제 2019 - 00호

도시 에너지 최적화 기술개발 최종보고서

2030 에너지 환경변화 대응 건축

2019

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

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

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 2019-00호

2030 에너지 환경변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술 개발

최종보고서

2019. 8.

주관연구기관 / 호서대학교 산학협력단

공동연구기관 / 한국건설생활환경시험연구원

고려대학교 산학협력단

㈜티비앤에이

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술개발’(연구개발 기간 : 2018. 12. 11 ~ 2019 . 08. 10) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 8.

주관연구기관명 : 호서대학교 산학협력단 (대표자) 박승규 (인)
공동연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원 (대표자) 윤갑석 (인)
고려대학교 산학협력단 (대표자) 허 준 (인)
㈜티비앤에이 (대표자) 봉선학 (인)

주관연구기관책임자: 호서대학교 산학협력단 이건원
공동연구기관책임자: 한국건설생활환경시험연구원 성욱주
고려대학교 산학협력단 장길수
㈜티비앤에이 김황만

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RDPP-C150606-01	해당 단계 연구 기간	2018. 12. 11 ~ 2019 . 08. 10	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	2030 에너지 환경 변화 대응 건축, 도시 에너지 최적화 기술개발			
연구책임자	이건원	해당단계 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 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: 96,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 96,000 천원
연구기관명 및 소속 부서명	호서대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록・기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

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

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

요약문

연구의 목적 및 내용	□ 2030 에너지 환경변화에 대응한 건물 및 도시 에너지의 최적화 기술개발을 위한 비져닝, 핵심 연구분야 설정, 기술개발 계획 수립 ◦ 에너지 환경 관련 글로벌 트렌드와 건물?도시관련 대내외 정책?시장?기술 동향 분석을 기반으로 미래 건물에너지관련 기술적 니즈를 파악 ◦ 파악된 니즈를 바탕으로 후속기획이 필요한 기술개발 영역을 도출하고 기술개발사업의 전략적 지향점 설정 ◦ 기술개발을 성공적으로 추진하기 위한 전략, 최적 추진체계(안)을 마련 ◦ 중점기술영역 및 과제 수준에서 기존 국토부 R&D사업과 연계된 기술개발 로드맵을 수립
연구개발성과	□ 여건변화 분석을 기초로 2030 에너지 환경 변화에 대응한 건물 및 도시 에너지 최적화 기술개발 방향 설정 ◦ 에너지 관련 글로벌 트렌드 분석, 에너지 환경변화에 대응하는 건물 및 도시 에너지 최적화 관련 PEST 분석 ◦ 에너지 환경 변화에 대응하는 건물 및 도시 에너지 최적화 기술개발 방향 설정 □ 기술개발 방향에 부합하는 중점연구영역 설정 ◦ 건물 및 도시 에너지 최적화 기술개발 방향에 부합하는 중점연구영역 설정 □ 중점연구영역별 후보기술 발굴 ◦ 중점연구영역별 후보기술 발굴 및 후보기술의 개념 및 범위 정립
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	□ 동 기획 결과를 기초로 국토교통 R&D 사업에서 건물 및 도시 에너지 최적화 기술개발 추진 ◦ 기획결과 도출되는 기술개발 로드맵을 기반으로 국토교통부의 R&D사업 추진 가능 □ 한국형 에너지 최적화 건물 및 도시 에너지 최적화 기술 확보를 통한 에너지 이슈에 대한 대응역량 강화 및 비즈니스화 ◦ 에너지 생산 및 소비의 주요 부분으로서 한국의 실정에 최적화된 건물 및 도시분야 에너지 최적화 기술을 선제적으로 확보 ◦ 건물 및 도시의 다양한 에너지 이슈를 해결하고 국내 적용을 기반으로 해외 진출을 위한 비즈니스 모델로의 발전 기대

국문핵심어	에너지 관리	건축/도시 에너지 최적화	2030 에너지 트렌드	온실가스 흡수/배출관리	커뮤니티 관리
영문핵심어	Energy Management	Building/City Energy Optimization	Energy Trend in 2030	Carbon Absorption & Emission Management	Community Management

〈 목 차 〉

제1장. 사업 개요 ····· 1
제1절. 배경 및 필요성 ····· 1
1. 사업 추진배경 ····· 1
2. 정부지원의 필요성 ····· 5
3. 사업추진의 시급성 ····· 5
제2절. 사업 추진 근거 ····· 8
1. 법령 ····· 8
2. 중장기 R&D 계획 ····· 11
제3절. 기획 추진 체계 및 경과 ····· 14
1. 사업기획 추진체계 ····· 14
2. 사업기획 추진경과 ····· 15
3. 사업기획 추진절차 ····· 16
4. 후보기술 도출 프레임워크 ····· 17

제2장. 사업의 개념 및 사업환경 분석 ····· 19
제1절. 사업 개요 ····· 19
제2절. 대내외 환경 분석 ····· 20
1. 메가트렌드 분석 ····· 20
2. 정책적 환경 분석 ····· 50
3. 경제적 환경 분석 ····· 94
4. 기술적 환경 분석 ····· 119
5. 주요 시사점 ····· 160
제3절. 국내 R&D 역량분석 ····· 163
1. R&D 투자현황 ····· 163
2. 논문/특허 동향 분석 ····· 174
3. 기술수준 분석 ····· 199

제3장. 기존 사업 성과 분석 ····· 214
제1절. 기존 사업현황 및 추진경과 ····· 214
1. 기존 사업 현황 ····· 214
2. 기존 사업 추진경과 ····· 236
제2절. 기존 사업 성과분석 ····· 237
1. 종합적 성과분석 ····· 237
2. 대표적 성과분석 ····· 241
3. 성과분석 결과 ····· 247
제3절. 종합분석 ····· 250
1. 기존 사업의 우수점 ····· 250
2. 기존 사업의 시사점 ····· 253

제4장. 사업설계를 위한 조사분석 ····· 254
제1절. 사업설계를 위한 전문가 활용 ····· 254
1. 기술수요 조사 ····· 254
제2절. 유사 사업 추진현황 ····· 268
1. 타부처 유사사업 현황 및 중복성 검토 ····· 268
2. 국토교통부 고유 사업과의 중복성 검토 ····· 274
3. 과제단위 중복성 검토 ····· 277
제3절. 주요시사점 ····· 279

제5장. 사업 추진계획(안) ····· 281
제1절. 사업추진방향 도출 ····· 281
1. 종합분석(SWOT) ····· 281
2. SWOT분석을 통한 사업 전략방향 도출 ····· 283
제2절. 사업 비전 및 목표 ····· 285
1. 비전 체계도 ····· 285
2. 핵심기술요소 선정 및 분류 ····· 288
3. 연구개발과제의 구성 및 연계관계 ····· 292

제6장. 중점 기술개발 내용 ····· 296
제1절. 중점기술별 상세내용 ····· 296
제2절. 기술로드맵(안) ····· 324
1.건축물 자재·시스템 분야 ····· 324
2. 건축 설계·시공 분야 ····· 326
3. 에너지 운영·최적화 분야 ····· 328
제3절. 파급효과 ····· 330
1. 과학기술적 파급효과 ····· 330
2. 경제사회적 파급효과 ····· 323
3. 정책적 파급효과 ····· 331

참고문헌 ····· 332

제1장. 사업 개요

제1절. 배경 및 필요성

1. 사업 추진배경

가. 에너지 패러다임의 변화

□ 기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력으로 신기후체계가 출범하고 이를 새로운 도약의 기회로 활용하기 위한 주요국의 이행계획 추진

- 프랑스 파리에서 진행된 유엔 기후변화협약 당사국총회에서 2020년 이후 교토의정서 체제를 대체할 新기후체제에 대한 합의문인 파리협정 채택
- `23년부터 5년 단위의 파리협정 이행 전반에 대한 종합이행점검을 통해 전 지구적 단위의 온실가스 감축, 기후변화에 대한 적응, 재정 및 기술 지원 현황 등에 대한 포괄적인 점검 실시
- 파리협정은 선진국만 온실가스 감축 의무를 부과했던 `97년 교토의정서와는 달리 195개 참가국 모두가 전 지구적인 기후변화 대응 노력에 동참
- 파리협정은 단순한 감축목표 제시를 넘어 기후변화 대응·기후재원 조성 등을 통해 지속가능한 발전으로 패러다임 전환을 의미하며, 저탄소 경제로의 이행을 위한 장기 시그널로 작동할 것으로 예상

□ 신흥국 에너지 수요 증가로 인해 ‘35년까지 에너지·자원 소비량이 지속적으로 증가하는 등 에너지·자원 위기가 심화될 것으로 예상되며 신재생에너지 비중이 높아질 전망

- IEA(International Energy Agency)의 전망에 따르면, 중국, BRICs 신흥국가들의 수요급증으로 `35년 에너지 소비량은 `09년 대비 40% 증가 예상
- 석유, 석탄 등 화석연료 비중은 감소할 전망이나 여전히 그 비중이 높으며, 천연가스, 신재생에너지 등 에너지의 소비량은 증가 전망

□ 에너지 생산·활용 패러다임은 ICT 융합 활성화, 분산형 전원의 확산, 재생에너지의 안정화, 전통적 에너지원의 청정화를 축으로 빠르게 전환

- (ICT 융합 활성화) 미국, EU 등 주요 선진국은 정보통신기술이 융합된 지능형 전력망 ‘스마트그리드’ 구축을 위해 투자를 꾸준히 확대되고 전기 공급자와 소비자 간 실시간 정보교환이 가능한 지능형 전력망이 구축됨에 따라 에너지 이용 효율성의 획기적 향상 기대
- (분산형 전원의 확산) 에너지 공급 방식이 대규모 설비 기반 중앙집중 공급에서

소규모 분산형 전원에 의한 공급 방식으로 변화하고 있으며 분산형 전원이 확산됨에 따라 소비자도 전력을 생산·저장·판매할 수 있는 프로슈머로서의 역할이 가능해질 전망

- (재생에너지의 안전화) 지속적인 재생에너지 기술발전으로 그리드패리티에 근접하고 있으며 재생에너지의 단점인 '간헐성'은 에너지저장장치(ESS) 및 스마트그리드 구축으로 극복

• 그리드패리티(grid parity): 재생에너지 전기 생산 단가와 화석연료 전기 생산 단가가 동일해지는 균형점

- (전통적 에너지원의 청정화) 원자력 발전에 대한 의존도를 낮추는 한편, 사용후핵연료 처리, 원전 폐로·해체 등 환경 복원을 위한 투자가 확대되고 있으며, 재생에너지 보급이 충분하지 않은 상황에서 원자력과 석탄화력 발전이 축소

나. 온실가스 감축을 위한 건축·도시부분의 적극적 대응 요구 지속

□ 도시는 전 세계 에너지 소비와 탄소배출량에서 핵심에 주요한 부분을 차지하고 있으며, 동시에 기후변화의 영향을 심각하게 받는 영역

- 환경 및 기후문제 연구로 유명한 미국의 월드워치연구소(Worldwatch Institute)는 전 세계의 도시면적이 지구표면의 2%에 불과하나 이들 도시가 전 세계 에너지의 75%를 소비하고, 탄소 배출량의 80% 정도가 도시지역에서 나오는 것으로 발표
- 메이플크로프트(Maplecroft)는 '기후변화취약성지표(Climate change vulnerability Index)를 분석한 후 기후변화가 세계적으로 중요한 도시의 지속가능한 경제성장 에 심각한 장애를 초래할 것이라는 결론을 도출('13)

□ 건물은 도시를 이루는 근간으로 국가 온실가스 배출의 약 1/3을 차지하고 있으며, 산업, 수송 등에 비해 큰 온실가스 감축 잠재량 커서 온실가스 배출관리 중요성이 큼[1)]

- 건물은 전세계 에너지 소비 및 온실가스 배출량의 30%를 차지
- UNEP에 따르면 건물부문은 국가 온실가스 배출의 3대 요인인 산업, 수송, 건물 중, 가장 비용효과적인 대응이 가능하고 감축 잠재량이 큰 분야
- 건물부문은 기존 기술을 적용해 감축효과가 나타나는 부분으로 온실가스

1) 한국감정원, 2016, 건물 온실가스 감축체제의 해외동향 및 정책방향

감축을 위해 추가재원이 필요한 산업부문에 비해 경제적 감축을 달성할 수 있음

- 건축물은 수명이 길기 때문에 현재 시점에서 적용된 감축 효과는 중장기적인 지속성을 가지는 특성

□ 인간 생활 및 세계 경제의 근간으로 도시의 역할이 지속적으로 강화되고 도시간 양극화가 빠르게 진행됨에 따라 다양한 관점에서 도시의 에너지 환경변화 대응하는 방안 모색 필요

- UN이 발표한 「2018 세계 도시화 전망」 보고서에 따르면 현재 세계 인구의 55%가 도시에 거주하고 있으며 '50년까지 도시 거주 인구는 전체 인구의 68%에 달할 것으로 예상
- 동 보고서에는 이러한 도시 도시거주인구 증가가 인도, 중국, 나이지리아 등 일부국가에 집중될 것이라고 언급('18~'50년간 세계 도시 거주 인구 증가의 35%)
- 도시의 구조, 기능, 인구구성에 따라 차별화되는 에너지 공급·소비 특성을 감안할 경우, 도시 유형 및 발전 모델을 종합적으로 전망하고 다양한 관점에서 에너지 환경 변화 대응을 위한 정책 방안 모색 필요

다. 건축·도시의 스마트화와 에너지 통합관리에 대한 관심 고조

□ IoT, 빅데이터 등 ICT 기술의 발전을 기반으로 도시의 스마트화가 빠르게 진행되고 있으며 이의 일환으로 에너지, 식량 등 자원의 통합관리를 위한 노력도 확대

- 도시 노후화, 교통혼잡, 에너지 부족, 환경오염, 범죄 등 다양한 도시 문제를 해결할 새로운 대안으로 스마트 시티(Smart City)가 부각
  - (스마트시티) 일반적으로 물리적 도시 시설이 IoT 등 ICT 기술과 접목되어 효율적 도시서비스를 제공할 수 있는 상태를 의미하며, 국내에서는 ICT·빅데이터 등 신기술을 접목하여 각종 도시문제를 해결하고, 삶의 질을 개선할 수 있는 도시모델 ("도시 플랫폼")로 정의
- 스마트시티 시장의 급성장이 전망되고 있으며, 주요국의 투자도 집중
  - 2020년 스마트시티 관련 시장은 1.4조달러로 전망(Research and Market, 2017.6)되며, 주요국의 스마트 시티에 대한 투자는 중국 7.45조달러, 미국 6.85조달러, 서유럽 6.75조달러 등으로 예상(Nikkei BP, 2012)
- 국내에서도 세종, 부산 등 지자체에서 스마트 시티 구현을 위한 사업이 추진되고 있으며 국토부에서 스마트시티 기술개발을 본격 추진

라. 해외(신남방국가) 수요대응 국내 녹색건축물 조성기술의 현지화 기술이전

□ 신남방지역의 건설시장은 아시아 건설시장의 약 19.4%를 차지하고 있으며 경제성장과 함께 30년까지 25%로 확대 예상

- '2017~'22 연평균 건설시장 성장률 약 8.3%을 기록할 것으로 예상

□ 특히, 베트남은 경제성장, 국민소득, 에너지소비구조를 고려할 때 녹색건축물의 수요가 점진적으로 증가하고 있으며, 에너지절약 및 환경개선 도시구조 개혁을 위한 정책적 접근이 태동하고 있음.

□ 에너지절약형 녹색건축물 조성기술의 현지화 전략(제도/인증/기술이전)수립을 통한 국내 건축관련 중소기업의 해외 판로 확보가 필요함.

표 1. 해외 주요국 스마트시티 추진 목표

도시명	목표
미국	2015년, Smart Cities Initiative 발표 : 교통혼잡 해소, 범죄예방, 경제성장 촉진, 공공서비스 등과 관련한 지역문제 해결을 위해 1.6억달러 투자 2016.12월, 미국교통부(DOT) Smart City Challenge 실시 : 콜롬버스시 선정
EU	Horizon2020 계획에 디지털아젠다로 Smart Cities 명시 2013년, 스마트시티 및 커뮤니티 혁신 파트너십 전략 실행계획 발표 : 유럽집행위원회(EC)가 에너지와 교통문제 해결에 중점을 두고 정책 총괄
영국	2012년부터 'Open Data, Future Cities Demonstrator' 정책 추진 : 스마트시티 세계 시장점유율 10% 목표, 스마트시티 관련 ICT 기술표준화에 집중 투자
중국	2012.12월, 12차 5개년 계획에 따라 국가 스마트시티 시행지역 공고 : 2015년까지 320개 智惠城市 구축 목표, 약 53조원 투자 2015년, 신형도시화계획 발표 : 500개 스마트시티 개발, 2020년까지 R&D 500억위안(10조원)과 인프라구축 등에 1조위안(182조원) 투자
인도	2014년, 신임 총리가 2020년까지 100개 스마트시티 건설과 총 19조원 투자 공약
싱가폴	2014년, 스마트네이션(Smart Nation) 프로젝트 출범, SNPO(Smart Nation Programme Office) 설치 국내외 대학 및 민간단체, IBM 등 다국적기업, 시민 등과의 협업체계를 구축하여 시범사업 추진 2015.10월, ITU의 스마트시티 핵심성과지표 개발을 위한 시범평가모델로 선정
일본	2014.4월, 제4차 에너지기본계획 : 에너지 이용 효율화와 고령자 돌봄 등 생활지원 시스템을 포함한 스마트시티 구축 계획 발표 후쿠시마 원전사고 이후 에너지와 환경 분야에 중점을 두고 4개지역(요코하마, 교토, 도요타, 기타큐슈)에 집중 투자 2018.6월, 미래투자전략2018(Socity 5.0) 발표 :교통·안전을 위한 스마트시티 실현 계획 발표 : 2020년까지 IoT 기술을 활용한 안전·방재시스템 구축시스템을 100개 지방자치단체에 도입

2. 정부지원의 필요성

□ 기성 시가지 내 대다수를 차지하는 소규모 일반건축물들의 근원적인 에너지절감 및 관리 대책이 수립될 필요가 있으며, 특히 지구단위계획과 같은 도시설계(도시관리)제도와 연계될 필요가 있음

- 도시·건축의 에너지 소비 효율을 극대화하기 위해서 보다 근원적인 측면에서의 에너지 절감 전략이 마련되어야 하며, 이를 위해 액티브 요소 보다 패시브(Passive) 요소에 보다 더 집중할 필요가 있음
- 특히, 같은 패시브 기술 중에서도 기밀 및 단열성능 제고나 특수재료 사용보다 근원적인 도시·건축의 형태(건축물 배치, 향, 매스 , 지붕·입면재료·색 등) 관리를 통한 일반 소형건축물의 신·개축시 활용가능한 대책 마련이 필요함(10년 이상된 건축물의 에너지 사용량이 전체의 70%를 초과함)
- 다수의 건축물군의 에너지 성능 관리의 효율성 제고를 위해 디자인 의사결정시 활용할 수 있는 정량적인 통계자료 구축에 근거한 도시·건축형태와 에너지 사용량 간의 설명 모델과 이를 지구단위계획과 같은 도시설계(도시관리)제도와 연계할 필요

□ 도시 구성요소별/구조화 단계별/커뮤니티 유형별 요구성능 표준화를 통하여 도시 건설 및 운용 품질관리체계 확립의 필요성

- (공급자)다양한 산업기술 공급자 간 협업의 혼선을 줄이고 건설효율화를 제고할 수 있음
- (수요자)안전하고 친환경적인 도시생활을 통한 국민 삶의 질을 향상시킬 수 있음
- 17년 미국 NITRD는 에너지-건물-건강-교육-안전-통신-교통-환경-물 등으로 스마트시티의 관리 영역을 확장하고 효율성을 극대화하기 위해 정부-민간, 대학, 산업 등 모든 주체가 연계·협력해 추진할 전략방안을 마련하고 우선순위를 설정

□ 국내 성숙단계의 녹색건축물 구현 요소기술의 신남방국가를 대상으로 한 기술이전 시스템을 구축하여 녹색건축물 기반으로 한 동남아 신규시장을 선점하고 이를 통하여 원활한 중소기업의 시장진출을 확대할 수 있는 기반조성 연구가 필요함.

3. 사업추진의 시급성

□ 뒤쳐진 선진기술을 따라잡을 수 있는 기회요소 존재

- 최근 국내에 빅데이터, ICT, 무인항공기, 도시 내 바람길 분석 등 관련 기술의

발전으로 수백여 동의 건축물군에 대한 통합 환경 및 에너지 소비량 분석이 가능하게 되었음

- 선진국들에서는 이에 관한 분석 모델 기술을 개발·실증 중이며, 우리와 선진국 간 기술격차는 영국·독일과 15년, 일본과 10년 정도의 차이를 보임
- 선진국의 지구(근린) 공간에 대한 통합 환경분석 모델은 개발 시험운영 단계로 아직 모델을 고도화하지 못한 한계점이 있고, 이를 극복하는 방향으로 우리의 기술개발에 집중한다면 선진국들과 차별화된 기술을 보유할 수 있을 것으로 판단됨

□ 도시 전전화 분산전원 에너지네트워크 구현기술 확보의 필요성

- 스마트 분배기술에 의한 미래 스마트시티와 호환성을 높일 수 있는 도시 에너지네트워크 건설 전략으로 국가 관련 산업기술력 제고와 다양한 응용기술을 시험할 수 있는 4차 산업혁명 플랫폼 도시구현이 가능

□ 지구 온난화 방지 및 기후변화 대응을 위한 저에너지 도시로의 전환 요구 증대

- 지속가능한 개발(ESSD) 개념의 확산과 지구온난화 및 기후변화 이슈화로 건설산업은 지속가능(Sustainable) 또는 녹색(Green) 건설산업으로 빠르게 전환되고 있음
- 2007년 녹색건설산업의 시장 점유율은 전체 건설산업의 약 1.9% 정도이나 기술적용이 본격적으로 이루어지는 2012년 이후 10% 이상의 비약적 점유율 상승 가능성이 있음
- 현재 녹색빌딩 시장 위주로 미국과 유럽을 중심으로 확대되고 있는 세계 녹색건설 시장에서 선도적 위치를 차지하기 위해서는, 유망한 분야이나 아직 시장형성이 미미한 녹색도시 관련 기술의 조기 개발을 통한 시장 선점 및 규모 확대가 요구됨
- Zero Energy 단지 조성시 연간 CO2 6,500톤 절감 및 전기/가스료 23억원 절감 (3,500인 1,200세대 규모 기준)
- 하절기 일평균 기온 0.5℃ 저감 및 냉방에너지부하 30% 감축을 목표로 한 기술 개발을 통해 사회적 일자리 창출 증대 예상

□ 신기후체제 아래 세밀한 미기후 및 에너지 관리는 필수이며, 관련 시장이 커지고 있음

- 2015년 체결된 파리 기후협약은 기후변화 대응을 위해 보다 강력한 탄소배출량 저감을 요구하고 있으며, 한국 역시 2030년 BAU 대비 37% 감축 목표를 내세운 바 있음

- 전술한 목표달성을 위해 세밀한 미기후 및 에너지 소비 관리의 중요성이 강조되어 지구(근린) 공간범위에 대한 미기후 및 에너지 소비 관리가 중요한 과제로 부상함
- 이러한 배경에서 환경 선진국들은 환경 후발국가에 대한 환경부하 저감 컨설팅 및 관련 시뮬레이션 SW, 제품 등의 판매를 통해 다양한 시장과 수익을 창출하고 있음

□ 도시 건설-운용 효율화를 통한 생애비용 절감 가능

- 설계단계 : 인벤토리 연계 BIM기반 디지털 통합설계를 통한 공급자간 혼선방지 및 친환경/에너지절약설계 실효성 확보
- 건설단계 : 전전화(全電化) 에너지 네트워크 구현을 통한 기간시설 간소화 가능 및 건설비용 절감
- 운용단계 : 분산전원 기반으로 수요처와의 송전 에너지손실을 저감시키고 상호운용성을 고려한 효율화 운용을 통하여 유지/관리비용을 절감할 수 있음

□ 국내에 보편화되어 녹색건축물 시장에 적용되고 있는 성숙단계의 고효율에너지 및 친환경 건자재, 에너지절약설비기술과 건축설계/시공/유지관리 엔지니어링기술에 대한 판로를 전환할 필요가 있음.

- 현재, 미국의 경우 ECP(Energy Cooperation Program)을 통해 아시아 주요국의 건축물에너지 효율화를 위한 협업시스템을 구축하여 공동연구를 통한 대상국가 시스템 프레임워크를 자국의 관련기술 이전 및 현지화전략을 수립하고 수출지원을 통한 경제활성화를 견인하고 있음.
- 따라서, 녹색건축물 수요가 태동하고 있는 신남방국가를 대상으로 녹색건축물 조성 협력시스템을 구축하고 국내 제도 및 기술이전을 통한 국내 기술의 현지적용 호환성을 높일 수 있는 기반조성이 시급함.

제2절. 사업 추진 근거

1. 법령

가. 과학기술기본법

▫ 국토교통부 장관은 과학기술기본법에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진할 수 있음

<과학기술기본법>

제1조 (목적) 이 법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

(중략)

제11조 (국가연구개발사업의 추진) ① 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다. <개정 2014. 5. 28.>

② 정부는 국가연구개발사업을 추진할 때에는 다음 각 호에 따라 수행하여야 한다. <개정 2014. 5. 28.>

1. 정부는 민간부문과의 역할분담 등 국가연구개발사업의 효율성을 제고할 수 있는 방안을 지속적으로 강구하여야 한다.

1의2. 정부는 기업, 교육기관, 연구기관 및 과학기술 관련 기관·단체 간의 협력, 기술·학문·산업 간의 융합 및 창의적·도전적 연구개발이 활성화될 수 있는 방안을 강구하여야 한다.

2. 정부는 연구기관과 연구자에게 최상의 연구환경을 조성하는 등 연구개발 역량을 높이기 위한 지원을 강화하여야 한다.

3. 정부가 국가연구개발사업 관련 제도나 규정을 마련할 경우 연구기관과 연구자의 자율성을 최우선으로 고려하여야 한다.

4. 정부는 소요경비의 전부 또는 일부를 지원하여 얻은 지식과 기술 등을 공개하고 성과를 확산하며 실용화를 촉진하여야 한다.

(중략)

④ 중앙행정기관의 장은 소관 국가연구개발사업의 효율적 추진을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 소관 법령으로 정하는 기관 또는 단체에 국가연구개발사업의 과제 기획등에 관한 업무를 대행하게 할 수 있다. 이 경우 중앙행정기관의 장은 기획등을 대행하는 자(이하 "전문기관"이라 한다)에 대하여 기획등의 수행에 사용되는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

▫ 과학기술기본법 제11조(국가연구개발사업의 추진)는 중앙행정기관의 장이 기본계획에 따라 담당분야의 국가연구개발사업과 시책을 세워 추진할 수 있으며 이를 위해 소요경비를 지원하고 지식과 기술의 실용화를 촉진할 수 있음을 명시

나. 국토교통과학기술 육성법

□ 국토교통부 장관은 국토교통과학기술육성법에 따라 산업 경쟁력 강화, 지속적인 경제성장, 나아가 국민 삶의 질 향상에 기여할 목적으로 종합계획을 수립하여 건축·도시 등에 대한 연구개발사업을 추진할 수 있음

<국토교통과학기술 육성법>

제1조 (목적) 이 법은 국토교통과학기술 육성을 위한 기반을 조성하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조 (정의) 이 법에서 "국토교통과학기술"이란 미래 성장동력 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 위하여 필요한 국토교통분야 산업의 발전에 관한 과학기술로서 다음 각 호의 기술을 말한다. <개정 2017. 1. 17.>

(중략)

2. 「건축기본법」 제3조, 「공간정보산업 진흥법」 제13조, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조 등에 따른 건축·도시·공간 관련 기술

(중략)

제8조 (연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업(이하 "연구개발사업" 이라 한다)을 할 수 있다.

② 국토교통부장관은 연구개발사업을 할 때 연도별·분야별 연구과제를 선정하여 다음 각 호의 기관 또는 단체 등과 협약을 맺어 연구를 하게 할 수 있다. 이 경우 제5호의 기관 중 법인이 아닌 기관에 대하여는 그 기관이 속한 법인의 대표와 협약을 맺을 수 있다. <개정 2016. 3. 22.>

다. 건설기술진흥법

□ 국토교통부 장관은 건설기술진흥법에 건설공사의 품질 및 안전성 향상, 공공복리 증진 등을 목적으로 건설기술 연구개발사업을 추진할 수 있음

<건설기술진흥법>

제1조 (목적) 이 법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

(중략)

제7조 (건설기술 연구·개발 사업) ① 국토교통부장관은 건설기술을 향상시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 건설기술 발전에 필요한 건설기술 연구·개발 사업을 할 수 있다.

② 제1항에 따른 건설기술 연구·개발 사업에 필요한 경비는 정부 또는 정부 외의 자의 출연금이나 그 밖에 기업의 기술개발비로 충당한다.

라. 녹색건물 조성지원법

□ 국토교통부 장관은 녹색건물 조성지워법에 따라 '녹색건축물 조성을 위한 녹색기술'의 연구개발, 사업화 등을 촉진하기 위한 시책 수립·시행할 수 있음

- 녹색건축물 조성지원법 제22조(녹색건축물 조성기술의 연구개발 등)은 국토교통부 장관이 '녹색건축물 조성을 위한 녹색기술'의 연구개발 및 사업화를 촉진하기 위해 녹색건축물관련 정보 수집·분석, 평가기법 개발, 연구개발 및 사업화 금융지원, 건축자재 및 시공기술 개발 등 추진할 수 있음을 명시

<녹색건물 조성지원법>

제1조 (목적) 이 법은 「저탄소 녹색성장 기본법」에 따른 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정하고, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 통하여 저탄소 녹색성장 실현 및 국민의 복리 향상에 기여함을 목적으로 한다

제2조 (정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2014. 5. 28., 2016. 1. 19.>

1. "녹색건축물"이란 「저탄소 녹색성장 기본법」 제54조에 따른 건축물과 환경에 미치는 영향을 최소화하고 동시에 쾌적하고 건강한 거주환경을 제공하는 건축물을 말한다.

2. "녹색건축물 조성"이란 녹색건축물을 건축하거나 녹색건축물의 성능을 유지하기 위한 건축활동 또는 기존 건축물을 녹색건축물로 전환하기 위한 활동을 말한다.

3. "건축물에너지평가사"란 에너지효율등급 인증평가 등 건축물의 건축·기계·전기·신재생 분야의 효율적인 에너지 관리를 위한 업무를 하는 사람으로서 제31조에 따라 자격을 취득한 사람을 말한다.

4. "제로에너지건축물"이란 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 말한다.

(중략)

(중략)

제22조 (녹색건축물 조성기술의 연구개발 등) ① 국토교통부장관은 녹색건축물 조성을 위한 녹색기술(이하 "녹색건축물 조성기술"이라 한다)의 연구개발 및 사업화 등을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 시책을 수립·시행할 수 있다. <개정 2013. 3. 23., 2014. 5. 28.>

1. 녹색건축물과 관련된 정보의 수집·분석 및 제공
2. 녹색건축물 평가기법의 개발 및 보급
3. 녹색건축물 조성기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진을 위한 금융지원
4. 녹색건축자재 개발 및 시공 기술의 개발

② 국토교통부장관은 「저탄소 녹색성장 기본법」 제26조에 따른 시책을 추진할 경우 정책시행의 시급성과 효과성을 고려하여 녹색건축물 조성에 관한 사항을 우선적으로 고려하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 개발된 연구성과의 이용·보급 및 관련 산업과의 연계를 촉진하기 위하여 필요하다고 판단하는 경우에는 녹색건축물 조성기술의 이용·보급 등에 관한 시범사업을 실시할 수 있다. <개정 2013. 3. 23.>

④ 제1항부터 제3항까지의 지원 등에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정한다. <개정 2013. 3. 23.>

2. 중장기 R&D 계획

가. 제4차 국가과학기술기본계획

□ 「제4차 국가과학기술기본계획(2018~2022」는 국민 삶의 질 제고, 인류사회 발전에 기여하기 위한 중점추진과제로 ‘쾌적하고 편안한 생활환경 조성’을 포함하여 ‘에너지 효율성을 고려한 지능형 건물관리기술’ 개발을 지원

- 제4차 국가과학기술기본계획(2018~2022)의 전략과제인 ‘쾌적하고 편안한 생활환경 조성’은 과학기술로 인한 지속가능 성장을 목적으로 기후변화 및 신기후체제 대응, 쾌적하고 청정한 생활환경 구현, 편리하고 살기좋은 스마트 시티 구축 등 세부과제에 대한 기술개발을 지원
- ‘편리하고 살기좋은 스마트 시티 구축’ 세부과제는 도시의 지속가능성 제고를 위한 기술로서 효율적 에너지관리가 가능한 지능형 건물관리기술, 스마트 홈 기술을 포함



그림 1 제4차 과학기술기본계획 전략 및 중점 추진과제

나. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

□ 국토교통부는 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)의 비전을 '혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통'으로 설정하고 '에너지 자립형 건축물', '스마트 하우스', '쾌적·안전 주거환경' 기술개발을 지원

- '4차 산업혁명 대응 혁신성장 동력 육성'의 실천과제로 '인공지능 도시'의 구성요소인 스마트하우스 기술개발 등 초연결 도시 구현기술개발을 포함

• (스마트하우스) 주거공간 및 주거단지에 ICT를 접목하여 안전, 편리, 즐거움 등의 가치를 맞춤형으로 제공하는 인프라·서비스 플랫폼 개발

- '사람중심 국토교통 기술개발'의 실천과제로 '에너지 자립형 친환경 건축기술' 등 친환경 생활건강 조성기술개발, 쾌적·안전, 주거복지 등 사회이슈 해결형 기술개발을 포함

- (에너지 자립형 건축) 첨단 기밀·단열 공법 및 재생에너지 기술과 실시간 건물에너지 관리시스템을 접목하여 에너지 자립형 친환경 건축기술 개발 추진

  * 시설 : 열교 최소화 등을 통한 단열성능 향상은 물론, 기밀시공시스템, 고성능 열회수형 환기장치, 통합형 일사차단 시스템, 축열(畜熱) 성능 확보 건축자재 등 고효율 패시브(Passive) 건축기술 (냉난방·조명·환기 등 설비 고효율화 지능화, 태양광·지열·연료전지 등 재생에너지 융합기술을 개발)

  * 운영 : 용도별, 지역별, 이용행태별 에너지 정보를 수집·분석해 에너지효율을 개선하는 기술 (저비용/고신뢰성 건물에너지 진단/운영기술, 다수건물군 및 지역에너지관리시스템 등 개발, 실증)

- (쾌적·안전 주거환경) 공동주택 성능향상, 도시문제 해결 등 주거·도시 분야 현안 대응형 기술 지속개발로 쾌적하고 안전한 주거복지 실현

  * 쾌적한 주거환경 조성 기술 : 주거생활과 관련하여 발생하는 층간 소음, 결로 등 각종 문제를 해결하기 위해 非이동 바닥구조 보강기술, IoT 센서기반 누수 자동감지 및 성능 복원기술 등 개발



그림 2 제1차 국토교통과학기술 연구개발종합계획의 전략 및 기술체계도



그림 3 제1차 국토교통과학기술연구개발종합계획의 비전 및 추진전략

제3절. 기획 추진 체계 및 경과

1. 사업기획 추진체계

□ 동 사업은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 총괄관리 하에 호서대학교를 주관연구기관으로 하는 컨소서엄이 기획연구를 수행

- 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원 기획연구 중간, 최종결과에 대한 검토, 개선제언, 기획연구 추진 마일스톤의 관리 등 역할 수행
- 주관연구기관인 호서대학교는 사업의 기술개발방향 및 중점연구영역 설정, 전문가위원회 운영 등 역할 수행
- 공동연구기관인 고려대학교, KCL, ㈜티비앤에이는 기획대상 기술관련 동향조사 및 기술개발과제 발굴 등을 지원



그림 4. 사업기획 추진체계

제1차 국토교통과학기술연구개발종합계획의 비전 및 추진전략

2. 사업기획 추진경과

□ ‘18년 기획연구팀 구성, ’19년 1월 사전기획 착수 이후, 국토교통과학기술진흥원과의 협조하에 기술개발사업 구조 설계

– (‘18. 11) 기획연구팀 및 전문가위원회 구성

• 호서대학교(주관), 한국건설생활환경시험연구원, ㈜티비앤에이(공동)이 참여하는 기획연구팀 구성

• 기획연구를 통해 설정될 중점추진분야를 예상하고 기술개발방향에 대한 제언, 세부과제 기획을 담당할 분야별 전문가위원회(초안)을 구성

– (‘19. 1) 기획연구 착수

• 경쟁형 연구기획팀 선정 및 착수보고

– (‘19. 2~3) 에너지 최적화 건축 및 도시 기술개발 관련 동향 조사

• 건축물 및 도시 에너지 최적화 관련 글로벌 트렌드 조사

• 건축물 및 도시 에너지 최적화 관련 정책 · 시장 · 기술동향 조사

– (‘19. 3~5) 기술개발 방향 설정

• 건축물 및 도시 에너지 최적화 기술개발 방향설정

• 중점추진분야별 후보기술 구성(안) 마련

– (‘19. 6~7) 기술수요조사

• 지자체 사업담당자 및 건축 · 도시기술전문가를 대상으로 한 기술수요조사를 실시

– (‘19. 8) 공청회

• 기술개발사업 추진계획에 대한 대내외 전문가 대상 공청회 개최

3. 사업기획 추진절차

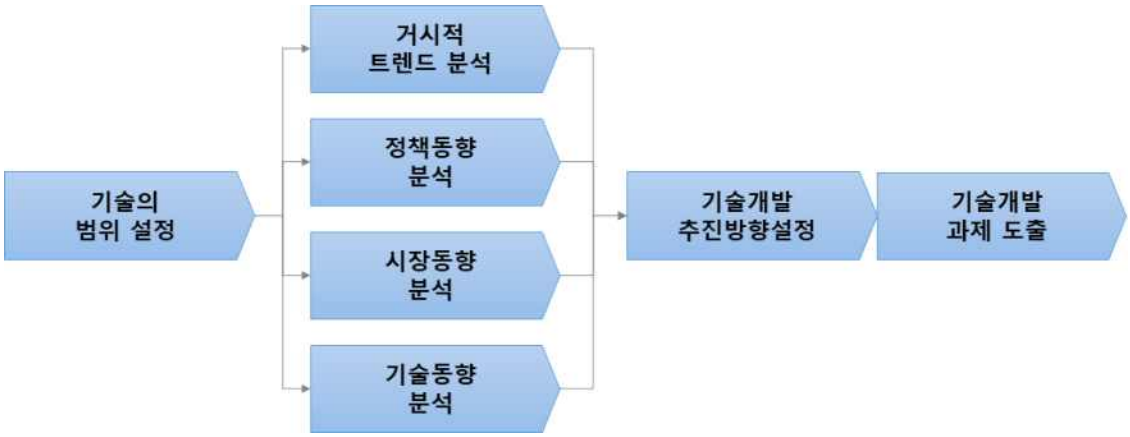


그림 5. 사전기획 추진 Framework

□ 동 사업의 기획은 크게 7개의 단계로 구분하여 수행

- (기획대상 기술의 범위 설정) 친환경·에너지 최적화 건축·도시 관련 국내외 정책방향· 기존 연구사례 등에 대한 검토를 기초로 기획대상 기술의 분류, 정의 도출
- (거시적 트렌드 분석) 문헌을 기초로 건축·도시, 에너지 환경 등과 관계된 글로벌 트렌드를 종합하고 이로인한 정책의 변화방향, 기술개발 수요 등을 분석
- (정책동향 분석) 국내외 친환경·에너지 최적화 건축·도시관련 정부 정책, 제도, R&D로드맵 등의 목표, 세부내용 등을 조사·분석
- (시장동향 분석) 건축물, 친환경·에너지 효율화 건축물 시장, 에너지 설비관련 시장규모, 변화 전망 및 동인 등을 조사
- (기술동향 분석) 기술분류별 국내외 연구기관, 기업의 기술개발 동향, 실용화 동향, 국내외 기술수준 등 분석
- (기술개발 방향 설정) 거시적·미시적 동향분석 결과를 토대로 사업의 추진방향, 사업 목표, 중점 추진분야 등 도출
- (기술개발 과제 도출) 연구진 제안, 기술수요조사 등을 통해 중점추진분야별 기술개발 과제를 도출하고 과제별 추진내용을 기획

4. 후보기술 도출 프레임워크 및 과정

□ 본 사전기획의 최종성과물인 후보기술을 도출하기 위해 다음의 과정을 순차적으로 진행하여 최종적으로 3개의 중점분야와 13개의 후보기술을 도출함

- 글로벌 미래전망(거시 인문·사회 트렌드) 및 건축·도시 에너지 분야의 미래전망에 관한 변화동인으로써 작용할 수 있는 주요 쟁점을 조사하여 STEEP 분석을 통해 건축·도시 분야의 에너지 기술수요*와 각 기술수요별 세부요소기술 항목을 도출함

*: '디지털 트윈 기술 기반 모니터링 및 시뮬레이션을 통한 성능 예측 기술 확보', '도시/건축재생에 대응한 신그린리모델링 재편/추진 기술 확보', '에너지 자급/자족을 위한 건축물 에너지 생산/소비 효율성 향상 기술 고도화', '에너지-환경-자원을 고려한 건강한 건축물 조성기술 확보'

- 도출한 기술수요를 기반으로 구체적인 조사 및 분석을 수행하기 위해 건축·도시 에너지 분야의 핵심 키워드*를 선정하였으며, 이를 바탕으로 국내외 정책, 산업계, 시장, 기술 등의 동향(미시환경) 분석을 실시함

*: 에너지 데이터베이스, (신)재생에너지, 계획 · 설계 · 시공, 에너지 분배, 건축 재료 및 자재, 에너지 예측, 에너지 제어, 에너지 생산, 에너지 절감

- 기술동향조사, 유관분야 국가R&D, 특허/논문/기술 지형분석을 기반으로 기술수준을 분석한 후 전문가 자문을 통해 '건축물 자재·시스템 분야', '건축 설계·시공 분야', '커뮤니티 에너지 운영·최적화 분야' 등 세 가지 중점분야를 도출함

- 도출한 중점분야를 바탕으로 SWOT 분석을 실시하여 건축·도시 에너지 분야의 지향점 및 세부목표를 도출하고, 미래의 건축 및 도시 에너지 분야의 핵심 키워드*를 선정함

*: 쾌적/건강 건축을 위한 에너지 관리, 디지털트윈/CPS 기반 시뮬레이션, 실시간 부하대응, 계획-설계-시공 프로세스 통합, 공간단위 환경성능평가, 그린리모델링 사업 고도화

- FGI 방법을 활용하여 핵심기술로서 18개의 후보기술을 1차 선정하였으며, 이와 더불어 산업계 유관분야 전문가를 대상으로 기술수요조사를 실시하여 60개의 기술과제를 수집함

- 연구진이 선정한 후보기술과 기술수요조사를 통해 수집한 기술과제를 바탕으로 전문가 기술자문을 통해 중점분야를 '에너지 저감형 건축물 자재 및 통합형 외피시스템', '건축 공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능형 최적 설계·시공', '커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성'으로 구체화함

- 각 중점분야별로 수요가 높은 핵심기술을 선정하여 최종적으로 총 13개의 후보기술을 구성한 후 각 후보기술 간의 기술적 연계를 설정하였으며, 이 중 기술적 중요도와 사회적 시급성이 요구되는 후보기술 5개에 대하여 구체적인 세부기술을 구성함



그림 6. 후보기술 도출 프레임워크

제2장. 사업의 개념 및 사업환경 분석

제1절. 사업 개요

□ (사업 명) 에너지 저감형 웰니스 건축 및 커뮤니티 조성 통합 기술개발사업

※ 사전기획 과제 명 : 2030 에너지 환경변화 대응 건축·도시 에너지 최적화 기술개발

□ (사업 기간) 2021년 ~ 2030 (10년)

□ (소요 예산) 총 연구비 181.49억 원(정부출연금 기준)

□ (사업 목적) 미래 건물·도시의 최적 에너지 생산·활용·관리 체계 구현

※ 핵심 Keyword : 쾌적·건강, 디지털 트윈, 실시간 대응, 통합, 공간단위, 그린 리모델링

□ (주관부처) 국토교통부

※ 사업관리 전문기관 : 국토교통과학기술진흥원

□ (사업 목표) 인간공학 기반 (개인) 맞춤형 스마트 웰니스 건축·단지조성 기술개발

□ (추진 근거) 과학기술기본법, 국토교통과학기술 육성법, 국가과학기술기본계획 및 건설기술진흥기본계획에 근거해 사업을 추진

□ (주요 사업 내용) 에너지 저감형 웰니스 건축 및 커뮤니티 조성을 통한 '삶의 질 제고'를 위해 자재·지능형 설계 및 시뮬레이션, 최적운영 기술을 개발

※ (기술개발 범위) 건축물 및 도시단위에 이르는 공간적 범위를 대상으로 계획, 설계, 시공, 운영 등 전주기에 거쳐 '에너지 저감형 웰니스' 환경을 조성하기 위한 핵심기술 도출

- (중점 1) 에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재·외피

• 외피시스템의 성능지표와 연계된 웰니스 건축 공간 인증 체계를 마련하고 건축 전주기 자재·재료의 재활용·재사용 체계 구현

- (중점 2) 건축 공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능형 최적 설계·시공

• Digital Twin 기반 에너지 성능 관리 기술을 기반으로 건축공정별 통합 시뮬레이터, 정보 플랫폼을 개발하고 스마트 외피 시스템과 연계해 활용

- (중점 3) 커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성

• 제로에너지 빌딩 품질 인증 체계, 커뮤니티 에너지 최적 운영·공유 체계의 실증, 관련 제도 연계를 통해 성과의 확산 촉진

제2절. 대내외 환경 분석

1. 메가트렌드 분석

가. 국토교통 미래트렌드 분석 사례

□ 교통연구원은 ‘12년 ’미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망(‘12) 국토교통분야와 관계된 미래 메가트렌드를 도출

- 교통연구원은 메가트렌드로 인구구조의 변화, 도시발전, 가치의 다양화, 기술의 발달과 융복합화, 기후변화와 환경오염, 에너지 위기 및 자원부족을 선정[2)]

표 2. ‘미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망’ 메가트렌드

메가트렌드	변화동인	현황 및 전망
인구구조의 변화	고령화	▪ 고령인구의 증가
	저출산	▪ 급속한 출산율하락 및 노동력 부족 심화
	신가족 구조	▪ 가구수의 지속적 증가(1~2인가구 증가)
	다문화	▪ 저개발국 근로자 유입과 국제결혼 등 다문화 사회 도래
도시발전	메가시티 발전	▪ 도시 인구 집중화 전망
가치의 다양화	삶의 질 중시	▪ 소득증대, 삶의 여유를 향유하려는 욕구 증대
	노동 유연화	▪ 스마트 워킹, 재택근무 등 다양한 노동형태 발달
	여성의 사회 진출	▪ 생산 가능 인구 감소 및 서비스 산업 비중 증가로 여성의 경제활동 참여율 증가
	소비가치 이동	▪ 소비 욕구 증진 ▪ 소유에서 공유 중심으로 가치 이동
기술발달과 융복합화	IT융합	-
	바이오/환경/나노기술 발달	▪ 대체 에너지 생산 등 바이오 기술 개발
	인공지능 융합	▪ 인공 지능에 의한 자동화 기술 개발
	가상공간 통신 발달	▪ 가상 공간 활용으로 공간 이동 제약이 없는 생활 가능
	FTA 확대	-
	새로운 산업구조, 서비스 출현	▪ 글로벌 통합 가속화로 글로벌 아웃소싱 활성화
	G20국가의 국제사회 역할 증대	-
	한중일 + ASEAN국가의 역할 증대	-
	러시아 영향력 증대	▪ 원유 및 천연가스 생산과 수출 증대로 세계자원 시장에서 영향력 상승 ▪ 극동 지역 진출 개발 활성화
	통합가능성 고조	▪ 남북한 교류 증가
	전쟁 및 테러 위험 요소 존재	-
	글로벌 거버넌스 강조	▪ 기후변화 협약 등 국제사회 공동 대응방안 마련
	직접 소통	▪ 정책 결정자에서 정책조정자로의 정부 역할 변화
	지방정부의 역할 강조	▪ 지방 분권의 정착으로 행정 및 정치적 분권뿐만 아니라 경제적 분권까지 요구되어 정부구조의 변화 예상
기후변화와 환경 오염	지구 온난화	▪ 한반도의 아열대화로 생태계의 변화 초래 가능
	환경관련 신기술 신산업 성장	▪ 환경 모니터링 및 평가기술 개발
에너지 위기 및 자원 부족	에너지 수요 증가	▪ 화석연료 고갈에 따른 에너지 가격 상승 ▪ 지속가능 에너지 체제 개발
	자원 부족	▪ 육상자원 부족에 따라 해양자원 개발 수요 증대 및 재활용 증가 ▪ 자원 가격 상승으로 인한 국제적 분쟁 촉발 가능

자료) 교통연구원, 2012, 미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망

2) 교통연구원, 2012, 미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망

□ 국토연구원은 '14년 교통 SOC 정책방향 설정을 목적으로 국토교통분야와 관계된 미래 메가트렌드를 도출

- 국토연구원은 미래 메가트렌드로 인구구조의 변화, 가치관의 다양화 및 삶의 질, 도시화의 진전, 기후변화 및 자원부족, 과학기술 발달, 남북한 경제통합을 선정[3)]

표 3. '메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구'의 메가트렌드

메가트렌트	트렌드	교통SOC로의 영향
인구 구조의 변화	인구감소	• 생산가능 인구와 학령 인구가 감소하여 총통행 수요 감소를 초래하고 통근 통행 및 통학 통행 수요 감소 예상 • 고령자의 통행 인구 비중이 늘고 일상통행의 패턴이 비슷하므로 고령자의 비첨두 통행 증가 • 고령자의 교통사고 및 피해가 증가하는 경향으로고령자의 안전 문제가 대두될 것임 • 1, 2인 소형가구들은 직주 근접하는 경향이 있어서 통행 패턴에 영향을 줄 것으로 전망
	저출산/고령화	-
	소형가구 증가	-
가치관 다양화 및 삶의 질	개인/가족중심 가치관	• 가족 중심으로 행복을 추구하는 휴일여행이 늘어나면서 여가통행 수요가 증가할 것으로 예상
	건강/환경	• 건강이나 웰빙에 대한 관심증가로 비동력 수단이나 친환경 교통수단 이용도 증가살 것으로 예상
	안전	• 안전에 대한 가치인식이 높아져 안전한 통행요구가 증가하고 노후 SOC에 대한 안전 개선요구가 증가할 것으로 예상됨
	쾌적성 중시	• 이동 자체의 쾌적성 향상 요구 증가
도시화의 진전	도시권 발전	• 도시의 외연적 확산으로 광역 교통 SOC 수요 증가
	메가시티화	• 수도권, 동남권 등이 메가시티화되면서 교통수요가 늘어나 고속대중교통 수요 증가
	도시재생	• 도시권 발전에 따라 국토교통축의 변화 예상
	비도시권 쇠퇴	• 기존 도심의 경우, 재상사업 활성화로 교통수요가 증대하여 교통혼잡 증가 예상
		• 도시권과 비도시권간에 개발격차가 발생하게 되어 비도시권의 쇠퇴 전망
		• 비도시권은 인구감소로 인해 교통 SOC의 수요가 감소할 것이지만 고령화로 인해 맞춤형 서비스 요구는 증가
기후변화 및 자원부족	이상기후	• 재해 발생의 증가 시대 피로 수요가 늘어나 비상용 교통 SOC 수요 증가 예상 • 기후 변화로 SOC시설의 피해가 증가할 가능성이높음 • 탄소 배출 감축 정책이 강화되어 대중교통의 이용 증가 예상 • 유가 인상 시, 승용차 이용 감소 가능성 높음
	탄소배출 감축	-
	유가인상	-
	신재생에너지 개발	-
과학기술 발달	ICT융합기술	• 대도시권 인구집중으로 교통수요가 증가하여 교통시설의 고속화 및 대용량화 예상
	차량자동제어	• C-ITS 기술향상으로 교통처리가 용이해지고 안전성이 향상되기 때문에 교통혼잔 완화 예상
	신교통수단	• 가상통신기술이 통행수요를 줄여주기 때문에 스마트워크 확대로 통근 업무 통행 감소 예상
	스마트워크	• 자율 주행기술의 발달로 사고가능성이 줄여줄 수 있기 때문에 도로 안전성이 향상될 것으로 예상
남북한 경제통합	인적/물적 교류 증가	• 인적 교류에 의한 여객 통행 증가 • 물적 교류에 의한 화물 통행 증가 • 접경지역 개발로 교통 혼잡 증가 • 동북아 차원에서 한국/중국/러시아/일본간 교류확대로 한반도 중심 동북아 연계 수송 증가 예상
	접경지역 개발	-

자료) 국토연구원, 2014, 메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구

3) 국토연구원, 2014, 메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구

□ 국토교통부는 ‘13년, ‘2040 국토교통 미래기술예측조사’에서 미래기술을 도출하기 위해 7대 메가 트렌드 20대 국토교통 기술수요를 도출

- ‘2040 국토교통 미래기술예측조사’에서 국내외 미래 트렌드 자료를 종합해 7대 메가 트렌드, 14개 트렌드를 도출
- 도출된 메가트렌드는 인구구조 및 사회 환경의 변화, 과학기술의 발전, 기술융복합, 글로벌 경제사회, 지구 온난화 및 기후변화, 에너지 자원 부족, 안보 및 안전임[4)]

표 4. 2040 국토교통 미래기술예측조사의 메가트렌드 및 기술수요

STEEP	메가 트렌드	트렌드	국토교통 미래사회 기술수요
Social	인구구조 및 사회 환경의 변화	저출산·고령화 사회	고령화/가족개념 변화 대응 주거 형태
			사회적 약자를 배려하는 도시시스템
			교통약자를 배려하는 교통시스템
		도시인구의 증가	도시화에 대응하는 대공간의 등장
Techno-logical	과학기술 발전	첨단 국토교통기술	도시내/지역간 첨단 신교통수단의 보급
	기술 융복합	ICT기술과의 융합	ICT와 도시·교통시스템의 융합
		나노기술의 발달	첨단 신소재의 적용
		로봇기술의 발달	로봇기술과 국토교통기술 융합
Econ-omic	글로벌 경제사회	세계시장의 통합	도시, 건축, 플랜트 산업 세계화
			물류 시스템 기반 글로벌 경제활동 확대
		인력이동의 글로벌화	글로벌 고속·고효율 교통수단 보급
Ecolo-gical	지구 온난화 및 기후변화	지구온난화 심화	탄소저감 도시와 시설의 보급
		환경오염의 증가	SOC시설·건축물 리모델링 확산
	에너지 자원 부족	에너지·자원 수요 증가	화석연료 대체에너지 개발 체계
			비전통 에너지의 경제성 증가
			신개념 에너지원 교통 수단의 보편화
		물·식량 부족의 심화	수자원의 국제적 가치 상승
Political	안보 및 안전	재해·재난 대비	안전하게 운영되는 사회기반시설
			X-Event에 대응하는 기반시설 도입
		한반도 통일 시대	통일 비용의 저감과 북한지역 개발

자료) 국토교통부, 2013, 2040 국토교통 미래기술예측조사

- 국토교통부는 이어 변화된 미래 트렌드를 기초로 ‘17년 ‘2045 국토교통 100대 미래유망기술’을 발표하면서 ‘2040 미래기술예측조사에서 변화된 메가트렌드를 제시

표 5. ‘2045 국토교통 100대 미래기술’ 메가트렌드

2045 국토교통 100대 미래기술 메가 트렌드	
1	인구구조 및 가치변화
2	도시양극화
3	기술변화의 가속
4	기후변화 심화 및 환경 중요성 증대
5	안보 및 거버넌스 환경 변화
6	경제 글로벌화 및 구조변화

4) 국토교통부, 2013, 2040 국토교통 미래기술예측조사

□ 국토교통부는 현재 수립 중인 ‘제5차 국토종합계획’의 일환으로 미래에 영향을 미치는 미래 트렌드와 미래 트렌드로 인한 주요 이슈를 도출

- 국토교통부가 선정한 미래 트렌드는 STEEP관점에서 도출되었으며 저출산/고령화, 인구감소, 저성장 추세 심화, 글로벌화, 제4차 산업혁명의 도래, 재난재해 증가 등 13개임[5)]

표 6. 제5차 국토종합계획의 미래 메가트렌드

구분	트렌드	설명
인구/사회	저출산/고령화	▪ 저출산, 고령화로 경제활력이 약화되고 신규개발수요가 감소될 전망임
	인구감소	▪ 인구감소로 인해 농촌 및 지방 중소도시의 침체가 심화될 전망임
	1인가구 증가/개인화 등	▪ 1인 가구 증가, 개인화 현상으로 신규 주거 및 공간 환경의 수요는 증가할 전망
경제	저성장 추세 심화	▪ 저성장 추세의 심화로 신규 투자가 감소하고 기존시설의 효율성 증대가 중요하게 될 전망
	글로벌화	▪ 글로벌화로 국경을 넘어서는 경제통합이 심화될 전망
	산업구조 변화 등	▪ 산업구조의 변화로 신규 투자가 대도시로 집중될 전망
기술	제4차 산업혁명	▪ 제4차 산업혁명시대의 도래로 주력산업과 이 산업들이 입지한 항만도시가 쇠퇴될 전망
	정보/의료기술의 발달	▪ 정보화 및 의료기술의 발달로 시·공간의 제약을 극복한 입지행태가 증가할 전망
	초고속 교통기술 수단, 무인기술 등	▪ 초고속 교통기술 및 무인자동차 기술로 시간·공간·인간의 제약을 극복하게 될 전망
에너지/환경	온난화, 이상기후 현상, 자연재해 증가	▪ 온난화·이상기후 현상, 자연재해 증가로 피해지역의 복원력 증진 및 방재형 국토가 요구될 전망
	에너지 및 자원의 고갈	▪ 에너지 및 자원의 고갈로 신재생에너지 의존도가 증가할 전망임
	건축물과 교통수단 탄소저감 요구 증대	▪ 건축물과 교통수단의 탄소저감 요구가 증대됨에 따라 에너지절약형 국토 및 컴팩트 시티의 요구가 증대될 전망
	황사/미세먼지/스모그 등 환경오염 증가 등	▪ 황사·미세먼지·스모그 등 환경대기오염 요인의 증가로 한·중·일 환경관리를 위한 국제협력의 중요성이 증대될 전망
정치/행정	분권화 및 참여활성화	▪ 분권화 및 정치참여 활성화로 새로운 수평적 협력관계가 요구될 전망
	지방과 민간의 자율성 확대	▪ 지방과 민간의 자율성이 증대됨에 따라 갈등관리 등 정부의 역할 재설정이 요구될 전망
	남북관계의 변화	▪ 남북관계의 변화로 남북통합국토 및 대륙지향 국토정책의 수요가 증대될 전망
	동북아 정치/경제 역학관계 변화 등	▪ 동북아 정치·경제 역학관계의 변화로 초국경적 협력 거버넌스에 대비한 제도 기반 구축이 필요하게 될 전망

자료) 국토교통부, 2018, 제5차 국토종합계획의 수립방향

5) 국토교통부, 2018, 제5차 국토종합계획의 수립방향

나. 메가트렌드 분석

1) 인구구조의 변화

□ 최근 세계는 저출산·고령화의 지속으로 ’30년에 이르러 주요 선진국 대부분이 초고령화 사회로 진입할 것으로 예상됨

- 유엔 경제사회국(UN DESA)이 ’17년 발표한 세계 인구 전망 자료에 따르면 세계 인구는 ’17년 76억 명에서 ’30년 86억 명, ’50년 98억 명으로 늘어날 전망

표 7. 세계 권역별 인구 전망

(단위: 백 만명)

구분	연도별 인구수			
	2017	2030	2050	2100
세계	7,550	8,551	9,772	11,184
아프리카	1,256	1,704	2,528	4,468
아시아	4,504	4,947	5,257	4,780
유럽	742	739	716	653
남미	646	718	780	712
북미	361	395	435	499
오세아니아	41	48	57	72

- 하지만 세계 인구 증가는 출산 증가가 아닌 수명 증가에 영향을 받을 것으로 예상되며, ’00년~’05년간 평균 기대수명은 67.2세인 반면 ’10년~‘15년간 평균 기대수명은 70.8세로 3.6세가 증가했으며, 이러한 평균 기대수명의 증가추세는 모든 권역에서 계속될 것으로 예상됨

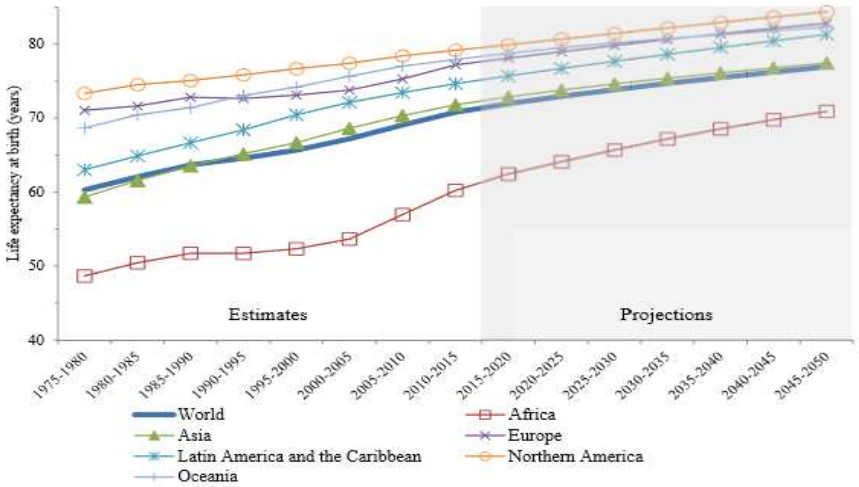


그림 7. 권역별 기대수명 전망

- OECD의 불평등한 고령화 방지(Preventing Ageing Unequally) 보고서(2017)는 OECD 회원국 중 고령화가 가장 많이 진전된 국가는

일본이지만, 고령화 속도가 가장 빠른 국가로 한국을 지목함

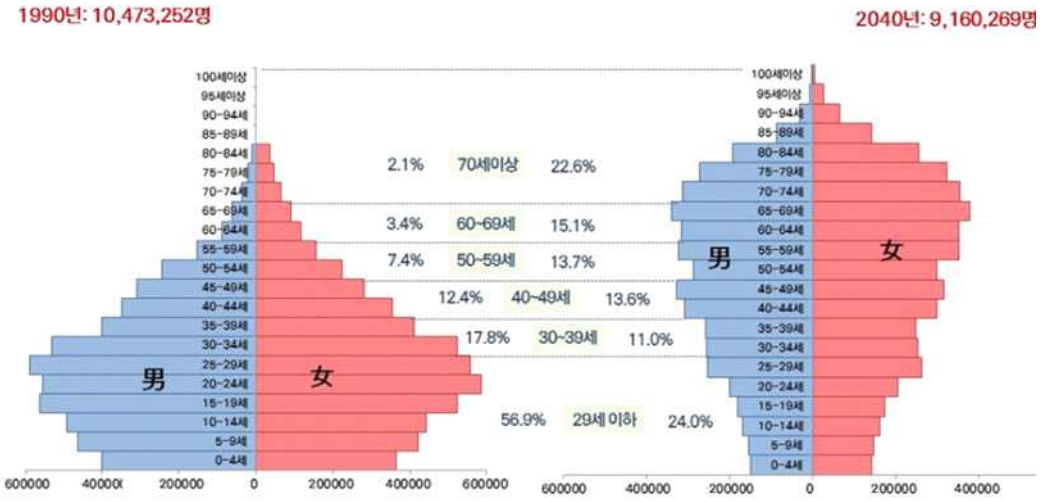


그림 8. 국내 장래인구 추계

- 인구의 고령화는 생산가능인구의 감소뿐만 아니라 고령인구의 질병으로 인한 사회·경제적 비용 증가, 노인층 빈곤 등도 사회 문제로 대두되고 있으며 국제사회에서는 고령인구 증가와 이로 인한 문제의 심각성을 인식하고 '02년 국제고령화 선언(MIPAA)발표 등 국제협력을 추진 중임
- HORIZON 2020(2014~2020)은 총 800억 유로의 예산을 투자하여 노화, 질병 등의 근본 원인을 규명, 예방, 진단, 치료 등 독립적인 생활(업무, 주거)을 위해 광범위한 분야에 ICT를 도입한 생활방식의 변화를 유도함

2) 사회가치 변화

□ 일과 삶의 균형을 중시하고 개인의 가치를 중시하는 경향이 강화되고 사회계층간 불평등 해소, 건강하고 안전한 삶에 대한 국민관심 증대[6]

- OECD에 따르면 2016년 우리나라 '삶의 질 수준'은 27위에 불과했으나, 우리나라 사람들이 삶에서 중시하는 우선순위 중 1위는 '삶의 만족도'인 것으로 나타남
- 경제적으로 덜 풍족하더라도 가족과 여가 중심으로 삶의 가치를 변화시키고 시간적 여유가 있는 일로 전환하는 다운시프트(downshift) 현상 심화
- 신·변종 인체 감염병이 지속적인 위협과 손실을 초래함에 따라 세계 각국은 감염병 대응을 글로벌 안보 이슈로 인식[7]

• 감염병 발생·확산은 사회의 정상적인 기능을 저해하고 대규모 사망을 수반하여 국민 보건 및 일상생활, 나아가 경제·사회적으로 심각한 손실을 초래

6) KISTEP, KAIST, 2017, 10년후 대한민국 4차 산업혁명 시대의 생산과 소비
7) KISTEP, 2018, 혁신성장과 미래 트렌드 2018

- 더불어 거버넌스, 계층 등 구조적 문제에 따라 발생하는 사회적 약자 및 소외계층에 대한 배려와 생활권 보장에 대한 관심 증대

□ 최근 세계는 1인 가구의 증가에 따라 타인과 구별되는 자신만의 개성이 중시되는 사회로 빠르게 변화하며 국토교통서비스에 대한 수요도 다변화함

- 우리나라 1인 가구는 2000년 전체가구의 15.6%인 222만 가구에서 2010년 23.9%인 414만 가구로, 2015년 27.2%인 518만 가구로 15년간 300만 가구 가까이 증가했음
- 향후 2025년 31.9%인 670만 가구, 2035년 36.3%인 764만 가구로 앞으로 20년간 추가로 약 250만 가구가 증가할 전망임
- 개인의 생활 스타일과 사회적 가치관의 변화는 인간관계와 사회구조에도 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 미래사회는 개인적 삶의 방식의 추구와 내면적 가치와 선호를 중시하는 생활 스타일로 인하여 사회적 소외와 고립적인 인간관계가 증대되면서 사회적 단절과 사회구조의 파편화를 초래할 것으로 전망됨
- 성장 중심 사고에서 벗어나 일과 삶의 균형을 중시하고 개인의 가치를 중시하는 경향이 강화되고 사회계층간 불평등 해소, 안전한 삶에 대해 국민관심이 증대함
- 더불어 거버넌스, 계층 등 구조적 문제에 따라 발생하는 사회적 약자 및 소외계층에 대한 배려와 생활권 보장에 대한 관심이 증대하며, 기후변화로 인한 재난재해 증가로 주거, 인프라 등의 안전성 향상에 대한 국민적 관심이 증대함
- 소비자 욕구의 다양화 속에서 개인교통 수단, 디자인, 정보 등 국토교통 서비스에 대한 수요도 다변화할 것으로 예상됨

□ 국내의 고령화 사회 진입과 삶의 질과 건강에 대한 관심의 증가, 미세먼지에 대한 불안감 등으로 인한 환경오염에 대한 우려가 커지고 있음

- 통계청 사회조사 결과에 따르면 2016년에 비해 2018년에 환경이 좋아졌다는 응답 결과보다 환경이 나빠졌다는 응답이 증가하였으며, 환경오염에 대한 우려가 증가하였음을 알 수 있음
- 환경에 대한 높은 관심도에 비해 기후변화의 주요인으로 꼽히는 온실가스

대책 및 미세먼지 감축 대책에 대한 정부의 노력이 부족하다는 조사 결과가 있어 대응할 수 있는 해결책이 필요한 상황임



그림 9. 통계청 2018년 사회조사 결과



그림 10. 한국환경정책 · 평가연구원(KEI) 2016년 국민환경의식조사

□ 건강에 대한 관심이 확산됨에 따라 웰니스 연구와 보급이 의학자나 건강, 체력 육성 분야뿐만 아니라, 최근 미용, 관광 등 다양한 분야까지 관심이 확대되고 있음

- 글로벌 웰니스 산업 규모는 2015년 기준 3조 7000억 달러이며 2020년까지 지속적인 성장이 지속될 것이라 예상됨
- 일본의 경우 일본 웰니스 협회에서 지역연계사업을 종합적으로 추진하고 있으며 류큐대학에서는 웰니스 연구 분야를 개설하여 산학관 연계 프로젝트를 통한 다양한 사업을 실시하고 있음

3) 도시의 양극화

□ 메가시티가 급증하는 반면, 기존 도시의 쇠퇴로 인해 도시의 양극화가 진행되고 ICT 등에 기반한 스마트시티 확산

- UN이 발표한 2018 세계 도시화 전망 보고서에 따르면 현재 세계 인구의 55%는 도시에 거주하고 있으며 '50년까지 도시 거주 인구는 전체 인구의 68%에 달할 것으로 예상됨
- 중국, 나이지리아 등 주요국 도시인구 증가는 '18~'50년간 세계 도시 거주 인구 증가의 35%를 차지하는 등 도시 거주 인구의 증가는 일부 국가에 집중할

것으로 예상

- 혁신과 생산성에서 타 지역을 압도하는 메가시티 수가 급증하고 있으며 ICT, 재생에너지 등에 기반한 스마트시티가 구축되어 도시 생활의 편의 증대를 통한 삶의 질과 도시 경쟁력을 향상시킬 전망임

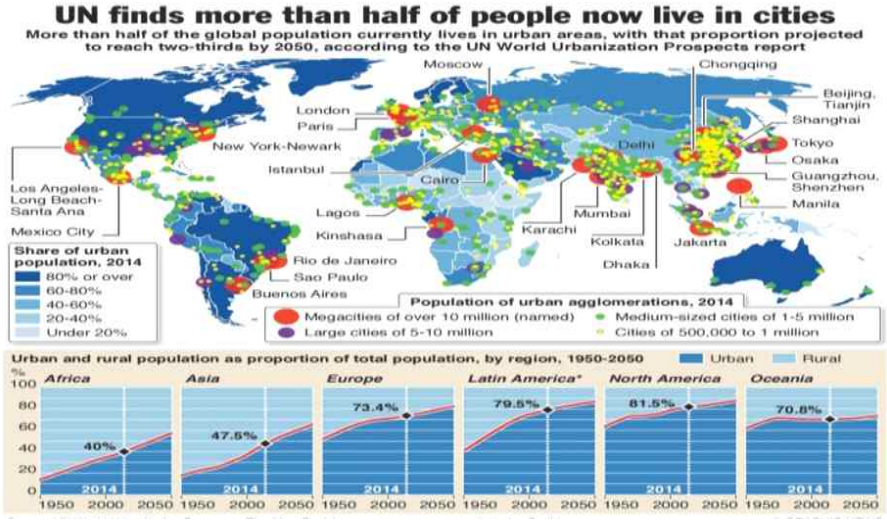


그림 11. 세계 메가시티 현황

- 우리 정부도 '18년 「스마트시티 추진전략」을 통해 '세계 최고 스마트시티 선도국 도약'을 비전으로, 스마트에너지시티 조성 등의 내용을 포함하여 에너지 환경 변화를 반영하고, 차세대 태양광, 스마트그리드 등 스마트 에너지 미래 신기술 육성을 강조함

• 스마트그리드는 IoT, 빅데이터 등과 접목되어 스마트관제 시스템 고도화를 목표로 함

• 스마트그리드는 기존 전력망에 정보통신 기술을 접목하여, 공급자와 수요자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 지능형 수요관리, 분산자원 연계 등으로 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력 인프라 시스템임

• 스마트그리드 도시는 유비쿼터스 정보 기술의 스마트함과 전력 네트워크의 그리드가 결합으로 수요자 중심, 양방향성, 개방형 비즈니스 플랫폼의 특징을 가짐

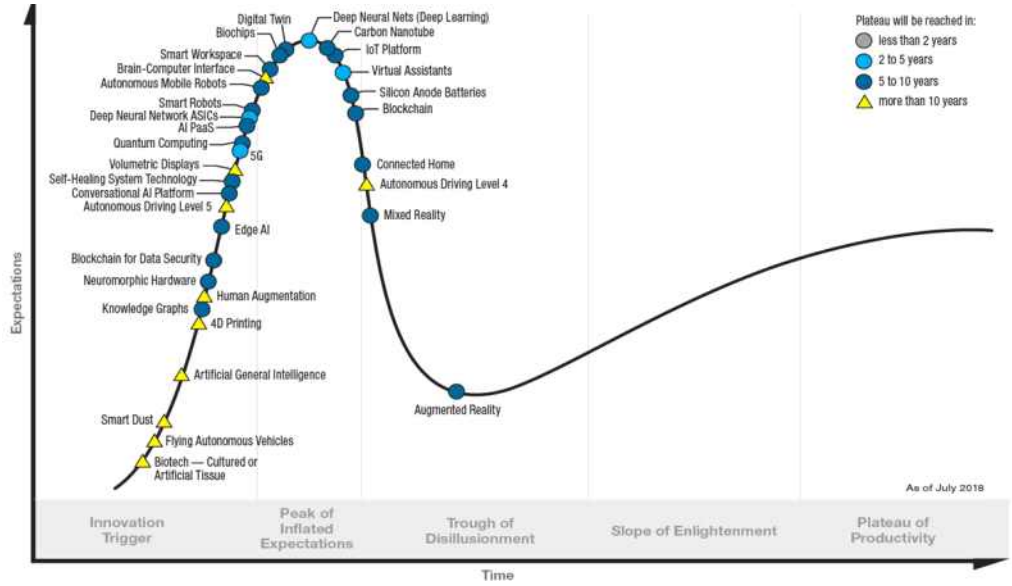


그림 12. 스마트그리드 플랫폼

- 본격적인 스마트그리드 확산을 위해서 ’16년부터 수익 창출이 가능한 사업모델을 전국 16개 시,도 지역거점을 기반으로 실제 환경에서 구현하고, 민간 중심으로 전국 확산하는 스마트그리드 확산사업 실시함
- ’18년까지 민관협업을 통해 스마트그리도 확산사업을 실시하여 ’19년부터는 민간주도로 보급·운영하여 ’30년에는 지능형 전력망 인프라를 전국범위 확산을 목표로 함

– 「제4차 과학기술기본계획」을 통해 ‘쾌적하고 편안한 생활환경 조성’을 추진과제로 포함하여 기후변화 및 신기후체제 대응 등 지속가능성을 확보하고 청정 환경·에너지 예측·관리 및 통합 모빌리티 서비스 등을 포함한 스마트시티 구축 지원

- 기후변화 및 신기후체제 대응으로 지속가능성을 확보하기 위하여 신재생에너지 및 에너지 저장기술의 고도화 및 경제성 확보, 기후변화 예측 및 국가적 대응역량 제고를 지원함
- 편리하고 살기 좋은 스마트시티 구축을 위하여 플랫폼 도시 개념을 적용한 데이터 기반 스마트시티 모델 개발, 통합 모빌리티 서비스 개발, 도시지속 가능성 제고를 위한 청정 환경 에너지 시스템 구축을 목표로 함
- 산업통상자원부는 「제3차 에너지기술개발계획」을 통해 ‘신산업 창출과 혁신생태계 구축으로 에너지기술 선진국 도약’ 달성을 위해 에너지기술 혁신 프로그램을 추진하여 ‘스마트홈·빌딩’, ‘스마트그리드’ 등의 기술개발 지원을 목표로 함



그림 13. 스마트그리드 전국망 구축 계획안

- 빠른 사회적, 기술적 변화에 보다 정교화되고 다양한 분야·변수를 동시에 고려 가능한 스마트시티·스마트그리드 예측 시스템 필요성 대두

• 기존의 도시·건축계획체계에서 기대된 미래예측 기법들은 빠른 사회적, 기술적 변화에 효율적으로 대응하기에는 정확도가 저하됨

• 기존 도시·건축계획방식이 야기한 사일로 효과(Silo Effect)에 대한 반성 및 초기 계획단계에서 광범위하게 연결된 다양한 분야의 동시다발적 의견 수렴이 필요함

□ 최근 저출산, 고령화, 교통망의 발달 등의 영향으로 급격한 도시쇠퇴를 경험하는 지역이 증가함

- 쇠퇴도시의 선정은 인구감소, 산업이탈, 주택노후화 3개의 요인으로 활력을 상실한 지역으로 구분하며, 국내 도시의 쇠퇴정도는 2012년 기준 쇠퇴 심화지역 63곳, 쇠퇴 진행 지역 65곳, 쇠퇴 징후 지역 38곳으로 조사됨

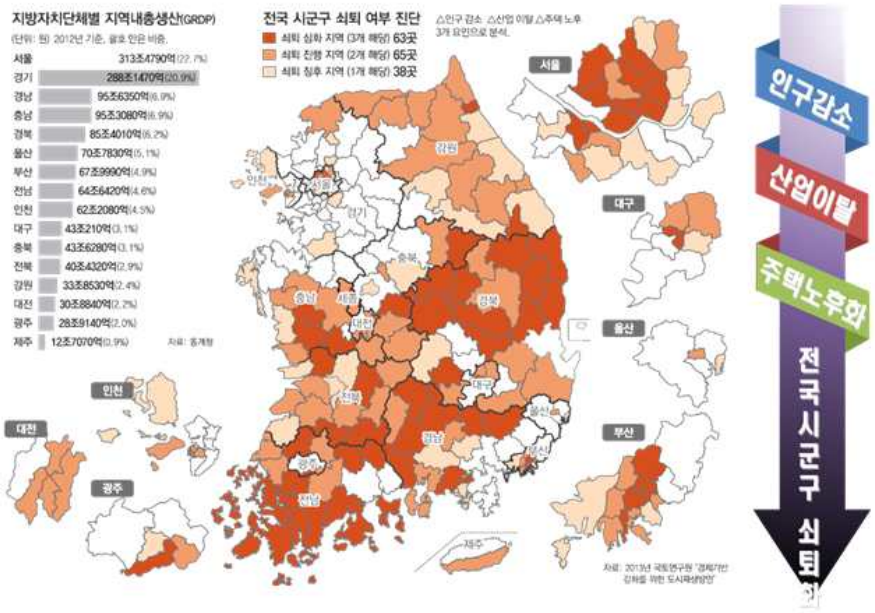


그림 14. 국내 쇠퇴도시 현황

- 도시쇠퇴의 원인은 인구의 지속적 유출, 빈곤층의 집중 등과 같은 인구사회적 측면, 실업률 증가, 중심상권 쇠퇴 등의 경제적 측면, 건축물 및 주거지역의 노후화, 공가 및 공지의 증가 등의 물리적 측면으로 구분됨

표 8. 도시쇠퇴 현상 및 특징

구분	도시쇠퇴 현상 및 특징
인구사회적 측면	인구의 지속적 유출
	빈곤층의 집중
	범죄율 증가
	지역공동체 의식 붕괴
경제적 측면	실업률 증가
	중심상권 쇠퇴
	공장폐쇄 및 고용불안
	신규투자 감소
물리적 측면	건축물 및 주거지역의 노후화
	공가 및 공지의 증가
	구 산업유산의 방치

□ 도시쇠퇴, SOC 노후화로 인해 기존의 용도지역·지구제의 조닝제도, 도시계획 수립 범위 및 체계는 전환 필요성 및 현 도시재생 추진 방향에 대한 재검토 필요성이 대두됨

- 기존의 조닝제도는 복합용도 및 새로운 토지이용 패턴 등장에 따라 기존 도시계획 체계로는 대응이 어려워 현재 형태기반코드(Form based Code)가 대안으로 논의 중임
- 기존의 도시계획 제도는 전략계획 수준으로 전환되고 보다 좁은 지역에 대한 정밀한 도시설계 제도가 필요함
- 현재 도시재생사업은 마중물 사업을 추진하고 있으나 공동체에 의한 CRC 조성, 커뮤니티 비즈니스 모델 개발 추진 등에 어려움을 겪고 있는 현황임

□ 세계화, 탈산업화, 저출산·고령화, 생산인구 유출, 교외화, 스프롤, 자연재해, 환경오염 등의 영향으로 지속적이고 심각한 인구손실 및 유휴·방치 공간이 증가하는 축소도시가 증가함

- 국토연구원 축소도시 자료에 따르면 전국 42개 지방 중소도시를 대상 1995년~2015년 인구 변화 추이 분석을 통해 도출한 축소도시는 고착형 9곳, 점진형 4곳, 급속형 7곳으로 총 20곳으로 조사됨

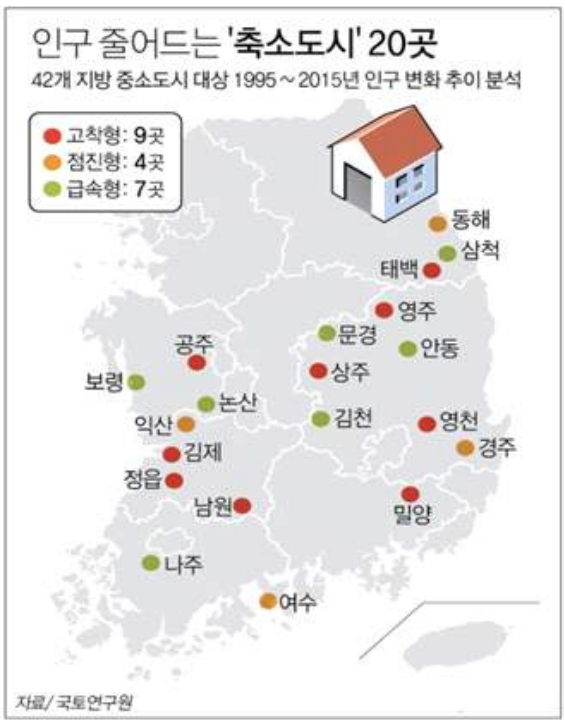


그림 15. 국내 축소도시 현황

- 도시축소는 세수 총액 감소, 1인당 재정지출 감소, 재정자립도 하락 등의 결과를 초래함

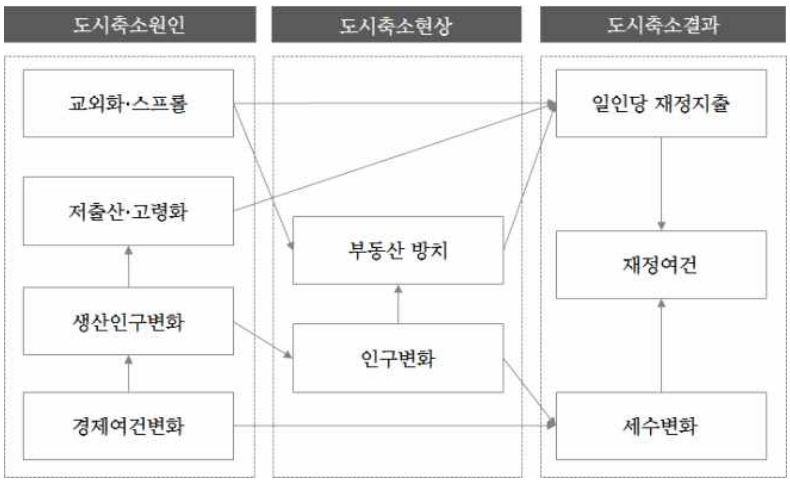


그림 16. 도시축소현상

□ 축소도시 확산에 따라 기존 인프라의 개념 및 광역화 가능성 재검토와 에너지 자립의 관점에서 인구감소에 따른 도시축소에 대응하기 위한 지역과 도시계획의 재검토가 필요성이 대두됨

- 저성장시대에 도시축소로 인한 도시의 에너지소비 변화를 고려하여 기존의 대규모 도시계획 부작용을 지양하고 지역 간 연계 협력하는 새로운 도시권 발전전략이 필요함

4) 4차 산업혁명 도래

▫ IoT, AI 등 정보기술의 발전을 기초로 경제·산업구조의 변혁이 예상되는 4차 산업혁명이 도래하고 플랫폼 비즈니스가 신산업모델로 등장

- '00년대 이후 활발하게 논의되던 '제조혁신', '사물인터넷 혁명', '제조업 4.0' 등 제조업의 미래와 관련한 담론들이 '15년 다보스포럼 이후 '4차 산업혁명'으로 귀결
- 세계 주요국은 4차 산업혁명에 대비한 국가전략을 수립·추진 중으로, 관련 핵심기술을 선점하고 새로운 비즈니스 모델과 혁신을 창출하기 위한 국가 간, 기업 간 경쟁 가속화
- 4차 산업혁명은 초연결·초지능 기술 기반의 新산업혁명으로, 생산성과 효율성 뿐 아니라 미래 산업구조를 근간부터 변화시킬 것으로 전망됨

• 독일은 인더스트리 4.0을 통해 CPS를 기반으로 제조업과 ICT를 융합하여 자동생산체계 구축 및 전 생산과정의 최적화를 추진함과 동시에 대중소 기업 간 협업 생태계 구축, 밸류체인 혁신 등 산업 전반의 혁신을 추구

• 일본은 일본재흥전략 수정(`16), 로봇혁명 신전략, 신산업구조비전(`16.4) 등을 통해 IoT, 로봇, 빅데이터, AI 기반의 고유의 4차 산업혁명 모델을 통해 사회경제적 문제 해결과 국가 성장의 기회로 활용하기 위해 노력

• 미국은 스마트 아메리카 프로젝트를 통해 IoT를 활용한 스마트 시티 구축 연구를 추진하는 등 강점인 ICT 기반 과학기술 경쟁력을 강화함으로써 기술·산업적 측면에서 4차 산업혁명 시대의 주도권을 선점하는 전략을 추진 중

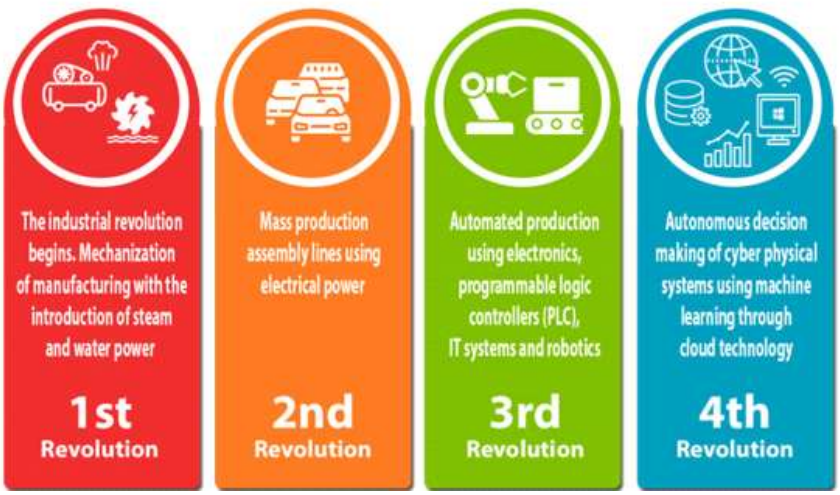


그림 17. 4차 산업혁명의 도래

▫ 초연결 기술, 재생에너지 기술의 발전, 스마트 그리드 융합 가속화로 에너지 직접 전력을 생산·소비하는 에너지 프로슈머에 대한 관심 대두

- 에너지 프로슈머(E-Prosumer)는 생산(product)과 소비(conduction)의 합성어로, 에너지를 직접 생산하면서 소비하는 주체를 의미함

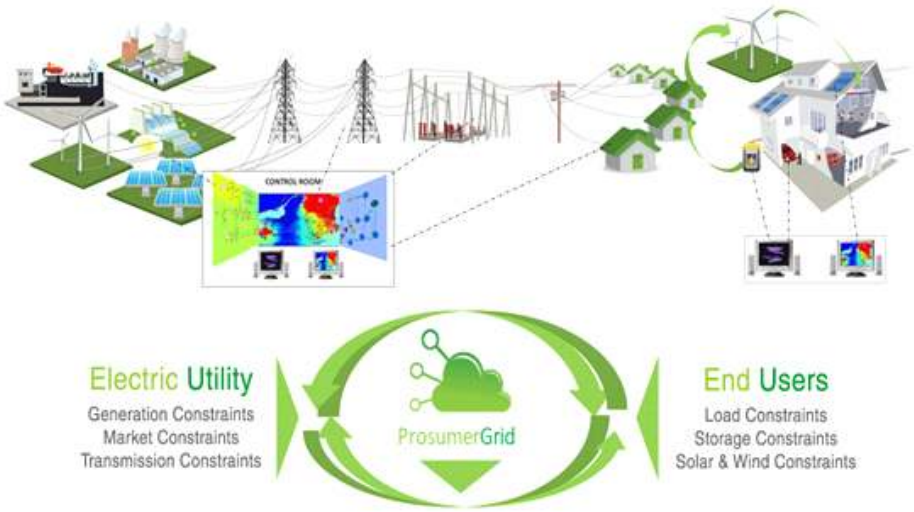


그림 18. 에너지 프로슈머 그리드

- 에너지 프로슈머는 소규모 신재생 에너지, ICT 기술 등을 활용하여, 누구나 직접 전기를 생산하고 소비하는 다양한 유형의 신산업을 포함함
- 에너지 프로슈머 관련 기술로는 스마트그리드, 수요자원 시장, 제로에너지빌딩, 친환경에너지타운, 태양광 홈 등이 있음
- 온실가스 감축 대응을 위해 미국, 독일 등 세계적으로 소규모 태양광 설비를 통한 에너지 프로슈머 시장이 급속히 확대 중임
- 국내는 「2030 에너지 신산업 확산 전략」을 통해 '에너지 솔루션 시스템 분야 세계 1위 달성'을 위해 '에너지 프로슈머 활성화' 등을 추진방향으로 설정하고 마이크로 그리드 활성화 기반 강화, 친환경 에너지 타운 확산, 제로 에너지 빌딩 확산, 수요자원 시장의 국민 참여 확대를 세부 추진과제로 선정함

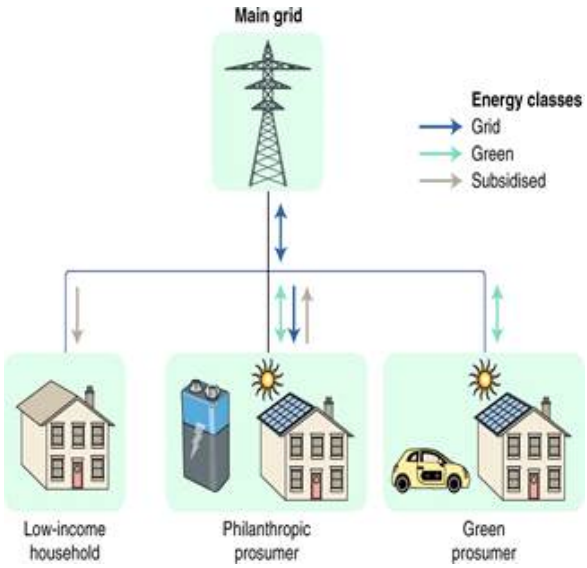


그림 19. 에너지 프로슈머 플랫폼

5) 기술 융복합 가속

□ 선진국을 중심으로 신기술 융복합을 통한 생산성 혁신 활발, 국토교통산업에서도 융복합 확산

- 디지털 기술과의 융복합, 분야간 융복합 등 선진국을 중심으로 신기술 융복합을 통한 혁신 지속
- 점차 뇌과학, 인지과학, 감성공학 등 다학제적 융복합 기술의 수요가 증가함에 따라 공학·과학 기술을 바탕으로 타 학문, 문화간 상호 조화된 융합을 통해 창조적 가치를 창출하는 개념으로 바뀌어갈 전망
- 건설·운수·물류 등 전통적 국토교통산업에도 신기술이 결합되어 산업 이미지 제고, 고부가가치 산업으로 도약 전망

6) 인공지능의 확산

□ '4차 산업혁명'의 핵심인 인공지능 기술이 기업과 각국 정부의 적극적 투자 및 지원을 통해 비약적으로 발전함에 따라 사회 전반에서 파괴적 변화가 예상[8)]

- 인공지능 관련 산업영역은 확대 추세에 있으며, 기술발전 가속화와 관련생태계 구축을 통해 시장규모가 급속도로 팽창될 것으로 예상

• 딥러닝 관련 시장이 연평균 104.5%로 가장 크게 성장할 것으로 보이며, 영상 인식(37.3%), 자연어 처리(27.5%)의 성장세가 클 것으로 전망

8) KISTEP, 2018, 혁신성장과 미래 트렌드 2018

- 인공지능관련 기술과 시장 선점을 위한 국가간, 기업간 경쟁이 치열한 양상을 보이고 있음

표 9. 기술분야별 인공지능관련 시장 매출액 규모 전망('15~' 20)

(단위: 백만달러)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
인지컴퓨팅	10.9	11.6	12.4	13.2	14.2	15.0	6.5%
머신러닝	13.6	14.8	16.2	17.9	19.8	21.4	9.6%
딥러닝	108.5	221.1	453.1	929.5	1,904.6	3,884.9	104.5%
예측 API	20.3	22.9	26.4	30.8	36.0	43.4	16.4%
자연어 처리	7.8	10.1	13.0	16.0	21.1	26.3	27.5%
이미지 인식	24.4	32.6	44.7	61.7	85.7	119.1	37.3%
음성인식	14.6	16.6	19.3	22.6	26.4	30.9	16.1%
기타	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.5	9.1%
전체	202.5	332.1	587.5	1,095.1	2,111.0	4,144.7	82.9%

자료) KISTEP, 2018, 혁신성장과 미래 트렌드 2018

7) 경제성장 둔화

□ 글로벌 경제성장과 통합 둔화로 진출 가능한 해외건설시장도 축소

- 트럼프가 미 대통령으로 당선됨에 따라 미중간 세계 패권 다툼과 대중국 보호무역이 강화될 가능성이 높으며 이로 인해 글로벌 보호무역주의 확산 우려
- 농산품·서비스 부문의 무역자유화에 대해 여러 국가 내에서 반발이 나타나고 있으며, 그 결과로 현재의 무역 협상은 부차적인 영역이나 지역별 특성에 따른 절충적 방식으로 추진
- 금융위기 이후 경기침체 지속, 공공부채의 급증으로 글로벌 경제성장 둔화가 예상되는 가운데 주요국은 경제 체질 전환을 추진 중
- 세계 경제는 '구조적 저성장' 기조가 정착되어 연 2% 수준의 저성장이 지속되는 가운데 중국 성장 둔화로 인한 신흥국 성장률 하락은 글로벌 경제성장 둔화 장기화에 영향

□ 경제성장률 둔화로 대규모 도시, 인프라 투자의 축소가 예상되는 가운데, 경제성장기에 건설된 건축물, 인프라로 인한 문제 대두

- 전국의 노후 건축물 비율(동 기준)은 2014년 말 35.8%, 2015년 말 36.0%, 2016년 말 36.0%, 2017년 말 36.5%, 2018년 말 37.1%(719만1912동 중 266만6723동)로 꾸준히 상승함

- 건축물을 용도별로 구분하면 주거용의 노후화 비율이 50.9%로 가장 많으며 그 뒤를 상업용(26.2%), 문교·사회용(19.5%), 공업용(14.8%)이 따름
- 국토부는 지난달 2019년 6월 건축물에 대한 안전점검 방식을 개선하고 관리자의 책임을 강화하는 등의 '노후 건축물 안전관리 대책'을 발표함

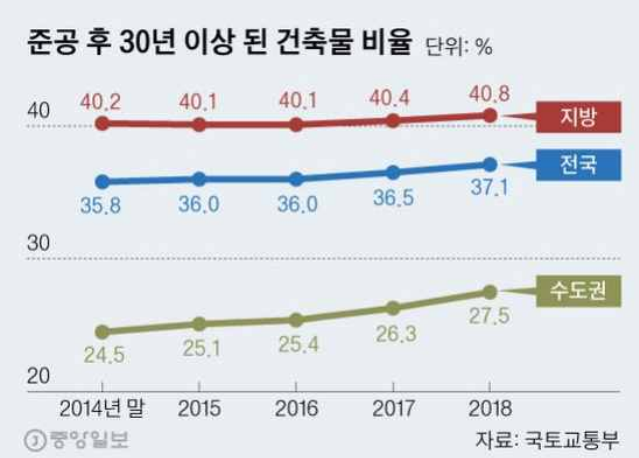


그림 20. 건축물 노후화 현황

- 국내 정부의 '지속가능한 기반시설 안전강화 종합대책'이 확정되면서 노후 SOC에 대한 투자가 2020년부터 2023년까지 연간 8조원씩 4년간 총 32조원이 투입될 계획

• 구체적으로 생활안전 위협요인 조기 발굴·해소, 노후 기반시설 안전투자 확대, 선제적 관리 강화 체계 마련, 안전하고 스마트한 관리 체계 구축을 목표로 함

• 준공 후 20년 이상 된 지하시설물은 정밀안전점검 시행, 안전등급을 부여하여 관리하고 30년 이상 경과한 노후관로는 성능 개선 또는 교체 원칙으로 관리함

□ 경제성장의 둔화, 글로벌 금융위기에 대한 대안으로 공유경제 및 순환경제 부상

- IoT의 발달과 글로벌 경기침체로 인한 소비의 위축, 공동체 및 능동적 소비자의 탄생은 한번 생산된 제품을 여럿이 공유해 쓰는 협업소비 경제활동의 공유경제 활성화를 야기함
- 공유경제는 개인, 집단, 대중간의 유휴자원의 공유를 근간으로 하며, 공유가능한 공간, 지식, 교통, 물건 등은 광범위한 영역에 걸쳐있으며, 2025년 공유경제의 가치는 3,350억에 달할 것으로 예상됨

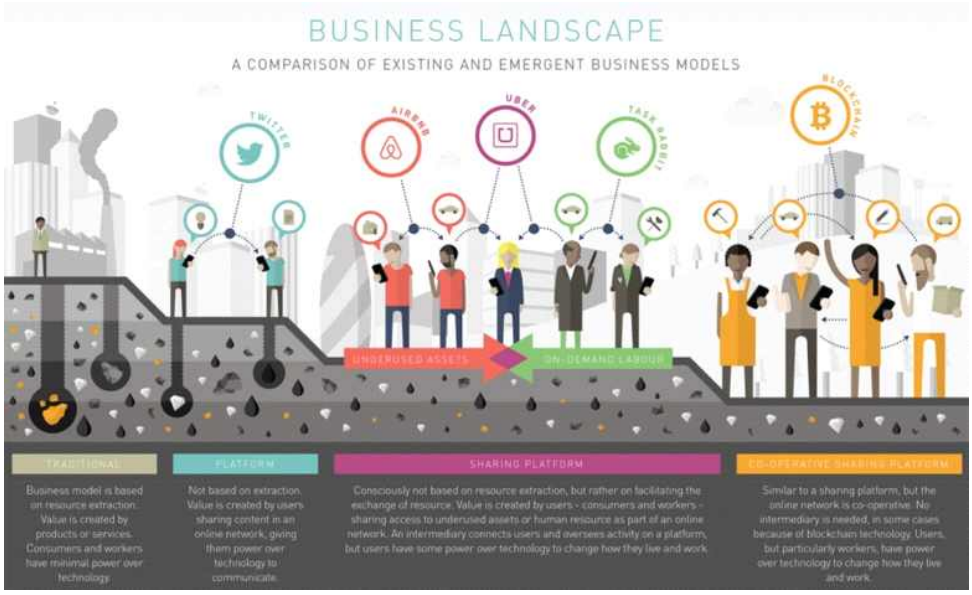


그림 21. 공유경제 플랫폼 비즈니스 모델

- 순환경제는 대량생산, 소비 폐기의 선형적 경제 모델에 대비되는 개념으로 자원 사용, 제품 설계, 재활용 등 전 과정에서 환경 영향을 고려한, 일회성 소비에서 벗어나 복원력을 키우는 개념임
- 컨설팅기업 액센추어(Accenture)는 순환경제는 순환 공급망(Circular Supplies), 회수·재활용(Resource Recovery), 제품 수명 연장(Product Life-Extension), 공유 플랫폼(Sharing Platform), 제품 서비스(Product As a Service)의 과정으로 구성되며, 2030년까지 4조 5천억 달러의 비즈니스 기회를 창출할 것으로 예상함

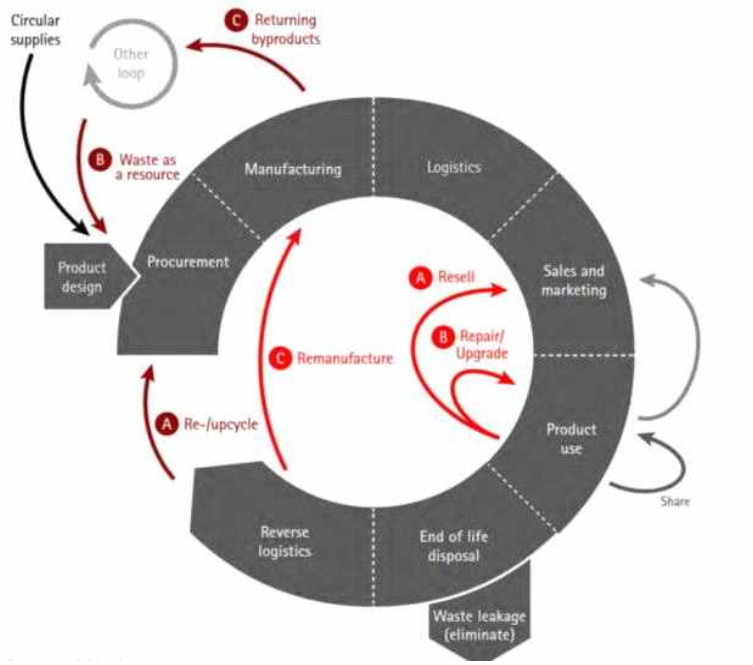


그림 22. 순환경제 모델

- 네덜란드 응용과학연구소 TNO는 순환경제로의 전환은 네덜란드 경제에 매년 73억 유로의 경제효과를 주장하며, 2050년까지 완전한 순환경제 달성을 목표로 함



그림 23. 2050 네덜란드 순환경제

8) 도시/건축 인증제도 난립

▫ 건축물 안전에 대한 책임 강화, 각종 심의 및 인증 강화, 공공건축물의 품질 제고를 위한 제도 도입, 건축자재의 구체적인 표기 등, 설계 품질 제고를 위한 제도 도입으로 인하여 설계업무의 변화 요구가 증대되고 있으나, '공공발주 사업에 대한 건축사의 업무범위와 대가기준'은 업무환경 변화를 반영하지 못하는 상황

- 구조, 기계, 전기, 토목, 소방, 통신 등 건축설계에 포함된 건축 엔지니어링에 대해 최근 분리발주에 대한 업계의 요구가 커지는 상황
- 현재 전기, 소방 부분은 해당 자격을 보유한 전문업체가 설계를 수행해야 하며 발주처가 직접 발주하도록 규정하고 있어 분담이행이 이뤄지고 있음. 하지만 분담이행 시 각 분야 설계업무 간의 대가 비율 기준이 없음

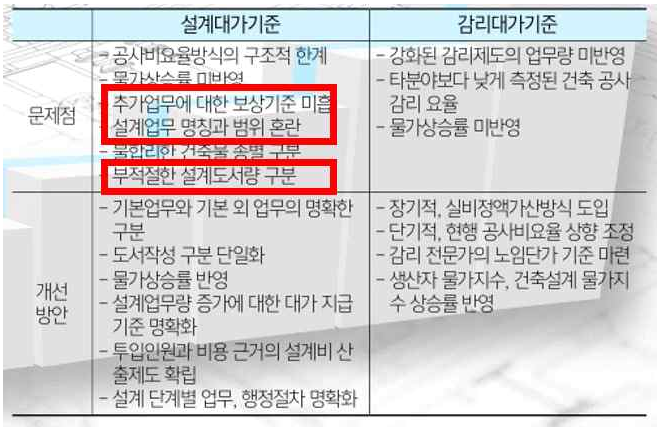


그림 24. AURI가 발표한 현행 설계·감리대가기준 문제점 및 개선방안

□ 해외의 경우 공사비요율 방식, 실비정액가산 방식, 인건비승수 방식 등 여러 산정 방식을 사용하여 건축설계 대가기준을 설정하고 있음

- 프랑스의 경우 설계업무를 8단계의 기본 업무와 추가 업무로 나누고 있으며 각 단계별 업무내용과 비율을 상세히 정하고 있음
- 독일의 경우 설계업무를 9단계로 나누어 기본 업무와 추가 업무를 구체적으로 명시하고 있으며, 설계 난이도의 경우 56가지로 용도를 구분하여 사업의 특성에 따라 기준을 적용할 수 있게 함

9) 환경과 기후변화

□ 최근 세계는 지속가능한 개발, 온실가스 감축, Weather-nomics, 미세먼지 등 환경적 이슈의 지속적 등장에 따라 국제적 협력 필요성이 증가함

- 파리에서 진행된 유엔 기후변화협약 당사국총회에서 2020년 이후, 교토의정서 체제를 대체할 新기후체제에 대한 합의문인 파리협정 출범에 따라 글로벌 환경규제가 더욱 강화될 전망임
- '23년부터 5년 단위의 파리협정 이행 전반에 대한 종합이행점검을 통해 전 지구적 단위의 온실가스 감축, 기후변화에 대한 적응, 재정 및 기술 지원 현황 등에 대한 포괄적인 점검을 실시할 예정

- 기후정책은 과거 온실가스 완화에 초점이 맞춰져 왔으나 최근들어 도시 차원의 통합적인 접근 필요성이 대두됨

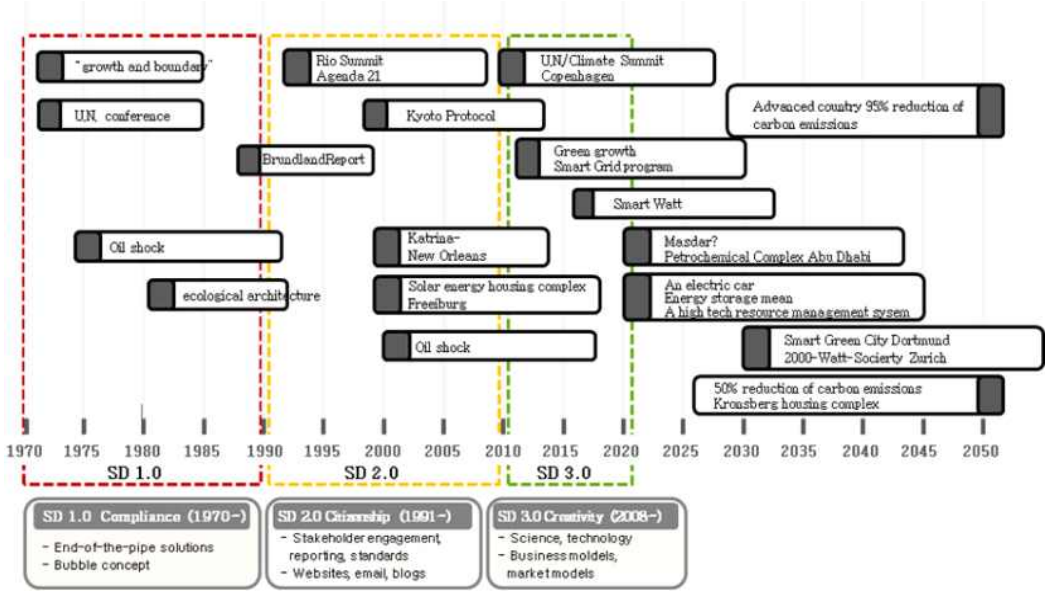


그림 25. 기후에너지 시대와 도시개발 패러다임

□ 지구온난화와 환경오염은 인류의 생존과 직결된 문제로 이들의 심화로 인해 지역 또는 국가, 지역 간 갈등이 심화될 전망

- 지구온난화에 의한 급격한 기후변화로 태풍, 집중호우, 폭염, 가뭄 등 이상기후의 발생 빈도 및 강도가 급증함
- 산업화와 소비증대로 인한 환경훼손과 자연자원부족 심화, 산성비, 황사, 미세먼지, 공동해역오염 등 월경성 환경문제는 지방, 국가, 지역적 갈등과 분쟁을 야기
- '16년 OECD는 한국이 미세먼지 대책을 수립·추진하지 않을 경우, 2060년에는 한 해 인구 100만명 당 1,000명 이상이 조기 사망할 수 있다고 경고하기도 함

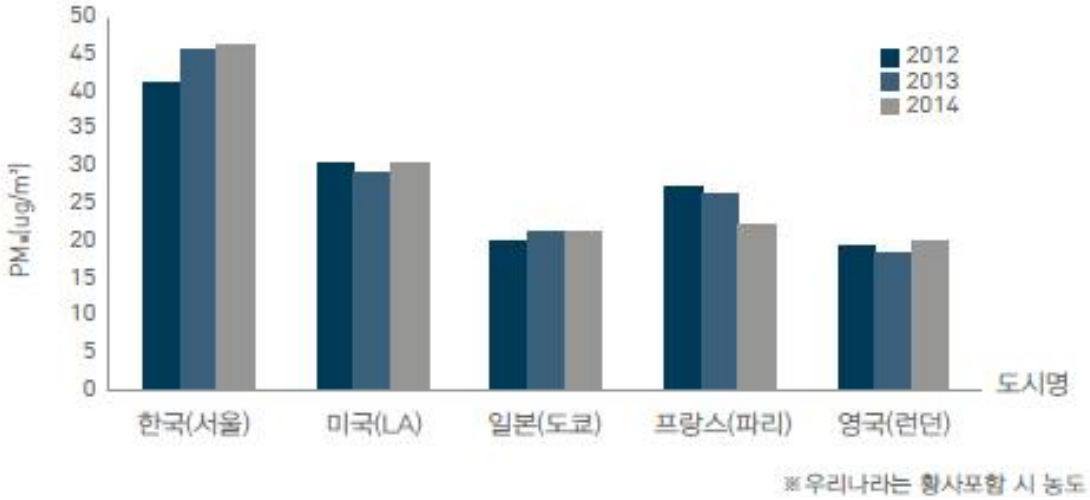


그림 26. 세계 주요 도시의 미세먼지 농도 비교(2012-2014)

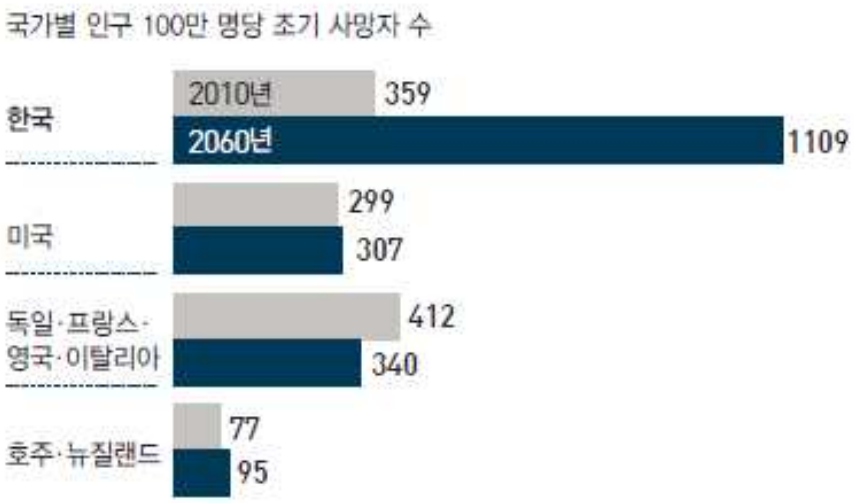


그림 27. 2016년 대기오염으로 인한 조기사망률

□ 지구온난화에 의한 환경기준 강화, 지속가능성장 중요성 증대 등으로 인한 친환경 기술개발 가속화

- 온실가스 배출 절감을 위한 친환경차로서 각광받고 있는 전기자동차 및 수소자동차는 미래 이동성을 주도하는 교통수단으로 발전할 전망임

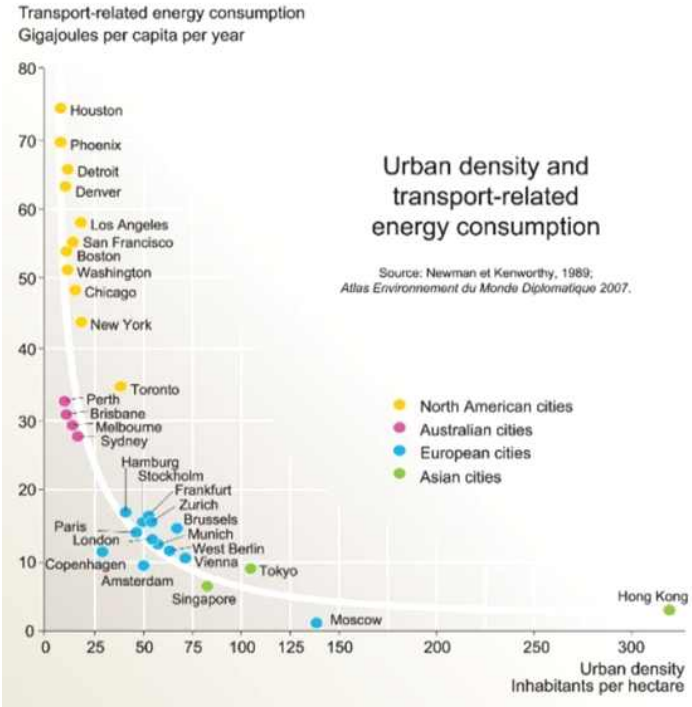


그림 28. 교통 기반 에너지 소비 현황

□ 환경 신재생 에너지의 보급 및 확산을 통해 온실가스를 감축하고, 수요자 중심의 다양한 분산형 전원 공급 확대 필요성이 대두됨

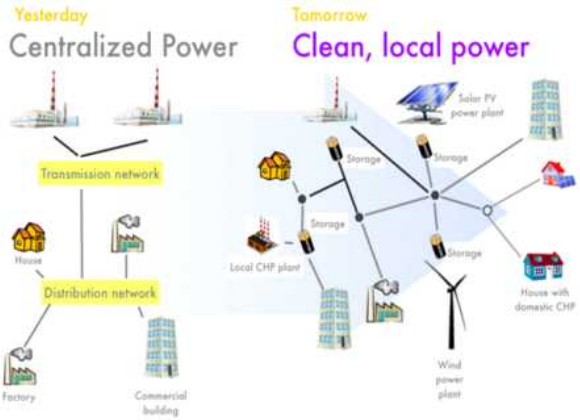


그림 29. 에너지 보급의 변화

- 우리나라의 경우, 새만금 3GW 태양광, 1GW 풍력 등 총 4GW 규모의 대규모 재생에너지 클러스트 건설계획 수립 등 청정에너지 도입 정책을 강화함에 따라 신재생에너지 투자 매력도 지수(언스트앤영, 2019)가 지난 평가에서 7개단 상승한 24위를 기록

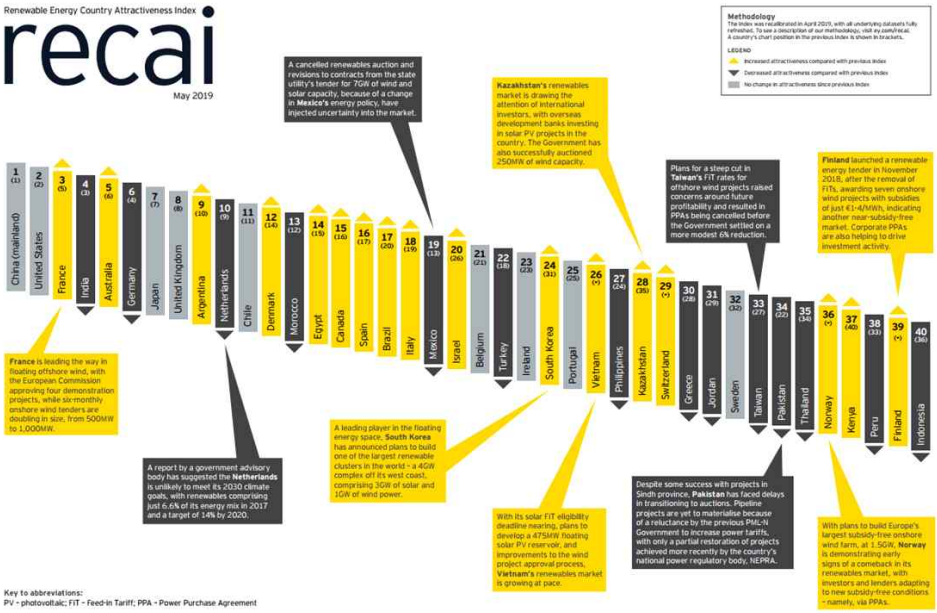


그림 30. 신재생에너지 투자매력도 지수(언스트앤영, 2019)

Overall rank	Previous rank	Country	RECAI score	Technology-specific score							
				Onshore wind	Offshore wind	Solar PV	Solar CSP	Biomass	Geothermal	Hydro	Marine
1	(1)	China (mainland)	68.7	51	58	58	34	48	21	52	19
2	(2)	United States	66.7	49	58	53	32	40	39	35	32
3	(5)	France	63.2	50	54	49	22	48	31	31	36
4	(3)	India	63.0	50	19	55	34	44	25	43	21
5	(6)	Australia	62.4	48	29	54	35	24	21	38	31
6	(4)	Germany	61.9	45	53	48	17	44	33	35	20
7	(7)	Japan	59.2	45	48	45	18	51	47	37	23
8	(8)	United Kingdom	58.3	47	58	40	14	49	27	34	33
9	(10)	Argentina	57.4	48	21	50	32	39	31	36	20
10	(9)	Netherlands	57.2	43	46	43	15	32	22	23	15
11	(11)	Chile	56.6	46	20	46	32	37	30	40	28
12	(14)	Denmark	56.3	46	50	39	16	44	17	18	24
13	(12)	Morocco	56.2	42	17	50	34	16	15	17	14
14	(15)	Egypt	56.1	45	15	54	36	13	12	24	12
15	(16)	Canada	55.2	48	26	42	19	35	19	44	25
16	(17)	Spain	54.3	43	20	45	26	33	17	27	22
17	(20)	Brazil	54.3	47	20	47	20	48	15	46	18
18	(19)	Italy	54.1	40	29	43	28	45	35	41	20
19	(13)	Mexico	54.0	40	19	48	24	42	42	34	19
20	(26)	Israel	53.9	38	14	50	29	23	15	26	14
21	(21)	Belgium	53.3	44	42	37	17	39	20	26	14
22	(18)	Turkey	53.2	42	20	46	24	44	40	42	14
23	(23)	Ireland	52.8	42	27	40	18	19	20	27	27
24	(31)	South Korea	52.4	32	34	46	18	30	16	23	32
25	(25)	Portugal	52.0	38	25	41	24	38	20	38	24
26	(-)	Vietnam	51.8	39	38	44	17	34	15	44	17
27	(24)	Philippines	51.6	38	16	44	19	41	42	43	22
28	(35)	Kazakhstan	51.4	41	14	44	18	17	15	33	13
29	(-)	Switzerland	51.2	37	18	40	18	36	19	28	15
30	(28)	Greece	51.1	41	23	41	26	38	22	41	13
31	(29)	Jordan	51.1	39	13	45	30	18	13	22	13
32	(32)	Sweden	51.0	44	30	35	14	42	19	38	27
33	(27)	Taiwan	50.9	36	43	41	17	21	22	21	19
34	(22)	Pakistan	50.7	41	13	45	22	18	19	43	17
35	(34)	Thailand	50.5	37	15	43	20	40	17	17	18
36	(-)	Norway	49.5	47	39	31	13	20	17	40	28
37	(40)	Kenya	49.3	40	14	42	21	27	46	32	12
38	(33)	Peru	49.2	38	14	42	23	33	20	37	18
39	(-)	Finland	49.1	49	31	26	15	49	17	22	15
40	(36)	Indonesia	49.0	35	18	43	17	36	55	46	20

그림 31. 신재생에너지 투자매력도 지수 세부 지표(언스트앤영, 2019)

- 독일은 분산형 에너지로 공급을 통해 '16년 기준 전체 발전량의 30%를 공급하고 있으며, 일본도 '16년부터 규슈, 간사이, 도쿄 전력을 중심으로 '가상 발전소' 구축해 에너지 효율 상승을 목표로 함
- 분산형 청정 에너지의 도입은 온실가스 감축을 비롯해 송배전망 건설 회피,

신재생 전환 브릿지 역할, 에너지 신기술 융합이 가능함

- 국내의 집중화된 신재생 에너지 공급의 전국 확산을 위해, 지역별 특성을 고려한 맞춤형 통합 지원방식 보급이 필요함

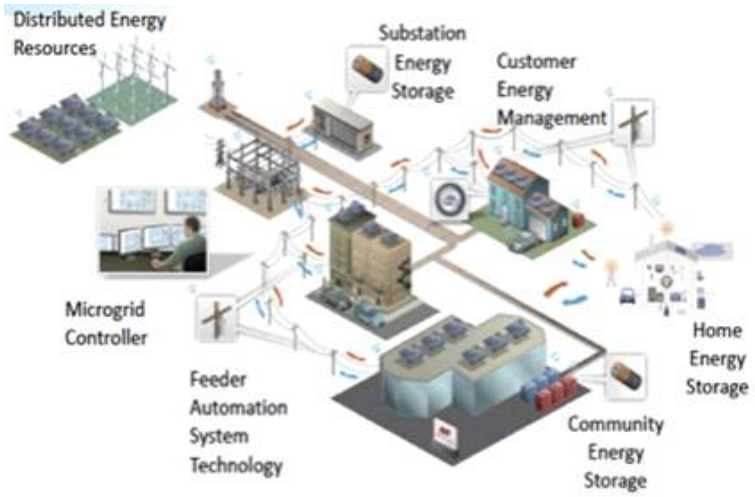


그림 32. 분산형 청정 에너지의 보급

10) 북한 협력 증진 및 동북아 협력 모델 부상

□ 신정부 출범 후, 북한 비핵화에 대한 기대 등으로 정치적 갈등이 해소되고 남북간 경제·과학기술 협력이 가시화

- 신정부 출범 후, 남북간 대화 진전으로 정치적 갈등이 감소됨과 동시에 북한 비핵화에 대한 기대 확산

□ 남북간 경제 교류 확대가 예상되며 단계적으로 철도·도로의 연계를 시작으로 인프라 재건에 대한 협력 및 과학기술 협력이 가시화

- 남북간 교통인프라 연계에 이어 남북러 등 대륙으로의 국토교통서비스망 확대

□ 신정부는 남북한 협력에 기반한 북방협력 강화, 신남방 정책 추진을 통해 동북아 및 동남 아시아 국가들과의 협력을 지속 강화

- 문재인 정부는 유라시아 협력 강화 등 대륙전략으로서 신북방정책을 추진하고 아세안, 인도와의 관계 강화 등 해상전략으로서 상생번영을 기조로 하는 신남방정책을 추진

다. 건축도시 분야 변화 전망

□ 메가트렌드에 따른 도시·건축 및 에너지 변화 전망은 다음과 같이 요약됨

- 최근 급격한 성장 추세를 보이는 제4차 산업혁명 관련 ICT 기술을 바탕으로 기술의 융복합 시도가 가속화되고 있으며, 초연결 시대의 도래에 따른 AI 기술을 활용한 효율적인 관리가 가능해짐에 따라 ICT 기술 기반의 초연결 사회·공간 조성 및 관리의 수요가 높아지고 있음
- 또한, 도시환경의 악화에 따라 질병에 대한 사회적 우려와 미세먼지, 새집증후군 등에 대응하는 건강한 생활환경 조성에 대한 관심이 높아지면서 AICBMs(AI, IoT, Cloud, BigData, Mobile) 기술을 건강/생활환경에 적용·확산하려는 시도가 높아지고 있음
- 도시의 첨단화로 생활의 편의성이 높아지면서 도시로의 인구 집중 가속화로 도시인구가 전체 인구의 약 70%를 차지할 것으로 예상되는 가운데 메가시티에서의 주거공간 내 자원/에너지 소비의 효율성을 제고하려는 시도 지속
- 이는 장기적으로 기존의 단방향적 생산-소비 방식의 에너지 흐름 체계에서 탈피하여 양방향적 재생에너지 분산-발전 기반의 주거·커뮤니티를 조성함으로써 이에 대한 재생에너지의 공급-소비에 대한 가치사슬의 긍정적 변화를 야기함
- 이와 더불어 초고령화 사회의 도래 및 저출산으로 인구구조가 변화함에 따라 도시가 축소되고, 노후 SOC 및 건축물이 도시쇠퇴를 가속시켜 도시사회의 안전을 위협함에 따라 이에 대응하는 노후 건축/인프라 통합 재생기술의 수요도 높음
- 국내의 건설경기 침체로 인한 녹색건축물 조성기술의 내부 수주경쟁이 치열해지고 있으며, 이를 타개하기 위한 신남방국가를 대상으로 한 판로조성이 점진적으로 이루어지고 있음.

□ 상술한 도시·건축 및 에너지 변화 전망을 종합하면 도시·건축 에너지 기술 수요는 다음과 같은 부문으로 요약됨

- 첫 번째는 디지털 트윈 기술을 기반으로 하는 모니터링 및 시뮬레이션을 통해 건축·도시의 에너지 성능 예측 기술을 확보하는 것으로 마이크로셀 단위의 미시공간에 대한 통합제어 및 관리가 가능한 수준을 의미함
- 두 번째는 도시/건축물의 재생에 대응한 신그린리모델링 재편/추진 기술 확보로 외피 레트로피팅 기술, 공간단위 성능평가 기술, 소규모 재생기술 등을

포함함

- 세 번째는 에너지 자급/자족을 위한 건축물 에너지 생산/소비 효율성 향상 기술 고도화로 에너지 자립화를 위한 분산형 에너지 생산-공유 기술을 포함함
- 네 번째는 에너지-환경-자원을 고려하여 건강한 건축물을 조성하기 위한 기술로 생활공간 내 오염원 저감 시스템, 건설폐기물의 100% 자원화 기술 등이 포함됨
- 마지막으로, 그간의 녹색건축물 조성을 위한 의무화 규정 강화 및 건축물 에너지효율향상 기술의 집중적 연구개발 투자로 인한 성숙단계의 기술에 대한 신남방국가 대상 해외 기술이전 및 현지화 시스템 구축 기반조성, 국내기업의 신규시장 개척 지원 필요

표 10. 2030 건축·도시 에너지관련 메가트렌드 선정

구분	메가트렌드	건축·도시 에너지효율화와 관련된 변화동인(세부 트렌드)
Social	인구구조 변화	인구 고령화
	사회가치 다양화	건강한 삶에 대한 관심 증대, 노동유연화
	도시권 발전	메가시티화, 비도시권 쇠퇴 등 SOC 및 거주공간 노후화
Technological	4차 산업혁명 도래	초연결기술 확산, 분산형 네트워크 확대
	기술의 발전 및 융복합	대체에너지 개발 활성화
	인간·로봇 공진화	-
Economic	산업구조 변화	에너지 산업의 프로슈머화, 공유경제
	경제성장 둔화	-
Environment	온실가스 및 환경오염	지구온난화, 환경위해요소에 대한 관심 증대
	에너지 위기	전력 수요의 증가, 에너지 패러다임 변화
Political	남북한 관계 변화	-
	동북아/동남아 역학관계 변화	건설시장 협력모델구축을 통한 국내 녹색건축물 조성기술의 판로개척

라. 메가 트렌드 변화로 인한 미래기술 수요

1) 건축/도시 및 에너지 미래전망

□ 4차 산업혁명 관련 기술을 바탕으로 한 초연결 사회/공간 조성 및 관리 도래[9)]

- 기술과 생활환경이 급변하면서 주면의 모든 사물이 서로 연결되는 초연결사회 도래
- 4차 산업혁명의 첨단기술의 혜택을 누리고 시장 경제에서 활동해온 시민들의 시민정신이 높아지면서 소유보다 공유를 중시하는 방향으로 소비 패턴과 생활양식이 변화
- 정보 통신 기술을 활용하여 새로운 정보의 수집과 확산은 물론 생산까지 가능해진 시민은 도시의 구성과 운영에 중추적인 역할을 수행하면서 도시의 변화를 주도

□ 도시 축소, 도시재생 이슈 대응을 위한 노후 건축/인프라 재생·연계기술 발전

- 도시 및 생활인프라, SOC 노후화에 대비하여 국토·도시·지역 재생전략 지속 추진

• 유휴 공장부지 용도전환·폐지, 기능복합화, 공유형 산업공간 등 미래형 산업입지 지원, 친환경 산업단지 및 그린리모델링 활성화 등

- 인프라 시설 운영의 효율화·사각지대 해소 차원에서 공동이용 및 통합관리 시스템 운영 등 현명한 이용·관리 중요성 대두

• 기능 전환 및 유휴화된 인프라시설의 효율적 운영을 위해 공동이용 및 통합관리 · 운영 적극 추진

- 대도시권화 및 지역간 격차 확대 등 국토공간의 양극화에 대비하여 연계협력기반 네트워크형 공간구조 형상

• 도시재생사업의 지속적 추진·확대로 도시쇠퇴 확산을 사전에 예방하고, 생활인프라의 공유기반 강화를 위한 관련제도 개선

□ 메가시티의 등장, 인간 생활 근간으로서 도시 및 주거공간의 에너지/자원 효율성 극대화 노력 지속

- 수도권의 성장관리 및 계획적 과리, 곤 신도시 리모델링 및 생활환경 재정비를 통해 도시의 경쟁력 강화 추진
- 발전된 기술의 생활공간 접목을 적극적으로 추진하여 시민의 일상이 편리하고 자유로운 지능형 주거·도시공간으로 발전

9) 국토연구원, 2015, 미래 국토발전 전략 수립방안 연구

• 사물인터넷 기술 기반으로 국토공간과 정보공간간의 자유로운 교류를 통해 국토공간 활용의 확장 및 시너지 창출

- 공간정보의 오픈 플랫폼서비스 고도화, 인공지능 국토공간, 지능형 국토인프라 및 시설물 자동관리시스템 구현
- 제로에너지 주택 및 건축물, 저탄소 건축물 및 에너지 자립마을· 도시시스템 구현 등 미래형 친환경 도시·주거시스템 구현

□ 재생에너지 분산발전기반 도시, 주거공간 구현 및 재생에너지 공급/소비 사슬의 전향적 변화

- 건축물의 에너지 절약 및 공동이용, ICT를 활용한 에너지 절약형·자원순환형 도시 등 지속가능성 확보

• 탄소저감형 도시 및 건축물, 전환도시 조성, 자원 재활용을 위한 그린리모델링 가이드라인 제정 등

- 저탄소 녹색교통·도시·국토 필요성 증대, 에너지자립 차원에서 클린(CLEAN) 국토 네트워킹을 실현
- 환경적·사회적·경제적으로 부정적 영향을 주지 않고 탄소배출은 최소화하면서 공공성을 지닌 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 제로시티 조성·확대

□ 개인화, 고령화 대응 등을 목적으로 한 AICBM 신기술의 건강/생활환경 적용 확산

- AICBM 기술을 기반으로 아이덴티타를 살린 다양한 유형의 미래 도시 조성되며 특히, 고령화 대응 및 자연과 함께 여유롭게 충전하고 건강을 회복할수 있는 고령친화도시, 건강도시가 구현

□ 신남방국가의 경제성장으로 인한 건축물 에너지효율화 및 녹색건축물의 수요가 증가될 것으로 예상됨.

2) 미래 기술 수요

□ ‘국토교통 미래유망기술(2015)’의 유망기술 중, ‘건축/도시 및 에너지 정책 수요’과 부합하는 기술을 선별해 유형화하여 메가트렌드 변화로 인한 미래 건축/도시 및 에너지 기술수요를 도출한 결과는 아래와 같음

① 디지털 트윈 기반 모니터링·시뮬레이션을 통한 성능 예측 기술 확보

- AI기반 실시간 활동/에너지 소비량 모니터링 및 예측
- 빅데이터 분석 기반 건축/도시 에너지 수요 모니터링 및 통합제어

- 마이크로셀 단위 도시활동 예측 및 도시 발전 시뮬레이션
- 도시공간 활용 효율성 증대를 위한 자원수요 예측 및 네트워킹

② 도시/건축재생에 대응한 신그린리모델링 재편/추진 기술 확보

- 비용/시간절약형 건축물 Envelope Retrofitting 기술
- Off-Site 생산, On-Site 조립/건설 기술을 통한 소규모 재생기술
- 건축물 Envelope 성능 확인-설계 교차 기술
- 에너지/환경부하 DB/Map 작성 기술

③ 에너지 자급/자족을 위한 건축물 에너지 생산/소비 효율성 향상 기술 고도화

- 빌딩/주택용 분산형 에너지 복합플랜트
- 수소자원 인프라 네트워크 상용화 기술
- 미/저이용 인프라 이용 에너지 하베스팅 기술
- 에너지 생산형 외피기반 빌딩에너지 시스템

④ 에너지-환경-자원을 고려한 보다 건강한 건축물 조성기술 확보

- 건강 기반 에너지-환경-자원 통합 관리 기술
- IoT 기반 환경부하 저감을 위한 건축물 외피 시스템화 기술
- 환경오염원 자동 제거 건축물 설비 시스템
- 자원순환을 위한 건설폐기물의 100% 자원화 기술

⑤ 신남방국가대상 녹색건축물 기술이전 협업모델 개발 및 수출증대 기반조성

- 지속가능한 건축물에너지 산업 활성화 전문가 협업시스템 구축
- 녹색건축물 조성 제도정비/핵심기술 인증시스템/현지 기후대응 기술개발 공동연구
- 국내기술기반 동남아기후 대응형 녹색건축물 상용화 모델개발 및 실증



그림 33. 도시 · 건축 에너지 분야 트렌드 분석

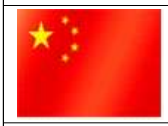
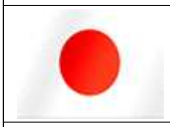
2. 정책적 환경 분석

가. 국외 정책현황

□ 2015년 12월 UN 파리기후변화협정이 채택됨에 따라 신기후체제가 출범, CO2 감축 목표 달성을 고려한 에너지 정책 추진

- 기후변화 위기의 심각성에 따라 선진국 중심의 '교토의정서 체제'에서 모든 국가가 참여하는 '신기후체제'로 전환, 선진·개도국(총 195개국)이 모두 자발적 기여(INDC)를 통한 온실가스 감축 이행 의무화

표 11. 글로벌 국가 동향

국가	주요 목표	
	'30년 감축목표 (INDC)	에너지 정책 방향
 미국	2005년 대비 26~28% 감축 (목표년도 : 2025년)	▪ 신재생에너지 발전 비중 28% 달성('30) ▪ 전기차 100만대 보급 목표 발표(~'15)
 중국	2005년 대비 60~65% 감축 (원단위)	▪ 태양광 100GW, 풍력 200GW 구축(~'20) ▪ 전기차 500만대 보급(~'20)
 일본	2013년 대비 26% 감축	▪ 태양광 발전 총 68GW 규모 승인 ▪ 스마트미터 1,700만대 보급(~'17)
 EU	1990년 대비 40% 감축	▪ 신재생에너지, 전기차 50억 유로 지원 ▪ 전기차 470만대 보급(~'20)
 호주	2005년 대비 26~28% 감축	▪ 신재생에너지 발전 비중 20% 달성('20) ▪ 배출량감축펀드(ERF) 3억불 조성('18~'19)

□ 해외 국가들은 온실가스 저감을 통한 기후변화 대응과 안정적인 에너지 수급을 위해 탄소제로도시 및 제로에너지빌딩 확산 정책을 추진

- 영국 베드제드(BedZED), 중국 동탄 프로젝트, 아랍에미리트 마스다르시티 등 친환경 신재생에너지를 활용한 탄소제로도시 조성 추진
- 해외 국가들은 온실가스 감축을 위해 제로에너지빌딩 의무화 목표를 단계별로 선정하여 추진

표 12. 각 국가별 제로에너지빌딩 의무화 목표

	2010년~2014년	2015년~2019년	2020년~2024년	2025년 이후
프랑스	'12년: 모든 신축건물 저에너지 건물 의무화 (50kWh/㎡.yr)		'20년: 모든 신축건물 플러스 에너지 빌딩 의무화(BEPOS)	
독일	'12년: 2009년도 대비 30%절감(약50kWh/㎡.yr)		'20년: 제로 화석연료 사용된 기후중립 건물	
스웨덴	'11년: 2008년도 대비 25% 절감	'15년까지 신축건물의 25% nZEB화 목표	'19~'21년: 모든 공공시설 및 전 건물의 nZEB 의무화	
영국	'10년: 2006년 대비 25% 절감 2013년: 2006년도 대비 44% 절감	'19년: 모든 건물에 제로 카본 적용 (거주 형태에 따라 39~46 kWh/㎡.yr)		
미국			'20년: 일반주택 nZEB화	'30년 공공 및 상업건물 nZEB 의무화
일본			'20년: 모든 신축공공건물의 nZEB 달성	'30년: 모든 신축 민간건축물의 nZEB 달성
한국	'17년 패시브 하우스, '25년 제로에너지주택 의무화 발표('11년)	'15년: nZEB 시범사업 발주 '17년: 신축주택 패시브 설계 의무화	'20년: 공공부분 nZEB 의무화	'25년: nZEB 주택건설 의무화 '30년: 비주거 부분nZEB 의무화

1) 유럽

▫ EU는 2050년 기후중립 유럽을 목표로 2020년/2030년/2050년 단계별 온실가스 기후 및 에너지 목표 수립

- 온실가스 배출 감축, 재생에너지 공급 비중 확대, 에너지효율 향상 등을 통해 '온실가스 net-zero 달성'을 목표로 설정

표 13. EU Climate Strategies & targets

구분	주요 목표
2020 Climate & energy package	▪ 1990년 수준에서 온실가스 배출 20% 감축 ▪ EU 에너지의 20%는 재생에너지로부터 공급 ▪ 에너지효율 20% 향상
2030 Climate & energy framework	▪ 1990년 수준에서 온실가스 배출 최소 40% 감축 ▪ EU 에너지의 최소 32%는 재생에너지로부터 공급 ▪ 에너지효율 최소 32.5% 향상
2050 long-term strategy	▪ 온실가스 net-zero 달성

□ 유럽은 건축의 온실가스 감축을 위해 공공건축물 제로에너지 의무화, 건축물 에너지 성능지침(EPDB) 등 통해 제로 에너지 건축물 확산을 촉진하고자 함

- 유럽연합은 2002년 기후 변화에 대응하기 위한 목적으로 건물의 에너지 효율성을 높이고, 탄소 배출을 감소시키는 내용을 담은 건축물 에너지 성능지침을 채택

• 유럽연합 집행위원회는 에너지효율 개선을 강조하고 있으며, 에너지 효율성 잠재력이 큰 건물 부문과 운송부문에 관심을 갖고 조치

- 유럽연합은 2010년 건축물 에너지 성능지침(Energy Performance of Building Directive, EPDB) 개정을 통해 모든 회원국이 2018년 말까지 신축 공공건축물의 제로에너지를 의무화하고 2020년 말까지 모든 신축 건축물을 제로에너지건축물로 규정

- 유럽의회는 건축물의 탄소 배출 저감과 에너지 효율을 위한 노후 건물 개보수에 대한 내용을 포함하는 EPDB 개정안을 2018년 4월 17일 최종 승인

표 14. 2018 개정 EPBD의 목표

목표	세부내용
건축물 탄소 배출 저감 국가 로드맵	▪ 건축물 탈탄소화 국가 로드맵을 시행함으로써 2050년까지 유럽에 저배출 또는 제로배출건물 확산
건축물 스마트화	▪ 빌딩 자동화 및 제어시스템을 장려하여 빌딩의 작동 효율성 제고
건축물 성능 측정 스마트 준비 지표	▪ 소비자 니즈를 충족하며 그리드와의 상호작용을 최적화하는 신기술 및 전자시스템에 대한 빌딩의 적용 성능을 측정하는 스마트 준비 지표
건축물 내 e-모빌리티	▪ 충전 지점 등 건축물 내의 e-이동성 기반 구축 지원
리모델링 자금 및 지원 확대	▪ 리모델링에 공공 및 민간 자금 투자 ▪ 건축물 리모델링 장기 전략 강화
에너지 성능 향상	▪ 오래된 건물을 개조·보수하여 에너지 효율을 높이고 가정용 에너지 요금 인하

□ 영국은 2050년까지 온실가스배출을 1990년 수준 대비 80% 감축하는 것을 목표로, 건물의 탄소배출 제로화 및 에너지 효율 제고 추진

- 영국은 2008년 「The Climate Change Act」를 통해 2050년 온실가스배출을 1990년 수준 대비 80%를 감축하는 목표를 제시하였으며, 방안으로 건물의 탄소배출제로화를 강조

• 영국은 기후변화에 대응하기 위해 2008년 「The Climate Change Act」 마련

• 「The Climate Change Act」는 2050년 목표로 온실가스배출을 1990년 수준 대비 최소 80%를 감축하는 목표를 설정

• 「The Climate Change Act」의 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 산업 공정에 대한 조치뿐만 아니라 건물의 탄소배출을 제로화가 요구되며, 영국의 행정구역 정부는 관련된 정책을 개발·이행

표 15. 영국 행정구역의 에너지 효율 관련 정책

행정구역	정책
북아일랜드	▪ 북아일랜드 지속가능 에너지 프로그램(NISEP) 에너지 효율 지침 11조 7항에 따라 연간 최대 200GWh의 에너지 절약 이행 ▪ 북아일랜드 에너지 효율 행동 계획 개발 중
스코틀랜드	▪ 2018년 5월 Energy Efficient Scotland Routemap and Transition Programme 시작하였으며, 이 프로그램은 2040년까지 스코틀랜드 건물들을 탄소제로화하는 일련의 방침을 포함
웨일스	▪ 2011년 이래 저소득 4만 5천 가구의 에너지 효율을 개선하기 위해 2억 4천만 파운드 이상을 투자, 17년~2021년동안 1억 4천만 파운드를 추가 투자

- 영국은 미래산업의 선두에 서기 위한 「Grand Challenges」을 추진, 이와 관련하여 2030년까지 신축 건물의 에너지 사용량의 최소 절반을 감축하는 미션을 제시

• 'Grand Challenges'는 '인공지능과 데이터', '고령화 사회', '깨끗한 성장', '모빌리티'의 미래 4가지를 선정

표 16. The Grand Challenges missions

Grand Challenge	Mission
인공지능과 데이터	▪ 2030년까지 인공지능과 데이터를 이용하여 만성질환의 예방, 조기진단, 치료 수준을 향상
고령화 사회	▪ 2035년까지 최소 5년동안 건강하고 독립적인 삶을 즐길 수 있게 함과 동시에, 부유층과 빈곤층의 삶의 차이를 축소
깨끗한 성장	▪ 2030년까지 신축 건물의 에너지 사용량을 최소 절반 감축 ▪ 2030년까지 1개 이상의 저탄소 배출 클러스터, 2040년까지 세계 최초 탄소제로배출 산업 클러스터 구축
모빌리티의 미래	▪ 2040년까지 모든 신차의 제로배출화와 동시에, 영국이 제로배출차량의 설계 및 제조의 선두주자로 자리매김

• '깨끗한 성장'은 2030년까지 신축 건물의 에너지 사용량의 최소 절반을 감축하는 미션을 포함하고 있으며, 미션의 5가지 달성방안을 제시

• 영국 내 모든 신축건물이 안전하고, 고품질, 고효율이며, 청정난방을 사용

• 저에너지, 저탄소 건물을 저렴하게 건설하기 위한 혁신

• 혁신 기법을 사용하여 저탄소, 저비용, 고품질 건설 추진

• 소비자에게 스마트 기술을 통한 에너지 사용법에 대한 통제권 부여

• 기존 건물을 신축 건물과 비슷한 기준으로 리모델링하는 비용을 절반으로 줄이고, 품질과 안전성을 제고

• 2030년까지 신축 건물의 에너지 사용량의 최소 절반을 감축하는 미션과 관련하여 새로운 건설

제품 및 기술개발에 총 4억 파운드 이상을 투자할 계획

- 영국은 2006년 자체적으로 2016년부터 모든 신규주택을 대상으로 완전한 이산화탄소 배출 제로화를 권고하였으며,「Construction 2025」를 통해 온실가스 50% 절감을 목표로 제시

• 「Construction 2025」는 온실가스 50% 절감의 이행방안으로 현존 건물의 에너지 성능 향상과 저탄소 및 친환경 건축 강조

□ 프랑스는 「Energy Transition for Green Growth ACT」에 에너지 환경 전환을 위한 6가지 목표를 제시하고 이행계획으로 「The Multiannual Energy Plan(MEP)」를 발표해 건물 에너지 소비를 15% 할 계획

- 프랑스는 「Energy Transition for Green Growth ACT」를 통해 온실가스 배출 감축 등의 6가지 목표를 제시하였으며, 건물 부문에서의 에너지 성능 제고를 세부 목표로 설정

• 2030년, 온실가스배출을 1990년 대비 40% 감축
• 2030년, 화석연료 소비를 2012년 대비 30% 감축
• 2030년, 재생에너지 점유율을 최종 에너지 소비 중 32%, 전력 생산의 40%
• 2050년, 최종 에너지 소비를 2012년 대비 50% 감축
• 2025년, 매립지 폐기물 50% 감소
• 2025년, 전력생산을 다양화하고 원자력의 비중을 50%로 감축
• 「Energy Transition for Green Growth ACT」는 건물부문에서 3가지 목표를 제시

표 17. 「Energy Transition for Green Growth」 건물 부문 목표

목표	내용
주택 에너지 개조	▪ 연료 빈곤을 해소하는 것을 최우선으로 매년 50만건의 대규모 개조 목표
신축 건물 에너지 성능 개선	▪ 2050년까지 모든 건물이 저에너지 빌딩 기준에 맞춰 건설
일자리 창출	▪ 착수 사업들로 인해 7만 5천개 일자리 창출

- 「Energy Transition for Green Growth ACT」에서 규정한 목표를 달성하기 위한 이행 계획으로 「The Multiannual Energy Plan(MEP)」을 발표하고 건물의 에너지 소비량을 15% 감축, 연 50만 가구의 에너지 효율정비 제시

• MEP는 「Energy Transition for Green Growth ACT」에서 규정한 목표를 달성하기 위한 즉각적인 조치를 강조하였으며, 두 가지 기본적인 우선 과제를 제시
• 에너지 소비 감축(특히 화석연료)
• 신재생에너지 개발
• MEP는 5개 부문로 나누어 각 부문에서 도출할 결과와 구체적인 계획을 기획하였으며, '에너지 효율성 개선 및 화석 연료 소비 감축' 부문에서는 하기와 같은 건물의 에너지 효율화에

대한 구체적인 계획을 제시

- 건물의 에너지 소비량을 2023년까지 15% 줄이고, 2017년부터 매년 50만 가구의 에너지 효율 정비 실시
- 보증기금, 제3자 자금 조달 등 에너지 효율 정책을 위한 자금 메커니즘 개선
- 사회주택과 공공건물 개조 자금을 조달하기 위해 Caisse de Dépotts 30억 유로 할당
- 도전적인 목표를 설정함으로써 에너지 효율 의무화 방안 강화

표 18. MEP의 5개 부문 및 도출할 결과

구분	results by 2023
에너지 효율성 개선 및 화석 연료 소비 감축	▪ 최종 에너지 소비 12.3% 감축 ▪ 일차 화석연료 소비 22.6% 감축
재생에너지 개발 가속화	▪ 신재생에너지 설치전력량을 70% 증가 ▪ 재생 열 발전을 2014년 수준 대비 35% 증가
클린 모빌리티 촉진	▪ 교통 부문 에너지 소비량 11.5% 감축
높은 수준의 공급 보장 유지	▪ 6GW 수요측 대응 능력 달성 ▪ 화석연료 사용을 줄이면서 기존 전기 및 가스 공급 안정성 유지
미래 에너지 시스템 준비	▪ 2025~2030년 사이에 1~2GW 용량에 도달하기 위한 수력 저장 프로젝트 착수

□ 독일은 2050년까지 1990 대비 온실가스배출 80~95%, 2030년까지 55% 감축을 목표로 하고 있으며, 이를 뒷받침하기 위해 건물 부문에서 에너지효율성과 재생에너지 비중을 높이기 위한 정책 추진

- 독일은 기후변화에 대응하여 2050년까지 1990년 대비 온실가스배출 80~95% 감축으로 설정하고, 전력생산에 있어 재생에너지 비율을 2035년 50~60%로 확대하는 등 이행 계획을 수립 및 추진

• 독일은 2011년 후쿠시마 원전 사태를 계기로 2022년까지 모든 원전을 폐쇄하기로 결정하고, '에너지패키지(Energy Package)'를 발표하면서 '에너지 전환정책(Energiewende)' 완성

표 19. 조치 분야별 이산화탄소 배출목표

신재생에너지 확대	에너지 효율성 제고
▪ 화력 발전소의 구조조정 ▪ 신재생에너지 확대 및 기존 에너지 시스템으로의 통합 가속화 ▪ 풍력을 중심 에너지원으로 설정 ▪ 전력망 확대	▪ 스마트그리드 및 저장 장치 ▪ 에너지고효율 빌딩 확대 ▪ 에너지 효율성을 위한 유럽식 계획안 마련 ▪ 효율적 조달 ▪ 비용 효율성 제고

- 독일은 파리협정에 따라 2016년 「Climate Action Plan 2050」을 채택하고, 2030년 온실가스 배출량을 1990년 대비 최소 55% 감축하는 목표를 뒷받침할 분야별 이산화탄소 감축 목표, 전략적 조치, 영향 및 비용 분석을 제시

• 건물 부문에서는 2050년 건물의 탄소배출제로화가 궁극적인 목표이며, 수명이 긴 건물의 특성상 목표 달성을 위한 토대의 조기 마련 필요하며, 이에 따라 설정된 빌딩의 2030년 목표는 1990년 대비 67~66% 감축 배출

• 빌딩 분야 목표 달성을 위한 조치는 아래와 같음

• 2021년부터 적용하는 신축건물에 대한 제로에너지빌딩 기준은 재생에너지를 활용한 효율성이 높은 난방시스템 설치에 대한 내용을 포함하고 있으며, 더불어 건물의 에너지 효율화와 관련된 인센티브 검토 요구

• 기존 건물들은 에너지효율 개선과 재생에너지 비중 확대를 통한 조치를 통해 업그레이드

표 20. 조치 분야별 이산화탄소 배출목표

구분	1990 (백만 톤 CO_2 등가물)	2014 (백만 톤 CO_2 등가물)	2030 (백만 톤 CO_2 등가물)	2030 (1990년 대비 감축률)
에너지	466	358	175-183	62-61%
빌딩	209	119	70-72	67-66%
교통	163	160	95-98	42-40%
산업	283	181	140-143	51-49%
농업	88	72	58-61	34-31%
Subtotal	1,209	890	538-557	56-54%
Other	39	12	5	87%
Total	1,248	902	543-562	56-55%

- 독일은 2012년부터 모든 신축 및 개보수건물을 대상으로 에너지인증서를 획득해 제출하도록 규정하고 2015년부터 패시브하우스에서 규정한 저에너지 수준을 준수하도록 권고

□ EU는 Horizon2020을 통해 2011년부터 기축건물의 혁신, NZEB, 지능형 건물에 대한 R&D 투자를 집행 중 10)

- Horizon 2020에서는 높은 에너지 성능을 보유한 건축물 구현을 위해 Deep renovation(기축), NZEB(신축), 스마트빌딩분야의 24개 과제를 대상으로 7천 4백만 유로의 연구비를 지원

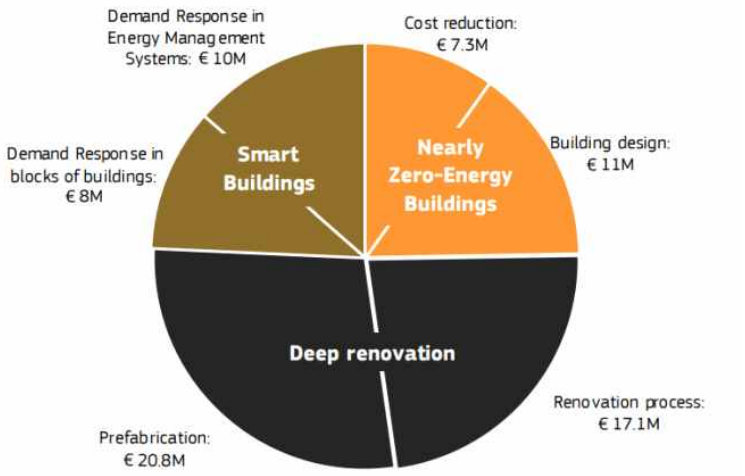


그림 34. 프로젝트별 지원액

10) EU, 2018, High erergy performing Bildings

• (Deep renovation : 기축 건물의 리모델링 프로세스 혁신, 프리 팹 기술) 30년의 내구연한을 보유한 사전 제작 외벽과 지붕 모듈의 리모델링 적용, 자재 조립기간 단축을 위한 공정관리 시스템(MORE-CONNECT), 3D 스캐닝 및 3D 프린팅 활용 Off-site 구축 프로세스의 통합 솔루션, 스마트 조립식 패널, 리노베이션 성능 예측기반 의사결정 지원 시스템 등을 개발

• (New Nearly Zero-Energy Buildings : 신축 NZEB의 설계 통합 및 비용절감 형 시공기술) 설계상 에너지 성능과 실제 성능간의 격차 해소를 위해 지구단위 라이프 사이클 평가, 실제 건축물의 환경을 구현할 수 있는 시설, 비용절감을 위한 설계·시공 프로세스 등을 개발

• (Smart Building : 건축물 및 지구단위 에너지 스마트 최적화 기술) 스마트 미터, 센서, 조명 및 난방 제어기기를 연결한 건축물 제어시스템(4RinEU), 빅데이터 기반 지구단위 에너지 사용량 모델링, 에너지 소비 최적화, 분산전원의 통합관리, 에너지 수요의 대응 및 연계 기술개발

□ 유럽 건강환경연합(Health & Environment Alliance: HEAL)은 '18년 "Helathy buildings, healthier people"를 발간해 건축물은 에너지 효율성뿐만 아니라 건강성을 고려하는 것이 필요하다고 강조[11)]

- 건축물의 리모델링은 에너지 효율성을 제고하고 기후변화에 대응하기 위한 목적을 가짐과 동시에 거주자의 건강성을 고려해서 시행되는 것이 중요함을 강조

• 건축물 단열성은 거주자의 천식, 호흡기 질환 증감과 관계가 있으며 자연채광의 증가는 정신적 건강과 생산성 향상에 영향을 주는 요소

• 에너지 효율성과 거주자 건강성을 고려해 리모델링된 건축물은 에너지 비용을 줄여 CO2 감소를 유도할 수 있으며 거주민의 육체적, 정신적 건강을 향상시키는 요인

- 화학적 독성을 가진 건축자재를 사용으로 인해 심각한 호흡기 및 알레르기 질환 등이 유발될 수 있으므로 건축 자재를 선택하는 데 관심을 두는 것도 중요

11) HEAL, 2018, healthy buildings, healthier people



그림 35. 기후, 거주자 건강성을 고려한 리모델링

2) 미국

□ 미국은 「Executive Order 13514」를 통해 2050년까지 제로에너지건축물을 확대하기 위한 단계적 목표를 설정

- 미국은 2009년 「Executive Order 13514」를 통해 2020년까지 모든 주거부문, 2030년까지 모든 신축 상업용 건축물, 2050년까지 상업용 건물을 제로에너지건축물화 하도록 목표 설정했으며, 각 주는 이에 맞는 기준 및 목표 설정
- 2015년 「Executive Order 13693」를 통해 2020년 이후 계획되는 5,000 평방 피트 이상 규모의 신축 정부 건축물의 제로에너지건축물화에 대한 내용 추가

□ 오바마 정부는 경제성장을 촉진하고 환경을 보고하기 위해 「The All-of-the-Above Energy Strategy」을 발표

- 오바마 정부는 「The All-of-the-Above Energy Strategy」을 발표하고 주요 3대 목표로 에너지 안보 강화, 이산화탄소 배출 감소, 경제 성장 활성화를 설정

표 21. The All-of-the-Above Energy Strategy 정책 주요 내용

주요정책	전략	주요내용
에너지 개발	안전하고 환경적인 에너지 개발	▪ 오일과 가스개발 관련 법규를 친환경적으로 개혁 ▪ 연안지역 내 석유 및 가스자원의 75% 이상을 개발
	에너지 독립	▪ 세계1위 천연가스 생산국 ▪ 20년 이내 오일 수입량보다 많은 양을 국내에서 생산
환경 및 기후변화	청정에너지 기술력 개발	▪ 탄소포집 및 격리기술 개발에 수십억 달러 투자 ▪ 2020년까지 연방정부 빌딩의 에너지원 20%를 재생에너지로 사용 ▪ 2020년까지 재생에너지 100MW 활용
	에너지효율 극대화	▪ 2020년까지 에너지효율이 뛰어난 600만 채 주택건설
	기후변화 대응	▪ 온실가스 배출 규제 ▪ 기후변화 대응을 위한 국제적 논의 주도

□ 미국은 2009년 「American Clean Energy and Security Act」를 통해 국가 온실가스 감축 목표를 설정하고, 재생에너지 보급, 에너지 효율 향상 관련 제도를 마련

- 미국은 2009년 「American Clean Energy and Security Act」를 발표하였으며, 2005년 기준 2020년 17%, 2050년에 83% 온실가스 감축 목표를 설정

- 「American Clean Energy and Security Act」는 제1장 청정에너지, 제2장 에너지 효율, 제3장 온실가스 감축, 제4장 청정에너지 경제로의 전환, 제5장 국내 농업 및 삼림 관련 옵셋 등 총 5개 장으로 구성

• (청정에너지, Clean energy) 연방정부 차원의 재생전기 의무할당제(RES, Renewable Electricity Standard)시행을 제시함. 연간 판매 전력량 1백만MWh 이상인 전력판매회사들이 총 전력판매량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 충당을 의무화

• (에너지효율, Energy efficiency) DOE는 국가시범 빌딩에너지 절약법규를 3년마다 업데이트를 해야 하며, EPA는 에너지와 환경성능 개선을 위한 개조 프로그램을 시행을 위해 가정 및 상업용 빌딩에 대한 구식설비 개조기준을 수립

• (온실가스감축, (Global warming pollution reduction targets and timetable) 온실가스 감축의 국가적 목표를 2012년, 2020년, 2030년, 2050년에 각각 2005년 온실가스 배출량의 97%, 83%, 58%, 17% 초과 금지를 규정함

• (청정에너지경제로의 전환 , Transition to a low carbon economy) 정부가 미국기업들의 총량제한 준소로 인한 비용증가에 대한 보상으로 리베이트 프로그램을 제공

• (국내농업 및 삼림관련 옵셋 , Domestic agriculture and forest offsets) 국내 농업 및 산림 관련 상쇄 프로그램을 제공

- 제2장 에너지 효율에서 3년마다 에너지 효율 목표를 설정하는 증의 건축물 에너지효율과 관련된 제도 포함

□ 미국은 스마트그리드 사업을 세계적으로 가장 먼저 추진한 국가로 대표적인 실증 프로그램은 총 13억 42백만 달러를 투자한 'Smart Grid Demonstration Program'이 있음

- 미국은 2003년 「Grid 2030」 발표, 2007년 법령 정비, 2008년 실증사업 추진 등 스마트그리드 사업을 세계적으로 가장 먼저 추진

- 미국의 대표적인 스마트그리드 실증 프로그램인 '스마트그리드 실증 프로그램(Smart Grid Demonstration Program, SGDP)'은 미국 에너지부(DOE)에서 프로젝트 비용의 50%를 지급하고 선정평가를 통해 선정하였으며, SGDP를 통해 2가지 형태의 스마트그리드 프로젝트 추진

표 22. 미국 스마트그리드 실증 프로그램의 프로젝트

부문	주요내용	프로젝트 수	지원 금액	주요기술
지역 실증	스마트그리드 실행가능성을 검증하고, 스마트그리드 편익을 분석하고, 새로운 비즈니스 모델을 검증	16개	874백만 달러	전력시스템 센싱, 분석 및 전력제어에 도입하는 기술
에너지 저장	배터리, 압축공기시스템과 같은 에너지저장 기술을 보급 실증	16개	648백만 달러	에너지저장시스템의 전력망 연계기술

□ 오바마 정부는 2015년 9월 교통혼잡 해소, 범죄 예방, 경제성장 촉진, 기후변화 대응, 공공서비스 등 지역 사회의 주요 과제를 해결하기 위한 「Smart Cities Initiative」 발표

- 오바마 정부는 「Smart Cities Initiative」를 통해 지역 사회의 주요 과제 해결을 위한 연구에 1억 6천 투입 발표하였으며, 스마트시티 현안으로 기후변화 대응을 포함
- 미국 정부부처와 공공기관은 스마트시티 기술 지원계획을 발표하였으며, 에너지부는 도시 에너지 효율 및 저탄소 배출 관련 기술 개발에 1,000만 달러 투자 계획

• 에너지부는 스마트 · 에너지효율 · 저배출 도시 관련 기술에 약 1,000만 달러를 투자할 예정

표 23. 미국 정부 부처별 스마트시티 신기술 개발 지원계획

부문	주요내용	지원 금액 (만달러)
국토안보부	▪ 향후 5년간 모든 규모의 재난에 대비 가능한 최첨단 긴급대응기술 개발 추진 ▪ NIST와 협력하여 데이터 분석 및 예측 모델링을 활용한 정보의 적기제공	5,000
교통부	▪ 차세대 교통시스템 개발 - 맨해튼 및 템파 등 교통혼잡 지역에서 추진되는 'Conneted Vehicle Pilots' - 도시교통의 혁신적 해결책을 찾기 위한 'Smart City Challenge'	4,000
에너지부	▪ 에너지 효율이 높으며, 저탄소 배출 도시를 위한 기술 개발 투자 - 자가 환경설정 및 작동 등이 가능한 스마트 빌딩 구축 프로젝트 - 미래 교통시스템에서 에너지와 이동성 연구를 위한 SMART Mobility	1,000
상무부	▪ 지역 내 문제해결을 위한 스마트시티 기술을 활용하는 벤처기업 지원	1,000
환경보호청	▪ 저비용 센서기술을 활용하는 도심 내 공기 질 연구 및 Village Green Project 지원 - 오클라호마, 시카고, 하트퍼드 등 세 지역의 대기 질 모니터링 및 분석 테스트	450

표 24. 미국 공공기관의 스마트시티 R&D 지원계획

부문	주요내용	지원 금액 (만달러)
국립 과학재단 (NSF)	▪ 보건 및 공공안전 분야 혁신을 위한 차세대 인터넷 개발, 실증연구 ▪ 사이버물리시스템(Cyber-Physical System Program) 개발 - 자율주행차, 스마트빌딩, 지붕형 태양광 배터리 ▪ 삶의 질 향상, 건강 및 웰빙, 지역 내 학습지원용 통합 디지털도구 개발 ▪ 혁신적 연구기술을 스마트 서비스 시스템 분야로 이전, 활용하기 위한 산학협력 지원 ▪ 차세대 의료 솔루션인 'Smart and Connect Health' 프로그램 신규 연구 자금 지원	3,500
국립표준 기술연구소 (NIST)	▪ 지역 커뮤니티와 산업계 공조를 통한 IoT기술 개발 ▪ 도시들 간 정보·기술 교류 등 상업협력을 위한 GCTC(Global City Teams Challenge) 프로젝트 지원	500

□ 미국은 2009년 「The American Clean Energy Leadership Act」를 통해 온실가스 프로그램 등을 제공하였으며, 에너지 효율과 관련하여 건축물 에너지 효율 규정을 포함

- 「The American Clean Energy Leadership Act」는 ① 온실가스 저감 프로그램, ② 연구, ③ 전환 및 적응이라는 3개의 장으로 구성되어 있고 Division B는 ④ 지구온난화 물질 감축, ⑤ 지구온난화 물질 감축 및 투자 프로그램, ⑥ 추가적인 온실가스 기준, ⑦ 프로그램별 배출권 할당이라는 4개 장으로 구성
- 161조~164조는 에너지 효율 및 재생에너지에 대한 법률로 재생에너지 지원, 바이오 연료에 대한 지원, 건축물 에너지 효율 규정, 에너지 환경성과 개보수(REEP) 지원에 대한 내용을 포함

□ NIST는 2011년부터 「Embedded Intelligence in Buildings Program」을 착수하여, 건축물 생애주기의 84%를 차지하는 운영단계의 에너지 바용 절감을 위한 에너지성능평가 장비개발, 고장감지·진단, BEMS 관련 SW 개발 및 표준화 추진

- 「Embedded Intelligence in Buildings Program」의 지원대상 기술분야는 건축설비 자동결함 감지·진단 알고리즘, 가상 사이버네틱 건물 테스트베드, 설비커미셔닝 기술, 지능형 빌딩 에이전트 , 자동화 및 제어 표준화, 스마트그리드와의 빌딩 통합 등입

□ DOE는 EERE를 통해 저에너지 주택 구현을 위한 고성능 외피, 난방시스템, 공기정화시스템 등 설비기술의 시장 보급을 지원[12)]

- DOE는 2013년 12월, 혁신적 과학기술 개발을 통해 에너지, 환경, 핵안보 문제를 해결하고 나아가 시장진출방안을 마련해 경제성장을 촉진하는 「Strategic Plan 2014-2018」을 발표

• 「Strategic Plan 2014-2018」은 경제성장, 에너지 안보, 환경 개선 등을 촉진할 수 있는 기초과학을 강화하고 경제적으로 경쟁력 있고, 친환경적이고 안전한 에너지 인프라 조성을 목표로 함

- DOE는 2015년 4월, 미국 에너지 시스템의 근간이 되는 기술개발 전략으로서 4년을 주기로 연구개발 및 실증을 지원하는 「Quadrennial Energy Review」 발표하여 「Strategic Plan 2014-2018」의 목적을 이행하면서 건설분야를 포함한 산업분야별 R&D를 지원

• 2015년 DOE가 발표한 「Quadrennial Energy Review」는 에너지간 상호 연계의 중요도를 인식해 기술 통합을 통한 시스템 성능 증대 및 위험 저감의 필요성을 강조하고 있으며 「Strategic Plan 2014-2018」에 명시된 국가 에너지 전략 목표인 '에너지 안보', '경제적 경쟁력', '환경적 책임'을 만족하키기 위한 기술개발을 지원

• 「Quadrennial Energy Review」는 전력 그리드, 전력생산, 건설, 제조, 연료, 운송의 5대 산업분야에 대한 RDD&D를 지원하고 있으며 건설부분의 경우 에너지 효율적 건축물에 적용하기 위한 LED 조명기기, 무증기 압축 난방, 환기, 공조분야의 비용절감 및 효율성 개선을 위한 기술개발을 지원

- DOE의 하위기관인 EERE(에너지 효율 및 재생에너지실)는 정부의 재생에너지 확산 기조를 따라 2015년 전년대비 21.8% 증가된 규모로 에너지 효율성 및 신재생에너지 분야의 R&D를 지원하고 있으며 건축물분야는 에너지 효율적 건축물 구현을 위한 기술개발에 5.8억 달러를 지원

• EERE의 연구개발 프로그램 중, 하나로 'Energy Saving Homes, Building & Manufacturing'은 차세대 제조업, 에너지 효율적 건축, 리모델링을 통한 에너지 효율성 향상으로 구성되어 있으며 차세대 제조업을 제외한 건축부분에 총 3.8억 달러를 지원

• '에너지 효율적 건축' 부문은 에너지 소비량을 최대 50% 감축시킬 수 있는 건물 냉남방 시스템, 가격 경쟁력 및 에너지 효율성이 뛰어난 주거용 건물을 구현하고 건물의 탄소배출 및 에너지 소비량을 측정하기 위한 기술개발을 지원

- 2015년 11월, EERE는 정책 추진의 연장선 상에서 에너지 절약형 건축물 기술의 확산을 목적으로 「Building America Research-to-market」을 발표해 2020년 까지 고성능 건물외피, 에너지 저소비형 난방시스템, 환기 및 공기정화기술 개발을 지원

• DOE의 BTO(Building Technologies Office)는 2030년까지 건축물 에너지 소비량을 2010년 대비 70% 수준, 최종적으로 50%로 감축하는 것으로 목표로 설정하고 연구개발지원과 더불어 개발된 기술이 시장에 효과적으로 보급되어 효과가 극대화될 수 있도록 지원

12) EERE,2015, Building America Research-to-market Plan

표 25. BTO의 지원 프로그램 분류

구분	내용
Emerging Technologies(ET)	▪ 건물에너지 향상을 위한 핵심기술 개발 및 상업화 지원 * 차세대 건축물 기술의 상업화를 주도하는 BTO의 핵심 R&D 프로그램
Residential Building Integration(RBI)	▪ 주거용 건물 (기존/신축) 고효율 에너지 기술의 보급 가속화를 위한 정책적, 기술적 지원 * 건축물 통합, 시장진입장벽 등으로 인해 활용되지 못하는 설비, 재료기술의 적용을 촉진하기 위한 R&D 프로그램
Commercial Building Integration(CBI)	▪ 상업용 건물 (기존/신축) 고효율 에너지 기술의 보급 가속화를 위한 정책적, 기술적 지원
Building Energy Codes(BEC)	▪ 최소 에너지 기준의 개발, 평가방법 및 채택 확대를 위한 기술적 지원
Appliance and Equipment Standards	▪ 가전/기기 최소 에너지효율 기준 수립 및 개선, 테스트 방법 개발 및 효과 분석

- BTO의 R&D 프로그램 중, 건물의 에너지 효율성 향상을 위한 핵심기술개발을 목적으로 추진되고 있는 ET는 HVAC, 에너지 효율성, 운영, 표준, 연구를 지원하기 위한 건축물 에너지 모델링 툴, 차세대 창호, 솔리드 스테이트 라이팅, 센서 및 제어장치 등에 대한 기술개발을 지원
- BTO의 프로그램 중, 주거용 건물 기술의 보급을 촉진하는 RBI의 세부 프로그램인 「Building America」는 기 개발된 기술을 다각도로 검증하여 고성능 주택기술을 보급하기 위해 추진되고 있으며 지원 대상 기술은 고성능 외피, 에너지 저소비 주택용 최적 난방시스템, 최적 환기 및 공기정화기술임

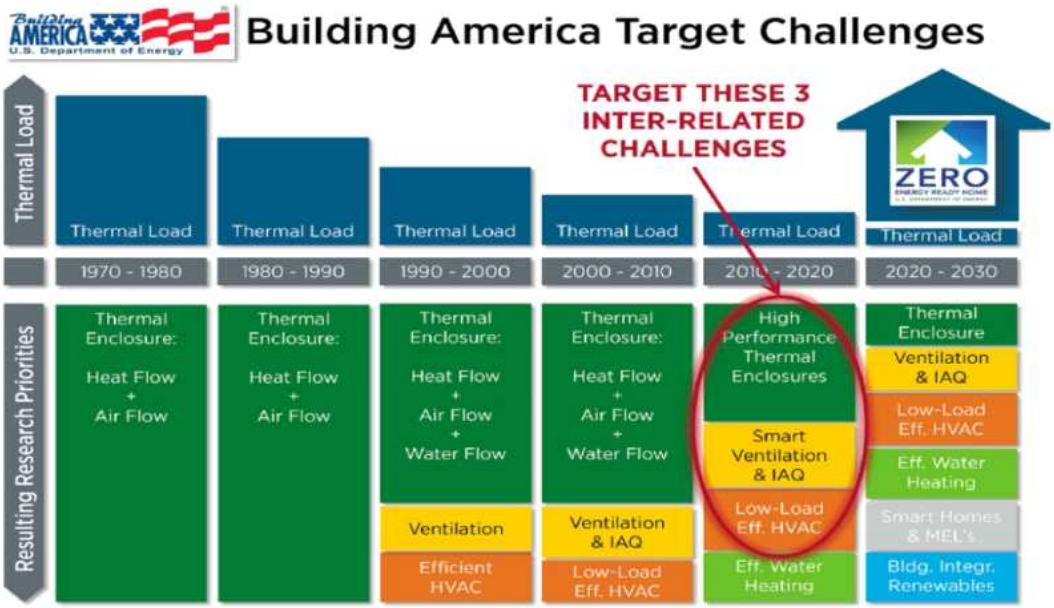


그림 36. Building America 기술로드맵 개요

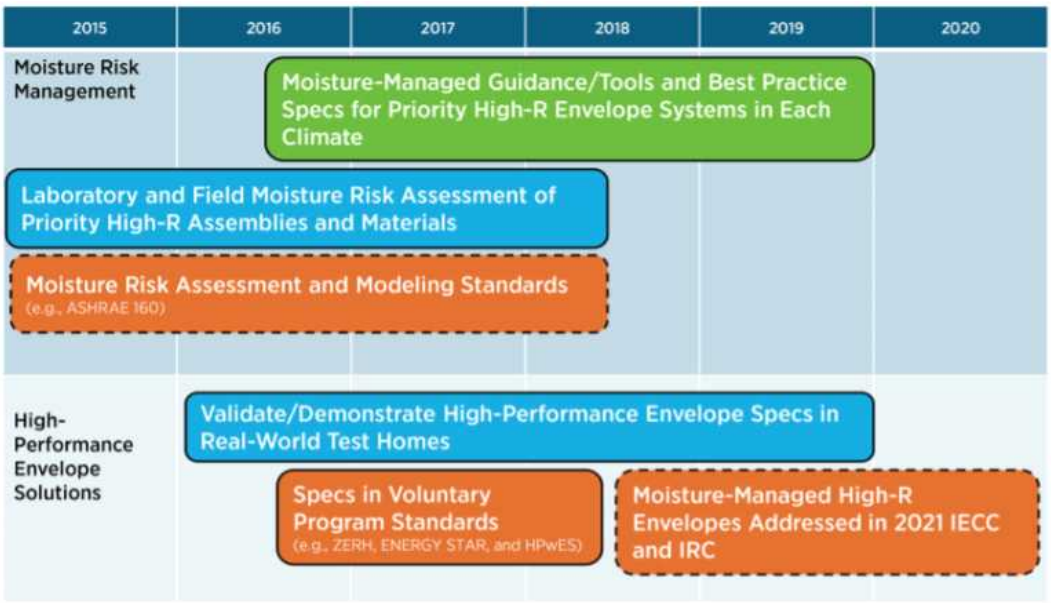


그림 37. Building America, 고성능 외피분야 기술로드맵

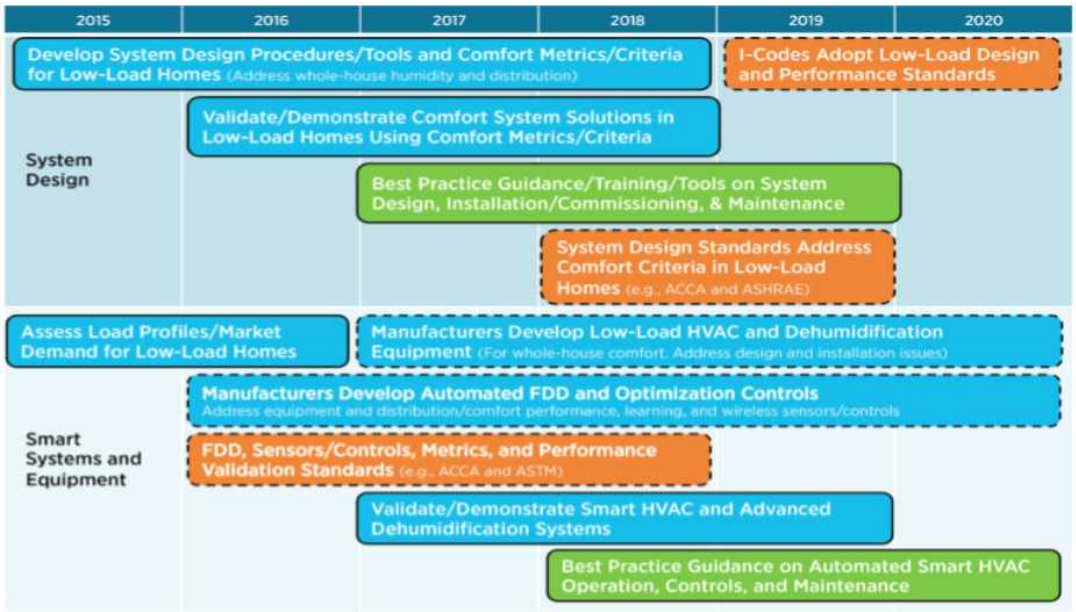


그림 38. Building America, 에너지 저소비 주택용 최적 난방시스템 기술로드맵

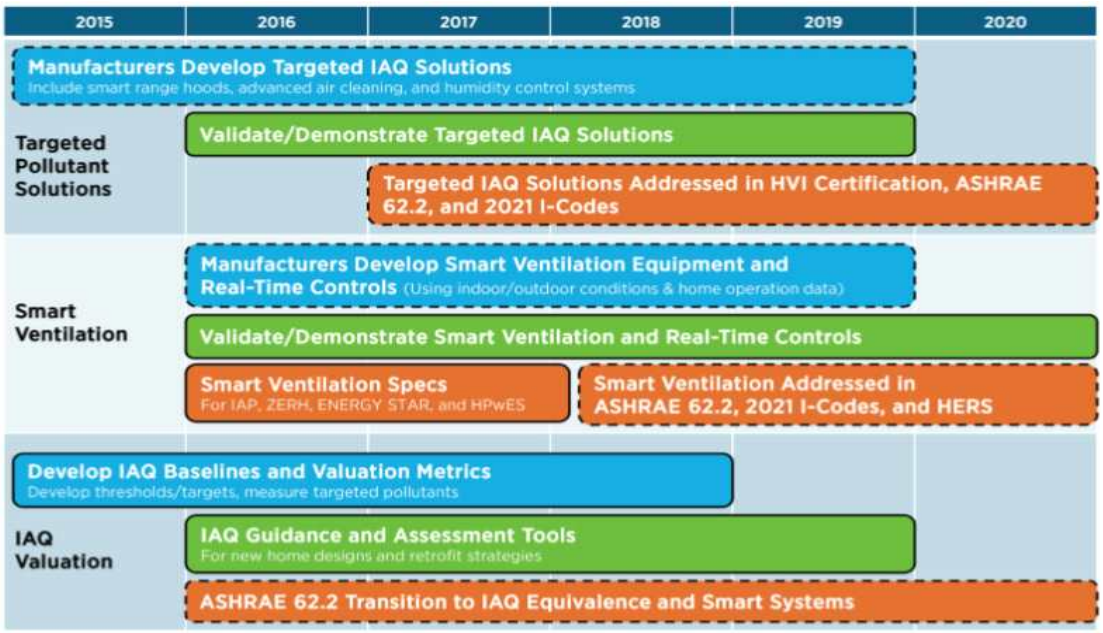


그림 39. Building America, 최적 환기 및 공기정화기술 기술로드맵

3) 일본

□ 일본은 「에너지기본계획」을 통해 일본 에너지 정책의 기본 방향을 제시하고 있으며, 제로에너지건축물화에 대한 내용을 포함

- 2010년 「에너지기본계획」을 통해 2020년까지 모든 신축공공건물, 2030년 모든 신축민간건물을 제로에너지건축물화 하도록 목표 설정
- 일본은 에너지기본정책법에 근거하여 3년마다 에너지기본계획을 개정함에 따라 2018년 「제5차 에너지기본계획」을 발표
- 「제5차 에너지기본계획」은 2030년, 2050년 일본의 에너지 정책 기본 방향을 제시

• 2030년 에너지절약사회 실현을 위한 부문별 주요 정책을 제시하였으며, 업무·가정 부문에서는 제로에너지하우스 확산에 대한 내용을 포함

표 26. 일본 「제5차 에너지기본계획」 2030년 목표 정책

부문	주요 내용
업무·가정	• 탑-러너제도 대상에 건축자재, 사무용기기(복합기 등) 추가 • 2020년까지 출하하는 모든 조명을 LED 조명으로 전환, 2030년까지 모든 조명을 고효율 조명으로 교체 **• 2020년까지 신축주택의 50% 이상을 ZEH으로 건설,** **2030년까지 신축주택의 평균이 ZEH에 도달하는 목표를 설정**
운송	• 2030년까지 차세대 자동차 판매비율을 50%애서 70%로 높이는 목표를 위해 제도 및 인프라 정비 등 정부·민간 협력 추진 • 항해운송사업자 에너지절약대책 평가제도, 물류거점 집약화 • 철도역, 항만, 공항, 도로 등 시설에 에너지절약 기기 도입
산업	• 다수 사업자 간의 연계를 통한 에너지절약 추진방안 마련 중 • 업종별 에너지원단위 목표를 설정하는 벤치마크 제도의 도입업종도 지속적으로 확대(현재 12업종 및 16개 분야 도입) • 사업자등급평가제도 대상 사업자 중 개선이 여의치 않은 사업자에게 대응강화, 등급 세분화 등 신축성 있는 대응방안 검토 • FEMS 등 에너지경영시스템 도입 장려 및 ISO50001 활용 촉진
수요반응 (DR)	• 2020년대 조기에 스마트미터기를 전 세대·사업장에 도입 • DR 및 VPP(가상발전소) 활성화를 위해 환경 정비 및 수요관리는 통한 발전용량을 합리적인 규모로 유지하고 안정공급을 실현

□ 일본은 온난화 대응 및 에너지 안정공급 등을 목표로 스마트그리드 정책을 추진, 이와 관련된 4개 대규모 실증 프로젝트를 통해 성과 확인하였으며, 태양광을 효과적으로 활용하고자 노력

- 일본의 스마트그리드 정책은 온난화 대응 및 에너지 안정공급의 확보,

재생가능 에너지의 원활한 도입과 효과적인 활용에 초점

- 일본정부는 2010년 스마트그리드 및 스마트커뮤니티를 목표로 182억 엔(2011년 예산 기준)을 투입하여 4개의 대규모 스마트그리드 실증 프로젝트 추진

• 2014년 IEA가 발표한 내용에 따르면, 요코하마, 도요타, 케이하나, 키타큐슈 4개 지역에서 스마트그리드 실증사업으로 10.1%~22.4%의 피크부하절감을 달성하였으며, 프로젝트 참가자들의 만족도 또한 높음

표 27. 일본 주요 스마트그리드 프로젝트

부문	주요내용
요코하마 시티 스마트그리드 프로젝트 (대도시)	• (목적) 대도시에 4,000가구 수준의 저탄소 사회 구축 • (목표) 2009년 요코하마에 900개의 태양광 시스템을 설치하고, 2019년까지 2,000개의 태양광시스템 추가 설치 • 이 프로젝트는 니산, 파나소닉 등 7개 일본기업이 참가 • 이를 통해 설치된 태양광 시스템으로부터 27,000kW 생산 공급 예상
교토 스마트그리드 프로젝트 (R&D 중점)	• 가전제품의 에너지사용량을 보여주는 '스마트탭(Smart Tap)' 개발 및 상용화 • 1,000가구에 태양광시스템을 설치 • 전기자동차 공유시스템 개발 • 교토현, 간사이 전력, 오사카 가스, 간사이 과학도시, 교토대 등이 참여
도요타 시티 스마트그리드 프로젝트 (소도시, 지방)	• 환경보호와 거주자의 만족도를 충족, 커뮤니티 레벨에서 거주공간 최적 에너지 사용 유인 • 도요타 자동차, 추부 전력 등과 같은 기업과 도요타 시가 컨소시엄으로 추진 • 70가구 이상, 3,100 전기차 이상을 대상으로 수요반응을 유도하여 열, 미사용 에너지 및 전력을 최적으로 사용하는 기술 개발 추진 • 가전기기, 태양광 패널, 에너지저장장치 등을 IT 네트워크로 연결하여 가구단위 전력 사용 최적화 추진
키타큐슈 스마트그리드 프로젝트 (산업도시)	• (목적) 홈 EMS와 빌딩 EMS를 통해 70개 기업과 200가구의 에너지를 실시간으로 관리 • 수요관리를 에너지시스템에 접목하는 전력수요관리와 같은 에너지 프로젝트를 정보통신, 도시개발, 운송시스템과 연계한 다양한 실증 프로젝트 추진 • GE, 일본 철강 등 46개 기업과 키타큐슈 시가 협력

□ 일본은 저탄소성과 건강성 평가도구의 도입, 건강성 향상을 위한 주거환경 개선 연구를 위한 기술개발사업을 '14년부터 추진

- 건축물의 저탄소성과 건강성 평가도구로서 CASBEE(건축환경 종합 성능평가 시스템)은 성능향상과 환경부하의 두 가지 측면을 평가

• 에너지효율, 자원효율, 지역환경, 실내환경의 4가지 항목에 대해 평가(평가 Tool인 BEAT(Building Environmental Assessment Tool)는 건축자재생산, 구성요소제조, 자재운반, 건설, 운영, 보수, 폐기까지 전과정의 환경영향 평가기준 제공

- 국토교통성은 '14년부터 스마트웰빙주택 등 추진연구사업을 통해 기존주택의 에너지 절약 등 주거환경 개선을 통한 질병, 간호, 허약 예방효과를 밝히기 위한 코호트 조사기반 구축 및 최적 주거공간 정비를 위한 과학적 근거 마련

• 5년간 전국 1800채의 주생활 공간 에너지 절약화에 따른 거주자 건강상황 변화 등 데이터 수집,

비교대조군으로 비개조 주택에 대해 200채 조사 포함(http://swhsurvey.jsbc.or.jp/project)

- ’14년부터 국토교통성이 스마트웰니스사무실 연구를 통해 ZEB 실증동을 기반으로 안전, 안심, 환경부하 저감 성능을 포함한 건강증진, 쾌적성, 지능형생산성을 도모하기 위한 실증연구 추진(http://jsbc.or.jp/swo/)

• 자연 채광/환기, 감성조명/개인공조, 선택적 공간, 보행 유도 등을 요구하는 실증 추진

- 생애주기탄소마이너스(LCCM) 주택 개발연구를 통해 ’20년까지 1990년 대비 25% 온실가스 감축을 위한 외피(일사차폐, 태양열, 결로방지, 외피성능 등), 설비(자연환기, 급탕, 조명 등), 생활방식·가전(가전소비전력, 조리에너지 조사 등) 기술개발과 효과 검증(’10~’12)

□ 일본은 2016년 「지구온난화 대책 계획」을 통해 2030년까지 온실가스 배출량을 2013년 수준 대비 26% 감축하기 위한 부문별 대책 중 하나로 제로에너지건물의 보급 및 확대를 유도

- 일본 경제산업성은 2016년 「지구온난화 대책 계획」을 발표하고 단기·중기·장기 온실가스 감축 목표 제시

• (단기) 2020년까지 2005년 수준 대비 3.8% 이상 감축
• (중기) 2030년까지 2013년 수준 대비 26% 감축
• (장기) 2050년까지 80% 감축

표 28. 일본 부문별 온실가스 감축 목표 및 주요 대책

부문	온실가스(백만톤)		감축률 ('13년 대비)	주요 대책
	2013년 (실적)	2030년 (목표)		
산업 (제조업 등)	429	401	6.6%	• 산업계 온실가스 자율 감축 계획 설정 • 정부 계획 진행 상황 점검
상업 (사무실, 병원 등)	279	168	39.7%	• 제로에너지 빌딩 보급 확대 • 2030년까지 에너지 절약형 조명으로 전환(LED 100%)
가정	201	122	39.2%	• 2020년까지 제로에너지 주택 확대 (신축 주택의 50% 이상) • 주택 단열성능 2030년까지 약 30%로 확대 ('12년 6% 수준) • 2030년까지 에너지 절약형 조명으로 전환(LED 100%) • 가정용 연료전지 530만대 도입
수송 (철도, 자동차 등)	225	163	27.5%	• 2030년까지 신차 비율의 50~70%를 전기차 등 차세대 자동차로 확대 -하이브리드 자동차 보급률 29%로 대폭 확대('12년 3% 수준) • 전기자동차 등 주행거리 연장을 위한 전지 개발
발전 (전력, 가스 등)	101	73	27.7%	• 화력발전소 효율 수치 목표 설정 -비효율 발전소 폐로 또는 가동중단 • 석탄화력발전소에 CCS 기술 도입 • 가정 및 기업에서 전기를 절약하여 다시 파는 '역전력거래(네가와트) 거래시장' 구축 • 판매하는 전력량의 44% 이상을 재생에너지 및 원자력을 통해 조달 • 전력업계의 자율적 감축노력 시행

- 주택부분의 주요 시책은 건축물의 에너지 절약기준 의무화, 기존 건축물의 리모델링, 넷 제로 빌딩화 등을 통한 인증 취득 시, 추가 소요되는 비용의 일부를 지원[13)]

13) 국토교통성 주택생산과, 2017, 주택·건축물의 에너지 절약 시책의 동향에 대해

표 29 일본 국토교통성의 건축물 에너지 효율성 향상을 위한 비용지원제도

<table>
<tr><th>구분</th><th>주택</th><th>비주택건축물</th></tr>
<tr><td>인증 비용 지원</td><td>▪ [기존 주택 에너지 절약 사업](기존)
○ 300㎡이상 기존 주택 에너지 성능 진단 비용 지원 등
* 비용의 1/3 지원, 파급효과가 클 경우 정액 지원</td><td>▪ [기존 건축물 에너지 절약 사업](기존)
○ 300㎡이상의 기존 건축물 에너지 성능 진단 비용 지원 등
* 비용의 1/3 지원, 파급효과가 클 경우 정액 지원
* 개수 시, 효과가 15 % 이상일, 경우 300㎡ 미만도 보조 대상 (보조율 1/3)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">▪ [에너지 절약 주액·건축물 정비를 위한 체제 정비](신축, 개수)
○ BELS 신청 수수료를 감면하는 BELS 평가 기관에 대한 평가 지원 사업 보조 등</td></tr>
<tr><td>인증 후, 추가 건축 비용 지원</td><td colspan="2">▪ [지속 가능한 건축물 등 선도사업] (국토 교통성)(기존, 개수)
○ 선도적인 기술에 관한 건축 구조 등의 정비, 효과 검증 등에 필요한 비용 지원 등
* 비용은 보조 한도 내에서 1/2 지원, CASBEE, BELS 등 인증 표시 요건</td></tr>
<tr><td></td><td>▪ [지역형 주택 그린화 사업 (제로에너지)] (국토교통성) (신축,개수)
○ 중소건축업자대상 제로에너지주택 건축으로 인한 추가 소요 비용지원 등
* 비용은 보조 한도 내 1/2지원, BELS 인증 및 표시 요건

▪ [임대 주택의 CO2 저감 촉진 모델 사업] (환경부, 국토교통성) (신축, 개수)
○ 저탄소형 임대 주택 신축, 리모델링을 통해 인증 취득 시, 설비 등 도입 비용지원
* 비용의 1/2지원(보조한도 60만엔/호), 1/3지원 (보조한도 30만엔/호), BELS 인증 및 표시 요건

▪ [주택·빌딩 혁신적인 에너지 절약 기술 도입 촉진 사업] (신축, 개수)(경제산업성)
○ ZEH(넷제로 에너지 하우스) 등록 사업자가 건축하는 ZEH에 대하여 시설 비용 지원
* 정액 지원(125만엔/건), BELS취득 심사시 가점 반영</td><td>▪ [지역형 주택 그린화 사업 (우량 건축물)] (국토 교통성) (신축)
○ 저탄소 건축물 인정을 위한 추가 소요 비용 지원 등
* 비용은 보조 한도 내 1/2지원, CASBEE, BELS 등 인증 및 표시 요건

▪ [기존 건축물 에너지 절약 추진 사업] (국토교통성) (개수)
○ 기존 건축물 개수를 통해 15%이상의 에너지를 절감하거나 관련 인증 취득 시, 개수 비용지원
* 비용의 1/3 지원(보조한도 5000만엔/건), BELS 인증 표시 요건

▪ [주택·빌딩의 혁신적인 에너지 절약 기술 도입 촉진 사업】 (경제산업성) (신축, 개수)
○ ZEB(넷제로 에너지빌딩) 건축/실증 시, 고효율 설비 등 도입비용 지원
* 비용의 2/3 지원(보조한도 10억 엔/연), BELS 인증 및 표시 요건(ZEB-READY이상)</td></tr>
</table>

□ 일본과학기술회의에서는 2017년 “저탄소 건강한 라이프 스타일과 도시 건축의 길”을 발간해 초고령사회 도래 등으로 기존의 에너지 효율성 향상 일변의 정책 방향에서 변화하여 삶의 질을 고려한 저탄소 도시 · 건축 실현이 필요함을 강조

- 일본과학기술회의는 기존 도시 시스템이 노인이 사회에 지속적으로 기여하고 지역사회에서 교류할 수 있는 공간으로 변모하기 위해서 건강성 및 환경성이 높은 저탄소 도시가 구현되어야 하며 나아가 빠른 고령화가 이루어지고 있는 동남아지역에서 일본의 공헌도 가능할 것이라고 전망

- 이를 위해 도시·건축분야에서는 스마트 에너지 네트워크의 구현, 건축 라이프 사이클 전반의 저탄소화, 증거기반 건강성 향상 정책 추진을 위한 기반 조성이 필요함을 강조

• (스마트 에너지 네트워크 구현) 저탄소 사회 구현을 위해 현재의 대규모 집중형 전원의 비율을 70%로 낮추고 분산형 전원(수소, 재생 등)의 비율을 30%로 확대하는 것이 필요하며, 일방의 전력 공급체계가 아닌 전원측과 수요측이 쌍방향으로 전력을 관리하는 스마트 에너지 네트워크를 구성해 최적의 에너지 믹스를 실현

• (건축 라이프 사이클 전반의 저탄소화) 개별 설비의 고효율화, 재생에너지의 적용 등 온냉방 부하의 저감을 넘어선 LCCM의 저탄소화를 위해 바이오매스, 폐열 등 저밀도·저품질 에너지의 활용 확대, 지역의 기후 특성을 설계에 반영할 수 있는 패시브 냉난방의 보급, 건설폐기물의 순환자원화, 기존 건물의 저탄소화의 적극 추진 필요

• (증거기반 건강성 향상 정책 추진을 위한 기반 조성) 주택·건축·지구의 에너지 절약·저탄소화가 거자주의 생체리듬, 활동 등에 어떠한 영향을 미치는지 코호트 조사를 실시해 과학적 증거를 수집하고 스마트 웰니스 확산 정책을 추진하기 위한 기반을 조성

4) 중국

□ 중국은 신기후체제 대응을 위해 온실가스 배출량을 2030년까지 국내 GDP 당 60~65% 감축하는 목표를 제시하였으며, 이산화탄소 배출전략 중 하나로 저탄소 시범도시 시행

- 중국은 이산화탄소 감출을 위한 자발적 감축방안(INDC, Intended Nationally Determined Contributions)을 통해 온실가스 배출량을 2030년까지 국내 GDP당 60~65% 감축하는 목표 제시
- 이산화탄소 배출전략은 탄소거래제 도입, 저탄소 시범도시 시행 및 석탄소비 억제로 구성되어 있으며, 저탄소 시범도시로 광둥, 허베이 등을 선정 및 운영

• 중국국가개혁발전위원회(NRDC, National Development and Reform Commission)는 2011년 저탄소 省 및 저탄소 市 시범 사업 전개 계획을 발표하고 광둥, 허베이 등의 5개 省과 텐진, 충칭, 항저우 등 8개 도시를 시범사업 추진 지역으로 선정, 운영하고 있음

□ 중국은 2014년 「에너지발전전략 행동계획(2014년~2020년)」을 통해 국가 에너지 발전 및 개선을 위한 전략 및 목표를 제시하고, 건물/지역 단위 에너지 효율 개선을 주요 내용으로 포함

- 2014년 11월, 「에너지발전전략 행동계획(2014년~2020년)」은 중국의 에너지 발전 및 개선을 위한 4대전략과 5대 임무를 비롯한 2020년까지 달성할 목표를 제시

• 「에너지발전전략 행동계획(2014년~2020년)」 4대 전략 : ①에너지절약 우선 전략, ②자국내 에너지공급 우선 전략, ③저탄소 · 녹색 전략, ④과학기술 혁신 전략

표 30. 에너지발전전략 행동계획 5대 추진과제

5대 추진과제	주요내용
자주적 에너지 확보능력 강화	• 친환경 고효율 석탄이용기술 개발 • 신규 유전 개발 촉진 및 저품위 에너지 자원 개발 지원 • 전연가스 개발 촉진 • 석탄 등을 대체할 에너지원을 개발하고, '20년까지 석유 대체능력 4,000만톤 이상 확보
에너지 소비혁명추진	• **에너지의 과도한 소비를 제한하고, 에너지 개발·이용방식의 전환 추진** • **공업·수송·건축 부문을 중심으로 에너지 절약형 생산모델과 소비모델 구축** • **분산형/집중형 에너지를 지역 상황에 맞게 공급하고, 도·농간 에너지 사용방식 전환**
에너지 소비구조 최적화	• 2020년까지 중국 내 석탄소비 비중을 62% 이하로 억제 • 2020년까지 1차 에너지 소비 중 천연가스 비중을 10% 이상으로 확대 • 2020년까지 1차 에너지 소비 중 비화석 에너지 비중 15% 달성
에너지 국제협력 확대	• 해외 에너지 자원 이용을 위한 중장기 계획 수립 • 5대 주요 에너지 협력 권역 형성 가속화 등 글로벌 에너지 거버넌스에 적극 참여 ※ 5대 주요 에너지 협력 권역 : 러시아-중앙아시아, 중동, 아프리카, 미주, 아태지역
에너지 과학기술 혁신추진	• 에너지의 저탄소·녹색·스마트발전이라는 전략적 방향 견지 • 분산형 에너지, 스마트그리드, 차세대 원자력, 비전통 석유·가스, 심해 석유·가스의 탐사 및 개발 등 주요 혁신 분야 확립

□ 중국은 「13차 5개년 계획(2016~2020년)」에서 경제발전과 환경보호의 조화 실현을 목표로 제시하고 녹색도시 및 스마트도시 건설을 정책 내용으로 포함

- 2016년 3월 심의·비준된 「13차 5개년 계획(2016~2020년)」는 경제발전과 환경보호 간의 조화 실현을 목표로 혁신경제, 협조, 녹색성장, 개방확대, 동반성장의 5개 분야의 정책을 제시하였으며, 녹색도시 및 스마트시티 건설에 대해 정책 내용으로 포함

• (녹색 · 삼림도시) 녹색 건축을 추진하고, 분포식 에너지 · 지열 활용 등 신형 에너지원 공급시스템을 확대하고, 녹색교통을 보급하며, 공공교통의 전동화를 가속화. 또한 도시 공원 및 녹지대 프로젝트를 실시하고, 녹색 신생활 운동을 전개하며, 도시녹지대 및 삼림 면적을 확대하고, 일련의 시범적 녹색도시 · 생태공원 도시 · 삼림도시를 건설

• (스마트 도시) 도시 인프라의 스마트화, 사회관리의 정밀화, 공공서비스의 편의화를 핵심 목표삼아 빅데이터 등 현대적 정보기술을 충분히 운용하고 일련의 신형 시범성 스마트도시 건설

□ 중국은 「제12차 5개년 계획」, 「제13차 5개년 계획」에 스마트그리드를 포함하고, 「Global Energy Interconnection」를 통해 동북아시아~유럽 전력망 연계를 구성

- 중국은 스마트그리드를 국가 전력사업으로 추진하기로 하고 제12차 5개년 계획과 13차 5개년 계획에 스마트그리드를 포함하였고 기술개발과 더불어

세계 최대 규모의 스마트그리드 투자 진행 중

- '09년 이후 약 5년간 중국 전역에 걸쳐 총 298개의 스마트그리드 실증 프로젝트 운영
- ’ 13년 기준 스마트그리드 분야에 43억 달러를 투자함으로써 세계 최대 투자국으로 도약하였으며, 중국의 2016년부터 2020년까지 총 누적 스마트그리드 투자는 450억 달러에 달할 것으로 전망되고 있음

- 중국은 동북아시아뿐만 아니라 동남아시아, 중앙아시아, 유럽까지 전력망을 연계하는 구상인 「Global Energy Interconnection」 발표

- Global Energy Interconnection(GEI)는 초고압송전선로(Ultra High Voltage, UHV)와 스마트그리드, 청정에너지를 기반으로 한 세계적으로 연결된 전력 네트워크로, 에너지 분야 저탄소화 및 지속가능한 에너지 공급체계 구축이 목적
- (1단계, ~ ‘20년) 국내 스마트그리드 구축 및 연계작업 완료, 국내 신재생에너지 발전 촉진
- (2단계, ‘21년~’ 30년) 대륙 내 스마트그리드 구축 및 연계 작업 완료, 대륙 내 신재생에너지 발전 촉진
- (3단계, ‘31년~’ 50년) 대륙간 스마트그리드 구축 및 연계 완료, 북극·적도 신재생에너지 활용

5) 싱가포르

□ 싱가포르 정부는 도시재개발부(URA), 건설청(BCA), 주택개발부(HDB)이 에너지 절감과 더불어 건강성 등 ‘지속적인 성장 가능성’을 유지하기 위한 인증제도를 운영[14)]

- BCA의 친환경 건축물 인증제도인 Green Mark은 법적 의무사항으로 ‘05년 선진국의 친환경 건축물 인증제도(LEED, BREEAM 등)을 벤치마킹하여 시작되었으며, 10년간의 꾸준한 연구를 통해 제도를 단계적으로 발전시키고 있음

- 최근 개정된 Green Mark 기준(NRB Ver. 2015)의 경우, 기존 기준(NRB Ver 4.1)은 평가기준에 ‘Smart & Healty Building’을 포함시켜 관련 배점을 높임으로서 건물의 건강성에 대한 평가를 강화

표 31 싱가포르 Green Mark 인증 평가기준

Green Mark NRB Ver 4.1	Green Mark NRB Ver 2015
▪ Energy Effieciency(11 credits) ▪ Water Effieciency(4 credits) ▪ Environmental Protection(7 credits) ▪ Indoor Environment Quality(5 credits) ▪ Other Green Features(1 credits)	▪ Prerequistites(38 credits) ▪ Climate Responsive Design(10 credits) ▪ Building Energy Performance(8 credits) ▪ Resource Stewardship(9 credits) ▪ Smart & Healthy Building(10 credits) ▪ Advanced Green Building Efforts

□ Green Mark 인증은 건축물의 에너지 성능 시뮬레이션 및 실측을 통한 인증

14) 친환경 건축과 도시환경, 2016, 싱가폴 친환경 건축물 인증제도의 현황과 미래

유지 등을 필수 요건으로 하고 있어 건물 에너지 성능의 과학적 관리, 설계 목표치의 지속적 구현을 유도하는 것이 주요한 특징임[15)]

- Green Mark는 디자인 단계에서 건축적 설비적 타당성을 체계적으로 검토학 위해 인증 상위 등급의 경우, 에너지 모델링 시뮬레이션을 최소요구 기준으로 포함하고 있으며, 이를 통해 최소 기준(플래티넘 30%, 골드플러스 25%)을 상회하는 에너지 절감효과를 나타내는 것이 필요
- 이의 일환으로 자연환기 면적이 2,000m2를 초과하는 건축물은 CFD (Coumputational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 의무적으로 실시하는 것이 필요
- Green Mark는 건물의 에너지 성능 등을 평가하는 데 있어 지속적으로 실측된 건물의 데이터 활용하고 있으며, 이를 통해 실제 운용 효율이 설계 시점의 목표를 충족시킬 수 있도록 유도하고 있음

나. 국내 정책현황

□ 문재인 정부는 친환경 미래 에너지 발굴·육성, 신기후체제 이행체제 구축 등의 내용을 국정과제에 포함

- 재생에너지 발전 비중 확대, 에너지 효율 제고를 주요 내용으로 하는 '친환경 미래 에너지 발굴·육성'을 국정과제로 추진
- 지속가능발전위원회 위상 강화, 배출권거래제 정상화, '20년까지 제로에너지 건물 확대 등의 정책을 통해 '신기후체제에 대한 견실한 이행체제 구축' 달성
- '탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환' 과제는 탈원전 로드맵 수립, 에너지가격체계의 합리적 개편 및 분산형 전원보급 확대를 주요 내용으로 함

□ 정부는 '18년 발표된 「제4차 과학기술기본계획」에 '4차 산업혁명 대응기반 강화', '쾌적하고 편안한 생활환경 조성'을 추진과제로 포함하고 신재생에너지 고도화, 스마트 시티 모델 확보 및 청정 환경·에너지 시스템 구축을 지원

- 제4차 과학기술기본계획은 비전을 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여'로 설정하고 이를 달성하기 위한 4대 전략, 19개 중점추진과제를 선정

15) 친환경 건축과 도시환경, 2016, 싱가폴 친환경 건축물 인증제도의 현황과 미래

표 32. 「제4차 과학기술기본계획」의 전략 및 중점 추진과제

비전	과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여			
4대 전략	미래도전을 위한 과학기술역량 확충	혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	과학기술로 모두가 행복한 삶 구현
중점 추진 과제	• 과학적 지식탐구 및 창의·도전적인 연구 진흥 • 연구자 중심의 연구몰입 환경 조성 • 창의·융합형 인재 양성 • 국민과 함께하는 과학문화 확산 • 과학기술 외교의 전략성 강화	• 주체·분야 간 협력·융합 활성화 • 기술혁신형 창업·벤처 활성화 • 경쟁력있는 지식재산 창출 • 지역주도적 지역혁신 시스템 확립 • 국민참여 확대 및 컨트롤타워 강화	• **4차 산업혁명 대응기반 강화** • 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성 • 제조업 재도약 및 서비스업 육성 • 혁신성장 중추인 중소기업 육성 • 과학기술 기반 일자리 창출 강화	• 건강하고 활기찬 삶 구현 • 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현 • **쾌적하고 편안한 생활환경 조성** • 따뜻하고 포용적인 사회 실현

- 제4차 과학기술기본계획은 ‘(11번) 4차 산업혁명 대응 기반 강화’을 추진과제로 포함하여 4차 산업혁명 관련 신기술·신비즈니스 연착륙 환경을 조성하고 있으며, 스마트시티 고도화, 에너지신산업 실증연구 투자 확대 등의 내용을 포함
- 제4차 과학기술기본계획은 ‘(18번) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성’을 추진과제로 포함하여 기후변화 및 신기후체제 대응 등 지속가능성을 확보하고 청정 환경·에너지 예측·관리 및 통합 모빌리티 서비스 등을 포함한 스마트시티 구축을 지원

□ 산업통상자원부는 안정, 안전, 환경, 공존, 성장의 핵심가치를 기반으로 ‘안전하고 깨끗한 국민참여형 에너지시스템 구현’을 추구하는 「제3차 에너지기본계획」을 수립 중

- 에너지원 전반의 공급 최적화와 소비구조 혁신을 포괄하는 광의의 에너지전환 및 혁신성장 관점에서 새로운 패러다임이 필요함에 따라 ‘지속가능한’, ‘국민참여형 에너지 시스템 구현’을 추진하는 ‘제3차 에너지기본계획’을 수립 중

• (공급) 전력 믹스를 넘어 전체 에너지 믹스의 전환, 즉, 전력/가스/열 등 다양한 에너지원 공급의 최적화 추진

• (수요) 산업·건물·수송 등 각 분야에서의 에너지 소비구조 혁신을 통해 新산업과 혁신성장동력 창출

- 에너지전환과 합리적인 소비구조 정착을 위해 각종 제도의 선제적 정비를

통해 시장기능 강화 추진

□ 「제3차 에너지기본계획」은 주요 정책목표 달성을 위해 제로에너지 빌딩, 재생에너지 확산, 에너지원간 공급 최적화, 미래 에너지산업 창출을 지원

표 33. 「제3차 에너지기본계획」 정책과제의 주요 내용

정책과제	주요 내용
에너지 수요관리 혁신을 통한 고효율 에너지사회 구현	• 포괄형·맞춤형 수요관리를 통한 에너지 고효율 사회 구현 – 기존 정책은 강화, 신규 수요관리 수단의 적극 발굴 – 객관적 검증·평가 시스템 구축 → 수요관리 이행력 제고 • 가격 및 세제 구조 개선을 통한 합리적 에너지 소비 유도 – 중·장기 가격·세제 정책의 원칙 확립
재생에너지 중심의 통합 스마트에너지시스템 구축	• 재생에너지 중심의 통합 스마트에너지시스템 – 전기, 열, 가스, 수송 등이 시장가격을 바탕으로 최적으로 생산·전환·저장·거래·소비할 수 있는 지능형 에너지 시스템
새로운 시장과 일자리를 창출하는 미래 에너지산업 육성	• 에너지전환에 대응하는 국내 에너지산업의 변화 목표 – 하드웨어 중심·低부가가치 → 소프트웨어 융합·高부가가치 – 중앙집중형·공급자 중심 → 국민참여 및 성과 공유 – 화석연료 중심 → 고효율·저탄소로 전환, 전통에너지는 고도화
국민참여·분권형 에너지거버넌스 구현	• 참여·소통·분권형 에너지거버넌스의 구축 – 에너지갈등 확대 → 상설 갈등 전문기구 + 참여·이익공유 – 중앙집중형·하향식 → 국민·지자체의 참여 및 역량강화 – 정부주도·전력중심 거버넌스 → 독립적·통합적 규제기구
에너지 안보 제고를 위한 에너지·자원협력 강화	• 에너지 안보 제고를 위한 에너지·자원협력 강화 – 新북방(동북아) 에너지협력 선도 – 新남방 협력 강화 – 전략자원의 안정적 확보
4차 산업혁명과 에너지전환시대에 걸맞은 인프라 확충	• 에너지전환에 걸맞은 에너지 인프라의 확립 – 에너지통계 투자 부족 → 국가에너지 종합정보센터 설립 – 에너지 플랫폼 미비 → 빅데이터, 실증의 인프라 확충 – 제한적 에너지 복지 → 에너지 복지 확대 및 내실화

□ 산업통상자원부는 「제3차 에너지기술개발계획('14~'23)」을 수립하고 '신산업 창출과 혁신생태계 구축으로 에너지기술 선진국 도약'이라는 비전을 제시, 이를 달성하기 위해 에너지기술 혁신 프로그램을 추진하여 '스마트 홈·빌딩', '스마트 마이크로그리드' 등의 기술개발을 지원

– 에너지기술개발계획은 국가에너지기본계획과 관련한 에너지의 효율적 사용과 온실가스감축 등을 위해 추진하는 최상위 기술개발계획

– 「제3차 에너지기술개발계획」은 '신산업 창출과 혁신생태계 구축으로 에너지기술 선진국으로 도약'이라는 비전, 이를 달성하기 위한 4대 전략 및 11대 과제를 도출

표 34. 「제3차 에너지기술개발계획」의 비전, 목표, 전략 및 과제

비전	**신산업 창출과 혁신생태계 구축으로 에너지기술 선진국 도약**		
목표	에너지산업 경쟁력 강화 주요 분야 세계시장 10% 이상 확보	기술혁신기반 기후변화 대응 국가 온실가스 감축 계획에 주도적인 기여	에너지기술개발 생산성 향상 기술사업화율 10%p 재고
기술개발 추진방향	**에너지기술 혁신 프로그램** **「Energy Innovation Architecture 2025」 추진**		

4대 전략	11대 과제
미래선도를 위한 新 R&D 체계 구축	▪ 시장-미래-세계를 지향하는 기술개발 ▪ 공급-수요관리-혁신 R&D 체계 운용 ▪ 사업화 지향 기획평가 프로세스 구축
시장창출을 위한 사업화 R&D 강화	▪ 실증 R&D와 사업화 진흥기능 강화 ▪ 보급 및 타분야 연계로 신시장 창출 ▪ 신산업분야 기반 R&D 지원 강화
생태계 중심의 협력 R&D 기반 마련	▪ 공공 R&D 협력 거버넌스 고도화 ▪ 에너지산업 생태계의 지역확산 촉진 ▪ 대·중소기업 동반성장 생태계 조성
역량강화를 위한 혁신인프라 구축	▪ 신산업을 선도하는 창의적 인력 양성 ▪ 글로벌 생태계를 감안한 국제협력

표 35. 「제3차 에너지기술개발계획」의 주요 정책과제

4대 전략	11대 과제 및 세부 내용	
미래선도를 위한 新 R&D 체계 구축	시장-미래-세계를 지향하는 기술개발	▪ 사업화 직전단계의 비즈니스형 R&D를 확대하고, 시장경쟁력을 최대화 ▪ 성능향상, 비용절감, 상용화시기 단축을 통해 한계돌파형 기술개발 본격 추진 ▪ 국제공동연구 예산을 확대하고, 선진국 기술습득 강화 ▪ 범정부적 기술개발·사업화 협력
	공급-수요관리-혁신 R&D 체계 운용	▪ 에너지 원별 구조(에너지 자원, 신재생 에너지, 전력, 원자력)에서 공급-수요관리-혁신 구조로 전환 ▪ 중장기 예산배분(안) 및 투자 우선순위를 마련하여 투자 합리성 제고

4대 전략	11대 과제 및 세부 내용	
		▪ 혁신기술개발 로드맵을 에너지 트렌드에 맞추어 2년마다 개선 ▪ 정부 R&D 지원이력인 히스토리맵 DB화
	사업화 지향 기획평가 프로세스 구축	▪ 다양한 기술개발수요 반영을 위한 개방형 기획 확대 ▪ 기술개발목표에 따른 사전기획 및 책임기획체계 구축 ▪ 사업화율 제고를 위한 특화된 평가체계 운영 ▪ R&D 생산성 제고를 위한 심층평가, 상대평가 강화
시장창출을 위한 사업화 R&D 강화	실증 R&D와 사업화 진흥기능 강화	▪ 사업화 촉진을 위한 실증사업 확대 및 지원체계 고도화 ▪ 기술의 사업화 및 진흥을 위한 자원투입 확대 ▪ 조기 사업화 가능한 중소기업 지원, 기술사업화 후속 R&D 지원
	보급 및 타분야 연계로 신시장 창출	▪ 기술개발-보급 연계로드맵 수립 및 보급사업 맞춤형 R&D 추진 ▪ 타분야 연계를 통한 에너지기술 新 수요처 발굴
	신산업분야 기반 R&D 지원 강화	▪ 핵심공통기술의 국산화로 산업경쟁력 제고 ▪ 에너지 핵심 부품소재 및 장비의 국산화율 제고
생태계 중심의 협력 R&D 기반 마련	공공 R&D 협력 거버넌스 고도화	▪ 공공투자 효율화를 위한 산업부-지자체-공공기관-출연연 협력 거버넌스 구축 ▪ 에너지공기업 R&D 투자 합리화
	에너지산업 생태계의 지역확산 촉진	▪ 지역친화 프로젝트를 위한 정부-공기업-지자체 공동 투자환경 조성 ▪ 지역 중소기업 에너지기술 사업화 강화
	대·중소기업 동반성장 생태계 조성	▪ 대·중소기업간 R&D 역할 분담 및 상생협력 확대 ▪ 중소중견기업의 혁신분야 중점기술개발 지원
역량강화를 위한 혁신인프라 구축	신산업을 선도하는 창의적 인력 양성	▪ 기업 수요를 고려한 창의융합형 에너지산업 인력양성 ▪ 인력 양성내실화를 위한 지원 인프라 구축
	글로벌 생태계를 감안한 국제협력	▪ 국가간 이익 극대화를 위한 양자간 협력 확대 ▪ 국제기구 및 다자간 협의체 활동 활성화, 에너지분야 국제기구 유치 및 국제포럼 개최

- 「제3차 에너지기술개발계획」의 일환으로 기술방향 제시를 위해 「Energy Innovation Architecture 2025」 프로그램 추진, '스마트 홈·빌딩', '스마트 마이크로그리드', '에너지 IoT+빅데이터 플랫폼' 등의 기술을 공급-수요관리-융합혁신기술로 분류하여 프로그램 운영

표 36. 「Energy Innovation Architecture 2025」의 프로그램별 세부 추진내용

구분	세부 내용	
에너지 공급기술	1. 차세대 전략자원 개발	▪ 차세대 전략 자원 확보를 위해 비전통 자원 탐사, 시추, 생산기술 및 전략광물 탐사·개발 기술의 스마트화 추진
	2. 고효율 청정화력 발전	▪ 기존 화력발전 대비 고효율화 및 CO_2 저감을 달성할 수 있는 기후변화 대응형 청정화력 발전시스템 구현
	3. 국민안심 원자력 발전	▪ 안전 최우선 원전 운영과 수출 경쟁력 강화 등을 위한 4개 분야의 중점기술 개발 추진
	4. 신재생에너지 하이브리드 시스템	▪ 다양한 여건과 지리적 특성에 맞는 최적의 솔루션을 제공하기 위해 신재생에너지 포함 복합적인 발전+저장장치 결합
	5. 차세대 청정연료	▪ 바이오매스, 유기성폐자원 등 비화석원료와 저등급 석탄, 비재래형 유분, 가스를 활용하여 액체연료를 생산, 청정화 구현
	6. 차세대 송배전	▪ 고전압 AC 전력의 DC변환·송전을 통해 국가간 전력연계, 대용량 풍력연계, 대규모 전력계통 분리 등의 기반 마련
에너지 수요관리기술	2. 스마트 홈·빌딩	▪ 신재생에너지, ESS, EMS, ICT 등을 홈·빌딩에 융합하여 효율을 극대화하고 수요관리 등 신시장 창출의 핵심기술 확보
	2. 스마트 FEMS	▪ 에너지 다소비 산업군 공통의 에너지다소비기기의 효율향상 및 에너지 설비들의 에너지 절감 솔루션 제공
	3. 스마트 마이크로그리드	▪ 분산자원과 부하를 통합, 관리하는 운영시스템솔루션을 마련하여 전력망과 연계, 독립운전 시스템 구축
	4. 에너지 네가와트 시스템	▪ ESS, EMS, TEN, 분산발전자원 등을 활용하는 에너지(전기, 열) 통합 솔루션 구축으로 공급인프라 확충부담 경감
	5. 수요대응형 ESS	▪ V2G 등 전기차충방전과 다양한 ESS 기술포트폴리오 확보를 통해 전력의 저장과 활용을 원활하게 할 수 있는 기반을 구축, 국가에너지효율 향상
	6. CCUS (CO_2 포집/활용/저장)	▪ 발전소·제철소 등의 CO_2 를 저비용·고효율로 포집하고 안전하게 저장하거나 활용하여 온실가스 감축시장 활성화
에너지 융합혁신기술	1. 미래형 에너지 발전	▪ 중소형 분산발전 방식에 대비한 고효율 소형 발전 시스템 및 에너지 자립형 발전 시스템
	2. 무선전력송수신	▪ 전기의 무선 전송을 통해 전기자동차 및 전력충전 등에서 한계를 극복, 에너지이용의 새로운 패러다임을 제공
	3. 미래형 고효율 에너지 변환/저장	▪ 수소에너지, 열에너지, 전기에너지 등을 화학에너지 형태로 효율을 최대화하여 변환하여 리튬전지 등의 한계 극복
	4. 3D 프린팅 기반 최신 제조공정 기술	▪ 3D 프린팅 기술 적용을 통한 에너지 소자 및 부품의 제조공정 혁신을 통해 고효율기기 등의 가격 저감 및 고부가가치화
	5. 에너지 IoT + 빅데이터 플랫폼	▪ IoT 에너지 데이터 수집과 분석용 빅데이터 SW를 기반으로 개방형정보관리 및 에너지 효율화 기술기반을 마련, 비즈니스 창출 플랫폼 구축

□ 정부는 「2030 에너지 신산업 확산 전략」을 수립하여 '에너지 솔루션 시스템 분야 세계 1위 달성'을 비전으로 설정하고 E-프로슈머 활성화, 저탄소 발전 확대 등을 지원

- 「2030 에너지 신산업 확산 전략」은 비전을 '에너지 솔루션 시스템 분야 세계 1위 달성'으로 설정하고 이를 달성하기 위한 5개 추진 방향, 18개 세부 추진과제를 선정

표 37. 「2030 에너지 신산업 확산 전략」의 비전, 목표 및 세부 추진과제

비전	에너지 솔루션 시스템 분야 세계 1위 달성
목표 (2030)	① 신성장동력 창출 : 총 100조원 신시장, 50만명 고용 ② 온실가스 감축 : 총 5,500만톤

추진 방향	세부 추진과제
1. E-프로슈머 => 누구나 에너지를 생산·판매하는 시장 활성화	① 마이크로그리드 활성화 기반 강화 ② 친환경 에너지 타운 확산 ③ 제로 에너지 빌딩 확산 ④ 수요자원 시장의 국민 참여 확대
2. 전력 분야 => 저탄소 발전 확대	① 신재생에너지 확산을 위한 생태계 마련 ② 기존 화력발전소의 저탄소화 ③ CCS를 통한 온실가스 배출 직접 감축 ④ 전력 효율화를 위한 ESS 활성화 ⑤ 차세대 송전망을 통한 전력손실 최소화
3. 수송 분야 => 전기자동차 확산	① 국민이 체감하는 전기차 보급 확대 ② 전기차 연관 생태계 활성화 기반 조성
4. 산업 분야 => 친환경 공정 신산업 창출	① 스마트 공장을 통한 에너지 소비 효율화 ② 친환경 공정 신기술 개발 및 적용 확대 ③ 전국 미활용열을 이용한 신산업 창출
5. 혁신 기반 조성	① 에너지 신산업 제도 및 핵심 인프라 강화 ② 기후 변화 대응 3대 기술혁신 전략 추진 ③ 에너지 신산업 민간 투자 촉진 ④ 에너지 신산업 수출 산업화 추진

- 「2030 에너지 신산업 확산 전략」은 '누구나 에너지를 생산·판매하는 시장 활성화(E-프로슈머)'을 정책 추진방향 중 하나로 설정하여, 마이크로그리드 활성화, 친환경 에너지 타운 및 제로 에너지 빌딩 확산, 수요자원 시장의 확대를 추진

• (마이크로그리드 활성화) 시장 중심의 마이크로 그리드 생태계를 조성하고, 다양한 유형의 프로젝트 발굴 · 확대

=> (2030년 목표) 에너지 자립섬 470개, 마이크로그리드 10개 이상 등 분산형 전원 활용, 우리나라 전역으로 확산

• (친환경에너지타운 확산) 주민 참여형 사업모델의 성공적 장착과 제도적 인센티브 강화를 통해 민간 주도의 확산 추진

=> (2030년 목표) 2030년 전국 친환경에너지타운 100개소 확산 목표

• 친환경에너지타운 : 기피 · 혐오시설, 유휴시설 등에 에너지 자립, 문화관광 등을 가미한 주민 수익모델 사업

• (제로에너지빌딩 확산) 규모별 시범사업을 통해 성공 사례를 도출하고, 이를 토대로 단계적으로 의무화하여 온실가스 감축 기여

=> (2030년 목표) 신규 건축물 대상으로 제로에너지 빌딩 의무화

• (수요자원 거래시장 국민 참여 확대) IT 융합을 통해 소규모 전기소비자 등 국민 누구나 아낀 전기를 파는 시장으로 확대

=> (2030년 목표) 약 6.3GW, 발전소 12기에 해당하는 전력피크 5% 대체

• 수요자원 거래시장 : 공장 · 빌딩 · 아파트 등의 전기소비자가 절약한 전기를 수요관리사업자를 통해 전력시장에서 되팔아 수익을 창출

표 38. 「2030 에너지 신산업 확산 전략」 추진과제의 주요 내용

추진 방향	추진 과제	주요 내용
E-프로슈머	마이크로그리드 활성화 기반 강화	▪ 제로에너지빌딩, 캠퍼스 마이크로그리드 등 E-프로슈머가 생산한 소규모 전력 또는 남는 전력을 팔 수 있는 시장 개설 ▪ 다양한 유형의 마이크로그리드를 우리나라 전역으로 확산 ▪ 국내 마이크로그리드 사업 모델의 해외진출
	친환경 에너지 타운 확산	▪ 시범사업 확대 및 지원기반 확충 ▪ 친환경에너지타운 전국 확산을 위한 재정적 인센티브 강화 ▪ 한국형 모델 수출 브랜드화
	제로 에너지 빌딩 확산	▪ 신규 건축물 대상으로 2025년까지 제로에너지빌딩 의무화 추진 ▪ 민간 참여 촉진을 위한 제로에너지빌딩 상용화 기반 마련
	수요자원 시장의 국민 참여 확대	▪ 아파트·상가 등 일반 국민 참여를 통한 수요자원 시장 확대 ▪ 새로운 수요자원 발굴·연계를 통한 新비즈니스 모델 개발 ▪ 한국형 수요자원 시장 모델의 해외 진출 추진
전력 분야	신재생에너지 확산을 위한 생태계 마련	▪ 신재생에너지 활성화를 위한 보급 확대 및 제도 개선 추진 ▪ 신재생에너지 확산에 대응한 국내 전력망 시스템 확충
	기존 화력발전소의 저탄소화	▪ 국내 석탄화력 발전소 대상으로 고효율 발전시스템 확대 적용 ▪ 고효율 LNG 발전 가스터빈 기술 실증 및 해외 시장 진출
	CCS를 통한 온실가스 배출 직접 감축	▪ 대용량 CCS 플래그쉽 프로젝트 추진 ▪ 국내 산업 생태계를 고려한 CCS 중장기 기술 전략 마련 ▪ 국내 CCS 실적을 토대로 CCS 서비스 기업의 수출 산업화
	전력 효율화를 위한 ESS 활성화	▪ 국내 전력 산업 전반으로 ESS 적용·확대 ▪ 글로벌 ESS 경쟁력 확보를 위한 'Two-track R&D' 추진(선도형/추격형) ▪ 국내 ESS의 세계 선도를 위한 국제 표준, 맞춤형 진출 지원 강화
	차세대 송전망을 통한 전력손실 최소화	▪ 대규모 차세대 송전망 실증 사업을 단계별로 추진 ▪ 차세대 송전망 산업 활성화를 위한 생태계 조성(기술표준, 인력양성) ▪ 글로벌 국가 및 기업과의 협력을 통해 해외 시장 조기 진출
수송 분야	국민이 체감하는 전기차 보급 확대	▪ 전기차 대표 성공사례 창출 : '제주도 전기차 100% 전환' ▪ 전기차 편의성 제고 및 대중교통 전환을 통해 전국적으로 확산
	전기차 연관 생태계 활성화 기반 조성	▪ 전기 이륜차, 배터리 재활용 등 다양한 신산업 창출 및 육성 ▪ 보험, 중고시장, 전문 인력 등 전기차 연관 생태계 기반 강화 ▪ 정부, 산학연 전문가로 구성된 '전기차 민관 정책 위원회' 신설
산업 분야	스마트 공장을 통한 에너지 소비 효율화	▪ 스마트 공장 확산을 위해 대·중소기업의 상생 협력 지원 강화 ▪ 맞춤형 스마트공장 개발을 통해 중소기업 보급 확산 지원 ▪ 국내 스마트공장 성공 모델 정착을 통한 수출 산업화 추진
	친환경 공정 신기술 개발 및	▪ 수소환원제철 기술을 확보하고 이를 실제 공정 환경으로 적용 ▪ 친환경 냉매 개발 및 활용 기술 개발

추진 방향	추진 과제	주요 내용
	적용 확대	▪ 온실가스 다배출 업종 대상으로 감축 기술 발굴 및 확산
	전국 미활용열을 이용한 신산업 창출	▪ 미활용열 신산업 활성화를 위한 자생적 생태계 기반 조성 ▪ 산단→광역→전국 단위 국가 열에너지 네트워크(배관망+수송형 열저장) 구축 ▪ TEN 연계 미활용열을 사용하는 신사업 추가 발굴 및 확산
혁신 기반 조성	에너지 신산업 제도 및 핵심 인프라 강화	▪ 중장기 정책 이행력 확보 및 시장환경 변화에 따른 법제도 정비 ▪ 에너지 신산업 확산을 위한 전기요금 체계 운영 ▪ 다양한 사업모델 창출 기반이 되는 스마트그리드 전국 확산
	기후변화 대응 3大 기술혁신 전략 추진	▪ 기후변화 대응을 위해 △온실가스 감축 △온실가스 활용 △개방형 기술혁신 등 3가지 방향의 기술개발 전략 수립·이행
	에너지 신산업 민간 투자 촉진	▪ 에너지 신산업에 대한 민간 투자 활성화를 위해, 펀드, 융자 등 민관 재원을 마련하고, 투자 효율화를 위한 인프라 조성
	에너지 신산업 수출 산업화 추진	▪ 우리기업의 해외진출에 필요한 실무지원을 강화하고, 기후금융 지원 및 권역별 특성을 고려한 맞춤형 해외진출 지원 강화

□ 산업통상자원부가 발표한 「제4차 신재생에너지 기본계획」의 주요내용은 신재생에너지 공급 확대, 신재생 에너지시장 생태계 조성, 해외시장 진출로, 에너지자립섬 등 도서지역과 건축물에 신재생에너지를 활용하는 내용을 포함

표 39. 「제4차 신재생에너지 기본계획」의 비전, 목표 및 세부추진과제

비전 및 목표	▪ **'35년까지 에너지의 11.0%를 신재생에너지로 공급** ▪ **"민관파트너쉽" 신재생 에너지시장 생태계 조성** ▪ **해외시장 진출을 통해 지속가능성장을 위한 자생력 확보**
세부 추진 과제	① 수요자 맞춤형 보급·확산정책 추진 ② 시장친화적 제도운영 ③ 신재생에너지 해외시장 진출확대 ④ 새로운 신재생에너지 시장창출 ⑤ 신재생 R&D 역량 강화 ⑥ 제도적 지원기반 확충

- (에너지자립섬) 화석연료에 의존하고 있는 독립계통 도서지역에 자립형 마이크로그리드 구축

• 울릉도에 풍력 · 태양광 · 매립열 등을 연계한 시범사업 실시, 글로벌 성공사례로 발전시켜 해외시장으로 사업모델 수출 추진

- (신재생에너지 열 공급 제도) 건축물을 대상으로 열에너지 사용량의 일정비율을 신재생 에너지로 공급하는 제도 도입

□ 산업부는 7.0%에 불과한 재생에너지 발전량을 '30년, 20%로 높이고 이를 위해 태양광·풍력 등 청정에너지 설비를 확대하는 「재생에너지 3020 이행계획(안)」을 '17년 발표

- 산업부는 ‘17년 12월, 주요 선진국 대비 절반 수준(’16년, 7.0%)인 재생에너지 발전량 비중을 ‘30년까지 20%로 높이는 것으로 목표로 하는 「재생에너지 3020 이행계획(안)」을 발표

표 40. 「재생에너지 3020 이행계획(안)」의 비전, 목표 및 이행방안

비전	**삶의 질을 높이는 참여형 에너지체계로 전환**	
목표	‘30년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성을 위해 ’18~‘30년간 48.7GW의 신규 재생에너지 발전설비 보급	
보급 목표 이행 방안	① 국민참여 확대	- 도시형 자가용 태양광 확대 - 소규모 사업지원 및 협동조합을 통한 참여 활성화 - 농촌지역 태양광 활성화
	② 지자체 주도의 계획입지제도 도입	- 수용성 제고 - 환경성 검토 - 지역사회 기여
	③ 대규모 프로젝트 추진	- 대규모 프로젝트 수용성 확보
	④ 재생에너지 확대를 위한 보급여건 개선	- 제도를 개선하고 지자체 역량 강화
	⑤ 환경을 고려한 재생에너지 확대	- 환경기준 강화

- 재생에너지 발전량 비중을 높이는 데 있어 산업부는 신규설비의 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급할 계획
- 보급목표 이행을 위해 국민의 사업참여를 촉진하고 대규모 프로젝트를 추진

표 41. 「재생에너지 3020 이행계획(안)」 보급목표 이행방안

구분	세부 내용	
국민참여 확대	▪ 도시형 자가용 태양광 확대 (주택, 건물 등)	▪ 보급사업 확대 및 태양광 설치시 요금 절감혜택 확대 ▪ 제로에너지건출물 인증 의무화 • ('20) 공공 건축물(연면적 3천㎡ 미만) → ('25) 민간·공공 건축물(5천㎡ 미만) → ('30) 모든 건축물
	▪ 소규모(100kW이하) 사업지원 및 협동조합을 통한 참여 활성화	▪ 한국형 FIT를 한시적으로 도입하여 소규모 사업(일반국민 위주)의 수익 보장 및 절차 간소화 ▪ 사회적 경제기업(협동조합) 및 시민펀드형 사업에 인센티브를 제공 등
	▪ 농촌지역 태양광 활성화 (농식품부, 지자체, 산업부)	▪ 농업인 참여 활성화 : 염해간척지(농업진흥구역 內), 농업진흥지역 外 농지 등에 태양광 설치 활성화 ('30년까지 10GW) ▪ 농사와 태양광 발전을 병행하는 '영농형 태양광 모델' 신규 도입
지자체 주도의 계획 입지제도 도입	▪ 수용성 제고	▪ 마을공모 방식 도입, 계획 심의 시 주민수용성 중점평가 등의 장치 마련
	▪ 환경성 검토	▪ 지구개발 기본/실시계획 심의 前 전략/환경영향평가 실시 의무화
	▪ 지역사회 기여	▪ 개발이익 공유(사업자 → 지자체), 지역지원사업 등 기여방안 마련
대규모 프로젝트 추진	▪ 대규모 프로젝트 수용성 확보 ※ 1단계 : '18 ~ '22년 (5.0GW 공급) ※ 2단계 : '23 ~ '30년 (23.8GW 공급)	▪ 주민 참여형 사업모델 신규 개발 : 채권투자형, 펀드투자형 등
재생에너지 보급여건 개선	-	▪ 입지규제 및 사업 수익성을 저해하는 각종 제도의 획기적 개선 ▪ 지자체 역량 강화 : 지역별 보급계획 수립, 전담조직 보강 등
환경을 고려한 재생에너지 확대	-	▪ 연료연소 기반(폐기물・우드펠릿 등) 재생에너지 최소화 ▪ 환경성을 고려하여 발전사업 허가제도 정비 ▪ 재생에너지 폐기물 처리기반 구축 : 태양광 폐모듈, 풍력 블레이드 등 ▪ 환경친화적 디자인 발굴・확산

- 「재생에너지 3020 이행계획(안)」을 기반으로 재생에너지 확산을 에너지 신산업 육성 기회로 적극 활용할 계획이며 이의 일환으로 스마트시티 사업을 실증기반으로 연계

• 재생에너지 보급의 획기적 확대를 통해 국내 청정에너지 산업을 집중육성하는 한편, 분산발전 시스템과 4차 산업혁명 신기술(AICBM)의 결합을 촉진하여 IoE 기반 에너지 신산업의 발굴·확

산을 유도할 계획

- (기본방향) 재생에너지 보급의 획기적 확대를 에너지新산업 육성의 기회로 적극 활용하여 국내 청정에너지 산업 집중 육성
- (재생에너지 산업경쟁력 강화) 단·중기 R&D로드맵 수립에서 실증, 제도 개선 등 확산, 수출 산업화 확대까지를 단계적으로 지원
- (분산전원 기반 에너지신산업 육성) 전력중개시장, ESS·연료전지를 육성하고 분산전원과 서비스업이 공존할 수 있는 인프라와 제도기반 구축
- (IoE 활용 수요관리 서비스산업 육성) 첨단 전력인프라와 IoE 기술을 활용한 새로운 서비스 산업 창출
- (스마트시티를 통한 신산업 실증) 스마트시티 사업(지능형전력망+데이터 개방·활용)을 에너지신산업 비즈니스 모델 실증 기회로 활용

□ 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 2018~2027」은 사람 중심의 국토교통 기술을 개발하기 위해 '친환경 생활공간 조성 기술 개발'을 세부과제로 선정하며, 에너지 자립형 건축에 대한 내용을 포함

표 42 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」의 비전, 목표 및 실천과제

비전	**혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통**
목표	① 혁신성장동력 국가경쟁력 ② 국토교통 관련 삶의 질 만족도 ③ 연구환경 만족도

추진전략	실천과제
1. 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성	① 초연결 도시 구현 기술 개발 ② 무인이동체 자율주행 기술 개발 ③ 디지털 기반 국토정보 기술 고도화
2. 기술융합을 통한 새로운 가치창출	① 융합기술을 통한 건설 지능화 실현 ② 고부가가치 건설기술 창출 ③ 기존 수송시스템 혁신기술 도입
3. 사람 중심의 국토교통 기술	① 재난·재해 예방 등 안전 기술 개발 **② 친환경 생활공간 조성 기술 개발** ③ 사회이슈 해결형 기술 개발
4. 미래지향적 R&D 시스템 도입	① 국토교통 R&D 관리체계 혁신 ② 국토교통 연구개발 기반 강화 ③ 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화

- 친환경 생활공간 조성 기술의 일환으로 "에너지 자립형 건축", "그린 인프라", "온실가스·미세먼지 제로 인프라" 개발 추진

- 첨단 기밀·단열 공법 및 재생에너지 기술과 실시간 건물 에너지 관리 시스템을 접목하여 에

너지 자립형 친환경 건축기술 개발 추진

- 열교 최소화 등을 통한 단열 성능 향상은 물론, 기밀시공 시스템, 고성능 열회수형 환기장치 등 고효율 패시브 건축기술 개발
- 용도별, 기역별, 이용행태별 에너지 정보를 수집·분석해 에너지 효율을 개선하는 기술을 개발하고 이를 확산하는 방안 추진
- 인프라에 생태환경·에너지 조성 기술을 접목하여 환경오염, 방재, 에너지 문제를 동시 해결하는 자연친화적 공간·시설 구축
- 온실가스·미세먼지 제로 실현을 위하여 친환경 수송체계를 구축·지원하고 실내외 오염물질 모니터링 및 흡착·제거 시스템 개발

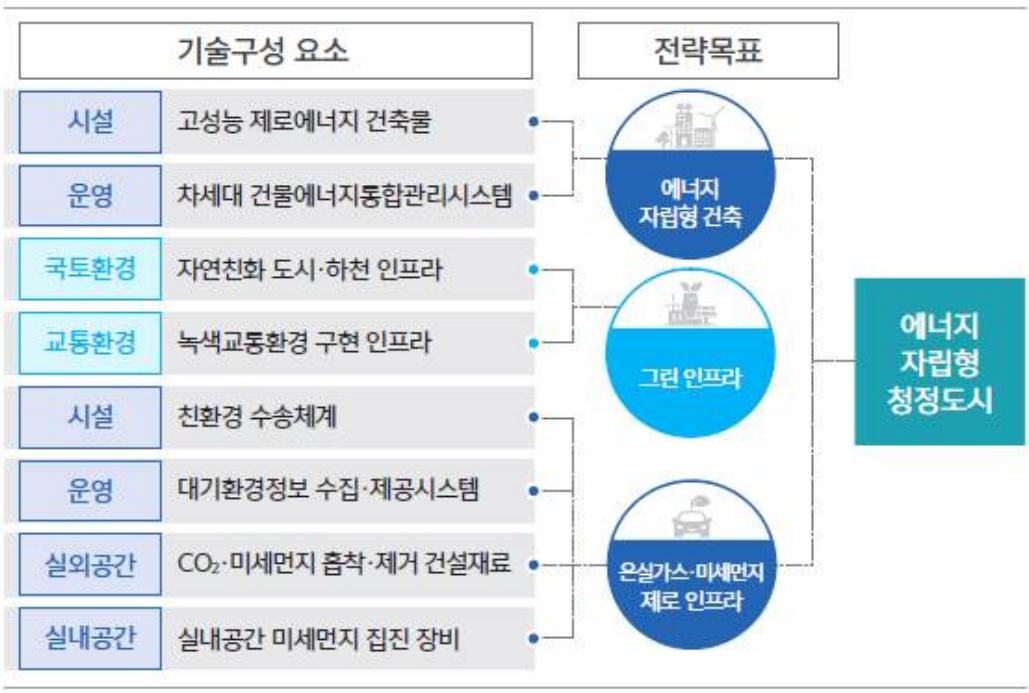


그림 40. 친환경 생활공간 조성 기술 개발 기술전략 트리

□ 정부는 「기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안」(제7차 국가과학기술자문위원회)를 통해 제로에너지빌딩 정책 추진 로드맵을 발표하였으며, 10개의 시범사업을 추진

– 「기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안」은 '제로에너지빌딩 조기 활성화를 통한 국가 온실가스 감축목표 달성 및 일자리 창출'을 목표로 설정하고, 이를 달성하기 위한 추진 전략과 실천 과제 도출

표 43. 「기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안」의 비전, 목표 및 추진전략

비전	**제로에너지빌딩을 통한 창조경제 견인**	
목표	제로에너지빌딩 조기 활성화를 통한 국가 온실가스 감축목표 달성 및 일자리 창출	
추진 전략	제로에너지빌딩 상용화 모델 마련 및 기술개발 시범사업을 통한 성공모델을 창출하여 활성화 유도	
실천 과제	**1. 상용화 모델**	- 저층형 사업모델 - 고층형 사업모델 - 타운형 사업모델
	2. 지원 방안	- 용적률, 높이 등 건축기준 완화 - 재산세 등 각종 세제지원
	3. 기반 조성	- 제로에너지 지원센터 설치 - 제로에너지 관련 제도 정비 - 기준강화를 통한 자재성능 향상
	4. 시범사업	- 유형별 시범사업 추진 - 인센티브를 통한 참여유도

- 온실가스 감축 및 건축부문 신산업 활성화 등을 위해 '25년까지 제로에너지 건축물 의무화를 목표로 관련 정책을 단계적으로 추진할 것임을 발표

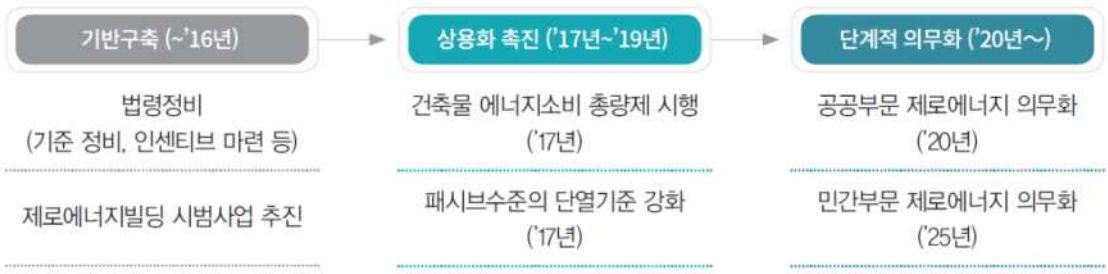


그림 41. 제로 에너지 건축물 국가로드맵

- 선도형 제로에너지건축물 시범사업을 저층형('14년~), 고층형('15년~), 타운형('16년~)으로 구분하여 10개의 시범사업 추진했으며 '15년 노원구에 제로 에너지 실증단지를 건설

- 제로에너지건축물 시범사업으로 선정되면 건축기준 완화(용적률, 건축물 높이 등), 신재생에너지 보조금 우선지원 등의 인센티브 지원
- 서울시 노원구에 제로에너지 실증단지는 유럽건축물 에너지 절약 가이드라인을 바탕으로 냉난방, 급탕, 조명 및 환기 등의 에너지 소비량과 생산량이 제로가 되는 주택을 목표로 추진
- 패시브 기술로 에너지 소요량을 46% 절감하고, 액티브 기술로 에너지 소요량의 60%p를 공급가능하도록 설계

□ 스마트시티는 4차 산업혁명 대응전략의 범부처 핵심과제로서 국토부는 실증단지 조성 대상지 선정과 스마트 도로·교통 등에 집중

- 도시 구성의 핵심요소인 건물·에너지, 물·전력, 교통·안전 등 각 요소의 초연결(통신, IoT)과 도시 관리의 지능화(빅데이터, AI)로 스마트시티를 구현하고,
- 도시 구성에 대한 정보수집·분석에 대한 통합플랫폼을 구축하고, 도시 유형에 따라 차별화된 실증도시 구현 추진
- 범부처 협력을 통해 스마트시티를 추진 중으로, 부처별 정책 집중 분야가 차별화되어 있으며 국토교통부는 실증단지 조성대상지 선정과 스마트 도로·교통 등에 집중

• 과기정통부는 초연결(IoT, 5G)와 빅데이터 처리(AI) 등에 집중

• 산업부는 미래차(자율주행 등) 기술 등 요소기술 산업화 중심 정책 추진

• 신도시 대상 인프라 및 공공서비스 위주의 보급, 산업확장·기술발전과의 연계부족, 국가차원의 전략부족 등이 U-City사업의 한계로 지적

표 44. 부처별 스마트시티관련 정책 현황

순	계획명	발표일	소관부처	비고
1	글로벌 스마트시티 실증단지 조성 사업	150227	미래창조과학부	前
2	한국의 스마트시티 성공전략 with WMC(World Mobile Congress)	170302	미래창조과학부	정부
3	IoT기반의 스마트시티 실증단지 조성사업 성과보고회	170607	미래창조과학부	연계
4	도시재생 뉴딜 추진 방안	171214	국토교통부	h/w
5	2017년 글로벌 SaaS[1] 육성 프로젝트(GSIP[2]) 성과 발표	171215	과기정통부	s/w
6	판교 제2테크노밸리 활성화 방안 발표	171211	국토교통부	h/w
7	도시첨단산업단지[3] 확대 활성화 강화	171229	국토교통부	
8	스마트시티 추진전략(범부처) 승인	180129	4차산업혁명위	
9	국토교통 혁신성장 추진계획 발표(자율주행차 K-City 화성)	180124	국토교통부	
10.1	미래차 산업발전전략	180202	산업통상자원부	s/w
10.2	자율주행 스마트교통시스템 구축방안	180202	국토교통부	
11	혁신도시 시즌2 (분권형 자립적 균형발전)	180202	국토교통부	
12	스마트시티 통합 플랫폼 사업지 선정(12개) - 용인, 남양주	180228	국토교통부	h/w
13	스마트시티 "테마형 특화단지" 마스터플랜지원 사업 공모	180323	국토교통부	
14	스마트시티 국가전략프로젝트[4](데이터기반 스마트시티)공모	180330	과기정통부	
15	클라우드 선도활용 시범지구 조성사업 공모	180403	과기정통부	s/w

□ 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 2018~2027」은 4차 산업혁명에 대응하기 위해 '초연결 도시 구현 기술 개발'을 세부과제로 선정

- 센서, 네트워크를 통해 도시 내 초연결을 실현하는 "스마트 도시"와 주거공간 내 사람-기기-인프라가 연결된 "스마트 하우스" 개발



그림 42. 초연결 도시 구현 기술 개발 기술전략 트리

- 물·에너지·식량 등 도시 자원을 효율적으로 생산·분배하고, 순환형 관리 시스템 등을 통해 지속가능한 스마트도시 관리를 유도
  - 스마트 검침, 워터 · 히트 · 전력 분산형 그리드 기술 등 다양한 자원 관리 실증 프로그램을 적용하여 도시자원 최적화

□ 정부는 '18년 「스마트시티 추진전략」을 발표, '세계 최고 스마트시티 선도국으로 도약'을 비전으로 설정하였으며, 스마트에너지시티 조성 등의 내용을 포함하여 에너지 환경 변화를 반영

- 「스마트시티 추진전략」은 비전을 '세계 최고 스마트시티 선도국으로 도약', 추진목표를 '도시혁신 및 미래성장 동력 창출을 위한 스마트시티 조성·확산'으로 설정하고, 이를 달성하기 위한 14개 세부과제를 선정

표 45. 「스마트시티 추진전략」의 비전, 목표, 전략 및 세부과제

비전	**세계 최고 스마트시티 선도국으로 도약**
목표	**도시혁신 및 미래성장 동력 창출을 위한 스마트시티 조성·확산**

추진전략		세부과제
도시 성장 단계별 차별화된 접근		① 신규개발 → 국가 시범도시 + 지역거점 ② 도시운영 → 기존도시 스마트화 및 확산 ③ 노후도심 → 스마트시티형 도시재생
도시가치를 높이는 맞춤형 기술		① 도시에 접목 가능한 미래 신기술 육성 ② 체감도 높은 스마트 솔루션 적용 확산
주체별 역할	**민간 창의성 활용**	① 과감한 규제혁파를 통한 기업 혁신활동 촉진 ② 혁신 창업 생태계 조성 ③ 민간 비즈니스 모델 발굴 및 맞춤형 지원 ④ 공공 인프라 선도투자로 기업투자환경 조성
	시민 참여	① 시민참여를 위한 개방형 혁신시스템 도입 ② 공유 플랫폼을 활용한 리빙랩 구현
	정부 지원	① 법·제도적 기반 정비 ② 스마트 도시관리 및 추진체계 ③ 해외진출 확대 및 국제협력 강화

- 「스마트시티 추진전략」은 나주를 '스마트 혁신도시 선도모델(에너지)'로 조성하고 에너지 분야 스마트시티 솔루션을 보급 확산하는 등의 이행방안을 통해 에너지 환경 변화 반영

• 나주 스마트 에너지(한전) 등을 에너지 개선 모델로 육성 추진
• 지자체에 분야별 스마트 도시재생 솔루션 가이드라인 제공 (마이크로 그리드, 스마트 쓰레기통 등 에너지·환경 분야 포함)
• 차세대 태양광, 스마트그리드 등 스마트 에너지 미래 신기술 육성
• (차세대 태양광) 건물일체형 태양광, 도로 태양광 등 실증
• (V2G+자율주행) 전기차를 이동형 에너지 저장시스템(ESS)으로 활용하는 V2G 실증, 자율주행+무선충전+V2G 결합 등 개발
• (AI+수요관리) 스마트미터기(AMI)·IoT 계량기·스마트 가전 등이 연동 및 제어되는 시스템 실증
• (스마트그리드) IoT·빅데이터 등을 접목, 스마트관제 시스템 고도화
• 자가용 태양광 등 에너지 분야 스마트시티 솔루션 보급 확산
• (자가용 태양광) 베란다, 옥상 등 건물형태에 적합한 방식의 태양광 패널 설치 지원을 통해 요금 절감 및 에너지 전환 선도
• (스마트미터) 실시간 전력 소비 데이터 수집·분석, 전기 요금 절감 컨설팅 제공 등이 가능하도록 AMI 구축(~ '20, 전국 2,200만호)
• (데이터플랫폼) AMI 데이터 활용을 위한 '빅데이터 플랫폼' 구축·운영을 통해 요금절감 컨설팅 등 다양한 비즈니스모델 창출
• (전력중개/국민 DR) 소규모 잉여· 절약 전기를 모집하여 전력시장, 수요자원 거래시장에 판매, 수익 창출 및 낭비 최소화

표 46. 「스마트시티 추진전략」 세부과제의 이행방안

전략		세부과제	이행방안
도시 성장 단계별 차별화된 접근		(신규개발) 국가 시범도시 + 지역거점	▪ 세계적 수준의 국가 시범도시 신규 조성 ▪ 혁신도시 등 신도시 중심의 지역거점 육성
		(도시운영) 기존도시 스마트화 및 확산	▪ 기존도시 내 데이터 허브모델(2곳), 테마형 특화단지(4곳) 조성 추진 ▪ 스마트시티 확산을 위한 지자체 역량 강화 ▪ 지자체 간 정보공유 및 협력 네트워크 조성 지원
		(노후도심) 스마트시티형 도시재생	▪ 스마트시티형 도시재생을 위한 지원 확대 ▪ 도시재생 주민협의체 등 주민 주도 스마트 도시재생 추진
도시가치를 높이는 맞춤형 기술		도시에 접목 가능한 미래 신기술 육성	▪ 네트워크, 빅데이터, 인공지능 등 미래 공통 선도기술에서부터 자율주행, 스마트그리드, 가상현실 등 시민체감 기술까지 집중 육성
		체감도 높은 스마트 솔루션 적용 확산	▪ 기존도시·노후도심은 교통, 에너지, 환경, 행정, 주거 등 주민 체감이 높은 기술을 중심으로 확산
주체별 역할	민간 창의성 활용	과감한 규제혁파를 통한 기업 혁신활동 촉진	▪ 4차 산업혁명 관련 신기술의 혁신과 실험을 지원하기 위해 국가 시범도시 내 '규제 샌드박스'와 각종 특례규정을 도입 ▪ 스마트시티 서비스를 효율적으로 제공할 수 있도록 자가망 연계 분야 확대 등 규제 개선 추진
		혁신 창업 생태계 조성	▪ 국가 시범도시, 혁신도시 등 전국 거점을 중심으로 인큐베이팅 센터 확대 조성 ▪ 스마트시티 전문인력 양성을 통해 교육, 창업, 사업화 및 시장진출까지 스타트업 생애주기 전반 지원
		민간 비즈니스 모델 발굴 및 맞춤형 지원	▪ 지속적인 정부예산 투입 없이도 민간이 수익기반으로 지속적인 운영·관리가 가능하도록 지원책 제공 ▪ 정부지원 대상 지자체 공모 시 지자체와 기업이 의무적으로 공동 참여하는 등 '스마트시티 혁신제안' 도입 검토
		공공 인프라 선도투자로 기업투자환경 조성	▪ 대규모 비용소요 등으로 민간의 투자가 어려운 스마트시티 핵심 인프라에 대해 정부가 구축 지원 ▪ 기본적인 인프라 조성 후 민간이 활용하게 함으로써 민간투자의 부담과 불확실성 축소하고 서비스 창출환경 조성
	시민 참여	시민참여를 위한 개방형 혁신시스템 도입	▪ 거버넌스 구현 : 도시 서비스의 수요자였던 시민이 도시조성·관리에 참여해 문제를 함께 해결 ▪ 시민들이 구상하는 스마트시티를 구현할 수 있도록 「스마트도시법」에 크라우드 펀딩 관련 근거 마련
		공유 플랫폼을 활용한 리빙랩 구현	▪ 도시자원의 효율적인 배분과 활용을 위해 시민참여 기반의 공유 네트워크 구현, 시민 주도 서비스 개발 유도 ▪ 다양한 기업들의 솔루션을 생활 속에서 피드백하고, 민간 아이디어를 현장에 접목할 수 있는 방안 검토
	정부 지원	법·제도적 기반 정비	▪ 규제완화를 위한 법령 개정, 신규사업 추가 발굴 ▪ 「스마트시티 국가 시범도시 조성 및 지원에 관한 특별법」 제정 검토 ▪ 스마트시티 표준화 거버넌스 구축
		스마트 도시관리 및 추진체계	▪ 스마트시티 사업시행자가 사업종료 후 일정 기간동안 지자체와 도시를 공동운영·관리할 수 있도록 제도 도입 ▪ 「스마트시티 특위」, 「국가스마트도시위원회」 등 구성
		해외진출 확대 및 국제협력 강화	▪ 정부 G2G 기반 - 공기업 선도 - 민간 동반 형태 진출 활성화 ▪ 유무상 ODA, 경협자금 등 금융지원 지속 확대 ▪ 월드뱅크 등 국제기구와 공동 연구·투자 확대 ▪ 글로벌녹색성장기구, 녹색기후기금 등 공조 ▪ 스마트시티 홍보, 글로벌 이슈 선도를 위한 국제행사 개최

□ 정부는 기후변화에 대응하기 위해 선도형 제로에너지건축물 시범사업, 제로에너지건축물 인증제 등 제로에너지 건축을 활성화하기 위한 정책 추진

- 국투교통부는 2014년 7월 「기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안」을 통해 제로에너지빌딩 정책추진 로드맵 발표

• 온실가스 감축 및 건축부문 신산업 활성화 등을 위해 2025년까지 제로에너지건축물 의무화를 목표로 관련 정책을 단계적으로 추진계획

- 선도형 제로 에너지 건축물 시범사업을 저층형('14년~), 고층형('15년~), 타운형('16년~)으로 구분하여 10개의 시범사업 추진

• 제로에너지건축물 시범사업으로 선정되면 건축기준 완화(용적률, 건축물 높이 등), 신재생에너지 보조금 우선지원 등의 인센티브 지원

표 47. 제로에너지건축물 시범사업 현황

구분	시범사업	유형
저층형	KCC 서초사옥	비주거/업무시설
	진천군 제로에너지 시범단지	주거/단독주택
	행복도시 1-1 생활권	주거/단독주택
	아산 중앙도서관	비주거/문화시설(도서관)
	서울 공항고	비주거/교육시설
	충남 정산중	비주거/교육시설(기숙형)
고층형	송도 6-8 공구 A11블럭 공동주택	주거/공동주택
	장위 4구역 주택재개발 정비사업	주거/주택재개발정비사업
	경기도 신청사	도청사 및 도의회청사 등 행정융복합타운
타운형	행복도시 5-1 생활권 제로에너지 스마트시티	주거용, 상업용, 공공시설 대상

- 국토교통부는 2016년 12월 「기후변화 대응을 위한 제로에너지빌딩 활성화 추진방안」을 통해 제로에너지빌딩 상용화 촉진 계획 발표

• 건축물의 냉난방에너지 저감을 위해 단열성능 기준을 독일이 패시브 수준으로 강화하도록 건축설계제도 정비

• 제로에너지 공공 선도사업을 추진하여 민간이 벤치마킹 할 수 있는 선도사례 창출, 해외시장 개척 지원

• 제로에너지건축과 연계 가능한 정책사업을 발굴하여 범정부 협력체계 강화를 통해 시너지효과 창출 지원

• 2020년 공공건축물의 제로에너지 의무화 대상을 단계적으로 확대하는 세부추진 로드맵 마련

표 48. 제로에너지건축물 단계적 의무화 추진안

‘20년	연면적 3천㎡ 미만 국민 생활밀착형 중·소규모 공공건축물 * 청사, 어린이집, 우체국, 주민센터, 공공도서관 등
‘25년	연면적 5천㎡ 미만 신재생에너지설치 의무화 대상 민간·공공건축물 * 업무, 교육연구, 판매, 운수, 숙박, 문화·집회, 의료 등의 시설
‘30년	모든 용도 민간·공공건축물 의무화 * 발전, 위험물저장·처리 등 제로에너지건축물 구현 가능성 및 효과가 적은 용도 제외

- 2017년 1월부터 에너지효율이 높은 건축물을 확대하고 효율적인 에너지관리를 위해 ‘제로 에너지 건축물 인증제’ 실행

• 건축물의 에너지효율 등급 인증대상 건물 중 건축주가 제로에너지 건축물 인증을 신청한 건축물을 대상으로 시행

• 제로에너지 인증 건축물에 대해 건축기준 완화, 기반시설 기부채납률 완화, 신재생에너지 설치 보조금 등의 인센티브와 제로에너지건축물 지원센터를 통한 기술자문 제공

- 국토교통부는 에너지 효율을 높이고, 온실가스 배출은 낮추기 위한 ‘그린리모델링 정책사업 추진’

• (공공건축물 시범사업) 리모델링 시공 예정이거나 구상중인 모든 공공건축물을 대상으로 사업단계별 맞춤형 기술지원 및 시공비 지원

• (사업기획지원) 노후건축물 현황 평가, 설계컨설팅 등 사업 초기단계 에너지 성능개선을 위한 사업기획

• (시공지원) 그린리모델링 실현을 위한 기술지원 및 시공비 지원

• (민간 이자 지원사업) 건축주가 초기 사업비에 대한 부담 없이 건축물의 성능 개선을 추진할 수 있도록 경제적 지원

표 49. 그린 리모델링 이자지원 대상 공사범위

구분	이자지원 대상 공사범위
필수항목	• 단열보완, 기밀성강화, 외부창호 성능개선, 일사조절장치 등 외피 성능 향상
건물단열 향상 공사와 병행가능 공사	• 에너지 관리 장치 • 피크부하 저감 장치 • 신재생에너지 공사 • 에너지 성능개선 관련 공사 • 에너지 성능개선 공사와 연관된 부대공사

□ 정부는 나주, 제주 등에 스마트시티형 환경·에너지 개선 모델을 육성하고, 스마트그리드 확산사업을 실시하는 등 도시 단위의 에너지 효율성 향상을 위한 제도 운영

- 나주 스마트 에너지(한전) 등 혁신도시 이전기관의 특성을 살려 '스마트 혁신도시 선도모델-에너지 모델'로 조성하고 있으며, 제주 스마트시티 실증단지는 환경·에너지 개선 모델로 육성 추진

• (에너지 모델) 종합에너지관리시스템 선도 도입, 유휴부지 내 태양광발전소 구축, 에너지 · 교통 · 환경 · 방범 데이터 통합관리 등 추진

- 노후·쇠퇴 단계 도시에 스마트시티형 도시재생을 추진하기 위한 일환으로 에너지·환경 스마트 도시재생 솔루션 가이드라인을 제공

- (에너지자립섬) 연료비 부담이 큰 화석연료에 의존하고 있는 독립계통 도서지역에 자립형 마이크로그리드 구축

• 울릉도에 풍력 · 태양광 · 매립열 · ESS 등을 연계한 시범사업 실시

- 정부 주도로 스마트그리드 관련 법·제도적 기반을 마련하였으며, 제주도 실증사업과 주요 기기 보급 등을 추진하여 초창기 산업과 시장 생태계를 구축

• '16년도부터 본격적인 "스마트그리드 확산"을 위해서 수익 창출이 가능한 사업모델을 전국 16개 시,도 지역거점을 기반으로 실제 환경에서 구현하고, 민간 중심으로 전국 확산하는 「스마트그리드 확산사업」 실시

• '18년까지 민관협업을 통해 스마트그리도 확산사업을 실시, 2019년부터는 민간주도로 보급 · 운영하여 2030년에는 지능형 전력망 인프라를 전국범위 확산 목표



그림 43. 스마트그리드 전국망 구축 계획(안)

□ 국토교통부와 환경부는 2002년부터 자원절약형, 자연친화적 건축물 구축을 유도하여 지속 가능한 개발을 실현하고자 녹색건축 인증제도를 시행

- 2013년 「녹색건축물 조성지원법」이 시행됨에 따라 2002년부터 시작된 「친환경건축물 인증제」와 「주택성능 등급 인정제를」가 통합되어「녹색건축 인증제」를 시행해 인증된 건축물을 대상으로 인센티브를 제공

• 인증대상은 공동주택, 복합건축물(주거), 업무용건축물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건축물, 소형주택, 기존공동주택, 기존업무시설 등임

• 녹색 건축물로 인증된 건축물은 용적률, 조경면적, 높이 등의 건축기준 완화, 취득세 및 재산세

등 세금감면, 분양가 가산비 적용, 입찰참가자격 사전심사시 가점 부여 등의 인센티브 제공

- 연도별 인증 건수(본 인증)는 2004년 3건에서 꾸준히 증가하여 2017년 750건(누적 3,551건)에 달하고 있으며 대상시설물 종별로 구분 시, 학교(29%), 공동주택(27%), 업무용(15%)으로 많은 비중을 차지

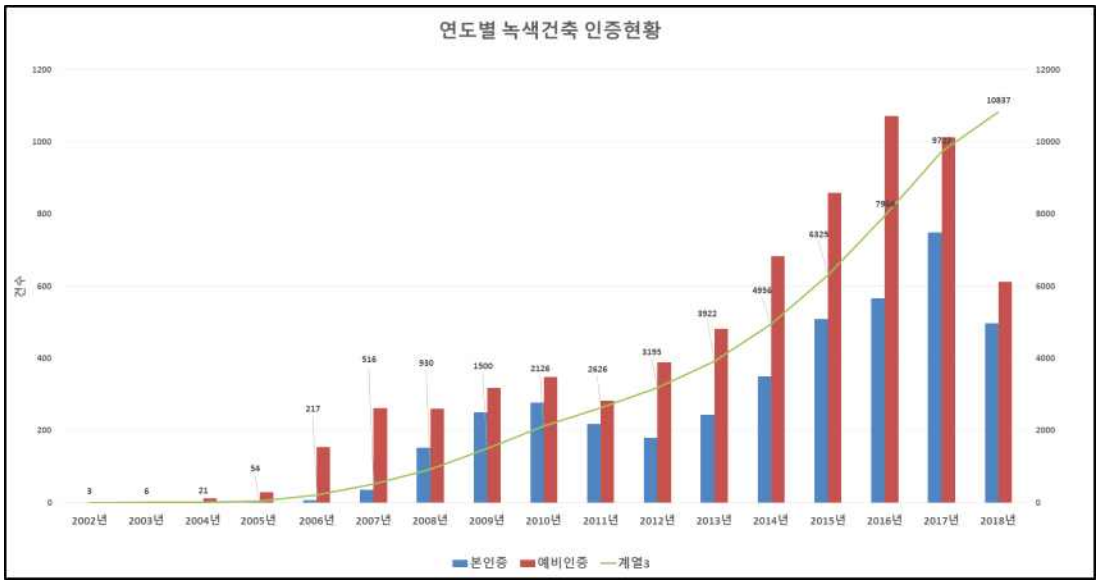


그림 44. 녹색건물 인증현황

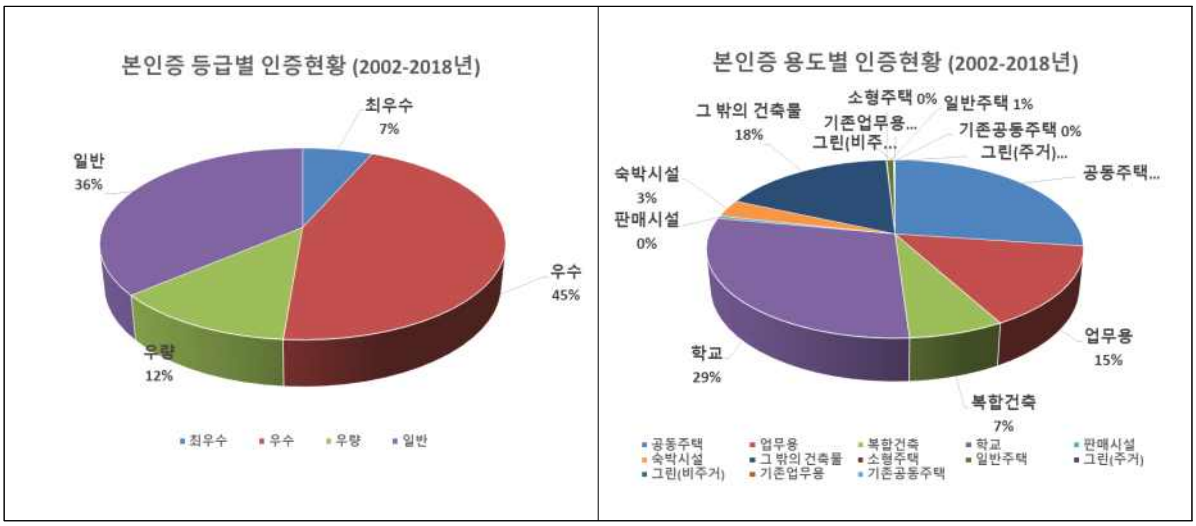


그림 45. 등급별 및 용도별 인증현황(2002-2018)

3. 경제적 환경 분석

가. 도시/건축 에너지 분야 산업 구조[16)]

□ 글로벌 메가트렌드 및 도시/건축 분야의 에너지 분석 결과를 바탕으로, 에너지 신산업에서의 주요 이슈가 되는 발전-송배전-최종소비까지의 흐름을 가치사슬(Value Chain)로 구분함

- 발전부문은 신재생에너지, 저탄소발전, 열병합발전 등을, 지능형 전력망 부문은 전력매니지먼트와 전력망 송배전관리기술 등을, 에너지저장부문은 에너지저장시스템 (Energy Storage System, ESS), 송배전 인프라 등을, 최종 소비자에서는 제로에너지와 관련된 스마트팩토리, 제로에너지 빌딩 등과 스마트 홈 수요반응기술 등의 기술분야를 중심으로 구성함
- 또한, 기술분야에 대해 지식 및 기술, 활동주체 및 주체간 네트워크, 기관 및 제도에 따라 분석을 실시함

□ 지식 및 기술에 관한 분석으로서 최근 2006년부터 10년간 국내외 주요국들의 특허동향 및 특허기술 보유기업을 살펴보면 다음과 같은 특징들로 요약할 수 있음

- 공개 및 등록특허 수는 미국이 7,658건, 한국이 3,098건, 유럽이 1,802건, 그리고 일본이 1,574건으로, 미국과 한국의 특허출원이 유럽과 일본에 비해 활발한 편임
- 다만, 상위출원인 20인의 출원 비중이 약 12% 정도로, 기술 점유도는 높지 않은 상태로 나타나 에너지 신산업 분야에서는 시장진입이 상대적으로 용이함

□ 특허기술 보유 기관을 파악함으로써 에너지 신산업 분야의 주요 활동주체 및 네트워크를 파악할 수 있으며, 각 세부기술분야별로 다음과 같은 기업이 주를 이루는 것으로 나타남

- 발전부문 주요 특허기술보유 해외기업으로는 AES, South California Edison, E-one, NGR Energy, Duke Energy등이 있으며, 지능형전력망부문은 GE, ABB, NEDO, INER 등의 기업이 주를 이룸
- 에너지저장부문에서는 AES Energy, Green Smith, Simens, GE, ABB, Kaco, SMA, Tesla, Honda, Toyota, Nissan 등이, 제로에너지 부문에서는 IBM, ABB, AUC Invine, General Micro Grid, 슈나이더, 솔라시티, Opower, S&C,

16) 윤성필 외 2인, 2018, 기술전략 수립방법론 연구:에너지 신산업에 대한 적용 사례

Duke Energy, Chevron, GE 등 해외기업이 주를 이룸

- 국내 기업의 경우 발전부문에 한전, GS, EPS, 포스코에너지 등이, 지능형전력망 부문에서는 한전, 스마트그리드사업단, LS산전, 포스코ICT, 짐코 등이 있으며, 에너지저장 부문에서는 삼성 SDI, LG전자, LG화학, 코캄, 세방전기, 현대오토에버 등이, 제로에너지 부문에서는 한전 KT, SKT 등의 기업이 주를 이룸

□ 에너지 신산업 관련 해외 주요국의 정책 추진 방향과 시행 제도를 살펴보면 에너지 신산업 관련 독일, 프랑스, 스위스, 영국 등 서유럽 국가들은 온실가스 저감, 탈석유화를 핵심목표로 신재생에너지 산업과 스마트그리드를 핵심 정책으로 강력히 추진 중이며, 미국과 일본에서도 관련 정책을 적극 추진 중임

- (미국) 전력망의 수요공급 연계, 가격경쟁력을 가진 에너지 저장체계에 대해 강력한 정책적으로 추진 중임
- (일본) 후쿠시마 원전사태 이후 신재생에너지의 보급 증가와 수요, 공급의 촉진을 위해 스마트그리드 보급 프로젝트를 진행하고, 실증단계를 거쳐 지방자치단체를 중심으로 보급시켜 일상생활 전반으로 확대 중
- 미국은 지능형전력망과 관련된 스마트미터링과 에너지저장과 관련된 유틸리티 중심으로 제도적 지원이 활발한 반면, 일본은 태양전지 확산 및 마이크로그리드 연계에 주력하면서 발전부문에 대한 지원도 활발한 편임
- 미국, 유럽, 일본 등은 지능형전력망에 대한 전력거래시장이 형성된 상태로 빅데이터에 기반한 비즈니스 활용모델도 활발하게 개발 중

□ 국내의 경우 신재생 발전량 및 비율은 OECD 최하위 수준이며, 독립형/계통형 지능형 전력망을 국내외에서 실증하는 사업을 진행 중이나 아직 상용화 수준에는 부족한 상황임

- 일부 지역에서 스마트계량기(Advanced Metering Infra, AMI)가 설치되고 있으나, 그 비율이 극히 제한적임
- 또한 거래시장의 형태가 자유전력거래시장이 아닌 국가독점거래시장이라는 점에서 미국, 유럽 등 해외 주요국과 제도적으로 상이함
- 전력거래, 송배전, 검침, 전력저장, 전력서비스 등 에너지 신산업과 관련된 분야가 현재도 존재하나 상호 산업 네트워크는 약한 상태이며, 따라서 기존 사업자들의 경쟁은 치열해지고 신규진입자의 위협이 고조되어 기존 선진기업의 영향력과의 편차가 커질 것으로 예상됨
- 국내 전력시장은 한국전력공사에 대한 의존도가 높아 타 기업들은

신재생에너지나 전력저장장치 시장 경험이 상대적으로 부족하여 국제시장에서 국내 기업들의 경쟁력이 낮은 편임

□ 지능형전력망을 대체할 만한 기술이나 시스템이 등장할 가능성은 매우 낮은 상황으로 전력수요의 증가에 대응하기 위해 신재생에너지의 증가 등 전통적인 에너지믹스의 변화가 예상되어 지능형전력망의 가속화로 이어질 것으로 예상됨

- 전력 분야의 수요관리사업이나 에너지관리 통합서비스사업 등이 향후 유망사업으로 예측되며, 기저부하를 담당하는 화력발전의 효율향상도 지속적인 이슈가 될 것으로 분석됨
- 신재생에너지 간의 상호 보완은 ICT와 결합된 지능형 전력망과 에너지 저장시스템이 담당하게 되며, 제로에너지와 관련된 건물, 에너지 자립섬 등의 발전도 예상됨
- 또한, 노후화된 발전소 및 송변전설비의 대체문제가 이슈로 제기되고 있으며, 전기저장장치의 전력거래허용으로 인한 연계지침 마련과 전기차 충전사업의 진입장벽 해소를 위한 규제샌드박스 등의 제도개선 수요도 도출됨

		발전	지능형 전력망	에너지 저장	제로 에너지
핵심기술		신재생에너지 • 태양광/태양열 • 풍력 연료전지 저탄소발전 • 청정화력 • 탄소자원화 열병합발전 • 가스터빈 • 배열회수장치	전력 매니지먼트 ·가상발전소 ·원격제어 ·디지털공급 ·개인발전원 매니지먼트 전력망 송배전 관리기술 ·상태모니터링 ·신재생발전원 연계 그리드 안정화 ·지능형전력망 원격제어 ·CBM ·스마트미터 ·디지털/모바일 매니징 실시간 에너지거래	ESS ·ESS 통합시스템 ·전력제어시스템 ·에너지저장장치 ·대용량전지기술 송배전 인프라 ·전력망연동기술 ·양방향 충방전 시스템 ·충전인프라	연계기술 ·스마트 팩토리 (FEMS) ·제로에너지빌딩 (BEMS) ·친환경에너지 타운 ·에너지자립섬 및 모델링 소비자 ·스마트홈 · 수요반응기술 ·빅데이터기반 에너지효율 분석기술 · Cross Energy Management
생태계현황	해외	·일본은 태양전지 확산 및 마이크로그리드 연계에 주력	·미국 등은 스마트미터링 강화 ·이태리, 독일, 네덜란드, 스페인, 영국 등지에서 스마트 그리드 실증 및 보급 사업 추진중 ·대부분 전력거래시장 형성	·유틸리티는 미국 중심 ·가정용품은 일본/독일 중심(정부 보조금 기반) ·영국, 이태리, 호주 등은 시장 초기	·빅데이터에 기반한 비즈니스 활용 모델 개발중
	국내	·국내 신재생 발전량 및 비율은 OECD 국가중 최하위 수준	·일부 지역 AMI 설치되고 있으나 비율이 극히 제한적임 ·자유전력거래시장이 아닌 한전에 의한 국가독점거래시장	·유틸리티는 한전에 기반 ·1MW 정도의 상업용 보조금 사업 실시중 ·전기누진제로 가정용은 시장환경 미형성	·가정용 전력요금은 누진제 시행중 ·One-way 방식의 전력요금제도 ·수요관리형 요금제 등 도입초기
주요기업	해외	· AES, South California Edison, E-one, NGR Energy, Duke Energy	· GE, ABB, NEDO, INER	· (ESS) AES Energy, Green Smith, Simens, GE, ABB, Kaco, SMA, Tesla 등 · (전기차 인프라) Honda, Toyota, Nissan 등	· IBM, ABB, AUC Invine, General micro grid, 슈나이더, 솔라시티, Opower, S&C, Duke Energy, Chevron, GE
	국내	· 한전, GS, EPS, GS ENR, 포스코에너지	· 한전, 스마트그리드사업단, LS산전, 포스코 ICT, 짐코	· 삼성 SDI, LG전자, LG화학, 코캄, 세방전기, 현대오토에버 등	· 한전, KT, SKT

그림 43. 도시/건축 에너지 분야 가치사슬 분석 요약표

나. 세계시장 현황

1) 도시 에너지 시장 현황 및 전망

□ 전 세계적인 인구의 증가와 도시집중 현상이 가속화됨에 따라 도시 자원 및 인프라 부족, 교통 혼잡, 에너지 문제 등 도시 문제가 증가하고 있고, 이러한 도시 문제를 해결하고 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하기 위해 스마트시티에 대한 관심이 높아지고 있음

- 세계 인구는 2050년 약 97억 명이 될 것으로 전망되며, 도시인구 증가율은 전 세계 인구 증가율보다 더 높은 것으로 나타나, 도시인구는 '18년 약 42억 명에서 2050년이 되면 약 63억 명으로 증가할 것으로 예상
- 2010년 인구는 1960년 대비 233% 증가, 도시 인구는 350% 증가

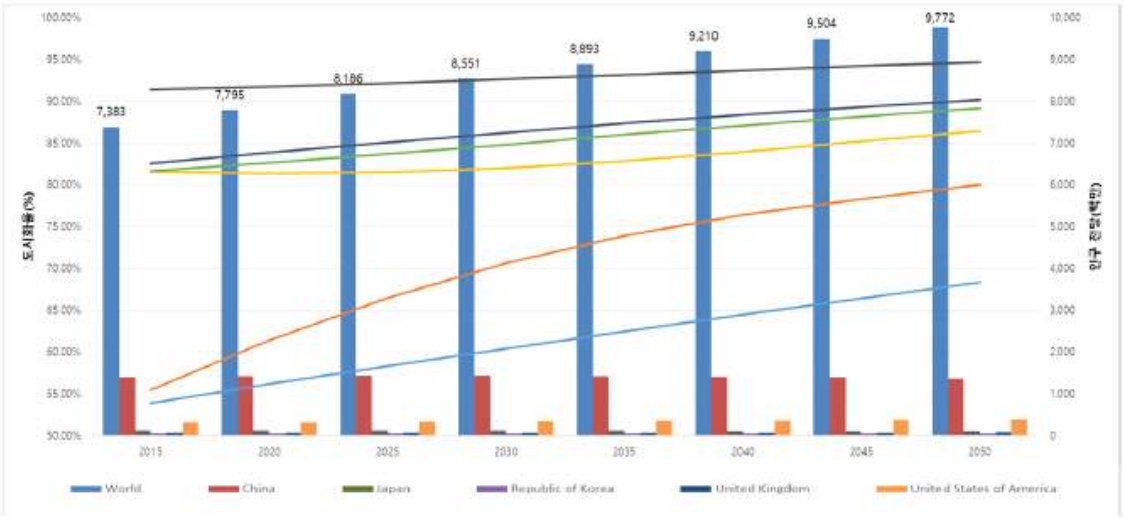


그림 44. 세계 도시화율 및 인구전망

- 전 세계의 도시들은 지리적으로 면적의 2%만을 차지하고 있지만, 에너지의 66%, 식수의 60%를 소비하고 있으며, 이산화탄소 배출량은 전체 70% 차지하고 있으므로 환경 측면에서도 도시 문제 해결은 필수적임
- 스마트시티는 주로 "도시에 ICT·빅데이터 등 신기술을 접목하여 각종 도시문제를 해결하고 삶의 질을 개선할 수 있는 도시모델"로 정의되고 있으며, 환경 및 에너지 문제 해결을 주요 도시문제로 인식

표 50. 스마트시티 정의

구분	정의
EU	• 디지털 기술을 활용하여 시민에게 더 나은 공공서비스를 제공하고, 자원을 효율적으로 사용하며, 환경에 미치는 영향의 최소화를 통해 시민의 삶의 질 개선 및 도시 지속가능성을 높이는 도시
일본 경제산업성	• 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	• IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터와 같은 차세대 정보 기술을 활용하여 스마트한 도시 계획, 건설 관리 및 서비스를 제공하는 도시
NIPA	• ICT 기술을 통해 도시 거주자 삶의 질과 도시경쟁력이 향상되는 보다 친환경적이고 지속가능한 도시
CISCO	• ICT 기술을 이용하여 도시의 문제를 해결하고 효율성과 안정성을 높여 시민들의 삶의 질을 향상시키는 신개념의 도시
IBM	• 도시를 운용하기 위해서 핵심적인 시스템의 열쇠가 되는 정보를 ICT를 이용하여 수집하고, 분석하며, 통합할 수 있는 도시
Navigant	• 지속가능성, 시민 복지 및 경제 개발을 위해 전략적으로 기술을 통합하는 도시

출처 : 한국과학기술기획평가원,황건욱, 2018, 스마트시티

• 스마트시티 개념 및 정의를 주요 키워드로 정리하면 ICT, 통신 등 스마트시티를 구현하는데 필요한 기반 기술 키워드가 가장 많으며(26%), 환경 및 지속성장이 17% 차지

표 51. 스마트시티 유형

유형	빈도	유형	빈도
ICT, 통신, 지능, 정보	26%	거버넌스, 관리와 행정	10%
인프라와 서비스	17%	경제와 재정	8%
환경과 지속성장	17%	생활환경과 삶의 질	6%
사람, 시민, 사회	12%	이동성	4%

출처 : 한국과학기술기획평가원,황건욱, 2018, 스마트시티

표 52. 주요 기관의 스마트시티 범위

기관명	스마트 에너지	스마트 교통	스마트 빌딩	스마트 안전	스마트 행정	스마트 환경	스마트 의료	스마트 교육	스마트 문화	스마트 워크	스마트 사회
국토부	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Cisco	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
IDC	O	O	O	O	O	O	O	O	O		
IBM	O	O	O	O	O	O	O	O			O
NIPA	O	O	O	O	O	O	O	O			
Navigant	O	O	O	O	O						

출처 : 한국과학기술기획평가원,황건욱, 2018, 스마트시티

- ‘18년 CES(The Ineternational Consumer Electronics Show)는 공식 표어로 ’스마트시티의 미래‘를 선정하였으며, ’19년 CES는 5가지 주목해야 할 기술 중 하나로 ‘스마트시티가 증진시키는 도시 복원력’을 포함

• CES(세계가전전시회) : 미국소비자기술협회(CTA : Consumer Technology)가 주관해 매년 열리는 세계 최대 규모의 가전제품 박람회

• CES 2018년 공식 표어는 ‘스마트시티의 미래(The Future of Smart Cites)’로 스마트에너지를 비롯한 미래도시의 다양한 모습을 예측

• CES를 주관하는 미국소비자기술협회(CTA)는 “2050년 세계 인구의 66%가 도시에 거주하며, 전 세계에서 스마트시티 프로젝트에 투입되는 비용은 2020년까지 353억5000만달러에 달할 것” 이라고 전망

• CES 2019에서는 스마트시티가 증진시키는 도시 복원력(Smart Cities Promote Resilience) 기술을 포함, 5가지 주목해야 할 기술을 선정

• CES 2019 5가지 주목할 기술 : ①Artificial Intelligence on the Rise(떠오르는 인공지능 기술) ② Envisioning the Smart Home of the Future(구체화되는 미래 스마트홈) ③ Digital Health Tech Empowers Patients(환자들을 돕는 디지털 헬스케어) ④ Esports and Sports Technology(이스포츠와 관련 기술) ⑤ Smart Cities Promote Resilience(스마트시티가 증진시키는 도시 복원력)

• AT&T는 CES 2019에서 미국 스마트조명기기 업체 유비시아(Ubicquia)와 협업해 라스베이거스 전역에 스마트 조명 솔루션을 도입한다고 발표. 실시간으로 에너지 사용량을 측정하고 정전 여부를 감시해 즉각 가로등 우지 보수 개선하며 일부 조명에는 공기질 센서를 추가로 연결하여 온도 변화와 오존 데이터를 제공

□ 스마트시티 세계시장은 연평균 10~19% 성장하여 2020년에는 1.1~1.5조 달러 규모를 형성, 그 중 16.6%가 스마트에너지 시장으로 전망

- 전 세계적으로 스마트시티의 시장은 연평균 10~19% 성장을 전망하고 있으며 지역별로 스마트시티의 개발 방향에 차이가 있음

• 유럽 및 미국 등 선진국은 ICT 기술을 활용하여 기존 도시의 도시재생 및 에너지 효율화 중심으로 추진 중이며, 빅데이터 구축, 스마트시티 솔루션 개발 등 스마트시티 거버넌스에 집중

• 아시아 지역은 대규모 자본 투입을 통한 신도시 개발로 스마트시티를 구현하고 있으며, 특히 아시아·태평양 지역은 급격한 도시인구 증가로 스마트시티의 필요성 및 개발이 지속적으로 확대

• 전 세계 스마트시티 중 아시아 비중 ‘16년 28.6% → ’25년 33.9%

표 53. 스마트시티 해외시장 전망

시장조사기관	예측연도	시장규모	주요내용
Frost&Sullivan	2020년	1.5조 달러	스마트빌딩, 스마트정부&스마트교육, 스마트방범, 스마트에너지, 스마트인프라, 스마트교통, 스마트의료 등 7개 분야
Navigant Research	2016~2025년	368~887억 달러	에너지, 수자원, 교통, 빌딩 등 개별 산업 중 스마트시티 관련 사업 및 주요 스마트시티 정부사업
Markets &Markets	2015~2020년	3120억~7590억 달러	교통, 철도 및 도로, 에너지·수자원·가스, 빌딩-상업·주거, 교육, 의료, 안전 등 시민대상 서비스
McKinsey	2025년	9300~1.7조 달러	-
Gran view	2013~2020년	5680~1.4조 달러	-

- 스마트시티 글로벌 시장은 '20년 1.1~1.5조 달러 규모 시장을 형성, 그 중 16.6%인 0.18~0.25조 달러가 스마트 에너지 관련 시장이 될 것으로 전망



그림 45. 글로벌 스마트시티 시장규모 전망

□ 스마트시티 분야 선진 기업은 IBM, CISCO 등으로 IBM은 스마트 상수도, 공공안전, 에너지 등의 솔루션을 보유하고 있으며, CISCO도 여러 분야의 스마트시티 솔루션을 제공

- IBM은 스마트시티 분야에서 가장 선진 기업으로 평가되고 있으며 스마트시티 컨설팅, 소프트웨어 구축 및 유지관리 등 솔루션 제공 중심의 사업기반을 구축

• 아시아, 미주, 유럽, 중동, 아프리카 30개 도시에서 GCTC(Global City Teams Challenge) 프로그램을 진행하고 있으며 정부, 민간기업과의 협력을 통해 스마트시티 구현('16년)

• 스마트 상수도, 공공안전, 교통, 빌딩, 에너지 등의 솔루션을 보유하고 있으며, IBM의 스마트시티 프로그램은 스마트시티 개념 적용에 중요한 역할로 작용

- CISCO는 스마트시티 초기단계부터 참여하고 있으며 자사의 네트워크 기술을 기반으로 여러 분야의 스마트시티 솔루션 제공

• CISCO의 네트워킹 기술을 바탕으로 다양한 분야에 참여 중이며 'Smart + Connected Communities'라는 프로젝트를 통해 교통, 안전 및 보안, 교육, 부동산, 전력, 건강, 스포츠 및 엔터테인먼트, 행정 등의 솔루션을 제공

2) 건축물 에너지 시장 현황 및 전망

□ 건물에서 발생하는 환경 부하 요인과 에너지 소비를 최소화하는 에코건축은 세계적으로 관련 프로젝트가 늘어날 것으로 전망

- 에코건축은 친환경 건축자재와 에너지 효율적인 건축 기술 및 설비시스템 도입을 통하여 건물에서 발생하는 환경 부하 요인과 에너지 소비를 최소화하는 기술로, 친환경 건축자재 분야와 녹색건축물 실현을 위한 시스템 기술 분야로 구분

• 친환경 건축자재 분야는 친환경 건축 마감재(친환경 도료, 벽지, 내/외장재), 에너지 절감 자재(구조재, 단열재, 마감재, 신소재)를 포함

• 녹색 건축물 구현 시스템 기술은 건축물의 에너지 절감을 위한 건축물 외피 조성기술(고효율 외피 시스템 등)과 설비관련 기술(고효율 설비 시스템 및 신재생에너지 통합 시스템 등), 운영단계의 에너지 절감기술 등을 포함

- Dodge Data & Analytics가 2,078명의 응답자에게 '18년 및 '21년 수행 프로젝트 중 에코건축 프로젝트는 몇 퍼센트로 예상하는지'라는 질문으로 설문조사를 실시한 결과, 가장 많은 응답자가 60% 이상을 답변

• '18년 60% 이상의 에코건축 프로젝트를 수행한다고 답변한 응답자는 27%이며, ' 21년에는 47%의 응답자가 60% 이상을 수행할 것으로 예상한다고 답변

• Dodge Data & Analytics는 2018년 4월부터 6월까지 20여개 국적의 건축, 설계, 컨설팅 등의 종사자 2,078명을 대상으로 설문조사 실시

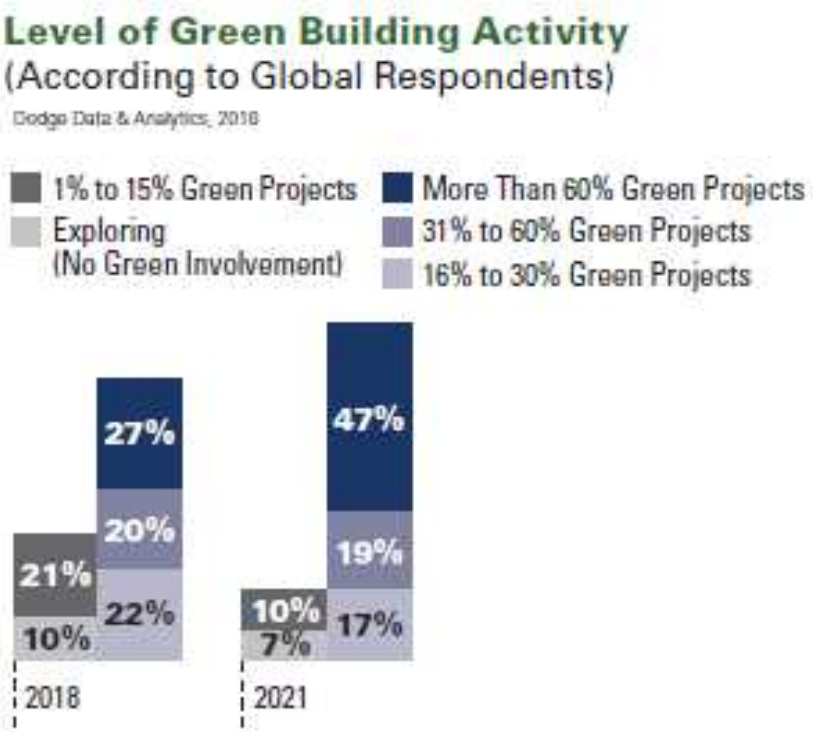


그림 46. 응답자의 에코건축 프로젝트 활동 수준

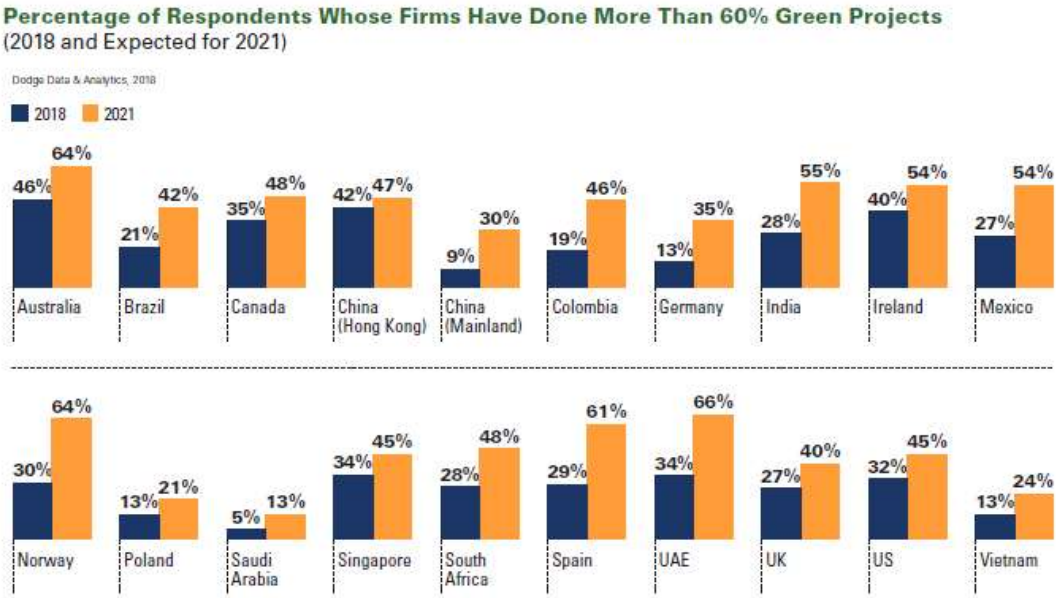


그림 47. 응답자 회사의 에코건축 프로젝트 활동수준

□ IEA는 글로벌 기후변화 대응에 따라 신재생에너지, 에너지 효율화 등 '30년까지 총 12.3조불 규모의 투자가 발생될 것으로 전망하였으며, 제로에너지빌딩 관련 시장이 에너지신산업 유형 중 가장 시장 규모가 큼

- '30년까지 신재생에너지 4조불, 수송/산업/빌딩 에너지 효율화 8.3조불 등으로 총 12.3조불 규모의 투자가 발생될 것으로 전망

- 2014년 에너지 신산업 유형별 시장규모를 살펴보면, 제로에너지빌딩 관련 시장이 741.5억 달러(82%)로 가장 큰 시장을 형성하였고, 마이크로그리드(15%)와 수요자원시장(1.9%)이 그 뒤를 이었으며, ESS활성화와 미활용에너지 관련분야는 1% 이하의 시장을 차지

표 54. 세계 에너지 신산업 품목별 시장규모 및 전망

(단위 : 억 달러, %)

구분	'16	'17	'18	'19	'20	'21	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

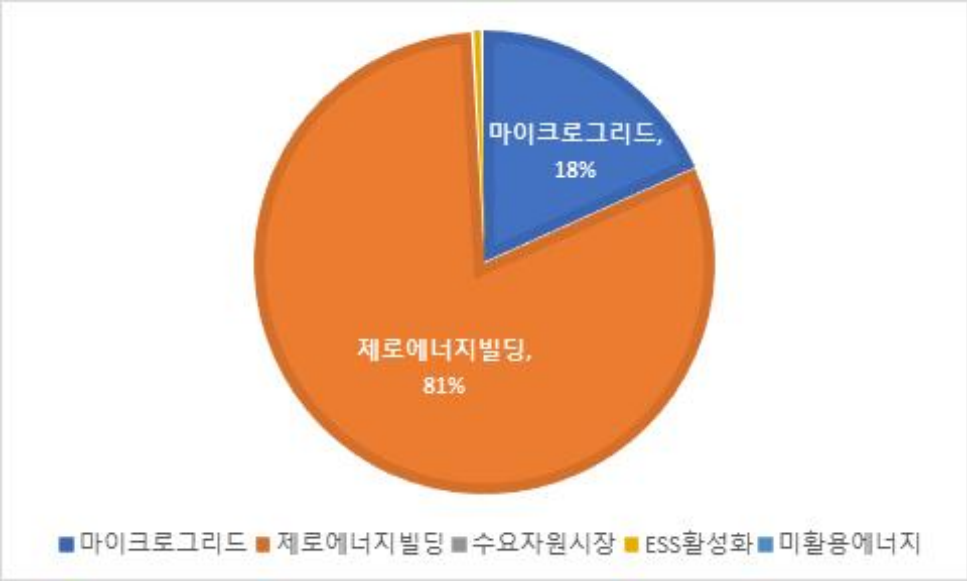


그림 48. 2016년 세계 에너지 신산업 품목별 시장규모

□ 건물은 세계적으로 가장 많은 에너지를 소비하는 부문으로 이에 따라 제로에너지빌딩에 대한 관심이 높아지고 있으며, 2024년 약 1,560조 규모의 시장을 형성할 것으로 전망

- 건물은 세계적으로 가장 많은 에너지를 소비하며(36%) 지속적으로 증가하는 추세로 에너지효율향상이 되지 않을 경우 건축물과 에너지사용 설비의 지속적인 증가로 2050년까지 50% 증가 예상
- 이에 따라 건축물에너지 절감 및 온실가스 감축에 획기적으로 기여할 수 있는

혁신적인 건물로서 제로에너지빌딩에 대한 관심이 높아지고 있으며, 제로에너지빌딩의 세계 산업시장 규모는 2014년 약 420조, 2024년 약 1,560조 규모로 성장할 전망

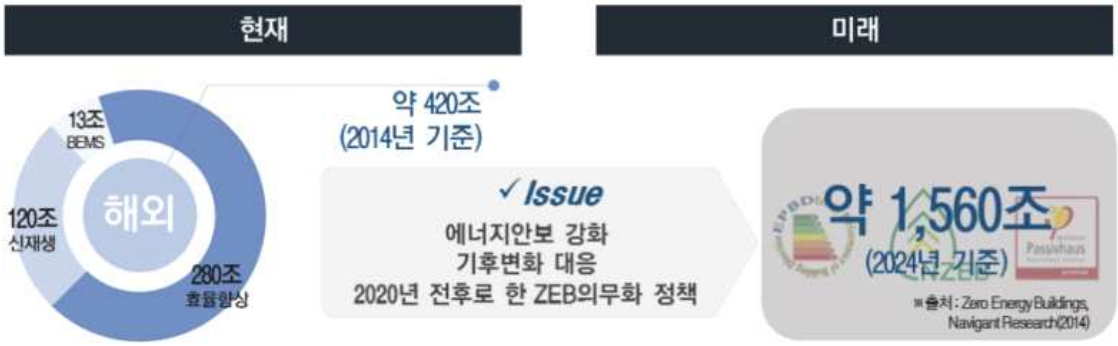


그림 49. 세계 제로에너지빌딩 시장규모

3) 건축 설비·자재 시장 현황 및 전망

① 에너지관리시스템(Energy Management System, EMS)

▫ Marketsandmarkets는 전 세계 에너지관리시스템 시장이 2021년 767억 달러에 이를 것으로 전망하였으며, 주요기업은 스위스의 ABB, 미국의 CISCO 등이 있음

- 에너지관리시스템(Energy Management System, EMS)은 실시간 사용정보를 관리, 비효율적인 에너지 사용을 줄임으로써 능동적으로 에너지 관리를 가능하게 하는 시스템으로 도입 장소에 따라 HEMS, BEMS 등으로 세분화
- 전 세계 에너지관리시스템 시장은 2016년 324억 달러에서 연평균 성장률 18.8% 증가하여 2021년 767억 달러에 이를 것으로 전망
- 전 세계 에너지관리시스템 시장은 종류에 따라 산업용 에너지 관리 시스템, 빌딩 에너지 관리 시스템, 가정용 에너지 관리 시스템으로 분류되며, 2015년 기준으로 산업용 에너지 관리 시스템은 60% 점유율을 차지하였으며, 빌딩 에너지 관리 시스템이 15%, 가정용 에너지 관리 시스템이 3%로 뒤따르고 있음

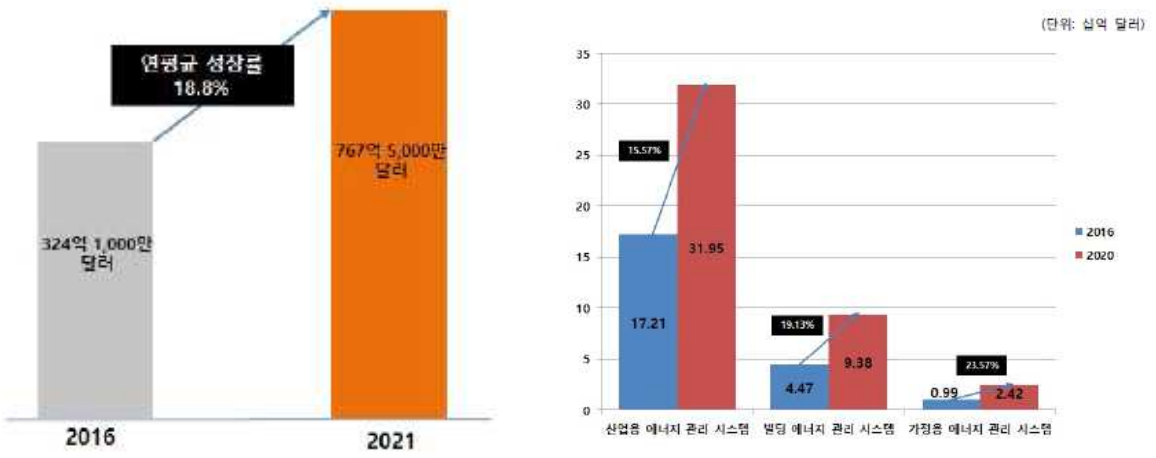


그림 50. 글로벌 에너지 관리 시스템 시장 규모 및 전망

- 세계 에너지관리시스템 시장에서 주요 기업은 ABB(스위스), CISCO System Inc(미국), General Electric Company(미국), Honeywell International(미국), IBM(미국), Siemens AG(독일), Schneider Electric SE(프랑스), Emerson Process Management(미국) 등이 있음

표 55. 세계 에너지 관리 시스템 기업 동향

구분	기업 동향
Asea brown Boveri Ltd (ABB)	• 스웨덴 기업인 ASEA와 스위스 기업인 Boveri&Cei의 합병을 통해 1988년 설립된 스위스-스웨덴 다국적 기업 • 엔지니어링 및 컨설팅 서비스, 설치 및 시운전 서비스와 같은 서비스를 통해 고객에게 프로세스, 자동화, 전력 분배 및 에너지 효율 향상과 같은 이익 제공
CISCO System Inc	• 1984년 설립된 미국 기업으로 네트워킹 제품 및 솔루션을 제공하는 글로벌 기업 • 2013년 기업용 네트워크 장비, 데이터센터 에너지관리, 분석 및 컨플라이언스용 소프트웨어를 공급하는 업체인 JouleX를 인수하였으며, 이를 통해 자사의 에너지와이즈(EnergyWise) 및 에너지 관리 제품군을 보완하며 하드웨어 미터기나 네트워크 구성을 사용하지 않고 고객들에게 에너지 사용량 관리법을 제공
General Electric Company	• 1892년 설립된 미국 기업으로 에너지, 유틸리티 및 전력 산업을 위한 모든 유형의 제품과 서비스를 제공 • 2015년 Alstorm의 에너지 및 그리그(Grid) 부문을 인수하여 소프트웨어를 기반으로 솔루션 영역으로 사업을 확장
Honeywell International	• 1985년 설립된 미국 기업으로 자동화 및 제어 솔루션(ACS) 부문을 통해 효율적인 에너지 인프라를 위한 다양한 솔루션과 서비스를 개발 • 2016년 중동 지역의 스마트 빌딩 및 스마트 시티 지원에 초점을 맞춘 에너지 제품을 제공
International Business Machine Corporation (IBM)	• 1911년 설립된 다국적 기업으로 컴퓨터 시스템을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 개발하고 컨설팅 서비스를 제공 • 2015년 전체 에너지 생태계에서 의사 결정을 향상시키도록 설계된 새로운 클라우드 기반 분석 플랫폼을 발표
Siemens AG	• 1847년 설립된 독일 기업으로 산업 자동화 관련 분야의 선두 업체 중 하나 • 2016년 소규모 유틸리티 공급 업체를 위한 에너지 관리 기능을 갖춘 새로운 마이크로그리드 소프트웨어를 개발하였으며, 이 제품은 마이크로그리드 운영자가 부하관리 및 에너지 분배를 제어하고 모니터할 수 있게 해줌
Schneider Electric SE	• 1836년 설립된 프랑스 기업으로 배전 사업 및 자동화 전문 산업 엔지니어링 장비를 제조 • 2015년 에너지 사용 최적화에 대한 고객의 요구에 부응할 수 있는 스마트한 에너지 저장 시스템인 Eco Blade 출시
Emerson Progress Management	• 1980년 설립된 미국 기업으로 공정 관리, 기후, 네트워크 파워, 스토리지 솔루션, 전문 공구, 가전 솔루션, 모터 기술 및 산업 자동화 분야에서 다양한 제품과 서비스를 제공 • 2015년 공장 및 제련소에서의 에너지 소비를 모니터링하고 관리하는 프로세스를 자동화할 수 있는 실시간 에너지 관리 정보 시스템인 Energy Advisor를 출시

□ 첨단 에너지 저장시스템(AESS)은 분산발전 및 재생에너지 발전으로 생산된 전기를 저장하기 위한 필수장비로 전력망내에서 잉여 전기를 저장하는 그리드 에너지용 AESS 시장은 '17년 43억 달려에서 5.8%로 성장하여 '22년 58억 달려 규모를 형성할 것으로 전망됨[17)]

17) 연구개발특구진흥재단, 2018, 첨단 에너지 저장시스템 시장, marketandmarkets 재인용

- 첨단 에너지 저장시스템(AESS, Advanced Energy Storage System)은 전력망에서 잉여전력을 저장하거나 운송용 수단에서 에너지원을 저장하는 시스템을 의미

• 그리드 에너지 저장 시스템(ESS, Energy Storage Systems)은 생산된 잉여 에너지를 그 자체로 또는 변환하여 저장하고 필요할 때 사용할 수 있는 장치 또는 시스템을 의미하며 발전소, 송·배전, 최종 소비자 단계에 이르는 전과정의 전력 시스템에 설치하여 피크 수요 관리, 전력 보조 서비스 등 다양한 용도로 활용

• 운송 업계의 그리드 에너지 저장 시스템은 하이브리드 자동차, 플러그-인 하이브리드 자동차와 같이 차량에 대해 독립형 전원 공급 장치 또는 다른 에너지원으로 사용할 수 있는 차량에 에너지를 저장하는 시스템을 의미

- 에너지 저장 시스템은 안정적이고 효율적인 전력 수급 체계 구축을 위한 효과적인 수단으로서 전 세계적으로 주목받고 있으며, 특히 분산발전 및 재생에너지 발전을 통해 생산된 전기를 저장하기 위한 필수 장치임

- 세계 첨단 에너지 저장 시스템 시장은 2017년 127억 3,000만 달러에서 연평균 성장률 8.38%로 증가하여, 2022년에는 190억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망

- 세계 첨단 에너지 저장 시스템 시장을 용도에 따라 구분하면 운송수단용이 2017년을 기준으로 65.8%로 높은 비중을 차지

- 그리드 에너지용은 2017년 43억 5,800만 달러에서 연평균 성장률 5.80%로 증가하여, 2022년에는 57억 7,820만 달러에 이를 것으로 전망

• 주요 선진국은 기술 개발 지원과 함께 정부 예산으로 에너지 저장 시스템 실증 사업을 추진하고 보조금 지급, 세금 감면 및 의무화 등 확산을 유도하고 있으나, 시장성숙도가 초기단계로 기업의 수익으로 연결되고 있지 못함



그림 51. 첨단 에너지 저장시스템 시장 현황 및 전망

② 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, BEMS)

□ 세계 HVAC 제어 시장은 2016년 94억 8,000만 달러에서 연평균 성장률10.8%로 증가하여, 2022년에는 175억 1,000만 달러에 이를 것으로 전망됨[18)]

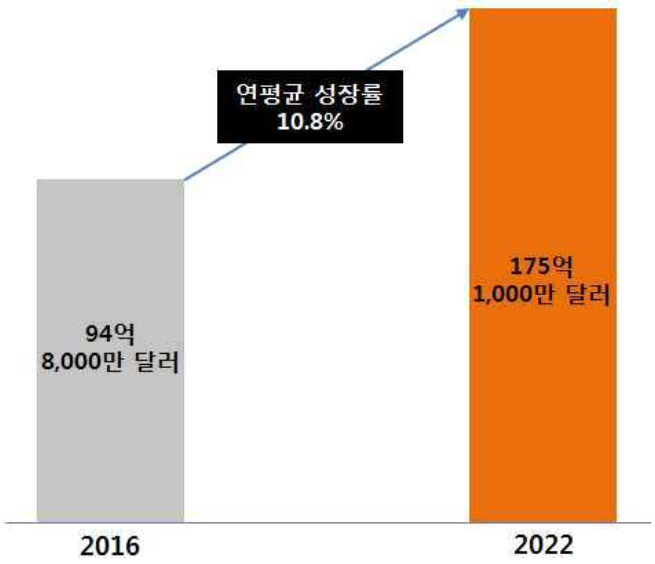


그림 52. 세계 HVAC 제어시장 현황 및 전망

- HVAC(Heating, Ventilation, Air Conditioning)는 실내의 온도, 습도 등을 적절한 상태로 유지하는 것으로, HVAC 제어는 온도 조절 장치, 제어 밸브, 제어기와 같은 센서, 제어장치를 이용하여 다양한 유형의 건물 온도, 습도 등을 자동 제어

• HVAC 제어는 건물 내의 온도, 습도 등을 유지하기 위한 사람의 작업이 필요 없기 때문에 위험하고 복잡한 구조의 산업용 건물에 적용하면 안정성을 향상시킬 수 있음

• 주택용 건물, 상업용 건물, 산업용 건물 등에 적용되며, 이와 같은 건물의 관리 비용과 에너지 소비를 효과적으로 줄일 수 있음

• HVAC 제어 시장은 개선된 에너지 효율, 유해 환경 영향의 저감, IP 기술의 사용증가, 건설 사업의 증가, 에너지 관리 제도의 개선 등에 의하여 증가하고 있음

• 스마트 기기에 대한 수요의 증가, 센서 및 제어장치 기술의 진보로 HVAC 제어 시장의 성장이 촉발될 것으로 예상

□ 세계 건물에너지관리시스템은 2012년 18억 달러에서 2026년 131억 달러로 성장할 것으로 전망[19)]

18) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용
19) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용

- 제로에너지빌딩에 대한 관심이 높아지는 가운데 건물에너지관리시스템(BEMS)가 건물에너지 관리에 최적화된 기술로 각광

  • 건물에너지관리시스템(BEMS)은 건물에너지의 효율적인 사용 및 절약을 위해 시설관리의 최적화를 도모하고, 실시간 데이터와 분석 결과의 모니터링 데이터를 건물 관리자에게 제공하여 건물의 적절한 제어 및 운영을 가능하게 하는 기술로 건물 전생애주기에 걸쳐 설비의 에너지 낭비요인을 제거하여 실제 에너지 소요량을 최소화할 수 있는 시스템

▫ 세계 HVAC 제어 시장은 시스템에 따라 온도 제어 시스템, 통합 제어 시스템, 환기 제어 시스템, 습도 제어 시스템으로 분류되며, 2015년을 기준으로온도 제어 시스템이 63% 이상으로 가장 높은 점유율을 차지[20)]

- 온도 제어 시스템은 2016년 60억 달러에서 연평균 성장률 10.9%로 증가하여, 2022년에는 111억 5,000만 달러에 이를 것으로 전망
- 통합 제어 시스템은 2016년 20억 5,000만 달러에서 연평균 성장률 11.5%로 증가하여, 2022년에는 39억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망
- 환기 제어 시스템은 2016년 9억 3,000만 달러에서 연평균 성장률 8.7%로 증가하여, 2022년에는 15억 4,000만 달러에 이를 것으로 전망



그림 53. 세계 HVAC 제어 시장의 시스템별 규모 및 전망

▫ 세계 HVAC 제어 시장은 수익원에 따라 HVAC 제어와 빌딩 에너지 관리 시스템(BEMS)으로 분류되며, 2015년을 기준으로 HVAC 제어가 80% 이상으로 빌딩 에너지 관리 시스템보다 높은 점유율을 차지[21)]

- HVAC 제어는 2016년 94억 8,000만 달러에서 연평균 성장률 10.8%로 증가하여, 2022년에는 175억 1,000만 달러에 이를 것으로 전망

20) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용
21) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용

- 빌딩 에너지 관리 시스템(BEMS)은 2016년 24억 2,000만 달러에서 연평균 성장률 12.1%로 증가하여, 2022년에는 48억 달러에 이를 것으로 전망

• BEMS 시장의 성장요인으로는 정부의 건물에 대한 에너지 규제와 에너지 공급사에 대한 수요관리 의무화 등의 정책 강화에 따른 신규 건물 수요, 신축·기축 건물의 에너지관리 개선 및 비용 절감, 이산화탄소 저감 등으로 조사

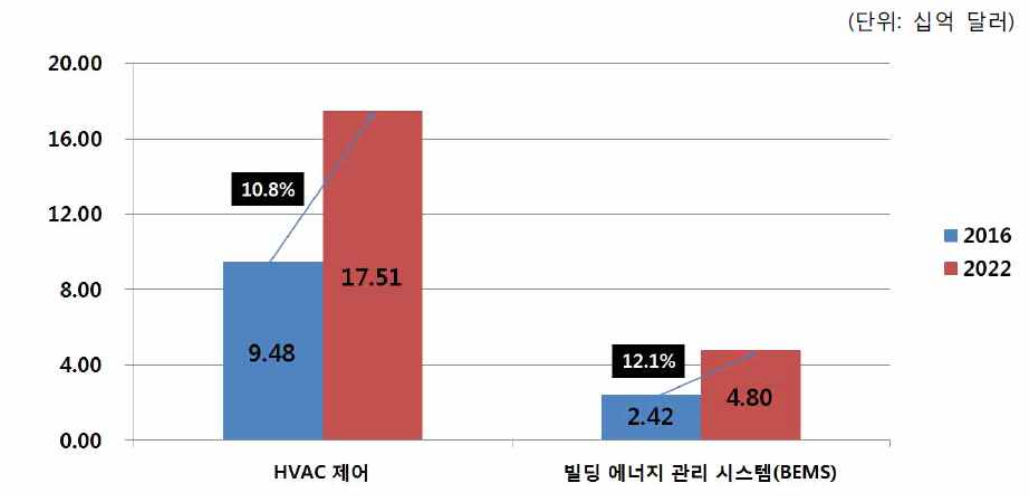


그림 54. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 수익원별 규모 및 전망

□ 세계 HVAC 제어 시장은 용도에 따라 상업용 건물, 주택용 건물, 산업용건물로 분류되며, 2015년을 기준으로 상업용 건물이 47% 이상으로 가장 높은 점유율을 차지[22)]

- 상업용 건물은 2016년 44억 3,000만 달러에서 연평균 성장률 11.1%로 증가하여, 2022년에는 83억 5,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 주택용 건물은 2016년 32억 2,000만 달러에서 연평균 성장률 10.7%로 증가하여, 2022년에는 59억 2,000만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 산업용 건물은 2016년 18억 3,000만 달러에서 연평균 성장률 10.1%로 증가하여, 2022년에는 32억 5,000만 달러에 이를 것으로 전망됨

22) 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용

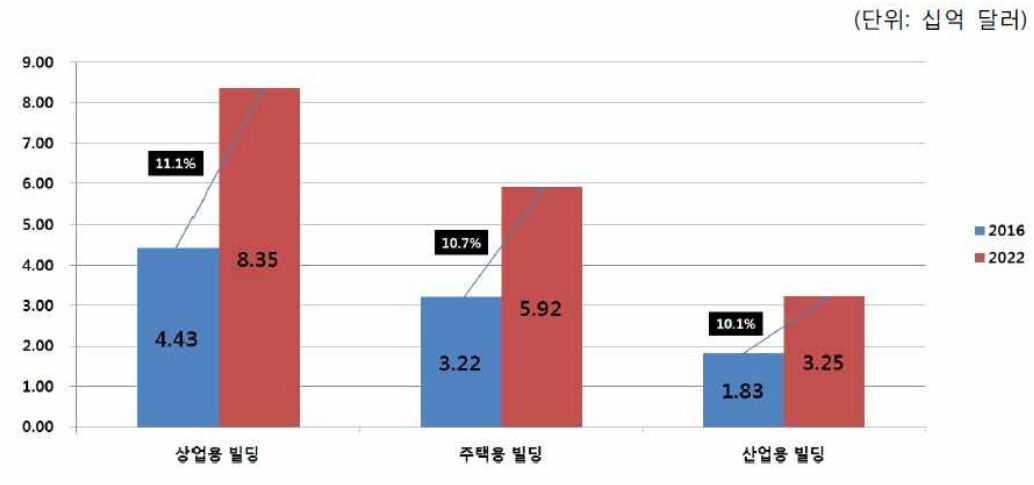


그림 55. 세계 HVAC 제어 시장의 HVAC 제어 시장의 용도별 규모 및 전망

□ 지능형 검침인프라(AMI), 시장은 2015년 123억 4,000만 달러에서 연평균성장률 9.0%로 증가하여, 2019년에는 176억 달러에 이를 것으로 전망되며 구성요소 중 솔루션 시장의 성장폭이 가장 클것으로 예측됨[23)]

- 솔루션은 2015년 46억 7,980만 달러에서 연평균 성장률 21.2%로 증가하여, 2020년에는 96억 1,000만 달러에 이를 것으로 전망
- 서비스는 2015년 43억 4,800만 달러에서 연평균 성장률 10.6%로 증가하여, 2020년에는 71억 8,340만 달러에 이를 것으로 전망
- 디바이스는 2015년 10억 4,090만 달러에서 연평균 성장률 15.5%로 증가하여, 2020년에는 27억 2,680만 달러에 이를 것으로 전망

□ 지능형 검침인프라(AMI), 시장을 검침대상에 따라 가스, 수도, 전기 미터로 구분할 수 있으며 이 중, 전기미터의 시장 규모가 가장 큰 것으로 나타남[24)]

- 전기미터 시장은 ’15년 기준, 21억 달려로 약 8억 달러 수준인 가스미터 및 수도미터 시장의 2배 이상 규모임
- 전기미터 시장은 ‘15년부터 연평균 13.3%로 성장해 ‘20년 39억 달러 규모를 형성

23) 연구개발특구진흥재단, 2018, 지능형 검침인프라 시장, marketandmarkets 재인용
24) 연구개발특구진흥재단, 2018, 지능형 검침인프라 시장, marketandmarkets 재인용

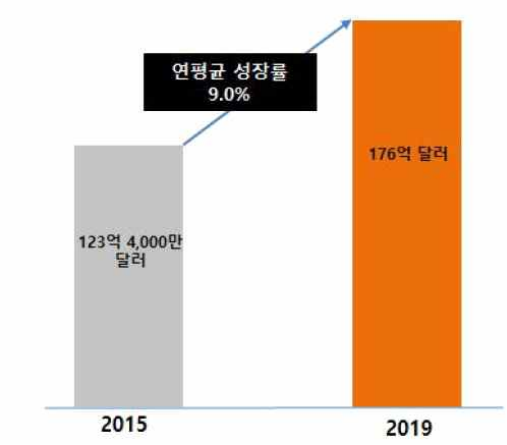
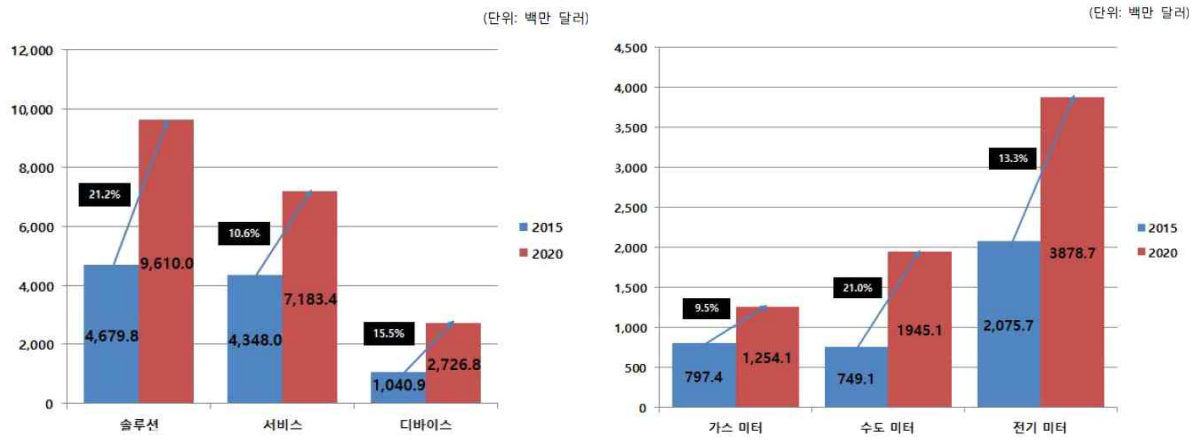


그림 56. 지능형 검침 인프라(AMI) 시장



< 세계 지능형 검침 인프라 시장 > < 지능형 검침 인프라 세부분야별 세계 시장 >

그림 57. 지능형 검침 인프라(AMI) 시장(세부분야별)

③ 스마트 신재생에너지관리시스템

□ 전 세계적으로 스마트 신재생에너지관리시스템의 수요가 지속적으로 확대될 전망이며, 세계 신재생에너지 시장규모는 2014년 3,562억 달러로 연평균 성장률 24.7%로 급성장하고 있는 추세

- 국내외적으로 에너지 저소비형 건축물 및 신재생에너지를 적용한 에너지자립 건축물에 대한 수요가 증가하고 있으며, 미래의 에너지의 고갈과 기후변화에 대응하기 위하여 건축물에서의 스마트 신재생에너지시스템의 수요가 지속적으로 확대될 전망

• 스마트 신재생에너지관리시스템 : 건축물의 에너지 자립을 위해 신재생에너지를 건물 외피 또는 설비 시스템과 접목시킨 에너지 생산 시스템을 구축하는 기술로 에너지 생산량 및 에너지 이용 효율 극대화를 위한 예측, 설계, 시공, 제어, 관리 기술을 지칭

- 세계 신재생에너지 시장규모는 2013년 3,124억 달러, 2014년 3,562억 달러에 이르며, 연평균 성장률 24.7%로 급성장하고 있는 추세

④ 고효율 건물외피시스템, 조명 등 자재

□ 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 규모가 확대될 것으로 예상되며, 세계 녹색 건축자재 시장은 2013년 1,160억 달러에서 2020년 2,540억 달러로 성장할 것으로 예측

- 고효율 건축외피 시스템은 건축물의 외피를 통한 에너지 손실을 최소화하여 저에너지 건축 및 제로에너지빌딩에 기여하는 시스템 및 관련 부품소재를 의미
- 정부의 정책과 규제변화, 녹색 건물 인증 프로그램의 확대, 녹색 건축자재의 생산 비용 절감 및 소비자 수요 증가에 따라 세계 녹색 건축자재 시장은 2013년 1,160억 달러에 이르고, 2020년에는 2,540억 달러에 달할 것으로 전망
- 녹색건물 건축에 대한 정부의 지원, 상업, 사무용 및 주거 건물에 대한 녹색 건축자재 수요 증가로 인하여 세계 녹색 건축시장 성장률은 2014년 12.81%를 기록하였으며, 2019년까지 연평균 성장률(CAGR)은 13.21%에 이를 것으로 예측
- 세계 창호시장은 연간 7.1%의 성장률로 2017년 2,230억 달러까지 성장할 것으로 예상
- 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 녹색건축자재 및 에너지 관련 시장규모가 급속도로 증가함에 따라 그 규모가 확대될 것으로 예상

□ 세계 조명 제어 시스템 시장 규모는 2017년 14억 4,600만 달러에서 연평균 성장률 17.82%로 증가하여, 2023년 38억 6,700만 달러에 이를 것으로 전망[25)]

25) 연구개발특구진흥재단, 2018, 조명 제어 시스템 시장, marketandmarkets 재인용

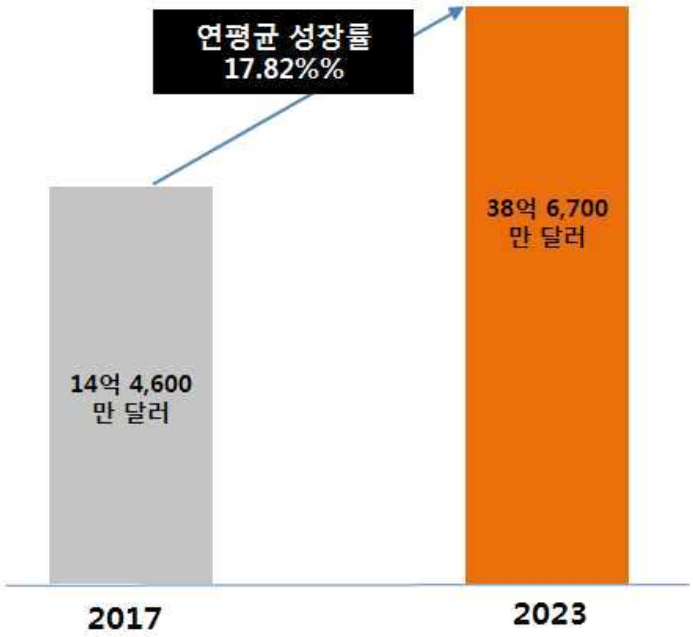


그림 58. 세계 조명 제어시스템 시장 규모 및 전망

- 에너지 절감의 중요성이 부각되면서 대형 건물에서 에너지 절감형 조명 제어 시스템 도입이 가속화되고 있으며, 건물 같은 경우 전체 에너지 비용 가운데 조명이 차지하는 비중이 40%의 육박하기 때문에 조명 제어 시스템을 적용할 경우 에너지를 사용량을 크게 줄일 수 있는 장점
- 스마트하고, 상호 연결된, 조작이 가능한 조명시설, 데이터 네트워크를 통해 연결된 조명시스템, 스마트 LED 가로등 적용 확대, 조명의 질, 생태 동역학적 특성 등 관심 증대로 인해 세계 조명 시스템 시장을 촉진
- LED조명은 유무선 통신제어, Smart Ap 제어, 에너지모니터링 시스템등과의 자유로운 호환성, 다양한 색구현 등의 고품질의 빛을 제공함으로써 각종 상업 공간에 폭넓게 적용될 수 있는 가능성이 확대

다. 국내 시장 현황

1) 도시 에너지 시장 현황 및 전망

□ 전 세계적으로 도시 문제 해결방안으로서 스마트시티가 확산되고 있는 추세로 우리나라 또한 2000년 초부터 스마트시티 조성을 추진하고 있으며, ‘20년 150조원의 시장규모가 형성될 것으로 전망

- 도시화 가속화에 따른 대기 및 수질오염, 에너지 소비 등 환경문제와 교통 체증 등 도시 문제의 해결방안으로 스마트시티가 대두되었으며, ICT를

중심으로 산업간 융복합 기술을 활용하여 확산되고 있는 추세

- 우리나라 또한 문재인 정부 취임 이후 스마트시티를 신성장동력의 핵심 플랫폼으로 선정하였으며, 4차 산업혁명 대응을 선도할 범부처 혁신성장동력 중 하나로서 강조
- 국내도 2000년 초 스마트시티를 조성 후 '18년 세종과 부산을 국가 시범도시로 선정하여 민간과 시민 주도의 혁신 생태계를 조성 추진
- 국내의 경우 '14년 스마트시티 산업 규모는 3.6조원으로 추정되며, '17년 4.64조원. '20년 150조원의 시장규모가 형성될 것으로 전망

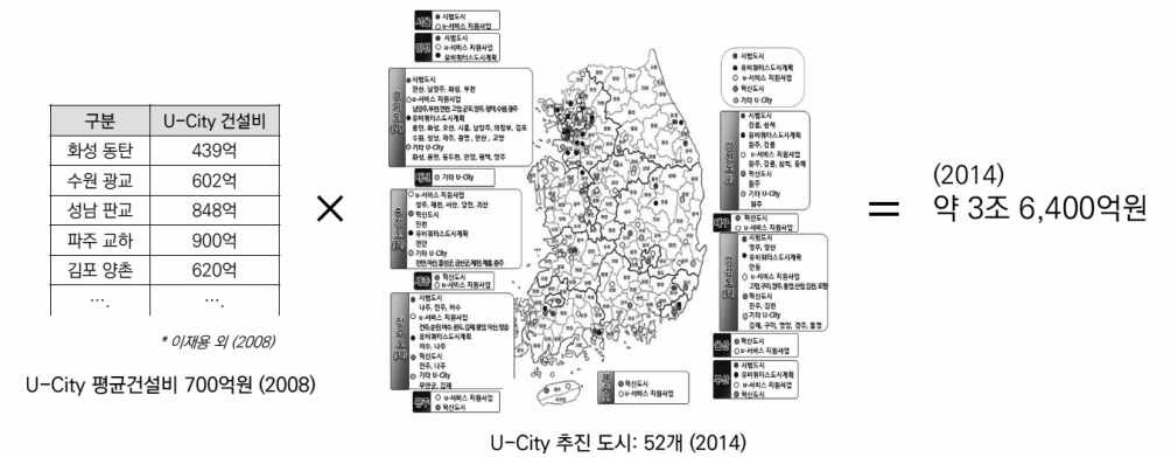


그림 59. 국내 스마트시티 산업 시장규모('14년)

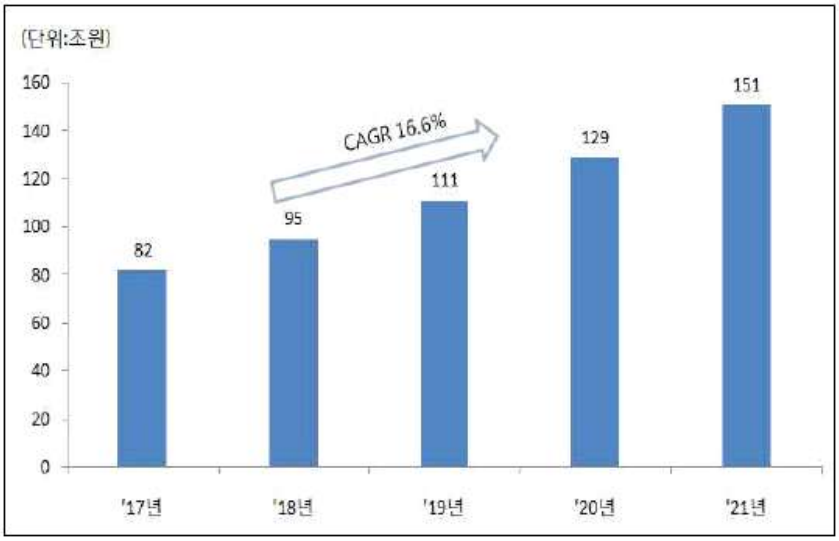


그림 60 국내 스마트시티 시장규모 전망

□ 국내 기업의 경우 이동통신사, 건설사 및 관련 공기업의 스마트시티 개발이 활발하며, 스마트시티 개발사업의 에너지 관련 참여회사는 LG유플러스, 바른전자, 에스넷시스템 등이 있음

- SK의 경우 통신, 건설 등 계열사와의 연계성을 기반으로 스마트시티를 구축하고 있으며, 성남 판교지구 구축사업, 중국 스마트시티 MOU 체결 등을

진행

- LG-CNS는 스마트시티와 관련하여 2006년 성남판교지구 프로젝트를 시작으로 인천, 수원, 원주, 송산 등 13개의 스마트시티 구축 프로젝트에 참여
- KT는 대부분의 U-City 통신 인프라 구축사업에 참여하였으며, 천안시 첨단교통관제시스템, 서울시 상수도 통합통신망 구축 등 8개 이상의 구축사업에 참여
- 한국토지주택공사(LH)는 세종에 7,000억 규모의 사업비를, 한국수자원공사(K-Water)는 부산에 1조원 규모의 사업비를 기반으로 스마트시티를 조성할 계획('18년)

표 56. 국내 스마트시티 개발사업 에너지 분야 참여회사

회사명	매출액 (십억원)	주요 구현 서비스 및 제품
LG유플러스	12,262	• 스마트가로등(유동인구 분석 S/W 포함)
바른전자	168	• 통신기술에 활용가능한 Lora 모듈 출시
에스넷시스템	122	• 스마트 가로등, 스마트 횡단보도
누리텔레콤	96	• 스마트그리드 S/W, IoT 관련 플랫폼
옴니시스텐	95	• 원격 계측시스템(중국 수출)
코캄	52	• 전기차 충전소 관련 ESS 제품
엔텔스	47	• 에너지관리 시스템, IoT 관련 플랫폼
블루카이트	19	• 스마트 가로등(뉴욕양키즈 야구장 스마트 조명 시공)
디오넷	19	• 네트워크 on/off 스위치, 스마트 미아방지 S/W
이지세이버	13	• 소비전력 무선통제 S/W, 네트워크 on/off 스위치
노루기반시스템즈	4	• 대기질 모니터링 S/W, 악취 확산 예측 S/W
나무아이앤씨	2	• 스마트 가로등
이큐브랩	2	• 스마트 쓰레기관리(쓰레기 적재량 예측, 모니터링 S/W)
피엘네트웍스	1	• IoT 관련 플랫폼, 통신모듈장비
해외 주요 참여사	ALSTORM(프랑스), PHILIPS(네덜란드), OSRAM(독일), LUTRON(미국), GE(미국)	

2) 건축물 에너지 시장 현황 및 전망

□ 국내 제로에너지빌딩 시장은 2014년 기준 약 8.6조원 규모를 형성하고 있으며, 제로에너지빌딩 의무화 등의 보급·활성화 정책에 따라 2020년 약 20조, 2030년 약 50조 규모로 확대 전망

- 국내 에너지 소비의 21%는 건물에서 소비되고 있으며, 제로에너지빌딩이 보급되면 우리나라 연간 에너지비용의 최대 80%까지 절감이 가능

- 국내의 경우, 현재 건물에너지 효율향상, 신재생에너지, 유지관리와 관련된 산업기술시장이 약 8.6조원 규모로 형성
- 앞으로 제로에너지빌딩 의무화 및 산업기술 지원 등의 보급·활성화 정책이 본격적으로 시행됨에 따라 그 규모가 2020년 약 20조로 확대 전망



그림 61. 국내 제로에너지빌딩 시장규모

- 건축도시공간연구소는 국내 녹색건축물 시장을 2030년 63조 규모를 형성할 것으로 전망

• 건축도시공간연구소는 2030년까지 녹색 · 제로에너지건축 시장규모를 신축건축물의 제로에너지 건축물 보급, 기존건축물의 그린리모델링 확대와 건축물을 활용한 신 · 재생에너지 발전까지 3대 부문을 대상으로 추정

• 2018년부터 2030년까지 누적된 제로에너지 건축물 시장은 총 약 497조원, 제로에너지 전문설비 시장만으로도 약 82조원 규모의 시장이 형성될 것으로 전망

• 그린리모델링 시장은 약 7~8조 규모의 시장이 매년 형성될 것으로 예상

• 건축물 활용 태양광발전 사업시장은 기존 옥상을 활용하는 시장이 매년 약 3~4조원 규모로 열릴 수 있을 것으로 전망

표 57. 국내 녹색건축물 시장규모

(단위:백만원)

구분	제로에너지 건축 시장규모				그린리모델링 시장규모	건축물 활용 태양광발전사업 시장규모	
	제로에너지 전체 건설시장		추가설비 시장				
년도	민간건축	공공건축	민간건축	공공건축		신축옥상	기존옥상
2018	-	-	-	-	7,314,867	35,840	3,495,140
2019	-	-	-	-	7,382,171	59,394	3,508,619
2020	-	9,272,646	-	1,545,441	7,493,710	54,079	3,588,516
2021	-	8,458,234	-	1,409,706	7,595,265	49,329	3,676,985
2022	-	7,728,540	-	1,288,090	7,687,902	45,074	3,822,135
2023	-	7,090,989	-	1,181,831	7,772,546	41,355	3,895,193
2024	-	6,493,436	-	1,082,239	7,850,208	37,870	3,931,033
2025	99,618,522	5,909,573	16,603,087	984,929	7,921,326	34,465	3,990,427
2026	89,661,650	5,318,911	14,943,608	886,485	7,986,049	31,020	4,044,506
2027	79,078,838	4,691,117	13,179,806	781,853	8,044,302	27,359	4,093,836
2028	67,563,126	4,007,982	11,260,521	667,997	8,095,681	23,375	4,138,909
2029	55,036,990	3,264,906	9,172,832	544,151	8,139,577	19,041	4,180,264
2030	41,470,278	2,460,101	6,911,713	410,017	8,175,335	14,348	4,218,135
누적 합계	소계			(82,854,307) 497,125,840	101,458,938		51,056,249

3) 건축 설비·자재 시장 현황 및 전망

① 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, BEMS)

□ 국내 건물에너지관리시스템 시장은 연평균 약 1~2% 성장에 그치는 것으로 분석되었으며, 향후 BEMS 시장 확대 전망에 따라 삼성전자 등 대기업의 참여가 활발해지는 추세

- 산업통상자원부의 2014년 조사에서 BEMS시장은 2017년 2,184억원 수준으로 전년대비 30% 성장할 것으로 전망됐지만 한국에너지기술평가원은 연평균 약 1~2% 성장에 그치는 것으로 분석
  - '17년 1만㎡ 이상 공공건물에 BEMS가 의무화되면서 시장이 급속히 확산될 것이라는 전망이 있었음
  - 사회적으로 BEMS의 필요성에 대한 인식이 확산되지 못했고, 이에 따라 정부에서도 강력한 정책드라이브를 걸지 못했고 기업 사정도 좋지 못했던 것을 원인으로 파악
- 국내는 건물에너지관리에 대한 인식이 낮아 대형건물 위주로 BEMS가 설치되고 있으며, 초기 시장은 전문 중소기업 중심으로 초기시장에 진입하였으나, 향후 BEMS 시장 확대 전망에 따라 삼성전자, 삼성SDS, LG전자, SK텔레콤, 포스코 ICT·건설, 한화 S&C, KT, GS네오텍 등 대기업의 사업참여가 활발

② 스마트 신재생에너지관리시스템

□ 정부는 신재생에너지 시장 규모 확대를 위해 2030년까지 111.5조원을 투자할 예정으로 국내 신재생에너지 시장규모는 연평균 24.7%의 성장률을 보이며 급성장할 것으로 전망

- 정부는 신재생에너지 시장규모 확대를 위해 2030년까지 111.5조원을 투자하고, 신재생에너지의 건물 융복합 예측 및 설계기술, 측정기술, 시공 및 유지·관리 분야 기술 개발이 가속화될 전망
- 2020년까지 그린홈 100만호 보급을 목표로 태양광, 태양열, 지열, 소형풍력, 연료전지 등의 신재생에너지설비를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 정부가 보조 지원함에 따라 신재생에너지 시장의 지속적인 확대 예상
- 국내 신재생에너지 시장규모는 연평균 성장률 24.7%로 2014년 약 15조원에 이르며, 2018년 약 22조원의 시장 규모로 성장할 것으로 예상
- 현재 스마트 신재생에너지 시스템 분야의 시장은 선진국의 기술력과 시장

점유율이 높은 분야이며, 국내의 경우 대기업이 자본력과 공급망으로 시장을 선점

③ 고효율 건물외피시스템 등 자재

□ 창호에너지효율등급제, 제로에너지건축물 의무화, 건축물의 에너지 절약 설계기준 개정 등에 따라 국내 고효율 건물외피 시스템 시장 규모는 증가하는 추세일 것으로 예상

- 미래에셋증권은 국내 건축자재 시장은 인테리어 및 노후주택 리모델링 수요 급증에 따라 2015년 26조원 규모에 달하고 2017년까지 연평균 성장률(CAGR)은 18.7%에 이를 것으로 예측
- 국내 기능성 유리 시장규모는 2012년 약 3,000억 원이며, 2012년 7월부터 시행중인 창호에너지효율등급제와 '녹색건축물 조성 지원법', 2025년 제로에너지건축물 의무화로 인해 창호 시장규모는 더욱 증가 예상
- 2015년 5월 개정된 건축물의 에너지 절약 설계기준 중 3,000㎡ 이상의 공공 건축물 중 업무시설 및 교육·연구시설은 창면적 10%에 차양이나 일사조절장치를 의무적으로 설치해야 하는 의무조항으로 인해 향후 일사조절장치로서 외부차양 시장의 활성화 기대
- 고효율 건축외피 산업은 국가별로 의무화되는 탄소배출저감 목표 달성 및 제로에너지건축물의 구현으로 녹색건축자재 및 에너지 관련 시장규모가 급속도로 증가함에 따라 그 규모가 확대될 것으로 예상되며, 현재는 대기업 중심으로 국내·외 관련 시장 확보를 시장 확보를 위한 경쟁 구도 심화
- 고효율 건축외피 시스템 부문의 국내 중소기업의 기술력을 바탕으로 친환경 건축자재, 고기밀, 고열효율성 벽체시스템, 고성능 창호시스템 개발 및 시공부문을 통한 세계 시장 진출 확대와 추격 요구

□ 2016년, 국내 건축용 단열재 수요는 전방산업인 건축경기의 활성화, '건축물 에너지 절약 설계기준' 규제 강화 등으로 전년대비 17% 증가한 78만3700톤임[26)]

- 국내 건설경기는 2013년을 기점으로 건축 착공 및 허가 면적이 증가하기 시작하여 2015년 전년대비 36% 증가
- 에너지절약 설계기준 강화로 외벽 단열재 두께의 요구수준이 높아지면서 자연스럽게 단열재 수요량이 증가

• 1979년 이후 건축물 단열재 허용두께는 꾸준히 강화되어 왔으며 2016년 7월 시행한 단열재 허용두께는 2013년 9월 시행규칙 대비 29%(가등급 기준)나 증가

26) 화학경제연구원, 2017, 건축자재시장분석 및 전망

- 단열재 및 인테리어 제품은 착공 이후 실제 사용될 때 까지 1~2년간의 시차가 있어, 최소 2018년까지 건자재 시장은 호황을 유지할 것으로 전망

4. 기술적 환경 분석

가. 건축물 에너지 저감 기술

1) 건축물 에너지 효율성 향상 재료·자재

□ GREFRO, SILBRICO 등의 단열재 전문회사는 불연성 열반사단열재를 개발 및 시판 하는 등 핵심기술 개발 진행

- 미국은 GREFRO, SILBRICO를 비롯한 단열재 전문회사에서 Super-R과 같은 불연성 열반사단열재를 개발하여 시판 중
- 독일의 BASF는 국내 EPS 공급사 중 최초로 차세대 단연재 네오폴®(Neopor®)에 고분자 난연제인 PolyFR(Polymeric Flame Retardant)를 적용해 생산
- 프랑스 SOMFY는 (사)친환경자동차양협회와 함께 서울시와 한국건설기술연구원이 주관하는 '에코하우스'에 고효율 외부 베네시안 블라인드(EVR)와 전동 내부 롤 블라인드 기술을 적용
- 일본은 JFE의 AMMAT, 미츠비시, 후지쯔 등에서 무기질 관련 열반사단열재 개발 및 시판이 이루어지고 있으며, 제품양산체계 구축에 총력 진행

□ 건축물 에너지 저감을 위한 패시브 요소기술로서 건축자재용 상변화 물질(PCM) 소재, 지붕, 벽체, 바닥재 등으로의 응용기술개발이 활성화[27)]

- 대표적 패시브 요소기술인 기밀성 및 단열성이 높은 구조 및 단열재, 고성능 창호, 열교환환기, 열교 방지기술 등과 더불어 건축물의 에너지 효율성을 보다 향상시키기 위한 방안로서 PCM활용 기술 부상

• 기존 패시브 요소기술을 통해 절감할 수 있는 건축물 에너지 절감 효과는 약 30%이며, 기존 에너지 사용을 대체하기 위한 액티브 기술의 효율성, 신뢰성, 비용 등 한계를 고려할 때 기존 패시브 기술의 성능 향상, 새로운 개념의 패시브 기술의 발굴 및 적용이 필요한 상황

• 기존 패시브 요소기술과 PCM 축열기술의 결합 시, 기대되는 에너지 절감 효과는 약 60%임

※ 상변화 물질(PCM : Phase Change Materials)은 주변의 온도변화에 따라 물질의 상태가 변화(고체 → 액체 또는 액체 → 고체)하는 물질로서 상태 변화 시, 온도의 변화없이 잠열(Latent Heat)의 형태로 열을 저장·방출하는 특성을 보유, PCM을 건축자재에 적용할 경우, 실외에서 유입·유출되는 열의 이동을 지연시켜 실내 냉난방 부하를 감소시킬 수 있음(일반 건축 자재의 20배 축열 성능 보유)

27) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2017, 주거공간 성능개선을 위한 상변화물질의 건축물 적용 기술개발기획

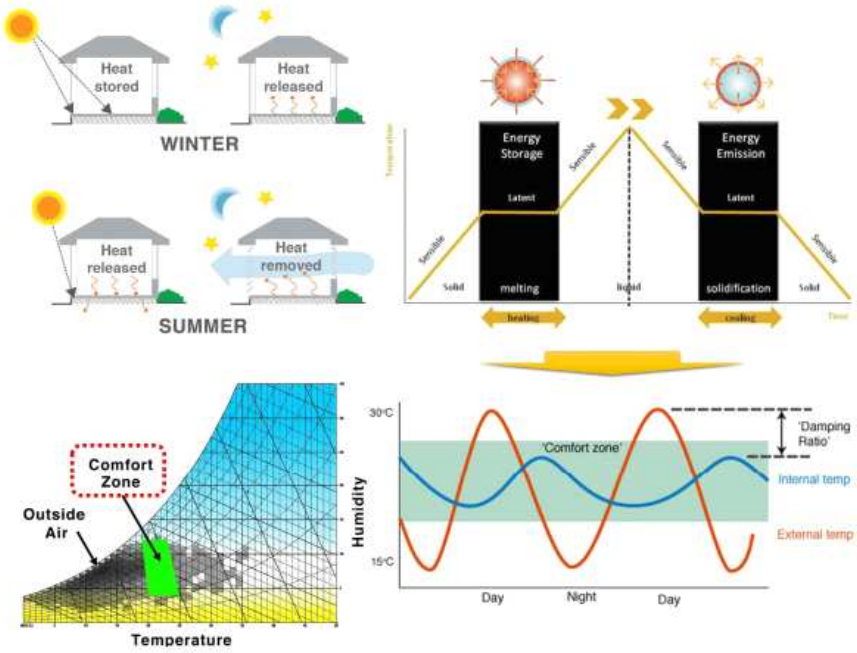


그림 62. 상변화물질(PCM)을 활용한 열쾌적 유지 및 에너지 저장

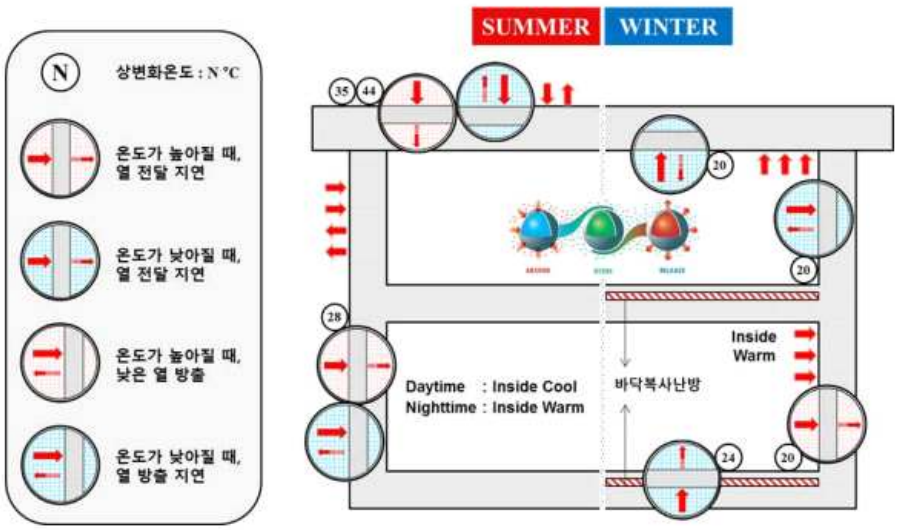


그림 63. 건축물내 상변화물질(PCM) 구조체 적용

- PCM은 크게 유기계 PCM과 무기계 PCM으로 구분되며 현재 미국, 중국 등 주요국에서 판매하고 있는 대표적인 PCM은 파라핀, 지방산(유기계), 황산(무기계)을 원료로 함

• Paraffin Wax 기반 PCM 생산업체 : Petrochina, Sinopec(중국), Iocl(인도), Exxonmobil, Igiwax(미국), Petro-canada(캐나다), Sasol(남아공)

• Sulfate PCM 기반 PCM 생산업체 : Lenzing AG(오스트리아), Nippon Chemicals Industrial Company Ltd.(일본), Elementis plc(영국), Du pont(미국), Alkim Alkali Kimya AS(터키), China Nafine Group International Co. Ltd(중국)

• Fatty Acids 기반 PCM 생산업체 : Akzo Nobel(네덜란드), BASF SE, Arizona Chemicals, Eastman Chemical(미국), Croda and Oleon N.V.(벨기에)

- PCM을 가공하는 방식은 '15년을 기점으로 석고, 콘크리트 등에 직접 혼합, 함침하는 방식에서 PCM을 캡슐화 하는 방식으로 변화되었으며 Du pont, BASF 등이 캡슐방식의 건축용 PCM 소재를 개발해 판매하고 있음

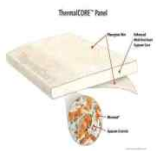
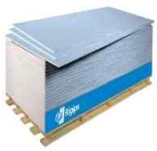
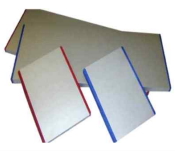
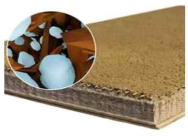
• Mricronal PCM(독일 BASF) : 상전이성 파라핀을 아크릴계 고분자로 캡슐화(Micro-encapsulation) 시킨 건축용 소재로 21℃~26℃ 사이에서 상변이 온도를 조절가능하고 액상 및 파우더 형태로 활용할 수 있음

• Energain(미국 Du pont) : 파라핀 PCM 알루미늄 적층 패널 사이에 넣은 패널형 소재(Macro-encapsulation), 상변이 온도는 20℃

• BioPCM(미국 Phase Change energy Solution) : 내화성을 높이기 위해 인화 억제 성분의 폴리필름에 PCM을 포장한 방식(Maro-encapsulation), 상변이 온도는 23℃~29℃임

- 독일 등 유럽을 중심으로 건축용 PCM 소재를 이용한 콘크리트 및 벽바름재, 석고보드, 보드 및 바닥재 등 축열 건축자재가 상용화되고 있음

표 58. PCM적용 축열 건축자재 상용화 현황

콘크리트 및 벽바름재				
(제품 명)	Weber. Mur Clima dry Plaster Mix	Maxit-Clima Gypsum Plaster	Klima 54 TYNK	ENERCIEL
(제조사)	Saint-Gobain Weber(독일)	Maxit Deutsch-land(독일)	CSV(폴란드)	WINCO Technologies SAS(프랑스)
석고보드				
(제품 명)	Knauf PCM Smartboard	Thermal CORE	Alba Balance Plaster Panels	
(제조사)	Knauf(독일)	National Gypsum(미국)	Saint-Gobain Rigips(스위스)	
보드 및 방향제				 
(제품 명)	Rubitherm FB	ThermaCol	ColZone ceilng tile	Eco Building Boards	Energain Boards
(제조사)	Rubitherm(독일)	Datum Phase Change Ltd.(영국)	Armstrong(영국)	Back To Earth(영국)	DuPont(미국)
단열재 및 창호				
(제품 명)	PCM Enhanced Celulose Fiber Insulation		GLASX	
(제조사)	Advanced Fiber Technologies(미국)		GLASX Inc.(스위스)	

□ PCM의 독일, 미국 등에서 PCM 상용화를 촉진하기 위한 연구가 기술개발이 이루어지고 있으며, 최근 시범적으로 PCM을 건축물에 적용한 사례도 출현

- 독일은 제6차 에너지 연구프로그램에서 효율성이 높은 건축물용 PCM 제품개발, 시공, 모니터링 등 실증 연구를 지원('13~'16)
- 미국 DOE의 Building technologies Office, Solar Energy Technology Office는 건축물 및 태양열 축열 장치로 PCM를 활용할 목적으로 '13년부터 PCM 나노입자, 용융염기반 신소재, 시뮬레이션 프로그램 개발 등에 연구자금을 지원[28)]

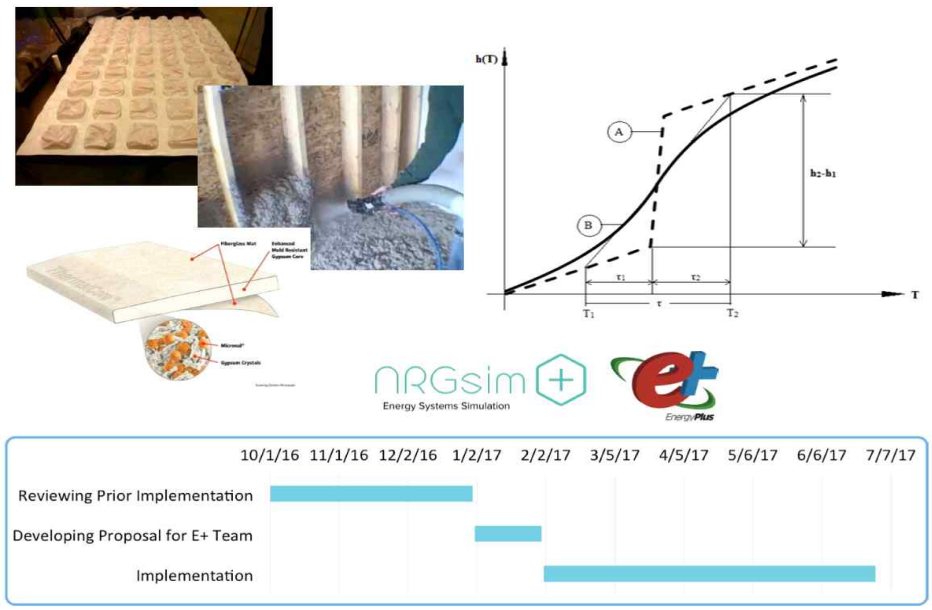


그림 64. DOE 건축물용 PCM 성능향상 시뮬레이션 툴 개발 프로젝트

- 미 캔자스 대학에서는 '00년부터 PCM이 적용된 건축물의 벽체와 천장의 열성능 평가를 주제로 연구를 수행해오고 있으며, 다양한 시뮬레이션 기법을 적용해 벽체와 천장의 열전달 감소, 피크 냉방 에너지 수요 감소, 열부하 시간 지연, 냉방에너지 절감 효과 등을 평가[29)]
- 미 데이턴 대학에서는 파라핀 PCM의 콘크리트 혼합 효과를 평가, Metal Construction Association은 PV-PCM 지붕시스템을 개발, Fraunhofer Center for Sustainable Energy System 연구팀은 건축물 외피 PCM 적용의 비용분석 연구를 수행[30)]
- 영국, 독일, 브라질에서는 공공시설, 주거공간 등에 PCM을 시범 적용해

28) DOE EERE, 2017, Enhancing Phase Change Material Modeling
29) 건축환경설비, 2014, 미국 상변화 물질 연구동향
30) 건축환경설비, 2014, 미국 상변화 물질 연구동향

PCM을 통한 에너지 절감 효과를 확인

표 59. 건축물의 PCM 시범 적용 사례

영국 Whitehall Building (영국 에너지 기후변화부 건물)	독일 Grate Pavilion (세계 최대 온실)	브라질 CasaE (상파울루 비즈니스 지구내 주택)
• BASF Micronal PCM 적용	• RUBITHERM사의 Macro-encapsulation PCM인 CSM(compact storage modules) 적용 • 연간 전력 22000kWh 감소, CO2 5만톤 감축	• 주택 내벽ㄱ에 BASF Micronal PCM 적용 • 건축면적 400m2 • 에너지 소비 절감율 70%
		

□ 테슬라 등 심미성을 갖춘 건물일체형 칼라 모듈 BIPV를 개발하여 시제품을 판매

- 테슬라 솔라루프와 Kromatix 社는 기존 태양광 모듈(PV) 대비 10% 미만의 발전 효율 손실을 갖는 다양한 색상의 BIPV(c-Si, CIGS, a-Si) 시제품 판매

• BIPV 시스템 : 태양광 에너지로 전기를 생산하여 소비자에게 공급하는 것 외에 건물 일체형 태양광 모듈을 건축물 외장재로 사용하는 태양광 발전 시스템

- BIPV와 관련하여 심미성을 유지하며 재생에너지 발전을 최대화하는 기술이 해외는 시제품 판매 단계이나 국내는 개발 단계이며, 그 외에 고효율 시스템 등에 대한 연구가 진행



그림 65. 해외 건물일체형 칼라 모듈 BIPV 설치 사례

□ 기존 건축물의 에너지 성능향상을 위한 방안으로서 건축 내외장재를 새롭게 설치하여 건축물의 단열 및 기밀성능을 강화하는 방법이 적용되고 있음[31)]

- 패시브 하우스에 대한관심 증가로 건축물의 에너지 절감에 대한 수요자의

31) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 효율적 에너지 운용을 위한 플로스 에너지 주거단지 핵심기술개발기획

관심이 증가함에 따라 단열·기밀 성능 개선을 위해 국외 기술 및 인증제도를 도입하는 등 국내에서 다양한 노력이 이루어지고 있음

- 대표적인 단열·기밀 성능 개선을 위한 방법으로 기존 건축물의 창호 교체 및 개보수 등이 이루어지고 있으며 이와 관련한 연구 및 제품 개발도 활발
- 창호업계는 신축건물의 에너지 성능기준 강화 및 그린 리모델링 시장 확대로 인해 고단열 고기능성 유리와 복합기능 창호시스템 개발에 주력

• LG하우시스는 일반 유리 대비 냉난방비를 40% 절약할 수 있는 고단열 로이유리를 사용해 이중창 적용 시 에너지소비효율 1등급을 충족하며, 광폭 설계로 차음력을 높여 외부 소음을 차단하는데 효과적인 '슈퍼세이브5' 출시

• KCC는 단열성이 우수하면서도 기존 하드 로이 유리와 맞먹는 내구성을 지난 'KCC 이글라스 에이치디 (e-GLASS HD) 소프트 로이 유리' 출시

• 이건창호는 독일 슈코사와 제휴를 통해 열전도율이 낮은 PVC소재에 첨단 단열공법을 적용해 열손실을 최소화한 에너지절감형 시스템창호인 'PWS 82 TT'와 2장의 유리 사이에 진공환경을 형성해 열전달을 원천적으로 차단한 '차세대 초단열 진공유리' 개발

• 한글라스는 전략적 제휴 관계인 (주)이다와의 협력을 통해 레일부를 홈이 보이지 않는 프레임 하단에 감춘 혁신적인 구조를 채택해 기밀성을 획기적으로 향상시켜 기존 창호의 단점을 개선

• 한글라스의 세이지글라스는 세이지글라스는 시간, 계절별 태양고도에 따른 태양빛의 실내유입을 자동으로 감지하여 실내의 조도 및 태양열 취득량을 자유롭게 조절할 수 있는 스마트글라스로, 냉방부하를 최대 20% 절감하는 등 에너지 절감 효과가 있음

- LG하우시스는 별체용 제품의 두께가 65mm, 열전도성능 0.018W/mK로 두께는 줄이고, 단열 성능은 향상된 페놀폼 단열재 출시

2) 건축물 외피·설비 시스템 및 인증

① 건축물 에너지 효율성 향상 외피시스템

□ 외피를 통하여 에너지를 생산하고 실내 설비시스템과 연동하여 활용 가능한 스마트 통합외피 개발이 필요

- 현재 외피 시스템은 고효율/고성능 위주의 요소기술 개발에 주력하여 단편적으로 융복합 기능(단열/환기/차양) 스마트 외피 기술개발이 이루어졌으나 건축용 대면적화를 위한 제조기반이 미비하고 시공효율성 저하라는 문제로 상용화 실패
- 따라서, IoT기반의 내외부 환경 센서와 스마트외피 액츄에이터를 통한 능동적 외피제어기술이 필요함

- 또한, 제로에너지빌딩구현을 위한 열교부위 개선 시방에 의한 시공 효율화 추진이 필요하며, 융복합 대상 요소기술의 공급자간 협업지원을 통한 모듈화 기반 조성 시급



그림 66. 스마트 제어형 통합 시스템 외피

□ 유럽을 중심으로 한 선진국은 창호, 커튼월 등의 기술 시장을 주도하고 있으며 현재 초단열 유기기술을 차세대 기술로 개발 중

- 주요 선진국의 창호, 커튼월의 경우 U-value 1.3W/m2K급이 시장의 주력상품이며, 다중격막(7~8챔버) 프레임과 삼중로이코팅을 포함한 3중 유리, 특수 가스 충진형 제품을 기술을 기 확보, 빠른 시일내에 U-value0.6W/m4K급 창호 커튼월 기술을 확보할 것으로 예상됨
- 벽체 및 지붕, 바닥을 포함한 외피 제품은 U-value 1.5W/m2K급이 주력상품이며 최근 핵심소재로서 ＼ 0.003 W/mk 이하의 고성능 단열재의 핵심기술을 확보
- BRE, BSRIA, CIBSE(영국) 등에서는 HVAC시스템의 성능평가 및 진단, 시스템 최적 설계, 신래공기 및 열환경 향상기술, Building Commissioning 기술, Free Cooling system 설계기술, 환기설비의 생애주기 성능향상 기술 등을 주제로 연구개발을 수행

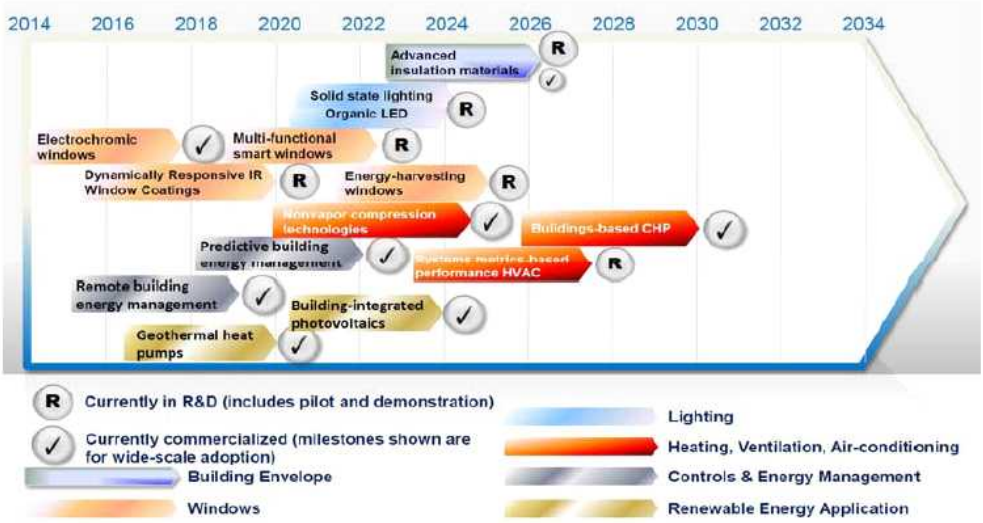


그림 67 글로벌 제로에너지빌딩 기술개발 동향 및 로드맵(Frost&Sullivan, 2014)

□ 에너지 절감 및 온실가스 감축의 주요 기술인 단열재, 창호 시스템 등 고효율 건축자재 및 외피시스템의 경우, 신규시장에서 요구되는 초고성능 소재 개발을 위해 나노기반 제어기술, 신물질 개발 등 새로운 한계 돌파형 핵심기술 개발 진행

- Building Envelope Retroffiting. 3D 스캐닝 및 프린팅, Prefabrication, BIM 등 연계 가능한 외피교체 기술이 개발됨



그림 68. 건축물 에너지 최적화 시공기술

□ 외피 Retrofit 기술 기반 건축재생기술은 적극 개발하여 실제 시공에 활용 중

- 모듈러 공법을 통한 평면 확장을 통해 수직증축(옥상에 단위 유닛 모듈을 조합하여 새로운 평면 구성)과 평면증축(기존 구조체에 모듈러를 결합) 사례 존재

- 화장실, 수납공간 확보는 물론 발코니 모듈을 활용하여 거실이나 방 확이

가능하여 복도형에서 계단형으로 공용공간 구조 변경도 추진



그림 69. 네덜란드(좌) 및 국내 교육시설(우) 수직증축 사례

- 또한, 기후취약계층을 위한 소규모 건축물 대상 내후화(Weatherization) 기술이 논의되고 있음



그림 70. IoT 플랫폼 연계 외피 시스템

- 심미성을 유지하며 경제성 및 미기후를 고려한 건축 재료 및 재생에너지 효율 최적화 도시건축 설계 기술이 활발히 개발 중임



그림 71. 재생에너지 효율 최적화 설계 관련 기술

□ 국내의 경우, 고효율 외피 및 공조, 신재생에너지 건물융합기술은 정부와 기업의 연계를 통해 기술개발에 주력하고 있으나 독일 등 선진국 수준에 비해 미흡하고 원천기술은 선진국에 의존, 국내 확보 원천기술은 상용화가 지연되고 있는 실정[32)]

32) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 효율적 에너지 운용을 위한 플로스 에너지 주거단지 핵심기술개발기획

- 고효율 외피 및 공조기술은 국내 대기업 및 중소기업이 정부연구개발사업에 참여하여 기술개발을 추진하고 있으나 고효율 환기설비, 하이브리드 환기설비 등은 독일 등 선진국 수준에 비해 미흡
- 친환경·저에너지 건축자재 원천기술은 선진국 기술에 의존하고 있으며, 에어로젤, 퓸실리카 등 신소재 단열재의 경우, 선진국과 현저한 기술차가 존재하는 실정

□ 경제적 기존 건축물 리모델링의 방안으로 공사기간 단축, 이주없는 공사 등의 리모델링 방법이 주목받고 있음[33)]

- 리모델링 공사기간을 최소화하거나 거주공간을 추가적으로 제공하면서 기존 공간에 공사를 진행하는 방법이 대두되면서 '모듈러 건축' 등 실질적 적용이 가능한 기술개발이 진행되고 있음
- 이주없은 리모델링 기술의 경우, '00년대부터 주목받아 현재 공동주택뿐만 아니라 군부대 막사, 학교 등에 적용되는 등 실질적 적용사례 증가

□ 고효율 외피시스템과 태양광 발전 융합 기술 및 지열, 히트펌프 등의 공조시스템과 연계를 통해 효율성 높은 시스템 개발 추진

- S 에너지는 칠레 신재생에너지 종합기업과 5000만 달러 규모의 태양광 모듈 공급 및 프로젝트 개발 업무협약을 체결하여, 칠레의 다수 빌딩에 고단열 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 설치 사업을 추진, 태양광모듈 공급 및 프로젝트 개발 사업을 함께 진행 예정
- (BJ Power) 태양 입사각에 따른 발전효율 손실을 최소화하는 다양한 색상의 BIPV 기술 개발 중
- (솔라플렉스) F-CIGS 모듈에 Komatix사의 기술을 접목한 Rigid type 및 셀 펀칭을 통한 다양한 색상을 갖는 투과형 BIPV 창호모듈 개발완료
- (보타리 에너지) 테슬라와 같은 기와형 모듈 개발 중
- (KIST) Kromatix사의 기술을 일부 구현하여 소면적의 시제품화 성공
- (이건 창호) 창호형 DSC 모듈 기술 개발
- (솔라플렉스) 플렉시블 CIGS 박막 태양전지 Rooftop 모듈 개발/제조

② 건축물 에너지 효율 향상 설비 시스템

33) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 효율적 에너지 운용을 위한 플로스 에너지 주거단지 핵심기술개발기획

□ 건축일체형 외피 시스템에 실시간 부하대응이 가능한 하이브리드 신재생시스템 개발 수요 확대

- 기존 건축물의 옥상, 벽면 등 활용가능 지점을 이용한 재생에너지 발전시설 설치 가능성을 검토하는 재생에너지 발전시설 설치 최적화 기술 개발 추진 중
- 현재, 신재생에너지 품목(태양열/태양광/지열/연료전지)별 설계용량 분배를 통한 독립운영을 실시 중이며, 이를 축열/축전 매개기술을 활용한 실시간 부하대응 및 신재생에너지 활용률 극대화 필요
- 이를 위해 다중 신재생에너지 열원활용 축열 및 분배시스템 요구되며, 실시간 부하대응 전력기반 신재생에너지 충방전 운용기술 및 BEMS 통합기술 수요 존재

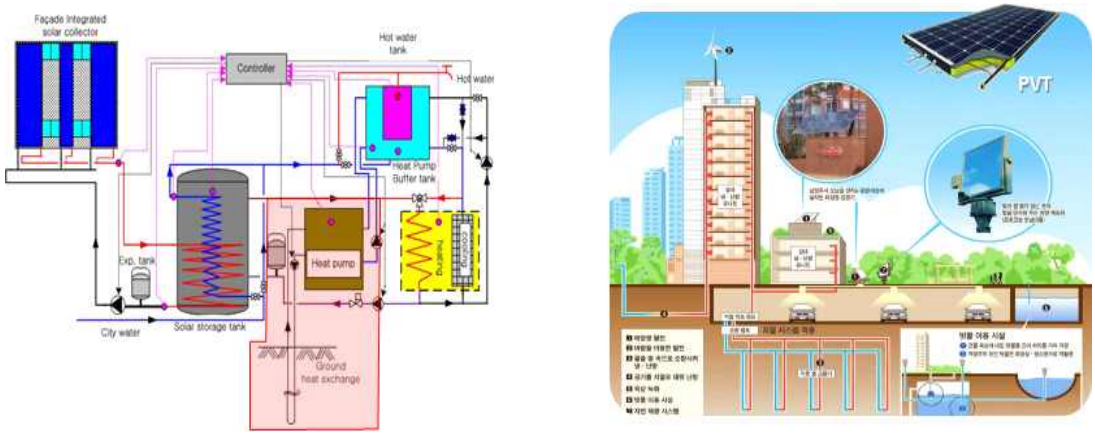


그림 72. 태양열-지열 활용 축열시스템(좌) 및 건물기반 하이브리드 액티브시스템(우)

□ 바레인 국제무역센터는 풍력을 이용하여 건물 전력사용량의 13%를 충당하는 등 고층 건물에 풍력발전을 적용하기 위해 유리한 풍환경을 제공하도록 설계

- 바레인 국제무역센터는 해안에 위치하여 해풍이 불어올 경우 바람이 건물 사이 중앙부로 수렴되어 가속되는 벤츄리 효과(Venturi effect)를 나타내도록 형상설계가 되었으며, 총 설비용량 675kW로부터 연간 1.3GWh의 전력을 생산함으로써 연간 전력사용량의 13% 지급
- 2010년 중국 광저우의 펄 리버 타워(Pearl River Tower)는 건물 중앙 상하단에 건물을 관통하는 4개의 노즐형태 수평유로를 설치하여 유입풍속을 가속시켜 풍력발전에 유리한 풍환경을 만드는 아이디어 적용하였으며, 태양열이 건물 내부로 직접 침입하는 것을 차단하기 위해 태양전지를 설치하는 것과 함께 2중 벽을 설치
- 영국의 스트라타(Strata) SE1는 옥상부에 수평축 풍력발전기를 설치.

건물배치는 주풍향인 남풍에 맞추어져 있으며, 건물 상부의 경사로가 벤추리 형태의 원형 통로로 연결되어 풍속을 가속하도록 설계

- 인도네시아 자카르타에 2020년 완공 예정인 페르타미나 에너지 타워(Pertamina Energy Tower)는 맨 꼭대기 부분이 열리며 기류로부터 풍력 에너지를 발생시키는 'wind funnel'이 드러나는 구조로 설계



그림 73. 페르타미나 에너지 타워

- 오클라호마 의학연구재단(Oklahoma Medical Research Foundation)은 24m 높이의 건물로 옥상부에 2열로 6m 높이의 헬리컬 모양의 수직축 풍력발전기 총 18기를 설치하였으며, 이를 통해 연간 85.5MWh의 전력을 생산하여 건물 전력사용량의 36%를 충당
- 일본 토호쿠 공업대학은 지붕 설치형 태양광 패널과 함께 풍력터빈을 설치하는 풍력·태양광 복합발전기를 개발

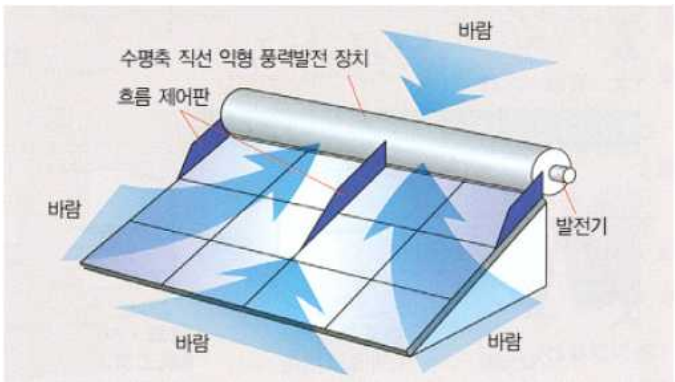


그림 74. 풍력 · 태양광 하이브리드 발전 시스템

□ 국내의 경우, 경제적 제로에너지 건축물 구현을 위한 건설·운영 비용

관리시스템에 대한 필요성으로 관련 연구가 추진되고 있음

- 통상적으로 업계의 의견에 따르면 제로에너지 건축물 구현 비용은 현행 건축공사비 대비 30~40% 이상의 공사비가 추가로 투입되는 것으로 알려져 있음
- 제로에너지 건축물 의무 이행화를 위해서는 공사비가 20% 추가되는 수준에서 구현하는 것이 필요하나 제로에너지 건축물의 공사단계별 비용을 체계적으로 관리하기 위한 시스템은 현재 개발되지 않은 상황

• 건물 요소기술이 에너지 절감에 미치는 민감도와 관련된 시뮬레이션 연구는 활발히 수행되고 있으나 통합적 관점의 시스템 개발 연구는 미흡

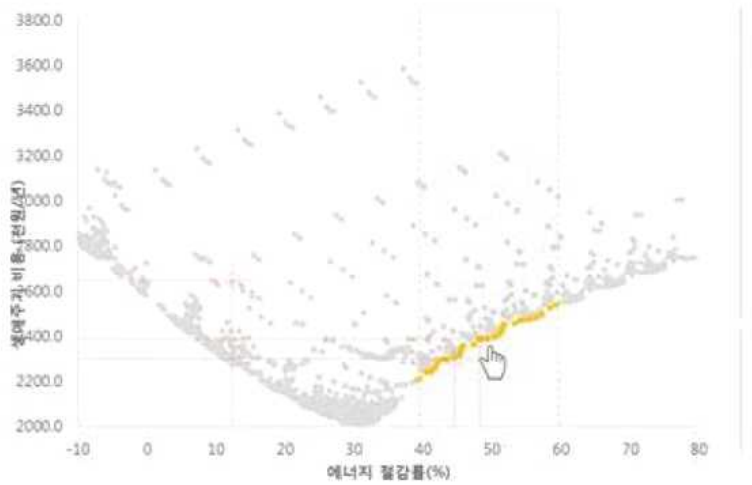


그림 75 요소기술별 비용분석(한국건설기술연구원)

• 제로에너지 건축물 비용 절감을 위해 자재, 설비 시스템, 공비사 등 제로에너지 구성요소 DB 및 비용산정 모델, 건축시장내 비용저감 유형개발, 제로에너지 최적 분석모형 개발 등을 주제로 제로에너지 건축물 최적화 연구가 수행되고 있음

- 제로에너지 빌딩의 패시브-액티브 기술을 유기적으로 제어하기 위한 제로에너지 건축물 구축 요소 및 시스템에 대한 최적화 연구는 추진되지 않고 있음
- 경제성을 고려한 제로에너지 건물 구현을 위해 성능목표에 따라 건축 및 운영비용을 최적화하여 관리할 수 있는 기술개발이 필요하며, 이를 위해 사전에 제로에너지 건축 등에 관한 자료구축 및 분석을 선행할 필요가 있음

□ 제로에너지 건축물의 자재 및 시스템 정보시스템이 구축되어 있으나 성능에 연계된 가격정보 등 민간기업이 필요로 하는 핵심정보는 제공은 미흡[34)]

- 제로에너지 건축물과 관련해 에너지 핵심자재 및 시스템 정보 시스템은 정보 제공 범위이가 상이하며, 기술의 성능과 적정가격 등에 대한 방법론은

34) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 효율적 에너지 운용을 위한 플로스 에너지 주거단지 핵심기술개발기획

적용되지 않아 민간기업 활용에 제약

구분	시스템 명	시스템 화면	특징
국내	건설산업지식정보시스템		● 자재정보를 제공하는 업체에 대한 정보내용을 정리 ● 자재에 대한 가격 등 상세정보가 부족하고, 건설업체정보, 건설관련 행정정보 등 건설공사 위주의 정보 제공
	건축정보센터		● 건축 설비정보 보다는 자재위주의 정보제공 ● 자재정보 등록 건수가 많지 않아 검색조건 입력 화면이 없으며, 로그인 후 시방서, 가격정보, 물성표 등 정보 열람 가능
	녹색제품정보시스템		● 녹색제품 구매촉진을 위해 환경표지제품, 우수재활용제품을 녹색제품으로 정의하고, 관련 제품 정보 제공하며 자재정보 위주임 ● 조달청목록번호를 기재함으로써 조달청과의 연계 통한 구매 가능 - 지역별/용도별/직업별/장소별로 분류하여 녹색제품 정보 제공
	친환경건설자재 정보시스템		● 자재의 환경마크, GR인증 등 인증정보 등이 포함된 자재 및 업체 세부정보 구축 ● 수집하기 어려운 성능정보의 구축건수는 많지 않음
	공공녹색구매통합정보망		● 조달청 계약관련 제품 위주로 조달청 구축 정보 범위 내에서 제품정보를 제공하고 실제 계약은 나라장터에서 이루어짐 ● 한국에너지공단에서 관리하는 3대효율관리기자재 제품정보는 한국에너지공단 홈페이지로 링크됨

그림 76. 국내 에너지 건축자재 정보 시스템별 특징

③ 친환경·친에너지 건축물 인증

□ '웰니스(wellness)' 시장이 `17년 기준 4.2조원으로 세계 시장의 5%를 차지고 하는 신흥기술분야로 빠르게 확산됨에 따라 건축·도시 분야에서도 이를 적용한 기술개발 및 인증체계 마련이 필요

- 현재 웰니스 분야는 신체-정신과 더불어 사회적 건강한 상태를 지속하기 위함을 목적으로 총 8개의 분야*로 나누고 있으며, 웰니스 건축·도시는 '환경(Environmental)' 분야 내에 포함됨
- 웰니스 건축의 최종 목표는 실내 공기, 소음, 내벽 녹화, 에너지 생산 등 생활환경을 재평가 및 재설계하는 것으로, 호텔 등 관광시설 중심으로 웰니스 투어가 활발히 시도되고 있음
- 최근 '9 Foundation of a Healthy Building' 등 웰니스 건축과 유사한 지표들이 등장하고 있으며, 국내 시행 중인 친환경 관련 인증체계와의 중복 인증절차를 면밀히 검토하여 산업계의 경제적 타격을 최소화하도록 유기적으로 연계되어 시행할 수 있는 기반 마련이 필요



그림 77. 웰니스 적용 8개 분야(좌) 및 세계시장규모(우)

나. 건축/커뮤니티 에너지 시뮬레이터

1) 건축/커뮤니티 공정별 에너지 최적화 시뮬레이터

① 건축 에너지 최적화 계획 및 설계

□ BIM 기반 건축 공정별 통합형/맞춤형시뮬레이터 및 설계 기술 고도화 필요

- 현재, 설계 및 재료/구조 공정상에서 BIM 시뮬레이터를 통하여 설계적합성 검토, 원가관리, 하자관리에 활용 중이며, 외피 단열기술에 대한 성능 및 시공정보를 활용한 BIM기반 시뮬레이터가 제한적으로 사용 중
- 현재 활용 중인 요소기술에 대한 성능/시방/운용정보 통합형 표준 Lib. 체계 필요
- BIM 기반 통합정보 및 관리 플랫폼(Web기반) 활용 및 패시브시스템 열교부위 전열해석 시뮬레이터 통합-BIM기반 시뮬레이터를 통한 커미셔닝 기술 개발 필요



[BIM기반 에너지시뮬레이터 프로세스 예시]

그림 78. BIM기반 설계적합성 검토(좌) 및 에너지 시뮬레이터 프로세스(우) 예시

□ 최근 'Reversible Design' 개념을 활용한 건축 전 단계 개선 기술 개발 및 적용이 활발하게 추진 중

- 해외의 경우, 제품디자인 및 건축·도시 디자인까지 광범위한 기술 개발 진행 중이며, 특히, EU를 중심으로 가역설계가 가능한 건축물 조립기술 개발 중
- 해외는 On Site 설계/생산, Off Site 조립/시공 기술을 기반으로 비용효율적이고 고품질의 건설 진행을 통한 에너지 및 환경 성능 확보를 제고함



그림 79. Reversible Design* 개념의 건축 전 단계 개선 기술 사례

- 국내의 경우 건설현장의 외국인 노동자 및 초급 기술자 고용 비율 증가에 따라 시공 품질 저하 현상 및 에너지 성능 저하 문제하여 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발 사업을 통해 13층 이상의 모듈러 건축 실증 돌입

□ CPS 기반 에너지-환경 성능모니터링 및 예측 지원 기술수요 증가

- 현재, 건축물에너지절약설계기준 강화 및 다양한 인증제도를 통한 설계단계에서의 에너지감리기능이 강화되고 있음
- 반면, 에너지절약설계의 이행율을 제고하기위한 시공단계 감리기능 강화 및 시공품질 확보가 필요한 실정
- 따라서, CPS기술을 활용한 에너지절약 설계 이행 감리 추진과 함께 에너지절약 기술 공종별 CPS 응용이 추진되어야 하며, 현장기술자 활용 가이던스 제공 필요



그림 80. 국내 시행 중인 건축물 에너지감리 현황

□ 기존 건축물의 옥상, 벽면 등 활용가능 지점을 이용한 재생에너지 발전시설 설치 가능성을 검토하는 재생에너지 발전시설 설치 최적화 기술 개발 추진

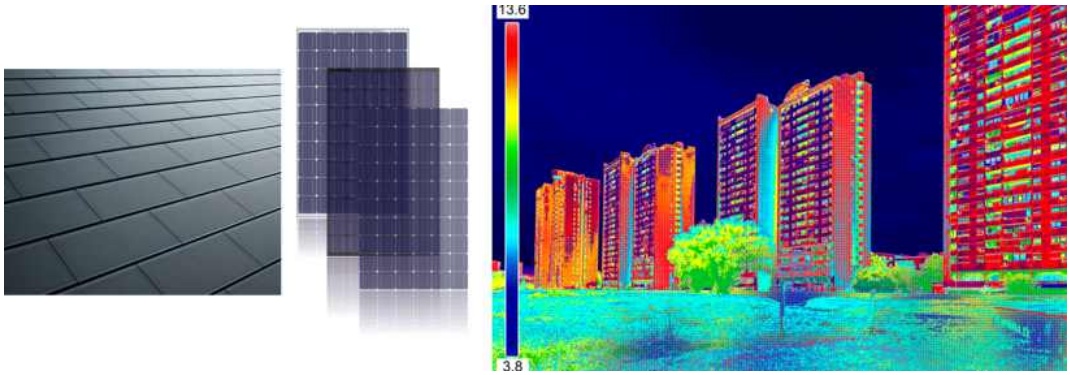


그림 81. 스마트 제어형 통합 시스템 외피

□ EU 등에서 정부지원을 통해 제로에너지 건축물의 최적비용 구현을 위한 가격 설정 모델 개발 등이 진행되고 있으며 시스템 활용 의무화를 정책적으로 검토

- 유럽에서는 경제적으로 최적화된 제로에너지 건축물을 구현하기 위한 목적으로 건축물 에너지 핵심 저감 요소, 1차 에너지 감소량·페이백 관계, 향후 에너지 감소 요소에 대한 가격 변동 모델 개발 연구가 수행되고 있음
- BPIE(Building Performance Institute Europe), European Commission 등에서 제로에너지 건물의 비용 최적화에 대한 연구를 진행하고 있으며 건물 에너지 성능 요소기술별 최적화 방법론에 대한 사례 분석을 진행

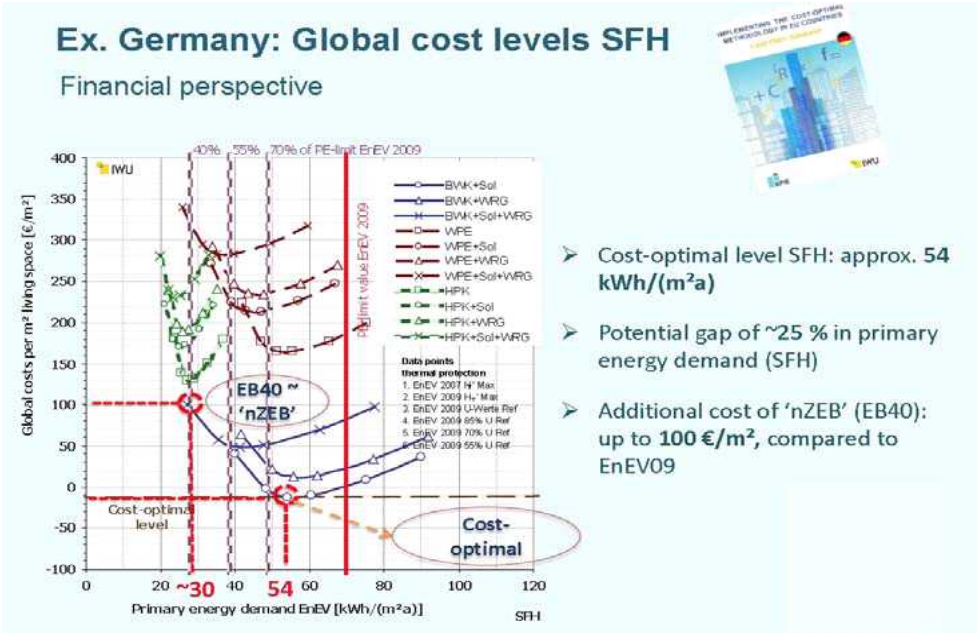


그림 82. 건축물 비용, 에너지성능과의 관계(BPIE, IWU 2013)

□ 선진국은 자재 생산업체, 도면, BIM 정보 등 상세 제품 정보를 수록한 건축 자재 및 설비 정보 데이터 베이스를 구축해 서비스를 제공하고 있음

구분	시스템 명	시스템 화면	특징
국외	SWEETS NETWORK SYSTEM		●대체 가능한 건설자재 정보 제공하여 제품별 특성 비교 가능
	SMART BUILDING INDEX SYSTEM		●건물 유형별 카테고리를 분류하여 건물 유형에 따른 자재 정보 제공
	GREEN SPEC SYSTEM		●녹색 건설자재로 인증 받은 자재만을 데이터베이스로 구축하여 녹색 건설자재 정보 수집 용이
	Passive House Components Database		●불투명외피(외벽, 바닥 등), 투명외피(유리, 문 등), 그 외 설비 Database 정보를 제공
	National Residential Efficiency Measures Database		●녹색건축 요소기술(Airflow, Ceilings/Roofs, Foundation/Floors, Lighting, Walls, Water Heating, Windows & Doors)의 리트로핏 전후 효율 및 Life Cycle Cost를 제공

그림 83 국외 에너지 건축자재 정보관련 시스템 특징

자료: 저비용 제로에너지 건축물 이행 촉진을 위한 기술/비용 최적화 시뮬레이터 개발, 한국건설기술연구원

- 미국 그린빌딩협의회는 홈 디포(home depot)과 공동으로 온라인 그린홈 제품 데이터베이스를 운영하고 있음

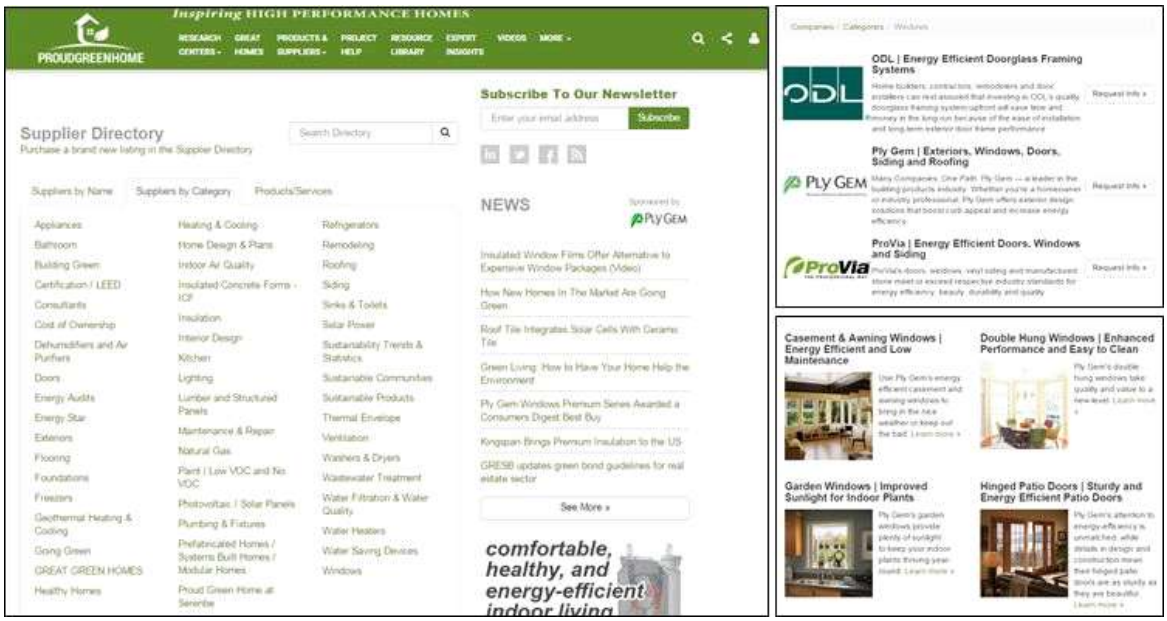


그림 84. 미국 그린빌딩협의회 홈디포

② 커뮤니티 에너지 최적화 계획 및 설계

▫ 해외 선진국의 경우 소비패턴을 분석하고 수요 및 공급을 예측하기 위해 빅데이터 및 인공지능을 활용한 비즈니스 모델을 구축

- 에너지 저감형 형태기반 도시설계 기술은 BIM & City GML기반 주민참여 도시단위 통합설계지원(에너지/온실가스) Tool로 구성되어있으며 미기후를 고려한 근원적 에너지 부하 저감을 위한 도시설계가 가능함

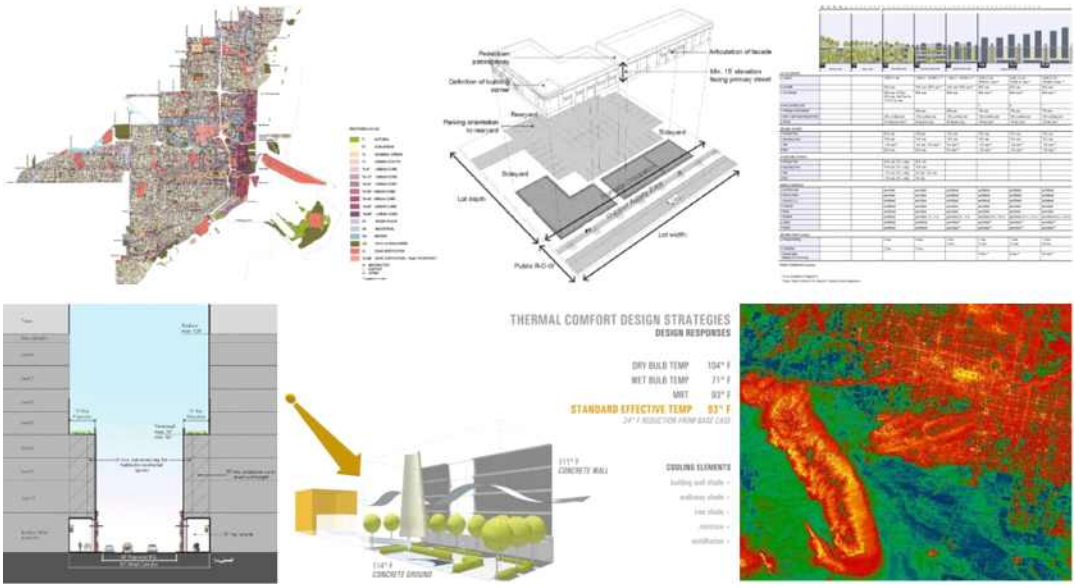


그림 85. 빅데이터 및 인공지능을 활용한 비즈니스 모델

- Grid Singularity는 개인, 가정, 기업의 에너지 데이터를 분산원장에 기록해서 소비패턴 분석, 수요 예측, 스마트 그리드 경영, 에너지 투자 결정 및 에너지 교환 등 다양한 비즈니스 모델 제공
- 덴마크의 베스타스(Vestas) 회사는 풍력 발전기를 개발하는 회사로, 풍력 발전으로 최대 전력을 생산하기 위해서 글로벌 IT 기업 IBM이 제공하는 빅데이터를 활용. 해당 시스템은 날씨, 조수간만의 차, 위성, 산림 등을 분석해 풍력 발전원에 적합한 지리를 추천하며, 기후, 발전원 상황 등의 정보를 기반으로 에너지 생산 패턴을 추출한 후, 신재생에너지 발전원의 에너지 생산량을 예측하여 공급을 안정성 제고 가능
- 중국 베이징시에서는 각종 기상 정보와 신재생에너지 발전량 등의 빅데이터를 인공지능 솔루션으로 분석해서 신재생에너지 발전량을 자동으로 예측하고, 이를 통해 화석연료 기반의 발전량을 최소화하기 위한 Green Horizon 프로젝트를 진행



그림 86. 중국 Green Horizon 프로젝트의 신재생에너지 예측 시스템

- MIT는 도시 전체의 태양열 가능성을 매핑하고 각 옥상에 대한 비용 편익 분석을 제공하는 위성 지도 웹사이트 Mapdwell 개발

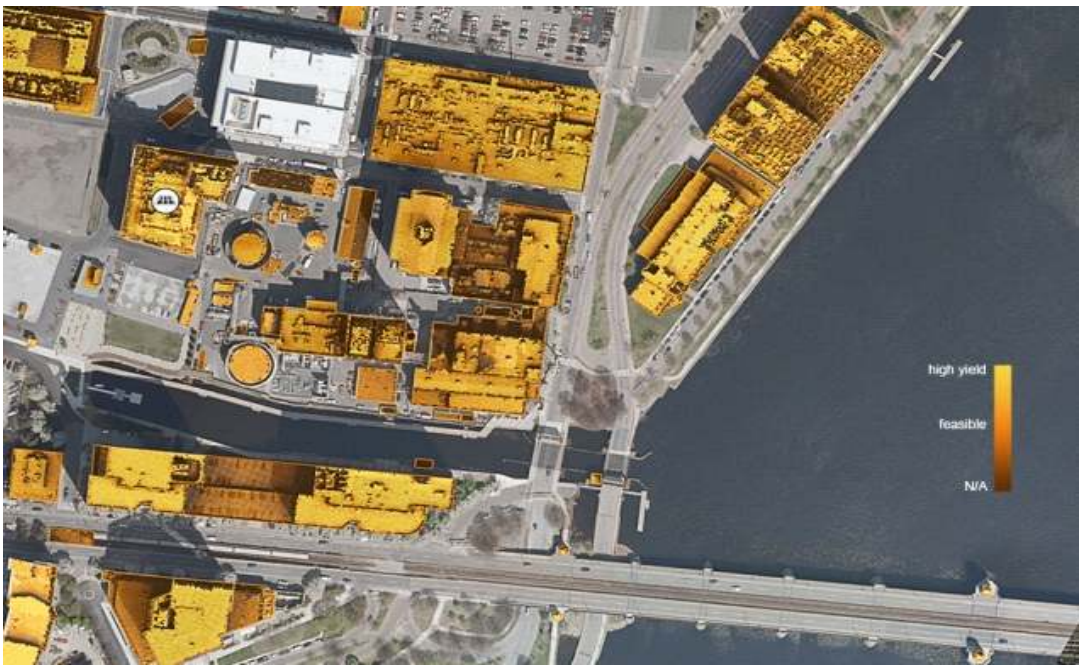


그림 87. MIT에서 개발한 Mapdwell 위성지도

- 지구/근린 에너지 생산 및 분산 최적화를 위한 공급 설계기술은 지구/근린 유형 및 특성에 따른 재생에너지 수요-공급 최적화 설계 기술, 지구/근린 유형별 경제적 환경/에너지 최적화 모델 제안 및 시공기술, 지구/근린 유형별 경제적 환경/에너지 시스템 구조화설계 기술이 포함됨

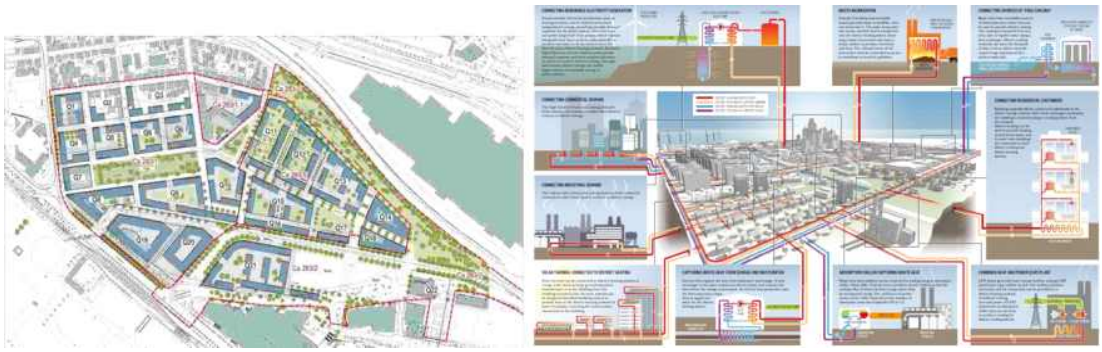


그림 88. 지구/근린 에너지 생산 및 분산 최적화 기술

- 지구/근린 에너지 생산 및 분산 최적화를 위한 Energy Plant 및 Grid의 입지/배치 기술은 의사결정 지원 SW 와 연계 가능 및 재생에너지기반 nearly 全電化 도시 에너지네트워크 방법론 및 스마트 계측/분배 가능함

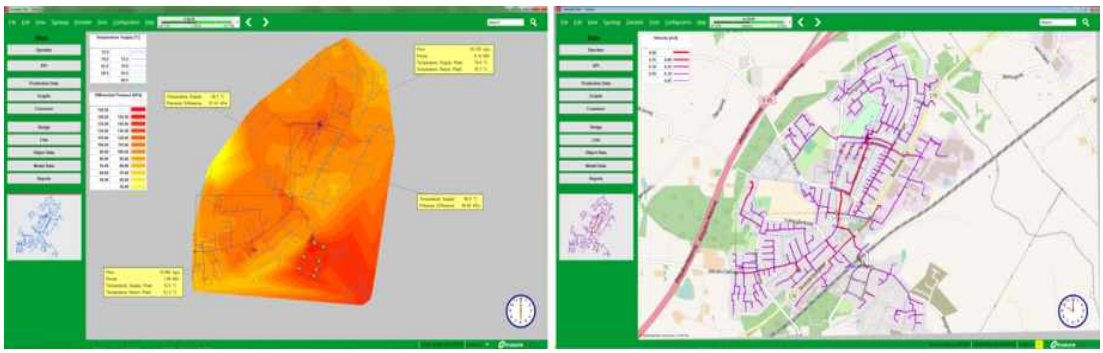


그림 89. 지구/근린 에너지 생산 및 분산 최적화 SW

□ 한국전력 등에서 전력 수요와 공급을 효과적으로 예측/제어하기 위한 기술을 개발

- 한국전력은 현재 에너지 분야 혁신도시 선도모델인 나주에서 전력연구원 R&D 과제를 통하여 스마트 에너지시티 통합운영시스템 개발 중

표 60. 한국전력 스마트 에너지시티 통합운영시스템

구분	내용
도시 에너지 공급 최적 계획 프로그램	• 전원 믹스, 에너지별 최적 진입시기·용량 산출 • 연료비 등 운영환경에 따른 민감도 분석
CityEMS 운영기술 개발	• 도시 에너지원(신재생, ESS, xEMS) 통합 모니터링 • 도시 단위 에너지 효율과 비용 관점 통합 운영
VPP, e-프로슈머 등 신전력거래	• 신재생원 및 분산자원을 통합한 가상발전소 운영 실증 • 프로슈머-이웃간 전력거래, 블록체인 기반 거래체계 구축
인프라 확대	• 비전력 인프라(가스, 난방, 수도) 연계 • U-city 정보(교통, 방범) 연계
S-City 통합운영	• 스마트시티 인프라 통합 모니터링, 도시 서비스 제공 • 스마트시티 통합운영센터 구축

- 한국에너지기술평가원은 ‘Smart Zero Energy City’을 진행 중이며, ‘구역 내 실시간 수요 예측 및 공급자원 평가기술’, ‘에너지 빅데이터 활용 스마트시티 서비스기술’ 등을 포함

표 61. Smart Zero Energy City 세부과제

세부과제	포함 기술
(제1세부과제) 마이크로 열 네트워크 기술개발	• 구역 내 실시간 에너지수요 예측 및 공급자원 평가기술 • 저온열원 활용기술 • 양방향 마이크로 열네트워크 기술 • 구역 내 에너지프로슈머간 양방향 에너지거래기술 • 마이크로 열네트워크 운영 플랫폼 기술
(제2세부과제) Cascade 열활용 지역냉난방 최적화 기술개발	• 신재생에너지 등 저온열원을 이용한 4세대 지역냉난방 기술 • 스마트그리드·히트그리드 융합 기술 • 저온 열 공급기반의 분산형 마이크로 열네트워크 이용기술 • 광역망 리턴수 활용 열 네트워크 간 연계 운전관리 시스템 기술
(제3세부과제) 양방향 Smart ZEC 통합 네트워크 기술개발	• 유틸리티의 스마트 계량기 적용 기술 • 도시단위 에너지빅데이터 확보 및 가시화 기술 • GIS 기반 에너지맵 구축기술 • 에너지 빅데이터 활용 스마트시티 서빕스기술 • AI를 이용한 에너지빅데이터 분석기술 • SW 기반 에너지통합시스템
(제4세부과제) 열거래 기반 스마트 에너지 허브시스템 개발	• 고밀도 축열(축냉)시스템 기술 • 수요처와 열거래 가능한 IoT 기반 모니터링 및 열거래 기술 • 계정별 열수요 변동에 따른 온도 및 밀도 가변 운용기술 • 복합 에너지저장·이용·관리 기술
(제5세부과제) Smart ZEC 에너지거래 플랫폼 통합운영기술 개발	• Smart ZEC 도시단위통합관제시스템 기술 • 클라우드 기반 에너지 생산·수여·공급·거래 DB 구축 • 에너지원 믹싱기술 • Smart ZEC 에너지 상거래 서비스 운영기술
(제6세부과제) 가상에너지 네가와트 기술개발	• 건물별 이종 분산자원 융합 인프라 기술 • IoT 기반 수요 예측 및 분산자원 제어기술 • 분산자원 기반 열 및 전력에너지 가상화 기술 • 통합엔너지 기반 네가와트 발전 시스템 기술

- 기존 도시계획시설(예: 학교, 공원, 주차장 등)의 Energy Plant 로의 전환 기술을 통해 District Heating/Cooling 적용을 위한 기반시설(Pump 및 Pipe 소화할 수 있는 기반시설)설치를 실현하며 재생에너지 발전시설 및 Grid 설치에 따른 법적 문제, 기술적 문제 등을 검토함



그림 90. 도시개발 단계별 활용 가능한 에너지 시뮬레이터

2) 건축/도시 지능형 시뮬레이터

□ 인공지능의 발달로 'Generative Design' 기술을 건축·도시 분야 적용한 계획·설계 기술 개발 진행 중

- 주로 제품디자인 및 건축·도시 디자인까지 광범위한 기술 개발 진행 중임
- 오토데스크社의 경우 prototype generative design software를 활용해 최소한의 소재로 안정적인 의자를 제작한 바 있으며, 프로토타입을 작성하고 정확도 높은 시공기술로 콘서트홀 천정을 설계 및 설치한 'Voxman School of Music' 콘서트홀 설계 사례가 있음
- 국내의 경우 아직 도입기 수준의 연구가 진행 중이며, 건축·도시 분야로의 개발 및 적용이 미진한 상태임
- 일각에서는 '생성모델(Generative model)' 기술과 '강화학습(Reinforcement Learning)'을 '형태최적화설계(topology optimization)' 분야에 적용하여 AI 기반 설계 방법론을 개발하는 설계 프레임워크 개발 중
- 전통목조건축 분야에서는 지붕구조와 형태의 재구축을 위해 디지털 축조 기술과 generative design을 이용한 한국 및 동아시아 전통목조 건축을 현대 건축에 적용하는 설계 방법론 및 시공 방식의 개발

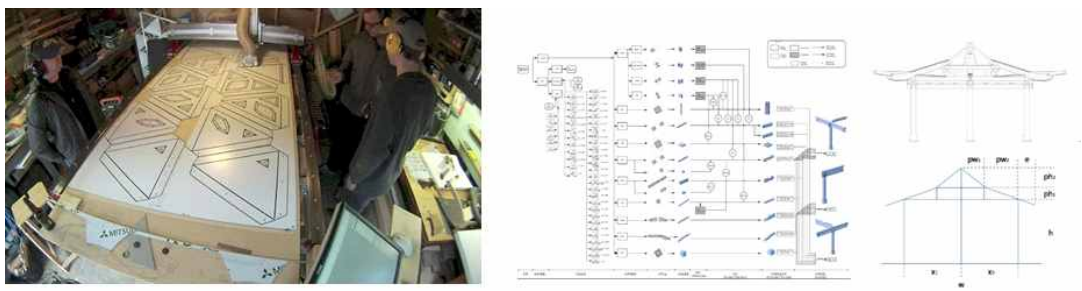


그림 91. Generative Design 기반 건축 설계 기술 활용 사례

다. 커뮤니티 에너지 운영·관리 및 리모델링 지원체계

1) 커뮤니티 에너지 운영·관리 체계

① 건축물 에너지 모니터링 및 관리

□ 미국, EU, 일본 등 선진국은 1980년대부터 BEMS 시장이 형성되어 적용되고 있으나 능동형 자동제어 및 에너지 성능 최적화 기능을 보유한 BEMS의 경우, 초기기술개발을 수행하는 단계

- BEMS는 미국의 하니웰, 존슨컨트롤즈, ALC, 독일의 지멘스와 슈나이더, 일본의 아즈빌, 캐나다의 델타컨트롤스 등 다국적 기업이 세계시장을 선도
- 1980년부터 BEMS의 초기시장이 형성되었으나 능동형 자동제어 및 에너지 성능 최적화 기능을 보유한 고성능 BEMS 개발은 미진
- 최근 경제여건 악화 및 에너지 위기로 건물에너지 효율성 향상 요구가 다시 부상하면서 고성능 BEMS 개발을 위한 정부-민간의 협력연구가 활발

• 미국은 건물에너지 계측 및 데이터 분석 기술이 우수하나 자동제어 기술은 미흡, NIST(국립표준기술연구소)는 업계와 공동으로 건축물의 에너지 성능과 유지관리 비용을 최적화하기 위한 통합지식시템 구축 연구를 추진중

• 유럽은 벨기에, 핀란드, 독일, 네덜란드, 영국, 스웨덴, 프랑스, 스위스 등을 중심으로 최적화 설계 및 제어기술, 고장진단기술, 사후처리기술, 통합화 기술 등 관련 연구가 수행되고 있으며 이를 통해 고성능 BEMS를 실제 건축물에 적용할 수 있는 기술수준에 도달한 것으로 평가

□ 기존의 설비 기기 정상 가동 유무 모니터링 및 중앙 관제실에서의 제어가 중심의 BEMS에서 건물 특성에 따른 분석과 에너지 절약을 위한 최적화 제어를 위해 ICT 기술이 접목되는 추세

- 일본 에넷토는 호주 에넷토 인공지능 벤처 기업 COzero Holdings와 2017년 말부터 에너지 절약 서비스 'Ennet Eye'를 시작하였으며, 이 서비스는 인공지능 엔진을 이용해 과거 데이터와 기상 데이터와의 상관관계에서 이상이나 개선점을 발견하고 현황에 대한 모니터링 서비스뿐만 아니라 전기 요금을 억제하기 위한 대책도 제공
- 호주 BuildingIQ는 전력계, 온도계, HVAC 센서 등에서 수집된 정보와 날씨, 요금제, 건물 특성 정보 등 방대한 데이터를 분석하는 에너지 최적화 예측 플랫폼 PEO와 HVAC 제어 서비스 제공
- Honeywell은 빌딩자동제어 통합시스템 기술인 EBI(Enterprise Building Integration)의 한 구성요소로서 에너지 관리 기술 개발하였으며, EBI와 완벽하게 통합되어

통합방범시스템으로 운영될 수 있는 디지털 비디오 매니저(Digital Video Manager, DVM) 출시

- Johnson Controls는 확보하고 있는 메타시스 기반의 전통적인 BAS/BEMS 솔루션 에너지 관리에 대한 응용 서비스를 제공하고자 Energy Essential Solution 개발 중
- 프랑스 SOMFY는 건물에 설치되어 있는 블라인드 등의 차양제품에 외부에 설치된 날씨 센서를 통한 날씨변화 정보와 내부에 설치된 재실 센서나 온도 센서의 정보를 반영해 건물에너지 소비를 절약할 수 있는 KNX 표준 프로토콜을 활용한 가정 및 빌딩 자동제어시스템인 KNX Animeo 시스템 개발
- 세계 최대 전력 수요관리업체인 미국의 에너녹(EnerNOC)은 건물에 설치된 수만 개의 수요관리용 장비에서 발생하는 고객의 실시간 에너지 사용 데이터를 빅데이터 기술로 모니터링하고 분석
- GE, 지멘스, 슈나이더 등 글로벌 에너지 솔루션 기업들을 중심으로 에너지를 많이 소비하는 설비를 조기에 탐지하여 수리하거나 교체함으로써 에너지 낭비를 막는 예측 기반 설비 유지관리 서비스 개발

□ 일본은 건축물의 에너지 효율성 향상 등을 넘어서 웰니스 건축을 구현하기 위해 건축물 에너지 효율 인증 제도와 작업효율과의 관계 규명 등 연구를 수행

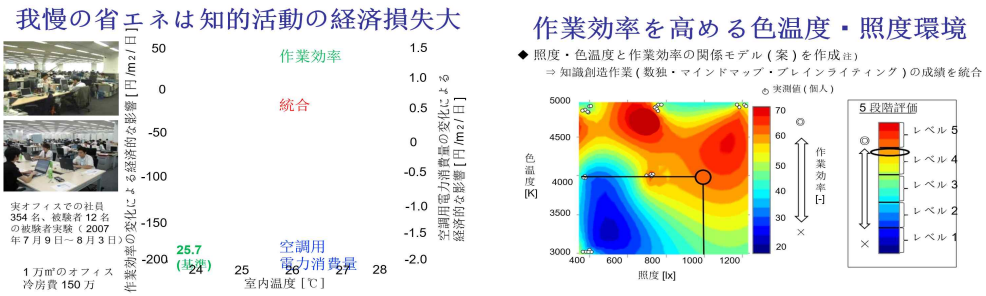
- 게이오 대학에서는 '07년부터 에너지 절약 일변도의 건축기술개발을 넘어서 실내 온열 조절과 작업효율성의 관계, 이로인한 경제적 효과를 규명하는 연구를 수행하고 있으며 실험에 자국의 건축물 에너지 효율성 인증 제도인 CASBEE 등급을 기준으로 활용

• 직장에서의 온열 만족도에 따른 작업 효율 변화, 작업 효율을 향상시키는 적정 조도, 보행공간과 피로 및 지적 생산성의 관계, CASBEE와 연계한 지적 생산성 평가, 지적생산성에 따른 경제성 평가 모델 개발

• 자택에서의 냉방제어와 수면의 질, 수면의 질로 인한 작업 효율 관계 규명

• 유치원 바닥재와 원아의 활동성 규명, 실간 온도차와 원아의 활동성, 결석율 관계 규명

• 노인 요양시설의 단열개수로 인한 요양 간호도, 건강 수준(혈압 등) 유지 개선 확률의 관계 규명



<온열만족도와 작업효율의 관계 규명>　　<작업 효율을 향상시키는 적정 조도>

그림 92 온열만족도 및 조도에 따른 작업효율 관계 실험(게이오대학)

□ 국내의 경우, 삼성물산 등이 특화된 BEMS 기술을 개발하여 건물에 적용하는 실증사업 추진

- 최근 Cloud 기반으로 건물 및 건물군의 에너지를 실시간으로 모니터링하는 기술 개발이 부상
- 삼성물산 등 대기업을 중심으로 특화된 BEMS 기술을 개발하고 건물에 적용하는 실증사업이 추진되고 있는 상황, 최근 관련 기준(BEMS KS 기준 제정(2014.08)) 제정으로 중소기업의 SW 개발 및 플랫폼 요소기술 개발도 활발

• 삼성물산은 에너지성능평가, 에너지저감 외피 및 설비·전기시스템, 신재생에너지 기술 등을 조합하여 NZEB Model을 개발

• 아이콘트롤스는 웹 기반의 솔루션으로 다양한 에너지 관리 및 건물 시설관리(FMS) 기능을 포함하며, 모바일 애플리케이션을 통한 높은 운영자 편의성을 도모하고, 여기에 자체 개발한 국산 자동제어 시스템인 프로닉스(FRONNIX)와의 연계를 통해 에너지 개선효과를 극대화할 수 있는 종합에너지 관리 솔루션 아이벰스(i-BEMS)를 독자적으로 개발

• 인코어드 테크놀로지스는 각 건물에서 사용하는 에너지 정보뿐 아니라 층별 사용량과 사용하는 전등, 냉난방, 사무기기 등의 에너지 사용량도 체크해 효율적인 에너지 관리를 돕는 건물 에너지 관리 서비스 '에너톡 빌딩(ENERTALK BUILDING)'을 런칭

- 에너지 소비량 특성 진단 기술은 에너지 소비 프로파일(패턴) 분석을 하며 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 등을 설치함

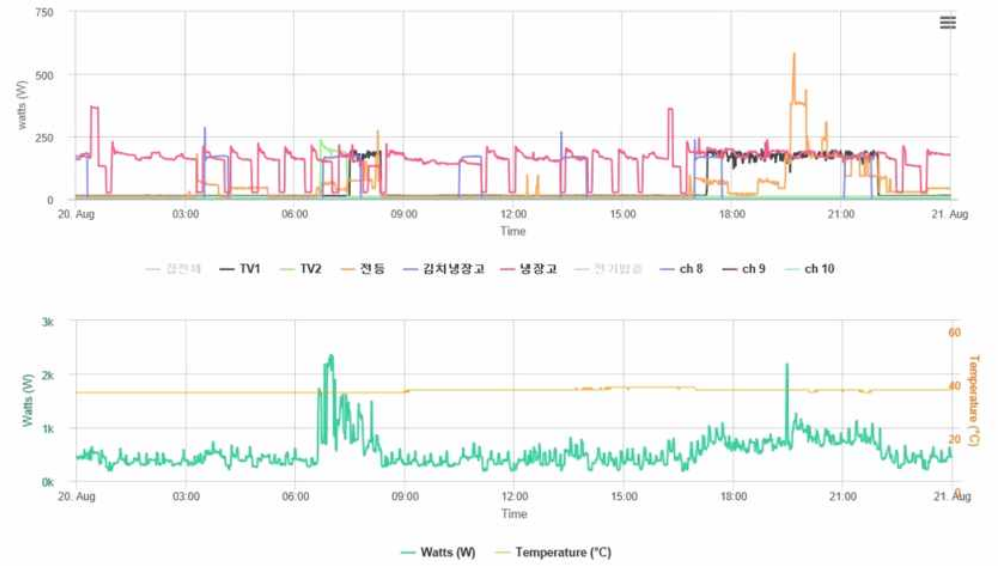


그림 93. 에너지 소비량 특성 진단 기술

□ 건축물의 에너지 진단을 위해 ZEB retrofit을 위한 건축물 진단 및 설계·시공 기술 활용 중

- 건식공법이라는 제조산업의 장점을 적용할 수 있어 객체지향적인 기술특성으로 BIM설계기술 접목이 용이함
- 다만, 국내의 경우 기술의 난이도, 사회적 여건(시공성/경제성) 및 공업화 공법이라는 점에서 쉽게 현장에 적용되지 못하고 있음
- 따라서, 외국 공법과 차별화 되고 경제성과 시공성을 확보할 수 있는 리트로핏 모듈러 외피솔루션 도출이 필요하며, 스마트 진단/설계/Off-Site 제조/On-Site열교방지 시공 등 일련의 프로세스 확립이 필요



그림 94. 국내 모듈러 건축사례(평창올림픽 미디어 레지던스(좌) 및 모듈러 시공기술 예시(우)

□ 국토교통부 등 공공기관은 다양한 비즈니스 시장 창출을 목적으로 보유한 건축물 데이터를 개방을 적극 추진하고 있으며 개방의 범위는 건축 행정 정보, 생애이력, 에너지 소비량 등으로 확대

- 국토교통부 건축데이터 민간개방 시스템은 건축행정정보를 민간에게 개방하고

소통함으로써 공익성, 업무효율성, 투명성을 높이고 건축데이터 기반의 새로운 비즈니스 창출과 관련 사업 활성화를 지원하기 위한 공동데이터 개방 서비스를 운영

- 건축물 생애이력 관리시스템은 건축물 생애주기 전단계(기획·설계, 시공, 유지관리, 철거)에 걸쳐 개별법령과 기관별로 각각 관리되고 있는 전국 685만동 건축물의 이력정보를 통합·관리하여 국민/건물주(관리자)/점검자/공무원이 쉽고 편리하게 건축물 관련 정보를 제공 받을 수 있는 서비스임
- 에너지 소비량 DB 고도화 기술은 전기, 도시가스, 열 수도에 대해서 월별로 DB를 구축하고있으며 2013년 하반기부터 2012년부터의 개별 건축물에너지 사용량 데이터 생산을 한국 감정원에서 관리하고 있음



그림 95. 건축물에너지 관리 통합시스템

□ 중앙부처 및 정부출연연구기관 등에서는 건설단계별 DB통합 및 고도화를 위해 건축·도시 분야의 에너지 최적화 분석 및 정보 제공을 위해 다양한 플랫폼 및 시스템을 개발하여 제공 중



그림 96. 설계-시공-운영-재생 등 건설단계별 중앙부처 제공 플랫폼 사례

□ 제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축 수요 증대

- 현재 요소기술단위(자재/모듈)로 적합성평가를 실시하고 있으나 건축 구조화에 따른 시공품질 및 설비시스템 상호운용성 검증이 미비한 상태
- 따라서 시공/운영환경 에 대한 패키지/시스템 품질인증 체계 구축이 필요

• 패시브 : 정격환경에서의 시방에 따른 적합성(에너지, 내후성, 안전성) 검증

• 액티브 : 운용환경에서의 모듈간 상호운용성능 검증

- 적합성 정보 DB화를 통한 현장 시공감리 지원, 통합설계 실효성 확보, Smart Construction 구현으로 공간단위의 에너지성능 인증기반 구축 필요



[건물에너지 품질인증 현황 및 발전방향]

- 제로에너지빌딩 정보지원 대국민서비스 플랫폼은 ZEB 인벤토리(제품 성능, 가격정보), 설계 및 공급지원 플랫폼을 통합하며 건물수요관리 정보를 제공함(의사결정지원)

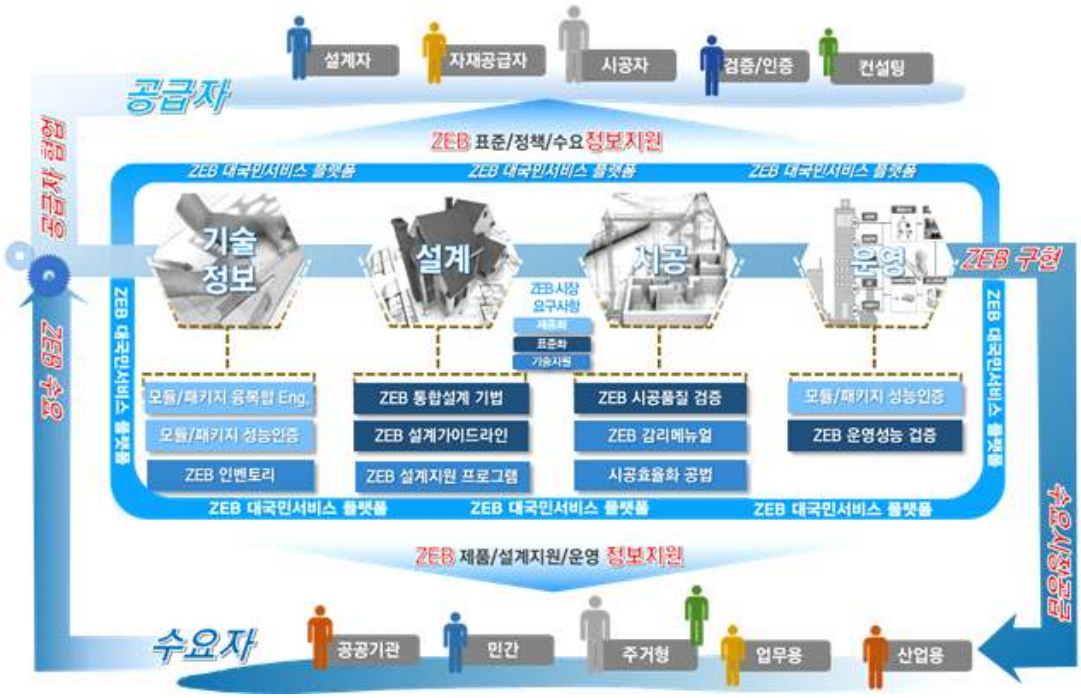


그림 98. 제로에너지빌딩 정보지원 대국민서비스 플랫폼

② 커뮤니티 에너지 모니터링 및 관리

▫ 영국 글래스고 도시는 에너지 사용정보와 요금을 실시간으로 보여주는 ‘도시 에너지 관리 서비스’ 제공

- 영국 글래스고 도시는 편의에 따라 2차원과 3차원 형태로 지도를 만들어 구역별로 에너지 사용정보와 요금을 실시간으로 보여주는 ‘도시 에너지 관리 서비스’를 개발하였으며, 이는 사용자가 타 구역과 비교했을 때 에너지 사용의 낭비 정도가 심하다는 것을 스스로 느끼게 하여 절감을 유도하는 효과가 있음(29개 학교에 적용하여 2015년 기준으로 6개월 만에 전년 대비 약 33만 파운드(약 4억 9천만 원) 절감

▫ 재생에너지 생산 효율 예측 Map(DB) 구축 기술을 통해 에너지 생산 효율 극대화 검토 가능

- 미기후를 고려한 재생에너지 시설 적정 설치 가능
- 지붕별 태양광/태양열 효율 가능성 검토 Map 작성 및 지붕별 알베도 (Albedo) Map 작성 가능
- 원격탐사 및 드론 이용 매핑 / 3D스캐닝 기술 등과 융복합 가능



그림 99. 에너지 Map 구축 기술

□ 미국, 유럼, 일본 등에서 소규모 신재생에너지 발전설비 등 여러 군데 분산된 전원을 하나의 발전소처럼 사용하는 기술인 VPP 연구가 활발

- (미국) 분산자원의 도매시장 참여를 위한 제도적 근거를 준비함과 동시에 에너지 시장 참여자들이 다양한 중개사업자용 플랫폼 S/W를 개발하고 적용하는 초기 단계이며 수요자원 중심의 VPP 연구가 주로 이루어짐

• VPP(Virtual Power Plant, 가상발전소) : 소규모 신재생에너지 발전설비 등 여러 군데 분산된 전원을 클라우드 기반의 소프트웨어를 이용해 통합, 하나의 발전소처럼 관리하는 시스템

- (유럽) VPP 관련 다양한 실증 프로젝트를 통해 공급 중심의 가상발전소에 대한 연구가 활발하게 추진 중이며, 독일은 1990년대부터 적극적으로 에너지법을 개정하여 제도적 기반으로 마련함으로써 관련 기술 분야 선도
- (일본) 동일본 대지진 이후 대규모 집중식 전원에 의존하는 기존 공급시스템의 의존도를 낮추고 급속하게 보급되고 있는 재생에너지를 안정적이고 유효하게 활용하기 위해 VPP 구축 실증 사업을 시작
- (호주) AGL Energy는 일반 가정에 설치된 태양광 발전에 1,000개의 ESS를 구축해주고 통합 연결하여 가상발전소를 구축하여 전력 계통의 피크전력 대응을 지원하여 전력계통을 안정화시키고 가정은 전기료를 줄이는 비즈니스 모델을 추진

□ 소규모 신재생에너지 설비 증가 및 도시에서 발생한 잉여전력의 효율적인 분배를 위해 전력거래시장 및 기술이 적용

- (TransActive Grid) TransActive Grid에서는 프레지던트 거리에서 'Microgrid Sandbox' 프로젝트를 진행함으로 기존 전력회사에 의존하지 않고 이웃 간

전력거래를 가능하게 함

- (유럽) SCANERY 프로젝트로 프로슈머 간의 에너지거래 SW 개발
- (핀란드) ‘Ready4SmartCities‘와 ’Design4Energy‘ 프로젝트의 일환으로 건물단위, 지역단위 프로슈머 간 에너지 거래에 대한 연구 시행
- (영국) ‘피클로(Piclo)’는 영국에서 P2P 기반으로 전력거래가 가능하게 하는 플랫폼으로 전력모니터링 데이터(meter data), 발전비용, 소비자 선호 정보 등을 이용하여 전력수요자와 공급자 간에 사용자 선호도 기반 거래가 이루어짐



그림 100. 피클로 온라인 서비스

- 브루클린에서는 ‘16년 블록체인 기반의 계약시스템을 도입하여 태양광 발전 전력을 사고 팔 수 있으며 거래 과정의 자동화를 수행하는 플랫폼을 개발
- 영국 오픈 유틸리티가 운영하는 피클로(Piclo)는 계량기 데이터, 발전비용, 소비자 선호를 파악해 온라인에 접속한 전력수요자와 공급자를 30분 간격으로 연결하는 P2P 전력거래 플랫폼으로 ‘15년 10월 정부 지원을 받아 시범사업을 시작했고 서비스 확대 중
- 네덜란드 반데브론은 2014년 4월 재생에너지 거래시장을 개설하였으며, 소비자들은 사이트에서 계약형태(1년 또는 3년), 필요 전력량을 입력하고 전력생산자를 선택하여 거래
- 독일 소넨배터리는 2016년부터 소규모 태양광·풍력 발전 설비 소유주가 전기를 사고팔 수 있도록 전력 거래시스템 제공
- 미국 옐로하는 지붕 위에 태양광 패널을 설치해주고, 태양광 패널에서 생산한 전력 중 3분의 1은 집 주인에게 주고 나머지는 판매
- 일본 에너지 기업은 오사카가스는 2016년 고체산화형연료전지를 활용해 교세라, 도요타 등과 공동으로 ‘에너지팜 타입S’를 개발했고, 전력중개사업을 추진 중

□ 미국 브루클린에서는 ‘19년 초부터 에너지 블록체인 모델의 시뮬레이션 시장을 시작할 예정, 중국 Energo는 에너지 블록체인 분산앱을 개발하는 등 에너지 블록체인 비즈니스 모델 개발이 활발

- (Brooklyn Microgrid Project) 미국 브루클린 지역에서 생산한

태양광발전에너지를 이웃 간에 거래할 수 있도록 에너지 블록체인 모델을 구축 중으로 '19년 초부터 시뮬레이션 시장을 시작할 예정

- (Energo) 중국 Energo는 에너지 블록체인 분산앱(Decentralized Application, dApp)을 개발해서 에너지 생산자와 소비자가 실시간으로 전력거래를 할 수 있도록 DAE(Decentralized Autonomous Energy, 분산형 자율 에너지)를 구축
- (Power Ledge) P2P 전력거래, 전기 자동차 충전, 탄소 거래 등 에너지 전 분야에 블록체인 기술을 도입하려고 하고 있으며, 2019년 2분기까지 퍼블릭 블록체인 시스템 완성을 목표로 함
- (Solar Coin) 태양광발전을 장려하기 위해 개발된 암호화폐로써 태양광발전량에 따라 SolarCoin(SLR)을 개인에게 제공
- (Grid Singularity) 개인, 가정, 기업의 에너지 데이터를 분산원장에 기록해서 에너지 소비패턴 분석, 수요 예측, 스마트 그리드 경영, 에너지 투자 결정 및 에너지의 교환 등 다양한 비즈니스 모델을 제공

□ KT, 한국전력 등은 도시 단위의 에너지 모니터링 기술을 포함한 에너지통합관리 플랫폼을 개발

- KT는 인공지능(AI) 기반 빅데이터 분석엔진 'e-Brain'이 탑재된 에너지통합관리 플랫폼을 개발

표 62. KT 에너지통합관리 플랫폼

구분	내용
Energy Manager	• 빅데이터 기반 에너지 절감 서비스 • 적정 계약전력 변경 및 설비 최적 운전제어
Energy DR	• 전력거래소(KPX)에 등록 후 감축이행관리 • 전력거래소의 감축발령에 대한 실시간 서비스
Energy Gen	• 신재생 에너지 설비 토탈 솔루션 • '설계-구축-운영/관제'을 통한 에너지 생산율 향상
Energy Change	• 전기차 충전서비스 • 전기차 충전 장소 예약, 결제서비스 앱 제공

- KT는 전국 54개소에 기상 관측 센서를 설치해 전국의 일사량을 지도로 표현한'솔라맵' 및 사람이 접근하기 어려운 옥상이나 저수지, 바다 수면 위 등에 설치된 태양광 패널의 이상 상태를 드론으로 촬영한 열화상 카메라로 정확히 파악하고 검사 결과를 자동으로 보고하는 서비스 개발



그림 101. 드론에 부착된 열화상 카메라를 이용한 태양광 발전 시설 확인

- 한국전력은 현재 에너지 분야 혁신도시 선도모델인 나주에서 전력연구원 R&D 과제를 통하여 스마트 에너지시티 통합운영시스템 개발 중

표 63. 한국전력 스마트 에너지시티 통합운영시스템

구분	내용
도시 에너지 공급 최적 계획 프로그램	• 전원 믹스, 에너지별 최적 진입시기·용량 산출 • 연료비 등 운영환경에 따른 민감도 분석
CityEMS 운영기술 개발	• 도시 에너지원(신재생, ESS, xEMS) 통합 모니터링 • 도시 단위 에너지 효율과 비용 관점 통합 운영
VPP, e-프로슈머 등 신전력거래	• 신재생원 및 분산자원을 통합한 가상발전소 운영 실증 • 프로슈머-이웃간 전력거래, 블록체인 기반 거래체계 구축
인프라 확대	• 비전력 인프라(가스, 난방, 수도) 연계 • U-city 정보(교통, 방범) 연계
S-City 통합운영	• 스마트시티 인프라 통합 모니터링, 도시 서비스 제공 • 스마트시티 통합운영센터 구축

- 한국감정원 녹색건축처는 녹색건축물 조성 지원법 제10조에 따라 건축물 에너지 온실가스 정보체계를 운영

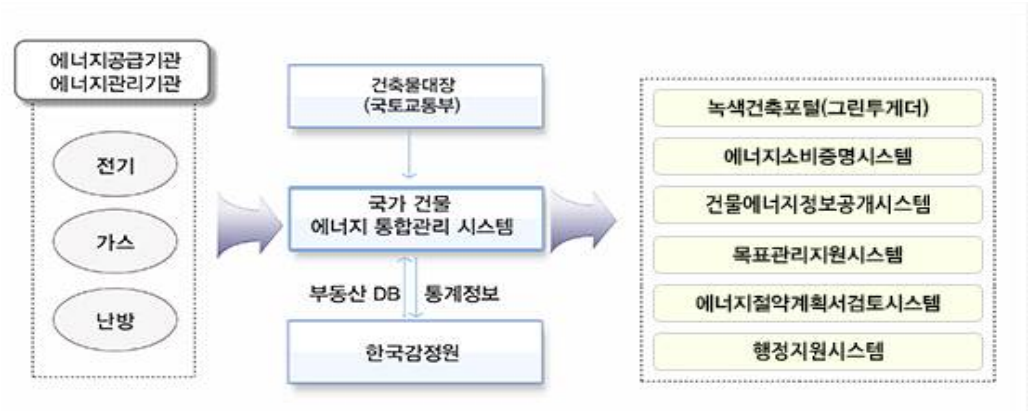


그림 102. 국가 건물 에너지 통합관리 시스템

- 스마트시티 국가시범도시(세종, 부산 등)의 경우 IoT 가전 보급을 통해 피크시간대 에너지 가동률을 제어하는 기술 적용 예정
- 한국에너지기술평가원은 2018년 브랜드과제로 'Smart Zero Energy City'를 진행, 분산자원 활용성 제고와 에너지공급 경제성 확보를 위한 마이크로 에너지 네트워크를 구축 계획
- EG-TIPS 에너지 온실가스 종합정보 플랫폼은 한국에너지공단에서 운영하는 원스톱 에너지절감 및 온실가스감축 종합포털로 정부사업에서 발생하는 유관 기술정보 연계가 되어있고 연구 개발 및 민간 전문가 참여를 통한 업종·설비별 절감기법과 기업적용 사례를 DB로 구축함

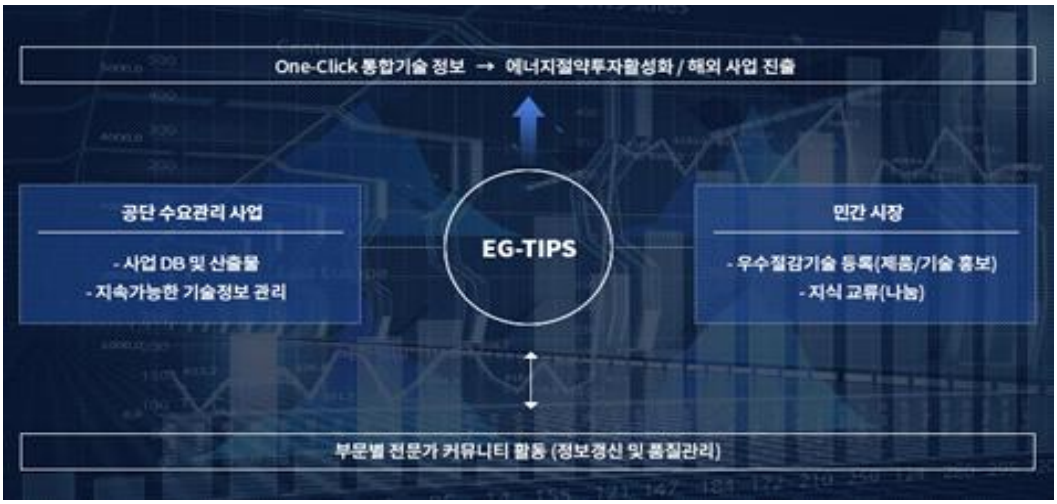


그림 103. EG-TIPS 에너지 온실가스 종합정보 플랫폼

- 국가온실가스 배출량 종합정보 시스템으로 사업장별 연료연소에 따른 온실가스배출량 및 산업공정별 온실가스 배출량 등 모집단자료를 지식정보 DB로 구축하며 온실가스감축 의무부담협상에 필요한 협상전략수립 근거를 확보하고 유관기관, 전문가 및 대국민에게 온라인으로 서비스함으로써 에너지 수요 관련 각종 정책과 연구 활동 활성화를 위한 기반 인프라 운영
- 지구/근린 내 미기후 평가 기술을 통해 UAV 및 원격탐사 기반의 DB 개발/구축 및 도시 환경 및 에너지 구성요소별 인벤토리(BIM 및 City GML 기반)를 구성하며 미기후 관리를 위한 행태-환경-행태 모델 고도화 및 평가를 위한 시뮬레이션 SW를 개발함

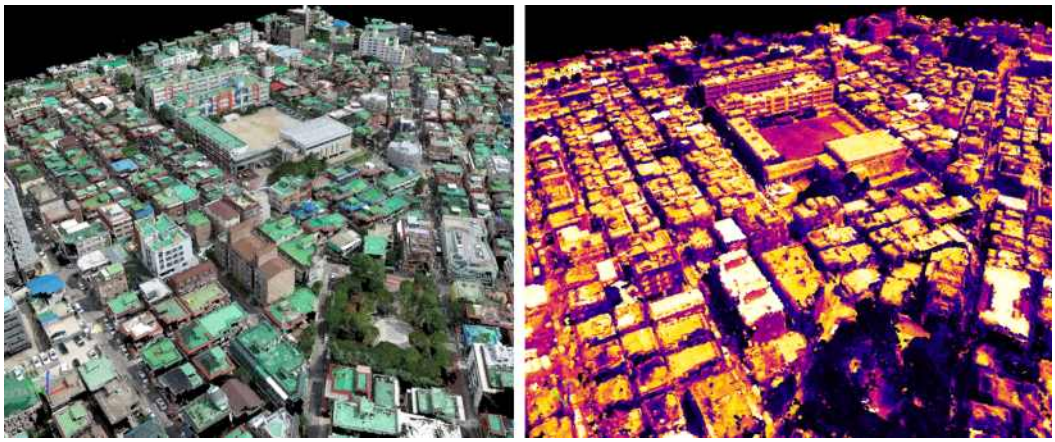


그림 104. 에너지 성능 모니터링 및 예측 진단지원

- ‘V-World’는 공간정보 오픈플랫폼을 개발하여 영상지도, 3차원 건물 및 지형, 행정경계 및 교통시설, 지적도관련정보, 배경지도 및 시설명칭 등 제공하고 있으나 Google Erath 등에 영향으로 제작된 것으로 항공영상 이미지를 조합하여 3D 가시화를 하는 방식. 물리분석이 불가능하여 진정한 CPS는 아님
- 서울시 건축과는 최첨단 측량기술 라이다(LiDar) 이용 건축물 정밀정보체계 구축 중으로, 건축물 구체적 형상정보 구축, 지붕 상세 형상정보를 이용한 태양의 도시 공약 가속화(태양광 패널 설치 가능성 사전 검토 등) 목적, 불법건축물 증개축 현황 단속 등의 활용방안 모색 중
- 이외에 해줌은 ‘햇빛지도’를 구축 및 제공하고 있으며, 국토연구원 등은 유럽 주요국에서 도시계획지침을 위한 기후지도를 제공하는 것처럼 국내 도시계획을 위한 기후지도 연구를 준비 중임

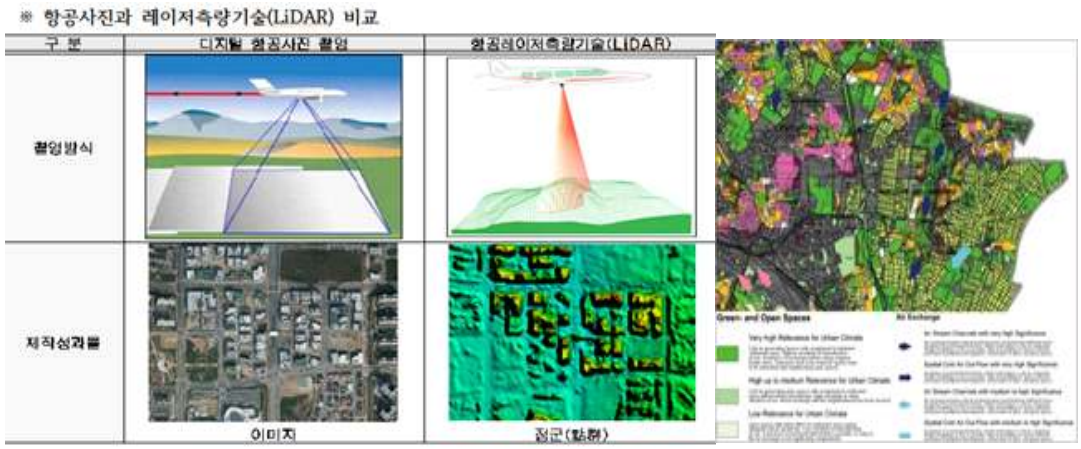


그림 105. 항공사진-레이저측량 기술비교(좌) 및 베를린 도시계획지침기후지도(우) 예시

□ 서울시는 지자체 최초로 5MW급 가상발전소 설치를 통한 사업을 진행 중이며,

세종·부산 등에도 VPP 서비스를 적용할 예정

- 서울시는 지자체 최초로 5MW급의 가상발전소를 설치하여 감축한 전력을 수요자원거래시장에 판매하는 사업을 진행 중이며, 스마트시티 국가시범도시(세종, 부산 등)의 경우 도시 토큰 발행을 통한 VPP(Virtual Power Plant) 서비스를 적용하여 거주자 간 전력거래 적용 예정

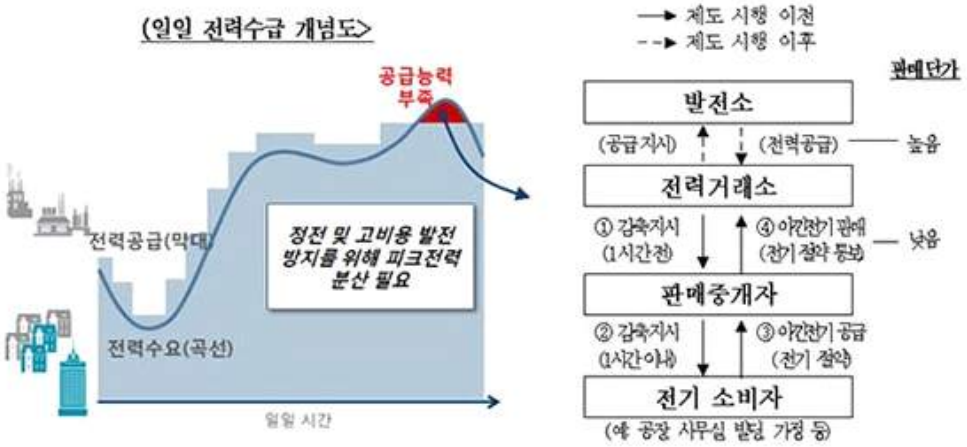


그림 106. 서울시 수요자원 거래시장 제도 개념도

□ 정부는 수원 솔대마을, 홍천 친환경에너지타운 등 “프로슈머 이웃 간 전력거래” 실증사업 실시

- 수원 솔대 마을의 주거용 태양광 보급, 강원도 홍천 친환경에너지 타운 등에서 P2P 기반 에너지 프로슈머를 적용

□ 블록체인이 전력거래활성화 기반기술이 될 수 있지만 현재는 민간과 기업의 전력거래가 사실상 불가능한 상황

- (한국전력공사) 블록체인 기반 전력거래시스템 설계 완료, 빌딩 간 전력거래 및 EV 충전 실증을 위한 사이트 구축 및 공동주택 간 전력거래 실증을 위해 이촌동, 홍은동 소재 공동주택 선정
- (이젠 파트너스) 에너지 IT 솔루션 기업인 이젠 파트너스는 에너지 블록체인을 활용해서 소극적인 에너지 효율화 사업 및 수요관리 사업을 활성화하고, 에너지 프로슈머 정책과 같은 새로운 에너지 서비스 사업 환경을 조성할 예정이라고 밝힘

2) 커뮤니티 제로에너지화 지원

□ 스마트 기술을 활용한 커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원/에너지 믹싱 최적화 기술 개발

- 현재, AMI수집정보를 활용한 CPS 및 디지털트윈 기반 커뮤니티 에너지관제/공유 시스템이 태동되고 있으나 커뮤니티 또는 지구단위 에너지

믹싱 플랜트 최적화 설계지원 Tool이 미비한 실정

- 한국형 커뮤니티 유형별 에너지 믹싱(생산-분배-부하) 최적화를 위한 정보지원 및 의사결정 도구가 필요함
- 해외에서는 건물이나 에너지의 마이크로그리드에서의 최적투자를 찾는 마이크로그리드 설계지원 프로그램 기술을 개발하여 부하이동, 피크면도, 전력수출계약 등 최적화하여 광범위하게 사용

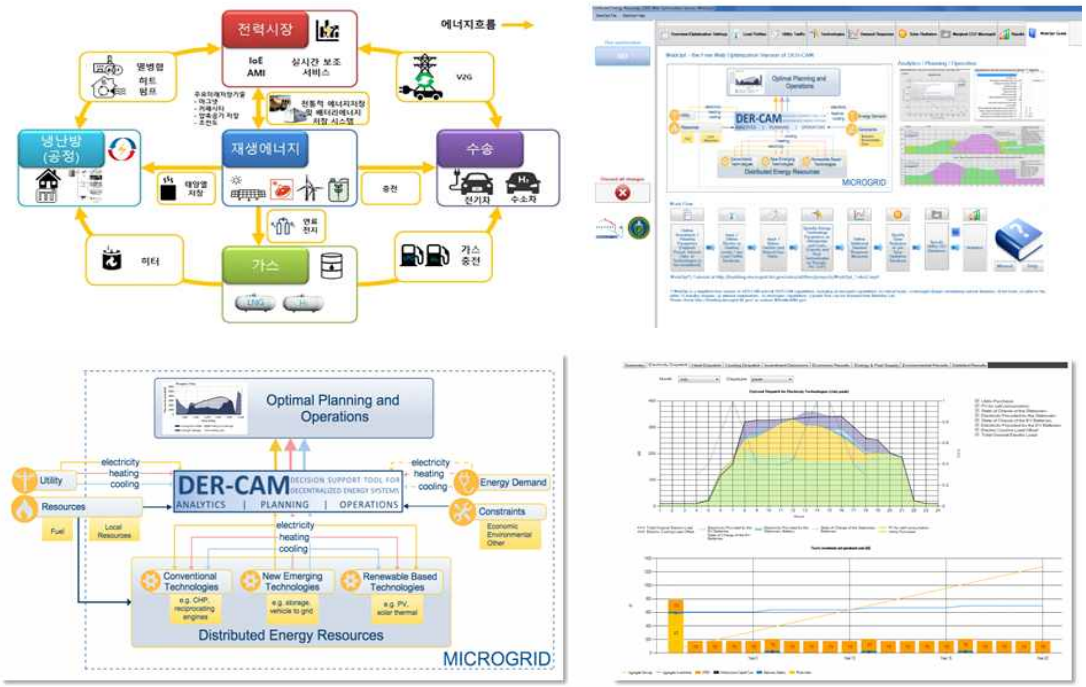


그림 107. 에너지공유기반 에너지통합시스템(상좌) 및 마이크로그리드 설계지원 프로그램 DER-CAM 예시

- ESS가 화력발전(FR)을 감당할 경우 화력 발전기는 감발 운전 대신 최대 출력으로 운전 가능하여 150만kW 발전량 증가 가능
- 국내는 ESS 컨테이너 내부에 대한 적정 온도, 습도 등 배터리 발열 설비 특성을 고려한 안전기준도 없으며, 안전에 대한 충분한 표준 기준도 없이 보급에만 치중
- 안정적인 전력망 보유, 신재생에너지 발전량의 비중이 낮아 원활한 ESS시장 형성이 필요

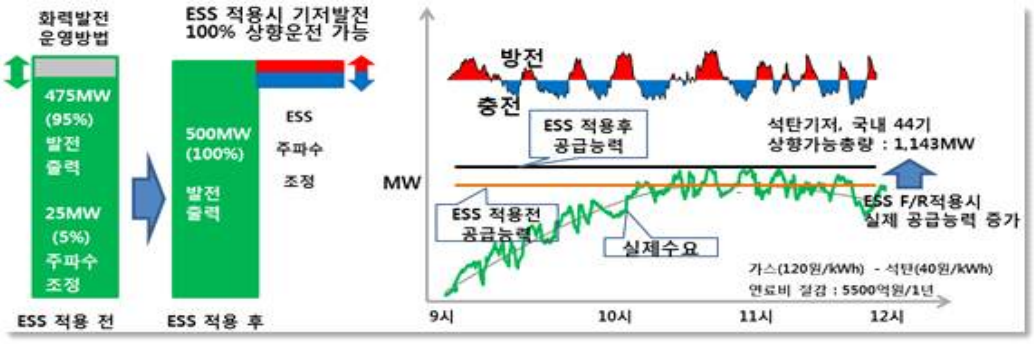


그림 108. ESS가 화력발전 감당할 경우 발전출력 변화 그래프

□ 해외에서는 에너지 공급 기반의 지구/근린의 공간범위 설정 기술의 개발로 에너지 최적화 기술 개발 및 축소도시/도시재생 이슈 대응(분산 집중형 도시구조)

- 지구/근린의 밀도 및 형태적 특성, 용도 및 거주자 특성 등을 고려한 최적 에너지 공유 단위 도출 기술: 공간범위, 필요 에너지 관련 기반시설 종류 및 용량 등
- 기존 지구단위계획의 확장 또는 새로운 공간계획(지속가능한(에너지 저감형) 행정동 단위 계획) 제안, 용도지역/지구 중 추가, 유형별 표준 모델개발 등과 연계 가능함

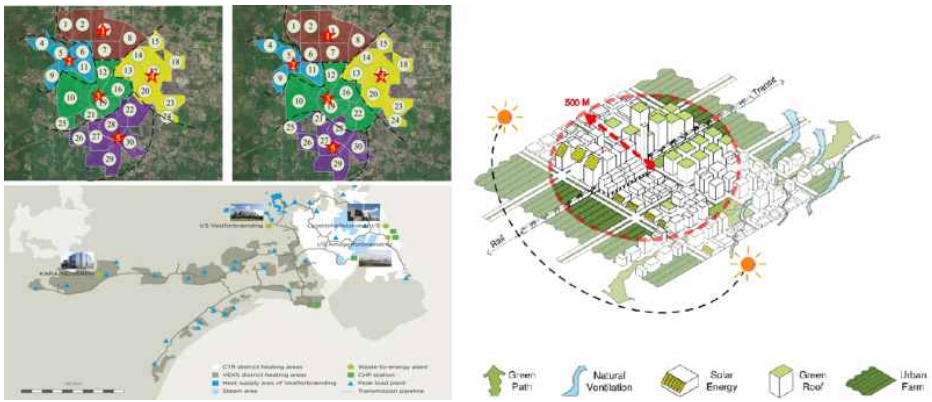


그림 109. 에너지 커뮤니티 최적화 공간범위 설정 및 공간모델 연계방안 예시

- 에너지 프로슈머를 기반한, 도심-교외 간 / 도시-농촌 간 지역협력 및 거래(상생)모델을 개발하여 지역협력 모델 개발 및 실증 기술 개발

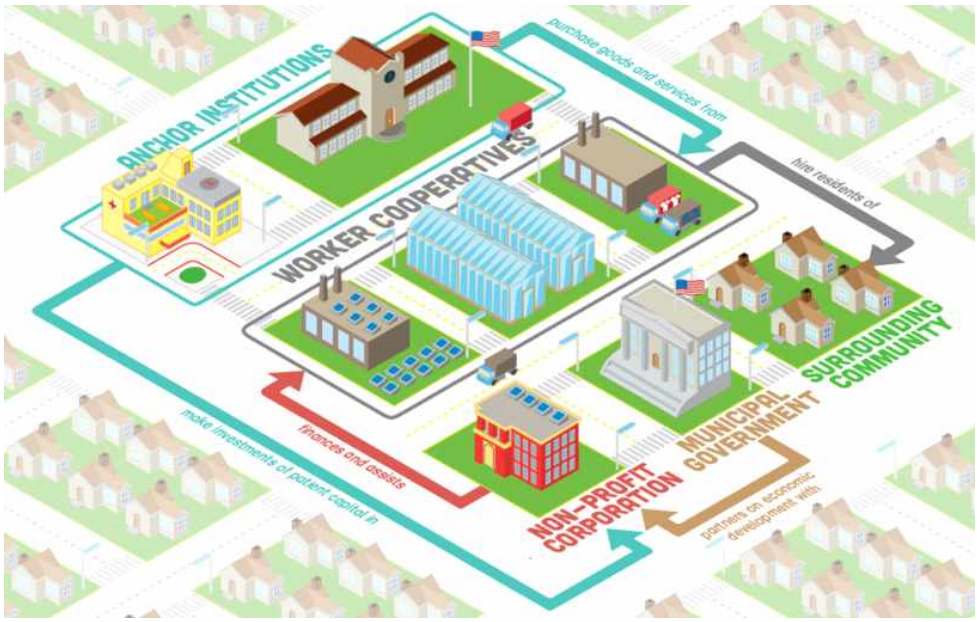


그림 110. 에너지 프로슈머 기반 도시-농촌 협력모델 예시

□ Rolling up 기반의 기존도시 유형별 실증 기술로 도시 내 공간유형별 실증사업 추진함

- 에너지 커뮤니티 유형별 성과검증 방법론 실증사업임
- 작고 상대적으로 성과를 내기 쉬운 캠퍼스 단지부터 시작하여 1종 주거지역, 2종 주거지역, 준주거지역 등 보다 복잡하고 건축물 밀도가 높으며, 주체가 다양한 도시 유형으로 사업규모를 키워가며 실증 실시함

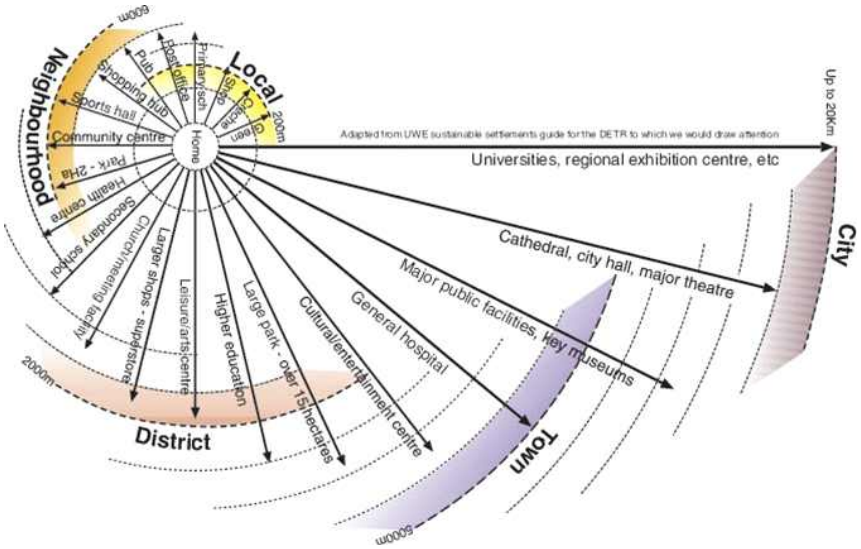


그림 111. 도시 에너지 커뮤니티 최적화 모델 개발

□ 유럽에서는 커뮤니티 단위에서의 에너지 최적화를 위해 건축 시공기술/컨설팅을 지원하는 센터를 운영 중

- 독일은 에너지 지원센터를 광역 지자체별로 1~2개소의 지원센터 운영 중

• (에너지 컨설팅) 지자체 내 신규, 재건축 등 단위 사업의 에너지 컨설팅 수행

• (건축 Retrofitting 수행) 기존 건축물 재건축, 리모델링 시 Retrofitting 지원 및 선도 사례 개발(기존 건축을 리모델링한 플러스 에너지 주택 건설)

- 국내는 중앙부처 차원에서 녹색건축센터 운영 중이며, 이 기관을 활용하여 그린 리모델링 지원사업 수행과 건축물 에너지 사용량 DB 구축 등 에너지 최적화를 위한 지원 및 거점 역할 수행 가능

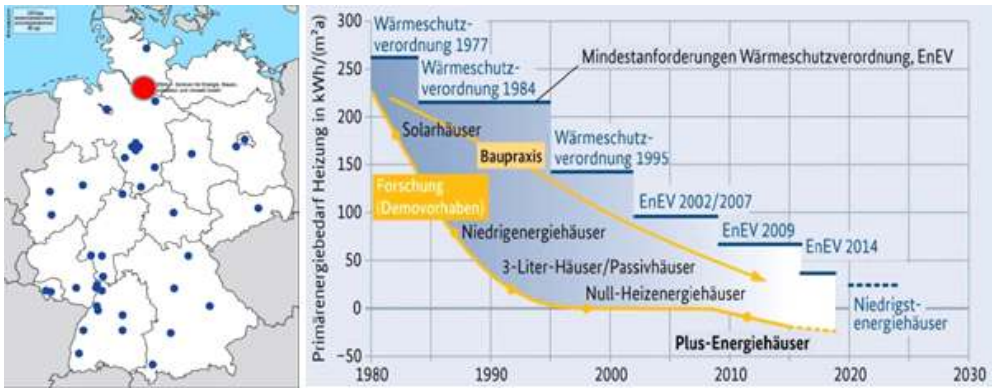


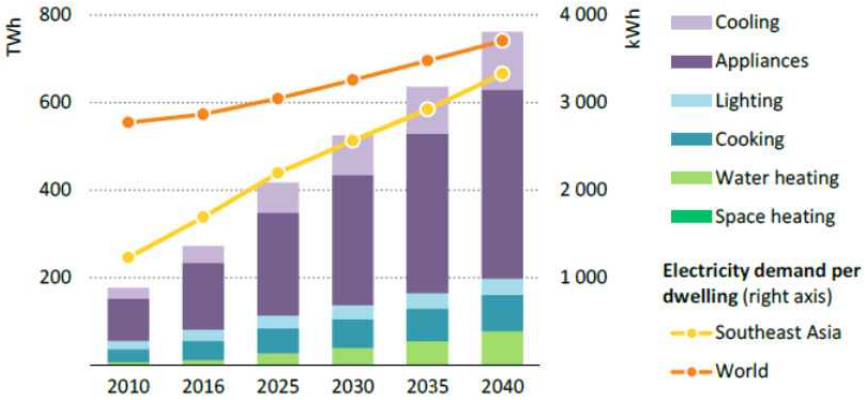
그림 112. 독일 에너지 지원센터 운영 사례(좌) 및 에너지 격차 한계(우)

라. 동남아시아 건축물에너지 동향

□ [전체에너지 수요]인도, 중국, 동남아시아 등 신흥국이 세계에너지 수요증가를 견인하고, 미국, 일본, EU는 정체 혹은 감소 전망됨. 동남아 30년까지 에너지 수요 증가율 연평균 2.3%기록할 것으로 예상

□ [건축물 에너지수요]동남아 국가들의 빌딩부문의 에너지 소비는 2016~2040년 기간 동안 약 30% 증가하면서 총 193Mtoe를 기록할 전망임.

- 경제성장과 현대식 에너지원 접근성 증대로 인해 역내 인구의 삶의질이 향상되어 주거부문의 에너지수요는 지속적으로 증가할 전망임.
- 주거부문의 전력소비는 가전제품 보급·확산(에어컨 보급률은 2016년 17%에서 2040년 30%로 상승)으로 인해 2016~2040년 기간 동안 약 3배 증가하여 총 760TWh를 기록할 전망임.
- 가구당 전력수요는 2040년경 연간 3,300kWh까지 상승하면서 전 세계 평균 3,700 kWh에 근접할 것으로 전망되고 있음.



자료 : IEA

그림 113. 동남아 가정부문 최종에너지 수요변화

표 64. ASEAN 빌딩부문 최종에너지 소비 전망

(단위 : Mtoe)

에너지원	2000	2015	2016e	2025	2030	2035	2040	비중(%)	
								2016	2040
석탄	1	1	1	2	2	2	2	0.7	1.0
석유	19	17	18	19	20	21	21	12.1	10.9
천연가스	0	0	0	2	3	4	5	0.0	2.6
전력	15	39	42	62	76	90	105	28.2	54.4
바이오	73	86	87	76	70	63	58	58.4	30.1
신재생	-	-	-	0	1	1	1	-	0.5
합계	**108**	**144**	**149**	**161**	**170**	**180**	**193**	**100.0**	**100.0**

자료 : IEA(2017.11) Southeast Asia Energy Outlook 2017, p.134

- 비주거 부문의 에너지 소비는 2016~2040년 기간 동안 2배 증가하여 약 50Mtoe를 기록할 것이며, 그 중 전력 비중이 80%에 이를 것으로 전망되고 있음.

□ [건축물에너지 산업현황] 건축물의 에너지효율화를 위하여 각 국가별 에너지 절약 Building code가 마련되어 있으나 산업현장과의 기술적 호환성 부족으로 실효성이 미비한 실정임. 주로 전기에너지 소비기기에 대한 라벨링제도를 통하여 건축물 에너지효율화를 추진하고 있음.

□ [베트남 건축물에너지 산업현황]인구증가 및 도시화로 인한 건축물기반 인프라의 수요증가 및 주거내 전기사용량의 증가로 인하여 건축부문의 에너지사용이 증가하고 있음.

- '국가에너지개발계획 2017(NEDP2017)'을 수립하여 국가에너지효율화를 추진하고 있으며 건축물에너지효율화를 우선순위에 두고 있음.
- 건축물에너지효율화를 위한 에너지소비기기 라벨링제도, 건물에너지기술규정(Building Code)을 의무화하고 있음. 민간 그린빌딩인증이 존재하나 태동기에 있음.
- 기존 제도개선/기준강화/신규개발을 통한 건축물에너지효율화 실시계획을 이행하

고자 하고 있음.

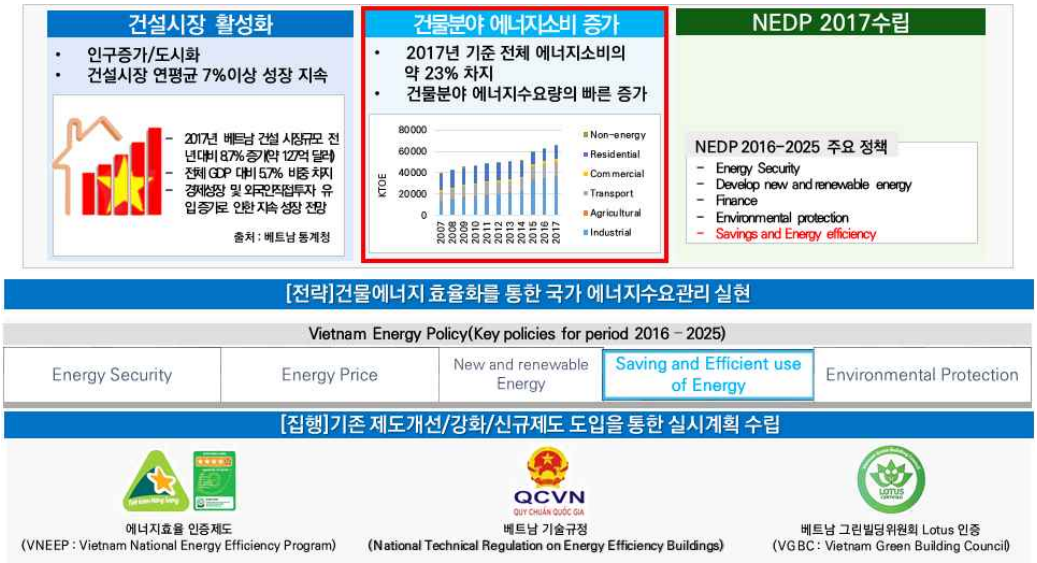


그림 114. 베트남 건물에너지 동향

5. 주요 시사점

□ (국내외 정책 현황) 온실가스 감축 목표 달성을 위해 건축·도시부분의 에너지 효율성을 제고하기 위한 투자를 강화함과 동시에 공간내 '사람'의 건강성을 향상시키는 방향으로 정책의 외연을 확대

- (유럽) 온실가스 감축 및 재생에너지 발전 비중 향상을 위한 이행계획을 기반으로 빅데이터 기반 건축물 에너지 성능관리 및 지구단위 에너지 최적화 기술개발에 투자를 확대하고 있으며 건강성을 고려한 정책 추진을 예고

※ EU Energy Performance of Building Directive(EPDB), Horizon 2020, Helathy buildings, healthier people

- (미국) 에너지 효율성 관리 규제를 강화하고 에너지 효율적 건축물 구현 기술, 최적 환기 및 공기정화 기술의 실검증 지원 확대

※ Executive Order 13514, Strategic Plan 2014-2018, Building America Research-to-market

- (일본) 재생에너지 기반 스마트 에너지 네트워크 구현, 건축 라이프 사이클 전반의 저탄소화를 추진하고 증거기반 건강성관리 체계를 구현

※ 지구온난화 대책 계획, CASBEE, 저탄소 건강한 라이프 스타일과 도시 건축의 길, 스마트웰빙주택 기술개발

- (한국) 에너지 공급원의 다양화 및 최적화와 산업·건물·수송 등 소비구조 혁신, R&D 투자 강화를 통해 신산업과 혁신성장 동력을 창출하고 에너지 거래시장의 활성화를 위한 제도 정비

※ 수소경제활성화로드맵 제3차 에너지기본계획, 제3차 에너지기술개발계획('14~'23)

□ (국내외 시장 현황) 국내외에서 NZEB, 스마트 에너지관리시스템, 고효율 외피 시스템 시장의 지속적인 성장이 예측

- 국내외적으로 에너지 저소비형 건축물 및 신재생에너지를 적용한 에너지자립 건축물에 대한 수요가 증가하고 있으며, 미래 에너지 고갈, 기후변화 대응을 위한 건축물 스마트 신재생에너지시스템의 수요 증가

※ 스마트 신재생에너지관리시스템 : 건축물의 에너지 자립을 위해 신재생에너지를 건물 외피 또는 설비 시스템과 접목시킨 에너지 생산 시스템을 구축하는 기술로 에너지 생산량 및 에너지 이용 효율 극대화를 위한 예측, 설계, 시공, 제어, 관리 기술을 지칭

- 녹색 건축자재 시장은 2013년 1,160억 달러에서 2020년 2,540억 달러로 성장

- 신남방지역의 건설시장은 아시아 건설시장의 약 19.4%를 차지하고 있으며

경제성장과 함께 30년까지 25%로 확대 예상, ‘2017~’22 연평균 건설시장 성장률 약 8.3%을 기록할 것으로 예상

□ (국내외 기술개발 현황) 국외에서 AICBM 융합 커뮤니팅 에너지관리 기술이 비즈니스 모델을 기반으로 빠르게 상용화, 건축물단위의 에너지관리시스템 기술개발이 국내외에서 공동적으로 진행되고 있으며 ‘액티브’ 설비는 건물일체형으로 진화

- (도시에너지 최적화 계획 및 설계) 해외는 빅데이터를 활용해 에너지 수요 및 공급을 예측하는 비즈니스 모델 구축이 활발하며, 국내는 한국전력 등에서 수요 및 공급을 예측·제어하는 기술 개발
- (도시에너지 모니터링 및 관리) 도시 단위 에너지 생산·공급·소비 모니터링 기술 및 전력 저장·관리 기술이 적용되고 있으며, 에너지 DB 고도화 필요
- (도시 에너지 최적화) 도시 단위 에너지 생산·공급·소비 모니터링 기술 및 전력 저장·관리 기술이 적용되고 있으며, 에너지 DB 고도화 필요
- (건축물 에너지 최적화 설비 및 시공(패시브)) 에너지 절감 및 온실가스 감축의 주요 기술인 단열재, 창호 시스템 등 고효율 건축자재 및 외피시스템의 경우, 신규시장에서 요구되는 초고성능 소재 개발을 위해 나노기반 제어기술, 신물질 개발 등 새로운 한계 돌파형 핵심기술 개발 진행

• Building Envelope Retroffiting. 3D 스캐닝 및 프린팅, Prefabrication, BIM 등 연계 가능한 외피교체 기술이 개발됨

- (건축물 에너지 최적화 설비 및 시공(액티브)) BIPV, 건축물 일체형 재생에너지 생산 기술개발이 활성화

• BIPV 등 심미성을 유지하며 재생에너지 발전을 최대화하는 기술이 해외는 시제품 판매 단계이나 국내는 개발 단계이며, 그 외에 고효율 시스템 등에 대한 연구가 진행

• 건축물 융복합형 풍력발전은 단순히 기존의 건축물에 풍력터빈을 설치하는 소극적 개념으로부터 발전하여, 건물의 외형을 변형시켜 풍력발전에 유리한 풍환경을 제공하거나 다른 재생에너지와 융복합하는 기술 개발

• 기존 건축물의 옥상, 벽면 등 활용가능 지점을 이용한 재생에너지 발전시설 설치 가능성을 검토하는 재생에너지 발전시설 설치 최적화 기술 개발 추진

• 순환 관점에서의 자재 관리 및 건축물 수리이력 DB화, Component 중심의 설계 기법 고도화 기술이 논의됨

- (건축물 에너지 모니터링 및 관리) 전 세계적으로 지능형 건축물 구현을 위해 네트워크를 활용한 건물에너지관리시스템 (BEMS) 개발에 지속적인 투자 진행

- (동남아 건물에너지 현황)경제성장과 현대식 에너지원 접근성 증대로 인해 역내 인구의 삶의질이 향상되어 주거부문의 에너지수요는 지속적으로 증가할 전망임. 건축물에너지효율화를 위한 에너지소비기기 라벨링제도, 건물에너지기술규정(Building Code)을 의무화하고 있으나 실효성이 미비한 실정임.

제3절. 국내 R&D 역량분석

1. R&D 투자현황

□ 에너지 관련 기술 및 연구동향

- 에너지 관련 국가 R&D 과제는 2002년 기점으로 지속적으로 증가 추세하고 있음
- 과기정통부와 산자부에서 최다수 과체 추진 및 교육부(NRF)에서도 비슷한 수준으로 추진중
- 연구 동향을 파악하기 위해 2002년 이후 연구들 중, 연구 키워드를 기준으로 검색하여 에너지 관련 기술 및 연구 DB를 구축함
- 국내 2002년 이후 에너지 관련 연구는 총 9,330개로 이루어져 있음

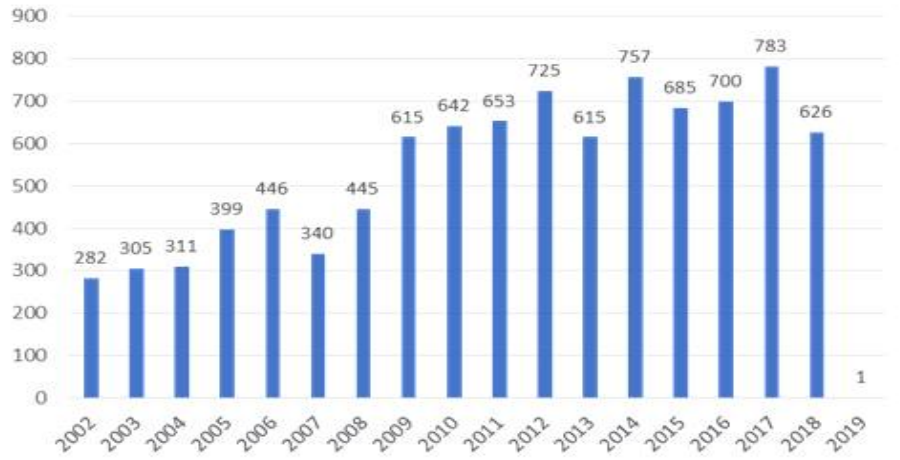


그림 115. 에너지 관련 기술 및 연구동향

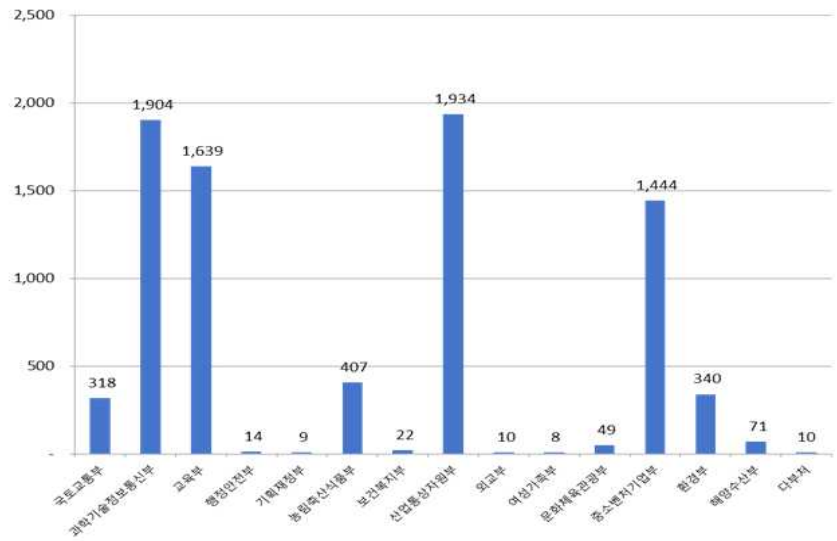


그림 116. 에너지 관련 부처별 연구 동향

- 국가 R&D 과제 대부분이 도입기 및 성장기 성격으로 진행됨('기타' 및 'Null'값을 제외한 총 6,014개 과제 대상으로 분석하였으며, 전체 중 약 86.8%를 차지함)

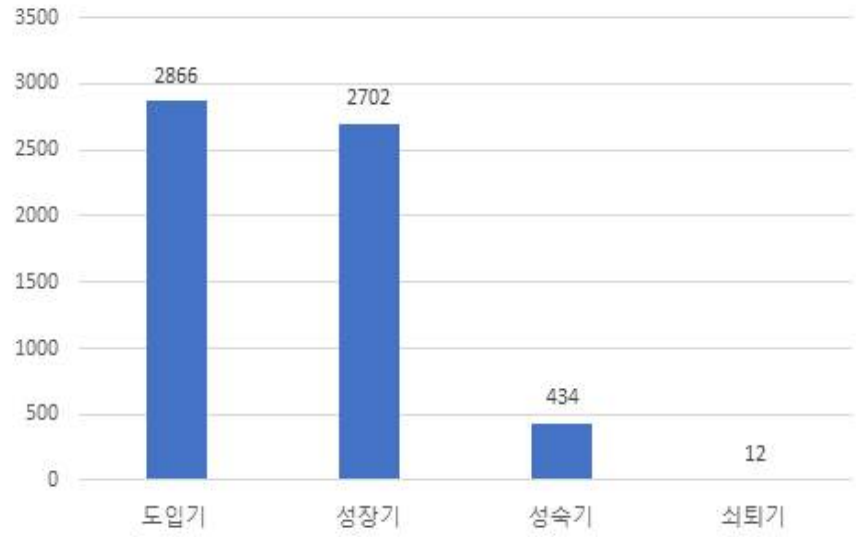


그림 117. 에너지 관련 연구 수명 주기

- 전체 R&D 중 기초연구와 개발연구로 대부분이 진행됨 ('기타' 및 'Null'값을 제외한 총 7,873개 과제 대상으로 분석하였으며, 전체 중 약 83.6%를 차지함)



그림 118. 에너지 관련 연구 단계

□ 기술수명주기 분석

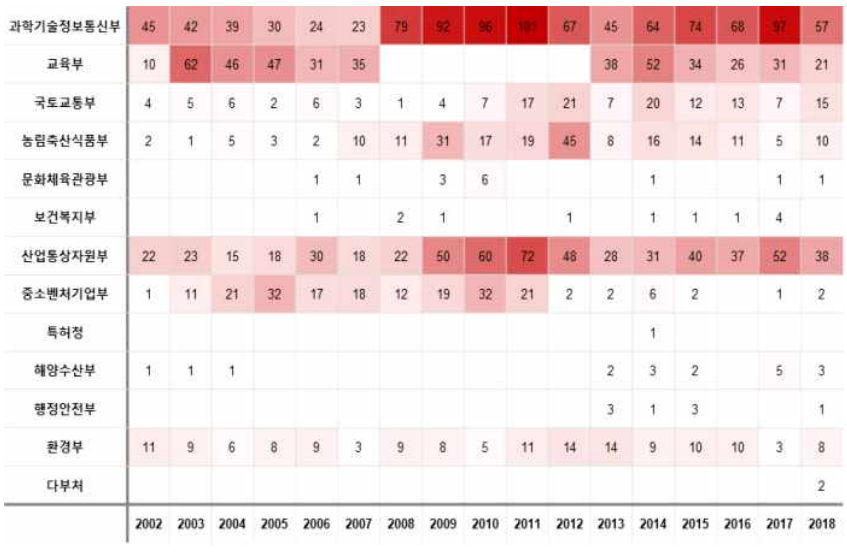
- 과기부, 교육부(NRF), 산자부, 국토부, 환경부 등 대부분 부처에서는 '도입기' 과제를 추진하고 있음
- 중소벤처기업부에서 추진하는 대부분 과제(74.6%)는 '성장기' 수준으로 나타남('기타' 및 'Null'값을 제외한 총 5,975개 과제 대상으로 분석함)



	도입기 (47.5%)	성장기 (45.1%)	성숙기 (7.2%)	쇠퇴기 (0.2%)
과학기술정보통신부	1,043	563	42	1
교육부	433	156	58	
국토교통부	150	147	19	
농림축산식품부	210	132	33	3
문화체육관광부	14	3	1	
보건복지부	12	5	1	
산업통상자원부	604	553	130	
중소벤처기업부	199	1,000	137	5
특허청	1	2	2	
해양수산부	18	12	2	3
행정안전부	8	3		
환경부	147	109	5	
다부처	2	7		

그림 119. 기술수명주기

- 도입기에 해당하는 과제는 과기부와 산자부에서 다수 추진하고 있음
- 최근 농림부와 중기부에서는 감소하는 반면, 국토부와 현경부에서는 증가하는 추세를 보이고 있음 ('기타' 및 'Null'값을 제외한 총 2,841개 과제 대상으로 분석함)



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
과학기술정보통신부	45	42	39	30	24	23	79	92	96	101	67	45	64	74	68	37	57
교육부	10	62	46	47	31	35						38	52	34	26	31	21
국토교통부	4	5	6	2	6	3	1	4	7	17	21	7	20	12	13	7	15
농림축산식품부	2	1	5	3	2	10	11	31	17	19	45	8	16	14	11	5	10
문화체육관광부					1	1		3	6				1			1	1
보건복지부					1		2	1			1		1	1	1	4	
산업통상자원부	22	23	15	18	30	18	22	50	60	72	48	28	31	40	37	52	38
중소벤처기업부	1	11	21	32	17	18	12	19	32	21	2	2	6	2		1	2
특허청													1				
해양수산부	1	1	1									2	3	2		5	3
행정안전부												3	1	3			1
환경부	11	9	6	8	9	3	9	8	5	11	14	14	9	10	10	3	8
다부처																	2

그림 120. 기술수명주기 - 도입기

- 성장기에 해당하는 과제는 중기부와 과기부, 산자부에서 다수 추진 중
- 국토부는 상대적으로 추진 과제수가 적으나 과거에 비해 늘어나는 추세임 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 2,692개 과제 대상으로 분석함)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
과학기술정보통신부	18	21	17	17	13	11	32	76	108	70	17	12	33	32	43	27	16
교육부		3	13	32	39	13						10	8	9	11	12	6
국토교통부	3	7	5	11	14	1	3	2	8	9	17	16	15	7	13	9	7
농림축산식품부	5	4	2	6	10	4	2	11	7	8	23	8	12	6	11	6	7
문화체육관광부		1						1	1								
보건복지부		1	1				1				1		1				
산업통상자원부	22	36	44	35	49	38	24	26	53	39	20	23	23	36	30	30	25
중소벤처기업부	20	6	11		8	13	19	67	80	69	135	95	122	80	93	98	84
특허청													2				
해양수산부	2	1		1	2	1						1		3			1
행정안전부											1	1		1			
환경부	8	10	9	7	12	4	8	8	2	17	1	4	6	2	6	5	
다부처																3	4

그림 121. 기술수명주기 - 성장기

- 성숙기에 해당하는 과제는 산자부에서 꾸준히 추진된 반면 전체적으로는 감소하는 추세임
- 특히 중기부에서 크게 감소하고 국토부나 농림부에서는 간헐적으로 추진 중 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 430개 과제 대상으로 분석함)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
과학기술정보통신부			2	4	4		6	2	3	3	4		4	6	2	2	
교육부	38	1	2	7	5	2										2	1
국토교통부	1	4	5	3		1				1	1		1				2
농림축산식품부	1	1	3	3	4			4			3	1	7	4		1	1
문화체육관광부								1									
보건복지부							1										
산업통상자원부	9	9	9	18	16	8	6	4	9	8	4	3	5	8	3	6	5
중소벤처기업부		1	2	22	24	13	61	5	2			2	1	4			
특허청													2				
해양수산부												1		1			
행정안전부																	
환경부	1						1					1			1	1	
다부처																	

그림 122. 기술수명주기 - 성숙기

□ 연구개발단계 분석

- 기초연구는 과기부와 교육부(NRF)에서 다수 추진 중
- 지속 추진해온 산자부 및 환경부와 더불어 국토부도 추진 과제수가 조금씩 증가하는 추세임 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 7,510개 과제 대상으로 분석함)

	기초연구 (44.7%)	개발연구 (40.3%)	응용연구 (15.0%)
과학기술정보통신부	1667	250	340
교육부	1129	39	146
국토교통부	69	175	70
농림축산식품부	89	146	146
다부처		9	1
문화체육관광부	29	11	4
보건복지부	7	1	11
산업통상자원부	212	889	308
중소벤처기업부	38	1380	14
해양수산부	4	25	7
행정안전부	4	8	
환경부	111	91	80

그림 123. 연구개발단계

- 기초연구는 과기부와 교육부(NRF)에서 다수 추진 중
- 지속 추진해온 산자부 및 환경부와 더불어 국토부도 추진 과제수가 조금씩 증가하는 추세임 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 430개 과제 대상으로 분석함)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
과학기술정보통신부	36	31	27	25	26	24	142	162	172	152	169	70	101	121	102	184	123
교육부	29	24	30	99	106	101						112	106	108	137	133	144
국토교통부			4	1	3	3		2		5	13	4	7	5	7	7	8
농림축산식품부			2	1	1	2	3	6	9	11	31	2	3	7	8	2	1
문화체육관광부						1	2	3	5	4	4	3	5		1		1
보건복지부		1	1		1						1		1	1		1	
산업통상자원부	14	7	10	11	15	8	9	8	15	22	13	8	12	14	17	20	9
중소벤처기업부			4		29	5											
해양수산부													1	2		1	
행정안전부												1	1	1			1
환경부	7	6	2	7	10	7	3	9	3	1	8	12	12	5	11	3	5
다부처																	

그림 124. 연구개발단계 분석 - 기초연구

- 개발연구는 중기부와 산자부에서 다수 추진 중
- 과기부와 국토부도 꾸준히 추진하며 최근 추진 과제수가 증가하는 추세임 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 430개 과제 대상으로 분석함)

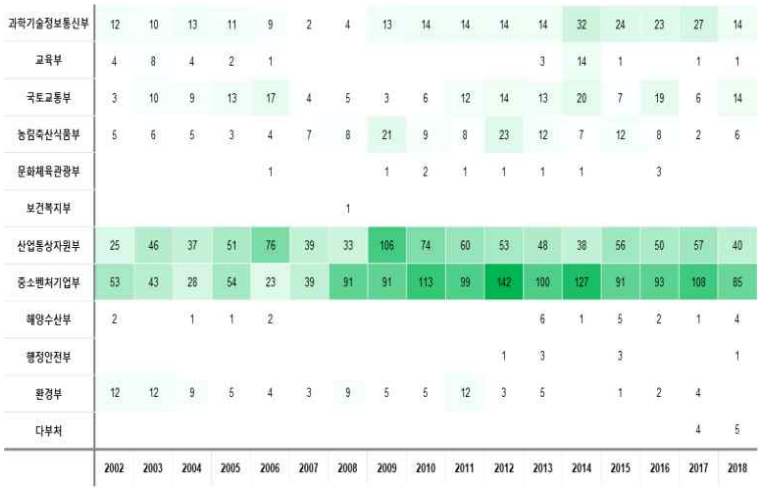


그림 125. 연구개발단계 분석 - 개발연구

- 응용연구는 과기부와 산자부에서 다수 추진해 오고 있으며 교육부, 국토부, 농림부, 환경부 등에서도 지속 추진 중이나 전체적으로 감소 추세 (‘기타’ 및 ‘Null’값을 제외한 총 430개 과제 대상으로 분석함)

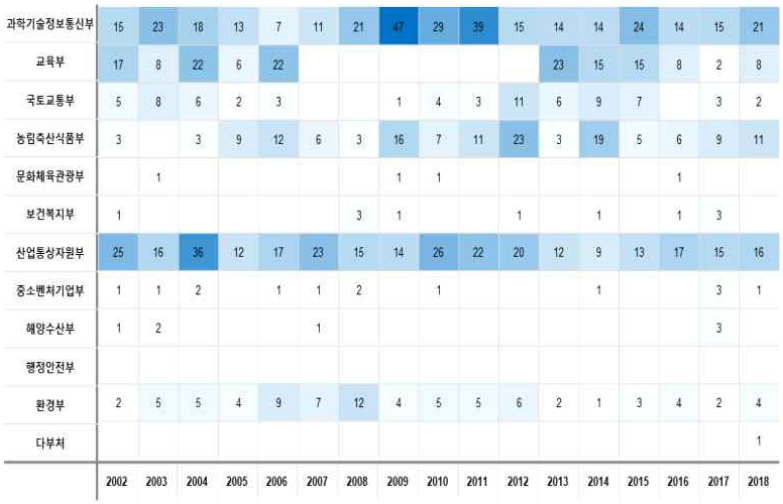


그림 126. 연구개발단계 - 응용연구

- 2010년을 기점으로 ‘에너지’관련 R&D 사업이 증가하는 경향이 있음
- 최근 통합에너지관리, 고효율자재개발, 요소기술개발 등 운영·관리 효율 제고에 초점을 두고 있음

- 국토교통과학기술진흥원 R&D 사업을 분석하기 위해 키워드 '에너지'로 1994년부터 2018년까지 총 86개의 과제를 분석함

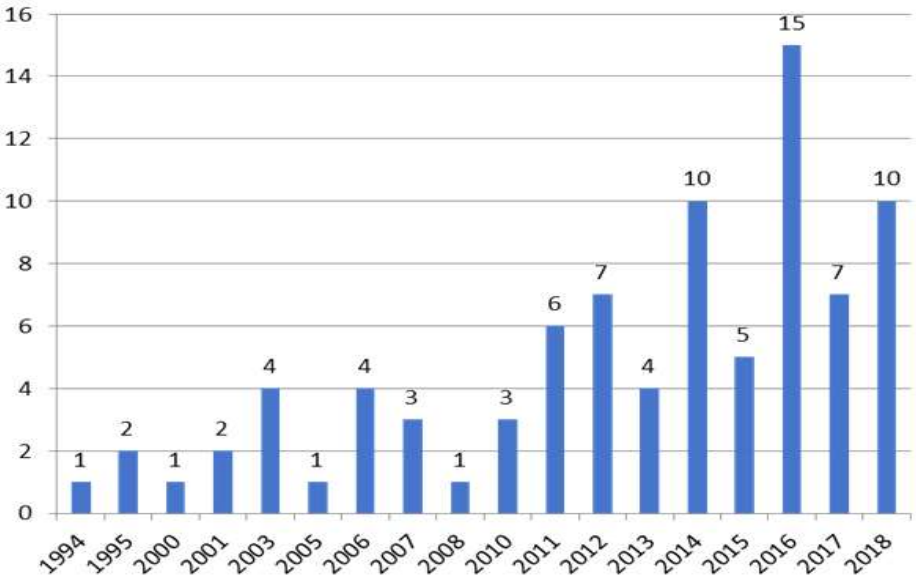


그림 127. 국토교통과학기술진흥원 에너지 R&D 동향

- 정부 정책과제 분석을 위하여 'PRIME'에서 키워드 '에너지'로 2000년부터 지금까지 총 399개 과제를 분석함
- 에너지 관련 정책과제는 2009년 기점으로 큰 폭으로 증가하여 지속적으로 유지하고 있음

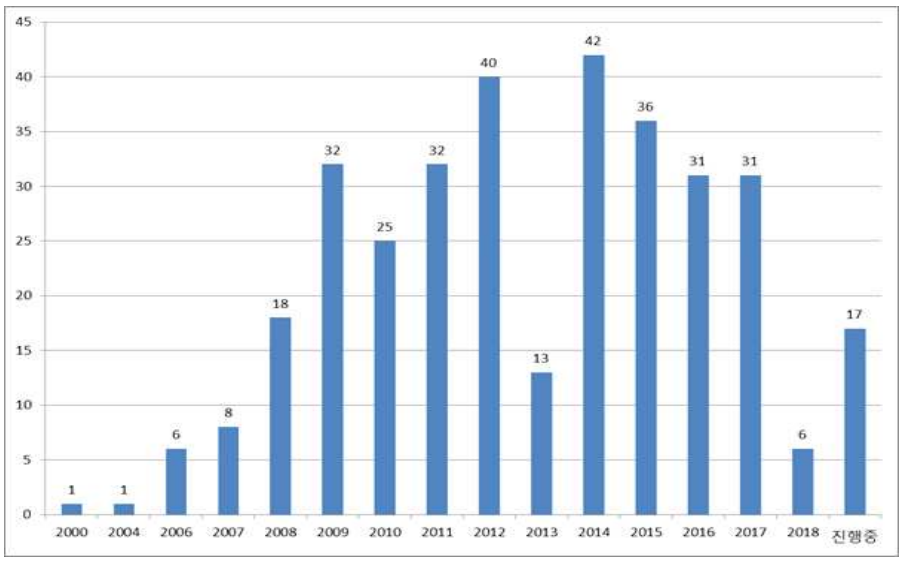


그림 128. 정부정책과제 에너지 관련 R&D 동향

- 산업통상자원부에서 최다수의 정책과제 추진 및 환경부/국토교통부가 뒤를 이어 나타남

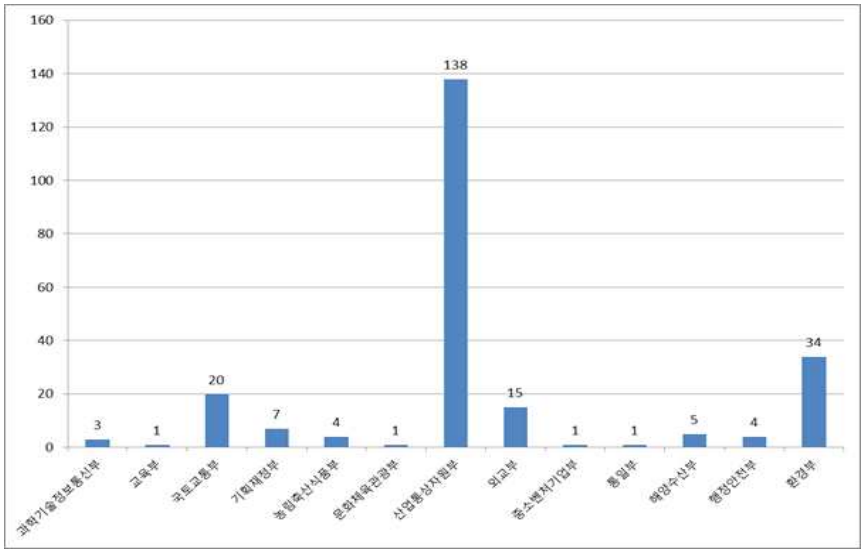


그림 129. 부처별 정부정책과제 에너지 관련 동향

- 산자부, 환경부, 국토부, 기재부, 외교부 등에서 꾸준히 정책과제가 추진되고 있으며, 각각 에너지수요공급, 자원순환(폐기물), 에너지효율, 에너지세제, 대외협력(해외진출) 등 다루고 있음

	2000	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	진행중
과학기술정보통신부							1	2								
교육부					1											
국토교통부			1			5	3	2			6	1	1			1
기획재정부				1		1			1		1	1	1	1		
농림축산식품부											2		1			1
문화체육관광부					1											
산업통상자원부	1		3	2		12	12	17	17	3	16	21	11	11	1	11
외교부				2	3	4		2	1	1		1	1			
중소벤처기업부													1			
통일부							1									
해양수산부					1	1	1	1						1		
행정안전부					2		1							1		
환경부		1	1	3	8	6	2	3	2		1	1	2			4

그림 130. 정부 정책과제 분석

□ (기술적 특성 분석) 국내·외 논문·특허 등 빅데이터 분석을 통해 23개 스마트시티 패키지 요소기술 도출

- 논문(국내외) : 스마트그리드(14.3%), Lifelog건강관리(11.5%), 원격진료(10.5%)
- 특허(국내외) : 원격진료(12.9%), Lifelog건강관리(10.1%), 스마트그리드(9.7%)

표 65. 스마트시티 패키지 관련 요소기술군 현황

구분	요소기술군				
핵심·융합 기술	T3 지능형 주차 서비스 기술	T4 긴급 구조 및 대응 기술	T6 도시생활 안전 확보 기술	T7 도시 시설물 점검 및 관리 기술	T8 도로·도로 시설물 점검 및 관리 기술
	T9 지하 시설물 관리 기술	T12 생활 복지 기술	T13 에너지 공급 기술	T14 에너지 절감 기술	T15 스마트 그리드 기술
	T16 대기질 및 수질 감시·예측·대응 기술	T20 문화 및 관광 시설 관리 기술	T21 공공 서비스 시스템 기술	T22 One-Government 기술	
기반·융합 기술	T1 교통 정보 및 관리 기술	T2 자율주행 시스템 기술	T5 예방·회복 중심 재난재해 관리 기술	T10 Lifelog 건강 관리 기술	T11 원격 진료 기술
	T17 폐기물 순환 관리 기술	T18 생태계 관리 기술	T19 참여형 문화 및 관광 제공 기술	T23 교육 및 학습지원 서비스 기술	

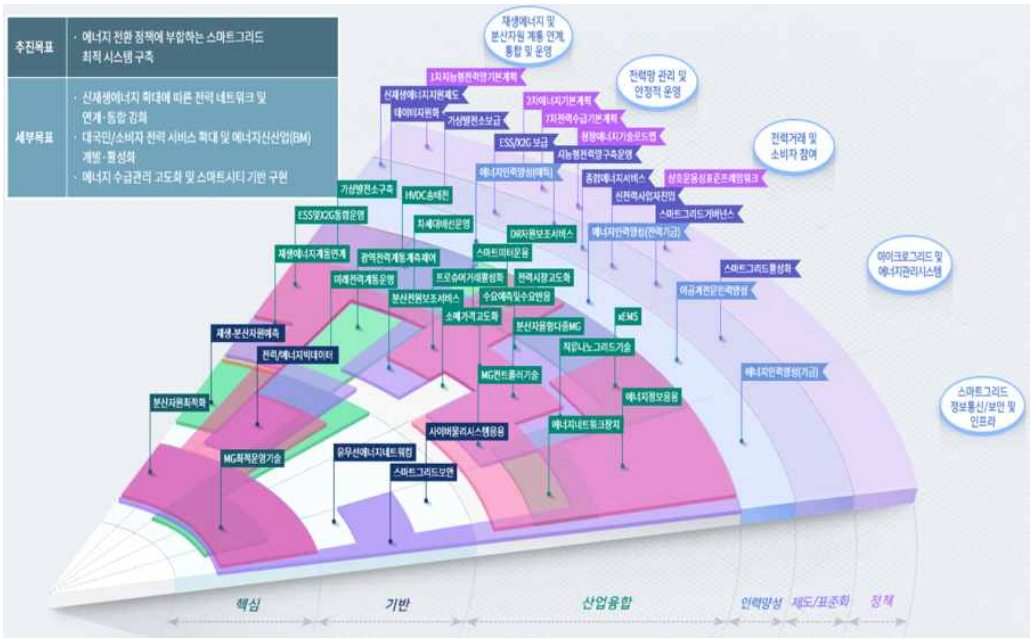


그림 131. 패키지형 R&D 투자전략 : 스마트시티

□ (기술적 특성 분석) 논문·특허 등 빅데이터 분석을 통해 총 27개 기술군으로 구성된 스마트그리드 기술분류체계 도출

- 논문(국내외) : 안정적 재생에너지 계통 연계(13.8%), ESS 및 X2G 통합 연계운영(13.6%), 가상발전소 구축 및 운영(13.6%)
- 특허(국내외) : 소매가격 고도화(25.3%), 프로슈머 거래 활성화(16.3%), 전력시장 고도화(5.0%)(기술적 특성 분석) 국내·외 논문·특허 등 빅데이터 분석을 통해 23개 스마트시티 패키지 요소기술 도출

표 66. 스마트시티 패키지 관련 요소기술군 현황

구분	기술군				
핵심·기반 기술	T4 가상발전소	T5 재생-분산자원 예측	T10 전력·에너지 융복합	T21 MG 최적 운영 기술	T23 유무선 에너지 인프라
	T26 스마트그리드 보안	T27 사이버물리시스템 응용	-	-	-
융합기술	T1 가상발전소 구축	T2 재생에너지 계통연계	T3 ESS 및 X2G	T6 미래 전력계통 운영	T7 전력계통 계측제어
	T8 차세대 배전운영	T9 HVDC 송배전	T11 프로슈머 거래 활성화	T12 소매가격 고도화	T13 분산전원 보조서비스
	T14 DR자원의 보조서비스	T15 스마트미터 운용	T16 수요예측 및 수요반응	T17 전력시장 고도화	T18 분산 자율형 다중 MG
	T19 MG 컨트롤러 기술	T20 직류 나노그리드 기술	T22 xEMS	T24 에너지 네트워크 장치	T25 에너지 정보 응용

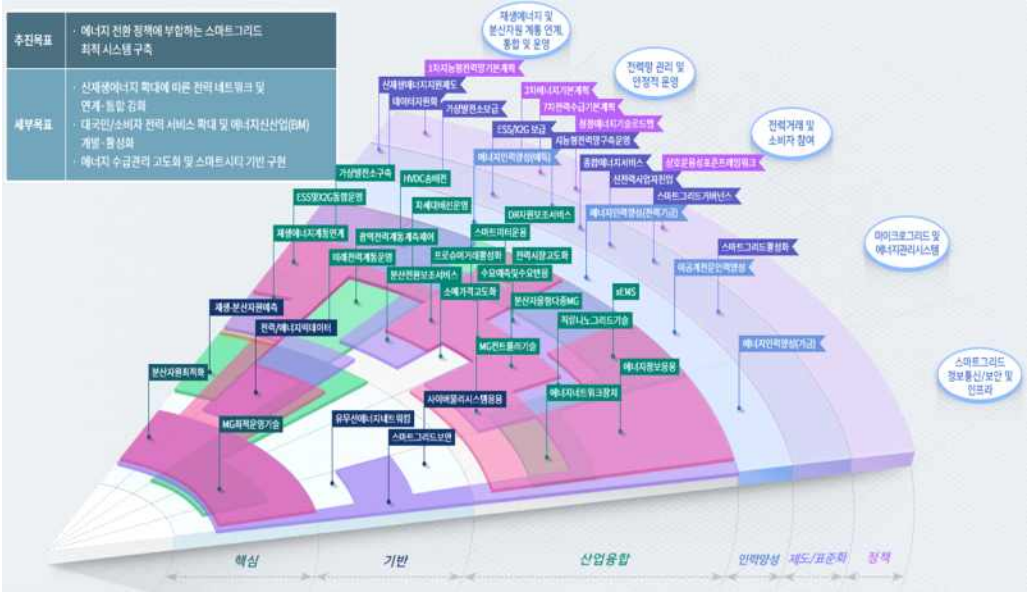


그림 132. 패키지형 R&D 투자전략 : 스마트그리드

□ KAIA는 '07년부터 중대형 과제(50억원 이상) 위주로 16개 과제 1,626억원 등 지원했으나, 생애주기 단계별 효율성 향상, 건강성 제고, 성과 확산 및 산업 육성에는 미흡

- 도시건축연구사업을 통해 단지·커뮤니티단위 에너지 관리, 건축물 에너지통합지원 시스템 개발, 제로에너지빌딩/주택 개발·실증, 온실가스 저감 기술 개발 등 추진

* 도시건축연구사업 전체 6,395억원의 25% 차지(주거환경연구사업 및 소액사업 포함)

- 그간, 녹색건축 R&D 기술개발 및 실증을 통해 녹색건축물 저변확대 및 인식개선 등에 기여했으나 기존 건축물, 생애주기 고려, 건강성 제고, 산업육성을 지원할 기술 확보 미흡

- 개별 건축물 특성, 국내 기후조건, 국내 기준 등을 고려한 설비 선정, 에너지 예측, 부재단위 열교 평가 등 건물에너지 진단·평가, 커미셔닝을 위한 기반기술 부족

2. 논문/특허 동향 분석

가. 논문동향

1) 논문 분석 방법론

□ 논문 DB(Web of Science의 SCI, SCIE, SSCI, A&HCI 논문)를 통해 동 기획과제의 전체, 기술분류별 논문 산출 목록 검색

- 기획연구팀이 중점기술분야별 키워드를 작성하고 이를 기반으로 논문 검색식을 작성함
- 논문 DB에서 검색식을 활용해 최근 2004년부터 2019년까지의 논문 목록을 수집

□ 논문 산출 결과를 연도별, 출원인·게재인 국가별로 구분해 정량적 추이 등을 분석

- 선행기술에 대한 연구동향 파악을 목적으로 하는 것을 감안해 기술분야별 Key word 및 Abstract 내 Text Mining을 수행
- 연구팀이 기술분야별로 기술의 발전방향을 정성적으로 분석하고 기술의 발전방향을 조망하는 한편, 주요 Key word 간 Network 분석 실시

2) 분석 결과

① 도시 에너지분야

□ 국외 도시 에너지 분야의 논문에서 등장하는 주요 키워드를 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있음

- 주로 등장하는 키워드는 탄소배출, 교통, 스마트시티, 무선통신, 냉·난방, 도시열섬, 바이오가스, 폐기물, 기온 등이 있음
- 키워드들은 각각 스마트시티(자율주행, ICT, 무선통신, AI 등), 기후온난화(도시열섬, 기온, 토지피복, 그린인프라 등), 에너지 효율 및 재료·기법(냉난방, 지붕, 수소, 히트펌프, 태양광 시스템, 창호, 단열재 등), 도시환경(도시공간구조, 미세먼지, 에너지 분포, SOx, NOx, 연료 등), 탄소배출 및 폐기물(탄소, 바이오가스, 정부보조금, 폐자원 등), 행태 및 생활(체질량지수, 물리적 행위, 식품·자원 등) 등 크게 여섯 개의

그룹으로 묶을 수 있음

- 각 그룹의 관계를 살펴보면, 탄소배출 및 폐기물 그룹이 나머지 그룹과 전반적으로 높은 관계를 보이며, ‘도시환경’ 그룹의 경우 ‘기후온난화’ 그룹과 ‘에너지 효율 및 재료·기법’ 그룹과 높은 관계를 보임
- 이외에 ‘행태 및 생활’ 그룹과 ‘스마트시티’ 그룹은 각각 상대적으로 ‘탄소배출 및 폐기물’ 그룹과 높은 관계를 보이고 있음

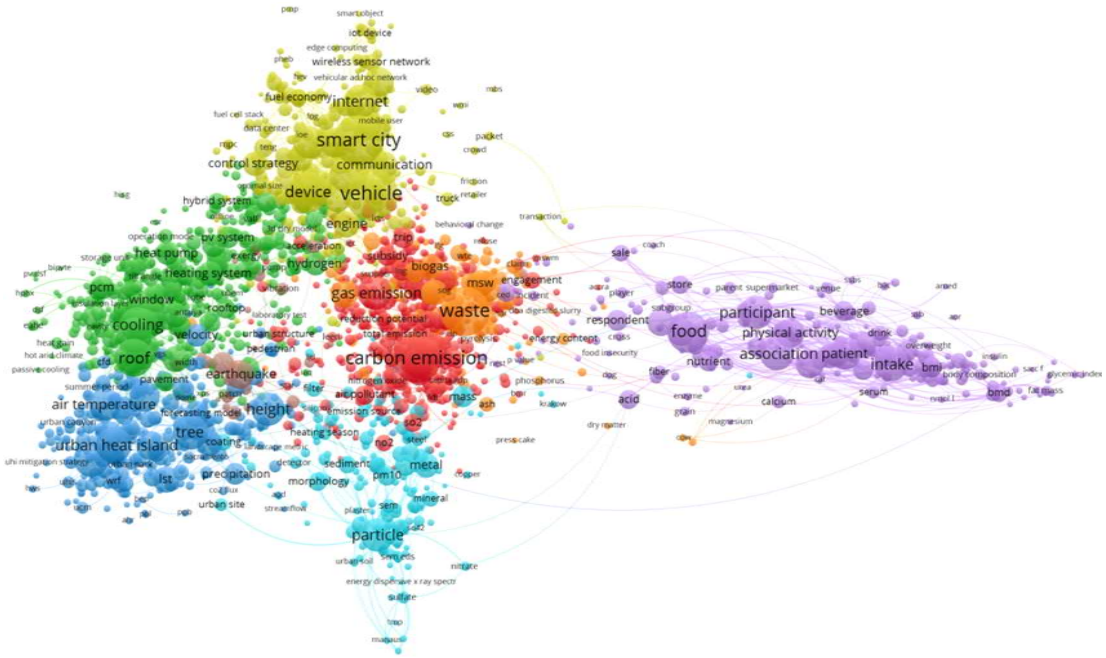


그림 133. 국외 도시 에너지 분야 키워드 네트워크 분석

② 건축물 에너지분야

□ 국외 건축물 에너지 분야의 논문에서 등장하는 주요 키워드를 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있음

- 주로 등장하는 키워드는 건물외피(지붕, 창호, 외피, 단열 등), 상변화물질(PCM), 건물 이용자 행태, 열교환, 에너지 성능 등이 있음
- 키워드들은 각각 건축물 에너지 관리(BEMS, BIM, MPC, 이용행태), 에너지 생산 및 신재생 에너지(에너지최적화, 태양광, 연료전지, CHP), 도시/건축 형태 및 재료(외피, 축열, 창호 등), 환경/미기후(음영지역, 기온, 열부하, 공기질), 건축물 요소·재료(지붕, 옥상녹화, 열류, 코팅막, 단열재), 에너지 저장/신물질(PCM, 짚섬보드, 파라핀, 기류율, 누출도),

건축물 설비·운영(실내기온, IAQ, 열침투/열분포), 유지관리(순환, COP, 적용, 생애주기) 등 크게 여덟 개의 그룹으로 묶을 수 있음

- 환경/미기후/건강 그룹은 전체 요소들의 중앙에 위치하여 있으며, 이는 환경/미기후/건강 등의 건강 관련 요소가 여타 모든 요소들과 연관성을 가지고 있어 지형적으로 전체 요소들 간의 관계에서 중심에 있음을 의미함

□ 각 그룹은 서로 유기적이면서 복합적인 관계를 맺고 있으며, 이를 시계열적으로 분석함으로써 시기에 따른 중점 연구 분야를 확인할 수 있음

- 2004~2008년에 발행된 논문의 주요 키워드를 살펴보면, 기후(기온, 태양열, 잠열), 재료·기법(외피, 단열, 냉난방), 운영·관리, 시스템(시나리오, 소프트웨어, 시뮬레이션, CFD) 등으로 시뮬레이션을 통한 건물에너지 분석 연구가 주를 이룬 것으로 파악되며, 아직 에너지 성능이나 효율에 관한 연구는 저조한 편에 속함
- 2009~2013년에 발행된 논문의 주요 키워드는 2004~2008년 발행논문의 주요 키워드를 대부분 포함하고 있으며, 추가적으로 에너지 효율, 기후변화, 생애주기, 열교환, 에너지 보존 등의 키워드가 다수 등장하기 시작함
- 이 시기에는 에너지의 성능과 효율을 높이는 기술 분야에 대한 연구가 다수 진행되었으며, 에너지 신재생 에너지에 대한 연구와 더불어 실내공기질(IAQ)이나 공기순환 등 패시브 기술에 대한 연구가 다수 진행된 것으로 파악됨
- 2014~2018년에 발행된 논문의 주요 키워드에서는 기존에 등장한 키워드 외에 상대적으로 재료와 기법에 대한 키워드가 다수 등장하고 있으며, 컴퓨터기술과 결합한 예측 모델이나 유지관리에 관한 키워드도 다수 등장하고 있음
- 이 시기에는 기존 재료들의 성능 고도화 연구와 더불어 신재료·신공법에 대한 연구가 다수 진행되었으며, 특히 외피, 지붕, 창호 등 건물의 각 구성요소에 적용 가능한 제품·기법으로 단열, 열순환, 열반사율 효과를

높여 건물의 에너지 효율을 제고하기 위한 연구가 다수 진행됨

- 또한, 시뮬레이터와 시스템 등을 통한 에너지 관리기법에 대한 연구와 함께 각각의 요소기술들을 통합하여 모델화하는 연구들도 등장하기 시작함

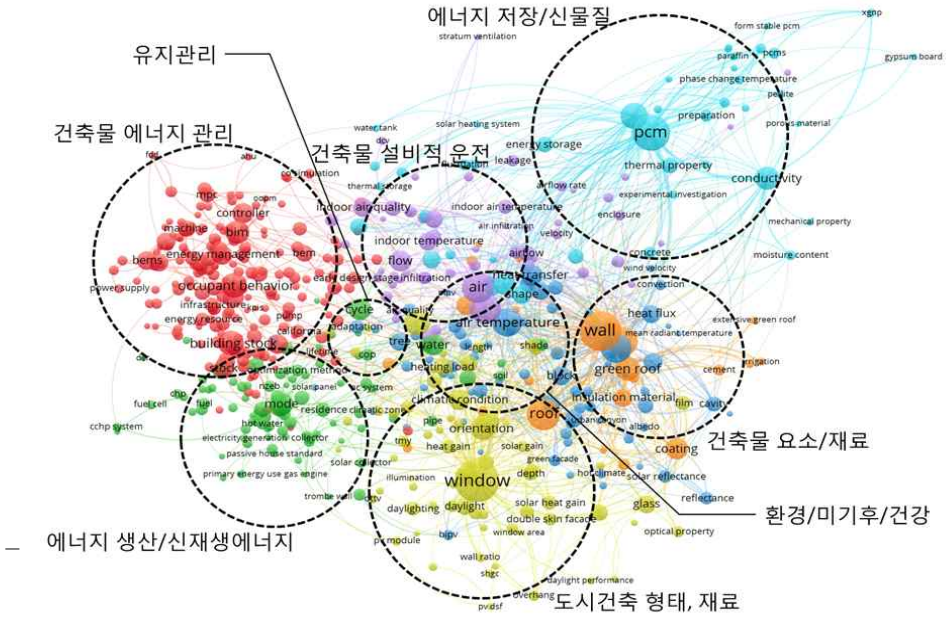


그림 134. 국외 건축물 에너지 분야 키워드 네트워크 분석

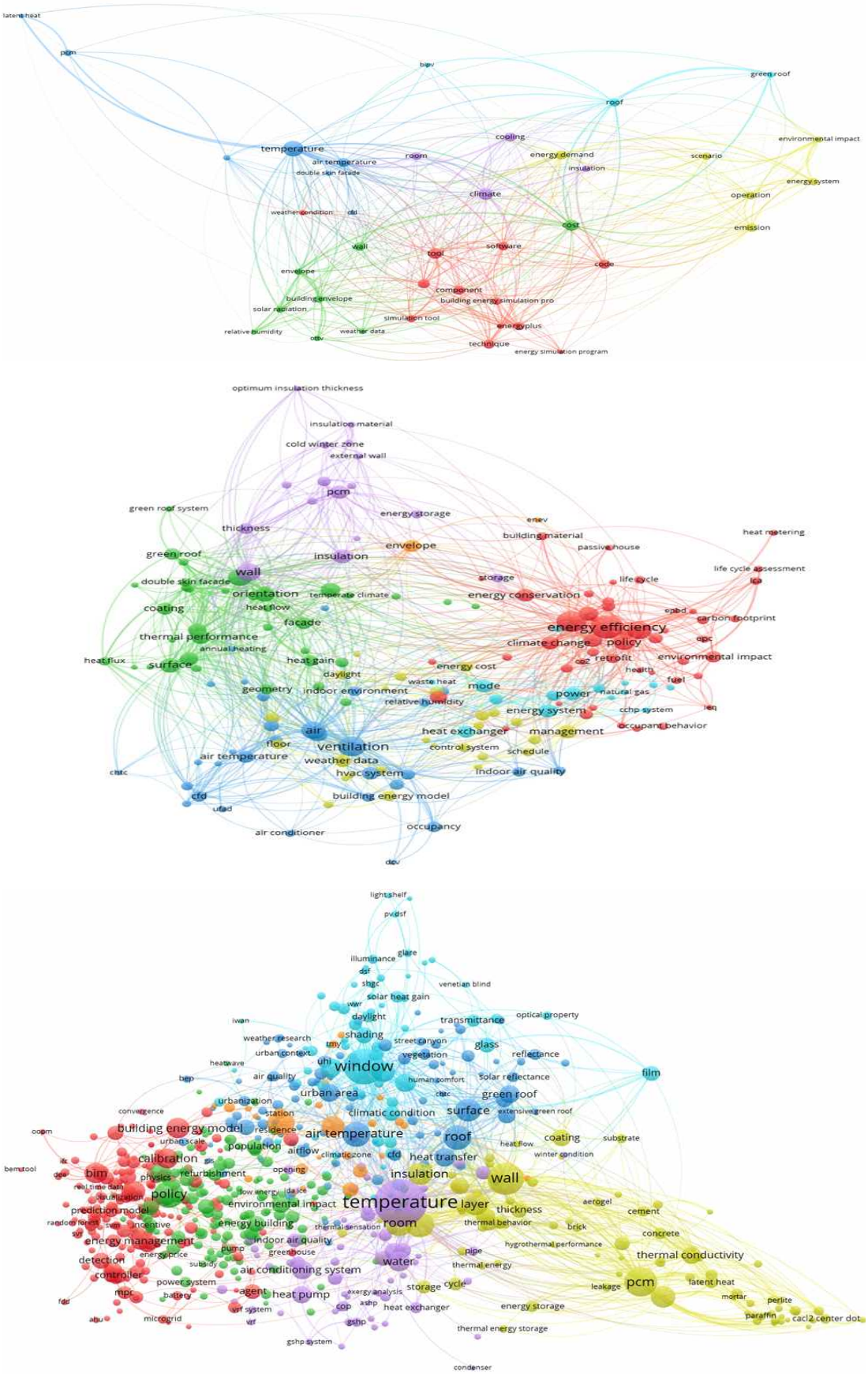


그림 135. 국외 건축물 에너지 분야 키워드 네트워크 시계열 분석
(위에서부터 2004~2008년, 2009~2013년, 2014~2018년)

▫ 국내 건축물 에너지 분야의 연구는 국외에 비해 연구주제의 범위가 한정적이고 편수가 적어서 국외의 동 분야 연구에 비해 매우 한정적인 키워드만 도출되었으며, 다루고 있는 주요 기술의 다양성도 상대적으로 낮은 편임

- 국내 논문에서 등장하는 키워드는 데이터, 시뮬레이션, 창호·외피, BIM, VRF시스템(가변냉매볼륨 시스템), 에너지관리시스템 등이 주를 이룸
- 키워드들은 각각 유지/관리시스템(BEMS, 예측모델, 에너지관리시스템), 분석기술(인공신경망, BIM, 시뮬레이션), 창호·외피(창호, 코팅막, u-value), 성능·신재료(PCM, xGnP, 열성능) 등 크게 네 개의 그룹으로 묶을 수 있음
- 각 그룹의 관계를 살펴보면, 데이터와 시뮬레이션이 대부분의 타 키워들과 관계를 맺고 있으며, 이를 통해 국내 연구는 주로 시뮬레이션을 통한 분석 연구에 초점을 맞추고 있으며, 이는 국외의 2004~2008년 시기 연구추세와 유사함을 알 수 있음

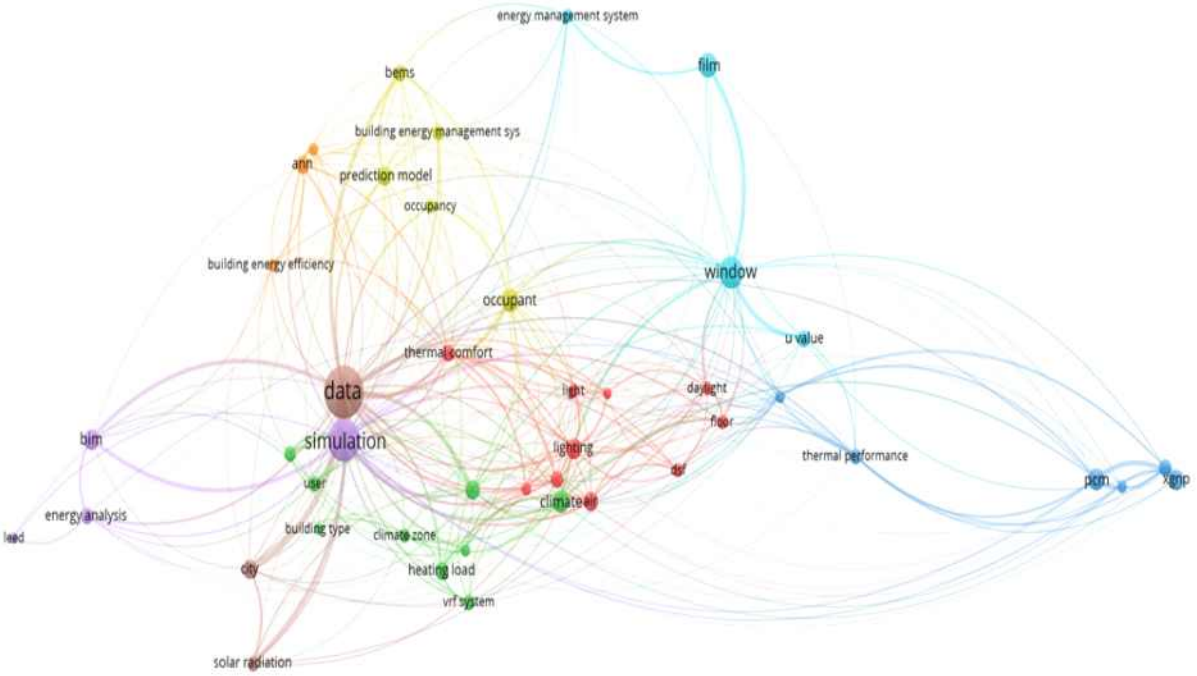


그림 136. 국내 건축물 에너지 분야 키워드 네트워크 분석

나. 특허동향

1) 특허분석 방법론

□ 건축 도시 에너지 효율성 향상관련 연구개발동향 분석을 위해 국내·외 특허 동향을 분석

- 건축물 에너지 효율성 향상, 에너지 효율적 도시 조성 및 관리 기술 등 관련 기술을 2대 대분류, 6대 중분류로 구분하여 국내외 특허 출원 현황을 조사·분석

• 특허 검색 DB에서 제공하고 있는 2001년부터 2019년 현재까지 국내 · 외 출원 특허를 검색

- 특허 출원 건수 추이, 특허 성숙도, 하위 기술분야 및 국가별 점유율 등을 분석

• 4년 단위로 구분하여 기술의 성숙도, 기술 및 출원인 국가별 점유율 변화를 분석

• 특허 출원 이후, 공개까지의 기간이 통상적으로 1.5년 정도 소요되므로 분석기간은 국가별 비교, 성숙도 등 분석 대상 기간은 2002년에서 2017년으로 한정

표 67 특허 분석 대상

구분	내용
특허 검색 DB	위즈도메인(Wisdomain)
검색조건	(국문) 한국, 일본 출원 공개 특허 (영문) 미국, 유럽, 독일, 국제(PCT) 출원 공개 특허
검색기간	2001.01 ~2019. 08
분석기간	2002. 01 ~ 2017. 12

표 68 특허 분석 기술분류

대분류	중분류	개념
건축물 에너지 성능향상 기술	에너지 성능 향상 건축물 설계기술	▪ 패시브, 액티브, 넷 제로 빌딩 구현을 위한 건축물의 설계 기법 ▪ 그리고 설계를 위한 건축물의 다양한 재료, 제품, 설비의 적용 시, 건축물 에너지 성능(생산, 소비)과 거주성(생산성, 쾌적성, 건강성) 시뮬레이션 및 예측
	건축물 에너지 성능향상 재료 및 시공 기술	▪ 패시브 재료(제품) 및 시공(창호, 외피, 조명, 환기 및 공조) ▪ 액티브 설비(태양광, BIPV, 태양열, 풍력, 지열, 에너지저장시스템) 및 적용
	건축물 에너지 성능관리 기술	▪ 건축물의 에너지 성능(생산, 소비), 거주성(생산성, 쾌적성, 건강성) 데이터의 수집, 표준화, 데이터베이스 구축, 데이터의 해석 및 분석, 모니터링, 관리, 에너지 비용 절감을 위한 대안 제시(AI, 머신러닝), 의사결정 지원, 실행
	건축물 에너지 성능 평가기술	▪ 건축물 에너지 성능의 시험, 인증, 평가 ▪ 패시브, 액티브 재료, 제품(창호, 외피, 조명, 환기 및 공조시스템)의 시험, 인증, 평가
에너지 효율적 도시 및 커뮤니티 조성 및 운영 기술	에너지 효율적 도시 및 커뮤니티 계획 및 설계기술	▪ 지구 및 도시의 에너지 수요 예측 및 시뮬레이션, ▪ 에너지/전력 믹스 전환을 위해 도시 및 지구단위의 재생에너지 잠재량 예측 ▪ 에너지 믹스 최적화 도시재생 계획
	도시에너지 최적 운영기술	▪ 도시, 커뮤니티 단위 에너지 생산, 사용, 소비 데이터의 수집, 해석, 분석, 표준화, 모니터링, 에너지 비용 절감을 위한 대안 제시(AI, 머신러닝), 의사결정 지원, 실행 ▪ 도시, 커뮤니티 단위 에너지 공유, 거래 지원 시스템

표 69 기술분야별 특허 검색식

대분류	중분류	검색식
건축물 에너지 성능향상 기술	에너지 성능 향상 건축물 설계기술	▪ TI = ((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and ((설계 or 시뮬레이* or 예측) and (패시브 or 액티브 or ((에너지 or 열 or 전력 or 전기) and (성능 or 효율성 or 사용 or 수요 or 소비 or 생산 or 발전 or 부하 or 제로))) or ((설계 or 시뮬레이션 or 예측) and 에너지 and (생산성 or 거주성 or 쾌적성)))) and ad > 2000 ▪ TI = (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (design or simulat* or predict*) and (passive or active or ((energy or heat or electric) and (performance or efficiency or consumption or demand or product* or generat* or load*)) or ((design or simulat* or predict*) and energy and (productivity or habitability or amenity)))
	에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공 기술	▪ TI = (빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and (에너지 재료 or (효율 and (창호 or 외피 or 채광 or 조명 or 환기 or 공조)) or 태양광 or 태양 광 or BIPV or 태양열 or 풍력 or 지열 or 에너지저장시스템 or 에너지 저장 시스템 or ESS) and ad > 2000 ▪ TI = (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (energy material* or ((efficiency or performance) and (Skin or Envelope or roof or facade or light* or daylight* or window or ventilat* or air distribut* or air-conditioning or air Conditioning)) or Renewable Energy or Photovoltaic or solar or BIPV or Wind Power or geothermal power or Energy Storage or ESS) and ad > 2000
	건축물 에너지 성능관리 기술	▪ TI = (((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and ((에너지 or 열 or 전력 or 전기) and (생산 or 소비 or 수요 or 성능 or 효율 or 믹스 or 믹싱)) and (수집 or 분석 or 해석 or 모니터링 or 관리 or 의사결정))) or BEMS or building energy management and ad > 2000 ▪ TI = (((building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and ((energy or heat or electric) and (consumption or demand or product* or generat* or performance or efficiency or mix*)) and (collect* or captur* or sens* or analy* or monitor* or manag* or decision making or decision-making))) or BEMS or building energy management and ad > 2000
	건축물 에너지 성능 평가기술	▪ TI = (((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and (외피 or 창호 or 조명 or 환기 or 공조 or 태양광 or 태양 광 or BIPV or 태양열 or 풍력 or 지열 or 에너지저장시스템 or 에너지 저장 시스템 or ESS)) or ((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택) and (에너지 or 열 or 전력 or 전기))) and (성능 or 효율) and (시험 or 인증 or 평가) and ad > 2000 ▪ TI = (((building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (Skin or Envelope or roof or facade or light* or daylight* or window or ventilat* or air distribut* or air-conditioning or air Conditioning or Renewable Energy or Photovoltaic or solar or BIPV or Wind Power or geothermal power or Energy Storage or ESS)) or ((building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (energy or heat or electric))) and (efficiency or performance) and (Certificat* or evaluat* or Assess* or Criteria) and ad > 2000
에너지 효율적 도시 및 커뮤니티 조성 및 운영 기술	에너지 효율적 도시 및 커뮤니티 계획 및 설계기술	▪ TI = (도시 or 지구 or 커뮤니티 or 단지 or 근린) and ((에너지 or 열 or 전력 or 전기) and (생산 or 소비 or 수요 or 효율 or 믹스 or 믹싱 or 잠재)) and (시뮬레이션 or 계획 or 설계 or 예측) and ad > 2000 ▪ TI = (city or district or communit* or Neighborhood) and ((energy or heat or electric) and (consumption or demand or product* or generat* or performance or efficiency or mix* or potential)) and (simulat* or plan* or design or predict*) and ad > 2000
	도시에너지 최적 운영기술	▪ TI = (도시 or 지구 or 커뮤니티 or 단지 or 근린) and (에너지 or 열 or 전력 or 전기) and (생산 or 소비 or 수요 or 효율 or 믹스 or 믹싱) and (수집 or 분석 or 해석 or 모니터링 or 관리 or 의사결정 or 공유 or 거래) and ad > 2000 ▪ TI = (city or district or communit* or Neighborhood) and (energy or heat or electric) and (consumption or demand or product* or generat* or performance or efficiency or mix*) and (collect* or captur* or sens* or analy* or monitor* or manag* or decision making or decision-making or shar* or Trad* or transation) and ad > 2000

2) 분석 결과

① 건축물 에너지 성능향상 기술

▫ ‘00년 이후, ’건축물 에너지 성능향상 기술‘분야에서 출원된 특허는 16,793건이며, ’10년 이후, 연간 1,000건 이상의 특허가 꾸준히 출원되고 있음

- ‘01년부터 출원된 ‘건축물 에너지 성능향상 기술’분야의 국내외 특허는 16,793건임
- ‘건축물 에너지 성능향상 기술’분야 특허는 ‘01년 580건에서 ’12년 1,286건으로 증가한 이후, 특허 출원 건수가 다소 감소하여 연간 1,000건 이상이 출원되고 있음

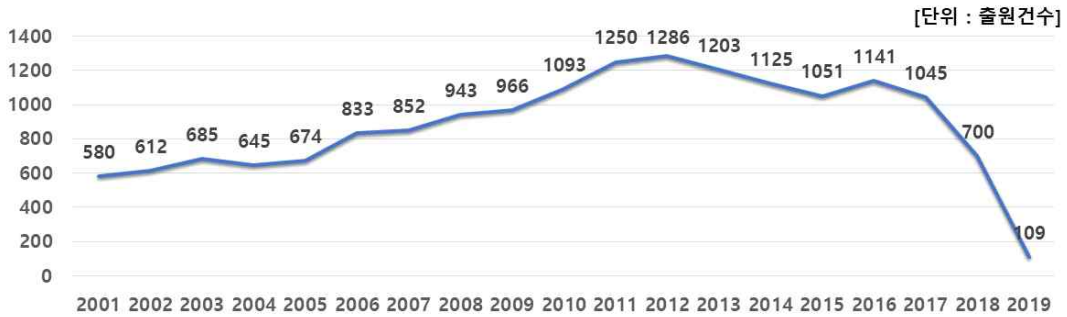


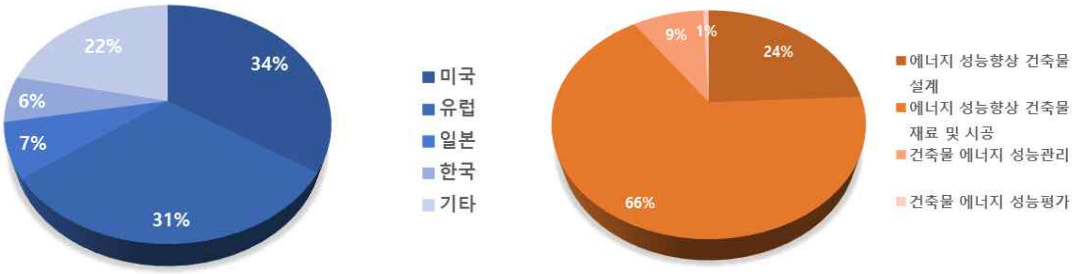
그림 137 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허 출원건수

▫ ‘건축물 에너지 성능향상 기술’분야 특허의 국가별 점유율은 미국, 유럽, 일본, 한국 순으로 미국, 유럽국가가 출원한 특허의 비중이 전체의 65%를 차지

- ‘건축물에너지 성능향상 기술’분야 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 미국 및 유럽이 30%이상을 차지, 한국의 비중은 6%임

▫ ‘건축물 에너지 성능향상 기술’분야 특허를 하위 기술분야별로 구분할 경우, 건축물 에너지 성능향상 재료 및 시공기술분야 특허가 가장 큰 비중을 차지

- 하위 기술분야별 비중은 ‘건축물 에너지 성능향상 재료 및 시공기술 66%, 에너지 성능향상 건축물 설계 기술 24%, 건축물 에너지 성능관리 기술 9%, 건축물 에너지 성능평가 기술 1%임

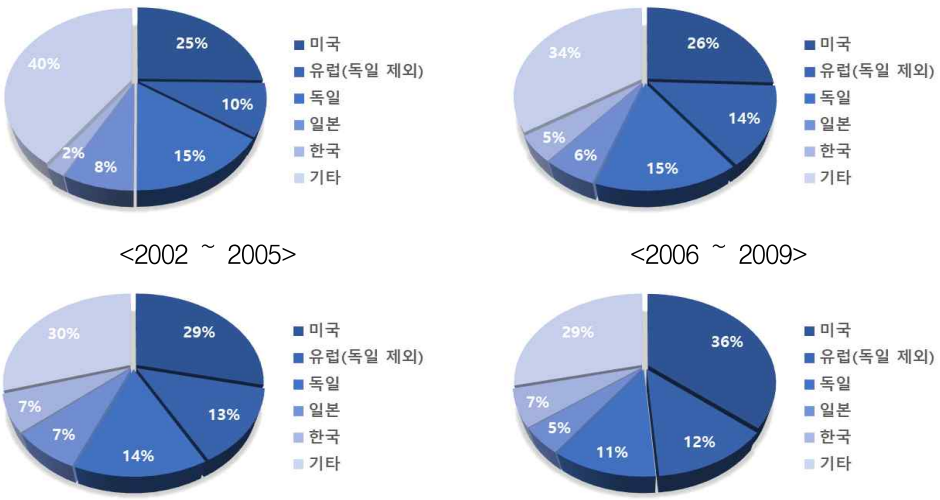


<국가별 특허 출원 비중> <하위 기술분야별 특허 출원 비중>

그림 138 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허의 국가별/하위기술분야별 비중

□ 국가별 특허 출원 건수를 '01년 이후, 기간(4년) 단위로 구분해 비중을 검토한 결과, 전 기간에서 미국이 가장 큰 비중을 차지하는 가운데 한국의 특허 출원 비중이 점진적으로 증가

- 전체 특허 출원 건수 중, 미국의 특허 출원 비중은 '02~'05년, 25%에서 '14~'17년 36%로 증가했으며,한국의 특허 출원 비중은 같은 기간 2%에서 7%로 증가한 것으로 나타남
- 전체 특허 출원 건수 중, 유럽, 일본 특허의 비중은 점차 감소하는 추세임



<2002 ~ 2005> <2006 ~ 2009>

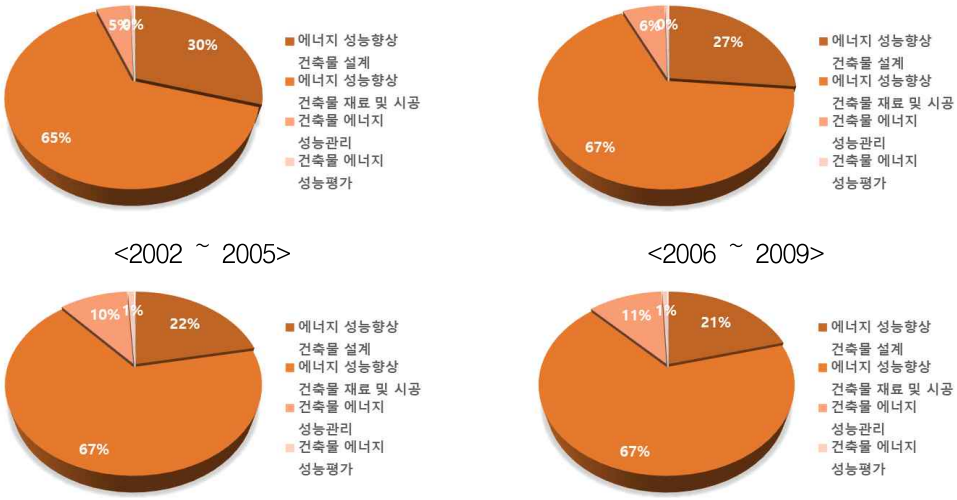
<2010 ~ 2013> <2014 ~ 2017>

그림 139 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ 하위 기술분야별 별 특허 출원 비중을 '01년 이후, 기간(4년) 단위로 구분한 결과, '에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공기술' 이 가장 큰 비중을 차지하는 가운데 '건축물 에너지 성능관리기술'분야의 특허 출원 비중이 점진적으로 증가

- 전체 특허 출원 건수 중, '에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공기술'의 특허 출원 비중은 '02~'05년, 65%%에서 '06~'09년 67%로 증가한 이후, 동일 비중을 유지

- ‘건축물 에너지 성능관리 기술’분야의 특허 출원 비중은 ‘02~’05년, 5%에서 ‘14~’17년 11%로 증가



<2002 ~ 2005> <2006 ~ 2009>

<2010 ~ 2013> <2014 ~ 2017>

그림 140 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허의 기간별/하위기술분야별 비중

□ ‘건축물 에너지 성능향상 기술’분야 특허의 성숙도는 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

- 특허 출원건수 및 출원인 수를 ‘02년부터 4년단위로 구분하여 추세를 분석한 결과, ’14~‘17년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전 기간 대비 다소 감소

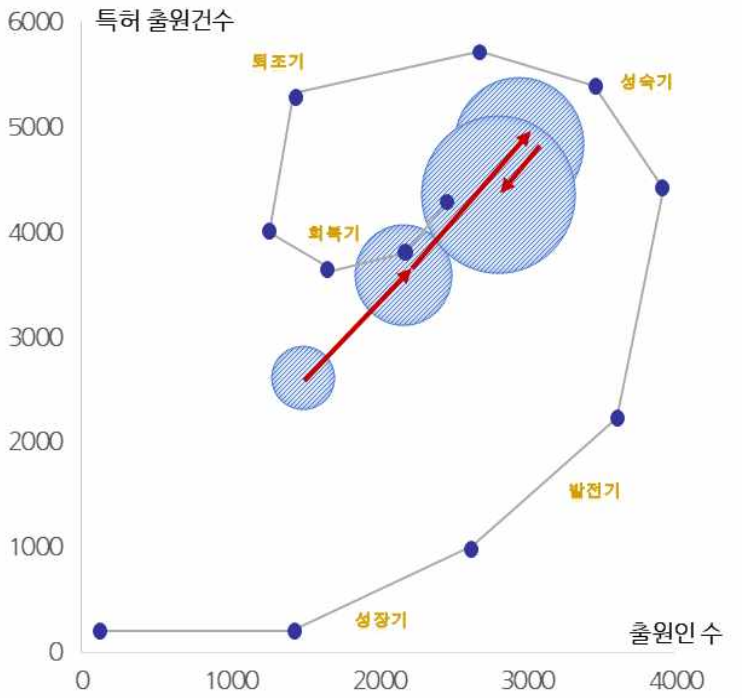


그림 141 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허의 성숙도

□ 국가별로 성숙도를 분석한 결과 PCT는 발전기, 미국, 한국은 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

- 국제 특허(PCT)는 ’14~‘17년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전 기간 대비 증가하여 성장기에 해당하는 것으로 나타남
- 미국은 ’14~‘17년간 특허의 출원 건수는 이건 기간 대비 유사한 수준을 보이고 있어 성숙기에 해당하는 것으로 나타남
- 유럽 및 일본의 경우, ’14~‘17년간 특허의 출원 건수 및 출원인 수가 감소하여 퇴조기에 해당하는 것으로 나타남
- 한국의 경우, ’14~‘17년간 특허의 출원 건수가 이전기간 대비 유사한 수준으로 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

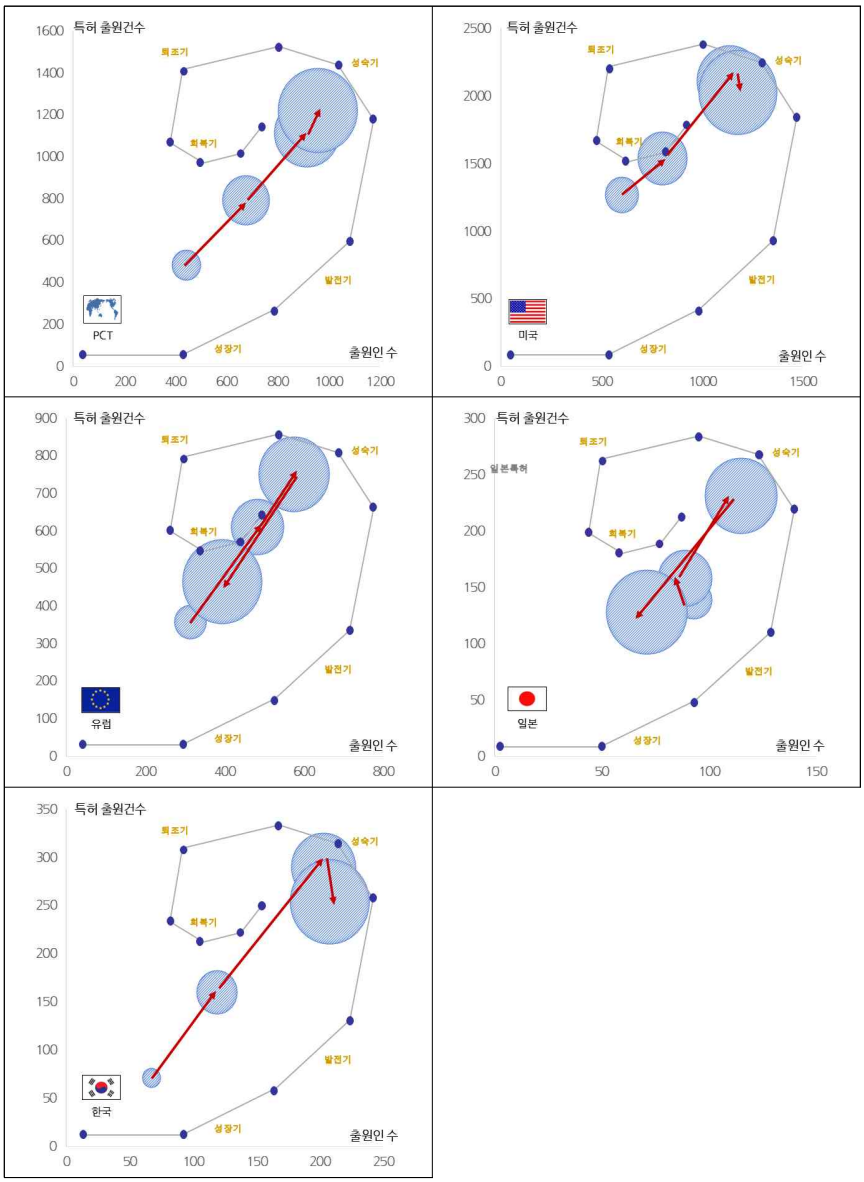


그림 142 국가별 건축물 에너지 성능향상 기술분야 특허의 성숙도

□ ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야의 특허는 4,063건으로 미국, 유럽(독일 포함)이 가장 큰 비중을 차지

- ‘00년 이후, ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야 특허 출원건수는 4,063건임
- ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야의 특허 출원 건수는 ’01년 165건에서 ‘12년, 284건으로 증가한 이후, 다소 감소하여 230건 내외를 유지하고 있음
- ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 미국 및 유럽(독일 포함)이 30%로 가장 큰 비중을 차지, 한국의 경우 1% 수준임

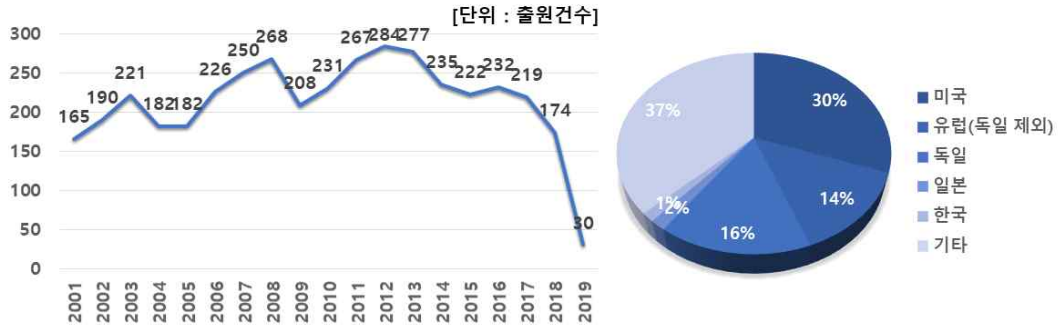


그림 143 에너지 성능 향상 건축물 설계기술 분야의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

□ ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야 특허를 기간(4년) 단위로 구분해 비중을 검토한 결과, 미국이 차지하는 비중이 꾸준히 증가하여 최근(’14~‘17) 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남

- ‘에너지 성능 향상 건축물 설계기술’ 분야 특허 출원 건수 중, 미국의 특허 출원 비중은 ‘02~’05년, 27%에서 ‘14~’17년 38%로 증가
- 유럽(독일 포함)의 특허 출원 비중은 같은 ‘06~‘09년, 35%, ’10~‘13년 32%로 비교 대상 국가 중, 가장 큰 비중을 차지했으나 이후, 특허 출원 비중이 26%로 감소

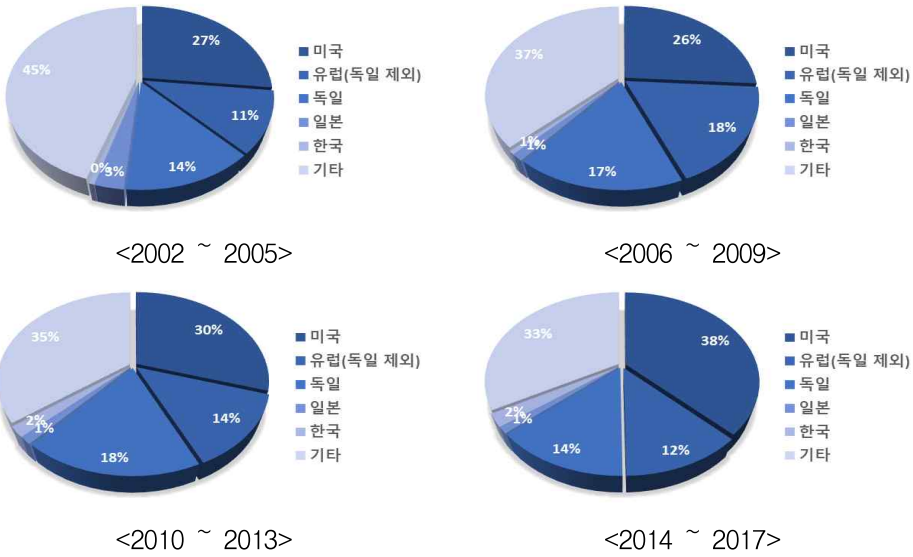


그림 144 에너지 성능 향상 건축물 설계기술분야 특허의 기간별/국가별 출원 비중

□ '건축물 에너지 성능향상 건축물 설계기술' 분야 특허의 성숙도는 성숙기에 해당

- '06~'09년, '10~'13년간 '건축물 에너지 성능향상 건축물 설계기술' 분야의 특허 출원 건수 및 출원인 수는 이전기간 대비 증가
- '14~'17년간 '건축물 에너지 성능향상 건축물 설계기술' 분야 특허의 출원 건수, 출원인 수는 이전 기간 대비 다소 감소

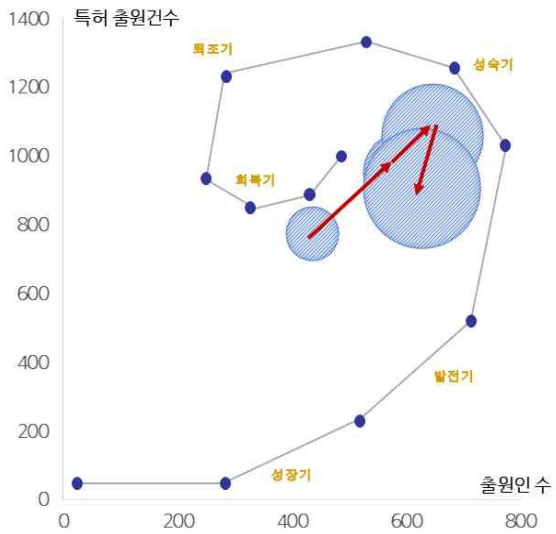


그림 145 에너지 성능향상 건축물 설계기술분야 특허의 성숙도

□ '에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공기술' 분야의 특허는 11,128건으로 미국, 유럽(독일 포함)이 가장 큰 비중을 차지

- '01년부터 출원된 '에너지 성능 향상 건축물 재료 및 시공기술' 분야 특허는 11,128건임

- ‘에너지 성능 향상 건축물 재료 및 시공기술‘ 분야의 특허 출원 건수는 ’01년 378건에서 ‘11년, 843건으로 증가한 이후, 다소 감소하여 700건 내외를 유지하고 있음
- ‘에너지 성능 향상 건축물 재료 및 시공기술’ 분야 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 미국이 27%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 이후 유럽(독일 포함) 26%, 일본 8%, 한국 7% 순임

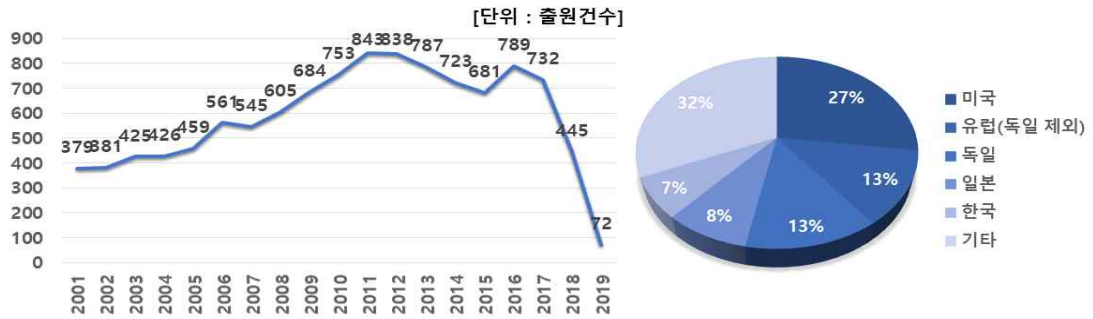


그림 146 에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공 기술분야의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

□ ‘에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공기술’ 분야 특허를 기간(4년) 단위로 구분해 비중을 검토한 결과, 미국이 차지하는 비중이 ’14~‘17년 크게 증가하여 비교 대상국 중, 가장 큰 비중을 차지한 것으로 나타남

- ‘에너지 성능 향상 건축물 재료 및 시공기술‘ 분야의 미국의 특허 출원 비중은 ‘14~’17년, 이전 기간 대비 9% 증가한 34%로 비교 대상국 중 가장 큰 비중을 차지함
- 유럽(독일 포함)의 특허 출원 비중은 ‘02~’05년 26%, ‘06~‘09년, 28%, ’10~‘13년 27%로 비교 대상국 중, 가장 큰 비중을 나타낸 이후, ‘14~’17년 24%로 감소
- 기간별로 국가별 특허 출원 수 비중을 검토한 결과, 미국, 한국의 비중은 증가한 반면, 유럽이 차지하는 비중은 감소하는 추세인 것으로 나타남

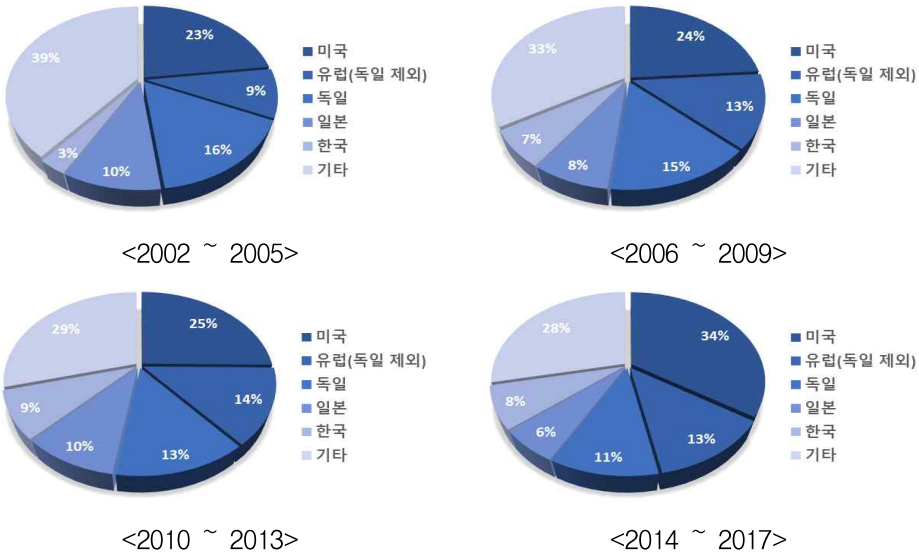


그림 147 에너지 성능 향상 건축물 설계기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ '에너지 성능 향상 건축물 재료 및 시공기술' 분야 특허의 성숙도는 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

- 해당 기술분야의 경우 '06~'09년, '10~'13년간 특허 출원 건수, 출원인 수가 이전기간 대비 증가했으나 '14~'17년의 경우 출원 건수, 출원인 수가 이전 대비 다소 감소

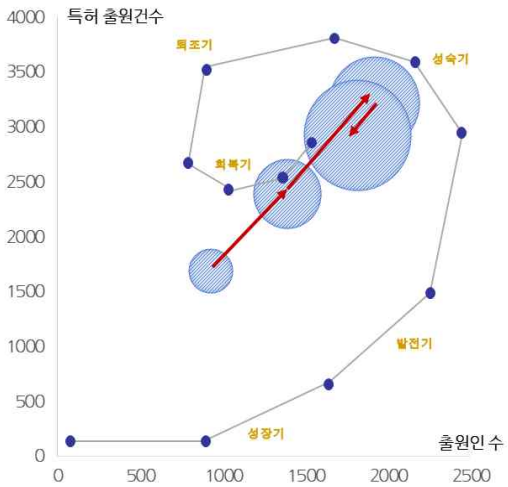


그림 148 에너지 성능향상 건축물 재료 및 시공 기술분야 특허의 성숙도

□ '건축물 에너지 성능관리' 분야의 특허는 1,488건이며, 출원인 국가를 기준으로 미국이 가장 큰 비중을 차지

- '01년부터 출원된 '건축물 에너지 성능관리 기술' 분야 특허는 1,488건임
- '건축물 에너지 성능관리 기술' 분야의 특허 출원 건수는 '01년 35건에서 '14년, 153건으로 증가한 이후, 감소하는 추세
- 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 미국이 47%로 가장 큰 비중을 차지하고

있으며 이후 유럽(독일 포함) 21%, 일본 9%, 한국 5% 순임

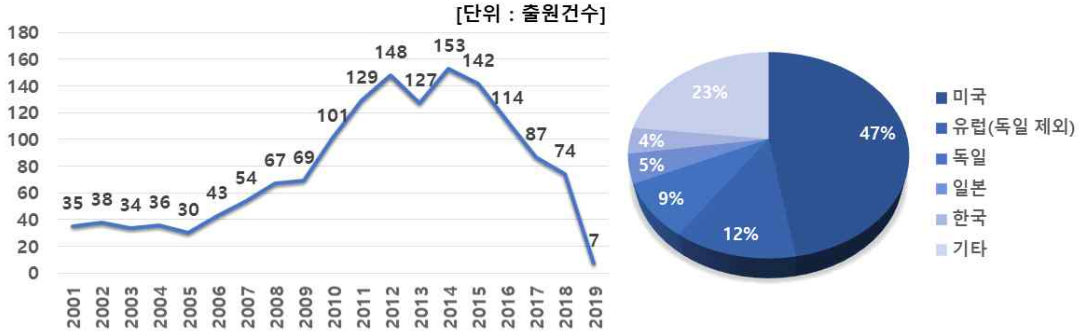
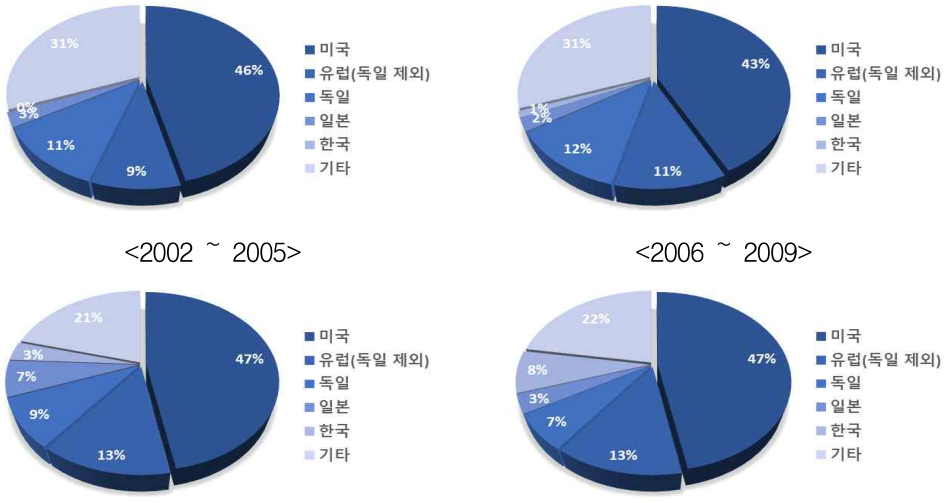


그림 149 건축물 에너지 성능관리 기술분야 의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

- '건축물 에너지 성능관리기술' 분야 특허의 국가별 비중은 '01년 이후, 미국이 가장 큰 비중을 차지하는 가운데, 비교 대상국가의 비중이 유사한 수준을 유지



<2002 ~ 2005> <2006 ~ 2009>

<2010 ~ 2013> <2014 ~ 2017>

그림 150 건축물 에너지 성능관리 기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ '건축물 에너지 성능관리 기술' 분야 특허의 성숙도는 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

- '건축물 에너지 성능관리 기술' 분야는 '06~'09년, '10~'13년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전기간 대비 증가했으나 '14~'17년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전 기간 대비 다소 감소하여 특허의 성숙도는 성숙기에 해당

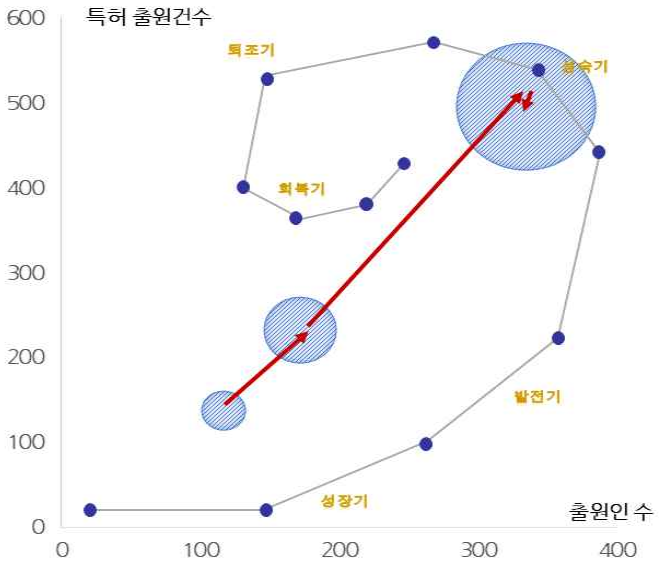


그림 151 건축물 에너지 성능관리 기술분야 특허의 성숙도

□ ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야의 특허는 114건이며, 출원인 국가를 기준으로 미국이 가장 큰 비중을 차지

- ‘01년부터 출원된 ‘건축물 에너지 성능평가 기술’ 분야 특허는 114건임
- ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야의 특허 출원 건수는 ’12년 16건에서 감소하는 추세임
- ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 미국이 38%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 이후 유럽(독일 포함) 28%, 한국 28%, 일본 2% 순임

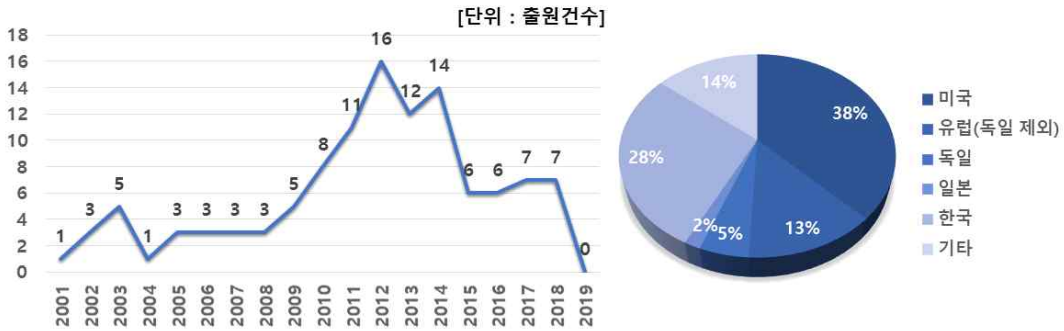


그림 152 건축물 에너지 성능평가 기술분야 의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

□ ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야 특허를 기간(4년) 단위로 구분해 비중을 검토한 결과, 한국이 차지하는 비중이 ’14~‘17년 크게 증가하여 비교 대상국 중, 가장 큰 비중을 차지한 것으로 나타남

- ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야의 한국 특허 출원 비중은 ‘14~’17년, 이전 기간 대비 23% 증가한 52%로 비교 대상국 중 가장 큰 비중을 차지했으며, 미국은

‘06~’09년, ‘10~13년 기간동안 비교 대상국 중, 가장 많은 특허를 산출한 것으로 나타남

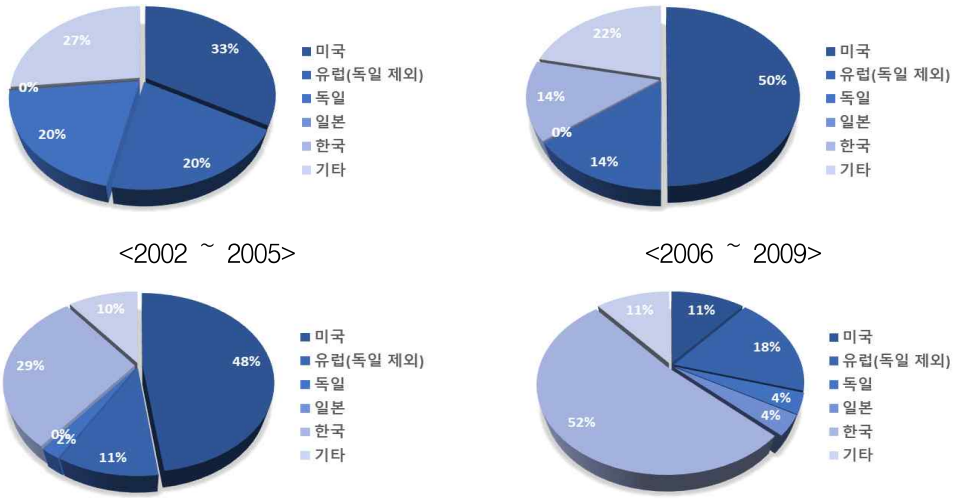


그림 153 건축물 에너지 성능평가기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ ‘건축물 에너지 성능평가기술’ 분야 특허의 성숙도는 성숙기에 해당하는 것으로 나타남

- ‘건축물 에너지 성능평가 기술’ 분야는 ’06~‘09년, ’10~‘13년간 특허의 출원건수, 출원인 수가 이전기간 대비 증가했으나 ’14~‘17년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전 기간 대비 다소 감소하여 특허의 성숙도는 성숙기에 해당

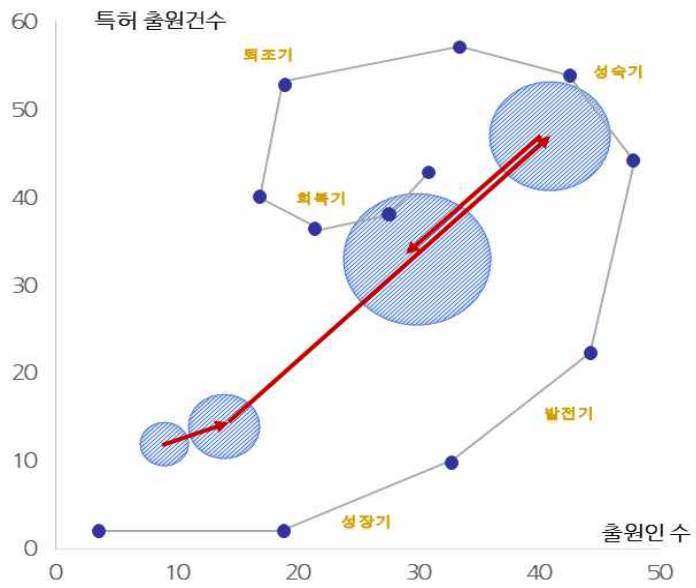


그림 154 건축물 에너지 성능평가 기술분야 특허의 성숙도

② 에너지 효율적 도시 조성 및 운영 기술

□ ‘00년 이후, ‘에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술‘분야에서 출원된 특허는 408건이며, ’13년 이후, 특허 출원 건수는 감소 추세

□ ‘01년부터 출원된 ’에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술‘ 분야 특허는 408건임

- ‘에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술’분야 특허는 ‘01년 16건에서 ’13년 41건으로 증가한 이후, ‘17년 25건으로 감소

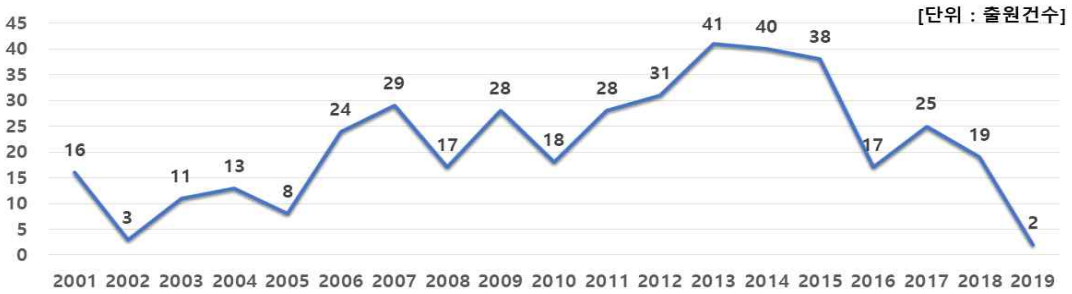
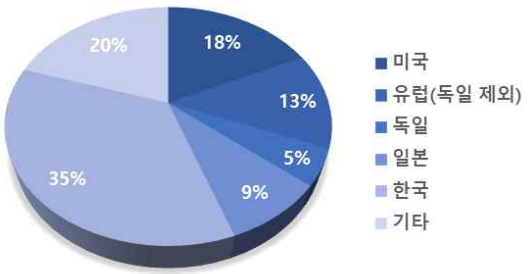


그림 155 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술 분야 특허 출원 건수

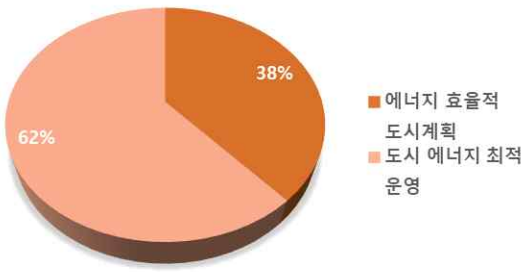
□ ‘에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술’분야 특허의 국가별 점유율은 한국, 미국, 유럽, 일본, 순임

- ‘에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술’분야 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 한국이 차지하는 비중은 35%, 미국 18%, 유럽(독일 포함) 18%, 일본, 9%임

□ 특허를 하위 기술분야별로 구분할 경우, ‘도시 에너지 최적 운영기술’분야 특허가 전체의 62%로 ‘에너지 효율적 도시계획기술’ 분야 대비 큰 비중을 차지



<국가별 특허 출원 비중>



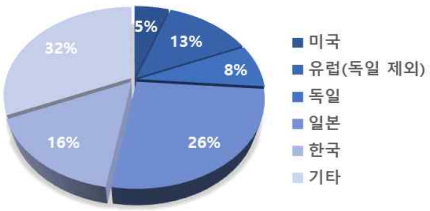
<하위 기술분야별 특허 출원 비중>

그림 156 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술 분야 특허의 국가별/하위기술분야별 비중

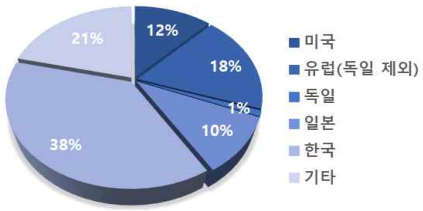
□ 국가별 특허 출원 건수를 ’01년 이후, 기간(4년) 단위로 구분한 결과, 한국은 ‘06~’09년 기간부터 비교 대상국 중, 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남

- 전체 특허 출원 건수 중, 한국의 특허 출원 비중은 '02~'05년 16%에서 '06~'09년 38%로 증가한 이후, '10~'13년 44%, '14~'17년 33%로 비교 대상국 중, 가장 큰 비중을 차지
- 각 기간동안의 국가별 비중 변화를 검토한 결과, 미국의 경우 특허 출원 건수 비중이 증가하고 있으며 일본은 감소 추세인 것으로 나타남

※ '에너지 효율적 도시 조성 및 운영 기술'분야는 기술의 신규성 등으로 인해 산출되는 특허의 개수가 '건축물 에너지 성능향상 기술'에 비해 과소하여 국가별 특허점유율 비교, 성숙도 분석 등에 있어 왜곡이 있을 수 있음



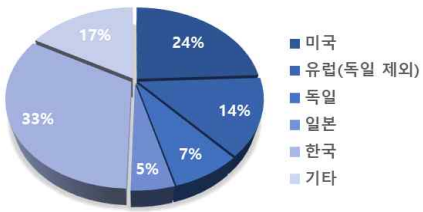
<2002 ~ 2005>



<2006 ~ 2009>



<2010 ~ 2013>



<2014 ~ 2017>

그림 157 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ 하위 기술분야별 별 특허 출원 비중을 '01년 이후, 기간(4년) 단위로 구분한 결과, '06~'09년기간부터 '에너지 효율적 도시계획기술' 분야 특허 비중이 '도시 에너지 최적운영기술' 대비 큰 비중을 차지한 것으로 나타남

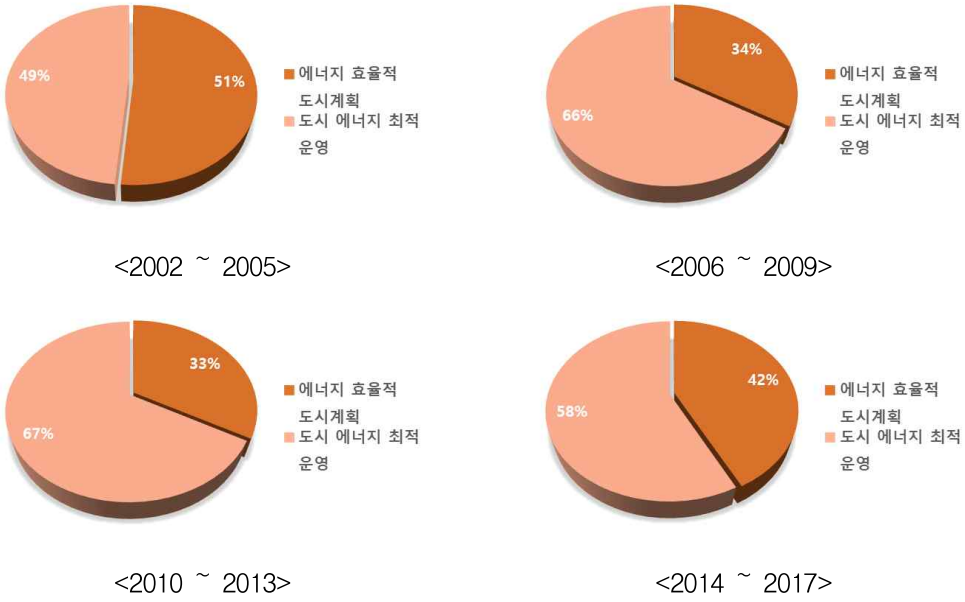


그림 158 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술분야 특허의 기간별/하위기술분야별 비중

□ '에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술' 분야의 특허 성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남

- '에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술' 분야는 '06~'09년, '10~'13년, '14~'17년간 특허의 출원 건수, 출원인 수가 이전기간 대비 증가하고 있으며, 특허 출원건수가 출원인 보다 빨리 증가하는 성장기에 해당

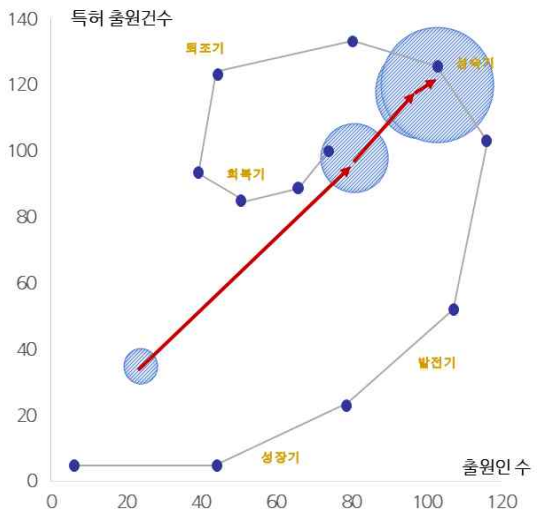


그림 159 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술 분야 특허의 성숙도

□ 국가별로 특허를 분류할 경우, PCT, 미국, 유럽의 특허 성숙도가 성장기에 해당하는 것으로 나타남

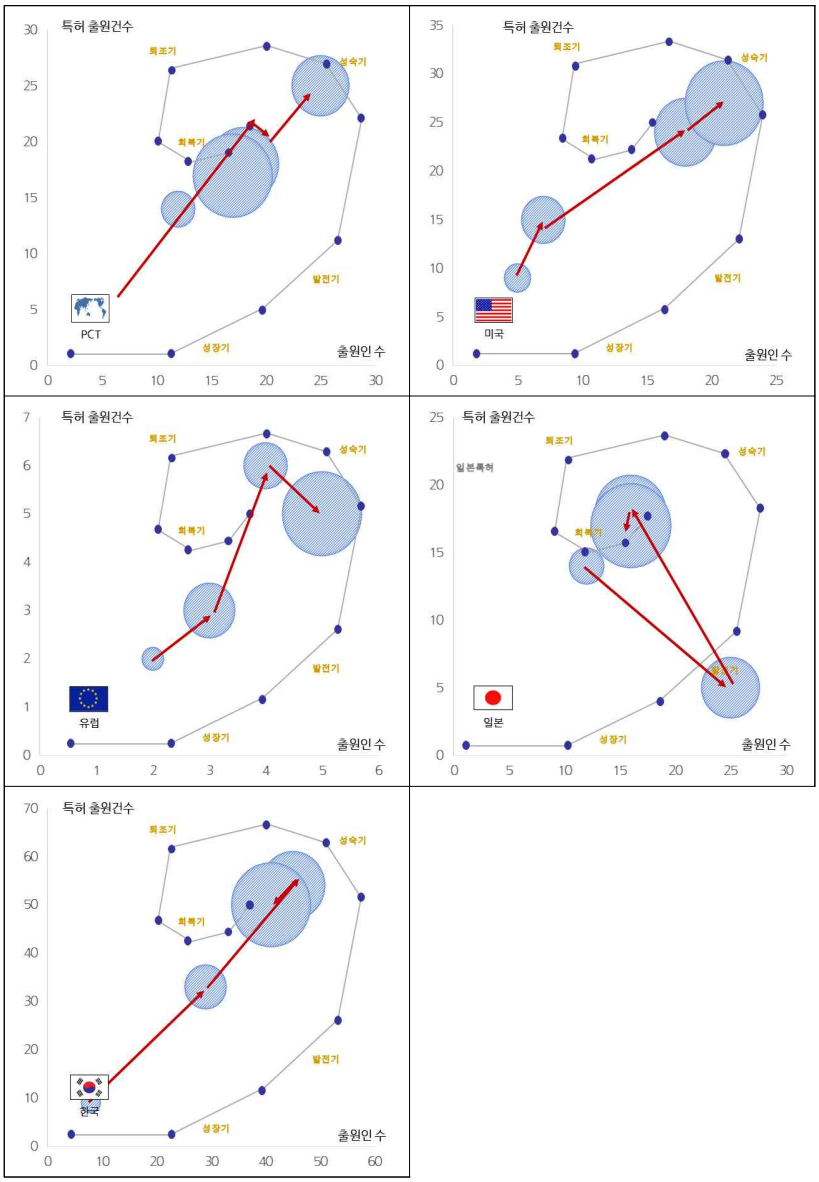


그림 160 국가별 에너지 효율적 도시 조성 및 운영기술분야 특허의 성숙도

□ '01년 이후, '에너지 효율적 도시계획 및 설계'기술 분야의 특허는 157건이며, 한국의 특허 출원 비중이 가장 큼

- 에너지 효율적 도시 계획 및 설계기술 분야의 특허는 157건이며, 매년 20건 미만의 특허가 출원되고 있음
- 국가별로 한국, 유럽, 미국, 일본 순으로 많은 수의 특허를 산출하고 있으며 한국이 차지하는 비중은 26%임

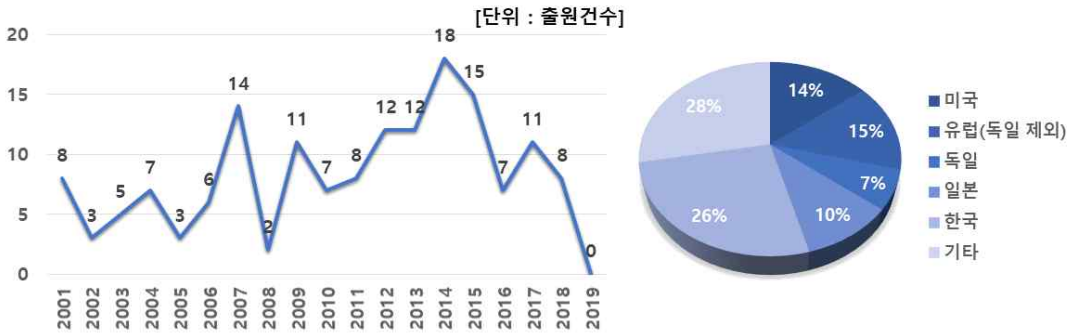


그림 161 에너지 효율적 도시 계획 및 설계기술 분야의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

□ 기간별로 국가별 출원 비중을 비교할 경우, 한국은 '06~'09년, '10~'13년, 주요국 중, 가장 많은 특허를 산출

- '06~'09년, '10~'13년, 전체 특허 출원 건수 중, 한국이 특허가 차지하는 비중은 39%, 29%로 비교 대상국 중, 가장 큰 것으로 나타남
- '14~'17년간 출원된 특허 중, 주요국가가 차지하는 비중은 유럽(독일 포함) 31%, 한국 30%, 미국 15%, 일본 4% 순으로 유럽이 가장 큰 비중을 차지
- 일본의 특허 출원 건수 비중은 감소하는 반면, 유럽, 미국의 특허 출원 건수 비중은 증가하는 추세인 것으로 나타남

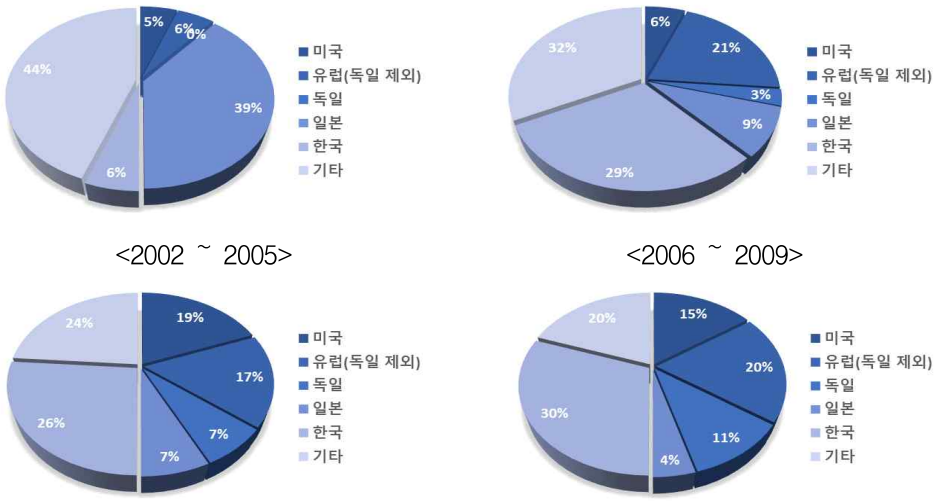


그림 162 에너지 효율적 도시 계획 및 설계기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ '에너지 효율적 도시 계획 및 설계기술' 분야의 특허 성숙도는 발전기에 해당하는 것으로 나타남

- '에너지 효율적 도시 조성 및 관리기술' 분야는 '06~'09년, '10~'13년,이전기간 대비 특허의 출원건수, 출원인 수가 증가했으며, '14~'17년간 특허의 출원인은 소폭 감소했으나 출원 건수는 증가하여 발전기에 해당

• 전체 특허 출원 건수가 소규모 이므로 발전기로 추정

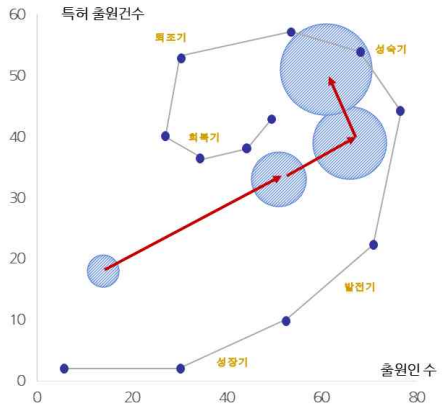


그림 163 에너지 효율적 도시 계획 및 설계기술 분야 특허의 성숙도

□ ’01년 이후, 출원된 ‘도시 에너지 최적 운영기술’ 분야의 특허는 251건이며, 이중, 한국 특허 비중이 가장 큼

- ‘도시 에너지 최적 운영기술’ 분야의 특허는 251건이며, ’13년, 검색대상기간 중, 최대인 29건의 특허가 출원된 이후, 감소하는 추세
- ‘도시 에너지 최적 운영기술’ 분야의 특허를 출원인 국가별로 구분할 경우, 한국, 미국, 유럽, 일본순이며 한국은 전체 특허의 41%를 차지

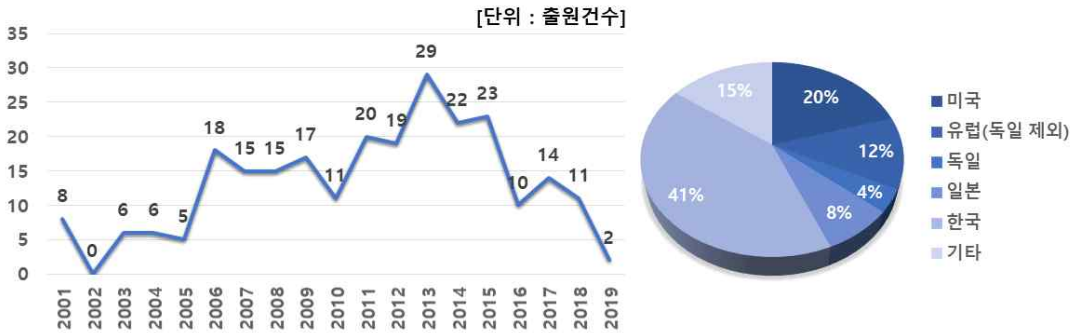


그림 164 도시 에너지 최적 운영기술분야 의 특허 출원 건수 및 국가별 출원 비중

□ 특허 출원 건수를 기간별로 구분할 경우, 한국은 ‘06~’09, ‘10~‘13, ’14~‘17년 기간 동안 비교 대상국 중, 가장 많은 특허를 산출하고 있음

- 유럽, 일본의 특허 출원 비중이 점차 감소하고 미국의 특허 출원 수 비중은 증가하는 추세인 것으로 나타남

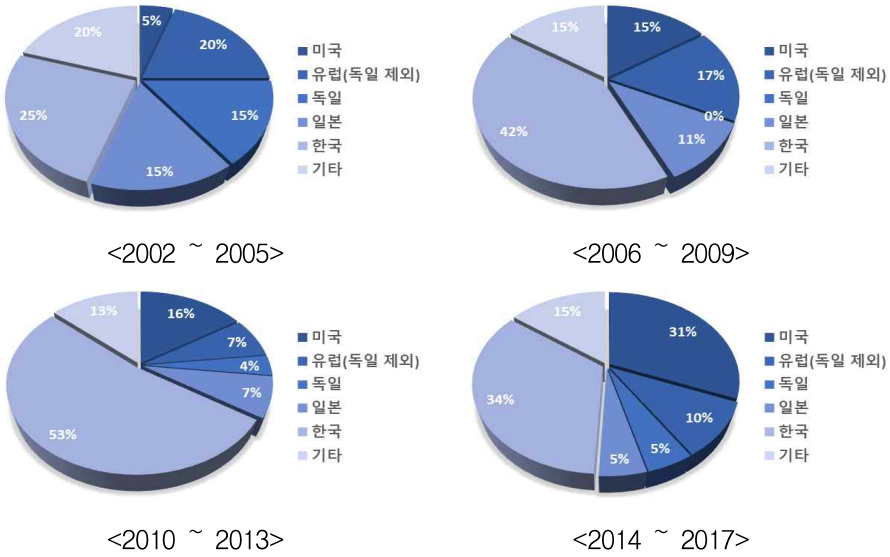


그림 165 도시 에너지 최적 운영기술분야 특허의 기간별/국가별 비중

□ '도시 에너지 최적 운영기술' 분야의 특허 성숙도는 성장기에 해당하는 것으로 나타남

- '에너지 효율적 도시 조성 및 관리기술' 분야는 '06~'09년, '10~'13년,이전기간 대비 특허의 출원건수, 출원인 수가 증가했으며, 이후, 특허 출원 건수는 소폭 감소, 출원인 수는 증가하여 발전기에 해당

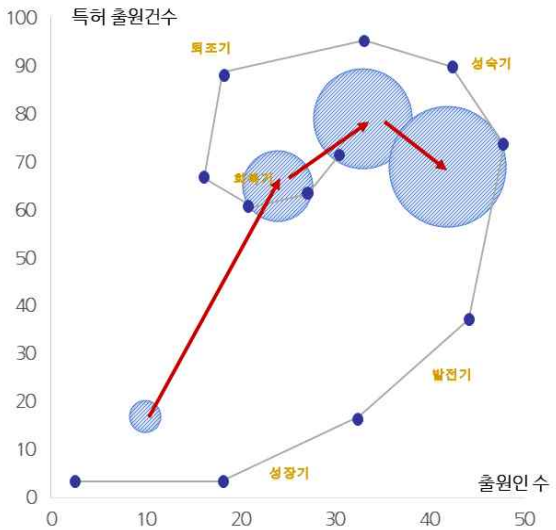


그림 166 도시 에너지 최적 운영기술분야 특허의 성숙도

3. 기술수준 분석

가. 건축·도시분야 기술수준[35)]

1) 건축분야 기술수준

□ ’15년 기준, 국내 건축기술수준은 ’13년 대비 7.8% 향상된 78.2%임

- 2015 국토교통기술수준조사 보고서에 따르면 ‘15년 기준, 건축분야 최고기술 보유국(100%) 국내 기술수준은 78.2%임
- ’15년 건축분야 국내 기술수준은 ‘13년 대비 7.8% 증가했으나 ‘최고기술국 대비 다소 뒤처지는 수준’으로 평가됨

• 2015년 국토교통기술수준조사에서 기술수준 급간별 조작적 정의는 “[100%] 세계 최고수준. [90%~99%] 최고기술국과 대등한 수준. [80%~89%] 최고기술국에 근접한 수준. [70%~79%] 최고기술국에 다소 뒤처진 수준. [60%~69%] 최고기술국보다 낮은 수준” 임

□ 녹색건축, ICT 융복합 건축 등 주거 및 단지건축을 제외한 세부기술분야의 국내 기술수준은 건축분야 국내 기술수준을 하회

- ’15년 기준, 주거건축, 단지건축분야의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준은 82.1%, 78.9%로서 건축분야 국내 기술수준을 상회
- 한편 에너지환경변화와 관련성이 높은 녹색건축, ICT 융복합 건축, 건축물 리모델링, 건축물 에너지 성능향상분야의 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준은 전체 건축분야 기술수준을 하회하고 있으며 해당분야의 기술수준 발전 속도도 전체 건축분야 대비 미흡

표 70 건축분야 국내기술수준

(단위 : %, %p)

구분		건축	주거 건축	단지 건축	녹색 건축	ICT 융복합 건축	건축물 리모델링	건축물 에너지 성능 향상
기술 수준	‘13년	70.4	n/a	n/a	66.6	67.3	68.7	n/a
	‘15년	78.2	82.1	78.9	73.1	73.5	72.5	75.3
	발전정도	7.8	n/a	n/a	5.5	6.2	3.8	n/a
최고기술보유국		미국	미국	일본	독일	미국	영국	독일

자료) 국토교통과학기술진흥원, 2015, 국토교통기술수준조사 보고서
* 에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 기술분야를 발췌하여 정리

35) 국토교통과학기술진흥원, 2015, 국토교통기술수준조사 보고서

2) 도시분야 기술수준

□ ’15년 기준, 국내 도시기술수준은 ’13년 대비 2.5% 향상된 75.9%임

- 2015 국토교통기술수준조사 보고서에 따르면 ‘15년 기준, 도시분야 최고기술 보유국(100%) 국내 기술수준은 75.9%로서 최고기술국에 다소 뒤처지는 수준

□ 세부기술 중, 도시 인프라 의사결정 지원, 커뮤니티기반 도시 재생분야 기술수준이 낮고, ICT 융복합관련 분야의 기술수준은 높음

- ’15년 기준, ICT 융복합 도시구축 및 관리, 3차원 도시공간 정보분야의 최고기술보유국 대비 기술수준은 80.0%, 81.3%로 전체 도시분야 기술수준을 상회하고 ‘최고기술보유국에 근접한 수준’으로 평가
- 한편, ‘도시 인프라 의사결정 지원’, ‘커뮤니티기반 도시재생’ 분야의 기술수준은 65.3%, 68.9%로 전체 도시분야 기술수준에 하회하고 ‘최고기술보유국 보다 낮은 수준’으로 평가

표 71 도시분야 국내기술수준

(단위 : %, %p)

구분		도시	도시 인프라 의사결정 지원	ICT융복합 도시구축 및 관리	커뮤니티기반 도시 재생	3차원 도시공간 정보
기술수준	‘13년	73.4	n/a	76.7	66.6	73.1
	‘15년	75.9	65.3	80.0	68.9	81.3
	발전정도	2.5	n/a	3.3	2.3	8.2
최고기술보유국		미국	독일	미국	독일	미국

자료) 국토교통과학기술진흥원, 2015, 국토교통기술수준조사 보고서
* 에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 기술분야를 발췌하여 정리

3) 도시·건축분야 미래유망기술 기술수준

□ 국토교통 미래유망기술 중, 건축물 및 도시의 에너지 효율성 향상과 관련된 기술의 국내 기술수준은 각각 67.0%, 63.5%로 '15년 기준, 도시, 건축분야 기술수준을 하회

- '2045 국토교통 100대 미래유망기술(국토교통과학기술진흥원, 2017)'의 미래유망기술 중, 건축물 및 도시 에너지 효율성과 관련한 기술을 선별하여 개별기술의 수준을 평균한 값은 각각 67.0%, 63.5%임
- '신재생에너지를 활용한 보급형 제로 에너지 주택 기술' 등 건축분야 미래유망기술수준(67.0%)은 "15년 국토교통기술수준조사'의 전체 건축분야 기술수준, '에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 세부기술분야'의 기술수준을 하회
- '컴팩트 시티의 AI 기반 실시간 도시활동 모니터링 및 예측 기술' 등 건축분야 미래유망기술수준(63.5%)은 "15년 국토교통기술수준조사'의 전체 도시분야 기술수준, '에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 세부기술분야'의 기술수준을 하회

표 72 건축분야 미래유망기술의 개념 및 기술수준

(단위 : %)

미래 유망기술	기술의 개념	국내 기술수준
신재생에너지를 활용한 보급형 제로 에너지 주택 기술	▪ 온실가스 감축과 에너지 소비 저감을 위해 태양열, 풍력 등 신재생에너지 활용한 제로 에너지 주택건설기술	70.6
에너지 자급자족이 이루어 질 수 있는 수퍼 메가 빌딩 설계・시공 기술	▪ 국토의 면적이 축소되고 복합생활공간이 한정 등에 대비한 인구 10만명 이상이 다양한 활동을 할 수 있는 도시규모의 에너지 자급형 수퍼 메가빌딩 건설 기술	67.0
에너지 생산형 외피 기반 빌딩 에너지 시스템	▪ 태양광, 태양열, 바이오매스 등 재생 에너지를 생산하는 건물 외피와 건물 에너지 생산과 소비를 통합 관리하는 (통합형 BEMS기술을 이용)하여 에너지 생산형 빌딩(플러스에너지빌딩)기술	64.4
천연자원 보호 및 자원 순환을 위한 건설폐기물 100% 자원화/재활용 기술	▪ 건설현장에서 폐기물이 전혀 발생하지 않도록 건설 관련 폐기물을 100% 자원화 및 재활용하는 기술	66.1
평균		67.0

자료) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 2045 국토교통 100대 미래유망기술
* 에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 기술분야를 발췌하여 정리

표 73 도시분야 미래유망기술의 개념 및 기술수준

(단위 : %)

미래 유망기술	기술의 개념	국내 기술수준
컴팩트 시티의 AI 기반 실시간 도시활동 모니터링 및 예측 기술	▪ 도시의 다양한 활동이 한정된 공간에 집중하여 발생하는 컴팩트 시티에서, 공간 및 인프라 활용의 효율성을 제고하기 위해 활동자에게 실시간으로 건물 단위 활동 발생 이용 현황 및 예측 정보를 제공하는기술	67.3
초고밀 도시의 탄소저감 및 식량자족에 기여하는 도시 컴팩트 수직농장(Compact Vertical Farm) 시스템	▪ 도시인구의 초고밀도 집중에 대응하여 도시 토지이용 효율을 극대화하고, 적시에 충분한 식량을 공급하기 위한 도시내 수직농장 (CompactVerticalFarm) 건설 기술	60.8
기후변화 대응 IoT 기반 도시용량 모니터링 및 통합 제어 시스템	▪ 도시공간의 용량이 토지이용 및 개발, 도시민 활동 부하를 적절히 지탱하고 있는지를 IoT 및 도시공간 Big-Data 기반 센싱, 모니터링 하여 도시민의 삶의 질, 보건, 안전보장 등을 통합 제어 및 대응하는시스템	67.9
도시공간 활용 효율성 증대를 위한 도시자원 수요 예측 및 네트워킹 기술	▪ 도시공간 활용의 효율성을 증대시키고, 국민 삶의 질을 향상시키기 위해 도시자원의 수요와 공급을 예측하고 배분/공유 및 네트워킹하는 기술	55.4
도시 간 식수, 가스, 전기 등 자원 연계를 위한 국가 간 통합 스마트 그리드 기술	▪ 도시 간 식수, 가스, 전기 등 기본 인프라 자원 연계를 위한 국가 간 통합 스마트 그리드 기술	68.3
열섬현상이 없는 쿨 시티 (Cool City) 기술	▪ 기후변화에 능동적으로 대응하고, 도시열섬 문제를 해결하기 위한 종합적 도시 열환경 설계 및 관리시스템	65.7
제로 웨이스트(Zero waste) 기술 기반 에코시티(Eco City) 기술	▪ 자원, 에너지 순환형 유기성 폐기물 처리기술을 기반으로 물, 에너지, 식량 자족을 지향하는 단지규모의 자족형 생태도시 기술	59.4
평균		63.5

자료) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 2045 국토교통 100대 미래유망기술

* 에너지환경 변화 대응 건축·도시관련 기술분야를 발췌하여 정리

나. 에너지 환경 최적화 건축도시 핵심기술의 기술경쟁력

1) 기술경쟁력 분석 방법론

□ 건축 도시 에너지 효율성 향상관련 12개 핵심기술분야의 국내외 특허 출원 건수, 특허의 피인용횟수 등을 기초로 핵심기술분야의 기술경쟁력을 산출

- 동 기획연구를 통해 선정된 12개 핵심기술 중, '제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축'을 제외한 11개 핵심기술분야별 국내외 특허 출원 건수, 패밀리 특허 수, 삼극 특허수, 특허 피인용 수 등을 조사

• 특허 출원 이후, 공개까지의 기간이 통상적으로 1.5년 정도 소요되므로 기술경쟁력 분석에 활용된 특허의 출원연도는 2013년에서 2017년으로 한정

표 74 특허 분석 대상

구분	내용
특허 검색 DB	위즈도메인(Wisdomain)
검색조건	(국문) 한국, 일본 출원 공개 특허 (영문) 미국, 유럽, 독일, 국제(PCT) 출원 공개 특허
검색기간	2013.01 ~2019. 08
분석기간	2013. 01 ~ 2017. 12

표 75 특허 분석 기술분류

구분	핵심기술
에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재·외피 시스템 기술개발	스마트 제어형 통합 시스템 외피
	실시간 부하대응 하이브리드 패시브 -액티브 시스템
	웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료
	건축물 재료의 재활용·재사용 기반 건축 전단계 개선 기술
건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능 최적설계·시공 기술개발	CPS기반 에너지-환경 성능 모니터링 및 예측 지원 기술
	BIM 기반 건축공정별 통합형/맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼
	스마트 입면 Retrofitting 설계·시공 기술
커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성 기술개발	커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원
	커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화
	커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강-환경-에너지 순환형/통합형 인프라 개발 및 실증
	제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축

- 국내외 특허 출원 건수, 패밀리 특허 수 등을 토대로 국가별 출원 특허의 활동도, 집중도, 시장력, 영향력을 산출

표 76 특허 평가지표

구분		내용
양적 지표	특허 활동도	▪ 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)
	특허 집중도	▪ 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	특허 시장력	▪ 특정 국가의 해당 기술분야에서 출원된 특허 중 패밀리특허수가 차지하는 비중을 측정하는 지표로서 특허시장력이 높을수록 출원된 특허당 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)
	특허 영향력	▪ 특 정 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)

- 국가별 출원 특허의 활동도, 집중도, 시장력을 기반으로 국가별 기술경쟁력을 산출

• 국가별 출원 특허의 활동도, 집중도 시장력을 가중합하여 국가별 기술경쟁력을 산출했으며 지표별 가중치는 2015 국토교통기술수준조사의 가중치(특허 양적 지표 0.316, 특허 질적지표 0.684, 특허 활동도 0.451, 특허 집중도 0.549, 특허 시장력 0.451, 특허 영향력 0.549)를 준용

표 77 특허 검색식

대분류	중분류	개념
에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재·외피 시스템 기술개발	스마트 제어형 통합 시스템 외피	▪ TI = (((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and (고성능 or 에너지 효율 or 동적 or 스마트 or 지능) and (부재 or 자재 or 재료 or 부자재 or 건자재 or 상변화 or PCM or 외피 or 창호 or 차양)) or HVAC) and ad > 2000 ▪ TI = (((building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (performance or energy efficienc* or dynamic or smart or intelligen* or AI or Artificial Intelligence) and (Facade or Skin or Envelope or Window* or Shading Device* or material* or PCM or Phase Change Material or component or ventilat*)) or HVAC) and ad > 2000

대분류	중분류	개념
	실시간 부하대응 하이브리드 패시브 -액티브 시스템	▪ TI = (빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택 or 하우스) and (일체형 or 통합형) and (외피 or 지붕 or 벽 or 입면) and (재생에너지 or 태양 or 지열 or 열원) and ad > 2000 ▪ TI = (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (integrat* or module or combin*) and (Skin or Envelope or roof or facade) and (Renewable Energy or Photovoltaic or solar) and ad > 2000
	웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료	▪ TI = (빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 사무실 or 주택 or 하우스 or 건축 재료 or 건축 자재 or 건축 부재) and (건강 or 웰니스 or 공기질 or 청정도) and (평가 or 인증 or 기준) and ad > 2000 ▪ TI = (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (health* or wellness or Air Quality or Air Clearn*) and (Certificat* or evaluat* or Assess* or Criteria) and ad > 2000
	건축물 재료의 재활용·재사용 기반 건축 전단계 개선 기술	▪ TI = (빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택) and (재료 or 자재 or 부재) and (순환 or 재활용 or 재사용) and (평가 or 인증) and ad > 2000 ▪ TI = (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (material* or 자재 or element*) and (Recycled or reus*) and (Certificat* or evaluat* or Assess* or Criteria) and ad > 2000
건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능 최적설계·시공 기술개발	CPS기반 에너지-환경 성능 모니터링 및 예측 지원 기술	▪ TI = (cps or AR OR VR or 증강 or 가상현실 or 혼합현실 or 융합현실 or mr or 사이버 물리 시스템 or 사이버물리시스템 or 3D 스캐닝) and ((빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택) and ((에너지 or 건강 or 웰니스 or 위해저감 or 공기질 or 환경) and (모니터링 or 예측 or 시뮬레이션)) or 설계 or 시공 표준화 or 하자 검측 or 결함) and ad > 2000 ▪ TI = ((cps or AR or VR or augmented reality or virtual reality or mixed reality or cyber physical systems or 3d scan*) and ((building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and ((energy or Power or health* or wellness or Air Quality or Air Clearness or environment*)) and (monitoring or simulat* or predict)) or design or standard* or defect*) and ad > 2000
	BIM 기반 건축공정별 통합형/맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼	▪ TI = BIM and ((에너지 or 전력 or 전기 or 열) and (부하 or 사용 or 수요 or 소비) and (예측 or 시뮬레이* or 해석 or 분석)) and ad > 2000 ▪ TI = (BIM or building information modeling) and ((energy or power or heat) and (load* or demand* or consumpt*) and (Predict* or Simulat* or analysis) and ad > 2000
	스마트 입면 Retrofitting 설계·시공 기술	▪ TI = 리모델링 or (빌딩 or 건축 or 건물 or 주거 or 주택) and (외피 or 입면 or 외벽) and (3D 스캐* or 3D 스캔 or 3D 프린* or off site or off-site or 현장외 or 공장 생산 or 공장 제작) and (에너지 or 전력 or 전기 or 열) and ad > 2000 ▪ TI = remodel* and (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (Skin or Envelope or roof or facade) and (design or constructi* or ((3D and (scan* or print*)) or off-site or off site or prefab* or pre-fab* or pre fab*) and (energy or electric* or heat) and ad > 2000
커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성 기술개발	커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원	▪ TI = (도시 or 지구 or 커뮤니티 or 단지 or 근린) and (CPS or 사이버 물리 시스템 or 디지털 트윈 or 가상 or 블록) and (에너지 and (부하 or 사용 or 이용 or 생산)) and (예측 or 시뮬레이* or 모니터링 or 공유 or 거래 or 운영)) and ad > 2000 ▪ TI = (city or district or communit* or ((apartment or housing) and (complex or estate)) or Neighborhood) and (cps or cyber-physical system* or cyber physical system* or block) and ((energy or power or electric*) and (load* or demand* or consumption)) and (Predict* or Simulat* or monitor* or shar* or trad* or operat* or net zero or zero net) and ad > 2000

대분류	중분류	개념
	커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	▪ TI = (도시 or 지구 or 커뮤니티 or 단지 or 근린) and ((에너지 or 전력 or 전원) and (믹스 or 믹싱 or 최적화)) or 넷 제로 or 제로 넷) and 시스템 and ad > 2000 ▪ TI = (city or district or communit* or ((apartment or housing) and (complex or estate)) or Neighborhood) and (((energy or power resource or electric*) and (mix* or optimiz*)) or net zero or zero net) and system and ad > 2000
	커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강-환경-에너지 순환형/통합형 인프라 개발 및 실증	▪ TI = (도시 or 지구 or 커뮤니티 or 단지 or 근린) and (건강 or 웰니스 or 순환) and (인프라 or ((시스템 or 모델링) and (동적 or 다이나믹스 or 씽킹))) and (예측 or 시뮬레이* or 모니터링 or 해석 or 분석) and ad > 2000 ▪ TI = (city or district or communit* or ((apartment or housing) and (complex or estate)) or Neighborhood) and (health* or wellness or well-ness or Air Quality or Air Clearness or environment*) and (insfra* or ((system or model*) and (dynamic* or think*))) and (predict* or simulat* or monitor* or analy*) and ad > 2000
	제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축	▪ TI = 제로 에너지 and (빌딩 or 건축 or 건물 or 주택 or 사무실) and ((시스템 or 공간) and 단위) and (평가 or 인증 or 기준) and ad > 2000 ▪ TI = zero energy and (building or construction or hous* or architect* or office or apartment) and (system or area*) and (Certificat* or evaluat* or Assess* or Criteria or measur*) and ad > 2000

2) 기술경쟁력 분석 결과

□ 핵심기술별 특허 검색을 통해 조사한 '13~'17년간 국가별 특허 출원 건수, 패밀리 특허 수, 등록 특허 수, 등록 특허의 피인용 수는 아래 표와 같음

표 78 핵심기술별 특허 검색 결과

구분	국가	특허출원수	패밀리 특허수	등록특허수	피인용수
스마트 제어형 통합외피	CN	28	99	3	1
	DE	22	74	12	6
	FR	7	19	2	0
	GB	2	2	0	0
	JP	11	44	2	0
	KR	70	182	11	40
	US	780	2376	351	1331
	종합	1076	3292	434	1484
실시간 부하대응 하이브리드 패시브 액티브 시스템	CN	6	19	1	0
	DE	19	41	12	0
	FR	5	16	0	0
	GB	5	18	2	0
	JP	2	3	0	0
	KR	10	15	7	27
	US	40	112	12	52
	종합	152	444	50	92
웰니스 건축 지표기반 건축공간 단위 인증 및 재료	CN	0	0	0	0
	DE	35	79	13	0
	FR	2	6	2	0
	GB	4	19	1	0
	JP	2	7	0	0
	KR	6	7	5	27
	US	73	199	33	85
	종합	169	432	73	167
건축물 재료의 재활용 재사용기반 건축 전단계 개선기술	CN	2	9	0	0
	DE	4	14	3	4
	FR	1	3	1	0
	GB	0	0	0	0
	JP	1	1	0	0
	KR	9	12	5	8
	US	16	35	10	25
	종합	55	131	26	39
CPS기반 에너지 효나경 성능 모니터링 및 예측지원	CN	4	9	1	2
	DE	5	16	0	0
	FR	3	16	1	10
	GB	2	6	0	0
	JP	3	9	2	0
	KR	2	3	2	8
	US	80	280	33	321
	종합	135	438	45	375
BIM기반 건축공정별	CN	0	0	0	0

구분	국가	특허출원수	패밀리 특허수	등록특허수	피인용수
통합형 맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리플랫폼	DE	0	0	0	0
	FR	0	0	0	0
	GB	0	0	0	0
	JP	0	0	0	0
	KR	16	20	9	27
	US	1	1	1	3
	종합	17	21	10	30
스마트 입면 Retrofitting 설계시공기술	CN	0	0	0	0
	DE	0	0	0	0
	FR	0	0	0	0
	GB	0	0	0	0
	JP	0	0	0	0
	KR	1	2	0	0
	US	4	10	2	32
	종합	5	12	2	32
커뮤니터 에너지 예측 모니터링 및 공유지원	CN	0	0	0	0
	DE	5	17	0	0
	FR	0	0	0	0
	GB	0	0	0	0
	JP	5	7	3	0
	KR	11	12	5	10
	US	10	69	3	2
	종합	42	142	14	31
커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	CN	5	13	1	0
	DE	5	18	1	0
	FR	0	0	0	0
	GB	0	0	0	0
	JP	6	10	4	1
	KR	8	16	5	6
	US	5	13	2	81
	종합	46	162	15	101
커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강 환경 에너지 순환형 통합형 인프라 개발 및 실증	CN	57	123	0	0
	DE	9	31	3	0
	FR	5	15	1	5
	GB	2	10	0	0
	JP	3	5	1	1
	KR	7	14	4	6
	US	29	103	4	13
	종합	156	420	21	34
제로에너지빌딩 시스템단위 시험평가 및 품질인증 기반 구축	CN	7	24	3	10
	DE	17	54	8	8
	FR	1	4	0	0
	GB	12	70	2	0
	JP	6	32	1	3
	KR	25	46	15	78
	US	115	417	54	208
	종합	245	850	95	373

□ 핵심기술별 국가별 특허 출원 건수, 패밀리 특허 수, 등록 특허 수, 등록

특허의 피인용 수를 토대로 산출한 국가별 특허 활동도, 집중도, 시장력, 영향력 수준과 이를 정규화한 값은 아래와 같음

표 79 핵심기술별 특허의 활동도, 집중도, 시장력, 영향력

구분	산출값				정규화			
	활동도	집중도	시장력	영향력	활동도	집중도	시장력	영향력
스마트 제어형 통합외피	0.03	0.98	1.16	0.09	0.03	0.88	0.85	0.09
	0.02	0.35	1.11	0.14	0.03	0.14	0.79	0.13
	0.01	0.59	0.89	0.00	0.01	0.42	0.57	0.00
	0.00	0.23	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.01	0.87	1.32	0.00	0.01	0.75	1.00	0.00
	0.08	0.93	0.86	1.01	0.09	0.82	0.53	0.96
	0.85	1.08	1.00	1.05	1.00	1.00	0.68	1.00
	0.51	0.00	1.01	0.97	1.00		0.38	0.11
실시간 부하대응 하이브리드 패시브 액티브 시스템	0.07	2.23	1.23	0.00	0.11	0.30	0.79	0.00
	0.22	3.17	0.84	0.00	0.45	0.47	0.31	0.00
	0.06	4.45	1.24	0.00	0.08	0.70	0.81	0.00
	0.06	6.07	1.40	0.00	0.08	1.00	1.00	0.00
	0.02	1.67	0.58	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
	0.11	1.41	0.58	1.66	0.21	0.15	0.00	0.89
	0.46	0.59	1.09	1.86	1.00	0.00	0.62	1.00
	0.07	0.00	0.97	0.52	0.14		0.35	0.02
웰니스 건축 지표기반 건축공간 단위 인증 및 재료	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.29	4.17	0.87	0.00	0.48	1.00	0.48	0.00
	0.02	1.27	1.15	0.00	0.03	0.30	0.63	0.00
	0.03	3.46	1.83	0.00	0.05	0.83	1.00	0.00
	0.02	1.19	1.35	0.00	0.03	0.29	0.74	0.00
	0.05	0.60	0.45	2.60	0.08	0.14	0.25	1.00
	0.60	0.76	1.05	1.24	1.00	0.18	0.57	0.48
	0.08	0.00	0.85	0.65	0.15		0.28	0.05
건축물 재료의 재활용 재사용기반 건축 전단계 개선기술	0.06	1.96	2.01	0.00	0.13	0.59	1.00	0.00
	0.12	1.76	1.56	0.68	0.25	0.53	0.78	0.53
	0.03	2.35	1.34	0.00	0.06	0.70	0.67	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.03	2.20	0.45	0.00	0.06	0.66	0.22	0.00
	0.27	3.34	0.59	0.82	0.56	1.00	0.30	0.64
	0.48	0.62	0.98	1.28	1.00	0.19	0.49	1.00
	0.03	0.00	0.79	0.43	0.05		0.24	0.00
CPS기반 에너지 호나경 성능 모니터링 및 예측지원	0.04	1.22	0.66	0.23	0.03	1.00	0.20	0.20
	0.05	1.22	0.93	0.00	0.04	1.00	0.44	0.00
	0.03	1.22	1.56	1.14	0.01	1.00	1.00	1.00
	0.02	1.22	0.88	0.00	0.00	1.00	0.39	0.00
	0.03	1.22	0.88	0.00	0.01	1.00	0.39	0.00
	0.02	0.13	0.44	0.46	0.00	0.00	0.00	0.40
	0.81	1.15	1.02	1.11	1.00	0.93	0.52	0.97
	0.06	0.00	1.07	2.37	0.12		0.42	0.39
BIM기반 건축공정별 통합형 맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리플랫폼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

구분	산출값				정규화			
	활동도	집중도	시장력	영향력	활동도	집중도	시장력	영향력
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.94	5.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.06	0.08	0.81	1.00	0.06	0.01	0.80	1.00
	0.01	0.00	0.41	0.85	0.01		0.00	0.09
스마트 입면 Retrofitting 설계시공기술	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.20	1.27	0.83	0.00	0.25	1.00	0.80	0.00
	0.80	1.14	1.04	1.00	1.00	0.89	1.00	1.00
	0.00	0.00	0.79	4.55	0.00		0.24	0.83
커뮤니터 에너지 예측 모니터링 및 공유지원	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.16	1.59	1.00	0.00	0.45	0.56	0.49	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.16	2.86	0.41	0.00	0.45	1.00	0.20	0.00
	0.35	2.47	0.32	1.83	1.00	0.86	0.16	1.00
	0.32	0.72	2.04	0.61	0.91	0.25	1.00	0.33
	0.02	0.00	1.12	0.63	0.03		0.45	0.04
커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	0.17	0.89	1.08	0.00	0.63	0.24	0.72	0.00
	0.17	1.70	1.49	0.00	0.63	0.46	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.21	3.67	0.69	0.04	0.75	1.00	0.46	0.01
	0.28	1.92	0.83	0.18	1.00	0.52	0.56	0.03
	0.17	0.38	1.08	5.98	0.63	0.10	0.72	1.00
	0.02	0.00	1.16	1.92	0.04		0.48	0.30
커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강 환경 에너지 순환형 통합형 인프라 개발 및 실증	0.51	2.62	0.80	0.00	1.00	0.99	0.15	0.00
	0.08	0.79	1.28	0.00	0.13	0.16	0.53	0.00
	0.04	2.64	1.12	2.60	0.05	1.00	0.40	1.00
	0.02	0.45	1.86	0.00	0.00	0.01	1.00	0.00
	0.03	0.48	0.62	0.52	0.02	0.02	0.00	0.20
	0.06	0.44	0.74	0.78	0.09	0.00	0.10	0.30
	0.26	0.58	1.32	1.69	0.49	0.06	0.57	0.65
	0.07	0.00	0.89	0.46	0.14		0.31	0.01
제로에너지빌딩 시스템단위 시험평가 및 품질인증 기반 구축	0.04	0.20	0.97	0.90	0.05	0.00	0.40	0.64
	0.09	0.92	0.90	0.27	0.14	0.49	0.33	0.19
	0.01	0.32	1.13	0.00	0.00	0.09	0.54	0.00
	0.07	1.66	1.65	0.00	0.10	1.00	1.00	0.00
	0.03	0.58	1.51	0.81	0.04	0.26	0.87	0.58
	0.14	0.95	0.52	1.41	0.21	0.51	0.00	1.00
	0.63	1.40	1.03	1.04	1.00	0.82	0.45	0.74
	0.12	0.00	1.15	1.12	0.22		0.47	0.14

□ 지표의 가중합을 통한 핵심기술별 경쟁력 점수를 기반으로 세부과제 및 핵심기술별 국내 기술경쟁력을 산출

- 지표의 가중합을 통한 핵심기술별 경쟁력 점수를 산출하고 최고기술국 수준을 100%로 환산한 핵심기술별 경쟁력을 산출
- 세부과제별 핵심기술 기술경쟁력 평균을 통해 세부기술의 기술경쟁력을 산출한 결과는 아래 그림과 같음

※ 특허에 기반한 기술경쟁력 분석은 개별 핵심기술의 신규성 매우 높음에도 불구하고 최근 1~2년간 출원된 비공개 특허가 반영하지 못하는 방법론적 한계와 국가별 출원 특허의 과소 등으로 결과에 왜곡이 발생할 수 있음

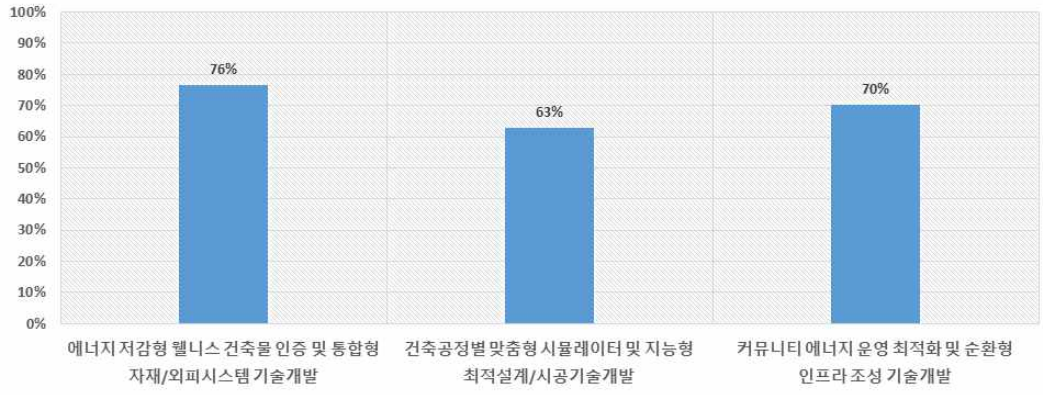


그림 167 세부과제별 국내 기술경쟁력(최고기술국 100%(미국))

- 에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재/외피시스템개발기술의 기술경쟁력은 76%로 '15년 기준, 국토교통기술수준조사의 건축분야 기술 중, 녹색건축, 건축물 에너지 향상분야와 유사한 수준임
- 건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능형 최적 설계/시공기술개발분야의 국내 기술경쟁력은 '15년, 국토교통기술수준조사의 건축분야 기술 중, ICT 융복합 건축분야의 기술수준(73.5%) 대비 낮은 63%로 일반적인 스마트 빌딩 기술을 제외한 에너지 성능 예측, 관리 등에 관련된 ICT융합기술의 국내 기술개발 및 특허산출은 미흡한 것으로 판단
- 커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성 기술개발분야의 국내 기술경쟁력은 '15년, 국토교통기술수준조사의 도시분야 기술 중, ICT 융복합 도시구축 및 관리분야의 기술수준(80.0%) 대비 낮은 70% 수준으로 일반적인 스마트 시티 기술과 달리 커뮤니티 단위의 에너지 수요 예측 및 통합관리와 관련된 국내 기술개발 및 특허산출이 미흡한 것으로 판단

표 80 핵심기술별 기술경쟁력 및 순위

구분		국가	활동도	집중도	시장력	영향력	경쟁력 점수	경쟁력 (%)	순위
에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재/외피시스템 기술개발	스마트 제어형 통합외피	중국	0.03	0.88	0.85	0.09	45%	50%	3
		독일	0.03	0.14	0.79	0.13	32%	35%	5
		프랑스	0.01	0.42	0.57	0.00	25%	28%	6
		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.01	0.75	1.00	0.00	44%	49%	4
		한국	0.09	0.82	0.53	0.96	68%	75%	2
		미국	1.00	1.00	0.68	1.00	90%	100%	1
	실시간 부하대응 하이브리드 패시브	중국	0.11	0.30	0.79	0.00	31%	44%	5
		독일	0.45	0.47	0.31	0.00	24%	34%	6
		프랑스	0.08	0.70	0.81	0.00	38%	54%	4

구분		국가	활동도	집중도	시장력	영향력	경쟁력 점수	경쟁력 (%)	순위
	액티브 시스템	영국	0.08	1.00	1.00	0.00	49%	70%	-
		일본	0.00	0.20	0.00	0.00	3%	5%	7
		한국	0.21	0.15	0.00	0.89	39%	55%	3
		미국	1.00	0.00	0.62	1.00	71%	100%	1
	웰니스 건축 지표기반 건축공간 단위 인증 및 재료	중국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	7
		독일	0.48	1.00	0.48	0.00	39%	73%	4
		프랑스	0.03	0.30	0.63	0.00	25%	47%	6
		영국	0.05	0.83	1.00	0.00	46%	87%	-
		일본	0.03	0.29	0.74	0.00	28%	53%	5
		한국	0.08	0.14	0.25	1.00	49%	92%	2
		미국	1.00	0.18	0.57	0.48	53%	100%	1
	건축물 재료의 재활용 재사용기반 건축 전단계 개선기술	중국	0.13	0.59	1.00	0.00	43%	61%	4
		독일	0.25	0.53	0.78	0.53	57%	81%	3
		프랑스	0.06	0.70	0.67	0.00	34%	48%	5
		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.06	0.66	0.22	0.00	19%	27%	6
		한국	0.56	1.00	0.30	0.64	59%	84%	2
		미국	1.00	0.19	0.49	1.00	70%	100%	1
건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능형 최적설계/시공 기술개발	CPS기반 에너지 호나경 성능 모니터링 및 예측지원	중국	0.03	1.00	0.20	0.20	31%	36%	4
		독일	0.04	1.00	0.44	0.00	32%	37%	3
		프랑스	0.01	1.00	1.00	1.00	86%	100%	1
		영국	0.00	1.00	0.39	0.00	29%	34%	-
		일본	0.01	1.00	0.39	0.00	30%	34%	5
		한국	0.00	0.00	0.00	0.40	15%	17%	7
		미국	1.00	0.93	0.52	0.97	83%	97%	2
	BIM기반 건축공정별 통합형 맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리플랫폼	중국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		독일	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		프랑스	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		한국	1.00	1.00	1.00	1.00	100%	100%	1
		미국	0.06	0.01	0.80	1.00	63%	63%	2
	스마트 입면 Retrofitting 설계시공기술	중국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		독일	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		프랑스	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	3
		한국	0.25	1.00	0.80	0.00	46%	46%	2
		미국	1.00	0.89	1.00	1.00	98%	100%	1
커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라	커뮤니터 에너지 예측 모니터링 및 공유지원	중국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	5
		독일	0.45	0.56	0.49	0.00	31%	44%	3
		프랑스	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	5

구분		국가	활동도	집중도	시장력	영향력	경쟁력 점수	경쟁력 (%)	순위
조성 기술개발		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.45	1.00	0.20	0.00	30%	42%	4
		한국	1.00	0.86	0.16	1.00	72%	100%	1
		미국	0.91	0.25	1.00	0.33	61%	85%	2
	커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	중국	0.63	0.24	0.72	0.00	35%	50%	5
		독일	0.63	0.46	1.00	0.00	48%	68%	2
		프랑스	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	6
		영국	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	-
		일본	0.75	1.00	0.46	0.01	43%	60%	3
		한국	1.00	0.52	0.56	0.03	42%	59%	4
		미국	0.63	0.10	0.72	1.00	71%	100%	1
	커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강 환경 에너지 순환형 통합형 인프라 개발 및 실증	중국	1.00	0.99	0.15	0.00	36%	53%	3
		독일	0.13	0.16	0.53	0.00	21%	31%	5
		프랑스	0.05	1.00	0.40	1.00	68%	100%	1
		영국	0.00	0.01	1.00	0.00	31%	46%	-
		일본	0.02	0.02	0.00	0.20	8%	12%	7
		한국	0.09	0.00	0.10	0.30	16%	23%	6
		미국	0.49	0.06	0.57	0.65	50%	73%	2
	제로에너지 빌딩 시스템단위 시험평가 및 품질인증 기반 구축	중국	0.05	0.00	0.40	0.64	37%	53%	5
		독일	0.14	0.49	0.33	0.19	28%	40%	6
		프랑스	0.00	0.09	0.54	0.00	18%	26%	7
		영국	0.10	1.00	1.00	0.00	50%	71%	-
		일본	0.04	0.26	0.87	0.58	54%	77%	2
		한국	0.21	0.51	0.00	1.00	49%	71%	4
		미국	1.00	0.82	0.45	0.74	70%	100%	1

제3장. 기존 사업 성과 분석[36)]

제1절. 기존 사업현황 및 추진경과

1. 기존 사업 현황

가. 도시건축연구사업

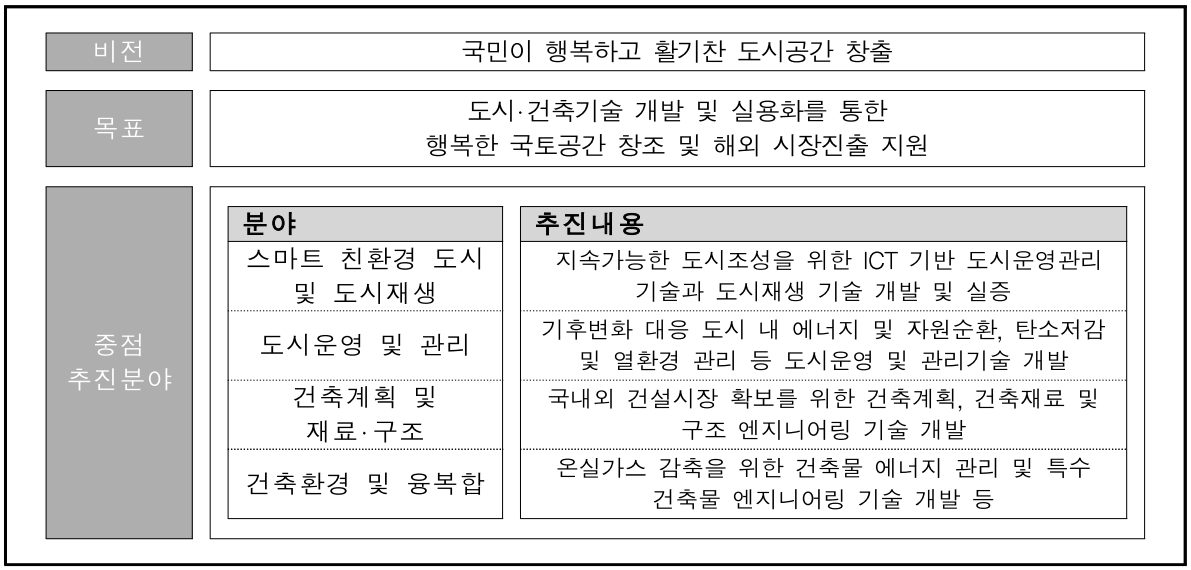


그림 168 도시건축연구사업의 목표 및 중점분야

□ (목적) 국민의 행복 증진과 도시의 활력 제고를 위해 초고층빌딩·한옥 등 신건축문화 창조, 도시재생 활성화, 안전한 생활환경 구축, 온실가스 저감 등 관련 기술 개발

□ (사업목표) 도시·건축기술 개발 및 실용화를 통한 행복한 국토공간 창조 및 해외시장진출 지원

□ (추진방향) 국민이 공감하는 도시 내 사회문제해결과 건축시장 활성화 지원을 위한 기술개발을 사업의 기본 추진방향으로 설정

- (도시연구) 도시온실가스 저감, 도시재생을 통한 거주환경 개선 등 도시 내 사회문제해결형 R&D와 지능형도시 보급 및 확산을 위한 도시공간 조성 및 운영관리 연구 추진
- (건축연구) 건축물 관련 에너지소비 및 온실가스 등 사회현안 문제를 해결하고, 건축설계·엔지니어링 기술혁신을 통해 국내 건설산업 견인

□ (사업내용) 스마트 친환경 도시, 도시운영 관리, 건축계획 및 재료, 건축환경

36) 국토교통과학기술진흥원, 2017, 도시건축연구사업 성과분석 보고서,
국토교통과학기술진흥원, 2017, 주거환경연구사업 성과분석 보고서

및 융복합 등 4개의 내역사업으로 구성

- (스마트 친환경 도시 및 도시재생) 도시 계획·설계·운영·재생 기술 자립화를 위해 도시계획 설계·운영·재생 분야 해외시장 진출을 목적으로 기술개발 추진
- (도시운영 및 관리) 도시내 온실가스 발생량을 저감하기 위해 도시 에너지, 교통, 폐기물 분야 온실가스 최소화 및 도시설계·운영시스템 개발 추진
- (건축계획 및 재료·구조) 재난·재해 대응 건축물의 피해를 최소화하기 위하여 내진 설계기준 강화 및 보수·보강 기술, 화재안전 설계기준 마련 및 진단·평가·보수·보강 기술 개발 추진
- (건축환경 및 융복합) 세계 선도수준의 건축 설계·엔지니어링 기술력 확보 및 기존 건물에너지 사용량을 저감하기 위해 세계 최고 건축설계기술 및 건축 엔지니어링 기술, 건축물 설계·시공 에너지 최적화 및 유지관리 에너지 효율화 기술 개발 추진

표 81 '17년 도시건축연구사업 과제목록

<table>
<tr><th>중점분야</th><th>지원내용</th><th>추진과제</th></tr>
<tr><td>스마트 친환경 도시 및 도시재생</td><td>첨단기술과 친환경 도시 조성기술을 융합한 지속가능한 스마트도시 조성 및 낙후도시의 종합적인 기능 회복을 위한 기술 개발</td><td>스마트 도시 조성 및 쇠퇴도시 재생모델 개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>지능형 도시정보 관리시스템 개발</td><td>'13~'18</td><td></td></tr>
<tr><td>도시 거주성 및 기능성 향상을 위한 도시재생 실증연구</td><td>'14~'18</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>도시운영 및 관리</td><td>기후변화에 대응 가능한 효율적인 도시운영 및 관리를 위해 도시에너지·자원순환, 탄소저감, 열환경 관리 및 안전한 도시공간 조성 기술 개발</td><td>사회문제 해결을 위한 도시 운영·관리기술 개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>주거단지 내 유기성 폐자원의 활용촉진을 위한 실증연구</td><td>'14~'18</td><td></td></tr>
<tr><td>기후변화 적응형 도시 열환경 설계 시스템 기술 개발</td><td>'15~'20</td><td></td></tr>
<tr><td>신산업 육성 및 산업단지 활성화를 위한 미래형 산업단지 조성 기술 개발</td><td>'16~'21</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>건축계획 및 재료·구조</td><td>건축설계, 시공 및 유지관리 분야의 성장동력 확보를 위한 국가표준 건축설계기준 선진화, 성능위주 설계기술 개발</td><td>재난·재해 대응 건축설계 및 재료개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>지진 및 기후변화 대응 소규모 기존건축물 구조안전성 향상기술 개발</td><td>'13~'17</td><td>'17년 종료</td></tr>
<tr><td>건축물의 성능위주 화재안전 설계 기준 및 화재안전성 향상 기술 개발</td><td>'15~'20</td><td></td></tr>
<tr><td>국가표준 한국건축규정 개발</td><td>'14~'19</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>건축환경 및 융복합</td><td>건물 에너지 효율 향상을 위한 건축물의 전주기적 운영시스템(건축설비, 기계 등) 및 초고층빌딩, 특수 건축물 설계, 시공 등 엔지니어링 기술 개발</td><td>고부가가치 건축설계 및 엔지니어링 기술 개발</td></tr>
</table>

		소형 건축물 및 비정형 부재 대상 3D 프린팅 설계, 재료 및 장비 개발	'16~'21	
		세계시장 선도를 위한 초고층빌딩 설계 및 시공 기술 개발	'15~'20	
		개폐식 대공간 건축물의 통합 설계 엔지니어링 기술 개발	'15~'20	
		BEMS KS 기반의 설계·시공·운영·관리 기술개발 및 실증	'15~'20	
		저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합 지원시스템 개발	'14~'19	
		개방형 BIM 기반의 건축설계 자동화 지원기술 및 첨단 유지관리 기반기술 개발	'17~'21	'17년 신규
		10m급 대공간 한옥 설계·시공 기술 개발	'17~'21	'17년 신규
		POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발	'17~'20	'17년 신규

□ (사업예산) '15~'17년간 연평균 예산이 0.12%로 증가하여 900.14억원이 투입

- '스마트 친환경 도시 및 도시재생', '건축계획 및 재료·구조' 등의 내역사업 예산은 최근 3년간 감소
- '건축환경 및 융복합' 내역사업은 도시건축연구사업의 39.26%를 차지하고 있으며, 본 사업의 '기존 건물에너지 사용량 20% 저감 기여'라는 전략목표와 '건물 부문 온실가스 감축 이행계획' 및 '제로에너지빌딩 의무화' 등 정책적 목적이 인정되어 일몰연장

표 82 ' 15~' 17년간 도시건축연구사업의 예산

(단위: 백만원, %)

내역사업	2015	2016	2017	합계	증가율
스마트 친환경 도시 및 도시재생	9,689	5,374	6,122	21,185	△20.51
도시운영 및 관리	4,538	8,286	7,621	20,445	29.59
건축계획 및 재료·구조	3,900	5,287	3,861	13,048	△0.50
건축환경 및 융복합	12,009	10,725	12,602	35,336	2.44
합계	30,136	29,672	30,206	90,014	0.12

나. 주거환경연구사업

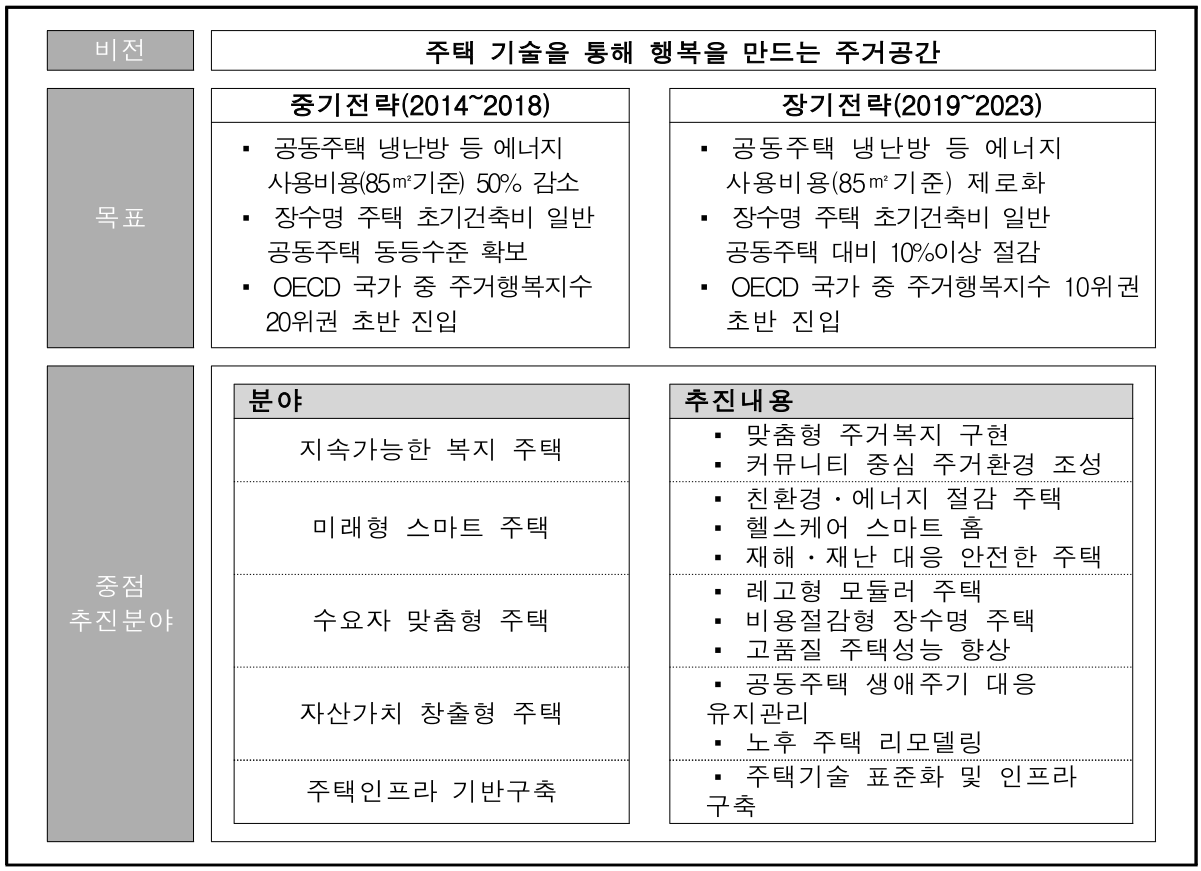


그림 169 주거환경연구사업의 목표 및 중점분야

□ (목적) 주거공간의 쾌적화, 장수명화, 안전성 확보를 지향하는 국민 체감형 주택기술 개발을 통해 국민 행복을 만드는 주거공간 구현

□ (사업목표) 주택건설기술 수준 향상 및 쾌적한 주거환경 조성을 통한 미래지향형 주거공간 구축

□ (추진방향) 주택건설기술 수준 향상 및 쾌적한 주거환경 조성을 위한 주택기술 실증기반 구축 및 활용·확산

- (도시연구) 도시온실가스 저감, 도시재생을 통한 거주환경 개선 등 도시 내 사회문제해결형 R&D와 지능형도시 보급 및 확산을 위한 도시공간 조성 및 운영관리 연구 추진
- (건축연구) 건축물 관련 에너지소비 및 온실가스 등 사회현안 문제를 해결하고, 건축설계·엔지니어링 기술혁신을 통해 국내 건설산업 견인

□ (사업내용) 지속가능 복지주택, 미래형 스마트 주택, 수요자 맞추형 주택, 자산가치 창출형 주택, 주택인프라 기반 구축 등 5개의 내역사업으로 구성

- (지속가능한 복지주택) 주거복지 사각지대 해소와 살기 좋은 주거환경 조성을 위한 맞춤형 주거복지 실현 및 커뮤니티 중심 주거환경 조성기술 및 현장 연계형 요소기술

개발

- (미래형 스마트 주택) ICT, IoT 등 기술 융·복합을 통한 미래형 스마트 헬스케어 공동주택 표준모델 및 제로에너지 주택보급을 위한 에너지 절약형 건축자재 개발 지원을 통해 주거 공간속에서 건강관리가 가능한 주택 구현 및 제로에너지 핵심기술 상용화 기술 개발
- (수요자 맞춤형 주택) 다양한 주택 수요 대응 및 주거복지 구현을 위해 수요자 맞춤형 모듈러 주택, 비용절감형 장수명 주택, 친환경 주거성능 향상 기술 등 맞춤형 주택 확산 기술 개발 지원
- (자산가치 창출형 주택) 공동주택 리모델링 시 최대 3개 층까지 수직증축 허용 및 내력벽 철거 기준 완화 등 리모델링 활성화 정책에 따른 노후 공동주택 주거성능 개선을 위한 저비용·고효율 리모델링 기술 개발
- (주택인프라 기반 구축) 주택시장 변화에 능동적으로 대처하기 위해 빅데이터를 활용한 주택시장 분석 및 예측 모형 개발을 수행하고, 주택 생애주기에 따른 맞춤형 서비스 제공 등을 위한 주택기술 표준화 및 인프라 구축

표 83 ‘17년 주거환경연구사업 과제목록

<table>
<tr><th>중점분야</th><th>지원내용</th><th>추진과제</th></tr>
<tr><td>지속 가능한 복지주택</td><td>주거복지 사각지대 해소와 살기 좋은 주거환경 조성을 위한 맞춤형 주거복지 실현 및 커뮤니티 중심 주거환경 조성 기술개발</td><td>주거복지 사각지대 해소 및 지속가능한 주거환경 조성
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>주거복지 구현을 위한 정책기반 구축 및 주거환경 개선 기술개발</td><td>’13~’18</td><td>’17년 종료</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>미래형 스마트 주택</td><td>ICT, IoT 등 기술 융·복합을 통한 미래형 스마트 헬스케어 공동주택 표준모델 및 제로에너지 주택보급을 위한 에너지 절약형 건축자재 개발 지원</td><td>IT 융·복합 기술을 활용한 미래형 스마트 주택 개발·보급
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축</td><td>’13~’18</td><td>’17년 종료</td></tr>
<tr><td>AAL기반의 스마트 공동주택 헬스케어 기술 및 실증모델 개발</td><td>’14~’21</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>수요자 맞춤형 주택</td><td>다양한 주택 수요 대응 및 주거복지 구현을 위해 수요자 맞춤형 모듈러 주택, 비용절감형 장수명 주택, 친환경 주거성능 향상 기술 등 개발 지원</td><td>수요자 맞춤형 주택기술 개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>수요자 맞춤형 조립식주택 기술개발 및 실증단지 구축</td><td>’13~’18</td><td>’17년 종료</td></tr>
<tr><td>모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발</td><td>’14~’21</td><td></td></tr>
<tr><td>비용절감형 장수명주택 보급모델 개발 및 실증단지 구축</td><td>’14~’19</td><td></td></tr>
<tr><td>주거복지 구현을 위한 생활밀착형 공동주택 성능향상 기술개발</td><td>’14~’20</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>자산가치 창출형 주택</td><td>공동주택 리모델링 시 최대 3개층까지 수직증축 허용 및 내력벽 철거 기준 완화 등 리모델링 활성화 정책에 따른 노후 공동주택 주거성능 개선을 위한 저비용·고효율 리모델링 기술 개발</td><td>노후 공동주택 주거성능 개선 기술 개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>저비용·고효율의 노후 공동주택 수직증축 리모델링 기술개발 및 실증</td><td>’15~’22</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>주택인프라 기반 구축</td><td>주택시장 변화에 능동적으로 대처하기 위해 빅데이터를 활용한 주택시장 분석 및 예측 모형 개발</td><td>빅데이터를 활용한 주택시장 분석 및 예측 모형 개발
<table>
<tr><th>과제명</th><th>연구기간</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>빅데이터를 활용한 주택시장 분석 및 예측모형 개발</td><td>’16~’21</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

□ (사업예산) ‘15~’17년간 연평균 예산이 10%로 증가하여 466억원이 투입되었으며 자산가치 창출형 주택과 주택인프라 기반 구축을 위한 예산이 확대

- ‘지속가능한 복지주택’ 예산은 최근 3년간 감소 추세
- ’16년부터 신설된 ‘주택인프라 기반 구축’ 분야에 예산이 증가, 주거환경 개선 및 주택기술 개발 외적으로 인프라 기반에 투자 시작

표 85 ’ 15~’ 17년간 주거환경연구사업의 예산

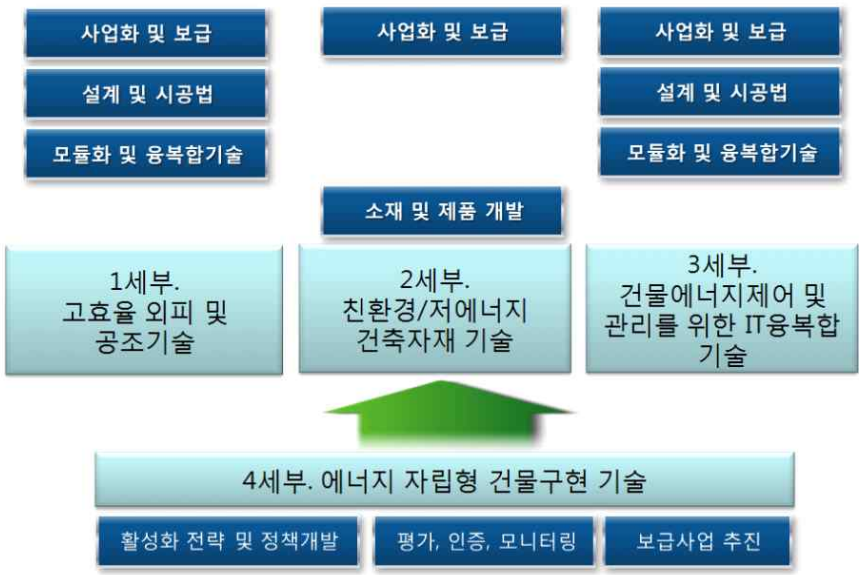
(단위: 백만원, %)

내역사업	2015	2016	2017	합계	증가율
지속가능한 복지주택	1,800	1,128	858	3,786	Δ31%
미래형 스마트 주택	6,800	4,206	8,419	19,425	11%
수요자 맞춤형 주택	5,700	7,491	6,669	19,860	8%
자산가치 창출형 주택	500	690	1,627	2,817	80%
주택인프라 기반 구축	-	300	412	712	37%
합계	14,800	13,815	17,985	46,600	10%

□ 도시건축연구사업 및 주거환경연구사업을 통해 추진된 도시 및 건축물의 에너지 효율성 향상관련 주요과제의 목적, 수행내용 등은 다음 표와 같음

과제명	저에너지 친환경 공동주택 기술개발
수행기간	2006.09.29.~2011.06.29
총연구비	18,715백만원(정부출연금 13,074백만원)
최종목표	**[목표]** 저에너지 친환경 공동주택 모델 개발 **[세부목표]** -기존 공동주택의 에너지 소비량을 40~45% 저감하는 요소기술의 개발 및 상용화 -요소기술 통합 설계 기법 및 저에너지 친환경 공동주택 설계 가이드라인 개발 -Prototype 모델의 시공/경제성 평가를 통한 저에너지 친환경 공동주택 상품개발 -통합 모델의 성능 평가를 통한 저에너지 친환경 공동주택 성능 평가 기법 개발
키워드	저에너지, 친환경, 공동주택, 실증단지, 지원 정책
활용방안 및 기대효과	-본 연구개발에서 각각의 관련 요소기술을 통합 적용하여 이루어지게 될 관련 기술 전반에 대한 종합적인 연구는 기존의 산발적인 연구 형태보다 선진국과의 기술 격차를 효과적으로 줄여나갈 수 있는 방안으로 기대 -기술 확산 과제 수행을 통해 축적된 저에너지 친환경 공동주택 관련 요소기술 전반에 대한 방대한 기초 데이터 및 실증 데이터는 관련 산업 전반은 물론, 이후 다양한 관련 기술 개발 연구에서 활용도가 높을 것으로 기대 -실증적인 연구를 토대로 각각의 관련 요소기술을 국내 실정에 맞게 개발하도록 함으로써 기업의 해외 기술 의존도 개선
기타사항	**[세부과제목록]** -저에너지 친환경 공동주택 통합성능 평가 -저에너지 친환경 공동주택 활성화 정책 -신개념 생태적 인공지반 녹화 기술 개발 -단지 내 종합적 물순환 기술 개발 -친환경 성능을 고려한 통합 단지 계획 -가변형 평면 개발 -자연형 냉난방, 채광 및 지능형 외피 시스템 -친환경소재개발

과제명	제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS) 개발
수행기간	2011.09.30.~2014.09.29
총연구비	672백만원(정부출연금 499백만원)
최종목표	**[목표]** 국가적인 에너지절약 정책에 부합하는 국내 건물의 제로에너지 구현을 위해 필수적인 건물 '기밀성능 기준'을 정립하고 이를 실행하기 위한 KS규격 기반의 '기밀성능 측정방법'을 개발 **[세부목표]** -건물 기밀성능 측정방법 및 프로세스 정립 -건물 유형별 기밀성능 현황 측정을 통한 국내 기밀성능 데이터 구축 -건물에너지 절약을 위한 국내 기밀성능 기준 정립 -건물 부위별 기밀화 방안 표준안 마련 -국가 에너지절약을 위한 기밀성능 기준 법제화 및 국내 성능인증제도 연계
키워드	건물에너지, 에너지 절약, 국가 기준, 기밀성능, 측정방법
활용방안 및 기대효과	-친환경·저에너지 건물 구현을 위한 주요 핵심기술인 기밀 수준 달성 -건물 기밀성능 평가를 위한 객관적이고 표준화된 측정법 제공 -관련 자재 산업 및 친환경·저에너지 건물 엔지니어링 활성화 -건물 기밀성능 확보를 위한 설계 및 시공 가이드라인 제공
기타사항	**[세부과제목록]** -건축물의 기밀성능 기준 -기밀측정 전문가 교육 프로그램 -공조기를 이용한 고층건물의 기밀성능 측정방법(안) -웹기반 기밀성능 온라인 데이터베이스 시스템 구축 -건물 기밀화 표준안 

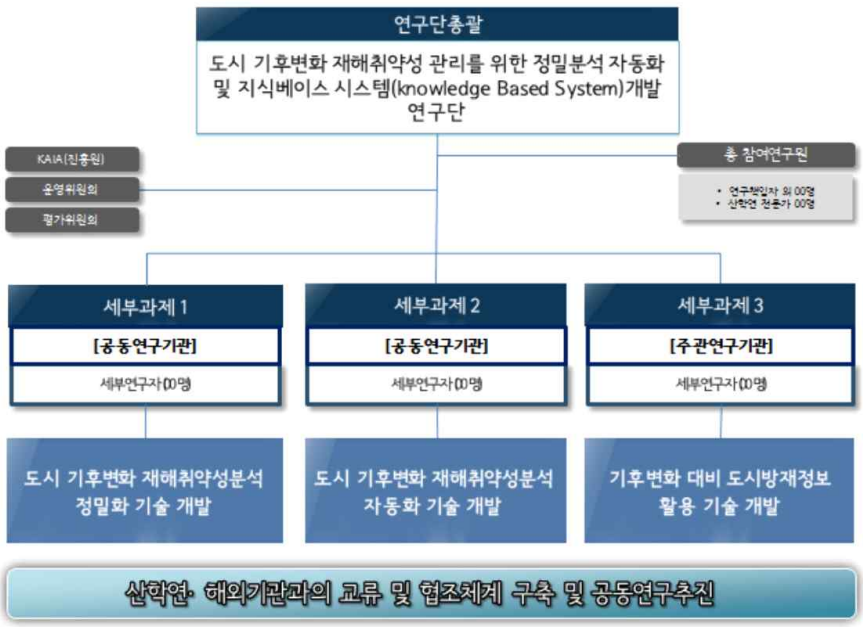
과제명	제로에너지 그린홈 건축재료 및 정책개발 기획
수행기간	2012.04.02.~2012.10.31
총연구비	90백만원(정부출연금 90백만원)
최종목표	**[목표]** 2025년까지 Zero 에너지 주택공급 및 온실가스의 획기적 감축을 위한 경제성 확보된 제로에너지 그린홈 보급을 위하여 건축재료, 기술, 시스템 및 정책개발 등 관련 제반기술 기획 **[세부목표]** -제로에너지 그린홈 구현을 위한 기술개발 연구과제 도출 -기존 기술 연계활용 전략 수립 및 새로운 재료, 기술, 시스템 개발 추진전략 마련 -제로에너지 그린홈 정량적 성능평가 방안 및 보급 활성화 정책 전략 수립 -본 과제 수행에 실질적 도움을 줄 수 있는 상세기획보고서 제시
키워드	제로에너지, 그린홈, 에너지저감, 건축재료기술, 정책
활용방안 및 기대효과	-건물부문의 국가 온실가스 감축 목표(-32%) 실현 기대 -제로에너지 건축기술에 대한 수입대체 효과 및 해외수출 핵심 상품으로 육성하여 신성장 동력 산업화 -국내 관련산업의 국제 경쟁력 확보 및 고부가가치 세계 건설시장 진출 기반 구축
기타사항	**[세부과제목록]** -고단열, 고기밀 외피시스템, 다기능성 창호, 문 기술 -단열 신소재 원천기술 개발 -친환경 고효율의 단열소재 및 건축자재 개발 -건물 조명 에너지 저감을 위한 IT기술 융복합 기술 -건물 공간 지능화(IBS)/가정자동화(HA) 및 네트워크 기술 -제로에너지 그린홈 실증화 및 상용화를 위한 제도/정책 개발 

과제명	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발
수행기간	2014.09.01.~2019.11.30
총연구비	17,730백만원(정부출연금 15,282백만원)
최종목표	**[목표]** 국가차원의 저에너지 건축물 핵심 포털과 DB 구축을 핵심으로 정부제도, 정책과 연계된 신뢰성 있는 콘텐츠 제공은 물론 공공형 빅 데이터 중심(그린투게더)의 서비스 기능을 포함하는 공적(公的) 시스템으로 발전시키는 것 **[세부목표]** -저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합 지원시스템 구축 -건축물 정보 DB 구축 및 포트폴리오 지원시스템 개발 -건축물 유형별 상세 에너지 사용량 정보 획득 및 분석 기술 개발
키워드	통합지원시스템, 저에너지
활용방안 및 기대효과	-각 세부 과제별 연차별 성과물에 대한 그린투게더 탑재 및 시범 운영/평가 -국가 건축물 통합지원시스템 서비스, 국가 건물에너지 성능평가 표준 모델 구축 -기술적 지원을 통한 통합지원시스템과 그린투게더의 통합운영 체계 구축 -외부 시스템(BIM, EnergyPlus)과의 연동으로 인한 활용성 증대 -세계 최초로 일반인에게 동적 해석 분석 파일을 작성해 제공하는 서비스 개시
기타사항	**[세부과제목록]** -녹색건축 지원 정보간의 종합적인 연계를 위한 국가 건축물 에너지 통합 지원시스템 -녹색 건축물 에너지 소요량 산정 시스템 -외부시스템과 연동할 수 있는 Pre-processor -국외 Best practice 사례 DB -국가 건축물에너지 통합 기초 정보 DB 구축 및 DBMS -국가 건축물 에너지 통합 DB 기반 한국형 에너지 성능 평가 표준 모델 -제도·정책 (건축물 에너지 소비증명제, 건축물 에너지 효율등급제도) 과의 연계방안 -건축물 에너지 효율화 포트폴리오 지원시스템 -건축물 상세 에너지사용량 표준 원단위 DB 구축 -표준 원단위 DB 기반 건축물에너지 성능수준 비교분석 프로그램 개발

과제명	녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축
수행기간	2011.12.16.~2014.12.29
총연구비	3,649백만원(정부출연금 3,649백만원)
최종목표	**[목표]** -온실가스 배출량 평가 시스템을 통한 국가 온실가스 저감 목표 효율성 제고 -전 생애 관점에서의 통합인증제도 및 지원시스템 개발을 통한 인증제도 구축 -관련 DB구축과 정책제도 개선 등을 통한 국가 신 녹색 건축산업 활성화 **[세부목표]** -건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축 -건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 -녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발 -친환경 건축자재 통합 시스템 개발
키워드	온실가스, GBI, 인증제도
활용방안 및 기대효과	-향후 국가 할당대비 건물 부문의 현재 목표 달성률 등이 분석됨으로써 실질적인 기후변화협약 대응을 위한 온실가스 배출 관리가 가능 -성능중심 건물에너지 성능 평가/예측 활성화 -능동형 녹색 건축물 통합 건축/설비설계 활성화
기타사항	**[세부과제목록]** -건물부문 온실가스 배출량 산출을 위한 온실가스 인벤토리 산정방법론 수립 -기존/신축건축물 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축 -건물부문의 온실가스 배출량 인벤토리 검증 가이드라인 개발 -건물 용도별 표준건물 모델 개발 -표준건물의 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 -표준건물 모니터링 데이터 DB화 및 분석기술 개발 -건물부문 에너지소비 및 온실가스 배출량 표준 분석시스템 개발 -건물부문의 특수성을 반영한 용도/규모별 온실가스 배출 관리 프로그램 구축 -건물부문 에너지 및 온실가스 분석/관리시스템 KS/ISO 인증 표준안 수립 -국가 건물부문 에너지 정밀 수요 맵 개발 -건물부문 온실가스 시범사업 수행 -Life Cycle Assessment 개념의 건물 용도별 통합 인증제도 평가기준 개발 -웹기반 녹색 건축물 신청/심사/인증 시스템 구축 -전문가 양성 교육/기술/창업 지원 시스템 구축 -전문자격 운용 프로그램 개발 - 인증제도 연관기술 협력방안 마련 -인증 시스템 Brand Identity 및 홍보방안 구축 -친환경 건축자재별 온실가스 배출량 평가 -친환경 건축 자재의 평가 기준 작성 -친환경 건축 자재 평가 및 관리를 위한 친환경 건축자재 통합 관리 시스템 개발

과제명	POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술 개발
수행기간	2011.12.16.~2016.06.29
총연구비	7,616백만원(정부출연금 5,490백만원)
최종목표	**[목표]** 도시계획·설계에서의 탄소배출량을 고려하고 이를 저감할 수 있는 일체화된 프로세스 및 시스템 구축 **[세부목표]** -건축물 특성 모듈 구조화된 통계기준 RES 설계 및 모듈 개발 -유사 건물부문 온실가스 전망 모형 사례 조사 -건물부문 온실가스 배출구조와 배출특성 조사 및 분석을 위한 분류체계 설정 -국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사 -건물 온실가스 배출전망을 위한 거시지표 조사 -건축물 및 건물 (신)기술 현황 조사 -유사 소프트웨어 사례조사 및 소프트웨어 제작 방향 설정
키워드	건축물, 온실가스, 배출전망, 감축잠재량, 의사결정시스템
활용방안 및 기대효과	-'POST-2020 대응 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 기술'은 현 시점의 국가 건축물의 온실가스 배출 현황 및 특성 데이터 확보, 미래 중장기 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축잠재량 분석을 통해 국가가 POST-2020 新기후변화체제에 대응하고 온실가스 감축 목표 달성 및 관리에 활용할 수 있음
기타사항	**[세부과제목록]** -POST-2020 대응을 위한 국가 건물부문 온실가스 배출 전망 및 감축 분석 모형(S/W) 확보 및 활용 -국가수준 독자적인 상향식 온실가스 전망 및 감축 잠재량 분석 시뮬레이션 기술 -국내외 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석 사례 조사 -건물부문 POST-2020 대응 온실가스 배출 전망 및 감축 잠재량 분석 모형을 위한 data 구축 -국가 건물에너지 통합관리시스템 data 활용을 위한 정책 및 제도 마련

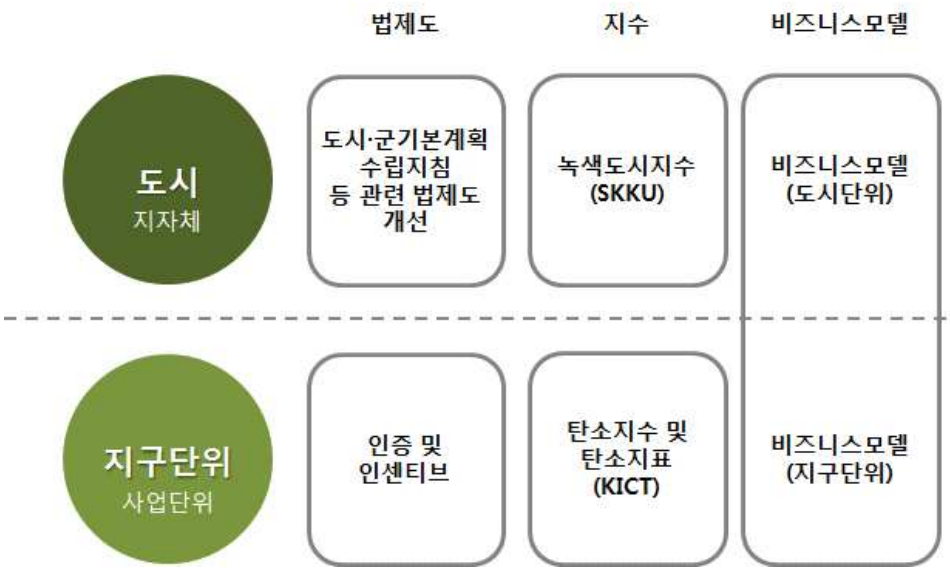
과제명	기후변화 적응형 도시열환경 설계시스템 기술 개발
수행기간	2015.08.31.~2020.12.31
총연구비	2,519.92백만원(정부출연금 2,099백만원)
최종목표	**[목표]** 기후변화 적응형 도시 열환경 설계시스템 개발 및 실증 **[세부목표]** -도시 열환경 개선을 위한 도시계획·설계 업무 범용 시스템 개발 -PC환경에서 도시 전체 열환경을 고해상도(공간해상도 10m X 10m, 시간해상도 1시간)로 유지하여 단시간(서울시 전체 60분) 내에 시뮬레이션 분석 -도시 열환경의 미시적(단위 건물군 중심) 분석과 거시적(도시 전체) 분석 연동 수행 -AWS 기온 실측치 대비 시뮬레이션 오차 NRMSE(Normalized Root-Mean-Square Error) 15% 내 정확도 확보 -열섬지역 예년 평년기온 대비 기온 저감(미시적 1℃, 거시적 0.3℃) 개선안 도출 -기후변화, 도시계획 법제도, 비용편익 등을 고려한 실천가능한 열환경 개선안 도출 -열저감에 따른 에너지 사용 저감과 대기오염 저감 산정
키워드	기후변화 적응, 도시열섬 저감, 도시계획·설계, 열환경 시뮬레이션, 의사결정지원시스템
활용방안 및 기대효과	-도시 열섬현상 원인 규명 및 관리 -열환경 및 도시계획 관련 법률 재정비 및 입법화 -도시개발계획(안)의 열환경 심의·검토 지원 도구 -열환경 개선을 위한 지자체 특성에 맞는 조례 및 심의기준 제시 -도시 열환경 개선을 위한 인센티브 도입방안 지원 -저열섬도시 조성을 위한 도시계획·설계, 건설(시공) 방안 제시 및 의사결정지원, 도시관리 -저열섬도시 조성을 위한 도시계획·설계 지원 -건축·토목·조경 관련 조성방안 제시 및 의사결정 지원 -도시개발계획(안)의 심의 전 열환경의 사전 분석 도구 및 근거자료 -도시(단지)개발사업 수행시 공간적 특성에 따른 사업타당성검토 지원 -열환경, 열섬 등 도시열환경 관련 연구분석 지원 -열환경 개선을 위한 공간계획 및 설계 -도시열섬 메커니즘, 저열섬도시 조성 관련 교육 및 연구도구로 활용
기타사항	**[세부과제목록]** -도시 열발생 및 저감기여도 산정 및 모니터링 기술 개발 -열섬저감 도시공간 설계기술 개발 -기후변화 적응 및 열섬저감을 위한 도시조성기법 가이드라인 개발 및 제도개선(안) 제시

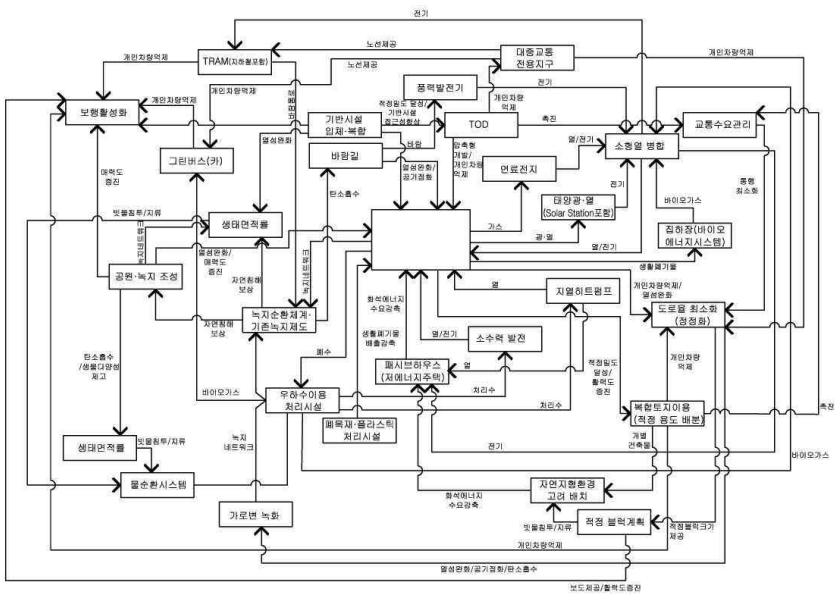
과제명	기후변화 대비 도시 대응체계 고도화 기술 개발 기획
수행기간	2016.09.07.~2017.05.06
총연구비	50백만원(정부출연금 50백만원)
최종목표	**[목표]** 기후변화 대비 도시재해 취약성 분석기술 개발 및 도시재해 대응체계 고도화 기술개발을 통해 재해로부터 안전한 도시 조성 대응체계 구축 **[세부목표]** -시장·기술·정책·연구 동향 분석 및 기술수요 조사 -기후변화 대비 도시 대응체계 관련 핵심기술의 정의 및 목표 설정 -기후변화 대비 도시 대응체계 관련 연구내용 및 추진전략 도출
키워드	도시방재, 재해취약성분석, 플랫폼, 기후변화, 시나리오 기반 플래닝
활용방안 및 기대효과	-재해예방형 도시계획 수립 시 정확한 자료를 제공함으로써 도시방재성능 목표달성 및 관리에 활용할 수 있음
기타사항	**[세부과제목록]** -도시 기후변화 재해취약성분석 정밀화 기술 개발 -도시 기후변화 재해취약성분석 자동화 기술 개발 -기후변화 대비 도시방재정보 활용 기술 개발 

과제명	건물부문 온실가스 감축기술 개발
수행기간	2015.12.23.~2016.07.22
총연구비	90백만원(정부출연금 90백만원)
최종목표	**[목표]** POST-2020 국가 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 건물부문의 온실가스 감축 핵심 기술을 발굴 및 확보하고, 합리적인 감축목표 설정과 정책적 대응 방안 마련을 위한 국가수준의 건물부문 온실가스 평가 모델 개발 및 세계 최초의 건물부문 온실가스 통합관리시스템 개발에 대한 기획 **[세부목표]** -건물부문 온실가스 감축 관련 시장·기술·정책 동향 분석 -건물부문 온실가스 감축 관련 핵심기술의 정의 및 목표 설정 -건물부문 온실가스 감축 관련 연구내용 및 추진전략 도출
키워드	온실가스,감축,평가모델,지원시스템,과제발굴
활용방안 및 기대효과	-건물부문 온실가스 감축목표 설정 및 로드맵 작성, 감축정책 검토 및 감축방안 마련 등 공공부문이 주도적 역할을 수행해야 할 부분으로 정부주도하에 건물부문의 에너지 절감과 온실가스 배출 억제를 함으로써 국내 건축산업 및 녹색기술의 경쟁력 향상을 지원 가능 -국제협상 등 신기후변화체계에서 국제적 협상력을 높이고 선제적으로 대응 또는 개발도상국을 리드 -부문별 국가 온실가스 감축 목표량이 확정되면 이를 달성하기 위한 국가적 비용 소요가 예상되며 투입 비용 대비 온실가스 저감 효과가 큰 수단을 중심으로 감축 이행이 가능 -'패시브 건축물' 및 '제로에너지 건축물'의 구현기술 및 온실가스 감축 핵심기술 개발은 건설 산업 참여자의 온실가스 절감을 위한 자발적인 노력에 기반이 될 수 있으며, 이는 국가 온실가스 총 발생량의 감축 및 에너지소비량에 영향을 미쳐 국가 경쟁력의 강화에 긍정적 효과로 작용 -국내 건물의 기존 노후 건축물 리모델링 시 최적의 녹색화 기술을 적용하도록 유도함으로써 국가적 정책인 건축물의 에너지 절감 목표에 기여하고, 녹색화 성능 기준 마련에 활용 가능
기타사항	**[세부과제목록]** -건물부문 온실가스 감축 모델 개발 -건물부문 온실가스 통합관리시스템 개발 -건물부문 온실가스 감축 관련 핵심기술 개발(제안)

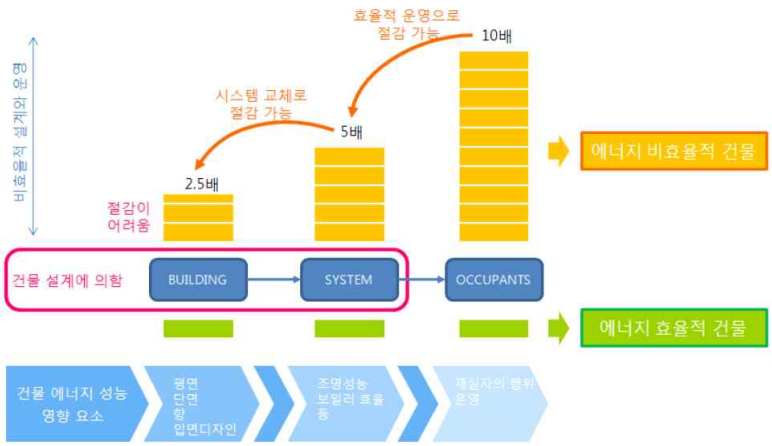
과제명	탄소저감 스마트 도시에너지관리 시스템 개발
수행기간	2011.12.16.~2016.06.29
총연구비	5,700백만원(정부출연금 2,850백만원)
최종목표	**[목표]** 탄소발생량 20% 감축이 가능한 플랫폼 기반 스마트 도시에너지 관리시스템, 복합에너지 커뮤니티 표준모델 개발 및 개발 기술의 실증 **[세부목표]** -탄소저감 스마트 도시에너지 관리시스템 운영 지원(Smart CEMS-O) S/W 개발 -탄소저감 스마트 도시에너지 관리시스템 공급설비 최적설계지원(Smart CEMS-D)S/W 개발 -Smart CEMS 소프트웨어 구축 및 활용 후 POC 및 도시단위 실증
키워드	도시에너지, 도시에너지관리시스템, 수요관리, 최적화, 탄소저감
활용방안 및 기대효과	-도시설계에서부터 온실가스 저감 정책에 부합하는 에너지공급설비의 종류 및 용량을 결정할 수 있음 -에너지 최적설계 및 에너지 최적운영을 토대로 정부에서 추진하고 있는 에너지자립섬 사업 등의 에너지 신산업분야에 진출할 수 있는 기반을 마련 -에너지/물질 수지 Balance를 최적화 할 수 있는 Solution을 제공 및 제안형 개발 사업을 발굴 -신도시개발사업의 에너지최적조합을 선정하고 이에 대한 효과를 검증 -고부가가치의 개발사업 및 운영 사업 분야에 적극 참여할 수 있는 핵심기술을 고도화 할 수 있을 것
기타사항	**[세부과제목록]** -도시에너지 운영 알고리즘 개선 -도시 실증용 스마트 도시에너지 관리시스템 개발을 위한 통계분석모듈 개발 -도시 실증용 스마트 도시에너지 관리시스템 개발을 위한 통합 UI/DB 개발 -에너지절약 10% 이상인 도시에너지 공급시스템 설계기법 개발 -GIS 연계 도시에너지 공급시스템 최적화 프로그램 개발 -CEMS 모니터링 시스템에 활용 가능한 실시간예측 알고리즘 개발 -도시에너지 관리 시스템 구축에 따른 온실가스 저감 목표 검증 

과제명	첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성 기술 기획
수행기간	2010.12.23.~2011.06.22
총연구비	150백만원(정부출연금 150백만원)
최종목표	**[목표]** 기획연구를 수행함으로써 첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성 기술 R&D 성과를 극대화하여 "녹색성장 기반 지속가능한 도시건설 가치창출" 에 기여 **[세부목표]** -기술 Seeds 및 Needs 분석 -기술개발 로드맵 작성 -연구 추진전략 수립 -사회적.문화적 영향 검토
키워드	연구기획, 도시계획·설계, 탄소중립도시, 타당성 조사, 토지이용-교통 통합모형
활용방안 및 기대효과	□ 녹색 도시 창출을 통한 국가 성장동력 확보 및 이미지 제고 - 국내 현실에 맞는 독자적인 핵심기술 개발을 통한 무탄소 도시 조성과 이의 홍보를 통해 국가적 차원에서의 친환경 이미지 제고 효과를 거둘 수 있으며, 도시와 나아가 국가 경쟁력의 핵심 요인으로 부상할 것임 □ 녹색 건설 시장 선점 및 규모 확대 - 유망한 분야이나 아직 시장형성이 미미한 녹색도시 관련 기술의 조기 개발을 통한 시장 선점 및 규모 확대가 가능할 것이며, 향후 세계 녹색건설 시장 전반에서 선도적 위치를 차지할 수 있을 것임 □ 녹색도시 기반기술 개발을 통한 녹색경제 구현 가능 - 사회적 일자리 창출 및 에너지와 CO2 절감을 통한 경제 성장에 기여 □ 건설시장 내 새로운 유망시장분야인 녹색 도시시장 영역의 국내 기술력 제고 - 기존 도시 건설기술을 생태도시 또는 녹색도시 건설기술로 전환하기 위해 첨단 기술을 기반으로 한 탄소저감형 도시계획 및 설계, 청정에너지 공급, 온실가스 잠재량 평가 등의 제반기술 개발을 통한 선진국과의 기술력 차이 극복 □ 17대 국가 신성장동력 산업과의 연계 - 스마트 그리드 기반의 기존 유비쿼터스와 연계한 건축물의 IT기반 에너지 관리 및 모니터링 기술과 유지관리 분야에 임베디드 첨단센서 등의 IT기술 접목 - 도시건설을 위한 탄소저감형 건설요소 중 시공자동화 분야에 건설로봇을 도입함으로써 융복합 기술등 통한 기술혁신 달성
기타사항	

과제명	탄소저감 도시전략, 녹색지수 및 비즈니스 모델 개발
수행기간	2011-11-30 ~ 2014-09-30
총연구비	정부출연금 1,560백만원
최종목표	**[목표]** 탄소저감 안전도시(녹색도시)의 정의 및 개념 확립 **[세부목표]** -탄소저감 안전도시 구축을 위한 법제도 기반 구축 -탄소저감 안전도시 실현 및 관리를 위한 녹색지수 개발 -탄소저감 안전도시 관련 비즈니스 모델 개발 -탄소저감 안전도시 국내외 확산 방안 마련
키워드	무탄소첨단도시, 녹색안전도시, 녹색지수, 비즈니스모델, 평가모델
활용방안 및 기대효과	-탄소저감도시 정착을 위한 인증 평가체계 계획 수립 및 인센티브 방안계획 수립으로 기후변화대응 전략, 지방정부 및 중앙부처간의 연계 대책 수립 -중앙.지방정부 탄소저감정책 확산을 위한 민간참여 활성화 기반 마련 -탄소저감도시 관련 사업의 초기 투입비용에 대한 합리적인 재정조달 및 이를 통한 사업화 촉진 가능 -국내 탄소저감도시 계획 시 활용 가능할 뿐 아니라, 탄소저감도시 해외수출 전략을 제시함으로써 국가 차원의 새로운 수익모델 창출 가능 -탄소저감도시 비즈니스모델 개발 프레임워크 수립 및 맞춤형 비즈니스모델 제공을 통해 도시 내 탄소배출량 절감과 더불어 도시의 경제적 이익을 창출
기타사항	

과제명	탄소저감 도시계획 시스템 개발
수행기간	2011.12.16.~2016.06.29
총연구비	7,616백만원(정부출연금 5,490백만원)
최종목표	**[목표]** 도시계획·설계에서의 탄소배출량을 고려하고 이를 저감할 수 있는 일체화된 프로세스 및 시스템 구축 **[세부목표]** -탄소저감 도시계획·설계 및 시공·사업관리, 유지관리로 이어지는 일체형 프로세스 개발 -탄소저감 도시조성을 위한 프로세스 단계를 지원·검증·피드백 할 수 있는 알고리즘 및 시뮬레이션 소프트웨어 개발 -도시계획·설계로 지원하는 탄소관리 통합시스템을 개발하고 실증을 통한 검증 -탄소저감 도시계획지원 S/W 개발[탄소저감 도시분야 S/W통합]
키워드	탄소저감, 도시계획, 도시설계, 사업관리, 공간배치, 시뮬레이션
활용방안 및 기대효과	-실제 에너지 사용량을 기반으로 개별 건축물부터 주택단지, 도시규모 까지 규모별로 적절한 탄소저감 도시계획 기법을 적용할 수 있도록 지원 -도시 또는 건축물의 프로젝트 초기단계에서 취득한 한정된 정보로 공사활동에 의한 개략적 생애주기 탄소배출량 추정에 활용 가능 -도시 및 지역별 단위 주행거리 당 CO2 배출 원단위를 추정하는 기초모델로 활용 -사용자 편의성을 증대하여 기존의 BIM보다 사용면에서 쉽게 접근할 수 있도록 하고, 한 번의 모델링으로 법규 및 일조, 탄소 배출량, 에너지 성능 등을 평가할 수 있도록 함으로써 민간기업 활용도 제고
기타사항	**[세부과제목록]** -탄소저감 도시계획.설계 및 조성기술 개발 -탄소저감 도시조성 및 사업관리 기술개발 -탄소저감 도시 공간배치 시뮬레이션 기술개발 -탄소저감 통합 도시계획 시스템 구축 및 실증 -탄소저감 도시계획.설계지원 및 탄소관리 통합 시스템구축 -탄소저감 도시계획 지원시스템 통합 S/W 결과물 시각화 기술 개발 -탄소저감 도시계획 지원시스템 검증을 위한 통합 테스트베드 운영관리 

과제명	탄소저감을 위한 도시공간-교통연계 탄소배출량 관리 시스템 개발
수행기간	2011.12.16.~2016.06.30
총연구비	3,140백만원(정부출연금 2,340백만원)
최종목표	[목표] 토지이용-교통-환경의 세 구성요소를 하나로 묶어 순환·분석하고 탄소저감형 도시 조성을 위한 도시공간배치 계획 및 저탄소 교통정책 도입에 대해 평가 및 관리할 수 있도록 지원하는 프로그램 개발 [세부목표] -장래 도시 예측 결과에 기반하여 토지이용과 교통 분야의 탄소배출량과 대기오염 물질 배출량을 산정하는 모형을 개발 -도시의 대기질을 예측하는 기능과 도로 성능을 소통과 환경 측면으로 평가하는 기능을 개발 -활동 기반의 교통계획 모형 개발 및 토지이용-교통 통합 모형 개발
키워드	탄소저감도시, 탄소배출량, 도시공간, 도시교통, 토지이용-교통통합모형
활용방안 및 기대효과	-토지이용 및 교통 환경 변화에 따른 탄소배출량과 탄소영향권을 분석 및 예측한 결과를 제공함으로써 대상 도시 공간의 탄소배출량 적정치를 유지할 수 있는 탄소저감 정책 선택에 대한 의사 결정을 지원 -도시·교통 탄소저감 시나리오별 탄소량 및 탄소영향권 예측결과를 GIS기반의 사용자 환경에 표출함으로써 의사결정자가 대안별 효과를 다양한 형태로 볼 수 있도록 지원 -이동성 중심의 도시부 도로 성능평가 방식이 아닌 탄소 기반으로 도로 성능을 평가함으로써 도시민의 건강 위해성을 최소화하는 도시 교통 정책을 선택할 수 있도록 지원
기타사항	[세부과제목록] -도시공간-교통 통합 탄소 배출관리 프로그램 개발 -도시교통 통합 탄소저감 정책 의사결정지원 시스템 개발 -시나리오기반 도시-교통 탄소저감 예측결과 표출 프로그램 개발 -인간활동-공간-통행 탄소배출량 산정 플랫폼 개발 -탄소 저감형 도시 조성을 위한 교통-탄소 운영관리 지원시스템 개발 -대기환경에 따른 탄소영향권 표출 프로그램 개발 -탄소기반 도시부 도로 성능 평가 프로그램 개발 -공간배치 변화에 따른 통합 탄소배출 관리 프로그램 개발 및 효과평가 시뮬레이션 기술 개발 

과제명	그린홈플러스 실험주택을 활용한 운영단계 에너지 최적화 및 핵심요소기술의 상용화 기술개발
수행기간	2011.09.30.~2013.09.29
총연구비	664백만원(정부출연금 447백만원)
최종목표	**[목표]** -그린홈플러스 실험주택을 활용한 친환경 주택 교육 프로그램 개발 -거주자 생활패턴을 고려한 공동주택의 통합 제어시스템 개발 -저에너지 친환경 공동주택 상용화 기술개발 **[세부목표]** -친환경 주택 전문가 기술 교육 프로그램 개발 -일반인 대상 친환경 주택 홍보 및 교육 프로그램 개발 -거주자 생활패턴에 따른 에너지 저감 모델별 에너지 소비 특성 분석 -거주자 행위, 공간 인지 기반 환기, 냉난방, 조명 에너지 절약 통합 제어시스템 개발 -국내 기후를 고려한 친환경 외피시스템 상용화 기술 개발 -저에너지 주택에 적합한 설비시스템 상용화 기술 개발
키워드	저에너지 친환경 공동주택, 운영 에너지, 재실 특성, 최적 제어, 산업화
활용방안 및 기대효과	-저에너지 친환경 주택 기술 확산 및 경쟁력 확보 -주거부문 에너지 절감 및 탄소 배출 저감 효과 -친환경주택에 대한 인식 제고 -대중적 인식을 통한 미래 친환경건축의 저변 확대 -그린홈플러스 실험주택의 재실실험을 통한 국내최초 운영단계 에너지 소비량 검증 -운영단계 에너지 저감 효과 개선(조명 및 냉난방에너지 10% 이상 추가 절감) -제어시스템 및 센서 개발을 통한 관련시장 창출 -외피제어 시스템의 공동주택형 적용 모델개발을 통한 에너지 절감 및 거주환경 쾌적성 향상
기타사항	**[세부과제목록]** -개발기술 홍보 및 교육프로그램 운영 -핵심기술 에너지 성능 분석 -에너지 절감 성능 분석 및 에너지 제어 시스템 개발 -개발 핵심 기술 상용화 

과제명	Global 주도형 도심 바이오 에너지 단지 조성을 위한 기술개발 및 실증 연구 기획
수행기간	2013.04.01.~2013.10.31
총연구비	70백만원(정부출연금 70백만원)
최종목표	**[목표]** Global 주도형 도심재생 바이오에너지 단지 및 주민복지시설 기반 구축 사업추진 **[세부목표]** -본 사업의 비전 및 목표를 수립하고, 기술개발 및 사업화를 위한 전략수립 -전문연구기관과 기획위원회 분석 및 제안을 고려한 세부과제를 도출 -도시재생기술 및 바이오에너지 기술현황분석을 통한 기술 우선순위를 선정하고, 바이오에너지 단지에 활용가능한 주민복지형 적정기술 개발을 기획 연구 -도시재생기술 및 바이오에너지 기술현황분석을 통한 기술 우선순위를 선정하고, 바이오에너지 단지에 활용가능한 주민복지형 적정기술 개발을 기획 연구 -도시 녹색재생기술인 소형·분산형 바이오에너지 시스템 단지조성 및 해외사업화 기반을 구축하기 위한 체계 구축 및 평가방안 수립 -기 보유하고 있는 도시 인프라 녹색 재생기술을 바탕으로 대규모의 실증연구를 위한 기반기술을 확대 개발에 대한 기획 -기존 도시재생기술을 보유한 연구기관을 중심으로 기술 및 기법을 통합화, 고도화, 실증화, 국제화 기반마련을 위한 기획 연구 -바이오에너지 단지 국외사업화를 위한 국가별 법률 및 정책 검토 및 대안마련 -실증화를 위한 Test-bed 구축방안/운영체계/운영방법론 제시
키워드	도시인프라녹색재생, 도심 바이오 에너지단지조성, 도시유기성폐기물자원화, 주민복지기반시설, 분산형 재이용시스템
활용방안 및 기대효과	-연구단 과제의 원활한 추진과 정확하고 세밀한 타당성 분석을 위한 사전 및 상세기획 수립 -본연구과제의 비전을 목표를 선정하고 체계를 구축하는 데에 활용 -검증된 연구단장을 선발하기 위한 평가의 기틀 제공
기타사항	**[세부과제목록]** -국내외 기술/시장/정책 동향 분석 및 전략수립 -연구단 과제의 최종연구 목표 및 범위 설정 -과제의 사업 타당성 조사 및 분석 -핵심과제와 연구목표 달성을 위한 세부기술 및 정책도출 -연구과제별 추진전략 및 추진체계 수립 -시장 수요조사를 통한 실용화 및 상용화 전략 수립 -연구단장 공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

과제명	제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축
수행기간	2013.10.14.~2018.04.13
총연구비	22,637.88백만원(정부출연금 17,982백만원)
최종목표	**[목표]** 실제 환경 시작품, 데모 단계의 연구로, 제로에너지 주택 및 단지설계와 제로에너지 주택 및 커뮤니티 시공을 통해 현 단계의 제로에너지 주택설계기술 및 시공기술을 융합하여 단지를 구현 **[세부목표]** -주택단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화하고, 적정한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 1차에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델 개발 및 구현 -에너지효율을 가장 효과적으로 줄일 수 있으며, 겨울철과 여름철에 에너지공급으로부터 자유로워지고 국가 온실가스를 감축할 수 있도록 단지 내 전체 주동을 독일전통방식의 패시브주택 성능을 구현 -제로에너지주택 실증단지 모델의 비용·효용효과 분석을 통해 최적화 비즈니스 모델 개발 -특정성능 기준에 도달하기위한 필요 재정지원 및 운영자금 도출 -국민임대주택의 에너지복지 실현을 위한 국민주택 기금 또는 에너지복지기금에 대한 타당성 도출 -제로에너지 주택분야 중장기 마스터플랜과 기술가이드라인 개발을 통해 해당 분야 로드맵 수립 지원 -국민임대주택 공급을 위한 정책 및 금융패키지 상품관련 정책 도출
키워드	패시브하우스, 공동주택, 단독주택, 에너지 효율주택, 신재생에너지
활용방안 및 기대효과	-제로에너지 실증 단지 구축 가능 -표준 설계 디테일 개발 기획을 통해 패시브-제로에너지 건축물/단지 관련 기술 개발 활성화 방안 마련 -친환경/무장애/세대친화 단지 조성 가능
기타사항	**[세부과제목록]** -패시브-제로에너지 주택 및 단지 조성 기술 개발 전략 수립 -단지 구성요소(홍보관, 커뮤니티, 조경, 건축물 등)별 설계 및 시공기준 기획 -에너지·열교 시뮬레이션 필요성과 시공 검증에 대한 방법 기획 -패시브-제로에너지 건축물 실증을 위한 모니터링 기획 -커뮤니티 기획, 친환경 단지조성 기획, 주민 친화형 단지 인프라 조성 기획 -단지/건축물 경제성 및 거주성 평가 기획 -부위별, 재료별, 디자인별 디테일 발굴 프로세스 기획

2. 기존 사업 추진경과

가. 도시건축연구사업

□ ‘06.05 : 「건설교통 R&D 혁신로드맵」 수립에 따라 “첨단도시개발사업”으로 추진

□ ‘07.12 : 「제2차 과학기술기본계획(’08~‘12)」의 전략기술로 선정

□ ‘07.12 : 「건설교통 R&D 1차 중장기계획(’07~‘12)」 수립

□ ‘09.01 : 미래 한국을 이끌 17대 신성장동력으로 선정

□ ‘12.05 : 「건설교통 R&D 2차 중장기계획(’13~‘17)」 수립에 따라 “도시건축연구사업”으로 사업명칭 변경

□ ‘13.06 : ‘14년부터 도시건축연구사업(단위사업) 내 도시건축연구, 주거환경연구, 국토공간정보연구를 세부사업으로 분리

□ ‘17.12 : 일몰대상사업 기간연장 심사 결과, ’건축환경 및 융복합‘ 내역사업에 대하여 1년 연장

나. 주거환경연구사업

□ 2007.01 : 「건설교통R&D 혁신로드맵」 수립에 따라 첨단도시개발사업으로 사업체계 개편(‘06.05) 후 사업본격 추진

□ 2007.12 : 「제2차 과학기술기본계획(’08~’12)」의 전략기술로 선정

□ 2007.12 : 「1차 건설교통 R&D중장기계획(’08~’12)」 수립

□ 2009.01 : 미래 한국을 이끌 17대 신성장동력으로 선정(VIP보고)

□ 2012.05 : 「2차 건설교통 R&D중장기계획(’13~’17)」 수립에 따라 도시건축연구사업으로 사업명칭 변경

□ 2013.03 : 「미래주택정책 R&D기본계획(’13~’20)」 수립

□ 2013.06 : 도시건축연구사업에서 「주거환경연구사업」으로 과목구조 개편

□ 2014.02 : 「제3차 과학기술기본계획(’08~’12)」의 전략기술로 선정

□ 2014.07 : 「국토교통 R&D 중장기 전략(’14~’23)」 수립

□ 2014.12 : 「제3차 과학기술기본계획('13~'17)」의 전략기술로 선정

※ 생활공간 편의성 향상, 저출산·고령화 대응 강화, 사회적 재난 대응체계 확보

- 2016.12 : 일몰대상사업 기간연장 심사결과 「미래형 스마트주택」 내역사업 1년 연장

제2절. 기존 사업 성과분석

1. 종합적 성과분석

가. 도시건축연구사업

1) 과학기술적 성과

□ 논문 및 특허 산출의 양적 질적 성과 우수

- (일반학술지) '15~'17년 일반학술지는 총 341편이 게재되었으며, 과제 1개 당 평균 7.78편의 일반학술지 성과가 발생
- (SCI(E) 논문) 최근 3년간 SCI(E) 논문은 총 95건이 게재되었으며, 과제 1개 당 평균 SCI(E) 논문 성과 창출 건수는 2.15건
  - 최근 3년간 발표된 SCI(E) 논문의 IF는 평균 1.55 수준
  - 최근 3년간 발표된 SCI(E) 논문의 표준화된 순위보정영향력 지수(MrnIF)의 평균은 56.18으로 글로벌 평균을 상회하는 논문 발표
- (특허출원) '15~'17년 특허출원은 175건으로 연평균 11.59% 증가하였으며, 과제 1개 당 평균 3.92건의 특허출원 성과가 발생
- (특허등록) 최근 3년간 특허는 총 110건이 등록되었으며, 과제 1개 당 평균 특허등록 건수는 2.42건
  - 최근 3년간 등록된 스마트등급지수는 평균 3.79
- (현장시험 및 검증) '15~'17년 총 630건의 현장시험 및 검증이 있었으며, 공공기술개발사업의 특성상 현장검증의 중요성은 증가하고 있으며, 이에 따라 현장시험 및 검증 건수는 연평균 54.30% 꾸준히 증가
  - 과제 1개 당 평균 13.13건의 현장시험 및 검증 성과가 발생
- (신기술지정) '17년에 2건의 신기술지정 성과가 발생

2) 경제적 성과

□ 기업으로의 기술이전이 활발하고 이로인한 사업화 매출 등 경제적 성과 발생

- (기술이전) 최근 3년('15~'17년) 간 기술실시계약 건수는 연평균 62.02%, 기술료 징수액은 40.95% 증가하여 총 51건의 계약 체결로 5.10억원을 징수
  - 과제 1개 당 평균 기술실시계약 건수 또한 증가하여 ' 15년에는 0.50건/개에 불과하였으나 ' 17년에는 1.31건/개를 체결

- (사업화매출액) 최근 3년('15~'17년)간 총 71건의 사업화를 통해 168.86억원의 매출액을 창출하였으며 사업화 건수와 매출액은 증가 추세

• 지원과제 1개 당 평균 1.60건의 사업화가 성공

* 사업화 매출액은 국내매출과 해외매출액의 합산으로 산정

- (현장비용절감) 최근 3년('15~'17년)간 총 48건의 현장적용을 통해 189.05억원의 비용을 절감하였으며 현장비용 절감 건수와 절감액은 증가 추세

3) 정책적 성과

□ 기술개발 결과의 설계기준, 정책 반영 성과 지속 창출

- (설계기준·지침·시방서 제안·반영) 최근 3년('15~'17년) 간 설계기준·지침·시방서 반영 건수는 연평균 164.58% 증가하여 총 11개의 반영 성과가 발생

• 과제 1개 당 평균 설계기준·지침·시방서 반영 건수 또한 증가하여 ' 15년에는 0.06건/개에 불과하였으나 ' 17년에는 0.44건/개를 반영

- (정책 제안·채택) 최근 3년('15~'17년) 간 정책은 총 66건이 제안·채택되었으며, 과제 1개당 평균 0.73건의 제안·채택 성과가 발생

• 과제 1개당 정책제안은 1.01건이며, 정책 채택은 0.45건으로 정책 채택률은 평균 45.55%

- (법 제정·개선) '15~'17년 총 11건의 법을 제정·개선하였으며, 과제 1개당 평균 0.28건의 법 제정·개선 성과가 발생

- (표준채택) 최근 3년('15~'17년) 간 표준채택 건수는 총 10건으로 연평균 52.75%로 가파르게 증가 중이며 과제 1개 당 평균 표준채택 건수는 0.21건

- (인력양성) 최근 3년('15~'17년) 간 인력양성 명수는 연평균 22.85% 증가하여 총 228명의 인력을 양성

• 과제 1개 당 평균 인력양성 명수 또한 증가하여 ' 15년에는 3.44명/개에 불과하였으나 ' 17년에는 5.19명/개를 양성

나. 주거환경연구사업

1) 과학기술적 성과

□ 논문 및 특허 산출 성과 산출이 증가 추세

- (일반학술지) 최근 3년간 동 사업 추진으로 게재된 일반학술지 논문은 177편

- (SCI(E) 논문) ’15~’17년 총 19편의 SCI(E) 논문을 게재하였으며 지원과제 1건 당 평균 0.73편의 논문을 게재

  • 논문의 질적 지수를 나타내는 MrnIF는 평균 54.37로 글로벌 평균을 상회하는 우수한 논문들을 발표

  • 게재된 논문 저널의 IF는 평균 1.64 수준

  • (특허 출원) 최근 3년간 동 사업 추진으로 92건의 특허를 출원하였으며 과제 1건 당 평균 3.60건의 특허를 출원

  • (특허 등록) ’ 15년 등록 특허 건수는 7건에서 ’ 17년 30건으로 연평균 107% 증가하고 있는 추세이며 지원 과제 1건 당 특허 등록 건수 또한 연평균 95% 증가 추세

  • 등록된 특허의 질적우수성을 평가하는 SMART 등급 평가 결과, 동 사업 특허는 BBB등급의 특허에 주로 분포하고 있는 것으로 확인

- (표준채택) 최근 3년 동안 총 1건의 표준이 채택(’16년)

- (현장시험 및 검증) ’15~’17년 98건의 현장시험 및 검증을 수행하여 주거분야 개발기술의 검증을 지원하였으며, ’15년 4건에서 ’17년 29건으로 연평균 16.9% 증가하고 지원과제 1건 당 성과 발생이 증가하는 등 성과가 우수

2) 경제적 성과

□ 기술이전 및 실시계약 등으로 인해 사업화 매출, 현장비용 절감 등 경제적 성과 창출

- (기술이전) ’14년 사업 분리 후 ’17년부터 본격적으로 경제적 성과가 창출되기 시작하여 ’17년 1건의 기술실시계약 발생

- (사업화 매출액) 최근 3년(’15~’17년) 사업화 건수의 증가에 따라 사업화 매출액 또한 0.77억원에서 9.03억원으로 연평균 252%로 증가하고 있으며 지원과제 1건 당 발생 매출액도 223%로 증가하는 추세

- (현장비용 절감) 최근 3년간 총 8건의 현장적용으로 인해 기존 기술 적용 대비 약 5.98백만원의 비용절감 효과가 발생

3) 정책적 성과

□ 설계기준, 정책 반영 성과 등 활용도가 높은 정책성과 창출

- (설계기준·지침·시방서) 최근 3년(’15~’17년)간 동 사업 관련하여 총 11건의 설계기준·지침 및 시방서를 제안하였으며 동 기간 동안 7건이 실제 반영됨

• ’16년부터 설계기준·지침 및 시방서 제안이 활발해지기 시작하여 과제 당 평균 0.41건을 제안

• 제안된 설계기준·지침·시방서 중 ’16년~’17년에 채택된 건수는 7건이며, 과제 당 반영 성과는 0.26건/개

- (정책) 최근 3년간 총 42건의 주거 관련 정책을 제안하였으며 이 중 4건이 채택되는 등 정책의 활용효과가 높음

• 과제 1건 당 평균 1.58개의 정책을 제안하고 있으며, 연도별 제안건수는 6건에서 20건으로 연평균 83%로 증가

• 제안된 정책 중 ’16년~’17년에 반영된 건수는 4건이며, 과제 당 반영 성과는 0.22건/개

- (법 제정·개선) 최근 3년간 총 2건의 법을 제정·개선하였으며 과제 당 평균 0.22건의 성과가 발생

- (인력양성) 동 사업의 수행으로 최근 3년간 총 64명의 석·박사 인력을 양성

2. 대표적 성과분석

가. 도시건축연구사업

1) 골조 상세설계 및 시공관리를 위한 3차원 BIM 설계도구 빌더허브 개발

성과창출자	김치경(단국대학교)
과제명	세계시장 선도를 위한 초고층빌딩 설계 및 시공 기술 개발
성과창출연도	2016 ~ 2017

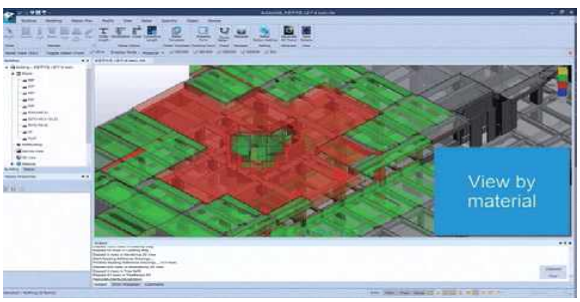
성과의 주요내용

○ 2D CAD 도면을 인식하여 3D 골조모델 생성, 배근상세설계, 배근시공도 추출 등 다양한 기능을 포함하는 3차원 BIM 설계도구 빌더허브 개발

○ 대림산업, GS건설, 대우건설 등 국내 대형건설사들이 전사적 또는 현장별로 빌더허브를 적용하여 '17년 15억 이상의 매출액이 발생하였으며, 최근 2년간('16~'17년) 중국, 베트남에 라이선스를 수출하여 50만 달러 이상의 매출액 발생

○ 성과의 우수성이 인정되어 「국가연구개발 우수성과 100선('17)」, 「국토교통 R&D 우수성과 25선('17)」, 「건설경제신문 '16년 하반기 베스트 상품」에 선정됨

< 배근상세설계 자동화 기능 >



< 골조공사 공정 시뮬레이션 >



□ (차별적 우수성) 상용 BIM 도구 대비 300% 이상의 모델링 생산성 향상과 부재의 편심, 바닥판 단차 등의 정밀 모델링이 가능한 BIM 설계도구 개발

- 국내 건설현장의 특성에 따라 다양한 해외 BIM 설계도구를 병행하여 사용하고 있는 문제를 해결하여 골조에 특화된 국내 최초 BIM 설계도구 개발

□ (성과의 혜택) 기존 해외 상용 BIM 대비 생산성, 설계시간, 오차율, 비용절감 면에서 기술적 우수성을 확보

- 배근상세설계를 자동화하는 등 건물골조 특화 BIM 도구로 해외 경쟁제품 대비 업무 생산성 300% 향상
- 장시간에 걸쳐 수작업으로 작성하던 배근시공도 작성업무를 배근시공도 자동 추출 기능으로 실시간 처리
- 철근(기존 오차율 평균 5%대), 콘크리트, 거푸집 등의 골조물량을 오차율 1%대 이하로 정확히 산출

- 공정계획 프로그램과 연동하여 합리적인 공정계획과 관리에 기여하고 골조상세설계 대안 검토로 골조공사비 5% 절감이 가능

□ (성과의 혁신성) 세계 선도 수준의 골제상세설계 자동화 기능으로 골조 3D BIM 모델링 생산성을 혁신할 수 있으며 정밀물량산출, 공정 시뮬레이션, 골조공사 관리 등 다양한 후속기능을 지원하여 건설현장의 경제성 향상에 기여

□ (파급효과) BIM 설계도구의 국산화로 수입대체효과와 건설기술환경 전환에 기여

- 해외기술에 100% 의존하던 BIM 설계도구를 국내 최초로 사업화에 성공하여 국내 뿐만 아니라 해외의 관심도 급격히 확대
- 신기술에 대한 보수성이 강한 건설산업에 4차 산업혁명의 핵심기술인 BIM을 도입하여 건설기술 환경의 골격을 바꾸는 기폭제 역할

2) 한국형 스마트시티(U-City) 고도화

성과창출자	위성복(한국토지주택공사)
과제명	지능형 도시정보관리시스템 개발 연구
성과창출연도	2015 ~ 2017

성과의 주요내용

○ 유비쿼터스 기술을 공간에 접목한 미래도시로 시민들이 필요로 하는 정보를 빠르게 제공하고 도시를 똑똑하게 관리하는 스마트 시티 기능과 사람의 생활을 더 편리하게 만드는 도시 공간계획 개념이 결합된 한국형 스마트도시 개발

○ '16년 5월 'K-Smart City 수출추진단'을 발족하여 도시개발 노하우와 스마트그리드, ITs, 해수담수화 등 다양한 기술을 적용한 K-Smart City 모델을 구축하고 베트남, 중국 등과 MOU를 체결하여 국제협력을 추진

○ 성과의 우수성이 인정되어 「국토교통 R&D 우수성과 20선('16)」에 선정되었으며 본 연구과제의 5대 연계서비스 중 119 긴급구조 지원 서비스는 '17년 5월 IDC 아태지역 공공안전 부문 우수 프로젝트로 선정('17.5)

< 베트남 후에시와 MOU 체결 >



< 연합뉴스 보도('16.07.20)>



□ (차별적 우수성) 정보의 공유 및 유통, 수집과 가공, 분석·활용 등의 플랫폼 기술과 지역별 표준화된 서비스 제공 등 융복합적인 솔루션 마련

- 외국의 스마트시티가 에너지, 교통 등 도시 문제해결을 위한 솔루션 개발에만 치중한다면 지능형 도시는 융복합적인 솔루션을 개발

□ (성과의 혜택) 테스트베드 구축, 법 개정을 통해 한국형 스마트시티를 개발하여 해외진출 지원

- 체험형 테스트베드 구축으로 이용자가 체감할 수 있는 스마트도시 서비스를 발굴·제공하여 한국형 스마트도시 모델 개발
- 스마트도시의 조성 및 산업 활성화 등에 관한 법률과 관련 시행령·지침을 개정하여 스마트도시의 확산과 산업 활성화에 기여
- 베트남 후에시 U-City 실행계획을 통해 해외 실증기반을 마련하고 해외진출을 통해 고부가가치 창출 가능

□ (성과의 혁신성) ICT 정보통신기술을 접목한 U-City 기술개발을 통해 스마트도시의 교통, 환경, 안전, 재해 등 다양한 분야에서 혁신적인 발전에 기여할 수 있으며 법, 시행령, 지침 등을 개정하는 정책연구를 병행하여 스마트도시 조성과 관련한 산업 활성화에 기여

□ (파급효과) 스마트도시 조성과 관련한 산업을 활성화하고 해외수출을 통한 부가가치 창출

- 테스트베드를 통해 검증된 스마트도시 기술과 스마트도시법으로의 개정을 통해 전국적인 스마트도시 확산 및 관련 산업 활성화에 기여
- 정부와 민간이 협력하는 협의체로서의 K-Smart City추진단은 스마트도시의 해외수출을 활성화하고 높은 부가가치를 창출하는데 기여 가능

나. 주거환경연구사업

1) 제로에너지주택 실증단지 구축

성과창출자	이명주(명지대학교 산학협력단)
과제명	제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축
성과창출연도	2015 ~ 2017

성과의 주요내용

○ 복합단열재를 외단열 방식으로 적용하여, 지붕, 외벽, 바닥 등의 열관류율을 독일 패시브하우스 수준 이상으로 향상시키고, 열교 최소화 기술, 고성능 창호, 기밀성능 강화, 열회수형 환기장치 등의 기술 구현 및 자재활용을 통한 패시브설계요소기술을 적용하여 기존 주택('09년) 대비 에너지요구량의 70%를 절감

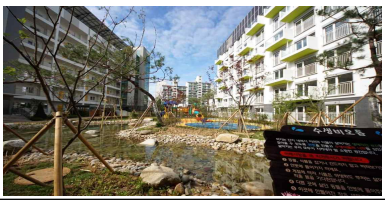
○ 태양광 발전시스템과 지열히트펌프 등 신재생에너지를 이용하여 기존 주택 대비 5대 에너지(난방, 냉방, 온수, 조명, 환기)비용을 100% 줄이고, 잉여 전력량을 한전에 역송전 하는 상계거래 계약방식을 적용하여 입주민에게 에너지비용 절감혜택 제공

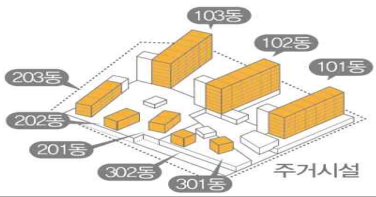
○ 5대 에너지 사용량 분리계측과 지열히트펌프.태양광 전지판을 통한 에너지 생산량을 15분 간격으로 볼 수 있는 실시간 모니터링 시스템 구축

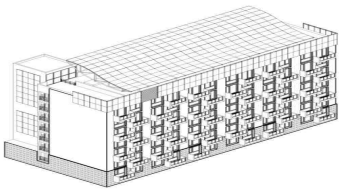
○ 실내 쾌적도를 분석하기 위해 이산화탄소 농도, 온도, 습도 등을 모니터링하고 에너지사용량과 연계한 분석결과를 주민들에게 제공하는 시스템 구축

○ 신재생에너지를 활용하여 이산화탄소가 발생하지 않는 친환경 주택단지 구축 및 보행자 중심의 쾌적하고 안전한 단지를 구현

< 실증단지 현장 > **< 실증단지 배치도 >** **< 제로에너지주택 디자인설계 >**







□ (차별적 우수성) 신재생에너지 및 지열시스템을 구축하여 난방에너지를 공급함으로써, 에너지비용 절감이 가능(기존 대비 70% 절감)

- 태양광 발전시스템과 지열히트펌프 등 신재생에너지를 이용하여 기존 주택 대비 5대 에너지비용을 100% 줄이고, 잉여 전력량을 한전에 역송전 하는 상계거래 계약방식을 적용

□ (성과의 혜택) 5대 에너지 비용절감을 통해 일반 공동주택(도시가스) 기준으로 에너지 비용을 70% 절감 혜택

- 각 세대별 에너지 사용량 모니터링 결과 및 사용요금을 실시간으로 확인하여 에너지 사용 패턴 및 비용절감 방안 등의 분석 가능

▫ (성과의 혁신성) 세대에서 요구되는 에너지를 태양광 및 지열을 통해 생산함으로써 화석연료 사용으로 인한 이산화탄소 배출량 절감에 기여

- 제로에너지주택의 개념, 장점, 편익 등을 쉽게 이해 할 수 있는 홍보관을 구축하여 기술적 괴리감을 줄이고 제로에너지 주택의 우수성을 국민들이 직접 체험·체감하도록 홍보

▫ (파급효과) 에너지절감 자재 및 기술 국산화 검증, 신재생에너지 기술 국산화 검증 등 국제적으로 수출 가능한 아이템 도출 가능

- 제로에너지 주택 최적화 모델 개발로 건축물 에너지 절약 기술 민간 확대 및 친환경 주택 보급 활성화 가능
- 제로에너지주택 설계·시공 가이드라인 제시로 제로에너지 주택 의무화 실현에 기여

2) 스마트홈 구현이 가능한 헬스케어 리빙랩 구축

성과창출자	배시화(한국건설기술연구원)
과제명	AAL[37]기반의 스마트 공동주택 헬스케어 기술 및 실증모델 개발
성과창출연도	2015 ~ 2017
성과의 주요내용	

ㅇ AAL기반 스마트 헬스케어 테스트베드 구축을 통해 실증단지 모니터링 및 연구를 위한 500세대 이상 규모의 실증단지 선정 및 모니터링 수행

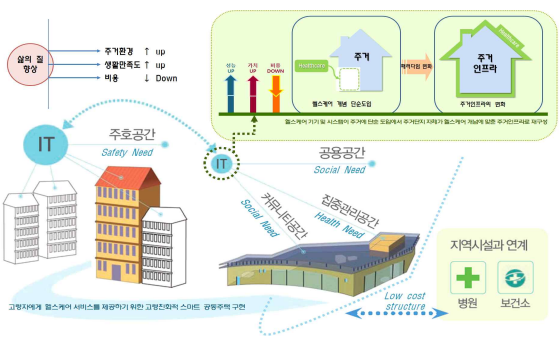
ㅇ AAL기반 주호·단지·지역대상 건강서비스 제공을 위해 주호용, 단지용, 지역용 AAL기반 건강서비스 개발 및 구현, 주호 내 사용자분석을 통한 건강서비스, 단지 내 고용부 서비스 및 연계기술, 건강정보공유서비스와 데이터 상호연계기술 개발

ㅇ AAL기반 스마트 헬스케어 공동주택의 시행·확산을 위한 법제도 개선, 스마트 헬스케어 공동주택 공간설계 가이드라인 제작, 리빙랩 운영 및 2천 명 (연 700명)방문자 유치

< 가천대 헬스케어 리빙랩 조감도 >



< 헬스케어 스마트 홈 >



□ (차별적 우수성) 헬스케어 디바이스·서비스의 주거공간 통합을 위한 AAL 공동주택 계획요소 및 법제도 연구, 양방향 실시간 입출력플랫폼 AAL 디바이스 (AAL 모듈) 빅데이터 분석 서비스 플랫폼 개발, 공동주택 특화 (주호/단지/지역연계) 헬스케어 통합서비스 가이드라인 제시

- 헬스케어 리빙랩은 모든 공간을 연결하는 IoT 기술을 적용한 파일럿 테스트베드 역할과 동시에 전시, 홍보, 체험 기능 구축

□ (성과의 혜택) 주호공간 내 재실자의 행동을 분석하여 이상행동을 사전에 감지, 응급상황 및 건강관리 서비스 제공

□ (성과의 혁신성) 주거공간에 통합된 실시간 양방향 플랫폼•디바이스를 통해 AAL 헬스케어 서비스 구현

- 질병의 발병 후 사후 치료가 아닌 재실자의 일상생활을 통한 건강 상태를 분석하여 질병의 조기 발견, 치료가 가능

□ (파급효과) 타 부처(복지부, 산자부 등)에서 개발된 기기 및 시스템 등을 활용한 AAL기반 스마트 공동주택 실증으로 관련 기술의 패키지화

- 거주자의 생애주기에 따른 맞춤형 생활환경 관리(건강, 안전 등) 시스템 구축을 통하여 의료비 절감, 사회적 문제(고독사 등) 해결 등 사회적 비용절감 효과와 삶의 질 향상에 기여

37) Ambient Assisted Living : 거주자의 거동 및 생활방식 등에 따른 행동변화나 건강이상 등을 실시간으로 포착하여, 예방적 조치가 가능한 환경 속에서의 삶

3. 성과분석 결과

가. 도시건축연구사업

□ (투입 대비 산출)사업의 주요성과들은 최근 3년간 투입 연구비 10억원 투입 대비 성과가 증가하는 추세

- 기술실시계약: 10억원 투입 당 기술실시계약 체결 건수는 0.27건('15년)에서 0.70건('17년)으로 연평균 61.02% 증가했으며, 동 기간동안 기술료 징수 금액은 10억원 투입 당 0.05억원에서 0.10억원으로 증가
- 기술사업화: '15년 기준 10억원 투입 당 0.50건 사업화 성공으로 0.38억원의 매출액이 발생하였으며, 매년 증가하여 '17년에는 0.86건 사업화, 매출액 3.25억원 발생
- 해외수출에 따른 경제적 효과: 10억원 투입 당 0.03건의 해외수출을 통해 1.18만달러의 매출액을 창출하였으며('15년), '17년에는 10억원 투입 시 0.10건의 해외수출, 매출액 2.39만달러 발생
- 정책활용도: '15년 10억원 투입대비 0.20건/0.03건(정책/설계기준)에서 '17년 0.10건/0.23건(정책/설계기준)이 반영되었으며, 설계기준/시방서/지침 반영이 큰 폭으로 증가하여 정책활용도는 연평균 8.5% 증가

표 86 도시건축연구사업의 투입대비 성과

구분		2015	2016	2017	평균	증가율(%)
기술실시계약	건/10억원	0.27	0.74	0.70	0.57	61.02
	억원/10억원	0.05	0.02	0.10	0.06	41.42
사업화매출액	건/10억원	0.50	0.81	0.86	0.72	31.15
	억원/10억원	0.38	1.49	3.25	1.71	192.45
현장 비용절감액	건/10억원	0.30	0.81	0.50	0.53	29.10
	억원/10억원	1.53	2.60	2.18	2.10	19.32
해외수출에 따른 경제적 효과	건/10억원	0.03	0.07	0.10	0.07	82.57
	만달러/10억원	1.18	1.00	2.39	1.52	42.32
정책활용도	정책채택건/10억원	0.20	0.34	0.10	0.21	△29.29
	설계기준/시방서/지침 반영 건/10억원	0.03	0.10	0.23	0.12	176.89

□ (산출의 효율성)국토교통연구개발사업 및 국가연구개발사업과 비교하여 연구비 10억원 대비 기술실시계약 및 사업화 등 경제적 성과와 정책 및 기준

채택·반영 등 사회적 성과 창출의 효율성이 탁월

- ’17년 기준 국토교통연구개발사업과 비교하여 현장비용절감액 27.25배(억원), 현장비용절감 5.56배(건수), 기술실시계약 3.33배(건수) 성과 창출의 효율성이 높은 것으로 나타남

표 87 국토교통연구개발사업 대비 도시건축연구사업의 효율성

구분		도시건축연구			국토교통연구개발			사업의 효율성(A/B)		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
기술실시계약	건/10억원	0.27	0.74	0.70	0.23	0.31	0.21	1.17	2.39	3.33
	억원/10억원	0.05	0.02	0.10	0.07	0.02	0.17	0.71	1.00	0.59
정책활용도	정책채택건/10억원	0.20	0.34	0.10	0.03	0.07	0.06	6.67	4.86	1.67
	설계기준/시방서/지침 반영 건/10억원	0.03	0.10	0.23	0.01	0.02	0.07	3.00	5.00	3.29
사업화매출액	건/10억원	0.50	0.81	0.86	0.40	0.49	0.56	1.25	1.65	1.54
	억원/10억원	0.38	1.49	3.25	5.10	6.55	5.78	0.07	0.23	0.56
현장비용절감액	건/10억원	0.30	0.81	0.50	0.14	0.13	0.09	2.14	6.23	5.56
	억원/10억원	1.54	2.60	2.18	0.59	0.60	0.08	2.61	4.33	27.25

- ’15년 기준 국가연구개발사업과 비교하여 기술실시계약은 6.75배(건수), 사업화 매출액 3.13배로 성과창출의 효율성이 높음

표 88 국가연구개발사업 대비 도시건축연구사업의 효율성

구분		도시건축연구(A)			국가연구개발(B)			사업의 효율성(A/B)		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
기술실시계약	건/억원	0.27	0.74	0.70	0.04	-	-	6.75	-	-
	억원/억원	0.05	0.02	0.10	0.17	-	-	0.29	-	-
사업화매출액(건/억원)		0.50	0.81	0.86	0.16	-	-	3.13	-	-

* 자료: NTIS

나. 주거환경연구사업

□ (투입 대비 산출) ‘기술사업화 효과(건수)’와 ‘시제품 제작’을 제외한 사업의 주요성과들은 최근 3년간 투입 연구비 10억원 투입 대비 성과가 증가하는 추세

- 특허등록 건수: ’15년 10억원 투입대비 0.47건에서 ’17년 1.67건으로 연평균 87.8%로 증가
- 정책활용: 연구비 10억원 투입 시 실제 정책과 설계기준·시방서·지침으로

채택·반영된 성과는 연평균 10% 이상으로 증가하는 등 투입 대비 성과 산출의 효율성이 높아짐

- 사업화매출액: 10억원 투입 당 0.14건의 사업화에 성공하여 0.05억원의 매출을 창출했으며('15년) 최근 3년간 지속적으로 증가하여 '17년에는 10억원 투입 시 0.33건의 사업화, 매출액 0.50억원 발생
- 시제품 제작: 최근 3년간 연구비 10억원 투입 대비 시제품 제작 성과는 연평균 220.7% 증가하여 성과 창출의 효율성이 높아짐

표 89 주거환경연구사업의 투입대비 성과

구분		2015	2016	2017	평균	증가율(%)
특허등록 건수	건/10억원	0.47	1.74	1.67	1.29	87.8
정책활용	정책채택건/10억원	0.00	0.14	0.11	0.09	△23.2
	설계기준/시방서/지침 반영 건/10억원	0.07	0.22	0.17	0.15	57.1
기술사업화 효과	사업화매출건수 건/10억원	0.14	0.58	0.33	0.35	57.1
	사업화매출액 억원/10억원	0.05	0.30	0.50	0.29	210.7
시제품 제작	건/10억원	0.14	1.88	1.39	1.34	220.7

□ (산출의 효율성) 국가연구개발사업과 비교하여 성과의 기술적·경제적 성과가 우수하며 국토교통연구개발사업과 비교하면 기술적·사회적 성과의 연구비 10억원 대비 성과 효율성이 뛰어남

- '17년 기준 국토교통연구개발사업과 비교하여 정책채택 1.83배(건수)와 설계기준/시방서/지침 반영 2.43배(건수) 성과 창출의 효율성이 높은 것으로 나타남

표 90 국토교통연구개발사업 대비 주거환경연구사업의 효율성

구분		주거환경연구(A)			국토교통연구개발(B)			사업의 효율성(A/B)		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
특허 등급지수	건/10억원	0.47	1.74	1.67	0.94	1.12	1.02	0.50	1.55	1.64
	등급지수/10억원	0.39	0.34	0.22	-	-	-	-	-	-
주택관련 개발기술의 설계 및 현장 적용 건수	건/10억원	0.27	4.71	1.61	0.87	2.22	1.24	0.31	2.12	1.30
정책활용	정책채택건/10억원	0.00	0.14	0.11	0.03	0.07	0.06	0.00	2.00	1.83
	설계기준/시방서/지침 반영 건/10억원	0.07	0.22	0.17	0.01	0.02	0.07	7.00	11.00	2.43
사업화매출액	건/10억원	0.14	0.58	0.33	0.40	0.49	0.56	0.35	1.18	0.59
	억원/10억원	0.05	0.30	0.50	5.10	6.55	5.78	0.01	0.05	0.09
시제품 제작	건/10억원	0.14	1.88	1.39	1.52	1.49	1.01	0.09	1.26	1.38

제3절. 종합분석

1. 기존 사업의 우수점

가. 도시건축연구사업

□ 첨단융합기술 분야에서 글로벌 상위 5% 이내 수준의 SCI(E)급 저명학술지 논문 게재로 도시건축 분야 과학적 발전에 기여

- (학술지 논문 현황) 본 사업을 통해 최근 3년간('15~'17년) 발표된 논문은 436편으로 연평균 145편 이상을 게재하고 있으며 이 중 SCI(E)급 논문은 전체논문의 약 21.8% 수준을 유지하는 중
- (질적 우수성) 최근 3년간 학문분야별 영향력지수 상위 5% 이내 학술지에 게재된 SCI(E) 논문은 총 2건으로 논문성과의 질적 수준이 탁월함을 입증

□ 최근 3년간('15~'17년) BBB등급 이상인 특허가 23.37% 등록됨에 따라 국토교통 분야 타 사업에 비해 특허의 질적 우수성이 뛰어남

※ 국토교통 R&D 사업의 BBB등급 이상 특허 등록률: 16.30%

- (특허 현황) 최근 3년간 본 사업의 연구성과로 출원된 특허는 175건이며, 등록된 특허는 110건으로 평균 36.67건의 특허를 등록하여 도시건축분야의 지적재산권 확보를 통해 우수기술의 사업화 기반을 마련
- (질적우수성) 최근 3년간 등록된 특허 110건 중 BBB등급 이상의 특허는 23.37%(국토교통 R&D 평균, 16.30%)이며, 이중 A등급 이상은 7.48%(국토교통 R&D 평균, 5.86%)로 타 사업대비 기술적 우수성이 높음

□ 최근 3년간 153.99억원의 국내 매출액과 136.90만달러(14.87억, 원/달러 환율 1,086.10원 기준)의 해외 매출액을 기록하여 연구성과의 사업화 촉진 및 해외시장 진출에 기여

- (사업화 매출액 현황) 동 사업의 지원으로 최근 3년간('15~'17년) 총 71건의 사업화 매출 건수 및 168.72억원의 매출액 발생

□ 최근 3년간 약 189억원의 현장비용 절감으로 우수한 경제적 효과를 기록하였으며, 51건의 기술실시계약을 체결하여 도시건축 분야 시장 활성화에 기여

- (현장비용 절감 현황) 최근 3년('15~'17년) 간 총 189.05억원의 현장비용을

절감하여 개발기술의 현장적용을 통한 경제적 효과를 창출

- (성과의 효율성) 동 사업의 연구비 10억원 투입대비 현장비용 절감 성과는 국토교통 R&D 사업 평균과 비교하여 우수

□ 최근 3년간 정책, 설계기준, 시방서, 지침에 채택·반영하여 기술의 범용화 기반을 마련하고 정책변화에 기여함으로써 국민이 직접적으로 체감할 수 있는 삶의 질 향상에 기여

- (정책제안·채택 현황) 최근 3년간('15~'17년) 연평균 15.67건의 정책을 제안하였으며 총 19건의 정책이 채택되어 국민이 체감할 수 있는 정책 기반 마련
- (성과의 효율성) 동 사업의 연구비 10억원 투입대비 정책채택 성과는 국토교통 R&D 사업 평균과 비교하여 우수
- (설계기준/시방서/지침 제안·반영 현황) 최근 3년간('15~'17년) 총 11건의 설계기준/시방서/지침을 반영하여 기술범용화의 기반을 마련

-

나. 주거환경연구사업

□ 글로벌 상위 9% 이내 수준의 SCI(E)급 저명학술지 논문 게재 등 국토교통 분야 과학적 발전 및 주거환경 분야 연구역량 향상을 통한 경쟁력 강화에 기여

- (학술지 논문 현황) 본 사업을 통해 '15~'17년 동안 연평균 59건의 과학적 성과를 얻음
- (질적우수성) 동 사업을 통해 게재된 SCI(E) 논문은 총 19건으로 '15~'17년 동안 5개 이상의 SCI 논문 게재 실적을 유지하며 주거환경분야의 질적 수준향상 및 유지, 과학기술적 연구기반을 마련함

□ 개발기술에 대해 특허를 61건 등록(미국특허 1건 포함)하여 주거환경분야의 지적재산권을 확보하고 우수기술의 사업화 기반 마련

- (특허 현황) 최근 3년간 본 사업의 연구성과로 출원된 특허 중 등록된 특허는 61건으로 등록률은 평균 66.3%임
- (질적우수성) 최근 3년간 국내에 등록된 특허는 총 60건(미국 특허 1건 제외)이며, B등급 이상의 우수한 특허는 46건으로 전체의 76.7%를 차지하여 기술적 우수성이 높음

□ 최근 3년간('15~'17년) 약 14.01억원의 매출액을 창출하여 연구성과 사업화 촉진에 기여

□ 최근 3년간 정책제안·채택 건수 46건, 설계기준/시방서/지침 제안·반영 건수 18건과 법 제정 및 개선 2건으로 정책변화 및 기술범용화 기반 마련

- (정책제안·채택 현황) 동 사업의 지원으로 최근 3년간('15~'17년) 총 4건의 정책이 채택되었으며 3개년 간 정책제안 건수가 지속적으로 증가함
- (사업화 매출액 현황) 동 사업의 지원으로 최근 3년간('15~'17년) 총 16건, 14.01억원의 사업화 매출액 발생
- (성과의 효율성) 동 사업은 연구비 10억원 투입대비 정책채택 성과가 국토교통 R&D 사업평균과 비교하여 우수
- (설계기준/시방서/지침 제안·반영 현황) 동 사업의 지원으로 최근 3년간('15~'17년) 총 7건의 설계기준/시방서/지침이 반영되어 기술범용화의 기반을 마련
- (성과의 효율성) 동 사업은 연구비 10억원 투입대비 설계기준/시방서/지침 반영성과가 국토교통 R&D 사업평균과 비교하여 우수

□ 실증단지 구축 및 조성을 통해 에너지 절감, 장수명주택, 조립식주택, 헬스케어 연계, 주거복지 등 실현

- (파급효과) 에너지 절감율 100%, 친환경 주택, 사회복지 실현 등 공사비 절감과 공기 단축 등 공사원가 및 사회적 비용 절감

2. 기존 사업의 시사점

□ 도시, 건축분야의 정부연구개발 투자는 타 분야 대비 우수한 과학기술적, 경제적, 정책적 성과를 창출

- 투입 대비 높은 수준의 논문, 특허 성과를 창출하고, 논문, 특허의 질적인 수준도 우수
- 기술개발 결과물이 민간기업 수요에 부합하고 비교적 소규모 단위에서 실검증이 용이한 특성을 보유하고 있어 기술개발 성과의 기업이전이 활발하고 이로인해 사업화 매출, 비용절감 등 높은 수준의 경제성 성과를 창출
- 개발된 기술의 설계 및 시방서, 기준 반영, 정책 반영 및 활용성과가 우수하여 국내 도시, 건축 사업의 효율성, 안전성 등 경쟁력 향상을 견인

□ 지속적 기술개발 투자를 통한 신규기술개발, 기존 기술의 고도화 필요

- 기술개발 투자를 통한 과학기술적, 경제적, 정책적 성과 창출 수준을 통해 지속적 기술개발 투자의 당위성 확인
- IoT기술에 기반한 지능정보사회 도래와 더불어 단위 건축물, 시스템 단위의 관리를 넘어선 통합적 건축물, 도시정보관리 등이 가능해지고, 이로인해 다양한 비즈니스 모델이 창출될 수 있음
- 지속적 산학연 협력을 바탕으로 정부연구개발사업을 추진하고 건축·도시분야의 신성장동력화 고려

□ 글로벌 선도형 기술개발 등 도전적 기술개발 강화 검토

- 건축·도시분야 기술개발투자를 통해 양·질적으로 우수한 과학기술적 성과를 창출
- 도시건축연구사업의 경우, 사업목적에 해외시장 진출이 포함되어 있으나, 특허의 유망해외시장 출원·등록 실적은 부족
  - 기술의 국내 적용 우선 추진, 해외 선도기술의 모방 개발 등으로 해외 특허 출원 실적이 저조한 것으로 판단
- 사업 목적 달성을 위해 글로벌 선도형 기술개발 과제에 가중치를 부여하여 투자를 확대하는 것을 검토

제4장. 사업설계를 위한 조사분석

제1절. 사업설계를 위한 전문가 활용

1. 기술수요 조사

가. 전문가 기술수요조사 개요

□ 에너지 환경변화로 인한 건축·도시 기술개발수요에 대한 폭넓은 의견수렴을 목적으로 지자체 사업담당자 및 건축·도시기술전문가를 대상으로 한 기술수요조사를 실시

- (목적) 에너지 환경 변화에 따른 건축·도시 기술개발 수요에 대한 의견 조사
- (일시) '19년 6월 20일 ~ '19년 7월 30일
- (대상) 지자체 건축·도시사업 담당 공무원, 건축·도시 계획 및 설계, 설비, 시공 등 기술전문가
- (방법) 지자체 공무원 대상 방문 인터뷰, 관련 학회 대상 이메일 설문조사, 기업체 전문가 대상 R&D사업 설명회(7. 17) 및 현장 기술수요조사 실시

• 이메일 설문조사 대상 학회 : 한국생태환경건축학회, 한국도시설계학회, 대한건축학회, 한국패시브건축협회, LH한국토지주택공사, SH서울주택도시공사

□ 기술수요조사 제안건수는 총 34건으로 서울시, 수원시 담당공무원 인터뷰를 통한 수요조사 2건, 기술전문가 대상 기술수요 32건으로 구성

- 기술전문가 대상 수요조사 제안 건수는 32건으로 산업계 전문가가 20건, 학계 전문가가 9건, 연구계 전문가가 3건을 제안

표 91. 소속기관 유형별 제안건수

구분	건수(건)	비율(%)
산	20	63%
학	9	28%
연	3	9%
합계	32	100%

- 제안된 기술수요를 연구개발 단계별로로 구분할 경우, 기초원천 7건, 응용기술 6건, 개발 17건, 실증이 12건임

• 제안된 기술수요 중, 다수가 응용·개발, 개발·실증 등 하나의 연구개발단계를 넘어서는 범위로 제안되어 연구개발단계별 구분된 기술수요의 합은 전체 제안된 기술수요의 합보다 많음

표 92. 연구개발단계별 제안건수

구분	건수(건)	비율(%)_
기초	7	17%
응용	6	14%
개발	17	40%
실증	12	29%
합계	42	100%

- 제안된 기술수요를 기술분류로 분류할 경우, '녹색건축 활성화'에 해당되는 기술이 21건으로 가장 많았고, "녹색건축 설계시공 리모델링 기술고도화", "시민사회기반 녹색건축 리빙랩 실증"이 각각 11건, 10건임

표 93. 기술분류체계별 제안건수

대분류	건수(건)	비율(%)	중분류	건수(건)	비율(%)
녹색건축 활성화 기술기반 조성	21	50%	패시브	4	12%
			액티브	8	24%
			신재생	13	39%
			건강건축	8	24%
			소계	33	100%
녹색건축 설계·시공· 리모델링 기술 고도화	11	26%	건물에너지 평가	4	27%
			제로에너지 친환경 설계●시공	8	53%
			그린 리모델링	3	20%
			소계	15	100%
시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증	10	24%	스마트 녹색건축 리빙랩	7	58%
			스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩	3	25%
			건물부문 온실가스 관리시스템 및 제도	2	17%
			소계	12	100%
합계	42	100%	합계	60	-

- 기술개발 과제 상세기획 등 기획 구체화에 충분한 시간을 투입하여 성공적으로 과업을 완료하기 위해 KAIA 담당자와 기획연구기간 연장에 대한 협의 진행

□ 기획 연구를 통해 도출되는 기술개발 계획 구체화를 위해 중간보고 이후, 전문가위원회를 기반으로 우선순위 평가, 세부과제 상세기획 등을 추진할 계획

- (후보기술에 대한 우선순위 평가 실시) 내외부 전문가 대상 설문을 통해 후보기술에 대한 우선순위 평가를 실시하고 KAIA 담당자 검토를 통해 세부과제를 확정

나. 전문가 제안 기술개발수요

기술 명	커뮤니티 에너지 예측●모니터링 및 공유 지원		
기술개발 단계	기초	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 패시브/액티브/신재생
기술개발 필요성	• 설치된 에너지 세이빙 기술●장치들의 데이터 구축 및 유지 관리 모니터링 필요		
목표	N/A		
기술개발내용	• 강화된 규제에 의해 신재생 에너지●패시브●엑티브 시스템이 도입●설치되고 있기 때문에 이들을 장시간 모니터링하고 실효성 및 효율성을 측정하기 위한 데이터 수집		
예산	N/A	소요기간	즉시
기대효과	• 수집된 데이터를 통해 에너지 절감 방안이 수치적으로 구현되면 이를 근거로 더 많은 사용자들의 판단에 도움이 되고, 자발적 참여 빈도가 높아질 것이라 예상됨		

기술 명	건축물 및 지하공간 태양광 추적식 하이브리드 가로등 및 유지관리 시스템 개발		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 신재생/건강건축 (대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 스마트 녹색 건축 리빙랩
기술개발 필요성	• 스마트 시티 구현을 위해 적용되는 다양한 시설물에 대해 친환경 및 에너지 절감을 위한 기술개발이 요구됨 • 가로등의 경우 에너지 절약뿐만 아니라 다기능(안전, 제어 등)이 요구되는 시설물로 국내에서는 가로등 분야에 효율적인 시스템 개발이 요구됨		
목표	• GPS 기반 태양광 추적 알고리즘 S/W 구현 • 자연환기 설계 기술 • 기존 광덕트 대비 채광량 200%이상 향상 및 3 case 이상 디밍 구현 • 개발 디바이스와 통신망 연동 구현 • 운영자 GUI 플랫폼 구현 • 추적식 자연채광 가로등 및 유지관리 시스템 설계, 시공, 유지관리 지침 제시		
기술개발내용	• 지하공간 추적형 자연채광,환기 및 지상공간 인지감응형 조명 구현이 가능한 하이브리드 가로등 제품 개발 • GPS기반 태양광 추적 알고리즘 S/W 및 보드제작 요소기술, 하이브리드형 채광형 가로등 시스템 운영설계 기술 • 지하공간 자연환기 설계 요소 기술, 인지 감응형 조명 적용을 위한 제어반 설계 기술 • IOT(로라)기반 유지관리 및 자가망 구축을 위한 시스템(S/N, G/W, GUI 플랫폼) 개발 • 양방향 통신, 상태점검 등을 고려한 S/N 제작기술, 지역단위 자가망을 통한 무선유지관리 최소화 구현기술 • 가로등 제어의 효율적인 유지관리 데이터 구축 및 운영이 가능한 클라우드 기반 GUI 플랫폼 구현기술 • 태양광 추적식 하이브리드 가로등 제작,설계,시공 기술 및 경제성 평가 기술		
예산	8억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 지하공간 태양광 채광, LED 가로등, 자연환기를 통한 하이브리드형 가로등 원천 기술 개발 가능 • 국내 스마트 가로등 보급확대에 따른 관련 기술 개발로 본 제안 기술의 확장성 및 상용화 확보 가능 • 추적형 친환경 태양광 조사를 통한 에너지 절감 구현 • IOT기반 통신을 통한 유지관리 비용 최소화 구현 및 자가망 구축이 가능한 H/W, S/W 분야 원천기술 개발 가능 • 이용자 중심의 가로등 조명 설계 기술력 확보 • 새로운 스마트 가로등 기술력 확보로 국내외 설계 반영을 통한 국가 기술력 향상 기대		

기술 명	건축물 외피•마감자재 일체형 BIPC 개발 실증 과제		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 신재생
기술개발 필요성	• 국내에 실제 Building Intergrated PV의 설치 필요		
목표	• 해당 마감자재의 성능기준 이상 • 발전량(효율) 5% 이상 • 일 2시간 발전 시간 • 미려한 디자인 • 주거자 및 재실자의 거부감이 없어야 함		
기술개발내용	• 미려한 디자인의 BIPV 개발-건축물 마감재료의 기능을 발휘할 수 있는 BIPV 성능 확보 • 도시재생 사업과 연계하여 실증 사이트 확보 및 적용 • 다양한 색상의 단열재 용도 창호, 루버 등		
예산	25억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	N/A		

기술 명	에너지 자립타운, 시티를 위한 CEMS 기술 개발		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 액티브/신재생
기술개발 필요성	• 개인간 전력,에너지 거래를 위한 플랫폼 필요 • 단지별, 마을, 타운별 VPP 소규모 사업을 통한 안정적인 전력 공급효과 상승 • 각 건물들간의 에너지수요•공급의관리및운영필요		
목표	• 도시개념의 에너지 컨트롤 타워 역할 수행 • 가상의 전력거래(VPP) 실현 및 운영 • 수요관리(DR)와 연계 운영		
기술개발내용	• 소규모 가상의 전력 거래, 개인 프로슈머 기능이 가능한 플랫폼 개발 • 각 건물의 에너지 수요, 공급 운영 관리, 에너지 모니터링 • 다양한 신재생 에너지 공급, 제어를 통한 최적화 • Social Community 활성화를 위한 기능 구현 • 실증 대상 적용 평가		
예산	45억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	N/A		

기술 명	SOFC를 활용한 제로에너지 건축물 구현 기술 개발		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 신재생
기술개발 필요성	• ZEB를 위한 건축물의 건축면적은 제한적 • 건축면적에서 생산해낼 수 있는 신재생 에너지는 제한적 • ZEB 구현(에너지 자립율 60%이상)을 위해서는 SOFC 구현 및 건물의 활용•적용이 필요		
목표	• 에너지 자립율 60% 이상 • SOFC(전기·열) 활용 효율 80% 이상 활용		
기술개발내용	• 소규모 SOFC 기술개발 및 운영기술 확보		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	N/A		

기술 명	건물 내벽 냉난방 복사 패널을 이용한 냉난방 설비 일체형 건축 기술		
기술개발 단계	기초	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 액티브
기술개발 필요성	• 최적의 냉난방 방식인 복사를 이용한 zero energy house의 쾌적 실내 공조 구현		
목표	• 단일 실외기로 100실 이상 냉난방 운영 가능한 건물 일체형 설비 구축 • 기류감 없는 쾌적한 냉난방		
기술개발내용	• 건물 일체형 패널(냉난방), 기존의 전기나 급수시설과 같은 냉난방 포트 및 패널을 건축단계에서 설치하여 소용량 다멀티 시스템 구현(zero energy house는 개별 냉난방 부하가 작기 때문에 100실 이상 다수의 멀티 시스템 구현이 필요)		
예산	300억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 에너지 절약형의 쾌적한 실내 공조 구현(실내기 팬 동력 절감) • 에어컨 별도 설치가 불필요한 컴팩트화 건물		

기술 명	건축물 리모델링 활성화를 위한 법제도 개선		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 대중 건축 리모델링의 활성화		
목표	N/A		
기술개발내용	• 도시재생 및 리모델링 시 열적 기준 적용의 차등화		
예산	N/A	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 대중적 기존 건축 리모델링의 활성화		

기술 명	외피 디자인의 단순화		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 창호 디자인의 적용시 표준화 되어 있는 제품의 적용 설계를 통해 에너지 효율 극대화		
목표	N/A		
기술개발내용	• 난립되어 있는 건축재료회사(창호, 단열재 등)의 제품의 표준화를 통한 현장 적용의 증대		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• 건축 비용 감소 및 에너지 효율 증대		

기술 명	에너지 평가 적용		
기술개발 단계	실증	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 사용된 건축재료의 전주기 평가 • 외피 디자인의 태양광 조절 요소의 반영		
목표	N/A		
기술개발내용	N/A		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	N/A		

기술 명	한국형 제로 에너지 기준 제안		
기술개발 단계	실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 패시브 (대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공
기술개발 필요성	• 패시브 요소기술 중 기밀을 통한 에너지 낭비 감소		
목표	• 자연환기와 습도조절 등이 가능한 친환경 건강 주택 제안		
기술개발내용	• 한국형 제로 에너지 및 슬라이딩 창호 개발 • 친환경 환기 및 필터링 추가(더블 스킨, 공기 조화)		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	N/A		

기술 명	시스템 외단열 외피 적용 마감재 및 공법 기술 제안		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• RC구조를 PC 구조(중단열)화 시키는 시스템으로의 개발 제안 필요		
목표	N/A		
기술개발내용	• 한국형 BIM 프로그램 개발 및 제안 • 유럽형 중단열 구조의 생산 기술의 한국화 기술 개발 (법적 개선안, 설비 기술 제안)		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• 고층 아파트 외단열 외피 기술 적용으로 시장력 강화 및 지속가능한 공법으로 활용 가능		

기술 명	집단 에너지-신재생 에너지 연계 도시 에너지 열 공급 시스템		
기술개발 단계	응용	기술분류	(대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩
기술개발 필요성	• 기존 집단에너지와 연계하여 신재생 에너지의 안정적 보급 필요		
목표	• 신재생 에너지 공급 비율 최소 10% 이상 • 소비자의 신재생 에너지 설비 설치 동기 부여		
기술개발내용	• 안정적인 에너지 공급과 신재생 에너지 보급을 동시에 달성하기 위해 기존 집단에너지 공급 지역 내●외로 소비자가 신재생 에너지 설비를 설치하여 프로슈머 역할을 함		
예산	100억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 신재생 에너지 단독으로는 안정적이지 못할 수 있는 단점을 안정적인 집단 에너지가 보완하여 선진적 국가적인 열공급 시스템 구축에 기여 가능		

기술 명	현장 설계 지원을 위한 보급형 설비 설계 기술 개발		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친혼경 설계·시공
기술개발 필요성	• 다양한 설계 요인 반영에 따른 설계 결과물 도출에 대한 설비 설계 사무소의 대응 능력 부족		
목표	• 개략적 기초 설계 프로그램 개발 및 공유(개방)		
기술개발내용	• 도시개발, 건물 설계 등의 기초자료를 원활하게 공유하며 기초자료를 기반으로한 설계 사무소의 개략적인 설계 결과물을 각종 업무에 활용할 수 있도록 함		
예산	20억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 다양한 설계 인자 변경시 수월하게 접근 가능하여 활용도 높고, 신속한 대응 가능		

기술 명	건물 리모델링시 생활 환경 변화에 따른 설계 기준 및 설계 인자 변경 반영 기술		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 그린 리모델링
기술개발 필요성	• 최근 생활 환경 변화에 따른 단위 열부하 변화, 부하 패턴 변화가 진행중 • 도심 건물 단지들 중에서 리모델링이 필요한 단지 증가 • 주변 단지와의 열공급/수요를 점검하여 리모델링시 설계에 반영 필요		
목표	• 리모델링시 열부하가 고려된 설계 기법 개발		
기술개발내용	• 최근 생활 환경을 반영하는 단위 열부하, 부하 패턴 파악 • 리모델링에 반영할 부분 파악 및 수정안 구축 • 주변 단지와의 열공급/수요를 포함한 점검 • 케스케이딩 열사용 등 구체 방안 도입 검토 및 실증		
예산	30억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 도시 전체적인 열수요 및 열공급 균형에 기여 • 건물 리모델링시 열부하 반영 및 효율적 사용방안 제시 가능		

기술 명	건축 • 기계 • 전기 • 소방 분야의 통합 실시간 설계지원 기술 개발		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 건물 에너지 평가/제로에너지 친혼경 설계·시공
기술개발 필요성	• 설계단계에서 제약된 인력,비용,기간에 따른 설계품질확보 어려움 또는 휴먼에러 발생에 대한 대응방안 필요		
목표	• 에너지 성능, 비용 평가가 가능한 설계단계 실시간 지원 솔루션(SW) 개발		
기술개발내용	• 건축 공종별 에너지 및 비용에 대한 DB 구축과 기준 마련 • 설계 프로그램 • 툴과 연계한 실시간 • 단시간 에너지성능, 비용 평가 프로그램 • 건축물 종류별 설계 실무지원 SW의 효용성 실증		
예산	75억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 건축물의 에너지성능 및 비용 목표에 적합한 설계 품질 확보 및 현장에서 발생될 수 있는 휴먼에러 최소화		

기술 명	도시쇠퇴, 축소화에 따른 도시에너지 전환		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 건물, 에너지 노후에 따른 에너지 손실과 도시공간 구축에 따른 에너지 공존 체계 변화		
목표	N/A		
기술개발내용	• 도시 축소, 쇠퇴에 대한 대응과 에너지 저장기술이 연계된 공간 집약형 도시에너지 진단 및 체계 구축		
예산	150억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 도시재생, 스마트기술과 접목된 도시전환유도		

기술 명	Zero-Energy Community 서비스 기술 및 실증		
기술개발 단계	응용/실증	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 그린 리모델링 (대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 스마트 녹색 건축 리빙랩/ 스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩
기술개발 필요성	• Community 구성원 편익 및 수익증대, 정부 신재생 에너지 확대 관련 변동성 대응		
목표	• 아파트 향 솔류션 개발 및 실증확대 및 사업화		
기술개발내용	• 개별 수용가 전력 수요 실시간 측정 및 예측 • ESS/PV 단지 구축 • EV 충전 시스템 연동		
예산	6~7억원	소요기간	즉시
기대효과	• 아파트 단위 적용시 전기요금 절감 • 신재생 에너지 확대 • 에너지 최적화 기술 제품 종/소업체 발굴		

기술 명	에너지 활용 설계·시공을 위한 DB 플랫폼 구축		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공
기술개발 필요성	• 에너지 문제에 대한 실무자 및 인간사업자들에게 참고할 수 있는 정보제공 수단이 필요		
목표	• 녹색에너지 건물·도시 계획의 이슈 및 관련 정보를 수집하고 공유할 수 잇는 플랫폼 개발 • 건축·도시개발 계획의 이해관계자들 간 상호이해 증진		
기술개발내용	• 친환경 건축도시 개발의 필요성, 불이익, 실제 친환경 계획을 통해 얻을 수 있는 이익을 통합하여 웹기반 플랫폼 구축		
예산	100억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 수집된 데이터를 통해 에너지 절감 방안이 수치적으로 구현되면 이를 근거로 더 많은 사용자들의 판단에 도움이 되고, 자발적 참여 빈도가 높아질 것이라 예상됨		

기술 명	주거용 소형 냉난방 및 환기 복합 시스템 개발		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 액티브/건강건축
기술개발 필요성	• 최근 미세먼지 증가로 건강한 실내 환경을 에너지 절약적으로 제공할 수 있는 새로운 주거용 공기조화 및 공기정화 시스템 개발 요구가 높아지고 있음. • 액체식 제습시스템이 주목되는데 친환경 냉매를 사용하는 고효율 히트펌프를 적용할 경우 제습부와 재생부 사이에서 폐열회수를 통해 운전 에너지 절감이 가능하게 됨		
목표	• 제습효율 70%, 가습효율 60%, 미세먼지 제거성능95%, 연간 20% 이상의 에너지절감 성능을 보이는 상용화 시스템 제작 • 공동주택 공기질 향상을 위한 고효율 히트펌프 적용 액체식 제습공조시스템 상용화 시스템 개발		
기술개발내용	• 고효율 히트펌프를 적용한 액체식 공조시스템의 핵심기술 조기 확보를 위해 요소기술 개발, 시제품 제작, 테스트베드 적용을 통한 실증연구로 단계를 나누어 연차별 연구를 진행하고 기술 및 성능 확인하여 공기질 개선효과 실증		
예산	35억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 냉/난방 에너지를 절감할 수 있고 액체식 제습 기술 시장의 성장과 성능 향상을 위한 신재료 및 관련 요소기술 분야 산업의 발전에 기여 가능 • 국내특허 및 PCT 출원을 통한 관련 기업체의 기술수준 향상 및 관련 시장개척 가능 • HVAC 시스템 제작업체와의 제휴를 통해 저에너지 친환경 공조시스템 분야의 시장 확대 및 엔지니어링 산업의 성장에 기여		

기술 명	건축물 미활용 에너지 회수 및 활요 시스템 개발		
기술개발 단계	기초/응용	기술분류	(중) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (소) 액티브/신재생
기술개발 필요성	• 현재 상용화 된 열전소자는 무기물에 기반하는데 무기 소재의 특성상 유연성 및 형상 자유도가 떨어지며, 공정 시 많은 에너지가 소모되어 대면적화/고집적화가 어렵다는 문제가 있음. • 열전소자는 n형과 p형 반도체의 쌍으로 구성되어 전력 공급 시 소자 양면에 온도차가 발생되는 펠티어 효과를 기반으로 한 비냉매 히트펌프로의 활용 가능성으로 건축물 냉난방 및 환기(HVAC)시스템에 활용될 수 있는 차세대 기술로 선정됨 • 열전소자 기반 제로에너지 연구는 건축물에서 요구되는 핵심 기능인 건물 공조 및 에너지 회수의 기능을 모두 만족시킬 수 있는 열전소자 기반 시스템 구현하기 위한 혁신적인 기술 개발과 다양한 신재생에너지 기술과의 연계를 통해 국가적 차원에서 목표로 하고 있는 친환경 제로에너지 건축물 핵심 기술 연구가 될 것으로 판단됨.		
목표	• 연간 20% 이상의 에너지절감 성능을 보이는 상용화 시스템 제작, 미활용 및 폐열 에너지를 활용한 열전소자 에너지 하베스팅 시스템 제작 • 열전소자 기반 냉난방, 환기 및 미활용 에너지 회수 시스템 설계를 통해 무탄소, 비냉매, 제로에너지 건축물 성능 달성, 더 나아가 플러스 에너지 건축물의 구현을 앞당길 수 있는 선도 기술개발을 목표로 함		
기술개발내용	• 열전소자 기반 냉난방, 환기, 에너지 회수 핵심기술의 조기 확보를 위해 요소기술 개발 • 시제품 제작, 테스트베드 적용을 통한 실증연구 진행		
예산	50억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 건축물의 가장 큰 에너지 절감을 이루어 낼 수 있는 냉난방 분야 및 미활용 에너지 회수 핵심 기술로 비냉매 및 패시브 기술을 적용함으로써 친환경 고성능 제로 에너지 건물 구현을 가속화하고 기존의 에너지 저장 시스템보다 안전성과 안정성을 확보한 고밀도, 고효율 나트륨 전지의 건축 분야 도입을 통해 시장 확대 및 엔지니어링 산업의 성장에 기여		

기술 명	차세대 주거용 저에너지 환기 시스템 개발		
기술개발 단계	응용/개발	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 액티브/건강건축
기술개발 필요성	• 전 세계적으로 건물 냉방을 냉매 압축식 시스템이 담당하는데, 여기에 사용되는 플루오르카본 기반 냉매가 대기 중에 노출 될 경우, 환경에 심각한 영향을 끼치는데 이러한 노출이 설치, 이동, 수리 중에 빈번하게 발생함. • 유망 기술 중 하나인 액체식 제습 기반 증발냉각기술이 적용된 고효율 공조시스템 개발을 위한 다양한 연구가 진행되고 있음		
목표	• 기존 환기시스템 대비 30% 이상의 1차 에너지 및 탄소배출량을 감소시킬 수 있는 차세대 환기 시스템 개발 • 제로에너지 건축물 구현에 기여할 수 있는 멤브레인 제습 기술을 이용한 주거용 저에너지 소형 환기시스템 프로토타입 개발 및 핵심 요소기술 확보 및 최적 설계, 운전 프로세스 도출		
기술개발내용	• 고효율 멤브레인 제습 기술을 적용한 친환경, 저에너지 주거용 환기 시스템 개발을 목표로 하며, 멤브레인 제습 모듈 기반 환기시스템 프로토타입 개발, 파일럿 시스템 제작 및 테스트베드 적용을 통한 목표 성능 실증 연구를 진행		
예산	35억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 제로에너지 건물 구현을 위한 주요 핵심기술로 활용하여, 기존 환기 시스템 대비 에너지 소비량 및 탄소배출량 30% 이상 저감을 통해 국가 에너지 및 탄소배출 저감 목표 달성 및 제로에너지 건물 구현에 기여 • 국내특허 및 PCT 출원을 통해 관련 기업체들에 대한 기술이전 추진하여, 국내 기업들의 기술수준 향상 및 관련 시장개척에 기여 • 친환경 소형 환기시스템 개발을 통해 100% 외기를 공급하여 건물 내 실내오염 문제를 해결하는 환기 시스템 기술 개발의 핵심 시스템 모델로 활용		

기술 명	하이브리드 GEOTABS를 이용한 제로에너지건축물 기술		
기술개발 단계	실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 액티브/신재생 (대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공
기술개발 필요성	• 전 세계적으로 에너지 소비가 급증하면서 에너지자원이 고갈되고, 기후변화로 인한 자연재해 위험이 급증하고 있음 • 국내외 에너지 수요 및 온실가스 감축, 기후변화에 대응하기 위해 제로에너지건축물 구현을 위한 신기술 개발과 신산업 창출이 필요 • 하이브리드 GEOTABS는 지열 히트펌프 열원과 열교환장치, 공조설비를 적용함으로 환기 및 온습도 제어를 구현하는 기술로서, 냉난방부하가 적게 설계되는 제로에너지건축물에서는 큰 효과를 기대할 수 있음.		
목표	• 기존 저에너지건축물 대비 25% 냉난방에너지 저감 • 건물에서 연간 전기 피크부하 25% 저감 • 제로에너지건축물 보급을 위한 핵심 기술 표준화		
기술개발내용	• 기존 저에너지건축물 대비 25% 냉난방에너지 저감을 위한 하이브리드 GEOTABS 기술 개발		
예산	50억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 제로에너지건축물의 보급 활성화를 위한 요소기술를 활용한 건설시장 활성화, 정부 온실가스 배출 저감에 기여, 기술력 확보		

기술 명	한국기후에 적합한 제로에너지빌딩 외기처리 통합시스템 개발		
기술개발 단계	개발	기술분류	(중) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (소) 액티브
기술개발 필요성	• 제로 에너지 건축 관련 기술 선진국가인 유럽과 한국은 기후조건이 상이하여 적용이 부적합하여 아시아 지역에 맞는 제로에너지 빌딩 기술 개발 필요		
목표	• 데시컨트 냉방: 냉각식 제습 대비 에너지효율 30% 향상 • 전열회수 히트펌프 난방: 착상 문제 완전 해결 • 전열회수 환기: 현열 및 잠열 회수 효율 70% 이상 • 미세먼지 제거: PM2.5 95% 이상 • 사계절 활용(여름: 데시컨트냉방, 겨울: 전열회수 히트펌프, 봄가을: 전열회수 환기)		
기술개발내용	• 히트펌프와 데시컨트 기술을 융합한 하이브리드 데시컨트 외기처리 시스템 개발		
예산	30억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 제로에너지빌딩의 에너지 성능 향상 • 경제성 확보하고 국내 보급 활성화 • 기술 수준 향상에 따른 산업 경쟁력 강화와 제로에너지빌딩 핵심제품 수출		

기술 명	재사용·재활용이 가능한 제로에너지 모듈러 건축기술		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 패시브/신재생 (대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공
기술개발 필요성	• 철근 콘크리트 구조의 문제점으로 인해 자원 재활용성, 평면구근가변성 필요		
목표	기존 공사비의 130% 이내로 Net Zero Energy Modular House 구축		
기술개발내용	• 2030 모듈러 공동주택 평면개발 • 모듈러 외피시스템 개발 • 모듈러 MEP 유닛 개발 • 모듈러 유닛 부착형 BIPU 공법 개발 • 모듈러 유닛 재활용·재사용 기술 • 모듈러 제로 에너지 공동주택, 실증사업 등		
예산	300억원	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 국가차원의 자원낭비 3제 해소(부재, 모듈 재사용, 모듈 재활용) • 모듈러 유닛 재사용·재활요을 통한 공간재구성으로 사회적 니즈 충족		

기술 명	리모델링 외피 Panel-rising 공법 개발		
기술개발 단계	기초/개발	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 패시브 (대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공
기술개발 필요성	• 리모델링시 외피의 에너지 성능개선을 위한 시공성 향상 공법 필요		
목표	• 공장생산으로 에너지 최적 성능 구현 • 공장생산을 통해 검증된 외피성능을 패널라이징 공법으로 설치		
기술개발내용	• 외벽 공장생산 방법 및 시스템 개발 • 외벽 패널-라이징 설치 방법 개발 • 최적 에너지 외벽의 구현		
예산	N/A	소요기간	즉시
기대효과	• 리모델링의 법제화가 시장을 형성하고 그 시장에 따라 주거 시장으로도 수요확대될 것으로 사료됨		

기술 명	건축/도시 단위 EMS 연계 온실가스 관리시스템 및 국제 감축 방법론 개발		
기술개발 단계	개발	기술분류	(대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 건물부문 온실가스 관리시스템 및 제도
기술개발 필요성	• 건축물과 도시단위의 에너지 절감 효과를 국제 온실가스 감축량으로 인정받기 위한 방법론 필요		
목표	국제적으로 건축물과 도시에너지 절감에 대한 방법론 개발 및 등록		
기술개발내용	• 건축물 용도별 온실가스 배출 베이스라인 개발 • DB 구축, 공인 원격검침 시스템, 에너지원 별 인벤토리 계산 방법론 등 건축물별 모니터링 시스템과 연계한 감축량 인정 방법론 개발		
예산	N/A	소요기간	3~5년 이내
기대효과	• 국토교통부의 2030 온실가스 감축 로드맵에 의거한 국제 공인 감축량 인정		

기술 명	도시에너지 저감을 위한 스마트 공공기반시설(인프라) 조성 기술 개발		
기술개발 단계	N/A	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• N/A		
목표	N/A		
기술개발내용	• 도시차원에서 AI, 사물인터넷 등 스마트 기술개발을 통한 대중교통, 주차장, 가로등 등 다양한 공공기반시설의 최적화 제어 및 축적된 정보 공유가 가능한 기술 개발		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• N/A		

기술 명	건축물 재료의 재활용·재사용·신재생에너지 폐기자재 재활용 방안		
기술개발 단계	N/A	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 태양광 패널 등 신재생 에너지 생산을 위한 폐기자재 재활용 방안		
목표	• 향후 2030년 이후에는 신재생에너지에 사용된 후 폐기된 자재들의 재활용 방안이 없다면 건축폐기물 처리를 위한 또 다른 에너지 소비가 발생하는 악순환이 야기될 수 있으므로 재활용 방안에 관한 기술연구가 시작되어야 함		
기술개발내용	• N/A		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• N/A		

기술 명	신재생 에너지 효율성 및 경제성 확보 방안		
기술개발 단계	N/A	기술분류	(대) N/A (중) N/A
기술개발 필요성	• 공공기관만 의무화 되어있는 신재생 에너지 설치를 민간에서도 유용하게 적극적으로 활용할 수 있는 경제성이 확보된 방안에 대한 연구 필요		
목표	N/A		
기술개발내용	• N/A		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• N/A		

기술 명	에너지 성능과 제도적 기준을 만족하는 건축물 단열재 개발		
기술개발 단계	실증	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 패시브 (대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 제로에너지 친환경 설계·시공/그린 리모델링 (대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 스마트 녹색 건축 리빙랩/스마트 녹색건축 커뮤니티 리빙랩/건물부문 온실가스 관리시스템 및 제도
기술개발 필요성	• 강화된 에너지 기준과 소방법 등 관련 제도를 만족하는 단열재 POOL 필요		
목표	현재 아파트 건설 평당 공사비 수준에서 벗어나지 않는 원가의 단열재 개발 아파트 건설사가 다양하게 선택할 수 있도록 제품 POOL 확대		
기술개발내용	• EPS, PU, 폐볼폼 등 다양한 소재를 기반으로 건축물 에너지 기준과 소방법을 만족하면서 시공성과 품질이 확보 가능한 단열재 개발		
예산	N/A	소요기간	즉시
기대효과	• 현재 폐볼폼으로 한정된 한국의 건축 단열재 POOL 확대를 통해 원가 개선 및 품질 경쟁력 확보		

기술 명	공동주택 신재생 에너지 최적 운영 기술		
기술개발 단계	응용	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 신재생
기술개발 필요성	• 공동주택 단지에 설치되는 신재생에너지의 적절한 사용 및 운영기술 필요		
목표	N/A		
기술개발내용	공동주택 단지에 설치되는 신재생 에너지는 설계된 용량이 실제로 어떻게 사용되고 있는지 모르고 있으며 발전되는 에너지가 전부 사용되지 않고 없어지는 경우가 존재하므로 설치된 용량의 신재생에너지가 얼마나 생산 및 사용되고 있는지 확인하고 그 사용률을 높이기 위한 저장 및 운영시스템 개발		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• N/A		

기술 명	공동주택 세대용 신재생에너지 설치 및 활용 기술		
기술개발 단계	기초	기술분류	(대) 녹색건축 활성화 기술기반 조성 (중) 신재생
기술개발 필요성	• 현재 아파트 단지에 설치되고 있는 신재생에너지는 대부분 공용시설에 사용되고 있으므로 각 세대에도 적용될 수 있는 신재생에너지 기술 개발 필요		
목표	N/A		
기술개발내용	• 거실창 부착형 투명셀 활용 및 설치 기술 등 공동주택 각 세대에서 사용할 수 있는 신재생에너지 개발 • 생산한 에너지를 각 세대에서 적절하게 사용할 수 있도록 하는 최적 운영기술 개발		
예산	N/A	소요기간	N/A
기대효과	• N/A		

기술 명	에너지 정보량(Bits)을 활용한 생물학적 건물 성능 평가 기법 실증		
기술개발 단계	개발/실증	기술분류	(대) 녹색건축 설계·시공·리모델링 기술 고도화 (중) 건물 에너지 평가 (대) 시민사회 기반 녹색건축 리빙랩 실증 (중) 스마트 녹색 건축 리빙랩
기술개발 필요성	• 에너지 효율, 탄소 소비 등 사용(소비)량이라는 기존 기계적 친환경 건물 평가 방식은 건물 환경 성능을 거시적 관점에서 파악하지 못하고 자칫 지속가능성에 대한 진단을 왜곡할 우려 존재 • 지난 몇 년간 제안자가 연구하여 처음 개발된 건물 에너지 네트워킹 분석 및 정보량을 활용한 지속 가능성 평가 기법 알고리즘의 현장 검증 및 타당성 확보		
목표	(정략적 목표) 건물 에너지 및 환경 성능을 정보 단위(Bit)를 사용한 생물학적 진단 지표(회복력, 환경적합성 등)로 평가하고 알고리즘을 포함한 분석 기법 이론의 타당성을 현장 연구를 통해 검증. (정성적 목표) 건물과 도시의 지속가능성을 에너지 네트워크 상의 흐름과 관계라는 생물 발전 패러다임으로 보완 및 전환하여 총체적 관점에서 녹색 건축의 지속가능 방법과 비전을 새로이 제시		
기술개발내용	• 평가를 위해 건물 모니터링을 실시하고, 건물 유형별 빅데이터(건물 사용 에너지, 건설비용, 건축재료, 재실시 행동 등)를 구체적이며 광범위하게 수집 • 수집된 데이터를 바탕으로 평가 기법 및 알고리즘을 적용하여 정보량 기반 생물학적 건물 성능 지표 도출 및 분석하여 지속가능성 진단		
예산	1억원	소요기간	현재로부터 1~2년 이내
기대효과	• 건물의 생애주기, 생산과정, 운영 및 유지 관리에 드는 모든 에너지를 일관된 지표 세트를 통해 생물학적인 지속가능성 관점에서 파악 • 궁극적으로 기존의 환원주의적 성능평가 패러다임을 총체적 생물학적 관점의 녹색건축 진단, 설계, 운영 패러다임으로 전환하는 계기 마련		

제2절. 유사 사업 추진현황

1. 타부처 유사사업 현황 및 중복성 검토

가. 산업통상자원부

1) 유사사업 현황

① 에너지 수요관리 핵심기술개발사업

□ 사업목표

- 신기후체제(Post-2020)·유가변동 등 급변하는 에너지환경 변화에 적극 대응하고, 에너지신산업 활성화 등 정부 핵심과제 추진을 위한 에너지효율향상, 에너지신산업 등 에너지수요 부문 기술개발 추진

□ 주요내용

- 에너지 효율 향상 기술개발
- 온실가스 처리 기술개발
- 에너지 신산업 기술개발
- 에너지 수요 관리 융합 기술개발

□ 추진전략

- 기존 에너지 산업 경쟁 강화, 신기후체제 대응을 위한 수요관리분야의 청정에너지기술개발, 에너지 신산업 시장창출과 온실가스처리 대규모 실증을 위한 핵심기술 개발
- 제3차 에너지기술개발 계획 등 장기 종합적 계획에 따라 기후변화대응과 미래성장동력 창출을 위한 핵심기술 확보에 주력

② 신재생에너지 핵심기술개발사업

□ 사업 목표

- 기후변화 대응 및 신성장동력 산업으로서 육성을 위한 신재생에너지 기술경쟁력 확보
- Post-2020 온실가스 감축목표 등 신기후 체계 대응을 위한 R&D 생산성 향상

□ 주요내용

- 태양광 에너지분야

• 결정질 실리콘 태양전지 등 기업 수익성 개선을 위한 원가절감 기술개발

• 박막/차세대 태양전지 분야 등 미래기술 기반확보

- 바이오에너지 분야

• 바이오에너지 가치사슬별 기술경쟁력 강화를 통한 원료 및 기술국산화율 제고, 생산비용 절감에 필요한 산업 핵심기술 확보

- 풍력에너지 분야

• 핵심부품과 시스템의 가격 및 성능 경쟁력 향상, 공급사슬 확보를 통한 산업생태계 활성화 및 성장 잠재력 확보 추진

- 수소/연료전지분야

• 연료전지시스템의 다목적 및 고효율화를 통한 온실가스 저감, 수소인프라 핵심기술개발

- 지열에너지 분야

• 지열에너지 경제성 확보를 위한 지열 자원탐사, 평가기법 등 기술개발

• 고효율 히트펌프, 대체냉매 이용 냉/난방시스템, 지열발전 시스템 등 기술개발

- 신재생에너지 융합

• 에너지 효율향상 및 발전단가 저감, 안정적 에너지 공급을 위해 신재생에너지 원간 융합 또는 이종 기술과의 융합 개발

2) 중복성 검토

□ 산업통상자원부의 유사기술개발사업은 재생에너지원의 가격경쟁력 향상, 에너지관리시스템 개발 등 단위 기술개발에 초점을 맞추고 있어 건물, 도시 등 단위에서 통합적 시스템을 구현하는 동 사업과 목적 및 범위가 상이

표 94 산업부 유사사업 및 중복성 검토

유사사업 명	목표	중복성 검토
에너지 수요관리 핵심기술 개발사업	• 신기후체제(Post-2020)·유가변동 등 급변하는 에너지환경 변화에 적극 대응하고, 에너지신산업 활성화 등 정부 핵심과제 추진을 위한 에너지효율 향상, 에너지신산업 등 에너지수요 부문 기술개발 추진	• 해당 사업은 에너지 효율향상 및 수요관리시스템 등 단위기술 및 시스템 기술개발과제를 주된 기술개발내용으로 포함 • 동 사업은 에너지 효율향상 기술을 건물, 도시 등 단위에서 통합해 구현하고 건물, 도시, 재료 등 단위에서 성능을 평가하는 기술을 개발하여 유사사업과 목적과 범위가 상이
신재생에너지 핵심기술 개발사업	• 기후변화 대응 및 신성장동력 산업으로서 육성을 위한 신재생에너지 기술경쟁력 확보 • Post-2020 온실가스 감축목표 등 신기후체계 대응을 위한 R&D 생산성 향상	• 해당 사업은 태양광, 풍력 등 개별 재생에너지 원별 생산원가 절감을 목적으로 추진 • 동 사업은 지역 및 건물의 에너지 소비 효율성을 높이고 에너지 수요 예측을 기반으로 재생에너지 및 기존 에너지원을 최적 조건으로 조합하는 시스템을 개발하여 유사사업과 목적 및 범위가 상이

나. 환경부

1) 유사사업 현황

① 환경산업 선진화 기술개발사업

□ 사업목표

- 현장적용이 시급하거나 단기간 내에 시장활성화가 가능한 환경기술의 사업화 촉진을 통해 산업의 에코효율성 및 경쟁력 향상

□ 사업기간 : 2011년~2020년(10년)

□ 투자예산 : 3,910억원

□ 주요내용

- 생활환경 질 향상 기술
  - (목표) 생활환경질 향상기술 개발을 통한 국민의 삶의 질 및 관련 산업 국제 경쟁력 제고
  - (중점기술) 생활환경질 관리 및 개선기술(악취, 공기정화 등), 소음·진동 관리 및 저감 기술 등
- 위해성 평가관리 및 감축기술
  - (목표) 위해성 저감 신기술개발 및 사업화를 통한 환경보건산업 육성
  - (중점기술) 화학물질 노출 관리 및 저감기술, 유해중금속 위해관리 및 저감 기술, 신종 유해인자 위해도 저감기술 등

② 폐자원 에너지화 기술개발사업

□ 사업 목표

- 매립·소각·해양배출을 대체하고 발생폐기물을 처리와 동시에 에너지자원으로 활용가능한 한국형 폐자원에너지화 실증시스템 개발

□ 사업기간 : 2013년 ~ 2020년(총 8년)

□ 투자예산 : 1,341억원(정부출연금)

□ 주요내용

- 가연성 폐자원 분야
  - 가연성폐자원의 공기사용 가스화 및 활용
  - 고형연료 이송 및 관리

• 매립지 정비 폐자원 에너지화

• 생활 및 혼합건설 가연성 폐자원 에너지화

- 유기성 폐자원 분야

• 슬러지류와 소화잔재물 고체연료화 및 무해화

• 유기성폐자원 바이오 연료화 기술

• 잔재 폐기물 처리기술 등 공통환경설비 기술

③ Non-CO2 온실가스 저감기술개발사업

□ 사업목표

- 전략적 집중투자를 통한

- 주력분야 세계일류환경 기업 배출

□ 사업기간 : 2013년~2020년(7년)

□ 투자예산 : 848억원

□ 주요내용

- Non-CO2 온실가스 통합관리 기술

• Non-CO_2 온실가스 측정,

• 모니터링 기법 개발

• 최적가용기술 적용에 따른 Non-CO_2 온실가스 예상 감축량 연구

• Non-CO_2 온실가스의 저감효과와 탄소거래시장 진입기술 개발

- 메탄 포집 및 활용 저감기술 개발

- N2O 저감 기술

- 불화가스류(HFCs, PFCs, SF6, NF3) 저감기술

④ 유용자원 재활용기술개발사업

□ 사업목표

- 자원순환율 제고, 환경보전 및 국민 삶의 질 향상을 위한 고효율·고부가 자원재활용 기술 개발 및 국내산업 경쟁력 강화를 위한 국제환경규제 대응기술 개발

□ 사업기간 : 2011년~2020년(1,500년)

□ 투자예산 : 848억원

□ 주요내용

- 전자분야

• 분리선별, 금속/화학원료 등 자원회수, 무해화 기술 등

• 가전, 부품/소재(PCB, 자석, PU폼), 디스플레이(CRT, LCD)

• 조명, 전지, 전선, Si슬러지, 공정폐액 등

• 소형가전 등 EPR 확대 필요기술 확립

• PCB, LCD, 전지, 조명(수은) 등의 통합재활용 시스템 구축

• 폐페이스트, 폐필터 등 대량발생 유해 폐자원 자원화

• OLED, 터치스크린, LED 조명, 태양전지 모듈 등

- 자동차분야

• 해체시스템, 지원S/W, 탈거부품(Mg) 자원화 기술 등

• ASR 분리선별 및 자원/에너지 회수

• 폐차 탈거부품(폐촉매, 유리, 고무, 시트, 대용량 Li전지 등)의 고부가 자원화

• 해체시스템 국내보급 및 국가별 맞춤형 시스템 수출

• 미래형 자동차 재활용(연료/수소 전지, 자동제어시스템 등)

- 무기폐자원분야

• 유용자원회수, 시멘트대체 소재화(급결제, 지오폴리머), 유무기 복합화 기술 등

• 슬래그, 석탄재, 탈황/탈질 폐촉매 등

• 폐촉매, 슬래그 등 대량발생 폐자원 자원화

- 유기폐자원분야

• 초임계회수, 해중합, 화학원료화 기술 등

• 저급 PET, 가교 PE, 유지, 고무 등

• 동식물유지, 저급 PET, 가교 PE 등의 화학원료화

• 폐PVC(파이프, 창틀), 폐아크릴 등 유해 폐자원 자원화

2) 중복성 검토

□ 환경부에서 추진하고 있는 유사사업은 오염원의 배출 및 감소에 직접적으로 기여하는 기술개발과제로 구성되는 등 건축 부자재, 친환경 설비 등을 개발하는 동 사업과 기술개발 목적 및 범위가 상이

표 95 환경부 유사사업 및 중복성 검토

유사사업 명	목표	중복성 검토
환경산업 선진화 기술개발사업	• 현장적용이 시급하거나 단기간 내에 시장활성화가 가능한 환경기술의 사업화 촉진을 통해 산업의 에코효율성 및 경쟁력 향상	• 해당 사업에 포함된 기술개발 내용 중, 생활환경질 관리 및 개선기술(악취, 공기정화 등)은 악취, 공기질 저해 수준 정립, 악취 및 공기줄 저해 요인을 규명하고 이를 해결/관리하는 기술 개발을 목표로 함 • 동 사업의 공기청정도관련 기술개발 내용은 공간적 범위를 주거(근무) 공간으로 한정하고 일정 기준을 초과하는 수준의 공기질 오염이 있을 경우, 인공지능 등 기술에 기반한 능동적 환기시스템 가동을 통해 공간내 청정도를 향상시키는 것으로서 기술개발 범위가 상이
폐자원 에너지화 기술개발사업	• 매립·소각·해양배출을 대체하고 발생폐기물을 처리와 동시에 에너지자원으로 활용가능한 한국형 폐자원에너지화 실증시스템 개발	• 해당사업 내 포함된 재활용화 대상 폐자원은 건설폐기물을 포함하고 있지 않아 동사업의 폐자원 순환 기술과 기술개발 내용에서 상이
Non-CO2 온실가스 저감기술개발사업	• 세계 최고 수준의 Non-CO2 배출 저감기술 개발 • 개발기술의 조기 상용화 및 수출사업화	• 해당 사업은 Co2 배출요인의 직접적 관리, Co2포집 등 기술개발을 수행 • 동 사업의 기술개발내용은 건축/도시부분의 재생에너지 활용 확대 등을 통해 간접적으로 Co2 배출을 저감하는 것으로서 기술개발 목적 및 내용이 상이
유용자원 재활용기술개발사업	• 자원순환율 제고, 환경보전 및 국민 삶의 질 향상을 위한 고효율·고부가 자원재활용 기술 개발 및 국내산업 경쟁력 강화를 위한 국제환경규제 대응기술 개발	• 해당사업 내 포함된 재활용화 대상 폐자원은 건설폐기물을 포함하고 있지 않아 동사업의 폐자원 순환 기술과 기술개발 내용에서 상이

2. 국토교통부 고유 사업과의 중복성 검토

가. 국토교통부 관련 고유 사업 현황

1) 도시건축연구사업

□ 목적

- 국민의 행복 증진과 도시의 활력 제고를 위해 초고층빌딩·한옥 등 신건축문화 창조, 도시재생 활성화, 안전한 생활환경 구축, 온실가스 저감 등 관련 기술 개발

□ 사업목표

- 도시·건축기술 개발 및 실용화를 통한 행복한 국토공간 창조 및 해외시장진출 지원

□ 추진방향

- 국민이 공감하는 도시 내 사회문제해결과 건축시장 활성화 지원을 위한 기술개발을 사업의 기본 추진방향으로 설정
- (도시연구) 도시온실가스 저감, 도시재생을 통한 거주환경 개선 등 도시 내 사회문제해결형 R&D와 지능형도시 보급 및 확산을 위한 도시공간 조성 및 운영관리 연구 추진
- (건축연구) 건축물 관련 에너지소비 및 온실가스 등 사회현안 문제를 해결하고, 건축설계·엔지니어링 기술혁신을 통해 국내 건설산업 견인

□ 사업내용

- (스마트 친환경 도시 및 도시재생) 도시 계획·설계·운영·재생 기술 자립화를 위해 도시계획 설계·운영·재생 분야 해외시장 진출을 목적으로 기술개발 추진
- (도시운영 및 관리) 도시내 온실가스 발생량을 저감하기 위해 도시 에너지, 교통, 폐기물 분야 온실가스 최소화 및 도시설계·운영시스템 개발 추진
- (건축계획 및 재료·구조) 재난·재해 대응 건축물의 피해를 최소화하기 위하여 내진 설계기준 강화 및 보수·보강 기술, 화재안전 설계기준 마련 및 진단·평가·보수·보강 기술 개발 추진
- (건축환경 및 융복합) 세계 선도수준의 건축 설계·엔지니어링 기술력 확보 및 기존 건물에너지 사용량을 저감하기 위해 세계 최고 건축설계기술 및 건축

엔지니어링 기술, 건축물 설계·시공 에너지 최적화 및 유지관리 에너지 효율화 기술 개발 추진

2) 주거환경연구사업

□ 목적

- 주거공간의 쾌적화, 장수명화, 안전성 확보를 지향하는 국민 체감형 주택기술 개발을 통해 국민 행복을 만드는 주거공간 구현

□ 사업목표

- 주택건설기술 수준 향상 및 쾌적한 주거환경 조성을 통한 미래지향형 주거공간 구축

□ 추진방향

- 주택건설기술 수준 향상 및 쾌적한 주거환경 조성을 위한 주택기술 실증기반 구축 및 활용·확산

□ 사업내용

- (지속가능한 복지주택) 주거복지 사각지대 해소와 살기 좋은 주거환경 조성을 위한 맞춤형 주거복지 실현 및 커뮤니티 중심 주거환경 조성기술 및 현장 연계형 요소기술 개발
- (미래형 스마트 주택) ICT, IoT 등 기술 융·복합을 통한 미래형 스마트 헬스케어 공동주택 표준모델 및 제로에너지 주택보급을 위한 에너지 절약형 건축자재 개발 지원을 통해 주거 공간속에서 건강관리가 가능한 주택 구현 및 제로에너지 핵심기술 상용화 기술 개발
- (수요자 맞춤형 주택) 다양한 주택 수요 대응 및 주거복지 구현을 위해 수요자 맞춤형 모듈러 주택, 비용절감형 장수명 주택, 친환경 주거성능 향상 기술 등 맞춤형 주택 확산 기술 개발 지원
- (자산가치 창출형 주택) 공동주택 리모델링 시 최대 3개 층까지 수직증축 허용 및 내력벽 철거 기준 완화 등 리모델링 활성화 정책에 따른 노후 공동주택 주거성능 개선을 위한 저비용·고효율 리모델링 기술 개발
- (주택인프라 기반 구축) 주택시장 변화에 능동적으로 대처하기 위해 빅데이터를 활용한 주택시장 분석 및 예측 모형 개발을 수행하고, 주택 생애주기에 따른 맞춤형 서비스 제공 등을 위한 주택기술 표준화 및 인프라 구축

나. 중복성 검토

□ 동 사업은 기존의 국토부 고유사업의 후속 또는 내역사업으로 기획되어 사업의 목적 및 범위가 동일하나 기술의 개념 및 방법론에서 보다 고도화된 과제로 구성되어 차별성을 보유

표 96 국토부 관련 고유사업 및 중복성 검토

고유사업 명	목표	중복성 검토
도시건축연구사업	• 도시·건축기술 개발 및 실용화를 통한 행복한 국토 공간 창조 및 해외시장진출 지원	• 동 사업은 도시건축연구사업 및 주거환경연구사업의 후속 또는 내역사업으로 추진되는 기술개발사업 • 동사업은 기존 국토부 고유사업 기술개발성과물의 고도화하거나 신규기술개발 과제 발굴에 주안점을 두어 기획 • 동 사업은 기준 국토부 고유사업과 기술개발 목적 및 범위가 동일하나, 기술 개념 및 방법론이 보다 고도화된 과제로 구성
주거환경연구사업	• 주택건설기술 수준 향상 및 쾌적한 주거환경 조성을 통한 미래지향형 주거공간 구축	

3. 과제단위 중복성 검토

가. 과제단위 중복성 검토 방법론

□ NTIS를 통해 중점과제별 유사과제를 검색하고 검색된 과제와 중점과제와의 목표, 기술개발 내용, 방법론 등의 차이점 검토

- NTIS 유사과제 검색 기능을 이용해 중점과제별 유사과제를 목록화

• 중점과제명, 중점과제 목표, 중점과제 내용, 국/영문 키워드 입력

- 목록화된 중점과제별 유사과제의 수행연도, 목표, 내용을 NTIS 과제명 검색을 통해 구체적으로 파악
- 중점과제와 유사과제와의 연구개발 목표 및 연구내용 및 방법론 비교를 통해 중복성을 검토

나. 중복성 검토 결과

□ 스마트 제어형 통합 시스템 외피, BIM기반 에너지-환경 성능 모니링 및 예측지원기술, 커뮤니티 에너지 예측·모니터링기술과 유사한 4개의 기수행과제 목록은 아래와 같음

표 97 과제별 유사과제 검색 결과

구분	중점기술	유사과제
에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재·외피 시스템 기술개발	• 스마트 제어형 통합 시스템 외피	• 친환경 LED 조명용 고효율 반사판 개발
	• 실시간 부하대응 하이브리드 패시브 -액티브 시스템	-
	• 웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료	-
	• 건축물 재료의 재활용·재사용 기반 건축 전단계 개선 기술	-
건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능 최적설계·시공 기술개발	• CPS기반 에너지-환경 성능 모니터링 및 예측 지원 기술	-
	• BIM 기반 건축공정별 통합형/맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼	• 건물에너지 운영관리 데이터 측정 및 효율화 시스템 • 건물에너지 모델의 정확도 95% 달성을 위한 확률보정 자동화 기술 개발
	• 스마트 입면 Retrofitting 설계·시공 기술	-
커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성 기술개발	• 커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원	-
	• 커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	• 친환경 LED 조명용 고효율 반사판 개발
	• 커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강-환경-에너지 순환형/통합형 인프라 개발 및 실증	-
	• 제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축	-

□ 동 사업을 통해 추진하고자 하는 개별 중점기술은 NTIS 검색을 통해 도출된 유사과제와 연구내용 및 방법론에 있어 차별성을 보유

표 98. 기술분류체계별 제안건수

중점기술	유사 과제 명	부처 (연도)	목표	연구내용	중복성 검토
스마트 제어형 통합 시스템 외피	친환경 LED 조명용 고효율 반사판 개발	산업부 2009	표면 반사 특성이 우수한 LED조명, 친환경 LED 조명용 고효율 반사판 개발 개발	• 은(Ag) 반사필름 제조 • 친환경 LED 조명용 고효율 반사판의 특성에 적합한 롤투롤(Roll-to-Roll) 코팅 기술개발 및 최적화 등	• 해당 유사과제는 친환경 LED 조명 반사판을 개발하는 것으로서 외부환경에 따라 능동적으로 반응하는 건축물 외피를 개발하는 동 사업의 중점기술과 기술개발 대상 등 내용 상이
BIM 기반 건축공정별 통합형/맞춤형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼	건물에너지 운영관리 데이터 측정 및 효율화 시스템	중기부 2011	에너지와 자원의 지능형 관리를 통하여 CO2 발생, 에너지·자원 소비 및 사용자 비용을 최소화하는 에너지 최적 건물에너지 운영관리 데이터 측정 및 효율화 시스템 개발	• 건물에너지 운영관리 데이터 측정 및 효율화 시스템은 다양한 에너지 정보를 수집, 저장하고 에너지를 사용 효율을 높일 수 있도록, 에너지 모니터링과 디바이스 제어를 관리하는 시스템임. 시스템은 하드웨어와 서버 소프트웨어가 통합된 형태로 구성	• 해당 유사과제는 건물단위 에너지 관리시스템을 개발하는 것으로서 건축물 설계, 시공 등 공정단계별 시뮬레이터를 개발하는 동사업 중점과제와 연구내용이 상이
	건물에너지 모델의 정확도 95% 달성을 위한 확률보정 자동화 기술 개발	국토부 2014	건물에너지 모델의 정확도 95% 달성을 위한 확률보정 자동화 기술 개발	• 건물에너지 모델의 오차를 유발하는 입력변수 - 건물에너지 모델의 입력변수별 확률분포 산정 • 미지 변수에 대한 확률적 분포 특성을 반영하는 샘플링 기법 선정 - 확률적 샘플링 기법을 이용한 시뮬레이션 입력 변수별 데이터 도출 • 다 변수 입력 요소에 대한 건물에너지 모델 자동화 생성기술 개발 - 실제 건물을 대상으로 개발된 자동화 확률보정 기술의 정확성 검증	• 해당 유사과제는 건물에너지 예측 모델 개선을 주요 내용으로 하고 있어 해당 기법 등을 종합적으로 통합한 시스템 개발 기술인 동 사업의 중점과제와 기술개발 범위, 산출물이 상이
커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화	친환경 LED 조명용 고효율 반사판 개발	산업부 2004	신재생에너지자원조사 및 실시간 현황분석 시스템 개발 및 환경 구축	• 신재생에너지 기본 자원조사 및 종합관리시스템 환경 구축으로 국내신재생에너 자원의 개발효과 극대화 및 신재생에너지의 보급확대 기반 구축	• 해당 유사과제는 신재생에너지 자원관리시스템을 구축하는 것을 목표로 함 • 동 사업의 중점과제는 신재생에너지 뿐만 아니라 기존 전력원 등을 커뮤니티 에너지 생산/수요 예측과 통합해 넷제로 커뮤니티를 구성하는 것을 목표로 하고 있어 유사과제와 기술개발 목표 및 내용이 상이

제3절. 주요시사점

□ 전문가 기술수요조사를 통해 에너지 환경변화에 따른 패시브에서 액티브, 및 웰빙, 수요지향적 기술개발 필요성 부각 등 건축·도시기술의 패러다임 변화를 확인

- 전통적인 건축물 절감 기술인 패시브을 넘어선 친환경 고효율 건축 설비 기술 및 건축물 일체형 재생에너지 발전기술, 지능형 웰빙 건강 건축 기술개발 수요를 확인

• 대분류 기술분야인 녹색건축 활성화 기술기반 조성 분야의 하위 기술분야별 제안기술 비중은 패시브 12%, 액티브 24%, 신재생 39%, 건강건축 24%임

- 제로에너지 설계시공기술과 더불어 건물에너지 평가 기법 정교화에 대한 수요도 비교적 높은 수준

• 대분류 기술분야인 녹색건축 설계/시공/리모델링 기술고도화 분야의 하위 기술분야별 제안기술 비중은 제로에너지 친환경 설계/시공 53, 건물에너지 평가 27%, 그린 리모델링 20%임

- 제도에 대한 활성화된 논의, 수요지향적 녹색건축 및 도시 기술 개발을 위해 최근 국내외에서 활성화되고 있는 리빙랩 도입에 대한 수요가 높음

• 시민사회기반 녹색건축 리빙랩 실증분야의 하위기술분야별 제안기술 비중은 스마트 녹색건축 리빙랩 58%, 스마트 녹색건축 커뮤니팅 리빙랩 25%, 건물부분 온실가스 관리시스템 및 제도 17%임

- 전문가 제안기술이 대부분 단일 기술분류에 속하지 않고 다양한 기술분류/기술개발단계에 중첩되고 있는 부분은 에너지 환경 변화에 대응하기 위한 건축도시 기술의 특징이 학제간-기술간 융합, 제도-기술간 연계로 인해 목적 달성이 가능함을 의미

- 건축물, 도시 에너지 관리에 있어 경제성, 설비 통합적 관리 및 에너지 성능 예측의 중요성이 강조되고 있음

• 총 30건의 기술수요 중, 7건의 기술이 경제적 건축물 에너지 효율성 향상 기술, 8건의 기술이 건물/도시 시설 등을 통합한 건축/도시의 통합 에너지 예측 및 설계, 건축물/도시의 에너지 통합관리에 관한 기술임

표 99 전문가 제안기술 중, 경제적 건축물 에너지 효율화, 에너지 성능의 통합예측 및 관리 관련 기술목록

(목적) 경제적 건축물 에너지 효율화 향상	(목적) 건물/도시 에너지 통합 예측기반 설계 및 통합관리
- 건축물 외피/마감자재 일체형 BIPC 개발 실증 과제	- 에너지 자립타운, 시티를 위한 CEMS 기술 개발
- 내벽 냉난방 복사 패널을 이용한 냉난방 설비 일체형 기술	- 건물 리모델링시 생활 환경 변화에 따른 설계 기준 및 설계 인자 변경 반영 기술
- 외피 디자인의 단순화	- 건축/기계/전기/소방 분야의 통합 실시간 설계지원 기술 개발
- 재사용·재활용이 가능한 제로에너지 모듈러 건축기술	- 에너지 활용 설계·시공을 위한 DB 플랫폼 구축
- 리모델링 외피 Panel-rising 공법 개발	- 주거용 소형 냉난방 및 환기 복합 시스템 개발
- 신재생 에너지 효율성 및 경제성 확보 방안	- 하이브리드 GEOTABS를 이용한 제로에너지건축물 기술
- 에너지 성능과 제도적 기준을 만족하는 건축물 단열재 개발	- 한국기후에 적합한 제로에너지빌딩 외기처리 통합시스템 개발
-	- 도시에너지 저감을 위한 스마트 공공기반시설(인프라) 조성 기술 개발

□ 전문가 기술수요조사를 통해 에너지 환경변화에 따른 패시브에서 액티브, 및 웰빙, 수요지향적 기술개발 필요성 부각 등 건축·도시기술의 패러다임 변화를 확인

- 전통적인 건축물 절감 기술인 패시브을 넘어선 친환경 고효율 건축 설비 기술 및 건축물 일체형 재생에너지 발전기술, 지능형 웰빙 건강 건축 기술개발 수요를 확인

• 대분류 기술분야인 녹색건축 활성화 기술기반 조성 분야의 하위 기술분야별 제안기술 비중은 패시브 12%, 액티브 24%, 신재생 39%, 건강건축 24%임

□ 동 기획연구를 통해 추진을 고려하고 있는 핵심기술은 에너지 환경 변화에 대응하는 저변의 기술수요와 일관성을 갖추고 있으며, 타부처 등이 추진하고 있는 사업과 차별성을 보유하고 있는 것을 확인

- 기획연구를 추진하고자 하는 핵심기술은 웰니스 건축을 고려한 통합형 외피 등 자재, 건축공정별 시뮬레이터 및 지능형 설계/시공 기술, 커뮤니티 에너지 예측 및 모니터링 고도화 기술 등으로 구성되어 전문가 제안 기술수요와 목적 및 내용의 일관성을 보유
- 동 기획연구의 핵심기술은 다양한 요소기술을 '건축물' 및 '도시'내에서 구현하는 시스템적 기술의 특성을 가지고 있어 환경부 및 산업부 등이 추진하고 있는 개별 요소기술의 성능향상 기술과 차별성을 보유

제5장. 사업 추진계획(안)

제1절. 사업추진방향 도출

1. 종합분석(SWOT)

□ 본 사전기획연구에서 실시한 메가트렌드 분석과 산업환경분석, 기술 및 동향분석 등의 결과를 기반으로 SWOT 분석을 실시였으며, 다음과 같이 정리할 수 있음

- 4차 산업혁명 및 스마트시티로 대변되는 ICT 기반기술 환경, 도시재생을 중심으로 강력한 정부지원, 정부 R&D 및 관련 사업들이 꾸준히 추진 중이며 이와 연계된 도시·건축 에너지 절약 및 효율화 전략 수립이 요구 중
- 건강 도시·건축, 청정에너지원 및 에너지의 효율성 제고에 대한 사회적 수요가 높으며, 이는 데이터 기반의 양방향 정보 교류 개념인 ICT 분야와 융·복합하여 전력시장의 변화를 추진하고 있음
- 반면, 경직된 국내 도시·건축 및 에너지 시장 제도, 미국과 유럽을 중심으로 하는 해외 선진국의 기술표준화 관련 위험성 증대, 신재생에너지 활용수준 저조, 에너지 프로슈머 등 전력시장 공유·자유화에 보수적인 관점 등은 위협요인으로 나타남
- 또한, 기축 건축물 및 SOC를 기반으로 이의 에너지 효율 개선, 신재생에너지 생산 가능 보강 등에 대해서는 투자도 적고, 관련 기술개발 수준 및 경험도 낮은 점은 약점요인으로 분석됨
- 동남아 신남방국가의 건축물기반 건설경기의 활성화 및 국민소득 증가로 인하여 베트남 및 인도네시아 등에서는 녹색건축물 수요가 태동하고 있음

□ 위와 같은 분석결과를 통해 다음과 같은 전략들을 도출할 수 있음

- SO: 4차 산업혁명 및 스마트시티, 도시재생 관련 기술 및 사업을 중심으로 다양한 도시·건축 에너지 시장 창출 및 실험이 가능하며, 이를 바탕으로 한 국내·외 시제품 실증 시험확대 및 신재생에너지 성능 제고 사업을 위한 연구확대 필요. 국내 신남방정책 추진을 통한 상생협력 정책적 지원 확보
- WO: 시장의 활성화, 기축 건축물 및 SOC를 바탕으로 한 도시·건축 계획 제도와 연동된 관련 연구 및 기술개발 추진 필요. 국내기술의 동남아 현지화 전략 수립
- ST: 그린 리모델링 사업의 경험을 바탕으로 한 새로운 정책·제도 하에 도시·건축 에너지 활성화 사업 추진 필요. 동남아 기술이전을 위한 건축물에너지협력체제 기반 마련
- WT: 경제성 향상을 위한 우수기술 확보 및 경쟁력 있는 해외기관과의 국제 공동연구추진 가능성이 존재하며, 이를 통해 경제성을 중점적으로 향상시키는 정부주도의 부품 및 토탈 솔루션 기술개발 추진과 함께 에너지 공유를 위한 제도 개선안 마련 필요

표 100. SWOT 분석

		강점	약점
		• 도시·건축계획 분야의 제도적 개선 점진적 추구중 • 그린 리모델링 사업 추진 경험 보유 및 장기적 추진 의지 강함 • 한전 중심의 강력한 시장형성 • 고품질 전력생산을 중심으로, 효율적 그리드 시스템 구성기술 보유	• 인구감소/고령화 및 경제성장 속도 둔화에 따른 건설 시장의 침체 및 SOC 등 기반시설의 노후화 심화 • 복잡한 인증제도 및 건설 관련 제도로 인한 에너지 절약 관련 정책에 대한 부정적 인식 • 개별 소프트웨어 난립 • 경제성 문제로 에너지 신산업 육성의지가 약한 편임 • 전력시장 활성화를 위한 제도필요
기회	• 4차 산업혁명 및 스마트시티 관련 기술에 대한 집중 투자 • 도시재생뉴딜 등 기축 건축물 개선에 대한 집중 투자 • 미세먼지 이슈로 인한 건강에 대한 관심 증대 • 신재생기술과 전력저장장치의 중요성 부각 • 해외 진출 가능성 상승 • 저탄소 발전원의 확대 및 전력 안전성 요구 증가 • 동남아 신남방국가 건설경기의 활성화 및 국민소득 증가로 인한 녹색건축물 수요 태동	**S-O 전략** • 4차 산업혁명 및 스마트시티 관련 기술을 중심으로 고품질 기술 및 시장 창출 • 스마트시티, 도시재생, 건강 도시/건축을 바탕으로 한 관련 사업 추진 • 안정적이고, 고품질의 전력시장 창출을 위한 국내기술개발 필요 • 에너지 신산업에 시제품 국내외 실증 연구확대 • 국내 신남방정책 추진을 통한 상생협력 정책적 지원 확보	**W-O 전략** • 시장의 활성화 및 노후 SOC 대체와 연계된 에너지 및 금융 전략 개발 필요 • 제도 개선 및 인식 개선을 바탕으로 한 에너지 절약 정책의 현행화 필요 • 경제성을 중점적으로 향상시키는 정부주도의 부품 및 토탈 솔루션 기술개발 필요 • 국내기술의 동남아 현지화 전략 수립
위협	• 선진국 기업들의 세계시장 선점 가속화 • 경직된 국내 도시·건축 제도 및 에너지 시장 제도(에너지 공유 등의 트렌드 변화에 부정적 인식 높음) • 글로벌 표준화 관련 리스크 증대 • OECD 국가 중 최하위 수준인 국내 신재생에너지 활용 수준 • 전력시장 자유화에 대한 소극적 태도	**S-T 전략** • 도시·건축계획 제도 개선안을 바탕으로 한 실증기반의 기술개발 추진 • 그린 리모델링 제도의 개편을 통한 신그린 리모델링 사업의 추진을 통한 세계적 수준의 분산 도시·건축 에너지 관련 기술 개발 필요 • 신산업 글로벌 표준화 전략수집 • 글로벌 표준화 기술예측 및 유관기술 개발필요 • 동남아 기술이전을 위한 건축물에너지협력체제 기반 마련	**W-T 전략** • 경제성 향상을 위한 우수기술 확보 • 경쟁력 있는 해외기관과의 국제 공동연구추진 • 취약 기술분야 중점 향상전략 수립 • 해외대비 취약한 기술표준화를 고려한 연구개발 • 전력시장 자유화를 위한 연구 개발과 함께 제도 개선안 마련

2. SWOT분석을 통한 사업 전략방향 도출

□ 수차례 전문가 기술자문을 통해 본 과제에서 제시하는 분석기술범위와 더불어 기술적·사회적 트렌드를 고려하여 추가로 고수요가 예상되는 기술을 도출함

□ 기술적 트렌드는 제4차 산업혁명의 등장과 더불어 급속하게 성장하고 있는 ICT 관련 기술들을 고려함

- 구체적으로는 빅데이터 기반의 머신러닝, 인공지능, 생성설계(generative design) 등의 기술과 이를 통해 구현이 가능해진 AR/VR, 디지털트윈(digital twin) 등의 가상현실 관련 기술임
- 이러한 제4차 산업혁명 관련 기술을 건축·도시의 에너지 최적화 및 관리 부문에 접목하여 건물-단지-지구-도시 단위에서의 계획·설계 단계에서부터 완공 후 운영·관리에 이르기까지 에너지 수요에 대한 최적의 조건으로 실시간 대응하고 효율적인 에너지 관리와 저감의 극대화가 가능함

□ 추가수요기술을 도출하는 과정에서 사회적 트렌드는 도시환경에 관한 이슈와 지속가능성을 위한 정책·제도적 기반 강화를 위한 기술·체계를 고려함

- 도시환경 이슈로는 최근 관심이 집중되고 있는 공기질, 순환형 경제, 순환형(metabolic) 인프라 구축 등에 관한 사항으로 거주환경으로서 실내·실외 공간의 쾌적성과 친환경성을 제고하기 위한 기개발 기술의 통합화·고도화를 고려
- 정책·제도적 사항으로는 기운영 중인 다양한 인증체계와의 적합성을 고려한 성능평가체계와 녹색건축기술의 개발과 적용 및 통합화를 통한 지속가능한 건강 건축·도시 조성을 위한 제도적 기반 마련을 고려함

□ 신남방국가 중 녹색건축물 조성을위한 경제적/제도적 여건이 마련된 국가를 대상으로 국내의 성숙단계에 있는 건축물 에너지효율화 제도/인증/기술이전 및 현지화를 위한 실증형 공동연구를 추진

- 양국의 전문가 참여를 유도하여 기술협력 시스템 구축하고 공동연구를 통한 정책/사업화 지원 솔루션을 도출함.
- 상대국가 녹색건축물 조성기준 확립 및 단위요소기술의 에너지효율화 품질인증 지원을 통하여 국내기술의 현지화를 추진.
- 현지기후에 최적화 된 녹색건축물을 국내기술로 구현하고 그 성능을 실증함으로써 국내 기술의 인지도 제고 및 지속적인 기술이전체계 확보



그림 170. 사업 전략방향 도출

□ 연구진의 자체적 분석 및 전문가의 기술자문을 종합하여 본 연구에서는 미래의 건물·도시의 효율적인 최적 에너지 체계 구축 및 운영·관리, 국내 기술의 해외 기술이전 활성화를 위해 다음과 같이 핵심키워드를 선정하고 각 키워드별 지향점을 정의함

표 101. 선정 핵심키워드 및 지향점 정의

연번	키워드	지향점
1	쾌적/건강 건축 (Comfort/Wellness/)	• 건축물 에너지 관리를 위해 '쾌적하고 건강한 주거환경 조성'을 지향하는 패시브 건축의 초기 도입시의 개념으로 회귀하여 에너지 저감을 목표가 아닌 기대효과로서 포괄적으로 인식
2	디지털트윈 / 가상물리시스템 (Digital Twin / CPS)	• 가상현실을 통한 모니터링 및 시뮬레이션 기반 설계로, 가상공간에서의 환경·에너지 예측 및 성능 비교를 통한 에너지 절약 성능 극대화
3	실시간 대응 (Realtime Reaction)	• ICT 기술을 활용한 IoT, Sensing 기반의 환경부하, 에너지 소비부하 실시간 모니터링 및 최적 수준으로 통합 제어 대응
4	통합 (Integration)	• 건축공정별 설계단계 통합, 건설-시공단계 통합 등 프로세스 통합
5	공간단위 (Spatial Unit)	• 세그먼트, 부위별 환경인증이 아닌 공간 단위에서의 환경·에너지 성능 인증 등 컴포넌트 중심 성능 평가
6	그린 리모델링 (Green Remodelnig)	• 기존 그린리모델링 사업의 기술 고도화, 적용 방식 현행화를 통한 도시재생, 건축 리모델링 수요 대응
7	신남방국가 기술이전 (Technology transfer for new southbound countries)	• 성숙단계의 국내 녹색건축물 조성기술의 해외 현지화를 위한 국내 제도/인증/산업기술 협력시스템 구축 및 국내기술의 건축물단위 해외실증

제2절. 사업 비전 및 목표

1. 비전 체계도



그림 171. 사업 비전 및 목표 체계도

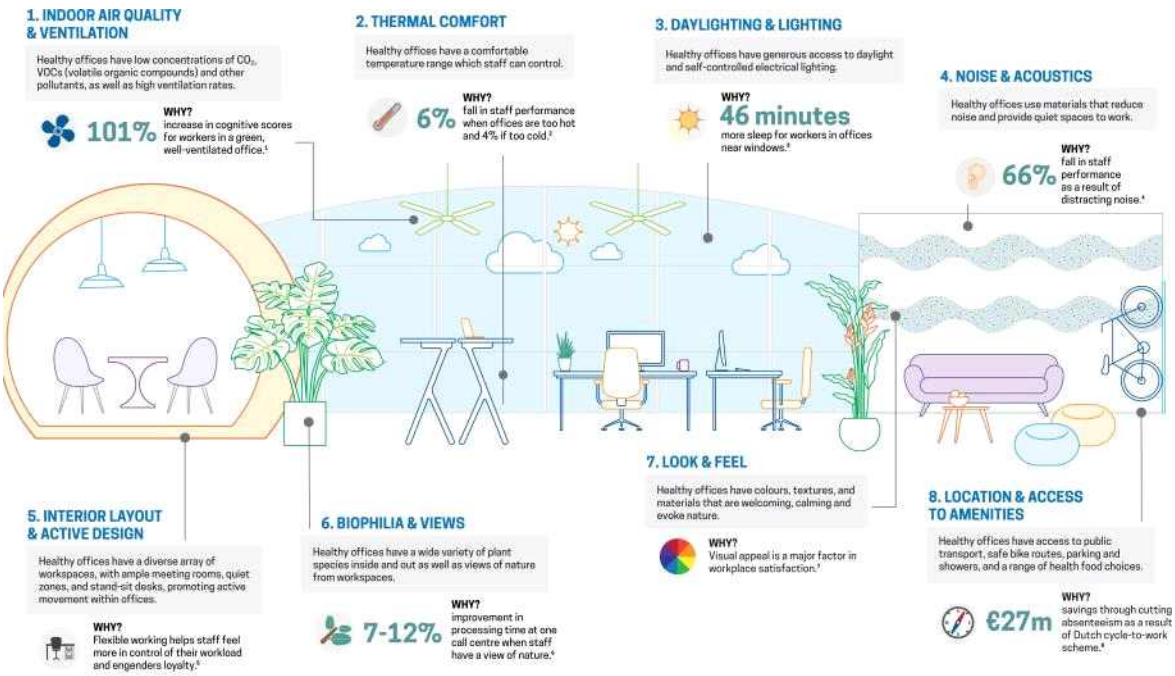


그림 172. 건강하고 친환경적인 건물을 위한 8가직 요소

□ 본 사전기획연구의 최종목표 및 미래상은 “에너지 저감형 건강 건축 및 커뮤니티 조성 통합기술 개발”로, **“기존 커뮤니티/건축물의 원천적 제로에너지 소비구조로의 전환(Transition) 및 성숙단계의 기술에 대한 해외기술이전”**에 초점을 두고자 함

- 이를 지지할 수 있는 근거는 다음과 같음
- 먼저, 현재 도시재생뉴딜 사업의 초점은 물리적 환경 및 사회적 경제 회복 부문에만 초점을 맞추고 있으므로, 도시재생 사업지구 내 거주자들의 보편적 복지수준 제고 차원에서 기존 커뮤니티 및 건축물의 에너지 수요에 대한 원천적 저감으로 포커스가 전환될 것으로 예상됨
- 2030 시기의 국내 도시 및 커뮤니티에 에너지 공유 및 생산을 위한 민간 부문의 자체적인 노력(서울특별시 내 성대골 에너지 자립마을 모형과 비슷한 노력들)이 등장할 것으로 예상되므로 이를 지원할 수 있는 다양한 기술의 개발이 필요함
- 또한, 미세먼지 저감을 위한 다양한 노력들이 요구됨에 따라 그 근원에 해당하는 국내 에너지 정책 및 도시 에너지 정책에 대한 반성이 진행될 것으로 예상되며, 에너지를 절약하면서도 건강하고 쾌적성 높은 주택에 대한 수요가 동시에 증가할 것으로 사료되므로 이에 대한 지원 기술 역시 필요하다고 사료됨
- 마지막으로, 동남아 건축시장의 새로운 패러다임으로 부상될 수 있는 녹색건축물 조성기술에 대한 선제적 대응을 통한 국내기술의 해외수출 확대 기반조성이 필요함.

□ 이러한 본 사업의 최종목표 및 미래상 달성을 위한 기술개발 수준은 기초생활권 단위(법정동 규모. 인구 1~3천여명 내외)의 커뮤니티 규모에서의 플러스 에너지 커뮤니티 최초 조성, 이를 바탕으로 한 지역생활권 단위(자치구의 1/4 규모. 인구 3~10만명 내외)에서의 에너지 Nearly Net Zero 최초 조성을 목표로 함

- 상기 최종목표 달성을 위해 세부적으로 자재·시스템 분야에서는 전체 건축물 60%의 외벽 단열성능 평균 0.2W/㎡·K 달성, 전체 60% 수준 주거용 건축물 에너지 소요량 120kwh/㎡·year 미만, 비주거용 건축물 200kwk/㎡·year 미만 달성, 신축건축물의 에너지 자립율 40% 이상 달성, 거주자 만족도 90% 이상 달성
- 설계·시공 분야에서는 ICT융복합 기술 활용 건축물 설계-시공-커미셔닝 각

단계별 성능향상 지원 기술 개발, 신 그린 리모델링 확산을 위한 성능진단 및 시공기술, 에너지 성능의 As-Design ≅ As-Built 근접화 기술개발

- 에너지 운영·최적화 분야에서는 건물 부문 온실가스 BAU 대비 37% 감축 달성, 신축/기술 건물 에너지 효율 30% 개선, 도시개발 사업 및 도시재개발/재건축 사업 시행시, 에너지 자립율 20% 달성 등을 목표로 함
- 동남아 현지기후/경제적여건을 고려한 국내 녹색건축물 조성기술 중 수출대상 우선순위를 선정하고 현지화를 위한 최적화 연구를 통하여 동남아 기후대응 및 수출형 녹색건축물 모델개발(기존 대비 40%이상 에너지절감률 실현) 및 실증을 목표로 함.

□ 본 이러한 본 사업의 최종목표 및 미래상 달성 및 기술개발 수준의 제시에도 불구하고 본 사전기획연구는 다음과 같은 한계를 지님

- 사전기획연구의 특성상 건축물 및 도시 에너지와 관련된 다양한 이슈 및 기술을 폭넓게 다룸에 따라 그 분석 수준의 상세도에는 한계가 있음을 인정하며, 이를 보완하기 위해서 본 보고서에서는 13개의 후보기술 중 6개 기술에 대해서 보다 구체적인 과제카드를 작성함으로써 이를 일부 보완하고자 노력함
- 사전기획연구의 전반적인 프로세스의 한계로 보다 인문·사회적인 측면에서의 미래상과 우리 사회의 건축 및 도시의 지향점을 제시하고 이를 실현하기 위한 기술을 도출하는 일련의 이상적인 프로세스를 거치지 못하고, 기존의 방식대로 선진국의 기술수준 및 사회상을 기준점으로 기술의 수준을 분석하고, 개발기술의 목록을 도출하는 선진국 따라잡기 식의 기술개발 과정을 채택했다는 점은 분명한 본 기획연구의 한계로 사료됨
- 마지막으로 앞선 두 번째 한계에도 불구하고, 본 사전기획연구를 수행함에 있어서 선진국의 실현된 도시 및 커뮤니티를 종합적으로 분석함으로써 어떠한 요소기술들이 통합적인 시스템을 갖추고, 그 시스템들이 유기적으로 작동하는데 어떠한 통합화 기술 및 제도적 지원들이 작동했는지에 대한 보다 심도있는 분석이 진행되지 못했다는 점은 한계임
- 특히, 마지막 한계는 본 기획연구의 결과로 통합화, 시스템화, 패키지화를 해당 보고서가 제시했음에도 이러한 관점에서의 연구가 충분히 이루어지지 못한 점은 다음의 기획연구 차원에서 분명히 보완될 필요가 있음

2. 핵심기술요소 선정 및 분류

□ 본 사전기획연구에서 글로벌 거시트렌드 및 국내외 도시/건축 에너지 분야의 정책, 기술, 시장 R&D 사업 동향 분석을 통해 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있음

- 국내 연구의 기술개발 수준은 국외 연구에 비해 상대적으로 기초연구 수준에 머물러 있으며, 연구 추진분야도 국외 선진국에 비해 다소 협소한 수준임
- 특히, 도시 기반시설 분야에 대한 에너지 네트워크 관련 연구가 미흡하며, 환경과 교통 분야의 경우 기초 연구가 대체로 진행되고 있으나 실증까지 이어지지 못하고 있는 실정임
- 건축물의 에너지 분야는 기초연구가 폭넓게 진행되었으나 실증연구까지 이어지는 경우는 드물며, 에너지 생산과 설비 부문 등 일부 연구를 제외하고 대부분 상용화·사업화 수준까지 도달한 부문은 소수에 불과함

□ 본 사전기획연구에서는 국내 현황 분석을 통해 도출한 시사점을 바탕으로 다음과 같이 핵심기술요소를 도출하였음

- 미기후·녹지 분야, 기반시설(교통外) 분야, 신재생에너지, 에너지 생산 및 저장 분야, 신재료·신공법, 의사결정 지원도구 개발 분야 등을 도출함

			연구		적용	
			국내 연구	국외 연구	국내 적용	국외 적용
도시	환경	미기후 고려 도시설계	기초	성숙	미적용	시험 적용
		CPS 기반 미기후 영향 분석	기초	성숙	미적용	시험 적용
		녹지 확보/공급, 수순환 체계 확립	발전	성숙	시험 적용	활용
		공지활용, 도농통합	-	기초	미적용	시험 적용
	기반시설	교통(토지이용-교통통합, 신교통수단)	발전	성숙	시험 적용	활용
		의사결정 지원 도구	기초	성숙	미적용	활용
		기반시설 최적 입지, 최적 네트워킹	기초	성숙	시험 적용	적극 활용
		기반시설 Retrofit	-	성숙	미적용	시험 적용
		기반시설 에너지 생산/저장 성능 추가	-	기초	미적용	시험 적용
		유지관리/순환체계	-	기초	미적용	미적용
		도시 건설	기초	성숙	시험 적용	활용
건축	생산	에너지 생산	발전	성숙	활용	활용
		신재생에너지	기초	성숙	일부 활용	적극 활용
		에너지 하베스팅	기초	발전	미적용	시험 적용
	절감	건축물 에너지 관리 및 재실자 행태 관리 /유도	기초	성숙	시험 적용	적극 활용
		건축물 설비적 운전(고효율 기계 활용)	성숙	성숙	활용	적극 활용
		건축물 신재료	기초	발전	시험 적용	활용
		특화 DB / 설계기법	-	발전	미적용	활용
		의사결정 지원 도구	기초	성숙	미적용	적극 활용
		시공 공법, 리모델링(그린 리모델링)	기초 / 일부 발전	성숙	활용	적극 활용/첨단기술 시험 중
		(녹색건축)인증	발전	성숙	활용	적극 활용
	저장	에너지 저장 / (저장을 위한)신물질	기초	발전	미적용	시험 적용
		에너지 저장 기반 에너지 거래	-	기초	미적용	시험 적용

*연구단계: 기초 → 발전 → 성숙,　　적용단계: 미적용 → 시험 적용 → 활용 → 적극 활용,　　: 제안 기술

그림 173. 건축/도시 분야 핵심 기술 수준 분석

□ 선정 키워드를 고려하여 건물·도시 에너지에 대한 기술은 하드웨어와 소프트웨어로 구분하여 분류함

- 하드웨어는 '건축물 에너지 성능향상 기술', '단지·도시 에너지 성능 향상 기술', '건축·단지·도시 웰니스(건강) 향상 기술' 등 3개로 분류함
- 소프트웨어는 '공정별 통합 계획·설계·구조·시공', '에너지 생산·분배·공유·운영 관리 및 커미셔닝', '품질 인증·평가·제도화 지원' 등 3개로 분류함

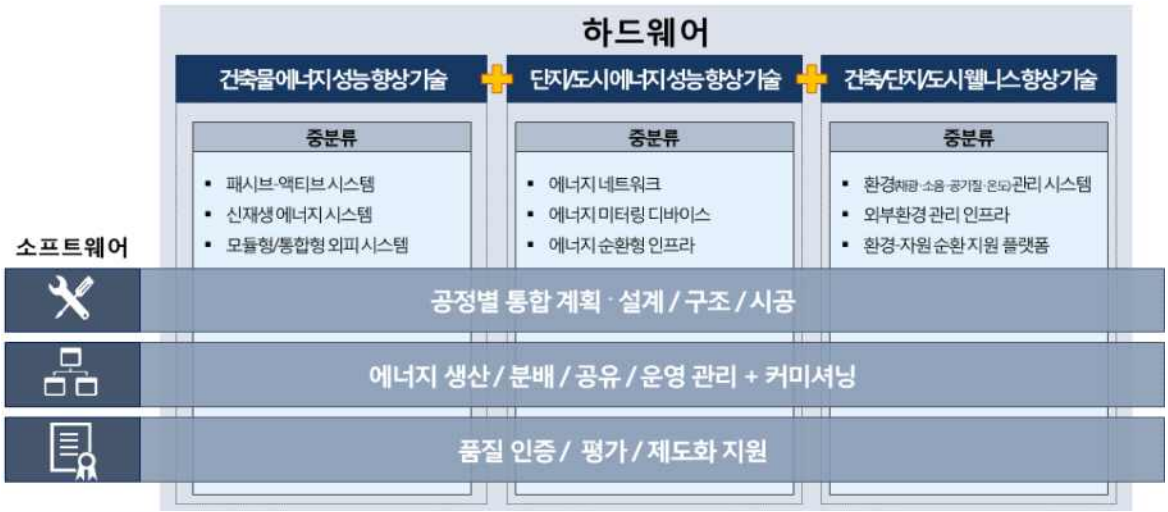


그림 174. 건축 · 도시 에너지 기술 분야

▫ 도출한 핵심기술요소에 대한 기술개발 성숙도(TRL) 목표는 다음과 같음

표 102. 기술개발 성숙도(TRL) 목표

구분		연구 착수	연구 종료	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	☐	☐	
	TRL 2	☐	☐	
실험 단계	TRL 3	☐	☐	
	TRL 4	☑	☐	
시작품 단계	TRL 5	☐	☐	
	TRL 6	☐	☐	
실용화 단계	TRL 7	☐	☐	
	TRL 8	☐	☐	
사업화 단계	TRL 9	☐	☑	

□ 각 하드웨어 및 소프트웨어 분야별 핵심기술과 기술수준은 아래 표와 같음

표 103. 하드웨어 분야별 기술 및 수준

대분류	중분류	소분류 (기술)	기술수준
1. 건축물	패시브-액티브 시스템	• 패시브 건축물 적용을 위한 불연 외벽패널 제조기술 • 공기집열식 콤팩트 이중외피시스템 및 HVAC연계기술 • 융복합(차열/채광/자연환기) 스마트창호 및 조명 연계기술 • IoT플랫폼 연계 융복합외피시스템 실증	성숙기
	신재생 에너지 시스템	• 외피 일체형 PVT 및 열원기기연계기술	성장기
	모듈형/통합형 외피 시스템	• 건축물 외피 일체형 태양광 에너지 시스템 • 건축물 Bioreactive Facade 시스템 • 투명도 80% 태양광 효율 10% 달성 발전패널 • 건축물 유형 및 에너지 수요 맞춤형 신재생에너지 간 결합 시스템 개발	성장기
2. 도시/ 커뮤니티	에너지 네트워크	• 마이크로/스마트 그리드 기술 • 에너지 생산-분배 최적화 발전시설 및 ESS 기술 • 에너지 제로 커뮤니티	성장기
	에너지 미터링 디바이스	• 무선주파수 인식장치를 사용한 추적 및 제어시스템 • 도시 단위의 CPS, Digital Twin 환경 및 환경정보 구축	도입기
	에너지 순환형 인프라	• System Thinking 기반 도시순환모델 • System Dynamics 기반 도시순환모델의 계량화 모델 • 도시순환모델 기반의 신도시 및 도시재생 사업 적용 실증	성장기
3. 건강/ 웰니스	환경(채광 · 소음 · 공기질 · 온도) 관리 시스템	• 웰니스 건축물 인증지표 기반 건축 재료 • 에너지-실내 환경 통합형 최적화 설비 시스템	도입기
	외부환경 관리 인프라	• 미세먼지, 대기오염, 온실가스 등 환경오염원 자동 제거 건축물 설비 시스템 • 환경오염원 제거 및 환경부하 저감형 통합 입면 시스템 • 에너지-환경부하 DB/Map	도입기
	환경-자원 순환 지원 플랫폼	• ReversibleDesign 기반의 해체/재활용 최적화 재료 및 구조시스템 • 모듈러 및 Prefabrication 기반의 Off-On site 생산/조립 시스템 • 건축자재환경 인증서 및 생애주기/수리이력 기반 DB	도입기

표 104. 소프트웨어 분야별 기술 및 수준

대분류	중분류	소분류 (기술)	기술수준
1. 건축 공정별 통합 시뮬레이터	통합 시뮬레이터 플랫폼	• 3D 스캐닝, 이미지 처리 기술 기반 실시간 하자 검측 시스템 • AR/VR 기술 기반 실시계획-시공단계 매칭 감리 기술 • 지구단위계획/기획설계 대응형 에너지 부하·신재생에너지 생산량 시뮬레이터 • 기본설계 대응형 건물 에너지 부하·소비와 최적 운전·신재생에너지 생산 시뮬레이터 • 실시설계 대응형 모듈 단위 유지·관리시 부하·하자·열교 지점 시뮬레이터	도입기
	지능형 시뮬레이터	• Generative Design 기반 설계지원 기술 • Machine Learning, Deep Learning을 위한 AI 활성화 기술(DB 구축 포함) • 설계자 및 관리자를 위한 Generative Design과 AI 결합 엔진 • Generative Design과 AI 결합 의사결정 지원 모듈 및 에너지 시뮬레이터 연계 시스템	성장기
	3D · 디지털 트윈 기반 기술	• 3D 스캐닝 기반의 건축물 Envelope 재설계 기술 • 디지털 트윈 기반의 건축물 Envelope의 성능 확인-설계 교차기술 • 3D 프린팅 기반의 건축물 입면 off-site 시공 기술 및 on-site 조립기술 • CPS, Digital Twin 환경을 기반 시뮬레이터 연계기술 및 표준	도입기
2. 인증/ 평가 지원	품질 인증 지원	• 한국형 웰니스 건축물 인증제도 • 건축 생활공간 중심의 통합형 환경 및 품질성능 시험 및 인증제도	도입기
	평가 · 제도화 지원	• 건축물 에너지 관리 지원을 위한 법제도 개선 및 비즈니스 모델 • 회전/가변형 건물에너지 요소부품 및 시스템 시험평가 기반 • 글로벌기후대응 수출지원형 건물에너지 요소부품 및 시스템 평가기반 • 제로에너지빌딩 품질인증 시험평가 표준 • 에너지 커미셔닝 활성화를 위한 인력양성 로드맵 및 시범사업 • Living Lab 개념의 에너지 모니터링 및 공유 커뮤니티 운영 관련 법제도 개선	성장기
	운영 · 관리 지원	• 수요부하대응 BEMS-ESS 연계기술 및 운용안전성 표준 • 저에너지 소비형 건축물 지원 센터 설립체계 개발 및 운영 실증 • 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 강소 중소기업 육성 법제도 및 지원체계 • 신그린 리모델링 산업생태계 조성 및 지원을 위한 오픈 플랫폼 개발 및 실증	성장기
3. 에너지 운영 관리 및 커미셔닝	에너지 생산/분배 관리	• 건축물 에너지 관리 지원형 종합플랫폼 • BIM 기반 건축물 에너지 관리 지원을 위한 DB 구축 • 에너지 생산-분배 최적화 발전시설 및 ESS 기술입지 산출기술 • 에너지 공급효율 최적화 도시공간 계획·설계 기술	도입기
	에너지 수요 예측	• 에너지 효율성 및 쾌적함 유지를 위한 지능형 에이전트 시스템 • 건축물 단위(실내 중심)의 CPS, Digital Twin 환경 구축 엔진 • 마이크로/스마트 그리드 기반 에너지 생산-소비 모니터링 시스템 • 에너지 수요량 및 생산량 예측 및 최적화 시뮬레이션 기술 • 에너지 사용정보 통합 수집·관리·진단 및 공간정보화 맵핑 시스템	도입기
	에너지 공유	• 에너지 공유 및 에너지 거래 활성화를 위한 블록체인 기술 기반 마켓 운영 • Living Lab 개념의 에너지 모니터링 및 공유 커뮤니티 운영	도입기
	에너지 커미셔닝	• 에너지 커미셔닝 지원 시뮬레이터 • 건축물 유형별 공간단위 에너지환경성능 기준 및 부위별 성능기준 • 건축물 유형별 접합부 열교차단 부자재 및 시방 • 외피시스템 모듈화를 위한 공급자 협업지원 플랫폼 구축 및 실증 • 공간단위 통합운용 보급형 IoT 플랫폼 • 실시간 부하대응형 태양열+지열 하이브리드 열원시스템	성장기
	재활용 · 재사용	• 공기 재순환 및 고효율 필터링 결합형 재환기 시스템 • 건축물 폐자재 재활용 성능 향상을 위한 설계, 구조, 시공기법 • 도시순환모델 실현을 위한 요소기술 및 인프라 전환 요소기술	성장기

3. 연구개발과제의 구성 및 연계관계

□ 본 사전기획연구에서 도출한 핵심기술요소와 미래 도시/건축 분야의 트렌드를 고려하여 후보기술분야의 관계를 다음과 같이 설정함

- 4차 산업혁명의 등장에 따라 점차 중요도가 높아지는 ICT 분야와의 융·복합으로 디지털트윈(digital twin) 개념을 도입하여 현실에서의 도시/건축 부문 에너지 현황을 가상세계로 복제·동기화 한 후 시뮬레이션 분석 및 테스트를 통해 최적의 에너지 소비방식(체계)를 도출하여 이를 현실세계로 이행해가는 방식임
- 각 핵심기술요소는 건축물 단위에서 도시단위에 이르는 전 공간적 범위를 대상으로 하며, 계획, 설계, 시공, 운영 등 건축/도시를 조성하기 위한 행위 전주기를 대상으로 각 단계별로 최적화 시뮬레이터를 통해 의사결정을 지원하는 기술을 포함하고 있음

-

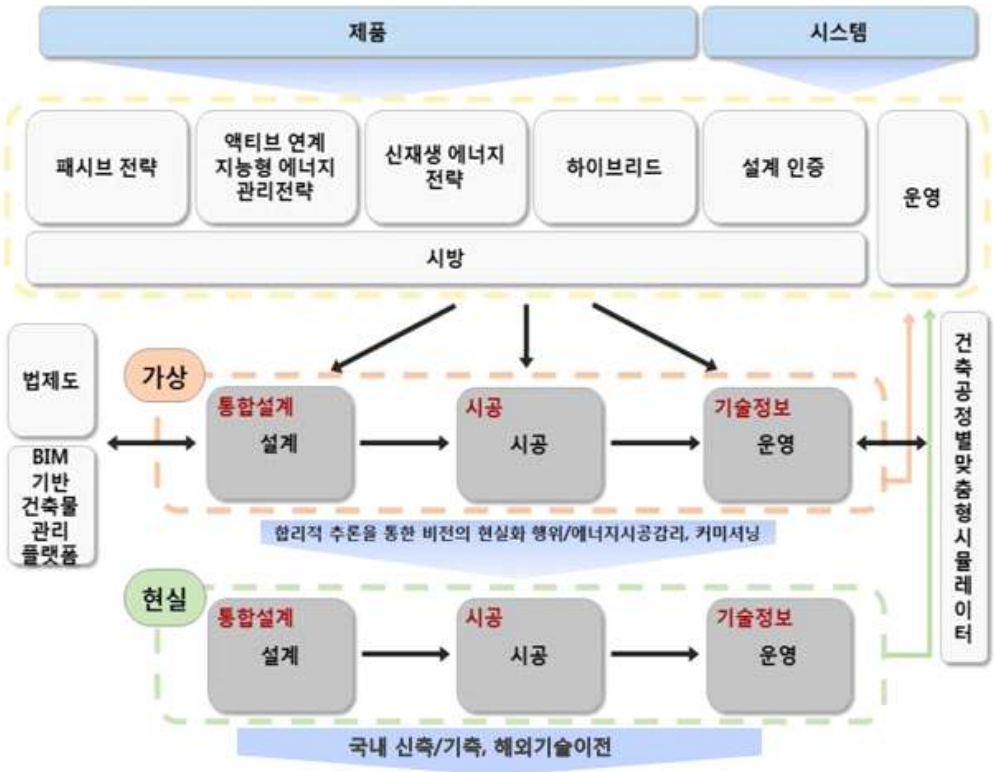


그림 175. 제로에너지 기반 녹색건축 목표달성 전략 다이어그램

□ 본 사전기획연구에서 도출한 연구개발 후보과제는 다음과 같음

- 각 후보과제는 3개의 세부로 분류되며, 각 세부는 3~5개의 세세부과제로 구성
- 3개의 세부와 12개의 세세부로 구성된 후보과제는 최종 도출성과물의 성격에 따라 상호 지원 및 고도화를 통해 유기적으로 연계됨

표 105. 각 세부별 후보과제

번호	후보과제명
[건축물 자재·시스템 분야] **(1세부) 에너지 저감형 웰니스 건축물 인증 및 통합형 자재 · 외피시스템 기술개발**	
①	스마트 제어형 통합 시스템 외피
②	건축물 부하대응 하이브리드 패시브-액티브 시스템
③	웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료
④	건축물 재료의 재활용·재사용 기반 건축 전단계 개선 기술
⑤	동남아 기후대응 및 해외수출형 녹색건축물 조성기술 개발 및 실증
[건축 설계·시공 분야] **(2세부) 건축공정별 맞춤형 시뮬레이터 및 지능형 최적설계·시공 기술개발**	
⑥	CPS 기반 에너지-환경 성능 모니터링 및 예측 지원 기술
⑦	BIM기반 건축공정별 통합형/맞춤형/지능형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼
⑧	스마트 입면 Retrofitting 설계·시공 기술
[에너지 운영·최적화 분야] **(3세부) 커뮤니티 에너지 운영 최적화 및 순환형 인프라 조성 기술개발**	
⑨	커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원
⑩	커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화
⑪	커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강-환경-에너지 순환형/통합형 인프라 개발 및 실증
⑫	제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축
⑬	광역-기초 건축물 에너지 지원센터 운영 기반의 신그린리모델링 실현 지원기술

□ 각 세부별 세세부 후보과제 중 통합적 관점에서 개발이 이루어지는 후보과제의 경우 한 단계 더 세밀한 수준의 요소기술들을 제시하여 개발기술의 전체적인 기술구성체계를 보완하는 것이 필요함

- 기술적 측면에서 지침·기반이 되는 요소기술로서의 중요도와 타 후보과제와의 연계성이 높은 후보과제인 ‘웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료’, ‘CPS 기반 에너지-환경 성능 모니터링 및 예측 지원 기술’, ‘BIM기반 건축공정별 통합형/맞춤형/지능형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼’의 요소기술을 제시함
- 또한, 개발기술의 적용·확산을 위한 운용적 측면에서 ‘제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축’, ‘광역-기초 건축물 에너지 지원센터 운영 기반의 신그린리모델링 실현 지원기술’의 요소기술을 제시함

- 각 세부 및 세세부 과제 성과물 간 연계 구성도는 아래와 같음

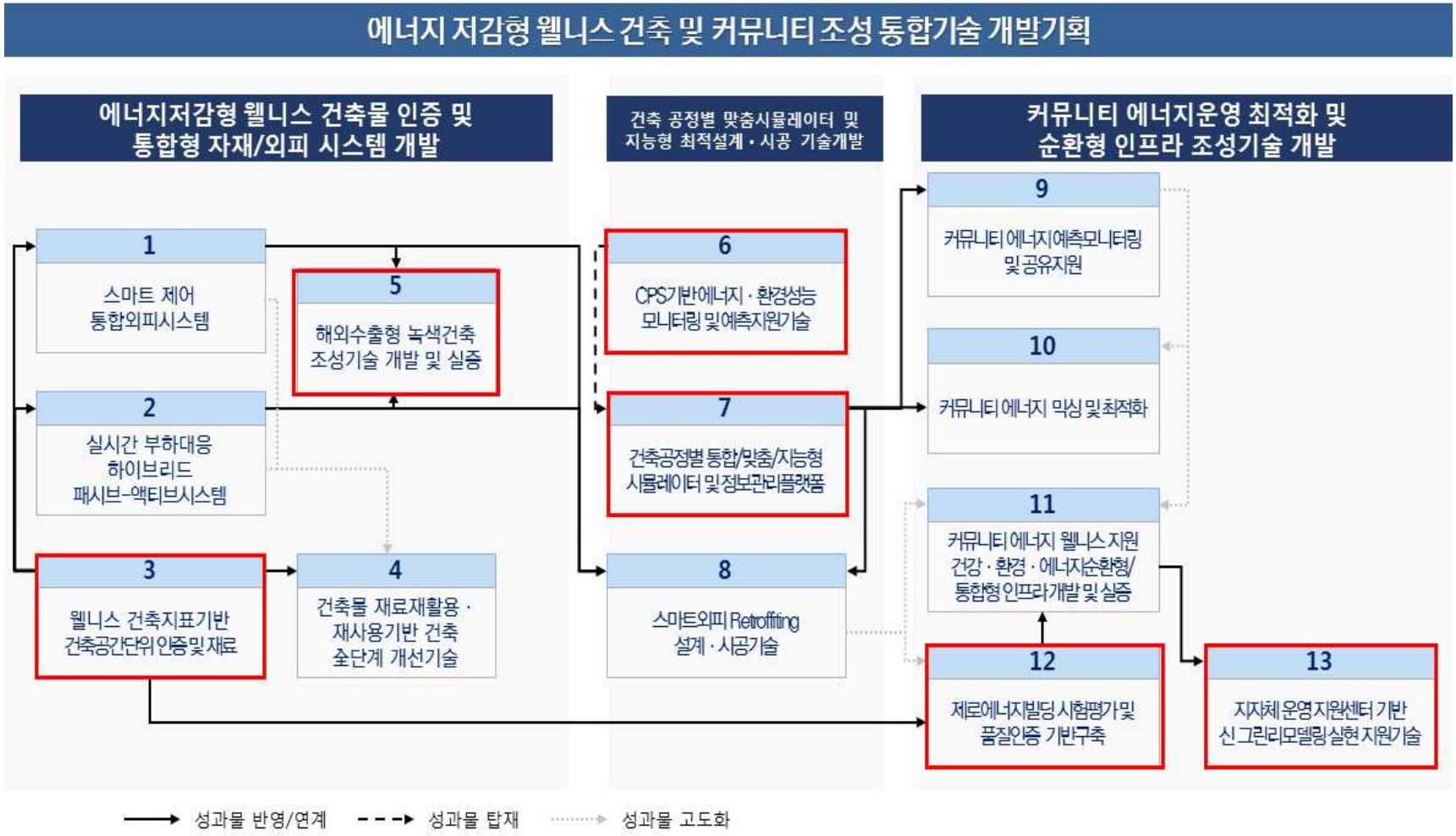


그림 176. 세부 및 세세부 과제성과물 간 연계구성도



그림 177. 세부 및 세세부 과제성과물 연계 구성도

제6장. 중점 기술개발 내용

제1절. 중점기술별 상세내용

<table>
<tr><td>1. 기술 명</td><td colspan="3">1. 스마트 제어형 통합시스템 외피</td></tr>
<tr><td>2. 기술개발 필요성</td><td colspan="3">▪ 제로에너지빌딩 구축 단계에서 성능이 검증된 외산을 선호하며, 국산의 경우 높은 가격으로 인한 적용 한계점 존재로 경제성이 함께 고려된 패시브 시스템의 도입이 요구됨
▪ 모듈형 외피는 건축물 에너지 성능을 대변하는 기본요소로서 건축 현장에서 시공성, 경제성, 친환경성을 효과적으로 고려할 수 있음
▪ 국내 시행규정 및 규칙에 만족하는 수준을 넘어 선진국 및 패시브 하우스 기준에 부합하는 연구개발이 진행될 경우 세계 녹색 건축시장에서 선도적 역할 수행이 가능할 것으로 판단
▪ 고효율 외피는 제로에너지 빌딩 구현을 위한 필수적 요소이나 외부 환경조건 변화에 대응할 수 없다는 단점을 가지고 있음
▪ 외피 시스템의 동적 제어 능력은 실내.외 환경변수에 따라 재실자가 요구하는 실내환경을 비교적 유연한 대응 가능
▪ 동적 외피 시스템이 공조, 조명 등 기타 시스템과 연동 운영될 경우 추가적인 건물에너지 절감이 가능함</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. 국내외 관련기술 현황</td></tr>
<tr><td>국외</td><td>▪ 실내.외 환경 변화에 따라 외피의 상태를 변화시킴으로써 건물에너지 절감 유도
- 전기변색 창호의 경우 온도, 습도, 조도 등 다양한 변수를 기반으로 SHGC 변형을 통해 실내 부하 저감
- 개발된 제품의 성능평가는 테스트배드 적용을 통한 실증 평가가 주를 이룸
▪ 인공지능을 활용한 예측제어 시스템 또는 데이터 신뢰성 확보를 위한 모듈 개발 등의 연구 진행
▪ 개구부에 대한 블라인드나 이중외피 시스템 적용을 통한 외피의 동적 제어 능력 강화</td><td>국내</td><td>▪ 건축물의 패시브적 요소의 성능향상을 위해 각 부재에 대한 단열특성 강화와 관련된 연구가 진행되고 있음
▪ 부재의 축열량을 저감할 수 있는 방안으로 옥상 또는 벽면 녹화 시스템에 관한 연구가 일부 진행 중
▪ 개발 제품의 에너지 성능뿐만 아니라 시공성 및 경제성을 고려하여 연구 진행
▪ 기존 모듈 시스템을 기반으로 단열 소재 또는 신소재를 결합한 통합 모듈 개발에 관한 연구 일부 진행</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 목표</td><td colspan="3">▪ 저비용 고효율 제로에너지빌딩 구현 및 보급 확산을 위한 비용절감형 건축 자재의 에너지 성능 고도화
▪ 대상 건축물이 갖는 특성 및 인접 환경특성을 고려한 시공성, 경제성, 친환경성을 모두 갖춘 맞춤형 통합시스템 개발
▪ 지역 및 방위 또는 거주형태에 영향을 받지 않고 대상 건축물의 환경특성에 따라 최소 건물에너지 소비량을 유도하고 거주자의 쾌적성을 조성할 수 있는 지능형 외피 개발</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 내용</td><td colspan="3">▪ 기존 고효율 건축 자재 대비 저비용.고성능 건축외피 개발
- 고단열 외피기술, 고성능 창호 시스템, 외부 차양시스템 등
▪ 제로에너지빌딩 건축 단계에서 국내 제품 보급 확산을 위해 외산 제품과의 에너지 성능 및 경제성에 대한 비교분석이 가능한 인벤토리 구축
▪ 개발 모듈 시스템에 대한 내부 성능평가 및 LCC 분석을 통해 시공성,</td></tr>
</table>

	경제성, 친환경성 검증 ▪ 대상 건축물의 주변 환경조건에 대응이 가능한 외피 시스템 개발 ▪ 에너지소비기기와 연동된 동적 제어 외피 시스템 개발을 통한 추가적인 건물에너지 절감효과 확보 ▪ 시뮬레이션 결과 또는 과거 실측 데이터를 통해 학습된 인공지능 모델을 기반으로 연동 시스템(동적 외피, 공조, 조명 등)의 최적 운영 방안 수립

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	제로에너지빌딩 구현을 위한 건축물 유형별 공간단위 에너지.환경성능 기준 및 부위별 성능기준 정립	4	50
2	건축물 유형별 접합부 열교차단 부자재 및 시방 정립	4	50
3	패시브 건축물 적용을 위한 불연 외벽패널 제조기술 개발	5	70
4	외피시스템 모듈화를 위한 공급자 협업지원 플랫폼 구축 및 실증	5	70
5	공기집열식 콤팩트 이중외피시스템 및 HVAC연계기술개발	4	50
6	융복합(차열/채광/자연환기) 스마트창호 및 조명 연계기술개발	4	60
7	공간단위 통합운용 보급형 IoT 플랫폼 개발	4	40
8	IoT플랫폼 연계 융복합 외피시스템 실증	4	40

1. 기술 명	2. 건축물 부하대응 하이브리드 패시브-액티브 시스템
2. 기술개발 필요성	▪ 액티브 냉난방 시스템의 효율 에너지원을 다양화하고 운영효율을 높이는 연구 필요 ▪ 건축물 내 다양한 신재생에너지원의 개별적 설치로 저장 및 운전 등의 과정에서 설치 효율 저하 문제 ▪ 건축물 계획과 신재생에너지 적용의 불일치성 광범위하게 존재 - 건축물 계획 상의 주요 고려사항과 신재생에너지 적용 상의 주요 고려사항 및 시기적 불일치에 의해 건축물에 신재생에너지 적용시 에로사항 존재

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 사용자의 쾌적과 편의성 향상(거주후평가) ▪ 데이터베이스 구축 및 운영 최적화 기술 ▪ 미국 DOE Building Technology Office 'Building America': 비용과 효과 검증된 기술을 적용하기 위한 법과 표준 개발 ▪ 미국 BuildingIQ - 전력계, 온도계, HVAC 센서 수집 정보, 날씨, 요금제 등 데이터 플랫품 구축 (상용화단계) ▪ 유럽 Horizon 2020 - Nearly Zero-Energy Buildings: 설계성능과 운전성능 차이를 해결 - Deep Renovation: 산업화된 리모델링 기술개발, BIM 플랫폼 개발 - Smart Building: 데이터 베이스와 센서, 시스템 연결 제어하여 운영효율 최적화 ▪ 싱가포르 BCA 'Super Low Energy Building Technology Roadmap' - 2030 EEI(Energy Efficiency index) 50kWh/m2a 달성 목표 - Smart Energy Management System: IoT 적용 및 실증, 실내환경 모니터링 및 제어, 빅데이터분석 및 인공지능, 데이터 관리 플랫폼 구축, 거주자 맞춤형 솔루션 제공, 혁신적 부하 저감 시스템	국내	(국토부) ZEB 개발 및 실증 R&D추진 (산업부) 냉난방, 공기순환장치 등 액티브 기술 및 신재생에너지 연동 시스템 개발 ▪ 액티브 시스템간 융복합 및 효율 개선 ▪ 에너지 자립화 모델 개발(IoT, 신재생에너지 연계) ▪ 신재생에너지, 폐열, 지역난방 활용한 액티브 시스템 개발 및 인증 ▪ 실증주택에 액티브 냉난방 기술 및 신재생 요소기술 적용하여 통합설계 및 에너지평가 (기타) ▪ 건축물의 매스와 배치, 외피와 입면 디자인, 평면과 단면 디자인에서 환경성능을 고려한 디자인 방법론 개발 ▪ 건축물의 기존 재료와 신재생에너지 기술 간의 접목 - 창문에 부착할 수 있는 실리콘 형태의 투명 태양광발전기 ▪ 소수의 건축물들에 한해 에너지 커미셔닝 운영 중

4. 기술개발 목표	▪ 친환경 액티브 시스템 상용화/ 실내환경 최적화/ 리모델링 지원 액티브 기술 개발/ 액티브 시스템 운영 최적화 ▪ 다양한 요소들의 결합을 통해 에너지 절감효과 창출.
5. 기술개발 내용	▪ 건축물의 기존 재료와 신재생에너지 기술 간의 접목을 통한 냉방에너지 절감. ▪ 친환경 액티브 시스템 상용화 방안으로 저비용 고효율 시스템 기술 개발 및 Off-Site 평가기술 개발 ▪ 실내환경 및 에너지 저감 시스템 통합제어 개발 및 상용화 ▪ 노후 건축물 리모델링 친환경 액티브 기술 및 상용화 방안 ▪ 데이터 베이스 구축, 인력양성, 법제도 정비 등을 통한 지원 활성화

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	외피 일체형 PVT 및 열원기기 연계기술개발	4	50
2	실시간 부하대응이 가능한 태양열+지열_하이브리드 열원시스템 개발	4	50
3	수요부하대응 BEMS-ESS 연계기술 및 운용안전성 표준 개발	5	70
4	하이브리드 액티브시스템 실증	5	85

1. 기술 명	3. 웰니스 건축 지표 기반 건축 공간 단위 인증 및 재료
2. 기술개발 필요성	▪ 생활질병의 증가로 인해 건축물 실내 공간에서의 건강성능 및 쾌적성에 대한 요구 증가 - 건축물 재료에 대한 건강성 평가 및 신축 건물에 대한 건강성능 관리 요구가 증가되었으나 이에 대한 충분한 인증 및 모니터링 기준 미비 - 새집증후군, 미세먼지, 아토피 등 생활질병의 증가

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 건축물 재료의 다양한 환경적 성능 표기 및 환경적으로 우수한 재료 및 실내환경 관리 - 건축물 재료의 다양한 환경적 인벤토리 표기 및 건축물 재료의 환경적 성능 인증 및 표준 개발·운용 - Ultra Low VOC, 재환기 시스템 내 Carbon 및 UV 산란 필터 등 활용 등 다양한 재료, 환기시스템 등 개발 ▪ 건축물 내 건강성능 평가 지표 및 인증체계 운영 - WELL Building Standard인 "WELL" 개발 및 운영 - LEED, BREEAM, LBC(Living Building Challenge) 등의 인증시스템들 역시 건강성능과 관련된 다양한 지표 운영 ▪ 건축자재의 환경 및 품질인증을 위한 제도 개발 중 - EU를 중심으로 건축자재의 원재료, 초기 생산자, 환경 및 품질 성능을 한번에 파악할 수 있는 품질DB 구축 실험 중	국내	▪ 건축물 내 환경성능 제고를 위한 환기를 중심으로 한 액티브 시스템 발전 - 환기 성능을 제고하기 위한 다양한 기계설비 제품 등장 - 미세먼지, 아토피, 새집증후군 제거를 위한 독성물질 제거 기술 및 사업화 진행 중 ▪ 건축자재의 부위별로, 인증주체별로 별도의 다양한 인증체계 운영 - 환경부 '환경표지인증', 한국공기청정협회의 친환경 건축자재 인증 'HB마크' 등 - 건축자재 환경인증은 창호, 바닥재 중심이며 다른 부위의 자재들의 인증건수는 감소세 ▪ 대부분의 건축자재 환경 및 품질인증은 최종 성능인증 중심 - 단위 생활공간 중심의 성능인증 보다는 자재 및 부위 중심의 품질, 환경인증이 주를 이룸

4. 기술개발 목표	▪ 건강한 건축물 인증제도 개발 및 이를 기반으로 한 건축 재료 개발, 에너지 효율적이며 건강한 건축물 조성을 위한 기반기술 개발
5. 기술개발 내용	▪ 건강한 건축물 인증제도 개발 ▪ 건강한 건축물 인증제도 성능 기반의 건축 재료 및 기반기술 개발 ▪ 에너지 효율성을 잃지 않으며 건강한 실내환경 유지 가능한 기반기술 개발 ▪ 건축자재의 원재료, 생산장소, 다양한 환경성능, 품질성능 등을 담은 인증서 또는 DB구축 ▪ 건축 생활공간 중심의 통합형 환경 및 품질성능 시험 및 인증제도 개발

6. TRL단계

	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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	한국형 건축 생활공간 중심의 환경 및 품질성능 시험 및 건축물 인증제도 개발	5	65
2	건강한 건축물 인증제도 기반의 건축 재료 개발 및 DB 구축	5	50
3	공기 재순환 및 고효율 필터링 결합형 재환기 시스템 개발	4	20

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">3-1. 한국형 건축 생활공간 중심의 환경 및 품질성능 시험 및 건축물 인증제도 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">환경오염에 대한 관심이 지속되어왔으며 그 원인으로는 에너지 소비량이 큰 부분을 차지하고 있음. 건물 및 건축자재 등 건물분야의 총 에너지 소비량이 큰 부분을 차지하고 있어 건물부문의 효율적인 에너지 사용을 위한 제도들이 다양하게 생겨남</td></tr>
<tr><td colspan="7">현재 국내의 친황경 인증제도 및 건축물 관련 다양한 인증제도들이 존재하고 있지만 기술적인 요소 평가에 집중되어있어 재실자의 쾌적성에 대한 항목이 다소 결여됨. 한국의 기후 등 환경적 특성을 고려한 생활공간 중심의 인증제도의 개발 및 기존 제도들과의 통합이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">계획, 설계, 설비 등의 물리적 평가항목과 함께 주변 환경과의 연계성 및 편의성, 쾌적성 등을 고려한 건축자재 및 건축물 인증제도의 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">건축물의 기술적 평가에 대한 구체적인 기존 인증제도와 심리적 영향 등을 고려하여 생활 공간 중심의 평가요소의 결합을 통해 시너지효과 창출</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">기존의 친환경 건축물 인증제도들은 신축 및 개별 기술·성능 평가에 집중되어 있어 재실자를 고려한 전주기에 걸친 평가가 미흡하여 쾌적성등의 심리적 요소를 고려한 통합적 평가기준 및 인증제도가 필요함</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 한국형 건강건축 환경·품질 성능지수 및 평가지표 개발
- 한국형 건강건축 인증모델 개발
- 한국형 건강건축 중앙-지자체 연계 운영모델 개발
- 한국형 건강건축 법·제도 및 정책모델 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">건강건축물인증은 친환경건축물인증, 제로에너지건축물인증, 건축물에너지효율등급인증 등 건축물 차원에서 시행되는 인증제도로서 중앙-지자체의 유기적인 연계를 통한 전국적 활성화를 위해 국토부 차원의 법·제도적 지원이 필수적이며, 이를 위한 성능지수 및 평가지표의 표준화 개발 등을 위해 정부의 지원이 필수적임</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 건축, 시공, 보건안전(질병), IT 기술 등 다분야 간 유기적인 협조체계 구축
- 유관 분야 산학연 협력에 의한 전문가 네트워크 구축
- 개발기술의 성능검증, 기운영 제도간 상충여부 검토 등 실제 운용을 위한 실증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 한국형 건강건축 인증 및 운영모델
- 한국형 건강건축 시행 근거법·제도(안)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">건축물의 건강한 생활환경 조성을 위해 국가적 차원에서 환경 및 품질성능 평가 및 인증에 활용하고, 민간 차원에서 건축물 설계 및 시공 시 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>750</td><td>1,125</td><td>1,125</td><td>1,125</td><td>750</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>250</td><td>375</td><td>375</td><td>375</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,875</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,625</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,500</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">39 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">-한국형 기후에 최적화하여 재실자의 쾌적도를 고려한 인증제도를 통한 실내 환경 만족도의 상승을 기대할 수 있음
-심리적, 물리적 요소에 대한 통합적 평가를 통해 인증제도의 난립으로 인한 건축 비용 부담의 절감 효과를 기대할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">3-2. 건강한 건축물 인증제도 기반의 건축 재료 개발 및 DB 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">건강에 대한 관심은 꾸준히 증가해왔으며 미세먼지 등의 환경 변화로 인한 실내 공간에서의 건강 성능 및 쾌적성에 대한 요구 또한 증가함</td></tr>
<tr><td colspan="6">현재 건축 재료의 개발은 공간단위가 아닌 개별단위로 진행되어있으며 전주기에 걸친 DB관리 미비 및 플랫폼의 부재로 통합적 품질관리가 어려운 상황임</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">건강한 건축물 인증제도를 기반으로 건축자재들을 개발하며 설계·시공과정에 활용할 수 있도록 DB를 구축하여 열람 가능한 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">현재 건축물 인증제도를 기반으로 개발된 개별단위 자재들의 정보 열람이 가능한 플랫폼과 연계를 통해 실용성 및 활용범위 증대</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">건축 자재의 실험 결과값에 초점을 맞춘 평가방식이 아닌 재실자의 건강 및 환경을 고려한 인증제도 기반의 건축물 재료들이 개발되어야하며 자재들의 DB를 구축해 열람뿐만이 아닌 건축물 전주기로 활용도를 높여야 함</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">- 건강건축물 재료·자재 생산 및 공법 개발
- 건강건축물 재료·자재 품질인증 및 보급모델 개발
- 건강건축 환경·품질 데이터 통합시스템 및 운영체계 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">건강건축물 관련 각종 정보구축을 위해 중앙정부의 지침에 근거하여 지자체와 민간의 협력을 통해 DB품질을 고도화함으로써 건강건축물의 품질인증을 추진하는 것이 바람직하며, 건축물 자재·재료를 생산하고 시공하기 위한 표준화된 최소품질기준 및 공법 개발에 정부의 지원이 필수적임</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="6">- 건축, 시공, 보건안전(질병), IT 기술 등 다분야 간 유기적인 협조체계 구축
- 유관 분야 산학연 협력에 의한 전문가 네트워크 구축
- 개발기술의 성능검증, 기운영 품질·성능 기준간 상충여부 검토 등 실제 운용을 위한 실증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">- 건강건축을 위한 건축물 재료·자재 최소성능기준
- 건축물 재료·자재 공법 및 보급모델
- 건강건축 환경·품질 데이터 통합시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">건축물에 사용되는 재료의 품질 확보를 위해 재료공정 및 성능수준 설정에 활용하고, 중·장기적 차원에서 건축자재·재료의 품질관리체계 기반으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>600</td><td>825</td><td>900</td><td>825</td><td>600</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>275</td><td>300</td><td>275</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>800</td><td>1,100</td><td>1,200</td><td>1,100</td><td>800</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,750</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,250</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">30 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">- 통합형 DB 플랫폼의 활용 범위를 건축물 관리 단계까지 확장하여 시뮬레이션 등에 적용 가능함
- 고품질 DB를 통한 관리로 환경 및 자재의 품질 고도화 및 재활용·재사용 시 자재의 활용도 제고 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">3-3. 공기 재순환 및 고효율 필터링 결합형 재환기 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">미세먼지 증가와 같은 환경 문제와 건강에 대한 관심 고조로 쾌적한 공기질에 대한 관심 및 요구가 증가하였으며 다양한 공기질 개선 관련 기술력의 고도화가 진행중임</td></tr>
<tr><td colspan="7">실내 공기질 관리와 더불어 에너지 성능에 대한 통합적 관리 기술의 부재로 설비 시스템의 성능효율 저하, 건물 운영비 부담 증가 등이 발생하고 있음</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">통합형 공기질 관리시스템을 통한 쾌적한 에너지 고효율 실내 공간 조성 및 기존 시스템과의 시너지 효과 창출을 목표로 함</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">개발이 진행되어있는 공기청정기, 공기순환기 등의 공기질 개선 기술과 건축 설비 자재 및 기술의 연계를 통해 효율적인 청정환기 시스템 개발 가능</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">공기질 개선에 대한 관심이 지속되고있어 실내공간의 환기성능을 중심으로 기술수요가 클 것으로 예상되며 현재 개발이 상당히 진행되었으나 다른 시스템과의 연계성 미흡으로 인한 성능저하가 나타나고 있어 통합제어시스템 구축이 필요함</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 건축물 실내공간 건강·환경 저해물질 감측 통합기술 개발
- 에너지 절감형 공기질 청정 필터링 기술 개발
- 홈/빌딩/공공시설물 통합 공기질 관리시스템 개발
- 지능형 외기순환 시스템 및 제어기술 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">현재 정부에서 추진하고 있는 미세먼지 저감 대책의 일환으로 생활공간 단위인 건축물에서 이용자들의 건강 안전문제를 해결하기 위한 기반기술에 해당되며, 국민건강의 복지적 차원에서 미세먼지, 환경호르몬 등 사회적 문제를 해결하기 위한 방안으로써 건축물 생활공간의 실시간 공기질 관리 및 운영제어 기술개발에 정부의 지원이 필수적임</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 건축, 시공, 환경, 보건안전(질병), IT 기술 등 다분야 간 유기적인 협조체계 구축
- 유관 분야 산학연 협력에 의한 전문가 네트워크 구축
- 개발기술의 테스트베드 등 실제 적용을 통한 관리효과 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 친건강 청정환경 조성 생활공간모델
- 실내공간 공기질 환기시스템 및 운영체계</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">건축물 계획/설계/시공/운영자 및 설비/시스템 제조·공급자 등이 제품성능 및 공기질 제어계획 수립 시 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>225</td><td>450</td><td>450</td><td>375</td><td>-</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>75</td><td>150</td><td>150</td><td>125</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>600</td><td>500</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,500</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">-난방효율, 공기 정화 효율 개선을 통한 에너지 효율 고도화
-실내의 공기질 개선을 통한 쾌적성 및 공간 만족도 재고
-기술의 통합으로 실내 공기질 관리 시스템 개선</td></tr>
</table>

1. 기술 명	4. 건축물 재료의 재활용·재사용 기반 건축 전단계 개선 기술
2. 기술개발 필요성	▪ 건축물은 대규모 자원이 투입되는 사회적 자본임에도 대부분의 폐자재들이 충분히 재활용되지 못하고 있음 - 건축물 폐자재 재활용, 재순환 기술이 고도로 발전하고 있으나 비용효율적이지 못해서 광범위하게 적용되지 못하고 있음 - 건설산업의 LCA(Life Cycle Assessment) 필요성 및 기술 발전이 이루어지고, 건축자재의 환경유해 및 품질관리 인증제도가 운영되고 있음에도 행안부 조사에 건축자재 품질관리가 생산, 시험, 시공, 감독, 인허가 등 전 과정에 걸쳐 부실한 것으로 밝혀진 바 있음

3. 국내외 관련기술 현황			
국외	▪ 건축자재의 재활용 성능 향상을 위한 초기설계단계에서부터의 혁신적 기술 개발 및 Pilot Project 운영 - EU를 중심으로 건축자재의 재활용 성능을 원천적으로 높이기 위한 Reversible Building Design 개념 등이 실험 중	국내	

4. 기술개발 목표	▪ 건축물 자재의 재활용 성능의 원천적 향상 및 환경·품질 제고를 위한 통합형 DB 시스템 및 성능인증제도 개발
5. 기술개발 내용	▪ 건축물 폐자재 재활용 성능 향상을 위한 설계, 구조, 시공기법 개발

6. TRL단계

	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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	건축물 폐자재 재활용 성능 향상을 위한 설계, 구조, 시공기법 개발	5	100

1. 기술 명	5. 동남아 기후대응 및 해외수출형 녹색건축물 조성기술 개발 및 실증
2. 기술개발 필요성	▪ 신남방지역의 건설시장은 아시아 건설시장의 약 19.4%를 차지하고 있으며 경제성장과 함께 30년까지 25%로 확대 예상 - '2017~'22 연평균 건설시장 성장률 약 8.3%을 기록할 것으로 예상 - 특히, 베트남은 경제성장, 국민소득, 에너지소비구조를 고려할 때녹색건축물의 수요가 점진적으로 증가하고 있으며, 에너지절약 및 환경개선 도시구조 개혁을 위한 정책적 접근이 태동하고 있음. - 에너지절약형 녹색건축물 조성기술의 현지화 전략(제도/인증/기술이전)수립을 통한 국내 건축관련 중소기업의 해외 판로 확보가 필요함.

3. 국내외 관련기술 현황			
국외	▪ 현재, 미국의 경우 ECP(Energy Cooperation Program)을 통해 아시아 주요국의 건축물에너지 효율화를 위한 협업시스템을 구축하여 공동연구를 통한 대상국가 시스템 프레임워크를 자국의 관련기술 이전 및 현지화전략을 수립하고 수출지원을 통한 경제활성화를 견인하고 있음.	국내	▪ 건축 재료/구조에 대한 기술이전 국제협력 공동연구가 수행되었음. ▪ 일부 친환경인증제도에 대한 단편적 협력이 이루어지고 있으나 이론적 고찰 수준으로 관련 실적 등이 미비함.

4. 기술개발 목표	▪ 동남아 기후대응형 녹색건축물 조성 제도/인증기술 이전 및 현지화 실증을 통하여 동남아 신규시장을 선점하고 이를 통하여 원활한 중소기업의 시장진출을 확대할 수 있는 기반조성
5. 기술개발 내용	▪ 양국의 전문가 참여를 유도하여 기술협력 시스템 구축하고 공동연구를 통한 정책/사업화 지원 솔루션 개발 ▪ 상대국가 녹색건축물 조성기준 확립 및 단위요소기술의 에너지효율화 품질인증 개발 ▪ 현지기후에 최적화 된 녹색건축물 조성기술 개발 ▪ 국내 녹색건축 조성기술 신남방국가 이전전체계 확보 ▪ 동남아 기후대응 및 수출형 녹색건축물 모델개발(기존 대비 40%이상 에너지절감률 실현) 및 실증

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	기술협력 및 공동연구 시스템 구축	5	50
2	현지기후 대응형 녹색건축물 조성 패키지 기술개발 및 품질인증체계 확립	5	40
3	남아 기후대응 및 수출형 녹색건축물 모델개발 및 현지 실증	5	80

1. 기술 명	6. CPS 기술기반의 성능 모니터링·예측 진단지원 기술
2. 기술개발 필요성	▪ 4차 산업혁명 원천기술을 바탕으로 가상-현실간 상호 피드백을 통한 설계-시공 효율성 향상과 건물 에너지 절감이 요구됨 - 3D Scanning, 3D Printing 기술이 가속화되며 BIM의 활성화에 대응할 필요성이 더욱 높아짐 - IoT, 각종 센서 기술의 발전도 현실공간에서 어려운 예측, 진단, 모니터링 등이 가상공간에서 가능할 수 있는 수준으로 기술개발 중이므로 이를 충분히 활용하여 건축물 에너지 성능을 높일 수 있는 설계-시공 방안을 확보할 필요가 있음

3. 국내외 관련기술 현황			
국외	▪ 건축물 실시설계 및 시공 단계에서의 건축물 디자인 및 품질 평가 에너지 성능 평가 시뮬레이터는 국외에도 존재하지 않음 ▪ 시공 및 운영 중에 시행하기는 어려우므로 현재는 시공 완료 또는 운영 직전에 표본조사 수준에 머무르고 있음 ▪ CPS 기반 기술의 표준안과 실증평가기반 구축이 미비한 상황	국내	▪ 국외와 유사한 실정이나 실제 측정 장비 역시 존재하지 않아 국외의 제품들을 활용하고 있음

4. 기술개발 목표	▪ 가상-현실간 기밀성 체크, 하자 검측 등을 실시간으로 시공 단계 중 또는 운영 단계 중에 시행함으로써 보수 효율 제고, 시공품질 및 건축물 에너지 성능 향상
5. 기술개발 내용	▪ AR, VR 기술을 활용한 시공 중 실시계획과 시공단계의 가상-현실 중복 매칭 기술 ▪ 3D 스캐닝, 이미지 처리 기술을 활용한 실시간 하자 검측 시스템 개발 ▪ CPS 기술을 이용한 설계-시공 품질 관리 기술의 표준화 개발 및 실증평가 기반

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	3D 스캐닝, 이미지 처리 기술을 활용한 실시간 하자 검측 시스템 개발	5	40
2	AR, VR 기술을 활용한 시공 중 실시계획과 시공단계의 가상-현실 중복 매칭 기술	4	30
3	CPS기반 스마트 설계/시공방법론 표준화 및 실증	5	60

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">6-1. 3D 스캐닝, 이미지 처리 기술을 활용한 실시간 하자 검측 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">시공 단계에서는 현장 시공에 따라 시공오차 및 설계변경이 빈번히 발생하나, 관리자의 육안에 의한 현장 점검 방식은 현장에서 발생한 시공오차 및 설계변경 현황을 정확하게 파악하기에 어려움이 있어, 주기적으로 수행되는 정도 관리의 객관성이 결여될 가능성이 높음.</td></tr>
<tr><td colspan="7">건축품질 및 건물에너지 효율성은 패널을 구획하는 설계기술, 설계서대로 곡면 곡률의 형태 및 크기 등을 정확하게 제작하는 기술, 패널 재료의 물성에 따라 하자발생이 없도록 시공하는 기술, 제작과 시공결과 검측기술 등에 의존하게 되는데 국내 기술력은 아직 초보적 수준임. 따라서 향후 비정형 외피, 친환경설비, 시공 공법의 증가에 대비하고 건물에너지를 절감하기 위해서 시공단계에서의 하자 검측 시스템이 필요함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">시공오차 및 설계변경 현황을 파악하는 3D 스캐닝 이미지 처리 기술을 개발하여 시공품질 및 건물 에너지 효율성 확보</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">기존기술은 표면오차를 측정하고자 하는 특정 설계 모델의 영역 일부와 그에 상응하는 레이저 스캔 데이터 일부를 사용자가 직접 지정하는 수준임. 이를 발전시켜 최적으로 스캔할 수 있는 기술과 스캔 결과와 설계 모델을 효과적으로 분석할 수 있는 자동화된 도구를 개발할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">해외에서는 설계에서 요구하는 부재제작의 정밀도를 높이고 있으며 제작오차나 시공오차를 검측하는 기술을 활용하여 시공 품질확보에 노력하고 있음. 국내 건설업체 경쟁력 강화뿐만 아니라 미래 경쟁 시장에서 우위 확보를 위해 시공품질 관리 및 하자 관리 기술의 개발이 필수적으로 요구됨</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 3D 레이저 스캐너, RFID(Radio-frequency identification), USN(Ubiquitous Sensor Network), 레이저, 영상, 환경센서 등 활용한 형상 계측 및 관리
- 3D 레이저 스캐너, 환경센서, 열화상 카메라를 활용한 역설계 기술
- 3D 스캐너/프린터 기술을 활용한 비정형 건물 제작 및 리모델링의 시공 품질 확보</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">국내 건설업계이 글로벌 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 설계, 구매, 시공, 시운전, 운전 및 유지 전 과정에 걸친 관리 기술의 기술력 확보가 필수적으로 요구됨.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 개발한 기술을 실제 환경에 적용하여 문제점 및 한계점을 파악함. 발생 가능한 오류를 개선하기 위해 핵심요소기술별 개별 모듈 및 통합된 소프트웨어 프로토타입을 개발함.
- 다양한 특성을 가진 다수의 공정을 테스트베드로 선정하여 개별 모듈뿐만 아니라, 통합된 기술 및 시스템의 적용성 및 사용성을 테스트함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 3D 레이저 스캐너, 환경센서, 열화상 카메라 등을 이용한 스캔 기술
- 스캔 데이터의 정합, 품질 최적화 및 추출 기술
- 3D 스캔 데이터-설계데이터 비교/검증을 통한 시공관리, 역설계 및 리모델링 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 현장 자재 재고 현황 파악
- 정기적으로 현장을 스캔하여 시공현장 파악, 진도 관리, 시공 품질성 확보
- 변형, 균열 등 가시적 하자 탐지 및 시공오차 측정으로 시공품질 관리</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>475</td><td>625</td><td>700</td><td>475</td><td>475</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>225</td><td>275</td><td>300</td><td>225</td><td>225</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>700</td><td>900</td><td>1,000</td><td>700</td><td>700</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,750</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,250</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 시공단계에서 주기적인 하자 관리로 재시공 방지 및 시공 생산성 향상. 이에 따라 건축자재 및 비용 절감
- 시공 하자에 대한 정확한 원인 규명으로 시공품질 향상과 건물에너지 절감
- 개발된 기술과 타 산업분야와의 융합을 통해 시공품질 향상, 건물에너지 절감, 그리고 온실가스 저감을 위한 신기술 개발 역량 확보</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">6-2. AR, VR 기술을 활용한 시공 중 실시계획과 시공단계의 가상-현실 중복 매칭 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">건설기술 개발은 현장에서의 작업에 의존하고 있으므로 정밀 시공이 어렵고 안전사고 발생 가능성이 높음. 이러한 이유로 정확한 사전 검증 및 확인을 요구하는 수요자의 요구가 증가함. 따라서 가상 시공 등의 3차원 설계기술을 이용해서 수요자의 요구에 대응하고 경쟁력을 갖출 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="7">건설IT 시장 및 VR 활용 시장의 확산 및 가상현실 기술의 융합기술 확대되는 추세임. 4차 산업혁명에 대응해서 가상모델 등 스마트 기술개발을 개발하여 건설분야의 원가 및 공정관리 분야의 생산성 및 안전성을 향상해야 할 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">AR, VR 기술 기반 건축서비스와 시공 현장의 융합을 위한 기술과 플랫폼을 개발하여 건설 시공분야의 원천 기술 확보</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">국내의 경우 제조업 분야 유지관리, 엔터테인먼트 분야에서 AR, VR 기술이 활발히 적용되고 있음. 건설분야에서는 설계단계에서 이러한 기술을 활용하는 연구가 이루어지고 있음. 이러한 기술을 시공단계에 연계하여 활용할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">기존의 전형적인 건축물을 대상으로 한 예측 및 관리와는 달리 최근 비정형 외피, 에너지절감형 설비기술 등이 적용된 건축물의 수요가 증가하면서, 가상모델과 BIM을 연동한 설계-시공 매칭과 관리 기술은 시의적임.</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 시공 작업을 확인하기 위한 적합 센서 선별 및 수집장치 개발
- 데이터 수집장치로 수집된 정보의 이미지 인식 및 구현 기술 개발
- BIM 데이터와 시공현장간의 오차파악 및 개선을 위한 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 국내외적 건설IT 융합 시장의 신시장 개척 및 선점을 위한 지원 시급
- 외산 SW에 의한 BIM 시장 시장종속현상 극복, 건설IT 융합 산업의 자생력 배양 필요</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 물리모델의 정보와 가상모델의 데이터 제어 방법의 개발
- 요소별 기술개발, 통합기술 개발, 가상 프로토타입 구축, 시제품 적용 및 개선
- 다양한 설계 모델과 시공 현장 조건을 고려한 실험 및 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- AR, VR과 BIM 모델이 연계된 원가 및 공정 관리 통합 모델
- AR, VR과 BIM 모델이 연계된 설계-시공 매칭 하드웨어/소프트웨어/모바일앱</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- BIM 모델에서부터의 관련 데이터의 추출 및 DB화
- 공사비·공정 관리 및 결과 검증 및 피드백</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>450</td><td>575</td><td>650</td><td>475</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>150</td><td>225</td><td>250</td><td>225</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>800</td><td>900</td><td>700</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,150</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">850</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 가상,현실의 중복매칭 기술은 인력 의존적 품질관리 업무절차를 자동화함. 이에 시공 객체의 검측, 비교, 판단, 작성, 기록 및 데이터 갱신 등 전 과정 업무를 가속화 하여 품질관리에 투입되는 비용을 대폭 감소.
- 기술의 특허취득, 국내 시스템 상용화, 브랜드화를 실시하여 국제적으로 품질 검측 자동화와 관련한 원천기술을 확보하면, 유관 산업의 고용창출 기대.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">6-3. CPS기반 스마트 설계/시공방법론 표준화 및 실증</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">CPS 기반의 스마트 설계/시공기술은 차세대 건축기술로 떠오르고 있으며 각국에서 기술개발 및 표준화 경쟁을 통해 시장 선점을 위한 노력을 기울이고 있는 분야임. 최근 연구개발이 활발한 스마트 건설계측 기술, 설계-시공 실시간 하자검측 기술 등 건설 구조물의 고기능 시공 기술분야를 대상으로 주요 핵심 기술을 중점적으로 육성하고, 시공기술을 현장에 적용하여 건물에너지 절감을 달성하기 위해서 전략적 표준개발 및 실증 계획이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">건설표준화 지원체계 구축 및 제도 개선을 통한 국제수준의 스마트 설계/시공 국가표준을 수립하고, 국내외 표준에 반영하여 현장 적용 및 사업화 등 실용화 촉진</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- CPS기반 기술을 추가, 보완하여 기존의 표준을 개정함
- 개발, 검증된 스마트 설계/시공방법론의 표준을 제정함
- 해외 및 국내 타산업 분야에서의 연구개발과 표준화 연계 사례 조사·분석을 통한 현황을 파악하고 문제점을 도출하여 표준 개정 및 제정시 적용함</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">제작오차, 시공오차를 검측하여 시공 품질과 건물에너지 효율성을 확보하는 CPS 신기술 시공법기술 개발되는 추세임. 이에 기술개발의 성능을 검증하고 안전성을 확보하기 위한 표준개발과 실증기반이 구축되어야 함.</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 3D 스캐닝을 이용한 하자검측 시공관리 기술의 표준 개발 및 실증 기반 확보
- BIM 기반 설계 – AR/VR 시공 매칭 기술의 표준 개발 및 실증 기반 확보
- 실증 과정에서 요소/기술/시스템별 설계-시공 관련 DB확보</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 스마트 설계/시공 기술 분야는 잠재적인 거대 시장으로 주목 받고 있으나 아직 국제 표준이 미비하여 미개척 시장이라 할 수 있음. 체계적인 기술개발과 관련한 표준을 개발하고 실증 기반을 구축하여 시장을 선점하고 사업성을 넓힐 것으로 기대됨.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 설계-시공 요소/기술/시스템별 개발단계 검토 및 기존의 표준안 개정 방안 검토
- 품질인증 시험평가 기반구축을 위한 국제 연구기관과의 네트워크 구축
단계별 데이터 확보 및 저장 기술 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 건물에너지 효율향상 시공관리 및 하자검측 기술의 표준 및 실증
- BIM설계 및 AR/VR 설계-시공 매칭기술의 표준 및 실증
- 건물 시공 효율향상 및 설계-시공간 상호운용성능 실증에 따른 DB 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- CPS 기술의 표준화 및 시험평가를 통한 시공품질 및 건축물 에너지 성능 향상
- 확보된 DB 활용한 설계-시공-유지관리 일체화 및 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>700</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>300</td><td>500</td><td>600</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,500</td><td>2,000</td><td>1,000</td><td>5,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">41,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">19,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">60,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 건물설계 및 시공기술 고도화 및 효율향상을 위한 표준안을 확보하고, 실증을 통해 제로에너지빌딩을 구현하고 설계-시공 효율성을 확보함
- 단계별 데이터를 축적하고 활용하여 건물에너지 절감을 위한 기술개발을 촉진함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 기술 명</td><td colspan="3">7. BIM기반 건축공정별 통합형/맞춤형/지능형 시뮬레이터 및 정보관리 플랫폼</td></tr>
<tr><td>2. 기술개발 필요성</td><td colspan="3">▪ 현행 국산화 에너지 진단 시뮬레이터의 대부분은 운전단계에 집중되어 있음에 따라 패시브 기술, 패시브-액티브 하이브리드 기술 등의 접목을 검증하는데 한계 노정
▪ 건축 공정별 특성이 상이한 점을 감안한 에너지 진단 시뮬레이터 필요
▪ 건물에너지 시뮬레이터 예측결과가 실제 건축물의 에너지 소비량과 많은 차이가 존재하며 현재 기술 수준의 발전이 필요함
- 건축물의 설계 및 운영 단계에서 다양한 에너지 절약 방법에 대한 정량적이고 신뢰할 수 있는 평가 가능한 모델 필요함
- 건물에너지 시뮬레이션의 많은 장점이 불구하고 기술의 신뢰성의 문제로 활용에 제한적임
- 친환경 건축물인증 및 그린기모델링 사업의 건물에너지 성능평가가 진행되고 있어 정확한 분석 기술이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. 국내외 관련기술 현황</td></tr>
<tr><td>국외</td><td colspan="2">▪ 건축물 초기 설계단계부터 시공 이전까지의 건축물 디자인과 에너지 성능 평가 시뮬레이터는 다수 존재
- DOE-2, EnergyPlus, RIUSKA, eQUEST, BDA(Building Design Advisor), Design Builder, Simergy, DPV(Design Performance Viewer), ZEBO 등
▪ 국제 표준 규격에 부합하는 건물에너지 성능평가를 위한 표준 모델 구축 및 에너지 성능 정량화 기법 개발 및 혁신적 기술을 지속적으로 개발
- 시뮬레이션 기술로는 TRNSYS, EnergyPlus, PHPP, IES-VE, eQUEST 등이 있음
▪ 정량적 에너지 효율 성능 평가 및 정확한 에너지 효율 등급 분석으로 제로에너지 빌딩 달성에 근접해 갈 수 있는 인증제도 개발 중
▪ 유럽과 미국의 경우 정부가 아닌 민간 주도로 기술이 점점 더 고도화 되는 시뮬레이션 기술 개발 중
- 정확한 목표점을 두고 정부가 제도를 다지고, 민간기업이 기술을 강화함
▪ 다양한 종류의 에너지 분석 범위를 설정하여 정확도 높은 건물에너지 정보 획득에 노력
- EngergyPlus의 경우 기상데이터, 불투명벽체 열전달계산, 인접존과의 열적혼합,냉동기/HP특성입력 등 9개의 기준으로 분석
▪ AI를 비롯한 Computing Power를 충분히 활용할 수 있는 Machine Learning, Deep Learning 등의 디자인 기법 개발 중
- 이를 구현할 수 있는 엔진으로서 Grasshoper, Dynamo 등 개발</td><td>국내</td><td>▪ 운영단계의 시뮬레이터 중심으로 개발 활용 중
- 한국에너지공단의 주도로 공정 시뮬레이션 프로그램(ASPEN HYSYS, ProⅡ, Thermoflex 등) 활용 중
- 국토교통부의 ECO2 프로그램 이외에 민간회사에서 개발한 다양한 프로그램들이 존재
▪ 계획지원 및 계획도구로서 시뮬레이터 개발은 준비 중
- 한국전력연구과 한국에너지공단의 주도로 스마트시티의 에너지 계획도구용 시뮬레이터 개발 준비 중
▪ 건물에너지 시뮬레이션의 신뢰성 향상을 위한 기술 개발 중
▪ 현재 국내 건물에너지 시뮬레이션 프로그램의 경우 ECO2가 유일하게 사용되고 있으나 ECO2의 경우 Text 기반 입력 한계로 분석 범위의 한계가 있음
- EngergyPlus의 9개 기준 중 기상데이터, 불투명벽체 열전달계산 외 나머지는 산입 불가능 혹은 선택 불가능한 상황
▪ 건축물의 기존 재료와 신재생에너지 기술 간의 접목
- 창문에 부착할 수 있는 실리콘 형태의 투명 태양광발전기</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 목표</td><td colspan="3">▪ 건축 설계 및 건축 공정 단계 맞춤형 시뮬레이터 개발을 통한 해당 설계 및 공정에서의 발생 가능한 하자 예측 및 품질 향상</td></tr>
</table>

	▪ 건물에너지 시뮬레이터 기술을 통한 에너지 건물에너지 소비량 예측 및 분석 ▪ 건축물 관리를 활성화할 수 있는 종합적 플랫폼 개발 ▪ 다양한 변수 및 변수들 간의 수많은 조합에 의한 대안을 AI 등의 컴퓨터의 지원을 받아 검토함으로써 최적화 저에너지 소비 설계 달성
5. 기술개발 내용	▪ 지구단위계획 및 기획설계 대응형 미기후 고려 에너지 부하·신재생에너지 생산량 예측 및 모니터링 시뮬레이터 ▪ 기본설계 대응형 건물 에너지 부하·소비와 최적 운전·신재생에너지 생산에 대한 예측 및 모니터링 시뮬레이터 ▪ 실시설계 대응형 모듈형 단위 유지·관리시 부하·하자·열교 지점 예측 및 모니터링 시뮬레이터 ▪ 인공 지능을 이용한 건물 에너지 시뮬레이션 기술 및 자율제어를 통한 에너지 절감 기술 개발 ▪ 건물에너지 모델의 정확도 95% 달성을 위한 확률보정 자동화 기술 개발 ▪ 건축물 관리 지원형 Library, Component 개발 지원, 산업 활성화, 인력 양성/구직, Web기반 시뮬레이터 탑재 등 종합플랫폼 개발 ▪ Machine Learning, Deep Learning을 위한 DB 구축 및 AI 활성화 기술 ▪ 설계자 및 관리자를 위한 Generative Design과 AI 결합 엔진 개발 ▪ Generative Design과 AI 결합 의사결정 지원 모듈 및 에너지 시뮬레이터와 모듈의 연계 시스템 개발

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	도시개발 단계별 활용 가능한 에너지시뮬레이터 개발	5	126
2	BIM 활용 시뮬레이터 고도화 기술 개발	5	252

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="6">7-1. 도시개발 단계별 활용 가능한 에너지시뮬레이터 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="6">- 도시설계, 건축물 기본설계, 건축물 실시설계 등 건물부문의 도시 개발 단계별 에너지수요 및 생산을 예측할 수 있는 도구 개발</td></tr>
<tr><td colspan="6">- 국내외에서 에너지 제로 스마트도시에 대한 관심과 투자가 확대되고 있으며, 제로에너지스마트도시 목표 달성을 위해서는 도시설계단계부터 도시 및 건축물의 에너지성능을 예측할 수 있는 에너지시뮬레이터의 개발이 요구됨</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="6">- 현행 에너지 시뮬레이터는 건축물 실시설계 데이터를 바탕으로 건축물의 에너지성능을 산출하고 있는데, 이를 확대하여 도시설계 단계부터 에너지성능을 예측하는 에너지 시뮬레이터를 개발하고자 함</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="6">- 건축물에너지효율등급인증제도에서 실시설계 데이터를 바탕으로 에너지성능을 예측하는 ECO2의 원리, 계산공식 등을 활용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">- 다양한 건축 기술의 발전과 에너지제로도시 및 에너지절약형 건축물의 보급으로 에너지시뮬레이션의 정밀도가 중요해 짐에 따라 세분화된 각 기술별 영향을 반영할 수 있고, 확장되는 수많은 기술을 빠르게 반영할 수 있는 에너지시뮬레이터가 필요함</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">- 지구단위계획 및 기획설계 대응형 미기후 고려 에너지 부하·신재생에너지 생산량 예측 및 모니터링 시뮬레이터
- 기본설계 대응형 건물 에너지 부하·소비와 최적 운전·신재생에너지 생산에 대한 예측 및 모니터링 시뮬레이터
- 실시설계 대응형 모듈형 단위 유지·관리 시 부하·하자·열교 지점 예측 및 모니터링 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">- 기후변화 대응 온실가스 감축 및 화석 연료 의존 탈피를 위해 도시설계단계부터 건축물 유지관리 단계까지 에너지사용 및 온실가스 배출량을 정량적으로 산출함으로써 정부가 제시하는 정량적 기준의 준수 여부를 평가할 수 있는 도구를 정부가 개발하여 지자체 및 산업계에서 보급·활성화 할 수 있도록 지원이 필요함
- 제로에너지스마트도시, 탄소배출제로도시 등 고도화 도시상품을 국제사회에서 인정할 수 있는 객관적 평가도구 개발에 대한 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="6">- 도시, 건축(건축·기계·전기 설비), 신재생 등 다양한 분야의 전문가 그룹을 구성하여 도시의 설계 단계부터 건축물 및 도시시설물 유지관리 단계까지의 에너지 관련 업무를 분석하고, 이를 바탕으로 도시의 에너지성능을 예측할 수 있는 통합 도구를 개발하여야 함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 도시설계 단계에서 개발계획에 따른 도시 및 건축물의 에너지성능을 예측할 수 있는 시뮬레이터
- 건축물 기본설계 단계에서 도시 및 건축물의 에너지성능을 예측할 수 있는 시뮬레이터
- 건축물 실시설계 단계에서 도시 및 건축물의 에너지성능을 예측할 수 있는 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 지구단위계획, 건축물 기본설계, 실시설계 등 도시개발 초기단계부터 도시의 에너지성능 목표를 설정하고, 목표 달성 여부를 단계별로 평가하는데 활용이 가능함</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>2,500</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>500</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>2,400</td><td>2,400</td><td>2,400</td><td>2,400</td><td>3,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">10,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">2,100</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">12,600</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">24 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">- 저탄소 녹색도시, 제로에너지스마트도시 등 도시에 설정된 에너지 및 온실가스 감축목표 달성여부를 평가할 수 있는 도구로 활용
- 도시차원의 에너지 자립률, 에너지 도입·공급 및 관리를 위한 대책을 수립하는데 필요한 기초자료 작성에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">7-2. BIM 활용 시뮬레이터 고도화 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">- 현행 에너지시뮬레이터는 2D 기반의 도면정보를 건축물 에너지 성능 평가자가 수집하여 에너지시뮬레이션을 위해 재가공하여 에너지시뮬레이터 내에 데이터를 입력하는 방법으로 진행되어 중간과정에서 오류가 발생할 가능성이 높고, 평가자 개인에 따라 평가 소요시간과 결과물의 신뢰도에 편차가 발생</td></tr>
<tr><td colspan="7">- 국내에서 BIM의 에너지 분야 활용에 대한 연구가 진행되고 있지만, 기존의 에너지시뮬레이터와 BIM 사이의 정보체계의 상이함으로 인해 상호호환의 문제가 발생하고 있음</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">- 건축물에너지 시뮬레이터 기술 고도화
- 인공 지능을 이용한 건축물에너지 시뮬레이션 기술
- 건축물에너지 시뮬레이터의 계산값과 실제 건축 에너지소비값의 차이를 예측하는 기술
- 건축물에너지 시뮬레이터 기반 설계지원 기술
- 건축물에너지 DB 구축 및 관리 지원형 종합플랫폼 개발
- BIM 기반 건축물 에너지 관리 지원을 위한 법제도 개선 및 비즈니스 모델</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">- 국토교통부 운영의 공간정보 오픈플랫폼 지도, 기상청 데이터 등을 에너지 분석 기반 데이터로 활용</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 요소기술 선정 단계에서 해당 기술이 건축물의 에너지성능에 미치는 영향을 즉각적으로 검증할 수 있도록 호환성이 높고 가변이 용이한 오픈 API활용 BIM 기반 에너지시뮬레이터가 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- BIM 기반 건물 부하 및 에너지요구량, 에너지소요량, 1차에너지소요량 계산 알고리즘 개발
- 요소기술별 에너지계산용 기본 라이브러리 작성
- 오픈 API 활용 에너지 BIM시뮬레이터 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 부동산 관련 내부 정보 자원을 외부와 공유하여 새로운 상품이나 서비스를 만들어 내는 내부 집중 역량 강화에서 탈피하여 외부 인적자원 공유 협업시스템을 구축하여 미래형 비즈니스가 도출되도록 정부의 지원이 필요함
- 오픈 API 활용 에너지 BIM시뮬레이터를 개발하여 상이한 건축분야 전문가들이 협업하는 시스템을 구축하도록 지원</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 건축, 기계설비, 전기설비, 구조, 적산 등 분야별 전문가 및 BIM 전문가 협업 체계 구축 및 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 오픈 API 활용 BIM 에너지 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 건설정보표준분류체계 구축
- 건물정보 DB 구축 및 관리 지원형 플랫폼 구축
- BIM 기반 에너지 관리 지원을 위한 법제도 개선 및 비즈니스 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>4,000</td><td>4,000</td><td>4,000</td><td>4,000</td><td>5,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>800</td><td>800</td><td>800</td><td>800</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>4,800</td><td>4,800</td><td>4,800</td><td>4,800</td><td>5,100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">21,000</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">4,200</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">48 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">25,200</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 지도와 시설정보를 활용하여 지역 내의 건물, 가로등, 도로 등 시설물 문제점 해결에 누구나 동참할 수 있는 다양한 비즈니스 창출</td></tr>
</table>

1. 기술 명	8. 스마트 입면 Retrofitting 설계·시공 기술
2. 기술개발 필요성	▪ 공동주택의 노후도 증가에 따른 에너지 효율성 감소, 환경적 취약성 증가 등의 이유로 입면 Retrofitting 필요 - 대형 노후 공동주택의 리모델링 비용절감, 공기단축, 품질향상을 위한 리모델링 설계/시공 기술과 3D 스캐닝 및 3D 프린팅 연계 기술 개발 필요

3. 국내외 관련기술 현황

국외	국내
▪ EU에서는 노후 공동주택의 에너지 성능 제고를 위한 R2 Cities 등의 프로젝트 운영을 통해 3D스캐닝, 3D프린팅 기술과 노후 공동주택의 Envelope 개선 가능성을 실증하고 있음	▪ 국내 공동주택 신축 시장의 수요가 점차 줄고 있고, 현재 기건설된 공동주택들의 노후도가 높아지고 있고 보다 저비용, 단기간에 리모델링이 가능한 기술의 수요 증가추세

4. 기술개발 목표	▪ 대형 노후 공동주택의 리모델링 비용절감, 공기단축, 품질향상을 위한 리모델링 설계/시공 기술과 3D 스캐닝 및 3D 프린팅 연계 기술 개발
5. 기술개발 내용	▪ 3D 스캐닝 기반의 건축물 Envelope 재설계 기술 ▪ 디지털 트윈 기반의 건축물 Envelope의 성능 확인-설계 교차기술 ▪ 3D 프린팅 기반의 건축물 입면 off-site 시공 기술 및 on-site 조립기술

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	3D 스캐닝 기반의 건축물 Envelope 재설계 기술	3	30
2	디지털 트윈 기반의 건축물 Envelope의 성능 확인-설계 교차기술	4	40
3	3D 프린팅 기반의 건축물 입면 off-site 시공 기술 및 on-site 조립기술	5	30
4	3D 스캐닝-3D프린팅 기반의 건축물 입면 off-site 시공 기술 및 on-site 조립기술 실증	4	80

1. 기술 명	9. 커뮤니티 에너지 예측·모니터링 및 공유 지원
2. 기술개발 필요성	▪ 건물에너지 저감을 위해 초기설계단계부터 모니터링까지 가상공간에서의 작업이 대부분을 차지하는 상황 고려 필요 - 초기설계단계부터의 건물에너지 관리의 개념하에 디자인 - 시험 및 검증 - 수정 디자인 – 실현 - 모니터링 및 DB구축 등의 Feed Back 체계가 구축되어야 완전한 건물에너지 관리가 가능하며, 이 과정 중 실현 및 모니터링 단계 에외는 모두 가상공간에서 이루어짐 ▪ 건물에너지 운영관리 역시 xEMS기반의 현실관리도 중요하지만 에너지의 특성상 가상공간개념에의 에너지 운영관리 필요

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 가상공간 중심의 설계와 검증 과정의 반복 실현가능을 위한 노력 중 - CPS(Cyber Physical System), Digital Twin 개념하에 싱가포르, EU 등에서 가상공간 제작에 노력을 하고 있으며, 이를 바탕으로 한 정밀 시뮬레이션 기반 환경 조성 노력중 ▪ 건축물 운영 역시, 에너지 거래를 염두해두고 가상공간에서의 서비스환경 구축중 - EU를 중심으로 가상에너지거래 등을 Block Chain 개념하에 실현하기 위한 노력 중 - 미국, EU를 중심으로 Living Lab 개념하에 에너지 공유 단지, 커뮤니티를 조성하여 실제 가능성 타진 중	국내	▪ 빌딩/단지의 에너지 통합관리 서비스 및 에너지 거래 기술 개발 - 빌딩/단지 에너지의 에너지 생산-저장-소비의 통합 관리를 통해 에너지를 절감 ▪ 녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리 시스템 개발 - 건물 전체에 대한 에너지 총량 평가프로그램을 개발함으로써 건축물 용도별 에너지사용량의 정량적 예측기반을 마련함 ▪ CPS, Digital Twing 구축의 필요성이 제기되어 관련 환경구축 시험 단계 ▪ 에너지 일부 공유를 목표로 몇몇 선도적인 사례들이 진행 중임 - 성대골 등을 중심으로 Living Lab 개념의 가상발전소의 가능성을 검증하고 있는 단계

4. 기술개발 목표	▪ 에너지 비효율성에 대한 데이터를 기반으로 근본 원인을 도출하여 운영 쾌적화 기반 제공 ▪ 가상공간 서비스 환경(플랫폼) 구축을 통해 에너지 저감을 위한 설계-시공-모니터링-거래에 이르는 전단계의 기술 배양 토양 형성
5. 기술개발 내용	▪ 도시 단위의 CPS, Digital Twin 환경 및 환경정보 구축 ▪ 건축물 단위(실내 중심)의 CPS, Digital Twin 환경 구축 엔진 개발 ▪ CPS, Digital Twin 환경을 기반으로 한 BIM, CityGML, GIS, 각종 시뮬레이터 등 연계기술 및 표준 개발 ▪ 에너지 공유 및 에너지 거래 활성화를 위한 Block Chain 기술을 활용한 마켓 운영 실증 ▪ Living Lab 개념의 에너지 모니터링 및 공유 커뮤니티 운영 실증 및 관련 법제도 개선

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	무선주파수 인식장치를 사용한 추적 및 제어시스템 개발 및 실증	5	30
2	에너지 효율성 및 쾌적함 유지를 위한 지능형 에이전트 시스템 개발	5	30
3	도시 단위의 CPS, Digital Twin 환경 및 환경정보 구축	7	500
4	건축물 단위(실내 중심)의 CPS, Digital Twin 환경 구축 엔진 개발	4	30
5	CPS, Digital Twin 환경을 기반으로 한 BIM, CityGML, GIS, 각종 시뮬레이터 등 연계기술 및 표준 개발	4	20
6	에너지 공유 및 에너지 거래 활성화를 위한 Block Chain 기술을 활용한 마켓 운영 실증	4	30
7	Living Lab 개념의 에너지 모니터링 및 공유 커뮤니티 운영 실증 및 관련 법제도 개선	4	70

1. 기술 명	10. 커뮤니티 에너지 믹싱 및 최적화
2. 기술개발 필요성	▪ 경제 발전과 스마트시티의 등장으로 전력에너지 사용의 지속적인 증가가 예측되는 가운데 OECD 국가 중심으로 에너지효율 제고와 더불어 석탄·석유에너지에서 신재생에너지로 에너지전환이 빠르게 진행 추세 ▪ 현 정부의 에너지전환(탈원전) 정책을 기점으로 기존 발전원(發電源)을 대체하는 새로운 신재생 에너지 중심의 에너지 자립화 발전체계로의 전환이 시급 ▪ 에너지 프로슈머 개념의 등장으로 마이크로그리드 기반의 실시간 에너지 공유 및 거래 시스템 및 시장 수요 증가 - 에너지 공유기술는 최근 부상하는 기술 분야로 아직 기술 수준이 초기단계에 머물러 있어 선제적 시장 점유를 위한 조기 기술개발 필요

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 독일, 영국, 프랑스, 일본 등 주요 국에서는 석탄·석유·원자력 발전을 단계적으로 감축시키는 반면, 에너지 효율 증진과 재생에너지 비중 확대 정책을 추진 중 ▪ 또한, 국외 선진국은 에너지 자원의 효율적 관리, 전력망 안정성 제고를 위한 기술 개발 및 실증 추진 중 ▪ 주요 선진국은 건물/단지/지역 규모의 제로에너지 커뮤니티를 구축 및 운용 중 - 미국은 태양광, 단열강화 등을 통해 "Net Zero" 건물/단지를 운용 중이나 대부분 건물 단위 혹은 소규모 단지에 국한됨 - 독일 바바리아 주의 빌트폴츠리드 지역은 신재생 에너지를 이용하여 에너지 수요량 321%규모의 에너지를 생산하여 연간 570만 달러의 수입을 얻음	국내	▪ (과정부) 프로슈머 개념을 기반으로 에너지 자립/공유를 위한 IoT 기반 에너지 관리 시스템 개발('15~'17) ▪ 「제3차 에너지 기본계획」에서는 2040년을 목표로 에너지 전환, 친환경 에너지 수급구조 정착, 재생에너지 발전 비중 확대 등을 정책 목표로 제시 - 에너지효율 제고를 통한 사용량 저감으로 온실가스 배출 및 발전·수송부문 미세먼지 배출 저감도 연계 추진 중 ▪ 에너지 자립형 건물/단지 구축을 위해 건물 단위에서 냉·난방에너지 부하저감, 총에너지 사용 절감 기술 등을 개발 중 - 기존 대비 냉·난방에너지 부하 70% 절감, 총에너지 40% 절감 목표로 설정하여 추진(2010년 기준)

4. 기술개발 목표	▪ 에너지 손실을 최소화하는 에너지 공유기술 효율성 제고 및 공간계획기법 체계 구축 ▪ 신재생에너지 등을 통해 최소화(minimize)된 에너지 수요에 대한 에너지 공급("Zero Net Energy" Community)
5. 기술개발 내용	▪ 커뮤니티에서 생산·소비한 에너지 정보를 실시간 측정하여 에너지 수요량을 예측·진단·대응함으로써 에너지의 생산·소비 총량을 제로(또는 플러스)화 하는 기술 - 스마트미터를 활용한 실시간 에너지 사용정보 통합 수집·관리 - 마이크로그리드를 활용한 에너지 수요-공급 균형 제어·관리 ▪ Macro(도시)-Meso(근린/지구)-Micro(건물군) 등 각 공간단위별로 접근하여 에너지 공유기술을 통한 에너지 공급효율 최적화 공간규모(반경/밀도)를 도출 - 에너지 공급효율을 최적화하는 공간규모/계획기법 도출 - 에너지손실을 최소화하는 발전시설 및 ESS 최적입지 산출 기술 개발

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	마이크로/스마트 그리드 기반 에너지 생산-소비 모니터링 시스템	5	30
2	에너지 수요량 및 생산량 예측 및 최적화 시뮬레이션 기술	5	50
3	에너지 사용정보 통합 수집·관리·진단 및 공간정보화 맵핑 시스템 개발	4	60
4	에너지 공급효율 최적화 도시공간 계획·설계 기법 개발	5	50
5	에너지 생산-분배 최적화 발전시설 및 ESS 최적입지 산출기술 개발	5	50
6	에너지 제로 커뮤니티 실증·운영	4	200

1. 기술 명	11 커뮤니티 웰니스 지원을 위한 건강·환경에너지 순환형/통합형 인프라 개발 및 실증
2. 기술개발 필요성	▪ 선형적 물질 흐름 중심의 도시개발로 다양한 환경적 문제 및 에너지 낭비를 경험하고 있으므로 이에 대한 근본적 해결책 필요 - 최근, - 다양한 환경적 문제는 개별적 해법에 의해 해결될 수 없으므로 통합적 사고 필요

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 물-물질-에너지 순환형 도시 조성의 개념 개발 - UN, ADB, World Bank 등 국제기구들을 중심으로 도시 메타볼리즘(Urban Metabiolism), 심바이오시티(Simbiocity) 등의 순환형 도시 개념의 중요성 제창 중 ▪ 단계별로 요소를 늘려가며 실제 도시개발에 적용하고 있음 - EU를 중심으로 실제 도시개발에 적용을 하되 그 요소를 조금씩 증가시켜가고 있음 - 순환형 도시모델을 개발하여, Eco Cycle 1.0과 하마비(hammarby sjöstad), Eco Cycle 2.0과 로얄 씨포트(Royal Seaport) 등을 실제로 개발하고 있음	국내	▪ 개념적 논의중이며, 실제 신도시를 대상으로 요소기술별로 적용 중 또는 검토 중

4. 기술개발 목표	▪ 도시 순환 및 통합적 사고를 중심으로 다양한 요소기술들을 결합하여 도시개발 및 도시재생사업시 활용 가능성을 타진함으로써 한국형 에코사이클 모델 개발
5. 기술개발 내용	▪ System Thinking 기반의 도시순환모델 개발 ▪ System Dynamics 기반의 도시순환모델의 계량화 모델 개발 ▪ 도시순환모델 기반의 신도시 및 도시재생 사업 적용 실증 ▪ 도시순환모델 실현을 위한 요소기술 및 인프라 전환 요소기술 개발

6. TRL단계

	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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	System Thinking 기반의 도시순환모델 개발	3	15
2	System Dynamics 기반의 도시순환모델의 계량화 모델 개발	4	30
3	도시순환모델 기반의 신도시 및 도시재생 사업 적용 실증	7	90
4	도시순환모델 실현을 위한 요소기술 및 인프라 전환 요소기술 개발	5	50

1. 기술 명	12. 제로에너지빌딩 시스템(공간)단위 시험평가 및 품질인증 기반구축
2. 기술개발 필요성	▪ 국내 건물에너지 효율향상 융합시스템을 대상으로 한 상호운용성능평가 표준기술 全無 ▪ 제로에너지빌딩을 포함한 건물에너지기반 에너지신산업시장(공급자/소비자) 성장지원을 위한품질인증 시험평가 기반구축이 필요함.

3. 국내외 관련기술 현황

국외	국내
▪ PHI에서는 요소기술 또는 시스템을 대상으로 실운용환경을 고려한 에너지효율을 포함한 적합성인증을 위한 성능평가체계를 운용하고 있음. ▪ 독일의 프라운호퍼 IBP는 실증사이트를 운용하여 외부환경에 대응한 운용성평가 방법론을 정립하여 기업지원을 실시하고 있음.	▪ 현재 요소기술단위 정격성능평가가 이루어지고 있음. ▪ 현재 스마트시티, 마이크로 그리드 관련 융합 연계 기술, 플랫폼 및 관련 표준화 개발 연구가 태동하고 있음

4. 기술개발 목표	▪ 건물에너지 효율향상 요소부품 및 시스템 시험평가 기반구축 - Field기반 : 회전/가변형 건물에너지 요소부품 및 시스템 시험평가 기반 - 기후제어 환경챔버 기반 : 글로벌기후대응 수출지원형 건물에너지 요소부품 및 시스템 시험평가 기반
5. 기술개발 내용	▪ 옥외환경에서의 건물에너지 효율향상(제로에너지빌딩) 융합시스템 개방형 시험평가기반 구축 - 평가항목 : 실제운영조건에서의 건물에너지 효율향상 요소부품·시스템 간 상호운용성능 평가 ▪ 기후변화 대응 기후제어 대공간 환경챔버 내 개방형 시험평가기반 구축 - 평가항목 : 촉진기후제어를 통한 건물에너지 요소부품.시스템 간 통합 건물에너지효율 평가 ▪ 제로에너지빌딩 품질인증 시험평가 표준 개발

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	Field기반 : 회전/가변형 건물에너지 요소부품 및 시스템 시험평가 기반	5	60
2	기후제어 환경챔버기반 : 글로벌기후대응 수출지원형 건물에너지 요소부품 및 시스템 평가기반	5	30
3	제로에너지빌딩 품질인증 시험평가 표준 개발	5	10

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">12-1. Field기반 : 회전/가변형 건물에너지 요소부품 및 시스템 시험평가 기반</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">현재 국내에서는 건물의 통합 시스템에 대한 에너지 효율 성능평가 시설이 전무한 실정임. 이에 제로에너지빌딩 보급 확대를 위한 최적의 시나리오를 제공할 수 있도록 실제 환경에서 개별 요소(외피, 조명, HVAC 시스템 등) 또는 통합시스템에 따른 에너지 성능을 비교·평가할 수 있는 회전/가변형 시험평가 기반 구축이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">- 실제 환경 및 운영 조건에 따라서 건물에너지 효율향상 요소부품 및 시스템을 다양한 형태로 구성하여 상호운용성능을 비교·평가 할 수 있는 시험평가 기반 구축</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">과거 기술개발을 통해 성능이 검증된 건축 자재/모듈을 융복합 패키지화하여 다양한 환경 및 운영 조건에 따라서 측정되는 실성능을 DB화함으로써 상호운용성능평가 시스템 기술 고도화</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="8">제로에너지빌딩 구현을 위해 적용되는 다양한 요소부품 및 시스템에 대한 상호운영성능을 비교·검증 할 수 있는 시험평가 기반 구축이 요구됨.</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">- 일조·일사 조건에 따른 영향을 고려할 수 있도록 회전이 가능한 시험평가 기반 구축
- 요소기술 적용 여부에 따른 에너지 성능 비교가 가능하도록 테스트 베드 내 동일한 조건의 실 2개소 구축
- 창호, 벽, 바닥, 조명, HVAC, 신·재생에너지 등의 가변 설치가 가능한 시험평가 기반 구축
- 제로에너지빌딩 보급 확대를 위한 최적의 시나리오 및 실성능 DB 구축</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="8">본 과제는 현 정부의 녹색건축물 기본계획에서 제시하고 있는 건물부문 배출 온실가스 감축을 위한 건축물 에너지효율개선 관련 기술개발 및 인프라 구축계획 정책 추진을 위한 초석이 될 수 있으며, DB 구축을 통해서 제로에너지 건축사업 추진 계획을 앞당길 수 있음</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="8">- 품질인증 시험평가 기반구축을 위한 국제 연구기관과의 네트워크 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">- 건물에너지 효율향상 요소부품 및 시스템융합시스템 개방형 시험평가기반 구축
- 건물에너지 효율향상 요소부품 및 시스템 간 상호운용성능 평가에 따른 DB 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">- 가상·현실간 에너지 효율 성능 비교를 통한 시공품질 및 건축물 에너지 성능 향상
- 확보된 DB 제공을 통한 노후주택 품질향상 전략 제공 및 리모델링 사업 확대</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>750</td><td>1,050</td><td>1,200</td><td>750</td><td>750</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>250</td><td>350</td><td>400</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,600</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,500</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,500</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">- 건물에너지 효율향상을 위한 최적의 시나리오 확보를 통하여 국가 에너지 저감 목표 달성 및 제로에너지빌딩 구현에 기여
- 건물에너지 효율향상 요소부품 및 시스템 신기술에 대한 신뢰성 검증 시스템 구축</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">12-2 기후제어 환경챔버기반 : 글로벌기후대응 수출지원형 건물에너지 요소부품 및 시스템 평가기반</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">건축물을 구성하는 각 부위별 요소는 해당 지역의 기후조건에 많은 영향을 받기 때문에 기후대를 고려한 요소부품의 설계 및 적용이 필요하며 건축물의 운용 정보를 관리하고 축적된 데이터를 기반으로 에너지 절감을 유도할 수 있는 시스템이 구축되어야 함. 국내에서 개발되는 건물에너지 관련 요소부품 및 시스템은 세계시장에서 인정받을 수 있는 수준으로 성장할 것으로 예상됨에 따라 성능 근거를 제시하기 위한 평가기반의 마련이 요구됨.</td></tr>
<tr><td colspan="8">세계시장의 시각에서 합리적인 성능을 만족하기 위해 다양한 기후 환경을 모사할 수 있는 환경챔버를 기반으로 주요 기후대에 적용 가능한 요소부품 및 시스템 개발 및 수출을 장려할 수 있는 기틀 마련</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">국가별 다양한 기후대에 대한 모사가 가능하고 이상기후 현상에 대한 대응이 가능한 수출지원형 건물에너지 요소부품 및 시스템 평가기반 구축</td></tr>
<tr><td>4 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">건물에너지 관련 요소부품 및 시스템 기술에 대해 다양한 기후대를 기반으로 한 시험을 통한 적용 범위 확대 검토</td></tr>
<tr><td>5 기술개발 필요성</td><td colspan="8">건물에너지 절감 및 성능 향상을 위한 다양한 제품 및 시스템이 개발되는 현 시점에서 다양한 기후대에 대한 성능평가를 기반으로 수출이 이루어질 경우 국가의 이익과 더불어 범지구적 에너지 산업에 기여할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>6 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">- 기후환경챔버의 기후대 모사 기술 고도화
- 국내 생산 건물에너지 요소부품 및 시스템의 적용 범위 확대 검증</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="8">고성능 제품의 소개 및 수출 사업은 국가 간 외교적·경제적 이득을 창출할 수 있는 기회이며 국내에서 생산되는 건물에너지 요소부품 및 시스템은 세계적인 수준에 도달할 것으로 예상됨. 또한, 다수 기관에서 기후 환경챔버를 구축하고 실증 사업이 진행되고 있음에 따라 해당 기술력도 보유한 상태. 이러한 국내 기술력을 기반으로 건물에너지 요소부품 및 시스템의 수출을 장려할 수 있는 체계 구축은 유의미할 것으로 예상됨.</td></tr>
<tr><td>8 기술확보 전략</td><td colspan="8">- 기후 환경챔버 구축 관련 전문가 확보 및 기술의 고도화 추진
- 요소부품 및 시스템 개발 업체의 적극적인 참여 유도를 통한 인프라 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">- 요소부품 및 시스템 검증을 위한 최적 환경챔버
- 다양한 기후대에서 활용 가능한 고성능 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">개발 제품 및 시스템에 대한 개발도상국 지원 및 세계시장 수출 진로 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>400</td><td>700</td><td>400</td><td>200</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>300</td><td>200</td><td>100</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>5,000</td><td>6,000</td><td>10,000</td><td>6,000</td><td>3,000</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="3">20,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="3">10,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="3">30,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">- 기후 환경챔버 기반 성능평가 제품에 대한 신뢰도 향상
- 건물에너지 관련 요소 부품 및 시스템, 기후 모사 시스템 기술력 고도화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">12-3. 제로에너지빌딩 품질인증 시험평가 표준 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">현재 건축 요소기술 단위의 품질인증시험평가는 건물 설치/운용 환경, 부문간 호환성이 미반영되는 한계점이 있으며 이를 극복할 수 있는 방안이 필요함.</td></tr>
<tr><td colspan="7">제로에너지빌딩 구현을 위해서는 건축 자재 패키지(벽체+창호+차양+제어) 및 패시브, 액티브 융복합 패키지 단위에서의 품질인증 시험평가 표준 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">제로에너지빌딩 구현을 위한 건축 기술 융복합 패키지 단위의 품질인증 시험평가 표준 기반 조성</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">현재 건축 요소기술 단위의 품질인증시험평가에서 건물 설치/운용 환경, 부문간 호환성을 반영하여 융복합 패키지 단위의 품질인증 시험분석 평가 방법 및 표준화 개발</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">- 국가 온실가스 감축 정책에 대응하기 위한 제로에너지빌딩 품질인증 시험평가 표준 개발 필요
- 현재 건축물 에너지 인증시스템의 한계성 보완과 동시에 연동 가능한 정보화(성능기반 DB 및 시뮬레이션 모듈) 시스템 개발 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 제로에너지빌딩 요소기술 정의
- 각 요소기술별 에너지 소비 및 생산 정량적 평가기술 개발
- 융복합 패키지(제로에너지빌딩) 기술 단위에 대한 에너지 소비 및 생산 정량적 평가기술 개발
- 국가 설계인증시스템과 연동을 위한 정보화(성능기반 DB 및 시뮬레이션 모듈) 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 건축물의 에너지 절감, 오염물질 배출 감소, 쾌적한 거주환경 조성을 위해 정부가 운영하고 있는 녹색건축 인증제도와 접목을 통한 시너지 효과 발생이 기대됨.
- 2030 에너지 신산업 확산 전략의 일환인 제로에너지빌딩 기반 강화를 위해서는 필수적으로 수립되어야 하는 분야로 정부의 지원이 필수적임.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">표준협단체 및 유관 분야 산학연 협력에 의한 전문가 네트워크 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 제로에너지 빌딩 품질인증 시험평가 국가표준(안) 개발 및 제안
- 단체표준 제정
- 정보화(성능기반 DB 및 시뮬레이션 모듈) 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 제로에너지빌딩 요소기술의 객관적인 성능 검증을 위한 지표로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>140</td><td>140</td><td>230</td><td>140</td><td>70</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>60</td><td>60</td><td>70</td><td>60</td><td>30</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>200</td><td>300</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">720</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">280</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,000</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 제로에너지빌딩 분야의 기반기술 확립에 기여
- 평가기술의 표준화로 제품 성능의 신뢰도 향상에 따른 수요 창출을 비롯한 관련 분야의 산업 활성화
- 융복합 패키지 단위의 연구 개발 등을 통한 신사업 창출</td></tr>
</table>

1. 기술 명	13. 광역-기초 건축물 에너지 지원센터 운영 기반의 신그린리모델링 지원 기술
2. 기술개발 필요성	▪ 그린 리모델링 사업의 꾸준한 추진에도 불구하고 저에너지 건축물의 저변 확산에 한계 노정 - 그린 리모델링 사업 추진에 따라 공공건축물의 그린 리모델링은 다수의 성공사례가 나타났으나 여전히 민간 부문에는 활성화되지 못함에 따라 새로운 방식의 그린 리모델링 사업 추진 방식이 필요함 ▪ 다차원적 거버넌스 체계 정립 하에 다양한 저변 확대 지원제도가 효과를 볼 수 있음 - 저에너지 소비 건축물의 활성화를 위해서 관련 기술의 개발도 중요하지만 중앙정부-광역지자체-기초지자체 등의 공공영역의 거버넌스 체계와 공공-민간의 거버넌스 체계의 재정립 기반의 기술 컨설팅 및 재료 지원, 인센티브 등의 제도가 포괄적으로 시행되어야 함

3. 국내외 관련기술 현황

국외	▪ 다차원적 거버넌스 지원 조직 구성, 새로운 방식의 강소 중소기업 육성을 골자로 한 R&D 운영 - 독일은 중앙정부 지원, 광역지자체 주도, 기초지자체 및 공공(대학교 등), 민간 결합형 건축물 에너지 컨설팅 센터가 운영 중임 - 독일, 북유럽 국가들은 건축물 자재, 기술지원 등 강소 중소기업 육성방식의 R&D 운영(정확히 C&D 운영)	국내	▪ 녹색건축센터 운영 - 건설기술연구원, 한국토지주택공사, 한국감정원 산하의 녹색건축센터 설립 및 운영 ▪ 그린 리모델링 사업 추진 - 공공기관 건축물 그린 리모델링 추진, 민간 건축물 그린 리모델링 융자 지원사업 등 추진

4. 기술개발 목표	▪ 다차원적 거버넌스 구조 및 지원/실행 조직 개발, 이를 바탕으로 한 C&D, S&D 등 x&D의 새로운 방식 발굴 및 지원 체계 개발
5. 기술개발 내용	▪ 다차원적 거버넌스 구조 재정립을 위한 저에너지 소비형 건축물 지원 센터 운영 실증 ▪ 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 강소 중소기업 육성 법제도 개선 및 지원체계 개발(x&D 방식의 다차원적 지원) ▪ 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 산업생태계 조성 및 지원을 위한 오픈 플랫폼 개발 및 실증

6. TRL단계

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	세부기술 명	소요기간(년)	소요예산(억 원)
1	신그린 리모델링 사업 추진을 위한 기반체계 구축 및 실증	5	60
2	지자체-중소기업 연계기반의 기술지원 및 비용효율화 지원을 위한 Living Lab형 강소기업 육성 및 활동 기반 구축	5	65

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">13-1. 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 기반체계 구축 및 실증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">그린 리모델링 사업 추진으로 다수의 저에너지 건설 및 전환 성과를 보았으나 여전히 대다수를 차지하는 기존 건축의 저에너지 건축물로의 전환 속도가 높지 않음. 기존 건축물에 대해서는 신축건축물과는 다른 방식의 접근이 필요하므로 다양한 기반체계를 바탕으로 한 신그린 리모델링 사업의 전환 추진이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="7">신그린 리모델링의 성공적 추진을 위한 거버넌스 체계, 추진을 위한 광역-기초 지자체 차원의 전담센터 설립, 관련 법제도 개선, 사업 추진의 지속성 확보를 위한 정보 공유 플랫폼, 전환 건축물에 대한 성과 모니터링 등의 기반체계 구축이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">기존 건축물의 저에너지 건축물로의 전환을 위한 다양한 차원의 기반체계 구축 및 실증을 통한 적용 효과 증진 방안 도출</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">현재 운영 중인 그린 리모델링 사업, 광범위하게 개발되어 있는 저에너지 건축물 관련 요소기술의 활용성 확인 및 활용을 바탕으로 건축물 에너지 지원센터(가) 운영</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">개발된 대부분의 저에너지 건축물 요소기술들이 다수를 차지하는 기존 건축물에 적용되지 못하는 문제를 해결함으로써 보다 현실적인 건축물 부문의 에너지 소비 효율 증진 방안 도출 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 다차원적 거버넌스 구조 재정립을 위한 저에너지 소비형 건축물 지원 센터 설립체계 개발 및 운영 실증
- 중앙부처 및 지자체 유관시스템(세움터, UPIS, KLIS 등)간 연계 및 활용
- 신그린 리모델링 사업 추진 결과 모니터링 및 효과 검증 체계 개발
- 저에너지 소비형 건축물 지원 센터 기반의 신그린 리모델링 추진 로드맵 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">건축물 에너지 효율화, 저에너지 건축물 확산은 건축물 부문의 온실가스 저감을 위해서 매우 중요하며, 동시에 건축물 에너지 효율화를 통한 보편적 복지 확산을 위해서 정부지원이 매우 필요함</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 광역-기초지자체 차원에서의 건축물 에너지 지원센터(가) 설립 지원
- 시범적으로 설립되어 운영되는 건축물 에너지 지원센터(가)를 바탕으로 실증사업을 추진하며 다양한 애로사항 및 현실적 장벽 제거를 위한 기반체계 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 건축물 에너지 지원센터(가)를 통한 신그린 리모델링 사업 운영모델
- 광역-기초 지자체 차원의 건축물 에너지 지원센터(가) 설립
- 관련 법·제도(안) 및 개선(안)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">기축 건축물에 대한 에너지 효율성 컨설팅 사업, 각 지자체별 상황에 적합한 건축물 에너지 효율화 모델 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>1,500</td><td>1,200</td><td>1,200</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>500</td><td>400</td><td>400</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>2,000</td><td>1,600</td><td>1,600</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">30 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">-지자체 맞춤형 건축물 에너지 지원센터(가) 운영 방안 도출을 통한 기존 건축물의 에너지 효율성 증대의 기반 마련 가능
-기존 건축물 에너지 효율성 증대를 위한 다양한 광역-기초지자체 단위의 사업 운영 가능성 확보</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">13-2. 지자체-중소기업 연계기반의 기술지원 및 비용효율화 지원을 위한 Living Lab형 강소기업 육성 및 활동 기반 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">다수를 차지하는 기존 건축물의 저에너지 건축물로의 전환을 위해서는 다수의 중소기업의 에너지 저감을 위한 기술력 확보가 필수 불가결함</td></tr>
<tr><td colspan="7">저에너지 건축물 확보를 위해서 다양한 요소기술의 개발이 필요함에도 대부분의 중소기업들은 이러한 기술력 확보에 어려움을 겪고 있고, 소규모 건축물의 저에너지 건축물로의 전환 시장에 대기업이 뛰어들이기에는 시장성이 결여되는 문제가 동시에 상존하므로, 중소기업의 저에너지 건축물 전환을 위한 강소기업으로의 육성 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">다수의 기존 건축물의 에너지 소비 효율화를 위해 강소기업을 육성하고 이들이 활동할 수 있는 기반 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">현재 운영 중인 그린 리모델링 사업, 광범위하게 개발되어 있는 저에너지 건축물 관련 요소기술들에 대한 중소기업 차원에서의 활용성 확인 및 비용 성능 절감을 위한 플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">다수로, 광범위하게 존재하는 기존건축물의 저에너지 건축물로의 전환은 국가 및 소수의 대기업에 의해 운영되기에는 시장성이 떨어지므로 중소기업이 활동할 수 있는 기반을 마련함으로써 기존 건축물의 에너지 효율성 증대 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">- 지자체-중소기업 연계기반의 기존 건축물 에너지 효율화 필요 기술 발굴 및 검증형 Living Lab 운영
- 강소기업 육성을 위한 다양한 기술활용 및 사업 활성화를 위한 기반 마련 및 실증
- 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 산업생태계 조성 및 지원을 위한 오픈 플랫폼 개발 및 실증
- 신그린 리모델링 사업 추진을 위한 강소기업 육성 법제도 개선 및 지원체계 개발(x&D 방식의 다차원적 지원)</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">기존에 국가 R&D를 통해 개발된 High-End급 기술들에 대한 Middle-End 급 기술로의 전환 개발, 기술 확산을 위한 교육 및 비용 성능 제고를 위한 공용 오픈 플랫폼 개발을 통한 강소기업 육성은 공공적 성격을 지닌 정부지원이 필수적임</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 기존에 개발된 High-End 급 기술을 활용한 Middle-End 급 기술로의 전환 방안 마련
- 다양한 오픈 공용 플랫폼 개발을 통한 기술 접근성 제고 및 비용 성능 제고 방안 마련
- 각 지역 특성, 건축물의 상황에 적합한 X&D 방식의 다차원적 지원을 바탕으로 한 Living Lab형 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">- 저에너지 건축물 전환 지원 기술 오픈 플랫폼 기반의 생태계 모델
- 저에너지 건축물 전환 지원을 위한 기술 오픈 플랫폼
- 관련 법제도(안) 및 개선(안)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">다양한 지역 기반의 중소기업 활동시 기술지원, 관련 제품 개발 기반 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,000</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>500</td><td>500</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>700</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td>1,300</td><td>500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,800</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td>5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,700</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td rowspan="2">34 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,500</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">-기존건축물의 저에너지 건축물 전환을 선도하는 강소기업의 육성
-강소기업에 의한 중장기 관점에서 자생적으로 기존 건축물의 에너지 효율화 달성 가능</td></tr>
</table>

제2절. 기술로드맵(안)

1.건축물 자재•시스템 분야

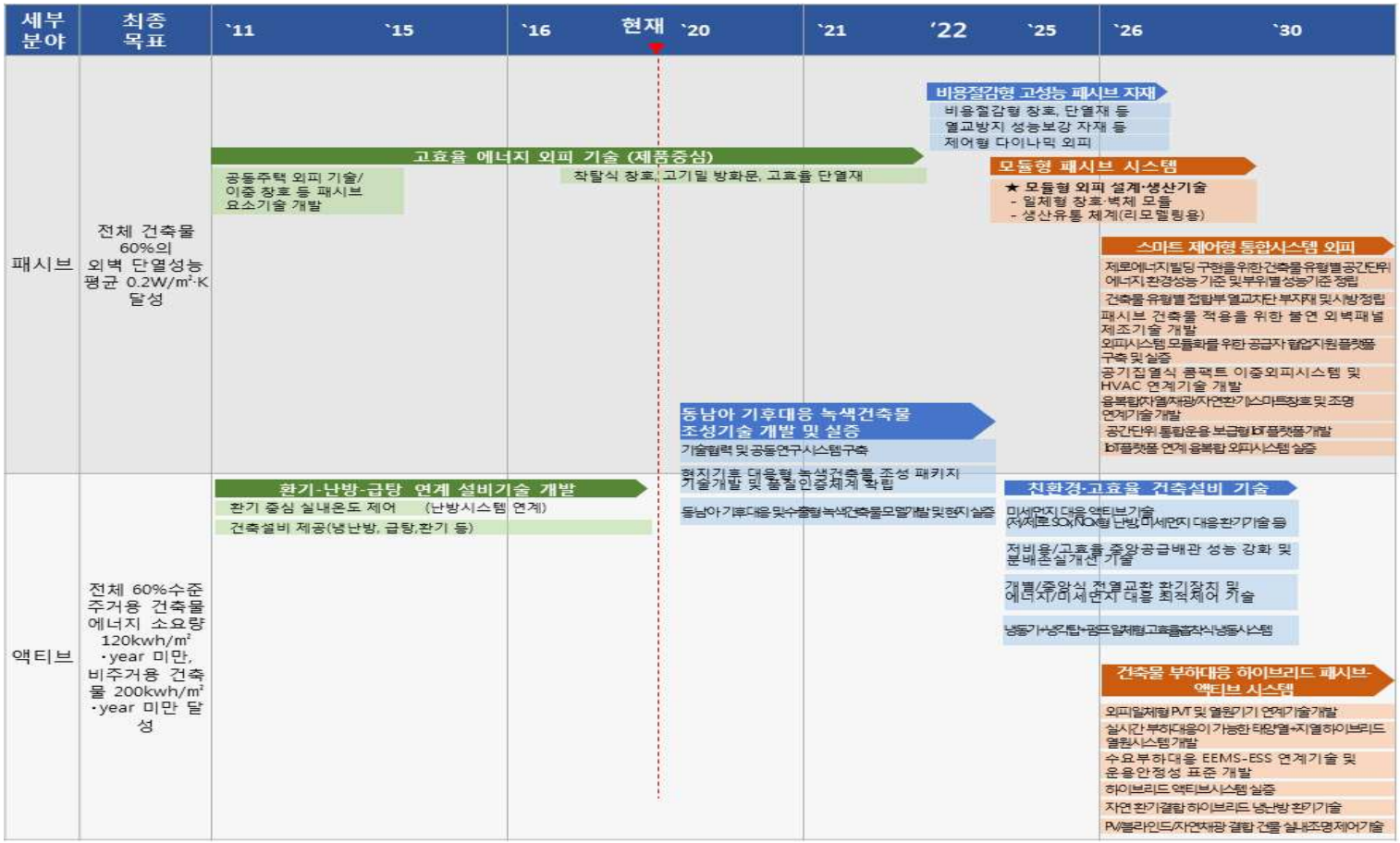


그림 178. 건축물 자재·시스템 분야(1)



그림 179. 건축물 자재·시스템 분야(2)

2. 건축 설계•시공 분야



그림 180. 건축 설계·시공 분야(1)



그림 181. 건축 설계·시공 분야(2)

3. 에너지 운영•최적화 분야

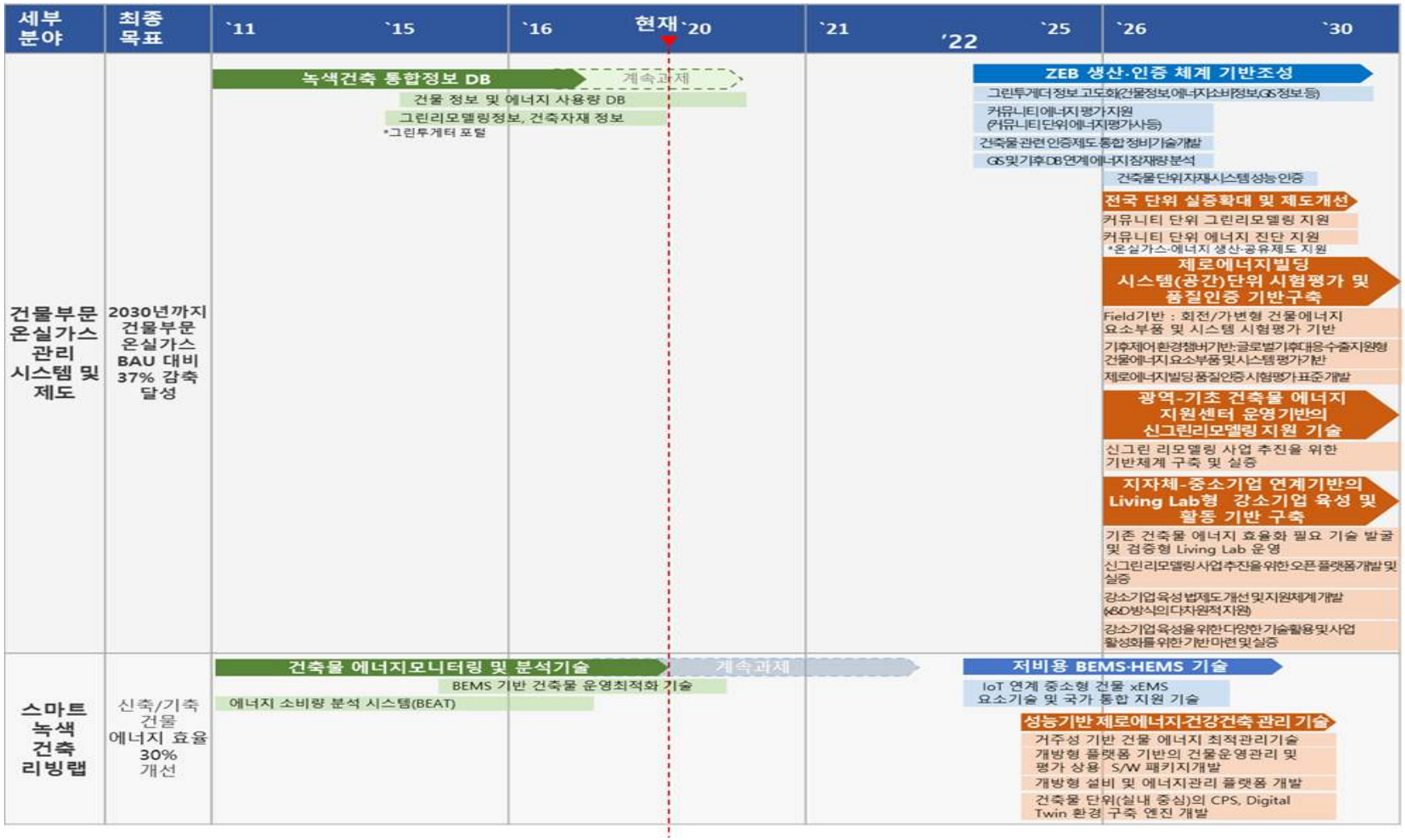


그림 182. 에너지 운영 · 최적화 분야(1)

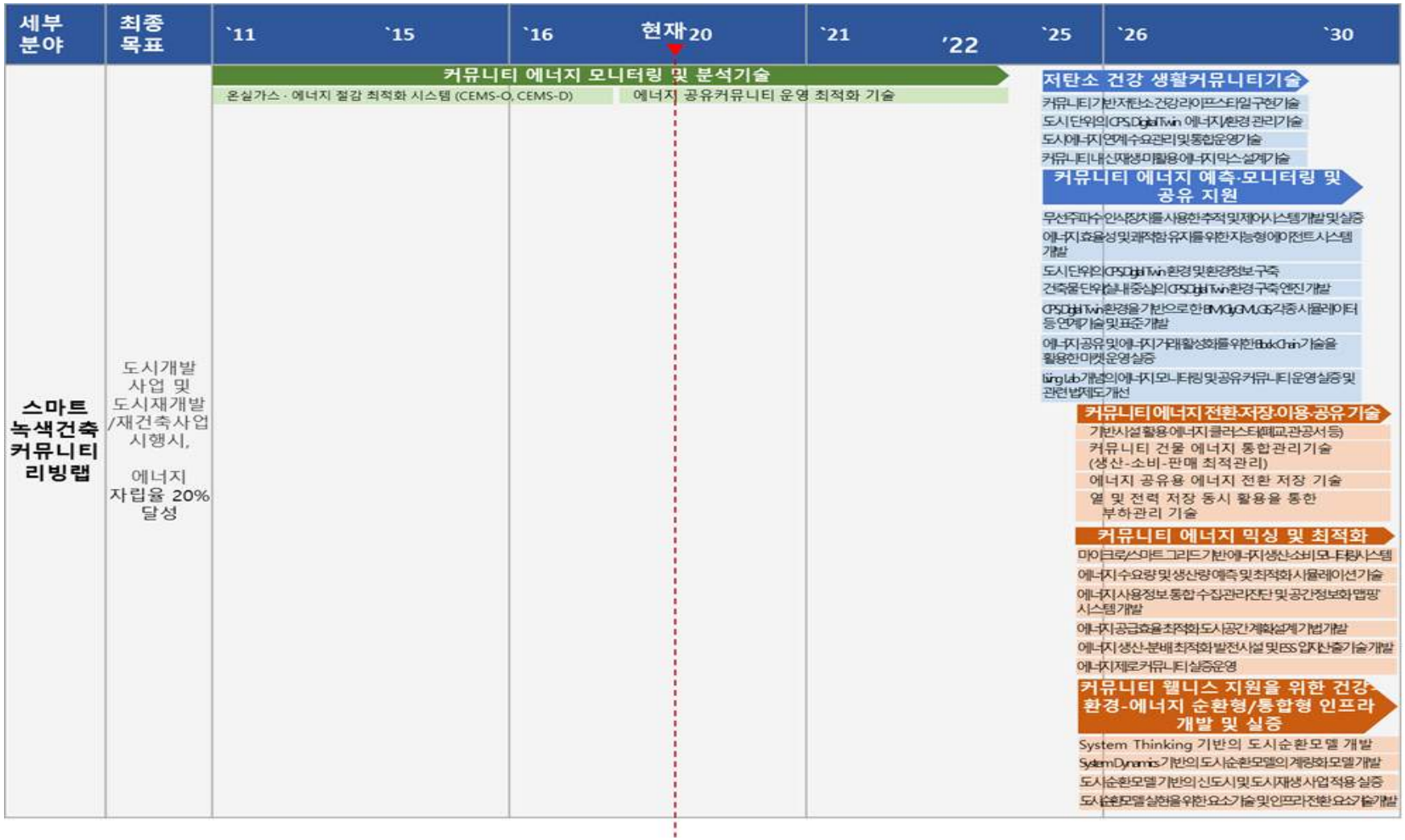


그림 183. 에너지 운영 · 최적화 분야(2)

제3절. 파급효과

1. 과학기술적 파급효과

□ 미래 건물·도시의 에너지 수요에 부합하는 한국형 에너지 최적화 건물 및 도시 기술 확보

- 에너지 절감 및 온실가스 감축 주요 기술 확보를 통한 국내 신규 및 동남아 시장에서 경쟁성 우위 선정
- 건축물 에너지 모니터링 및 관리 기술을 통하여 에너지 절약 최적화 및 예측 가능
- 통합형 DB 플랫폼의 활용 범위를 건축물 관리 단계까지 확장하여 시뮬레이션 등에 적용 가능함

□ 건강성을 고려한 건물·도시 에너지 최적화 기술의 글로벌 표준 선도

- 건강한 건축물 인증제도 개발 및 이를 기반으로 한 건축 재료 개발, 에너지 효율적이며 건강한 건축물 조성을 위한 기반기술 개발 가능
- 건축 라이프 사이클 전반 저탄소화를 통하여 건강성 관리 체계 구현
- 도시환경의 악회에 대응하는 건강한 생활환경 조성을 통한 글로벌 시장 우위 선정

2. 경제사회적 파급효과

□ 관련 기업의 기술경쟁력 향상에 기반한 국내외 에너지 최적화 건물 및 도시의 계획, 설계, 시공, 설비 및 시스템 시장 선점 및 점유율 확대

- 개발된 기술과 타 산업분야와의 융합을 통해 시공품질 향상, 건물에너지 절감, 그리고 온실가스 저감을 위한 신기술 개발 역량 확보 가능
- 에너지 신산업 관련 신재생에너지 산업 핵심 기술력 확보를 통하여 글로벌 시장에서 경쟁력 확보 가능
- 기술경쟁력 향상을 통한 특허기술 확보를 통하여 에너지 신산업 분야 시장진입에 상대적으로 용이함
- 동남아 녹색건축물 시장에 대한 선제적 대응을 통한 국내기술의 해외수출 확대 견인

3. 정책적 파급효과

□ 정부의 건물·도시부문 온실가스 감축 목표 달성 기여

- 기후변화 위기에 따른 온실가스 감축 이행 의무화에 있어 에너지 신기술을 통한 목표 달성의 우위 확보 가능
- 국가별 제로에너지빌딩 의무화 목표 달성을 위한 단계별 온실가스 감축 가능

□ 재생에너지 및 분산발전 기반 에너지 신산업 창출 및 고용 확대

- 4차 산업혁명 대응을 통한 신산업 창출로 과학기술이 선도하는 새로운 사회적 일자리 창출 가능

□ 신남방국가대상 녹색건축물 기술이전 협업모델 개발 및 수출증대 기반조성을 통한 상생번영 달성

- (국내) 국내 기술이전 수출확대 기여
- (신남방국가) 정책/시스템 개선 및 에너지효율화에 따른 에너지안보 제고, 녹색건축물 산업확대

참고문헌

1. 건축환경설비, 2014, 미국 상변화 물질 연구동향
2. 교통연구원, 2012, 미래사회 메가트렌드와 교통체계 전망
3. 국토교통부, 2013, 2040 국토교통 미래기술예측조사
4. 국토교통과학기술진흥원, 2017, 효율적 에너지 운용을 위한 플로스 에너지 주거단지 핵심기술개발기획
5. 국토교통과학기술진흥원, 2015, 국토교통기술수준조사 보고서
6. 국토교통과학기술진흥원, 2017, 2045 국토교통 100대 미래유망기술
7. 국토교통과학기술진흥원, 2017, 도시건축연구사업 성과분석 보고서
8. 국토교통과학기술진흥원, 2017, 주거환경연구사업 성과분석 보고서
9. 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2017, 주거공간 성능개선을 위한 상변화물질의 건축물 적용 기술개발기획
10. 국토교통부, 2018, 제5차 국토종합계획의 수립방향
11. 국토교통성 주택생산과, 2017, 주택·건축물의 에너지 절약 시책의 동향에 대해
12. 국토연구원, 2014, 메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구
13. 국토연구원, 2015, 미래 국토발전 전략 수립방안 연구
14. 연구개발특구진흥재단, 2018, 첨단 에너지 저장시스템 시장, marketandmarkets 재인용
15. 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용
16. 연구개발특구진흥재단, 2018, 조명 제어 시스템 시장, marketandmarkets 재인용
17. 연구개발특구진흥재단, 2018, 지능형 검침인프라 시장, marketandmarkets 재인용
18. 연구개발특구진흥재단, 2018, HVAC 제어 시장시장, marketandmarkets 재인용
19. 윤성필 외 2인, 2018, 기술전략 수립방법론 연구:에너지 신산업에 대한 적용 사례
20. 친환경 건축과 도시환경, 2016, 싱가폴 친환경 건축물 인증제도의 현황과 미래
21. 한국감정원, 2016, 건물 온실가스 감축체제의 해외동향 및 정책방향
22. 한국과학기술기획평가원,황건욱, 2018, 스마트시티
23. 화학경제연구원, 2017, 건축자재시장분석 및 전망
24. DOE EERE, 2017, Enhancing Phase Change Material Modeling
25. EERE,2015, Building America Research-to-market Plan
26. EU, 2018, High erergy performing Bildings
27. HEAL, 2018, healthy buildings, healthier people
28. KISTEP, KAIST, 2017, 10년후 대한민국 4차 산업혁명 시대의 생산과 소비
29. KISTEP, 2018, 혁신성장과 미래 트렌드 2018