

국토교통연구기획사업

효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지  
핵심 기술 개발 기획

-제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발 기획-

2017. 7

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부  
국토교통과학기술진흥원

## 제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지 핵심 기술 개발 기획" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 07. 20.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 최경석 연구위원

연구 원 : 이승언, 강재식, 김용기

" : 손병후, 조선희, 류형규

# 목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 .....	01
제1절 기술의 정의 .....	01
제2절 연구개발 배경 .....	03
제3절 연구개발 필요성 .....	09
제2장 국내외 동향 및 환경 분석 .....	10
제1절 국내외 정책동향 .....	10
제2절 국내외 시장현황 및 전망 .....	33
제3절 기술동향 분석 .....	47
제4절 기술수준 분석 .....	80
제5절 유사과제 분석 .....	88
제6절 연구개발 인프라 분석 .....	97
제7절 기술수요조사 .....	100
제8절 종합분석 .....	102
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....	107
제1절 비전 및 목표 .....	107
제2절 핵심기술 선정 .....	110

제3절 연구과제 구성 .....	117
제4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 .....	121
제5절 세부과제 간 연계관계 .....	123
제6절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 .....	124
제7절 성과의 활용방안 .....	126
제4장 사전타당성 검토 .....	127
제1절 정책적 타당성 검토 .....	127
제2절 기술적 타당성 검토 .....	132
제3절 경제적 타당성 검토 .....	134
제5장 인력투입 소요예산 산정 .....	137
제1절 연구일정에 따른 인력투입 계획 .....	137
제2절 소요예산 .....	139
제6장 과제 제안요구서 .....	141
제1절 과제 제안요구서(RFP) .....	141
제2절 평가기준 설정 .....	146

## 그림목차

[그림 1-1] 제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 개발 개념도	1
[그림 1-2] 제로에너지 주택보급을 위한 패시브 및 액티브기술 분류 및 적용기술	2
[그림 1-3] 지구온난화에 의한 영향과 위기(출처: 기후 Week 2015 포럼, 2015)	3
[그림 1-4] Post-2020 우리나라 온실가스 감축 목표(2015년 6월)	4
[그림 1-5] Post-2020 대응 국외의 온실가스 감축 목표 및 내용	5
[그림 1-6] 국토교통 7대 신산업 중 제로에너지빌딩 사업 개요	6
[그림 1-7] 세계 탄소배출권 거래제 현황 (출처: 국제배출권거래협회, 2015)	7
[그림 2-1] 국내 건물부문 건물에너지 절감 강화 정책 및 전망	11
[그림 2-2] 부분별 감축율(%) (출처 : 온실가스종합정보센터)	13
[그림 2-3] 2030년 BAU 대비 37% 감축목표 (출처 : 온실가스종합정보센터)	13
[그림 2-4] 국토교통 7대 신산업 육성방안	14
[그림 2-5] 에너지 신산업 생태계 (출처: 산업통상자원부)	14
[그림 2-6] 2030 에너지 신산업 정책방향	15
[그림 2-7] 국내 건물부문 온실가스 감축 및 에너지효율화 추진정책 분류	18
[그림 2-8] OECD 가입국 주거건물 예상 에너지 사용 증가율(2016; IEA)	19
[그림 2-9] EU 국가들의 제로에너지 로드맵 현황	20
[그림 2-10] EPBD recast 의 nZEB관련 로드맵	20
[그림 2-11] 유럽연합의 제로에너지 실현을 위한 가이드라인	21
[그림 2-12] 전 세계 국가별 녹색 건축물 인증제도 현황	23
[그림 2-13] 독일의 제로에너지 빌딩 관련 규제	25
[그림 2-14] 연도별 프랑스 BBC 목표 수준 (출처: <a href="http://www.rouchenergies.fr">www.rouchenergies.fr</a> )	26
[그림 2-15] 건물에너지 저감 정책 및 사업 유형	27
[그림 2-16] 일본 재생에너지 설비용량변화 추이	31
[그림 2-17] 기업형 E-프로슈머 개념	35
[그림 2-18] 2011-2020년 한국의 마이크로그리드 시장 수익 및 연간 수용량 증대 전망(Frost & Sullivan)	36

[그림 2-19] 가사도 에너지 자립성 구성도 .....	37
[그림 2-20] 글로벌시장 제로에너지빌딩 테크놀로지 기술개발 투자 패턴 및 경향 .....	42
[그림 2-21] 세계 그린빌딩 건축재료시장 규모 .....	43
[그림 2-22] 권역별 그린빌딩 건축재료 시장 규모 .....	43
[그림 2-23] 마이크로그리드 글로벌 시장 성장 전망 (Navigant Research, 2013, 4Q) .....	44
[그림 2-24] 2011-2020년 아시아태평양 지역의 전체 마이크로그리드 시장 수익률 예측 .....	45
[그림 2-25] 제로에너지빌딩 적용 패시브&액티브 기술 사례 .....	47
[그림 2-26] 분야별 최고기술 보유국 .....	48
[그림 2-27] 국내 최초 제로에너지주택 실증단지(서울시 노원구) .....	51
[그림 2-28] 노원구 제로에너지주택 실증단지 연간 에너지 대차대조 예측 .....	52
[그림 2-29] 요소기술별 비용 분석 .....	54
[그림 2-30] 국내 에너지 건축자재 정보 관련 시스템 특징 .....	55
[그림 2-31] 녹색기술 범위 .....	57
[그림 2-32] 녹색기술 예시 .....	58
[그림 2-33] 친환경건설자재 예시 .....	58
[그림 2-34] 마이크로그리드 해석 모델 및 제어 모델 개발을 위한 개념도 .....	59
[그림 2-35] 패시브하우스 개념도 .....	62
[그림 2-36] 글로벌시장 제로에너지빌딩 테크놀로지 개발 동향 및 로드맵 .....	66
[그림 2-37] 건물외피 부문별 시장 성숙도 평가 .....	66
[그림 2-38] 국내외 지역/용도에 따른 에너지절약형 건축물 사례별 적용 기술 현황(1) .....	67
[그림 2-39] 국내외 지역/용도에 따른 에너지절약형 건축물 사례별 적용 기술 현황(2) .....	68
[그림 2-40] 요소기술 최대 적용가능성과 payback .....	69
[그림 2-41] 건축물 비용, 에너지성능 관계 .....	69
[그림 2-42] 국외 에너지 건축자재 정보 관련 시스템 특징 .....	70
[그림 2-43] 미국 그린빌딩협의회(USGBC) 홈디포(Home Depot) .....	71
[그림 2-44] 녹색건축 분야의 국가/연도별 출원동향 .....	81
[그림 2-45] 특허분석 개요 .....	82
[그림 2-46] 특허분석 대상 .....	82
[그림 2-47] 특허기술경쟁력: 종합 .....	83
[그림 2-48] 핵심키워드(건물, 제로에너지, 자재 및 기술): 종합 .....	84
[그림 2-49] 핵심키워드(건물, 제로에너지, 자재 및 기술): 건물에너지 운영 및 관리기술 .....	84
[그림 2-50] 대상특허 전체 연도별 특허 출원 현황(한국, 일본, 미국, 유럽) .....	85
[그림 2-51] 국가별 특허 점유율(한국, 일본, 미국, 유럽) .....	86
[그림 2-52] 국내외 건물 외피 부문 논문동향 결과 .....	87
[그림 2-53] 국내 건물 외피 부문 상세 논문동향 결과 .....	87
[그림 3-1] (3과제)기획연구의 비전 및 목표 .....	104
[그림 3-2] (3과제) 핵심기술 선정 프로세스 .....	106
[그림 3-3] (3과제) 3대 중점분야 및 핵심 키워드 .....	106
[그림 3-4] 제로에너지 주택 구현을 위한 기술트리 개념도 .....	109
[그림 3-5] (3과제) 연구개발과제의 구성 및 체계 .....	115
[그림 3-6] (3과제) 세부과제 간 연계관계 .....	121
[그림 3-7] (3과제) 기술로드맵 .....	122
[그림 3-8] (3과제) 과제별·단계별 산출물(Output) 및 성과물(Outcome) 로드맵 .....	122

[그림 4-1] 국토교통부 7대 신산업 중 제로에너지빌딩 .....	127
[그림 4-2] 국토교통부 보도자료 (2017.01.20.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-4] 기술개발의 필요성 .....	128
[그림 4-5] 정부지원의 필요성 .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128
[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.) .....	128

# 표목차

[표 2-1] 2014년 국토교통부의 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안	10
[표 2-2] 제로에너지빌딩 인센티브	11
[표 2-3] 제로에너지빌딩 인증 등급(안)	12
[표 2-4] 제로에너지빌딩 사업모델	12
[표 2-5] 에너지기본계획 비교	15
[표 2-6] E-프로슈머 정책 방향	16
[표 2-7] 수요자원 거래시장 개요	17
[표 2-8] 유형별 ESS 확산 방안	17
[표 2-9] 유럽연합 각 나라에서 선정한 건물에너지	22
[표 2-10] 미국 단체별 제로에너지 계획	24
[표 2-11] 미국 연방/지자체 주체 건물에너지 저감사업	28
[표 2-12] 유럽 국가별 스마트 미터링 도입 계획	30
[표 2-13] 제로에너지빌딩 시범단지	33
[표 2-14] 국내외 일반건축물 및 녹색건축물 시장성장 전망	34
[표 2-15] 국내 마이크로그리드 주요 연구 및 실증사업 현황	36
[표 2-16] 영국의 베드제드(Bed-ZED) 개요	39
[표 2-17] 독일의 Freiburg Vauban 프로젝트	40
[표 2-18] 독일의 운데마을	40
[표 2-19] 일본의 펠타운(Paltown)	41
[표 2-20] EU 마이크로그리드 프로젝트 현황	46
[표 2-21] 국내 ZEB 시범사업 지역/용도별 적용 기술 현황	47
[표 2-22] 제로카본 그린홈 적용 요소기술(출처: 한국건설기술연구원)	49
[표 2-23] 제로에너지주택 성능 건축물 부위별 열관류율 (단위:W/m <sup>2</sup> ·K)	50
[표 2-24] 노원구 제로에너지주택 실증단지 적용 기술	52
[표 2-25] 국내 친환경 건축 자재 기준의 기술 현황	56
[표 2-26] 국내 고성능 건축 자재/설비 기준의 기술 현황	57
[표 2-27] 마이크로그리드 분야별 기술수준 분석	60
[표 2-28] 에너지 자립형 마이크로그리드의 운영시스템 기술	62
[표 2-29] 그린리모델링을 활용한 에너지 절감 및 온실가스 감축 기술	64
[표 2-30] BEMS 분석항목 및 주요기능	72
[표 2-31] 국외 BEMS 연구개발 주요기업	73
[표 2-32] 기술트리	74
[표 2-33] 기존 기술(연구)와의 차별성 및 연계방안	75
[표 2-34] 기존연구와의 비교 분석	77
[표 2-35] 특허동향 분석 검색식	85
[표 2-36] 유사과제 사례 1	89
[표 2-37] 유사과제 사례 2	90
[표 2-38] 유사과제 사례 3	91
[표 2-39] 유사과제 사례 4	92
[표 2-40] 유사과제 사례 5	93

[표 2-41] 유사과제 사례 6 .....	94
[표 2-42] 유사과제 사례 7 .....	95
[표 2-43] 유사과제 사례 8 .....	96
[표 2-44] 중점추진분야별 인프라 수준 .....	97
[표 2-45] 국내 연구 인프라 .....	98
[표 2-46] 기획과제의 SWOT 분석 .....	102
[표 2-47] 대응전략 및 기술개발 방향 .....	103
[표 3-1] 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 기술의 현황 및 미래상 105	
[표 3-2] 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 기술 관련 세부기술	108
[표 3-3] 중점분야의 세부 핵심기술(예시) .....	110
[표 3-4] 중점분야의 세부 핵심기술 성능수준(예시): Level 2 단계 .....	111
[표 3-5] 중점분야의 세부 핵심기술 성능수준(예시): Level 4 단계(시스템 창호) .....	112
[표 3-6] 중점분야의 세부 핵심기술 성능수준(예시): Level 4 단계(현관 단열문) .....	113
[표 3-7] 중점분야의 세부 핵심기술 성능수준(예시): Level 4 단계(열회수형 환기장치) .....	114
[표 3-8] (3과제) 세부과제 구성 .....	116
[표 3-9] (3과제) 세부 과제별 기술의 정의 및 성과물 .....	117
[표 3-10] 에너지 절약형 자재 및 기술 조사(1주제) 연구 목표 및 내용 .....	118
[표 3-11] 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정(2주제) 연구 목표 및 내용	118
[표 3-12] 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발(3주제) 연구 목표 및 연 구내용 .....	119
[표 4-1] 저탄소 녹색성장 기본법 .....	130
[표 4-2] 저탄소 녹색성장 조성지원법 .....	131
[표 5-1] 전체 사업의 총 개발인력 투입계획 .....	137
[표 5-2] 세부과제별 개발인력 투입계획 .....	138
[표 5-3] 전체사업 연차별 소요 예산(단위 : 천원) .....	139
[표 5-4] 1세부 비목별 소요예산 .....	140
[표 5-5] 2세부 비목별 소요예산 .....	140
[표 5-6] 3세부 비목별 소요예산 .....	140
[표 6-1] 과제 제안요구서(RFP) .....	140
[표 6-2] 기준 항목 및 세부평가항목 .....	140

# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의

### 1. 기술의 정의

- 건물을 구성하는 자재 및 부품, 건설 공정, 건물 운영 및 관리, 폐기에 이르기까지 저탄소와 저에너지를 수반하는 건축 기술. 즉, 친환경 건축자재의 생산 및 시공, 환경부하를 저감하는 외피 기술, 고효율 설비, 신재생에너지의 건물 융합 및 이를 통합 운영하는 에너지관리시스템을 통해 건물 에너지소비 및 이산화탄소 배출을 최소화하는 제로에너지 구현을 위한 제반 기술을 범위로 함
- 플러스에너지 근린주구 실현을 위한 에너지 생산/저장 등과 연계하여 에너지 소비를 최소화하는 고성능의 적정비용 건축자재



[그림 1-1] 제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 개발 개념도

### ○ 기술의 분류 및 내용

- ① 건물 에너지 효율화 기술
  - 건축물의 외피 단열 및 기밀, 채광, 자연환기 성능 향상 기술
  - 건물 냉난방 공조 및 기계환기, 열교환 시스템의 효율 향상 기술
- ② 신재생 에너지 건물 융합기술
  - 태양열, 태양전지, 지열 등 신재생에너지의 건물 적용 기술
- ③ 친환경·제로에너지 건축자재 기술
  - 환경부하 및 오염 배출이 적은 건축자재 및 생산기술

- 에너지절감 건축 신소재 기술
- 탄소 원단위가 낮은 건축자재 및 생산기술

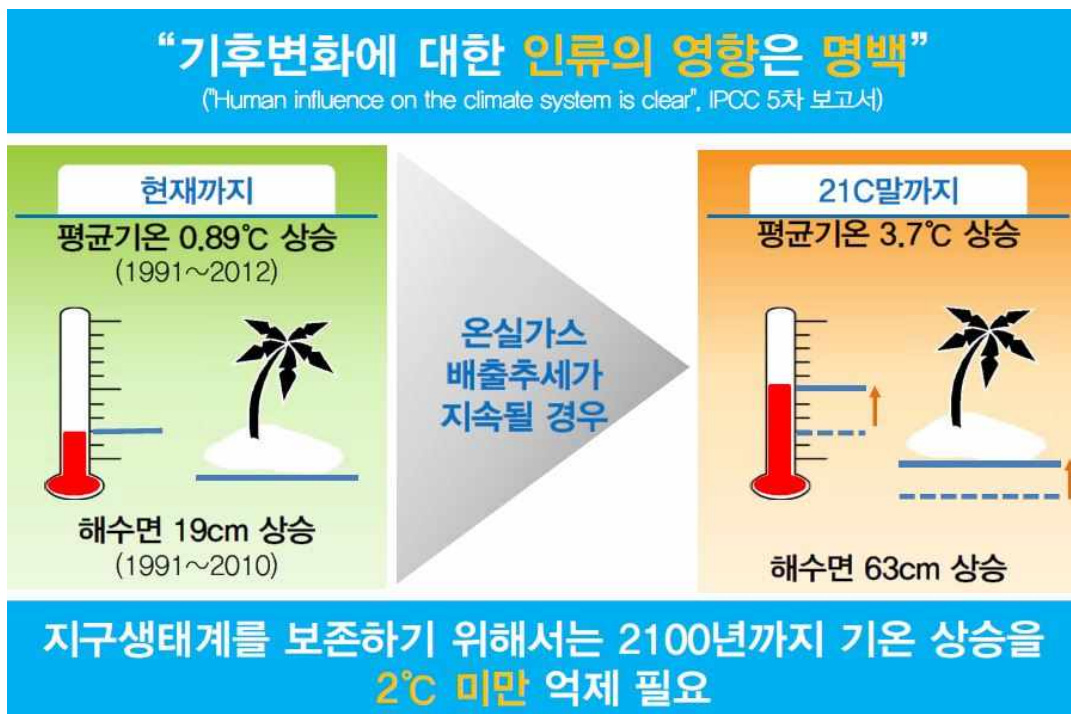


[그림 1-2] 제로에너지 주택보급을 위한 패시브 및 액티브기술 분류 및 적용기술

## 2절. 연구개발 배경

### 1. 대외적 측면(신(新)기후체제)

- 기후변화에 따른 지구 생태계의 변화에 에너지·자원의 고갈 등에 대한 전지구적 대응 노력이 절실하며 기후변화에 적절히 대응하지 않을 경우 그 피해는 매년 전 세계 GDP의 20% 까지 치솟을 것으로 예상(출처: Nicholas Stern, 2006)



[그림 1-3] 지구온난화에 의한 영향과 위기(출처: 기후 Week 2015 포럼, 2015)

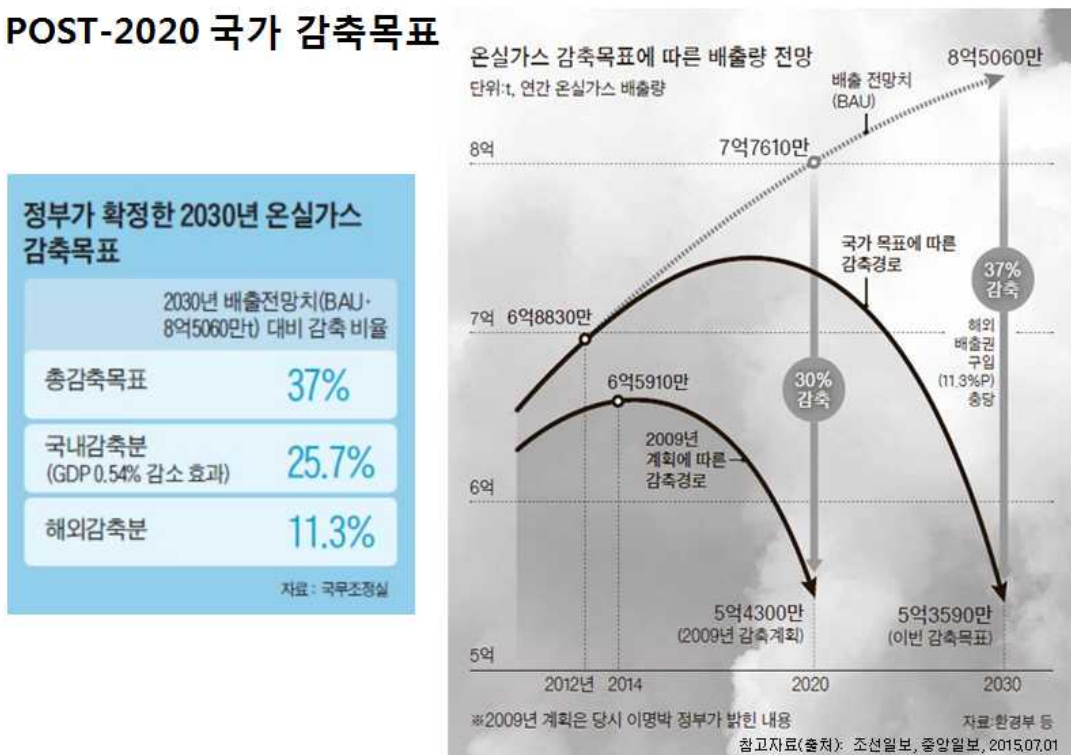
- Post-2020 신기후체제란 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2°C 이내(온도 상승을 1.5°C 이하로 제한하기 위한 노력을 추구)로 억제하기 위하여 선진국, 개도국 모두 참여하여 기후 변화에 대응하는 것을 의미하며, 제20차 리마 기후변화 당사국총회(COP, The Conference of the Parties)에서 각국이 온실가스 감축 목표를 스스로 결정하는 자발적 기여(INDC, Intended Nationally Determined Contributions)를 2015년 12월 파리총회(COP 21)에 앞서 제출함
- 우리나라는 2015년 12월 **POST-2020을 대비한 국가 온실가스 감축목표를 2030년까지 온실가스 배출전망치(850.6백만톤CO<sub>2</sub>e) 대비 37%로 결정함**
- 파리 당사국 총회(COP21, 2015년 12월) 이후 온실가스 감축목표가 국제적으로 공식화되면 후속작업으로 부문별 세부이행계획 및 정책적 대응방안 마련이 시급하며 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등

과 관련하여, 건물부문의 구체적인 기술적, 정책적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있음

○ 지구 온난화 및 에너지 고갈 등으로 인한 환경문제 해소를 위한 에너지 효율화 및 기후변화 대응 주거단지 기술 개발 필요

- 플러스에너지 공동주택은 에너지요구량 최소화와 고효율설비 및 신재생에너지시스템을 통해 필요 에너지를 공급하는 등 에너지 소비주체에서 생산주체로 역할 변화 필요
- 에너지플랫폼 내에서 주거단지의 에너지소비량을 줄이고, 신재생에너지시스템을 통한 열·전력 잉여에너지 극대화를 위한 주거모형 개발 및 보급 필요

● **POST-2020 국가 감축목표**



[그림 1-4] Post-2020 우리나라 온실가스 감축 목표(2015년 6월)

2. 정부의 정책적 측면

- 건물부문은 다른 부문에 비하여 온실가스 감축 잠재력이 가장 클 것으로 예상하고 있으나, 신기술 적용이 늦게 이루어지는 특징이 있고 산업, 교통 등의 다른 분야에 비하여 이미 개발된 신기술이 현장에 적용되지 않는 경우가 매우 많음. 이에 따라 정부 정책은 이미 개발된 신기술이 시장에 적용되기 위한 적정 시점 및 기술 범위를 설정하고 정책적·재정적 지원을 해야 함

● 선진국 및 개도국의 중장기 감축목표 수립 추진

국가	주요 내용	감축 목표 (2030)
 E U	<ul style="list-style-type: none"> <li>EU 기후변화 종합법(Directives) 발효 ('09.4)</li> <li>자동차 온실가스 배출규제 도입 ('09)</li> </ul>	1990년 대비 40%
 영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계최초 기후변화 법안 도입, 감축목표 명시(2008.12)</li> </ul>	1990년 대비 34% (2020년 목표)
 중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>'20년까지 일차에너지의 비화석연료의 비중을 15%로 상향</li> <li>5개년 계획 ('11-'15년) 수립</li> </ul>	60-65% ('05 대비 GDP 당)
 미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>'20년부터 주거용, '25년부터 비주거용 건축물의 제로에너지화를 목표로 에너지부처(Department of Energy)의 추진사업을 통해 다양한 지원을 실시</li> </ul>	2005년 대비 26-28% (2025년 목표)
 멕시코	<ul style="list-style-type: none"> <li>MRV 체계 구축을 위한 수단 및 제도적 준비 완료</li> <li>장기적 계획 수립 - '50년 70% 감축 (BAU대비)</li> </ul>	25% (조건부 40%) (2030년 BAU 대비)
 일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>'50년까지 주택·건축물 분야에서 평균적으로 CO2 Zero Emission을 목표</li> </ul>	

[그림 1-5] Post-2020 대응 국외의 온실가스 감축 목표 및 내용

- 정부에서는 2020년까지 우리나라 건물부문 온실가스 감축목표를 달성하기 위해, 2017년부터 신축주택 대상으로 냉난방에너지 소비량을 60%까지 절감하고, 2025년부터 신축 건축물 대상으로 제로에너지 주택 수준 달성을 의무화 할 것을 발표한 바 있음. 국가 온실가스 감축 목표 이행에 있어 “패시브 건축물 및 제로에너지 건축물” 기술요소의 개발은 매우 중요하게 부각되고 있음
- 우리나라는 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축 정책들을 시행 중이며, 강화된 정책을 통한 시장 활성화 견인하고 있음. 특히 저에너지 빌딩 및 제로에너지 빌딩의 핵심 기술에 대한 수요가 증가하고 있음
  - (시범사업) 시장선도형 제로에너지빌딩 모델 개발을 위한 단계적 시범사업 추진, 국토교통부
  - (제도기반) ZEB 인센티브 등 법적 기반 마련(2016)
    - 국토교통부는 「녹색건축물 조성 지원법 시행령·시행규칙」 및 「건축물 에너지 효율등급 인증에 관한 규칙」 일부 개정안을 통해 2017년 제로에너지건축물 인증제 시행(2017년 1월 20일 시행 예정). 인증을 받은 건축물에 대해서는 용적률 완화, 신재생에너지 설치보조금, 기부채납 부담률 완화 등의 인센티브 제공
  - (공공 수요 창출) 소형 공공 건축물 대상 의무화 추진(2017)
- 다양한 정책 제정을 통해 제로에너지건축 산업을 위한 기본적 법제도는 마련되었으나, 국내 현실에 적합한 세부적인 기준 및 기초적 관련 데이터 확보방안에 대한 정비는 미흡
  - 기술/제품의 성능에 대한 세부적인 기준이 마련되어 있지 않아, 실제적으로 건

축물 평가 시에 인증제도가 반영되기 어려운 실정

- 제로에너지건축 관련 각각의 인증에 중복되는 기준들이 있고 목적하는 바가 유사함에도 개별법령에 의해 별개의 기관이 운영하고 있으며, 각 부처별로 추진되고 있는 사업들 간의 유사성이나 중복 가능성 및 사업의 효과에 대한 분석이 미비함
- 제로에너지건축 분야는 국가 정책 추진방향 및 국내외 건설 경기에 따라 의존도가 높은 산업으로 국가 및 기업 간 관련 분야의 지역적 특성을 반영한 기술 개발 및 시장성 확보가 요구됨

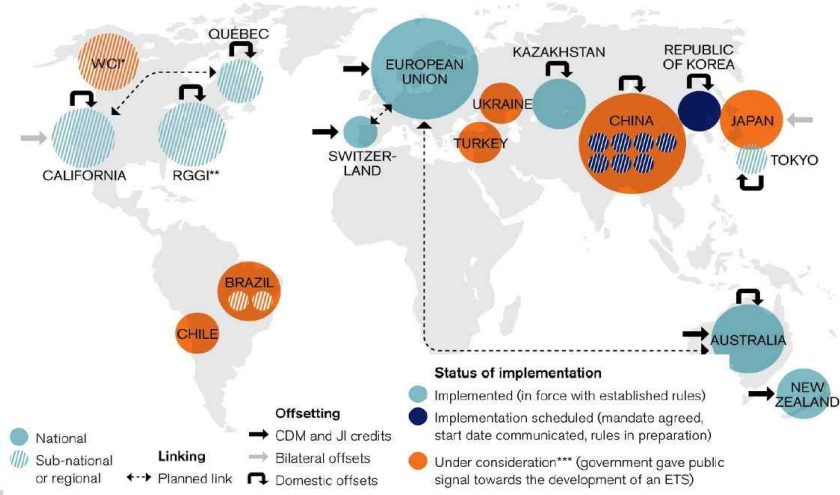


[그림 1-6] 국토교통 7대 신산업 중 제로에너지빌딩 사업 개요

3. 건설 경제 및 산업적 측면

- 세계적으로 배출권거래제는 40여 개국에서 시행하고 있으며 그 규모는 약 7억톤 CO<sub>2</sub>e로 세계 전체 온실가스 배출량의 약 12%를 차지함
- 유럽은 배출권거래제 4기(2021-2030)가 출범 예정이고, 미국은 Clean Power Plan(CPP)를 확정, 캐나다는 배출권 거래제 시행을 확대할 전망이다. 또한 중국은 2017년부터 전국단위의 배출권 거래제 시행을 확정하여 그 규모가 60억톤 정도로 세계최대의 탄소배출권 거래 시장이 형성될 것으로 전망됨
- 국제 기후변화협약 이행을 위한 건물부문 온실가스 감축 기술의 개발이 필요하며 감축 기술 및 방법론에 대한 시장수요가 급격히 증가할 것으로 예상됨

## 세계 배출권거래제 현황



[그림 1-7] 세계 탄소배출권 거래제 현황 (출처: 국제배출권거래협회, 2015)

- 국내 녹색건축물 시장은 약 19%로 성장될 것으로 예상되는 상황으로 녹색건축물 분야는 향후 미래의 새로운 신성장 동력으로 평가되고 있음
  - 전국 건축물은 총 6,911천동(34억5천1백만㎡)으로 건물부문의 에너지소비는 약 37.9백만TOE로 국가 전체 에너지의 약 18.2%이상을 소비하고, 온실가스 배출량은 약 20.3%이상을 차지함
- 건설부문에서 건축물 부문의 시장규모 비율은 약 75% 점유. 세계 건축 시장규모는 2006년, 3조4천5백억 달러로 산출되며 2030년 이후에는 제로에너지 그린빌딩과 같은 녹색건축물분야의 시장규모는 전체시장에서 약 60%를 차지할 것으로 판단됨
  - 주요 선진국은 건축 산업구조, 정책/제도 전반의 개혁 및 지원을 통해 제로에너지 건물의 보급 확대를 위한 시장전환 진행 중이며, 빠르게 성장하고 있는 중국, 인도를 포함한 아시아 지역에서도 녹색 건설 시장의 활성화를 주도하고 있음
  - 2013년 기준 국내 건축물 680만동 중, 660만동을 차지하는 기존 건축물 중 74.1%는 사용승인일 15년이 경과된 건축물로서, 에너지 및 탄소저감에 대한 큰 잠재력을 가지고 있음
- 주요 선진국은 기술성숙화 단계인 제로에너지 건축기술을 기반으로 IT융합을 통한 에너지관리 관리 기술 및 신재생에너지 융합을 통해 시장 주도권을 확보하고 있으나, 국내는 요소기술 자립화 단계로 보급 및 상용화가 미흡한 수준이며, 건물 통합 패키지기술을 기반으로 한 상용화 추진전략 필요
- 현재 건설산업에서 ‘패시브 건축물’ 및 ‘제로에너지 건축물’ 등 온실가스 저감을 위한 건축기술의 도입에 관심이 높아지는 추세이나, 이를 뒷받침하는 건축물 구현 요소기술의 발굴이 미진하여 국가 및 우리나라 건설 산업의 경쟁력의 도약에

장애요소로 작용

- '건물부문의 온실가스 감축기술'의 개발은 ㉠현재 장기간 침체되어 있는 건설경제를 활성화에 영향, ㉡건물 에너지 소비량의 감축을 통한 사회적 비용의 감소, ㉢새로운 요소기술의 발굴을 통해 국가 경쟁력의 향상 및 부수적인 경제적 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상
- 제로에너지건물 구현을 위한 초기 투자비의 증가에 따른 실질적 효과에 대한 자료 부족함. 이에 건물 소유자들의 인식 전환이 미흡한 상황으로 민간시장이 활발한 참여를 저해하는 불확실성이 존재함
- 국내 관련 산업에 종사하는 기업은 90% 이상이 중소기업 및 영세상공인으로 구성되어 있고, 현재 중소기업 간의 출혈 경쟁이 진행 중임. 또한 국내 녹색건축 산업의 경쟁력 저하로 인해 외국 제품의 국내 시장점유율이 상승, 특히, 저가의 중국산 제품의 시장지배력 강화에 따라 국내 중소기업의 시장규모는 더욱 축소됨

### 3절. 연구개발 필요성

- 현재까지의 R&D 과제는 건축물의 에너지절약 및 온실가스 저감을 위한 한정적 재료 및 요소기술에 국한되어 국가 전반의 건물부문에 대한 통합 연구 및 기술 탐색 연구가 이루어지지 못함
- 일반건물 대비 50% 이상 건축공사 추가비용이 소요되는 제로에너지 건물의 고성능화와 최적 경제성 확보를 위해서는 건물 에너지 소비 핵심자재의 전략적 개발이 필요하며, 이를 위해 적정비용/고성능 건축 신자재, 신재생 에너지 건물 융합기술 및 건물 에너지 효율화 기술(외피 단열, 기밀, 채광, 냉난방 공조 등)과의 패키지와 등 제로에너지 건물 및 플러스에너지 근린주구 구현을 위해 핵심 자재 및 기술 개발 시급
- 제로에너지 주택 보급을 위해서는 Passive/Active 시스템의 가격경쟁력과 기술력 확보가 필수적이며, 제로에너지 주택의 정책적 보급을 통해 대량 생산 및 제조·시공 기술의 제고를 통하여 비용효율적인 기술력을 확보할 수 있으며, 이를 통해 해외 시장 진출에도 유리한 조건을 선점할 수 있음
- 에너지 및 온실가스 저감 차원에서 혁신적인 제로에너지 건축기술의 개발과 보다 효율적으로 에너지절감을 실현할 수 있는 적정 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 고도화/상용화/국산화 촉진방안 개발이 절실함
- 제로에너지 주택 보급을 위해 국내기술의 국내·외 경쟁력 강화 및 국내 자재·건설 산업의 활성화 기대
- 제로에너지 관련 원천기술의 대부분을 선진국에 의존하고 있으며, 일부 국내 확보하고 있는 원천기술의 경우, 원천기술을 보유한 이를 활용하여 제품으로 상용화 할 수 있는 기관과의 네트워크 구축 미흡으로 사실상 상용화가 이루어지지 못하고 있음. 이에 제로에너지 녹색건설시장으로의 혁신적인 전환과 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는, 핵심 원천기술에 대한 다각적 전문기관간 융합과 집중적 기술개발 및 투자 필요

## 2장. 국내외 동향 및 환경 분석

### 1절. 국내외 정책동향

#### 1. 국내 정책동향

##### 가. 건물부문 에너지절감 강화 정책

- 건축물 분야는 전 세계적으로 가장 많은 에너지를 소비하며, 건축물과 에너지 사용 설비의 지속적인 증가로 201년 기준 1971년 대비 2배 증가, 2050년까지 약 50% 증가 전망(IEA 2013, IPCC 2014)
- 정부에서는 저탄소 녹색성장 기본법 상에서 녹색건축물을 ‘에너지이용 효율 및 신재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물’로 정의하고 다양한 제도적 장치를 통해 녹색건축물 활성화 유도
- 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지건물 의무화를 위해 2009년 11월 제6차 녹색성장위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵을 발표하였으며, 2014년 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안에 기준을 수정 발표 함. 관계부처합동은 패시브 설계 의무화를 통한 에너지 설계기준 강화와 신재생에너지 기술개발을 통해 시장성 확보 필요. 2017년 패시브하우스 설계 의무화, 소형 공공 건축물 2020년 제로에너지 의무화 및 2025년부터 신축건물 제로에너지 의무화

[표 2-1] 2014년 국토교통부의 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안

시기	2014~2016	2017~2019	2020 ~	2025 ~
내용	기반구축	상용화, 패시브설계 의무화 (주거: 2017~ ) (비주거: 2020~ )	소형 공공건축물 제로에너지 의무화	신축건물 제로에너지 의무화

- 우리나라는 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축 정책들을 시행 중이며, 강화된 정책을 통한 시장 활성화 견인하고 있음. 특히 저에너지 빌딩 및 제로에너지 빌딩의 핵심 기술에 대한 수요가 증가하고 있음
  - (시범사업) 시장선도형 제로에너지빌딩 모델 개발을 위한 단계적 시범사업 추진, 국토교통부
  - (제도기반) ZEB 인센티브 등 법적 기반 마련(2016)
  - (공공 수요 창출) 소형 공공 건축물 대상 의무화 추진(2017)



[그림 2-1] 국내 건물부문 건물에너지 절감 강화 정책 및 전망

- 출처: \* 온실가스를 직접적으로 감축하기 위한 정책으로 『온실가스·에너지 목표관리제』 도입(2011)  
 \* 『배출거래제』 도입을 위한 시행령과 시행규칙 마련 및 착수(2015)  
 \* 신재생에너지 시장 확대정책이었던 발전차액지원제도(Feed-in Tariff, FIT)를 『신·재생에너지연료공급의무화제도(Renewable Fuel Standard, RFS)』로 전환 시행(2012)  
 \* 건물부문은 에너지절약설계기준의 단계적 강화(2017년 패시브 수준으로 강화)  
 \* 2025년 제로에너지 의무화를 위한 사전 조치로 제로에너지 건물 활성화 대책 추진(2015)  
 \* 제로에너지 건물을 포함한 에너지 12대 신산업 도출 및 추진(2015)

○ 국토교통부는 「녹색건축물 조성 지원법 시행령·시행규칙」 및 「건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙」 일부 개정안을 통해 2017년 제로에너지건축물 인증제 시행(2017년 1월 20일 시행 예정). 인증을 받은 건축물에 대해서는 용적률 완화, 신재생에너지 설치보조금, 기부채납 부담률 완화 등의 인센티브 제공

[표 2-2] 제로에너지빌딩 인센티브

구분	지원방안
건축기준 완화	용적률 및 높이기준 15% 이내 완화
보조금지원	BEMS(건물에너지관리시스템) 설치보조금 우선지원(설치비 50%) 태양광, 지열 등 신재생에너지 설치보조금(설치비 30~50%) 우선지원
세제지원	취득세 및 재산세 감면(15%, 5년간) 소득세 및 법인세 공제(투자금액의 3%)
기타	설계검토 및 컨설팅, 운영단계 모니터링 등 맞춤형 지원 등

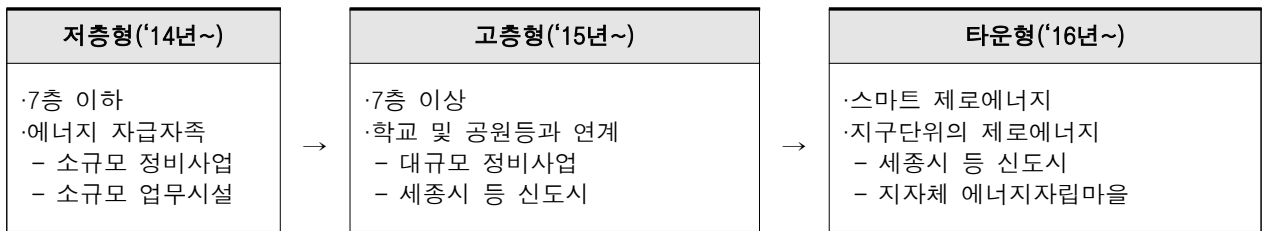
- 제로에너지건축물 인증은 건축물 에너지효율등급 1++이상을 만족하고 건물에너지관리 시스템(EMS) 또는 원격검침전자식계량기 등 에너지 모니터링 시스템이 설치된 건축물에 대해 신재생에너지를 통한 에너지 자립률을 기준으로 5개 등급으로 평가할 예정<sup>1)</sup>

[표 2-3] 제로에너지빌딩 인증 등급(안)

ZEB등급	에너지 자립률
1등급	에너지 자립률이 100% 이상인 건축물
2등급	에너지 자립률이 80 이상 ~ 100% 미만인 건축물
3등급	에너지 자립률이 60 이상 ~ 80% 미만인 건축물
4등급	에너지 자립률이 40 이상 ~ 60% 미만인 건축물
5등급	에너지 자립률이 20 이상 ~ 40% 미만인 건축물

- 정부는 2014년부터 제로에너지빌딩을 추진해왔으며, 올해부터 주택단지 규모인 타운형(지자체 에너지자립마을 등)으로 확대할 계획<sup>2)</sup>

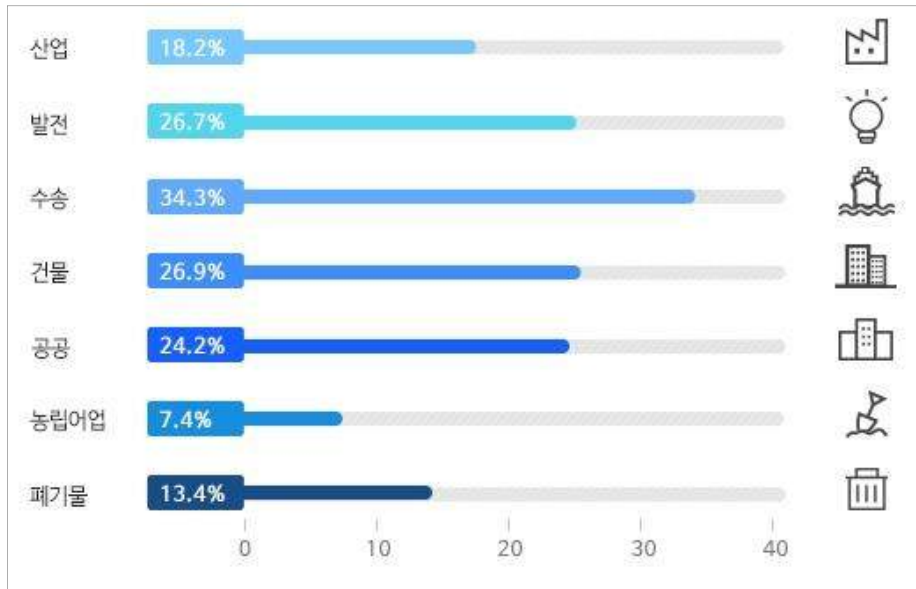
[표 2-4] 제로에너지빌딩 사업모델



#### 나. 상향된 온실가스 감축 목표 대응 관련

- 신기후체제 출범을 위해 2030년 배출전망치(BAU) 대비 37% 온실가스 감축안 발표. 관계부처별 세부시행계획을 수립 중에 있으며, 2020년 전망치 대비 건물부분에서 26.9%(약 4,800만톤) 감축을 목표
- COP21 합의에 따른 부문·업종별 냉난방 설비의 효율 향상 등 적극적 감축 방안이 필요

1) 국토교통부, 냉난방비 부담 줄여주는 '제로에너지건축물' 인증제 시행, 2016.10.11  
 2) 국토교통부, 제로에너지빌딩 활성화 방안, 2014.07.17



[그림 2-2] 부분별 감축율(%) (출처 : 온실가스종합정보센터)



[그림 2-3] 2030년 BAU 대비 37% 감축목표 (출처 : 온실가스종합정보센터)

- 미래창조과학부, 산업통상자원부 및 국토교통부에서는 제로에너지빌딩 보급 활성화를 위한 기술개발, 시범사업, 단열규정 강화 등 정책을 적극 추진 중임.
- 특히, 국토교통부에서는 '2016년 국토교통부 업무계획'을 통해 제로에너지빌딩 등 7대 新산업을 적극 육성하기로 하였음



[그림 2-4] 국토교통 7대 신산업 육성방안  
(2016년 국토교통부 업무계획, 2016.01)

- 기후변화에 의한 상향된 온실가스 감축 목표 대응을 부담이 아니라, 새로운 성장 기회로 활용할 수 있도록 건물부문 에너지신산업(에너지 저장장치(ESS), 친환경 에너지타운, 전기차, 스마트팜) 적극 추진 필요(APEC 정상회담, 2015.11)



[그림 2-5] 에너지 신산업 생태계 (출처: 산업통상자원부)

#### 다. ICT와 시장기반을 통한 수요 관리형 에너지 수급

- 2차 계획에서는 1차 계획과 달리 수요관리 중심의 에너지정책을 설정, 이에 따라 에너지세율조정, 전기요금 체계 개선, ICT 수요관리 시스템 구축 등 시장 기반의 정책 방향을 설정
- 대규모 집중형 발전으로 공급하던 시스템을 '35년 발전량의 15% 이상 분산형으로 공급하기 위한 발전시스템 구축과 원전비중 감축으로 목표 변경(기존 분산형 발전 비중 5%)

[표 2-5] 에너지기본계획 비교

구분	제1차 계획(08)	제2차 계획(14)
계획기간	08~30년	14년~35년
수립과정	정부주도로 계획수립 (정부초안 마련 후 의견 수렴)	개방형 프로세스 구조 (민관 거버넌스가 초안작성)
수급기조	공급 중심형	수요 관리형
수요관리	규제 중심	ICT + 시장 기반
발전소 배치	대규모 집중형 발전소	분산형 발전 시스템
원전비중	41%	29%
신·재생 보급	11%	11%

라. ICT기반 에너지 수요관리 新시장 창출 전략

- ‘2030 에너지 신산업 확산전략’을 통해 2030년까지 E-프로슈머 시장을 전국으로 확대(총 발전량 12.8% 규모). ‘누구나 에너지를 생산·판매하는 시장 활성화’를 전략으로 ‘E-프로슈머 전력거래 시장’ 개설(분산자원 중개시장) 추진
- 저가용 태양광의 연간 생산전력의 50%만을 전력거래소에 판매 가능하였으나, 100%까지 판매할 수 있도록 허용<sup>3)</sup>



[그림 2-6] 2030 에너지 신산업 정책방향

- 늘어나는 수요에 따라 공급을 확대하는 공급중심 정책에서 합리적으로 수요를 줄인 후 공급을 확대하는 수요관리 중심의 정책으로 전환 추진
- 전력수급 위기를 새로운 시장창출의 기회로 만드는 발상의 전환을 통해 창조경제

3) 산업자원통상부, 2020년까지 에너지신산업에 총 42조원 투자, 2016.07.05

시대의 신성장 동력과 일자리 창출을 선도하기 위해 수립 (산업통상자원부, 2013년 8월)

- 에너지저장장치(ESS) 도입, 설치, 활용 촉진
  - 건물·공장 EMS 설치 확대, 수요관리서비스 기업 육성, EMS 제작·공급 기반강화
  - ICT활용 고효율 기기(LED조명, 스마트 플러그) 보급 및 확산
  - 수요관리자원 시장 활성화(전력거래시장 전환, 에너지효율 시장 도입)
- ‘ESS 활용촉진요금제’를 기존 1년에서 10년으로 연장하여 기업의 ESS 투자회수 기간을 10년에서 6년으로 단축. 또한 태양광과 ESS를 연계할 경우 공급인증서(REC)에 가중치를 부여하여 태양광 발전사업자에 ESS 설치유인을 제공해 ESS 신규투자 유발
- E-프로슈머 기반의 전력거래 시장제도를 신설 및 대상별 맞춤형 사업 발굴을 확대. 2030년 총 발전량의 12.8%로 확대

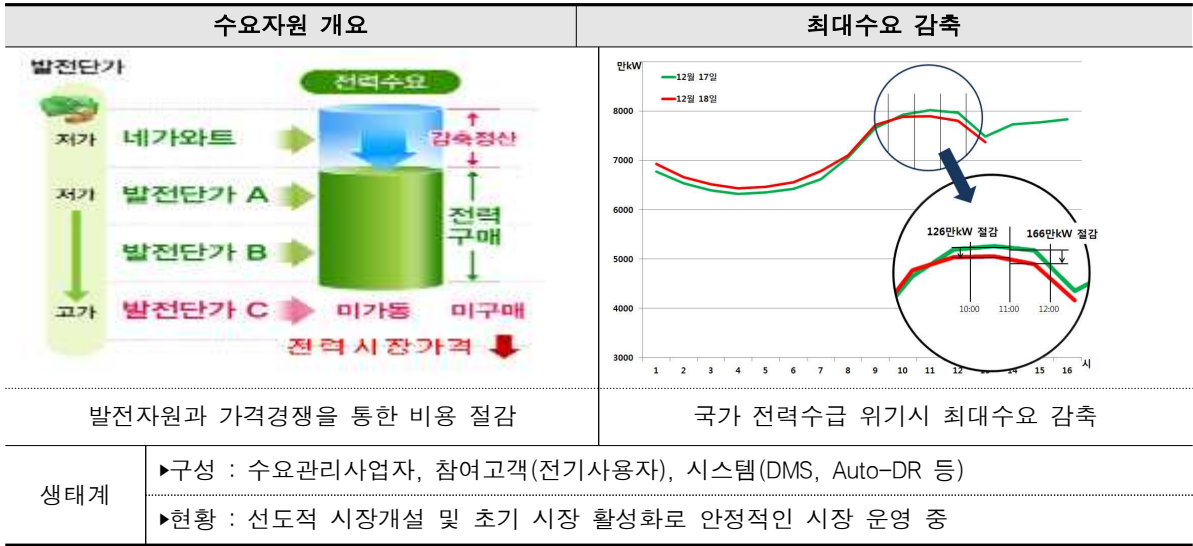
[표 2-6] E-프로슈머 정책 방향

구 분	정책 방향
중대형 E-프로슈머, 공통 기반	⇒ ① 마이크로그리드 활성화 기반 강화 ② 친환경에너지타운 확산
소규모 E-프로슈머,	⇒ ③ 제로에너지빌딩 확산
가상의 E-프로슈머	④ 수요자원 거래시장의 국민 참여

- 마이크로그리드 활성화 기반 강화<sup>4)</sup>
- 소규모 지역을 중심으로 지능형 전력망 구축, 신재생 에너지 발전 등을 통해 전력을 자체 생산·공급하는 시스템
  - 2017년 제로에너지빌딩, 캠퍼스 마이크로그리드 등 E-프로슈머가 생산한 소규모 전력 또는 남는 전력을 팔 수 있는 시장 개설
- 공장·빌딩·아파트 등의 전기소비자가 절약한 전기를 수요관리사업자를 통해 전력 시장에서 되팔아 수익을 창출
- 발전자원과 수요자원의 가격경쟁을 통한 전력공급 비용 절감 및 국가 전력수급 위기 발생시 가장 신속한 예비자원으로 활용
  - 소규모 전기 사용자가 시장 참여가 가능한 프로그램을 운영하고, ICT 융합을 단계적으로 적용(‘16~’20)
  - 수요자원으로 잠재력이 높은 고객(전기요금 과다, 계통혼잡지역 등)의 정보를 제공하여 시장 참여 유도(‘16)
  - 플랫폼 내에서 ESS, 전기차 등을 활용해 다양한 수요반응 서비스 개발·실시
  - 실시간 감축이 가능한 자동제어 기술 개발 및 설비 보급

4) 관계부처 합동, 신기후체제 대응을 위한 2030 에너지 신산업 확산전략, 2015.11.23

[표 2-7] 수요자원 거래시장 개요



- 다양한 용도로 사용이 가능한 ESS 특성(빠른 응답, 전기저장)을 고려하여, 신재생 에너지 등 국내 전력 산업 전반으로 활용 범위를 확대
  - 태양광 보급 전망 : ('14) 1.8GW → ('26) 16.6GW, 약 9배 이상의 시장 확대

[표 2-8] 유형별 ESS 확산 방안

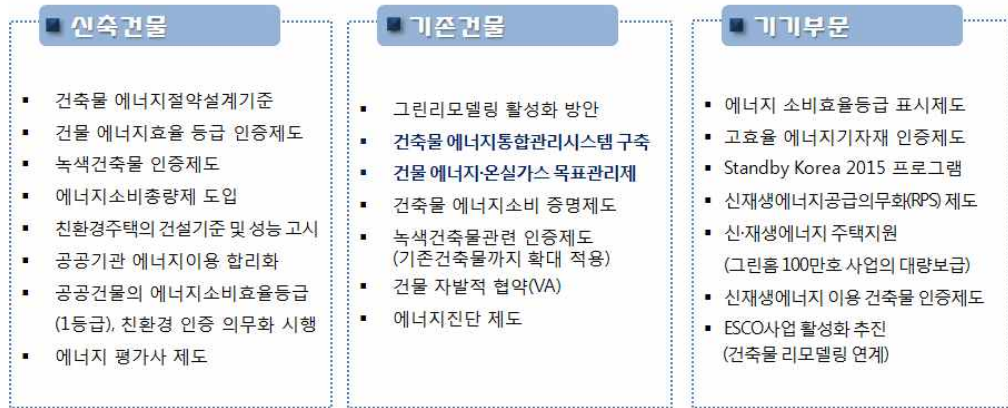
	신재생 에너지	국내 배전망	발전기 예비력	대규모 수용가
용도	▶안정적인 출력, 계통 불안정 대응	▶배전선 증설회피 전력 품질 제고	▶전력 피크시간의 예비력으로 활용	▶비상전원 대체, 전기요금 절감
지원방안	▶태양광 연계 ESS 인센티브 제공 * 일정규모 이상 태양광 설비에 부착시 REC 가중치 부여	▶전력과밀지역의 배전망 ESS 구축	▶예비력 참여를 위한 세부 요건마련	▶건물별 비상전원 관련 규정 개정 ▶공공기관 신규 건축물 ESS 구축 의무화

마. 국내에서 시행 중인 주요한 정책은 다음과 같음

- 건축물 에너지절약 설계기준은 신축건물의 에너지효율화를 위한 의무화된 규정으로 2001년부터 지속적으로 강화되고 적용 대상도 확대
- 건축물 에너지 효율등급 인증제도, 녹색건축물 인증제도, 친환경주택 설계기준 등을 통해 친환경 및 에너지효율적인 건축물의 건설을 유도
- 최근 기존건물의 에너지효율화에 대한 중요성이 인식되면서 건물부문의 온실가스 에너지 목표관리제, 건축물 에너지 소비 증명제도 등을 시행하고 있으며 '그린리모델링 활성화 방안('13.7)'을 통해 건물별 에너지사용량 정보 공개와 건축물 용도별 그린 리모델링 가이드라인 및 매뉴얼을 개발하여 보급하였으며 공공건축물의 그린 리모델링 가이드라인을 마련하여 시범사업을 추진, 주택 개·보수사업의 그

린홈화 지원하고 있음

- 기기부문의 에너지효율 3대 제도인 에너지소비 효율등급 표시제도, 고효율 에너지기자재 인증제도, 대기전력저감 프로그램을 적극 시행하고 대상을 확대해 나감

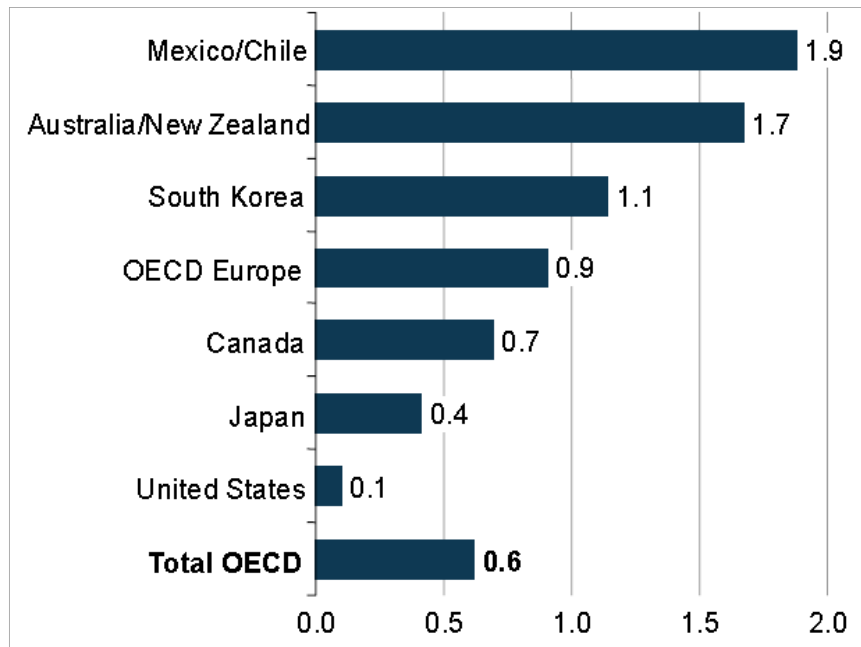


[그림 2-7] 국내 건물부문 온실가스 감축 및 에너지효율화 추진정책 분류

## 2. 국외 정책동향

### 가. 건물부문 에너지절감 강화 및 ZEB 관련 정책

- 전 세계적으로 공급되는 전체 에너지 중 주거와 상업건물에서 사용되는 에너지는 20.1%이다. 주거건물은 2040년 전체 에너지 중 13%를 차지할 것으로 예상되며, 매년 1.4% 증가될 것으로 예상됨<sup>5)</sup>
- OECD 가입국들의 주거 건물의 에너지 사용량은 2012년 기준 2040년까지 매년 0.6%씩 증가할 것으로 예상되며, 한국은 1.1%씩 증가할 것으로 예상됨



[그림 2-8] OECD 가입국 주거건물 예상 에너지 사용 증가율(2016; IEA)

- IPCC 2014 5차 보고서에서는 건물단위에서 근린주구의 통합적 에너지 효율화 (Urban Form energy supply infrastructure)로의 전환을 권고하고 이를 통한 온실가스 감축을 강조
- EU EPBD(Energy Performance of Buildings Directive) 정책
  - 기후변화 관련 문제가 전세계적인 주요 이슈가 됨에 따라, EU는 2020년까지는 건축물 부문에서 1990년 대비 온실가스 배출 20% 감축, 에너지소비 20% 절감 및 신재생에너지 보급을 20%까지 늘리는 것을 목표로, 2050년까지 건축물 부문의 온실가스 배출을 1990년 대비 88~91% 수준으로 줄이는 것을 목표로 삼고 있음
  - EU는 2002년 1월 건축물 에너지 관련 종합로드맵이라 할 수 있는 EPBD를 공포하였고 2010년 EPBD를 개정(EPBD recast), 모든 회원국들의 의무 시행을 규정

5) EIA, International Energy Outlook 2016, 101p

- 함
- 신축 공공 건축물의 경우 2018년 말까지 제로에너지 의무화를 제시하고 있으며, 2020년 말까지 제로에너지 건축물(nZEB, nearly Zero-Energy Buildings)이 되도록 규정함

Country	Roadmap in Place	Roadmap in Progress	No Roadmap Established	Use Passive House Standard	Earliest Target Adoption Year*
Austria		X			2020
Belgium	X			X	2015
Czech Republic	X				2016
Denmark			X		2020
France			X		2020
Finland				X	2015
Germany	X			X	2016
Greece		X			2020
Hungary			X		2020
Italy			X		2020
Netherlands		X			2019
Norway	X			X	2014
Poland			X		2020
Spain		X			2020
Sweden			X		2020
Switzerland	X				2018
United Kingdom			X		2020

(Source: Navigant Research)

\*Assumed that countries with no roadmap in place will adopt by 2020, the deadline set by the EU NZEB 2020 policy.

[그림 2-9] EU 국가들의 제로에너지 로드맵 현황



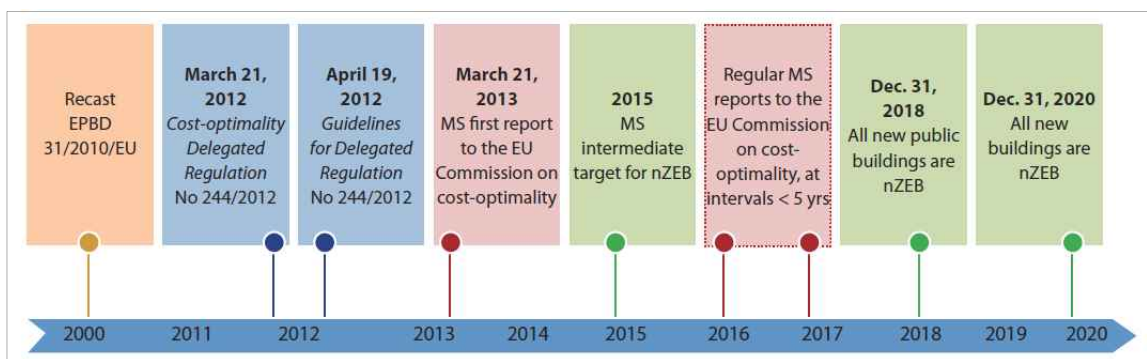
[그림 2-10] EPBD recast 의 nZEB관련 로드맵

(출처: Towards nearly ZEBs “Definition of common principles under the EPBD” final report )

- 유럽연합은 회원국이 제로에너지를 실현할 수 있도록 가이드라인을 배포함으로써, 개별국가들이 그들의 실정에 맞게 2020까지 로드맵에 맞추어 제로에너지를 달성할 수 있도록 독려하고 있음. 특히, 연차별 실행과정을 유럽연합 위원회(EC)

에 보고할 수 있도록 각 나라의 평가 항목과 기준은 유럽표준(EN)에서 지정한 양식대로 작성하도록 하고 있음

- 유럽연합이 제정한 「기후·에너지통합법」은 2020년까지 이산화탄소 배출을 1990년 대비 20% 수준으로 감축하고, 재생에너지 비율을 20%까지 확대하며 에너지 효율을 20%까지 더 향상시키는 전략을 가지고 있음. 2018년까지 신축건물 중 공공기관의 제로에너지 수준 의무화, 2020년까지 모든 신축건물의 제로에너지 수준 의무화를 목표로 하고 있음
- 유럽연합의 제로에너지건물은 준제로에너지건물(Nearly Zero Energy Building)로 정의를 하고 있으나<sup>6)</sup> 에너지망과 연결을 고려한 준넷제로에너지건물도 인정하고 있으며 세부 사항은 각 나라별로 결정 하도록 하고 있음



[그림 2-11] 유럽연합의 제로에너지 실현을 위한 가이드라인

- 유럽연합의 각 나라는 제로에너지에 포함이 되는 용도별 건물에너지를 선택하여 EC에 보고하도록 하고 있음. prEN1603:2013에는 각 나라 별로 제로에너지 계산에 포함하는 용도별 건물에너지를 밝혀야 함
- 다음 표는 유럽연합은 유럽회원국들이 규제 해야할 건물에너지 중에 나라 실정에 맞게 선택하고 선택한 종류의 총 1차에너지 합이 제로가 되어 제로에너지빌딩으로 실현될 수 있도록 유도 하고 있음<sup>7)</sup>

6) EPBD, DIRECTIVE 2010/31/EU 제2조, 제9조 제3항

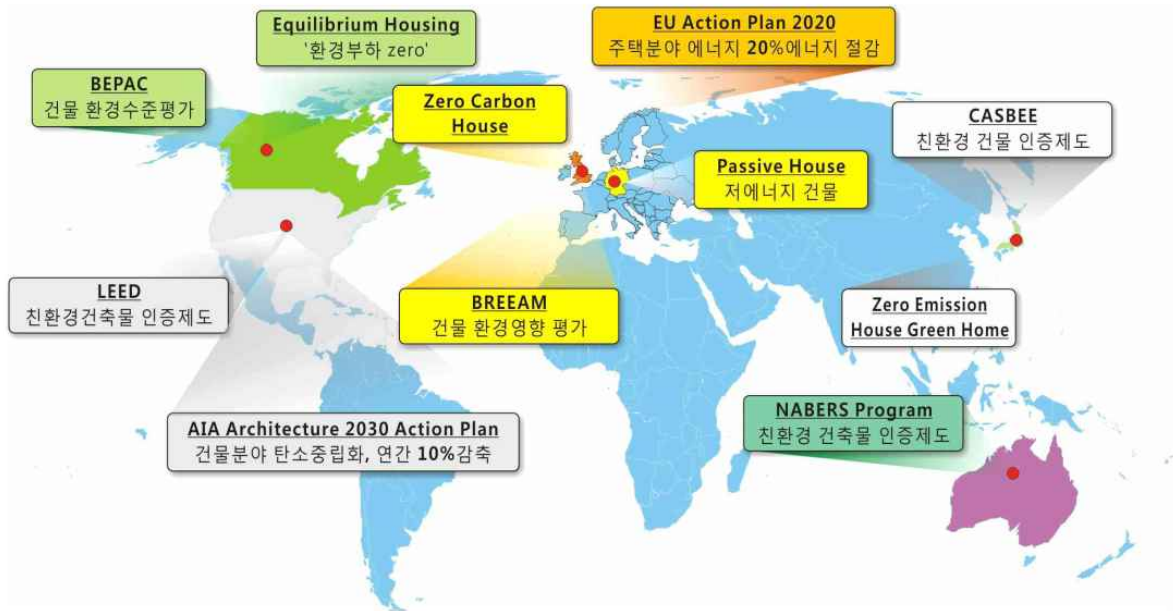
7) BPIE, "Principles for nearly zero-energy buildings: final draft", 2011에서 재인용

[표 2-9] 유럽연합 각 나라에서 선정한 건물에너지

구분	난방	온수	기계환기	보조동력	냉방	조명	전기기기
오스트리아	○	×	○	×	×	×	×
벨기에	○	○	○	미적용	○	○	×
덴마크	○	○	○	○	○	×	×
핀란드	×	×	×	×	×	○	×
프랑스	○	○	○	○	○	○	×
독일	○	○	○	×	○	×	×
네덜란드	○	○	○	○	○	○	×
노르웨이	○	○	○	○	○	○	○
폴란드	○	○	미적용	×	○	○	×
스위스	○	○	미적용	미적용	미적용	×	×
스웨덴	○	○	○	○	○	○	○
영국	○	○	○	미적용	미적용	○	미적용

- EPBD에서 규정한 5대 건물 건물에너지는 대부분의 조사국가에서 제로에너지에 포함하고 있음
- 조명은 주거용 건물보다 비주거용 건물에서는 모든 나라가 제로에너지에 포함시키고 있다. 공용부 전력에 해당하는 승강기나 야외조명은 주거용 건물에서는 전혀 포함시키지 않고 비주거용건물에서는 극히 일부의 나라에서 포함하고 있음
- 대부분의 선진국은 2020년을 전후로 제로에너지 주택 보급 의무화를 선언(EU: 2021년, 영국: 2016년, 미국: 2030년)하고 정책과 기술 및 시장과의 연계를 통한 로드맵 구축 및 이행 계획을 수립 중<sup>8)</sup>
  - 유럽연합(EU)은 2006년 1월부터 건축물 및 설비의 부위별 최소 성능기준에서 건물 전체의 종합효율을 관리하는 성능중심 총량개념으로 전환하는 강력한 건축물 에너지 기준 시행
  - 영국은 2016년까지 자국내 주택을 에너지를 전혀 사용하지 않는 ‘Zero Energy 주택’ 보급계획을 수립함
  - 미국 “AIA Architecture 2030 Action Plan”은 건물분야 온실가스 저감 목표를 수립하고 법안 및 성능기준 도입 추진(50% in 2010, 친환경 설계와 자원보존)

8) 건물부문 온실가스 감축기술 개발 보고서, 국토교통과학기술진흥원(2016)



[그림 2-12] 전 세계 국가별 녹색 건축물 인증제도 현황  
(출처: 미래형 친환경 고성능 건설재료 자재개발 및 이를 이용한 구조물 개발 기획 연구)

○ 미국

- 미국 의회는 2007년 에너지 독립 안보 법(EISA 2007)에서 상업용 건축물 대상 제로에너지 빌딩 계획안(Net-Zero Energy Commercial Building Initiative)을 승인하였고, DOE(Department of Energy)가 주도적인 역할을 해오고 있음
- 기후협약 미가입국인 미국도 주거용 건축물은 '20년부터 및 비주거용 건축물은 '25년부터 제로에너지 의무화하는 등 에너지 절감 노력 중. 2005년 대비 2025년 온실가스 26~26% 감축 목표이며, 2030년 신재생에너지 발전 비중 28% 달성 목표.(당초 목표 대비 6%p 상향 조정)
- 2030년까지 모든 신축 상업용 건축물을 제로에너지빌딩화 하고, 2040년까지 상업용 건축물의 50%를 제로에너지 타겟으로 지정하여, 2050년까지 모든 상업용 건축물을 제로에너지빌딩화 하는 것을 목표로 삼고 있음
- 미국은 마이크로그리드 실증연구 및 세계시장을 주도하고 있으며, 2020년 시장 규모는 약 57억불로 전망(11년 31억불, 14년 50억불)

[표 2-10] 미국 단체별 제로에너지 계획

단체	계획안	내용
US DOE	The DOE Net-Zero Energy Commercial Building Initiative	2025년까지 경쟁력 있는 상업용 건물의 제로에너지
ASHRAE	ASHRAE Vision 2020	단지의 건물을 2030년까지 경쟁력 있는 제로에너지건물
AIA	AIA 2030 Challenge	건물에 필요한 화석연료를 줄여나가 2030년에는 이산화탄소 발생 제로
California	California Public Utilities Commission ZEB Action Plan	모든 주거건물은 2020년까지 제로에너지 모든 상용건물은 2030년까지 제로에너지
US Federal	All Federal Buildings ZEB	2009년에 시행령, 2020년부터 모든 연방정부 신축건물은 제로에너지로

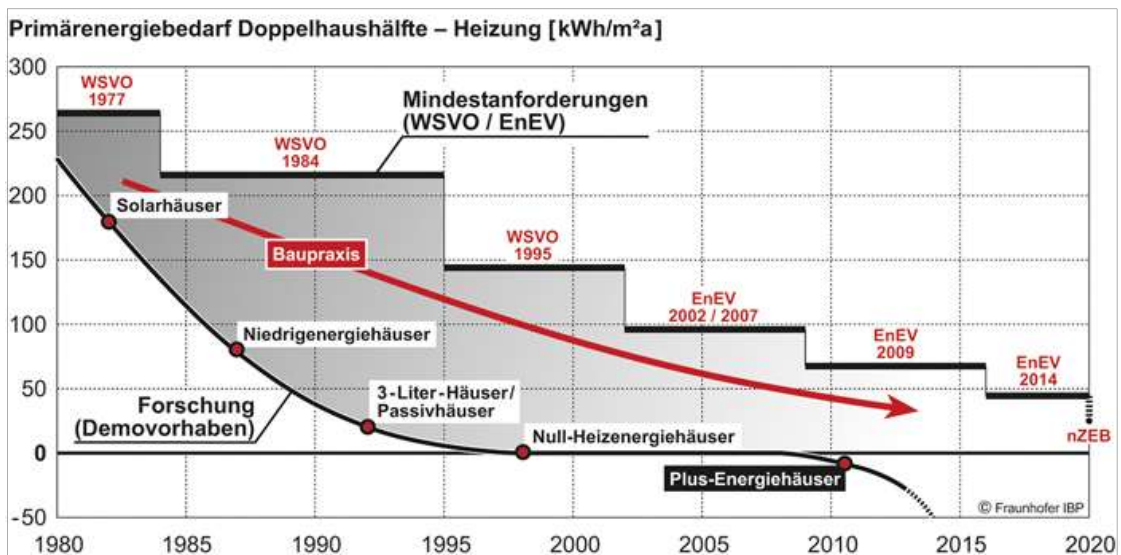
- 장래의 “Energy Zero House”를 건설하기 위해 태양전지의 연구개발 및 시장 확대를 촉진하는 계획을 수립. 에너지부(DOE)의 건물기술 프로그램과 태양에너지 기술 프로그램 모두 에너지 효율을 개선하고, 새로운 주택에서 에너지 효율과 신재생에너지 기술을 접합시키는 비율 줄이는 방향으로 연구개발 및 시장 보급 활동에 초점<sup>9)</sup>
- 2009년 CBC(The Zero Energy Commercial Buildings Consortium)는 산업계와 정부로 구성되어 상업용 빌딩의 Net-Zero 수준 에너지 목표를 LBNL, NREL, ORNL 등 국가 연구소 주도로 관련 연구를 활발하게 진행 중. 제로에너지 빌딩 확대를 통해 2020년까지 45%, 2050년까지 80%의 온실가스 발생 감축을 목표
- 정확한 건물에너지 예측방안과 데이터분석 기술 등 고성능 BEMS 도입 중

○ 독일

- 독일에서 적용하는 기준은 에너지규정(Energieverordnung EnEV)이며, 에너지 절약법안의 일부임. 해당 법안들은 2002년에 발효된 EU의 건물에너지효율명령 (Building Energy Efficient Directive)을 근거로 제정, 기술 변화에 따라 주기적으로 개정
- 유럽연합의 건물에너지 절감 가이드라인(EPBD 2002/91/EG)에 맞추어 에너지 절감 시행령 EnEV 2002부터 에너지 절감 규정
- 독일 연방 정부는 EPBD의 요구 사항을 충족하기 위해 2010년 9월 28일, 국가 에너지 계획과 ‘에너지 및 기후 특별기금’에 관한 법안을 채택하였고, 법안의 핵심 요소는 에너지소비의 감소, 에너지 효율의 증대, 신재생에너지의 개발이며, 2020년까지 온실가스 배출을 1990년 대비 40% 감축하고, 2050년까지 80% 이상 감축하여 탄소 중립 건물에 도달하는 것이 목표임
- ZEB 보급을 위한 신축 및 기존 건물의 에너지성능 목표는 2020년까지 난방 에너지요구량 20% 감소, 2050년까지 1차 에너지요구량 80% 감소

9) 한양대학교 에리카 산학협력단, 친환경 제로에너지 빌딩 구축 조기 활성화 방안에 관한 연구, 2015.04

- 독일 정부는 2050년까지 기존 원자력 발전을 완전 폐기를 선언함에 따라, 신재생에너지 중심의 제로에너지 도시로의 개편을 진행 중이며 이를 위한 도시에너지 최적화 모델링 기법을 개발 완료
- [그림 2-1]의 연도별 난방 1차 에너지 소요량 임. 아래의 한계 곡선은 모델하우스를 통한 연구목적의 건물에너지 소요량이며, 위의 계단식 곡선은 국가 에너지 관련 법규를 통한 에너지 소비량의 상한치
- 독일의 에너지절감 계획은 모델하우스를 통한 현 기술 수준에서 절감 가능량 실증 후 법규를 통해 자재와 기술 상황을 반영하여 단계적 규제

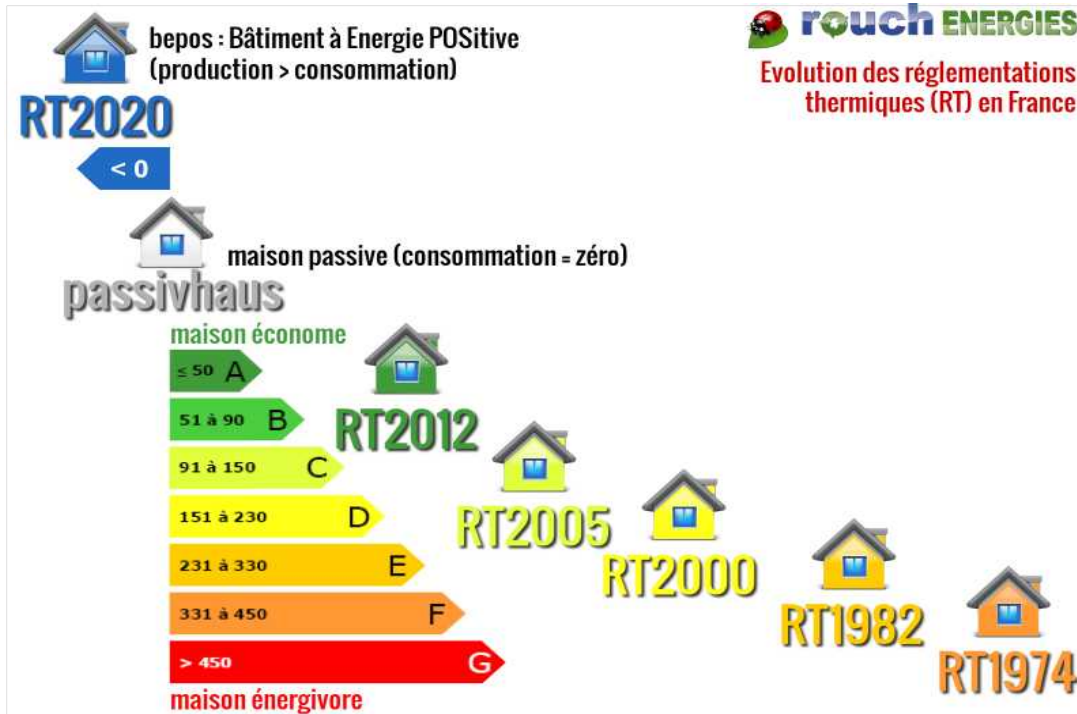


[그림 2-13] 독일의 제로에너지 빌딩 관련 규제

(출처: Hauser, Gerd; SCHMIDT, Dietrich. What has been achieved in energy efficiency, IEA Annex, 2010)

○ 프랑스

- 2012년까지 제로에너지 빌딩, 2020년까지 플러스에너지 건물의 일반화, 2020년까지 2011년 대비 기존 건물의 에너지소비 38%이상 감축을 목표로 패시브하우스 수준을 건물에 초점을 맞춰 설계 및 시공하며, 추후 생태학적 설계와 고성능 건물을 베이스로 신재생 에너지를 추가 설치하여 플러스에너지 건물(BEPOS, batiment a energie positive)을 의무화 하도록 계획 하고 있음
- 프랑스는 ZEB을'저에너지건물(BBC)'이란 용어로 지칭하고 있으며 BBC는 RT2012를 준수하는 신축 건물로 연간 1차 에너지소요량 및 연간 최종에너지소요량 모두 0이나 음수의 값을 만족하는 건물을 의미하며 2020년부터 플러스에너지 건물화를 목표로 하고 있음



[그림 2-14] 연도별 프랑스 BBC 목표 수준 (출처: www.rouchenergies.fr)

○ 영국

- 영국은 2016년 신축 건축물 탄소제로의무화를 선언하였고, 2020년에는 전체 전력 중 40~50%를 신·재생에너지로 생산하도록 선언

○ 일본

- 일본에서는 제 4차 에너지기본계획에 의해 에너지정책의 기본원칙인 '3E+S'를 전제로 에너지 안보, 경제성확보, 환경 및 안전성 관점에서 글로벌 에너지정책에 부합하여 자국의 국내 경쟁력 강화 및 에너지시스템 혁신을 통한 에너지 시장 정책을 강화하고 있으며, 장기 에너지 수급 전망에서의 부문별 에너지절약 대책을 위해 건축물을 업무부분과 주거용으로 구분하여 정책 추진을 위해 노력하고 있음.
- 업무부문에서 소비되는 약 1,226만KL, 그 중 건축물의 에너지절약을 위해 신축 건물에 대한 에너지절약 기준 적합 의무화 도입, LED 조명·유기 EL의 도입을 통해 LED등 고효율 조명 보급, BEMS 의한 가시화·에너지 관리를 통해 약 50% 건축물에 도입 노력하고 있으며, 가시화에 의한 의식 개혁, 설비 갱신에 따른 효율성과 플랜트 운용 개선을 에너지절약의 구성 요소(BEMS는 이러한 필수적인 시스템)로 보고 BEMS의 효용을 극대화시키기 위해 에너지관리 지원 서비스 활용을 촉진하는 것을 BEMS 보급과 함께 중요히 여기고 있음.

○ 주요 선진국 에너지 정책<sup>10)</sup>

- 미국과 독일의 건물에너지 소비저감사업은 그림 [2-15] 와 같이 시행주체 및 성격에 따라 규제와 정보 및 지원으로 나눌 수 있음
- 미국의 그린빌딩 활성화 정책은 에너지 효율성, 재활용에너지, 공기 질, 수자원 보호, 재활용 콘텐츠, 기타 건설에 관련된 환경 친화적 방안을 포함하며, 거주자, 건축가, 사업가, 커뮤니티 등을 대상으로 함
- 독일의 건물에너지 소비저감사업은 베를린 주정부와 지방자치단체의 기후보호 프로그램의 실현을 위한 협력 체제를 기반으로 이루어짐. 또한 정부의 법령들은 각 지자체의 실정에 맞게 변형되어 적용됨. 독일의 주정부 에너지 프로그램은 이산화탄소 배출 감소, 에너지 절약 협력관계, 태양에너지 분야, 천연가스 및 지역난방과 같은 주요 에너지 분야의 성과를 기반으로 진행됨

시행 주체	정책(Policy)	시책/수단	시행 주체	정책(Policy)	시책/수단
연방 정부	규제 (Regulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연방정부 에너지관리 사업 (FEMP)</li> <li>▪ 건설기술 사업(BTP)</li> <li>▪ 그린빌딩 사업</li> </ul>	독일 연방 정부	규제 (Regulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국가적 기후보호 프로그램</li> <li>▪ 에너지절약 시행법령 (EnEV)</li> </ul>
	정보 및 지원 (Support)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ LeeD</li> <li>▪ Energy Star</li> <li>▪ 건물환경적 경제적 지속성 사업 등</li> </ul>		정보 및 지원 (Support)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 250억 유로 경제법안</li> <li>▪ KfW 건물에너지소비저감 재정보조 사업</li> </ul>
지자체	규제 (Regulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 캘리포니아 에너지효율 기준</li> </ul>	베를린 주정부	정보 및 지원 (Support)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 에너지 절약 파트너십</li> <li>▪ ImpulsE</li> <li>▪ 베를린 에너지효율등급인 증제</li> <li>▪ Fifty-fifty</li> <li>▪ 태양에너지 리모델링 사업</li> </ul>
	정보 및 지원 (Support)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Green Building</li> <li>▪ Built Green</li> <li>▪ Clean Energy Works</li> </ul>			

[미국]

[독일]

[그림 2-15] 건물에너지 저감 정책 및 사업 유형  
(출처: 서울시 건물에너지 소비저감사업의 평가방안)

10) 2010 서울시 건물에너지 소비저감사업의 평가방안, 서울시정개발연구원(2010)

[표 2-11] 미국 연방/지자체 주체 건물에너지 저감사업

시행주체	사업명	구분	목표	방법	기간
연방정부					
DOE	Federal Energy Management Program	규제	그린빌딩 건설 및 에너지 절약을 위한 정부기관 지원	- 주정부 법 및 에너지 효율성을 위한 기준 제시	-
	Building Technologies Program	규제	Zero-energy 빌딩 건설을 위한 기술 및 연구개발	- Zero-energy 건물을 위한 건설장비 및 제품 기준, 건물에너지 제도 마련	2015 - 2012
EPA	Green Building Program	규제	건물의 총 생애주기 동안의 건물성능 향상 및 에너지 효율성을 높이기 위한 그린빌딩 건설	- 그린빌딩 전략 마련, 정부기관 친환경 건물 기준 제시	1989 -
	Water Efficiency Program	정보	주거, 상업, 공공건물의 물 절약 지원	- WaterSense certification 및 label제공	2004 -
DOE/EPA	EnergyStar	정보	환경보호 및 에너지 효율성을 높이기 위한 주거환경 개선	- 에너지 절약을 위한 캠페인 및 label 제공	1992 -
NIST	BEES	정보	건물의 환경적 경제적 성능 평가	- 건물의 환경적, 경제적 성능 평가하는 웹기반 소프트웨어 제공	2002 -
US GBC	LEEDTM	정보	상업용 주거용 건물의 전 생애주기 동안의 친환경 건설화	- 국제rating system 및 building certification 제공	2005 -
지자체					
City of Santa Monica	Green Building Program	정보	환경친화 주택 보급	- 그린빌딩 설계 가이드라인, LEED Certification 제공	1999
City of Seattle	Built Green	정보	경제적, 환경적, 사회적 효율성이 높은 건물 보급	- 설계도구 및 전략 제공 - 세금감면, 에너지 절충량만큼의 캐쉬백 등의 인센티브 제도	2000
City of Portland	Clean Energy Works	정보	에너지 효율성을 높이는 주거환경 개선사업	- 개선이 완료된 후 유틸리티로 사업비를 분담, 용자지원	2009
City of Scottsdale	Green Building Program	정보	에너지소비를 줄이고 거주자의 건강을 높이는 설계방안과 기술 지원	- 그린빌딩 체크리스트, Green Certificate of Occupancy 제공, 교육 프로그램 지원	2003
City of Chicago	The Chicago Green Homes Program(CGHP)	정보	지속가능한 도시를 위한 인증프로그램	- U.S.Green Building Council의 가이드라인에 따라 rating 시스템 제공, 건설 프레임워크 제공	-
City of Berkeley	Green Building Program	정보 규제	그린정책의 활성화를 위한 그린 건설 프로그램	- 그린 리모델링 가이드라인 제공 - 캘리포니아 에너지효율 기준에 따른 요구사항 제시	-

나. 에너지산업 관련 정책

○ 미국

- 미국은 금융위기 이후 침체되어 있는 경기를 부양하기 위해 다양한 성장전략을 발표함. 높은 에너지 수입 의존도가 안보와 경제 위협요인으로 판단하여 에너지 자급률을 확대하고 있음
- 스마트 그리드 산업은 '09년 연방정부의 경기부양(안)을 통해 정부지원금으로 스마트미터 구축사업을 본격적으로 진행하고있음. 그들의 궁극적 목표는 첨단화된 수요반응시스템(Demand Response)으로 피크 부하율 및 전력 생산 및 공급가격에 따라 소비자가 전력 사용량을 조정하는 매커니즘이라고 할 수 있음
- ESS 시장은 크게 캘리포니아 주와 뉴욕 주 그리고 텍사스 주 3개 주에서 활성화되고 있음
  - '14년 이전의 캘리포니아에서 시행된 에너지 저장장치 기술은 크게 배터리 계열 에너지저장장치 기술, 열에너지 저장장치 기술, 플라이휠 기술로 나뉨. 미국의 에너지 저장량은 향후 5년간 크게 성장할 것이며, '19년까지 858MW를 기록할 것으로 전망하고 있음<sup>11)</sup>
  - 뉴욕 주는 2014년 10월 9개의 회사와 파트너십을 맺고 에너지수요를 낮추고, 에너지 효율이 높은 자동차와 장비를 이용하며, 재생 가능한 자원을 적극 활용하기 위한 에너지 저장 기술 개발과 상용화에 노력하기로 함. 모두 뉴욕 배터리 에너지 저장 기술 (New York Battery & Storage Technology) 협회의 멤버임
  - 텍사스 주의 경우 주 전기 회사인 온코르는 텍사스의 배전 및 전송 네트워크에 활용할 배터리 저장장치 시스템 총 5GW를 구매하여 설치할 예정임
- 전력수요관리를 위해 초기에는 전력 절감 부분에 대한 전기요금 리베이트 위주로 시행되었으나, 수요반응 제도로 확대
  - 수요반응 제도가 가장 활성화된 나라로 다양한 수요반응 프로그램을 운영·시행. 해당지역을 관할하는 독립계통운영자(ISO) 또는 지역계통운영자(RTO)가 수요예측과 계통운영, 그리고 인센티브 기반의 프로그램을 시행 중

○ 유럽국들의 스마트 그리드

- '발전(發電)-송전-배전-판매'의 단계로 이루어지던 기존의 단방향 전력망에 정보기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 '지능형 전력망'을 가리킴. 발전소와 송전·배전 시설과 전력 소비자를 정보통신망으로 연결하고 양방향으로 공유하는 정보를 통하여 전력시스템 전체가 한몸처럼 효율적으로 작동하는 것이 기본 개념<sup>12)</sup>
- 스페인은 16년 6월 기준으로 370만대의 스마트 미터를 설치하였으며, 이는 스페인 총 소비자의 30%이상에 해당하는 수치. 영국의 경우 에너지 기후변화부 (Department of Energy and Climate Change)에서 '11년 3월 스마트미터 보급 전략 및 계획보도를 통해 '14년에 스마트미터 보급을 시작으로 19년에 보급을 모두 완료할 계획

11) 산업통상자원부, 에너지산업 분야 수출 경쟁력 향상을 위한 무역금융 정책 연구, 2016.02

12) 두산백과, 스마트 그리드

[표 2-12] 유럽 국가별 스마트 미터링 도입 계획

국가	전망
벨기에	전력회사 중심으로 시범 사업을 진행 중, 하지만 정책 추진력과 기업의 의지가 약함
불가리아	국가적 차원의 계획은 없는 상태로 소규모 시범 사업이 완료된 바 있음. Energo-Pro는 '20년까지 83만 대의 스마트 미터를 도입할 계획
체코	완료 또는 진행 중인 시범사업이 일부 있으나, 향후 시범 사업 진행 의의가 없음. 또한, 비용/편익 분석에서도 부정적 결과가 도출, 국가적 차원의 스마트미터 도입은 힘들 전망
덴마크	'13년 4월에 '20년까지 모든 전력소비자에게 스마트미터를 도입하는 스마트그리드 전략 발표
핀란드	전략사들은 '14년까지 전국 고객의 80%를 목표로 스마트 미터 도입 중
프랑스	'14년 도입을 목표로 자금조달과 소비자 문제 관련 작업을 진행 중이나 지연될 가능성 있음
독일	최근 수행된 비용/편익 분석에서 부정적 결과가 도출, 당초 예상했던 '14~'15년 시범사업 시행 및 향후 사업 확대 가능성이 감소
그리스	'12년 6월 시범 사업 입찰이 진행, 사업 규모가 확대될 가능성이 있음. 현재 국가계획 또는 비용/편익 분석을 수행하고 있지 않으나, 미터링 기능에 관한 최소 사양은 규정한 상황
네덜란드	현재 시범사업이 진행중으로 '14년부터 도입이 확대 시행 전망

○ 독일

- 유럽에서 진행되고 있는 FIP(feed-in premium, 이하 FIP) 제도의 최대 특징은 재생에너지 발전사업자가 전력시장 경쟁에 참여하도록 유도하는 수익 구조임
- 2016년 모든 신규 재생에너지 전원에 FIP제도가 적용되었으나 이전 전원에 대해서는 FIT제도와 FIP제도를 발전사업자가 매월 선택할 수 있도록 하였음. 그러나 FIT제도의 매입보증기간인 20년 후에는 FIP제도로 이행하게 됨
- 독일의 프리미엄변동형 FIP는 전원별 입찰로 결정된 '보조금액'으로 도매전력시장가격의 평균금액인 '참조전력가격'을 뺀 금액을 프리미엄으로 하는 시스템임

○ 영국

- 영국은 2050년까지 1990년 대비 온실가스 80% 감축이라는 저탄소화를 위한 목표를 법제화함. 원자력, 재생에너지 등의 저탄소전원을 대상으로 한 FIT-CfD(Feed-in-Tariff with Contracts for Difference, 이하 FIT-Cfd)제도를 2015년부터 실시
- FIT-Cfd제도는 독일의 프리미엄 변동형 FIP제도와 닮아 있으나, FIT-Cfd에서는 참조전력가격이 보조금액을 상회한 경우, 상회한 금액을 재생에너지발전사업자가 정부 기관에 돌려주어야함. 또한, 참조전력가격 결정 요소인 시장가격의 대상기간, 보조금액을 결정하기 위한 입찰대상전원 등의 차이가 있음

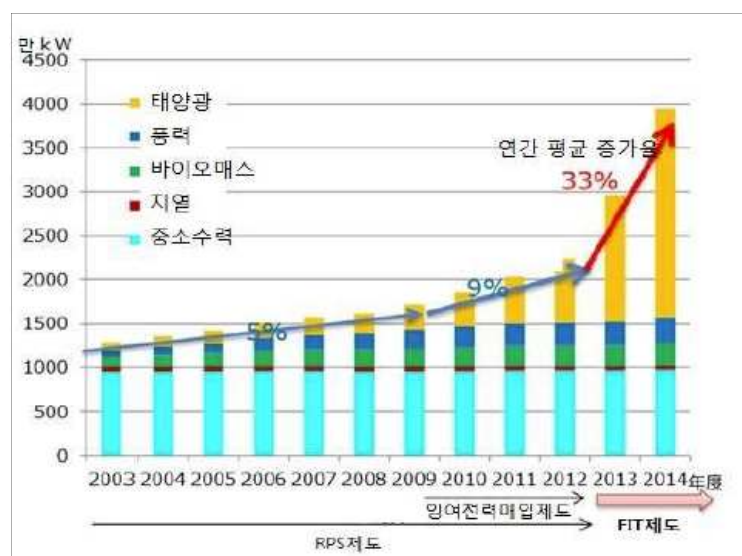
○ 중국

- 시진핑은 14년 11월 G20 정상회의에서 30년을 기점으로 이산화탄소 배출량을 증가시키지 않고, 에너지소비에서의 비화석에너지의 비중을 약 20%까지 늘리겠다고 선언

- 대규모 스마트미터의 배치 계획에 따라 30년까지 총 990억불을 들여 3억 6000만개의 스마트미터를 설치할 계획이고, 이는 전 세계 투자의 25%이상을 차지하는 규모
  - 전력 단절에 대비하고 지역적으로 분산된 전력 그리드의 통합을 위해 중국 정부는 3개의 주요 송전라인 구축을 계획하고 있으며, 각각의 라인은 20년까지 20GW의 송전 용량을 갖추게 됨
  - 중국의 31개성 중에 26개를 관장하는 국가그리드공사(SGCC)는 10년까지 고정 자산에 260억불의 투자를 이미 실행했는데, 이 중에 240억불은 전력 그리드 건설에 투자됨

○ 일본

- 일본 정부는 2011년 후쿠시마원전 사고 이후 재생에너지전원 도입 확대를 위해 2012년 7월 재생에너지발전 보조금제도(Feed-in Tariff:이하 FIT)를 실시. 이에 따라 재생에너지전원 도입은 크게 증가하였으나, 전력 요금 인상, 태양광 발전 편중 확대로 인한 전원간 불균형 심화, 인가를 받은 후 가동을 하지 않는 태양광발전사업자 증가 등 부작용이 발생<sup>13)</sup>
- 이에 2017년 4월 1일부터 FIT제도를 개정하여 시행예정. 개정된 FIT제도 주요 내용은 인가제도 개선, 효율적이고 균형 잡힌 재생에너지 전원 개발 등
  - 당초 예상보다 많은 태양광 발전량의 매입비용을 매년 인하하며, 기타 재생에너지전원의 매입비용은 동결
  - 인가시기를 계통접속을 계약 체결한 후로 미루어 인가 시 토지 및 설비 확보에 더해 계통에 대한 접속계약체결도 조건에 추가
- FIT제도를 통해 약 4년간 한 자리 수 이내의 재생에너지 설비용량 증가율은 FIT제도 도입 이후 연 평균 33%로 증가



[그림 2-16] 일본 재생에너지 설비용량변화 추이

13) 에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트, 제16-39호 2016.10.228

#### 다. 건축 자재 및 기술 관련 정책<sup>14)</sup>

- 유럽은 EPBD 리캐스트를 통해 제로에너지빌딩에 대한 구체적인 정책방향을 제시하고 단계적인 에너지절감계획을 구축. 유럽의 회원국에서 신축하는 모든 건축물은 2020년까지 제로에너지빌딩이 되도록 하는 것을 목표로 하고 있으며 스위스의 미너지, 프랑스의 에피너지, 독일의 패시브하우스 등과 같은 인증제도를 마련하여 초에너지 절약형 건물에 대하여 인증을 부여하고 있음
- 미국은 빌딩 아메리카 프로그램을 통해 일반주택 대비 50~70% 절감이 가능한 넷제로에너지건물을 개발하고 2025년까지 저비용으로 상업용 넷제로에너지건물을 달성하기 위하여 개별기술에 대한 검증평가를 수행하고 있음
- 유럽 및 선진국의 경우, 건축물 에너지 핵심 저감 요소를 분석하고 그 요소에 따른 1차에너지 감소량/페이백 관계에 대한 분석 및 향후 핵심에너지 감소 요소에 대한 가격 변동모델을 구축하여 단계적 최적 제로에너지 건축물에 대한 연구를 진행 하고 있음. 또한 기술력을 갖춘 대기업을 중심으로 국가가 신기술 요소 단가를 자발적으로 낮추는 목표를 주고 그에 따른 기술 개발 인센티브를 지원하고 있음
- 국외 선진국 사례에서 보여지는 지원정책을 보면 크게 세금감면 또는 절세 혜택, 열성능을 높이는 패시브 및 액티브적인 요소나 신재생 설치의 우선적 지원금을 통한 제로에너지 빌딩 실현을 위한 초기 투자비 완화 정책과 건축기준을 완화하여 간접적으로 건물주는 건축주로 하여금 이익을 얻을 수 있도록 사업성 확보 정책을 펼치고 있음

---

14) 저비용 제로에너지건축물 이행촉진을 위한 기술/비용 최적화 시뮬레이터 개발, 국토교통과학기술진흥원(2016)

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내 시장현황

#### 가. 제로에너지 빌딩

- 국내 제로에너지 주택사업은 단독 주택건설에서 주거단지 형태로 확대되는 추세<sup>15)</sup>
  - '15년 12월 일부 재개발지역을 제로에너지 시범사업구역으로 지정하고 보조금 및 세제혜택을 지원

[표 2-13] 제로에너지빌딩 시범단지

대상	사업개요
서울 장위 4구역	-민간주도의 주택재개발사업, 지열을 이용한 냉난방시스템 도입 등 대규모 공동주택단지의 에너지 절감기술 구현 -지하 3층/지하 31층 건설계획(2,840세대), 2017년 상반기 착공예정
서울 천호동 가로정비사업	-소규모 정비사업으로 중저층 건축물의 에너지절감 기술 구현 -지하 1층/지상 7층 건설계획(107세대), 2016년 하반기 착공예정
아산 중앙도서관	-공공건축물 모델로 지자체 주도의 녹색건축물 보급 및 확산기대 -지하 1층/지상 5층의 도서관 건설, 2016년 상반기 착공예정
동탄 제2신도시 금호어울림 레이크2차	-유치원, 초등학교 중심의 근린주구 규모 -에너지효율등급 1등급 단지로 고효율 조명기기, 로이 복층유리, 태양광발전설비, 지역난방시스템, 전열교환 환기시스템, 홈네트워크시스템 등 에너지 절약형 친환경 단지(681세대)

- 제로에너지 주택의 국내 시장 규모는 2015년에는 8,600억원, 2020년에는 1조 7,200억원 수준으로 성장할 전망 (한국과학기술정보원, Market Report(2012))
- 주택보급률 우리와 유사한 해외 선진국들에서 사업형 Low/Zero 에너지 주택 사례 매우 많음을 감안하면, 국내 주거용 건축시장에서도 조만간 Low/Zero 에너지 주택 시장 커질 것으로 예상되며, 향후 피할 수 없는 추세이자 방향으로 판단됨. 2014년 아태지역 주거용 ZEB 시장은 일부 파일럿 건물 시공으로 5.5 백만불 수준으로 평가되며, 대한민국 정부의 강력한 ZEB 의무화 정책 시행에 따른 아태지역 선도역할을 통하여 2035년 18.6 십억불로 예측됨(연평균 성장률 47.2%)
- 국내 건설사를 중심으로 제로에너지 아파트단지 구성에 대한 관심은 증가하는 추세이며 주거의 편의성 및 질을 중시하는 수요자들을 공략
  - 현대건설은 힐스테이트 레이크 송도(제로에너지 시범단지, 2015년 10월 분양)에 태양광 및 수소연료전지 등 신재생에너지를 활용하고 스마트 BEMS로 에너지

15) KB금융지주 경영연구소, KB 지식 비타민 : 미래형 주거형태, 제로에너지 주택, 2016.05.23

관리

- 대림산업은 e편한세상 양주신도시(2016.4월) 건설에 층간소음 저감 및 단열효율이 높은 창호시스템을 적용
- 현대산업개발은 콘크리트와 단열재를 합쳐 단열성능을 40%이상 높인 고단열 외벽시스템을 적용 중

#### 나. 제로에너지 건물 요소기술 및 자재

- 국내외 녹색건축물은 잠재력이 매우 높은 시장으로 세계 친환경 저에너지 녹색 건설시장은 '12년 이후 12%에서 60%까지 지속적으로 성장이 전망됨
- 주요 선진국은 건축 산업구조, 정책/제도 전반의 개혁 및 지원을 통하여 제로에너지 빌딩의 보급 확대를 위한 시장전환(Market transformation)을 착수하여 진행 중임

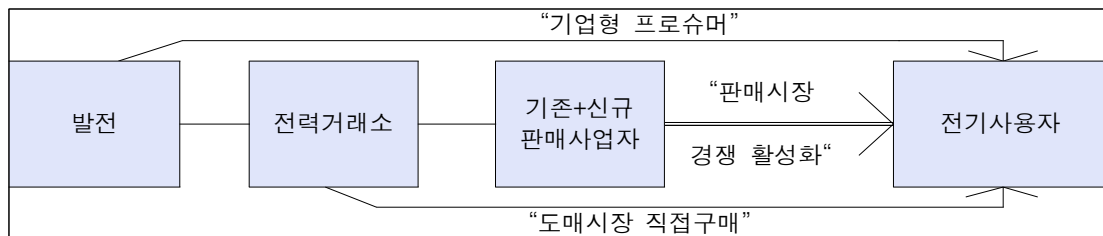
[표 2-14] 국내외 일반건축물 및 녹색건축물 시장성장 전망

번호	연구내용	2007년	2012년	2020년	2030년	연평균증가율 (2007-2030)
세계 시장	전체건축물	3,608,000	4,561,000	7,054,000	12,164,000	5.4%
	녹색건축물	175,000	769,000	2,067,000	7,109,000	21.2%
국내 시장	전체건축물	60,578	83,779	140,751	269,213	6.7%
	녹색건축물	2,950	14,134	41,247	157,334	19.2%

- 건물부문은 건물에서 사용되는 에너지 절감을 위한 건물 용도별 Low/Zero 에너지 건축 구현을 위한 패시브(단열, 기밀, 창호 등), 액티브(고효율 설비 등), 신재생(태양열, 태양광, 지열, 복합 등) 시스템 등 개별 요소기술 개발에 중점
- 건축물의 외피시스템(외벽, 창호 등)의 모듈화 및 복합시공기술, 지능형 실내환경 시스템, 그린 모듈러 빌딩 공법, Charrette과 BIM 기반의 IDP 시스템 구축 기술 등 에너지 절약형 건축시스템 기술 관련 분야의 수요가 급증
- 에너지 절약형 건축시스템 분야는 3D 가상공간을 구현하고 시공을 현장 기능인력 의존에서 벗어나 공장에서 첨단 기계를 활용하고 현장에서는 건설시공 로봇을 사용하여 공기의 획기적인 단축을 물론 시공의 질을 제고 시킬 수 있는 Charrette과 BIM 기반의 IDP(통합디자인프로세스) 시스템, 액티브 기술 결합형 모듈 생산 및 모듈설계 기술, 액티브 그린모듈러 빌딩의 시공 및 분리해체 기술, Weather responsive 환기설비 시스템, Zero 조명에너지 기술, 열부하 대응형 통합 외피시스템 등의 기술이 개발될 것임

## 다. E-프로슈머, 마이크로그리드

- 산업부와 한전은 “프로슈머 이웃간 전력거래” 실증사업 실시. 스스로 전기를 생산하고 소비하는 프로슈머는 에너지 패러다임 변화의 주역이 될 전망
  - 한국전력은 1단계 프로슈머 거래로 16년 3월부터 ‘프로슈머 이웃간 전력거래’ 실증사업을 실시하여 수원 솔대마을, 홍천 친환경에너지 타운 2개 지역을 선정. 솔대마을은 생산한 전력을 직접 사용하고도 평균 240kWh를 전력거래 함<sup>16)</sup>.
  - 주택 단위의 프로슈머뿐만이 아니라 학교, 빌딩, 상가 등의 대형 프로슈머도 쓰고 남는 전기를 이웃에게 판매가 가능하여 2단계 프로슈머 거래로 대형 프로슈머와 대형 소비자간의 거래
  - 3단계 프로슈머 거래로 태양광 발전을 통해 생산한 전력을 일반소비자 또는 기업에게 바로 판매하는 ‘기업형 프로슈머’허용<sup>17)</sup>



[그림 2-17] 기업형 E-프로슈머 개념

- E-프로슈머 인프라<sup>18)</sup>
  - 기존의 중앙 집중에너지 공급방식의 경우 선진국대비 최우수 등급의 인프라를 보유하고 있으나, 새로운 에너지
  - 패러다임인 E-프로슈머의 확산에 필요한 인프라는 국지적인 실증사업형태로 추진되고 있어 E-프로슈머 시장 생태계조성을 위한 인프라 구축이 필요함
  - 수원 솔대마을의 4가구에 대하여 1:1 에너지 거래 인프라를 구축하고 E-prosumer 실증사업을 실시하고 있으며, 강원도 홍천 친환경에너지 타운에 대한 실증을 추진 중
  - 2008년 제주에 6,500만 달러를 투자하여 전기자동차 ‘Pilot programme’을 진행하고 있으며, 2030년까지 전국적으로 확대할 계획임 (초기에는 대중교통, 택시, 렌터카 등을 대상으로 보급하고 이후 공공기관과 민간까지 확대할 예정임)
- 수요자원 거래플랫폼
  - 전력의 경우 전력거래소의 Open ADR1.0 기반의 지능형수요관리 시스템이 구축되어 있으나, 2.0버전으로 업그레이드를 계획 중임
  - 또한 정부의 실시간 수요관리과제를 통해 개발된 대표적 기술로 볼 수 있는 지

16) 산업통상자원부, 프로슈머 이웃간 전력거래 실증사업 실시, 2016.03.11

17) 산업통상자원부, 2020년까지 에너지신산업에 총 42조원 투자, 2016.07.05

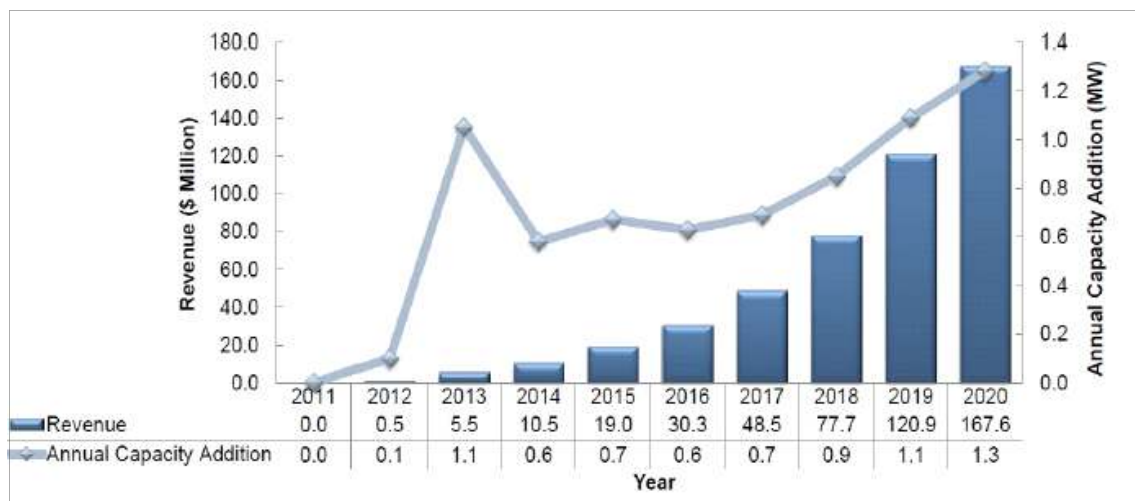
18) 한국에너지기술평가원, 청정에너지기술 로드맵(e-프로슈머), 2016.08

능형 DR 시스템이 시범운영 중에 있으며, 점차 보완되어 부하관리 사업자들의 활발한 참여 속에 향후 자동수요 반응대상부하 확대와 DR 활용범위 다각화가 예상됨

- 빌딩·주거 단지의 Auto DR 기술은 아직까지 일부 분야에서 정부 주도 하에 설치 및 보급되고 있는 실정으로, 실질적인 에너지 절감을 위한 연구는 시작단계

○ 독립형 마이크로그리드는 전력망이 연계되지 않은 국내 도서지역에 신재생에너지를 중심으로 하는 계통독립형 마이크로그리드를 보급하는 사업(에너지자립 섬)으로서, 기존의 디젤발전기에 의한 전력공급 비용과 디젤발전기 교체 수요를 신재생에너지와 ESS의 융합 시스템 구축에 선투자하여 경제성을 확보하고 해외시장 진출을 추진하는 것을 골자로 하는 계획으로서, 탄소제로 모델(신재생에너지원과 ESS), 융합형 모델(디젤발전 최소화)임<sup>19)</sup>

○ Frost & Sullivan의 데이터에 따르면 한국의 마이크로그리드 시장 수익 및 연간 수용량은 2020년까지 꾸준히 상승세를 이어갈 것으로 전망. 정부의 민간 주도 스마트그리드 확산 사업이 시행되고 여기에 민간 기업의 참여가 더해진다면 관련 산업 또한 더욱 활발해질 것이다. 2021년 국내 및 해외 매출 전망은 190억 수준으로 추정. 국내에서는 내연발전소 위주의 독립형 마이크로그리드 시장이 확대되는 가운데, 도서지역은 연료비, 환경오염 등의 문제로 인해 신재생에너지 중심의 독립형 마이크로그리드 시장이 보다 확대될 것<sup>20)</sup>



[그림 2-18] 2011-2020년 한국의 마이크로그리드 시장 수익 및 연간 수용량 증대 전망(Frost & Sullivan)

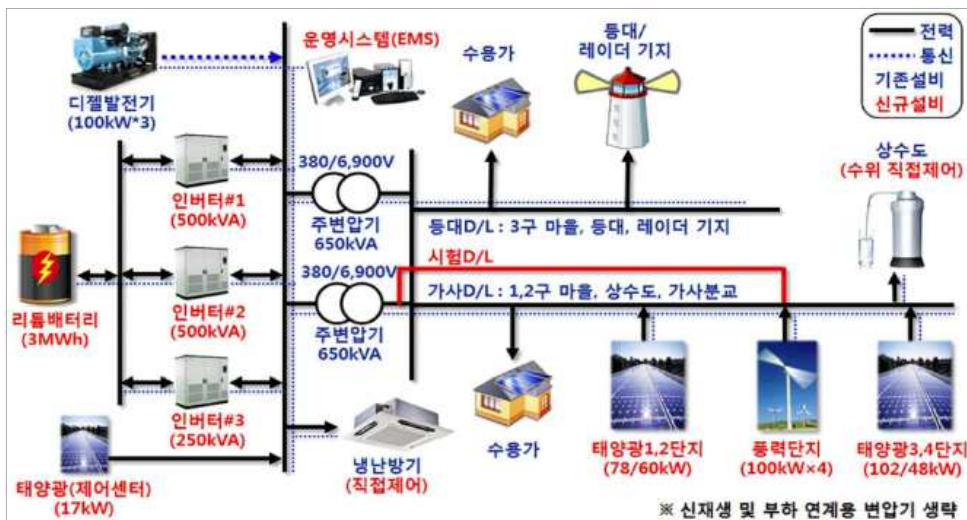
19) 한국전기공업협동조합, 마이크로그리드 시장과 기술 동향, 2015.06

20) 국무조정실 녹색성장지원단, 기후변화 대응을 위한 에너지 자립형 마이크로그리드 글로벌 확산 지원모델 개발 연구, 2015.12

[표 2-15] 국내 마이크로그리드 주요 연구 및 실증사업 현황

도서명	주관기관	발전원			인버터 (kVA)	저장장치		EMS능력 기능
		풍력 기능(kW)	태양광 (kW)	디젤 (kW)		형식	용량 (kWh)	
가사도	전력연구원	100×4	314	100×3	500×2 250×1	리튬	3,000	○
가파도	한전	250×2	114	150×3	350×1 1,000×1	납, 리튬	860 1,000	△
마라도	전기연구원	-	150	250×1 375×1	50×3	납 슈퍼 캡	1,200 0.069	○
삼마도	녹색에너지 연구원	3×10	122	80×3	200×2	리튬	1,200	△
백아도	인천TP	10×4	250	80×3	120×2	리튬	1,125	△
혈도	한전	3×2	60	80×2	100×2	납	960	△
거차도	전력연구원	100×1	110	150×3	250×1	리튬	500	△

- 가사도는 '14년 10월 2일 준공식을 개최하고 이후 상업운전 중. 가사도의 기상정보 및 부하정보 조사, 부지조사 및 계약, 선재생에너지조합, 설계, 조달, 구축 등 일련의 과정은 한전 전력연구원에서 주관하고 있다. 가사도 에너지 자립섬 구축으로 한국은 선재생에너지/배터리 용량 최적 설계 기술, 국제표준EMS 플랫폼 기술, 자동전원제어 Application 등 총 14종(독립형 MG: 3종, 배전급MG: 11종)의 응용 프로그램 데이터를 확보<sup>21)</sup>



[그림 2-19] 가사도 에너지 자립섬 구성도

#### 라. ESS 에너지 저장장치

- 에너지저장시스템은 저장이 불가능한 교류전력을 직류로 전환 하여 잉여 전력을

21) 국무조정실 녹색성장지원단, 기후변화 대응을 위한 에너지 자립형 마이크로그리드 글로벌 확산 지원모델 개발 연구, 2015.12

저장매체에 저장하며, 수요가 발생할 때 방전하여 전력 계통운영에서 발생하는 에너지손실을 최소화하여 비효율을 개선하는 데 활용되는 장치

○ 에너지 저장장치(ESS) 투자조건부 전력시장 직접구매 허용<sup>22)</sup>

- ESS를 활용해 전기요금을 절감한 만큼 추가로 더 할인해주는 'ESS 활용촉진 요금제' 적용기간을 기존 1년에서 10년으로 연장
- 태양광과 ESS를 연계할 경우 공급인증서(REC)에 가중치 4 내지 5를 부여함으로써 태양광 발전사업자에 ESS 설치유인을 제공해 ESS 신규투자 유발
- 다양한 지원제도가 시행될 경우 국내 ESS시장은 현재 3,000억원 규모에서 2020년까지 현재보다 2배인 6,000억원 규모로 커질 것으로 예상. 또한, 선진국의 송배전망 시장, 개도국의 신재생연계 시장 등에 대한 수출도 올해 4.3억불 규모에서 2020년까지 32억불 수준으로 확대될 것으로 전망
- ESS 등 에너지 신산업 투자를 조건으로 한 일정조건을 충족할 경우 전력시장에서 저장된 전력을 직접 일반 소비자에게 판매 허용

## 2. 국외 시장현황

### 가. 제로에너지 빌딩

○ 영국

- 영국은 주택 에너지 관련 기준으로 Part L과 지속가능주택 기준(Codes for Sustainable homes)을 채택. Part L은 영국 건축법 중 에너지 관련부분이며, 지속가능한 기준은 Part L을 바탕으로 더욱 강력한 기준을 설정한 것이며 기존의 BREEAM을 개정한 것으로써 지속가능주택 기준은 등급제에 점수제를 결합
- 2030년에는 모든 주택 에너지효율화, 2060년에는 전력생산에서 화석연료 사용제로, 이산화탄소 배출량 최소 60% 저감을 목표로 주택에너지 효율화를 위한 그린딜(Greendal) 사업 추진계획을 발표. 그린딜 추진방식은 다음과 같음.
  - 그린딜 시공업자 등은 주택소유자 등에게 주택단열공사 추진여부, 공사내역, 그린딜 대출 등에 대한 종합 컨설팅 서비스 제공함.
  - 은행 등 금융기관은 그린딜 사업 대출상품 개발함.
  - 총 대출금액은 에너지효율화 공사를 통해 얻게되는 총 에너지 절약금액을 초과하지 않도록 설계
  - 그린딜 대출금액은 향후 25년간 분할 상환 가능하며, 할부금은 에너지소매업체가 발급하는 에너지요금고지서(Energy bill)에 포함하여 청구됨.
  - 에너지소매업체가 에너지요금과 함께 일괄 징수하여 금융기관에 납부하는 방식
  - 에너지법에 따라 그린딜 대출상품에 대한 할부금 납부의무는 실제 주택에 거주하고 있는 자(에너지효율화 사업으로 에너지요금 인하 혜택을 실제 누리고 있는 자)에게 부과됨.
  - 주택소유권 이전, 임대차 계약 등으로 실제 거주자가 변경되는 경우 할부금 납

22) 산업통상자원부, 프로슈머 이웃간 전력거래 실증사업 실시, 2016.03.11

부의무는 매수자, 임차권자 등에게 이전됨.

- 주택임대차 계약, 매매 계약시 그린딜 시공주택인 사실과 총 대출금액, 잔여금 등에 대한 정보 제공 의무화함.
  - 2011년 에너지법은 실거주자가 임차인(Tenant)인 경우 동 임차인에게 주택소유자(Landlord)에 대해 그린딜 시공을 요청할 수 있는 권한을 부여함.
  - 또한, 지방정부에게도 에너지낭비가 심각하여 주택 단열공사가 시급한 주택소유자에 대해 그린딜 시공을 요청할 수 있는 권한을 부여함.
- 영국 최초의 성공적인 환경친화적 주택단지인 꼽히는 베딩돈 제로에너지 단지(Bed-ZED)는 2002년에 조성, 이를 모델로 점차 확대되는 추세<sup>23)</sup>
- 베드제드는 과거 우물처리장 부지를 친환경 주거단지 조성을 목적으로 저렴하게 매입하여, 환경 컨설턴트 회사가 주축이 되어 민관 합동으로 재개발
  - 태양에너지를 활용해 일반주택 대비 10% 수준의 난방, 빗물과 오수정화 시스템 및 저탄소배출 교통수단 등 저탄소 시스템을 장착

[표 2-16] 영국의 베드제드(Bed-ZED) 개요



<b>사업추진형태</b>	민간주도 사업형 공동주택
<b>사업개요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시행 : Peabody Trust(저소득층을 위한 주택 협회)</li> <li>• 설계 : Bill Dunster Architects/친환경 컨설팅 : BioRegional Group, Arup 등</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2002 완공</li> <li>• 대지 17,000㎡, 82개 Units, 271개 Habitable Rooms</li> <li>• 사무실, 스튜디오, 상점, 공용시설 2,500㎡</li> </ul>
<b>성능 목표치</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2 배출 0, 난방 90% 절감, 급탕 33% 절감, 전력 33% 절감, 물사용 33% 절감</li> </ul>
<b>주요 적용기술</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연환기(Wind Cowl), 차양, 슈퍼단열(300mm), 3중유리, 부착온실</li> <li>• 절수형수전, 재활용자재, 자동차공유(Green Transportation)</li> </ul>
<b>복합에너지시스템</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 태양광/태양열/풍력(47W/㎡ Peak), 열병합발전(21W/㎡ 열, 14W/㎡ 전기)</li> </ul>
<b>기타</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모니터링 5년간 시행, 총 개발비용 11,790천£</li> </ul>

○ 독일

- 모든 신축주택에 신재생 에너지 이용을 의무화하고 있으며, 기존 건물의 에너지 합리화 사업도 강력하게 추진
- 프라이부르크시의 보봉은 낙후된 마을을 주민이 직접 참여하여 재생한 주택재개발사례(약 2,000가구)로 친환경 주거지역의 대표 모델

23) KB금융지주 경영연구소, KB 지식 비타민 : 미래형 주거형태, 제로에너지 주택, 2016.05.23

- 보봉의 주택은 독일의 일반주택에 비해 에너지를 최소 70%정도 절감토록 건설되었으며, 당시의 신규주택과 비교 시에도 40%정도 절감 가능

[표 2-17] 독일의 Freiburg Vauban 프로젝트



사업추진형태	시민단체 주도, 관협력형
사업개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시행 : 프라이부르크 시, 포럼보봉</li> <li>• 펀드 출처 : 민출자+프라이부르크 정부 초기지원+연방정부 지원</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2006 완공</li> <li>• 약 2,000세대</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패시브하우스(독일 일반주택 대비 80% 에너지 절감)</li> </ul>
성능 목표치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패시브하우스(독일 일반주택 대비 80% 에너지 절감)</li> </ul>
주요 적용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외단열/고성능창호, 폐열회수환기시스템</li> </ul>
복합에너지시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별주택: 태양열급탕/태양광발전</li> <li>• 지역 : 바이오매스열병합발전</li> </ul>
기타	-

[표 2-18] 독일의 운데마을



사업추진형태	괴팅엔 대학 제안으로 사업 추진
사업개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>•면적 : 농지-13km<sup>2</sup>, 산림지 8km<sup>2</sup></li> <li>•주민협동조합으로 생산된 전력과 열의 일부를 판매하여 연간 약 13억 6천만원 창출</li> </ul>
성능 목표치	<ul style="list-style-type: none"> <li>•열병합발전과 목질보일러를 통해 전력과 열을 70% 공급</li> </ul>
주요 적용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>•농지와 산지의 바이오매스를 연료로 사용</li> </ul>
복합에너지시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>•바이오매스(건축, 가축분뇨 등)</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>•협동조합 방식으로 참여 및 출자</li> <li>•마을 에너지시설 공사비의 58%(330만 유로)를 지역에서 충당하여 장기적 지역 경제 활성화 및 일자리 창출에 기여</li> </ul>

○ 일본

- 일본은 주택에너지 합리화를 위한 건축설계가이드라인을 통해 건물 단열과 냉난방, 유지보수 등을 종합적으로 규제. 가이드라인은 1980년에 제정되어 1992년과 1999년에 개정, 2020년부터 모든 신축주택에 제로에너지 시스템을 의무화
- 정부 NEDO(신에너지산업기술종합개발지구) 차원의 다양한 연구 개발과 도입 지원이 이루어지고 있음. 2002~2008년까지 1,500억 원을 투입하여 482건의 BEMS 동비지원사업을 진행하였으며, 도입 비용을 보조하고 도입 후 3년간 에너지 절약사항을 의무보고<sup>24)</sup>
- 기존주택단지를 리모델링한 일본의 펠타운은 2002년 가정용 태양광 발전시설을 클러스터화하고 전력망 시스템을 시험하기 위해 조성된 시범단지. 기존주택(약 800세대)에 집합태양광 시설을 설치해 전력망과 연동하여 가정용 전기의 100%를 공급

[표 2-19] 일본의 펠타운(Paltown)



사업추진형태	정부주도
사업개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>●20개소 공공시설 등을 에너지절약형으로 리모델링하여 1년간 약 1,000톤의 이산화탄소 배출 감소와 3,500만엔의 경비절감 효과</li> <li>●인구 : 약 22만의 소도시, 일본 군마현 남동부</li> </ul>
성능 목표치	●가정용 전기의 100% 자체 생산
주요 적용기술	●태양광패널 설치
복합에너지시스템	●태양광 + 전력회사 시스템 연계(간덴코, 산요, 미쓰비시 등)
기타	●777호 중 553호에 태양광발전시스템 도입으로 매년 2.1MW 이상 생산, 각 가정 당 평균 3.84kW 시설을 통해 가정용 전기의 100% 충당

○ 두바이

- 두바이 정부는 환경친화적 녹색경제를 위한 목표로 그린빌딩을 촉구하면서 2013년 5월 2일 친환경 건축물 인증기준을 발표
- 2014년부터 공공부문뿐만 아니라 민간부문까지 친환경건축물 인증 제도를 시행 중이며, 에너지와 수자원 효율을 강조한 친환경적인 에너지 절약과 환경보전의 기술 수요가 증가할 전망

24) 전략품목교육센터, 친환경 에너지산업 R&D전략과 마이크로그리드/ESS 동향분석, 2016.07.27

- 인증서 취득을 위해서는 에너지 효율을 향상시켜 자원 재활용과 환경공해 저감 기술 등을 적용하여 유지 관리 후, 건물이 해체될 때까지 환경에 대한 피해가 최소화 하도록 계획한 건물이어야 함

#### 나. 제로에너지 건물 요소기술 및 자재

- (미국) DOE주관으로 21세기를 향한 HVAC&R의 연구목표로서 대체냉매, 고효율 냉동기, 시스템 통합기술 등의 개발 방향을 설정하여 놓고 점차적으로 추진
  - The Zero Energy Commercial Buildings Consortium(CBC)을 구성하여 국가연구소를 중심으로 활발한 연구가 진행 중이며 ZEB 의 확대를 통하여 2020년까지 45%, 2050년까지 80%의 온실가스 감축 목표
- (영국) BRE, BSRIA, CIBSE 등에서는 HVAC시스템의 성능평가 및 진단, 시스템 최적 설계기술, 실내공기 및 열환경 향상기술, Building Commissioning 기술, Free cooling system 설계기술, 환기설비의 생애주기 성능향상기술 등에 대한 연구개발을 수행



[그림 2-20] 글로벌시장 제로에너지빌딩 테크놀로지 기술개발 투자 패턴 및 경향  
(출처: Frost&Sullivan, Enabling Techs for net ZEBs-Funding Analysis, 2014)

- 그린빌딩 건축재료<sup>25)</sup>
  - 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 '11년 890억 달러에서 '18년 2,220억 달러 규모로 성장이 예상
    - 그린빌딩 건축재료는 전통적인 건축재료부터 빌딩의 성능향상을 위한 신소재 건축 재료에 이르기 까지 다양한 재료가 포함

25) 2015 국토교통 R&D 동향조사: 건축분야, 국토교통과학기술진흥원

- '14년도 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 유럽권역이 49.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, '15년~'18년 연평균 성장률은 아시아-태평양권역이 11.2%로 가장 높은 증가추세
  - '14년 기준 세계 그린빌딩 건축재료 시장의 권역별 비중은 유럽 49.3%, 북미 26.3%, 아시아-태평양 21.7%, 기타국 1.3%
  - '15년부터 '18년까지 권역별 그린빌딩 건축재료 시장 연평균 성장률은 아시아-태평양 11.2%, 북미 6.9%, 유럽 3.3%로 전망
  - '15년~'18년 세계 그린빌딩 건축재료 시장 연평균 성장률은 6.8%이며, 아시아, 북미 권역이 세계 평균 이상의 증가추세를 보일 것으로 전망



자료 : Green Building Materials '\$254bn Annual Market by 2020, environmental leader, 2013,5 / Navigant Research

[그림 2-21] 세계 그린빌딩 건축재료시장 규모  
(출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사: 건축분야, 국토교통과학기술진흥원)



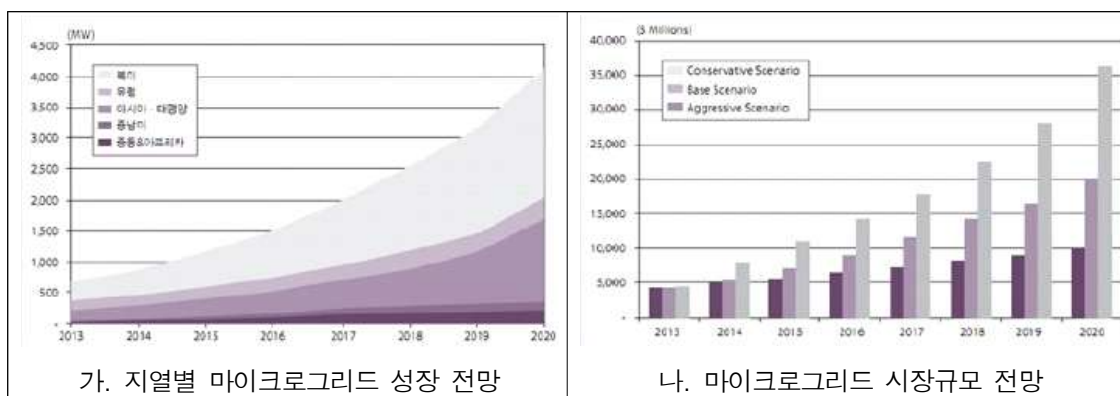
자료 : Green Building Materials '\$254bn Annual Market by 2020, environmental leader, 2013,5 / Navigant Research

[그림 2-22] 권역별 그린빌딩 건축재료 시장 규모  
(출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사: 건축분야, 국토교통과학기술진흥원)

- EU등 주요 선진국은 지원을 통한 최적 비용 제로에너지 건축물 구현을 추진 중에 있으며, 의무화를 할 경우 일정 비용 내에서 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구중에 있음
- 건축물 에너지 핵심 저감 요소를 분석하고 그 요소에 따른 1차 에너지 감소량 /payback 관계에 대한 분석 및 향후 핵심에너지 감소 요소에 대한 가격 변동모델을 구축하여 단계적 최적 제로에너지 건축물에 대한 연구를 진행 하고 있음. 또한 기술력을 갖춘 대기업을 중심으로 국가가 신기술 요소 단가를 자발적으로 낮추는 목표를 주고 그에 따른 기술 개발 인센티브를 지원하고 있음

#### 다. E-프로슈머, 마이크로그리드

- 전 세계적으로 온실가스과 환경오염에 의한 자연재해 증가 및 생태계 교란에 따른 규제가 강화되는 가운데 저탄소 에너지를 지향하는 에너지 믹스를 활용한 신재생 발전 및 분산 발전원의 보급은 점차 확대되는 추세이다. 경제 성장 및 사회 고도화에 따라 에너지 수요는 크게 늘어난 데 비해 발전소 및 송배전 설비를 위한 입지는 사회적 장벽으로 크게 제약되고 있어 분산전력 공급체계로의 전환은 가속화 할 것으로 보임<sup>26)</sup>
- 변화하는 전력 환경에 발맞추어 마이크로그리드는 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 다양한 연구개발을 통해 상업화 초기 단계로 접어들고 있음. 시장 조사 기관인 Navigant에 따르면 2020년 글로벌 마이크로그리드 시장 규모는 약 200억 달러, 4,000MW로 연평균 30%씩 성장할 것으로 전망



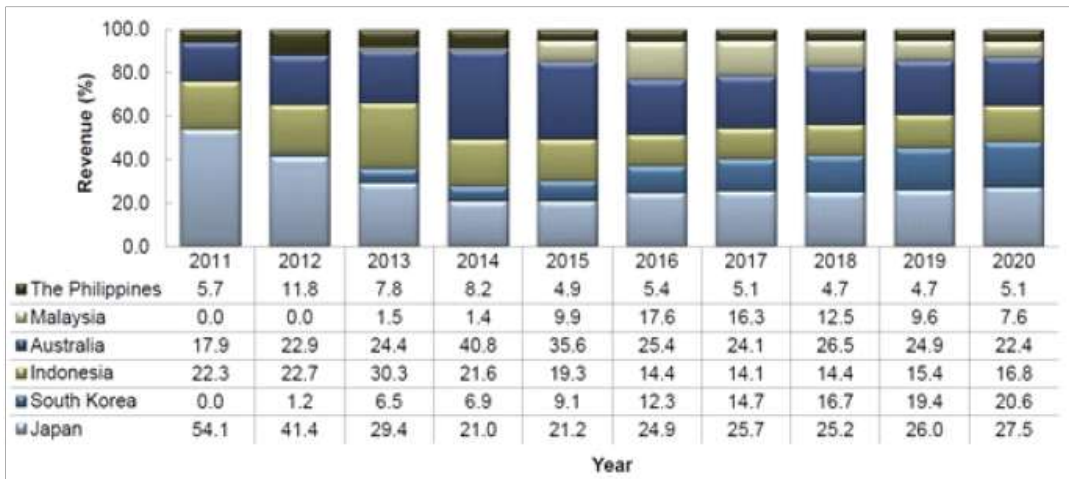
[그림 2-23] 마이크로그리드 글로벌 시장 성장 전망 (Navigant Research, 2013, 4Q)

- 미국 마이크로그리드 시장 규모는 2011년 31억 달러, 2014년 50억 달러를 기록했고, 향후 2017년에는 82억 달러, 2020년에는 57억 달러에 달할 것으로 전망.

26) 지식산업정보원, 스마트/마이크로그리드·EMS 정책방향과 국·내외 R&D 현황 및 산업동향 실태분석, 2015.02.03

GTM Research는 2020년 미국의 총 마이크로그리드 설비용량이 2015년 대비 127% 증가한 2.8GW에 달할 것으로 전망.

- 지리적·경제적인 여건으로 인해 대규모 전력설비 건설이 쉽지 않은 아시아 태평양 지역의 국가들은 안정적인 전력 공급 시스템의 구축이 절실
- 아시아 태평양 지역의 전력피크 수요는 2013년 약 461GW에서 2017년에는 약 530GW까지 증가할 것으로 예상되며, 동시에 점점 커지는 연료비 부담은 이들 국가들이 새로운 대체 에너지를 모색<sup>27)</sup>
- Frost&Sullivan의 데이터를 토대로 아시아 태평양 지역 마이크로그리드 시장수입 규모는 2013-2020년사이 연평균 38.3%의 성장률을 기록할 것으로 예상



[그림 2-24] 2011-2020년 아시아태평양 지역의 전체 마이크로그리드 시장 수익률 예측 (Frost & Sullivan)

- EU는 분산 자원을 시의 인프라 구조에 통합하여 높은 경제성과 신뢰성을 바탕으로 하는 에코 도시로 거듭나기 위한 마이크로그리드 시스템의 구축을 추진하고 있다. 탄소중립도시 구축을 위한 사물인터넷(IoT: Internet of things) 기술 적용, EV(전기자동차) 등 물류와 교통망 통합 시도

27) 국무조정실 녹색성장지원단, 기후변화 대응을 위한 에너지 자립형 마이크로그리드 글로벌 확산 지원모델 개발 연구, 2015.12

[표 2-20] EU 마이크로그리드 프로젝트 현황

구분	프로젝트 현황
Grid4EU	12개 EU 국가의 27개사가 참여하는 대규모 스마트그리드 데모 프로젝트로서 5천만 유로의 예산으로 수행
NiceGrid 마이크로그리드 프로젝트 (Utility microgrid)	Grid4EU가 지원하는 6개의 스마트 그리드 프로젝트 중 하나로 태양광과 ESS가 집중된 1,500가구를 대상으로 한 저압-특고압 마이크로그리드 전력망 설계를 목표로 하고 있다. 전력망 운영의 최적화, 독립운전으로의 전환, 송전망에서의 잠재적인 제한 조건에 따른 공급 연속성의 보장, 수요반응 등을 구현하기 위한 프로젝트
IssyGrid (City Microgrid)	시민 만여 명이 거주하는 파리 인근의 Issy-les-Moulineaux시에 구현된 프랑스 최초의 도시형 마이크로그리드로, 그 목적은 분 산자원의 통합과 최적 이용, 수요반응 등의 구현하고 에너지와 수송 분야에서 최적화를 통한 온난화 가스 배출을 최소화
Reflexe (Industrial VPP and Microgrid)	다수의 산업단지에 신재생전원, ESS, 수요반응을 결합한 가상 발전소(VPP)로서 프랑스 Provence-Alpes-pCoted' Azur 지역에 약 3년 반에 걸쳐 구축되었다. 목적은 신재생전원에 의한 탄소 배출 억제, VPP 프레임워크의 DR을 통한 전체 운영비의 최적화, 개방화된 시장과의 통합을 통한 추가적인 자산 흐름의 실현

### 3절. 기술동향 분석

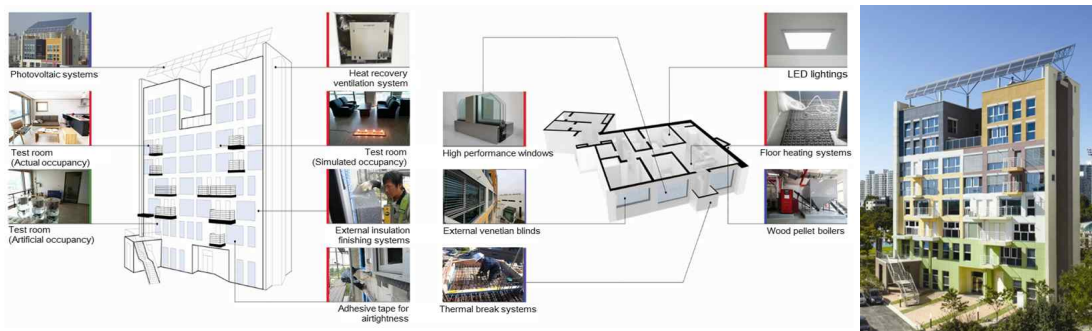
#### 1. 국내 기술동향 분석

##### 가. 제로에너지 건물 요소기술

- 건축물의 에너지 성능향상 요소기술을 통해 건물에서 사용되는 에너지 절감을 구현할 수 있으며, 기존 건물에너지 성능향상 요소기술 연구개발은 공동주택, 오피스, 단독주택, 한옥 대상의 Low/Zero 에너지 건축 구현을 위한 패시브(단열, 기밀, 창호 등), 액티브(고효율 설비 등), 신재생(태양열, 태양광, 지열, 복합 등) 시스템 등 개별 요소기술 개발에 중점됨
- 개발 요소기술을 통합 적용한 실증사업 용도로서의 Test-bed 구축에 중점 되어 있으며, 국가 연구개발과제에서 뿐만 아니라 민간 사례까지 포함한다면 Test-bed 구축을 통한 Low/Zero 에너지 건축물 시범 및 실증은 어느 정도 구현되었으나, 각 Test-bed는 시범사업 및 시범건물 단위의 실증사업 성격에 국한됨

[표 2-21] 국내 ZEB 시범사업 지역/용도별 적용 기술 현황

프로젝트명	지역			건물 용도	적용기술														
	중부	남부	제주도		고성능단열	고성능창호	일사조절장치	자연채광	자연환기	고기밀	고효율설비	열회수환기장치	고효율조명	BEMS	PV	태양열집열	지열	풍력발전	바이오매스
KCC 서초 사옥	√			비주거	○	○				○	○	○	○	○	○		○		
아산 중앙도서관	√			비주거	○	○		○	○		○	○			○		○		
진천군 제로에너지 시범단지	√			주거	○	○	○			○	○	○			○		○		
행복도시 1-1 생활권		√		주거															
천호동 가로주택 정비사업	√			주거	○	○				○	○	○	○	○	○				
송도 힐스테이트 레이크	√			주거	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
장위 4구역 주택재개발 사업	√			주거	○	○				○	○	○	○		○		○		



[그림 2-25] 제로에너지빌딩 적용 패시브&액티브 기술 사례

출처: 제로카본 그린홈 기술개발, 한국건설기술연구원, 2014

- 국토교통과학기술진흥원에서 수행한 “국토교통 기술수준분석 총괄보고서”는 건축분야에 대한 국가별 기술수준을 판단하는데 참고가 될 수 있도록 계량정보(특허 및 논문)를 통한 기술경쟁력 및 7개 국가(한국, 미국, 일본, 중국, 독일, 프랑스 영국 등)에 대한 기술수준을 제공함<sup>28)</sup>
- 건축분야의 경우 미국이 기술수준 및 기술경쟁력 측면에서 우위를 점하고 있으며, 한국은 건축물 에너지 성능향상 요소기술에 관련된 녹색건축, ICT 융복합건축, 건축물 에너지 성능, 건축 재료성능 등 대부분 주요 지표에서 경쟁력을 확보하지 못하는 현실임

● 기술수준 ● 특허기술경쟁력 ● 논문기술경쟁력

중분류	소분류	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	영국
A1. 주거 및 단지 건축	A11. 주거건축			● ●				●
	A12. 단지건축		● ●			●		
A2. 첨단/ 융복합건축	A21. 녹색건축			● ●		●		
	A22. ICT 융복합건축			● ● ●				
A3. 초대형/ 특수건축	A31. 초고층(복합)건축			● ● ●				
	A32. 대공간 건축			● ●				●
	A33. 특수환경 건축			● ●				●
	A34. 전통건축		●		●		●	
A4. 건축물 성능향상	A41. 건축물 리모델링			● ●				●
	A42. 건축물 구조/안전/보안성능			● ● ●				
	A43. 건축물 유지관리	●	●	●				
	A44. 건축물 설계/시공성능			●			● ●	
	A45. 건축물 에너지 성능			●		●		●
	A46. 건축 재료성능			● ●			●	

[그림 2-26] 분야별 최고기술 보유국

출처: 2015 국토교통기술수준분석: 국토교통 기술수준분석 총괄보고서, 국토교통과학기술진흥원

- 제로에너지 건물 구현의 핵심기술로 고효율 외피 및 공조기술, 신재생 에너지 건물 융합기술, 친환경/저에너지 건축자재 기술, 건물에너지 제어 및 관리 IT 융복합 기술 등이 개발되고 있으나, 대부분 선진국에 의존하고 있으며, 일부 국내 확보하고 있는 원천기술의 경우, 원천기술을 보유한 이를 활용하여 제품으로 상용화 할 수 있는 기관과의 네트워크 구축 미흡으로 사실상 상용화가 이루어지지 못하고 있음
- 고효율 외피 및 공조기술은 국내 대기업 및 중소기업을 중심으로 국가 R&D와 연계하여 기술개발이 이루어지고 있으며, 고효율 환기설비 및 하이브리드 환기설비 분야의 최고 선진국은 독일 등의 유럽국가임
- 친환경/저에너지 건축자재 핵심기술은 대부분 선진국에 의존. 에어로젤, 폼실리카 등 신소재 단열재는 원천기술을 포함하여 현저히 기술 수준 차이가 발생. 건축자

28) 2015 국토교통기술수준분석: 국토교통 기술수준분석 총괄보고서, 국토교통과학기술진흥원(2015년 12월), ISBN 978-89-94071-82-4

제는 제조시 대량의 에너지 소모와 탄소를 배출하는 산업(시멘트제조시 발생 CO2량은 국내 CO2 배출량의 중 2위 차지)

- 건축물 에너지 성능향상을 위한 제로에너지빌딩에 적용되는 주요 기술로 고기밀 3중 유리, 로이복층 유리, 외부차양, 외부 단열, 고기밀 테이프, 열교 차단 장치 등이 있음
- 한국건설기술연구원 제로카본 그린홈을 통해 개발된 요소기술은 아래 표와 같이 진공유리창호, 진공단열외피모듈을 이용한 외단열시스템, 고성능/고기밀 창호시스템, PV융합형 창호 및 환기시스템 등이 있음

[표 2-22] 제로카본 그린홈 적용 요소기술(출처: 한국건설기술연구원)

번호	명 칭	주요내용	비고
1	진공유리창호	-열관류율(Uw value) 1.0 W/㎡K급 초단열 창시스템	
2	진공단열외피모듈	- 열관류율(U value) 0.15 W/㎡K급 초단열 외피모듈 (EPS 복합단열)	
4	한국형 외단열 EIFS-1 (습식공법)	-VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/㎡K급 초단열외피모듈(VIP+EPS)	
5	한국형 외단열 EIFS-2 (습식공법)	-VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/㎡K급 초단열외피모듈(PUR)	
6	한국형 외단열 HIP시스템(건식공법)	-VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/㎡K급 초단열외피모듈(VIP+EPS)	
7	LS 외동형 고효율 창호시스템	-열관류율(U value) 1.0 W/㎡K급 단열 창호시스템	
8	PV 융합 고효율 창호시스템	-PV 일체형 창호시스템 -복층유리내 PV & 차양 일체형 시스템 -열관류율(U value) 1.0 W/㎡K급 단열 창호시스템	
9	PV 융합 하이브리드 환기시스템	-환기회수 0.7회 하이브리드 환기 -PV 연계 에너지자립형 환기시스템	

#### 나. 제로에너지 건물 성능기준

- 국토교통부는 국가 온실가스 감축 및 국민 주거비 경감을 위하여 신축 공동주택의 에너지 의무 절감률을 상향 조정(30~40%→50~60%)하겠다는 내용을 주로 하는 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 개정안을 발표하였음.<sup>29)</sup>
- 이번 개정을 통해 에너지 의무 절감률 상향 조정과 함께 난방, 급탕, 조명의 최종

29) 국토교통부, 신축 공동주택 에너지절감률, '패시브하우스' 수준으로 강화, 2016.11.16

에너지로 평가하던 방식을 1차에너지로 평가 방식을 변경. 또한 환기에너지를 평가에 추가하였으며, 고효율조명제도를 폐지하고 조명밀도를 도입하였음

- 벽체, 창, 문, 최상층 거실지붕 및 최하층 거실바닥 등의 단열을 강화하여 에너지 성능이 독일 패시브하우스 수준으로 향상. 실제 기후에 맞게 에너지 설계기준이 적용될 수 있도록 최신 기상 데이터를 반영하여 평가지역을 3개에서 4개로 조정하였음

[표 2-23] 제로에너지주택 성능 건축물 부위별 열관류율 (단위:W/m<sup>2</sup>·K)

구 분		현 행			개 선				제로에너지주택 성능 (중부1기준)	
		중부	남부	제주	중부1	중부2	남부	제주		
벽체단열	외기에 직접면함	0.21	0.28	0.46	0.15	0.17	0.22	0.29	0.15	
	외기에 간접면함	0.28	0.43	0.58	0.21	0.24	0.31	0.41	0.21	
최상층에 있는 거실의 반자·지붕	외기에 직접 면하는 경우	0.18	0.22	0.28	0.15	0.15	0.18	0.25	0.15	
	외기에 간접 면하는 경우	0.26	0.31	0.40	0.21	0.21	0.26	0.35	0.21	
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.23	0.28	0.33	0.15	0.17	0.22	0.29	0.15
		바닥난방이 아닌 경우	0.29	0.33	0.39					
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35	0.40	0.47	0.21	0.24	0.31	0.41	
		바닥난방이 아닌 경우	0.41	0.47	0.55					
창 (발코니 내측창포함)	외기에 직접면함	1.0	1.2	1.6	0.8	1.0	1.2	1.6	0.8	
	외기에 간접면함	1.9	2.1	2.5	1.0	1.25	1.5	2.0	1.0	
세대 내 강재문	외기에 직접면함	1.4			1.4(현행유지)				0.8	
	외기에 간접면함	1.8			1.8(현행유지)				1.0	
보일러효율(%)		91%			91%(현행유지)				92.3%	
조명밀도(W/㎡)		13 (평가 미반영)			10				7	
신재생에너지 설비		제7조제1항 성능평가에만 반영			난방·급탕·조명 신재생비율에 따라 에너지절감 인정				3kWp (태양광)	
열교차단공법		-			외단열 등 공법 단열성능에 따라 인정				외단열 의무	
환기장치		-			폐열회수 환기장치 설치비율에 따라 인정				효율강화 (70%→80%)	

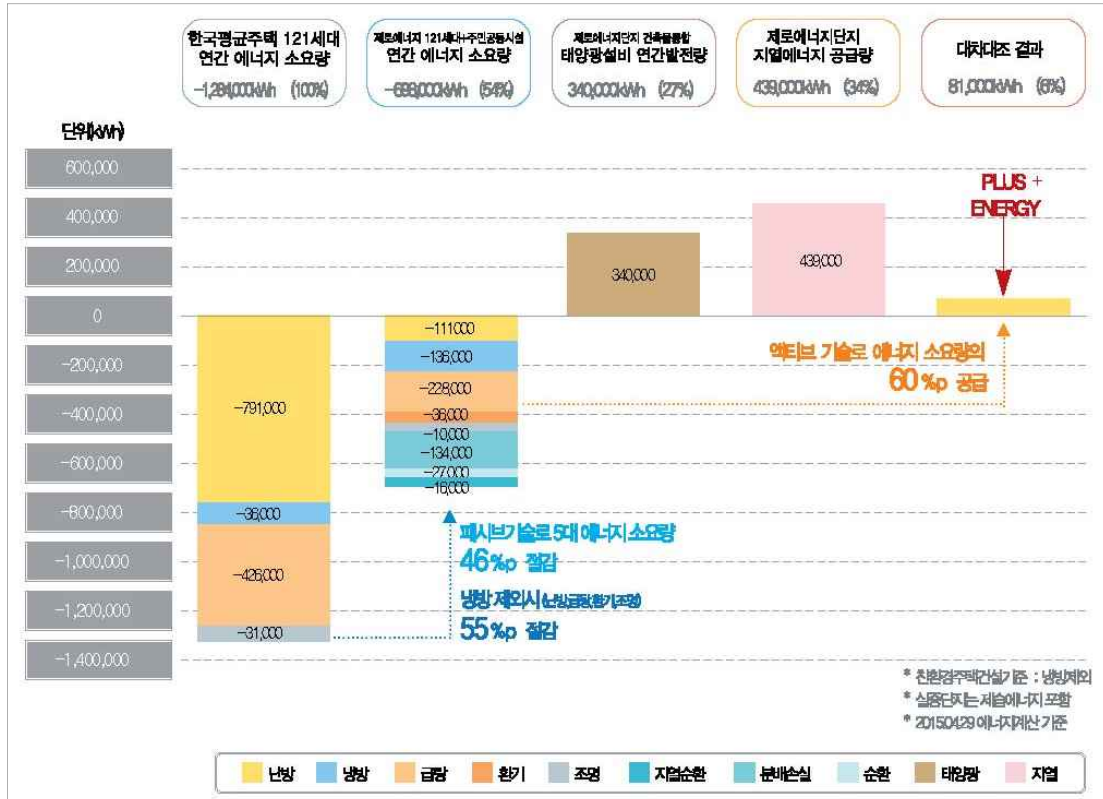
## 다. 국내 최초 노원구 121가구 규모의 단지형 제로에너지주택 시범단지 건설

- 2017년 가을 서울시 노원구 하계동에 건립될 제로에너지주택 실증단지는 기술, 경제, 그리고 정책적 측면에서 대한민국을 새로운 21세기 주택패러다임의 한 부분을 제시하고 있음
- 기술적 측면에서, 주택단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화 하고, 적정한 신재생에너지를 공급하여, 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명의 1차에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발하고 구현하는 것을 목표로 함
- 제로에너지 주택실증단지의 임대 후 거주과정에서 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지 주택단지 성과를 장기적으로 검증하는 것을 목표로 함
- 경제적 측면에서는 제로에너지 주택실증단지 모델의 비용효용효과분석을 통해 최적화 비즈니스 모델을 개발하며, 건축물의 특정 에너지성능 기준에 도달하기 위한 재정지원의 필요 규모를 도출하고자 함
- 국민임대주택의 에너지 복지실현을 위한 국민주택 또는 그와 유사한 정부재정 등의 지원규모 도출을 통해, 제로에너지 주택실증단지의 보급에 있어 경제적 측면의 전략을 수립하고자 함



[그림 2-27] 국내 최초 제로에너지주택 실증단지(서울시 노원구)

- 패시브 설계기술만 적용하여 기존 공동주택 대비 에너지 소요량(냉방에너지 제외)을 55% 절감, 냉방과 제습에너지를 포함한 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명분야 소요량 절감효과는 46%임. (단, 에너지사용분야별 정량적 수치를 계산하기 위해 PHPP 에너지시뮬레이션 프로그램을 사용함)



[그림 2-28] 노원구 제로에너지주택 실증단지 연간 에너지 대차대조 예측

- 제로에너지주택 실증단지는 넷제로 1차 에너지 단지를 구현하기 위해 아래와 같은 수준의 에너지절약기술, 고효율 설비기술, 신재생에너지 기술을 적용

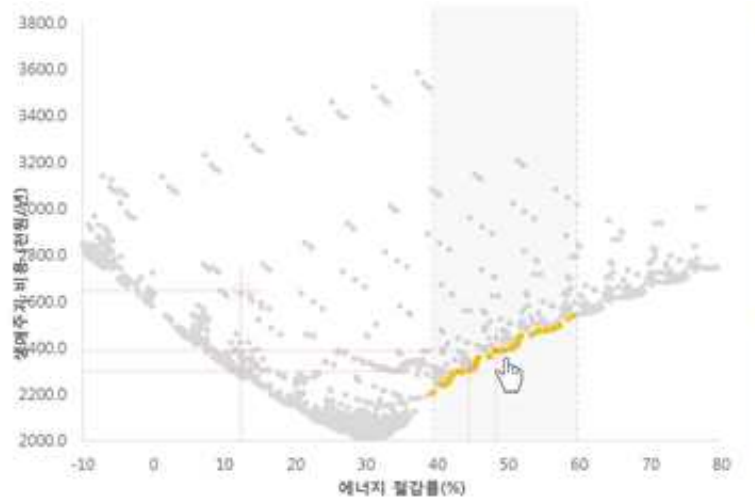
[표 2-24] 노원구 제로에너지주택 실증단지 적용 기술

구분		내용		
성능목표		넷-제로 1차에너지 주택		
기본계획		남향배치		
에너지절약기술	외피단열 성능	열관류율	남·북측 외벽	0.153 (W/㎡K)
			동·서측 외벽	0.097 (W/㎡K)
			바닥(외기간접)	0.130 (W/㎡K)
			지붕(외기직접)	0.090 (W/㎡K)
	창호성능	투과율	부위별 열교방지설계적용	
			유리	0.7 (W/㎡K)
			프레임	1.5 (W/㎡K)
			기밀성능	g-value 0.35 이상
기밀성능		100Pa 압력시 통기량(전체면적) 3.0㎡/(h㎡) 이하 Tilt&Turn 개폐방식 창호 적용		
차양		주동 기밀성능 n50=0.6 1/h 이하 목표 외부블라인드 적용 (외부환경센서 적용 및 무선·일괄제어 가능)		
고효율 설비기술	난방	열원	지열	
		분배	세대 내 열교환기 설치로 난방 온도 조절 난방·급탕 통합배관 적용 저온바닥난방 적용	
	냉방	열원	지열(중앙환기)/EHP(개별환기)	

	급탕	분배	열회수형 환기장치 급기와 냉수코일 연계
		열원	지열
		분배	세대 내 열교환기 설치로 급탕온도 조절 난방·급탕 통합배관 적용
	환기	에너지원	태양광 발전
		환기설비	열회수형 환기장치 전열교환효율 87% 이상
		부속설비	프리히터
	제트디퓨저		
	조명	에너지원	태양광 발전
		기기	LED 조명
	모니터링		난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명분야 분리계측 실내 온습도, 이산화탄소 농도계측
신재생에너지적용 기술	태양광	용량	417kWp
		연간발전량	340,000kWh
		위치	지붕, 주동 남·동·서측
	지열	용량	105 RT
		열 생산량	439,000kWh
	연간 잉여전력		81,000kWh

#### 마. 건물 요소 기술/비용 최적화 시스템

- 현재 제로에너지 건축물 구현 비용은 현행 건축공사비 대비 30~40% 이상 추가 투입되는 것으로 업계는 전망하고 있으며, 제로에너지 건축물 의무 이행화하기 위해서는 추가 공사비 20% 이내에서 구현하는 기술, 정책 및 지원 방안에 대한 포괄적인 방안 개발이 필요. 이를 체계적으로 관리하고 적용하기 위한 시스템은 부재
- 또한 제로에너지빌딩의 요소기술인 패시브디자인과 신재생에너지시스템을 포함한 액티브시스템, 그리고 이들을 유기적으로 제어하기 위한 제어 기술들이 논의되고 있으나, LCC(Life Cycle Cost)관점에서의 제로에너지건축물 구축을 위한 요소 및 시스템에 대한 최적화 연구가 선행되지 않았음
- 현재로서는 경제성을 고려한 제로에너지 구현기술에 대한 종합적 분석이 이루어지지 못하고 있으며, 제로에너지 성능의 목표 수준에 따른 적용 가능한 경제적 기술에 대한 자료구축과 분석이 필요
- 그러나 건물 요소 기술들이 에너지 저감에 미치는 민감도와 관련하여 에너지시물레이션을 통한 검증은 활발하게 진행되고 있음








[그림 2-29] 요소기술별 비용 분석

출처 : 한국건설기술연구원 외, 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발 연차실적계획서, 2015

- 현재 제로에너지 건축물 비용 감축을 위하여 자재, 설비 시스템, 공사비 등 제로에너지 구성요소 DB 및 비용 산정모델, 건축시장 내 비용저감 유형 개발, 제로에너지 최적 분석모형을 개발 및 중장기 비용모델에 근거한 시장비용 및 지원방안 구축을 중심으로 제로에너지 건축물 비용을 최적화하는 연구가 진행 중임

#### 바. 자재/기술 인증 및 시스템 구축 현황

- 제로에너지 건축물 구축을 위한 건물 에너지 핵심 자재 및 시스템 구축 현황은 녹색제품 정보 제공, 제품 구매를 위한 통합정보망 제공 등 구축 목적에 따라 정보 제공 범위와 깊이가 상이하며, 기술별 성능 및 가격 간 로직은 개발된 바 없음

구분	시스템 명	시스템 화면	특징
국내	건설산업지식정보시스템		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자재정보를 제공하는 업체에 대한 정보내용을 정리</li> <li>● 자재에 대한 가격 등 상세정보가 부족하고, 건설업체정보, 건설관련 행정정보 등 건설공사 위주의 정보 제공</li> </ul>
	건축정보센터		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 건축 설비정보 보다는 자재위주의 정보제공</li> <li>● 자재정보 등록 건수가 많지 않아 검색조건 입력 화면이 없으며, 로그인 후 시방서, 가격정보, 물성표 등 정보 열람 가능</li> </ul>
	녹색제품정보시스템		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 녹색제품 구매촉진을 위해 환경표지제품, 우수재활용제품을 녹색제품으로 정의하고, 관련 제품 정보 제공하며 자재정보 위주임</li> <li>● 조달청목록번호를 기재함으로써 조달청과의 연계 통한 구매 가능</li> <li>- 지역별/용도별/직업별/장소별로 분류하여 녹색제품 정보 제공</li> </ul>
	친환경건설자재 정보시스템		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자재의 환경마크, GR인증 등 인증정보 등이 포함된 자재 및 업체 세부정보 구축</li> <li>● 수집하기 어려운 성능정보의 구축건수는 많지 않음</li> </ul>
	공공녹색구매통합정보망		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 조달청 계약관련 제품 위주로 조달청 구축 정보 범위 내에서 제품정보를 제공하고 실제 계약은 나라장터에서 이루어짐</li> <li>● 한국에너지공단에서 관리하는 3대효율관리기자재 제품정보는 한국에너지공단 홈페이지로 링크됨</li> </ul>

[그림 2-30] 국내 에너지 건축자재 정보 관련 시스템 특징

출처 : 저비용 제로에너지건축물 이행촉진을 위한 기술/비용 최적화 시뮬레이터 개발, 한국건설기술연구원







○ 국내 친환경 건축자재 및 고성능 건축자재 기준<sup>30)</sup>

- 국내에서는 유해화학물질이 저 방산되는 친환경 기능성 건축자재에 대한 정보를 통해 쾌적한 실내공기질을 확보하고자 친환경 기능성 건축자재에 대한 규제 및 인증제도가 활성화 되어 있음.
- 환경부의 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”에서 유해화학물질이 일정량 이상 방산되는 건축자재의 사용을 금지하기 위해 “실내공기질공정시험기준”을 통해 건축자재의 기준을 고시하고 있음.
- KS규격에서는 건축 내장재의 폼알데하이드와 휘발성유기화합물의 방산량 측정을 위한 소형챔버법과 다른 규제 및 인증제도 달리 방산셀법을 규정하고 있으나, 기준 및 등급에 대해 별도로 정하고 있지 않음
- 국내에서도 기존에 운영되던 환경표지(환경마크)제도와 HB마크제도 이외에 흡착 및 흡방습 기능성 건축자재에 대한 기능성 건축자재 단체품질인증제도(FBM)가 시행될 예정이며, 이는 자율적인 품질관리를 통해 제품의 품질 향상을 유도함
- 환경부의 기준은 사용할 수 없는 유해한 건축 자재에 대한 정보를 제공하고자 하지만, 현재 시행되고 있는 건축자재 관련 인증제도의 경우, 환경부의 사용금지 기준이 최저등급에 해당하거나, 그 이상의 기준에 적합할 경우에 인증이 이루어지고 있어, 사실상 건축자재의 사용은 인증 여부보다는 인증을 받은 최고

30) 저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발, 한국건설기술연구원(2015)

등급제품에 집중되고 있는 실정임




[표 2-25] 국내 친환경 건축 자재 기준의 기술 현황

제도	대상제품	시험항목	법적근거	적용기준	담당 기관	인증 마크
실내공기질 규제	실내공기질 및 건축자재	TVOC 및 HCHO 방출량	다중이용시설 등의 실내공기질 관리법	실내공기질 공정시험기준	환경부	
KS	공산품	품질 및 환경시험	산업표준화법	KS M 1998 - 1, 2, 3	기술표준원	
환경표지제도	공산품 및 서비스	품질 및 환경시험	환경기술 및 환경산업 지원법	환경표지인증에 관한 업무규정	한국환경 산업기술원	
순환자원산업 제품 인증제도 (GR인증)	공산품	품질 및 환경시험	자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률	우수재활용제조제품 인증요령	기술표준원/자원순환산업진흥협회	
순환자원산업 제품 인증제도 (재제조인증)	공산품	품질 및 환경시험	자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률	우수재활용제조제품 인증요령	기술표준원/자원순환산업진흥협회	
친환경건축자재 단체품질인증 제도 (HB마크)	생산업체 및 건축자재	TVOC 및 HCHO 방출량	민간단체 품질인증기준	SPS-KACA008-0138 (KS M 1998-1, 2)	한국 공기청정 협회	
기능성건축자재 단체품질인증 제도	기능성 건축자재	흡착 및 흡방습		SPS-KACA0020-1867 (KS F 2611)		

- 국내에서는 고성능 건축 자재 및 설비 등에 대한 평가 및 인증은 에너지관리공단에서 주도적으로 진행하고 있음.
- 에너지소비효율등급표시제도는 소비자들이 효율이 높은 에너지절약형 제품을 쉽게 구입할 수 있도록 하고 제조(수입)업자들이 생산(수입)단계에서부터 원천적으로 에너지절약형 제품을 생산하고 판매하도록 하기위한 의무적인 신고제도임. 이 제도에서는 에너지소비효율 또는 에너지사용량에 따라 효율등급을 1~5등급으로 나누어 표시하도록 하고, 에너지소비효율의 하한치인 최저소비효율기준 (MEPS : Minimum Energy Performance Standard)을 적용함. 적용 범위는 전기온수기, 전기냉난방기, 삼상유도전동기 등 35개 품목임.
- 고효율에너지기자재인증제도는 에너지사용기자재 중 에너지효율 및 품질시험 검사 결과가 정부가 고시한 일정기준 이상 만족하는 제품을 고효율에너지기자재로 인증하는 자발적 제도임. 이 인증제도는 고효율제품의 보급 활성화와 초기시장 형성을 위한 것이며, 제조업자 또는 수입업자의 자발적 신청에 따라 에너지관리공단에서 고효율에너지기자재 인증서를 발급. 적용 범위는 열회수형 환기장치, 인버터, 펌프 등 41개 품목임.
- 대기전력저감프로그램은 전자제품을 사용하지 않을 때 소모되는 대기전력 (Standby Power)을 저감시킨 대기전력저감우수제품의 보급을 확대하고 관련 기술의 개발을 촉진하기 위한 의무적인 신고제도임. 적용 범위는 자동전절제어장

치, 텔레비전 수상기 등 22개 품목임.

[표 2-26] 국내 고성능 건축 자재/설비 기준의 기술 현황

제도	대상제품	시험항목	법적근거	적용기준	담당기관	인증마크
효율등급제도	전기 이용 설비 기기	기기 효율 및 CO2 발생량	에너지이용합리화 법 제 15조 및 제 16조 등	효율관리기자재 운용규정	에너지관리공단	
고효율인증제도	설비 기기 등	효율 및 성능	에너지이용합리화 법 제 22조 및 제 23조 등	고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정		
대기전력저감 프로그램	가전제품	대기전력저감량 평가	에너지이용합리화 법 제 18조, 19조, 20조, 21조 등	대기전력저감프로그램 운용규정		
단열재의 등급 분류	건축 단열재	열전도율	에너지절약설계기준	KS L 9016 또는 KS F 2277		

- “녹색기술”은 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 청정에너지 기술, 자원순화 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함한다)등 사회·경제활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술을 의미함



[그림 2-31] 녹색기술 범위

출처 : <http://www.greencertif.or.kr/ptl/tClassificationC/form.do>(2016.11.07.)



[그림 2-32] 녹색기술 예시

출처 : <http://www.greencertif.or.kr/ptl/sHallC/form.do>(2016.11.07.)

- “친환경건설자재”는 ‘환경기술 및 환경산업 지원법’ 제17조제1항에 따른 환경표지의 인증을 위한 대상 제품으로서 인증을 받은 상품과 ‘자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률’ 제33조 및 ‘산업기술혁신 촉진법’ 제15조에 따라 산업통상자원부 장관이 정하여 고시하는 재활용제품의 품질인증 대상품목으로서 인증을 받은 상품을 의미함. 이는 거주자의 삶의 질 개선을 위해 건축물 초기 계획단계부터 녹색건축을 고려한 자재선정이 이루어지고 시공으로 연계되어 녹색건축물 조성 확산 유도

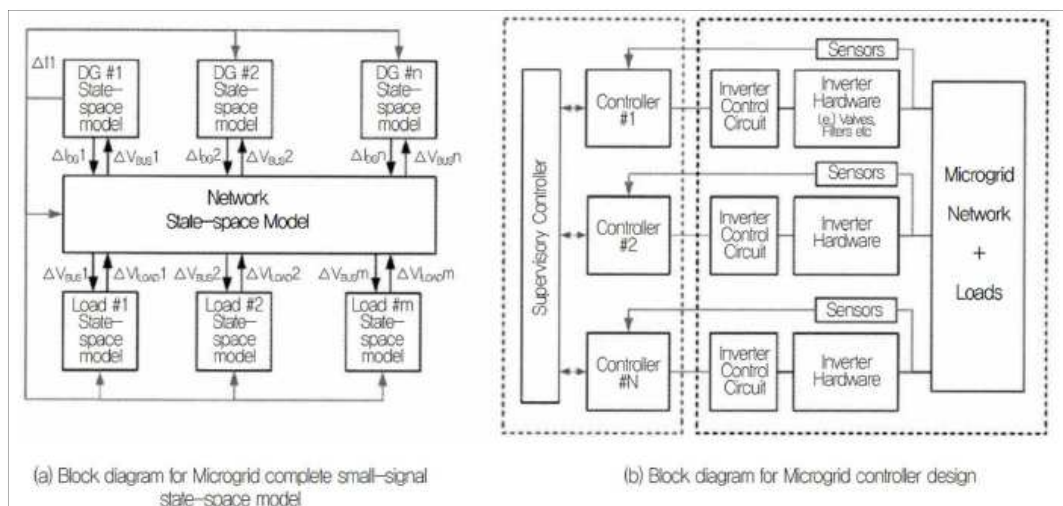


[그림 2-33] 친환경건설자재 예시

출처 : 친환경건설자재 Catalog

## 사. 마이크로그리드

- 과거에 전력공급은 주로 원자력발전, 화력발전, 수력발전 및 가타 발전으로 전력을 공급해왔으며, 이러한 발전시스템의 대부분은 회전기를 이용한 교류발전 형태임. 하지만 국제적인 에너지 환경 문제가 대두되면서 그린에너지 전원의 개발 및 보급이 확대되기 시작하였고, 선진국을 비롯한 우리나라 역시 1990년대부터 태양광, 풍력, 연료전지 및 전력저장시스템 등 분산형 전원의 보급이 확대됨에 따라 독립형 및 연계형으로 마이크로그리드 형태로 전원공급이 변화되고 있음
- 국내에서는 1990년대는 국가기술표준원 주관 하에 에너지관리공단(현 한국에너지공단)이 주도적으로 추진하여 왔고, 최근에는 스마트그리드가 대두되면서 한국스마트그리드협회 산하 표준포럼에서 분산전원 도메인 위원회 위주로 상기 업무를 주관하여 왔으며, 전력저장시스템의 전지 분야는 전지협회를 중심으로 전지에 대한 표준작업이 수행되고 있음
- 마이크로그리드는 평상시에는 전력계통에 연계되어 운전하며, 전력계통에 사고가 발생하였을 경우에는 계통연계 스위치를 차단하고 단독으로 운전하여 신뢰도와 전기 품질을 개선. 마이크로그리드가 전력계통과 연계 운전할 때에는 부하의 변동은 크게 문제가 되지 않음. 반면, 마이크로그리드가 단독으로 운전될 경우에는 마이크로그리드 내의 각 분산전원이 부하변동을 감지하여 각자 출력을 변동하도록 하고 있음
- 다음 그림의 (a)는 마이크로그리드 전체의 수신호모델을 개발하기 위한 블록다이어그램. (b)는 마이크로그리드의 시스템 레벨 제어기 설계를 위한 블록다이어그램<sup>31)</sup>



[그림 2-34] 마이크로그리드 해석 모델 및 제어 모델 개발을 위한 개념도

31) 한국전기연구원 스마트배전연구센터, 계장기술, 2015.09

- 국내는 전력 IT 사업이나 K-MEG 사업, 제주실증단지 등을 통해 부분적인 실증단지 구축이 되었으나, 실 수요자를 대상으로 한 본격적인 의미의 마이크로그리드 구축 실적은 아직 나오고 있지 있음. 또 EMS, 설계 및 해석 툴 등 기반기술에 대한 연구는 지속되고 있지만, 전문 엔지니어링 회사나 이러한 툴의 상업화 등의 진행도 지연되고 있음
- 마이크로그리드 관련 표준화는 전력 IT 표준화 사업 (2006~2010)의 일환이었던 “마이크로그리드용 통합 에너지관리시스템 개발 및 실 사이트 적용기술 개발”을 통하여 일부 개발되었으나, End - device 일부 표준만 개발되고 있음
- 국내 현재 기술수준은 정부 주도의 실증기술 개발 단계로 전력연구원이 연구소 내에 설치한 200kW급 마이크로그리드 실증사이트, 한국전기연구원이연구소 건물을 대상으로 자체적으로 구축한 120kW급 **마이크로그리드를 실증사업으로 진행하고 있음**<sup>32)</sup>

[표 2-27] 마이크로그리드 분야별 기술수준 분석

기술 분야		선진국 대비 기술격차	
아키텍처	최적설계	60%	5년
	Active Device	50%	5년
운영시스템	운영 플랫폼	15%	3년
	응용 어플리케이션	10%	3년
	보안	10%	3년
실증기술	off-grid	20%	2년
	캠퍼스, 군사용	50%	4년
	표준화, 인증 등	50%	4년

- 마이크로그리드 표준화는 주로 한국스마트그리드협회의 표준화 포럼을 통해 꾸준히 논의되고 있음. 이로써 전기에너지저장시스템, 전력변환시스템, DER 등 15종의 표준 개발이 완료되었으며, 일부 DER과 전력계통 인터페이스는 표준 개발단계임<sup>33)</sup>
- 해외 마이크로그리드 표준화와 관련한 연구는 국제전기기술위원회(IEC), 국제전기전자기술자협회(IEEE) 및 미국 상호운용성패널(SGIP) 등에서 가장 활발하게 이루어지고 있음

32) 국무조정실, 마이크로그리드 해외진출 활성화 전략, 2015.12

33) 국무조정실 녹색성장지원단, 기후변화 대응을 위한 에너지 자립형 마이크로그리드 글로벌 확산 지원모델 개발 연구, 2015.12

- 에너지 자립형 마이크로그리드의 중점 기술은 크게 아키텍처 기술과 운영시스템 기술, 실증 기술, 배전망 통합기술로 나뉨
- 그 중 에너지 플랫폼과 연계성이 높은 마이크로그리드는 에너지 자립형 마이크로그리드 임. 마이크로그리드 운영시스템은 MG 내에 존재하는 발전, 판매, 수요 시장 등 다양한 영역의 시스템의 통합운영을 지원하기 위한 통합 플랫폼과 마이크로그리드 환경 내 장치 및 시스템 간과 마이크로그리드 간 상호운영성 확보를 위한 국제표준 인터페이스 기술을 개발 중에 있음

[표 2-28] 에너지 자립형 마이크로그리드의 운영시스템 기술

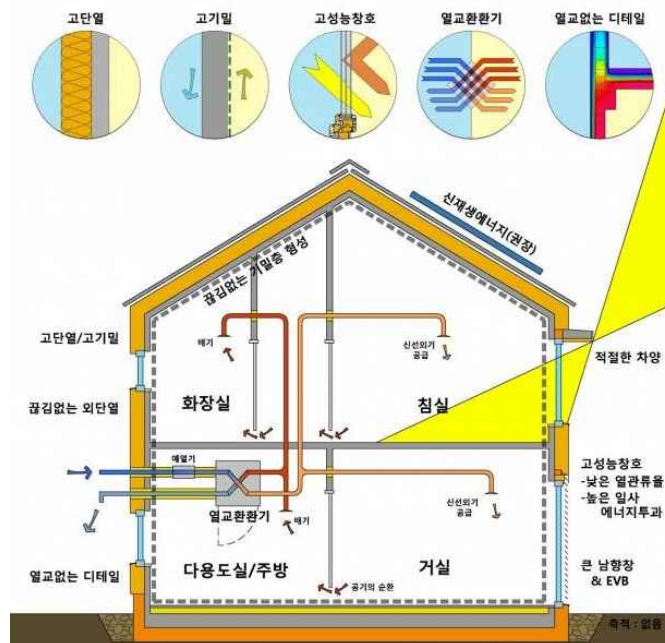
종류	핵심기술명	현재기술수준	목표	해외기관과의 기술수준비교
운영 플랫폼 기술	MG M/W & SCADA / 연계 (인터페이스) 프로그램	- DAS, SDMS를 통해 기본기술은 확보되었으나 국제표준 기반은 부재 - 연계(인터페이스) 프로그램은 단말과 응용 프로그램, 통신 방식에 따라 특정사 별로는 구현되어 있음	- MG 미들웨어(M/W), 원방 감시 제어(SCADA) 기능 - MG 응용프로그램, 통신방식 별 인터페이스용 프로그램	기술격차 3년, 기술수준 15% 추정
	공통정보모델링 /개방형 API	- IEC 61970 기반 유사모델은 개발되어 있으나, 국제표준 기반은 부재 - MG 공통플랫폼 연구를 통해서 CIM 및 API에 대한 연구가 일부 진행되고 있음	- 국제표준 기반 공통정보모델 (CIM) - 개방형 API	
	MG Test-bed 구축Z 시뮬레이터	- 소규모의 MG Test-bed 연구는 진행되었으나, 중규모 이상은 없음 - MG 시뮬레이터 또한 없는 실정임	- 기기와 시스템 시험 및 인증용 MG Test-bed 구축 - 가상환경에서 시험 및 훈련용 MG 시뮬레이터	
응용 Application S/W 기술	MG O/S 및 DCP	- DR O/S, IoT O/S, PQ 거래 O/S 부재 -DCP는 DNP 처리기술이 상용화되어 있으며, IEC 61850/ IEC 61970 처리기술의 상용화는 거의 부재	- DR O/S, IoT O/S, PQ 거래 O/S IEC 61850 기반의 DCP 기술	기술격차 3년, 기술수준 10% 추정
	MG 운영서버 프로그램	- DAS, SDMS에 배전계통 운영서버프로그램의 기능은 개발되어 있으나, MG용 운영서버 프로그램은 부재	- CIM 기반 Topology 처리기술 고정처리, 계통해석 및 보조협조 등의 운영서버 프로그램 기술 - 시스템 연계 및 개방형 API 응용 기술	
	Big Data 처리	- 데이터 수립 및 처리 활용계획 수립 중	- Big Data 분석 및 처리 알고리즘 기술	
보안기술	MG 관리시스템	- 기존의 NDIS, NCIS, ERP 기술을 바탕으로 MG의 자산, 고객 등의 관리시스템 개발이 필요	- MG 자산·고객 관리시스템	기술격차 3년, 기술수준 10% 추정
	MG 암호·인증기술	- 일부 암호·인증기술에 대한 기초 기술은 개발되어 있으나, MG 기기나 시스템에 대한 기술은 부재	- MG 내에서 정보보호, 프라이버시 보호를 위한 안전한 통신과 내부자 위협 대응 - MG 암호인증 프로토콜, 라이브러리, 인증 프레임워크 개발	

MG 사이버 공격전이 차단기술	- 기존 DDos 기술을 응용하여 MG 사이버 공격전이 차단기술 개발 필요	- 외부로부터 MG로의 침입 경로에서의 사이버 공격 차단 - NAN 구간 및 신재생에너지 구간 공격전이 차단기술 개발 - MG 간 연계구간 공격전이 차단기술 개발
MG Cyber Physical 공격대응 기술	- MG Cyber Physical 공격대응 기술은 부재	- MG Cyber Physical 공격 탐지 및 대응 - MG Cyber Physical 공격 탐지, 관제 및 대응기술 개발
MG 기기 악성코드 감염 대응기술	- MG 기기 악성코드 감염 대응 기술은 부재	- MG 운영체제, 디바이스, 네트워크 및 응용프로그램에 악성코드 감염을 탐지 및 치유 - MG 기기 악성코드 감염 탐지, 자가 치유 및 관제 기술 개발

### 아. 에너지 성능향상을 위한 리모델링 기술

#### ○ 단열/기밀성능 개선 기술

- 건축물의 냉난방 에너지 소비량 감소에 대한 많은 기술개발이 이루어지는 가운데 건축 내외장제를 새롭게 설치하여 건축물의 단열/기밀성능을 강화하는 방법이 많이 적용되고 있음. 특히 패시브하우스와 같이 건축물의 에너지 절감에 대한 건축계와 수요자의 관심이 증가하고 있고 핵심 기술인 단열/기밀 성능 개선을 위해 국외 기술의 도입 및 인증제도의 도입 등 많은 노력이 이루어지고 있음. 패시브하우스의 경우 건축자재의 성능 향상 뿐만 아니라 내부 환기장치에 열회수 장치를 적용하는 등 패시브적인 방법 뿐만 아니라 액티브적인 방법도 도입하고 있음.



[그림 2-35] 패시브하우스 개념도

- 대표적인 단열/기밀 성능 개선을 위한 방법으로 창호의 교체 및 개보수가 이루어지고 있는데 창호는 현재 그 성능을 구분 짓기 위해 ‘창세트’ 품목으로 규정하여 물리적 시험(KS 규격 및 효율관리기자재운용 규정)을 통해 열관류율(U-value,  $W/m^2 \cdot K$ )과 기밀성(통기량,  $m^3/h \cdot m^2$ )을 확인하고 결과 값을 비교하여 성능을 구분 짓고 있음. 이에 따라 관련 연구 및 제품의 개발이 이루어지면서 에너지 효율을 증대시키기 위한 효율관리기자재의 창세트 등급제의 강화가 고려되고 있음.

○ 설비성능 개선 기술

- 냉난방에 필요한 열원의 이송 및 기기 효율의 증가를 위해 노후 배관의 교체 및 샤프트 점검 등의 설비성능 개선 기술이 이슈화되고 있음. 특히 공동주택의 경우 온돌구조체를 활용하여 난방이 이루어지고 있으며, 난방을 위한 난방배관의 교체를 위해서는 거주자의 불편이 동반됨에 따라 거주자가 생활을 유지하면서 유지 보수가 가능하도록 하는 ‘거주중 시공기술’이 주목받고 있으며 다양한 기술이 활발하게 개발되고 있음.
- 에너지 성능 개선을 위해 세대 단위의 에너지모니터링시스템(HEMS)의 도입이 이루어지고 있으며 최근 IoT를 이용한 주거자가 관리하고 모니터링 할 수 있는 시스템이 적용되고 있음. 또한 국가적인 저에너지정책과 명쾌한 비용부과를 위해 다양한 분야의 기술이 통합되어 그린통합 스위치, 스마트 분전반, 대기 전력 차단 장치 및 지능형 조명 등이 적용되고 있음.

○ 경제적 리모델링 공법 및 공업화를 위한 기술

- 이주 없는 리모델링을 위해 공사기간을 최소화하거나 거주 공간을 추가적으로 제공하면서 기존 공간에 공사를 진행하는 방법이 고려되고 있는 가운데 ‘모듈러 건축’ 과 같은 실질적으로 적용 가능한 기술이 개발되고 있음. 특히 국내에서는 2000년대 초반 이후로 개발되어 현재는 공동주택 뿐만 아니라 특수성 및 수요가 있는 군부대 막사 교체 공사 및 학교 교사에 적용되는 등 실질적인 적용사례가 증가하고 있음. 또한 수직증축에 용이한 기술로서 다양한 평면, 내화 성능 확보, 구조적 안정성과 같은 기술보완이 이루어진다면 보다 공동주택의 경제적 리모델링에 적용이 가능할 것으로 보임

**바. 리모델링 기술요소**

- 리모델링을 통해 기존 건축물에서 에너지를 저감하고, 궁극적으로 제로에너지화 하기 위한 관련된 기술요소는 다음과 같음

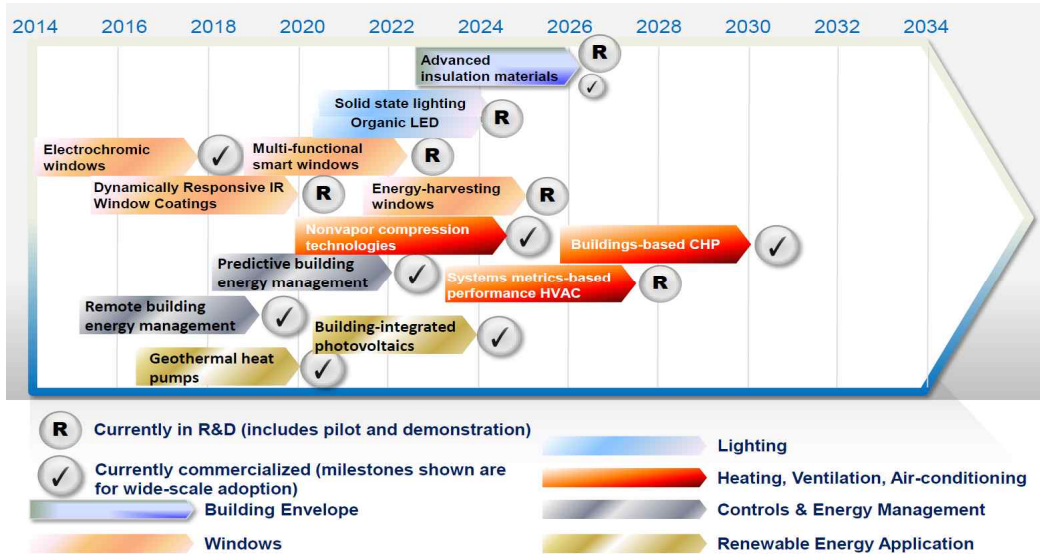
[표 2-29] 그린리모델링을 활용한 에너지 절감 및 온실가스 감축 기술  
(출처: 한국기후변화대응연구센터, 2015)

기술	개요
단열	열전도율이 낮은 재료를 단열재로 사용하는 기술
기밀	건물표면 내외부에서 원하지 않은 공기의 흐름이 생기는 것을 기밀층으로 막는 기술
창호	고성능의 열관류율, 기밀성, 가시광선 투과율, 일사획득계수를 지닌 창호 적용기술
차양장치	창호를 통해 유입되는 태양열 또는 태양광 획득량을 조절할 수 있는 장치 적용기술
열획득	내부발열 및 일사에 의한 열 획득을 통해 겨울철 건축물의 난방부하를 저감하는 기술
고효율설비	고효율의 설비시스템 도입기술
재생에너지	태양열, 태양광, 풍력, 지열 등의 재생에너지원으로 건축물 내 에너지를 자체 생산하여 이용하는 기술
자연채광	태양광을 적극적으로 활용하여 실내 시환경을 개선하는 기술
환기	탁한 실내공기를 실외로 배출하고 신선한 공기를 실내로 받아들인 후 내부순환이 되도록 하여 쾌적한 실내 공기환경을 만드는 기술
열교방지	열교 단열을 통한 건축물의 열손실을 방지하는 기술
실내마감	건강한 실내공기질의 유지를 위해 유해물질의방출을 최소화하는 실내 마감자재와 공법 적용기술
건축물녹화	건축물로 인해 파괴된 녹지 및 토양 생태계를 복원하는 기술
자원순환	건축물을 통해 발생하는 자원의 낭비를 줄이는 기술
폐기물재활용	그린리모델링 공사과정에서 발생된 폐기물을 친환경적으로 적절하게 처리하고 재활용하는 기술

## 2. 국외 기술동향 분석

### 가. 제로에너지 건물 요소기술

- 국외 건축물 에너지 성능향상 요소기술은 선진국, 특히 유럽 국가가 기술개발 및 시장을 선도하고 있음. 특히 패시브 기술인 건물 외피 부분에서 외단열 시스템이나 로이 코팅된 이중유리의 시장 성숙도가 매우 높은 것을 알 수 있음
- 선진국의 창호, 커튼월은 U-value  $1.3\text{W/m}^2\text{K}$ 급이 시장 주력 상품이나 이미 다중 격막(7~8챔버) 프레임과 삼중로이코팅을 포함한 3중 유리 및 특수가스 충전형 제품 기술을 확보한 상태임. 최근 진공유리를 포함한 초단열 유리기술을 차세대 기술로 개발 추진 중이며, 향후 2~3년 이내에 U-value  $0.6\text{W/m}^2\text{K}$ 급 창호 커튼월 제품까지 기술개발 될 것으로 예상됨
- 벽체, 지붕, 바닥을 포함한 외피제품은 U-value  $1.5\text{W/m}^2\text{K}$ 급이 주력 상품이며, 최근 핵심소재로서  $\lambda$   $0.008\text{W/mK}$ 급 진공단열재의 건축자재 제품화 급격히 추진 중
- 해외의 고성능 단열재 및 외피시스템 시장은 건축물에 사용하는 단열재는  $\lambda$   $0.03\sim 0.04\text{W/mK}$ 급으로 형성되어 있으나  $\lambda$   $0.003\text{W/mK}$  이하의 고성능 단열재는 핵심기술을 대부분 선진국에 의존하고 있음
- (미국) DOE주관으로 21세기를 향한 HVAC&R의 연구목표로서 대체냉매, 고효율 냉동기, 시스템 통합기술 등의 개발 방향을 설정하여 놓고 점차적으로 추진
- (영국) BRE, BSRIA, CIBSE 등에서는 HVAC시스템의 성능평가 및 진단, 시스템 최적 설계기술, 실내공기 및 열환경 향상기술, Building Commissioning 기술, Free cooling system 설계기술, 환기설비의 생애주기 성능향상기술 등에 대한 연구개발을 수행



[그림 2-36] 글로벌시장 제로에너지빌딩 테크놀로지 개발 동향 및 로드맵  
출처: Frost&Sullivan, Enabling Techs for net ZEBs—Funding Analysis, 2014

Market maturity/saturation	ASEAN	Brazil	China	European Union	India	Japan/Korea	Mexico	Middle East	Australia/New Zealand	Russia	South Africa	United States/Canada
Double-glazed low-e glass	●	▲	▲	★	▲	●	●	▲	●	●	●	★
Window films	▲	▲	▲	●	▲	●	▲	▲	●	▲	▲	●
Window attachments (e.g. shutters, shades, storm panel)	●	▲	●	★	▲	●	▲	●	●	▲	●	●
Highly insulating windows (e.g. triple-glazed)		▲	▲	●		▲		▲	▲	▲	▲	▲
Typical insulation	★	●	★	★	●	★	●	★	★	★	●	★
Exterior insulation	●	▲	●	★	●	●	▲	●		▲	▲	★
Advanced insulation (e.g. aerogel, VIPs)				▲		▲				▲	▲	▲
Air sealing	●	▲	▲	★	▲	●		▲	▲	▲		●
Cool roofs	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲			★
BIPV/advanced roofs	▲	▲		▲	▲	▲			▲	▲	▲	▲

★ Mature market ● Established market ▲ Initial market

Notes: ASEAN = Association of Southeast Asian Nations. Blank cells indicate that there is currently not any market presence or it is so low that it is not known to domestic experts. Some technologies may not be recommended for all climates, such as cool roofs in Russia or highly insulated windows in hot climates. Typical insulation refers to widely available products such as fiberglass and various foams with thermal conductivities higher than 0.02 watts per meter Kelvin (W/mK). VIP = vacuum-insulated panel. See Annex A and Glossary for more detailed descriptions.

[그림 2-37] 건물외피 부문별 시장 성숙도 평가  
출처: Technology Road map Energy Efficient Building Envelopes(IEA, 2013)

- 해외에서는 건물의 에너지 소비 저감을 위한 다양한 기술개발이 이루어져 왔고 그 개념 및 추구하는 목표에 따라서 Passive House, Self-sufficient House, Zero Energy House, Plus Energy House 등의 개념으로 발전되고 있으며, 제로에너지 건물 구현을 위해서는 고성능 외피 적용, 신재생에너지 이용 등의 필수적인 기술로 건물부문에 적용되고 있음
- 세계적으로 대도시를 중심으로 노후건물 리모델링 시기가 도래하였고 대규모 물량의 기존건축물의 리모델링을 통한 에너지 소비량 감축 잠재량은 클 것으로 예측됨
  - 세계적으로 대형건물을 중심으로 에너지절감 및 온실가스 저감 잠재력이 매우 높은 것으로 판단되지만, 초기투자비 회수기간이 매우 높은 것이 한계임
  - 이미 독일의 경우 90년대에도 교육시설 리모델링 시 Passive House 수준영 커너지저감을 고려하였지만, 최근까지 국내의 경우는 에너지저감보다는 단순 인테리어 및 장비교체와 같은 노후시설 개선이 주요 주제로 다루어짐
  - 특히 향후 리모델링 시장을 통한 에너지 감축은 경제성 문제의 극복에 초점이 맞추어 저야 시장에서의 확산이 가능할 것임

프로젝트명	지역			건물 용도	적용기술															
	아래	상	미		고성능외피	고성능창호	일사조절장치	열회수환기장치	모션센서	구체속열	BIPV	태양열집열	지중열	풍력발전	바이오매스	우수/중수이용	재활용자재	재사용자재	지역자재	재생가능자재
3 Litre Twin Houses	√			주거	○	○		○				○								
Buttisholz	√			주거	○	○	○	○				○	○		○					
Chinolo House	√			주거	○	○	○	○			○									
Goteborg	√			주거	○	○	○	○			○									
Hannover-Kronsberg	√			주거	○	○	○	○		○	○									
Hockerton Housing	√			주거	○	○	○	○		○	○		○		○	○				
Horbranz House	√			주거	○	○		○			○	○								
House W	√			주거	○	○		○			○	○								
Husby Amfi	√			주거	○	○	○	○												
ISIS Solar Passive Apartment	√			주거	○	○		○		○	○									
Kassel House	√			주거	○	○	○	○		○										
Konstanz	√			주거	○	○	○	○			○	○								
Kuchl House	√			주거	○	○		○		○	○									
Nebikon House	√			주거	○	○		○				○								
Passivehouse Gaspoltshofen	√			주거	○	○				○	○	○		○	○					
Plus-energy Settlement	√			주거	○	○	○	○		○	○			○						
Riverdijk	√			주거	○	○	○	○			○									
Steinhude Sea Recreation Facility	√			오락	○	○				○	○			○	○					○
Sunny Woods	√			주거	○	○	○	○		○	○	○								

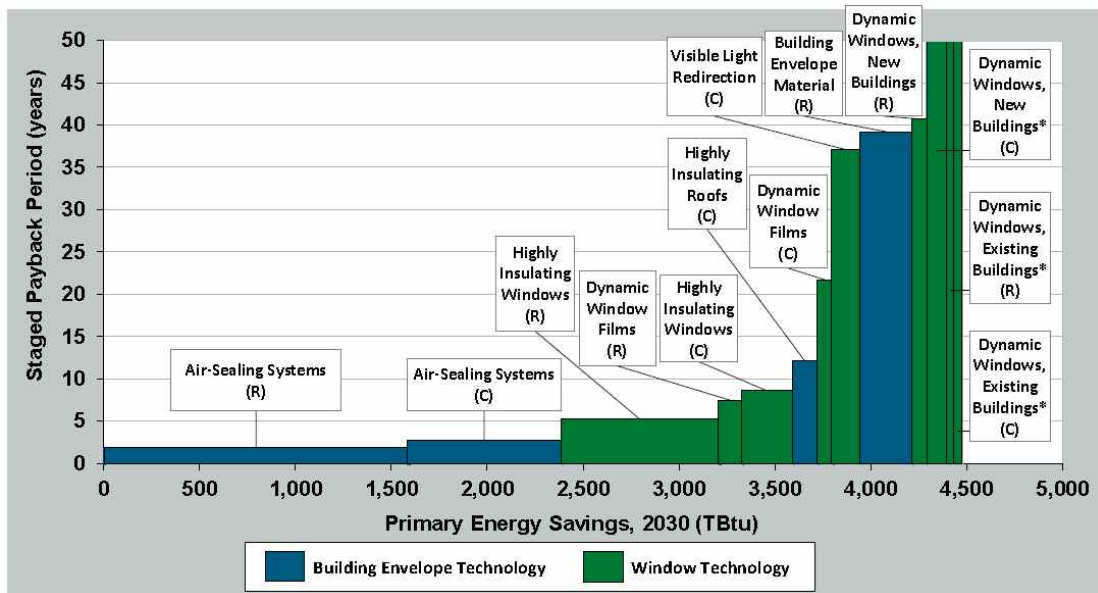
[그림 2-38] 국내외 지역/용도에 따른 에너지절약형 건축물 사례별 적용 기술 현황(1)  
출처: POST-2020 건물부문 온실가스 감축 모형 및 통합관리시스템 개발 기획(KICT, 2016)

프로젝트명	지역			건물 에너지	적용기술															
	연주	계절	시도		다중에너지	고성능창호	일사조절장치	열회수환기장치	모션센서	구체축열	B-PV	태양에너지	지열	수직발전	바이오매스	우수/중수이용	재활용자재	재사용자재	지역자재	재생가능자재
Ultra Low Energy House		√		주거	○	○	○	○			○	○								
Okamoto Solar House			√	주거	○	○				○		○								
Okayama House		√		주거	○	○	○			○		○								
Sunny Eco House		√		주거	○	○	○				○	○				○				
Sustainable Solar House		√		주거	○	○				○		○								
Zero Energy House in Kanagawa		√		주거	○	○					○	○								
Adam Joseph Lewis Center			√	교육	○	○	○		○		○						○	○	○	○
Aldo Leopold Legacy Center			√	업무	○	○	○				○		○		○		○		○	○
Audubon Center			√	교육	○	○	○		○	○	○	○				○	○		○	○
Challengers Tennis Club			√	오락	○	○	○		○	○	○						○		○	
Demonstration House in Kansas City			√	주거	○	○		○				○					○			○
Environmental Technology Center			√	교육	○	○	○		○	○	○						○		○	○
Home Depot Smart Home			√	기숙	○	○	○	○	○		○	○				○	○		○	○
Ideas 22 Squared Design Facility			√	업무	○	○			○		○		○				○	○	○	
Nueva School			√	교육	○	○	○		○		○					○	○		○	
Science House			√	교육	○	○	○	○	○	○	○		○				○	○	○	
World Headquarters for IFAW			√	업무	○	○	○										○			○

[그림 2-39] 국내외 지역/용도에 따른 에너지절약형 건축물 사례별 적용 기술 현황(2)  
출처: POST-2020 건물부문 온실가스 감축 모형 및 통합관리시스템 개발 기획(KICT, 2016)

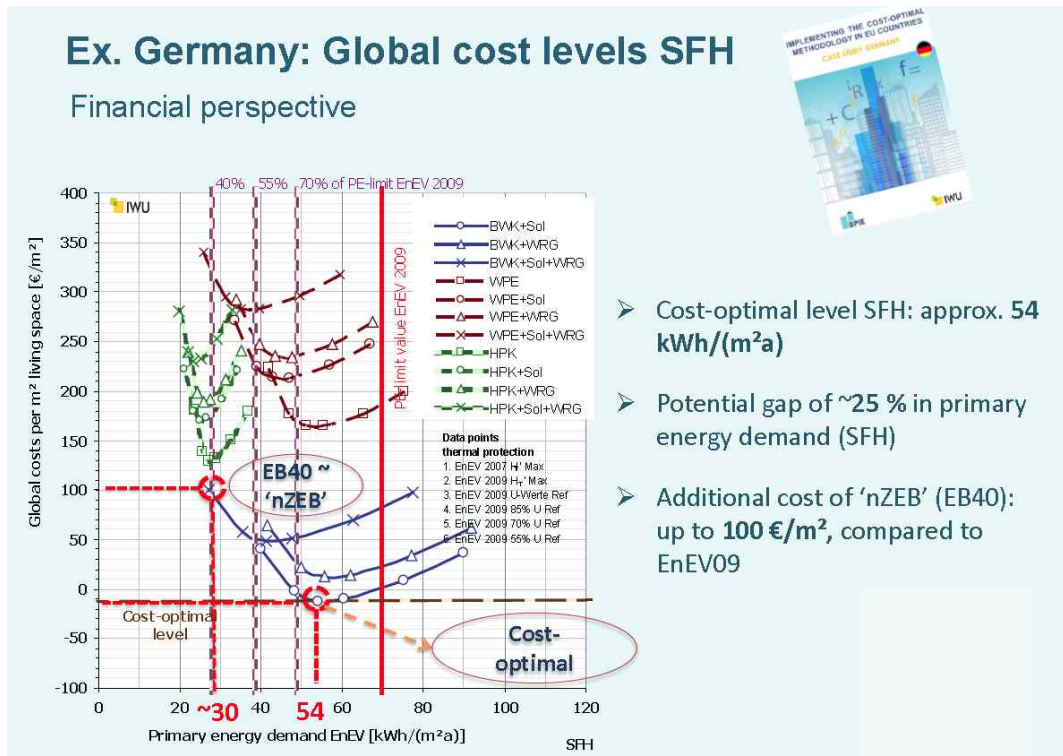
## 나. 건물 요소 기술/비용 최적화 시스템

- EU등 주요 선진국은 지원을 통한 최적 비용 제로에너지 건축물 구현을 추진 중에 있으며, 의무화를 할 경우 일정 비용 내에서 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구중에 있음
- 건축물 에너지 핵심 저감 요소를 분석하고 그 요소에 따른 1차 에너지 감소량/payback 관계에 대한 분석 및 향후 핵심에너지 감소 요소에 대한 가격 변동모형을 구축하여 단계적 최적 제로에너지 건축물에 대한 연구를 진행 하고 있음. 또한 기술력을 갖춘 대기업을 중심으로 국가가 신기술 요소 단가를 자발적으로 낮추는 목표를 주고 그에 따른 기술 개발 인센티브를 지원하고 있음



[그림 2-40] 요소기술 최대 적용가능성과 payback  
출처 : DOE, Building Technologies office 2014

- BPIE(Buildings Performance Institute Europe), European Commission 등에서는 제로에너지 건물을 위한 비용 최적화에 대한 연구를 진행하고 있고, 건물 에너지 성능 요소기술별로 개발한 최적화 방법론에 대하여 case study 분석을 진행








[그림 2-41] 건축물 비용, 에너지성능 관계  
출처 : BPIE, IWU 2013

- 국외 선진국 사례의 지원정책에서는 크게 세금감면 또는 절세 혜택, 열성능을 높이는 패시브 및 액티브적인 요소나 신재생 설치의 우선적 지원금을 통한 제로에너지 빌딩 실현을 위한 초기 투자비 완화 정책과 건축기준을 완화하여 간접적으로 건물주는 건축주로 하여금 이익을 얻을 수 있도록 사업성 확보 정책을 펼치고 있음

#### 다. 자재/기술 인증 및 시스템 구축 현황

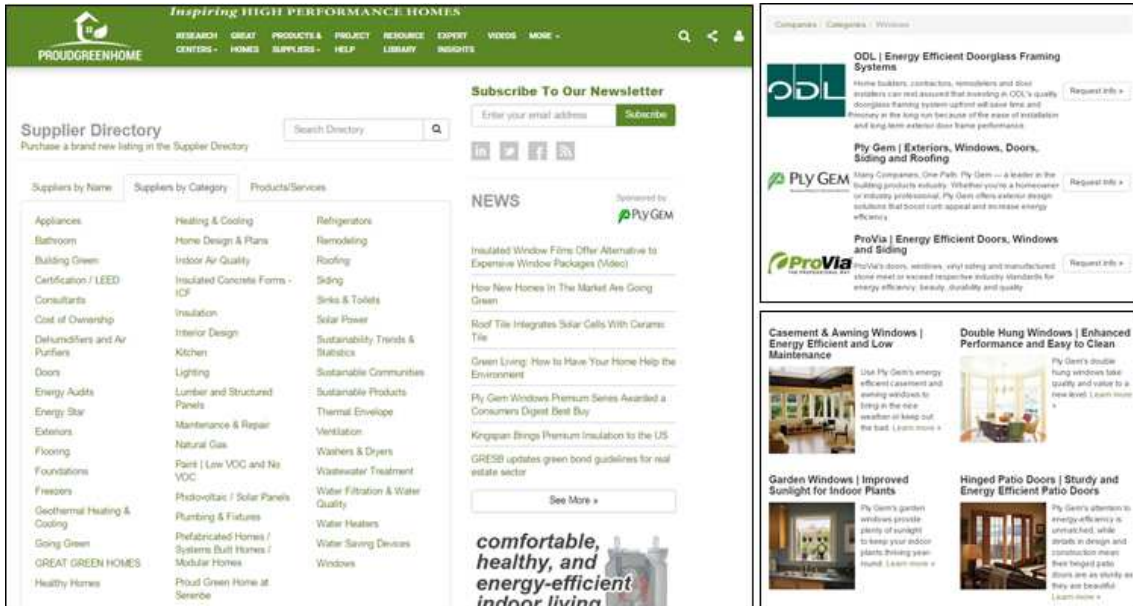
- 자재 및 설비 정보 데이터베이스는 자재 생산업체와 도면, BIM 정보 등 상세 제품 정보 구축되어 있음
- 유럽 및 선진국의 경우, 건축물 에너지 핵심 저감 요소를 분석, 그 요소에 따른 에너지 저감/페이백 관계에 대한 분석 및 향후 핵심에너지 감소 요소에 대한 가격 변동모델을 구축하여 단계적 최적 제로에너지 건축물에 대한 연구를 진행하고 있음

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

[그림 2-42] 국외 에너지 건축자재 정보 관련 시스템 특징

출처 : 저비용 제로에너지건축물 이행촉진을 위한 기술/비용 최적화 시뮬레이터 개발,  
한국건설기술연구원

- 미국 그린빌딩협회의회(USGBC)는 홈디포(Home Depot)와 공동으로 온라인 그린홈 제품 데이터베이스를 개설 및 운영
- 건축 자재 정보, 자재 관련 기술 등을 제공



[그림 2-43] 미국 그린빌딩협의회(USGBC) 홈디포(Home Depot)

## 라. BEMS

- 1980년대부터 미국, EU, 일본 등 선진국을 중심으로 초기시장이 형성되었으며, 현재 미국의 하니웰과 존슨컨트롤즈 및 ALC, 독일의 지멘스와 슈나이더, 일본의 아즈빌, 캐나다의 델타컨트롤스 등 다국적 기업이 세계시장을 주도하고 있음
- 그러나 선진국도 아직은 능동형 자동제어 기능과 에너지 성능 최적화 프로그램을 모두 갖춘 고성능 BEMS는 초기 개발단계에 머물고 있으나 최근 경제여건 악화 및 에너지 위기로 건물에너지를 효율화하여 유지관리 비용을 줄이려는 시장수요가 점차 증가하는 추세에 있음
- 해외 보유 기술은 아래와 같이 정리할 수 있으며, 이를 분석하면 국내 업체에 비해외형적으로는 큰 차이가 없으나, 데이터 분석과 설비의 진단 및 최적 제어 등 운영관리 솔루션의 다양성에서 차이를 보이고 있음
- 외국의 경우도 기존 BAS 기반의 시스템이 개발, 보급되고 있으며, 기존의 기술과는 전혀 다른 새로운 시스템이 제안되는 경우는 없음

[표 2-30] BEMS 분석항목 및 주요기능

분석항목	주요기능
데이터 수집, 처리 및 BAS 인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10분 주기 데이터 처리</li> <li>• 대용량 데이터 처리</li> <li>• 데이터 원격수집 인프라</li> <li>• 가상센서</li> <li>• 표준/비표준 인터페이스 어댑터</li> </ul>
데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비 성능 분석</li> <li>• 통계적 데이터 패턴 분석</li> <li>• 데이터 간 상관관계 분석</li> <li>• 통계적 모델기반 수요 예측</li> <li>• 관리도 분석</li> </ul>
진단 및 최적 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추론 기능</li> <li>• 설비 고장검출 및 진단</li> <li>• 운영가이드</li> <li>• 운전모드 및 설정값 변경</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우선순위 기반 이벤트 처리</li> <li>• 이벤트 분석</li> <li>• 에너지 베이스라인 설정</li> </ul>

- 미국의 경우 자동제어 기술개발은 초기단계이나 정확한 건물에너지 계측 및 데이터 분석기술 등 고성능 BEMS 도입기반은 탄탄한 편이며, BEMS 관련 미국의 시장이 세계시장의 약 50%를 차지하므로 시장수요 증가 및 높은 기초 기술력을 기반으로 급속한 도입활성화 예상됨. 또한 NIST(National Institute Standards and Technology, 국립표준기술연구소)는 관련업계와 협력하여 건축물의 에너지 성능과 유지관리 비용을 최적화하기 위한 '기능 통합 지식시스템 구축 연구'를 활발히 진행 중임
- 유럽에서는 BEMS 활용을 통한 건물에너지 절약 및 쾌적도 향상에 대한 검증이나 효율적인 BEMS 운영과 관련한 다양한 연구 진행 중이며, OECD 산하 국제에너지기구(IEA)의 주요 국가인 벨기에, 핀란드, 독일, 네덜란드, 영국, 스웨덴, 프랑스, 스위스 등을 중심으로 최적화 설계 및 제어기술, 고장진단 기술, 사후처리 기술, 통합화 기술 등 관련 연구 수행 중으로 고성능 BEMS를 실제 건축물에 적용할 수 있는 기술수준에 도달
- 일본은 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO, New Energy and Industrial Technology Development Organization)의 다양한 연구 개발 및 도입지원 등으로 지속적 발전 중이며, 2002년부터 BEMS 도입지원사업을 실시하고 있으며, 도입비용을 보조(1/3이내, 최대 5억원)하고 도입 후 3년간 에너지절약 사항 보고를 의무화 하였음. 또한 BEMS 운용 전문인력의 직접고용이 곤란한 중소형 건축물을 대상으로 중앙관제센터에서 다수의 건축물을 네트워크를 통해 통합 관리하는 군(群) 관리 시스템 도입 중임

- 외국의 주요 기업으로는 하니웰, 지멘스, 존슨컨트롤, 아즈빌, ITron 등이 있으며, 기술 분야별 대표적인 기업은 아래 표에 보인 바와 같음

[표 2-31] 국외 BEMS 연구개발 주요기업

기술분야		기업명
에너지관리 및 분석 SW		하니웰, 지멘스, 존슨컨트롤, 아즈빌, ITron, Cellnet, Silver spring, Echenon, Eister, Trilliant Networks
전기, 제어		아즈빌, 하니웰, 지멘스, 존슨컨트롤
통신 (PLC, WIFI, Zigbee 등)		하니웰, 지멘스, 존슨컨트롤, 아즈빌, ITron, Zensys, Echenon, TI, Ember, Jennic, Amtel, WGN, Telegisis
센서류	전력량계	하니웰, 지멘스, 존슨컨트롤, 아즈빌, ITron, Ladis+Gyr
	유량계	Thermo pdysonic, Dwyer, GE, WESS, 후지전자, VZliot, 엔드레스하우저
	온습도, 조도센서	Testo, CASELLA, Fluke, Keller, LNNE SEIKE
	특수센서	RAYTeX, DWYER, EES, SANYO, Testotesm, Gmbn, BACHARACH

### 3. 기존 기술(연구)과의 차별성 및 연계방안

- 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발을 위한 기술트리 (Technology tree) 구축
  - 현재, LEVEL 3단계까지 기술트리를 구축하였으며, 기술수요 조사를 통하여 LEVEL 4 단계의 핵심기술을 도출 예정임

[표 2-32] 기술트리

Level 1	Level 2	Level 3
건축 자재 및 기술	외피	고성능 단열재, 열반사 단열재, 진공단열재
		열교방지 적용 기술
		결로방지 적용 기술
		내외장재 기술
		외장용 패널, 외단열 기술
	창호 및 차양	고성능 창호시스템 기술, 이중외피 시스템, 커튼월
		판유리, 프레임 기술
		창유리 필름
		방화문, 고단열문
		스마트 창호(Thermochromic glass, Electrochromic glass)
		외부 전동차양 시스템, 외부 루버 시스템
		3D 프린터 활용 기술
	조명	조명기구
		전등, LED 조명
	냉난방 설비	냉동기, 난방기기, 냉(난)방 기기, 배관시스템
		온수/온돌 난방, 태양열/복사 난방, 폐열 반방, 냉난방 패널
		보일러, 탱크
	환기	폐열회수 환기장치, 배관시스템, 공기조화기
환기시스템, 송풍기, 자연환기		
수냉식 공기조화, 멀티형 공기조화, 히트펌프식 공기조화		
에너지 기술	신재생에너지	태양광, 태양열, 지열, 풍력, 수소 등
		복합시스템(태양광-태양열, 태양열-지열, 풍력-태양광)
BIPV, 건축물 일체화 기술, 에너지 융복합 설계		
에너지 관리·연계 기술	에너지저장장치, 스마트그리드 등	
원천 기술	-	고분자 관련 기술, 탄소섬유 복합재료, CO2 활용 기술
		첨단재료 기술, 나노기술
		청정연료, 고강도 소재
ICT 기술	-	건물에너지 관리시스템, 신재생에너지 관리시스템
		자동 운전 제어시스템, 모니터링 기술, 센서기술, 제어기술
		BEMS, BAS, BMS, 빅데이터 기술
인간행태 기술	-	Connected Home/Building 기술
		Smart Home/Building 기술
		열적 쾌적성 확보 기술, 실내환경 개선 기술

○ 기존의 기술 및 수행된 연구과제와의 차별성 및 본 기획과제와의 연계방안을 정리함

[표 2-33] 기존 기술(연구)와의 차별성 및 연계방안

과제명	기존 연구과제		검토결과	
	주요 연구내용	차별성	연계방안	
제로에너지주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>주택 단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화하고 적정한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 1차 에너지소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발하고 구현</li> <li>에너지효율을 가장 효과적으로 줄일 수 있으며, 겨울철과 여름철에 에너지공급으로부터 자유로워지고 국가가 온실가스를 감축할 수 있도록 단지 내 전체 주동을 독일전통 방식의 패시브주택 성능을 구현</li> <li>제로에너지 주택실증단지의 임대 후 거주 과정에서 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지주택단지 성과를 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025년 제로에너지 의무화 달성을 위해 국·외 기 개발된 기술을 바탕으로 넷제로 1차에너지소요량 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 연구에서 도출한 제로에너지주택 방법론 및 에너지 모니터링을 검토/보완하여 본 연구와 연계함</li> </ul>	
건물에너지관리 시스템 운영체계 및 능동제어 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 실정에 적합한 주거용 건물 에너지관리시스템(BEMS)용 통합 운영프로그램 및 진단기술을 개발</li> <li>이를 위해 주거용 건물을 위한 통신체계 및 방법(H/W), 에너지관리 통합 운영프로그램(S/W), 유틸리티별 역할분담 및 소비수준 진단기술을 개발을 목표로 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BEMS 구현을 위한 기반 기술 확보를 지향하고 있으나, 인간행동 기반의 차세대 BEMS 기술 개발에는 한계를 가지고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 연구과제 결과물인 진단 및 BEMS 기반기술검토/보완하여 차세대 BEMS 기술과 연계 가능함</li> </ul>	
시장수요기반 신축 및 기존 녹색건축물 확산 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>녹색건축물 요소기술을 통합적으로 적용하고 시공 및 운영할 수 있는 녹색 건축물 통합프로세스 개발</li> <li>녹색건축물의 경제적/환경적 가치에 대한 명확한 제시를 통해 시장에서의 능동적 확산을 위한 방안 모색, 개발된 기술이 시장에서 활성화될 수 있도록 정책 및 제도 개선방안 연구</li> <li>그린 리모델링 확산을 위한 리모델링 프로세스 및 수요자 중심의 비즈니스 모델 개발과 비용편익 관점의 그린리모델링 시범사업을 통해 그린리모델링 확산방안을 도출함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신축 및 기존 건축물 녹색화를 목표로 건설 프로세스 전반에 대한 기술개발과 더불어 비즈니스 모델 도출이 이루어졌으나, 제로에너지주택 보급을 위한 건축 자재 및 기술의 성능기준 제시 및 국산화 방안을 보완할 필요가 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신축건축물을 대상으로 해당 연구과제에서 제안하는 녹색 건축물 건설 프로세스 및 기술을 검토/보완하여 연계 가능함</li> <li>기존건축물을 대상으로 해당 연구과제에서 제안하는 녹색 건축물 건설 프로세스 및 기술을 검토/보완하여 연계 가능함</li> </ul>	
BEMS KS 기반의 설계/시공/운영/관리 기술 개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 건물에너지 사용량 대비 20% 절감을 위한 BEMS 설계/시공/운영/관리 기술 개발 및 실증을 통해 BEMS 국산화를 목표로 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 연구과제에서는 기존 폐쇄형 BEMS의 문제점을 인식하고 개방형 플랫폼 기반 BEMS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 연구과제를 통한 BEMS는 개방형 플랫폼을 지향함에 따라 본 연구와 연계 가능함</li> </ul>	

		<p>기술이 개발되고 있으나, 플러스에너지 주거단지를 위한 근린주구 단위 에너지 플랫폼 연계기술에는 한계가 있음</p>	
<p>제로에너지 기술 적용을 통한 실증단지 구축 및 운영</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지건축물을 실현하기 위하여 설계, 엔지니어링, 시공, 유지관리 전단계에 걸쳐 종합적인 기술개발을 목표로 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해당 연구과제는 제로에너지빌딩을 실증적으로 수행하고 있으나, 지속적인 검증작업을 통하여 기술보완이 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해당 연구과제는 대규모로 수행되고 있는 제로에너지 실증 연구로 국내 제로에너지 빌딩 연구의 기반으로 역할을 담당함에 따라 제로에너지를 넘어 플러스에너지 기술개발을 위하여 필수적으로 연계가 필요함</li> </ul>

[표 2-34] 기존연구와의 비교 분석

본 기획과제 RFP	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발		
	제로에너지		
	기술 DB	인증 플랫폼	기술 개발
제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축	○		○
K-MEG(Korea-Micro Energy Grid)			○
건물에너지관리 시스템 운영체계 및 능동제어 기술개발			△
스마트 에너지 네트워크 기술 개발			△
시장수요기반 신축 및 기존 녹색건축물 확산 연구			○
BEMS KS 기반의 설계/시공/운영/관리 기술 개발 및 실증			△
제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영	○		○
저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발	○		
건축물 에너지 절감을 위한 태양에너지투과율(G-value) 시험장치 국산화 개발			△
건물에너지관리시스템 운영체계 및 능동제어 기술 개발			△
스마트 에너지네트워크 기술개발			△

● : 중복과제 ○ : 일부 중복과제 △ : 유사과제

<div style="text-align: center;">본 기획과제 RFP</div>	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발		
	제로에너지		
	기술 DB	인증 플랫폼	기술 개발
에너지관리시스템(EMS) 산업 육성 방안			
제로에너지 대응 주거용 건물의 복합 외피시스템 실증사업			△
온실가스 저감을 위한 공공아파트 시설물 유지관리 프로세스 개발			
에너지절감 및 친환경, 친건강 바닥재 및 벽재 제조기술			△
초고층건물의 신, 재생에너지적용을 위한 통합기술 개발			△
그린홈플러스 실험주택을 활용한 운영단계 에너지 최적화 및 외피시스템의 상용화 기술개발			△
빌딩 내 에너지 관리를 위한 자율형 스마트 그린 네트워크 시스템 개발			
탄소저감 도시전략, 녹색지수 및 비즈니스 모델 개발			△
Eco-Space 녹색기술 개발	△		△
녹색건축물 활성화를 위한 에너지성능 통합관리시스템 개발			△
제로에너지 건물·도시 구현을 위한 나노다공질 매체 이용열전에너지 흡수 및 변환 기술개발			

<div style="text-align: center;">본 기획과제 RFP</div>	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발		
	제로에너지		
	기술 DB	인증 플랫폼	기술 개발
제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도기준 정립 및 측정 방법(KS) 개발		△	△
건물에너지 절약·관리를 위한 모니터링 및 제어시스템 개발			△
중소형 건물 내 에너지 절약 시스템 개발			△
제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영			△
탄소저감 스마트 도시에너지관리 시스템 개발			△
제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발			○
저에너지형 패시브 하우스 (Passive House) 시공용 양면단열 일체형 거푸집 개발			
신재생에너지와 스마트그리드 구축을 위한 서지보호기 개발			△
스마트그리드 연계 고효율 에너지 저장시스템 개발			△
이주없는 노후공동주택 리모델링 기술개발 및 실증기획			

## 4절. 기술수준 분석

### 1. 특허동향 분석

가. 녹색건축 분야 특허동향 분석(중소기업 전략기술로드맵)<sup>34)</sup>

- 기존 문헌인 “중소기업 전략기술로드맵 2016-2018: 에코건축” 특허동향 분석
  - 에코건축은 환경친화적 생산과정과 운영, 소멸에 이르기까지 건축 전반에 걸쳐 적용 가능한 친환경 건축자재와 에너지 효율적인 건축 기술 및 설비시스템 도입을 통하여 건물에서 발생하는 환경부하의 요인과 에너지 소비를 최소화하는 기술로 정의
    - 에코건축의 범위는 친환경 건축자재 분야와 녹색건축물 실현을 위한 시스템 기술 분야로 구분
    - 친환경 건축자재 분야는 친환경 건축 마감재(친환경 도료, 벽지, 내/외장재), 에너지 절감 자재(구조재, 단열재, 마감재, 신소재) 기술 등을 포함
    - 녹색 건축물 구현 시스템 기술은 건축물의 에너지 절감을 위한 건축물 외피 조성기술(고효율 외피 시스템 등)과 설비관련 기술(고효율 설비 시스템 및 신재생에너지 통합 시스템 등), 운영단계의 에너지 절감기술(BEMS) 등을 포함
  - 웹텔립스 DB를 활용하여 최근 10년(2004년 1월 ~ 2015년 6월) 출원된 국내특허와 해외특허(미국, 일본, 유럽 특허)를 분석하여 에코건축분야의 산업 기술개발 동향 및 기술개발 역량을 파악
  - 녹색건축 분야 특허동향 분석 결과
    - 2012년 이후 최근 감소 추세를 보이고 있으며, 일본이 47%의 점유율로 가장 많은 특허 보유
    - 분석 초기구간인 2004년부터 2012년까지 일정 수준의 출원건수를 꾸준히 유지하고 있다가, 2012년도 후반부터 점진적으로 감소하는 추세를 나타냄

34) 중소기업 전략기술로드맵 2016-2018 녹색제조: 02 에코조명·건축, 중소기업청(2015)



[그림 2-44] 녹색건축 분야의 국가/연도별 출원동향  
 (출처: 중소기업 전략기술로드맵 2016-2018 녹색제조: 02 에코조명·건축, 중소기업청(2015))

나. 국토교통분야 특허 기술경쟁력 동향 분석<sup>35)</sup>

○ 기존 문헌인 “국토교통분야 특허 기술경쟁력” 동향 분석

- 국토교통분야 기술을 대상으로 특허 정보를 분석하여 주요경쟁국(미국, 일본, 중국, 독일, 프랑스, 영국) 대비 우리나라의 특허기술경쟁력 수준을 파악하기 위해 기술경쟁력 분석을 수행
- 국토교통 관련 113개 소분류 기술에 대하여 한국, 일본, 미국, 유럽, 중국의 5개국 특허청에 '05년 1월 1일 이후 출원된 공개, 공고/등록된 특허 중 7개국(한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 영국) 출원인 국적을 분석 대상으로 함
- 사용 DB는 FOCUST 특허검색시스템을 이용하여 소분류별, 출원인 국적별 특허정보를 수집하고, 유효특허를 대상으로 특허활동도, 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력의 4개 항목을 분석/평가
- 본 보고서에서는 소분류 중 녹색건축, ICT 융복합 건축, 건축물 설계/시공성능, 건축물 에너지 성능, 건축 재료성능에 대한 특허 기술경쟁력 분석을 수행

35)

분석대상	내용
기술	국토교통분야(9개 대분류, 32개 중분류, 113개 소분류)
국가	한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 영국(7개국)
DATA	공개, 공고/등록 특허
적용기간	출원일 기준 최근 10년(2005. 01. 01. ~ 2014. 12. 31.)
평가지표	특허활동도, 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력
활용DB	FOCUST DB(focust.wisdomain.net)

[그림 2-45] 특허분석 개요

(출처: 2015 국토교통기술수준분석: 국토교통 기술경쟁력분석 보고서)

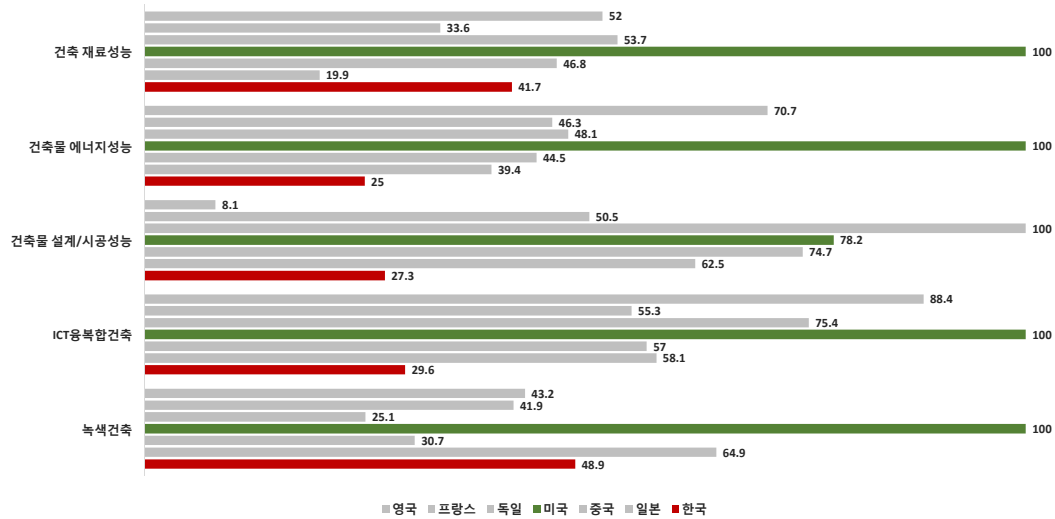
대분류	중분류	소분류	
A. 건축	A1. 주거 및 단지건축	A11. 주거건축	
		A12. 단지건축	
	A2. 첨단/융복합건축	A21. 녹색건축	
		A22. ICT융복합건축	
		A31. 초고층(복합)건축	
	A3. 초대형/특수건축	A32. 대공간 건축	
		A33. 특수환경 건축	
		A34. 전통건축	
		A4. 건축물 성능향상	A41. 건축물 리모델링
	A42. 건축물구조/안전/보안성능		
	A43. 건축물 유지관리		
	A44. 건축물설계/시공성능		
	A45. 건축물 에너지 성능		
	A46. 건축 재료성능		
	B. 도시	B1. 도시 인프라 구축·관리 및 운영	B11. 도시 인프라 의사결정 지원모델
			B12. 도시 재난·재해 대응
B13. ICT 융복합 도시구축 및 관리			
B2. 도시재생		B21. 도시공개공지 및 녹지조성 기술	
		B22. 커뮤니티기반 도시 재생기술	
B3. 공간정보		B31. 3차원도시공간정보	
		B32. 지리정보체계/원격탐사	

[그림 2-46] 특허분석 대상

(출처: 2015 국토교통기술수준분석: 국토교통 기술경쟁력분석 보고서)

- 특허동향 분석 결과

- 미국은 각 분야의 특허기술경쟁력에서 건축물 설계/시공성능(2위)을 제외하고 모두 1위로 최상위 수준
- 한국의 특허경쟁력은 건축재료성능 5위, 건축물 에너지성능 7위, 건축물 설계/시공성능 6위, ICT 융복합 건축 7위, 녹색건축 3위로 전반적으로 하위 수준



[그림 2-47] 특허기술경쟁력: 종합

(출처: 2015 국토교통기술수준분석: 국토교통 기술경쟁력분석 보고서, 재구성)

다. '제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 및 기술' 관련 특허 동향 분석

- 제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 및 기술과 관련된 특허동향을 분석하기 위하여 특허 검색·분석 시스템 [WISDOMAIM]을 활용하였음
- 본 특허동향 검색에서는 현재까지 공개+등록된 특허정보를 대상으로 핵심 키워드 [건물], [제로에너지], [자재], [기술] 에 대해 키워드 맵 분석을 수행함
- 맵 구성 특허 수는 총 3,973개로 분석 대상 기술 용어는 에너지, 시스템, 프로그램, 네트워크, 모니터링, 사용량, 콘크리트, 접착제, 혼합물, 냉난방, 단열재, 태양 전지, 보일러 등임
- 제로에너지 건축 자재 및 기술 부분은 크게 자재(알루미늄, 시멘트, 콘크리트, 접착제, 혼합물) 부분과 건물에너지 운영 및 관리기술(모니터링, 네트워크, 프로그램, 사용자 등) 및 에너지절약 요소기술(단열재, 보일러, 열교환기 등), 신재생에너지(태양광, 태양열 등) 다양한 제품군에서 특허 도출이 이루어지고 있음

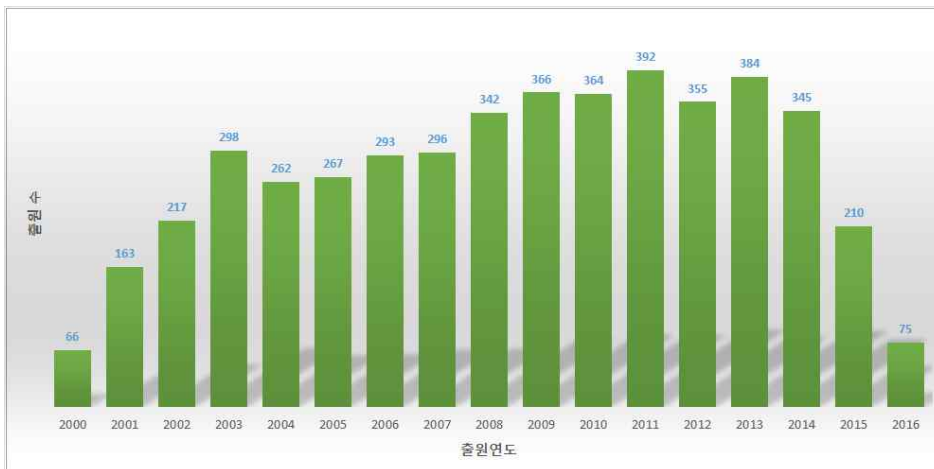


[표 2-35] 특허동향 분석 검색식

특허 검색·분석 시스템: WISDOMAIN		
검색기간	검색범위	검색도메인
2000.01~2016.11	명칭, 요약, 청구범위	공개+등록 모두검색
기술분류	검색키워드	검색건수
제로에너지 건물 건축자재 및 기술	(건물 or 건축물 or 빌딩 or 주거 or building) and (친환경 or 저탄소 or Green or 저에너지 or 제로에너지 or zero energy or 에너지 or energy or 패시브 or 액티브 or passive or acitive) and (자재 or 기술 or material* or tech*)	5,054건

○ 특허동향 분석 결과

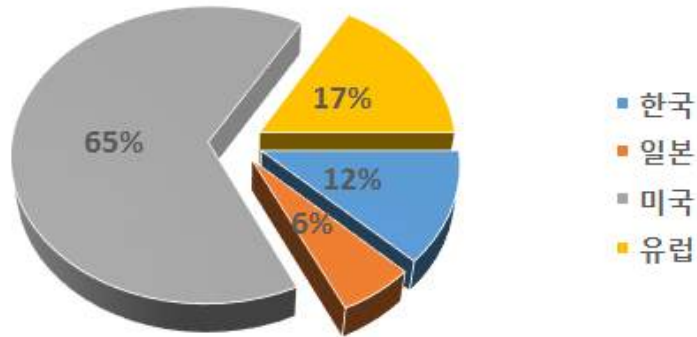
- 연도별 전체 출원동향을 살펴보면, 2000년부터 2011년 까지 특허출원 건수가 지속적으로 증가함을 알 수 있음. 이는 2000년대에 접어들면서 친환경/제로에너지 건물에 대해 커진 관심이 특허출원으로 이어진 것으로 판단됨
- 2011년에 가장 많은 특허가 출원된 이후 특허출원 건수가 조금씩 감소하는 경향을 보임



[그림 2-50] 대상특허 전체 연도별 특허 출원 현황(한국, 일본, 미국, 유럽)

- 국가별 특허 점유율을 살펴보면, 총 5054 건 중 미국이 3302건(65%)을 차지하여 가장 높은 점유율을 보이고 있고, 그 뒤를 이어서 유럽이 843건(17%)으로 두 번째로 높은 점유율을 보이고 있음
- 한국과 일본은 각각 619건(12%)과 290건(6%)으로 유럽과 미국에 비해 점유율이 상대적으로 저조한 것으로 나타남

## 국가별 특허현황

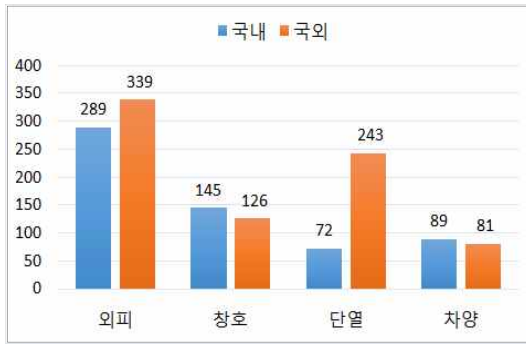


[그림 2-51] 국가별 특허 점유율(한국, 일본, 미국, 유럽)

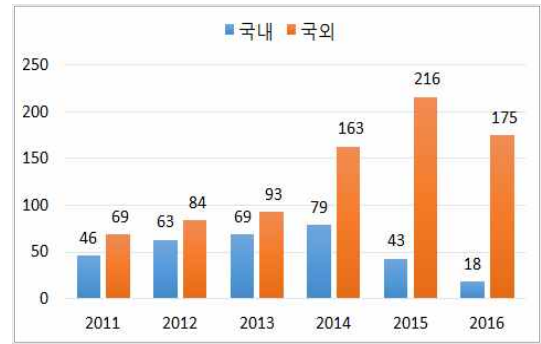
## 2. 논문동향 분석

### 가. '제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 및 기술' 관련 논문 동향 분석

- 제로에너지 주택 보급을 위한 건축자재 및 기술 관련하여, 기술분야 중 외피 부문에 대한 1차 국내외 논문동향 분석을 수행함
- 외피 부문은 크게 외피, 창호, 단열, 차양 데이터베이스로 분류
- 본 보고서에서는 2011년부터 2016년까지 4가지 기술 분야에 대하여 최근 5년간의 논문 동향 분석
- 논문 분석 방법: 논문 정보는 NDSL에서 검색하여 논문분석 수행
- 논문동향 분석 결과
  - 건물 외피 기술에 대한 국내외 논문 출판율은 국내 43%, 국외 57%로 수치상으로 해외 논문 게재가 많음
  - 국내 논문 수는 2011년부터 2014년까지 미비한 상승폭을 나타내며, 2015년부터 다소 저감 되는 추세를 나타냄
  - 이에 반하여 국외 논문 수는 2011년부터 2015년까지 상승하였으며, 2016년에 다소 저감되는 추세를 나타냄
  - 국외논문이 국내 연구자의 게재 및 주요 국가들의 학회논문들도 포함되어진 점을 고려해보면 국내 연구 활동이 매우 활발하게 이루어지고 있음



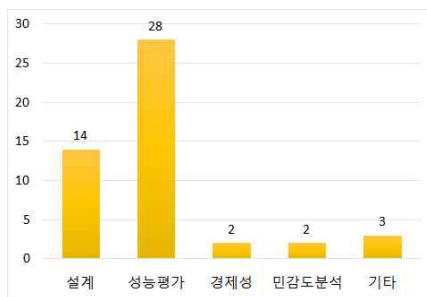
<주요 기술별 논문 수>



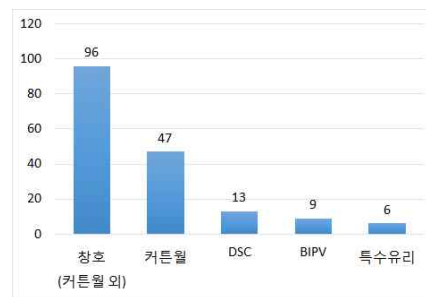
<연도별 논문 수>

[그림 2-52] 국내외 건물 외피 부문 논문동향 결과

- 건물 외피 부문 중 외피, 창호, 단열, 차양에 대한 세부 분석을 수행함. 각 항목별 주요 키워드 분석 수행
  - 외피분야는 성능평가 및 설계, 창호분야는 창호 및 커튼월, 단열분야는 시스템 및 성능평가, 차양분야는 시스템 및 운영방법이 주요 키워드로 나타남



<외피>



<창호>



<단열>



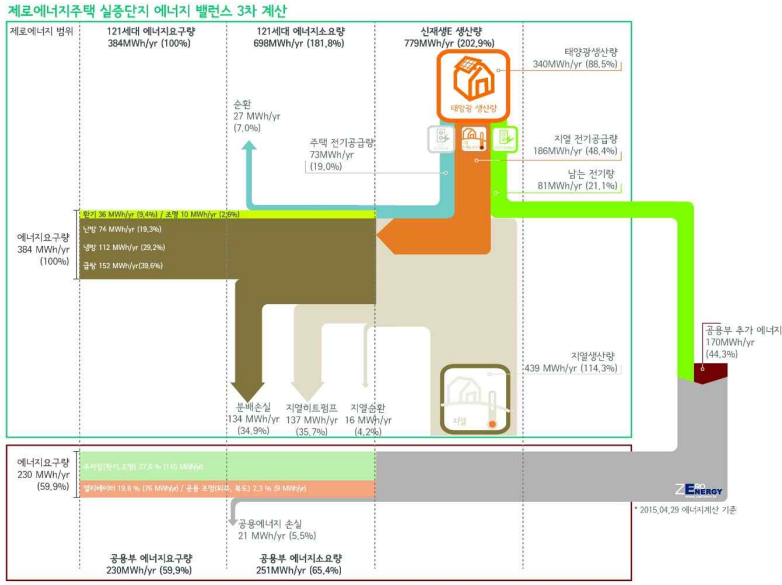
<차양>

[그림 2-53] 국내 건물 외피 부문 상세 논문동향 결과

## 5절. 유사과제 분석

- 기존에 수행된 제로에너지 건축자재 및 기술 관련 과제는 에너지 절감, 경제성 제고 및 온실가스 감축을 공통된 목표로 지향하고 있으며, 제로에너지 건축 자재 및 기술 개발, 모델 및 시스템 구축, 실증에 대하여 다양한 연구가 다수 수행되어 왔음
  - 하지만 현재까지의 R&D 과제는 건축물의 에너지절약 및 온실가스 저감을 위한 한정적 재료 및 요소기술에 국한되었음. 제로에너지빌딩 구현을 위해서는 가격경쟁력 및 기술력 확보가 필수적이며, 정책적 보급을 통해 대량 생산 및 제조/시공 기술의 제고를 통하여 이러한 가격경쟁력과 기술력을 확보하게 될 경우 해외 시장 진출에도 매우 유리한 조건을 선점할 수 있음
  - 다양한 국가 R&D 과제를 통해 제로에너지 시범주택과 같은 에너지자립형 건물기술의 가능성은 확보하였으나 경제성, 장기 신뢰성 미확보 및 대부분 핵심 기술은 선진국에 의존하고 있음. 또한 제로에너지 건축기술과 관련하여 새로운 기술을 상용화하고 보급하기 위해서는 여전히 일정 규모 이상의 대규모 실증 추진이 필수적이며, 이에 대한 대단위의 투자가 추진될 필요가 있음
  - 본 연구과제는 기 수행된 연구개발과제 활용 및 신규 연구개발과제 발굴을 종합적으로 수행하여 종합적이고 체계화된 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술 개발 연구를 지향하는 바, 중요한 차별성을 확보함
  - 본 연구의 효율적 추진을 위해서 우선으로 <표 2-36~2-43>과 같이 선행 연구과제에 대한 분석을 실시하였음

[표 2-36] 유사과제 사례 1

<p>과제명</p>	<p>제로에너지 주택 최적화 모델 개발 및 실증단지 구축</p>
<p>수행기간</p>	<p>2013.10 ~ 2017.10</p>
<p>최종목표</p>	<p> <b>■ 주택 단지의 기 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화하고 적절한 신재생에너지를 공급하여 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명 1차 에너지소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발</b>  <b>■ 제로에너지 주택실증단지의 임대 후 거주 과정에서 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지주택단지 성과를 검증</b> </p>  <p style="text-align: center;"><b>제로에너지주택 실증단지 에너지 밸런스</b></p>
<p>Keyword</p>	<p>패시브하우스, 공동주택, 단독주택, 에너지 효율주택, 신재생에너지</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 녹색성장 국가 전략 및 국토교통부 녹색성장 추진 전략의 가이드라인으로 활용 가능</li> <li>2) 주택 에너지 분야 중장기 마스터플랜은 국내 가이드라인 제시</li> <li>3) 물의 부위별 특성을 반영한 패시브 디테일 데이터를 활용하여 최소한의 자재만으로 최적 설계가능</li> <li>4) 국가적으로 건축자재의 에너지 성능기준 개발을 통한 프로젝트별 최적합 자재 사용 가능</li> <li>5) 다양한 시공 주체(시공, 전기, 기계, 소방, 통신등)간의 커뮤니케이션 활성화를 통해 실증단지의 효율적 구축</li> <li>6) 주택 에너지 사용량 DB의 활용으로 건물의 에너지 수요에 대한 예측 가능성 증대로 관련 법규 개정, 에너지 사용 절감 계획 수립 가능</li> </ol>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

[표 2-37] 유사과제 사례 2

<p>과제명</p>	<p>K-MEG(Korea-Micro Energy Grid)</p>
<p>수행기간</p>	<p>2011.07 ~ 2014.16</p>
<p>최종목표</p>	<p>                     ■ 에너지 생산과 사용을 효율적으로 운영하여 제로에너지 건물, 에너지 자급자족 도시를 구현할 수 있는 <b>에너지 토털 솔루션</b> 구축                      ■ 플랫폼 구축으로 단기에 <b>에너지 블록</b> 상용화                 </p>
<p>Keyword</p>	<p>마이크로 에너지 그리드, 분산전원, 운영관리시스템, 에너지 블록 플랫폼</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 그린빌딩, 산업단지, 그린빌리지 등의 에너지 생산/사용의 최적화를 달성할 수 있는 통합 마이크로 에너지그리드(k-meg)시스템 개발</li> <li>2) 고효율 운영관리 시스템과 통합된 체계적 솔루션 개발</li> <li>3) 건물 에너지 사용 효율 30% 향상(2015년, 외피기술 적용 제외)</li> <li>4) 에너지 소비, 에너지 공급을 IT 운영체계 기반으로 특성별 에너지 블록화하여 자유롭게 모델링</li> <li>5) 마이크로 그리드의 에너지원(전기, 열, 가스 등)</li> </ol>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

[표 2-38] 유사과제 사례 3

<p>과제명</p>	<p>저에너지 건축물 보급 및 확산을 위한 건축물 에너지 통합지원시스템 개발</p>
<p>수행기간</p>	<p>2014.09 ~ 2019.11</p>
<p>최종목표</p>	<p> <b>■ 저에너지 건물 구축에 필요한 정보 및 의사결정 지원이 가능한 웹기반 통합 지원 시스템을 개발</b>을 목표로 하며, 이를 통한 저에너지 건축시장의 자생적 생태계 제공 및 저에너지 건축물 보급 및 확산 유도  <b>■ 건축물 운영 단계의 일부 지원에 국한된 포털의 서비스 제공 영역을 건축물 설계, 시공, 운영, 리모델링, 재건축 등 건축 행위의 모든 단계에서 건축물 에너지 통합화 지원(통합DB, TOOL, GUIDE 개발)이 가능한 시스템으로 개선/확대</b> </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><b>보편적 건물 의료시장의 확대 (Care &amp; Treatment Service for Average Buildings)</b></p> </div> <p style="text-align: center;">전국 건물 대상 에너지 진료 시스템의 구축 및 개선 가이드 제공</p>
<p>Keyword</p>	<p>건축물 에너지 통합지원시스템, 저에너지 건축 통합 DB, 건축물 에너지 효율화 포트폴리오 지원시스템, 대표 원단위, 에너지성능 비교분석(벤치마킹) 프로그램</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 국가녹색건축포털인 그린투게더의 고도화를 통해 대국민 대상 녹색건축 에너지 통합지원시스템의 다양한 콘텐츠 및 서비스 제공</li> <li>2) 세계 최고의 저에너지 건물 통합지원 서비스 시스템 구축</li> <li>3) 사용량 정보와 신축 건물의 설계 및 사용 정보 연동 분석 등 건물에너지 빅데이터 구축</li> <li>4) 건물에너지 사용 이상 경보 제공 등 고도화 서비스 제공</li> <li>5) 국가 에너지정책 및 제도와 연계되는 시스템 구축</li> </ol>
<p>기타사항</p>	<p style="text-align: center;">-</p>

[표 2-39] 유사과제 사례 4

<p>과제명</p>	<p>BEMS KS 기반의 설계/시공/운영/관리기술 개발 및 실증</p>								
<p>수행기간</p>	<p>2015.08 ~ 2020.10</p>								
<p>최종목표</p>	<p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기존 건물 에너지 사용량 대비 20% 절감을 위한 BEMS 설계/시공/운영/관리 기술 개발 및 실증</li> <li>■ KS 및 개방형 플랫폼 기반의 운영관리 소프트웨어의 개발, 실증을 통해 제도개선(안) 마련 및 보급 기반 구축</li> </ul> </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px;">BEMS KS 및 개방형 플랫폼 기반 건물 운영관리 도구 개발, 실증 및 보급기반 조성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 제1세부과제: BEMS 활성화를 위한 기반 구축</li> <li>➢ 제2세부과제: BEMS 적용을 위한 핵심기술 개발</li> <li>➢ 제3세부과제: BEMS 보급활성화 연구 (분리공모)</li> </ul> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">전략목표 1</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 사용자 중심의 BEMS용 완전 개방형 플랫폼 개발 및 평가체계 구축</p> </td> <td style="width: 25%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">전략목표 2</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 20% 이상의 에너지 절감을 지원하는 개방형 플랫폼 기반 건물 및 에너지 관리용 핵심 운영 소프트웨어 개발</p> </td> <td style="width: 25%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">전략목표 3</p> <p style="font-size: x-small;">✓ BEMS KS 기본규격의 적극적 활용 및 개발된 연계규격 완성도 제고 ✓ BEMS 보급을 위한 정책 지원 및 제도개선(안) 마련</p> </td> <td style="width: 25%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #004D40; color: white; padding: 2px;">전략목표 4</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 기술개발 결과의 현장 적용, 실증 및 효과 분석</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px;">개방형 통합 플랫폼 개발</td> <td style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 5px;">운영관리 핵심기술 개발</td> <td style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 5px;">표준화, 제도개선(안) 마련</td> <td style="text-align: center; background-color: #004D40; color: white; padding: 5px;">현장적용, 실증 및 효과 분석</td> </tr> </table> </div>	<p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">전략목표 1</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 사용자 중심의 BEMS용 완전 개방형 플랫폼 개발 및 평가체계 구축</p>	<p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">전략목표 2</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 20% 이상의 에너지 절감을 지원하는 개방형 플랫폼 기반 건물 및 에너지 관리용 핵심 운영 소프트웨어 개발</p>	<p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">전략목표 3</p> <p style="font-size: x-small;">✓ BEMS KS 기본규격의 적극적 활용 및 개발된 연계규격 완성도 제고 ✓ BEMS 보급을 위한 정책 지원 및 제도개선(안) 마련</p>	<p style="text-align: center; background-color: #004D40; color: white; padding: 2px;">전략목표 4</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 기술개발 결과의 현장 적용, 실증 및 효과 분석</p>	개방형 통합 플랫폼 개발	운영관리 핵심기술 개발	표준화, 제도개선(안) 마련	현장적용, 실증 및 효과 분석
<p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">전략목표 1</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 사용자 중심의 BEMS용 완전 개방형 플랫폼 개발 및 평가체계 구축</p>	<p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">전략목표 2</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 20% 이상의 에너지 절감을 지원하는 개방형 플랫폼 기반 건물 및 에너지 관리용 핵심 운영 소프트웨어 개발</p>	<p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">전략목표 3</p> <p style="font-size: x-small;">✓ BEMS KS 기본규격의 적극적 활용 및 개발된 연계규격 완성도 제고 ✓ BEMS 보급을 위한 정책 지원 및 제도개선(안) 마련</p>	<p style="text-align: center; background-color: #004D40; color: white; padding: 2px;">전략목표 4</p> <p style="font-size: x-small;">✓ 기술개발 결과의 현장 적용, 실증 및 효과 분석</p>						
개방형 통합 플랫폼 개발	운영관리 핵심기술 개발	표준화, 제도개선(안) 마련	현장적용, 실증 및 효과 분석						
<p>Keyword</p>	<p>온실가스 감축, BEMS, KS 기반, 개방형 플랫폼, 설계/시공/운영/관리 기술</p>								
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<p>1) BEMS KS 표준기술 개발 및 실증을 통한 독자기술 개발 및 국제경쟁력 확보 2) BEMS 운영관리 핵심 S/W 개발을 통한 시장점유율 확대 3) BEMS 시장 안정화 및 건물부문 온실가스 저감</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px;">“BEMS KS 기반의 설계·시공·운영·관리기술 개발 및 실증” 활용</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">사회적</p> <p style="font-size: x-small;">에너지 및 온실가스 감축 대응</p> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">적용 확대</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 하·동절기 전력 대란 등 에너지 수급 불균형에 대비하여 절약 및 수요관리에 활용                      ✓ 국제규범에 부합하는 온실가스 감축을 위한 실천방안으로 건물분야 에너지 관리도구 보급 확대 지원                 </p> </td> <td style="width: 33%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">기술적</p> <p style="font-size: x-small;">관련 기술 육성·고도화</p> <p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">기술 고도화</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ BEMS 기반 기술 및 핵심 운영관리 S/W 개발로 지식정보 서비스 분야 신성장산업 발굴, 육성                      ✓ ICT 융복합 고부가가치 기술의 접목에 의한 Biz-Model 창출로 국내 건설산업의 해외진출 지원                 </p> </td> <td style="width: 33%; border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">정책적</p> <p style="font-size: x-small;">정책적 의사결정 기초자료로 활용</p> <p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">지속적 모니터링</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 합리적인 건물에너지 이용을 위한 계획 수립 및 운영관리 관련 제도개선(안)으로 활용                      ✓ 국가 에너지 수급체계 개선을 위한 에너지 유틸리티별 역할 분담 체계 구축 및 운영체계 확립 지원                 </p> </td> </tr> </table> </div>	<p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">사회적</p> <p style="font-size: x-small;">에너지 및 온실가스 감축 대응</p> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">적용 확대</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 하·동절기 전력 대란 등 에너지 수급 불균형에 대비하여 절약 및 수요관리에 활용                      ✓ 국제규범에 부합하는 온실가스 감축을 위한 실천방안으로 건물분야 에너지 관리도구 보급 확대 지원                 </p>	<p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">기술적</p> <p style="font-size: x-small;">관련 기술 육성·고도화</p> <p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">기술 고도화</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ BEMS 기반 기술 및 핵심 운영관리 S/W 개발로 지식정보 서비스 분야 신성장산업 발굴, 육성                      ✓ ICT 융복합 고부가가치 기술의 접목에 의한 Biz-Model 창출로 국내 건설산업의 해외진출 지원                 </p>	<p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">정책적</p> <p style="font-size: x-small;">정책적 의사결정 기초자료로 활용</p> <p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">지속적 모니터링</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 합리적인 건물에너지 이용을 위한 계획 수립 및 운영관리 관련 제도개선(안)으로 활용                      ✓ 국가 에너지 수급체계 개선을 위한 에너지 유틸리티별 역할 분담 체계 구축 및 운영체계 확립 지원                 </p>					
<p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">사회적</p> <p style="font-size: x-small;">에너지 및 온실가스 감축 대응</p> <p style="text-align: center; background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">적용 확대</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 하·동절기 전력 대란 등 에너지 수급 불균형에 대비하여 절약 및 수요관리에 활용                      ✓ 국제규범에 부합하는 온실가스 감축을 위한 실천방안으로 건물분야 에너지 관리도구 보급 확대 지원                 </p>	<p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 2px;">기술적</p> <p style="font-size: x-small;">관련 기술 육성·고도화</p> <p style="text-align: center; background-color: #009688; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">기술 고도화</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ BEMS 기반 기술 및 핵심 운영관리 S/W 개발로 지식정보 서비스 분야 신성장산업 발굴, 육성                      ✓ ICT 융복합 고부가가치 기술의 접목에 의한 Biz-Model 창출로 국내 건설산업의 해외진출 지원                 </p>	<p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 2px;">정책적</p> <p style="font-size: x-small;">정책적 의사결정 기초자료로 활용</p> <p style="text-align: center; background-color: #00796B; color: white; padding: 5px; margin: 5px 0;">지속적 모니터링</p> <p style="font-size: x-small;">                     ✓ 합리적인 건물에너지 이용을 위한 계획 수립 및 운영관리 관련 제도개선(안)으로 활용                      ✓ 국가 에너지 수급체계 개선을 위한 에너지 유틸리티별 역할 분담 체계 구축 및 운영체계 확립 지원                 </p>							
<p>기타사항</p>	<p style="text-align: center;">-</p>								


[표 2-40] 유사과제 사례 5

<p>과제명</p>	<p>시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구</p>
<p>수행기간</p>	<p>2011.12 ~2016.06</p>
<p>최종목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정부 시책에 부합하는 보급형 녹색건축물 유형별 모델개발(에너지 60%,80% 저감모델) 및 이를 구현할 수 있는 설계/시공/운영 과정의 핵심역량 개발</li> <li>■ 보급형 녹색건축물의 모델을 검증할 수 있는 실증사업(Test-bed)의 수행</li> <li>■ 보급형 녹색건축물을 확산시킬 수 있는 사업화 전략 및 활성화 기법 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>□ IPD(Integrated Project Delivery) 프로세스 개발</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>□ Test-bed 구축</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>□ BEAT(Building Energy Analysis Tool) 개발</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>□ 녹색건축물 요소기술 매뉴얼, 시공 매뉴얼</p> </div> </div>
<p>Keyword</p>	<p>녹색건축물, 시장, 녹색설계, 녹색시공, 녹색운영</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 통합설계 엔지니어링: 통합설계 프로세스 가이드라인은 설계 프로세스를 세분화하여 각 분야의 전문가들이 초기단계부터 설계에 참여할 수 있도록 설계 프로세스의 내용을 구축함</li> <li>2) 녹색시공: 녹색건축물 통합시공프로세스를 IPD Planner 및 Platform와 연계 개발하여 공개 프로그램으로서의 건축분야 실무자 활용을 촉진</li> <li>3) 녹색운영: 기축 건물 에너지 효율 향상 및 에너지 소비량 감소 전략으로의 연구 추진</li> <li>4) 사업화: 건축물 녹색화를 위해 추가로 투입되는 비용, 에너지 절감 비용, 환경비용을 고려함으로써, 건축물 녹색화에 대한 타당성 평가에 활용</li> </ol> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p><b>녹색기술 분류 체계</b></p>  </div>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

[표 2-41] 유사과제 사례 6

<p>과제명</p>	<p>시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구</p>
<p>수행기간</p>	<p>2011.12 ~ 2016.06</p>
<p>최종목표</p>	<p>■ 그린리모델링 비즈니스 확산에 의한 건축분야 CO2저감 목표 실현 및 강한 중소기업 육성을 통한 고용창출</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 그린리모델링 비즈니스 확산에 의한 건축분야 CO2저감 목표 실현 및 강한 중소기업 육성을 통한 고용창출</li> <li>2) 그린리모델링 프로세스 및 종합정보시스템 구축</li> <li>3) 신뢰도 높은 기존건축물 성능평가 및 유지보수 Tool 개발</li> <li>4) 민간 주도형 그린리모델링 수익형 금융 비즈니스 모델 제시</li> <li>5) 공급자 중심이 아닌 수요자 중심의 정부지원 모델 개발</li> </ol> 
<p>Keyword</p>	<p>그린리모델링 프로세스/가이드라인, M&amp;V/유지관리, 비즈니스모델,</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) E-scope 및 E-ray 등을 통해 지자체·사업체·건물유형별 에너지다소비 건물의 파악으로 CO2 저감을 위한 중장기 전략 수립에 기여 가능</li> <li>2) 비용편익 기반 Impact Table 구축으로 그린리모델링 기획·계획·설계 단계 시, 민간사업자의 그린리모델링 실시에 따른 기술별 에너지 저감효과 및 공사비 예측을 통해 사업성 평가가 용이한 가이드라인 구축</li> <li>3) 운영시간 단축 및 실내온도 규제 등 연간 에너지소비량이 작아 비즈니스 모델화가 어려운 공공건물 분야의 수익형 비즈니스 모델 도출 및 확산</li> <li>4) 그린리모델링 종합정보시스템 구축 및 운영으로 개별 주체별(투자자·건축주·시공사·컨설팅기업·정부) 그린리모델링 전과정(프로세스·기술·정책·사례 등)에 대한 정보 공유 및 용이한 그린리모델링의 추진 기반 구축</li> </ol>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

[표 2-42] 유사과제 사례 7

<p>과제명</p>	<p>저비용 제로에너지건물 이행촉진을 위한 기술/비용 최적화 시뮬레이터 개발</p>
<p>수행기간</p>	<p>2016.06 ~ 2019.06</p>
<p>최종목표</p>	<p>■ 제로에너지 건축물 기술-비용 최적화 시뮬레이터 개발을 통한 건물부문 제로에너지 건축물 활성화 지원 및 합리적 이행 수단으로 활용</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 제로에너지건축물 투입자재 및 설비 시스템 가격 데이터베이스 및 저비용화 방안 구축</li> <li>2) 저비용 제로에너지 건축물 유형화 및 유형별 최적 의무화 기술 수준 설정</li> <li>3) 라이프사이클코스트 관점에서의 최적비용 최대 효과 산정 분석 모델 및 시뮬레이터 개발</li> <li>4) 비용 최적화 제로에너지 건축물 보급 기술 요구 조건 및 정책 추진 로드맵 구축</li> </ol>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심자재 및 시스템 기술 DB 구축</li> <li>• 핵심 자재 및 시스템별 성능 대비 가격 추정 로직 개발</li> <li>• 성능수준별 비용 산정 모델 구축</li> <li>• 제로에너지 부문 모듈화를 통한 비용저감 실현</li> <li>• 자발적 저감 체계 모델 방안</li> <li>• 에너지 분석모형 개발</li> <li>• 경제성 분석모형 개발</li> <li>• LCC 최적비용 도출모형 개발</li> <li>• 비용 최적화 설계안 도출</li> <li>• 확산을 위한 중장기 비용 투입 모형 구축</li> <li>• 금융지원에 따른 로드맵 구축</li> </ul> <p>저비용 제로에너지 활성화 지원을 위한 비용최적화 모델 및 지원연계 모델 개발</p>
<p>Keyword</p>	<p>제로에너지 건축물, 온실가스, 비용최적화, 자원방안, 정책</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) ZEB 기술 요소 데이터베이스 구축에 의한 제로에너지 기술DB 등 ZEB 비용 관리 플랫폼 구축에 활용</li> <li>2) ZEB에 사용되는 고효율 저비용 자재들이나 시스템 기술 발전</li> <li>3) 선진형 ZEB 촉진 정책의 도입을 통한 시장 활성화 및 비용-최적화 방식에 의한 ZEB 시장의 합리적 견인</li> <li>4) 고비용 제로에너지건축물에 대한 시장 기피 문제 해소를 위한 합리적 의무화 수준 설정으로 차질 없는 건물부문 온실가스 정책 견인</li> <li>5) 국가온실가스 감축 목표 달성을 위한 제로에너지 보급 추진의 합리적 정책 지원 모델로 활용되어 기술과 비용을 동시에 고려하는 통합의사결정 체계 구축</li> </ol>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

[표 2-43] 유사과제 사례 8

<p>과제명</p>	<p>공공건물 에너지효율 극대화를 위한 최적화 기술개발</p>
<p>수행기간</p>	<p>2015.06 ~ 2019.05</p>
<p>최종목표</p>	<p>■ 공공건물 에너지효율 극대화를 위한 최적화 지원 패키지 개발</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 웹베이스 공공건물 에너지 관리 및 지원시스템 개발</li> <li>2) 공공건물 정책 지원 통합 서비스 구축</li> <li>3) 공공건물 에너지효율 최적화 리트로핏 기술 및 모듈 개발</li> <li>4) 공공건물 리모델링 보급 확대를 위한 BM 모델 개발 및 실증</li> <li>5) 공공건물 에너지진단 평가 표준화</li> </ol> <div style="text-align: center;"> <p><b>비전</b></p> <p>공공건물 에너지 효율 극대화를 통한 국가 에너지 감축 목표 달성 및 민간시장 확대 촉진</p> <p><b>목표</b></p> <p>기축 공공건물 에너지효율 극대화 지원을 위한 최적 리모델링 패키지 개발</p> <p><b>주요내용</b></p> </div>
<p>Keyword</p>	<p>공공건물, 에너지효율, 커미셔닝, 리트로핏, 건물진단 표준화</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 그린리모델링 대상 사전 예측시스템 개발로 정확하고 편리한 리모델링 사업계획 수행</li> <li>2) ESCO(에너지절약전문기업) 및 온실가스 저감 CDM(청정개발체제)사업 정량적 평가에 적극적 활용</li> <li>3) 다양한 건물의 유형 및 크기가 존재하는 공공건물의 경우 BIPV 등 다양한 외피 관련 응용기술을 적용하여 많은 에너지 절약 효과 기대</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>BM 01 공공건물 실시간 통합 관리 시스템</b></p> <p>공공건물 에너지 관리 일원화</p> <p><b>BM 02 리모델링 최적 의사결정 지원 툴</b></p> <p>건물 에너지 향상 요소기술 최적화</p> <p><b>BM 03 최적 비용 투자 분석 모델</b></p> <p>공공건물을 위한 (맞춤형 or 최적) 그린리모델링 Energy Optimization 모델</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>Package1. 도달솔루션</b></p> <p><b>BM 01</b> 공공건물 에너지 통합 관리 시스템</p> <p><b>BM 02</b> 리모델링 최적 의사결정 지원 툴</p> <p><b>BM 03</b> 최적 비용 투자 분석 모델</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>공공건물 상시 통합 관리 시스템을 통한 공공 건물 에너지 효율 정책 수립</li> <li>도달솔루션을 활용한 리모델링 경제적 이익 창출 및 활용방안 제안</li> <li>분석된 데이터를 기반으로한 맞춤형 리모델링 솔루션 제공</li> </ul> <p><b>Package2. 기술+비용 솔루션</b></p> <p><b>BM 02</b> 리모델링 최적 의사결정 지원 툴</p> <p><b>BM 03</b> 최적 비용 투자 분석 모델</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 분석 툴을 활용한 성능대비 경제적 효과 의사결정 지원</li> <li>기술대비 비용 투자 분석을 통한 그린리모델링 효율성 향상 방안 제안</li> </ul> </div> </div>
<p>기타사항</p>	<p>-</p>

## 6절. 연구개발 인프라 분석

- 효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지 핵심 기술 관련 중점추진분야별 인프라 수준을 분석함
  - 중점추진분야별로 전문인력, 기자재, 산학연 공동연구기관, 기술이전 및 거래, 국제기술협력 기반, 업계현황에 대한 인프라 수준을 분석함

[표 2-44] 중점추진분야별 인프라 수준

대분류	중분류	인프라 항목	인프라 수준				
			부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
플러스에너지 주거단지를 위한 에너지플랫폼 개발 및 실증	플러스에너지 공동주택 기술 개발	전문인력		○			
		기자재		○			
		산학연 공동연구기관		○			
		기술이전 및 거래	○				
		국제기술협력 기반	○				
		업계현황		○			
	근린지구 에너지플랫폼 연계기술 개발	전문인력		○			
		기자재		○			
		산학연 공동연구기관	○				
		기술이전 및 거래	○				
		국제기술협력 기반		○			
		업계현황		○			
	플러스에너지 주거단지 실증	전문인력	○				
		기자재	○				
		산학연 공동연구기관	○				
		기술이전 및 거래	○				
		국제기술협력 기반	○				
		업계현황	○				
기존 공동주택 제로에너지화를 위한 최적 주거모델 개발 및 실증	제로에너지 주택 비용 최적화 기술 개발	전문인력		○			
		기자재		○			
		산학연 공동연구기관		○			
		기술이전 및 거래	○				
		국제기술협력 기반	○				
		업계현황		○			
	기존 주택 에너지	전문인력		○			

	품질향상 및 공기단축 기술개발	기자재		○				
		산학연 공동연구기관	○					
		기술이전 및 거래	○					
		국제기술협력 기반		○				
		업계현황		○				
	기존 공동주택의 제로에너지 주거모델 개발 및 구축	전문인력	○					
		기자재	○					
		산학연 공동연구기관	○					
		기술이전 및 거래	○					
		국제기술협력 기반	○					
		업계현황	○					
	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발	에너지 절약형 자재의 품목 조사 및 설정	전문인력		○			
			기자재		○			
			산학연 공동연구기관	○				
기술이전 및 거래				○				
국제기술협력 기반				○				
업계현황				○				
개발대상 자재의 목표성능기준 설정		전문인력	○					
		기자재	○					
		산학연 공동연구기관		○				
		기술이전 및 거래		○				
		국제기술협력 기반		○				
		업계현황		○				
기술경쟁력 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 개발		전문인력	○					
		기자재	○					
		산학연 공동연구기관	○					
		기술이전 및 거래	○					
		국제기술협력 기반	○					
		업계현황	○					

- 효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주거단지 핵심 기술 관련 국내 연구 인프라
  - 건물에너지 효율화, 에너지플랫폼 연계기술, 건축물 리모델링 관련된 국내 연구자 인프라 및 연구자별 연구영역은 아래 <표 2-49>과 같음
  - 건물에너지 효율화, 에너지플랫폼 연계기술, 건축물 리모델링 관련하여 산/학/연 기관에 다양한 연구자들이 포진해 있음

[표 2-45] 국내 연구 인프라

추진분야	세부분야	관련기관	대표 연구자	연구영역 및 방향	
건물에너지 효율화	건물에너지 자립 구현 기술	명지대학교	이명주	제로에너지주택 실증단지구현	
		연세대학교	이승복	건물 친환경 기술 개발	
		인하대학교	조재훈	건물 에너지 측정법 개발	
	에너지절약 건축자재	전자부품연구원	장세홍	고효율 창호	
		한국건설기술연구원	이세현	건축물 에너지 절감 자재 개발	
		한양대학교	박대효	건축물 에너지 절감 자재 개발	
		한국건설기술연구원	최경석	건축물 에너지 절감 자재 개발	
		한국건설기술연구원	이승연	탄소저감형 건축자재 개발	
		한국판유리협회	이정로	유리 건축자재 개발	
		그린포럼건축사사무소	이규환	건축자재 DB 개발	
		LG하우시스	김지현	건축용 신소재 개발	
		이건창호	안정혁	고성능 창호 개발	
		한국외단열협회	김양규	건축물 외단열 기술	
	효율향상 기술	대한기계설비산업연구원	류형규	건축 기계설비 설계	
		나우설비	김용인	건축 기계설비 설계 및 진단 기술	
		한일MEC	성노천	건축 기계설비 설계 및 진단 기술	
		한국건설생활환경시험연구원	성욱주	제로에너지 시스템 패키지화	
		이화여자대학교	송승영	건축물 외단열 및 결로방지 성능 향상 기술	
		이화여자대학교	임재한	건축물 열교 방지 및 외벽 단열성능 향상 기술	
		한양대학교	정재원	건축물 공조설비 에너지 소비량 저감기술	
		한국에너지공단	김인택	에너지목록관리제 관련 기술	
	에너지 모니터링/관리 기술	연세대학교	홍태훈	에너지 모니터링	
		한양대학교 에리카	신성우	녹색건축물 온실가스 배출량 평가	
		충남대학교	이정원	건축 환경조절 시스템 개발	
		동아대학교	이정재	건축물 재실자 및 에너지 관리 시스템 기술	
		단국대학교	문현준	BIM 기반 건물에너지 성능 평가 시스템 기술	
		대전대학교	신우철	건물에너지 관리 시스템 및 에너지 시뮬레이션	
	에너지 플랫폼 연계기술	에너지 관리·연계·저장 기술	명지대학교	이명주	단지 내 5대에너지분리계측 및 신재생에너지생산량 계측
			제에스건설(주)	박시삼	도시에너지 관리 시스템 개발
			서울과학기술대학	김경화	분산전원 제어기법 연구
제주대학			김호찬	마이크로그리드 제어	
플랫폼 연계기술		삼성물산	김공환	마이크로그리드 제어	
건축물 리모델링	서울대학교	여명석	기존 건축물 에너지 진단 및 평가 기술		
	인하대학교	조재훈	기존 건축물 에너지 진단 및 평가 기술		
	영남대학교	조영흠	기존 건축물 에너지 진단 및 평가 기술		
	아주대학교	김선숙	녹색 리모델링/재건축 기술		
	경희대학교	윤근영	녹색 리모델링/재건축 기술		
	대림산업	배상환	리모델링/ECSSO		

# 7절. 기술수요조사

## 1. 기술수요조사 개요


- 신규 기술을 발굴하고, 최종 연구성과물에 대한 수요를 파악하기 위하여 기술위원회(TC)를 중심으로 기술수요조사를 실시함
- 기술수요 조사 절차
  - 조사항목 설계: 기술 수요조사 대상선정, 기술수요조사서 항목 설계(조사 양식)
  - 기술수요조사 수행: 전문가 그룹/기술위원회(TC) 구성, 기술수요조사서 발송(니즈 도출), 기술수요조사서 취합 및 보완
  - 기술수요조사 분석: 기술 리스트 취합 및 정리(분류 및 통합조정), 중점분야별/연구개발단계별/중요도 등 분석, 기술위원회(TC)별 도출과제 평가 및 협업

**효율적인 에너지 운영을 위한  
플러스에너지 주거단지 핵심기술 개발**

---

**1. 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용  
건축자재 개발 기획과제 기술 수요 조사**

2017. 2.

 **KICT** 한국건설기술연구원

**제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재  
개발 기획과제 기술 수요 조사**

안녕하십니까? 한국건설기술연구원 건축도시연구소 연구위원 최경석입니다.

우리 연구원은 제로에너지 건축을 의무화(2025년) 목표 달성 및 POST-2020 신기후체계에 대응하여 국가 온실가스 감축목표의 일환으로 국토교통과학기술진흥원에서 발주한 "제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발 기획과제"를 수행 중에 있습니다.

본 기획연구를 수행하기 위해서는 제로에너지 건축을 완성화 및 건물부문 온실가스 감축을 이룰 건축자재 및 기술을 발굴하여 정부가 집중 육성해야 할 핵심기술 개발 및 과제를 도출해야 합니다. 따라서 본 기술수요조사를 통해 보다 다양한 전문가들의 의견이 반영된 "제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발 기획과제"를 수행하고자 하며, 이를 통해 국가적으로 필요한 유망과제를 도출하고자 합니다.

본 조사내용은 이 기획과제와 관련된 니즈를 파악하는데 사용되며, 이러한 목적 이외에는 사용되지 않음을 약속드립니다. 바보시더라도 전문가 여러분의 많은 참여를 부탁드립니다.

**[연구분야 기적 내용]**

연구구분	주요 연구내용
에너지 효율성 평가 및 기술 조사	· 에너지 효율성 평가/시스템통합/에너지 성능 분석
	· 기술/기술 경쟁력을 위한 연구
제로에너지 건축용 기술 및 기술 개발/평가/기술 보급	· 제로에너지 건축용 벽돌/유리벽/기술 수준 분석
	· 제로에너지 건축용 벽돌/유리벽/기술 보급
기술개발용 건축자재용 특화된 건축자재 및 기술 개발	· 고효율/저비용/고성능 건축자재 개발
	· 신기술/에너지 효율/환경친화적 기술 개발
	· 제로에너지 건축용 벽돌/유리벽/기술 보급
	· 제로에너지 건축용 벽돌/유리벽/기술 보급

2017. 02. 15  
한국건설기술연구원 건축도시연구소  
연구위원 최 경 석

\*자료의수 및 연락처: 조선훈 연구원/031-9100-4277(내선427)/shcho@kict.re.kr

[그림 2-54] 기술수요조사서 양식

## 2. 기술수요조사 결과

- 기술수요 조사 일정
  - 기술수요조사서를 e-mail로 발송하여 회신하는 방식 및 기술위원회 회의 등을

통해 기술수요조사를 실시함



[그림 2-55] 전문가 회의

○ 기술수요 조사 회신 결과

- 기술수요조사를 통해 총 12개의 기술이 제안되었음
- 고성능 고단열 철재 방화문, 준불연 습식/건식 외단열시스템, 세계 최초 레고 방식의 창호 기술 개발, ZEB적용 PCM 기술 등이 제안되었으며 창호/문/단열재 위주의 기술이 제안되었음
- 제로에너지 빌딩 구현을 위한 건축자재 및 기술의 범위는 매우 광범위하나 에너지절감의 효율성 및 기술개발 중요도 등을 고려하였을 때, 창호/문/단열재 등이 핵심로 도출됨

[표 2-46] 기술수요조사를 통해 제안된 기술명

NO.	기술명
1	고성능 고단열 철재 방화문
2	준불연 습식 외단열시스템 기술
3	준불연 건식 외단열시스템 기술
4	ZEB적용 PCM 기술
5	실시간으로 건장재 관련 정보 제공되며 이를 분석할 수 있는 시스템(플랫폼) 구축
6	공동주택의 신재생에너지 적용
7	운용기간의 에너지효율성향상을 위한 운영기술
8	PHC 파이프를 이용한 지열 히트펌프 시스템 (에너지 파이프 시스템)
9	세계 최초 레고 방식의 창호 기술 개발
10	창호 개발용도의 대응적 3-D 프린터 기술
11	제로에너지 빌딩 적용 차양장치 개발
12	실내환경 통합제어형 LED 조명시스템

## 8절. 종합분석

### 1. 동향분석 시사점

#### 가. 국내외 정책동향 시사점

- 프랑스 파리에서 개최된 제21차 기후변화협약 당사국 총회(COP21)는 신기후체제 합의문인 ‘파리협정 (Paris Agreement)’이 극적으로 채택됨
  - POST-2020은 모든 국가에 적용되는 새로운 기후변화 대응체제의 출범으로 2020년 이후의 장기 감축 목표를 설정하고 매 5년마다 상향된 감축목표, 이행확인 등 제출에 합의
  
- 기후변화에 따른 지구 생태계의 변화와 에너지·자원의 고갈 등에 대한 전지구적 대응 노력이 절실하고 이에 대한 전세계적, 국가적 온실가스 감축 의무 확정
  - 기후변화협약 파리협정(‘15.12, cop 21)에 따라 모든 국가는 2020년 이후의 국가별 온실가스 감축의 자발적 기여방안(INDC)을 설정
  - 우리나라는 신기후체제를 앞두고 POST-2020을 대비한 국가 온실가스 감축목표를 2030년까지 온실가스 배출전망치(850.6백만톤CO2e) 대비 37%로 결정함에 따라 국가 전체 및 부문별 대응전략 마련 및 목표 달성 가능성 타진이 요구됨
  - 파리 당사국 총회(COP21, 2015년 12월) 이후 온실가스 감축목표가 국제적으로 공식화되면 후속작업으로 부문별 세부이행계획 및 정책적 대응방안 마련이 시급하며 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진 (2025년) 등과 관련하여, 건물부문의 구체적인 기술적, 정책적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있음
  
- 건물부문은 다른 부문에 비하여 에너지 저감 및 온실가스 감축 잠재력이 가장 클 것으로 예상되고 있으나, 신기술 적용이 늦게 이루어지는 특징이 있고 산업, 교통 등의 다른 분야에 비하여 이미 개발된 신기술이 현장에 적용되지 않는 경우가 매우 많음. 이에 따라 정부 정책은 이미 개발된 신기술이 시장에 적용되기 위한 적정 시점 및 기술 범위를 설정하고 정책적·재정적 지원을 해야 함
  - 녹색성장 국가 전략수립을 통한 ‘녹색 국토-도시 조성’ 과제를 추진하고 제로에너지건축물 의무화 추진, 기존건물의 그린리모델링 지원사업 등을 추진하고 있으며 에너지절약설계기준 강화, 녹색건축물 인증제도, 에너지소비효율제도를 시행하고 있음

#### 나. 시장 및 산업동향 시사점

- 건물부문은 건물에서 사용되는 에너지 절감을 위한 건물 용도별 Low/Zero 에너지 건축 구현을 위한 패시브(단열, 기밀, 창호 등), 액티브(고효율 설비 등),

- 신재생(태양열, 태양광, 지열, 복합 등) 시스템 등 개별 요소기술 개발에 중점
- 건축물의 외피시스템(외벽, 창호 등)의 모듈화 및 복합시공기술, 지능형 실내환경 시스템, 그린 모듈러 빌딩 공법, Charrette과 BIM 기반의 IDP 시스템 구축 기술 등 에너지 절약형 건축시스템 기술 관련 분야의 수요가 급증
- 제로에너지 구현을 위한 건축 자재 및 기술 분야는 국내외 모두 지속적인 성장이 예상됨(세계 그린빌딩 건축재료 시장은 '11년 890억 달러에서 '18년 2,220억 달러 규모로 성장이 예상). EU등 주요 선진국은 지원을 통한 최적 비용 제로에너지 건축물 구현을 추진 중에 있으며, 의무화를 할 경우 일정 비용 내에서 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구중에 있음
- 건축물 에너지 핵심 저감 요소를 분석하고 그 요소에 따른 1차 에너지 감소량/payback 관계에 대한 분석 및 향후 핵심에너지 감소 요소에 대한 가격 변동 모델을 구축하여 단계적 최적 제로에너지 건축물에 대한 연구를 진행 하고 있음. 또한 기술력을 갖춘 대기업을 중심으로 국가가 신기술 요소 단가를 자발적으로 낮추는 목표를 주고 그에 따른 기술 개발 인센티브를 지원하고 있음

#### 다. 국내외 기술동향 시사점

- 해외에서는 건물의 에너지 소비 저감을 위한 다양한 기술개발이 이루어져 왔고 Passive House, Self-sufficient House, Zero Energy House, Plus Energy House 등의 개념으로 발전되고 있음. 최근에는 제로에너지 건물 구현을 위해서는 고성능 외피 적용, 신재생에너지 이용 등이 필수적인 기술로 건물부문에 적용되고 있음
- 제로에너지 주택 보급을 위해서는 Passive/Active 시스템의 가격경쟁력과 기술력 확보가 필수적이며, 제로에너지 주택의 정책적 보급을 통해 대량 생산 및 제조·시공 기술의 제고를 통하여 비용효율적인 기술력을 확보할 수 있으며, 이를 통해 해외 시장 진출에도 유리한 조건을 선점할 수 있음
- 에너지 저감 및 온실가스 감축에 대한 건축부문의 중요성을 고려할 경우, 상대적으로 R&D투자가 부족한 것으로 판단되는 바, 차세대 핵심기술 개발 및 기존 기술의 고도화를 위하여 보다 적극적으로 정부 R&D투자가 필요할 것으로 사료됨

#### 라. 국내외 기술수준 분석 시사점

##### ○ 특허동향 분석 결과 시사점

- 미국의 경우 각 분야(녹색건축, ICT융복합건축, 건축물설계/시공성능, 건축물에너지성능, 건축 재료성능)의 특허기술경쟁력에서 모두 최상위 수준을 확보하고 있으며, 한국의 특허경쟁력은 건축재료성능 5위, 건축물 에너지성능 7위, 건축물 설계/시공성능 6위, ICT 융복합 건축 7위, 녹색건축 3위로 전반적으로 하위수준임

- 특히 검색을 통해, [건물], [제로에너지], [자재], [기술] 에 대한 분석 결과 총 3,973건의 특허가 산업 부문 전반에 분포되어 도출되었고, 크게 건물에너지 운영 및 관리기술 및 에너지절약 요소기술 군으로 특허가 도출되고 있음
- 건물 에너지 분야의 특허건수가 2012년을 기점으로 감소하는 추세를 보이고 있으며, POST-2020 등 기후변화협약에 대한 최근 국제 동향 및 관심의 증대, 배출권 거래제 시장의 도입, 제로에너지 의무화 정책 등의 도입에도 불구하고 특허활동이 상대적으로 낮게 나타나 향후 기술개발의 여지가 높은 것으로 판단됨

○ 논문 및 기존연구 동향 결과 시사점

- 기존에 수행된 제로에너지 건물 과제는 에너지 절감, 경제성 제고 및 온실가스 감축을 공통된 목표로 지향하고 있으며, 제로에너지 건축 관련 기술개발, 모델 및 시스템 구축, 실증 등에 대하여 다양한 연구가 다수 수행되어 왔음
- 하지만 현재까지의 R&D 과제는 건축물의 에너지절약 및 온실가스 저감을 위한 한정적 재료 및 요소기술에 국한되었으며, 신축 및 기존 건물에 대한 제로에너지를 넘어 선 근린주구 단위의 플러스에너지 주거단지 연구로 진행된 경우는 전무한 것으로 확인됨
- 각 기술분야별로 국내 논문은 2014년 이후로 감소하는 경향을 보이나, 국외의 경우 매년 증가하는 추세로 연구 활동이 매우 활발하게 이루어짐. 제로에너지 관련 기술의 국산화 및 고도화를 위해서는 기술 개발에 대한 연구가 더욱 필요한 것으로 판단됨

## 2. SWOT 분석

- 국내외 정책동향, 시장현황 및 전망, 관련 기술의 동향 및 수준 분석 등의 결과와 전문가 및 기획위원회의 기획 방향 설정을 바탕으로 SWOT 분석을 실시함. 외부 및 내부의 환경분석 및 동향 파악에서 도출된 ‘기회’ 와 ‘위험’ 요인을 정리하고 내부역량 분석에서 파악된 국내 기술의 ‘강점’ 과 ‘약점’ 요인을 연관시켜 본 과제의 기술개발 방향을 설정하였음

[표 2-47] 기획과제의 SWOT 분석

기회(Opportunity)	위험(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정부 온실가스 감축 및 제로에너지 의무화 정책 추진</li> <li>▪ 정부차원의 기술개발 지원</li> <li>▪ 기후변화에 따른 냉·난방 부하 급증</li> <li>▪ 미성숙된 건축 건물 리트로핏 시장</li> <li>▪ 수요자원 거래시장 활성화를 통해 수요자원 간 경쟁으로 전력공급비용 절감 기대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 투자대비 회수기간 장기화로 인해 기술적용 회피</li> <li>▪ 실제 적용현장의 부족으로 에너지저감효과 검증 난이</li> <li>▪ 기후변화협약 목표 가중</li> <li>▪ 기존 제도의 실효성 미흡</li> </ul>
강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존 공공 건물 노후화 지속 및 에너지사용량 증가</li> <li>▪ 에너지 저감에 대한 국가적 관심 증대</li> <li>▪ 건설산업 분야의 신 성장동력으로서의 기대</li> <li>▪ 건축분야 기술 및 인력/장비/생산인프라 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유럽, 미국, 일본 등 주변국 대비 원천 기술 부족(기술 수준 50-70%)</li> <li>▪ 개발기술의 실증사례 및 시장의 경험 부족</li> <li>▪ 초기 투자비 편차가 높아 투자자 설득 어려움</li> <li>▪ 해외 수입 위주의 부품 및 소재 산업</li> </ul>

○ SWOT 분석 결과에 기초하여 다음과 같이 대응 전략 및 기술개발 방향을 설정하였음

[표 2-48] 대응전략 및 기술개발 방향

구분	대응전략 및 기술개발 방향
SO 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지 의무화의 당위성을 바탕으로 한 강력 정책 추진</li> <li>▪ 정부차원 기술개발 지원으로 신기후체제 대응 및 세계 건설시장 선점 위치 확보</li> <li>▪ 기존 사업 실적기반 기술개발전력 수립 및 국가간 기술 협력 기반 마련</li> </ul>
ST 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 에너지신산업육성, 에너지 감축 지원 정책 마련</li> <li>▪ 고도화된 기술 및 인프라, 전문인력 활용을 통한 맞춤형 원천기술 개발</li> <li>▪ 국가수준 인프라 및 대응체계 조기 구축</li> <li>▪ 에너지 효율화에 대한 기술/비용 연계 비즈니스 모델 구축</li> </ul>
WO 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국민적 관심에 부응한 체계적 기술개발 및 선진국과의 기술격차 해소</li> <li>▪ 기 개발된 제로에너지 건축자재 및 기술 활용 및 연계</li> <li>▪ 기술 수준이 낮은 중소기업 중심의 기술 지원 패키지 제공</li> </ul>
WT 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 적정비용 고성능의 집약형 원천 기술 개발</li> <li>▪ 선진국과의 교류를 통한 원천기술 확보 및 국산화</li> <li>▪ 정부차원의 인프라 구축, 기술확보</li> </ul>

### 3. PEST 분석(Political, Economic, Social and Technological analysis )

- 국내외 정책동향, 시장현황 및 전망, 관련 기술의 동향 및 수준 분석 등의 결과와 전문가 및 기획위원회의 기획 방향 설정을 바탕으로 PEST 분석을 실시함

[표 2-49] 제로에너지건축 분야의 PEST 분석 결과

시기	촉진요인	저해요인
정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지건축 자재 및 기술 시험 인증 시스템 등 관련 산업 인프라 구축 계획</li> <li>▪ 국가 온실가스 감축목표를 2030년까지 온실가스 배출전망치(850.6백만톤CO2e) 대비 37%로 결정함</li> <li>▪ 제로에너지 의무화 목표 설정, 제로에너지건축물 인증제 시행(2017)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020년 소형 공공건축물 제로에너지 의무화</li> <li>- 2025년 신축건축물 제로에너지 의무화</li> </ul> </li> <li>▪ 각 관계부처를 통해 제로에너지빌딩 보급 활성화를 위한 기술개발, 시범사업, 단열규정 강화 등 정책을 적극 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내 현실에 적합한 세부적인 기준 및 기초적 관련 데이터 확보방안에 대한 정비 미흡               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 건축물 범위 및 성능기준 모호-&gt;이해당사자간 혼선 발생</li> </ul> </li> <li>▪ 공공사업 위주의 적용에 따른 민간 확대 동력 부재</li> <li>▪ 유사분야 인증제도 등의 중복 및 업무부처 분산에 따른 비효율적 정책 운영</li> </ul>
경제	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내·외 녹색건축물은 잠재력이 매우 높은 시장으로 세계 친환경 저에너지 녹색 건설시장은 '12년 이후 12%에서 60%까지 지속적으로 성장이 전망됨</li> <li>▪ 'Post 2020 新기후체제' 대응 및 국가 온실가스 감축을 위한 에너지산업 육성</li> <li>▪ 에너지 절약형 건축 자재 및 기술 관련 분야의 수요 급증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저가의 중국산 제품의 시장지배력 강화에 따른 기술력 보유 중소기업의 시장규모 축소</li> <li>▪ 초기 투자비 편차가 높고, 초기 투자비 증가에 따른 실질적 효과 검증 자료가 부족하여 투자의지 감소               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현행 건축공사비 대비 30~40% 이상 추가 투입</li> </ul> </li> <li>▪ 투자대비 회수기간 장기화로 인해 기술적용 회피</li> </ul>
사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화에 따른 지구 생태계의 변화에 에너지·자원의 고갈 등에 대한 전지구적 대응 노력이 절실</li> <li>▪ 지구 온난화 및 에너지 고갈 등으로 인한 환경문제 해소를 위한 에너지 효율화 및 기후변화 대응 관련 산업 및 저변에 대한 시장 수요 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건물부문은 다른 부문에 비하여 온실가스 감축 잠재력이 가장 클 것으로 예상하고 있으나, 신기술 적용이 늦게 이루어지는 특징이 있고 산업, 교통 등의 다른 분야에 비하여 이미 개발된 신기술이 현장에 적용되지 않는 경우가 매우 많음</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국민적 관심에 부응한 체계적 기술개발 및 선진국과의 기술격차 해소</li> <li>▪ 기 개발된 제로에너지 건축자재 및 기술 활용 및 연계 가능성 높음</li> <li>▪ 건축 산업구조, 정책/제도 전반의 개혁 및 지원을 통하여 제로에너지 건물의 보급 확대를 위한 시장전환 진행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내는 요소기술 자립화 단계로 보급 및 상용화가 미흡한 수준</li> <li>▪ 건축자재를 비롯한 설비,기기, 장비 등 관련 산업의 핵심기술 개발 미비</li> <li>▪ 현재까지의 R&amp;D 과제는 건축물의 에너지절약 및 온실가스 저감을 위한 한정적 재료 및 요소기술에 국한</li> <li>▪ 유럽, 미국, 일본 등 주변국 대비 원천 기술 부족(기술수준 50~70%)</li> <li>▪ 개발기술의 실증사례 및 시장의 경험 부족</li> <li>▪ 제로에너지건축물 구축을 위한 요소 및 시스템에 대한 최적화 연구 부족</li> </ul>

### 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 1절. 비전 및 목표

##### 1. 연구 비전

- 2020년 이후의 온실가스 감축을 위한 기후변화협약 ‘파리협정’이 체결되면서 新기후체제가 도래하였음. 우리나라는 POST-2020 온실가스 감축목표로 2030년까지 배출전망치 대비 37% 감축을 목표로 설정하였으며, 이에 2017년 패시브하우스 설계 의무화, 소형 공공 건축물 2020년 제로에너지 의무화 및 2025년부터 신축건물 제로에너지 의무화를 추진하고 있음. 이러한 국가 목표를 달성하기 위해서 정부는 건물부문에서의 에너지 절감 및 온실가스 감축목표 설정, 건물부문에서의 대응전략 마련과 목표달성을 위한 기술 개발이 요구됨
- 건물은 건축 후 최소 30년 이상 유지되므로, 에너지 절감에 대한 체계적인 모델과 기술개발, 로드맵을 구축하여 건물에 적용한다면 그 효과가 누적되어 국가 온실가스 감축 목표 및 에너지 절감 목표 달성에 크게 기여할 수 있음
- 본 연구과제는 POST-2020 대응 및 제로에너지 의무화에 필요한 “제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발”을 위한 것으로 **POST-2020 신기후체제 대응 및 제로에너지 건축물 활성화**를 비전으로 제시함

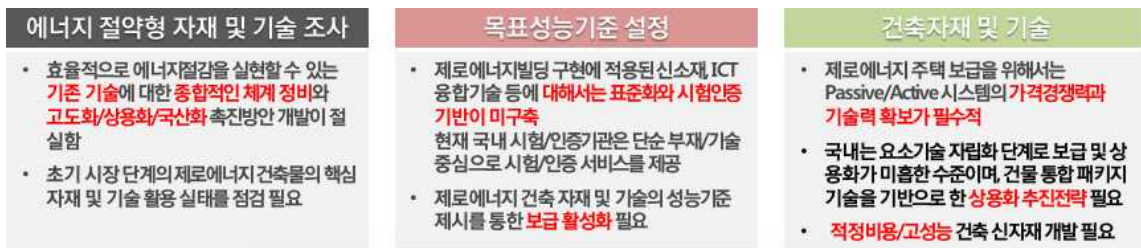


[그림 3-1] (3과제)기획연구의 비전 및 목표

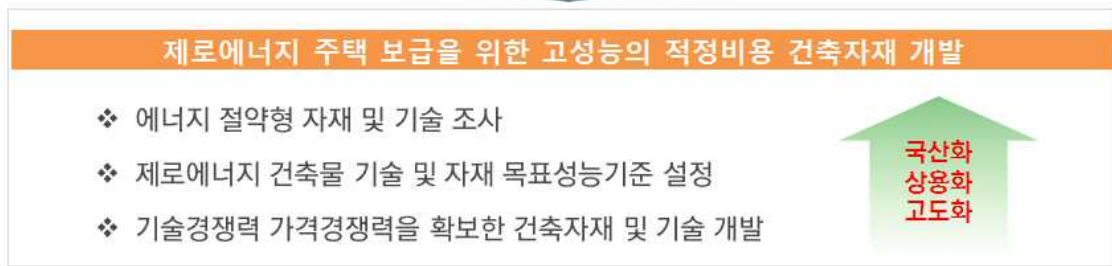
## 2. 연구 목표

- 비전을 달성하기 위한 목표는 제로에너지 건축물 도입 로드맵에 따른 2025년 신축건물 제로에너지 의무화 및 ‘파리협약’으로 도래한 신기후체제(POST-2020) 준비를 위한 ‘제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발’로 설정함
  - 에너지 절약형 자재 및 기술 조사
  - 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정
  - 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발

<목표> 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발	
1주제 에너지 절약형 자재 및 기술 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축</li> <li>▪ 기존 기술 연계활용 전략 구축</li> <li>▪ 제로에너지 건축 기술트리 구축</li> </ul>
2주제 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축</li> <li>▪ 제로에너지 기술 개발 로드맵 개발</li> </ul>
3주제 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 창호 자재 및 기술 개발</li> <li>▪ 단열신소재 자재 및 기술 개발</li> <li>▪ 방화문 자재 및 기술 개발</li> </ul>



제로에너지 의무화 달성



[그림 3-2] (3과제)기획연구의 목표 및 필요성

### 3. 기술개발에 따른 미래상

○ 각 과제별 현황(As-Is) 및 미래상(To-Be)은 아래와 같이 설정하였음

[표 3-2] 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 기술의 현황 및 미래상

세부과제	현황(As-Is)	미래상(To-Be)
에너지 절약형 자재 및 기술 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>적용 기술 등에 대한 최적화 사례 부족</li> <li>성능에 미치는 영향 큰 거주자 측면의 최적화 사례 거의 없음</li> <li>기존 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 고도화/상용화/국산화 추진방안 개발이 절실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>요소기술 최적화 모델 설정 및 보급</li> <li>설비시스템의 특성 반영한 최적화 모델 및 사용자 지침 개발</li> <li>기존 기술 연계활용 전략 구축</li> </ul>
제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 주택 성능 기준 미비 단순 부재/기술 중심으로 시험/인증 서비스를 제공</li> <li>선진국의 시험인증 기관에 막대한 비용을 지불하고 컨설팅과 시험인증을 받는 사례 증가</li> <li>시범주택마다 서로 다른 성능 기준 적용</li> <li>각 요소기술들의 성능 모니터링 위주</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가적 차원에서 확대 적용 가능한 제로에너지 성능 기준 설정</li> <li>제로에너지 건축물 목표성능기준 개발을 통해 설계, 시공디테일 등의 표준모델 설정</li> <li>요소기술별 성능목표치 달성여부 측정 평가</li> <li>에너지성능 목표치 설정 및 달성 여부 종합 모니터링</li> </ul>
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>과대한 초기투자비 등으로 사업화 사례 부족</li> <li>경제성을 고려한 제로에너지 구현기술에 대한 종합적 분석 부족</li> <li>건축물의 제로에너지화를 위한 요소기술인 패시브시스템, 액티브시스템, 신재생에너지 및 이들을 유기적으로 제어하기 위한 제어 기술 부족</li> <li>국내는 요소기술 자립화 단계로 보급 및 상용화가 미흡한 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실용화 사업화를 전제로 하는 제로에너지 건축 자재 및 기술 개발</li> <li>사업자 측면의 경제성 데이터, 비즈니스 모델 제시</li> <li>건물에너지 제어 및 관리 IT 융복합 기술 개발</li> <li>제로에너지 건물 통합 패키지기술을 기반으로 한 상용화 추진</li> <li>시공성, 경제성을 확보한 융복합 시스템 개발 및 상용화</li> </ul>

## 2절. 핵심기술 선정

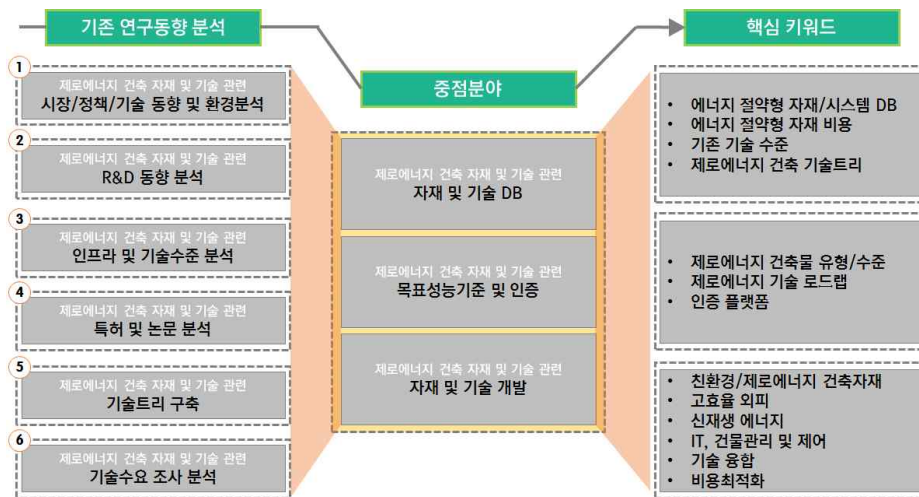
- 세부과제의 핵심기술 선정을 위하여 [그림 3.2]와 같은 프로세스로 진행함



[그림 3-3] (3과제) 핵심기술 선정 프로세스

### 1. 중점분야 및 핵심키워드 도출

- 연구동향 분석(시장/정책/기술동향 및 환경, R&D 동향, 인프라 및 기술수준, 특허 및 논문), 기술트리 조사 등을 토대로 3대 중점분야(에너지 절약형 자재 및 기술 조사 및 설정, 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정, 제로에너지건축물 핵심 건축자재 및 기술 개발) 도출함
- 또한, 3대 중점분야에 해당되는 키워드를 [그림 3.3]과 같이 도출함



[그림 3-4] (3과제) 3대 중점분야 및 핵심 키워드

### 2. 기술위원회 검토 및 세부과제 선정

#### 가. 중점분야의 세부 핵심기술 선정

- 기획과제 연구기획 내용을 **Top-down** 방식으로 기술위원회 운영을 통해 지속적으로 심화하여 중점분야별 핵심기술을 보완하여 도출함

## ○ 에너지 절약형 자재 및 기술 조사

- 제로에너지건축물의 경우 에너지 절감에 획기적으로 기여하지만 투자비가 높고 회수기간이 길어 상용화에 한계가 있음. 또한 현 상황으로는 제로에너지건축물 구축을 위한 요소 및 시스템에 대한 최적화 연구가 부족한 상황임
- 건축물의 제로에너지화를 위한 요소기술인 패시브시스템, 액티브시스템, 신재생 에너지 및 이들을 유기적으로 제어하기 위한 제어 기술들이 논의되고 있으며, 이러한 기술들이 에너지 저감에 미치는 기여율과 관련하여 에너지시뮬레이션을 통한 검증이 활발히 이루어지고 있음. 그러나 경제성을 고려한 제로에너지 구현기술에 대한 종합적 분석이 이루어지지 못하고 있으며, 제로에너지 성능의 목표 수준에 따른 적용 가능한 고성능의 적정비용 건축 자재 및 기술에 대한 자료구축과 분석이 필요한 상황임
- 에너지 및 온실가스 저감 차원에서 혁신적인 제로에너지 건축기술의 개발뿐만 아니라 효율적으로 에너지절감을 실현할 수 있는 기존 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 고도화/상용화/국산화 촉진방안 개발이 절실함. 또한 초기 시장 단계의 제로에너지 건축물의 핵심 자재 및 기술 활용 실태를 점검하고 이를 정밀 분석하기 위한 전문가 그룹(건축, 창호, 조명 등) 구성을 통해 선행 학습을 하고 제품 및 시스템 개발로 이어지는 방안 마련이 요구됨
- 이에 경제적, 산업적, 정책적 문제점 등에 관한 검토를 통하여 최종적으로 ① 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축, ② 기존 기술 연계활용 전략 구축, ③ 제로에너지 건축 기술트리 구축 등과 같이 세부기술을 선정함

## ○ 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정

- 국내 건설전문 시험인증 기관은 KICT, KCL, KTR 등 공공기관 중심으로 시험 인증이 수행되고 있으나 제로에너지빌딩 구현에 적용된 신소재, ICT 융합기술 등에 대해서는 표준화와 시험인증 기반이 미구축되어 있는 실정임
- 현재 국내 시험/인증기관은 단순 부재/기술 중심으로 시험/인증 서비스를 제공하고 있음. 따라서 신소재, ICT융복합, 통합성능 등을 종합 시험인증할 수 있는 플랫폼이 매우 미흡함
- 이에 선진국의 시험인증 기관에 막대한 비용을 지불하고 컨설팅과 시험인증을 받는 사례 증가(이미 국내에 미국 LEED, 영국 BREEAM은 서비스 기반을 구축하고 인증서비스 시행중)
- 다양한 건물 핵심 자재/기술/시스템을 적용하여 건축물 형태, 구조 등에 대한 대규모 실증을 통한 경제성, 신뢰성, 성능 등 시장 접근성을 위한 제품화와 품질 인증 체계 구축으로 보급 활성화 필요
- 이에 경제적, 산업적, 정책적 문제점 등에 관한 검토를 통하여 최종적으로 ① 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축, ② 제로에너지 기술 개발 로드맵 개발, ③ 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발 등과 같이 세부 기술을 선정함

○ 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발

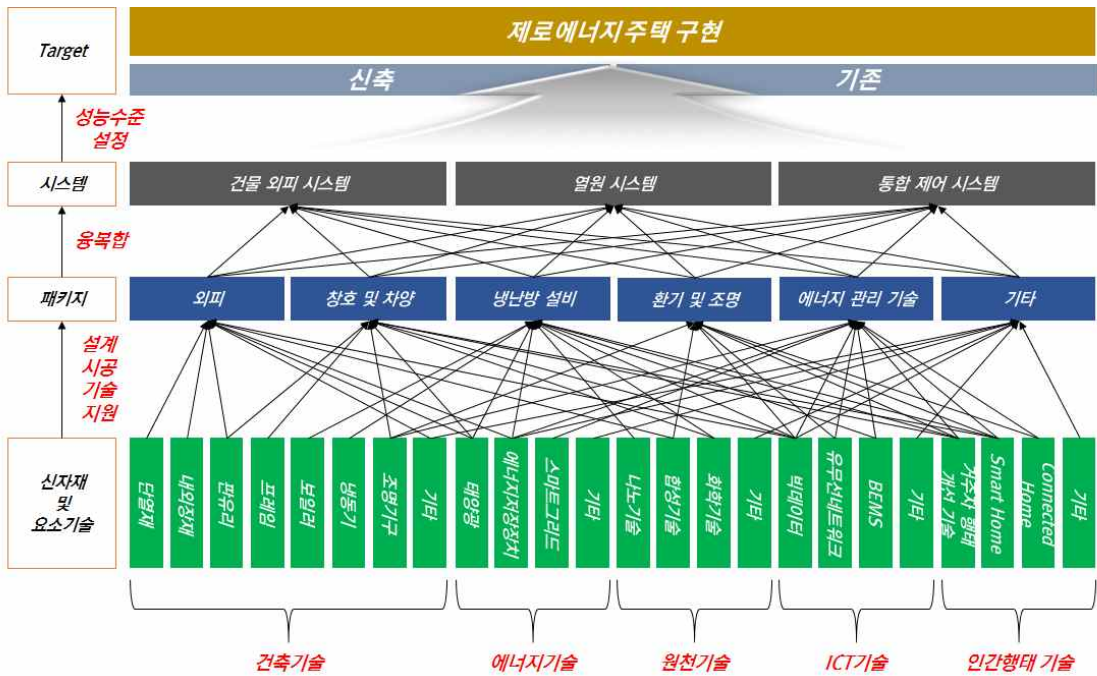
- 주요 선진국은 기술성숙화 단계인 제로에너지 건축기술을 기반으로 IT융합을 통한 에너지관리 관리 기술 및 신재생에너지 융합을 통해 시장 주도권을 확보하고 있으나, 국내는 요소기술 자립화 단계로 보급 및 상용화가 미흡한 수준이며, 건물 통합 패키지기술을 기반으로 한 상용화 추진전략 필요
- 현재 건설산업에서‘패시브 건축물’ 및 ‘제로에너지 건축물’ 등 온실가스 저감을 위한 건축기술의 도입에 관심이 높아지는 추세이나, 이를 뒷받침하는 건축물 구현 요소기술의 발굴이 미진하여 국가 및 우리나라 건설 산업의 경쟁력의 도약에 장애요소로 작용
  - 제로에너지 주택 보급을 위한 건축 자재 및 기술 개발은 ㉠현재 장기간 침체되어 있는 건설경제를 활성화에 영향, ㉡건물 에너지 소비량의 감축을 통한 사회적 비용의 감소, ㉢새로운 요소기술의 발굴을 통해 국가 경쟁력의 향상 및 부수적인 경제적 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상
- 일반건물 대비 40% 이상 건축공사 추가비용이 소요되는 제로에너지 건물의 고성능화와 최적 경제성 확보를 위해서는 건물 에너지 소비 핵심자재의 전략적 개발이 필요하며, 이를 위해 적정비용/고성능 건축 신자재, 신재생 에너지 건물 융합기술 및 건물 에너지 효율화 기술(외피 단열, 기밀, 채광, 냉난방 공조 등) 과의 패키지화 등 제로에너지 건물 및 플러스에너지 근린주구 구현을 위해 핵심 자재 및 기술 개발 시급
- 이에 경제적, 산업적, 정책적 문제점 등에 관한 검토를 통하여 최종적으로 ① 친환경/제로에너지 건축자재 기술 개발, ② 고효율 외피 및 공조기술 개발, ③ 신재생 에너지 건물 융합기술 개발, ④ 건물에너지 제어 및 관리 IT 융복합 기술 개발, ⑤ 제로에너지 건물 자재-외피-시스템 패키지 플랫폼 개발 등과 같이 세부기술을 선정함

[표 3-3] 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 기술 관련 세부기술

대분류	중분류	세부기술
제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발	에너지 절약형 자재 및 기술 조사	▪ 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축
		▪ 기존 기술 연계활용 전략 구축
		▪ 제로에너지 건축 기술트리 구축
	제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	▪ 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축
		▪ 제로에너지 기술 개발 로드맵 개발
		▪ 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발
	기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	▪ 친환경/제로에너지 건축자재 기술 개발
		▪ 고효율 외피 및 공조기술 개발
		▪ 신재생 에너지 건물 융합기술 개발
▪ 건물에너지 제어 및 관리 IT 융복합 기술 개발		
		▪ 제로에너지 건물 자재-외피-시스템 패키지 플랫폼 개발

- 중점분야의 세부 핵심기술 선정

- 기술경쟁력 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발을 위해 Top-Down 방식으로 기술위원회 운영을 통해 지속적으로 심화하여 중점분야 별 핵심기술을 보완하여 도출하고자 함. 또한 3차에 걸친 기획연구타당성검토 위원회에 보고 및 검토의견을 받아 구체화 및 보완하여 진행함
- 최종적으로 중점분야의 세부 핵심기술 기술을 도출하고 세계최고 수준을 지향하는 핵심기술 별 성능수준을 도출하고자 함



[그림 3-5] 제로에너지 주택 구현을 위한 기술트리 개념도

[표 3-4] 중점분야의 세부 핵심기술(예시)

Lever 1	Level 2	세부기술
건축 자재 및 기술	외피	▪ 고단열/고기밀 외피시스템 기술
		▪ 열교차단 기술
		▪ 진공단열패널 제조 기술
	창호 및 차양	▪ 스마트 윈도우(전기 크로미즘 소자,액정 소자 등)
		▪ 차양(블라인드) 및 자연환기시스템 통합설계
		▪ 고성능 현관단열문 개발(방화문)
		▪ 창호 개발용도의 대응적 3-D 프린터 기술
	조명	▪ 외부 차양 연동 고효율 조명 제어 시스템 기술
	냉난방 설비	▪ 태양열-지열히트펌프 콤비 냉난방시스템 기술
		▪ 통합배관시스템
		▪ 냉난방 수배관시스템 최적화 기술
	환기	▪ 배열회수 기술
▪ 공기청정 환기시스템		
▪ 다목적 환기유닛 기술		
에너지 기술	신재생에너지	▪ 태양광열(PVT) 기술
		▪ 하이브리드액티브 벽체 모듈 기술
	에너지관리/연계기술	▪ 리튬이차전지기술
		▪ 고효율 장기 축열 기술
원천 기술		▪ 페놀폼단열재 기술
		▪ 나노단열재 기술
ICT 기술		▪ 다목적 센서 패키징
		▪ IoT 기반 에너지 설비
		▪ 웹기반 통합 실시간 커미셔닝 기술
		▪ 마이크로그리드 상호운용성 기술 개발
인간행태 기술		▪ 에너지 절약 관련 맞춤형 피드백 제공 기술
		▪ 상황 인식형 스마트 제어 시스템
		▪ 저전력 통신 인프라 연계형 에너지 다이어트 서비스 기술

- 중점분야의 세부 핵심기술 선정(3대)

- 산업/시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부서 로드맵, 중소기업 기술 수요 등을 바탕으로 세부 핵심기술 선정
- 세부 핵심기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 기술 간 중복성 등을 조정 ▪ 검토하여 최종 3대 핵심기술(창호, 단열재, 방화문) 선정
- 세부 핵심기술(창호, 단열재, 방화문)에 대한 Target/범위, 목표성능을 제시함

최종목표	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술 개발			
환경/시장니즈	신 기후체제 대응 온실가스 감축 목표 대응 제로에너지빌딩 의무화 정책 이행에 대응하는 기술개발 필수 제로에너지 건물 구현을 위한 종합적인 체계 정비와 핵심 기술 고도화/상용화/국산화 필요			
Target/범위	(시장) 제로에너지 주택 보급을 위한 핵심기술 보급 활성화 및 고부가가치 시장 확대 (기술) 세계최고 수준, 핵심기술 적용 건물에너지 50% 이상 절감, 핵심기술 국산화			
연도별목표	2018~2019	2020~2021	2022~2023	
핵심기술 이러닝 목표성능	창호	열관류율 1.0 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓	열관류율 0.9 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓	열관류율 0.8 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓ (주택) 열관류율 1.0 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓ (주택외)
		기밀 1.0m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	기밀 1.0m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	기밀 0.5m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)
		SHGC 0.5 ↓	SHGC 0.4 ↓	SHGC 0.3 ↑ (주택) SHGC 0.3 ↓ (주택)외
	단열재	열전도율 0.004 W/(m·K) ↓	열전도율 0.003 W/(m·K) ↓	열전도율 0.002 W/(m·K) ↓
		유효열전도율 0.006 W/(m·K) ↓	유효열전도율 0.005 W/(m·K) ↓	유효열전도율 0.004 W/(m·K) ↓
		준불연	준불연	불연
	방화문	열관류율 1.0 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓ 기밀 0.7m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	열관류율 0.9 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓ 기밀 0.7m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	열관류율 0.8 W/(m <sup>2</sup> ·K) ↓ 기밀 0.6m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)
		TDR 0.33 ↓	TDR 0.31 ↓	TDR 0.30 ↓
		내화성 확보	내화성 확보	내화성 확보

[그림 3-6] 세부 핵심기술(창호, 단열재, 방화문) 로드맵

[표 3-5] 중점분야의 세부 핵심기술 성능수준(예시): Level 2 단계

구분	기술 수준 (%)	TRL		평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	세계최고 수준 보유국/보유기업		연구개발 전 국내수준	개발 목표치		성능평가 기준	평가 방법
		국외	국내			성능수준		성능수준	성능수준	TRL		
창호	85	9	7	단열성능	W/(㎡·K)	0.8 (주택) 1.0 (주택 외)	독일/ 슈코 (SHUCO)	1.2 (주택) 1.4 (주택 외)	0.8 이하 (주택) 1.0 이하 (주택 외)	9	KS F 2278 ISO 12567-1	KOLAS 공인기관시험
				기밀성능	㎡/(㎡·h)	0.5		1.0	0.5		KS F 2292	
				태양열취득율 (SHGC)	-	0.3		0.5	0.3 이상 (주택) 0.3 이하 (주택 외)		KS L 9107 ISO 19467	
				제조원가	천원/set (크기 2m×2m)	3,000천원		1,600천원 (주택) 2,000천원 (주택 외)	1,600천원 (주택) 2,000천원 (주택 외)		-	현장 적용
방화문	80	9	6	단열성능	W/(㎡·K)	0.8	독일/ 노버폼 (Novoferm)	1.2	0.8 이하	9	KS F 2278 ISO 12567-1	KOLAS 공인기관시험
				기밀	㎡/(㎡·h)	0.6		1.0	0.6 이하		KS F 2292	
				결로	온도차비율 (TDR)	-		0.36	0.30 이하		국토교통부고시 2013-845호	
				내화성	min	-		60분 (비차열)	70분 (비차열)		국토교통부 고시 2012-552호	
				제조원가	천원/set	800천원		500천원	500천원		-	현장 적용
단열 신소재	90	9	7	열전도율	W/(m·K)	0.0045	독일/ 바큐텍 (Vaqttec)	0.0045	0.002 이하	9	KS L 9016	KOLAS 공인기관시험
				유효 열전도율 (열교차단성능)	W/(m·K)	0.0065 (두께 20mm)		0.0065 (두께 20mm)	0.0040 이하 (두께 20mm)		KS L 9016	
				난연성능	등급	준불연		준불연	불연		KS F ISO 1182	
				제조원가	천원/㎡	60천원 (두께 20mm)		50천원 (두께 20mm)	40천원 (두께 20mm)		-	현장 적용

### 3절. 연구과제 구성

#### 1. 연구과제의 전체 구성

- 효율적인 에너지 운용을 위한 플러스에너지 주택단지 핵심 기술 개발 기획과제의 3과제인 “제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발” 연구 개발 과제는 다음과 같이 3개 주제로 전체연구를 구성함



[그림 3-7] (3과제) 연구개발과제의 구성 및 체계

- 세부주제별 목표 및 구성

- 1주제 “에너지 절약형 자재 및 기술 조사”로 2, 3세부와 연계하여 제로에너지 건축 자재 및 기술 개발과 목표성능기준 설정을 위한 기초자료 확보 및 DB화에 초점을 맞추어 연구함. 이에 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축과 기존 기술과의 연계활용 전략 및 제로에너지 건축 기술트리 구축을 목표로 함.
- 2주제 “제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정”로 제로에너지 건축물 구현에 적용되는 자재 및 기술 등에 대한 표준화와 목표성능기준 설정을 목표로 함. 이를 위해 1주제의 체계적인 현황 정보를 활용하여 제로에너지 건축물에 적용되는 개발 기술 대상, 적용 범위 등을 분석함으로써 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준을 구축하고 이에 따른 제로에너지 기술 로드맵을 작성하는 것을 목표로 함
- 3주제 “기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발”로 건물 에너지 소비 핵심 자재 및 기술 관련 중소기업과 건설업체, 건물주, 사용자 등과 상생 협력하여 제로에너지 건축물 실현을 위한 사용화 완성도를 높이고 현실적인 적용 및 운용을 위한 핵심기술(창호, 단열신소재, 방화문) 개발을 목표로 함.

## 2. 세부과제 구성

### 가. 세부과제 도출

- 세부과제를 도출하기 위하여 이전에 수집한 기술 수요 조사과제들을 대상으로 기술 중요도, 기술수준 등을 고려하여 기획위원회 및 전문 기술위원회를 대상으로 과제를 도출하였음
  - 기술위원회를 대상으로 기술 수요 조사과제들의 기술적 중요도를 분석한 후, 분석결과를 종합하여 최종 세부 과제를 도출함
  - 최종적으로 도출된 세부 과제들은 과제 추진체계 및 세부 연구내용을 구성하는 기초자료로 활용됨

### 나. 기술 중요도 분석

- 기술의 중요도 분석은 본 기획과제의 방향설정 및 성과제고를 위한 중요한 절차로서, 전체 연구의 가치가 극대화 될 수 있도록 사회적 요구와 필요성이 높은 유망 기술에 자원을 배분하기 위한 도구임
- 기술의 중요도 분석은 기존 연구동향 및 관련 기술위원(전문가)들과 자문회의를 통해 도출된 결과를 활용함

### 다. 세부과제 도출 및 연구내용

- 2장의 국내외 동향분석 결과와 전문가 자문회의, 기술위원회 결과에 기초하여 본 연구(실제연구) 추진을 위한 과제를 도출함

[표 3-6] (3과제) 세부과제 구성

세부과제명	세부과제 연구 구성
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	▪ 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축
	▪ 기존 기술 연계활용 전략 구축
	▪ 제로에너지 건축 기술트리 구축
제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	▪ 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축
	▪ 제로에너지 기술 개발 로드맵 개발
	▪ 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	▪ 고성능 창호 자재 및 기술 개발
	▪ 세대현관문 자재 및 기술 개발
	▪ 단열신소재 개발

○ 1장의 기술에 대한 배경과 2장의 국내·외 동향분석결과를 반영하여 본 3과제의 세부과제를 구성하였음.

[표 3-7] 과제구성(기술트리)

과제명	연구내용	미파악	기술 전무	기술 의존	기술 자립	성과물	산출물	본과제 이후 기술수준 예상
<b>1주제</b> 에너지 절약형 자재 및 기술 조사	에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축					·에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 제시	·에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB	·에너지 절약형 자재/시스템/ 공사비 DB 구축 및 기존 기술 연계활용 전략 구축을 통한 제로에너지 건축 기술트리 구축 및 국가 로드맵 제시
	기존 기술 연계활용 전략 구축					·기존 기술 연계활용 전략 방안 제시	·보고서 ·가이드라인	
	제로에너지 건축 기술트리 구축					·제로에너지 건축 기술트리	·기술트리 ·보고서	
<b>2주제</b> 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축					·제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 제시	·보고서	·1주제와 연계한 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축을 통한 제로에너지 건축 기술개발 로드맵 제시
	제로에너지 기술 개발 로드맵 개발					·제로에너지 기술 개발 로드맵 개발	·로드맵	
	제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발					·제로에너지 건축 자재 및 기술 인증 플랫폼 개발	·인증 플랫폼	·제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발(국산화)

과제명	연구내용	미파악	기술 전무	기술 의존	기술 자립	성과물	산출물	본과제 이후 기술수준 예상
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	고성능 창호 자재 및 기술 개발					·고성능의 적정비용 창호 자재 및 기술 개발	·특허 등록 ·시제품 제작 ·제품성능 목표 달성도 ·산학연 기술지원	·단열성능(0.80 W/m <sup>2</sup> K이하(주택), 1.0 W/m <sup>2</sup> K이하(주택외)), 기밀성능(0.5 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)이하), 태양열취득율(0.3이상(주택), 0.30이하(주택외))를 모두 만족하는 창호 개발
	세대현관문 자재 및 기 술 개발				·고성능의 적정비용 세대현관문 자재 및 기술 개발	·단열성능(0.8 W/m <sup>2</sup> K이하) 결로성능(지역 I 만족), 기밀성능(0.5 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)이하), 내화성능을 모두 만족하는 방화문 개발		
	단열신소재 기술 개발				·고성능의 적정비용 단열신소재 기술 개 발	· 열전도율 0.002W/(m·K) 이하, 유효열전도율 0.004W/(m·K) 이하, 난연성능(불연)을 모두 만족하는 단열신소재 기술 개발		

### 3. 기술의 정의

○ 도출된 세부 과제별로 기술의 정의 및 성과물, 성과지표를 아래와 같이 정립하였음

[표 3-8] (3과제) 세부 과제별 기술의 정의 및 성과물

세부기술 명	기술 키워드	기술의 정의	성과물 및 성과지표
에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB	에너지 절약형, 데이터베이스 (DB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 핵심 자재, 기술 및 시스템의 목록화 및 핵심자재 및 시스템의 공종별 공사비 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 DB</li> </ul>
기존 기술 연계 활용 전략	기존 기술, 연계 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>기 개발된 에너지 절약형 핵심 기술의 '요소기술-&gt;모듈-&gt;패키지' 단계별 연계 활용 전략</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가이드라인</li> </ul>
제로에너지 건축 기술트리	제로에너지, 기술트리	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 적용 핵심 건축 기술트리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술트리</li> </ul>
제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축	제로에너지, 건축물 유형, 건축물 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물의 유형 및 수준 분류에 따른 적용 자재, 기술 및 시스템 최적화 방안 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 DB</li> </ul>
제로에너지 기술 개발 로드맵 개발	제로에너지, 기술개발, 로드맵	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 보급화를 위한 중장기 의무화 기준에 따른 제로에너지 건축물 보급 기술 수준 조건 및 정책 추진 로드맵</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로드맵</li> </ul>
제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발	인증, 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물의 다양한 구조 및 재질 등에 따른 성능/효율/경제성 검증과 표준화를 위한 인증 플랫폼 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인증 플랫폼</li> </ul>
고성능 창호 자재 및 기술 개발	제로에너지, 건축자재 및 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능, 기밀성능, 태양열취득율, 결로성능 만족하는 창호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공법, 제품, 자재</li> </ul>
세대현관문 자재 및 기술 개발	제로에너지, 건축자재 및 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능, 결로성능, 내화성능을 모두 만족하는 방화문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공법, 제품, 자재</li> </ul>
단열신소재 기술 개발	제로에너지, 건축자재 및 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지절감 건축 신소재 기술</li> <li>열전도율 0.02 이하 단열재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공법, 제품, 자재</li> </ul>

## 4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

### 1. 세부과제별 주요내용

#### 가. 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발

[표 3-9] 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발(3주제) 연구 목표 및 연구내용

세부 과제명	세부 목표	연구 내용
에너지 절약형 자재 및 기술 조사	에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 자재/시스템 목록화 및 성능/비용 DB 구축</li> <li>핵심 자재/시스템의 공종별 공사비 도출</li> </ul>
	기존 기술 연계활용 전략 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술 적용 사례 및 유형 분류</li> <li>'요소기술-&gt;모듈-&gt;패키지' 단계별 연계활용 전략 구축</li> </ul>
	제로에너지 건축 기술트리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축 기술트리 작성('에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축' 결과 활용)</li> </ul>

[표 3-10] 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발(3주제) 연구 목표 및 연구내용

세부 과제명	세부 목표	연구 내용
제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 유형 및 수준 분류</li> <li>제로에너지 건축물의 유형 및 수준 분류에 따른 적용 자재, 기술 및 시스템 최적화 방안 도출</li> </ul>
	제로에너지 기술 개발 로드맵 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 보급 기술 수준 조건과 정책 추진 로드맵 매칭</li> <li>제로에너지 기술 개발 로드맵 도출</li> </ul>
	제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 조사</li> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 도출</li> </ul>

[표 3-11] 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발(3주제) 연구 목표 및 연구내용

세부 과제명	세부 목표	연구 내용
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술 개발	고성능 창호 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능, 기밀성능, 태양열취득율, 결로성능 만족하는 창호 개발</li> </ul>
	세대현관문 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능, 결로성능, 내화성능을 모두 만족하는 방화문 개발</li> </ul>
	단열신소재 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지절감 건축 신소재 기술 개발</li> <li>열전도율 0.02 이하 단열재 개발</li> </ul>

## 2. 추진전략

### 가. 연구추진 체계

- 본 기획에서 수립하는 “제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발” 과제는 제로에너지 건물 구현을 위한 제로에너지 건축 기술트리 구축 및 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼을 개발하고, 이를 유기적으로 연계한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술을 개발하는 과제로 연구의 목적과 최종 결과물의 성격상 “연구단 수준”의 추진체계 구성 추진 또는 세부과제별 추진이 적합할 것으로 판단됨

### 나. 추진조직

- “제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발” 과제는 기초·원천기술의 개발, 실용화, 실증 등을 포함하는 다양한 성격의 연구를 총괄해야하므로, 산·학·연간의 유연한 연계가 가능한 추진조직이 필요함
  - 연구과제의 최종 연구성과물인 “기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술”을 개발하고 완성도를 제고하기 위해서는 제로에너지 건축 자재 및 기술 관련 전문 업체 및 시스템 개발, 관리가 가능한 산업계의 참여가 필요함
  - 성공적인 연구수행을 위해서는 개별적인 기초·원천기술의 개발 및 성과물 도출과 더불어, 각 연구성과를 체계적으로 연계·종합하여 최종 성과물을 도출해야함
  - 전체 연구조직은 산, 학, 연이 연계되고 상호보완 및 지원이 이루어지도록 구성하고 해외기관과의 교류 및 협조체계 구축 또는 공동연구 추진이 요구됨

### 다. 추진체계

- 목표달성을 위한 연구추진체계
  - 연구추진 시 주관 및 협동기관은 각자 담당하는 연구내용에 부합하는 연구성과물을 도출하고, 이의 활용이 이루어질 수 있도록 연구 추진체계를 구성
  - 연구의 계획단계에서부터 연구를 성공적으로 달성 할 수 있는 수준의 성과목표 및 성과지표를 제안·유도하고, 연구수행 중 지속적인 성과목표의 달성 및 관리가 가능하도록 연구를 추진함
  - 전문기관에 의한 검증을 통해 연구성과를 검증하고 실용화를 모색할 수 있도록 연구를 추진함
- 종합적인 과제 관리체계
  - 연구기간 중 환경 및 여건의 변화를 지속적으로 모니터링하면서 유연하게 대처할 수 있도록 조직을 구성하여 연구를 추진함

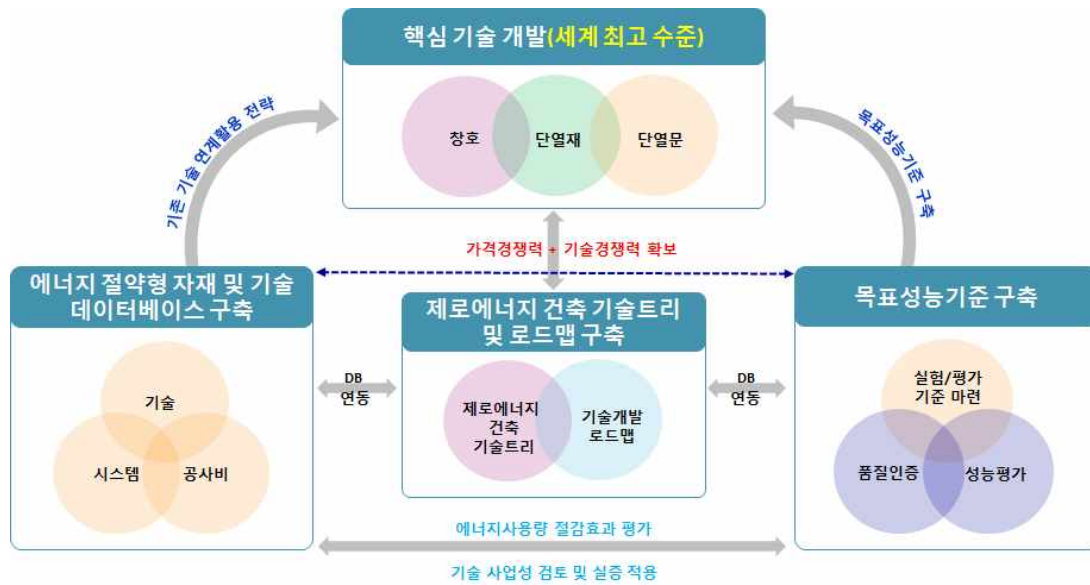
- 연구추진 시 세부과제별 연계성 확보를 통한 최종 목표 도출 추진체계 수립
- 추후 전체 예산규모에 따라 과제별 성과를 고려한 예산배정 및 연구수행기간 조정을 통해 우수한 과제지원이 가능하도록 함

#### 라. 과제추진체계 설정

- 본 기획연구를 통해 도출되는 본연구의 내용은 3가지 주요 과제로 구성됨
  - (1 세부과제) 에너지 절약형 자재 및 기술 조사
  - (2 세부과제) 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정
  - (3 세부과제) 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발

## 5절. 세부과제 간 연계관계

- 세부과제 간 연계관계는 다음 그림과 같이 도식화하여 표현하였음
- 세부과제는 다음과 같이 “기술경쟁력 및 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발”을 위해 핵심 기술 창호, 세대현관문, 단열신소재를 제안함

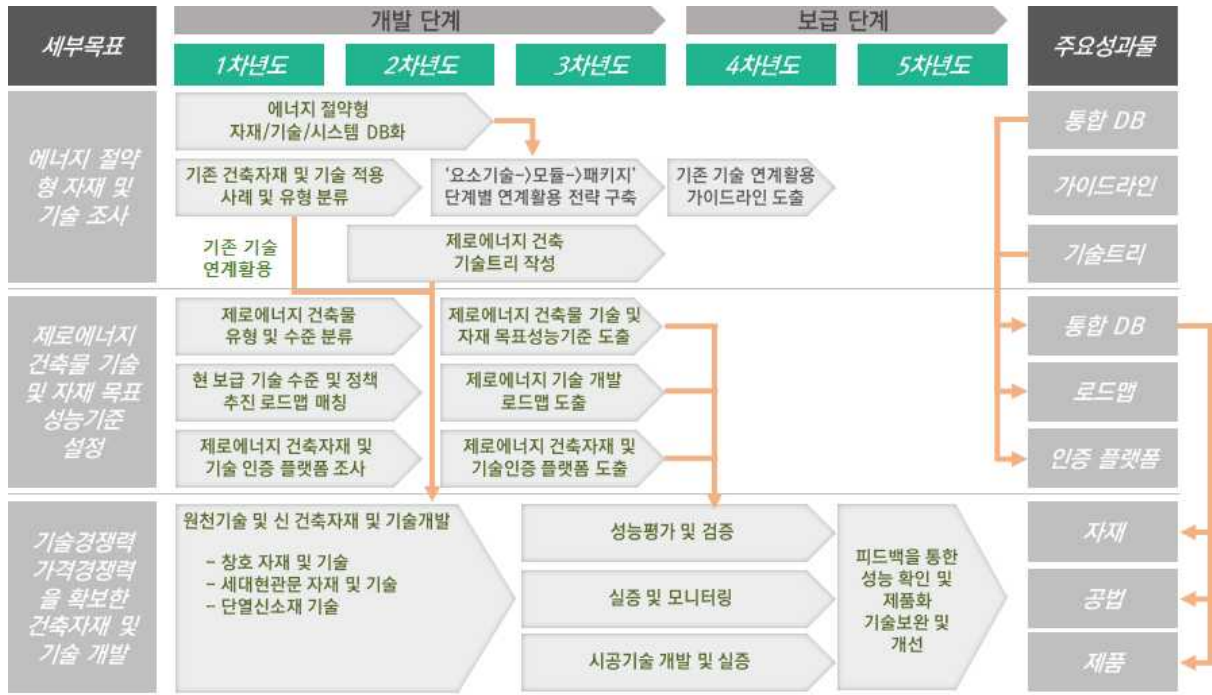


[그림 3-8] (3과제) 세부과제 간 연계관계

## 6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

### 1. 과제별·연차별 기술 로드맵

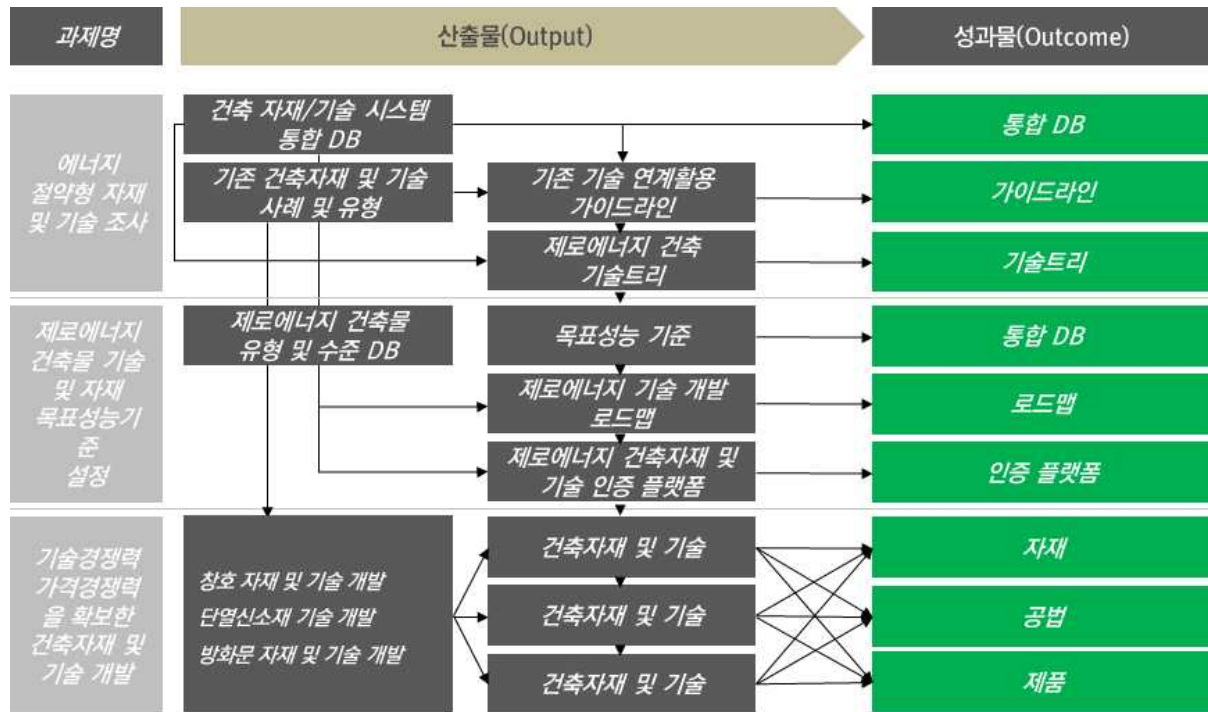
- 1 주제: 에너지 절약형 자재 및 기술 조사
- 2 주제: 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표 성능기준 설정
- 3 주제: 에너지 절약형 자재 및 기술 조사



[그림 3-9] (3과제) 기술로드맵

## 2. 성과 로드맵

- 연구 성과물은 필수적으로 도출되어야 할 산출물(Output)과 최종적으로 도출되는 최종성과물(Outcome)을 세부과제별로 선정함
- 성과물은 세부과제별로 제시되며, 각 세부과제별 주요 성과물은 [그림 3-6]과 같이 나타내었음. 각 세부과제별 성과물이 각각 연계되어 최종적인 연구성과를 달성할 수 있음
- 세부 연구목표별 성과물과 세부과제별 성과물은 다음과 같이 연계됨



[그림 3-10] (3과제) 과제별·단계별 산출물(Output) 및 성과물(Outcome) 로드맵

## 7절. 성과의 활용방안

### 1. 성과물 활용방안

○ 본 과제(실제연구)의 최종 성과물인 ‘기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술’은 현 시점의 제로에너지 빌딩 자재 및 기술 현황 및 특성 데이터 확보, 제로에너지 빌딩 구현을 위한 목표성능기준 설정 및 기술개발을 통해 제로에너지 건축물 활성화 및 POST-2020 신기후체제 대응하고 온실가스 감축 목표 달성을 위해 활용할 수 있음

#### ○ 제로에너지 빌딩 구현 기술 지원

- 제로에너지 빌딩 구현을 위한 비용효율적인 건축 자재 및 기술 지원
- 국산화/보급화/상용화 가능한 제로에너지 건축 자재 및 기술개발 지원
- 국가 정책에 따른 제로에너지 빌딩의 중요성 인식으로 에너지절감 고효율 건축물 설계 및 시공성 증대

### 2. 최종 성과물의 수요처별 활용방안

○ 본 과제(실제연구) 최종 성과물의 수요처는 정책입안자(정부, 지자체), 공공기관, 건설관련 민간기업, 건축설계자 및 건축주, 대학 및 연구기관, 국민을 대상으로 구분할 수 있음

수요처	정책입안자 (정부 및 지자체)	기업 및 설계자	대학 및 연구기관	국민
활용방안	<b>정책 수립 지원</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>정부 정책 지원서비스 제공</li> <li>제로에너지 건축 기술개발 로드맵 제공</li> <li>국가 온실가스 감축 및 에너지 절감 제도 지원</li> </ul>	<b>제도에 따른 사업</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 계획 및 설계 지원</li> <li>제로에너지 건축물 관리 및 운영 지원</li> <li>기술지원 및 근거자료 제공</li> </ul>	<b>제로에너지 관련 연구</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 빌딩 구현 기술의 효과 및 분석 지원</li> <li>에너지 절약형 자재/기술/시스템 DB 제공</li> <li>제로에너지 건축 기술트리 제공</li> </ul>	<b>정보 활용 및 정책 참여</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 주거 제공</li> <li>제로에너지 빌딩의 중요성 인식</li> <li>제로에너지 빌딩 활성화를 위한 기반 마련</li> </ul>
	<b>세부 수요처</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>국토교통부, 환경부, 국무조정실, 지자체 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설관련 공기업, 민간건설회사, 컨설팅, 건축설계 사무소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축 관련 학과</li> <li>정부출연 연구기관 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개별 건축물 건축주, 세대주 등</li> <li>일반 국민</li> </ul>

[그림 3-11] 성과활용 방안

## 4장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

<b>정책적 타당성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 「기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안」 발표(제7차 국가과학기술자문회의, '14.7.17. VIP주재)</li> <li>▪ 「2030 에너지신산업 확산전략」 발표(에너지신산업 토론회, '15.11.23. 국무총리주재)</li> <li>▪ 파리협정의 효과적 이행을 위한 기후변화 대응체계 강화(보도자료, 국무조정실, 2016.02)</li> <li>▪ 제로에너지건축물 인증제 시행('17.1.20.)</li> </ul>
--------------------	--

#### 1. 국가정책과의 부합성

- 국가 건물부문 에너지절감 강화 정책 방안 마련
  - 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지건축물 의무화를 위해 2009년 11월 제6차 녹색성장위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵을 발표
  - 2014년 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안에 기준을 수정 발표 함. 관계부처합동은 패시브 설계 의무화를 통한 에너지 설계기준 강화와 신재생에너지 기술개발을 통해 시장성 확보 제시
  - 2017년 패시브하우스 설계 의무화, 소형 공공 건축물 2020년 제로에너지 의무화 및 2025년부터 신축건물 제로에너지 의무화 제시
- 국토교통부 7대 신산업(자율주행차, 드론, 공간정보, 해수담수화, 제로에너지빌딩, 스마트 시티, 리츠) 중 하나인 제로에너지빌딩 사업 선정



[그림 4-1] 국토교통부 7대 신산업 중 제로에너지빌딩

- 우리나라는 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축 정책들을 시행 중이며, 강

화된 정책을 통한 시장 활성화 견인하고 있음. 특히 저에너지 빌딩 및 제로에너지 빌딩의 핵심 기술에 대한 수요가 증가하고 있음

- (시범사업) 시장선도형 제로에너지빌딩 모델 개발을 위한 단계적 시범사업 추진, 국토교통부
- (제도기반) ZEB 인센티브 등 법적 기반 마련(2016), 제로에너지빌딩 인증 등급(2017)
- (공공 수요 창출) 소형 공공 건축물 대상 의무화 추진(2017)

○ 국토교통부는 「녹색건축물 조성 지원법 시행령·시행규칙」 및 「건축물 에너지효율 등급 인증에 관한 규칙」 일부 개정안을 통해 2017년 제로에너지건축물 인증제 시행(2017년 1월 20일 시행 예정). 인증을 받은 건축물에 대해서는 용적률 완화, 신재생에너지 설치보조금, 기부채납 부담률 완화 등의 인센티브 제공

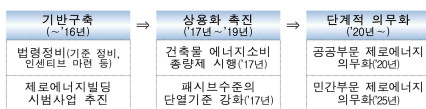
경 제 역 신	
<b>국토교통부</b>	<b>보 도 자 료</b>
배포일시	2017. 1. 20.(금) 총 7(본문4, 부일3)
담당 부서	국토교통부 녹색건축과
담당 자	· 과장 송시화, 사무관 육인수, 주무관 전태숙 · ☎ (044)201-3768, 3769, 3774
보 도 일 시	2017년 1월 20일(금) 조간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신방송인터넷은 1.19(목) 18:00 이후 보도 가능

**제로에너지건축물 인증제 시행, 녹색건축시대 앞당기**

- 인증제 시행으로 제로에너지건축물 보급확산 나사 -

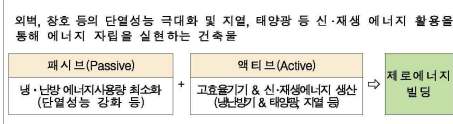
- 국토교통부(장관 강호인, 이하 국토부)는 **신기후체제 출범**에 따라 건물부분의 에너지절약 및 국가 온실가스 감축목표 달성에 앞장서기 위해 제로에너지건축물 인증제(이하 '제로인증제')를 1월 20일부터 시행한다고 밝혔다.
- '제로인증제'는 제로에너지건축 국가 로드맵(14.7월, 국가과학기술자문회의)에 따라 '16년 1월 「녹색건축물 조성 지원법」을 개정하여 제도적 기반을 마련하였으며,
- '20년부터 공공부문을 시작으로 '25년에는 민간부문까지 단계적으로 제로에너지건축을 확산하기 위한 핵심제도가 될 전망이다.

< 제로에너지건축 국가 로드맵 >



- '제로에너지건축물'이란 건축물에서 사용되는 에너지 소비를 최소화하고 신·재생에너지를 적극 활용하여 건축물 자체의 에너지 자립도를 높인 건축물로서,
- 유럽과 미국 등 선진국에서는 이미 제로에너지건축물 의무화 목표를 수립하여 재정적·정책적 지원을 통해 시장 확대를 유도하고 있으며,
- 우리나라도 '제로인증제' 시행을 시작으로 '25년부터 모든 건축물에 대한 제로에너지화 목표를 이룰 기반이 마련되었다.

< 제로에너지빌딩의 개념 >



- '제로인증제'는 건축물의 에너지성능을 정량적으로 평가하여 제로 에너지 실현 정도에 따라 5개 등급으로 구분하여 인증하는 제도,
- 건축물 에너지효율 1++등급 이상의 에너지성능 수준을 만족하는 건축물을 대상으로 에너지자립률 및 건물에너지관리시스템 설치 여부에 따라 평가된다.
- 에너지자립률이란 건축물에서 소비하는 에너지량 대비 생산하는 에너지량의 비율로서 에너지자립률 20% 이상인 경우 제로에너지 건축물 5등급을 시작으로 100% 이상인 완전 자립인 경우 최고 등급인 1등급을 부여받게 된다.
- 또한, 제로에너지건축물은 준공 후 지속적인 에너지성능 관리를 위해 건축물에너지관리시스템(BEMS, Building Energy Management System) 또는 원격검침전자식 계량기를 설치하여야 한다.

[그림 4-2] 국토교통부 보도자료 (2017.01.20.)

- 관계부처 합동 “**신기후체제 출범에 대응한 에너지 산업의 패러다임 전환이 요구**” 이에 온실가스 감축의 실질적 대안으로 ‘에너지 신사업’을 주목
- 우리나라도 작년부터 에너지 신산업 중요성을 인식하고, 단기 사업화가 가능한 8대 사업 중심으로 초기시장 창출에 주력
- 국내 ICT 기업에서는 신재생에너지+ESS 등 다양한 융복합 사업추진(울릉도 에너지자립섬 프로젝트, 친환경 에너지 자립섬 조성사업)을 통해, 에너지 신시장 창출을 견인

# 분야별 미래 에너지 모습



[그림 4-3] 2030 에너지 신산업 확산 전략, 관계부처 합동 (2015.11.23.)

## 2. 상위계획과의 부합성

- 본 과제는 ‘제로에너지빌딩 조기 활성화 방안’, ‘국토교통부 7대 신산업’, ‘제2차 에너지기본계획’, ‘2030 에너지 신산업 확산전략’과 다음과 같은 정합성을 확보하고 있음
  - 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도적·기술적 기반 구축
  - 제로에너지빌딩 시장 확대 및 일자리 창출
  - 국가 온실가스 감축목표 수립 달성을 위한 이행계획 및 마스터플랜 마련

- 제로에너지빌딩 활성화를 위한 기반 제도 및 기술개발

### 3. 관련 정책과의 연계성

- ‘저탄소 녹색성장 기본법’, ‘녹색건축물 조성 지원법’의 이하 시행령, 시행규칙과의 정책적 연관성은 다음과 같음

#### 가. 저탄소 녹색성장 기본법

- 2010년 제정된 저탄소 녹색성장 기본법은 제54조에서 온실가스 감축에 적극 대응하고 저탄소 녹색성장을 효율적·체계적으로 추진하기 위하여 녹색건축물의 확대를 제안하고 있음
- 본 기획과제를 통해 도출된 세부연구과제는 ‘저탄소 녹색성장 기본법’의 다음 각항과 직접적인 관련이 있으며, 해당 법률의 시행에 뒷받침 가능

[표 4-1] 저탄소 녹색성장 기본법

#### **제54조(녹색건축물의 확대)**

- ① 정부는 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물(이하 "녹색건축물"이라 한다)을 확대하기 위하여 녹색건축물 등급제 등의 정책을 수립·시행하여야 한다.
- ② 정부는 건축물에 사용되는 에너지소비량과 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 기준 이상의 건물에 대한 중장기 및 기간별 목표를 설정·관리하여야 한다.
- 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.
- ④ 정부는 기존 건축물이 녹색건축물로 전환되도록 에너지 진단 및 「에너지이용 합리화법」 제25조에 따른 에너지절약사업과 이를 통한 온실가스 배출을 줄이는 사업을 지속적으로 추진하여야 한다.
- ⑤ 정부는 신축되거나 개축되는 건축물에 대해서는 전력소비량 등 에너지의 소비량을 조절·절약할 수 있는 지능형 계량기를 부착·관리하도록 할 수 있다.
- ⑥ 정부는 중앙행정기관, 지방자치단체, 대통령령으로 정하는 공공기관 및 교육기관 등의 건축물이 녹색건축물의 선도적 역할을 수행하도록 제1항부터 제5항까지의 규정에 따른 시책을 적용하고 그 이행사항을 점검·관리하여야 한다.
- ⑦ 정부는 대통령령으로 정하는 일정 규모 이상의 신도시의 개발 또는 도시 재개발을 하는 경우에는 녹색건축물을 확대·보급하도록 노력하여야 한다.
- ⑧ 정부는 녹색건축물의 확대를 위하여 필요한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 자금의 지원, 조세의 감면 등의 지원을 할 수 있다.

#### 나. 녹색건축물 조성지원법

- 2013년 건축물의 에너지 효율화를 위해 녹색건축물 조성을 촉진하는 ‘녹색건축물 조성지원법’ 시행
- ‘녹색건축물 조성지원법’ 제2조에서 제로에너지건축물에 대해 정의 하고 있으며,

- 제로에너지건축물 인증제는 16년 1월 개정을 통해 제도적 기반을 마련하였음
- 본 기획과제를 통해 도출된 세부연구과제는 ‘녹색건축물 조성 지원법’의 다음 각항과 직접적인 관련이 있으며, 해당 법률의 시행에 뒷받침 가능

[표 4-2] 녹색건축물 조성지원법

---

**제2조(정의)** 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "녹색건축물"이란 「저탄소 녹색성장 기본법」 제54조에 따른 건축물과 환경에 미치는 영향을 최소화하고 동시에 쾌적하고 건강한 거주환경을 제공하는 건축물을 말한다.
  2. "녹색건축물 조성"이란 녹색건축물을 건축하거나 녹색건축물의 성능을 유지하기 위한 건축활동 또는 기존 건축물을 녹색건축물로 전환하기 위한 활동을 말한다.
  3. "건축물에너지평가사"란 에너지효율등급 인증평가 등 건축물의 건축·기계·전기·신재생 분야의 효율적인 에너지 관리를 위한 업무를 하는 사람으로서 제31조에 따라 자격을 취득한 사람을 말한다.
  4. "제로에너지건축물"이란 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 말한다.
-

## 2절. 기술적 타당성 검토

기술적 타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지 빌딩 구현 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 고도화·상용화·국산화</li> <li>▪ 저탄소 건축분야, 녹색건축물, 제로에너지 빌딩 전환 시장에서의 기술경쟁력 강화</li> <li>▪ 타 산업분야와 융합하여 새로운 기술발전 및 시장 개척</li> <li>▪ 제로에너지 건물 구현을 위한 건물 에너지 소비 핵심자재의 전략적 개발 필요</li> </ul>
---------	---

### ○ 기술개발의 성공 가능성

- 제로에너지 빌딩 활성화 및 POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위해 도출된 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술들은 기존의 연구개발(R&D) 과제와의 중복성 및 차별성을 검토하여 기술적 타당성을 분석함
  - 국외 선진국의 기술수준 대비 국내 기술수준 및 현황을 정략적, 정성적으로 파악하여 기술 개발 방향을 설정하여 반영하였음
- 기술개발 목표를 달성하기 위하여 기획위원회 및 기획 기술분야별 기술위원회를 통해 국내 전문가들의 의견을 수렴하고 필요 기술의 현황 분석을 통해 기술개발 가능성을 판단함
  - 기술개발 추진 시 연구개발 주체와 성과물의 활용처 및 수요처와의 유기적 연계확보, 실용화 방안을 구축하여 실제 적용 가능한 기술 내용을 도출함
- 기술개발을 위한 국내외 전문인력 보유 정도, 산학연 공동연구기반, 업계 현황 및 기존 R&D 기술개발 현황 등에 대해 국내외 현황을 분석하였으며, 분석결과 본 연구 개발을 위한 국제 동향, 기술개발 인프라, 전문 인력 보유, 관련 업계의 인프라는 연구를 추진할 만한 수준을 갖추었다고 판단됨
  - 고성능 건축 자재 및 설비, 에너지 효율등급 우수 건축물 및 친환경 건축물 구현 기술, 제로에너지 건축물 실증 및 시범사업 추진 등 기술 개발이 이루어지고 있음. 제로에너지 건축물 기술의 보급 활성화를 위해서는 시장애로기술을 파악하고, 주요 핵심기술에 대한 종합적인 체계 정비와 상용화 촉진방안이 마련된다면 단기간에 세계최고수준에 오를 수 있는 잠재력이 존재할 것으로 보이며 이를 통해 국가 건물부분에서의 에너지 효율화 및 온실가스 감축은 더욱 가시화 될 것으로 보임

### ○ 기존 기술 및 과제와의 차별성 · 우수성

- 제로에너지 빌딩 활성화 및 POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위해서는 현위치에서 도전적이나 달성 가능한 세계최고수준의 제로에너지 빌딩 구현을 위한 핵심기술을 도출하고 성능목표 및 전략 수립, 정부 정책 부합 및 정부 역

- 할과 지원체계 마련 등 종합적이고 입체적인 기술개발 계획 수립 및 기존 연구 개발 사업과의 차별화 전략 제시 필요
- 본 기획에서 제안된 제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축 자재 및 기술들은 기존의 연구 R&D와의 중복성을 검토하고 기술개발의 향상, 기술개발계획 등 도출기술의 성공가능성을 검토하여 기술적 타당성을 분석함
  - 최고기술보유국 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량, 정성적으로 파악하여 기술개발 방향을 설정하여 반영함
  - 기술개발을 달성하기 위하여 국내 전문가들의 의견 및 분석을 통해 기술개발 가능성을 판단하고 기술개발 추진 시 연구개발추진주체와 연구결과 기술의 수요처와의 유기적 연계확보, 실용화방안을 구축하여 실제 적용 가능한 기술내용을 도출함

### 3절. 경제적 타당성 검토

#### ○ 연구개발 투자의 효율성

- 제로에너지 빌딩 구현 및 온실가스 배출량 감축을 위한 정책 및 기술개발비용 절감
  - 제로에너지 빌딩 구현을 위한 건축 자재 및 기술에 대한 종합적인 체계정비를 통한 비용효과적인 기술개발 및 정책도입 가능
  - 유사과제 중복 연구 및 기술개발을 방지를 통한 시간 및 비용 절감
- 건물 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 감축을 통한 사회적 비용 절감
  - 제로에너지 빌딩 기술 개발 로드맵을 활용한 효율적인 정책 수립을 통해 건물 에너지 사용량 절감

#### ○ 경제적 파급효과

- 제로에너지 건축물 에너지 절감을 통한 수입대체효과 극대화
    - 해외 에너지 의존도가 높은 국내 실정을 감안할 경우, 제로에너지 건축물 활성화를 통한 에너지 절감은 에너지 수입비중을 줄여 수입대체효과를 기대할 수 있음
  - 제로에너지 빌딩 구현 자재 및 기술 개발에 따른 파급효과 증대
    - 본 기획과제를 통해 도출된 제로에너지 빌딩 구현 자재 및 기술들의 사회적/기술적 파급효과를 가지고 R&D 연구의 투자효과를 극대화 함
    - 연구개발 투자비용 대비 연구결과 적용효과를 경제적 가치 등으로 분석하여 세부과제별 연구내용의 경제적 타당성 여부를 검토 예정임
    - 현재 주요 핵심기술 개발을 통하여 건물부문 에너지 및 온실가스 감축을 증대하고 이러한 효과를 경제적 이용으로 분석하여 타당성 여부를 검토 예정임
    - 제로에너지건축, 고성능 건축자재 개발을 통한 에너지 비용 감축\* 및 건축분야 新시장 및 양질의 일자리 창출\*\* 가능
- \* '30년 기준 3.4백만TOE를 절감하여 화력발전소(500MW급) 10개소 대체 및 연간 약 1.2조원의 에너지 수입비용 절감

« '30년, 제로에너지건축 정책을 통한 에너지 예상 절감량 »

주거용		비주거용		합계	
건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)	건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)	건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)
26.5	1.65	26.7	1.74	53.2	3.39

\*\* 미국, 유럽에서는 녹색건축물 관련투자를 통해 350만명의 추가고용 창출('09, UNEP)

\*\* '30년까지 신축 건축물의 70%를 제로에너지화할 경우 13백만톤의 온실가스 감축 및 연간 10만명의 일자리 창출 가능('16, 건기연)

## 4절. 기술개발 필요성 및 정부지원 타당성

### ○ 기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안 필요

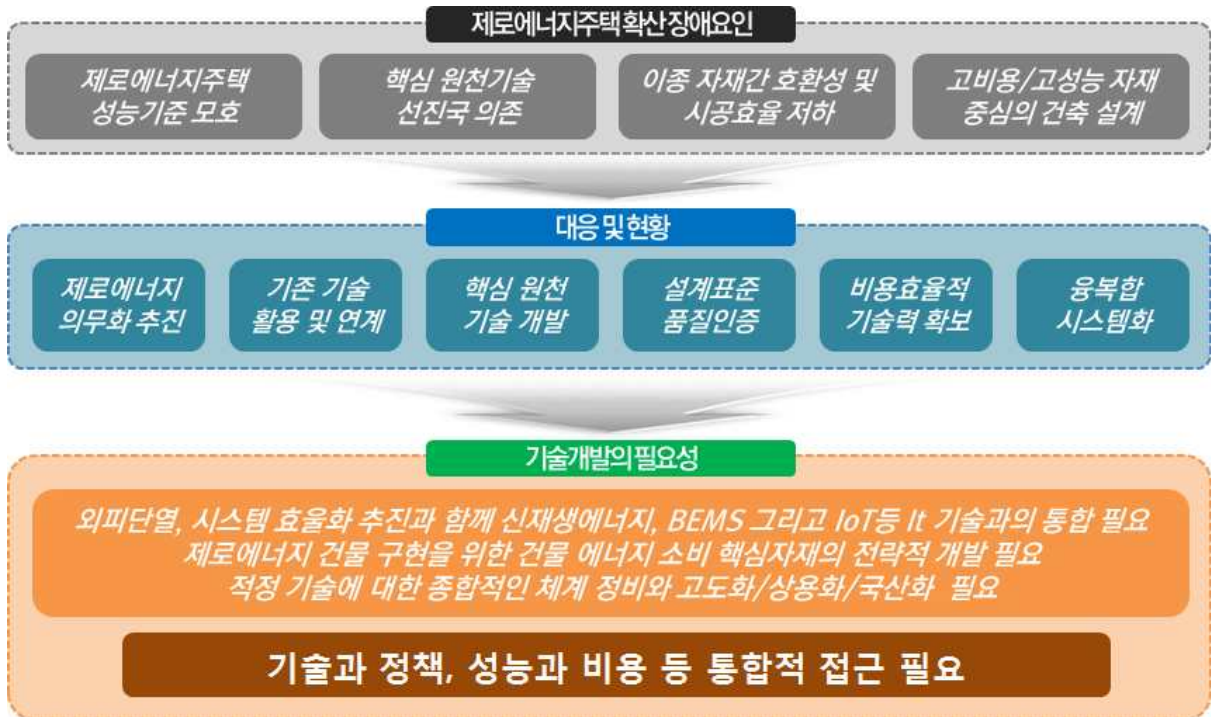
- 기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화를 추진하기 위해서는 에너지 소비 및 온실가스를 획기적으로 줄일 수 있는 제로에너지 건축 자재 및 기술 개발 필요함
- 이와 같은 국가정책 추진을 위해서는 제로에너지 건축기술 개발과 보다 효율적으로 에너지절감을 실현할 수 있는 실용적 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 상용화 촉진방안 개발이 절실함
- 우리나라에서도 ‘20년 공공건물 의무화’, ‘25년 민간부문 제로에너지 건축물 의무화보급을 대비하여 최저의 사회비용이 투입되는 현실적이고 시장을 반영한 제로에너지 활성화 지원 정책 구현이 필요함

### ○ 강화된 온실가스 감축목표 달성을 위한 전략 마련 필요

- 1992년 UN기후변화협약, 1997년 교토의정서 채택에서부터 2007년 발리행동계획, 2012년 포스트 교토체제, 2016년 파리 기후협약 등을 통한 기후변화에 대응을 위한 국제적 노력요구 필요
- 강화된 국가 온실가스 감축목표\*(COP21, '15.12)를 차질 없이 달성하기 위해서는 건물분야의 에너지 성능 개선이 중요\*\*
  - \* Post2020: '20년 BAU 대비 30% 감축 → '30년 BAU 대비 37% 감축(건물부문 18.1%)
  - \*\* 건물분야는 국가 온실가스 배출의 25%, 에너지 소비의 20%를 차지
- 건물부문의 효율적인 에너지 운용을 통한 에너지 저감 기술은 국가 에너지 소비량 및 온실가스 발생량의 저감에 직접적인 영향을 미칠 것으로 사료되며 이는 정부주도의 제도적/정책적 지원과 재정적 지원이 수반되어야 하는 사항임

### ○ 국산화 · 보급화 · 상용화 가능한 제로에너지 건축 자재 및 기술개발 필요

- 국가 정책에 따른 제로에너지 빌딩의 중요성 인식으로 에너지절감 고효율 건축물 설계 및 시공이 증대
- 국내에서 매년 신규로 건설되는 주택에 보급하고 상용화하기 위한 고기능 건축소재, 고효율 건축기술, 신재생에너지 생산기술 등 제로에너지 빌딩 요소기술의 개발이 부족
- 국내 제로에너지 건축 자재 및 기술 산업의 경쟁력 저하로 인해 국외 제품의 국내 시장점유율이 상승, 특히, 저가의 중국산 제품의 시장지배력 강화에 따라 국내 중소기업의 시장규모 축소
- 제로에너지 건축 자재 및 기술의 개발은 시장의 자율적 경쟁에 의해서도 진행될 수 있으나, 국가정책에 의한 자재, 시공, 조달 및 통합 라이프 사이클 코스트 관점에서의 통합적인 지원이 필요함



[그림 4-4] 기술개발의 필요성



[그림 4-5] 정부지원의 필요성

## 5장. 인력투입 소요예산 산정

### 1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획

- 최소 연구단위인 세부구성기술과제를 수행하는데 소요되는 적정 투입인력을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 투입인력을 산정하여 총 소요 인력 규모를 확정함.

#### 1. 전체 과제 인력 투입 계획

- 소요인력 규모 추정
  - 세부과제별 연구내용을 근거로 과제 수행에 필요한 연구 인력을 직급별, 기술 분야별, 과제내용별 등의 기준에 따라 추정하여 산정하고, 소요인력을 취합·분석함
  - 각 세부과제 기술개발 완료 목표시점 동안의 총 소요인력 규모를 산정하고, 각 세부 과제별로 사업초기-중기-후반기의 단계별, 1년 단위의 연차별로 소요인력을 산정하여 안정적인 연구인력 계획을 수립함
  - 국내 산업체 및 연구소의 기존 연구원, 대학의 전문인력 현황 등을 유기적으로 활용하여 산·학·연간 유기적인 협동연구가 가능하도록 연차별로 인원을 적절히 추정함
  - 참여율은 최소 참여기준을 30%로 설정하였으며, 참여기간은 연단위로 12개월을 기준으로 총 4년간의 인력을 추정함

[표 5-1] 전체 사업의 총 개발인력 투입계획

구분	총 개발인력(명, 참여율 30% 기준)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
책임연구원	3	3	3	3	12
연구원	28.7	28.7	28.7	28.7	114.8
합계	31.7	31.7	31.7	31.7	126.8

## 2. 세부과제별 상세 인력 투입 계획

[표 5-2] 세부과제별 개발인력 투입계획

구분		투입 인력계획(명)				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
1세부	책임연구원	1	1	1	1	4
	연구원	10	10	10	10	40
소계		11	11	11	11	44
2세부	책임연구원	1	1	1	1	4
	연구원	8	8	8	8	32
소계		9	9	9	9	36
3세부	책임연구원	1	1	1	1	4
	연구원	10.7	10.7	10.7	10.7	42.8
소계		11.7	11.7	11.7	11.7	46.8
총계		31.7	31.7	31.7	31.7	126.8

## 2절. 소요예산 산정

### 1. 예산 산정 방법

- 세부과제별 최소 연구단위인 세부구성 기술과제를 수행하는데 소요되는 필요비용을 산정함. 이를 토대로 세부과제와 총괄과제의 연구비를 산정하여 총사업 예산 규모를 산출함.
- 과제별 예산은 정부출연과 민간부담을 구분하여 작성하였으며, 소요예산은 정부출연금 기준으로 작성함.
- 인건비의 참여율은 30%로 기준함.
- 연구장비.재료비는 연구진행을 위한 연구시설 및 장비 구입과 연구결과의 실용화를 위한 시제품 제작과 실증을 위한 장비 비용 등으로 세부과제별 성격에 맞춰 계상함.

### 2. 전체사업 소요 예산

[표 5-3] 전체사업 연차별 소요 예산(단위 : 천원)

분류	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1세부	150,000	50,100	300,000	99,900	600,000	200,100	450,000	150,000	1,500,000	500,100
2세부	150,000	50,100	300,000	99,900	600,000	200,100	450,000	150,000	1,500,000	500,100
3세부	200,000	66,800	400,000	133,200	800,000	266,800	600,000	200,000	2,000,000	666,800
합계	500,000	167,000	1,000,000	333,000	2,000,000	667,000	1,500,000	500,000	5,000,000	1,667,000

### 3. 세부과제별 소요 예산

#### 가. 연차별 소요 예산

[표 5-4] 1세부과제 비목별 소요예산

(단위 : 천원)

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	40,020	79,980	160,020	120,000	400,020
	연구장비재료비	100,050	199,950	400,050	300,000	1,000,050
	연구활동비	14,007	27,993	56,007	42,000	140,007
	연구과제추진비	16,008	31,992	64,008	48,000	160,008
간접비		30,015	59,985	120,015	90,000	300,015
합계		200,100	399,900	800,100	600,000	2,000,100

나. 2세부 연차별 소요 예산

[표 5-5] 2세부과제 비목별 소요예산

(단위 : 천원)

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	40,020	79,980	160,020	120,000	400,020
	연구장비재료비	100,050	199,950	400,050	300,000	1,000,050
	연구활동비	14,007	27,993	56,007	42,000	140,007
	연구과제추진비	16,008	31,992	64,008	48,000	160,008
간접비		30,015	59,985	120,015	90,000	300,015
합계		200,100	399,900	800,100	600,000	2,000,100

다. 3세부 연차별 소요 예산

[표 5-6] 3세부과제 비목별 소요예산

(단위 : 천원)

구 분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	53,360	106,640	213,360	160,000	533,360
	연구장비재료비	133,400	266,600	533,400	400,000	1,333,400
	연구활동비	18,676	37,324	74,676	56,000	186,676
	연구과제추진비	21,344	42,656	85,344	64,000	213,344
간접비		40,020	79,980	160,020	120,000	400,020
합계		266,800	533,200	1,066,800	800,000	2,666,800

## 6장. 과제 제안요구서

### 1절. 과제 제안요구서(RFP)

[표 6-9] 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	제로에너지 주택 보급을 위한 고성능의 적정비용 건축자재 개발 기획
1. 연구개발 목표	<p>○ 연구의 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세계 최고 수준의 기술·가격 경쟁력을 확보한 에너지 절약형 건축자재 (창호, 세대현관문, 단열신소재)개발</li> </ul> <p>○ 세부목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1세부: 에너지 절약형 자재 및 기술 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축</li> <li>· 기존 기술 연계활용 전략 구축</li> <li>· 제로에너지 건축 기술트리 구축</li> </ul> </li> <li>- 2세부: 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축</li> <li>· 제로에너지 기술 개발 로드맵 개발</li> <li>· 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발</li> </ul> </li> <li>- 3세부: 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>① 창호 자재 및 기술 개발                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· 단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택), 1.0 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택 외)</li> <li>· 기밀성능: 0.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>· 태양열취득율(SHGC): 0.3 이상(주택), 0.3 이하(주택 외)</li> <li>· 제조원가(2m×2m): 1,600천원/set(주택), 2,000천원/set(주택 외)</li> </ul> </li> <li>② 세대현관문 자재 및 기술 개발                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· 단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하, 기밀성능: 0.6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>· 결로성능: TDR 0.3 이하, 내화성: 70분 이상(비차열)</li> <li>· 제조원가: 500천원/set</li> </ul> </li> <li>③ 단열신소재 자재 및 기술 개발                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열전도율: 0.002 W/m·K 이하, 유효 열전도율: 0.004 이하(두께 20mm)</li> <li>· 난연성능: 불연등급 확보</li> <li>· 제조원가: 40천원(두께 20mm 기준)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p>○ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 파리 당사국 총회(COP21, 2015년 12월) 이후 온실가스 감축목표가 국제적으로 공식화되면 후속작업으로 부문별 세부이행계획 대응방안 마련이 시급하며 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지 건축물 의무화 추진(2025년) 등과 관련하여, 건물부문의 구체적인 기술적 대책 마련이 시급한 상황으로 인식되고 있음</li> </ul>

- 일반건물 대비 30% 이상 건축공사 추가비용이 소요되는 제로에너지 건물 고성능화와 최적 경제성 확보를 위해서는 건물 에너지 소비 핵심자재의 전략적 개발이 필요함
- 에너지 및 온실가스 저감 차원에서 혁신적인 제로에너지 건축기술의 개발과 보다 효율적으로 에너지절감을 실현할 수 있는 적정 기술에 대한 종합적인 체계적 준비와 고도화/상용화/국산화 촉진방안 개발이 절실함
- 제로에너지 관련 원천기술의 대부분을 선진국에 의존하고 있으며, 일부 국내 확보하고 있는 원천기술의 경우, 원천기술을 보유한 이를 활용하여 제품으로 상용화 할 수 있는 기관과의 네트워크 구축 미흡으로 사실상 상용화가 이루어지지 못하고 있음. 이에 제로에너지 녹색건설시장으로의 혁신적인 전환과 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는, 핵심 원천기술에 대한 다각적 전문기관간 융합과 집중적 기술개발 및 투자 필요함

### ○ 기술동향

- 국내외에서는 건물의 에너지 소비 저감을 위한 다양한 기술개발이 이루어져 왔고 Passive House, Self-sufficient House, Zero Energy House, Plus Energy House 등의 개념으로 발전되고 있음. 최근에는 제로에너지 건물 구현을 위해서는 고성능 외피 적용, 신재생에너지 이용 등이 필수적인 기술로 건물부문에 적용되고 있음
- 국외 건축물 에너지 성능향상 요소기술은 선진국, 특히 유럽 국가가 기술개발 및 시장을 선도하고 있음. 특히 패시브 기술인 창호, 단열재, 외피시스템의 시장 성숙도가 매우 높음
- 국내 제로에너지 주택사업은 단독 주택건설에서 주거단지 형태로 확대되는 추세임
- 제로에너지 건물 구현의 핵심기술로 고효율 외피 및 공조기술, 신재생 에너지 건물 융합기술, 친환경/저에너지 건축자재 기술, 건물에너지 제어 및 관리 IT 융복합 기술 등이 개발되고 있으나, 대부분 선진국에 의존하고 있으며 일부 국내 확보하고 있는 원천기술의 경우, 원천기술을 보유한 이를 활용하여 제품으로 상용화 할 수 있는 기관과의 네트워크 구축 미흡으로 사실상 상용화가 이루어지지 못하고 있음
- EU등 주요 선진국은 지원을 통한 최적 비용 제로에너지 건축물 구현을 추진 중에 있으며, 의무화를 할 경우 일정 비용 내에서 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구중에 있음
- 건축분야의 경우 미국이 기술수준 및 기술경쟁력 측면에서 우위를 점하고 있으며, 한국은 건축물 에너지 성능향상 요소기술에 관련된 녹색건축, ICT 융복합건축, 건축물 에너지 성능, 건축 재료성능 등 대부분 주요 지표에서 경쟁력을 확보하지 못하는 현실임
- 친환경/저에너지 건축자재 핵심기술은 대부분 선진국에 의존. 에어로젤, 폼실리카 등 신소재 단열재는 원천기술을 포함하여 현저히 기술 수준 차이가 발생
- 현재, 제로에너지 건물 분야는 유럽, 미국 등 주변 선진국 대비 원천기술의 부족(50~70% 수준)과 건축자재, 설비/기기 등 핵심기술 개발이 미비한 상황

3. 연구개발 내용	○ 1세부과제 : 에너지 절약형 자재 및 기술 조사								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="470 365 660 409">세부 목표</th> <th data-bbox="660 365 1334 409">연구 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="470 409 660 521">에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축</td> <td data-bbox="660 409 1334 521"> <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 자재/시스템 목록화 및 성능/비용 DB 구축</li> <li>핵심 자재/시스템의 공종별 공사비 도출</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 521 660 622">기존 기술 연계활용 전략 구축</td> <td data-bbox="660 521 1334 622"> <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술 적용 사례 및 유형 분류</li> <li>'요소기술-&gt;모듈-&gt;패키지' 단계별 연계활용 전략 구축</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 622 660 730">제로에너지 건축 기술트리 구축</td> <td data-bbox="660 622 1334 730"> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축 기술트리 작성('에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축' 결과 활용)</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	세부 목표	연구 내용	에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 자재/시스템 목록화 및 성능/비용 DB 구축</li> <li>핵심 자재/시스템의 공종별 공사비 도출</li> </ul>	기존 기술 연계활용 전략 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술 적용 사례 및 유형 분류</li> <li>'요소기술-&gt;모듈-&gt;패키지' 단계별 연계활용 전략 구축</li> </ul>	제로에너지 건축 기술트리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축 기술트리 작성('에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축' 결과 활용)</li> </ul>
	세부 목표	연구 내용							
	에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 절약형 자재/시스템 목록화 및 성능/비용 DB 구축</li> <li>핵심 자재/시스템의 공종별 공사비 도출</li> </ul>							
기존 기술 연계활용 전략 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 기술 적용 사례 및 유형 분류</li> <li>'요소기술-&gt;모듈-&gt;패키지' 단계별 연계활용 전략 구축</li> </ul>								
제로에너지 건축 기술트리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축 기술트리 작성('에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB 구축' 결과 활용)</li> </ul>								
○ 2세부과제 : 제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정									
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="470 819 660 864">세부 목표</th> <th data-bbox="660 819 1334 864">연구 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="470 864 660 1010">제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축</td> <td data-bbox="660 864 1334 1010"> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 유형 및 수준 분류</li> <li>제로에너지 건축물의 유형 및 수준 분류에 따른 적용 자재, 기술 및 시스템 최적화 방안 도출</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 1010 660 1111">제로에너지 기술 개발 로드맵 개발</td> <td data-bbox="660 1010 1334 1111"> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 보급 기술 수준 조건과 정책 추진 로드맵 매칭</li> <li>제로에너지 기술 개발 로드맵 도출</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 1111 660 1252">제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발</td> <td data-bbox="660 1111 1334 1252"> <ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 조사</li> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 도출</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	세부 목표	연구 내용	제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 유형 및 수준 분류</li> <li>제로에너지 건축물의 유형 및 수준 분류에 따른 적용 자재, 기술 및 시스템 최적화 방안 도출</li> </ul>	제로에너지 기술 개발 로드맵 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 보급 기술 수준 조건과 정책 추진 로드맵 매칭</li> <li>제로에너지 기술 개발 로드맵 도출</li> </ul>	제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 조사</li> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 도출</li> </ul>	
세부 목표	연구 내용								
제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 유형 및 수준 분류</li> <li>제로에너지 건축물의 유형 및 수준 분류에 따른 적용 자재, 기술 및 시스템 최적화 방안 도출</li> </ul>								
제로에너지 기술 개발 로드맵 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축물 보급 기술 수준 조건과 정책 추진 로드맵 매칭</li> <li>제로에너지 기술 개발 로드맵 도출</li> </ul>								
제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 조사</li> <li>제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼 도출</li> </ul>								
○ 3세부과제 : 기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발									
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="470 1341 660 1386">세부 목표</th> <th data-bbox="660 1341 1334 1386">연구 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="470 1386 660 1576">창호 자재 및 기술 개발</td> <td data-bbox="660 1386 1334 1576"> <ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택), 1.0 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택 외)</li> <li>기밀성능: 0.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>태양열취득율(SHGC): 0.3 이상(주택), 0.3 이하(주택 외)</li> <li>제조원가(2m×2m): 1,600천원/set(주택), 2,000천원/set(주택 외)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 1576 660 1767">세대현관문 자재 및 기술 개발</td> <td data-bbox="660 1576 1334 1767"> <ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하, 기밀성능: 0.6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>결로성능: TDR 0.3 이하, 내화성: 70분 이상(비차열)</li> <li>제조원가: 500천원/set</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 1767 660 1951">단열신소재 자재 및 기술 개발</td> <td data-bbox="660 1767 1334 1951"> <ul style="list-style-type: none"> <li>열전도율: 0.002 W/m·K 이하, 유효 열전도율: 0.004 이하(두께 20mm)</li> <li>난연성능: 불연등급 확보</li> <li>제조원가: 40천원(두께 20mm 기준)</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	세부 목표	연구 내용	창호 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택), 1.0 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택 외)</li> <li>기밀성능: 0.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>태양열취득율(SHGC): 0.3 이상(주택), 0.3 이하(주택 외)</li> <li>제조원가(2m×2m): 1,600천원/set(주택), 2,000천원/set(주택 외)</li> </ul>	세대현관문 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하, 기밀성능: 0.6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>결로성능: TDR 0.3 이하, 내화성: 70분 이상(비차열)</li> <li>제조원가: 500천원/set</li> </ul>	단열신소재 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>열전도율: 0.002 W/m·K 이하, 유효 열전도율: 0.004 이하(두께 20mm)</li> <li>난연성능: 불연등급 확보</li> <li>제조원가: 40천원(두께 20mm 기준)</li> </ul>	
세부 목표	연구 내용								
창호 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택), 1.0 W/m<sup>2</sup>·K 이하(주택 외)</li> <li>기밀성능: 0.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>태양열취득율(SHGC): 0.3 이상(주택), 0.3 이하(주택 외)</li> <li>제조원가(2m×2m): 1,600천원/set(주택), 2,000천원/set(주택 외)</li> </ul>								
세대현관문 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단열성능: 0.8 W/m<sup>2</sup>·K 이하, 기밀성능: 0.6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) 이하</li> <li>결로성능: TDR 0.3 이하, 내화성: 70분 이상(비차열)</li> <li>제조원가: 500천원/set</li> </ul>								
단열신소재 자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>열전도율: 0.002 W/m·K 이하, 유효 열전도율: 0.004 이하(두께 20mm)</li> <li>난연성능: 불연등급 확보</li> <li>제조원가: 40천원(두께 20mm 기준)</li> </ul>								
4. 연구개발									

추진방법

○ 추진전략

- 세계 최고 수준의 기술 수준을 확보하는 목표로 기술개발이 진행되며, 이를 통한 국내 제로에너지 건축물 의무화 정책에 부합되는 건축자재 확보와 이를 통한 세계 시장 진출을 추진하는 목표를 설정함
  - TRL 9단계 목표
  - 세계최고 수준 성능목표 및 전략 수립
  - 실증 적용사업(실증 성능평가 및 효과분석) 추진
- 가격경쟁력을 확보한 기술로 국내/외 시장 진출 및 정책적 요구사항을 반영한 기술개발 목표를 설정
- 개발 및 사업화 역량을 보유하고 있는 강소 중소기업이 주관하여 기술개발을 추진하여 개발 기술의 국산화/상용화/고도화 추진
  - 가격경쟁력과 기술력 확보를 통한 상용화 추진전략 개발
- 정부, 관련기관 및 시장 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
  - 연구성과를 다양한 수요처가 활용할 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
  - 유관기관 및 시장의 의견을 수렴하여 연구개발에 반영
- 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함
  - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등을 제시

○ 추진체계

- 과제 내 컨소시엄 구성 시 주관연구기관은 과제시점부터 종료까지 동일 기관이 연구를 수행하여야 하며, 컨소시엄 구성 시 과제수행 역할을 고려하여 구성
- 연구목표 및 범위 설정
  - 핵심 요소기술별 기술유형 및 기술성숙도(TDR)를 제시하고, 세계 최고 수준의 기술개발 목표로 설정
- 산학연 연계 및 확보기술 실용화 조직구성
  - 정부출연연구소, 대학, 건설사, 소재업체, 제품생산업체 등 유기적인 협력 체계를 구축
- 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술성/정책적/경제적 보완사항에 대한 자문
- 국내외 기존 사례, 기술수준 및 동향의 상세 분석과 지속적 반영으로 개발 대상 기술의 질적 우수성과 미래 지향성 제고
- 개발(해당기술 개발)->검증(시범적용, 성능검증, 수정보완)->완성(수정보완 완료, 기술보급 자료 작성)->상용화의 단계별 연구진행으로 성과물의 질적 수준 제고하고, 개발 기술의 보급 활용 극대화

<b>5. 최종성과물</b>		
<b>세부 과제명</b>	<b>연구 성과물</b>	
에너지 절약형 자재 및 기술 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 에너지 절약형 자재/시스템/공사비 DB</li> <li>▪ 제로에너지 건축 기술트리 구축</li> </ul>	
제로에너지 건축물 기술 및 자재 목표성능기준 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제로에너지 건축물 유형/수준별 기술 수준 DB</li> <li>▪ 제로에너지 기술 개발 로드맵</li> <li>▪ 제로에너지 건축자재 및 기술 인증 플랫폼</li> </ul>	
기술경쟁력 가격경쟁력을 확보한 건축자재 및 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 세계 최고 수준의 기술/가격 경쟁력을 확보한 창호, 세대현관문, 단열신소재 개발</li> </ul>	
<b>6. 기대효과 및 파급효과</b>		
<p>○ <b>정책적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고비용 저에너지건축물에 대한 시장 기피 해소를 위한 고성능의 적정비용 건축 자재 개발 및 차질 없는 온실가스 정책 견인</li> <li>- 2017년 패시브의무화, 2025년 제로에너지 건축물 의무화 등 제로에너지 건축물 활성화를 위한 제도적, 정책적 기반 마련</li> </ul> <p>○ <b>기술적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 건축물에 사용되는 고성능의 적정비용 건축자재 및 기술 발전 독려</li> <li>- 제로에너지 건축기술의 개발과 효율적으로 에너지절감을 실현가능한 적정 기술에 대한 종합적인 체계 정비와 고도화/상용화/국산화 촉진</li> </ul> <p>○ <b>경제적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로에너지 건축물 에너지 절감을 통한 수입대체 효과 극대화</li> <li>- 건물 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 감축을 통한 사회적 비용 절감</li> <li>- 국내 주택시장 및 기술시장에 보급가능성과 지역경제, 산업경제 파급 효과 창출 가능</li> </ul>		
<b>7. 연구기간 및 지원예산</b>		
<p>○ <b>연구기간</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 연구기간 : 2018.XX ~ 2022.XX(4년)</li> <li>- 1차년도 연구기간 : 2018.XX ~ 2019.XX (12개월)</li> </ul> <p>○ <b>정부출연금 규모</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 정부출연금 5,000 백만원</li> <li>- 1차년도 정부출연금 : 500 백만원 이내</li> </ul>		
<b>8. 기타</b>		

## 2절. 평가기준 설정

[표 6-2] 기준 항목 및 세부평가항목

기준항목	세부평가항목
연구컨소시엄의 주요실적 (10점)	관련 프로젝트 수행실적 건수 (10점)
연구진 구성의 적정성 (10점)	참여 연구인력 투입의 적정성 및 전문성(5점)
	기존 건축물 리모델링 설계 실무 등 전문분야별 수행조직 구성의 적정성 및 참여기관의 기술개발 역량 (5점)
연구제안의 충실도 (25점)	제안 기술 및 전략의 RFP 부합성 (5점)
	연구수행을 위한 국내 및 국제표준현황 파악의 충실도 (5점)
	연구범위 및 목표설정의 타당성 (5점)
	성과목표·지표 설정의 명확성 및 적정성 (5점)
	세부과제 추진의 독립성 및 과제간 상호연계성 (5점)
추진전략의 구체성 (25점)	연구수행, 지원체계 및 인프라 구축의 합리성 (5점)
	연구성과의 실무보급 및 세움터 활용 등 실용화 전략의 구체성 (5점)
	국가표준, 국제 개방형BIM표준 연계전략의 구체성 (5점)
	목표달성을 위한 1단계와의 연계 및 연구 파급효과의 전략제시 (5점)
	독창적인 과제제안 및 등 추진전략의 차별성 (5점)
연구성과 활용방안 및 실용화의 구체성 (20점)	연구성과의 정량적 제시 및 활용방안의 구체성 (5점)
	개발 기술의 기대성과(기술적, 경제적) 및 파급효과(5점)
	연구성과물의 실용성 및 실무계 지원효과의 구체성 (5점)
	연구성과의 세움터 등 국가공공시스템 연계활용의 구체성 (5점)
연구책임자의 수행역량 (10점)	본 과제의 핵심 주제에 관한 연구책임자의 전문성 및 관련 주요업적 (5점)
	연구개발과제 관리 및 운영능력 (5점)