

국토교통연구기획사업 최종보고서

# 고층형 ZEB 3등급 공동주택 핵심기술개발

고층형  
ZEB 3등급  
공동주택  
핵심기술  
개발

보완기획  
최종  
보고서  
2024

2024. 05.

- 과제1. 고층형 ZEB 3등급 공동주택 단지 핵심기술개발 및  
실증  
과제2. 한국형 건축물 에너지 성능평가 고도화 기술개발

국토교통부  
국토교통과학기술진흥원

국토교통부  
국토교통과학기술진흥원

\* 본 기획보고서는

연구개발계획 수립의 참고자료로 활용하되,

제안시 제출하는 연구개발계획서의 연구개발 최종

목표, 성과목표, 기술개발내용, 예산 등

상세내용은 반드시 공고시 게재되는 RFP를

따라야 함을 알려드립니다.

## **과제1.**

**고층형 ZEB 3등급 공동주택 단지  
핵심기술개발 및 실증**

## < 요약 문 >

사업명		국토교통연구기획사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-						
내역사업명(해당 시)		-			연구개발과제번호		20RDPP-C159533-01						
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EI1202	60%	EE0804	30%	EE0802	10%						
	부처기술분류	-	-	-	-	-	-						
총괄연구개발명		지능형 주택 연구개발사업 기획											
연구개발과제명		고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증											
전체 연구개발기간		2020. 10. 16 - 2022. 10. 31(2년)											
총 연구개발비		총 400,000 천원 (정부지원연구개발비: 400,000 천원, 기관부담연구개발비: - 천원, 지방자치단체: - 천원, 그 외 지원금: - 천원)											
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( - ) 종료시점 목표( - )						
연구개발과제 유형		지정공모[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 자유공모[ ]											
연구개발과제 특성		공동주택 에너지 혁신기술개발 과제로부터 창출된 성과물이 시장에 실제 적용되고 보급·확산을 촉진하기 위한 임무지향, 민간주도 융합 방식의 R&D 플랫폼 사업 추진											
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		ZEB 3등급 공동주택 구현을 위한 에너지혁신 기술개발, 최적화 모델 실증, 한국형 건축물 에너지 성능평가 방법론 고도화를 통해 고층·고효율·고성능 공동주택 핵심기술 확보									
		전체 내용		세부구성1. 고층 공동주택 에너지혁신 기술개발 세부구성2. 개발기술 통합 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축 세부구성3. ZEB 활성화 제도 혁신 연구									
		세부구성1	목표	고층 공동주택 에너지자립률 제고 및 고층부 시공성 향상									
			내용	- 고밀화로 인해 ZEB 상위등급 달성이 극히 어려운 고층 공동주택을 대상으로 신재생에너지 적용 확대, 현장 적용성 향상기술 개발, 고효율·고성능 요소기술 개발, 성능검증 표준 및 설계 가이드라인 개발 등을 통해 ZEB 3등급 고층 공동주택 혁신 기술개발 달성									
		세부구성2	목표	ZEB 3등급 고층 공동주택 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축									
내용	- 개별적 요소기술 개발이 아닌 개발기술 간 호환성, 유기적 연계성을 고려한 통합 기술개발 및 ZEB 3등급 고층 공동주택 최적 설계모델 실증 - 장기적인 실증 데이터 확보 및 보급을 위한 인프라 구축을 통해 ZEB 공동주택 에너지 관리 최적화 기반 구축												
세부구성3	목표	제로에너지건축물 활성화를 위한 제도/정책 개선(안) 마련											
	내용	- ZEB 신기술 시장 진입장벽 완화 지원, 인센티브 제도 개선 등 제로에너지건축물 활성화를 위한 제도/정책 개선(안) 마련으로 민간의 자발적 참여 및 ZEB 공동주택 확산 촉진 유도											
연구개발성과		- ZEB 3등급 이상의 공동주택 에너지 효율 향상 기술 • 중점분야별(패시브, 액티브, 신재생에너지, 에너지 공유) 신기술 및 신제품 개발(특허등록 13건 이상) - ZEB 3등급 공동주택 실증 - ZEB 보급 활성화 및 개발기술의 시장확산을 위한 법·규제·제도 및 정책 반영											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		- 국산 고성능 에너지 효율 향상 건축기술로 제로에너지 주택 활성화 및 건축자재 시장 견인 및 세계시장 진출 가능성 제고 - 공동주택 에너지 기술 실증을 통해 검증된 혁신기술과 공법을 시장에 적극적으로 도입·확산을 유도함으로써 건설기술 혁신 신사업 및 부가가치 창출 가능 - 공동주택 에너지 효율 향상 기술 적용을 통해 기후변화, 미래 주택수요에 대응하는 국가 정책의 실현과 국민의 삶의 질 향상에 기여 가능											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유		해당사항 없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		신품종		
		-	-	○	-	-	-	-	생명 정보	생물 자원	-	정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
		-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
국문핵심어 (5개 이내)		공동주택 에너지		제로에너지빌딩		리빙랩		제도혁신		임무중심 R&D			
영문핵심어 (5개 이내)		Energy efficiency for Apartment Houses		Zero Energy Building		Living lab		Institutional Innovation		Mission oriented R&D			

## 〈 목 차 〉

I . 기획연구과제의 개요 .....	1
1. 사업의 개요 .....	1
2. 기획연구 추진전략 .....	1
II . 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용 .....	2
1. 기획의 추진경과 .....	2
2. 사업기획 추진체계 .....	4
III . 기획연구과제의 수행 결과 .....	6
1. 사업의 정의 및 필요성 .....	6
가. 본 사업의 주요용어 정의 .....	6
나. 본 사업의 정의 .....	7
다. 사업의 배경 .....	10
라. 사업 추진의 필요성 .....	14
마. 사업 추진의 시급성 .....	21
바. 국고지원의 적절성 .....	24
사. 추진 근거 .....	26
2. 국내외 동향 및 환경 분석 .....	33
가. 대내외 환경분석 .....	33
나. 국내 R&D 역량분석 .....	50
3. 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....	82
가. 사업설계를 위한 조사분석 .....	82
나. 사업 추진전략 .....	78
다. 핵심기술 개발 내용 .....	90
4. 소요예산 및 자원조달 계획 .....	139
가. 총사업비 .....	139
5. 과제 제안요구서(RFP) .....	140

# I. 기획연구과제의 개요

## 1. 사업의 개요

- 동 사업은 고층 공동주택에 대한 제로에너지건축물(이하 ZEB) 3등급을 달성할 수 있는 혁신 기술을 개발하고, 개발기술 통합 실증 및 에모니터링을 통해 성능을 검증함으로써 국가적 난제인 탄소저감 실현에 기여하기 ‘목표지향형 임무중심 R&D 사업 전략’을 추진하는데 목적이 있음
- 동 사업은 혁신기술개발 R&D, 기술의 성능검증을 위한 통합 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축, ZEB 보급확산을 위한 제도혁신 연구로 구성

## 2. 기획연구 추진전략

- 본 연구기획은 기획위원회, 대국민 설문조사, 기존 유사 R&D 전문가 의견수렴, 기술수요조사, 전문가 자문회의 등 총 5단계를 거쳐 도출된 사항을 종합하여 동사업 추진방향과 전략, 목표, 연구개발과제 내용을 구체화하여 제시
- (1단계) 공동주택 에너지 4개 중점분야(패시브, 액티브, 신재생에너지, 에너지공유) 산학연 전문가 13명으로 구성된 기획위원회 운영을 통해 사업추진전략 및 중점분야 도출
- (2단계) 미래 공동주택 에너지 분야 수요자 관점의 의견수렴을 위해 총 516명의 대국민 설문조사를 실시하여 사업방향 도출
- (3단계) 공동주택 에너지 분야 산학연 전문가 30명을 대상으로 대면 및 온라인 인터뷰를 진행하여 기존 유사 R&D 사업 수행의 한계점과 향후 사업 추진 시 개선해야 할 사항에 대한 의견수렴
- (4단계) 산업체 기술개발 전문가, 공공기관 및 대학 등 연구자, 대한건축학회 등 유관학회 등을 대상으로 주택에너지 신축 및 기축 기술분야 난제 발굴을 위해 기술수요조사를 실시하고, 기획위원회를 통해 기술평가 실시 및 중점분야별 기술 우선순위 도출
  - 향후 동 연구기획이 본격 연구개발사업으로 착수 시 기술개발 아이템 예시 및 후보군으로서 활용 또는 기술 간 연계방안 도출 목적으로 조사 및 기술평가를 실시
- (5단계) 제로에너지 건축기술분야 전문가(LH, SH, 출연연구기관, 산업체 등) 자문회의를 통해 사업의 목표, 전략, 기술개발내용의 적절성, 실증 추진 가능성, 목표 달성 가능성 등 기획사업의 전반에 대해 검토 및 보완 진행
  - 동 사업에서 추진하는 기술개발 제품의 성능검증 및 거주 후 평가(POE) 실증 추진 가능성과 실증 후보지 보유기관 파악, 연계 가능성 등을 사전에 확인
    - ZEB 실증을 위한 리빙랩 구축 및 운영계획, 추진내용, 로드맵의 적절성 검토
    - 사업비에 따른 동 단위, 세대 단위 등 추진 규모와 가능한 기술적용 등에 대한 확인
- 상기 총 5단계에 걸쳐 도출된 의견을 종합 검토하여 동 사업의 추진방식, 범위, 추진전략, 세부사업별 수행내용과 적정 연구비 등을 담은 연구개발사업을 제시

## II. 기획연구과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1. 기획의 추진경과

- '20.11. : 기획연구 착수회의
- '21.01.~05. : 제1~6차 전문가 간담회
- '21.06.~09. : 지능형 주택 후보 분야 도출
  - \* 후보 분야 도출을 위한 제1~4차 워크샵 수행
- '21.10. : 지능형 주택 5대 분야 정립
  - \* 분야 정립을 위한 제5~6차 워크샵 수행
- '21.11. : 로드맵 수립을 위한 R&D 기술수요조사
- '21.12. : 주택분야 기술개발 로드맵 초안 마련
- '22.02. : 주택분야 신규 연구개발사업(그린리모델링 신규 연구개발사업) 도출
- '22.03.~04. : 제1~3차 그린리모델링 자문회의 및 기술수요조사
- '22.05. : 제1차 「환경대응형 공동주택 리모델링 기술개발사업」 기획위원회의
- '22.05. : 그린리모델링 선행유사사업 연구진 자문회의
- '22.06. : 제2차 「환경대응형 공동주택 리모델링 기술개발사업」 기획위원회의
- '22.06. : 제3차 「환경대응형 공동주택 리모델링 기술개발사업」 기획위원회의
- '22.07. : 제4차 「환경대응형 공동주택 리모델링 기술개발사업」 기획위원회의
- '22.08. : 제5차 「환경대응형 공동주택 리모델링 기술개발사업」 기획위원회의
- '22.08. : 임무지향형 R&D 사업으로 추진방향 및 전략, 연구범위\* 조정
  - \* 그린 리모델링→공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼
- '22.08. : '주택 에너지 소비관점의 수요자 의견수렴' 실시
  - \* 수도권 거주 일반인 516명 대상 온라인 설문(수행기관 : 한국개발연구소)
- '22.08.~09. : 기존 주택에너지 분야 유사사업 수행 연구자 대상 인터뷰 실시(총 30명)
  - \* 실시기간 : 2022.08.23.(화)~2022.09.14.(수), (총 23일)
- '22.10. : 「공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼 사업」 기획 과제 에너지 분과 간담회 개최
  - \* 사업 추진 방향 및 실증추진 실현 가능성 등 산학연전문가 의견수렴
- '22.10~11. : 「공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼 사업」 공동주택 운영 관련 유관 기관과 실증사업 추진 가능성 검토(LH토지주택연구원)
- '22.11. : 「공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼 사업」 실증관련 논의(LH, KAIA, STSI)
  - \* 사업 추진 시 실증(기술적용 및 POE) 가능한 신축·기축 공동주택 유무 확인 및 참여가능성 등 논의
- '22.11. : 제6차 「공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼 사업」 기획위원회의

- \* '공동주택 에너지 혁신기술 개발' 과제를 통해 달성 가능한 사업목표 설정 검토 및 확정
- '23.11~24.1. : 보완기획위원회 5회 개최
  - \* 기존사례 분석을 강화하여 사업체계 및 구성기술 추가 발굴 및 타사업과의 연계 발굴
- '23.12. : 과제기획 효율화를 위해 기획 중인 타 사업과의 연계를 위한 부서간협의 시행
  - \* 주택건설공급 및 녹색건축과
- '24.1. : 「고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증」으로 과제명 변경 사업목표 설정
- '24.2. : 주택건설공급과와 녹색건축과 2개 과제 통합하여 「고층형 ZEB 3등급 공동주택 핵심기술개발 및 실증」으로 신규 사업 구성 및 사업목표 설정

## 2. 사업계획 추진체계

### □ 분과 기획위원회 추진체계 및 역할



[그림 2-1] 사업계획 추진체계

- (국토교통부) 주관부처로서 고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증 사업계획 총괄
- (국토교통과학기술진흥원) 기획연구 수행기관을 활용하여 기획위원회를 운영, 사업 상세기획 등 기획연구 전반을 주관
- (기획연구 수행기관) 추진사항 점검 및 방향 논의 등 실무에 대한 의사결정
  - 사업 상세기획의 원활한 추진을 위하여 기획 참여 주체 간의 역할 분담
  - 기획업무의 진도관리, 추진방향의 논의 및 신속한 의사결정 지원 등 사업계획 실무에 대한 관리·조정
- (자문위원회) 산·학·연 등 공동주택 에너지효율 향상 관련 요소기술 분야 전문가를 중심으로 추진전략, 타당성 등을 검토(사업의 객관성 확보, 사업 성과물의 확산 시 문제점·이슈사항 등 논의)
- (기획위원회) 사업에 대해 기술적 관점에서 추진이 가능한 핵심·구성기술을 선정하기 위해 중점분야 4개의 소위원회로 구성된 기획위원회 운영
  - (기획위원장) 기획위원회 총괄관리자로서, 위원 간 조정·중재를 통해 의견 합치를 유도하고, 실무협의체와 함께 주관부처에 기획위원회의 기술 도출 결과를 보고하는 한편, 기획방침·작성기한 등을 준수할 수 있도록 기획위원에 대한 관리감독 수행
  - (기술소위원장) 기획위원장을 도와 위원회의 전반적인 운영을 지원하여 사업의 합리적인 상세기획이 마련될 수 있도록 유도하며, 구성기술별 담당 기획위원으로부터 작성 내용을 수신받아 종합적 검토 및 핵심기술 단위 기술 기획을 완성
  - (기획위원) 핵심·구성과제(기술)의 평가의견 제시·논의를 통한 선정지원, 역할 분담에 따른 기술별 상세기획 내용 작성 및 사업 내 작성 기술의 검토의견 제시

□ 기획위원회 위원 명단

- 공동주택 에너지 기술 분야 산(4명), 학(5명), 연(4명) 전문가 총 13명으로 구성하고 4개 분야로 소위원회를 구성하여 기획위원회를 추진

[표 2-1] 사업기획 추진체계

no.	성명	소속	직책	기관	비고
1	박성중	패시브제로에너지건축연구소	부소장	연	위원장
2	최원기	(주)선우시스	소장	산	
3	송진희	롯데건설 기술연구원	책임연구원	산	
4	남유진	부산대학교	교수	학	
5	박철용	쌍용건설	팀장	산	
6	김민성	Sun & Light	대표	연	
7	김형준	에어트러스트	대표	산	
8	김진영	아주대학교	교수	학	
9	박준석	아주대학교 산학협력단	수석연구원	학	
10	최병주	아주대학교	교수	학	
11	성욱주	한국건설생활환경시험연구원	선임연구원	연	
12	박시현	LH 토지주택연구원	책임연구원	연	
13	채영태	가천대학교	교수	학	

□ 기획연구 실무추진체계 구성

no.	성명	소속	직책	비고
1	정문희	국토교통부	사무관	
2	조보인	국토교통부	주무관	
3	김소연	국토교통과학기술진흥원	그룹장	
4	김지연	국토교통과학기술진흥원	선임연구원	
6	원동규	과학기술전략연구소	부대표	
7	윤성서	과학기술전략연구소	실장	
8	최유진	과학기술전략연구소	팀장	
9	김화현	과학기술전략연구소	연구원	
10	이수진	이화여자대학교	연구교수	

### III. 기획연구과제의 수행 결과

#### 1. 사업의 정의 및 필요성

##### 가. 본 사업의 주요 용어 정의

###### □ 주요 용어 정의

- **(공동주택)** 「주택법」에 근거하여, 건축물의 벽·복도·계단이나 그 밖의 설비 등의 전부 또는 일부를 공동으로 사용하는 각 세대가 하나의 건축물 안에서 각각 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 주택으로 정의하고, 그 종류와 범위는 「건축법」에 의한 아파트, 연립주택 및 다세대주택의 규정에 따름
- **(리빙랩)** 공동주택 에너지 문제를 해결하기 위해 다양한 입장의 실 사용자가 직접 연구에 참여하여 소통을 통해 함께 문제를 풀어나가고 결과물을 만들어 나가는 실증 프로그램
- **(POE / Post Occupancy Evaluation, 거주 후 평가)** 건축물이 완공된 후 거주자의 입장에서 사용환경의 질을 진단하고 평가하는 것을 의미하며, 현재 시설의 개선이나 향후 개발할 시설의 환경 개선을 위한 정보수집의 목적을 수반함  
※ 참고 : 대한건축학회 건축용어사전
- **(임무중심 R&D)** 사회적 과제로 잘 정의된 목표해결을 위해 과학·기술·혁신을 연계한 정책과 규제까지 통합하여 추진하는 사업

##### ◆ 임무중심 R&D(Mission-Oriented R&D)

- ✔ 가장 시급하고 범부처적 대응이 필요한 2050 탄소중립 실현 및 국가전략기술 육성 등 거시적이며 종합적인 **국가 난제** 해결을 위해 **명확한 목표와 구체적 기간을 설정**하고 이를 다양한 주체들의 참여를 통해 해결하는 임무 중점 R&D  
  - (국가 난제)국민 대다수가 체감하고 있으나 개인 혹은 단체차원의 해결이 불가하여 정부의 대응을 기대하는 문제

구분	임무중심 R&D (MO R&D)	기존 R&D (R&D, R&BD)
목적	국가, 사회적 임무 달성	국가전략 또는 경제성장
목표	국가 난제 해결	과학·기술경쟁력 확보
특징	수요자 참여형 연구개발 기술+인문사회+법·제도 융합	공급자 위주 연구개발
주체	산·학·연·민·관 등 다양한 영역의 참여	연구개발부서 중심
결과	국가적·사회적 차원의 문제 해결을 위한 혁신 기술 발굴 및 보급	논문·특허 등 연구 산출물 기술개발

※ 출처: MOIP와 대학 R&D (과학기술정책연구원, 2019)

[그림 3-1] 임무중심 R&D 정의 및 기존 R&D와의 차이점

- **(탄소중립 로드맵)** 국토교통부는 2050 탄소중립선언(‘20.10), 2030 국가온실가스 감축목표 상향(‘21.10)에 대응하기 위해 「국토교통 2050 탄소중립 로드맵」을 수립하고 ‘30년 공공 부문 3등급 달성, ’50년 전 건물 1등급 달성 목표를 발표함

※ 국토교통부 'ZEB 의무화 로드맵(2050 국토교통 탄소중립로드맵('21.12.))'

□ 국토교통부는 ZEB(제로에너지건축물) 활성화를 위해, 공공 분양·임대 공동주택에 ZEB 인증 의무화 정책 목표를 수립하였으며, 공공 공동주택은 '23년부터, 민간 공동주택은 '24년부터 ZEB의무 달성해야 함

	'20	'23	'24	'25	'30	'50
공공	5등급 (1천㎡ 이상)	5등급 (5백㎡ 이상 공공 분양·임대 공동주택 30세대 이상)		4등급 수준 (용도·규모 미정)	3등급 수준 (용도·규모 미정)	1등급 (조건물)
민간	-		5등급 (민간분양·임대 공동주택 30세대 이상)	5등급 수준 (1천㎡ 이상)	5등급 수준 (5백㎡ 이상)	

나. 본 사업의 정의

□ 고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증 사업의 정의

- 동 사업은 공동주택의 에너지 효율과 성능을 향상하기 위해 고층 공동주택을 대상으로 ZEB 3등급을 달성할 수 있는 혁신기술개발, 실증 및 리빙랩(성능 모니터링 및 POE), 제도개선 연구로 구성된 R&D 사업임
- 동 사업은 공동주택 에너지 난제 해결을 위해 명확한 목표와 구체적 기간을 설정하고 이를 해결하는 임무지향형 R&D 사업임

구분	고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증 사업
연구목적	국가 난제 중 에너지 분야의 실질적 해결을 위한 연구개발
연구기간	중·단기 사업(6년 이내)
연구단계(TRL)	응용개발 단계(TRL 6~9단계)
최종성과물	국가난제를 해결할 수 있는 혁신기술개발 및 실증
수혜자	특정 대상을 제외한 보편적인 모든 국민 대상 *국가 난제 해결을 통한 미래 성장동력의 발판 마련
주체	연구개발부서, 정책부서, 기업 협업
참여기업	대기업, 중견기업, 중소기업 외 수요기관 포함 *국가 난제 해결에 결정적 역할을 할 수 있는 공기업 등
특징	임무지향 R&D 해결을 위한 연구개발 추진 개발기술 통합실증 및 리빙랩 운영(성능 모니터링, POE)

[그림 3-2] 고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증 정의

□ 본 사업의 대상 범위

- 정부의 임무중심 R&D 혁신체계 전략에 부응하고 국토부 탄소중립 로드맵의 실현에 기여를 목적으로 건물 분야 중점 추진과제인 '건물 에너지 기술 향상을 통한 제로에너지화, 녹색건축물화'를 위해 필요한 영역을 동 사업이 추진하는 R&D사업의 범위로 설정
- 정부는 국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략 수립을 수립하고 가장

시급하고 범부처적 대응이 필요한 분야 중 하나로 2050 탄소중립 실현을 제시

- 국토부는 탄소중립 로드맵을 통해 건물 분야 중점과제로 신축건축물 에너지 기술 향상을 통한 제로에너지화, 녹색건축물화 제시

**기본 방향**

- ◇ 국가 차원의 대응이 필수적인 사회·경제적 난제 중 과학기술이 크게 기여할 수 있고 **가시적 성과 창출이 가능한 분야에 임무중심 R&D 적용**
- 가장 시급하고 범부처적 대응이 필요한 분야로 △2050 탄소중립 실현 및 △국가전략기술 육성에 **우선 적용**

<b>탄소 중립</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 탄소중립은 산업·경제·사회 전반의 대전환을 가져올 도전과제로서 국가의 명운이 걸린 문제</li> <li>■ 확정된 탄소감축 목표(30년 40%, '50년 탄소중립)의 달성을 위해서는 현재 기술이 아닌 혁신적인 기술의 개발·적용이 필수</li> <li>■ 이에 개별 기업·기관이 대응하기 어려운 만큼 정부가 과학기술 역량을 총동원하여 선제적으로 투자·지원하여 탄소중립 목표 달성 필요</li> </ul>
<b>국가 전략기술</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국가 간 기술패권 경쟁이 더욱 심화되어, 첨단 전략기술 확보가 경제적 측면을 넘어 국가의 생존과 외교·안보의 핵심으로 부상</li> <li>■ 미국·중국·일본·EU 등은 10~20개 내외 전략기술을 선정하여 국가적 역량을 결집하여 기술패권 경쟁에 적극 대응 중</li> <li>■ 이에 우리도 정부가 나서서 국가전략기술을 선정, 집중 지원함으로써 경제안보와 미래전략산업 주도권 확보 필요</li> </ul>



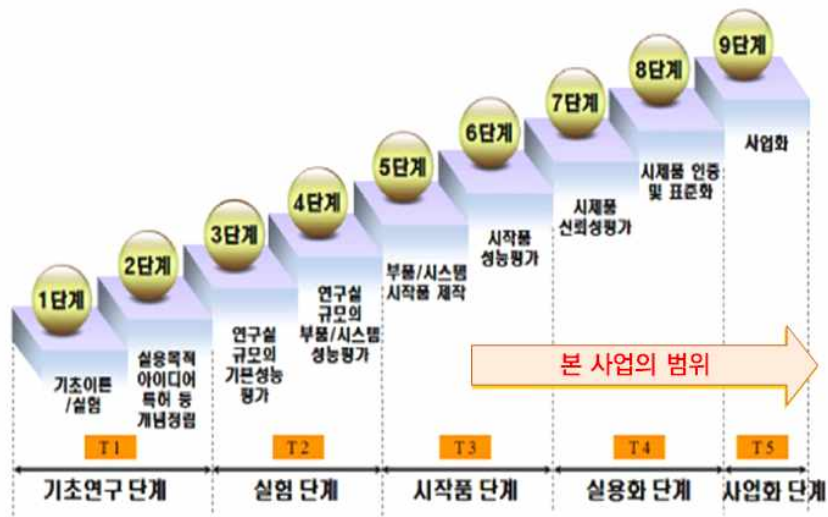
※ 출처: 제42회 국가과학기술자문회의 심의회의 운영위원회, (안건 제2호)“국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략(안), p.21, (2022.10.13.)

※ 출처: 국토교통 탄소중립 로드맵(p.6), (2021.12.)

[그림 3-3] 과기정통부 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략 기본 방향 및 국토부 탄소중립 로드맵

□ 연구개발의 범위

- 동 사업은 국토교통 탄소중립 로드맵의 건물부문 중점 추진과제인 건물의 에너지 효율 향상 및 제로에너지화 실현을 위해 필수불가결한 패시브 기술, 액티브 기술, 신재생에너지 기술, 실증 및 모니터링 기술의 총 4개 핵심분야를 연구개발의 범위로 설정
- 위 4개 중점분야에 대하여 실제 수요 현장의 니즈에 적합한 기술을 개발하고 그 성과물이 실제 시장에 보급·확산되어 실질적으로 공동주택 에너지 문제를 해소할 수 있도록 지원하는 전 과정을 포함
  - TRL 6~8단계 이상 기존기술의 응용개발, 연계 가능 기술 간 융·복합 기술개발, 신기술 등을 지원하여 사업화 수준(TRL 7~9단계)으로 고도화함으로써 최종적으로 제품을 시장에 출시하는 전 과정을 연구개발 범위로 설정
  - 기술개발은 동일 성능 대비 가격경쟁력 확보 또는 동등 또는 유사 수준 비용 대비 성능 향상 측면에 초점을 맞춘 연구개발 추진



[그림 3-4] 기술성숙도에 따른 동 사업의 연구개발 범위

- 동 사업은 개발된 시제품에 대한 기술적용 및 POE를 통해 개발 제품의 기술적 완성도 검증과 향후 ZEB 관련 기술개발 및 유지관리 최적화를 위한 데이터 제공
- 동 사업은 개발된 제품·서비스의 사업화가 원활히 이루어지도록 법·제도·정책 개선 등 시장과 사회에서의 수용성을 확대하는 방안을 연구

## 다. 사업의 배경

□ 탄소중립, 에너지 수요 증가 등 주택 에너지 분야 문제 해결을 위한 친환경 주택 보급 활성화에 대한 관심과 중요성이 증대

- '20년 전 세계 에너지 소모량 중 건축 부문 비중은 전체의 약 36%, 이산화탄소 배출량은 약 8.7GtCO<sub>2</sub>이며, 건설에 사용되는 재료 배출량까지 포함하면 전체의 37%를 차지
  - 주거용 건축물로 한정할 경우, 에너지 소모량은 전체의 22%, 탄소 배출량은 전체의 17%를 차지

[표 3-1] 전 세계 분야별 에너지 소모 및 탄소 배출 비율('20년)

항목	건축 분야			기타 산업용 건축	건축 외 산업	운송	기타
	주거용 건축물	비주거용 건축물	건축 관련 산업*				
에너지 소모 비율	22%	8%	6%	6%	26%	26%	6%

항목	건축 분야				기타 산업용 건축	건축 외 산업	운송	기타	
	주거용 건축물		비주거용 건축물						건축 관련 산업
	직접	간접**	직접	간접					
탄소 배출 비율	6%	11%	3%	7%	10%	10%	23%	23%	6%

\* 건설자재(시멘트, 철강, 유리 등) 등 건축 관련 산업 소모량

\*\* 전력 및 상업용 열 생산을 위한 발전소 배출분

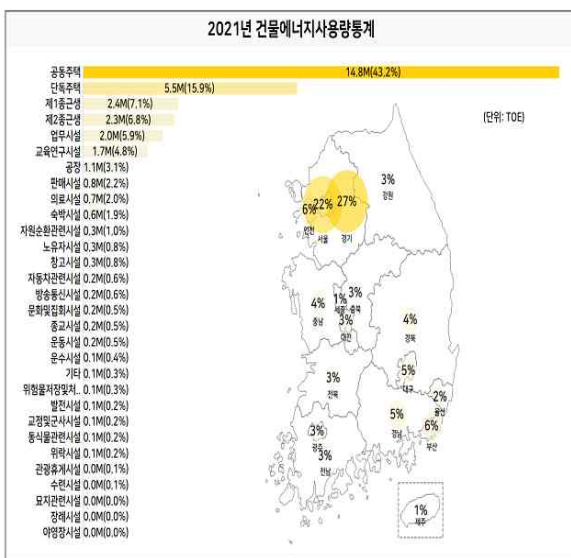
※ 출처: 유엔 환경계획(UNEP) 보고서(UN, 2021), 그린포스트코리아(<http://www.greenpostkorea.co.kr>) (2021.12.31.)

- 국내의 경우, 건물에너지 소모량은 '21년 기준 국내 총 에너지 소모량의 15%, 탄소 배출량은 '18년도 기준 24.7%를 차지하며, 이중 주거용이 약 60% 수준

- 2021년 국토교통부의 건물에너지 사용량 통계 발표 기준, 국내 총 에너지 소모량의 약 15%를 건축물 부문이 차지하고 있으며, 이중 주거용이 약 60% 비율을 차지

- 특히 공동주택은 전체 주거용 건축물 60% 중 43.2% 차지

※ 출처: 2021년 총 건물E사용량 3,400여만TOE(더 뉴스, 2022.06.03.)



※ 출처: 2021년 총 건물E사용량 3,400여만TOE, 더 뉴스, 2022.06.03.)

[그림 3-6] 2021년 건물에너지 사용량 통계 및 주거용 건축물 사용량

- 국토교통부에 따르면, 건물 난방·취사를 위해 화석연료가 연소되는 과정 등에서 발생하는 탄소 배출량은 2018년 기준 약 1억8000만톤, 국내 탄소 총 배출량의 24.7% 수준이며 정부는 이에 대한 대응을 위해 저탄소 건물의 확산을 추진중

※ 출처: 탄소중립시대... '저탄소 건축물' 어디까지 왔나, 뉴스펍권(<https://www.newspenguin.com>), 2022.08.31.

## 탄소중립시대... '저탄소 건축물' 어디까지 왔나

A 하나영 기자 · © 승인 2022.08.31 17:47

### 국내 탄소배출량 25%가 '건물'서 발생... 국토부·지자체 '저탄소 건물' 탄소감축 중점 과제로 제시

[뉴스펍권 하나영 기자] 기후위기가 심화하면서 온실가스 배출 감축이 전 세계의 필수 과제가 됐다. 한국도 '2050 탄소중립'을 선언하고 탄소 배출 감축 정책을 본격 추진하고 있다.

다른 산업과 마찬가지로 건설업계도 적지 않은 과제를 떠안게 됐다. 국내 탄소 배출량의 4분의 1가량은 건물 부문에서 발생하고 있기 때문이다. 국토교통부에 따르면 건물 난방·취사를 위해 화석연료가 연소되는 과정 등에서 발생하는 탄소 배출량은 2018년 기준 약 1억8000만톤이다. 국내 탄소 총배출량의 24.7%에 달하는 양이다.

이에 정부는 저탄소 건물을 늘리려는 정책을 추진하고 있다. 국토부는 지난해 12월 '국토교통 2050 탄소중립 로드맵'을 발표하고 신축건물의 제로에너지건축물 활성화와 기존 건축물의 그린 리모델링을 주요 추진과제로 제시했다. 각 지방자치단체들도 지역의 특성을 반영한 녹색건축물 조성계획을 수립하고 저탄소 건물 확산을 추진하고 있다. 저탄소 건물은 에너지 효율이 낮은 노후 건물의 리모델링·신축을 통해 에너지 성능을 높여 온실가스 배출량을 줄인 건물을 의미한다. 그렇다면 각 지자체는 저탄소 건물 활성화를 위해 어떤 계획을 세우고 얼마나 이를 이행하고 있을까. 향후 저탄소 건물을 활성화하려면 어떤 점을 보완해야 할까.

[그림 3-7] 저탄소 건축물 정책 추진 현황 언론보도

- 국내는 1980~90년대에 건설된 건축물들이 준공 후 30년을 넘으면서 노후 건축물 비중이 계속 늘어나는 추세이며, 이에 따라 에너지 소모량도 증가할 것으로 예상
  - 노후 건축물의 경우 단열소재 및 냉난방 시스템 성능 저하 등의 문제로 신축 건물 대비 많은 에너지를 소모하며, 40년 노후 아파트 대비 신축아파트 에너지 절감률은 23%에 달함
  - '21년 기준 전국의 30년 이상 된 노후 건축물(동수 기준)은 전체 건축물의 39.6%이며, 특히 주거용은 전체의 절반 수준인 49.1%를 차지
- ※ 출처: 전국 건축물 5곳 중 2곳 '노후 건축물'(동아경제, 2022.03.22.)

## 신축 아파트, 40년 된 아파트보다 에너지 23% 절감

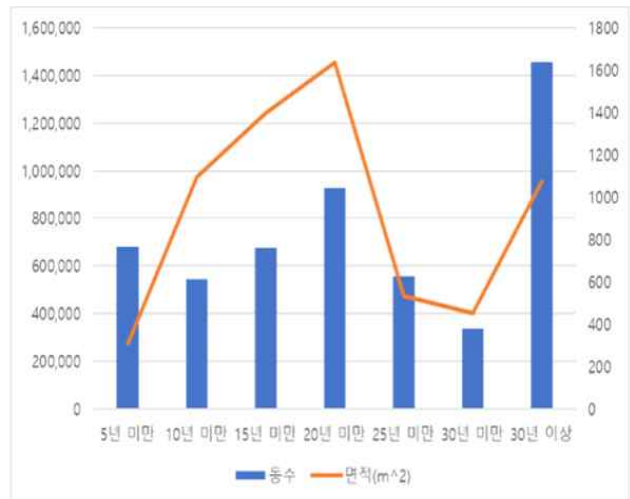
국토부, 통계 발표...서울·경기 에너지 사용량이 전국의 절반에 육박

2022.05.31 국토교통부

최근에 지어진 아파트가 40년 전 준공한 아파트보다 난방 등 에너지를 23% 가량 절약하는 것으로 나타났다.

이는 에너지 하가기준 강화, 노후건축물에 대한 그린리모델링 추진 등으로 건축물의 에너지 효율이 높아졌기 때문으로 풀이된다.

국토교통부는 지난해 기준 전체 건축물 에너지 사용량은 총 3434만 3000TOE(석유환산톤)로 집계됐다고 31일 밝혔다.



※ 출처: 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr)), 2022.05.31.

※ 출처: 노후공동주택의 증가 규모와 대응방안(데이터: 통계청), (<http://firesork.tistory.com>)

[그림 3-8] 신축 아파트 에너지 절감효과와 경과년수에 따른 건축물 노후도('20년 기준)

□ 전 세계는 에너지 위기 및 기후 변화에 대응하기 위해 건축물 에너지 절약과 탄소 배출량을 저감할 수 있는 제로에너지 건축 기술에 주목

- 파리기후협정에 따라 세계 주요국들은 2050년 탄소중립을 목표로 제로에너지 건축 의무화를 비롯하여 친환경 에너지 주택 및 관련 기술 보급을 확대해 나가는 정책 추진
  - (미국) 2030년 모든 신축 상업용 건축물, 2040년 상업용 건축물의 50%, 2050년까지 모든 상업용 건축물을 제로에너지빌딩으로 추진할 계획
  - (영국) 저탄소 및 에너지절약계획을 통해 에너지 효율 등급(EPBD: European Energy Performance of Building Directive/ BREEM: Building Research Establishment Assessment Method)으로 친환경건축물을 규제하는 정책 추진
  - (캐나다) 2032년까지 단계적 Net Zero Ready Home 상용화를 위해 건물에너지 효율 강화를 추진
  - (독일) 2011년 국가에너지기본계획 수립 후, 신축 주택의 신재생에너지 이용 의무화 및 에너지소요량이 연간 100kWh/m<sup>2</sup>를 초과하지 않도록 규제함
  - (일본) 2020년까지 절반 이상의 주택과 모든 신축 공공건물, 2030년 모든 신축주택과 민간건물을 제로에너지빌딩화로 조성한다는 계획

※ 출처: 도시미래신문 주간특집 “제로에너지건축물 어디까지 왔나?①”(www.ufnews.co.kr), (2020.11.22.)

- 우리정부는 2024년 제로에너지건축 의무화 시행과 국토부 2050 탄소중립 로드맵을 발표하고, 세부 로드맵에 따라 단계적으로 영역을 확대할 방침
  - 2024년 제로에너지건축 의무화 시행과 국토부 2050 탄소중립 로드맵을 발표하고, 세부 로드맵에 따라 단계적으로 영역을 확대할 방침
  - 정부는 2017년 제로에너지건축물 인증제를 시행하여 에너지 자립률에 따라 1~5등급을

부여하고, 등급에 따라 건물 용적률 등 건축 기준을 최대 15% 감면해주는 인센티브를 부여

- 2020년부터 연면적 1000㎡ 이상 공공건물을 대상으로 인증을 의무화
- 2024년부터는 연면적 1000㎡ 이상인 민간건축물이나 규모가 30가구 이상인 공동주택 등으로 의무화 대상을 확대
- 2030년 연면적 500㎡ 이상인 모든 건축물에 대하여 의무화 시행



※ 출처: 에너지 자급자족 꿈꾸는 '제로에너지 건축물'(JTBC, 2020.06.05.)

[그림 3-9] 제로에너지건축 의무화 로드맵

- 국토부가 발표한 2050 탄소중립 로드맵을 통해서 신축 건물의 제로에너지화, 기존건물의 그린리모델링 확산전략을 제시

- 건물의 에너지 성능을 측정·기록한 데이터 기반의 생애주기별 건물 관리체계 구축과 이를 기반으로 신축건물의 제로에너지화, 기존건물의 그린리모델링을 확산해 나갈 계획
- 특히, 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 상향에 맞춰 공동주택은 제로에너지건축 의무화를 공공은 2023년까지, 민간은 2024년까지 조기 적용·추진

※ 출처: 인더스트리뉴스(<http://www.industrynews.co.kr>) (2021.12.23.)



	조기적용	녹색건축 활성화 방안(21.6)		2050 시나리오
현재	'23~'24	'25	'30	'50
	공동주택 (23) 공공분양·임대 (24) 민간분양·임대 중 30세대 이상	1천㎡ 이상 민간건물	5백㎡ 이상 민간건물	순 건물 (1등급)

공동주택의 제로에너지건축 의무화가 공공은 2023년, 민간은 2024년까지 조기 적용된다. [자료=국토교통부]

※ 출처: 국토교통 2050 탄소중립 로드맵 중 일부 발췌

※ 출처: 인더스트리뉴스, 2021.12.23.

[그림 3-10] 국토부, 2050 탄소중립 로드맵(건물부문)과 공동주택 제로에너지 건축 의무화 추진계획

□ 현 정부는 국가적 난제 해결을 위한 국가연구개발의 방향성을 제시하는 '임무중심

R&D 혁신체계'를 수립하고 우선 적용 분야로 탄소중립 기술을 선정

- 정부는 '미래 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계'라는 국정철학으로 국가 현안에 대처하는 과학기술의 역할을 높이기 위해 '임무중심 R&D 혁신체계 구축방안'을 수립
  - 임무중심 R&D 분야에는 선택과 집중을 할 수 있는 중점기술을 도출하고, 기술별 구체적 목표와 시한을 담은 R&D 전략로드맵을 수립하여 향후 대형 R&D 프로젝트로 연계함으로써 임무달성에 특화된 R&D평가성과 환류체계를 구축
  - 국가전략기술과 탄소중립기술을 임무중심 R&D로 우선 적용하여, 5~7년 내 달성할 임무목표를 기반으로 추진
  - 기술개발 성과가 실제 현장에 적용 시 직면하는 각종 규제도 사전에 발굴, 개선하여 임무중심 R&D와 규제 개선이 상호 연계되어 기술개발의 사업화 가능성을 높일 예정
- 임무중심 R&D 혁신체계 우선 적용 분야로 선정된 탄소중립 기술 난제에는 공동주택 건축물의 에너지 효율화와 탄소저감 문제 포함
  - 공동주택 에너지 문제는 국가적 차원에서 접근하고 신속히 해결해야 하는 에너지 위기 대응 및 탄소중립 실현 분야의 대표적 난제
  - 공동주택 건축물 에너지 문제 해결은 5~7년 내 설정한 명확한 임무와 구체적 목표를 구체적 목표를 달성 가능한 분야
  - 임무중심 R&D 혁신체계 전략을 적용하여 국토부 2030 제로에너지 건축 의무화 및 탄소중립 로드맵의 실현에 기여하도록 매칭 시 파급력이 큰 성과도출이 가능

## 라. 사업 추진의 필요성

- 공동주택 건축물의 에너지 효율화 및 탄소저감을 위한 ZEB 건축물 공사비 증가 문제는 제로에너지건축물 활성화의 주요한 걸림돌로 작용
- 제로에너지건축물은 새로운 공법·자재·기술이 적용되고 공사기간이 증가하여 일반건축물 공사비 대비 약 30~40% 이상 높은 추가 비용 부담이 발생
  - 일반공사비 대비 패시브 25%, 신재생에너지기술 17% 수준 추가 비용 소요(121세대 국민임대주택 실증단지, ZEB 5등급 기준)
  - 아파트 등 공동주택의 경우 표준건축비 상한선보다 비용이 4~8% 가량 증가
    - ※ 출처: 「제로에너지 건축물 정책 진단과 활성화 과제」 (p.10), 한국건설산업연구원, 김영덕 선임연구위원, (2022.3)
  - 표면적으로는 건축비가 기존보다 5~10% 추가되지만, 실제로는 설계비를 제외하더라도 인증 등급에 따라 에너지 관련 설비 설치 부지 확보 등 수반비용을 모두 반영 시 총 건축비용은 50% 이상 증가할 수도 있는 것으로 알려짐
    - ※ 출처: '내년부터 '제로에너지건축물' 의무화 가능할까', (매일경제, 2022.08.12.)
- 정부의 지속적인 주택 에너지 분야 기술개발 투자 결과, 국산 에너지 고성능 건축자재 기술은 발전했으나 고성능·고급화 전략으로 가격경쟁력은 낮아져 여전히 수입 의존도가 높은 상황
  - 국토교통 R&D 사업예산은 최근 10년 동안 연평균 4.9%씩 꾸준히 증가 추세를 보임
    - '22년도 국토교통 R&D 사업 예산은 6,331억 원으로 전년도(5,907억 원)에 대비 7.2% 증가했으며 정부 R&D 예산(29.8조원)의 2.1%에 해당
      - ※ 출처: 2022년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획(국토교통부, 2021.12.)

- '21년 기준 주택 에너지 분야 R&D에 약 225.5억 원, 최근 3년간('19~'21) 평균 226.5억 원이 투입(국토교통과학기술진흥원(KAIA) 자료 참고)
- 국가적 차원의 적극적인 R&D 투자 결과, 제로에너지 관련 특허는 지속 증가 추세
- '21년 특허청의 발표에 따르면 제로에너지 건축 관련 특허출원의 경우 '20년 총 560건을 기록, '08년 259건 대비 연평균 6.6%의 성장을 기록
- 이는 건축물의 단열성능 기준이 강화되고, 제로에너지 건축물 인증제('17년) 시행 후, 관련 기술개발이 지속적으로 이루어졌음을 입증
- 기술유형별로 보면, 고효율 단열시스템(34.2%), 고성능 창호시스템(36.3%) 등 새는 열을 막는 '패시브 기술'이 70% 정도 차지하고, 태양광(23.5%) 및 지열(6.0%) 등 재생에너지를 활용해 에너지를 생산하는 '액티브 기술'이 그 나머지를 차지

제로에너지건축 세부기술분야		'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	계
패시브기술	고효율 단열재 등 단열시스템	81	96	136	158	163	142	173	213	203	181	184	203	195	2,128 (34.2%)
	고성능 창호시스템	90	149	143	144	160	156	194	201	182	199	207	222	215	2,262 (36.3%)
	계	171	245	279	302	323	298	367	414	385	380	391	425	410	4,390 (70.5%)
액티브기술	태양광시스템	65	133	132	147	134	95	89	85	100	137	110	119	120	1,466 (23.5%)
	지열냉난방시스템	23	23	29	26	22	27	26	23	45	31	38	28	30	371 (6.0%)
	계	88	156	161	173	156	122	115	108	145	168	148	137	150	1,837 (29.5%)
전체		259	401	440	475	479	420	482	522	530	548	539	572	560	6,227

※ 출처: 제로에너지 건축' 분야 특허출원 활발...연평균 6.6% 늘어(연합뉴스, 2021.10.11.)

[그림 3-11] 연도별 기술분야별 특허출원 현황('09~'20년)

- 활발한 기술개발 투자 결과, 수입자재 비중이 높았던 시장 형성 초기 대비 국산자재 적용 비중이 높아지고 있으나, 여전히 에너지 고성능 건축자재의 경우 수입 의존도가 높음
- 국내 패시브·제로에너지건축물 자재산업은 대기업을 중심으로 기존 건자재의 고성능·고급화 전략에 따라 새로운 제품이 개발되어도 고가로 출시해 비용하락 여력이 크지 않음
- 이로 인해, 고성능 창호, 외부 단열재 등 국산 건축자재는 가격경쟁력이 낮아 여전히 수입에 의존하는 경향이 큼
- ※ 출처: 냉난방공조 신재생 녹색건축 전문저널 kharn 커버스토리, (2018.04.08.)
- 건자재업계에 따르면, 전체 페놀폼 단열재 시장의 약 10%를 중국산 페놀폼이 차지 (2014년 62t→2020년 8월 기준 2733t)
- 투자 비용 회수까지 장기간 소요된다는 점도 사업화 부진의 주요 요인으로 작용
- 정부에서 융적률, 취득세, 보조금 등으로 인센티브를 지원하고 있지만 일반건축보다 더 드는 비용에 비해 부족한 현실
- 일반 건축물 대비 많은 초기비용이 투입되므로 투자비 회수 기간이 길어진다는 부담요소로 인해 민간에서는 제로에너지건축에 대한 관심이 실행으로 이어지는 것이 어려움

**소비자 '패시브건축물' 관심 높지만 가격 비싼 탓에 실제 계약 건수는 적어**

특히 제로에너지건축 의무화가 올해 공공건축물을 시작으로 오는 2025년 민간건축물에도 확대 적용되면서 관람객들의 패시브 건축에 대한 관심도 높아지고 있는 것으로 나타났다.

서울 광진구에서 온 박 모 씨는 "최근 신문이나 방송 등을 통해 패시브 건축물에 대해 많이 접하고 있다"며 "적은 에너지로도 여름에 시원하고 겨울엔 따뜻하면서도 쾌적하다니 추후에 기회가 된다면 패시브 건축이 적용된 전원주택을 지어보고 싶다"고 말했다.

실제 시공업체 관계자에 따르면 패시브 건축에 대한 관심은 꾸준히 있어왔으며, 최근 문의건수가 조금 더 많아졌다. 그러나 실제 계약까지 가는 경우는 드문 것으로 나타났다.

한 주택시공업체의 관계자는 "고객이 문의해서 가격을 안내하면 결국 기존 주택을 짓는 방향으로 돌아선다. 가격이 너무 비싼 탓이다"며 "소비자 관심이 실제 시공으로 이어지기 위해서는 패시브건축물에 들어가는 자재의 값도 낮아져야 하고 패시브건축물을 짓는 시공사에 인센티브 등을 지원하는 정부 정책도 뒷받침돼야 한다"고 말했다.

※ 출처 : [MBC건축박람회] 신재생에너지·패시브건축 관심 높아졌지만 대중 상용화까진 갈 길 멀어, 목재신문, 2020.02.04.

[그림 3-12] 패시브 건축물 확산 관련 언론보도

□ 현재 ZEB 확산을 위한 건축기준 완화 및 세제 혜택 등의 정부 유인책만으로는 고효율 제로에너지 건축물 민간 확산에 한계

- 공공건축물 의무화가 시행된 2020년 이후 용적률, 건축물의 높이 등 건축기준 최대 15% 완화 등의 인센티브 부여로 제로에너지 건축물 인 증은 큰 폭으로 증가했으나 공동주택 등 민간건축물은 인 증이 낮은 상황
- 2017년~2022년 6월말 기준 인 증은 총 247건(공공 232건, 민간 15건)에 불과했고 예비인 증은 총 1997건(공공 1946건, 민간 51건)
- 등급별 현황을 보면, 에너지자립률이 60% 미만인 4등급 이하 건축물 인 증 건수가 1961건(87%)로 사실상 대부분 제로에너지건축물이라고 볼 수 없는 실정

구분	5등급	4등급	3등급	2등급	1등급
본인증 (건수)	131	66	22	11	17
예비인증 (건수)	1343	421	146	41	46

- 더구나 주택용도는 공공부문 총 49건, 전체의 2.1% 수준으로, 공동주택 24건, 단독주택 10건, 임대주택 15건뿐이며, 민간부문도 총 66건, 2.94% 수준에 불과

구분	공공부문			민간부문
	공동주택	단독주택	임대주택	
주택용도 인 증건수	24	10	15	66

※ 출처 : [국감] "제로에너지건축물 확대, 전혀 준비하지 못하고 있다", 에너지데일리, 2022.10.4.

- 학계에서는 ZEB 의무화가 ZEB 인 증 의무화로 굳어지면서 건축물의 에너지 효율 향상과 탄소절감이라는 궁극적 목적보다 정부 정책에 맞춘 인 증만 획득하면 그만이라는 인식이 보편화된 현실을 지적
- 규제 완화 혜택, 세제 혜택 부여 방식의 한계를 극복하고 실효성 있는 ZEB 인 증 및 고효율 제로에너지 건축물의 민간영역 확산을 위해서는 주택에너지 관련 기술개발 고도화를 통해

시장에 실제 적용되는 건축자재 및 건축 기술의 상향 평준화 필요

- '30년 민간 신축 건물 ZEB 전면의무화와 '50년 전체 건물 ZEB 1등급 시행을 뒷받침하기 위하여, 시장 보편화 목적의 기술력이 상향 평준화된 ZEB 고등급 수준의 제품 개발 필요

□ 기존의 건물에너지 효율 향상을 위한 연구는 주로 요소기술 개발에 집중되어 ZEB 구현을 위한 건축자재 간 연계성과 호환성 부분은 미흡한 실정

○ 국내 건물에너지 건축 기술관련 R&D는 주로 설계, 재료, 외피, 조명, 설비 등 에너지 효율 향상을 위한 요소기술 개발(81%)에 집중

- 국가과학기술지식정보 최근 5년간 수행과제 정보를 통해 건물에너지 기술관련 연구개발 수행현황을 보면, 설계, 재료, 외피, 조명, 설비 등 (81%), 신재생에너지(8%), 건축물 인증(6%), 모듈화개발(3%), 건물제어(2%) 순으로 많이 수행

※ 출처 : 국내제로에너지빌딩 기술현황 및 전망, 제로에너지 친환경 건축기술 동향 중 발췌(p.14)

○ 요소기술간 독립적인 개발 환경으로 인해 각 단위기술의 개별성능은 향상되었지만, 자재 간 호환성 부분에 대한 연구는 부족한 실정

- 단열재의 경우, 1979년 단열성능 강화 이후 지속적으로 성능이 개선되어 왔으며, 현재 ZEB 달성에 큰 기여를 하고 있지만, 요소기술 간의 통합성능 기반기술이 부족한 실정

- 단열성능만으로는 ZEB 구현이 불가능하며, 지붕·천장·벽체·바닥·필로티·창호 등 각종 패시브 기술과 냉난방설비 및 LED 등 액티브 설계와 태양광 및 지열 등 신재생에너지의 사용이 함께 뒷받침되어야 실질적인 ZEB 달성이 가능

- 이는 본 사업 기획을 위해 수행한 30명의 주택 에너지 분야 전문가 대상 기존 R&D의 한계점 조사 인터뷰('22.08.23~09.14) 결과에서도 전체 17%를 차지하는 지적사항

○ 향후 제로에너지 건물을 구현하기 위해서는 패시브와 액티브 기술의 유기적인 조합과 효율적인 유지관리 분야에 대한 기술개발 필요

- 각 고성능 요소기술의 단순 조합이 아닌 요소기술 간 호환성, 유기적인 연계성이 반영 되도록 통합한 기술개발 필요

□ '30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면의무화 시행을 앞두고 핵심 건축자재 제품의 국산화가 시급하지만, 국내 주택에너지 분야의 선행 R&D 성과에 대한 후속사업 및 기술사업화 지원과정은 미흡

○ 제로에너지건축 의무화가 추진되면서 관련업계에서는 제로에너지 건축기술의 핵심인 고성능 건축자재의 수요가 더욱 확대될 것으로 전망

- 현재 단열재 분야 기술은 미국과 독일 등 유럽 주요국에서 선도하고 있고, 국내에 유통되고 있는 창호 기밀테이프와 팽창테이프 등의 자재가 대부분 독일 및 유럽 브랜드\* 제품

\* 일브룩(illbruck), 프로클리마(Proclima), 시가(Siga), 하노(Hanno)

※ 출처 : “제로에너지건축’ 단계적 의무화, 고성능 창호 수요 확대된다!”, 월간 창호기술(2019.09.27.)

○ 주택에너지 효율 향상 건축자재의 국산화 및 시장보급이 시급하지만, 주택에너지 분야 산학연 전문가들은 여전히 연구개발 성과물에 대한 기술 사업화를 위한 후속지원이 부족함을 지적

- 지난 2017년~2019년 9월 기준, 정부 R&D 과제 성공률 98% 대비 사업화 성공률은 50% 이하 수준

- 국내 R&D 지원과제 성공률이 연평균 99% 수준을 꾸준히 유지하지만, 실제 사업화로 이어

지는 비율은 절반에도 미치지 못하는 등 경제적 성과가 투자 규모에 비해 저조하다는 평가  
(한국산업기술평가관리원 국정감사(2021) 제출자료 참고)

[표 3-2] R&D 과제 성공률 · 사업화 성공률(2017~2019.9월 기준)

(단위:개)

구분	2017	2018	2019	2020	2020.9	합계
지원과제 수	2,336	2,147	2,466	2,945	3,104	12,998
완료과제 수(A)	485	643	571	982	357	3,038
성공과제 수(B)	479	638	564	979	354	3,014
과제성공률(B/A)	98.8%	99.2%	98.8%	99.7%	99.2%	99.1%
사업화 대상과제 수(A)	507	636	769	374	데이터 확인안됨	2,286
사업화 성공과제 수(B)	248	256	337	144	데이터 확인안됨	985
사업화 성공률(B/A)	48.9%	40.3%	43.8%	38.5%	데이터 확인안됨	<b>42.9%</b>

※ 출처: '국내 R&D 지원과제 절반 이상 사업화 실패...중략'(경향신문, 2021.10.03.)

- 주택에너지 분야 역시 기존 R&D사업을 통해 도출된 연구성과물의 사업화 실적은 미흡한 수준이며, 기존 유사 R&D 수행 전문가들은 주요원인으로 연구기간 및 비용 제한으로 인한 상용화 개발 추진 어려움, 개발된 기술과 소재를 활용한 후속사업 연계 부족, 신기술 보급·확산을 위한 사업 연계성 부족 등을 지목\*

\* 본 사업기획을 위해 수행한 30명의 주택 에너지 분야 전문가 대상 기존 R&D의 한계점 조사 인터뷰 ('22.08.23~09.14) 결과, 전체 24%(기존 R&D 한계, 2순위)를 차지하는 지적사항

□ 획일화된 건축자재 인증체계와 건축규제 등 제도적 한계와 타 분야 대비 익숙한 기술을 선호하는 주택 건축현장의 특성으로 신기술의 시장진입이 어려운 현실

○ 국내 제로에너지건축물 활성화 정책은 시범사업과 인증제도 도입 등을 중심으로 추진중 이나, 주택에너지 분야 산학연 전문가들은 여전히 제도적 미비점을 지적

- 기존 유사 R&D 수행 전문가들은 주택 에너지 분야 혁신기술과 맞지 않는 규제, 기술적용 대상과 방법을 고려하지 않는 획일화된 규제 잣대로 인해 시장진입에 실패하고 사장되는 기술이 많이 발생하는 현실을 지적

\* 본 사업기획을 위해 수행한 30명의 주택 에너지 분야 전문가 대상 기존 R&D의 한계점 조사 인터뷰 ('22.08.23~09.14) 결과, 전체 11%(기존 R&D 한계, 4순위)를 차지하는 지적사항

○ 실제 건축 현장에서는 기술 적용의 선례와 입증된 성능, 익숙한 기술을 선호하는 경향이 강해 신기술의 가치가 뛰어나더라도 기술 검증에 대한 확신과 신뢰가 충족되지 않으면 시장진입이 어려워, 활용되지 못하고 사양 될 우려가 큼

○ 혁신적인 신기술의 상용화 지원 및 안전성, 신뢰성을 보장하는 검증체계, 기술변화에 맞는 인증 방법과 시장진입을 지원할 수 있는 법·제도적 기반 조성 필요

- 연구성과 실용화 지원사업 연계, 기술의 트렌드를 반영하는 인증체계 도입을 통한 신기술 인증, 실증효과 등을 제시할 수 있는 프로그램 도입, 빠른 시장보급을 위한 규제 샌드박스 활성화 등 변화하는 기술의 변화 속도에 맞는 법·제도 마련 시급

**참고** 주택에너지 분야 유사 R&D 수행 전문가 인터뷰 결과

□ 기존 주택에너지 분야 유사 R&D 수행의 한계점과 성과 창출 과정에서 미흡했던 점을 분석하고 향후 동 사업의 방향과 전략을 도출하기 위하여 30명의 주택 에너지 분야 연구자 인터뷰를 실시

* 주택에너지 분야 전문가 대상 유사 R&D 사업의 한계점 조사	
· 조사목적 :	① 기존 유사과제의 한계점 분석 및 극복 방안에 대한 의견수렴 ② 동 사업의 타당성 검토 및 한계점 극복 방안 제시
· 실시기간 :	'22년 8월 23일(화) ~ 9월 14일(수), 23일간
· 조사대상 :	주택 에너지 연구 전문가 30명
· 조사방법 :	온라인 인터뷰(화상 인터뷰) 및 오프라인 인터뷰(대면 인터뷰)
· 조사내용 :	기존 사업의 한계점 검토 등

○ 전문가 인터뷰 분석결과

no.	구분	주요 의견	비율
1	신기술 실용화 및 현장적용성 지원 필요	· 연구기간 및 비용 부족으로 인한 실용화 과정의 어려움 · R&D를 통해 개발된 기술과 소재를 활용한 후속사업의 부족 · 신기술 보급 확산 등 사업 연계성 미흡 · 개별 요소의 성능향상에 초점이 맞춰져 있는 R&D환경 · R&D과제의 목표와 실제 시장 수요자의 요구사항 간 괴리로 인한 사업화 실패 · 규제 정책 및 관련 법률을 고려하지 않은 개발로 인한 실용화 과정의 어려움	33%
2	시장경제성 부족	· 기존 제품에 비해 성능은 우수하지만 높은 가격으로 인한 시장경쟁력 확보 실패 · 투자비용의 회수까지 장기간 소요로 인해 발생하는 경제성 저하 · 기존제품들과의 호환 및 연계 불가로 인해 신기술도입 시 추가 비용발생	29%
3	요소기술 간 호환 사업 미흡	· 다원화된 문제를 해결할 수 있는 기술간 네트워크 R&D부족 · 요소기술간 실증사업 데이터 공유 미비로 사업화 과정의 어려움 · 요소기술간 독립적인 개별환경으로 인해 다양한 수요자의 니즈 수용시 문제 발생	17%
4	법·제도적 문제	· 혁신기술과 맞지 않는 규제로 인한 시장진입의 어려움 · 혁신기술의 상용화를 지원할 수 있는 인증방법 및 체계 미비 · 기술적용 대상방법을 고려하지 않는 획일화된 규제정책으로 인한 경직성 발생	11%
5	기술 신뢰성 검증 및 인증 체계 반영의 어려움	· 시장이 요구하는 다양한 성능(난연성 등)이 반영되지 않은 인증체계 · 복합적인 성능향상을 요구하는 시장 트렌드(단열과 SHGC 성능의 동반 상승 등)를 인증 항목에 신속히 도입하는 대응성 부족 · 보수적인 시장 성향으로 인해 혁신 기술의 성능 및 안전성 입증의 어려움	9%
6	기타	· 신기술 보급확산까지 필요한 시간적 여유 부족	1%

- 대다수 국민은 주택 에너지 분야의 탄소 저감 대응, 에너지 효율화, 비용 절감 등의 이슈가 신재생에너지, 건물 에너지 효율화 신기술과 같은 과학기술을 통해 해결되기를 기대
- 일반인 대상으로 주택 에너지 분야에 대한 관심사와 미래 기술 수요를 조사한 결과, 신재생에너지 사용이 19%로 가장 큰 비중을 차지하고 에너지 효율 향상(16%), 패시브(단열, 창호) 기술(10%) 등의 순으로 관심도가 높음
  - 가장 높은 비율을 차지한 '신재생 에너지 사용'은 탄소중립 이행을 앞두고 탄소세, 전기요금, 세금 등의 추가 비용 발생에 대한 부담과 우려가 작용한 결과로 예측
    - \* 탄소중립 이행 과정에서 가장 우려되는 부분을 묻는 질문에 일반 국민의 50.5%가 '탄소세, 전기요금, 세금 등의 추가 비용 발생'이라고 응답  
(대한전기협회와 기후변화센터, 한국환경연구원 등이 2021년 11월 한 달간 일반 국민 1,600명과 전문가 100명을 대상으로 실시한 설문조사 결과 참고)
    - ※ 출처: '2050 탄소중립 추진전략 발표 1년..탄소중립 추진전략 성공 위한 과제는?', 전기저널(<http://www.keaj.kr>), 2022.01.07.
  - 신재생 에너지 사용, 에너지 효율, 단열, 냉난방비 절약 등이 대부분의 응답내용인 점을 유추해 보면, 일반 국민들이 가장 바라는 것은 에너지 사용량 저감 및 경제적 부담 감소
- 이와 같은 결과는 대부분 국민은 현재 주택건축물이 지니는 노후화 문제, 에너지 비용 부담, 쾌적한 주거공간 등의 문제가 과학기술을 통해 해결되고 더 나은 주거환경을 영위하면서 삶의 질이 향상되기를 희망한다는 것을 시사



※ 출처: 미래 주택의 변화 트렌드 조사 결과 보고서(한국개발연구소, 2022.08.23.)

[그림 3-13] 주택 에너지 분야 수요자 의견수렴 설문조사 결과

## 마. 사업 추진의 시급성

- 연면적 500㎡ 이상 모든 민간 공공 건축물의 2030년 제로에너지건축물(ZEB)' 인증 의무화가 차질없이 실현되기 위해서는 단기간 내 가시적 성과 창출이 가능하도록 집중적인 R&D 지원이 필요
- 국토교통 탄소중립 로드맵에서 건물부문 탄소배출량을 '18년 52.1백만톤 대비 '30년 32.8% 감축을 제시하고, 2050 시나리오를 통해 '30년 500㎡ 이상 모든 민간 공공 건축물의 ZEB 인증 의무화 적용과 '50년은 전 건물 ZEB 1등급 의무화를 제시
  - 현재 시장은 ZEB 4~5등급 시장이 활성화되고 있으나, 향후 ZEB 인증의무화가 확대됨에 따라 2030년 이후 ZEB1~3등급 시장 활성화 예상
- 국내 공동주택을 난방방식별로 구분하면 개별난방 방식이 약 67%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 나타남

### ■ 서울시 아파트 현황

구분	계	중앙난방	개별난방	지역난방	기타
아파트 단자수	2,478	131	1,668	661	18
비율(%)	100	5.3	67.3	26.7	0.7

※ 150세대 이상 아파트('20년.서울시 공동주택 통합정보마당)

※ 출처: '노후 중앙난방 아파트→친환경 개별보일러 전환 '사각지대', 가스신문(2020.11.17.)

[그림 3-14] 서울시 공동주택 난방방식 현황(2020년 기준)

- 한편, 선행 연구에 따르면 국내 공동주택의 대부분을 차지하는 개별난방 공동주택은 지역난방 단지에 비해 ZEB 인증 획득이 어려우며, 특히 20층 이상 고층 공동주택은 입면 부족으로 인해 신재생에너지 활용에 제약이 있어 ZEB 상위등급(3등급 이상) 달성이 극히 곤란한 것으로 나타나 개별난방 방식의 고층 공동주택에 대한 기술적 해결 시급

		ZEB 5등급 (옥상 BAP)	ZEB 4등급 (옥상 BAPV+지열)	ZEB 3등급 (옥상/입면 BAPV+지열)	
개별난방 단지	임대	300세대(15층)	가능	가능	가능
		300세대(20층)	가능	가능	불가능
		500세대(15층)	가능	가능	가능
		500세대(20층)	가능	가능	불가능
		1000세대(15층)	가능	가능	가능
		1000세대(20층)	가능	가능	불가능
	분양	1000세대(25층)	가능	불가능	불가능
지역난방 단지	임대	300세대(15층)	가능	가능	가능
		300세대(20층)	가능	가능	가능
		500세대(15층)	가능	가능	가능
		500세대(20층)	가능	가능	가능
		1000세대(15층)	가능	가능	가능
		1000세대(20층)	가능	가능	가능
	분양	1000세대(25층)	가능	가능	가능

※ 출처: LH 내부자료(2021)

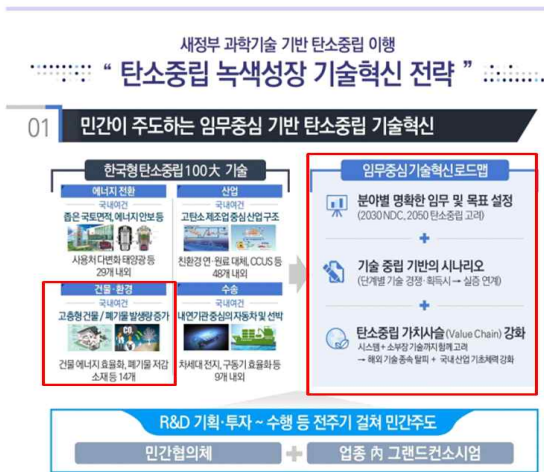
- 최근 정부는 ‘탄소중립 녹색성장 비전과 추진전략’ 및 ‘탄소중립 녹색성장 기술혁신 추진전략’을 발표했고, 집중육성 해야 할 한국형 탄소중립 100대 핵심기술(안)에 ‘제로에너지건물’을 반영
  - 탄소중립 녹색성장 추진전략의 4대 전략 및 12대 과제 중 ‘국토의 저탄소화를 통한 탄소중립 사회로의 전환’에서 건물 에너지 효율기준 강화를 제시
  - 탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략에서는 선진국 대비 촉박한 탄소중립 기한과 실현여건이 불리한 우리 현실을 타파하기 위해 민관이 함께 탄소중립 핵심기술을 타겟팅하고 현장까지 기술을 신속하게 적용해야 할 탄소중립 100대 핵심기술\*을 선정하고 과학기술의 역할을 강조
- 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 리스트(안)에는 제로에너지건물 부문이 포함됨

< 탄소중립 녹색성장 추진전략 >

4대 전략 · 12대 과제	<b>가. 구체적요율적 방식으로 온실가스를 감축하는 핵심기술 있는 탄소중립</b> 1. 원전·신재생e 등 무탄소 전원을 최대한 활용하여 온실가스 감축 2. 저탄소 산업구조 및 순환경제로의 전환 3. 국토의 저탄소화를 통한 탄소중립 사회로의 전환	<b>나. 민간이 이끌어가는 혁신적인 탄소중립·녹색성장</b> 4. 과학기술 혁신과 규제개선을 통한 탄소중립 가속화 5. 핵심산업 육성을 통한 세계시장 선도 및 혁신장 창출 6. 탄소중립 친화적인 재정·금융 프로그램 구축·운영 및 투자 확대
	<b>다. 모든 사회구성원의 공감과 협력을 통해 함께하는 탄소중립</b> 7. 에너지 소비절감과 탄소중립 국민실천 8. 지방이 중심이 되는 탄소중립 9. 근로자 고용안정과 기업 혁신성장을 위한 산업·일자리 전환 지원	<b>라. 기후위기 적응과 국제사회를 주도하는 능동적인 탄소중립</b> 10. 적응주체 모두가 함께 협력하는 기후위기 적응 기반 구축 11. 국제사회 탄소중립 이행 선도 12. 모든 과제의 전 과정 상시 이행관리 및 환류체계 구축

《 탄소중립·녹색성장 기술혁신 추진방향 》

기존에는 (AS-IS)	앞으로 (TO-BE)
기술의 임무 모호 / 정부 주도	임무 중심의 기술 선정 / 민간 주도
경직적인 R&D 운영 시스템 (부처별 예산 배분, 예타 기간 장기화 등)	신속 유연한 탄소중립 R&D 시스템 (분야별 예산배분, 예타 Fast track, 국제협력)
단일 부처 중심의 기술개발 추진 체계	기술 실현(실증·사업화)까지 고려한 범부처 협업 지원 체계 강화



별임3 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 리스트(안)

분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)	분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)
태양광	초고효율 태양광 집광 기술 사용처 다변형 태양광 시스템 기술 패대양 광발전 기술 초대용량 동력터빈 기술	열장	탄소저감형 고로 및 전로 기술 순산로 고로 기술 초고속 전기로 공정 기술 저탄소 신원료제 활용 기술
풍력	해상풍력 부유체 기술 초대용량 풍력발전기 및 권리 기술 초고효율 방식의 부유식 풍력발전 기술	수소	수소 원료제정 제조 기술 수소 원료제정 기반 해외기술 기술 정밀 부산물 고부가 가치이탈원 기술 정밀 부산물 가스 CCUS 기술
수소	수소 저장 및 운송 기술 해위수소 저장 및 운송 기술 수소 흡수 방식의 가스 발전 기술 수소 전소 방식의 가스 운반 기술	석유화학	신생가스(메탄) 크래킹 기술 바이오 올레핀 생산 및 증류 기술 바이오 PTA 생산 및 증류 기술 바이오 올레핀 생산 및 증류 기술 목적계 원료 활용 및 증류 기술 바이오 아크릴산 생산 및 증류 기술 순환 플라스틱 분류 및 전처리 기술
무탄소 산업원	미분탄 포일러 양모니아 흡수 기술 유동층 보일러 양모니아 흡수 기술 초고효율 연료전지 복합발전 기술 고효율 연료전지 열병합 시스템 기술	자동차	전생가스(메탄) 크래킹 기술 바이오 올레핀 생산 및 증류 기술 바이오 PTA 생산 및 증류 기술 바이오 올레핀 생산 및 증류 기술 목적계 원료 활용 및 증류 기술 바이오 아크릴산 생산 및 증류 기술 순환 플라스틱 분류 및 전처리 기술
전략 저장	단주기 에너지 저장 시스템 기술 장주기 에너지 저장 시스템 기술 사용후 핵연료 ESS 시스템 기술 지형형 송배전 시스템 기술	에너지 통합	탄소중립 원료 전처리 기술 비탄소원 원료 사용비용 극대화 기술 저온 소산 원료 대체 기술 OPC 내 혼합제 혼합 용해 기술 신규 용해제 시멘트 기술 화학제품 대체 전기기술 수소 원료에 바이오 메스 연료 활용 기술 고GWP(온실효과) 공정가스 대체 기술 바이오메스 유래 섬유 제조 기술 유리제조 공정 내 열원 비용 확대 기술 전동기 및 전력변환기 효율화 기술 배출가스 전처리 기술 차세대 이차전지 기술
에너지 통합	태양열 기술 전력 열수 하이브리드 시스템 기술 열에너지 네트워크 기술 초단열 외피자재 및 절비 기술 그린 리모델링 기술	제로 에너지 건물	건축물 냉동공조 기기 효율화 기술 건축물 에너지 시스템 효율화 기술 신재생에너지 ESS 융합 기술 연료전지 기반 융합 시스템 기술 미활용 에너지 활용 기술 건물에너지 데이터 통합 시스템 기술 건물에너지 스마트 연계 제어 기술 에너지 부유권 기술 연수공정 최적 기술 연수 주조 기술

※ 출처: '윤 정부, 탄소중립 녹색성장 비전과 추진전략' 발표 보도자료 중 발체 재구성'(2022.10.26.)

[그림 3-15] 탄소중립 녹색성장 전략 중 제로에너지 건물 부문 기술혁신 추진방향

- 공동주택 에너지 효율화 기술은 정부·시장·기업·국민 모두가 원하는 분야이며, 국토부가 추진하는 국토의 저탄소화 정책을 실현하고 국가 난제인 탄소중립 목표 달성에 기여함으로써 공공 R&D 추진의 전략성과 효과성을 입증 가능한 분야로 사업 추진이 시급
  - 2030년 연면적 500㎡ 이상 모든 민간공공 건축물의 제로에너지건축물 인증 의무화 이행을 위해서 남아 있는 기간 동안 기술개발 및 검증, 개발제품의 시장보급확산을 위한 기반조성 등 사전준비 완료 필요
  - 이를 위해서 산학연민이 유기적이고 밀접한 소통으로 R&D를 수행하고 적시성과 실효성

높은 성과를 창출할 수 있도록 정부의 기술적·재정적·정책적 지원 필요

- 신기술의 시장진입 장벽이 상대적으로 높은 공동주택 건축기술 분야에서 단기간 내 제품개발과 시장제품화 및 보급을 실현하기 위해서는 기술사업화 지원이 절실
  - 공동주택 건축 기술은 실제 국민들이 장기간 삶을 영위하는 공간으로 안정성에 대한 요구가 절대적으로 중요하기 때문에 타 분야보다 엄격한 신뢰성 입증을 요구
    - 검증이 부족한 기술 적용으로 사고·결함 발생 시 그 영향이 국가 경제 전체로 파급되므로 신기술 적용으로 발생하게 될 위험을 감수하기보다 기존 기술사용을 선호
    - 또한 주택 건축기술의 경우, 설계기준, 시방서, 지침 등 관련 제·규정을 통해 품질을 담보하고 있어 관련 제·규정에 미반영된 사양의 신기술은 적용 불가
    - 발주자는 계약단계에서 완성품에 대한 품질 확신이 어려우므로 품질인증, 시험성적, 시공실적 등 사전에 기술의 신뢰성 입증을 요구하기 때문에 기술적용에 있어 신기술의 시험과 검증, 인증이 매우 중요
      - \* '15~'17년 동안 국토교통 R&D 성과의 발주처 적용 여부에 대한 설문조사 결과, 조사에 응답한 690명 중 기술의 검증 부족, 신기술 적용 부담 등 기술의 신뢰성 미흡의 이유로 신기술을 적용하지 않겠다고 응답한 사람은 377명(54.7%)
  - 국토교통 R&D의 성과가 사업화로 이어지는 비율은 저조한 편이나, 제로에너지 건축 의무화 시행 국면을 발판삼아 공동주택 에너지 분야 R&D 사업화 실적 제고 필요
    - 2015년부터 2018년까지 투입된 국토교통 R&D 예산 1조7,172억 대비 기술료 수입은 236억 5,300만원으로 투입예산의 1%대에 불과해 연구생산성이 상당히 저조한 것으로 분석
    - 연구과제 기술개발 성공률은 거의 100%이나 사업화 성공률은 평균 46%에 그쳐 국민이 실생활에서 체감할 수 있는 단계까지 이어지는 사업화 노력이 필요
      - ※ 출처: [국감]"국토교통R&D예산 1조7천억 투입 불구 벌어들인 기술료 237억으로 1%대 불과", 국토일보, 2019.10.14.
    - 제로에너지건축 의무화로 인해 ZEB 시장과 그린리모델링 시장의 규모가 지속 성장 전망과 건축업계의 호황이 예견되는 시점이므로 R&D 성과에 대해 적극적인 사업화를 지원함으로써 국토교통 R&D 분야 기술사업화 실적 제고 필요
- 공동주택 에너지 효율 향상을 위한 혁신적인 새로운 기술들이 시장에 원활히 유입되고 ZEB 보급 확대에 활용되기 위해서는 현행 인증평가 프로그램의 개선 등 제도개선과 규제완화가 시급
  - 현재 국내 ZEB는 ECO2 프로그램\*에 의한 해석결과를 기준으로 평가하지만, ECO2는 건축물의 에너지 성능에 큰 영향을 미치는 열교·기밀, 수열에너지 등 주요 요소가 반영되어 있지 않음
    - \* ECO2 프로그램은 건축물에너지효율등급 인증제도에서 건축물의 다양한 변수를 입력해 1차 에너지소요량을 산출하는 방식
    - 건물에너지 관련 기관·단체를 비롯해 산업체들은 ECO2 설계기준에 열교·기밀 등 성능과 밀접한 관련이 있는 요소를 추가 반영 필요성에 대해 언급
      - ※ 출처: '공공건물 ZEB의무화 '충격'...기대-우려 '공존', 냉난방공조 신재생 녹색건축 전문저널 Kharn, 2020.03.08.
    - ECO2 프로그램 상에 신재생에너지 가운데 하나인 수열에너지를 평가하는 기준이 마련되지 않아 신재생에너지 기술발전 속도를 따라가지 못한다는 지적
      - ※ 출처: '평가기준 없어 쓰고 싶어도 못쓰는 수열에너지', 기계설비신문, 2021.09.13.
  - 공개되지 않는 ECO2의 계산방식과 알고리즘의 불투명성으로 인해 인증제도의 신뢰도 저하 문제

- 입력되는 다양한 변수들이 어떤 계산과정을 거쳐 결과값으로 도출되는지 확인할 수 없어 해당 항목의 성능을 개선하는 등 조치가 어려움
- 기존 제품 기준의 평가항목으로 획일화된 인증체계를 발굴하고 혁신적인 새로운 기술이 제대로 평가받을 수 있도록 제도적 개선 및 반영이 필요
- ※ 출처: '공공건물 ZEB의무화 '충격'...기대 우려 '공존'', 냉난방공조 신재생 녹색건축 전문저널 Kharn, 2020.03.08.

## 바. 국고지원의 적절성

- 세계 각국은 탄소중립 달성 방안으로 제로에너지 건축 기술력 강화를 위해 정부차원의 다양한 전략적 지원을 시행하고 있으며, 향후 과학4술을 통한 탄소중립 실현 정도가 국가경쟁력의 척도가 될 것으로 예상
  - 건물부문에서 가장 많은 에너지를 소비하고 온실가스를 배출하고 있는 노후 주택건축물의 에너지 효율을 개선하는 그린리모델링 사업과 신축 건축물의 제로에너지화는 탄소중립 시대 국가 생존 및 경쟁력 확보를 위해 반드시 해결해야 할 과제
  - 해외 주요국은 건축 및 건설분야 탄소중립을 위해 정부 주도의 정책을 수립하고, 넷 제로 건물 기술 구현을 위한 소재 및 요소기술의 개발을 적극 추진하며 실질적 성과 창출을 강조
    - 미국 바이든 행정부의 2022년 미국 에너지 분야 예산안 주요 내용을 보면, ARPA-E와 C 분야에 각각 건물기술에 대한 부분이 중점분야로 반영
    - 약 5,500억원 규모의 ARPA-E(Advanced Research Project Agency-Energy)의 주요분야로 '탄소중립 건물·소재' 제시
    - 2,200억원 규모의 ARPA-C(Advanced Research Project Agency-Climate) 8개의 중점분야 중에 '넷 제로 건물 기술'이 반영
  - ※ 출처: 한국에너지기술연구원 글로벌 월간 동향, 2022년 12월 글로벌 주요이슈(p.1), 2021.12
  - 유럽은 'Fit for 55' 법안에서 제시한 탄소중립에 대한 법률적 체계를 바탕으로 'Horizon 2020' 사업을 통해 신재생에너지 등 ZEB 관련 R&D에 최대 2,500만 유로를 투자
  - 일본은 2050년 탄소중립 달성을 위해 2020년 '그린성장전략' 수립, 10년간 2조엔 규모의 그린 이노베이션 기금을 통해 탄소중립 R&D 투자 및 인센티브 지급, 제로에너지 하우스 (ZEH) 의무화 등 정책 추진 중
  - 중국은 2021년 '탄소배출 정점 및 탄소중립 달성 업무 의견'을 통해 2060년 탄소중립 달성 목표를 제시하였으며, 최근 3년 간(2019~2021) 재생에너지 및 수소 에너지 R&D에 약 18억 위안을 투자하고 탄소중립 시범 도시 사업 정책 등을 시행
- 미래 국가경쟁력, 경제력, 영향력 등 국가 간 우위를 다루는 척도는 과학기술을 통한 '탄소중립' 실현 정도가 될 것으로 예상
  - 글로벌 탄소중립 트렌드에 따라 제로에너지빌딩 세계시장도 지속적으로 성장할 것으로 예측되어 향후 기술 주도권을 선점하는 국가가 글로벌 시장을 주도할 것으로 예상

\* 글로벌 제로에너지 빌딩 시장 규모는 '21년 약 520억 달러에서 '26년 약 1,590억 달러 규모로 성장 전망

- 과학기술을 통해 전 세계가 주목하는 에너지 주택 분야의 선도 기술을 확보하고, 이를 통해 국가 미래 성장동력의 발판을 마련할 수 있도록 국가의 제도적·재정적 지원 필요
- 공동주택의 제로에너지화는 단순한 사회현상이 아니라, 인류의 지속가능한 삶을 영위하기 위한 범지구적 과제로서 그 파급효과가 환경·경제·과학 등 사회 전반에 걸쳐 영향을 미치는 사안으로 국가 지원사업으로서 투자목적성과 당위성을 충분히 확보

□ 공동주택 에너지 기술은 현 정부의 국정과제 및 과학기술 정책 기조에 의거, 정부차원의 전략적 기술개발과 기술의 사업화를 위한 전폭적인 지원이 필요한 핵심 분야

- 윤석열 정부는 에너지 고효율·저소비형 에너지 수요관리 및 신시장 창출과 제로에너지 건축 촉진을 통한 탄소중립 이행방안 마련 추진
- (국정목표 86번) '과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환 (국정과제 21번) '에너지안보 확립과 에너지 新산업·新시장 창출'를 제시

[표 3-3] 윤석열 정부 국정과제 세부 내용

**21 에너지안보 확립과 에너지 新산업·新시장 창출**

- (에너지 신산업) 태양광, 풍력 산업을 고도화하고 **고효율·저소비형 에너지 수요관리** 혁신, 4차산업 기술과 연계한 신산업 육성 추진

**86 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환**

- (공간·이동의 탄소중립) 탄소중립도시 지정, **제로에너지 건축** 및 그린리모델링 확산 등 탄소중립 공간 조성

- 정부는 국가적 난제 해결을 위한 국가연구개발의 방향성을 제시하는 '임무중심 R&D 혁신 체계'를 수립하고 우선 적용 분야로 탄소중립 기술을 선정 (2022.10.13.)
- '탄소중립 녹색성장 비전과 추진전략과 '탄소중립 녹색성장 기술혁신 추진전략'을 발표했고, 집중 육성해야 할 한국형 탄소중립 100대 핵심기술(안)에 '제로에너지건물'을 반영 (2022.10.26.)
- 윤석열 정부의 국정과제와 탄소중립을 위한 정부 정책의 원활한 추진과 목표의 달성을 위하여 공동주택 에너지 분야의 시장지향형 기술개발 및 성과물의 보급·확산을 위한 정부의 전폭적인 R&D 투자 지원 필요

□ 공동주택 건축물의 제로에너지화는 국민의 삶의 질 수준과 직결되어 있으나 민간 차원의 자연 확산이 어려우므로 공적 지원과 선도적 시범사업을 통해 관심과 실행 유도

- 공동주택 건축물의 에너지 문제는 환경오염, 이상기후, 에너지 자원 고갈, 주거생활비 등 국민의 삶의 질에 직접적인 영향을 미치지만, 제로에너지화를 위한 기술도입 과정에 고려해야 할 다양한 문제로 인해 민간차원의 자연 확산 및 빠른 대응이 어려움
- 공사비용 부담뿐만 아니라, 기축의 경우 다양한 이해관계로 인한 주민 동의 확보 문제, 재실 중 공사 문제 등 민간에서는 빠른 대응이 어려움
- 따라서, 기술개발부터 보급·활성화를 위한 시장환경을 조성하고, 실제 기술이 적용되는 건축단계부터 실거주 후 평가까지 전 과정에 대한 모델을 제시함으로써 민간의 호응과 실행을 유도할 수 있는 정부의 선도역할 수행 필요

사. 추진 근거

1) 법적 근거

□ 본 사업은 「탄소중립기본법」, 「저탄소 녹색성장 기본법」, 「녹색건축물 조성 지원법」, 「기후변화대응 기술개발 촉진법」 등 법적근거에 기반함

[표 3-4] 고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지혁신 기술개발 및 실증의 지원 근거

근거 법률	내용	소관부처
<p>과학기술기본법 [’19.8 시행]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 <b>과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화</b>함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제5조(과학기술정책의 중시와 개방화 촉진)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1항) 정부는 과학기술정책의 수립과 추진을 통하여 <b>과학기술이 국가의 경제적·사회적 문제를 해결</b>하고 미래전략을 달성하는 중추적인 역할을 할 수 있도록 필요한 자원을 최대한 동원하여 창의적 연구개발과 개방형 과학기술혁신활동을 적극적으로 지원하여야 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제5조(과학기술정책의 중시와 개방화 촉진)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- (3항) 정부는 과학기술정책의 투명성과 합리성을 높이기 위하여 과학기술정책을 형성하고 집행하는 과정에 민간 전문가나 관련 단체 등이 폭넓게 참여하게 하고 <b>일반 국민의 다양한 의견을 모을 수 있는 방안을 마련</b>하여야 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제11조(국가연구개발 사업의 추진)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- (2항 4) 정부는 소요경비의 전부 또는 일부를 지원하여 얻은 지식과 기술 등을 공개하고 <b>성과를 확산하며 실용화를 촉진</b>하여야 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제16조(과학기술을 활용한 사회문제의 해결)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- (6호) 정부는 <b>과학기술을 활용한 삶의 질 향상, 경제적·사회적 현안 및 범지구적 문제 등의 해결</b>을 위하여 필요한 시책을 세우고 추진하여야 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제35조(과학기술 관련 규제 등의 개선)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부는 과학기술혁신에 지장을 초래하는 불필요한 규제를 완화하거나 해소하기 위하여 <b>과학기술에 관한 규제를 점검하고 개선</b>하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	<p>과학기술 정보통신부</p>
<p>탄소중립기본법 [’22.3 시행]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 기후위기의 심각한 영향을 예방하기 위하여 <b>온실가스 감축 및 기후위기 적응대책을 강화</b>하고 탄소중립 사회로의 이행 과정에서 발생할 수 있는 경제적·환경적·사회적 불평등을 해소하며 <b>녹색기술과 녹색산업의 육성·촉진·활성화를 통하여 경제와 환경의 조화로운 발전을 도모</b>함으로써, 현재 세대와 미래 세대의 삶의 질을 높이고 생태계와 기후체계를 보호하며 국제사회의 지속가능발전에 이바지하는 것을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제31조(녹색건축물의 확대)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>① 정부는 <b>에너지 이용 효율과 신·재생에너지의 사용 비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물</b>(이하 “녹색건축물”이라 한다)을 확대하기 위한 정책을 수립·시행하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	<p>환경부</p>

근거 법률	내용	소관부처
<p>탄소중립기본법 [’22.3 시행]</p>	<p>② 정부는 건축물에 사용되는 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 기준 이상의 건물에 대하여 종장기 및 기간별 목표를 설정·관리하여야 한다.</p> <p>③ 정부는 건축물의 설계·건설·유지관리·해체 등의 전 과정에서 에너지·자원 소비를 최소화하고 온실가스 배출을 줄이기 위하여 설계기준 및 허가·심의를 강화하는 등 설계·건설·유지관리·해체 등의 단계별 대책 및 기준을 마련하여 시행하여야 한다.</p> <p>④ 정부는 기존 건축물이 녹색건축물로 전환되도록 에너지 진단 및 「에너지이용 합리화법」 제25조에 따른 에너지절약사업과 「녹색건축물 조성 지원법」 제27조에 따른 <b>그린리모델링 사업을 통하여 온실가스 배출을 줄이는 사업을 지속적으로 추진</b>하여야 한다.</p> <p>⑤ 정부는 신축되거나 개축되는 건축물에 대해서는 전력소비량 등 에너지의 소비량을 조절·절약할 수 있는 지능형 계량기를 부착·관리하도록 할 수 있다.</p> <p>⑥ 정부는 중앙행정기관, 지방자치단체, 대통령령으로 정하는 공공기관 및 교육기관 등의 건축물을 녹색건축물로 전환하기 위한 이행계획을 수립하고, 제1항부터 제5항까지의 규정에 따른 시책을 적용하여 그 이행사항을 점검·관리하여야 한다.</p> <p>⑦ 정부는 대통령령으로 정하는 바에 따라 일정 규모 이상의 신도시 개발 또는 도시 재개발을 하는 경우에는 녹색건축물을 적극 보급하여야 한다.</p> <p>⑧ 정부는 녹색건축물의 확대를 위하여 필요한 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 재정적 지원을 할 수 있다.</p>	<p>환경부</p>
<p>저탄소 녹색성장 기본법 [’13.10 시행]</p>	<p>○ 제1조(목적)</p> <p>- 이 법은 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 <b>저탄소(低炭素) 녹색성장에 필요한 기반을 조성</b>하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 <b>저탄소 사회 구현을 통하여 국민의 삶의 질을 높이고</b> 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는 데 이바지함을 목적으로 한다.</p> <p>○ 제9조(저탄소 녹색성장 국가전략)</p> <p>- 정부는 국가의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표·추진전략·중점추진 과제 등을 포함하는 저탄소 녹색성장 국가전략(이하 “녹색성장국가 전략”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>- 녹색성장국가전략에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 제22조에 따른 녹색경제 체제의 구현에 관한 사항</li> <li>2. 녹색기술·녹색산업에 관한 사항</li> <li>3. 기후변화대응 정책, 에너지 정책 및 지속가능발전 정책에 관한 사항</li> </ol> <p>&lt;이하 중략&gt;</p> <p>○ 제57조(녹색성장을 위한 생산·소비 문화의 확산)</p> <p>- 정부는 재화의 생산·소비·운반 및 폐기(이하 “생산등”이라 한다)의 전 과정에서 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 이용하며 온실가스와 오염물질의 발생을 줄일 수 있도록 관련 시책을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>- 정부는 재화 및 서비스의 가격에 에너지 소비량 및 탄소배출량 등이 합리적으로 연계·반영되고 그 정보가 소비자에게 정확하게 공개·전달될 수 있도록 하여야 한다.</p>	<p>환경부</p>

근거 법률	내용	소관부처
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부는 재화의 생산등의 전 과정에서 에너지와 자원의 사용량, 온실가스와 오염물질의 배출량 등을 분석·평가하고 그 결과에 관한 정보를 축적하여 이용할 수 있는 정보관리체계를 구축·운영할 수 있다.</li> <li>- 정부는 녹색제품의 사용·소비의 촉진 및 확산을 위하여 재화의 생산자와 판매자 등으로 하여금 그 재화의 생산 등의 과정에서 발생되는 온실가스와 오염물질의 양에 대한 정보 또는 등급을 소비자가 쉽게 인식할 수 있도록 표시·공개하도록 하는 등의 시책을 수립·시행할 수 있다.</li> </ul> <p>○ 제58조(녹색생활 운동의 촉진)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부는 국민 및 기업들이 녹색생활에 친숙할 수 있도록 하는 시책을 마련하고 지방자치단체·기업·민간단체 및 기구 등과 협력체계를 구축하며 교육·홍보를 강화하는 등 범국민적 녹색생활 운동을 적극 전개하여야 한다.</li> <li>- 정부는 녹색생활 운동이 민간주도형의 자발적 실천운동으로 전개될 수 있도록 관련 민간단체 및 기구 등에 대하여 필요한 재정적·행정적 지원 등을 할 수 있다.</li> </ul>	
<p>녹색건축물 조성 지원법 ['22.03 시행]</p>	<p>○ 제1조(목적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 따른 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정하고, <b>건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 통하여 녹색성장 실현 및 국민의 복지 향상에 기여</b>함을 목적으로 한다.</li> </ul> <p>○ 제3조(기본원칙) 녹색건축물 조성은 다음 각 호의 기본원칙에 따라 추진되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 온실가스 배출량 감축을 통한 녹색건축물 조성</li> <li>2. 환경 친화적이고 지속가능한 녹색건축물 조성</li> <li>3. 신·재생에너지 활용 및 자원 절약적인 녹색건축물 조성</li> <li>4. 기존 건축물에 대한 에너지효율화 추진</li> <li>5. 녹색건축물의 조성에 대한 계층 간, 지역 간 균형성 확보</li> </ol> <p>○ 제13조(기존 건축물의 에너지성능 개선기준)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물의 에너지효율을 높이기 위하여 기존 건축물을 녹색건축물로 전환하는 경우에는 국토교통부장관이 고시하는 기준에 적합하여야 한다.</li> <li>- 제1항에 따른 기존 건축물의 종류 및 공사의 범위는 국토교통부령으로 정한다.</li> </ul> <p>○ 제15조(건축물에 대한 효율적인 에너지 관리와 녹색건축물 조성의 활성화)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 국토교통부장관은 건축물에 대한 효율적인 에너지 관리와 녹색건축물 건축의 활성화를 위하여 필요한 설계·시공·감리 및 유지·관리에 관한 기준을 정하여 고시할 수 있다.</li> </ol> <p>○ 제17조(건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 국토교통부장관은 에너지성능이 높은 건축물을 확대하고, 건축물의 효과적인 에너지관리를 위하여 건축물 에너지효율등급 인증제 및 제로에너지건축물 인증제를 시행한다.</li> <li>② 국토교통부장관은 제1항에 따른 건축물 에너지효율등급 인증제 및 제로에너지건축물 인증제를 시행하기 위하여 운영기관 및 인증기관을 지정하고, 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 업무를 위임할 수 있다.</li> <li>③ 건축물 에너지효율등급 인증을 받으려는 자는 대통령령으로 정하는 건축물의 용도 및 규모에 따라 제2항에 따른 인증기관에게 신청하여야 하며, 인증평가 업무는 인증기관에 소속되거나 등록된 건축물에너지평가사가 수행하여야 한다.</li> </ol>	<p>국토교통부</p>

근거 법률	내용	소관부처
기후변화대응 기술개발 촉진법 [’21.10 시행]	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 <b>온실가스 감축과 기후변화 적응에 관한 기술의 연구기반을 조성</b>하여 체계적으로 육성·발전시키고 국제사회와의 협력을 증진하여 기후변화대응과 관련하여 발생하는 문제에 대한 책임을 다하고 <b>탄소중립 실현 및 국민경제 발전에 이바지</b>하는 것을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제8조(기술개발사업의 추진) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 과학기술정보통신부장관, 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 기본계획 및 시행계획에 따라 맡은 분야에 대한 기후변화대응 기술개발사업(이하 “기술개발사업”이라 한다)을 추진하고 이를 지원하기 위한 시책을 마련하여야 한다.</li> <li>② 과학기술정보통신부장관, 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 기술개발사업을 추진할 때 「파리협정」에 따른 온실가스 감축 목표, 산업계의 기후변화대응 기술수요 및 기술발전 예측결과를 반영하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	과학기술 정보통신부
건축법 [’19.11 시행]	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 건축물의 대지·구조·설비 기준 및 용도 등을 정하여 <b>건축물의 안전·기능·환경 및 미관을 향상</b>시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> </ul>	국토교통부
주거기본법 [’19.4. 시행]	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 법은 주거복지 등 주거정책의 수립·추진 등에 관한 사항을 정하고 주거권을 보장함으로써 국민의 주거안정과 주거수준의 향상에 이바지하는 것을 목적으로 한다.</li> </ul> </li> <li>○ 제2조(정의) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국민은 관계 법령 및 조례로 정하는 바에 따라 물리적·사회적 위험으로부터 벗어나 쾌적하고 안정적인 주거환경에서 인간다운 주거생활을 할 권리를 갖는다.</li> </ul> </li> <li>○ 제3조(주거정책의 기본원칙) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 및 지방자치단체는 제2조의 주거권을 보장하기 위하여 다음 각 호의 기본원칙에 따라 주거정책을 수립·시행하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>· (5호) 주택이 <b>쾌적하고 안전하게 관리될 수 있도록 할 것</b></li> <li>· (6호) <b>주거환경 정비, 노후주택 개량</b> 등을 통하여 기존 주택에 거주하는 주민의 주거수준이 향상될 수 있도록 할 것</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 제14조 1항(주거환경의 정비 등) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 및 지방자치단체는 <b>주거환경을 정비하고 노후주택을 개량하여 주민의 삶의 질이 개선될 수 있도록 지원</b>하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	국토교통부
건설기술진흥법 [’21.7 시행]	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제1조(목적) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> </ul> </li> <li>○ 제3조(건설기술진흥 기본계획) <ul style="list-style-type: none"> <li>① 국토교통부장관은 <b>건설기술의 연구·개발을 촉진</b>하고 그 성과를 효율적으로 이용하며 관련 산업의 진흥을 도모하기 위하여 건설기술진흥 기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 5년마다 수립하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>	국토교통부

## 2) 국정과제 근거

- 「윤석열정부 110대 국정과제」에서 국정목표2 “민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제”와 국정목표4 “자율과 창의로 만드는 담대한 미래”와 연계됨
- 국정목표 2의 [약속04]“경제체질을 선진화하여 혁신성장의 디딤돌을 놓겠습니다.”
  - [국정과제 22번] “수요자 지향 산업기술 R&D 혁신 및 지식재산 보호 강화”
    - (목표지향형·선도형 산업기술 Mega 프로젝트 추진) 국가적 난제 해결을 위한 민관 합동 목표지향형 대규모 프로젝트 도입 검토
    - (기술중심에서 시장성과 지향형 R&D로 전환) 기술사업화 촉진 목적 민관 공동투자 확대, 기술사업화 플랫폼 구축 및 기술평가 제고
    - (산업기술 R&D 자율성·효율성 강화) 과제 선정평가 프로세스 개선 등
- 국정목표 4의 [약속16]“탄소중립 실현으로 지속가능한 미래를 만들겠습니다.”
  - [국정과제 86번] “과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환”
    - (탄소중립 이행방안 조정) 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)는 준수하되, 부문별로 현실적 감축수단을 마련하여 법정 국가계획에 반영
    - (지역·국민 탄소중립 실천) 지자체 탄소중립지원센터 설립·운영을 확대하고, 지역별 대표모델로 탄소중립 그린도시 확산
    - (녹색산업·기술육성) 기후테크, 환경 IoT, 바이오가스 등 5대 녹색 신산업 집중 육성

[표 3-5] 「윤석열 정부 110대 국정과제」 중 본 사업 관련 내용

비전	<b>다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라</b>					
	↓					
6대 국정목표	상식이 회복된 반듯한 나라	민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제	따뜻한 동행 모두가 행복한 나라	자율과 창의로 만드는 담대한 미래	자유, 평화, 번영에 기여하는 글로벌 중추국가	대한민국 어디서나 살기 좋은 지방시대
20개 약속	[약속 04] 경제체질을 선진화하여 혁신성장의 디딤돌을 놓겠습니다. [약속 16] 탄소중립 실현으로 지속가능한 미래를 만들겠습니다.					
110대 국정과제	[국정과제 22] 수요자 지향 산업기술 R&D 혁신 및 지식재산 보호 강화 [국정과제 86] 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환					

## 3) 국가계획 근거

- 「제4차 과학기술기본계획(2018~2022)」, 「제5차 국토종합계획(2020~2040)」, 「제4차 에너지 기술개발계획(2019~2028)」 등에 지원근거를 두고 있으며, 각 계획에서 제시된

추진전략과 과제에 따라 동 사업을 추진

계획명	전략 및 중점추진과제 내용	소관부처
제4차 국가과학기술기술통신기본계획 ('18년~'22년)	<input type="checkbox"/> (추진전략4) 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현 <input type="checkbox"/> (과제18) 쾌적하고 편안한 생활환경 조성 - 기후변화 및 신기후체제 대응으로 지속가능성 확보 • 신재생에너지 및 에너지 저장기술의 고도화 및 경제성 확보 • 기후변화 예측 및 국가적 대응역량 제고 • 온실가스 감축관리 및 탄소저감·자원화기술 개발 및 상용화 - 편리하고 살기 좋은 스마트시티 구축 • 도시의 지속가능성 제고를 위한 청정 환경·에너지 시스템 구축 (효율적 에너지 관리가 가능한 지능형 건물관리기술 및 스마트홈 기술 개발)	과학기술정보통신부
제5차 국토종합계획 (2020~2040)	<input type="checkbox"/> (추진전략3) 세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성 <input type="checkbox"/> 미래형 주거서비스 확대와 협력적 주거 거버넌스 운영 - 기후변화에 대응한 친환경 주택 보급의 확대 - 에너지 효율화를 통한 주거비 절감	국토교통부
제4차 에너지기술개발계획 (2019~2028)	<input type="checkbox"/> (추진전략1) 에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화 <input type="checkbox"/> (과제3) 에너지 고효율 저소비 구조 혁신 - (건물효율) 패시브·액티브 기술 융합, DC 배전 적용으로 에너지 플러스 건물을 구현하고, 커뮤니티 단위 통합 운영·거래 추진 • ('30년 목표) 신축건물 에너지자립도 10%→110%, 에너지 거래·공유 비율 30% 이상 <input type="checkbox"/> (추진전략2) 국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축 <input type="checkbox"/> (과제1) (선택·집중) 공통목표 중심의 플래그쉽 프로젝트 추진 - 산업적 파급효과가 큰 대형·중장기 프로젝트 추진 - 산·학·연 혁신역량을 결집하고, 성과창출을 위해 기획·평가관리 차별화 <input type="checkbox"/> (과제2) (협력·연계) 혁신주체간 협력 강화 - 수요연계형 R&D 지원 확대 <input type="checkbox"/> (과제4) (개방·참여) 국민참여형 R&D 확대 - 실생활공간에서 사용자가 공동 개발자, 실험자, 소비자로서 참여하는 리빙랩* 형태의 연구개발 확대 <input type="checkbox"/> (추진전략3) 신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화 <input type="checkbox"/> (과제1) (실증·시험) 실증·시험 인프라 구축 및 안전관리 강화 - 기술개발 후 사업화를 목적으로 실환경에서 시제품 성능을 평가하는 실증연구 투자 확대 ('18년 15.5%→ '30년 25%) - 사업화 촉진을 위해 ①신기술·신제품 성능 검증, ②안전성 검증, ③운전이력 확보 등 유형별로 실증단지 구축 <input type="checkbox"/> (과제2) (보급·사업화) R&D 결과물의 시장진입 촉진 - '기술개발-보급 연계로드맵' 수립 <input type="checkbox"/> (과제4) (규제·제도 개선) 규제 완화강화의 조화를 통한 신기술 조기 확산 - 신기술·신제품의 시장진입에 애로가 되는 제도적 장벽 해소를 위해 기획-수행-실증 단계에 걸쳐 해결방안 마련	산업통상자원부
제2차 기후변화대응 기본계획 (2020~2040)	<input type="checkbox"/> (추진전략1) 저탄소 사회로의 전환 <input type="checkbox"/> (과제2) 부문별 온실가스 감축 계획 - 건물(가정·산업) 부문 핵심과제 • (감축목표) '30년까지 건물부문 배출량 32.7% 삭감(△64.5백만톤) • 기존 건축물 에너지성능 개선 촉진 • 신규 건축물 허가기준 강화 등 에너지성능 향상	환경부

4) 부처계획 근거

「제3차 건축정책 기본계획(2021~2025)」, 「제1차 국토교통과학기술 기술 연구개발

종합계획(2018~2027)」, 「제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024)」에서 제시된 로드맵에 따라 본 사업을 추진

계획명	전략 및 중점추진과제 내용	소관부처
제3차 건축정책 기본계획 (2021~2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ [정책목표2] 건축안전 및 에너지성능 향상으로 지속가능한 탄소중립 도시 조성               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (추진전략4) 건축물의 에너지 성능 향상과 지속적 보급                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 에너지 최적화</li> <li>• 건축물 에너지 성능 강화 및 효율적 운영을 위해 설계·시공 지원 체계 구축, 운영관리 지원 등 추진</li> <li>- 신축 건축물 성능강화                       <ul style="list-style-type: none"> <li>• 제로에너지건축 단계별 의무화를 위해 제로에너지건축 평가기준 개선, 시범사업 추진</li> </ul> </li> <li>- 그린리모델링 활성화                       <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 건축물의 에너지 절감을 위해 공공에서 선도사업을 추진하고, 민간까지 확산되도록 지원 강화</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	국토교통부
제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (2018~2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ (추진전략3) 사람 중심의 국토교통 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (과제2) 친환경 생활공간 조성 기술 개발                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 첨단 기밀·단열 공법 및 재생에너지 기술과 실시간 건물에너지 관리시스템을 접목하여 에너지 자립형 친환경 건축기술 개발 추진</li> </ul> </li> <li>○ (과제3) 사회이슈 해결형 기술 개발                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국민의 주거 만족도를 높이는 “쾌적·안전 주거환경” 등 “다양한 사회이슈해결” 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>□ (추진전략4) 미래지향적 R&amp;D 시스템 도입               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (과제2) 국토교통 연구개발 기반 강화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- (실증인프라) 각종 신기술을 실험하고 기술개발 성과를 검증할 수 있도록 실험 인프라 구축, 제도 개선 등 실증 환경을 제공</li> </ul> </li> <li>○ (과제3) 연구개발 성과와 산업간 연결고리 강화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- (사업화) R&amp;D 성과가 시장에 진입하여 새로운 산업으로 연결될 수 있도록 다양한 사업화 및 창업 지원체계 마련</li> <li>- (후속지원) 수요자가 신기술을 신뢰하고 사용할 수 있도록 기술 검증을 지원하고, 금융 등 후속지원 프로그램과도 연계</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	국토교통부
제2차 녹색건축물 기본계획 (2020~2024)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ (추진전략1) 신축 건축물 에너지성능 강화               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (과제1) 제로에너지건축물 보급 가속화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- (지원사업 확산) 고성능 제로에너지건축물 구축을 지원하고, 우수 사례 및 우수사업자 선정을 통해 시장의 자발적 참여 유도</li> <li>- (비용최적화 지원) 비용효과적 제로에너지건축물 구축을 지원하기 위해 최적화 시뮬레이터 개발·보급</li> <li>- (규제 합리화) 도심 내 공간제약 등으로 에너지자립률 충족이 어려운 건축물에 적용할 수 있는 다양한 신재생에너지 생산 인정기준 개선</li> </ul> </li> <li>○ (과제2) 신축 건축물 에너지성능기준 고도화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- (창호성능 평가) 창호 에너지성능 관리 기반 구축</li> <li>- (기밀성능 향상) 에너지손실 최소화를 위해 건축물 기밀성능 향상 기술개발 및 평가기준 마련</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>□ (추진전략2) 기존 건축물 녹색화 촉진               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (과제3) 노후 건축물의 그린리모델링 활성화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그린리모델링 사업의 비용경제성 향상을 위한 다양한 경제적 지원 모델 개발을 통해 자발적 시장 유입 확대, 규제 합리화</li> </ul> </li> <li>○ (과제4) 건축물의 에너지효율적 운영·관리                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지효율적 운영·관리방안 마련을 위한 데이터 확보</li> </ul> </li> <li>○ (과제6) 녹색건축 산업 고도화                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고효율·고성능 건축자재·설비 시장 육성</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	국토교통부

## 2. 국내외 동향 및 환경 분석

### 가. 대내외 환경분석

#### 1) 사회적 환경분석

- 전 세계적으로 지구온난화로 인한 기후위기가 심화되며 탄소중립 실천에 대한 사회적 요구 증가
  - 2050년에 세계 에너지 수요가 최대 58% 증가할 것으로 예측되는 가운데, '21년 탄소 배출량은 363억 톤으로 사상 최고치를 경신하였으며 이에 대한 주요 원인으로 화석연료 중심의 에너지 생산구조를 지목
    - ※ 출처: 지구온난화로 에너지 사용 늘어 온실가스 배출 늘리는 악순환(연합뉴스, 2019.06.25.)
    - ※ 출처: 2021년 에너지부문 CO2 배출량 '사상 최대'...석탄수요 급증(뉴스트리, 2022.03.10.)
- 에너지 소비 저감 및 탄소중립 사회 실현의 핵심 분야로 주거 건축물을 주목
  - '18년 기준 국내 총 탄소 배출량에서 건물 분야는 24.7%를 차지했으며, 이는 에너지, 산업, 수송 분야 다음으로 높은 비중
    - '2050 탄소중립 시나리오'에 따르면 '18년 기준 건물부문의 온실가스 직접 배출량은 52.1백만 톤 CO2eq로, '50년까지 6.2백만 톤 CO2eq로 88.1%를 감축할 수 있는 잠재량이 높은 분야
  - '20년 건축물 에너지 사용량 3,318만 7천 TOE\* 중 주택의 에너지 사용량이 1,976만 8천 TOE를 배출하여 건물 에너지 사용량 중 59.6%의 비중을 차지
    - \* TOE(Ton of Oil Equivalent) : 석유환산톤, 1TOE=10,000,000kcal
    - 공동주택의 경우 1,437만 TOE(43.3%)를 사용하여 가장 높은 에너지 사용량을 보였고, 단독주택(539만 8천 TOE, 16.3%), 근린생활시설(472만 6천 TOE, 14.3%), 업무시설(189만 1천 TOE, 5.7%) 순으로 집계되어 건축물 부문에서 에너지 절감 및 탄소중립 실현을 위해 공동주택 에너지 소비 문제 해결이 필수적

[표 3-6] 건물 용도별 건물에너지사용량

(단위 : 천 TOE)

공동주택	단독주택	제1종 근생시설	제2종 근생시설	업무시설
14,370 (43.3%)	5,398 (16.3%)	2,414 (7.3%)	2,312 (7.0%)	1,891 (5.7%)
교육연구시설	공장	판매시설	의료시설	전체(기타포함)
1,497 (4.5%)	915 (2.8%)	750 (2.3%)	659 (2.0%)	<b>33,187</b>

※ 출처: 건축물 에너지사용량 지속 감소...탄소중립 가까워진다 (국토교통부, 2021.06.02.) 자료 재구성

- 준공연도 기준 국내에 30년 이상 경과 노후건축물은 40%에 육박하며, 노후화로 인한 건축물 성능 저하로 다량의 추가 에너지 손실이 발생하는 상황
  - 준공연도로부터 30년이 경과된 노후건축물은 전국 건축물 731만동 중 289만 6천 동으로 약 40%에 해당하며, 서울시의 경우 전체 건물의 50.4%가 노후건축물에 해당
    - 준공 30년이 경과한 노후건축물 중, 주거용이 49.1%로 가장 많은 비중을 차지
  - ※ 출처: 전국 건축물 총 7,314,264동 / 40억 5천만m<sup>2</sup> (국토교통부, 2022.03.08.)

[표 3-7] 2021년 노후건축물 현황

구분	전체		주거용	
	동수	비중	동수	비중
30년 미만 건축물	3,903,518	53.4%	1,937,862	42.3%
<b>30년 이상 건축물</b>	<b>2,896,839</b>	<b>39.6%</b>	<b>2,250,766</b>	<b>49.1%</b>
기타	513,907	7.0%	393,790	11.6%
합계	7,314,264	100%	4,582,418	100%

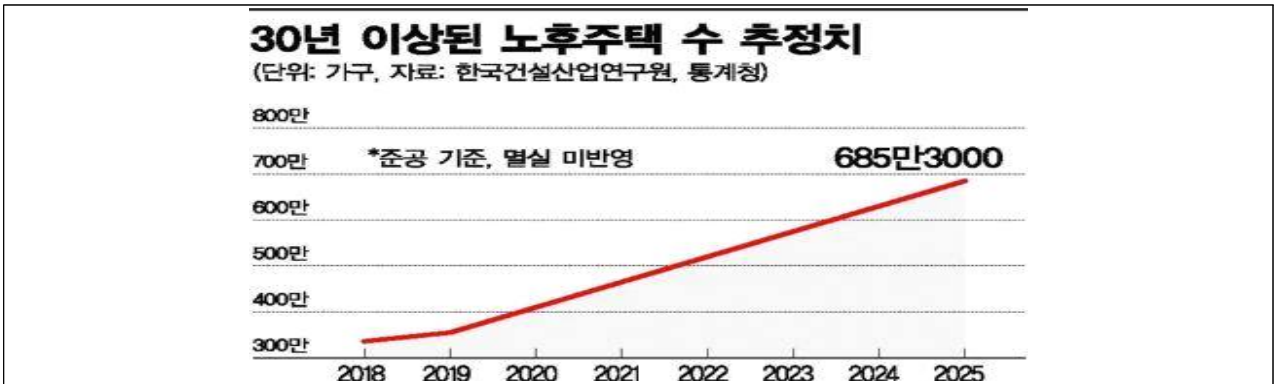
※ 출처: 2021년 노후건축물 현황 (국토교통부, 2022.03.08.) 자료 재구성

- 한국에너지기술연구원의 조사에 따르면 19년 기준 국내 건물 부문 에너지 사용량 중 68%를 20년 이상 경과된 노후 건축물이 소비하는 것으로 확인

※ 출처: 노후 건축물의 새어나가는 에너지를 막아라(한국에너지기술연구원, 2019.02.26.)

- 30년 이상된 노후주택의 수는 지속적으로 증가하여 '25년에는 700만 가구에 근접할 것으로 전망되어 노후주택 에너지 소비 문제에 대한 해결책 마련이 시급

※ 출처: 2020년 노후주택 급증, 경고등 켜졌다(아시아경제, 2019.03.19.)

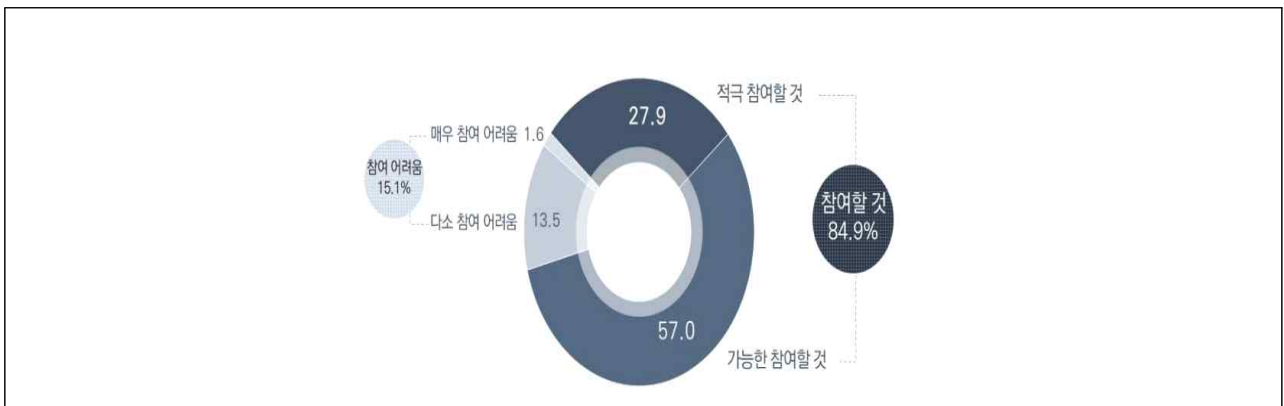


※ 출처: 2020년 노후주택 급증, 경고등 켜졌다(아시아경제, 2019.03.19.)

[그림 3-16] 국내 30년 이상 노후주택 수 전망

- 에너지 비용 절감에 대한 시민들의 관심이 높아지면서 주택건축물의 에너지 효율 향상에 대한 관심이 높아진 상황

- '21년 문화체육관광부에서 2050 탄소중립 추진과 관련하여 만 18세 이상 79세 이하 일반 국민 1,600명을 대상으로 실시한 설문조사 결과, 응답자의 84.9%가 주택 에너지효율 개선을 위해 단열 강화, 3중 창호 등 설치에 참여할 의향이 있는 것으로 확인



※ 출처: 2050 탄소중립 추진에 대한 국민인식조사 보고서 (문화체육관광부, 2021.11.)

[그림 3-17] 주택 에너지효율 개선을 위해 단열 강화 설치 등 참여 여부 조사 결과

## 2) 정책적 환경분석

### 가) 국외 정책동향

□ '15년 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 전 세계 195개국이 파리협정을 채택하고 '20년부터 탄소중립을 위한 감축 목표계획을 발표 및 추진 중

○ 미국은 '21년 바이든 행정부 출범 이후 제로에너지 빌딩 내용이 포함된 다양한 탄소중립 정책을 추진하고 있으며 주 정부에도 독자적으로 ZEB 관련 정책 추진 중

- '21년 2월 기후변화 대응 첨단 연구 프로젝트 기관(Advanced Research Projects Agency-Climate, ARPA-C)과 에너지 첨단 연구 프로젝트 기관(Advanced Research Projects Agency- Energy, ARPA-E)을 설립하고 탄소중립 건물 등 기술개발을 위한 투자계획 제시

※ 출처: 주요국 탄소중립 기술정책 동향 (III), (녹색기술센터, 2021.12.17.)

- '21년 3월 미국 일자리 계획(American Jobs Plan)을 발표하고 '경제적이고 지속 가능한 주택 건축·개조'에 총 2,130억 달러 규모의 투자 계획 수립

• 동 계획을 통해 R&D 분야에 총 1,800억 달러를 투자할 예정이며, 해당 투자에는 ARPA-C 설립 및 청정에너지기술개발 관련 내용을 포함

- 미국 뉴욕시에서는 '50년까지 건축물에서 배출되는 온실가스 배출량을 '05년 대비 80% 이상 감소하겠다는 기후활성화법(Climate Mobilization Act)을 발표

• 기후활성화 법 10개 법안 중 가장 핵심 규제법안은 빌딩 개보수로, 연면적 기준에 따른 빌딩을 대상으로 '30년까지 '05년 대비 온실가스 배출 40%, '50년까지 80% 감축 의무화

○ 미국의 지자체별로 지역주민의 신재생 설비 설치를 재정적으로 지원해주는 PACE(Property Assessed Clean Energy) 프로그램을 운영 중

※ 출처: [녹색정책] 美 전역으로 확대되는 신재생에너지 설비보급 프로그램 (Kotra 해외시장 뉴스, 2010.09.25.)

○ 유럽 연합은 온실가스 감축을 위해 건물부문의 온실가스 배출 90% 감소를 목표로 에너지 효율 개선공사 의무화, 건물에너지절약 지침 수립 등의 정책 추진

- '11년 발표한 EU의 2050 저탄소 경제 로드맵에 따르면 '50년까지 '90년 대비 온실가스 배출 80% 이상 감축을 목표로 하며, 특히 건물 부분의 경우 90% 감축목표를 제시

- 건물 부문은 에너지 효율성 제고를 강조하였으며, 이를 위해 '건축물의 에너지 효율성 제고 관련 개정지침(Directive 2020/31/EU)\*을 통한 감축 전망 발표

\* '20년 발표된 지침으로, '21년부터 신규 건축물은 제로에너지 건축물로 건축될 것을 규정

[표 3-8] 산업부문별 감축전망 (1990년 대비)

구분	2005	2030	2050
계	-7%	-40 ~ -44%	-79 ~ -82%
전력(CO <sub>2</sub> )	-7%	-54 ~ -68%	-93 ~ -99%
산업(CO <sub>2</sub> )	-20%	-34 ~ -40%	-83 ~ -87%
교통(CO <sub>2</sub> )	+30%	+20 ~ -9%	-54 ~ -67%
<b>주거 및 서비스(CO<sub>2</sub>)</b>	<b>-12%</b>	<b>-37 ~ -53%</b>	<b>-88 ~ -91%</b>
농업(non-CO <sub>2</sub> )	-20%	-36 ~ -37%	-42 ~ -49%
기타(non-CO <sub>2</sub> )	-30%	-72 ~ -73%	-70 ~ -78%

※ 출처: Roadmap low carbon economy in 2050 (EU, 2011.03.16.)

- '20년 이후 다양한 형태의 저탄소 에너지원 및 인프라가 중추역할을 할 것으로 전망하고, 그 중 패시브 하우스(passive housing)를 중점분야로 선정

○ 일본은 '20년 '2050 탄소중립'을 선언하고, '21년 5월 「지구온난화대책 추진에 관한 법률 (地球温暖化対策の推進に関する法律)」을 근거로 탄소중립 목표 달성을 위한 정책을 추진

- '2050 탄소중립을 향한 녹색성장전략'을 통해 기술 혁신을 추진할 3대 산업으로 주택·건물 관련 산업을 선정하였으며, 이중 '주택·건물 산업/차세대전력관리 산업'을 포함하여 제로에너지 빌딩 기술개발 지원을 계획

※ 출처: 탄소중립 대응 주요국 R&D 동향조사 및 분석(한국과학기술기획평가원, 2021.11.30.)

- 일본은 경제산업성을 중심으로 2조 원 규모의 그린이노베이션 기금을 조성하고 태양광을 포함하는 기술개발 지원금으로 사용 계획

○ 중국은 '60년 탄소중립 실현을 목표로 정책을 추진하고 있으며 초저에너지건축물(Ultra Low Energy Building)로 정의한 패시브 하우스 보급을 위한 대규모 건설 프로젝트를 추진 중

- 중국은 '20년 9월 UN 회의에서 '30년 이전 탄소 배출 정점 및 '60년 탄소중립을 대외적으로 선언하고, '21년 10월에 이를 실현하기 위한 구체적 계획을 담은 「탄소 배출 정점 및 탄소중립 달성 업무 의견」을 발표

- 이후 「2030년 이전 탄소 배출 정점 행동방안」을 통해 '30년까지 친환경 소비 비중 25% 내외로 확대, GDP 단위당 '05년 대비 65% 이상 감소 등의 구체적 목표를 제시

※ 출처: 탄소중립 대응 주요국 R&D 동향조사 및 분석(한국과학기술기획평가원, 2021.11.30.)

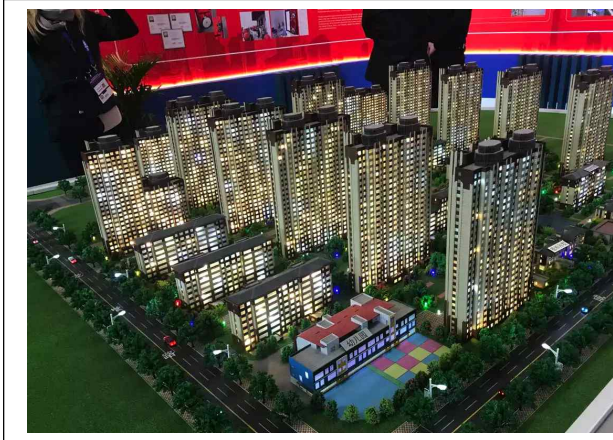
- 중국은 독일 패시브하우스연구소(PHI)와 협력하여 중국 내 20여 개 도시에서 대규모 패시브 하우스 단지 조성 프로젝트를 추진 중

• 텐진 트윈타워(연면적 4,500㎡, 15층 규모), 리노베이션 타워(8,000㎡, 30층 120세대 규모)

• 가오베이덴 철도도시는 33만㎡ 부지에 3,000세대 규모의 공동주택단지, 37개의 빌딩을 건설 중

• 칭다오는 '중-독 에코파크(Sino-German Eco Park, 中德生态园)' 프로젝트를 추진하여 10만㎡ 부지에 대규모 패시브 하우스 주거지역을 조성

※ 출처: 中, 녹색건축 규모 25억㎡...PH '규모의 경제' 실현(Kharn, 2019.06.30.)



가오베이덴 철도도시 프로젝트 모형도



중-독 에코파크 프로젝트 조감도

※ 출처: Chinese City Has the Largest Passive House Project in the World(Treehugger, 2019.08.24.)  
 中, 녹색건축 규모 25억㎡…PH ‘규모의 경제’ 실현(Kharn, 2019.06.30.)

[그림 3-18] 중국 친환경 패시브 하우스 단지 조성 프로젝트

### 나) 국내 정책동향

- 윤석열 정부는 국가 난제 해결을 위한 임무중심 R&D로의 정책 전환과 국가전략기술과 탄소중립기술 개발을 우선 추진대상으로 제시
- “임무중심 R&D 혁신을 통한 국가의 경제적·사회적 난제 해결”을 목표로 3대 분야에 8대 중점과제 추진
  - 국가 차원에서 과학기술을 통해 관리가 필요한 명확한 임무를 발굴하고 임무별 특성을 고려하여 구체적인 R&D 성과목표 및 시한을 설정하여 중점기술을 도출하고, 전략 로드맵을 수립하여 이에 기반한 ‘대형 임무중심 R&D 사업 및 프로젝트 기획 추진’
    - 집중투자(5~7년)로 가시적 성과창출이 가능한 분야를 중심으로 대형 임무중심 R&D 프로젝트를 기획
  - 정부, 기업, 연구자, 일반 국민 등 다양한 이해관계자가 임무와 목표 설정에 광범위하게 참여함으로써 기존의 기술개발 중심에서 벗어나 시장성과 지향형 R&D로 전환 추진
  - 정부가 나서서 모험적인 투자를 통해 혁신적인 기술을 개발하고, 이를 통해 새로운 시장을 형성해서 민간의 후속투자를 유도

목표	임무중심 R&D 혁신을 통한 국가의 경제적·사회적 난제 해결		
추진 방향	명확한 임무에 기반한 R&D 기획 추진	재정 한계 극복을 위한 전략적 투자 강화	혁신적이고 유연한 R&D 수행 방식 도입
중점 과제	<b>1. [기획] 명확한 임무에 기반한 R&amp;D 기획</b>		
	① 명확한 임무 정의 및 구체적 목표 설정	② 임무중심의 R&D 전략로드맵 수립	
	③ 임무별 범부처 추진체계 구축		
	<b>2. [투자] 전략적 R&amp;D 투자 강화</b>		
	① 임무중심 R&D 투자의 전략성 강화	② 임무중심 R&D 투자의 적시성 제고	
	③ 임무달성에 최적화된 투자방식 및 기준 적용		
<b>3. [수행] 임무중심의 R&amp;D 수행 및 환류</b>			
① 사업관리의 책임성 및 유연성 강화	② 임무중심 R&D에 특화된 평가체계 구축		

※ 출처: 국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략(안), 국가과학기술자문회의, 2022.10.13.

[그림 3-19] 임무중심 R&D 혁신 3대 분야 8대 중점과제

- 중점 추진과제로서 가장 시급하고 범부처적 대응이 필요한 분야로 2050 탄소중립 실현과 국가전략기술 육성에 우선 적용 제시

<b>탄소중립</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 탄소중립은 산업-경제-사회 전반의 대전환을 가져올 도전과제로서 국가의 명운이 걸린 문제</li> <li>■ 확정된 탄소감축 목표('30년 40%, '50년 탄소중립)의 달성을 위해서는 현재 기술이 아닌 혁신적인 기술의 개발·적용이 필수</li> <li>■ 이에 개별 기업·기관이 대응하기 어려운 만큼 정부가 과학기술 역량을 총동원하여 선제적으로 투자·지원하여 탄소중립 목표 달성 필요</li> </ul>
<b>국가 전략기술</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국가 간 기술패권 경쟁이 더욱 심화되어, 첨단 전략기술 확보가 경제적 측면을 넘어 국가의 생존과 외교·안보의 핵심으로 부상</li> <li>■ 미국·중국·일본·EU 등은 10~20개 내외 전략기술을 선정하여 국가적 역량을 결집하여 기술패권 경쟁에 적극 대응 중</li> <li>■ 이에 우리도 정부가 나서서 국가전략기술을 선정, 집중 지원함으로써 경제안보와 미래전략산업 주도권 확보 필요</li> </ul>

※ 출처: 국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략(안), 국가과학기술자문회의, 2022.10.13.

[그림 3-20] 임무중심 R&D 혁신 중점 추진과제

- 정부는 건축물의 에너지 성능 향상 및 탄소중립 실현을 위해 제5차 국토종합계획(2020~2040) 등 다양한 국가계획과 부처별 계획을 마련하여 시행 중

- 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)에서 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류 사회 발전에 기여'를 비전으로 4대 전략을 수립하였으며, 이 중 '추진전략 4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'이 동 사업과 관련
- 제5차 국토종합계획(2020~2040)에서 '모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터'를 비전으로 6대 추진 전략을 수립하였으며, 이 중 "세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성" 전략의 "수요 맞춤형 주거복지와 주거공간의 선진화" 과제 중 '미래형 주거서비스 확대와 협력적 주거 거버넌스 운영'이 동 사업과 부합
- 제2차 기후변화대응 기본계획(2020~2040)에서 "지속가능한 저탄소 녹색사회 구현"을 비전으로 3개 전략을 수립하였으며, 이 중 "저탄소 사회로의 전환"전략의 "국가온실가스 감축목표 달성을 위한 8대 부문 대책 제시
- 제3차 건축정책기본계획(2021~2025)에서 "일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시"를 비전으로 3개 정책목표, 9개의 추진전략을 수립하였으며, 이 중 '건축물의 에너지 성능향상과 지속적 보급' 실천과제가 동 사업과 부합

[표 3-9] 제3차 건축정책기본계획('21~'25) 중 본 사업 관련 내용

추진 전략	실천 과제		과제 주요 내용	
건축물의 에너지 성능 향상과 지속적 보급	건축물 에너지성능 향상 및 운영관리 강화	건축물의 에너지최적화 설계·시공 및 운영관리	건축물 에너지최적화 설계 지원체계 구축 에너지최적화 운영 관리 지원 서비스 개발 녹색건축물 건설 역량 제고	
		신축건축물 에너지성능 강화	제로에너지건축물 의무화 실행력 제고 제로에너지건축물 평가기준 개선 및 규제 합리화 에너지효율 사각지대 건축물에 대한 성능관리 기준 마련	
	그린 리모델링과 자원 확보로 녹색건축 보급 확대	녹색건축 자원 마련 및 경제성 제고	녹색건축 조성 자원 마련을 위한 금융모델 개발	녹색건축 경제성 제고를 위한 시범사업
			탄소중립 커뮤니티 조성 기반 마련	탄소중립 커뮤니티 조성 기반 마련
		노후건축물 그린리모델링 활성화	공공부문 선도형 그린리모델링 사업 추진	공공부문 선도형 그린리모델링 사업 추진
			민간부문 그린리모델링 확산 지원 및 유도	민간부문 그린리모델링 확산 지원 및 유도

- 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)에서 “혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통”을 비전으로 4개의 추진전략, 12개의 실천과제를 수립하였으며, 이 중 3개 추진전략이 동 사업과 관련

[표 3-10] 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획'18~'27) 중 본 사업 관련 내용

추진 전략	추진 과제	추진 과제 내용
기술융합을 통한 새로운 가치창출	고부가가치 건설기술 창출	고부가가치 인프라
		新개념 건축·구조물
		차세대 담수화 플랜트
		스마트 자원플랜트
사람 중심의 국토교통 기술	친환경 생활공간 조성 기술 개발	에너지 자립형 건축
		그린 인프라
		온실가스·미세먼지 제로 인프라
	사회이슈 해결형 기술 개발	쾌적·안전 주거환경
		편리한 교통환경
		다양한 사회 이슈 해결

- 제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024)

- “국민생활 향상과 혁신성장 실현에 기여하고, 저탄소·저에너지 사회를 선도하는 녹색 건축”을 비전으로 5개 추진전략 및 12개 추진과제 제시, 이 중 4개 추진전략이 동 사업과 관련

[표 3-11] 제2차 녹색건축물 기본계획('20~'24) 중 본 사업 관련 내용

추진 전략	추진 과제
신축건축물 에너지성능 강화	① 제로에너지건축물 보급 가속화
	② 신축 건축물 에너지성능기준 고도화
기존 건축물 녹색화 촉진	③ 노후 건축물의 그린리모델링 활성화
	④ 건축물의 에너지효율적 운영·관리
녹색건축산업 혁신성장 역량 제고	⑤ 제4차 산업 연계 융·복합 신사업 창출
	⑥ 녹색건축 산업 고도화
국민생활기반 녹색건축 확산	⑦ 국민 체감형 녹색건축사업 발굴
	⑧ 국민에게 다가가는 녹색건축서비스 실현

- 정부 및 지자체는 주택에너지 효율향상과 탄소중립 실현을 위해 스마트시티 조성 사업 등 생활밀착형 시범사업을 추진

- 국토교통부는 세종시 일대에 스마트시티 조성사업을 추진, LH, 민간 사업자 등 민관 공동 참여를 통해 스마트홈 등 친환경·스마트 인프라 및 서비스에 대한 실증연구 공간으로 조성 계획

- '22년 4월 세종시는 국토교통부, LH, 민간 사업자가 공동으로 참여하는 세종 스마트시티 조성사업 시행을 발표

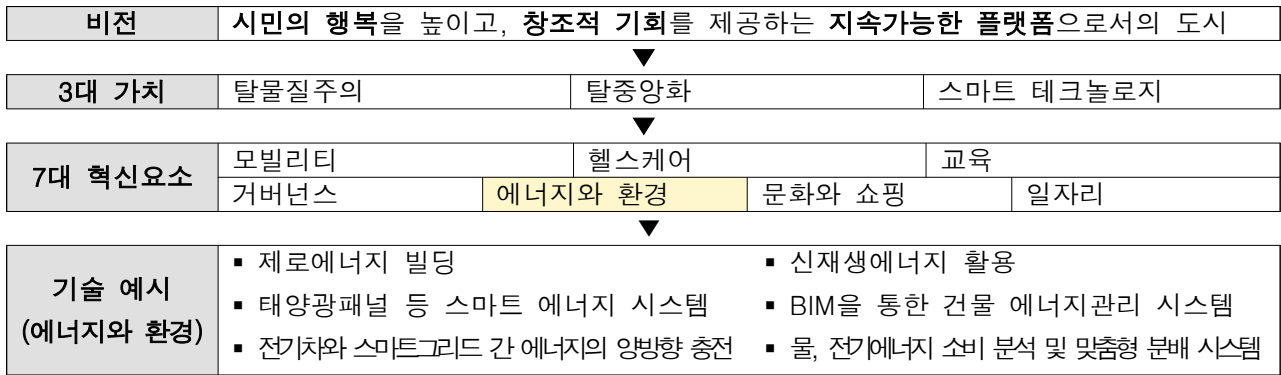
- 5년간 세종시 연동면 5-1 생활권 일대(34만㎡)에 스마트시티 선도지구를 조성

- 민관 공동 참여를 통해 특수목적법인을 설립하고, 공동출자를 통해 사업비 3조 1,636억 원을 투자 계획

- 세종 스마트시티 조성사업은 탈물질주의, 탈중앙화, 스마트 테크놀로지를 3대 핵심 가치로 설정하여 이를 달성하기 위해 에너지를 포함한 7대 혁신요소 관련 스마트 인프라 및 서비스 실증을 계획

- 선도지구 중심부에 혁신벤처스타트업존을 조성, 규제 샌드박스 제도 적용을 통해 참여 기업·기관이 자유로운 실증사업을 추진할 수 있도록 지원 예정

[표 3-12] 세종 스마트시티 비전 및 관련 기술 예시



- 부산시는 민관 공동 참여를 기반으로 에코델타 스마트시티(EDC)를 조성하고 있으며, 스마트 혁신기술의 실증을 위하여 에코델타 스마트빌리지를 통한 리빙랩 사업을 수행
  - 스마트시티 국가시범도시(2019~2023) 사업'에 의거, 민·관·연 공동 참여로 스마트시티 요소기술에 해당하는 제로에너지 건축, 스마트 기술(스마트홈, 모빌리티 등), AI 기반 IoT 등 혁신 R&D 기술 실증 목표로 조성
  - 세대와 연령의 다양성을 고려하여 실거주자 모집 후 5년간 실증 데이터 수집, 입주자 실증서비스 피드백 등을 거쳐 기술 보완 및 고도화 수행

### 3) 기술적 환경분석

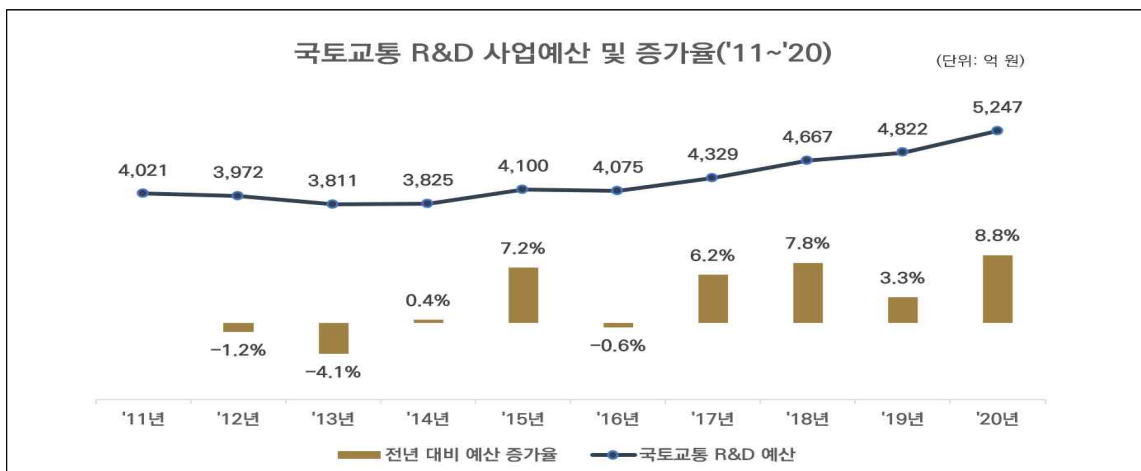
#### 가) 국내 제로에너지 빌딩 기술 개요

□ 우리나라는 기술 추격 국가로서 꾸준한 투자를 통해 기술격차를 좁혀 나가고 있는 상황

○ 제로에너지 빌딩에 대한 지속적인 정부 지원이 기술적 성과로 이어지는 상황

- 제로에너지 빌딩 분야 R&D의 정부 예산은 계속 증대되는 추세

- 국토교통부 발표에 따르면 '11~'20년까지 10년간 국토교통 R&D 사업예산은 연평균 3% 규모로 확대('11년: 4,021억 원 → '20년: 5,247억 원)
- 또한, 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 자료에 따르면 '21년 기준 주택 에너지 분야 R&D 예산으로 약 225.5억 원의 지출이 발생하였으며, 최근 3년간('19~'21) 연평균 226.5억 원을 지출한 것으로 확인



※ 출처: 2020년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획(국토교통부, 2019.12.)

[그림 3-21] 국토교통 R&D 사업예산 및 증감률 추이('11~'20)

- 국내 제로에너지 건축기술은 패시브(Passive) 기술 중심으로 개발이 활발히 이루어지고 있음

- 제로에너지 건축 관련 특허출원은 '08년 259건에서 '20년 560건으로 연평균 6.6% 증가하였으며, Passive 기술이 70%, Active 기술이 30% 비율 차지

[표 3-13] 국토교통 R&D 사업예산 및 증감률 추이('11~'20)

구분	분야	비율
Passive 기술	고효율 단열시스템	34.2%
	고성능 창호	36.3%
Active 기술	건물용 태양광	23.5%
	지열/태양열	6.0%

※ 출처: 한국에너지기술연구원 글로벌 이슈 브리프, 글로벌 월간 동향(2021.12)

○ 우리나라의 기술수준은 최고기술국 대비 86.3%, 기술격차는 2.9년으로 선진국을 추격 중

- '21년 국토교통부에서 발표한 기술수준분석 보고서에 따르면 건축 분야 중 에너지성능 등을 포함한 성능향상 분야 최고기술 보유국은 미국으로 조사

- 미국은 성능향상 전 분야(유지관리, 에너지성능, 친환경, 정보화)에서 최고기술을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있으며 실증 및 사업화를 통해 획득한 Raw-data의

풍부함을 바탕으로 기술 선도국가로서 지위는 큰 변동 없이 유지할 것으로 예측

- 독일은 신소재 중심, 유지관리 소재 개발 분야에 정부 차원의 장기적 투자가 이뤄졌으며, 브라운호퍼 연구소를 중심으로 최고 수준의 연구실행력을 통해 기술 개발을 추진하여 ‘친환경’, ‘정보화’ 기술 분야에서 미국과 동등한 수준으로 평가
- 우리나라는 지속적인 기술개발을 바탕으로 기술 선도국들을 추격하는 상황
- ‘21년 기준 우리나라의 기술수준은 최고기술국 대비 86.3%, 기술격차는 2.9년이며, 직전 조사 기간인 ‘19년(선진국 대비 73.8%, 기술격차 5년) 대비 기술격차는 좁혀진 상황
- 또한 제로 에너지건축 의무화에 따른 신축 건축물의 에너지성능 강화 및 친환경 건축 기술 R&D, 이를 지원하는 법적 제도 마련 등 기술개발에 대한 민·관의 지속적인 노력과 투자로 선진국을 지속적으로 추격하는 양상

[표 3-14] 건축 기술 중 성능향상 분야 기술수준 및 격차

구분		한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
기술수준(%)	'13년	69.8	95.5	100.0	59.1	94.0	93.5	92.6
	'15년	71.6	94.4	100.0	62.9	95.1	90.5	89.1
	'19년	73.8	89.5	100.0	66.3	93.0	90.0	88.8
	'21년	86.3	91.9	100.0	78.1	97.5	90.0	90.0
기술격차(년)	'13년	6.0	0.9	0.0	9.1	1.3	1.3	1.3
	'15년	5.7	1.3	0.0	7.4	1.5	2.1	2.3
	'19년	5.0	2.1	0.0	6.9	1.4	1.9	2.0
	'21년	2.9	1.6	0.0	5.0	0.5	2.8	2.5

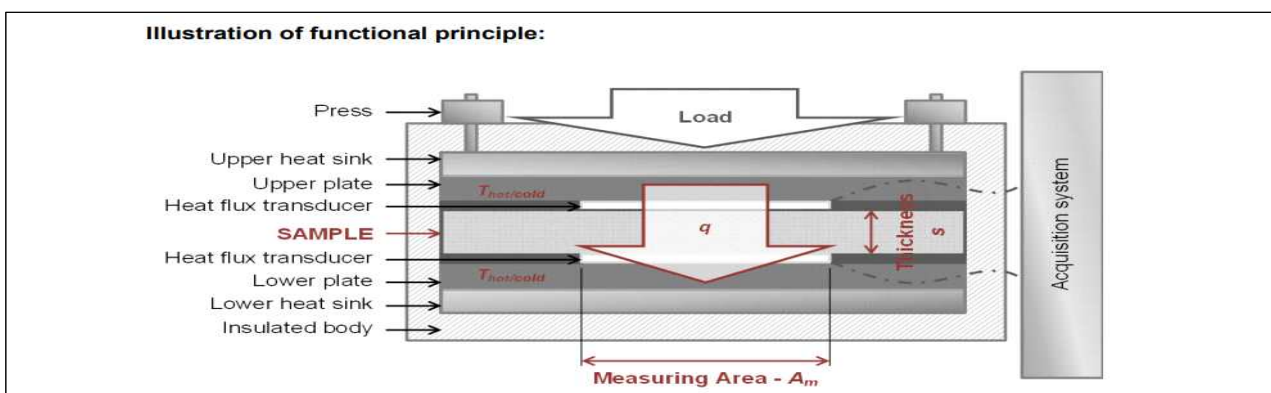
※ 출처: 2021 국토교통 기술수준분석(국토교통과학기술진흥원, 2022.05.)

- 제로에너지 건축 의무화 시행 및 민간시장 확산을 위한 지원정책이 증가함에 따라 민간시장의 제로에너지 빌딩 관련 기술 및 소재 연구는 더욱 활성화될 것으로 전망

## 나) 제로에너지 빌딩 요소기술 동향

### □ 단열재 기술 동향

- 단열재 분야 기술은 미국과 독일 등 유럽 주요국에서 선도하고 있으며 최근에는 신소재 관련 기술개발 및 상용화에 집중하는 상황
- 유럽에서는 기존의 진공단열패널(Vacuum Insulation Panel, VIPs)수준의 단열성능을 갖추면서 VIPs보다 성능을 오래 유지할 수 있는 외단열용 초단열 소재(Super Insulation Materials, SIM) 개발을 추진



※ 출처: Long-Term Performance of Super-Insulating Materials in Building Components and Systems(IEA EBC, 2020.01.03.)

[그림 3-22] 초단열 소재(Super Insulation Materials) 개념도

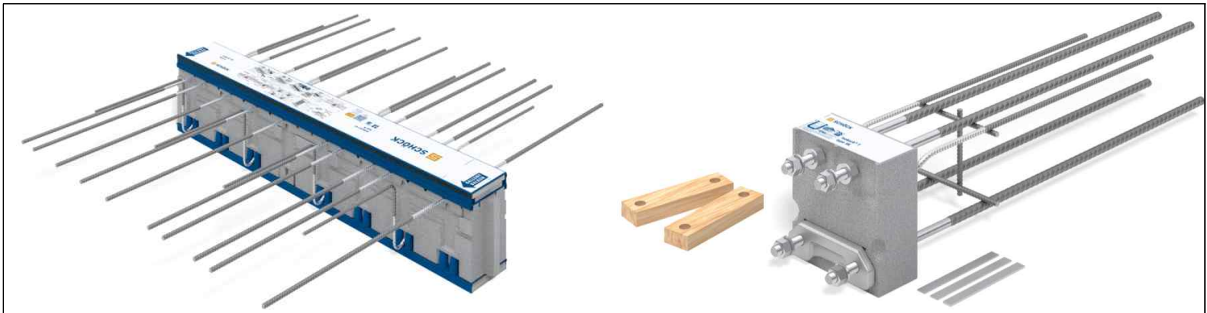
- 미국은 외단열 소재의 제조 공정 개발 및 새로운 단열소재 연구개발을 진행 중이며, 유리 발포 소재, 칼슘하이드레이트 발포 소재를 활용하여 불연성 경량 외단열 소재 개발
- 국내는 주택이나 건축물의 에너지 절약을 위한 친환경 단열재의 관심이 고조되고 있으며, 수요자들은 단열성뿐 아니라 내화성, 불연성 등 단열재의 고급화·첨단화를 요구
  - 단열성, 내화성이 모두 높은 페놀폼이 있으나, 인체 유해성 및 준불연성 관련 이슈 존재
  - 국내 진공 단열재, 에어로젤 단열재 등 다양한 고성능 신소재가 개발되고 있으며, 연구 개발을 지속 추진 시 세계 시장 선도가 가능할 것으로 전망
  - (주)경동원사는 우레탄 소재를 준불연 수준으로 향상시켜 '21년 최초로 외부 마감 시스템 안전 성능 시험(한국산업표준 KS F 8414)을 통과하여 경제성과 안전성을 모두 뛰어난 단열소재 개발에 성공
  - ※ 출처: 단열재 기술개발 동향(한국건설생활환경시험연구원, 2017.09.28.)

## □ 열교저감 기술 동향

- 열교는 건축물의 에너지성능을 급격히 저하시킬 뿐만 아니라 벽체의 표면온도차를 높여 결로를 발생시키고, 이로 인한 곰팡이 등 유해한 주거환경 조성
  - '21년 10월 5일 진행된 국토교통부 하자심사분쟁조정위원회에 발표된 '10년부터 '21년 8월까지의 건설사별 하자사건 접수현황에 따르면 열교 현상을 원인으로 발생하는 결로가 3번째(16.5%)로 높게 집계
  - 단열재에 대한 연구가 지속되며 단열재의 종류·성능은 증가하였지만, 잘못된 설계에 고성능 단열재를 사용할 경우 더 큰 열교 발생
- 열교에 의한 에너지 효율 저하, 결로, 곰팡이 등을 예방함과 더불어, 단열 기준을 준수하기 위하여 열교저감 기술에 대한 관심이 증가하는 추세
  - 열교 발생부위의 감소를 위해서는 설계 단계에서 열교에 대한 고려가 필요하며, 열교 발생 유형에 따른 적절한 열교차단재 사용이 필요
  - 해외의 경우 건물 에너지성능평가시 외피 전열량 계산 항목에 열교부위를 의무적으로 포함시켜 열교부위 관리 및 단열성능을 확보하는 반면, 국내에서는 열교차단재 사용에 대한 의무 법·규정은 존재하지 않으며, 단열재를 활용하여 선형 열관류율 기준에 부합하도록 명시
  - 독일의 경우, DIN 4108 2에서 건물 구성요소(모서리가 만나는 부위, 선형 열교가 결합하여 점을 형성하는 부위 등)의 단열과 건물 외피의 열교에 대한 최소 요구사항을 지정
  - 프랑스의 경우, RT2012에서 열교 성능의 최소 기준을 제시하고 있으며, 열교 현상 최소화 및 방지를 위한 해결책으로 열교차단재와 외단열을 제시
  - 미국의 경우, 뉴욕시 에너지 절약법(ECC, Energy Conservation Code)에서 구조용 열교차단재 적용을 의무화
  - '17년 「건축물의 에너지절약설계기준」에서 외피 열교부위별 선형 열관류율 기준 제시를 통해 열교부위에 대한 단열성능을 정량화하였지만 열교차단재 사용이 아닌 단열

보강을 통한 기준만을 제시

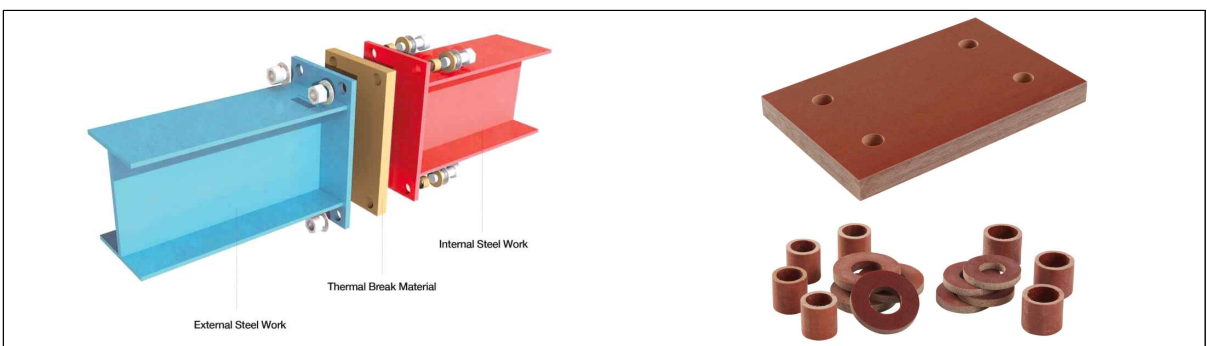
- 해외에서는 열교 발생을 줄이기 위한 방안으로 열교차단재가 주목을 받고 있으나 국내에서는 부족한 관심으로 시장 형성조차 진행되지 못한 상황
  - Schöck社は '62년 설립 이래 약 3,500여 개의 열교차단재 제품을 개발하였으며, 각 건축물별 열교부위를 찾고 이에 대한 솔루션을 제시하는 컨설팅 진행
  - Schöck社は 발코니, 파라펫, 캐노피에서 발생하는 열교를 차단하는 동시에 하중을 전달하고 구조적 안정성을 유지할 수 있으며, 모든 부재 간의 접합 용도와 신축부터 리노베이션 등의 다양한 상황에서도 적용 가능한 열교차단재 'Isokorb' 개발



※ 출처: Schöck 솔루션, Schöck, 2022

[그림 3-23] Isokorb 주요 제품 및 적용 이미지

- 중단열 샌드위치 패널 벽체에서 콘트리트 부재 간 연결 용도로 사용되는 기존의 스테인레스 스틸 연결재를 대체할 수 있도록 유리섬유로 특수 보강된 'Isolink' 개발
  - 영국의 Marmox社は 기초부위, 바닥, 지하 등 열교가 발생하는 부위에 적용가능한 'THERMOBLOCK' 개발
  - 열교 감소 뿐만이 아니라 벽체 하중을 견딜 수 있는 강도와 방수 및 절연 특성 보유
  - 영국의 Armatherm社は 열교차단재 'Z Girt', 'FRR' 등 개발
  - 'Z Girt'는 클래딩 지지를 위한 열교차단재로, 벽 조립의 효율성을 98%까지 향상시킬 수 있으며, 과도한 열 손실 방지 및 열교 관련 결로 문제 해결이 가능함
  - 'FRR'은 구조용 강철 프레임 연결에 사용하는 열교차단재이며 낮은 열전도율, 높은 압축 강도, 고하중지지, 그리고 내화성의 특징 보유



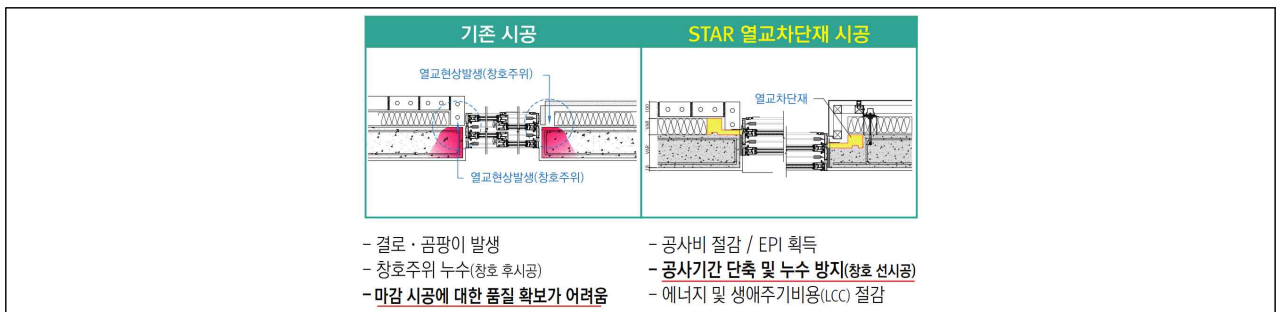
※ 출처: Armatherm PRODUCTS, Armatherm, 2022

[그림 3-24] FRR 주요 제품 및 적용 이미지

- 전방산업인 단열재·제로에너지건축물·건설산업의 활성화에 따른 영향으로 열교차단재 산

업도 점차적으로 성장할 것으로 전망

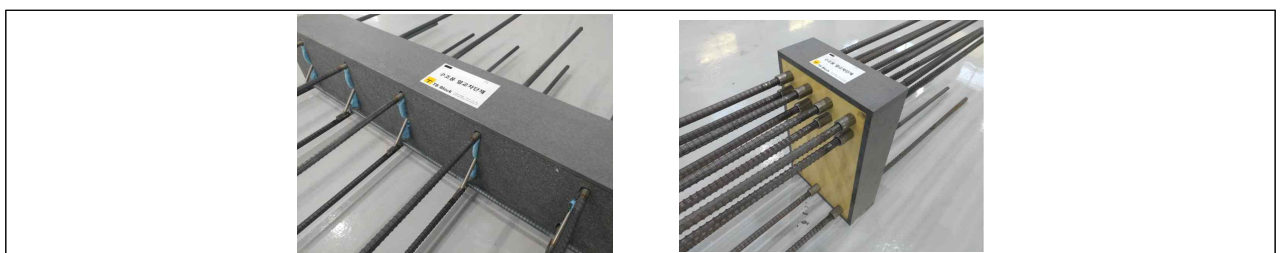
- 현재 시장에 진출한 해외 제품의 가격은 환경, 건축물의 구조, 제품 유형에 따라 가격대가 상이하게 분포되어 있지만, 일반적으로 1m당 20~50만 원에 가격이 형성되어 있어 공동주택이 많은 국내 건축물에 적용이 어려움
- 국내 발코니는 외벽 둘레 길이에 1.5m를 곱하게 되는데, 한 세대당 외벽 둘레 길이가 20m(84㎡ 면적 아파트의 일반적인 외벽 길이)일 경우 발코니에만 사용되는 금액이 400~1,000만 원으로, 개구부, 바닥, 파라펫 벽체 등 모든 열교부위에 적용할 경우 비용이 기하급수적으로 증가
- 국내의 경우 창호용, 벽체 접합용, 발코니용 등의 열교차단재가 개발되었으나, 일부는 기술 확보 차원에서 진행된 수준
  - (주)스타빌엔지니어링사는 개구부용(창호, 문, 커튼월 등) 열교차단재, 열교차단 브라켓 개발



※ 출처: 열교차단재 카달로그, 스타빌엔지니어링, 2022

[그림 3-25] 열교차단재 특징점

- (주)TB블록사는 건축물의 다양한 부위 적용이 가능하도록 두께 및 길이 주문제작이 가능한 열교차단재 ‘S 시리즈’, 제품의 두께는 고정적이지만 ‘S 시리즈’ 대비 항복강도가 높고 크기 조절이 가능한 ‘U 시리즈’ 개발



※ 출처: TB 블록 구조용 열교차단재, TB 블록, 2022

[그림 3-26] S 시리즈 및 U 시리즈

- 이미 체계가 구축되어 규모가 큰 기업도 참여하고 있는 국외와는 달리 국내의 열교차단재 관련 산업은 매우 영세한 수준
- 열교차단재 개발, 성능평가 시험방법, 테스트베드 실증 등 관련 기술개발을 통한 다양화, 고성능화, 저가화 등을 확보하여 해외 제품과의 경쟁력 확보 필요
- 한국건설기술연구원에서는 프리패브(Pre-fab) 열교저감 기술과 건식 외단열 외방수 시스템 공법을 개발하고 ‘22년에 시흥시 신현동 행정복지센터, 연천농업기술센터에 실증·적용하여 열교저감 기술 최적화 기술 성능 검증 실시

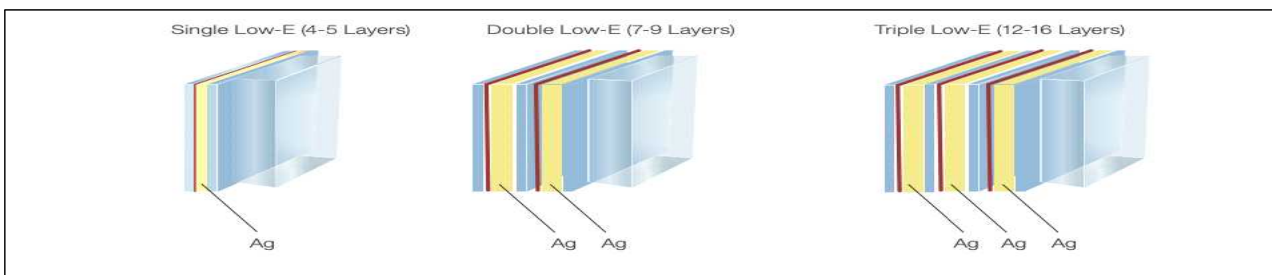
□ 창호 기술 동향

- 건물 전체 열손실량 중 창호는 20~40% 비율을 차지하고 있으며, 이는 건물 구성요소 (외벽, 바닥, 지붕 등) 중 가장 큰 비중
  - 이를 극복하기 위하여 전 세계적으로 고단열, 고기밀 등 창호의 에너지 효율 성능을 측정할 수 있는 다양한 정량적 측정평가 및 인증체계를 마련
  - 국내에서는 '12년부터 소비자들이 에너지 효율이 높은 고성능 창호에 대한 정보를 제공하고, 이를 통해 소비자들이 쉽게 제품 간 비교 및 선택을 하는 것을 목적으로 '창호 에너지 소비효율 등급 표시제'를 실시 중
  - 국내의 창호 에너지 효율 성능에 대한 측정역량은 세계적인 수준에 도달했으나 시행되는 등급제에는 열관류율과 기밀성만 반영된 상태이며, 이외의 측정 기준은 의무화되지 않아 다양화·고급화를 희망하는 수요자의 요구 성능 반영을 위해 인증에 대해 선진국 수준으로 측정 기준 확대가 필요한 상황

[표 3-15] 창호 에너지효율 등급 기준

요구 성능	등급 기준				
	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
단열성능(W/m <sup>2</sup> K)	1.0▼	1.4▼	2.1▼	2.8▼	3.4▼
기밀성능	1등급	1등급	1등급/2등급	-	-

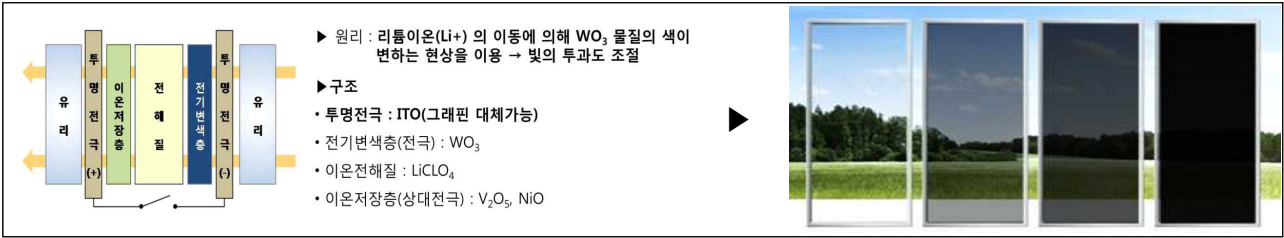
- 창호업계는 제로에너지 빌딩 의무화 및 제로에너지 건축물 인증제에 따른 시장 수요에 대응하여 고단열, 고기밀, 고수밀 등 복합 기능을 갖춘 고성능 창호시스템 개발에 주목
  - KCC글라스社は 초고단열 더블로이(Double Low-e)유리를 출시하였으며, 해당 제품은 26mm 복층유리 기준 열관류율 0.97W/m<sup>2</sup>K 및 LSG(Light to Solar Gain) 계수\* 2.25를 기록하여 더블로이유리 제품 중 최고 수준의 단열성능을 보유
  - \* 일사확득계수 대비 가시광선 투과율을 수치화한 값, LSG=투과율(Tvis)/SHGC
  - 한글라스社は '21년 국내기술을 통해 세계 최고 성능의 트리플로이유리 제품을 출시



※ 출처: 정부의 제로에너지건축물 인증 활성화에 기대감 높아진 창호업계(유리신문, 2022.09.05.)

[그림 3-23] 로이(Low-e)유리 구조도

- SHGC 계수 조절을 통해 계절별 태양열 흡수량 조절이 가능한 창호 개발이 진행 중
- 전기 신호를 통해 유리 색을 변경해 태양광 투과율을 조절할 수 있는 전기변색유리 및 창호 개발 중
- 유리의 색 조절을 통해 여름철에는 태양열 흡수량을 줄이고, 겨울철에는 흡수량을 늘리는 방식을 통해 건축물 냉난방비 절감 효과 기대



※ 출처: 에너지절감 고성능 스마트 창호의 국내 개발현황(한국건축시공학회, 2016.11.)

[그림 3-24] 전기변색유리 기술 개념도

- (주)대진사는 열관류율 및 SHGC 성능을 선택적으로 조절 가능한 성능가변형 열차단 필름 블라인드 제품을 개발하였으며, 해당 제품은 10%의 열관류율 성능향상이 가능하고 SHGC 0.3 이하로 우수한 일사차단 효과 보유
- 일반 복층 유리창 내부에 설치해도 하계 최대 88%의 태양 에너지 차단이 가능하며, 동계에는 야간 적외선 반사 금속 필름코팅 활용으로 실내 난방에너지 손실율을 31%까지 차단 가능함



※ 출처: (주)대진

[그림 3-25] 에코필름 블라인드 효과 및 제품 사진

## □ 냉난방 및 공조 분야 기술 동향

### ○ 냉난방 분야

- 주요국에서는 기존의 보일러 대비 고효율·친환경적 히트펌프 제품 상용화 및 기술 고도화에 주력
- 몬트리올-키갈리 개정안의 영향으로 EU의 경우 2025년 이후 F-Gas를 현재의 80% 감축해야 하는 상황이며, 유럽을 중심으로 신규 건물은 화석연료 기반의 신규 보일러 설치가 금지되고 있는 상황
- 국제에너지기구(IEA)의 히트펌프 기술 협력 프로그램에서는 세계 각국의 기술자들이 공동 연구를 통해 저렴하고 경쟁력 있는 난방 기술, 낮은 GWP(Global Warming Potential, 지구 온난화 지수)의 신규 및 대체, 천연냉매 등 분야의 연구를 진행 중

※ 출처: 스테판 렌즈 IEA 의장, “건물·산업부문 열수요 대응 히트펌프 역할 매우 중요” (kharn, 2022.10.10.)

- 독일은 가정용 히트펌프에 환경친화적인 제품 및 서비스를 독립적으로 보증하는 Blue Angel 에코라벨을 부여함으로써 친환경적 히트펌프 사용을 장려

※ 출처: Jürgen Resch DUH 상무이사, “기후에 악영향을 미치는 플루오르화 냉매의 사용을 완전히 배제하는 것이 특히 중요” (COOLING POST, 2023.07.26.)

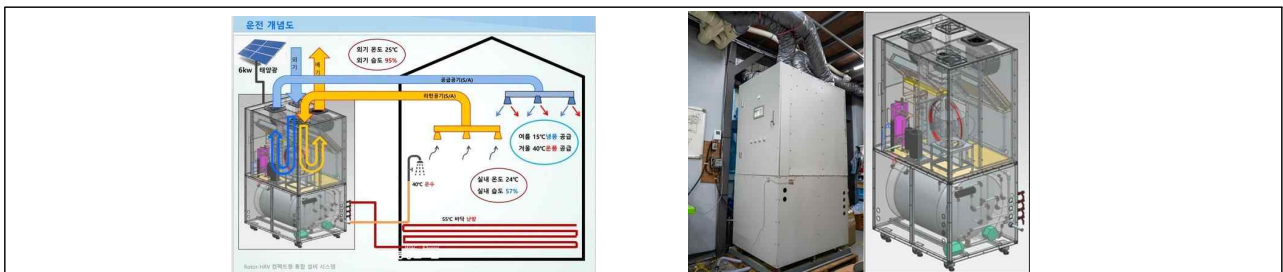
- 해외 주요 기업들은 효율성과 기능성을 갖춘 히트펌프 제품을 상용화하는 중

- Dimplex사는 '17년 외부 공기, 지열 에너지, 냉각 시스템 폐열 등 다양한 열원을 선택하여 운용할 수 있는 히트펌프 상용화에 성공함
- United Technologies사는 '18년 모바일 어플리케이션과 결합된 실내온도 조절 시

시스템을 갖춘 인텔리전트 히트펌프를 개발

※ 출처: 히트 펌프 시장(연구개발특구진흥재단, 2020.04.)

- 국내는 고효율 히트펌프에 대한 인식 부족으로 인해 히트펌프 원천기술 확보가 미진한 상황
  - 히트펌프 보유 특허 주요 국가에 한국이 포함되어있으며, 최신기술 비중 및 특허경쟁력도 평균 40% 수준으로 양호한 편
  - (주)LG전자사는 '18년 세계 최초로 R32 냉매를 적용한 일체형 히트펌프로 기술력을 인정받은 데 이어, '23년에는 GWP가 3에 불과한 차세대 친환경 냉매 R290을 적용한 실내외기 일체형 히트펌프 신제품 '써마브이 R290 모노블럭'도 추가로 출시하며 유럽 시장 공략 강화
  - '20년부터 다중열원 히트펌프를 활용한 통합 열관리 시스템(한국에너지기술연구원)과 공공시설을 대상으로 히트펌프 기반 다기능 융복합 시스템 연구(한국건설생활환경시험연구원)를 진행하는 등 히트펌프 기반 융복합 기술에 대한 기술개발을 추진하는 중
  - 한국에너지기술연구원 열변환시스템연구실은 초저온에서 고온 생산까지의 자연냉매를 작동유체로 하는 히트펌프 개발을 중심으로 연구개발을 수행중
  - 또한, 건물에너지의 전전화를 위해 공동주택에 적용하는 '자연냉매(CO2, 프로판)적용 냉/난방/급탕 일체 히트펌프 개발 및 중앙-분산 열 네트워크 시스템 개발'을 위해 자연냉매를 적용한 중앙 CO2 히트펌프 개발, 개별 가정용 프로판 히트펌프 개발, 냉난방/급탕 일체형 히트펌프 개발, 대형 중앙 히트펌프-개별 가정용 히트펌프와 열저장 시스템 연계의 열네트워크 구성, BEMS와의 통합 운영 시스템 개발 진행중
  - 그러나 국내 주택시장의 경우 보일러·에어컨 중심으로 냉난방 시스템 수요가 편중되어있어 히트펌프 분야 기술 개발력이 취약하고 원천기술 확보도 미흡한 상황
  - 높은 초기비용과 소비자 인식부족, 기존 건물 개조의 기술적 문제, 일부 시장에서의 규제와 같은 장애물들이 시장 확대를 가로막는 장벽으로도 작용
- 유가 인상으로 냉난방 비용 부담이 커진 국내 상황에서 통합설비는 에너지 비용 절감의 대안으로 부상하는 상황
  - (주)스타즈스터링코리아(SSK)사는 제로에너지주택용(탄소배출저감형·히트펌프 방식) 냉난방설비 통합 시스템을 개발하고 1년간의 시범운영을 거쳐 성능검증 완료
  - 환기장치, 보일러, 에어컨, 공기청정기, 제습기 등 다양한 설비의 기능을 통합적으로 제어할 수 있으며, 100% 전기 가동으로 태양광 발전 등의 신재생에너지를 활용할 경우 탄소배출 없이 주택의 냉난방 및 온수 공급이 가능함



※ 출처: SSK, 제로에너지주택용 냉난방설비통합시스템 단독주택에 적용(이투뉴스, 2023.11.23.)

[그림 3-26] 냉난방·급탕통합설비 개념도 및 제품 사진

○ 환기 분야

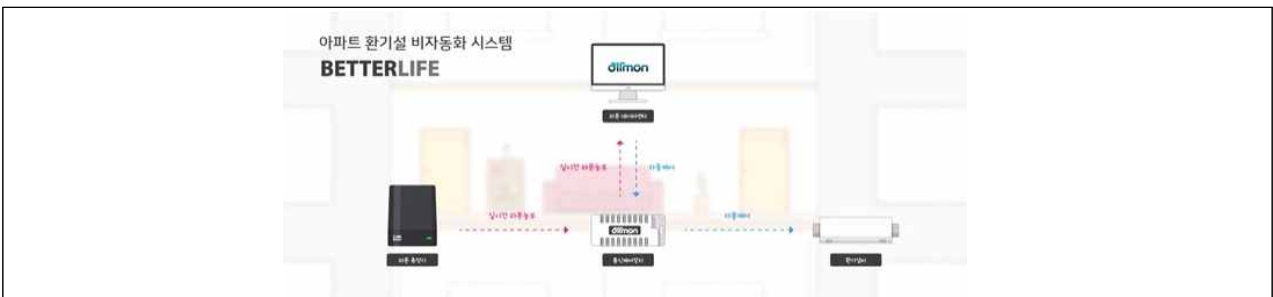
- 해외 주요국에서는 자연환기를 다양한 전열교환기와 결합하여 에너지 소비량 최적화 기술을 중점적으로 개발 진행중
  - 기계환기 방식도 기계장치 자체의 개발보다는 히트펌프, 회전식 열교환기 등과 융복합한 공조시스템 및 제어 기술 연구개발에 집중
  - 국내는 외기전담시스템을 기반으로 냉난방 시스템과 결합하는 형태로 연구가 추진되고 있으며, 이를 바탕으로 열교환기 기반 미사용 열에너지를 재활용하는 시스템, 제습기를 통한 공조시스템 성능향상 기술개발이 진행
- ※ 출처: 최신 주택환기 기술 동향(대한설비공학회, 2017.04)
- 살균 및 유해물질 관리 기능부터 재실자 쾌적(PMV, Predicted Mean Vote)제어 기능까지 탑재된 다기능 환기 시스템 개발 진행중
  - (주)대우건설사와 (주)삼성전자는 함께 AI 청정환기 기능과 살균 기능이 탑재된 시스템을 개발하였으며, 해당 시스템은 푸르지오 스마트홈 어플리케이션과 삼성전자의 SmartThings 어플리케이션을 통해 세대 전체 및 개별 환기·공기청정 제어가 가능함



※ 출처: 대우건설·삼성전자, '푸르지오 시스템 청정환기' 협력 개발(인더뉴스, 2021.12.23.)

[그림 3-27] 푸르지오 시스템 청정환기 개념도 및 사진

- (주)베타라이프사는 '24년 기존 아파트 환기 시스템을 활용하여 라돈을 저감할 수 있는 '라돈저감용 환기설비 자동화 시스템' 개발
- 기존 환기설비를 베타라이프 라돈관제시스템과 연동하여 라돈농도 기준치 초과 여부에 따라 환기설비를 자동으로 on/off하고 환기 풍량까지 조절하여 새집증후군과 이산화탄소를 동시에 제거함



※ 출처: 베타라이프, '라돈저감용 환기설비 자동화 시스템' 개발(한국목재신문, 2024.01.24.)

[그림 3-28] 라돈저감용 환기설비 개념도

- (주)오텍캐리어사는 에어컨 한 대로 냉·난방, 공기청정과 제습 기능을 독립적으로 활용할 수 있는 기술을 국내 최초로 도입

- ifD(Intense Field Dielectric) 전자해파필터, UV-LED 살균 기능, 나노이(nano<sup>TM</sup>) 제균 기능을 적용하여 실내공기관리 및 헬스케어 기능 강화
- 한국표준협회 시플러스 인증을 획득한 ‘AI 쾌적제어(PMV)’ 기능으로 실내온도, 습도 등의 실내환경 분석 후 자동으로 최적의 실내환경 제공
- 인체감지 센서를 이용한 침입 감지 기능, 거동이 불편한 노약자의 상태를 확인할 수 있는 무활동 감지 기능, 실내 이산화탄소 농도가 일정량 이상 높아지면 실외 날씨 환경을 고려하여 환기 시점을 알려주는 환기 알람 기능 탑재



※ 출처: (주)오텍캐리어

[그림 3-29] 캐리어 에어로 18단 냉난방기 기능

## □ 신재생에너지 관련 기술 동향

- 해외 주요국에서는 태양열·지열 등 다중열원 설비시스템에 대한 연구개발이 진행 중
  - 다중열원 설비시스템의 초기 투자비용 저감을 위해 University of Ferrara(이탈리아), Sharif University of Technology(이란) Technical University Braunschweig(독일)에서는 연구 프로젝트를 통해 저비용 기술 연구를 수행중
  - 특히, 지열공사의 단순화를 위해 저심도(2~4m)에 설치할 수 있는 모듈화된 지중열교환기(Flat-panel, helical)의 설계와 설치 방법에 관한 기술들이 제안되고 있음
- 국내는 태양광, 태양열 등의 단일 기술의 에너지효율 향상에 대한 노력은 활발히 이루어지고 있으나, 건축물과 함께 연계하여 건물 에너지 부하를 효율적으로 대응하기 위한 다중열원 설비시스템 기술개발 관련 연구는 미흡
  - 이를 극복하기 위한 정부 지원과제의 일환으로 한국에너지기술연구원에서 태양열원 기반 다중열원 설비시스템에 관한 연구가 수행되었으며, 태양광/열 열병합 발전의 공기식 집열 지붕 시스템, 건물 외피일체형 태양광/열 시스템을 통해 건물의 난방과 전력에너지 공급에 관한 연구도 진행 중
  - 건축물의 에너지자립도 향상을 위해 태양광열-지열 지반 설비시스템에 관한 연구가 한국에너지기술연구원, 부산대학교 등에서 진행 중
- 제로에너지 건축물 활성화 정책에 맞춰 건물일체형태양광시스템(BIPV) 관련 연구 개발 및 제품 출시가 진행되는 상황
  - (주)옥토키이미징社에서는 플라즈마 증착 코팅 컬러유리를 모듈에 적용하여 30여 가지 색상 구현과 투과율 97%의 고효율 컬러 BIPV 제품을 출시
  - 한국과학기술연구원(KIST) 연구진은 창호지처럼 붙이거나 유리를 대체할 수 있는 투광형 태양전지 기술개발에 성공하여 창호에 사용 중인 유리를 태양전지로 대체

하거나 기존 유리에 태양전지를 추가할 수 있는 기술적 발판을 마련

※ 출처: 정부의 제로에너지건축물 인증 활성화에 기대감 높아진 창호업계(유리신문, 2022.09.05.)

- (주)한국동서발전사와 (주)포스코社 양사는 우수한 내화성능 및 풍압특성을 갖고 15kg/m<sup>2</sup> 이내 무게로 경량화된 G2S(Glass to Glass) 모듈 개발 추진

※ 출처: 김영문 동서발전 사장, “건물일체형 태양광은 에너지전환을 실현시키기 위한 대표적 발전원 중 하나” (에너지경제신문, 2023.08.05.)

- (주)토니텍코리아사는 공동주택의 발코니 난간 및 에어컨 외기 창호에도 적용할 수 있는 태양추적 창호형 BIPV 태양광발전시스템 ‘썬플리르’ 개발
- GPS를 활용한 자체개발 추적 알고리즘으로 패널 각도를 자동으로 조정하며 태양과의 최고 발전 효율각을 추적

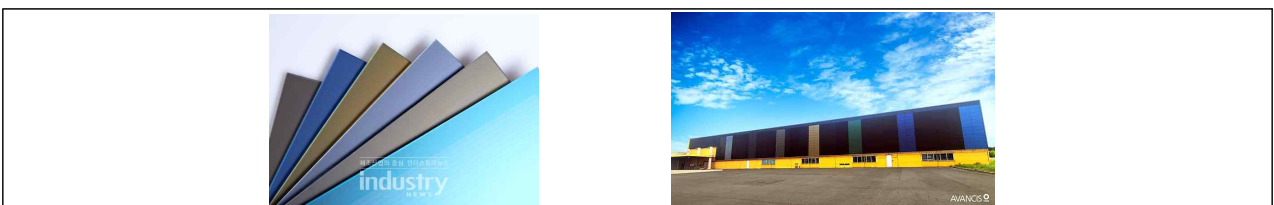


※ 출처: 토니텍코리아, IoT 융합한 3세대 BIPV ‘썬플리르’ 출시(인더스트리뉴스, 2022.03.07.)

[그림 3-34] 건물일체형 BIPV ‘썬플리르’

- (주)아반시스코리아사는 실리콘 태양전지가 아닌 독일 CIGS 박막 태양전지 기술을 도입하여 수려한 디자인과 높은 효율에 건축마감재 역할까지 하는 컬러 태양광 모듈 ‘SKALA’ 개발

- ISO, IEC, UL, CE 등 다수의 국제인증을 보유하고 있으며 모든 색상의 모듈이 국내 KS C 8577 인증 취득
- 부압 612kg/m<sup>2</sup>을 견딜 수 있음을 인증받아 고층 공사에서의 유리한 시공성 기대



※ 출처: 아반시스코리아, 제로 에너지 건축 의무화 통해 “BIPV 시장 성장할 것”(인더스트리뉴스, 2019.10.17.)

[그림 3-35] CIGS 컬러 태양광 모듈

- (주)지엔에스모션사는 일사조절이 가능한 창호형 BIPV 시스템 개발
- 추적 기능을 통해 기존 BIPV 대비 2배가량 높은 발전효율을 달성하였으며 외벽 수직 설치로 인한 발전량 저하 문제 해결
- 건자재 핵심 기능인 차양 기능을 수행하며 에너지절약설계기준(EPI-7) 최고점 취득 가능
- 자체개발 레인 센서를 통해 제품 안전성 확보 및 안개·이슬·결로로 인한 오작동 방지
- 이중외피 폴딩 윈도우 차양 구조를 통한 냉난방 에너지 및 비용 절감이 가능하며, 추가적인 소음감소 효과와 풍압 특성 보유
- 상부 루버타입-하부 일반 창호구조로 조망권을 확보하는 동시에 야간 사생활 침해 방지
- 수직 설치에 따른 온도 상승 문제를 해결하였으며, 태양광 모듈 실내 교체가 가능하여 유지

보수에 용이함



※ 출처: ㈜지엔에스모션

[그림 3-36] 일사조절이 가능한 창호형 BIPV

## 다) 국내 ZEB 공동주택 사례 분석

### □ 과천시식 S-3BL 제로에너지건축 시범단지

- 한국토지주택공사(LH)에서 최초 시행했던 제로에너지 아파트 시범단지로서 제로에너지 건축물 5등급(에너지자립률 21.7%) 예비인증 취득



※ 출처: 고층형 공공주택 제로에너지건축 시범사업 3개 단지 착공(국토교통부 녹색건축과, 2020.12.)

[그림 3-25] 과천시식 S-3BL 조감도

[표 3-16] 과천시 지식 S-3BL 시범단지 개요

구분	내용
사업명칭	과천시 지식정보타운 S-3블록 신혼희망타운
시행사	LH공사
위치	경기도 과천시 갈현동, 문원동 일원 과천시 지식정보타운 공공주택지구 내 S-3블록
건물용도	공동주택
대지면적	21,910.00㎡
연면적	77,935.02㎡
건폐율/용적률	22.84% / 220.35%
층수 및 규모	지하 2층~지상 36층, 아파트 7개 동, 공공분양 365세대, 행복주택 182세대 및 부대복리시설
인증취득	제로에너지건축물 예비인증 5등급

[표 3-17] 과천시 지식 S-3BL 주요 적용사항

구분	내용
패시브	- 채광과 통풍을 고려한 남향 위주의 단지배치 - A/V비율 향상 - 외피의 열관류율 향상 - 파라펫 창호 등 열교보강 - 창호, 배관, 배선 기밀시공
액티브	- 조명밀도 개선 - 난방 및 급탕 인버터제어(에너지 절약적 펌프제어) - 전열교환 환기장치
신·재생에너지	- 고효율 태양광(PV) 설치

- 현장특성 및 제로에너지 시공을 고려하여 공사수행 방안 마련
  - 세대 및 부대시설에 기밀테이프와 가변형 탄성도막제를 시공하여 열교차단 및 단열성능 확보
  - 발코니창 기밀시공하여 주거동 제로에너지 5등급 달성

[표 3-18] 과천시 지식 S-3BL 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신·재생에너지 생산량	에너지자립률
108.50 kWh/㎡·년	23.54 kWh/㎡·년	21.70%

□ 인천검단 AA10-2BL 제로에너지건축 시범단지

- 장기임대 주택으로는 국내 최초로 제로에너지 건축물 5등급(에너지자립률 29.77%) 예비인증 취득



※ 출처: 고층형 공공주택 제로에너지건축 시범사업 3개 단지 착공(국토교통부 녹색건축과, 2020.12.)

[그림 3-26] 인천검단 AA10-2BL 조감도

[표 3-19] 인천검단 AA10-2BL 시범단지 개요

구분	내용
사업명칭	인천검단 AA10-2BL 아파트 건설공사 4공구
시행사	LH공사
위치	인천광역시 서구 원당동 320번지 외
건물용도	공동주택
대지면적	38,625.00㎡
연면적	86,476.74㎡
건폐율/용적률	21.12% / 173.37%
층수 및 규모	지하 1층~지상 24층, 1,188호 6개 동, 부대복리시설 7개 동
인증취득	제로에너지건축물 예비인증 5등급

- 제로에너지 건축의 기존 문제였던 공사비 증가를 최소화하기 위해 최적 성능의 벽체와 창호를 개발하고 태양광과 같은 신·재생에너지를 생산하여 고층형 공동주택에도 적용이 가능한 제로에너지 주택 모델 개발
  - 입주 10년 차 타 공동주택과 비교하여 냉난방 등의 에너지비용 절감을 최대 71% 예상
  - 금액으로 환산할 경우 호당 연평균 42만원의 에너지비용 절감 기대
- 이외에도 친환경 요소기술을 통해 1,088톤의 이산화탄소 배출 저감 예상

[표 3-20] 인천검단 AA10-2BL 주요 적용사항

구분	내용
패시브	- 남향 위주의 단지배치 - 외벽의 열관류율 향상 - 고성능 창호적용
액티브	- 조명밀도 개선 - 난방 및 급탕 인버터제어(에너지 절약적 펌프제어) - 급수 가변속 제어
신·재생에너지	- 고효율 태양광(PV) 설치

[표 3-21] 인천검단 AA10-2BL 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신·재생에너지 생산량	에너지자립률
120.04 kWh/m <sup>2</sup> ·년	35.74 kWh/m <sup>2</sup> ·년	29.77%

□ 장위자이 레디언트

- 장위뉴타운(장위재정비촉진지구) 장위4구역은 국토교통부, 서울시 등과 제로에너지 빌딩 시범사업을 진행하였으며, 대단지 아파트로써 제로에너지 건축물 5등급(에너지자립률 20% 이상) 예비인증 취득

- 준공 후 일정 기간 에너지 모니터링 실시



※ 출처: 장위자이 레디언트 홈페이지

[그림 3-27] 장위자이 레디언트 조감도

[표 3-22] 장위자이 레디언트 개요

구분	내용
사업명칭	장위자이레디언트
시공사	GS건설(주)
위치	서울특별시 성북구 장위동 62-1번지 일대
건물용도	공동주택
대지면적	장위동 62-1번지 일대
연면적	443,024.02㎡
건폐율/용적률	23.25% / 261.21%
층수 및 규모	지하 3층~지상 31층, 31개 동 2,840세대
인증취득	제로에너지건축물 예비인증 5등급

○ 자이 에너지 관리 시스템 적용

- 스마트 원격 검침 시스템, 실별 온도 조절 시스템, 세대 비례제어 시스템으로 이루어진 자이 자체개발 에너지시스템

[표 3-23] 장위자이 레디언트 주요 적용사항

구분	내용
패시브	- 남향 위주와 판상형 위주로 배치 - 고기밀성 단열창호(일면 로이코팅)
액티브	- 고효율 LED 조명(전 세대) - 지하주차장 LED 조명제어(디밍시스템) - 전력회생형 엘리베이터(아파트주동) - 지역난방
신·재생에너지	- 고효율 태양광(PV) 설치

□ 힐스테이트 레이크 송도

- 국토교통부가 공모한 ‘제로에너지 빌딩 시범사업’ 선정 후 고층형 제로에너지 공동주택으로써 국내 최초 제로에너지 본인증 취득 (민간 일반분양 최초 ZEB 5등급 달성)
- 국내에서 생산 및 유통되는 고성능 자재 사용



※ 출처: 현대건설

[그림 3-28] 힐 스테이트 레이크 송도 조감도

[표 3-24] 힐 스테이트 레이크 송도 개요

구분	내용
사업명칭	인천 송도 A11BL 공동주택 건설공사
시공사	현대건설
위치	인천광역시 연수구 송도동
건물용도	공동주택, 부대복리시설
대지면적	53,022.00m <sup>2</sup>
연면적	155,833.02m <sup>2</sup> (지상 111,087.29m <sup>2</sup> , 지하 44,745.73m <sup>2</sup> )
건폐율/용적률	16.85% / 207.87%
층수 및 규모	지하 2층~지상 36층, 886세대
인증취득	건축물에너지효율 1++등급, 제로에너지건축물 본인증 5등급, CPTED 인증

- 기밀성능 확보를 위해 공정·공종별로 별도의 기밀관리팀을 두어 관리
- 바닷가 인근인 점을 고려하여 풍하중 대비 구조강화 공법 적용
- 패시브 요소로는 법적 기준보다 14% 향상된 고단열·고기밀 건물 외피, 액티브 요소로는 LED 조명, 고효율 냉난방기기, 신재생에너지 요소로는 태양광, 건물일체형 태양광(BIPV), 연료전지(도시가스 활용) 적용
  - 단지 내에서 생산된 신재생에너지가 공용부에서 사용되는 에너지의 대부분을 충당할 수 있도록 설계
  - 에너지 저장 시스템인 ESS(Energy Storage System : 태양광으로 생산한 전기를 저장, 주로 밤시간에 사용하여 에너지 절감) 적용
  - 기존 공동주택 대비 약 50% 수준의 1차에너지소요량을 달성하여 인천광역시 공동주택 평균 대비 전기에너지와 난방에너지를 절반가량 절감
  - 2021년 12월 기준 1m<sup>2</sup>당 관리비가 1,154원 수준으로 입주시기가 비슷한 인근 아파트 관리비(1m<sup>2</sup>당 1,541원) 대비 33% 이상 저렴

[표 3-25] 힐 스테이트 레이크 송도 주요 적용사항

구분	내용	
패시브	외벽 직접	경질우레탄2종2호 100mm : 0.186W/m <sup>2</sup> · K
	외벽 간접	경질우레탄2종2호 70mm : 0.254W/m <sup>2</sup> · K
	지붕	경질우레탄2종2호 160mm : 0.120W/m <sup>2</sup> · K
	바닥	경질우레탄2종2호 135mm : 0.138W/m <sup>2</sup> · K
	창호	44mm 로이복층유리 이중창(아르곤) : 0.85W/m <sup>2</sup> · K
	전 세대 기밀성능 2.0회/h 미만	
액티브	- 지역난방 적용(난방 6,063.95kW, 급탕 3,088.37kW) - 고효율 전열교환기난방 73.5%, 냉방 65.6%) - LED 조명기기 적용(조명밀도 5.11W/m <sup>2</sup> )	
신·재생에너지	- 태양광 PV 773.52kWp 설치(효율 20.3%), 세대당 0.89kWp - 연료전지 1kW 설치(효율 86.12%)	
기타	- 전 세대 남향배치 - 지상에 차 없는 단지 조성	

[표 3-26] 힐 스테이트 레이크 송도 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신·재생에너지 생산량	에너지자립률
110.50 kWh/m <sup>2</sup> · 년	23.72 kWh/m <sup>2</sup> · 년	23.37 %

□ 남양뉴타운 B11BL 제로에너지건축 시범단지

- 19년도 민간참여 공공주택건설사업으로써 제로에너지 5등급(에너지자립률 20.23%) 본인증 취득



※출처: 고층형 공공주택 제로에너지건축 시범사업 3개 단지 착공(국토교통부 녹색건축과, 2020.12.)

[그림 3-29] 남양뉴타운 B11BL 조감도

[표 3-27] 남양뉴타운 B11BL 제로에너지건축 시범단지 개요

구분	내용
사업명칭	e편한세상 남양뉴타운
시행사	LH공사
위치	경기도 화성시 화성남양뉴타운B11BL
건물용도	공동주택
대지면적	37,760.70㎡
연면적	91,084.39㎡
건폐율/용적률	15.00% / 169.00%
층수 및 규모	지하 3층~지상 18층, 606세대 8개 동
인증취득	제로에너지건축물 본인증 5등급

[표 3-28] 남양뉴타운 B11BL 주요 적용사항

구분	내용
패시브	- 남향 위주 배치 - 외벽 열관류율 향상 - 고성능 창호적용
액티브	- 고효율 LED 조명 적용 및 조명밀도 개선 - 난방 및 급탕 인버터제어(에너지 절약형 펌프제어) - 급수 가변속 제어 - 전열교환 환기장치
신·재생에너지	- 고효율 태양광(PV) 설치 - 벽면 일체형 태양광(BIPV) 설치

[표 3-29] 남양뉴타운 B11BL 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신·재생에너지 생산량	에너지자립률
110.70 kWh/㎡·년	22.4 kWh/㎡·년	20.23 %

□ 고덕강일공공주택지구 2단지 제로에너지 아파트

- 서울주택공사(SH)에서 분양한 844세대 규모의 임대주택이며 국내 최초 냉방에너지를 포함한 에너지자립률 60% 이상 확보로 제로에너지 건축물 3등급(에너지자립률 60.45%) 예비인증 취득



※ 출처: 고덕강일공공주택 2단지 제로에너지아파트 기술제안(한국녹색건축기술협회)

[그림 3-30] 고덕강일공공주택지구 2단지 아파트 조감도

[표 3-30] 고덕강일공공주택지구 2단지 제로에너지 아파트 개요

구분	내용
사업명칭	고덕강일공공주택지구 2단지 제로에너지 아파트
시행사	SH공사
위치	서울특별시 강동구 고덕동 599-10
건물용도	공동주택, 부대시설, 근린생활시설
대지면적	20,601.00㎡
연면적	56,073.91㎡ (지상 40,883.10㎡, 지하 15,190.81㎡)
건폐율/용적률	24.37% / 198.45%
층수 및 규모	지하 1층~지상 18층
인증취득	녹색건축인증 우수(그린2) 등급, 건축물에너지효율 1+++등급, 제로에너지 건축물 예비인증 3등급, 에너지절약형 친환경주택 절감율 80% 이상, 에너지성능지표 78점

[표 3-31] 고덕강일공공주택지구 2단지 제로에너지 아파트 주요 적용사항

구분	내용	
패시브	외벽 직접	PF보드 120mm + 경질우레탄2종2호 80mm : 0.097W/m <sup>2</sup> · K
	외벽 간접	경질우레탄2종2호 80mm : 0.229W/m <sup>2</sup> · K
	지붕	압출법보온판1호 300mm : 0.089W/m <sup>2</sup> · K
	바닥	경질우레탄2종2호 90mm + 압출법보온판1호 180mm : 0.091W/m <sup>2</sup> · K
	창호	47mm 로이코팅 삼중유리 T/T 창호 : 0.786W/m <sup>2</sup> · K
		- 고성능 복합단열시스템 적용으로 열손실량 36.8% 저감 - 외단열 시스템 적용 - 전 세대 기밀성능 1.0/h 미만 - 외부 전동 블라인드
액티브	- 냉·난방 : 지열, 급탕 : 지역난방 적용 - 고효율 전열교환기(난방 80%, 냉방 45%) - LED 조명기기 적용(조명밀도 4.83W/m <sup>2</sup> )	
신·재생에너지	- 태양광 1,013.43kWp 설치(효율 20.02%), 세대당 1.10kWp - 지열 시스템 926.23kW 적용	
기타	- 기밀테이프, 결로방지재 적용을 통한 열교방지계획 수립	

- 자연에너지 유입을 고려한 최적 주동 계획 수립
  - 인동거리 최대 1.2H 확보, 남향배치 100%, 남저북고 계획, 주동 각도 개선
  - 최적 배치 계획으로 수인한도 96.45%, 평균 일조시간 7시간 확보
- 고성능 복합단열시스템 계획으로 단위세대 열손실 최소화
  - 주동 전체 연속적인 외단열 계획 및 추가 열교방지계획으로 열교발생 원천차단
  - 기밀성능 확보로 단위세대 침기횟수 1.0회 이하 달성
  - 열교방지를 통한 유효열관류율 개선으로 단위세대 열손실량 36.8% 저감
- 인접 건축물을 고려한 총 일조 5시간 만족 구간 우선 적용으로 태양광 발전 효율 극대화
  - 태양광(415W) 발전 효율 19.4%에서 20.02%로 증가

[표 3-32] 고덕강일공공주택지구 2단지 제로에너지 송도 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신·재생에너지 생산량	에너지자립률
146.77 kWh/m <sup>2</sup> · 년	88.73 kWh/m <sup>2</sup> · 년	60.45 %

- 세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 시범단지
  - 제로에너지 건축물 실증 아파트단지로서 LH 공동주택 최초로 제로에너지 건축물 3등급(에너지자립률 66.90%) 예비인증 취득
    - 에너지 손실 차단-신재생 기술로 설계 단계에서 에너지효율등급 1+++ 달성
    - 고층형 공동주택은 단독주택 대비 태양광 등 신재생에너지 설치 면적 확보가 어려워 에너지

자립률이 낮은 상황으로, 해당 시범사업을 통한 기술시연 및 고도화를 추진



※출처: LH

[그림 3-31] 세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 조감도

[표 3-33] 세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 개요

구분	내용
사업명칭	세종특별자치시 행정중심복합도시 건설사업
시행사	LH공사
위치	세종특별자치시 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL
건물용도	공동주택
대지면적	7,469.00㎡
연면적	17,762.28㎡
건폐율/용적률	30.99% / 170.98%
층수 및 규모	지하 1층~지상 10층, 238세대 2개동
인증취득	건축물에너지효율 1+++등급, 제로에너지건축물 예비인증 3등급

- LH 공공주택 최초로 지중열을 활용한 냉난방 시설 도입
- 지붕과 옆벽을 활용한 고효율 태양광 패널 설계 적용
  - 지붕 태양광 패널 용량 193.83kWp, 측벽 BAPV 용량 40.04kWp
- 세대 간 손실을 막는 층간-세대 간 단열 도입
  - 벽체 단열 성능 최대 22% 강화 및 개구부 기밀성 최대 11% 강화
- 낮시간 조명에너지 절감을 위한 집광-채광 블라인드 도입
  - 하부는 외부차양으로 일사 차단, 상부는 자연채광 유입으로 낮시간 조명에너지 절약
- 단위면적당 1차 에너지소비량 50.4kWh/㎡·년
  - 현행 신축 공동주택 법적 에너지 성능(120kWh/㎡·년) 대비 약 58% 강화된 수준
- 단위면적당 온실가스 배출량 10.2kgCO<sub>2</sub>/㎡·년

- 신축주택의 35% 수준으로, 가구당 이산화탄소 배출량이 연간 약 690kg에 이를 것으로 기대

[표 3-34] 세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 주요 적용사항

구분	내용		
패시브	외벽 직접	경질우레탄 165mm : 0.133W/m <sup>2</sup> · K 이하	
	외벽 간접	경질우레탄 100mm : 0.211W/m <sup>2</sup> · K 이하	
	지붕	경질우레탄 165mm : 0.133W/m <sup>2</sup> · K	
	바닥	직접	경질우레탄 90mm + PF보드 50mm : 0.144W/m <sup>2</sup> · K 이하
		간접	경질우레탄 60mm + 경질우레탄 25mm : 0.230W/m <sup>2</sup> · K 이하
	창호	외	22mm 로이코팅 복층유리 : 2.100W/m <sup>2</sup> · K 이하
		내	22mm 일반복층유리 이중창 : 1.189W/m <sup>2</sup> · K 이하
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세대대 남향 배치 및 외피면적 최소화를 위해 2개동으로 설계</li> <li>- 태양광 패널 설치를 고려하여 중저층 배치로 옥상 바닥면적 확보 고</li> <li>- 고성능 단열재 및 창호 사용 및 세대 간 단열 추가 적용(세대 간벽 : 경질우레탄(60mm) 추가 적용, 세대 내 천장 : 경질우레탄(30mm) 추가 적용)</li> <li>- 창호, 문, 배관 인입부 기밀시공 및 천장 열교차단재 적용</li> <li>- 집광 · 채광 블라인드 적용</li> </ul>			
액티브	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세대 냉난방 지열 이용 및 급탕 지역열원 이용</li> <li>- 고효율(82%) 환기장치</li> <li>- 조명기기 조명밀도 4.50W/m<sup>2</sup>)</li> </ul>		
신 · 재생 에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양광 233.87kWp(지붕 + 입면), 세대당 0.82kWp</li> <li>- 지열 505kW</li> </ul>		
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기밀테이프, 열교차단재 적용을 통한 열교방지계획 수립</li> </ul>		

[표 3-35] 세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 에너지성능 결과

1차 에너지소비량	신 · 재생에너지 생산량	에너지자립률
50.40 kWh/m <sup>2</sup> · 년	33.72 kWh/m <sup>2</sup> · 년	66.90 %

※ 제로에너지 공동주택 사례 종합 분석표

[표 3-36] 제로에너지 공동주택 사례 종합 비교

		과천시식 S-3BL	인천검단 AA10-2BL	장위자이 레디언트	힐스테이트 레이크 송도
규모		지하2층/지상36층	지하1층/지상24층	지하3층/지상31층	지하2층/지상36층
패시브	외벽직접 (W/m <sup>2</sup> K)	0.133	0.133	-	0.136
	외벽간접 (W/m <sup>2</sup> K)	0.209	0.211	-	0.254
	지붕직접 (W/m <sup>2</sup> K)	0.149	0.133	-	0.120
	바닥직접 (W/m <sup>2</sup> K)	0.236	0.230	-	0.138
	창호직접 (W/m <sup>2</sup> K)	0.936	0.189	-	0.860
	외단열	미적용	미적용	-	미적용
	기밀성능	6회	6회	-	2회 미만
액티브	난방	지역난방	지역난방	-	지역난방
	급탕	지역난방	지역난방	-	지역난방
	냉방	-	일부적용	-	-
	전열교환기 (난방/냉방)	75%/67%	미적용	-	73.5%/65%
	조명밀도 (W/m <sup>2</sup> )	5.37	-	-	7.26
신재생	태양광 (세대당 용량)	272.22kWp (0.50kWp)	2,272m <sup>2</sup> (약 0.32kWp)	-	784.88kWp (0.89kWp)
	지열	-	-	-	-
1차 에너지소비량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)		108.50	120.04	-	101.50
1차에너지생산량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)		23.54	35.74	-	23.72
자립률(%)		21.70	29.77	-	23.37
ZEB 등급		예비5등급	예비5등급	예비5등급	본5등급

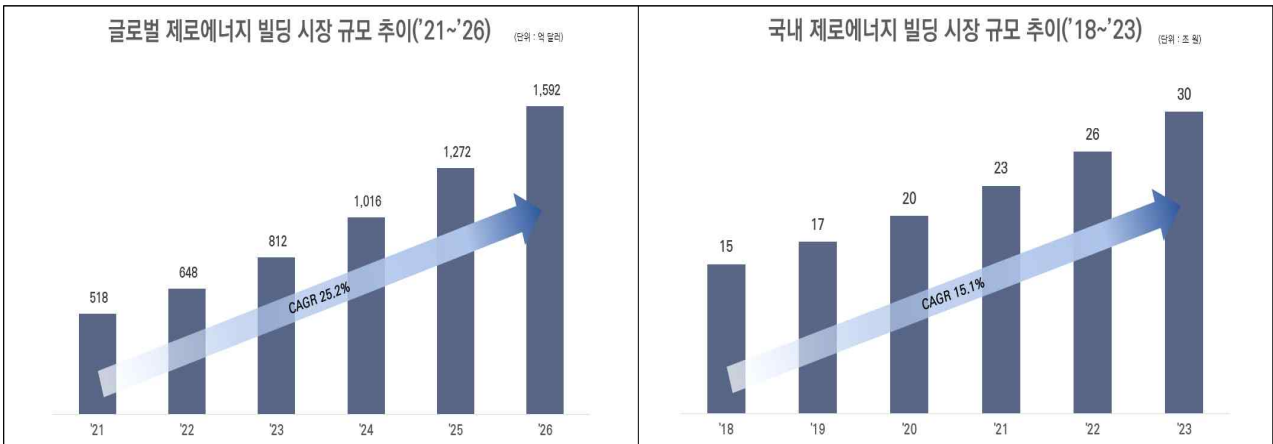
[표 3-36] 제로에너지 공동주택 사례 종합 비교

		고덕강일 2단지 제로에너지아파트	세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL
규모		지하1층/지상18층	지하1층/지상10층
패 시 브	외벽직접	0.097	0.133
	외벽간접	0.229	0.211
	지붕직접	0.089	0.133
	바닥직접	0.091	0.144
	창호직접	0.786	-
	외단열	적용	미적용
	기밀성능	1회 미만	2회
액 티 브	난방	지열	지열
	급탕	지역난방	지역난방
	냉방	지열	지열
	전열교환기 (난방/냉방)	80%/45%	82%
	조명밀도	4.83	4.5
신 재 생	태양광 (세대당 용량)	925.865kWp (1.10kWp)	233.87kWp (0.82kWp)
	지열	926.23kW	505kW
1차 에너지소비량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)		146.77	50.40
1차에너지생산량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)		88.73	33.72
자립률(%)		60.45	66.90
ZEB 등급		예비3등급	예비3등급

#### 4) 경제적 환경분석

##### 가) 제로에너지 빌딩 시장 동향

- 글로벌 제로에너지 빌딩 시장 규모는 '21년 약 520억 달러에서 '26년 약 1,590억 달러 규모로 성장 전망
  - 전 세계가 에너지 문제 및 탄소배출 문제의 해결책으로 제로에너지 빌딩을 주목하면서 제로에너지 건축 정책 추진이 증대됨에 따라 '26년까지 매년 약 25.2%의 높은 성장률을 전망
    - 세계 각국 정부가 2050년 탄소중립을 목표로 탄소배출 및 에너지 소비 저감기술과 친환경 건축물의 중요성을 강조하면서 향후 몇 년간 제로 에너지 빌딩 시장은 지속적인 성장세를 이어갈 것으로 예측
  - 국내 제로 에너지 빌딩 시장은 '18년 15조 원의 시장 규모로 매년 15.1%씩 성장하여 '23년까지 약 30조 원의 규모로 성장할 것으로 전망
    - 국내 제로에너지 빌딩 시장은 에너지효율 및 자립률 향상, 에너지 유지 관리 관련 기술이 주를 이루며, 이를 바탕으로 친환경 건축물 분야에 대한 투자 및 수요 증가를 통해 국내 시장의 고도화가 진행되는 상황
    - 또한, 기존 공공건물 영역으로 국한되었던 제로에너지 건축물 의무화 시행이 민간 영역으로까지 점진적 확대·시행됨에 따라 제로에너지 빌딩 시장 보급 및 확산은 점차 가속화될 것으로 전망



※ 출처: (글로벌) Zero-energy Buildings Market by Product, Application, and Geography - Forecast and Analysis 2022-2026(TechNavio, 2022.08.) 내용 재구성  
 (국내) 건축 R&D 중장기 기술로드맵 수립(국토교통부, 2020.06) 내용 재구성

[그림 3-25] 제로에너지 건축 시장 규모 추이

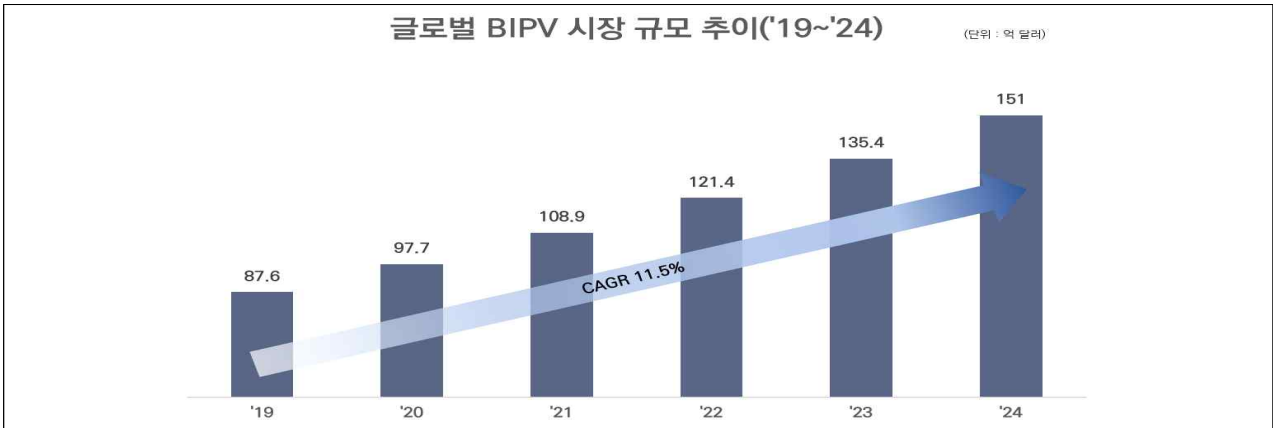
- 건물 에너지효율에 대한 전 세계 투자액 규모는 '15년 1,450억 달러에서 '21년 1,950억 달러 규모로 연평균 5.1%의 성장률을 보임
- 에너지효율(EE) 시장은 건물 및 구성요소의 에너지를 측정·분석하고 교체 및 변경을 통해 건물의 전체적인 에너지효율을 향상하는 사업으로 BEMS 등을 포함
  - 건축물 에너지효율 향상에 대한 수요가 증대되면서 건축물 에너지의 고효율 사용을 위한 전문적 컨설팅 및 솔루션 제공기업인 에너지절약전문기업(Energy Service COmpanies, ESCOs)이 중국을 중심으로 성장했으며, '15년 250억 달러에서 '20년 330억 달러로 연평균 6%의 성장률을 보이는 유망 산업으로 발전

※ 출처: Energy Efficiency 2021(International Energy Agency, 2021.11.17.)

## 나) 요소기술 시장 동향

### □ 신재생에너지 소재 분야

- 글로벌 BIPV(건물 일체형 태양광 발전) 시장은 '19년 87억 6,000만 달러로 추정되며 연평균 11.5%로 성장하여 '24년 151억 달러 규모로 성장 전망
- 주거용 BIPV 산업은 '19년 기준 24억 8,000만 달러로 추정되며 연평균 14.5%로 성장하여 '24년에 48억 7,000만 달러 규모에 이를 것으로 예측



※ 출처: 건물 일체형 태양광 발전 시장(연구개발특구진흥재단, 2021.05.) 내용 재구성

[그림 3-27] 글로벌 BIPV·시장 규모 추이('19~'24)

- 지난 10년간 각국 정부에서 태양광 설비에 대한 보조금 등 정책적 지원 추진, 많은 공급업체의 등장으로 기업 간 치열한 경쟁 등으로 BIPV 설비 가격은 하락세를 보임
- 낮아진 공급가격을 바탕으로 에너지효율 향상 및 탄소배출 저감기술이 적용된 친환경 주택에 대한 요구가 증대되어 BIPV에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 전망
- 국내 BIPV 시장은 제로에너지 건축 의무화 확대 방침에 따라 '30년부터는 연면적 500㎡ 이상 모든 민간·공공 신축 건물은 제로에너지 건축물(ZEB) 인증을 받게 되면서 시장 규모는 지속적인 확장을 거듭할 것으로 예측
- 시장에 대한 높은 기대와 수요, 정부 지원의 증가를 바탕으로 건축외장재 형태의 태양광 모듈, 필름형 태양광 전지 모듈, BIPV 융복합 다기능 창호시스템 등 BIPV를 활용한 신재생에너지 융복합 건축 기술 및 소재 개발은 증가세를 보이는 중

### □ 냉난방 및 공조 분야

- 글로벌 히트펌프 시장은 '18년 51억 1,200만 달러 규모이며 '19년부터 연평균 11.2%의 성장을 통해 '26년에는 120억 달러 규모의 시장이 될 것으로 예측
- 히트펌프는 최근 인버터를 장착한 속도 가변형 압축기와 제어시스템의 발전으로 냉매 유량 가변형 (Variable Refrigerant Flow, VRF) 히트펌프가 개발되면서 저온 환경에서의 신뢰성과 냉난방 효율을 모두 만족하게 되어 고급아파트, 주상복합건물, 관공서 등 중소형 건물에 히트펌프 보급이 확대되는 중
- 국내 히트펌프 시장은 '18년 6,850억 원 규모로 추정되며, 15.9%로 매년 성장하여 '23년에는 1조 4,330억 원 규모로 확대될 것으로 전망
- 히트펌프가 국내에 도입된 지 20여 년이 흘렀으나 도입 초창기 당시 지나치게 높은 초기 도입 비용,

겨울철 온도 저하에 따른 난방 능력 저하 등의 문제로 민간시장 활성화에 부진을 겪으면서 대기업 등 산업 및 상업 건물용 냉난방 VRF 히트펌프 위주로 시장이 재편된 상황

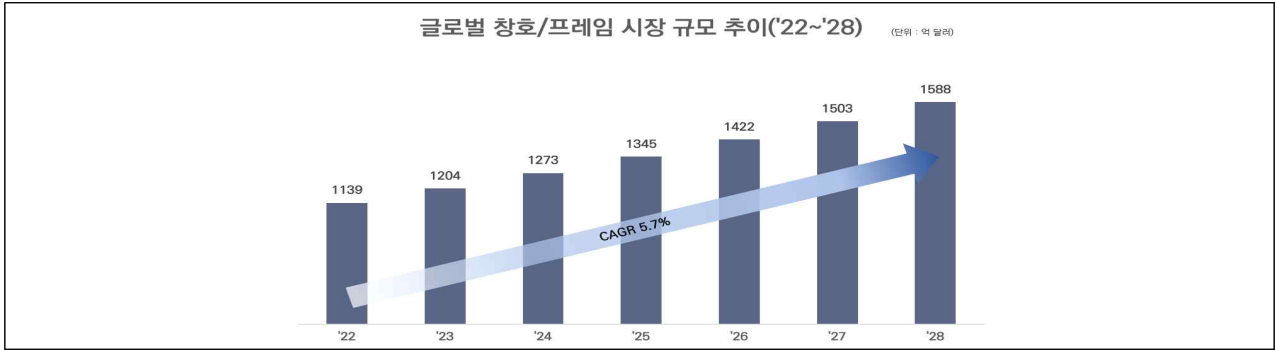
- 그러나 최근 공동주택을 중심으로 지열냉난방 히트펌프 시스템을 적용하는 사례가 늘어나고 있으며, 공공영역에서 추진하는 재개발·재건축 사업을 통해 시공된 공동주택을 중심으로 지열용 히트펌프 보급이 확산하는 등 적용 범위가 점차 확대되는 중
  - 또한, '20년 10월부터는 하천의 물도 신재생에너지로 지정됨에 따라 하천수 열원 히트펌프 개발 및 상용화가 가능할 것으로 예상되어 시장 규모는 지속적인 성장세를 보일 것으로 예상
- ※ 출처: All That Heat pump(Kharn, 2019.10.13.)

## □ 단열재 분야

- 글로벌 단열재 시장은 '21년 298억 5,000만 달러 규모로 평가되며, '22년부터 연평균 약 4.5% 성장률을 기록하여 '29년 425억 3,000만 달러 규모에 이를 것으로 전망
- 단열재는 건물의 전력 사용량의 약 40~50%를 차지하는 냉·난방 효율에 직결되는 건축 자재 요소로서, 고효율·친환경 단열재에 대한 시장 규모는 꾸준한 성장을 전망
- 국내 단열재 시장은 '16년 1조 2,000억 원 규모에서 연평균 4.1%의 성장률을 기록하여 '22년 1조 5,300억 원 규모에 이를 것으로 전망
- '22년 국토교통부에서 '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙' 개정 공포 및 '건축자재 등 품질인정 및 관리기준'이 시행되어 국내 유통되는 단열재 제품 대다수가 준불연 성능이 의무화됨에 따라 내화성 등을 갖춘 고성능 단열재 시장의 지속 성장 예측
- ※ 출처: 건축물 화재기준 대폭 강화...단열재시장 재편되나(kharn, 2022.02.28.)
- 노후주택 증가로 인한 리모델링 시장의 성장 등을 바탕으로 국내 외단열 시장은 지속적인 성장세를 나타낼 것으로 전망
- 외단열 시장은 '19년 기준 마감재 분야의 경우 1,500억 원, 단열재를 포함한 시스템 시장 규모는 3,000억 원 규모로 추정되며 '10년(1,500억 원)에 비해 2배가량 성장한 것으로 조사
- 준공 후 30년 이상 지난 노후주택 수의 증가 및 주택 리모델링에 대한 시민들이 관심 증가 등으로 인해 리모델링에 대한 수요가 증가하고 있으며, 노후주택의 경우 리모델링 과정에서 단열 성능 저하 극복을 위한 방법으로 외단열을 선택하는 경우가 많아 향후 외단열 시장은 지속적인 성장세를 보일 것으로 예측
- ※ 출처: 외단열 시스템, 국가표준제정·관리 필요 목소리(e대한경제, 2019.04.02.)

## □ 창호 분야

- 글로벌 창호·프레임 시장은 '21년 1,077억 달러 규모로 추산되며 '22년부터 연평균 5.7%의 성장률을 기록하며 '28년 1,580억 달러 규모에 이를 것으로 전망
- 특히 중국·인도 등 아시아 지역의 건축 수요가 증가함에 따라 시장의 규모 또한 지속적인 성장세가 이어지고 있으며, 이외 신흥개발국의 경제 수준 향상을 토대로 고효율·고성능 창호에 대한 수요는 계속 증대될 것으로 예상



※ 출처: Window and Door Frame Market(Global Market Insights, 2022.01.) 내용 재구성

[그림 3-26] 글로벌 창호·프레임 시장 규모 추이('22~'28)

- 국내 창호 시장은 '08년 1조 7천억 원 규모에서 '21년 3조 원 규모로 성장
    - 국내 창호 시장은 수요자의 기준에 맞춰 단열 성능은 물론 기밀, 수밀성, 소음차단, 환기 기능 등을 향상한 고성능 시스템 창호 개발에 주력하는 상황
    - 노후주택 인테리어·리모델링에 대한 수요가 증가하여 창호 시장의 성장세를 전망
- ※ 출처: 내집 영끌에 인테리어 수요 급증… 뜨거운 '3조 창호시장'(e대한경제, 2021.06.11.)

#### 다) 국내 리모델링 시장동향

- 노후 건축물의 누적 증가에 따라 건축물 리모델링의 비중과 중요성이 커져 향후 시장의 급성장이 예상
  - '20년도 말 기준, 준공 후 20년 이상 경과한 주택은 전국 910만 1,000가구로 전체 주택 수의 49.1% 차지하며, 이러한 노후 건축물의 성능 및 안전성 저하에 대한 적극적인 관리가 필요
  - 국내 리모델링 시장은 '30년 29조 원 규모까지 성장할 것으로 전망
    - '20년 전체 리모델링 시장 규모가 1조 3,500억 원에 머물렀으나, 2021년에는 전년 대비 6배가 넘는 성장세를 기록
    - '22년에는 수도권 이외 지역인 지방에서도 리모델링 물량이 대거 쏟아질 것으로 예상되며 활발한 리모델링 움직임이 나타나고 있음
    - 이에 따라 '22년 리모델링 시장 규모는 15조~20조 원, 2030년 29조 원대로 더욱 빠른 성장을 이어갈 것으로 예측됨에 따라 블루오션으로 떠오르고 있음

## 5) 종합분석(PEST)

환경분석		시사점
사회 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 세계적으로 기후위기 대응을 위한 탄소중립 실천에 대한 사회적 요구 증가</li> <li>• 기존 방식의 에너지 생산 및 소비구조의 한계 대두               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '21년 탄소 배출량은 363억 톤으로 사상 최고치를 경신하였으며 이에 대한 주요 원인으로 화석연료 중심의 에너지 생산구조를 지목</li> </ul> </li> <li>• 에너지 소비 저감 및 탄소중립 사회 실현의 핵심 분야로 주거 건축물을 주목               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '20년 기준 건축 분야는 전체 에너지 소모량 중 36%, 탄소 배출 비율은 37%를 차지</li> <li>- (국내)'18년 기준 총 탄소 배출량에서 건물 분야는 24.7%를 차지했으며, 이는 에너지, 산업, 수송 분야 다음으로 높은 비중</li> <li>- '20년 주택의 에너지 사용량은 1,976만 8천 TOE로 전체 건물 에너지 사용량 중 59.6%의 비중을 차지</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소 배출로 인한 기후위기 및 에너지 위기가 점차 심화되고 있어 탄소중립과 에너지 소비 절감을 동시에 달성할 수 있는 기술개발 필요</li> <li>• 에너지 소비와 탄소 배출에서 큰 비중을 차지하는 주거 건축물 에너지 문제를 해결하기 위한 실제 현장에 적용 가능한 기술 개발 필요</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) '15년 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 전 세계 195개국 이 파리협정을 채택하고 '20년부터 탄소중립을 위한 감축 목표계획을 발표 및 추진 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- (미국) '21년 3월 미국 일자리 계획을 발표하고 '경제적이고 지속가능한 주택 건축·개조'에 총 2,130억 달러 규모의 투자 계획 수립</li> <li>- (유럽) 배출 90% 감소를 목표로 에너지효율 개선 공사 의무화, 건물에너지절약 지침 수립 등의 정책 추진</li> <li>- (영국) 주택 에너지 효율 개선을 도모하기 위해 에너지 절감 설비 설치 및 시공시 투자비를 제3자가 부담하여 상환하는 대출 지원 정책(Green Deal) 추진</li> <li>- (일본) 일본은 '2050 탄소중립을 향한 녹색성장 전략'을 수립하고 2조원 규모의 그린노베이션기금을 조성</li> <li>- (중국) 독일 패시브하우스연구소(PHI)와 협력을 통해 베이징, 상하이 등 중국 내 20여 개 도시에서 대규모 패시브 하우스 단지 조성 프로젝트를 추진</li> </ul> </li> <li>• (국내) 국가 난제 해결을 위한 임무중심 R&amp;D를 추진하며, 우선적용 대상으로 국가전략기술과 탄소중립기술 개발을 선정</li> <li>• 국가계획 및 부처계획을 통해 건축물 에너지효율 향상 및 탄소중립 실현을 위한 기술개발 전략 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- (국가계획) 제4차 과학기술기본계획(2018~2022), 제5차 국토종합계획(2020~2040), 제2차 기후변화 대응 기본계획(2020~2040) 등</li> <li>- (부처계획) 제3차 건축정책기본계획(2021~2025), 제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024) 등</li> </ul> </li> <li>• 「스마트시티 국가 시범도시 시행계획('19~'23)」을 토대로 주택 에너지 효율 향상을 통한 친환경 도시 구현 등을 목표로 다양한 실증 및 시범사업을 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 주요국에서는 에너지 문제 타파와 탄소중립 사회 이행을 위해 친환경 주택 기술개발 및 보급사업에 대규모 투자를 추진하고 있어, 이에 대응하기 위하여 지속적인 주택 에너지효율 향상 관련 사업 추진 필요</li> <li>• 정부가 중점 추진하는 기후위기 대응 및 탄소중립 대응전략이 잘 이행되기 위해서는 기존의 개별적 요소기술 개발이 아닌 개발기술 간 호환성, 유기적 연계성이 반영되도록 통합 기술개발 및 실증/검증 중심의 R&amp;D 필요</li> <li>• 단순 기술검증 차원의 실증이 아닌 사용자와 개발자의 상호 커뮤니케이션의 결과를 기술개발 프로세스 전과정에 반영하는 개방형 실증연구 프레임 필요</li> </ul>

환경분석	
기술 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 건축물 성능향상 분야 기술수준은 최고기술국 대비 86.3%, 기술격차는 2.9년으로 선진국을 추격 중이며 정부에서는 최근 3년간 주택 에너지 분야에 평균 225.5억 원을 투자하는 등 지속적으로 지원 중</li> <li>• 국내는 적극적인 R&amp;D 지원으로 요소기술의 개별성능은 향상되었으나 기술 간 호환성 부분에 대한 연구 부족</li> <li>• (단열재 기술) 단열재 기술은 미국·유럽에서 주도하고 있으며 국내에서는 내화성 등 수요자의 다양한 요구사항에 대응하는 기술 및 소재 개발 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요국은 불연성, 장수명, 경량 외단열 소재 개발 추진</li> <li>- 국내는 우레탄 소재를 활용 높은 내화성 기능을 추가 하여 경제성과 안전성을 동시에 확보한 단열소재 개발</li> </ul> </li> <li>• (외단열 공법 기술) 열교에 의한 에너지 효율 저하, 결로, 곰팡이 등을 예방하고 강화되는 단열기준을 준수하기 위한 기술개발이 필요</li> <li>• (창호기술) 민간기업을 중심으로 고단열·고성능 창호 개발이 진행 중(트리플로이유리, 전기변색 유리 등)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 창호 성능 측정역량은 세계적인 수준이나 인증제에 반영되지 않아 선진국 수준으로 기준 확대가 필요한 상황</li> </ul> </li> <li>• 냉난방 및 공조 분야 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- (히트펌프) 주요국은 에너지효율이 높고 친환경적인 히트펌프 제품 상용화 및 기술 고도화에 주력</li> <li>· (국내) 고효율 히트펌프에 대한 인식 부족 등으로 인하여 히트펌프 원천기술 확보에 미진한 상황</li> <li>- (환기) 미세먼지, 외부 소음 등의 문제 때문에 창의 개폐에 의존하는 자연환기 방식의 채택이 감소하고 기계식 환기 기술에 대한 관심 증가</li> </ul> </li> <li>• (신재생에너지 관련 기술)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- (해외) 태양열·지열 등 다중열원 설비시스템에 대한 연구개발이 진행</li> <li>- (국내) 태양광, 태양열 등의 단일 기술의 에너지 효율 향상에 대한 개발은 활발하나, 건물에너지 부하를 효율적으로 대응하기 위한 다중열원 설비시스템 기술개발 연구는 미흡</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 제로에너지 빌딩 시장은 지속적 성장을 기록하여 '26년 1,590억 달러 규모로 전망</li> <li>• 건축물 에너지효율 향상 기술 시장은 건축물 전체 에너지효율을 분석 및 최적화하는 BEMS를 중심으로 성장하여 '21년 기준 전 세계 투자액 규모는 1,950억 달러 수준으로 확대</li> <li>• ZEB 요소기술 시장은 지속적인 성장을 기록할 것으로 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>- (단열재) 연평균 성장률 4.5%로 성장하여 '29년 425억 3,000만 달러 규모에 이를 것으로 전망</li> <li>- (창호) 연평균 5.7%성장을 통해 '28년 1,580억 달러 규모로 성장 예상</li> <li>- (히트펌프) 연 11.2%의 성장률을 통해 '26년 120억 달러 규모의 시장으로 확대 예측</li> <li>- (BIPV) 11.5%로 매년 성장하여 '24년 151억 달러 규모에 도달할 것으로 전망</li> </ul> </li> <li>• 하지만 ZEB 건축물 공사비 증가 문제는 국내 ZEB 민간 확산의 가장 큰 장애요인               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반공사비 대비 약 30-40% 이상 높은 추가 비용 부담 발생</li> </ul> </li> <li>• (국내 리모델링 시장) '20년 기준 준공 후 20년 경과 노후주택은 전체 주택의 49.1%를 차지하며, 이로인해 '20년 1조 3,500억 규모에서 '30년 29조 원 규모의 시장으로 성장 전망</li> </ul>

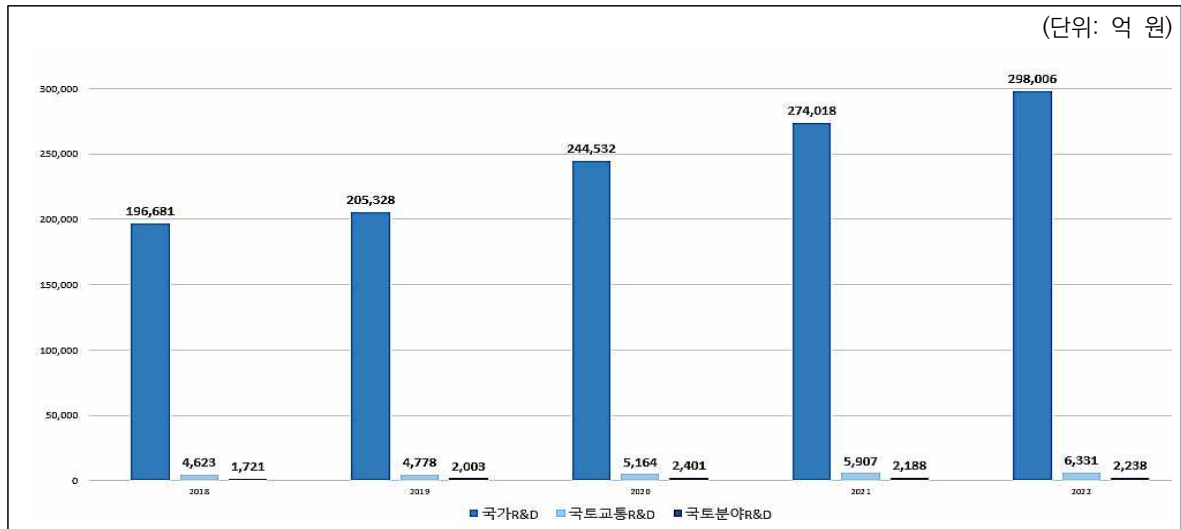
시사점	
기술 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주택 에너지 분야 기술 선도국의 지위를 선점하기 위해 정부의 지속적인 지원 필요</li> <li>• 국내 제로에너지건축물의 보급확산을 위해 요소기술 간 연계성을 고려한 고성능 요소기술개발 필요</li> <li>• 세계 주요국들이 외단열, 열교저감, 고단열, 내화성 등에 대한 다양한 기술개발을 진행하고 있으며 국내에서도 이에 대한 기술경쟁력을 갖출 수 있도록 기반 마련 필요</li> <li>• 창호 단열성능의 경우 선진국 수준까지 향상되었으나 기밀성능 향상, 냉방부하 대응 등에 대해서는 지속적인 연구개발 필요</li> <li>• 주택 에너지 효율 향상을 위해 해외에서는 고효율 친환경 히트펌프 상용화와 기술 고도화에 집중하는 상황에서 국내에서 인식과 보급이 미진한 히트펌프 기술 활성화를 위한 지원 방안 필요</li> <li>• 환기장치 운전효율 향상 및 재실자 쾌적 증진을 위해 환기설비 시스템 개선 및 효율적인 운전방식 개발 필요</li> <li>• 냉난방 및 급탕 시스템을 융합하여 열원설비의 에너지 효율을 향상 시킬 수 있는 기술개발 환경조성 필요</li> <li>• 국내에서 BIPV 제품에 대한 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 건축에 효율적으로 적용하기 위해 BIPV 시공법 개선, 생산 전력량 분배 문제 등에 대한 지속적인 연구 필요</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제로에너지 빌딩 시장의 확대가 건축 및 에너지 분야에 상당한 파급효과를 불러올 것으로 예상               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 지속적으로 성장할 것으로 예측되는 제로 에너지 빌딩 시장을 선도하기 위해 요소기술별 역량 강화 필요</li> </ul> </li> <li>• ZEB 요소기술 시장은 향후 크게 확대될 것으로 예측되는 유망한 시장을 선점하고 국가 미래먹거리로써 산업을 육성하기 위해 요소기술에 대한 체계적인 기술지원 및 산업 육성 시스템 구축 필요</li> <li>• 국내 ZEB 건축물 민간 확산과 시장 활성화를 위해 기존 주택 에너지 기술의 단가를 시장 보급 가능한 수준으로 낮추어 비용 부담을 줄이는 기술개발 필요</li> <li>• 주택 에너지 소비 저감 측면에서 큰 잠재량을 가지고 있는 노후주택 리모델링 시장의 지속적인 성장 및 확산을 위해 기술적·제도적 차원의 지원 필요</li> </ul>

## 나. 국내 R&D 역량분석

### 1) R&D 투자동향

#### 가) 국가연구개발사업과 국토교통 R&D 투자동향

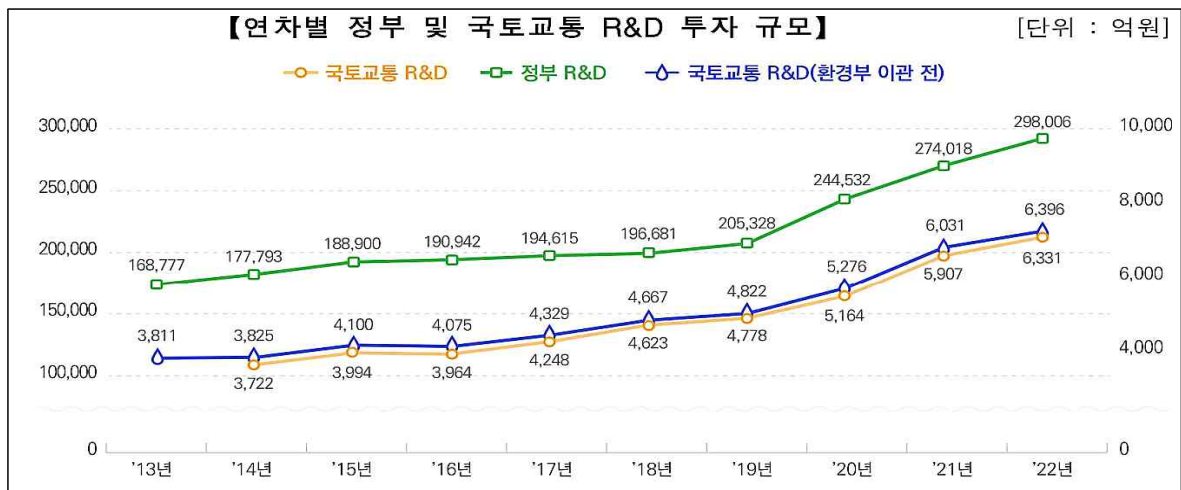
- '22년 국가연구개발사업의 예산은 29조 8억 원으로 전년 대비 약 8.75% 증가하였으며, 국토교통 분야 주력산업 경쟁력 강화 등을 통한 국민생활안전 확보 및 국토교통 산업 고도화 지원에 주력
- 국가 R&D 투자동향을 살펴보면 '18년부터 '22년까지 매년 증가하고 있으며, 국토교통 R&D는 연평균 8.18%씩 확대되는 추세
- '22년 기준 국토교통 R&D는 국가연구개발사업 총 예산의 약 2.1%로, 전년 대비 7.2% 증가한 6,331억 원의 규모로 국토기술, 교통기술, 기반 구축 등 3가지 유형으로 추진
  - 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 국토기술 R&D는 지속적으로 증가하여 '22년 2,238억 원이 투자



※ 출처: 2022년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획(국토교통과학기술진흥원, 2021)

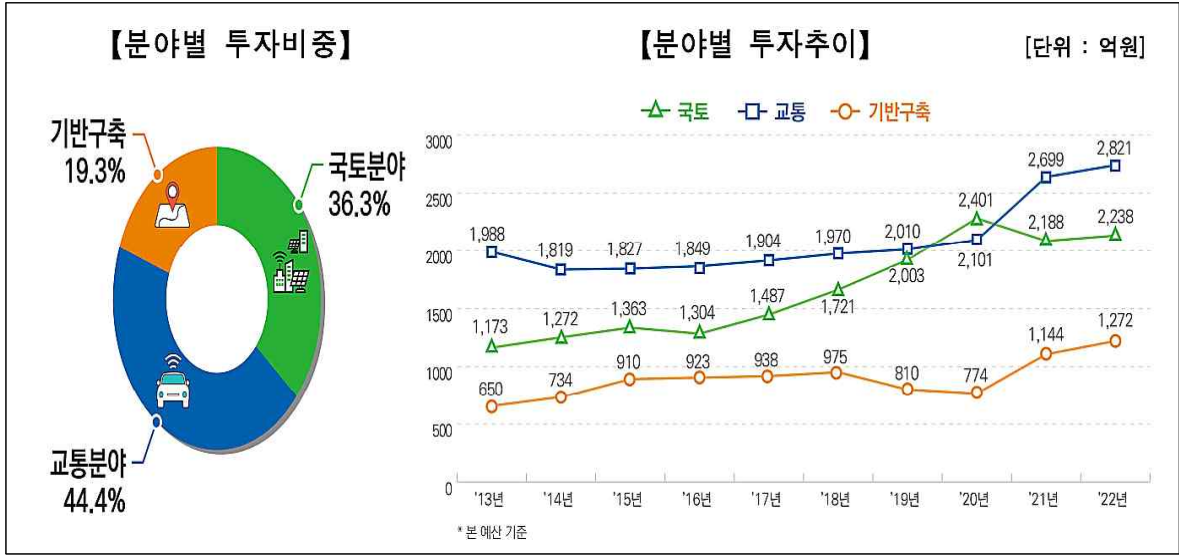
[그림 3-28] 국가연구개발사업과 국토교통 R&D 사업의 투자 동향

- 국토교통 R&D 사업 예산은 최근 10년 동안 연평균 4.9%씩 증가 중
- 최근 10년간 국토분야의 투자비중(44%)이 가장 높았고, 국토(36%), 기반구축(20%) 순으로 투자



※ 출처: 2022년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획(국토교통과학기술진흥원, 2021)

[그림3-29] 연차별 정부 및 국토교통 R&D 투자 규모



※ 출처: 2022년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획(국토교통과학기술진흥원, 2021)

[그림3-30] 최근 10년간 분야별 투자 추이

### 나) 공동주택 에너지 효율 향상 기술분야 투자동향

#### □ 분석 개요

- (목적) 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야의 정부 R&D 투자동향 분석을 통해 국내 연구개발 역량 진단의 참고자료로 활용
- (조사범위) 최근 5년('18~'22년)간 국가연구개발사업 및 과제
- (검색범위) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해, 전체 R&D를 대상으로 주택 에너지관련 분야 과제들을 아래의 검색어를 활용하여 조사
- (검색어) 제로에너지빌딩+리빙랩; 제로에너지빌딩+테스트베드; 제로에너지빌딩+실증; 제로에너지 주택+리빙랩; 제로에너지 주택+테스트베드; 제로에너지 주택+실증; 주택 에너지+패시브+고성능+단열; 주택 에너지+패시브+고성능+창호; 주택에너지+패시브+고성능+환기; 주택에너지+패시브+고성능+고기밀; 주택에너지+패시브+고성능+외부차양; 주택에너지+패시브+고기능성+단열; 주택 에너지+패시브+고기능성+창호; 주택에너지+패시브+고기능성+환기; 주택에너지+패시브+고기능성+고기밀; 주택에너지+패시브+고기능성+외부차양; 주택 에너지+액티브+고성능+고효율 보일러; 주택 에너지+액티브+고성능+고효율기기; 주택 에너지+액티브+고성능+통합설비 환기; 주택 에너지+액티브+고성능+통합설비 냉방; 주택 에너지+액티브+고성능+통합설비 급탕; 주택 에너지+액티브+고성능+건물에너지 관리시스템; 주택 에너지+액티브+고성능+건축물 성능관리; 주택 에너지+액티브+고기능성+고효율 보일러; 주택 에너지+액티브+고기능성+고효율기기; 주택 에너지+액티브+고기능성+통합설비 환기; 주택 에너지+액티브+고기능성+통합설비 냉방; 주택 에너지+액티브+고기능성+통합설비 급탕; 주택 에너지+액티브+고기능성+건물에너지 관리시스템; 주택 에너지+액티브+고기능성+건축물 성능관리; 주택 에너지+신재생에너지+태양광 발전; 주택 에너지+신재생에너지

+태양열; 주택 에너지+신재생에너지+지열; 주택 에너지+신재생에너지+기타;

○ (분석항목) 연도별, 부처별, 연구단계별, 수행기관별 정부 R&D 투자금액 및 과제 수

□ 분석 결과

**[연도별 투자동향]**

○ '18년 이후 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야에 대한 정부 전체 R&D 연구비 대비 투자 비중은 평균 약 0.15% 수준

- 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야의 정부연구비는 '18년 280.27억 원에서 매년 증가하여 '22년 399.74억 원으로 전년 대비 9.28% 증가

- 전체 R&D 투자 비중은 최근 5년간 연평균 10.95% 수준으로 증가

[표 3-16] 우리나라 R&D 예산과 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 R&D 투자 현황

(단위: 억 원, %)

투자구분 \ 연도	'18	'19	'20	'21	'22	총합계	평균	최근 5년간 증가율
전체 R&D (A)	196,681	205,328	244,532	274,018	298,006	1,218,565	243,713	10.95%
공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 R&D (B)	280.27	249.81	447.00	507.12	399.74	1,883.93	376.79	9.28%
국가 R&D 중 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 투자 비중 (B/A)	0.14	0.12	0.18	0.19	0.13	0.77	0.15	-1.84%

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)

○ '18년 이후 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야에 대한 정부 R&D 과제는 평균 약 0.0684개이고, 전체 R&D 과제 대비 투자 비중은 연평균 5.51% 수준

- 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야의 과제는 '18년 39개에서 매년 증가하여 '22년 42개로 최근 5년간 10.77% 증가

- 전체 R&D 과제 대비 투자 비중은 최근 4년간 연평균 4.94% 수준으로 증가

[표 3-17] 우리나라 R&D와 주택 에너지 관련 분야 R&D 과제 현황

(단위: 개, %)

과제구분 \ 연도	'18	'19	'20	'21	'22	총합계	평균	최근 5년간 증가율
전체 R&D 과제(A)	63,667	69,755	72,600	73,576	- <sup>1)</sup>	279,598	69,900	4.94%
주택 에너지 관련 분야 R&D 과제(B)	39	47	53	53	42	234	46.80	10.77%
국가 R&D 과제 중 주택 에너지관련 분야 투자 비중 (B/A)	0.0613	0.0674	0.073	0.072	- <sup>1)</sup>	0.2737	0.0684	5.51%

1) '22년도 전체 R&D 과제 수는 9월 이후 국가과학기술지식정보서비스에서 제공예정이므로 미기입

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)

**[부처별 투자동향]**

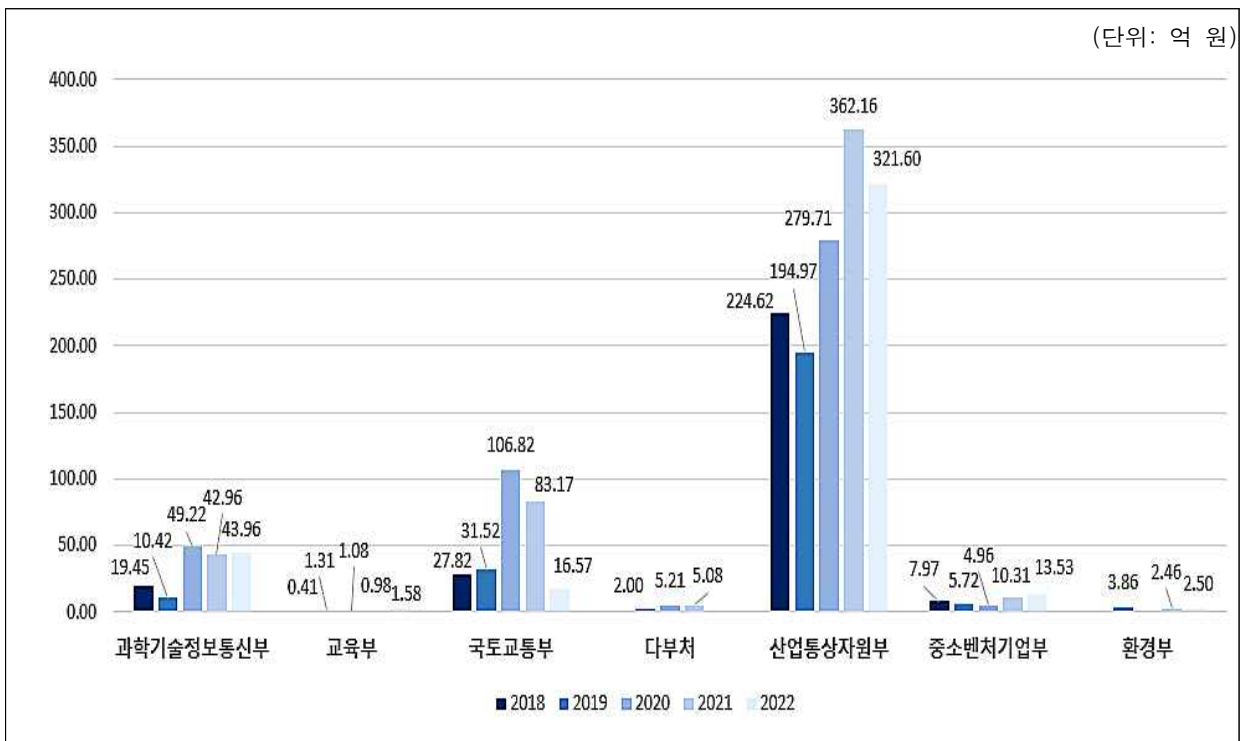
- 최근 5년간('18~'22) 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야의 부처별 R&D 투자현황을 살펴보면 총 7개의 부처에서 수행하고 있으며, 그 중 산업통상자원부가 1383.07억 원 (73.41%)으로 가장 많이 투자
- 그 다음으로 국토교통부(14.11%), 과학기술정보통신부(8.81%), 중소벤처기업부 (2.25%) 순으로 높게 투자하고 있는 것으로 조사
- 과학기술정보통신부의 예산은 '18년 19.45억 원에서 '22년 43.96억 원으로 최근 5년간 동안 연평균 8.81% 증가한 것으로 조사

[표 3-18] 부처별 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 R&D 예산 투자 현황

(단위: 억 원, %)

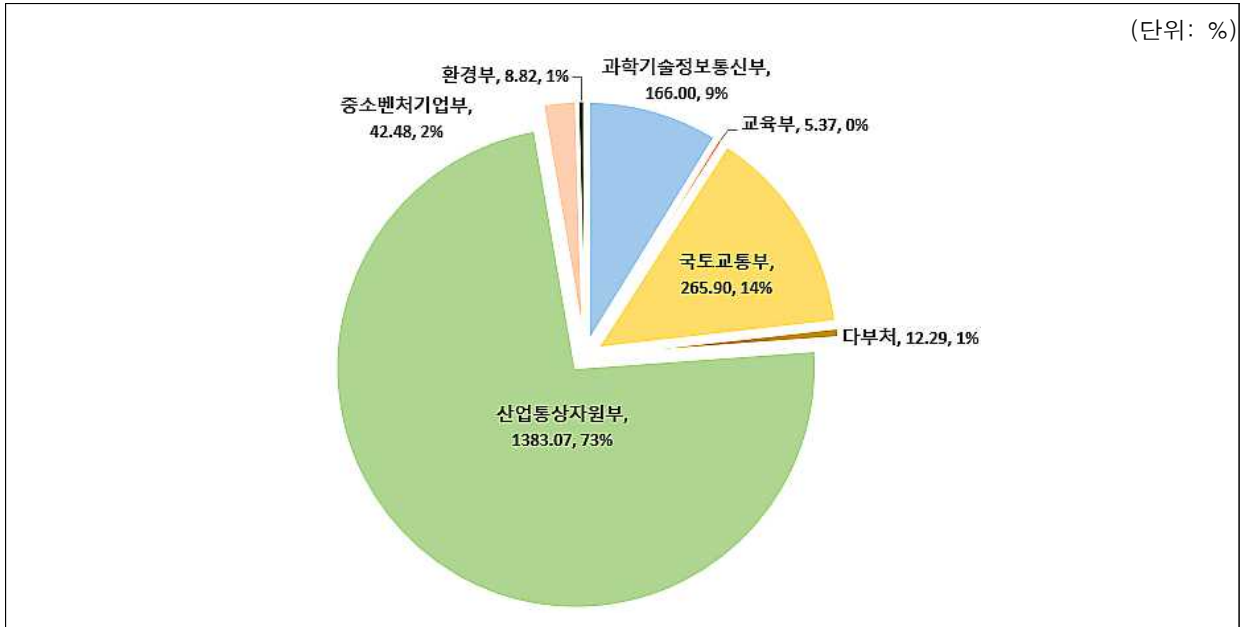
부처명	년도	'18	'19	'20	'21	'22	합 계	비 중	최근 5년간 증가율
과학기술정보통신부		19.45	10.42	49.22	42.96	43.96	166.00	8.81%	22.61%
교육부		0.41	1.31	1.08	0.98	1.58	5.37	0.28%	40.11%
국토교통부		27.82	31.52	106.82	83.17	16.57	265.90	14.11%	-12.15%
다부처		-	2.00	5.21	5.08	-	12.29	0.65%	-
산업통상자원부		224.62	194.97	279.71	362.16	321.60	1383.07	73.41%	9.39%
중소벤처기업부		7.97	5.72	4.96	10.31	13.53	42.48	2.25%	14.15%
환경부		-	3.86	-	2.46	2.50	8.82	0.47%	-
총합계		280.27	249.81	447.00	507.12	399.74	1883.93	100%	9.28%

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)



※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[그림 3-31] 부처별 R&D 투자 비중 중 상위 5개 부처의 투자 규모



※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[그림 3-32] 부처별 주택 에너지관련 분야 R&D 투자 비중 ('18~'22 투자액 합계)

- 산업통상자원부 및 국토교통부는 타부처보다 R&D 규모가 큰 과제 위주로 투자
  - 산업통상자원부는 총 1383.07억 원을 98개 과제에 지원하고 있으며 과제당 평균 연구비는 14.11억 원 수준
  - 국토교통부는 총 265.90억 원을 25개 과제에 지원하고 있으며 과제당 평균 연구비는 10.64억 원 수준
  - 다부처는 총 12.29억 원을 3개 과제에 지원하고 있으며 과제당 평균 연구비는 4.10억 원 수준
  - 과학기술정보통신부는 총 166.00억 원을 62개 과제에 지원하고 있으며 과제당 평균 연구비는 2.68억 원 수준

[표 3-19] 부처별 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 R&D 과제당 평균 연구비 현황

(단위: 억 원, 개)

부처명	과제당 평균 연구비	R&D 예산	R&D 과제수	과제당 평균 연구비
과학기술정보통신부		166.00	62	2.68
교육부		5.37	9	0.60
국토교통부		265.90	25	10.64
다부처		12.29	3	4.10
산업통상자원부		1383.07	98	14.11
중소벤처기업부		42.48	34	1.25
환경부		8.82	3	2.94

\* R&D 예산 기준 상위 5개 부처예산

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)

□ 연구단계별 투자동향

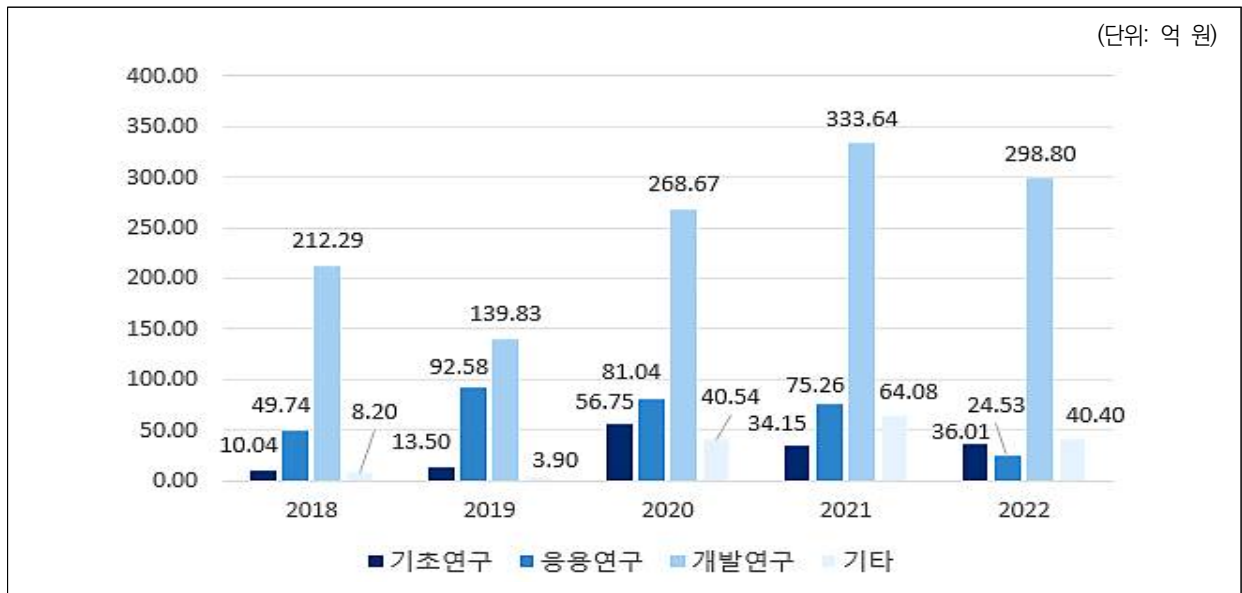
- '18~'22년 주택 에너지관련 분야 연구단계별 투자동향을 살펴보면 개발연구단계에서 약 1253.23억 원(66.52%)으로 가장 많은 투자가 이루어지고 있으며, 응용(17.15%), 기타(8.34%), 기초(7.99%)단계 순으로 높은 비중을 차지하는 것으로 조사

[표 3-20] 주택 에너지관련 분야 연구단계별 R&D 예산 투자 현황

(단위: 억 원, %)

연구단계 \ 년도	'18	'19	'20	'21	'22	합 계	비중
기초연구	10.04	13.50	56.75	34.15	36.01	150.44	7.99%
응용연구	49.74	92.58	81.04	75.26	24.53	323.15	17.15%
개발연구	212.29	139.83	268.67	333.64	298.80	1253.23	66.52%
기타	8.20	3.90	40.54	64.08	40.40	157.12	8.34%
합 계	280.27	249.81	447.00	507.12	399.74	1883.93	100%

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)



※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[그림 3-33] 연구단계에 따른 주택 에너지관련 분야 R&D 예산 투자 현황

- 산업통상자원부에서 주택 에너지관련 분야 R&D 중 개발연구가 차지하는 비중이 높았고, 국토교통부에서도 전체 연구단계 중 개발연구에 집중적으로 투자하는 것으로 확인

[표 3-21] 부처별 연구단계에 따른 주택 에너지관련 분야 R&D 예산 투자 현황

(단위: 억 원, %)

부처명 \ 연구단계	기초연구	응용연구	개발연구	기타	합계
과학기술정보통신부	105.39	22.26	35.99	2.37	166.00
교육부	5.37	-	-	-	5.37
국토교통부	-	-	264.00	1.90	265.90
다부처	-	-	12.29	-	12.29
산업통상자원부	39.69	297.03	893.50	152.85	1383.07
중소벤처기업부	-	-	42.48	-	42.48
환경부	-	3.86	4.96	-	8.82
합 계	150.44	323.15	1253.23	157.12	1883.93

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13)

□ 연구수행주체별 투자동향

- 정부 R&D 투자금을 기준으로 산업체(46.03%), 출연연(38.47%), 기타(8.41%), 대학(7.09%)로 나타났으며, 과제 수 기준으로 산업체(48.29%), 대학(25.64%), 출연연(17.09%), 기타(8.97%)순으로 높은 비중을 차지

[표 3-22] 수행기관별 주택 에너지관련 분야 R&D 투자 현황

(단위: 억 원, %)

년도 기관유형	'18	'19	'20	'21	'22	합 계	비 중
대학	1.44	10.67	38.52	40.37	42.48	133.48	7.09%
출연연	74.10	63.99	148.31	225.92	212.46	724.78	38.47%
산업체	184.25	169.76	204.09	182.52	126.55	867.16	46.03%
기타	20.48	5.39	56.08	58.31	18.25	158.51	8.41%
합 계	280.27	249.81	447.00	507.12	399.74	1883.93	100.00%

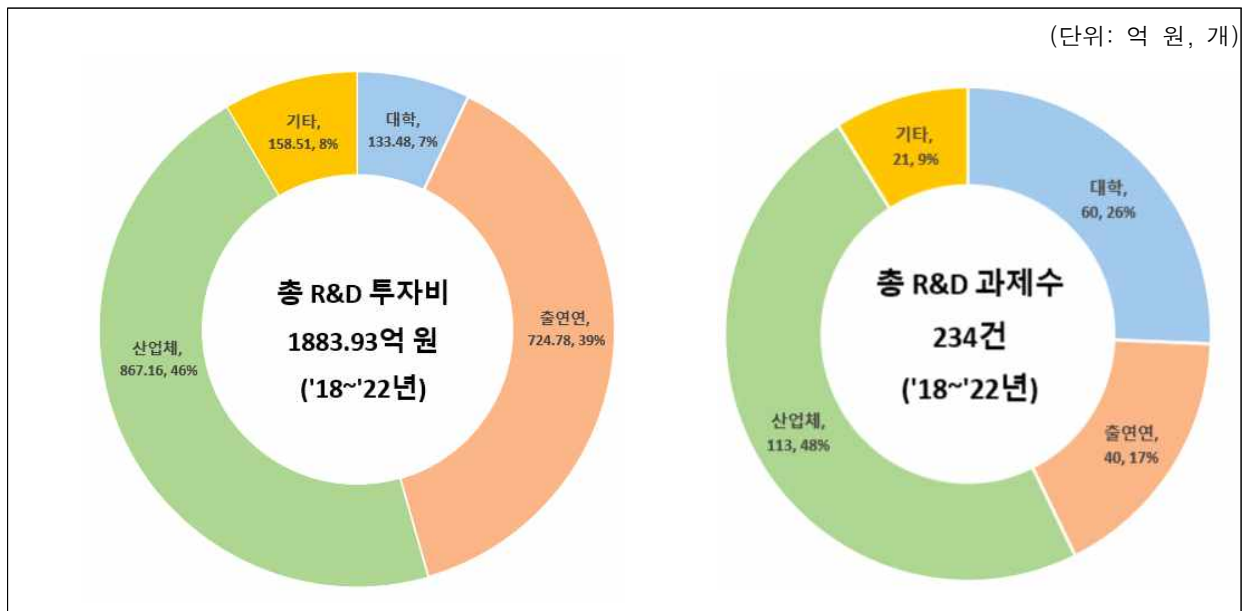
※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[표 3-23] 수행기관별 주택 에너지관련 분야 R&D 과제 현황

(단위: 억 원, %)

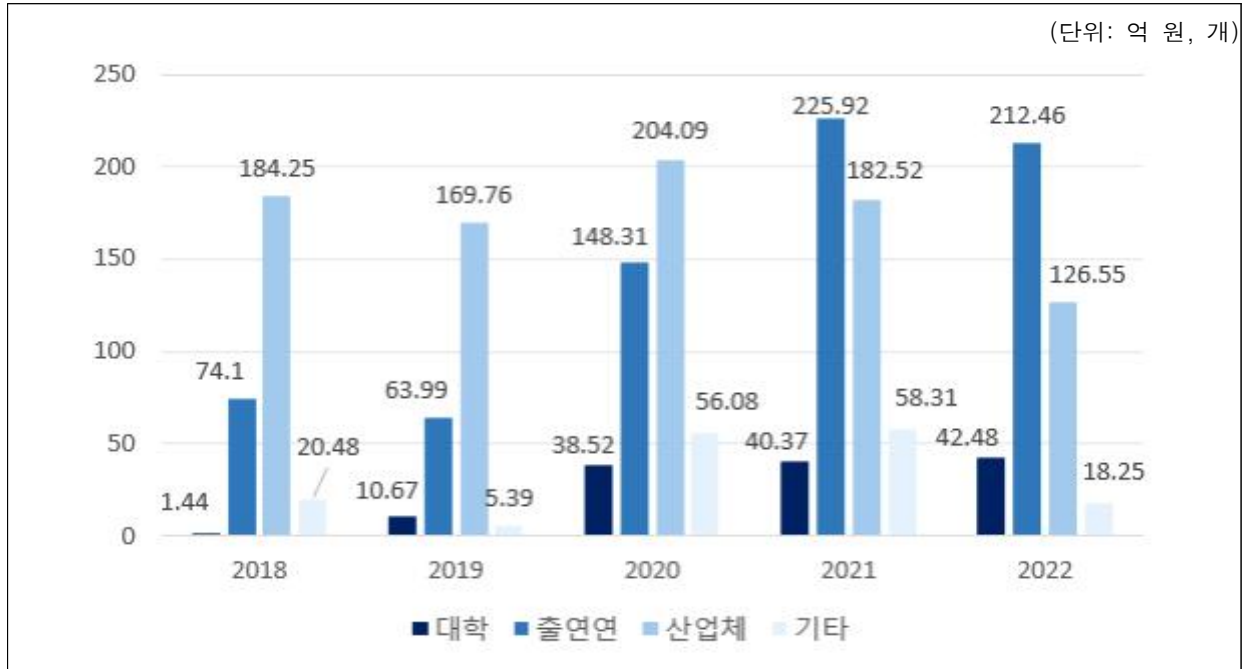
년도 기관유형	'18	'19	'20	'21	'22	합 계	비 중
대학	3	11	11	18	17	60	25.64%
출연연	7	8	11	10	4	40	17.09%
산업체	27	25	25	20	16	113	48.29%
기타	2	3	6	5	5	21	8.97%
합 계	39	47	53	53	42	234	100.00%

※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)



※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[그림3-34] 수행기관별 주택 에너지관련 분야 R&D 예산 투자 현황 및 과제 현황



※ 출처: 국가과학기술지식정보서비스 (2022.10.13.)

[그림 3-35] 수행기관별 연도별 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 R&D 예산 투자 현황

□ 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 국가전략기술의 수준 및 격차

- 건설·교통 분야의 3개의 국가전략기술의 평균 기술수준은 82.3%, 평균 기술격차는 2.6년 차이가 나는 것으로 분석되었으며, 3개 기술 모두 추격 그룹에 포함
  - 지능형 건물관리 기술의 기술수준은 82.0%, 기술격차는 3.0으로 추격그룹에 포함
  - 친환경 다기능 건설재료 기술의 기술수준은 80.0%, 기술격차는 3.0으로 추격그룹에 포함
  - 스마트홈 기술의 기술수준은 85.0%, 기술격차는 1.8년으로 추격그룹에 포함
- 에너지·자원 분야의 대용량 장수명 이차전지 기술의 기술수준은 96.0%, 기술격차는 0.5년으로 추격그룹에 포함

[표 3-24] 공동주택 에너지 효율 향상 기술분야 국가전략별 기술별 기술수준 및 기술격차

분야	국가전략기술	최고 기술국	기술수준·격차			연구단계역량	
			그룹	수준(%)	격차(년)	기초	응용개발
건설·교통	지능형 건물관리 기술	미국	추격	82.0	3.0	우수	우수
	친환경 다기능 건설재료 기술			80.0	3.0	우수	탁월
	스마트홈 기술			85.0	1.8	보통	우수
에너지·자원	대용량 장수명 이차전지 기술	미국	추격	96.0	0.5	보통	탁월

※ 출처: 2020년 기술수준평가(한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2021)

[표 3-25] 공동주택 에너지 효율 향상 기술 분야 국가전략별 기술

분야	국가전략기술	중점과학기술 설명
건설·교통	지능형 건물관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건물을 이루고 있는 각종 설비와 시스템들이 최첨단 ICT 기술들을 기반으로 통합·연동되어 건물 전체의 단계별 정보들을 감지·측정하여 정보화하고, 이를 기반으로 건물 설비, 소비 에너지들의 운영을 능동적으로 모니터링·제어·평가하여 체계적으로 건물을 관리하는 기술</li> <li>- 사용자들이 쾌적하고 편안한 상태에서 거주하는 동시에 생산성을 최대화할 수 있으며, 에너지 소비를 최적화하는 등 건물의 유지관리 비용을 절감하여 건물의 효용가치가 지속적으로 유지하는 기술</li> </ul>
	친환경 다기능 건설재료 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래 사회의 지속가능한 발전을 위한 고효율 에너지 건설재료, 인간친화형·친환경 건설재료, 선제적 재난대응 건설재료 등 고성능 건설재료 기술</li> <li>- 건설재료 기술을 포함한 설계, 시공, 유지관리, 성능 평가 등 건설재료 관련 전주기적 기술개발을 포함</li> </ul>
	스마트홈 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건물을 이루고 있는 각종 설비와 시스템들이 최첨단 ICT 기술들을 기반으로 통합·연동되어 건물 전체의 단계별 정보들을 감지·측정하여 정보화하고, 이를 기반으로 건물 설비, 소비 에너지들의 운영을 능동적으로 모니터링·제어·평가하여 체계적으로 건물을 관리하는 기술</li> <li>- 사용자들이 쾌적하고 편안한 상태에서 거주하는 동시에 생산성을 최대화할 수 있으며, 에너지 소비를 최적화하는 등 건물의 유지관리 비용을 절감하여 건물의 효용가치가 지속가능하게 유지하는 기술</li> </ul>
에너지·자원	대용량 장수명 이차전지 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 화학적 에너지를 전기로 변환시켜 외부에 전원을 공급하거나, 방전되었을 때 외부로부터 전원을 공급받아 전기를 화학적 에너지로 변환하는 이차전지의 저장용량을 혁신적으로 높이는 차세대 대용량 전기에너지 저장 기술</li> <li>- 대용량 장수명 전기에너지를 저장하는 이차전지 및 슈퍼커패시터를 뛰어넘는 차세대 이차전지 기술</li> </ul>

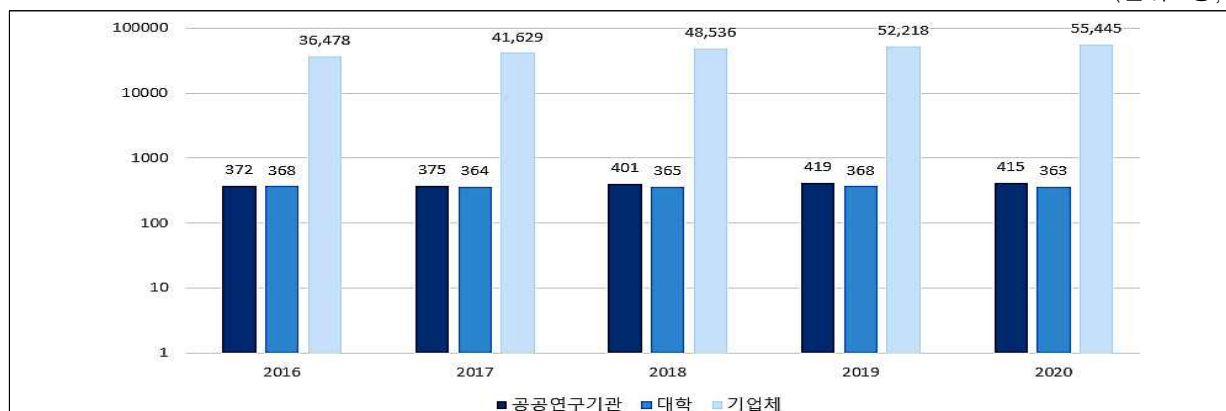
※ 출처: 2020년 기술수준평가(한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2021)

## 2) R&D 인프라 현황

### 가) 연구인력 현황

□ 우리나라 연구원 수는 기업체 387,448명, 공공연구기관 40,069명, 대학 110,619명으로 매년 증가하는 추세이므로 원활한 연구수행이 가능

(단위: 명, %)



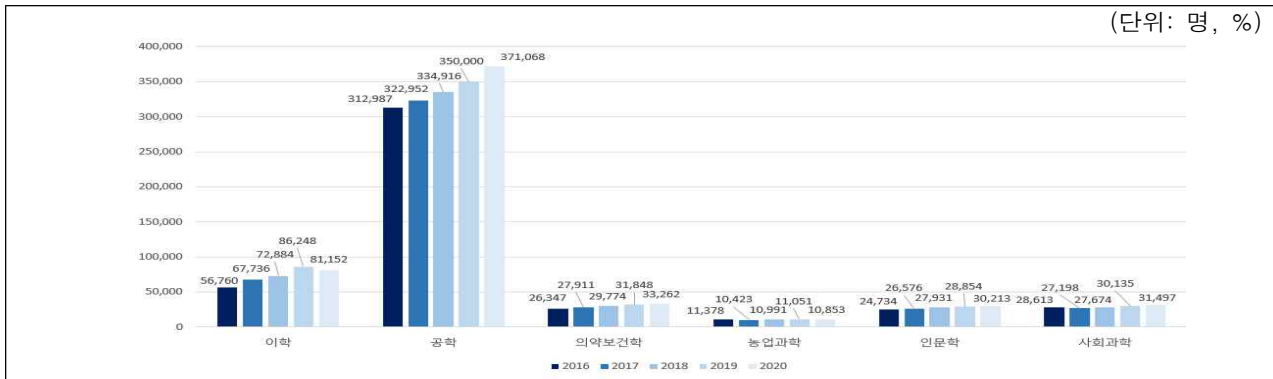
[그림 3-36] 우리나라 기관별 연구자 수 추이

[표 3-26] 우리나라 주체별 연구원 수

구분		2016	2017	2018	2019	2020
공공연구기관	연구원 수	372	375	401	419	415
	비중	1.0%	0.9%	0.8%	0.8%	0.7%
대학	연구원 수	368	364	365	368	363
	비중	1%	0.9%	0.7%	0.7%	0.6%
기업체	연구원 수	36,478	41,629	48,536	52,218	55,445
	비중	98.0%	98.3%	98.4%	98.5%	98.6%
총계	연구원 수	37,218	42,368	49,302	53,005	56,223
	비중	100%	100%	100%	100%	100%

※ 출처 : 과학기술정보통신부 한국과학기술기획평가원(2021), 2020년도 연구개발활동조사보고서

- '20년 과학기술 분야 총 연구자 수 496,335명(89%), 인문사회 분야 총 연구자 수는 61,710명(11%)이므로 국내 전공별 연구자 수는 총 558,045명으로 확인
- '20년 과학기술 분야 중 공학 전공자 수가 371,068명으로 전체의 66% 차지
- '20년 인문사회 분야 중 사회과학 전공자 수가 31,497명으로 전체의 6%를 차지
- '20년 공학(66%), 이학(15%), 의약보건학(6%), 사회과학(6%), 인문학(5%), 농업과학(2%) 순



※ 출처 : 과학기술정보통신부 한국과학기술기획평가원(2021), 2020년도 연구개발활동조사보고서

[그림3-37] 우리나라 전공별 연구자 수 추이

- 공학분야 인력은 총 1,691,923명이고, 이학분야 인력은 총 364,780명으로 본 사업에 필요 인력 인프라는 확보 가능한 수준으로 확인

[표 3-27] 우리나라 분야별 연구원 수

구분		'16	'17	'18	'19	'20
과학기술 분야	이학	56,760	67,736	72,884	86,248	81,152
	공학	312,987	322,952	334,916	350,000	371,068
	의약보건학	26,347	27,911	29,774	31,848	33,262
	농업과학	11,378	10,423	10,991	11,051	10,853
	소계	407,422	429,022	458,565	479,147	496,335
	비중	89	89	88	89	89
인문사회 분야	인문학	24,734	26,576	27,931	28,854	30,213
	사회과학	27,198	27,674	30,135	28,613	31,497
	소계	51,945	53,347	55,605	58,989	61,710
비중	11	11	12	11	11	
총계	453,262	460,769	514,170	538,136	558,045	
비중	100	100	100	100	100	

※ 출처 : 과학기술정보통신부 한국과학기술기획평가원(2021), 2020년도 연구개발활동조사보고서

### 3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 가. 사업설계를 위한 조사분석

##### 1) 주택에너지 문제 관련 사전조사

##### 가. 주택에너지 소비 이슈 관점 설문조사

###### □ 조사개요

- 조사목적 : 주택 에너지 소비 이슈와 관련하여 국민의 인식을 파악하고 수요자 관점의 의견수렴을 통한 난제 해결방안 발굴
- 조사대상 : 수도권 거주 일반인 516명
- 조사시기 및 기간 : 2022.08.10.~ 2022.08.21.(12일간)
- 조사방법 : 온라인 설문(Online Survey) 및 개별면접(Face to Face)
- 조사내용 : 주택 에너지 소비 이슈 관점에서 해결해야 하는 문제에 대해 주관식으로 질문
- 수요조사 결과 : 주택의 에너지 소비 이슈를 해결하기 위해 신재생에너지 기술, 에너지 효율 향상 기술 패시브(단열, 창호) 기술, 냉난방비 절약 기술 등의 순으로 보급이 확대되기를 요구하고 있는 것으로 확인

[표 3-28] 탄소저감 사회 대응 설계 방안 수요자 조사결과

Q. 주택의 에너지 소비 이슈 관점에서 우선 해결해야 하는 문제는 무엇이라고 생각하십니까?			
번호	의견 내용	인원(명)	비율
1	신재생에너지 사용	98	19%
2	에너지 효율 향상	83	16%
3	패시브(단열, 창호) 기술	49	10%
4	냉난방비 절약	46	8.9%
5	일상생활 속 에너지 저감 대책	45	8.8%
6	친환경 주택기술	2	0.4%
7	기타(원자력발전 확대 등)	48	9.2%
8	미응답(모름 등)	145	28.1%

※ 출처: 한국갤럽조사연구소(2022.08.23.)

##### 나) 기존 유사과제연구자 대상 의견수렴

###### □ 인터뷰 개요

- 인터뷰 목적 : 기존 공동주택 에너지 효율 향상 기술 관련 R&D 사업의 민간 시장보급 활성화 부진 원인 및 한계점을 파악하고 이를 극복할 방안에 대한 의견수렴 실시
- 인터뷰 대상 : 주택 에너지 분야 전문가 30명
- 인터뷰 시기 및 기간 : 2022.08.23.~2022.09.14.(23일간)
- 조사방법 : 원격 인터뷰(전화, 온라인 화상 인터뷰) 및 대면 인터뷰
- 조사결과 : 총 30명 대상의 인터뷰 조사 결과 시장경제성 부족, 기술 사업화 과정 미흡, 요소기술 간 호환 사업 미흡, 법·제도적 문제, 과제 방향성의 문제 등을 민간시장 상용화 부진 원인으로 지목

[표 3-29] 공동주택 에너지 분야 기존 유사 R&D 연구자 인터뷰 결과

no.	구분	주요 의견	사례수	계	비율
1	기술 사업화 과정 미흡	연구기간 및 비용 부족으로 인한 상용화 과정의 어려움	10	30	33%
		R&D를 통해 개발된 기술 소재를 활용한 후속사업 부족	5		
		신기술 보급·확산 등 사업 연계성 미흡	4		
		실증사업 이후 후속 지원 부재로 인한 기술 보완 및 고도화 과정 부족	3		
		개별 요소의 성능향상에 초점이 맞춰져 있는 R&D 환경	3		
		R&D 과제의 목표와 실제 시장 수요자의 요구사항 간 괴리로 인한 사업화 실패	3		
		규제 정책 및 관련 법규를 고려하지 않는 개발로 인한 상용화 과정의 어려움	2		
2	시장경제성 부족	기존 제품에 비해 성능은 우수하지만 높은 가격으로 인해 시장경쟁력 확보 실패	9	26	29%
		투자비용 회수까지 장기간 소요로 인해 발생하는 경제성 저하	6		
		기존 제품들과 호환 및 연계 불가로 인해 도입 시 추가 비용 발생	5		
		비용적 측면에서 기존 제품을 대체할 만큼의 경쟁력 미흡	4		
		설치부지 문제, 외관 등 도입 비용 외적인 추가 요소로 인한 시장성 부족	2		
3	요소 기술 간 호환 사업 미흡	다각적 문제를 해결할 수 있는 기술 간 네트워크 R&D 부족	7	15	17%
		요소기술 간 실증사업 데이터 공유 미비로 인해 사업화 과정의 어려움	3		
		요소기술별 독립적인 개발환경으로 인해 시장현장과 수요자의 다양한 니즈와 부합하지 않는 문제	3		
		요소 기술 간 성능·규격 등을 고려하지 않은 개발로 인해 실제 완제품(창호 등) 제작 시 계획했던 성능 충족의 어려움	2		
4	법·제도적 문제	혁신 기술과 맞지 않는 규제에 의한 시장진입의 어려움	5	10	11%
		혁신 기술의 상용화를 지원할 수 있는 인증 방법 및 체계 미비	2		
		기술 적용 대상 방법을 고려하지 않는 획일화된 규제 정책으로 인한 경직성 발생	2		
		혁신기술을 적용할 수 있는 법적 근거 부족으로 인한 상용화 사업 진행의 어려움	1		
6	기술 트렌드를 반영하지 못한 인증 항목	시장이 요구하는 다양한 성능(난연성 등)이 반영되지 않은 인증체계	4	6	7%
		복합적인 성능향상을 요구하는 시장 트렌드(단열과 SHGC 성능의 동반 상승 등)를 인증 항목에 신속히 도입하는 대응성 부족	2		
7	기술 신뢰성 증명의 어려움	보수적인 시장 성향으로 인해 혁신 기술의 성능 및 안전성 입증의 어려움	2	2	2%
8	기타	신기술 보급 확산까지 필요한 시간적 여유 부족	1	1	1%

## 다) 기술수요조사

### □ 조사개요

- 조사목적 : 공동주택 에너지 효율 향상 플랫폼 사업의 중점분야별 기술 도출
  - 신축과 기축 공동주택에 대하여 ZEB 3등급 이상의 성능 구현을 위해 필요한 기술
- 조사대상 : 건축 및 주택 관련 분야 산학연 전문가
- 조사기간 : 2022.03.~2022.11
- 조사방법 : 온라인(이메일 등)을 통한 서면조사
- 조사내용 : 총 49건의 기술 도출 (신축·기축 공통기술 42건, 기축 적용기술 7건)

[표 3-30] 기술수요조사 결과 신축 및 기축건물 공통 적용기술 리스트

I. 신축 및 기축건물 공통 적용기술			
No.	중점분야	세부기술	수요기술명
1	패시브	단열	철근콘크리트 건축물 열교부위 저감을 위한 벽체, 파리펫 및 보용 열교차단 단열구조체 실용화 기술개발
2	패시브	단열	탈부착이 가능한 열차단 성능 가변형 필름블라인드 개발 및 실증
3	패시브	단열	공동주택의 외피 단열성능 개선을 위한 모듈형 경량 단열시스템
4	패시브	창호	Low-e 필름을 이용한 성능 가변형 창호 구현 기술
5	패시브	창호	공동주택 에너지 효율 개선을 위한 온도 조절형 단열 창문 기술개발
6	패시브	창호	외장재 일체형 창호 시스템
7	패시브	창호	공동주택의 외벽과 단열재 위치 등을 고려한 모듈형 슬림 창호 시스템
8	패시브	창호	안전난간 일체형 삽입형 창호 기술
9	패시브	외피	지능형 외피시스템(Cladding) 개발
10	패시브	외피	도시열기 흡수 외벽체 시스템의 고도화를 위한 소재 및 최적조합 기술개발
11	패시브	외피	공동주택의 외피 시스템 플랫폼 기술개발 및 상용화
12	패시브	천장 및 바닥	설비 결합형 천장 및 모세난방배관 바닥구조를 활용한 층고 확보형 기술
13	패시브	요소기술통합	제로에너지 최적 주거모델 & 리모델링 모델 개발 및 실증
14	패시브	요소기술통합	공동 건축물 에너지 효율 향상 기술 개발
15	액티브	통합설비	신재생에너지를 활용한 제로에너지건축 전용 자립형 냉방/난방/급탕/환기 통합 설비설계 및 기술개발
16	액티브	통합설비	공동주택용 고효율 통합 설비 기술개발
17	액티브	통합설비	다중열원 활용 냉난방 설비 최적화 기술
18	액티브	통합설비	에너지 효율화 목표형 통합설비(환기, 냉방, 급탕 등) 기술개발
19	액티브	보일러	난방 및 급탕 효율 향상을 위한 시스템 보일러 기술개발
20	액티브	실내환경	Well 인증 기반 실내 환경 측정 분석 모니터링 플랫폼 개발
21	액티브	공조시스템	공동주택을 위한 저에너지 친환경 All-In-One 공조시스템 개발
22	액티브	건물에너지관리	탄소중립에 대응하는 Smart 기술 연계 Zero Energy Ready Home 구현 기술
23	액티브	건물에너지관리	건물에너지 통합 평가 Tool 개발
24	액티브	건물에너지관리	건물에너지 모니터링 및 생활편의 화상 시스템통합 개발
25	액티브	건물에너지관리	탄소저감연계 제로에너지하우스의 에너지 다소비 제품의 전력손실 저감을 위한 건축물에너지 설계·운영(BIM-BEMS) 통합기술 개발 및 실증
26	액티브	건물에너지관리	디지털 건축기반 전생애 성능관리 인증체계 개발
27	액티브	건물에너지관리	BIM 설계기반 환경대응형 공동주택성능관리 인벤토리 구축
28	액티브	건물에너지관리	전생애 성능-비용 최적화 의사결정 지원 도구(플랫폼) 개발

I. 신축 및 기축건물 공통 적용기술			
No.	중점분야	세부기술	수요기술명
29	신재생	태양열	공동 건축물 태양열 흡수열 활용 무료 온수 / 무료 냉방 실현의 신재생 에너지 활용 기술
30	신재생	태양광	BIPV 적용 디테일 및 디자인 개발
31	신재생	태양광	공동주택 BIPV 기반 All-in-one 세대 에너지공급시스템 개발
32	신재생	태양광	공동주택의 단열 성능을 고려한 외피일체형 모듈형 태양광 발전 시스템
33	신재생	태양광	양면형 PV 모듈을 적용한 고성능·고효율 외벽일체형 BIPV 시스템 개발
34	신재생	태양광	CIGS 박막 태양광 모듈을 활용한 창호 태양광 발전 설비 개발
35	신재생	태양광 외	옥상, 입면 BAPV 및 연료전지, 지열 등 최적조합 설계
36	에너지공유	에너지공유	도시 커뮤니티 단위에서 저탄소 에너지 효율화를 위한 에너지 공유 스테이션 구축 기술
37	에너지공유	에너지공유	지능형 플러스 에너지 주택 기술
38	에너지공유	에너지공유	커뮤니티 내 에너지 연계기술 개발 및 활용
39	에너지공유	에너지공유	플러스에너지 커뮤니티 구현을 위한 설계기술 개발 및 실증
40	에너지공유	에너지공유	커뮤니티 가상발전 및 에너지공유 기술기반 고층·고밀도 건물 에너지 자립을 향상 기술 개발
41	에너지공유	에너지공유	에너지 플랫폼 운영관리 기술 통합 및 보급모델 개발
42	에너지공유	에너지공유	공동주택 단지형 에너지관리플랫폼(Housing Complex Energy Management System) 개발

[표 3-31] 기술수요조사 결과 기축건물 적용기술 리스트

II. 기축건물 공통 적용기술			
No.	중점분야	세부기술	수요기술명
1	신재생	태양열	제한된 낮은 층고에서 층간소음을 저감할 수 있는 온돌구성층 및 천장구조 개발
2	신재생	태양광	층간소음 저감 및 에너지효율 향상을 위한 고단열·충격 흡수형 완충재 활용 천장구조그린리모델링 기술 개발
3	신재생	태양광	모세난방배관을 활용한 기존 공동주택 리모델링용 슬림형 바닥구조시스템 개발
4	신재생	태양광	기존 공동주택에 적용가능한 무덕트형 소형 환기장치 및 무선 컨트롤러 개발
5	신재생	태양광	제로에너지 건축물 비용 최적화 기술
6	에너지공유	에너지공유	공동주택 리모델링 사례 DB 기반 구조안전성 검토 자동화 시스템 개발
7	에너지공유	에너지공유	국가레벨 공동주택 그린리모델링 진단-설계-검증-모니터링 플랫폼 개발

## 라) 중점분야별 수요기술 우선순위 도출

### □ 수요기술(총 49건)에 대한 기술평가 실시

- 49건의 수요기술을 대상으로 ZEB 3등급 이상의 성능구현을 위해 우선 적용해야 할 중점분야별 세부기술 도출 목적의 기술평가를 실시
  - 기술 평가자 : 동 사업의 기획위원회의 산학연 전문가 활용
  - 기술평가 실시기간 : 2022.11.21.~2022.12.2
  - 기술평가 방법 : 각 기술별로 매력도(기술성공 가능성, 기술 파급효과) 및 적합도(전략적 중요성, 실행 용이성)에 대해 1~5점으로 평가 진행

[표 3-32] 기술평가 항목 및 내용

평가 항목		평가 내용
매력도 (50%)	기술성공 가능성(25%)	해당 기술의 추진을 통하여 목표한 성과달성이 가능한가? - ZEB 3등급 이상의 기술성능 달성 가능성
	기술파급효과 (25%)	기술이 완성되었을 경우 과학적, 사회·경제적 파급효과가 높은 기술인가? - 단가절감 가능성
적합도 (50%)	전략적 중요성(25%)	국가차원에서 전략적으로 추진이 필요한 기술인가?
	실행 용이성(25%)	기술개발의 추진 및 활용단계에서 장애요인이 낮고, 자원(인적, 물적)의 투입이 원활한 등 그 실행이 용이한가? - 상용화 가능성

○ 기술평가 실시 결과에 따른 우선순위 도출

- 평가자들이 부여한 각 기술별 평가점수를 취합하여 전체 평균값을 산출하여 각 중점 분야 세부기술별 순위에 따른 등급 분류
  - 각 기술별 전체 평균점수 도출 및 고득점순에 따른 순위 도출
  - 신축·기축건물 공통 적용기술은 전체평균 및 순위에 따라 S, A, B 3개 등급으로 분류
    - ① S등급 : 1~12위(최저 3.30~최고 4.05), ② A등급 : 13~24위(최저3.15~최고3.25), ③ B등급 : 25~40위(최저 2.55~최고 3.10)
  - 기축건물 적용기술은 각 세부기술별 득점순으로 정리

[표 3-33] 기술평가 결과에 따른 중점분야별 세부기술 등급 분류

신축·기축건물 공통 적용기술			
- S등급군			
중점분야	세부기술		수요기술명
	분야	순위	
패시브	창호	1	Low-e 필름을 이용한 성능 가변형 창호 구현 기술
패시브	창호	2	외장재 일체형 창호 시스템
패시브	천장 및 바닥	1	설비 결합형 천장 및 모세난방배관 바닥구조를 활용한 층고 확보형 기술
패시브	요소기술통합	1	제로에너지 최적 주거모델 & 리모델링 모델 개발 및 실증
액티브	건물에너지관리	1	전생애 성능-비용 최적화 의사결정 지원 도구(플랫폼) 개발
액티브	건물에너지관리	2	건물에너지 통합 평가 Tool 개발
액티브	통합설비	3	공동주택용 고효율 통합 설비 기술 개발
신재생	태양광	1	공동주택의 단열 성능을 고려한 외피일체형 모듈형 태양광 발전 시스템
신재생	태양광	2	양면형 PV 모듈을 적용한 고성능·고효율 외벽일체형 BIPV 시스템 개발
신재생	태양광	3	공동주택 BIPV 기반 All-in-one 세대 에너지공급시스템 개발
신재생	태양광	4	BIPV 적용 디테일 및 디자인 개발
신재생	태양광 외	5	옥상, 입면 BAPV 및 연료전지, 지열 등 최적조합 설계
에너지공유	에너지공유	1	플러스에너지 커뮤니티 구현을 위한 설계기술 개발 및 실증
- A등급군			
중점분야	세부기술		수요기술명
	분야	순위	
패시브	단열	1	공동주택의 외피 단열성능 개선을 위한 모듈형 경량 단열 시스템
패시브	단열	2	철근콘크리트 건축물 열교부위 저감을 위한 벽체, 파리펫 및 보용 열교차단 단열구조체 실용화 기술개발
패시브	외피	1	공동주택의 외피 시스템 플랫폼 기술개발 및 상용화
패시브	요소기술통합	1	공동 건축물 에너지 효율 향상 기술 개발
액티브	통합설비	1	다중열원 활용 난방 설비 최적화 기술
액티브	보일러	1	난방 및 급탕 효율 향상을 위한 시스템 보일러 기술 개발
액티브	공조시스템	1	공동주택을 위한 저에너지 친환경 All-In-One 공조시스템 개발
액티브	실내환경	1	Well 인증 기반 실내 환경 측정 분석 모니터링 플랫폼 개발
액티브	건물에너지관리	1	BIM 설계기반 환경대응형 공동주택 성능관리 인벤토리 구축
액티브	건물에너지관리	2	디지털 건축기반 전생애 성능관리 인증체계 개발
에너지공유	에너지공유	1	커뮤니티 가상발전 및 에너지공유 기술기반 고층·고밀도 건물 에너지 자립을 향상 기술 개발
에너지공유	에너지공유	2	커뮤니티 내 에너지 연계기술 개발 및 활용

**신축·기축건물 공통 적용기술**

**- B등급군**

중점분야	세부기술		수요기술명
	분야	순위	
패시브	단열	1	탈부착이 가능한 열차단 성능 가변형 필름블라인드 개발 및 실증
패시브	창호	1	공동주택의 외벽과 단열재 위치 등을 고려한 모듈형 슬림 창호 시스템
패시브	창호	2	공동주택 에너지 효율 개선을 위한 온도 조절형 단열창문 기술개발
패시브	창호	3	안전난간 일체형 삽입형 창호 기술
패시브	외피	1	지능형 외피시스템(Cladding) 개발
패시브	외피	2	도시열기 흡수 외벽체 시스템의 고도화를 위한소재 및 최적조합 기술개발
액티브	통합설비	1	신재생에너지를 활용한 제로에너지건축 전용 자립형 냉방/난방/급탕/환기 통합 설비설계 및 기술 개발
액티브	통합설비	2	에너지 효율화 목표형 통합설비(환기, 냉방, 급탕 등) 기술 개발
액티브	건물에너지관리	1	탄소중립에 대응하는 Smart 기술 연계 Zero Energy Ready Home 구현 기술
액티브	건물에너지관리	2	탄소저감연계 제로에너지하우스의 에너지 다소비 제품의 전력손실 저감을 위한 건축물에너지 설계·운영(BIM-BEMS) 통합기술 개발 및 실증
액티브	건물에너지관리	3	건물에너지 모니터링 및 생활편의 화상 시스템통합 개발
신재생	태양열	1	공동 건축물 태양열 흡수열 활용 무료 온수 / 무료 냉방 실현의 신재생 에너지 활용 기술
신재생	태양열	2	CIGS 박막 태양광 모듈을 활용한 창호 태양광 발전 설비 개발
에너지공유	에너지공유	1	에너지 플랫폼 운영관리 기술 통합 및 보급모델 개발
에너지공유	에너지공유	2	공동주택 단지형 에너지관리플랫폼 (Housing Complex Energy Management System) 개발
에너지공유	에너지공유	3	도시 커뮤니티 단원에서 저탄소 에너지 효율화를위한 에너지 공유 스테이션 구축 기술
에너지공유	에너지공유	4	지능형 플러스 에너지 주택 기술

**기축건물 공통 적용기술**

중점분야	세부기술		수요기술명
	분야	순위	
패시브	환기	1	기존 공동주택에 적용가능한 무덕트형 소형 환기장치 및 무선 콘트롤러 개발
패시브	천장 및 바닥	1	층간소음 저감 및 에너지효율 향상을 위한 고단열·충격 흡수형 완충재 활용 천정구조그린리모델링 기술 개발
패시브	천장 및 바닥	2	제한된 낮은 층고에서 층간소음을 저감할 수 있는 온돌구성층 및 천장구조 개발
패시브	천장 및 바닥	3	모세난방배관을 활용한 기존 공동주택 리모델링용 슬림형 바닥구조시스템 개발
액티브	건물에너지관리	1	제로에너지 건축물 비용 최적화 기술
액티브	진단관리	1	국가레벨 공동주택 그린리모델링 진단·설계·검증·모니터링 플랫폼 개발
액티브	진단관리	2	공동주택 리모델링 사례 DB 기반 구조안전성 검토 자동화 시스템 개발

□ 공동주택 ZEB 3등급 이상의 성능구현을 위한 중점분야 우선순위 도출

- 산학연 전문가로 구성된 동 사업의 추진 기획위원회 논의를 통해 공동주택 ZEB 3등급 이상의 공동주택 에너지 효율 향상 기술 중점분야 도출
  - 중점분야 우선순위 : 신재생 > 조명 > 보일러 > 환기·기밀 > 패시브 기술(창>단열>문)
- 우선순위를 바탕으로 ZEB 3등급 이상의 공동주택 에너지 효율 향상 기술확보 및 향후 연구성과물의 사업화 추진을 위해 도달해야 할 기술성과와 비용절감 측면의 사업 목표 설정 필요

## 2) 관련 사업 추진현황 및 중복성 검토

### 가) 유사 부처사업 현황 및 중복성 검토

#### □ 부처 단위 사업 중복성 검토 수행

- NTIS를 통해 ‘주택’, ‘에너지’ 등의 키워드를 활용하여 부처별 수행 사업 중 8개의 유사 사업을 도출하였으며, 동 사업과의 차별성 및 연계성 검토를 수행
  - 2050 탄소중립 실현은 범정부 차원에서 추진하는 국가 정책으로 건물에너지 관련 기술개발 및 실증사업은 부처간 칸막이 없이 국토부, 산업부, 환경부 등 유관부처에서 활발히 진행중
    - 「에너지 탄소중립 혁신전략」(관계부처 합동, 2021.12.10.)에서 주요 추진과제1 “청정에너지 시스템으로의 전환 가속화”를 통해 재생에너지 보급 확대 및 주력 발전원 도약 기반 구축 제시
    - 산업부, 국토부, 교육부 등 관계부처 합동을 통해 건물에너지 수요부문의 고효율저소비 구조 전환을 위해 신재생에너지 기술, 건축자재 기술 등의 애로사항 해결을 통한 보급 확대 추진
  - 최근 건물에너지 관련 각 부처별로 진행되고 있는 연구개발은 실증단계까지 포함하고 있으나, 대부분 학교, 기관 등 공공건물을 대상으로 한 요소기술 단위의 실증에 머물러 있음
    - (타 부처 유사 R&D 사례) ① 산업통상자원부 에너지수요관리 핵심기술개발
    - ② 산업통상자원부 신재생에너지 핵심기술개발사업

< 태양광 입지별 확충 전략 >

구분	입지 전략	관련부처
일반 건물 (옥상, 벽면)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제로에너지건축물 공공기관 설치 의무화 제도 강화(산업부, 국토부)</li> <li>• 심미성, 이용률 향상을 위한 건물일체형 태양광(BIPV) 보급 확대</li> <li>• 그린 스마트스쿨 등을 통한 학교옥상 태양광 활성화(교육부)</li> </ul>	산업부 국토부 교육부 등
지상 유휴부지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국유 유휴부지 발굴(기재부, 산업부, 정보제공 플랫폼 구축(산업부))</li> <li>• 매립지, 노상주차장, 고속도로 잔여지 등 활용확대(범부처)</li> </ul>	산업부 기재부 등
공장 및 창고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업단지 및 공장·창고 지붕 등 기업맞춤형 태양광 재정지원</li> <li>• RE100 및 자가용 인센티브와 연계를 통해 경제성 제고</li> </ul>	산업부 국토부 등
공유수면, 영농형 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경성 수용성을 최우선으로 고려하여 보급가능토록 제도 합리화</li> <li>• 염해농지(농식품부), 수상(농식품부·환경부), 영농형(농식품부) 등 수용성이 확보된 우선공급입지 발굴(30년)</li> </ul>	농식품부 환경부 산업부 등

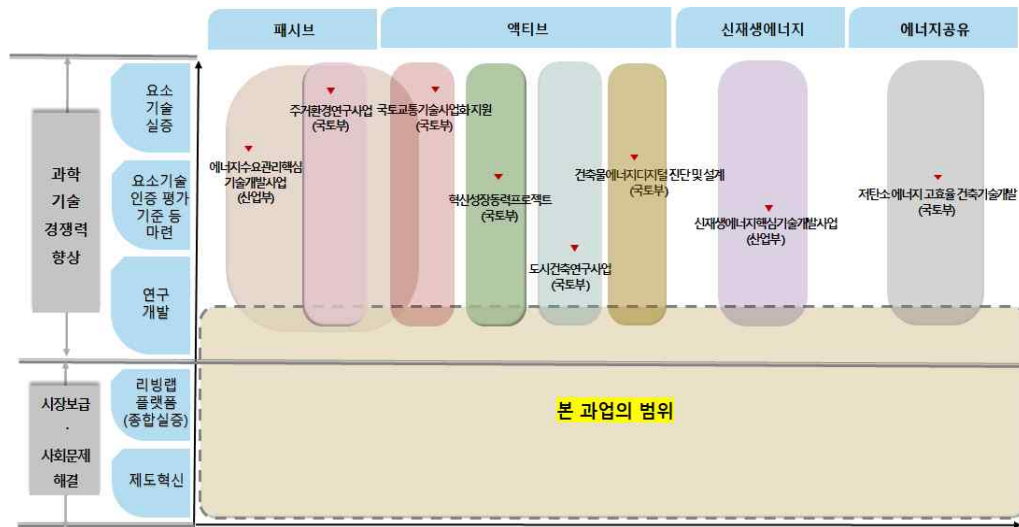
※ 출처 : 「에너지 탄소중립 혁신전략」(관계부처 합동, 2021.12.10.) 중 일부 발췌(p.9)

【에너지공공기관 스마트 에너지솔루션 보급협력 사업】	
협약주체 및 사업명	세부내용
남부발전-용산구 『스마트 그린 용산』	- 용산구 공공건물 수요효율화 및 디지털 수요관리 기술실증
동서발전-서울대-연세대 『나이스 에너지 캠퍼스』	- 캠퍼스 내 에너지진단 및 최적 수요효율화 솔루션 도출
중부발전-신한은행 『에코 프론티어뱅크』	- AI 기반 에너지관리시스템 기술 도입 및 에너지진단
한전-N서울타워 『그린 브로드캐스트』	- N서울타워 에너지진단·컨설팅 시행 및 BIPV 구축
에코단-서울에너지공사 『에너지효율 프로모터』	- 건물 에너지효율화 제도 권한이양 및 BIPV 보급 협력

※ 출처 : 「산업부-서울시 에너지효율혁신 협력비전 선포식」, 산업통상자원부 보도자료 중 일부 발췌(p.3)

[그림 3-38] 건물에너지 관련 유관부처별 사업 추진 현황

- 동 사업은 국토부의 고유영역인 제로에너지 건축물의 보급 확산을 통한 국토의 저탄소화 실현을 뒷받침하기 위한 공동주택 대상 기술개발과 종합실증을 추진하는 점에서 타 부처 사업과 차별화
  - 기존 타 부처 R&D에서 다루지 않았던 공동주택 대상 기존 개발 기술의 고도화, 요소 기술 간 연계, ZEB 건축자재의 원가절감 등을 위한 기술개발 추진
  - 동 사업을 통해 국산화에 성공한 개발 제품을 실제 수요자인 국민 대상 POE(거주 후 평가)를 포함한 리빙랩에 적용하여 ZEB 중점기술들의 종합 실증을 추진



[그림 3-39] 기존 유사사업과의 차별성

[표 3-35] '공동주택 에너지' 유사사업('22년 기준)과의 중복성 검토 수행내용

사업명	도시건축연구사업	주거환경연구사업	저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발 사업
소관부처	국토교통부	국토교통부	국토교통부
관리기관	국토교통과학기술진흥원	국토교통과학기술진흥원	국토교통과학기술진흥원
사업기간	'07~계속사업	'14~계속사업	'19~계속사업
예산	49억('22년)	12억('22년)	70억('22년)
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국민의 행복 증진과 도시의 활력 제고를 위해 생활 인프라 확충, 안전한 생활환경 조성, 도시재생 활성화 등 관련 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거 공간의 쾌적화, 장수명화, 안전성 확보를 지향하는 국민 체감형 주택 기술개발을 통해 국민 행복을 만드는 주거공간 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 건물부문 온실가스 감축과 건축물 에너지 절감을 위해 기존 건축물 저탄소 에너지효율화 기술 및 에너지공유 플랫폼 기술 등을 적용한 최적 에너지 공유 커뮤니티 구축 및 보급 모델 개발</li> </ul>
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기 개발된 기술을 바탕으로 제로에너지 주택 단지기술 확보를 통한 에너지복지 실현</li> <li>· 에너지 효율등급 1+++등급,</li> <li>· 녹색건축 (최우수), 독일 패시브(PHI) 인증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 적용공법 개발 및 실증</li> <li>· 고성능 창호, 초단열 방화문, 단열 신소재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 공동주택 에너지 소비량 감소에 따른 온실가스 감축</li> <li>- 공공건축물 노후화 개선에 따른 제로에너지화</li> <li>- 건축물 에너지 사용량 평가 및 경제성/타당성 검토 종합 프로그램 개발</li> <li>- 건축시장의 그린리모델링 확산에 기여</li> </ul>
차별성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 사업은 TRL 5~8단계 수준의 국산 기술의 완성도를 제고하여 실증 추진</li> <li>- 본사업은 국내 제로에너지건축물 기준에 부합하는 ZEB 3등급 달성을 민간건설사에 최적모델 제시 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본사업은 개별 요소기술이 아닌 통합적인 실증목표(ZEB 3등급)를 달성함으로써 요소기술간의 연계/통합기술 개발 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구범위가 패시브, 액티브, 신재생에너지, 에너지 공유 중 에너지 진단 및 공유 분야(SW)에 국한되어 본 사업과는 차별화됨</li> </ul>
연계성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거용 건축물의 제로에너지화를 위한 R&amp;D를 신규 발굴하면서 기존 기술에 추가적인 보완이 필요하다고 판단되는 미해결 문제를 도출하고 동 사업 기획에 연계·반영하여 실효성 있는 R&amp;D 및 사업화 지원 프로그램을 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 쾌적한 주거공간(Healthy House) 조성을 위한 R&amp;D 사업 수행을 통해 개발한 냉난방 효율 기술 등 에너지 사용 저감 기술들을 활용하여 효과적인 공동주택 에너지 효율 향상 R&amp;D 및 사업화과정 연계 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 추진 중인 과제를 통해 도출 될 에너지공유 커뮤니티 기술 및 실증데이터를 연계·활용하여 효과적인 실증 및 상용화 결과물 도출 가능</li> </ul>

나) 과제 단위 중복성 검토

- 2022년도 국토교통과학기술연구개발사업 시행계획’에 명시된 유관 과제(3개) 및 NTIS 검색을 통해 총 636개의 과제를 대상으로 과제 단위 중복성 검토 수행
- NTIS 검색 및 국토부 소관 연구개발 사업 선행과제 636개를 대상으로 중복 과제 및 세부 검토를 통해 최종 11건의 과제를 도출
  - (NTIS 검색) ‘에너지’ 키워드\*로 최근 5년간(‘18년~’22년)의 과제검색 결과, 총 636건의 과제를 추출
    - \* 공동주택 분야에 적용가능한 과제의 포괄적 탐색 및 검토를 위하여 ‘주택 에너지’가 아닌 ‘에너지’ 키워드로 검색
  - (국토부 연구개발 사업 과제 검토) ‘22년 기준 ‘주택 에너지’ 관련 수행과제는 총 3건으로 확인

[표 3-36] ‘공동주택 에너지’ 관련 과제 단위 중복성 검토 수행내용

수행단계	대상 과제 수(건)	제외 과제 수(건)	검토 과제 수(건)
최종 도출 과제	636	625	11

NTIS 과제검색 수행단계 및 제외 내용	제외 과제 수(건)	총 과제 수(건)
1. 과제명 및 연구내용 동일 제외	348	288



2. 세부 검토* 수행(키워드 검토) *과제명, 연구내용, 한글 키워드 항목을 기준으로 본 사업과 관련 없는 연구를 수행하는 과제를 세부 키워드 검토를 통해 제외	277	11
- 건축(물) 분야와 관련성 없는 과제 • 태양전지(16), 서비스(12), 원자로·원전(10), 연료전지(10) 연구센터(7) 농업(6), 산업(5) 등	143	-
- 공동주택 분야와 관련성 없는 과제 • 빌딩(7), 그리드(6), 학교(5), 단지(3), 병원(3), 공공 건물(3), 마을(3), 공장(2), 도시(2), 캠퍼스(1) 등	73	-
- 연구내용 검토 결과 공동주택 에너지효율 향상 분야와 연관성이 없거나 적은 과제	61	-



3. 도출된 과제 11건에 대한 검토 수행	-	11
-------------------------	---	----

○ 유사과제별 차별성 및 연계 활용방안

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	차별성 및 연계 활용방안
국토교통부 일반사업 / 주거환경연구사업	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발	명지 대학교 산학 협력단	2013.10.14. ~ 2018.04.13.	국고 17,982	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지속가능한 미래도시 구현 방안으로 제로에너지 주택단지 구축</li> <li>• 보급 가능한 제로에너지 주택 단지기술 확보를 통한 에너지복지 실현</li> <li>• 쾌적한 생활환경조성 및 임대세입자 주택공급방안 제안을 통한 주거복지 실현</li> <li>- 제로에너지 주택단지 확산을 위해 기 개발된 기술을 바탕으로 보급 가능한 녹색융합기술 개발</li> <li>• 국가 로드맵 구현 정책에 부합하는 녹색 기술력의 현주소 진단</li> <li>• 기 개발된 녹색기술의 융합기술 제안 및 보완정책 및 기술방안 제시</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산발적으로 개발된 기존 제로에너지 단지조성 녹색기술을 융합한 실증을 통해 기술수준 진단, 융합기술 발굴, 향후 기술개발 및 정책의 방향성을 제시</li> <li>• 제로에너지주택 및 단지 융합기술 연구</li> <li>• 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 설계</li> <li>• 제로에너지주택 및 커뮤니티 시공</li> <li>• 제로에너지 성능 검증방법 개발</li> <li>• 제로에너지 시공 및 운영관리 매뉴얼 개발</li> <li>• 제로에너지 및 쾌적성 모니터링</li> </ul> </li> <li>- 실증단지 최종 목표                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 효율등급 1+++등급, 녹색건축 인증 (최우수), 독일 패시브(PHI) 인증</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 수행과제에서는 기 개발 및 시장에 보급된 에너지 성능 관련 자재(국산, 수입 자재 포함)를 대상으로 공모하고 최종 선정된 자재를 이용하여 ZEB 최적화 연구를 진행하고 실증단지 구축 및 모델별 경제성 검증</li> <li>- 반면, 본 사업은 국내 주택에너지 효율 향상 분야 R&amp;D 성과물에 대한 기술사업화 성공률을 높이고, 관련 제품의 국산화와 빠른 시장보급을 목표로 설정</li> <li>• TRL 5~8단계 수준의 국내 기개발 기술, 신기술, 융합기술을 대상으로 제품 개발 및 사업화 지원</li> <li>• 실 수요 현장의 니즈에 적합한 기술발굴 및 개발을 위한 임무지향형 연구개발 및 현장실증 방식의 R&amp;D 플랫폼 사업 추진</li> <li>- 시장보편화 목적의 기존 제품 대비 원가 절감 및 기술력이 상향 평준화된 ZEB 3 등급 이상의 적정비용 고효율 제품 개발</li> <li>• 기존 제품 대비 성능향상 또는 원가 절감 10% 이상</li> <li>- 본 사업을 통해 개발한 국산 제품으로 ZEB 종합 실증 추진</li> <li>- 실증단지 최종 목표                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 3등급 인증 달성</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ (연계방안)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기 수행 과제에서는 수입 자재의 국산화 및 초기공사비용 절감, 건축물의 장기 수선에 대비한 부품의 규격화 및 대체부품 개발의 필요성 등의 정책을 제안</li> <li>- 기 수행 사업인 '제로에너지 주택 및 단지 최적화 모델 개발' 사업에서 도출한 주택 에너지 분야 R&amp;D 추진방향과 연계하여 본 사업에서 도출된 ZEB 3등급 최적화 모델 및 가이드라인을 민간에 제시 가능</li> <li>- 시장보급형 고효율 제품의 보급확산을 위한 기반 조성을 통해 ZEB 인증 전연화 실현에 기여</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	차별성 및 연계 활용방안
국토교통부 일반사업 / 주거환경연구사업	제로에너지 주택 건축 활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발	한국 건설기술 연구원	2018.04.02 ~ 2022.06.30	6,130	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 절약형 자재 및 기술조사를 통해 기존 기술 적용 사례 및 유형을 DB화하여 자재별 에너지 절약 비용 및 효과 분석</li> <li>- 구축된 DB를 바탕으로 기술개발 로드맵을 도출하여 제로에너지 및 기술 인증 플랫폼 구축</li> <li>- 기술 및 가격경쟁력을 확보한 건축 자재 및 적용공법을 개발하여 실증 및 결과 분석</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 절약형 자재, 시스템, 공사비를 DB화하고 국내·외 제로에너지 기술 및 인증체계를 분석하여 목표 수준 설정</li> <li>- 제로에너지 건축물 구축을 위한 패시브/액티브 분야 고성능·적정가격 건축 요소 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고성능 창호, 초단열 방화문, 단열 신소재 등</li> </ul> </li> <li>- 건축물 유형별 실증사업을 통해 성능 확인 및 평가를 거쳐 이를 바탕으로 시방서 개발</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 건축 활성화를 위해 기존 자재 및 기술들을 DB화하여 분석하고 건물 용도와 형태별 요구에 맞추어 성과와 가격경쟁력을 향상시킴으로써 성과물을 시장에 보급 확산</li> <li>- 반면, 본 사업은 개별 요소기술이 아닌 에너지 난제 해결을 위해 공동주택 에너지 혁신 개발 기술의 통합 실증을 통해 요소기술 간 유기적인 연계 및 종합적인 성능을 검증하는 점에서 차별성이 있음</li> <li>- 또한, 법/제도 개선을 통해 개발 기술들의 시장 진입 장벽을 낮춤으로써 조기 상용화, 시장보급 활성화를 이끌어낸다는 점에서 기존 사업과 차별화</li> </ul> </li> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구내용 중 ‘기존 자재/기술 DB 구축’을 활용, 본 사업의 상용화 지원 대상 탐색</li> <li>- 연구내용 중 ‘패시브/액티브 분야 고성능·적정가격 건축 요소 개발’ 성과물을 본 사업 기술개발 및 사업화에 연계 활용</li> <li>- 본 연구에서 개발된 기술들을 DB화하여 기존 R&amp;D 후속지원 가능</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
국토교통부 일반사업/ 저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발 사업	기존 건축물 저탄소 에너지효율화 리모델링 최적 모델 개발	한국 에너지 기술 연구원	2019.04.01. ~ 2023.12.31.	4,940 (‘19~’21 기준)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 건축물을 대상으로 리모델링 단계별 공사비용 30% 절감 및 냉난방부하 최대 50% 저감을 위한 맞춤형 저탄소 에너지 효율화 기술 개발을 통한 국내 리모델링 건축 활성화 촉진</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 건축물 저탄소 에너지 효율화 최적모델 기반 구축</li> <li>- 기존 건축물 저탄소 에너지 효율화 기술 패키지 개발(고단열, 고기밀, 고효율 창호/외단열 기술, 열교 차단 기술, 기밀 성능 향상 기술, 일사차단 기술 등)</li> <li>- 수요맞춤형 저탄소 에너지 효율화 최적 모델 보급 기반 구축</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 건축물 대상으로 공사비용은 절감하고 에너지 효율은 증대하는 저탄소 에너지 효율화 리모델링 기술개발을 통해 국내 리모델링 건축을 활성화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 신축 공동주택 에너지 효율 향상 기술 개발 및 상용화를 목표로 한다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연계방안)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구내용 중 ‘저탄소 에너지 효율화 기술 패키지 개발’ 성과물을 본 사업 패시브 기술 분야에 연계 활용</li> </ul> </li> </ul>	
국토교통부 일반사업/ 도시건축연구 사업	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발	(사)한국 패시브 건축협회	2019.04.01. ~ 2022.12.31.	6,930 (‘19~’21 기준)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모건축을 대상으로 신축·노후 건축물의 설계, 시공, 설비, 자재, 제도 등 현황을 분석하고 시장 밀착형 기술개발을 통해 소규모 건축물의 에너지 최적화 방법 도출 및 시장보급</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물 품질확보 방안 도출 (하자개선방안)</li> <li>- 소규모 노후 건축물 리모델링 공법별 성능개선 방안 도출 및 설계/시공 가이드라인 작성</li> <li>- 소규모 건축물을 위한 Plug-In 설비 통합시스템 설계 및 제작</li> <li>- 실증을 통한 통합설비 최적화</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물에 적용되는 설계, 시공, 자재, 제도 등을 분석하고 이를 통해 에너지효율 최적화 방법 도출 및 기술 개발하여 이를 상용화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 21층 이상 고층 공동주택 대상 에너지 효율 향상을 위한 기술개발 및 상용화를 목표로 설정했다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연계 방안)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발을 통해 도출된 최적화 기술을 본 사업의 소규모 공동주택 에너지 효율 향상 기술에 연계 활용</li> </ul> </li> </ul>	

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
국토교통부 일반사업 / 국가전략 프로젝트	주택/빌딩/공장/ 공공 시설물 통합 에너지 관리기술(xEMS) 개발	한국전력 공사	2018.10.11. ~ 2022.12.31.	6,720	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 효율적 에너지 사용을 위한 홈/빌딩 /공장/공공 시설물 통합 에너지 관리 시스템 구축 및 효율적 에너지 사용을 유도할 수 있는 서비스 개발</li> <li>- 리빙랩 형태의 도시에너지 효율화 서비스 사업모델 실증을 통한 스마트 시티 표준모델 수립 및 국내 레퍼런스 확보 추진</li> <li>- 자동화 시스템 간의 연계, 머신러닝, 빅데이터 분석 등 최신 ICT 기술 적용을 통한 에너지 기술 고도화</li> <li>- 수요자 맞춤형 서비스 제공을 통한 수용가 에너지 비용 절감</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시 종합 에너지 효율 향상을 위한 도시운영시스템(City EMS) 개발</li> <li>- 수용가 에너지 종합 모니터링 및 효율화 서비스 제공을 위한 통합 미터링 인프라 개발</li> <li>- 홈/빌딩/공장 등 건물 에너지 효율 향상을 위한 x-EMS 개발</li> <li>- 에너지 리빙랩을 통한 서비스 및 인프라 실증</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택, 빌딩, 공장 등 도시를 구성하는 건축물의 에너지 효율 향상을 위한 운영시스템을 개발하고 이를 활용하여 건축물 에너지 효율 향상, 수용가 에너지 비용 절감을 통해 궁극적으로 스마트시티 보급 확산을 하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 동 사업은 공동주택 에너지 효율 향상을 위한 기술 개발 및 시장 보급을 통한 에너지 난제 해결을 목표로 설정하였으며, 이를 실현하기 우선순위가 높은 공동주택 에너지혁신 기술들을 선정하고 사업화·상용화를 위해 법·제도 개선을 사업내용에 포함했다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> </ul>
						<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연계 방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발을 통해 도출된 에너지관리기술(xEMS)을 활용, 본 사업 추진과정에서 공동주택 에너지관리기술과 연계하여 효과적인 공동주택 에너지 사용량 측정·점검 및 주택 에너지효율 향상 도모</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
국토교통부 일반사업 / 저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	한국 에너지 기술 연구원	2019.04.01. ~ 2023.12.31.	15,840 (‘19~’21 기준)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 커뮤니티 또는 도시 내 에너지 사용량 60%를 감면하기 위한 최적 에너지 연계 및 에너지 플랫폼 개발</li> <li>- 기존 건축물과 플랫폼 연계를 위해 기존 대비 30% 비용 절감된 수요맞춤형 그린 리모델링 패키지 개발</li> <li>- 실증단지 및 리빙랩 구축을 통한 효과적인 비즈니스 모델 구축을 통한 에너지 복지 생태계 조성</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 공유 커뮤니티 계획·설계를 위한 기반 기술개발</li> <li>- 커뮤니티 내 에너지 공유 및 거래 가능한 복합에너지 시스템 개발</li> <li>- 에너지 인프라 연계 에너지공유 플랫폼 구성기술 개발</li> <li>- 에너지공유 보급모델 활성화를 위한 관련 정책·제도·규제 등 제·개정(안) 개발, 실증단지 구축 및 리빙랩 실증</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물의 최적 에너지소요량 예측·산출, 신재생에너지와 연계하여 커뮤니티·도시 단위의 에너지 공유 및 거래 가능한 플랫폼을 구축하고, 이를 기존 건물에 적용하기 위한 비용 절감 그린 리모델링 기술을 개발하여 실증과정을 거쳐 에너지자립형 스마트시티를 구현하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 동 사업은 기존에 개발된 성과물을 포함하여 제로에너지 건축 기술의 효과적인 사업화 과정을 통해 민간시장 보급 활성화를 목표로 설정하였으며, 커뮤니티 단위의 에너지자립률 향상이 아닌, 개별 공동주택의 에너지 효율 향상에 주안점을 두었다는 점에서 차별화</li> </ul> </li> <li>- 또한, 기존 사업은 연구범위가 제로에너지주택을 구현하는 기술분야 중 에너지 진단 및 공유 분야에 국한되어 있다는 점도 차별화</li> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발 과정을 통해 도출된 에너지 플랫폼 기술과 연계하여 본 사업 추진 시 공동주택의 에너지 사용량 산출, 최적 에너지 소요량 예측을 통한 공동주택 에너지 저감 효율 극대화 가능</li> <li>- 리빙랩·실증단지 운영을 통해 축적한 실증 피드백 및 데이터를 본 사업 실증사업에 활용하여 제로에너지 R&amp;D 성과물의 효과적인 보급 및 상용화 방안 도출에 활용</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
기획재정부 일반사업 / 건축물에너지 디지털진단및 설계	그린리모델링 활성화를 위한 건축물 에너지 디지털 진단 및 설계 자동화 기술개발	한국 건설기술 연구원	2022.04.01. ~ 2026.12.31.	6,670 (‘22 기준)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그린리모델링 DB 구축, 건축물 에너지 디지털 진단 및 설계모듈 기술개발, 예비 실증 T/B</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 성능진단 DB 구축 및 디지털 진단 기술개발</li> <li>- GR 우선순위의 평가도구 및 에너지 시뮬레이터 입출력데이터 자동변환 모듈 개발</li> <li>- 설계 대안 성능평가 결과 가시화 및 계획설계 도면 자동화 기술개발</li> <li>- Preliminary T/B(예비실증 3건), 진단 기술/M&amp;V 모듈 개발, 제도 개선 방안 도출</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 건축물의 에너지 소모량을 외부(외피 단열 성능, 열관류율 등)와 내부(실내 환경, 설비, 기밀 등) 모두 진단할 수 있고, 건물의 일사량을 계산하여 태양광 등 신재생에너지를 활용한 건축물 에너지 산출량을 예측할 수 있는 진단 기술을 개발하고, DB화하여 최종적으로 그린리모델링에 최적화된 계획설계 도면을 자동으로 산출하는 알고리즘을 구축한 통합 플랫폼 설계를 통해 녹색 건축 산업생태계를 활성화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 공동주택 전반에 대한 에너지 효율 향상 기술에 초점을 맞추고 있으며, 요소기술의 현장 적용성 제고를 통해 제로에너지 건축 시장의 시장성 확보, 민간시장 보급 및 활성화를 목표로 설정하였다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 에너지 진단 기술 및 이를 활용하여 제로에너지 최적화 건축 설계 자동화 기술과 연계하여 본 사업 추진 시 비용과 시간이 절감된 주택 에너지효율 최적화 설계 가능성 기대</li> <li>- 플랫폼 기반 최적화 도면 설계 자동화 기술과 연계하여 제로에너지 주택 시장에 대한 민간시장의 관심 및 접근성 향상 가능</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
국토교통부 일반사업/ 국토교통기술사업 화지원	중소형 건물의 녹색건축 활성화를 위한 50% 비용 절감형 스마트 IoT-에너지관리 & 서비스 플랫폼 사업화	㈜이에이 엔테크놀 로지	2021.04.01. ~ 2023.12.31.	1,390	<ul style="list-style-type: none"> <li>■(연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- IoT센서 복합운용 및 저비용 기술 적용을 통해 효율적 에너지관리 (10~30% 절감)를 수행하면서 기존 방식 대비 구축 비용이 50% 절감된 에너지관리시스템 개발</li> <li>- BIM 라이브러리 생성서비스를 통한 종합 서비스 플랫폼 제공을 통해 중소형 건물의 녹색건축 및 그린리모델링 활성화</li> </ul> </li> <li>■(연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- IoT 수집 모듈 개발 등을 통한 그린 리모델링 분석 기능 및 BIM 기반 녹색건축 재료·제품 라이브러리 서비스 기능 등을 탑재한 에너지관리 플랫폼 구축</li> <li>- 기술 및 플랫폼 고도화를 통한 사업화 추진</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택을 포함한 중소형 건축물의 에너지 관리를 효과적으로 수행할 수 있는 에너지 관리 서비스 및 관련 플랫폼을 기존 대비 저렴한 구축 비용으로 제공하여 녹색건축 및 그린리모델링 시장을 활성화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 주택 소비에너지 저감을 포함하여 BIPV 등 신재생에너지를 통한 에너지자립률 향상 등 주택 에너지 전반에 대한 기술개발을 사업 분야로 설정했다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> </ul>
						<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술개발을 통해 도출된 에너지관리시스템을 본 사업의 실증 및 에너지 관리 시스템 구축과 연계하여 에너지 효율 향상 및 비용 측면 모두를 만족하는 최적화 방안 탐색에 활용 가능</li> </ul> </li> </ul>
산업통상자원부 일반사업/ 에너지수요관리핵 심기술개발	제로에너지빌딩 요소기술 패키지 (패시브&액티브) 융복합화 및 실증연구	(주)하이 코리아	2016.11.01. ~ 2019.09.30.	7,970	<ul style="list-style-type: none"> <li>■(연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패시브 기술(단열재 등) 및 액티브 요소기술(건물 설비, 신재생에너지) 실증 및 유지보수를 통한 제로에너지 빌딩 기술 고도화</li> <li>- 제로에너지 빌딩 인벤토리의 국민 서비스 홍보 및 운영</li> <li>- 제로에너지 실증사이트 연계 최적 에너지제로 빌딩 운영방안 개발 및 적용</li> </ul> </li> <li>■(연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 패시브 요소기술 추가 실증(창호, 차양, 외부분)</li> <li>- 액티브 요소기술 유지보수 및 최적화를 통한 기술·운영 고도화</li> <li>- 실증사이트 운영비용 평가 및 사이트 연계 최적 운영방안 개발 적용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빌딩 분야 제로에너지 요소기술 중 패시브(창호, 차양, 외부분) 및 액티브 요소기술(BEMS)을 개발하고 결과물들에 대한 실증과정을 거쳐 사업화 고도화 하여 최종적으로 요소기술 융복합 패키지의 보급 및 상용화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 액티브·패시브 요소기술 뿐만 아니라 신재생에너지 요소기술 개발 및 제로에너지건축물 최적화 기술까지 포함하는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> </ul>
						<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업을 통해 개발된 패시브·액티브 융복합 패키지를 연계하여 본 사업의 고도화 및 상용화 과정에 활용 가능</li> </ul> </li> </ul>

사업명	과제명	수행 기관	연구 기간	연구비 (백만원)	연구목표 및 내용	본 연구와의 차별성
산업통상자원부 일반사업/ 에너지수요관리핵심기술개발	제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증	한국 건설기술 연구원	2020.05.01. ~ 2024.12.31.	15,460 ('20~'22 기준)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 외장재 융복합 기술개발, 핵심 성과물에 대한 평가를 거쳐 통합모형을 개발하여 실증을 통해 사업화·상용화 추진</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 외장재 융복합 기술개발</li> <li>- 기술개발 핵심 성과물들을 평가 후 시제품 및 통합모형 개발</li> <li>- 단계별 실증연구를 거쳐 사업 고도화 및 시장성 강화</li> <li>- 수요자 수용성을 확보한 비즈니스 모델 개발을 통한 사업화 추진</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT·신재생에너지 기술과 융복합한 창호, 공조시스템 등 외장재 및 관련 소재 기술 개발을 통해 제로에너지 건축 요소기술 활성화 및 사업화하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 ZEB 3등급을 목표로 공동주택 전반의 구성요소를 활용한 에너지 효율 향상을 목표로 설정하였으며, 개발기술 통합 실증을 통해 종합적인 성능을 검증하는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> <li>■ (연계방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도출된 성과물을 활용하여 본 사업의 외장재 관련 요소기술 고도화를 통해 에너지효율 향상 및 시장성 확보 측면 연계 가능</li> </ul> </li> </ul>
산업통상자원부 일반사업/ 에너지수요관리핵심기술개발	PVT(태양광+태양열) 복합패널과 축열 및 지열히트펌프를 활용한 제로에너지 타운 실현을 위한 신재생 융복합 열에너지 공급시스템 개발	장한 기술(주)	2016.12.01. ~ 2019.09.30.	5,860	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> <li>- PVT(태양광+태양열) 복합패널 및 지열 히트펌프 시제품 개발, 검증, 성능보완 과정을 거쳐 최종적으로 실증사업을 통해 태양열-지열 융복합 패키지 상용화 및 보급</li> </ul> </li> <li>■ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> <li>- PVT(태양광+태양열) 복합패널 시제품 개발</li> <li>- 고온수 지열 히트펌프 최적 시퀀스 개발</li> <li>- 신뢰성 평가 및 장비 수정 보완</li> <li>- 단독건물 대상 신재생에너지 공급</li> <li>- 시스템 설계안 구상 및 모델 확정</li> <li>- 실증단지 운전 및 보완</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (차별성) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양광·태양열·지열 등 신재생에너지 융복합 에너지 공급시스템 개발, 실증 및 사업화를 통해 제로에너지 건축을 활성화하여 에너지 절약과 탄소중립 실천에 기여하는 것이 목표</li> <li>- 반면, 본 사업은 신재생에너지를 통한 주택 에너지 생산 및 패시브·액티브 기술을 활용하여 주택 에너지 소비 저감 기술까지 활용한다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> </li> <li>■ (연계 방안) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 신재생에너지 융복합 패키지를 활용, 본 사업 신재생에너지 분야 기술과 연계할 수 있으며, 지열 히트펌프 기술은 액티브 기술 분야에도 활용 가능</li> </ul> </li> </ul>

## 나. 사업추진 전략

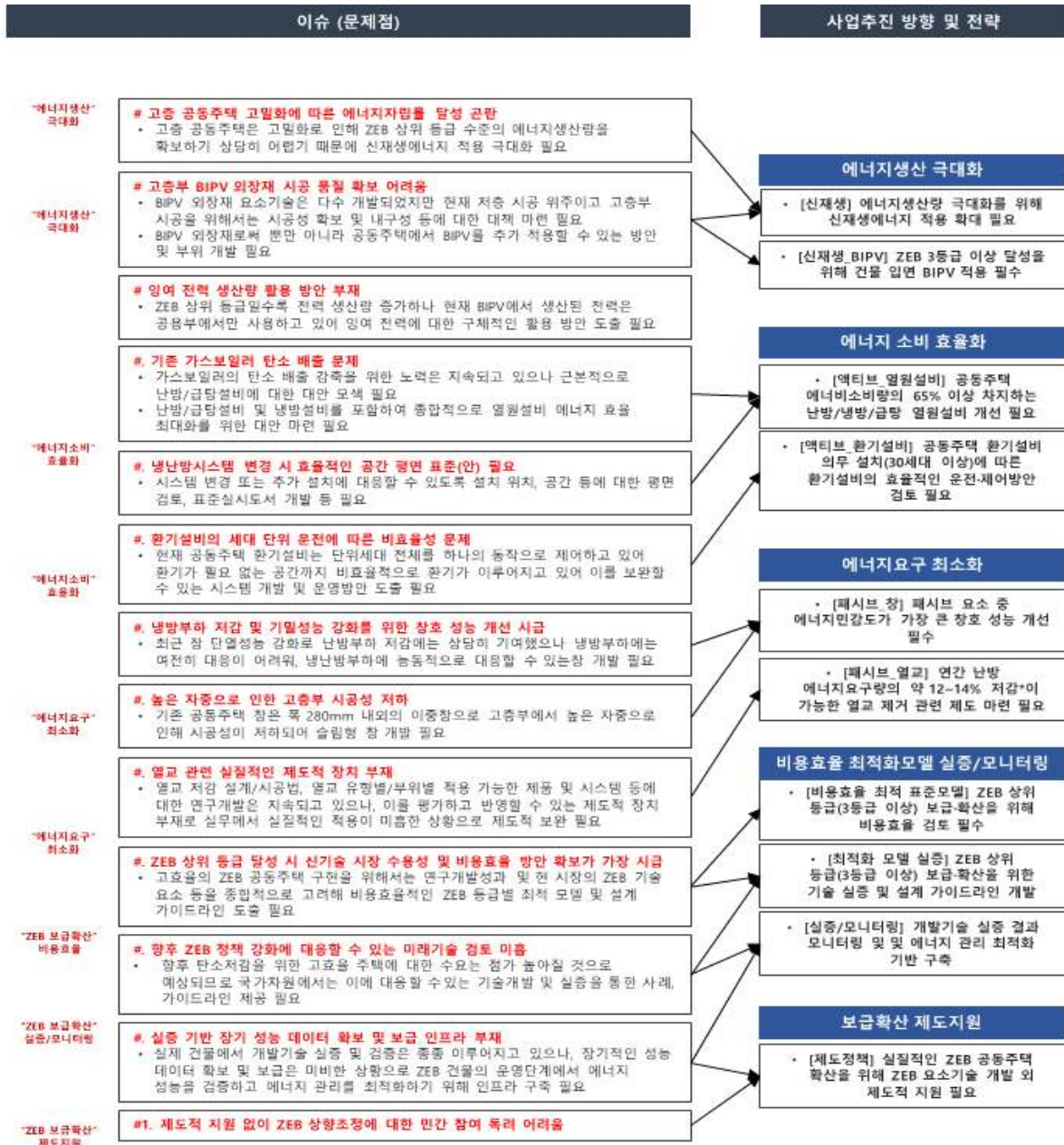
### 1) 사업추진 전략 도출

- 공동주택 에너지 효율 향상 기술개발 관련 외부환경의 이슈와 국내 내부역량을 고려하여 SWOT 분석을 실시함

[표 3-37] SWOT 분석결과

내부 역량 분석	
Strength(강점)	Weakness(약점)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (강점 1) 국가적 차원의 적극적인 R&amp;D 투자 결과, 제로에너지 관련 기술은 꾸준히 성장세를 보임</li> <li>• (강점 2) 정부는 제로에너지 건축물 의무화 시행하고, 건물 부문 신축 건축물 에너지 성능 강화를 요구</li> <li>• (강점 3) 정부 주도 하에 신축 및 기축 건축물에 대한 법적 제도 마련 중이며, 규제샌드박스 등을 통해 국토교통 법·제도 혁신을 함께 추진 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (약점 1) 정부의 적극적인 R&amp;D 투자로 제로에너지 건축물 관련 기술 수준은 꾸준히 향상되어 상당한 기술력을 가지고 있으나, 가격, 호환성 등의 문제로 시장 보급이 저조</li> <li>• (약점 2) 정부의 지속적인 주택 에너지 분야 기술 개발 투자에도 불구하고, 상용화 및 민간시장 보급은 미흡한 상태로 대책 마련이 필요</li> <li>• (약점 3) 주택 에너지 분야 전문가를 대상으로 기존 R&amp;D 사업의 시장보급 한계점을 조사한 결과, 시장 경제성 부족, 기술 사업화 과정 부족 등을 원인으로 지목</li> </ul>
외부환경 이슈	
Opportunity(기회)	Threat(위협)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (기회 1) 에너지 소비 저감 및 탄소중립 사회 실현의 핵심 분야로 주거 건축물에 주목</li> <li>• (기회 2) 강력한 글로벌 탄소중립 정책 추진에 따라 제로에너지 건축기술 시장은 '26년 약 1,590억 달러규모로 성장 예상되며, 국내도 '23년까지 약 30조원 규모로 성장 전망</li> <li>• (기회 3) 정부 임무중심 R&amp;D 혁신체계 구축 전략 마련하고, 가장 시급하고 범부처적 대응이 필요한 분야 “2050 탄소중립 실현”에 우선 적용</li> <li>• (기회 4) 정부는 제로에너지건축물 의무화 추진에 앞서 '14년부터 유형별로 시범단지를 운영중</li> <li>• (기회 5) 주택 에너지 소비관점에서 대다수 국민들은 신재생에너지 및 신기술 등 과학기술을 통해 탄소저감 대응, 에너지 효율 향상, 비용 절감 등이 실현되기를 기대             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택 에너지 분야 수요자 의견수렴 설문조사 결과, '신재생에너지 사용(19%), 에너지효율 향상 기술(16%), 패시브(단열, 창호) 기술(10%) 등의 순으로 응답률 높음</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (위협 1) 현재 국산 기술력의 향상으로 질 좋은 제품 생산이 가능하지만, 여전히 가격 경쟁력 문제로 시장에서는 수입 건축자재의 선호도가 더 우세한 현실</li> <li>• (위협 2) ZEB 건축 시 기존 일반 건축비보다 5~10% 추가되는 것으로 알려져 있으며, 실제로는 인증 등급에 따라 에너지 관련 설비 설치 부지 확보 등 수반비용을 모두 반영 시 총 건축 비용은 50% 이상 증가할 수도 있는 것으로 알려짐</li> <li>• (위협 3) 새로운 기술 및 제품의 시장 진입이 어려운 국내 시장 환경             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타 분야 대비 주택건축물의 경우, 안전성·경제성 등의 문제로 알려지지 않은 신기술 및 제품의 도입 및 선도적 적용에 미온적</li> </ul> </li> <li>• (위협 4) 국내 30년 이상 된 노후 건축물(동수 기준)은 전체 건축물의 39.6%이며, 특히 주거용은 전체의 절반 수준인 49.1%를 차지하고 있음             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 준공 후 30년을 넘으면서 노후 건축물 비중은 계속 늘어나는 추세로, 에너지 소모량도 증가할 것으로 예상</li> </ul> </li> </ul>

□ 내외부 현황 및 역량을 종합적으로 고려한 SWOT 분석.을 통해 본 사업의 주요 이슈와 사업추진전략을 도출함



2) 사업 비전 및 목표

가) 비전 체계도



## 나) 사업 비전

### 사업비전

### 고효율, 고성능 공동주택 보급 확대를 통해 저탄소 사회로의 전환에 기여

#### □ 법적근거

- 「과학기술기본법」에 따라 정부는 과학기술을 활용한 삶의 질 향상, 경제적·사회적 현안 및 범지구적 문제 등의 해결을 위해 필요한 시책을 수립하고 추진하는 등 국민의 행복 증진을 위한 국토교통과학기술의 연구 지원 가능
- 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」, 「기후변화 대응 기술개발 촉진법」, 「녹색건축물 조성 지원법」, 「건축법」 등에 따라 건축물 온실가스 배출량 감축과 **녹색 건축물의 확대**를 통하여 녹색성장 실현 및 국민의 복리 향상에 기여하기 위한 국토교통과학기술 연구 지원 가능

#### □ 상위계획

- 과학기술정보통신분야 「제4차 과학기술기본계획」(‘18~’22): 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여
- 과학기술정보통신분야 「제2차 과학기술 기반 국민생활(사회) 문제 해결 종합계획」(‘18~’22): 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 사회문제해결을 통한 국민행복 실현에 기여
- 국토교통부 「제5차 국토종합계획」(2020~2040): 현재와 미래 세대 ‘모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터’를 비전으로 설정하고, 안전하고 지속가능한 스마트 국토 구현을 위해 **제로에너지주택, 스마트홈 등 친환경·첨단주택 공급**을 통해 세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성 추진
- 환경부 「제2차 기후변화대응 기본계획」(2020~2040): **저탄소 사회로의 전환**을 위하여 8대 부문(전환(전력·열), 산업, 건물, 수송, 폐기물, 공공, 농축산, 산림)의 온실가스 감축을 추진
  - 건물부문은 기존 공공 건축물의 녹색건축물 전환을 의무화하고, 신규 건축물은 민간까지 건축물의 에너지 소요량을 최소화하는 제로에너지 건축물 인증 의무화 대상을 확대
- 산업통상자원부 제4차 에너지기술개발계획(2019~2028): 패시브·액티브 기술 융합을 통한 에너지 고효율 저소비 구조 혁신을 위해 건물부문에서 효율 개선을 통한 **신축·기축 건물 제로에너지화**를 추진

#### □ 부처계획

- 국토교통 분야 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」(‘18~’27): ‘사람 중심의 국토교통 기술개발’을 추진전략 중 제시하고, 첨단 기밀·단열 공법 및 재생 에너지 기술과 실시간 건물에너지 관리시스템을 접목하여 에너지 자립형 친환경 건축기술 개발 추진

#### □ 종합의견

- 상기 법 및 국가계획을 근거하여, 지속가능형 주거국토교통기술 고도화를 통해 연구 성과물이 실질적으로 국민들에게 전달될 수 있도록 체계(법·제도 개선 및 확산지원)를 마련하여 공동주택 에너지 문제를 시급히 해결하고 저탄소 사회로의 전환에 기여하는 비전을 설정함

## 다) 논리모형

1. 이슈 / 문제
<ul style="list-style-type: none"> <li>17년 ZEB 인증제를 도입 이후, 본인증을 받은 건축물 1,005건 중 주거용은 13건(2%)이며, 이 중 10층 이상 공동주택은 2건(0.2%)에 불과해 <b>국가 차원의 공동주택 제로에너지 확산을 위한 지원방안 마련 필요</b></li> <li>제로에너지 공동주택 특히, <b>3등급 이상 고성능 ZEB 공동주택의 시장보급 부진</b>의 가장 큰 이유는 <b>에너지자립률 확보 어려움과 경제성 부족</b>으로 분석됨</li> <li>'30년 ZEB 3등급 달성을 위해 공공부문 시범사업*이 추진 중이나, <b>에너지자립률 확보가 어려워 용적률을 축소</b> (기존 250%→172%, LH)하거나, <b>외부창 크기를 축소(SH)</b>하는 등 <b>민간에 보급 가능한 성공적인 참조모델로는 한계</b></li> <li>ZEB 3등급은 에너지 소비량 대비 <b>에너지 생산량을 60~80%로</b> 요구하고 있어 <b>기존 에너지 소비를 최소화하는 기술로는 한계가 있어, 에너지 생산량을 높일 수 있는 기술 개발 시급</b></li> <li>대다수 국민은 주택 에너지 분야의 <b>탄소 저감 대응, 에너지 효율화, 비용 절감</b> 등의 이슈가 <b>신재생에너지, 건물 에너지 효율화 신기술과 같은 과학기술을 통해 해결되기를 기대</b></li> </ul>

2. 목표
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>고효율·고성능·최고층 공동주택 구현을 위한 에너지자립률 60% 달성 및 ZEB 3등급 공동주택의 비용효과적 최적 표준모델을 실증하고, 민간 확산을 위한 인센티브 등 제도연구</b></li> <li>고층 공동주택 에너지혁신 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 에너지 생산 확대를 통한 에너지자립률 60% 달성 요소기술개발</li> </ul> </li> <li>개발기술 통합 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 최적 설계모델 통합 실증 및 에너지관리 기술개발</li> </ul> </li> <li>친환경 공동주택 건축 유도 촉진             <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 공동주택 ZEB 건축 활성화 제도 및 정책 연구</li> </ul> </li> </ul>

3. 수혜자
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>1차 수혜자</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (기술개발기업 및 건설사) 매출액 증대, 실증을 통한 현장 적용 기반 마련, 비용 절감 등</li> </ul> </li> <li><b>2차 수혜자</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (정책입안자) 공동주택 에너지 기술분야 정책안건 발굴 및 실행에 활용</li> <li>- (발주처) 기술개발 기업의 제품·서비스 적용으로 유지관리의 효율성 증가</li> <li>- (국민) 삶의 질 향상, 주거생활비 절감 등</li> </ul> </li> </ul>

4. 투입
<ul style="list-style-type: none"> <li>(국비) 230 억원</li> </ul>

5. 활동
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>(세부사업1) 고층 공동주택 에너지혁신 기술개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지자립률 60% 달성 기술개발</li> <li>- BIPV, 연료전지보일러, 신재생 연계 히트펌프, 환기/창호 시스템, 열교 성능평가기술, 최적모델개발</li> </ul> </li> <li><b>(세부사업 2) 실증 및 에너지관리 최적화기반구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증 모델 구축</li> <li>- 에너지관리시스템 구축</li> </ul> </li> <li><b>(세부사업3) 제도혁신연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 법, 제도 등 조사분석</li> <li>- 인센티브 제도(안)</li> <li>- 가이드라인 마련 등</li> </ul> </li> </ul>

6. 산출
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>에너지자립률60%</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시제품 안전성 및 시스템 운전 알고리즘</li> <li>- 비용효과적 가이드라인</li> </ul> </li> <li><b>공동주택 에너지 혁신 기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증단지 구축</li> <li>- 모니터링 분석 보고서</li> <li>- 에너지 사용량 표준 프로파일</li> </ul> </li> <li><b>제도혁신연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준화·인증·가이드라인 등 법·제도 정비</li> <li>- 정책 제안</li> </ul> </li> </ul>

7. 성과 / 영향
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>(기술)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지자립률 60% 이상</li> <li>- 추가공사비 10% 절감</li> </ul> </li> <li><b>(실증)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시제품 성능검증</li> <li>- 59m<sup>2</sup>, 25층, 200세대 실증</li> </ul> </li> <li><b>(제도)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인센티브 제도 마련</li> <li>- 중장기 정책 로드맵</li> </ul> </li> </ul>

8. 가정
<ul style="list-style-type: none"> <li>공동주택 에너지 관련 문제들이 해결되지 않는다면 현재의 주거용 건축물의 에너지 효율 저하가 점차 가속화되어 탄소배출의 증가, 기후위기 심화, 에너지 비용 부담 증가 등의 사회문제가 더욱 심화</li> <li>공동주택 에너지건축물에 적용가능한 고성능 대비 적정비용의 제품이 개발되어 보급되면 제로에너지 건축 비용 부담해소로 소비자 관심과 호응을 실행으로 유인 가능</li> <li>공동주택 에너지 기술 실증을 통해 검증된 기술과 공법으로 제로에너지 건축 활성화</li> <li>개발된 기술들이 신축 및 기축 공동주택에 활용되면 국내 공동주택 제로에너지화로 2050 전건물 제로에너지 1등급 달성 국가 목표 달성 기여</li> </ul>

## 라) 동 사업의 이슈-사업목표 간 연계도



마) 성과목표 및 지표

□ 핵심성과지표는 논리모형 단계의 결과지표 중에서 SMART 점검원칙에 따라 도출

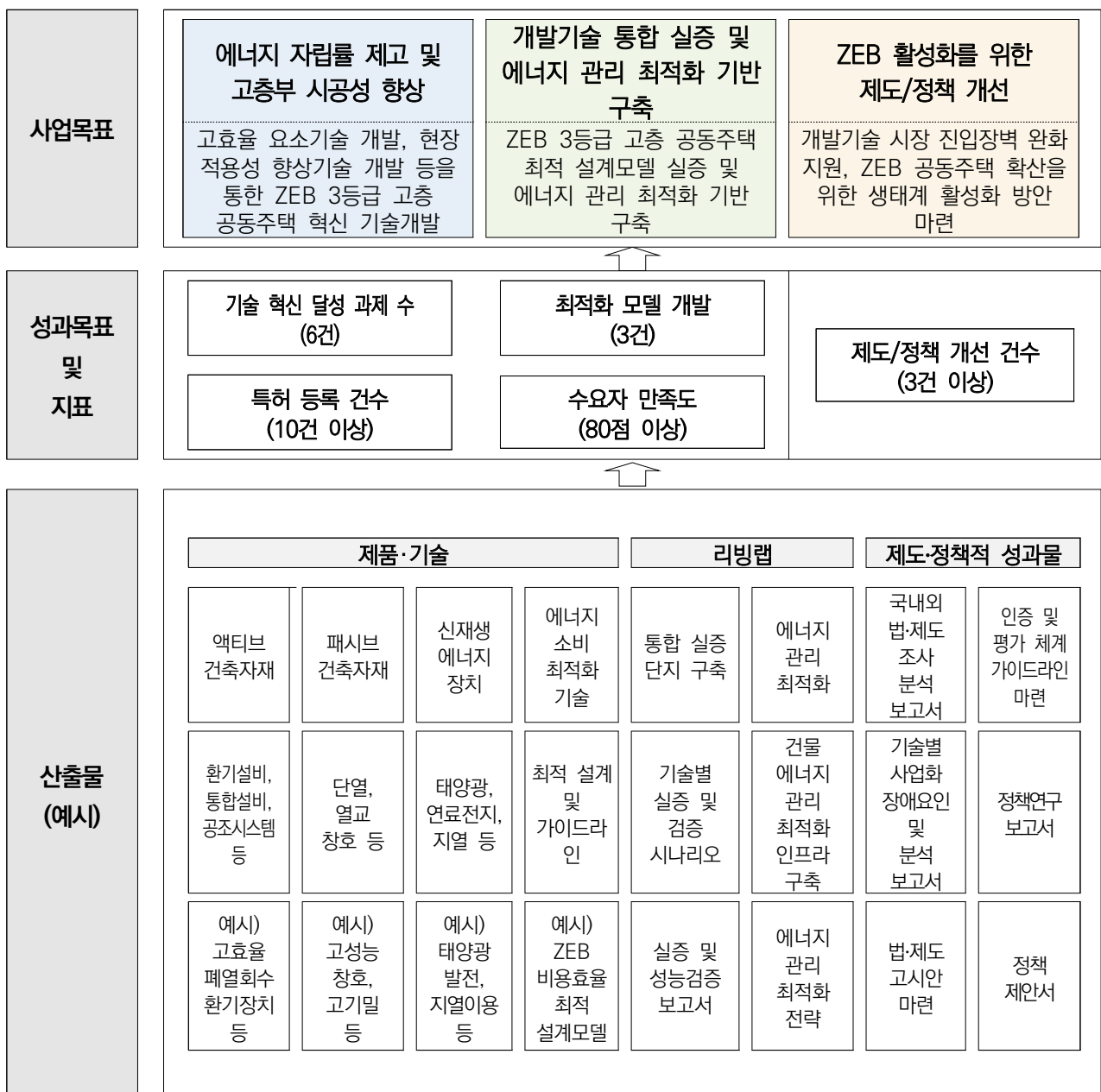
○ 투입, 과정, 산출, 결과지표를 대상으로 명확한 측정이 가능한 성과지표들로 구성하여 설정

[표 3-38] SMART 점검

Specific	명확성/구체성	지표의 개념과 측정방법이 명확하고, 데이터가 일관성 있게 수집되어야 함
Measurable	측정가능성	측정을 위한 데이터가 존재해야 하며, 사용에 제약이 크지 않아야 함
Attributable	원인성	사업내용의 범위 안에 있어야 하고, 외적요인에 의해 왜곡되면 안됨
Reliable	신뢰성	제3자가 검토하더라도 일관된 결과가 나와야 하며, 가급적 공식적이고 객관적인 정보를 활용해야 함
Timely	적시성	성과측정 시기가 맞아야 함

○ 공동주택 에너지 효율 향상 기술개발 플랫폼 사업을 통해 기술 혁신도, 특허 등록 건수, 시장보급 건수, 수요자 만족도, 규제 및 정책 반영 건수 등을 핵심 성과목표 및 지표로 설정

[표 3-39] 동 사업 성과지표 체계도



□ 성과목표 및 지표의 설정근거

목표 1	기술 혁신 달성 과제 수(6건)				
측정산식	= $\sum(\text{기술실시계약 건수}) + \sum(\text{실증적용 건수})$				
측정방법	- 기술실시계약 : 연구개발 성과물에 대한 기술실시 계약 및 이전으로 수익이 발생한 과제 건수				
	구분		건수		
	과제 완료 건수		6		
	기술실시계약 및 이전 건수		3		
	실증 적용 건수		6		
	※ 최근 5년간 공공연구기관 기술이전율이 2019년 기준 35.9% 수준인 것을 고려하여, 동 사업의 목표를 설정				
구분	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	2 (실증)	5 (실시1, 실증4)	2 (실시)
목표 2	특허 등록 건수(9건 이상)				
측정산식	= $\sum(\text{특허 등록 건수})$				
측정방법	- 국가 R&D 사업의 10억 원당 특허 등록 현황('19년 0.98건)을 참고하여 동 사업에 적용하되, 동 사업은 6개의 기술개발 과제로 구성되어, 1개 기술개발 과제당 약 15억 원이 투입된다는 점을 고려하여 과제당 1.47건 이상을 목표로 설정				
	※ 동 사업의 총 사업비는 국고 기준 280억 원이지만, 혁신기술개발 중 기술/제품 개발에 90억 원(최적화 모델 개발 20억원), 실증 및 리빙랩(성능검증 및 POE) 115억 원, 제도혁신연구과제 5억 원 투입되므로 혁신기술개발 중 기술/제품개발 비용 기준으로 특허등록 목표를 설정				
	<국가 R&D사업 10억 원당 특허 등록 현황>				
	2017	2018	2019	동 사업의 특허 등록 목표	
1.01	0.97	0.98	2019년 10억당 0.98건을 근거로 15억당 1.47건을 목표설정		
구분	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	2	3	4
목표 3	최적화 모델 개발 건수(3건)				
측정산식	$\sum(\text{원가절감 10\% 달성과제 건수})$				
측정방법	- 모델개발 전후를 비교하여 얼마만큼의 혁신을 이루었는지 측정				
	- 비용절감 지표 = $\frac{\text{기술개발 이후 제품개발 성능 또는 원가}}{\text{기술개발 이전 제품개발 성능 또는 원가}} * 100 \geq 10\%$				
	※ 기술개발 이전 대비 생산성 변화를 측정할 수 있는 요소(성능 향상도, 원가절감 등)를 선정하여 얼마만큼 변화가 이루어졌는지를 측정				
	※ 제품의 성능 및 원가는 과제선정 이전 기획시점에서 제시한 것을 기준으로 산정				
구분	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	-	-	3

<b>목표 4</b>	<b>수요자 만족도(80점 이상)</b>				
측정산식	= $\sum(\text{항목별 } 100\text{점 만점 환산값}) / \text{항목 수}$				
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 리빙랩(실증지)에 참여한 거주자 (POE)를 대상으로 제품의 디자인, 성능, 비용 측면에 대하여 5점 척도 만족도를 조사한 후 100점 만점으로 환산</li> <li>- 수요자만족도 평가는 POE 시행 종료 시점에 실시</li> <li>※ 수요자 만족도 결과표 이용</li> </ul>				
구분	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	-	-	80
<b>목표 5</b>	<b>제도/정책 개선 건수(3건 이상)</b>				
측정산식	= $\sum(\text{제도 및 정책 제안 수용 및 반영 완료 건수})$				
측정방법	- 규제 신설 및 개선(안), 인증 및 평가 가이드라인 등 3건 이상을 마련하고, 소관부처에 수용 및 반영되는 것을 목표로 설정				
구분	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	-	1	2

□ 단계별 성과 목표 및 지표

- 동 사업의 성과목표 및 지표에 대해 내·외부 전문가들을 대상으로 의견수렴을 통해 목표별 가중치를 설정

구분	내용		
사업 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (에너지 자립률 제고 및 고층부 시공성 향상) 고효율 요소기술 개발, 현장 적용성 향상기술 개발 등을 통한 ZEB 3등급 고층 공동주택 혁신 기술개발</li> <li>- (개발기술 통합 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축) ZEB 3등급 고층 공동주택 최적 설계모델 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축</li> <li>- (ZEB 활성화를 위한 제도/정책 개선) 개발기술 시장 진입장벽 완화 지원, ZEB 공동주택 확산을 위한 생태계 활성화 방안 마련</li> </ul>		
성과 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술 혁신 달성 과제 수(6건)</li> <li>- 특허 등록 건수(9건 이상)</li> <li>- 최적화 모델 개발 건수 (3건)</li> <li>- 수요자 만족도(80점 이상)</li> <li>- 제도/정책 개선 건수(3건 이상)</li> </ul>		
단계별 성과 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술 혁신 달성 과제 수(6건)</li> <li>- 특허등록 건수(9건 이상)</li> <li>- 최적화모델 개발 건수(3건)</li> <li>- 수요자 만족도(80점 이상)</li> <li>- 제도/정책 개선 건수(3건 이상)</li> </ul>		
성과지표	지표명	지표구분	가중치
	기술 혁신 달성 과제 수	질적	0.40
	특허등록 건수	양적	0.15
	최적화 모델 개발 건수	양적	0.15
	수요자 만족도	질적	0.10
	제도/정책 개선 건수	양적	0.20
	합계	-	1.0

바) 핵심기술 개발 내용


과제	구성기술	세부구성기술	
<p>① 고층형 ZEB 3등급 공동주택 핵심기술개발 및 실증 (주택건설공급과)</p>	<p>① 고층 공동주택 에너지혁신기술개발</p>	1-1	고층부 시공용이성 향상을 위한 BIPV 시스템 설계·시공기술개발
		1-2	하이브리드 소형 연료전지 보일러 시스템 개발 및 설계 시공·최적 운전기술 개발
		1-3	신재생에너지 연계형 고효율 히트펌프 활용 냉난방·급탕 통합설비 설계·시공 및 최적인전 기술개발
		1-4	공동주택 세대 단위 실별 환기시스템 개발
		1-5	차양 일체화를 통한 성능 가변 200 mm 슬림형 창호시스템개발
		1-6	단열성능 개선을 위한 열교 유형별 표준 성능평가 방법 개발
		1-7	ZEB 1~3등급 공동주택의 비용효율 최적화 기술개발
	<p>② 개발기술 실증 및 에너지 관리 기반 구축</p>	2-1	제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축
		2-2	제로에너지 공동주택 세대 및 단지 단위 에너지 프로파일 표준모델 구축
		2-3	제로에너지 공동주택 건물에너지 관리 기반 구축
<p>③ ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선 연구</p>	3-1	ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선 연구	

□ 과제1. 고층형 ZEB 3등급 공동주택 핵심기술개발 및 실증

○ 구성기술1. 고층 공동주택 에너지혁신 기술개발

▶ 1.1 공동주택 고층부 시공용이성 향상을 위한 BIPV 시스템 설계,시공기술 개발

기술명		공동주택 고층부 시공용이성 향상을 위한 BIPV 시스템 설계,시공기술 개발													
기술 정의		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택(30층 이상) 제로에너지 등급 달성을 위한 BIPV 설계 및 시공기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- RC 공동주택 외벽 시공용이성 향상을 위한 스틱(stick)/유닛(unit) 시공기술 개발, 실증</li> <li>- 상호제품 연계형 BIPV 시스템 및 가정용 ESS와 BIPV 패키지화 기술 개발</li> <li>- 세대 계통 연계 모델 개발 및 가정용 ESS 안전 관리 방안 도출</li> </ul> </li> </ul>													
기술개발 필요성		<p>□ 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동주택 에너지자립을 달성을 위해 직접적인 전력 생산이 가능한 태양광 발전, 연료전지 등 건물 내 신재생에너지 발전 설비 도입이 필요함</li> <li>○ 제로에너지 고등급(4등급 이상) 달성을 위해서는 건축물 입면(수직면) BIPV(건물일체형 태양광 발전 시스템) 적용이 필수적이며, 건물 외장재로서의 기능을 확보하기 위한 칼라 BIPV(glass to glass 타입) 시장이 확대되고 있음</li> <li>○ BIPV를 고층 공동주택 RC외벽의 외장으로 시공 시, 구조 및 내화성능 확보, 시공 용이성 확보, 외장 품질 확보, 유지관리 용이성, 기타 예측 불가능한 민원(풍압에 의한 소음/진동 등) 등에 대한 이슈 해결이 선행될 필요가 있음</li> <li>○ 건물 생산 전력량 증가에 따라 잉여 전력의 활용 방안에 대한 구체적인 사업 모델 필요</li> </ul> <p>□ 현재 기술 수준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ BIPV 모듈 제작 및 시공 기술은 제조업체별로 개발되고 있으나, 대부분 중저층 오피스 건물에 한정되어 시공되고 있음. 고층 건물의 경우, Glass to Glass BIPV를 이용한 외장 시공이 아닌 커튼월 스펠드럴 부위에 적용 사례가 많음</li> <li>○ 중소 업체 위주로 형성된 BIPV 시장의 경우, 모듈의 내구성/품질 등에 대한 보증이 어려운 상태이며, BIPV 관련 법규 및 제도의 재정비가 필요함</li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>착수시점</td> <td>종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	6	8	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점													
연도	2025	2029													
TRL	6	8													
기술 사업화/실용화 시점	2029														
기술 개발 목표	정량 목표	<p>As-is</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIPV 외장재 중저층건물(20층 이하) 시공사례 위주               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고층의 경우 RC외벽 외장 시공 실적 및 데이터 부재 -&gt; 고층건물 시공 및 유지관리 리스크 높을 것으로 판단</li> <li>- 외장재 화재 안전성 확보 필요</li> </ul> </li> <li>• 기존 RC외벽 공동주택 공기 증가 우려</li> <li>• 국내 가정용 ESS 시공 및 운영 사례 적어 설계, 시공, 운전 데이터 부재               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭발 및 화재위험에 대한 선입견 큼</li> </ul> </li> </ul>	<p>To-be</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층건물(30층 이상) 기준 구조 및 화재안정성 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조 목업시험 통과</li> <li>- 실화재 시험 통과</li> </ul> </li> <li>• 상호제품 연계형 BIPV 시스템 발전효율 기존 대비 10% 이상 향상</li> <li>• 기존 대비 공기절감율 5% 이상 향상               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공성 및 경제성 확보</li> </ul> </li> <li>• 가정용 ESS 안전성 시험 통과               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증을 통한 안전관리 방안 도출</li> <li>- 상용화 용량 2kW 이하 확보</li> </ul> </li> </ul>												
	정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIPV 모듈의 내구성/품질 등에 대한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공 및 유지관리가 용이한 외장재 일</li> </ul>												

	<p>장기 검증 부재</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물 생산 전력 현재 공용부에 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전량이 증가할 경우 공용부 이외의 활용 방안 모색 필요</li> </ul> </li> </ul>	<p>체형 태양광 발전 시스템 시공기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 외벽 마감재 내화성능 및 구조성능 확보를 통한 고품질 태양광 발전 시스템 공급</li> <li>• 시공리스크 완화 및 세대 내 전력 활용을 통한 입주민 친화적인 제로에너지 건축물 구현</li> </ul>
<p>목표</p>		

<p>주요 연구개발내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ (세부기술 1) 공동주택 고층부 BIPV 스틱/유닛 설계 시공 솔루션 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ RC 공동주택 고층부 입면 BIPV 외장공사 공기 단축을 위한 시공법 개선</li> <li>○ 비창호부 측벽 및 창호부 포함된 입면 외장 모듈 설계 및 시공방안 도출</li> </ul> </li> <li>□ (세부기술 2) 창호제품 연계형 BIPV 솔루션 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자립형 난간일체형 BIPV 시스템 설계 및 세대 연계 방안 도출</li> <li>○ 창호 매입형 난간일체형 BIPV 시스템 설계 및 세대 연계 방안 도출</li> <li>○ 수평 혹은 수직 루버일체형 BIPV 시스템 설계 및 태양광 추적식 시스템 연계기술 개발</li> </ul> </li> <li>□ (세부기술 3) 소형 ESS(3kW 이하) 및 BIPV 패키지 솔루션 통합 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개별세대 내 소형 ESS 설계,시공 솔루션 및 BIPV 생산전력 활용방안 도출</li> <li>○ 공동주택 적용가능한 다양한 타입의 BIPV 및 ESS 패키지 시공 모듈 개발</li> <li>○ 세대 계통 연계 모델 개발 및 가정용 ESS 안전 관리 방안 도출</li> </ul> </li> </ul>
------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 공동주택 고층부 BIPV 스틱/유닛 시공기술</li> <li>□ 창호제품 연계형 BIPV(난간일체형, 창호일체형, 루버일체형) 제품</li> <li>□ 가정용 ESS 패키지 제품 및 세대 전력 연계 설계,시공안</li> </ul>
--------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>연구비</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,500 )백만 원</li> <li>□ 핵심기술별 연구비 상세</li> </ul> <table border="1" data-bbox="383 1724 1428 2116"> <thead> <tr> <th rowspan="2">핵심기술</th> <th rowspan="2">주요 성과물</th> <th rowspan="2">성과물 유형</th> <th colspan="5">수행기간</th> <th rowspan="2">소요예산 (백만원)</th> </tr> <tr> <th>'25</th> <th>'26</th> <th>'27</th> <th>'28</th> <th>'29</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>세부기술1</td> <td>BIPV 설계 시공기술</td> <td>공법/기법</td> <td>35</td> <td>300</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>585</td> </tr> <tr> <td>세부기술2</td> <td>창호연계형 BIPV 제품 및 시공기술</td> <td>공법/기법 장비/장치</td> <td>30</td> <td>100</td> <td>220</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>세부기술3</td> <td>ESS+BIPV 패키지 모듈 및 시공기술</td> <td>공법/기법 장비/장치</td> <td>25</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>140</td> <td>50</td> <td>415</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>90</td> <td>500</td> <td>420</td> <td>340</td> <td>150</td> <td>1,500</td> </tr> </tbody> </table>	핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)	'25	'26	'27	'28	'29	세부기술1	BIPV 설계 시공기술	공법/기법	35	300	100	100	50	585	세부기술2	창호연계형 BIPV 제품 및 시공기술	공법/기법 장비/장치	30	100	220	100	50	500	세부기술3	ESS+BIPV 패키지 모듈 및 시공기술	공법/기법 장비/장치	25	100	100	140	50	415				90	500	420	340	150	1,500
핵심기술	주요 성과물				성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)																																								
		'25	'26	'27		'28	'29																																												
세부기술1	BIPV 설계 시공기술	공법/기법	35	300	100	100	50	585																																											
세부기술2	창호연계형 BIPV 제품 및 시공기술	공법/기법 장비/장치	30	100	220	100	50	500																																											
세부기술3	ESS+BIPV 패키지 모듈 및 시공기술	공법/기법 장비/장치	25	100	100	140	50	415																																											
			90	500	420	340	150	1,500																																											

▶ 1.2 하이브리드 소형 연료전지 보일러 시스템 개발 및 설계 시공·최적 운전기술 개발

기술명	하이브리드 소형 연료전지 보일러 시스템 개발 및 설계·시공·최적 운전기술 개발
기술 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택 ZEB 3등급 달성을 위한 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 개발과 1차 에너지 절약과 에너지생산 최대화를 위한 설계·시공 및 최적 운영 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고층 공동주택의 연간 시간대별 전력/난방/급탕 요구량 분석</li> <li>- 경제성 향상과 ZEB 3등급 달성을 위한 최적 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 개발 목표 결정 및 설계 기준 개발</li> <li>- 고층 공동주택 개별 세대용 전기 + 열사용 일체형 소형 하이브리드 연료전지 보일러 상용제품 개발</li> <li>- 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 설치를 위한 건축 평면 제안 및 기계설비 및 시공 기준 개발</li> <li>- 경제성(실제 적용 가능성 증대) 증대와 1차에너지 생산량 최대화(ZEB 3등급 달성)을 고려한 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 운전 알고리즘 개발 및 적용</li> <li>- 미래 수소연료 직접 사용을 고려한 적용 방안 제안</li> </ul> </li> </ul>
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택의 경우 난방·난방·급탕에 사용되는 에너지 요구량 자체의 축소 (패시브시스템)는 매우 어려우며, 또한 기존 화석연료를 이용한 난방·급탕 방식(개별보일러 혹은 지역난방)은 1차에너지 소비량이 증대될 수 밖에 없으며, 액티브 시스템에 의한 1차 에너지소비량 축소에도 한계가 있음</li> <li>○ 또한, 한전에서 공급되는 전기를 사용할 경우 발전 효율 및 전력계통의 손실로 인한 효율 감소가 5% 전후로 1차에너지 소비량 증가의 원인 됨.</li> <li>○ 현재 개발되어 판매되고 있는 연료전지의 경우 일반 공동주택에서 사용 못하는 것은 연료전지 구매 후 별도의 열시스템을 설치하게 되며, 이에 따라 시스템 제어 및 운전이 매우 복잡하게 되어 사용이 어려움</li> <li>○ 따라서 고층 공동주택의 ZEB 3등급 달성을 위해서는 신재생에너지 적용에 의한 1차에너지 생산량의 증대와 신재생에너지 적용시 1차에너지 소비량을 함께 축소할 수 있는 전기 및 열을 동시에 사용할 수 있는 단위세대용 소형 일체형 연료전지 시스템 적용이 필요함</li> <li>○ 현재 공동주택에서 연료전지 시스템은 신재생에너지 의무비율 준수만을 위해 단지 전체용으로 설치만 하고 실제 운영하지 않는 사례가 대부분임.</li> <li>○ 공동주택 단위세대용 소형 연료전지 보일러의 경우 현재까지는 제어의 복잡성 및 경제성이 없는 이유로 적용하는 사례가 전혀 없음</li> <li>○ 또한 연료전지 보일러의 경우 실질적 1차에너지 생산량은 폐열량을 얼마나 활용할 수 있는지에 의해 결정되나, 신재생에너지 의무 설치 시 이를 고려하지 않은 기준으로 제시되어 이의 개선이 필요하며, 또한 실질적 1차에너지 생산량 최대화를 위한 운전 알고리즘 개발 및 최적의 열시스템 개발이 필요</li> <li>○ 고층 공동주택에서 사용할 수 있도록 공간 활용성 및 제어의 편의성이 포함됨 소형 전기 열 일체형 연료전지 시스템 개발이 필요</li> </ul> </li> <li>□ 현재 기술 수준               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가정용 소형 전기 열 일체형 연료전지는 상용화된 제품 없으며 현재 개발된 연료전지는 모두 건물용이나 공동주택의 공동부를 위한 대용량 시스템 임</li> <li>○ 경제성 증대와 1차에너지 생산량 최대화를 위한 소형 하이브리드 연료전지 시스템(보조보일러, 저장탱크)은 미개발 상황임.</li> <li>○ 전체 전기 열사용을 최적화해서 최적 형태로 개발된 제품이 없음</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신재생에너지로 인증은 되어 있으나 열사용에 대한 뚜렷한 기준이 없어 설치 후 열을 사용하지 않는 제품이 대부분임.</li> <li>○ 설치 후 유지관리의 어려움으로 실제로 운전 되지 않음 -&gt; 가정용으로 판매하기 어려운 부분 발생</li> </ul>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		착수시점	종료시점
	연도	2025	2029
	TRL	6	8
	기술 사업화/실용화 시점	2029	

		As-is	To-be
기술 개발 목표	정량 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 연료전지 보일러 최소용량 1.0kW</li> <li>- 저장탱크 미적용으로 열 이용성능 낮음</li> <li>- 기존 고층 공동주택 ZEB 3등급 달성 불가</li> <li>- 단위 세대에 적용할 제품 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형 연료전지 보일러 용량 0.7kW</li> <li>- 열 이용성능 10% 이상 증대</li> <li>- 하이브리드소형 연료전지 시스템 적용을 통한 고층 공동주택 ZEB 3등급 달성</li> <li>- 단위 세대용 전기 열 사용 소형 일체형 연료전지 시스템 개발</li> </ul>
	정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연료전지 보일러 적용 경제성 낮음.</li> <li>- 하이브리드소형 연료전지 시스템 적용을 위한 건축적 해결 및 실시(표준)도서 개발 필요</li> <li>- 실제 설치 후 미사용하는 연료전지의 단위 에너지 생산량값 문제 심각</li> <li>- 고층 공동주택 ZEB 달성 불가</li> <li>- 전기 + 열 사용량에 대한 적정성 기준, 제어 로직 없음</li> <li>- 연료전지 확대 적용 방안 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기 열 일체형 소형 연료전지 시스템 적용을 통한 경제성 증대 (LCC 분석)</li> <li>- 하이브리드소형 연료전지 시스템 적용을 위한 건축적 해결 및 실시(표준)도서, 시공용 시방서 개발</li> <li>- 실제 열사용을 고려한 실질적 연료전지의 단위 에너지 생산량값 제안</li> <li>- 연료전지의 소형화 및 간단한 동작 및 기준을 가진 시스템 설치를 통한 ZEB 3등급 달성</li> <li>- 최대효율 운전을 위한 가정용 제어로직 개발</li> <li>- 향후 확대 적용/미래 수소연료 직접사용 등을 통한 국가 에너지 정책 부응 및 비용 효율 증대 제고</li> </ul>

주요 연구개발내용	<p><b>[제안기술 구성]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 전기 열 일체형 소형 하이브리드 연료전지 시스템 개발 목표 결정 및 설계 기준 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택의 연간 시간대별 전력/난방/급탕 요구량 분석</li> <li>○ 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 개발 목표 결정 및 설계 기준 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성, 1차에너지 생산량 향상을 위한 최적 연료전지 및 보일러 용량 산정</li> <li>- 경제성, 1차에너지 생산량 향상을 위한 최적 전기 열 소형 연료전지 시스템 (보조보일러, 저장탱크) 용량 산정</li> </ul> </li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 고층 공동주택 전기 열 일체형 소형 하이브리드 연료전지 시스템 개발 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기 열 일체형 소형 연료전지 보일러(0.7kW급) 상용화 제품 개발</li> <li>○ 일체형 하이브리드 시스템(보조보일러, 저장탱크 및 펌프 시스템 등) 상용화 제품 개발</li> <li>○ 소형 연료전지 시스템 일체형 개발 및 쉽고 편한 자동제어 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
-----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 연료전지 시스템 설치를 위한 건축 평면 제안 및 기계설비 도서, 시공 기준 개발
- 경제성 향상 및 1차에너지 생산량 최대화를 위한 연료전지 전기 열 생산 운전 알고리즘 개발 및 적용
- 실증 단지 적용 및 운전 분석, 1차에너지 생산량 및 소비량 분석
- 소형 하이브리드 연료전지 시스템 확대 적용을 위한 분석 및 정책개발 제안
- 기존/신축 공동주택, 연립주택, 단독주택 적용 타당성 분석 및 시스템 적용 매뉴얼 개발
- 미래 수소연료 직접 사용을 위한 사전 기술 분석 및 적용 제안
- 실제 전기 + 열사용을 고려한 신재생에너지 연료전지 단위 1차에너지 생산량 값 개발 및 제안
- ECO2 평가방법 개선안 및 기반데이터 제공

**최종성과물**

- 고층 공동주택 단위세대용 소형 전기 열 일체형 하이브리드소형 연료전지 시스템 개발 및 설계, 시공 및 운전기술 개발
- 단위세대용 소형 하이브리드소형 연료전지 시스템 적용 건축 표준평면, 기계설비 도서, 시공 매뉴얼
- 소형 연료전지 보일러(0.7kW급) 상용화 제품 및 하이브리드 시스템(보조보일러, 저장탱크) 상용화 제품 개발
- 1차에너지 생산량 최대화를 위한 연료전지 시스템 운전 운전 알고리즘 개발
- 최적운전을 위한 자동제어 시스템 개발
- 열사용을 고려한 신재생에너지 연료전지 단위 1차에너지 생산량 값 개발

**연구비**

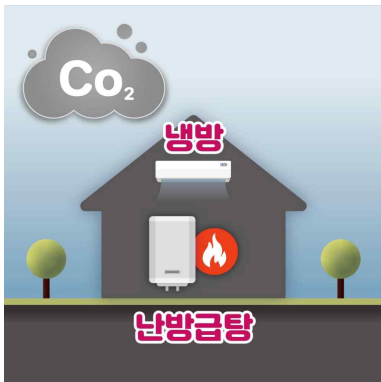

- 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,200 )백만 원
- 핵심기술별 연구비 상세

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산(백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
시스템 개발 목표 결정 및 설계 기준 개발	- 연료전지 시스템 개발 목표 제안 - 설계 기준 개발	보고서						85
연료전지 소형화 및 하이브리드 시스템 개발	- 소형연료전지개발 - 전기 열 일체형 연료전지 시스템 개발	시제품 (성적서) 제품개발 도면 시스템 도면						645
시공기술 표준화	- 시스템설치 표준 건축도면 - 설비도면/시방서	도면 시방서						130
연료전지 시스템 운영기술	- 운전 알고리즘 개발 및 적용	보고서 운전 로직/제어 도면						130
실증분석 및 개선	- 실증단지 적용 계측/분석 - 시스템 개선 - 1차에너지생산량 및 소비량 분석	보고서						130
개발 기술 확대	- 확대 적용 매뉴얼 - 수소연료 직접 사용 기술분석 - 단위에너지생산량 값 개발	보고서 매뉴얼						80
			80	480	350	170	120	1,200

▶ 1.3 신재생에너지 연계형 고효율 히트펌프 활용 냉난방·급탕 통합설비 설계·시공 및 최적 운전기술 개발

기술명	신재생에너지 연계형 고효율 히트펌프 활용 냉난방·급탕 통합설비 설계·시공 및 최적 운전기술 개발
기술 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택의 ZEB를 위한 소형 지열시스템 통합 설계, 시공 및 운전기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택 냉난방 및 급탕 통합 최적 히트펌프 시스템 설계 및 개발</li> <li>- 고층 공동주택 단위세대에서 사용 가능한 냉난방 및 급탕 통합 지열히트시스템 연구 및 개발</li> <li>- 전체 통합세대 지열시스템 사용을 위한 설계, 시공기술 연구</li> <li>- 고층 공동주택의 냉난방 부하 및 급탕 용량에 맞는 시스템 운전기술 개발 연구</li> <li>- 최적의 에너지 효율을 가질 수 있는 고층 공동주택용 종합 지열 시스템 연구</li> </ul> </li> </ul>
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고층 공동주택의 경우 냉방·난방과 급탕에 사용되는 에너지 요구량 자체의 축소 (패시브시스템)는 매우 어려우며, 또한 기존 전기를 사용한 Air-Con 냉방 방식과 화석연료를 이용한 난방·급탕 방식(개별보일러 혹은 지역난방) 적용 시 1차에너지 소비량이 증대되어 에너지효율등급 1등급을 받기 어려운 수준이며, 액티브 시스템에 의한 1차 에너지소비량 축소에도 한계가 있음</li> <li>○ 따라서 고층 공동주택의 ZEB 3등급 달성을 위해서는 신재생에너지 적용에 의한 1차에너지 생산량의 증대와 고효율 냉방과 난방시스템 적용으로 1차에너지 소비량을 함께 축소할 필요가 있음</li> <li>○ 신재생에너지 중 고층 공동주택의 경우 고층의 경우 태양광 설치가 매우 어려우며, 연료전지 또한 건물에 소비되는 냉난방 및 급탕 에너지 소비량을 줄이지는 못하며 설치 비용 증대로 경제성이 없어 실제 적용이 어려움</li> <li>○ 지열시스템의 경우 공동주택에서는 주로 단지 공용부 일부에 냉방 및 난방을 공급하는 일부 실험적 시범적용 설치사업이 채택 되었으나, 고층 공동주택에 적용된 예는 없음. 중앙식의 경우 초기투자비 및 반송비용이 크게 증가되며, 특히 냉방의 경우 냉수를 공급하여 FCU로 냉방하는 방식이 채택되어 추가 배관의 설치, 자동제어 추가, 공간 확보 등 문제점이 있음</li> <li>○ 또한, 냉방 부하와 난방 및 급탕 부하량이 서로 다를 경우 지중열교환기의 설치 용량이 늘어날 수 있으며 이를 해결하기 위한 기술 필요</li> <li>○ 따라서 개별 세대에서 사용할 수 있는 지열 히트펌프 제품 개발 및 냉난방과 급탕에 대한 통합 시스템 설계, 시공 및 운전기술 개발 필요</li> <li>○ 고층 공동주택에 연간 냉난방 부하 분석 및 급탕 사용량 분석을 통한 최적의 냉난방과 급탕 통합 제어 로직 및 운영 시스템 개발 필요</li> </ul> </li> <li>□ 현재 기술 수준               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지열시스템을 활용한 냉난방은 공동주택에서 공용부에 일부 사용을 하고 있으며 단위세대에 지열시스템 이용은 시험용 단지 외에는 없음.</li> <li>○ 일반적 히트펌프는 냉온풍 혹은 냉온수 생산 방식으로 공동주택에 적용을 위해서는 냉풍냉방 + 온수바닥난방 방식이 필요하나 현재까지 상용화 되어 있지 않음.</li> <li>○ 한편 주거용 건물의 특성상 냉방과 급탕이 동시에 요구되나 기존 중앙식 지열히트펌프 시스템은 이 요구를 해결 할 수 없음.</li> <li>○ 공동주택 단위세대 적용을 위한 소형 지열시스템 개발 및 냉난방과 급탕 통합 시스템 설계, 시공 및 운전기술이 개발되어 있지 않음.</li> <li>○ 공동 주택의 부하 특성에 맞는 지중열교환기 형식 및 설계기준 없음</li> </ul> </li> </ul>



기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		착수시점	종료시점
	연도	2025	2029
	TRL	6	8
	기술 사업화/실용화 시점	2029	

		As-is	To-be
기술 개발 목표	정량 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 고층 공동주택 Air-Con 냉방시스템 + 보일러 (혹은 지역난방) 난방시스템 ▷ 냉방 및 난방 1차 에너지 사용량 증대 (기존 에너지 사용량 100%)</li> <li>- 기존 시스템 효율 : 냉방 COP 3.5 전후 : 난방/급탕효율 - 보일러 최대효율 92%</li> <li>- 기존 공동주택 ZEB 3등급 달성 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 냉난방 및 급탕 설비 대비 에너지 절감량 30% 달성</li> <li>- 지열시스템 히트펌프성능 최대부하 효율 : 냉방 COP 6.0 : 난방 COP 4.3 달성 : 급탕 COP 3.7 달성</li> <li>- 지열 활용 냉방·난방 및 급탕 에너지 최소화를 통한 고층 공동주택 ZEB 3등급 달성</li> </ul>
	정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중앙공급식 지열히트펌프 시스템 공사비 및 운전비 증대</li> <li>- 공동주택 신축 및 리모델링시 고층형 건물에 적용할 수 있는 신재생에너지 시스템 극히 제한적</li> <li>- 기존 공동주택 녹색건축 인증/신재생 의무 적용비율에 따른 설치 후 운영하지 않는 연료전지 적용 증대 (세대당 초기 투자비 증대)</li> <li>- 냉방 운전비용 부담에 따른 냉방운전 축소로 쾌적성 감소 및 국민 건강 문제</li> <li>- 냉난방·급탕 통합 시스템 적용을 위한 건축적 해결 및 실시(표준)도서 개발 필요</li> <li>- 냉방과 난방 + 급탕 부하 불일치에 대한 지중열교환기 설계 및 설치 기술 부족</li> <li>- 주거용 지열시스템 운전/제어 시스템 기술 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중앙공급식 지열히트펌프 시스템 대비 공사비 및 운전비 절감 (LCC 분석)</li> <li>- 공동주택 신축 및 리모델링 시 적용 가능한 지열이용 냉난방 소형 히트펌프 활용기술 개발</li> <li>- 고층 공동주택 신축 실제 활용 가능한 신재생에너지 시스템 적용 (미활용 연료전지 설치 최소화)</li> <li>- 냉방 운전비 축소에 의한 충분한 냉방으로 쾌적성 증대 및 국민 건강 향상</li> <li>- 냉난방·급탕 통합 시스템 적용을 위한 건축적 해결 및 실시(표준)도서 개발</li> <li>- 부하 불일치에 따른 설치 공간 및 효율을 고려한 최적의 지중열교환기 하이브리드 시스템 설계 및 제안</li> <li>- 주거용 지열 시스템 최적 운전을 위한 제어시스템 개발 및 운전 기술 개발</li> </ul>
			

<p><b>주요 연구개발내용</b></p>	<p><b>[제안기술 구성]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 지열 히트펌프 냉난방 설계, 시공 및 통합 운전기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 냉난방 및 급탕 계통 연계를 위한 설계 및 시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고층 공동주택 냉난방 부하 및 급탕부하 분석</li> <li>- 냉방, 난방 및 급탕을 최대 효율로 활용하기 위한 최적 시스템 설계 및 개발</li> </ul> </li> <li>○ 고층 공동주택 냉난방 지열시스템 최적 설계 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 공동주택 지열시스템 적용 사례 분석</li> <li>- 고층 공동주택 냉방, 난방 및 급탕 통합 지열 히트펌프 시스템 설계</li> <li>- 냉난방·급탕 통합 시스템 적용을 위한 건축적 해결 및 실시(표준)도서 개발</li> <li>- 냉난방 및 급탕 계통 연계를 위한 시공기술 표준화 개발</li> </ul> </li> <li>○ 고층 건물 최적 효율을 위한 지열 + 미활용 에너지 하이브리드 시스템 사용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉방과 난방 및 급탕의 부하 밸런스를 고려한 최적의 지중열교환기 개발</li> <li>- 유출수 활용 하이브리드 지열 시스템을 위한 최적 버퍼 탱크 설계기술 개발</li> <li>- 시스템 최고 성능을 위한 유출수 활용방안 개발 및 제안</li> </ul> </li> <li>○ 효율적 시스템 통합 운영을 제어 알고리즘 개발 및 자동제어 시스템 설계 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉난방 시스템과 급탕 시스템 통합 설계, 시공기술 개발</li> <li>- 시스템 최적 제어 로직 개발 · 및 운전방식 개발 및 통합관리 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>□ 지열 이용 단위 세대에 사용할 수 있는 소형 히트펌프 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동주택의 단위 세대별 적용이 가능한 소형 고효율 히트펌프 개발</li> <li>○ 지열시스템 히트펌프성능 냉방 COP 6.0, 난방 COP 4.3 달성 (세계 최고 수준) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고층 공동주택용 지중열교환기 효율 향상 기술 개발</li> <li>- 단위 세대용 고효율 소형 지열 히트펌프 개발</li> <li>- 공동주택용 최적 지중열교환기 기술 및 하이브리드 열교환 시스템 제안</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 고층 공동주택 ZEB를 위한 단위세대용 소형 지열시스템 개발 및 시스템 통합 설계, 시공 및 운전기술 개발</li> <li>○ 단위 세대용 소형 지열시스템 히트펌프 개발 : 냉방 COP 6.0, 난방 COP 4.3</li> <li>○ 제로에너지 건축물 관련 최소에너지 사용 공동주택 달성 및 에너지 자립율 달성</li> <li>○ 냉난방 히트펌프와 급탕 히트펌프 통합운전을 위한 로직 개발 및 시제품 개발</li> </ul>
<p><b>연구비</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 2,000 )백만원</li> <li>□ 핵심기술별 연구비 상세</li> </ul>

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
공동주택 냉난방·급탕 통합 설계기술	냉방, 난방 및 급탕 부하에 따른 통합 시스템 설계	보고서 설계 매뉴얼 설계 도면 시방서	■	■				180
지중 열교환기 효율 향상	하이브리드형 고효율 지중 열교환기	보고서 지중 열교환기 시험성적서	■	■	■	■		550
단위 세대용 소형 히트펌프	소형 히트펌프 개발	보고서 히트펌프 시험성적서	■	■	■	■	■	775
실증분석 및 시스템 개선안	실증단지 적용 계측/분석 시스템 개선	보고서			■	■		180
시공기술 표준화	시공기술집	보고서 표준 시공도서 시공 매뉴얼			■	■		135
냉난방·급탕 통합 지열 히트펌프 운영기술	통합 운영시스템 로직	보고서 자동제어 시스템 운전 로직					■	180
			80	730	580	380	230	2,000

▶ 1.4 공동주택 세대 단위 실별 환기시스템 개발

기술명	공동주택 세대 단위 실별 환기시스템 개발													
기술 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동주택 건설 시 실내오염물질 제거 및 신선공기 도입을 위해 설치하는 환기설비의 효율적인 사용을 위해 환기가 필요한 구획별 환기가능 설비를 개발하고 다양한 환기시스템과의 정량적인 에너지 소비량을 비교하고자 함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택 적용을 위한 각 실별 환기시스템 개발</li> <li>- 공동주택 적용 가능한 환기시스템별 에너지 소비량 계측</li> <li>- ECO2프로그램에 환기시스템별 에너지소비량 반영(안) 제안</li> </ul> </li> </ul>													
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동주택의 주요 에너지 사용 항목인 환기설비는 현재 단위세대 전체가 하나의 동작제어 형태로 운영되고 있어, 환기가 필요치 않은 부분까지 환기가 이루어지는 비효율적인 상황임</li> <li>○ 재실자 기준 등 환기가 필요한 상황에 맞게 필요 공간만 환기를 효과적으로 수행할 수 있는 환기시스템에 대한 개발 및 설치가 필요하며, 환기로 인해 소비되는 에너지의 최소화를 위한 운영방안이 필요한 실정임</li> </ul> </li> <li>□ 현재 기술 수준               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 공동주택에 설치되는 환기설비는 운전단위세대 내에서 실내공기 오염물질이 측정되고 이에 따른 환기풍량이 세대단위로 자동제어가 되는 시스템 적용됨</li> <li>○ 실별제어를 위해 각 실별 전동디퓨저 타입으로 설치해 제어를 시도하고 있으나, 환기가 필요한 공간의 필요 환기량과 팬 풍량이 연계되지 않은 환기장치의 소비동력은 동일한 상황임</li> </ul> </li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">착수시점</td> <td style="width: 33%;">종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	6	8	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점												
연도	2025	2029												
TRL	6	8												
기술 사업화/실용화 시점	2029													
기술 개발 목표	As-is	To-be												
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 설치 중인 환기장치는 통합제어를 통한 전실 동시 운전형태로 사용하지 않는 공간도 환기가 작동하는 상황임</li> <li>• 세대 단위의 풍량제어로 환기장치가 과 작동하며, 난방, 냉방 시 에너지 손실이 추가적으로 발생함</li> </ul> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 세대 통합운전 환기장치 대비 단위세대 냉방 5%, 난방 5%, 환기에너지 20% 절감 시제품 개발</li> <li>• 실별 환기풍량을 자동제어하는 환기설비를 활용해 냉방, 난방, 환기 에너지의 최소화해 ZEB 달성</li> </ul> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>												

<p style="text-align: center;"><b>주요 연구개발내용</b></p>	<p><b>[제안기술 구성]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 공동주택 적용을 위한 각 실별 환기시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실별 강/중/약 필요 환기량을 제공할 수 있는 팬/모터 제어</li> <li>○ 실별 필요 환기량 분배를 분배기 및 차단 댐퍼</li> <li>○ 재실상황, 실내공기질 등을 활용한 환기설비의 효율적인 운전 알고리즘 개발</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 환기시스템 구성 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각실별 환기시스템 현장 적용을 위한 설치 시방작성</li> <li>○ 환기설비 에너지소비량 DB구축을 위한 방법론 정립</li> <li>○ 시범사업 환기시스템 설치 설계</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 공동주택 적용 가능한 환기시스템별 에너지 소비량 계측 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환기설비 관련 에너지 소비량 모니터링을 위한 계측값, 계측점, 계측장비 설계</li> <li>○ 환기시스템별 에너지 소비량 계측 및 DB화</li> <li>○ 환기시스템별 에너지 소비량 DB를 활용한 결과분석</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> ECO2프로그램에 환기시스템별 에너지소비량 반영(안) 제안</li> </ul>																																																																				
<p style="text-align: center;"><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 공동주택 세대단위 실별 환기시스템 개발 및 다양한 환기시스템 에너지 소비</li> <li>○ 공동주택의 단위세대 각 식별 환기시스템 개발</li> <li>○ 공동주택 적용 가능한 환기시스템별 에너지 소비량 계측 DB</li> <li>○ ECO2프로그램에 환기시스템별 에너지소비량 반영(안)</li> </ul>																																																																				
<p style="text-align: center;"><b>연구비</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,000 )백만 원</li> <li><input type="checkbox"/> 핵심기술별 연구비 상세</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">핵심기술</th> <th rowspan="2">주요 성과물</th> <th rowspan="2">성과물 유형</th> <th colspan="5">수행기간</th> <th rowspan="2">소요예산 (백만원)</th> </tr> <tr> <th>'25</th> <th>'26</th> <th>'27</th> <th>'28</th> <th>'29</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>실별환기장치 제어알고리즘</td> <td>실별환기장치 제어알고리즘</td> <td>제어알고리즘</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>실별환기장치 개발</td> <td>실별환기장치 개발</td> <td>시제품</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>현장적용성 검증</td> <td>현장적용</td> <td>개발제품 현장적용</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>환기에너지 소비량 DB</td> <td>환기에너지 소비량 DB</td> <td>환기에너지 모니터링 DB</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>ZEB 환기 실데이터 기반 구축</td> <td>ECO2반영 (안)제안</td> <td>ECO2반영 (안)제안서</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>80</td> <td>400</td> <td>250</td> <td>170</td> <td>100</td> <td>1,000</td> </tr> </tbody> </table>	핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)	'25	'26	'27	'28	'29	실별환기장치 제어알고리즘	실별환기장치 제어알고리즘	제어알고리즘						80	실별환기장치 개발	실별환기장치 개발	시제품						400	현장적용성 검증	현장적용	개발제품 현장적용						250	환기에너지 소비량 DB	환기에너지 소비량 DB	환기에너지 모니터링 DB						170	ZEB 환기 실데이터 기반 구축	ECO2반영 (안)제안	ECO2반영 (안)제안서						100				80	400	250	170	100	1,000
핵심기술	주요 성과물				성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)																																																										
		'25	'26	'27		'28	'29																																																														
실별환기장치 제어알고리즘	실별환기장치 제어알고리즘	제어알고리즘						80																																																													
실별환기장치 개발	실별환기장치 개발	시제품						400																																																													
현장적용성 검증	현장적용	개발제품 현장적용						250																																																													
환기에너지 소비량 DB	환기에너지 소비량 DB	환기에너지 모니터링 DB						170																																																													
ZEB 환기 실데이터 기반 구축	ECO2반영 (안)제안	ECO2반영 (안)제안서						100																																																													
			80	400	250	170	100	1,000																																																													

▶ 1.5 차양 일체화를 통한 성능 가변 200mm 슬림형 창호시스템 개발

기술명	차양 일체화를 통한 성능 가변 200 mm 슬림형 고기밀 창호시스템 개발													
기술 정의	<p>○ 제로에너지 공동주택 달성은 먼저 에너지요구량 최소화 구현이 출발점이며, 이를 위해 에너지민감도가 가장 큰 창호의 성능 향상과 냉·난방부하에 능동적으로 대응할 수 있는 슬림형 창호시스템 기술</p> <p>- 200 mm 폭 이내의 슬림형 창호시스템 개발을 통하여, 고층 공동주택 신축 및 리모델링에 범용성 확보</p> <p>- 냉·난방에 능동적으로 대응할 수 있는 차양이 일체화된 창호시스템 기술 및 실증을 통한 검증</p>													
기술개발 필요성	<p>□ 필요성</p> <p>○ 전체 주거건물의 70 % 이상을 차지하는 공동주택의 제로에너지율을 높이기 위해 에너지요구량의 최소화와 냉·난방부하에 능동적으로 대응할 수 있는 가변 성능을 갖는 창호시스템 기술은 필수적이며, 특히 고층 공동주택 적용을 위하여 창호 경량화와 일사조절장치가 일체화된 미래형 창호시스템 기술 개발이 필요함</p> <p>□ 현재 기술 수준</p> <p>○ 난방 위주의 고단열 창호 기술 중심으로 발전해왔으며, 이에 따른 창호 폭 280 mm 내외의 이중창으로 높은 자중과 숙련된 기술자 부족에 따른 시공성 문제 그리고 여름철 과도한 냉방부하 문제 등에 직면해 있음. 따라서 고층 공동주택 냉난방에 능동적으로 대응할 수 있는 차양 일체형 슬림형 창호시스템 기술에 대한 연구는 다양한 규모의 평형에 대응할 수 있는 시작품 및 시제품 제작 및 검증 과정을 거쳐 현장 실증 연구를 통해 그 실용성 검증이 필요함</p>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)	<table border="1" data-bbox="384 1115 1428 1283"> <thead> <tr> <th></th> <th>착수시점</th> <th>종료시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>7</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2027</td> </tr> </tbody> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	7	9	기술 사업화/실용화 시점	2027	
	착수시점	종료시점												
연도	2025	2029												
TRL	7	9												
기술 사업화/실용화 시점	2027													
기술 개발 목표	As-is	To-be												
	<p><b>정량 목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>고정된 성능의 열관류율(1등급), 태양열 취득률(0.25~0.30), 가시광선투과율(0.3~0.4) 확보</li> <li>난방시 건물에너지 절감효과 (<math>Q=U \cdot A \cdot \Delta T</math>) 미미하고 냉방시 불리함</li> <li>창호 폭 280 mm 내외</li> </ul> <p><b>정성 목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1등급 이중창 폭은 280 mm 내외로 과도한 자중과 낮은 시공성</li> <li>1등급 이중창의 기존 공동주택 리모델링 창으로 부적합(단열라인 유지에 어려움)</li> <li>단일 성능에 따른 냉·난방 불균형 발생</li> <li>다양한 창호 응용 기술(PV 등)의 적용에 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능 가변형 창호 개발(공인성적서) 열관류율(<math>W/m^2K</math>) : 0.90 ~ 1.10 태양열 취득률(-) : 0.10 ~ 0.30 가시광선투과율(-) : 0.05 ~ 0.40</li> <li>최적 운용을 통한 에너지 절감 (시뮬레이션) 난방: 10 % / 냉방: 15 %</li> <li>창호 슬림화 구현: 폭 200 mm 이내</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>기축 공동주택의 리모델링 시 벽체 및 단열 폭 대응 가능한 고성능 창호시스템 개발</li> <li>신축 및 기축 고층 공동주택 시공 시 창호 폭 감소에 따른 다양한 일사조절장치 적용 공간 확보 기술</li> <li>슬림형 창호시스템에 태양광시스템 적용 부위 확보 등에 따른 연계 가능</li> <li>궁극적으로 고층 공동주택에 적합한 슬림형 창호와 일사조절장치가 일체화된 시스템 개발 및 실증을 통한 검증</li> </ul>												



**주요 연구개발내용**

- [제안기술 구성]
- (세부기술 1) 고단열 경량 슬림형 미서기 창호시스템 개발
    - 200 mm 이내 폭을 갖는 1등급 삽입 창호 설계 및 정확보
    - 개발 시스템의 ECO2 평가방법 개선안 및 기반데이터 구축 [3세부 연계]
  - (세부기술 2) 슬림형 일사조절장치 일체화 시스템 개발
    - 고기능성 필름을 활용한 슬림형 전동 일사조절장치 개발 및 창호 일체화 개발
    - 슬림형 성능 가변형 창의 On/Off 성능 확보 및 실증 검증
    - 일사조절장치의 IoT 연계 시스템 개발
  - (세부기술 3) 창호형 BIPV 통합 설계 기술 개발 [1-1 창호연계형 BIPV 연계]
    - 고정부(안전난간, 고정 이중창 등) BIPV 적용 기술 개발
    - BIPV 배선처리 기술 개발

**최종성과물**

- 차양이 일체화된 폭 200 mm 이내의 성능 가변형 슬림형 창호시스템 개발
- 신축 및 기축 고층 공동주택의 비용, 시공성이 확보된 슬림형 창호시스템 기술
- 연중 에너지 최적 운용을 위한 차양 일체형 창호시스템 기술
- 성능 가변 창의 건물에너지 최적 운용 기술 및 실증 검증
- 개발 시스템의 ECO2 평가방법 개선안 및 기반데이터 구축

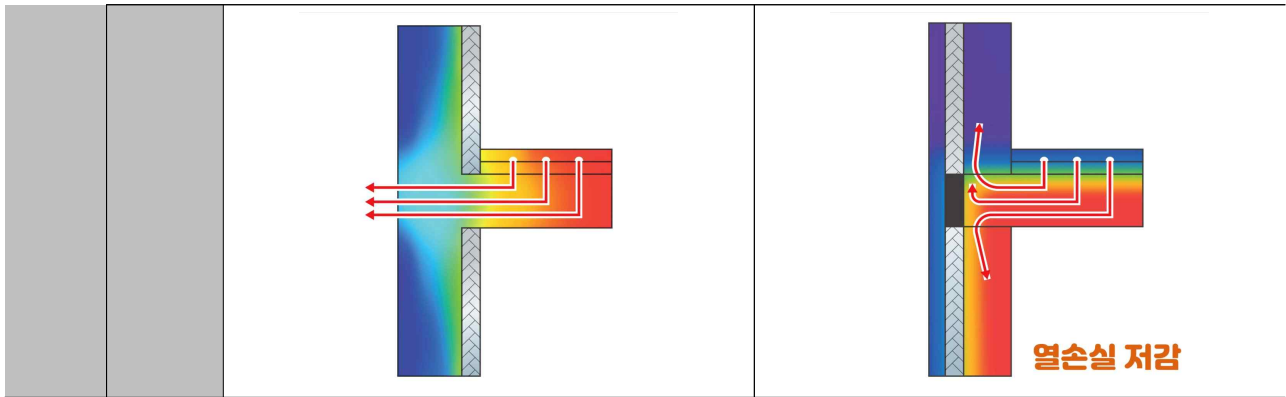
**연구비**

- 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,300 )백만 원
- 핵심기술별 연구비 상세

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
슬림화	폭 200 mm 프레임 개발	도면, 시뮬레이션 검증	■	■	■			270
일체화	차양 일체형 프레임 개발	도면, 시뮬레이션 검증	■	■	■			270
시작품	1, 2차 시작품	시작품, 공인성적서		■	■			220
시제품	1, 2차 시제품	시제품, 공인성적서		■	■	■		430
실증	미래형 창호시스템	실증 건수				■	■	110
			80	450	370	290	110	1,300



▶ 1.6 단열성능 개선을 위한 열교 유형별 표준 성능평가 방법 개발

기술명	단열성능 개선을 위한 열교 유형별 표준 성능평가 방법 개발													
기술 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건물 단열성능을 저하할 뿐만 아니라 결로, 곰팡이 등 유해한 실내 주거환경 조성의 원인이 되는 열교 부위에 대해서 열교 저감 기술 적용 활성화를 위해 열교 부위 성능평가 표준 인프라, 적용 의무 법제화 및 인센티브 등 제도적 기반 마련</li> <li>- 시뮬레이션 및 목업을 통한 열교 유형별 표준 성능평가 시험방법 개발</li> <li>- 열교 저감 기술 적용 활성화를 위한 제도정책 개선(안)</li> </ul>													
기술개발 필요성	<p>□ 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열교란 건물에서 단열이 연속되지 않는 부분, 구조체에서 일부 열전도율이 큰 부재가 존재하는 부분 등을 통해 열이 집중적으로 흐르는 현상을 일컫음</li> <li>○ 열교 부위에서는 단열성능이 급격하게 저하되어 에너지 낭비*의 원인이 될 뿐만 아니라, 실내외 벽체 표면온도차가 커져 결로 발생 위험이 커지고 이로 인해 곰팡이 발생 등 유해한 주거환경을 조성하는 원인이 됨</li> <li>*선행 연구에 따르면 공동주택에서 열교 제거만으로 연간 난방 에너지요구량의 약 12~14% 저감할 수 있는 것으로 나타남(구보경, 공동주택 외피에서의 열교 방지를 위한 제도 개선 방안 연구, 박사학위논문, 이화여자대학교 대학원, 2011)</li> <li>○ 열교 저감을 위한 설계/시공법, 열교 유형별 또는 부위별 적용 가능한 제품 및 시스템 등에 대한 연구개발은 지속적으로 수행되고 있으나, 성능 및 효과를 정량적으로 평가하거나 인증에 활용할 수 있는 표준화된 방법이 부재*해 실무에서 실질적인 적용이 미흡한 상황임</li> <li>*현재 건축물의 에너지절약설계기준 [별표 11]에서 외피 열교부위별 선형 열관류율 값을 제시하고 있어 이를 활용해 열교 부위를 평가할 수 있으나, 이는 대표 열교 부위에 대한 선형 열관류율 값을 테이블 형태로 제시하는 것으로 시장의 다양한 제품 및 신기술/신제품의 성능 수준 차이를 반영할 수 없는 구조임</li> <li>○ 따라서, 열교 저감 기술 적용 활성화를 위해 열교 부위 성능평가 표준 인프라, 적용 의무 법제화 및 인센티브 등 제도적 기반 마련 필요</li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">착수시점</td> <td style="width: 33%;">종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	6	7	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점												
연도	2025	2029												
TRL	6	7												
기술 사업화/실용화 시점	2029													
기술 개발 목표	As-is	To-be												
	정량 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물의에너지절약설계기준 [별표11]에서 외피 열교부위별 선형 열관류율 기준 제시</li> <li>- 부위별 단열보강 유무에 따른 선형 열관류율 값을 표로 제시하고 있어 부위별·유형별 다양한 열교 저감 기술에 대한 성능을 평가할 수 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시뮬레이션 및 목업에 의한 열교 부위별·유형별 성능평가 시험방법 KS표준(안) : 2건</li> <li>• 열교 평가 관련 제도정책 개선(안) : 1건</li> </ul>											
정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열교 저감 기술 및 제품에 따른 객관적인 에너지성능 개선 효과를 파악하기 어려움</li> <li>• 열교 저감 기술 및 제품 적용에 대한 법적 근거 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 열교 저감 기술 및 제품에 대한 성능 수준 객관성 확보 및 정량적인 에너지성능 개선 효과 파악 가능</li> <li>• 기존 열교 관련 법제도 개정, 인센티브 제정 등 제도적 근거 마련으로 열교 저감 기술 및 제품 적용 활성화 도모</li> </ul>												



<p style="text-align: center;"><b>주요 연구개발내용</b></p>	<p>[제안기술 구성]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> (세부기술 1) 열교 유형별 시뮬레이션 성능평가 시험방법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 열교 관련 시뮬레이션 성능평가 방법 조사 및 분석</li> <li>- 열교 유형별 및 부위별 시뮬레이션 성능평가 방법론 개발</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> (세부기술 2) 열교 유형별 목업 성능평가 시험방법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 열교 관련 목업 성능평가 방법 조사 및 분석</li> <li>- 목업을 통한 열교부위 성능평가 방법론 개발</li> <li>- 시뮬레이션 및 목업 성능평가 간 결과 비교·검증 및 고도화</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> (세부기술 3) 성능평가 시험방법 표준화 및 제도정책 개선 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열교 부위 성능평가 시험방법 KS표준(안) 도출</li> <li>- 실증단지 적용 열교 저감기술에 성능평가 방법론 적용 및 평가</li> <li>- 현행 열교 관련 법제도·정책 조사 및 개선사항 도출</li> <li>- 에너지절약설계기준, ECO2 등 열교 평가 관련 제도정책 개선방안 도출</li> </ul> </li> </ul>																																																		
<p style="text-align: center;"><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 열교 유형별 시뮬레이션 성능평가 시험방법 KS표준(안)</li> <li><input type="checkbox"/> 열교 유형별 목업 성능평가 시험방법 KS표준(안)</li> <li><input type="checkbox"/> 열교 저감 기술 적용 활성화를 위한 제도정책 개선(안)</li> </ul>																																																		
<p style="text-align: center;"><b>연구비</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,000 )백만 원</li> <li><input type="checkbox"/> 핵심기술별 연구비 상세</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">핵심기술</th> <th rowspan="2">주요 성과물</th> <th rowspan="2">성과물 유형</th> <th colspan="5">수행기간</th> <th rowspan="2">소요예산 (백만원)</th> </tr> <tr> <th>'25</th> <th>'26</th> <th>'27</th> <th>'28</th> <th>'29</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>세부기술1</td> <td>KS표준(안)</td> <td>공법/기법</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>세부기술2</td> <td>KS표준(안)</td> <td>공법/기법</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>세부기술3</td> <td>정책 개선(안)</td> <td>표준화/제도</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>200</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>80</td> <td>330</td> <td>270</td> <td>220</td> <td>100</td> <td>1,000</td> </tr> </tbody> </table>	핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)	'25	'26	'27	'28	'29	세부기술1	KS표준(안)	공법/기법						300	세부기술2	KS표준(안)	공법/기법						500	세부기술3	정책 개선(안)	표준화/제도						200				80	330	270	220	100	1,000
핵심기술	주요 성과물				성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)																																								
		'25	'26	'27		'28	'29																																												
세부기술1	KS표준(안)	공법/기법						300																																											
세부기술2	KS표준(안)	공법/기법						500																																											
세부기술3	정책 개선(안)	표준화/제도						200																																											
			80	330	270	220	100	1,000																																											

▶ 1.7 ZEB 1~3등급 공동주택의 비용효율 최적화 기술개발

기술명		ZEB 1~3등급 공동주택의 비용효율 최적화 기술개발													
기술 정의		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지성능 및 경제성 측면에서 비용효율적인 최적의 ZEB 1~3등급 공동주택 설계모델 및 가이드라인 개발</li> <li>○ 정책 강화 대응 및 건물 에너지성능 향상을 위한 추가 요소기술 발굴 및 공동주택 최적 적용방안 도출</li> </ul>													
기술개발 필요성		<p>□ 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제로에너지건축물(이하 ZEB) 의무화 로드맵에 따라 '24년 현재 연면적 500㎡ 이상 공공건축물 및 30세대 이상 공공·민간 공동주택에 5등급 수준 인증 의무</li> <li>○ '30년 전면 의무화(공공 3등급 수준, 민간 5등급 수준), '50년 모든 건축물 1등급화를 목표로 단계적으로 용도·규모 확대 추진 중</li> <li>○ '21년 국토부에서 발표한 전국 건축물 에너지사용량 통계*에 따르면 공동주택 에너지사용량은 전체 건물에너지 소비의 43.2%를 차지하며, 전체 용도 중 가장 비중이 높은 것으로 나타남 *2021년 총 건물E사용량 3,400여만TOE, 더 뉴스, '22.06.03.</li> <li>○ 공동주택에서 에너지소비 절감이 시급함에도 불구하고 공동주택(임대주택 포함) ZEB 인증 현황은 전체의 1.6% 수준('23.10.04 기준)으로 매우 낮은 상황임</li> <li>○ 이 중 4, 5등급 공동주택의 경우, 총 인증 건수는 62건으로 전체 67건의 92.5%를 차지('23.10.04 기준)하고 있으며, 공공에서 비용효율을 고려한 설계 가이드라인*을 공표하는 등 시장 보급을 위한 기반을 마련해가고 있음. 그러나 1~3등급 공동주택의 경우 시범사업 몇 건이 전부이며 구체적인 실현 방안은 부재한 상황임 *제로에너지 공동주택 설계 가이드라인 설명회, LH, '23.05.11</li> <li>○ ZEB 의무화 로드맵에 선제적으로 대응하는 한편 ZEB 조기 확산을 견인하기 위해 에너지성능 및 비용효율을 고려한 등급별 최적 모델 및 설계 가이드라인 개발, 미래형 요소기술 발굴 및 적용 방안 도출 필요</li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>착수시점</th> <th>종료시점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </tbody> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	6	7	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점													
연도	2025	2029													
TRL	6	7													
기술 사업화/실용화 시점	2029														
		As-is	To-be												
기술 개발 목표	정량 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 ZEB 공동주택 4, 5등급에 대해서 비용효율 분석 및 최적 설계 가이드라인 도출되어 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비용효율을 고려한 ZEB 공동주택 등급별 최적 설계 가이드라인 각 1건</li> <li>• 미래형 기술 가이드라인 1건 이상</li> </ul>												
	정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 4, 5등급 공동주택에 대해서는 보급을 위한 기반을 마련해가고 있으나 상위 등급에 대해서는 대책 부재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 관련 제도정책 개선과 연계해 상위등급(1~3등급) 보급 활성화 도모</li> </ul>												
															

<p style="text-align: center;"><b>주요 연구개발내용</b></p>	<p>[제안기술 구성]</p> <p>□ (세부기술 1) ZEB 공동주택 등급별(1~3등급) 최적 방안 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지건축물 요소기술(패시브/액티브/신재생) 현황 분석</li> <li>- ECO2 적용 요소기술 도출 및 변수 설정</li> <li>- 요소기술별 에너지민감도 분석 및 영향력에 따른 우선순위 도출</li> <li>- 비용효율을 고려한 ZEB 등급별(1~3등급) 최적 모델 및 설계 가이드라인 도출</li> <li>- ZEB 3등급 고층 공동주택 최적 실증모델 개발(개발기술 포함)</li> <li>- 모델별 비용효율지표(투자회수기간, 생애비용, 추가 시공비용 등) 산출</li> </ul> <p>□ (세부기술 2) 공동주택 에너지성능 강화를 위한 미래형 요소기술 적용방안 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 정책 강화에 대응할 수 있는 미래형 요소기술 발굴 및 기술별 공동주택 최적 적용방안 도출</li> </ul> <p>※ 상수(혹은) 지하수 활용 저비용 지능형 바닥복사냉난방시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 여름철 열쾌적 및 결로방지를 위한 복사냉방 설계기술 개발(복사냉방 적용을 위한 요구성능 분석, 적정 바닥 표면온도 분석 등)</li> <li>- 여름철 열쾌적 및 결로방지를 위한 지능형 제어기술 개발(실내외 환경정보 센싱 및 AI 학습을 통한 제어 알고리즘 등)</li> <li>- 환기/제습시스템 연동 제어 방안 및 장비 개발</li> </ul> <p>※ 스마트윈도우</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT 기반 실내외 환경정보 연동 최적 제어 알고리즘 개발</li> <li>- 자연채광 활용 스마트윈도우와 조명 연계 방안 및 최적제어 알고리즘 개발</li> <li>- 스마트윈도우 가변성능(SHGC, VT) 평가방안 및 법제화 방안 도출</li> </ul> <p>※ 기밀 표준설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 칩기 : ZEB 달성 시 우선순위가 가장 높은 요소기술</li> <li>*제로에너지 공동주택 설계 가이드라인 설명회, LH, '23.05.11</li> <li>- 건물 기밀성능 향상을 위한 적정 표준설계안 개발</li> </ul> <p>※ 집광채광블라인드</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심 기술 국산화를 통한 단가 절감방안 도출</li> <li>- 빛, 열환경의 쾌적 및 에너지를 통합 고려한 집광채광시스템 최적 제어 알고리즘 및 컨트롤러 개발</li> </ul>																																																		
<p style="text-align: center;"><b>최종성과물</b></p>	<p>□ ZEB 3등급 고층 공동주택 최적 실증 모델</p> <p>□ 비용효율을 고려한 ZEB 공동주택 1~3등급 최적 설계 가이드라인</p> <p>□ 공동주택 에너지성능 향상을 위한 미래형 요소기술 시제품 및 가이드라인</p>																																																		
<p style="text-align: center;"><b>연구비</b></p>	<p>□ 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,600 )백만 원</p> <p>□ 핵심기술별 연구비 상세</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">핵심기술</th> <th rowspan="2">주요 성과물</th> <th rowspan="2">성과물 유형</th> <th colspan="5">수행기간</th> <th rowspan="2">소요예산 (백만원)</th> </tr> <tr> <th>'25</th> <th>'26</th> <th>'27</th> <th>'28</th> <th>'29</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>세부기술1</td> <td>실증 모델</td> <td>모델/지수</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>세부기술1</td> <td>설계 가이드라인</td> <td>표준화/제도</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>세부기술2</td> <td>미래형 기술 가이드라인</td> <td>시제품, 표준화/제도</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,150</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>90</td> <td>400</td> <td>450</td> <td>400</td> <td>260</td> <td>1,600</td> </tr> </tbody> </table>	핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)	'25	'26	'27	'28	'29	세부기술1	실증 모델	모델/지수						200	세부기술1	설계 가이드라인	표준화/제도						250	세부기술2	미래형 기술 가이드라인	시제품, 표준화/제도						1,150				90	400	450	400	260	1,600
핵심기술	주요 성과물				성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)																																								
		'25	'26	'27		'28	'29																																												
세부기술1	실증 모델	모델/지수						200																																											
세부기술1	설계 가이드라인	표준화/제도						250																																											
세부기술2	미래형 기술 가이드라인	시제품, 표준화/제도						1,150																																											
			90	400	450	400	260	1,600																																											

○ 구성기술2. 개발기술 실증 및 에너지 관리 기반 구축

▶ 2.1 제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축

기술명		제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축													
기술 정의		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축</li> <li>- 개발기술 성능 검증을 위한 공동주택 실증</li> <li>- ZEB 수요자 의견 수렴을 통한 제로에너지건축물 평가</li> <li>- 지능형 ZEB 운영기술 개발 및 성능평가를 위한 Open Data 구축</li> </ul>													
기술개발 필요성		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성</li> <li>○ 2030년 공공건축물(ZEB 3등급), 민간건축물(ZEB 5등급 수준)에 따른 제로에너지 건축물 전면 의무화 시행에 따른 실현 방안 마련 시급</li> <li>○ 기존 ZEB 공동주택 시범사업 분석 결과, 등급 만족을 위한 용적률 제한 등 현 기술 수준, 비용 등을 고려했을 때 20층 이상 고층 공동주택의 제로에너지건축물 3등급 이상 달성은 매우 어려운 것으로 나타남</li> <li>○ 특히 제로에너지건축물 활성화를 위해 다양한 기술개발이 이루어졌으나 실제 건물적 용을 통한 건물 에너지 향상 정도 및 자립률 달성 가능 여부에 대한 연구가 미흡한 실정임</li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>착수시점</td> <td>종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	-	-	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점													
연도	2025	2029													
TRL	-	-													
기술 사업화/실용화 시점	2029														
기술 개발 목표	정량 목표	As-is	To-be												
	정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 ZEB 공동주택 사례 분석 결과, 등급 만족을 위해 중저층 설계 등을 통해 인증 달성</li> <li>• 민간건축물의 경우, 대부분 고층 설계 위주임에도 불구하고 고층 공동주택 설계시 제로에너지건축물의 비용효율적 적정 가이드라인 제시 등의 기반이 부족한 실정임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층 공동주택의 제로에너지건축물(ZEB) 3등급 인증 1건</li> </ul>												
주요 연구개발내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ (세부기술 1) 제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축</li> <li>- 개발기술 성능 검증을 위한 공동주택 실증</li> <li>- ZEB 수요자 의견 수렴을 통한 제로에너지건축물 평가</li> <li>- 지능형 ZEB 운영기술 개발 및 성능평가를 위한 Open Data 구축</li> </ul>													
최종성과물		□ 제로에너지건축물(ZEB) 3등급 인증 1건													

**연구비**

총 연구비(정부출연금 기준) : ( 10,000 )백만 원

핵심기술별 연구비 상세

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
세부기술1	실증단지 구축	실증단 지	50	480	5,000	4,000	470	10,000
합계			50	480	5,000	4,000	470	10,000

▶ 2.2 제로에너지 공동주택 세대 및 단지 단위 에너지 프로파일 표준모델 구축

기술명		제로에너지 공동주택의 세대 및 단지 단위 에너지 프로파일 표준모델 구축													
기술 정의		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ZEB 3등급 공동주택의 시계열 에너지 프로파일</li> <li>- 사용자 및 건물의 특성에 따른 에너지 사용량 표준모델</li> <li>- ZEB 3등급 공동주택의 에너지 수급 최적화를 위한 데이터 기반 구축</li> </ul>													
기술개발 필요성		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성</li> <li>○ 건물부문의 탄소중립을 위하여 화석연료를 배제하고 전력화를 진행 중이나, 주거용 건물의 전력화가 실현될 경우 국가차원의 전력수급계획에 큰 영향을 줄 것으로 예상됨</li> <li>○ 따라서 공동주택의 전력화 진행시 예상되는 전력 피크시기와 피크전력량에 대한 분석이 선행되어야 함</li> <li>○ 또한 현재 시행되고 있는 가정부분의 전력요금 누진제의 조정 역시 필요하며, 이를 위한 전력화 주택의 전력사용량 분석이 필요함</li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>착수시점</td> <td>종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	6	7	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점													
연도	2025	2029													
TRL	6	7													
기술 사업화/실용화 시점	2029														
기술 개발 목표	정량 목표	As-is <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동주택의 단지, 동 단위 월간 에너지 데이터 기반 에너지 사용 총량 데이터</li> <li>• 공동주택의 피크부하에 관한 정보 부재</li> </ul>	To-be <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동주택 세대 단위 에너지 사용량 모델 정확도 80%</li> <li>• 공동주택 단지 단위 피크부하 모델 정확도 80%</li> </ul>												
	정성 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 가정 부문에서의 난방과 급탕은 전기가 아닌 도시가스나 지역난방을 열원으로 사용하고 있음</li> <li>• 이에 따라 전기 중심의 AMI로는 가정의 난방/급탕 에너지 사용 패턴을 파악하기 힘들며, 도시가스와 지역난방의 경우 부동산원의 에너지 사용데이터를 활용하여 월간에너지 사용량을 기준으로 분석 진행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동주택의 특성에 따른 에너지 프로파일 및 표준모델</li> <li>• 향후 증가할 것으로 예상되는 공동주택의 전력 사용량을 정량적으로 예측하여 전력 및 지역난방 피크부하 및 전체 부하를 예측하고 대응할 수 있는 DB 구축</li> <li>• 공동주택의 신재생에너지 활용 가이드라인</li> </ul>												
주요 연구개발내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ (세부기술 1) 공동주택의 세대 에너지 사용 표준모델 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택의 세대 단위 시계열 에너지 분석</li> <li>- 공동주택의 건축 및 사용자 특성에 따른 에너지 사용량 영향 평가</li> </ul> </li> <li>□ (세부기술 2) ZEB 3등급 공동주택의 에너지 사용 가이드라인 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ZEB 3등급 공동주택에서의 신재생 에너지 활용 방안 설계</li> <li>- 공동주택 전력화를 위한 에너지 피크 및 사용량 프로파일 구축</li> </ul> </li> </ul>													
최종성과물		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 공동주택 전력화를 위한 세대 에너지 사용 특성</li> <li>○ 건축물/사용자 특성에 따른 공동주택의 세대별 에너지 사용량 표준 프로파일</li> <li>○ 공동주택 세대 및 단지 단위의 피크 에너지 및 총에너지 사용량 추정 모델</li> <li>○ ZEB 공동주택의 에너지 수급 모델</li> </ul>													

**연구비**

- 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 1,000 )백만 원
- 핵심기술별 연구비 상세

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산 (백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
세부기술1	표준모델	모델/지수	30	140	170	160	160	660
세부기술2	신재생에너지 가이드라인	표준화/제도	20	60	80	90	90	340
			50	200	250	250	250	1,000

▶ 2.3 제로에너지 공동주택 건물에너지 관리 기반 구축

기술명	제로에너지 공동주택 건물에너지 관리 기반 구축													
기술 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제로에너지 공동주택용 스마트 건물에너지관리시스템(BEMS) 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적정 센서 위치 선정 연구에 따른 센싱 민감도의 에너지 저감 향상 연구</li> <li>- ICT 기술 적용을 통한 실내환경, 에너지 상세 진단</li> </ul> </li> <li>○ 제로에너지 공동주택의 에너지성능 평가 및 서비스 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택 단지/동/세대 단위 에너지성능평가(ZEB 등급 달성 검증 평가)</li> <li>- 공동주택 에너지효율, 거주자 인식개선 서비스 개발</li> </ul> </li> </ul>													
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 제로에너지건축물 인증 의무화가 진행중이나 제로에너지건축물 인증 도입 시기가 상대적으로 최근이며 인증 이후 건물에너지사용량 모니터링 사례가 거의 없음</li> <li>○ 에너지 원별/용도별/일별/월별 등 에너지사용량의 모니터링 검증 평가는 현재 적용 초기인 제로에너지건축물 설계의 효율화 및 표준 모델 구축, 정책/제도 정립의 객관적인 기초데이터로서 제공</li> <li>○ 기존 다수의 연구개발을 통해 건물운영데이터의 수집 및 에너지효율화에 관한 연구는 진행되어 왔으나, 표준화된 에너지 및 실내 주거환경 정보 등을 제공하고 재실자의 에너지 절감 목표 설정 및 인식 개선 서비스 필요</li> </ul> </li> </ul>													
기술성숙도 (TRL1~9, 해당 시)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">착수시점</td> <td style="width: 33%;">종료시점</td> </tr> <tr> <td>연도</td> <td>2025</td> <td>2029</td> </tr> <tr> <td>TRL</td> <td>5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>기술 사업화/실용화 시점</td> <td colspan="2">2029</td> </tr> </table>			착수시점	종료시점	연도	2025	2029	TRL	5	8	기술 사업화/실용화 시점	2029	
	착수시점	종료시점												
연도	2025	2029												
TRL	5	8												
기술 사업화/실용화 시점	2029													
기술 개발 목표	As-is	To-be												
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 공동주택의 경우 원격검침 정도의 단순 계측 수준이며, BEMS를 적용하더라도 진단, 관리의 한계가 있음</li> <li>• 공동주택 특성상 거주자의 라이프스타일, 생활패턴에 따라 설계된 성능 구현 어려움</li> <li>• 또한 제로에너지건축물 인증 달성을 위해 BEMS 또는 원격검침 적용이 가능하여 비용이 상대적으로 고가인 BEMS의 적용 및 운영데이터 정보 수집 사례 거의 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물에너지 절감 5% 달성</li> <li>• 건물에너지 진단 및 에너지효율 정보 제공</li> </ul>												
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지저감 및 제로에너지 건축물 관련 요소 기술 연구 및 건물에너지관리시스템 연구는 많이 이루어졌지만, 건물 운영단계에서의 모니터링 및 검증 연구는 미흡함</li> <li>• 공동주택 입주 후 거주자의 건물운영 및 에너지사용 효율화에 대한 사용자 서비스, POE 등을 통한 반응 연구 필요</li> <li>• ZEB 거주 만족도 조사를 통한 에너지 절감 효과 및 인식 개선 등의 서비스 모델 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 건물에너지관리시스템(BEMS) 1식</li> <li>• ZEB 자립률 달성 검증 실증단지 에너지사용량 모니터링 분석 보고서 1건</li> <li>• 서비스 모델 2건</li> </ul>												



**주요 연구개발내용**

- (세부기술 1) 제로에너지 공동주택용 스마트 건물에너지관리시스템(BEMS) 구축
  - 적정 센서 위치 선정 연구에 따른 센싱 민감도의 에너지 저감 향상 연구
  - ICT 기술 적용을 통한 실내환경, 에너지 상세 진단 및 예측 연구
- (세부기술 2) 제로에너지 공동주택의 BEMS 활용 에너지성능 평가 및 서비스 개발
  - 건물에너지관리시스템(BEMS) 활용 에너지효율향상 최적제어 서비스 개발
  - 건물에너지관리시스템(BEMS) 활용 에너지비용 절감, 실내 쾌적도 향상, 주거 편의 증진 등 모니터링 연계 재실자 행동 변화 서비스 모델 개발

**최종성과물**

- 스마트 건물에너지관리시스템(BEMS) 1식
- ZEB 자립률 달성 검증 실증단지 에너지사용량 모니터링 분석 보고서 1건
- 서비스 모델 2건

**연구비**

- 총 연구비(정부출연금 기준) : ( 2,000 )백만 원
- 핵심기술별 연구비 상세

핵심기술	주요 성과물	성과물 유형	수행기간					소요예산(백만원)
			'25	'26	'27	'28	'29	
세부기술1	스마트 건물에너지관리시스템	개발품 현장적용	-	100	600	500	50	1,500
세부기술2	보고서 및 서비스 모델	보고서/모델	50	100	300	240	60	500
합계			50	200	900	740	110	2,000

○ 구성기술3. ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선 연구

▶ 3-1 ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선 연구

구분	내용
지원목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ZEB 보급 활성화 및 개발된 기술·제품·서비스 등의 연구성과가 실제 현장에서 적용·활용·촉진·확산되어 파급효과를 극대화할 수 있도록 법·제도·정책적 검토 및 보완</li> </ul>
지원내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공동주택 에너지 분야 문제를 해결할 수 있는 기술을 개발하는 데 있어 우선적으로 사전검토 되어야 할 법·제도에 대한 지원</li> <li>- 과제 공모와 선정은 1차년도에 실시하며, 본 과제수행 기준 5차년도 내에 최종 고시(안) 및 정책제안서를 제출하는 것을 목표로 지원</li> </ul>
공모방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (지정공모) 국토교통과학기술진흥원이 작성한 제안요청서(RFP)를 바탕으로 공모하여 연구기관 선정</li> </ul>
지원대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제도개선 기획 수행능력을 갖춘 대학, 출연(연), 산업체 등</li> <li>* 제도개선 기획에는 관련 법·제도 및 인프라 개선목표, 현황 및 문제점, 개선 방안 등을 포함</li> </ul>
지원규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 5년 이내, 연간 1억 이내, 1개 과제</li> </ul>
지원범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ZEB 보급 활성화를 위한 법, 제도, 정책 등 개선방안 연구               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 기술 보급 활성화를 위한 법, 제도, 정책 등 규제사항 조사분석</li> <li>• 현행 개선 필요분야 및 개선방안 도출</li> <li>• ZEB 신뢰성 확보를 위한 표준화 방안 및 평가 프로세스 수립</li> <li>• 대내외 의견수렴 실시(전문가인터뷰, 설문조사, 공청회 등)</li> </ul> </li> <li>- 공동주택 ZEB 보급 활성화 중장기 정책 로드맵 수립</li> <li>- 기술연구를 통해 도출된 제품을 적용한 실증지 구축 및 운영, 향후 사업화·확산을 위한 법·제도·정책적 개선사항 연구               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신기술 시장진입 완화를 위한 공공조달체계 개선 등</li> </ul> </li> <li>- 법·제도·정책 고시(안) 제시</li> <li>*예시: 현행 ECO2 개선 또는 대체, 병행할 수 있는 인증 기준, 법, 제도개선 등 ECO2 계산방식 및 알고리즘 투명성 및 객관성 확보방안 등 수열에너지 등 신재생에너지 평가 기준 마련 반영 등</li> </ul>
성과목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가이드라인, 법·제도 수정(안), 평가 지침 등</li> </ul>
성과활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서비스 장애요인 등 개선이 필요한 제도 파악과 관계부처 협의체 및 관련 부처 협조를 통한 제도 개선 계획 마련</li> </ul>

### 3) 파급효과

#### 가) 과학기술적 파급효과

- 기존 국가 R&D사업을 통해 개발된 기술 중 후속사업으로 연계되지 못하고 사장 위기에 놓인 기존기술들 중 유망기술을 선별하고 연구성과 Scale up
  - 기존에 수행된 연구를 통해 도출한 기술 중 법·제도적인 문제 또는 추가적인 후속 연구 부재로 인해 TRL 9단계인 사업화까지 도달하지 못한 기술의 활용·확산 기대
  - 공동주택 적용기술, 건축자재, 공법 관련 학술적 연구 활성화 유도
  - 공동주택의 세대 주거환경 개선 전략 및 대응 기술 확보
  - 기존 공동주택의 제약적 환경대응 맞춤형 에너지성능 강화 대책 마련 가능
- 이미 레드오션인 패시브, 액티브 분야를 넘어선 연계형, 융합형 기술에 대한 국내기술 확보 가능
  - 기존 개발된 연구성과의 미흡한 부분이었던 기존 제품과의 호환 및 연계 문제를 해소할 수 있는 기술을 개발함으로써 공동주택 에너지 성능 건축자재 전 기술분야에 대한 촘촘한 기술력 확보 가능
    - 개발 미흡 분야에 대한 지식재산권 등 확보를 통한 건축자재 분야 국가기술수준 향상에 기여
- 산학연민의 협력 및 혁신적인 국가 R&D 프로그램 도입으로 국가과학기술과 산업 연계성 강화의 수단으로 활용 기대
  - 국내 기술력을 기반으로 개발된 기술과 실증사업 간 최적의 기술 적용 시기와 사업화 실현 목표를 달성하는 최적 프로그램 선례를 제시함으로써 국가 R&D 추진 당위성 확보

#### 나) 사회경제적 파급효과

- 국산 고성능 적정비용의 에너지 효율 향상 건축기술로 제로에너지 주택 활성화 및 건축자재 시장 견인 및 세계시장 진출 가능성 제고
  - 제로에너지건축 비용 부담 해소로 소비자 관심과 호응을 실행으로 유도
  - 관련 산업체에 시장 성공가능성을 제시해 주고 적극적인 투자를 유도
- 공동주택 에너지 기술 실증을 통해 검증된 혁신기술과 공법을 적극적으로 도입·확산함으로써 건설기술 혁신 신사업 및 부가가치 창출 가능
  - 신축 및 노후 건축물 설계수준 및 시공기술의 국가차원 기술력 향상을 통한 국내 건설시장 부흥 유도
- 공동주택 에너지 성능 향상 기술 적용을 통해 ZEB 건축비 및 주거생활비 절감
  - 동 사업을 통해 개발한 10% 원가 절감 제품을 시장에 보급 시 현재 제로에너지빌딩 건축 시 발생하는 일반건축물 공사비 대비 약 30~40% 이상 높은 추가분에 대하여 최소 10% 수준의 감액 가능
    - 현재 기술수준으로 ZEB 1등급 건축 시 세대당 4,691만원의 추가 비용 부담이 발생되지만, 동 사업이 성공적으로 수행 완료 시 4,222만원 수준으로 절감 가능 예상
    - 기 유사사업인 '제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발('13~'18)'을 통해 건축된 ZEB 2등급 수준인 제로에너지 주택 '노원 이지하우스' 중 전용면적 59.54m<sup>2</sup>인 103동의 경우 일반 주택 대비 단위세대 ZEB공사비용이 세대당 4,290만원(721천원/m<sup>2</sup>) 추가 발생했으나, 동 사업이 성공적으로 완료 시 동일 성능의 ZEB 건축을 위해 최소 10% 비용 절감된 3,864만원 수준 가능 예상

- 신기술의 시장적용을 위한 타겟형 기술개발, 성능 검증, 사업화 지원, 제도 및 정책 반영의 종합적인 R&D기획 프레임 성공 사례로 타 분야의 확산 적용 유도 가능
  - 신기술 성능 인정제도 절차, 인허가 절차의 간소화, 패스트 트랙 마련 등 선례로 활용 가능
  - 친환경, 녹색건축물, 안전, 환경,국민의 삶의 질 다방면에 걸친 부밍효과 기대
- 기후변화, 미래 주택수요에 대응하는 선제적 법·제도 정비를 통해 다양한 국가 정책 실현의 기반 마련
  - 공동주택의 맞춤형 에너지 기술 사업이 원활하게 추진되고 목표를 달성할 수 있는 제도 개선(안)을 제시함으로써 공동주택의 재생과 장수명화를 유도하고 주거안정과 주거환경 개선 실현
  - 생애주기, 환경을 고려한 국가차원의 합리적 공동주택 관리 체계 구축
  - 공동주택 리모델링 및 제로에너지 건축물 관련 제도 정비를 통한 국가 정책 로드맵 실현에 기여
  - 환경대응형 기술 적용에 따른 건축·조세·용도구역 및 지구의 규제적용완화 등의 제도 마련으로 녹색건축물 확산에 기여

## 라. 사업 운영관리계획(안)

### 1) 사업추진체계 및 운영방안

#### 가) 사업추진체계 구성

##### □ 사업추진체계 구성 개요

- (기본방향) 전문기관(국토교통과학기술진흥원) 주관하에 임무지향 플랫폼을 중심으로 공동주택 에너지 혁신기술 개발, 제도혁신연구 간의 상호협력과 조정·연계를 통해 사업 추진
- (전문기관) 국토교통과학기술진흥원이 담당하며, 사업의 시행계획 수립 및 공고, 임무지향 플랫폼 운영기관의 공모·선정, 과제선정 등 전반적인 사업의 운영과 관리를 수행
- (에너지 혁신기술개발) 공동주택 에너지 문제해결 기술의 보급을 위한 기술개발 과제 제안 및 연구개발 수행
- (실증 및 모니터링) 기술개발 성과를 실증지에 적용하고 모니터링을 통한 성능 검증
- (제도혁신 연구) ZEB 보급 활성화 및 공동주택 에너지 향상을 위한 기술의 적용과 확산에 있어서 개선이 필요한 법·제도·정책 연구 및 제안 수행

#### 나) 성과 활용·확산 방안

##### □ 한국토지주택공사, 서울주택도시공사 등과의 사업 연계를 통한 동 사업의 성과 활용방안 계획

- (한국토지주택공사, 서울주택도시공사 등과의 사업 연계 추진) 동 사업 세부 사업 중 리빙랩 실증방안을 기획하는 과정에서 LH, SH 등의 기관에서 추진하는 신·기축 주택 사업과 연계를 위한 검토 과정 진행
- LH포함 산학연 전문가 자문회의를 총 2회 실시하였으며('22.10.18, '22.11.10) 실증 계획 추진 및 실현 가능성 검토, LH 내 실증 추진 참여가능성 검토 등(기술검증 및 POE 실증 시점, 운영방식 등), 연구목표 실현 가능성 및 예상 기대효과 등에 대한 논의 진행
- LH로부터 계획 중인 공동주택 신축 및 기축 리모델링 사업을 동 사업과 연계하여 추진 가능성에 대해 확인하였으며, 사업 추진 및 연계에 필요한 세부 사항은 추후 논의를 거쳐 결정하기로 계획
- 향후, 사업 참여 시 획득하게 되는 리빙랩 공간을 지속적으로 국민 임대공간으로 활용하여, 친환경 공동주택의 선도사례로 제시 가능

##### □ MOU 연계, 중기부 사업과의 연계 등 본 사업의 최종성과물에 대한 확산방안 제시

###### ○ 연구성과 및 신기술 활성화 MOU 연계

- 국토교통 분야의 중소·벤처기업의 연구개발 성과, 신기술의 활용 및 촉진을 위한 네트워크로, 동 사업에서 개발한 최종성과물 일부는 해당 네트워크를 활용하여 시장 진출 연계

###### ○ 중기부 사업과의 연계

- 동 사업으로 사업화가 완료된 기술을 보유한 기업에 대해 해외시장 판로개척 및 마케팅 등 중소벤처기업부 사업과 연계

- 국토교통부가 주관하는 기술박람회 활용
  - 기술박람회 참여로 국토교통분야 사회문제 및 해결방안에 대한 구매자 대상 홍보·연계
- 부처 내 공공협의체와의 연계
  - 부처내 공공구매협의체의 네트워크를 통하여 동사업에서 개발한 제품 및 서비스의 첫 구매 고객 확보 및 발주연계형 R&D 사업으로 연계를 통한 시장진입 활성화 방안 마련



국토교통기술대전 홍보관 운영

중기부 사업과의 연계 - 수출 지원사업

※ 출처: 국토교통 미래기술 총망라...국토교통기술 대전(시사포커스, 2022.11.10.)

[그림 3-48] 동 사업 최종성과물(제품·서비스)의 확산방안 예시

**참고 동 사업의 실증(기술검증 및 POE) 추진 실현 가능성 사전검토 추진현황**

**□ 동 사업의 기획 의도와 목표설정 등 추진하고자 하는 전략방향과 내용 등 실현 가능성 파악을 위한 사전 검토 진행**

**○ 전문가 간담회 개최 및 의견수렴**

- (일시 및 장소) 22.10.18.(화) 14:00~15:30, 진흥원 3층 2회의실
- (전문가) 자문위원(LH토지주택공사, SH서울주택도시공사, 건설기술연구원, LX하우시스 등 산학연관 전문가)
- (주요내용) ‘공동주택 에너지 효율 향상 기술개발 플랫폼 사업(가칭)’
  - 중점분야 및 핵심기술, 실증 계획 관련 전문가 의견 수렴
  - 연구목표 및 최종 성과물 설정의 타당성(유형, 요구조건)
  - 연구목표 실현 가능성 및 예상 기대효과
  - 리빙랩 추진시 고려 필요사항(공모시 요건, 사업계획 수립시점, 리빙랩 실증 시점 및 유형 등)
- (간담회 결과)
  - 유의미한 실증 결과를 확보하기 위한 사업기간 설정 필요성 제시(5차년도~)6차년도)
  - 실증 및 리빙랩 추진 시점과 리빙랩 총괄 기관에 대한 역할과 내용 제시(1~3차년도:리빙랩 총괄기관 선정 및 리빙랩 기획 및 설계 구축, 4~5차년도 : 기술적용, 6차년도 : POE 시행 등)

**○ 실증 추진 방안 수립 및 실현 가능성 검토 회의**

- (일시 및 장소) 22.11.10.(목) 10:00~11:30, 진흥원 3층 1회의실
- (참석대상) LH토지주택공사, 국토교통과학기술진흥원, 과학기술전략연구소 기획연구진
- (주요내용) ‘공동주택 에너지 효율 향상 기술개발 플랫폼 사업(가칭)’
  - 실증 계획 추진 및 실현 가능성 검토
  - LH 내 실증 추진 참여가능성 검토 등(기술검증 및 POE 실증 시점 및 운영방식 등)
- (회의결과)
  - 마일스톤 상의 실증 추진시기와 내용은 실현 가능한 것으로 판단
  - 동 사업의 규모에 맞는 맞춤형 1~2동 단위 소규모 공동주택을 기획하고 적용할 아이템(제품기술)을 정하여 설계하는 방법을 고려 가능

**지능형 주택 연구개발사업 기획 과제 에너지 분과 전문가 간담회 계획**

**□ 목적**

- 「지능형 주택 연구개발사업 기획」 중 에너지 분과 기획과제 추진 방향 및 실증지 검토, 추가 핵심기술 구성에 대한 전문가 의견 수렴

**□ 회의 개요**

- (일시 및 장소) 22.10.18.(화) 14:00~15:30, 진흥원 3층 2회의실
- (참석자) 자문위원, 연구진, KAIA 담당자 등 9명
  - (자문위원) 이법식 위원(LHD), 김형근 위원(SHD), 김정현 위원(LX하우시스), 강재식 위원(전기연)
  - (기획연구진) 윤성서 실장, 최유진 팀장(과학기술전략연구소)
  - (KAIA) 박남희 혁신성장본부장, 김소연 기획4그룹장, 김지연 선임연구원
- (주요내용) ‘공동주택 에너지 효율 향상 기술개발 플랫폼 사업(가칭)’ 중점분야 및 핵심기술, 실증 계획 관련 전문가 의견 수렴
  - 연구목표 및 최종 성과물 설정의 타당성(유형, 요구조건)
  - 연구목표 실현 가능성 및 예상 기대효과
  - 리빙랩 추진시 고려 필요사항(공모시 요건, 사업계획 수립시점, 리빙랩 실증 시점 및 유형 등)

**□ 세부 일정**

일정	내용	비고
14:00~14:10	참석자 소개 및 회의 취지 설명	기획4그룹
14:10~14:30	공동주택 에너지 효율 향상 기술 플랫폼 사업 설명	기획4그룹/ 과학기술전략연구소
14:30~15:30	전문가 의견수렴	자문위원

KAIA, 청렴을 심고 혁신을 맺다!

**국토교통과학기술진흥원**

미래를  
개방한다

수신 (경유) **지능형 주택 연구개발사업 에너지 분과 실증 추진 방안 수립 자문회의 참석 요청**

제목 **국토교통연구기획사업 내 "지능형 주택 기술개발 사업 기획" 과제 에너지 분과 신규과제의 실증 추진 방안 수립을 위한 자문회의를 불참과 같이 개최하오니 참석하여 주시기 바랍니다.**

1. 일시 : 2022.11.10.(목) 10:00 ~ 11:30, 진흥원 3층 1회의실  
2. 회의내용 : 실증 추진 상세 계획 수립을 위한 전문가 의견수렴

불참 지능형 주택 연구개발사업 주택 에너지 분과 실증 추진 방안 수립 자문회의 계획 1부, 끝.

**국토교통과학기술진흥원**

수신처 : 박시원 위원 (한국토지주택공사), 전영수 위원 (한국토지주택공사)

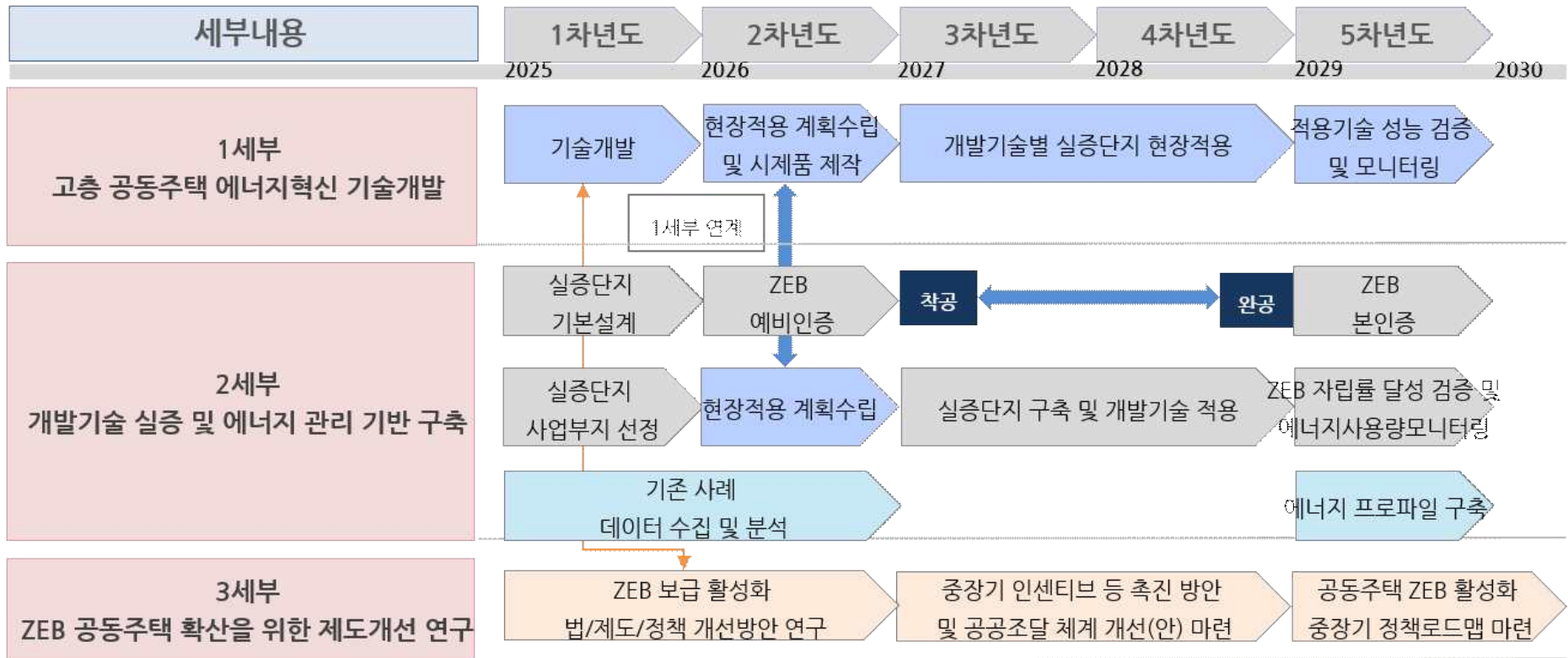
★직방 김지연 그룹장 2022.11.09 김소연

협조자

시행 기획4그룹-401(시행일자:2022.11.9) 접수  
주소 14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 28 / http://www.kaia.re.kr  
전화 031-389-1800 총복합담당 5층 / jykim2@kaia.re.kr / 비공개(6층)

< 사업추진 관련 전문가 간담회, 2022.10.18. > < 실증 추진 관련 유관기관 업무협약, 2022.11.10 >

나) 과제 추진 로드맵



[그림 3-49] 과제 추진 로드맵

#### 4. 소요예산 및 자원조달계획

##### 가. 총 사업비

□ 동 사업은 5년('25~'29년)간 총 230억 원(국고) 규모로 3개의 세부사업으로 구성하여 추진

(단위 : 백만원)

구성기술	항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1. 고층 공동주택 에너지혁신 기술개발	1-1. 고층부 시공용이성 향상을 위한 BIPV 시스템 설계·시공기술 개발	1.9	4.7	3.9	3.1	1.1	14.8
	1-2. 하이브리드 소형 연료전지 보일러 시스템 개발 및 설계 시공·최적 운전기술 개발	1.7	4.5	3.3	1.6	0.9	11.9
	1-3. 신재생에너지 연계형 고효율 히트펌프 활용 냉난방·급탕 통합설비 설계·시공 및 최적 운전기술 개발	1.7	6.9	5.4	3.5	1.7	19.8
	1-4. 공동주택 실별 제어 환기시스템 에너지 최소화 자동제어 기술 개발	1.7	3.8	2.3	1.6	0.7	9.9
	1-5. 차양 일체화를 통한 성능 가변 200 mm 슬림형 창호시스템 개발	1.7	4.2	3.4	2.6	0.8	12.9
	1-6. 단열성능 개선을 위한 열교 유형별 표준 성능평가 방법 개발	1.7	3.1	2.5	2.0	0.7	9.9
	1-7. ZEB 1~3등급 공동주택의 비용효율 최적화 기술개발	1.9	3.8	4.2	3.7	1.9	15.8
	소계	12.0	31.0	25.0	18.0	8.0	95.0
2. 개발기술 실증 및 에너지 관리 기반 구축	2-1. 제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축	4.7	4.9	50.4	32.1	3.4	100.0
	2-2. 제로에너지 공동주택 세대 및 단지 단위 에너지 프로파일 표준모델 구축	4.7	2.0	2.5	2.0	1.8	10.0
	2-3. 제로에너지 공동주택 건물에너지 관리 기반 구축	4.7	2.0	9.1	5.9	0.8	20.0
	소계	14.0	9.0	62.0	40.0	6.0	130.0
3. ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선연구	3-1. ZEB 공동주택 확산을 위한 제도개선 연구	70	50	90	90	100	400
총연구비		800	4,220	8,930	7,050	2,000	23,000

## 5. 과제 제안요구서(RFP)

세부과제명		고층형 ZEB 3등급 공동주택 에너지 혁신기술개발 및 실증
<b>1. 연구개발 목적</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고밀화로 인해 ZEB 상위등급 달성이 극히 어려운 고층 공동주택을 대상으로 신재생에너지 적용대, 현장 적용성 향상기술 개발, 고효율·고성능 요소기술 개발, 성능검증 표준 및 설계 가이드라인 개발 등을 통해 ZEB 3등급 고층 공동주택 혁신 기술개발 달성</li> </ul>	
<b>2. 연구개발 목표</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고밀화로 인해 ZEB 상위등급 달성이 극히 어려운 고층 공동주택을 대상으로 신재생에너지 적용 확대, 현장 적용성 향상기술 개발, 고효율·고성능 요소기술 개발, 성능검증 표준 및 설계 가이드라인 개발 등을 통해 ZEB 3등급 고층 공동주택 혁신 기술개발 달성</li> <li>○ 개별적 요소기술 개발이 아닌 개발기술 간 호환성, 유기적 연계성을 고려한 통합 기술 개발 및 ZEB 3등급 고층 공동주택 최적 설계모델 실증</li> <li>○ 장기적인 실증 데이터 확보 및 보급을 위한 인프라 구축을 통해 ZEB 공동주택 에너지 리 최적화 기반 구축</li> <li>○ ZEB 신기술 시장 진입장벽 완화 지원, 인센티브 제도 개선 등 제로에너지건축물 활성화를 위한 제도/정책 개선(안) 마련으로 민간의 자발적 참여 및 ZEB 공동주택 확산 촉진 유도</li> </ul>	
<b>3. 연구개발 필요성 및 기술동향</b>		
<input type="checkbox"/> 연구개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공동주택 건축물의 에너지 효율화 및 탄소저감을 위한 ZEB 건축물 공사비 증가 문제는 제로에너지건축물 활성화의 주요한 걸림돌로 작용</li> <li>○ 현재 ZEB 확산을 위한 건축기준 완화 및 세제 혜택 등의 정부 유인책만으로는 고효율 제로에너지 건축물 민간 확산에 한계</li> <li>○ 기존의 건물에너지 효율 향상을 위한 연구는 주로 요소기술 개발에 집중되어 ZEB 구현을 위한 건축자재 간 연계성과 호환성 부분은 미흡한 실정</li> <li>○ '30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면의무화 시행을 앞두고 핵심 건축자재 제품의 국산화가 시급하지만, 국내 주택에너지 분야의 선행 R&amp;D 성과에 대한 후속사업 및 기술사업화 지원과정은 미흡</li> <li>○ 획일화된 건축자재 인증체계와 건축규제 등 제도적 한계와 타 분야 대비 익숙한 기술을 선호하는 주택 건축현장의 특성으로 신기술의 시장진입이 어려운 현실</li> <li>○ 대다수 국민은 주택 에너지 분야의 탄소 저감 대응, 에너지 효율화, 비용 절감 등의 이슈가 신재생에너지, 건물 에너지 효율화 신기술과 같은 과학기술을 통해 해결되기를 기대</li> </ul>	
<input type="checkbox"/> 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우리나라의 제로에너지 건축기술은 '21년 기준 최고기술국 대비 86.3%, 기술 격차는 2.9년이며, 꾸준한 연구개발 투자를 통해 격차를 줄여나가고 있음</li> <li>- '21년 국토교통부에서 발표한 기술수준분석 보고서에 따르면, 건축 분야 중 에너지 성능 등을 포함한 성능향상 분야 최고기술 보유국은 미국과 독일</li> </ul>	

- '21년 기준 우리나라의 기술수준은 최고기술국 대비 86.3%, 기술격차는 2.9년으로 조사되었으며, 직전 조사 기간인 '19년 대비\* 선진국과의 기술격차는 좁혀진 상황

[표] 건축 기술 중 성능향상 분야 기술수준 및 격차

구분		한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
기술수준(%)	'13년	69.8	95.5	100.0	59.1	94.0	93.5	92.6
	'15년	71.6	94.4	100.0	62.9	95.1	90.5	89.1
	'19년	73.8	89.5	100.0	66.3	93.0	90.0	88.8
	'21년	86.3	91.9	100.0	78.1	97.5	90.0	90.0
기술격차(년)	'13년	6.0	0.9	0.0	9.1	1.3	1.3	1.3
	'15년	5.7	1.3	0.0	7.4	1.5	2.1	2.3
	'19년	5.0	2.1	0.0	6.9	1.4	1.9	2.0
	'21년	2.9	1.6	0.0	5.0	0.5	2.8	2.5

\* 출처: 2021 국토교통 기술수준분석(국토교통과학기술진흥원, 2022.05.)

- 국내 제로에너지 건축 관련 기술은 패시브(Passive) 기술 중심으로 기술개발이 활발히 이루어지고 있음
- 건축물에 적용하는 창호와 단열재 두께 및 단열의 성능 수준은 지속적으로 증가하고 있으며, 건물 고층화에 따라 내화성, 불연성에 대한 요구사항도 증대
- 국내 신재생 에너지 기술분야는 출연연을 중심으로 태양열원 기반 다중열원 설비 연구개발을 수행
  - 태양광, 태양열 등의 단일 기술의 에너지효율 향상에 대한 노력은 활발히 이루어지고 있으나, 건축물과 함께 연계하여 건물 에너지 부하를 효율적으로 대응하기 위한 다중열원 설비시스템 기술개발 관련 연구는 미흡

#### 4. 연구개발 내용

##### [세부과제1 : 고층 공동주택 에너지혁신 기술개발]

- 1.1 공동주택 고층부 시공용이성 향상을 위한 BIPV 시스템 설계·시공기술 개발
  - RC 공동주택 외벽 시공용이성 향상을 위한 스틱(stick)/유닛(unit) 시공기술 개발, 실증
  - 창호제품 연계형 BIPV 시스템 및 가정용 ESS와 BIPV 패키지화 기술 개발
  - 세대 계통 연계 모델 개발 및 가정용 ESS 안전 관리 방안 도출
- 1.2 하이브리드 소형 연료전지 보일러 시스템 개발 및 설계 시공·최적 운전기술 개발
  - 고층 공동주택의 연간 시간대별 전력/난방/급탕 요구량 분석
  - 고층 공동주택 개별 세대용 보일러 대체가능한 전기 + 열사용 일체형 소형 하이브리드 연료전지 보일러 상용제품 개발
  - 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 설치를 위한 건축 평면 제안 및 기계설비 및 시공 기준 개발
  - 경제성(실제 적용 가능성 증대) 증대와 1차에너지 생산량 최대화(ZEB 3등급 달성)을 고려한 소형 전기 열 일체형 하이브리드 연료전지 시스템 운전 알고리즘 개발 및 적용
- 1.3 신재생에너지 연계형 고효율 히트펌프 활용 냉난방·급탕 통합설비 설계·시공 및 최적 운전기술 개발

- 공동주택 냉난방 및 급탕 통합 최적 히트펌프 시스템 설계 및 개발- 고층 공동주택 단위세대에서 사용 가능한 냉난방 및 급탕 통합 지열히트시스템 연구 및 개발
- 전체 통합세대 지열시스템 사용을 위한 설계, 시공기술 연구
- 고층 공동주택의 냉난방 부하 및 급탕 용량에 맞는 시스템 운전기술 개발 연구
- 최적의 에너지 효율을 가질 수 있는 고층 공동주택용 종합 지열 시스템 연구

○ 1.4 공동주택 세대 단위 실별 환기시스템 개발

- 공동주택 적용을 위한 각 실별 환기시스템 개발
- 공동주택 적용 가능한 환기시스템별 에너지 소비량 계측
- ECO2프로그램에 환기시스템별 에너지소비량 반영(안) 제안

○ 1.5 차양 일체화를 통한 성능 가변 200mm 슬림형 창호시스템 개발

- 200 mm 폭 이내의 슬림형 창호시스템 개발을 통하여, 고층 공동주택 신축 및 리모델링에 범용성 확보
- 계절적 냉방/난방부하에 능동적으로 대응할 수 있는 차양이 일체화된 창호시스템 기술 및 실증을 통한 검증

○ 1.6 단열성능 개선을 위한 열교 유형별 표준 성능평가 방법 개발

- 사물레이션 및 목업을 통한 열교 유형별 표준 성능평가 시험방법 개발
- 열교 저감 기술 적용 활성화를 위한 제도정책 개선(안)

○ 1.7 ZEB 1~3등급 공동주택의 비용효율 최적화 기술개발

- 에너지성능 및 경제성 측면에서 비용효율적인 최적의 ZEB 1~3등급 공동주택 설계모델 및 가이드라인 개발
- 정책 강화 대응 및 건물 에너지성능 향상을 위한 추가 요소기술 발굴 및 공동주택 최적 적용방안 도출

[세부과제2 : 개발기술 통합 실증 및 에너지 관리 최적화 기반 구축]

○ 2.1 제로에너지건축물 3등급 고층 공동주택 실증단지 구축

- 개발기술 성능 검증을 위한 공동주택 실증
- ZEB 수요자 의견 수렴을 통한 제로에너지건축물 평가
- 지능형 ZEB 운영기술 개발 및 성능평가를 위한 Open Data 구축

○ 2.2 제로에너지 공동주택 세대 및 단지 단위 에너지 프로파일 표준모델 구축

- 사용자 및 건물의 특성에 따른 에너지 사용량 표준모델
- ZEB 3등급 공동주택의 에너지 수급 최적화를 위한 데이터 기반 구축

○ 2.3 제로에너지 공동주택 건물에너지 관리 기반 구축

- 제로에너지 공동주택용 스마트 건물에너지관리시스템(BEMS) 구축
- 제로에너지 공동주택의 에너지성능 평가 및 서비스 개발
- 공동주택 단지/동/세대 단위 에너지성능평가(ZEB 등급 달성 검증 평가)

[세부과제3 : 제도혁신연구]

○ 3.1 ZEB 보급 활성화를 위한 법, 제도, 정책 등 개선방안 연구

- ZEB 기술 보급 활성화를 위한 법, 제도, 정책 등 규제사항 조사분석

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현행 개선분야 및 개선방안 도출</li> <li>- 공동주택 ZEB 보급 활성화 중장기 정책 로드맵 수립 및 법·제도·정책 고시(안) 제시</li> </ul>
<b>5. 연구 추진방법</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내외 동향조사, 사업 추진전략 및 추진체계, 중점지원분야 도출 등을 위하여 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 기술분야 별 전문가 중심으로 구성된 총괄기획위원회, 기술분과위원회 및 자문위원회를 구성하여야 함</li> <li>○ 본 사업 연구성과의 실용화 제고를 위해 개발기술 수요기관(정부·공공·민간 등) 전문가 포함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수요처 의견수렴 체계 마련 및 필수 협조기관 운영·활용 계획 포함</li> </ul> </li> <li>* 주택 관련 업무 수행 기관(정부, 지자체, 건설사, 설계사, 생산기업, LH공사, SH공사 등)</li> <li>○ 연구개발사업 성과 적용을 위한 실증 계획(실증 유형, 규모, 범위, 예상 적용 기술 등)을 명확하게 수립하고 기획보고서에 내용 추가</li> <li>○ 연구내용, 개발기술, 성과물 간연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정</li> </ul> </li> <li>○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발 결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시</li> <li>- 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황조사뿐만 아니라 국외 사례조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 제시</li> </ul> </li> <li>○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시(정부/지자체/설계사/시공사/설비업체/건축주/감리자/대국민/대학/연구기관 등)</li> <li>- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시</li> <li>- 연구성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시</li> <li>- 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능</li> </ul> </li> <li>※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거 자료로 활용</li> </ul>
<b>6. 활용방안 및 기대효과</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (기술적 기대효과) ZEB 3등급 수준의 공동주택 에너지 효율 향상 기술 개발 및 실증을 통해 완성도 높은 실용화 기술을 확보하고 건물에너지 성능 해석기술 고도화를 통한 평가의 신뢰성 향상</li> <li>○ (경제·사회적 기대효과) ZEB 신기술 현장 적용 활성화 방안을 마련하고, 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화 및 신산업 생태계 구축</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (정책적 기대효과) ‘2050 탄소중립 실현’과 ‘국토교통 2050 탄소중립 로드맵’ 이행기반 마련</li> <li>○ (파급효과) ‘29년 연구종료시 국내 민간 보급가능한 ZEB 3등급 수준 기술 확보 및 인증 평가 기반 고도화를 통해 온실가스 감축 이행 기여</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>7. 연구개발기간 및 소요예산</b>	
-------------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간 : 2025.4 ~ 2029.12 (4년 9개월) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1단계 연구기간 : 2025.4~2026.12(1년 9개월)</li> </ul> </li> <li>- 2단계 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2단계 연구기간 : 2027.01.01.~2029.12.31.(3년)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 총 연구개발비 : 총 정부지원 연구개발비 23,000백만원 이내 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도 정부출연금 : 1,000백만원 이내</li> <li>※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음</li> <li>※ 기업참여시 민간부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급, 사용 및 관리에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능</li> <li>※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능</li> <li>※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수</li> </ul> </li> </ul>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>8. 기타</b>	
--------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임</li> <li>○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음</li> <li>○ 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ <a href="http://www.kaia.re.kr">www.kaia.re.kr</a>, <a href="http://www.ntis.go.kr">http://www.ntis.go.kr</a>의 유사과제목록 참조 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함</li> <li>- 제안된 연구내용이 타 유사 과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함</li> </ul> </li> <li>※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음</li> </ul> </li> <li>○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시</li> <li>○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성</li> <li>- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계</li> </ul>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함</li> <li>※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용</li> <li>- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능</li> </ul> <p>○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함</p> <p>○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함</li> </ul> <p>○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음</li> <li>- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음</li> <li>- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음</li> </ul> <p>○ 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구단과 협의하여 확정</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## **과제2.**

**한국형 건축물 에너지 성능평가  
고도화 기술개발**

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	국토교통연구기획사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-				
내역사업명 (해당 시 작성)	-	연구개발과제번호	-				
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	한국형 건축물 에너지 성능평가 고도화 기술개발 기획						
전체 연구개발기간	2022.09.23. - 2024.03.22.						
총 연구개발비	총 18,000천원 (정부지원연구개발비: 18,000천원, 기관부담연구개발비 : 0천원, 지방자치단체지원연구개발비: 0천원, 그 외 지원연구개발비: 0천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 개발[ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 4 ) 종료시점 목표( 7 )		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	-						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p><b>(최종 목표) 고성능/고효율 ZEB 3등급 공동주택 핵심 기술 확보 및 확산 기반 구축을 위한 건물에너지 성능 평가 고도화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고밀화된 국내 공동주택에 맞는 고성능 및 고효율 ZEB 3등급 공동주택의 건물에너지 성능평가 방법론 고도화를 달성하여 ZEB 기술 시장 확산 기반 구축</li> <li>○ ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발</li> <li>- 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발</li> <li>- 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발</li> <li>○ 신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축</li> <li>- 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발</li> <li>- 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축</li> </ul>					
	전체 내용	<p><b>1. 연구개발과제 개요</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (2050 건물부문 탄소중립 대응) 정부의 제로에너지건축물 활성화를 위한 제로에너지건축물 의무화 로드맵 수립</li> <li>○ (ZEB 관련 기술 시장보급의 활성화) 국내 제로에너지 건축물 확산을 위한 우리나라 실정을 고려한 기술개발 및 체계 기반 마련 필수</li> <li>○ (ZEB 국가 정책 대응을 위한 기술 개발 필요) 국토교통부 'ZEB 의무화 로드맵'에 따라 '30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면 의무화 시행을 앞두고 있으며 이에 대한 ZEB 건축기술의 개발 필요</li> <li>○ (ZEB 공동주택 실증을 통한 표준모델 개발 필요) 국가 정책 이행에 따라 국내 고밀화된 공동주택에 대한 ZEB 고등급 수준의 기술력을 확보하고 실증을 통한 공동주택의 표준모델 구축 필요</li> <li>○ (한국형 ZEB 에너지 성능평가 체계 구축 필요) 국내 기술 및 에너지 운영 환경을 반영할 수 있는 한국형 ZEB 에너지 성능평가 체계 구축 필요</li> </ul>					

## 2. 연구개발과제 내용

- (비전) 건물에너지 성능 해석기술 고도화 및 신기술 평가체계 구축을 통한 평가의 신뢰성 향상
- (사업 추진 전략) 본 사업은 산·학·연 협동연구체계로 추진되며 DB 구축과 알고리즘 및 해석기술 개발을 위해 주관부처, 전문기관, 주관연구기관 간의 긴밀한 상호 협력을 바탕으로 진행
- 사업 중점 추진 분야
  - ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발
  - 신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축
- 연구개발로드맵



### 1단계

- 목표** ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발
- 내용**
- (1세부) 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발
    - (고층형 공동주택 에너지관리기술의 에너지 절감효과 모델 개발) 고층형 공동주택 에너지 관리기술 평가모델 개발에 따른 ECO2 내 건물운영관리기술의 에너지절감효과 반영
    - (고층 공동주택의 연돌 영향 반영) 고층건물의 연돌효과에 의한 냉난방 부하 영향을 평가 알고리즘에 반영
  - (2세부) 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발
    - (전반적 ECO2 고도화 방안) 사용자 편의성 증대 및 입력 오류 최소화를 위한 전반적인 기능 향상 다양한 건물 특성에 따른 레퍼런스 옵션 추가하여 작업 시간 단축
    - (공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 다양한 기능 추가) 시간 단위 결과값 산출기능을 통한 다양한 분석 확대
    - (CO2 센서기반 환기제어의 에너지 저감효과 평가 알고리즘 개발) 센서 기반 전열교환기 환기 제어의 에너지 저감 효과 평가방법론 개발
    - (인접건물을 고려한 고층형 공동주택의 음영지표 및 모델 개발) 기존 GIS 정보를 활용한 인접건물에 의한 대상건물의 음영지표 계산

### 2단계

- 목표** 신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축
- 내용**
- (3세부) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발
    - (공동주택 세대 규모를 고려한 용도 프로파일 개발) 세대별 프로파일의 이질성과 확률성을 고려한 공동주택 규모별 프로파일 조정
    - (공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 ECO2 고도화 방안) ECO2의 획일화된 건물 용도 적용 및 프로파일 적용 문제 해결, 공동주택의 다양한 세대 유형과 그에 따른 용도 프로파일 옵션 개발, 용도의 다양성 반영
  - (4세부) 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축
    - (고층형 공동주택 공기유동 특성을 고려한 침기 냉난방 부하모델 개발) 고층형 공동주택의 설계정보를 이용한 연돌효과 기반의 냉난방 부하 모델 개발

연구개발성과	<b>1. 기대성과 및 성과관리·평가 방안</b> ○ 한국형 건축물 에너지성능 평가방법 고도화 기술개발 목적 달성을 위해 구성기술 별 성과목표를 정량적으로 평가 ○ 성과물의 목표성능 달성여부를 평가하기 위해 표준 DB 유형 건수와 결정계수 R <sup>2</sup> 을 성능지표로 활용하며, 측정은 종별 표준 DB 구축 여부와 실제 DB 및 모델 예측 DB 간 R <sup>2</sup> 계산식을 기반으로 수행 <div style="text-align: center;">[연구개발 성과 및 목표]</div>			
	<b>구성기술</b>	<b>세부기술</b>	<b>성과물</b>	<b>목표성능</b>
	ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	·냉방방, 급탕 통합형 히트펌프 평가 모델 ·연돌 영향 반영 모델 ·층별 일사량 추정 모델	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상
		국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	·태양광/열 신재생 평가모델 ·발전용 연료전지 평가모델 ·재실자 반응형 조명 평가모델	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상
신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	·한국형 공동주택 재실자 밀도, 조명시간, 급탕시간, 냉방 및 난방 설정온도, 침기량 용도프로파일 DB	한국형 공동주택 운전 양상 표준 DB 6종 구축	
	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	·냉방기기, 난방기기, 발전용 연료전지 실운전 국내 성능 DB	설비기기 유형별 표준 DB 3종 구축	
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<b>1. 연구개발 성과 활용 계획</b> ○ 공동주택의 ZEB 고등급 기술 개발을 통해 현재 상위등급 달성이 극히 어려운 고층 공동주택의 에너지 자립률을 극대화하며 ZEB 공동주택 활성화에 기여 ○ 제로에너지 공동주택 실증모델을 통해 민간 시장 활성화를 유도하여 제로에너지건축물 보급 및 확산에 기여 ○ 제로에너지건물 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵('23.12)에 따라 탈탄소화 전환을 위한 건물부문 온실가스 배출 감축을 위한 신축건물 대상 제로 에너지 혁신 기술을 확보할 수 있으며 이는 제로에너지건축물 확산에 기여 ○ ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석기술 개발시 제로 에너지 공동주택 선도 기술 평가 방법론을 확보하게 되며 이는 지속적인 신기술 평가법 개발을 통해 제로에너지 공동주택 인증 확대에 기여 ○ 국내 환경을 고려한 한국형 에너지 성능평가 기반 구축을 통해 공동주택 이외의 건물 에너지 성능평가 기반을 구축할 수 있으며 이는 국내 제로에너지 평가기술 자립에 기여 <b>2. 기대효과</b> ○ <b>(기술적 기대효과)</b> ZEB 3등급 수준의 공동주택 에너지 효율 향상 기술 개발 및 실증을 통해 완성도 높은 실용화 기술을 확보하고 건물에너지 성능 해석기술 고도화를 통한 평가의 신뢰성 향상 ○ <b>(경제·사회적 기대효과)</b> ZEB 신기술 현장 적용 활성화 방안을 마련하고, 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화 및 신산업 생태계 구축 ○ <b>(정책적 기대효과)</b> '임무중심 R&D'체계의 중점 추진 과제인 '2050 탄소중립 실현'과 '국토교통 2050 탄소중립 로드맵' 이행기반 마련 ○ <b>(파급효과)</b> '29년 연구종료시 국내 민간 보급가능한 ZEB 3등급 수준 기술 확보 및 인증 평가 기반 고도화를 통해 온실가스 감축 이행 기여			
연구개발성과의 비공개여부 및 사유				

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	보고서 원문		연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)												
영문핵심어 (5개 이내)												

# 목 차

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
1.1. 기획 배경 및 필요성 .....	1
1.2. 기획 추진체계 .....	7
1.3. 기획 추진절차 및 경과 .....	9
2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행 내용 .....	10
2.1. 국내외 환경 분석 .....	11
2.2. 국내외 연구개발 현황 분석 .....	61
2.3. 종합 분석 .....	117
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	119
3.1. 신규 연구개발사업 추진전략 .....	120
3.2. 중점 추진분야별 기술개발 내용 .....	127
3.3. 소요예산 및 자원 투입계획 .....	138
3.4. 사전 타당성 분석 .....	141
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	149
4.1. 기술별 최종 연구개발성과물 .....	150
4.2. 연차별 성과목표 및 지표 .....	151
4.3. 기대(과급)효과 .....	152
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	153
5.1. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안 .....	154
5.2. 연구개발경과물 활용 방안 .....	155
5.3. 과제제안요구서(RFP) .....	157
참고문헌 .....	164

# 표 목 차

<표 1> 2030년 온실가스 감축목표 상향안 .....	2
<표 2> 제로에너지건축물 연도별·유형별 인증 현황 .....	3
<표 3> 제로에너지건축물 용도별·등급별 인증 현황 .....	4
<표 4> 기획 추진 절차 및 경과 .....	9
<표 5> 국내외 제로에너지건축물 평가 방법 .....	20
<표 6> 영국 BREEAM 평가 항목 .....	26
<표 7> 독일 저에너지 주택 등급 기준 .....	28
<표 8> 국내 제로에너지건축물 시장 주요 경쟁기업 .....	48
<표 9> 제로에너지건축물 연도별·유형별 인증 현황 .....	49
<표 10> 제로에너지건축물 등급·용도별 인증 현황 .....	49
<표 11> HVAC 시스템 시장 주요 기업 .....	53
<표 12> 에너지 효율화 조명 시장 주요 기업 .....	54
<표 13> 태양광 발전 시스템 주요 기업 .....	54
<표 14> 태양열 시스템 시장 주요 기업 .....	55
<표 15> 에너지 관리 시스템 주요 기업 .....	55
<표 16> 건물 외피 원자재 주요 기업 .....	56
<표 17> 국내 제로에너지건축물 부처별 R&D 과제비 .....	61
<표 18> 제로 에너지 빌딩 관련 연구개발(R&D) 보조금을 지원하는 상위 10개 국가 .....	62
<표 19> 제로 에너지 빌딩 관련 연구개발(R&D) 보조금을 지원하는 상위 10개 자금 제공 국가 .....	63
<표 20> 제로 에너지 빌딩 관련 연구개발(R&D) 보조금에 대한 평균 지원 금액 (달러) .....	63
<표 21> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 1/8 .....	64
<표 22> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 2/8 .....	65
<표 23> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 3/8 .....	66
<표 24> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 4/8 .....	67
<표 25> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 5/8 .....	68
<표 26> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 6/8 .....	69
<표 27> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 7/8 .....	70
<표 28> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.03.13.) 8/8 .....	71
<표 29> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.03.14.) 1/3 .....	72
<표 30> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.03.14.) 2/3 .....	73
<표 31> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.03.14.) 3/3 .....	74
<표 32> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(에너지/환경기계시스템), NTIS(2024.03.14.) .....	76
<표 33> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설시공 및 재료), NTIS(2024.03.14.) 1/2 .....	78
<표 34> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설시공 및 재료), NTIS(2024.03.14.) 2/2 .....	79
<표 35> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(기타 에너지/자원), NTIS(2024.03.14.) .....	80
<표 36> 유사 사업과의 차별성 .....	123
<표 37> 사업 비전 및 목표 .....	124

# 표 목 차

<표 38> 총 연구개발기간 및 연차별 연구개발 소요예산(단위:백만원) .....	138
<표 39> 총 연구개발기간 및 연차별 연구개발 투입인력(단위:백만원) .....	139
<표 40> 각 연구기관과의 역할 및 연구 예산 배분(안) .....	140
<표 41> 상위계획과 본 사업의 부합성 검토 .....	141
<표 42> '30년까지 온실가스 배출량 감축 목표량 .....	145
<표 43> 주거 및 비주거 부문 탄소 배출량 예측(단위:백만톤) .....	145
<표 44> 주거 및 비주거 부문 탄소 감축량 예측(단위: 백만톤) .....	146
<표 45> 주거 및 비주거 부문 요소 기술별 탄소 감축량 예측(단위:백만톤) .....	146
<표 46> 관련 산업 시장 규모, 전망 등 비교 .....	147
<표 47> 타당성 검토 종합 .....	148
<표 48> 기대 성과 및 성과평가 방안 .....	150
<표 49> 기대 성과 및 성과평가 방안 .....	154

# 그 립 목 차

[그림 1] 에너지 관련 이산화탄소 배출량 .....	1
[그림 2] 제로에너지건축물 의무화 로드맵 .....	3
[그림 3] 연도별 기술 분야별 특허출원 현황 .....	4
[그림 4] 연도별 '제로에너지건축' 특허출원 동향 .....	5
[그림 5] ZEB 기술 확산을 위한 4단계 프레임워크 개념안 .....	7
[그림 6] 사업기획 추진체계 .....	8
[그림 7] 제로에너지건축 의무화 세부 로드맵 개편(안) .....	11
[그림 8] 2050 온실가스 감축 추진계획 로드맵 .....	17
[그림 9] 세계 탄소중립 정책지도 .....	20
[그림 10] 유럽연합 건물 에너지 절감 로드맵 .....	22
[그림 11] 유럽연합 유럽 그린딜 정책 .....	24
[그림 12] 영국 탄소 배출 감축 로드맵 .....	24
[그림 13] 제로 카본 평가 체계 .....	25
[그림 14] 영국 BREEAM 인증제도 .....	26
[그림 15] 미국 LEED Zero 인증제도 .....	30
[그림 16] 국제 생활 미래 연구소 인증 프로그램 .....	31
[그림 17] 일본 녹색성장 전략 .....	32
[그림 18] ISO 13790 개발 역사 .....	34
[그림 19] DIN V 18599 구성 .....	35
[그림 20] ECO2 입력 화면 .....	36
[그림 21] ECO2 결과 화면 .....	36
[그림 22] Energy# 입력 화면 .....	36
[그림 23] Energy# 결과 화면 .....	36
[그림 24] ECO-CE3 입력 화면 .....	37
[그림 25] ECO-CE3 결과 화면 .....	37
[그림 26] e-BEES 입력 화면 .....	38
[그림 27] e-BEES 결과 화면 .....	38
[그림 28] 배포된 엑셀 파일 페이지 일부 .....	39
[그림 29] DIN V 18599 기반 프로그램의 개발 과정 .....	40
[그림 30] TRNSYS 프로그램 구성도 .....	41
[그림 31] TRNSYS 시뮬레이션 인터페이스 .....	41
[그림 32] TRNSYS 시간당 난방수요 결과 그래프 .....	41
[그림 33] TRNSYS 월간 난방수요 결과 그래프 .....	41
[그림 34] EnergyPlus 프로그램 구성도 .....	42
[그림 35] LBNL Energy Pluse 인터페이스-1 .....	43
[그림 36] LBNL Energy Pluse 인터페이스-2 .....	43
[그림 37] PHPP 인터페이스-1 .....	44

# 그 립 목 차

[그림 38] PHPP 인터페이스-2 .....	44
[그림 39] IES-VE iScan 결과 화면 .....	45
[그림 40] IES-VE 가상환경 모델링 화면 .....	45
[그림 41] IES-VE 환경 모델링-1 .....	45
[그림 42] IES-VE 환경 모델링-2 .....	45
[그림 43] eQUEST 모델링 .....	46
[그림 44] eQUEST 결과 레포트 .....	46
[그림 45] 국내 제로에너지건축물 시장 규모 전망 .....	47
[그림 46] HVAC 시장 현황 및 전망 .....	50
[그림 47] 에너지효율화 조명 시장현황 및 전망 .....	51
[그림 48] 태양광 발전 시스템 시장현황 및 전망 .....	51
[그림 49] 태양열 시스템 시장현황 및 전망 .....	52
[그림 50] 에너지 관리 시스템 시장현황 및 전망 .....	52
[그림 51] 건물 외피 원자재 시장현황 및 전망 .....	53
[그림 52] DIN V 18599 프로그램의 교육기관으로 등록된 회사 .....	58
[그림 53] 상용프로그램의 실제 개발 사례 .....	58
[그림 54] 국내 제로에너지건축 R&D 과제비 .....	61
[그림 55] 글로벌 R&D 보조금 건수 .....	62
[그림 56] 연구개발 추진체계 .....	125
[그림 57] 과제2-구성기술① 개념도 .....	135
[그림 58] 과제2-구성기술② 개념도 .....	135
[그림 59] 구성기술 간 연계 흐름도 .....	136
[그림 60] 연차별 구성기술 로드맵 .....	137
[그림 61] 연구개발 성과물 관리 프로세스 .....	155

|

## 연구개발과제의 개요

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1.1. 기획 배경 및 필요성

### □ 추진배경

- (글로벌 이산화탄소 배출) 탄소 중립은 글로벌 新 패러다임으로 전 세계 사회경제 전환 주도
  - 2022년 글로벌 에너지 관련 이산화탄소 배출량은 368억톤으로 사상 최고치를 기록하였으며, 이는 2021년에 견줘 0.9%(3억2100만톤) 증가한 양임
  - 건물은 전 세계 온실가스 배출의 약 30%를 차지하고 있으며, 산업, 수송 등에 비해 온실가스 감축 잠재량이 높아 온실가스 배출관리의 중요성이 큼
  - 이에 따라 유럽과 미국, 최근에는 개발도상국에 이르기까지 건물부문의 에너지 고효율화를 위한 다양한 정책들을 수립·시행하고 있음
  - 대한민국 또한 공공건물의 에너지 고효율화 및 지능화에 대한 기술·산업적 수요뿐만 아니라 국가적·사회적 관심과 수요가 증가하고 있는 추세



[그림 1] 에너지관련 이산화탄소 배출량

자료: ENEP, IEA, CO2 emissions in 2022, 2022

- (건물부문 감축목표, 2050년 '88.1%') '2030년까지 18년 대비 32.8% 감축, 2050년까지 88.1% 감축을 목표로 함
  - 국가 온실가스 감축목표는 2030년까지의 온실가스 감축목표를 제시하고 있으며, 감축목표는 2017년 대비 24.4%
  - 2018년 기준 우리나라의 전체 온실가스 배출량은 약 7억 3천만t이며, 이 중 건물 부문은 약 24.6%인 1억 8천만t(직·간접 포함)의 온실가스를 배출하고 있음
  - 건물부문의 온실가스 배출량은 그 비중이 크므로 건물부문을 제외하고 2050년 탄소중립 달성 불가
  - 또한 건물부문의 에너지·온실가스 감축은 국민 모두의 생활환경에 밀접한 영향을 주는 부문으로 각 정책 수단에 대한 세심한 검토 필요

<표 1> 2030년 온실가스 감축목표 상향안

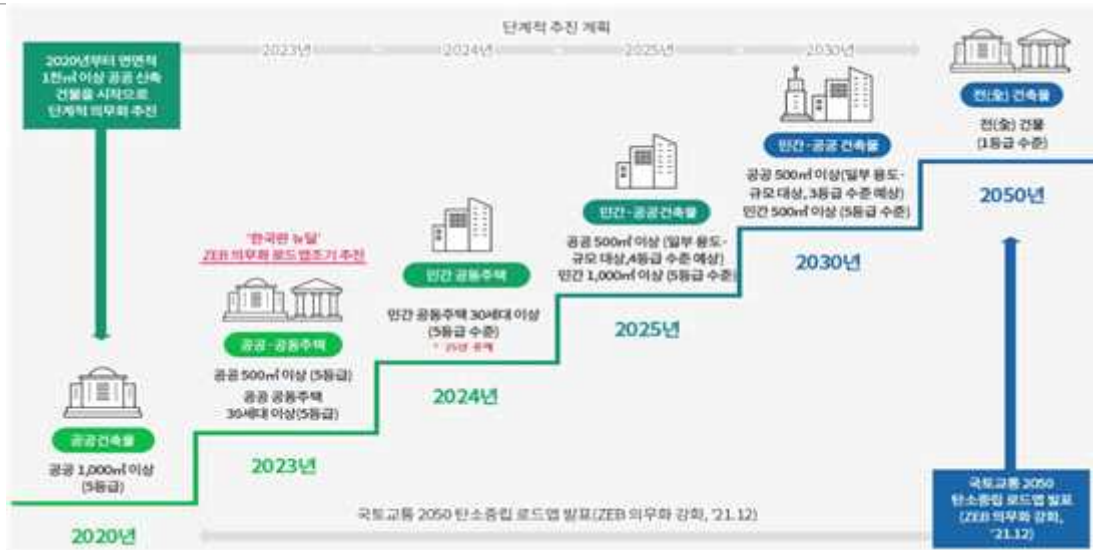
구분	부문	기준연도 ('18)	現 NDC ( '18년 比 감축률)	NDC 상향안 ( '18년 比 감축률)
배출량*		727.6	536.1 (△26.3%)	436.6 (△40.0%)
배출	전환	269.6	192.7 (△28.5%)	149.9 (△44.4%)
	산업	260.5	243.8 (△6.4%)	222.6 (△14.5%)
	건물	52.1	41.9 (△19.5%)	35.0 (△32.8%)
	수송	98.1	70.6 (△28.1%)	61.0 (△37.8%)
	농축수산	24.7	19.4 (△21.6%)	18.3 (△25.9%)
	폐기물	17.1	11.0 (△35.6%)	9.1 (△46.8%)
	수소	-	-	7.6
	기타(탈루 등)	5.6	5.2	5.2
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-22.1	-26.7
	CCUS	-	-10.3	-10.3
	국외감축	-	-16.2	-35.1

\*기준연도('18) 배출량은 총배출량, '30년 배출량은 순배출량(총배출량-흡수-제거량)

자료: 2030년 온실가스 감축목표(NDC: Nationally Determined Contribution) 상향안

○ (2050 건물부문 탄소중립 대응) 정부는 제로에너지건축물 활성화를 위해 제로에너지건축물 의무화 로드맵을 수립하였음

- 국토교통부는 '2050 탄소중립로드맵' 수립하고, 건축물의 탄소 배출량을 줄이기 위해 신축 건축물의 제로에너지건축물 활성화와 기존 건축물의 그린리모델링을 중점 추진과제로 제시함
- 제로에너지건축물 활성화 정책은 인증제도를 중심으로 추진 중
- 제로에너지건축물 의무화 로드맵에 따라 공공건축물 제로에너지건축물 인증 등급은 현재 5등급 이상에서 2025년부터는 4등급 수준으로, 2030년부터는 3등급 수준으로 상향
- 민간건축물은 2025년부터 30세대 이상 공동주택과 1000㎡ 이상의 건축물이 2030년 부터는 500㎡ 이상 건축물에 대한 제로에너지 건축물 인증이 의무화



[그림 2] 제로에너지 건축물 의무화 로드맵

자료 : 국토교통부 2050 탄소중립 로드맵 발표, 2021

○ (제로에너지건축물 본인증, 민간 2% 불과) 세계 최초로 제로에너지건축 인증제도를 도입했으나 의무화 이행 과정의 준비는 미흡한 상황

- 제로에너지건축물 인증은 인센티브 지급·설계점검 등을 위해 설계단계에서 실시하는 예비인증과 준공 후 실시하는 본 인증이 있으며, 예비인증을 받으면 본인증을 받아야 함
- 2022년 5월 기준 전체 인증 2,162건 중 약 89.2%인 1,928건이 예비인증이며, 본인증을 받은 건축물은 224개에 불과함
- 건축물 용도별 제로에너지건축물 인증현황은 주거용 건축물 인증 46건, 주거용 외 건축물 인증이 2,116건으로 전체의 97.8%가 주거용 이외의 건축물임

<표 2> 제로에너지건축물 연도별·유형별 인증 현황

연도	본인증	예비인증	총계
2017	-	10	10
2018	4	26	30
2019	6	35	41
2020	14	493	507
2021	87	1,015	1,102
2022.5	113	359	472
총계	224	1,928	2,162

(단위 :건 / 2022.06.08.기준)

자료: 제로에너지빌딩인증시스템

<표 3> 제로에너지건축물 용도별·등급별 인증 현황

등급	본인증		예비인증		총계	비율(%)
	주거용	주거용 외	주거용	주거용 외		
1	3	9	2	41	55	2.5
2	1	9	1	39	50	2.3
3	0	19	4	140	163	7.5
4	3	56	2	400	461	21.3
5	3	121	27	1,282	1,433	66.3
총계	10	214	36	1,902	2,162	100.0

(단위 :건, % / 2022.06.08기준)

자료: 제로에너지빌딩인증시스템

- (ZEB 관련 기술 시장보급의 활성화) 국내 제로에너지 건축물 확산을 위한 우리나라 실정을 고려한 기술개발 및 체계 기반 마련 필수
  - 제로에너지건축 관련 기술 특히 출원은 2020년 560건으로 2008년 대비 2.16배가 증가하였으나 개발된 기술이 상용화될 수 있는 관련 산업에 대한 체계 기반 마련 필요
    - 기존 요소기술 중심의 기술개발에서 기술의 현장 적용성 확대
    - 개발된 기술의 성능을 평가할 수 있는 제로에너지건축물 인증프로그램 (ECO2)의 고도화

제로에너지건축 세부기술분야		'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	계
패시브기술	고효율 단열재 등 단열시스템	81	96	136	158	163	142	173	213	203	181	184	203	195	2,128 (34.2%)
	고성능 창호시스템	90	149	143	144	160	156	194	201	182	199	207	222	215	2,262 (36.3%)
	계	171	245	279	302	323	298	367	414	385	380	391	425	410	4,390 (70.5%)
액티브기술	태양광시스템	65	133	132	147	134	95	89	85	100	137	110	119	120	1,466 (23.5%)
	지열냉난방시스템	23	23	29	26	22	27	26	23	45	31	38	28	30	371 (6.0%)
	계	88	156	161	173	156	122	115	108	145	168	148	137	150	1,837 (29.5%)
전체		259	401	440	475	479	420	482	522	530	548	539	572	560	6,227

자료: 특허청

[그림 3] 연도별 기술 분야별 특허출원 현황



자료: 특허청

[그림 4] 연도별 '제로에너지건축' 특허출원 동향

## □ 연구 필요성

- 2050 탄소중립 및 2030 국가 온실가스 감축을 달성하기 위해 제로에너지건축물 고효율·고성능 기술 개발 및 기술 보급 활성화 방안 필요
- 민간 시장 확산을 위한 ZEB 공동주택의 성공적인 실증 사례 및 표준모델 필요
- 우리나라 실정을 고려한 ZEB 인증평가 방법론 구축 필요

- (ZEB 국가 정책 대응을 위한 기술 개발 필요) 국토교통부 'ZEB 의무화 로드맵'에 따라 '30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면 의무화\* 시행을 앞두고 있으며 이에 대한 ZEB 건축기술의 개발 필요
  - '20년 기준 ZEB인증 건축물 중 등급이 가장 낮은 5등급이 전체의 67.5%이고, 4등급 이하가 88.5%로, 기술개발 없이 제도 의무화만 지속되면 최하위 수준인 5등급만 늘어나는 현상이 지속될 우려 높음
  - 특히 공동주택의 경우, ECO2프로그램을 통한 시뮬레이션 결과 10개층 이상의 건축물은 제로에너지 인증 최저기준을 만족하기 어려운 것으로 나타나 고층 공동주택에 대한 고성능/고효율의 ZEB 신기술 개발이 시급
  - 국내 ZEB 공동주택은 공공부문을 중심으로 보급을 확대하고 있으나, 민간에서는 의무화에 부합하는 기술개발보다는 인증제도 유예\*\*를 요구하고 있어 공동주택에 대한 선도적 기술개발 필요

\* 공공 '30년 ZEB 3등급 달성, 50년 공공·민간 모든 건축물 ZEB 달성

\*\* 정부 '24년 경제정책방향' 발표("활력있는 민생경제", 2024.1.4)에 따라 민간 공동주택(30세대 이상) 5등급 수준 1년 유예('24 → '25년) 정부 '24년 경제정책방향' 발표("활력있는 민생경제", 2024.1.4)에 따라 민간 공동주택(30세대 이상) 5등급 수준 1년 유예('24 → '25년)

○ (ZEB 공동주택 실증을 통한 표준모델 개발 필요) 국가 정책 이행에 따라 국내 고밀화된 공동주택에 대한 ZEB 고등급 수준의 기술력을 확보하고 실증을 통한 공동주택의 표준모델 구축 필요

- 국내 주택시장의 ZEB 공동주택 보급 활성화를 위해 적용 기술에 대한 검증이 필요하며 다른 분야에 비해 초기도입비용의 문제와 신기술 확산 및 보급의 어려움이 있어 민간 시장 활성화를 유도할 수 있는 국가 주도의 표준모델 개발 필요
- LH는 '30년 ZEB 3등급 달성을 위해 시범사업(세종 행정중심복합도시 6-3생활권 M1BL 시범단지) 추진 중이나, 에너지자립률 확보가 어려워 용적률을 축소\* 하고, 층수를 낮추어 추진하고 있어 민간에 보급가능한 성공적인 참조모델로는 한계
- 민간 확산을 위해 공동주택 ZEB 4, 5등급의 가이드라인(LH)을 도출 하였으나, ZEB 3등급은 더 높은 에너지 자립률을 요구하고 있어 기존 기술의 한계를 확인, R&D를 통한 에너지 효율향상 및 성능검증이 시급함

\* ZEB 3등급 달성을 위해 용적률 기준 250% → 172%로 31% 축소

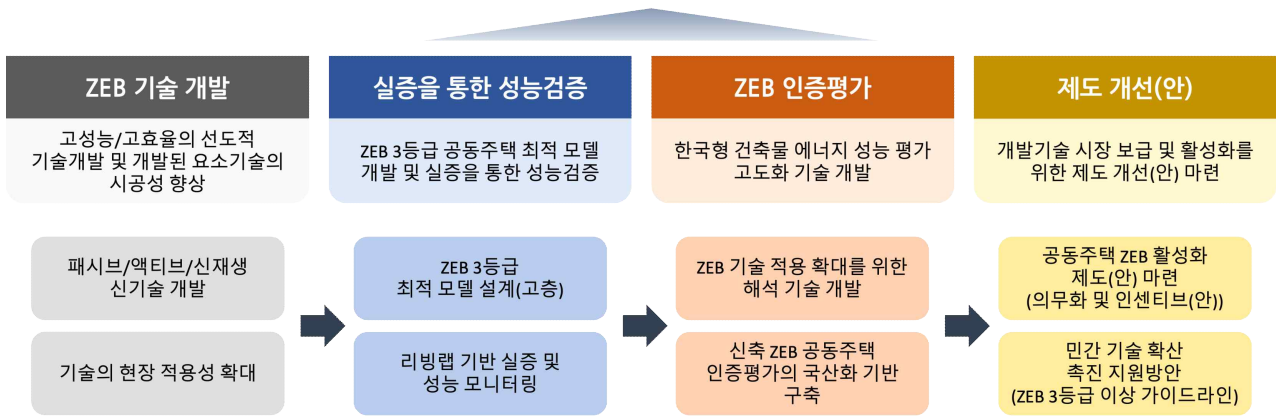
○ (한국형 ZEB 에너지 성능평가 체계 구축 필요) 국내 기술 및 에너지 운영 환경을 반영할 수 있는 한국형 ZEB 에너지 성능평가 체계 구축 필요

- 건축물 용도별 에너지 프로파일 개발을 통해 한국 실정을 반영한 ECO2 기반 데이터 구축 필요
- 국내 환경에 적합한 에너지 성능평가를 위한 프로그램의 알고리즘 고도화를 통해 신기술 평가 범위를 확대하여 국가 건물 에너지 성능평가 및 인증제도에 대한 신뢰도 향상 필요

○ (ZEB 기술 확산을 위한 체계적 기반 필요) 신기술 개발 후 현장에 보급될 수 있도록 “기술개발→실증을 통한 성능검증→인증평가→제도개선(안)”의 체계적 기반 구축이 필요

- ZEB 기술의 시장 확산을 위해서 기존 요소기술 중심의 기술개발에서 기술 현장 적용성 확대, 성능 검증 기술, 인증을 위한 성능평가기술 고도화 등의 지원 필요
- 국내 제로에너지 건축물 확산을 위해서는 우리나라 실정을 고려한 방법론 고도화 필요
- 민간 보급 활성화를 위해서는 기술개발 및 현장적용성 지원과 동시에 인센티브 적용 등 제도연구 동시 진행 필요

## 고성능/고효율 ZEB 핵심기술 확보 및 확산 기반 구축



[그림 5] ZEB 기술 확산을 위한 4단계 프레임워크 개념안

### 1.2. 기획 추진체계

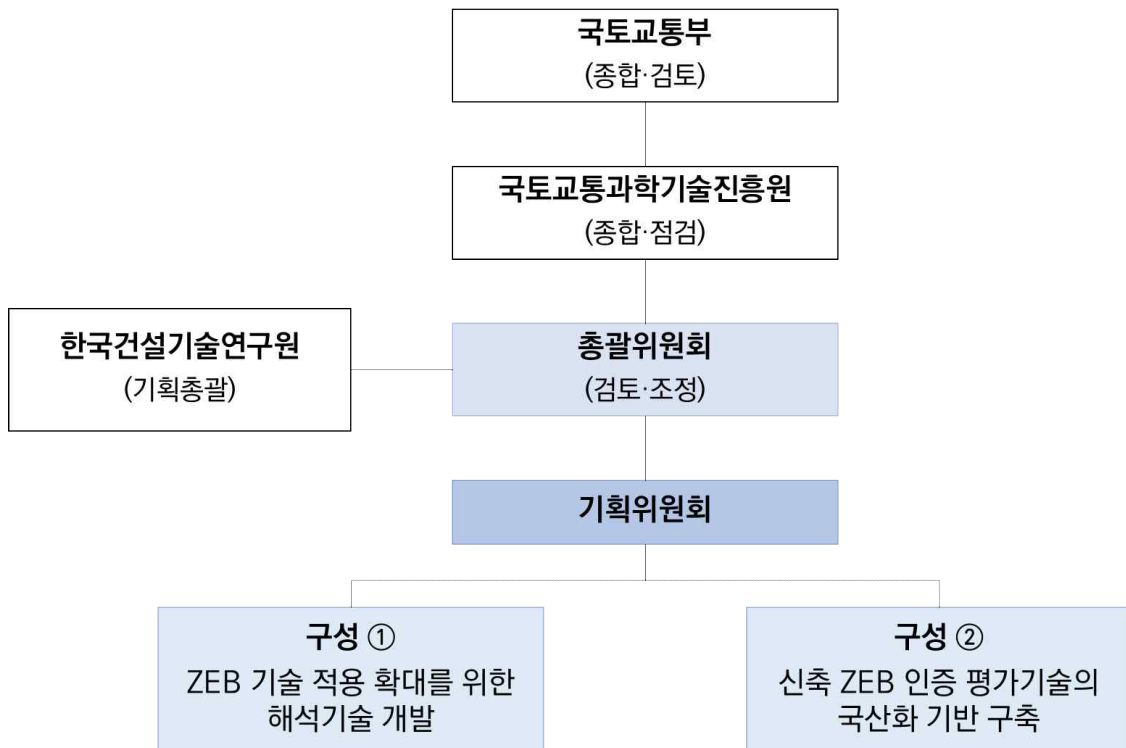
#### □ 기획 추진근거

- (법적근거) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법, 녹색건축물 조성 지원법 등 법적근거 확보
  - (녹색건축물 조성 지원법) 제22조 (녹색건축물 조성기술의 연구개발 등) 국토부는 녹색건축물 조성을 위해 녹색건축물 평가기법의 개발, 보급 및 연구개발사업화 촉진 지원할 수 있음
  - (주택법) 제37조(에너지절약형 친환경주택 등의 건설기준) 에너지 고효율 설비기술 및 자재 적용 등 에너지절약형 친환경 주택 건설 추진
- (국가 및 상위계획 근거) 제5차 과학기술기본계획, 2050 국토교통 탄소중립 로드맵 등 상위계획과 부합
  - (제5차 과학기술기본계획('23~'27)) '임무중심 R&D 혁신체계'를 구축하여 2050 탄소중립 실현에 역량을 집중하고 기업 혁신역량 강화를 위한 지원 강화
  - (국가 탄소중립·녹색성장 기본계획('23.3, 관계부처합동)) 녹색건축 확대를 위한 신규건축물의 에너지 성능 강화, 건물에너지 효율혁신 R&D, 평가관리 기반 강화 등 에너지 사용효율 향상 추진
  - (제로에너지건물 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵('23.12, 관계부처합동)) 신축건물 제로 에너지화하는 혁신기술 확보 추진
  - (국토교통 탄소중립 로드맵('21)) 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 상향에 맞춰 공동주택은 제로에너지건축 의무화를 조기적용(공공: '23~, 민간: '24~)
  - (탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략('22, 관계부처합동)) 한국형 탄소중립 100대 핵심기술로 '제로에너지 건물'부문 선정, 건축물 에너지 설비 효율화 추진
  - (제7차 건설기술진흥기본계획('23~'27)) 에너지자립률 향상 등 친환경 건축기술

- (윤석열정부 120대 국정과제) ⑧탄소중립 이행을 위한 제로에너지 건축 촉진, ⑫에너지 신산업·신시장 창출 추진

□ 기획 추진체계

- (목적) 총괄·기획위원회 구성을 통해 동 기획사업의 비전·목표, 중점추진분야 및 세부전략 설정 및 검토
- (비전·목표) 위원회 검토를 통해 비전 및 목표 최종(안) 확립
- (추진분야) 환경분석, 실태조사, 기술수요조사 등을 고려한 핵심적 이슈 및 실효성 높은 중점추진분야 도출
- (추진전략) 비전체계 등 사업 추진 방향성을 고려한 중점 추진전략 도출
- (구성) “ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석기술 개발, 신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축” 등 추진분야를 사전확정하고, 이를 기반으로 사업목적의 효과적 달성을 위해 전문가를 유기적으로 배치하여 구성
- 본 사업의 전체적인 조율 및 방향설정, 주요 사업 이슈에 대한 의견 제시, 세부과제에 대한 총괄 조정
- (기획위원회) 본 사업의 세부과제 발굴, 목표설정, 로드맵 및 성과확산 전략수립 등 세부기획



[그림 6] 사업기획 추진체계

### 1.3. 기획 추진절차 및 경과

#### □ 기획 추진절차 및 경과

<표 4> 기획 추진 절차 및 경과

번호	추진일자	추진내용	주요결과물
1	12월 3주	ECO2 개선을 위한 연구과제 기획	공백기술 파악
2	1월 2주	과제 기획 기술 개발 요소 및 방향성 논의	사업 추진 방향 및 방향
3	1월 4주	기획과제 세부 내용 협의	세부 구성기술
4	2월 2주	실무진 회의	사업내용, 주요 성과물
5	2월 4주	실무진 회의	과제카드 제작
6	3월 1주	총괄위원회 개최	기획보고서 초안

II

---

**연구개발과제의 수행과정 및  
수행내용**

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2.1. 국내외 환경 분석

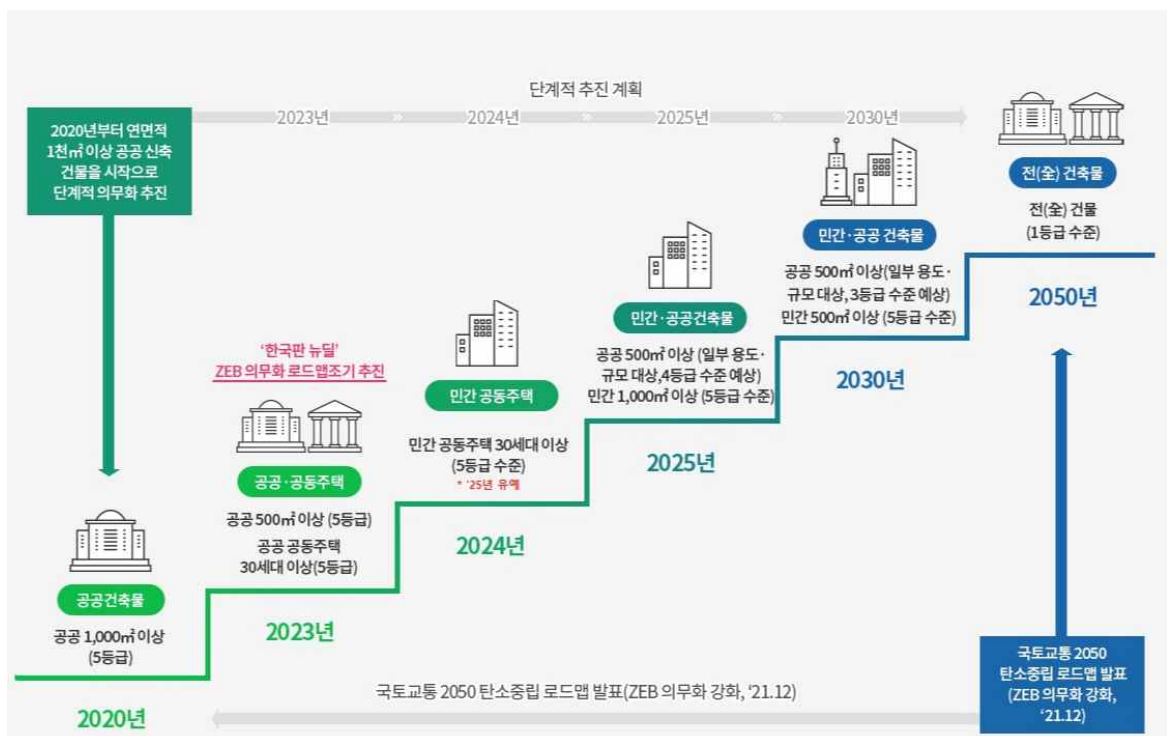
#### 2.1.1. 정책적 환경 분석

##### 2.1.1.1. 국내 정책적 환경 분석

#### (1) 2050 탄소중립 로드맵에 따른 ZEB 의무화 정책 추진

○ 19년 6월 제로에너지건축 단계적 의무화를 위한 세부로드맵 개편(안) 발표에 따른 제로에너지건축물 인증 의무화 본격화

- 정부는 제로에너지건축물 활성화를 위해 2016년 「제로에너지건축물 의무화 로드맵」을 수립하였으며, 2019년과 2021년 2차례 개편을 통해 의무화 시행 시기를 단축
- 2021년 개편에서 「국토교통 2050 탄소중립 로드맵」에 따라 2030년 NDC 상향에 맞춰 공동주택 제로에너지건축 인증 의무화 조기 적용이 결정되면서 2023년부터는 500㎡ 이상 및 30세대 이상의 공공분양·임대 공동주택이, 2024년부터는 민간분양·임대 공동주택이 제로 에너지건축물 인증 의무 대상이 됨
- 연면적 1,000㎡ 이상 공공건축물 대상으로 '20년부터 의무화하고, '24년부터는 민간건축물 대상으로 범위 확대 예정
- 정부 '24년 경제정책방향" 발표("활력있는 민생경제", 2024.1.4)에 따라 민간 공동주택(30세대 이상) 5등급 수준 1년 유예('24 → '25년)



[그림 7] 제로에너지건축 의무화 세부 로드맵 개편(안)

## (2) 관련 계획 및 정책

### ○ 제5차 과학기술기본계획('23~'27)

- '임무중심 R&D 혁신체계'를 구축하여 2050 탄소중립 실현에 역량을 집중하고 기업 혁신역량 강화를 위한 지원 강화

---

#### ◆ 【전략 Ⅲ】 국가 연구개발 전략성 강화

- (임무중심) 전략기술·탄소중립 등 국가적 도전과제 해결을 위한 임무중심 연구개발 체계를 도입

#### ◆ 【전략 Ⅲ】 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응

- (탄소중립) 2050 탄소중립을 달성하기 위해 한국형 탄소중립 핵심기술 전략이행안을 마련하고, 에너지자립 핵심기술·주력산업 저탄소화 기술을 확보하며, 과학적 대응체계를 구축

### ○ 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획('23.03)

- 온실가스 감축을 위한 건축물 성능개선 및 기준강화를 통한 에너지효율 향상

---

#### ◆ 신규 건축물 에너지 성능 강화

##### ① 제로에너지건축물 확대 및 성능 강화

- 신규 공공건축물 제로에너지건축물 인증 의무화 대상을 확대하고, 인증등급도 단계적으로 상향하며, 인증건물의 사후관리도 강화
  - ZEB 인증 5등급('23) → 4등급('25, 검토) → 3등급('30, 검토)
  - ZEB 인증시 냉방 등 5대 에너지를 포함하는 인증체계 구축 및 추가 에너지원 확대 검토
- 신규 민간건축물의 설계기준을 제로에너지건축물 5등급 수준으로 상향 조정하고, 그 대상을 단계적으로 확대

### ○ 제로에너지건물 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵('23.12)

- 탈탄소화 전환을 위한 건물부문 온실가스 배출 감축을 위한 신축 건물 대상 제로 에너지화하는 혁신기술 확보

---

#### ◆ 에너지 사용 저감 및 효율 효율 극대화를 위한 고성능·다기능 외피 확대

- 고성능 다기능 외피 및 신소재·자재, 스마트 차양 개발 및 실증 중심 성능 검증 통한 패시브 건축 기술 고도화

#### ◆ 건물 에너지시스템 수요 유연성 확대를 위한 설비 전기화·고효율화

- 난방·냉방·급탕 에너지를 제공하는 열원설비를 전기화 하기 위한 히트펌프 도입 및 시스템 효율화 기술개발

### ○ 국토교통 탄소중립 로드맵('21.12)

- 2030 국가온실가스감축목표(NDC) 상향에 맞춰 공동주택은 제로에너지건축 의무화를 조기적용(공공: '23~, 민간: '24~)

---

◆ 신축건물 제로에너지화

- ① (의무화 확대적용) 제로에너지건축 의무화 대상확대와 인증등급 상향을 가속화, 공공 신축건물부터 우선 추진
- (민간건물) 제로에너지건축 확산 가속화를 위하여, **공동주택은 제로에너지건축 의무화 조기적용**
    - NDC 상황에 따라, **공동주택 중 공공은 '23, 민간은 '24년에 의무화 우선적용**
- 

○ 녹색건축물 기본계획('20~'24)

- 제로에너지건축 보급 및 확산 방안 측면에서 500㎡이상의 모든 건축물('30)을 대상으로 시행 계획에 부합
- 

◆ 전략1) 신축 건축물 에너지 성능 강화 ① 제로에너지건축물 보급 가속화

- [의무화 시행] '20년 공공부문 제로에너지건축물 의무화 시행
- 기술개발 현황 등을 고려하여 제로에너지 공사비 추가부담여력이 높은 중대형 건축물부터 적용하는 것으로 로드맵 변경
- 

○ 윤석열정부 120대 국정과제('22.7.)

- 에너지 고효율·저소비형 에너지 수요관리 및 신시장 창출과 제로에너지 건축 촉진을 통한 탄소중립 이행방안 마련 추진
- 

21 에너지안보 확립과 에너지 新산업·新시장 창출

- (에너지 신산업) 태양광, 풍력 산업을 고도화하고 **고효율·저소비형 에너지 수요관리** 혁신, 4차산업 기술과 연계한 신산업 육성 추진

86 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환

- (공간·이동의 탄소중립) 탄소중립도시 지정, **제로에너지 건축** 및 그린리모델링 확산 등 탄소중립 공간 조성

22 수요자 지향 산업기술 R&D 혁신 및 지식재산 보호 강화

- (기술개발 중심에서 시장성과 지향형 R&D로 전환) 기술사업화 촉진목적 민·官 공동투자 확대, **기술사업화 플랫폼 구축** 및 기술평가 제고
-

### (3) 부처별 정책 경향성 조사(2021~2023년)

#### □ 국토교통부

##### ○ (2021년) 국토·도시의 탄소 제로화<sup>1)</sup>

- (제로에너지건축) 2025년 민간의무화 대비 중장기 추진방안을 마련하여 특화 도시, 시범지구등을 통해 지원
- (그린 리모델링) 공공건축물, 공공임대 리모델링 착수, 2022년부터 그린 리모델링 중장기 추진방안 마련

##### ○ (2022년) 건물 탄소중립 성능개선<sup>2)</sup>

- (신축건물) 제로에너지빌딩 의무대상확대, 용적률 완화 확대등 ZEB 인증 인센티브 강화 및 민간 건축물 ZEB 의무화에 대비하여 건축에너지인증제도 통합, 핵심기술개발 R&D 추진등 활성화 기반 조성
- (기축건물) 공공 그린 리모델링 의무화 방안을 마련, 민간 그린 리모델링 촉진을 위한 세제·지원금 등 지원방식 다각화
- (제로에너지타운 조성) 제로에너지 건축물을 단지 단위로 확대하고, 신재생에너지 기술을 시범 적용하는 제로에너지타운 조성

##### ○ (2023년) 친환경 전환을 통한 기후위기 대응<sup>3)</sup>

- (건축) 신축 공공건물 제로에너지 건축 의무대상확대(1천㎡ -> 5백㎡), 기존 공공건축 그린리모델링 대상확대(경로당, 도서관 등 확대)

#### □ 산업통상자원부

##### ○ (2021년) 탄소중립 에너지 혁신<sup>4)</sup>

- (수요관리) 건물 에너지 사용 절감 및 가전기기 효율관리 강화

\* (건물) 제로에너지건축 용자 + 인증대상확대(500㎡ 미만 소규모 건축물)

\* (기기) 냉장고, 에어컨, TV 등 에너지효율등급(1~5등급) 기준 강화

##### ○ (2023년) 에너지 저소비·고효율 구조로의 전환<sup>5)</sup>

- 효율관리 제도화 등 법적 기반 강화를 위한 「에너지이용합리화법」 개정

\* 에너지공급자 효율향상지원사업(EERS) 의무화, 다소비건물 목표관리제 도입 등

##### ○ (2023년) 에너지 르네상스: 5대 에너지신산업 성장동력화

1) 국토교통부. (2021.2.16.). 2021년 국토교통부 주요업무 추진계획

2) 국토교통부. (2021.12.27.). 2022년 주요업무 추진계획

3) 국토교통부. (2023.1.3.). 2023년 주요업무 추진계획

4) 산업통상자원부. (2021.2.17.). 보도자료(2021년 정부 업무보고)

5) 산업통상자원부. (2022.12.27.). 2023년 주요업무 추진계획

- (고효율 기자재) 보급확대를 통한 국내 시장 활성화 및 해외진출 촉진

\* 효율등급제 대상확대 및 효율기준 상향 등 효율제도 고도화(산업설비 팬, 펌프 등 가정기기 식기세척기, 이동식 에어컨, 의류관리기등)

\* 에너지 절약시설 용자, 설비교체 보조

## □ 환경부

○ (2021년) 2050 탄소중립 7대 부문별 감축(건물부문)<sup>6)</sup>

- (현재모습) 에너지 다소비건물 중심(15년 이상 노후 건축물은 2019년 기준 전체 건축물의 74%)

- (미래모습) 에너지 자급형 그린빌딩(공공·민간건물 100% 친환경 에너지자급 및 스마트 시티 조성)

- (달성수단) 건물 에너지효율 개선(그린리모델링 등), 재생에너지 설치, 스마트 에너지관리시스템 보급

○ (2021년) 미세먼지 저감

- (생활) 가정용 친환경보일러 보급사업 지속추진(2021년 기준 23만대)

- (가스냉난방기GHP) 대기오염물질을 다량 배출하는 GHP 관리방안 마련, 저감장치 개발·부착사업 추진

○ (2023년) 책임있는 탄소중립 이행<sup>7)</sup>

- (이행 로드맵) 부문별·연도별 온실가스 감축경로를 구체화하고, 혁신에 기반한 「국가 탄소중립 녹색성장 기본계획」 마련(전환, 산업, 수송, 건물, 폐기물, 농축산, 흡수원, 국외 감축 등 10개 부문)

- (지자체) 지역 특성별 감축수단을 종합한 「탄소중립 그린도시」 조성(2023년 2개소 세부 시행계획 수립)

\* 감축수단: (에너지) 수열, 하수열, 바이오매스, 충전인프라 등/ (흡수원) 생태복원, 흡수원 식재 / (자원순환) 재활용감축, 선별시설(기후적응) 녹화 등

○ (2023년) 미세먼지 배출규제와 감축 지원 병행

- (생활) 가정용 친환경 보일러 보급 및 가스열펌프(GHP) 저감장치 부착(2022년 1천대 → 2023년 5천대)등 생활 속 미세먼지 감축

## □ 교육부

○ (2021년) 미래학교 전환 본격 추진<sup>8)</sup>

6) 환경부. (2021.2.1.). 2021년 업무계획

7) 환경부. (2023.1.3.). 2023년 주요업무 추진계획

8) 교육부. (2021.1.26.) 2021년 업무계획

- (미래학교) 교육혁신의 기반이 되는 그린스마트 미래학교 추진하여 기후위기 대응과 스마트 교육이 가능한 미래학교로 전환

## □ 중소벤처기업부

- (2022년) 탄소중립, 중대재해 예방을 위한 스마트 공장 지원<sup>9)</sup>
  - (탄소저감 지원) 탄소중립형 스마트 공장 보급을 위해 지원업종을 기존 6개에서 뿌리산업 전체 및 고탄소 배출업종까지 확대
  - (지원우대) 공장에너지관리시스템 구축, 노후설비 교체 등 탄소저감을 추진하는 기업은 선정평가 시 가점 부여
  - (저감수준 측정) 스마트 공장 구축기업에 대해 구축 전후의 에너지원단위, 온실가스 배출량 감소율 등 탄소저감 수준 측정

## □ 지방자치단체\_서울시

- 2050 온실가스 감축전략 계획: 2020년 7월 2050년 탄소 중립 도시달성을 목표로 「그린뉴딜을 통한 2050 온실가스 감축전략」을 발표함. 단기적으로 공공부문의 그린뉴딜에 집중해 코로나 19로 인한 경제위기 극복 및 사회적 불평등 해소를 추진하고, 민간으로 확대할수있도록 중앙정부와 협력하여 제도화를 병행, 중·장기적으로는 사회 전 부문에서 ‘탈탄소 경제사회로의 대전환’달성을 위해 화석연료 사용을 제한하고 발생시킨 탄소를 흡수할 있는 생태 조성을 목표로 함.<sup>10)</sup>
- 2050년 온실가스 감축추진 5대 부분
  - (그린빌딩) 저탄소 제로에너지빌딩 전환 추진
    - \* 2022년까지 353개소의 노후 공공건물에 대한 대규모 공공 그린 리모델링 사업추진
    - \* 2023년부터 사업자 부담을 완화하여 신축 민간건물을 대상으로 에너지를 스스로 생산하고 에너지 소비량을 감축하여 ‘0’으로 만드는 제로에너지빌딩 의무화
    - \* 2022년부터 건물별 특성을 고려한 건물 온실가스 총량제 단계적 도입
  - (그린모빌리티) 보행친화도시를 넘어 그린모빌리티 선도
  - (그린숲) 녹지확보를 통한 온실가스 상쇄
  - (그린에너지) 신재생에너지로 전환 가속화
    - \* 2050년까지 공공시설에 태양광 발전시설을 설치하여 태양광발전으로 5GW의 에너지 보급
    - \* 연료전지를 통해 2050년까지 1GW의 에너지 보급
    - \* 바이오·폐기물·소수력·상수열 등 다양한 에너지를 이용하여 에너지 포트폴리오 다양화

9) 중소벤처기업부. (2022.7.12.). 2022년 중소벤처기업부 업무보고

10) 서울특별시. <https://news.seoul.go.kr/env/climate-environment/climate-change-strategy/2050-ggrs>

\_ (그린사이클) 폐기물 원천 감량 및 직매립 제로화



[그림 8] 2050 온실가스 감축 추진계획 로드맵

## □ 지방자치단체\_경기도

- 2023년 9월 20일 탄소중립 비전 ‘스위치(Switch) the 경기’ 발표하며 2026년까지 온실가스 배출량 22%, '30년 40% 감축 목표로 함. 도시건설, 교통, 농정 등 도정 전반에 기후위기 대응 전략 입혀 8대 분야 28개 추진과제로 저탄소·혁신성장 기반 조성 추진할 예정임. 8대 분야는 아래와 같음.<sup>11)</sup>
  - 스위치 더 에너지(Switch the Energy) 분야: ‘경기 RE100’ 비전을 포함한 도의 신재생에너지 정책이 속함. 경기도와 산하 28개 공공기관의 신재생에너지 등 확대하여 ‘26년까지 사용 전력 100% 신재생에너지로 대체하는 공공기관 RE100, 산업단지 입주기업의 지붕을 활용한 민관협력형 태양광 설치 사업인 산업단지 RE100 등이 주요 내용임.
  - 스위치 더 시티(Switch the City): 도시·건축·산림 분야 기후위기 대응 대책으로 도는 신규 개발사업으로 감소하는 탄소 흡수량만큼 대체 흡수원을 조성하거나 부담금을 납부하는 ‘개발사업 탄소 총량제’ 도입하고, 도로, 버스 정류소·차고지, 공영 주차장 등 도시 인프라의 에너지 자립을 위한 사업을 역점 추진할 계획임.
  - 스위치 더 모빌리티(Switch the Mobility): 교통분야 기후위기 대응책으로 공공분야에서 시작하여 사업용 자동차, 일반 자동차까지 단계적인 전기차 보급 관련 계획. 스마트 모빌리티를 적극 도입하여 온실가스 감축에 기여한다는 방침임.
  - 스위치 더 파밍(Switch the Farming): 농업분야 기후위기 대책으로 친환경 농업 면적을 대폭 확대하고, 로컬푸드 직매장 확대 같은 저탄소 유통체계 조성 등을 통해 저탄소 농업으로의 전환을 목표로 함.
  - 스위치 더 웨이스트(Switch the Waste): 자원순환분야 기후위기 대응책으로 공공기관 1회용컵 사용 금지, 바이오 가스를 활용한 신재생에너지 생산, 폐기물 처리시설 확충 등의 정책임.
  - 스위치 더 액티비티(Switch the Activity): 도민들의 자발적인 온실가스 감축 활동 문화조성 등의 내용을 담고 있음.
  - 기후테크 육성: 경제분야 기후위기 대응책으로 2026년까지 기후관련 새싹기업(스타트업) 100개 사를 발굴하여 성장단계별 맞춤형 지원을 제공하는 방안임.
  - 기후위기 적응: 극단적인 재난 피해를 최소화하고 기후위기 대응역량에 따른 기후격차 극복을 위한 방안임.

11) 경기도 기후환경정책과, 2023.9.20. 보도자료

## 2.2.1.2. 국외 정책적 환경 분석

### (1) 국외 제로에너지 정책 현황

#### □ 주요국의 제도 현황 및 온실가스 감축계획(NDCs, Nationally Determined Contributions) 목표

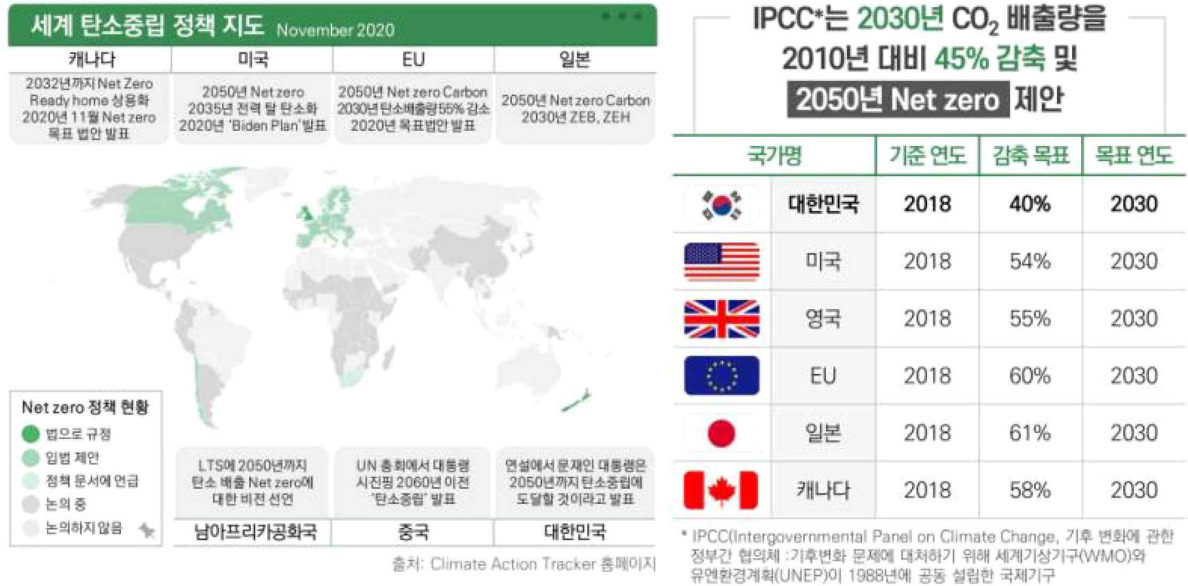
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 기후변화에 관한 정부간 협의체)는 2030년 CO<sub>2</sub> 배출량을 2010년대비 45% 감축해 2050년까지 탄소중립을 달성할 수 있도록 각국에 제안
- 파리협약은 산업화 이전에 비해 1.5~2°C 온도 상승 제한을 결의, 선진국뿐만 아니라 개발도상국까지 각국의 NDCs 제출 및 이행을 약속
- 2020년 말까지 각국의 장기저탄소발전전략(LEDs, Long-term Low greenhouse gas Emission Development Strategy)을 수립하도록 권고
- 2023년부터 NDCs 목표에 부합하는지 5년마다 이행 점검이 시행될 예정

#### □ 주요 선진국의 건물에너지성능 개선 대책 및 지원

- EU: 2021년 모든 신축건축물에 대한 NZEB 의무화 시행
  - EPBD(Energy Performance of Building Directives: 건축물 에너지성능에 관한 지침) 정책에 따라 모든 회원국이 건물에너지성능 증명서를 제출하도록 규정
  - 2014년부터 공공건축물 총 연면적의 3%에 대해 에너지효율 개선공사 의무화를 시행
  - 유럽투자은행 및 ELENA(European Local ENergy Assistance) 프로그램으로 공공건축물 에너지효율 강화 및 신재생에너지 설비 보조금을 지원
- 미국: 2015년 에너지부가 ZEB에 대한 공통적 정의(A Common Definition for ZEB)를 발표 및 주정부에서 녹색 및 넷제로 건축물 촉진 정책을 추진하여 2050년 기존 모든 상업용 건축물 포함하여 추진을 목표로 함, 2035년까지 건물탄소발자국 50% 감축을 목표로 함
  - 주·지역 및 지방 정부에서 건물 에너지효율 개선 비용을 용자해주는 PACE(Property Assessed Clean Energy) 프로그램을 시행
- 일본: 2030년까지 신재생 에너지 발전 비율 24%를 목표로 건물 유형별 ZEB 시범사업 및 가이드라인 제작, 2014년 발표한 '에너지기본계획'에서 2030년까지 신축 주택의 '평균'을 제로에너지 하우스 실현을 목표로 함
  - 주택 1채당 75만엔(한화 약 740만원)의 보조금을 지원해 고성능 단열재, 주택

용 축전기 등 보급

- 영국: 2030년까지 주택을 포함한 모든 신축건축물 탄소배출량을 '0'을 목표 이  
를 뒷받침할 정책을 시행
- 캐나다: 2032년까지 Net-zero Ready Home 상용화를 위해 단계적 건물에너지  
효율 강화 정책을 추진



[그림 9] 세계 탄소중립 정책지도

□ 국내외 제로에너지 건축물 평가방법

- 제로에너지건축물 평가방법은 각 나라마다 다르며, 평가 기준이 비슷하다고 하더라도 평가 단위 및 평가 요소가 서로 상이함
- 국내 제로에너지건축(ZEB) 개념은 유럽연합nZEB 개념과 가장 유사함

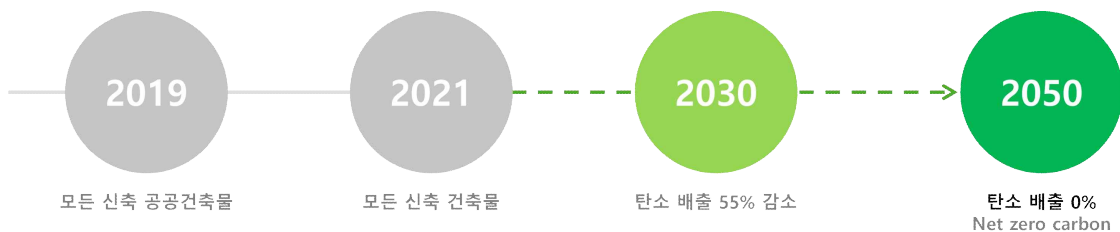
<표 5> 국내외 제로에너지건축물 평가 방법

	ZEB(ZNE)	nZEB	Net Zero carbon	제로에너지건축물
영문명칭	Zero Energy Building Zero Net Energy	nearly Zero Energy Building	Net Zero Carbon Zero Carbon Ready	Zero Energy Building
평가기준	$E_{source} \leq 0$ $E_{source} =$ 1차에너지소비량- 1차에너지생산량	해당국가1차에너지제한값 > $E_{primary} > 0$ $E_{primary} =$ 1차에너지소비량- 1차에너지생산량	건물운영에 대한 연간CO <sub>2</sub> 배출량 ≤ 0 1차에너지소비량 ≤ 1차에너지생산량 (대지의포함)	에너지자립률에 따라 평가 5등급(20%) ~ 1등급(100%) 에너지자립률= 1차에너지생산량 /1차에너지소비량
평가단위	1차 에너지 소요량	1차 에너지 소요량 신재생에너지 설치 비율	CO <sub>2</sub> 배출량	1차 에너지 소요량 신재생에너지 설치 비율
특이사항	플러그 부하 포함	플러그 부하 미포함	신축 건물의 경우 건설 단계부터 CO <sub>2</sub> 배출 고려	플러그 부하 미포함
주요 활용 국가	미국, 일본	EU	유럽	대한민국
관장기관	(미국)US Department of Energy(DOE) (일본)경제산업성	Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations(REHVA)	UK Green Building Council(GBC)	국토교통부, 산업통상자원부

## (2) 주요국 제로에너지 건축 정책 및 인증제도

### □ 유럽연합

- 유럽연합은 2002년 건축물 에너지 절감을 위한 로드맵이라 할 수 있는 EPBD (Energy Performance of Building Directive)를 공표하였으며, 이후 교토 의정서에 따른 이산화탄소 배출량 감축 이행을 위해 2010년 이를 개정하여 제로에너지 건축물 의무화 계획을 수립함.
  - 2020년까지 전체 온실 가스 배출량을 1990년 수준보다 최소 20%, 국제적 합의에 도달할 경우 30% 감축 목표
  - 유럽연합은 2019년부터 공공 신축 거숙물, 2021년부터 모든 신축 건축물 NZEB 달성 목표를 기반으로 EU 회원국들에게 기후 등 조건에 따른 NZEB(Nearly Zero Energy Buildings) 국가 표준을 설정 및 장려할 것을 요구(23개 회원국 시행중, 그 외 개발 및 검토 중)
  - 건물 매매 및 임대인 변경시마다 에너지 성능 인증서(Energy Performance Certificates,EPC)를 발급 받도록 현행화



[그림 10] 유럽연합 건물 에너지 절감 로드맵

- 공공건축물은 2019년(2018년 12월 31일), 신축건축물은 2021년(2020년 12월 31일)부터 제로에너지 건축물 조성을 의무화하고, 그 전까지 회원국 실정에 맞는 기준을 마련하도록 함.
  - EPBD에 근거하여 성능 기반 기준인 최소에너지 성능 기준(MEP, Minimum Energy Performance Standards)과, 개별 성능에 대한 기준, 에너지 성능 표시(EPCs, Energy Consumption Certification System) 기준을 마련하고, 각 회원국 실정(기후조건, 최적 비용 등)에 맞춰 기준을 마련하도록 명시
  - 기술 수준 향상을 반영하기 위해 최소 5년 이내 기준을 개정하도록 명시
  - 건축 행위에 있어, 신축 뿐 아니라 증개축, 대수선 등도 이에 포함되며 최소 에너지성능 기준을 제시해야 함
  - 에너지 성능은 1차에너지 소요량을 기준으로 주거 건물의 경우 50kWh/m<sup>2</sup>·year 이하, 비주거 건물의 경우에는 건물 유형(업무시설, 학교, 병원 등)에 따라

0~270 kWh/m<sup>2</sup>·year 범위로 기준을 다르게 설정

- 제로에너지 건축물은 Nearly Zero Energy Building으로 명시하고, 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등에 대하여 패시브 및 설비적으로 매우 높은 에너지성능을 갖는 건물로 정의
  - 5대 에너지 소요량과 신재생에너지 생산량으로 에너지 수치를 계산
  - 인근 지역으로부터 생산된 신·재생에너지가 포함되며, 이는 신·재생에너지가 충분히 확보되어야 한다는 것을 의미
  - 에너지 성능 평가 시 건물의 열 특성(열용량, 단열재, 패시브 히팅, 냉방 요소, 열교, 난방 및 급탕 시설, 공조설비, 기밀성을 포함한 자연 및 기계 환기, 조명 시스템, 기후 조건을 포함한 건축물 형태·위치·방향, 수동 태양열 방식, 일사 차단, 실내 기후 조건, 내부 부하를 고려
  - 에너지 성능 계산 시 긍정적 요소인 태양광 노출 조건, 신재생에너지 관련 설비, 열병합 발전에 의한 전력 생산, 지역 또는 블록 단위 냉난방 시스템, 자연 채광도 고려
  - 건축물 용도(단독주택, 아파트 단지, 업무시설, 교육시설, 병원, 숙박시설 및 레스토랑, 운동시설, 도매 및 소매 시설, 기타)를 구분하여 에너지 성능을 계산
- 단위건물(building)뿐만 아니라 건축물단지(building complex), 지구단위(neighborhood), 지역단위(infrastructure)까지 확대하여 제로에너지건축물 조성이 가능
- 개별 성능 기준을 통해 냉난방 시스템에 대한 최소기준을 제시하고 있으며, 시스템에 대한 검사 보고서를 작성하여 건물주 또는 세입자에게 전달하도록 명시
  - 에너지 성능 표시는 연면적 250m<sup>2</sup> 이상 공공건축물과 모든 건축물 및 건축물 내 각 호의 신 축, 매매 또는 임대 할 경우, 에너지소비 증명서를 작성하게끔 함
- 2019년 유럽 그린딜(European green Deal)을 통해 지속가능한 미래를 위한 EU 경제의 변화를 위한 기후변화 대응 정책이자 경제정책 마련
  - 기후변화 대응 목표를 상향(2030년 까지 1990년 대비 탄소배출 40%→50% 감축) 조정함과 이를 달성하기 위한 6대 분야별 정책 제시
    - \* 깨끗하고 저렴하고 안전한 에너지 공급
    - \* 청정, 순환경제를 위한 산업재편
    - \* 에너지 자원 효율적인 방식의 건물 보수 및 수리
    - \* 생태계와 생물다양성 보존으로 구성
    - \* 친환경적인 식품 시스템
    - \* 지속가능 스마트 모빌리티 전환 가속화

- 자금 조달 방안으로 EU예산 및 Invest EU를 활용한 투자계획과 공정전환체계 (just Transition Mechanism)제시
- 탄소 감축을 위한 기후법(Climate Law)제정, 탄소 국경세, EU 탄소배출권 거래제(온실가스 최저가격제 도입) 등



[그림 11] 유럽연합 유럽 그린딜 정책

## □ 영국

- 2011년 발간된 The Carbon Plan에서 2050년까지 1990년 수준에 비해 80%, 2020년에는 최소 34% 감축을 목표로 설정하였으나 최근 탄소 순배출량 0으로 목표 재설정

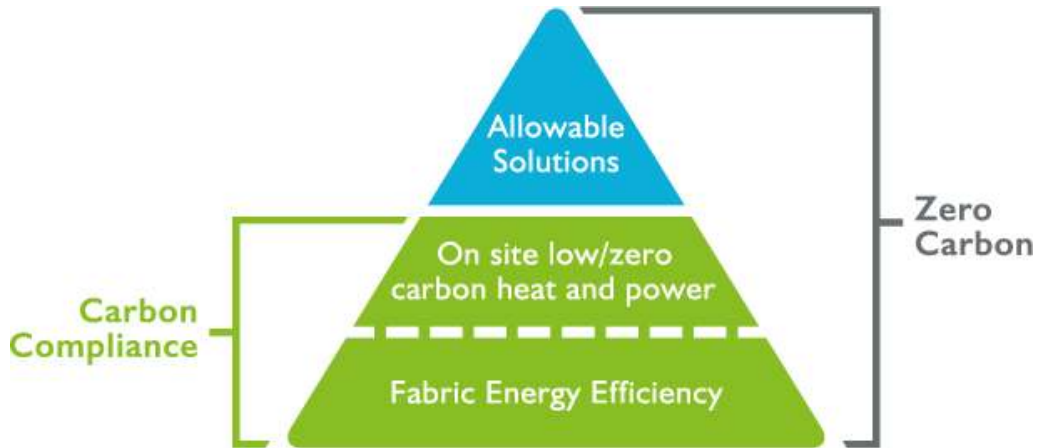


[그림 12] 영국 탄소 배출 감축 로드맵

- 영국은 2016년부터 제로에너지건축물 의무화를 계획하였으나, 영국 재무성의 분석 결과에 따라 중소기업 기반의 산업시장 타격을 염려하여 의무 시점을 연장하

고, 2019년부터 신축 주거용 건축물에 대해 Zero Carbon을 의무화하게끔 함.

- 런던시는 영국 정부와 별도로 제로카본 주택 계획을 추진하고 있는데, 건축법에서 정하고 있는 기준(2013년 기준)보다 탄소배출량을 35% 더 감축한 주택을 제로카본으로 정의, 남은 탄소배출량은 현금으로 상쇄



[그림 13] 제로 카본 평가 체계

- 이산화탄소 배출량을 대차대조로 사용하며, 에너지 계산 범위는 난방, 냉방, 환기, 급탕, 조명 에너지로 한정
  - 당초 계획은 콘센트 부하까지 포함하는 것이었으나, 현실 가능성을 고려하여 2011년 폐기
  - 콘센트 부하까지 포함한 제로카본 계획은 추가 공사비용이 주택당 8,000~12,500파운드에 예상되었으나, 수정된 계획에 따라 3,000~8,000파운드로 비용이 절감될 것으로 예상
- 신재생에너지의 공급 방식은 당초 off-site 신재생에너지를 포함하도록 하는 계획이 발표되었다가 의회에서 이를 취소하였으나, 지역 및 단지 냉난방(district or block heating or cooling)만은 포함 시키게끔 함.
- 건축법(Building Regulations)의 Part L(Conservation of fuel and power)에서는 건축물의 에너지 성능에 대한 기준을 주거 및 비주거, 신축 및 기존으로 구분하여 제시함.
  - 신축 또는 리모델링된 각 건물은 동일한 건물에 법규 기준에서 요구하는 수준의 단열재, 시스템 효율 등을 갖춘 표준건물(reference building)보다 낮은 배출량을 가져야 함.
- 건축물의 지속가능성을 평가하기 위한 BREEAM(Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) 인증제도 운영
  - 평가항목: 운영관리, 건강 및 웰빙, 에너지, 생태, 오염, 교통, 자재, 수자원, 토

지

- 총 152점으로, 각 항목에 대한 배점과 가중치를 환산하여 적용하며 Energy 항목의 가중치는 약 19%로 중요도가 높음
- Energy 항목은 에너지 시뮬레이션을 통한 원안, 대안의 에너지 요구량, 1차 에너지 소비량, CO2 배출량 및 해당 건물의 고유 성능계수를 통해 환산된 CO2 배출 감소량으로 판단

<표 6> 영국 BREEAM 평가 항목

구 분	내 용	
시작년도	1990	
인증/관리	BER/Trainer assessors	
평가 대상 건물	Offices, Retail, Industrial, Education, Ecohomes, Healthcare, Bespoke, Multi-residential, International, Courts, Prisons	
평가 항목(가중치)	Management(12%)	Transport(8%)
	Health & Wellbeing(15%)	Materials(12.5%)
	Energy(19%)	Water(6%)
	Pollution(10%)	Land Use & Ecology(10%)
	Waste(7.5%)	Innovation_추가점수(10%)



[그림 14] 영국 BREEAM 인증제도

## □ 독일

- ‘에너지 개념 2050’을 통해 에너지 효율성, 재생에너지, 기후변화 등 영역별로 구분하여 계획을 수립하였으며, 이를 기반으로 제로에너지건축물 로드맵(Net Zero) 발표
  - 2020년까지 난방에너지요구량 20% 감축, 2050년까지 1차에너지소비량 80% 감축 및 대부분의 건축물에 대해 기후 중립 달성
  - 전체 건축물의 증개축 비율을 1%에서 2%로 증가
  - 신축 주거용 건축물의 신재생에너지 사용 의무화
  - 2010년부터 기존 주거용 건축물의 난방 시스템을 교체할 경우 신재생에너지 10% 사용 의무화
- 제로에너지건축물은 표준건축물 대비 신축 건축물 40%, 기존 건축물은 55% 이상 절감한 건축물로 정의하며, 난방, 냉방, 급탕, 환기에너지에 대한 에너지성능을 평가함.
- 신재생에너지 공급 방식은 대지 내 신재생에너지 설치가 불가능할 경우 외부에서 구입하는 방안과 에너지절약기준 대비 15% 에너지효율을 향상하는 방안 제시
  - 신재생에너지원으로 하는 중앙난방에 대해 신재생에너지로 인정하고 있으며 이 경우, 난방, 냉방, 급탕 에너지의 100%를 지역난방으로 공급(해당 대지 내에서의 신축 및 증개축을 한 건축물을 대상)
- 에너지절약법(EnEV)은 기존의 단일관련 법을 통합하여 2002년 제정한 법으로 2014년 개정된 내용에 제로에너지빌딩과 관련된 에너지 성능 기준을 포함
  - 주거 및 비주거, 신축 및 증개축에 대해 건축물 외피와 관련한 최소 요구 사항을 제시
  - 신축 주거용 건축물에 대해서는 1차에너지소요량 기준을 제시하고 있는데, 고정된 값이 아니라 표준건축물 대비 절감률 기준으로 평가
  - 신축 비주거용 건축물에 대해서는 조명이 추가되고 환기 및 공조 시스템에 대한 기준이 강화되었으며, 증개축의 경우 부위별 최소 요구 사항을 제시
- 신재생에너지열법(EEWärmeG)을 통해 모든 신축 건축물에 대해 난방, 냉방, 급탕 에너지 요구량에 신재생에너지 사용을 의무화
  - 신재생에너지원에 따라 신재생에너지 사용비율을 제시하고 있으며, 신재생에너지 사용비율은 유형에 따라 태양광 15%, 히트펌프 50%, 바이오매스(30~50%), 열병합 발전 50%, 중앙난방 100%, 폐기물 연소 50% 등으로 구분

- KfW efficiency house는 의무 기준과 별도로 제로에너지건축물 조성 지원을 위해 에너지효율 주택의 기준등급을 제시

<표 7> 독일 저에너지 주택 등급 기준

등급	표준주택대비 연간1차 에너지 소비 절감률	표준주택 대비 열손실
KfW Energy saving house 55	55%	70%
KfW Energy saving house 70	70%	85%
KfW Energy saving house 85	85%	100%
KfW Energy saving house 100	100%	115%
KfW Energy saving house 115	115%	130%
KfW Energy saving house Monument	160%	-
Passive house	연간 난방에너지 : 15kWh/m <sup>2</sup>	

## □ 미국

- 신축 주거용 건축물(2020년부터), 공공건축물 및 신축 상업 건축물(2030년부터)에 대해 넷 제로(Net Zero) 에너지 건축물을 의무화
  - 에너지 독립 안보법인 'EISA 2007'에서 2030년까지 모든 신축 상업용 건축물을 제로에너지빌딩으로, 2040년까지 기존 상업용 건축물의 50%를 제로에너지빌딩으로, 2050년까지 모든 상업용 건축물을 제로에너지빌딩 화하는 것을 목표로 제시
- 2021년 바이든 행정부에서 '50년까지 100% 청정에너지 경제 및 탄소 순 배출량 0 (Net Zero)으로 목표 제시
  - (캘리포니아) 미국 ZEB 의무화에 선도적 역할을 수행하고 있으며, 2018년에 2020년 로드맵 목표를 '모든 주거 건물의 전기소비량 0'을 시작으로 2050년 기준 모든 상업용 건축물 포함하여 추진(California Energy Efficiency Strategic Plan, 2008제정, 2019개정)
  - (뉴욕) 중대형 빌딩 온실가스를 2030년까지 40%, 2050년까지 80% 감축시키는 기후 활성화법(Climate Mobilization Act)을 제정
  - (LA) '22년까지 그리드 고도화(80억 달러), 녹색교통(매년 8.6억 달러)투자, '50년까지 온실가스 배출 제로 목표
- DOE에서 발간한 제로에너지(Net Zero) 건축물 정의는 건물에너지 효율화를 통해 에너지 수요를 최소화한 주거용이나 상업용 건물로 필요한 에너지는 신재생에너지로 충당할 수 있는 건축물을 의미함.
  - 에너지 수치는 냉방, 난방, 조명, 콘센트 부하 등을 근거로 계산
  - 신재생에너지 공급 방식은 대지 내 생산을 원칙으로 하나 고밀도 도시지역에 위치한 에너지부하가 큰 건물의 경우 RECs를 이용하여 off-site 신재생에너지를 도입할 수 있도록 함.
  - 실제 에너지 사용량이 on-site의 재생가능 에너지와 구입한 RECs보다 작거나 같은 에너지 효율적인 빌딩을 REC-ZEB로 정의
- 에너지절약기준 ASHRAE Standard 90.1/2는 주거용, 비주거용 건축물에 대한 에너지 절약 기준으로 부위별 열관류율, 열사 취득계수, 창면적비, 개구부 방향, 기밀, 냉난방 및 환기 등 공조 시스템 효율 기준을 제시
- 주거용 건축물을 대상으로 제로에너지 레디 홈(Zero Energy Ready Home) 프로그램을 운영
  - 고층 건물은 대상으로 하고 있지 않으며 단독주택, 4세대 이하 또는 지상 3층 이하 다세대 건물, 건물 면적의 80%이상이 주거용인 5층이하 건물만을 대상으로 함

- 인증을 위한 필수 요건으로 에너지스타 인증 주택(ENERGY STAR Qualified Homes Program)을 취득 및 외피, 덕트, 온수공급 시스템, 조명 및 전기기구, 실내공기질 등의 기준을 제시
  - 신재생에너지설비에 대한 의무 설치 기준은 없으나, 향후 태양에너지 설비 설치가 가능하도록 음영 여부, 연평균 태양 복사열, 남쪽 방향 지붕의 여유면적 등의 기준 (PV-Ready Checklist)을 요구
- 지역단위 제로에너지지구(Zero Energy District)에 관한 정책을 개발하여 개별 건축물 단위가 아닌 도시차원에서의 제로에너지 달성을 목표로 함
- 건축물 집합체에 높은 수준의 에너지 효율과 재생가능 에너지 보급을 비용 효율적으로 달성 할 수 있는 기회를 제시
  - 건물간의 유연한 에너지 활용을 목적으로 함으로 인해 이해관계자들간의 협력이 필요하여 모범사례가 부족
  - 국립 신재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)에서 덴버(Denver)의 새로운 지구 단위 프로젝트인 내셔널 웨스턴 센터(National Western Centre), 썬 밸리(Sun Valley Neighborhood)와 파트너십을 체결하여 시범 사업을 추진
- USGBC는 LEED 그린 빌딩 프로젝트에서 넷제로 자원(에너지, 물, 폐기물)과 넷제로 탄소 운영을 다루기 위해 LEED Zero를 시작
- LEED Zero 프로그램은 LEED BD+C 또는 O+M 인증을 받은 프로젝트에 한해 LEED Zero Carbon, LEED Zero Energy, LEED Zero Water Certification, LEED Zero Waste Certification 이상 4개 프로그램으로 구성되어 있음.
  - LEED Zero Energy는 연간 기준으로 건축물에서 사용한 에너지와 대지 내 또는 대지 외에서 신재생에너지로 생산한 에너지가 같을 경우 인증을 받을 수 있음.
  - 대지 외 신재생에너지의 경우 Green-e Energy 인증을 받은 인증서(EACs)를 구매하는 것도 가능함.










[그림 15] 미국 LEED Zero 인증제도

- 리빙 빌딩 챌린지(LBC, Living Building Challenge)
- 비영리단체인 국제 생활 미래 연구소(ILFI, International Living Future

Institute)의 인증 프로그램(2006년)

- (리빙 빌딩 인증) 장소, 물, 에너지, 건강과 행복, 재료, 공정성, 아름다움 7개 항목으로 이루어져 있으며, 20개의 세부 항목에 대해 평가, 평가 대상은 건축물 리모델링, 조정 및 공공 기반시설로 구분하며 각각 유형에 따라 필수 요건 만족 필요
- (제로에너지인증) 화석연료를 사용할 수 없으며, 연간 건물에너지요구량의 100%를 사이트 내에서 생산하여 충당해야 함
- (탄소제로 인증) 건축물의 생애주기(50년 기준) 동안 발생하는 탄소 배출량을 ZERO로 만드는 것으로, 건물에너지 효율, 재생에너지 종류, 탄소 배출량, 탄소 계산방식, 탄소 배출권 인증서 인정 기준 등을 만족 해야함

	평가방법	대상	범위	화석연료 사용여부	요구되는 에너지	대지 외 신재생 에너지	비고
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지 내 에너지 요구량 105% 신재생에너지공급</li> <li>• 신축: 연간에너지소비량의 70% 절감</li> <li>• 기존 건축물 35%절감</li> <li>• 최고 효율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지 내 신재생 적용하는 것을 원칙으로 하며, 대지 외 신재생을 예외 적용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소발자국의 20%를 절감 필수 (대지 내 저장 포함)</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신축: ASHRAE 90.1-2010 대비 25% 감소</li> <li>• 기존 건축물: CBECS 대비 30%감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 같은 지역 내 설치 필수, 세부 설치 기준 만족 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소발자국 절감 10% + 남은 탄소 배출량 0(상쇄)</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인증기준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지 내 신재생 에너지 적용 후 추가로 한 적용하는 경우 인정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LEED-NC 또는 EBOM 인증 필수, 탄소최소화를 위한 에너지소비시간 계산 필요</li> </ul>
						<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인정(하나의 신재생으로 보므로 대지 내, 외 보정 계수 없음)</li> </ul>	
							
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASHRAE 90.1-2016 만족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지 내 신재생 에너지 적용 후 추가로 한 적용하는 경우 인정.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지 외 신재생 에너지 및 신재생 종류에 따라 보정 계수 적용</li> </ul>

 교통
  탄소잠재량
  대지 내 에너지 사용량
  탄소배출량
  원천에너지사용량
  시뮬레이션 툴
  실제 사용량

※ CBECS(Commercial Buildings Energy Consumption Survey) : 상업건축물 에너지 소비량 조사

[그림 16] 국제 생활 미래 연구소 인증 프로그램

□ 일본

○ 2050 녹색성장 전략(Green Growth Strategy in line with Carbon Neutrality in 2050),2020

- 경기 침체, 고령화 등을 극복하기 위한 성장 정책의 일환으로 저탄소 사회 구축을 표방하며 녹색성장전략 수립('20,12월)
- '50년까지 탄소중립과 탈탄소 사회 실현을 위해 해상풍력, 수소, 원자력, 전기차 등 14개 분야를 중점 육성하는 산업전략을 발표
- 2030년까지 2013년 대비 26%→46% 감축으로 목표 상향 조정
- 모든 신축 건물에 대해 2030년까지 제로에너지 하우스(ZEH) 또는 제로에너지 건축물(ZEB) 의무화
- ZEH 빌더를 통해 신축된 ZEH를 사거나 ZEH 로 개조한 경우 보조금을 지급



[그림 17] 일본 녹색성장 전략

○ 건축물의 에너지성능 향상, 대지 내 신재생에너지 활용 등에 의한 절감으로 연간 1차에너지 소비량이 제로(Net Zero or Nearly Zero)가 되는 건축물을 제로에너지건축물로 정의

- 에너지 성능은 신재생에너지를 제외하고 1차에너지소비량을 50%이상 절감하는 것이 목표

○ 에너지절약법과 주택품질 확보의 촉진에 관한 법률을 기준으로, 관련 사항을 인증 기준인 CASBEE를 통해 평가

- 2014년부터 일정규모 이상의 건축물에 대해 법규 준수를 의무화하고, 건축물 에너지 성능 기준을 점진적으로 강화
- 단열 성능 등을 제시하는 외피 연간 부하와 설비 성능을 제시하는 에너지 소비 계수 등을 기준으로 구성
- 에너지효율향상, 생태적 자재 사용 및 건물 생애주기에서의 CO2 감축을 촉진하는 내용을 포함
- 제로에너지 건축물, 제로에너지하우스, 생애주기 탄소 마니어스 등 과 같은 초저탄소 성능의 건물을 유도하기 위한 평가 항목을 지속적으로 추가

## □ 싱가포르

- 싱가포르 BCA(Building and construction authority)는 Positive Energy Building 을 목표로 Green Mark 인증제도와 연계하여 2018년, 신축 비주거 용도와 기존 비주거 용도 및 학교를 대상으로 Super Low Energy Buildings 인증 추가
  - Green Mark 인증을 받은 프로젝트를 대상으로 연간 최근 기준 대비 40% (2005년 에너지 기준 대비 60%)에 해당하는 에너지 사용량을 절감할 경우 Super Low Energy Building 인증을 부여
  - 플러그 부하까지 포함한 모든 에너지 사용량을 대지 내 뿐 아니라 대지 외 신 재생에너지로 공급하는 경 우 Zero Energy Building 인증을 부여

## 2.2.2. 기술적 환경 분석

### 2.2.2.1. 국내 기술적 환경 분석

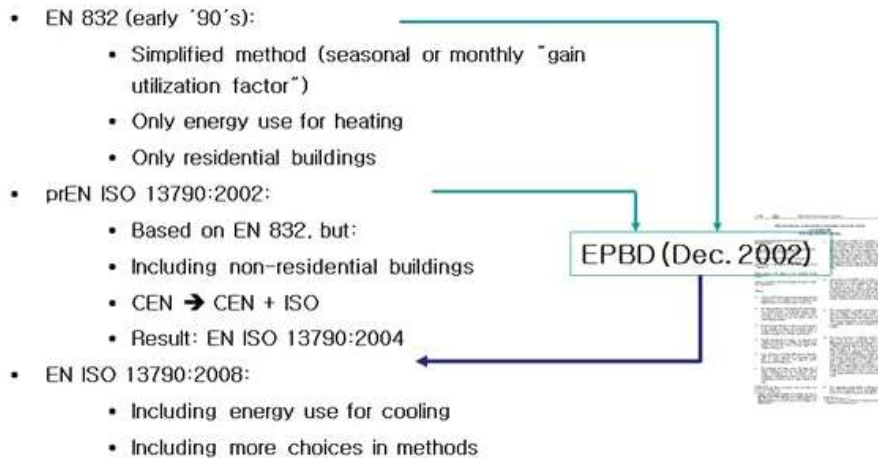
#### (1) ECO2

#### □ 개발배경

- 2009년 12월 국토교통부와 산업통상자원부가 공동으로 ‘건축물 에너지 효율등급 인증규정’을 고시하여 건축물의 에너지성능을 정량적으로 평가하는 방안을 마련, 건축물의 에너지효율등급을 평가하기 위한 도구로 ISO 13790과 DIN V 18599를 기준으로 개발
- 프라운호퍼(Fraunhofer)에서 배포한 DIN V 18599 기반의 엑셀프로그램을 분석하여 만들어짐

#### □ ISO 13790 구축배경

- 최초 EN832으로부터 출발된 규정으로 에너지 해석 알고리즘이라기보다는 부하 계산법의 정의에 가까움
  - 1990년대 초 EN 832 : 간략계산법제시(계간법 또는 월간법), 난방에너지만 계산, 주거시설만 계산
  - 2022년 prEN ISO 13790:2002 : EN 832을 기반으로 비 주거까지 계산에 포함
  - 2004년 EN ISO 13790:2004로 정식 명칭 획득
  - 2008년에 EN ISO 13790:2008 로 수정 : 냉방에너지 계산 추가, 시간법 등 계산법 추가



[그림 18] ISO 13790 개발 역사

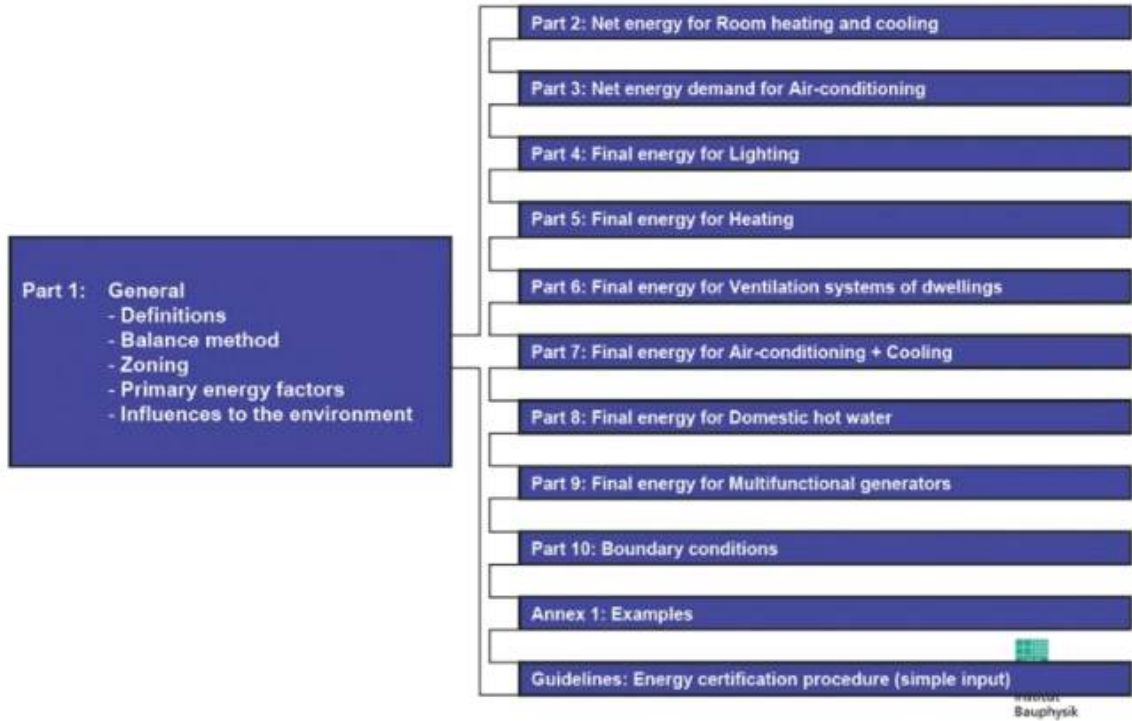
- 이후 급탕/조명/환기까지의 해석과 1차에너지소요량 산출의 방법론에 대한 EN 15603 및 에너지성능평가 방법론을 정리한 EN 15217 개발
  - EN 15603 "Energy performance of buildings. - Overall energy use and definition of energy ratings"
  - EN 15217 "Energy performance of buildings ? Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings"

#### □ DIN V 18599 구축배경

- DIN V 18599는 평가를 위한 틀을 목적으로, 에너지 평가 분야에서 시장성을 확보하기 위해 개발
  - 에너지평가를 위해 EnergyPlus 등의 동적 시뮬레이션 프로그램을 이용하는 것은 교육시간, 시뮬레이션 수행 시간 및 사용자의 수준의 따른 결과의 편차 문제가 발생
  - 상대평가가 아닌, 절대평가를 위한 틀이 필요
- EN ISO 13790 + EN 15603 + EN 15217를 기반으로 본격적이고 구체적 해석 방법(기준, 방식)을 더해서 개발
  - 면적산정방법, 실내발열량, 환기횟수, 누기율, 설비분야의 해석 알고리즘까지 포함된 독립적이며 방대한 양을 지닌 기준
  - 이 기준은 34개 용도의 해석이 가능하고, 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기, 신재생에 대한 소요량과 1차에너지소요량까지 계산 가능하도록 고안됨
  - 전체 11개 장으로 구분되어져 있으며, 실제 데이터를 입력하는 샘플까지 포함
  - 기존의 EnergyPlus, TRNSYS 등의 상용프로그램을 계속 돌리고, 비교해 가면서 계수와 비례식, 상수를 개발하였고, 이를 이용해서 각 시스템 별로 각 상황

에 맞게 에너지계산이 가능

- 계산 시간이 매우 빠르고 (아무리 큰 건물도 몇 초 이내), 결과 값에 큰 차이가 없음
- 알고리즘 개발자가 미리 만들어서 제공되는 시스템 구성이 아니면 TRNSYS 처럼 새롭게 설비시스템을 구성할 수 없음

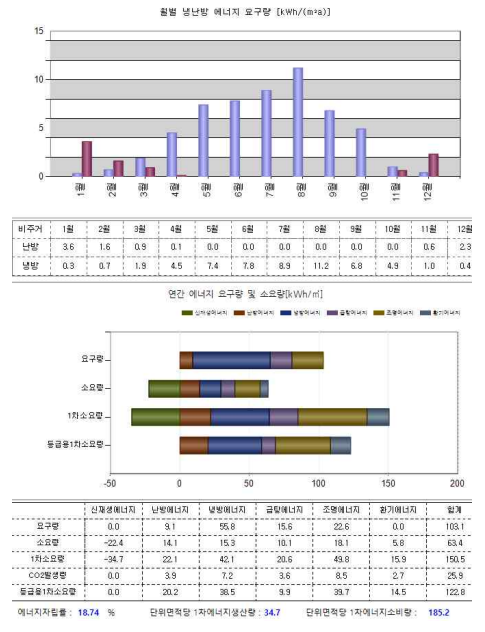
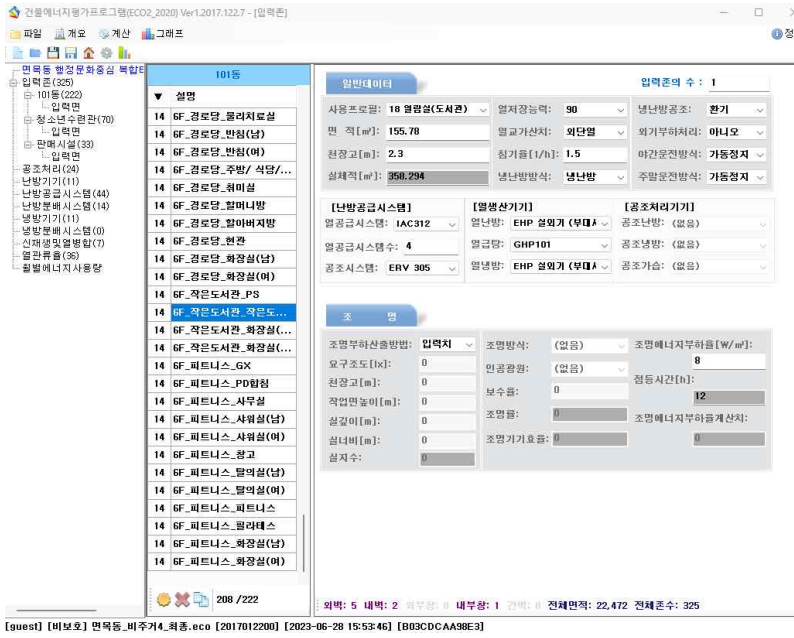


[그림 19] DIN V 18599 구성

## □ ECO2 평가방법

- 사용자 입력데이터(건물의 형상정보, HVAC 시스템, 신재생에너지 시스템 및 월 평균 기상정보 등)를 바탕으로 건물의 월별 에너지 요구량 및 시스템 성능에 따른 소요량을 예측하고, 연간 단위면적당 1차 에너지소요량(kWh/m<sup>2</sup>·년)을 근거로 등급을 산출
  - 에너지 소요량은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분
  - 시스템 성능을 평가하기 위해 공조처리, 난방기기, 난방공급시스템, 난방분배시스템, 냉방기기, 냉방분배시스템 신재생 기기를 각각 입력하도록 구성
  - 이를 근거하여 ECO2 프로그램은 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기시스템의 5가지 항목을 통해 단위면적당 1차 에너지소요량을 산정
  - 건물 형상정보, HVAC, 신·재생에너지시스템 등의 입력이 가능
  - MonthlyCalculationMethod를 기본 평가 로직으로 사용하며, 정상상태에 준하

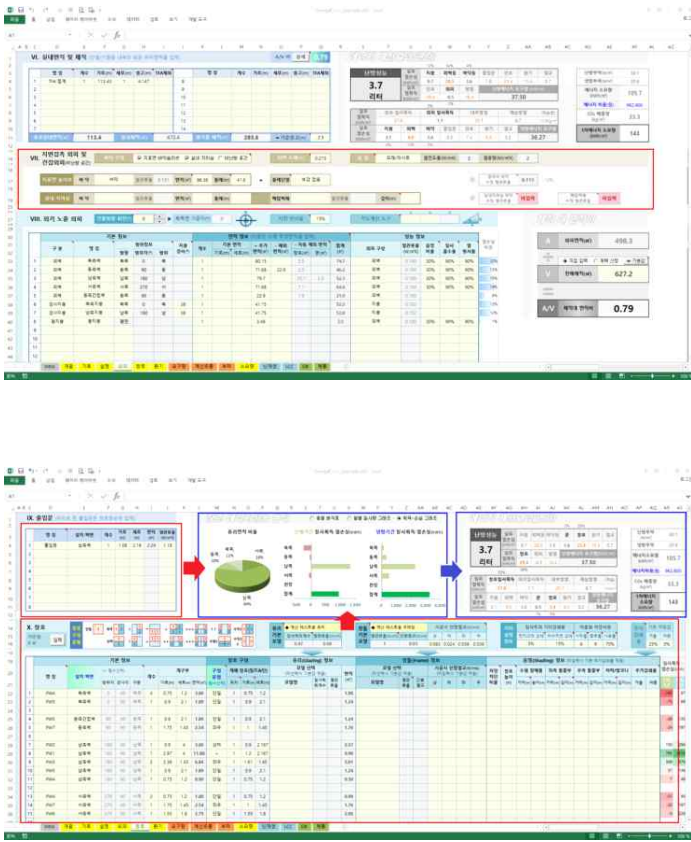
# 여 건물의 에너지성능을 해석



[그림 20] ECO2 입력 화면

[그림 21] ECO2 결과 화면

## (2) Energy#



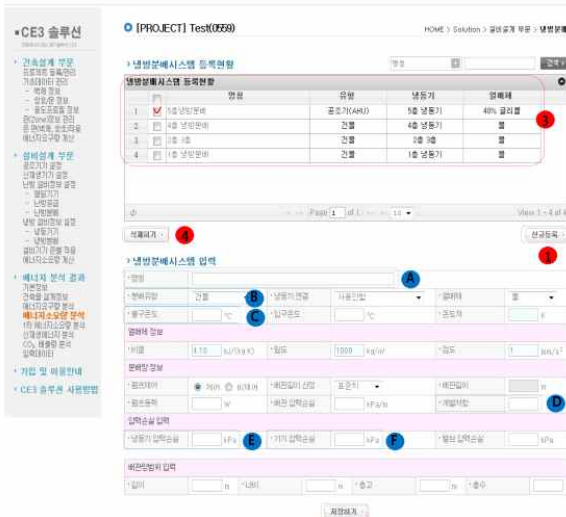
[그림 22] Energy# 입력 화면

[그림 23] Energy# 결과 화면

○ (사)한국제로에너지건축협회에서 개발한 Energy#은 독일의 PHPP의 불편함이나 단점을 보완하여 쉽고 정량적인 해석 프로그램으로 자리 잡는 것을 목표로 함

○ PHPP와 같이 단일 존(Zone)의 평가만 가능

(3) ECO-CE3 (운영중단)



[그림 24] ECO-CE3 입력 화면



[그림 25] ECO-CE3 결과 화면

○ 2011년 개발된 포스트 ECO2의 에너지 해석 프로그램이며, 국내 실정과 엄격해지는 친환경 에너지 정책 변화에 맞추어 개발된 Web 기반 건물에너지 성능 평가 솔루션

○ ECO2보다 더 디테일한 정보를 입력할 수 있는 장점이 있으나, 유료 프로그램이라는 단점이 있음

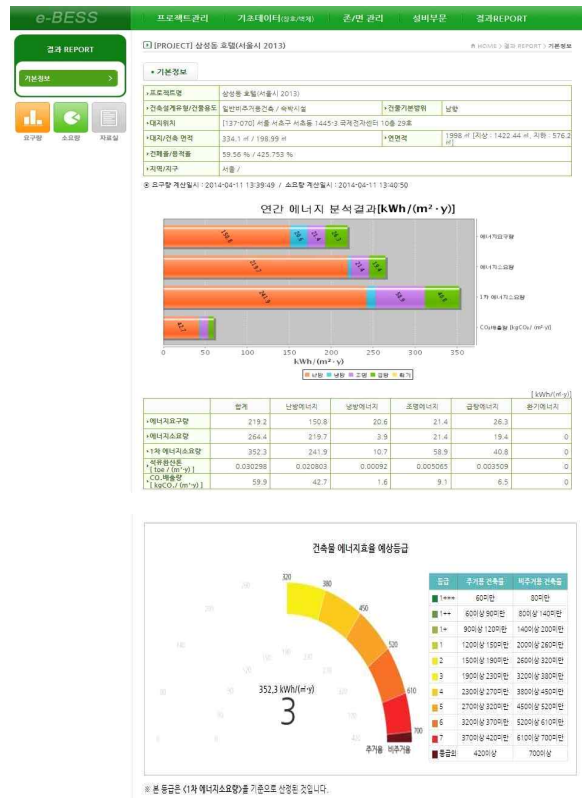
○ 신축 건축물의 경우 설계단계에서부터 에너지 성능에 있어 문제점을 미리 파악해 최적화 방향을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 연간 필요로 하는 에너지 비용이나 배출되는 이산화탄소량을 사전에 예측할 수 있음

○ 기존 건물의 리모델링의 경우 에너지 성능을 부분적 또는 전반적으로 개선할 수 있는 방향을 선택적으로 제시 가능

(4) e-BESS (운영중단)



[그림 26] e-BEES 입력 화면



[그림 27] e-BEES 결과 화면

- 2011년부터 서울시가 에너지소비총량 평가 프로그램을 개발 및 보급하도록 한 기존의 BESS 프로그램을 2013년부터 적용 대상 범위를 확대하여 ‘서울시 녹색 건축물 설계기준 개정안 적용’을 발표
- 에너지소비총량 평가 대상이 확대 및 서울시에 해당 범위에 포함되는 건축물 허가를 위해서는 e-BESS 프로그램을 통하여 건축물 에너지소비총량제의 정량적 목표 등급을 획득하여야 했었음
- 건물 신축 계획 단계에서 외벽·창호 열관류율 및 면적, 유리투과율, 조명밀도, 신재생에너지 사용량 등을 프로그램에 입력하면 1㎡당 연간 소비되는 건축물 에너지소비량을 쉽고 편리하게 계산할 수 있도록 서울시가 개발 보급한 프로그램

## 2.1.2.2. 국외 기술적 환경 분석

### (1) 독일의 DIN V 18599 기반의 에너지계산프로그램 활용

- 프라운호퍼는 2005년 말에 DIN V 18599 기반의 에너지계산프로그램을 엑셀파일 형태로 민간에 배포
  - 내부의 수식을 모두 볼 수 있게 배포함으로써, 민간이 해당 엑셀파일을 이용해서 프로그램을 제작하도록 유도
  - 이는 소프트웨어회사 뿐만 아니라 대학, 연구소 등 어떤 기관도 상관없이 이 엑셀 파일을 이용한 프로그램을 만들고, 이를 독일 정부가 인증을 해주는 방식을 채택
  - 즉, 건물을 직접 국가가 평가하는 것이 아니라, 프로그램을 인증해 주고, 에너지평가사는 이 인증받은 프로그램을 사용하여 건축물을 평가
  - 만들어진 프로그램이 무료든, 유료든, 유료일 경우 얼마를 받든 시장 자율적으로 결정토록 함

The image shows two pages of an Excel spreadsheet. The top page, titled 'Eingabe Zonen', contains input data for various zones (Zonen) across columns 1 to 9. It includes fields for zone names, floor area, and energy-related parameters like heating area and transmission losses. The bottom page, titled 'Rechnung Gesamtbilanz', shows a detailed calculation of energy flows. It includes rows for primary energy, transmission losses, and final energy, with numerical values and formulas for each row. The spreadsheet is organized into columns for different zones and rows for different energy components.

[그림 28] 배포된 엑셀 파일 페이지 일부

- 각 기관별로 엑셀을 분석해서 프로그램으로 만드는 과정에서 수식의 오류 등이 찾아지고, 각 개발기관은 이를 정기적으로 프라운호퍼에 통보
  - 이에 따라 프라운호퍼를 중심으로 개발기관이 정기적으로 모여 알고리즘의 개선과 수정에 대한 회의를 하게 되고, 채택된 안을 엑셀프로그램에 다시 반영,

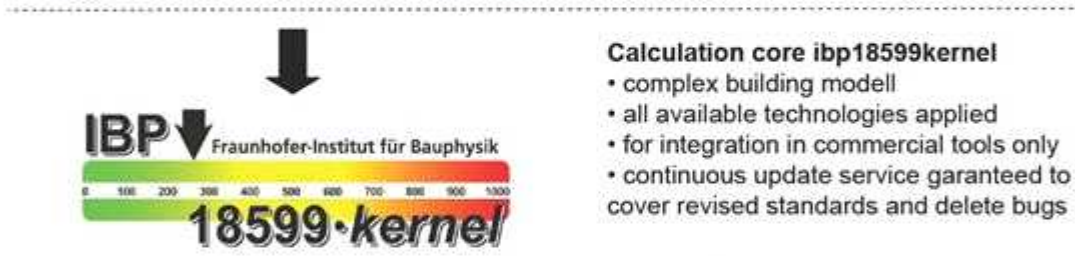
DIN V 18599 의 개정작업의 기초자료로도 활용

- 수정된 알고리즘을 반영한 엑셀과 수정내용을 문서로 다시 배포하고, 개발 기관은 이 문서를 기초로 자기의 프로그램을 업데이트 한 후, 프로그램을 다시 제출하여 정부의 인증을 득하는 순서로 진행



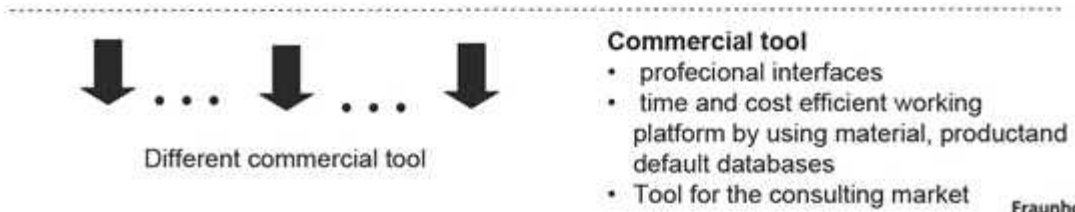
**EXCEL Tool**

- for first experiences only
- free of charge
- applied technologies limited
- no further development
- standard status 6/2005



**Calculation core ibp18599kernel**

- complex building modell
- all available technologies applied
- for integration in commercial tools only
- continuous update service guaranteed to cover revised standards and delete bugs



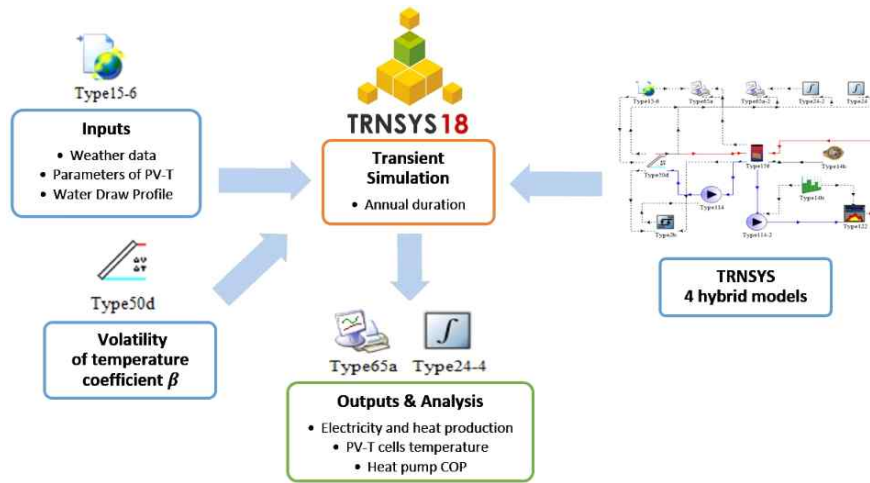
**Commercial tool**

- profesional interfaces
- time and cost efficient working platform by using material, productand default databases
- Tool for the consulting market

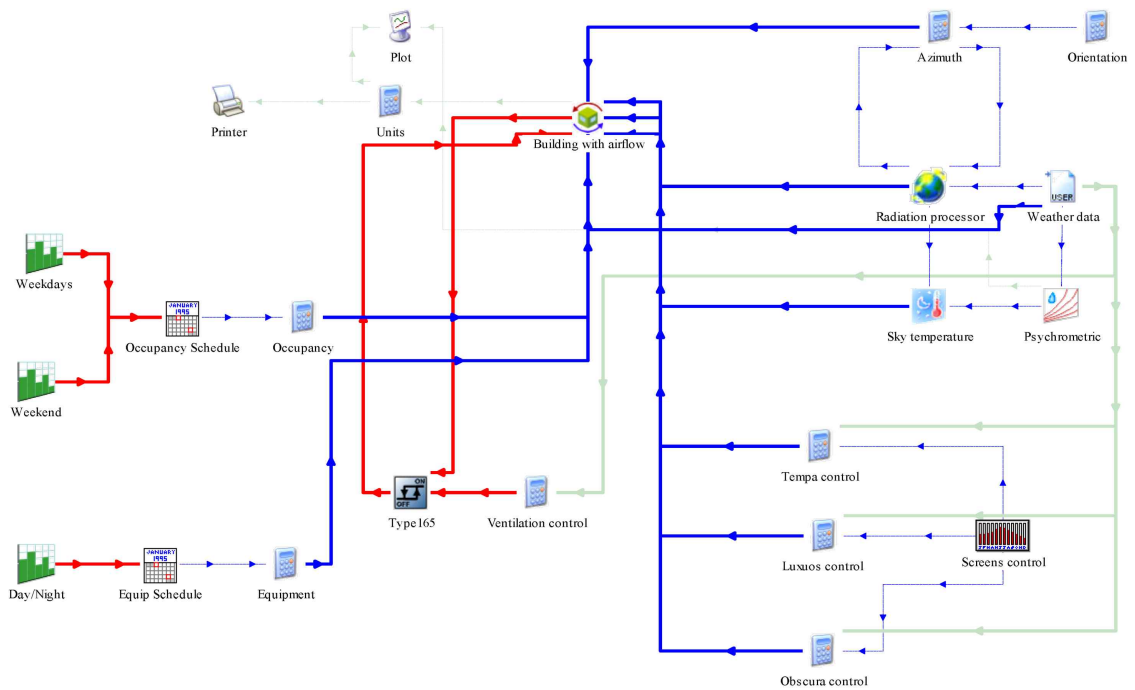
[그림 29] DIN V 18599 기반 프로그램의 개발 과정

- 이를 통해 등급제가 아닌, 계산해서 나온 1차에너지소요량을 직접 표기 및 신축 건축물과 기존 건축물에 다른 기준 적용
  - 신축건축물은 DIN V 18599를 기반으로 하는 프로그램으로 산출을 하되, 동일 용도 건축물의 평균값과 비교, 건물이 지어진 후에는 다른 기존 건축물과 동일 하게 실제 사용값을 최근 3년 동안의 평균값으로 표기

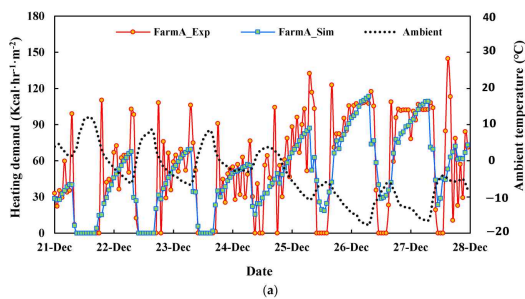
(2) TRNSYS



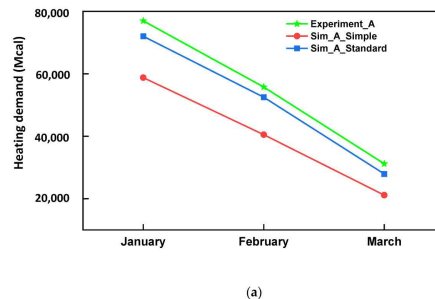
[그림 30] TRNSYS 프로그램 구성도



[그림 31] TRNSYS 시뮬레이션 인터페이스



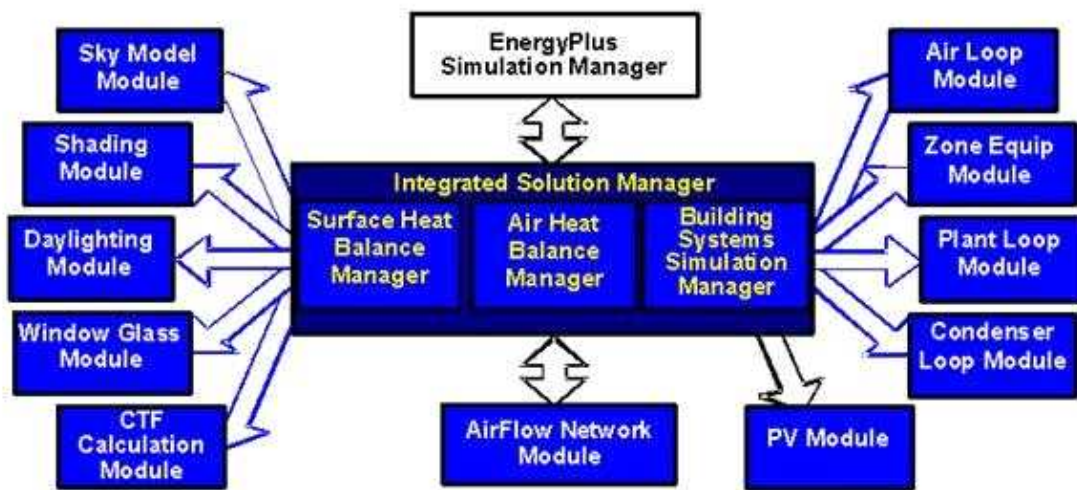
[그림 32] TRNSYS 시간당 난방수요 결과 그래프



[그림 33] TRNSYS 월간 난방수요 결과 그래프

- 1975년 태양열 시스템의 동적인 시뮬레이션 및 설계를 위하여 미국의 Wisconsin 대학에서 개발
- ASHRAE의 전달함수법을 기본 알고리즘으로 적용하고 있으며, 현재 독일과 프랑스 등 세계 각국에서 개발되고 있음
- 매우 숙달된 사용자를 전제로 하며, 새로운 구성요소의 개발 및 변경이 가능하고, 독자적인 모델의 적용이 용이

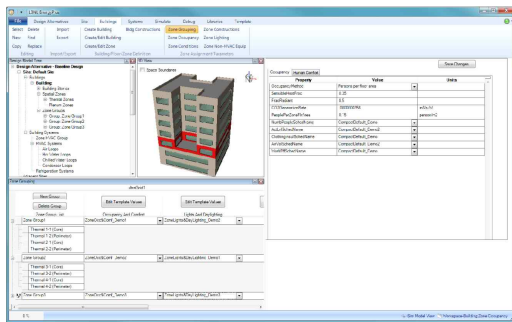
### (3) EnergyPlus



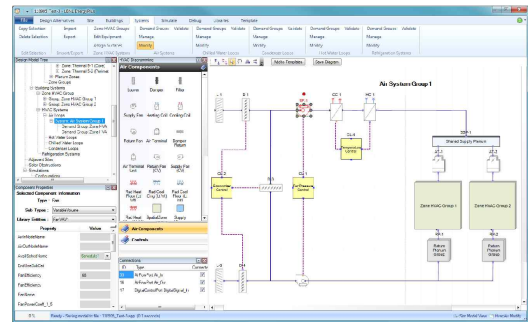
[그림 34] EnergyPlus 프로그램 구성도

- 기존 해석 도구인 DOE-2, BLAST, COMIS의 장점을 통합하여 개발된 도구로서 벽체 열전달 계산 알고리즘을 이용하여 기존 해석 도구에서 불완전했던 실내 온도 예측이 가능
- 전달함수법과 유한차분법을 선택하여 건물 열전달을 계산할 수 있으며, 건물, 시스템, 플랜트 간의 피드백을 통해 에너지 사용량을 계산
  - 존별 벽체 배치는 ECO2와 유사하게 건축자재의 레이어구성으로 입력하고 배치
  - 존별 설비의 배치 및 구획 가능
  - 공간별 침기량의 수정에 따라 상세한 부하계산이 가능
  - 스케줄에 따른 실내 재실 현황, 장비 사용 정도 등을 상세하게 구성 가능
- 모듈 구조로 유연성이 있으며, Open Source 형식으로 다양한 인터페이스 확장성을 가짐

- 다른 개발자가 새로운 시뮬레이션 모듈을 첨가하기 용이한 모듈구조, 그래픽 작업이 용이한 간단한 입력과 출력 데이터 양식 등의 특징을 가지고 있음
- OpenStudio plug-in, Sketch up plug-in등을 통한 3D 모델링과 같이 사용자의 편의성 개선을 위한 추가적인 plug-in의 적용 가능
- 높은 정확도 산정을 위해 많은 정보를 입력해야 하며 TRNSYS와 마찬가지로 비전문가가 다루기에는 쉽지 않은 프로그램
  - 건축물 에너지 해석에 필요한 기본 지식뿐만 아니라 각 입력 변수에 대한 전문적인 지식이 필요
  - 상대적으로 복잡하게 구성된 UI
  - 사용자의 수준에 따른 결과 해석의 차이가 발생
- 건물설계 단계에만 국한되는 것이 아니라 운영, 유지의 측면에서의 에너지 분석 측정을 가능하게 하는 제어와 세부적인 분석을 위한 동적 시뮬레이션
- 무료라는 점과 우리나라에는 아직 부족한 동적 건물성능평가와 운영 로직 예측이 가능하다는 면에서 전문가들과 연구소에서 사용되고 있음



[그림 35] LBNL Energy Plus 인터페이스-1



[그림 36] LBNL Energy Plus 인터페이스-2

#### (4) PHPP



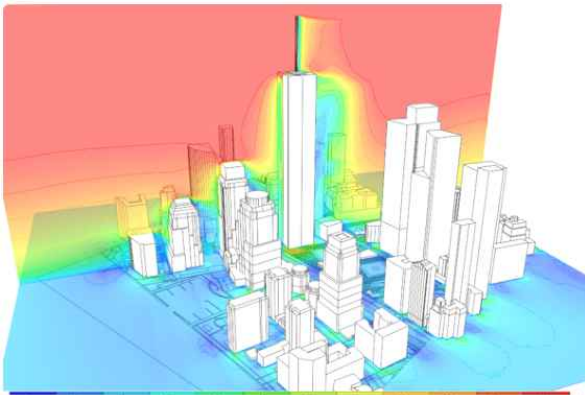
(4) IES-VE



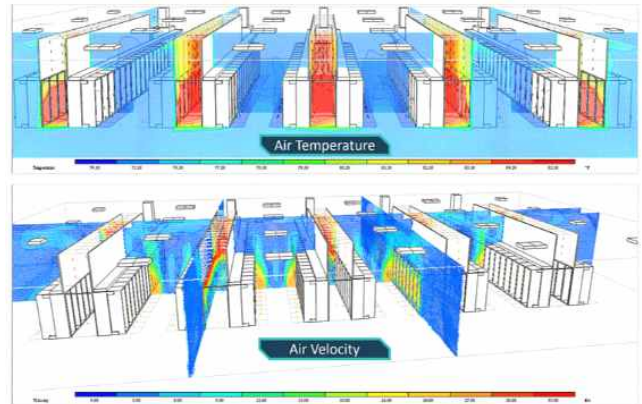
[그림 39] IES-VE iScan 결과 화면



[그림 40] IES-VE 가상환경 모델링 화면



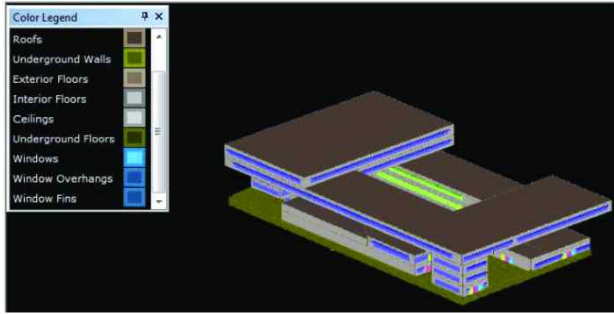
[그림 41] IES-VE 환경 모델링-1



[그림 42] IES-VE 환경 모델링-2

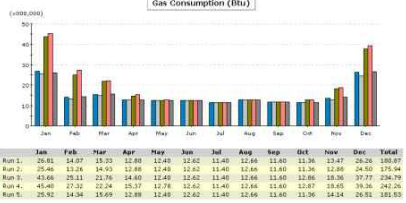
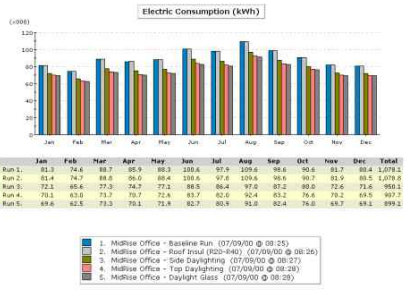
- 영국에서 개발된 에너지 시뮬레이션 툴로서 현재 다양한 인터페이스와 자체 프로그램을 통해 상용화가 활발히 되고 있음
- 디자인 컨셉트 단계에서부터 실시설계 단계까지 모든 분야에서 정밀한 데이터를 구할 수 있는 장점이 있고, 빠른 대응과 범용성, 정확성을 갖춘 동적 시뮬레이션 프로그램
- 현재 시뮬레이션의 검증으로 사용되고 있는 ASHRAE Standard 140에 대하여 2009년까지 세 차례에 걸쳐 검증되었으며, 국내 메이저 건설사 및 설계사무소, 대학연구소 등에서 사용되고 있다. 대표적인 열 해석 프로그램

(5) eQUEST



[그림 43] eQUEST 모델링

### Monthly Total Energy Consumption (Comparison Report)



[그림 44] eQUEST 결과  
레포트

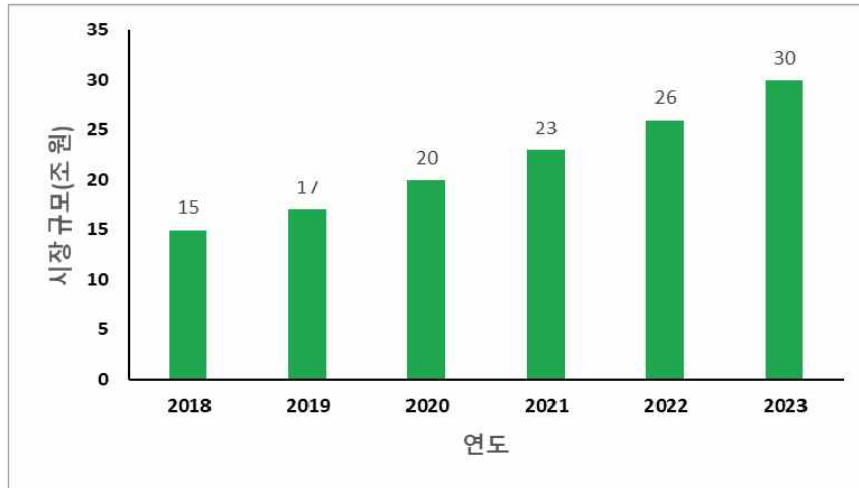
- DOE-2 프로그램에서 Wizard 기능과 그래픽 기능을 부가시킨 프로그램으로써, DOE-2.2 엔진을 이용하여 DOE-2의 장점은 그대로 살리면서 기존 프로그램의 문제점이던 그래픽 부분과 수치 입력방식을 윈도우 프로그램으로 개선한 프로그램
- Quick Energy Simulation Tool, 빠른 에너지 시뮬레이션 도구라는 이름과 같이 eQUEST는 동적 시뮬레이션이 가능하며, 특히 LEED 에너지성능평가 사용에 탁월
- EnergyPlus와 마찬가지로 무료로 이용이 가능하나 정교함은 다소 떨어짐

## 2.2.3. 산업·시장적 환경 분석

### 2.2.3.1. 국내 산업·시장적 환경 분석

#### (1) 국내 시장 동향

- (국내 시장 전망) 국내 제로에너지건축물 시장은 2018년 약 15조 원 규모로 형성되어 있었으며, 이후 연간 15.1%씩 성장하여 2023년에는 2018년 대비 약 2배 증가한 약 30조 원 규모가 될 것으로 전망됨



[그림 45] 국내 제로에너지건축물 시장 규모 전망

#### (2) 국내 기업 동향

- (주요 기업) 국내 제로에너지건축물 관련 시장은 주로 건설업체 및 R&D 기관들에 의해 주도되고 있으며, 주요 기업으로는 삼성물산, 대림산업, 현대건설, GS건설, 포스코건설 등이 있음

<표 8> 국내 제로에너지건축물 시장 주요 경쟁기업

기업명	설립연도	ZEB 관련성과
삼성물산	1938	- 2009년 다양한 국내 친환경 기술을 적용하여 56%의 에너지 절감 효과를 가지는 제로에너지 시범주택 '그린투모로우' 개관
대림산업	1939	- 2005년 국내 최초의 패시브 하우스 준공 - 2006년 단위면적당 연간 3L의 연료로 냉·난방이 가능한 친환경 공동주택인 예코 3K 하우스 준공
현대건설	1947	- 2014년 그린스마트 이노베이션 센터(GSIC)를 설립하여 제로에너지빌딩 관련 기술 연구를 진행하고 있으며, 건물 내 소요 에너지의 최대 70%까지 자체 생산된 신재생에너지로 공급할 수 있는 기술을 연구 중임 - 국내 최초로 BEMS 설치확인 1등급 인증 획득을 통해 높은 기술 수준 증명
GS건설	1969	- 에너지·대기오염·소음 저감을 위한 스마트기술 기반의 제로에너지빌딩인 '쓰리제로하우스(Three Zero House)' 개발
포스코건설	1982	- 2013년 인천 송도 소재의 연세대학교 국제캠퍼스에 '포스코 그린빌딩' 건설 - 포스코 그린빌딩은 오피스 및 공동주택으로 활용 가능한 친환경 건축물이며, 106가지 친환경 기술이 적용되었음

### (3) 제로에너지 건축물 인증 현황

- 제로에너지건축물 인증제가 시행된 2017년 10건에 불과하던 제로에너지건축물 인증 건수는 2020년 1,000㎡ 이상 공공건축물에 대한 제로에너지건축 인증이 의무화되면서 급증하여, 2020년 509건(예비인증 495건, 본인증 14건), 2021년 1,104건(예비인증 1,017건, 본인증 87건), 2022년 1,266건(예비인증 941건, 본인증 325건), 2023년 1,909건(예비인증 1,391건, 본인증 518건) 수준
- 인증은 인센티브 지급·설계점검 등을 위해 설계단계에서 실시하는 예비인증과 준공 후 실시하는 본인증이 있으며, 예비인증을 받으면 본인증을 받아야 한다. 2024년 3월 기준 전체 인증 5,282건 중 약 79.95%인 4,223건이 예비인증이며, 본인증을 받은 건축물은 1,059개에 불과

<표 9> 제로에너지건축물 연도별·유형별 인증 현황

연도	본인증	예비인증	총계
2017	-	10	10
2018	4	29	33
2019	6	35	41
2020	14	495	509
2021	87	1,017	1,104
2022	325	941	1,266
2023	518	1,391	1,909
2024.3	105	305	410
총계	1,059	4,223	5,282

- 건축물 용도별 제로에너지건축물 인증 현황을 살펴보면 주거용 건축물 인증 125건 주거용 외 건축물 인증이 5,157건으로 전체의 97.63%가 주거용 이외의 건축물
- '17년부터 ZEB 인증제를 도입 이후 제로에너지건축물 본인증을 받은 건축물 1,059건 중 주거용은 21건(1.98%)이며, 이 중 10층 이상 공동주택은 2건(0.2%)\*에 불과
- \* ZEB 5등급 : 힐스테이트 레이크 송도 36층 886세대, e편한세상 남양뉴타운 18층 606세대 (출처 : 제로에너지건축물 인증현황, 2024.01 기준, 한국에너지공단)
- 인증 등급 별로 인증현황을 보면 1등급 3.60%, 2등급 3.18%로 1등급과 2등급을 받은 제로에너지건축물은 전체의 약 6.78%에 불과하며, 5등급이 60.4%로 가장 많은 비중을 차지함

<표 10> 제로에너지건축물 등급·용도별 인증 현황

등급	본인증		예비인증		총계	비율
	주거용	주거용 외	주거용	주거용 외		
1	7	60	3	120	190	3.6
2	1	53	3	111	168	3.2
3	1	141	5	336	483	9.1
4	5	295	13	936	1,249	23.6
5	7	489	80	2,616	3,192	60.4
총계	21	1,038	104	4,119	5,282	100.0

### 2.2.3.2. 국외 산업·시장적 환경 분석

## (1) 세계 시장 동향

- 2050 탄소중립 정책 추진의 영향으로 글로벌 제로에너지건축물 시장은 '21년 약 520억 달러에서 '26년 약 1,590억 달러 규모로, '26년까지 매년 약 25.2%의 높은 성장이 예상됨(출처:TechNavio, '22.08.)
  - 전 세계적으로 건축물 에너지 효율 극대화 정책이 추진됨에 따라 단열재, 창호, 신재생에너지 등 각 요소 기술별 시장도 지속적인 성장 추세
  - 글로벌 시장에서 단열재는 '29년 425억 3,000만 달러 규모 전망(연평균 성장률 4.5%), 창호·프레임 시장은 '28년 1,580억 달러 규모 전망(연평균 성장률 5.7%)
- (HVAC 시스템) HVAC 시스템 시장은 2016년 기준 약 480만 달러의 시장 규모에서 2019년 880만 달러의 시장 규모로 성장했으며, 향후 2024년까지 약 1,570만 달러로 성장할 것으로 전망됨
  - HVAC 시스템 시장규모는 2016년부터 2019년까지 약 85% 성장했으며, 2019년 이후 연간 12.3%씩 성장하여 2024년까지 추가적으로 약 78% 성장할 것으로 예측됨



[그림 46] HVAC 시장 현황 및 전망

- (에너지효율화 조명) 에너지효율화 조명 시장은 2016년 기준 약 140만 달러 규모의 시장이 형성되어 있었으며, 시장규모가 확대되어 2024년에 약 260만 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망되며, 2019년 이후 약 12.6%의 연평균 성장률을 보일 것으로 분석됨
  - 2019년 기준 시장 규모는 2016년과 동일한 140만 달러로 시장이 양적으로 성장했다고 하기 어려우나, 2019년 이후 2024년까지 약 86% 가까이 큰 성장을

할 것으로 예측됨



[그림 47] 에너지효율화 조명 시장현황 및 전망

- (태양광 발전 시스템) 태양광 발전 시스템 시장은 2016년 기준 약 2,100만 달러의 시장에서 2019년 약 2,800만 달러의 시장으로 약 38% 확대되었으며, 향후 2024년에는 약 5,070만 달러 규모로 약 81% 확대될 것으로 전망됨
  - 태양광 발전 시스템 시장은 2019년부터 2024년까지 연간 약 12.7%씩 성장할 것으로 전망됨



[그림 48] 태양광 발전 시스템 시장현황 및 전망

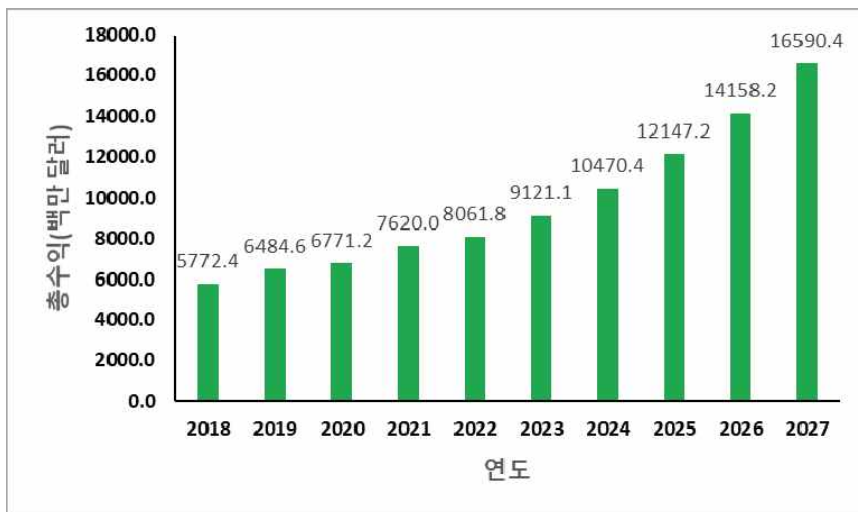
- (태양열 시스템) 태양열 시스템 시장은 2016년 기준 약 140만 달러에서 2019년 기준 260만 달러 규모의 시장으로 약 86% 증가하였으나, 2019년부터 2024년까지는 그 성장 폭이 상대적으로 둔화되어 추가적으로 약 19% 성장할 것으로 전망
  - 태양열 시스템 시장의 2019년 이후 연간 성장률은 약 3.2%로 제로에너지건축물

핵심기술 6개 중 상대적으로 낮은 성장률을 보임



[그림 49] 태양열 시스템 시장현황 및 전망

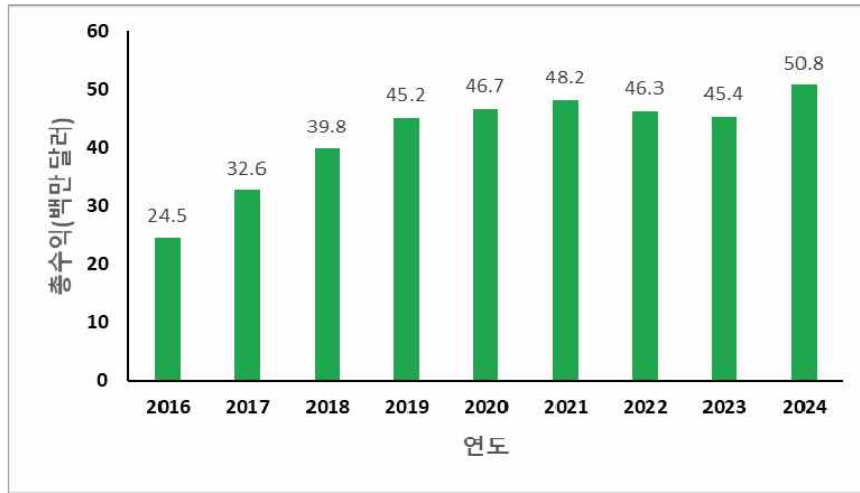
- (에너지 관리 시스템) 에너지 관리 시스템 시장은 2018년 기준 약 57억 2,240만 달러 규모의 시장에서 지속적으로 성장하여 2021년 기준 약 72억 6,000만 달러 규모의 시장을 형성하였으며, 향후 2027년에는 약 165억 9,040만 달러 규모로의 성장이 전망됨
- 2021년 기준 시장 규모는 2018년 대비 약 26% 가까이 성장하였으며, 2027년까지는 약 129% 가까이 성장할 것으로 전망됨



[그림 50] 에너지 관리 시스템 시장현황 및 전망

- (건물 외피 원자재) 건물 외피 원자재 시장은 2016년 약 2,450만 달러 규모의 시장에서 2024년 약 5,080만 달러 규모의 시장으로 성장할 것으로 전망됨

- 2019년 기준 시장 규모는 2016년 대비 약 84% 가까이 성장한 4,520만 달러로 나타났으며, 이후 2024년까지 연간 약 2.3%씩 성장하여 총 12% 추가적으로 성장할 것으로 예측됨



[그림 51] 건물 외피 원자재 시장현황 및 전망

## (2) 해외 기업 동향

- (HVAC 시스템) HVAC 시스템 시장의 주요 경쟁기업으로는 Johnson Controls (아일랜드), Carrier(미국), Daikin(일본), Uponor(핀란드) 등이 있음

<표 11> HVAC 시스템 시장 주요 기업

기업명	위치/설립연도	강점	ZEB 관련 성과
Johnson Controls	아일랜드 (1885)	- 150개 이상의 국가 입점 - 다양한 소비층 확보 - 건축 기술, 소프트웨어, 서비스에 대한 세계 최대 규모의 포트폴리오 보유	- 홍콩 소재 Integrated Design Associates 건물 리노베이션 진행 - 중국 주하이 소재의 Zhuhai Singyes Renewable Energy R&D Building 프로젝트에 참여하여 연간 에너지 소비 33.4kWh/m2와 연간 약 백만 달러의 비용 절감 달성
Carrier	미국 (1915)	- 50개 이상의 제조시설 및 39개 이상의 연구 및 디자인 센터 보유 - 180여 개국에서 프로젝트 진행 - 15개 이상의 브랜드에 판매	- 1994년 이후 오존층을 파괴하는 냉매의 단계적 축소 주도 - 미국 그린빌딩협회의(USGBC)의 LEED® 라이선스 최초 획득
Daikin	일본 (1924)	- 100개 이상의 제조기지 보유 - 3억 달러 이상의 R&D 투자 - 150개국 이상의 국가에 납품 - 높은 A/S 평판	- Zellar 그룹과 함께 유럽 시장을 겨냥한 유럽 넷제로 에너지 프로젝트 시작 - 후쿠오카 빌딩이 2017년 ZEB Ready 인증 획득 - 2017년 ZEB 설계자 등록
Uponor	핀란드 (1918)	- 다양한 분야의 소비층 보유 - 유럽/북아메리카 26개국 지사 보유	- 중국 소재의 Bayer Eco Commercial Building Lighthouse, 미국 국립재생에너지연구소의 연구지원시설, 핀란드 하메공과대학교(HAMK) 등 다양한 프로젝트 참여

- (에너지효율화 조명) 에너지효율화 조명 시장의 주요 경쟁기업으로는 Signify (네덜란드), Osram(독일), Acuity Brands(미국) 등이 있음

<표 12> 에너지 효율화 조명 시장 주요 기업

기업명	위치/설립연도	강점	ZEB 관련 성과
Signify (구 Philips Lighting)	네덜란드 (1891)	- 70개 이상의 국가에 입점 - 넓은 범위의 제품군 제공 - 다양한 분야의 글로벌 전문가와 파트너 관계 유지	- 고탄소 기기 단계적 폐지를 지향하는 EU 정부 정책에 따라 저탄소 기술 전환에 기여
Osram	독일 (1919)	- 첨단 광기술 분야 선도 기업 - 다양한 용도의 건물 수요 대응	- 캐나다 내 제로 탄소 달성을 위한 첫 리노베이션 건물인 험버 칼리지의 NX 빌딩에 조명 시스템 도입
Acuity Brands	미국 (2001)	- 북미, 유럽, 아시아 사무소 보유 - 주거·상업용 건물 및 외부 인프라 관련 다양한 제품군 보유 - 소프트웨어 서비스, 데이터 분석, IoT 분야 등 스마트빌딩 자체 포트폴리오 확장 중	- 미국 IPERS(Iowa Public Employee's Retirement System) 정부 청사에 LED 시스템을 설치하여 전력 소모 70% 감소

- (태양광 발전 시스템) 태양광 발전 시스템 시장의 주요 경쟁기업으로는 SunPower Corporation(미국), Yingli Solar(중국), Tesla(미국), Issol NV(벨기에), Solar Frontier K.K.(일본) 등이 있음

<표 13> 태양광 발전 시스템 주요 기업

기업명	위치/설립연도	강점	ZEB 관련 성과
SunPower Corporatoin	미국 (1985)	- 세계 최고의 효율을 가진 태양광 패널 기술 및 750개 이상의 기술 특허 보유 - 다양한 부문의 고객층 보유 - 북아메리카, 유럽, 호주, 아시아 등 지사 보유	- 2005년 이후 미국 내 4만 개 이상의 주거용 태양광 시스템 설치 - 미국 주택건설 회사인 KB 홈과 10년 파트너 계약 보유
Yingli Solar	중국 (1998)	- 태양광 셀부터 패널까지, 폴리실리콘 부터 주괴까지 수평적 생산 공정 보유 - 다양한 부문의 고객층 보유 - 전세계적으로 20개 이상의 지사와 자회사 보유	- 제조 설비 전력 공급을 위한 20MW 규모의 태양광 패널 현장 설치
Tesla	미국 (2003)	- 북아메리카, 유럽, 아시아, 호주 등 지사 보유 - 높은 미적 가치와 내구성의 태양광 옥상·패널 보유 - 주거용 건물에 주로 활용	- 에너지 고효율 기술을 활용한 넷제로 에너지 설비인 "기가팩토리" 건축 예정
Issol NV	벨기에 (2006)	- BIPV 디자인의 높은 다양성 보유 - Solaxess와의 협업을 통해 처음으로 시장에 백색 태양광 패널을 선보임	- 브뤼셀에 위치한 프랑스 국방부의 Balard and Treurenberg 빌딩 프로젝트 참여
Solar Frontier K.K.	일본 (2006)	- 2019년 기준 1㎡의 셀에서 23.35%의 전환효율을 달성한 구리·인듐·셀렌 기술 보유 - 다양한 건물 유형, 기후, 국가에서 프로젝트 진행 - 투자 펀드·독립발전사업자들과의 사업 경험 보유	- 뉴욕주립대 폴리테크닉 연구소의 제로에너지 나노기술 빌딩에 모듈 공급 - 일본 소재 주택 공급사인 세키스이하임의 주택용 '스마트 파워 스테이션'의 모듈 공급사로 선정

- (태양열 시스템) 태양열 시스템 관련 시장의 주요 경쟁기업으로는 Abengoa

Solar(스페인), Siemens(독일), Torresol Energy(스페인) 등이 있음

<표 14> 태양열 시스템 시장 주요 기업

기업명	위치/설립연도	강점	ZEB 관련 성과
Abengoa Solar	스페인 (1984)	- 25개국에서 사업 영위/대부분의 집광형 태양열 발전 플랜트는 스페인과 남아프리카에 존재 - 지속적인 연구개발과 적극적인 협력 수행 - 2008년부터 342개의 특허 등록 - 유럽연합의 Horizon 2020 프로그램의 연구개발 및 혁신 프로젝트 수행기업	-
Siemens	독일 (1847)	- 스팀 보일러와 터빈 발전기의 설계와 개발에 대한 축적된 경험 보유 - 스페인의 집광형 태양열 플랜트 47개 중 37개는 Siemens 기반	- 회사 목표: 2030년까지 전세계 Siemens의 생산 설비와 건물의 탄소중립 달성 - 에너지 효율 프로젝트에 1억 유로 투자 계획
Torresol Energy	스페인 (2008)	- 주로 남부 유럽과 북아프리카에서 영위 - 세계 최초로 열에너지 저장문제를 해결하기 위해 소금을 활용 (Gemasolar 플랜트)	

○ (에너지 관리 시스템) 에너지 관리 시스템의 주요 경쟁기업으로는 BEMS 시장의 Siemens(독일), Schneider Electric(프랑스), HEMS 시장의 Panasonic(일본), Resideo(미국) 등이 있음

- BEMS 시장은 상위 4개 기업의 시장 점유율의 합이 79.1%로 상당히 집중된 시장임

- 반면, HEMS 시장은 상위 6개 기업의 시장 점유율의 합이 42.1%로 BEMS 시장에 비해 덜 되어 있는 시장임

<표 15> 에너지 관리 시스템 주요 기업

BEMS		HEMS	
기업명	수익(백만달러)	기업명	수익(백만달러)
Siemens (독)	929.0	Panasonic (일)	316.6
Schneider Electric (프)	920.0	Resideo (미)	232.9
Honeywell (미)	879.4	Greenwave Systems (미)	104
Johnson Controls (미)	838.8	Uplight (미)	128.9
Others	942.5	Greenwave Systems (미)	90.5
-	-	British Gas (영)	79.1
-	-	Others	1,309.4
Total	4,509.8		2,261.4

○ (외피 원자재) 건물 외피 원자재 관련 시장의 주요 경쟁기업으로는 Kingspan Group(아일랜드), SageGlass®(미국), Knauf Insulation(미국), Owens Corning

(미국) 등이 있음

<표 16> 건물 외피 원자재 주요 기업

기업명	위치/설립연도	강점	ZEB 관련 성과
Kingspan Group	아일랜드 (1965)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전세계 70여 개 이상의 국가에 129개의 제조설비를 보유</li> <li>- 고객의 70%는 상업 및 산업 부문이며, 그 중 80%는 신규 건축 사업</li> <li>- 넓은 범위의 생산 포트폴리오 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회사 목표: 2020년까지 RE100 달성</li> <li>- 서머튼의 단일 플랜트는 호주 최초로 그린스타 제조 공장 등급을 부여받음</li> <li>- 세계그린빌딩협회의 Advancing Net Zero 프로젝트의 글로벌 파트너</li> </ul>
SageGlass® (Saint-Gobain의 자회사)	미국 (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기변색 기술 기반 유리 제품에만 초점</li> <li>- 대부분의 핵심 프로젝트는 상업용 건물</li> <li>- 500개 이상의 특허 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국의 다양한 제로에너지 프로젝트의 원자재 공급자로 선정됨</li> </ul>
Knauf Insulation	미국 (1978)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40개 이상의 국가에서 사업을 영위 하며 15개국에 27개의 제조공장 보유</li> <li>- 활용처는 주거·비주거 부문 모두 포함</li> <li>- ECOSE® 기술로 지속가능한 혁신 주도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 효율 프로젝트 중 하나로 바르셀로나에 위치한 카탈루냐 정부의 Economic Campus가 있음</li> </ul>
Owens Corning	미국 (1935)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전세계 33개국에서 사업을 영위</li> <li>- 주거용 및 상업용 건물에 공급</li> <li>- 미국 환경보호청 에너지스타 프로그램의 올해의 파트너로 선정 (2016)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 캐나다에서 에너지 효율적인 저렴한 주택 공급을 위한 건축업자 대상의 ComfortCertified 프로그램 시작</li> <li>- 산업 내 에너지 절약 목표 및 ZEB 달성을 위한 다양한 에너지 설계 가이드 개발</li> </ul>

## 2.2.4. 주요 시사점(작성 중)

### 2.2.4.1. 정책적 시사점

#### (1) 국내외 탄소중립 정책 가속화

- (국내) 19년 6월 제로에너지건축 단계적 의무화를 위한 세부 로드맵 개편(안) 발표에 따른 제로에너지건축물 인증 의무화 본격화
  - '30년까지 공공뿐만 아니라 민간의 모든 건축물도 ZEB 의무화 적용을 시작하여 '50년까지 전건물 1등급 달성목표를 수립하여 추진
  - 제5차 과학기술기본계획, 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획 등 이를 실현하기 위한 관련 계획 및 정책 수립
  - 국토교통부, 산업통산자원부, 환경부 등 제로에너지건축 확대를 위한 세부 계획 추진방안 마련
- (국외) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 기후변화에 관한 정부간 협의체)는 2030년 CO<sub>2</sub> 배출량을 2010년대비 45% 감축해 2050년까지 탄소중립을 달성할 수 있도록 각국에 제안
  - EU: 2021년 모든 신축건축물에 대한 NZEB 의무화 시행
  - 미국: 2015년 에너지부가 ZEB에 대한 공통적 정의(A Common Definition for ZEB)를 발표 및 주정부에서 녹색 및 넷제로 건축물 촉진 정책을 추진
  - 일본: 2030년까지 신재생 에너지 발전 비율 24%를 목표로 건물 유형별 ZEB 시범사업 및 가이드라인 제작
  - 영국: 2030년까지 주택을 포함한 모든 신축건축물 탄소배출량을 '0'을 목표 이 를 뒷받침할 정책을 시행
  - 캐나다: 2032년까지 Net-zero Ready Home 상용화를 위해 단계적 건물에너지 효율 강화 정책을 추진

### 2.1.4.2. 기술적 시사점

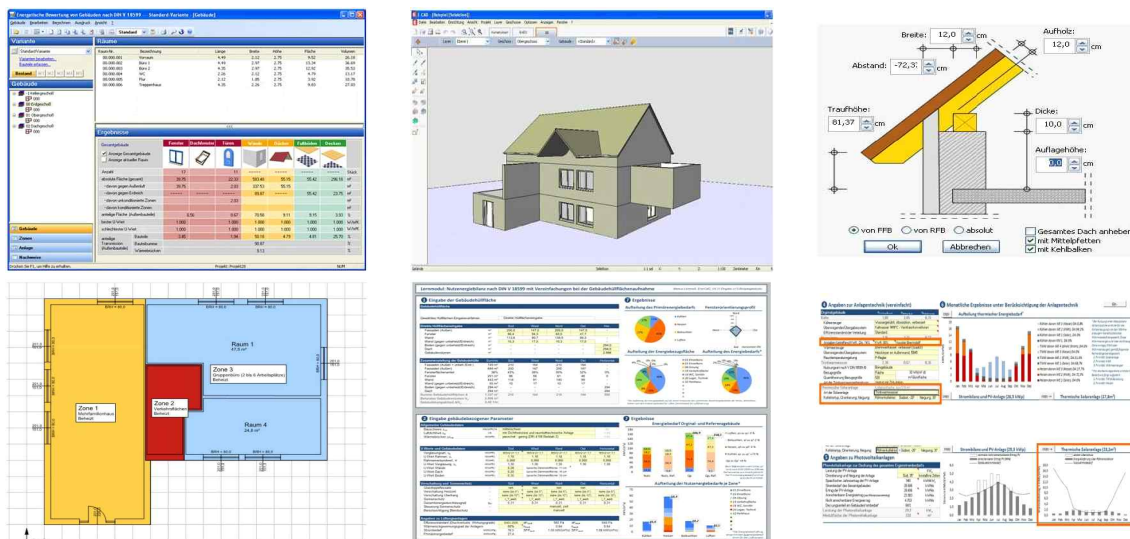
#### (1) 민간기업·연구소 주도로 개발되는 국외 시뮬레이션 프로그램

- 유럽과 미국을 중심으로 하는 대표적인 에너지 분석 평가 틀들은 정부가 아닌 민간·연구소 주도의 노력을 통해 시뮬레이션 프로그램들의 고도화가 진행 중
  - 미국, 영국, 독일 등 친환경 인증 체계를 선도하고 있는 대부분의 선진국에서는 민간 연구소나 기업들이 주축이 되어 필요한 에너지 분석 프로그램을 개발 하였을 뿐만 아니라 개발 성과와 개선점을 가지고 해당국들의 인증 평가에도 유기적이고 지속적인 상호 영향을 미치고 있음

- 단일 프로그램의 건물에너지 성능 결과를 통하여 국내 친환경인증제도를 평가하는 것은 건물에너지 성능평가 및 기술 개발 시장의 위축을 가져올 수 있음
- ISO 13790 및 DIN 18599를 기반으로 하는 시뮬레이션 방식을 운용하나 프로그램의 개발은 시장에 맞기는 독일의 방식은 다음과 같은 특징이 있음
  - 국가는 각 개발기관이 분석하고 개선한 알고리즘을 평가·관리·인증하는 역할만 수행(에너지시뮬레이션 툴들에 중요한 기준과 방향을 주는 DIN V 18599라는 규정의 관리와 배포에만 신경을 씀)
  - 에너지시뮬레이션프로그램 시장 활성화
  - 불특정 다수의 사용자들의 참여를 통해 프로그램의 기능 개선 용이(사용자인터페이스 고도화, 새로운 설비시스템 적용 등)
  - 민간 주도의 프로그램 교육(새로운 알고리즘 개발 시 민간기업에 대한 교육만 필요)



[그림 52] DIN V 18599 프로그램의 교육기관으로 등록된 회사



[그림 53] 상용프로그램의 실제 개발 사례

## (2) ECO2 사용자 편의성 및 분석 정밀도 보완 방안

- (편의성·정밀도) Default로만 제공되는 항목 외 사용자 입력 기능 추가
  - 건축물의 용도에 따라 건축물의 사용시간, 운전시간, 외기 도입량, 급탕 요구

량, 조명 사용시간 및 내부 발열 및 냉난방 실내 공기온도 등의 고정값이 적용되어 있어 사용자의 편의성을 고려하고 있으나, 항목별 내용 수정이 어려움

- 분석 존의 사용 프로필이 DB화되어 있고 사용자가 선택하도록 구성되어 있음
- EnergyPlus나 PHPP와 같이 기본값(Default)으로 제공하면서 이를 수정할 수 있도록 구성된다면 편의성 및 정밀도 개선 가능

○ (편의성) 3D 모델링 인터페이스 기능 추가

- text기반의 모델링으로 인해 단순한 형태의 건축물에서는 사용자가 입력하기 쉬운 인터페이스이지만 외피 형태가 복잡하고 존의 개수가 많은 경우 데이터 입력 및 검증이 어려움
- EnergyPlus 및 PHPP의 경우, 건물 구조체를 모델링할 수 있는 외부 프로그램의 Plug-in형태를 취하여 3D 모델링을 구성하고 이를 수치화하여 입력할 수 있음
- 3D 모델링을 통해 건물의 외피 및 존 구분이 이루어진다면 외피 입력과정에서 오류 또는 수정사항을 찾기가 용이

○ (편의성) 입력데이터 오류 검토 기능 추가

- 에너지 분석의 최종 결과물을 확인하기 위해 해석결과를 확인하는 경우, 오류가 발생하는 부분을 안내해 줌으로써 사용자 편의성 증대

○ (정밀도) 설비기기(신재생, 신기술) 업데이트 필요

- 신재생에너지설비 및 에너지효율이 높은 신기술의 업데이트가 지속적으로 이루어져 시장 대응성 증대

#### 2.2.4.2. 산업·시장적 시사점

##### (1) 국내외 제로에너지건축물 시장 규모 확대

- (국내 제로에너지건축물 시장) 2018년 약 15조 원 규모로 형성되어 있었으며, 이후 연간 15.1%씩 성장하여 2023년에는 2018년 대비 약 2배 증가한 약 30조 원 규모가 될 것으로 전망됨
- (국외 제로에너지건축물 시장) 2050 탄소중립 정책 추진의 영향으로 글로벌 제로에너지건축물 시장은 2021년 약 520억 달러에서 2026년 약 1,590억 달러 규모로, 2026년까지 매년 약 25.2%의 높은 성장이 예상됨
- HVAC 시스템 시장규모 : 2019년 이후 연간 12.3%씩 성장하여 2024년까지 추가적으로 약 78% 성장할 것으로 예측됨
- 에너지효율화 조명 : 2019년 이후 2024년까지 약 86% 가까이 큰 성장을 할 것으로 예측됨

- 
- 태양광 발전 시스템 : 2019년부터 2024년까지 연간 약 12.7%씩 성장할 것으로 전망됨
  - 에너지 관리 시스템 : 2021년 기준 시장 규모는 2018년 대비 약 26% 가까이 성장하였으며, 2027년까지는 약 129% 가까이 성장할 것으로 전망됨
  - 건물 외피 원자재 : 2019년 기준 시장 규모는 2016년 대비 약 84% 가까이 성장한 4,520만 달러로 나타났으며, 이후 2024년까지 연간 약 2.3%씩 성장하여 총 12% 추가적으로 성장할 것으로 예측됨

## (2) 공동주택의 제로에너지건축물 인증건수 저조, 인증 등급 수준 낮음

- '17년부터 ZEB 인증제를 도입 이후 제로에너지건축물 본인증을 받은 건축물 1005건 중 주거용은 13건(2%)이며, 이 중 10층 이상 공동주택은 2건(0.2%)에 불과
- 인증 등급별로 인증현황을 보면 1등급 3.60%, 2등급 3.18%로 1등급과 2등급을 받은 제로에너지건축물은 전체의 약 6.78%에 불과하며, 5등급이 60.4%로 가장 많은 비중을 차지함

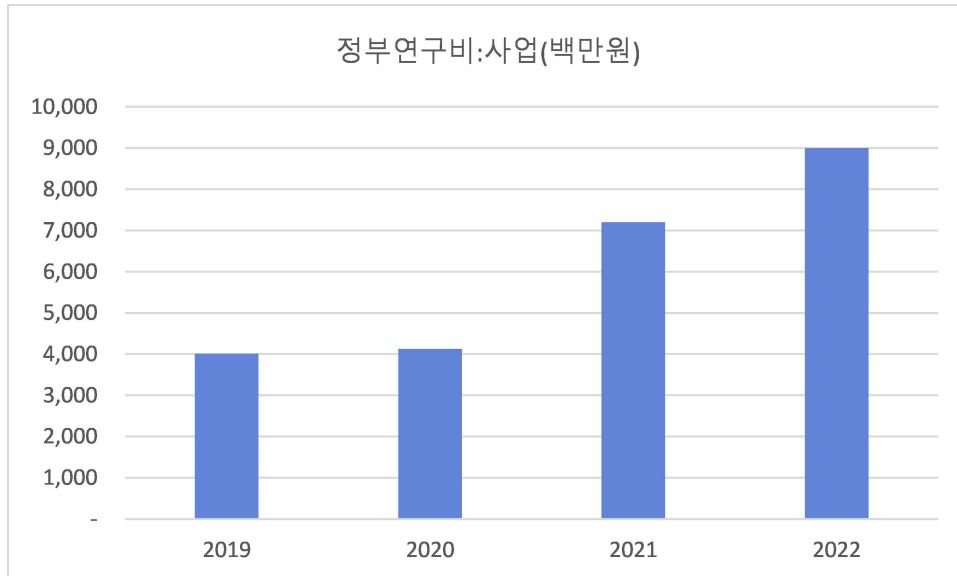
## 2.2. 국내외 연구개발 현황 분석

### 2.2.1. 연구개발 투자 현황 분석

#### 2.2.1.1. 국내 연구개발 투자 현황 분석

##### (1) 국내 연구개발 투자 현황

- 국내 제로에너지 R&D 정부사업비는 2019년 4,011백만원, 2020년 4,131백만원, 2021년 7,203백만원, 2022년 9,003백만원으로 지속적으로 증가함



[그림 54] 국내 제로에너지건축 R&D 과제비

- 2019년부터 2022년까지 부처별 사업비는 다음과 같음
  - 산업통상자원부의 R&D 과제비는 2020년부터 매년 증가하고 있음
  - 과학기술정보부와 국토교통부의 R&D 과제비는 2022년 소폭 감소함
  - 교육부의 R&D 과제비는 2021년 절반 정도 감소 후 2022년 소폭 증가함

<표 17> 국내 제로에너지건축물 부처별 R&D 과제비

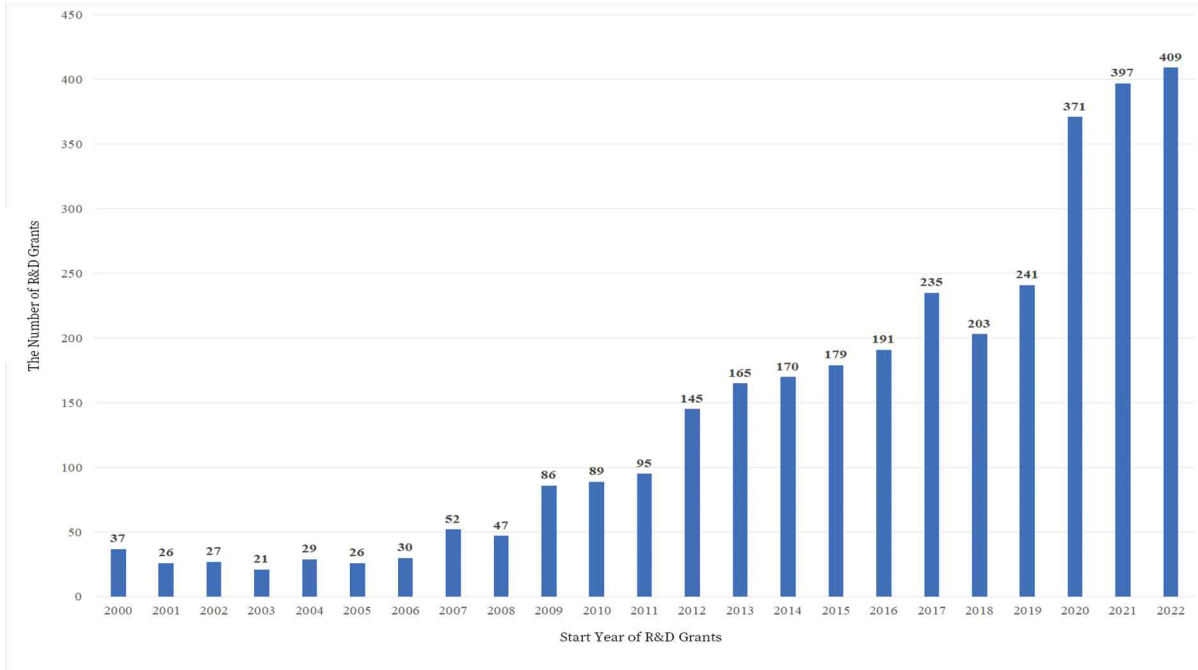
부처	과제비(백만원)				
	2019	2020	2021	2022	합계
산업통상자원부	3295	2904	4588	6468	17,255
과학기술정보통신부	498	538	1264	1054	3,354
국토교통부	130	460	1243	1110	2,943
교육부	88	229	108	144	569
중소기업벤처기업부	-	-	-	227	227

#### 2.2.1.2. 국외 연구개발 투자 현황 분석

##### (1) 국외 연구개발 투자 현황

- 2000년부터 2022년까지 ZEB와 관련된 R&D 글로벌 보조금 수는 2019년부터

2020년까지 상당한 급증을 보임



[그림 55] 글로벌 R&D 보조금 건수

- 2000년부터 2022년 사이에 영국(UK)은 719건의 보조금으로 가장 많은 ZEB 관련 R&D 보조금을 지원
- 미국(US), 캐나다, 벨기에, 중국이 714, 474, 384, 265건의 자금을 지원

<표 18> 제로 에너지 빌딩 관련 연구개발(R&D) 보조금을 지원하는 상위 10개 국가

자금 제공 국가	지원된 R&D 보조금 수
United Kingdom	719
United States	714
Canada	474
Belgium	384
China	265
Japan	132
Germany	118
Norway	103
Switzerland	98
Sweden	82

- 자금 지원 기관으로는 캐나다 자연과학 및 공학 연구 위원회가 431건으로 가장 많은 자금을 지원
- 영국 Innovate UK가 413건, 벨기에 EC가 312건, 영국 공학 및 물리 과학 연구 위원회가 413건을 제공

<표 19> 제로 에너지 빌딩 관련 연구개발(R&D) 보조금을 지원하는 상위 10개 자금 제공 국가

자금 제공 기관(펀딩기관)	자금 제공 국가	지원된 R&D 보조금 수
Natural Sciences and Engineering Research Council	Canada	431
Innovate UK European	United Kingdom	413
European Commission	Belgium	312
Engineering and Physical Sciences Research Council	United Kingdom	225
National Natural Science Foundation of China	China	194
Directorate for Engineering	United States	124
Japan Society for the Promotion of Science	Japan	117
The Research Council of Norway	Norway	103
Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action	Germany	87
University Grants Committee	China	64

- 2000년부터 2022년 사이에 ZEB 관련 R&D 보조금에 대한 평균 투자 자금을 미국 달러로 환산한 경우 일본이 22,897,770 달러로 가장 많은 금액을 지원
- 2000년부터 2022년 사이에 ZEB 관련 R&D 보조금에 대한 평균 투자 자금을 미국 달러로 환산한 경우 일본이 22,897,770 달러로 가장 많은 금액을 지원

<표 20> 제로 에너지 빌딩 관련 연구 개발(R&D) 보조금에 대한 평균 지원 금액(달러)

자금 제공 국가	지원된 R&D 보조금 수	평균 투자액 (USD)
Japan	132	22,897,770.76
Belgium	384	3,387,815.35
New Zealand	14	2,182,718.21
Czechia	15	1,566,085.13
Norway	103	1,274,418.77
United Kingdom	719	1,256,160.29
United States	714	884,310.61
Sweden	82	699,569.26
France	15	690,734.27
Australia	23	542,017.91

## 2.2.2. 연구개발 인프라 현황 분석

### 2.2.2.1. 국내 선행연구 및 실증사례 분석

#### (1) 국내 선행연구 분석

#### □ 건설 환경설비 기술 연구 (2020년 ~ 현재)

<표 21> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

1/8

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	제로에너지건축물(ZEB) 구현 태양광발전시스템 최적의사결정시스템(DDS) 개발	중앙대학교산학협력단	2022-09-01 ~2027-02-28	52.50 백만원
2023	스마트 열관성 소재를 활용한 건축물 탄소중립 외피 및 능동제어 기술개발	송실대학교	2023-07-01 ~2024-02-29	58.74 백만원
2023	딥러닝을 통한 노르웨이와 한국의 건물 에너지와 실내공기질 예측 모델 비교분석	연세대학교	2023-01-01 ~2023-12-31	20.00 백만원
2023	기체 분리막 기술을 이용한 제습증발냉각 기반 공조시스템의 상용화 및 패키지 기술 개발	한양대학교	2022-03-01 ~2025-02-28	170.49 백만원
2023	학교 교실의 냉난방 부하 특성에 대응하기 위한 천장 복사 패널 시스템 적용 시 저온수(천장 표면 온도 27°C 이하) 난방 및 고냉수(천장 표면 온도 17°C 이상) 냉방 제어 기술 개발	인천대학교	2021-06-01 ~2026-05-31	50.00 백만원
2023	NZEB 구현을 위한 Prefabrication 기술 기반 Tri-generation 시스템의 최적설계 및 제어수법 개발	부산대학교	2022-09-01 ~2025-08-31	60.00 백만원
2023	건물 외주부 Thermal barrier 형성을 위한 열적으로 활성화된 내부 차양 시스템 개발	국립부경대학교	2022-03-01 ~2026-02-28	223.56 백만원
2023	지능형 건물에너지관리시스템의 자가진화 기술	성균관대학교	2022-03-01 ~2027-02-28	149.93 백만원
2023	재질자 사용패턴에 따른 건축설비시스템 및 신재생에너지 분산제어 효율화 기술개발	조선대학교	2019-06-01 ~2024-05-31	98.00 백만원
2023	제로에너지 주택 에너지 관리 최적화 시스템 기획 연구	코다(주)	2023-09-01 ~2023-11-30	6.25 백만원
2023	주택성능 표준실험절차 개	한국토지주택공사	2021-04-01 ~2025-12-31	968.00 백만원
2023	효과적인 탄소중립 실현을 위한 건물에너지 및 환경/행태 데이터의 결측치 처리 알고리즘 개발	서울시립대학교	2022-03-01 ~2025-02-28	95.04 백만원
2023	실내공기질-열쾌적-에너지를 통합한 지능형 최적 제어알고리즘 개발	중앙대학교	2022-06-01 ~2024-05-31	20.00 백만원
2023	기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증	(재)한국건설생활환경 시험연구원	2020-07-01 ~2024-06-30	6,869.41 백만원
2023	태양광모듈 및 사용자인식기술 통한 건물외피의 에너지자립화 및 지능화기술 개발	상명대학교천안산학협력단	2023-03-01 ~2026-02-28	174.50 백만원
2023	제로에너지 건축물(ZEB) 설계를 위한 '패시브 디자인지수(PDI)-에너지요구량' 예측 기반의 지원도구 개발	서울과학기술대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	68.48 백만원
2023	탄소중립 건축물 실현을 위한 미활용 에너지 하베스팅 및 활용 연구실	한양대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	500.00 백만원
2023	제로에너지 건물 최적 설계 시공 지원 시스템 구축	한국건설기술연구원	2021-01-01 ~2023-12-31	1,000.00 백만원
2023	탄소제로 건축을 위한 목재 기반 고단열/고축열 외피 시스템 개발	경상국립대학교	2021-03-01 ~2025-02-28	147.22 백만원
2023	스마트 열관성 소재를 활용한 건축물 탄소중립 외피 및 능동제어 기술 개발	송실대학교산학협력단	2023-03-01 ~2028-02-29	148.93 백만원
2023	화재에 안전하고 10% 에너지절약이 가능한 공동주택 외단열시스템 개발	알루스타	2023-04-01 ~2024-12-31	268.75 백만원
2023	한국형 제로에너지 주거건물을 위한 자율운전 적용 Low-exergy All-in-One 액티브 설비 시스템 개발	서울대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	104.08 백만원
2023	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	한국에너지기술연구원	2019-05-28 ~2023-12-31	4,688.58 백만원
2023	탄소중립 제로에너지 Foldable 패널라이징 목조건축물 성능개발 연구	(주)이씨엔벤처스	2023-09-01 ~2023-11-30	6.25 백만원
2023	개별분산 청정열교환기 온습도제어 복합시스템 개발,실증	동아대학교	2019-08-20 ~2024-04-30	505.41 백만원

<표 22> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	제로에너지건물 구현을 위한 실내 공기/열환경 건물에너지 통합 최적제어 플랫폼 개발 및 사업화	케이웨더(주)	2021-04-01 ~2024-03-31	1,167.00 백만원
2023	건물 에너지 절감을 위한 패시브 시스템 통합 제어 프레임워크 개발	고려대학교산학협력단	2023-09-01 ~2025-08-31	10.00 백만원
2023	건물 압력분포 기반 공기유동 Mapping과 이에 따른 Multiphysics 현상 규명	인하대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	500.00 백만원
2023	제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증	한국건설기술연구원	2020-05-01 ~2024-12-31	7,521.62 백만원
2023	가상센서 기술을 접목한 인공지능 기반 공동주택 온열환경 설비시스템 에너지 최적제어	한밭대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	150.35 백만원
2023	학교 에너지 부하 저감 방안 개발 및 청정공조환기시스템 성능 표준화	한국에너지기술연구원	2019-08-20 ~2024-04-30	333.33 백만원
2023	탄소중립 및 안전한 사회 실현을 위한 에너지저장성/내화소재 기반 고성능 외피시스템 디테일 개발	서울과학기술대학교	2022-03-01 ~2027-02-28	107.23 백만원
2023	근현대 건축문화재 보존/활용 리트로핏 기술 연구실	연세대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	500.00 백만원
2023	차세대 융합형 첨단 스마트창호 프로토타입 및 인공지능(AI) 기반 통합 제어시스템 개발	한밭대학교	2022-09-01 ~2027-02-28	90.75 백만원
2023	실측자료기반 제로에너지 주거형 건물 최적화 시뮬레이션 모델 및 운영방안 수립 연구	한밭대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	46.84 백만원
2023	재실자 중심의 지능형 실내환경 통합 최적제어	중앙대학교	2023-09-01 ~2025-08-31	10.00 백만원
2023	BIM/GIS 기반 기후권별 건물의 에너지 효율개선 요소 개발과 기후변화에 따른 친환경 건축계획 최적 프로세스 및 가이드라인 개발	강원대학교	2020-06-01 ~2025-05-31	50.00 백만원
2023	ZEB 구현을 위한 Learning-based MPC 기반 다열원 융복합 시스템의 최적 제어 및 응용 어플리케이션 개발	부산대학교	2022-09-01 ~2025-08-31	60.00 백만원
2023	태양광·열 하이브리드시스템(PVT) 기반 태양에너지 마이크로그리드(SEM-Grid) 플랫폼 개발	경북대학교산학협력단	2023-09-01 ~2026-08-31	30.00 백만원
2023	ZEB 구현을 위한 BCVTB 기반 신재생 융복합 최적화 기술 개발	부산대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	194.53 백만원
2023	투명 박막 기술이 적용된 건물 창호형 태양광 발전 시스템 기술개발	주)바인딩	2022-07-01 ~2024-06-30	496.00 백만원
2023	다양한 부하의 열적 상태를 극대화하는 지오링크(GeoLink) 에너지 시스템 개발	전남대학교	2023-09-01 ~2026-02-28	45.40 백만원
2023	건물 P-L 연동 침기모델 개발 및 기밀성능 향상 프레임워크 구축	인하대학교	2020-03-01 ~2025-02-28	400.00 백만원
2023	에너지다소비시설의 수요대응형 에너지 최적분배 프로세스 개발 연구	경북대학교	2022-03-01 ~2025-02-28	96.56 백만원
2023	BIM기반 설계단계별 그린빌딩계획 통합 의사결정지원시스템 개발	부산대학교산학협력단	2023-06-01 ~2026-02-28	375.00 백만원
2023	인공지능(AI) 시스템 통합 스마트 제로에너지 Comfort 주택 개발	아주대학교	2019-03-01 ~2024-02-29	92.74 백만원
2023	ISO 기준에 의한 제로에너지 주거용 건축물을 위한 상세 동적 건물 에너지 시뮬레이션 및 전문가시스템 개발	사단법인 패시브제로에너지 건축연구소	2023-03-01 ~2028-02-29	180.61 백만원
2023	제로 에너지에 가까운 태양에너지 아파트 건축방안	연세대학교산학협력단	2023-12-01 ~2026-11-30	270.80 백만원
2023	IoT 기반 일사/환기 지능제어가 가능한 BIPV 이중외피 시스템 개발	(주)유진시스템	2022-04-01 ~2024-03-31	234.68 백만원
2022	건물 압력분포 기반 공기유동 Mapping과 이에 따른 Multiphysics 현상 규명	인하대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	465.00 백만원
2022	근현대 건축문화재 보존/활용 리트로핏 기술 연구실	연세대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	465.00 백만원
2022	주택성능 표준실험절차 개발	한국토지주택공사	2021-04-01 ~2025-12-31	817.00 백만원
2022	Intelligent Agent 기반 신재생 융복합 시스템 통합제어 플랫폼 개발	부산대학	2021-04-01 ~2022-12-31	280.00 백만원
2022	기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증	(재)한국건설생활환경 시험연구원	2020-07-01 ~2024-06-30	8,365.44 백만원
2022	크리깅과 머신러닝을 이용한 태양광시스템 발전량 예측 알고리즘 고도화 및 국내 태양광 발전량 지도 구축	청운대학교	2020-06-01 ~2023-02-28	49.98 백만원

<표 23> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

3/8

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2022	건물 외피부하 및 조명에너지 저감을 위한 복사냉난방 통합형 광선반 시스템 개발	부경대학	2021-04-01 ~2022-12-31	210.00 백만원
2022	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	한국에너지기술연구원	2019-05-28 ~2023-12-31	7,974.00 백만원
2022	건물 에너지 절약을 위한 데이터 기반 최적 운전 방안 및 운전 정보 플랫폼 구축	강원대학교	2020-03-01 ~2025-02-28	100.00 백만원
2022	지능형 건물에너지관리시스템의 자가진화 기술	성균관대학교	2022-03-01 ~2027-02-28	149.93 백만원
2022	열교방지로 건축물 에너지효율을 향상시키는 준불연 복합 단열재와 그 벽체 및 천장 시공 기술의 개발	삼우에스엔씨(주)	2021-04-01 ~2022-12-31	369.99 백만원
2022	IoT 기반 일사/환기 지능제어가 가능한 BIPV 이중외피 시스템 개발	(주)유진시스템	2022-04-01 ~2024-03-31	225.00 백만원
2022	제로 에너지 저탄소 건축물 구현을 위한 액체식 제습 기반 환기시스템 상용화 기술 개발	엔트 주식회사	2021-05-01 ~2023-12-31	333.40 백만원
2022	개별분산 청정열교환환기 온습도제어 복합시스템 개발·실증	동아대학교	2019-08-20 ~2024-04-30	589.56 백만원
2022	탄소중립 및 안전한 사회 실현을 위한 에너지저장성/내화소재 기반 고성능 외피시스템 디테일 개발	연세대학교	2022-03-01 ~2027-02-28	107.23 백만원
2022	기체 분리막 기술을 이용한 제습증발냉각 기반 공조시스템의 상용화 및 패키지 기술 개발	한양대학교	2022-03-01 ~2025-02-28	170.49 백만원
2022	투명 박막 기술이 적용된 건물 상호형 태양광 발전 시스템 기술개발	(주)바인딩	2022-07-01 ~2024-06-30	407.00 백만원
2022	실측자료를 기반 제로에너지 주거형 건물 최적화 시뮬레이션 모델 및 운영방안 수립 연구	한밭대학교	2021-06-01 ~2024-02-29	41.82 백만원
2022	제로에너지건축물의 에너지관리를 위한 인프라 시스템의 동적 다중 물리 모델 및 AI 플랫폼 개발	동아대학교	2020-06-01 ~2023-05-31	45.00 백만원
2022	가상센서 기술을 접목한 인공지능 기반 공동주택 온열환경 설비시스템 에너지 최적제어	한밭대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	150.35 백만원
2022	제로에너지 건물 최적 설계·시공 지원시스템 구축	한국건설기술연구원	2022-07-01 ~2022-12-31	14.12 백만원
2022	제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증	한국건설기술연구원	2020-05-01 ~2024-12-31	7,090.35 백만원
2022	한국형 제로에너지 주거건물을 위한 자율운전 적용 Low-exergy All-in-One 액티브 설비 시스템 개발	서울대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	63.72 백만원
2022	제로에너지건물 구현을 위한 실내 공기/열환경, 건물에너지 통합 최적제어 플랫폼 개발 및 사업화	케이웨더(주)	2021-04-01 ~2023-12-31	932.00 백만원
2022	이중 부하의 흡방열 상호작용을 최대화하는 지열교환기 최적 배치	전남대학교산학협력단	2022-09-01 ~2023-08-31	31.30 백만원
2022	비주거 건축물의 그린 리트로핏 의사결정 지원을 위한 에너지 해석 및 비용 분석 프로그램 개발	강원대학	2022-01-01 ~2022-12-31	258.00 백만원
2022	건물 외주부 Thermal barrier 형성을 위한 열적으로 활성화된 내부 차양 시스템 개발	부경대학교	2022-03-01 ~2026-02-28	121.08 백만원
2022	탄소중립 건축물 실현을 위한 미활용 에너지 하베스팅 및 활용 연구실	한양대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	375.00 백만원
2022	딥러닝 기법을 활용한 신재생 에너지 시스템 automatic fault detection & diagnosis 방법 개발	목원대학교	2020-03-01 ~2023-02-28	30.00 백만원
2022	BIM/GIS 기반 기후권별 건물의 에너지 효율개선 요소 개발과 기후변화에 따른 친환경 건축계획 최적 프로세스 및 가이드라인 개발	강원대학교	2020-06-01 ~2025-05-31	50.00 백만원
2022	클라우드 원격 자동제어와 센서 배치 최적화를 통한 중소형 기존건축물용 경량화 BEMS 기술 개발	(주)미래환경플랜건축사사무소	2021-04-01 ~2022-12-31	280.00 백만원
2022	주거건물 냉난방 에너지 최적화를 위한 인공지능 기반 부하예측 간소화 기술 개발	가천대학교	2021-06-01 ~2023-02-28	43.14 백만원
2022	건축물 배수를 이용한 초소수력 발전장치 개발에 따른 신·재생에너지 설비 확대방안	부산과학기술대학교	2020-06-01 ~2023-02-28	49.98 백만원
2022	탄소제로 건축을 위한 목재 기반 고단열/고축열 외피 시스템 개발	경상국립대학	2021-03-01 ~2025-02-28	147.22 백만원
2022	인공지능 (AI) 시스템 통합 스마트 제로에너지 Comfort 주택 개발	아주대학교	2019-03-01 ~2024-02-29	93.30 백만원
2022	에너지다소비시설의 수요대응형 에너지 최적분배 프로세스 개발 연구	경북대학교	2022-03-01 ~2025-02-28	96.56 백만원

<표 24> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2022	제로에너지 건축물(ZEB) 설계를 위한 '패시브 디자인지수(PDI)-에너지요구량 예측' 기반의 지원도구 개발	서울과학기술대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	50.95 백만원
2022	준불연 복합단열판 외단열시스템 성능검증 및 부착상세 개발 연구	한국건설기술연구원	2022-06-01 ~2022-12-31	19.41 백만원
2022	재실자 사용패턴에 따른 건축설비시스템 및 신재생에너지 분산제어 효율화 기술개발	조선대학교	2019-06-01 ~2024-05-31	98.00 백만원
2022	가동에너지 제로화 및 실내 쾌적도 개선을 위한 사용자인식 기반 PV적용 건물외피 모듈 개발	상명대학교(천안캠퍼스)	2020-03-01 ~2023-02-28	150.00 백만원
2022	NZEB 구현을 위한 Prefabrication 기술 기반 Tri-generation 시스템의 최적설계 및 제어수법 개발	부산대학교	2022-09-01 ~2025-08-31	60.00 백만원
2022	탄소 중립적 및 지속가능한 무공해 스마트 건물 레노베이션 시스템 개발 연구	성균관대학교	2018-06-01 ~2022-05-31	12.50 백만원
2022	건물 P-L 연동 침기모델 개발 및 기밀성능 향상 프레임워크 구축	인하대학교	2020-03-01 ~2025-02-28	400.00 백만원
2022	제로에너지 건물 최적 설계 시공 지원 시스템 구축	한국건설기술연구원	2021-01-01 ~2023-12-31	1,000.00 백만원
2022	준불연 복합단열판 외단열시스템 성능검증 및 부착상세 개발 연구	한국건설기술연구원	2021-01-01 ~2022-12-31	100.00 백만원
2022	실내공기질·열쾌적·에너지를 통합한 지능형 최적 제어알고리즘 개발	중앙대학교	2022-06-01 ~2024-05-31	20.00 백만원
2022	ZEB 구현을 위한 Learning-based MPC 기반 다열원 융복합 시스템의 최적 제어 및 응용 어플리케이션 개발	부산대학교	2022-09-01 ~2025-08-31	60.00 백만원
2022	차세대 융합형 첨단 스마트창호 프로토타입 및 인공지능(AI) 기반 통합 제어시스템 개발	한밭대학교	2022-09-01 ~2027-02-28	46.30 백만원
2022	제로에너지 건축물 및 감염병 대응을 위한 중소규모 건물용 9kW급 실외기 일체형 공조시스템 개발	한국건설기술연구원	2021-04-01 ~2022-12-31	264.00 백만원
2022	학교 에너지 부하 저감 방안 개발 및 청정공조환기시스템 성능 표준화	한국에너지기술연구원	2019-08-20 ~2024-04-30	600.00 백만원
2022	Right Light을 위한 스마트 LED 조명제어 솔루션 개발(3단계)	세종대학교	2020-03-01 ~2023-02-28	285.07 백만원
2022	학교 교실의 냉난방 부하 특성에 대응하기 위한 천장 복사 패널 시스템 적용 시 저온수(천장 표면 온도 27°C 이하) 난방 및 고냉수(천장 표면 온도 17°C 이상) 냉방 제어 기술 개발	선문대학교	2021-06-01 ~2026-05-31	50.00 백만원
2022	고성능 제로에너지 건축물을 위한 열전(Thermoelectric) 복사 냉난방 패널 및 외피 발전 시스템 개발	한양대학	2021-04-01 ~2022-12-31	210.00 백만원
2021	학교 교실의 냉난방 부하 특성에 대응하기 위한 천장 복사 패널 시스템 적용 시 저온수(천장 표면 온도 27°C 이하) 난방 및 고냉수(천장 표면 온도 17°C 이상) 냉방 제어 기술 개발	선문대학교	2021-06-01 ~2026-05-31	37.50 백만원
2021	진공단열패널을 이용한 단열외피 시스템의 건물에너지 성능평가 개발 연구	공주대학	2018-11-01 ~2021-10-31	33.33 백만원
2021	Intelligent Agent 기반 신재생 융복합 시스템 통합제어 플랫폼 개발	부산대학	2021-04-01 ~2022-12-31	213.34 백만원
2021	딥러닝 기법을 활용한 신재생 에너지 시스템 automatic fault detection & diagnosis 방법 개발	목원대학	2020-03-01 ~2023-02-28	30.00 백만원
2021	제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증	한국건설기술연구원	2020-05-01 ~2024-12-31	4,722.71 백만원
2021	기존 건축물 저탄소 에너지효율화 리모델링 최적 모델 개발	(재)한국에너지기술연구원	2019-04-01 ~2023-12-31	3,470.00 백만원
2021	제로에너지건축물의 에너지관리를 위한 인프라 시스템의 동적 다중 물리 모델 및 AI 플랫폼 개발	동아대학	2020-06-01 ~2023-05-31	45.00 백만원
2021	기체 분리막 기술 기반 차세대 제습 증발냉각 공조시스템 개발	한양대학	2019-03-01 ~2022-02-28	200.00 백만원
2021	기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증	(재)한국건설생활환경시험연구원	2020-07-01 ~2024-06-30	8,041.59 백만원
2021	제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기체설비배관 단열기준 개선 연구	(재)대한기계설비산업연구원	2019-04-19 ~2021-12-31	333.50 백만원
2021	비주거 건축물의 그린 리트로핏 의사결정 지원을 위한 에너지 해석 및 비용 분석 프로그램 개발	강원대학	2021-04-01 ~2022-12-31	198.00 백만원
2021	근현대 건축문화재 보존/활용 리트로핏 기술 연구실	연세대학	2021-06-01 ~2024-02-29	410.00 백만원
2021	주택성능 표준실험절차 개발	한국토지주택공사	2021-04-01 ~2025-12-31	734.00 백만원

<표 25> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2021	가상센서 기술을 접목한 인공지능 기반 공동주택 온열환경 설비시스템 에너지 최적제어	한밭대학	2021-03-01 ~2026-02-28	150.35 백만원
2021	BIM/GIS 기반 기후권별 건물의 에너지 효율개선 요소 개발과 기후변화에 따른 친환경 건축계획 최적 프로세스 및 가이드라인 개발	강원대학	2020-06-01 ~2025-05-31	50.00 백만원
2021	제로에너지빌딩 구현을 위한 국내 지역기후 반영 표준기상데이터 작성	성균관대학	2018-06-01 ~2021-05-31	12.50 백만원
2021	미래 수요변화 대응을 위한 맞춤형 건축기술 개발	조선대학	2019-09-01 ~2022-02-28	500.00 백만원
2021	가동에너지 제로화 및 실내 쾌적도 개선을 위한 사용자인식 기반 PV적용 건물외피 모듈 개발	상명대학	2020-03-01 ~2023-02-28	90.00 백만원
2021	제로 에너지 빌딩 및 라이프 케어 조명 환경 구현을 위한 인간 중심 스마트 조명 제어 솔루션 개발	한국광기술원	2019-06-01 ~2022-02-28	50.00 백만원
2021	Right Light을 위한 스마트 LED 조명제어 솔루션 개발(3단계)	세종대학	2020-03-01 ~2023-02-28	285.07 백만원
2021	크리깅과 머신러닝을 이용한 태양광시스템 발전량 예측 알고리즘 고도화 및 국내 태양광 발전량 지도 구축	청운대학	2020-06-01 ~2023-02-28	49.95 백만원
2021	재실자 사용패턴에 따른 건축설비시스템 및 신재생에너지 분산제어 효율화 기술개발	조선대학	2019-06-01 ~2024-05-31	98.00 백만원
2021	건물 압력분포 기반 공기유동 Mapping과 이에 따른 Multiphysics 현상 규명	인하대학	2021-06-01 ~2024-02-29	410.00 백만원
2021	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	(재)한국에너지기술연구원	2019-04-01 ~2023-12-31	11,236.08 백만원
2021	건물 에너지 절약을 위한 데이터 기반 최적 운전 방안 및 운전 정보 플랫폼 구축	강원대학	2020-03-01 ~2025-02-28	50.00 백만원
2021	탄소제로 건축을 위한 목재 기반 고단열/고축열 외피 시스템 개발	경남과학기술대학	2021-03-01 ~2025-02-28	227.22 백만원
2021	건물 에너지 절약을 위한 데이터 기반 최적 운전 방안 및 운전 정보 플랫폼 구축	강원대학	2020-03-01 ~2025-02-28	50.00 백만원
2021	탄소제로 건축을 위한 목재 기반 고단열/고축열 외피 시스템 개발	경남과학기술대학	2021-03-01 ~2025-02-28	227.22 백만원
2021	제로에너지 건물 최적 설계 시공 지원 시스템 구축	한국건설기술연구원	2021-01-01 ~2023-12-31	1,000.00 백만원
2021	제로 에너지 저탄소 건축물 구현을 위한 액체식 제습 기반 환기시스템 상용화 기술 개발	엔트(주)	2021-05-01 ~2023-12-31	307.50 백만원
2021	실측자료기반 제로에너지 주거형 건물 최적화 시뮬레이션 모델 및 운영방안 수립 연구	한밭대학	2021-06-01 ~2024-02-29	41.73 백만원
2021	제로에너지건물 거주자의 에너지사용 행태와 요소기술의 융합알고리즘 개발	한국건설기술연구원	2019-03-01 ~2022-02-28	100.00 백만원
2021	에너지 자립형 학교건물 구현을 위한 패시브.액티브 기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발	한국건설기술연구원	2018-05-01 ~2021-10-31	591.66 백만원
2021	저에너지 건축물의 냉난방 및 열원 설비 right-sizing 설계 지원을 개발	부경대학	2019-03-01 ~2022-02-28	120.00 백만원
2021	제로에너지건물 구현을 위한 실내 공기/열환경, 건물에너지 통합 최적제어 플랫폼 개발 및 사업화	케이웨더(주)	2021-04-01 ~2023-12-31	677.78 백만원
2021	제로에너지 건축물 시장 생태계의 확대와 자재산업의 정책연계 인프라 마련을 위한 웹기반 온라인 소통 플랫폼 구축	패시브제로에너지건축연구소	2019-04-19 ~2021-12-31	340.00 백만원
2021	고성능 제로에너지 건축물을 위한 열전(Thermoelectric) 복사 냉난방 패널 및 외피 발전 시스템 개발	한양대학	2021-04-01 ~2022-12-31	160.00 백만원
2021	한국형 제로에너지 주거건물을 위한 자율운전 적용 Low-exergy All-in-One 액티브 설비 시스템 개발	서울대학	2021-03-01 ~2026-02-28	65.02 백만원
2021	에너지 절약형 한옥 모델개발 기획	명지대학	2021-04-01 ~2022-01-31	150.00 백만원
2021	제로에너지 공동주택 보급 확산을 위한 거주 후 평가 기술개발 및 성능검증 연구	명지대학	2019-04-19 ~2021-06-30	90.00 백만원
2021	학교 에너지 부하 저감 방안 개발 및 청정공조환기시스템 성능 표준화	(재)한국에너지기술연구원	2019-08-20 ~2024-04-30	660.88 백만원
2021	열교방지로 건축물 에너지효율을 향상시키는 준불연 복합 단열재와 그 벽체 및 천장 시공 기술의 개발	삼우에스엔씨코 주식회사	2021-04-01 ~2022-12-31	220.81 백만원
2021	개별분산 청정열교환기 온도도제어 복합시스템 개발,실증	동아대학	2019-08-20 ~2024-04-30	709.08 백만원

<표 26> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2021	준불연 복합단열판 외단열시스템 성능검증 및 부착상세 개발 연구	한국건설기술연구원	2021-01-01 ~2022-12-31	94.00 백만원
2021	탄소 중립적 및 지속가능한 무공해 스마트 건물 레노베이션 시스템 개발 연구	성균관대학	2018-06-01 ~2022-05-31	50.00 백만원
2021	제로에너지건축물 구현을 위한 L-PVTs 제안과 제어알고리즘 개발 연구	경북대학	2019-03-01 ~2022-02-28	164.02 백만원
2021	전통 민가 건축물의 에너지 환경 기술 분석과 이의 적용을 통한 주거용 건축물의 효율성 제고 및 쾌적성 증진 방안 연구	제주대학	2016-11-01 ~2021-10-31	33.33 백만원
2021	국내 공동주택 통합 냉난방시스템의 지능형 통합제어 방법 개발	서울대학	2018-11-01 ~2021-10-31	33.33 백만원
2021	국내 공동주택 통합 냉난방시스템의 지능형 통합제어 방법 개발	서울대학	2018-11-01 ~2021-10-31	33.33 백만원
2021	건축물 배수를 이용한 초소수력 발전장치 개발에 따른 신재생에너지 설비 확대방안	부산과학기술대학	2020-06-01 ~2023-02-28	49.98 백만원
2021	주거건물 냉난방 에너지 최적화를 위한 인공지능 기반 부하예측 간소화 기술 개발	가천대학	2021-06-01 ~2023-02-28	40.97 백만원
2021	건물직하 에너지저장형 지열 시스템을 활용한 에너지자립형 건축 구현 기술 개발	부산대학	2018-06-01 ~2021-05-31	12.50 백만원
2021	제로에너지 건축물 및 감염병 대응을 위한 중소규모 건물용 9kW급 실외기 일체형 공조시스템 개발	한국건설기술연구원	2021-04-01 ~2022-12-31	201.00 백만원
2021	건물 P-L 연동 침기모델 개발 및 기밀성능 향상 프레임워크 구축	인하대학	2020-03-01 ~2025-02-28	400.00 백만원
2021	인공지능 (AI) 시스템 통합 스마트 제로에너지 Comfort 주택 개발	아주대학	2019-03-01 ~2024-02-29	99.59 백만원
2020	저탄소 에너지효율화 기술 기반 에너지공유 커뮤니티 구축 기술 개발	한국에너지기술연구원	2019-04-01 ~2023-12-31	3,965.33 백만원
2020	BIM/GIS 기반 기후권별 건물의 에너지 효율개선 요소 개발과 기후변화에 따른 친환경 건축계획 최적 프로세스 및 가이드라인 개발	강원대학교(삼척캠퍼스)	2020-06-01 ~2025-05-31	37.50 백만원
2020	제로에너지빌딩 구현을 위한 국내 지역기후 반영 표준기상데이터 작성	성균관대학교	2018-06-01 ~2021-05-31	50.00 백만원
2020	크리깅과 머신러닝을 이용한 태양광시스템 발전량 예측 알고리즘 고도화 및 국내 태양광 발전량 지도 구축	청운대학교	2020-06-01 ~2023-02-28	37.48 백만원
2020	제로에너지건물 거주자의 에너지사용 행태와 요소기술의 융합알고리즘 개발	한국건설기술연구원	2019-03-01 ~2022-02-28	100.00 백만원
2020	크리깅과 머신러닝을 이용한 태양광시스템 발전량 예측 알고리즘 고도화 및 국내 태양광 발전량 지도 구축	청운대학교	2020-06-01 ~2023-02-28	37.48 백만원
2020	제로에너지건물 거주자의 에너지사용 행태와 요소기술의 융합알고리즘 개발	한국건설기술연구원	2019-03-01 ~2022-02-28	100.00 백만원
2020	제로에너지건축물의 에너지관리를 위한 인프라 시스템의 동적 다중 물리 모델 및 AI 플랫폼 개발	한양대학교	2020-06-01 ~2023-05-31	33.75 백만원
2020	미래 수요변화 대응을 위한 맞춤형 건축기술 개발	조선대학교	2019-09-01 ~2022-02-28	500.00 백만원
2020	저에너지 건축물의 냉난방 및 열원 설비 right-sizing 설계 지원 개발	부경대학교	2019-03-01 ~2022-02-28	120.00 백만원
2020	가동에너지 제로화 및 실내 쾌적도 개선을 위한 사용자인식 기반 PV적용 건물외피 모듈 개발	상명대학교(천안캠퍼스)	2020-03-01 ~2023-02-28	249.00 백만원
2020	제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재·설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증	한국건설기술연구원	2020-05-01 ~2024-12-31	2,034.02 백만원
2020	개별분산 청정열교환기 습도제어 복합시스템 개발, 실증	동아대학교	2019-08-20 ~2024-04-30	743.95 백만원
2020	Right Light을 위한 스마트 LED 조명제어 솔루션 개발(3단계)	세종대학교	2020-03-01 ~2023-02-28	285.07 백만원
2020	인공지능 (AI) 시스템 통합 스마트 제로에너지 Comfort 주택 개발	아주대학교	2019-03-01 ~2024-02-29	99.65 백만원
2020	탄소 중립적 및 지속가능한 무공해 스마트 건물 레노베이션 시스템 개발 연구	성균관대학	2018-06-01 ~2022-05-31	50.00 백만원
2020	고전도 초고성능 콘크리트를 이용한 400도 이상의 열사이클 조건에서의 열저장 기술 개발	군산대학교산학협력단	2019-04-15 ~2020-12-31	200.00 백만원
2020	제로에너지건축물 구현을 위한 계획 및 건축설계 기술 개발	인천대학교	2017-09-01 ~2020-08-31	15.00 백만원

<표 27> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술), NTIS(2024.3.13.)

7/8

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2020	재실자 위치정보 기반 스마트외피모듈 개발 및 실증 연구	국민대학교	2017-06-01 ~2020-08-31	12.38 백만원
2020	기존 건축물 저탄소 에너지효율화 리모델링 최적 모델 개발	한국에너지기술연구원	2019-04-01 ~2023-12-31	1,151.08 백만원
2020	BEMS 적용을 위한 핵심기술 개발	(주)나라컨트롤	2015-08-14 ~2020-10-31	2,811.48 백만원
2020	딥러닝 기법을 활용한 신재생 에너지 시스템 automatic fault detection & diagnosis 방법 개발	목원대학교	2020-03-01 ~2023-02-28	30.00 백만원
2020	냉방에너지 절감을 위한 하이브리드 천장복사냉방패널 시스템 개발	부경대학교 산학협력단	2019-04-15 ~2020-12-31	160.00 백만원
2020	제로에너지빌딩의 확산·선진화를 위한 글로벌 혁신인재 양성	연세대학교 산학협력단	2019-04-01 ~2020-12-31	382.94 백만원
2020	기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증	(재)한국건설생활환경 시험연구원	2020-07-01 ~2024-06-30	5,475.82 백만원
2020	제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구	재단법인 대한기계설비산업 연구원	2019-04-19 ~2021-12-31	160.00 백만원
2020	기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증	(재)한국건설생활환경 시험연구원	2020-07-01 ~2024-06-30	5,475.82 백만원
2020	제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구	재단법인 대한기계설비산업 연구원	2019-04-19 ~2021-12-31	160.00 백만원
2020	제로에너지 공동주택 보급 확산을 위한 거주 후 평가 기술개발 및 성능검증 연구	명지대학교 산학협력단	2019-04-19 ~2021-06-30	350.00 백만원
2020	소형 열병합발전 및 열전 모듈 기반 친환경 저에너지 제습외기전담 시스템 개발	한양대학교	2020-09-01 ~2021-08-31	45.00 백만원
2020	E-prosumer 건물의 기계학습기반 분산에너지 자원 최적 운영시스템 개발	청주대학교	2017-06-01 ~2020-05-31	10.19 백만원
2020	전통 민가 건축물의 에너지 환경 기술 분석과 이의 적용을 통한 주거용 건축물의 효율성 제고 및 쾌적성 증진 방안 연구	제주대학교	2016-11-01 ~2021-10-31	41.67 백만원
2020	건물 에너지 절약을 위한 데이터 기반 최적 운전 방안 및 운전 정보 플랫폼 구축	강원대학교(삼척캠퍼스)	2020-03-01 ~2025-02-28	150.00 백만원
2020	건축물 배수를 이용한 초소수력 발전장치 개발에 따른 신·재생에너지 설비 확대방안	부산과학기술대학교	2020-06-01 ~2023-02-28	37.48 백만원
2020	에너지 자립형 학교건물 구현을 위한 패시브·액티브 기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발	한국건설기술연구원	2018-05-01 ~2021-10-31	2,348.46 백만원
2020	진공단열패널을 이용한 단열외피 시스템의 건물에너지 성능평가 개발 연구	공주대학교	2018-11-01 ~2021-10-31	50.00 백만원
2020	PV시스템을 접목한 태양방음 자동외부차양시스템의 에너지성능 평가	한밭대학교	2018-03-01 ~2021-02-28	70.00 백만원
2020	음압·양압 기반 지능형 실내공기질 모니터링&컨트롤 시스템	바티에	2020-10-01 ~2021-01-31	31.88 백만원
2020	학교 에너지 부하 저감 방안 개발 및 청정공조환기시스템 성능 표준화	한국에너지기술연구원	2019-08-20 ~2024-04-30	693.25 백만원
2020	기체 분리막 기술 기반 차세대 제습 증발냉각 공조시스템 개발	한양대학교	2019-03-01 ~2022-02-28	200.00 백만원
2020	건물직하 에너지저장형 지열 시스템을 활용한 에너지자립형 건축 구현 기술 개발	부산대학교	2018-06-01 ~2021-05-31	50.00 백만원
2020	제로에너지건축물 구현을 위한 L-PVTs 제안과 제어알고리즘 개발 연구	경북대학교	2019-03-01 ~2022-02-28	199.00 백만원
2020	국내 공동주택 통합 냉난방시스템의 지능형 통합제어 방법 개발	서울대학교	2018-11-01 ~2021-10-31	50.00 백만원
2020	건물 P-L 연동 침기모델 개발 및 기밀성능 향상 프레임워크 구축	인하대학교	2020-03-01 ~2025-02-28	400.00 백만원
2020	제로에너지 건축물 시장 생태계의 확대와 자재산업의 정책연계 인프라 마련을 위한 웹기반 온라인 소통 플랫폼 구축	사단법인 패시브제로에너지 건축연구소	2019-04-19 ~2021-12-31	140.00 백만원
2020	에너지 취약건축물의 상호 에너지효율성평가를 위한 딥러닝 기반 프레임워크 설계	한국건설기술연구원	2020-01-01 ~2021-12-31	48.50 백만원
2020	제로 에너지 빌딩 및 라이프 케어 조명 환경 구현을 위한 인간 중심 스마트 조명 제어 솔루션 개발	한국광기술원	2019-06-01 ~ 2022-02-28	50.00 백만원

<표 28> 2020년 이후 제로에너지 건축물 관련 연구(건설 환경설비 기술),  
NTIS(2024.3.13.) 8/8

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2020	IoT 기반 스마트 제로에너지건물 액티브 융합기술 개발	한국건설기술연구원	2018-05-01 ~2020-12-31	224.00 백만원
2020	계측기반 아파트 세대에서의 용도별 에너지사용량 및 온실가스 배출량 원단위 산정 (2019.01. ~ 2019.12.)	이화여자대학교	2020-06-01 ~2021-05-31	20.00 백만원
2020	재실자 사용패턴에 따른 건축설비시스템 및 신재생에너지 분산제어 효율화 기술개발	조선대학교	2019-06-01 ~2024-05-31	98.00 백만원

□ 신재생에너지 연구 (2020년 ~ 현재)

<표 29> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.3.13.) 1/3

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	수평형 지열원을 이용한 고효율 냉난방시스템 개발	신성컨트롤(주)	2021-11-01 ~2023-10-31	534.38 백만원
2023	무화염 연료개질 기술을 적용한 5kW급 고체산화물 연료전지 시스템 개발	에너지테크	2023-07-01 ~2025-06-30	239.38 백만원
2023	건물에너지 효율화를 위한 재생에너지 융복합 외장재 및 열공급시스템 개발	한국에너지기술연구원	2022-03-01 ~9999-12-31	600.00 백만원
2023	Rollable PV 모듈	주식회사 솔란드	2021-06-01 ~2023-05-31	114.22 백만원
2023	제로에너지건축물을 위한 투광형 건물일체형 태양광(BIPV) 시스템의 SHGC 성능평가 기술 개발	공주대학교	2022-09-01 ~2024-08-31	60.00 백만원
2023	컬러 BIPV 커튼월 시스템의 발전량예측을 위한 해석모델 및 성능평가 기술 개발	공주대학교	2021-09-01 ~2024-02-29	199.15 백만원
2023	상하좌우 자동추적 개폐식 초호형BIPV 시스템	주식회사토니텍코리아	2021-11-01 ~2023-10-31	165.34 백만원
2023	발전 효율 20% 향상 및 발전 면적 2배 향상이 가능한 양반사 태양광 발전 시스템 개발	(주)동성기업	2022-04-01 ~2023-12-31	300.00 백만원
2023	지하주차장 전기료 절감 등을 위한 압축된 태양광을 이용한, 기존 제품 이슈를 모두 해결한 세계 최초 슬라이딩형 태양광 집광장치 개발	퓨처히어	2023-05-01 ~2023-07-31	6.25 백만원
2023	건축물 에너지 자립을 향상을 위한 프리패브 단열재 일체형 BIPV 유닛 시스템 개발	한국건설기술연구원	2023-01-01 ~2024-12-31	80.00 백만원
2023	OMEGA-PV 기술키움 연구단	건국대학교산학협력단	2023-04-01 ~2023-06-30	32.50 백만원
2023	수소 시범도시 인프라 기술개발	한국에너지기술연구원	2020-04-17 ~2024-08-31	2,986.24 백만원
2023	기존대비 1/20 초저가 고성능 스마트 윈도우 필름 기술개발	한국에너지기술연구원	2022-01-01 ~9999-12-31	300.00 백만원
2023	유지관리가 용이한 건물일체형 태양광발전시스템 기술 개발	(주)에스케이솔라 에너지	2022-04-01 ~2024-03-31	234.97 백만원
2023	건물 실물모형(mock-up) 기반 통합 성능 평가를 위한 건물형 태양광 실증센터 기반구축	(재)한국건설생활환경 시험연구원 오창	2022-04-01 ~2024-12-31	2,869.82 백만원
2023	제로에너지건축물을 위한 BIPV 및 스마트 전력변환장치 개발	에스디엔(주) 광주첨단공장	2023-06-01 ~2024-12-31	462.50 백만원
2023	자가 열 관리 기능을 갖는 건물적용 튜브형 태양광열 모듈에 관한 연구	가천대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	68.48 백만원
2023	고효율 결정질 실리콘 셀을 적용한 대면적 초고층 건축외장재 전용 커싱공법으로 시공이 가능한 경량금속 일체형 BIPV 모듈 개발	칼선	2023-04-01 ~2024-12-31	468.75 백만원
2023	건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력 양성	성균관대학교산학협력단	2023-06-01 ~2027-12-31	1,337.24 백만원
2023	고효율 실리콘셀이 적용된 도로방음벽으로 활용 가능한 BIPV 모듈 개발	(주)솔빅테크	2023-06-01 ~2024-12-31	375.00 백만원
2023	제로에너지건축물 적용을 위한 하이드로겔 전해질막 기반 투명, 유연 태양전지 개발	에이스인벤터	2023-11-01 ~2026-10-31	208.30 백만원

<표 30> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.3.13.) 2/3

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	저가 및 대면적 대응 메타렌즈 집적 CIGS 박막 태양전지 연구	경북대학교	2022-06-01 ~2026-05-31	68.00 백만원
2023	제로에너지아파트 적용을 위한 고투과 창호형 CIGS박막 시스템 개발	바인딩	2023-10-01 ~2025-09-30	132.00 백만원
2023	저전력 구동 가능한 컬러 변환 BIPV 기술개발	울산과학기술원	2022-08-01 ~2025-06-30	960.41 백만원
2023	말레이시아 냉방 수요 대응을 위한 스마트 윈도우 적용 건물 태양광 실증 및 현지화 사업	주식회사 비아이엠에스	2021-11-01 ~2024-10-31	475.00 백만원
2023	확장이 용이한 투명태양전지 플랫폼 개발	고려대학교산학협력단	2019-09-01 ~2026-09-30	2,195.00 백만원
2023	그린리모델링 대응 열-전 복합형 통합에너지 공급시스템 개발	운제산업	2023-04-01 ~2025-03-31	121.88 백만원
2022	반투명 염료감응형 태양전지 기반 창호형 BIPV 시스템 및 소재 개발	씨에스에너지(주)	2022-04-01 ~2023-12-31	200.00 백만원
2022	상하좌우 자동추적 개폐식 창호형BIPV 시스템	주식회사토니텍코리아	2021-11-01 ~2023-10-31	253.33 백만원
2022	수소 시범도시 인프라 기술개발	한국에너지기술연구원	2020-04-17 ~2023-12-31	8,143.90 백만원
2022	ZEB 구현을 위한 BCVTB 기반 신재생 융복합 최적화 기술 개발	부산대학교	2021-03-01 ~2026-02-28	169.62 백만원
2022	재생에너지 디지털트윈 및 친환경교통 실증연구 인프라 구축	한국에너지기술평가원	2020-11-01 ~2023-06-30	5,071.63 백만원
2022	발전 효율 20% 향상 및 발전 면적 2배 향상이 가능한 양반사 태양광 발전 시스템 개발	(주)동성기업	2022-04-01 ~2023-12-31	225.00 백만원
2022	컬러 BIPV 커튼월 시스템의 발전량예측을 위한 해석모델 및 성능평가 기술 개발	공주대학교	2021-09-01 ~2024-02-29	199.15 백만원
2022	아파트 입면을 활용한 건물형 태양광 모듈 실증	(주)해동엔지니어링	2020-10-01 ~2023-08-31	4,319.33 백만원
2022	신재생에너지 연계 가능한 고효율 냉난방 공기정화기 시스템 개발	(주)센도리	2021-07-01 ~2023-03-31	445.62 백만원
2022	루프탑 설치형 스마트 태양광 발전 시스템 개발	(주)네오솔라텍	2022-04-01 ~2023-03-31	520.00 백만원
2022	유지관리가 용이한 건물일체형 태양광발전시스템 기술 개발	(주)에스케이솔라에너지	2022-04-01 ~2024-03-31	225.40 백만원
2022	기존대비 1/20 초저가 고성능 스마트 윈도우 필름 기술개발	한국에너지기술연구원	2022-01-01 ~9999-12-31	300.00 백만원
2022	건물에너지 효율화를 위한 재생에너지 융복합 외장재 및 열공급시스템 개발	한국에너지기술연구원	2022-01-01 ~9999-12-31	600.00 백만원
2022	말레이시아 냉방 수요 대응을 위한 스마트 윈도우 적용 건물 태양광 실증 및 현지화 사업	주식회사 비아이엠에스	2021-11-01 ~2024-10-31	316.27 백만원
2022	Rollable PV 모듈	솔란드	2021-06-01 ~2023-05-31	253.33 백만원
2022	확장이 용이한 투명태양전지 플랫폼 개발	고려대학교산학협력단	2019-09-01 ~2026-09-30	2,164.00 백만원
2022	투명전극 기술을 적용한 LED 미디어 BIPV 모듈 및 공정기술 개발	(주)칼선	2022-11-01 ~2023-10-31	212.50 백만원
2022	자가 열 관리 기능을 갖는 건물적용 튜브형 태양광열 모듈에 관한 연구	가천대학교	2022-06-01 ~2025-02-28	50.95 백만원
2022	100W급 Media-BIPV 신제품 기술개발	(주)에스와트	2022-05-02 ~2023-05-01	123.34 백만원
2022	건축자재 일체형 빌트인 고효율 태양광-태양열 하이브리드 모듈 개발	(주)리치룩스	2021-04-01 ~2022-12-31	237.50 백만원
2022	저전력 구동 가능한 컬러 변환 BIPV 기술개발	울산과학기술원	2022-08-01 ~2025-06-30	866.38 백만원
2022	제로에너지건물을 위한 투광형 건물일체형 태양광(BIPV) 시스템의 SHGC 성능평가 기술 개발	공주대학교	2022-09-01 ~2024-08-31	60.00 백만원
2022	건물 실물모형(mock-up) 기반 통합 성능 평가를 위한 건물형 태양광 실증센터 기반구축	(재)한국건설생활환경 시험연구원 오창	2022-04-01 ~2024-12-31	4,159.34 백만원
2022	① 산업단지 폐자원 에너지전환 및 공급 기술 개발 및 실증 연구	(주)케이이씨시스템	2021-11-01 ~2025-10-31	2,294.61 백만원
2021	신재생에너지 연계 가능한 고효율 냉난방 공기정화기 시스템 개발	(주)센도리	2021-07-01 ~2022-12-31	212.50 백만원

<표 31> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(신재생에너지), NTIS(2024.3.13.) 3/3

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2021	ZEB 구현을 위한 BCVTB 기반 신재생 융복합 최적화 기술 개발	부산대학	2021-03-01 ~2026-02-28	219.45 백만원
2021	Rollable PV 모듈	(주)솔란드	2021-06-01 ~2023-05-31	208.90 백만원
2021	확장이 용이한 투명태양전지 플랫폼 개발	고려대학	2019-09-01 ~2026-09-30	2,149.00 백만원
2021	한-캐 태양-지열 히트펌프 기반 스마트 삼중에너지 이용기술 공동개발	재)한국에너지기술연구원	2018-11-01 ~2022-04-30	609.94 백만원
2021	말레이시아 냉방 수요 대응을 위한 스마트 윈도우 적용 건물 태양광 실증 및 현지화 사업	(주)비아이엠에스	2021-11-01 ~2024-10-31	187.50 백만원
2021	양산형 BIPV 복합 유니트 패널과 모니터링 서비스 및 디자인 개발	(주)에이비엠	2019-12-01 ~2021-12-31	590.00 백만원
2021	도심용 건물형 태양광 모듈 개발을 위한 자가 세정 기능의 고부가가치 컬러 유리 개발	한국기계연구원	2019-05-01 ~2021-12-31	1,469.99 백만원
2021	컬러 BIPV 커튼월 시스템의 발전량예측을 위한 해석모델 및 성능평가 기술 개발	공주대학	2021-09-01 ~2024-02-29	95.95 백만원
2021	그린스마트 미래학교 사업 대응 공기식 PVT 컬렉터 성능개선 및 적용 방안 개발	(주)대진	2021-09-01 ~2022-08-31	208.84 백만원
2021	아파트 입면을 활용한 건물형 태양광 모듈 실증	(주)해동엔지니어링	2020-10-01 ~2023-08-31	4,236.06 백만원
2021	제로에미션하우스 구축을 위한 태양광 콘크리트 경량패널 시스템 개발	(주)샌드네이처	2021-12-16 ~2022-12-15	325.64 백만원
2021	고효율, 고단열 창호/커튼월용 BIPV 양면 모듈 및 시스템 개발	(주)에스케이솔라에너지	2019-05-01 ~2021-12-31	1,399.82 백만원
2021	재생에너지 디지털트윈 및 친환경교통 실증연구 인프라 구축	한국에너지기술평가원	2020-11-01 ~2023-06-30	12,293.54 백만원
2021	상하좌우 자동추적 개폐식 창호형BIPV 시스템	주식회사토니텍코리아	2021-11-01 ~2023-10-31	138.90 백만원
2021	비 실리콘계 다중접합 유연 태양전지 개발	재)한국에너지기술연구원	2021-01-01 ~9999-12-31	1,600.00 백만원
2021	건물 외벽형 BIPV 통합 솔루션 시스템 개발	(주)거광기업	2018-06-01 ~2021-09-30	779.90 백만원
2021	수평형 지열원을 이용한 고효율 냉난방시스템 개발	신성컨트롤(주)	2021-11-01 ~2023-10-31	178.12 백만원
2021	건축자재 일체형 빌트인 고효율 태양광-태양열 하이브리드 모듈 개발	(주)리치룩스	2021-04-01 ~2022-12-31	225.00 백만원
2021	도시발전을 위한 신재생에너지 기반 플러스 에너지커뮤니티 플랫폼 개발	재)한국에너지기술연구원	2020-01-01 ~2021-12-31	1,000.00 백만원
2020	양산형 BIPV 복합 유니트 패널 및 모니터링 서비스 개발	(주)에이비엠	2019-12-01 ~2021-12-31	450.00 백만원
2020	확장이 용이한 투명태양전지 플랫폼 개발	고려대학교산학협력단	2019-09-01 ~2021-05-31	326.40 백만원
2020	투명도 조절이 가능하고 실리콘 볼 태양전지를 이용한 20W급 모듈형 BIPV 기술개발	(주)소프트피브이	2019-11-25 ~2021-11-24	250.00 백만원
2020	아파트 입면을 활용한 건물형 태양광 모듈 실증	(주)해동엔지니어링	2020-10-01 ~2022-12-31	2,479.80 백만원
2020	다기능 차세대 박막 태양전지 핵심 요소 기술개발	한국에너지기술연구원	2017-01-01 ~9999-12-31	1,236.00 백만원
2020	고효율, 고단열 창호/커튼월용 BIPV 양면 모듈 및 시스템 개발	(주)에스케이솔라에너지	2019-05-01 ~2021-12-31	1,397.00 백만원
2020	기술규제 검토 및 규제완화를 통한 제주형 지열설비 기술 및 성능시험, 시공 기준안 정립	인터텍	2020-05-18 ~2020-06-05	5.00 백만원
2020	건물 외벽형 BIPV 통합 솔루션 시스템 개발	(주)거광기업	2018-06-01 ~2021-09-30	2,263.95 백만원
2020	다기능 차양장치의 지능형 통합제어 시스템 개발	주식회사 선포탈	2019-12-09 ~2020-12-08	187.50 백만원
2020	도심용 건물형 태양광 모듈 개발을 위한 자가 세정 기능의 고부가가치 컬러 유리 개발	한국기계연구원	2019-05-01 ~2021-12-31	1,465.27 백만원
2020	재생에너지 디지털트윈 및 친환경교통 실증연구 인프라 구축	한국에너지기술평가원	2020-11-01 ~2022-12-31	5,364.97 백만원
2020	한-캐 태양-지열 히트펌프 기반 스마트 삼중에너지 이용기술 공동개발	한국에너지기술연구원	2018-11-01 ~2021-10-31	674.04 백만원



<표 32> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(에너지/환경기계시스템),  
NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	반투명 염료감응형 태양전지 기반 창호형 BIPV 시스템 및 소재 개발	씨에스에너지(주)	2022-04-01 ~ 2023-12-31	200.00 백만원
2023	창호, 커튼 월 시스템 적용 건물일체형 태양광 발전모듈 개발	(주)파티오	2023-09-01 ~ 2024-07-31	75.00 백만원
2023	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터	고려대학교	2020-07-01 ~ 2027-02-28	2,554.00 백만원
2023	폴리에틸렌(PE) 폼을 활용한 준불연 저방사 하이브리드 단열재 개발 및 평가	프라임에너텍(주)	2022-04-01 ~ 2024-03-31	260.00 백만원
2023	바닥설치형 열회수형 공기순환기 개발	(주)에어엔	2022-07-01 ~ 2023-06-30	62.17 백만원
2023	제로 에너지 저탄소 건축물 구현을 위한 액체식 제습 기반 환기시스템 상용화 기술 개발	엔트 주식회사	2021-05-01 ~ 2023-12-31	250.00 백만원
2023	열관류율과 투과율이 30% 이상 가변되는 발열변색창 개발	인네이처(주)	2022-04-01 ~ 2023-12-31	437.50 백만원
2023	통합 기계학습 알고리즘(MLA)을 이용한 공조설비의 최적제어 우선순위 결정 방법	강원대학교 삼척캠퍼스	2023-06-01 ~ 2026-05-31	52.50 백만원
2023	IoT 기반 에너지 및 안전 통합관리시스템 개발	(주) 유트론	2023-08-01 ~ 2024-12-31	625.00 백만원
2023	제로배출 자연냉매 복합발전 시스템 최적화 및 기술경제성 평가	고려대학교산학협력단	2023-09-01 ~ 2025-12-31	58.46 백만원
2023	스마트윈도우의 실용화를 위한 HW 내구성능 검증 및 SW 최적 알고리즘 레퍼런스 도출	주식회사 국영지앤엠	2023-04-01 ~ 2024-12-31	300.00 백만원
2023	전도성필터모듈적용 환기청정기와 IOT센싱 실별 공기질 제어시스템	케이웨더(주)	2022-04-01 ~ 2024-12-31	275.00 백만원
2023	고투습, 저투기성의 전열교환막 및 이를 활용한 열교환 효율 70%이상, 세척 후 재사용이 가능한 전열교환소자 개발	가온테크	2023-07-17 ~ 2027-07-16	218.75 백만원
2023	건물에너지 자립화를 위한 반투명 BIPV와 결합된 스마트윈도우 창호시스템 개발	씨에스에너지(주)	2022-04-01 ~ 2024-03-31	234.68 백만원
2023	제로에너지 건축물을 위한 에너지 세이빙 easy 교체형 옥외용 블라인드 시스템 개발	한솔아이엠비	2023-07-17 ~ 2027-07-16	282.00 백만원
2023	흡착식 데시칸트 로터와 히트펌프 일체형(2in1) 공조시스템 개발	한밭대학교	2022-06-01 ~ 2025-02-28	68.92 백만원
2023	수열에너지 생애주기 CO2 배출량 및 경제성 평가도구 개발	고려대학교 산학협력단	2020-09-04 ~ 2023-12-31	130.00 백만원
2023	수열에너지 활용 통합설계 플랫폼구축 기술개발	한밭대학교 산학협력단	2020-09-04 ~ 2023-12-31	140.00 백만원
2023	제로 트러스트 네트워크 기반 건물관리자동화시스템 개발	한국자동제어공업협동조합	2022-09-01 ~ 2024-08-31	450.83 백만원
2022	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터	고려대학교	2020-07-01 ~ 2027-02-28	2,628.50 백만원
2022	제로트러스트 네트워크 기반 건물관리자동화시스템 개발	한국자동제어공업협동조합	2022-04-15 ~ 2022-07-14	25.00 백만원
2022	제로트러스트 네트워크 기반 건물관리자동화시스템 개발	한국자동제어공업협동조합	2022-09-01 ~ 2024-08-31	275.00 백만원
2022	재생에너지 출력제한(Curtailment)을 이용한 P2Heat 기술개발	제주에너지공사	2022-04-01 ~ 2025-12-31	2,480.50 백만원
2022	탄소중립 구현을 위한 스마트그린산업단지 고도화 기술 개발 기획	주식회사 씨치앤엘브	2022-09-19 ~ 2023-07-18	100.00 백만원
2022	메타버스 플랫폼을 이용한 소규모 제로에너지건축물 전용 에너지 수요관리 모니터링 통합시스템 개발	에스이알	2022-06-27 ~ 2022-09-26	5.56 백만원
2022	열관류율과 투과율이 30% 이상 가변되는 발열변색창 개발	인네이처(주)	2022-04-01 ~ 2023-12-31	312.50 백만원
2022	흡착식 데시칸트 로터와 히트펌프 일체형(2in1) 공조시스템 개발	한밭대학교	2022-06-01 ~ 2025-02-28	51.26 백만원
2022	수열에너지 활용 통합설계 플랫폼구축 기술개발	한밭대학교 산학협력단	2020-09-04 ~ 2023-12-31	150.00 백만원
2022	전도성필터모듈적용 환기청정기와 IOT센싱 실별 공기질 제어시스템	케이웨더(주)	2022-04-01 ~ 2024-12-31	247.50 백만원
2022	바닥설치형 열회수형 공기순환기 개발	(주)에어엔	2022-07-01 ~ 2023-06-30	62.17 백만원
2021	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터	고려대학교	2020-07-01 ~ 2027-02-28	1,938.50 백만원
2021	주택용 데시칸트제습/공기청정/환기 복합기능 공조시스템 상용화기술 개발	(주)휴마스터	2021-07-01 ~ 2022-06-30	250.00 백만원
2020	주거 공간의 쾌적성을 위한 딥 러닝 기반 냉난방 시스템 성능 예측 및 제어 기술 개발	부산대학교	2020-09-01 ~ 2021-08-31	45.00 백만원
2020	잠열 및 현열부하 저감형 초고효율 히트펌프 시스템 개발	한양대학교에리카 산학협력단	2020-06-01 ~ 2021-05-31	464.40 백만원
2020	제로에너지빌딩 달성을 위한 신재생에너지 고효율 하이브리드 시스템 개발기술 연구	고려대학교	2020-09-01 ~ 2021-08-31	45.00 백만원
2020	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터	고려대학교	2020-07-01 ~ 2027-02-28	2,383.00 백만원

---

□ 건설시공 및 재료 연구 (2020년 ~ 현재)

<표 33> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설시공 및 재료), NTIS(2024.3.13.)

1/2

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	허니콤 메타 기반 고단열·불연급 친환경 PC 패널의 실용화 기술개발	동신패널(주)	2021-04-01 ~ 2023-12-31	749.00 백만원
2023	2023 (주)위드유테크 - 2023년도 연구장비활용 바우처 지원사업 시행계획 공고	(주)위드유테크	2023-01-01 ~ 2023-12-31	39.70 백만원
2023	탄소 고분자 부식 ZERO 철근대체재 기술 개발	연세대학교 산학협력단	2021-04-01 ~ 2025-12-31	6,158.77 백만원
2023	2023 주식회사 정양SG - 2023년도 연구장비활용 바우처 지원사업 시행계획 공고	주식회사 정양SG	2023-01-01 ~ 2023-12-31	14.99 백만원
2023	인간 중심의 스마트 그린 시티를 위한 새로운 자가학습 기반 통합 관리 플랫폼 개발(NEW LEARN CITY 4.0)	연세대학교	2021-06-01 ~ 2030-02-28	803.65 백만원
2023	딥러닝 건축연구소	세종대학교산학협력단	2023-09-01 ~ 2032-08-31	585.50 백만원
2023	2023 (주)알파큐 - 2023년도 연구장비활용 바우처 지원사업 시행계획 공고	(주)알파큐	2023-01-01 ~ 2023-12-31	39.69 백만원
2023	국가 전염병 재난 대응 자율 확장 및 신속 설치/해체가 가능한 이동형 음압격리병실 사업화 모델 개발	이솔테크	2021-04-01 ~ 2023-10-31	492.32 백만원
2023	유·무기 복합 단열재를 접목한 인조석재의 제조기법 및 제품개발	한밭대학교	2021-06-01 ~ 2024-02-29	48.95 백만원
2023	폐패각을 활용한 난연 단열재 개발	(주)제로하우스	2022-04-01 ~ 2023-12-31	221.50 백만원
2023	방향성 구조를 가진 건축 심재 (Core Material) 개발 및 이를 이용한 열관류율 0.15W/m2K 이하의 외단열용 불연 M-VIP 패널(Metal Plus VIP Panel)시스템 개발	(주)그린인솔레이터	2021-06-01 ~ 2023-05-31	56.54 백만원
2023	탄소중립 실현을 위한 친환경 준불연 PIR 폼 단열재 개발	알리바엔피티	2023-05-01 ~ 2023-12-31	62.50 백만원
2022	하이브리드 탄소섬유를 이용한 시멘트 열전 소재 개발	전남대학교	2021-06-01 ~ 2024-05-31	50.00 백만원
2022	열전소자를 사용한 고단열 스마트 이중미서기창호 기술개발	(주)경연	2021-11-01 ~ 2022-10-30	73.40 백만원
2022	유·무기 복합 단열재를 접목한 인조석재의 제조기법 및 제품개발	한밭대학교	2021-06-01 ~ 2024-02-29	43.93 백만원
2022	세노스피어(Cenosphere) 내 마이크로 캡슐화된 상변화 물질(PCM) 기반 경량 시멘트 복합재료 및 에너지효율 향상기술 개발	(재)한국건설생활환경 시험연구원 오창	2020-03-01 ~ 2023-02-28	100.00 백만원
2022	기밀성 및 단열성 향상을 위한 히든레일 슬림 알루미늄 슬라이딩 창 개발 기획과제	충청.호남알루미늄공업 협동조합	2022-04-15 ~ 2022-07-14	25.00 백만원
2022	방향성 구조를 가진 건축 심재 (Core Material) 개발 및 이를 이용한 열관류율 0.15W/m2K 이하의 외단열용 불연 M-VIP 패널(Metal Plus VIP Panel)시스템 개발	(주)그린인솔레이터	2021-06-01 ~ 2023-05-31	131.87 백만원
2022	인간 중심의 스마트 그린 시티를 위한 새로운 자가학습 기반 통합 관리 플랫폼 개발(NEW LEARN CITY 4.0)	연세대학교	2021-06-01 ~ 2030-02-28	803.65 백만원
2022	허니콤 메타 기반 고단열·불연급 친환경 PC 패널의 실용화 기술개발	동신패널(주)	2021-04-01 ~ 2023-12-31	749.00 백만원
2022	분무건조법으로 만들어진 단열소재를 통한 생분해성 필름 개발	주식회사 휘게로	2022-06-01 ~ 2023-05-31	190.00 백만원

<표 34> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(건설시공 및 재료), NTIS(2024.3.13.)

2/2

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2022	철근콘크리트 건축물의 열교부위 열류량을 40%이상 저감 가능한 제로에너지건축용 단열구조체의 상용화 기술개발	주식회사정양SG	2020-04-01 ~ 2022-12-31	734.00 백만원
2022	탄소 고분자 부식 ZERO 철근대체재 기술 개발	연세대학교 산학협력단	2021-04-01 ~ 2025-12-31	5,247.50 백만원
2022	폐패각을 활용한 난연 단열재 개발	(주)제로하우스	2022-04-01 ~ 2023-12-31	219.25 백만원
2022	국가 전염병 재난 대응 자율 확장 및 신속 설치/해체가 가능한 이동형 음압격리병실 사업화 모델 개발	이-솔테크	2021-04-01 ~ 2023-06-30	953.85 백만원
2021	세노스피어(Cenosphere) 내 마이크로 캡슐화된 상변화 물질(PCM) 기반 경량 시멘트 복합재료 및 에너지효율 향상기술 개발	(재)한국건설생활환경 시험연구원	2020-03-01 ~ 2023-02-28	50.00 백만원
2021	유무기 복합 단열재를 접목한 인조석재의 제조기법 및 제품개발	한밭대학교	2021-06-01 ~ 2024-02-29	41.73 백만원
2021	인간 중심의 스마트 그린 시티를 위한 새로운 자기학습 기반 통합 관리 플랫폼 개발(NEW LEARN CITY 4.0)	연세대학교	2021-06-01 ~ 2030-02-28	601.08 백만원
2021	열전도도 0.046W/mK 이하의 완전 불연단열재와 노후주택 화재확산방지구조 On-site 시공기술 개발	한국세라믹기술원	2019-04-19 ~ 2021-12-31	448.00 백만원
2021	방향성 구조를 가진 건축 심재 (Core Material) 개발 및 이를 이용한 열관류율 0.15W/m <sup>2</sup> K 이하의 외단열용 불연 M-VIP 패널(Metal Plus VIP Panel)시스템 개발	(주)그린인솔레이터	2021-06-01 ~ 2023-05-31	115.12 백만원
2021	조명 에너지 성능이 향상된 집광채광 루버 시스템의 개발	(주)대진	2021-04-09 ~ 2021-10-08	33.40 백만원
2021	열전소자를 사용한 고단열 스마트 이중미서기창호 기술개발	(주)경연	2021-11-01 ~ 2022-10-30	66.70 백만원
2021	적외선반사 복합중공입자 기술을 이용한 황토단열소재 도료 개발	바른황토	2021-07-01 ~ 2022-06-30	250.00 백만원
2021	철근콘크리트 건축물의 열교부위 열류량을 40%이상 저감 가능한 제로에너지건축용 단열구조체의 상용화 기술개발	(주)정양에스지	2020-04-01 ~ 2022-12-31	834.00 백만원
2021	나노 이산화티탄과 EPA를 활용하여 기존 재료 대비 20%이상 자기정화능력과 단열성능이 향상된 다기능 복합패널 기술 개발	군산대학교	2021-04-01 ~ 2022-12-31	160.00 백만원
2021	제로에너지 주택 건축 활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발	한국건설기술연구원	2018-04-02 ~ 2022-06-30	1,818.72 백만원
2021	허니콤 메타 기반 고단열·불연급 친환경 PC 패널의 실용화 기술개발	동신패널(주)	2021-04-01 ~ 2023-12-31	566.00 백만원
2021	국가 전염병 재난 대응 자율 확장 및 신속 설치/해체가 가능한 이동형 음압격리병실 사업화 모델 개발	이-솔테크	2021-04-01 ~ 2023-06-30	600.00 백만원
2021	하이브리드 탄소섬유를 이용한 시멘트 열전 소재 개발	전남대학교	2021-06-01 ~ 2024-05-31	37.50 백만원
2020	제로에너지 주택 건축 활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발	한국건설기술연구원	2018-04-02 ~ 2021-12-31	2,397.00 백만원
2020	방향성 구조를 가진 건축 심재(Core Material) 개발 및 이를 이용한 열관류율 0.150 W/m <sup>2</sup> K 이하의 외단열용 불연 M-VIP 패널(Metal Plus VIP Panel) 시스템 개발	(주)그린인솔레이터	2020-06-29 ~ 2021-02-28	59.62 백만원
2020	[오존층 보호법] 특정물질 사용규제 및 [건축법 시행령] 가연성 단열재 사용규제에 대응하는 친환경 발포제 적용 친불연 경질우레탄폼 단열재 개발	주식회사동천	2020-09-21 ~ 2020-10-12	5.00 백만원
2020	철근콘크리트 건축물의 열교부위 열류량을 40%이상 저감 가능한 제로에너지건축용 단열구조체의 상용화 기술개발	주식회사정양SG	2020-04-27 ~ 2022-12-31	600.00 백만원
2020	에너지 저장 및 방출 가능성을 가진 건설분야 에너지 신소재 개발	한국건설기술연구원	2018-05-01 ~ 2020-12-31	248.00 백만원
2020	세노스피어(Cenosphere) 내 마이크로 캡슐화된 상변화 물질(PCM) 기반 경량 시멘트 복합재료 및 에너지효율 향상기술 개발	(재)한국건설생활환경 시험연구원 오창	2020-03-01 ~ 2023-02-28	150.00 백만원
2020	열전도도 0.046W/mK 이하의 완전 불연단열재와 노후주택 화재확산방지구조 On-site 시공기술 개발	한국세라믹기술원	2019-04-19 ~ 2021-12-31	173.40 백만원

## □ 기타 에너지/자원 연구 (2020년 ~ 현재)

<표 35> 2020년 이후 제로에너지건축물 관련 연구(기타 에너지/자원), NTIS(2024.3.13.)

연도	과제명	연구개발기관	총 연구기간	총 연구비
2023	제로에너지건축물의 에너지관리를 위한 인프라 시스템의 동적 다중 물리 모델 및 AI 플랫폼 개발	동아대학교	2020-06-01 ~ 2023-08-31	11.25 백만원
2021	유무기 하이브리드 나노 융합 용액 공정을 활용한 폭 1000mm 이상 대형 전기변색 스마트 윈도우 필름 개발	(주)오리온엔이에스	2019-06-01 ~ 2021-05-31	125.00 백만원
2021	제로에너지 건물의 패키지와 엔지니어링 고급트랙	연세대학교	2017-06-01 ~ 2021-12-31	503.19 백만원
2021	제로에너지 빌딩을 위한 광투과율이 스스로 조절이 가능하고 감성조명이 결합된 하이브리드 액정스마트 윈도우 개발	씨에스에너지(주)	2018-10-01 ~ 2021-12-31	180.19 백만원
2021	바이메조겐 분자의 굽힘전기를 이용한 에너지 수확 및 센서 소자 연구	성균관대학교	2019-08-12 ~ 2021-12-31	114.06 백만원
2020	풍력에너지 잉여전력 활용을 위한 500kW급 하이브리드 수소변환 및 발전시스템 기술개발	(주)지필로스	2017-12-01 ~ 2021-02-28	1,725.16 백만원
2020	제로에너지 빌딩을 위한 광투과율이 스스로 조절이 가능하고 감성조명이 결합된 하이브리드 액정스마트 윈도우 개발	씨에스에너지	2018-10-01 ~ 2021-09-30	535.95 백만원
2020	이중 단열공간과 세라믹 섬유를 활용한 복합성능 방화문 개발	주)영남유리산업	2020-05-01 ~ 2021-04-30	287.50 백만원
2020	온수자립형 태양열광 복합 일체형 온수기 개발	세한에너지(주)	2017-05-01 ~ 2020-06-30	112.80 백만원
2020	냉방 부하 저감을 위한 반응형 스마트 스킨과 EMS 통합운영 기술	(주)합동하이텍그라스	2017-05-01 ~ 2020-12-31	1,548.95 백만원
2020	건물 에너지 플러스 스킨 공기열원 히트펌프 냉난방 기술	한국에너지기술연구원	2020-04-01 ~ 2020-12-31	10.00 백만원
2020	제로에너지건물 구현을 위한 0.8kW/m <sup>2</sup> 급 모듈화형 태양광·열 융합시스템 및 운영 기술 개발	(주)이맥스시스템	2017-05-01 ~ 2020-06-30	431.13 백만원
2020	융합형 스마트 윈도우 및 에너지 소비 기기 연동 시스템 개발	성문전자(주)	2017-05-01 ~ 2020-12-31	1,840.89 백만원
2020	바이메조겐 분자의 굽힘전기를 이용한 에너지 수확 및 센서 소자 연구	성균관대학교(자연과학캠퍼스)	2019-08-12 ~ 2021-12-31	108.06 백만원
2020	건자재형 BIPV 모듈·시스템 개발과 실증을 통한 옥외 성능평가 기술 개발	공주대학교산학협력단	2017-12-01 ~ 2020-11-30	1,448.50 백만원
2020	에너지 절감형 모듈러 주택 제작 기술과 BIM 설계 솔루션 개발	조은데코	2020-05-01 ~ 2021-04-30	215.00 백만원
2020	장기 신뢰성(B10 수명 25년)을 갖는 농가 지붕재 일체형 유연 태양광 모듈 개발	보타리에너지(주)	2017-12-01 ~ 2021-05-31	1,124.50 백만원
2020	제로에너지 건물의 패키지와 엔지니어링 고급트랙	연세대학교 산학협력단	2017-06-01 ~ 2021-12-31	502.71 백만원

## (2) 국내 실증사례 분석

### □ 2005년 3L 하우스(단독주택)

- (건물개요) 3L 하우스(단독주택)은 산업통상자원부의 미래 고효율 주택용 연료 전지 시스템 시범보급사업의 일환으로 국내 최초 3L 하우스 개념을 도입한 건물로 에너지절감 요소를 적용하여 m<sup>2</sup>당 3리터의 연료로 쾌적한 환경을 실현하는 주택임.

구 분	내 용
위치	- 경기도 용인시
용도	- 주거시설(단독주택)
준공연도	- 2005년
규모	- 지상 2층
설계 / 시공	- 대림산업(주), 한국BASF(주), 퓨얼셀파워
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 이중외피
액티브 적용요소	- 설비기기 효율화(폐열회수 환기시스템)
신재생에너지 적용요소	- 연료전지, 지중덕트



#### ○ 적용된 요소기술

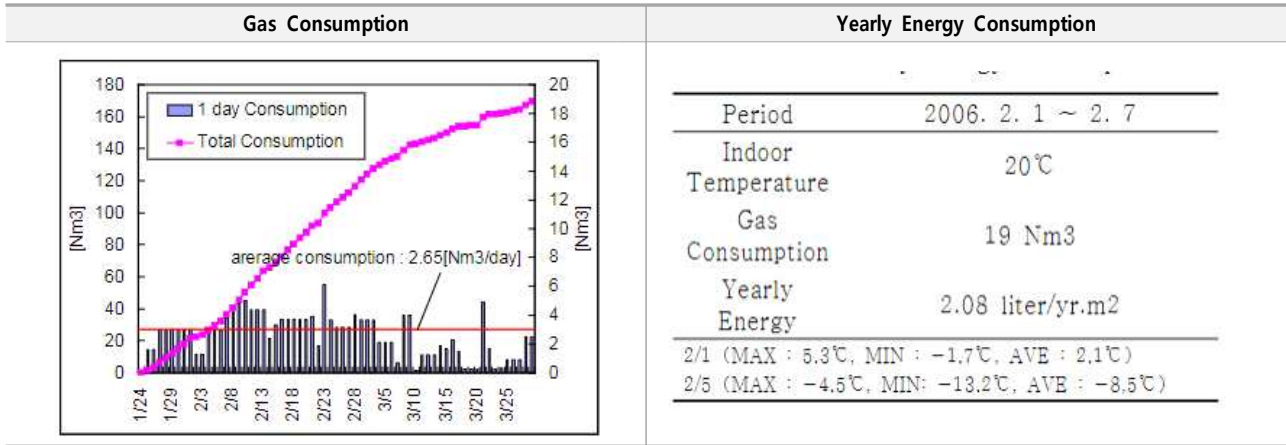
- 고단열/고기밀(부하저감): 고효율 단열재 및 창호, 잠열보유 플라스틱
- 이중외피(부하저감): 자연형 태양열획득(난방)
- 설비기기 효율화(부하저감): 폐열회수 환기시스템
- 연료전지 열병합 발전시스템(신재생에너지)
- 지중덕트시스템(신재생에너지): 동결심도 이하의 지열을 공기로 열교환하여 활용

#### ○ 분석결과

- (가스에너지사용량) 3L 하우스의 에너지성능 검토를 위해 2006년 1월 24~3

월 31일까지의 가스에너지 사용량 분석한 결과는 검토 기간 총 가스사용량 170Nm<sup>3</sup>, 일 평균 사용량은 2.65Nm<sup>3</sup>, 월별 분석시 1월 24~31일은 2.56Nm<sup>3</sup>/day, 2월 1~28일은 3.52Nm<sup>3</sup>/day, 3월 1~31은 1.82Nm<sup>3</sup>/day를 나타냄.

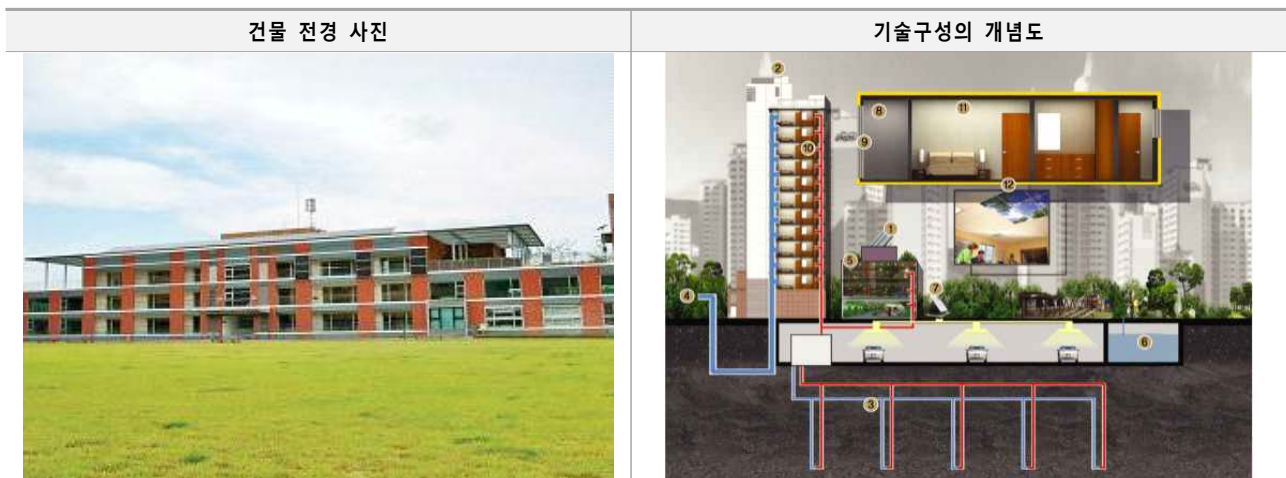
- (연간에너지사용량) 2월 1~7일의 데이터를 활용한 연간에너지사용량은 2.08liter/yrm<sup>2</sup>을 나타냄.



### □ 2006년 3L 하우스(공동주택)

- (건물개요) 3L 하우스(단독주택)를 1년간 모니터링한 후 3L 하우스의 공동주택 버전으로 에너지절감 요소를 적용하여 m<sup>2</sup>당 3리터의 연료로 쾌적한 환경을 실현하는 공동주택임.

구 분	내 용
위치	- 충북 대전시
용도	- 주거시설(공동주택)
준공연도	- 2006년
규모	- 지하 1층, 지상 3층
설계 / 시공	- 대림산업(주)
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 자연채광, 외부블라인드
액티브 적용요소	- 고효율 조명기구, 자동 환기시스템
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 풍력, 지열/지중덕트

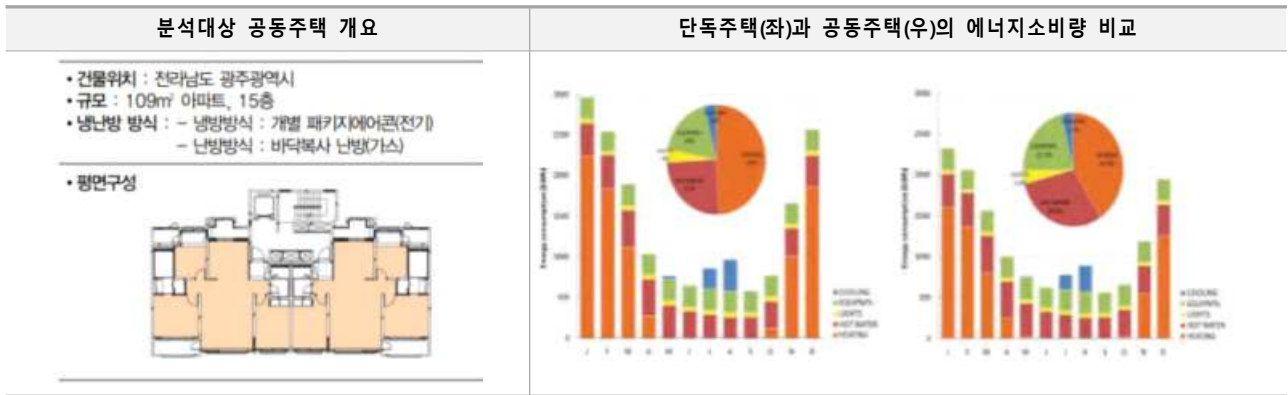


## ○ 적용된 요소기술

- 태양광 발전시스템(신재생에너지): 태양광을 반도체로 활용하여 발전
- 풍력 발전 시스템(신재생에너지): 바람의 힘을 회전력화하여 유도전기력으로 발전
- 지열시스템(신재생에너지): 지하에 존재하는 지하수 등의 열을 활용하는 에너지기술
- 지중덕트시스템(신재생에너지): 동결심도 이하의 지열을 공기로 열교환하여 활용
- 옥상녹화(부하저감/녹지확보): 식생을 활용한 건축물의 단열효과, 빗물 저장기 등 향상
- 빗물이용시설(수자원활용): 빗물을 저장하여 위생용수, 조경용수 등으로 활용
- 자연채광시스템(부하저감/빛환경): 지하실 등 암실에 자연의 태양빛을 공급하여 전기에너지절약
- 슈퍼외단열(부하저감): 결로·열교현상을 최소화하고 단열성능의 대폭 향상
- 고성능 창호(부하저감): 로이유리, 삼중유리 등 고성능 유리와 기밀성 등이 확보된 시스템창호로 성능향상
- 환기시스템(공기환경/부하저감): 실내공기와 신선한 외기를 CO2센서에 의해 자동운전
- LED 조명(부하저감/빛환경): 차세대 조명기구로 조색이 가능하며, 에너지효율이 기존 등기구 대비 최대 20배 향상
- 바닥충격음 저감재(부하저감/음환경): 층간소음을 최소화하고, 층별 열의 이동을 차단

## ○ 분석결과

- (에너지절감량 평가결과) 공동주택 에너지절감방안 정밀분석 대상건축물 및 시스템개요는 다음과 같음. 단독주택대비 난방에너지의 30.7%, 냉방에너지의 21.8%(자연환기모드 적용)가 절감되어 전체 냉난방에너지의 30.0%가 절감되는 것으로 분석되었음.



### □ 2009년 그린투모로우

○ (건물개요) 총 400.54㎡ 규모의 1층 단독주택으로 총 68가지의 친환경 기술을 적용해 외부전력과 화석에너지를 전혀 사용하지 않는 국내 최초 에너지제로건축 물임. 건물 생애주기에 걸친 지속가능성에 근간을 두고 건물의 환경부하와 에너지 부하를 줄이는 동시에 생활편의를 도모하고자 함. Zero Energy, Zero Emission, Green IT의 개념을 정의하였으며, 이 세 가지 개념은 서로 상호 보완 작용을 통해 GREEN TOMORROW 구현됨.

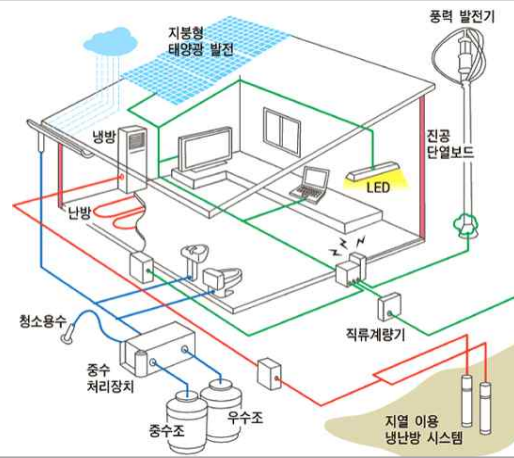
- Zero Energy: 건물 효율화를 통해 에너지 사용량을 큰 폭으로 저감한 후, 신재생에너지를 통해 사용량 이상의 에너지를 생산하여 연간 에너지수지를 '0' 또는 '+'로 유지
- Zero Emission: 건물 Life Cycle (건설~운영~폐기) 전 단계의 CO2발생을 '0'으로 유지. 건설단계 CO2 배출량 이상을 운영단계에서 추가 저감하여 건설/폐기단계의 CO2발생을 상쇄하여 환경부하 저감
- Green IT: IT 기술을 바탕으로 건물의 친환경·에너지효율을 높이고 인간 중심의 편의공간을 창출하는 기술

구 분	내 용
위치	- 경기도 용인시 기흥구 중동
용도	- 주거시설(시범주택)
준공연도	- 2009년
규모	- 지상 1층(2개동: 전시관, 홍보관)
설계 / 시공	- ㈜삼우종합설계사무소 / ㈜삼성물산
인증	- LEED Platinum
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 자연환기, 축열활용
액티브 적용요소	- 소비전력 저감요소, 조명제어 및 고효율 조명기구, 설비기기 효율화
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 태양열, 풍력, 지열히트펌프

건물 전경 사진



기술구성의 개념도

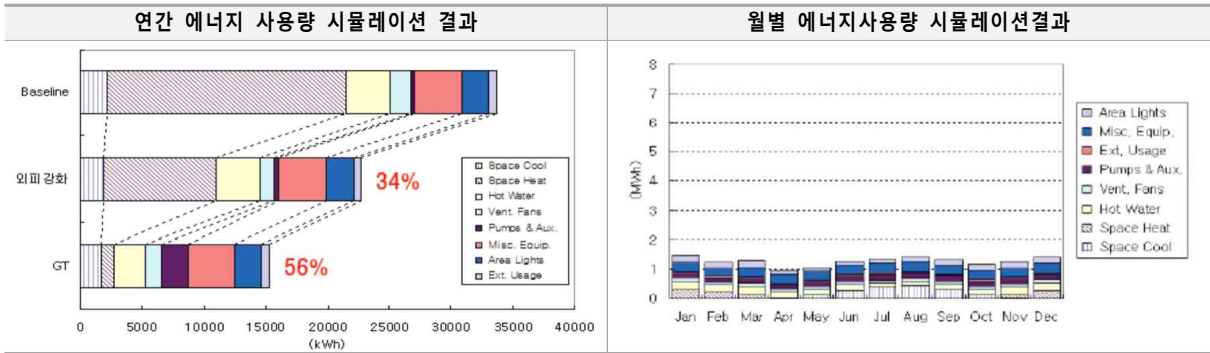


○ 적용된 요소기술

- 고단열/고기밀: 외벽체(외벽, 지붕)와 창호의 단열성능을 국내법규기준을 크게 상회하도록 계획, 이중외피적용
- 자연환기: 실과 창호의 최적배치로 실외공기 유입을 통한 중간기 실내 환기 및 냉방부하 저감기대
- 축열활용: 주간에는 발코니로 유입된 일사로 열을 바닥 축열재에 저장한 후, 야간에는 중간벽으로 순환시킴
- 소비전력 저감요소: 대기전력차단, 직류전위(DC), 배전 및 가전
- 조명제어 및 고효율 조명기구: 인체감지 및 조도 센서, LED 조명기구 활용
- 설비기기 효율화: 바닥 취출공조, 복사냉방
- 태양광 발전시스템: 블라인드형, 지붕형 태양광발전(연간 21MWh 생산)
- 태양열 급탕시스템: 평판형(4㎡, 연간 2MWh 집열)
- 풍력발전: 복합 다리우스 수직형(연간 0.2MWh 생산)
- 지중열 냉난방: 용량 6USRT 적용
- 융설설비: 지중온도 직접활용

○ 분석결과

- (에너지 성능평가) DOE 2.2기반의 E-Quest 3.61활용하여 연간 에너지사용량은 패시브기술적용시 절감율이 약 34%(고성능외피로 인해 대부분의 난방부하는 침기에 의한 부하), 액티브 기술을 포함한 기술적용시 절감율이 약 56%로 예상됨.



□ 2013년 제로카본 그린홈

- (건물개요) 제로카본 그린홈(ZCGH) 실증주택은 난방에너지 80% 이상 절감, 이산화탄소 배출량 55% 절감을 목표로 2013년 초에 경기도 일산의 한국건설기술연구원 내에 건립됨.
- 제로카본 그린홈은 일반주택 건축비의 약 20% 정도가 증가하면서 10년 내외에 투자회수가 이루어지는 것을 목표로 함. 한국건설기술연구원에서는 신축주택의 85% 이상을 차지하고 있는 공동주택을 대상으로 미래형 그린홈을 개발하고 이를 신성장 동력산업으로 발전시키기 위해 2009년부터 오는 2014년까지 “제로카본 그린홈 개발” 연구사업을 수행하였음.

구 분	내 용
위치	- 경기도 고양시 일산서구
용도	- 교육연구시설(실증주택)
준공연도	- 2013년
규모	- 지상 8층 / 세대수 15세대
설계 / 시공	- (주)건축사사무소 티오피 / (주)상지건설
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 외부전동차양, 전동 자동제어 단열셔터, 블라인드 내장형 창호
액티브 적용요소	- 설비기기 효율화(폐열회수 환기장치등), 조명제어 및 고효율 조명기구
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 바이오매스 목재펠릿 보일러

**건물 전경 사진**

**기술구성의 개념도**

○ 적용된 요소기술

- 고단열/고기밀: 외단열시스템, 진공유리(창호, 문)
- 외부전동차양: 4~8층 남측면
- 전동 자동제어 단열서터
- 블라인드 내장형 창호: 3층 남측전면
- 설비기기 효율화: 폐열회수 환기장치, 난방 및 환기 제어시스템
- 조명 제어 및 고효율 조명기구: 조명제어시스템, LED 조명
- 태양광 발전시스템: 옥상 PV, 벽체 BIPV
- 바이오매스 목재펠릿보일러

○ 분석결과

- (에너지 생산량) 지붕설치 PV시스템에서 연간 45,990kWh/yr가 생산될 것으로 예측되며, 이를 15세대로 나누면 1세대당 연간 약 3,066kWh가 공급되어 한달에 256kWh의 전기에너지를 자급할 수 있음. 일반 공동주택의 표준세대인 105㎡ 세대의 월간 전기사용량 293kWh를 기준으로, 그린홈의 월간 전기에너지 사용량은 37kWh로 산출되어 전기요금 절감량 계산시 1세대당 전기요금 절감액은 월간 38,840원, 연간 466,080원으로 산출됨.

\* 그린홈 전기생산량 및 절감액 산출(태양광 PV 설치, 105㎡, 1세대당)

구 분	단위	일반 공동주택(A)	제로카본 그린홈(B)	증감(B-A)
연간 전기에너지 생산량	kWh/yr	-	3,066	-
월간 전기에너지 생산량	kWh/month	-	256	
월간 전기사용량	kWh/month	293	37	
월간 전기료 절감액	원/month	41,770	2,930	-38,840
연간 전기료 절감액	원	-	-	466,080

- (에너지 소비량) 1세대당 연간 난방에너지 소요량을 본 결과, 그린홈은 1,521kWh/㎡·yr, 일반 공동주택은 11,261kWh/㎡·yr으로 그린홈이 연간 9,741kWh/㎡·yr의 난방에너지가 절약되는 결과를 보였음. 일반 공동주택 대비 그린홈 공동주택의 난방에너지 절감량을 난방비로 산출한 결과는 연간 733,698원의 난방비용이 절약됨.

\* 연간 난방에너지소요량 절감량 산출 (105㎡, 1세대당)

구 분	단위	일반 공동주택(A)	제로카본 그린홈(B)	증감(B-A)
난방에너지요구량	kWh/yr	9,009	1,323	-7,686
난방에너지소요량	kWh/yr	11,261	1,521	-9,741

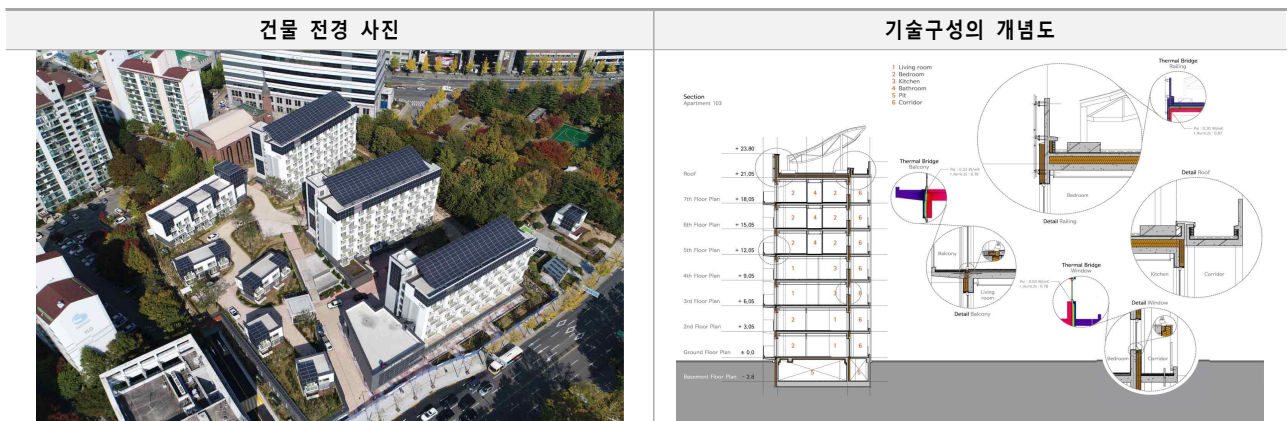
\* 연간 난방비 절감액 산출 (105㎡, 1세대당)

구분	단위	절감량
세대상, 연간 난방에너지소요량 절감량	kWh/yr	9,741
가스발열량	kWh/Nm <sup>2</sup>	12,267
가스비용	원/Nm <sup>2</sup>	924
세대당 연간난방비 절감액	원/yr	736,698

## □ 2016년 노원 제로에너지실증단지

○ (건물개요) 2013년 서울시와 노원구 그리고 명지대학교 컨소시엄은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원이 발주한 R&D과제에 선정되어 노원구 하계동에 2016년 국내 최초 ‘제로에너지주택 실증단지’를 건립함. 단지내 주택 및 부대시설의 1차에너지 소요량(냉방, 난방, 환기, 조명, 급탕) 대비 단지 내 신재생에너지 생산량(1차에너지)이 같거나 많은 Net Zero Primary Energy(넷제로) 주택단지를 구현하고자 함.

구분	내용
위치	- 서울시 노원구 하계동 251-9
용도	- 공동주택, 부대복리시설, 근린생활시설(상가, 주민커뮤니티시설), 문화 및 집회시설(전시장)
준공연도	- 2016년
규모	- 지하 2층, 지상 7층 / 세대수 121세대
설계 / 시공	- (주)제드 건축사사무소 / (주)KCC건설
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 침기열 손실방지, 차양계획
액티브 적용요소	- 설비기기 효율화(폐열회수 환기장치등), 조명제어 및 고효율 조명기구
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 태양열, 지열히트펌프



## ○ 적용된 요소기술

- 고단열/고기밀: 외단열시스템, 진공유리(창호, 문)
- 외부베네시안블라인드: 일사량조절하여 실내 온실효과 막아 여름철 냉방에너지 평균 45% 절감
- 외단열 공법: 탄산칼슘계 준불연재와 결합한 복합단열재 사용
- 설비기기 효율화: 폐열회수 환기장치, 난방 및 환기 제어시스템

- 조명 제어 및 고효율 조명기구: 조명제어시스템, LED 조명
- 태양광 발전시스템: 옥상 및 벽면 부착 태양광패널을 통해 연간 약 400MWh의 전력 생산
- 태양열 급탕시스템 / 지열 히트펌프: 예상 연간 발전량 365MWh

○ 분석결과

- (에너지시뮬레이션 결과) CE3™ 유럽연합의 건물에너지 성능지침인 EPBD(Energy Performance Building Directives)에 따른 국제표준 ISO13790 및 독일의 건물에너지 성능평가 규격 DIN V 18599를 바탕으로 우리나라의 건물실태 및 사용 환경에 맞추어 개발된 Web 기반의 건물에너지 성능평가 및 에너지 해석 솔루션으로 분석하였으며, 연간 및 월별 건물에너지소요량은 아래 표와 같음

\* 월별 건물에너지소요량

구 분	에너지소요량 [kWh/a]	월별 건물에너지소요량
난방에너지소요량	6,264.9 (101.4%)	
냉방에너지소요량	1,541.5 (24.9%)	
환기에너지소요량	-933.7 (-15.1%)	
조명에너지소요량	-691.6 (-11.2%)	
급탕에너지소요량	-165.1 (-2.7%)	
연간에너지소요량	6,181.1 (100%)	

\* 연간 신재생에너지 예상생산량

구 분	신재생에너지 예상생산량 [kWh/a]
태양광(전기) 시스템	19,476.6 (54%)
태양열 시스템	5,879.8 (15.4%)
지열 히트펌프 시스템	12,830.6(33.6%)

- (모니터링을 통한 건물 에너지 사용량) 대상건물의 모니터링 결과 중 지열, 조명, 콘센트 전력 사용량 및 통합 전력 사용량을 월·일별 평균값과 최대·최소값 등으로 분석하였음

\* 지열전력 사용량 분석: 지열전력은 난방과 냉방을 위한 지열히트펌프의 운영을 위해 소비되는 전력으로 연간 지열전력의 사용량은 아래 표와 같음.

\* 조명전력 사용량 분석: 조명전력의 사용량의 특징은 일조시간이 짧은 겨울에 상대적으로 조명사용량이 약간 많으며, 실별 사용시간이 사용량에 그대로 반영되어 2012년 장마기간인 6월말부터 7월중까지 조명사용량이 약 30%정도 증가한 것을 볼수있음. 또한 월별 일별 사용량의 편차가 작으며, 일일 최대 조명전력 사용량 대비 일일 평균 조명전력 사용량이 59.7%정도 사용됨.

\* 콘센트전력 사용량 분석: 사용자의 사용패턴에 따라 불규칙적으로 사용됨. 일

별 사용량의 편차가 큰 반면 월별 사용량의 편차는 작은 특징을 보이며, 일일 최대 콘센트 전력사용량 대비 일일 평균 콘센트 전력사용량이 47.0% 정도 가 동됨.

구 분	지열전력 사용량	조명전력 사용량	콘센트전력 사용량
연간 사용량 [kWh/a]	3,850.69	3,075.56	7,520.57
월 평균 사용량 [kWh/m]	320.89	250.30	626.71
월 최대 사용량 [kWh/m]	812.67	337.11	847.76
월 최소 사용량 [kWh/m]	24.37	220.93	410.98
일일 평균 사용량 [kWh/d]	10.55	8.43	20.60
일일 최대 사용량 [kWh/d]	46.45	14.12	43.87

- (모니터링을 통한 신재생 에너지 생산량) 태양광, 태양열, 지열히트펌프 생산량 분석은 아래와 같음.

\* 태양광 총생산량 특징 분석: 장마(6월말부터 7월 중)의 영향으로 태양광생산 량이 작은 날이 많아 봄과 가을에 비해 여름이 생산량이 적으며, 겨울은 월평 균 50%생산량으로 분석됨. 일별 사용량의 편차가 크고, 일일 최대 태양광 총 생산량 대비 일일 평균 태양광 총생산량이 50.8% 정도 생산됨

\* 태양열 총생산량 특징 분석: 사용자의 패턴에 따라 계절별 일별 편차가 큼. 일반적으로 온수를 생산하여 일시적으로 저장한 후 단시간내에 공급해야 하는 시스템인 태양열진공관 설비의 특징상 급탕설비의 용량이 일일 최대 온수사용 량에 맞추어 설계될 수밖에 없어 일일 최대 태양열 생산량 대비 일일 평균 태 양열 생산량이 18.4% 정도 낮게 운영됨.

- 지열히트펌프 총생산량 특징 분석: 지열전력 사용량의 특징과 비슷하며, 계절별 로 냉난방을 가동하는 겨울철과 여름철에 생산량이 집중되어있음. 일별 사용량 의 편차가 크며, 일일 최대 지열히트펌프 생산량 대비 일일 평균 지열히트펌프 생산량이 17.8% 정도 생산됨.

구 분	태양광 총생산량	태양열 총생산량	지열히트펌프 총생산량
연간 총생산량 [kWh/a]	36,672.04	11,981.75	12,087.25
월 평균 총생산량 [kWh/m]	3,056.00	998.48	1,007.27
월 최대 총생산량 [kWh/m]	4,382.05	2,219.78	2,579.47
월 최소 총생산량 [kWh/m]	1,685.00	446.01	23.93
일일 평균 총생산량 [kWh/d]	100.47	32.83	33.12
일일 최대 총생산량 [kWh/d]	197.89	178.15	185.83

- (전력통계분석) 대상건물에서 생산하는 태양광 전력량에 건물전력사용량(지열, 조명, 콘센트)을 제외한 값으로 대상건물이 외부로부터 공급받는 에너지원이 전력 외에 없으므로, 전력 통계분석이 대상건물의 에너지 통계 분석이라 할수 있음.

구 분	생산량	사용량	생산량-사용량
연 전력 통계 [kWh/a]	36,672.04	14,446.82	22,225.22
월 평균 전력 통계 [kWh/m]	3,056.00	1,203.90	1,852.10
일일 평균 전력 통계 [kWh/d]	100.47	39.58	60.89

## (2) 국내 사업화 사례 분석

### □ 2010 탄소제로건물

- (건물개요) 온실가스 감축을 위한 업무용 탄소제로건물의 보급과 확대를 위한 기반자료로 활용할 수 있는 정보를 제공하는데 목적을 두고, 탄소제로건물의 실증모델로 준공됨.

구 분	내 용
위치	- 인천 서구 경서동 종합환경연구단지
용도	- 업무시설
준공연도	- 2010년
규모	- 지하 1층, 지상 2층
설계 / 시공	- 범건축, MA건축사사무소
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 자연채광, 굴뚝효과
액티브 적용요소	- 고효율 조명기구, 환기 및 냉난방 제어, 스마트 에너지 관리시스템
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 태양열 + 지열 하이브리드시스템



### ○ 적용된 요소기술

#### - 건물에너지 부하절감기술 (30가지)

- \* 주변 음영요소분석, 일조·채광·환기 조건의 최적화, 건물의 적정 규격비율 적용, 일조 및 일사분석, 체적대비 외피면적 최적화, self-shading 배제 적용, 단순한 외형 디자인, 방위별 창호면적의 최적화, 슈퍼단열, 고기능 프로파일, 고기능 삼중유리, 방습층, 열교방지, 결로방지 등

#### - 건물에너지 효율기술 (18가지)

- \* 일사조절 채광블라인드, 마이크로 루버, 자연채광 덕트, 주광연동 제어, 고효율 조명기기, 고효율 개별 환기시스템, 대기부하차단배선설계, 고효율 팬과 펌프, 고효율 저소비 전력기기 등

- 신·재생에너지 적용기술 (13가지)

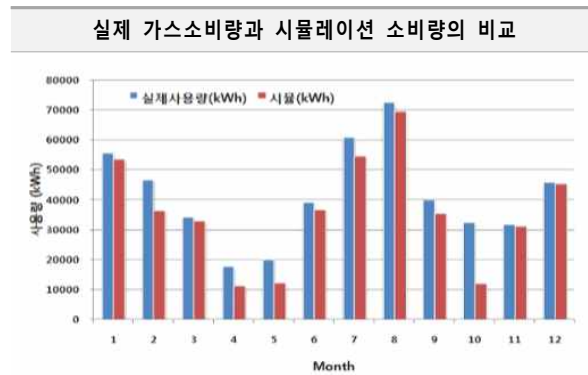
\* 박막투과형 벽일체 태양광, 평판형 집열기, 열교 방지형 프로파일, 태양열·지열 하이브리드, 에너지원별 통합 모니터링, 태양전지판 설치 위치 최적화 등

- 친환경요소 기술 (5가지)

\* 재활용 자재, 건물수명의 연장. 절수형 수전 및 위생기기, 친환경 자재, 가변적 공간구성

○ 분석결과

- (연간 냉·난방 가스 총사용량) 실제 사용한 연간 냉·난방 가스 총사용량은 497,920.7 kWh, 시뮬레이션 결과의 가스 총사용량은 432,521.6 kWh로서 실제 가스 소비량이 시뮬레이션결과보다 약 15% 많은 것으로 분석됨. 원단위로 환산할 경우, 각각 311.2kWh/m<sup>2</sup>와 270.3kWh/m<sup>2</sup>으로 추정됨. 사용패턴을 추정하기 어려운 중간기(4~5월, 10월)를 제외할 경우, 가스 사용량의 차이는 10% 미만인 것으로 나타남.




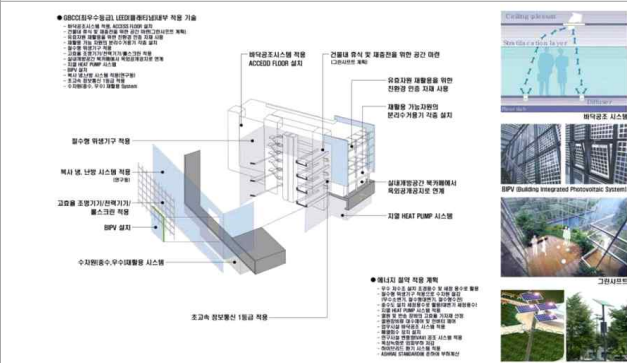
- (모니터링을 통한 전력 생산량과 소비량) 에너지소비 및 생산량 그리고 에너지 자립도를 평가하기 위해 에너지모니터링 시스템을 구축함. 신·재생시스템(태양광, 태양열, 지열)을 통해 생산되는 에너지양과 냉·난방, 급탕, 조명, 전열에서 소비되는 에너지양을 측정할 수 있음. 아래표는 2011년 5월부터 7월까지 최근 3개월간에 대한 전력생산 및 소비현황을 나타낸 것임. 냉·난방을 사용하지 않은 5월과 6월동안에는 생산량이 소비량보다 많아 잉여전력은 3,618kWh이었으며, 냉방이 시작된 7월동안은 1,769kWh의 전력이 모자란 것으로 나타났음. 그 이유는 모니터링을 한 해의 여름철의 잦은 강수로 인해 태양광 발전량이 5월과 6월에 비해 감소하였으며, 냉방기기 사용으로 인한 전력사용이 증가하였기 때문임.

구 분	전력 생산량(A) [kWh]		전력 소비량(B) [kWh]		절감량(A-B) [kWh]
	최대	최소	최대	최소	
2011. 5월	9,628		7,171		+ 2,457
	494	16	428	72	
2011. 6월	8,074		6,913		+1,161
	421	8	393	40	
2011. 7월	5,680		7,449		-1,769
	450	20	430	67	

## □ 2010년 SK ECO LAB

○ (건물개요) 에코랩은 SK케미컬의 본사 겸 연구소 건축물로서 지난 2010년 9월 준공된 국내 저에너지 건축물 중 하나로 높은 수준의 친환경 혹은 에너지 성능을 확보하였으며, 에너지사용량 44%, 수자원 63%, CO2발생 33%를 저감하였으며, 친환경자재 등을 사용하여 건강한 업무환경을 조성에 기여하고자 함. 또한 친환경건축 기술 구현을 위한 방향성 정립과 정량적 친환경목표를 설정한 후에 이를 달성하기 위해 필요한 기술을 조합하는 방식으로 진행됨.

구 분	내 용
위치	- 경기도 성남시 분당구
용도	- 교육연구시설, 업무시설
준공연도	- 2010년
규모	- 지하 5층, 지상 9층
설계 / 시공	- 희림건축 / SK건설(주)
인증	- LEED Platinum, 국내 친환경 건축물 인증 1등급, 국내 최초 업무용 건축물에너지효율 1등급
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀, 에너지절약형 커튼월, 자연채광
액티브 적용요소	- 복사 냉난방시스템, 바닥급기 공조시스템, 고효율 조명/전력기기
신재생에너지 적용요소	- 태양광(BIPV), 지열히트펌프

건물 전경 사진	기술구성의 개념도
	 <p> <b>● BIPV(태양광) 시스템</b>          태양광 모듈을 건물 외벽에 설치하여 건물 외벽을 구성하는 동시에 태양광을 생산하는 시스템이다.       </p> <p> <b>● 지열 히트펌프 시스템</b>          지하 5층에 지열 히트펌프 시스템을 설치하여 지하수를 냉난방에 활용한다.       </p> <p> <b>● 에너지 절약 기술</b>          에너지 절약 기술은 건물 내부에 에너지 절약 장치를 설치하여 에너지 소비를 줄이는 기술이다.       </p>

- 적용된 요소기술
  - 패시브 적용기술

\* 옥상정원, 벽면녹화, 수생/육생 비오톱, 그린샤프트, 벽천, 자연채광 연동 롤스크린

- 액티브 적용기술

\* 바닥급기 공조 시스템, 복사 냉난방 시스템, 실험실 배기 정화 시스템, BEWMS, 에너지절약형 3종 커튼윈, 고효율 조명기기/전력기기

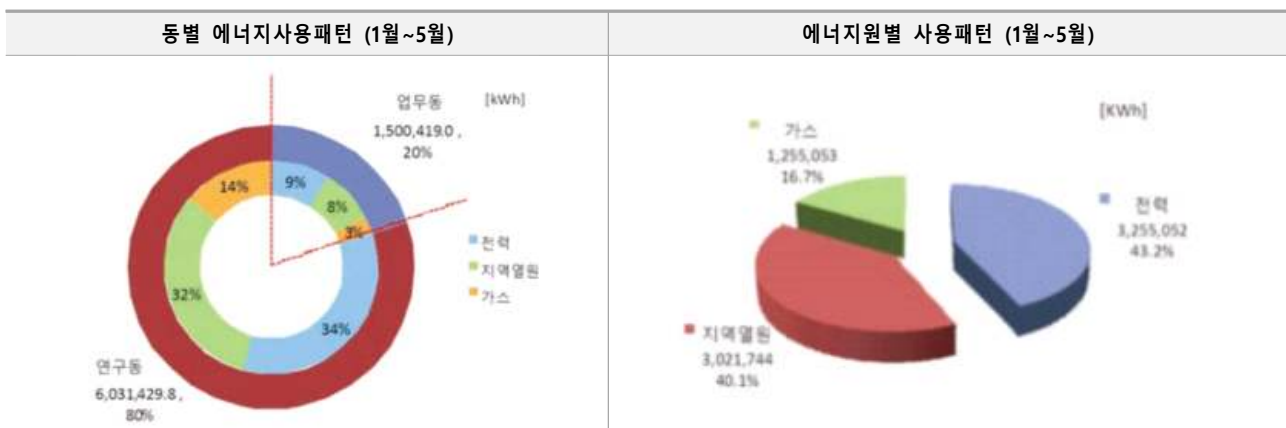
- 신·재생 및 자연친화 적용기술

\* 지열히트펌프, 태양광(BIPV)

\* 수자원(중수, 우수) 재활용 시스템, 식당 자연 채광조명, 아뜨리움 활용 자연 환기, 마이크로루버 및 아뜨리움 자연채광

○ 분석결과

- (에너지 사용패턴) 업무동과 연구동을 2011년 1월부터 5월까지의 집계한 결과, 대부분의 에너지를 연구동에서 사용함. 장비의 운전시간도 연구동이 업무동에 비해 2.4~3배정도 길고, 또한 실험장비의 운영과 실험실 배기를 위해 전외기 운전 때문에 에너지소비량 비율이 높게 나타남. 이 건물은 지역열원, 가스, 전력 3가지 에너지원을 사용함. 지역열원은 주로 냉난방열원, 가스는 동물 실험실 가습 및 오토클레이브, 주방 국솥 및 식기세척기용으로 사용, 전력은 열원, 열반송, 조명, 콘센트, 실험동력, 일반동력 및 기타용도 등 많은 용도로 사용되고 있음. 5개월간의 데이터를 보면 전력이 43.2%, 지역열원 40.1%, 가스 16.7% 차지하였으며, 지역열원은 주로 난방에너지로 사용되었고 향후 냉방기간이 시작되면 지역열원과 전력의 비율이 상대적으로 높아질것으로 예상됨.



- (에너지 생산 및 절감량) 건물 일체형 태양광 발전 시스템은 약 2,000㎡의 면적으로 연간 9,000kW의 전력을 생산하고, 이를 통해 연간 에너지사용량의 44%, 연간 에너지비용을 40%(11억→6.6억) 절감하고 있음.

□ 2011년 E+ 그린홈

○ (건물개요) e+ Green Home은 에너지 절감 기술들을 최적화시켜 에너지 소비를 최소로 줄이고, 소비되는 에너지는 신재생에너지를 통해 공급하여, 궁극적으로 에너지 플러스에 도달하고, 거주자의 쾌적감도 극대화시키는데 중점을 둠. 건물 설계와 시스템등 복합적인 요소들을 통합적으로 계획, 에너지 성능의 핵심이 되는 열교 발생을 최소화하기 위해 노력함. Energy+, Eco+, Emotion+의 3가지 e+의 개념을 제시함.

- Energy+: 친환경 건축기술을 통합한 지속 가능한 에너지 주택
- Eco+: 자연 친화적 주거
- Emotion+: 소비자의 디자인 감수성을 자극할 수 있는 주거

구 분	내 용
위치	- 경기도 용인시
용도	- 교육연구시설
준공연도	- 2011년
규모	- 지하 1층, 지상 2층
설계 / 시공	- 코오롱글로벌 친환경건축연구소(공동 운영동건축사사무소) / 코오롱건설
인증	- 패시브하우스 PH인증(독일 패시브하우스협회)
패시브 적용요소	- 고단열, 자연환기, 축열활용, 자연채광, 외부차양
액티브 적용요소	- 소비전력 저감요소, 설비기기 효율화
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 태양열 급탕, 풍력, 지열히트펌프



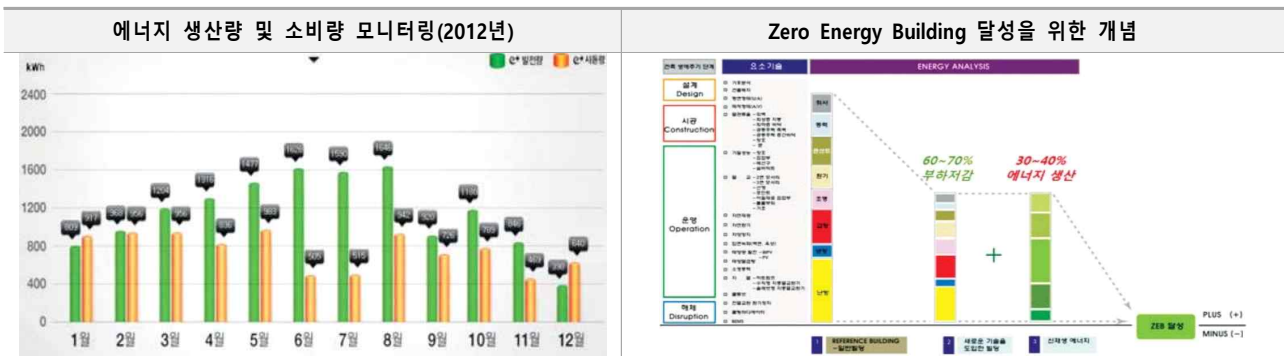
○ 적용된 요소기술

- 고단열/고기밀: 건식외단열, 고기밀화 시공
- 자연환기: 연돌효과, 환기타워
- 축열활용
- 자연채광: 수직채광덕트
- 소비전력저감요소: LED 조명, 절약형기기
- 설비기기 효율화: 쿨링라디에이터, 복사냉난방 바닥패널
- 태양광 발전시스템: 결정형 모듈 PV, 박막투과형 BIPV
- 태양열 급탕시스템: 메가집열기, 창호일체형 집열기
- 지열 히트펌프, 지중열교환

- 풍력발전

○ 분석결과

- (에너지 절감 목표) e+ 그린홈은 설계 및 설비의 최적화를 위해 기후분석, 쾌적조건분석, 건물배치계획, 건물 형태계획, 건물 입면계획에 대한 분석과 Energy 플러스를 위한 신재생에너지 용량을 산출함. 기계설비의 경우, Passive Tech.에 의해 저감된 부하를 토대로 각 냉난방, 환기, 급탕시스템의 용량을 최적 산출하여 기존난방시스템(보일러) 대비 연간 난방에너지 60%, 기존 냉방시스템(에어컨) 대비 연간 냉방에너지 70%의 절감을 목표로 하였음.
- (에너지 생산량) 1층과 2층지붕에 각각 3.36kWp, 12.0kWp로 총 15.36kWp의 PV 시스템이 적용되어 있음. PV모듈의 발전효율을 극대화하기 위해서 지붕층 구조체의 경사를 유도, 1층은 30°, 2층은 10°의 경사각을 가지고 있으며, 적용된 모듈은 15.2%의 고효율 태양전지임. 동절기 일 평균 에너지 생산량은 55.26kWh, 중간기의 경우에는 기상상태의 변화폭이 커서 최소 6kWh~최대 68kWh까지 생산량의 변동이 다소 크게 나타났으며, 평균 31.9kWh의 에너지가 생산됨. 하절기에는 일사량이 풍부하여 평균 50.9kWh의 에너지가 예측됨. 연간 에너지 생산량은 13,990kWh로 월평균1,166 kWh가 생산됨.
- (에너지 소비량) FCU의 냉난방에너지 소비량, 환기전력 소비량(전열교환 환기 시스템), 조명 및 가전 소비량(가로등,냉장고, TV 등)을 기준으로 도출함. 측정결과 동절기의 에너지소비량은 일 평균 39.09kWh, 중간기 평균20.02kWh, 하절기 평균 27.35kWh의 에너지가 소비되어, 연간 에너지 소비량은 총 9,234kWh로, 월평균 780kWh의 전력을 소비함.



□ 2012년 서울에너지드림센터

- (건물개요) 2012년 9월에 준공된 서울시 소유의 국내 최초 제로에너지 공공건축물로 에너지자립형 미래 건축물 모델을 제시하고 에너지 제로의 실증적 구현과 에너지 자립도시의 꿈을 함께 나누는 것이 목표로 함. 2007년 4월 수립된 <친환경 에너지정책>에 따라 총 에너지 이용량의 60%를 차지하는 건물 부분의

에너지를 절감하고, 수소연료전지, 태양광 등 도시형 신재생 에너지원 보급 필요성을 널리 알리기 위해 에너지 저소비형 선진 건축 모델을 제시하는 '에너지 제로하우스'를 계획함. 건축물 에너지 효율등급에서의 에너지평가결과는 소요량 53.5kWh/m<sup>2</sup>y, 생산량 143kWh/m<sup>2</sup>y, 자립률 60.37%의 제로에너지건축물 본인증 3등급 건물임.

구 분	내 용
위치	- 서울시 마포구 상암동 평화의 공원내
용도	- 교육연구시설 또는 업무시설
준공연도	- 2012년
규모	- 지하 1층, 지상 3층
설계 / 시공	- 프라운호퍼 컨소시움 / 대경건설(주)
인증	- 건축물 에너지효율등급 1등급, 녹색건축인증 우수등급
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀 외피, 열교차단, 외부자동 베네시안 블라인드
액티브 적용요소	- 자동조명제어시스템, 폐열회수 환기시스템, 고효율 냉난방시스템
신재생에너지 적용요소	- 태양광, 지열 냉난방시스템



### ○ 적용된 요소기술

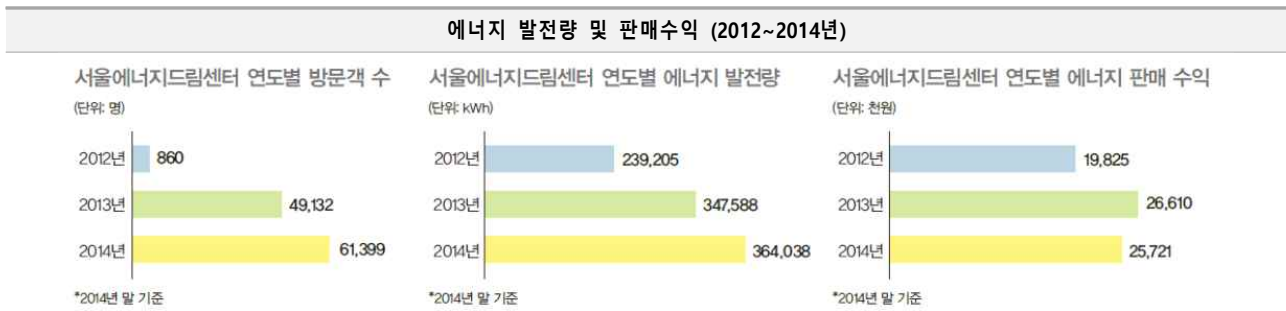
- 중정: 중정을 통해 유입되는 자연채광으로 조명에너지절약
- 경사진 벽: 계적별 일사 유입량 조절하여 냉·난방 및 조명에너지절약
- 고효율단열재: 벽을 통한 열손실과 열획득을 줄여 냉·난방 에너지절약
- 외부 자동 블라인드: 외부에 설치된 블라인드로 일사열이 건물에 들어오기 전 차단
- 건물에너지관리시스템: 건물 내 에너지정보를 수집, 분석한 뒤 자동제어를 통한 건물에너지의 효율적인 관리
- 에너지저장시스템: 태양광 발전 시스템에서 생산된 전력을 저장하여 건물에 공급
- 무급유 터보 냉동기: 자기부상효과로 효율은 높이고 소음은 감소
- 폐열회수 환기시스템: 겨울에는 배기열을 회수하여 재활용하고 여름에는 열을 빼앗아 배출하여 냉·난방 에너지절약
- 태양광 발전시스템: 센터 옥상과 태양의 놀이터에 설치된 태양광 설비로 전력

생산(PV용량 272kW, 총모듈수 864매)

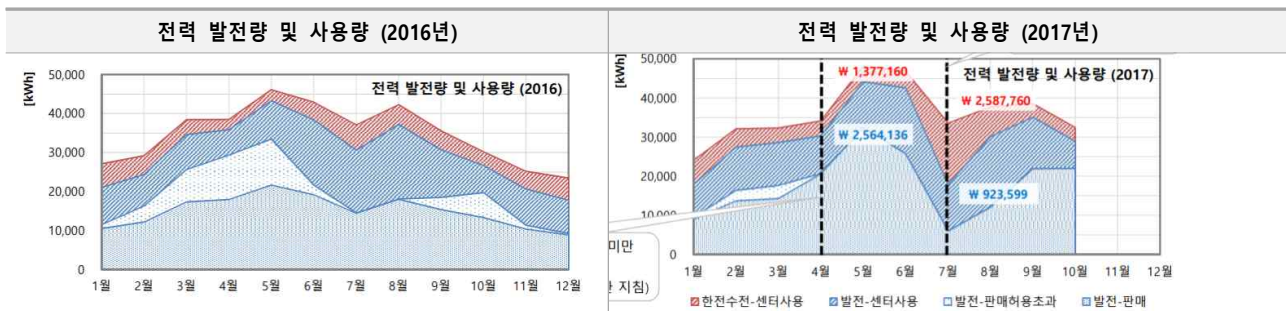
- 지열 냉난방 시스템: 겨울엔 땅의 온기로 난방, 여름엔 땅의 냉기로 냉방하여 냉·난방 에너지절약(112kW, 50m 깊이 총 37공)
- 자동조명제어 시스템: 조명 밝기를 자동으로 조절하여 조명에너지 절약

○ 분석결과

- (에너지 발전량 및 판매수익) 2014년 12월까지 태양광 발전으로 95만,831kWh의 전력을 생산했고 사용하고 남은 전기를 판매해 7,255만9,587원의 수익을 냄.



- (태양광 발전량과 전력소비량) 2016년도 기준 총 발전량은 361,029kWh/y, 총 소비량은 181,287kWh/y, 총 소비량 대비 한전 수전량은 평균32%(22~42%)임. 센터의 전기요금은 월별 130~200만원으로 태양광 발전시설이 없을 경우 250~460만원을 월별 납입해야함. 한전 송전율은 발전량의 최대 76% 송전하는 것으로 집계됨.



- 태양광 발전 및 전력 판매현황

[표 X] 태양광 발전 및 전력 판매 현황

[단위: kWh, 천원]

구분	소계	2013년	2014년	2015년	2016년	2017.10. 30.
태양광발전량	1,627,256	347,588	364,039	363,538	361,029	303,167
전력소비량	788,739	152,797	170,800	182,676	186,979	175,900
전력판매액	93,224	26,610	25,721	17,800	13,504	14,183

□ 2017년 판교 제2테크노밸리 기업지원허브

- (건물개요) 건축물 에너지 효율등급에서의 에너지평가결과는 요구량 76.8kWh/

m<sup>2</sup>y, 소요량 137.2kWh/m<sup>2</sup>y 으로 제로에너지건축물 본인증에서 5등급을 취득한 업무시설로 고단열, 고기밀 외피, 방위를 고려한 창면적비 등 패시브 건축기술을 적용하였고, 고효율조명과 지열, 태양광, UES등의 신재생에너지 생산설비 및 건물에너지관리시스템(BEMS)을 설치하여 에너지자립을 20.2% 달성한 건축물임.

구 분	내 용
위치	- 경기도 성남시
용도	- 업무시설
준공연도	- 2017년
규모	- 지하 2층, 지상 8층
설계 / 시공	- ㈜디에이그룹 엔지니어링 / ㈜포스코건설
인증	- 제로에너지건축물 인증 5등급, 건축물 에너지효율등급 1++등급
패시브 적용요소	- 창면적비 최적화, 차양 일체형 dhlv, 고단열/고기밀 외벽
액티브 적용요소	- 고효율 설비기기, UES(UPS+ESS융합)
신재생에너지 적용요소	- 태양광(PV, BIPV), 지열히트펌프



### ○ 적용된 요소기술

#### - 패시브 적용기술

- \* 로이삼중창, 외단열공법, 창면적비 최적화, 차양일체형 외피적용으로 일사 저감

#### - 액티브 적용기술


- \* 외기냉방 공조 시스템 적용, GSHP(지열히트펌프 시스템) 중앙제어 시스템, 배열회수 장치 적용, BEMS를 이용한 자동제어, 고효율 LED 조명적용

#### - 신·재생 및 자연 친화 적용기술

- \* 태양광: 고정식 PV 612.75kWp(옥상), BIPV 13.44kWp(아트리움상부) → 공급비율 10.42%
- \* 지열: 지열히트펌프 2,931.96kW → 공급비율 12.18%
- \* 연료전지: 5kW → 공급비율 0.87%
- \* UES: 정전시에 비상 발전기 역할을 대응할 수 있으며, 야간의 전기를 저장하여 주간 전력피크 절감 및 사용전력을 절감함(1,875kVA)

## □ 2018년 아산중앙도서관

- (건물개요) 국토교통부의 '저층부 제로에너지 건축물 시범사업'으로 추진되었으며, 연간 1차에너지소요량 192kWh/m<sup>2</sup>, CO<sub>2</sub>배출량 47kg/m<sup>2</sup>, 기밀도(n50) 0.29회/h 성능을 확보함. 태양광으로 59kW, 지열(수직밀폐형)로 599.64kW를 생산해 에너지자립률 21%의 제로에너지 건축물임.

구 분	내 용	전경
위치	- 충청남도 아산시	
용도	- 교육 연구시설	
준공연도	- 2018년	
규모	- 지하 1층, 지상 5층	
설계 / 시공	- ㈜에스디파트너스	
인증	- 제로에너지건축물 인증 5등급	
패시브 적용요소	- 고단열/고기밀 외벽, EVB 외부전동블라인드(남측, 서측)	
액티브 적용요소	- 전열교환기, BEMS 자동제어	
신재생에너지 적용요소	- 태양광(PV), 지열히트펌프	

## ○ 적용된 요소기술

### - 패시브 적용기술

- \* 로이삼중창, 외단열공법, 창면적비 최적화, 차양일체형 외피적용으로 일사 저감

### - 액티브 적용기술

- \* 외기냉방 공조 시스템 적용, GSHP(지열히트펌프 시스템) 중앙제어 시스템, 배열회수 장치 적용, BEMS를 이용한 자동제어, 고효율 LED 조명적용

### - 신·재생 및 자연 친화 적용기술

- \* 태양광: 고정식 PV 612.75kWp(옥상), BIPV 13.44kWp(아트리움상부) → 공급비율 10.42%
- \* 지열: 지열히트펌프 2,931.96kW → 공급비율 12.18%
- \* 연료전지: 5kW → 공급비율 0.87%
- \* UES: 정전시에 비상 발전기 역할을 대용할 수 있으며, 야간의 전기를 저장하여 주간 전력피크 절감 및 사용전력을 절감함(1,875kVA)

## 2.2.2.2. 국외 선행연구 분석

### (1) 국외 선행연구 분석

- 디지털사이언스(Digital Science)에서 제공하는 통합 연구정보 시스템인 Dimensions.ai에 따르면 제로에너지건축물 관련 R&D의 주제 및 연구 내용은 다음과 같음(Byoungsam Jin 외, 2023)

#### □ ZEB를 위한 첨단 원자력 기술 및 응용

- 첨단 원자력 기술과 그 개발의 다양한 측면을 다루는 연구로 원자력 냉각재 시스템, 새로운 연료 집합체 및 소형 모듈형 원자로 기술 개발을 포함함
- 다른 연구 분야로는 핵융합 에너지 R&D를 위한 고급 진단, 핵심 시스템을 위한 고성능 디지털 트윈, 핵융합 재료 연구를 위한 플라즈마 초점 발생기가 있으며 핵 폐기물 격납을 위한 혁신적인 솔루션, 첨단 원자로 운영 및 유지 관리 비용 절감, 무전력 테스트 및 다중 사이클 고갈 실험 데이터에 대한 통합 벤치마크 평가를 포함함
- 주요 연구 예시
  - Development of PEMD for nuclear coolant systems (UK)
  - Autonomous inspection for responsive and sustainable nuclear fuel manufacture (UK)
  - SMNR Feasibility study-SAGD integration (Canada)
  - Technology enabling zero-EPZ micro modular reactors (US)

#### □ ZEB를 위한 첨단 원자력 기술 및 응용

- 지진 안전, 에너지 효율성 및 건물 구조의 지속가능성과 관련된 광범위한 연구로 새로운 재료 사용, 고급 설계 방법, 혁신적인 구조 시스템 등 건물 구조의 내진성을 향상시키기 위한 다양한 접근 방식을 탐구함
- 에너지 업그레이드와 석조 건물의 지속 가능성, 고층 구조물의 지진 거동과 성능, 자체 중심 조정 버클링 구속 버팀대 및 고감쇠 탄성중합체와 같은 새로운 지진 격리 및 진동 제어 기술을 개발, 건물 외피용 지속 가능한 세라믹 벽돌 석조 베니어 벽 개발 등 건축 자재의 환경적 성능을 개선하는 것이 포함됨
- 주요 연구 예시
  - Development of the technology of multivibrator applications when carrying out high-resolution seismic surveys (Japan)
  - Seismic plus energy upgrading of masonry buildings using advanced materials (EC)
  - NEESR-II large-scale testing and micromechanical simulation of ultralow-cycle fatigue cracking in steel structures (US)

- 
- Temperature and aging performance of high-damping elastomers for seismic isolation systems (Canada)

#### □ ZEB의 유체 역학 및 난류 모델링

- 난류, 흐름 역학 및 모델링에 중점을 두고 유체 역학 및 수리 물리학과 관련된 연구 분야를 포괄
- 거친 벽의 난류 흐름 연구, 결빙 방지 재료 개발, 기포 흐름의 계면 농도 이동 조사, 항력 감소에 대한 계면활성제 효과, 와류파 기반 난류 모델 구축 등의 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - Turbulent flows over rough walls under the influence of streamwise pressure gradients (UK)
  - Improvement of ultrahigh lift low-pressure turbine blade aerodynamic performance based on evolutionary optimization technique (Japan)
  - EAGER: A non-Boussinesq, non-incompressible framework for studying atmospheric turbulence (US)

#### □ ZEB를 위한 고급 광전지 기술 및 통합

- 효율적이고 지속 가능한 광전지 기술 개발에 대한 다양한 연구 분야를 다룸
- 고투명성, 고전도성 분광 선택성 코팅, 용액 처리 무기 박막 광전지 장치, 원자적으로 얇은 광전지, 유기 반도체 재료, 집중형 태양 에너지 저장 및 산화환원 흐름 배터리에 대한 태양 에너지 저장, 지속 가능한 재료 및 제조 공정 개발, CO<sub>2</sub> 배출량이 낮은 효율적인 태양전지 설계, 태양광 패널의 건축 자재 통합, 결합에 강한 광전지 재료 개발, 광전지 장치의 계면 엔지니어링, 건물의 광전지/열 패널에 복사 냉각 통합 등의 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - Concentrated solar energy storage at ultra-high temperatures and solid-state conversion (UK)
  - Energy harvesting in cities with transparent and highly efficient window-integrated multijunction solar cells (EC)
  - Sustainable materials and manufacturing processes for the development of high efficiency, flexible, all-Perovskite tandem photovoltaic modules with a low CO<sub>2</sub> footprint (EC)

#### □ 저탄소 시멘트 제품 및 혁신

- 시멘트 제품의 탄소배출을 줄이고 순 제로 미래를 위해 기존 콘크리트에 대한 저탄소 대안을 개발하는 것을 목표로 함
- 저탄소 시멘트의 성능을 강화하기 위한 새로운 첨가제 및 기술 개발, 건설에 사용하기 위한 폐기물(예: 오염된 폐유리 및 철강 슬래그)의 가치화, 탄소 배출이 없는 저비용 콘크리트 재료 생산, 생체촉매 탄산칼슘 합착 및 초저 바인더 함량 등의 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - Engineered UK clays for production of low-carbon cements (UK)
  - Zero-carbon emission concrete (Norway)
  - Toward net-zero infrastructure: Fixing clay with clay (Sweden)
  - Cement-polymer composites from recycled polymers for construction (US)

#### □ 지속 가능한 생산 및 첨단 기술 통합

- 지속 가능한 생산, 에너지 효율성 및 첨단 기술 개발과 관련된 다양한 주제를 다룸
- 지속 가능한 시멘트 생산, 저배출 운송, 초저가 센서, 에너지 저장, 내장 시스템 및 통신 시스템 인프라에 대한 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - INSPIRE-Integrated sustainable production through innovative resource efficiency (UK)
  - Ultralow-cost printed flexible sensors for disruptive IoT applications (Canada)
  - Transition lab-scale production of energy storage devices (US)
  - ULTRA: Ultra-powerful cells for low-emission transport) (UK)

#### □ 지열 에너지 및 축열 시스템

- 지열 에너지, 열에너지 저장 및 수학적 모델링과 관련된 다양한 주제를 다룸
- 지열 히트 펌프 시스템, 열 에너지 저장 및 지하 광산 환기시스템의 설계 및 최적화, ZEB를 위한 지속 가능한 에너지 시스템 개발을 진전시키는 연구를 포함함
- 주요 연구 예시
  - High-performance ultralow-carbon geopolymer heat battery for thermochemical energy storage in net-zero buildings (UK)
  - Net-zero geothermal research for district infrastructure engineering (NetZero GeoRDIE) (UK)
  - Thermal energy storage for dispatchable geothermal power (US)

---

- Advanced design of geothermal heat pump systems (Canada)

### □ ZEB의 전력 전자 장치

- 전력 전자공학의 다양한 측면과 ZEB에서의 응용 분야에 중점을 둠
- 탄화규소(SiC) 등 신소재를 활용한 고성능 전력변환기 개발, 스위칭 아크 분석 및 모델링, 스위칭 셀 어레이 기반 전기자동차용 전력전자 설계, 에너지 절약 애플리케이션을 위한 스마트 스위칭 장치를 개발하고 유틸리티 규모의 DC-AC 변환을 위한 효율적이고 전력 밀도가 높은 모듈식 전력 전자 아키텍처를 조사하는 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - TESiC-SuperJ-Trench epitaxy for SiC superjunctions: technology enabling low loss HVDC power electronics (UK)
  - Basic research in wireless inductive power transfer (China)
  - CAREER: SiC high-frequency high-voltage power converters with partial-discharge mitigation and electromagnetic noise containment (US)

### □ 에너지 생성, 저장 및 변환 기술

- 에너지 생성, 저장 및 전환과 관련된 다양한 주제를 다룸
- 풍력 터빈 기술, 층류 썰, 친환경 항공 운송, 초저압, 풍속 풍력발전, 능동 센서 기술, 파워그리드 및 마이크로그리드용 에너지 저장 기술, 전기 기계 에너지 변환, 프로펠러 공기 역학적 상호 작용 및 소음 특성, 공진 자이로 마이크로 반구형 오목 배열, 너트팅 디스크 엔진, 선형 동기식 영구 자석 모터, 고속 발전기, 전기 시스템의 비선형 효과에 대한 수학적 모델링, 우주선 플라이휠 에너지 저장, 고급 항공기를 위한 에너지 효율적인 제어 알고리즘, 확률론적 지연 해밀턴 시스템의 강력한 제어, DC 포화 완화 역회전 풍력에너지 변환 시스템 및 우주 추진을 위한 가벼운 압력 등의 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - R&D to develop spray applications using a bespoke drone to improve the operating efficacy of wind turbine technology (UK)
  - Bionics research on the conversion mechanism of scorpion wind power for key problems of ultralow wind-speed wind power generation (China)
  - Electromechanical conversion for wind turbines (Canada)

### □ 초저전력 전자 회로 및 하드웨어

- 효율적인 프로세서 설계, 메모리 및 디지털 회로 경계 탐색, 초저전압 SRAM 아

---

키텍처, 단열 회로, 극저온 단열 CMOS 및 초저전압 애플리케이션을 위한 아날로그 통합 시스템 개발을 포함하여 초저전력 소비를 위한 에너지 효율적인 하드웨어 및 회로에 중점을 둡니다

○ 새로운 커패시터 없는 동적 랜덤 액세스 메모리 기술 개발, 초저전력 시스템 온 칩 슈퍼 동적 전압 조정기 핵심기술 연구, 광대역 갭 전력 변환을 위한 고대역폭 감지 등의 연구를 포함함

○ 주요 연구 예시

- Efficient design of ultralow power near-threshold digital processors (EC)
- Exploring memory and digital circuit boundaries for energy efficient hardware (Canada)
- Ultralow voltage SRAM architecture-assisted circuitry and logic in memory (Sweden)

#### □ 스마트 시스템을 위한 에너지 효율적인 장치

○ 건물 제어, 무선 통신, 감지 시스템 및 사물 인터넷(IoT) 장치를 포함한 다양한 응용 분야를 위한 에너지 효율적인 초저전력 장치, 시스템 및 기술 개발에 대한 연구를 다룹니다

○ 디지털 및 아날로그 회로, 메모리 아키텍처, 마이크로 전자 기계 장치, 에너지 수확 시스템, 무선 센서, 안테나, 초저전력 및 제로 전력 작동을 위한 통신 프로토콜의 설계 및 최적화 등의 연구를 포함함

○ 주요 연구 예시

- Wireless devices for smart energy management systems (EC)
- NSF-BSF: CNS Core: Small: Reliable and zero-power timekeepers for intermittently powered computing devices via stochastic magnetic tunnel junctions (US)
- Zero-power wireless sensor network for smart homes (Canada)

#### □ ZEB를 위한 나노기술 및 첨단 소재 시스템

○ 전기 기계 큐비트, 반도체 탄소 나노튜브 플라리토닉 장치 및 그래핀 스핀트로닉스에 대한 분자 구조 역학의 사용을 탐구

○ 전고체 박막 리튬 이온 배터리, 3D 나노포토닉 장치, 미립자 기반 기능성 고분자 등을 위한 고체 전해질 개발 등의 연구가 포함됨

○ 주요 연구 예시

- Development of carbon nanotube-embedded zeolite 13X/CaCl<sub>2</sub> composite adsorbents for waste heat-powered adsorption cooling systems (China)

- A novel instrument for probing near-field radiation and thermophotovoltaic energy conversion in nanostructured and low bandgap materials (US)

#### □ ZEB 및 운송 AI 기반 해양 생태계를 위한 첨단 소재 및 기술

- 에너지 효율, 안전성, 단열, 경량 건축 자재 및 차량을 개선하고 첨단 소재 및 코팅을 개발하는 것을 목표로 함
- 수동 화재 방지 기능이 향상된 파괴적인 폴리우레탄 폼 개발, 압력 효율적인 수소 저장, 자동차 부품 생산을 위한 프리폼 기술, 재료 과학, 디지털 재료, 초저마모 코팅, 초경량 점토 에어로겔 재료, 전자 기계 형성, 하이브리드 경량 폼 코어, 유연한 구성요소를 위한 경사 구조, 진공 단열 패널, 자연 발생 복합 재료의 다중 규모 조사 및 모방, 군수품용 방화 시스템 등의 연구를 포함함
- 주요 연구 예시
  - Highly efficient production of ultra-lightweight clay-aerogel materials and their integrated composites for building insulation (EC)
  - VOC-free, highly flame-resistant hybridsil insulation coatings for next-generation thermal insulation and energy efficiency (US)
  - Nanofiber aerogels-From a fundamental understanding of structure towards transparent flexible insulation and functional hybrids (Switzerland)

#### □ 상호 작용 및 지속 가능한 에너지 모니터링

- 모니터링 시스템 연구 및 개발, AI 및 컴퓨터 모델 적용, 지속 가능한 에너지 생산 최적화, 생태계 복원, 해양 생태계와의 지속 가능한 상호 작용을 위한 역량 구축에 중점을 둠
- 주요 연구 예시
  - Greenhouse gas removal plus (GGR+): sustainable treescapes demonstrator and decision tools (UK)
  - GCRF building capacity for sustainable interactions with marine ecosystems for health, wellbeing, food, and livelihoods of coastal communities (UK)

#### □ 지속 가능한 운송을 위한 제로 배출 솔루션

- ZEB 및 지속 가능한 운송과 관련된 다양한 분야를 포괄함
- 스마트 디젤 연료 솔루션 개발 및 최적화, 선박용 탄소 제로 전력 솔루션, 재생 가능 연료 범위 확장제, 청정 연료 공급 솔루션, 건축 자재의 기후 영향 감소, 전기 도로 운송, 무공해 차량, 해양 선박, 기계, 지속 가능한 무배출 운송 시스템

---

로의 전환을 지원하기 위한 타당성 조사, 데이터 분석 도구 및 수명 주기 모델링 등의 연구가 포함됨

○ 주요 연구 예시

- iFuelActive-Smart diesel fuel solutions for the low carbon transition (UK)
- Development of a new forest monorail using potential energy (Japan)
- Zero emission hauler (Sweden)
- Havyard-Zero-emission ROPAX vessel (Norway)

□ ZEB를 위한 수소 솔루션 및 탄소 관리

○ 청정 수소 생산, 수소 저장 및 운송, 탄소 포집 및 활용, 에너지 효율성, 연료전지 기술을 포함한 다양한 ZEB 연구 분야와 관련되어 있음

○ 효율적이고 유연한 수소 생산 방법 개발, 파이프라인의 수소 취성 평가, 새로운 수소 저항성 재료 탐색, 저배출 운송 및 원격 현장 에너지 생산을 위한 연료전지 기술 개선 등의 연구를 포함함

○ 주요 연구 예시

- Development of a retrofittable dry low-emissions industrial gas turbine combustion system for 100% hydrogen and natural gas blends (US)
- Collaboration to develop manufacturing methods of electric microreactors for clean hydrogen production (Canada)
- Safe, low-cost hydrogen storage materials from NZ resources (New Zealand)

□ ZEB용 연소 시스템 및 대체 연료

○ 연소 시스템, 탄소 포집, 수소 연료 기술, 바이오매스 연소 시스템을 포함한 ZEB 기술 개발에 중점을 두고 있음

○ 첨단 가압 유동층 연소 발전소, 거의 제로 에너지 소비를 위한 저배출 지역 히터, 석탄 가스화, 초청정 및 효율적인 폐기물을 재생 가능 에너지로 변환, 새로운 디젤 연료의 연소 화학, 연소 과학에서의 전기장 활용, 엔탈피 및 질량 유속 측정을 위한 비침습적 센서 시스템 개발, 미세중력 연소 등의 연구를 포함함

○ 주요 연구 예시

- Zero-emission supercritical carbon dioxide oxy-combustor development and testing (US)
- SCC-CIVIC-PG Track A: Novel fuel-flexible combustion to enable ultra-clean and efficient waste-to-renewable energy in changing climate (US)
- Full-field laser vibrometry for combustion diagnostics (Austria)

## □ 물 관련 재생에너지 및 저장기술

- 조력, 파도, 수력 발전 등 물을 이용한 재생에너지 생성과 에너지 저장 및 분배 기술
- 흐름 제어, 시스템 설계 및 최적화, 신뢰성 및 위험 관리, 제어 전략, 수치 모델링 및 시뮬레이션, 지속 가능한 에너지 생성 및 공급을 위해 PAX 로터 및 SOURCE 수력 패널과 같은 새로운 장치 및 프로토타입을 개발하는 연구 등을 포함함
- 주요 연구 예시
  - Compact hydro energy device (UK)
  - Wave-energy converter performance and cost optimization through novel controls strategies (US)
  - Development of micro water generator for household water pipes (Japan)
  - Advanced modeling and simulation development of hydroelectric power generators, including electronic excitation circuits (Canada)

## □ 수처리 및 산업 제조 분야의 지속 가능한 ZEB 솔루션

- 바이오 제조에서의 탄소 포집 및 활용, 지속 가능한 폐기물 관리 솔루션, 에너지 중립 폐수 처리, 분산형 물 기술, 탄소 제로 콘크리트 생산, 저에너지 수처리 공정 및 폐수에서 효율적인 질소 제거, 혁신적인 멤브레인 개발, 수처리를 위한 생물 반응기와 생물막 사용, 건물 외피용 새로운 제조 공정 및 재료 탐색 등의 연구를 포함함
- 주요 연구 예시
  - Development, characterization, and study of the durability of flexible polymer eco-composites based on milkweed fibers for the building envelope (Canada)
  - DL: Systems analysis and fundamental control of bacterial processes in the production of bio-concrete for construction purposes BioZement 2.0 (Norway)

## □ 에너지 효율적인 건물을 위한 고급 창호시스템

- 초박형 유리막, 폴리우레탄 창호시스템, 고단열 및 흡음 기능을 갖춘 스마트 창호, 합리적인 가격의 고성능 창호, 경량 전환형 창호 등 첨단 창호시스템을 통해 건물의 에너지 효율을 향상시키는 기술 및 소재 개발에 중점을 둠
- 단열성이 높은 유리, 건물 보수용 적응형 외피 및 우수형 유리 시스템을 위한 새로운 프레임 기술을 개발, 건물 에너지 소비를 줄이고 지속 가능한 재료 및 제조 공정을 촉진하는 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시

- AIR Option 1: Technology translation: Smart windows for the improved energy efficiency of buildings (US)
- Lightweight switchable smart solutions for energy-saving large windows and glass facades (Canada)
- Advanced switchable glazing using different composite layers of energy-efficient and sustainable material for zero-emission buildings (UK)

#### □ 기존 건물의 개조 및 에너지 최적화

- 에너지 효율성을 개선하고 ZEB로 전환하기 위해 기존 건물을 개조
- 기술 개발, 제조 프로세스, 스마트 섬유, 에너지 관리 시스템, 모듈식 및 다목적 프로세스 장치, 성능 분석, 기계 학습, 수명 주기 평가, 실내 기후 및 에너지 성능, 수익성 분석 등의 연구가 포함됨
- 주요 연구 예시
  - Energy management system incorporating integrated retrofit decision model (EMSIRDecMo) (UK)
  - Sustainable solutions for affordable retrofit of domestic buildings (EC)
  - Achieving nearly zero-energy buildings-A life-cycle assessment approach to retrofitting existing buildings (Ireland)
  - Self-heating social housing-The zero carbon retrofit (UK)

#### □ 클러스터 22 ZEB 및 지속 가능한 건축을 위한 목재 중심 접근 방식

- 목재를 주요 재료로 사용하는 ZEB에 중점을 둬.
- 연구에는 재생가능한 목재를 사용한 초저에너지 녹색 건물 설계, 교차 적층 목재 건물의 붕괴 저항성 강화, 내부 목재 제품을 위한 마감 및 치밀화 솔루션 개발, 저렴한 탄소 제로 건축물 생성, 구조 바닥 시스템을 위한 지속 가능한 솔루션 개발 등이 포함될 수 있음. 목재용 변환 프로세스 및 공작 기계 최적화, 목재 건물용 새로운 목재 섬유 패널 생성, 목조 건물의 순 제로 에너지 및 탄소 달성, 삼나무 변환 부산물로부터 벌크 단열재 개발, 순환 경제에서 목재 안정화.
- 주요 연구 예시
  - Ultralow energy green building based on renewable wood material (Slovakia)
  - Affordable zero-carbon construction (UK)
  - Low environmental impact building with timber and lime-based alternative mass composites (EC)
  - Wood framed buildings of the future tools for near-zero-energy (Sweden)

#### □ 클러스터 23 전체적인 ZEB 개발 및 도시 규모 에너지 최적화

- 외피 재료 시스템, 건물 에너지 개조, 재생 가능 기술 설치, 스마트 넷 제로 에너지 커뮤니티, ZEB 구축을 위한 자격을 갖춘 교육 프로그램, 지속 가능한 산업, 도시 규모의 에너지 사용 최적화, 지능형 넷 제로 에너지 모듈형 주택, 순환 경제, 제로에 가까운 긍정적인 에너지 정착 달성, 프리캐스트 콘크리트 탈탄소화, 영향이 적은 외피 자재 시스템 개발, 건물 개조를 위한 클라우드 기반 CAD/추정 도구 생성, 스마트 넷 제로 에너지 커뮤니티 설계, 건축 전문가 및 생산직 근로자를 위한 자격을 갖춘 교육 프로그램 개발, 스마트 기술을 통해 지속 가능한 산업 제공 등의 연구가 포함됨

- 열 탈탄소화 처리, 거주자 행동 불확실성으로 도시 규모의 에너지 사용 최적화, 추운 지역을 위한 지능형 순 제로 에너지 모듈형 주택 개발, 폐기물 가치 창출 프로세스의 순환 경제 잠재력 향상, 거의 0에 가까운 긍정적인 에너지 정착지 개발, 순 제로 탄소 목표를 달성하기 위해 지속 가능한 가정 및 개인 위생 용품의 설계 및 생산을 최적화하는 모델링 및 평가 기능에 관한 연구 또한 이루어짐

○ 주요 연구 예시

- Increasing green retrofits and installation of renewable technologies by SMEs through next-generation, cloud-based CAD/estimating tools to reduce UK housing carbon emissions (UK)
- Demonstration of an integrated renovation approach for energy efficiency at the multibuilding scale (EC)
- Envelope material system with low impact for zero energy buildings and renovation (EC)

□ ZEB 기술 및 건물 통합 재생 가능 시스템

- 외피 재료 시스템, 건물 개조, 재생에너지 기술, 지역 사회의 에너지 최적화, 스마트 에너지 관리 시스템, 순환 경제, 에너지시스템의 탈탄소화, 건물 통합 재생에너지 시스템의 모델링 및 최적화를 포함한 다양한 ZEB 분야를 포괄함

- 공기열 열 펌프, 태양열 및 태양광 발전 시스템, 저장 시스템, 가스 네트워크, 재생식 고성능 커튼월 등 다양한 유형의 기술에도 적용이 가능함

○ 주요 연구 예시

- Design and control of advanced building energy systems (Canada)
- Hybrid air conditioning for net ZEB featuring heat pipe and ice storage (Canada)
- Digitalization of electrical power and energy systems operation (UK)
- Advanced energy matching for ZEB in future smart hybrid networks (Finland)

□ 첨단 에너지시스템과 지속 가능한 건물 혁신

- 
- 첨단 에너지시스템의 설계 및 제어, 전력 및 에너지시스템의 디지털화, 하이브리드 에어컨, 그리드 에너지 저장, 지속 가능한 에너지시스템, 혐기성 소화, 열화학 에너지 저장, 지상 소스 등 제로 에너지 빌딩의 다양한 측면과 관련됨
  - 난방 및 냉방, 열회수 환기. 저탄소 냉난방 시스템, 에너지 절약 환기 장비의 미생물 오염, 열 에너지 저장 최적화, 재생 가능 에너지의 효과적인 사용, 복사 냉각 페인트와 같은 에너지 효율적인 건축 자재 사용 등의 연구도 포함됨
  - 주요 연구 예시
    - Robust technology combining both air filtration and purification with zero chemicals used and zero residues produced (EC)
    - Thermochemical seasonal solar energy storage for building applications (seasonal storage) (UK)
    - Heat and moisture exchangers for energy-efficient buildings: Fouling, frosting and sorption (Canada)
    - Heat recovery ventilation for IEQ in inner city dwelling (Canada)

## 2.2.3. 연구개발 성과 및 한계 분석

### 2.3.3.1. 선행연구 및 실증사례 분석 시사점

- 상기 조사 내용 중 건물에너지성능 평가 및 제로에너지건축물을 키워드로 하여, 선행연구 상세분석 수행 및 한계점 분석

#### (1) 제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발

구분	내용
과제명	제로에너지 주택 및 단지 최적화 모델 개발
기간	2013.10.~2018.04.
내역사업명	주거환경연구사업
연구개발기관	명지대학교 산학협력단
전문기관	국토교통과학기술진흥원
예산	정부출연금 179.8억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기 개발된 기술을 바탕으로 제로에너지 주택 단지기술 확보를 통한 에너지복지 실현               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 효율등급 1+++등급,</li> <li>- 녹색건축 (최우수), 독일 패시브(PHI) 인증</li> </ul> </li> </ul>
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제로에너지 주택 및 단지설계와 제로에너지 주택 및 커뮤니티 시공을 통해 현 단계의 제로에너지 주택설계기술 및 시공기술을 융합한 단지 구현</li> <li>• 단지 설계 및 시공과정에서 드러나는 에너지절약형 건축물 및 단지 기술의 융합부의 핵심기술을 발굴하고 관련 연구 및 가이드라인 작성을 통해, 향후 관련기술의 보완사항 및 보급을 위한 방안 고안</li> <li>• 시제품 설치 및 성능시험단계로 제로에너지 기술관리 및 4대 복지 IT모니터링 기술연구 진행               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 기술 관리 : 단지 구축 시 계획된 에너지절약형 건축물 및 단지기술의 성능발현을 위해 올바른 적용여부를 관리하는 연구로서, 계획상의 기술을 발현하는 과정에서 발생 가능한 시공오차를 발굴하여, 에너지성능 달성을 가능케 하는 핵심 융합기술</li> <li>- 4대복지 IT모니터링 기술적용연구 : 고령자 및 장애인을 위한 주택 및 단지 내 케어시스템 도입방안을 연구하며, 제로에너지 주택 및 단지의 정보를 거주자 및 방문자에게 IT 기술과 홍보요소를 접목하여, 제로에너지 주택단지의 가치 향상방안을 연구</li> </ul> </li> <li>• 제로에너지 주택단지의 에너지 사용 및 생산량을 모니터링 하고 데이터베이스를 구축 및 분석함으로써, 추후 국내정책 수립 및 관련 연구 자료를 구축</li> <li>• 주택단지의 비용효용측면의 쾌적성 분석을 통해, 쾌적한 주거환경 확보의 경제적 효과에 대해 연구함으로써, 에너지절약형 건축물의 가치를 재평가</li> <li>• 현장적용 및 사업화 단계로서, 제로에너지 주택 및 단지 융합기술, 주택단지 경제성연구, 주택에너지 성능검증 및 인증기준 개발, 주택단지 홍보 등의 연구가 이루어짐               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 주택 및 단지 융합기술 : 에너지 절약형 건축물의 보급, 관련 건축시장 기술 및 연구방향 제시, 주택 에너지 분야 중장기 마스터플랜 등을 통해 제로에너지 주택 및 단지의 보급을 위한 중요 기술, 정책, 시장에서 요구되는 사안 연구</li> <li>- 제로에너지 주택단지 경제성 연구 : 추후 제로에너지 단지의 보급측면에서 원활한 금융순환을 위해 이용 가능한 금융상품 및 관련 정부지원의 활용방안 연구</li> </ul> </li> <li>• 제로에너지 주택단지 홍보는 국민인식개선 및 국가 기술력 홍보를 위해 적용가능한 홈페이지, 홍보관, 전시프로그램, 다큐멘터리 등을 계획</li> <li>• 이러한 연구 내용을 바탕으로 최종적으로 제로에너지 주택실증단지과 주택 최적화모델을 구축함으로써 지속가능한 미래 주거단지 구현 가능성을 확보</li> </ul>

실증지	• 노원 이지하우스 공동주택(7층규모)
선정방식	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장에 보급된 에너지 성능 관련 자재로 주요 자재를 수입품을 포함하여 실증을 추진</li> <li>• 국내 ZEB 등급 미인증</li> </ul>

## (2) 제로에너지주택 건축활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발

구분	내용
과제명	제로에너지주택 건축활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발
기간	2018.04.~2022.06.
내역사업명	주거환경연구사업
연구개발기관	한국건설기술연구원
전문기관	국토교통과학기술진흥원
예산	정부출연금 61억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 적용공법 개발 및 실증</li> <li>- 고성능 창호, 초단열 방화문, 단열 신소재</li> </ul>
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 절약형 자재 및 기술 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축</li> <li>- 기존 기술 적용 사례 및 유형 DB 구축</li> <li>- 기존 기술의 연계활용 전략 보고서 작성</li> <li>- 제로에너지 건축 기술트리 구축</li> <li>- 자재별 에너지 절약 비용 및 효과 분석보고서</li> </ul> </li> <li>• 제로에너지 건축물 기술 수준 및 자재 목표성능기준 설정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 DB 구축</li> <li>- 제로에너지 기술 개발 로드맵 도출</li> <li>- 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 도출</li> </ul> </li> <li>• 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 적용공법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표성능을 충족하는 자재(창호, 세대현관문, 단열신소재) 및 적용공법 개발</li> <li>- 자재별 KOLAS 공인시험 성적서 및 시방서 도출</li> <li>- 실증 테스트베드 및 모니터링 보고서 도출</li> </ul> </li> </ul>
실증지	• 공동주택 (일산, 성남) 및 주거복합건물(서울, 강릉 등)
선정방식	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패시브 기술 중 창호, 방화문, 단열 신소재 3개 자재에 대한 기술개발 후 개별 실증지 적용(9개소)</li> <li>• 통합적 실증을 통한 ZEB 달성여부 파악 어려움</li> </ul>

### (3) 저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발사업

구분	내용
과제명	저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발 사업
기간	2019~2023
내역사업명	저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발
연구개발기관	한국에너지기술연구원
전문기관	국토교통과학기술진흥원
예산	정부출연금 267억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1세부) 에너지공유 커뮤니티 실현을 위한 에너지 플랫폼 기술 개발 및 실증               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단독주택 단지 규모에 에너지 공유 (생산/소비) 데이터를 연계·활용 실증 (공동주택 대상 실증은 미포함)</li> </ul> </li> <li>• (2세부) 기존 건축물 에너지 성능 향상 및 에너지공유 플랫폼 기술 등을 적용한 최적 에너지 공유 커뮤니티 구축 및 보급 모델 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존건축물에 적용가능한 리모델링 에너지효율 통합프로그램(SW)중심</li> </ul> </li> </ul>
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 건물부문 온실가스 감축 및 건축물 에너지 절감을 위해 기존 건축물 제로에너지화 기술 및 마이크로그리드 기술을 적용한 최적 에너지 공유형 커뮤니티 및 도시 생태계 조성</li> <li>• 에너지 공유 커뮤니티 구축 : 커뮤니티 또는 도시 내 에너지 사용량 60% 감소를 위한 최적 에너지 연계 및 에너지 플랫폼 운영관리 기술 개발</li> <li>• 맞춤형 리모델링 기술 : 기존 건축물 제로에너지화 및 리모델링 공사비용 최대 30% 절감을 위한 수요 맞춤형 그린리모델링 패키지기술 개발</li> <li>• 실증단지 구축 : 에너지 공유 생태계 조성이 가능한 규제샌드박스가 설치된, 시마트시티 실증도시(시흥시) 및 스마트시티 국가 시범도시(부산 EDC )를 대상으로 2개소의 커뮤니티 및 도시 통합실증과 조기 사업화</li> <li>• 리빙랩 실증 : 대국민 수용성 제고와 다양한 Biz. Model 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 리빙랩 : 시흥시 코인 연계, 에너지 크래딧 등을 활용한 에너지 복지 생태계 조성</li> <li>- 에너지 효율화 및 리모델링 패키지 기술 개발을 통합한 Cloud SHARE(Share, Humanity, Air, Renewable Energy, Efficiency) Platform 기술 및 Biz. Model 개발</li> </ul> </li> </ul>
실증지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시흥 신현동 행정복지센터(리모델링)</li> <li>• 부산 EDC 스마트빌리지 단독주택(공유)</li> </ul>
선정방식	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 '공유' 및 에너지 관점에서의 리모델링 최적화 모델을 산정하는 SW개발 중심의 과제</li> <li>• 부산 EDC의 저층 단독주택 대상 실증함</li> </ul>

### (4) 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원 시스템 개발

구분	내용
과제명	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원 시스템 개발
기간	2014.09.~2020.06
내역사업명	도시건축연구사업
연구개발기관	한국건설기술연구원
전문기관	국토교통과학기술진흥원
예산	정부출연금 153억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1세부) 건축물 정보 DB 구축 및 통합지원시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹색건축 지원 통합정보DB 및 에너지성능평가 표준모델개발</li> <li>- 건축물 에너지 효율화 포트폴리오 지원시스템 구축</li> </ul> </li> <li>• (2세부) 건축물 상세 에너지사용량 대표 원단위 DB구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상세 에너지정보 DB기반 건축물 에너지 성능 수준 비교분석 프로그램 개발</li> </ul> </li> </ul>
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합 지원시스템 구축</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹색 건축물 관련 제도와 기술간의 연계, 그린투게더와의 연동 구현을 위한 시스템 설계, 자재 및 설계 지원 정보의 스마트 서비스 체계화 등 에너지 효율화 지원 툴 설계 및 웹베이스 서비스 구축</li> <li>- 국가 녹색건축 지원 정보의 종합적인 활용을 위한 연동 시스템 및 녹색 건축물의 에너지소요량 산정 프로그램 개발</li> <li>- 녹색 건축 지원 Contents에 대한 효율적 구동을 위한 시범 평가</li> <li>• 건축물 정보 DB 구축 및 포트폴리오 지원시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저에너지 건축 지원 통합 정보 DB 구축</li> <li>- 효율적인 DB 및 DBMS의 사용을 위한 UI 구축</li> <li>- 에너지 성능평가 표준 모델 개발(국가 건축물 에너지 통합 DB를 활용한 intelligent default 개발)</li> <li>- 건축물 에너지 효율화 포트폴리오 지원시스템 개발</li> <li>- 주거/비주거 건축물 에너지 효율화 기법(ECM) LIST 구축</li> <li>- 건축물 에너지 효율 개선안 경제성 평가 규격 및 알고리즘</li> </ul> </li> <li>• 건축물 유형별 상세 에너지 사용량 정보 획득 및 분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물 상세 에너지사용량 대표 원단위 DB 구축</li> <li>- 상세 에너지사용량 계측 서비스시스템 유지 관리</li> <li>- 패턴 프로파일, 건물특성, 에너지원별 사용 총량 데이터 등 활용한. 부문별 상세 에너지사용량 추정 알고리즘 개발 및 신뢰성 검증</li> <li>- 대표 원단위 DB 기반 건축물 에너지 성능수준 비교분석(벤치마킹) 프로그램 개발</li> <li>- 비교분석(벤치마킹) 프로그램 연계한 개선 가이드의 운영 매뉴얼 개발</li> <li>- 연구성과물의 활용을 위한 지침 고시(안) 작성</li> </ul> </li> </ul>
실증지	• 수도권 공동주택(200세대) 및 사무소(85개소) 실측
선정방식	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 건축물의 에너지 사용량 및 원단위 DB 구축</li> <li>• ZEB 3등급 수준에 대응하는 기술 부재</li> </ul>

#### (5) 건물부문 탄소중립 가속화를 위한 건물에너지 소비 데이터 통합관리 기반기술 개발

구분	내용
과제명	건물부문 탄소중립 가속화를 위한 건물에너지 소비 데이터 통합관리 기반기술 개발
기간	2023.04.~2026.12
내역사업명	건물에너지 소비 데이터 통합관리 기반 구축
연구개발기관	한국건설기술연구원
전문기관	국토교통과학기술진흥원
예산	정부출연금 152억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1세부) 국가건물에너지 통합 DB 중심의 다출처 데이터 연계 기술 개발</li> <li>• (2세부) 현장조사 비정형 자료의 정보화 기술 개발</li> <li>• (3세부) 건축물의 에너지 소비성능 평가방법론 정립</li> <li>• (4세부) 건물에너지소비데이터 통합관리시스템 구축 및 활용기반 마련</li> </ul>
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가건물에너지통합DB 중심의 다출처 데이터 연계 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물대장 위계에 따른 다출처 데이터 연계-통합 기술 개발</li> <li>- 건물공동 데이터셋 전처리 기술 개발</li> <li>- 건물공동 데이터셋 특징 추출 기술 개발</li> </ul> </li> <li>• 현장조사 비정형 자료의 정보화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장조사 비정형 자료의 공간(위치)정보 태깅 인터페이스 개발</li> <li>- 건축물 현장조사 비정형 자료의 최적 유지관리 기술 개발</li> <li>- 기계설비 현장조사 비정형 자료의 최적 유지관리 기술 개발</li> <li>- 비정형 자료 유지관리 제도개선</li> </ul> </li> <li>• 건축물의 에너지 소비성능 평가방법론 정립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거형 시설의 (공동주택및영유아시설) 에너지 소비성능 평가지표 개발 및 평가방법론 정립</li> <li>- 의료시설의 에너지 소비성능 평가지표 개발 및 평가방법론 정립</li> <li>- 교육및문화 시설의 에너지 소비성능 평가지표 개발 및 평가 방법론</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>정립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 업무시설의 에너지 소비성능 평가지표 개발 및 평가방법론 정립</li> <li>• 건물에너지소비데이터 통합관리시스템 (I-BED) 구축 및 활용기반 마련</li> <li>- 데이터 및 기술의 종합 연계체계 구축</li> <li>- 지자체 건물에너지소비 총량관리 지원방안 마련</li> <li>- I-BED 개발 및 시범운영</li> <li>- 성과물 활용 기반 마련을 위한 정책 및 제도 개정안 도출</li> </ul> </li> </ul>
실증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 및 데이터 체계 구축</li> </ul>
선정방식	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존건축물의 에너지사용량을 거시적 차원에서 분석하여 원단위 산출</li> <li>• 월단위 데이터를 이용하여 여러 유형의 건물에너지를 분석이 가능하지만 개별 건물의 상세 에너지 성능 평가는 어려움</li> </ul>

#### 2.2.4. 주요 시사점

##### □ 국내외 제로에너지건축 연구개발 투자비용의 지속적 증가

- 국내 제로에너지 R&D 정부사업비는 2019년 4,011백만원, 2020년 4,131백만원 2021년 7,203백만원, 2022년 9,003백만원으로 지속적으로 증가함
- 2000년부터 2022년까지 ZEB와 관련된 R&D 글로벌 보조금 수는 2019년부터 2020년까지 상당한 급증을 보임

##### □ 고층형 공동주택의 ZEB 상위등급 확보에 대한 연구 미비

- 개별 요소기술이 아닌 통합적인 실증목표기반의 요소기술간의 연계/통합기술 미비고층 공동주택의 제로에너지 등급 확보를 목표로 하는 기술 미비
- 기존 공동주택의 에너지 사용량 및 원단위 DB 활용 방안 외 새로운 방법론 미비
- 이미 구축된 자료를 조사·정리한 것을 DB화하는 것 외에, 신규 모니터링 기반 DB 구축 미비

##### 2.3.3. 연구개발 성과 및 한계 분석

## 2.3. 종합분석

### (1) 국내외 환경 현황 요약 및 종합분석

#### □ 국내외 환경 현황 요약

- (정책) 국내외 제로에너지 및 탄소중립 정책이 가속화됨으로써, 이에 대한 대응책 마련이 시급
  - (국내) 19년 6월 제로에너지건축 단계적 의무화를 위한 세부로드맵 개편(안) 발표에 따른 제로에너지건축물 인증 의무화 본격화
  - (국외) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 기후변화에 관한 정부간 협의체)는 2030년 CO<sub>2</sub> 배출량을 2010년대비 45% 감축해 2050년까지 탄소중립을 달성할 수 있도록 각국에 제안
  
- (기술) 민간주도의 프로그램 개발 및 기존 시뮬레이션 프로그램의 고도화 필요
  - 유럽과 미국을 중심으로 하는 대표적인 에너지 분석 평가 툴들은 정부가 아닌 민간·연구소 주도의 노력을 통해 시뮬레이션 프로그램들의 고도화가 진행
  - 정부는 알고리즘을 개발하고 민간에서 개발한 프로그램을 인증·관리하는데 집중, 민간은 정부에서 개발한 알고리즘을 바탕으로 사용자 편의성 및 정밀도를 향상시킨 프로그램 개발에 집중
  - 국내의 경우 유럽과 미국 등의 시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 정부 주도의 에너지시뮬레이션 프로그램의 고도화(정밀도 및 편의성 개선) 필요
  
- (산업·시장) 제로에너지건축물 시장 규모에 대응하기 위한 인증제도 개편 필요
  - (국내) 2023년에는 2018년 대비 약 2배 증가한 약 30조원 규모가 될 것으로 전망됨
  - (국외) 2021년 약 520억 달러에서 2026년 약 1,590억 달러 규모로, 2026년까지 매년 약 25.2%의 성장 예상
  - 시장규모의 상승에도 불구하고 '17년부터 ZEB 인증제를 도입 이후 제로에너지건축물 본인증을 받은 건축물 1005건 중 주거용은 13건(2%)이며, 이 중 10층 이상 공동주택은 2건(0.2%)에 불과

#### □ 국내외 환경 현황 종합분석(방향성 설정)

- 공동주택의 ZEB 상위 등급 달성이 어려운 이유를 분석하고, 이를 극복하기 위해 신재생에너지 적용 확대, 현장 적용성 향상기술 개발로 에너지자립률 극대화 방안 모색
- 제로에너지건축물 활성화를 위한 제도/정책 개선(안) 마련(중장기 정책로드맵과 이를 실현하기 위한 인센티브/의무화 제도 등)

- 
- 한국 실정 및 공동주택 특성을 반영한 ECO2 기반 데이터 구축
  - 사용자 편의성과 평가 신뢰도를 확보한 건물 에너지 평가방법론 개발

## (2) 국내외 연구개발 현황 요약 및 분석

### □ 국내외 연구개발 현황 요약

- (투자) 국내외 제로에너지건축 연구개발 투자비용의 지속적 증가
  - 국내 제로에너지 R&D 정부사업비는 2019년 4,011백만원, 2020년 4,131백만원, 2021년 7,203백만원, 2022년 9,003백만원으로 지속적으로 증가함
  - 2000년부터 2022년까지 ZEB와 관련된 R&D 글로벌 보조금 수는 2019년부터 2020년까지 상당한 급증을 보임
- (선행연구) 고층형 공동주택의 ZEB 상위등급 확보에 대한 연구 미비
  - 개별 요소기술이 아닌 통합적인 실증목표기반의 요소기술간의 연계/통합기술 미비
  - 고층 공동주택의 제로에너지 등급 확보를 목표로 하는 기술 미비
  - 기존 공동주택의 에너지 사용량 및 원단위 DB 활용 방안 외 새로운 방법론 미비
  - 이미 구축된 자료를 조사·정리한 것을 DB화하는 것 외에, 신규 모니터링 기반 DB 구축 미비
- 국내외 연구개발 현황 종합분석(방향성 설정)
  - 고층 공동주택 ZEB 상위등급의 추후 성능 검증, 장기 데이터 확보 및 보급을 위한 실증모델 구축
  - 선행사업 성과물과 상호 연계 및 활용을 통해 한계점 극복 및 사업 고도화와 시너지 창출

# III

---

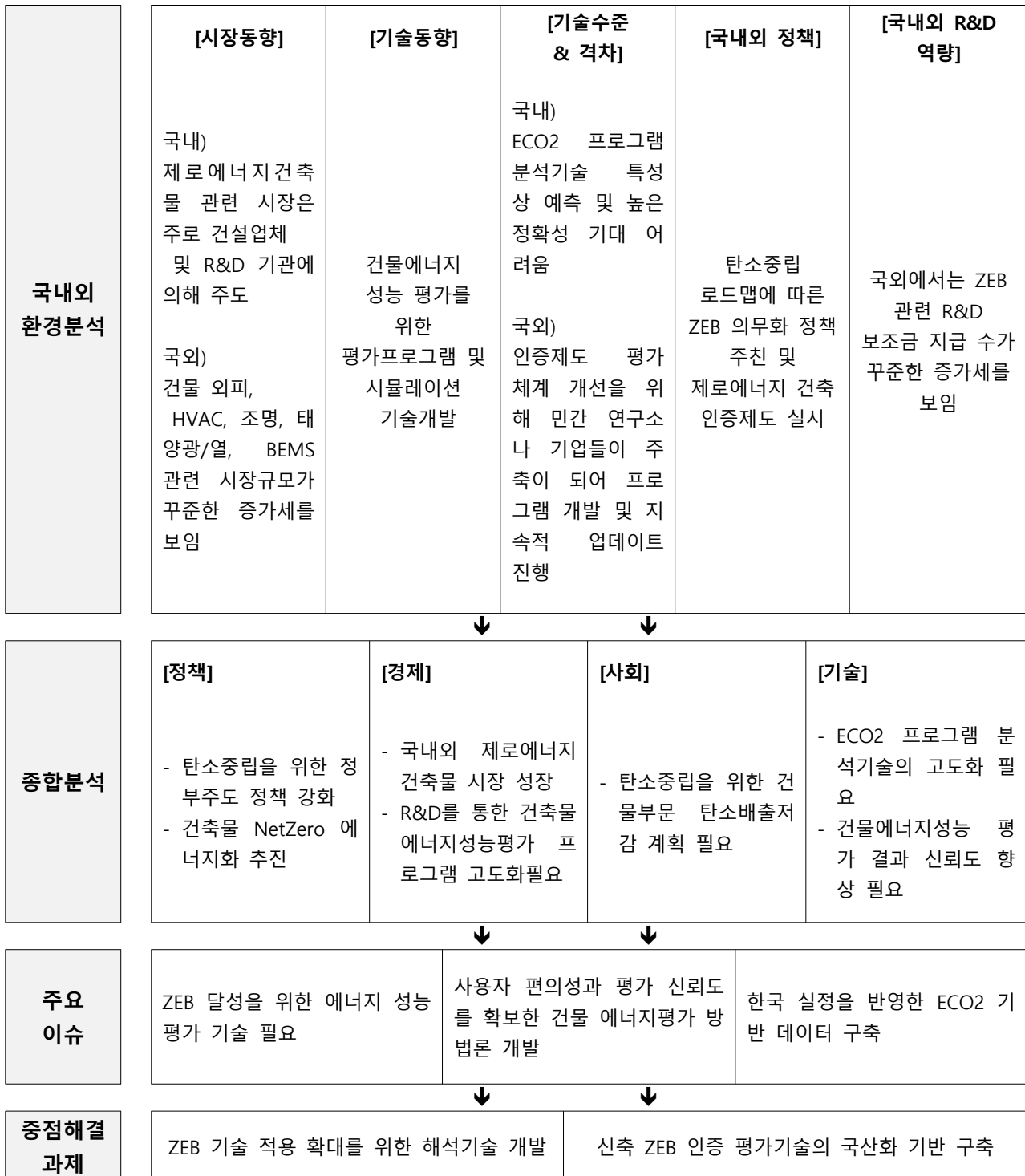
## 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 3.1. 신규 연구개발사업 추진전략

##### 3.1.1. 사업 추진방향 및 범위

- 산업현황, 기술동향, R&D 역량 등을 종합적으로 분석한 후 이를 토대로 도출된 중점해결과제를 본 사업의 추진방향으로 설정



### 3.1.2. 사업 추진 필요성

#### (1) 정부지원의 필요성

- (고효율·고성능의 성공적인 참조모델 필요) 국가 정책 이행을 위해서는 국내 고밀화된 공동주택 특성에 부합하고, 기술력이 상향 평준화된 ZEB 고등급(3등급 이상) 수준의 기술과 표준 모델 개발 필요
- (ZEB 의무화 민간 실행 촉진 필요) 공동주택의 제로에너지화는 탄소중립과 국민의 삶의 질 수준에 직결되어있으나 초기도입비용과 신기술 확산의 어려움이 있어 **민간의 실행을 유도할 수 있는 정부의 선도적 역할 필요**
  - '20년 기준 ZEB인증 건축물 중 등급이 가장 낮은 5등급이 전체의 67.5%이고, 4등급 이하가 88.5%로, 기술개발 없이 제도 의무화만 지속되면 최하위 수준인 5등급만 늘어나는 현상이 지속될 우려 높음
  - 제로에너지건축은 비용이 수반되므로 민간에서는 기술개발 보다는 제도완화를 요구하고 있어, 국가의 선도적인 역할 없이는 탄소중립 목표 달성 어려움
- (기술/제도/촉진 통합적 지원 필요) 신기술개발 후 현장에 보급될 수 있도록 국가 시범사업을 통한 “기술개발→실증을 통한 성증검증→인증평가→인센티브 제도(안)” 등 **정부주도의 패키지 형태의 지원사업 추진 필요**
  - 주택 에너지 분야 전문가를 대상으로 실시한 ‘주택 에너지 기술시장 확산 저해요인’ 분석결과 신기술 실용화 및 현장적용성 지원, 법제도와 연계 통합 보급률 확대가 필요한 것으로 조사됨
  - 국내 환경에 적합한 공동주택 에너지 성능평가를 위한 프로그램의 알고리즘 고도화를 통해 신기술 평가 범위를 확대하여 국가 건물 에너지 성능평가 및 인증제도에 대한 신뢰도 향상 필요

#### (2) 사업 추진 시급성

- (ZEB 의무화 기술적 대응 필요) 국토교통부 ‘ZEB 의무화 로드맵’에 따라 '30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면 의무화\* 시행을 앞두고 있어 ZEB 건축기술의 시장 확산 가속화 필요

\* 공공 '30년 ZEB 3등급 달성, 50년 공공·민간 모든 건축물 ZEB 달성

- 기 개발된 기술들의 시공성을 향상시키고, 신기술의 현장적용 안전성 확보를 위한 실증 과정 시급
- ZEB 기술의 확산을 위해서는 신기술 도입이 필수적이며, 이를 평가하여 인증제도에 신속하게 반영하기 위한 기존 개발된 신기술 평가방법 개발 및 평가기반

- (ZEB신기술 시장확산 지원 필요) 공동주택 건축 기술 분야는 신기술 진입장벽이 높아 시장 확산을 위해서는 기술완성도 향상과 현장 적용성 확보를 위한 기술검증과 실증 지원이 절실
  - 공동주택 건축 기술은 특성상 안전성에 대한 요구가 절대적이고, 타 분야보다 엄격한 신뢰성 입증에 요구되어 신기술 적용이 매우 어려움
    - \* 검증이 부족한 기술 적용으로 사고·결함 발생 시 그 영향이 국가 경제 전체로 파급되므로 신기술 적용으로 인한 위험을 감수하기보다 기존 기술사용을 선호

### (3) 기존 유사 사업과의 차별성

- 국토교통과학기술진흥원 및 NTIS(국가과학기술지식정보서비스) 시스템을 활용하여 유사·중복을 검토함
- 선행사업 성과물과 상호 연계 및 활용을 통해 사업 고도화와 시너지 창출하고자 함

<표 36> 유사사업과의 차별성

과제명	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발(국토부)	제로에너지 주택 건축 활성화를 위한 고성능·적정비용 건축자재 개발(국토부)	저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발 사업(국토부)	저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원 시스템 개발(국토부)	건물부문 탄소중립 가속화를 위한 건물에너지 소비 데이터 통합관리 기반기술개발(국토부)
기간	2013.10.~2018.04.	2018.04.~2022.06.	2019~2023	2014.09.~2020.06	2023.04.~2026.12
예산	정부출연금 179.8억원	정부출연금 61억원	정부출연금 267억원	정부출연금 153억원	정부출연금 152억원
사업 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>기 개발된 기술을 바탕으로 제로에너지 주택 단지기술 확보를 통한 에너지복지 실현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 효율등급 1+++등급,                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>녹색건축(최우수), 독일 패시브(PHE) 인증</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 적용공법 개발 및 실증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 창호, 초단열 방화문, 단열 신소재</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1세부) 에너지공유 커뮤니티 실현을 위한 에너지 플랫폼 기술 개발 및 실증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>단독주택 단지 규모에 에너지 공유(생산/소비) 데이터를 연계 활용 실증(공동주택 대상 실증은 미포함)</li> </ul> </li> <li>(2세부) 기존 건축물 에너지 성능 향상 및 에너지공유 플랫폼 기술 등을 적용한 최적 에너지 공유 커뮤니티 구축 및 보급 모델 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>기존건축물에 적용가능한 리모델링 에너지효율 통합프로그램(SW)중심</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1세부) 건축물 정보 DB 구축 및 통합지원시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>녹색건축 지원 통합정보 DB 및 에너지성능 평가 표준모델 개발</li> <li>건축물 에너지 효율화 포트폴리오 지원 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>(2세부) 건축물 상세 에너지사용량 대표 원단위 DB구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>상세 에너지정보 DB기반 건축물 에너지 성능 수준 비교분석 프로그램 개발</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1세부) 국가건물에너지 통합 DB 중심의 다출처 데이터 연계 기술 개발</li> <li>(2세부) 현장조사 비정형 자료의 정보화 기술 개발</li> <li>(3세부) 건축물의 에너지 소비성능 평가 방법론 정립</li> <li>(4세부) 건물에너지소비데이터 통합관리 시스템 구축 및 활용기반 마련</li> </ul>
실증지	노원 이지하우스 공동주택(7층규모)	공동주택(일산, 성남) 및 주거복합건물(서울, 강릉 등)	시흥 신현동 행정복지센터(리모델링) 부산 EDC 스마트빌리지 단독주택(공유)	수도권 공동주택(200세대) 및 사무소(85개소) 실측	데이터 및 데이터 체계 구축
선정방식	지정공모(top-down)	지정공모(top-down)	지정공모(top-down)	지정공모(top-down)	지정공모(top-down)
한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장에 보급된 에너지 성능 관련 자재로 주요 자재를 수입품을 포함하여 실증을 추진</li> <li>국내 ZEB 등급 미인증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>패시브 기술 중 창호, 방화문, 단열 신소재 3개 자재에 대한 기술 개발 후 개별 실증지 적용(9개소)</li> <li>통합적 실증을 통한 ZEB 달성여부 파악 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 '공유' 및 에너지 관점에서의 리모델링 최적화 모델을 산정하는 SW 개발 중심의 과제</li> <li>부산 EDC의 저층 단독주택 대상 실증함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 건축물의 에너지 사용량 및 원단위 DB 구축</li> <li>ZEB 3등급 수준에 대응하는 기술 부재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 건축물의 에너지 사용량을 거시적인 차원에서 분석하여 원단위 산출</li> <li>월단위 데이터를 이용하여 여러 유형의 건물에너지를 분석이 가능하지만 개별 건물의 상세 에너지 성능 평가는 어려움</li> </ul>
검토 결과 (본 사업과의 차별성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별) 본 사업은 TRL 5~8단계 수준의 국산 기술의 완성도를 제고하여 실증 추진</li> <li>(차별) 본사업은 국내 제로에너지건축물 기준에 부합하는 ZEB 3등급 달성을 위한 민간건설사에 최적모델 제시 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별) 본사업은 개별 요소기술이 아닌 통합적인 실증목표(ZEB 3등급)를 달성함으로써 연계/통합기술 개발 가능</li> <li>(연계) 해당 과제를 통해 개발된 기술의 완성도를 높여 공동주택 적용 기회를 제공함으로써 기존 R&amp;D 후속지원 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별) 연구범위가 패시브, 액티브, 신재생에너지, 에너지 공유 등 에너지 진단 및 공유 분야(SW)에 국한되어 본 사업과는 차별화됨</li> <li>(차별) 본사업은 국가 정책목표 달성을 위한 통합적 기술 검증을 목표로 하며, 고층 공동주택을 대상으로 제로에너지 등급을 목표로 하는 점에서 차별화됨</li> <li>(연계) 본사업에서는 기 개발된 에너지공유 플랫폼을 공동주택에 적용하여 ZEB 3등급 달성가능 수준으로 기술완성도 제고 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별) 연구범위가 기존 수도권 공동주택의 에너지 사용량 및 원단위 DB로 실건물의 에너지 사용 결과를 나타내는 반면 본 연구에서는 거주자 행동 패턴 등 기반데이터를 구축을 통한 합리적인 건물 에너지 해석이 목적임</li> <li>(연계) 기존 건축물의 에너지 사용량 및 원단위 DB를 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(차별) 기존 연구에서는 월단위 에너지 사용량 데이터를 기준으로 거시적 DB를 구축하였으나 본 연구에서는 인증평가 시뮬레이션을 위한 용도 프로필을 구축</li> <li>(차별) 기존 연구에서는 기축 건축물의 에너지 사용량(결과)을 활용하여 건물의 에너지 사용 패턴을 분석을 진행하고 있으나, 본 연구에서는 성능평가 알고리즘을 구축</li> <li>(연계) 유형별 기존 건축물의 에너지 사용량 및 원단위 DB를 활용</li> </ul>

### 3.1.3. 사업 비전 및 목표

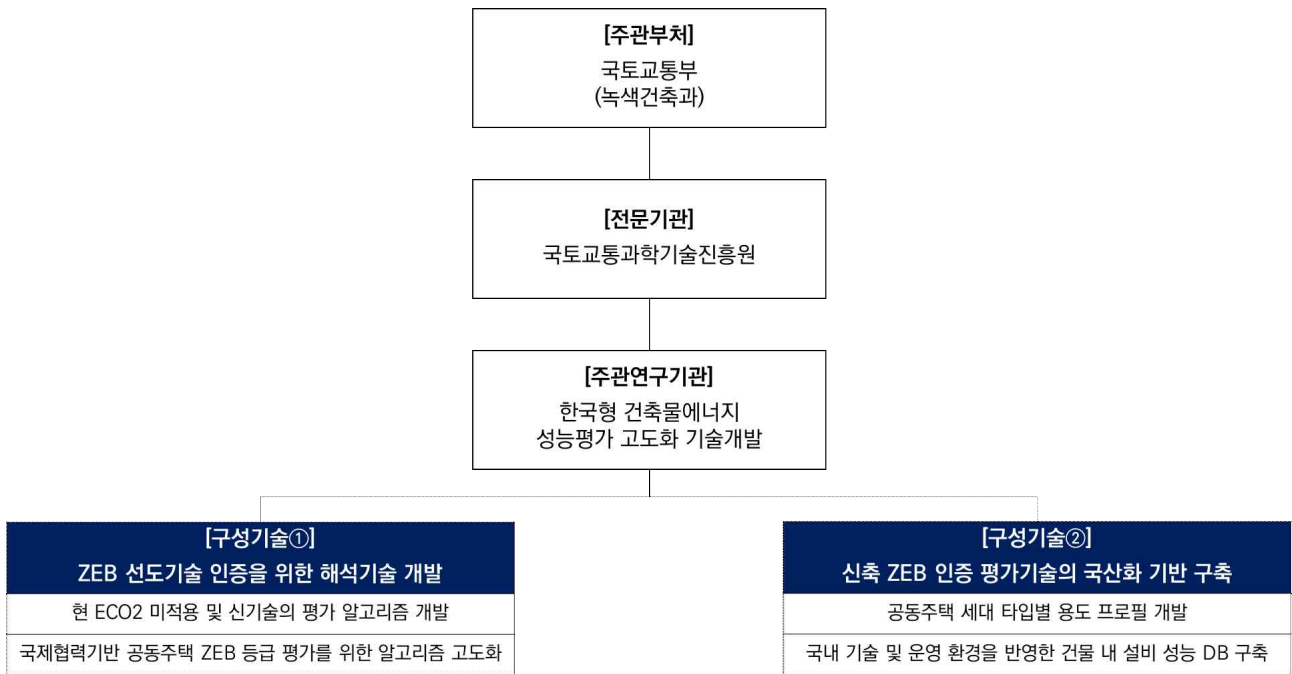
<표 37> 사업 비전 및 목표

<b>비전</b>	건물에너지 성능 해석기술 고도화 및 신기술 평가체계 구축을 통한 평가의 신뢰성 향상				
<b>목적</b>	고밀화된 국내 공동주택에 맞는 고성능 및 고효율 ZEB 3등급 공동주택의 건물에너지 성능평가 방법론 고도화를 달성하여 ZEB 기술 시장 확산 기반 구축				
	↑				
<b>목표</b>	고성능/고효율 ZEB 3등급 공동주택 핵심 기술 확보 및 확산 기반 구축을 위한 건물에너지 성능 평가 고도화				
<b>추진단계</b>	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	모니터링 조사 대상 선정 및 문헌 조사	공동주택 세대별 모니터링 및 측정 및 신기술 적용 알고리즘 설정	데이터 분석 및 DB 구축	자료분석, 모형도출 및 적정모델 도출	ECO2 프로그램 적용
<b>성과목표</b>	ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발		신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축		
	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	
	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	한국형 공동주택 운전 양상 표준 DB 6종 구축	설비기기 유형별 표준 DB 3종 구축	
	↑				
<b>중점분야 및 핵심기술</b>	구성기술		세부내용		
	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉난방, 급탕 통합형 히트펌프</li> <li>- 공동주택 연돌 영향 반영</li> <li>- 공동주택 일사량 층별 추정</li> </ul>		
	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발		<ul style="list-style-type: none"> <li>- PVT 모델</li> <li>- 발전용 연료전지 사용량 알고리즘</li> <li>- 재실자 반응형 조명 모델</li> </ul>		
	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본 용도 프로파일 조사</li> <li>- 공동주택 침기량 계산 모델 개발</li> <li>- 냉방시스템(냉방스케줄)의 실제 운전 시 설정 온도</li> <li>- 재실자 반응형 조명제어</li> </ul>		
	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전전용 연료전지 운전 효율</li> <li>- 냉난방 기기 성능 효율 (부분부하-한국화)</li> </ul>		

### 3.1.4. 사업 추진 전략

#### □ 연구추진체계

- 본 사업은 산·학·연 협동연구체계로 추진되며 DB 구축과 알고리즘 및 해석기술 개발을 위해 주관부처, 전문기관, 주관연구기관 간의 긴밀한 상호 협력을 바탕으로 진행
- 구성기술②의 성과물을 구성기술① 개발에 활용할 수 있도록 데이터 공급과 통합 DB 구축 및 공유에 대해 논의



[그림 56] 연구개발 추진체계

#### □ 연구주체별 역할

- (국토교통부) 연구총괄 주관부처로서, 중장기 목표설정, 예산 시행계획 수립, 연구 시행계획 수립, 유관부처 협력체계 구축, 관련 정책과의 연계 및 정책수요 제공
- (국토교통과학기술진흥원) 연구추진 전문기관으로서, 연구기획/평가/운영위원회를 구성운영하고, 연구개발과제 선정/단계/최종평가, 진도 및 실적점검, 성과관리/사후관리/성과확산 등을 수행
- (주관연구기관) 연구수행을 주관하는 주체로서, 연구개발과제 자체평가, 진도관리, 세부간 조율, 연구 성과물 관리, 표준화 지원, 정책 지원, 대국민 홍보 등을 수행

### 3.1.5. 사업 중점 추진 분야

#### □ ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발

##### ○ (1세부) 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발

- 냉난방, 급탕 통합형 히트펌프
- 공동주택 연돌 영향 반영
- 공동주택 일사량 층별 추정

##### ○ (2세부) 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발

- PVT 모델
- 발전용 연료전지 사용량 알고리즘
- 재실자 반응형 조명 모델

#### □ 신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축

##### ○ (3세부) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발

- 기본 용도 프로파일 조사
- 공동주택 침기량 계산 모델 개발
- 냉방시스템(냉방스케줄)의 실제 운전시 설정 온도
- 재실자 반응형 조명제어

##### ○ (4세부) 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축

- 발전전용 연료전지 운전 효율
- 냉난방 기기 성능 효율 (부분부하-한국화)

### 3.2. 중점 추진분야별 기술개발 내용

#### 3.2.1. 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발 (1세부, 평가체계)

##### □ 목표: 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발

- 냉난방,급탕 통합형 히트펌프
  - 통합형 알고리즘 설정 및 실측자료와 비교
  - 적정모델 도출, 프로그램 적용
  
- 동주택 연동 영향 반영
  - 공동주택 연동효과 측정 및 실측자료와 시뮬레이션 비교
  - 적정모델 도출, 프로그램 적용
  
- 공동주택 일사량 증별 추정
  - 증별 일사량 측정 및 실측자료와 시뮬레이션 비교
  - 적정모델 도출, 프로그램 적용

##### □ 대표 성과물

- 냉난방, 급탕 통합형 히트펌프 평가 모델
- 연동 영향 반영 모델
- 증별 일사량 추정 모델

##### □ 세부과제 내용

- (1 세부) 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발

세세부 과제	내용	
고층형 공동주택 에너지관리기 술의 에너지 절감효과 모델 개발	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 공동주택 에너지 관리기술 평가모델 개발에 따른 ECO2 내 건물운영관리기술의 에너지절감효과 반영</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB에서 Passive, Active, Renewable과 함께 건물에너지관리기술 (BEMS)의 중요성이 강조되고 있으나, ECO2 내 유일하게 기술의 적용효과가 미반영되고 있음.</li> <li>• 고층형 공동주택의 ZEB 구현을 위한 최신의 설비기술이 개발/적용되는 상황에서, 건물운영단계에서의 실질적인 에너지절감효과를 도출하기 위해서는 재실환경과 다양한 설비를 통합적으로 연계/제어할 수 있는 건물에너지관리기술이 매우 중요함.</li> <li>• 하지만, 기술적용에 따른 에너지절감 효과를 설계단계/ECO2에서 인정받지 못하여 지능형/AI 건물운영기술의 도입/확산/고도화 과정에 어려움이 존재함.</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물운영관리 기술의 에너지절감효과를 설계단계에서 고려하기에는 매우 큰 불확실성이 존재하나, 해당기술의 보급과 발전, 설계과정에서의 체계적 도입을 위해 정부차원의 지원이 함께 필요함.</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물에너지관리시스템의 기능에 따른 구현수준(모니터링, 분석/진</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>단, 통합/최적제어 등) 체계 정립</li> <li>구현수준별 에너지절감효과 분석 (정량적 근거마련)</li> <li>ECO2 에너지소요량 내 에너지절감효과 연계</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECO2 내 ZEB의 건물에너지운영관리기술의 에너지절감효과 반영</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소중립을 위한 ZEB 지능형 건물에너지관리기술의 보급/확산/고도화 가속화</li> </ul>
<b>세세부 과제</b>	<b>내용</b>	
고층 공동주택의 연돌 영향 반영	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층건물의 연돌효과에 의한 냉난방 부하 영향을 평가 알고리즘에 반영</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층건물에서 발생하는 수직 연돌효과의 영향이 ECO2에 반영되어 있지 않음</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECO2 미적용 기술의 적용에 대한 국가 차원의 연구지원 및 제도 정착을 통해 실제적인 ZEB 평가 제도 마련이 필요함</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>실제 고층건물의 층별 압력 측정 데이터에 기반한 건물 전체의 냉방 및 난방 에너지 보정계수 도출: 기존 연구결과 활용</li> <li>상세 건물에너지 시뮬레이션(EnergyPlus, TRNSYS 등)의 결과 비교 및 활용</li> <li>건물의 규모에 따른 중성대 자동 계산</li> <li>저층 및 고층에서 각각 발생하는 침기와 mixing의 영향을 반영한 층별 경계조건(외기 온도, 풍속 등) 대비 냉난방 환산계수 도출</li> <li>고층 공동주택의 평면 형태(판상형, 타워형 등)에 따른 냉난방 부하에 대한 연돌효과의 영향이 상이한 영향을 정량 평가함</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>공동주택의 형태, 규모 등에 따른 정량적 냉난방 환산계수 도출로 ECO2 평가 도구의 용이성을 훼손치 않으며 평가도구의 실제성 향상</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>실제 압력 측정 데이터 및 상세 시뮬레이션 비교 검증으로 학술적 완성도 달성</li> </ul>

### 3.2.2. 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발 (2세부, 평가체계)

□ **목표:** 국제협력기반 공동주택 ZEB등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발

○ PVT 모델

- 국제 문헌조사 및 평가 알고리즘 설정
- 시작품 제작 및 측정, 적정모델 도출, 프로그램 적용

○ 발전용 연료전지 사용량 알고리즘

- 국제 문헌조사 및 평가 알고리즘 설정
- 현장 측정자료 분석 및 적정모델 도출, 프로그램 적용

○ 재실자 반응형 조명 모델

- 국제 문헌조사 및 평가 알고리즘 설정
- 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발 모니터링 분석
- 적정모델 도출, 프로그램 적용 PVT 모델

□ **대표 성과물**

- 태양광/열 신재생 평가모델
- 발전용 연료전지 평가모델
- 층별 일사량 추정 모델

□ **세부과제 내용**

- (2 세부) 국제협력기반 공동주택 ZEB등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발

세세부 과제	내용	
전반적 ECO2 고도화 방안	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자 편의성 증대 및 입력 오류 최소화를 위한 전반적인 기능 향상</li> <li>• 다양한 건물 특성에 따른 레퍼런스 옵션 추가하여 작업 시간 단축</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오류 발생 원인이나 발생 지점을 안내 및 해결방안 제시 내용을 포함한 오류 알림창 개발 필요</li> <li>• 작업자가 입력한 값이 에너지절약설계 또는 법적 기준에 부합하지 않을 경우 인지할 수 있는 기능 필요</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양하고 많은 양의 레퍼런스 데이터의 수집이 우선 수행되어야 하므로 물질적, 기술적 지원이 필요</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오류 원인 제공 및 관련 해결방안 제시 알고리즘 개발</li> <li>• 열관류율 프로파일 예시 파일 추가 및 자동 선택 기능 개발</li> <li>• 지역별 단열부위 열관류율 기준 대비 오차 발생 시 알림 기능 개발</li> </ul>

	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신속한 오류 파악 및 관련 해결방안 지표 마련</li> <li>• 옵션 선택에 따른 데이터 자동 입력 기능 개발</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입력 오류 최소화</li> <li>• 단순한 수동적 입력 방식의 작업에서 자동화 작업으로 작업량 및 시간 단축 효과</li> </ul>
<b>세세부 과제</b>	<b>내용</b>	
공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 다양한 기능 추가	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시간 단위 결과값 산출기능을 통한 다양한 분석 확대</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 월별 계산 방식에 따른 신재생에너지 생산량의 상계처리에 대한 부분 반영 불가하여 잉여에너지 예측불가</li> <li>• 적정 설비 용량 계산을 위한 입력존 unmet hour 산출기능 필요</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일부의 이익이 아닌 건물에너지 해석 전 분야에 걸쳐 개선 및 적용이 필요한 영역으로 정부의 적극적지지 필요</li> <li>• 정부의 탄소중립 및 ZEB 등급 목표 달성을 위한 연구 개발 과제로 연구 필요성, 타당성, 결과의 신뢰성 등을 높이는 역할 가능</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시간단위 에너지 사용량 도출</li> <li>• 시간단위 신재생에너지 생산량 도출</li> <li>• 입력 존별 unmet hour 계산 알고리즘 개발 및 기능 추가</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적정 용량 산출 등 최적화 알고리즘 개발, 목표 등급별 신재생에너지 필요 생산량 평가</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잉여전력량 결과값 제공, 과설계(over-estimate) 또는 과소설계 방지</li> <li>• 시간단위 결과시트 제공, 다양한 분석 가능 및 결과 활용성 확장</li> </ul>

세세부 과제	내용	
CO2 센서기반 환기제어의 에너지 저감효과 평가 알고리즘 개발	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 기반 전열교환기 환기 제어의 에너지 저감 효과 평가방법론 개발</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 ECO2에서 센서기반의 환기제어에 대한 평가가 불가능함에 따라 센서 기반 제어 기술의 도입 미흡</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어 기반의 에너지 저감을 평가 프로그램에서 인정 필요</li> <li>• 제어 기반 에너지 저감 기술 활성화를 위한 마중물 필요</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세대 재실자 및 CO2 센서 기반 환기 제어 에너지 저감 효과 분석</li> <li>• 세대별 용도 프로필을 고려한 센서 기반 환기 제어 에너지 저감량 조정</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 기반 환기 제어 저감률 계산 모듈 개발</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어 기술의 활성화</li> <li>• 센서 기반 제어 기술 적용으로 인한 공동주택 환기부하 저감</li> </ul>

세세부 과제	내용	
인접건물을 고려한 고층형 공동주택의 음영지표 및 모델 개발	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 GIS 정보를 활용한 인접건물에 의한 대상건물의 음영지표 계산</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECO2 냉난방부하 계산과 태양광발전량 계산에 있어, 주변 건물에 따른 대상건물의 방위별 음영효과를 고려하지 못함.</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 ZEB 3등급 공동주택을 위한 ECO2 계산모델의 고도화 및 신뢰성 확보</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음영지표 계산을 위한 대상건물의 설계/형상정보 입력 인터페이스 설계 (향후, BIM 연계 가능)</li> <li>• 기존 GIS 정보를 활용한 음영지표 계산모듈 개발 (EnergyPlus 알고리즘 활용)</li> <li>• 대상건물의 방위별 음영지표 계산과 ECO2 냉난방부하 모델 및 태양광발전량 모델과의 연동</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역과 주변건물을 고려한 일사에 따른 냉난방 부하 신뢰성 확보</li> <li>• 대상건물의 방위별 음영지표를 고려한 ECO2 태양광발전량 신뢰성 확보</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주변건물에 따른 대상건물의 음영효과를 반영한 고층형 공동주택 용 ECO2 고도화</li> </ul>

### 3.2.3. 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발 (3세부, 표준체계)

□ 목표: 세대 타입별 구성을 고려한 공동주택 단지 규모의 프로파일 조정

○ 기본 용도 프로파일 조사( 조명, 급탕, 설정온도, 운전시간 등)

- 모니터링 대상 선정, 실내환경 및 에너지 사용량 모니터링
- 자료분석 및 모형 도출, 용도프로파일 기준값 설정

○ 공동 주택 침기량 계산 모델 개발(층별)

- 침기량 문헌조사 및 층별 침기량 모니터링

- 자료분석 및 모형 도출, 용도프로파일 기준값 설정

○ 냉방시스템(냉방스케줄) -> (실제 운전시 설정 온도)

- 모니터링 조사 대상 선정 및 여름철 냉방 사용패턴 측정
- 자료분석 및 모형 도출, 용도프로파일 기준값 설정

○ 재실자 반응형 조명 제어

- 관련 문헌조사 및 재실자 사용패턴 측정
- 자료분석 및 모형 도출, 용도프로파일 기준값 설정

□ 대표 성과물

- 한국형 공동 주택 재실자 밀도
- 조명시간, 급탕시간, 냉방 및 난방 설정온도
- 침기량 용도프로파일 DB

□ 세부과제 내용

- (3 세부) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발

세세부 과제	내용	
공동주택 세대 규모를 고려한 용도 프로파일 개발	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세대별 프로파일의 이질성과 확률성을 고려한 공동주택 규모별 프로파일 조정 '같은 세대 타입이라도 세대별로 다른 생활패턴, 습관 등으로 가지는 차이, 시간이나 외부환경 등에 따른 무작위적인 변화에 의한 차이'</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 ECO2에서 동일한 단일 프로필을 사용함에 따라 단지 규모에서 부정확한 결과 도출</li> <li>• 이에 따라 단지 규모에서 부정확한 에너지자립률 산정</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 등급 인증을 위한 국가의 공인된 공동주택 규모별 용도프로파일 필요</li> <li>• 한국형 공동주택 용도 프로파일 개발의 필요</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세대 규모별 이질성과 확률성에 기반한 상쇄효과 고려</li> <li>• 세대 타입별 구성을 고려한 공동주택 단지 규모의 프로파일 조정</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세대타입과 세대수를 입력값으로 하는 프로파일 모듈</li> </ul>

	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지효율등급 평가 프로그램 ECO2에서 공동주택 용도프로필의 현실화</li> </ul>
<b>세세부 과제</b>	<b>내용</b>	
공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 ECO2 고도화 방안	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECO2의 획일화된 건물 용도 적용 및 프로필 적용 문제 해결</li> <li>공동주택의 다양한 세대 유형과 그에 따른 용도 프로필 옵션 개발, 용도의 다양성 반영</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>시뮬레이션 예측값과 실측 값(실제 건물에너지 사용 측정 값)과의 오차 심각</li> <li>공동주택의 세대 타입별 용도 프로필 개발 관련 세분화 기술 연구 부족</li> <li>고 등급 달성을 위한 녹색 기술 관련 최적 대안 마련 가능</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공 이익 증진: 특정 기업이나 연구소가 아닌 공공의 이익을 위한 목표 설정하고 연구 수행을 위한 평가자 역할 기대</li> <li>연구 및 개발 촉진: 정부 지원을 통해 장기적·안정적 연구 환경 속 관련 연구 사업 추진 가능하며 우수한 연구 성과 도출 기대</li> <li>데이터 구축: 정부 지원과 감시를 통해 에너지 사용 데이터 분석을 위한 민감 데이터 수집 및 활용 시 연구의 윤리적, 법적 기준을 준수하여 연구 대상자 정보 보호 및 데이터 신뢰성 향상</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>공동주택 세대 유형에 따른 분류 체계 연구 (예: 소형, 중형, 대형 가구, 청년가구, 노인가구, 일반가구 등) 및 충분한 literature review와 survey를 통한 모델 개발</li> <li>각 세대 타입별 용도 프로필 개발 (예: 주거 전용 공간, 공용 공간 등)</li> <li>단순 등급용 결과값(월별 사용량)에서 다양한 연구로 확장이 가능한 결과(시간별 사용량) 시트 개발</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>공동주택 세대 유형 지표 개발</li> <li>세대 타입별 에너지 소비 패턴 DB 구축</li> <li>세대 타입별 다양한 용도 프로필 개발</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>실제 사용 패턴을 최대한 고려한 실측 기반 데이터로 에너지 사용량 예측값의 오차를 최소화 가능</li> <li>세대 타입별 결과에 따라 비용 최소화 에너지 효율성 증대 대응 방안 마련 가능</li> <li>사용자 중심의 주거 공간 창출 및 개선안 제안이 가능하여 건축물 사용성과 만족도 향상에 기여</li> </ul>

### 3.2.4 국내 기술 및 운영 환경 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축 (4세부, 관리체계)

#### □ 목표 : 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB구축

- 발전 전용 연료전지 운전 효율
  - 국내 관련 자료 수집 및 연료전지 운전시간 도출
  - 공동주택 기저전력 분석 및 계절별 기간 효율 분석
  
- 냉난방 기기 성능 효율 (부분부하-한국화)
  - 국내 관련 자료 수집 및 냉동기 성능DB구축
  - 보일러 성능 DB구축 및 기타설비 성능DB구축발전 전용 연료전지 운전 효율

#### □ 대표 성과물

- 고층형 공동주택의 설계정보 기반의 사용자 입력 인터페이스 설계
- 고층형 공동주택의 층별 침기량 계산 모델 개발
  - 고층형 공동주택의 침기부하계산의 신뢰성 확보
- 기존 냉난방부하 계산 모델과의 연동

#### □ 세부과제 내용

- (4 세부) 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축

세세부 과제	내용	
고층형 공동주택 공기유동 특성을 고려한 침기 냉난방 부하모델 개발	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 공동주택의 설계정보를 이용한 연돌효과 기반의 냉난방부하 모델 개발</li> </ul>
	기술개발의 시급성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 고층형 공동주택의 경우, 겨울철 연돌효과가 지배적이거나 이는 기존 침기/부하모델로는 고려할 수 없음.</li> <li>• 예를 들어, 겨울철 연돌효과가 지배적으로 나타는 고층 공동주택의 경우, 중성대 상부 고층부 세대에서는 Outdoor Air Infiltration 이 겨울철 동안 상당히 낮게 나타남. 기존 계산방법에서는 침기부하를 과대평가(overestimated)할 수 있음.</li> <li>• 따라서, 고층형 공동주택의 공기유동 특성을 고려한 침기모델과 이에 따른 냉난방부하 모델의 고도화 필요</li> </ul>
	정부지원의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 ZEB 3등급 공동주택을 위한 ECO2 계산모델의 고도화 및 신뢰성 확보</li> </ul>
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 공동주택의 설계정보 기반의 사용자 입력 인터페이스 설계</li> <li>• 고층형 공동주택의 층별 침기량 계산 모델 개발</li> <li>• 기존 냉난방부하 계산 모델과의 연동</li> </ul>
	성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 공동주택의 침기부하계산의 신뢰성 확보</li> </ul>
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고층형 공동주택용 ECO2 계산모델 고도화</li> <li>• 공기유동 측면에서의 ECO2 입력변수 DB 체계 마련</li> </ul>

### 3.2.5. 분야별·기술별 연계체계 및 로드맵

#### □ 구성기술별 개념도

##### ○ (구성기술①) ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발

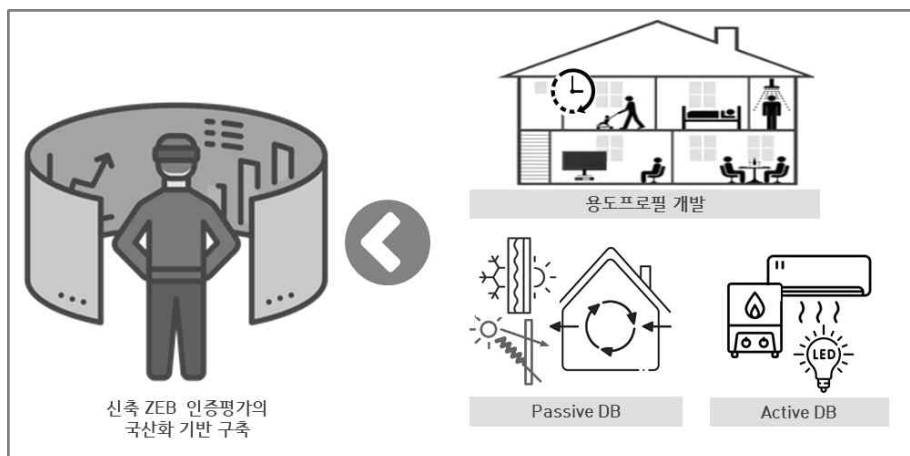
- 사용자 편의성과 평가 신뢰도를 확보한 건물 에너지 평가 방법론 개발을 목표로, 현 ECO2에 적용되고 있지 않은 냉난방 급탕 통합형 히트펌프, 공동주택 연돌영향, 층별 일사량 추정 기술의 평가 알고리즘을 개발하고 국제협력을 통한 PVT 모델, 발전용 연료전지 사용량 알고리즘, 재실자 반응형 조명 모델 등을 개발하여 평가 방법론을 고도화하고자 함



[그림 57] 과제2-구성기술① 개념도

##### ○ (구성기술②) 신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축

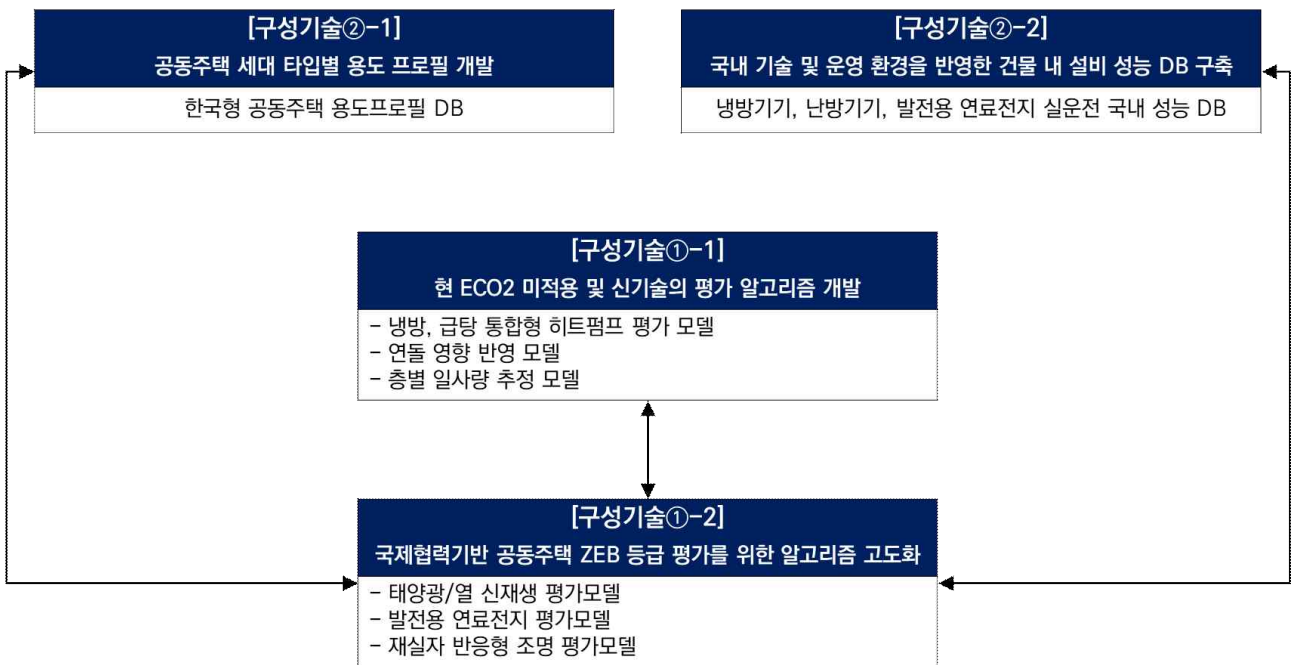
- 한국 실정을 반영한 ECO2 기반데이터 구축을 목표로, 재실자 밀도, 조명, 급탕, 냉난방 설정온도, 냉난방 운전시간 등의 프로파일 일반화를 통해 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일을 개발하고 보일러, 에어컨, 히트펌프, 연료전지 등의 사용특성(부분부하, 계절특성)에 따른 효율 및 COP 등을 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB를 구축하고자 함



[그림 58] 과제2-구성기술② 개념도

□ 연구개발과제간 연계성

- 각 구성기술은 중요 성과의 연계성 및 독립성과 연구수행의 효율성을 고려하여 기획되었으며 구성기술 간 연차별 성과물은 유기적으로 연계하도록 구성
  - (1세부) 현 ECO2 미적용 및신기술의 평가 알고리즘 개발
  - (2세부) 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화
  - (3세부) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발
  - (4세부) 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축
- 본 과제는 ZEB 기술의 성능평가기술을 고도화하기위해 표준체계, 관리체계, 평가체계의 수립 및 개선을 목표로 함. 따라서 (1) 현 ECO2 미적용 기술 및 신기술의 평가 알고리즘 개발을 통한 평가체계 개선, (2) 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화를 통한 평가체계 고도화, (3) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발을 통한 표준체계 수립, (4) 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축을 통한 관리체계 수립을 위해 상호협력 개발 필요
  - 1세부 ↔ 4세부: 현 ECO2 미적용 및 신기술 평가 모델 개발과 관련하여 상호 협의하며진행
  - 2세부 ↔ 4세부: 데이터 연계 및 ECO2 내 국내 설비 성능 DB 연동 관련 협의 진행
  - 3세부 ↔ 4세부: 데이터 연계 및 ECO2 내 용도프로파일 반영 관련 협의



[그림 59] 구성기술 간 연계 흐름도

## □ 연구개발로드맵

○ 구성기술별 연구개발 로드맵을 제시하여 세부활동의 선·후관계를 합리적으로 제시함

- '25년(1차년도): 각 구성기술의 데이터 수집을 위한 모니터링 대상 선정 및 국내외 관련 문헌 조사 수행
- '26년(2차년도): 각 구성기술은 선정대상에 대한 측정·모니터링을 진행하여 DB를 구축하고 건물 내 적용되는 신기술에 대한 알고리즘 개발
- '27년(3차년도): 각 구성기술은 측정·모니터링 결과를 바탕으로 분석을 진행
- '28년(4차년도): 분석 결과를 바탕으로 모형 및 적정모델 도출
- '29년(5차년도): 각 구성기술 성과물의 프로그램 적용



[그림 60] 연차별 구성기술 로드맵

### 3.3. 소요예산 및 자원 투입계획

#### 3.3.1. 소요예산

##### □ 연구개발 소요예산 산정 방법

- 세부과제별 기획위원회를 구성하고 기획위원회에 의한 상향식 방법으로 예산 산출
- 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업 예산규모 확정
- 인건비는 총 연구개발비의 50% 수준으로 계상
- 연구개발인력의 참여율은 50%를 기준으로 적용하고, 인건비 기준단가는 「2024년 학술연구용역 인건비기준단가」를 적용

##### □ 연구개발 소요예산

\*아래 세부예산은 “예시”이므로, 실제 본사업 컨소시엄 구성에 따라 유동적으로 제안 필요

- 총 연구개발비는 60억원으로 예상
- 연차별 연구개발비는 1차년도 2억원(총 연구개발비의 3.3%), 2차년도 12.3억원(총 연구개발비의 20.5%), 3차년도 22.7억원(총 연구개발비의 37.8%), 4차년도 17.5억원(총 연구개발비의 29.2%), 5차년도 5.5억원(총 연구개발비의 9.2%)으로 구성
- 세부과제별 연구개발비는 1세부과제(ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발) 29.94억원(총 연구개발비의 49.9%), 2세부과제(신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축) 30.06억원(총 연구개발비의 50.14%)으로 구성

<표 38> 총 연구개발기간 및 연차별 연구개발 소요예산(단위:백만원)

과제구분		1차	2차	3차	4차	5차년	합계
핵심기술	구성기술	년도	년도	년도	년도	도	
ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	-	205	379	292	92	968
	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	96	410	756	582	182	2,026
	<b>소계</b>	<b>96</b>	<b>615</b>	<b>1,135</b>	<b>874</b>	<b>274</b>	<b>2,994</b>
신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축	공동주택 세대 타입별 용도 프로필 개발	71	410	756	584	276	2,097
	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	33	205	379	292	-	909
	<b>소계</b>	<b>104</b>	<b>615</b>	<b>1,135</b>	<b>876</b>	<b>276</b>	<b>3,006</b>

<b>총합</b>	<b>200</b>	<b>1,230</b>	<b>2,270</b>	<b>1,750</b>	<b>550</b>	<b>6,000</b>
-----------	------------	--------------	--------------	--------------	------------	--------------

### 3.3.2. 자원(인력, 장비 등) 투입계획

#### □ 연구개발 투입인력 산정방법

- 연차별 연구개발 소요예산 중 인건비를 50%로 책정하여 인건비를 산출
- 인건비 기준단가는 「2024년 학술연구용역 인건비기준단가」를 적용
- 연구개발인력의 참여율을 50%로 설정

#### □ 연구개발 투입인력

- 본 사업의 총 연구개발 투입인력은 148명으로 산정
- 연차별로는 1차년도 10명, 2차년도 29명, 3차년도 53명, 4차년도 42명, 5차년도 14명으로 산정
- 5개년 간 연구수행의 효율성을 위해 인건비(참여율) 변동을 최소로 설계
- 구성기술1의 국제공동연구를 위해 미국(University of Nevada) 독일(Fraunhofer-Gesellschaft)과 협력하며 각 연구기관과의 예산 배분(안) 작성

<표 39> 총 연구개발기간 및 연차별 연구개발 투입인력(단위:백만원)

구분	구성기술	2025년 (12개월)	2026년 (12개월)	2027년 (12개월)	2028년 (12개월)	2029년 (12개월)	합계
총 연구개발비(백만원)		200	1,230	2,270	1,750	550	6,000
인건비(백만원) (총 연구개발비의 52.8%)	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	-	102.5	189.5	146	46	484
	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	56.64	241.9	446.04	343.38	91	1,178.96
	<b>소계</b>	<b>56.64</b>	<b>344.4</b>	<b>635.54</b>	<b>489.38</b>	<b>137</b>	<b>1,662.96</b>
	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	35.5	205	378	292	138	1,048.5
	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB	16.5	102.5	189.5	146	-	454.5
	<b>소계</b>	<b>52</b>	<b>307.5</b>	<b>567.5</b>	<b>438</b>	<b>138</b>	<b>1,503</b>
<b>총 인건비(백만원)</b>		<b>108.64</b>	<b>651.9</b>	<b>1,203.04</b>	<b>927.38</b>	<b>275</b>	<b>3,165.96</b>
총 투입인력(명)		10	29	53	42	14	148

<표 40> 각 연구기관과의 역할 및 연구 예산 배분(안)

연구진	역할	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
미국	PVT 및 연료전지 분석 모듈 및 알고리즘 개발	48,000	205,000	378,000	291,000	91,000	1,013,000
독일	재실자 감응형 조명 시스템 분석 알고리즘 개발	28,800	123,000	226,800	174,600	54,600	607,800
한국	개발 모듈의 ECO2 적용성 검토 및 탑재	19,200	82,000	151,200	116,400	36,400	405,200
<b>합계</b>		<b>96,000</b>	<b>410,000</b>	<b>756,000</b>	<b>582,000</b>	<b>182,000</b>	<b>2,026,000</b>

### 3.4. 사전 타당성 분석

#### 3.4.1. 정책적 타당성 분석

##### □ 분석 결과

- (상위계획과의 부합성) 제5차 과학기술기본계획의 2050 탄소중립 정책 방향과 국토교통부의 건물부문 탄소 중립을 위한 건물 제로에너지화, 제로에너지 인증 정책 등에 부합함
- 공동주택 ZEB 제도 및 기술 확산 등 관련 계획과 제로에너지 건물 확산, 건물 에너지 평가 및 인증 관련 국가 및 부처 계획 방향성 또한, 충분히 반영함
  - 10개 상위계획과의 부합도 분석 결과, 매우 부합(●) 9개, 보통 부합(⦿) 1개로 국가 및 정부 계획을 충분히 반영, 부합하는 것으로 나타남

<표 41> 상위계획과 본사업의 부합성 검토

관련 부처	정책명	주요 내용 요약	본 사업 관련 키워드	부합성	부합도
과학기술 정보통신 부	제5차 과학기술기 본계획 (23~27)	'임무중심 R&D 혁신체계'를 구축하여 2050 탄소중립 실현에 역량을 집중하고 기업 혁신역량 강화를 위한 지원 강화	탄소중립, 에너지 시스템	2050 탄소중립 실현 집중과 내용 부합	●
국토 교통부	국토교통 탄소중립 로드맵 (22~41)	신축건물의 제로에너지화, 기축건물의 그린리모델링 등 건물 탄소중립 기술·제도 확산	탄소중립, 건물에너지 평가, 제로에너지 건물	건물 탄소중립 성능 평가에 본 사업 결과물 활용 가능	●
국토 교통부	제로에너지 건축 보급 확산 방안 (20~30)	건축물 유형별 제로에너지 도입 확산 및 지구·도시 단위 제로에너지 확산 추진	제로에너지 건축, 탄소중립, 도시, 에너지 자립	제로에너지 보급 확산 추진 방향과 내용 부합	●
국토 교통부	제2차 녹색건축물 기본계획 (20~24)	신축 건축물 에너지 성능 강화, 기존 건축물 녹색화 촉진 등 녹색건축시장 확산	제로에너지 건축, 신축 건축물 에너지 성능 고도화, 녹색건축	건축물 제로에너지 평가에 내용 부합	●
국토 교통부	2050 탄소중립 달성을 위한 녹색건축 활성화 방안 (22~24)	기축 건물의 친환경 새단장 및 신축 건물 대상 에너지 절감 건축물 맞춤 지원과제 추진	탄소중립, 에너지절감, 제로에너지 건축	민간 제로 에너지 건물 활성화 기반 마련 방향과 적정 부합	●
국토 교통부	제7차 건설기술 진흥 기본계획 (23~27)	건설기술의 연구·개발 촉진, 관련 산업 진흥 등을 위한 중장기 정책방향 제시	에너지 자립률 향상 등 친환경 건축기술 개발 추진	친환경 건축 기술 개발과 내용 부합	⦿
정부(관계 부처 합동)	2030 국가온실가 스 감축	제로에너지 건축물과 그린리모델링 확대, 스마트 에너지 관리, 에너지 효율	탄소중립, 제로에너지 건축, 에너지 절감	제로에너지 건축물 확산, 제로에너지 인증	●

	상향안 (‘18~30’)	강화 등 2030 건물부문 온실가스 감축 정책 추진		방향과 부합	
정부(관계 부처 합동)	제2차 기후변화 대응 기본계획 (‘20~24’)	기존 건축물 에너지성능 개선 촉진, 신규 건축물 허가기준 강화 등 에너지성능 향상 및 도시 단위 에너지 자립도 향상 추진	탄소중립, 제로에너지 건축, 에너지 성능 강화	제로에너지 건축물 인증 범위 확산에 본 사업 결과물 활용 가능	●
정부(관계 부처 합동)	한국판 뉴딜 1.0~2.0 (‘20~25’)	온실가스 저감 위한 제로에너지 건물 의무화 및 에너지 효율 등급 인증서 발급	탄소중립, 제로에너지 건물, 건물 효율 등급	제로에너지 건축물 인증 범위 확산에 본 사업 결과물 활용 가능	●
정부(관계 부처 합동)	제4차 지속 가능 발전 기본 계획 (‘21~40’)	그린뉴딜 관련 에너지 산업 육성 및 건물에너지 효율화(목표7)	에너지 고효율화, 제로에너지 건물	신재생에너지 의무화 비율 확대 방향과 부합	●

○ (사업 추진체계 및 추진의지) 국내외 시장 및 기술동향 조사를 통해 제로에너지 건축물 확산을 위한 해결 과제를 분석하고, 분야별 전문가그룹을 통해 시장확산 저해요인을 분석하고 사업의 방향과 전략을 도출하였으며, 유사 및 유관 사업 분석을 통해 본 사업과의 차별성과 연계 방안을 명확하고 상세하게 제시함

○ (유사 R&D 사업 분석)

- 국토교통과학기술진흥원 및 NTIS(국과과학기술지식정보서비스) 시스템을 활용하여 유사/중복을 검토한 결과, 6개 유사사업 확인
- 추진 체계, 최종연구목적 및 적용대상 등에 있어 큰 차이점 존재하나, 5개 사업 모두 “건축물 에너지 고효율 및 제로에너지 활성화를 위한 기술 개발 및 고도화”라는 적용 분야 동일, 향후 각 사업 결과물 간 상호 연계·활용을 통해 사업 고도화 및 시너지 창출 가능

○ (법/제도적 위험요인) 본 연구를 수행하기 위한 법/제도적 위험요인은 없는 것으로 확인

- (법적근거) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법, 녹색건축물 조성 지원법 등 법적근거 확보

- \* (기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법) 제31조(녹색건축물의 확대) 정부는 에너지 이용 효율과 신재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물을 확대 추진 필요
- \* (녹색건축물 조성 지원법) 제22조 (녹색건축물 조성기술의 연구개발 등) 국토부는 녹색건축물 조성을 위해 녹색건축물 평가기법의 개발, 보급 및 연구개발/사업화 촉진 지원할 수 있음
- \* (주택법) 제37조(에너지절약형 친환경주택 등의 건설기준) 에너지 고효율 설비 기술 및 자재 적용 등 에너지절약형 친환경 주택 건설 추진

- (국가 및 상위계획 근거) 제5차 과학기술기본계획, 2050 국토교통 탄소중립 로드맵 등 상위계획과 부합

## □ 정부지원의 필요성 및 시급성

- (정부지원 필요성) 국토교통부 ‘ZEB 의무화 로드맵’에 따라 ‘30년 민간 신축 건물 제로에너지건축 전면 의무화\* 시행을 앞두고 있어 ZEB 건축기술의 시장 확산 가속화 필요
  - \* 공공 ‘30년 ZEB 3등급 달성, 50년 공공&민간 모든 건축물 ZEB 달성
- 기 개발된 기술들의 시공성을 향상시키고, 신기술의 현장 적용 안전성 확보를 위한 실증 과정 시급
- ZEB 기술의 확산을 위해서는 신기술 도입이 필수적이며, 이를 평가하여 인증제도에 신속하게 반영하기 위한 기존 개발된 신기술 평가방법 개발 및 평가기반 마련 필요
  
- (ZEB신기술 시장확산 지원 필요) 공동주택 건축 기술 분야는 신기술 진입장벽이 높아 시장 확산을 위해서는 기술완성도 향상과 현장 적용성 확보를 위한 기술검증과 실증 지원이 절실
  - 공동주택 건축 기술은 특성상 안전성에 대한 요구가 절대적이고, 타 분야보다 엄격한 신뢰성 입증에 요구되어 신기술 적용이 매우 어려움
  - \* 검증이 부족한 기술 적용으로 사고·결함 발생 시 그 영향이 국가 경제 전체로 파급되므로 신기술 적용으로 인한 위험을 감수하기보다 기존 기술사용을 선호
  
- (고효율&고성능의 성공적인 참조모델 필요) 국가 정책 이행을 위해서는 국내 고밀화된 공동주택 특성에 부합하고, 기술력이 상향 평준화된 ZEB 고등급(3등급 이상) 수준의 기술과 표준모델 개발 필요
  
- (ZEB 의무화 민간 실행 촉진 필요) 공동주택의 제로에너지화는 탄소중립과 국민의 삶의 질 수준에 직결되어있으나 초기도입비용과 신기술 확산의 어려움이 있어 민간의 실행을 유도할 수 있는 정부의 선도적 역할 필요
  - ‘20년 기준 ZEB인증 건축물 중 등급이 가장 낮은 5등급이 전체의 67.5%이고, 4등급 이하가 88.5%로, 기술개발 없이 제도 의무화만 지속되면 최하위 수준인 5등급만 늘어나는 현상이 지속될 우려 높음
  - 제로에너지건축은 비용이 수반되므로 민간에서는 기술개발 보다는 제도완화를 요구하고 있어, 국가의 선도적인 역할 없이는 탄소중립 목표 달성 어려움
  
- (기술/제도/촉진 통합적 지원 필요) 신기술개발 후 현장에 보급될 수 있도록 국가 시범사업을 통한 “기술개발→실증을 통한 성능검증→인증평가→인센티브 제도(안)” 등 정부주도의 패키지 형태의 지원사업 추진 필요
  - 주택 에너지 분야 전문가를 대상으로 실시한 ‘주택 에너지 기술시장 확산 저해요인’ 분석결과 신기술 실용화 및 현장적용성 지원, 법제도와 연계 통합 보급률 확대가 필요한 것으로 조사됨
  - 국내 환경에 적합한 공동주택 에너지 성능평가를 위한 프로그램의 알고리즘 고도화를 통해 신기술 평가 범위를 확대하여 국가 건물 에너지 성능평가 및 인증제도

### 3.4.2. 기술적 타당성 분석

□ (문제/이슈 도출의 적절성) 기술 트렌드 및 2024년 유망기술과 본 사업의 연관성을 검토한 결과는 최근 발표되는 사회문제 이슈와 과반 이상이 매칭되어 사회문제를 충분히 반영하고 있음

#### ○ 문제 이슈 도출의 적절성 측면

- (사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성) 사업을 통해 해결하고자 하는 문제/이슈를 적절한 절차를 통해 식별하였고 문제의 구체적 제시 및 사전 기획활동을 적절히 수행하였음을 설명함

#### ○ 사업목표의 적절성 측면

- (사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성) 식별된 문제 이슈를 해소할 수 있도록 사업목표를 설정하였으며 이를 설명하기 위해 문제 이슈와 사업목표 간의 연관성을 제시함  
- (사업목표 설정 및 성과지표의 적절성) 사업의 목표 및 지표에 대한 설정근거를 제시함으로써 사업목표 및 지표가 적절하게 설정되었음을 설명함

#### ○ 세부활동 및 추진전략의 적절성 측면

- (세부활동과 사업목표와의 연관성) 본 사업이 구성된 이유와 각 중점분야 및 대분류 과제의 구성 및 추진내용이 시장변화와 국내 역량을 감안하여 설정되었음을 설명하고, 사업목표 달성을 위하여 연구개발 과제로 대변되는 세부 활동들이 구체적으로 제시되고 서로 효과적이고 유기적으로 연가되어 있는지를 관리가능성의 관점에서 제시함  
- (세부활동 도출의 적절성) 세부활동 도출을 위해 수요조사를 통한 우선순위 도출을 실시하였으며 전문가 집단을 구성하여 도출한 세부활동의 조정 및 확정하였음을 설명하였고 과학기술적 유사 중복성, 검토 결과를 제시함

### 3.4.3. 경제적 타당성 분석

#### □ (정부 탄소배출 감축 목표) 건물 부문 '30년까지 35.0백만톤, '50년까지 6.2백만톤으로 배출수준 추진 (직접배출 기준)

- 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)상향안에서는 '30년까지 건물 배출량이 '18년도 52백만톤 대비 32.8% 감축된 35.0백만톤을 목표로 함 (17.1백만톤 감축)
  - 제로 에너지 건축 민간 활성화 유도 및 그린리모델링 사업 확대를 통해 2.7백만톤 감축(에너지 효율 향상)
  - 에너지소비효율 강화 및 조명·가전 등 에너지 사용 원단위 개선을 통해 2.1백만톤 감축(고효율기기 보급)
  - IoT 등 기술혁신에 의한 BEMS, HEMS 보급 확대 등 에너지 이용 최적제어 통합관리시스템 도입을 통해 0.2백만톤 감축(스마트에너지 관리)
  - 기후환경비용 반영, 국민의 자발적 동참 등을 통한 에너지수요 추가 절감을 통해 0.9백만톤 감축(행태개선 강화)
  - 신재생에너지 보급 확대, 지역난방 열공급 효율향상, 화석연료 사용 기기의 전략화 등(청정에너지 보급확대 등) 11.2백만톤
- 2050 탄소중립 시나리오 최종(안)에서는 건물 부문 배출량을 '18년 52.1백만톤에서 '50년까지 6.2백만톤으로 감축하는 것을 목표로 제시

<표 42> '30년까지 온실가스배출량 감축목표량

구분	에너지 효율 향상	고효율 기기 보급	스마트 에너지 관리	행태 개선	기타	합계
30년까지 정부의 감축 목표량 (백만톤)	2.7	2.1	0.2	0.9	11.2	17.1
비율(%)	15.8	12.3	1.2	5.3	65.5	100

#### □ (건물부문 탄소 배출량 예측) 정부 목표 달성을 위해서는 '22년부터 '50년까지 총 41.0백만톤 감축 필요

- 정부의 건물 부문 탄소 배출량 목표를 매년 균등한 비율로 감축해 나간다고 가정할 경우, '22년부터 '50년까지 탄소배출량 규모는 아래와 같음
  - 녹색건축물 기본계획에서 주거용은 가정 부문으로, 상업용도는 모두 비주거 부문으로 정의하고 있으며, 그 비율은 '18년도 기준으로 56.3:43.7이었음
  - 향후 주거와 비주거 건물의 탄소배출량 비율이 상이할 수 있으나, 현재 그 변화를 예측할 수 없으므로, '18년도와 동일한 경향을 유지할 것으로 가정하여 '50년까지의 주거 부문, 비주거 부문의 탄소배출량 목표치를 추정하였음

<표 43> 주거 및 비주거 부문 탄소배출량 예측 (단위: 백만톤)

구분	2022~2026	2027~2030	2031~2035	2036~2040	2041~2045	2046~2050
건물 부문 배출량	213.7	147.2	136.0	88.2	57.2	37.1
주거 부문	120.3	82.9	76.6	49.7	32.2	20.9
비주거 부문	93.4	64.3	59.4	38.6	25.0	16.2

<표 44> 주거 및 비주거 부문 탄소감축량 예측 (단위: 백만톤)

구분	2022~2026	2027~2030	2031~2035	2036~2040	2041~2045	2046~2050	합계
건물 부문 감축량	7.2	5.0	12.3	8.0	5.2	3.4	41.0
주거 부문	4.1	2.8	6.9	4.5	2.9	1.9	23.1
비주거 부문	3.1	2.2	5.4	3.5	2.3	1.5	17.9

○ 정부는 에너지효율향상 등의 방법으로 탄소배출을 추진 중이며, '30년까지 감축량이 제시되어 있으므로, 해당 비율을 '50년까지 동일하게 유지되는 것으로 보고 '50년까지 각 방법에 따른 감축량을 추정하였음

- 정부는 에너지효율향상, 고효율기기 보급, 스마트에너지 관리, 행태 개선, 기타의 방법으로 건물 부문 탄소배출량 감축 추진 중

<표 45> 주거 및 비주거 부문 요소기술별 탄소감축량 예측 (단위: 백만톤)

구분	2022~2026	2027~2030	2031~2035	2036~2040	2041~2045	2046~2050	합계	
주거부 문	에너지 효율 향상	0.6	0.5	1.1	0.7	0.5	0.2	3.6
	고효율 기기보급	0.5	0.3	0.8	0.6	0.4	0.2	2.8
	스마트 에너지관리	-	-	0.1	0.1	-	-	0.2
	행태개선	0.2	0.1	0.4	0.2	0.3	0.1	1.3
	기타	2.8	2.0	4.4	2.8	2.0	1.2	15.2
	소계	4.1	2.9	6.8	4.4	3.2	1.7	23.1
비주거 부문	에너지 효율 향상	0.5	0.3	0.7	0.6	0.4	0.2	2.7
	고효율 기기 보급	0.4	0.3	0.7	0.4	0.3	0.2	2.3
	스마트 에너지 관리	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	1.0
	행태개선	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	1.0
	기타	1.9	1.4	3.3	2.1	1.4	0.8	10.9

	소계	3.2	2.2	5.3	3.5	2.3	1.4	17.9
	합계	7.3	5.1	12.1	7.9	5.5	3.1	41.0

□ (수요의 충분성) 동 사업이 적용될 경우 국내외 관련 산업의 규모가 크고 성장률도 높아 수요가 충분함

- 국내 건설 산업은 최근 4% 이상 성장하였으며, 제로에너지건축물 시장도 '23년 15조원 초과
- 해외 산업은 제로에너지건축 시장 및 건축물 에너지 관리, 탄소 배출 관리하는 관련 산업이 10% 이상 고성장하고 있음
- 국내에서도 관련 산업 성장이 예상되고 있으며, 대내외 탄소 감축 요구로 인해 관련 산업의 수요는 지속 발생할 것으로 예상됨

<표 46> 관련 산업 시장 규모, 전망 등 비교

구분	산업명	규모	성장률
국내	건설 수주액	(2023) 190.1조 원	-
	건설 산업	-	(2021~2026) 4.15%
	건축 서비스 산업	(2022) 43.4조 원	-
	제로에너지건축물 시장	(2023) 15~20조 원	(2022~2050) 800%
	건물 에너지 관리 시스템 (BEMS)	(2021) 324억 원	(2021~2025) 48.77%
	빌딩 정보 모델링 (BIM)	(2025) 2,300억 원 추정	-
해외	건설 수주액	(2021) 306억 달러	(2020-2021) -12.8%
	건축 서비스	(2021) 3,449.0억 달러	(2021~2027) 11.1%
	건설 관리 소프트웨어	(2023) 89억 달러	-
	제로에너지건축물 시장	(2021) 520억 달러	-
	건물 에너지 관리 시스템 (BEMS)	(2021) 72.6억 달러	(2021~2027) 129%
	글로벌 빌딩 정보 모델링 (BIM)	(2022) 75억 달러	(2023~2028) 15.9%

### 3.4.4. 타당성 검토 종합

<표 47> 타당성 검토 종합

구분	상세 내용
정책적 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제5차 과학기술기본계획의 2050 탄소중립 정책 방향과 매우 부합</li> <li>• 국토교통부의 건물부문 탄소 중립을 위한 건물 제로에너지화, 제로에너지 인증 정책 등과 부합</li> <li>• 본 사업의 ZEB 3등급 이상의 고효율 공동주택 구현을 위한 에너지혁신기술개발 및 한국형 건축물 에너지 성능평가 방법론 고도화는 2050 탄소 중립 추진전략과의 부합성이 매우 높음</li> </ul>
기술적 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물부문 2050 탄소중립 이행을 위해 고효율/고성능 공동주택 구현을 위한 핵심기술 확보 및 실증을 통한 표준모델 개발이 필요하며, 본 사업의 목표와 부합</li> <li>• 제로에너지건축물의 고성능 기술 활성화와 한국형 에너지 성능평가구축이 필요하므로 본 사업의 제로에너지건축물의 기술 적용-성능 평가까지의 체계를 위한 핵심기술 확보 및 확산 기반 구축의 타당성을 확보</li> </ul>
경제적 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 건설 산업은 지속적으로 성장할 전망으로 향후 관련 기술의 연구기반 확보 시급</li> <li>• 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화 및 신산업 생태계 구축</li> <li>• 사업비 대비 충분한 편익 창출이 가능하여 경제적 타당성을 확보</li> </ul>

건물부문 2050 탄소중립의 이행을 위해 제로에너지건물 구현을 통한 보급가능한 성공적인 표준모델과 에너지 성능평가기술 고도화를 통해 ZEB 기술 확산 기반 마련이 필요하며, 본 사업의 고성능/고효율 공동주택 구현을 위한 핵심기술 확보는 정책, 기술, 경제적 측면에서의 타당성을 확보

과학기술적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물에너지 성능 해석 기술 고도화를 통한 평가의 신뢰성 향상</li> <li>• 신재생에너지 적용 확대, 현장 적용성 향상 통한 에너지 자립률 극대화</li> <li>• 민간 보급 가능한 ZEB 3등급 수준 기술 확보</li> </ul>
사회경제적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZEB 신기술 개발을 통해 고성능/고효율 ZEB 기술 확보</li> <li>• 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화 및 신산업 생태계 구축</li> <li>• 인증 평가 기반 고도화를 통해 온실가스 감축 이행 기여</li> </ul>

# IV

---

## 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

#### 4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

##### 4.1. 기술별 최종 연구개발성과물(실용화 및 기술료 납부 대상 성과 여부 포함)

###### □ 기대성과 및 성과관리·평가 방안

- 한국형 건축물 에너지성능 평가방법 고도화 기술개발 목적 달성을 위해 구성기술별 성과목표를 정량적으로 평가
- 성과물의 목표성능 달성여부를 평가하기 위해 표준 DB 유형 건수와 결정계수 R<sup>2</sup>을 성능지표로 활용하며, 측정은 종별 표준 DB 구축 여부와 실제 DB 및 모델 예측 DB 간 R<sup>2</sup> 계산식을 기반으로 수행

<표 48> 기대 성과 및 성과평가 방안

구성기술	세부기술	성과물	목표성능	성능지표	측정방법
ZEB 선도기술 인증을 위한 해석기술 개발	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	·냉방방, 급탕 통합형 히트펌프 평가 모델 ·연돌 영향 반영 모델 ·층별 일사량 추정 모델	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	결정계수 R <sup>2</sup>	실제 DB 및 모델 예측값 DB 간 R <sup>2</sup> 계산식 기반 도출
	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	·태양광/열 신재생 평가모델 ·발전용 연료전지 평가모델 ·재실자 반응형 조명 평가모델	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	결정계수 R <sup>2</sup>	실제 DB 및 모델 예측값 DB 간 R <sup>2</sup> 계산식 기반 도출
신축 ZEB 인증평가기술의 국산화 기반 구축	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	·한국형 공동주택 재실자 밀도, 조명시간, 급탕시간, 냉방 및 난방 설정온도, 침기량 용도프로파일 DB	한국형 공동주택 운전 양상 표준 DB 6종 구축	표준 DB 유형 건수	종별 표준 DB 구축여부
	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	·냉방기기, 난방기기, 발전용 연료전지 실운전 국내 성능 DB	설비기기 유형별 표준 DB 3종 구축	표준 DB 유형 건수	종별 표준 DB 구축여부

#### 4.2. 연차별 성과목표 및 지표

구분		내용							
최종 성과목표		사용자 편의성과 평가 신뢰도를 확보한 건물 에너지 평가 방법론 개발 및 한국 실정 반영 ECO2 기반 구축							
연차별 성과목표 및 지표	성과목표명		성과지표명	단위	실적 및 목표치				
					2025	2026	2027	2028	2029
	[1-1]	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	%	-	20	50	70	80
	[1-2]	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	실측값 대비 모델 예측 정확도 80% 이상	%	10	30	60	70	80
	[2-1]	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	한국형 공동주택 운전 양상 표준 DB 6종 구축	종		1	3	4	6
[2-2]	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	설비기기 유형별 표준 DB 3종 구축	종		1	2	3	-	

---

### 4.3. 기대(파급)효과

#### □ 기대효과

- (기술적 기대효과) ZEB 3등급 수준의 공동주택 에너지 효율 향상 기술 개발 및 실증을 통해 완성도 높은 실용화 기술을 확보하고 건물에너지 성능 해석기술 고도화를 통한 평가의 신뢰성 향상
- (경제·사회적 기대효과) ZEB 신기술 현장 적용 활성화 방안을 마련하고, 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화 및 신산업 생태계 구축
- (정책적 기대효과) ‘임무중심 R&D’체계의 중점 추진 과제인 ‘2050 탄소중립 실현’과 ‘국토교통 2050 탄소중립 로드맵’ 이행기반 마련
- (파급효과) ‘29년 연구종료시 국내 민간 보급가능한 ZEB 3등급 수준 기술 확보 및 인증 평가 기반 고도화를 통해 온실가스 감축 이행 기여

V

---

**연구개발성과의 관리 및 활용  
계획**

## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### 5.1. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안

#### □ 연구개발성과물 검증 방안

- 연구개발성과물은 주요 선도국 모델 및 기술수준과의 비교, 해당 분야 전문가의 검증을 통해 평가됨.
  - (구성기술 ①) 현재 ECO2에 적용되지 않는 미적용 기술 및 신기술 평가 알고리즘과 공동주택 ZEB 등급 평가 고도화 알고리즘 및 평가체계 개발 성과물을 검증하기 위해 실제 DB 대비 모델 예측값 DB 예측 정확도를 성과지표로 활용함.
  - (구성기술 ②) 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일과 국내 기술 및 운영 환경 반영 설비성능 DB 구축 성과물을 검증하기 위해 종별 표준 DB 구축 여부를 성과지표로 활용함.

<표 49> 성과지표별 목표치 설정근거 및 검증 방안

번호	성과지표명	단위	목표치 측정산식	검증 방안
[1-1]	현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발	%	실제 DB 및 모델 예측값 DB 간 R <sup>2</sup> 계산식 기반 도출	주요 선도국 모델과의 비교 및 해당분야 전문가 검증
[1-2]	국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화 및 평가체계 개발	%	실제 DB 및 모델 예측값 DB 간 R <sup>2</sup> 계산식 기반 도출	주요 선도국 모델과의 비교 및 해당분야 전문가 검증
[2-1]	공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발	종	종별 표준 DB 구축 여부	공동주택 세대 타입별 용도프로파일 DB 구축 여부 확인
[2-2]	국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축	종	종별 표준 DB 구축 여부	국내 실정 반영한 건물 내 설비성능 DB 구축 여부 확인

#### □ 연구개발성과물 관리 방안

- 본 연구개발과제의 연구성과 활용은 정부의 「연구성과 관리·활용 기본계획」의 정책기조에 부합토록 활용체계를 운영
  - 연구성과의 기술성과 시장성·사업성 간의 간극을 간소화하고, 성과활용 중심의 연구개발 혁신과 유기적 협력체계 구축 도모
- 성과계획-성과관리-성과평가-활용지원-성과활용 등 기획부터 연구성과 활용까지 연구 전주기적으로 연구성과 활용체계를 구축·운영
  - (성과계획) 사업기획시부터 기술개발과제의 최종성과물을 제시하고 연구책임자는 구체적인 성과지표·목표와 성과활용방안 등을 연구개발계획에 제시하여 연구수행 및 성과 도출
  - (성과관리) 전문기관과 사업단은 사업기획시 제시한 사업관리방안에 따라 세부 과제별 연구성과도출 및 진척도 등을 모니터링하여 점검
  - (성과평가) 전문기관은 사업단과 협의하여 중간(연차별, 단계별) 평가를 통해

성과목표 달성 등 연구목표 달성도와 차년도 연구계획 평가, 연구종료시에는 최종 성과목표 달성 여부 평가

- (성과활용 지원) 전문기관은 연구성과의 활용촉진 및 확산을 위해 인프라 지원, 기술사업화 및 기술이전 컨설팅, 시장지출 지원 등 성과활용 지원체계 운영
- (성과활용) 대학, 연구소, 기업 등 연구에 차명한 기관들은 연구성과를 활용하여 현장적용, 기술사업화 달성, 정책·제도 반영, 지식재산권 확보 등 실시

○ 국토교통부와 전문기관은 매년 연구성과 조사·분석·평가를 통해 연구성과 활용체계 운영을 점검하고, 성과관리 및 평가 개선, 활용지원 체계 확대 등 연구성과 활용체계를 개선하여 성과활용 촉진



[그림 61] 연구개발 성과물 관리 프로세스

## 5.2. 연구개발성과물 활용 방안

### □ 확보 가능한 기술 및 방안 제시

- 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획('23.03)에는 신규 민간건축물의 설계기준을 제로에너지건축물 5등급 수준으로 상향 조정하고, 그 대상을 단계적으로 확대할 계획임. 이는 공동주택의 ZEB 고등급 기술 개발을 통해 현재 상위등급 달성이 극히 어려운 고층 공동주택의 에너지 자립률을 극대화하며 ZEB 공동주택 활성화에 기여할 수 있음.
- 녹색건축물 기본계획('20~'24)에는 신축 건축물 에너지 성능 강화 전략과 함께 제로에너지건축물 보급 가속화를 위한 제로에너지건축물 의무화를 시행하고 있으며, 본 연구개발 성과인 제로에너지 공동주택 실증모델을 통해 민간 시장 활성화를 유도하여 제로에너지건축물 보급 및 확산에 기여할 수 있음
- 제로에너지건물 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵('23.12)에 따라 탈탄소화 전

---

환을 위한 건물부문 온실가스 배출 감축을 위한 신축건물 대상 제로 에너지 혁신 기술을 확보할 수 있으며 이는 제로에너지건축물 확산에 기여할 수 있음

- ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석기술 개발시 제로 에너지 공동주택 선도 기술 평가 방법론을 확보하게 되며 이는 지속적인 신기술 평가법 개발을 통해 제로에너지 공동주택 인증 확대로 이어질 것임
- 국내 환경을 고려한 한국형 에너지 성능평가 기반 구축을 통해 공동주택 이외의 건물 에너지 성능평가 기반을 구축할 수 있으며 이는 국내 제로에너지 평가기술 자립에 기여함

### 5.3. 과제제안요구서(RFP)

연구개발과제명	한국형 건축물 에너지 성능평가 고도화 기술개발
1. 연구개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 건축물 ZEB 달성을 위한 에너지 성능평가 고도화 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석기술 개발</li> <li>- 신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반데이터 구축</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="153 566 335 656"><b>□ 연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제로에너지건축물 확대를 위하여 제로에너지건축물 및 에너지효율등급 인증제도를 운영 중이며, 평가 수단으로 건축물에너지성능평가 프로그램(ECO2)을 활용 중이나 고도화 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강화된 탄소감축 목표 대응 및 건물 에너지 생산 및 소비에 대한 정확한 평가를 위해 기반 데이터(기상, 용도 프로파일, 에너지 계수 등)의 세분화 및 현행화 요구 증대</li> <li>- 제로에너지 건축물 구현을 위한 설비분야의 다양한 신기술이 개발되고 있으나, 이를 체계적으로 수용하기 위한 절차 및 방법론 구축 미흡</li> <li>- 글로벌화 되는 탄소감축시장에 대응하기 위해서는 ECO2 프로그램의 국제화, 표준화 등 국제공동연구를 통한 평가 알고리즘의 선진화 요구 증대</li> </ul> </li> </ul> <p data-bbox="153 1227 335 1261"><b>□ 기술동향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 기술동향               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ECO2는 신축 건물 인허가에 필수검토 항목의 성능 평가를 위한 정량적 평가 프로그램으로 건물 에너지 부문 탄소 배출 저감 정책 이행을 위한 국가적 도구로 활용되고 있음</li> <li>- 2010년 건축물 에너지효율등급 인증제도에 사용된 것을 시작으로 2017년 이후 에너지 소비량 및 생산량으로 산출되는 에너지자립률에 따라 제로에너지 건축물 등급을 평가하는 프로그램으로 사용 중</li> <li>- ECO2는 월별 성능 평가 로직으로 국내 기상데이터를 바탕으로 건물 에너지 요구량 및 소요량을 산출을 위한 기반데이터와 각 적용 기술들의 성능검증 데이터가 요구됨</li> </ul> </li> <li>○ 국외 기술동향               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽과 미국을 중심으로 하는 대표적인 에너지 분석 평가 툴들은 정부가 아닌 민간·연구소 주도의 노력을 통해 시뮬레이션 프로그램들의 고도화가 진행</li> </ul> </li> </ul>

- 정부는 알고리즘을 개발하고 민간에서 개발한 프로그램을 인증·관리 하는데 집중, 민간은 정부에서 개발한 알고리즘을 바탕으로 사용자 편의성 및 정밀도를 향상시킨 프로그램 개발에 집중
- 국내의 경우 유럽과 미국 등의 시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 정부 주도의 에너지시뮬레이션 프로그램의 고도화(정밀도 및 편의성 개선) 필요

### 3. 연구개발내용

#### (구성기술 1) ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석 기술개발

- 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발
  - 현 ECO2 미적용\* 건물 에너지 효율화 기술의 평가 알고리즘 개발
    - \* 바닥난방 효율화 기술, PVT, 지역난방 세대단위 열교환기 효율화 기술 등
  - ZEB 달성을 위한 건물 에너지 효율화 신기술\*의 평가 알고리즘 개발
    - \* 연료전지 기반 열병합, 건물 연계형 태양열 시스템, 수열 히트펌프 시스템 등
- 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화
  - 미국, 독일 등의 국가와 공동연구를 통한 평가 알고리즘 고도화\*
    - \* 자연환기, 센서 기반 환기 제어, 연돌효과, 자연 채광, 기기제어 등

#### (구성기술 2) 신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축

- 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발
  - 공동주택의 평형별 용도 프로파일\* 기준 설정 및 시뮬레이션 적용
    - \* 재실자 밀도, 조명, 급탕, 냉난방 설정온도, 냉난방 운전시간 등의 프로파일 일반화
- 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축
  - 공동주택에 적용되는 설비시스템의 성능DB\* 구축 및 시뮬레이션 적용
    - \* 보일러, 에어컨, 히트펌프 등의 사용특성(부분부하, 계절특성)에 따른 효율, COP 등

### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략 ○ 핵심 연구개발성과의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시
  - 핵심 연구개발성과 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵을 제시할 것
  - 단계별, 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
  - 연구개발목표는 정량적으로 제시

\* 예) 기존 대비 00% 비용절감, 00% 수준의 성능 향상, 00까지 00% 보급 등

- 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시
- 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구개발계획에 포함시켜 추진
  - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구개발내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 연계, 공동 활용방안 등을 제시
- 정부 및 지자체, 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
  - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
  - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행
  - 관련 업계 전문가로 구성된 포럼 등을 구성하여 요구조건 파악
- 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험 등을 수행. 평가단을 구성하여, 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출
- 연구개발성과물을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
  - 수요자 중심으로 연구성과물 활용방안 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시
  - 연구개발성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
- 연구개발성과 도출의 기간, 예산, 적정성을 고려하여 주어진 조건 내에서 구체적인 실증 계획(안)(실증규모, 소요예산 및 일정 등 포함)을 연구개발계획서에 제시
- 연구개발성과물을 연구개발계획서에 구체적으로 제시

□ 추진체계

- 본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행
  - 주관연구개발기관이 전체 사업을 총괄할 컨소시엄을 구성하여 전체 사업을 책임지고 진행하며, 주관연구개발기관 연구책임자는 공동연구개발 기관과의 구체적인 연계전략을 제시 필요
  - 공동연구개발기관은 주관연구개발기관과 협의하여 연구계획 수립

- 주관연구개발기관은 과제 시작시점부터 종료까지 동일기관이 연구를 수행하여야 함
- 컨소시엄 구성시 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진 체계의 비효율성을 최대한 지양할 것
- 연구개발과제 추진의 효율성 및 연구개발비 집행의 투명성을 고려하여 참여기관 이외 타 기관 소속 연구자의 참여 배제
- 관련 기술 및 기준 등에 대한 전문가 자문단을 구성·활용하여 연구개발의 기술·정책적 보완사항 확인 및 반영
- 관계부처 및 업계 간 유기적 협의체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화
- 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술동향 조사 및 수요 조사 등)

## 5. 최종 연구개발성과물

### (구성기술 1) ZEB 기술 적용 확대를 위한 해석 기술개발

- 현 ECO2 미적용 및 신기술의 평가 알고리즘 개발
  - ZEB 적용 기술 중 현 ECO2 미적용 기술\*의 해석 및 평가 모듈
  - \* 고층 공동주택의 침기량 계산 모델, 연돌효과 반영 등
- 국제협력기반 공동주택 ZEB 등급 평가를 위한 알고리즘 고도화
  - ZEB 적용 기술 중 시뮬레이션 평가 선도 기술\*의 해석 및 평가 모듈
  - \* 연료전지 기반 열병합, 건물 연계형 태양열 시스템, 수열 히트펌프 시스템 등

### (구성기술 2) 신축 ZEB 인증 평가기술의 국산화 기반 구축

- 공동주택 세대 타입별 용도 프로파일 개발
  - 한국형 공동주택 운전 양상 표준 DB\* 6종
  - \* 재실자 밀도, 조명, 급탕, 냉난방 설정온도, 냉난방 운전시간 등
- 국내 기술 및 운영 환경을 반영한 건물 내 설비 성능 DB 구축
  - 설비기기 유형별 표준 DB\* 3종
  - \* 보일러, 에어컨, 히트펌프 등의 사용 특성에 따른 효율, COP 등

## 6. 활용방안 및 기대효과

- **활용방안**
  - (활용처) 지자체 뿐만 아니라 소관부처 건축에너지 담당과 및 유관업무 수행기관(국토안전관리원, 한국부동산원 등) 등 활용되어야 함
  - (정부·지자체) 개별 건축물 에너지 성능 평가, 정책의사결정, 제로에너지건축물인증 효과분석 등
  - (민간) 제로에너지건축물 기술 적용에 따른 평가 등급 검토, 제로에너지건축물 기술에 대한 에너지 성능 평가 등
- **기대효과**
  - (정책적 기대효과) '2050 탄소중립 실현'과 '국토교통 2050 탄소중립 로드맵' 이행 기반 마련
  - (과학기술적 기대효과) 건물에너지 성능 해석기술 고도화를 통한 평가의 신뢰성 향상
  - (경제적 기대효과) 건물에너지 분야 신기술 평가체계 구축을 통해 관련 기술 개발 시장 활성화
  - (사회적 기대효과) 건물부문 2050 탄소중립 달성을 위한 과학적 평가시스템 구축 및 확산을 통한 온실가스 감축 기여

## 7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2025.04 ~ 2029.12 (4년 9개월)
  - [1단계]
  - 1차년도 연구개발기간 : 2025.04 ~ 2025.12 (9개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : 2026.01 ~ 2026.12 (12개월)
  - [2단계]
  - 3차년도 연구개발기간 : 2027.01 ~ 2027.12 (12개월)
  - 4차년도 연구개발기간 : 2028.01 ~ 2028.12 (12개월)
  - [3단계]
  - 5차년도 연구개발기간 : 2029.01 ~ 2029.12 (12개월)
- 총 정부지원연구개발비 : 6,000 백만원 이내
  - 1차년도 정부지원연구개발비 : 200 백만원 이내
  - \* 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
  - \* 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능
  - \* 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

## 8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 연구개발내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사 연구개발과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  - ※ [www.kaia.re.kr](http://www.kaia.re.kr), <http://www.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
  - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
  - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 구성기술 간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발로드맵(TRM)을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
  - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
  - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 연구개발일정과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
  - ※ 연구개발과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 연구 개발과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구개발과제 컨소시엄과 협의하여 확정

## 참고문헌

- [1] A.J. Marszal, J.S. Bourrelle, E. Musall, P. Heiselberg, A. Gustavsen, K. Voss (2010), Net Zero Energy Buildings- Calculation Methodologies versus National Building Codes, in: EuroSun Conference, Graz, Austria
- [2] Ben Polly 외(2016), 'From Zero Energy Building to Zero Energy Districts', American Council for an Energy-Efficient Economy, 10-9p
- [3] Byoungsan Jin and Youngchul Bae, Prospective Research Trend Analysis on Zero-Energy Building(ZEB): An Artificial Intelligence Approach
- [4] ECEEE (2014), Understanding (the very European concept of) Nearly Zero-Energy Buildings
- [5] EPBD 와 이승언 외(2017), 「제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」를 종합하여 작성, official journal of the european union(2010)
- [6] European Commission(2021), COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT REPORT Accompanying the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast), Dec 2021 (검색일: 2022.11.26.)
- [7] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(2014), German strategy for energy-efficient-buildings & CO<sub>2</sub>-Rehabilitation Programme, 8p,
- [8] Frost & Sullivan(2020), Global Zero Energy Buildings (ZEB) Promise New Efficiency Beyond Cost and Innovative Technologies, 2020.
- [9] Frost & Sullivan(2021), Global BEMS and HEMS Emerging Technologies, Business Models, and Growth Opportunities.
- [10] P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, and D.Crawley (2006), Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, ACEEE Summer Study proceedings, pp.3-275~3-286
- [11] Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan(2015), ZEB in Japan
- [13] U.S. DOE (2015), A Common Definition for Zero Energy Buildings
- [14] Yeweon Kim and Ki-Hyung Yu (2020), Study on the Certification Policy of Zero-Energy Buildings in Korea, Sustainability
- [15] Zero Carbon HUB(2016), Fabric Energy Efficiency for Zero Carbon Homes
- [16] 국토교통부. (2018.2.5.). 보도자료
- [17] 권장혁, 장향인, 김민규, 박효순, 서승직. (2012, 6). 건물에너지평가도구와 동적해석 프로그램의 연간냉난방 요구량 해석 및 비교. 2012 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집: 대한설비공학회, 363-366.
- [18] 김병진. (2012). GREEN TOMORROW. 한국농공학회지 Volume 54 Issue 1 .82-89
- [19] 김신성, 진태승(2018) 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 연구
- [20] 김연아, 장향인, 박창영, 이건호, 구보경. (2015). 국내외 기존 건축물 지원정책 및 에너지성능평가도구의 특징 비교. 한국건축친환경설비학회논문집, 9(2), 91-100.
- [21] 김연아, 장향인, 박창영, 장대회, 이건호. (2016). 그린리모델링 에너지성능 평가도의 냉난방부하 해석특징 비교. 한국건축친환경설비학회논문집, 10(6), 449-455.구
- [22] 김창성. (2015). ECO2 프로그램을 이용한 공동주택의 단위세대 평면 형태에 따른 에너지 효율 평가. 한국생태환경건축학회논문집, 15(5), 89-94.
- [23] 박선효, 박용승, 원종서. (2006.6). 3L House의 설계, 시공 및 평가. 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 814-819.
- [24] 박철수. (2006). 규범적 건물성능 평가방법. 대한건축학회논문집(계획계), 22(11), 337-344.
- [25] 배상환. (2009). 친환경 저에너지 공동주택 구현사례와 발전방향.
- [26] 사용기, 한찬훈 (2019), 공동주택 제로에너지빌딩 인증을 위한 적정가산비 산정에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, pp.21-3011.
- [27] 서울정책아카이브. <https://seoulsolution.kr>

- [28] 서형석. (2010). 특집 : 그린홈에서의 실내환경 개선기술 - 삼성의 Green Tomorrow 우수기업 및 실내환경 관련 적용기술. 대한공기청정협회. 23권 1호. 27-36
- [29] 성옥주. (2017). 국내 제로에너지빌딩 기술현황 및 전망. 대한건축학회, 건축 61(4),13-16.
- [30] 오세민, 김영록, 김종현, 박상린. (2013). 건물에너지성능평가 방법 비교분석. 2013 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집: 대한건축학회. 33, 243-244.
- [31] 이선우. (2017). 서울에너지드림센터 적용 기술 현황
- [32] 이성진. (2012). 코오롱글로벌 이플러스그린홈 공사. 대한건축학회 2012-08 56(8):71-75
- [33] 이성진. (2013). 코오롱글로벌 e+ 그린홈 기술과 성능. 한국건설관리학회 제14권 제3호. 23-27
- [34] 이승언 외(2017), 제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구, p.4).
- [35] 이아람, (2015. 8), 국내 건축물에너지효율등급 제도 및 평가도구의 변화에 따른 공동주택 난방에너지 예측사용량 및 실제 사용량 비교, 한양대학교 첨단건축도시환경공학과 석사학위논문, 2015
- [36] 이아람, 김정국, 김종훈, 정학근, 장철용, 송규동. (2015). 건축물에너지효율등급 평가 프로그램에 의한 공동주택 난방에너지 소요량과 실제 사용량 비교. 한국생태환경건축학회논문집, 15(2), 103-107.
- [37] 이재범 외4. (2011). 업무용 탄소제로건물의 적용기술 및 효과. 한국기후변화학회지 2011.12. 283-295
- [38] 이재혁, 유기형, 조동우, (2009. 6), 건물에너지효율등급 평가도구와 상세해석프로그램의 비교 분석, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 3-8.
- [39] 이정임외. (2017). 경기도 공공건축물 친환경기술 도입 활성화 방안
- [40] 임인혁, 이용신, 이명주. (2014). 노원에코센터(제로에너지건물) 연간 에너지모니터링 결과 분석 연구. 대한건축학회 논문집 2014.10. 179-188
- [41] 제로에너지빌딩 인증시스템, <https://zeb.energy.or.kr/> (검색일: 2022.11.25.)
- [42] 조수,한설이,성옥주,김석현, 제로에너지빌딩의 기술 패키지 적용을 위한 에너지성능 평가 도구 비교분석 및 개선방안 제안, Journal of KIAEBS Vol.11, No.4, August pp. 319-330
- [43] 조정훈, 국내외 건축물 에너지 성능평가 기준 및 평가틀에 관한 고찰
- [44] (주)더비엔아이(2020), 건축 R&D 중장기 기술로드맵 수립 최종보고서.
- [45] 최선규, 정종원. (2011). SK케미칼 연구소의 BEWMS 운영사례. 한국설비기술협회 특집원고 2011년 9월호
- [46] 한국건설기술연구원. (2013). 제로카본 그린홈 기반구축 및 기술실용화
- [47] 한국기업데이터(주)(2021), 제로에너지빌딩/친환경에너지타운, 혁신성장품목 분석보고서 2021-48
- [48] 한국에너지공단(2020a), ZERO ENERGY BUILDING
- [49] 한국에너지공단(2020b), 제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서