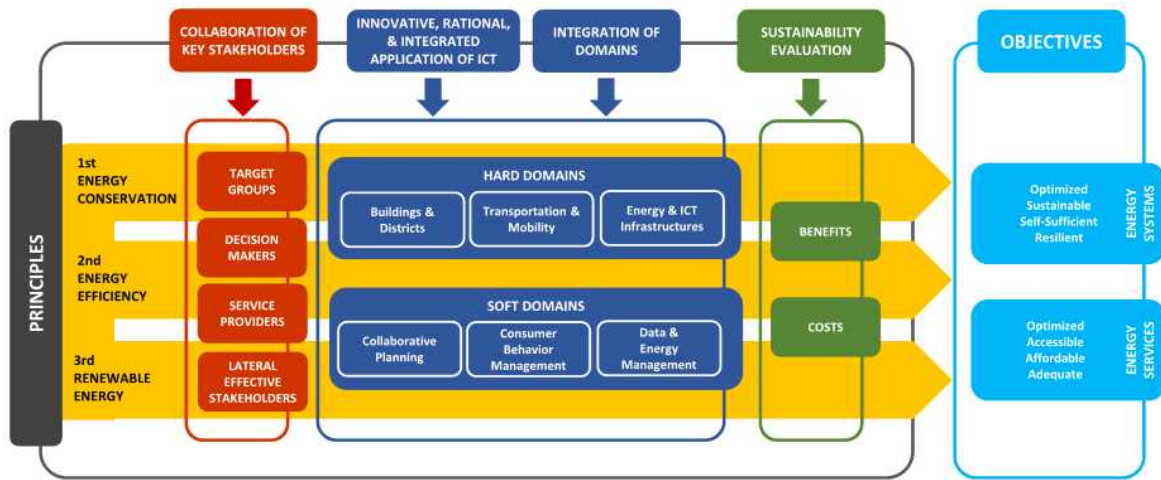
*REmap 2050 Transport Energy consumption (IRENA)



[그림 2-19] 글로벌 에너지 시장 트렌드

○ 세계 에너지 트렌드는 전기화(에너지 전환) 및 도시화라고 할 수 있으며 이로 인해

국내에서는 3020 정책이행, 스마트시티 구축, 수소 경제 도입, 미세먼지 저감 등의 이슈가 있음.



[그림 2-20] 스마트에너지시티 개발 방안

*참조: smart energy city development: A story told by urban planners, Cities 64 (2017)

- 스마트에너지시티 개발의 목적으로 에너지시스템 영역에서는 최적화(Optimized), 지속가능(Sustainable), 자립가능(Self-Sufficient) 및 회복력(Resilient)이 요구되며 에너지서비스 영역은 최적화(Optimized), 접근가능(Accessible), 적절한(Affordable) 및 타당한(Adequate) 서비스
- 유럽에서는 건물에서 열에너지 생산을 위해 소비되는 가스, 석탄, 석유량이 2015년 4,000 TWh에 이르며, 509 MMtCO₂를 배출함
- 이에, 유럽의 주요 국가 및 대기업을 중심으로 최근 열에너지 공급의 탈탄소화를 위해 다음과 같은 로드맵을 제시함

[표 2-2] 유럽 주요국가 열에너지 관련 탈탄소화 로드맵

Table 1: Heat decarbonization strategies and activities for selected European utilities

Utility	Historic business	Overall story	Heat pumps	District heating	Hydrogen	Biogas	Energy efficiency
Iberdrola	Incumbent electricity utility in Spain	While current activity is more limited, the company sees greater electrification in its geography, particularly via heat pumps.	Active offering	Limited/no activity	Limited/no activity	Limited/no activity	Active offering
Engie	Incumbent gas utility in France	Sees biogas and hydrogen as key elements of the future heating system.	Active offering	Active offering	Pilots and partnerships	Pilots and partnerships	Active offering
EDF	Incumbent electricity utility in France	Senses that policy will favor electrification in France. Has included heat pumps and district heating in its 2030 strategy.	Active offering	Active offering	Pilots and partnerships	Pilots and partnerships	Active offering
Centrica	Incumbent U.K. power/gas retailer with large gas-boiler repairs business	Has stated its support for a combination of biomass, heat pumps and gas-electric hybrid systems in the transition to low carbon heating.	Limited/no activity	Active offering	Limited/no activity	Limited/no activity	Active offering
EON	Incumbent German electricity and gas retailer	Lists electric heating , including heat pumps, in its strategic focus area. District heating and biogas are part of its offering to cities.	Active offering	Active offering	Pilots and partnerships	Pilots and partnerships	Active offering
Vattenfall	Incumbent Swedish state-owned electricity, gas and district-heating utility	Has targets to phase-out coal by 2030 and fossil gas by 2040 in its district heating .	Active offering	Active offering	Pilots and partnerships	Pilots and partnerships	Active offering

Legend

Active offering

Pilots and partnerships

Limited/no activity

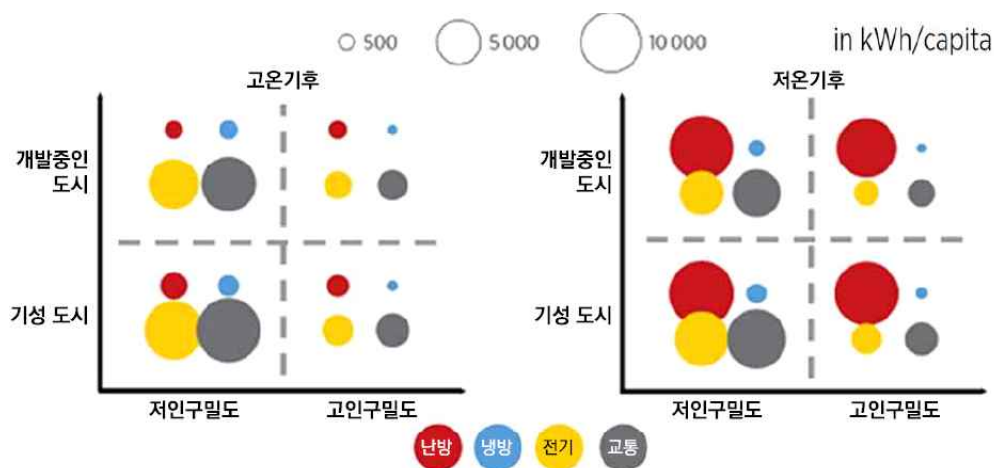
Source: BloombergNEF, company reports and presentations. Note: Classifications of activities are qualitative assessments made by BNEF, based on disclosed projects/partnerships and company statements. Heat pump is listed as "active" if an offering can currently be found on the public websites for home energy customers. Centrica's Direct Energy arm does offer heat pumps in the U.S. Iberdrola has helped develop CCGTs associated with district heating, according to past company reports.

□ 신재생에너지 융복합 기술 동향

- 신재생에너지 융·복합 이용 관련 기술개발 및 보급은 독일 등 유럽과 미국, 일본이 주도하였으나, 최근에는 중국이 비약적으로 성장하고 있음
 - 열에너지 공급에 있어 신재생에너지 융·복합 설비 이용 실증단지가 증가하는 추세
 - 가장 일반적인 형태의 신재생에너지 이용 집단에너지 공급 시스템은 바이오 에너지 이용 열병합 발전을 기반으로, 태양열 및 태양광발전 설비를 융·복합 이용하는 사례로 파악됨
 - 세계 최종에너지에서 차지하는 재생에너지 비중은 9%의 재래식 바이오 에너지를 포함하여 2012년 약 19%임
 - 1차 에너지 소비 중 재생에너지의 비율이 2012년 13%에서 2035년 18%로 증가 할 것으로 전망됨
 - 신재생에너지 산업에 투자되는 금액은 2010년 약 2,000억 달러에서 2020년 약 4,000억 달러로 지속적인 확대가 이루어질 전망이다
 - 미국은 2009년부터 10년간 재생에너지 분야에 약 890억 달러를 투자할 계획 이며, 태양열 분야에서 독보적인 위치를 차지하고 있는 중국은 지난 2년간 23건의

재생에너지 정책을 발표하였음

- 1980년부터 NEDO를 통해 재생에너지 보급정책을 추진했던 일본은 원자력 발전소 사고 이후 FIT 제도와 풍력 및 지열 등의 보급을 촉진하는 정책을 추진 중이며, 독일은 2020년까지 최종 에너지 소비량의 18%를 재생에너지로 충당할 예정임
- 신재생에너지원을 이용하여 각 도시에 요구되는 에너지를 공급하기 위해서는 도시별로 요구되는 에너지에 대한 분류가 요구됨
- 기후에 따라서 더운 지방에 비해 추운 지방의 도시에서는 건물의 난방에 요구되는 에너지가 크며, 도시의 개발 정도와 인구밀도에 따라 요구되는 에너지원 또한 다름
- 따라서, 각 도시에서 요구되는 에너지원에 대한 적용 방안을 제시하는 연구가 이루어지고 있음



* 자료 : Renewable Energy in cities, IRENA, 2016

[그림 2-21] 기후, 도시개발정도, 인구밀도에 따른 신재생에너지 에너지원 비교

나. 건축/도시 에너지 관련 기술 분야

□ 스마트시티 기술 연구동향

- EU Horizon 2020 research 중 Smart Cities and Communities (SCC1)를 통해 2019년까지 40개 주요도시와 53개의 보조도시에 대한 연구 프로젝트가 진행되어오고 있음.
- 본 프로젝트의 주요 목표로 블록 및 지구(district)단위의 플러스에너지화, 건물·사용자·대규모 에너지시스템간의 에너지 거래 및 공유, 그리고 전기차의 수용성 증대를 위한 에너지 시스템 구현 및 설계, 그리고 2년 이상의 측정 및 모니터링을 통한 분석으로 설정하였음

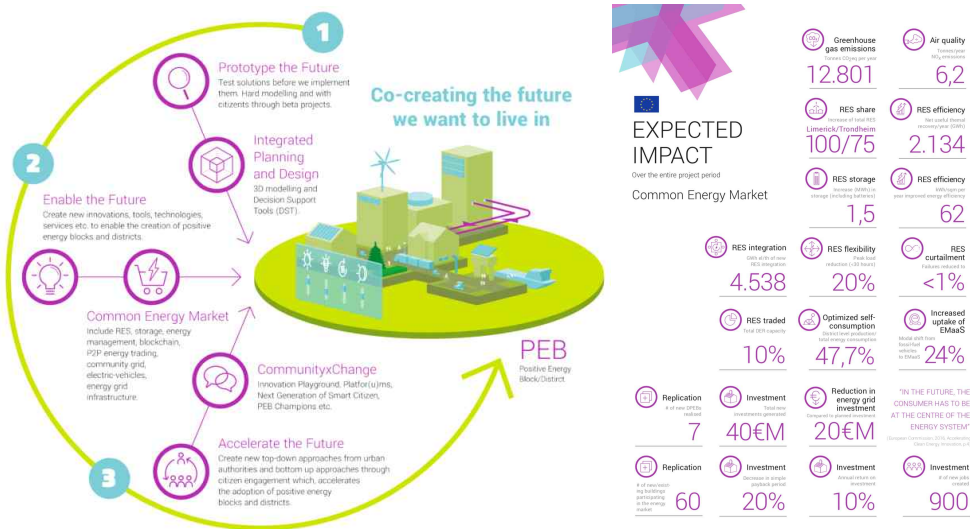


[그림2-22] Smart Cities and Communities (SCC1)프로젝트 주요도시

- 2018-2023년까지 Positive City Exchange(+CityxChange) 연구 프로젝트가 진행됨
- 프로젝트는 11개의 데모 프로젝트로 이루어져있으며, 2개의 주요도시(노르웨이의 Trondheim과 아일랜드의 Limerick)와 5개의 보조도시로 구성되어 있음. 데모 프로젝트의 목표는 블록단위의 플러스에너지화를 목표로 함
- 프로젝트를 통해 미래지향적 스마트시티를 구현하는 것을 목표로 하고 있으며, 본 플러스에너지블록을 통해 블록단위 에너지 절감뿐만 아니라, 공기질 향상, 에너지 효율증대 모니터링/측정, 분산형 신재생에너지원의 적용성 증대, 에너지 저장, P2P 에너지 거래의 구현을 목표로 하고 있음
- 프로젝트의 결과로 신재생에너지 수용율 75-100%, 신재생에너지를 통한 에너지효율 62% 향상, 피크부하 절감 20%, 신재생에너지 출력제한(curtailment) 1%미만, 신재생에너지 거래 10%, 블록단위 신재생에너지 자가소비 47.7% 등을 목표로 함

○ 2018-2023년까지 MAKING CITY 연구 프로젝트가 진행됨

- 본 프로젝트에서도 도시에너지시스템 개발을 통해 지구단위 플러스에너지화(Positive Energy District, PED)를 통한 저탄소도시 구현을 목표로 하며, 네덜란드의 Groningen과 핀란드의 Oulu 도시를 중심으로 진행됨

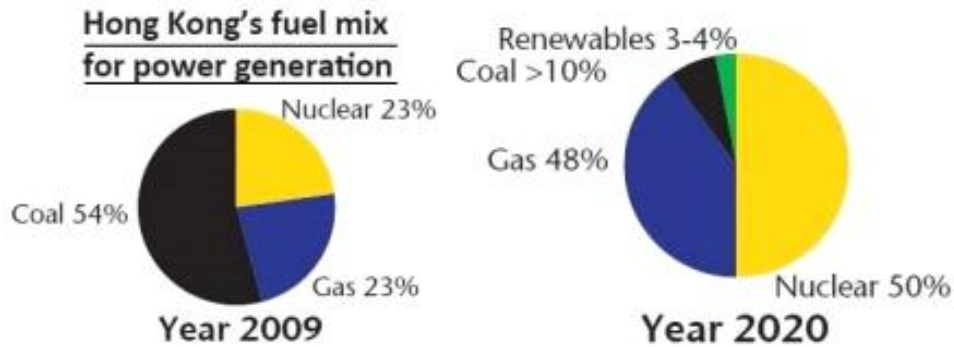


[그림2-23] +CityxChange 프로젝트 개요도 및 목표

- 시장조사 전문기관 ‘그랜드 뷰 리서치’에 따르면, 2025년 마이크로그리드 시장규모는 약 175억달러에 이를 것으로 전망되고 있는데 미국은 ‘Grid 2030’목적으로 2030년까지 마이크로그리드 구축 사업에 45억 달러를 투자할 계획에 있음
- 2016년 4월 미국 의회 에너지부가 마이크로그리드 확산을 위한 노력으로 전력 요금제를 새로 만드는 법안을 통과시켰으며, 유럽은 ‘Grid 4 EU’ 프로젝트를 통해 이탈리아, 스페인 등 유럽을 대상으로 마이크로그리드 실증을 추진하고 있음
- 미국 남서부에 위치한 ‘캘리포니아대학교 샌디에이고 캠퍼스(UCSD)는 2006년 초부터 마이크로그리드 체계를 구축해왔으며 약 40 MW 규모의 발전원을 캠퍼스 내에 구축했는데 연간 840만 달러에서 960만 달러를 절감하고 있음
- 세계적으로 건물부문 에너지 수요의 증가와 함께 커뮤니티 단위의 효과적인 에너지 관리와 증가추세인 에너지 소비량을 경제적이고 효율적으로 충족하기 위한 커뮤니티 단위의 최적 에너지 믹스체계가 세계 각국에서 활발한 연구가 진행되고 있음
- 에너지 믹스에서 풍력과 태양에너지 비중의 증가가 두드러지면서 전세계적으로 240 GW의 전기를 풍력을 통해 생산할 수 있게 되었으며, 40 GW를 태양광으로 생산할 수 있게 되었음
- EU가 목표로 하고 있는 에너지 믹스 신재생에너지 비중인 20%는 일부 국가에서는 초과 달성할 정도의 기술 잠재력이 있는 것으로 판단되고 있음(수력발전의 경우

세계적인 기술잠재력은 현재 발전용량의 4배정도로 예상되고 있음)

- 홍콩에서 추진하고 있는 전력생산목표에서는 2020년까지 원자력비중이 50%, 신재생에너지가 3~4% 비중을 차지하게 되어 기존 석탄 54%에서 10% 미만으로 감소하도록 하고 있음



[그림 2-24] 홍콩의 발전에너지원별 비중

- 독일의 경우 건물 및 단지 자동화 다국적 기업인 슈나이더 일렉트릭의 마이크로그리드 관리 시스템을 보유하고 있음



[그림 2-25] 독일 슈나이더 일렉트릭의 마이크로그리드 관리 시스템

□ 에너지 저장장치 및 DR(피크 부하 관리) 기술 분야

- DR 기술분야는 상이한 DR에 대한 사용자의 반응성 및 행동 특성의 변화를 연구와 Power Color 알고리즘을 사용한 사용자의 전력수요 그룹화 등 전력 소비자의 선택

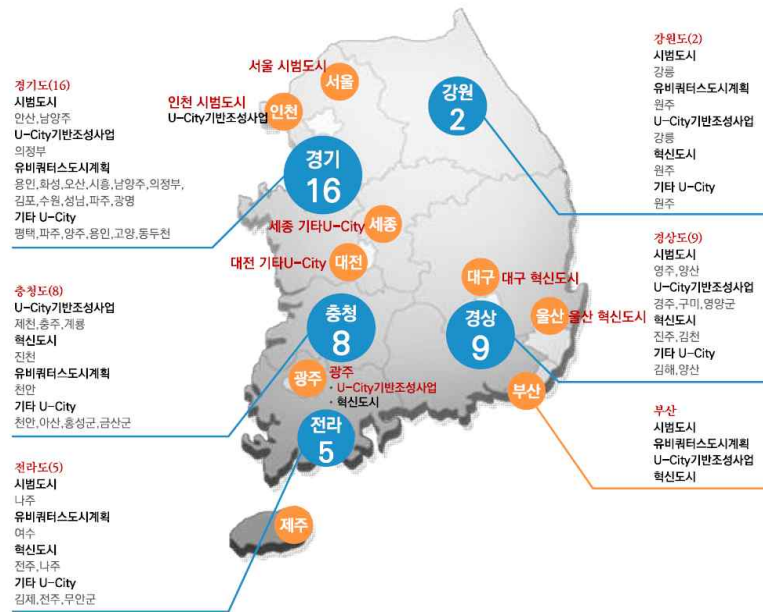
변화에 대한 연구 등이 주를 이루고 있음

- 또한, 스마트그리드 하에서 피크-평균 비율 최적화를 위한 협력적 게임 설계와 같이 DR을 부하 관리 과정에서 분석한 연구들도 주로 연구되고 있음
- 연구 결과들이 실제 지능형 전력망을 도입하려는 과도기적 시기인 현 상황에 적용되기 위해서는 추가적인 연구가 상당히 요구 되고 있음

3-2. 국내 기술 및 연구동향

- 스마트시티 초기 형태인 유시티(U-city)가 있으며, 유비쿼터스기술 기반 도시 서비스 제공을 의미하나, 스마트시티는 다양한 도시의 물리적 기반과 네트워크가 원활하게 작동될 수 있는 환경, 즉 플랫폼으로서의 도시를 의미
 - 정부는 현재 수도권을 중심으로 50여개의 도시에 U-City 구축관련 사업을 지원하고 있음
 - 우리나라의 스마트시티 프로젝트는 ‘신도시 개발 + 신성장동력 육성형’ 으로 분류할 수 있음
 - 에너지 부족과 각종 도시문제 해결을 위해 스마트시티 프로젝트를 전개하고 있는 다른 국가들과 달리, 기술과 노하우를 해외로 수출하려는 차세대 성장 동력 발굴의 일환으로 시작됨
 - 현재까지 인천 송도, 화성 동탄, 용인 흥덕, 파주 운정, 성남 판교등 수도권을 중심으로 U-City 구축관련 사업을 지원하고 있음
 - LH공사와 국토안전부에서는 2013년 2월부터 5년 계획으로 U-City 고도화 연구를 추진하여 수요자 맞춤형 서비스제공, 기존 도시의 U-City 고도화, 공간단위를 고려한 U-City 개발 및 해외사업의 지속성 확보를 위하여 총 244 억 원(정부출연금 190억 원, 기업부담금 54억 원)을 투자하여 상용화에 기반한 U-City 기술 및 정책의 확산지원을 위하여 추진 중임
- 신재생에너지 융·복합 기술과 IoT를 이용한 통합 에너지 솔루션 실증 확대
 - LH에서 전력의 공급과 수요를 효과적으로 조절하는 ‘스마트에너지 아파트’ 구축을 위해 지난 6월 LG전자와 ‘스마트에너지 분야 상호협력 및 기술 교류’ 업무협약 체결. 에너지 절감형 공동주택구현을 위한 다양한 연구 진행
 - 청정에너지 글로벌 허브도시 조성 본격추진 테크노폴리스 에너지 자족사업 국가산단 마이크로그리드 구축 스마트그리드 확산사업 등 총 4천600억 투입 역점 추진
- 국토교통부를 중심으로 지능형빌딩시스템, 스마트그리드 등과 신재생에너지 자립형 주택단지 구축으로 에너지 관리와 자립 사업을 지원하고 있으며, 도시 단위로의 운영

및 에너지 자립의 발전 단계가 필요한 상황



* 자료 : U-city 개념 및 추진현황, 국토교통부, 2013

[그림 2-26] U-city 개념 및 추진현황

○ 에코타운 조성 사업 (충북 혁신도시 생거(生居)진천 에코타운 조성 사업)

- 「충북 혁신도시 생거진천 에코타운 조성 사업」은 혁신도시에 연접하여 제로에너지주택단지 조성, 녹색건축센터 조성, 실증단지 조성, 제로주택 홍보관 건립 및 한국건설생활환경시험원의 사업본부 이전사업
- 5.1만㎡ 부지에 태양광 등 신재생에너지 적용 목조주택 100가구 조성 계획의 ‘제로에너지 주택단지’, 1 MW 규모 ‘태양광 실증단지’ 등으로 구성

○ 충북 진천 친환경에너지타운 조성 사업

- 「진천 친환경에너지타운」은 친환경에너지타운 사업은 소각장이나 하수처리장 등 주민 기피시설을 친환경에너지 생산기지로 전환시킴으로써, 님비현상을 극복하고 환경 및 에너지 문제를 동시에 해결하려는 범부처 사업으로 추진됨
- 실증단지는 미래지향적 친환경에너지타운 사업으로서, 신재생에너지 설비를 융복합 설치하고 여기서 생산되는 에너지로 인근에 건설된 공공건물의 연간 에너지수요를 충족하는 것을 목표로 함
- 설치된 신재생에너지 설비는 태양광발전 시스템, 연료전지 시스템, 태양열 시스템, 하수열/지열 히트펌프 시스템과 계간축열조를 활용하는 설비임. 1,600 m² 태양열 시스템과 부하사이의 계절간 수급격차 해소를 위해, 국내 최초로 4,000 m³의 계간축열(seasonal storage) 시스템 적용함. 신재생 열에너지 설비에서 생산된 열원은 계간축열식 블럭히팅 시스템(block heating system)을 통해 공공건물에 공급함으로써,

난방 및 급탕용 열에너지를 100% 자급을 목표로 함.

- 2018년 기준 연간 총 난방 및 급탕 열에너지 650.7 MWh(난방 527.1 MWh, 급탕 123.6 MWh)를 공공건물에 공급하였으며, 태양열 직접 및 간접 이용으로 각각 430.7 MWh 및 131.6 MWh, 그리고 지열원 및 하수열원을 이용한 히트펌프로 88.4 MWh를 대응함.
- 2018년부터 재생에너지를 이용한 단위 지역의 100% 열에너지 자립을 실증하였으며, 이 중 태양열 부담률은 86.4%로 당초 목표인 80% 이상을 달성함.



[그림 2-27] 진천 친환경에너지타운 실증단지 개념도

□ 노원구 제로에너지주택 실증단지

- 사업명: 제로에너지 주택 활성화를 위한 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축
- 수행기관: 국토교통부 (주관), 명지대 (주체), KCC건설 등
- 총 사업비/사업기간: 총 490.2억 원/2013. 10. ~ 2018. 04.
 - 「노원구 제로에너지주택 실증단지」는 국가 온실가스 감축목표 달성 및 국민 주거비 절감을 위해 '13년부터 국토부 주거환경연구사업으로 추진
 - 실증단지는 단열, 기밀 등 건축기술과 신재생에너지 설비기술을 이용해 5대 에너지인 난방·냉방·급탕·조명·환기 에너지를 제로화하는 것을 목표
 - 패시브 기술로 고성능 단열, 기밀, 창호 등의 자재 사용과 열회수 환기장치 등을 사용하고 액티브 기술로 태양전지판, 지열히트펌프 등의 신재생에너지를 적용하여 필수 에너지의 제로화 목표
 - '13년 실증단지 구축에 앞서 실험용 단독주택(85.7㎡)을 건설하여 실증한 결과 겨울('16. 11. ~ '17. 2.)동안 실험주택의 난방에너지 사용량은 일반주택에 비해 96.9%, 여름('16. 7. ~ '16. 8.)동안 24시간 에어컨을 작동한 실험주택(574kWh)은 하루 4시간 에어컨을 작동한 일반주택(675kWh)보다 15% 에너지 절감을 나타냄



[그림 2-28] 노원구 제로에너지주택 실증단지

□ 지구단위 제로에너지 시범사업 (추진 안)

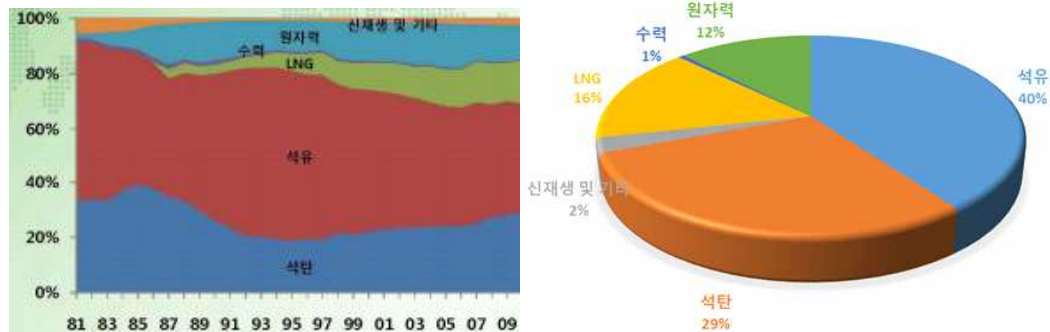
- 사업 명: 지구단위 제로에너지 시범사업지구 “구리시 갈매역세권, 성남시 복정1” 공공주택지구
- 2020년부터 1천m2이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지 건축의 단계적 의무화를 위한 도시단위 제로에너지 시범사업 시행안 발표 (2019년 6월 21일)
- 사업지구 전체를 대상으로 경제적이고 효과가 입증된 옥상태양광 설치를 기본으로 평균 에너지자립률 20%(제로에너지건축물 5등급) 달성할 수 있는 사업모델을 마련
 - 건축물 유형별 특성, 용적률 등을 고려하여 에너지자립률을 현실적으로 설정하고 부족한 자립률은 공원, 자전거도로, 방음벽 등 공용시설 부지를 활용하여 추가로 확보할 계획
 - 예를 들어, 연면적에 비해 옥상면적이 작아 신재생에너지 설치에 한계가 있는 고층건축물은 약 7~15% 수준의 에너지자립률을 확보하고, 저층 공공건축물은 40%이상을 확보하되, 전체목표인 20%에 부족한 부분은 공용시설 부지에 태양광 설치로 보충
 - 생산된 에너지는 공공 및 주거취약계층에 지원하여 광열비 저감 등 주거·에너지복지 혜택도 높일 계획
 - 향후 지구단위 시범사업의 성과를 바탕으로 적용기술, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 3기 신도시, 행복도시 등 도시단위로 제로에너지 확대 추진을 검토할 계획

[표 2-3] 경기 신도시 건설계획

구분	경기 구리시 갈매역세권	경기 성남시 복정1지구
사업대상지		
위치/면적	구리 갈매역 일원 / 798천㎡(24.2만평)	위례신도시 인접 / 568천㎡(17.2만평)
공급물량	총 6,839호(민간 2,765, 공공 4,074)	총 3,434호(민간 1,259, 공공 2,175)

□ 최적 에너지 믹스 관련 국내 현황

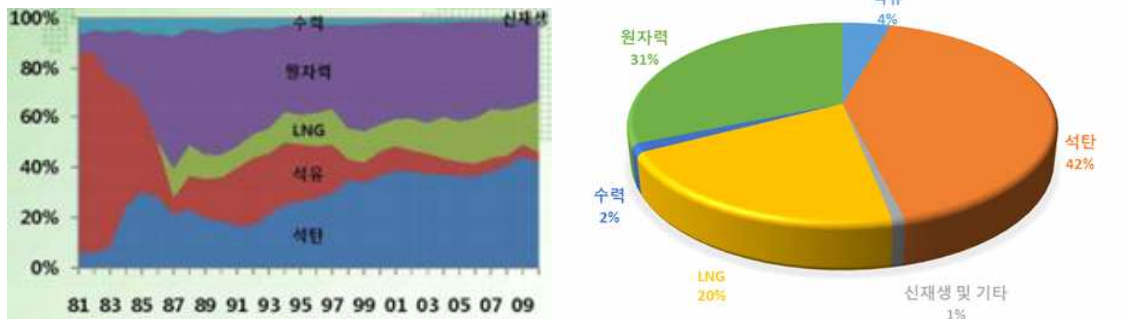
- 국내 1차 에너지 공급은 석탄 및 석유의 비중이 전체의 70%인데 반해 수력과 신재생이 3% 미만으로 매우 적은 것으로 나타났음



[그림2-29] 총 에너지 공급관련 에너지원별 비중변화

*자료: 한국에너지경제연구원

- 전력에너지 공급 현황을 연도별로 살펴보면 석유전력의 비중은 현저하게 낮아지는 반면, 원자력과 석탄, LNG 전력은 증가하고 있음
- 이 중, 석탄을 이용한 전력생산 비중이 가장 높은 것을 확인할 수 있으며, 신재생 비중은 1%미만으로 매우 미비함을 확인할 수 있음



[그림 2-30] 전력 공급관련 에너지원별 비중변화

*자료: 한국에너지경제연구원

- 기술개발 지속 및 정책적 지원을 통해 신재생에너지를 통한 전력구성을 확대할 경우 기존 정책에 비해 신재생부분에서 7.8% 비중이 최대 15.4%까지 증가할 것으로 기대할 수 있음
- 원자력의 비중은 기존 정책 하에서 40.6%에서 33.1%까지 하락할 수 있음

[표 2-4] 정책변화에 따른 에너지원별 설비용량 비중

		원자력	신재생	석탄	가스	기타	계
기존정책	설비용량(MW)	53,916	10,428	31,445	23,464	13,605	132,858
		(40.6)	(7.8)	(23.7)	(17.7)	(10.2)	(100.0)
신재생 확대	비중 (%)	43,916	20,428	31,445	23,464	13,605	132,858
		(33.1)	(15.4)	(23.7)	(17.7)	(10.2)	(100.0)

- 마이크로그리드 기술과 관련해 2012년 1,600억 원을 들여 ‘한국형 마이크로그리드(Korea Micro Energy Grid)’를 시작으로 울릉도, 나주시 등에 마이크로그리드 실증 과제를 추진했음
- 커뮤니티의 성격과 조건 및 에너지 수요를 예측하고 이를 효율적, 경제적으로 충족하기 위한 에너지 생산 대안들의 최적 조합, 즉 최적의 에너지 믹스를 도출하고 적용하는데 집중하고 있음

4. 경제적 환경 분석

4-1. 국내 경제적 환경 분석

□ 제로에너지 건축물 관련 시장

- 국내 건물에너지 효율 향상 및 유지관리, 신재생에너지 적용 관련 산업기술 시장이 형성돼 있으며, 앞으로 제로에너지빌딩이 의무화되고 지원정책도 보완된다면 현재 8조 6000억 원 규모의 국내 시장이 2020년에는 약 20조 원으로 확대될 전망



* 자료 : 제로에너지빌딩 융합 얼라이언스, 2017

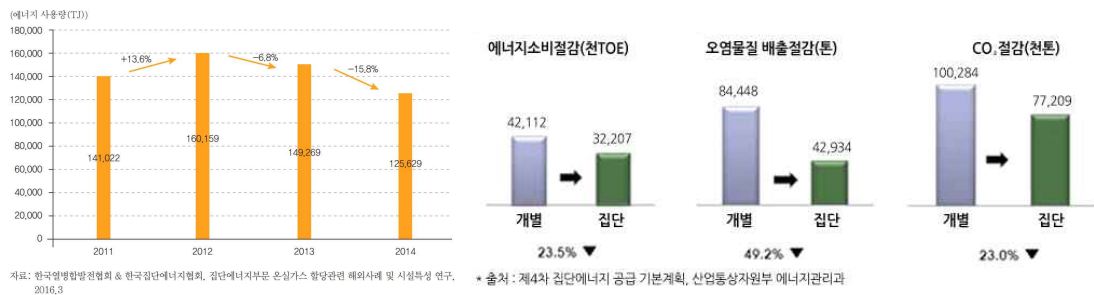
[그림2-31] 제로에너지건물 시장 전망

- 국내 지역난방 사업 규모는 연 판매량 19,670 천Gcal, 매출액 약 4조원 규모임. 2015년 기준, 지역난방 사업은 국내 1차에너지 소비량의 약 1.4%, 열병합발전을 통한 전기 생산량은 17 TWh로 국내 총 발전량(546 TWh)의 약 3.2% 를 감당하고 있음
 - 제4차 집단에너지 공급 기본계획에 따르면 지역난방은 개별난방 대비 에너지사용량 23.5%, 대기오염물질 배출량 49.2%, 온실가스 배출량 23.0%을 감소시킨 것으로 나타남
 - 한국에너지공단이 ‘18년에 발표한 ’ 집단에너지사업편람 ‘에 의하면 ’ 17년 말 기준 32개 사업자가 61개소에서 2,896천 세대의 공동주택에 지역냉난방열을 공급중이며, 이는 국내 총 주택수 17,123천세대 대비 약 16.9% 수준
 - 지역난방 판매수입은 꾸준히 확충되고 있으며, 판매량은 지속적으로 증가하고 있으나, 향후 국내 건축물의 단열수준 강화에 따라 개별 건물의 난방수요는 장기적으로 감소될 것임.

[표 2-5] 연도별 지역난방 판매량 및 판매수입

열판매 기준	2014	2015	2016	2017	2018.06
판매수입(억원)	10,375	10,400	9,517	9,511	6,118
판매량(천Gcal)	11,375	11,394	12,085	13,013	8,438

- 국내 시장 규모는 감소세이지만, 지역난방을 대표로하는 집단에너지 공급의 환경개선 및 에너지소비량 저감 효과가 높은 것을 알 수 있으며, 시장 상황을 돌파하기 위한 꾸준한 기술적 연구가 요구됨



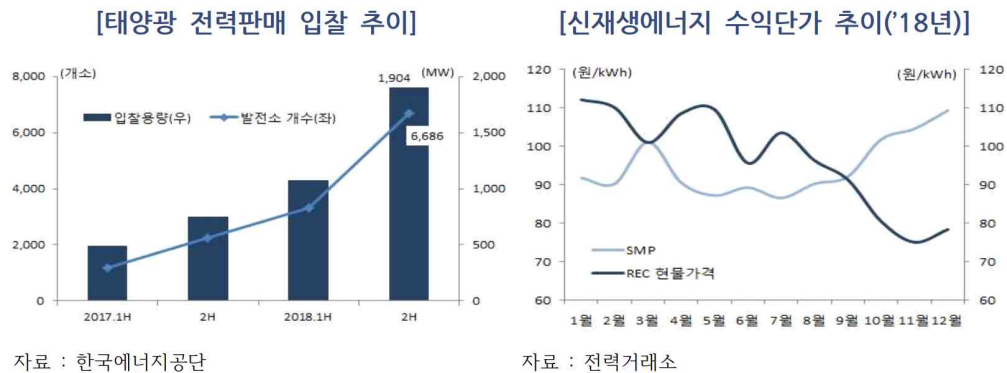
[그림2-32] 지역냉난방 사업자 연도별 에너지 사용량 및 지역난방의 에너지절감과 환경개선 효과

□ 신재생에너지 시장 동향

- 태양광 산업은 사업자의 수익을 보호하는 등 지원이 확대되면서 성장세가 지속됨
- 2017년 12월 정부가 2030년까지 태양광 발전 설비용량을 36.5 GW 규모로 육성하겠다는 목표를 발표한 이후 성장세가 확대
 - 태양광 설비용량은 2017년 5.8 GW에서 2018년 7.9 GW로 35% 증가
 - 정부 주관의 장기고정계약입찰에 참여하는 설비용량은 최근 2년 새 4배 증가
 - 최근 입찰에 참여한 규모는 평균 350KW의 중규모급으로 태양광 발전이 대규모 보다는 중소규모 위주로 건설되고 있음
- 소규모 발전 사업자의 수익 보전을 통해서 산업을 활성화하기 위해 한국형 FIT 제도를 도입했음
 - FIT(Feed-in-Tariff, 발전차액지원제도)는 정부가 전력 생산단가와 판매가 차액을 보전함으로써, 협상력이 부족한 30 kW 미만 소형 발전사업자에 한하여 적용하며, 입찰방식보다 다소 높은 수준의 고정가격을 지급하므로 소규모 사업자의 수익이 개선에 도움을 주는 한편 임야 태양광은 투기적 요소인 지목 변경을 금지하고, REC 가중치를 축소함
- 태양광은 신재생에너지원 중 발전단가 하락 속도가 가장 빠르고, 소규모 분산전원

확대에 가장 효과적인 자원으로 평가되어 성장세가 지속될 전망이다

- 태양광 발전원가는 kWh당 2013년 254원에서 2018년 150원으로 연간 10% 하락함



[그림2-33] 태양광 전력판매 입찰 및 수익단가 추이

○ ESS는 정부의 지원이 확대되면서 신재생과 연계하는 설치가 증가할 전망

- ESS는 태양광과 풍력의 출력 변동성을 완화하고 중앙 전력망 관리에 기여하는 등 신재생에너지 보급에 필수적인 분야이며, 국내 ESS 시장은 신재생에너지원의 증가와 더불어 꾸준히 증가추세를 보일 것으로 예상되고 있음
- 정부는 태양광과 풍력이 안정적인 발전원이 되도록 ESS와의 연계를 권장함
- 태양광, 풍력을 연계할 경우 가장 높은 수준의 REC 가중치인 4.0을 적용함

○ 신재생에너지 시장 규모가 커지면서 금융회사의 사업기회도 확대될 전망

- 태양광과 풍력 위주로 국내 신재생에너지 시장이 성장할 것으로 예상되는 가운데 신재생 관련 금융상품(ex. 신재생에너지 펀드)의 출시도 확대
- 특히 수소경제 활성화 로드맵을 계기로 연료전지 발전소의 건설 관련 부문에 대한 금융회사의 사업기회도 확대될 전망
- 하지만 신재생 사업은 보조금 등 정책적인 지원에 따라 업황의 변동성이 크기 때문에 투자수익률에 영향을 미치는 요소에 대한 상시 모니터링이 필요

[표 2-6] 금융회사별 신재생에너지 펀드 설정액

운용사	펀드 설정액
KDB 인프라	1조 8,500억원('17.12)
KB 자산운용	8,300억원('18.6)
에너지인프라자산운용	5,000억원('17.12)
교보악사자산운용	1,000억원('17.12)
신한BNP파리바자산운용	1,000억원('17.12)

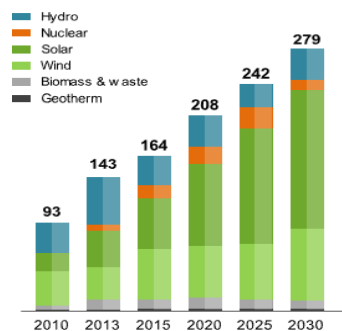
※ 자료: 언론보도 종합

4-2. 국외 경제적 환경 분석

- 제로에너지빌딩의 세계 시장 전망은 기후변화 대응과 에너지안보 강화 등에 힘입어 현재 약 420조 원인 시장 규모는 2024년 약 1560조 원으로 크게 성장할 것으로 예상됨

가. 신·재생에너지 시장

- 2015년 11월 30일부터 12월 13일까지 프랑스 파리에서 열린 제 21차 유엔 기후변화협약 당사국 총회(COP 21)에서는 교토의정서가 만료되는 2020년 이후 모든 나라에 적용될 새로운 기후변화 대응 체제를 세우는 것을 목표로 하고 있으며, 구속력 있는 온실가스 감축안이 마련됨에 따라 신재생에너지에 대한 중요성이 더욱 강조될 것으로 전망됨
- 청정에너지에 대한 국제사회 요구로 온실가스감축을 강화하는 신기후체제(Post 2020)가 출범함에 따라 신재생에너지 확대 필요성 증대
- 세계 신재생에너지 시장규모는 2013년 3,124억 달러, 2014년 3,562억 달러에 이르며, 연평균 성장률 24.7%로 급성장하고 있는 추세임



[그림2-34] 국외 재생에너지 시장규모 및 전망

* 자료 : RE3020 대응 재생에너지기반 플러스에너지커뮤니티 플랫폼 개발, 신재생에너지연구소 기획단, 2018



[그림 2-35] 신재생에너지 수요 현황 및 전망

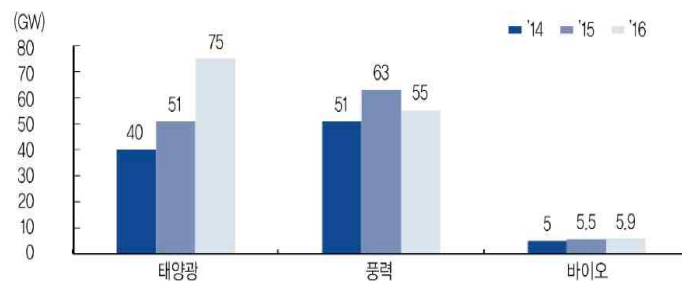
* 자료 : 신재생에너지 현황과 전망, FUTURE ECO, 2015

- 2016년 글로벌 신·재생에너지 투자금액은 2,416억 달러로 전년도 3,121억 달러 대비 23.6% 감소했으나, 이는 기술개발로 인한 풍력 터빈 및 태양광 모듈 가격 하락 때문으로 설치 용량 차원에서는 여전히 상승국면 지속
- 분산형 발전 수요 확대 및 기술 발전 및 정책 지원으로 신규 설치 및 투자액은 지속적으로 증가할 것으로 보임
- 수력 발전을 제외한 2016년 신재생에너지 설치량은 총 136.4 GW로 발전원별로 구분하면 태양광 75 GW, 풍력 55 GW, 바이오메스 5.9 GW, 지열 0.4 GW, 기타 0.1 GW 수준



[그림2-36] 글로벌 신·재생에너지 투자 추이

* 자료 : K-브리프 주요국의 신재생 에너지 현황, KISTEP, 2017



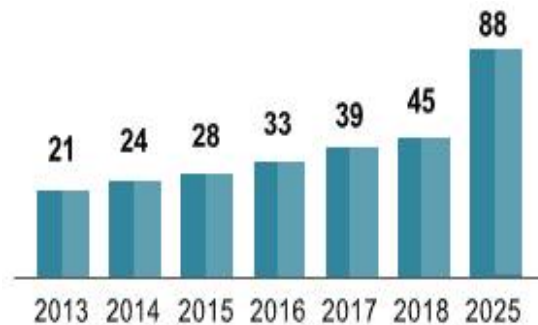
[그림 2-37] 발전원별 신재생에너지 설치 추위

* 자료 : K-브리프 주요국의 신재생 에너지 현황, KISTEP, 2017

나. 스마트 시티 시장

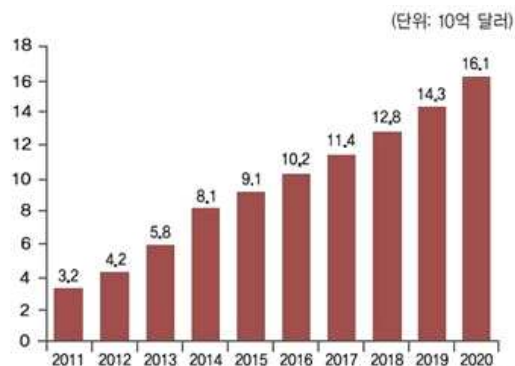
- 스마트 시티란 특정 서비스 또는 플랫폼을 의미하는 것이 아니라 도시 거주민 대상 또는 도시 행정의 효율을 높일 수 있는 다양한 서비스 및 기술을 포함하는 개념임
- 인적자원과 사회 인프라, 교통수단, ICT 기술 등에 투자함으로써 지속적인 경제 발전과 삶의 질 향상을 이룰 수 있는 도시라고 정의할 수 있음
- 글로벌 스마트시티 시장은 도시문제 해결 및 기후변화 대응이라는 가장 중요한 글로벌 이슈들을 해결할 수 있는 수단으로 스마트시티가 채택되면서 2010년 이후 스마트시티에 대한 논의는 개발도상국 및 선진국 모두가 주목하는 전 세계적인 현상임

- 이로 인하여 글로벌 스마트시티 시장 역시 급격히 팽창할 것으로 예측되면서 산업적 측면에 대한 관심 역시 최근 확대되고 있음
- 최근 4차 산업혁명에 대한 관심이 증가하면서 4차 산업혁명과 스마트시티를 연계하여 도시 자체를 새로운 산업창출 공간으로 접근하여야 한다는 ‘4차 산업 혁명의 신산업 플랫폼’ 으로 스마트시티를 바라보는 관점이 중요하게 부각되고 있음
- 세계 도시 중 인구가 천만 이상인 메가 시티가 2013년 23개에서 2025년 37개로 늘어날 전망이며 그 영향으로 스마트시티 시장이 빠르게 성장할 것으로 기대됨



[그림 2-38] 세계 스마트시티 수

* 자료 : RE3020 대응 재생에너지기반 플러스에너지커뮤니티 플랫폼 개발, 신재생에너지연구소 기획단, 2018



[그림 2-39] 스마트시티 시장규모 및 전망

* 자료 : 시스코 · IBM에 화웨이까지 점령나선 스마트시티...국내기업은?, 아시아경제, 2015

- 스마트시티에 대한 개념 및 이해가 국가별 정책여건에 따라 상이함에 따라 구체적인 시장규모도 분석 기관 · 범위에 따라 차이가 있음

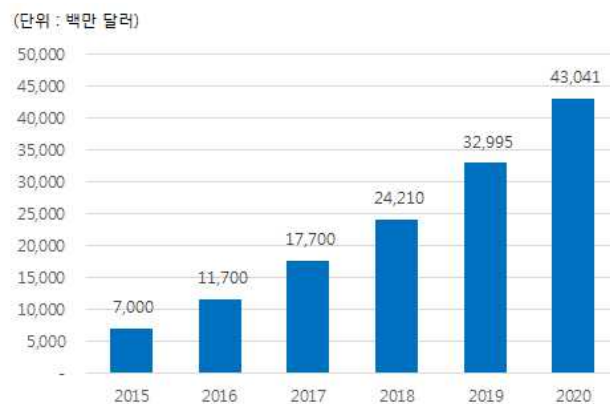
[표 2-7] 스마트시티 시장 전망

예측 기관	시장 전망	
ABI Research	2013년 81억\$	2018년 395억\$
Markets and Markets	2014년 411.31억\$	2019년 1,134.84억\$
Frost & Sullivan (2013)	2016년 1조\$	2025년 3.3조\$
Mordor Intelligence	2014년 386.55억\$	2020년

			1,386.56억\$
Pike Research	스마트시티 기술	2012년 61억\$	2020년 202억\$
Navigant (2017)	솔루션 및 서비스	2017년 40.1억\$	2026년 94.2억\$
CTA (2018)		2020년 340억\$	2025년 887억\$

* 자료 : 융합연구리뷰 no.5, 융합연구정책센터, 2018. 5

- 성공적인 스마트 시티를 위해서는 에너지시스템의 설치와 지원이 필수적이며, 이를 구축하기 위한 건물 일체형 신재생 에너지 시스템 시장 규모와 관련이 있으므로, 추가 동향조사를 실시함
- 건물 일체형 신재생에너지시스템은 BIPV, 지열, 태양열, 풍력, 시스템 통합으로 구분되며, 개별 신재생에너지원 관련 기술 전반이 포함됨
 - 복합 시스템 기술은 이용 효율의 극대화를 위해 이중의 신재생에너지원을 건물에 복합 적용하는 기술을 의미하며 태양광·태양열 겸용 패널 기술, 태양열·지열·축열 저장장치 통합기술, 풍력·태양광 전력량 통합화 기술 등이 있음
- 건물 일체형 신재생에너지시스템의 세계 시장 규모는 2015년 7,000백만 달러에서 2020년 43,041백만 달러 규모로 40% 증가할 것으로 전망됨



[그림2-40] 건물 일체형 신재생에너지시스템의 세계 시장규모 및 전망

* 자료 : 중소기업 기술로드맵, 2016

다. 전력 관리 시장

- 일본
 - 일본은 후쿠시마 원전사고 후, 경제산업성의 주도하에 전력 수요관리와 재난에 대비한 4개 에너지 사회시스템 실증사업을 추진하고 있음
 - 재난 대비 마이크로그리드 중심의 공공부문 미래 전력시스템을 지향하고 있음
- 지역특성(소비자, 지역인프라), 정책목표에 따른 특성화모델 적용, DR.다양한 요금제로 수요관리효과를 실증(약 15% 전력피크 감축)

대상지

- 건설사를 중심으로 주거 및 상업단지를 스마트타운으로 개발하면서 기반시설로 마이크로그리드를 적용함으로써 임대수익으로 투자비를 회수하고 있음
- 자동차회사들은 정전대비 비상전원 등으로 전기차를 활용하고, 전기차 보급을 활성화하기 위해 V2X(Vehicle to Everything)해외 실증에 적극적으로 활용하고 있음

[표 2-8] 일본 전력관리 정책 및 현황

기업	대상지	특징	주요 내용
미쓰이개발	후지사와	스마트 타운	CEMS(19만ha, 1,000가구), PV 35MW
	카시와노하		AEMS, 피크 26% 감축 목표
닛산社	캐나다 퀘벡('12), 영국('16)	V2G	V2H, V2G(Enel社 협업)
미쓰비시社	네덜란드 암스텔담('17)		V2H·V2O

○ 미국

- 주요 전력회사를 중심으로 스마트그리드 실증사업이 추진되고 있으며, AMI 기반 요금제, 가구 및 커뮤니티 단위로 에너지시스템 통합관리를 실증하고 있음

[표 2-9] 미국 전력관리 정책 및 현황

대상지	특징	주요 내용
① 텍사스 오스틴市 (‘10)	VPP	■ Pecan Street社 ■ 1,000가구, 주택용 PV+ESS+EV가 결합된 HEMS ■ ‘10년, VPP형태로 전력소비, 자립도 등 측정
② 뉴욕市 브루클린 (‘16)	커뮤니티 기반 P2P	■ 블록체인 기반, PV P2P거래 사업화(‘16년) ■ 지멘스, LO3 Energy 협업사업
③ 일리노이 (‘16)	요금제 기반 수요관리	■ Commonwealth Edison社 ■ AMI기반 실시간 요금제, 노후전력망

○ EU

- EU와 각 유럽 국가들은 2017년 말 기준으로 총 410개 실증사업을 추진하고 있으며, 주로 스마트 전력망관리, 수요관리, 분산전원 통합 분야에 전체 투자액의 83%를 집중할 만큼 투자에 적극적임
- 전통적으로 기후변화에 관심이 높은 EU의 경우 신재생과 ESS도입에 적극적이며, 최근 지역레벨과 커뮤니티 단위에서 지역 인프라 소비 특성에 특화한 에너지 시스템 통합 실증이 활발해지고 있음

[표 2-10] EU 전력관리 정책 및 현황

유형	스마트 망관리 (Smart Network Management)	수요관리 (Demand Side Management)	분산전원 통합 (Distributed Generator & Storage)	기타	합계
분야	망관리 제품·SW	EMS, DR 등	망통합, FR 등	전기차 등	
투자액 (억유로)	10.37 (30.9%)	9.57 (28.5%)	7.82 (23.3%)	5.84 (17.4%)	33.6
최근 사업	PROMOTION('15) 해상 HVDC 연계 실증 5,170만유로 투자	Flex4Grid('15) 프로슈머 서비스 320만유로	InteGRIDy('16) VPP, 10개소 1,580만유로	INVADE('16) EV+재생통합 1,630만유로	
	FLEXITRANSTORE('17) 송전망 유연성 개선 2,170만유로 투자	NOBEL GRID('15) 사업모델 개발 1,400만유로	GRIDSOL('16) 재생에너지 허브 320만유로	CryoHub('16) 재생+냉동고 통합운영 830만유로	

※ 자료: EU, Smart Grid Projects Outlook 2017

라. 제로에너지/플러스에너지 건물 시장 현황

- 제로(플러스)에너지 건물 시장은 2014년 기준으로 약 6.3억달러 수준의 시장을 형성하고 있으며 이는 주로 유럽을 중심으로 시장이 형성되었음. 향후 20년 이내로 빠른 성장이 예상되며 2035년에는 1.4조원달러 규모로 성장할 것으로 전망
- 영국은 '16년부터 신축주택의 온실가스 배출 제로화를 권고하고 프랑스, 독일은 저에너지빌딩 인증제도 시행 중. 미국은 2020년 주거부문, 2030년 연방정부건물, 2050년 상업용 건물의 제로에너지빌딩화 목표, 일본은 2020년 모든 신축 공공건물, 2030년까지 모두 신축 민간건물의 제로에너지빌딩 달성 목표제시
- 2021년까지 약 995억 달러 규모로 성장할 제로에너지빌딩 시장을 선점하기 위해서는 경제성이 확보된 제로에너지하우스 기술과, 내구성이 확보된 제로에너지원에 대한 연구개발이 필요함

- 세계 스마트도시 시장은 2014년 88억달러 규모로 추산되고 있으며 2020년에는 최대 1.5조달러에 이를 것으로 전망되고 있음

[표 2-11] 세계 에너지 신산업 품목별 시장규모 및 전망⁸⁾ (단위 : 억 달러)

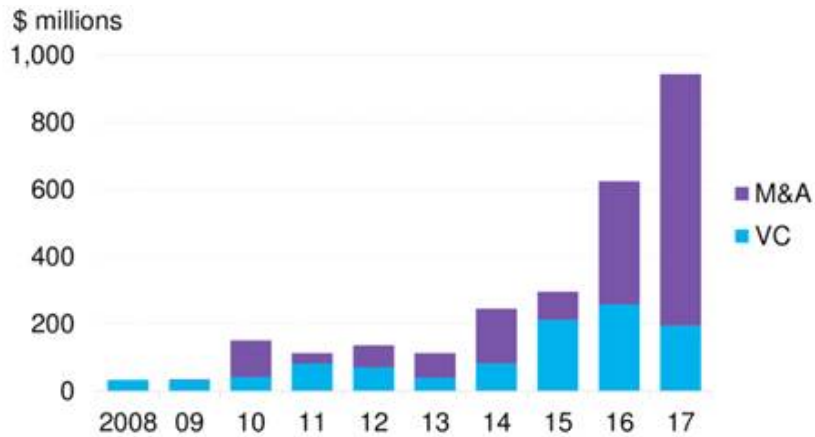
구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR(%)
마이크로그리드	182.4	237.05	308.1	400	520	676	30
제로에너지빌딩	806.7	841.4	877.5	915	954.3	995.4	4.3
수요자원시장	2.556	3.63	5.15	7.2	10.8	16.2	50
ESS활성화	4.096	6.55	10.5	16.7	26.7	42.8	60
미활용에너지	2.72	2.83	2.9	3.06	3.2	3.3	4

마. 신재생에너지 융복합 시장 현황

- 신재생에너지 융복합 이용 관련 기술개발 및 보급은 독일 등 유럽과 미국, 일본이 주도하였으나, 최근에는 중국이 비약적으로 성장하고 있음
 - 열에너지 공급에 있어 신재생에너지 융복합 설비 이용 실증단지가 증가하는 추세
 - 가장 일반적인 형태의 신재생에너지 이용 집단에너지 공급 시스템은 바이오에너지 이용 열병합 발전을 기반으로, 태양열 및 태양광발전 설비를 융복합 이용하는 사례로 파악됨
 - 세계 최종에너지에서 차지하는 재생에너지 비중은 9%의 재래식 바이오에너지를 포함하여 2012년 약 19%임 (2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부 신재생에너지센터 2014년 12월)
 - 1차에너지 소비 중 재생에너지의 비율이 2012년 13%에서 2035년 18%로 증가할 것으로 전망됨 (세계 에너지 전망(World Energy Outlook: WEO, IEA, 2013년))
 - 신재생에너지 산업에 투자되는 금액은 2010년 약 2,000억\$에서 2020년 약 4,000억\$로 지속적인 확대가 이루어질 전망임 (국내 신재생에너지 산업현황 및 해외시장 동향, 한국수출입은행, 2012년 8월)
 - 미국은 2009년부터 10년간 재생에너지 분야에 약 890억달러를 투자할 계획이며, 태양열 분야에서 독보적인 위치를 차지하고 있는 중국은 지난 2년간 23건의 재생에너지 정책을 발표하였음
 - 1980년부터 NEDO를 통해 재생에너지 보급정책을 추진했던 일본은 원자력발전소 사고 이후 FIT 제도와 풍력 및 지열 등의 보급을 촉진하는 정책을 추진 중이며, 독일은 2020년까지 최종 에너지 소비량의 18%를 재생에너지로 충당할 예정임 (2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부 신재생에너지센터 2014년 12월)

8) 2030에너지 신산업 확산전략 자료 제가공/Markets and Markets, 2014

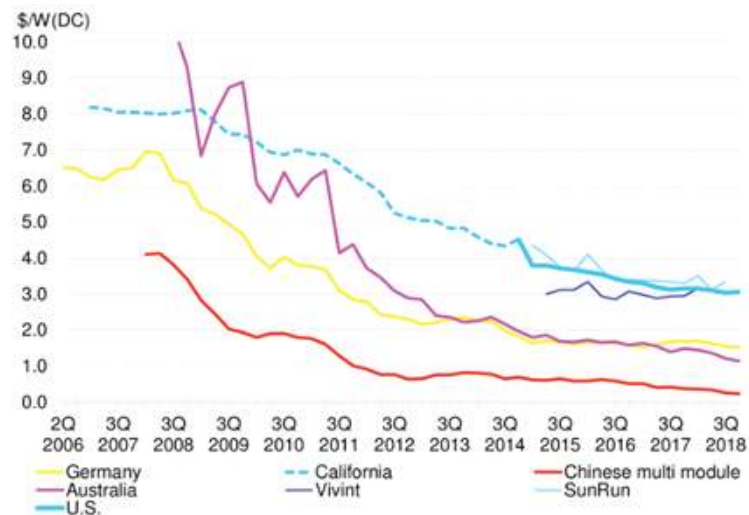
- 세계 각국에서 VPP 관련 산업 및 시장이 2017년 \$943 백만달러의 투자비를 기록하였으며, 세계에서 가장 큰 용량은 4.6 GW의 VPP 용량을 가지고 있는 것으로 나타났으며, VPP 시장은 폭발적으로 증가하고 있음



[그림 2-41] VPP 산업 시장 현황

※ 자료: Bloomberg New Energy Finance.

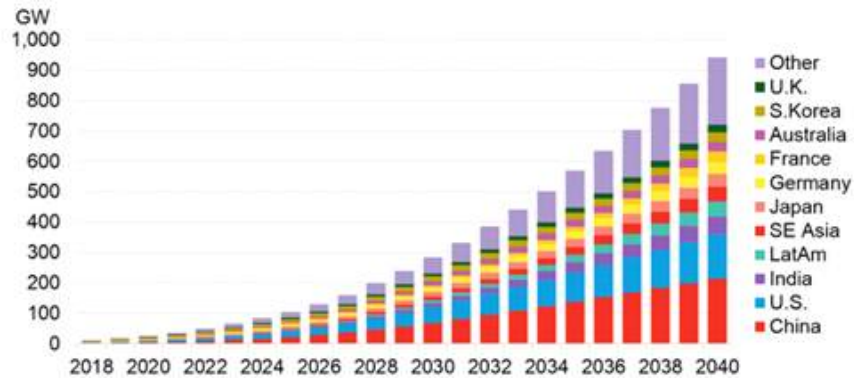
- 주거용 건물의 태양광 설치 초기비용이 매년 감소됨에 따라 신재생에너지원에 대한 경제성이 점차 증가하고 있음



[그림 2-42] 전 세계 신재생에너지 경제성 변화

※ 자료: Bloomberg NEF, Solarchoice.au

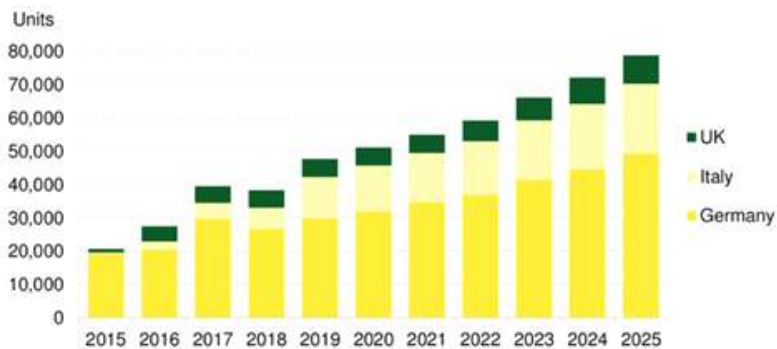
- 세계 각국에서 신재생에너지 및 VPP 관련 산업 및 시장이 폭발적으로 증가함에 따라, 에너지저장관련 시장 또한 증가하고 있음



[그림 2-43] 전 세계 에너지저장 시장 변화

※ 자료: Bloomberg NEF

- 유럽에서는 영국과 이탈리아, 독일을 중심으로 주거용 건물에서의 ESS 설치량이 증가되고 있음
- 이는 ESS 장치의 단가는 비싸나, VPP를 통해 발생한 수익의 일부를 받는 형식으로 수익을 창출하고 있으며, 이에 따라 ESS 설치량이 증가되고 있음



[그림 2-44] 유럽 주요국가 ESS 설치량 현황 및 전망

※ 자료: Bloomberg NEF

- Navigant Research (2016) 자료에 의하면, 2018년부터 전 세계적으로 분산에너지원을 이용한 발전량이 새로운 발전소의 용량을 뛰어넘게 되며, 그에 따른 분산에너지원의 시장규모는 2030년 180조원에 이를 것으로 예상됨
- 신재생에너지, 에너지저장장치, 연료전지, 전기차 충전, 수요반응 등을 프로슈머와 관련된 전체 예상 투자액 (2014년 기준)은 향후 10년간 1900조원에 이를 것으로 추정됨

5. 생태적 환경 분석

- 기후변화로 인해 벌어질 환경재해에 대해서는 이미 여러 전문가들을 통해 경고되어

왔음

- 대표적으로 온실가스 문제는 자연생태계 파괴 및 기후변화 유발, 예상치 못한 자연재해 발생으로 인한 인력 및 재산상 손실 발생 등 다양한 재앙들을 가져왔음



전문가 진단으로 구성해본 2100년 한반도의 모습

[그림 2-45] 기후변화에 따른 2100년도 한반도 모습 전망

※ 자료: 한겨레, “한국 온실가스 감축 ‘미적’...남 육할 처지 아니다

- 온실가스 배출은 경제성장과 산업화로 인해 기인했으며, 화석에너지 소비의 증가가 가장 직접적인 원인이라고 할 수 있음
- 또한, 인구의 증가와 주거 도시화가 진행되어 생활의 편리적인 측면에서 에어컨,

보일러 등을 통한 냉난방에너지 사용이 급격히 늘어나면서 상황이 급격하게 악화되었음

- 온실가스 배출을 통한 기후변화 및 자연재해 발생에 대한 솔루션으로는 결국 화석연료 사용 제한, 신재생에너지 생산, 소비에너지와 생산에너지의 NET Zero 달성 등이 제시되고 있음
- 이같은 솔루션의 집합체가 본 연구과제 “도시/건축 에너지 최적화”를 통해 기획하고자 하는 스마트 제로에너지 시티로 볼 수 있음
- 스마트 제로에너지 시티를 지향하는 도시/건축 에너지 최적화 과제를 통해 자연 생태계에서 가장 중요한 문제로 대두되고 있는 에너지 절감, 공기질 완화, 자원 고갈 지연 등의 솔루션으로 제시될 수 있음



6. 정책적 환경 분석

가. 국내 정책 동향

- 제로에너지건축 단계적 의무화 추진을 위한 [제로에너지건축 보급 확산 방안] 2019년 6월 발표
 - ‘16년에 수립한 기존 제로에너지건축 의무화 로드맵의 단계별 적용방안을 조정하여 중소규모 건축물 적용 시작에서 중대형 건축물 적용으로 로드맵 수정
 - “구리시 갈매역세권”, “성남시 복정1”을 대상으로 지구단위 제로에너지 시범사업을 통해 제로에너지 확산 추진

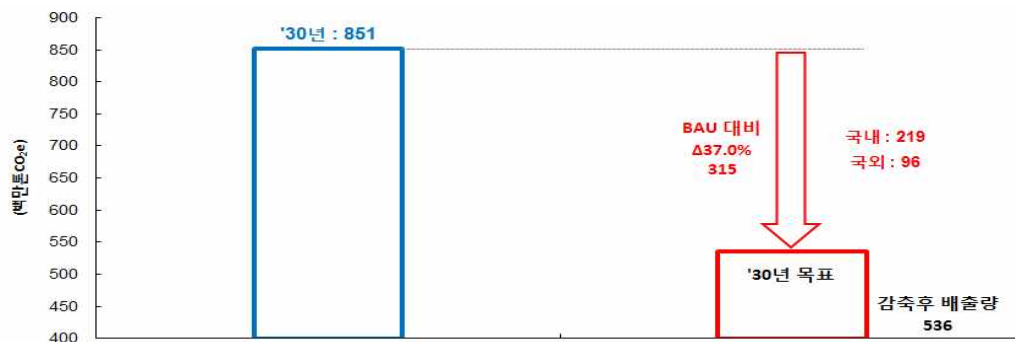


[그림 2-46] 제로에너지건축 보급 확산 방안1



[그림 2-47] 제로에너지 보급 확산 방안2

- 2016년 6월 국무회의를 통해 [제1차 기후변화대응 기본계획] 및 [2030 국가 온실가스감축 기본 로드맵] 확정
 - ‘30년 국가온실가스 감축목표 37%(BAU대비)를 효율적으로 목표 달성하기 위한 체계적인 이행방안



[그림 2-48] 2030 온실가스 감축 계획

- 2030국가별 온실가스 감축목표 이행을 위한 국정과제 중 ‘친환경 미래 에너지 발굴·육성’, ‘신기후 체제에 대한 견실한 이행체계 구축’ 전략과의 연계가 필요함
 - ‘친환경 미래 에너지 발굴·육성’ 연계 추진 : (에너지효율) 핵심분야별(가정, 상업, 수송, 공공, 건물 등) 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환
 - ‘신기후 체제에 대한 견실한 이행체계 구축’ 연계 추진 : (온실가스 감축 강화) 온실가스 배출증가 억제, ‘20년까지 제로에너지 건물 확대 등

○ ‘제2차 스마트그리드 기본계획’ (산업통상자원부)

- 소비자가 체감하는 新서비스 실증단지 조성 등을 통한 신시장을 창출하는 산업혁신역량을 강화하는 방안임
- 소비자 참여를 통해 전력 피크수요를 관리하고, 전력설비를 효율적으로 이용하는 친환경 에너지 공동체 구축을 목표로 함
- '22년 국가 스마트시티 시범단지 적용을 목표로, 新기술·서비스를 사전에 실증하고, 기술수준과 제도 적용 등을 고려하여 3~5년 내에 적용가능한 모델을 발굴함
- 각 사업은 실험실 규모에서 가능한 ‘테스트베드형 실증단지’와 현장 소비자 대상 실증인 ‘도시형실증단지’로 구분할 수 있음
- 테스트베드형 실증단지를 통해 수집된 데이터는 빅데이터 정보 축적·분석 등을 통해 성과평가가 이루어 질 수 있으며, 수집된 정보는 연구자·사업자 등이 추가 연구, 새로운 사업 아이디어 발굴에 활용이 가능하도록 공개됨

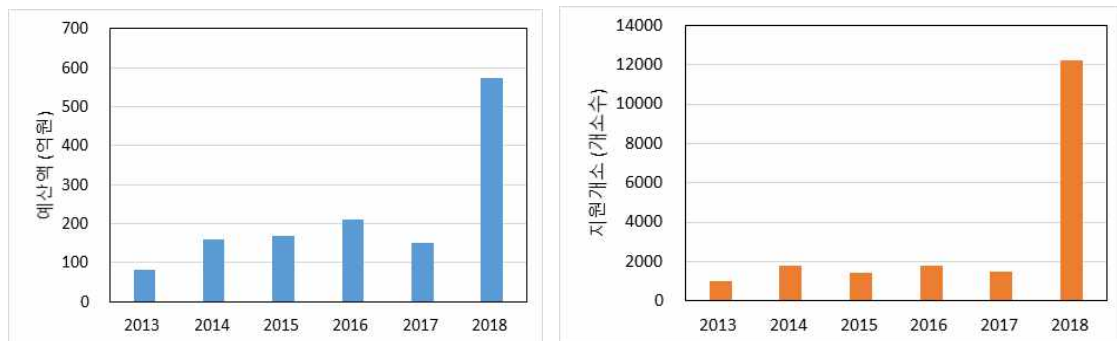
○ ‘2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)’ (국가과학기술심의회)

- 사회적 지속가능성 확보를 위한 R&D 투자 강화 중 ‘기후변화 대응’, ‘4차 산업혁명 대응 R&D 투자 강화 중’ 융합기술 ‘부분에서 미래형 스마트 그리드 기술에 대한 투자확대를 제시하고 있음
- 기후변화 대응부문: 기후변화, 에너지 위기 등 국가 중장기 리스크에 대비한 선제적 R&D 추진, 원전·석탄 발전비중 축소에 따라 신재생에너지 고효율화를 위한 R&D 강화(기존 전력망과 ICT 기술을 융합한 통합 솔루션과 핵심기술 조기개발)
- 융합기술 부문: 4차 산업혁명 기술분류체계 5대 영역 중 ‘융합기술’ 분야의 스마트시티, 스마트 에너지 환경과 연계
- 에너지 신산업 육성 부문: 고효율 변환·저장 및 분산자원과의 효율적 연계·통합 시스템 R&D 강화, 신시장 창출 및 사업화로 연계가 가능한 차세대 신재생에너지 기술개발과 연계 인프라 지원 확대

○ 신·재생에너지 융·복합지원 정책: 신·재생에너지 융복합지원 사업을 통한 신재생에너지 보급 확대

- 태양광, 풍력, 태양열 등 2종 이상의 신재생에너지 원을 동시에 투입하는 에너지원 간 융합사업과 특정 지역의 주택, 공공·상업(산업) 건물 등 지원 대상이 혼재되어 있는 구역 복합사업을 대상으로 총 사업비의 50% 내에서 (연료전지 사업은 70% 내에서) 지원됨에 따라 신재생에너지 융복합을 통한 재생에너지 보급확대를 이루고 있음
- 2018년 67개 컨소시엄을 선정하였으며, 총 사업비 1,217억원 중 575억원 가량을 국고보조금으로 지원함

- 월별로 태양광 9,914개소(25.6MW), 태양열 1,413개소(12,839㎡), 지열 864개소(17.3MW), 연료전지 5개소(57kW), 풍력 17개소(80kW), 소수력 2개소(40kW), ESS 8개소(1,550kW) 등 총 12,223개소에 설비가 설치될 예정
- 현재 신·재생에너지 융복합지원 사업을 통한 보조금은 신재생에너지원의 확대를 위해 절대적으로 필요한 상황임. 반면, 2018년도 기준으로 2013년에 비해 7배 많은 지원금액과 12배가량 많은 지원 개소를 보임에 따라, 단순히 재생에너지원에 대한 지원이 많아진 것뿐만 아니라, 민간을 중심으로도 신산업이 창출되어 활발하게 적용 및 확산되고 있음을 알 수 있음
- 신재생에너지의 융복합을 통한 수익 창출이 증대되기 위해서는 커뮤니티 단위의 신재생에너지와 연계된 복합에너지 시스템에 대한 연구개발이 필요하며, 이를 통해 산업 활성화를 더욱 고조시키고, 국가 보조금의 규모 또한 줄이는 방향으로 나아갈 수 있을 것으로 판단됨



[그림 2-49] 신재생에너지 지원 사업규모

- 신·재생에너지 산업지원 정책: REC(신재생발전 공급인증서)의 가중치를 정책 수단으로 활용하여 신재생에너지 산업 지원 확대
 - 정부 보조금 성격의 REC 가중치를 개정하여 에너지원별 지원을 차별화
 - 태양광, 풍력, 수소연료전지, ESS에 대한 지원을 강화하고 바이오매스와 폐기물에 대한 지원을 대폭 축소
 - (풍력) 해상풍력의 REC 가중치를 1.5~2.0에서 2.0~3.5로 상향 조정
 - (수소연료전지) 기존 REC 가중치를 유지하나 여전히 높은 수준인 2.0 적용
 - (ESS) 전반적으로 다소 하향 조정되었으나 가장 높은 수준인 4.0 적용
 - (태양광) 투기가 우려되는 임야 태양광만 REC 가중치를 1.0에서 0.7로 하향
 - (폐기물, 바이오매스) 일부 폐기물2)과 우드펠릿3)의 경우 연소 시 오염물질을 배출하는 등 신재생에너지 정책의 취지에 맞지 않기 때문에 지원을 중단

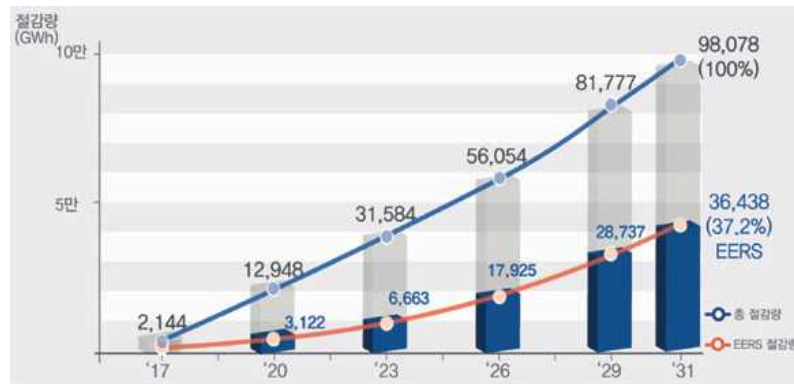
[표 2-12] REC 가중치 개정 사항

	현행	개정 후	조정 내용 및 배경	적용시점
해상풍력	1.5~2.0	2.0~3.5	상향 조정	신규사업 즉시 적용
수소연료전지	2.0	2.0	높은 가중치 적용	-
ESS	태양광 연계 5.0 풍력 연계 4.5	4.0	가장 높은 가중치 적용	신규사업 즉시 적용
임야 태양광	0.7~1.2	0.7	투기세력 유입 차단	3개월 유예
바이오매스 (우드펠릿, 우드칩, 폐목재)	1.0	-	가중치 제외	6개월 유예
비재생폐기물	1.0	-	신재생에너지 불인정	

자료 : 산업통상자원부(2018.6.25)

- 전력중개사업 정책 현황: 정부는 VPP가 사업성을 확보할 수 있도록 시장개설 등 제도적 기반을 마련
- 2019년 2월 소규모 전력중개시장이 개설되었음
- 전력중개사업자는 태양광, ESS,전기차 등 분산자원을 모집하여 자원 보유자를 대신해 전력 판매 등이 가능
- ICT 기반 전력수요관리 현황: 국내에서는 한전을 중심으로 전력수요관리가 진행되고 있으며, 크게 부하관리(Load Management)와 효율향상(Energy Efficiency)로 구분됨
- 부하관리는 건물냉난방 기기 원격관리 시스템(KAMS), 최대전력관리장치, 축열식 냉난방설비 등이 대상이며, 효율향상은 고효율기기 보급으로 축열식히트펌프보일러, 프리미엄 전동기, 고효율항온항습기 등이 포함됨
- 축냉설비는 한전 수요관리사업의 핵심사업 중 하나이나, 2013년을 기점으로 매년 지원금이 감소되는 추세이며, 이는 기술개발의 부재 및 건축물의 에너지절약설계기준에서 배제된 것도 원인으로 지적됨
- 반면, 심야히트펌프 산업은 성장기에 접어들었으며, 매년 보급사업이 꾸준히 진행되어오고 대기업중심으로 안정적인 시장형성 및 50% 이상의 기존 설비대비 에너지절감이 입증됨에 따라 보급이 꾸준히 증가될 것으로 예측됨
- 최근 ESS식 냉난방설비에 대한 관심이 지속됨. ESS식 냉난방설비는 심야전기를 ESS에 적용한 후 EHP 전기식 냉난방기기를 활용하여 피크시간에 사용하는 것으로, ESS의 용량에 따라 주간시간대 전력사용량을 심야시간대로 부하를 이전하는 것은 축열식 냉난방시스템과 유사함
- 그러나, 피크시간대 ESS를 통한 전력공급으로 피크시간동안 전력사용량을 더 절감할 수 있다는 장점이 있음
- 최근 에너지공급자의 효율향상 투자를 활성화하기 위해 ‘에너지공급자 효율향상 의무화제도(EERS: Energy Efficiency Resource Standard)’를 2018년도부터 시험사업으로 도입하였으며, 이는 제8차 전력수급기본계획에 수요관리 핵심수단으로 포함되었음. 본 EERS 제도를 통해 에너지공급자에게 에너지판매량과 비례해

에너지절감목표를 부여하고 다양한 효율향상 투자를 통해 목표를 달성하도록 의무화하는 제도임



[그림 2-50] 정부의 에너지절감 계획 중 EERS가 차지하는 비중

○ 에너지 저장장치 운영 및 피크 부하 관리 정책

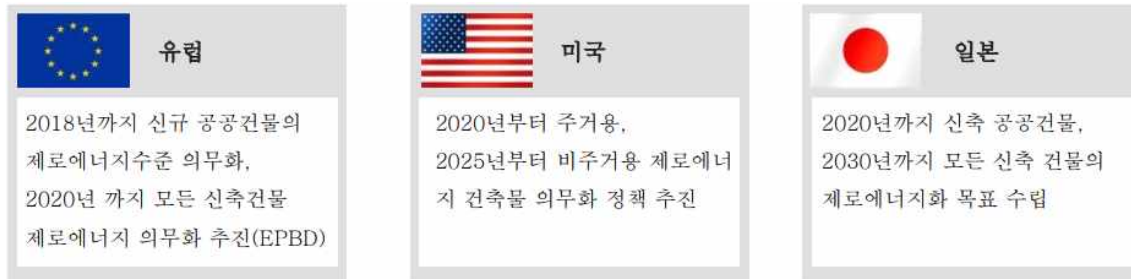
- DR(전력수요 관리)기법은 크게 요금기반 수요반응과 인센티브 기반 DR로 구분할 수 있음
- 요금기반 DR: 선택적 전기 요금제도를 도입, 소비자의 자발적인 패턴 조절을 유도하는 방식임
- 인센티브 기반 DR: 사전에 약정된 가격 하에서 자발적으로 감축한 사용량만큼 정산하거나, 혹은 약정된 감축량 만큼 정산하는 방식

[표 2-13] 에너지 저장장치 운영 및 피크 부하 관리 정책

구분		지정기간 수요조정제도	주간예고 수요조정제도	수요 자원 시장	직접부하제어	지능형 DR
시행시기		하계 15~20일	예비력 450만kW미만		예비력 300만 kW 미만	예비력 450만 kW 미만
자원등록 기준		300kW 이상			100kW 이상	
주요대상		산업용			소규모 산업용/일반용	
통보시점		2개월 전	전 주 금요일 ~ 전일	전일 15시 ~3시간 전	발생 시	1시간 전
참여의무		자율			의무	
모집주체		한전		전력거래소/수 요관리사업자	한전	수요관리사업 자
지원방식		실적급			고정급+실적급	
가격결정		약정	입찰		약정	입찰
지 원 단 가	기본급 (원/kW)	없음			연간 2,000	연간 64,000
	실적급(원/ kWh)	560~680	540(5일전) ~900(전일)	1,072 (2011년)	~ 3,400	~ 550

- DR기법을 활용한 피크시간대 전력 감축 방안으로 매년 일정수준 이상의 효과를 나타내고 있으며 전력가격 하락 현상을 보이고 있음

나. 국외 정책 동향



[그림 2-51] 국내외 제로에너지 정책 동향

- 국가별 온실가스 감축 목표에서 우리나라는 2030년까지 37%감축을 목표로 하고 있으며, 중국이 가장 높은 목표치인 60~65% 감축을 목표로 하고 있음

[표 2-14] 전세계 온실가스 감축 목표

국가	기준년도	감축목표
한국	2030	2030년까지 BAU 대비 37% 감축
미국	2005	2025년까지 2005년 대비 26~28% 감축
중국	2005	2030년까지 2005년 GDP 대비 60~65% 감축
EU	1990	2030년까지 1990년 대비 40% 감축
일본	2013	2030년까지 2013년 대비 26% 감축
인도	2005	2030년까지 2005년 대비 GDP 대비 33~35% 감축
러시아	1990	2030년까지 1990년 대비 25~30% 감축
브라질	2005	2025년까지 2005년 대비 37% 감축
인도네시아	2015	2030년까지 BAU 대비 29~41% 감축
멕시코	2030	2030년까지 BAU 대비 25~40% 감축

□ 국제에너지기구(International Energy Agency)

- IEA(International Energy Agency)는 온실가스 감축을 위해 25개의 강력한 부문별 에너지효율 정책 시행을 권고, 25개 권고시책을 세계 각국에서 모두 이행할 경우 2030년까지 연간 8.2Gt CO₂ 감축예상 (세계 2030년 BAU 대비 20%를 감축)
- IEA 권고시책 구성 25가지 중 5가지가 건물부문에 집중되어 있음

[표 2-15] 국제에너지기구 온실가스 감축을 위한 권고시책

건물부문(건물효율 인증체제)	5
기기·설비부문(에너지성능기준 의무화)	4
조명부문(백열등 퇴출 등)	2
수송부문(고효율 타이어 등)	4
산업부문(에너지관리 역량개발 등)	4
에너지공급자(효율향상 의무화체제)	1
공통부문(효율 지표 및 정책 평가·모니터링 등)	5
합계	25

- 온실가스 감축 목표 달성을 위해 IEA에서는 에너지 효율 지표 개발을 추진하고 있으며, 각 국가들은 국가 간 자료 공유 및 협력체계를 갖추고 있음
- 주요 산업의 에너지효율 또는 CO2 감축잠재량 등을 제시하고 각국에 견실한 기초자료 체계 확충을 요청하고 있는데, 부문별 기초자료 등에 대해서는 IEA, APEC 공통의 포맷을 취하여 주기적인 자료 모니터링 및 분석을 추진하고 있음

[표 2-16] 전 세계 온실가스 저감 정책

국가	정책
미국	- 건물에너지절약표준 마련(에어컨, 히트펌프, 냉동기, 주거용 보일러 등)
유럽연합	- 가전제품 에너지 라벨링 제도개편
중동	- 건물에너지효율랭킹 제도 및 최저소비효율기준 도입 계획수립
일본	- 신규 비거주용 건물의 에너지 효율 표준 마련(~17') - 에너지 라벨링 제도 도입을 위한 에너지 효율 표준 마련(~16') - Top runner program 요건 강화(냉장고, 냉동고 부문)
캐나다	- 조명, 난방, 환기, 공기 조절 장치 시설을 갖춘 국가에너지 건물 코드 강화

*출처 : World Energy Outlook 2016

□ 유럽연합(EU 28개국)

- EU는 유럽 집행위원회(European Council)에서 Top-down 형태의 정책을 통한 포괄적인 온실가스감축 및 지속가능에너지 확충을 추진하고 있음
- 2030 Climate and Energy Policy Framework(2014), 에너지 효율지침(2012) 등을 통해 EU 회원국이 목표를 제시하고 구체적인 실행계획을 세우도록 요청하고, 온실가스 감축 및 지속가능에너지 확대에 대한 패키지 목표를 수립했음

- 목표 1: 2030년까지 EU 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 최소 27%로 확대
- 목표 2: 2030년까지 EU 에너지 효율을 최소 27% 향상

○ 위 Framework에 따라, 2030년까지 1990년 대비 온실가스 40% 감축을 목표로 국가별 에너지 실행계획을 수립했으며, 2020년까지 2007년대비 20% 에너지 절감 목표 달성을 위한 ‘에너지 효율지침(Energy Efficiency Directive)’ 수립했음

-
- 에너지공급자 절약 목표제: EU회원국은 14년~20년 기간 동안 에너지 공급자로 하여금 최종 소비단계에서 자체 판매량의 1.5% 만큼 에너지를 절감하도록 의무화 추진
 - 고효율 설비 기기 등 절감량 표준화를 통해 감축기준량을 공표하고 에너지 공급자는 ESCO 등과 협력하여 소비자 지원
 - ① 절감목표량은 연간 사용량의 1~2% 수준에서 설정하여 절감실적량에 따른 인증서(White Certificate)를 발행하며, 인증서 거래가 가능함으로써, 목표 부족량 만큼 인증서를 매입
 - ② 프랑스 이탈리아 영국 덴마크 등에서 시행중이며 확대 시행 검토 중
 - 중앙정부 소유의 공공건물에 대하여 매년 바닥 면적의 3%에 해당하는 에너지절감 달성 의무화 추진(2014년 1월) 바닥면적 500㎡ 초과 건물에 대해 적용되고 있으나 250㎡로 확대 적용
-

○ 또한, 건물에너지 성능 지침(EPBD)을 마련하여(2010.5월) 2020년까지 모든 신축 건물이 제로에너지 건물이 되도록 계획하고 있음

- 건물 에너지효율 측정, 최소기준 설정 및 정기 검토
- 신축건물 최소 효율기준
- 기존 대형건물(1,000㎡ 이상) 개보수시 최소효율기준
- 건축, 매매 및 임대 시 적용될 건물에너지 인증기준
- 냉난방설비 검사 및 평가

○ 설비·기기 등 효율 향상을 위해 친환경설계지침(EuP), 에너지효율 라벨링(A-G등급)을 시행, 산업체(European Committee of Domestic Equipment Manufacturers)에 자발적 협약을 지원하고 있음

- 에너지소비가 많은 제품(온수기, 대기전력 등 19개 품목)에 대해 EuP 기준 적용 의무화하여 기준을 충족한 CE 인증 취득제품만 유통 가능
- 가정용 기기(TV, 보일러 등)에 국한하여 시행중인 에너지효율라벨링을 창호, 타이어 등의 품목까지 확대, CO2 정보도 병기 추진
- 사무기기(PC, 복사기 등) Energy Star Program(미국 EPA 소유권)을 활용하여, EU 역내 공공기관에서는 EU-US Energy Star 기준보다 강화된 에너지효율제품을 사용하도록 요구

□ 일본

○ 저탄소, 건강한 라이프 스타일과 행동변화를 위한 정책방안

- 공학 연구원이 중심이 되어 행동변화와 에너지절약 관련 연구가 진행되어옴, 향후심리학이나 행동과학 등을 포함한 사회과학 연구원이 참여된 연구를 추진해 나갈 예정임(환경부, 내각부, 경제산업성, 문부과학성)
- 학술단체는 과학적인 근거를 기반으로 한 정보를 제공하고, 교재 개발에 적극 협력해야함. 또한, 언론·국가·지방자치단체의 정책 결정에 대한 연구성과와 객관적 데이터를 적절하게 제공하고, 시민의 행동 변화를 위한 교육 및 계발을 추진해야함(내각부, 문부과학성, 국토교통성)
- 일본 전통생활문화(내부공간과 외부공간이 킷마루 같은 토방 등을 통해 서로 연결된 구조 등)를 계승하여 거주자의 건강 및 쾌적성을 향상시키기 위한 단열 및 고기밀화 기술 등의 개발을 추진해야함(내각부, 국토교통성)
- 어린이의 생육환경 조성관련, 실내환경의 쾌적성 뿐만 아니라 외부에서 학습할 수 있는 기회를 증가시키는 주거 및 보육환경의 정비를 추진해야함(국토교통성, 문부과학성, 후생노동성)
- 도시 건축 관련 건강 및 삶의 질을 향상시키고 저탄소정책을 양립시키는 저층 집합 주택의 건설을 촉진해야하며, 이에 대한 세제지원제도 등을 정비해야함. ICT를 최대한 활용하여 어린이와 노인의 고립을 방지해야하며, 공동이용공간을 확충하고 저탄소화를 실현시키는 주거방식을 구축해야함(후생노동성, 국토교통성, 재무, 총무)

○ 성숙한 사회를 위한 저탄소, 건강한 도시교통 디자인

- 인구감소시대의 적응을 위한 스마트그로스(관리 가능한 질서 있는 성장)와 스마트축소(도시인구감소에 따른 시가지를 축소하는 방안)에 관한 연구를 추진해야함. 자유로운 대중교통 및 도보를 기반으로 한 차세대 교통 네트워크 관련 연구가 필요함(환경부, 국토교통성, 자치단체)
- 저탄소 및 건강한 사회의 실현을 위해 인간의 이동성과 물건의 가용성을 감안한 휴대단말기의 ICT 기술을 적용하여 교통 방식간의 상호 연계를 추진하고, 대규모 재해시에도 작동되는 물류시스템을 구축해야함(국토교통성, 총무성)
- 콘크리트 공간의 감축, 도시의 물 공간 확충을 통해 도시의 열섬대책이 도시계획에 포함되어야함(국토교통성, 환경성, 지자체)
- 토지 및 건물 보유세의 완화 또는 토지이용규제를 사양규정에서 성능규정으로 전환하여 도시 설계의 자유도를 높이는 제도의 재설계를 추진해야함. 또한, 사회적비용의 내부화를 통해 통합가격정책을 적극적으로 도입하여 환경부하를 줄이고, 개발이익을 내부화하는 교통 및 토지이용 시스템을 구축해야함(국토교통성, 법무성, 총무성, 자치단체, 철도사업자)

○ 주택, 건축의 저탄소 및 건강 대책과 에너지 창출 가속화 방안

- 신재생에너지 및 분산형 에너지시스템의 생산 및 수요 양방향에서 관리하는 새로운 계통제어가 가능한 스마트 에너지네트워크를 구성해야함. 수소에너지가 자연에너지원에서 생산 및 공급이 가능해질 경우, 전기와 함께 중요 에너지원이 될 수 있음, 연료전지자동차나 가정용연료전지의 보급을 추진해야함
IoT를 적극 활용하여 여러 건물을 대상으로 한 HEMS(home energy management system), BEMS(building energy management system), CEMS(community energy management system) 등의 다양한 형태의 에너지관리를 실현 할 수 있음(국토교통성, 경제산업성, 총무성)
- 재생가능에너지를 이용하여 라이프 사이클 전체에서 CO2 발생량이 마이너스가 되게 하는 LCCM(life cycle carbon minus)주택과 패시브 건축물을 도입해야함. 또한, 목재의 활용을 위한 기술개발, 목조 건축의 보급을 촉진하기 위한 인센티브 부여, 안정공급체제를 구축해야함.(국토 교통성, 경제산업성, 임야)
- 주택, 건축물, 도시지역의 에너지 절약 및 저탄소 정책 개입 전후의 거주자 및 사무자의 생리적, 심리적 변화에 대한 대규모 조사를 실시해야함. 질병예방, 개호예방에 대한 과학적 증거를 수집 및 분석하는 정비는 10년 이상 지속한 코호트 연구(cohort study: 특정요인에 노출된 집단과 노출되지 않은 집단을 일정기간 추적 조사하는 연구)를 할 필요가 있음(국토교통성, 후생노동성)

○ 저탄소 기술의 아시아 진출 전략

- 아시아 민생교통부문 에너지소비실태의 공통 데이터베이스를 구축하고, 수치모델을 이용하여 관련 정책과 대책의 효과를 검증 할 수 있는 web기반의 플랫폼을 구축해야함(외무성, 경제산업성, 국토교통성)
- 아시아 폭염지역의 환경제어관련 냉방기간 실내환경의 쾌적성평가, 습도조절기술개발, 냉방시의 에너지절약기술개발, 민가에서 보이는 전통적인 기술의 현대건축에의 응용 등의 연구가 필요함(국토교통성)
- 아시아 국가의 대도시 교통체증과 대기오염을 줄이기 위해 방콕이나 상해의 철도정비 성공사례를 검증하고, 이와 같은 기술을 다른 도시에 이식하는 방법의 연구를 요함
- 동남아 국가가 직면한 고령화 사회에 통용되는 인적교류시스템을 구축하고, JICA(일본국제협력기구), 아시아개발은행, 세계은행 등의 원조기관은 연구에 근거한 과학적 지식을 지속적으로 공유하는 방법을 마련해야함

[표 2-17] BELS(building-housing energy-efficiency labeling system)관련 예산보조제도(2016년도예산)

	주택	비주택건축물
표시에 대한보	[기존 건축물 에너지 절약 추진 사업](기존) ○ 300 m² 이상의 기존 주택의 에너지 절약 성능의 진단 표시 등 비용의 일부 등 【보조율】 1/3 (특히 파급 효과가 높은 것에 대해서는 정액) [에너지 절약 주택 · 건축물의 정비를 위한 체제 정비] (신축, 개수)	[기존 건축물 에너지 절약 추진 사업] (기존) ○ 300 m² 이상의 기존 건축물의 에너지 절약 성능의 진단 표시 등 비용의 일부 등 【보조율】 1/3 (특히 파급 효과가 높은 것에 대해서는 정액) ※ 개수 (에너지 절약 효과 15 % 이상) 할 경우 300 m² 미만도 표시 보조 대상 (보조율 1/3)

조제도	○ BELS 신청 수수료를 감면하는 BELS 평가 기관에 대한 평가 지원 사업 보조 등	[에너지 절약 주택 · 건축물의 정비를 위한 체제 정비] (신축, 개수) ○ BELS 신청 수수료를 감면하는 BELS 평가 기관에 대한 평가 지원 사업 보조 등
표시가 보조요건등이 되는사업	[지속 가능한 건축물 등 선도사업] (국토교통성) (기존, 개수) ○ 선도적인 기술에 관한 건축 구조 등의 정비 비용, 효과의 검증 등에 필요한 비용 등 【보조율】 1/2 (보조 한도액은 조건에 의함) → CASBEE, BELS 등에 의한 표시를 요구함 [지역형 주택 그린화사업 (제로에너지)] (국토교통성) (신축, 개수) ○ 중소 건축업자들이 제로 에너지 주택 등으로 인해 소요 증가비용 상당액 등 【보조율】 1/2 (보조 한도액은 조건에 함한) → BELS 등의 인증을 취득하여 표시하는 것을 요건으로 함 [임대 주택의 CO2 저감 촉진 모델 사업] (환경부, 국토교통성) (신축, 개수) ○ 저탄소형 임대 주택을 신축 또는 리모델링하고 일반적으로 환경 성능표시를 보여주는 사업에 대해 저탄소화에 기여하는 설비 등의 도입 비용의 일부 【보조율】 1/2 (보조 한도액 60 만엔 / 문), 1 / 3 (보조 한도액 30 만엔 / 문) → 연립 주택마다 BELS 인증을 취득하여 표시하는 것을 요건으로 함 [주택 · 빌딩의 혁신적인 에너지 절약 기술 도입 촉진 사업] (신축, 개수) (경제산업성) ○ ZEH(넷 제로 에너지 하우스)등록 사업자가 건축하는 ZEH에 대하여 그 시설 비용의 일부 【보조율】 정액 (125 만엔 / 건) → BELS의 취득을 심사시 가점 요소로 함	[지속 가능한 건축물 등 선도 사업] (국토교통성) (신축, 개수) ○ 선도적인 기술에 관한 건축 구조 등의 정비 비용, 효과의 검증 등에 필요한 비용 등 【보조율】 1/2 (보조 한도액은 조건에 의함) → CASBEE, BELS 등에 의한 표시를 요구함 [지역 형 주택 그린 화 사업 (우량 건축물)] (국토교통성) (신축) ○ 중소공무점에서 인정받은 저탄소 건축물로 인한 소요 증가 비용 상당액 등 【보조율】 1/2 (보조 한도액은 조건에 의함) → 저탄소 인증, BELS 또는 CASBEE 중 하나의 인증 또는 평가 등을 요구함 [기존 건축물 에너지 절약 추진 사업] (국토교통성) (개수) ○ 기존 건축물에 대한 구체 개수를 따라 에너지 절약효과 15 % 이상이 전망됨. 동시에, 리노베이션 후 일정한 에너지 절약 성능에 관한 기준을 충족 에너지 절약 개수 비용 등 【보조율】 1/3 (보조 한도액 5000 만엔 / 건 등) → BELS 등에 의한 평가 결과의 표시를 요구함 [주택 · 빌딩의 혁신적인 에너지 절약 기술 도입 촉진 사업] (경제산업성) (신축, 개수) ○ ZEB (넷 제로 에너지 빌딩) 건축 실증 대해 고효율 설비 등 도입 비용의 일부 【보조율】 2/3 (보조 한도액 : 10 억엔 / 연도) → (ZEB-READY 이상) BELS 취득 · 표시를 요구함 [업무용 빌딩 등에 있어서의 CO2 저감 촉진 사업] (환경성, 경제산업성) (신축, 개수) ○ 소규모 업무용 빌딩 등에 대해 ZEB의 실현에 이바지하는 에너지절약시스템과 고성능 설비 기기 등을 도입하는 비용의 일부 【보조율】 2/3 (보조 한도액 : 3 억엔 / 연도) → (ZEB-READY이상)BELS 취득 · 표시를 요구함.

□ 분산전원 확대 및 집단에너지사업 동향

- (미국) 분산전원 확대 및 온실가스 감축을 위해 환경보호청(EPA)은 CHP 파트너십을 마련하여 열병합발전의 보급 확대를 지원
 - 대다수의 주(21개)에서는 재생에너지 공급인증제도(RPS) 및 에너지공급자 효율향상 의무제도(EERS)의 수단으로 열병합발전을 포함
- (EU) 에너지효율지침(EU Energy Efficiency Directive)에 근거한 집단에너지 보급 장려

정책을 통해 집단에너지 사업의 조기 정착 및 정책·기술 분야 선도

[표 2-18] EU 집단에너지 보급현황

구분	덴마크	폴란드	스웨덴	핀란드
보급률	63%	53%	52%	50%
연료원	·폐기물 비중 높음 ·고른 연료원 분포	·석탄비중 매우 높음	·천연가스 비중 낮음 ·신재생 비중 높음	·천연가스 비중 높음 ·폐기물 비중 매우높음
특징	·지역지정제 有 ·열 요금 높음	·지역지정제 없음 ·화석연료 의존도 높음	·가격규제 없음 ·지역지정제 없음	·지역지정제 없음 ·열 요금 낮음

□ 에너지 저장장치 운영 및 피크 부하 관리 관련 정책

- 전력수요관리(Auto DR) 관련 기술은 수요관리를 통하여 수요자원을 생산하는 기술로써, 건물 설비 제조사 및 에너지 서비스 회사들이 기술 발전을 선도하여 발전사업자에게 제공하고 있음
- 미국은 DR이 가장 활성화된 나라로, 잠재수요자원은 2006년도 29,653MW에서 2012년도 66,531MW로 매년 증가하고 있고, 실제로 이를 통한 감축 실적은 20,256MW(2012)로 피크 부하의 5.7% 수준으로 나타났음
- 일본의 경우 후쿠시마 원전사고 이후 수요반응의 중요성이 급증하였고, 다음과 같은 DR을 도입하고 있음

[표 2-19] 일본 전력 수요관리 현황

구분	프로그램	주요내용
인센티브 기반	Demand Bidding	전력시장에서 가격 및 부하감축량 입찰 참여
	Direct Load control	수용자의 전력기기를 원격으로 강제차단
	Emergency Demand response	비상시 부하 감축 수용자에서 인센티브 제공
	Interruptible Load	수급비상시 요금제 또는 할인약정으로 부하차단 시행
	Load as a capacity Resource	사전에 지정한 부하감축용량을 약정하고 부하감축 시행
	Non-Spinning Reserve	수급불균형 발생시 10분 초과 반응 가능한 수요자원
	Spinning Reserve	비상상황에서 수 분 내에 반응 가능한 수요자원
	Frequency	계통운영자의 실시간 신호에 대응하여 부하를 증감하는 수요

	Regulation	반응 프로그램
시간대 기반	Critical peak pricing	한정된 기간 동안 사전에 정해진 요율 및 가격을 부과함으로써 부하감축 유도
	Peak time rebate	피크기간 중 지정된 시간동안 부하 감축시 감축량만큼의 리베이트를 받는 제도
	Real-time pricing	전기요금이 실시간으로 변동
	Time-of Use	전력사용량 단위 가격을 시간대에 따라 다양하게 설정하는 제도

※ FERC(2012), “Assessment of Demand Response and Advanced Metering”

[표 2-20] 전력 수요관리 정책

구분	프로그램	주요 내용
조정계 약	계획조정계약	할인된 전기요금을 지불하는 대신 수급비상 발생시에는 부하를 감축하고 평일 주간 이외의 시간대나 휴일 등에 계획적으로 부하 이전
	순시조정계약	할인된 전기요금을 지불하는 대신 전력부족 예상시에는 즉시 혹은 1~3시간의 사전 통지 후 전력의 일부를 차단
요금 제도	연료비조정제도	발전연료비의 변동분을 전기요금에 반영
	계시별 차등요금제도	①하계 및 기타 계절별, ②시간대별(피크, 주간, 야간)로 차등화된 요금 제도
	심야전력요금제도	23시~7시까지의 별도의 요금체계 적용
	계약전력조정	사용 전력의 감축분을 반영하여 전기요금 할인

※ 자료: 녹색기술센터, 손범석, 2014.01 “전력수요 증가와 수요관리 정책”

7. 주요 시사점

- 메가 트렌드 분석을 통해 살펴본 현 사회는 에너지소비 절감, 노령화 및 도시화 문제에 직면하면서 모든 산업과 기술의 융복합화 경향이 두드러지고 있음
- 도시화로 인해 기존에 건축된 건축물들에 대해서 리모델링 작업을 통해 제로에너지도시 최적화를 구현할 필요가 있음
- 제로에너지도시 최적화는 신재생에너지 기술과 건축기술의 융복합으로 구현할 수 있으며 고효율 녹색 건축을 이용한 리빙랩 기술이 주목받고 있음
- 또한 신규도시에 대해서도 도시에너지재생 최적화를 위한 건축자재 기술과 리모델링 기술 등이 중요하게 부각되고 있음



제3절. 국내 R&D 역량 분석

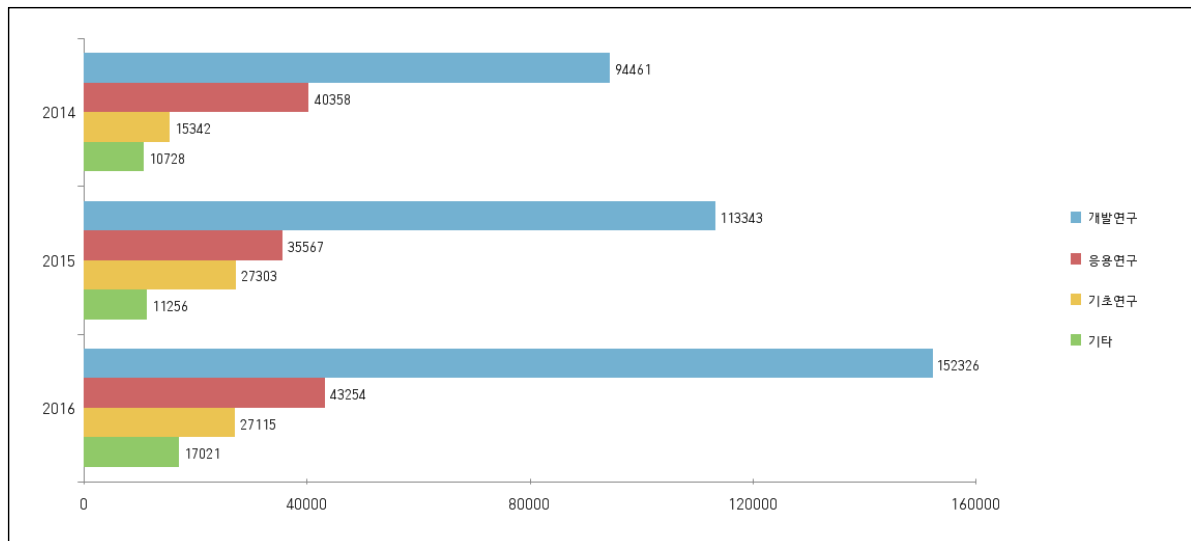
1. R&D 투자현황

- 2018년 기준으로 지난 3년간 스마트시티 분야에 대해 정부가 투자한 투자금 규모는 총 5,881억원으로 전체 R&D 투자금의 1.06%수준임
- 해당 투자금 중에서 국토부, 과기정통부, 산업부의 투자규모가 총 투자규모의 86.3%를 차지하고 있음
- 투자금 증가 속도는 연평균 16.8%의 증가율을 나타내고 있음

[표 2-21] 국내 스마트시티 분야 정부 투자규모

부처	'14	'15	'16	합계
스마트시티 관련 예산				
국토교통부	37,627	70,618	101,209	209,454
산업통상자원부	55,087	60,574	66,943	182,603
과학기술정보통신부	39,050	27,212	48,963	115,226
중소벤처기업부	11,080	12,000	11,784	34,864
교육부	4,957	4,967	5,832	15,756
행정안전부	2,222	7,779	2,910	12,911
기상청	7,686	378	357	8,421
해양수산부	2,500	2,746	159	5,405
경찰청	-	610	1,190	1,800
환경부	480	385	-	865
보건복지부	200	200	18	418
농림축산식품부	-	-	350	350
총합계	160,888	187,469	239,715	588,072
(총 연구개발비 대비 비중)	(0.91)	(0.99)	(1.26)	(1.06)
정부 R&D 예산	17,639,481	18,874,717	19,004,417	55,518,615

- 해당 분야의 연구개발단계별로 살펴보면 개발 연구분야와 기초연구분야의 개발비중이 증가하고 있으며 응용 연구분야는 비중이 점점 줄어드는 추세에 있음



[그림 2-52] 스마트시티 관련 연구개발단계별 비중

- 연구개발 주체는 중소기업과 출연연, 대학 중에서 중소기업 연구가 가장 많으며 중소기업과 출연연구소의 투자규모 증가가 높게 나타남

2. 특허 동향 분석

가. 기술동향분석 개요

1) 기술분야

- 녹색건축물 조성을 위한 자재·시스템분야, 설계·시공 분야, 운영·최적화 분야에 세부적으로 구성되어 있는 분야 9개 중 3개 분야에 대해 기술동향 분석을 진행함

[표 2-22] 녹색건축물 조성을 위한 기술 분류

(A) 액티브 친환경 건설 기술	(B) 신재생 에너지 기술	(C) 에너지 공유 및 최적화 기술
- 에너지 절감 환기 제어기술 - 친환경 액티브 냉난방 기술 - 패시브-액티브 하이브리드 기술	- 건축물 대상 신재생 활용 기술 - 건축물 신재생 기술 고도화 - 하이브리드 신재생 기술	- 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술 - 에너지 공유커뮤니티 운영 최적화 기술 - 커뮤니티 에너지 공유기술

2) 분석 기간

- 1973년부터 2018년까지 출원 건수를 이용했으며 해당 기간을 9년씩 5개의 구간으로 구분함

[표 2-23] 특허동향 분석기간 구분

	구간 1	구간 2	구간 3	구간 4	구간 5
연도	'73~'81	'82~'90	'91~'99	'00~'08	'09~'18

3) 분석 항목

☐ 관련 특허 추출 및 선별

- 기술분류체계에 적합한 다량의 특허데이터를 수집하는 과정을 위한 검색식을 작성하고 각 분야에 맞는 핵심 키워드와 유사/동의어를 선정함
- 또한, 키워드 검색에 따른 누락을 방지하기 위해 주요 특허분류를 키워드 검색과 함께 활용하며 최적의 특허분류코드와 키워드를 조합하여 검색식을 작성함

- 특허검색 대상 국가는 한국(KR), 미국(US), 일본(JP), 유럽(EP)로 한정하며 특허검색 DB는 유료 DB인 위즈도메인(Wizdomain)을 사용함
- 추출된 Raw Data는 선별과정을 거쳐 유효 특허를 도출함

□ 키워드 클라우드 분석

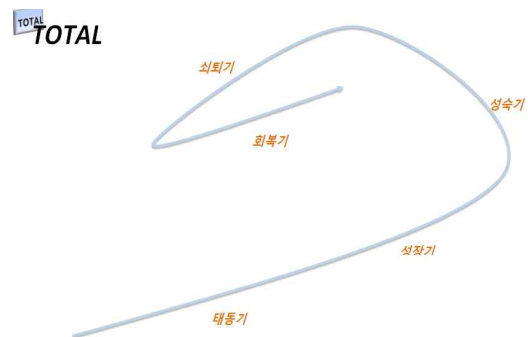
- 중분류 별 기술개발 동향을 확인하기 위해 특허명세서에 포함되어 있는 키워드의 빈도에 따른 워드클라우드 분석을 시행하며, 키워드의 빈도에 따라 글자의 크기가 변화되는 형태로 나타남
- 이 분석은 위즈도메인 프로그램 상에서 구현된 결과물을 별도의 수정절차를 거치지 않고 분석에 활용함



[그림 2-53] 키워드별 클라우드 분석결과

□ 기술성장도 분석

- 기술성장도 분석은 특허의 출원년도를 기준으로 구분된 5개 구간별 데이터를 이용해 기술의 성장도의 위치를 확인함
- 성장도는 태동기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기로 구분되는데 기술 개발 주기는 다음과 같은 형태로 이루어진다고 가정하고 대상 기술분야의 특허 출원 양상을 보고 기술의 성장도를 추정할 수 있음



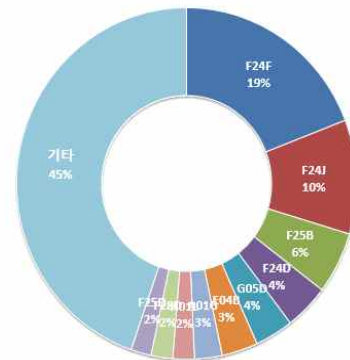
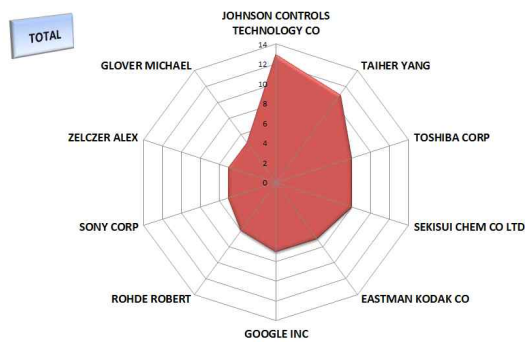
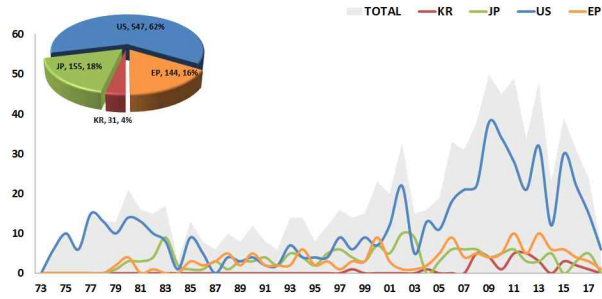
[그림 2-54] 기술성장도 분석

□ 기초 특허 분석

- 국가별 주요 출원인 현황, IPC 코드별 특허 분포, 중분류에 따른 출원인별 특허분포 등을 통해 분야별 특허 구성의 특징을 확인할 수 있음

□ 기술경쟁력 분석

- 2015년 국토교통기술수준분석(KAIA) 보고서의 특허 경쟁력 지표별 가중치를 활용해 특허 기술경쟁력을 산출하는 분석으로 양적지표와 질적지표로 구성됨
- 가중치는 2015년 국토교통기술수준분석보고서에서 분야별 세부지표 가중치를 활용함



[그림 2-55] 기술경쟁력 분석 결과

- 특허기술경쟁력 = c X 특허양적지표 + d X 특허질적지표

- 특허양적지표 = e X 특허활동도 + f X 특허집중도
- 특허질적지표 = g X 특허시장력 + h X 특허영향력

[표 2-24] 분야별 특허 및 논문 기술경쟁력 비교

구분	건축	도시	시설물	플랜트	수자원	도로 교통	철도 교통	항공 교통	물류
특허기술경쟁력(a)	0.535	0.551	0.426	0.697	0.641	0.614	0.694	0.781	0.750
논문기술경쟁력(b)	0.465	0.449	0.574	0.303	0.359	0.386	0.306	0.219	0.250
특허 양적지표(c)	0.316	0.439	0.245	0.286	0.259	0.276	0.310	0.534	0.304
특허 질적지표(d)	0.684	0.561	0.755	0.714	0.741	0.724	0.690	0.466	0.696
특허 활동도(e)	0.451	0.457	0.602	0.359	0.520	0.386	0.555	0.800	0.325
특허 집중도(f)	0.549	0.543	0.398	0.641	0.480	0.614	0.445	0.200	0.675
특허 시장력(g)	0.451	0.350	0.267	0.406	0.328	0.386	0.246	0.355	0.419
특허 영향력(h)	0.549	0.650	0.733	0.594	0.672	0.614	0.754	0.645	0.581
논문 양적지표(i)	0.408	0.350	0.254	0.346	0.229	0.284	0.431	0.524	0.304
논문 질적지표(j)	0.592	0.650	0.746	0.654	0.771	0.716	0.569	0.476	0.696
논문 활동도(k)	0.431	0.311	0.426	0.520	0.359	0.442	0.575	0.614	0.325
논문 집중도(l)	0.569	0.689	0.574	0.480	0.641	0.558	0.425	0.386	0.675

○ 특허 기술경쟁력 분석지표는 다음 4가지 항목으로 구성되어 있음

[표 2-25] 특허 기술경쟁력 분석지표

평가지표		내용 설명
양적 지표	특허활동도	· 특정 국가의 해당 기술분야에서 얼마나 많은 특허가 출원되는지를 양적으로 측정하는 지표로서, 특허활동도가 높을수록 특허 출원수가 양적으로 많다는 것을 의미 $\text{특허활동도}_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}}$ (P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원수, nt는 전체 국가 수)
	특허집중도	· 특정 국가의 상위기술분야 출원 특허 중에서 해당 기술분야의 특허 출원이 차지하는 비중을 측정하는 지표로서, 특허집중도가 높을수록 특정 국가의 특허출원이 해당 기술분야에 집중되어 있다는 것을 의미 $\text{특허집중도}_{ij} = \frac{(P_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} P_{ij} / \sum_{i=1}^{mt} \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$ (P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원수, nt는 전체 국가 수, mt는 전체 기술 수)
질적 지표	특허시장력	· 특정 국가의 해당 기술분야에서 출원된 특허 중 패밀리특허수가 차지하는 비중을 측정하는 지표로서 특허시장력이 높을수록 출원된 특허 당 패밀리특허*가 많다는 것을 의미 (*패밀리특허란 동일한 내용의 특허를 2개 이상의 국가에 출원한 특허) $\text{특허시장력}_{ij} = \frac{(FP_{ij} / P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$ (FP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 패밀리특허국가수, P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원수, nt는 전체 국가 수)
	특허영향력	· 특정 국가의 해당 기술분야에서 등록된 특허 중 특허 당 피인용 횟수를 측정하는 지표로서 특허영향력이 높을수록 등록된 특허 당 피인용횟수가 많다는 것을 의미 (피인용횟수가 많은 특허는 원천기술에 가까워, 향후 해당 특허를 기반으로 많은 응용이 예상되는 핵심적인 특허로 볼 수 있음) $\text{특허영향력}_{ij} = \frac{(CP_{ij} / RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})}$ (CP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허피인용수, RP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 등록특허수, nt는 전체 국가 수)

□ 시장확보 및 특허 영향력 분석

- 시장확보 및 특허 영향력 분석을 위한 지표는 2가지로 구성되는데 각각 다음과 같은 수식에 의해 이루어짐

[표 2-26] 시장확보지표(IP시장성 지표)

개요	핵심특허의 특허 1건당 패밀리 수를 계산하여 중분류 평균과 비교함으로써, 상대적으로 많은 국가에 출원하였는지 여부를 통해 시장성을 판단
의미	출원인이 많은 비용을 들여 여러 국가에 특허를 출원(패밀리 출원)하는 경우는 그 각각의 국가에서 해당 특허와 관련된 제품의 시장이 커질 것이라고 판단하는 경우이므로, 핵심기술의 특허들의 1건당 패밀리 수를 통해 해당 핵심기술의 시장성을 판단해 볼 수 있음
방법	핵심기술의 특허 1건당 패밀리 수를 구하고, 이를 중분류의 특허 1건당 패밀리 수와 비교하여 상대적으로 중분류 내에서 많은 패밀리 수를 가지는지 여부를 통해 시장성이 높고 낮음을 판단

$$\text{핵심기술 PFS} = \frac{\text{핵심기술 패밀리 수 합}}{\text{핵심기술 유효건수}}$$

$$\text{중분류 PFS} = \frac{\text{중분류 패밀리 수 합}}{\text{중분류 유효건수}}$$

$$\text{PFS(비율)} = \frac{\text{핵심기술 PFS}}{\text{중분류 PFS}}$$

PFS >1: 높음, PFS <1: 낮음

[표 2-27] 특허 영향력지표(보조지표)

개요	핵심기술 내의 특허들의 평균 피인용 횟수를 중분류 내 평균 피인용 회수와 비교하여 중요한 특허들이 얼마나 많이 포함되어 있는지 분석
의미	특허가 다른 특허로부터 피인용되는 횟수가 많다는 것은 해당 특허가 원천성을 가지거나 상대적으로 중요한 내용을 담고 있는 특허라고 해석할 수 있으므로, 해당 핵심기술 내에서 특허들이 평균적으로 얼마나 많이 피인용되고 있는지를 분석하면 특허의 질적인 영향력을 분석할 수 있음
방법	최근 8년 미국 특허를 기준으로(미국 특허청에서만 인용 정보가 정확히 공개됨) 핵심기술의 CP(Cites Per Patent; 특허당 피인용수)를 계산하고, 중분류의 CP와 상대 비교하여, 더 높은 경우 긍정적인 신호를, 낮은 경우에는 부정적인 신호를 제시

$$\text{핵심기술 CPP} = \frac{\text{핵심기술 피인용 수 합}}{\text{핵심기술 유효건수}}$$

$$\text{중분류 CPP} = \frac{\text{중분류 피인용 수 합}}{\text{중분류 유효건수}}$$

$$\text{PII} = \frac{\text{핵심기술 CPP}}{\text{중분류 CPP}}$$

PII >1: 높음, PII <1: 낮음

□ 출원증가율 분석

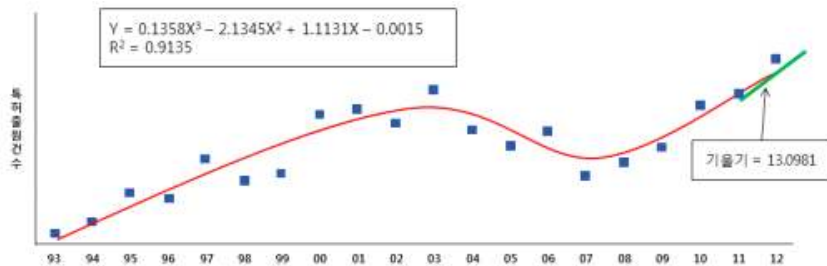
- 유망기술분야 설별을 위한 기초분석의 하나로 출원증가율 분석을 시행하는데 본 지표는 증가율지표와 증가율보정지표로 구성됨

[표 2-28] 출원증가율 종합지표

분석지표			내용
출원 증가율 종합지표	증가율 지표	최근 증가율	회귀분석 결과 최근년도(2012년) 출원건수 증가율
		점유 증가율	20년 중분류 내 점유율과 최근(4년) 중분류 내 점유율 비교
	증가율 보정지표	증가율 예측	회귀분석 결과 최근년도(2012년) 출원건수 증가율 변화량
		2017 출원 증가율	2016년 대비 2017년)의 출원 증가율

[표 2-29] 최근 특허출원 증가율

개요	핵심기술 별 연도별 출원 분포를 분석하여 최근의 출원 증가 추세를 분석
의미	연도별 출원 분포를 분석한 결과, 최근의 특허 출원이 증가하는 추세를 보인다면, 최근 해당 핵심기술의 연구개발이 활발하게 이루어지고 있음을 나타내는 것이고, 반대로 예전에 비해 최근 특허 출원이 감소하는 추세를 보인다면 해당 핵심기술의 연구개발이 기존에 비해 활발하지 않음을 나타냄
방법	분석대상 구간인 193년부터 2012년까지의 연도별 출원 분포를 기초로 회귀분석(3차 다항식)을 수행하여, 추세선을 파악하고, 추세선에서의 최근(2012년) 기울기를 구하여 기울기가 "+" 값을 가지는 경우는 증가 추세로, "-" 값을 가지는 경우는 감소 추세로 파악함



최근(2017년) 기울기 > 0 : 증가, 최근 기울기 < 0 : 감소

[표 2-30] 점유증가율

개요	핵심기술의 출원 건수가 중분류 내에서 차지하는 비중이 최근 어떻게 변화하고 있는지를 분석
의미	최근 증가율이 절대적인 증/감을 판단하는 반면, 점유 증가율은 중분류 내에서의 상대적인 점유율 변화를 분석함으로써, 중분류 별 특성을 반영하여 출원 증가율을 확인할 수 있음
방법	분석대상 구간 전체인 193년부터 2012년까지의 기간 동안 핵심기술의 출원

	건수가 중분류 내에서 차지하는 점유율과 최근 4년(2009년~2012년)에 핵심기술의 출원 건수가 중분류 내에서 차지하는 점유율을 비교하여, 핵심기술의 점유율이 증가 추세인지 감소 추세인지 분석
--	--

$$20\text{년 평균 점유율} = \frac{\text{핵심기술 20년 유효건수}}{\text{중분류 20년 유효건수}}$$

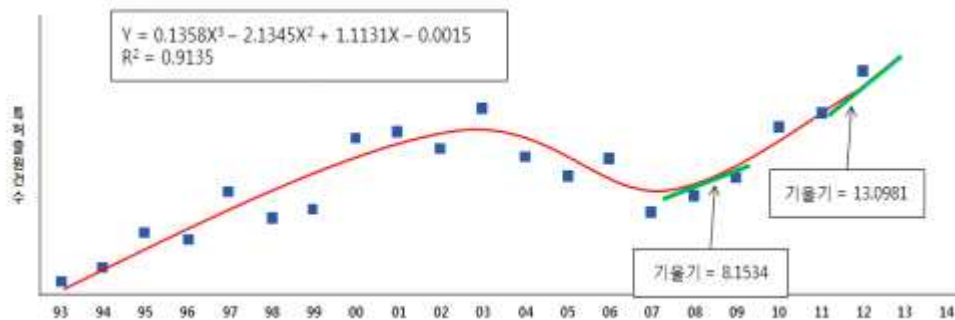
$$\text{최근 4년간 평균 점유율} = \frac{\text{핵심기술 최근 4년간 유효건수}}{\text{중분류 최근 4년간 유효건수}}$$

$$\text{점유 증가율} = \frac{\text{최근 4년간 평균 점유율}}{20\text{년 평균 점유율}}$$

점유 증가율 > 1 : 증가, 점유 증가율 < 1 : 감소

[표 2-31] 증가율예측

개요	핵심기술 별 연도별 출원 분포를 분석하여 출원의 증가/감소 추세가 향후 이어질지 여부를 판단
의미	출원의 증가/감소 추세에 따라 출원인들의 연구개발 및 시장진입이 활발하게 이루어지고 있는지 여부를 판단할 수 있으나, 이것만으로는 향후에 출원 건수가 지속적으로 증가할 것인지, 또는 증가세가 꺾일 것인지 예측하기가 어려우므로, 이를 통계적 추정을 통해 예측할 수 있는 방안을 제시
방법	분석대상 구간인 193년부터 2012년까지의 연도별 출원 분포를 기초로 회귀분석(3차 다항식)을 수행하여, 추세선을 파악하고, 추세선에서의 최근(2012년) 기울기 변화율(2차 미분값)을 구하여 기울기 변화율이 "+" 값을 가지는 경우는 향후 증가하는 방향으로 변화



기울기 변화량 > 0 : 증가, 기울기 변화량 < 0 : 감소

[표 2-32] 2013년도 특허 출원 증가율

개요	2013년의 출원 건수가 2012년에 비하여 어떻게 변화하는지를 분석하여 2013년의 출원 증가율을 예측
의미	2013년에 출원된 특허의 경우 아직 출원 후 1년 6개월이 지나지 않아 공개되지 않은 건들이 다수 있어 유효 구간으로 사용하지는 않았으나, 6월을 기준으로 볼 때, 6개월간의 출원건이 공개되어 있으므로, 이 출원건을 기초로 2012년의 출원건과 비교한 결과, 상대적으로 덜 감소하는 경우 2013년에 출원이 증가하는 것으로 예측해 볼 수 있음

방법	핵심기술의 2013년 유효 건수가 2012년 유효 건수에 비해 몇 % 증가 또는 감소하였는지 확인하여, -30%보다 덜 감소하는 경우에는 2012년 대비 2013년이 증가될 가능성이 높은 것으로 분석
-----------	---

$$2013년\ 증가율 = \frac{\text{핵심기술 2013년 유효건수} - \text{핵심기술 2012년 유효건수}}{\text{핵심기술 2012년 유효건수}}$$

증가율 > -30% : 증가, 증가율 < -30% : 감소

□ 종합 평가

- 위 분석 결과들을 바탕으로 해당 기술분야에 대한 종합적 평가를 진행하는데 평가는 IP장벽성, IP유망성, IP부상성으로 구성되어 있음
- IP부상성은 출원 증가율과 시장성 지표를 이용해 점수화해서 평가함
- IP유망성은 각 핵심기술을 구성하는 세부기술 분야의 지속성과 확장성을 분석한 결과를 바탕으로 점수화 해서 평가함
- IP장벽성은 핵심기술별 특허 심층 분석을 통해, 핵심기술 분야의 주요 출원인의 IP포트폴리오 분석 결과와 분쟁가능성 분석 결과를 기초로 점수화 해서 평가함



[그림 2-56] 특허출원 종합평가

나. 액티브 친환경 기술 (A)

1) 분석 개요

- 액티브 친환경기술은 에너지 절감 환기제어기술, 친환경 액티브 냉난방 기술, 패시브-액티브 하이브리드 기술로 구성됨

[표 2-33] 액티브 친환경기술 분류 및 검색식

구분	중분류	검색식
액티브 (A)	에너지 절감 환기 제어 기술 (AA)	TAC=(저에너지* or 친환경* or 녹색* or 그린* or low* energy* or eco-friend* or eco friend* or green*) and (공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or construct* or architectur*) and (환기* or ventilat*) and (제어* or 콘트롤* or 컨트롤* or control*)
	친환경 액티브 냉난방 기술 (AB)	AB=(저에너지* or 친환경* or 녹색* or 그린* or low* energy* or eco-friend* or eco friend* or green*) and (공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or construct* or architectur*) and (냉방* or 난방* or 냉난방* or air* condition* or cool* or heat*) and (제어* or 콘트롤* or 컨트롤* or control*)
	패시브-액티브 하이브리드 기술 (AC)	AB=(저에너지* or 친환경* or 녹색* or 그린* or low* energy* or eco-friend* or eco friend* or green*) and (공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or construct* or architectur*) and (((자연* or natur*) n/2 (환기* or 채광* or ventilat* or light*)) or 냉방* or 난방* or 냉난방* or air* condition* or cool* or heat*) and (복합* or 융합* or 하이브리드* or combin* or complex* or composit* or fusion* or hybrid*) and (에너지* or energy* or power*)

○ 각각 중분류 기술에 대한 상세기술 및 키워드를 이용해 검색식을 작성했으며, AA 기술이 총 406건, AB기술이 총 1,079건, AC 기술이 총 665건으로 분석되었음

[표 2-34] 액티브 친환경기술과열·냉 중분류 국가별 검색결과

구분	중분류	KR	US	JP	EP	TOTAL
액티브 (A)	에너지 절감 환기 제어 기술 (AA)	15	279	27	85	406
	친환경 액티브 냉난방 기술 (AB)	24	664	206	185	1079
	패시브-액티브 하이브리드 기술 (AC)	10	465	83	107	665

2) 키워드 클라우드 분석

○ 각 중분류 별 기술개발 동향을 워드클라우드를 통해 살펴보면 다음과 같음

- 에너지 절감 환기 제어기술(AA)에 대해서는 매립, 시설, 건물, 실내 등이 핵심 키워드이며, LED, 옥상, 건축물, 지하, 감지 등이 주요 키워드로 확인됨
- 친환경 액티브 냉난방 기술(AB)에 대해서는 공기, 마루, 바닥, 평상 등이 핵심 키워드이며, 구멍, 마루바닥, 침대 등을 주요 키워드로 볼 수 있음
- 패시브-액티브 하이브리드 기술(AC)에 대해서는 바닥, 마루, 공기, 구멍, 평상 등이 핵심 키워드로 확인되며, 마루바닥이나 침대 등이 주요 키워드로 확인되고 있음
- 분석 결과 공통적으로 마루, 공기, 나 실내 등과 같은 단어를 핵심 키워드로 하는 기술 분야에 개발이 집중되고 있음을 추정할 수 있음



[그림 2-57] 액티브 친환경기술 클라우드 분석결과

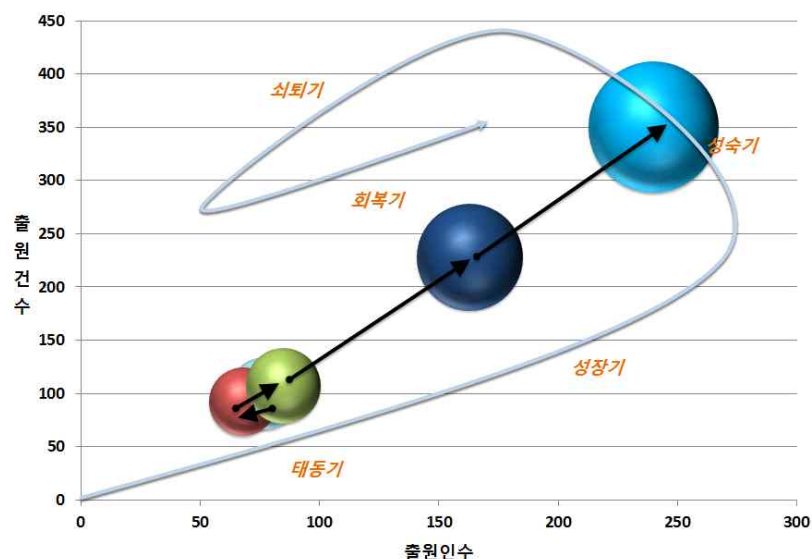
3) 기술 성장도 분석

- 각 기술 분야를 5개의 구간으로 구분한 뒤 각 구간별 출원 동향 자료를 이용해 기술의 성장도를 확인하는 분석으로 각 구간은 9년~10년으로 구성되어 있음

[표 2-35] 검색 구간별 특허출원 동향

	1구간 (’73~’81)	2구간 (’82~’90)	3구간 (’91~’99)	4구간 (’00~’08)	5구간 (’09~’18)
출원건수	100	92	107	228	350
출원인수	77	68	85	163	240
합계	177	160	192	391	590

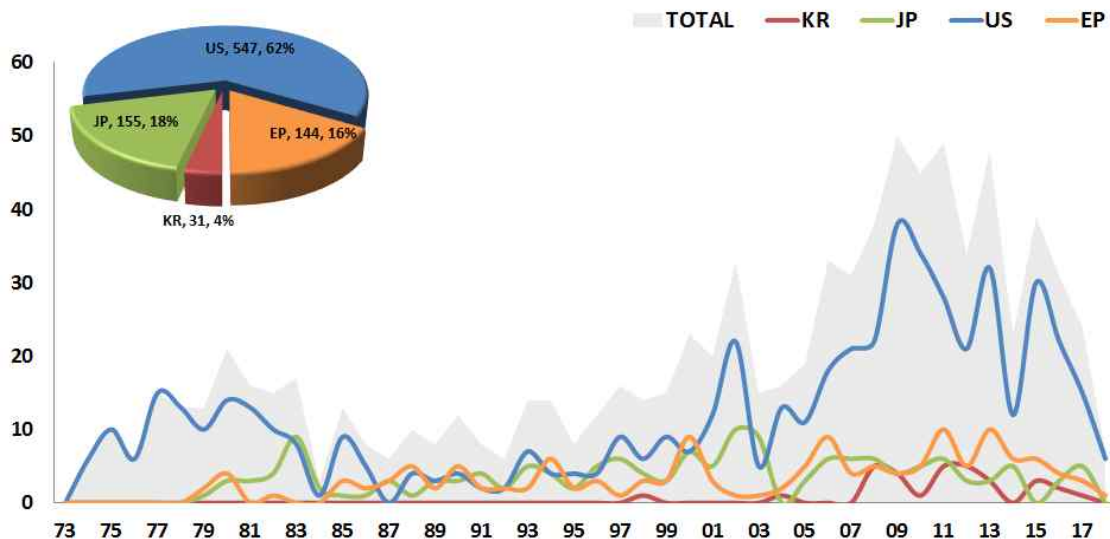
- 분석 결과, A기술은 태동기에서 성장기로 이동하고 있는 것으로 추정할 수 있음



[그림 2-58] 액티브 친환경기술 기술성장도 분석결과

4) 국가별 출원 현황

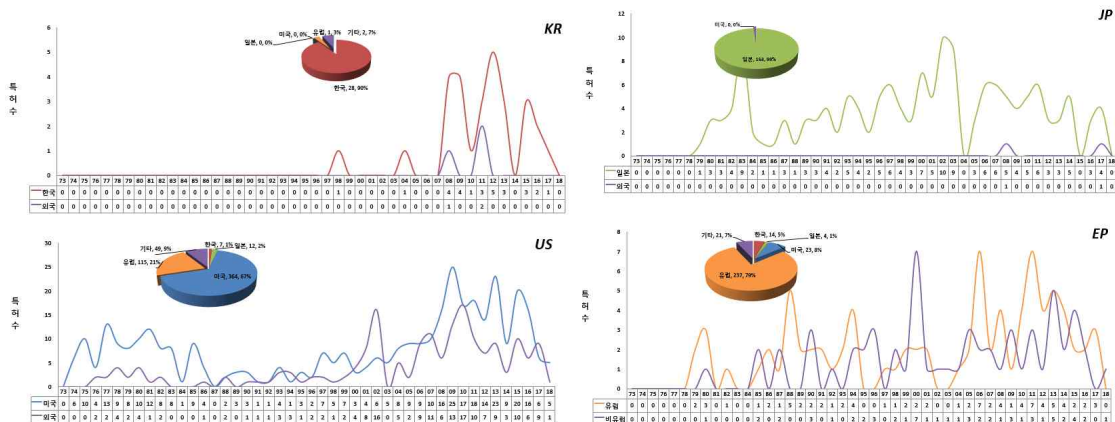
- 액티브친환경기술(AA)에 대한 국가별 출원 동향을 살펴보면, 2013년도를 기준으로 전체 출원건수가 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 가장 비중이 높은 국가는 미국으로 전체의 57%(1359건)를 차지하고 있음



[그림 2-59] 액티브 친환경기술 국가별 특허출원 동향

5) 국가별 외국인 출원 비중 변화

- 각 국가별로 외국인 출원 비중을 살펴보면 미국시장에 출원한 외국인 출원이 약 32%로 가장 높은 편이며 2017년도엔 자국민보다 외국인 출원건수가 높았음
- 일본의 경우가 자국민 출원비중이 가장 높은 국가로 나타났음
- 유럽 출원건수에서도 전체의 37%가 외국인 출원건수이며, 2015년도와 16년도엔 출원건수가 외국인 출원이 더 높았으나 출원 빈도수가 낮아 신뢰도 높은 해석을 할 수는 없음



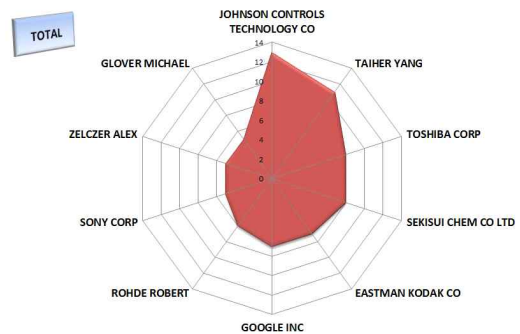
[그림 2-60] 액티브 친환경기술 국가별 외국인 출원 비중

6) 국가별 주요 출원인 현황

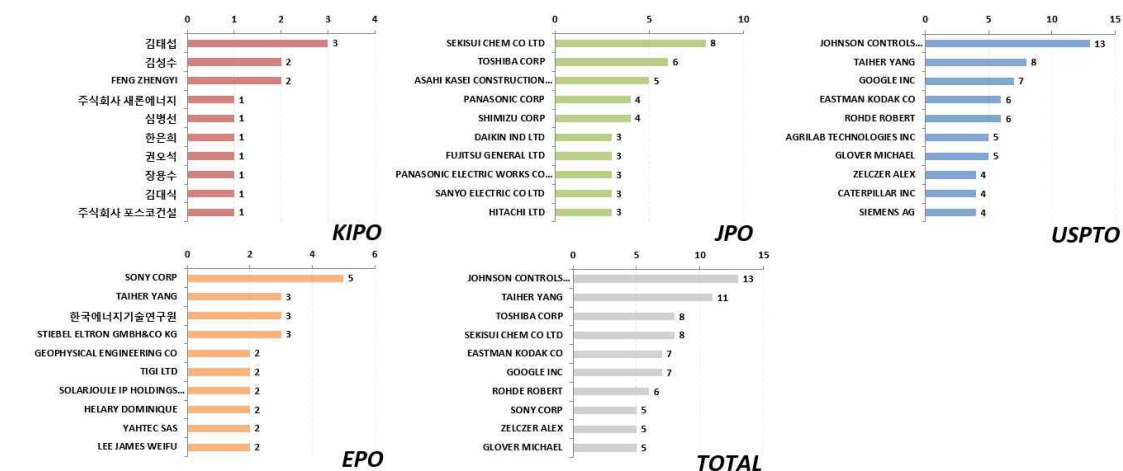
○ 국가별 주요 출원인을 살펴보면 한국은 개인 출원인이 많은 반면, 해외 주요국들은 기업 출원이 상당부분을 차지하고 있음을 확인할 수 있음

○ 가장 많은 출원건수를 나타내는 기관은 Johnson Controls라는 기업으로 미국출원이며 그 다음으로 Taiher Yang이라는 대만 출원인으로 확인됨

○ Taiher Yang은 미국과 유럽에 동시 출원하고 있는 것으로 확인되었으며, 우리나라 한국 에너지기술연구원도 유럽 주요 출원인으로 분류되었음



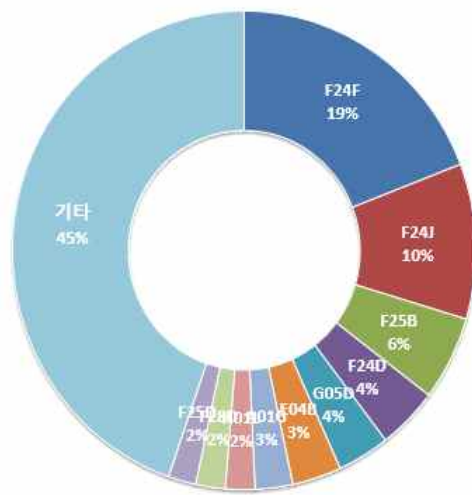
[그림 2-61] 액티브 친환경 기술 전 세계 주요 출원인 현황



[그림 2-62] 액티브 친환경 기술 국가별 주요 출원인 현황

7) IPC 코드별 특허 분포

- IPC 코드 분류를 통해 주요 분야를 살펴보면 기타를 제외하고 가장 높은 비중을 나타낸 IPC코드는 F24F이며 F24는 Heating, Ranges, Ventilating 분야로 F24F는 그중에서 Air-conditioning, Air-Humidification, Ventilation, Use of Air Currents for Screening 분야임



◀F24f

- Air-conditioning, Air-Humidification, Ventilation, Use of Air Currents for Screening

◀F24J

- Production or use of heat not otherwise provided for(Apparatus or devices using heat produced by exothermal chemical reactions other than by combustion, Use of solar heat, e.g. solar heat collectors)

[그림 2-63] 액티브 친환경 기술 IPC 코드별 특허 분포

8) 중분류에 따른 출원인별 특허 분포

- 가장 다수의 출원을 나타낸 Johnson Controls는 6건이 AA기술(에너지 절감 환기 제어 기술)에 4건이 AB기술(친환경냉난방 액티브 기술)에, 나머지 3건이 AC기술(패시브-액티브 하이브리드 기술)에 분포되어 있는 것으로 나타남
- Technology co Taiher Yang의 경우, 특허 11건 중 10건이 중분류 AA 기술(에너지 절감 환기 제어 기술)에 집중되어 있으며 1건이 AB 기술(친환경 냉난방 액티브 기술)로 구성되어 있음



[그림 2-64] 액티브 친환경 기술 출원인별 특허현황

9) 기술경쟁력 분석

- A분야 중분류 기술에 대한 기술 경쟁력 분석 결과를 통해 각 국가의 중분류 기술들에 대한 기술경쟁력을 확인할 수 있음
- 양적 지표에서는 미국의 AC분야가 가장 높은 점수를 나타냈으며 일본의 AA기술이 가장 낮은 점수를 나타냄
- 질적 지표에서는 한국의 AA분야가 가장 높은 점수를 나타냈으며, 일본의 AB분야가 가장 낮은 점수를 나타냄

[표 2-36] 액티브 친환경 기술 양 및 질적 지표

양적 지표	AA	AB	AC
유럽	0.77	0.70	0.05
일본	0.00	0.82	0.88
한국	0.82	0.04	0.30
미국	0.96	0.74	1.00
질적지표	AA	AB	AC
유럽	0.26	0.24	0.30
일본	0.15	0.00	0.19
한국	1.00	0.85	0.63
미국	0.70	0.87	0.70

- 두 양적지표와 질적지표를 종합한 결과 특허기술경쟁력은 한국의 AA분야와 미국의 AC분야가 가장 높은 점수로 평가되었으며, 일본의 AA분야가 가장 낮은 점수를, 그 다음으로 유럽의 AC분야가 낮은 점수로 평가되었음

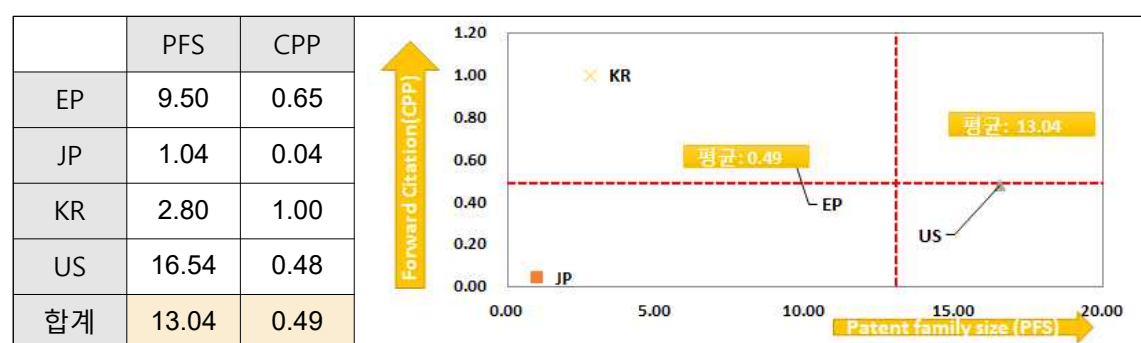
[표 2-37] 액티브 친환경 기술 기술경쟁력 분석

종합평가	AA	AB	AC
유럽	0.64	0.58	0.17
일본	0.07	0.56	0.69
한국	1.01	0.41	0.49
미국	0.97	0.90	1.00

10) 시장확보 및 특허 영향력 분석

- AA기술분야에 대한 국가별 시장확보 및 특허 영향력 분석을 시행한 결과 PFS와 CPP 결과를 통해 다음과 같은 그래프를 도출할 수 있음
- AA기술에 대해서는 미국과 유럽의 CPP는 평균에 가까우나 PFS는 미국이 가장 앞서있고 한국의 CPP가 가장 높으나 PFS는 일본과 가장 근접하게 낮은 수치를 나타냄
 - 한국을 제외하면 3개국 모두가 평균보다 낮은 CPP를 나타내고 있으며 PFS의 경우 미국을 제외한 나머지 3개국이 평균보다 낮게 나타남
 - 한국의 경우 특허 영향력 지표인 CPP가 가장 양호하게 나타나 기술 영향력은 많지만 PFS가 평균보다 상당히 낮은 수치를 나타내 시장성은 확보할 수 없는 상태로 판단됨

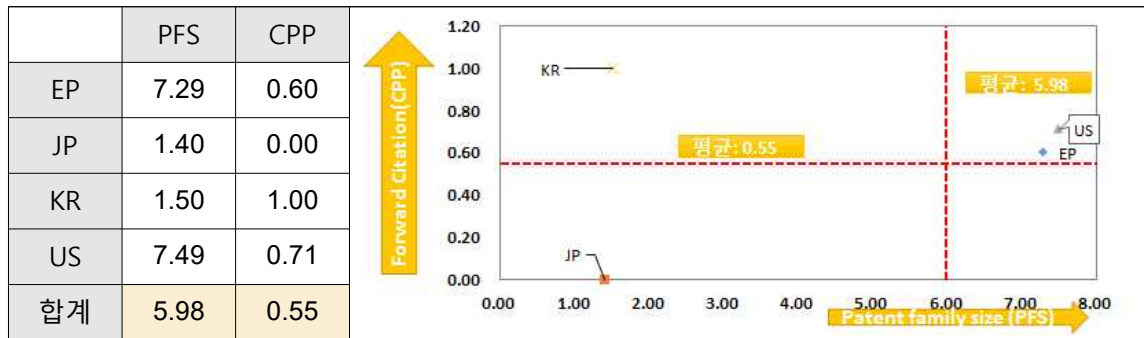
[표 2-38] 액티브 친환경 기술(AA분야) 특허 영향력 분석



- AB기술에 대해서는 미국과 영국은 두 개의 수치가 유사하지만 영국이 다소 낮은 결과값을 보였으며, 한국과 미국은 유사한 PFS 값을 나타낸 대신에 CPP값은 한국이 매우 높았음
 - AB기술 평균값보다 PFS 값이 상회하는 국가는 미국과 유럽으로 나타났으며 한국과 일본은 상당히 낮은 수치를 나타냄

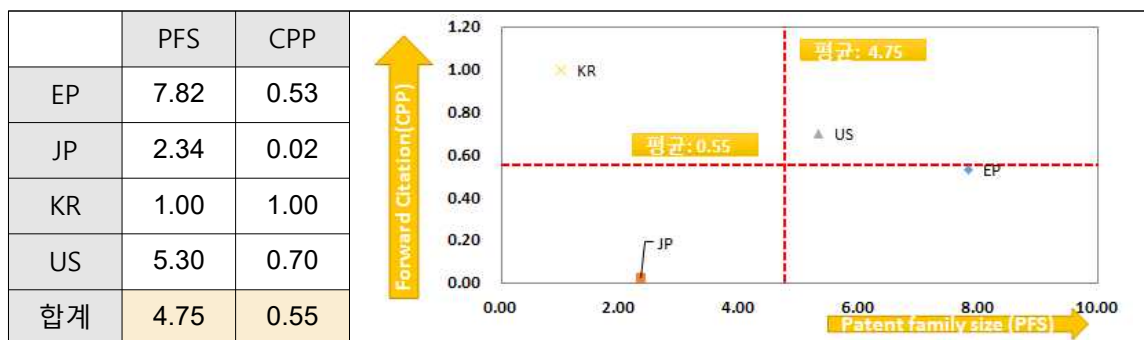
- 한국은 A기술 전반에 걸쳐 PFS는 평균보다 낮으나 CPP는 평균보다 높은 수치를 나타내, 특허의 영향력은 높으나 시장성은 낮은 것으로 판단됨
- 일본은 A기술 전반에서 영향력과 시장성 모두 낮은 결과를 나타냄

[표 2-39] 액티브 친환경기술(AB분야) 특허 영향력 분석



- AC기술의 경우 PFS 값은 영국이 가장 높았으며 한국이 가장 낮은 값을 나타냈고 CPP값은 한국이 가장 높은 값을 나타냈으며 일본이 가장 낮게 나타남
- 미국은 PFS와 CPP모두 평균 이상의 수치를 나타냈으며 반대로 일본은 두 수치 모두 평균 이하를 나타냄
- 한국은 PFS는 평균보다 낮아서 시장성은 높지 않으나 CPP가 평균보다 높고 4개국 중에서도 가장 높은 수치여서 특허 영향력은 매우 높은 것으로 판단할 수 있음

[표 2-40] 액티브 친환경기술(AC분야) 특허 영향력 분석



- A 분야에서는 대체적으로 미국이 평균보다 높은 PFS와 CPP를 나타냈는데 액티브 주택에 대한 관심도와 기술발전도가 높은 국가임을 증명하는 결과이며 상대적으로 일본은 3개의 중분류에서 전반적으로 낮은 결과값을 나타냈음
- 한국은 일본과 유사하게 A분야 전반적으로 낮은 결과값을 나타냈음

11) 출원증가율 분석

- 출원증가율 분석은 앞서 개요에서 설명한 바와 같이 증가율지표와 증가율보정지표로 구성되어 있음
- 각각의 지표평가 결과, 최근증가율은 한국의 AA분야와 일본의 AA, AC분야가 높은 것으로 나타났고, AB분야는 유럽과 미국, 그리고 일본의 AC분야가 낮은 것으로 평가되었음

[표 2-41] 주요국가 액티브 친환경기술 출원증가율 비교

최근 증가율	AA	AB	AC
유럽	3	1	4
일본	4	2	1
한국	4	3	2
미국	5	1	5
점유증가율	AA	AB	AC
유럽	0.8	1.1	1.5
일본	1.6	0.7	0.8
한국	1.4	0.5	0.9
미국	1.4	0.7	0.9
증가율예측	AA	AB	AC
유럽	-	-	+
일본	+	+	-
한국	+	-	-
미국	+	-	+
2017년 출원 증가율	AA	AB	AC
유럽	-0.53	1.00	-0.50
일본	1.00	0	-0.5
한국	-0.5	-	-
미국	-0.50	1.00	-1.00

* 2017년 출원 증가율에서 한국이 (-)로 표시된 것은 2016년도 관련특허가 0건으로 증가율 추정이 불가능 하여 표시

- 4가지 지표에 대한 결과를 종합해서 출원증가율 종합지표를 추정해보면 일본과 한국의 AA분야와 미국의 AC 분야가 가장 높은 점수를 나타냈으며 유럽의 AA분야, 일본과 미국의 AB분야, 한국과 일본의 AC분야가 가장 낮은 수치를 나타냈음
- 일본의 경우 AA분야에 편중되어 있는 경향을 확인할 수 있으며, 이러한 경향은 한국에서도 유사하게 확인할 수 있음
- 반면에 유럽과 미국은 AC분야에 다소 치중된 개발 경향을 확인할 수 있음

[표 2-42] 액티브 친환경기술 출원증가율 종합지표 비교

출원증가율 종합지표	AA	AB	AC
유럽	2	3	4
한국	5	3	2
일본	5	2	2
미국	3	2	5

- 출원증가율 종합지표에서는 분석기간 전반에 걸쳐 출원 동향과 최근 수년간의 출원 급증 형태 등을 종합적으로 분석함으로써 향후 해당 시장에서의 해당 기술의 성장 동향을 살펴볼 수 있음
- A 기술의 출원증가율 종합지표에서는 한국과 일본의 증가율 동향이 유사함을 확인할 수 있으며 AC(패시브-액티브 하이브리드 기술) 분야에는 미국과는 반대의 동향을 보이고 있음이 확인되었음
- AA기술은 에너지 절감 환기 제어기술인데 한국과 일본 등의 아시아 국가들이 중점적으로 생각하는 패시브 주택의 요소기술로 분석됨

다. 신재생 에너지 기술(B)

1) 분석 개요

- 신재생 에너지기술은 건축물 대상 신재생 활용기술, 건축물 신재생 기술 고도화 기술, 하이브리드 신재생 기술로 구성됨

[표 2-43] 신재생 에너지기술 분류 및 검색식

구분	중분류	검색식
신재생 (B)	건축물 대상 신재생 활용 기술 (BA)	TI=(공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or c onstruct* or architectur*) and ((신재생* or 태양열* or 태양광* or 지열* or renewab* or solar* or sunlight* or geotherm) n/1 (에너지* or energy* or power*))
	건축물 신재생 기술 고도화 (BB)	TI=(공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or c onstruct* or architectur*) and ((신재생* or 태양열* or 태양광* or 지열* or renewab* or solar* or sunlight* or geotherm) n/1 (에너지* or energy* or power*)) and (설계* or 시뮬레이터* or 구성* or design* or plan* or simulat* or composit* or constitut*)
	하이브리드 신재생 기술 (BC)	AB=(공동주택* or 아파트* or 건축* or 빌딩* or Tenement* hous* or apartment* or build* or c onstruct* or architectur*) and ((신재생* or 태양열* or 태양광* or 풍력* or 지열* or renewab* or solar* or sunlight* or wind* or geotherm*) n/1 (에너지* or energy* or power*)) and (복합* or 융합* or 하이브리드* or combin* or complex* or composit* or fusion* or hybrid*)

- 각각 중분류기술에 대한 상세기술 및 키워드를 이용해 검색식을 작성했으며, BA기술이 총 671건, BB기술이 총 309건, BC기술이 총 857건으로 분석되었음

[표 2-44] 신재생에너지기술관련 중분류 국가별 검색결과

구분	중분류	KR	US	JP	EP	TOTAL
신재생 (B)	건축물 대상 신재생 활용 기술 (BA)	133	297	135	106	671
	건축물 신재생 기술 고도화 (BB)	87	121	57	44	309
	하이브리드 신재생 기술 (BC)	33	596	95	133	857

2) 키워드 클라우드 분석

○ 각 중분류 별 기술개발 동향을 워드클라우드를 통해 살펴보면 다음과 같음

- 태양광, 지열 분야 신재생 기술(BA) 분야에서는 에너지, 태양, 태양광, 발전 등의 핵심키워드를 도출했으며, 프레임, 건물, 전력, 전지 등의 주요 키워드를 도출했음
- 건축물 신재생 기술 고도화(BB) 분야에서는 에너지, 태양광, 발전, 태양 등의 핵심키워드를 포함하고 있으며, 프레임 건물 등의 주요 키워드를 확인할 수 있음
- 하이브리드 신재생 기술(BC)분야에서는 발전, 에너지 등의 핵심키워드와 태양광, 태양 등의 주요 키워드를 확인할 수 있음



[그림 2-65] 신재생 에너지기술 클라우드 분석결과

3) 기술 성장도 분석

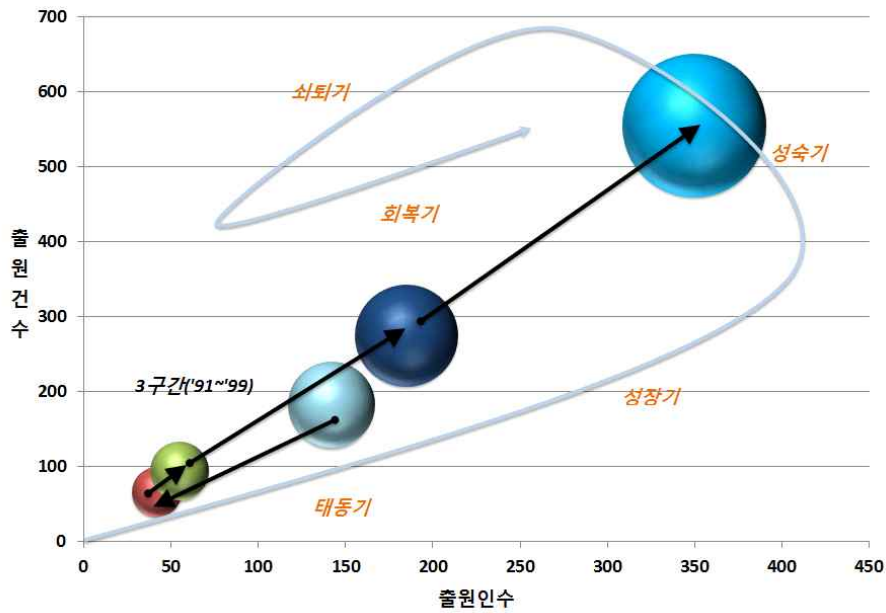
○ 각 기술 분야를 5개의 구간으로 구분한 뒤 각 구간별 출원 동향 자료를 이용해 기술의 성장도를 확인하는 분석으로 각 구간은 9년~10년으로 구성되어 있음

[표 2-45] 신재생 에너지기술 검색구간별 특허출원 동향

	1구간 (’73~’81)	2구간 (’82~’90)	3구간 (’91~’99)	4구간 (’00~’08)	5구간 (’09~’18)
출원건수	183	66	94	275	555
출원인수	142	42	55	185	350
합계	325	108	149	460	905

○ 분석 결과, B기술은 태동기에서 성장기로 이동하고 있는 것으로 추정할 수 있음

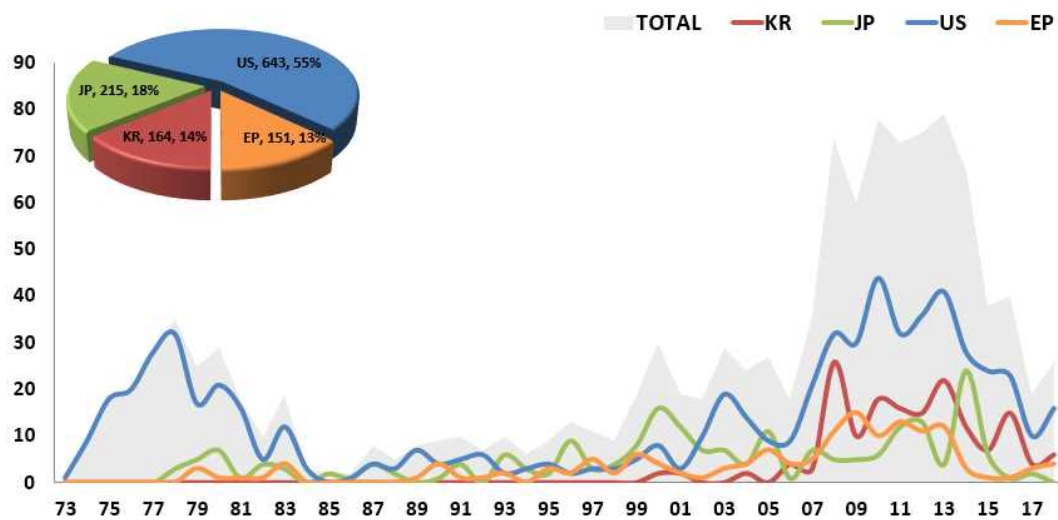
○ 다만, 1구간에서 2구간으로 진행되는 동안 출원건수의 대폭 하락하는 구간이 있어 판단에



[그림 2-66] 신재생 에너지기술 기술성장도 분석결과

4) 국가별 출원 동향

- 신재생에너지 기술(AB)에 대한 국가별 출원 동향을 살펴보면, 2007년부터 급증하기 시작했으나 2015년도를 지나면서 다소 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 가장 비중이 높은 국가는 미국으로 전체의 55%(643건)를 차지하고 있음

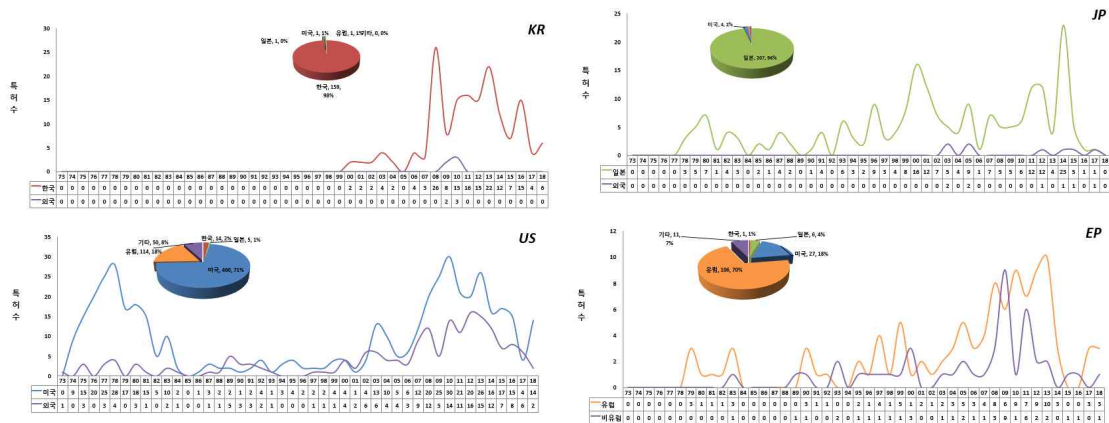


[그림 2-67] 신재생 에너지기술 국가별 특허출원 동향

5) 국가별 외국인 출원 비중의 변화

○ 각 국가별로 외국인 출원 비중을 살펴보면 유럽시장과 미국시장에 출원한 외국인 출원이 각각 30%, 29%로 매우 높은 편이며, 한국과 일본은 외국인 출원 비중이 각각 2%, 4%로 매우 낮았음

○ 미국시장에 출원한 외국인 출원건수 중 유럽인 출원건수가 가장 높았고, 유럽 또한 미국인의 출원건수가 가장 높았음



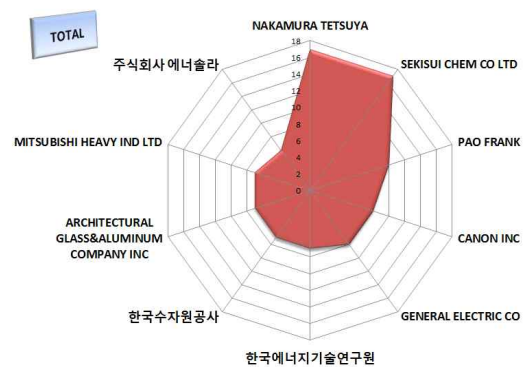
[그림2-68] 신재생 에너지기술 국가별 외국인 출원 비중

6) 국가별 주요 출원인 현황

○ 국가별 주요 출원인을 살펴보면 한국은 한국수자원공사, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원 등 기관 출원 비중이 매우 크며, 기업 출원 또한 큰 비중을 차지하고 있음을 확인할 수 있음

○ 최다출원인은 Nakamura Tetsuya와 Sekisui Chem Co LTD가 각각 17건으로 가장 높은 출원건을 나타내고 있음

○ 최다출원인 둘 모두 일본국적의 출원인으로 Nakamura Tetsuya는 개인, Sekisui Chem Co LTD는 기업으로 확인되고 있음



[그림 2-69] 신재생 에너지기술 전 세계주요 출원인 현황

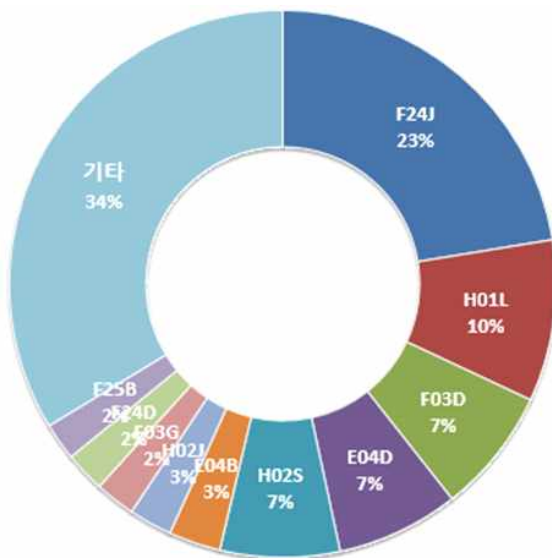


[그림 2-70] 신재생 에너지기술 국가별 주요 출원인 현황

7) IPC 코드별 특허 분포

○ IPC 코드 분류를 통해 주요 분야를 살펴보면 기타를 제외하고 가장 높은 비중을 나타낸 IPC코드는 F24J가 23%이며, 그 다음으로 H01L분야가 10%로 많은 비중으로 구성되어 있음

○ F24J는 열을 이용한 설비에 관한 분야이며, H01L은 반도체에 관한 분야로 구분할 수 있음



◀F24J

- Production or use of heat not otherwise provided for(Apparatus or devices using heat produced by exothermal chemical reactions other than by combustion, Use of solar heat, e.g. solar heat collectors)

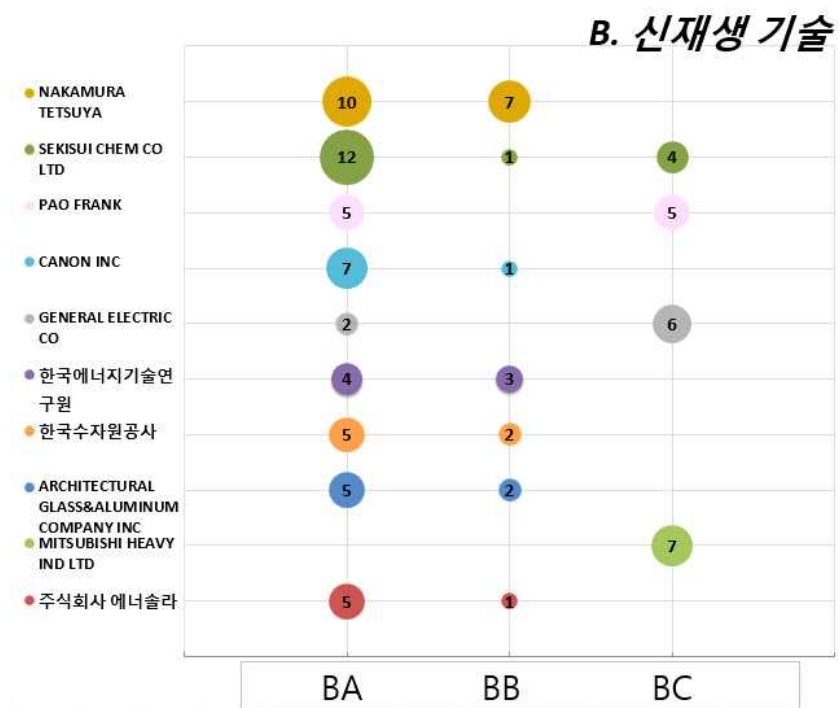
◀H01L

- Semiconductor devices; Electric solid state devices not otherwise provided for

[그림 2-71] 신재생 에너지기술 IPC 코드별 특허 분포

8) 중분류에 따른 출원인별 특허 분포

- 신재생 에너지 기술분야의 중분류 기술 중 Sekisui Chem CO LTD가 BA 분야에서 총 12건을 출원해서 가장 많은 출원건수를 나타냈으며, Nakamura Tetsuya도 BA분야에서 10건을 출원함
- 출원의 상당수가 BA분야에 치중되어 있으며, BB 분야가 다소 낮은 출원 비중을 나타내고 있음



[그림 2-72] 신재생 에너지기술 출원인별 특허현황

9) 기술경쟁력 분석

- B분야 중분류 기술에 대한 기술 경쟁력 분석 결과를 통해 각 국가의 중분류 기술들에 대한 기술경쟁력을 확인할 수 있음
- 양적 지표에서는 미국의 BC 분야와 한국의 BB 분야에서 가장 높은 점수를 나타냈으며, 일본의 BC분야, 유럽의 BB분야가 가장 낮은 점수를 나타냈음
- 질적 지표에서는 미국의 BB 분야가 가장 높게 나타났는데 대조적으로 일본의 BB분야는 각 국의 분석결과 중에서 가장 낮게 나타났음

[표 2-46] 신재생 에너지기술 양 및 질적 지표

양적 지표	BA	BB	BC
유럽	0.45	0.39	0.60
일본	0.68	0.51	0.39
한국	0.67	1.00	0.00
미국	0.51	0.46	1.00
질적지표	BA	BB	BC
유럽	0.35	0.40	0.37
일본	0.27	0.00	0.32
한국	0.89	0.99	0.93
미국	0.90	1.00	0.90

- 두 양적지표와 질적지표를 종합한 결과 특허기술경쟁력은 한국의 BB 분야가 가장 높게 나타났으며 질적지표 결과에서와 마찬가지로 동일한 BB 분야의 일본이 가장 낮은 결과를 나타냈음

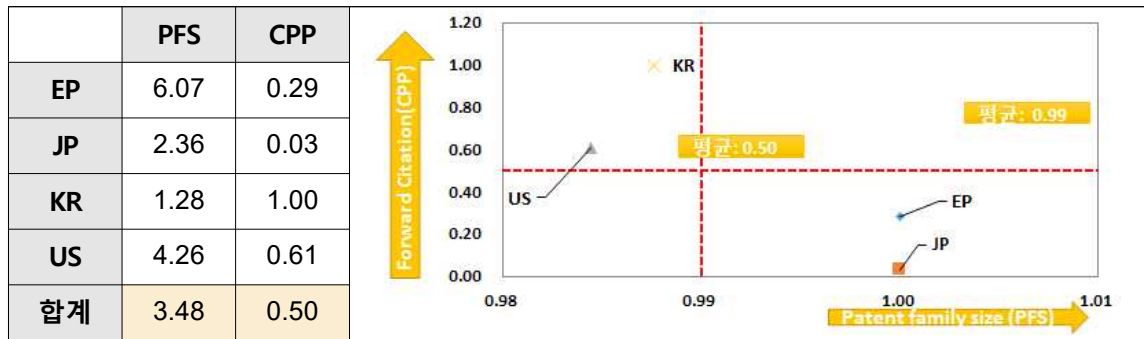
[표 2-47] 신재생 에너지기술 기술경쟁력 분석

종합평가	BA	BB	BC
유럽	0.47	0.45	0.58
일본	0.59	0.35	0.41
한국	0.86	1.13	0.42
미국	0.76	0.76	1.09

10) 시장확보 및 특허 영향력 분석

- BA기술분야에 대한 국가별 시장확보 및 특허 영향력 분석을 시행한 결과 PFS와 CPP 결과를 통해 다음과 같은 그래프를 도출할 수 있음
- BA 기술에 대해서는 유럽과 일본의 PFS값이 동일하고 한국과 미국의 PFS값은 평균보다 하회하고 있음
- CPP값에서는 한국이 가장 높은 수치를 나타내고 있고 유럽과 일본은 평균 아래에 위치해 있는데 일본의 값이 가장 낮게 나타남
- BA 기술에서 유럽과 일본의 CPP는 평균보다 낮고 한국이 가장 높은 수치를 나타내고 있으나 PFS는 유럽과 일본이 높고 미국이 낮은 수치를 나타내고 있음
 - 한국의 경우 특허 영향력은 높으나 시장성은 평균보다 다소 떨어지는 것으로 판단되며 유럽과 일본의 특허 영향력은 높지 않으나 시장성은 두 국가가 유사한 것으로 판단됨

[표 2-48] 신재생 에너지기술(BA분야) 특허 영향력 분석



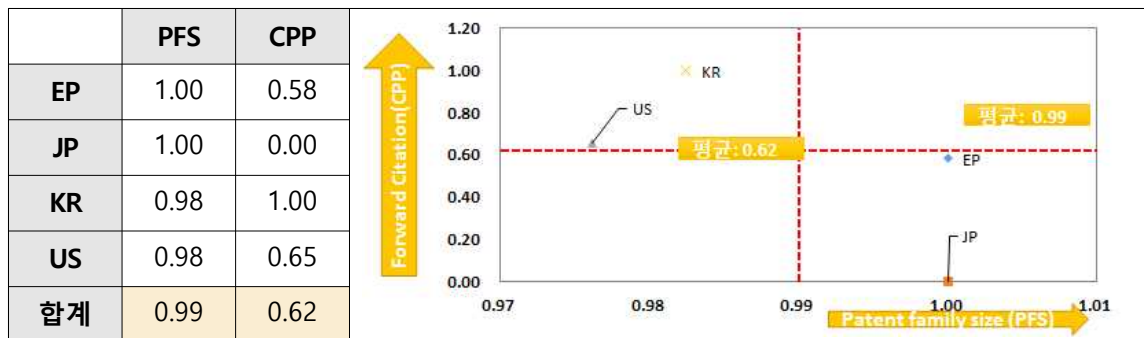
○ BB기술에 대해서는 미국과 유럽의 CPP는 평균에 가까우나 PFS는 유럽이 가장 앞서있고 한국의 CPP가 가장 높으나 PFS는 평균보다 많이 하회하고 있음

○ 한편, 가장 낮은 PFS를 나타낸 국가는 미국으로 나타남

- PFS 수치가 평균보다 높은 유럽과 일본의 CPP가 평균보다 낮은 반면에, CPP가 평균보다 높은 한국과 미국은 PFS가 평균보다 낮아 특허 영향력과 시장성이 모두 좋은 국가는 없는 것으로 판단됨

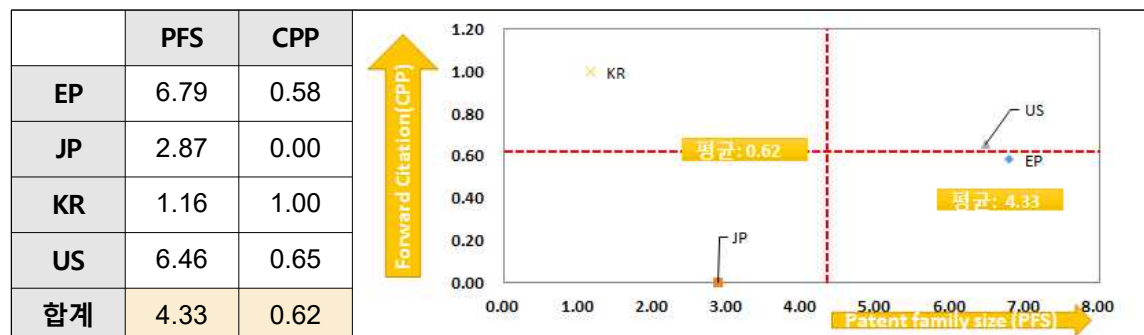
- 다만, 유럽이 평균 이상의 PFS 수치에 평균에 가까운 CPP값을 보이고 있어서 시장성과 특허 영향력이 모두 양호한 국가로 평가할 수 있음

[표 2-49] 신재생 에너지기술(BB분야) 특허 영향력 분석



○ BC기술에 대해서는 한국과 유럽이 평균과 동일한 PFS를 나타냈으나 CPP가 한국이

[표 2-50] 신재생 에너지기술(BC분야) 특허 영향력 분석



매우 높고 일본이 PFS와 CPP 모두 가장 낮은 것으로 확인됨

- 미국과 유럽의 PFS 값은 평균보다 매우 높은 값을 나타내고 있으며 CPP값도 평균에 근접해 있어 특허 영향력이 양호한 동시에 시장성이 높은 국가로 분류할 수 있음
- 한국의 경우 BC 기술의 CPP값은 높으나 PFS값이 낮아, 높은 특허 영향력에 반해 시장성은 상대적으로 낮은 것으로 판단됨

○ B 분야의 시장확보 및 특허 영향력 분석을 통해 미국은 평균에서 크게 벗어나지 않지만 대부분 평균 이상으로 평가되고 있으며 일본은 모든 기술이 두 개 지표에서 평균 이하로 평가되고 있어서 해당분야에 대한 일본의 기술적 시장확보 및 특허 영향력이 미약함을 확인할 수 있었음

○ 한국은 B 분야 전반에 걸쳐 높은 CPP를 나타냈으며 상대적으로 PFS는 낮아서 원천기술을 비롯한 기술개발에 집중하고 있으나 아직 시장 형성 및 시장 성장 가능성이 높지 않은 것으로 판단됨

11) 출원증가율 분석

- 출원증가율 분석은 앞서 개요에서 설명한 바와 같이 증가율지표와 증가율보정지표로 구성되어 있음
- 각각의 지표평가 결과, 최근증가율은 한국의 B기술 전분야가 높게 나타났으며 일본의 BC분야가 가장 낮게 나타났음
- 점유증가율 한국은 전반적으로 3점 이상을 기록했으며, 가장 높은 점수는 일본의 BB분야이고 가장 낮은 점유율은 유럽의 BA분야로 확인되었음

[표 2-51] 주요국가 신재생 에너지기술 출원증가율 비교

최근 증가율	BA	BB	BC
유럽	2	1	2
일본	3	3	3
한국	3	5	3
미국	4	1	4
점유증가율	BA	BB	BC
유럽	0.7	1.6	1.0
일본	3.9	4.2	1.6
한국	3.6	3.6	3.4
미국	3.2	2.4	3.3
증가율예측	BA	BB	BC
유럽	-	-	-
일본	-	+	-

한국	-	+	+
미국	+	-	-
2017년 출원 증가율	BA	BB	BC
유럽	1.0	0	0
일본	-0.8	-0.6	-1.0
한국	1.0	0	0
미국	-0.4	-1.0	-0.6

- 4가지 지표에 대한 결과를 종합해서 출원 증가율 종합지표를 추정해보면 한국과 일본의 BA, BB 분야를 비롯해 다수의 분야가 높게 나타났으며, 유럽의 BA분야와 BC분야가 가장 낮은 수치를 나타냈음

[표 2-52] 신재생 에너지기술 출원증가율 종합지표 비교

출원증가율 종합	BA	BB	BC
유럽	2	3	2
한국	4	4	4
일본	4	4	3
미국	4	3	3

- B 기술의 출원증가율 종합지표에서는 한국의 해당기술분야가 전반적으로 출원이 증가하고 있음을 확인했으며, 이는 한국의 기술개발이 활발해지고 있고 해당 기술 시장이 확장되고 있는 것으로 판단할 수 있음
- 반면에 유럽은 전체적으로 낮은 점수로 평가되고 있으며, 미국의 BA도 높은 증가율을 보이고 있음

라. 커뮤니티(클러스터) 단위 에너지 최적화

1) 분석 개요

- 커뮤니티(클러스터) 단위 에너지 최적화 기술은 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술, 커뮤니티 에너지 최적화 설계, 커뮤니티 에너지 공유 기술로 구성됨

[표 2-53] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 분류 및 검색식

구분	중분류	검색식
커뮤니티(클러스터) 단위 에너지 최적화 (C)	커뮤니티 에너지모니터링 및 분석기술 (CA)	TI=(커뮤니티* or 지역* or 마을* or 타운* or 빌리지* or 동네* or communit* or town* or villag* or area*) and ((에너지* or energy* or power*) n/3 (모니터링* or 분석* or 감시* or 관찰* or 관리* or monitor* or analy* or manag*))
	커뮤니티 에너지 최적화 설계 (CB)	AB=(커뮤니티* or 지역* or 마을* or 타운* or 빌리지* or 동네* or communit* or town* or villag* or area*) and (에너지* or energy* or power*) and (((생산* or 수요* or generat* or demand*) n/2 (예측* or 예상* or expect* or predict* or forecast*)) or (최적화* or optimizat*)) and (설계* or design* or plan*)
	커뮤니티 에너지 공유 기술 (CC)	TI=(커뮤니티* or 지역* or 마을* or 타운* or 빌리지* or 동네* or communit* or town* or villag* or area*) and ((에너지* or energy* or power*) n/4 (공유* or 분배* or 생산* or 소비* or 판매* or shar* or distribut* or generat* or consum* or trad* or sale*)) and (관리* or manag*)

- 각각 중분류기술에 대한 상세기술 및 키워드를 이용해 검색식을 작성했으며, CA기술이 총 396건, CB기술이 총 359건, CC기술이 총 205건으로 분석되었음

[표 2-54] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술관련 중분류 국가별 검색결과

구분	중분류	KR	US	JP	EP	TOTAL
커뮤니티(클러스터) 단위 에너지 최적화 (C)	커뮤니티 에너지모니터링 및 분석기술 (CA)	36	241	76	43	396
	커뮤니티 에너지 최적화 설계 (CB)	26	244	49	40	359
	커뮤니티 에너지 공유 기술 (CC)	20	129	38	18	205

2) 키워드 클라우드 분석

- 각 중분류 별 기술개발 동향을 워드클라우드를 통해 살펴보면 다음과 같음
 - 커뮤니티 에너지모니터링 및 분석기술(CA) 분야에서는 전력, 에너지 등이 핵심

키워드로 도출되며 그 외 데이터, 지역, 무선, 난방, 감시 등이 주요 키워드로 구성되어 있음

- 커뮤니티 에너지 최적화 설계(CB) 분야에서는 사운드, 분석기 등이 핵심 키워드이며, 난방, 디스플레이, 컴퓨터, 최적화 등이 주요 키워드임
- 커뮤니티 에너지 공유기술(CC) 분야에서는 에너지 단어 외에는 핵심키워드로 분류할 만한 단어는 확인되지 않으며, 전력, 활용, 지역, 거래, 종합, 지붕 등의 주요 키워드를 확인할 수 있음



[그림 2-73] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 클라우드 분석결과

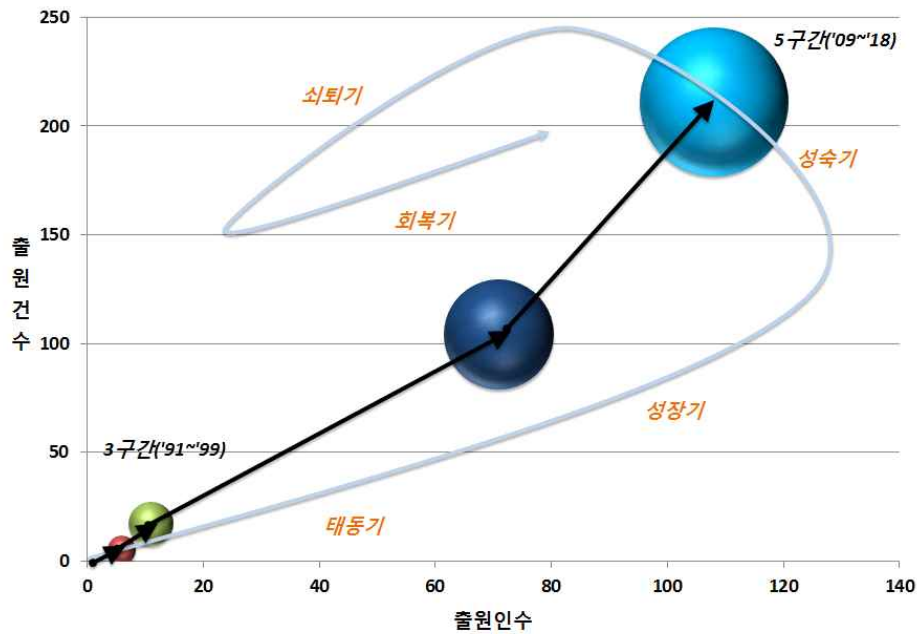
3) 기술 성장도 분석

- 각 기술 분야를 5개의 구간으로 구분한 뒤 각 구간별 출원 동향 자료를 이용해 기술의 성장도를 확인하는 분석으로 각 구간은 9년~10년으로 구성되어 있음

[표 2-55] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 검색 구간별 특허출원 동향

	1구간 (’73~’81)	2구간 (’82~’90)	3구간 (’91~’99)	4구간 (’00~’08)	5구간 (’09~’18)
출원건수	0	5	17	104	211
출원인수	0	6	11	71	108
합계	0	11	28	175	319

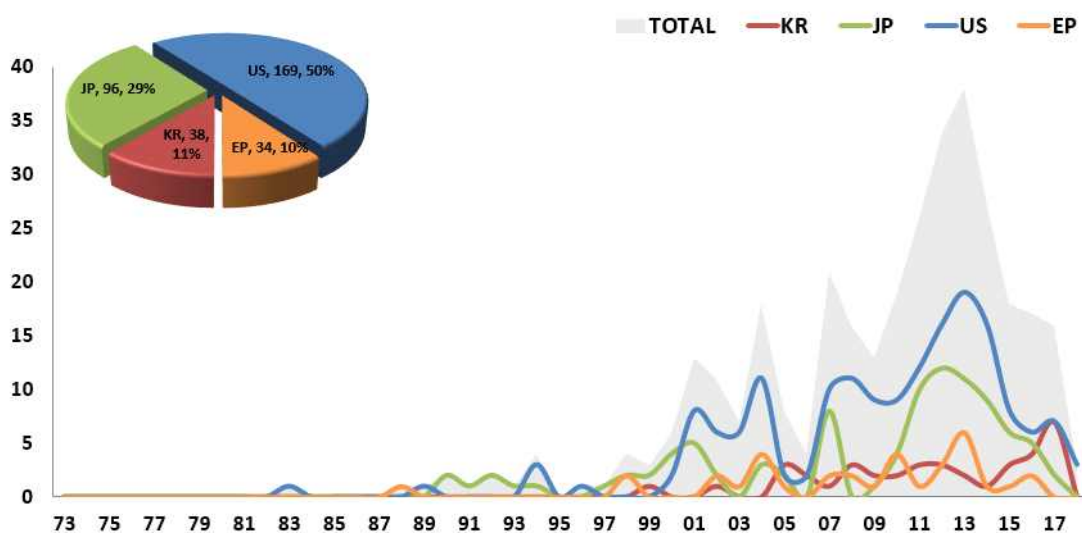
- 분석 결과, C기술은 태동기에서 성장기로 이동하고 있으며, A나 B기술보다는 성숙기로 좀 더 진행되어 있는 것으로 추정할 수 있음
- 특히, 1구간 출원 건수가 0건으로 이후에 점진적으로 꾸준히 증가하는 형태를 통해 본 기술분야가 성장하고 있음을 확인할 수 있음



[그림 2-74] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 기술성장도 분석결과

4) 국가별 출원 동향

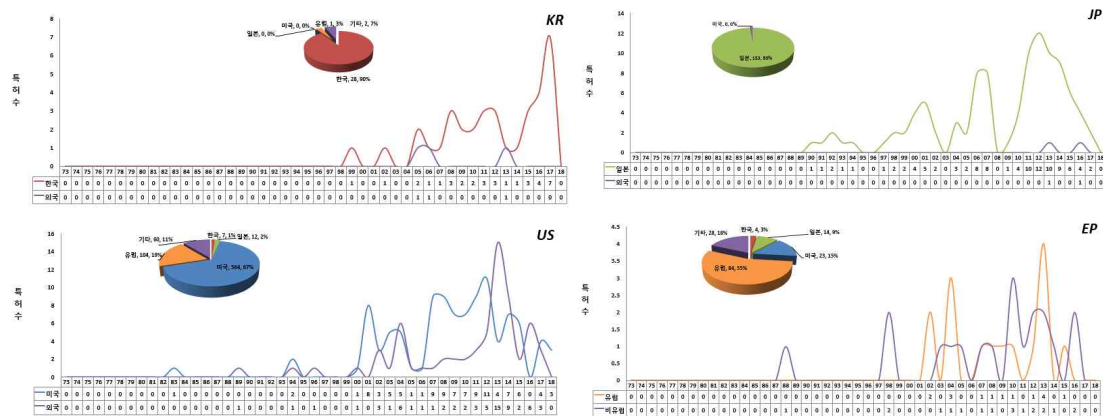
- 신재생에너지 기술(AB)에 대한 국가별 출원 동향을 살펴보면, 2006년을 제외하면, 2000년 이후 증가하는 추세를 가지고 있음
- 가장 높은 비중을 차지하는 국가는 미국으로 전체의 50%(169건)이며 유럽이 34건으로 10%만 구성하고 있음



[그림 2-75] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 특허출원 동향

5) 국가별 외국인 출원 비중의 변화

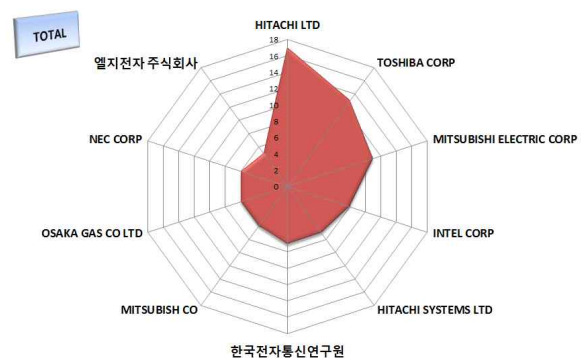
- 각 국가별로 외국인 출원 비중을 살펴보면 유럽시장과 미국시장에 출원한 외국인 출원 비중이 높는데 그중에서도 유럽의 경우 45%가 외국인 출원건수이며, 한국과 일본은 외국인 출원 비중이 매우 저조함을 확인할 수 있음
- 유럽시장에 출원한 외국인 출원건수 중, 단일 국가로는 미국이 가장 높은 비중을 나타냈으며, 그 다음으로는 일본이 14%를 차지하고 있음



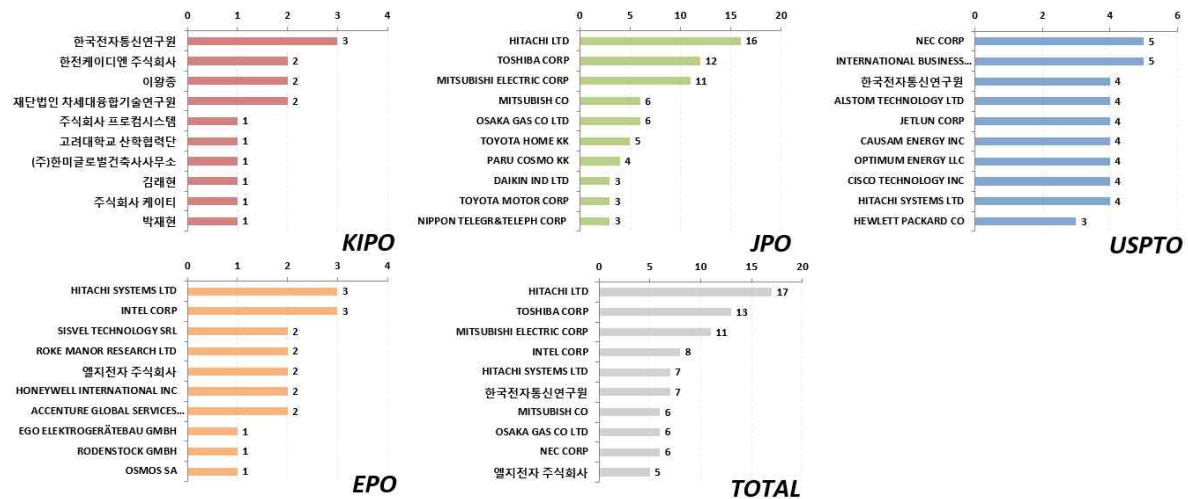
[그림 2-76] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 외국인 출원 비중

6) 국가별 주요 출원인 현황

- 국가별 주요 출원인을 살펴보면 일본의 Hitachi LTD, Toshiba Corp 등이 있으며, 한국 출원인에는 한국전자통신연구원, 엘지전자 주식회사 등이 있음
- 최다출원인 Hitachi LTD는 17건, Toshiba Corp는 11건, Misubishi Electric Corp 는 9건으로 나타났으며 세 개 기업 모두 일본 기업임



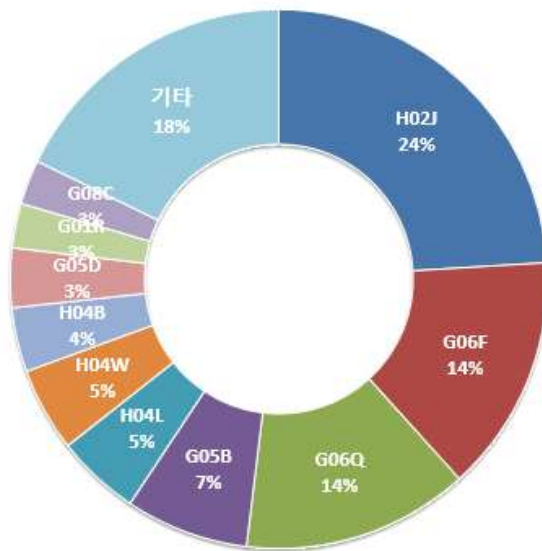
[그림 2-77] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 전 세계주요 출원인 현황



[그림 2-78] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 국가별 주요 출원인 현황

7) IPC 코드별 특허 분포

○ IPC 코드 분류를 통해 주요 분야를 살펴보면 기타를 제외하고 가장 높은 비중을 나타낸 IPC코드는 H02J(24%)이며 전기 전원공급 또는 배선을 위한 회로 구성, 전기 에너지 저장 시스템 등에 관한 특허임



◀H02J

- CIRCUIT ARRANGEMENTS OR SYSTEMS FOR SUPPLYING OR DISTRIBUTING ELECTRIC POWER; SYSTEMS FOR STORING ELECTRIC ENERGY

◀G06F

- ELECTRIC DIGITAL DATA PROCESSING

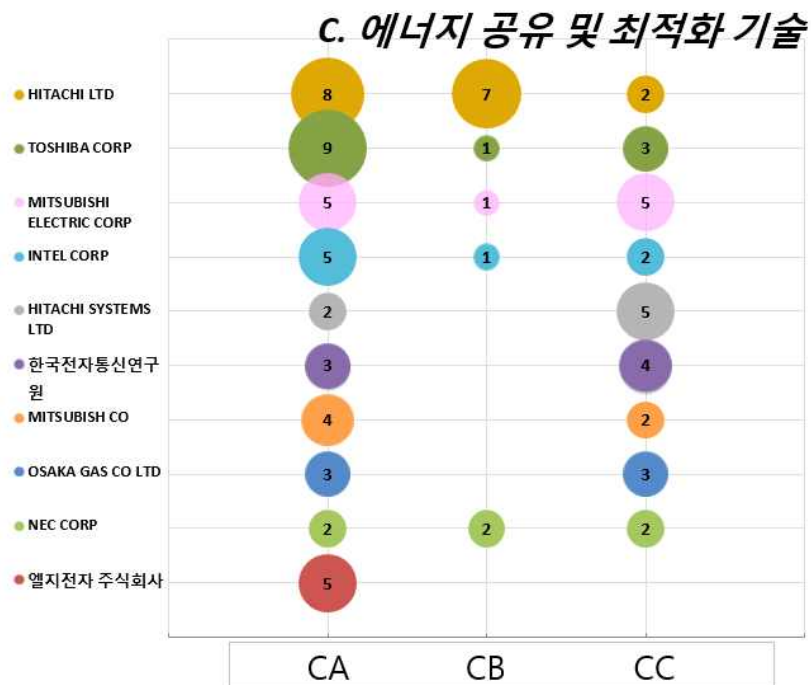
◀G06Q

- DATA PROCESSING SYSTEMS OR METHODS, SPECIALLY ADAPTED FOR ADMINISTRATIVE, COMMERCIAL, FINANCIAL, MANAGERIAL, SUPERVISORY OR FORECASTING PURPOSES; SYSTEMS OR METHODS SPECIALLY ADAPTED FOR ADMINISTRATIVE, COMMERCIAL, FINANCIAL, MANAGERIAL, SUPERVISORY OR FORECASTING PURPOSES

[그림 2-79] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 IPC 코드별 특허 분포

8) 중분류에 따른 출원인별 특허 분포

- 커뮤니티(클러스터) 단위 에너지 최적화의 중분류 기술 중 최다출원인 Hitachi LTD가 CA분야에 8건, CB분야에 7건을 출원했으며, Toshiba Corp가 CA분야에 9건을 출원하는 등의 결과를 나타내고 있어, 해당 분야가 중분류 상에서 CA 분야에 편향되어 개발되고 있음을 유추할 수 있음
- CB분야는 Hitachi LTD가 7건을 출원한 것을 제외하면 타 출원인들의 출원 비중이 상대적으로 높지 않아 개발이 저조한 것으로 추정됨



[그림 2-80] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원인별 특허현황

9) 기술경쟁력 분석

- C분야 중분류 기술에 대한 기술 경쟁력 분석 결과를 통해 각 국가의 중분류 기술들에 대한 기술경쟁력을 확인할 수 있음
- 양적지표에서는 유럽의 CB분야가 가장 낮은 점수를 나타냈으나 동일분야에서 미국은 가장 높은 점수를 나타냈음
- 양적지표에서 한국의 CB분야에서 가장 낮은 점수를, CA분야에서 가장 높은 점수를 나타냄
- 질적지표에서는 유럽의 CB와 CC가 모두 가장 낮은 점수인 0점을 나타냈으며 한국의 CC분야가 가장 높은 점수를 나타냈음

[표 2-56] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 양 및 질적 지표

양적 지표	CA	CB	CC
유럽	0.41	0.00	0.18
일본	0.43	0.07	0.63
한국	0.41	0.05	0.19
미국	0.32	1.00	0.39
질적지표	CA	CB	CC
유럽	0.03	0.00	0.00
일본	0.25	0.13	0.13
한국	0.39	0.43	1.00
미국	0.32	0.34	0.29

- 두 양적지표와 질적지표를 종합한 결과 특허기술경쟁력은 미국의 CB분야가 가장 높게 나타났으며 동시에 유럽의 CB분야는 가장 낮게 나타나서 양국이 상반된 결과를 도출했음
- CB분야에서 미국을 제외한 일본과 한국도 다소 낮은 수치를 확인할 수 있으며 한국과 일본 모두 CC분야가 CA분야보다 높은 수치를 나타내고 있음
- A 분야나 B 분야에 비하면 C 분야의 종합점수는 다소 낮은 경향을 보이고 있어서 전반적으로 A, B 분야에 비해 해당 분야는 시장 성숙도가 상대적으로 낮고 사회적 관심이 충분하지 않은 것으로 판단할 수 있음

[표 2-57] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 기술경쟁력 분석

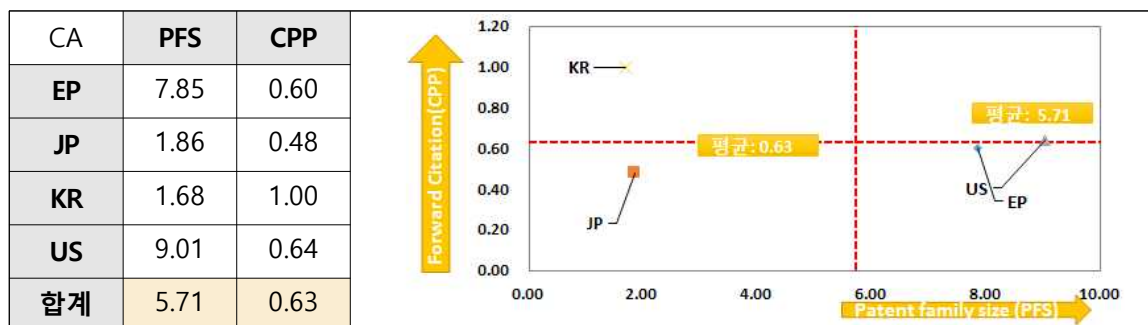
종합평가	CA	CB	CC
유럽	0.30	0.00	0.12
일본	0.41	0.11	0.49

한국	0.46	0.23	0.58
미국	0.36	0.84	0.40

10) 시장확보 및 특허 영향력 분석

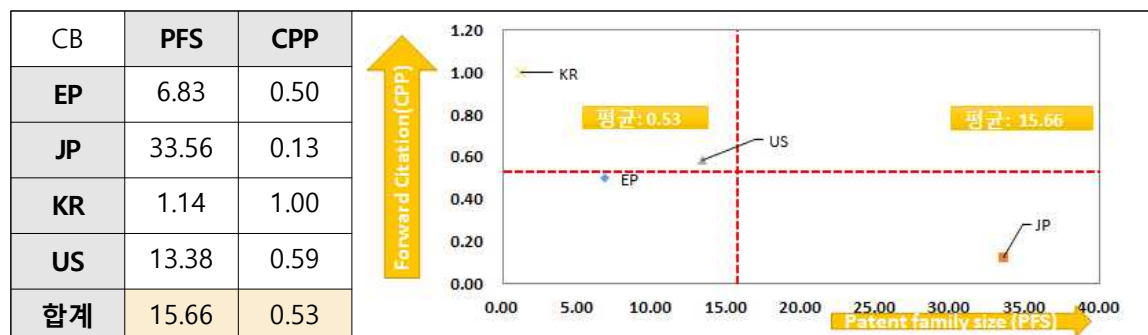
- CA 기술분야에 대한 국가별 시장확보 및 특허 영향력 분석을 시행한 결과 PFS와 CPP 결과를 통해 다음과 같은 그래프를 도출할 수 있음
- CA 분야에서는 미국과 유럽의 CPP가 평균에 근접하고 있으며 한국이 가장 높은 수치를 나타내고 있고, PFS는 미국이 가장 높고 한국이 가장 낮음
 - 가장 높은 CPP수치를 나타낸 한국의 기술력이 다른 특허로부터 피인용되는 횟수가 많고 영향력이 높다는 것을 추정할 수 있음
 - 시장확보력지수(PFS)가 가장 높은 미국 시장은 해당 제품의 시장의 성장 가능성이 매우 높은 것으로 분석할 수 있음

[표 2-58] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CA분야) 특허 영향력 분석



- CB 기술의 CPP에서는 CA분야와 유사하게 미국과 유럽이 평균에 가까운 수치를 나타내고 한국이 가장 높게 나타났으나, 일본의 수치가 매우 낮게 나타났으며, PFS도 CA와 유사한 경향을 나타냈음

[표 2-59] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CB분야) 특허 영향력 분석



- 유럽과 미국의 시장확보력지수(PFS)가 매우 근소한 차이를 나타내고 있으며, CPP또한

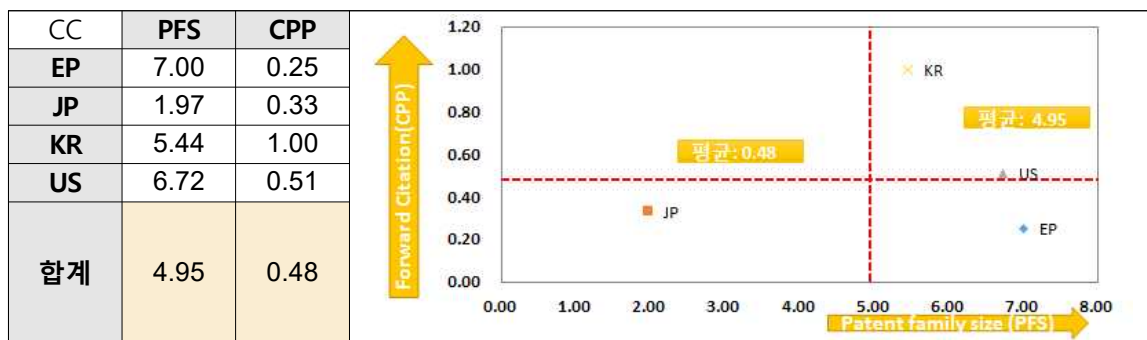
유사하게 나타나있는데 이는 시장성도 높으면서 해당 국가 특허의 영향력도 양호할 것으로 추정할 수 있음

- 한편, CPP가 가장 높은 국가는 한국이지만 PFS가 매우 낮아 한국에서의 CA기술(커뮤니티 에너지 공유 기술) 시장성은 다소 떨어지는 것으로 판단됨

○ CC 분야에서는 한국과 미국과 유럽 3개 국가가 평균 이상의 PFS를 나타냈으며, 한국과 미국은 CPP값도 평균이상으로 높은 값을 나타냄

- 본 기술분야에 대해서 시장성과 특허영향력이 모두 좋은 국가는 우리나라로 볼 수 있으며 일본은 본 기술에 대해 발전정도가 낮을 것으로 추정할 수 있음

[표 2-60] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술(CC분야) 특허 영향력 분석



○ C분야의 시장확보 및 특허 영향력 분석에서는 일본의 CB분야를 주목할 필요가 있는데, PFS지수가 매우 높는데 반해 CPP지수는 다소 낮은편이라는 점임

○ PFS지수가 높다는 것은 해당 기술과 관련한 시장이 성장할 것으로 예상된다는 것인데, 이에 반해 해당 국가의 특허가 갖는 영향력은 매우 낮게 평가되어 일본의 대상 특허들이 원천기술보다는 실용특허에 집중되어 있을 가능성이 높음

11) 출원증가율 분석

- 각각의 지표평가 결과, 최근증가율은 한국의 CC분야와 유럽의 CB분야가 가장 높게 나타났으며 일본의 CA, 미국의 CB, 유럽의 CC분야가 가장 낮게 나타났음
- 점유증가율은 한국의 CB분야와 유럽의 CC분야가 높게 나타났는데 한국의 점유증가율은 C 분야 전반에 걸쳐 다소 높은 수치를 나타냄

[표 2-61] 주요국가 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원증가율 비교

최근 증가율	CA	CB	CC
유럽	4	5	1
한국	4	3	5
일본	1	3	2
미국	2	1	2
점유증가율	CA	CB	CC
유럽	0.7	1.1	1.7
한국	1.2	1.9	1.1
일본	0.8	1.4	0.6
미국	0.8	0.7	0.7
증가율예측	CA	CB	CC
유럽	+	+	-
한국	+	+	-
일본	-	-	-
미국	-	-	-
2017년 출원 증가율	CA	CB	CC
유럽	0	-1.0	0
한국	0.5	0	2.0
일본	-0.5	-1.0	0
미국	0.67	0	-0.5

- 4가지 지표에 대한 결과를 종합해서 출원 증가율 종합지표를 추정해보면 유럽과 한국은 2개 기술분야에 대해 모두 4점의 점수를 받았으며, 일본과 미국은 2개의 분야에서 모두 2점을 받았음

[표 2-62] 커뮤니티단위 에너지 최적화기술 출원증가율 종합지표 비교

출원증가율 종합지표	CA	CB	CC
유럽	4	4	2
한국	4	3	4
일본	2	3	2
미국	3	2	2

- C분야는 최근 부상하고 있는 기술분야로써 아직 시장이 완전히 성숙하지 않아서 기술개발의 활성정도가 크지 않기 때문인 것으로 판단되며, 그 중에서도 한국과 유럽에서 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술에 더 많은 관심을 갖는 것으로 추정할 수 있음

마. 기술성 분석 종합

1) 기술의 발전 가능성 종합 평가

- 각 기술분야의 분석결과들을 토대로 기술의 발전가능성을 판단하기 위해 기술의 부상성, 장벽성, 유망성 지표를 이용함
- IP부상성은 출원증가율과 핵심기술의 시장성을 종합적으로 판단해서 결론을 도출하는 지표로써, 해당 기술분야의 향후 성장가능성을 평가하는데 활용함
- 일본의 AB, AC분야가 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 유럽과 미국의 AC분야가 가장 높은 수치를 나타냈음
- B 기술 분야에서는 미국의 BA분야가 가장 높은 부상성을 나타냈으며 일본의 BC분야가 가장 낮게 평가되었음
- C 기술 분야에서는 한국의 CC분야가 가장 높은 수치를 나타낸 것과 대조적으로 일본은 해당분야에서 가장 낮은 수치를 나타냄

[표 2-63] 기술성(IP 부상성)분석 종합결과

IP 부상성	유럽	일본	한국	미국
AA	3	4	4	4
AB	3	1	2	3
AC	5	1	3	5
BA	3	4	4	5
BB	4	4	4	4
BC	3	2	4	3
CA	4	3	4	4
CB	4	4	4	3
CC	4	2	5	3

- IP 장벽성은 주요출원인의 비중과 분쟁가능성을 종합적으로 판단해서 결론을 도출하는데, 한국의 경우 AC분야와 CB분야의 장벽성이 가장 양호했으며 전반적으로 BB기술분야와 BC분야가 낮은 장벽성을 나타냈음

[표 2-64] 기술성(IP 장벽성)분석 종합결과

IP 장벽성	유럽	일본	한국	미국
AA	1	1	2	2
AB	2	2	3	3
AC	3	3	4	4
BA	2	3	2	2
BB	1	2	1	1
BC	1	2	1	1
CA	2	3	3	2
CB	3	4	4	3
CC	1	2	2	1

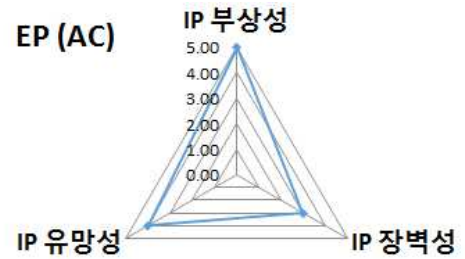
- IP유망성은 기술개발분야의 지속적 개발정도와 신규분야로의 개발 확장정도를 파악하는 지표로 특허의 IPC코드를 이용해 분석을 수행했음
- 한국의 AC분야와 미국의 AB분야가 가장 높은 수치를 나타냈으며, 일본의 AB분야가 가장 낮은 수치를 나타냄
- B기술 분야에서는 유럽과 한국이 각각 BA분야와 BC분야에서 가장 높은 수치를 나타냈으며 C분야에서는 한국의 CB분야가 가장 높은 유망성을 나타냈음
- 반면에 일본은 BC분야와 CA분야에서, 유럽은 CA, CB분야에서 낮은 수치를 나타냈음

[표 2-65] 기술성(IP 유망성)분석 종합결과

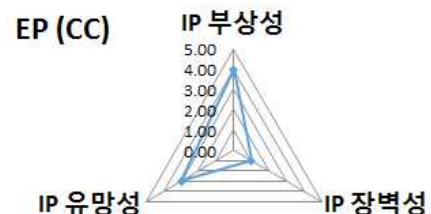
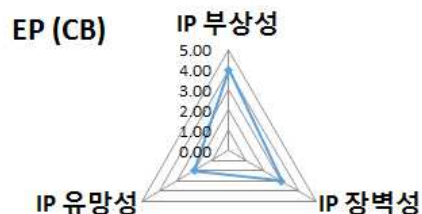
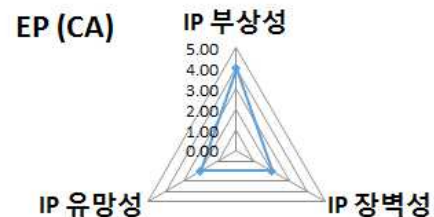
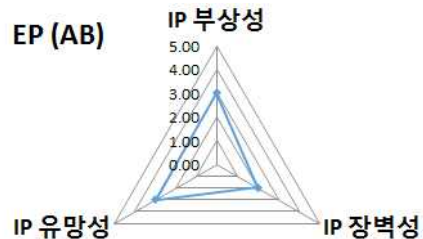
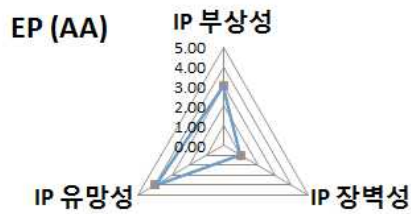
IP 유망성	유럽	일본	한국	미국
AA	4	3	2	3
AB	3	1	4	5
AC	4	2	5	2
BA	5	2	3	4
BB	4	3	4	3
BC	3	2	5	3
CA	2	2	4	3
CB	2	4	5	4
CC	3	3	3	3

□ 유럽의 기술시장 종합 결과

- 위 분석 결과를 바탕으로 유럽의 기술분야 중 유망기술분야를 선별해 보면 다음과 같음
- 우선 유럽에서는 A분야 기술 중에서는 AC 기술분야가 유망성과 부상성이 매우 양호하며 장벽성이 다소 낮으나 전체적으로 양호한 결과값을 나타내고 있음



[그림 2-81] 유럽 AC분야 기술성분석 종합



[그림 2-82] 유럽 기술시장 종합결과

- 총점 15점 중 10점 이상의 점수를 나타낸 기술은 AC분야(12점)와 BA(10점)분야로

확인됨

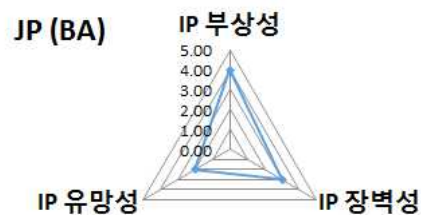
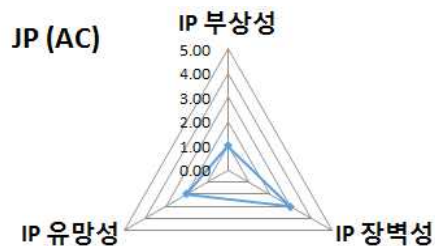
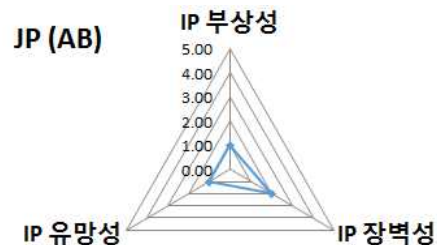
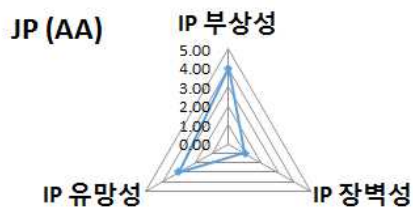
- AC 분야는 패시브-액티브 하이브리드 기술분야로서 앞서 시장분석에서 언급한 바와 같이 패시브 하우스 개념에서 신재생에너지를 적용한 액티브 하우스를 지향하는 방향으로 발전되어 왔음
- 본 분석 결과는 패시브 하우스와 액티브 하우스, 두 개념의 종합적 적용을 통한 플러스 에너지 커뮤니티(빌딩)으로의 시장 발전 동향을 뒷받침해주는 결과라고 판단할 수 있음

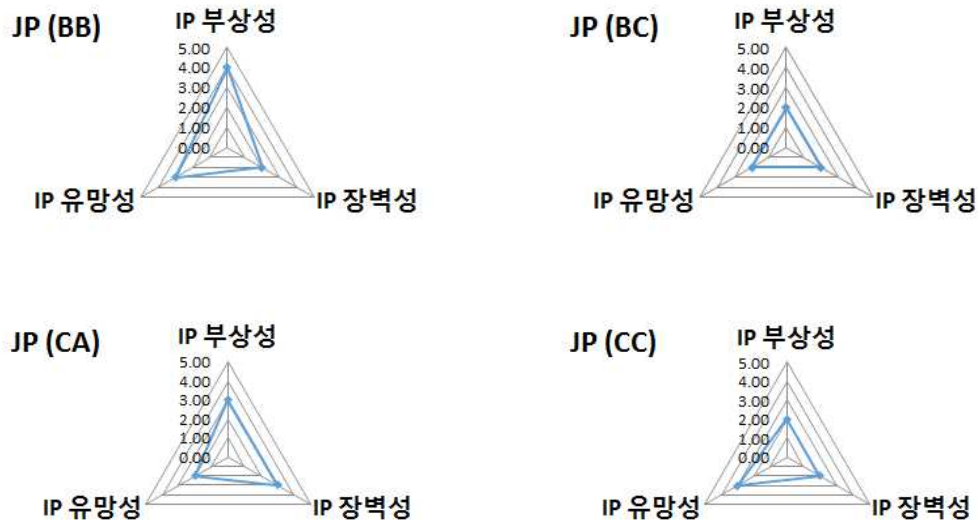
□ 일본의 기술시장 종합결과

- 일본의 유망기술분야 선별을 위한 종합분석 그래프를 살펴보면 다음과 같음
- 우선 일본에서는 C 분야 기술 중에서 CB분야가 유망성, 부상성, 장벽성이 모두 4점을 나타내 전체적으로 가장 기대성 높은 기술분야로 꼽을 수 있음



[그림 2-83] 일본 CB분야 기술성분석 종합





[그림 2-84] 일본 기술시장 종합결과

- 이외 기술분야 중에서 총점 15점 중에 10점을 넘는 기술분야는 없으며 AC분야와 BA분야가 9점으로 가장 높은 것으로 확인됨
- CB분야는 커뮤니티(클러스터)단위 에너지 최적화 기술(C)분야 중 커뮤니티 에너지 최적화 설계에 관한 것으로 소규모 에너지 그리드나 수요자 중심의 에너지 통합 관리 시스템 등에 관한 것임
- 일본의 경우, 후쿠시마 원전사고 이후 수요관리에 대한 중요성을 강조하고 있는데 이러한 사회적 니즈가 기술개발 동향에 반영된 것으로 판단할 수 있으며, 일본시장에서는 해당 기술분야의 발전가능성과 시장 성장 가능성을 기대할 수 있을 것임
- 가장 낮은 점수를 나타낸 AB분야는 친환경 액티브 냉난방 기술에 관한 것으로 AC분야(패시브-액티브 하이브리드 기술)분야와 함께 일본 내에서는 해당 기술의 유망성이나 향후 시장발전 가능성이 매우 낮은 것으로 판단됨

□ 한국 기술시장의 종합결과

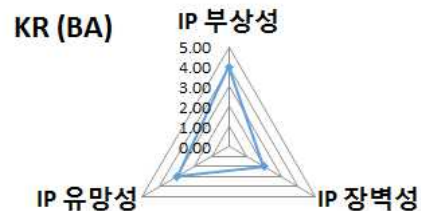
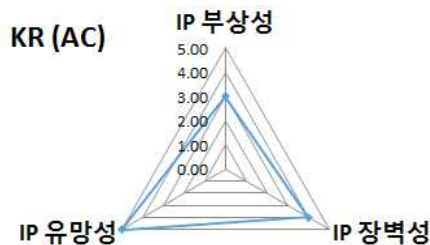
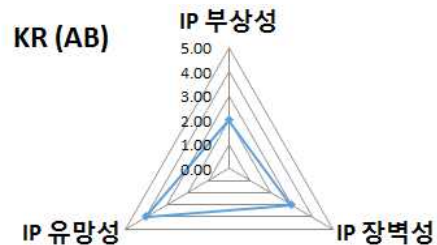
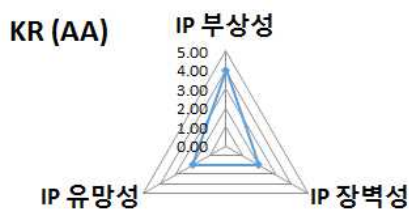
- 한국의 유망기술분야 선별을 위한 종합분석 그래프를 살펴보면 다음과 같음
- 한국에서 가장 유망할 것으로 판단되는 기술 분야는 커뮤니티(클러스터)단위의 에너지

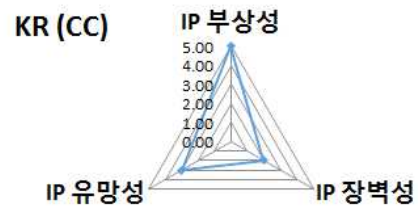
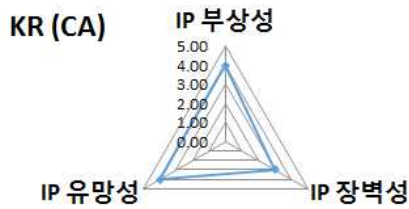


[그림 2-85] 한국 CB분야 기술성분석 종합

최적화 분야 중에서 CB(커뮤니티 에너지 최적화 설계 기술)분야임

- 해당 분야는 일본시장에서도 유망할 것으로 평가된 기술분야로 한국시장과 동일한 기술이 가장 좋은 평가를 받았음
- 그러나, CB분야를 제외하면 한국시장에서는 AC분야가 12점으로 매우 높은 점수를 나타냈으며, 이 외에도 총점 15점 중 10점이 넘는 기술분야가 CB를 비롯해 AC, BC, CA, CC분야까지 총 5개 분야가 있음
- 일본에 비해 신재생에너지를 활용한 건축물 관련 기술에 대한 기술개발 활성화나 시장 확장성 등이 우리나라가 매우 양호한 것으로 판단할 수 있음
- 우리나라는 온실가스 감축 목표가 일본 대비 11%나 더 높고 나머지 국가들에서도 매우 높은 수준에 속하고 있어, 관련 기술들에 대한 국가적 관심도 높고 투자도 많이 이루어지고 있음



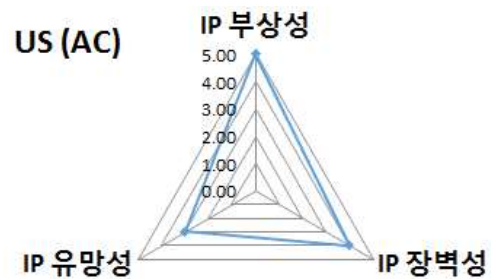


[그림 2-86] 한국 기술시장 종합결과

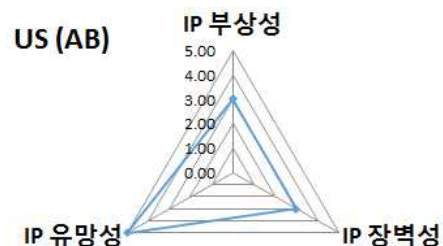
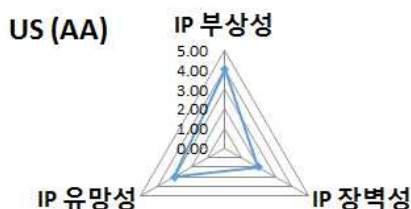
- 나머지 3개 국가들의 평가 결과와 비교해서도 살펴볼 수 있는데 각 중분류 기술들이 상당부분 평가 점수가 높아 시장이 급격하게 성장하고 있고 기술개발 활성화 수준이 높다고 평가 할 수 있음
- 다만, 우리나라에서는 각 기술들의 개발이 최근에(5구간) 와서야 활발해 지고 있어서 해당 평가 지표들에서 높은 점수를 받았고 미국이나 유럽 등은 오랜기간 개발되어 와서 이를 감안할 필요가 있음

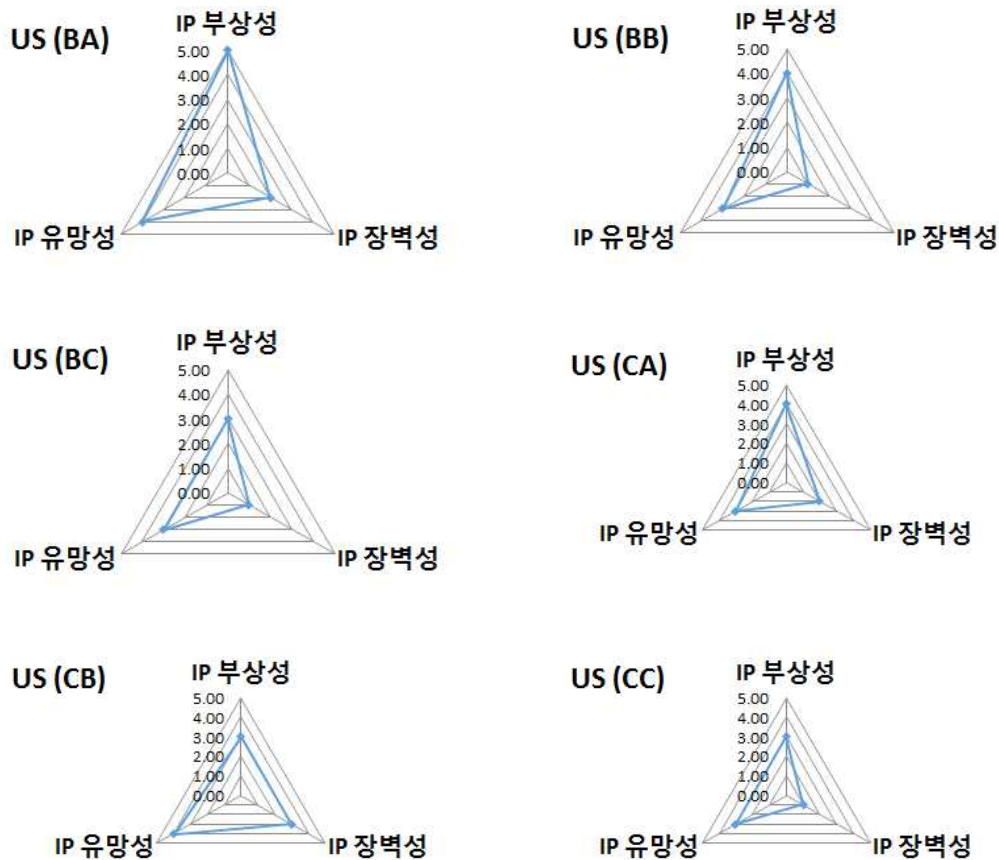
□ 미국의 기술개발 종합평가

- 미국의 유망기술분야 선별을 위한 종합분석 그래프를 살펴보면 다음과 같음
- AC기술은 미국시장 기술평가에서 가장 높은 점수를 받은 기술 분야로 패시브-액티브 하이브리드 기술임
- AC기술 분야는 종합점수는 12점으로 높지만 부상성과 장벽성에 비해 유망성이 매우 떨어지고 있음



[그림 2-87] 미국 AC분야 기술성분석 종합



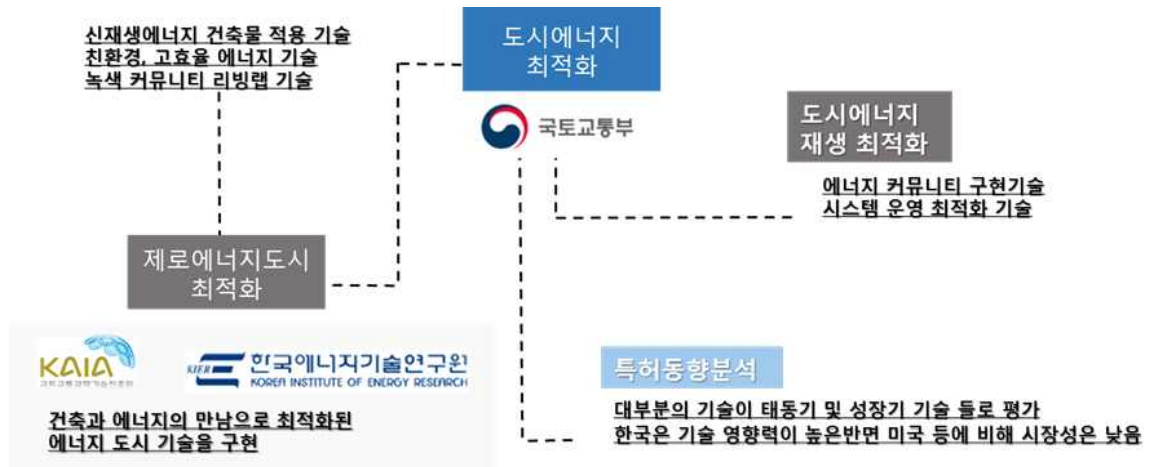


[그림 2-88] 미국 기술시장 종합결과

- 미국 평가 결과에서는 총점 15점 중 10점을 넘는 기술분야가 총 4개로 AB분야(11점), AC분야(12점), BA분야(11점), CB분야(10점)이 있음
- 가장 낮은 총점(7점)을 기록한 CC분야(커뮤니티 에너지 공유 기술)와 BC분야(하이브리드 신재생 기술)는 모두 부상성과 유망성에 비해 장벽성이 낮게 평가되었음
- 이는, 앞서 평가했던 특허 영향력 지표(CPP)에서 두 기술 분야 모두 평균을 약간 상회하는 결과를 나타내, 다소 약한 특허 영향력을 가졌다는 결과와 연관될 수 있음
- 세계적으로 건물부문 에너지 소비 및 생산을 확대시켜 커뮤니티 단위의 에너지 소비 및 관리에 대한 실증이 많이 이루어지고 있는데 그 선두에 있는 국가 중 하나로 미국을 들 수 있음
- 본 분석결과를 통해 해당 기술들의 미국시장 내 높은 성장 가능성을 확인할 수 있음

2) 기술성 분석 소결

- 본 분석은 국토진흥원에서 추진하는 국토교통연구기획사업 [2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술 개발]과제 범위 중 사전기획을 위한 현황분석으로 수행하였음
- 1973년부터 2018년까지 기간을 5개 구간으로 구분해서 분석을 수행했으며 3개 주제분야별 중분류 3개씩 총 9개 기술분야에 대한 정량·정성분석을 수행함
- 먼저 기술성장도 분석을 통해 A, B, C 각 분야가 모두 태동기에서 성장기로 이동하고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 각 국가 출원동향에서도 최근 10년간 출원 건수가 크게 증가했음을 확인했음
- 4개 국가에서 주요 출원인 중 일본출원인이 상당수 있었으며, 유럽이나 미국 출원인도 상당수 있었음
- 한국의 경우 한국에너지기술연구원, 한국수자원공사 등 일부 기관이 주요기업으로 랭크되어 있으나 최다출원인에 비해 출원 비중은 크지 않음
- 기술경쟁력 분석에서 일본은 A, C분야보다는 B분야에서 높은 점수를 나타내고 있으나 전반적으로 다른 국가들에 비해 낮은 점수 경향을 나타내고 있음
- 반면에 한국은 나머지 국가들에 비해 다소 높은 점수를 나타내고 있는데 특히 BB기술이 높은 점수를 나타내서 해당 기술들에 대한 관심도와 개발이 활발하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있음
- 장벽성 검토에서는 한국은 CPP는 매우 높은 반면 PFS가 낮은 경향을 보였는데 이는 아직 기술개발이 활발한데 반해 시장형성이나 국민적 인식전환이 미흡한 것이 반영된 결과로 추정할 수 있음
- 유망성 검토에서는 종합지표를 통해 AA분야에 한국과 일본이 집중하고 있으며, AC분야에 대해서는 미국과 유럽이 집중하고 있는 것으로 확인됨
- 이는 시장 형성과 기술개발 역사의 길이의 차이로 판단되는데, 미국과 유럽의 경우 73년도부터 특허의 양이 꾸준히 있어온데 반해 일본은 이보다는 다소 늦게 특허가 출원되기 시작했고 한국은 이전까지 전무하다가 최근 10년 새 급증하는 경향이 있음
- 종합평가에서는 한국과 일본이 동일하게 CB기술이 가장 유망한 기술로 선별되었으며, 미국과 유럽은 AC기술이 유망기술로 평가되었음



[그림 2-89] 기술성분석 소결

- 특허동향분석을 통해 살펴본 도시에너지 최적화 기술에서 우리나라는 대부분의 기술이 태동기 혹은 성장기 기술로 평가되었으며 기술의 영향력은 높은 반면 미국 등에 비해 시장성은 다소 떨어지는 것으로 평가되었음
- 영향력이 높게 나타난 기술분야로 살펴보면 제로에너지 최적화에서는 신재생에너지 건축물 적용기술과 친환경, 고효율 에너지 기술, 녹색 커뮤니티 리빙랩 기술 등으로 볼 수 있음
- 도시에너지 재생 최적화 분야에서는 에너지 커뮤니티 구현 기술과 시스템 운영 최적화 기술로 볼 수 있음
- 본 과제를 통해 국토교통과학기술진흥원과 한국에너지기술연구원의 기술 융·복합을 추구하며 건축과 에너지의 만남으로 최적화 된 에너지 도시 기술을 구현할 수 있음

3. 논문 동향 분석

가. 신재생 에너지기술

1) 논문 검색 방법

- 논문분석은 한국교육학술정보원에서 제공하는 학술연구정보서비스(RISS)를 기반으로 조사
- 검색논문의 대상기간은 2000~2019년까지 발행된 논문을 기준으로 하였으며, 세부분류를 ‘전체’로 검색하였음
- 국내학술지논문의 경우 KCI등재, KCI등재후보 논문을 대상으로 검색하였으며, 해외학술지논문은 SCI, SCIE, AHCI, SSCI, SCOPUS 등재 논문을 대상으로 검색하였음
- 국내학술지논문의 키워드는 기술개발로드맵의 세부분야에 기재된 내용을 바탕으로 선정하였으며, 해외학술지논문의 키워드는 학술정보포털(DBpia)에서 검색된 국내학술지논문의 선정키워드 중 사용빈도가 높은 영문단어를 선정하였음

2) 논문 키워드

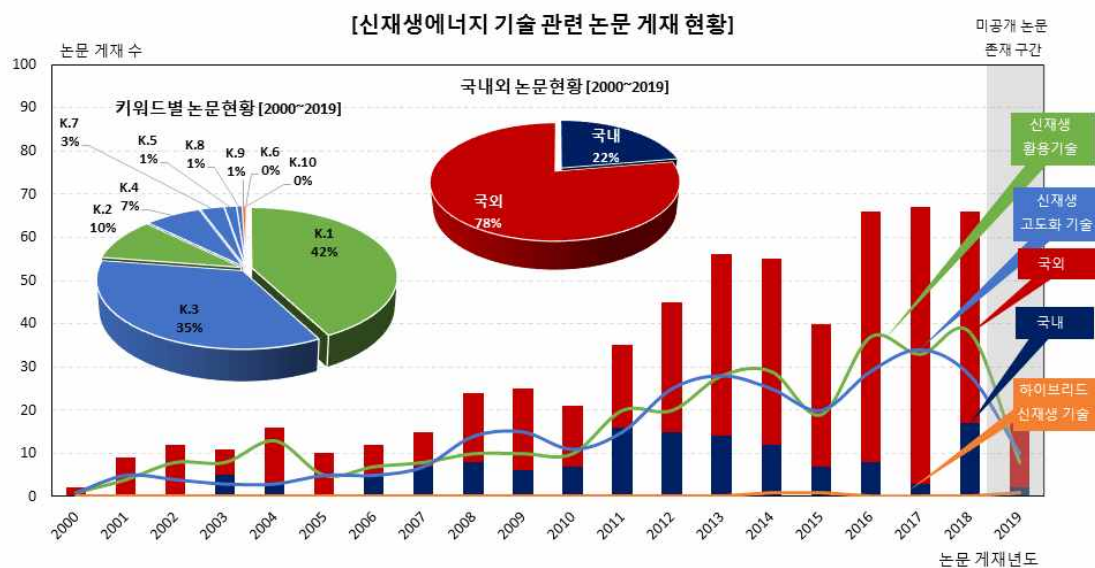
- 신재생 에너지기술 분야 논문 키워드는 아래 표와 같음
- 대상키워드는 신재생 활용 기술, 신재생 고도화 기술 및 하이브리드 신재생 기술 관련 주요어를 선정하여 분류하였음
- 신재생 활용 기술에 해당하는 키워드는 키워드1 과 키워드2 임
- 신재생 고도화 기술에 해당하는 키워드는 키워드3, 키워드4, 키워드5, 키워드6, 키워드7, 키워드8 임
- 하이브리드 신재생 기술에 해당하는 키워드는 키워드9, 키워드10 임

[표 2-66] 신재생 에너지기술 분야 논문 키워드

키워드	국내학술지논문	국외학술지논문
키워드1	건물, 태양광	photovoltaic, building
키워드2	건물, 지열	geothermal, building
키워드3	건물, 일체형, 태양광	building, integrated, Photovoltaic
키워드4	건물, 신재생에너지, 설계	building, renewable, energy, design
키워드5	PVT, 신재생, 냉방 (or) PVT, 신재생, 난방 (or) PVT, 신재생,	photovoltaic, thermal, renewable, heating (or) photovoltaic, thermal,

	냉난방	renewable, cooling
키워드6	건물, PVT, 신재생, 전력	building, PVT, renewable, electricity (or) building, photovoltaic, thermal, renewable, electricity
키워드7	신재생, 축열, 냉난방 (or) 신재생, 축열, 냉방 (or) 신재생, 축열, 난방	renewable, thermal storage, heating (or) renewable, thermal storage, cooling
키워드8	중앙 냉난방 신재생 (or) 중앙, 난방, 신재생 (or) 중앙, 난방, 신재생	central, renewable, heating (or) central, renewable, cooling,
키워드9	신재생, 융복합, 건물, 에너지, 생산 (or) 신재생, 하이브리드, 건물, 에너지, 생산	renewable, hybrid, building, energy, production (or) renewable, integrated, building, energy, production
키워드10	신재생, 융복합, 건물, 에너지, 공유 (or) 신재생, 하이브리드, 건물, 에너지, 공유	renewable, hybrid, building, energy, sharing (or) renewable, integrated, building, energy, sharing

3) 신재생 에너지기술 분야 국내외학술지 논문현황



[그림 2-90] 신재생 에너지기술 분야 논문현황

- 위 그림은 2000년부터 2019년도까지 신재생에너지 관련 국내외 학술지에 게재된 총 606 건의 논문 현황을 나타낸 그래프임. 단, 2019년도에 게재된 논문 중 미공개 논문이 존재함
- 대상기간동안 신재생에너지 기술 관련 논문의 게재 수는 5 개(신재생에너지 기술, 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩, 액티브 기술, 스마트 녹색건축 리빙랩, 건물에너지평가)의 논문 분야 중 가장 많은 수의 논문이 게재되었음

- 키워드별 전체 논문 중 키워드1을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 42%로 가장 많이 게재 되었으며, 키워드8을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 0% (0 건)로 가장 적게 게재됨
- 전체 게재된 논문의 22%는 국내학술지에 게재되었으며 78%는 국외학술지에 게재되었음
- 신재생에너지 기술 관련 논문 게재 수는 지속적으로 증가추세에 있으며, 2017년도에 총 논문 67 건으로 가장 많은 논문이 게재됨
- 신재생에너지기술의 세부분야 중 신재생 활용 기술관련 논문이 전체 논문수의 52%로 가장 높은 비중으로 검색되었으며, 이와 비슷한 수준으로 신재생 고도화 기술관련 논문이 전체 논문수의 47%로 검색되었음, 하이브리드 신재생 기술관련 논문의 단 3 건의 논문만 게재 되어 신재생에너지 기술의 세부분야 중 가장 낮은 비중으로 검색됨

나. 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩

1) 논문 검색 방법

- 신재생에너지 기술 논문 분석 방법과 동일

2) 논문 키워드

- 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 분야 논문 키워드는 아래 표와 같음
- 대상키워드는 에너지 모니터링 및 분석기술, 저탄소 건강 생활 커뮤니티기술, 에너지 전환·저장·이용·공유·기술 관련 주요어를 선정하여 분류하였음
- 에너지 모니터링 및 분석기술에 해당하는 키워드는 키워드1 과 키워드 2임
- 저탄소 건강생활 커뮤니티 기술에 해당하는 키워드는 키워드3, 키워드4, 키워드5, 키워드6, 키워드7 임
- 에너지 전환·저장·이용·공유·기술에 해당하는 키워드는 키워드8, 키워드9, 키워드10, 키워드11 임

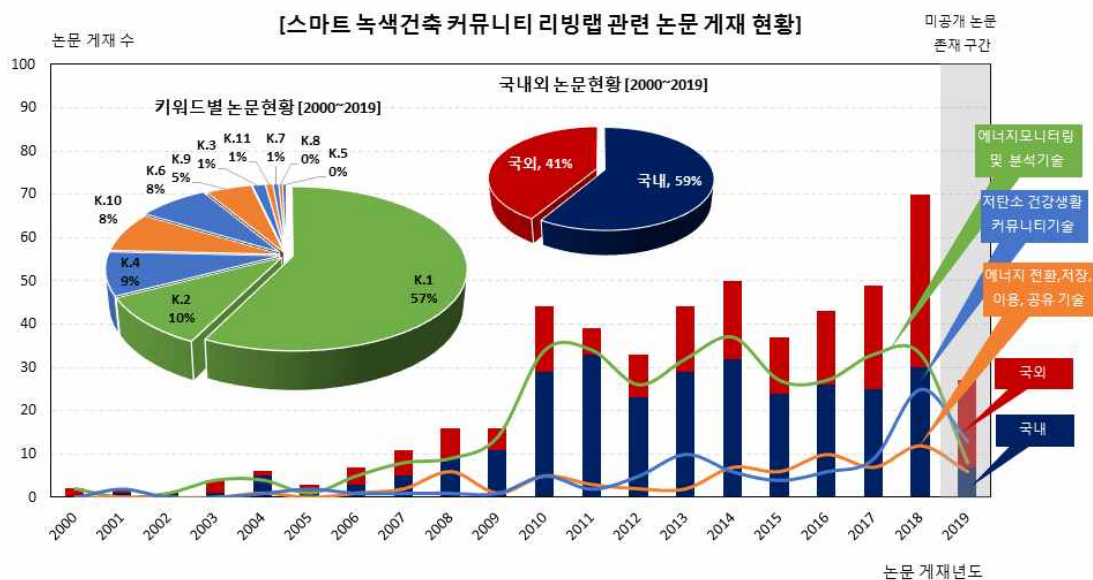
[표 2-67] 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 분야 논문 키워드

키워드	국내학술지논문	국외학술지논문
키워드1	커뮤니티, 온실가스 (or) 도시, 온실가스	community, greenhouse gas (or) city, greenhouse gas (or) urban, greenhouse gas
키워드2	커뮤니티, 공유, 에너지 (or) 도시, 공유, 에너지	community, sharing, energy (or) city, sharing, energy (or) urban, sharing, energy

키워드3	커뮤니티, 저탄소, 건강 (or) 도시, 저탄소, 건강	community, low carbon, health (or) city, low carbon, health (or) urban, low carbon, health
키워드4	사이버 물리 시스템, 에너지	cyber physical system, energy
키워드5	digital twin, 에너지 (or) 디지털트윈, 에너지	digital twin, energy
키워드6	도시, 에너지, 수요, 관리 (or) 커뮤니티, 에너지, 수요, 관리	community, energy, demand, management (or) city, energy, demand, management (or) urban, energy, demand, management
키워드7	커뮤니티, 신재생, 미활용, 에너지 (or) 도시, 신재생, 미활용, 에너지	community, renewable, unused energy (or) city, renewable, unused energy (or) urban, renewable, unused energy
키워드8	기반시설, 에너지, 클러스터	infrastructure, energy, cluster
키워드9	커뮤니티, 건물, 에너지, 관리 (or) 도시, 건물, 에너지, 관리	community, energy, building, management (or) city, energy, building, management (or) urban, energy, building, management
키워드10	에너지, 공유, 저장	energy, sharing, storage (or) energy, share, storage
키워드11	열, 전력, 저장, 동시	thermal, electricity, storage, simultaneous (or) thermal, electric, storage, simultaneous (or) heat, electricity, storage, simultaneous (or) heat, electric, storage, simultaneous

3) 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 관련 국내외 학술지 논문현황

○ 아래 그림은 2000년부터 2019년도까지 커뮤니티단위 에너지최적화 관련 국내외 학술지에 게재된 총 504 건의 논문 현황을 나타낸 그래프임. 단, 2019년도에 게재된 논문 중 미공개 논문이 존재함.



[그림 2-91] 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 분야 논문현황

- 키워드별 전체 논문 중 키워드1 을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 57%로 가장 많이 게재되었으며, 키워드5을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 0% (2 건)로 가장 적게 게재됨
- 전체 게재된 논문의 41%는 국내학술지에 게재되었으며 59%는 국외학술지에 게재되었음
- 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩 관련 논문 게재 수는 2010년을 전후로 큰 폭으로 증가하였으며, 2018년도에 총 논문 70 건이 게재되어 가장 많은 논문이 게재됨
- 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩의 세부분야 중 에너지모니터링 및 분석기술 관련 논문이 전체 논문건수의 67%로 가장 높은 비중으로 검색되었음, 저탄소 건강생활 커뮤니티 기술 관련 논문이 전체 논문수의 19% 만큼이 게재되었으며, 이와 비슷한 수준으로 에너지 전환·저장·이용·공유·기술 관련 논문이 전체 논문수의 14% 로 가장 적은 비중으로 논문이 검색되었음

다. 액티브 기술

1) 논문 검색 방법

- 신재생에너지 기술 논문 분석 방법과 동일

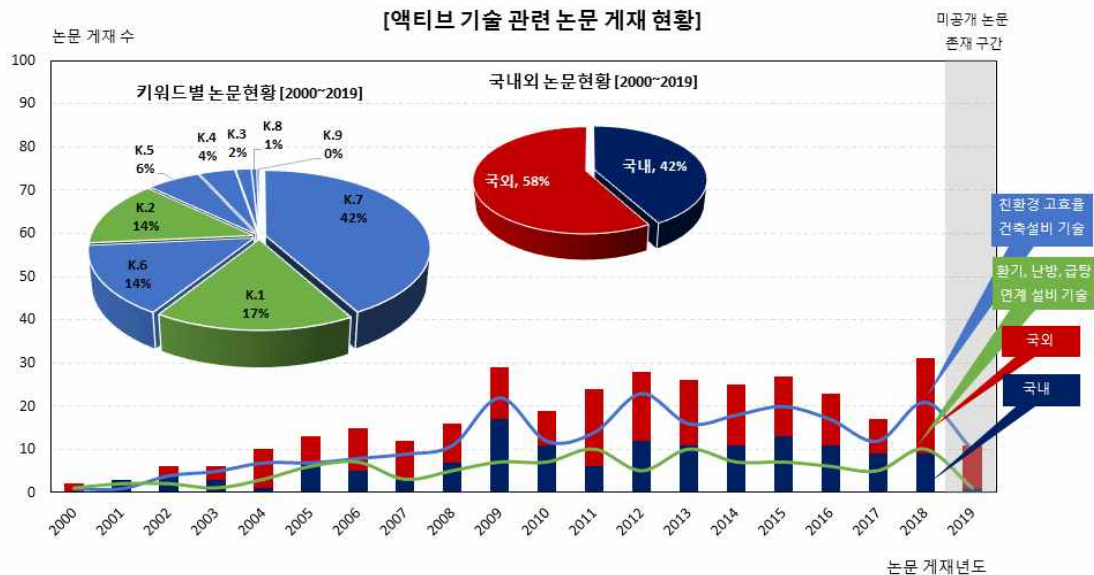
2) 논문 키워드

- 액티브 기술 분야 논문 키워드는 아래 표와 같음
- 대상키워드는 환기·난방·급탕 연계 설비기술개발 및 친환경 고효율 건축설비 기술 관련 주요어를 선정하여 분류하였음
- 환기-난방-급탕 연계 설비기술 개발에 해당하는 키워드는 키워드1 과 키워드 2임
- 키워드2 선정 관련, 대상 키워드를 ‘건물, 설비, 급탕, 환기, 난방’ 등 5 개의 키워드로 검색하였을 경우 국내외학술지 논문이 0 건으로 검색되어 5 개의 키워드 중 주요 키워드인 ‘급탕’, ‘환기’, ‘난방’ 등 3 개의 키워드를 2 개씩 분류하여 검색 키워드를 선정하였음
- 친환경 고효율 건축설비 기술에 해당하는 키워드는 키워드3, 키워드4, 키워드5, 키워드6, 키워드7, 키워드8, 키워드9 임

[표 2-68] 액티브 기술 분야 논문 키워드

키워드	국내학술지논문	국외학술지논문
키워드1	환기, 온도, 제어	ventilation, temperature, control
키워드2	건물, 설비, 급탕, 환기 (or) 건물, 설비, 난방, 환기 (or) 건물, 설비, 난방, 급탕	building, system, hot water, ventilation (or) building, system, heating, ventilation (or) building, system, heating, hot water
키워드3	미세먼지, 액티브	Particulate matter, active
키워드4	배관, 비용, 효율	pipe, cost, efficiency
키워드5	유량, 분배, 손실	flow, distribution, loss
키워드6	열교환, 환기	heat exchange, ventilation
키워드7	에너지, 환기, 제어	energy, ventilation, control
키워드8	미세먼지, 환기, 제어	particulate matter, ventilation, control
키워드9	냉동기, 냉각탑, 펌프	chiller, cooling tower, pump

3) 액티브 기술 관련 국내외 학술지 논문현황



[그림 2-92] 액티브 기술 분야 논문현황

- 위 그림은 2000년부터 2019년도까지 액티브 기술 관련 국내외 학술지에 게재된 총 343건의 논문 현황을 나타낸 그래프임. 단, 2019년도에 게재된 논문 중 미공개 논문이 존재함.
- 키워드별 전체 논문 중 키워드7을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 42%로 가장 많이 게재 되었으며, 키워드9를 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 0% (1 건)로 가장 적게 게재됨

- 전체 게재된 논문의 42%는 국내학술지에 게재되었으며 58 %는 국외학술지에 게재되었음
- 대상기간동안 액티브 기술관련 논문 게재 수는 5 개의 논문 분야 중 상대적으로 적은 수의 논문이 게재되었으며, 2009년 이후로는 비슷한 수준으로 논문이 게재됨
- 액티브 기술 관련 세부분야 중 친환경 고효율 건축설비 기술 관련 논문이 전체 논문수의 69%로 가장 높은 비중으로 검색되었으며, 환기-난방-급탕 연계 설비기술개발 관련 논문은 전체 논문수의 31% 의 비중으로 검색됨

라. 스마트 녹색건축 리빙랩

1) 논문 검색 방법

- 신재생에너지 기술 논문 분석 방법과 동일

2) 논문 키워드

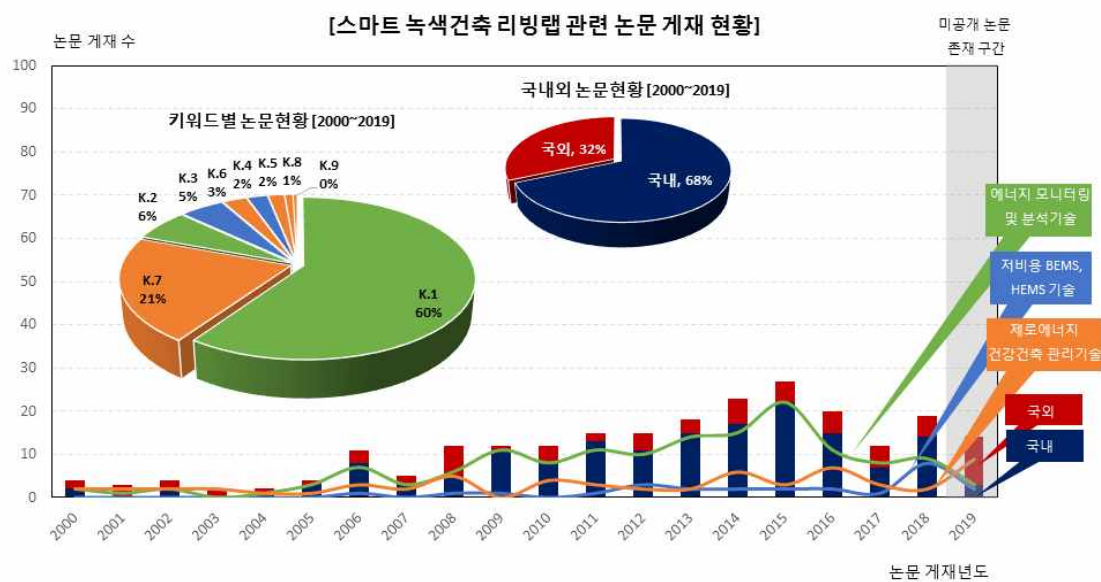
- 스마트 녹색건축 리빙랩 분야 논문 키워드는 아래 표와 같음
- 대상키워드는 에너지 모니터링 및 분석기술, 저비용 BEMS, HEMS 기술 및 성능기반 제로에너지 건강건축 관리기술관련 주요어를 선정하여 분류하였음
- 에너지 모니터링 및 분석기술에 해당하는 키워드는 키워드1 과 키워드 2임
- 저비용 BEMS, HEMS 기술에 해당하는 키워드는 키워드2와 키워드3임
- 성능기반 제로에너지, 건강건축 관리 기술에 해당하는 키워드는 키워드4, 키워드5, 키워드6, 키워드7, 키워드8, 키워드9 임

[표 2-69] 스마트 녹색건축 리빙랩 분야 논문 키워드

키워드	국내학술지논문	국외학술지논문
키워드1	건물, 에너지, 분석, 도구 (or) 건물, 에너지, 분석, 프로그램	building, energy, analysis, tool (or) building, energy, analysis, program
키워드2	건물 에너지 관리 시스템, 최적화 (or) BEMS, 최적화	BEMS, optimization (or) Building energy management system, optimization
키워드3	비용, 건물 에너지 관리 시스템 (or) 비용, BEMS	cost, BEMS (or) cost, building energy management system
키워드4	비용, 홈 에너지 관리 시스템 (or) 비용, HEMS	cost, HEMS (or) cost, Home energy management system
키워드5	거주, 건물 에너지, 관리	habitability, building energy, management (or) habitation, building energy, management (or)

		residence, building energy, management
키워드6	개방형 플랫폼, 건물, 관리 (or) 개방형 플랫폼, 건물, 평가 (or) 오픈소스, 건물, 관리 (or) 오픈 소스, 건물, 평가	open platform, building, management (or) open platform, building, assessment (or) open platform, building, evaluation (or) open source, building, management (or) open source, building, assessment (or) open source, building, evaluation
키워드7	개방형, 설비, 플랫폼	open, equipment, platform (or) open, system, platform
키워드8	개방형, 에너지, 관리, 플랫폼	open, energy, management, platform
키워드9	실내, 사이버 물리 시스템 (or) 실내, 디지털 트윈	indoor, cyber physical system (or) indoor, digital twin

3) 스마트 녹색건축 리빙랩 관련 국내외 학술지 논문현황



[그림 2-93] 스마트 녹색건축 리빙랩 분야 논문현황

- 위 그림은 2000년부터 2019년도까지 스마트 녹색건축 리빙랩 관련 국내외 학술지에 게재된 총 234 건의 논문 현황을 나타낸 그래프임. 단, 2019년도에 게재된 논문 중 미공개 논문이 존재함.
- 대상기간동안 스마트 녹색건축 리빙랩 관련 논문 게재 수는 5개의 논문 분야 중 가장 적은 수의 논문이 게재되었음.
- 키워드별 전체 논문 중 키워드1을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 60%로 가장 많이 게재 되었으며, 키워드9를 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 0% (1 건)로 가장 적게 게재됨
- 전체 게재된 논문의 68%는 국내학술지에 게재되었으며 32%는 국외학술지에 게재되었음
- 대상논문은 2008년부터 2015년까지 증가추세를 보였으며, 2015년도 총 논문 27 건으로

가장 많은 수의 논문이 게재되었음

- 스마트 녹색건축 리빙랩 관련 세부분야 중 에너지 모니터링 및 분석기술 관련 논문이 전체 논문수의 63%로 가장 높은 비중으로 검색되었으며, 제로에너지 건강건축 관리기술 관련 논문은 전체 논문수의 26%로 검색되었음. 저비용 BEMS, HEMS 기술관련 논문은 전체 논문수의 11%로 가장 적은 비중으로 검색됨

마. 건물에너지평가

1) 논문 검색 방법

- 신재생에너지 기술 논문 분석 방법과 동일

2) 논문 키워드

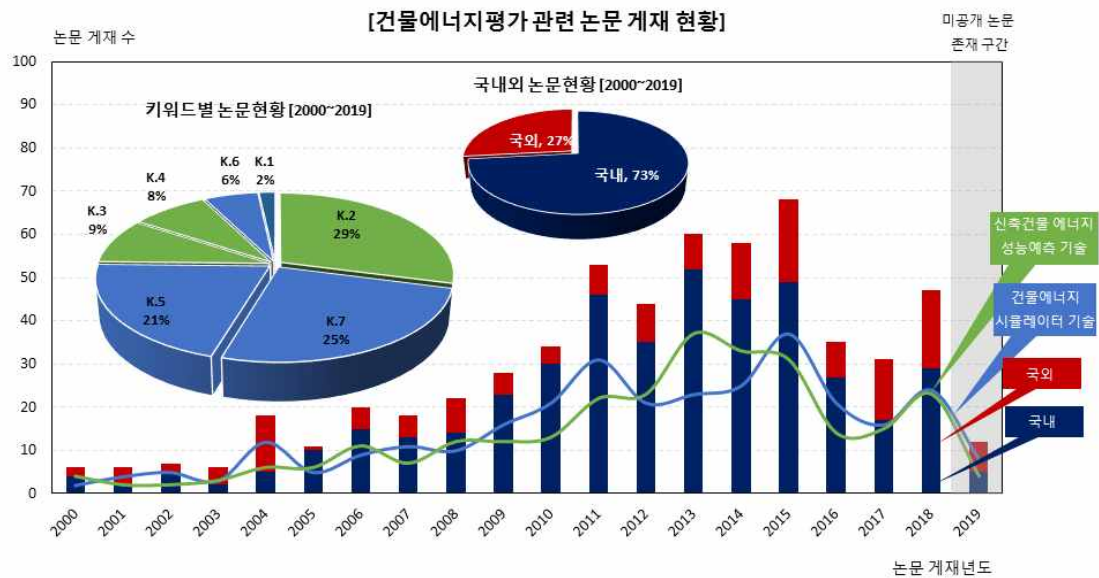
- 건물에너지평가 분야 논문 키워드는 아래표와 같음
- 건물에너지평가 분야 중 에너지 관련 논문을 조사하였음. 대상키워드는 신축건물 에너지 성능예측 기술 및 건물에너지 시뮬레이터 기술 관련 주요어를 선정하여 분류하였음
- 신축건물 에너지 성능예측 기술에 해당하는 키워드는 키워드1 과 키워드2, 키워드3, 키워드4임
- 친환경 고효율 건축설비 기술에 해당하는 키워드는 키워드5, 키워드6, 키워드7 임

[표 2-70] 건물에너지평가 분야 논문 키워드

키워드	국내학술지논문	국외학술지논문
키워드1	신축 건물, 에너지, 예측	new building, energy, predict (or)new building, energy, prediction
키워드2	건물, 에너지, 평가, 소프트웨어 (or)건물, 에너지, 평가, 프로그램 (or)건물, 에너지, 평가, 시뮬레이션	building, energy, evaluation, software (or)building, energy, evaluation, program (or)building, energy, evaluation, simulation
키워드3	건물, 에너지, 예측, 소프트웨어 (or)건물, 에너지, 예측, 프로그램 (or)건물, 에너지, 예측, 시뮬레이션	building, energy, prediction, software (or)building, energy, prediction, program (or)building, energy, prediction, simulation
키워드4	건물, 에너지, 검증, 소프트웨어 (or)건물, 에너지, 검증, 프로그램 (or)건물, 에너지, 검증, 시뮬레이션	building, energy, validation, software (or)building, energy, validation, program (or)building, energy, validation, simulation
키워드5	커뮤니티, 에너지, 시뮬레이션 (or)도시, 에너지, 시뮬레이션	community, energy, simulation (or)city, energy, simulation
키워드6	bim, 건물, 에너지, 시뮬레이션	bim, energy, simulation (or)building,

	(or) 건물정보통합설계, 에너지, 시뮬레이션	information, modeling, energy, simulation
키워드7	건물, 에너지, 열, 시뮬레이션	building, energy, thermal, simulation (or)building, energy heat, simulation

3) 건물에너지평가 관련 국내외 학술지 논문현황



[그림 2-94] 건물에너지평가 분야 논문현황

- 위 그림은 2000년부터 2019년도까지 건물에너지평가 관련 국내외 학술지에 게재된 총 584 건의 논문 현황을 나타낸 그래프임. 단, 2019년도에 게재된 논문 중 미공개 논문이 존재함.
- 키워드별 전체 논문 중 키워드2를 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 29%로 가장 많이 게재 되었으며, 키워드1을 포함한 논문이 전체 게재된 논문수의 2% 로 가장 적게 게재 됨
- 전체 게재된 논문의 73%는 국내학술지에 게재되었으며 27%는 국외학술지에 게재되었음
- 대상 분야의 논문은 2015년까지 증가 추세를 보였으며, 2015년도에 총 논문 68 건으로 가장 많은 수의 논문이 게재되었음
- 건물에너지평가 관련 세부분야 중 건물에너지 시뮬레이터 기술 관련 논문이 전체 논문수의 52%로 가장 높은 비중으로 검색되었으며, 비슷한 수준으로 신축건물 에너지 성능예측 기술 관련 논문이 전체 논문수의 48%로 검색되었음.

4. R&D 인프라 현황

- 지난 수년간 에너지관리공단과 함께 한국에너지기술연구원에서 제로에너지 하우스 실증을 위한 연구과제를 수행했음
- 2018년 7월 스마트 제크(Smart Zero Energy City)과제 착수보고회를 가지며 제로에너지 시티에 대한 R&D가 진행되고 있음



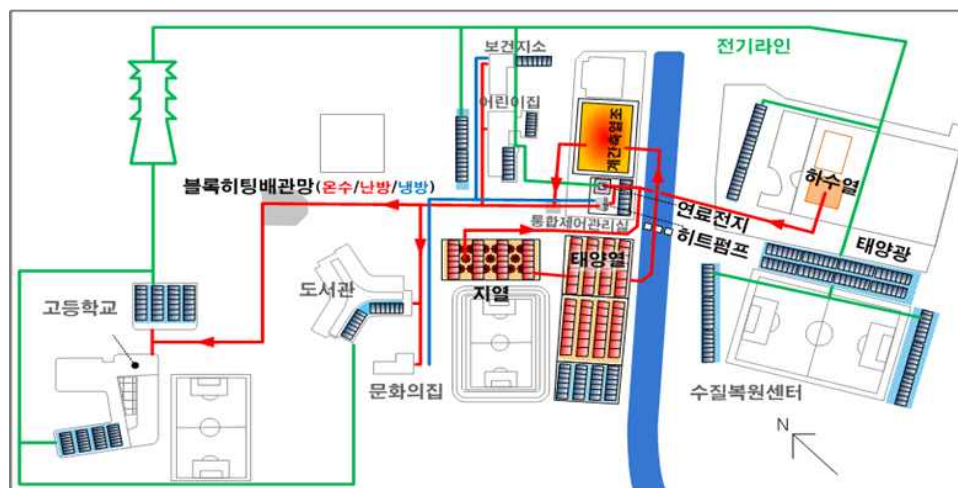
[그림 2-95] 스마트 제로에너지 시티 착수 보고회의 사진

- 본 연구의 주축이 되는 한국에너지기술연구원에서는 제로에너지 하우스 실증을 위한 연구용 하우스를 구축하고 제로에너지 기술 실현을 위한 R&D연구를 지속하고 있음
- 또한, 진천 혁신도시에는 신재생에너지와 계간축열조 설비를 이용해 공공건물 5채(도서관, 어린이집, 보건소 등)에 냉난방공급이 가능한 친환경에너지타운을 건립하고 운영하고 있음
- 아래 에너지설비 배치도에는 에너지 설비는 태양열, 히트펌프, 계간축열조, 심야축열조로 구성되어 있음



[그림 2-96] 진천 친환경에너지타운 신재생에너지기반 열공급 개념도

- 태양열 집열기는 1,600 m², 히트펌프 50 RT(175 kW) 3대, 태양광 750 kW급, 계간축열조 4,000 m³, 심야축열조 200 m³등으로 구성되어 있음



[그림 2-97] 진천 친환경에너지타운 발전 및 열에너지설비 개념도

5. 주요 시사점

- 우리나라에서는 2018년 기준으로 스마트 시티 분야에 투자한 투자금 규모는 전체 R&D 투자금의 약 1% 수준이지만 연평균 16.8%의 속도로 지속적으로 증가하고 있음
- 특허분석을 통해 살펴본 각 기술분야의 기술성장주기는 태동기에서 성장기로 걸쳐있는 것으로 확인되었음
- 우리나라에서 집중하고 있는 관련 기술분야를 살펴본 결과 신재생에너지의 효율향상 등에 집중되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, 특허의 권리성이 다른 선진국들에 비해 잘 확보되어 있었음
- 시장성은 다소 부족하여 시장형성 및 기술의 파급력을 높일 필요가 있을 것으로 판단됨
- 그러나, 기술성장주기가 태동기, 성장기에 분포되어 있으므로 우리나라에서 집중하지 못한 기술분야에서도 지속적인 투자를 통해 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨
- 우리나라에서는 최근 몇 년간 진천 친환경 에너지타운을 비롯 제로에너지 시티 관련 국가과제를 통해 R&D 투자가 체계적으로 진행되고 있음
- 현재까지 확보된 기술력과 R&D 인프라 등을 활용하고 국가의 적극적 투자와 체계적 기획을 통해 기술발전을 추진한다면 ‘제로에너지 선진국 대한민국’ 달성 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대됨

제 3 장 기존 건축, 도시에너지 사업

성과 분석

제 1 절 기존 사업현황 및 추진경과

제 2 절 기존 사업 성과분석

제3장. 기존 건축, 도시에너지사업 성과 분석

제1절. 기존 사업현황

1. 기존 사업 현황

가. 건축, 도시에너지 관련 부처별 과제 조사

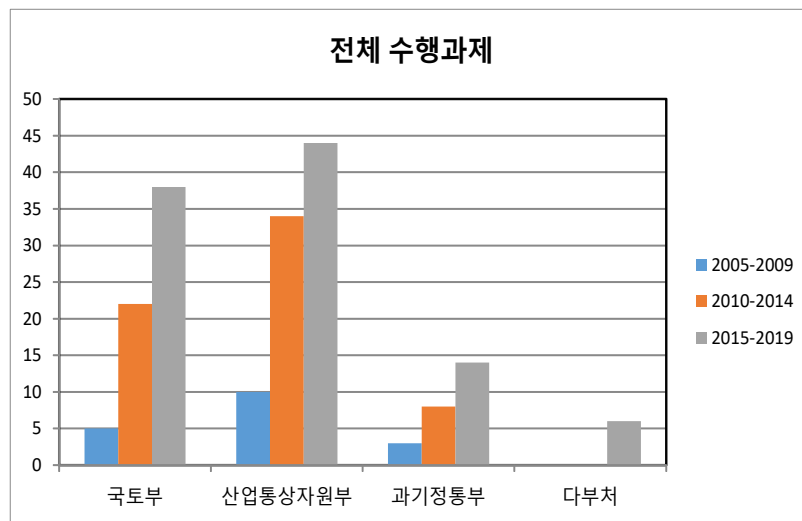
- 2005~2019년 기 수행과제 및 수행 중인 과제에 대해 조사를 수행하였으며 이를 통해 부처별 과제 특성, 중점 추진 분야, 과제의 중복성 등에 대해 파악하고자 함
- NTIS 과제검색을 이용하여 건물에너지, 도시에너지, 제로에너지, 도시재생, 신재생에너지 등의 키워드로 수행과제 도출
- 수행과제에 대해 연간 5억 이상의 과제에 대해서만 정리하였으며 인력양성에 해당하는 과제는 제외하였고 세부과제로 구성된 대과제는 하나의 과제로 판단하였음.
- 검색된 과제의 경우 2005~2009, 2010~2014, 2015~2019의 3단계로 구분하여 4개 분야 (제로에너지건축/리모델링, 건물 신재생에너지, 제로에너지건축 관리기술, 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생)로 나눠 정리하였음.
- 과제수행 기간이 단계별 구간에 겹치는 경우 각각 하나의 과제로 간주하였음.
- 검색된 과제의 경우 내용상 건축 및 도시와 관련이 있으나 에너지 연관성이 낮은 경우 제외하였음.
- 도시재생의 경우 대부분의 과제가 에너지와의 연관성이 낮으나 향후 에너지를 고려하여 추진할 필요성이 있어 별도로 표시하여 나타내었음.

[표 3-1] 건축, 도시에너지 관련 사업 수 (*괄호는 도시재생 사업건수)

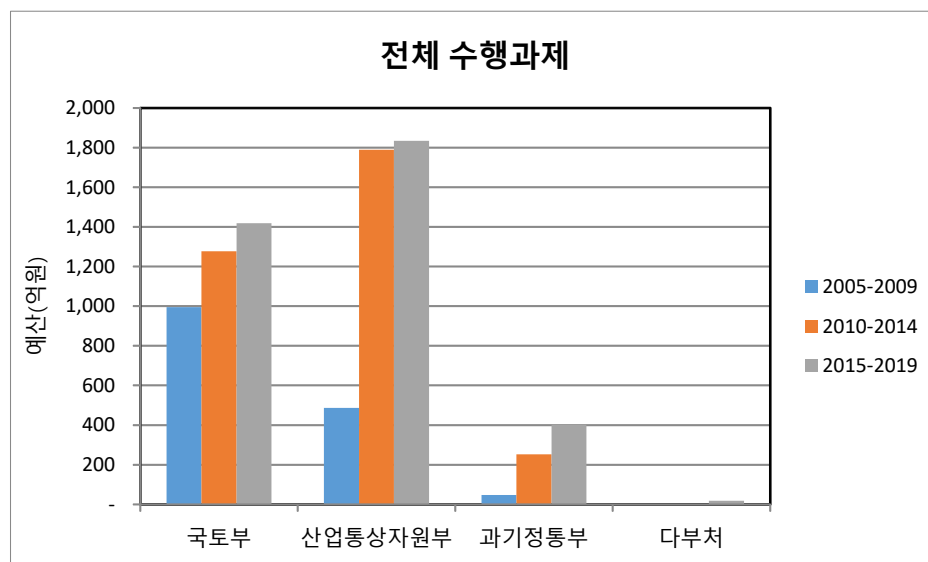
전체 사업			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	5(2)	22(7)	38(9)
산업통상자원부	10	34	44
과기정통부	3	8	14
다부처	0	0	6
합계	18(2)	64(7)	102(9)

[표 3-2] 건축, 도시에너지 관련 사업 예산 (*괄호는 도시재생 사업예산)

전체 사업			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	99,536,000,000 (77,188,000,000)	127,676,168,300 (82,526,151,000)	141,914,728,000 (37,814,478,000)
산업통상자원부	48,693,000,000	179,001,869,000	183,514,303,000
과기정통부	4,657,000,000	25,229,699,604	40,263,590,669
다부처	-	-	1,840,891,000
합계	152,886,000,000 (77,188,000,000)	331,907,736,904 (82,526,151,000)	367,533,512,669 (37,814,478,000)



[그림 3-1] 부처별 건축, 도시에너지 관련 수행과제 수 (도시재생 제외)



[그림 3-2] 부처별 건축, 도시에너지 관련 수행과제 예산 (도시재생 제외)

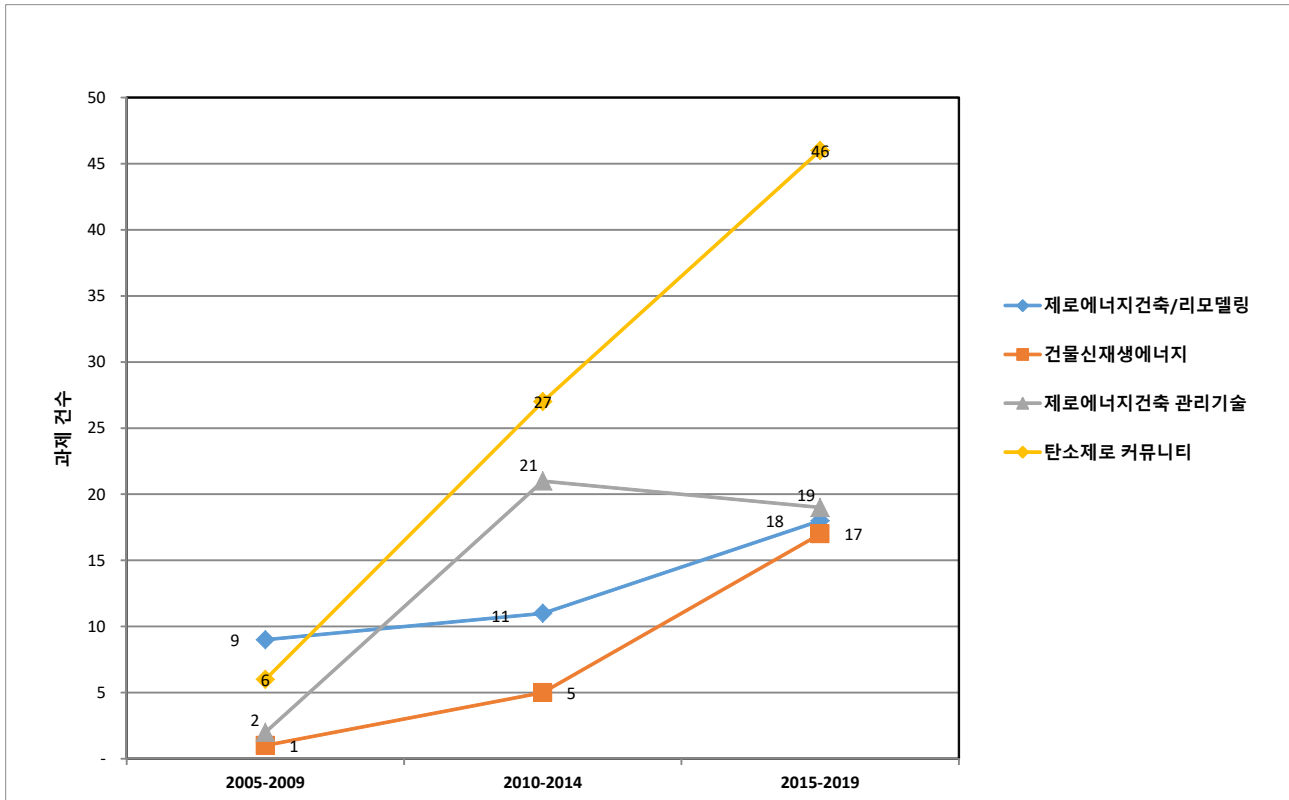
나. 건축, 도시에너지 관련 부처별 과제 수행 현황

- [표 3-1]에 국토교통부, 산업통상자원부, 과기정통부 3개 부처의 각 기간별 과제 수행 건수를 나타내었음.
 - 건축, 도시 분야 에너지 관련 연구는 2010~2014년 구간부터 이전 2005~2009년 보다 크게 증가하였음을 알 수 있음.
 - 2005~2009년 수행한 전체 과제가 18건인데 반하여 2010~2014년 64건으로 3배 이상 증가하였고 2015~2019년 102건으로 이전 기간보다 약 2배 정도 증가하였음.
 - 최근 5년간 수행 과제 수를 살펴보면 산업통상자원부에서 44개의 과제를 수행하고 있음.
 - 국토부의 경우 도시재생 사업을 포함하면 47개의 과제로 부처 중 가장 많은 과제를 수행하고 있는 것으로 나타남.
 - 과기부의 경우 1억 이상 과제를 기준으로 검색하면 타 부처 보다 많은 과제를 수행한 것으로 나타남에 따라 대학 중심의 원천성 연구가 많은 것으로 보임.
 - 각 부처별 사업발굴 및 수행이 독자적으로 이뤄졌으나 최근 5년 부처간 협력 사업인 다부처 사업이 진행되고 있음. 수행 예산으로 볼 때 부처간 협력은 초기단계로 보임.
- [표 3-2]에 국토교통부, 산업통상자원부, 과기정통부 3개 부처의 각 기간별 과제 수행 예산을 나타내었음.
 - 산업부가 약 1,835억, 국토부가 약 1,420억, 과기부가 약 400억의 예산을 투입하고 있으며 도시재생을 포함할 경우 국토부의 예산은 약 1,800억으로 증가하게 됨.
 - 부처별 투입 예산을 지속적으로 증가하고 있으며 산업부의 경우 지난 10년간 건축, 도시에너지 분야 증가가 국토부 보다 큼을 알 수 있음.
 - 도시재생사업의 경우 최근 5년간 예산이 378억으로 이전 825억에서 큰 폭으로 감소함을 알 수 있음.

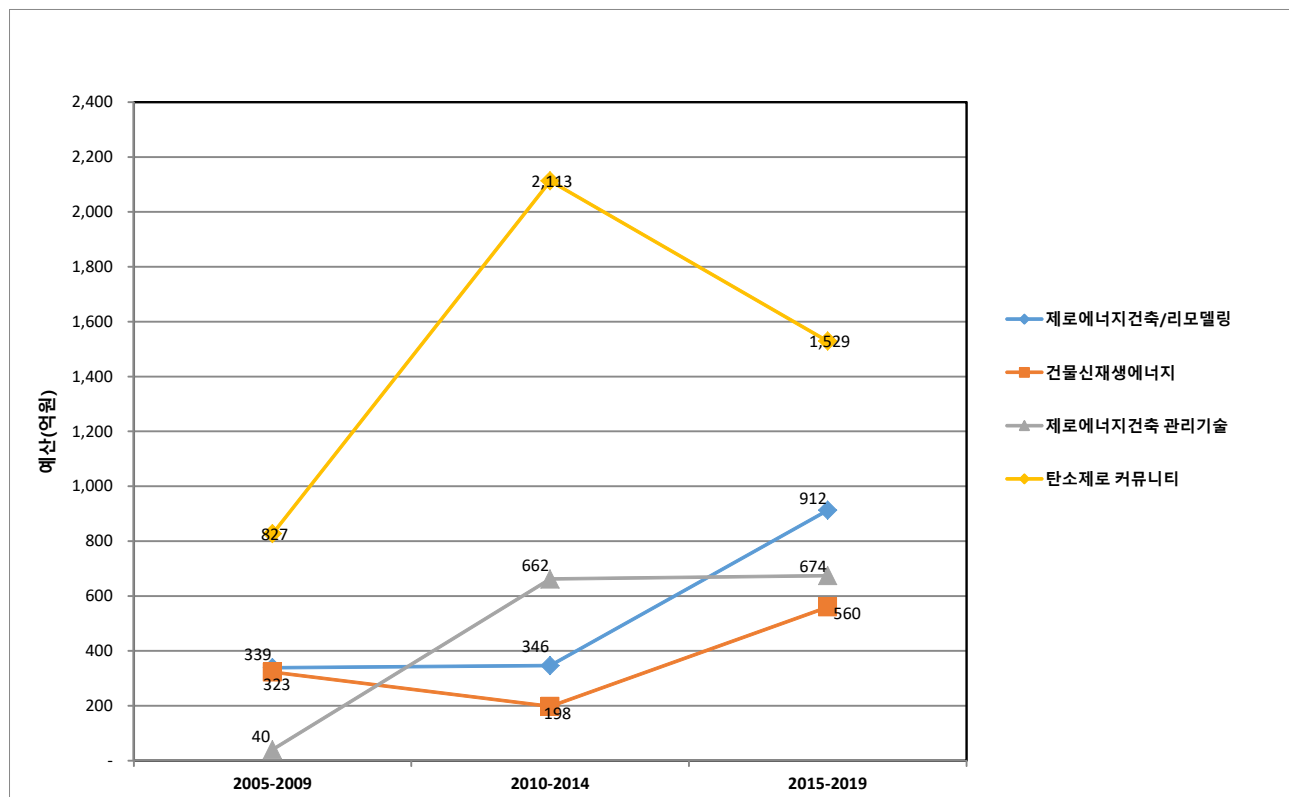
2. 기존 사업 추진경과

- [그림 3-3]과 [그림 3-4]에 4개 분야별 각 기간별 추진과제 건수와 투입예산을 그래프로 나타내었음.
 - 탄소제로 커뮤니티 분야 연구과제가 지속적으로 증가하고 있으며 타 분야와 비교하여도 다수의 연구와 예산이 투입되고 있음
 - 이는 커뮤니티 에너지 연구가 건물간 에너지 네트워크 연계, 지역 냉난방 및 분산전원 등 많은 분야를 포함하고 있기 때문이며 기존의 연구가 단위 건축물에 한정되었다면 점차 도시로 관심이 넓어지고 있다고 사료됨.

- 제로에너지건축/리모델링 및 건물신재생에너지 관련 연구도 증가하고 있고 건축물 에너지 관리(설계, 관리, 분석) 분야는 최근 10년간 연구가 지속적으로 유지되고 있음.



[그림 3-3] 분야별 과제 수행건수 추이



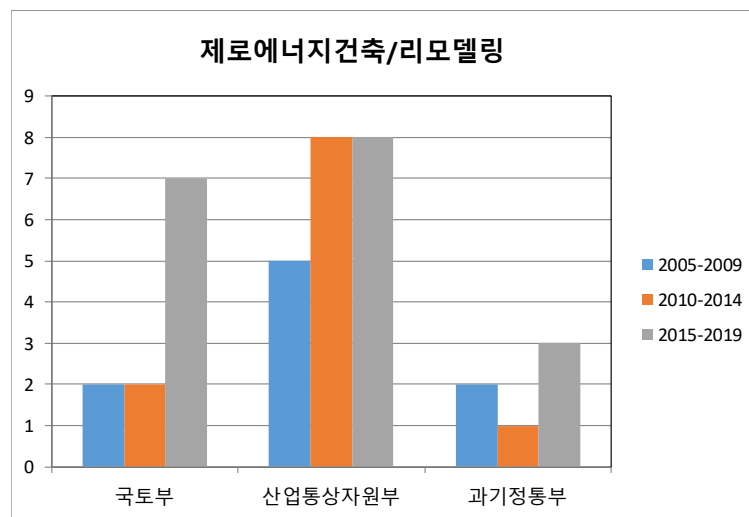
[그림 3-4] 분야별 과제 예산 추이

제2절. 기존 사업 성과분석

1. 분야별 사업 현황

가. 제로에너지 건축/리모델링

- 제로에너지 건축/리모델링 사업의 경우 산업부가 가장 많은 예산을 투입하고 있음.
 - 패시브 하우스용 단위 기술인 스마트창호, ALC 패널, 차세대 외피 등에 대한 연구와 함께 건축물 자체에 대해서 제로카본 그린홈 개발, 제로에너지 건물 개발 등의 분야에 대한 연구가 진행되고 있음.
 - 최근에는 국제인증시험평가 능력을 위한 건축물 안전 및 에너지 시험 평가기반 구축 사업 및 패시브-액티브 기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발 등에도 지원하고 있음
- 국토부의 경우 공동주택을 대상으로 기술개발 및 건물외피 등에 대한 연구를 진행 중
 - 2005~2009년 저에너지 공동주택 및 장수명 공동주택 기술개발을 연구를 진행하였으며
 - 2010~2014년 시장수요기반 기존 건축물 녹색화 확산 연구를 진행하였고
 - 최근 플라스틱 신소재 적용 외장재, 제로에너지 건물용 고성능 적정비용 건축자재, 환기시스템 및 소규모 건축물 최적화 설계 시공기술 개발 등에 대한 연구를 진행하고 있음.



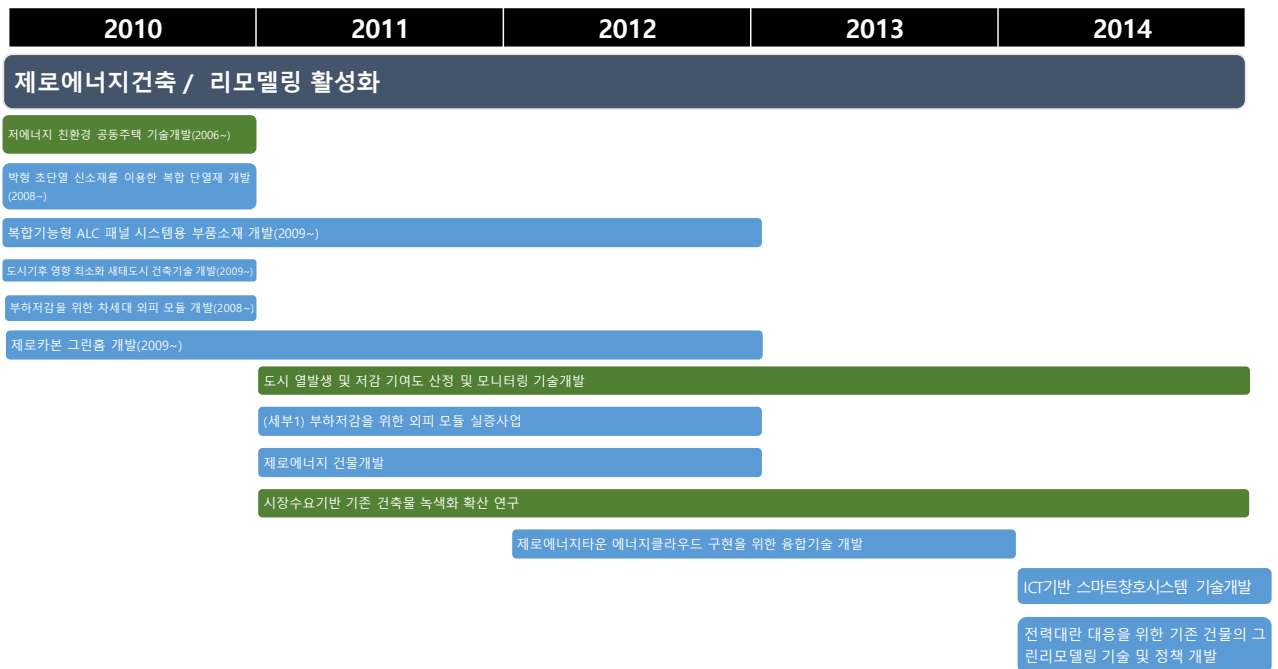
[그림 3-5] 부처별 제로에너지건축/리모델링 관련 수행과제 수

[표 3-3] 제로에너지 건축/리모델링 관련 사업 수

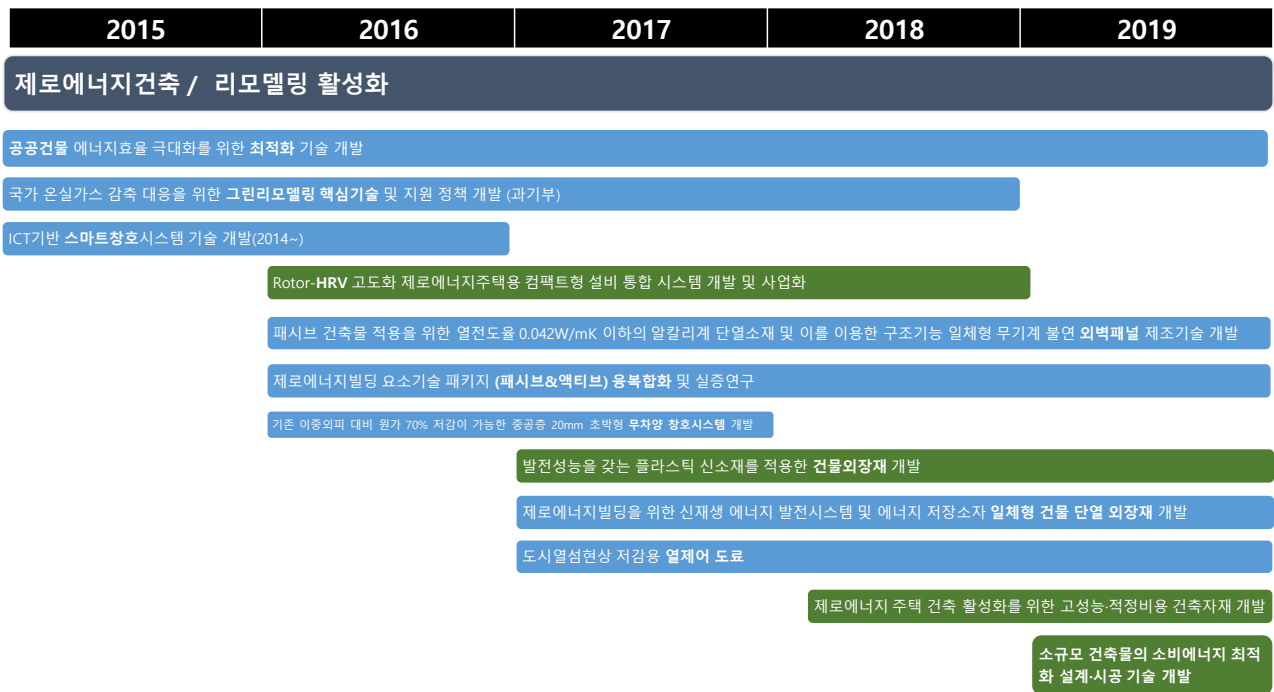
제로에너지 건축 / 리모델링			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	2	2	7
산업통상자원부	5	8	8
과기정통부	2	1	3

[표 3-4] 건물 신재생에너지 관련 사업 투입 예산

제로에너지 건축 / 리모델링			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	21,323,000,000	10,136,163,000	23,222,331,000
산업통상자원부	9,423,000,000	23,610,500,000	59,996,196,000
과기정통부	3,140,000,000	873,979,446	8,031,219,304



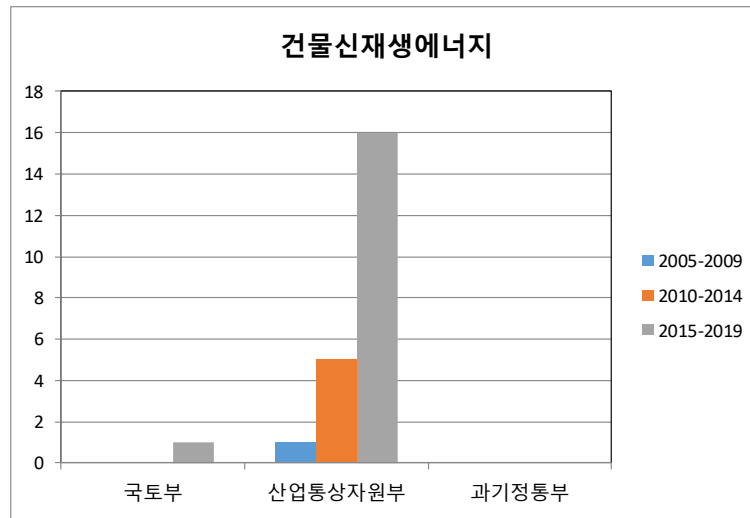
[그림 3-6] 2010~2014 제로에너지건축/리모델링 수행과제 (국토부 녹색표시)



[그림 3-7] 2015~2019 제로에너지건축/리모델링 수행과제 (국토부 녹색표시)

나. 건물신재생에너지

- 신재생에너지에 대한 원별 기술개발은 다양하게 진행되어 왔으며 건물일체형 신재생에너지 기술개발은 최근 5년간 크게 증가되고 있음.
- 특히 산업부에서 다수의 연구과제를 추진하였으며 2010~2014년 기간 동안 건물신재생에너지 기술로는 대표적으로 건물일체형 태양광(BIPV), 창호형 PV, 태양광열(PVT) 기술 개발이 대표적이며
- 최근에는 건물에너지 자립율 향상의 구체화된 목표로 건물적용 모듈형 복합시스템 개발, 신재생에너지시스템 기반 액티브 기술, 유허 벽면적용 태양광 시스템, 건물일체형 태양광열(BIPVT) 시스템 개발 등이 추진되었음.
- 이와 더불어 PVT+복합패널과 축열, 태양열 하이브리드 냉난방, 제로에너지빌딩용 에너지 발전과 에너지 저장 일체형 등 다양한 기술의 복합화 연구가 진행되고 있음.
- 국토부는 에너지 저감형 주거 및 지열시스템 적정기술 개발과제를 추진하였으나 타 분야에 비해 건물신재생에너지 분야에 대한 투자가 낮게 나타나고 있음. 이는 현재까지 건물적용 신재생에너지 기술을 개발단계로 판단하거나 산업부에서 실증범위까지 확대하여 진행되고 있어 추가적인 연구개발에 대한 수요가 낮다고 사료됨.



[그림 3-8] 부처별 건물신재생에너지 관련 수행과제 수

[표 3-5] 건물 신재생에너지 관련 사업 수

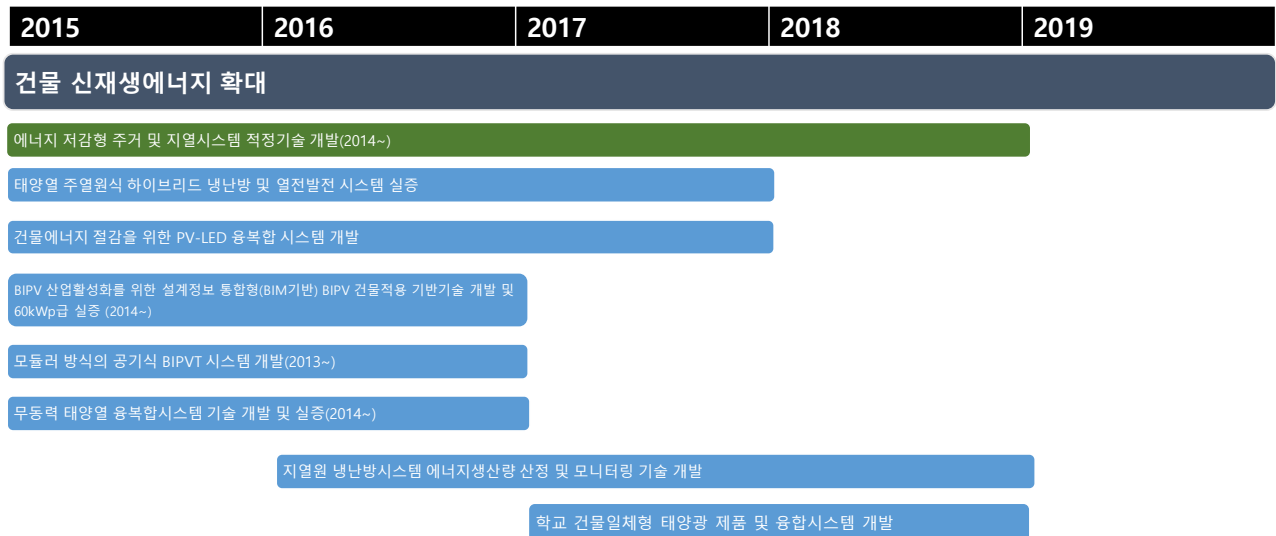
건물 신재생에너지			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	0	0	1
산업통상자원부	1	5	16
과기정통부	0	0	0

[표 3-6] 건물 신재생에너지 관련 사업 투입 예산

건물 신재생에너지			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	-	-	3,557,000,000
산업통상자원부	32,275,000,000	19,764,700,000	52,404,883,000
과기정통부	-	-	-



[그림 3-9] 2010~2014 건물신재생에너지 수행과제 (국토부 녹색표시)



[그림 3-10] 2015~2019 건물신재생에너지 수행과제 (국토부 녹색표시)

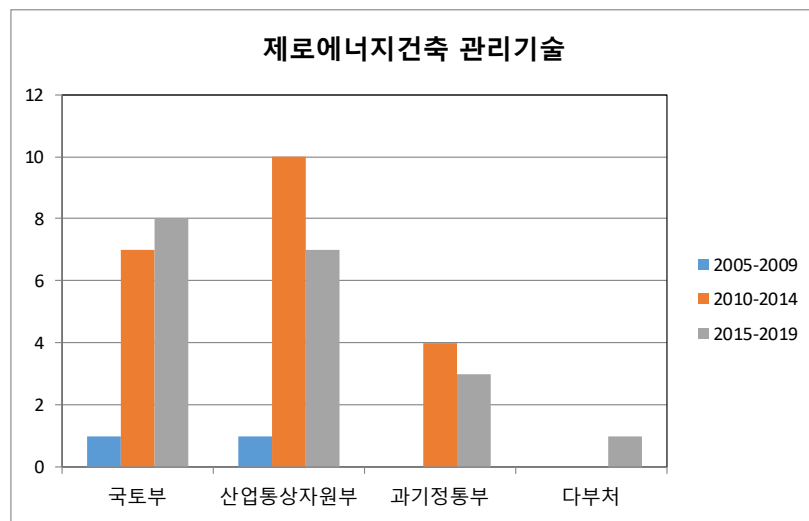
다. 제로에너지 건축 관리기술

○ 제로에너지 건축 관리기술은 건물에너지 평가, 예측, 설계, 모니터링 등에 대한 기술을 포함하고 있으며 과거 10년간 연구분야 투자가 유지되고 있음.

- 국토부의 경우 에너지 효율 증대를 위한 설계기술, 설계 품질 향상 및 설계 자동화를 위한 BIM 기술, 친환경 건축설계 솔루션 개발, 에너지 최적화 설계·시공 등의 설계기술 개발과 녹색건축물을 위한 에너지 통합 관리 및 지원시스템, 저에너지 건축물 보급 및 확산을 건축물 에너지 통합지원 시스템 개발 등 보급에 필요한 에너지 관리 방안 등에 대한 연구개발을 진행하였으며
- 산업부는 지능형 홈 네트워크, 냉난방 시스템 등 에너지 기기 및 연계 기술 개발을

진행하였고 건물에너지 효율 향상을 위한 통합평가진단, 스마트 건축물 관리시스템, 스마트 미터링 기술 등 측정, 모니터링, 관리, 분석 기술 개발이 진행되고 있음.

- 통합에너지 관리 측면으로 보면 산업부와 국토부에서 공통적으로 추진하고 있으나 산업부에서는 에너지 성능 및 효율적인 사용과 거래를 위한 관리시스템 기술개발 측면이나 국토부의 경우 녹색건축물 보급을 위한 정보 수집 및 분석 위주의 통합지원시스템으로 연구개발의 목적 및 활용에 있어 일부 상이한 측면이 보임.
- 과기부는 규모는 상대적으로 작지만 관련 연구로서 BIM/GIS 기반 건설공간 정보 융합기술, 지능형 건물 관리시스템 개발 등의 연구를 진행하였음.
- 다부처 사업은 한국전력공사에서 수행하고 있는 주택/빌딩/공장/공공 시설물 통합 에너지 관리기술(xEMS) 개발과제로서 현재 진행하고 있으며 기존에 주택, 빌딩 등 각각의 영역에서 다양하게 진행되고 있는 연구를 다부처로 확대하였음.



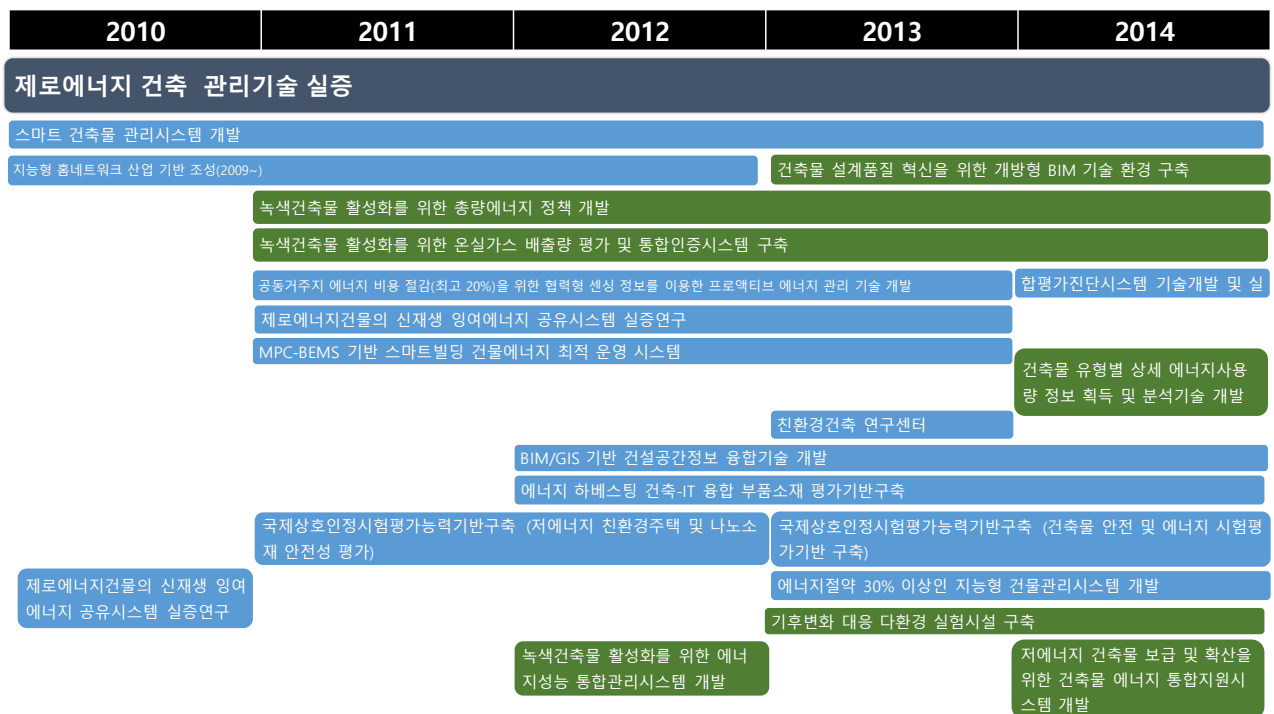
[그림 3-11] 부처별 제로에너지건축 관리기술 수행과제 수

[표 3-7] 제로에너지 건축 관리기술 관련 사업 수

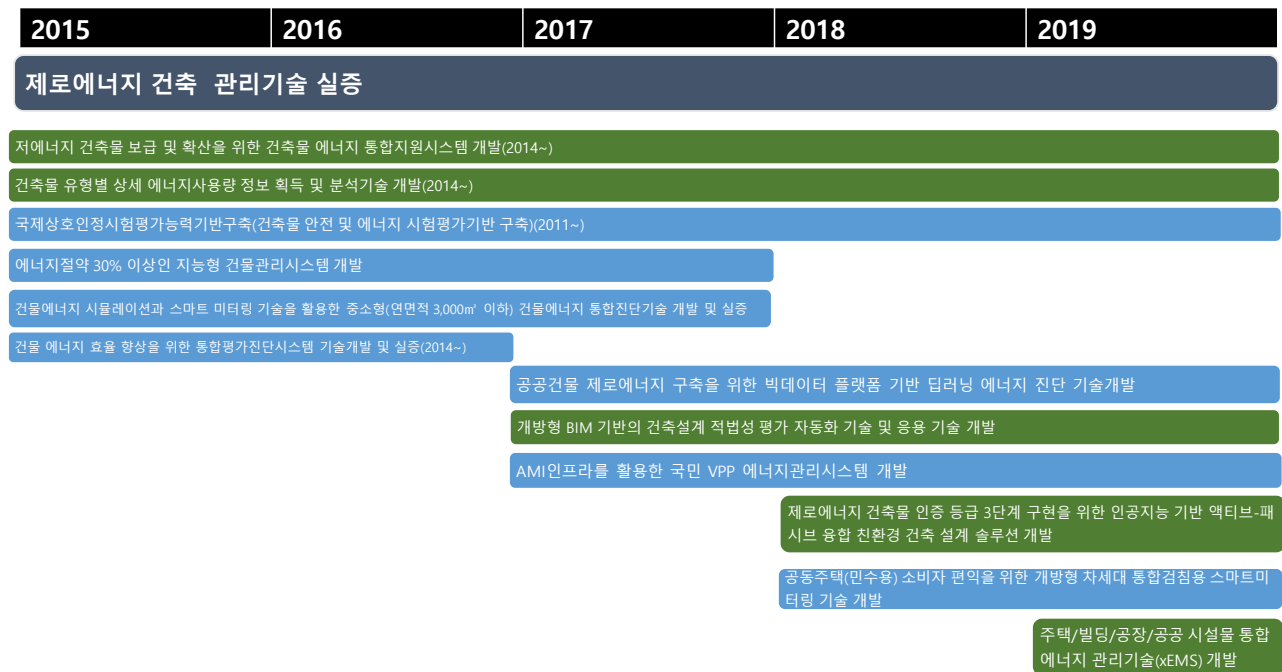
제로에너지 건축 관리기술			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	1	7	8
산업통상자원부	1	10	7
과기정통부	0	4	3
다부처	0	0	1

[표 3-8] 제로에너지 건축 관리기술 관련 사업 투입 예산

제로에너지 건축 관리기술			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	1,025,000,000	15,316,950,000	35,494,415,000
산업통상자원부	3,000,000,000	41,321,029,000	20,698,512,000
과기정통부	-	9,589,080,158	10,834,472,665
다부처	-	-	418,403,000



[그림 3-12] 2010~2014 제로에너지건축 수행과제 (국토부 녹색표시)

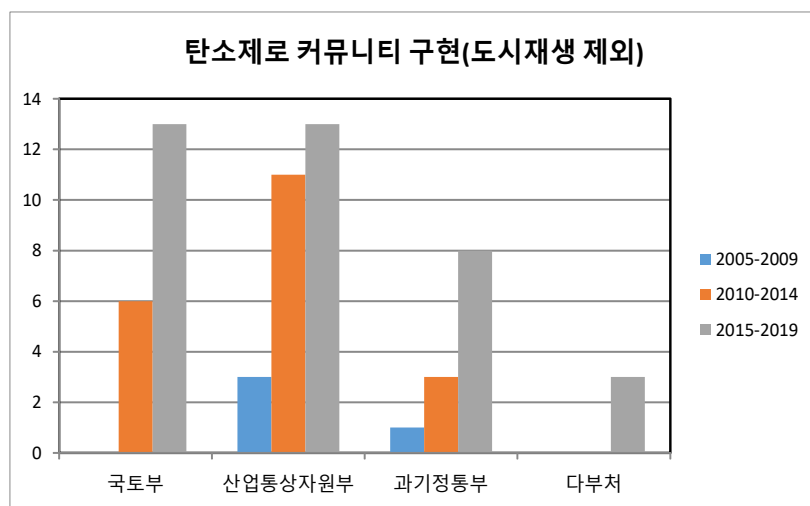


[그림 3-13] 2015~2019 제로에너지건축 수행과제 (국토부 녹색표시)

라. 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생

- 커뮤니티 단위의 에너지 연구는 다수의 과제가 각 부처별로 진행되고 있으며 가장 많은 예산이 투입되고 있음.
- 산업부에서는 그린에너지/신재생에너지 기반 전력망, 스마트 그리드, K-MEG 실증 등의 전기관련 연구를 수행하였으며 가상발전소(VPP) 에너지 관리시스템 개발 등 거래 관련 연구를 진행하고 있음.
- 분산열원 이용 지역 냉난방, IoT기반 지역난방 열수요 관리, 공공시설 내 미활용 에너지 이용 냉난방, 도심 마이크로 열에너지 네트워크 및 양방향 거래 등의 열에너지 이용 연구를 진행하고 있음.
- 국토부는 수변지역 지하수 융합에너지 활용, LID 기반 물순환 도시 조성 등 지역 특성, 자원순환 측면의 연구와 더불어 제로에너지 주택 및 단지 최적화, 스마트 도시에너지 관리시스템, 도시자원 순환형 복합플랜트 보급 등의 열전기 융합 실증 사업을 추진하였음.
- 이외에 최근 2년간 디지털 트윈을 이용한 스마트시티 서비스 가상화, 리빙랩 혁신 모델 기반 데이터 허브 플랫폼, 지역수요기반 스마트시티 비즈니스 모델, 저탄소 에너지 공유 커뮤니티, 클라우드 소싱 기반 도시 대기 환기 측정 등 다양한 분야의 신기술을 이용하는 연구를 새롭게 추진하고 있음. 이 중 일부과제는 다부처 사업으로 진행하고 있음.
- 과기부는 친환경에너지타운 조성사업, 에너지 공유 네트워크 핵심기술, 신재생 수용율 향상을 위한 미래 배전계통 설계 등의 사업을 진행하였음.

- 도시재생 사업의 경우 자족형 주거단지 실증, 경제기반 도시재생 등 에너지와 연관성이 낮으나 향후 리모델링 기술, 에너지 효율 기술 등을 적용이 필요할 것으로 사료됨.



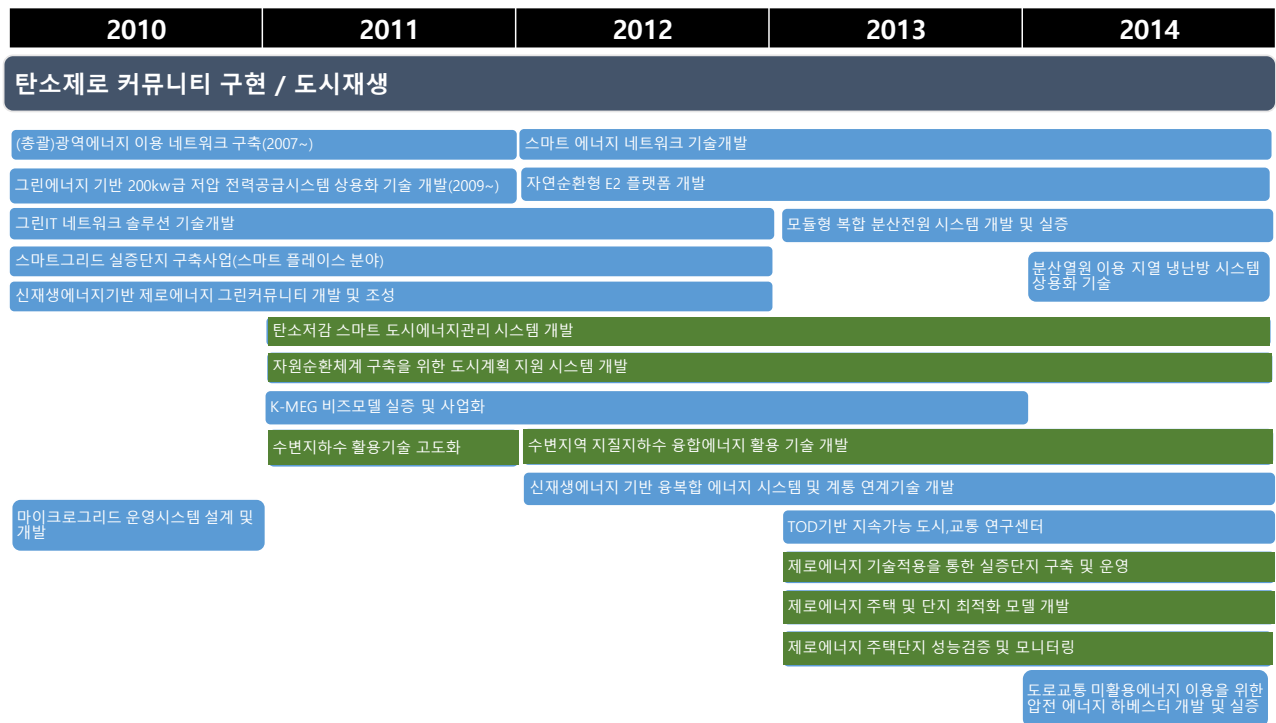
[그림 3-14] 부처별 탄소제로 커뮤니티 구현 관련 수행과제 수

[표 3-9] 탄소제로 커뮤니티 구현 (도시재생) 관련 사업 수

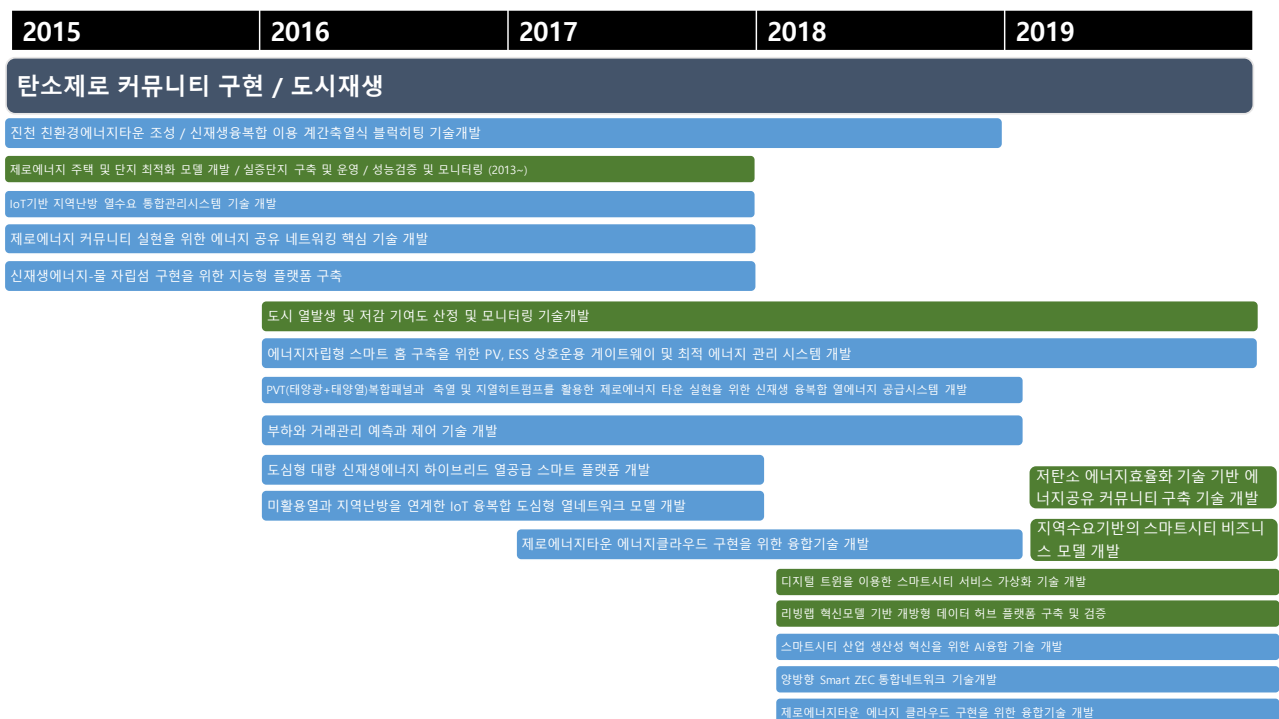
탄소제로 커뮤니티 구현 (도시재생)			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	(2)	6 (7)	13 (9)
산업통상자원부	3	11	13
과기정통부	1	3	8
다부처	0	0	3

[표 3-10] 탄소제로 커뮤니티 구현 (도시재생) 관련 투입 예산

탄소제로 커뮤니티 구현 (도시재생)			
	2005-2009	2010-2014	2015-2019
국토부	- (77,188,000,000)	19,696,904,300 (82,526,151,000)	41,826,504,000 (37,814,478,000)
산업통상자원부	3,995,000,000	94,305,640,000	50,414,712,000
과기정통부	1,517,000,000	14,766,640,000	21,397,898,700
다부처	-	-	1,422,488,000



[그림 3-15] 2010~2014 탄소제로 커뮤니티 구현 수행과제 (국토부 녹색표시)



[그림 3-16] 2015~2019 탄소제로 커뮤니티 구현 수행과제 (국토부 녹색표시)

[표 3-11] 2010~2014년 제로에너지건축/리모델링 수행과제

제로에너지건축/리모델링					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행 기관명	연구비합계	부처명	비고
2010	저에너지 친환경 공동주택 기술개발	연세대학교산학 협력단	1,660,763,000	국토해양부	2006,7,8,9계속)
2010	박형 초단열 신소재를 이용한 복합 단열재 개발	(주)케이씨씨 중앙연구소	333,000,000	지식경제부	2008,9계속)
2014	ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발	알루이엔씨	2,600,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)
2012	복합기능형 ALC 패널 시스템용 부품소재 개발	(주)에스와이씨	1,800,000,000	지식경제부	2009계속)
2011			1,395,000,000		
2010			1,116,000,000		
2010	도시기후 영향 최소화 생태도시 건축기술 개발	한국건설기술연 구원	3,272,000,000	지식경제부	2009계속)
2010	부하저감을 위한 차세대 외피 모듈 개발	한국건설기술연 구원	1,254,000,000	지식경제부	2008,9계속)
2012	제로카본 그린홈 개발	한국건설기술연 구원	313,500,000	지식경제부	2009계속)
2011			2,533,500,000		
2010			4,094,000,000		
2012	(세부1) 부하저감을 위한 외피	에스와이	2,427,000,000	지식경제부	
2011	모듈 실증사업		1,560,500,000		
2012	제로에너지 건물개발	코오롱건설	570,000,000	지식경제부	
2011			342,000,000		
2014	시장수요기반 기존 건축물 녹색화 확산 연구	한국건설기술연 구원	2,650,000,000	국토교통부	2015계속)
2013			2,778,400,000		
2012			2,375,000,000	국토해양부	
2011			672,000,000		
2014	전력대란 대응을 위한 기존 건물의 그린리모델링 기술 및 정책 개발	한국건설기술연 구원	873,979,446	미래창조과학부	

[표 3-12] 2010~2014년 건물신재생에너지 수행과제

건물신재생에너지					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행 기관명	연구비합계	부처명	비고
2014	모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발	공주대학교 산학협력단	556,700,000	산업통상자원부	2015,6계속)
2014	무동력 태양열 융복합시스템 기술 개발 및 실증	한국에너지기술 연구원	500,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)
2014	디자인적 요소가 가미된 건축 외장형 대면적(4㎡이상) BIPV 시스템(20kW 태양전지 실증) 상용화 개발	이건창호	3,968,690,000	산업통상자원부	
2013			3,652,100,000		
2012			3,379,210,000		

2014	BIPV 산업활성화를 위한 설계정보 통합형(BIM기반) BIPV 건물적용 기반기술 개발 및 60kWp급 실증	한국건설생활환경시험연구원	50,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)
			2,750,000,000		
2012	수요자 맞춤형 See-through 태양광창호개발 및 단위태양전지 고속공정개발	이건창호	2,000,000,000	지식경제부	
2011			1,200,000,000		
2010			1,708,000,000		

[표 3-13] 2010~2014년 제로에너지건축 관리기술 수행과제

제로에너지건축 관리기술					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행 기관명	연구비합계	부처명	비고
2014	BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발	한국건설기술연 구원	1,845,844,632	미래창조과학부	2015,6계속)
2013			2,313,184,328	지식경제부	
2012			2,405,000,000		
2014	건축물 설계품질 혁신을 위한 개방형 BIM 기술 환경 구축	경희대학교 산학협력단	2,026,500,000	국토교통부	2015계속)
2013			1,103,000,000		
2014	건축물 유형별 상세 에너지사용량 정보 획득 및 분석기술 개발	이화여자대학교 산학협력단	400,100,000	국토교통부	2015,6,7,8,9계속)
2014	기후변화 대응 다환경 실험시설 구축	한국건설생활환 경시험연구원	4,682,840,000	국토교통부	2015,6,7계속)1.
2013			2,163,840,000		
2013	친환경건축 연구센터	한양대학교(ERI CA캠퍼스)	1,086,000,000	미래창조과학부	
2014	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발	한국건설기술연 구원	538,670,000	국토교통부	2015,6,7,8,9계속)
2012	지능형 홈네트워크 산업 기반 조성	한국전자통신연 구원	3,960,000,000	지식경제부	2009계속)
2011			4,510,000,000		
2010			4,587,150,000		
2013	공동거주지 에너지 비용 절감(최고 20%)을 위한 협력형 센싱 정보를 이용한 프로액티브 에너지 관리 기술 개발	한국전자통신연 구원	567,000,000	산업통상자원부	
2012			567,000,000	지식경제부	
2011			568,400,000		
2014	에너지절약 30% 이상인 지능형 건물관리시스템 개발	한국건설기술연 구원	891,459,034	미래창조과학부	2015,6,7계속)
2013			1,152,592,164		
2014	건물 에너지 효율 향상을 위한 통합평가진단시스템 기술개발 및 실증	(주)우리젠	2,200,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)
2010	제로에너지건축물의 신재생 잉여에너지 공유시스템 실증연구	대유에이텍	673,000,000	지식경제부	
2013	녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발	한국건설기술연 구원	653,000,000	국토교통부	

2012	녹색건축물 활성화를 위한 총량에너지 정책 개발	한국건설기술연 구원	100,000,000	국토해양부	2013계속)녹색건축 물활성화를위한에 너지성능통합관리 시스템개발
2010	제로에너지건물의 신재생 잉여에너지 공유시스템 실증연구	대유에이텍	673,000,000	지식경제부	
2013	MPC-BEMS 기반 스마트빌딩 건물에너지 최적 운영 시스템	단국대학교 산학협력단	425,000,000	산업통상자원부	
2012			425,000,000	지식경제부	
2011			560,000,000		
2013	녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축	한양대학교 에리카산학협력 단	1,467,000,000	국토교통부	단위과제 : 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발
2012		한양대학교산학 협력단(안산)	1,467,000,000	국토해양부	
2011			715,000,000		
2014	스마트 건축물 관리시스템 개발	세종대학교 산학협력단	1,150,000,000	미래창조과학부	
2013			1,150,000,000	지식경제부	
2012			1,200,000,000		
2011			1,090,000,000		
2010			701,500,000		
2014	에너지 하베스팅 건축-IT 융합 부품소재 평가기반구축	한국건설생활환 경시험연구원	1,760,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)에너지 하베스팅건축-IT 융합 부품소재 평가기반 구축
2013			1,600,000,000		
2012			1,400,000,000	지식경제부	
2014	국제상호인정시험평가능력기반구축 (건축물 안전 및 에너지 시험평가기반 구축)	한국건설생활환 경시험연구원	2,351,610,000	산업통상자원부	2015,6,7,8,9계속)1.
2013			1,817,178,000		
2012	국제상호인정시험평가능력기반구축 (저에너지 친환경주택 및 나노소재 안전성 평가)		3,690,191,000	지식경제부	
2011	국제상호인정시험평가능력기반구축 (저에너지친환경건축재료및주택성 능평가)		3,590,000,000		

[표 3-14] 2010~2014년 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생 수행과제

탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행 기관명	연구비합계	부처명	비고
2011	(총괄)광역에너지 이용 네트워크 구축	서울과학기술대 학교 산학협력단	140,000,000	지식경제부	2007,8,9계속)
2010			900,000,000		
2011	그린에너지 기반 200kW급 저압 전력공급시스템 상용화 기술 개발	한국전기연구원	859,550,000	지식경제부	2009계속)
2010			547,330,000		
2012	그린IT 네트워크 솔루션 기술개발	한국전자통신연 구원	1,270,000,000	지식경제부	
2011			1,300,000,000		
2010			1,791,370,000		
2014	신재생에너지 기반 융·복합 에너지 시스템 및 계통 연계기술 개발	한국전력공사	5,949,000,000	산업통상자원부	
2013			11,750,000,000		
2012			11,600,000,000	지식경제부	

2012	스마트그리드 실증단지 구축사업(스마트 플레이스 분야)	한국전력공사	1,628,410,000	지식경제부	
2011			2,662,420,000		
2010			6,059,000,000		
2012	신재생에너지기반 제로에너지 그린커뮤니티 개발 및 조성	한국에너지기술 연구원	800,000,000	지식경제부	2015,6계속)
2011			1,000,000,000		
2010			1,000,000,000		
2013	K-MEG 비즈모델 실증 및 사업화	삼성물산(주)	8,000,000,000	산업통상자원부	
2013		(주)효성	2,578,000,000	지식경제부	
2012		삼성물산(주)	8,523,200,000		
2012		(주)효성	3,667,920,000		
2011		삼성물산(주)	6,428,280,000		
2011		(주)효성	2,003,410,000		
2014	탄소저감 스마트 도시에너지관리 시스템 개발	지에스건설(주)	636,000,000	국토교통부	2015계속)
2013			2,000,000,000	국토해양부	
2012			240,000,000		
2011			240,000,000		
2014	수변지역 지질지하수 융합에너지 활용 기술 개발	서울대학교산학 협력단	1,310,670,000	국토교통부	
2013			2,189,334,000		
2012			880,000,000		
2011	수변지하수 활용기술 고도화	한국수자원공사	804,150,300	국토해양부	
2014	스마트 에너지네트워크 기술개발	한국에너지기술 연구원	1,338,486,000	미래창조과학부	2015,6계속)
2013			3,966,000,000	지식경제부	
2012			3,769,000,000		
2014	자연순환형 E2 플랫폼 개발	한국과학기술연 구원	2,590,000,000	미래창조과학부	
2013			2,172,154,000		
2012			2,100,000,000		
2014	모듈형 복합 분산전원 시스템 개발 및 실증	케이씨코트렐	2,645,000,000	산업통상자원부	2015계속)2.
2013			2,009,000,000		
2014	도로교통 미활용에너지 이용을 위한 압전 에너지 하베스터 개발 및 실증	한양대학교 산학협력단	3,470,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)2.
2014	분산열원 이용 지열 냉난방 시스템 상용화 기술	코텍엔지니어링 (주)	656,000,000	산업통상자원부	2015,6계속)
2013	TOD기반 지속가능 도시·교통 연구센터	아주대학교	1,400,000,000	미래창조과학부	2015,6계속)
2014			1,200,000,000		
2014	제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영	(주)케이씨씨건 설	4,041,717,000	국토교통부	2015,6,7계속)
2013			906,717,000		
2014	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발	명지대학교 산학협력단	707,050,000	국토교통부	2015,6,7계속)제로 에너지기술적용을 통한실증단지구축 및운영
2013			1,666,716,000		
2014	제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링	에스에이치공사	1,108,050,000	국토교통부	2015,6,7계속)
2013			444,000,000		

2010	마이크로그리드 운영시스템 설계 및 개발	한국전력공사 전력연구원	1,298,750,000	지식경제부	
2014	자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발	한국과학기술원	861,500,000	국토교통부	2015계속)
2013			627,000,000		
2012			819,000,000		
2011			215,000,000		
2012	Eco-Space 녹색기술 개발	한양대학교 산학협력단(서울)	1,038,000,000	국토해양부	2007,8,9,10계속)U-Eccocity사업단
	U-City 발전전략 및 활성화방안 연구	상명대학교 산학협력단	1,662,000,000		
	U-City 인프라 구현기술	연세대학교산학협력단	2,646,660,000		
	U-Eco City 종합지원체계 연구	한국토지주택공사	900,000,000		
	U-Space 구축기술 연구	한국과학기술원	1,569,700,000		
2011	U-Eco City 연구단	한국토지주택공사	9,792,700,000		
2010	U-Eco City 사업단		18,457,001,000		
2013	도시재생 기반지식 구축 및 실용화 전략	한국토지주택공사	667,500,000	국토교통부	
	도시재생 종합정보시스템 구축	한국토지주택공사	600,000,000		
	도시환경 및 노후건축물 재생기술 테스트베드 적용 연구	한국과학기술원	1,831,300,000		
	복합용도 도시재생 기반기술 개발	서울시립대학교 산학협력단	845,500,000		
	창원 테스트베드 기법 적용 연구	충북대학교산학협력단	1,633,500,000		
2012	도시시스템 녹색재생 기술 개발	한국과학기술원	2,806,500,000	국토해양부	2006,7,8,9계속) 도시재생 사업단
	도시재생 기반지식 구축 및 실용화 전략	한국토지주택공사	944,000,000		
	도시재생 종합정보시스템 구축	한국토지주택공사	675,000,000		
	복합용도 도시재생 기반기술 개발	서울시립대학교 산학협력단	2,113,000,000		
	전주 테스트베드 기법 적용 연구	연세대학교산학협력단	1,593,400,000		
	창원 테스트베드 기법 적용 연구	충북대학교산학협력단	1,756,000,000		
2011	도시재생 사업단	한국토지주택공사	12,440,300,000	국토교통부	2015계속)
2010	도시재생 사업단	한국토지주택공사	14,659,090,000		
2014	LID 기반 물순환 도시 조성을 위한 계획,설계 통합 모델 및 적용,운영 기술 개발	한국토지주택공사	600,000,000		
2013			600,000,000		
2012			115,000,000		

2014	경제기반형 도시재생 모델개발 및 실증	국토연구원	365,000,000	국토교통부	2015,6,7,8계속)
2014	자족형 자원순환 주거단지 실증연구	한국토지주택공사	1,496,000,000	국토교통부	2015,6,7,8계속)
2014	지역중심의 근린재생 기법 고도화 및 실증 연구	가천대학교산학협력단	471,000,000	국토교통부	2015,7,8계속)
2014	창조적 도시재생 추진을 위한 기반구축 강화	한국토지주택공사 토지주택연구원	248,000,000	국토교통부	2015,6,7,8 계속)

[표 3-15] 2015~2019년 제로에너지건축/리모델링 수행과제

제로에너지건축/리모델링					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행기관명	연구비합계	부처명	비고
2016	ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발	(주)알루이엔씨	2,700,000,000	산업통상자원부	2014계속)
2015			2,700,000,000		
2015	시장수요기반 신축 건축물 녹색화 확산 연구	연세대학교 산학협력단	510,000,000	국토교통부	2011,2,3,4계속)
		한국건설기술연 구원	1,972,000,000		
2017	기후변화 대응 다환경 실험시설 구축	한국건설생활환 경시험연구원	3,072,025,000	국토교통부	2013,4계속)3.
2016			4,107,600,000		
2015			6,426,688,000		
2019	공공건물 에너지효율 극대화를 위한 최적화 기술 개발	한국건설기술연 구원	250,700,000	산업통상자원부	
2018			1,586,020,000		
2017			1,569,000,000		
2016			1,707,140,000		
2015			1,708,810,000		
2019	패시브 건축물 적용을 위한 열전도율 0.042W/mK 이하의 알칼리계 단열소재 및 이를 이용한 구조기능 일체형 무기계 불연 외벽패널 제조기술 개발	(주)에스와이씨	621,150,000	산업통상자원부	
2018			1,243,300,000		
2017			1,100,000,000		
2016			572,150,000		
2017	기존 이중외피 대비 원가 70% 저감이 가능한 중공층 20mm 초박형 무차양 창호시스템 개발	(주)비룡씨에이치 씨	552,000,000	국토교통부	위탁과제)중공층 20mm 무차양 창호시스템의 성능평가 및 유지관리 툴 개발/한국건설기술 연구원/6천만
2016			600,000,000		
2019	발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발	(주)비제이파워	902,000,000	국토교통부	
2018			856,667,000		
2017			901,700,000		

2019			710,000,000		
2018	도시열섬현상 저감용 열제어 도로	(주)노루페인트	603,500,000	산업통상자원부	
2017			497,000,000		
2018	건물에너지를 활용하는 옥상온실형 와이즈팜 기술 개발	한국기계연구원	955,000,000	과기정통부	
2018	Rotor-HRV 고도화	(주)스타즈스터링	667,000,000	국토교통부	
2017	제로에너지주택용 콤팩트형 설비	코리아	606,375,000		
2016	통합 시스템 개발 및 사업화		134,000,000		
2017	수출형 중소형건물·주택보급용 에너지 통합 공급시스템 개발 및 실증	(주)귀뚜라미	2,339,700,000	산업통상자원부	
2016			2,541,074,000		
2019	제로에너지빌딩 요소기술 패키지 (패시브&액티브) 융복합화 및 실증연구	(재)한국건설생활 환경시험연구원	670,000,000	산업통상자원부	
2018			2,204,000,000		
2017			3,335,000,000		
2016			2,452,000,000		
2019		(주)하이코리아	447,760,000		
2018			1,191,947,000		
2017			3,627,717,000		
2016			2,707,120,000		
2019	제로에너지 주택 건축 활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발	한국건설기술연 구원	1,274,776,000	국토교통부	
2018			639,500,000		
2018	에너지 자립형 학교건물 구현을 위한 패시브·액티브 기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발	한국건설기술연 구원	1,749,949,000	산업통상자원부	
2019			2,616,537,000		
2019	국제상호인정시험평가능력기반구축(건축물 안전 및 에너지 시험평가기반 구축)	(재)한국건설생활 환경시험연구원	1,700,000,000	산업통상자원부	2011,2,3,4계속)3.
2018			3,408,000,000		
2017			3,511,780,000		
2016			4,287,852,000		
2015			3,636,990,000		
2018	공동주택 ICT융합 컨소시엄	한국스마트홈산 업협회	2,224,200,000	과기정통부	
2017		한국스마트홈산 업협회	2,224,200,000		
2018	국가 온실가스 감축 대응을 위한 그린리모델링 핵심기술 및 지원 정책 개발	한국건설기술연 구원	370,000,000	과기정통부	
2017			817,730,000		
2016	기존 건물의 그린리모델링 기술 및 정책 개발		671,000,000	미래창조과학부	
2015			769,089,304		

[표 3-16] 2015~2019년 건물신재생에너지 수행과제

건물신재생에너지					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행기관 명	연구비합계	부처명	비고
2016	모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발	공주대학교 산학협력단	663,300,000	산업통상자원부	2014계속)
2015			583,300,000		

2016	무동력 태양열 융복합시스템 기술 개발 및 실증	한국에너지기술 연구원	600,000,000	산업통상자원부	2014계속)
2015			500,000,000		
2017	건물에너지 절감을 위한 PV-LED 융복합 시스템 개발	솔라테크(주)	2,342,000,000	산업통상자원부	
2016			2,808,000,000		
2015			2,230,000,000		
2018	학교 건물일체형 태양광 제품 및 융합시스템 개발	(재)한국건설생활 환경시험연구원	2,268,800,000	산업통상자원부	
2017			2,157,100,000		
2018	건물에너지 자립률 20%이상 향상을 위한 신재생에너지 시스템 기반 액티브 건축설비의 통합 제어 표준 플랫폼 기술 개발	(주)에코다	2,594,430,000	산업통상자원부	
2017			1,890,850,000		
2018	태양에너지 65% 활용 건물일체형 태양광.열(BIPVT) 시스템 개발	부강이엔에스(주)	657,394,000	산업통상자원부	
2015	에너지 저감형 주거 및 지열시스템 적정기술 개발	전남대학교 산학협력단	1,159,000,000	국토교통부	2014계속)호남권 에코-에너지리모 델링건설적정기술 개발
2016			1,049,000,000		
2017			1,349,000,000		
2016	도로교통 미활용에너지 이용을 위한 압전 에너지 하베스터 개발 및 실증	한양대학교 산학협력단	3,470,000,000	산업통상자원부	2014계속)4.
2015			3,470,000,000		
2015	모듈형 복합 분산전원 시스템 개발 및 실증	KC코트렐(주)	2,062,000,000	산업통상자원부	2013,4계속)4.
2018	PVT(태양광+태양열)복합패널과 축열 및 지열히트펌프를 활용한 제로에너지 타운 실현을 위한 신재생 융복합 열에너지 공급시스템 개발	장한기술(주)	1,012,000,000	산업통상자원부	
2017			2,138,000,000		
2016			2,075,000,000		
2018	집단주거시설의 고밀도 대용량 지열시스템 실현을 위한 수주지열정(SCW) 기술 개발	대성히트펌프 주식회사	1,411,000,000	산업통상자원부	
2017			2,321,000,000		
2016			2,620,000,000		
2018	유휴건물 벽면 적용을 위한 발전량이 향상된 태양광 발전 시스템 개발	(주) 비제이파워	1,221,500,000	산업통상자원부	
2017	태양열 주열원식 하이브리드 냉난방 및 열전발전 시스템 실증	경기녹색환경지 원센터	496,337,000	산업통상자원부	
2016			484,349,000		
2015			611,939,000		
2019	공공 건물 제로에너지 구축을 위한 빅데이터 플랫폼 기반 딥러닝 에너지 진단 기술 개발	(주)씨이랩	656,461,000	산업통상자원부	
2018			656,461,000		
2017			515,406,000		
2019	제로에너지빌딩을 위한 신재생 에너지 발전시스템 및 에너지 저장소자 일체형 건물 단열 외장재 개발	주식회사 비에이에너지	746,270,000	산업통상자원부	
2018			746,270,000		
2017			597,016,000		
2016	BIPV 산업활성화를 위한 설계정보 통합형(BIM기반) BIPV 건물적용 기반기술 개발 및 60kW급 실증	(재)한국건설생활 환경시험연구원	2,256,000,000	산업통상자원부	2014계속)
2015			2,248,000,000	지식경제부	
2018	건물 외벽형 BIPV 통합 솔루션 시스템 개발	(주)거광기업	1,294,700,000	산업통상자원부	

[표 3-17] 2015~2019년 제로에너지건축 관리기술 수행과제

제로에너지건축 관리기술					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행기관 명	연구비합계	부처명	비고
2015	건축물 설계품질 혁신을 위한 개방형 BIM 기술 환경 구축	경희대학교 산학협력단	2,715,000,000	국토교통부	2013,4계속)
2019	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발	한국건설기술연 구원	1,378,213,000	국토교통부	2014계속)
2018			1,256,950,000		
2017			1,454,892,000		
2016			2,092,667,000		
2015			2,229,334,000		
2017	에너지절약 30% 이상인 지능형 건물관리시스템 개발	한국건설기술연 구원	737,880,000	과학기술정보통신부	
2016			599,000,000	미래창조과학부	
2015			696,414,153		
2019	건축물 유형별 상세 에너지사용량 정보 획득 및 분석기술 개발	이화여자대학교 산학협력단	1,292,500,000	국토교통부	2014계속)
2018			1,569,000,000		
2017			1,467,000,000		
2016			2,548,000,000		
2015			1,816,000,000		
2016	BIM/GIS 기반 건설공간정보 융합기술 개발	한국건설기술연 구원	1,378,000,000	미래창조과학부	2012,3,4계속)
2015			1,423,178,512		
2019	BEMS 적용을 위한 핵심기술 개발	(주)나라컨트롤	1,941,600,000	국토교통부	
2018			2,044,000,000		
2017			2,033,620,000		
2016			1,727,800,000		
2015			257,000,000		
2019	개방형BIM 기반의 건축설계 적법성 평가 자동화 기술 및 응용기술 개발	경희대학교산학 협력단	1,615,780,000	국토교통부	
2018			910,520,000		
2017			489,280,000		
2019	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발	사단법인 한국패시브건축 협회	577,650,000	국토교통부	
2019	소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비기술 개발	(주)한일엠이씨	420,090,000		
2016	건물 에너지 효율 향상을 위한 통합평가진단시스템 기술개발 및 실증	(주)우리젠	2,200,000,000	산업통상자원부	2014계속)
2015			2,200,000,000		
2017	스마트타운 ICT융합컨소시엄	한국뎀스협회	2,990,000,000	과기정통부	
2016			3,010,000,000	미래창조과학부	
2019	에너지자립형 스마트 홈 구축을 위한 PV, ESS 상호운용 게이트웨이 및 최적 에너지 관리 시스템 개발	(주)나온웍스	220,200,000	산업통상자원부	
2018			510,200,000		
2017			510,200,000		
2016			575,000,000		
2018	지열원 냉난방시스템 에너지생산량 산정 및 모니터링 기술 개발	(주)위지트에너 지	1,099,000,000	산업통상자원부	
2017			1,099,000,000		
2016			1,029,000,000		
2019	공동주택(민수용) 소비자 편익을 위한 개방형 차세대 통합검침용 스마트미터링 기술 개발	에너지넷	2,431,255,000	산업통상자원부	
2018			1,647,737,000		

2019	주택/빌딩/공장/공공 시설물 통합 에너지 관리기술(xEMS) 개발	한국전력공사	1,804,185,000	국토교통부	
2018			418,403,000	다부처	
2017	건물에너지 시뮬레이션과 스마트 미터링 기술을 활용한	(주)나라컨트롤	605,640,000	산업통상자원부	
2016	중소형(연면적 3,000㎡ 이하)		605,640,000		
2015	건물에너지 통합진단기술 개발 및 실증		605,640,000		
2018	부하와 거래관리 예측과 제어 기술 개발	가천대학교산학협력단	756,800,000	산업통상자원부	
2017			756,800,000		
2016			742,400,000		
2016	에너지 하베스팅 건축-IT 융합	(재)한국건설생활환경시험연구원	1,504,000,000	산업통상자원부	2012,3,4계속)
2015	부품소재 평가기반 구축		1,600,000,000		
2019	제로에너지 건축물 인증 등급 3단계 구현을 위한 인공지능 기반	(주)텐일레븐	1,235,000,000	국토교통부	
2018	액티브-패시브 융합 친환경 건축 설계 솔루션 개발		618,334,000		

[표 3-18] 2015~2019년 탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생 수행과제

탄소제로 커뮤니티 구현/도시재생					
기준 년도	과제명(한글)	과제수행기관 명	연구비합계	부처명	비고
2016	신재생에너지 기반 제로에너지 그린커뮤니티 개발 및 조성	한국에너지기술 연구원	1,766,000,000	미래창조과학부	2010,1,2계속)
2015			1,291,000,000		
2015	수변지역 지질지하수 융합에너지 활용 기술 개발	서울대학교 산학협력단	1,394,670,000	국토교통부	
2016	스마트 에너지네트워크 기술개발	한국에너지기술 연구원	2,427,000,000	미래창조과학부	2012,3,4계속)
2015			2,159,000,000		
2016	분산열원 이용 지열 냉난방 시스템 상용화 기술	코텍엔지니어링(주)	656,000,000	산업통상자원부	
2015			656,000,000		
2017	IoT기반 지역난방 열수요 통합관리시스템 기술 개발	한국지역난방공 사	1,468,300,000	산업통상자원부	
2016		한국지역난방공 사	1,812,800,000		
2015			2,096,000,000		
2016	TOD기반 지속가능 도시·교통 연구센터	아주대학교	1,200,000,000	미래창조과학부	2013,4계속)
2015			1,200,000,000		
2018	진천 친환경에너지타운 조성을 위한 기술개발 및 실증연구	한국에너지기술 연구원	630,000,000	과기정통부	계속)신재생 융복합이용계간축 열식블럭히팅기술 개발및실증연구
2017			700,000,000		
2016	신재생 융복합 이용 계간축열식 블럭히팅 기술개발 및 실증연구		1,100,000,000	미래창조과학부	계속)진천 친환경에너지타운 조성을위한기술개 발 및 실증연구
2015			1,000,000,000		
2017	제로에너지 커뮤니티 실현을 위한 에너지 공유 네트워크 핵심 기술 개발	한국전자통신연 구원	1,600,000,000	과기정통부	
2016			1,701,912,000	미래창조과학부	
2015			1,640,000,000		

2019	도시 열발생 및 저감 기여도 산정 및 모니터링 기술개발	서울대학교 산학협력단	837,000,000	국토교통부	
2018			814,000,000		
2017			1,114,000,000		
2016			588,000,000		
2015			196,000,000		
2019	도시자원 순환형 복합플랜트 공정기술 개발	고등기술연구원 연구조합	4,452,660,000	국토교통부	
2018			4,085,340,000		
2017			1,385,100,000		
2016			547,800,000		
2019	도시자원 순환형 복합플랜트 보급기술 개발	지에스건설(주)	106,450,000	국토교통부	
2018			219,100,000		
2017			631,500,000		
2016			731,000,000		
2018	신재생에너지-물 자립섬 구현을 위한 지능형 플랫폼 구축	벽산파워(주)	657,600,000	산업통상자원부	
2017			1,181,100,000		
2016			1,968,200,000		
2018	공공시설(지하철, 지하상가)내 미활용에너지를 이용한 냉난방시스템 개발	(주)센도리	2,040,500,000	산업통상자원부	
2017			1,393,700,000		
2018	도심형 대량 신재생에너지 하이브리드 열공급 스마트 플랫폼 개발	한국지역난방공 사 미래개발원	3,276,500,000	산업통상자원부	
2017			2,071,000,000		
2018	미활용열과 지역난방을 연계한 IoT 융복합 도심형 열네트워크 모델 개발	한국지역난방공 사 미래개발원	2,510,676,000	산업통상자원부	
2017			2,059,737,000		
2019	Cascade 열활용 지역 냉난방 최적화 기술 개발	서울에너지공사	4,907,700,000	산업통상자원부	
2018			1,289,800,000		
2019	디지털 트윈을 이용한 스마트시티 서비스 가상화 기술 개발	서울시립대학교 산학협력단	1,190,668,000	국토교통부	
2018			578,500,000	다부처	
2019	리빙랩 혁신모델 기반 개방형 데이터 허브 플랫폼 구축 및 검증	주식회사 케이티	3,743,000,000	국토교통부	
2018			496,988,000	다부처	
2019	소규모 분산자원 중개시장서비스 상용화 기술 개발 및 실증	한국전자통신연 구원	1,587,788,000	산업통상자원부	
2018			1,809,250,000		
2018	신재생수용률 향상을 위한 미래 배전계통의 설계 및 운영 기술 개발	한국전기연구원	950,715,000	과기정통부	
			752,000,000		
2019	재난·재해대응 및 예방을 위한 Flexible-Unit형 인프라 프리 (임시)주거·단지의 개발 및 사업화	(주)듀칸	553,000,000	국토교통부	
2018			306,667,000		
2018	커뮤니티형 AMI/EMS 기술 개발	(주)아이렉스넷	772,411,000	산업통상자원부	
2019	클라우드소싱 기반 도시 대기환경 측정 및 예측기술 개발	주식회사 케이티	1,478,000,000	국토교통부	
2018			347,000,000	다부처	
2019	스마트시티 산업 생산성 혁신을 위한 AI융합 기술 개발	세종대학교 산학협력단	1,280,271,700	과기정통부	
2019	지역수요기반의 스마트시티 비즈니스 모델 개발	(재단)차세대융 합기술연구원	1,667,750,000	국토교통부	
2019	(신재생 및 미활용 기반 독립형) 마이크로 열 네트워크 기술 개발	한국에너지기술 연구원	1,554,760,000	산업통상자원부	
2018			976,840,000		
2017	제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영	(주)케이씨씨건 설	2,644,470,000	국토교통부	2013,4계속)
2016			1,591,728,000		
2015			5,330,000,000		
2017	제로에너지 주택 및 단지	명지대학교	1,062,510,000	국토교통부	2013,4계속)

2016	최적화모델 개발	산학협력단	868,040,000		
2015			672,050,000		
2017	제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링	에스에이치공사	647,000,000	국토교통부	2013,4계속)
2016			994,600,000		
2015			859,900,000		
2019	양방향 Smart ZEC 통합네트워크 기술개발	지에스건설(주)	2,591,200,000	산업통상자원부	
2018			1,794,050,000		
2018	제로에너지타운 에너지클라우드 구현을 위한 융합기술 개발	한국전자통신연 구원	2,938,100,000	산업통상자원부	
2017			2,688,700,000		
2019	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	한국에너지기술 연구원	640,001,000	국토교통부	
2015	자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발	한국과학기술원	474,500,000	국토교통부	2011,2,3,4계속
2019	AMI인프라를 활용한 국민 VPP 에너지관리시스템 개발	(주)컴퍼니위	1,293,000,000	산업통상자원부	
2018			1,293,000,000		
2017			1,070,000,000		
2017	LID 기반 물순환 도시 조성을 위한 계획·설계 통합 모델 및 적용·운영 기술 개발	한국토지주택공 사	1,334,000,000	국토교통부	2012,3,4계속)
2016			1,667,000,000		
2015			734,000,000		
2018	경제기반형 도시재생 모델개발 및 실증	국토연구원	1,223,000,000	국토교통부	2014계속)
2017			1,059,000,000		
2016			777,000,000		
2015			1,931,500,000		
2018	자족형 자원순환 주거단지 실증연구	한국토지주택공 사	642,020,000	국토교통부	2014계속)
2017			4,094,000,000		
2016			5,850,000,000		
2015			2,404,100,000		
2018	지역중심의 근린재생 기법 고도화 및 실증	가천대학교 산학협력단	1,265,000,000	국토교통부	2014계속)
2018			1,265,000,000		
2017			1,377,000,000		
2017			1,377,000,000		
2015			1,855,500,000		
2018	창조적 도시재생 추진을 위한 기반구축 강화	한국토지주택공 사	510,000,000	국토교통부	2014계속)
2017			737,000,000		
2016			692,000,000		
2015			1,309,000,000		
2019	노후산업단지 활성화를 위한 유형별 조성모델 및 실증지원	가천대학교 산학협력단	949,000,000	국토교통부	
2018			758,000,000		
2017			545,400,000		
2016			236,000,000		
2019	도시재생 회복력 강화를 위한 인프라 구축 및 종합 실증	한국토지주택공 사	560,750,000	국토교통부	
2019	도시하천유역 요소기술 연계 적용 및 관리기술 개발	동부엔지니어링(주)	823,000,000	국토교통부	
2018			354,770,000		
2019	도시하천유역 요소기술 연계 적용 및 관리기술 개발	동부엔지니어링(주)	823,000,000	국토교통부	
2018			354,770,000		
2017	개방형 클라우드 기반 다차원 하천공간정보 관리체계 선진화 기술 개발	단국대학교 산학협력단	173,334,000		
2016			133,334,000		

제 4 장 사업설계를 위한 조사분석

제 1 절 건축/도시 에너지 최적화 사업 관련 사전조사

제 2 절 건축/도시 에너지 최적화 관련 사업 추진현황

제 3 절 주요시사점

제4장. 사업설계를 위한 조사분석

제1절. 건축/도시 에너지 최적화 사업 관련 사전조사

1. 기술수요 조사

- 건축/도시 에너지 최적화 사업 기획에 활용할 수 있는 업계 전문가의 의견을 수렴하기 위해 전문가와 지자체 담당 공무원을 대상으로 수요조사와 간담회를 추진했음
- 전문가와 지자체수요조사서 회수 현황은 다음과 같음

[표 4-1] 전문가 및 지자체수요조사서 회수 현황

대상	형식	횟수
각계 전문가	간담회	1
	개별 수요조사	15
지자체 담당 공무원	개별 수요조사	5

※ 회수된 수요조사서는 부록으로 첨부

- 수요조사서 회수는 전문가 15건, 지자체공무원 5건으로 집계되었음

1-1. 조사범위 및 대상

- 2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 R&D 기술 분류 체계를 아래 [표 4-2]와 같이 제시하였으며 대분류, 중분류로 나누고 각 중분류에 해당하는 기술을 예시로서 나타내었음.
- 기술 분류 체계를 기준으로 지자체 미팅, 전문가 간담회를 통하여 기술수요조사를 진행하였음.
 - [표 4-3]과 같이 제안 기술명에 따른 기술개발 단계(기초, 응용, 개발, 실증)을 선택하고 기술분류에서 복수로 선택이 가능토록 하였음.
 - 제안 기술에 따른 기술개발 필요성, 목표, 기술개발 내용, 소요예산, 기술개발기간, 기술개발 가능시기, 기대효과를 기술토록 하였음.

[표 4-2] 건축·도시 R&D 기술 분류 체계

대분류	중분류	예시
녹색건축 활성화 기술기반 조성	패시브	저가형·모듈형 등 패시브 기술 등 (고효율 외피·창호·단열·열교방지 등)
	액티브	친환경 고효율 건축 설비 기술 (환기·냉방·난방·급탕·공기청정 등)
	신재생	건축 일체형 신재생에너지 생산·하이브리드 기술 등 (태양광·태양열·연료전지·ESS·축열 등)
	건강건축	친환경 건축자재 및 지능형 웰빙 생활 공간(주택·오피스) 구현 기술 등 (헬스케어·미세먼지·열쾌적·조명·생태 등)
녹색건축 설계·시 공·리모 델링 기술 고도화	건물 에너지 평가	건물 에너지 성능 예측, 사용진단, 평가 기술 등
	제로에너지·친환경 설계·시공	BIM기반 건축물 통합 설계·시공 기술 등
	그린 리모델링	기존 건축물 에너지 성능 향상 기술 등
시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증	스마트 녹색건축 리빙랩	거주성을 고려한 건축물 에너지 모니터링 및 관리기술 등 (에너지소비량 분석 시스템·IoT연계 기술 등)
	스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩	저탄소 건강 생활 커뮤니티 구현 및 커뮤니티 에너지 통합 운영 기술 등 (온실가스·에너지공유·에너지 수요관리 등)
	건물부문 온실가스 관리 시스템 및 제도	녹색건축 통합 DB, 건축·도시 에너지 평가 및 인증 기술 등 (그린 리모델링 포털·건축물 인증제도·에너지 잠재량 분석 등)

[표 4-3] 제안 기술 분류

제안 기술명							
기술개발 단계(✓)		기초(), 응용(), 개발(), 실증()					
기술 분류 (✓) <i>*복수선택 가능</i>	대분류	녹색건축 활성화 기술기반 조성	선택	녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화	선택	시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증	선택
	중분류	패시브		건물 에너지 평가		스마트 녹색 건축 리빙랩	
		액티브		제로에너지 친환경 설계·시공		스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩	
		신재생					
		건강건축		그린 리모델링		건물부문 온실가스 관리시스템 및 제도	
	필요시 추가	대분류(), 중분류() <i>* 해당되는 분류가 없을 경우, 분류체계에 포함할 수 있도록 직접 기입해주시길 부탁드립니다.</i>					

1-2. 전문가 간담회

○ 본 과제의 전문가 의견을 반영하기 위해 간담회를 개최했음

- 일시: 2019년 7월 17일 오후 2시부터 5시
- 장소: 양재동 The-K 호텔
- 참석인원: 4개 분과 각각 6~7명으로 총 25명
- 주관기관: 한국국토교통과학기술진흥원(KAIA)
- 참여기관: 한국에너지기술연구원, 호서대학교, 고려대학교, (주)SYP, (주)TBNA
- 공문발송: 한국국토교통과학기술진흥원

2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발 - 전문가의견 수렴 및 수요조사 계획 -

□ 목적

- '2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발' 사업의 기술 개발과제 발굴을 위한 친환경 건축 및 도시 분야 업계 전문가의 시장 현황 및 기술 수요 등 의견 청취

□ 일시 및 장소

- 일 시 : '19년 7월 17일, 14:00 ~ 17:00
- 장 소 : 더 케이 호텔, 에비뉴(별관) 3F 동강 B홀

□ 참석대상

- 친환경 건축·도시분야의 계획·설계·설비관련 민간기업 및 공사의 업무 담당자
- ※ 친환경 건축·도시분야 계획·설계·설비관련 컨설팅 경험이 풍부한 대학 소속 전문가 일부 포함

□ 논의 안건

- 건축 및 도시에너지관련 동향 및 문제점 검토
- 향후 개발이 필요한 기술분야 및 세부기술 제안
- 도시재생에 따른 에너지기술 적용 방안 논의

□ 회의 일정

시간	내용	비고
14:00~14:10 (10')	회의 안내(참석자 및 입장 소회)	-
14:10~14:30 (20')	사전기획연구 추진 경과 공유	사전기획연구 책임자
16:00~16:05 (05')	Break - Time	분야별 회의실로 이동
14:30~16:00 (85')	친환경 건축·도시 사업 동향 및 기술개발수요 논의	전문기술분야별 논의
16:00~16:15 (15')	Break - Time	-
16:15~16:55 (40')	주요 조사서 작성	-
16:55~17:00 (05')	Wrap-up	-

(붙임 1) 회의장 약도

□ The-K호텔

- 주소 : 서울시 서초구 바우뎬로 12길 70



< 교통편 >

□ 대중교통 이용 시

- 지하철
 - 신분당선 양재시민의숲(매한역) 5번 출구 → 도보 5분 정도 소요
 - 서울버스 : 3호선 양재역 9번 출구 서초문화예술회관 앞 → 서울버스 이용
 - 마을버스 : 3호선 양재역 11번 출구 → 서초8번 마을버스터미널(호텔 후문 하차)
- 버스
 - 공항버스 : 6600, 6009 / 일반 간선 버스(파랑) : 405, 421, 140, 470, 441

□ 서울버스 운행 시간표

시간	오전(양재역방면)	오후(역(오정)방면)
06:00	10분, 30분, 50분	20분, 40분
07:00 ~ 08:00	10분, 30분, 50분	00분, 20분, 40분
08:00	10분, 40분	00분, 20분, 50분
10:00 ~ 22:00	10분, 40분	20분, 50분

[그림 4-1] 전문가 간담회 일정

○ 전문가 간담회에 앞서 한국에너지 기술연구원의 김종규 실장과 호서대학교 이건원 교수가 과제에 대한 설명을 진행했음

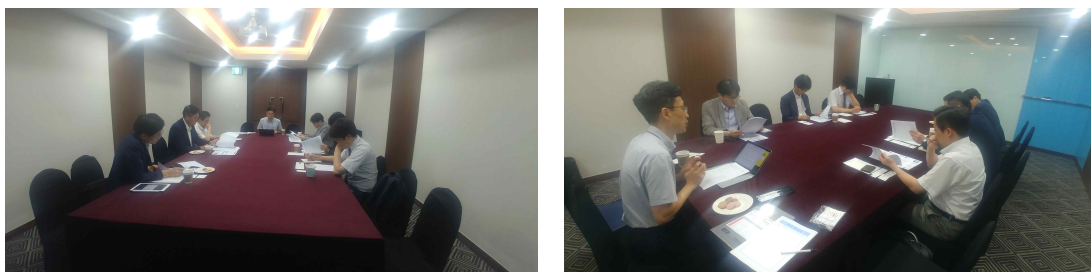
□ 전문가 간담회 2: 분과별 간담회

○ 이후, 분과별 전문가 간담회를 위해 4개의 분과로 구성, 각 분과에 사회자가 진행하는 형식으로 좌담회를 진행했음



[그림 4-2] 전문가 간담회 사진

- 1분과 사회: 한국에너지기술연구원 김종규 실장



[그림 4-3] 전문가 간담회 1분과 회의 사진



[그림 4-4] 전문가 간담회 2분과 회의 사진

－ 2분과 사회: 한국에너지기술연구원 김민휘 박사

가. 1분과

- 분과별 간담회 중 1 분과에는 건설사, 건축사사무소에 재직 중인 전문가 분들을 모시고 간담회를 실시함
- 간담회 의견은 다음과 같음

[표 4-4] 1분과 전문가 간담회 의견 요약

전문가	의견
건축도시시스템공학과 교수	- 국토부의 역할은 도시단위에서 에너지수요 정보를 targeting해야 할 것으로 보임. 즉, 어떻게 신재생에너지를 설치할까? -> 어떻게 사용할까? -> 사용량 정보가 필요하며 건물에너지에서의 에너지 생산, 건물 설계 방안 등을 연구에서 도출해야 할 것. - 현재 중분류는 중복성이 높아 보임. 액티브, 패시브 등은 문제가 있어 보이며 리모델링의 경우 기존의 리모델링을 아파트, 단독지구 등의 패시브화를 목표로 해야 할 것 같음.
건설자재 제조기업 부장	- 도시에서의 신재생에너지 설치 후 지자체의 유지관리 및 이에 따른 비용 부담이 있음. 따라서 지속가능하도록 에너지 절감형 유지관리 기술이 필요 - 단지형의 경우 생태산업단지 -> 공장폐수 -> 수질복원센터 -> Recycle 방식으로 환경적으로 문제가 없는 형태의 처리시스템이 가능하며 이를 통한 수질복원 단가 저감 - 도시 중심부에서의 스마트화를 높여 에너지절감이 가능토록

건설사(대기업) 책임연구원	- 단열재의 경우 기존의 EPS단열재에서 패널 단열재로 옮겨감에 따라 성능기준도 다양해 짐. 예를 들어 성능↑, 두께↓, 난연성↑, 녹색건축 인증, 지구온난화기준만족 등의 기준을 만족시켜야 함. - 따라서 다양한 기준만족을 위한 연구가 필요하며 이를 위해 다양한 회사가 연구에 참여필요(현재는 특정업체만 공급)
건축사사무소 실장	- 제로에너지건축물의 경우 아파트는 지부면적이 한정적이며 외벽설치 시 디자인성이 떨어짐. 설치 후 태양광 전력은 공용부 전력용으로 사용하는데 여분의 전력은 어떻게 사용? - 웰리스 인증의 경우 현재 국토부/산업부의 건축물 인증이 多 + 지자체 인증도 별도로 있음. 중복도 많고 서류작업이 복잡하며 인증업체만 좋아짐. 따라서 인증을 추가하지 말고 중요시 되는 인증에 항목을 추가하여 비용절감 필요 - 아파트 벽면의 경우 반사광으로 인한 인근 세대에 문제 발생이 있으며 건설사는 입주자/소비자가 원하는 항목에 대한 기술을 사용함. 예를 들어 미세먼지의 경우 제도는 미흡하나 소비자 선호에 따라 자체적으로 기술개발 중임
도시설계사무소 부사장	- 커뮤니티 에너지 공유의 경우도 제도적으로 준비되어야 하며 사용자의 필요성이 우선이어야 함. (난방비는 낮춰져 있으며 에너지 요금도 저렴 공유 필요?) - 건축물에너지 줄이기가 한계가 있어 도시기반시설/Recycle를 통한 도시에너지 공급율을 늘려 자립율을 높여야 할 것 같음.
건설사(대기업) 부장	- 건물에너지의 경우 환경변화 보다는 관주도형의 에너지 법규 대응을 따라감. 따라서 법규 내 최적화를 통한 품질관리(라돈, 층간소음 등)을 수행하고 있음. - 패시브의 경우 임계점에 도달한 것 같으며 따라서 신재생 적용으로 관점이 옮겨지고 있음. 벽면, 창호(투과형 태양광) 설치를 통한 개인 주거용 에너지 생산을 고려하고 있음 - 자재의 경우 자재만 공급하고 시공은 건설사에서 담당. 자재 시공법 개발이 필요
건설사(대기업) 책임연구원	- 국가연구과제 참여시 기술료 등 민간부담금 납부 부담이 큼. 이를 건설사에서 온실가스 저감량으로 대체하여 기술료의 부담을 덜 수 있을 것 같음. - 내부 개발기술도 실제 적용하기 어려운데, 비용문제가 발생 및 적용에 따른 리스크 문제도 있고 기술료가 있으면 과제 시작도 어려움. 따라서 온실가스 저감량으로 대체하면 신기술 적용도 높아질 것으로 생각
건축도시시스템공학	- 도시재생의 경우 자부담비율 및 민원으로 인해 회의적이며 관련된 신

과 교수	재생업체가 많으나 정부 비용을 받아서 사업하는 일회성 기업으로 A/S, 유지보수 등에 문제를 야기할 수 있음.
------	---

나. 2분과

- 분과별 간담회 중 2 분과에는 건설사, 건축사사무소, 도시공사, 통신사에 재직 중인 전문가분들을 모시고 간담회를 실시함
- 간담회 의견은 다음과 같음

[표 4-5] 2분과 전문가 간담회 의견 요약

전문가	의견
법학전문대학원 교수	- 현재 로보틱스, 3D프린팅 연구 중이다. 후보과제들중 설계시공분야, AI기반 최적설계, 스마트 입면 시공기술에 관심이 있다. - 제로에너지건물 설계시 에너지지 밸런스를 맞춰서 설계하면 효율이 향상된다고 알려져 있지만, 설치기기의 생산에서부터 소비까지 고려되는 에너지의 총량을 평가 필요하다. - 건물을 하나의 에너지, 기계시스템으로 생각하고 있는데 최근 추세는 건물이라는 것을 생물학적 시스템으로 바라보고 있다. 효율의 극대화 보다 적당한 수준의 운영효율로 건물을 설계하는 것이 더 친환경적이고 경제적인 일 수 있다. - 제로에너지건축관련 평가시스템에 한계가 있는 것 같다. 건물단계에서 평가할 수 있는 알고리즘들을 평가하여 실증건물에 대한 검증은 하고 싶다. 이러한 점들이 세부 후보과제들에 포함되었으면 좋겠다. (사회자 질문: 전 주기적인 LCC분석 툴이 있는지?) - 관련 분야가 박사학위 논문주제이다. 아직 검증을 많이 하지 못하였다. 알고리즘차원으로 풀어서 방법론은 만들어 놓았다. - 개발한 알고리즘은 '비트'라는 알고리즘을 사용한다. 이는 그 안에 흘러가는 에너지의 체계를 정량화하는 것이다. 이미 생물학에서는 많이 적용하고 있다. - 물질은 순환하고 에너지는 흐른다. 건물이 어떻게 파괴되느냐 클로즈 루프를 어떻게 만들 것인가는 중요한 문제이다. - 설계 및 설계자동화가 주요 연구분야이다. 실제 기술이 현실적인 것 같지만 타겟이 명확해야한다. - 시뮬레이션 툴이 연결되는 것, 예를 들어 에너지 플러스, 라디안스 등 고정된 시뮬레이션 툴을 유기적으로 연결해야한다.
건설자제 제조기업 부장	- 도시에서의 신재생에너지 설치 후 지자체의 유지관리 및 이에 따른 비용 부담이 있음. 따라서 지속가능하도록 에너지 절감형 유지관리 기술이 필요 - 단지형의 경우 생태산업단지 -> 공장폐수 -> 수질복원센터 -> Recycle 방

	식으로 환경적으로 문제가 없는 형태의 처리시스템이 가능하며 이를 통한 수질복원 단가 저감 - 도시 중심부에서의 스마트화를 높여 에너지절감이 가능토록 개발 필요
건축사사무소 연구원	- 발주처(실무) 입장에서는 비용을 줄이는 쪽으로 생각 한다. 적극적인 에너지문제를 해결하기 위해서는 발주처를 설득할 수 있는 정보 전달이 되어야 한다. - 세부과제들 중 레트로피팅(Retrofitting), 열에너지측에 관심이 있다. 설계자의 의도와는 달리 현실적인문제로 제품이 생산되지 않을 수 있다. 외피나 커트널에 대한 연구가 진행되었으면 좋겠다. - 평가지표관련해서도, 실무하시는 분들이 최소한의 인증점수확보하기 위해 최소한의 노력을 하고 있다. 이러한 점수들이 과연 합리적인지 적정성 평가 연구도 변경되었으면 좋겠다. (사회자 질문: 외피나 커트널 관련 2030년경 필요기술 유무? ECO2 개발 방향?)
건설사(대기업) 팀장	- 친환경 에너지 부분 전반적인 건축물 자재시스템 설계 시공 및 매크로 차원에서 도시기획을 하고 있다. - 세부과제 계획단계에서 사전예측 시공기술이라는 세부 내용의 부족, 자재 혹은 시스템, 모듈화 혹은 PC(프리패브)화등의 분류로 나눌 수있을 것 같다. (사회자 질문: PC화관련 건물의 대상범위는 어떤 것이 있는지?)
건설자재 제조기업 부장	- 일부건축 뿐만 아니라 모듈건축으로도 가능하다. - 재건축 재개발 등은 철근 콘크리트 일부를 부수거나 전체를 부순다. 폐기물도 많아진다. 모듈화된 유닛이 있으면 일부만 들어내고 다른 것을 재활용 할 수 있다. 건설 생태계자재를 바꿀 수 있다.
건축사사무소 연구원	- 현재 사업지원 에너지솔루션 개발팀에 근무, 빌딩에너지관리 등에 관한 사업을 하고 있다. - 한전이 독점하는 에너지시장은 풀릴 것이다. 선진국에서는 쓰고 남은 에너지를 거래하기 위한 방법에 대한 연구가 진행 중이다. - 제로에너지라 하면 백령도와 같은 섬만 생각했었지만 현재는 아파트등도 자립이 될수 있다. 아파트의 자립을 위해 ESS설치 태양광과의 결합, 설치 위치와 일사량, 각도 등 최초의 단지를 지을 때 이모든 내용이 반영된다면 실행력을 높일 수 있다. - 스마트 미터링 관련 온수, 가스, 수도 등 서로 다른 사업자에 의해서 검침이 된다. 집합건물에서 구성된 네트워크를 공유하여 검침에 대한 보다 효율적인 방법이 필요하다.
도시공사 단장	- 디자인, 설계기술 등에 새로운 시각으로 에너지 분야를 접근하는 것은 좋아 보인다. - 사전기획단계에서는 과제의 주제를 큰 범위로 가는 것이 좋다. - 5년짜리 과제의 경우 현황파악보다는 잠재량 분석과 니즈 분석을 통해

	미래지향적인 부분을 봐야한다. 그런 부분이 배제 된 것 같다. - 현재 추세는 전환이다. 도시 변화, 에너지 전환 등등 - 현실에서 에너지를 저감할 수 있는 것들을 고민해야한다. - 위층에서 아래층을 보는 과정을 진행해야한다. 통합적인 시각에서 기술이 통합되어 전체 과제의 목적을 이루기 위한 세부적인 기술이 뒷받침되어야한다.
건축사사무소 본부장	- 실제로 사용하지 않으면 의미가 없다. 활성화가 가장 중요하다. - 새로 개발된 기술이 어느 정도 가능성 있는지, 유지관리를 어떻게 할 것인가? - 2030년쯤 되면 사용연한이 다된 건축 자재들이 많이 나올 것이다 이런 폐자재들에 대한 재활용연구가 진행되었으면 좋겠다.

다. 간담회 의견 소결

○ 1분과에서는 건설사 담당자와 건축사사무소 담당자, 건축학과 교수로 이루어진 전문가간담회를 진행했음

◆ 주요의견 1: 신재생에너지 적용규모(하우스에서 도시로)의 확대에 대한 관점

- 도시 사용량 정보를 이용한 에너지 생산, 건물 설계 방안 등 도출
- 도시단위에서는 자원의 생산부터 폐기 후 리사이클로 이루어지는 자원순환에 대한 시스템화가 가능

◆ 주요의견 2: 국가 사업/정책 관점의 의견

- 너무 많은 인증으로 인한 소모가 큼
- 개별 기술에 대한 인증에 예산소모가 커서 인증이 어려움
- 국가과제의 경우 기술료 등 자부담이 커서 과제 참여에 제약이 있음
- 태양광 여분전력 사용에는 용도변경(정책적 대응)이 필요
- 커뮤니티 에너지 공유 등에 대한 제도 변경 필요

○ 2분과에서는 건설사 담당자와 건축사사무소 담당자, 공공기관 담당자 등으로 이루어진 전문가간담회를 진행했음

◆ 주요의견 1: 제로에너지 시티 관련

- 백령도와 같은 섬 뿐 아니라 아파트등도 에너지 자립섬으로 활용될 수 있음
- 건축 방식은 일부건축 뿐 아니라 모듈건축으로도 친환경에너지 건축이 가능함

- 신재생에너지 설치에서 그치는 것이 아니고, 지속적인 유지관리를 위해서 에너지 절감형 유지관리기술에 대한 개발이 필요함

◆ 주요의견 2: 신재생에너지 건축 기술 관련

- 기술 개발도 중요하지만 실용화가 가능하도록 실증이 매우 중요함
- 신재생에너지도 건축단위에서 전반적인 건축물 자재시스템, 설계, 시공 등 매크로 차원의 기획이 필요함

1-3. 전문가 수요조사

가. 전문가 수요조사 개요

- 전문가 수요조사는 개별적 이메일 수요조사와 간담회를 통한 수요조사 배포 및 작성을 추진했음
- 전문가 수요조사는 본 과제 기획단계에서 실제 기술을 이용해 친환경 에너지 건축물 산업에 종사하고 있는 각계 전문가들을 대상으로 필요기술에 대한 니즈를 파악하는 것을 목적으로 함
- 수요기술조사서는 다음과 같은 항목으로 구성되어 있음

[표 4-6] 수요기술조사서 구성 항목

	선택사항	의미
기술개발 단계	1. 기초 2. 응용 3. 개발 4. 실증	TRL 상의 기술의 발전정도
기술분류	1. 패시브 2. 액티브 3. 신재생 4. 건강건축 6. 건물 에너지 평가 6. 제로에너지 친환경 설계·시공 7. 그린리모델링	본사업 기획구성에 포함될 기술군
기술개발가능시기	1. 즉시	수요대상기술의 상용화가 가능한

	2. 현재로부터 1~2년 이내 3. 현재로부터 3~5년 이내 4. 현재로부터 5~10년 이내	개발완료 가능 시기
--	---	------------

- 각 항목 중 통계적으로 집계할 수 있는 항목에 대해서는 다음과 같은 결과를 도출할 수 있음

나. 전문가 수요조사 결과

■ 기술개발 단계

- 총 응답 25개(중복응답 허용) 중 기술개발단계에서 가장 많이 집계된 것은 “개발” 단계로 10개 기술이 속해 있으며 “실증” 단계 기술이 7개로 집계되었음

[표 4-7] 기술개발단계 집계결과

기초단계	응용단계	개발단계	실증단계
3	5	10	7

■ 기술분류

- 기술분류별 선택 결과 중 녹색건축 활성화 기술기반 조성 분류 중 신재생 중분류가 6개로 가장 많았음
- 가장 적게 집계된 것은 녹색건축 설계 시공리모델링 기술 고도화 대분류 중 건물에너지 평가 중분류로 나타남

[표 4-8] 기술분류 집계 결과

대분류	녹색건축 활성화 기술기반 조성		녹색건축 설계시공리모델링 기술 고도화		시민사회 기반 녹색건축 리빙랩실증	
중분류	패시브	3	건물에너지평가	1	스마트 녹색건축 리빙랩	4
	액티브	5	제로에너지 친환경 설계시공	5	스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩	2
	신재생	6	그린리모델링	2	건물부분 온실가스 관리시스템 및 제도	2
	건강건축	3				

■ 기술개발 가능시기

- 수요조사 된 기술들의 수요 단계는 A: 즉시, B: 현재로부터 1~2년 이내, C: 현재로부터 3~5년, D: 현재로부터 5~10년으로 구분할 수 있음
- 이 중 C(현재로부터 3~5년 이내 사업화 가능한 기술이 가장 많은 숫자를 나타내었음
- 수요기술들이 소요될 것으로 예상되는 사업규모는 가장 낮은 것은 6~7억 원에서부터 500억 규모까지 확인되었으며, 100억 원 이상의 규모는 4개의 수요기술에 대해서 나타났음

■ 기술개발 필요성

- 제로에너지시티 관련 기술개발의 필요성에 대해 전문가들의 응답은 크게 3가지로 구성할 수 있음
- 첫 번째, 건물과 에너지시설 노후에 따른 에너지 손실이 있음
- 두 번째, 신재생에너지 설비와 건축물이 연계됨으로써 필요한 관리 기술이 부족하여 시설의 효율성이 매우 떨어지는 경향이 있음
- 세 번째, 다양한 상황에 다양하게 적용될 수 있는 기술필요

1-4. 지자체 수요조사

가. 지자체 수요조사 개요

- 수요조사서 수행방법
 - 수요조사 진행 기간: 2019년 6월~7월
 - 수요조사서는 이메일 배포와 직접 방문을 통한 수요조사를 동시에 추진했음
 - 이메일발송을 통한 수요조사 진행은 전국 지자체 담당 공무원을 대상으로 추진했으며 방문수요조사는 일부 지역에 한해 추진했음
- 수요조사 공문
 - 수요조사 배포 및 응답유도를 위한 공문 발송



국토교통과학기술진흥원



수신 수신처 참조

(경유)

제목 국토교통 R&D 연구개발사업 건축·도시 에너지 분야 신규 과제 발굴을 위한 지자체 기술 수요조사 요청

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 국토교통부 주관 연구개발사업 운영규정 제9조 제2항에 따라 추진되는 국토교통부 R&D 연구개발사업의 신규 과제 발굴을 위한 지자체 기술 수요조사를 아래와 같이 실시하오니, 불응을 참고하셔서 화신하여 주시기 바랍니다. 관심 있으신 기관의 적극적인 참여를 부탁드립니다.

-아래-

가. 조사 기간 : 2019. 7. 24.(수) ~ 2019. 8. 2.(금) 18:00까지

나. 조사 범위 : 건축·도시 분야의 에너지 관련 기술

다. 조사 내용 : 에너지 관련 기술의 지자체 수요 및 실증 추진시 관심 여부

라. 회신 기한 : '19. 8. 2.(금) 18시까지

마. 회신 방법 : 이메일 회신(한국에너지기술연구원 태양열융합연구실 김중규 (042-860-3477 / mokim@kier.re.kr))

붙임, 「2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발」
지자체용 기술 수요조사 안내 1부, 끝.

국토교통과학기술진흥원장

수신처 : 광명시장, 양천시장, 예산시장, 광주시장, 광주광역시청, 김포시장, 구미시장, 의정부시장, 파주시청, 시흥시장, 제주특별자치도 제주시장, 문경시장, 포항시장, 김해시장, 안동시장, 남양주시청, 원주시청, 군주시청, 화성시장, 안산시청, 원주시청, 부천시청, 성남시장, 용인시장, 고양시장, 창원시장, 울산광역시청, 수원시장, 광주광역시청, 대전광역시청, 대구광역시청, 인천광역시청, 부산광역시청, 서울특별시청

일자 2019.07.24
장소 한지현
그림장 서명함

첨삭자

시행 기한 4주(2019.07.24) ~ 2019.07.24
주소 14089 경기도 양주시 용안구 시민대로 296 (구 / http://www.kaia.re.kr
전화 031-389-6507 / 31389-6507 / 31389-6507 / 31389-6507

[그림 4-5] 수요조사 공문

○ 수요조사 수행 양식

「2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발」
지자체용 기술 수요 조사서

국토교통부 주관 연구개발사업 운영규정 제9조 제2항에 따라 추진되는 국토교통부 R&D사업의 신규 과제 발굴을 위한 지자체 기술 수요조사를 대상으로 건축·도시 분야 에너지 관련 기술을 조사하고, 향후 실증 성과를 높일 수 있는 분야에 대한 관심 여부를 조사하고자 하오니, 기술수요조사서를 참고하신 후 아래의 양식을 작성하여 회신하여 주시기 바랍니다.

2019. 7. 24.
국토교통과학기술진흥원 혁신성장본부 기획4팀

1. 지자체가 담당할 건축·도시 에너지 문제

구분	담당 문제 및 이슈	담당 여부(✓) (아니면 X)
1. 건축주체	건축주체 노후화에 따른 양방향 에너지 사용 효율성 저하 단상 및 단상용 에너지 공급의 불균형 노후 건물에서 가전·냉난방의 부하로 인한 실내온도 저하 및 에너지 소비량 증가	
2. 용·공주체 (아파트)	일반 아파트에서 기존 벽체·단상용 에너지 사용 효율성 저하 노후 아파트에서 가전·냉난방의 부하로 인한 실내온도 저하 및 에너지 소비량 증가	
3. 도시·상업지역	에너지 효율성 향상을 위한 에너지 관리시스템 도입 에너지 효율성 향상을 위한 에너지 관리시스템 도입 에너지 효율성 향상을 위한 에너지 관리시스템 도입	
4. 도시개발지역	단상 및 단상용 에너지 공급의 불균형 단상 및 단상용 에너지 공급의 불균형 단상 및 단상용 에너지 공급의 불균형	
5. 세대별/세대별	세대별 에너지 효율성 향상을 위한 기술 도입 여부 세대별 에너지 효율성 향상을 위한 기술 도입 여부 세대별 에너지 효율성 향상을 위한 기술 도입 여부	

2. 지자체의 건축·도시 분야 에너지 기술 수요 조사

기술 분류(안)	기술 상세	기술 필요도(✓) (아니면 X)
1. 에너지 기술	고효율 외벽 단열, 열교환기 기술 등	
2. 에너지 기술	환기, 단상, 단상용 에너지 기술 등	
3. 신재생 에너지	태양광, 태양열, 연료전지, ESS, 축전 등	
4. 건물 에너지	건물 에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
5. 건물 에너지 평가	건물 에너지 성능 평가, 에너지 관리시스템 등	
6. 에너지 관리	에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
7. 에너지 관리	에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
8. 에너지 관리	에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
9. 에너지 관리	에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
10. 에너지 관리	에너지 관리시스템, 에너지 관리시스템 등	
11. 기타	에너지 관리	

3. 건축·도시 에너지 실증 추진시 참여 가능 여부 조사

실증 대상 및 지역(안)	실증 계획(안)	관심 여부(✓) (아니면 X)
1. 건축주체	(목표) 제철 주택의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 제철 주택의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 제철 주택의 에너지 성능 향상을 위한 실증	
2. 용·공주체 (아파트)	(목표) 아파트의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 아파트의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 아파트의 에너지 성능 향상을 위한 실증	
3. 도시·상업지역	(목표) 도시·상업지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 도시·상업지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 도시·상업지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증	
4. 도시개발지역	(목표) 도시개발지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 도시개발지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증 (현안) 도시개발지역의 에너지 성능 향상을 위한 실증	

[그림 4-6] 수요조사 수행양식

○ 지자체 응답현황

[표 4-9] 지자체 응답 현황

구분	접촉	응답
이메일 배포	전국지자체담당공무원	2건(대구시, 화성시)
개별 접촉 및 방문 수요조사	성남시, 진천군, 행복청, 경기도 광주시, 대구시	성남시, 진천군, 행복청

※ 회수된 수요조사서는 부록으로 첨부

나. 지자체 수요조사 결과

□ 성남시 건축과 공무원

- 주요 관심사: 기존도시 리모델링
- 현재 태평 2,4동 지역 리모델링 계획, 추진 중에 있음
- 성남지역은 신시가지(분당구)와 본시가지(수정구, 중원구 등)로 구분되어 두 지역에 추진되어야 하는 정책에 차이가 있음
- 본시가지의 경우 신시가지에 비해 낙후되어 있어서, 정비사업, 리모델링 사업 등이 집중되고 있음
- 반면에, 분당은 상대적으로 아파트 재건축, 리모델링에 대한 시급성이 본시가지에 비해 강조되지 않음(시청 정책상)
- 주택정비사업의 경우 이해당사자가 다수이며 각각의 의견이 상이해서 리모델링 결정이 확정되는데 많은 어려움이 있음
- 근시일내에 시행될 리모델링 사업에서 신재생에너지를 통한 에너지 소비 절감주택 시행이 가능 할 것으로 판단됨

□ 세종시 공무원

- 수요조사 응답 내용: 건축물 설계/시공 분야의 공공건축물 의무기준 강화에 대한 필요성을 강조
 - 세부설명: 공공건축물에 대한 제로에너지 인증의무가 확대 되나 해당 기준 충족을 위한 기술·공법 적용 사례가 충분하지 않고, 추가 소요 예산에 대한 명확한 추정 근거가 없어 사업 기획단계에 관련기관의 자문 등의 지원이 필요할 것으로 보임

* ' 20년 1,000㎡ 이상, ' 25년 500㎡ 이상 공공건축물에 의무 적용

□ 진천군 공무원

- 군유지인 광혜원에서 신재생 융복합 단지 구축 계획중에 있으며 연료전지와 제로에너지 하우스를 컨셉으로 잡고 있음
- 에너지 교육센터와 제로에너지 연료전지 타운을 조성할 예정임
- 이미 진행중인 과제로 충북도청에서 공고가 나면 도비 확보 후 추진될 예정임
- 도시건축 에너지에 관해서는 군단위 보다는 도청단위에서 계획적으로 추진하는 경향이 있어 단독으로 사업을 추진할 수는 없으나 진천군이 혁신도시가 있고 신재생에너지를 이용한 냉난방 공급 실증단지가 있어 매우 중요하게 여기는 사업분야임
- 추후 진천군 내에 냉난방 공급 규모를 키워 추가 신재생에너지 실증을 위한 제로에너지 도시를 추진할 니즈가 있음

□ 화성시 공무원

- 화성시는 저층 주택 노후화에 따른 냉난방 에너지 사용 효율성 저하가 중요한 문제로 대두되고 있음
- 건물에너지 부문에서는 에너지 사용 효율성 저하와 관련한 제반 문제들이 있음
- 건축 세부 기술에서는 패시브 기술과 그린 리모델링 기술이 필요함

□ 대구시 공무원

- 대구시 도심·상업지역에서는 신재생에너지 설치 및 에너지 자립율이 낮고 에너지 네트워크 및 공유/거래 현실화가 불투명하다는 문제점이 있음
- 대구시의 건축·도시 분야 에너지 기술로는 신재생에너지 기술과 스마트 녹색건축 리빙랩 기술에 대한 수요가 있음

1-5. 기술제안서 정리

- 지자체 수요조사의 경우 세부기술 제안보다는 지자체 활용기술 위주 및 실증가능성을 면담을 통해 조사하였기에 제안기술 목록에는 제외하였음.
- 전문가 기술수요제안서를 기준으로 ①제로에너지 건축 및 리모델링 기술, ②건물 신재생에너지 기술, ③스마트 녹색 건축 리빙랩 구현 기술, ④스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 기술의 4가지로 분류하였음.

- 기술제안서 목록 전체를 최종보고서 부록에 수록하였음. 일부 세부기술의 경우 좀 더 큰 분류항목에 포함시켰음.
- 본 기획연구는 사전기획으로 다양한 제안기술을 도출하는 하여 다음 단계인 예타기획에서 활용하는 것이 타당하다고 판단하여 제안기술의 우선순위를 정하지 않았음.
- 따라서 예비타당성 기획과제에서 최종 연구목표 및 후보과제를 도출하고 우선순위를 정할 것으로 사료됨.
- 사전기획 연구를 통하여 국내외 기술동향, 국내외 연구사례, 중복성 분석, 중점 기술개발 방향 등에 대한 조사와 점검이 가능하여 이들 자료를 바탕으로 예비타당성 연구사업 시 최종 연구목표 설정 및 이에 따른 후보과제 도출이 수월할 것으로 판단
- 사전기획 초기에 사업의 최종 목표와 더불어 건축, 도시에너지에 대한 미래상을 도출하고자 하였으나 신도시 조성, 기존 도시에 대한 도시재생의 2가지 대상 실증에 대한 이슈 정리가 필요하였으며
- 사전기획에서 최종 목표를 도출할 경우 예타기획의 범위를 제한할 수 있을 것으로 판단되어 제안 기술을 4개의 분류별로 정리하는 선에서 기술수요조사를 마침.

2. 공청회

- 본 과제의 일반인 및 전문가 의견을 반영하기 위해 공청회를 개최했음

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - 일시: 2019년 8월 22일 오후 2시부터 4시 - 장소: 양재동 The-K 호텔 - 참석인원: 패널 6명, 국토부 사무관 1명 포함 총 70명 - 주관기관: 한국에너지기술연구원, 호서대학교, 고려대학교, (주)SYP, (주)TBNA - 공문발송: 한국국토교통과학기술진흥원 |
|---|

국토교통연구기획사업 기획과제 공청회 개최 계획(안)
- 2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발 -

□ 목적

- 2018년 국토교통연구기획사업으로 추진한 「2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발」 과제의 기획 결과에 대한 관련 전문가 및 일반인 대상 공청회 개최

□ 일시 및 장소

- 일 시 : '19년 8월 22일(목), 14:00 ~ 16:00
- 장 소 : The-K Hotel Seoul, 본관 3F 대강홀
- 주 관 : 한국에너지기술연구원, 호서대학교

□ 일정

Time	Program
13:30 ~ 14:00	등록
14:00 ~ 14:10	인사말
14:10 ~ 14:40	주제발표 : 2030 환경변화 대응 건축·도시 에너지 기술개발 기획 결과 - 호서대학교 이진원 교수, 한국에너지기술연구원 김종규 박사
14:40 ~ 15:30	패널 토론 박영준 사무관 (국토교통부 녹색건축과) 김영근 단장 (SH공사 스마트시티사업단) 윤홍상 대표 (주)에너지공동체 임재민 교수 (이화여자대학교) 박정훈 차장 (쌍용건설) 김지혜 과장 (한국에너지공단) 최경석 연구위원 (한국건설기술연구원)
15:30 ~ 15:50	토론 및 질의응답
15:50 ~ 16:00	폐회

(붙임 1) 회의장 약도

□ The-K호텔

- 주소 : 서울시 서초구 바우피로 12길 70



< 교통편 >

□ 대중교통 이용 시

- 지하철

- 신분당선 양재시민의숲(매곡역) 5번 출구 → 도보 5분 정도 소요
- 서울메트로 : 3호선 양재역 9번 출구 서초문화예술회관 앞 → 서울메트로 이용
- 마포버스 : 3호선 양재역 11번 출구 → 서초8번 마포버스터미널(호텔 후문 하차)

- 버스

- 공항버스 : 6600, 6009 / 일반 간선 버스(과람) : 405, 421, 140, 470, 441

□ 셔틀버스 운행 시간표

시간	오전(2030에너지발)	오후(2030에너지발)
08:00	10분, 30분, 50분	20분, 40분
07:00 ~ 08:00	10분, 30분, 50분	08분, 28분, 48분
08:00	10분, 30분	08분, 28분, 50분
10:00 ~ 22:00	10분, 40분	20분, 50분

[그림 4-7] 공청회 일정

- 한국에너지 기술연구원의 김종규 실장과 호서대학교 이진원 교수가 과제에 대한 설명을 진행했음



[그림 4-8] 공청회 사진

□ 패널토론

○ 이후, 7명의 패널 토론을 실시함

○ 패널 의견은 다음과 같음

[표 4-10] 공청회 패널 의견 요약

전문가	의견
건설사	- 1) 온실가스 저감과 탄소 저감정책이 현재 과제와 어떤 연관성이 있는지 밝히는 것이 중요. 과제별로 우선순위를 두고 진행해야하며 각 세부과제에 대해서 우선순위를 두어 과제를 정리하는 게 좋을 것 같음. - 2) 4차 산업을 건축쪽에 어떻게 담을 것인지, 에너지그리드 에너지 공급업체들과 건축사업에서 과제를, 한전이 독점하는 시장차원에서 에너지 공유과제 도출하는 것이 필요. - 3) 시공관련, 시공사입장에서는 자재에 대한 표준과 해당 표준에 대한 정당성이 중요. 국내환경에 적합한 시공방법을 개선하고 적용가능한 과제가 도출되었으면 좋고 스마트 외피기술은 현실성여부에서 재검토, 국내 주거 형태를 고려한 시공기술이 반영된 과제도출 필요.
에너지관리공단	- 1) 요소기술은 산업부에서 담당하므로 이를 활용하는 방안과 비용부담에 대한 회수 방안에 대한 검토 필요 - 2) 현재 자재설비개발은 산업부에서 융복합 과제로 진행되는 R&D가 있음. 이러한 기술에 대해 디테일한 설계/자재설비 시공을 어떻게 할 것인가?가 필요하며 이를 과제내용에 담아야 함. - 3) 에너지를 최적화 할 때 사용자 행동패턴은 중요한 요소임. 행동패턴 분석은 데이터베이스가 있어야 분석이 가능한데, 국토부에서 패턴 분석을 하는 연구과제 도출 필요. - 인증이 아니더라도 건강건축은 중요, 다른 제도들과 결합이 될 수 있음.
공사	- 1) 도시+에너지? 에너지+도시? 주안점에 대해서 시각이 다를 수 있음. - 2) 에너지 전환, 현재는 변화가 아니라 전환이며 도시공간구조도 개편이 되어야함. 현재 살고 있는 도시는 에너지소비형이며 우리는 전기가 없으면 살 수 없는 구조임. 따라서 에너지를 어떻게 하면 저감할 수 있는가하는 에너지저감 건물개발, 화석에너지 의존도저감 과제가 도출되었으면 좋겠음. - 최근 에너지 저감과 관련하여 모듈러 건축이 활발히 이루어지고 있는데 이 부분 포함도 필요 - 도시의 에너지를 저감하는 것은 도시전체를 본 다음에 건물로 가야함. - 신도시 공급이 감소됨에 따라 기존도시를 대상으로 하는 대응방안 마련이 필요.

	- 3) 에너지자립에 대한 개념도 들어가야 할 것 같음. 유럽의 경우 에너지 자립에 대한 이야기들이 많이 있음. - 4) 인증제도 관련해서, 인증제도는 전 세계적으로 수출한다. 자체적으로 소비하는 것이 아닌 전 세계를 대상으로 하며 따라서 기술의 국제화와 같이 인증제도의 국제화도 필요. - 5) 리빙랩 관련, 에너지를 저감하는 것은 사람의 생활패턴이 바뀌어야 함. 층간소음을 기술적인 방법보다 생활패턴을 바꾸는 방법이 필요하듯 에너지저감은 생활패턴의 변화가 필요. 주민들이 체감하여 생활패턴을 바꾸게 하는 과제가 도출되어야 함.
대학	- 1) 연구성과의 목표가 구체화 되어야 함. 2030이라 하면 과제 시작시간에서 목표기간까지에 대한 구체적인 로드맵이 필요. 그 후에 건축/도시 요소기술을 정리하여야 함. - 2) 결국 에너지절감을 어디서 할 것인가가 주된 문제이며 건축은 에너지 수요관리 기술이 필요. 자재산업부분은 산업부에서 진행될 가능성이 많으며 2030년도까지 기여를 할 수 있는지, 이 예타 과제에 포함할 것인가? 하나의 방향성을 가지고 국토부 역할에 맞는 연구과제를 진행해야 함. - 3) 온실가스 관리, 기존 및 신축건물에 대한 기술들이 다르며 이 안에서의 방향성이 나와야 함. 각 대상에 대한 각각의 적용기술을 구분해야 함. - 4) 도시적인 측면에서 지자체, 공사 등이 관여할 수 있도록 기반을 마련해야하며 지방자치단체에서 수용할 수 있는 제도적 방안을 마련해야 함.
기업	- 1) 2030년을 에너지환경변화로 인지하고 있는지? 변화인가 전환인가? 도시에서의 에너지 절감인지 에너지절감을 위해 도시를 재구성 할 것인지 명확한 비전을 가지고 과제를 진행해야 함. 많은 과제기술 중 우선순위를 가려서 2030년 비전에 대한 과제를 선택해야 함. - 2) 목적을 어떻게 정의 할 것인가? 목표는 기술을 개발할 것인가? 둘다 정량적 표어로만 되어있는데, 2030년 에너지자립도시는 몇 퍼센트 자립할 것인가에 대한 목표가 분명해야 함. - 3) 2030년을 목표로 한다면 건축에 들어가 있는 요소기술들은 어느 정도 끝난 것 같음. 건축은 2025년 제로에너지로 가게 되며 공공건축, 민간건축물 구성 비율을 검토하면 도시에너지 자립율을 몇 %로 할지에 대한 목표수치들이 제시되어야 함. - 4) 2030년에 어떤 기준을 가지고 에너지를 평가할 것인가? 키워드는 프로슈머가 가장 큰 이슈가 될 것이며 에너지 공급시스템이 중앙공급에서 분산형으로 갈 것임. 건물에서 생산된 에너지는 2030년에는 에너지소비 뿐만 아니라 생산도 큰 자원이다. 이러한 다양한 거래시스템(플랫폼) 구축이 필요

연구원	- 1) 현재 기획된 과제들은 많은 범위들을 포함하고 있는데, 본 기획인 예타과정 중 수렴되기를 기대- 현 과제는 국토부 R&D이므로 수요자는 국토부, 국토부의 로드맵에 따라서 과제가 진행 되어야하며 건축을 넘어 도시로 가려는 로드맵에 맞춰 제로에너지 시범단지 사업과 관련, 시범사업들이 수요자인 국토부에서 요구하는 대로 잘 이어나갈 수 있도록 정리 필요 - 2) 4, 5년 앞서갈 수 있는 선도 기술을 제시하여 제로에너지건축 도시 차원에서 실증할 수 있는 부분이 정리되어야 함. - 3) 정책적인 부분에 맞춰서 기술개발 과제들이 정리되어야 함.
국토부	- 1) 그동안 온실가스 저감 및 환경 관련하여 국토부가 수행해야 하는 명확한 이유가 있어야하며 건축단위에서 도시와 국토단위로 확산되어야 함. - 2) 이미 다양한 기술들을 개발하고 있으며 건축산업은 미래의 새로운 성장동력으로 가는데 있어서 굉장히 중요한 역할을 함. 따라서 에너지 기술과 녹색건축기술은 건축산업을 활성화시키는 핵심기술이 될 수 있음. - 3) 기존도시의 에너지효율화 부분에 대해서 평가할 수 있는 도구가 필요하며 정량적으로 평가할 수 있는 틀자체가 부족. 최적 에너지평가 틀이 도출이 반드시 필요. - 4) 2030년의 에너지 소비패턴은 다르게 될 것이며 재료에서부터에서 새로운 기술개발이 필요하여 우리가 도전할 수 있는 과제들을 만들어야 함. (예, 냉난방 관련 PCM이용 외피 기술) - 5) 현재까지는 장비차원의 연구결과를 얻었으나 시스템차원으로 실제 상황을 고려하여 Real Zero 에너지로 이전해야 함. - 6) 우리나라 온수난방, 복사난방 현대화를 시킨 기술개발이 필요하며 복사냉난방 최적화된 방식, 공기난방 보다 복사 쪽으로 기술개발을 통한 쾌적성과 에너지 최적화 달성이 요구. - 7) 사람을 중심에 두고 2030년을 바라봐야한다. 20, 30년 후의 비전을 가지고 다른 세상을 보여줄 필요가 있음.
질의응답	- 질문) 건물에너지 에너지 절약은 불필요한 에너지를 사용하지 않는 것, 에너지를 절약하는 기술적인 방법은 이미 나와 있다. 실제 건설사나, 시행사가 진심을 가지고 에너지비용을 절약하고, 환경에 기여하는 것들이 필요하다. 제도적인 장치가 필요하다. - 현재 많은 기술들이 있는데 이를 실질적으로 어떻게 사용할 수 있는지, 에너지 절약에 관심 있는 사람이 없다. 건설사에서는 에너지절약에 관심이 없다. 연구한 결과물이 실질적으로 어떻게 적용될 것인지 제도적인 차원에서 적용이 되어야한다, 신재생에너지도 재검토를 해야 한다. - 답변1) 기술이 독점이면 적용하기가 힘들 것이다. 좋은 기술은 독점일 수밖에 없다. 대안설계는 할 수밖에 없는 이유가 있다. 기술자들은 검

	토하고, 검토하는 기준은 최적화라고 생각한다. 이 과정에서 결국에는 원가가 절감될 수 있는 것이지 돈만 따지고 설계를 하지는 않는다. 좋은 기술을 적용해서 제로에너지건물을 만들었는데, 장비노후화를 어떻게 예측하여 운영을 할 것인지 중요하다. 모니터링에 대한 부분이 회자가 되고는 있지만 공개가 되고 있지는 않다. - 답변2) 기술수용성에 대한 논의 보다는 금융, 자본주의 새로운 가치체계대한 논의가 필요하다, 비전은 앞서가는데 금융은 뒤따라온다. 연구에는 금융이 따라와야 한다. 거기에서도 자본주의의 논리가 살아있다. 무엇보다도 개인이 가지고 있는 비전도 중요하지만 금융적 기반이 뒷받침되어야한다. - 도시재생의 경우 자부담비율 및 민원으로 인해 회의적이며 관련된 신재생업체가 많으나 정부 비용을 받아서 사업하는 일회성 기업으로 A/S, 유지보수 등에 문제를 야기할 수 있음.
--	--

제2절. 건축/도시 에너지 최적화 기술개발 사업 추진현황

그동안 국내에서는 건축물 또는 커뮤니티 단위의 에너지 최적화를 위한 기술개발이 꾸준히 진행되어 왔으며, 특히 단일 건축물에 대한 제로에너지화 기술개발은 20여년동안 지속되어 왔다고 해도 과언이 아니다. 최근에는 에너지 최적화 대상을 커뮤니티 또는 도시 단위로 확대하는 기술개발이 점차 증가하고 있는데, 본 절에서는 이러한 기술개발 사업 중 대표적인 예를 설명하고자 한다.

1. 유사사업 현황

커뮤니티 또는 도시 단위 에너지 최적화 기술개발 사업 중 과기부 및 산업부에서 최근 추진한 대표적인 사업의 예를 하나씩 제시하고 설명하고자 한다.

가. 진천 친환경에너지타운 조성을 위한 기술개발 및 실증연구

과기부의 지원으로 한국에너지기술연구원이 주관하고 공항시설관리(주)가 참여기업으로 수행한 실증연구 사업으로써, 1년여의 기획연구 후 2년 동안의 기술개발과 실증단지 구축, 그리고 그 이후 2년간의 실증연구가 진행되어 2019년 5월 종료된 사업이다. 정부지원 약 105억원과 지자체 분담금 30억원(토지구입비 포함) 등이 투입되었으며, 이 중 순수연구비는 약 35억원이었다.

- 국내 최초로 태양에너지 기반 커뮤니티 단위 에너지자립을 실현한 사업으로써, 신재생에너지만을 이용하여 단위 지역의 제로에너지화를 실현하였다는 특징이 있음
- 실증단지는 고등학교, 도서관, 청소년문화센터, 어린이집 등 다양한 목적의 6개 공공건물로 구성되었고, 주거용 건물은 포함되지 않았음
- 열에너지의 경우 탱크방식 계간축열조를 포함한 태양열 시스템 기반에 보조열원으로써 지열원 및 하수열원 히트펌프를 이용하였으며, 열 네트워크를 통한 중앙공급방식으로 2년 이상의 실증연구 기간 중 안정적으로 열에너지를 공급한 것으로 평가받았음
- 이용된 설비는 1,600 m³의 태양열 집열기, 4,000 m³의 계간축열조와 50 RT급 3대(총 150 RT)의 히트펌프이며, 히트펌프 중 한 대는 지열원 히트펌프로 24공의 지열열교환기를 활용하였음
- 계간축열조를 이용하여 봄부터 가을까지의 잉여 태양열을 저장하였다가 겨울철 활용한 것도 국내 최초 사례로, 추후 국내 계간축열조 이용 활성화에 기여할 것으로 예상됨
- 난방 및 온수급탕을 포함한 연간 온열공급량은 약 600 MWh, 냉열공급량은 약 200

MWh, 전력사용량은 약 800 MWh였는데, 냉열공급량이 적은 이유는 고등학교의 경우 흡수식 히트펌프를 이용한 자체 냉방을 하였기 때문임

- 보조열원인 히트펌프를 이용하는 경우 경부하시간대 냉온열에너지를 생산하여 심야축열조에 저장하였다가 주간시간대 이용함으로써, 전력부하 평준화에도 기여하는 효과를 얻었음
- 전기에너지의 경우 약 800 kW급 태양광발전 시스템을 통해 연간 생산된 전력량(약 1,100 MWh)이 기계실을 포함한 모든 공공건물에서 연간 소비한 전력량(약 800 MWh) 이상이었던 것으로 분석되어 net zero(실제로는 plus energy)를 실현한 것으로 평가되었음
- 5 kW급 2대, 총 10 kW급의 연료전지가 설치되었으나, 생산된 전력과 열에너지의 용량이 충분하지 않기 때문에 능동적으로 이용하지 못하는 문제점이 노출되었음
- 신재생에너지 설비의 운전상태와 에너지 공급 및 소비현황을 파악하기 위한 모니터링 시스템을 구축하고 운용하였기 때문에, 각 설비의 성능 및 효율과 각 공공건물의 에너지소비에 대한 자세한 실측데이터를 확보할 수 있었음
- 실증연구 기간 중 열에너지 생산 및 공급 시스템 관련 배관구성과 제어방식을 수정 보완하여 최적화하고 운전방법 등이 제시된 매뉴얼을 작성함으로써, 비전문가에 의한 통합 시스템 운용이 가능하도록 하였음

나. 스마트 제로에너지시티(Smart Zero Energy City) 개발

산업부의 지원으로 서울에너지공사가 총괄주관하고 한국에너지기술연구원과 GS건설이 각 세부사업 주관기관으로 참여하여 수행하는 실증연구 사업으로써, 3개 세부과제의 연구기간은 2018년 5월부터 2021년 12월까지 44개월간이며 정부지원 201억원 등 총 사업비 300억원이 투입될 예정이다.

- 사업이 착수된 2018년도에는 3개의 세부과제로 구성되어 수행되고 있으나, '19년 말 또 다른 2개의 세부과제가 추가되어 2022년 12월까지 진행될 예정임
- 당초 국가 스마트시티로 선정된 세종시 5-1 지구를 대상으로 통합실증을 수행할 예정이었으나, 해당 지역의 에너지 기본설계가 지연되어 또 다른 스마트시티인 부산 EDC(에코텔타시티)로 실증 지역을 변경하였음
- 2019년 8월 현재 현재 진행 중인 과제 중 1세부과제는 한국에너지기술연구원이 주관인 ‘(신재생 및 미활용 에너지 이용)마이크로 열에너지 네트워크 기술 개발’ 로써, 분산열원 기반 열에너지 프로슈머 간 양방향 열거래 구현을 목표로 하고 있음
- 1세부과제는 진천 친환경에너지타운 사업으로 기 구축된 소규모 열에너지 네트워크를

실증대상으로 열에너지 프로슈머 간 열에너지 거래를 수행하면서, 실시간 에너지 수요예측 및 공급 에너지원 평가와 열 네트워크 운영을 위한 관제 시스템 등 여러 가지 기술적 문제를 해결하는 실증연구 과제임

- 2세부과제는 서울에너지공사가 주관인 ‘Cascade 열활용 지역 냉난방 최적화 기술 개발’로써, 열에너지 광역망 연계 분산형 cascade 열 네트워크 구축과 연계 운전관리 플랫폼 실증 운용을 목표로 하고 있음
- 서울에너지공사가 지역난방수를 공급하고 있는 서울 마곡지구를 실증대상으로 하고 있으며, 광역망 리턴수와 신재생에너지의 연계 이용과 연료전지 배열 활용 및 연료전지 연계 ORC 발전시스템을 적용한 H2P 실증 등을 연구내용으로 하고 있음
- 3세부과제는 ‘양방향 스마트 ZEC 통합 네트워크 기술 개발’로써 GS건설이 주관기관인데, 스마트 ZEC 실제 운영과 에너지 데이터의 효과적 처리를 위한 빅데이터 통합 운영 시스템 구축과 함께, 실증을 통한 도시단위 에너지 효율화를 목표로 하고 있음
- 도시단위 스마트 계량기 적용과 빅데이터 수집 및 분석, 이를 활용한 스마트 서비스 기술 및 에너지 통합 최적 운영 스케줄링 기술, 그리고 스마트 ZEC 통합 플랫폼 구축을 위한 도시단위 네트워크 실증(부산 EDC 대상) 등을 연구내용으로 하고 있다.
- 2019년 추가되는 4, 5세부과제 중 4세부과제는 ‘열거래를 위한 복합 및 분산형 스마트 축열 시스템 개발’이며, 신재생 및 미활용 에너지를 포함한 다양한 열원(복수의 프로슈머)에서 생산되는 열에너지를 저장하였다가 효율적으로 공급할 수 있는 허브 축열 시스템 및 운용기술 개발과 실증을 목표로 하고 있음
- 또한 5세부과제는 ‘스마트 ZEC 에너지 거래 플랫폼 통합운영기술 개발’인데, 역시 다양한 열원에서 생산되는 열에너지와 분산 자원을 활용한 가상 발전기술을 효과적으로 운영하고 거래하도록 하는 도시단위 다중에너지 최적 운영 및 거래 플랫폼기술 개발과 실증을 목표로 하고 있음

2. 국토교통부 사업 현황

국토교통부에서 수행한 기술개발사업 중 건축/도시 에너지 최적화와 관련된 최근의 연구로는 ‘탄소저감 스마트 도시에너지 관리 시스템 개발(GS건설, 2011~2016)’, ‘에너지 저감형 주거 및 지열 시스템 적정기술 개발(전남대, 2014~2017)’, ‘제로에너지주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축연구(명지대, 2013~2018)’, ‘저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축기술 개발(에너지연, 2019~2023)’ 등이 있다. 이들 사업의 수행내용을 간략히 정리하면서 본 사업과의 중복성을 검토하였다.

가. 탄소저감 스마트 도시에너지 관리 시스템 개발

GS건설 기술연구소(건축환경연구팀)가 주관하고 한국건설기술연구원, 기초전력연구원, 상명대학교가 참여한 본 과제는, 2011년 3월부터 2016년 9월까지 약 55개월에 걸쳐 수행되었고, 정부지원 및 기업부담 각각 28.5억 등 총 57억원이 투입되었다. 이 사업에서는 스마트 에너지 관리 시스템 개발을 통해 탄소저감 20%를 목표로 하고 있다.

- 에너지 공급 시스템을 구성하는 설비의 종류 및 용량을 선정할 수 있는 최적조합 도출과 이에 따른 경제성 분석이 가능한 소프트웨어인 Smart CEMS-D(Smart City Energy Management System-Design)를 개발
- 이를 활용하면 도시 또는 지구 단위 설계에서부터 온실가스 저감 정책에 부합하는 에너지 공급 설비들의 선정뿐만 아니라, 부하 증가에 따른 에너지 설비 증설 계획에도 활용 가능
- 또한 집단에너지 공급 사업자의 경우 전력 및 열원의 에너지 믹스를 통하여 최적의 에너지를 공급할 수 있는 시스템 구성이 가능하고, 지구 단위 에너지 시스템 설계 및 이에 대한 효과분석을 통해 사업성 있는 모델을 제안할 수 있으며, 도시 재생사업의 경우에도 투자비 관련 LCC 분석 및 적용에 따른 효과 분석이 가능
- 한편, 도시 단위 에너지 공급 시스템에 실시간 모니터링 센서가 설치되었을 경우, 에너지 공급 설비의 최적운영 스케줄을 제시하는 운영지원 소프트웨어인 Smart CEMS-O(Smart City Energy Management System-Operation)도 함께 개발하였음
- 이를 통해 에너지 비용 및 탄소저감 최적화가 가능하며, 부하 및 신재생발전량 예측을 통하여 설비의 최적제어가 가능하고, 에너지 프로슈머 관련 사업에 활용하는 경우 운영 스케줄 최적화를 통해 에너지 비용 최소화가 가능할 것임
- 개발된 소프트웨어를 활용하여 POC(Proof of Concept) 실증을 GS건설 기술연구소에서 수행하였는데, 신재생에너지 설비(PV, 연료전지 등)가 구축된 빌딩군을 대상으로 센서를 설치하여 각 건물의 부하패턴을 실측하고 그 데이터를 이용한 시뮬레이션을 통해 최적 운전방안을 모색하였음
- 열 네트워크 신설이나 설비의 보완 등을 할 수는 없었기 때문에 시뮬레이션 결과에 머물렀지만, POC 데이터를 활용한 CEMS-O를 통해 열 네트워크 모듈의 경우의 에너지 저감 효과가 매우 큰 것을 확인하였음
- 또한 POC 및 안산시에 설치된 신재생에너지 설비 일부에 센서를 설치하고 에너지 생산량을 모니터링하여 신재생에너지 발전량 예측 프로그램의 데이터로 활용하였고, 안산시의 주거, 상업, 산업단지 등에서의 측정된 전력소비량 데이터를 이용한 부하분석과 비상용발전기를 이용한 수요관리 타당성을 살펴보았음
- 인구 12만명의 모델 도시를 설정하고 CEMS-D를 이용하여 10% 이상의 에너지절약이

가능한 도시에너지 공급시스템을 설계하였음

- 수원시 에너지 사용량 데이터와 건축물대장을 기반으로 총 부하량을 산정하고 소비특성을 분석하였으며, 에너지 공급 설비 변화에 따른 에너지 소비량과 탄소저감량을 시뮬레이션으로 검증하였음
- 이러한 결과들을 반영하여 복합에너지 커뮤니티 설계지침과 제도개선 방안도 제시
- 기존 지구 또는 도시 단위에서는 모니터링과 개념상의 설계와 같은 시뮬레이션에 그칠 수밖에 없으므로, 개발된 프로그램의 효과를 확인하기 위해서는 에너지 설비 설계단계에서부터 적용해야만 한다는 문제점이 있음
- 자원순환형 신도시의 저탄소 에너지고효율을 위한 모델 제시가 가능하므로 본 과제의 Cloud SHARE Platform과 연계하여 커뮤니티(아파트, 단독주택, 상업시설 및 공공기관 건물 등) 내의 에너지 운영, 관리시스템 공급설비 최적화 수행에 활용 가능

나. 에너지 저감형 주거 및 지열 시스템 적정기술 개발

전남대학교가 주관하고 대호산업개발(주) 등의 기업들이 참여기업으로, 그리고 한국과 학기술원과 조선대학교가 위탁으로 참여한 본 과제는 2014년 6월 ~ 2017년 12월까지 3.5년간 수행되었으며, 정부지원 27.3억원 등 총 43억원이 투입되었다. 에너지 절감형 리모델링 기술 및 재료 개발과 지중열교환 시스템 최적화 기술 개발을 목표로 하고 있으며, 실험주택을 대상으로 실증실험을 수행하였다.

- 에너지 절감형 리모델링 기술 및 재료 개발로 효율적인 에너지 관리와 운영을 도모하며, 널리 보급되고 있는 지열원 히트펌프의 성능향상을 위해 지열열교환기의 최적화 기술 개발을 시도
- 건축물 에너지 부하를 낮추기 위한 외피 개발을 위해 리모델링이 요구되는 기존 주택에 대한 자료 조사를 수행
- 10%의 에너지 저감효과를 갖고 있는 개구부 프레임과 열전도율 $0.7 \text{ W/m}^2\text{℃}$ 이하의 외벽 판넬이 복합적으로 적용된 외피 시스템의 개발을 통해 건축물 창호 및 외벽의 에너지 성능을 높이는 기술 개발
- 건축물 외벽 변화에 대응할 수 있는 기변적인 개구부 프레임 개발과 내부 중공층 및 에너지 저감효과를 고려한 블라인드 등 요소 기술 개발
- 호남지역의 지중 특성 D/B 구축과 최적 열교환을 위한 열전도성 초유동 속채움재 및 코일형 열교환기 등 개발로 열교환 성능 향상과 시공비 절감을 실현
- 2개의 실험주택을 이용한 통합 test bed를 구축하고 개발된 기술을 적용한 경우와

그렇지 않은 경우로 나누어 적용 기술의 효과를 분석(봄·가을, 겨울, 여름 각각 7일간)

다. 제로에너지주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축연구

명지대학교가 주관하고 (주)KCC건설, 서울주택도시공사 도시연구원 등이 참여한 본 과제는, 2013년 10월부터 2018년 4월까지 약 4.5년에 걸쳐 수행되었고, 정부지원 31.4억 등 총 43.5억원(총 기술개발비는 정부 179.8억 등 총 240.9억원)이 투입되었다. 이 사업에서는 제로에너지주택 최적화 모델을 개발하고 구현한 후 모니터링을 통해 성과를 검증하는 것을 목표로 하고 있다. 이와 함께 공동주택 단지 대상 5대 에너지 분리계측으로 향후 분리계측 기초자료로 활용하고자 하였다.

- 1세부과제는 제로에너지주택 및 단지 융합기술 연구와 최적화 모델 설계이며, 2세부과제는 제로에너지주택 및 커뮤니티 시공과 홍보관 구축, 3세부과제는 제로에너지 성능 검증방법 개발과 시공 및 운영관리 매뉴얼 개발을 내용으로 하고 있음
- 실증단지 최종목표는 총 121세대(단독 2, 합벽주택 4, 연립 9, 아파트 106)를 대상으로 연간에너지 소비량은 국내 주택 평균 에너지소비량 1,284 MWh 보다 46% 저감된 698 MWh, 신재생에너지 생산량은 779 MWh로 플러스에너지를 추구하였음(표준 냉난방 설정온도(겨울철 20℃, 여름철 26℃) 기준)
- 모니터링 기간은 2017년 6월부터 2018년 4월까지인데 실입주자는 2017년 10월경 입주하였기 때문에 여름철 데이터는 시운전 단계의 모니터링 결과를 활용하였으며, 제로에너지 달성 여부 및 자립율 분석은 2018년 1월부터 2019년 1월까지의 측정결과로 판단 가능함
- 실시설계 완료 후 착공에서 입주까지는 약 2년이 소요되었으며, 그 전의 행정절차까지 감안하면 3.5년 정도 소요되었음
- 1세부과제에서 다룬 주요 내용은 제로에너지 주택 분야 중장기 마스터플랜 수립, 기술 가이드라인 개발, 주택단지 복합에너지 최적화 시스템 도출(다양한 복합에너지 시스템 대안 제시), 적용 건축자재 분석, 비즈니스 모델 개발 및 모델별 경제성 검증, 비용 최적화 모델 개발 및 공사비용 분석 등임
- 또한 제로에너지 주택 및 단지 최적화 모델 설계와 성능인증(독일 패시브하우스 인증)을 취득하였음
- 2세부과제에서는 제로에너지주택 및 커뮤니티 시공(목업주택, 홍보관 포함)을 담당했는데, 아파트의 경우 지열원 히트펌프를 통한 중앙공급방식 냉난방 및 급탕(54℃)을, 그리고 그 외 주택은 냉방은 개별 EHP를 이용하였음(난방은 중앙공급)
- 백업 열원으로 도시가스 이용 보일러와 중앙형 열회수 환기장치를 설치했음

- 3세부과제에서는 제로에너지 성능검증 방법 및 인증기준을 개발하고, 기존 임대주택을 대상으로 하는 에너지 사용량 분석 및 설문조사를 했으며, 사전 기존 건물 대상 실측을 바탕으로 하는 5대 에너지 분리계측을 통한 성능평가를 수행했음
- 또한 제로에너지 시공 및 운영관리 매뉴얼을 개발하고 제로에너지 및 쾌적성 모니터링 시스템 구축과 모니터링을 실시했으나, 사업기간의 제한으로 실제 모니터링 결과가 구체적으로 제시되지 못하고 있으며 주민 수용성에 대한 정보도 부재함

라. 효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지 핵심기술 개발 기획

한국건설기술연구원이 주관하고 한국에너지기술연구원과 명지대학교 등이 참여한 본 기획과제는 2017년까지 수행되었으며, 신규사업인 ‘저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발’과 ‘기존 건축물 제로에너지화를 위한 수요맞춤형 리모델링 모델 개발 및 실증’을 제안하였다.

- 기존 건축물 제로에너지화 기술에 대한 정의와 건축물 노후화에 따른 에너지 다소비 문제, 그리고 공동주택 개보수 및 리모델링 관련 연구의 일반화 부족을 필요성으로 제시
- 건물에너지 및 리모델링과 관련된 국내외 정책, 시장, 기술 동향 등을 분석하였고, 유사과제(저비용 고효율 노후 공동주택 수직 증축 리모델링 기술개발 및 실증, K-MEG, 개방형 BIM 기반 건축설계 핵심기술 고도화 및 실증 기획, 시장수요 기반 신축 및 기존 녹색건축물 확산 연구, 저에너지 건축물 보급확산을 위한 건축물 에너지 통합 지원시스템 개발, 민간시설 유치를 통한 시민진화형 공공건축 리뉴얼 활성화 방안 연구, 공공건축물 에너지성능 개선을 위한 지원사업, 공공건축물 에너지효율 극대화를 위한 최적화 기술개발) 분석을 통해 건물의 에너지절약과 온실가스 저감을 위한 요소기술에 대한 연구는 많지만 이를 보급화하기 위한 모델화는 이루어지지 않은 것으로 분석하였음
- 산업계와 학계 총 412명을 대상으로 공동주택 제로에너지화를 위한 기술수요조사와 기술위원회 전문가 기술 수요조사를 실시하여 실제 적용이 가능한 기술의 신뢰성 제고와 리모델링의 요소기술을 통합한 설계안 도출과 적용방안 가이드라인 개발이 필요함을 확인
- 기술위원회 검토를 거쳐 선정된 세부과제는, 제로에너지 건축물 비용 최적화 기술, 기존 건축물 에너지 품질향상 및 공기단축 기술, 기존 건축물 경제적 개보수 시공기술 개발, 제로에너지 주거모델 및 리모델링 모델 개발과 실증 등임
- 각 세부과제별 세부목표 및 주요내용, 연구성과 산출물 및 평가항목, 추진전략, 세부과제 간 연계관계, 기술로드맵 및 성과로드맵, 그리고 성과의 활용방안 및

기대효과 등을 제시하였음

- 또한 정책적, 기술적, 경제적 타당성 검토와 기술개발 필요성을 제시하였으며, 연구일정에 따른 소요인력과 소요예산도 제시하였음
- 최종적으로 이러한 세부과제를 포함하는 ‘기존 건축물 제로에너지화를 위한 수요맞춤형 리모델링 모델 개발 및 실증’ 과제의 RFP를 제시하였음
- ‘효율적 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지 핵심기술 개발 기획’ 과제 중 1과제인 ‘플러스에너지 커뮤니티를 위한 에너지 플랫폼 개발 및 실증 기술’은 명지대학교 주관으로 수행되었음
- 역시 플러스에너지 주거단지 기술에 대한 정의와 플러스에너지 주거단지를 통한 에너지효율화, 그리고 기후변화 대응 주거단지 기술개발과 에너지복지 및 주거복지 실현을 필요성으로 제시하였음
- 또한 에너지 생산·저장·활용 기술과 관리 및 교환 연계를 위한 에너지 플랫폼 기술 융합 및 적용, 그리고 에너지 공급·수요 주체인 커뮤니티 차원의 모델 구축을 통한 에너지시스템 안정화 등도 필요성으로 제시하였음
- 관련된 국내외 정책, 시장, 기술 동향 등을 분석하였고, 유사과제(제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축, K-MEG, 저에너지 건축물 보급확산을 위한 건축물 에너지 통합 지원시스템 개발, BEMS KS 기반의 설계/시공/운영/관리기술 개발 및 실증) 분석을 통해 요소기술 연구는 많지만 커뮤니티 단위의 플러스에너지 주거단지 연구가 전무한 것으로 분석하였음
- 연구범위 설정에 앞서 제로에너지 및 플러스에너지 건축물을 정의하고, 건축물 5대 에너지(난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명)에 콘센트 전력(세탁기, 냉장고, 오븐 등)을 포함하는 6대 제로에너지 연구 및 실증이 필요함을 주장
- 세부과제로 플러스에너지 커뮤니티 구현을 위한 설계기술 개발 및 실증, 커뮤니티 내 에너지 연계기술 개발 및 활용, 에너지 플랫폼 운영·관리 기술 통합 및 보급모델 개발을 제시하였음
- 각 세부과제별 세세부 연구내용과 예상되는 연구성과, 추진전략, 세부과제 간 연계관계, 기술로드맵 및 성과로드맵을 제시하였고, 정책적, 기술적, 경제적 타당성 검토와 기술개발 필요성을 제시하였으며, 테스트베드 계획안(기존 노원구 제로에너지 주택단지 확장 또는 신축 주택단지 테스트베드)도 제안하였음
- 역시 각 세부과제별 성과 활용방안과 함께 연구수행 체계, 그리고 인력투입 및 소요예산도 산정하여 제시하였으며, 최종적으로 이러한 세부과제를 포함하는 ‘플러스에너지 커뮤니티 실현을 위한 플랫폼 개발 및 실증기술 개발’ 과제의 RFP를 제시하였음

마. 저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축기술 개발

전술한 ‘저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발’ 사업의 신규과제로 선정된 사업으로서, 한국에너지기술연구원이 총괄주관이며 한국건설기술연구원, GS건설 등 9개 기관이 공동연구기관으로 참여하여 2019년 5월부터 2023년 12월까지 56개월간 수행할 예정이며, 총 연구비는 정부지원금 190.8억원 포함 255억.7억원임. 본 사업은 1세부과제로써 2차년도부터는 2세부과제인 ‘기존 건축물의 저탄소 에너지효율화를 위한 리모델링 최적 모델 개발’ 과제와 통합 예정임

- 1세부과제 목표는 건물부문 온실가스 감축과 건축물 에너지절감을 위해 기존 건축물 제로에너지화 기술, 스마트 CEMS 기술 및 마이크로그리드 기술 등을 적용한 최적 에너지 공유형 커뮤니티 또는 도시 생태계를 조성하는 것임
- 또한 커뮤니티 또는 도시 내 에너지 사용량 60% 감소를 위한 최적 에너지 연계 플랫폼 운영관리 기술 개발을 추구하며, 목표로 하는 최적 에너지 공유형 커뮤니티를 Cloud SHARE(Smart, Humanity, AICBM, Renewable energy, Efficiency) 커뮤니티로 정의하고 있음 (AICBM: AI + IoT + Cloud + Big data + Mobile)
- 1세부과제는 4개의 세세부과제로 구성되며, 1세세부는 에너지공유 커뮤니티 계획 및 설계를 위한 기반 기술 개발, 2세세부는 커뮤니티 내 에너지 연계 및 공유/거래 최적화 기술 개발, 3세세부는 에너지 인프라 연계 에너지공유 플랫폼 구성 기술 개발, 그리고 4세세부는 실증단지 구축 및 리빙랩 실증을 목표로 하고 있음
- 리빙랩 실증은 규제 샌드박스에 의해 새로운 에너지 공유 생태계 조성이 가능한 스마트시티 국가 시범도시(부산 EDC)를 대상으로 수행할 예정임
- 2세부과제는 기존 건축물 제로에너지화 및 리모델링 공사비용 최대 30% 절감을 위한 수요맞춤형 그린 리모델링 패키지기술을 개발하고, 냉난방부하를 최대 50%까지 저감할 수 있는 기술개발을 목표로 하고 있음
- 세세부기술로는 기존 건축물 저탄소 에너지효율화 최적 모델 기반 구축, 기존 건축물 저탄소 에너지효율화 기술 패키지, 맞춤형 저탄소 에너지효율화 기술의 개발과 수요맞춤형 저탄소 에너지효율화 최적 모델의 보급기반 마련임
- 1차년도 연구 이후 1세부과제와 통합하여 운영되며 스마트시티 실증도시로 선정된 시흥시를 대상으로 실증을 추진함
- 결국, 본 사업에서는 2개소의 커뮤니티 및 도시 통합실증을 통한 대국민 수용성 제고와 조기 사업화를 위한 비즈니스 모델 개발까지를 추구하고 있음

바. 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발

한국건설기술연구원이 총괄주관으로 2014년 9월부터 2019년 8월까지 60개월간 수행하고 있으며, 총 연구비는 정부지원금 152.8억원 포함 177.3억원임. 본 사업의 최종목표는 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물에너지 통합지원시스템 개발을 통한 저에너지 건축시장의 자생적 생태계를 제공하는 것임. 아직 최종보고서가 제출되지 않아 연차보고서를 기준으로 수행내용을 정리하면 다음과 같음

- 1차년도 목표는 녹색건축 에너지 통합화 지원시스템 framework 설계, 표준 원단위 DB 활용 서비스 모델 설계, 건축물에너지 성능수준 비교분석 프로그램 체계 설계를 통한 건축물 정보 DB와 통합지원시스템을 구축하는 것임
- 2차년도 목표는 건축물에너지 통합정보 DB구축, 건축물 에너지 효율화 경제성 평가기법 도출, 에너지사용 패턴 프로파일 도출 등 건축물 유형별 상세 에너지 사용량 정보 획득 및 보다 광범위한 건축물 정보 DB를 구축하는 것임
- 3차년도 목표는 외부 시스템과의 연동시스템 개발, 자가진단 및 치료 레벨의 에너지성능 개선 가이드 개발, 건축물 상세 에너지 사용량 추정 알고리즘 신뢰성 확인 등 기존시스템과 연계 가능한 통합지원시스템 개선 및 자동 업데이트 시스템을 개발하는 것임
- 4~6차년도 목표는 데이터 획득 시스템 모니터링 및 유지관리, 건축물에너지 성능수준 벤치마킹 프로그램 개발, 시범 적용 및 운영을 통한 사용자 의견 수렴을 통한 통합지원시스템의 운영 매뉴얼의 신뢰성 검증 및 운영 매뉴얼을 개발하는 것임

사. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발

사단법인 한국패시브건축협회 총괄주관으로 2019년 4월부터 2022년 12월까지 45개월간 수행할 예정이며, 총 연구비는 정부지원금 138.0억원 포함 172.5억원임. 본 사업의 최종목표는 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술 및 저비용/고성능 에너지 최적화 설비시스템을 개발하는 것으로써, 기획보고서를 기준으로 수행할 내용을 정리하면 다음과 같음

- 1세부 과제는 국내 유통 자재 물성 분석, 시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 시공기술 개발, 실증건축물 구축, 설계기준의 정책적 연계방안 개발을 통한 신축 소규모 건축물의 소비 에너지 최적화 설계시공기술 개발을 목표로 함.
- 2세부 과제는 노후 소규모 건축물의 유형별 성능 수준을 지표화하고 공정별/부위별 리모델링 방법과 부위별 리모델링 상세도 개발, 건축물 에너지성능을 기반으로 정량적인 개선수준에 대한 지표를 제공하여 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술을 개발하는 것을 목표로 함
- 3세부 과제는 소규모 건축물에 최적화된 하이브리드 설비 기술의 융합, BEMS 기술의

적용, 에너지 진단 평가기술개발을 통한 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 관리기법을 도출하는 것을 목표로 함

아. 기술혁신 및 비즈니스창출을 위한 리빙랩형 실증

국가전략프로젝트 추진과제의 3대 핵심과제 중 3핵심 과제로 주식회사 케이티가 총괄주관으로 2018년 9월부터 2022년 12월까지 51개월간 수행할 예정이며, 총 연구비는 정부지원금 263억원 포함 368억원임. 도시공간(시흥시 실증 대상)에서 실시간으로 생성되는 대규모 데이터의 실시간 수집 및 내·외부 오픈 데이터와의 상호 운용성을 기반으로 리빙랩 형태의 환경, 에너지, 생활복지 등의 서비스 개발 및 비즈니스 창출을 위한 개방형 데이터 플랫폼을 구축하는 것이 최종 목표임. 역시 기획보고서를 기준으로 수행할 내용을 정리하면 다음과 같음

- 1세부 과제는 차별화된 클라우드 소싱 기반 미세먼지/악취 측정장비를 개발하고, 시흥시민을 대상으로 환경서비스를 실증하여 도시 대기환경 측정 및 예측기술 개발하는 것을 목표로 함
- 2세부 과제는 도시종합 및 개별 시설물의 에너지 효율을 향상시키기 위한 스마트시티 에너지 통합운영 시스템을 개발하고, 통합검침인프라 및 x-EMS(BEMS, FEMS 등) 인프라 구축을 통한 에너지효율화 실증연구를 추진하여, 주택/빌딩/공장/ 공공시설물 통합 에너지관리기술을 개발하는 것을 목표로 함
- 3세부 과제는 전문의료기관의 참여를 통하여 만성신경정신질환에 대한 분석 및 관리를 병원과 연계함으로서 독거노인 Total Care System 및 장애인 이동성 보장시스템을 구축하는 것을 목표로 함
- 4세부 과제는 개방형 데이터 플랫폼 기반 지능형 Digital Twin 개발, City Lab을 통한 혁신 기술 검증 및 비즈니스 모델개발을 통한 리빙랩 혁신모델을 기반으로 한 데이터 허브 플랫폼을 구축하고 검증하는 것을 목표로 함
- 5세부 과제는 지역수요에 기반 한 스마트시티 서비스 모델을 개발 및 스마트시티 데이터를 활용한 신산업을 육성하여 스마트시티 비즈니스 모델을 구축하는 것을 목표로 함

제3절. 주요 시사점

이미 수행되었거나 수행 중인 각 부처의 건축물/커뮤니티/도시 단위 에너지최적화 또는 제로에너지화에 대한 최근의 대표적인 기술개발 사업 중 일부를 검토하였으며, 이에 대한 검토 의견을 제시하고자 한다. 또한 이러한 검토의견을 바탕으로, 본 사업에서 다루거나 향후 추진하는 국토부 기술개발 사업에서 다루어야 한다고 판단되는 내용을 정리하였다.

1. 수행과제 검토의견

- 단일 건축물에 대한 에너지 최적화 또는 제로에너지화 연구는 20여 년 전부터 수행되어 왔고 실증사례도 다수 있기 때문에, 정부지원의 기술개발보다는 개발된 기술의 민간 이전에 치중할 필요가 있음
 - 연관된 국내외 기술동향 및 정책동향 등이 여러 보고서에 제시되어 있으므로, 이를 정리하고 지속적으로 업그레이드하는 작업은 필요함
 - 개발된 기술을 신축건물에 적용한 사례는 많으며, 적용되는 요소기술에 따른 효과 등도 일부 제시되어 있으므로 참고할 수 있음
 - 그러나 기존 건물의 리모델링 시 적용할 수 있는 관련 기술에 대한 연구는 미흡하고, 특히 이에 대한 실증과 개선된 성능의 비교 검토는 실험용 주택에 적용한 것을 제외하고는 없는 것으로 보임
- 건축물에서의 에너지 소비, 즉 에너지 부하에 대한 시뮬레이션 결과 또는 실측에 대한 연구도 다수 이루어졌음
 - 건축물의 에너지 부하를 예측하는 상용화된 시뮬레이터와 그 결과를 검증한 사례는 많이 있으므로, 특정 사례가 있는 경우 해당 사항에 대해서 예측하고 평가하는 내용의 연구가 부분적으로 추가되는 것으로 충분하다고 판단됨
 - 최근에는 AI 및 빅데이터 처리 기술 등을 이용한 부하예측 기술 개발과 커뮤니티 또는 도시 단위의 부하예측도 수행되고 있으므로, 에너지 소비에 대한 시뮬레이션은 언제든 가능하다고 판단됨
 - 또한 주택 및 공공건물 등의 에너지 소비량에 대한 실측연구도 산발적으로 수행된 바 있으므로, 이를 정리할 필요는 있음
 - 국토부에서는 주요 공공건물의 전력 및 가스 사용량에 대한 정보를 축적하고 있으나, 사용 에너지의 용도가 명확하지 않아 직접 활용하는 데에는 다소 문제가 있음
- 커뮤니티 또는 도시 단위에서의 에너지 최적화 및 제로에너지화 대한 연구와 최적 운용에 대한 소프트웨어 개발도 수행되었으나, 적용 대상의 규모가 크므로 실증을 통해 입증한 사례는 없음
 - 신규 구축되는 또는 리모델링되는 커뮤니티 단위에서의 부분적인 실증만 가능할 것으로 판단되므로, 도시 단위 실증결과를 기대하는 것은 무리라고 판단됨

- 최근 수행중인 도시 단위 에너지 최적화 및 그 실증연구 결과를 어떻게 평가할 것인지에 대한 고민이 필요함
- 건축물 단위 에너지 통합운영 시스템이나 도시 단위 플랫폼 개발이 진행되었거나 진행 중인 바, 개발된 관련 기술의 적극적인 홍보를 통해 무분별한 중복연구가 진행되지 않도록 해야 할 것임
- 해당 연구사업 내용에 적합한 통합운영 시스템이나 플랫폼이 개발되었거나 개발될 것으로 예상되는 바, 개발된 내용을 확산시키고 더욱 발전시키기 위한 방안 마련이 필요함(여러 가지 BEMS 기술이 개발되어 상용화되어 있으나 극히 제한적으로 적용되고 있는 사례 참조)
- 개발된 관련 기술들에 대한 유관기관 대상의 공청회 등을 개최하거나, 추가적인 연구를 통하여 개발된 기술들을 통합할 수 있는 방안 마련 등이 필요함
- 기술개발 사업명에 실증이라는 단어가 포함된 경우에도 연구기간의 제한 등 때문에 실증기간은 매우 짧거나 부분적인 실증만이 이루어진 경우가 대부분임
- 과기부의 진천 친환경에너지사업이 실증연구로써 소규모 지역단위 제로에너지화를 실현한 바 있으며, 산업부의 스마트 ZEC 사업과 국토부의 에너지공유 커뮤니티 구축기술 개발 사업이 부산 EDC 일부를 대상으로 실증 예정인 수준임
- 과기부의 위 사업은 2년 이상의 실증연구가 지속되고 있기 때문에, 그 결과는 다른 유사 기술개발 사업에 기여할 수 있을 것으로 판단함
- 노원 제로에너지주택 사업은 입주가 늦어 사업기간 내에는 충분한 실증연구 결과가 도출되지 않았으므로, 후속 모니터링 및 분석을 통해 실증결과가 도출될 것으로 기대됨
- 실험용 주택 또는 건축물 등에 대한 실증은 에너지 부하가 실제와 다를 가능성이 크므로, 그 결과를 신뢰하기 곤란한 것으로 판단됨
- 많은 연구가 신재생에너지를 이용하는 제로에너지화를 목표로 하고 있는 바, 이는 보급 확대에 걸림돌이 될 것으로 판단되므로 지양해야 할 것임
- 건축물의 부하저감을 위한 패시브적인 요소기술도 과도한 비용이 소모되는 경우 적용하기 곤란하며, 일부 과제에서 관련 요소기술의 경제성 평가를 수행한 바 있으나 추가 연구를 통해 검증이 필요함
- 신재생에너지만을 이용하는 제로에너지화의 경우 과도한 초기투자비가 필요하며, 따라서 정부지원이 불가피하여 보급 확대가 제한적일 수밖에 없다는 점이 감안되어야 함

2. 향후 기술개발 의견

건축물이나 커뮤니티/도시 단위에서의 에너지 최적화 또는 제로에너지화 관련 국토부의 기술개발에서 앞으로 다루어야 할 내용에 대한 의견을 다음과 같이 정리하였다.

- 에너지 최적화 또는 제로에너지화 관련 각 부처의 기 수행된 연구결과 또는 수행하고

있는 연구내용 등을 종합적으로 정리하는 단기간의 추가적인 연구가 필요함

- 건축물/커뮤니티/도시 단위 에너지 부하 산정, 부하 예측, 소비량 실측에 대한 연구결과는 많으므로 이를 정리하는 것이 중요한데, 정확한 에너지 부하 산정이 에너지 최적화 연구의 기반이 되기 때문임
- 건축물에 대한 에너지 부하가 정리되는 경우, 건축물의 집합체인 커뮤니티 또는 도시 단위의 에너지 부하도 산정할 수 있을 것임
- 최근에는 공공주택인 아파트의 가구별 에너지(전력, 가스, 난방, 급탕, 수도 등) 소비량이 체계적으로 수집되고 있기 때문에 이를 활용하는 것이 필요함
- 또한, 건축물의 에너지 부하를 줄여줄 수 있는 패시브적 요소기술에 대한 연구결과를 정리하여, 각 세부기술의 종류 및 경제성을 감안한 우선순위 등에 대한 내용을 체계화시킬 필요가 있음
- 신재생에너지 설비를 포함한 다양한 에너지 설비의 최적화와 최적 운용에 대한 연구결과 정리와 정리가 필요한데, 대부분 특정 사례를 설정하고 시뮬레이션한 결과일 것이기 때문에 정리하기 어려운 점이 있을 것으로 판단됨

○ 단일 건축물의 에너지 최적화 또는 제로에너지화 연구에서는, 기존 건축물의 리모델링 시 적용방안을 다루어야 할 것임

- 신규 건축물에 대한 연구는 전술한 바와 같이 충분히 이루어졌다고 평가됨
- 따라서 기존 건축물의 리모델링 시 에너지 최적화 또는 제로에너지화를 위해 적용할 수 있는 패시브적 또는 액티브적인 기술적 요소와 이에 대한 성능평가, 이를 바탕으로 하는 기술 우선순위 등에 대한 체계적인 정리, 그리고 실제 적용을 통한 중장기 실증연구가 필요함

○ 에너지 설비에 대한 기술개발은 산업부 등 타 부처 기술개발을 통해 지속적으로 이루어지기 때문에, 국토부에서는 이들 설비를 건축물/커뮤니티/도시에 적용할 때 제기될 수 있는 문제점들을 파악하고 개선하는 실증연구에 중점을 두는 것이 바람직함

- 기 개발된 기술적 요소를 적용한 실증대상에 대한 중장기적 실증연구를 통해 에너지 최적화를 평가하고 보완하는 것이 중요함
- 실증연구가 없거나 부족한 경우에는 개발된 기술적 성과가 신뢰성을 담보할 수 없어 불가피하게 paper work에 그치게 되므로, 향후 기술개발은 중장기적 실증연구와 이를 통한 개발 기술의 수정보완이 가능하도록 추진체계 및 일정이 수립되어야 할 것임
- 이러한 중장기적 실증연구의 분석 및 평가에는 기술개발을 담당했던 연구진뿐만 아니라, 객관적인 평가가 가능한 타 기관의 참여도 고려할 필요가 있음

○ 단일 건물은 물론 커뮤니티 또는 도시 단위 에너지 설비의 최적 설계를 통해 이상적인 에너지 시스템이 구축되었어도, 적절한 제어와 운용기술이 확보되지 않으면 에너지의 효율적 이용이 곤란하다는 점이 반드시 감안되어야 함

- 이러한 이유로 최적 운용기술 관련 소프트웨어 개발도 이루어진 바 있지만, 역시 실증 사례가 거의 없고 시뮬레이션 상태의 검증만 이루어지는 경우가 많아 그 활용가능성

을 판단할 수 없는 상태임

- 최대부하에 맞추어 구축되는 에너지 설비를, 부분부하 운전 시 어떻게 대응할 것인가에 대한 운전 시나리오와 설비 운용 및 제어 기술 개발이 요구됨
 - 에너지 설비의 커미셔닝 등이 에너지절약에 큰 영향을 미친다는 점을 감안할 때, 이에 대한 효과분석 등도 함께 연구되는 것이 필요할 것임
- 제로에너지화에 지나치게 집착하는 경우 초기투자비에 대한 부담이 커서 보급 확대가 곤란하므로, 적절한 수준의 에너지 자립율을 목표로 하는 것이 바람직함
- 적절한 수준의 신재생에너지 이용과 고효율 화석에너지 활용 설비의 적극적인 이용을 병행하는 기술과, 이들 사이의 최적 분배 및 운용 기술이 필요함
 - 하절기 및 동절기 제기되는 최대전력부하를 저감할 수 있는 에너지 저장 기술 접목을 반영하도록 하는 것이 바람직함
- 커뮤니티 또는 도시 단위를 대상으로 하는 중장기 실증연구를 위해서는 실증단지 확보가 선결조건이므로, 이를 의무화해야 할 것임
- 중대규모 실증이 여러 가지 어려운 점이 많으나, 신도시, 스마트시티, 재생도시 등 신개발에 준하는 지역의 에너지 최적화 실증연구는 부분적으로 가능할 수 있음
 - 기존 건축물의 리모델링을 통한 커뮤니티 단위 에너지 최적화 또는 제로에너지화 기술개발은, 에너지 설비의 리모델링이 필요한 대학 캠퍼스를 대상으로 하는 것을 추천함. 이 경우 대학 내 전문 인력의 지원을 받아 중장기 실증연구를 통한 모니터링 및 개선을 꾸준히 기대할 수 있을 것임
 - 최근 인구이동 등으로 도심지 초중고 학교의 폐교가 발생하는 경우가 있으므로, 이 경우 폐교부지의 일부를 에너지 설비 설치부지로 활용하면서, 여기서 생산된 에너지를 인근 지역에 공급하는 커뮤니티 단위 에너지 최적화 실증연구도 바람직한 대응이 될 수 있음
 - 가능하면 에너지 부하 패턴이 상이한 주거건물과 상업용/업무용 건물이 혼재된 지역을 실증단지로 지정하는 것이 바람직함
 - 산업용이 포함된 경우 실증연구 중 에너지 공급에 차질이 발생하면 큰 문제로 확대될 수 있어 매우 유의해야 하지만, 에너지 사용량이 많고 에너지 낭비가 많을 것으로 의심되므로 부분적으로나마 다루어져야 할 부분이며, 기술개발 성공 시 파급효과가 클 것으로 판단됨
 - 농수산업용 에너지 소비도 개선될 점이 많으나, 이 부분은 국토부가 담당할 부분은 아니라고 판단됨

제 5 장 연구개발 추진계획(안)

제 1 절 사업추진방향 및 과제 도출

제 2 절 연구의 비전 및 목표

제 3 절 실증계획

제5장. 연구개발 추진계획(안)

제1절. 사업추진방향 및 과제 도출

1. 사업 추진방향 도출 방법

가. 기술분류

- 건물 및 도시에너지에 대한 기술분류를 ‘Smart energy city development: A story told by urban planners. Cities(Mosannenzadeh et al. (2017))’를 기초로 아래 그림과 같이 하드웨어와 소프트웨어로 구분하여 분류함.
- 하드웨어로는 건물/지역(지구), 교통/이동 수단, 에너지 ICT 인프라(도시)로 구분하여 중분류로 기술을 나타냄.
- 소프트웨어는 건물/도시 통합설계, 에너지 생산/수요관리, 에너지 데이터 관리로 구분하였음.
- 건물에서 도시로의 확장으로의 통합설계의 필요성이 반영되어 있으며 도시의 범위를 기존의 건축물과 함께 교통을 포함하여 수송에너지를 고려하여 에너지 수요대응 및 관리가 필요
 - 전기차, 수소연료전지 자동차, 하이브리드 자동차 등 수송연료 변화에 따른 건물에너지와 공유가 가능
 - 교통인프라로서 충전기의 보급, 이를 위한 에너지 저장 등의 역할 증대되며 카 셰어링, 카풀 등의 다양한 형태의 수송형태에 따른 수요관리 기술 필요
- 에너지/ICT 인프라(도시) 관련 최근 전기 및 열에너지에 대한 스마트 미터링, 수요대응, 네트워크, 거래, 다양한 연구가 진행되고 있으며 도시형에 맞는 대규모 에너지 저장 및 활용 기술에 대한 필요성이 있음.
 - 사용자 및 제어기법 상의 다양한 요구에 기반하여 성능 등 시나리오별 대응 전략, 의사 결정에 따른 수요관리가 필요하며
- 건물에너지 관리 시스템 등을 이용한 대규모 에너지 취득에 따른 가공, 분석 및 빅데이터화 기술 등의 데이터 인프라 기술 및 에너지 데이터 관리가 필요
 - 데이터의 관리 기술로부터 전기, 열 에너지에 대한 수요 예측 기술 및 교통 수요 예측 기술 개발이 요구
 - 데이터를 통한 도시 에너지 최적제어 및 관리, 성능평가와 더불어 경제성 기반 실시간 에너지 수요관리 등의 기술이 필요



[그림 5-1] 건물 도시에너지 기술 분야

	대분류	중분류	소분류 (기술)
Hardware	건물/지역(지구)	신축/기축 건물 패시브 기술	- 기축건물 외장 개선 기술 (외벽 단열, 창호 개선 등) - 기밀성능 향상 기술 - 건물 에너지 성능 진단 기술
		신축/기축 건물 액티브 기술	- 고효율 냉난방 시스템 기술 - 고효율 환기시스템 (고효율 기계식 환기장치, 개별/중앙식 환기장치, DOAS, DV) - 냉난방공조/환기 시스템 최적제어 기술 - 전기에너지 저장/활용 기술 (축열조, PCM(상변화) 등) - 열에너지 저장/활용 기술 (축열조, PCM(상변화) 등) - 열에너지 네트워크 연계/활용 기술 - 고효율 조명 시스템/최적제어 기술 - 액티브 건물에너지 시스템 운영기술 (Building Energy Management System (BEMS) 등)
		신재생 융복합 기술	- 태양광 시스템 적용 기술 (Building Adaptive (BA), Building Integrated (BI) 등) - 태양열 시스템 적용/활용 기술 (Building Adaptive (BA), Building Integrated (BI) 등) - 수소-연료전지 활용 기술 (PEMFC, SOFC, 수소저장 등) - 태양광열-지열 시스템 적용 기술 (PVT-Geothermal 등)
	교통/이동수단	교통 연료의 변화	- 전기자동차, 수소연료전지 자동차, 하이브리드 자동차로 연료 변환
		교통 이용방법	- 공유차 활용을 위한 카셰어링 인프라 - 자가용에서 대중교통으로 전환을 위한 인프라 - 대중교통 활용도 증대를 위한 기술
		교통인프라	- 전기차 등 교통 수단의 전기, 수소 충전 인프라 및 기술
	에너지/ICT 인프라(도시)	스마트그리드	- 스마트 미터링 기술 - 간헐적 신재생에너지 생산 및 안정화 기술 (에너지 하베스팅 포함) - 도시형 분산형 열병합 발전 및 네트워크 기술 - 생산 및 부하 대응 기술 - 신재생에너지와 발전소의 통합 전력 생산 제어 기술 - 대규모 전기에너지 저장/활용 기술 - 사이버 에너지 보안 기술
		열 네트워크	- 스마트 지역 냉난방 기술 (4세대 지역냉난방 등) - 스마트 열에너지 미터링 기술 - 다양한 열원/폐열 활용 열에너지 네트워크 기술 - 대규모 열에너지 저장/활용 기술 - 고효율 대규모 열에너지 생산 시스템 기술 (히트펌프, 바이오매스 등)
		데이터 인프라	- 데이터 취득, 가공, 분석을 위한 빅데이터센터 기술 - 디지털 커뮤니케이션 인프라 기술 - 에너지 대쉬보드 기술 - 전기/열 통합 에너지 네트워크 기술 - Internet of Things (IoT) 기술

[그림 5-2] 건물 도시에너지 하드웨어 기술 대중소 분류

	대분류	중분류	소분류 (기술)
Software	건물/도시 통합설계	통합설계 프로그램 (플랫폼)	- 건물/도시 에너지 통합 설계 관계자(의사결정권자등)의 협업 플랫폼 - 건물/도시 에너지 통합 시뮬레이션 기술 - 다양한 시나리오별 건물/도시 에너지 계획, 분석 및 평가 기술 - 건물 retrofit을 위한 솔루션 기술 - 설계, 시공 등에 대한 가이드라인, 매뉴얼, 표준화 등 제작 - 프로세스 기반 협업 플랫폼 - 혁신적인 데이터 분석 기술 - 최종 의사결정 지원 기술
	에너지 생산 /수요관리	정보/인식	- 데이터 정보 공유 기술 - 공공 데이터 서비스 기술 - Open access 에너지 데이터 공유 기술 - 에너지 데이터의 공공 피드백 기술 - 에너지 교육, 기술교육 플랫폼
		에너지 생산/수요 관리	- 도시 에너지 생산 및 수요 관리/대응 기술 - 건물/도시 에너지 모델 통합 최적 제어 기술 - 에너지 수요 관리 및 시나리오별 대응 전략, 의사 결정 기술 - 간헐적 에너지 생산 및 발전소 에너지 생산 관리 기술 - 교통 부문 (카 셰어링, 카풀 등) 에 대한 데이터 수요 관리 기술 - 지능형 지역단위 데이터 수요 관리 기술
	에너지 데이터 관리	데이터 관리 기술	- 에너지 네트워크 및 인프라 관리 기술 - 홈에너지메니지먼트(HEMS) - 시티에너지메니지먼트(CEMS) 통합 최적 제어 및 관리 기술 - 모니터링 및 시 기반 실시간 에너지 성능 평가 및 향상 기술
		데이터 분석 기술	- 건물에너지 통계 데이터 분석 기술 - 지역 신재생 에너지 생산 분석 기술 - 조닝: 지구단위 에너지 아일랜드 기술 - 경제성 기반 실시간 에너지 수요 관리 분석 기술
		예측 기술	- 전기, 열, 가스(수소) 에너지 수요 예측 기술 - 신재생에너지를 통한 전기, 열, 가스(수소) 에너지 생산 예측 기술 - 교통 수요 예측 기술

[그림 5-3] 건물 도시에너지 소프트웨어 기술 대중소 분류

2. 사업의 중점 추진분야 도출

가. 건물·도시 에너지 대응 프로세스

- 건물 및 도시에너지에 대한 현안정의, 분석 및 평가, 건물/도시에너지 전략설정, 에너지 수요대응 전략설정 그리고 설계·시공 기술 프로세스를 기준으로 각 단계별 필요기술을 표시함.
- 분석 및 평가에서는 도시입지 분석 및 건물/도시의 물리(신재생에너지 설치여건), 제도(신재생에너지 항목별 제도적 지원), 경제(항목별 월평균 자부담 비율), 사회(주민들의 의식도) 분석에 따른 신재생에너지 잠재량 예측 및 분석 평가가 요구되며 이에 따라 미기후 분석, 건물 노후도 분석, 평가 기술개발이 필요
- 건물·도시에너지 전략설정에서는 건물에너지 자립율, 냉난방 자립율, 수송에너지 자립율의 목표를 설정하여 이에 필요한 에너지 절감 기술, 효율 향상 기술, 신재생 공급 기술을 적용
- 에너지 수요대응 전략설정은 에너지 거래, 공유를 위한 단계로서 에너지 저장, 전환용량 산정 및 이를 위한 에너지 네트워크 설계를 추진하며 이를 위하여 에너지 분석 기술, 에너지 믹스 기술 및 수요관리 기술이 필요.
- 위 에너지 자립율 및 수요 대응 전략에 따라 에너지 설비 설계 및 시공기술이 요구되며 이는 건물 단위와 도시 단위로 구별할 수 있으며 이를 위해서는 플랫폼 기술로 개발 할 수 있을 것으로 기대

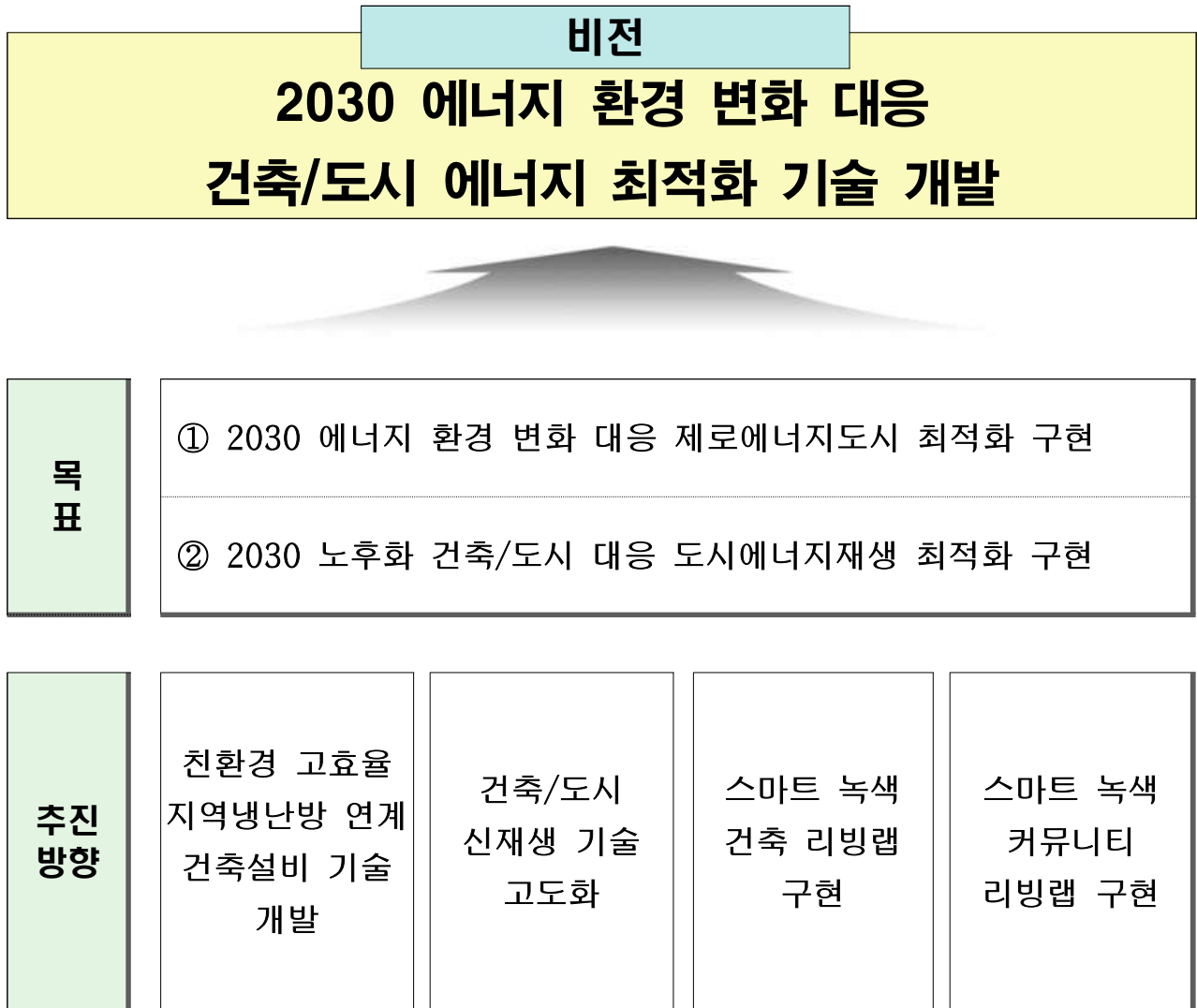
— 도시에너지 변화 대응(재생) 프로세스



[그림 5-4] 도시에너지 변화 대응 프로세스

제2절. 연구의 비전 및 목표

1. 연구의 개요



2. 연구의 비전

- 2030 에너지 환경 변화 대응 건축/도시 에너지 최적화 기술 개발
 - (신도시) 제로에너지 건축의 보급 및 도시로의 확대와 스마트시티 시범도시 추진으로 인한 실증 경험 축적으로 신도시의 경우 도시에너지 자립율 100% 달성을 목표로 함. 부산 EDC 스마트시티의 경우 신재생에너지, 수열에너지 이용을 통한 100% 에너지 자립이 목표.
 - (도시재생) 기 건축물의 리모델링을 통한 에너지 효율향상, 기축 인프라를 이용한

신재생에너지 보급 및 성능기반 에너지 관리 등의 기술을 활용하여 도시에너지 자립을 20% 자립 목표. 단, 도시 및 건축물 형태, 유형, 신재생지원제도, 주민수용성 등에 따라 자립을 변동.

비전	미래 글로벌 건축, 도시 에너지 기술 선도
-----------	-------------------------

사업 목적	2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술 개발
------------------	---

사업 목표	① 2030 에너지 환경 변화 대응 제로에너지도시 최적화 구현 (신도시) 도시 에너지 자립을 100% 달성
	② 2030 노후화 건축/도시 대응 도시에너지재생 최적화 구현 (도시재생) 도시 에너지 자립을 20% 달성

추진 단계	1단계 (' 21~' 22)	2단계 (' 23~' 24)	3단계 (' 25~' 26)
	• 중점분야 내 핵심/구성기술 개발	• 중점분야 간 핵심/구성기술 연계	• 실증 및 검증

성과 목표	에너지 최적화를 위한 핵심기술 확보	에너지 최적화 기술 실증 적용
------------------	------------------------	---------------------

중점분야 및 핵심기술	중점분야	핵심기술
	친환경 고효율 지역 냉난방연계 건축설비 기술	◆ 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술 ◆ 주거용 소형 냉난방 및 환기 복합시스템 ◆ 패시브/액티브 하이브리드 건물에너지 최적화 기술 등
	건축/도시 신재생 기술 고도화	◆ 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 ◆ 건축물 맞춤형 신재생에너지 설치 및 활용기술 ◆ 건물 신재생-냉난방 융복합 기술 등
	스마트 녹색 건축 리빙랩 구현	◆ 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술 ◆ 성능기반 건물에너지관리기술/건축물간 에너지 연계 및 거래 기술 ◆ 공동주택 신재생에너지 최적 운영 기술 등
	스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현	◆ 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계 ◆ 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술 ◆ 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술 ◆ 공공기반시설(인프라)이용 도시에너지 공급 기술 등

3. 연구의 목표

“ 2030에너지환경 변화대응 제로에너지도시 최적화 구현 ”

- 2030 에너지 환경 변화 대응 제로에너지도시 최적화 구현 기술 개발
 - 향후 국내외 에너지 환경의 변화에 대응하기 위해 단일 건물 뿐만 아니라 커뮤니티, 도시단위의 제로에너지를 위해 에너지 수요, 공급 최적화 구현 기술 개발

“ 2030노후화건축/도시대응 도시에너지재생 최적화 구현 ”

- 2030 노후화 건축/도시 대응 도시에너지재생 최적화 구현 기술 개발
 - 신도시 건설에 한계가 드러나며, 노후화 건축/도시의 에너지분야 재생이 요구될 2030년 이후 신재생에너지기반 에너지최적화를 구현하기 위한 노후화 건축/도시 대응 도시에너지재생 최적화 구현 기술 개발



[그림 5-5] 제로에너지도시 최적화 구현 (안)

4. 중점과제 및 핵심기술 도출

○ 제로에너지도시 최적화 구현 기술 개발을 위한 핵심기술로 다음 기술들이 도출됨

- 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 기술 개발
- 건축/도시 신재생 기술 고도화
- 스마트 녹색 건축 리빙랩 구현
- 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현

○ 친환경 고효율 지역냉난방 연계 건축설비 기술 개발은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음

- 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술
- 친환경 차세대 지역냉난방 기술
- 패시브/액티브 하이브리드 건물에너지 최적화 기술

○ 건축/도시 신재생 기술 고도화 기술은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음

- 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술
- 건축물(중고층) 맞춤형 신재생에너지 설치 및 활용기술
- 건물신재생-냉난방시스템 융복합 기술

○ 스마트 녹색 건축 리빙랩 구현 기술은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음

- 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술
- 성능기반 건물에너지 관리기술
- 건축물간 에너지 연계 및 거래기술

○ 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현 기술은 다음 세부기술을 포함하고 있음

- 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계 기술
- 커뮤니티 에너지 예측, 모니터링 및 분석기술
- 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술
- 공공기반시설(인프라)이용 도시에너지 공급기술



[그림 5-6] 제로에너지도시 최적화 구현 (안)2



[그림 5-7] 제로에너지도시 최적화 구현 (안)

- 도시에너지재생 최적화 구현 기술 개발을 위한 핵심기술로 다음 기술들이 도출됨
 - 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 리모델링 기술 실증
 - 신재생 기반 건축/도시 리모델링 기술 개발 및 실증
 - 스마트 녹색 건물 리모델링 리빙랩 구현
 - 스마트 녹색 도시재생 리빙랩 구현
- 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 리모델링 기술 실증은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음
 - 미세먼지-free형 차세대 HVAC 리모델링 기술 개발
 - 기존 건축물 지역냉난방 적용 및 업그레이드 기술
 - 패시브/액티브 하이브리드 건물 리모델링 최적화 기술
- 신재생 기반 건축/도시 리모델링 기술 개발 및 실증은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음
 - 외피 일체형 신재생에너지 건물 리모델링 기술
 - 공용공간 및 건물/조형물 활용 신재생 기술 적용 고도화
 - 건물 냉난방시스템 리모델링 기술
- 스마트 녹색 건물 리모델링 리빙랩 구현 기술은 다음과 같은 세부기술을 포함하고 있음
 - 건축물의 리모델링을 통한 에너지 최적화 분석 기술
 - 리모델링 건축물의 에너지 관리 기술
 - 리모델링 건축물 DB관리시스템 구축
- 스마트 녹색 도시재생 리빙랩 구현 기술은 다음 세부기술을 포함하고 있음
 - 지역특성별 재생에너지기반 도시재생 설계 및 분석 기술
 - 도시재생 에너지 네트워크 구성/설계/시공 기술
 - 도시재생용 공공기반시설(인프라) 이용 도시에너지 공급기술



[그림 5-8] 도시에너지재생 최적화 구현



[그림 5-9] 도시에너지재생 최적화 구현 (안)

제3절. 실증계획

1. 도시재생 - 도심 에너지 허브

○ 기존 도심 도시재생 뉴딜사업에 따른 광장, 폐교, 공공시설 등의 공간을 이용하여 신재생에너지 공급 허브로 활용

- 도심 내 신재생에너지 공급부지 확보 필요에 따른 대안
- 도시쇠퇴, 축소 등에 따른 공간이용 효율화 가능
- 도시재생 뉴딜사업 중 에너지 부문 역할을 강화하여 리모델링과 더불어 커뮤니티 단위 에너지 자립을 강조

○ 도시/커뮤니티 에너지 자립을 향상

- 주변 노후 건축물의 리모델링 기술적용 및 에너지 효율 향상
- 에너지 허브 시스템 주변의 주택, 상가 등으로 에너지 공급
- 주차공간 확보와 전기차 충전 인프라 설치로 건물 및 교통에너지 공급 가능



[그림 5-10] 도시재생 모델-1 (도심 에너지 허브 모델)

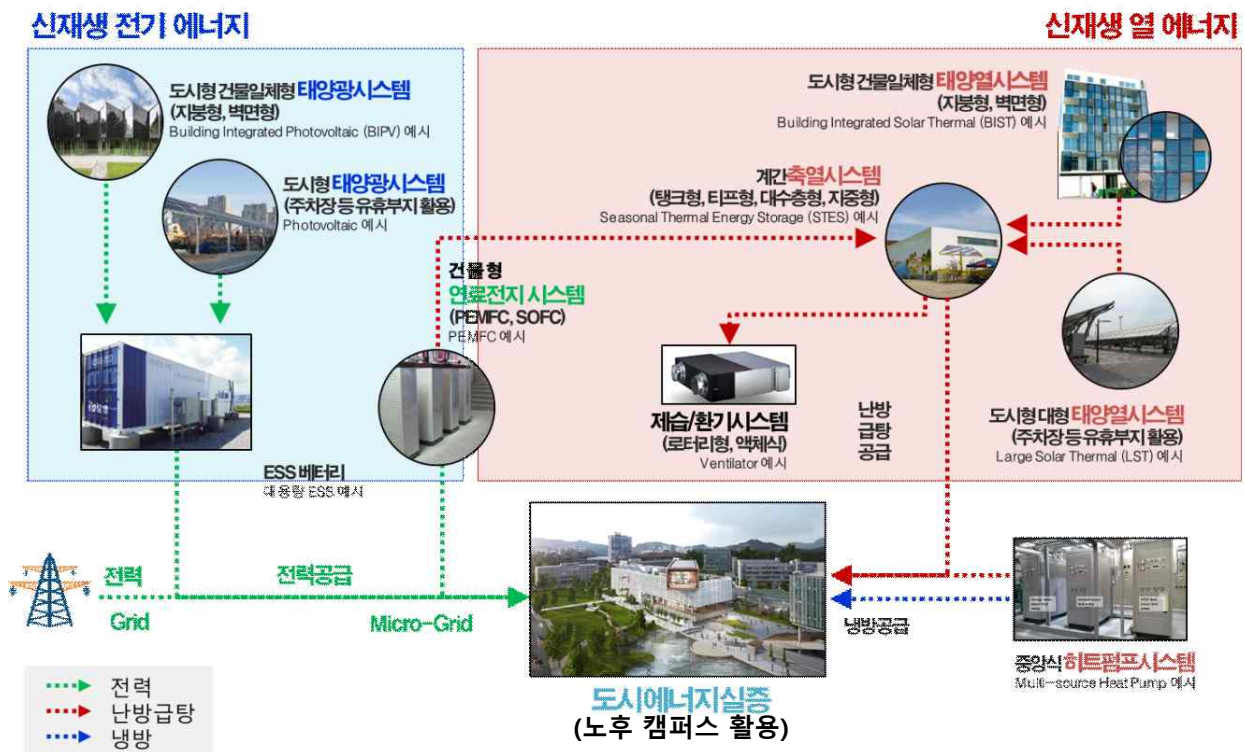
2. 도시재생 - 노후 캠퍼스 활용

○ 도시재생 기술 활용 및 실증

- 대학 건물의 노후화에 따른 리모델링 및 제로/플러스에너지 건물화 작업이 요구
- 이를 통한 도시 적용 리모델링 기술, 외피기술 등의 실용화 작업 가능
- 주거형 건물, 공공건물, 상업건물 및 수송 등의 다양한 이용조건, 에너지 규모 등의 실증 가능

○ 도시/커뮤니티 단위 에너지 기술 실증

- 대학 내 리모델링 건물, 기숙사 등 다양한 건물에너지, 주차장 등에 설치된 재생에너지를 사용하여 대학 에너지 자립을 향상
- 실제 리빙랩 형태의 에너지 활용을 통한 도시재생 에너지 기술 실증 및 도시/커뮤니티 단위 에너지 공급 전략 확대
- 에너지 믹스에 대한 다양한 전략적 운영이 가능하며 에너지 부하 및 공급량 모니터링, 분석을 통한 빅데이터 확보 가능
- 대학내 관련 학과의 연구진을 이용한 업그레이드, 활용기술 개발, 예측 및 거래 등의 파생기술 개발 가능



[그림 5-11] 도시재생 모델-2 (노후 캠퍼스 활용 모델)

3. 제로에너지 - 신규 커뮤니티

○ 건축에너지 확대를 통한 도시에너지 제로화 구현

- 제로/플러스에너지 주택 및 공동주택으로 구성되어 전체 에너지 자립을 확보 가능성 확인
- 미세먼지, 환기, 신 냉난방 기술 및 건물일체형 신재생에너지 기술 적용 및 실증
- 커뮤니티 단위의 에너지 네트워크, 저장, 전환 기술의 적용 및 실증을 통한 기술 확보
- 건물단위 성능기반 에너지 관리기술 적용과 이를 포함한 도시단위 에너지 관리기술 실증

*관리기술: 모니터링, 분석, 예측, 거래 기술

○ 신규 공공주택 단지 적용

- 국토부 추진 예정인 신규 단지 내 제로에너지 기술 적용을 통한 실증
- 다양한 기술적용 및 운영 시나리오를 통한 사업모델화
- 커뮤니티 단위 리빙랩 활용으로 실용화 기술 개발 가능



[그림 5-12] 신규도시 모델 (신규 공공주택단지 리빙랩 모델)

제 6 장 중점 기술개발 내용

제 1 절 중점기술별 상세내용

제 2 절 파급효과

제6장. 중점 기술개발 내용

제1절. 중점기술별 상세내용

1. 친환경 고효율 지역냉난방연계 건축설비 기술

가. 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술

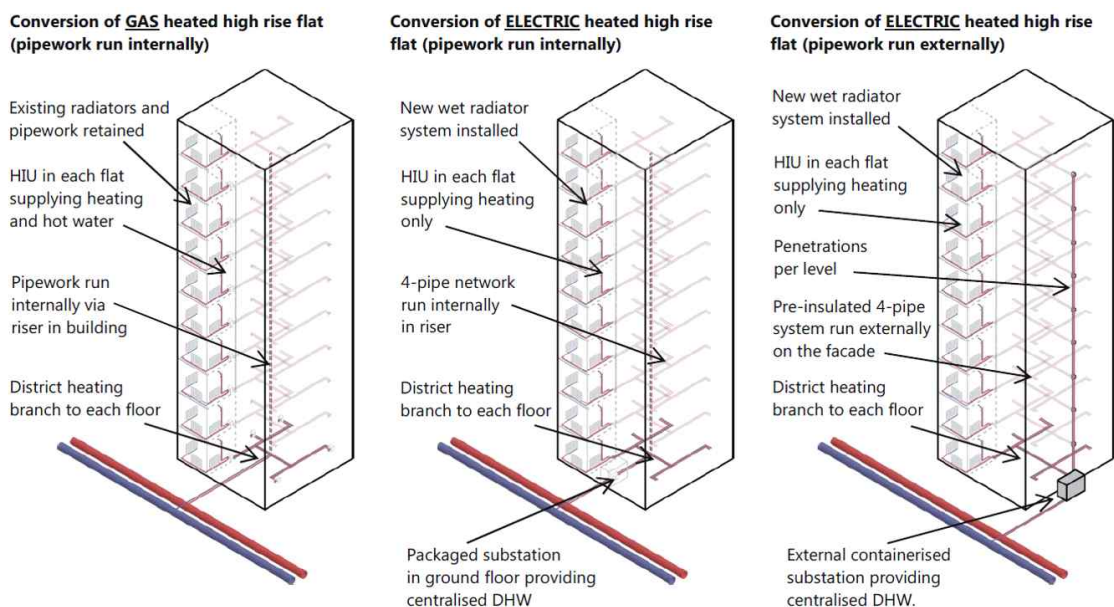
- 건물에서의 에너지절감과 더불어 도시차원에서 실내외 환경의 미세먼지 저감과 재실자의 열쾌적성을 동시에 만족시킬 수 있는 기술 개발 필요
 - 건물의 기밀도 증가에 따라 환기의 중요성이 증대되고 있으나, 재실자의 환기에 대한 인식 부재와 냉난방 부하의 증대, 그리고 겨울철 콜드 드래프트 등 재실자의 온열쾌적감이 문제점으로 지적되어 왔음
 - 현재까지 환기시스템은 전열교환기의 도입외기 전처리 기술과 미세먼지 필터링 기술을 가지고 있음
 - 저에너지건물에서 단열 수준강화 및 기밀도 향상에 따라 현열부하는 저감되나, 실내 습도조절을 위한 액티브기술이 요구됨
 - 향후 건강 건축/도시를 위해서는 환기시스템에서 실내 미세먼지를 해결하고, 재실자의 온열쾌적도를 만족시키며, 냉난방 부하 증대를 최소화 하면서 제로에너지건물에 적합한 새로운 환기시스템의 개발이 요구됨
- 연구개발 목표
 - 제로에너지 미세먼지-free형 제습환기시스템 및 최적운영제어 기술 개발
- 연구개발 내용
 - 제로에너지 미세먼지-free형 환기시스템 개발
 - 제로에너지건물형 환기시스템 개발
 - 도시에너지와 건물 수요관리와 대응한 환기시스템 개발
 - 환기시스템의 최적 운영 알고리즘 개발
 - 실내 미세먼지 관리 및 재실자의 온열쾌적도 향상을 위한 최적 제어 시스템 개발

[표 6-1] 제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술 상세내용

1. 기술명		제로에너지 미세먼지-free형 차세대 HVAC 기술																
2. 기술개발 필요성		- 건물에서의 에너지절감과 더불어 도시차원에서 실내외 환경의 미세먼지 저감과 재실자의 열쾌적성을 동시에 만족시킬 수 있는 기술 개발 필요 - 건물의 기밀도 증가에 따라 환기의 중요성이 증대되고 있으나, 재실자의 환기에 대한 인식 부재와 냉난방 부하의 증대, 그리고 겨울철 콜드 드래프트 등 재실자의 온열쾌적감이 문제점으로 지적되어 왔음 - 현재까지 환기시스템은 전열교환기의 도입외기 전처리 기술과 미세먼지 필터링 기술을 가지고 있음 - 저에너지건물에서 단열 수준강화 및 기밀도 향상에따라 현열부하는 저감되나, 실내 습도조절을 위한 액티브기술이 요구됨 - 향후 건강 건축/도시를 위해서는 환기시스템에서 실내 미세먼지를 해결하고, 재실자의 온열쾌적도를 만족시키며, 냉난방 부하 증대를 최소화 하면서 제로에너지건물에 적합한 새로운 환기시스템의 개발이 요구됨																
3. 국내외 관련기술 현황																		
국외	- 독일 및 유럽을 중심으로 패시브하우스등 저에너지주택에 대한 연구 및 노력이 활발함에 이루어짐에 따라 주택 기밀도 향상에 따른 환기에 대한 기술개발 또한 다수 이루어짐 - 주로 환기장치의 효율 측면에서 연구 개발 진행됨 - 일본, 홍콩을 중심으로 건강건축을 위한 환기 및 제습에 대한 연구가 활발하게 진행됨 - 습도가 높은 지역에서 실내 습도 조절 및 환기에 대한 연구가 활발하게 이루어짐	국내	- 최근 패시브하우스등 저에너지주택에 대한 수요가 증대되고, 실내 환기장치가 의무화됨에 따라 환기설비에 대한 연구개발이 이루어짐 - 반면, 여름철 고온다습한 기후임에도 불구하고 실내 습도 조절은 기존 제습기를 활용하는 방안 이외 뚜렷한 해결책이 없는 실정임 - 이와 관련된 연구가 이루어지고 있으나, 파일럿 스케일 실증에 머물고 있음															
4. 기술개발 목표		건강 건축/도시를 위한 제로에너지 미세먼지-free형 제습환기시스템 및 최적운영제어 기술 개발																
5. 기술개발 내용		- 제로에너지 미세먼지-free형 환기시스템 개발 - 제로에너지 건물형 환기시스템 개발 - 도시에너지와 건물 수요관리와 대응한 환기시스템 개발 - 환기시스템의 최적 운영 알고리즘 개발 - 실내 미세먼지 관리 및 재실자의 온열쾌적도 향상을 위한 최적 제어 시스템 개발																
6. TRL 단계																		
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)								
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	
국외							√			국외								
국내					√					국내							√	
7. 세부기술																		
No.	세부 기술명										소요기간(년)				소요예산(억원)			
1	제로에너지 건축물 활성화 및 건강건축을 위한 미세먼지-free형 환기시스템 개발										3				30			
2	다양한 건축물 유형에 따른 미세먼지-free 형 환기시스템 실증										3				50			
3	미세먼지-free 형 환기시스템 최적 운영 알고리즘 개발										3				30			

나. 친환경 차세대 지역냉난방 기술

- 기존의 지역난방기술에서 집단에너지공급량 증대를 통한 도시화 문제 및 신재생에너지 공급비율 증대를 위한 차세대 지역냉난방 기술 개발이 요구됨
 - 4세대 지역난방 기술을 통해 저온난방 기술이 활성화되었으나, 국내에서는 난방뿐만 아니라 냉방부하 또한 증대되는 추세로 냉방 및 난방 집단에너지공급을 위한 차세대 지역냉난방 기술개발이 요구됨
 - 다양한 미활용에너지의 활용성 증대 및 신재생에너지 공급비율이 증대된 에너지 공급을 위한 차세대 지역냉난방 기술개발이 필요함
 - 친환경 및 건강 도시를 위해 중수도 등 도시 수자원 처리시설과 연계된 차세대 지역냉난방 기술 개발이 요구됨
 - 집단에너지공급의 단점인 중앙공급배관 및 분배시 열손실개선을 위한 기술개발이 요구됨
- 연구개발 목표
 - 도심형 차세대 지역냉난방 기술 개발
- 연구개발 내용
 - 도심내 수자원 처리시설, 중수도 등 미활용에너지 및 신재생에너지 활용성 증대를 위한 차세대 지역냉난방 기술 개발
 - 차세대 지역냉난방 기술을 통한 열에너지 거래 및 열손실 최소화 공급 기술 개발
 - 건물의 지붕 및 벽면에서 신재생에너지 적용 증대를 위한 지역냉난방 기술 개발



[그림 6-1] 기존 건물에서 지역냉난방 적용 방안 예시

[표 6-2] 친환경 건강도시형 차세대 지역냉난방 기술 개발 및 실증 상세내용

1. 기술명		친환경 건강도시형 차세대 지역냉난방 기술 개발 및 실증																	
2. 기술개발 필요성		● 기존의 지역난방기술에서 집단에너지공급량 증대를 통한 도시화 문제 및 신재생에너지 공급비율 증대를 위한 차세대 지역냉난방 기술 개발이 요구됨 - 4세대 지역난방 기술을 통해 저온난방 기술이 활성화되었으나, 국내에서는 난방뿐만 아니라 냉방부하 또한 증대되는 추세로 냉방 및 난방 집단에너지 공급을 위한 차세대 지역냉난방 기술개발이 요구됨 - 다양한 미활용에너지의 활용성 증대 및 신재생에너지 공급비중이 증대된 에너지 공급을 위한 차세대 지역냉난방 기술개발이 필요함 - 친환경 및 건강 도시를 위해 중수도 등 도시 수자원 처리시설과 연계된 차세대 지역냉난방 기술 개발이 요구됨 - 집단에너지공급의 단점인 중앙공급배관 및 분배시 열손실개선을 위한 기술 개발이 요구됨																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● 유럽을 중심으로 기존의 4세대 지역난방에서 5세대 등 차세대 지역냉난방 시스템 개발이 지속적으로 이루어짐 ● 특히, 기존 개별 냉난방 건축물을 지역냉난방 건축물로 리모델링하는 기술을 포함하여 기술개발이 이루어지고 있으며, 대규모 실증을 포함한 연구가 다수 이루어지고 있음									국내	● 최근 4세대 지역난방 및 에너지 공유 및 거래를 위한 지역난방에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있음 ● 반면, 차세대 지역냉난방과 관련된 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이며, 이에 대한 기초연구 또한 소규모로 진행되고 있음								
4. 기술개발 목표		● 도심형 차세대 지역냉난방 기술 개발																	
5. 기술개발 내용		● 도심내 수자원 처리시설, 중수도 등 미활용에너지 및 신재생에너지 활용성 증대를 위한 차세대 지역냉난방 기술 개발 ● 차세대 지역냉난방 기술을 통한 열에너지 거래 및 열손실 최소화 공급 기술 개발 ● 건물의 지붕 및 벽면에서 신재생에너지 적용 증대를 위한 지역냉난방 기술 개발																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외							√			국외									√
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명									소요기간(년)			소요예산(억원)						
1	도심내 미활용에너지 및 신재생에너지 활용성 증대를 위한 차세대 지역냉난방 기술 개발 및 실증									5			50						
2	열에너지 거래 및 열손실 최소화 공급 기술 개발									5			30						
3	건물의 지붕 및 벽면에서 신재생에너지 적용 증대를 위한 지역냉난방 기술 개발									5			30						

다. 패시브/액티브 하이브리드 건물에너지 최적화 기술

- 건물에너지 자립을 위해서는 고효율 태양에너지 활용기술(패시브 및 액티브적), 외피기술, 고성능 패시브 기술 등 에너지 부하저감 기술과 고효율 설비를 통한 액티브 기술 간에 적당한 조화 필요
 - 태양에너지의 건물 활용은 패시브적인 기술과 액티브적인 기술활용기술간의 적절한 조화가 필요함
 - 강제 및 자연 환기 기술과 공조시스템 기술, 환기배열 회수장치 등이 상호 밀접한 관계가 있으며, 통합적용 상호 연계, 운영의 필요함.
 - 자연채광 기술, 차양장치, 고효율 조명기술 등 실내 빛환경과 관련된 여러 가지 기술도 전기에너지 뿐만아니라 실내 빛환경에 중요한 요소이며 이들 또한 상호 연계된 기술임
 - 또한 이들 각각은 신재생에너지와의 통합화 기술 개발이 필요함
- 연구개발 목표
 - 체계화된 하이브리드 기술 설계기법 확립 및 시스템 개발
- 연구개발 내용
 - 제로에너지 솔라 하이브리드 건물 최적화 설계기술
 - 하이브리드 공조시스템 개발
 - ‘신재생+냉난방+환기배열회수 환기’ 기능이 있는 하이브리드 공조시스템 기술
 - 자연채광/환기 및 에너지 효율적인 공조시스템
 - PV 블라인드/자연채광 융합 기술
 - 액티브/패시브 혼합 하이브리드 외피시스템 개발

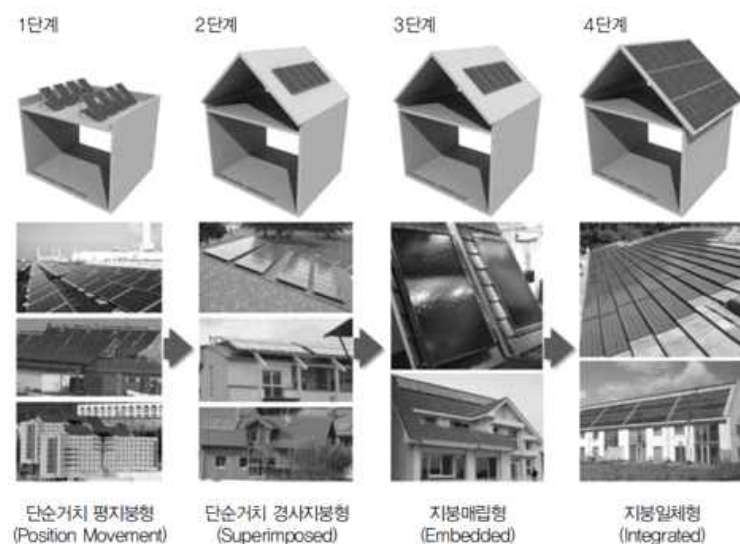
[표 6-3] 패시브-액티브 하이브리드 기술 상세내용

1. 기술명		패시브-액티브 하이브리드 기술																	
2. 기술개발 필요성		● 건물에너지 자립을 위해서는 고효율 태양에너지 활용기술(패시브 및 액티브적), 외피기술, 고성능 패시브 기술 등 에너지 부하저감 기술과 고효율 설비를 통한 액티브 기술 간에 적당한 조화 필요. - 태양에너지의 건물 활용은 패시브적인 기술과 액티브적인 기술활용기술간의 적절한 조화가 필요함 - 강제 및 자연 환기 기술과 공조시스템 기술, 환기배열 회수장치 등이 상호 밀접한 관계가 있으며, 통합적용 상호 연계, 운영의 필요함. - 자연채광 기술, 차양장치, 고효율 조명기술 등 실내 빛환경과 관련된 여러 가지 기술도 전기에너지 뿐만아니라 실내 빛환경에 중요한 요소이며 이들 또한 상호 연계된 기술임 - 또한 이들 각각은 신재생에너지와의 통합화 기술 개발이 필요함																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● Active 및 Passive Solar 기술은 오래전부터 건물에 지속적인 연구 및 적용되어오던 대표적인 하이브리드 기술임 - 주거건물 위주로 이들 각각의 기술이 적용된 건물이 적지만 설계 보급되고 있음 - 건물에 에너지 부하 감소에 중요한 요소기술이며, 이에 대한 체계화된 기술정립 필요 ● 액티브 공조시스템으로 히트펌프와 환기장치가 일체화되어 통합운영되는 하이브리드 시스템 등에 대한 연구 및 적용사례가 증가추세임 ● BIPV와 자연채광, 광덕트, 차양장치, 조명 제어 등 에 대한 하이브리드화에 대한 연구 증가 ● 고효율 창호와 환기배열회수용 환기장치가 융합된 하이브리드 시스템에 대한 연구 및 시제품 제작	국내	● Active 및 Passive 기술 각각에 대한 연구 및 적용은 많으나 이들 2 기술이 하이브리드화 연구는 많지 않음 - 주거건물 위주로 이들 각각의 기술이 연구목적으로 설계되고 있으나 보급은 제한적임 - 히트펌프의 건물활용이 점차 증가되고 있으며, 이와 환기장치가 조합된 하이브리드 기술에 대한 연구가 일부 진행되고 있음 - 고효율 창호와 환기배열회수용 환기장치가 융합된 하이브리드 시스템에 대한 연구 및 시제품 제작 ● 배열 회수용 환기장치는 최근 미세먼지 제거장치와 통합되는 하이브리드 시스템에 대한 연구가 진행되고 있음																
4. 기술개발 목표		● 체계화된 하이브리드 기술 설계기법 확립 및 시스템 개발																	
5. 기술개발 내용		● 제로에너지 솔라 하이브리드 건물 최적화 설계기술 ● 하이브리드 공조시스템 개발 - “신재생+냉난방+환기배열회수 환기” 기능이 있는 하이브리드 공조시스템 기술 - 자연채광/환기 및 에너지 효율적인 공조시스템 - PV 블라인드/자연채광 융합 기술 ● 액티브/패시브 혼합 하이브리드 외피시스템 개발																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)									기술개발 완료 시점(To-Be)										
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외								√		국외									√
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명										소요기간(년)		소요예산(억원)						
1	패시브 하이브리드 공조시스템 개발										3		20						
2	제로에너지 솔라 하이브리드 건물 최적화 설계기술										3		15						
3	액티브/패시브 혼합 하이브리드 외피시스템 개발										5		20						
4																			

2. 건축/도시 신재생 기술 고도화

가. 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술

- 고효율 에너지 절약 건물을 위해서는 새로운 개념의 에너지 생산형태의 외피시스템 설계기술이 필요함
 - 건물의 지붕 및 입면 등에 외피 일체형 신재생에너지 기술은 에너지 수요가 높은 곳에서 에너지 생산을 가능케 하는 기술이므로, 전력 및 열 전송에 소모되는 사회적 비용을 감소시키는 효과를 기대 할 수 있음
 - 건축물 자체의 신재생 에너지 생산 비율을 증가시키기 위한 정책적 목표를 달성하는데 있어서 가장 효과적인 수단을 제공함
- 연구개발 목표
 - 건축구조에 최적화된 외피 일체형 신재생에너지 기술(BIPV, BIST, BIPVT 등)
- 연구개발 내용
 - 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 개발
 - 전력선 및 열매체 노출 배관이 없는 외장성을 고려한 마감재 형태의 신재생에너지 기술
 - 전기 및 열 공급 시스템이 통합된 건물 외피 일체형 패키지시스템 개발
 - 공기단축 및 공간활용 극대화를 위한 Factory made 형태의 패키지 시스템 개발
 - 고효율, 내구성 및 경제성을 갖는 외피 일체형 신재생에너지 전자재화 기술



[그림 6-2] 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 예시

[표 6-4] 건축물 대상 신재생 활용기술 상세내용

1. 기술명		건축물 대상 신재생 활용기술 (건물 외피 일체형 신재생에너지 기술)																	
2. 기술개발 필요성		● 고효율 에너지 절약 건물을 위해서는 새로운 개념의 에너지 생산형태의 외피시스템 설계기술이 필요함 - 건물의 지붕 및 입면 등에 외피 일체형 신재생에너지 기술은 에너지 수요가 높은 곳에서 에너지 생산을 가능케 하는 기술이므로, 전력 및 열 전송에 소모되는 사회적 비용을 감소시키는 효과를 기대 할 수 있음 - 건축물 자체의 신재생 에너지 생산 비율을 증가시키기 위한 정책적 목표를 달성하는데 있어서 가장 효과적인 수단을 제공함																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● 국내 외피 일체형 신재생에너지 기술(BIPV, BIST, BIPVT 등)은 주로 국외 기술을 벤치마킹하여 상품화 및 기술개발 과정이 이루어지고 있음									국내	● 건물일체형 신재생에너지 이용 기술은 효율 중점 개발에서 디자인 중점 외장재 개발로 추세 전환 중 - 다양한 색상 및 이미지 구현 가능 이 요구됨								
4. 기술개발 목표		● 건축구조에 최적화된 외피 일체형 신재생에너지 기술(BIPV, BIST, BIPVT 등)																	
5. 기술개발 내용		● 건물 외피 일체형 신재생에너지 기술 개발 - 전력선 및 열매체 노출 배관이 없는 외장성을 고려한 마감재 형태의 신재생에너지 기술 ● 전기 및 열 공급 시스템이 통합된 건물 외피 일체형 패키지시스템 개발 - 공기단축 및 공간활용 극대화를 위한 Factory made 형태의 패키지 시스템 개발 ● 고효율, 내구성 및 경제성을 갖는 외피 일체형 신재생에너지 전자재화 기술																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외							√			국외									√
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명									소요기간(년)			소요예산(억원)						
1	건축물 외피 일체형 태양광·태양열 복합 모듈									3			20						
2	건물 에너지 자립을 위한 외피 일체형 신재생에너지 효율 향상 및 경제성 확보 기술									3			20						
3	외피 일체형 신재생에너지를 이용한 건물 공기조화 기술									3			20						
4	건물 외피 일체형 신재생에너지 고장진단 및 내구성 향상을 위한 유지관리 기술									3			15						
5	건물 적용 신재생에너지 시스템의 통합 설계 및 최적화 기술									3			15						

나. 건축물 대상 신재생 기술 고도화

- 고효율의 녹색건축물 조성을 위한 건축물 대상 친환경-비용절감형 신재생에너지설비 개발 및 냉난방공급시스템과의 융복합 기술 필요
 - 건물일체형 신재생에너지설비, 컴팩트형 에너지저장장치 등의 개발을 통한 건축물 맞춤형 고효율의 에너지 공급시스템 보급 및 확산 필요 (건물에너지효율화, 신재생에너지생산비중의무화)
 - 건물일체형 신재생에너지설비의 전기와 히트펌프 등의 냉난방설비와의 융복합을 통한 건물 자체에너지소비 증대 및 계통 이용효율 극대화 필요
- 연구개발 목표
 - 건축물 대상 친환경-비용절감형 신재생에너지-냉난방설비 융복합 기술 및 이를 적용한 시스템 개발
- 연구개발 내용
 - 건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합 기술 개발
 - 신재생에너지 설비에서 생산된 전기와 냉난방설비와의 연계를 통한 건물 자체에너지소비 증대 및 계통이용효율 극대화 기술, 잉여전기/열 저장 및 이용 기술
 - 건축물 대상 신재생에너지설비 고도화
 - 건물일체화(자재화)를 위한 고효율의 비용절감형 신재생에너지설비(BIPVT, BIST 등), 건축물 적용 컴팩트형 에너지저장장치(TES, ESS 등) 개발
 - 건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합시스템 개발 및 실증
 - 녹색건축물 조성을 위한 융복합시스템 개발 및 실증

[표 6-5] 건축물 대상 신재생 기술 고도화 상세내용

1. 기술명		건축물 대상 신재생 기술 고도화 (건축물 맞춤형 신재생에너지-냉난방시스템 융복합 기술)																	
2. 기술개발 필요성		- 고효율의 녹색건축물 조성을 위한 건축물 대상 친환경-비용절감형 신재생 에너지설비 개발 및 냉난방공급시스템과의 융복합 기술 필요 - 건물일체형 신재생에너지설비, 컴팩트형 에너지저장장치 등의 개발을 통한 건축물 맞춤형 고효율의 에너지 공급시스템 보급 및 확산 필요 (건물에너지 효율화, 신재생에너지생산비중의무화) - 건물일체형 신재생에너지설비의 전기와 히트펌프 등의 냉난방설비와의 융복합을 통한 건물 자체에너지소비 증대 및 계통 이용효율 극대화 필요																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	- 건축물에 신재생에너지의 효과적 적용을 위한 신재생에너지설비 고도화기술 개발과 함께 냉난방설비와의 융복합 기술 개발 활발 - 건물일체형 신재생에너지설비(BIPVT, BIST, BIPV 등), 컴팩트형 에너지저장시스템 기술 개발 및 실증 - 신재생에너지 연계 냉난방시스템 개발, 스마트 그리드기술 적용을 통한 에너지설비 이용 효율 향상 연구 진행									국내	- 국내에서는 건물일체형 신재생에너지설비 개발 및 성능검증 위주의 연구 진행 - 건축물 적용성을 고려한 신재생에너지설비 고도화 및 융복합기술개발이 필요								
4. 기술개발 목표		건축물 대상 친환경-비용절감형 신재생에너지-냉난방설비 융복합 기술 및 이를 적용한 시스템 개발																	
5. 기술개발 내용		- 건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합 기술 개발 - 신재생에너지 설비에서 생산된 전기와 냉난방설비와의 연계를 통한 건물 자체에너지소비 증대 및 계통이용효율 극대화 기술, 잉여전기/열 저장 및 이용 기술 - 건축물 대상 신재생에너지설비 고도화 - 건물일체화(자재화)를 위한 고효율의 비용절감형 신재생에너지설비(BIPVT, BIST 등), 건축물 적용 컴팩트형 에너지저장장치(TES, ESS 등) 개발 - 건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합시스템 개발 및 실증 - 녹색건축물 조성을 위한 융복합시스템 개발 및 실증																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외							√			국외									√
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명									소요기간(년)			소요예산(억원)						
1	건축물 대상 신재생에너지설비 고도화 기술									3			30						
2	건축물 적용 신재생에너지-냉난방설비 융복합시스템 개발 및 실증									3			50						

3. 스마트 녹색 건축 리빙랩 구현

가. 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술

- 건축물 내 효과적인 에너지소비량 저감을 위한 에너지정보 모니터링, 에너지설비 상태, 성능진단 및 관리 통합시스템 구축 필요
 - 건물에너지 설비의 상태, 성능 진단 관리 등으로 약 30%의 에너지 소비 절감이 가능, 에너지 효율화 필요성 대두
 - 건축물의 복잡한 에너지 운영 및 설비 성능 정보를 효과적으로 모니터링하고, 성능 분석 및 진단하며, 실시간으로 사용자에게 정보 제공 및 관리 기술 필요
- 연구개발 목표
 - 건축물 에너지 최적화를 위한 에너지모니터링, 설비 성능진단 및 관리 통합시스템 구축
- 연구개발 내용
 - 건축물 에너지 운영을 위한 지능형 측정기술 개발
 - 스마트미터링을 위한 지능형센서, 통신게이트웨이, 오픈프로토콜 개발 등 상호운용성(표준화)이 고려된 지능형 측정 요소기술 개발
 - 건축물 에너지 데이터 처리 및 설비 성능진단 분석 기술 개발
 - 빅데이터 마이닝, 머신러닝 기술 등을 활용한 데이터처리, 성능예측진단 기술 개발
 - 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합 플랫폼 개발 및 실증
 - 실시간 에너지 모니터링 및 인빌딩디스플레이, 데이터분석 및 설비성능진단 플랫폼, 웹/모바일 서비스 플랫폼 기술 개발 및 실증



[그림 6-3] 건물에너지 모니터링 화면 예시

[표 6-6] 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술 상세내용

1. 기술명		건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합관리 기술																	
2. 기술개발 필요성		● 건축물 내 효과적인 에너지소비량 저감을 위한 에너지정보 모니터링, 에너지설비 상태, 성능진단 및 관리 통합시스템 구축 필요 - 건물에너지 설비의 상태, 성능 진단 관리 등으로 약 30%의 에너지 소비 절감이 가능, 에너지 효율화 필요성 대두 - 건축물의 복잡한 에너지 운영 및 설비 성능 정보를 효과적으로 모니터링하고, 성능 분석 및 진단하며, 실시간으로 사용자에게 정보 제공 및 관리 기술 필요																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● 미국, 유럽, 일본 등을 중심으로 통합에너지관리플랫폼 및 관련 하드웨어 개발 등을 통한 에너지모니터링, 데이터 분석, 고장진단, 운영 최적화 등 통합 관리 기술 연구 - 에너지모니터링 뿐만 아니라 최적제어기술, 고장진단기술 등의 통합화 기술 개발 - 하니웰, 존슨컨트롤스, 지멘스 등 글로벌기업 중심으로 지능형 계측 및 제어기기, 통신기기, 에너지관리SW 개발 등을 통한 에너지통합관리					국내	● 건축물 에너지 관리시스템의 경우 단순 모니터링, 데이터처리 및 정보제공 위주의 연구가 진행되었으며, 에너지 절감효과가 선진국의 30~40% 수준임 - 중소기업 중심의 단순 데이터 수집 및 처리 위주의 관리시스템이 개발 및 보급되었으며, 건물 내 단위 에너지공급 설비에 대한 성능진단 및 효율개선 위주의 연구가 진행됨												
4. 기술개발 목표		● 건축물 에너지 최적화를 위한 에너지모니터링, 설비 성능진단 및 관리 통합 시스템 구축																	
5. 기술개발 내용		● 건축물 에너지 운영을 위한 지능형 측정기술 개발 - 스마트미터링을 위한 지능형센서, 통신게이트웨이, 오픈프로토콜 개발 등 상호운용성(표준화)이 고려된 지능형 측정 요소기술 개발 ● 건축물 에너지 데이터 처리 및 설비 성능진단 분석 기술 개발 - 빅데이터 마이닝, 머신러닝 기술 등을 활용한 데이터처리, 성능예측진단 기술 개발 ● 건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합 플랫폼 개발 및 실증 - 실시간 에너지 모니터링 및 인빌딩디스플레이, 데이터분석 및 설비성능진단 플랫폼, 웹/모바일 서비스 플랫폼 기술 개발 및 실증																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외							√			국외								√	
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명										소요기간(년)		소요예산(억원)						
1	건축물 에너지 운영을 위한 지능형 측정기술 개발										3		15						
2	건축물 에너지 데이터 처리 및 설비 성능진단 분석 기술 개발										3		30						
3	건축물 에너지 모니터링 및 분석 통합 플랫폼 개발 및 실증										5		50						

나. 중소형 건물에너지 관리기술

○ 비용효율적인 에너지관리가 필요한 중소형건물 대상 기술 필요

- 기존 대형건물 위주의 에너지관리 기술 개발
- 저비용의 에너지관리기술이 요구되는 중소형 건물에 대한 에너지관리를 통한 건물에너지이용 확대 필요

○ 연구개발 목표

- 중소형 건물에 대한 비용효율적인 에너지관리플랫폼 개발

○ 연구개발 내용

- 수요관리요소기술 및 국가통합지원 기술 개발
- 건물에너지정보구축, 이력관리
- 수요관리 요소기술 및 국가수요관리 통합기술 개발
- 저비용 센서 네트워크 기술 개발
- 저비용의 다양한 성능데이터 취득이 가능한 센서네트워크 개발
- 데이터 관리, 분석, 에너지예측 기반의 에너지관리기술 개발
- 대용량의 다양한 데이터 분석을 통한 건전성이 확보된 데이터 관리기술
- 데이터관리와 분석을 통한 새로운 예측적 정보 창출 기술
- 취득한 데이터분석 정보를 이용하여 에너지 성능을 예측
- 에너지 성능예측과 각종 예측적 정보를 이용한 에너지관리기술
- 지능형 에너지관리 플랫폼 및 장치 개발

[표 6-7] 중소형 건물에너지관리기술 상세내용

1. 기술명		중소형 건물에너지관리기술																		
2. 기술개발 필요성		● 비용효율적인 에너지관리가 필요한 중소형건물 대상 기술 필요 - 기존 대형건물 위주의 에너지관리 기술 개발 - 저비용의 에너지관리기술이 요구되는 중소형 건물에 대한 에너지관리를 통한 건물에너지이용 확대 필요																		
3. 국내외 관련기술 현황																				
국외	● 데이터 분석을 활용한 지능형 에너지관리 기술 및 제품의 실용화 수준 기술개발 - 인공지능 기술을 에너지관리에 접목한 에너지관리 기술 개발 ● 주택, 소형건물, 대형건물 등 다양한 대상의 솔루션 개발 - 에너지관리플랫폼 성격의 기술개발과 보급 - 에너지분석과 관리 등과 같은 알고리즘 핵심 기술 개발									국내	● 건물 내 에너지사용 모니터링 위주의 낮은 수준의 에너지관리 - 제로에너지건물에 대한 에너지관리시스템 보급이 이루어지고 있으나 센서 및 데이터 모니터링, 결과 가시화 위주의 기술수준 ● 대형 건물 위주의 기술개발 - 비용투자 부담이 낮은 대형건물 위주의 에너지관리 기술 - 대형건물에 다수의 센서설치와 이를 이용한 모니터링 위주의 에너지관리 기술									
4. 기술개발 목표		● 중소형 건물에 대한 비용효율적인 에너지관리플랫폼 개발																		
5. 기술개발 내용		● 수요관리요소기술 및 국가통합지원 기술 개발 -건물에너지정보구축, 이력관리 -수요관리 요소기술 및 국가수요관리 통합기술 개발 ● 저비용 센서 네트워크 기술 개발 - 저비용의 다양한 성능데이터 취득이 가능한 센서네트워크 개발 ● 데이터 관리, 분석, 에너지예측 기반의 에너지관리기술 개발 - 대용량의 다양한 데이터 분석을 통한 건전성이 확보된 데이터 관리기술 - 데이터관리와 분석을 통한 새로운 예측적 정보 창출 기술 - 취득한 데이터분석 정보를 이용하여 에너지 성능을 예측 - 에너지 성능예측과 각종 예측적 정보를 이용한 에너지관리기술 - 지능형 에너지관리 플랫폼 및 장치 개발																		
6. TRL 단계																				
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)										
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
국외								√		국외									√	
국내				√						국내							√			
7. 세부기술																				
No.	세부 기술명										소요기간(년)					소요예산(억원)				
1	저비용 센서네트워크 기술										4					12				
2	데이터 관리, 분석 기술										4					12				
3	에너지예측기술										4					2				
4	지능형 에너지관리 플랫폼 및 장치 개발										4					12				
5	건물 수요관리요소기술 및 국가통합지원 기술 개발										4					12				

다. 성능기반 건물에너지관리기술

○ 운영단계에서의 성능데이터 분석과 건물에너지관리 연계 통합적인 기술 필요

- 기존 성능데이터의 모니터링 수준에서의 활용에서 탈피 필요
- 다양한 에너지데이터와 장기간의 운영단계의 건물 성능의 업데이트된 분석 데이터를 활용한 실시간 에너지관리기술 필요

○ 연구개발 목표

- 실시간 성능 및 거주성 중심 에너지관리기술 개발

○ 연구개발 내용

- 거주성 평가지표기준 건물에너지 최적관리 기술
- PMV(열쾌적성지수), PPD(쾌적성 불만지수), POE(거주후 평가) 등의 평가지표를 통한 실내환경과 건물에너지 연계 분석 기술
- 실시간 PMV, PPD, POE 지표 데이터기반 에너지관리기술 개발
- 개방형 플랫폼 기반의 건물운영관리 및 평가 상용 SW 패키지 개발
- 건물운영관리와 평가를 위한 개방형 플랫폼 개발
- 건물운영관리와 평가를 상용 SW패키지 개발
- 개방형 설비 및 에너지관리 플랫폼 개발
- 설비 관리를 위한 개방형 플랫폼 개발
- 건물 에너지관리를 위한 개방형 플랫폼 개발
- AR/VR활용기반 건물 관리,운영 및 유지관리 패키지 기술 개발
- AR/VR 플랫폼 개발
- AR/VR 플랫폼 기반의 건물관리, 운영, 유지관리 패키지 개발

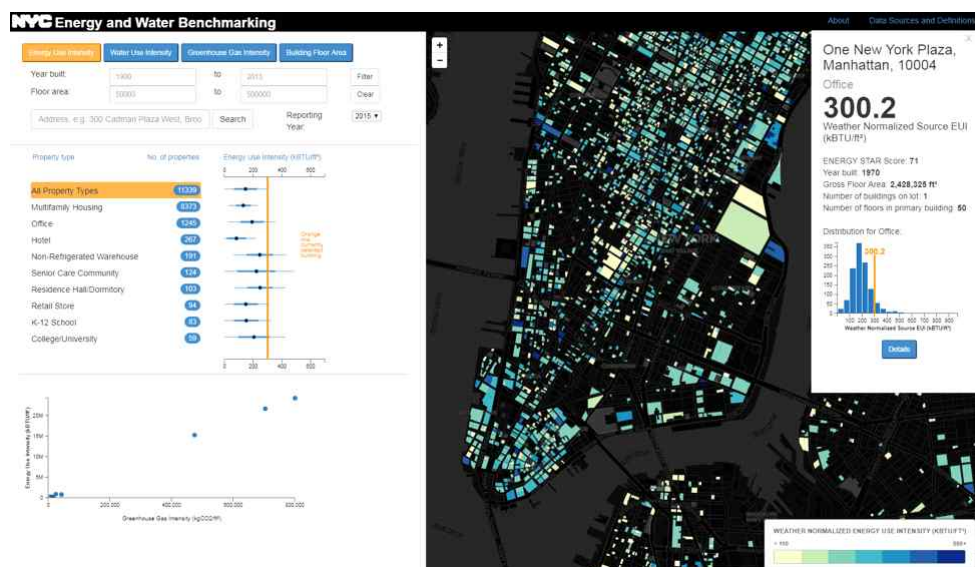
[표 6-8] 성능기반 건물에너지관리기술 상세내용

1. 기술명		성능기반 건물에너지관리기술																	
2. 기술개발 필요성		● 운영단계에서의 성능데이터 분석과 건물에너지관리 연계 통합적인 기술 필요 - 기존 성능데이터의 모니터링 수준에서의 활용에서 탈피 필요 - 다양한 에너지데이터와 장기간의 운영단계의 건물 성능의 업데이트된 분석 데이터를 활용한 실시간 에너지관리기술 필요																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● 다양한 건물 내 측정된 성능데이터 분석과 지능화된 에너지관리 기술의 상용화 수준 - 데이터 분석, 기계학습 등 데이터 기반 인텔리전트 기술을 개발하여 건물에너지관리에 접목하고 상용화 수준에 근접 ● 주택, 소형건물, 대형건물 등 다양한 대상의 데이터기반 성능예측형 에너지관리 솔루션 개발 - 성능데이터분석 및 지능화를 통한 에너지관리 플랫폼 성격의 기술개발과 보급								국내	● 건물 내 에너지사용 모니터링 위주의 에너지관리 - 제로에너지건물에 대한 에너지관리시스템 보급이 이루어지고 있으나 센서 및 데이터 모니터링, 결과 가시화 위주의 기술수준 ● 설계 및 건설 위주의 기술개발 - 운영단계의 에너지관리에 대한 관심과 투자가 저조 - 운영단계의 실질적인 건물성능 데이터를 활용한 예측모델기반의 초기 수준의 에너지관리기술									
4. 기술개발 목표		● 실시간 성능 및 거주성 중심 에너지관리기술 개발																	
5. 기술개발 내용		● 거주성 평가지표기준 건물에너지 최적관리 기술 - PMV(열쾌적성지수), PPD(쾌적성 불만지수), POE(거주후 평가) 등의 평가지표를 통한 실내환경과 건물에너지 연계 분석 기술 - 실시간 PMV, PPD, POE 지표 데이터기반 에너지관리기술 개발 ● 개방형 플랫폼 기반의 건물운영관리 및 평가 상용 SW 패키지 개발 - 건물운영관리와 평가를 위한 개방형 플랫폼 개발 - 건물운영관리와 평가를 상용 SW패키지 개발 ● 개방형 설비 및 에너지관리 플랫폼 개발 -설비 관리를 위한 개방형 플랫폼 개발 -건물 에너지관리를 위한 개방형 플랫폼 개발 ● AR/VR활용기반 건물 관리,운영 및 유지관리 패키지 기술 개발 -AR/VR 플랫폼 개발 -AR/VR 플랫폼 기반의 건물관리, 운영, 유지관리 패키지 개발																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외								√		국외									√
국내				√						국내								√	
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명										소요기간(년)				소요예산(억원)				
1	거주성 평가지표기준 건물에너지 최적관리 기술										4				12				
2	개방형 플랫폼 기반의 건물운영관리 및 평가 상용 SW 패키지 개발										4				12				
3	개방형 설비 및 에너지관리 플랫폼 개발										4				12				
4	AR/VR활용기반 건물 관리,운영 및 유지관리 패키지 기술 개발										4				12				

4. 스마트 녹색 커뮤니티 리빙랩 구현

가. 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계

- 단일 건물이 아닌 지구/지역 단위 에너지 최적화를 통해 다양한 에너지 설비의 고효율 운용이 가능
 - 단일 건물의 경우 이용할 수 있는 에너지 설비가 한정되며, 부하추종 운전 에 따른 성능저하가 불가피
 - 복수의 건물을 대상으로 하는 에너지 최적화를 통해 신재생 및 미활용 에너지 설비의 이용률 증대와 유연성 향상에 따른 효율화 가능
- 연구개발 목표
 - 단위 지역(커뮤니티) 에너지 공급을 위해, 다양한 에너지원의 효율적 이용을 위한 최적 에너지 믹스 기술 개발
- 연구개발 내용
 - 현장 특성에 적합한 다양한 신재생 및 미활용 에너지의 발굴과, 이의 효율적 이용을 위한 복수의 에너지원 및 에너지 설비의 최적 설계
 - 커뮤니티 내 에너지 수요 및 생산 잠재량을 예측하고, 필요한 에너지 설비 및 용량 산정
 - 최대 에너지 수요에 대응 가능한 에너지 믹스 계획 수립과 이의 실현을 위한 제어로직 설계 및 구축
 - 에너지 설비 운용의 최적화를 위한 실증연구



[그림 6-4] 커뮤니티 단위 에너지 설계 프로그램 예시

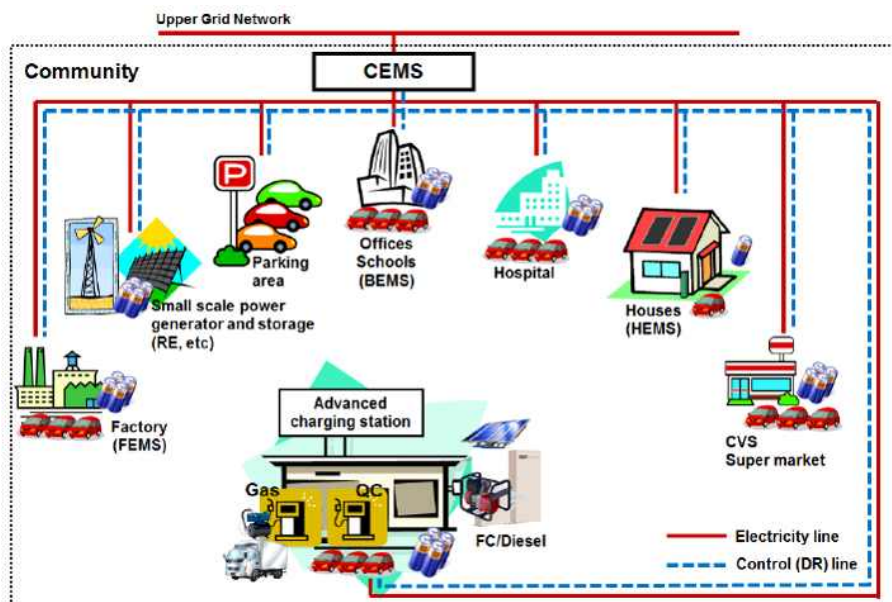
*출처: Sustainable cities and the role of regional green building programs

[표 6-9] 커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계 상세내용

1. 기술명		커뮤니티 단위 에너지 최적화 설계																	
2. 기술개발 필요성		● 단일 건물이 아닌 지구/지역 단위 에너지 최적화를 통해 다양한 에너지 설비의 고효율 운용이 가능 - 단일 건물의 경우 이용할 수 있는 에너지 설비가 한정되며, 부하추종 운전에만 따른 성능저하가 불가피 - 복수의 건물을 대상으로 하는 에너지 최적화를 통해 신재생 및 미활용 에너지 설비의 이용률 증대와 유연성 향상에 따른 효율화 가능																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	● 분산에너지원에 대한 기술개발 및 이용사례 확대 - 신재생에너지원의 적극적 이용을 위해 단위 지역 대상의 분산에너지 이용기술 개발 활성화 ● 여러 종류의 에너지원을 이용하는 복합 에너지 시스템 구축 증대 - 바이오, 풍력 등 현장 특성에 적합한 복수 에너지원의 적극적 이용 - 다양한 에너지원의 최적 이용을 위한 네트워크 구성 및 제어 관련 기술 개발	국내	● 열병합발전을 통한 지역난방으로 단위 지역에 대한 중앙공급식 열에너지 이용 증가 - 대규모 열 네트워크의 경우 배관망 구축비용 및 여름철 과잉 열 문제 발생 - 최근 중소규모 열 네트워크에 대한 관심 및 기술개발 증가 ● 전국 규모 송배전으로 단위 지역의 전력 최적화는 무의미 - 대형발전소 건설의 어려움으로 분산전원 및 관련 기술개발에 대한 관심 증가 - 신재생전력 생산 증대에 따라 지역 단위 전력수급 관련 기술 개발																
4. 기술개발 목표		● 단위 지역(커뮤니티) 에너지 공급을 위해, 다양한 에너지원의 효율적 이용을 위한 최적 에너지 믹스 기술 개발																	
5. 기술개발 내용		● 현장 특성에 적합한 다양한 신재생 및 미활용 에너지의 발굴과, 이의 효율적 이용을 위한 복수의 에너지원 및 에너지 설비의 최적 설계 - 커뮤니티 내 에너지 수요 및 생산 잠재량을 예측하고, 필요한 에너지 설비 및 용량 산정 - 최대 에너지 수요에 대응 가능한 에너지 믹스 계획 수립과 이의 실현을 위한 제어로직 설계 및 구축 ● 에너지 설비 운용의 최적화를 위한 실증연구																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외								√		국외									√
국내				√						국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명															소요기간(년)		소요예산(억원)	
1	커뮤니티 내 에너지 수요 및 생산 잠재량 산정 기술															3		10	
2	중소규모 에너지 네트워크 최적화 설계 기술															3		20	
3	최적 신재생 및 미활용 에너지 믹스 설계 기술															3		20	
4	계통 에너지원 연계 및 제어·운용 기술 실증															5		50	

나. 커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술

- 커뮤니티 레벨에서 각 건물의 에너지 생산 및 소비를 통합 관리하는 에너지 공유 개념의 진보된 커뮤니티 에너지 통합 관리 기술이 필요
 - 건물 단위에서의 빌딩에너지관리기술(BEMS)의 보급은 보편화 되었으나 커뮤니티 단위에서의 통합 에너지 관리는 미흡한 실정임
 - 커뮤니티 레벨 에너지 통합 관리를 위해 스마트 센서 및 빅데이터 처리기술의 도입과 분산형 에너지 생산-공급-배분 기술의 개발이 필수적임
- 연구개발 목표
 - 에너지 공유 기반 커뮤니티의 에너지 통합 관리를 위한 스마트 진단 및 분산형 에너지 최적 운영 기술 확보
- 연구개발 내용
 - 스마트센서 활용 실시간 커뮤니티 에너지 모니터링 및 빅데이터를 활용한 스마트진단 기술 개발
 - ICT-IoT 기술을 활용 관리 대상 커뮤니티의 상시 모니터링 및 관리 기술 개발
 - 빅데이터를 활용한 이상징후 감지 및 안내 서비스 기술 개발
 - 에너지 공유 커뮤니티 운영 최적화 기술 개발
 - 에너지 공유 기반 에너지 네트워크 부하패턴 분석 및 최적 운영기술 개발
 - 에너지 공유 기반 분산형 에너지 생산, 공급 및 배분 기술 개발



[그림 6-5] 커뮤니티 단위 에너지 모니터링 예시

*출처: Utilization of Electric Vehicles and Their Used Batteries for Peak-Load Shifting

[표 6-10] 커뮤니티 단위 에너지 모니터링 및 분석기술 상세내용

1. 기술명		커뮤니티 에너지 모니터링 및 분석기술																	
2. 기술개발 필요성		- 커뮤니티 레벨에서 각 건물의 에너지 생산 및 소비를 통합 관리하는 에너지 공유 개념의 진보된 커뮤니티 에너지 통합 관리 기술이 필요 - 건물 단위에서의 빌딩에너지관리기술(BEMS)의 보급은 보편화 되었으나 커뮤니티 단위에서의 통합 에너지 관리는 미흡한 실정임 - 커뮤니티 레벨 에너지 통합 관리를 위해 스마트 센서 및 빅데이터 처리기술의 도입과 분산형 에너지 생산-공급-배분 기술의 개발이 필수적임																	
3. 국내외 관련기술 현황																			
국외	- 글로벌 스마트 빌딩 시장은 ' 21년까지 247.3억 달러로 성장할 것으로 보이며, 해당 시장이 포함된 글로벌 스마트 시티 시장은 ' 21년까지 1조 6,900억 달러 규모로 성장할 전망이다 - 미국의 에너지 관리시스템 시장은 2017년 총 매출 약 11억1000만 달러를 기록하며 세계에서 가장 큰 시장 규모를 가진 것으로 집계됨 (유럽 9억9000만 달러, 중국 1억9000만 달러). - 일본은 스마트경제·사회시스템 구축을 장기 목표로 에너지관리 규제 강화와 함께 EMS 설치 보조금을 통한 보급 확대와 정부주도 기술개발 및 지원, 실증 사업 등 선도적으로 EMS 정책을 추진									국내	- 현재 정책 패러다임은 과거 공급중심의 정책에서 수요관리 우선 에너지정책으로 변화 - 국내 EMS 시장 규모는 ' 13년 2,590억 원 → ' 20년 1조 4,942억 원 - FEMS 규모는 ' 13년 404억 원 → ' 20년 3,790억 원 성장 전망 - 국내 건물에너지관리시스템(BEMS) 시장은 연 3조 2000억원 전후, 2020년 에너지효율 건물 시장규모는 약 5조원으로 추정 - 에너지 소비의 EMS 도입은 증가하고 있으나 건물단위에서 소유주와 사용자가 분리된 경우가 많아 EMS 도입 활성화가 더딤 - 커뮤니티 단위에서의 에너지 통합관리 기술은 초기 단계 임								
4. 기술개발 목표		에너지 공유 기반 커뮤니티의 에너지 통합 관리를 위한 스마트 진단 및 분산형 에너지 최적 운영 기술 확보																	
5. 기술개발 내용		- 스마트센서 활용 실시간 커뮤니티 에너지 모니터링 및 빅데이터를 활용한 스마트진단 기술 개발 - ICT-IoT 기술을 활용 관리 대상 커뮤니티의 상시 모니터링 및 관리 기술 개발 - 빅데이터를 활용한 이상징후 감지 및 안내 서비스 기술 개발 - 에너지 공유 커뮤니티 운영 최적화 기술 개발 - 에너지 공유 기반 에너지 네트워크 부하패턴 분석 및 최적 운영기술 개발 - 에너지 공유 기반 분산형 에너지 생산, 공급 및 배분 기술 개발																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외							√			국외								√	
국내					√					국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명									소요기간(년)					소요예산(억원)				
1	스마트 센서를 활용한 커뮤니티 에너지 모니터링 기술									4					20				
2	커뮤니티 빅데이터를 활용한 스마트 진단 기술									4					20				
3	에너지 공유 기반 네트워크 부하패턴 분석 및 최적 운영 기술									4					20				
4	에너지 공유 기반 분산형 에너지 생산, 공급 및 배분 기술									4					30				

다. 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술

○ 단위 지역 내 에너지 최적 이용을 위해서는 열 및 전력의 통합관리가 필요하며, 필요 시 잉여 에너지를 저장하거나 거래 또는 공유할 수 있는 기술적 기반 구축이 필요

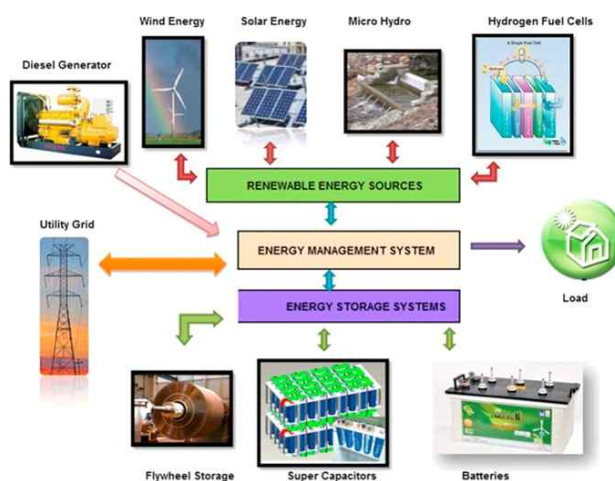
- 건물의 개별 에너지 설비 설치 및 관리에서, 커뮤니티를 구성하는 모든 건물의 수요에 대응하는 통합 에너지 설비 구축 및 관리로의 전환이 필요
- 통합 에너지 설비의 용량 축소와 부하관리를 위하여 에너지의 전환과 저장을 위한 공용 설비 설치가 필수

○ 연구개발 목표

- 커뮤니티 내 에너지 통합 관리를 위한 에너지 전환/저장/공유 기술의 개발과 실증을 통한 운용 기술 확보

○ 연구개발 내용

- 커뮤니티 내 에너지 클러스터 구축 및 통합관리 기술 개발
- 신재생 및 미활용 에너지를 최대한 이용할 수 있으며 계통 에너지원과 연계가 용이한 에너지설비 구축 최적 입지 선정
- 커뮤니티 내 시간대별, 일별, 계절별 에너지 수요변화에 따른 에너지 공급 최적 관리 기술 개발
- 에너지 전환 및 저장을 통한 부하관리 및 공유 기술 실증
- 전력저장과 열저장 기술을 동시에 이용하여 부하관리 및 에너지 공유를 실현하는 에너지저장 시스템 구축 및 운용
- 필요 시 열에너지로의 효율적 변환을 통한 에너지저장 활용



[그림 6-6] 커뮤니티 단위 에너지저장, 변환, 공유 기술 예시

*출처: Optimization in microgrids with hybrid energy systems - A review

[표 6-11] 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유기술 상세내용

1. 기술명		커뮤니티 단위 에너지 전환·저장·공유 기술																	
2. 기술개발 필요성		- 단위 지역 내 에너지 최적 이용을 위해서는 열 및 전력의 통합관리가 필요하며, 필요 시 잉여 에너지를 저장하거나 거래 또는 공유할 수 있는 기술적 기반 구축이 필요 - 건물의 개별 에너지 설비 설치 및 관리에서, 커뮤니티를 구성하는 모든 건물의 수요에 대응하는 통합 에너지 설비 구축 및 관리로의 전환이 필요 - 통합 에너지 설비의 용량 축소와 부하관리를 위하여 에너지의 전환과 저장을 위한 공용 설비 설치가 필수																	
		3. 국내외 관련기술 현황																	
국외	- 중소규모 에너지 생산·판매사의 역할을 통해 에너지 거래가 부분적으로 이루어짐 - 신재생에너지원 등을 이용한 분산에너지 시스템의 활성화가 이루어져, 개인간 전력거래도 가능 - 도시재생지역을 중심으로 새로운 통합 에너지 관리 시스템 구축이 활성화 - 주택 및 건물을 대상으로 한 시간대별 전력 요금 차등화 또는 열저장을 통한 부하관리를 실현 - 신재생에너지원의 증대와 함께 잉여 에너지원 관리 기술 개발이 증가 - 열에너지 공유를 위한 축열시스템 활용 사례									국내	- 에너지 거래에 대한 규정이 미비하여 커뮤니티를 구성하는 건물간 에너지 공유 또는 거래가 원칙적으로 불가능 - 소규모 열 네트워크 상의 에너지 공유를 위한 연구 차원의 열에너지 교환이 추진되고 있음 - 전력 거래에 대한 기반기술 개발은 수년 전부터 지속되어 왔음 - 부하관리를 위한 에너지 저장기술 확산 - 건물의 전력부하 관리를 위하여, 열저장 및 전력저장을 통한 부하관리 제품이 상용화 수준임 - 건물간 에너지 공유를 위한 에너지 전환 및 저장은 시도된 바 없음								
	4. 기술개발 목표		커뮤니티 내 에너지 통합 관리를 위한 에너지 전환/저장/공유 기술의 개발과 실증을 통한 운용 기술 확보																
5. 기술개발 내용		- 커뮤니티 내 에너지 클러스터 구축 및 통합관리 기술 개발 - 신재생 및 미활용 에너지를 최대한 이용할 수 있으며 계통 에너지원과 연계가 용이한 에너지설비 구축 최적 입지 선정 - 커뮤니티 내 시간대별, 일별, 계절별 에너지 수요변화에 따른 에너지 공급 최적 관리 기술 개발 - 에너지 전환 및 저장을 통한 부하관리 및 공유 기술 실증 - 전력저장과 열저장 기술을 동시에 이용하여 부하관리 및 에너지 공유를 실현하는 에너지저장 시스템 구축 및 운용 - 필요 시 열에너지로의 효율적 변환을 통한 에너지저장 활용																	
6. TRL 단계																			
현재(As-Is)										기술개발 완료 시점(To-Be)									
구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
국외								√		국외									√
국내				√						국내							√		
7. 세부기술																			
No.	세부 기술명									소요기간(년)			소요예산(억원)						
1	커뮤니티 내 기반시설 활용 에너지 클러스터 구축 기술									3			15						
2	커뮤니티 내 열/전기 에너지 통합관리 기술									3			20						
3	에너지 공유를 위한 에너지 전환·저장 기술									3			15						
4	열 및 전력 저장 동시 활용을 통한 부하관리 기술 실증									5			50						

제2절. 파급효과

1. 기대효과 및 파급효과

○ 정책적 기대효과

- 국내 제로에너지건축 의무화 추진을 위한 제로에너지건축 보급 확산을 뒷받침할 수 있으며, 신규건축물 및 신도시에 대한 고려뿐만 아니라 기존 건축물 및 노후화된 도시에 대한 리모델링을 통해 그린 리모델링 제도 지원 및 확산에 적합함
- 국내 리모델링은 단순 창호, 벽면 등의 사례에 그치는 반면, 제안된 기술을 통해 단일 건물뿐만 아니라 노후화된 도시단위 에너지 리모델링을 위한 기술 개로 국내 건축법에서의 리모델링에 대한 지원제도 뒷받침 가능
- 개발된 요소기술의 융합 및 대규모 실증에 따른 국내 산업체, 지자체 및 교육기관에서 재생에너지 및 리모델링 관련 정책지원제도의 기초자료로 활용 가능함
- 에너지절약설계기준의 개정에 따른 기존 건축물 성능저하를 보완할 수 있는 건축 및 도시단위 리모델링 법 조항 추가 및 보완자료로 활용 가능
- 국내 제로에너지건축 및 제로에너지도시관련 산업 성장을 위한 지원제도의 근거로 활용 가능함
- 제로에너지건축/도시 활성화를 위한 인센티브 정책 및 지원 정책 수립을 위한 기초자료로 활용 가능하며, 지원제도의 필요 근거로 활용 가능함
- 다양한 재생에너지원으로부터의 에너지 공급 및 공유에 따른, 소비자의 에너지 공급자 선택권 확대를 통한 에너지산업 민주화 실현 가능
- 정부의 신재생에너지 확대 정책에 부합하고, 지구 온난화 및 탄소배출등 환경 문제 개선 및 신재생에너지 수용성 한계 극복 가능
- 정부 및 지자체 중심의 에너지 효율화/에너지 복지를 통한 국민 생활 체감형 기술 실증 실현 가능

○ 기술적 기대효과

- 도시단위의 제로에너지화를 위한 친환경 고효율 지역냉난방 연계 건축설비 기술 확보
- 다양한 도시 유형에 대한 제로에너지화를 위한 재생에너지기반 차세대 지역냉난방 리모델링 기술 확보
- 도시단위 패시브/액티브 하이브리드 에너지 시스템 최적화 기술 확보
- 건물 신재생에너지의 도시단위 확대를 위한 건물 일체형 신재생에너지 기술 고도화
- 다양한 건물 유형 맞춤형 신재생에너지 설치 및 활용 기술 확보
- 노후화 건물의 제로에너지화를 위한 신재생에너지 적용 기술 및 냉난방시스템

리모델링 기술 확보

- 건축물 리모델링을 통한 에너지 최적화 분석 기술 확보
- 건축물간 에너지 연계 및 거래 기술 확보를 통한 신산업 창출 기대
- 신도시의 에너지최적 시스템 설계 기술 및 노후화 도시의 제로에너지화를 위한 도시재생 설계 기술 확보
- 커뮤니티 단위 에너지 전환, 저장, 공유 기술 확보에 따른 신도시 및 노후화 도시의 도시 경쟁력 확보
- 재생에너지 기반 다양한 에너지 공급뿐만 아니라 에너지 효율 측면에서 도시단위 에너지 수요관리를 통한 열/전기 에너지 이용 효율 극대화 가능
- 다양한 미활용 및 재생에너지원으로부터의 에너지 공급에 따른 SPC 활성화 및 분산에너지 사업자를 통한 에너지 공유 및 거래 시장을 위한 기술 확보

○ 경제·산업적 기대효과

- 제로에너지도시화를 통한 재생에너지 및 에너지 효율화관련 신산업 창출
- 건물뿐만 아니라 도시단위의 에너지 수요관리/생산/공급 산업 활성화에 따른 신산업 활성화 및 일자리 증대
- 정부 및 지자체 중심의 에너지전환 정책 주도에서 에너지 SPC의 적극적인 참여 및 활성화로 다양한 민간중심의 에너지전환 산업 증대
- 도시단위 에너지 리모델링 시장 관련 신산업 창출 및 건물에서의 신재생에너지 중심 리모델링 시장 활성화와 일자리 증대
- 재생에너지시장이 국민의 새로운 자산으로 인식되면서 건물 및 도시단위 재생에너지 활성화를 민간주도로 선순환 확장
- 현재 건축산업이 신도시, 신축 공동주택 개발에 치우친 한계를 뛰어넘어 재생에너지중심의 리모델링 시장으로 변화되면서 건축산업 활성화 및 새로운 국가 성장동력 창출
- 국내 제로에너지도시 관련 건축 산업의 역량 강화를 통해 해외 진출 및 주요 제로에너지도시 선도국가와 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 기회 마련
- 다양한 미활용 및 재생에너지원으로부터의 에너지 공급에 따른 SPC 활성화 및 분산에너지 사업자를 통한 에너지 공유 및 거래 시장 활성화에 따른 새로운 에너지 시장 창출

부록

1. 전문가 기술수요조사서
 2. 지자체 기술수요조사서
 3. 분야별 수행과제 현황
-