

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2018. 10. 26.

주관연구기관명 : 사단법인 한국패시브건축협회  
주관연구책임자 : 최정만  
연구원 : 오대석  
" : 이정훈  
" : 김인호  
" : 김태룡  
" : 박종일

## 보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	2017. 12. 27 ~ 2018. 05. 04	단 계 구 분	1/1
연구 사업명	중 사업명	국토교통연구 기획사업			
	세부 사업명				
연구 과제명	대 과제명	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획			
	세부 과제명				
연구 책임자	최정만	해당단계 참 여 연구원 수	총: 6명 내부: 6명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 77,000천원 민간: 천원 계: 77,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(사)한국패시브건축협회			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수 : 328	

### 1. 기술의 정의

- 신축 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발
- 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발
- 고효율 소규모 건축물의 설비시스템 고도화 및 냉·난방, 급탕, 환기 시스템의 패키지화
- ICT 기술을 활용한 소규모 건축물 에너지 관리 기술 개발

### 2. 기술의 필요성

- 에너지관리제도의 사각지대에 위치한 연면적 500㎡ 미만의 소규모 건축물
- 노후건축물의 에너지 효율 개선 및 에너지 빈곤 해소의 필요성
- 저에너지 건축 시장에서 해외 기술과의 격차를 줄이고 시장선도를 위한 체계적인 연구의 필요성

### 3. 비전

- 제로에너지 시대 맞춤형 행복 주거공간 실현 및 소규모 건축물 고효율/ 제로에너지 구현

### 4. 목표

- 패시브건축물 수준의 건축적인 설계·시공 규범 도출 (난방부하, 1.5L 이하)
- Heat Pump를 활용한 하이브리드형 냉·난방, 급탕, 환기 설비 개발
- ICT 기술 융합형 소규모 건축물 관리/제어/운영 최적모델 도출

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	소규모 건축물, 건물에너지, 최적화, 에너지관리시스템, 리모델링
	영 어	Small Scale Building, Building Energy, Optimization, EMS, Remodeling

## 요 약 문

### I. 제목

#### 1) 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

#### 1) 연구개발의 목적

- 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 기술이란, 저층 주거지를 구성하고 있는 주요한 소형 건축물(ex. 단독주택, 다가구주택, 다세대주택 등)의 에너지 소비 저감 기술로서, 신축과 리모델링의 기회를 통하여 제로에너지 건물에 도달할 수 있도록 하는 설계·시공 기술과 에너지 생산·관리기술 및 정책제안을 포괄함.
- 현재 연면적 500m<sup>2</sup> 미만의 건물은 에너지절약계획서와 같은 국가 인증 대상에서 제외되는 등 국가적 에너지 관리 체계 안에 포함되지 않고 있으며, 이는 아직까지 소규모 건축물을 규제할 수 있는 기준과 소규모 건축물 시장에 기술 보급이 이루어지지 못한 실정 때문임.
- 그러나 전체 건물 재고량 및 총에너지 사용량에서 소규모 건축물은 매우 높은 비중을 차지하고 있으며 소규모 건축물을 에너지 관리 대상에서 제외하고 건축 분야에서 에너지 절감을 달성하기 위해서는 많은 어려움이 예상됨.



그림 1. 연구적용 대상

- 특히 소규모 건축물의 경우, 국가 정책을 강제하기 어렵고, 기업이 많은 수익을 남길 수 있는 시장도 아니며, 각각의 건물이 서로 다른 스토리를 갖고 있어 통일화 하기도 어려운 상황임. 이것은 많은 변수를 파악하고 분류하고 조합하기 위한 다년간의 노력이 반드시 필요하며, 개인을 비롯한 여러 공급자, 연구기관, 정부기관이 유동적인 생태계를 구성해야만 가능할 것임.
- 본 과제에서는 소규모 건축물의 설계/시공/유지관리/에너지관리 실태를 파악하고 그것을 개선할 수 있는 방법들을 강구하며, 현장에서부터 시작하여 정책 제안까지의 방향성을 제시하고자 함.
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화의 연구비전과 연구목표는 다음과 같음

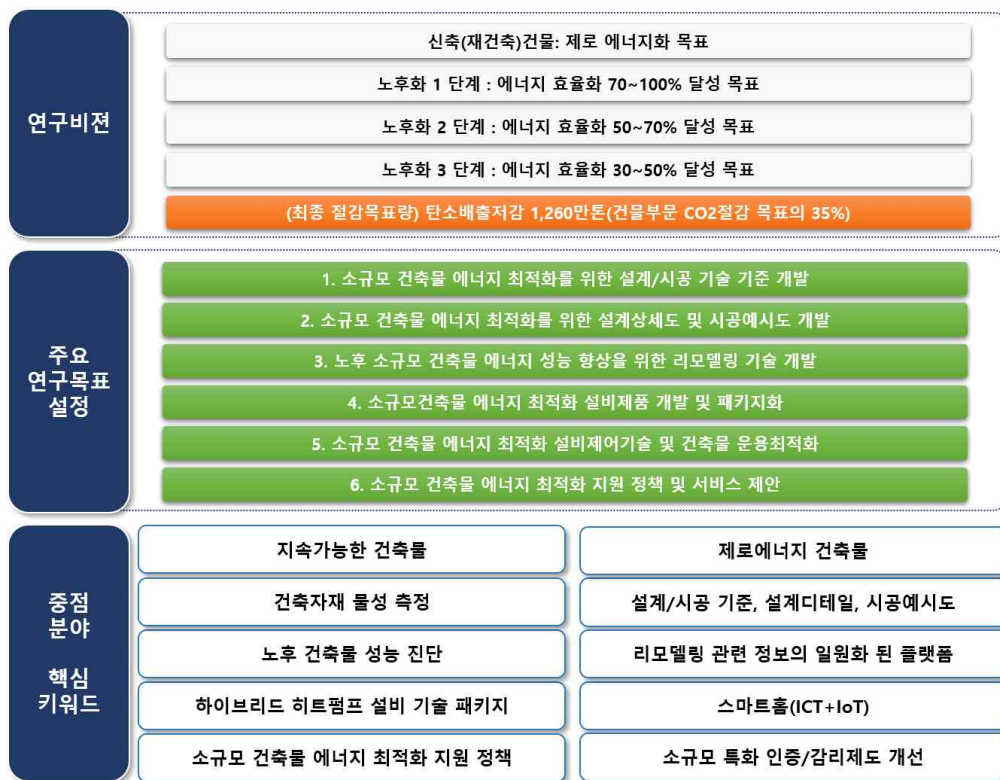


그림 2. 연구비전 및 주요연구목표

- 소규모 건축물 신축을 위한 소비에너지 최적화 설계 기준, 설계상세도, 시공예시도 및 감리를 위한 체크리스트 개발
- 노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술개발
- Heat Pump를 활용한 하이브리드형 냉/난방, 급탕, 환기 패키지 시스템 개발
- 소규모 건축물 에너지 관리 및 제어 기술 개발

## 2) 연구개발의 필요성

### ○ 신축

- 건축에 종사하는 실무분야로는 수많은 설계사와 시공사가 존재하며 소규모 건축물의 경우 중견기업 이상 대기업이 침투하기 어려운 시장으로 인식되었으나 최근 패시브하우스, 제로에너지하우스의 단지를 개발, 기획하는데 있어서는 LH, SH와 같은 공사를 비롯하여 대기업의 시장 참여가 매우 높은 실정임.
- 국토교통부(녹색건축과) 주관 ‘제로에너지빌딩 시범사업’ 연구의 실증과 더불어 ‘대구 제로에너지타운’, ‘북한강 동연재’, ‘LH 순환형 임대 리츠 시범사업’ 등 단지 신축이 가속화 되고 있음.
- 그러나 절대적인 수를 차지하고 있는 소규모 건축시장은 여전히 소규모 설계사, 시공사에서 실무가 이루어지고 있는데, 우리나라의 경우 소규모 설계사는 설계단가를 낮추어 박리다매의 형태로 일을 수주하고 있어 근본적으로 양질의 건축물 설계가 어려운 시장 구조를 갖고 있음. 이는 교육을 통해 건축물리 및 환경에 대한 이해를 바탕으로 설계하는 풍토가 필요하며 건축주 역시 설계 활동에 대한 합당한 대가를 지불하는 의식의 고취가 필요한 상황임.
- 설계와 마찬가지로 시공분야에서도 실질적인 건물을 지어냄에 있어서 구두와 경험에 의존한 시공방식에서 벗어나 과학적인 성능검증을 통해, 품질과 하자 안정성을 확보한 방법으로 시공하는 자세가 필요하며 수주와 실적이 아니라 전체적인 건물의 성능을 끌어 올려야 할 것임.
- 또한, 현재 감리의 권한은 건물의 안전성에 집중되어 있어 건물의 성능에 심각한 영향을 미치는 벽체의 구성방법(단열, 기밀, 습열에 관한내용)에 대한 강제성은 부족한 상황이며, 하자 발생이 예견되어 있음에도 경제적인 이유로 재시공을 회피하고 있는 실정임.
- 현장노동자의 교육에도 문제점이 있으나 값싼 외국인 노동자들이 대부분의 인력을 담당하고 있는 현 상황에서 그들의 교육을 책임지는 현장소장과 감리자의 역할이 매우 중요함.

### ○ 리모델링

- 리모델링의 경우 다수의 논문, 연구사업이 진행되고 정책방향이 제시되고 있음. 특히 ‘2025 서울특별시 공동주택 리모델링 기본계획\_서울시’ 과 ‘맞춤형 리모델링 지원을 위한 사례별 리모델링 기법 연구\_국토부’ 등 에서 수준 높은 결과물을 도출하였음. 전자는 기초조사를 통하여 유형을 구분하고 지원·관리방안 적용과 기본방향을 제시한 바 있으며 후자는 실질적인 리모델링 아이টে을 분류하고 단지별, 주동별, 주호별 아이টে을 분류하여 단가를 포함한 가이드라인을 제시하였음.
- 그러나 소규모 건축물을 대상으로 하는 연구는 아직 부족한 실정이며 더욱이 에너지 최적화에 관련하여서는 설계규범 및 가이드라인 이외에도 그 세부적인 실천방안은 도출되지 않았음
- 실제 시장구조를 살펴보면 리모델링의 경우, 매우 작은 규모의 수리업자를 통하거나 소규모 아플리에 설계사무실에서 이루어지는 경우가 많은데 역시 건축물리에 기반한 건물의 안정성, 쾌적성 및 에너지성능과는 무관하게 미관과 편의성을 향상시키는데 그 목적

을 두고 있음. 이에 따라 하자발생은 필연적으로 뒤따르고 있으며 2~3년 뒤에 또다시 방수, 곰팡이, 기밀훼손 등의 문제가 발생하며 분쟁도 끊이지 않는 실정임

#### ○ 설비 시공 관련

- 소규모 건축 내에서 설비로 분류할 수 있는 분야는 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등을 생각할 수 있음. 설비 시공 관련 분야에서 가장 시급한 문제점은 필요한 에너지량에 따른 용량설계인데, 과거 큰 집을 선호하던 경향에서 아파트 위주의 주거로 바뀌면서 면적(평형)에 따른 냉, 난방, 환기 설비를 상품화하였음. 이후, 사회적 변화로 말미암아 1인 가구를 비롯한 소규모 건축물의 비율이 높아지고 아파트 또한 평수를 줄이면서 실을 늘리는 형태의 평면변화를 가져왔으나 설비 분야의 입장에서는 기술개발이나 생산인프라가 구축된 상황에서 새로운 국면으로의 변화가 경제적 이익과 마찰을 일으키는 문제점이 있음.
- 선진국을 중심으로 창호와 환기장치를 조합한 상품이나 히트펌프와 환기장치를 조합한 상품 등이 시판되고 있으며 높은 수요를 보이고 있음. 이러한 하이브리드 기술을 비롯한 신기술들을 국내에 적합하게 개발하는 과정이 필요할 것임.

#### ○ 에너지관리기술

- 스마트홈, 마이크로그리드, HEMS 등 건축에 적용되고 있는 IoT 기술의 발전은 가속화되고 있으며 급증하고 있는 연구 수주에서도 확인할 수 있음. 아직까지는 기기에 입력한 기능을 편리성에 집중하여 실행하는 상황이지만 머지않아 기기 스스로 학습하고 실행하는(AI) 단계에 다다를 것으로 보임.
- 국내의 각 통신사들은 저마다 건축회사와 컨소시엄을 만들어 건물 내의 생활을 운택하게 만드는 기술을 개발하고 있으며, 정부부처 및 유관기관에서는 에너지를 관리하는 H(B)EMS기술, 에너지를 저장(ESS) 판매하는 기술(마이크로그리드) 등을 발전시키고 있음
- 건물 한 채를 두고 바라보았을 때, 앞서 말한 에너지관리기술은 특히 설비나 가전과의 연계가 필요하며 제로에너지하우스로 나아가기 위해서는 무분별한 액티브 기술의 도입이 아니라 에너지의 스마트한 소비와 저장, 개별 건물에 맞춤형 에너지소비 컨설팅이 필요할 것임.

### III. 연구과제의 구성

#### 1) 연구개발의 범위

- 연구개발의 범위는 소규모 건축물의 에너지성능 최적화를 목표로 하기 때문에 신축과 리모델링으로 나눌 수 있으며 이를 지원하는 설비·시공 기술 및 에너지 관리 기술 및 제도 개선이 뒷받침 됨.
- ‘성능기반의 설계/시공기법’을 바탕으로 하는 설계/시공 기준 및 상세도를 개발하여 설계자, 시공자를 비롯한 관계자의 이해를 도우며 ‘설비 시공 기술 및 제품개발’을 통하여 건축물 에너지 관리를 가능케 함과 동시에 가격을 낮추고 효율을 높이하고자 함. 건축물 한 채의 에너지 관리기술을 시작으로 마이크로그리드를 통한 지역의 에너지관리기술 까지 발전할 수 있을 것으로 기대됨.
- 또한, 소규모 건축물이라는 점을 감안할 때 정부정책 제안이 필수적이며 현재 대규모 건축물에 대한 에너지 정책이 어느정도 실효성을 거두고 있기 때문에 그러한 경험과 축적된 지식을 바탕으로 한 단계 앞선 정책을 제안할 수 있을 것임.
- 본 기획과제에서는 상기의 연구방향성을 바탕으로 3세부의 연구과제를 도출하였으며, 각 세부과제에서는 다음과 같은 연구내용을 포함하고 있음.

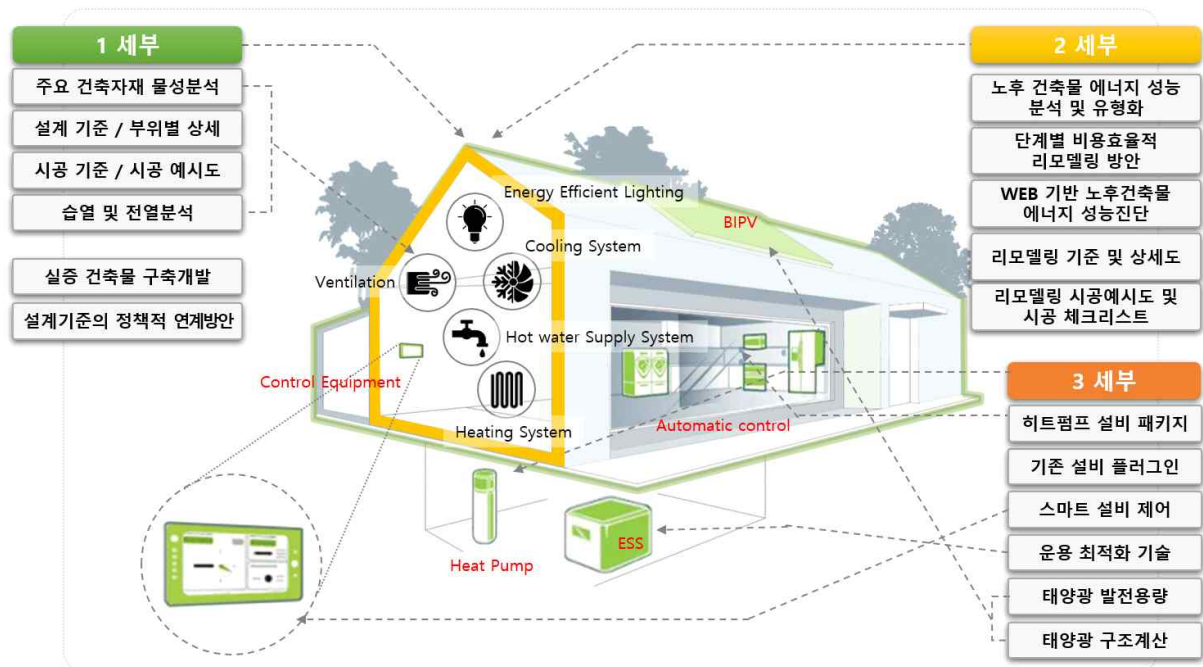


그림 3. 소규모 건축물 소비에너지 최적화 연구과제의 주요 연구 내용

## 2) 세부 연구과제 목표 및 내용

### ○ 소비에너지 최적화를 위한 설계·시공 상세도 및 가이드라인 개발

- 국내 유통 자재 물성 분석 및 구체성능 분석
  - 국내 소규모 건축물에서 발생하는 습기에 의한 하자 조사 및 건축물리학적 원인 분석 : 외벽, 내벽, 외벽 마감, 개구부 (창문, 대문), 지붕, 바닥, 지하실, 다락방 등
  - 국제수준의 습열거동 물성측정시설 구축 및 국산 건축자재의 물성측정을 통한 데이터 베이스 구축 : 합습 성능, 증기 확산 저항계수, 모세관 계수 - 흡수 & 전달, 밀도, 공극 율, 비열, 열전도율
  - 국내 기후 습열 거동 분석을 위한 대상 지역 선정 및 실내·외 기후조건 분석
  - 습열 거동 분석 기반 대한민국 기후 최적의 외피구성 및 기준 도출
- 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 상세도개발
  - 다양한 부위 구성을 만족할 수 있도록 기본적인 원리 기술 후 응용방안 제시
  - 필요시 관련 부자재의 용도와 물성치를 제시하며 전문시험기관의 결과를 활용
  - 부위별 상세도는 대표적 구성과 취약구성에 대해 ISO 10211 기반의 전열해석을 통한 열교 분석을 시행함
  - 결로 곰팡이 방지를 위해 습열 분석을 시행하여 구체의 안정성을 검증함
  - 외벽 배관, 실외기, 광고판, 선풍통, 어닝 등에 대한 허용하중과 연결철물, 결합방식 등 외부 부착물에 대한 설계 기준을 제시함

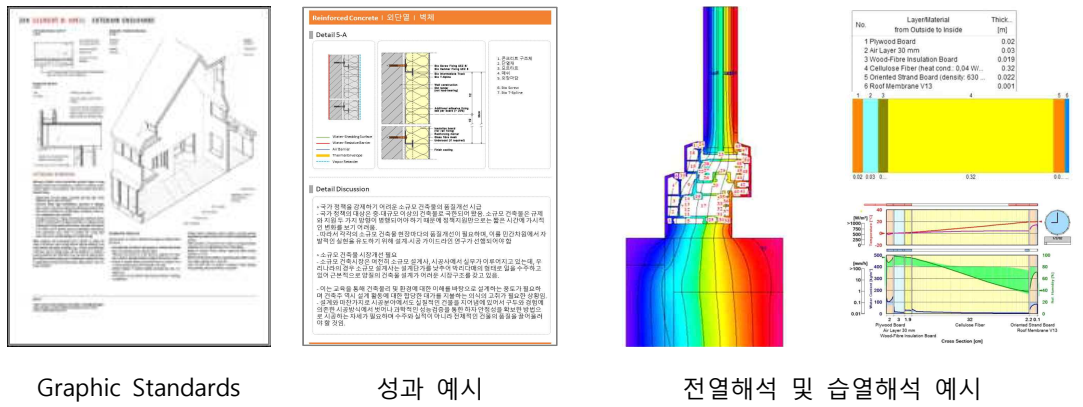


그림 4. 미국 코드해설서(좌), 전열 및 습열 분석 예시(우)

- 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발
  - 선공정과 후공정에 대한 고려를 통해 공정별 체크리스트 활용
  - 물과 관련된 방수, 방습, 투습의 개념과 화재 안전성에 대한 시공방법 기술
  - 시공방법에 따른 장단점을 기술하고 대표적 하자 및 취약점을 개선할 수 있도록 주의 사항 작성
  - 소규모 건축물의 설계, 자재, 설비, 열원공급, 신재생에너지 연계 등 최적화 패키지를 개발하고 시공 가이드라인을 작성함
- 지속가능한 건축을 위한 시공 체크리스트 개발

- 주요하자사례에 따른 예방, 보완 기술 작성
- 공정에 따른 검사항목작성
  - 예) 구조체검사, 방수검사, 기밀검사, 환기설비검사
- 실증을 통한 신축/리모델링 기술과 설비제품 및 에너지관리기술의 타당성 검증
  - 소규모 제로에너지 건축물의 에너지 절감량 실증
  - 설비제품 및 에너지 관리기술 연구 테스트베드
- 주민 편의 시설을 포함한 다세대 건축물
- 어린이집, 도서관, 노인정 등



그림 5. 소규모 제로에너지 건축물 실증 예시

- 설계기준의 정책적 연계방안 개발

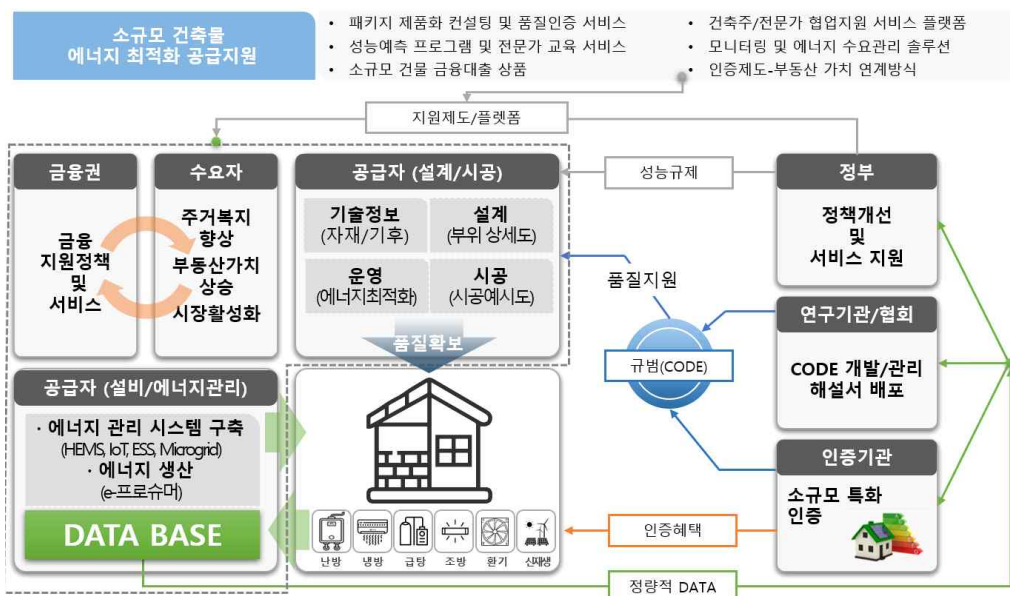


그림 6. 설계기준의 정책적 연계방안 활용도

○ 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발

- 노후 소규모 건축물 구조별/ 용도별 건물에너지 성능분석 및 유형화
  - 국내 노후 소규모 건축물의 준공연도, 공법별, 용도별 분류 및 열교·기밀수준 분석, 건축물 전체 에너지 성능분석을 통해 성능정량화 데이터 구축



그림 7. 노후건축물 에너지 성능 분석 예시

- 시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안
  - 해외 리모델링 설계지침/가이드라인 분석 및 국내 적용 가능항목 도출

- Int'l Building Code (IBC)
- Int'l Residential Code (IRC)
- Int'l Fire Code (IFC)
- Int'l Energy Conservation Code
- Int'l Plumbing Code (IPC)
- Int'l Private Sewage Disposal
- Int'l Mechanical Code (IMC)
- Int'l Fuel Gas Code (IFGC)
- Int'l Wildland-Urban Interface
- Int'l Existing Building Code
- Int'l Property Maintenance Code
- ICC Performance Code (ICPC)
- Int'l Zoning Code (IZC)
- Int'l Green Construction Code (IgCC)
- Int'l Swimming Pool Code (ISPC)



그림 8. 미국 설계 지침

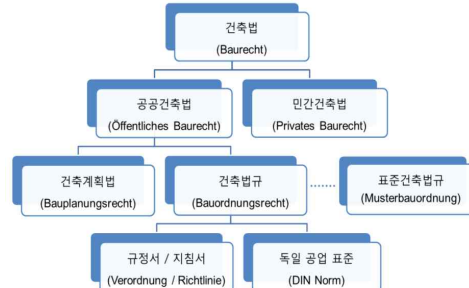


그림 9. 독일 건축 법규의 체계

- 패시브-액티브-신재생으로 연계되는 파트별 리모델링의 단계적 방법론 제시
- 노후 소규모 건축물의 단계별 리모델링 성능 향상지수 개발



그림 10. 리모델링 단계적 방법론 제시

- 에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준·상세도·시공예시도 개발
  - 열교부위 완화 및 습열안정에 기반한 리모델링 기법 개발

- 단열, 기밀, 창호, 열교부위 등 요소기술별 리모델링 상세도 및 적용지침서 개발



그림 11. 국내 리모델링 시공 사례(좌)와 국외 시공 예시도(우)

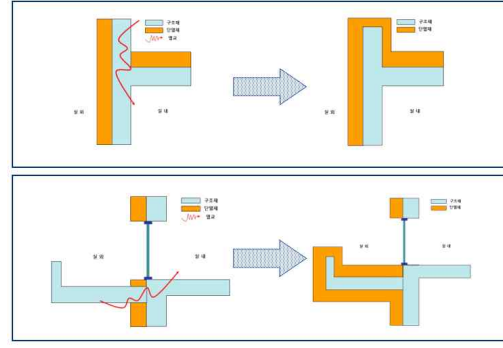


그림 12. 설계/시공 기준 및 상세도 예시

### ○ 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

- 소규모 건축물 냉난방 설계프로세스 정립
  - 소규모 건축물 대상 용도별(주거용, 상업용), 규모별(연면적, 층수), 지역별(대표 기후 : 중부, 남부, 해양성 등) 냉난방 부하 산정에 따른 설비의 용량 및 최적 에너지원 결정
  - 건축물 에너지 부하 분석을 시작으로 현재 사용되고 있는 설비현황분석을 통해 설비 개발의 방향을 제시하며 냉난방 설비 최적 설계프로세스를 제안함
- 열원 및 부하 산정에 따른 에너지 평가기술 개발
  - 소규모 건축물의 용도별·규모별·지역별 단위 열원의 부하를 산정하고 이를 평가하는 기술 및 툴(에너지 시뮬레이션)을 개발함
- 소규모 건축물 적용에 적용 가능한 고효율 제습환기 시스템 개발
  - 국내 기후 특성상 여름철은 고온다습한 환경에 노출되고 겨울철에는 생활행태로 인해 건물내부의 습도가 높은 환경이 만들어짐
  - 따라서 결로 및 곰팡이의 발생 가능성을 낮추기 위해 열교환 환기장치에 제습모듈을 더하여 국내 실정에 알맞은 환기장치를 보급할 필요성이 있음



그림 13. 3-2-1. 세부 연구내용 예시도

- 히트펌프를 기반으로 한 냉난방, 급탕, 환기 패키지 및 ICT&IoT 기술을 활용한 제어기술 개발

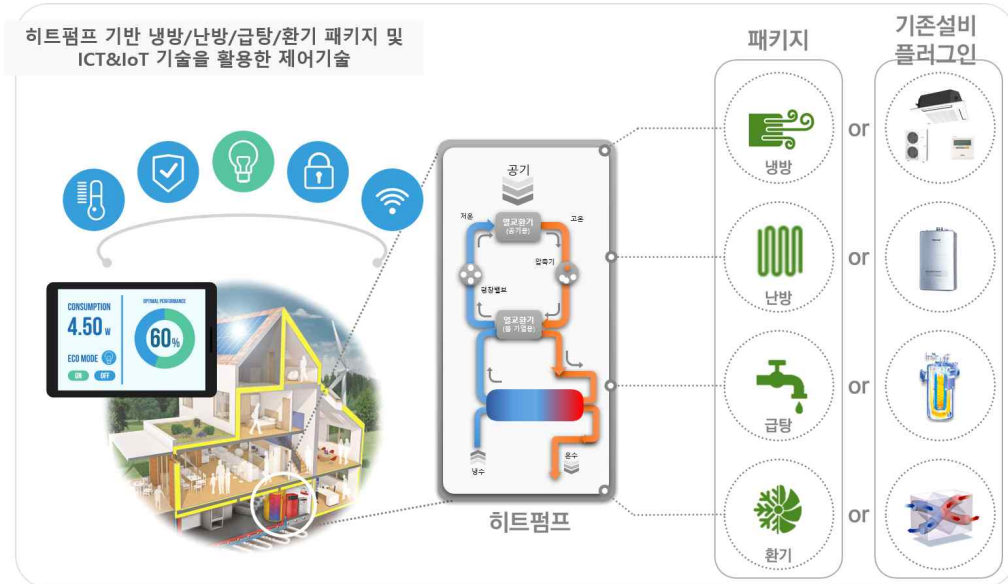


그림 14. Heat Pump 기반의 하이브리드 패키지 시스템 개요

- 사용자 전력 사용 패턴 및 부하에 기반한 최적 태양광 발전용량산정 프로그램 개발
- 태양광 설치시 지붕 유형별 · 설치 부품별 구조계산 프로그램 개발

## IV. 연구개발 추진전략

### ○ 연구개발 단계별 추진전략

개발단계	세부항목	추진전략
<b>소비에너지 최적화를 위한 설계·시공 가이드라인 개발</b>	국내 유통자재 물성분석 및 구체성능 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제 수준의 습열 물성 측정시설 구축을 통한 국산 건축자재의 물성 측정</li> <li>- 건축환경 분야의 실측데이터 설계반영을 통해 국내 환경에 적합한 외피구성 확보</li> <li>- 국내 건축환경물리 측정기술의 선진화</li> </ul>
	설계기준 및 상세도개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 구조별, 부위별, 자재별 기준 및 상세도를 개발함</li> <li>- 개발된 기준은 열교분석 및 습열분석과 안전성에 관련된 항목으로 검증을 실시함</li> <li>- 소규모 건축물 에너지 사용량을 분석하고 정량화</li> <li>- 리모델링에 대한 설계기준 및 부위별 상세도를 개발함 (기존 건물의 노후화 정도 진단 방식을 통해 신축과 리모델링을 결정하고 성능 향상 예상지수를 개발)</li> </ul>
	시공기준 및 시공예시도 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 시공과정에 따른 기준 및 시공예시도를 개발함</li> <li>- 시공방법에 따른 지침서를 개발함</li> <li>- 리모델링에 대한 시공기준 및 시공예시도를 개발함 (노후건축물 안전성능 진단 기술 및 경제성을 고려한 에너지리모델링 시공 프로세스 개발)</li> </ul>
	설계·시공 실무자 가이드라인 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공사 중 하자방지 체크리스트 개발 : 구조체, 방수, 단열, 기밀, 방화, 환기 등 대표 공정에 대한 체크리스트 개발을 통해 시공자 및 감리자의 활용도를 높임)</li> <li>- 공사 후 하자발생 대처방안 개발 : 하자발생 사례 연구 및 분석 : 하자 발생 시 참고할 원인분석 및 대처방안 가이드 북 : 건축주용 건물 사용 설명서(가이드라인) : 실내환경 성능평가 가이드북 (실내공기질, 결로, 곰팡이 등)</li> </ul>
<b>소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비 시스템 및 에너지 관리기법 도출</b>	부하별·용도별 설비시공제품 패키지화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉·난방, 환기, 급탕이 가능한 Heat Pump 패키지 시스템을 개발하여, 소규모 건축물의 부하별/용도별 설비제품 제작 및 효율 분석</li> </ul>
	생활 밀착형 설비 제어기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구 연한이 남아있는 기존 설비 제어 기술 개발</li> <li>- 사용자별 최적 소비 패턴 가이드 라인 제공</li> </ul>
	에너지 독립 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물 최적 BIPV 디자인 방법 도출 등</li> <li>- 소규모 ESS 적용 등</li> </ul>
	소규모 건축물 운용최적화 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HEMS, AI, Big Data</li> <li>- 소규모 에너지 프로슈머 육성방안</li> </ul>

실증사례 개발	설계 시공 가이드라인의 현장 적용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 현장의 현실을 고려했는지에 대한 평가</li> <li>- 기술 이해의 난이도와 관련한 검증을 통해 현장기술자 교육과 관련한 레벨 측정</li> </ul>
	설비 시공 제품의 품질 및 설치 방식 난이도 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설비와 시공 제품의 현장 적용 관련한 난이도 측정 및 보완</li> <li>- 에너지 절감과 생활 쾌적성에 대한 검증</li> <li>- Heat Pump 설비 패키지의 적용성 검증</li> </ul>
	에너지 관리 시스템 효용성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 에너지 관리 시스템과 소비자의 에너지 소비패턴의 적합도 검증</li> <li>- 에너지 관리 시스템의 현실적 적용이 가능한 최소한의 건물성능에 대한 정량적 기준 제시</li> </ul>
정책화·법규화 현장단계	핵심기술 안착을 위한 설계·시공 기술의 규범화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 법적 의무화가 필요한 설계·시공 방식의 규범화</li> <li>- 전문가와 시장관계자 수요자를 통한 현장의견 수렴</li> <li>- 생활형 SOC 시설의 에너지 쾌적성 확보 방안 마련</li> </ul>
	소규모 건축물 대상 인증제도/감리제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물 신축/리모델링 인증제도 기준 제시</li> <li>- 기존 인증제도 연계를 통한 시행방안 계획</li> <li>- 기존 감리제도 개선을 통한 시공성 확보</li> </ul>
	소규모 건축물 에너지 최적화 지원정책 및 서비스 제안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현실적 에너지 효율화 목표 설정과 그에 따른 장기 저리 금융대출 개발 및 지원금 정책</li> <li>- 소규모 건축물의 에너지 효율 향상과 부동산 가치 상승의 연계(매매 임대가격의 상승 혹은 부동산세 감면)</li> <li>- 소비자와 전문가(계획/시공/감리) 연결 플랫폼 개발</li> </ul>

## ○ 세부과제별 연계방안

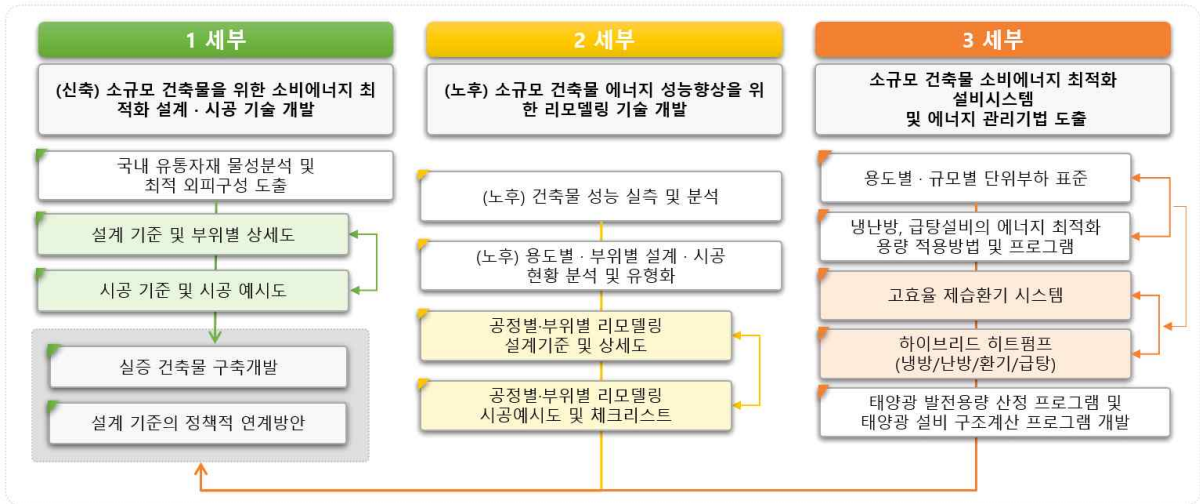


그림 15. 세부간 연계관계

- (1 세부주제) “소규모 건축물의 소비 에너지 최적화를 설계·시공 상세도 및 체크리스트 개발” 로, 소규모 건축물의 신축 시 건물 에너지 최적화를 위해 현장에서 적용해야 할 합리적 설계 시공 방식을 제시함. 이를 현장에서 쉽게 적용할 수 있게 함으로써 전문가가 투입이 어려운 소규모 건축 시장 환경에서 건축물의 하자율 최소화 하고자 함. 또한 1세부과제에서는 개발된 기술을 정책적으로 연계하고 소규모 건축물 시장에서 개발된 기술이 정착될 수 있도록 소규모 건축물의 품질확보와 관련된 법규적인 기준을 제시함
- (2 세부주제) “노후 소규모 건축물의 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발” 로, 노후건축물의 준공연도, 공법, 용도별 성능 지표를 개발하고, 건축물의 외벽, 창호, 기밀, 열교부위 등 공정별/ 부위별 리모델링 방법과 부위별 리모델링 상세도를 개발하고, 리모델링에 대한 품질확보를 위해 리모델링 시공 지침서를 개발하되, 건축물 에너지성능을 기반으로 정량적인 개선수준에 대한 지표를 제공하는 것을 목표로 함.
- (3 세부주제) “소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출” 로, 고효율 건축물 설계/ 시공기법 외에 건축물의 5대 에너지 소비원인 냉방/ 난방/ 조명/ 환기/ 급탕의 에너지소비 효율을 향상시키기 위하여 소규모 건축물에 최적화된 용량과 하이브리드 설비 기술의 융합을 시도함. 또한, 냉방/ 난방/ 급탕 에너지 소비를 효율적으로 관리할 수 있는 Heat Pump를 활용한 설비제품의 개발과 소규모 건축물에 최적화된 설비/운용/ 관리 기술을 개발하여, 건물의 소비에너지 부하별로 대응할 수 있고 다양한 조합이 가능하도록 Plug-in 방식의 시스템을 개발하고자 함

## IV. 소요예산 산정

### 나. 전체사업 소요예산

#### 1) 연차별 소요예산

(단위 : 천원)

구분		1세부	2세부	3세부	합계
1차년도	정부	500,000	200,000	300,000	1,000,000
	민간	125,000	50,000	75,000	250,000
2차년도	정부	1,730,000	500,000	650,000	2,880,000
	민간	432,500	125,000	162,500	720,000
3차년도	정부	2,401,000	1,150,000	1,000,000	4,551,000
	민간	600,250	287,500	250,000	1,137,750
4차년도	정부	2,769,000	1,150,000	1,450,000	5,369,000
	민간	692,250	287,500	362,500	1,342,250
총계	정부	<b>7,400,000</b>	<b>3,000,000</b>	<b>3,400,000</b>	<b>13,800,000</b>
	민간	<b>1,850,000</b>	<b>750,000</b>	<b>850,000</b>	<b>3,450,000</b>

2) 세부과제별 소요예산

1세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	133,000	750,000	750,000	750,000	2,383,000
	연구장비 재료비	262,000	1,122,500	1,946,250	2,376,250	5,707,000
	연구활동비	75,000	80,000	80,000	80,000	315,000
	연구과제 추진비	55,000	60,000	75,000	75,000	265,000
	연구수당	50,000	50,000	50,000	80,000	230,000
간접비		50,000	100,000	100,000	100,000	350,000
합계		<b>625,000</b>	<b>2,162,500</b>	<b>3,001,250</b>	<b>3,461,250</b>	<b>9,250,000</b>

2세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	50,000	208,000	250,000	250,000	758,000
	연구장비 재료비	80,000	194,000	992,500	992,000	2,258,500
	연구활동비	40,000	63,000	72,000	72,500	247,500
	연구과제 추진비	20,000	50,000	33,000	33,000	136,000
	연구수당	20,000	40,000	30,000	30,000	120,000
간접비		40,000	70,000	60,000	60,000	230,000
합계		<b>250,000</b>	<b>625,000</b>	<b>1,437,500</b>	<b>1,437,500</b>	<b>3,750,000</b>

3세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	60,000	350,000	350,000	350,000	1,110,000
	연구장비 재료비	135,000	282,500	710,000	1,272,500	2,400,000
	연구활동비	70,000	70,000	40,000	40,000	220,000
	연구과제 추진비	50,000	50,000	80,000	80,000	260,000
	연구수당	20,000	20,000	30,000	30,000	100,000
간접비		40,000	40,000	40,000	40,000	160,000
합계		<b>375,000</b>	<b>812,500</b>	<b>1,250,000</b>	<b>1,812,500</b>	<b>4,250,000</b>

## IV. 연구개발성과의 활용계획

### ○ 소규모 건축물 신축/리모델링을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 기준 및 상세도

- 건축물의 객관적 성능 확인
  - 건축물의 에너지성능에 대한 정략적인 수치 정보의 제공으로 선택의 기준을 제시하며 수요자에게 적합한 컨설팅이 가능하고 정책 입안의 근거 자료로 활용할 수 있음.
- 소규모 건축물 설계 기준으로써의 활용성
  - 소비에너지 최적화 설계 시공 상세도 및 체크리스트는 패시브요소기법을 바탕으로 전열해석과 습열거동 분석을 기반으로 하자발생을 최소화하는 설계의 기준을 제시하게 되며, 하자발생방지와 품질확보로 인한 소규모 건축물의 전생애주기 동안 투입되는 전체적인 에너지소비량을 절감함으로써 초저에너지 건축물 구현이 가능할 것으로 기대됨
  - 건축 설계 실무자는 하자발생 원인에 대한 이유를 재료구성과 부위별 설계 기준에 대한 상세한 정보를 확인할 수 있어, 현재 소규모 건축물에서 발생하는 하자사례에 대한 억제가 가능함

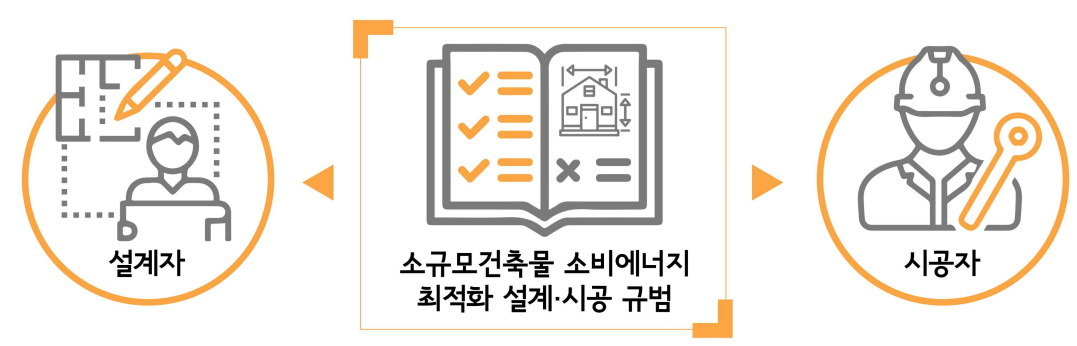


그림 16. 최적화 설계/시공 규범을 통한 활용성 증대

- 시공자 활용성 증대
  - 최적화 설계규범을 기반으로 실제 시공하는 디테일을 개발·보급함으로써 이해도를 높이며 권장 사항과 최소사항의 규범을 제시함으로써 경제적인 안정성을 고려할 수 있음.

### ○ 소규모 건축물 하이브리드 패키지 시스템 및 에너지 관리 기술

- 다양한 수요처에 적합한 설비제품 개발
  - 냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명에 대한 장기모니터링을 통해 실측데이터를 정량화함으로써 실제와 가까운 시뮬레이션 예상 값을 얻을 수 있으며 에너지 관리 기술의 근거 자료를 제공할 수 있음
  - 하이브리드 설비 개발을 통해 버려지는 에너지를 회수하고 비슷한 에너지원 또는 건물 요소와의 융합을 통해 시너지효과를 발생시킬 수 있으며 이는 패키지화를 통해 빠르고 직접적인 시공이 가능할 것임
- 소규모 건축물 에너지 관리의 기본은 하이브리드형 패키지 시스템을 바탕으로 소규모

건축물 내부의 설비/ 가전 등 모든 에너지 소비 기기에 대한 정보를 컨트롤 할 수 있는 스마트홈 제어 기술이며, 다양한 정보의 데이터 및 모니터링 기준을 제시함으로써 생활 밀착형 에너지 관리 기술이 개발 될 것으로 기대함

- 냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명에 대한 장기모니터링을 통해 실측데이터를 정량화함으로써 실제와 가까운 시뮬레이션 예상 값을 얻을 수 있으며 에너지 관리 기술의 근거자료를 제공할 수 있음
- 에너지관리기술은 1인 가구, 신혼 가구, 4인 가구 및 재실자 생활패턴과 밀접한 에너지 소비최적화 컨설팅이 가능할 것임
- 생활밀착형 소규모 건축물 에너지 관리기술은 하나의 건축물에서 생산/소비되는 에너지의 흐름에서 나아가 마이크로그리드 및 스마트그리드의 미래를 기대해볼 수 있음
- 소규모 건축물의 건축적인 패시브기술과 태양광발전, 에너지저장 기술의 발전에 따라 향후에는 초저에너지 건축물을 뛰어넘어 에너지 자립 건축물 구현을 위한 기반 기술로 활용 될 것으로 기대함

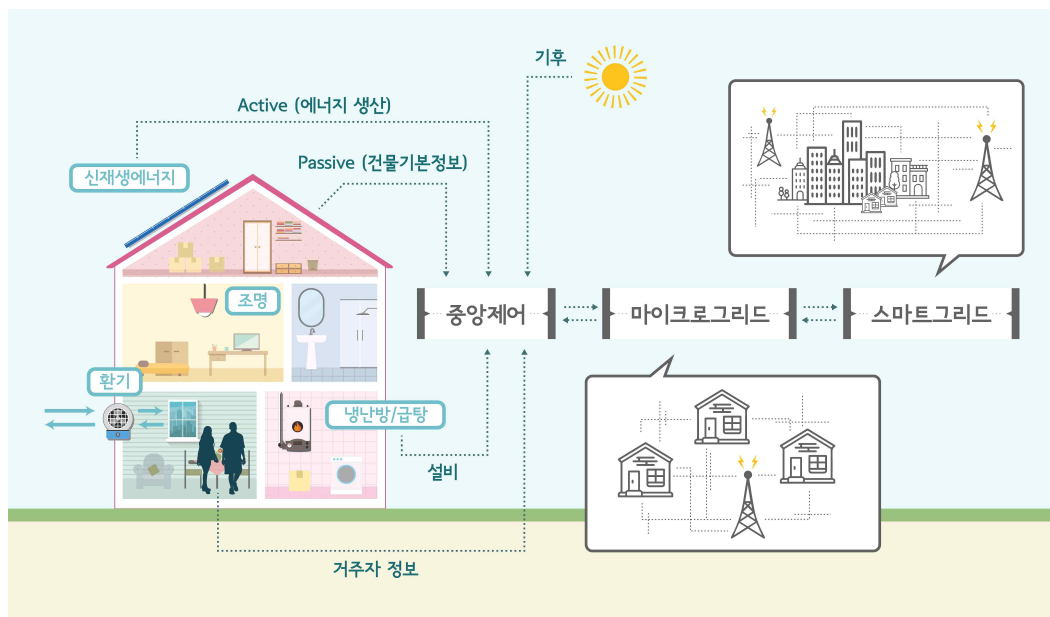


그림 17. 에너지 관리 기술 개발의 성과활용

### ○ 개발성과의 사업화 활용

- 일부 제품 개발에 대한 제안이 있으나 연구의 궁극적인 사업화 전략은 ‘산업생태계 분석 계층구조’에서 Layer 1(소재 및 부품)과 Layer 2(핵심제품, 서비스)의 활성화를 지원하는 형태이며 이를 통해서 비즈니스 모델이 파생될 것으로 보임.
- 즉, 서서히 신장되고 있는 에너지 건축물 시장을 올바른 방향으로 이끌며 직접적인 사업을 추진하기보다 다양한 사업이 발생할 수 있는 배경을 마련하는 것임

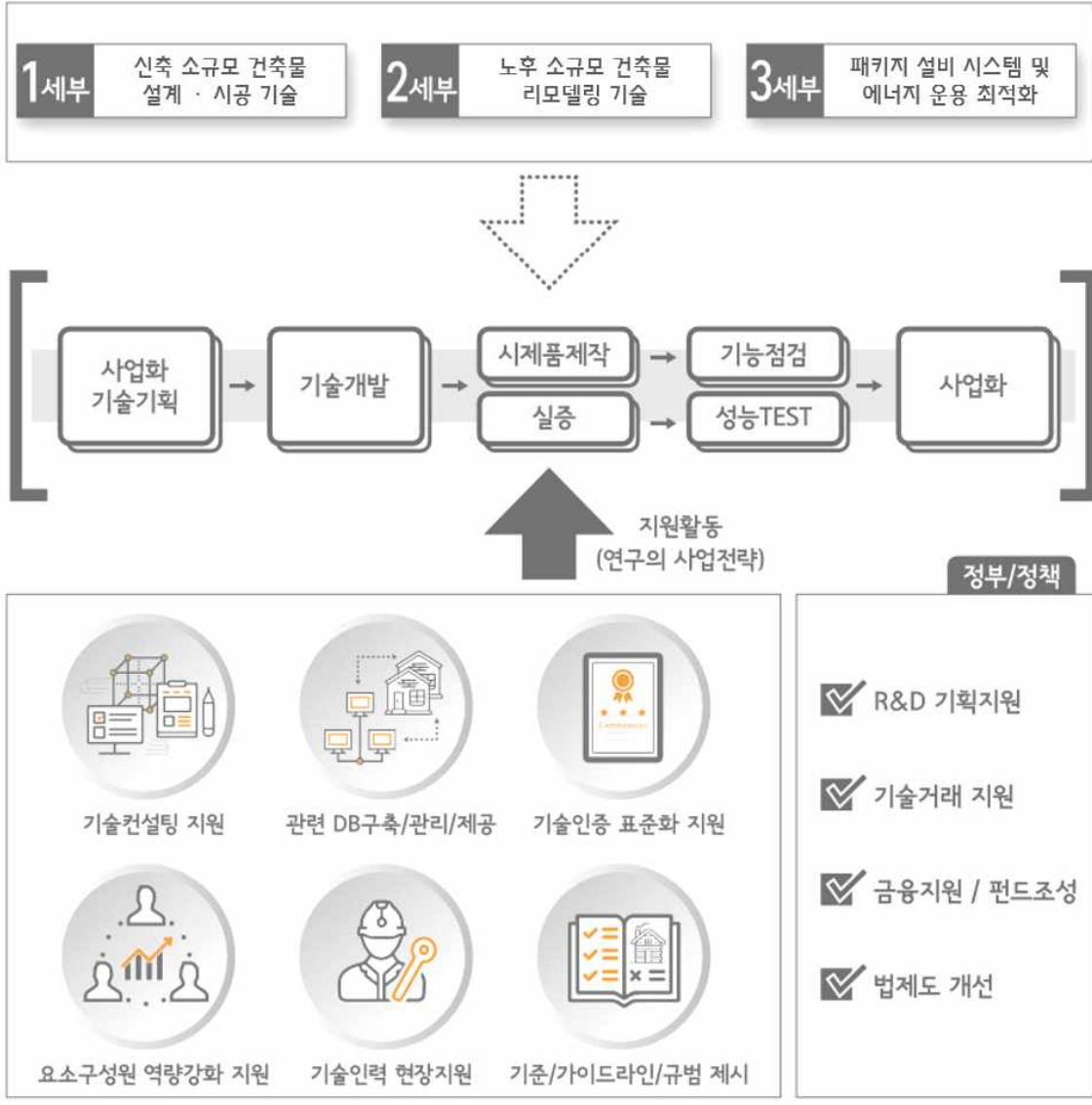


그림 18. 기술사업화 특성분석 및 전략적 추진방안

# 목 차

<b>1장. 기술의 정의 및 필요성</b> .....	<b>1</b>
1절. 기술의 정의 .....	1
2절. 연구개발 배경 .....	10
3절. 연구개발의 필요성 .....	13
<b>2장. 국내외 동향 및 환경 분석</b> .....	<b>44</b>
1절. 국내외 정책동향 및 이슈 .....	44
2절. 국내외 시장동향 및 전망 .....	127
3절. 국내외 기술동향 분석 .....	142
4절. 특허동향 분석 .....	171
5절. 논문동향 분석 .....	189
6절. 유사과제 분석 .....	201
7절. 연구개발 인프라 분석 .....	214
8절. 종합분석 .....	218
<b>3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략</b> .....	<b>231</b>
1절. 비전 및 목표 .....	231
2절. 핵심요소기술(CTE) 선정 .....	233
3절. 연구과제 구성 .....	239
4절. 세부 과제 별 주요내용 및 추진전략 .....	254
5절. 세부과제 간 연계관계 .....	282
6절. 기술로드맵 및 성과로드맵 .....	285
7절. 산업생태계 분석 .....	291
8절. 위험요소 및 대응방안 .....	304
9절. 성과활용 및 사업화전략 .....	312
<b>4장. 사전타당성 검토</b> .....	<b>316</b>
1절. 기술개발에 따른 미래상.....	316
2절. 정책적 타당성.....	319
3절. 기술적 타당성.....	325

4절. 경제적 타당성 .....	327
5절. 타당성 검토 종합 .....	328
<b>5장. 인력투입 소요예산 산정 .....</b>	<b>330</b>
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 .....	330
2절. 소요예산 산정 .....	332
3절. 예산적정성 검토 .....	335
<b>6장. 과제 제안요구서 .....</b>	<b>338</b>
1절. 과제 제안 요구서(RFP) .....	338
2절. 평가기준 설정 .....	350

# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의

소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술이란 단독주택, 다세대주택, 근린생활시설 등의 소규모 건축물의 에너지 효율을 향상시켜 제로에너지 건물에 도달할 수 있도록 만드는 핵심기술을 의미함.

본 과제를 통해 제안할 내용은 최소한 건축물 에너지효율 등급 1++ 수준(주거용의 경우 1차 에너지 소요량을 90kWh/m<sup>2</sup>년 미만, 근린상업시설의 경우 140kWh/m<sup>2</sup>년 미만)을 목표로, 건물의 패시브(적) 성능을 끌어올리기 위한 요소기술 적용 방식과 액티브(적) 성능을 고도화시킬 설비 제품 개발 및 설비 운용 기술 개발, 더불어 에너지 자립률(최소 20%)을 높이기 위해 고밀도의 저층주거지 소규모 건축물에 적합한 신재생에너지 생산 방식과 에너지 관리 기술을 말함.

### □ 기술 적용 대상으로서의 소규모 건축물의 정의

소규모 건축물의 범위를 규정하는 것으로 이 보고서를 시작하는 이유는, 이것이 본 과제가 제기하는 문제의식을 보여주기 때문이다. 현재 연면적 500㎡ 미만의 건물은 에너지절약계획서 제출 대상에서 제외되는 등 국가적 에너지 관리 체계 안에 포함되지 못하지만, 전체 건물 재고량에서는 매우 높은 비중(전체 건축물의 94%: 동수기준)을 차지하고 있다. 따라서 500㎡ 미만의 건물을 에너지 관리 대상에 포함시키지 않고서는 에너지 절감과 이산화탄소 배출량 절감이라는 국가적 과제를 수행할 수 있는가에 대한 의문을 제기할 수밖에 없다.

500㎡ 미만 기준에 속하는 주요 건물 유형에는 단독주택, 다가구주택, 다세대주택, 그리고 소규모의 상가주택들이 있다. 이때, 소규모 건축물을 법규 및 인증 적용 대상으로 고민한다면, 500㎡ 미만이라는 기준만으로 소규모 건축물을 정의한다는 것은 불완전하다.

예를 들면, 490㎡ 와 510㎡ 의 두 다세대 건물이 있다고 할 때, 한쪽은 소규모 건축물로 적용받을 수 없다. 따라서 법규적 분류로 소규모 건축물을 정의하는 것이 실용적으로 보인다. 이 경우, 연면적 660㎡ 미만, 4층 이하(1층 필로티 주차장은 층수에 포함시키지 않은 경우 5층 이하)로 소규모 건축물을 정의한다면, 문제없이 단독주택, 다가구주택, 다세대주택, 상가주택(다가구주택+근린생활시설)을 아우를 수 있다.

그러나 소규모 주택들이 밀집한 저층 주거지의 현실을 고려한다면, 연립주택까지 그 대상을 확대시킬 필요가 있다. 왜냐하면 500㎡를 넘는 노후 공동주택(다세대주택, 연립주택)들의 경우 중대형 건축물의 에너지 기준을 충족시켜야 한다는 부담감을 느끼므로써 상황 개선에 대한 의지가 꺾일 가능성이 높는데다가, 소규모 건축물 에너지

지 최적화 정책의 수혜 대상에서 마저 제외된다면 개선의 기회를 얻기 매우 어려울 것이기 때문이다.

따라서 연구적용 대상을 명확히 설정하기 위해서는, **무엇을 소규모 건축물로 볼 수 있는가?** 보다, **소규모 건축물이 아닌 것은 무엇인가?** 의 질문으로 접근하는 것이 더 적합하다.

결론적으로, 소규모 건축물이 아닌 건물들은 단지형 아파트(5층 이상, 2동 이상)와 승강기 설치 의무 대상 건물들이며 이것을 제외한 모든 유형을 소규모 건축물로 정의하였다.

즉, 본 과제의 연구대상인 소규모 건축물이란, 기본적으로는 660㎡ 미만 4층 이하의 건물 유형으로 정의하나, 몇 개의 예외사항을 허용한다.

**연구적용 대상: 소규모 건축물의 정의**

			
단독주택	다가구주택	다세대주택	상가주택(근생)

- 본 연구에서 정의하는 소규모 건축물이란, 기본적으로 660㎡ 미만 4층 이하의 건물
  - ① 단독주택, 다가구주택, 다세대주택
  - ② 1번의 경우 1층에 필로티 구조의 주차장을 가질 경우 5층 허용
  - ③ 1번의 주택을 다른 용도로 사용하는 경우(소규모 사무소, 식당, 유치원)
  - ④ 5층 이상의 상가주택(근생)
  - ⑤ 4층 이하의 연립주택
  - ⑥ 다세대주택 연립주택으로 구성된 소규모 단지

그림 19. 연구적용 대상

본 과제가 설정한 대상(저층 주거지의 소규모 건축물)을 놓고 보자면, 도시재생 정책과 큰 접점을 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 도시재생정책에서 주요하게 다루지 못하는, 에너지 최적화 부분을 적극적으로 보완해 줄 수 있다는 점에서 과제의 특장점이 존재한다.

한편, 상기한 연구적용 대상은 소규모건축물 공사감리자 지정제도(2017.4.17.)의 대상과 거의 일치함을 알 수 있다. 소규모 건축물 공사감리자 지정제도에서 660㎡를 기준으로 정책 대상을 설정하고 있는 것은, 법률상 연면적 660㎡ 이하로 정의되었던 소

규모 공동주택들이 건축주 직접 시공이 가능함으로써 오랫동안 전문가의 최소한의 개입도 이루어지지 못했던 현실을 반영하고 있다.

표 1. 소규모 건축물 공사 감리자 지정제도의 정책 대상

<b>소규모 건축물 공사감리자 지정제도</b>	
<b>개요</b>	소규모 건축물 등의 공사장 안전 및 감리 내실화를 위해 허가권자가 직접 공사감리자를 지정(설계에 참여하지 않은 자 중에서 지정)
<b>공사감리자 지정대상 건축물(시행령 제 19조의 2 제1항)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 661m<sup>2</sup> 이하 주거용 건축물(단독주택 제외), 495m<sup>2</sup> 이하 일반건축물</li> <li>• 30세대 미만 분양을 목적으로 하는 건축물(다세대, 연립주택, 아파트)</li> <li>• 제1호 및 제2호 건축물이 복합된 건축물</li> <li>• 적용예외) ①신기술 적용 ②역량있는 건축사 설계 ③설계공모 설계 ④건설업자 시공 건축물</li> </ul>	

이러한 정부의 접근방식에 발맞추어 본 연구의 성과물들은 건물 에너지성능 분야를 포함하여 전체적인 건물의 성능향상을 위한 기술 가이드라인의 역할을 할 것이며, 소규모 건축물 감리자의 사용성을 높이기 위해 에너지감리 내용을 반영한 체크리스트의 역할을 할 수 있을 것이다.

## 가. 연구의 범위



그림 20. 연구의 주요 범위

### □ 주요과업 범위(RFP)

#### 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계기술 개발

- 소규모 건축물 냉·난방 설계 프로세스 및 최적 에너지원 설비 설계기술 개발
- 소규모 건축물 에너지 최적화 지원을 위한 자재, 설비, 설계기법, 사용자 행태예측, 평가지원 툴(에너지 시뮬레이션) 개발 및 표준화
- 소규모 건축물의 용도별/규모별/지역별 단위열원(냉난방, 급탕, 환기 등) 부하 산정 및 평가
- 소규모 건축물의 용도별/규모별/지역별 단위 열원 부하 기준 및 설계 가이드라인 개발

#### 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 시공기술 개발

- 소규모 건축물의 단위 열원 부하 기준에 적합한 저비용 냉난방 시공기술 개발
- 소규모 건축물에 적용이 가능한 고효율 환기시스템 개발
- ICT 및 센서기술을 응용한 조명 제어 최적화 기술 개발
- 소규모 건축물의 설계, 자재, 설비, 열원 공급, 신재생에너지 연계 등 최적화 상품 개발 및 시공 가이드라인 개발

#### 소규모 건축물의 소비에너지 진단·평가 및 리모델링 기술 개발

- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 모델링 기술 개발
- 소규모 건축물 유형별 종합적 에너지 진단 및 평가 기술 개발
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 리모델링 기술 개발
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 정책적 지원제도
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술의 활용 및 사업화 방안 제안 필요

## 나. 연구의 주요 분석 사항



그림 21. 기획연구의 주요 고찰사항

- 소규모 건축물 신축과 리모델링에 관한 소비에너지 최적화 설계/시공방법의 주요 과제를 도출함에 있어서, 각 카테고리별 다음의 항목을 중점적으로 분석하여 주요과제 및 기술수준을 설정하고자 함

### 소규모 건축물 에너지 최적화 설계 기법에 관한 주요 분석 사항

- 패시브/저에너지 설계기법 반영 가능성 분석
- 국내 기후를 반영한 건축설계 기법 및 습기거동 안정성 분석
- 건물에너지 성능을 기반으로 한 건축설계 프로세스
- 냉/난방 부하 절감형 설계 최적화 전략

### 소규모 노후 건축물 에너지 최적화 리모델링 기법에 관한 주요 분석 사항

- 노후 건축물 유형별 에너지소비 패턴 분석 및 평가
- 단열/설비/창호/침기 수준을 고려한 리모델링 최적화 방안 도출
- 소비에너지 최적화를 위한 용도별 리모델링 방안 도출 및 가이드라인

### 소규모 건축물 에너지 최적화 시공 기법에 관한 주요 분석 사항

- 열교차단, 고기밀, 외단열 시공기법 등 시공기술 발달에 따른 최적화 시공기법
- 건물 에너지소비 ↔ ICT 기술과의 융복합 가능성 및 센서기술 적용 방안 도출
- 투입에너지, 환경부하 평가에 따른 시공기법 분석 및 신재생에너지 연계 가능성
- 소규모 열원 공급 시스템 및 패키지 최적화 방안 분석

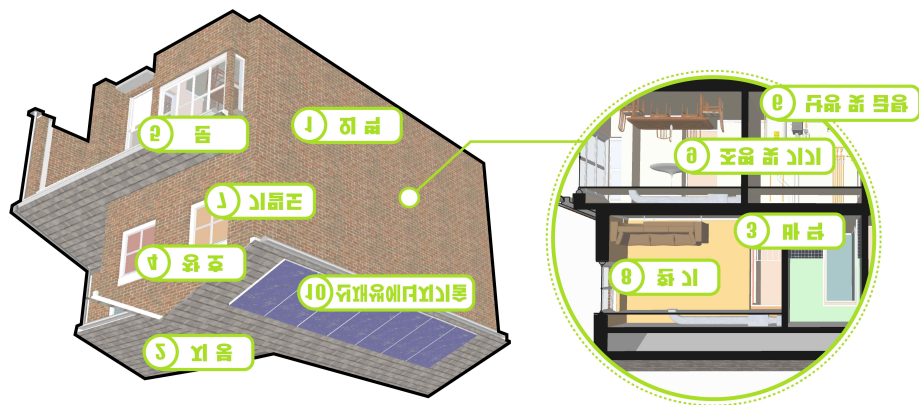
- 주요 개발 범위
- 제로에너지 하우스 설계/시공 스탠다드

제로에너지 하우스 설계/시공 스탠다드 개발







- 리모델링 스탠다드의 예시

건물유형



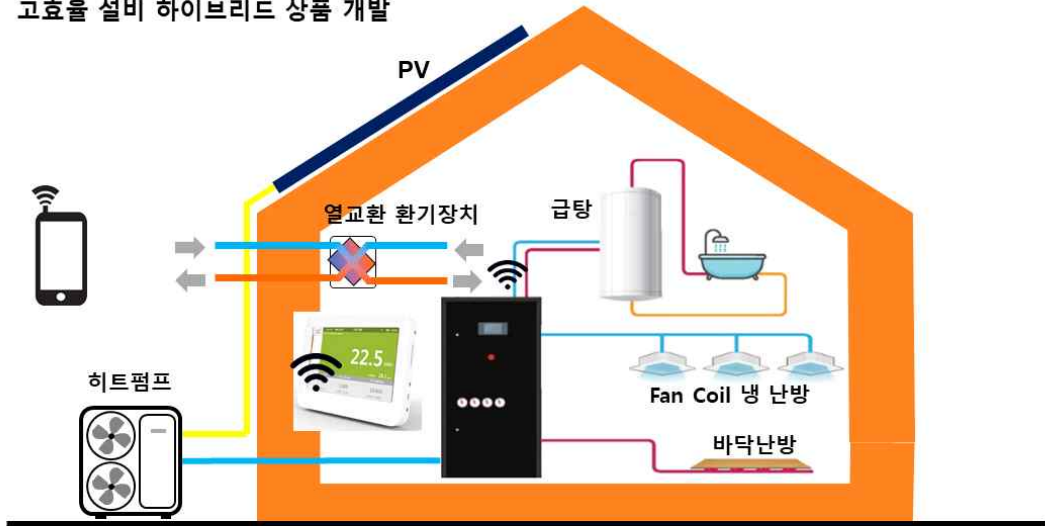
1. 단열방식

외단열			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조재 기준으로 실외에 단열재 위치</li> <li>• 단열재가 구조체를 빈틈없이 둘러쌀 수 있으므로 열교를 거의 완벽하게 차단할 수 있는 방식</li> <li>• 단열재를 외부에서 설치 해야 하므로 시공성 불리</li> <li>• 패시브건축에 최적</li> </ul>
-----	--	--	---

구분	시공사진	내 용
지상층 외벽 단열재		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단열재 이음부위, 철물연결부위 등에 우레탄폼 충전</li> <li>• 외기와 면하는 콘크리트 골조를 단열재가 틈새없이 모두 감싸도록 설계 및 시공</li> <li>• 지붕 등 지상부분에서 압출법보온판 위 무근콘크리트 타설시 틈새로의 시멘트 페이스트 침입(열교)방지를 위해 단열재 위 PE필름 등 시공</li> <li>• 개구부, 특히 창의 경우 외벽 단열재가 프레임을 감싸거나, 프레임과 벽체 사이의 폼 단열재와 최소한 30mm 이상 접하도록 하여 열교를 줄일 것</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열교 차단재 미적용시에 파라펫 골조 안쪽 면에도 단열재를 서치하고 옥상바닥 단열재와 꿂김 없이 연결하여 열교를 최소화 (방수방식은 다를 수 있음)</li> </ul>
지하층 외벽 단열재		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흙을 되메울 때까지 단열재가 벽체와 분리되지 않도록 고정</li> <li>• 단열재 이음부분에 이물질 침입 방지를 위해 T10 배수판이나 방수 부직포 등의 조치 필요</li> </ul>
지하층 바닥 단열재		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하층 바닥 골조 하부의 바닥면을 고르게 시공한 후 단열재 설치(접착재 불필요)</li> <li>• 콘크리트 타설시 단열재 움직임을 막기 위해 고정 못 등으로 고정</li> <li>• 기초철근배근 시 단열재 훼손되지 않도록 주의</li> <li>• 단열재 상부에 시멘트 페이스트에 틈새 침입 방지를 위한 PE필름 설치</li> <li>• 스페이서는 시멘트 벽돌(구조취약, 수분흡수) 사용을 금지하고 검증된 스페이서를 사용할 것</li> </ul>

○ 소규모 제로에너지 하우스(용) 고효율 설비 패키지 상품 개발

소규모 제로에너지 하우스 구현을 위한  
고효율 설비 하이브리드 상품 개발



히트펌프를 핵심 설비기반으로 환기와 신재생에너지 기술 결합  
(+ 스마트 홈 기술 접목 가능)

○ 기술적용에 대한 단계적 제시

건물유형	선택	단열	지붕	신재생	바닥	창호	문	난방및급탕	기밀	환기	조명
<p>다가구주택</p>	선택 1	○							○		
	선택 2		○	○							
	선택 3	○				○					
	선택 4						○	○	○	○	
	선택 5			○	○						

- 건물의 노후화 정도와 건물 사용자의 비용감당 부분을 고려하여 여러 개의 매트릭스가 구성될 수 있으며, 선택된 옵션에 따라 적용할 기술을 제시하며 절감 가능한 정도와 공사비 규모에 대한 대략의 결과와 예산을 추정할 수 있도록 제시

## ○ 웹 기반 부하분석 프로그램 개발

- 건물 사용자가 직접 대략의 절감량과 예산을 추정할 수 있는 인터넷 사이트 필요

### 예시) 영국 Low Energy Building(LEB)에서 제공하는 에너지 분석 프로그램

**Home energy use check**

The AECB Home Energy Check helps you to see how your existing home energy use compares against retrofit/energy efficient properties entered in the AECB Low Energy Buildings Database. Energy used to heat and cover these properties after they have been retrofitted is based on measured data, so these are real results after the fitting of energy efficiency measures including: wall, roof and floor insulation, improved windows, draughtproofing, ventilation systems, more efficient heating systems, lights, appliances and household electrical equipment.

You will only need basic information about the size of your home and the amount of heating your home uses over a twelve-month period. You will be able to see how much energy the different buildings consumed before they were retrofitted (some of these pre-retrofit figures are measured, some measured).

We hope that the Home Energy Check and the information available on retrofitted buildings listed on this searchable database provides you with the confidence to develop your own plans for making energy-saving improvements to your home – in order to reduce some energy-consuming greenhouse gas emissions, increase your comfort levels and reduce your fuel bills.

The AECB is currently developing a retrofit guidance programme to further support low energy retrofit activity, aiming to improve knowledge in this area generally and:

- Get better performance results from retrofit.
- Minimise the impact related risks to the building fabric and indoor air quality relating to both existing problems and as a result of retrofit measures, notably around application of insulation, draughtproofing and ventilation.
- Offer guidance on viable energy performance targets to aim for different house types
- Support building condition monitoring, warning and knowledge sharing.

**Measure the internal floor area of your home**

Enter the floor area of your property in square metres.

Floor Area\*  square metres (m²) [How to measure](#)

**Your annual fuel use**

Please enter annual fuel consumption for each fuel type that you use.

Annual electricity use:  kWh per year [How to calculate](#)

Annual natural gas use:  cubic metres per year /  cubic feet per year

Choose units for Gas:  kWh per year  cubic metres per year  cubic feet per year

Annual oil use:  litres per year /  gallons per year

Choose units for Oil usage:  kWh per year  litres per year  gallons per year

Annual LPG use:  kWh per year /  litres per year

Choose units for LPG usage:  kWh per year  litres per year  gallons per year

Annual wood (log) fuel use:  tonnes per year /  tonnes per year

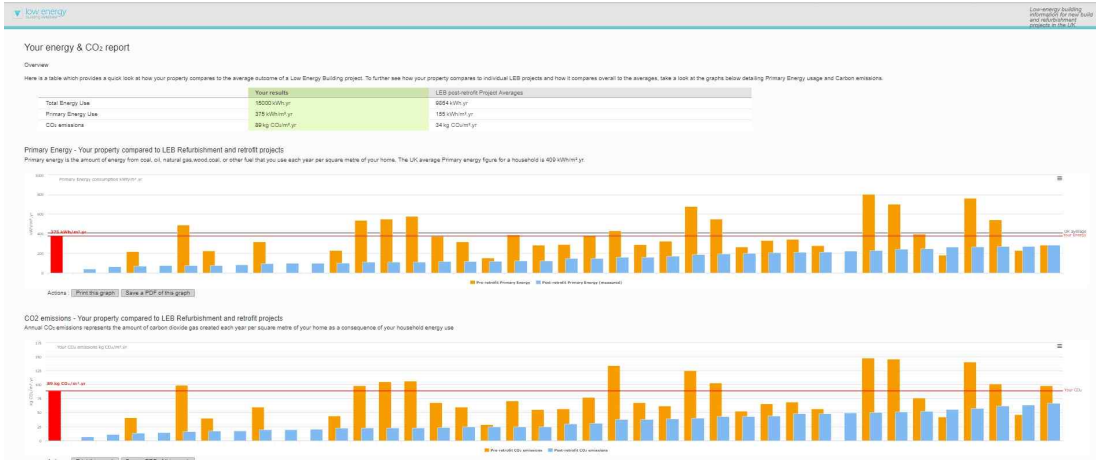
Choose units for Wood usage:  kWh per year  tonnes per year  tonnes per year

Annual coal fuel use:  tonnes per year /  tonnes per year

Choose units for Coal usage:  kWh per year  tonnes per year  tonnes per year

[Calculate my home energy use](#)

건물의 연면적과 연간 에너지 사용량을 연료별로 기입하는 것이 전부



그동안 축적된 건물 리노베이션의 결과 값과 비교하여 도달 할 수 있는 절감량을 제시

## 2절. 연구개발 배경

- 건축물 분야는 전 세계적으로 가장 많은 에너지를 소비하고 있으며, 건축물과 에너지 사용 설비의 지속적인 증가로 인해 2017년 기준 1971년 대비 2배 증가, 2050년까지 약 50% 증가할 것으로 전망. (IEA 2013, IPCC 2014)
- 국제에너지기구(IEA)에 따르면 전 세계 건물의 80%가 비효율적
- 송전(送電) 과정에서 손실되는 에너지가 많기 때문에 사용할 때 1kWh(킬로와트시)를 절약하면 발전단계에서는 3kWh를 아낄 수 있음
- 기후변화를 막으려면 2030년까지 건물 에너지 소비 30% 줄여야 함(GABC)
- 한국의 에너지 수입 의존도는 97%에 달하는 반면, 신재생에너지 분담률은 0.7%로 OECD 국가 중 최하위에 위치함. (OECD, 2013)
- 파리 기후 변화 협약 (2015.12 파리총회)에 따라 2020년 이후로 新기후변화체제가 출범할 예정이며, 그에 맞춰 전 세계 195개국은 2025-2030년 새로운 온실가스 감축목표를 설정한 상황에서 우리나라는 2030년 BAU(850.6 백만 톤 CO<sub>2</sub>e) 대비 37%의 감축목표를(315 백만 톤 CO<sub>2</sub>e) 설정하였음.

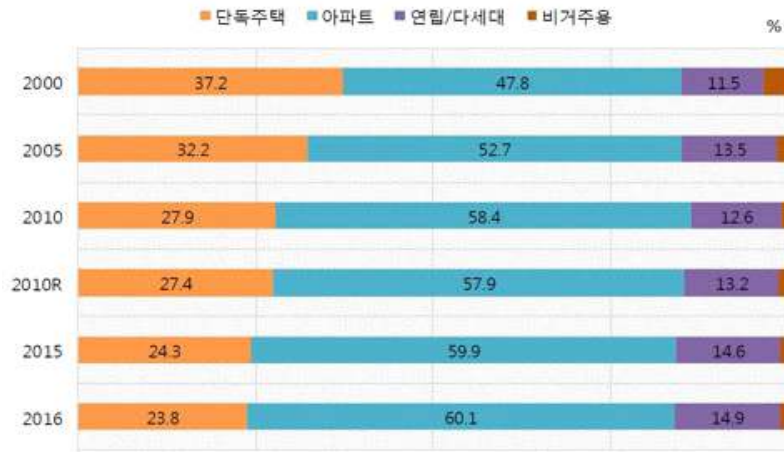


그림 22. 新기후변화 대응체제

- 한국은 2030년 국내 온실가스 배출 전망치(BAU) 대비 37% 감축을 목표로 건물분야의 감축 목표를 18.1%로 설정하였고 최근(2018. 07) 국내 감축량을 (25.7%에서 32.5%로) 상향 조정하면서 건축 분야의 감축 목표 역시 32.7%로 증가하게 됨. 따라서 건축분야의 제로 에너지화가 시급한 실정임. 그러나 이를 위한 구체적 이행방안, 기술 수단, 필요비용 등에 대한 구체적 분석이 부재한 실정.
- 2014년 기준 한국의 에너지 소비량은 268 백 만 TOE로 세계 9 위이며, 석유소비 는 9 위, 전력소비량은 8 위 규모로, 세계 13 위인 경제규모에 비해 높은 수준으로 판단됨
- 한국의 온실가스 배출 중 건물분야가 25%(총 에너지 소비량의 20%)를 차지, 산업 부문(50.1%) 다음으로 높은 수준.
- 선진국일수록 산업부문 온실가스 배출 비중이 낮아지는 반면, 건물부문의 온실가스 배출 비중이 상대적으로 증가.
- 향후 국내 건물부문 온실가스 배출 비중은 40%까지 증가할 것으로 전망되며, 이에 대한 대비 필요.

- 건물부문 중 주거부문이 건물 총 에너지 사용량의 60%를 차지함, 따라서 국내 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해서 주거부문의 에너지 절감 대책은 필수.

표 2. 주거부문의 현황



주택유형별 재고량 비율(호수기준)

구분	아파트	단독주택	다세대주택	연립주택	상가주택
계(천 TOE)	12,379.9	6,830.8	1,658.6	725.8	515.1
계(비율,%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
연탄	0.1	5.5	0.3	0.2	8.0
석유류	1.3	30.3	3.5	5.4	27.1
가스류	61.6	33.8	72.5	71.8	32.2
전력	22.2	30.4	23.7	22.6	32.7
열에너지	14.8	-	-	-	-
총연면적(천 m <sup>2</sup> )	954,161	472,171	100,821	37,582	
총동수(천 동)	127	4,136	210	35	
사용에너지/총연면적 (10 <sup>3</sup> kcal/m <sup>2</sup> )	<b>129.7</b>	<b>144.6</b>	<b>164.5</b>	<b>193.1</b>	

주택유형별 에너지사용 현황

(자료 : 2013, 통계청, 산업통상자원부, 에너지총조사)

\* 상가주택은 비주거용 건물 내의 주택임

- 주거부문의 구성은 주택재고수로 비교해 볼 때, 아파트 vs 소규모 주택유형(저층 주거지)이 60:40의 비율을 보임. 마찬가지로, 연면적과 총에너지 사용면에서도 거의 동일한 비율을 나타냄.

총호수(2013)	아파트 : 소규모주택유형 = 58 : 42
총연면적(2013)	아파트 : 소규모주택유형 = 61 : 39
총에너지사용(2013)	아파트 : 소규모주택유형 = 56 : 44

- 각 주택 유형별 총에너지 사용량을 연면적으로 나눈 값을 보면, 아파트가 제일 낮은 값을 보이고 단독주택 다세대 연립으로 갈수록 큰 값을 나타내는데, 이는

소규모 주택들이 아파트보다 제곱미터(m<sup>2</sup>) 당 더 많은 에너지를 소비하는 것을 나타내며 소규모 주택이 에너지 효율 관점에서 비효율적이라는 것을 방증함.

- 현재는 소규모 건축물의 에너지 효율화를 위해 적용할 세부적인 기술 항목이 없는 실정이며 기술 적용 시 따라야 할 기준 및 설계지침 또한 부재함. 따라서 국가 차원에서 소규모건축물을 체계적으로 관리하기 위해서는 소규모에 최적화된 기술의 제시와 그것을 시장에 안착시키기 위한 관련 기준의 재설정과 지원체계가 필요함.
- 소규모 건축물 규모에 최적화된 에너지 효율화 기술이 필요한 이유는, 현재 국내의 에너지 효율화 기술개발 및 에너지 효율화 관련 정책이 초고층 및 중대형 건축물을 대상으로 한 것이 대부분이기 때문임, 결국 현재까지 개발된 기술과 정책을 소규모 건축물에 적용할 경우 적용이 불가능하거나, 과도한 적용이 됨.
- 아파트를 제외한 주택유형들은 여전히 연탄과 석유를 사용하는 비율이 예상보다 높고, 이러한 경우일수록 건축물의 노후수준이 예상됨에 따라 건물의 성능 자체는 큰 의미가 없을 것으로 추정됨, 따라서 노후화 정도에 따라 신축(재건축)과 리모델링의 경우로 다시 나뉘야 할 필요가 있음.

### 3절. 연구개발의 필요성

#### 가. 소규모 건축물 노후화 현황

- 국내에서 노후화 연한 30년 이상 된 건축물을 신축(재건축)이 시급한 대상으로 분류하고 있으며, (2016년 기준) 전체 건축물 705만 棟(동) 중 254만동으로 36.0%의 비율을 차지하고 있음 (표 6 참조).

표 3. 신축(재건축) 대상 건물의 현황

구분	노후건축물(30년 이상) 현황				2016년	
	2013년	2014년	2015년	2016년	전체 건축물	노후건축물 비율
전국	2,358,048	2,476,132	2,511,900	2,543,217	7,054,733	36.0%
서울	208,730	221,187	227,297	229,887	620,838	37.0%
부산	160,094	186,332	187,038	187,555	372,454	50.4%
대구	95,360	103,375	106,136	109,589	253,963	43.2%
인천	54,001	63,135	64,738	66,238	217,647	30.4%
광주	42,369	44,659	46,376	47,947	142,010	33.8%
대전	54,918	57,815	58,729	59,318	133,550	44.4%
울산	31,007	32,360	33,378	34,729	134,153	25.9%
세종	10,882	11,237	10,933	10,971	32,800	33.4%
경기	174,864	188,284	195,988	202,736	1,123,345	18.0%
강원	85,031	92,768	94,633	95,944	396,218	24.2%
충북	132,001	136,315	137,979	139,225	378,005	36.8%
충남	173,096	178,415	179,852	181,907	515,202	35.3%
전북	180,463	184,094	185,134	186,317	441,067	42.2%
전남	288,392	296,697	299,231	301,147	630,104	47.8%
경북	338,495	344,632	346,016	347,663	796,375	43.7%
경남	279,166	283,411	285,546	288,014	703,333	40.9%
제주	49,179	51,416	52,896	54,030	163,669	33.0%

(출처: '16년 건축 통계 요약집, 국토교통부)

- 사용 승인일이 누락되거나 오기(誤記)된 건물들을 그만큼 오래전에 건축된 건물로 편입시켜 신축(재건축)이 시급한 준공 후 30년 이상 된 건물군(群)으로 분류할 경우 비율은 44%까지 상승함. 따라서 신축(재건축)이 시급한 건물의 비율은 36%에서 44% 사이에 있다고 추정 가능함.

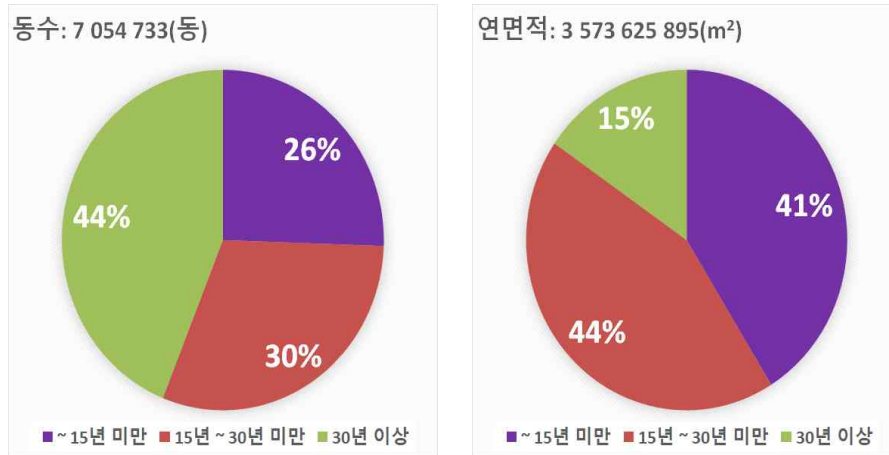


그림 23. 2016년 통계청 자료 분석

- 노후 연한 30년 이상 된 건물의 경우, 동수에서는 44%이나 연면적으로 볼 때 15%를 차지하는 것으로 보아 대부분이 과소 필지에 지어진 소형 건축물이며, 30년 이상의 노후화로 인해 성능 역시 열악하리라는 것을 미루어 짐작 가능함.

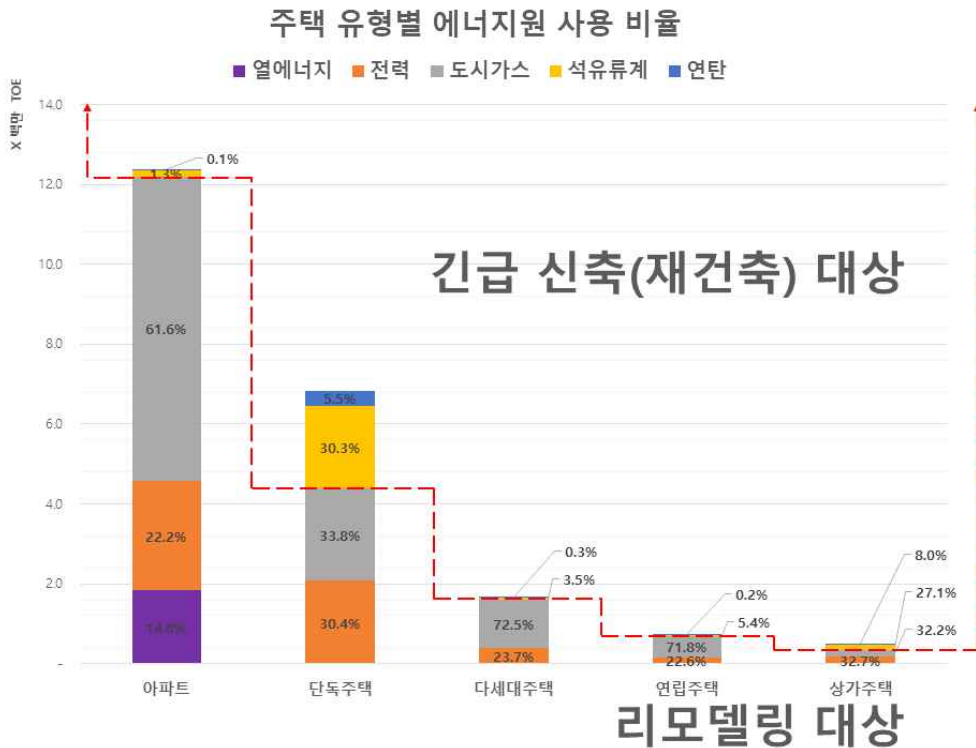


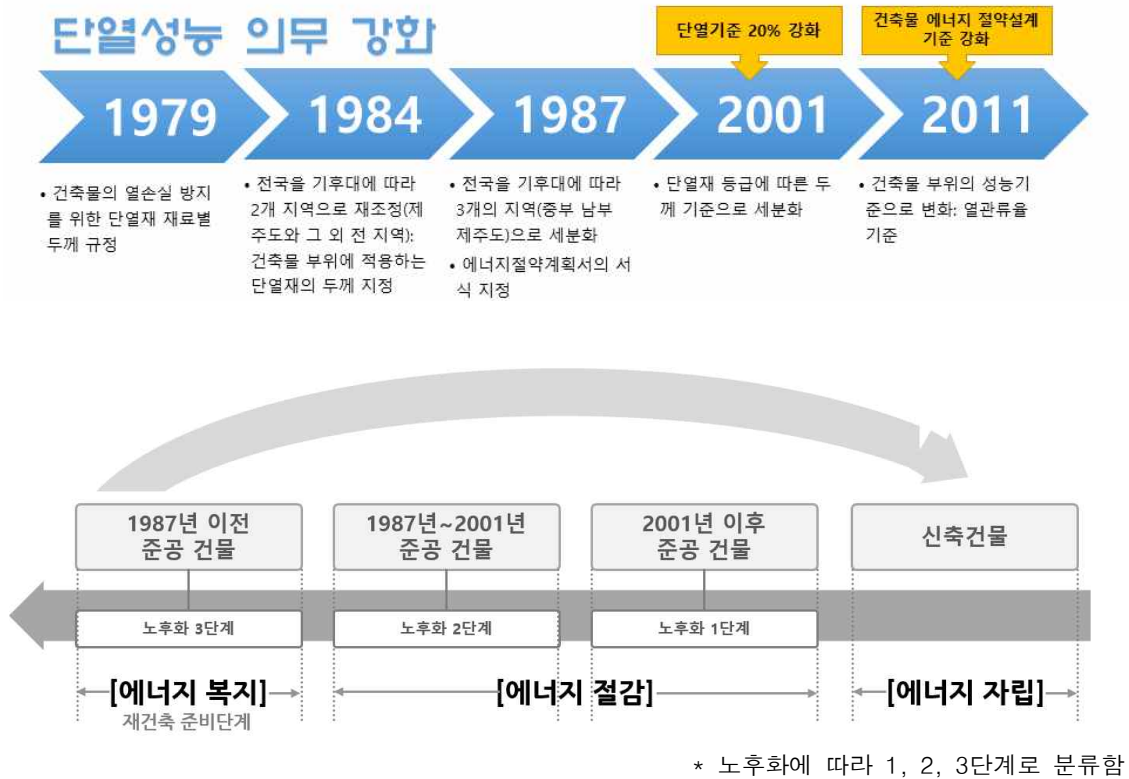
그림 24. 주택 유형별 긴급 재건축 대상 비율

(출처 : '14년 에너지 총조사 보고서, 에너지경제연구원 자료 기준)

- 에너지 사용량은 연면적과 직접적 상관관계가 있으므로 준공 이후 30년 이상 된 건물은 에너지 절감 면에서 큰 효과를 기대하기 어려울 것으로 판단 됨. 따라서

신축(재건축)을 준비하면서 이들은 에너지복지의 문제로 접근해야 함.

- 신축 후 30년 미만 된 건물은, 리모델링 대상으로 접근할 수 있음. 건축 후 30년 미만 된 건물들은 棟(동)수 기준으로는 56%를 차지하고, 연면적으로는 85%의 큰 비중을 차지하는 것으로 보아, 건축 후 30년 미만의 건축물에 에너지 절감기술을 적용할 경우 그 파급효과가 클 것으로 예상됨.
- 그 중에서도 2001년 이후에 신축된 15년 미만 된 건물들은 강화된 단열기준을 적용했을 것이므로 리모델링만으로도 에너지 절감의 효과를 크게 얻을 수 있으며 더 나아가 제로 에너지 건축물에 도달하기에 더욱 용이할 것으로 추정됨.
- 따라서 리모델링 대상의 경우에도 건물의 에너지 성능 관련 법규가 강화된 2001년을 기준으로, 건축 후 15년 미만 된 건물과 건축 후 15년에서 30년 사이의 건물로 나누어 기술 적용을 고민해야 할 것임.



- 건축물을 용도별로 구분했을 경우 주거용도와 상업용도의 비율이 높은 만큼 노후화의 비율 역시 높은 것으로 나타남.
- 동수기준으로 주거용은 65%, 상업용은 17%로 총 82%의 비율을 차지하며, 연면적 기준으로는 주거용 48% 상업용 21%로 총 69% 약 70%의 비중을 차지함.

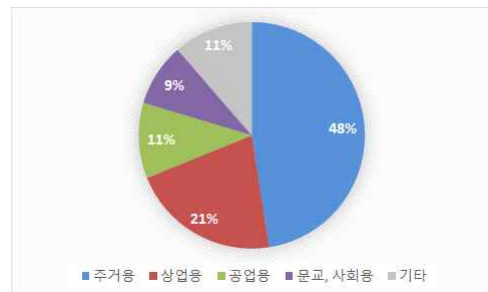
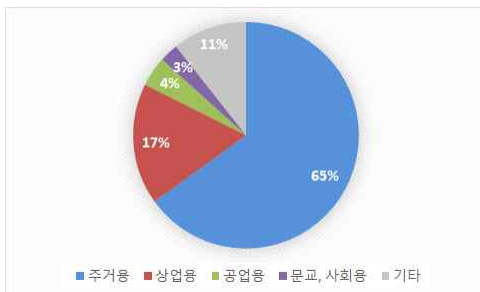
- 이 중 재건축이 시급한 노후 연한 30년 이상 된 건축물은 동수 기준으로 주거용 80%, 상업용 11%, 연면적 기준으로 주거용 47%, 상업용 22%의 비율을 차지함.
- 주택의 경우 동수 기준으로 80%이나 연면적 기준으로 47%인 것으로 추정할 때, 소형 주택의 노후화 비율이 매우 높은 것을 알 수 있음. 따라서 소규모 건축물의 대부분이 재건축(신축)이 시급한 상황에 처해 있음.

표 4. 용도별 노후건축물 현황

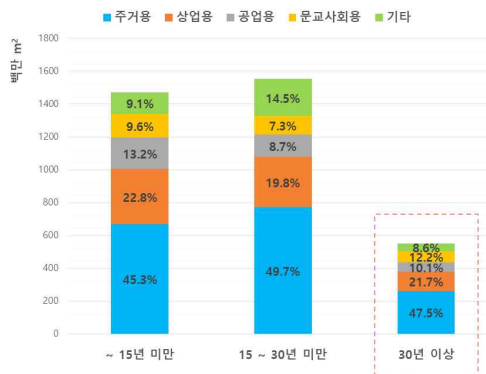
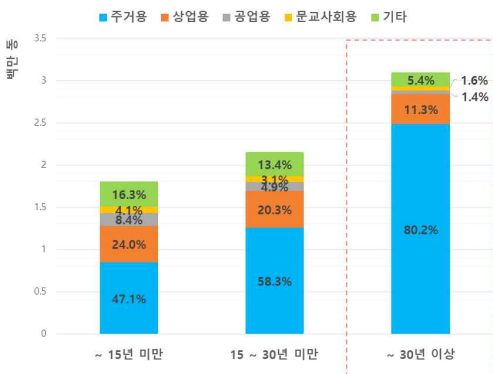
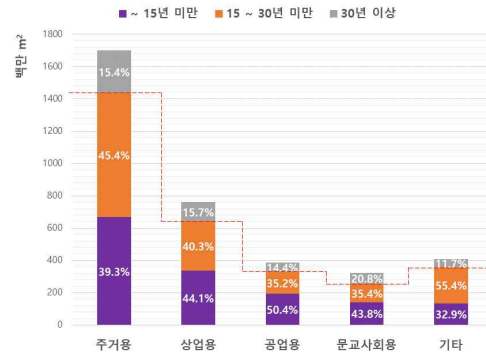
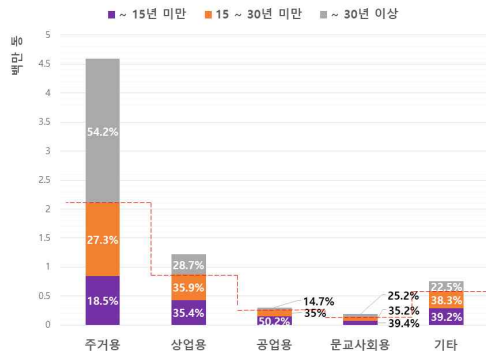
구분		합계	주거용	상업용	공업용	문교 사회용	기타
합계	동수	7,054,733	4,589,295	1,222,344	302,193	189,371	751,530
	연면적	3,573,626	1,699,314	761,416	385,174	321,401	406,320
15년 미만	동수	1,802,897	848,571	433,171	151,846	74,540	294,769
	연면적	1,471,610,275	667,254,701	335,484,611	194,229,398	140,891,484	133,750,081
15~30년 미만	동수	2,153,668	1,255,047	438,260	105,832	66,597	287,932
	연면적	1,552,006,452	771,037,526	306,632,216	135,591,302	113,678,713	225,066,696
30년 이상	동수	2,543,217	2,057,449	292,406	34,764	32,868	125,730
	연면적	462,363,173	229,934,562	107,765,948	43,048,007	46,554,477	35,060,179
기타	동수	554,951	428,228	58,507	9,751	15,366	43,099
	연면적	87,645,994	31,087,707	11,532,750	12,305,754	20,276,750	12,443,034

■ 15년 미만 및 15~30년미만 건축물 : 재건축대상 / ■ 30년 이상 건축물 :신축대상  
(출처: '16년 건축통계 요약집, 국토교통부)

건축물 용도별 비율(좌: 동수기준, 우: 연면적기준)



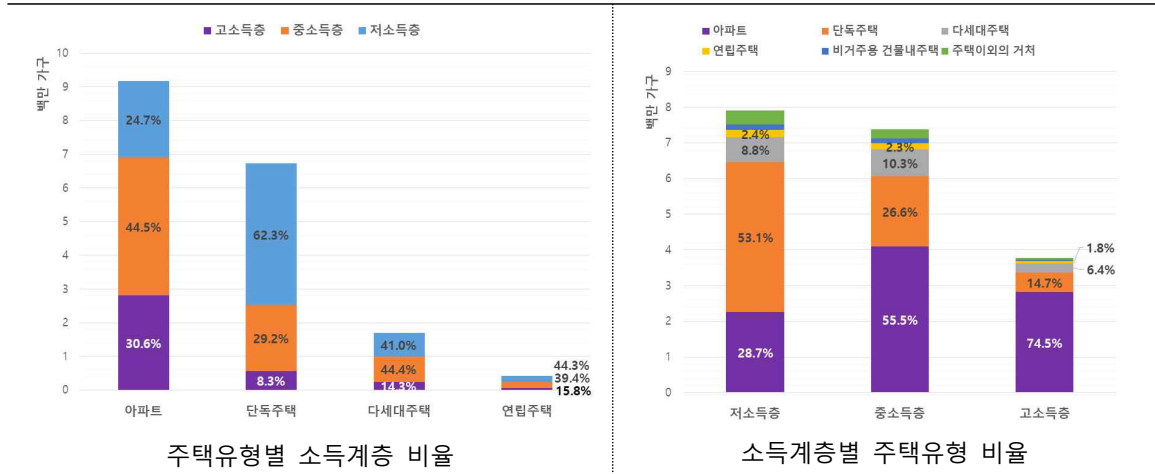
건축물 노후화 비율(좌: 동수기준, 우: 연면적기준)



- 건물부문의 에너지 효율화 정책 성공을 위해서는 주거용 건축물과 상업용 건축물의 에너지성능 강화를 간과할 수 없으며, 노후화 단계에 따라서 적용 기술과 그 기법을 차별화해야 함. 따라서 신축과 리모델링의 경우로 구분하며, 리모델링의 경우도 노후화 정도에 따라서 접근방식을 달리해야 함.
- 정부에서는 신축 외에 리모델링 건축물 부분에서도 건물에너지 효율향상을 활성화하기 위하여 2013년 2월 녹색건축물 조성지원법을 시행하였으며, 그린 리모델링 기준을 마련하고 재정지원을 확대하여 공공부문의 에너지 효율 개선을 유도하고 있음.

## 나. 기술적용 대상지(저층주거지)의 현황

- 국내에서, 저층 주거지는 단지식 아파트의 반대 개념으로 사용되고 있으며, 소규모 건축물이 집중된 지역으로, 주된 주택유형으로는 단독주택(다가구주택), 근생상가주택, 다세대주택, 연립주택이 있음. 거주자의 주 소득계층은 저소득층으로 나타남.



(출처: 2016년 국토교통부 주거실태조사 및 통계청 인구총조사)

- 최근 대규모의 재개발 사업이 연이어 무산되면서, 노후화가 더 급격하게 진행되고 있음, 기본적으로 단열에 대하여 취약한 경우가 대부분이며, 난방 설비 역시 급격히 노후화되고 오랫동안 개선되지 못한 채, 주거환경이 급격히 악화 일로에 있음.
- 건물(주거)의 에너지 효율이 떨어지는 상황은 개인의 물리적 안락함을 해칠 뿐만 아니라, 냉난방비와 관련해서 개인의 경제적 부담을 높이는 동시에 국가적 에너지 낭비로 볼 수 있음.
- 에너지 사용의 문제는 또한 사회적 불평등을 드러내는 명확한 지표임, 즉, 소득이 낮을수록 열악한 주거환경에 놓이면서 냉난방 효율 대비 에너지 사용료 부담감은 증가하게 되는 모순된 상황에 놓이게 됨.

표 5. 소득분위별 가구소득, 연료비 지출액, 연료비 비율

	소득분위	가구소득	연료	비	연료비 비율
저소득층	1분위	400,611 (100.0)	64,183	(100.0)	18.55%
	2분위	992,474 (247.7)	77,499	(120.7)	7.98%
	3분위	1,577,213 (393.7)	89,319	(139.2)	5.70%
	4분위	2,149,846 (536.6)	99,305	(154.7)	4.63%
중소득층	5분위	2,694,959 (672.7)	106,568	(166.0)	3.96%
	6분위	3,241,231 (809.1)	114,885	(179.0)	3.55%
	7분위	3,835,999 (957.5)	119,896	(186.8)	3.13%
	8분위	4,564,099 (1,139.3)	124,450	(193.9)	2.73%
고소득층	9분위	5,610,921 (1,400.6)	131,329	(204.6)	2.35%
	10분위	8,414,625 (2,100.4)	146,547	(228.3)	1.81%

(출처: 윤태연 남수현, 2015)

- 저소득층일수록 에너지 절약을 위해 더욱 노력하며, 심지어는 에너지를 거의 사용하지 않거나, 전혀 사용할 수 없는 상황에 이르는 경우들도 빈번함. 따라서 에너지 효율화를 위한 노력은 에너지 절감의 문제일 뿐만 아니라 에너지 복지 차원에서 중요한 문제임.

□ 소규모 건축물의 열악한 주거환경

- 미정비 된 노후 저층주거지는 단열이나 방수기준이 미흡했던 1980년대 이전에 건설된 주택이 대부분.
- 오래된 저층주거지는 방수설비가 미흡하여 옥상, 바닥 등 누수현상이 심하고, 단열처리 미비로 실내 온도 유지가 어려우며 습기로 인한 곰팡이 발생 등 주택성능 저하 요인이 다수 존재함.
- 2016 주거실태 조사결과에 따르면 아파트단지에 비해 단독주택이나 다세대, 연립주택의 설비성능 수준이 낮음.
- 저층주거지의 낮은 설비성능 수준은 겨울철 에너지 빈곤계층을 유발하는 원인으로 작용.
- 또한, 상하수도 미설치 가구 또한 단독주택에만 남아있고 누전차단기가 없는 가구는 단독주택 7.34%, 다세대주택 3.63%이며 화재경보기는 단독·다세대·연립주택 전체 중 83.73% (5,864,547가구)로 대부분 미설치. 이러한 조사결과는 단독주택을 비롯한 저층주거지의 방재에 대한 대처능력이 아파트단지에 비해 매우 낮음을 보여줌.



그림 25. 노후 소규모 주택의 모습 (좌:다가구주택/우:단독주택)

- 2010 서울 주택상태조사에 따르면 단독·다가구주택의 경우 해충으로 인한 주거환경수준 저하 문제도 심각한 것으로 조사됨

표 6. 주택유형별 해충문제 (단위 : %)

구분	아파트	연립/다세대	단독/다가구	오피스텔	고시원	쪽방
쥐	0.2	1.1	12.1	-	-	45.0
바퀴벌레	19.2	19.2	49.8	12.2	32.0	91.0
개미	21.4	21.4	37.5	9.2	3.0	59.0

- 저층주거지의 낮은 주거환경수준과 주택성능수준으로 인해 아파트단지에 비해 상대적으로 임대료나 주택가격이 낮아 사회적 취약계층의 거주비율이 높음, 2016년 주거실태조사결과에서도 저층주거지 거주자들이 아파트 거주자들에 비해 소득수준도 낮고 고령가구 비율도 높으며 월세나 사글세 거주비율도 높은 것으로 나타남. 따라서 건물 성능향상과 관련해 리모델링이나 재건축을 위한 비용 문제 등을 감당할 의지와 여력이 부족할 수밖에 없는 실정임.
- 소규모 건축물 에너지 효율화를 위해서 국가적 차원의 지원 정책 수립과 방향 제시가 긴급한 상황임.
- 따라서 본 연구과제에서는 주거 유형에 따른 노후화 정도를 구분하고, 본과제를 통해 개발할 요소 기술 및 설계/시공 기준을 통해 달성할 목표치를 다음과 같이 제시함.

노후화 3 단계	노후화 2 단계	노후화 1 단계	제로 에너지
신축(재건축)대상	에너지효율등급 1++ 목표	에너지효율등급 1+++ 목표	제로에너지 1등급 목표
에너지 복지	에너지 절감		에너지 자립

### 건물 노후연수에 따른 에너지 효율화 목표

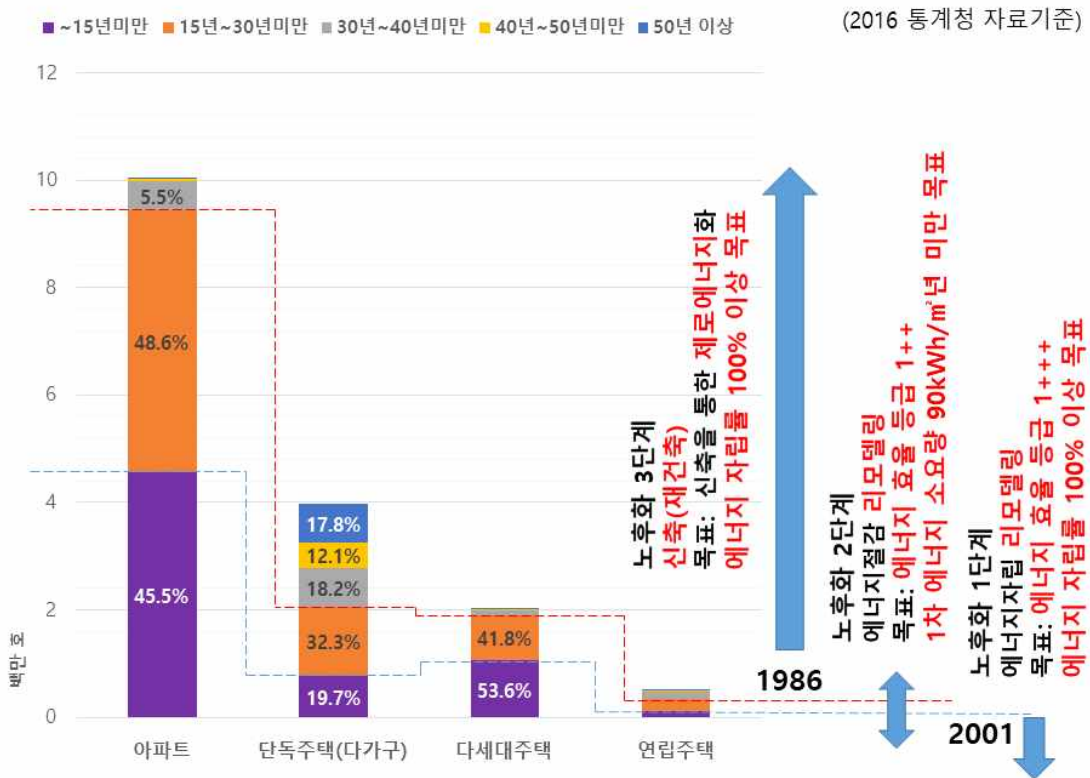


그림 26. 건물 노후도에 따른 에너지 효율화 목표

- 소규모 건축물 에너지 효율화 정책의 목표는 에너지 절감만을 위한 것은 아님. 건물 재실자의 삶의 질의 향상이라는 에너지 복지의 면에서 접근해야 함. 사실상 현재 국내 1인당 주거용 전력 소비량은 OECD(경제협력개발기구) 평균의 절반에 불과한 것으로 나타남. 즉 가정의 1인당 전력소비량은 프랑스의 절반 수준이며, 세계적 친환경 신재생 에너지 국가인 독일보다도 낮은 수준임.
- 결국, 한국의 1인당 전력 소비량이 세계 8위인 이유는 현재 타 부분, 산업용 상업용 전기 소비량이 과대하기 때문임. 즉 저소득층에서 주택성능이 낮음에도 불구하고 과도한 에너지사용 절제가 이루어지고 있음을 추정 할 수 있음.
- 에너지 최적화 기술 개발은 에너지 절감 자체가 목적이 아닌, 소비된 에너지가 쓸데없이 새어나가지 않고 재실자의 삶의 질을 높이는데 온전히 사용될 수 있도록 건물성능을 강화하는 것을 의미함. 따라서 재실자 삶의 질의 향상이 우선적 목표이며, 그 이후 에너지 절감의 부차적 효과를 기대할 수 있음.
- 2013년도 기준 건축연도별 주거부문 에너지 사용량을 살펴보면, 2000년 이후에 신축된 건물의 에너지 사용량이 주거부문 전체 에너지 사용량의 70퍼센트를 차지하는 것으로 나타남. 따라서, 건축부문의 에너지 절감과 탄소배출량 감축을 위한 주요 대상은 2000년 이후에 신축한 건물이 되어야 함.

표 7. 건축물 노후화와 관련된 건물 면적당 에너지 사용량 비교

(2013년 기준자료)	호수 (호)	연면적 (㎡)	개별주호당 면적 (㎡)	에너지사용량 (TOE)	면적당 연간에너지사용량 (1000kcal/㎡)	주거부문 소규모주거비율 (%)
2000년 이후	5,709,307	678,925,392	118.9	15,397,600	230	28.6
2000년 이전	9,725,702	895,928,511	92.1	6,712,600	70	45.4

- 면적당(㎡) 에너지 사용량을 비교해 볼 때, 2000년 이후의 건물과 비교해 볼 때, 2000년 이전의 건물 에너지 사용량이 현저히 낮다는 것을 볼 수 있음. 이것이 의미하는 바는, 일반적 소규모 노후 건물들의 열악한 상황을 고려할 때, 2000년 이전의 건축물의 에너지 효율이 높다는 의미가 아니라 건물 사용자들이 건물의 에너지 성능이 낮음에도 에너지 사용을 과도하게 자제하는 중이라는 것을 추정 할 수 있음. 따라서 냉난방 관련 생활의 질이 매우 낮을 것임을 알 수 있음. 따라서 2000년 이전 건축 소규모 건물들의 경우, 에너지 복지의 면에서 에너지 성능을 개선을 위해 노력해야 함.
- 2000년 이후의 건물들의 경우 개별 주호의 평균 면적이 2000년 이전 건물들의 평균 주호 면적보다 (1.3배)넓다는 것을 고려하여, 에너지 사용량이 높을 수 있다는 것을 인정하더라도, 면적당 연간 에너지 사용량이 3배 이상 높다는 것은 난방 에너지 사용 외에, 여러 생활가전의 보유 대수가 많고 라이프 스타일의 차이에

따른 것으로 보임, 따라서 2000년 이후 소규모 건축물의 경우는 에너지 절약을 위한 접근을 해야 할 것으로 사료됨, 따라서 냉난방 에너지 절감을 위한 건물 성능 개선과 함께 에너지 세이빙 설비와 개별 가전들의 에너지 사용을 효율화 시킬 수 있는 스마트미터기, HEMS의 사용을 적극적으로 활용해야 할 것임.

- 노후화 단계에 따라 설정한 에너지 절감 목표의 최소량을 달성한다고 가정할 경우, 2000년도 이후 신축된 주거 건물에 대해서 소규모 주택의 절감 가능량은 374.3 만 TOE로 추정되며, 2000년도 이전 주거 건축물에 대해서 소규모 주택의 절감분은 152.3 만 TOE으로 추정됨.

### 건축연도에 따른 주거용 건축물 에너지 소비량 추이

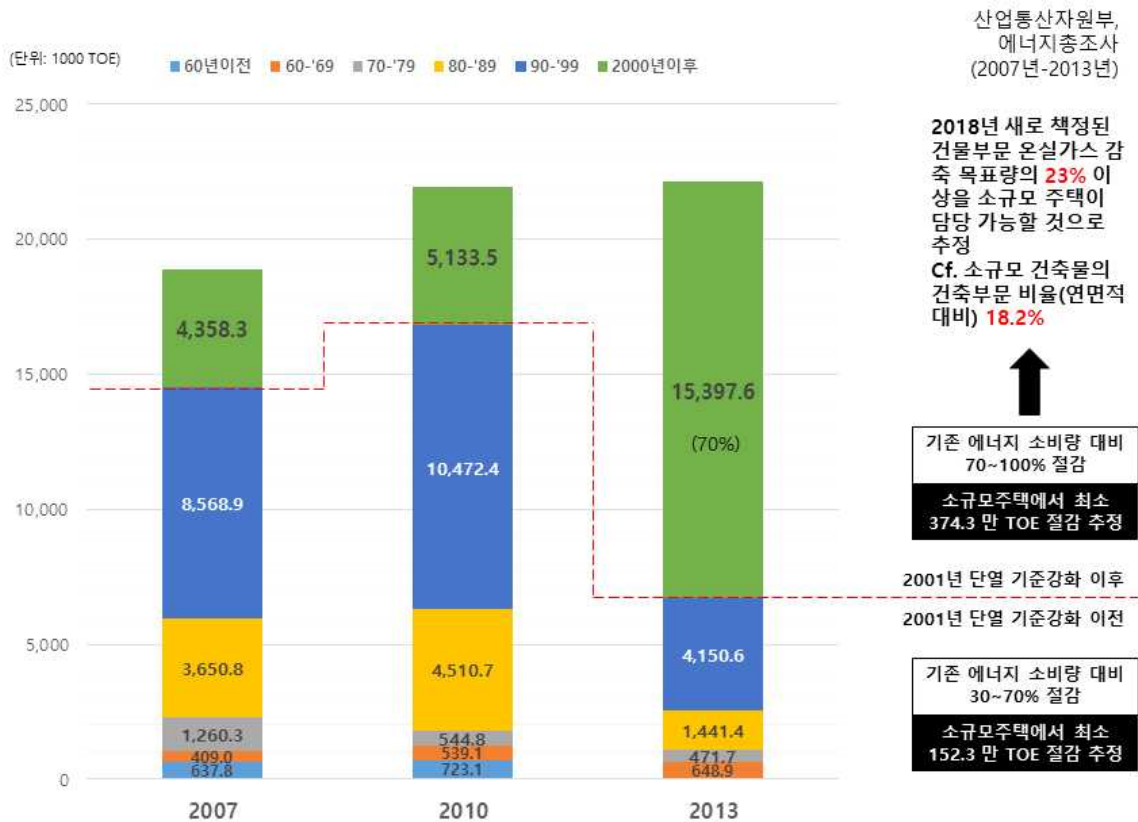


그림 27. 건축물 에너지 절감 목표 달성의 온실가스 감축 효과

- 소규모 주택의 에너지 효율화 목표 달성을 통해 이를 수 있는 에너지 절감량, 450만 TOE는 대략 1,494 만 tCO<sub>2</sub> 탄소 절감 효과를 가능케 할 것으로 추정됨, 이는 2030년 건축부문이 달성해야할 탄소 절감량(6,450 만 tCO<sub>2</sub>)의 약 23%에 달하는 양으로, 소규모 주택이 전체 건물부문에서 차지하고 있는 18.2%(연면적기준)의 비율을 고려할 때, 유의미한 결과를 기대할 수 있음.

## 다. 소규모 건축 시장의 현황

### □ 시공 하자로 인한 문제 속출

- 민간의 리모델링 시장 규모는 계속해서 빠르게 성장하고 있으나, 부실시공과 하자 분쟁 또한 가속화 하는 실정.

인테리어·리모델링 시장규모 (단위:조원)  
 ※ 2017년과 2020년은 예상치  
 자료:한국건설산업연구원



### 인테리어 피해 줄이는 5계명

1. 시공업체의 건설업 면허 획득 여부를 확인한다
2. '간판'에 나온 대기업이 아닌 자영업자가 시공하는 경우가 대부분. 가격보다 평판이 좋은 사업자를 찾는다
3. 계약서에 자재와 공임 등을 상세히 기재한다
4. AS 범위와 추가 비용 발생 등을 확인한다
5. 공사 지연에 대한 정확한 배상 요율을 정한다

### 인테리어 피해 유형

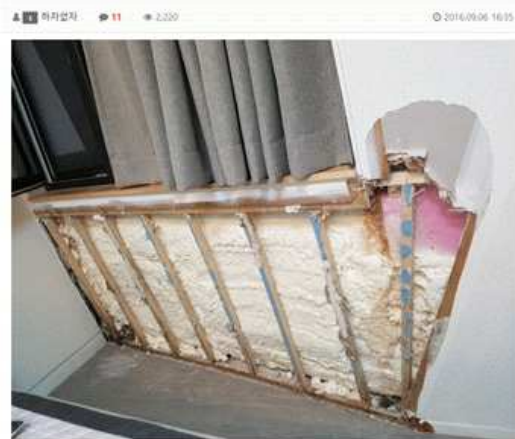
부실 공사로 인한 하자 발생	57.3%
계약 내용과 다른 시공	10.7%
하자보수 요구사항 미개선	9.2%
공사 지연	9.0%
계약취소 등 계약 관련 분쟁	8.4%
추가 비용 요구	4.2%
기타	1.2%

자료=한국소비자원

\* (좌) 연도별 인테리어/리모델링 시장규모 : 한국건설산업연구원

\* (우) 리모델링 관련 피해유형 비율

- 중대형 시장과 달리 전문가의 개입 자체가 불가능한 소규모 리모델링 시장의 경우 비전문가들의 잘못된 시공방식으로 인한 하자사례가 늘어날 수밖에 없는 현실로 이에 대한 정부개입이 필요한 상황.



창문아래 누수가 있어 석고보드를 열어보니 창틀 양쪽여백로 물이 흐른 흔적이 있습니다.

- 고성능 창호를 사용하였으나 창호 하부 방수처리(빗물받이)를 제대로 하지 않아 발생한 하자 사례.
- 빗물받이의 옆부분은 벽체 안으로 깊이 파고들어 누수가 되지 않도록 처리되어야 함
- 빗물받이의 하부는 창호 하부의 단열과 연계하여 빈틈이 없도록 밀실하게 채워져야 함

### □ 에너지 효율화를 기대할 수 없는 소규모 리모델링 시장

- 현재 소규모 리모델링 시장에서 내·외장재의 교체에 해당하는 단발적 리모델링에 그치는 이유는 애초에 리모델링의 목표가 에너지 성능 향상과 무관하기 때문이며, 에너지 성능 향상을 위해 쉽게 적용가능한 보편적 기술, 관련 기준 및 가이드라인 역시 확보되지 않았기 때문.

표 8. 현재 리모델링 공사의 종류

구조		공사종류
화장실/욕실공사		화장실, 욕실의 욕조, 변기 및 타일공사
주방(식당) 및 가구 인테리어		주방이 싱크대 수납장 식탁, 그 외 붙박이 장 등의 가구
방 거실 벽면공사		바닥(장판), 도배, 페인트
문/창호공사		금속/목재 문 및 창호공사(기술표준부재의 단순 공사)
설비공사	전기/조명	콘센트, 전기, 조명(디자인 위주)
	배관/보일러	보일러, 에어컨, 가스 및 온수배관 등(단순보수공사)

- 현재 시행중인 에너지 성능 개선 리모델링(그린 리모델링)의 경우도 대부분 창호 교체 정도의 단순 공사 위주로 이루어지고 있으며, 에너지 효율이 확대될 수 있는 창호+단열의 복합공사 비율은 매우 낮은 실정임.

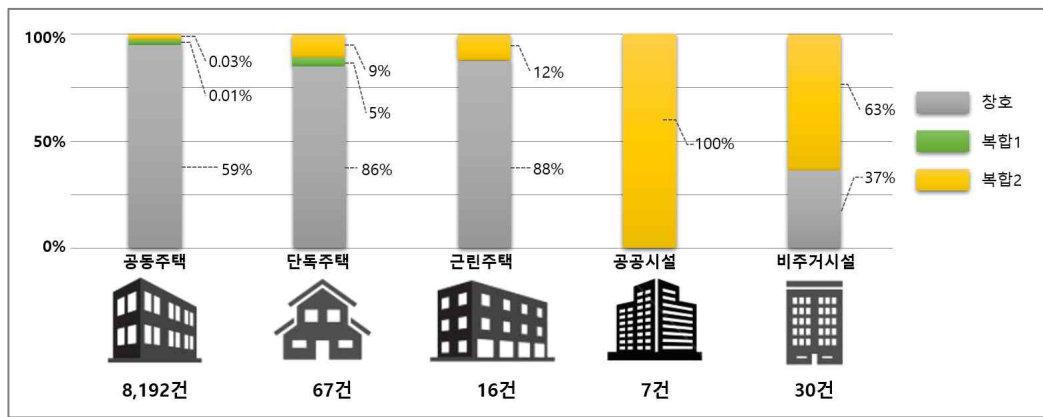


그림 28. 2013년-2016년 그린리모델링 사업결과  
(출처: LH 한국토지주택공사, 기존건축물 그린 리모델링 빅데이터 기반구축연구)

- 결국, 창호·단열 등 개별 기술은 다소 존재하나 이를 묶어줄 에너지통합 최적화 기술은 부재함. 이에 관행처럼 굳어져 가는 단순 디자인 위주의 리모델링 시장을 저에너지 리모델링 시장으로 이끌기 위해서는 정부의 연구 및 기술지원이 필수적임. 즉, 전문가가 간접적으로라도 개입하는 효과를 낼 수 있는 방식을 발굴하여, 비전문 시공자임에도 적절한 교육과 훈련을 통해 에너지 절감과 관련된 올바른 시공이 가능할 수 있는 기술과 기준을 제시함이 필요함.
- 그린 리모델링의 사업을 활성화시키고, 에너지효율 개선에 대한 수요에 대응하기 위해서는, 소규모 건축물 리모델링시에 에너지 효율화를 위해 적용할 수 있는 기술 개발과 기술의 용이한 적용을 도와줄 설계/시공 규범의 제시가 필요한 것으로 판단됨.
- 정부정책의 강화, 저에너지 요소기술의 개발과 고효율 건축물에 대한 인식의 저변 확대가 이루어지고 있는 상황에서, 본 연구진에서 기획하는 연구 내용은 소규모 건축물에 최적화된 필수적 요소기술의 개발과 그 기술의 올바른 적용과 결과를 담보할 설계/시공 규범의 개발로써 궁극적으로 에너지 효율화를 위한 정책과 도시재생 정책에 부응하고자 함.

□ 소규모 노후 건축물 리모델링 상담 사례1)

<b>노후 주택의 외단열 시공 비용 문의 (2017.12.07)</b>	
1	 <p>부모님 사시는 40년이 넘은 노후 단독주택 2층의 외벽단열 시공비용 문의입니다. 5년 전에 실내에 스티로폼이랑 석고보드를 넣었는데도 단열이 형편없어서 외풍이 아주 심합니다. 보일러를 때도 겨울에 실내온도가 15도 정도로 떨어지고 추워서 거실에선 잠을 못 잘 정도입니다. 벽돌로 쌓은 외관인데 오래되다보니 평면이 고르지도 못하고 메지도 듬성듬성 합니다.</p> <p style="text-align: right;">[중략]</p> <p>이런 곳도 가능한지 가능하다면 대강이라도 비용이 어떨지 궁금합니다. 워낙 낡은 집이어서, 걱정이 앞섭니다.</p>
<b>누수 문의 (2017.05.30)</b>	
2	 <p>안녕하세요 지은지 2년 넘은 목조주택에 살고 있는데 이번에 썬룸을 시공하면서 썬룸 안 벽면에 누수가 됩니다. 확인결과 썬룸 시공으로 인한 누수는 아니고 벽 안에서 타고 내려오는 것으로 추정됩니다. 제가 의심이 되는 부분은 꼭대기 징크마감부분이 벽과 만나면서 스며드는 것 같은데 어디서 빗물이 유입 가능성이 있는지 조언 부탁드립니다.</p> <p style="text-align: right;">[후략]</p>
<b>옥상과 외벽을 통한 누수 (2012.04.22)</b>	
3	 <p>지인이 오래된 다세대 주택 최상층을 구입했는데, 옥상 누수와 내부 결로에 의한 곰팡이 발생 등 문제가 있다면서 근본적인 제안과 견적을 부탁한다고 해서 비가 내리는 휴일인 오늘 오전 그곳을 방문했습니다.</p> <p style="text-align: right;">[후략]</p>
<b>노후 주택의 단열과 방음 문제 (2018.02.04)</b>	
4	 <p>약 40년 전에 지어진 한옥에 거주하고 있습니다. 다름이 아니라 약 8년 전에 리모델링할 때 조적으로 벽을 세웠는데 기둥의 두께는 약 140mm 정도가 되는 얇은 기둥입니다. 그래서 나무가 노출되기를 원하는 마음에 단열을 포기하고 그대로 석고만 대고 마감하였습니다. 두께가 두꺼워지면 기둥이 사라져서 한옥 같은 느낌이 없어질 것을 생각한 것이었습니다. 난방을 틀면 살만해서 살아왔지만 이번에 이런저런 다른 곳도 문제가 나는 바람에 다시 수리하기로 결심하였습니다.</p> <p style="text-align: right;">[후략]</p>

1) 한국패시브건축협회, “질문/하자사례”, [http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo\\_table=z4\\_01](http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo_table=z4_01)

□ 소규모 신축 건축물에서 빈번한 대표적 하자 사례<sup>2)</sup>

사례 1-1	유형 : 결로 및 곰팡이 (모서리 천장 및 칸막이벽)		
			
 <p data-bbox="376 943 432 969">[단면]</p>	<p data-bbox="555 573 624 600">[현상]</p> <ul data-bbox="568 611 1374 797" style="list-style-type: none"> <li>- 외벽과 칸막이벽에 면한 천장의 결로</li> <li>- 천장의 결로방지 단열재 시공 후 바닥 콘크리트를 붓는 과정에서 거푸집 위로 콘크리트가 새어 나와 단열재 하부를 덮음으로 인해 열교 발생</li> <li>- 칸막이벽에 결로방지 단열재 미시공</li> </ul> <p data-bbox="555 842 624 869">[방법]</p> <ul data-bbox="568 880 1374 1021" style="list-style-type: none"> <li>- 천장의 결로방지 단열재를 덮고 있는 콘크리트 중 외기에 면한 일정 부분 떼어내어 단열선을 연결해주어야 함</li> <li>- 칸막이벽의 결로방지 단열재 시공</li> <li>- 제습을 통해 습도를 낮추고 실내온도를 높임</li> </ul>		
사례 1-2	유형 : 결로 및 곰팡이 (최상층 천장 및 칸막이벽)		
			
 <p data-bbox="376 1883 432 1910">[단면]</p>	<p data-bbox="555 1514 624 1541">[현상]</p> <ul data-bbox="568 1552 1102 1659" style="list-style-type: none"> <li>- 최상층 천장의 단열 끊김으로 인한 결로 발생</li> <li>- 전선 설비를 위한 열재 파괴</li> <li>- 칸막이벽에 결로방지 단열재 미시공</li> </ul> <p data-bbox="555 1704 624 1731">[방법]</p> <ul data-bbox="568 1742 1366 1883" style="list-style-type: none"> <li>- 단열재를 사선으로 파괴하고 있는 전선을 직각으로 정리 후 난연우레탄으로 충전, 공배관은 전용자재로 막음</li> <li>- 칸막이벽 상부 1m 길이까지 두께 50T 이상 단열재 시공</li> <li>- 단열재 붙임 시, 테두리와 중앙 모두 접착제를 발라야 함</li> </ul>		

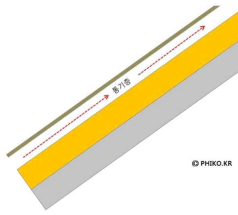
2) 한국패시브건축협회, “질문/하자사례”, [http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo\\_table=z4\\_01](http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo_table=z4_01)

사례 1-3

유형 : 결로 및 곰팡이 (목구조 지붕)



[지붕의  
통기층]



[현상]

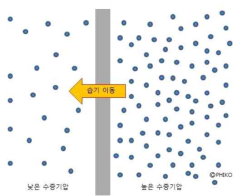
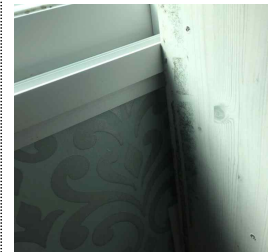
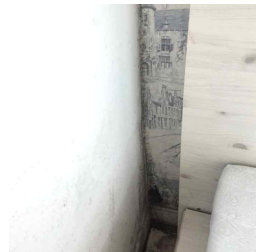
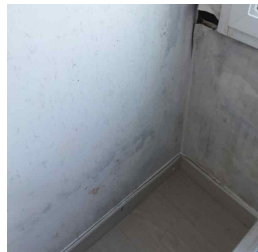
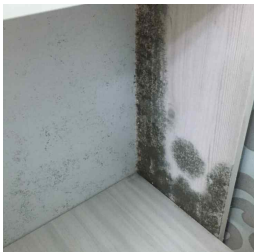
- 실내 습기가 빠져나가는 통기층이 확보되지 않아 지붕 실내 표면에 결로가 발생하여 단열재를 부패시킴
- 서까래에 구멍을 천공하여 통기구를 만들고자 함. 단열재를 들어내고 곰팡이 제거 작업을 함

[방법]

- 지붕 실외는 투습 · 방수의 기능을 가져야 하고 실내는 방습 · 기밀의 성능을 갖추어야 함.
- 실내의 방습 · 기밀층을 형성하지 않았을 경우 반드시 지붕에 습기가 빠져나갈 수 있는 통기층을 확보하여야 함

사례 1-4

유형 : 결로 및 곰팡이



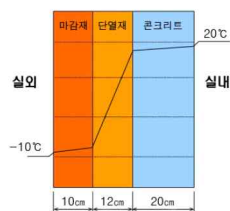
[수증기의 이동]

[현상]

- 신축 빌라에 3월쯤 입주하여 처음 맞는 겨울, 결로 및 곰팡이가 온 집안에 발생하기 시작하였음.
- 시공업자 및 건물주는 세입자가 환기를 제대로 하지 않아 곰팡이가 발생한 것이라며 책임을 물음.

[방법]

- 원인은 다양하며 가장 중요한 것은 온도와 습도의 관계임
- 결로가 발생하면 곰팡이가 발아할 확률이 높아지게 되며, 결로는 실내의 습기가 차가운 벽체에 붙어 발생함
- 또한 신발장이나 불박이장과 같은 가구가 차가운 외벽체에 붙어있다면 벽체와 가구 사이의 공기를 정체시킴으로써 단열의 역할을 하여 벽체는 더 차가워지게 되어 결로 발생이 심화됨



[벽체의 온도구배]

사례 2-1	유형 : 타일의 수축팽창		
			

[현상]

- 신축 2년차 타일 표면이 벗겨지는 현상
- 타일 철거 후 재시공 원함
- 타일 위에 새로운 타일을 재시공하는 방법은?

[방법]

- 원인은 타일이 요구하는 줄눈 간격보다 좁게 시공된 경우 혹은 타일의 소성이 잘못된 경우, 욕실 내부 열환경 변화 등
- 타일의 철거는 방수층 훼손 염려가 있어 신중하여야 함
- 타일 표면에 유약을 칠했기 때문에 기존 타일 위에 접착제를 사용하여 재시공하게 되면 부착력이 낮아 탈락 우려가 있음

사례 2-2	유형 : 타일의 수축팽창	
		

[현상]

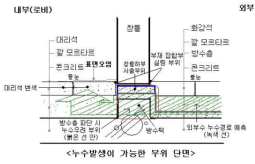
- (사진1, 2) 창호 개구부를 창호보다 크게 하여 주변을 몰탈 등으로 메우는 과정에서 하자 발생
- (사진1, 2) 타일의 수축팽창으로 인해 타일파손, 접착제 도포 잘못
- (사진 3) 입주 2년차 아파트 복도
- (사진 3) 콘크리트 수축팽창 및 타일 불량시공으로 인한 들뜸 현상
- (사진 3) 아파트 복도에 창을 열지 못할 경우 여름철 실내온도 상승으로 인해 바닥 콘크리트 및 마감재가 팽창하고 부착력이 약한 부분에 들뜸현상 발생

[방법]

- (사진1, 2) 내부 빈틈을 몰탈로 메꾼 뒤 타일을 시공해야 함. 이때 타일의 수축팽창을 고려하여 창호틀과 5mm정도 이격시킴
- (사진 3) 타일 자체가 파괴되지 않은걸로 보아 타일 부착시공의 문제가 있을 수 있음.
- (사진 3) 타일 시공은 부착면과 부착부재 양쪽 모두 접착제를 발라 붙여야 함
- (사진 3) 자재 팽창으로 인한 하자발생을 줄이기 위해 여유 공간을 확보해야 하며 바닥 콘크리트의 초기 수분이 빠져나갈 수 있도록 대책을 마련해야 함
- (사진 3) 타일을 설치하는 바닥의 함수율을 체크하는 것이 중

사례 3-1

유형 : 콘크리트 양생



[바닥 방수턱 디테일]

[현상]

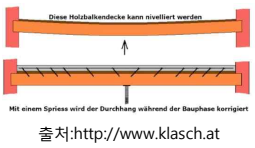
- 준공 직후 습식공사에서 바닥의 수분이 한쪽으로 몰리는 현상
- 바닥 왁스코팅 등으로 인해 수분 증발이 어려운 점
- 바닥청소의 잘못 혹은 화장실 등의 방수처리 잘못 가능성
- 동절기 백화현상은 수분의 증발이 늦기 때문에 몰탈의 건조가 느려서 발생, 빗물에 의해 석회석 수용액이 표면에 흘러나와 발생
- 금속창호 설치로 인한 방수층 파괴 가능성

[방법]

- 흡수율이 낮은 벽돌, 석재 사용 및 빗물 노출 방지
- 몰탈의 물시멘트비를 10% 낮추고 재료의 혼합에 유의하며 속건 몰탈을 사용함
- 5°C에 가까우면 더운물로 반죽하고, 5°C 이하면 작업을 하지 않음

사례 3-2

유형 : 콘크리트 양생



출처: <http://www.klasch.at>



출처 : <http://spillner-ssb.de>

[현상]

- 경목구조 2층 방의 크랙이 발생하고 있음 구조목 위 osb 합판으로 지지되는 공간이며 난방이 필요하지 않은 실임
- 7~9mm 정도 단차로 크랙 발생, 1층과 2층의 다른 방은 발생하지 않음

[방법]

- 시멘트 모르타르 층의 균열은 부재에 작용하는 응력(인장력)이 대용력(와이어 매쉬의 지지력)보다 클 경우 발생함
- 또한 모르타르층의 두께는 철근콘크리트층에 비해 얇기 때문에 진동하기 쉬운 특성이 있음. 구조목 위의 얇은 합판 또한 한가지 원인임
- 처짐이 발생하기 쉬운 2층 바닥 중앙에 처짐을 방지하는 방법을 강구하고 와이어매쉬가 적절한 부착력을 가질 수 있도록 바닥에서 띄워올리는 것을 신경써야 함

사례 4-1

유형 : 동결응해



[현상]

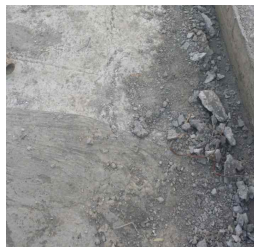
- 동절기 도로 및 조적조 벽면에 분사된 염화칼슘이 물과 함께 구조물의 틈을 타고 들어가 결빙, 해동이 반복되면서 팽창하여 표면이 부스러짐
- 1) 보도블럭
- 2) 도로변 방호책 하부 기초
- 3) 조적구조
- 4) 도로와 인도 사이 경계석 및 바닥미장 들뜸 현상
- 이는 우리나라 건축물 외단열미장의 대부분이 그러하며 외장재 탈락 등 안전에 직결되는 문제가 발생하기도 함

[방법]

- 동절기 건축자재 관리 철저

사례 4-2

유형 : 철근콘크리트 초기동해





[현상]

- 겨울철 영하 5~7도의 날씨에 콘크리트를 시공함으로 인한 골조품질 저하, 초기동해 발생

[방법]

- 콘크리트가 일부 제대로 채워지지 않고 4)번 사진처럼 콘센트 박스 주변도 비어있는 것으로 보아 타설 시 진동 다짐이 충분하지 못한 것으로 보임
- 콘크리트의 강도에도 상당히 문제가 있는 것으로 보이며 타설-양생 과정에서 적절한 강도유지를 위한 조치가 이루어지지 않았을 것으로 보임

<p><b>사례 5-1</b></p>  <p>①                      ②                      ③                      ④</p>	<p><b>유형 : 외벽(외벽의 오염)</b></p>
 	<p><b>[현상]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ① 상부 커튼월, 하부 조적으로 유리 표면의 때가 빗물에 흘러내려 조적 표면을 더럽히고 있음</li> <li>- ② 창호 하단 턱에 물꽂기가 누락되어 창문아래 벽면이 오염됨</li> <li>- ③ 물꽂기 누락</li> <li>- ④ 태양광 시설 설치로 인한 벽면에 빗물 흘러내림</li> </ul> <p><b>[방법]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빗물에 오염될 수 있는 부분은 물 꽂기를 반드시 하여 오염을 방지하여야 함</li> </ul>

<p><b>사례 5-2</b></p> 	<p><b>유형 : 외벽(물성을 고려한 외장재의 선택)</b></p>
---	--

**[현상]**

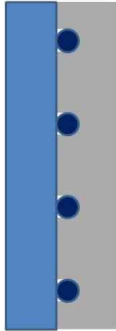
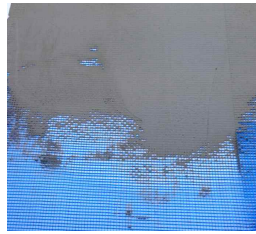
- 잘못된 외벽패널 시공으로 누수 및 변색, 휘어짐 등의 하자 발생

**[방법]**

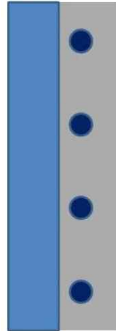
- 내부에 방습층이 시공되지 않아, 실내습도가 상대적으로 높은 2층에서 습기가 외벽쪽으로 다량 몰린 경우
- 상부 지붕과 외벽이 만나는 곳에서 물꽂기와 방수처리가 제대로 되지 않아 누수가 외장재 내부로 들어갈 경우
- 하지 각재 위에 외장재를 피스로 고정할 경우 EPDM 소재의 패드가 머리 안쪽에 달려있는 피스를 사용하지 않아 시공품질이 제각각임
- 외벽의 마무리와 패널이 만나는 부위에서 제대로 이음되지 않아 실란트로 메워놓아 장기적으로 누수의 원인이 됨

사례 6-1

유형 : 외단열미장마감(메쉬 접착 하자로 인한 외장재 탈락)



[잘못된 시공]



[올바른 시공]

[현상]

- 단열재 위에 바로 메쉬를 대고 몰탈을 바르면 접착력이 현저하게 줄어들어 하자발생의 원인이 됨
- 이는 우리나라 외단열미장마감의 대부분이 그러하며 외장재 탈락 등 안전에 직결되는 문제가 발생하기도 함

[방법]

- 외벽 단열재를 화스너로 고정한 후 반드시 몰탈 > 메쉬 > 몰탈의 방법으로 시공하여야 함

사례 7-1

유형 : 단열재(불량단열재 사용)



[현상]

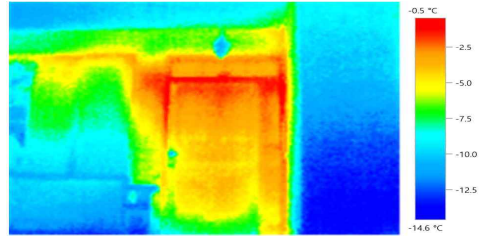
- 신축 아파트 콘크리트 함유수분 증발로 인한 결로 발생
- 불량 단열재 시공으로 인한 열교발생

[방법]

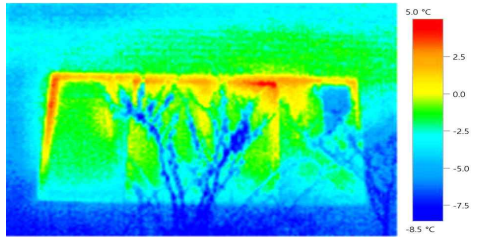
- 외벽과 칸막이 벽 사이의 단열재가 끊어지지 않도록 밀실 시공해야 함. 이 때 사용되는 단열재는 제품 사양에 맞는 밀도를 가지는지 확인해야 함

부록 3) 소규모 노후 조적식 건축물 단열, 기밀 성능 불량 사례

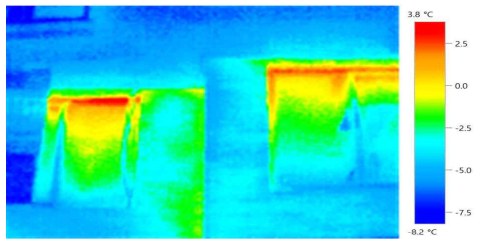
[사례 1-1] 현관문 및 설치에서 나타나는 열손실



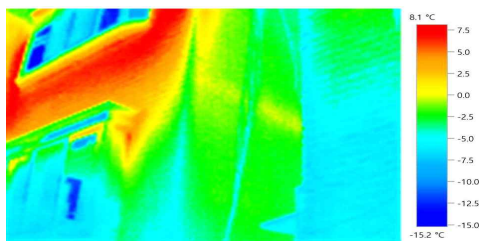
[사례 2-1] 창호주변에서 나타나는 열손실



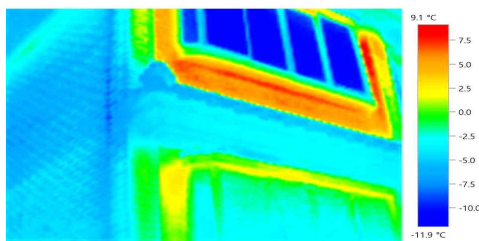
[사례 2-2] 창호주변에서 나타나는 열손실



[사례 3-1] 벽체에서 일어나는 열손실

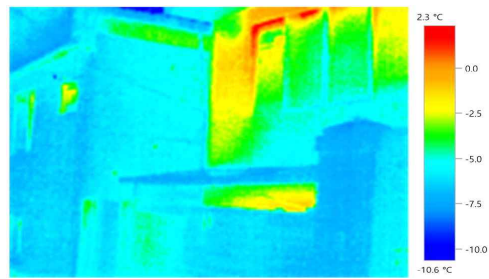


[사례 3-2] 창호 둘레 벽체에서 일어나는 열손실

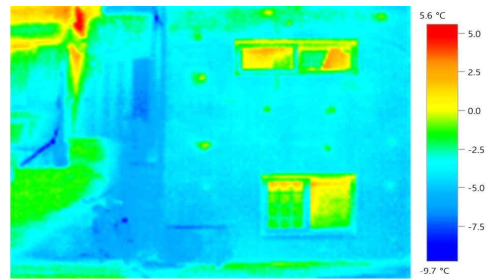


부록 4) 소규모 건축물 리모델링 사례에서 발견되는 하자 위험 요소

[사례 4-1] 소규모 건축물(주택) 리모델링 사례



[사례 4-2] 소규모 건축물(주택) 리모델링 사례



- \* 해당 건물의 열화상 사진에서 화스너의 자국이 나타나는 것으로 보아 외단열을 시공하여 리모델링 한 것으로 판단됨
- \* 주변 건물의 벽체 및 창호와 비교하여 열손실이 크지 않음을 확인할 수 있음
- \* 단기적인 에너지 성능 개선효과가 있겠으나 외장재의 색깔, 재료, 단열시공방법 등의 잘못으로 인해 열효율 성능이 급속히 떨어질 가능성이 높음

- 저층주거지의 노후된 소규모 건축물이 가진 일반적 문제점은 건축물의 노화와 준공 시점의 단열기준 인한 외피의 낮은 열적성능이며, 외피의 낮은 단열성능과 노화로 인해 발생하는 대표적인 하자 사례는 다음과 같음
  - 난방에너지 소비 증가와 실내에서 발생하는 결로와 곰팡이
  - 구조체 내부 결로 발생으로 인한 단열성능의 하락
  - 알루미늄 창호를 통한 에너지 손실 및 낮은 기밀성능으로 인한 난방에너지 소비 증가
- 따라서 노후 주택 리모델링의 기본은 외단열 보강과 창호 성능의 개선을 바탕으로, 조적식/ RC 구조 등 구조체의 특징에 따라 적절한 단열보강 기법과 외피의 열적성능을 개선할 수 있도록 다차원의 건축적 접근이 우선적으로 이루어져야 함.

## 라. Hygrothermal 분석 기반의 건축 설계의 필요성

### □ 건축재료의 Hygrothermic 물성을 고려하지 않는 소규모 건축물 시장

- 현대의 건축물은 건축기술의 발달과 건물에너지 효율 향상의 이유로 인해서 점차 단힌 구조로 발전해 나가고 있으며, 단열규정의 강화, 다양한 건축자재의 등장, 창호 시스템 성능강화 및 기밀성능 등이 향상됨에 따라 괄목할만한 건물에너지 효율 향상이 이루어지고 있음. 하지만 건물에너지 효율 향상과는 달리 기밀화된 현대의 건축물에서는 적절한 환기와 제습이 이루어지지 않으면서 실내공간에서 결로 및 곰팡이가 발생하는 사례가 증가하고 있음.
- 국내 주거문화는 식문화의 특성과 공동주택의 활성화로 인해 생활공간에서 세탁물을 건조하는 주거가 다수이며, 생활패턴 등의 이유로 실내 주거공간에서 다량의 습기가 발생하는 특성을 나타내고, 건축물의 효율 향상과는 별개로 재실자의 건축 환경적인 인식의 부재, 실내 기후환경을 고려하지 않은 상황에서 결로 및 곰팡이 발생사례는 빈번한 하자발생 여부로 분쟁중인 상황임.
- 이와 더불어 2000년대 중반 이후로 새집증후군 발병사례가 증가하고 실내공기질에 대한 중요성이 대두되면서 대규모, 공동주택의 경우 환기장치의 설치, 홈에너지 관리 시스템들이 도입되고 있으나, 여전히 소규모 건축물에서는 이러한 안전장치 또한 소외되고 있는 실정임.



그림 29. 경기도시공사 목조주택 단지 전경  
(출처 : 전원주택라이프 '17.10)

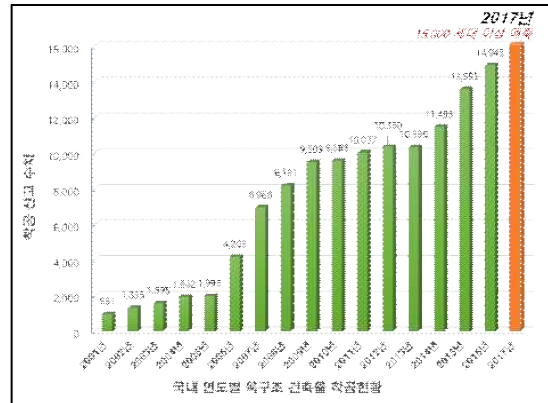


그림 30. 국내 목구조 건축물 착공현황  
(출처 : 통계청; 건축물 연도별 착공현황)

- 특히, 최근 들어 수요가 급증하고 있는 목구조 건축물의 경우 습기에 대하여 더욱 취약한 특성을 지니고 있으며, 벽체 및 지붕을 형성하고 있는 구조체 내부에 물이 부착하거나, 지속적인 습기의 유입으로 구조체 내부의 함습량이 증가하게 되면 부패나 뒤틀림의 현상이 발생할 수 있으며, 이 경우 외피의 변형을 유발하여 심각한 하자를 유발할 수 있음.
- 국내 목구조 건축물에서 하자가 발생하는 원인은 크게 ‘국내 기후에 부합하지

얇은 외피 구성’, ‘경량목구조의 낮은 열적 성능’, ‘건축재료 SD-value의 인식 부재’로 볼 수 있으며, 목구조의 경우 작업자의 역량과 경험에 의존하여 결과물의 성능이 결정되므로 결과물에 대한 표준 값이 없다는 점이 많은 하자를 발생시키는 원인이라고 할 수 있음.



그림 31. 국내 경량목구조 하자발생 사례

(출처 : 한국 패시브 건축협회 홈페이지)

- 상기 그림은 국내 경량목구조 하자발생 사례 일부를 발췌한 것으로 좌측 상부부터
  - ① 습기로 인한 단열재 부패
  - ② 단열재 탈락 및 결손
  - ③ 곰팡이 발생
  - ④ 구조성능 약화의 사례
- 여름철 다습한 기후와 강우로 인해 벽체가 습윤한 상태에서 충분히 건조되지 않아, 벽체 내부로 습기가 침투하여 단열재를 부패시키고 무너지게 만들은 물론 구조체의 구조성능에도 손상을 입히고 있음.
- 처음에는 벽을 가득 채운 단열재가 습기를 머금고 점점 아래로 탈락하기 때문에 벽체의 상당 부분에 단열결손이 발생함. 이러한 실정은 ‘완공된 첫해에 비해서 갈수록 집이 추워진다.’ 라는 건축주의 말은 목조주택의 하자를 직접 느끼는 상황이라 할 수 있음

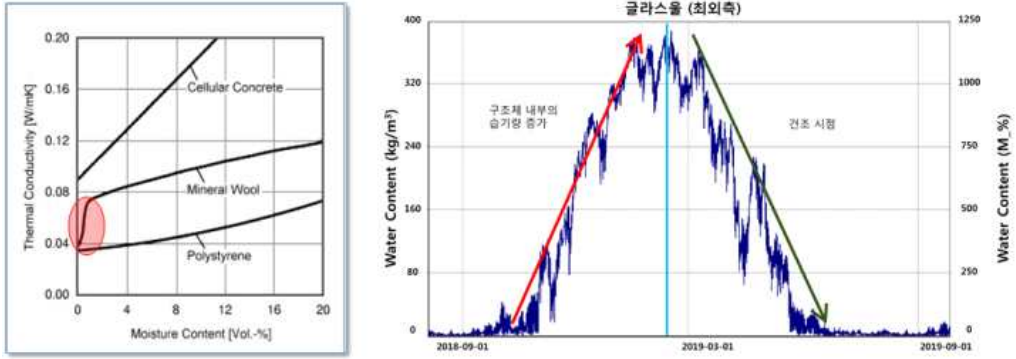


그림 32. 단열재 재료의 함수량에 따른 열전도를 상승과 외피의 습기 증가/건조 거동

- 이는 구조체를 구성하고 있는 재료의 습기에 대한 물리적인 특성(흡습/ 방습/ 분산/ 및 투습 저항성)과 밀접한 관련이 있으며, 건축물을 설계함에 있어서, 구조체를 구성하는 각각의 재료의 습기에 대한 물성을 고려하지 않은 결과라고 할 수 있음.
- 또한, 소규모 건축물에서는 습기와 관련된 다양한 하자 사례를 확인할 수 있으며, 기존에는 발생하지 않았던 사항들이 리모델링 전후로 나타나기도 함. 이러한 현상이 발생하는 이유는 구조체를 구성하고 있는 재료의 습기에 대한 물리적인 특성을 고려하지 않은 결과라고 할 수 있으며, 다른 선진국가와는 달리 아직까지 실내외 습기 거동의 하자를 방지하기 위한 건축 법규적인 안전장치는 마련되지 않은 실정임.

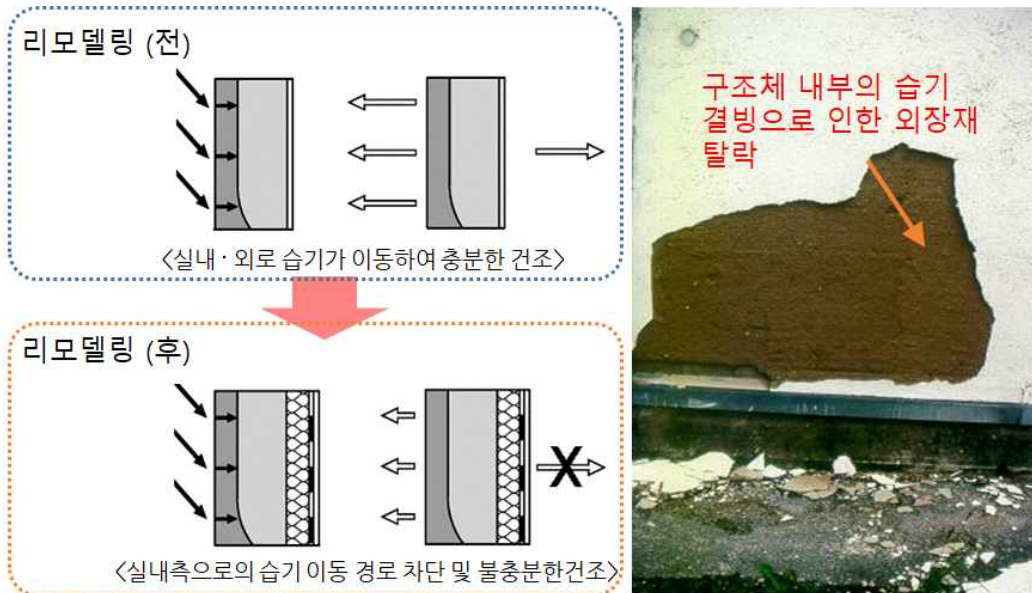


그림 33. 습기로 인한 외벽 마감부위의 하자 발생 사례

□ 국내 기후를 고려한 소규모 건축물 설계 기법

- 지난 수 십년간 독일, 미국 등은 건축 분야에서 에너지절감기술 및 이와 관련한 기준, 규준을 크게 발전시켰으며, 현실과 동떨어지지 않고 함께 발전할 수 있었던 가장 큰 요인으로는 국가들이 정한 가이드라인과 기준들을 들 수 있음.
- 그동안 동아시아 국가들은 급속한 국가경제발전과 함께 질적인 성장보다는 부피 성장에만 집중을 하였고, 이러한 모습이 고스란히 건축계에 반영되어 건축물의 수명 및 재실자의 환경, 건강이 철저히 무시된 건축물만 건설되었음. 하지만 최근에는 전 세계적으로 에너지 절감 정책과 건축물 하자 문제를 줄이기 위하여 저에너지 건축물의 표본으로 알려진 독일형 패시브하우스에 큰 주목하고 있지만, 우리나라 기후환경이 고려되지 못한 채로 또 다시 발등에 떨어진 문제만을 해결하기 위하여 급급하게 타 기후에서 개발된 건축물을 그대로 도입하는 오류를 범하고 있음.

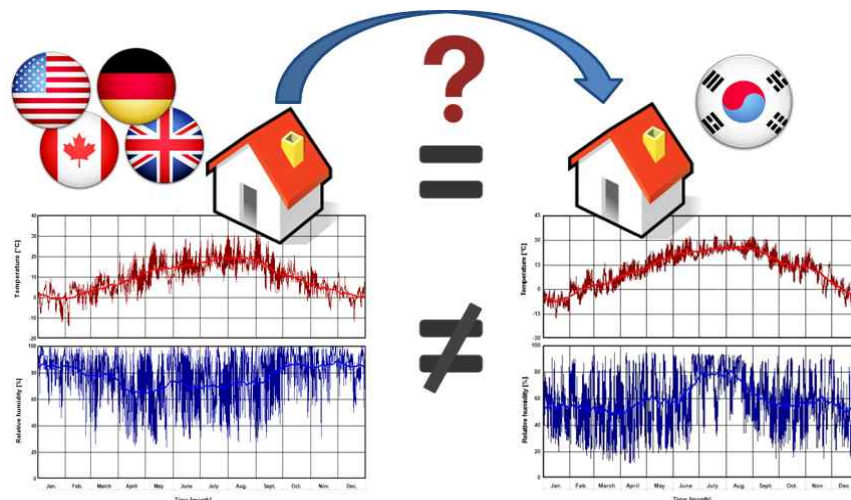


그림 34. “상이한 기후대에서 개발된 건축물을 그대로 국내에 도입해도 문제가 없을까?”

- 한국패시브건축협회에서는 대한민국 표준기상데이터 프로젝트를 통하여 기상청에서 일사량을 실측 중인 22곳에 대하여 표준기상데이터를 구축하였으며, 현재 이 자료는 본 협회의 홈페이지뿐만 아니라 미국 Department of Energy (DOE) 산하 홈페이지인 ‘Climate One Building’ 과 독일 Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP)의 WUFI 프로그램 내 기상 데이터베이스에 탑재되어 있음. 표준기상데이터 제작에 대하여 많은 건축종사자들로부터 많은 호응을 받고 있음. 하지만, 현재 이를 활용하여 국내 기후에 대한 건축물의 영향성 검토가 이루어진 바가 없고, 이에 대한 정립된 가이드라인 또는 국가기준이 없는 현실임.

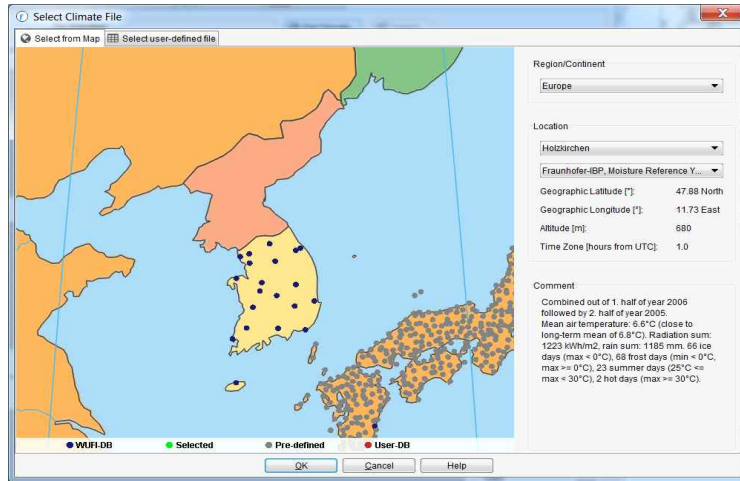


그림 35. WUFI 프로그램 내 기상 데이터베이스 - 대한민국

- 독일 Fraunhofer IBP 연구소에서는 독일 내 건물에너지평가용 표준기상데이터 (TRY)와 습기에 의한 하자 평가용 Hygrothermal 표준기상데이터 (HRY)를 제공하고 있음.

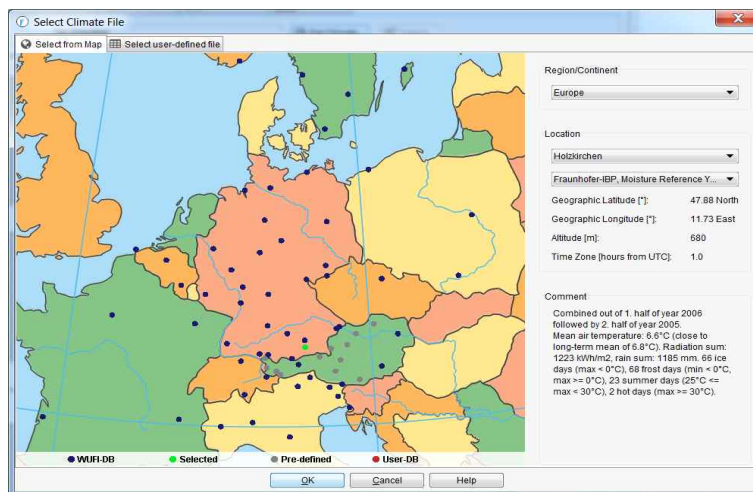


그림 36. WUFI 프로그램 내 기상 데이터베이스 - 독일

- 독일에서는 건물에너지평가를 위한 최소 열관류율 성능의 경우 독일 에너지절약 기준 (EnEV) 또는 DIN 4108-2에 따라 지역에 상관없이 모두 동일한 기준을 명시하고 있음. 하지만 습환경에 의한 하자 방지의 경우, DIN 4108-3에서 강수량 또는 건물 파사드의 노출도에 따라 아래 그림과 같이 세 지역으로 구분하고 있음. 각 지역별로 드라이빙 강수에 의한 하자를 방지하기 위한 기준을 표.와 같이 명시하고 있음.

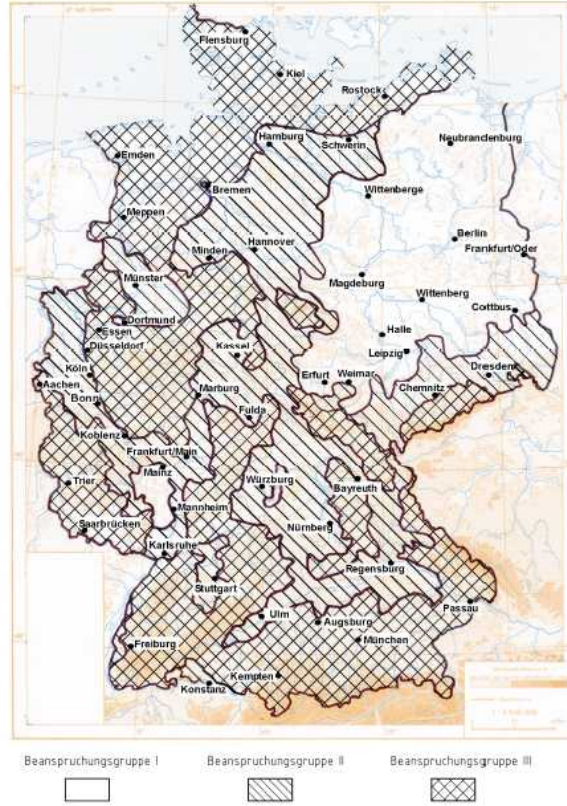


그림 37. 독일의 지역별 드라이빙 강수량에 따른 분류

표 9. 지역별 드라이빙 강수량 분류에 따른 하지방지 기준 (DIN 4108-3)

구분	지역 I	지역 II	지역 III
	드라이빙 강수		
	적음	보통	많음
1	드라이빙 강수 보호에 대한 특별한 기준 없는 외벽마감 - 조적조, 콘크리트조의 외벽 등 - 미장마감의 외단열 벽체	DIN 4108-3 내 테이블 6에 따른 방수성 외벽마감	
2	벽체 두께 31 cm (실내 프라스터 포함)	벽체 두께 37.5 cm (실내 프라스터 포함)	중공층과 단열재를 포함 또는 코어 단열재를 포함하고 있는 이중벽체 (실내 프라스터 포함)
3	두껍게 또는 얇게 모르타르 접착된 타일 또는 플레이트가 시공된 외벽	두껍게 또는 얇게 방수 모르타르 (DIN 18515-1)에 의해 접착된 타일 또는 플레이트	
4	비투습성의 콘크리트 외벽		
5	통기층이 있는 외벽		
6	외단열시스템 외벽		
7	DIN 68800-2에 따른 내후성 목구조 벽체		

- 미국 DOE 에서는 그림 14와 같이 작성된 표준기상데이터를 TMY, TMY2, TMY3 의 형태로 미국 전역에 걸쳐 수백개의 표준기상데이터를 제공하고 있음.

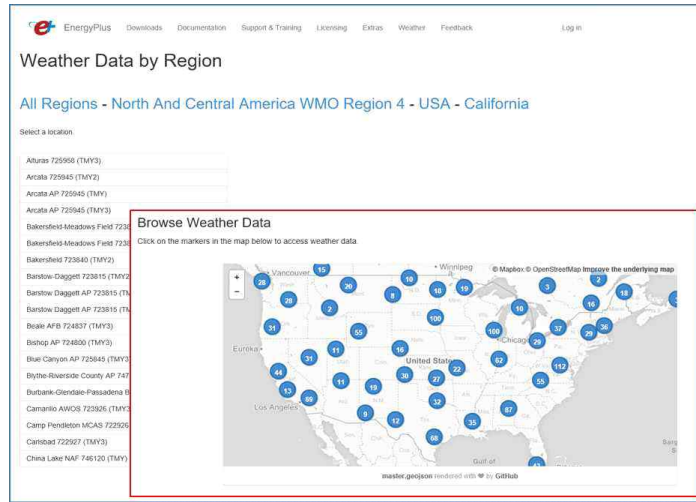


그림 38. EnergyPlus 기상데이터 자료실 - 미국

- 북미의 경우 넓은 국토를 기후적인 특징으로 분류하여 관리하고 있으며, 지역별 기후대를 적용하여 관리중인 것을 알 수 있음. 그림 14는 미국의 기후분류를 나타내고 있음.
- IECC (International Energy Conservation Code)에 따르면, 미국은 총 덥고 습한 지역, 해양성 기후, 추운지역, 아주 추운지역, 덥고 건조한 지역 등 7개의 기후대로 분류하여 건축물을 관리하고 있으며, 지역별 기후적인 특징에 따라 열/습기 거동으로부터의 하자발생 방지를 위해서 구조체의 재료 중 방습층의 설치를 달리 권고하고 있음.

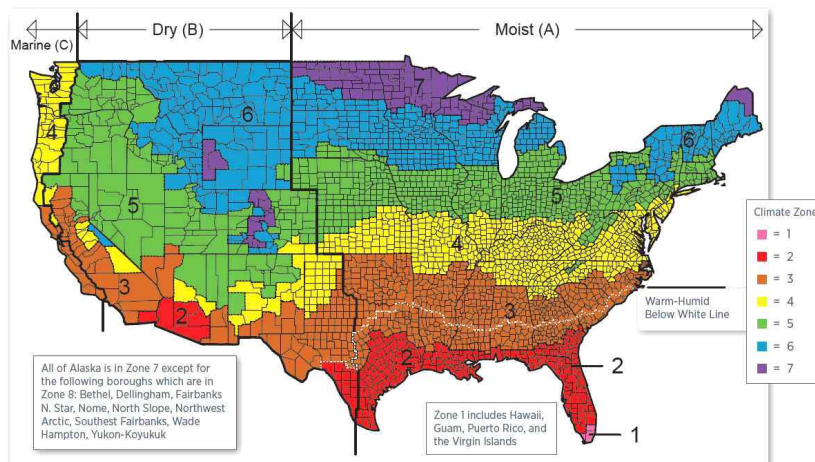


그림 39. 미국의 지역별 기후대 분류

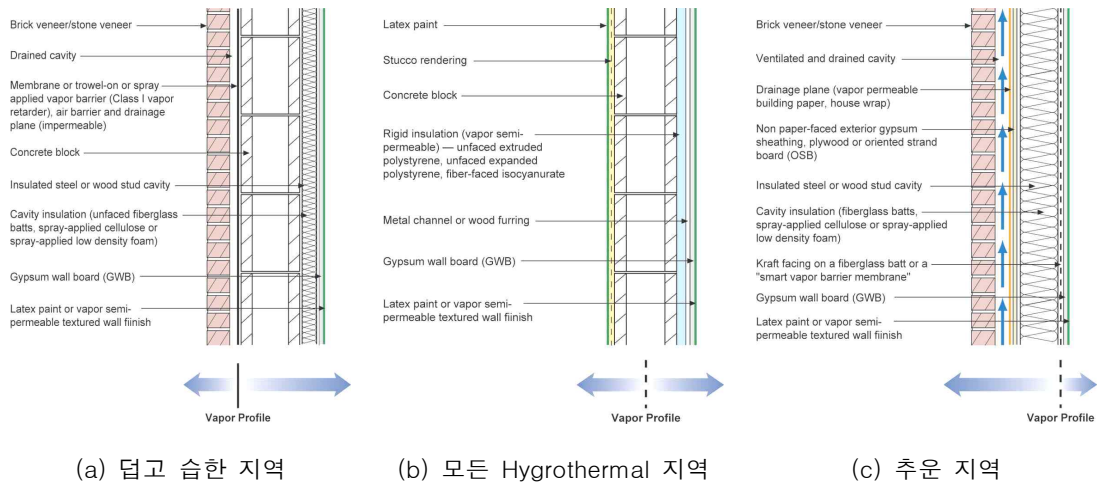
(출처 : International Energy Conservation Code, U.S. Department of Energy, 2012)

표 10. 미국의 지역별 방습층 설치 기준

구분	기후대를 구분으로 한 방습층 설치 기준
1	미국의 기후대 1 ~ 4 지역에서는 어떠한 등급의 방습층이 단열층의 실내표면 측에 필요하지 않음.
2	기후대 5 지역에서는 외부 피막의 투습능이 ASTM E-96 의 컵 테스트 방법을 통해 실험했을 때 1.0 perm 이상일 때는 단열층 실내 표면측에 등급 3 혹은 그 이하의 방습층이 필요.
3	기후대 6 과 7 지역에서는 벽과 바닥 피막의 투습능이 ASTM E-96 의 컵 테스트 방법을 통해 실험했을 때 1.0 perm 이상일 때는 단열층 실내 표면측에 등급 2 혹은 그 이하의 방습층이 필요.
4	기후대 지역 5, 6 및 7 지역에서는 벽과 바닥 피막의 투습능이 ASTM E-96 의 컵 테스트 방법을 통해 실험했을 때 1.0 perm 이하일 때는 단열층 실내 표면측에 등급 3 혹은 그 이하의 방습층이 필요하고, 외부 피막층의 실내측 표면이 실내공기의 노점온도보다 높게 유지되어야 함. 이 설계 방식에서는 표 1에 명시된 상대 습도에서 실내공기의 온도가 온도가 70° (21°)로 정적상태로 열전달이 이루어지고 있다고 가정하며, 외기의온도는 해당지역의 연중 가장 추운 3개월에 대한 평균값으로 설정. (예 : 12 ~ 2월)
5	기후대 5 지역에서는 지붕과 다락 구조체 단열층 실내측 표면에 등급 3 혹은 이하의 방습층이 필요. (설계조건 : 상대습도 30%, 실내온도 21°C)
6	기후대 6과 7 지역에서는 지붕과 다락 구조체 단열층 실내측 표면에 등급 2 혹은 이하의 방습층이 필요.(설계조건 : 상대습도 25%, 실내온도 21°C)
7	기후대 5, 6 및 기후대 7은 내부에서 단열 된 아래 등급의 벽돌 및 콘크리트 벽의 단열층 실내측 표면에 등급 3 이하의 방습층이 필요. (설계조건 : 습도 20%, 실내온도 21°C)
8	지면 접촉부의 콘크리트 슬래브 바닥은 슬래브 또는 경질단열재와 직접 접촉하는 아래에 최소 R-5의 열 저항을 갖는 슬래브 또는 단열재와 직접 접촉하는 슬래브 아래에 등급 1 방습층이 있어야 함.
9	동적 Hygrothermal 모델링으로 어셈블리를 평가할 때 상기 요구 사항의 예외가 허용. 건축 구조체를 구성하는 건축 자재의 수분 함량은 이 평가 방법에서 ASHRAE 160 에 명시된 재료의 평형 수분 함량보다 낮아야함. 실내, 외기 조건 또한 ASHRAE 160 에 명시된 실내 공기 조건 및 외부 공기 조건을 사용.

(출처 : Vapor Barrier Journal Paper, U.S Department of Energy, 2007)

표 11. 미국 지역별 방습층 설치 예시



(출처 : Vapor Barrier Journal Paper, U.S Department of Energy, 2007)

## ☞ 시사점

- 리모델링은 건축, 설비, 구조, 현장 등 전 영역에 걸쳐 전문적인 검토 및 협업이 뒷받침되어야만 실행 가능함. 한가지 타입에서 파생물을 만들어 내는 아파트와는 달리 모든 리모델링 대상 건축물은 각자의 이야기(History)와 문제점(problem)을 가지고 있기 때문임.
- 이러한 접근방식의 다양성 때문에 사업화 대상에서 제외되고 수년간 방치되어 오면서 거주자 자신이 불편함을 해소하기 위해 비전문적이고 단기적인 문제해결을 해오는 상황임.
- 2001년을 시작으로 ‘건축법 시행령’, ‘공동주택 관리령’, ‘주택법’ 등 다양한 관련 법령 및 연구사업을 통해 리모델링을 활성화하기 위해 노력하고 있지만 이 조차도 공동주택을 대상으로 하기 때문에 단독주택 및 5층 이하 소규모 주택은 외면당하고 있는 실정임.
  - 리모델링의 개념 인식 : 리모델링이란 건축물의 노후화를 억제하거나 기능 향상 등을 위하여 대수선하거나 일부 증축하는 행위를 말하는데, 지금까지 리모델링 관련 사업은 대상 건물의 구조체를 제외하고 모두 철거 후 재시공하는 방법을 사용함으로써 ‘리모델링은 재건축과 비슷한 개념이다.’ 라는 인식을 고착화시킴
  - 사업성 부족 : 사업의 특성상 경제적 이익에 기반하여 대규모 생산 적용 방식을 목표로 하고 있어 증축이나 개축과 같은 대규모 공사 이외의 문제에 대한 접근이 부족함. ‘기존의 상황을 유지하면서 필요성에 의해 부분 개선’이라는 리모델링의 취지에 부합하는 정책, 연구, 기술개발이 필요한 상황임
  - 실내 환경 문제 : 국내의 리모델링은 ‘보이는 것’에 집중하여 실내외 구성이나 자재변경을 통해 외관을 현대화시키는 경향을 보이고 있음. 그러나 단열/기밀/방수층 구성과 올바른 창호 시공방법, 환기의 필요성과 개념, 자재의 물성을 기반으로 한 적재적소의 사용 등을 고려하지 않는다면 1~2년 뒤에는 또 다시 악순환이 반복될 것임.
- 이러한 문제점을 기반으로 편의성, 경제성, 구조안정성, 친(親)건강성, 에너지절감 등 다각적 분야에서 동시다발적인 기술력 향상을 이루어내야 하며 철저한 사업성 검토를 통해 국가적 차원의 제도적 지원과 산학연계를 통한 기술적 지원, 전문 교육이 뒷받침된 현장 실현이 이루어져야 함

## 2장. 국내외 동향 및 환경 분석

### 1절. 국내외 정책 동향 및 이슈

#### 가. 국내 정책동향

건축물의 제로에너지화(화) 정책의 주요 대상은 연면적 500m<sup>2</sup> 이상 건축물이므로, 500m<sup>2</sup> 미만의 대부분의 소규모 건축물은 그 의무대상에서 제외된 상태임. 이는 소규모 민간 건축 시장에 부담을 주지 않으려는 의도일 수 있으나 관리대상에서 제외됨으로써, 소규모 건축물의 성능향상과 소규모 건설시장의 기술 향상에 대한 동기 부여가 없어진 셈. 따라서, 소규모 건축물 시장을 개편하기 위한 적절한 정책적 개입이 필요한 상황.



#### 1) 소규모 건축물의 제로에너지화(화) 정책

- 현재의 로드맵 상에서는 2025년부터 모든 규모의 신축 건물이 제로에너지 건물이 되어야 하는 상황.
- 소규모 공공 건축물의 제로에너지화 로드맵은 정해진 상황이나, 소규모 민간 건축물에 대한 부분은 부재함. 중대형 건축물과 소규모 공공 건축물의 시범적 역할만으로 민간 소규모 건축 시장을 움직이기는 어려울 것임.
- 인증 등의 의무화 여부를 떠나 소규모의 특수성을 고려한 구체적 내용을 담은 정책이 필요한 상황.

□ 제로에너지 건축 관련 정책 동향

- 건축부문의 에너지 소비율이 갈수록 증가함에 따라, 정부에서는 건물의 에너지 효율화를 위해 2001년부터 신축건물에 대해서 ‘건축물 에너지 절약 설계기준(의무 대상: 연면적 500㎡이상 건축물)’ 을 의무화시키고 지속적으로 강화하고 있음.
- 제로에너지 건축물 의무화 적용대상 역시 대규모 건축물에서 소형 공공건축물(2020) 그리고 모든 신축건물(2025)로 확대할 예정에 있음

표 12. 국토교통부 제로에너지 건축물 달성 로드맵

시기	국토 교통부 제로에너지 빌딩 활성화 방안
2009년 11월	제6차 녹색성장위원회 제로에너지 건축물 도입 로드맵 발표
2014년	제로에너지 빌딩 조기 활성화 방안 기준 수정 발표
2017년	패시브하우스 설계 의무화
2020년	소형 공공건축물 제로에너지 의무화
2025년	신축 건축물 제로에너지 의무화









그림 40. 한국의 건축물 제로에너지 로드맵

□ 제로에너지 건축물 인증

- 제로에너지 건축물의 정의

건축물 에너지 효율 등급 중 최고 두 개 등급(1++, 1+++)을 만족하는 성능을 가진 건축물이 신재생 에너지 생산을 통해 에너지 자립률 20% 이상을 달성한 경우 제로에너지 건축물이라 정의함.

인증 대상	<p style="text-align: center;"><b>인증대상</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>단독주택</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>공동주택</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축물</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>업무시설</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> </div>			
	단독주택	공동주택	냉방 또는 난방 면적이 500㎡ 이상인 건축물	업무시설
의무 대상	<p style="text-align: center;"><b>의무대상</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>시장형,준시장형 공기업* 연면적 3,000m<sup>2</sup> 이상의 교육연구시설 건축물을 신축하거나 병동으로 증축하는 경우</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>시장형,준시장형 공기업* 연면적 3,000m<sup>2</sup> 이상의 업무시설 건축물을 신축하거나 병동으로 증축하는 경우</p> <p><a href="#">자세히보기 Q</a></p> </div> </div> <p style="font-size: small; text-align: center;">* 시장형 공기업(2017년) → 시장형,준시장형 공기업(2018년) → 공공기관(2020년) → 민간건물(2025년)을 대상으로 확대될 예정입니다.</p>			
	시장형, 준 시장형 공기업 연면적 3000㎡ 이상의 교육연구시설 건축물을 신축하거나 병동으로 증축하는 경우		시장형, 준 시장형 공기업 연면적 3000㎡ 이상의 업무시설 건축물을 신축하거나 병동으로 증축하는 경우	

(출처 : 한국에너지공단)

○ 제로에너지건축물 인증기준

- ① 건축물 에너지효율등급 1++이상을 만족

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	1차에너지 소요량*(kWh/㎡년)	1차에너지 소요량*(kWh/㎡년)
1+++	60 미만	80미만
1++	60이상 ~ 90미만	80이상 ~ 140미만

\*냉/난방, 급탕, 조명, 환기에 대한 연간 단위 면적당 1차에너지 소요량을 뜻함

② 신재생에너지를 통한 에너지 자립률

$$\text{에너지 자립률(\%)} = \frac{\text{1차 에너지 생산량}(kWh/m^2\text{년})}{\text{1차 에너지 소비량}(kWh/m^2\text{년})} \times 100$$

표 13. 제로에너지건축물 인증 기준

ZEB등급	건축물의 에너지 자립률
1등급	에너지 자립률 100% 이상
2등급	에너지 자립률 80~100%
3등급	에너지 자립률 60~80%
4등급	에너지 자립률 40~60%
5등급	에너지 자립률 20~40%

③ 에너지 모니터링 시스템 설치 여부 : 에너지관리시스템(BEMS: 비주거) 또는 원격검침전  
자식계량기(스마트미터: 주거용)

○ 제로에너지건축물 인증에 대한 인센티브 제공

표 14. 제로에너지건축물 인증에 따른 인센티브

구분	지원방안
건축기준 완화	용적률 및 건축물의 높이 등 건축 기준 15%이내 완화
보조금지원	태양광, 지열 등 신재생에너지 설치보조금(설치비 30~50%) 우선지원
세제지원	취득세 감면 최대 20% 감면 신재생에너지 설비, BEMS 등 에너지절약시설 투자비용 일부(최대 6%)에 대한 소득세 또는 법인세 공제
주택도시기금 대출한도 확대	제로에너지 건축물 인증을 받은 공공임대주택 및 분양주택에 대해 주택 도시기금 대출한도 20% 상향(2018년 주택도시기금 운용계획)
기부채납 부담률 완화	기반시설 기부채납 부담수준(해당 사업부지 면적의 8%)에 대해 최대 15% 경감률 적용

□ 건축물 에너지 효율등급 인증제도

- 제로에너지 건축물 인증을 받기 위해서 기본적으로 받아야 할 인증으로, 건물의  
에너지 성능을 판단함.
- 건물 에너지소요량 및 이산화탄소 발생량을 포함한 건물 에너지 성능을 평가하  
여 인증함으로써 에너지 이용효율 향상을 도모.
- 대상: 모든 용도의 신축 및 기축 건물.
- 의무대상: 3000㎡ 이상 건축물(전국), 500㎡ 이상 건축물(서울시).
- 기준: 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량을 기준으로 등급을 나눔, 10개의 등급  
으로 구분됨.

○ 해외에서는 건축물 에너지 효율 등급을 부동산 매매時(시) 제시하도록 의무화 함.

등급	주거용 건물	주거용 이외의 건물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m <sup>2</sup> 년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m <sup>2</sup> 년)
1+++	60미만	80미만
1++	60이상 90미만	80이상 140미만
1+	90이상 120미만	140이상 200미만
1	120이상 150미만	200이상 260미만
2	150이상 190미만	260이상 320미만
3	190이상 230미만	320이상 380미만
4	230이상 270미만	380이상 450미만
5	270이상 320미만	450이상 520미만
6	320이상 370미만	520이상 610미만
7	370이상 420미만	610이상 700미만



□ 녹색건축물인증제도(G-SEED)

설계와 시공 유지 관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하는 제도. 또한 지속가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획한 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 건축의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 건축물의 환경성능을 인증하는 제도를 말함

인증대상	신축 - 사용승인 또는 사용검사를 받은 후 3년 이내의 모든 건축물				
	기존 - 공동주택, 업무용 건축물				
인증등급		최우수 (그린1등급)	우수 (그린2등급)	우수 (그린3등급)	일반 (그린4등급)
신축	주거용건축물	74점 이상	66점 이상	58점 이상	50점 이상
	단독주택	74점 이상	66점 이상	58점 이상	50점 이상
	비주거용건축물	80점 이상	70점 이상	60점 이상	50점 이상
기존	주거용건축물	69점 이상	61점 이상	53점 이상	45점 이상
	비주거용건축물	75점 이상	65점 이상	55점 이상	45점 이상
그린리모델링	주거용건축물	69점 이상	61점 이상	53점 이상	45점 이상
	비주거용건축물	75점 이상	65점 이상	55점 이상	45점 이상

녹색건축물 인증관련 인센티브		
<b>취득세감면(구, 취득세 및 등록세)</b>	녹색건축 인증등급 최우수	녹색건축 인증등급 우수
에너지효율등급 1등급 이상	15%	10%
에너지효율등급 2등급	10%	5%
<b>재산세 감면</b>	녹색건축 인증등급 최우수	녹색건축 인증등급 우수
에너지효율등급 1+등급 이상	10%	7%
에너지효율등급 1등급	7%	3%
<b>건축물 기준완화(용적률, 건축물높이제한)</b>	녹색건축 인증등급 최우수	녹색건축 인증등급 우수
에너지효율등급 1+등급	9% 이하	6% 이하
에너지효율등급 1등급	6% 이하	3% 이하

(출처 : 한국환경산업기술원)

#### □ 건축물에너지 절약계획서

건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지, 에너지절약형 설비사용 등을 비롯하여 에너지절약 설계에 대한 의무사항 및 에너지 성능지표를 규정	
연면적 500㎡ 이상 신축건축물의 건축허가 신청 시, 건축물 에너지절약설계기준 녹색건축물 조성 지원법에 의거 에너지절약계획서 제출	
공단은 에너지절약계획서의 적정성 여부(의무사항 전 항목 채택 및 EPI 65점 이상 취득(공공기관은 74점 이상)를 자문하고 지자체에서 건축허가 결정	
절약계획서의 주요내용	
건축부문: 평균 열관류율, 기밀성 창호, 옥상 조경 등 에너지 절약적 설계	
기계, 전기부문: 고효율 인증제품 및 에너지절약적 제어기법 채택	
신 재생부문: 냉난방, 급탕 부하 및 전기용량을 신 재생에너지로 담당	
<b>사업대상</b>	연면적의 합계가 500㎡ 이상인 건축허가 신청 건축물
<b>법적근거</b>	녹색건축물 조성지원법 제 14조, 제 14조의 2, 시행령 제 10조, 제 10조의 2 및 시행규칙 제 7조, 제 7조의 2, 건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부 고시 제 2016-994호)

(출처 : 한국에너지공단)

#### □ 기존건물의 에너지 효율화(그린리모델링) 사업 관련 정책

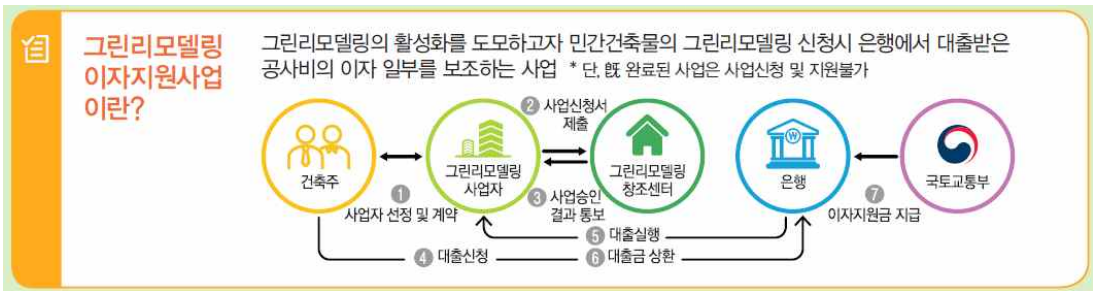
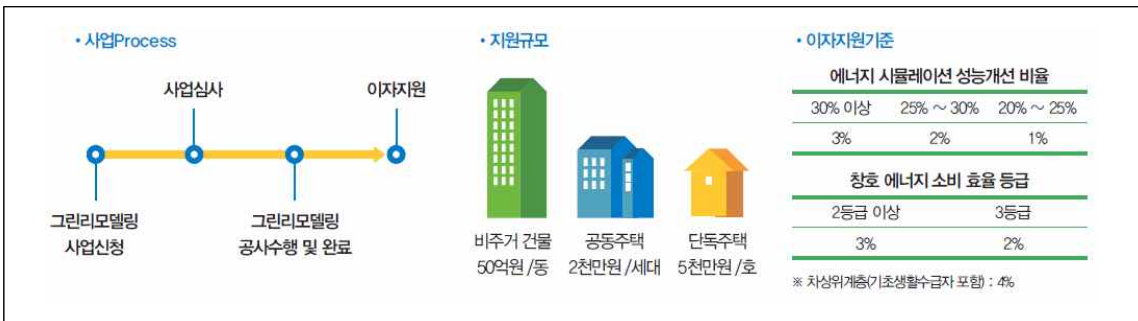
- 건축물은 성능 개선을 통해 효과적으로 에너지를 절감할 수 있어 에너지 감축 잠재력이 높은 것으로 평가 됨, 따라서 소규모 건축물로 확대 추세
  - ① 건물별 에너지사용량 정보 공개 (그린리모델링 활성화 방안 2013.7)
  - ② 건축물 용도별 그린리모델링 가이드라인 및 매뉴얼을 개발 및 보급
  - ③ 전문인력으로 구성된 ‘그린리모델링 창조센터(한국토지주택공사)’ 를 설립하여 그린리 모델링 전담 지원
- 그린리모델링 사업의 정의
  - 그린 리모델링은 쾌적하고 건강한 거주환경을 제공하기 위하여 에너지 효율을 높이고, 온실가스 배출을 낮추어 기존 노후 건축물의 가치를 향상시키기 위하여 국토교통부와 LH가 추진하는 정책사업



(출처 : 국토교통부)

○ 그린리모델링 민간이자 지원사업

- 건축주가 초기 공사비 걱정 없이 냉·난방비를 줄이기 위해 에너지 성능개선 공사(단열보완, 창호 성능개선 등)에 민간금융을 활용할 경우 정부가 이자를 지원하는 사업



<b>이자지원 대상공사 범위</b>	<b>필수공사: 건축적 성능 향상(한가지 이상 적용)</b> 단열보완, 기밀성강화, 외부창호 성능개선, 일사조절장치 등 외피 성능 향상
	<b>추가지원가능 공사: 건축적 성능 향상 공사와 병행가능 공사</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지관리장치: BEMS(건물에너지 관리시스템)장치, 조닝제어장치, 대기전력 차단장치, 스마트 계량기 등</li> <li>• 피크부하저감장치: 에너지저장시스템(ESS), 빙축열</li> <li>• 신재생에너지공사: 태양광, 태양열, 지열, 풍력 등</li> <li>• 에너지 성능개선 관련 공사: 고효율 냉난방장치, LED 조명 등</li> <li>• 에너지 성능개선 공사와 연관된 부대공사</li> </ul>



(출처: 국토교통부)

○ 공공건축물의 그린리모델링 에너지 성능개선지원사업

- 공공건축물의 에너지 성능 개선을 통해 그린리모델링 성공모델을 창출하기 위한 시범적 사업
- 대상: 중앙행정기관, 공공기관 및 지방자치단체 등이 소유 또는 관리하고 있는 그린 리모델링 대상 건축물



○ 그린리모델링 사업 문제의식

그린리모델링 사업은 민간 소규모 건축물의 실질적 에너지성능 개선과 관련해서 기대한 만큼의 효과를 내고 있지 못한 상황.

- 민간 건축물 리모델링에 대한 가이드라인 부족
  - 민간 건축물에 대한 그린 리모델링은 LED 조명 설치와 보일러 시설 개선 등 설비 위주이며, 창호·단열 등은 투자 및 성과검증 부족.
- 그린 리모델링 사업은 주로 창호교체에 집중되며(2017년 12월 기준, 총 8312건의 그린리모델링이 실행되었으나, 그중 8244건이 창호만 교체), 또한 공동주택 위주로 사업이 진행되고 있으므로(총 8312건 중 공동주택의 사업건수는 8192건). 따라서 저층주거지의 소규모 주택 재고량에서 절대 우위를 차지하는 단독주택(개인, 다가구), 근생에 대한 접근 방식을 고민해야 할 시점 임.

구분	주거			비주거		계				
	공동주택	단독주택	근린주택	공공	민간					
창호	창호만			8,161건	57건	14건	-	12건	8,244건	
	복합 1	창호, 기계			1건	2건	-	-	-	4건
		창호, 전기			8건	1건	-	-	-	9건
		창호, 기계, 전기			-	1건	-	1건	-	1건
		소계			9건	4건	-	1건	-	14건
	복합 2	창호, 단열			17건	2건	1건	-	2건	22건
		창호, 단열, 전기			5건	-	-	-	2건	7건
		창호, 단열, 기계			-	2건	1건	-	1건	4건
		창호, 단열, 신재생			-	-	-	-	-	-
		창호, 단열, 기계, 전기			-	2건	-	6건	11건	19건
		창호, 단열, 기계, 신재생			-	-	-	-	1건	1건
		창호, 단열, 전기, 신재생			-	-	-	-	1건	1건
	소계			22건	6건	2건	6건	18건	54건	
	총계			8,192건	67건	16건	7건	30건	8,312건	

(출처 : LH, 기존건축물 그린리모델링 빅데이터 기반건축연구, p.81)

- 그린 리모델링 관련 경제적 유인책 필요
  - 건축물의 일사차단에 대한 기준을 마련하는 한편 배출권 거래제 시행.
    - : 그린 리모델링을 통해 감축된 온실가스 실적을 인정하여 감축실적에 따라 배출권을 판매할 수 있도록 하는 방안 검토.
  - 감정평가 시 에너지 사용량이 건축물 가격에 반영될 수 있도록 기준을 마련.
    - : 그린 리모델링을 통해 건축물 가치가 증액될 경우 재산세 감면 혜택을 부여할 방안 검토.

□ 그린홈 주택지원사업(신 재생에너지원 설치 지원 사업)



그림 41. 그린홈개념도

(출처 : 그린홈 주택지원사업 홈페이지)

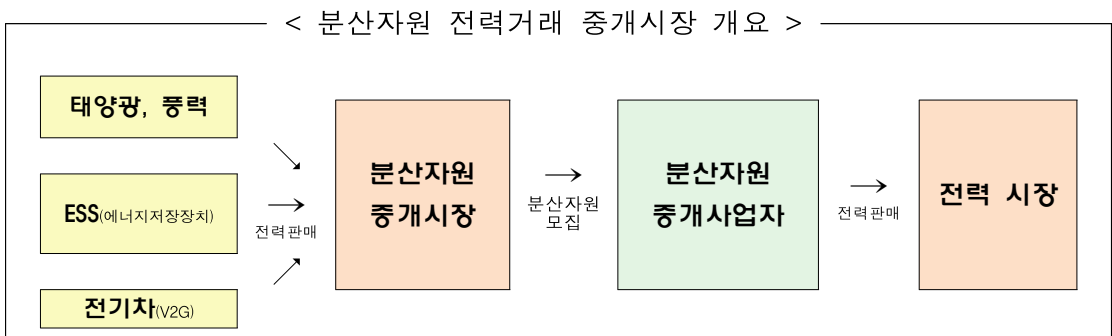
- 태양광, 태양열, 지열, 소형풍력, 연료전지 등의 신 재생에너지원을 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 정부가 보조 지원하는 사업.
- 관계 법령은 신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법 제 27조(보급사업),

신 재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정.

- 신청대상은 단독주택 공동주택을 지원하는 개별단위 지원이 있으며, 동일 최소행정구역단위(리, 동)에 있는 10가구 이상의 마을단위 지원이 있음.

## 2) 에너지 관리 정책

- 에너지 공급자 중심 접근: 신재생에너지 공급 의무화제도(RPS, Renewable Portfolio Standard)
  - 일정규모 (500MW)이상의 발전사업자<sup>3)</sup>는 2017년 기준 각사 발전량의 4%를 태양광 풍력 등과 같은 신재생 에너지로 전기를 생산하거나 태양광 발전 사업자에게 의무적으로 사야 하는 제도
  - 신재생에너지 공급인증서(REC, Renewable Energy Certificate) : 공급인증서 발급대상 설비에서 공급되는 전력량에 가중치를 곱하여 MWh 단위를 기준으로 발급하며 발전사업자가 신·재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산·공급하였음을 증명하는 인증서로 공급의무자는 공급 의무량에 대해 신·재생에너지 공급인증서를 구매하여 충당할 수 있음
- 개별 수요자 중심 접근: 수요 관리형 에너지 수급
  - 늘어나는 수요에 따라 공급을 확대하는 공급중심 정책에서 합리적으로 수요를 줄인 후 공급을 확대하는 수요관리 중심의 정책으로 전환 추진
  - ICT 수요관리 시스템 구축과 함께 에너지 세율 조정, 전기 요금체계 개선
- E-프로슈머 시장 전국 확대
  - 누구나 에너지를 생산/판매하는 시장 활성화 전략으로 E-프로슈머 전력거래 시장 개설 (분산자원 중개시장)추진



\* (분산자원 유형) 태양광, 풍력, 전기발전보일러, 에너지저장장치, 전기차 등

- \* 구성요소 : 중개사업자, 분산자원, 모집 플랫폼, 전력시장
- \* 중개사업자 : 소규모 자원모집 및 용량관리, 안전관리 및 인허가 대행 등
- \* 모집방법 : 자원 종류별, 지역별, 용량별 등 다각적인 방법 강구

3) 공급의무자('17년) : 한수원, 남동발전, 중부발전, 서부발전, 남부발전, 동서발전, 지역난방공사, 수자원공사, SK E&S, GS EPS, GS 파워, 포스코에너지, 씨지엔올촌, 평택에너지서비스, 대륜발전, 에스파워, 포천파워, 동두천드림파워, 파주에너지서비스, GS동해전력, 포천민자발전 등 21개 발전사

- E-프로슈머 기반의 전력거래 시장제도를 신설 및 대상별 맞춤형 사업 발굴을 확대. 2030년 총 발전량의 12.8%로 확대 기대

① 에너지저장장치(ESS) 도입, 설치, 활용 촉진 ※ 'ESS 활용촉진요금제'를 기존 1년에서 10년으로 연장하여 기업의 ESS 투자회수 기간을 10년에서 6년으로 단축 ※ 태양광과 ESS를 연계할 경우 신재생 에너지 공급인증서 (REC)에 가중치를 부여, 태양광 발전사업자에 ESS 설치유도, 결과적으로 ESS 신규투자 유발 ② 건물 공장 EMS 설치 확대, 수요관리서비스 기업 육성, EMS 제작 공급 기반강화 ③ ICT활용 고효율 기기(LED조명, 스마트 플러그) 보급 및 확산 ④ 수요관리자원 시장 활성화(전력거래시장 전환, 에너지효율 시장 도입)
--

• 마이크로그리드 (소규모 스마트그리드) 활성화

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 (출처 : 2030에너지 신산업 확산전략)

- 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 전력수급위기 발생 시 가장 신속한 예비자원으로 활용
- 소규모 전기 사용자가 시장 참여가 가능한 프로그램을 운영하고, ICT 융합을 단계적으로 적용(2016~2020)
- 수요자원으로 잠재력이 높은 고객(전기요금 과다, 계통혼잡지역 등)의 정보를 제공하여 시장 참여 유도(2016)
- 플랫폼 내에서 ESS, 전기차 등을 활용해 다양한 수요반응 서비스 개발·실시 실시간 감축이 가능한 자동제어 기술 개발 및 설비 보급
- 다양한 용도로 사용이 가능한 ESS 특성(빠른 응답, 전기저장)을 고려하여, 신재생 에너지 등 국내 전력 산업 전반으로 활용 범위를 확대
- 태양광 보급 전망 : (2014) 1.8GW → (2026) 16.6GW, 약 9배 이상의 시장 확대

□ 건축물 에너지 효율화 관련 정책

표 15. 소규모 건축물 에너지 효율화 관련 정책

1. 건축물 에너지 효율화 관련 기준 및 인증 정책	소관부처
건축물 에너지 절약 설계기준	한국에너지공단
건축물 에너지 효율등급 인증제도	한국에너지공단
제로 에너지 건축물 인증제도	한국에너지공단
녹색건축 인증제도	한국환경산업기술원
신 재생에너지 설비 KS 인증제도	한국에너지공단
건축물의 설비기준 등에 관한 규칙	국토교통부
2. 기존 건축물의 에너지 성능 향상 지원 정책	소관부처
신 재생에너지 주택지원사업(그린홈)	한국에너지공단
ESCO 투자사업	산업통상자원부 (한국에너지공단)
저소득층 에너지효율 개선사업	산업통상자원부
건물에너지효율화 사업(BRP)	서울특별시
3. 녹색건축 산업 육성 정책	소관부처
건축물 에너지 평가사 자격 시행	한국에너지공단
건물에너지 관리 시스템(BEMS)보급 시범 사업 및 KS 규격 표준화	한국에너지공단
친환경 건설자재 정보시스템 - 환경마크 인증기준 - KS인증기준 - GR인증기준 - 탄소성적표지인증기준 - 녹색건축인증기준 - 건축물에너지효율등급인증기준	환경부 한국환경산업기술원
4. 녹색 건축 기반 구축	소관부처
그린리모델링 창조센터 운영	한국토지주택공사
녹색건축센터(건축물 에너지 온실가스 정보체계 운영, 인증 등)	한국감정원
국가 건물에너지 통합관리시스템 구축	국토교통부
녹색건축포털 <그린투게더>	국토교통부

□ 국내 인증제도의 적용 대상

- 국내 에너지효율과 관련된 인증은 녹색건축인증, 건축물에너지 효율등급인증, 에너지절약계획서, 에너지소비총량제, 친환경주택 성능평가, 제로에너지 건축물인증, 신재생에너지인증 등을 들 수 있음.
- 아직까지 시행 초기단계에 머물러 있는 상태이며, 정책의 방향은 대규모에서 소규모로 점차 확대되고 있으나 의무 기준에 포함되지 않고 있음.

항목	대상		기준
녹색건축인증	전국	공공기관	- 연면적 3,000㎡ 이상 신축, 재축 또는 별도 증축 - 취득의무용도: 에너지절약계획서제출대상
	전국	공동주택	- 1000세대 이상 의무
건축물에너지 효율등급인증	전국	공공기관	- 에너지절약계획서 제출대상 중 연면적 3,000㎡ 이상 신축 또는 별도 증축 - 공동주택 신축 또는 별도증축(기숙사제외)
에너지절약계획서	전국	공공기관 민간	- 에너지절약계획서 제출대상(연면적 500㎡ 이상 건물)
건축물에너지소비 총량제	전국	공공기관	- 연면적 합계 500㎡ 이상 모든 용도
		민간	- 업무시설 중 연면적 합계 3,000㎡ 이상
친환경주택성능평가 (그린홈)	전국		- 30세대 이상 공동주택(사업승인대상)
제로에너지 건축물인증	전국		- 건축물에너지효율등급 1++이상, BEMS또는 원격감청 시스템 설치 - 준시장형 공기업에서 연면적3,000㎡ 이상의 업무시설, 교육연구시설 건축물을 신축하거나 별도로 증축하는 경우
건강친화형 주택 건설기준평가	전국		- 500세대 이상 주택건설사업 시행 혹은 500세대 이상의 리모델링을 하는 주택
장수명주택인증	전국		- 1,000세대 이상
장애물없는 생활환경(BF)인증	전국		- 국가나 지방자치단체가 신축하는 청사, 문화시설 등의 공공건물 및 공중이용시설 중에서 대통령령으로 정하는 시설. 즉 아래 조건 3가지 만족하는 시설 1. 국가나 지방자치 단체 소유건축물 2. 건축행위 가신축에 해당하는 건축물 3. 장애인노인임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률시행령별표2의2에해당하는용도(대부분)
지능형건축물인증	전국		- 공동주택, 문화 및 집회시설, 판매시설, 교육연구시설, 업무시설, 숙박시설, 방송통신시설
결로방지 성능평가	전국		- 500세대 이상 공동주택
범죄예방 건축기준	전국		- 500세대 이상 공동주택 - 1종근린(일용품판매점), 2종근린(다중생활시설), 문화및집회시설(동식물원제외), 교육연구시설(연구소,도서관제외), 노유자시설,수련시설,업무시설(오피스텔),숙박시설(다중생활시설)
수질오염총량제	지정수계에 해당하는 지역		- 20세대 이상의 공동주택과 주택외의 시설물을 동일건축물로 건축하는 사업
신재생에너지	전국	공공기관	- 연면적 1,000㎡ 이상의 건축물 (건축법 시행령 별표1 제5호~제16호, 제23호가목~다목, 제24호, 제26호~제28호까지의 용도 건축물)

□ 에너지 효율화 관련 기존 정책 개선방안

**1) 소규모 설계 시공 현장에 실질적으로 적용 가능한 구체적 기술 기준(Code/Standard) 필요**

- 현재 건축물 인증에 관한 기준은 요소별 성능 기준을 제시하는 지시적 기준, 특히 단열 성능 중심으로 구성
- 기후의 변화로 인해 냉방 난방 에너지 사용 비중이 거의 5:5 수준에 도달하고 있는 상황을 고려한 지역별 접근이 필요
- 신재생 에너지 보급과 설비 성능 강화 중점을 맞춘 정책 추진으로 건축물 성능 개선과 유지 관리를 위한 건축 계획 및 시공 단계에서 참조 가능한 구체적 기술 기준(Standard) 미비

**국내/외 설계 기준 비교**

- 건축물에 일반적으로 존재하는 하자를 줄이고 더 나아가 건축물의 성능 수준을 개선하기 위해서 설계자와 시공자, 감리자가 현장에서 参考(참고) 활용할 수 있는 기준 정립 필요.
- 2013년 6월 이전까지 국내의 건설 기준은 23개의 관리주체와 50개에 이르는 건설공사기준이 존재하여 상호간 중복·상충되는 내용으로 기준간의 연계 및 호환이 어려워 실사용자들에게 불편함을 초래.
- 국토교통부는 2011년 '건설공사기준 선진화 및 운영체계 정비 연구'로 국내 건설공사기준의 운영체계를 파악하고 건설공사기준 코드체계 도입을 통한 선진화 방안을 제시한 바 있음.
- 2013년 '건설공사기준의 코드체계 도입방안 연구'에서 국내외 건설공사기준을 분석하고 국내실정에 적합한 코드체계 표준화 방안을 제시하여 현재는 개정된 국가건설기준을 제공받을 수 있음.
- 코드체계로 재편되어 설계자를 위한 설계기준 코드와 시공 및 감리자를 위한 표준시방서 코드의 형태로 제공되고 있으나, 기존의 중복·상충되던 기준들을 통합 재편한 것에 불과, 본질적 내용으로 채워지지 않은 상태, 특히 사업편의 건축설계기준은 제목만 존재하고 있는 실정.
- 건축설계기준은 현장의 시공방법을 다루는 시방서와 다르게 시공방법 뿐 아니라 설계상의 구체적인 사항을 다루는 규정이어야 함.
- 최근 '건축기준의 원활한 제·개정 및 보급을 통한 건축기술의 실용화 구현'을 목표로 한국건축기준센터가 대한건축학회 산하에 설립되며 건축설계기준의 제·개정 작업에 착수한 단계.
- 해외에서는 건축법규 상 제시되는 최소 기준이 아닌, 각국의 상황에 알맞은 설계 및 시공 상세 기준을 제시하는 건축설계기준을 마련해 건축물의 설계와 시공에 적극 활용하고 있으며 시공 후 하자로 인한 분쟁 발생 시 책임 판단의 기준 등으로 활용하고 있음.

구분	설계기준 코드	표준시방서 코드
공통편	공동 설계기준 (KDS 10 00 00)	공동공사 (KCS 10 00 00)
	저반 설계기준 (KDS 11 00 00)	저반공사 (KCS 11 00 00)
	구조 설계기준 (KDS 14 00 00)	구조재료공사 (KCS 14 00 00)
	내진 설계기준 (KDS 17 00 00)	내진공사 (KCS 17 00 00)
사실물편	가시성물 설계기준 (KDS 21 00 00)	가설공사 (KCS 21 00 00)
	교량 설계기준 (KDS 24 00 00)	교량공사 (KCS 24 00 00)
	터널 설계기준 (KDS 27 00 00)	터널공사 (KCS 27 00 00)
시설물편	설비 설계기준 (KDS 31 00 00)	설비공사 (KCS 31 00 00)
	조경 설계기준 (KDS 34 00 00)	조경공사 (KCS 34 00 00)
사업편	건축 설계기준 (KDS 41 00 00)	건축공사 (KCS 41 00 00)
	도로 설계기준 (KDS 44 00 00)	도로공사 (KCS 44 00 00)
	철도 설계기준 (KDS 47 00 00)	철도공사 (KCS 47 00 00)
	하천 설계기준 (KDS 51 00 00)	하천공사 (KCS 51 00 00)
	댐 설계기준 (KDS 54 00 00)	댐공사 (KCS 54 00 00)
	상수도 설계기준 (KDS 57 00 00)	상수도공사 (KCS 57 00 00)
	하수도 설계기준 (KDS 61 00 00)	하수도공사 (KCS 61 00 00)

그림 42. 건설공사기준 코드체계(대분류 기준)

**해외 건축설계 기준 사례**

- 미국**
- 미국은 비영리 기관인 ICC(International Code Council)에서 개발하여 보급한 IBC(International Building Code)를 각 주별로 필요에 따라 채택해 적용하고 있음.
  - IBC는 모든 건축법규와 시공에 대한 설명이 포함되어 있는 형태로 구성되어 있으며 가장

중요한 원칙은 기존 및 신축 건축물과 구조물에서 거주인의 건강, 안전 및 복지의 보호를 위한 최소한의 기본적인 요구사항을 제공.

- 또한, IBC는 코드 담당자, 설계자, 엔지니어 및 시공자에게 유연성을 제공할 수 있는 효율적인 설계의 결과를 제공한다는 이점이 있으며 구조적인 강도, 위생 시설, 조명과 환기, 접근성, 에너지 보전과 생명안전에 대해서도 기존시설과 신축 시설의 설비와 시스템을 모두 다루고 있음.
- IBC에서는 여러 상황에 따른 정량적인 수치를 제시하여 건축 설계자, 엔지니어, 시공자가 인지하기 쉽게 정보를 제공하고 있음.
- 개별 건축물에 관한 사항을 규정하는 연방 차원의 법제는 존재하지 않으며 건축물의 안전 등 개별 건축물의 최소 성능을 위한 기준들이 코드화되어 각 주 및 시 차원의 건축코드에 채택 및 반영.
- 개발된 모델빌딩코드는 자체적으로는 법적인 효력이 없으며 지자체 관할권에 의해서 채택될 경우 실질적인 건축행위에 적용됨.
- 캘리포니아 주의 경우 코드 채택에 대한 입법부의 명령이 존재하며 IBC(International Building Code)의 개정이 이루어지면 1년 이내에 채택하도록 되어있음. 캘리포니아의 빌딩코드는 행정법규(California Administrative Code) 24번째 주제(Title) Part2에 해당하며 건설과 건축 관련된 법률은 Part2~12 부분으로 구성.(건축물, 주거지, 전기, 기계, 배관, 에너지 등의 개별 코드로 존재).

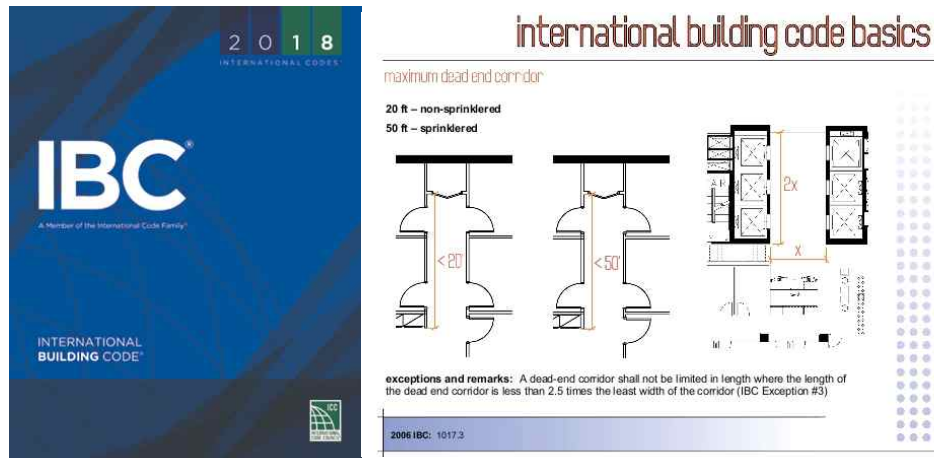


그림 43. IBC(International Building Code)

**독일**

- 독일의 건축법 중 공공건축법은 건축계획법과 건축법규로 나뉘며 건축계획법은 프로젝트의 건설부지 관련 법규를 담고 있고 연방정부 단위로 운영.
- 건축법규는 독일연방 16개주가 개별적으로 입법화하고 있으며 건축물과 관련된 설계규정, 감리규정, 안전규정 등 구체적인 사항들을 규정.
- 건축법규는 오래전부터 전문적인 건축, 건설조합들에 의해 전수되어 온 기술적인 요구사항에 근간을 두지만 각 항목별로 건축물이 충족해야 하는 조건의 일반적인 내용만 기술.
- 건축법규만으로는 실질적인 성능을 확보한 건축물을 설계할 수 없으므로 해당 성능의 만족 여부를 명확하게 정량적으로 뒷받침 해주는 각종 규정서, 지침서, DIN기준이 함께 존재
- DIN(독일 표준화 협회, Deutsches Institut für Normung e.V.)은 독일의 표준화 기관의 약자이며 이 협회가 제정한 독일 산업표준의 약칭
- 독일은 건축관련 종사자들이 건축법규의 각 항목에 해당되는 규정서, 지침서, 기준 등을 확인할 수 있도록 '기술적 건축법규를 위한 시행 규정 목록'을 함께 제공
- 독일의 건축사사무소에서는 설계할 때 표준건축법규의 일반규정과 각종 코드들이 어떻게 연관되는지를 이해하고 그 코드를 바탕으로 설계해야 함

- 예를 들어, 건축법규 내 방화성능을 충족하기 위해서는 시행규정목록에서 제시하는 규정서, 지침서, DIN기준을 함께 검토해야 함
- 건축재료를 다루고 있는 것은 DIN4102-4기준으로 건축재료와 부재의 방화성능을 상세히 언급. 건축관련 종사자들이 실무에서 용이하게 건축재료를 선택 적용 할 수 있도록 성능 발현을 위한 최소 기본 물성치를 명시

표 16. DIN4102의 건축재료 등급

건축재료 등급	구분
A	불연성 건축재료
A1	기물 재료
A2	밀폐형 석고보드(DIN 18180)
B	연성 건축재료
B1	준불연성 재료
B2	난연성 재료
B3	가연성 재료

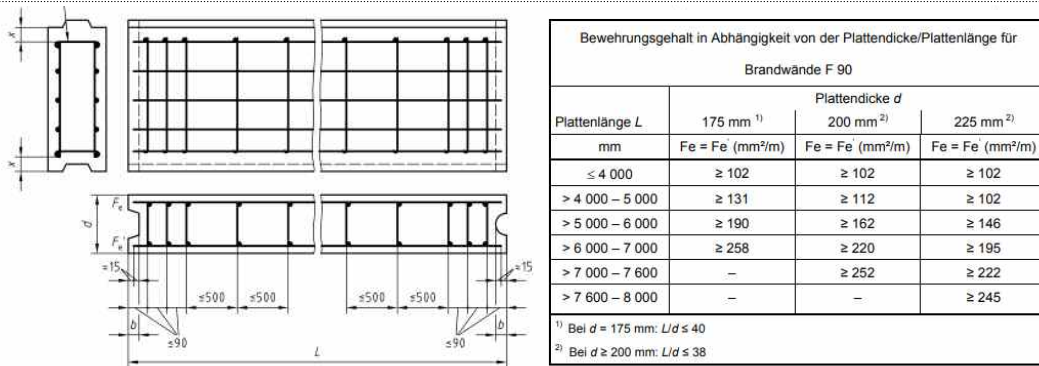


그림 44. DIN4102에 제시된 상세 기준

**일본**

- 우리나라 건축법이 일제 강점기에 도입된 '조선시가지계획령'에 기반하고 있기 때문에 일본의 건축관련 법체계는 우리나라와 유사한 점이 많음
- 일본 또한 건축업계의 세세한 기술과 적용방법을 상세하게 기술한 일관된 코드체계를 구축하고 있지는 않으나, 안정된 건축품질을 확보할 수 있는 이유는 세밀한 규정을 법률로 다루고 있고 일본 특유의 환경·문화적 요인의 반영된 것으로 판단됨
- 일본의 건축제도는 우리나라와 틀이 같으며 별도의 설계기준이 존재하지 않음. 그러나 수십년간의 정보·자료가 축적된 각종 규격, 자료집, 기술집이 건설업계 전반에서 활용되며 설계코드 역할을 함. 또한 세분화된 건축사체제로 인해 기술적 체계가 명확
- 일본은 유럽, 미국과는 다른 독특한 시스템이 설계코드의 역할을 하면서 품질을 확보. 일본의 공업규격인 JIS, 건축설계자료집성, 건축설계상세도집, 도제식 교육이 합쳐져 설계코드의 역할을 대신함
- 특히 설계자료집성은 일본건축학회에서 발간한 것으로 1937년 학회지의 연재물로 시작해 1942년 총 3권으로 첫 출판됐고 1973년과 1983년 대개정을 거쳐 2001년까지 총 14권 3,200여 쪽으로 발간되고 있음
- 그 중 1986년부터 발간된 소형건축설계자료집성은 건축설계자료집성과 목차는 같지만 중소형건축물을 중심으로 새롭게 내용을 구성한 것이 특징임
- 이 책의 내용은 미국 건축사협회에서 발행한 기준인 American Graphic Standard와 유사한 면이 있으며 다음은 그 예시임

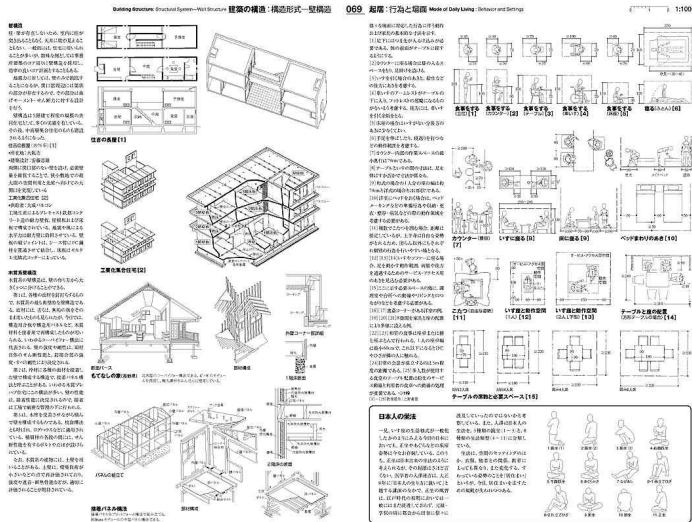


그림 45. 건축설계자료집성

건축설계기준에 관한 한국과 주요 3개국 현황 비교 정리

표 17. 한국과 미국, 독일, 일본의 건축설계기준

구분	미국	독일	일본	한국
건축설계기준 (CODE)	<p><b>IBC</b> (International Building Code)</p> <p><b>IRC</b> (International Residential Code)</p> <p><b>IECC</b> (International Energy Conservation Code)</p>	<p><b>DIN</b> (Deutsches Institut für Normung e.V.)</p>	<p><b>JIS</b> (Japan Industrial Standard)</p>	-
설계 가이드라인	<p>American Graphic Standard : 미국건축사협회</p>	-	<p>건축설계자료집성 : 일본건축학회</p>	-
비고	<p>- 건축물, 주거지, 전기, 기계, 배관, 에너지 등 건물을 구성하는 요소들에 대한 별도의 개별 코드 존재</p>	<p>- DIN에서 세부기술기준 제시 예를 들면, 건축재료와 부재의 방화성능 상세 언급</p> <p>- DIN을 보완하는 개별적 가이드라인들이 존재, 예를 들면 외단열미장마감협회에서 외단열미장마감방법의 특정기술자료를 집대성하여 배포</p>	<p>- 상세한 법률 규정</p> <p>- 세분화된 건축사 체계로 전문성 향상</p> <p>- 일본공업규격 JIS, 건축설계자료집성, 건축설계상세도집, 도제식 교육이 합쳐져 건축설계코드의 역할을 대체함</p>	<p>- 2013년 이후 여러 개로 흩어져 있던 건설기준이 코드체계로 재편되어 국가건설기준으로 정리 됨</p> <p>- 건설기준은 설계자를 위한 설계기준코드와 시공감리자를 위한 표준시방서 코드로 나뉘어져 있으나, 실질적 내용 부재</p>

**2) 소규모 건축물에 대한 차별화된 에너지 관리 방식의 운영 필요**

- 기존건축물의 에너지 성능 관리를 위한 기존 정책은 에너지 다소비 건축물을 위주로 하는 목표관리제 시행 중, 소형 건축물에 대한 에너지 성능관리 및 개선을 위한 정책 미비
- 중 대형 건축물(중/대형건축물≥500m2) 대상 에너지 소비 증명제도, 건축물 유지관리점검 제도 시행 중 건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 기존 주거용 건축물의 63% 비주거용 건축물의 68%에 대한 그린 리모델링이 요구되나, 본 과제와 연관이 있는 주거부문을 살펴보자면, 공동주택의 상호교체 위주로 사업이 진행되고 있는 한계를 보임, 단독주택이나 다가구 주택의 사업 비율은 아직 낮은 상태임
- 중/대규모 건물과 달리 건물의 노후화 정도가 심한 소규모 건물은 에너지 성능 관리 문제보다 먼저 건물의 내구성 향상이 시급

**3) 기존 인프라 적극적 활용 필요**

- 녹색건축 산업 육성을 통해 필요 인프라가 갖춰지고 있으나, 이러한 인프라를 효과적으로 활용하지 못하고 있다는 문제 제기가 다수
- 소규모 건축물 에너지 효율화 사업을 실질적으로 진단 계획 감독 평가 할 수 있는 감리 전문가(예를들어 독일의 경우 Energieberater: 에너지 컨설턴트의 개입이 필수, 따라서 한국의 경우 에너지 평가사의 활용을 고려해 볼 수 있음)를 통한 최소한의 개입을 유도하는 방식 필요

**4) 소규모 건축물 에너지 효율화 사업에 대한 접근성 강화 방식 필요**

- 국토교통부 내 녹색건축과를 신설하면서 녹색건축물 조성 지원법이 제정되고 국가 건물에너지 통합관리시스템을 구축했으며, 그린리모델링 창조센터를 만들고, 그린투게더를 오픈 하는 등의 정책적 성과는 있으나, 실 수요자인 비전문가들의 녹색건축에 대한 인식은 여전히 부족한 상태이며, 소규모 건축물의 경우 에너지 효율화 사업에 대한 동인(動因)을 크게 찾지 못하는 상태
- 실 소비자들이 그린 리모델링과 관련한 실질적 정보(기술, 비용, 업체)들을 구할 수 있는 일원화 된 창구 제시 필요

국외 기술 기준 예시 : 미국의 소규모 주거용 건축물 대상 기술 기준(IRC)

미국 IRC 목차	
PART 1_행정	
범위와 적용	총론
	적용가능성
	건물 안전 부문
	건물국의 의무와 권한
	허가증
	공사 서류
	가구조(가건물)과 사용
	비용
	감독(감리)
	점유허가서
	서비스 이용
	청원서
	위반
공사중지명령	
PART 2_용어 정의	
용어 정의	총론
	정의
PART 3_빌딩계획과 공사	
건물 계획	디자인 기준들

	내화 공사(FIRE RESISTANT CONSTRUCTION)
	조명, 환기와 난방
	최소 실 면적
	천정고
	위생계획
	화장실 욕실과 샤워 스페이스
	유리공사
	차고(GARAGES AND CARPORTS)
	비상 탈출과 구조진입구
	출구방식
	난간과 창 추락 방지
	자동 화재 스프링클러 시스템
	연기 탐지기
	일산화탄소 탐지기
	폼 플라스틱
	목재와 목재기반 제품의 부식 방지
	지하 흰개미에 대한 대응
	사이트 주소
	접근성
	엘리베이터와 플랫폼 리프트
	홍수 대응 공사
	태풍 피난처
	태양 에너지 시스템
	메자닌
	수영장, 스파와 온탕
	고정식 보관 캐비닛 배터리 시스템
<b>기초</b>	총론
	재료
	기초(FOOTING)
	기초와 옹벽
	기초 부분 배수
	기초부분 방수와 방습
	기둥
	지하 층 공간
<b>바닥</b>	총론
	나무 바닥 골조 (WOOD FLOOR FRAMING)
	바닥 덮개
	압축보존재처리 나무 바닥
	저온 형강 바닥 골조
	콘크리트 바닥
	외부 데크
<b>벽 공사</b>	총론
	목재 벽 골조
	저온 형강 벽 골조

	목 구조 패널
	파티클 보드
	일반 조적조 공사
	유리 유닛 조적
	외부 콘크리트 벽 공사
	외부 창과 문
	구조 단열 패널 벽 공사
<b>벽 마감</b>	총론
	내부 마감(INTERIOR COVERING)
	외피(EXTERIOR COVERING)
<b>천정 실링 공사</b>	총론
	목조 지붕 골조
	지붕 방습
	저온 형강 지붕 골조
	천장 마감칠
	지붕 환기
	다락 입구
<b>지붕 조립</b>	총론
	화재 분류
	날씨 보호(WEATHER PROTECTION)
	재료
	지붕 커버링(COVERING)을 위한 요구사항
	지붕 단열
	지붕 장착 태양광 패널 시스템
	지붕 재시공
<b>굴뚝과 난로</b>	조적 벽난로
	조적 히터
	조적 굴뚝
	공장 제작 벽난로
	공장 제작 굴뚝
	외부 공기 공급
<b>PART 4_에너지 효율</b>	
<b>에너지 효율(리모델링)</b>	총론
	건물 온도 외피(BUILDING THERMAL ENVELOPE)
	시스템
	전력과 조명 시스템(의무적인)
	가상 성능 대체(성능)
	에너지 등급 기준 준수 대체
	기존 빌딩-총론
	부속건물
	개조
	보수
	거주자 혹은 용도 변화
<b>PART 5_기계</b>	

<b>기계식 관리</b>	총론
	기존 기계 시스템
<b>일반적 기계 시스템 요구사항</b>	총론
	승인
	기기의 라벨링
	연료 유형
	기기 접근
	가연성 구조에서 이격거리
	기기 설치
	기계 시스템 설치
<b>냉 난방 설비와 기기</b>	총론
	중앙 난로
	히트 펌프 설비
	냉방(REFRIGERATION COOLING) 설비
	굽도리 널 대류식 난방기
	복사 난방 방식
	덕트 히터
	배기식 마루 난로
	배기식 벽 난로
	배기식 실내 히터
	냉 난방 설비
	흡수 냉방 설비
	증발 냉방 설비
	벽난로 스토브(FIREPLACE STOVE)
	조적 히터
<b>배기관 시스템</b>	총론
	세탁 건조기 배기
	가정용 주방 배기 설비
	배기 덕트와 배기구
	기계 환기
<b>배관 시스템</b>	덕트 공사
	(공기조화냉동공학) 귀환 공기
<b>연소가스</b>	총론
<b>굴뚝과 환기구</b>	총론
	환기구 구성
	굴뚝과 환기구 연결장치
	환기구
	조적 굴뚝 과 공장제작 굴뚝
<b>특별 기구, 설비, 시스템</b>	레인지와 오븐
	샤우나 히터
	고정 연료 셀 전력 공급장치
	기체 수소 시스템(GASEOUS HYDROGEN SYSTEMS)
<b>보일러와 급탕기</b>	보일러
	작동과 안전 컨트롤(관리)

	확장 탱크(EXPANSION TANK)
	공간 난방을 위해 사용되는 급탕장치(온수기)
	급탕기
	수영장 급탕기
냉난방 순환수식관(HYDRONIC PIPING)	순환수식관 시스템 설치
	굽도리 널 대류식 난방기(BASEBOARD CONVECTOR)
	바닥 난방 시스템
	저온 배관(LOW TEMPERATURE PIPING)
	지열 히트펌프 시스템 루프 배관
특수 관과 저장 시스템	오일 탱크
	오일 배관, 고정과 연결
	설치
	오일 펌프와 밸브
태양열 에너지 시스템	태양열 에너지 시스템
<b>PART 6_연료 가스</b>	
연료 가스	총론
	총론
	일반 정의
	총론
	구조적 안전
	기구 위치
	연소와 환기 그리고 희석공기
	설치
	클리어런스(간격) 줄이기
	전기적 (ELECTRICAL)
	전기적 결합 (ELECTRICAL BONDING)
	총론
	파이프 풀먹이기
	배관 재료
	배관 시스템 설치
	파이프 굽힘과 방향 변화
	검사 테스트 그리고 공기배기
	배관지지물
	누수와 경사진 파이프
	차단 밸브
	유량 조절
	기구 연결
	압축 천연 가스 모터 차량 연료 주입 시설
	배관 지지물 간격
	총론
	환기구
	기기의 환기구
	카테고리 1 의 풀칠(SIZING) - 기기 환기 시스템
	방향 환기, 총 환기, 기계적 환기 와 환기/배기 후드 환기

	공장 제작 굴뚝
	총론
	벽난로에 설치하기 위한 장식 기기
	통나무 불쏘시개
	환기된 가스 벽난로(장식 기기)
	환기된 가스 벽난로 히터(난방기)
	환기된 벽 보일러
	바닥 보일러
	의류 건조기
	의류 건조기 배기
	사우나 히터기
	수영장 과 스파 히터기
	강제공기 더운 공기(FORCED AIR WARM AIR) 보일러
	CONVERSION BURNER
	유닛 히터
	통풍구가 없는 실 히터
	통풍가능한 실 히터
	취사 기기
	급탕장치
	에어컨 기기
	조명 기기
	적외선 복사 난방기
	보일러
	굴뚝 댐퍼(통풍조절판) 개구부 면적
	외부 장식 기기
<b>PART 7_배관</b>	
<b>배관 관리</b>	총론
	기존 배관 시스템
	검사와 테스트
<b>일반 배관 요구사항</b>	총론
	개별 급수와 하수 처리
	구조적 보호와 배관 보호
	배관을 위한 채굴과 뒤채움
	배관지지
	배관 관통
	개구부(배관을 위해 뚫린 부분의) 방수처리
	기술(WORKMANSHIP)
	재료 평가와 순위
<b>배관고정요소</b>	배관 고정요소, (수도)꼭지 그리고 고정 조인트
	고정을 위한 악세서리
	침 나사
	신축 이음 연결
	설치
	오물 수집기(WASTE RECEPTORS)
방향 조인트(DIRECTIONAL FITTING)	

	샤워실
	샤워 RECEPTOR
	샤워실 벽
	변기
	화장실
	욕조
	싱크대
	세탁통
	음식물 쓰레기 처리기
	식기 세척기
	의류 세탁기
	바닥 배수
	월풀 욕조
	비데 설치
	고정 조인트
	MACERATING(물에불리는) 화장실 시스템
	특정 온도(SPECIALTY TEMPERATURE) 조절 장치와 밸브
	비액체 포화 처리 시스템
<b>급탕기</b>	총론
	태양열 급탕 시스템
	난방을 위해서 사용된 급탕수
	안전 밸브
<b>물 공급과 물 분배</b>	총론
	이동식 급수 보호
	급수 시스템
	주거 유닛 화재 스프링클러 시스템
	온수 분배 시스템
	재료, 조인트 그리고 연결
	방향에서의 변화
	지지
	식수 처리 유닛
	비음용수(NONPOTABLE) 시스템
	현장 비음용수 재활용 시스템
	비음용 우수 집수(COLLECTION)와 분배 시스템
	재생수 시스템
<b>오수 배수</b>	총론
	재료
	조인트와 연결(접합)
	결정적 배수 요소(고정세간) 부하단위
	배수 시스템
	SIZING OF DRAIN PIPE OFFSETS
	오수 저장통 그리고 배출기
	역류 방지용 밸브
지표밀 정원 관개 시스템	

	파이프 파열 방식에 의해서 지하 빌딩 하수관(수채통)과 배수관의 교체
	지하 하수관 교체 BY PVC FOLD AND FORM METHODS
<b>환기구</b>	환기 시스템
	환기통
	통풍구 터미널
	통풍구 연결 그리고 품질(등급)
	고정세간(고정요소) 환기
	개별 환기
	공동 환기
	습 통기관
	배수 수직관 통풍구
	회로 통기관
	통기 배수 조합 방식
	ISLAND FIXTURE VENTING
	환기 파이프 SIZING 품질
	공기 흡입 밸브
<b>배수 트랩</b>	고정세간 트랩
<b>우수 배수</b>	총론
	지하수 배제
	오수조와 펌프 시스템
<b>PART 8_전기</b>	
<b>일반적 요구사항들</b>	총론
	빌딩구조 보호
	검사와 승인
	총 설비 요구사항
	설비 위치와 빈공간(이격거리)
	전기 컨덕터와 접합
	컨덕터와 터미널 인식
<b>전기분야 정의들</b>	총론
<b>전력 서비스</b>	일반적 서비스
	전력 서비스 규모와 등급
	전력서비스, 배전선, 그리고 접지극 도체 규모잡기
	상부 진입 인입선 설치
	인입선
	전기 설비-총론
	시스템 매립
	접지극도체 시스템
	본딩(결합)
	접지극 도체
	접지극도체 접지전극에 연결
<b>분기회로와 배전선 요구사항</b>	총론
	분기회로 등급
	요구된 분기회로

	급전선 요구사항
	도체 크기 선정 그리고 과전류 보호
	분전반
<b>배선법</b>	일반적 요구사항
	지상설치 요구사항
	지하설치 요구사항
<b>에너지와 조명 분배</b>	콘센트 출력(OUTLET)
	접지사고 그리고 아크결함 누전 차단기 보호물
	조명 발산(OUTLET)
	일반 설치 요구사항
	전선박스 (BOXES), 전선관 몸체 (CONDUIT BODIES) 그리고 이음쇠
	전선박스, 전선관 몸체 그리고 이음쇠 설치
	캐비닛(CABINET) 그리고 분전반
	매설(GROUNDING)
	가요성 코드(FLEXIBLE CORDS) : 잘 휘어지는 전선
<b>장치와 조명기구</b>	스위치
	콘센트
	조명기구
	조명기구 설치
	트랙조명
<b>기기 설치</b>	총론
<b>수영장</b>	총론
	수영장, 스파, 온수 욕조 그리고 수압마사지 욕조를 위한 배선 방법
	설비 위치와 여유공간(빈공간)
	본딩(결합)
	매설(GROUNDING)
	설비 설치
	저장가능한 수영장, 저장가능한 스파 그리고 저장가능한 온수 욕조
	스파와 온수 욕조
	수압마사지 욕조
<b>2 class 리모컨, 신호법 그리고 전원 제한 서킷</b>	총론
	에너지 원(POWER SOURCE)
	배선 방식
	설치 요구사항

## 나. 국외 정책동향 및 이슈

### 1) 국제에너지기구(International Energy Agency)

- IEA(International Energy Agency)는 온실가스 감축을 위해 25개의 강력한 부문별 에너지효율 정책 시행을 권고, 25개 권고시책을 세계 각국에서 모두 이행할 경우 2030년까지 연간 8.2Gt CO<sub>2</sub> 감축예상 (세계 2030년 BAU 대비 20%를 감축)
- IEA 25개 권고시책

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

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

- IEA에서는 에너지효율 지표 개발을 추진하고 각국의 자료를 협력: 주요 산업의 에너지효율 또는 CO<sub>2</sub> 감축잠재량 등을 제시하고 각국에 건설한 기초자료 체계 확충을 요청, 따라서 부문별 기초자료 등에 대해서는 IEA, APEC 공통의 포맷을 취하여 주기적인 자료 모니터링 및 분석을 추진

표 18. 국가별 건축부문 에너지 정책 예시

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

(출처 : World Energy Outlook 2016)

2) 유럽연합(EU 28개국)

- EU는 유럽 집행위원회(European Council)에서 Top-down 형태의 정책을 통한 포괄적인 온실가스감축 및 지속가능에너지 확충 추진, 2030 Climate and Energy Policy Framework(2014), 에너지 효율지침(2012) 등을 통해 EU 회원국이 목표를 제시하고 구체적인 실행계획을 세우도록 요청
- 2030 Climate and Energy Policy Framework(2014)를 발표하여 온실가스 감축 및 지속가능에너지 확대에 대한 패키지 목표 수립
- 2030년까지 1990년 대비 온실가스 40% 감축을 목표로 국가별 에너지 실행계획 수립

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

- EU 회원 국가에 대하여 2020년까지 (2007년 대비) 20% 에너지 절감 목표 달성을 위한 ‘에너지 효율지침(Energy Efficiency Directive)’ 수립, 동 지침에 따라

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

- 건물에너지 성능 지침(EPBD)을 마련하여(2010.5월) 2020년까지 모든 신축 건물이 제로에너지 건물이 되도록 계획

EPBD 주요기준
- 건물 에너지효율 측정, 최소기준 설정 및 정기 검토
- 신축건물 최소 효율기준
- 기존 대형건물(1,000m <sup>2</sup> 이상) 개보수시 최소효율기준
- 건축, 매매 및 임대 시 적용될 건물에너지 인증기준
- 냉난방설비 검사 및 평가

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

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

- 2020년까지 전력계량의 80% 이상을 스마트미터로 교체하여 가정에서 배출하는 온실가스의 9% 감축효과가 발생할 것으로 기대, 가스 및 전력 계량기를 스마트미터로 교체계획(25백만 개)을 위해 €45billion 소요 예정

### 3) 국가별 동향

#### □ 영국

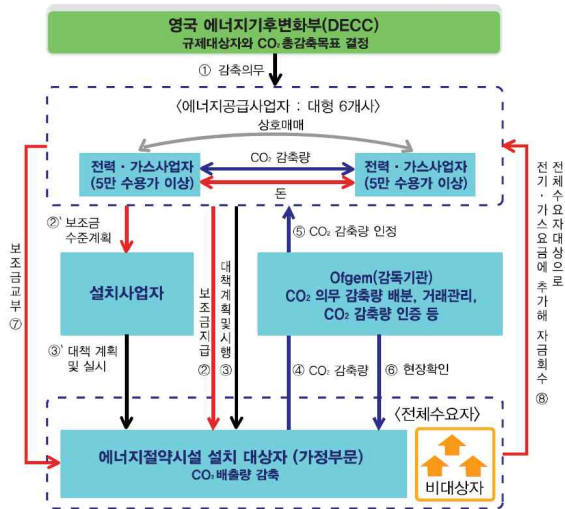


그림 46. 영국의 에너지효율 액션플랜(NEEAP)  
(출처 : 2016년 대한민국에너지편람)

- 중장기 온실가스 감축목표를 선도적으로 설정하고, 에너지기후 변화부(Department of Energy and Climate Change, DECC) 신설 (2008. 10월) 및 기후변화법 시행 (2008. 11월), 「국가탄소계획(Carbon Plan)」을 수립하여 2020년까지 34% 감축 및 2050년까지 2009년 대비 80%감축 목표를 발표(2011. 12월)

- 영국 에너지효율 액션 플랜(NEEAP) 추진 (2014.4월): EU 에너지효율 지침(2020년까지 2007년 대비 20% 에너지 절감)을 목표로 2007년 최종에너지 대비 18%인, 129.2백만toe 감축 목표

- 대표 시책
  - ① CRC(탄소감축서약)
  - ② 그린딜
  - ③ ECO(공급자 효율의무) 등

ECO 제도: 에너지 공급자에 대한 에너지절약 의무화
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지기후 변화부(DECC)와 가스, 전기시장청(Ofgem)은 에너지공급자에게 CO2 감축의무 부과(2013.1월)</li> <li>• 에너지공급자는 가정부문에 대한 에너지절약 시설 설치사업을 직접 또는 설치사업자를 통해 추진하며 에너지 공급자 간 절감량 상호 매매가 가능하도록 매칭</li> <li>• 공동 주택 및 저소득층 주택을 대상으로 건물외벽 단열강화에 주력하고 있으며 주택단열이 60%, 조명이 20% 난방장치가 10% 가전, 기타가 10% 차지하고 있음</li> </ul>

- ECO 도입 한해 동안 약 304,000건의 절감노력이 시행되었고 이로부터 혜택을 받은 가구 수는 약 266,000 가구에 달함(출처: Energy Efficiency Strategy, 2013)

### Green Deal 제도: 에너지 수요자를 위한 제도

- ECO제도와 상호보완적 제도로써 에너지절약기기 도입 시 초기 투자를 제3자가 부담하고, 공과금 요금징수에 얹어서 투자분을 회수
- 실시주체로는 전력, 가스 회사가 많으며, GD 어드바이저가 기기 설치 외에 사용법, 절약 생활방식 등에 대해 조언
- 에너지 사업자에 대한 의무가 아니라 수요자가 에너지절약 기술을 도입할 때의 초기투자가 무료
- 그린딜 제도 도입 한 해 동안 약 100,000가구가 그린딜 평가를 받았고 이 중 80% 이상의 가구가 1건 이상의 에너지절감 추진을 완료하였거나 추진할 의향이 있는 것으로 확인됨(출처: Energy Efficiency Strategy, 2013)

### Green Deal 추진방식




- 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 얻게 되는 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 납부의무는 매수자, 임차권자 등에게 이전됨
- 주택임대차 계약, 매매 계약 시 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
- 지방정부에게도 에너지낭비가 심각하여 주택 단열공사가 시급한 주택소유자에 대해 그린딜 시공을 요청할 수 있는 권한을 부여함

- 2050년까지 영국의 모든 빌딩에 대한 제로에너지화(화)를 목표로 건물 대상 재생 에너지 열공급에 대한 인센티브 제도 (Renewable Heat Incentive : RHI) 도입 (주거건물: 2011. 11월, 비주거건물: 2014. 4월)

○ 소규모 건축물에 대한 스마트 계량기 설치 프로그램, 2020년까지 모든 가정 및 소규모 기업에 스마트 계량기를 설치하는 중장기 계획 (2011.3월)

- 총 5년(2016~2020년) 동안 3천만 개 가정 및 소규모 기업에 5천3백만 스마트 계량기 도입하여 2020년까지 가구당 평균 24파운드 절감 계획
- 전문 홍보기관인 Smart Meter GB 신설 및 데이터 및 커뮤니케이션 회사 (DCC)를 설립(2013.9월 사업허가)하여 향후 설치될 스마트 계량기로부터 취득될 데이터 관리 추진
- 해당 에너지공급자가 각 가정에 스마트 가스 및 전력 계량기를 설치하고 각 가정에서는 설치된 디스플레이 (IHD)를 통하여 에너지 사용에 대한 실시간 정보를 제공받아 에너지 절약 및 비용절감에 활용

○ 건축물 리모델링 사업

 <p>그림 47. 에너지성능등급인증서</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 주택의 에너지 효율화를 위해 2015년부터 에너지성능등급(Energy Performance Certificate, EPC) E등급 아래 주택에 대한 매매 및 임대 금지 방안 수립(A~G등급 까지 존재)</li> <li>- 상업용 건물의 경우 매매하거나 임대할 때 에너지 성능 인증을 받아 구매자에게 양도해야 함</li> </ul>
---	--

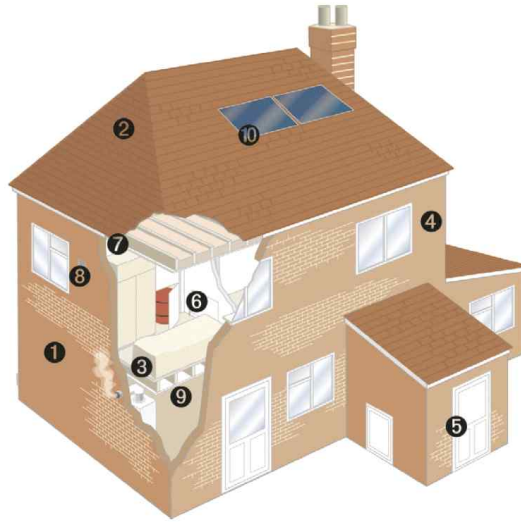
**저에너지 주거 리모델링 지침 마련(제로카본 주택 건축정책 추진)**

- 영국 국립주택/빌딩평의회(National House-Building Council, NHBC) 산하의 제로카본허브(Zero Carbon Hub)는 영국의 대표적 주요 주거시설의 유형별 에너지 요구량 패턴을 분석하여 해당 주택 유형별 에너지 목표수준을 설정
- 영국의 에너지 절약재단(Energy Saving Trust, EST) 은 주택의 환경성능을 개선하기 위해 단열성능, 환기, 기밀도, 난방 및 급탕, 조명기기 등 주요 5개 항목을 통해 기준주택에 적용할 수 있는 기술 권장요소들을 제안

○ 리모델링 권장 지침과 실현 사례

표 19. 주택 환경 개선을 위한 기술 권장요소 예시





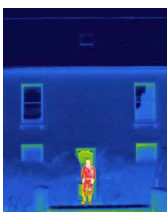
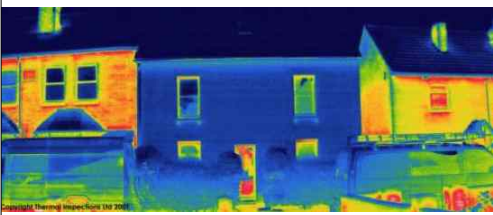
에너지절약재단(Energy Saving Trust)의 기술 권장 요소

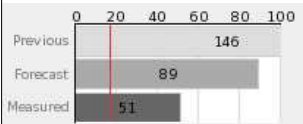
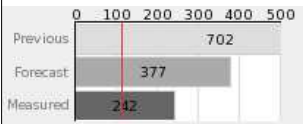
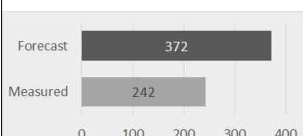
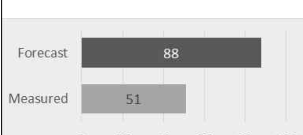


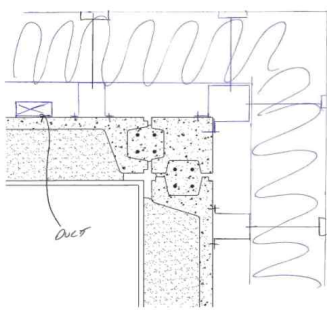


요소		개선방향
1	외벽	- 벽체 열관류율 0.30W/m <sup>2</sup> K 이하
2	지붕	- 경사지붕 : 지붕구조 부재 간 단열재 설치 시 지붕 열관류율 0.16W/m <sup>2</sup> K 이하 - 평지붕 : 지붕 열관류율 0.25W/m <sup>2</sup> K
3	바닥	- 바닥 열관류율 0.20-0.25W/m <sup>2</sup> K 이하
4	창호	- BFRC rating in band C 이상의 성능을 가진 창호적용
5	문	- 창호부재 시 : 평균 열관류율 1.0W/m <sup>2</sup> K 이하 - 창호설치 시 : 평균 열관류율 1.5W/m <sup>2</sup> K
6	난방 및 급탕	- 중앙난방 시스템 성능(Central Heating System Specification, CHeSS)에 따른 시스템 설치
7	기밀도	- 기밀도 실험을 통해 주택의 내/외부 압력차 50Pa에 의한 급기(약8-9m/s)에 대한 공기 침투량 5m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )이하
8	환기	- 수요대응 능동 환기 시스템
9	조명 및 기기	- 전체 조명 기기 중 최소 75% 이상 에너지 절감형 조명기기 설치, 설치되는 조명기기는 해당 인증을 획득한 것으로 적용
10	신재생에너지기술	- 태양열 및 태양광 시스템과 같은 신재생 에너지 기술요소의 환경성능 검토 적용

(출처 : Energy Saving Trust(EST), Energy-efficiency refurbishment of existing housing, 2007, p.6)

사례 1	Thamesmead Retrofit House				
개요	위치	영국 템즈미드	유형	공동주택	
	면적	174.9m <sup>2</sup>	구조	콘크리트	
	준공	미상	리트로핏	2012년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	105 kg	19 kg	22 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	550	93	109	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	66 kg	78kg	
재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	13	15		
디자인전략	난방	Aerogel Solar Collector에 의해 예열된 공기를 실내에 공급			
	급탕	태양열에너지를 급탕에너지 일부(42%)로 활용			
	재생에너지	10개의 태양광 패널이 2.3kW피크를 생성			
	환기	모든 실에서 개방형 창문을 통한 자연환기 가능			
	기밀성	PermaRock 클래딩 시스템을 적용해 오버클래딩하여 건물의 기밀성과 단열성을 향상하고 열교를 최소화			
	열교				
단열					
사진					
	리트로핏 전		리트로핏 후		
Aerogel Solar Collector					

사례 2	Grove Cottage				
개요	위치	영국 헤리퍼드	유형	단독주택	
	면적	135m <sup>2</sup>	구조	조적구조	
	준공	미상	리트로핏	2009년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	55 kg	22 kg	25 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	284	108	120	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	108 kg	120 kg	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	22	25	
디자인전략	난방	향을 활용한 패시브 솔라기법과 폐열회수장치로 난방에너지 사용량 절감			
	급탕	태양열에너지를 급탕에너지 일부로 활용			
	재생에너지	태양열에너지 활용, 추후 태양광패널을 설치할 수 있도록 남측 지붕 정비			
	자연채광	실내 마감재 색상을 조정해 자연채광 효과를 극대화			
	환기	개방형 창호를 통한 자연환기와 자연 굴뚝 환기 활용			
	기밀성	기존의 벽돌벽 내외부에 추가 실링을 해 조적구조로 인한 기밀성 저하를 개선			
	열교	창문과 문의 틈에 열교를 차단하기 위한 제품을 시공			
	단열	외부단열재를 추가하고 테라스 등 쉼터구조의 단열을 보강			
사진					
	기밀성 향상을 위한 시공	지붕단열 보강	리트로핏 후의 주택		
					
	개선 후 현저히 감소한 열교				

사례 3	Bringing Wates homes into the Future				
개요	위치	영국 버밍엄	유형	공동주택	
	면적	75m <sup>2</sup>	구조	콘크리트	
	준공	미상	리트로핏	2010년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	146 kg	89 kg	51 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	702	377	242	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	372 kg	242 kg	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	88	51	
디자인전략	난방	지붕 공간 내에 배치된 열회수 장치로 주택의 실내 공간 난방			
	급탕	태양열에너지를 급탕에너지 일부로 활용			
	재생에너지	태양광과 태양열을 재생에너지로 활용			
	자연채광	기존 창의 자연채광 활용			
	환기	열회수장치가 결합된 환기장치 적용			
	기밀성	창문과 문에 고성능 실링재를 추가해 기밀성 향상			
	열교	창문과 문의 틈에 열교를 차단하기 위한 제품을 시공			
	단열	건물의 외벽에 고성능 단열재를 추가하여 외단열 시공			
사진					
	기존의 주택	리트로핏 후의 주택	외단열 추가 부분도면		

사례 4	Wakefield and District Housing Kettlethorpe retrofit				
개요	위치	영국 웨이크필드	유형	공동주택	
	면적	82.6㎡	구조	벽돌 이중벽구조	
	준공	1945년	리트로핏	2010년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	60 kg	29 kg	19 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	315	152	94	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	94 kg	94 kg	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	15	20	
디자인전략	난방	태양광으로 생산한 전기에너지와 기존 보일러를 병용 실내공기를 예열할 수 있는 선스페이스 구성			
	급탕				
	재생에너지	2.4kW 태양광패널			
	환기	굴뚝 효과를 활용한 자연환기			
	기밀성	창문과 문에 고성능 실링재를 추가해 기밀성 향상			
	열교	열교를 최소화하기 위해 구조체 일체형 열교차단 자재 사용			
	단열	콘크리트 슬래브 하부에 발포유리 단열재를 추가			
사진					
	선스페이스	리트로핏 전 열교가 심한 모습			
			리트로핏 후 열교가 개선된 모습		

사례 5	Addressing Energy Consumption and Climate Change Adaptation in non-South facing, post-Decent Homes properties				
개요	위치	영국 런던	유형	공동주택	
	면적	83.7m <sup>2</sup>	구조	벽돌 이중벽구조	
	준공	1992년	리트로핏	2010년	
에너지소비		개선전	예측값	실제측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	53 kg	22 kg	43 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	263	109	198	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	88 kg	198 kg	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	17	43	
디자인전략	급탕	수도 하부에 폐열회수장치 설치			
	재생에너지	소형 태양광발전 광전지 모듈 설치			
	향	주택의 향이 동서향. 차양을 설치해 불필요한 태양에너지 차단			
	자연채광	천창을 설치해 자연채광 활용			
	환기	CO <sub>2</sub> , 내외부 온도센서와 연결된 실시간 모니터링 시스템으로 환기정보제공			
	기밀성	창문, 문, 덕트 등의 교체로 주택의 기밀성 향상 (3m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr@50Pa 수준까지 향상)			
	열교	열화상카메라를 활용해 인지한 열교부위를 보완 창문과 문의 프레임을 열 차단 효과가 있는 제품으로 교체			
	단열	150mm의 판상형 단열재를 외벽에 추가			
사진					
	열교가 나타나는 개선 전 주택	급배수 폐열회수장치	주택에 적용된 진공형 단열재		

사례 6	BISF Steel Frame House - 80% Carbon Dioxide emmision reduction through whole house upgrade approach including innovative technologies				
개요	위치	영국 캠브리지	유형	공동주택	
	면적	88m <sup>2</sup>	구조	철골구조	
	준공	미상	리트로핏	2010년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	62 kg	32 kg	39 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	321	165	172	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	111 kg	172 kg	
디자인전략	급탕	태양열에너지를 급탕에너지 일부로 활용			
	재생에너지	2.7kWp 다결정 광전지 어레이(22.5m <sup>2</sup> , 3.0m <sup>2</sup> 태양열 패널)			
	향	주택 서향에 대형 창이 존재. 실내과열방지를 위해 대형창의 g값 조절			
	자연채광	기존 창의 자연채광 활용			
	환기	개방형 창문을 통한 자연환기			
	기밀성	창문과 문에 고성능 실링재를 추가해 기밀성 향상			
	열교	재료와 부품의 접합부를 개보수한 설계단계에서부터 세밀하게 설계하여 열교 최소화			
	단열	거실의 바닥재를 단열성이 우수한 재료로 교체하고 기존의 단창을 다중 창으로 교체			
사진					
	외단열 추가도면		각 실의 기존 분석자료		

사례 7	Conservation Area retrofit				
개요	위치	영국 런던	유형	공동주택	
	면적	60.66m <sup>2</sup>	구조	조적구조	
	준공	미상	리트로핏	2010년	
에너지소비		개선전	예측값	실체 측정값	그래프
	CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	98 kg	23 kg	22 kg	
	1차에너지 요구량 [단위:kWh/m <sup>2</sup> .yr]	535	119	109	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 CO2배출량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	97 kg	109 kg	
	재생에너지에 의해 상쇄되는 1차에너지 요구량 [단위:CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .yr]	-	19	23	
디자인전략	난방	폐열회수장치로 난방에너지사용량 절감			
	급탕	태양열에너지를 급탕에너지 일부로 활용			
	재생에너지	지붕 장착형 태양열 집열기로 급탕 수요의 50% 충족			
	환기	패시브 굴뚝 환기 시스템 적용			
	기밀성	내부 배선을 재배치하여 건물 요소 사이의 모서리와 교차점을 최소화함으로써 기밀성 향상			
	열교	시뮬레이션 분석을 활용하여 열교를 최소화 할 수 있도록 추가부재 시공			
	단열	외벽은 에어로젤 기반의 보드형 단열재를 적용하고 창호를 고성능 다중 창호로 교환하여 패시브하우스 수준으로 단열성능 향상			
사진					
	리트로핏 후 창호부근이 강화된 모습		리트로핏 개념 도면		

□ 프랑스

- 프랑스 ‘녹색성장을 위한 에너지전환 관련 법안’ 이 상·하원 간의 장기간에 걸친 논의와 의견 대립 속에 하원에서 최종 통과(2015.7월)됨에 따라 에너지전환 정책의 본격적인 이행이 이루어질 것으로 전망

- 원전 의존도 감축, 에너지절약(효율개선)과 재생에너지 비중 확대를 골자로 하는 저탄소 경제 로드맵을 설정, 원자력 발전용량 한도를 현재 수준으로 유지하면서 원전 발전비중을 75%에서 2025년까지 50%로 감축 목표
- 온실가스 배출량 2030년까지 40% 감축(‘90년 대비), 재생에너지 발전비중 32% 확대(‘90년 대비), 화석연료 소비 30% 감축(‘90년 대비) 등의 내용 포함

- 에너지관련 공공 연구기관(National Energy Research Coordination Alliance, ANCRE)을 설립하여 미래 에너지에 대한 투자를 확대 중, 차세대전력망 연구와 재생 및 저탄소에너지 기술 개발 등 총 350억 유로 투자
- 2012년 제로에너지 빌딩, 2020년 플러스에너지 건물 일반화, 2020년까지 2011년 대비 기존 건물의 에너지소비 38%이상 감축 목표
- 프랑스는 nZEB를 BBC(Batiment à Basse Consommation: 저에너지건물)라는 용어로 지칭하고 있으며 BBC는 RT 2012를 준수하는 신축 건물로 연간 1차 에너지소요량 및 연간 최종에너지 소요량 모두 0 이나 음수의 값을 만족하는 건물을 의미, 2020년부터 플러스에너지 건물(BEPOS, batiment à énergie positive)화를 목표
- 개인 주거지에 대한 에너지효율 개선(건물 성능과 재생에너지 사용)을 위한 작업비용의 30%를 상환해주는 세액공제제도(CITE: Crédit d’Impôt pour la Transition Energétique)를 통해 2012년부터 신축 건물에 대한 에너지 저소비 설계와 노후화된 100만 주택에 대한 성능 개선 추진

- 단열설비 설치비용, 에너지 효율 개선 리모델링 비용, 친환경 에너지 차량 교체 비용 지원
- 향후 3년 동안 100억 유로 규모의 자금 투입 예정

- 에너지 가격인상에 따른 에너지 빈곤층(기초생활수급자) 대상 전기요금 지원 제도를 2005년부터 실시, 2008년 가스 요금 추가 지원
- 소규모 주택 에너지 성능개선 지원 정책

개요
- 프랑스 정부의 주택의 에너지 리노베이션 사업은 다음 세 가지 관점에서 진행 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>생태적 관점</b> - 세계적인 기후 이상에 대응하고 에너지 사용 절감</li> <li>• <b>사회적 관점</b> - 에너지 빈곤상태에 놓인 가구들의 상황을 개선하여 부담감 감소</li> <li>• <b>경제적 관점</b> - 관련 산업의 개발 지원 통한 지역에 기반을 둔 일자리를 창출</li> </ul>
- 통계에 따르면 4백만 가구가 에너지 빈곤 상태에 있는 것으로 확인. 즉 13% 이상의 프랑스의 가정이 수입의 10% 이상을 에너지 구입을 위해 사용. 많은 주거가 노후화 되고 낙후된 상태이며, 에너지 가격은 계속해서 증가하는 추세이므로, 열악한 주거 상황에 놓인 빈곤가구의 에너지 사용료에 대한 부담감은 더욱 상승할 것으로 예상
- 단열 성능이 불량한 주택과 양호한 주택의 난방비 차이는 연간 2,500유로와 연간 250유로로 최대 2,250유로 정도 차이로 각 주호 당 약 월 200유로의 경제적 손실을 의미

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거 에너지 효율화 사업을 위해서 공공기관에서 80%까지 공사비용을 지원</li> <li>- 주택 소유자가 에너지 리노베이션 공사를 쉽게 결정할 수 있도록 돕기 위한 공공서비스 제안 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rénovation Info service: 에너지 리노베이션 관련 정보를 위한 일원적 창구(전화번호 : 0810 140 240, 인터넷 사이트 : <a href="http://renovation-info-service.gouv.fr">http://renovation-info-service.gouv.fr</a>)</li> <li>• 지역 도처의 리노베이션 정보 센터 네트워크(Points Rénovation Info Service : PRIS) : 이 네트워크를 통해 ADEME(에너지관리환경국), ANAH(국가주거관리국), ANIL(주거관련국가정보국) 산하 지역 조직들을 통합</li> </ul> </li> </ul>														
<b>지원금 제도</b>														
<b>1</b>	<b>Crédit d'impôt pour la transition énergétique(CITE) : 에너지 효율 개선을 위한 세금 감면</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- CITE는 에너지 개선 사업을 위한 설비와 인력에 대한 지출의 30%를 소득세에서 면제해주는 정책</li> <li>- 지원양식을 작성하여 세금신고서에 첨부하는 것으로 신청 완료</li> <li>- 정책지원에 필요한 모든 절차에서 에너지 컨설턴트의 도움을 받을 수 있고 시공에 소요된 금액의 영수증을 청구하는 방식으로 진행</li> <li>- 납세자의 과세 대상여부와 관계없이 혜택을 받을 수 있고 지원금이 부과된 세금을 상회한다면, 초과분은 각 가정에 환급</li> <li>- 수혜대상: 주택의 에너지 절약 공사를 실행하는 임대인, 임차인 및 프랑스에서 무상으로 거주하는 거주자</li> <li>- 대상 건축물: 완공된 지 2년 이상 된 개인 주택 또는 아파트</li> </ul>														
<b>2</b>	<b>Eco-prêt à taux zéro : 이자율 제로 대출</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 거주자의 주택 혹은 아파트의 성능개선을 위한 목적으로 사용되는 금액을 국세청에서 무이자로 대출해주는 제도 (최대 30,000유로, 2018년 12월 31일까지 유효)</li> <li>- 수혜대상 : 공간을 직접 사용하는 건물주 혹은 임대인, 공동소유의 경우 포함</li> <li>- 대상 주거 형식 :</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">신고 된 주 주거지</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">개인 주택 혹은 아파트</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1948년 1월 1일 - 1990년 1월 1일 사이 완공된 건축물</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance énergétique globale( 총 에너지 성능) 개선을 위한 하나의 대출은 하나의 주거에 대해서 해당 (추가적 대출금 요청을 제외하고), 추가적 대출금 요청으로 인한 대출금 두 개의 총액은 3만 유로를 넘지 않을 것</li> <li>- 이자율 제로 대출은 타 대출제도와 중복해서 지원가능하며 소득에 관계없이 세금 대출과 중복가능. 또한 ANAH(국가주거관리국)와 지자체의 지원금과 중복가능</li> </ul> <p style="text-align: center;">표 20. 이자율 제로 대출의 진행절차</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">절차</th> <th style="text-align: center;">내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1. 지원가능여부 확인</td> <td>이자율 제로 대출 지원 대상에 해당하는지 확인</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2. 에너지 컨설팅</td> <td>PRIS에서 에너지 컨설턴트와 연결</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3. 견적 양식서 작성</td> <td>RGE(Reconnue Garant de l'Environnement: 환경보증인)자격을 갖춘 전문가에게 견적서를 받고 시공업자와 함께 견적 양식서 작성</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4. 대출지원</td> <td>견적 양식서에 따라 해당금액 대출</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(자료 : <a href="https://www.efficiencyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility">https://www.efficiencyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility</a>)</p>		신고 된 주 주거지	개인 주택 혹은 아파트	1948년 1월 1일 - 1990년 1월 1일 사이 완공된 건축물	절차	내용	1. 지원가능여부 확인	이자율 제로 대출 지원 대상에 해당하는지 확인	2. 에너지 컨설팅	PRIS에서 에너지 컨설턴트와 연결	3. 견적 양식서 작성	RGE(Reconnue Garant de l'Environnement: 환경보증인)자격을 갖춘 전문가에게 견적서를 받고 시공업자와 함께 견적 양식서 작성	4. 대출지원	견적 양식서에 따라 해당금액 대출
신고 된 주 주거지														
개인 주택 혹은 아파트														
1948년 1월 1일 - 1990년 1월 1일 사이 완공된 건축물														
절차	내용													
1. 지원가능여부 확인	이자율 제로 대출 지원 대상에 해당하는지 확인													
2. 에너지 컨설팅	PRIS에서 에너지 컨설턴트와 연결													
3. 견적 양식서 작성	RGE(Reconnue Garant de l'Environnement: 환경보증인)자격을 갖춘 전문가에게 견적서를 받고 시공업자와 함께 견적 양식서 작성													
4. 대출지원	견적 양식서에 따라 해당금액 대출													
<b>3</b>	<b>Prime coup de pouce à économique d'énergie : 에너지 절약 장려 지원금</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설비에 대한 에너지 성능 개선을 위한 지원금 혜택 (2018년 12월 31일까지 유효)</li> <li>- 각 가정의 소득에 따라 차등지원</li> <li>- 공사지원내용 : 전자제어 전기송신기, 전기 라디에이터, 고효율 보일러 등</li> </ul>														
<b>4</b>	<b>TVA à 5,5% pour les travaux d'amélioration de la qualité énergétique : 에너지 품질 개선 공사를 위한 5,5% 부가세 비율 혜택</b>													

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2년 이상 된 주택의 에너지 성능을 개선하는 공사에 5.5%의 부가세 비율의 혜택 제공</li> <li>- 지원대상 : 거주하는 건물주, 임대인 혹은 건축주, 무상 거주자, 민간 부동산 회사</li> <li>- 지원금대상 주거형식 : 완공 후 2년이 지난 주택, 주 주거지/부 주거지 모두 지원 가능</li> </ul>
<b>5</b>	<p><b>Les aides du programme 'Habiter mieux' de l'Agence nationale de l'habitat (Anah) : ANAH(국가주거관리국)의 '더 나은 주거' 프로그램 지원금</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ANAH는 '더 나은 주거' 라는 국가적 프로그램을 운영해 주거지의 에너지 손실을 줄일 수 있도록 지원금을 제공</li> <li>- 수혜 대상 : 거주하는 건물주 중 그들의 수입이 지역에 따라 변화하는 기준치보다 낮은 경우, 임대 건물주들 중 그들의 임대수익이 시장 가격에 따라 변화하는 기준치를 넘지 않는 경우, 어려운 상황에 있는 공동소유의 조합의 경우</li> <li>- 수혜 대상이 되는 주거 유형 : 서류가 접수된 날짜로 15년 이상 된 주거지, 지난 5년 내에 국가의 또 다른 재정 지원(예를 들면, 무이자 대출 심사가 진행 중 이거나, 혹은 또 다른 재정 지원을 받은 지 5년을 넘지 않았을 경우)을 받지 않은 주거지</li> <li>- 지원은 자가 주택자의 소득에 따라 이루어짐</li> <li>- 최소 25%의 에너지 절감 실현을 조건으로 지원금이 지급되며 최대 10,000유로까지 지원 가능(최대 2,000유로의 국가 지원금이 추가로 지급될 수 있음)</li> <li>- PRIS의 컨설턴트와 지원가능여부를 확인하고 주거분야 전문가인 오퍼레이터로부터 주거지에 대한 진단을 받음. 오퍼레이터를 통해 각종 서류를 작성하고 ANAH의 지역센터에 해당 서류를 제출하면 지원이 완료</li> <li>- 에너지 성능 개선 세금 공제(CITE)와 이자율 제로 대출제도와 중복 지원 가능</li> </ul>
<b>6</b>	<p><b>Chèque énergie aider à payer factures d'énergie ou travaux de rénovation : 리노베이션 공사 혹은 에너지 사용료 지불을 지원하는 에너지 바우처</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 수표 지원제도는 저소득층을 대상으로 에너지 사용료 혹은 리노베이션 공사비 지불을 돕기 위해 발급되는 바우처</li> <li>- 저소득층을 대상으로, 각 가정의 수입과 가정 구성원에 따라 부여, 모든 종류의 에너지 개선 사업을 혜택범위에 포함</li> </ul>
<b>7</b>	<p><b>Les aides des entreprises de fourniture d'énergie (에너지 공급회사의 지원금제도) : 에너지 절약 증명서(CEE: White Certificate)의 프랑스 용어)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수혜대상 : 임대인, 임차인</li> <li>- 대상건축물 : 주 주거지 / 부 주거지</li> <li>- CEE 관련된 도움을 얻기 위한 과정 : <ul style="list-style-type: none"> <li>① 주택에 실현할 공사들을 특정하고 CEE(에너지 절약 자격증) 정책에 지원할 수 있는 내용 여부 확인</li> <li>② 공사 전에 가능한 지원에 대해 에너지 공급 업체들에게 정보를 구하고 비교견적을 작성</li> <li>③ 선택된 에너지 공급업체와 계약서를 작성하고 선택된 RGE 전문인력들에 의해서 공사를 실행</li> <li>④ 공사가 완료되면 에너지 공급업체에게 서류(영수증, 공사완료 확인증 등)를 요청·제출</li> <li>⑤ 에너지 절약 증명서(CEE)를 위한 공사 결과를 평가</li> </ul> </li> <li>- 공사들은 에너지 성능에 대한 요구사항들을 지켜야 하며 주거의 에너지 성능 개선이 가능해야함</li> <li>- 같은 종류의 공사에 대해서는 한번만 에너지절약자격증의 혜택을 제공하지만 에너지 개선을 위한 다른 공사들에 대해서는 새로운 요청 가능</li> <li>- 본 프로그램에 지원가능 여부는 PRIS 사이트의 mon projet rénovation 탭 참고. 주거에서 실현가능한 리노베이션 방식들을 찾을 수 있고 선택된 공사의 종류에 따라 차후에 제공가능한 지원에 대한 정보 제공</li> </ul>
<b>8</b>	<p><b>Exonération de la taxe foncière pour les travaux d'économie d'énergie : 에너지 절약 공사에 대한 부동산세 면세</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체에 따라 에너지 절약 공사를 실행한 가구의 부동산세(부분 혹은 전체)를 임시적으로 면세</li> <li>- 수혜대상 : 주택의 거주자가 누구인지에 관계없이 에너지 절약 공사를 실행한 사람이라면 누구나 요구가능</li> </ul>

○ 소규모 주택 에너지 리노베이션 사례

사례 1		Lilas(릴라) 지역(93)	
<b>▶ 개선 전 주택 상황</b>			
개요	1930년대에 지어진 개인 주택		
연면적	74m <sup>2</sup>		
규모	2층+개조된 다락		
구성	지붕 : 공장생산(기계로 만든) 기와 마감한 전통적 구조 단열 : 암면(12cm) 외벽 : 벽돌 조적식벽 창호 : 2000년에 설치된 목재 이중 창 난방과 온수 : 2012년에 설치된 가스 저온 보일러		
<b>▶ 2017년 리노베이션 공사</b>			
공사내용	- 경사부 및 지붕 단열 - 창호 교체 - 조절가능한 기계식 환기 장치 설치(VMC) - 내부 단열		
<b>▶ 공사비</b>			
	경사부 및 지붕 단열(26cm 목섬유 단열재 R=7,15)	9,189€TTC	
	VMC 단순 흐름 하이그로 B	1,550€TTC	
	창호교체와 단열덧창 설치	7,610€	
	내단열(박공하나) (목섬유 단열재 14cm R=4)	6,887€	
	Total	25,236€ (TVA 5,5%)	
	세금공제	3,554 € (총 공사비의 14%)	
<b>▶ 에너지 사용량</b>			
개선전	291 kWh ep./m <sup>2</sup> /년		
개선후	196 kWh ep./m <sup>2</sup> /년	D - 개선후 : 196 E - 개선전 : 291	
<b>▶ 건축주 후기 (빠띠네씨 부부)</b>			
Q : 에너지 개선 공사에서 건축가의 참여는 도움이 되었습니까?			
A : 건축가가 직접 우리 집을 방문해서 우리 집의 에너지 개선 공사의 기술적 실현가능성을 평가해주었습니다. 바닥층의 구조 상태에 대해서 경고를 했고 법규에 맞는 전기 설치와 또한 창문의 난간의 설치가 필요하다고 말해주었습니다. 또한 미리 공사 비용을 추정하는 것은 매우 유용했습니다. 그래서 예산에 알맞게 공사내역의 우선순위를 정했습니다.			
<b>▶ 전문가 평가 (델타 프랑스 사, 대표 송또낙스)</b>			
Q : 빠띠네씨 부부의 기대에 어떻게 대응했습니까?			
A : 처음부터 빠띠네씨 부부는 매우 적극적이었습니다. 그리고 사용되는 자재에 대해 특별한 관심을 보였습니다. 그들은 목섬유 단열재와 같은 생태적 재료를 선택했습니다. 나는 건축주에게 공기 중에 존재하는 포름알데히드 같은 오염물질을 흡수하는 에코라벨 페인트를 제안했습니다.			
<b>▶ 개선전 모습</b>			



**사례 2** **Neuilly Plaisance(뇌유 플레장스) 지역**

**▶ 개선 전 주택 상황**

개요	1971년에 건축된 개인 주택
연면적	150m <sup>2</sup>
규모	2층+지하창고
구성	지붕 : 공장생산(기계로 만든) 기와 마감한 전통적 구조 단열 : 암면(12cm) 외벽 : 시멘트 벽 (30cm) 창호 : 목재 이중 창 난방과 온수 : 2012년에 설치된 콘덴싱 가스 보일러

**▶ 2017년 리노베이션 공사**

공사내용	- 저층부 바닥면 하부표면 단열공사 - 지하 벽 단열 - 창호 교체
------	---

**▶ 공사비**

저층부 바닥면 하부표면 단열공사	3,195€
지하 벽 단열	2,970€
창호 교체	23,000€
총공사비	29,165€
지원금과 보조금	4,958€(총 공사비의 17%)
세금공제	4,800€
에너지지원금 (CEE)	260€

**▶ 에너지 사용량**

개선전	257 kWh ep./m <sup>2</sup> /년	
개선후	162 kWh ep./m <sup>2</sup> /년	

**▶ 건축주 후기 (베크렝 여사)**

Q : 공사 후 당신의 평가는 어떠합니까 ?  
 A : 고지서 요금이 오르고 있었기 때문에 공사를 하기로 결정을 했습니다. 지출을 줄이고자 방 몇 개만 난방을 하고 있었습니다. 공사가 얼마 전에 끝났고, 아직 겨울을 나지 못했지만, 이번 여름 며칠간 계속된 폭염 동안 외부 온도가 35도 이상을 맴돌때에도, 내부 온도가 절대 28도 이상 오르지 않았다는 것을 발견했습니다. 정말 안락한 것 같습니다.

**▶ 전문가 평가 (악쉬 에뜨닉 사무소, 건축가 토마스 위겐)**

Q : 이 프로젝트에 대한 건축적 그리고 에너지 사용에 대한 당신의 진단은 어땠습니까 ?  
 A : 방문은 주택의 객관적인 상태를 판단할 수 있기 때문에 가장 중요합니다. 방문 시 기밀에 대한 결함을 발견했고 집주인에게 알려주었습니다. 이러한 결함을 개선하는 것이 프로젝트의 목적이죠, 개선할 사항을 드러내어 건물 상태에 알맞은 장기간의 공사 계획을 세우게 됩니다.

**▶ 개선 전 모습**



**사례 3** **Villepinte(빌팡뜨) 지역**

**▶ 개선 전 주택 상황**

개요	1987년에 건축된 개인 주택
연면적	79m <sup>2</sup>
규모	3층

구성	지붕 : 슬레이트로 마감된 산업화된 망사르식 구조 단열 : 암면(20cm) 외벽 : 시멘트벽(20cm) 폴리스티렌(8cm) 창호 : 원 이중 창 난방과 온수 : 2014년에 설치된 전기 컨벡터, 2011년에 설치된 300L저장 가능한 전기 온수
----	--

**▶ 2017년 리노베이션 공사**

공사내용	- 저층부 바닥면 하부표면 단열공사 - 지하 벽 단열 - 창호 교체
------	---

**▶ 에너지 사용량**

개선전	203 kWh ep./m <sup>2</sup> /년	
개선후	155 kWh ep./m <sup>2</sup> /년	

**▶ 건축주 후기 (질렝 부인)**

Q : 공사를 실행하기 위한 회사는 어떻게 찾으셨나요 ?  
 A : Pass'Réno Habitat 93 페이지 덕분에, 지역 장인들의 리스트를 쉽게 얻을 수 있었습니다. 결국 두 개의 회사가 견적을 내기 위해서 나의 집을 방문했고 공사 전체를 다 책임질 수 있는 회사를 선택했습니다. 나에게서는 하나의 대화 상대를 얻을 수 있다는 장점이 있었습니다. 나는 이 회사와 투자회사 사이에서 협력의 혜택을 얻을 수 있었고, 그것은 나의 은행에서 제안된 것보다 훨씬 좋은 이율로 대출을 얻을 수 있었습니다.

**▶ 전문가 평가**

Q : 전기 설치와 관련해서 가능한 에너지 절약은 무엇입니까 ?  
 A : 노후화 된 기구들은 상당한 에너지 소비를 만들어냅니다. 마담 질렝 님에서 조명은 컨벡터와 같은 서킷(회로)에 꽂혀 있었는데 이 점 때문에 여름 동안에도 전기 라디에이터의 컨트롤러를 꺼두는 것이 불가능했습니다. 그래서 이 두개의 배전선을 분리했고, 주간 야간의 컨택터가 한산한 시간에 온수를 만들 수 있도록 만들었습니다. 이러한 단순한 변경이 큰 절감을 만들어냅니다.

**▶ 개선 전 모습**



<b>사례 4</b>		<b>Sélestat 지역</b>	
<b>▶ 개선 전 주택 상황</b>			
개요	1964년 완공 4개의 사면을 가진 지붕을 가진 조적식 주택		
연면적	145m <sup>2</sup>		
<b>▶ 2017년 리노베이션 공사</b>			
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외단열 공사</li> <li>- 창호변경</li> <li>- 기밀시공</li> <li>- 이중환기</li> <li>- 방수도료 및 단열재</li> <li>- 1층 바닥난방 시공</li> <li>- 단열지붕의 완벽한 보수</li> </ul>		
<b>▶ 에너지 사용량</b>			
개선전	287 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 1,900€/년		
개선후	70 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 600€/년 (시공 후 난방비가 1/3로 절감)		
<b>▶ 건축주 후기 (Pfenning 氏 부부)</b>			

Espace Info Energie(EIE) : 에너지 정보 공간 프로젝트의 일환으로 본 주택의 에너지 리트로핏을 하였습니다. 에너지 개선이라는 목표를 가지고 하나의 프로젝트를 위해서 협업하는 기술자들의 그룹이라는 아이디어가 마음에 들었습니다. 그들은 전 과정 동안 조언을 주었고 동반해주었습니다. 우리는 기술자들의 작업과 그 최종 결과물에 만족하고 있습니다. 초기 예산에 비해서 에너지 개선 공사 비용이 초과되기는 했지만 주택 내에서 얻게 된 삶의 퀄리티로 인해서 충분히 상쇄되고 있습니다.

**▶ 개선 전 후 모습**



**사례 5** **Marlenheim 지역**

**▶ 개선 전 주택 상황**

개요	1950년에 건축된 조적식(벽돌) 개인 주택
연면적	120m <sup>2</sup>

**▶ 2017년 리노베이션 공사**

공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지붕 단열과 마감 변경</li> <li>- 열회수 환기장치 설치</li> <li>- 창호 변경과 전기식 롤러 덧창의 설치</li> <li>- 바닥 단열</li> <li>- 외단열</li> <li>- 가스 컨덴싱 보일러와 중앙제어시스템의 설치</li> </ul>
------	--

**▶ 에너지 사용량**

개선전	286 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 1,365€/년	
개선후	100 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 420€/년 (시공 후 난방비가 1/3로 절감)	

**▶ 건축주 후기 (레미氏 부부)**

삶의 질을 개선하고 난방비를 절약하기 위해서 프로그램을 신청했습니다. 창호와 난방기의 교체, 환기와 벽, 지붕 그리고 바닥 단열의 공사를 시행했고 공사는 문제없이 진행되어 합리적인 기간 내에 완료되었습니다. 업체와의 컨택은 더 훌륭했습니다. 전체 협력업체 : 기술자들, 어번 컨설턴트 그리고 Procvivis의 재정적 지원에 감사드립니다.

**▶ 개선 전 후 모습**



**사례 6** **Gumbrechtshoffen 지역**

**▶ 개선 전 주택 상황**

개요	1950년대 완공된 (벽돌)조적식 개인주택
연면적	95m <sup>2</sup>

**▶ 2017년 리노베이션 공사**

공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외단열 : 폴리스티렌 16cm (R=4,4)</li> <li>- 기초 단열</li> <li>- 이중창(Uw=1,4)</li> <li>- 글래스울+목섬유(R=7.5) 지붕단열</li> <li>- 열회수환기장치 (효율 96%)</li> <li>- 기존 설치된 펠렛 스토브</li> </ul>
------	---

**▶ 에너지 사용량**

개선전	280 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 2,700€/년	
개선후	54 kWh ep./m <sup>2</sup> /년 난방비 600€/년 (시공 후 난방비가 1/4.5로 절감)	

**▶ 건축주 후기 (롤리지 씨)**

우리는 매우 만족합니다. 이번 여름 외부 온도가 3주간의 폭염으로 35도를 웃돌 때도 지붕 밑 내부 온도가 24도를 넘지 않았습니다. 정말 매우 안락했습니다. 그리고 어플리케이션을 통해서 열회수 환기장치를 조절할 수 있었습니다. 주말에 여행을 갔을 때가 더 재미있었죠. 어플리케이션을 통해서 습도를 알 수 있었고 실시간으로 환기장치의 효율을 체크할 수 있었습니다. 따라서 아무런 문제가 없다는 것을 밖에서도 알 수 있었죠. 지금 우리는 겨울을 무척 기다리고 있습니다.

**▶ 개선 전 후 모습**



□ 독일

- 독일 정부는 2050년까지 기존 원자력 발전소 완전 폐기를 선언함에 따라, 신재생 에너지 중심의 제로에너지 도시로의 개편을 진행 중이며 이를 위한 도시에너지 최적화 모델링 기법 개발 완료
- 독일 연방 정부는 유럽연합의 EPBD 요구사항을 충족하기 위해 2010년 9월 28일, 국가에너지 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
- 모든 신축 주택에 신재생에너지 이용을 의무화하고 있으며 기존 건물의 에너지 합리화 사업도 강력하게 추진
- ZEB 보급을 위한 신축 및 기존 건물의 에너지성능 목표는 2020년까지 난방 에너지요구량 20% 감소, 2050년까지 1차 에너지요구량 80% 감소
- 독일에서 적용하는 기준은 에너지규정(Energieverordnung EnEV: 신축 및 에너지 리트로핏 건축물의 에너지 사용에 대한 법적 요구사항)이며, 유럽연합의 건물에너지 절감 가이드라인(EPBD 2002/91/EG)에 맞추어 2002년 2월 1일 부터 에너지 절감을 규정하며 효력이 발생, 기존 규준인 난방설비 및 급탕설비에 대한 에너지 절약 기준과 당시의 단열기준법을 하나로 포함하는 내용으로 구성되어 있음
- 현재에는 EnEv 2016의 기준이 발효 중에 있으며, 추후 최종적으로 EnEv 2020(예정)에서는 유럽연합 내 모든 국가에서 초절약 에너지 건축물을 실현시키는 것이 핵심으로 개정될 예정에 있음

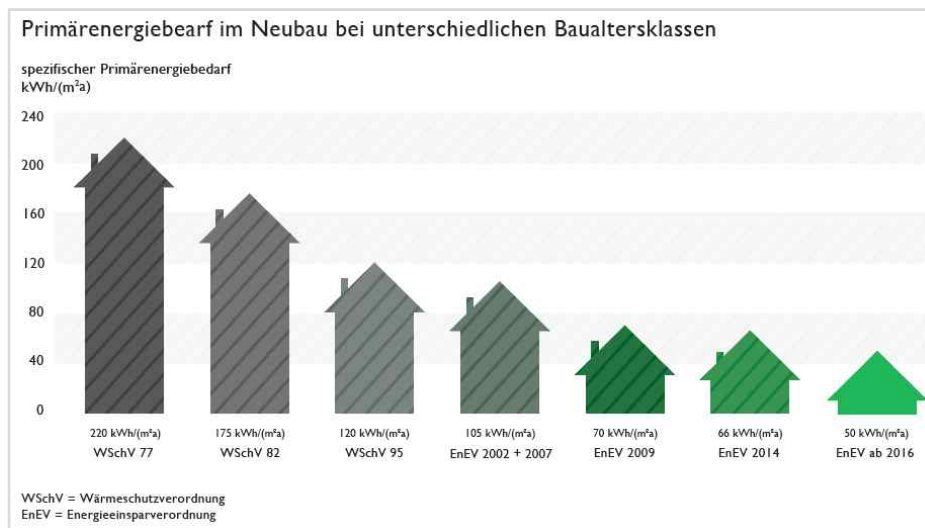


그림 48. EnEv 개정에 따른 건물에너지 성능지표

- EnEv 2016의 표준건축물에 사용되어야 할 열적성능 기준은 아래의 표와 같음

표 21. EnEV 2016 단열성능 기준 및 기준값

개요				
- EnEV는 독일 건물 코드의 일부이며 주거용 및 일반용 건물에 적용 - 2002년에 소개된 첫번째 EnEV는 이전의 열 보호 법(WSchV)과 난방비용법(HeizkostenV)을 대체·결합 - EnEV는 건물, 난방, 냉방, 환기 시스템과 온수에 대한 최소 에너지 요구 사항을 설정하며, 에너지 성능 인증서를 규제 - 2009년에 개정된 에너지 절약법은 신규 및 기존 건물에 대한 요건을 강화하여, 기준을 2002년 대비 30% 높이고 단열재를 15%까지 강화했으며 기존 건물에 대한 에너지 성능 인증서를 의무화함 - 신축 및 에너지 리트로핏 건축물에 대한 최소 기준을 제시 - 신축 건축물은 에너지 성능과 외피의 열관류율 목표치를 설정해야 함 - 기존의 건물들은 개조되는 부분에 가능한 최대의 성능을 달성해야 함				
항목	건축부재/설비		기준 값 (단위)	
			속성 (항목 1.1부터 3까지)	
1	1.1	외벽, 외기와 맞닿는 천장	열관류율	$U = 0.21W/(m^2.K)$
	1.2	지중과 맞닿는 외벽, 비난방실과 맞닿는 바닥, 벽체, 지붕 (항목 1.1에 해당 되지 않는 경우)	열관류율	$U = 0.26W/(m^2.K)$
	1.3	지붕, 최상층 천장	열관류율	$U = 0.15W/(m^2.K)$
	1.4	창문	열관류율	$U_w = 0.97W/(m^2.K)$
			일사에너지투과율	$g = 0.60$
	1.5	지붕창	열관류율	$U_w = 1.0W/(m^2.K)$
			일사에너지투과율	$g = 0.60$
	1.6	채광창	열관류율	$U_w = 2.0W/(m^2.K)$
일사에너지투과율			$g = 0.60$	
1.7	대문	열관류율	$U = 1.3W/(m^2.K)$	
2	항목 1.1~1.7의 건축부재		열교가산	$UWB = 0.05W/(m^2.K)$
3	외피의 기밀성		n50	- DIN V 4108-6 (2003)에 따른 평가 - DIN V 18599-2 (2011)에 따른 등급 분류
4	차양장치		차양장치 평가에 대한 내용 없음	
5	난방장치		<ul style="list-style-type: none"> <li>컨덴싱 보일러에 의한 열 생산, 연료 및 설치법 :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 난방되는 사용면적의 크기가 500 m<sup>2</sup> 이하 건축물 (외벽선을 기준으로 바닥면적을 산정하여 난방에너지 소요량 계산)</li> <li>- 난방되는 공간의 크기가 500 m<sup>2</sup> 이상 건축물 (실내 마감선을 기준으로 바닥면적을 산정하여 난방에너지 소요량 계산)</li> </ul> </li> <li>설계온도 55 °C, 45 °C, 난방되는 공간 내 개별 난방장치, 내부 연결 배관, DIN V 4701-10 (2003) 표 5.3-2에 따른 배관 길이, 설계 조건에 의한 펌프성능 (<math>\Delta p</math> 일정하게 운용), 수리학적 특성을 고려한 배관설계</li> <li>가열면으로의 균질한 열전달, 1 K 단위로 조절 가능한 밸브</li> </ul>	
6	급탕장치		<ul style="list-style-type: none"> <li>중양 급탕장치</li> <li>항목 5에 따른 난방장치와 결합된 급탕장치</li> <li>비목 2.1.1. 평가 : DIN V 18599-8 (2011) 표 15에 따른 태양열장치의</li> </ul>	

		집열판과 저장소의 성능 • 비목 2.1.2. 평가 : DIN V 4701-10 (2003) 표 5.1-10에 따른 태양열장치의 식용수 가열을 위한 집열판과 저장소, 간접적인 급탕, 열 생산과 같은 설치법 - 소규모 태양열장치 : 전용면적 500 m <sup>2</sup> 이하 건축물 - 대규모 태양열장치 : 전용면적 500 m <sup>2</sup> 이상 건축물 • 난방되는 공간 내 개별장치, 내부 연결 배관, 배관 길이, DIN V 4701-10 (2003) 표 5.1-2에 따른 표준 성능
7	냉방장치	냉방에 관한 내용 없음
8	환기장치	중앙 배기장치, 사용자 요구에 따라 조절가능한 DC-환기장치

○ 독일의 건물 에너지 절약 정책 변화 과정

표 22. 독일의 에너지 절약 정책 변화

1979	건물 에너지 기준 최초 도입
1981	난방비용법(HeizkostenV)
1999	재생 가능 에너지 개발 및 활용을 위한 시장 인센티브 보조 프로그램(MAP)
2000	재생에너지 자원법(EEG)
2001	'Kreditanstalt für Wiederaufbau' (KfW)은행 그룹의 에너지 효율 프로그램
2002	에너지절약법 (EnEV)
2007	유럽 연합(EU)지침에 따라 에너지 절약 법 개정
2009	연방 정부가 통합 에너지 및 기후 변화 프로그램에 동의함
2009	재생에너지 열 관련 법 제정 (EEWärmeG)
2009	에너지 절약법 강화
2009	재생에너지 자원법 강화
2009	난방비용 법 개정

○ 독일 소규모 주택 에너지 리트로핏 정책

- 1990년대 이후 지속적인 인구 감소와 경제적 문제, 고용난의 심화 등으로 신축 주택 수요가 줄고 있음, 이러한 사회적 바탕으로 인해 많은 지역에서 10% 이상의 잉여 주택이 발생
- 주택문제에 대해 지방자치정부가 부담하는 경제적 부담이 증가함에 따라 주택의 신축이 아닌 기존 주택의 리트로핏으로 정책 방향이 결정됨
- 약 40%의 주택(1,500만 세대)은 소유자가 직접 거주하는 형태이며 1,400만 세대는 소형 자본가가 임대, 대형 상업용 자본 등에 의해 운영되는 주택은 약 1,000만 세대에 해당
- 약 75%의 주택(2,900만 세대)이 에너지 효율 규제가 도입되기 전인 1979년 이전에 건설되었다는 점을 고려했을 때 에너지 리트로핏 사업의 필요성은 상당히 큼
- 1979년 이전 준공된 주택 중 약 900만 세대만이 에너지 효율화를 위한 리트로핏을 진행하였고 여전히 2,000만 세대의 주택은 주택 정비가 필요한 실정
- 독일의 환경관련 정책은 매우 다양하며 유권자의 5명 중 1명이 녹색당을 지지할 정도로 환경문제에 대한 국민들의 관심도 또한 상당히 높은 편
- 독일의 건물 에너지 리트로핏 관련 제도는 크게 3가지 요소를 기반으로 운영
  - 에너지 수요 규정 및 법률
  - 에너지 절약을 위한 재정적 인센티브

- 에너지 절약을 위한 정보 제공

○ 에너지 절약을 위한 독일 정부의 지원 프로그램

- 정부의 에너지 절약 지원 프로그램은 1970년대부터 시작(1970년대는 지붕에 한정, 1980년대는 창문까지 지원 범위 확대)
- 독일의 에너지 리트로핏 지원 프로그램은 Kreditanstalt für Wiederaufbau(KfW), 연방 정부, 지방자치단체의 3가지 단체에 의해 제공됨

<b>Kreditanstalt für Wiederaufbau(KfW)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연방 및 지방 정부의 은행으로 주된 자금 지원처</li> <li>- 정부와 KfW는 프로그램 제공에 관한 계약을 체결하고 지원대상과 지원금액의 범위 등에 대한 조건을 협의하여 설정함</li> <li>- KfW프로그램은 2001년에 처음 시행되었으며 에너지 절약 리트로핏 사업에 대해 홍보하기 위해 창문과 난방 시스템을 교체하는 등 일부 범위에 대해서만 지원이 되었었음</li> <li>- 2001년부터 2006년까지 시행된 프로그램에서는 총 240억 유로가 지원금으로 사용되었으며 120만 가구 이상의 주택에서 에너지 성능을 개선</li> <li>- 2006년부터는 보다 집중적인 주택 에너지 리트로핏 사업이 진행되었으며 연방 정부의 기금으로 연간 10억 유로가 지원됨</li> <li>- 2008년부터 2011년까지의 에너지 효율화 사업을 위한 연방 정부의 총 예산은 연간 약 14억 유로</li> <li>- 주택 에너지 리트로핏을 위한 지원금 대출은 최대 100%까지 가능하며 설계비와 에너지 컨설팅 비용에 대한 지원금 대출도 가능</li> <li>- 에너지 절약 정보제공을 위한 기관(The German Energy Agency (DENA*) 운영 (독일 연방정부와 공동출자)</li> </ul>		
* DENA의 다섯가지 메인 영역		
<ol style="list-style-type: none"> <li>① 정보 및 캠페인 개발</li> <li>② 전문가 육성(엔지니어, 건축가, 숙련된 시공자 등)</li> <li>③ 에너지 표준과 자격에 대한 투명성 및 객관성 향상</li> <li>④ 사례 개발 및 홍보</li> <li>⑤ 리모델링 프로젝트의 결과에 대한 신뢰성 확보</li> </ol>		
<b>연방 정부 프로그램</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연방 정부는 KfW프로그램과 함께 추가로 세가지 보조금 프로그램을 운영               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 재생에너지 지원프로그램(MAP)</li> <li>② 에너지 자문 프로그램</li> <li>③ 군시설 등 연방정부 소속 건물의 리모델링 지원 프로그램</li> </ol> </li> <li>- 재생에너지 개발 및 활용을 위한 시장중심의 보조 프로그램은 화석 연료에 대한 의존을 줄이기 위한 목적으로 시행되었으며 가정용 난방에서 재생에너지의 사용을 촉진하기 위한 정부의 주된 에너지 효율 정책 프로그램</li> <li>- 1999년에 처음으로 시행되었으며 점차 그 규모가 커지고 있음</li> </ul>		
표 23. 연방정부의 에너지 절약 지원 프로그램		
지원 항목	지원 금액	
재생에너지 지원	1-2가구 주택	최대 €300
	3가구 이상 주택	최대 €360
에너지 절약 자문		€50
기밀성 테스트		€100
열화상 카메라 촬영		€25(최대 €100)
<b>지방자치단체</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지방자치단체에서 자체적으로 에너지 절약 관련 지원 프로그램을 운영</li> <li>- ProKlima의 사례: 지역 조직을 통해 지역 에너지 보존을 촉구함</li> </ul> <p>: 신축건물에 대해서는 건물 당 최대 €500 지원금 제공, 기존 건물 리모델링에 대해서는€500~€2500의 지원금 제공하며 지원금을 제공받은 건물은 리모델링 후 신축건물 기준 대비 최소 50%의 에너지 절약 효과가 있어야 함</p>		

표 24. ProKlima의 에너지 절약 관련 지원 프로그램 예산

구분	예산액
기존 주택의 개선	€20,000/year
패시브 하우스 신축	€300,000/year
재생에너지(태양열/광 및 바이오매스)	€300,000/year

자료 : <http://www.proklima-hannover.de>

○ 소규모 주택 리모델링 사례

사례 1	One-/two-family home, Hanover	
세대수	1가구	
규모	3층	
공조면적	162m <sup>2</sup>	
준공년도	1954년	
개선년도	2008년	
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스콘덴싱 보일러(14kW)</li> <li>- 온수용 태양열 기기(집열면적 6m<sup>2</sup>)</li> <li>- 경질 폴리스티렌 외벽단열(20cm, U-value 0.156)</li> <li>- 지하실 단열(16cm, U-value 0.188)</li> <li>- 지붕재 교체(U-value 0.19)</li> <li>- 패시브하우스용 단열 창호프레임(U-value 0.8)과 삼중유리 적용</li> </ul>	
에너지요구량	개선전	555 kWh(m <sup>2</sup> /year)
	개선후	80 kWh(m <sup>2</sup> /year)
효과	신축 건물 표준에 대한 요구사항보다 33% 우수한 성능	
CO2 배출량 절감	18.07 ton/year (t/a)	



개선전

개선후

<b>사례 2</b>	<b>Multifamily dwelling, Lichte Weiten, Berlin-Lichtenberg</b>	
세대수	11가구	
준공년도	1900년	
개선년도	2009년	
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 올 파라펫 오븐과 가스콘덴싱 보일러</li> <li>- 온수용 태양열 기기(집열면적 19.4m<sup>2</sup>) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 실 별 환기시스템</li> </ul> </li> <li>- 미네랄울 외벽단열(16cm, U-value 0.18) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지하실 단열(16cm, U-value 0.18)</li> <li>- 최상층부 단열재 추가(30cm)</li> </ul> </li> <li>- 단열 창호프레임(U-value 1.0)과 삼중유리 적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생태적, 친건강적 자재 사용</li> <li>- 자체 수 정화 시스템</li> <li>- 우수 재활용 시스템</li> </ul> </li> </ul>	
에너지요구량	개선전	217 kWh(m <sup>2</sup> /year)
	개선후	32 kWh(m <sup>2</sup> /year)
효과	신축 건물 표준에 대한 요구사항보다 56% 우수한 성능	
CO2 배출량 절감	84 t/a	



개선 후 주택의 전경

<b>사례 3</b>	<b>Conservation-protected multifamily dwelling, Berlin-Kopenick</b>	
세대수	12가구	
공조면적	795㎡	
준공년도	1888년	
개선년도	2009년	
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개별난방 시스템</li> <li>- 중앙 급탕 시스템</li> <li>- 각 실 별 환기 시스템</li> <li>- 미네랄울 외벽단열(18cm)</li> <li>- 지하실 단열(18cm,)</li> <li>- 지붕 단열(44/22cm)</li> <li>- 삼중유리(U-value 0.8~1.1)</li> </ul>	
에너지요구량	개선전	238 kWh(㎡/year)
	개선후	39 kWh(㎡/year)
효과	신축 건물 표준에 대한 요구사항보다 53% 우수한 성능	
CO2 배출량 절감	129 t/a	



개선전

개선후(이미지)

사례 4	Single-family dwelling, Bruchstrasse, Ronnenberg (ProKlima)		
공조면적	258m <sup>2</sup>		
준공년도	1922년		
증축년도	1956년~1957년		
개선년도	2004년~2005년		
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스콘덴싱 보일러</li> <li>- 창호환기시스템</li> <li>- 미네랄폼 외벽단열</li> <li>- 가스 충전 삼중유리창호(U-value 0.73)</li> </ul>		
에너지요구량	개선전	약 400 kWh(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 70% 저감
	개선후	118 kWh(m <sup>2</sup> /year)	
CO2 배출량	개선전	약 110kg(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 75% 저감
	개선후	27kg(m <sup>2</sup> /year)	



개선전

개선후

사례 5	<b>Multifamily dwelling, Ostland Housing Co-operative, Röttgerstrasse, Hanover</b>		
세대수	10가구		
공조면적	839m <sup>2</sup>		
준공년도	1950년		
개선년도	2006년~2007년		
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중앙 급탕 시스템</li> <li>  각 실 별 환기 시스템</li> <li>- 외벽단열(30cm, U-value 0.11)</li> <li>- 지하실 단열(12cm, U-value 0.19)</li> <li>- 평지붕 단열(U-value 0.14)</li> <li>- 삼중유리(U-value 0.8)</li> </ul>		
에너지요구량	개선전	128 kWh(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 76% 저감
	개선후	31 kWh(m <sup>2</sup> /year)	
CO2 배출량	개선전	28kg(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 75% 저감
	개선후	7kg(m <sup>2</sup> /year)	



개선후 주택의 전경

사례 6	<b>Multifamily dwelling, Housing Cooperative WOGÉ Nordstadt eG, Schneiderberg, Hanover</b>		
세대수	10가구		
공조면적	637m <sup>2</sup>		
준공년도	1895년~1900년		
개선년도	2006년		
공사내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우드파라펫 중앙난방 보일러(25kW)</li> <li>- 미네랄울 외벽단열(20cm, U-value 0.16)</li> <li>- 지붕재 교체(U-value 0.11)</li> <li>- 패시브하우스용 목재창호프레임(U-value 0.5)과 삼중유리 적용</li> </ul>		
에너지요구량	개선전	480 kWh(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 96% 저감
	개선후	20 kWh(m <sup>2</sup> /year)	
CO2 배출량	개선전	114kg(m <sup>2</sup> /year)	⇒ 96% 저감
	개선후	5kg(m <sup>2</sup> /year)	



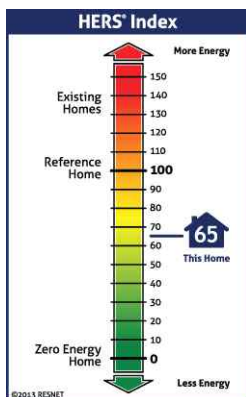
개선후 주택의 전경

□ 미국

○ 건물 부문 제로에너지화 로드맵

2020	주거용 건축물 제로에너지 의무화 연방정부 건물 제로에너지 빌딩화
2025	비주거용 건축물 제로에너지 의무화 2005년 대비 온실가스 26% 감축
2030	신재생 에너지 발전 비중 28% 달성 목표 모든 신축 상업용 건물의 제로에너지 빌딩화
2040	기존 상업용 건축물의 50%를 제로에너지 빌딩화
2050	모든 상업용 건축물의 제로 에너지화

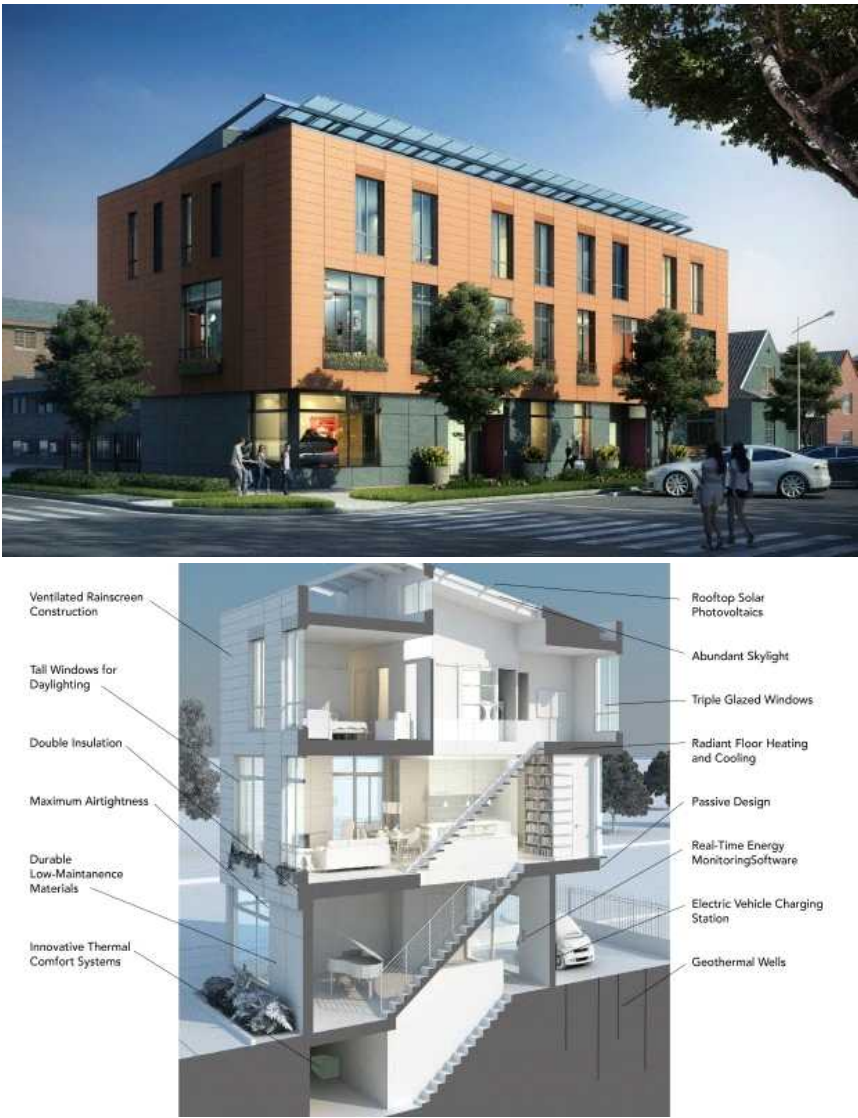
- 국가에너지정책(2001), 에너지정책법(2005), 에너지독립안보법(2007), 미국 경기부양책(ARRA)등을 통해 에너지효율정책을 최우선으로 시행, 특히 경기부양책(ARRA)으로 저소득 가구와 공공건물 에너지 효율 프로그램 및 연구활동에 현재까지 120억 달러를 투자
- 미국 의회는 2007년 에너지 독립 안보 법(EISA 2007)에서 상업용 건축물 대상 제로에너지 빌딩 계획안(Net-Zero Energy Commercial Building Initiative)을 승인하였고, DOE(Department of Energy)가 주도적인 역할을 해오고 있음, 에너지부(DOE)의 건물기술 프로그램과 태양에너지 기술 프로그램 모두 에너지 효율을 개선하고, 새로운 주택에서 에너지 효율과 신재생에너지 설비 설치비용을 줄이는 방향으로 연구개발 및 시장보급 활동에 초점
- 정확한 건물에너지 계측방안과 데이터분석 기술 등 고성능 BEMS 도입 중
- 미국은 다양한 연방차원의 에너지 효율정책을 추진 중이며, 규제보다는 주로 자발적 조치, 리베이트, 경제적 인센티브 위주의 지원제도로 시행중임
- 트럼프 행정부 이후 기존의 에너지 정책 기조에 많은 변화가 생긴 상황
- 미국의 가정 에너지 효율 산업 표준 HERS Index



- 가정의 에너지 효율을 측정하는 산업 표준으로 미국 에너지성에서 운영
- 인증된 주택 에너지 평가사에 의해 상대적인 성능 점수가 평가되며 지수가 낮을수록 에너지 효율적인 주택
- HERS Index Score가 70 인 주택은 표준 새 주택보다 30% 더 에너지 효율적
- 공인된 RESNET HERS Rater 프로그램으로 가정의 HERS지수 계산 가능

HERS Index의 개념

○ 미국 소규모 제로에너지건축물 신축 사례



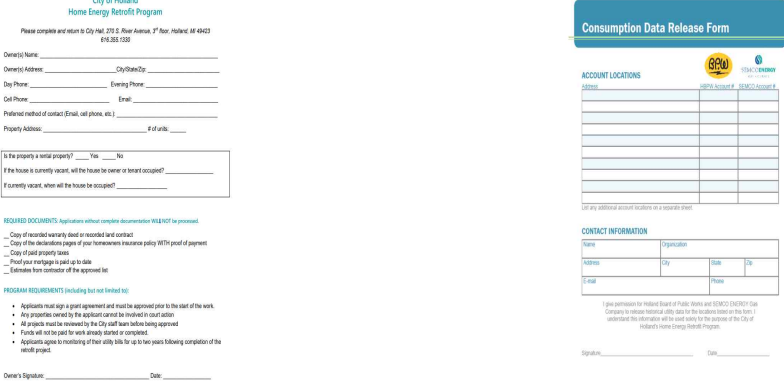
<p><b>사례 1</b></p>	<p>주소: 221 E. Oak St Unit B, Fort Collins, CO 80524</p>
<p><b>준공년도</b></p>	<p>2018</p>
<p><b>주연료</b></p>	<p>태양열, 지열 등</p>
<p><b>HERS Index</b></p>	<p>-7</p>
<p><b>비고</b></p>	<p>트리플 로이유리 사용, ENERGY STAR인증 문/창문/HVAC시스템 적용</p>
<p><b>사진</b></p>	 <p>The cutaway diagram includes the following labels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilated Rainscreen Construction</li> <li>Tall Windows for Daylighting</li> <li>Double Insulation</li> <li>Maximum Airtightness</li> <li>Durable Low-Maintenance Materials</li> <li>Innovative Thermal Comfort Systems</li> <li>Rooftop Solar Photovoltaics</li> <li>Abundant Skylight</li> <li>Triple Glazed Windows</li> <li>Radiant Floor Heating and Cooling</li> <li>Passive Design</li> <li>Real-Time Energy Monitoring Software</li> <li>Electric Vehicle Charging Station</li> <li>Geothermal Wells</li> </ul>

(출처 : <https://www.vivagreenhomes.com/>)

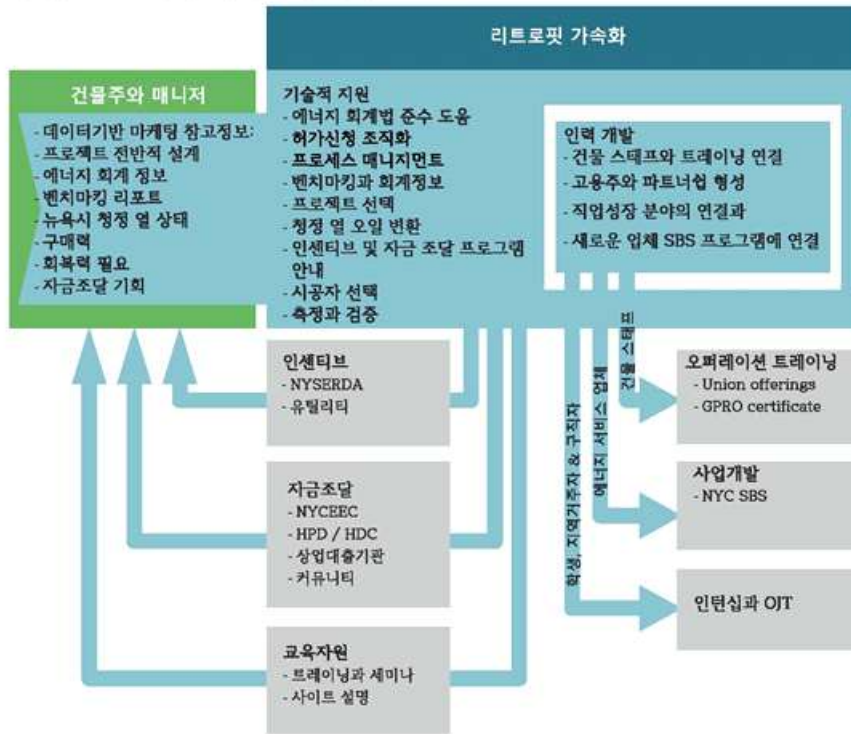
사례 2	DURA 하우스(Diverse Urban Resilient & Adaptable)
준공년도	2015
주연료	태양광
HERS Index	62
비고	조립식 주택, ENERGY STAR인증 문/창문/HVAC시스템 적용
사진	

사례 2	주소: 156 Highland St, Boston, MA, Boston, MA 02119
준공년도	2017
주연료	태양광
HERS Index	-22
비고	LEED Platinum , EnergyStar , HERS 정격 인증
사진	

○ 연방차원의 에너지 리트로핏 지원제도

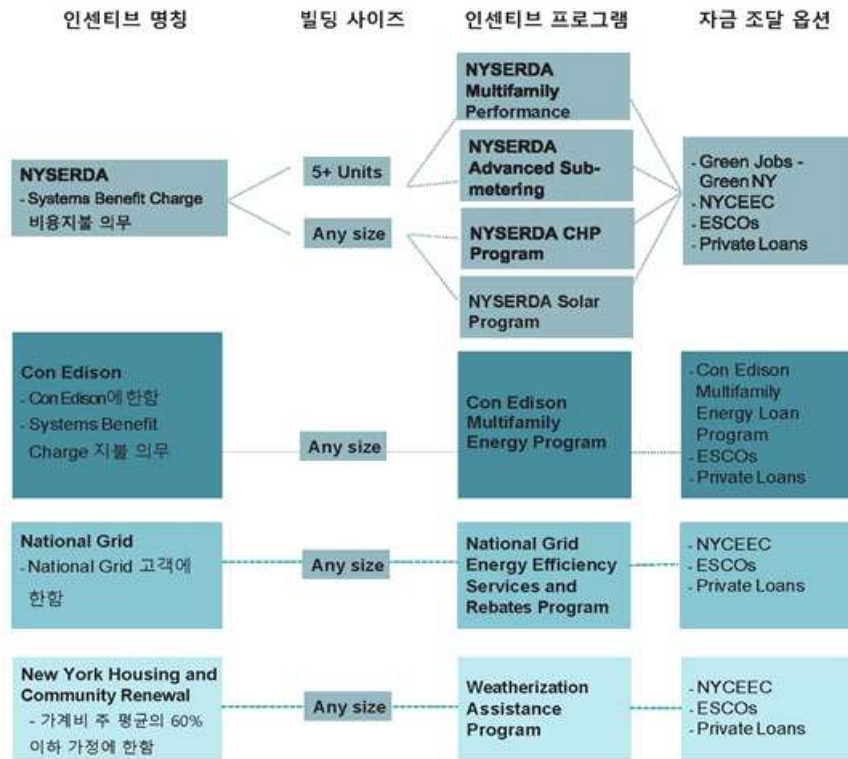
<b>Michigan 州(주) Holland 市(시): The Holland Home Energy Retrofit Program</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>홀랜드 에너지 기금</b>은 홀랜드시의 장기간 에너지 커뮤니티 플랜에 의한 비영리기관으로써 홀랜드 홈에너지 리트로핏 프로그램을 운영</li> <li>• 홀랜드 홈에너지 리트로핏 프로그램은 '홀랜드 에너지 기금'과 주택 소유주 간의 경제적 협력제도</li> <li>• 홀랜드에 거주하는 주택 소유주들은 에너지 효율성 향상을 위한 지원을 신청할 수 있음</li> <li>• 주택 에너지 효율향상을 위해 \$10,000이상 투자한 주택 소유주에게 투자금액의 10% 환급</li> <li>• 프로그램의 목적 : 에너지 절약에 대한 인식 제고, 기회의 형평성, 비용 효율적으로 운영</li> </ul>	
 <p>제3회 에너지우수상 수상</p>	 <p>지원을 받아 시공 중인 주택</p>
 <p>프로그램 지원서</p>	
<b>New York 州(주): The Retrofit Accelerator Program</b>	
<b>개요</b>	뉴욕시의 retrofit 지원 정책 프로그램 (뉴욕시의 'One city to last' 정책 중 일부)
<b>목적</b>	건축주의 결정권자들의 건물에너지 효율을 향상시킬 수 있는 Retrofit과 청정에너지 투자 가속화
<b>필요인력</b>	기술지원팀/ retrofit 작업의 복잡성 해결에 도움을 주는 고객 서비스팀과 건축물 전문가를 포함
<b>내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추천안들은 Buildings' Local Law 84(LL84) benchmarking, Local Law 87(LL87) energy assessments 그리고 다른 데이터 소스들로부터 기인한다.</li> <li>• 제공된 지원은 LL84와 LL87로 부터의 에너지 사용정보를 해석지원과 알맞은 프로젝트 선택에 도움을 준다.</li> <li>• The Retrofit Accelerator는 결정권자들의 시공사 선택, 필수허가의 설명 그리고 비용문제 해결을 위한 기존의 인센티브 프로그램을 찾는데 도움을 준다.</li> </ul>

가속화 프로그램의 기술적 지원과 아웃리치 프로세스



출처: 뉴욕시장의 장기 계획과 지속가능성

그림 49. The Retrofit Accelerator의 기술지원과 프로세스



Source: New York City Mayor's Office of Long-Term Planning and Sustainability

그림 50. 뉴욕시 다가구 자금 지원과 인센티브 옵션

□ 캐나다

○ 제로에너지 건축

- 정부가 운영하는 Natural Resources Canada 홈페이지에서 신재생 에너지, 제로에너지 건축 관련 자료 등을 상세하게 제공
- 캐나다 정부만의 다양한 주택 에너지 인증 제도를 운영

인증제도1	ENERGY STAR CANADA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ENERGY STAR CANADA 제도를 통해 신축주택에도 ENERGY STAR 인증을 부여</li> <li>- ENERGY STAR 이름 및 기호는 미국 환경 보호국 (US Environmental Protection Agency)의 등록 상표이며 허가를 받아 캐나다에서 사용</li> <li>- Natural Resources Canada에서 개발한 제도로 신축 주택이 일정 수준의 에너지효율성을 확보하면 발급</li> <li>- ENERGY STAR 인증을 받은 주택은 일반 가정보다 에너지 효율이 약 20% 높음</li> <li>- 연간 최대 \$300의 에너지 비용 절감 효과가 있음</li> <li>- 본 제도에 대해 캐나다 국민들의 인지도 또한 높기 때문에 ENERGY STAR 인증을 받은 주택은 더 높은 가격에 판매할 수 있는 등의 추가적인 혜택이 있음</li> </ul>	

그림 51. ENERGY STAR 인증 주택을 판매하는 사이트

인증제도2	EnerGuide
<ul style="list-style-type: none"> <li>- EnerGuide 등급 시스템은 가정에서 에너지 효율을 측정하기 위해 사용되는 평가 도구</li> <li>- 캐나다 Energy Efficiency Regulations 및 ENERGY STAR® Canada 프로그램과 협력하여 캐나다 시장에서의 에너지 효율성을 증진</li> <li>- 정부가 지원하는 EnerGuide Rating System을 사용하여 집의 에너지 성능을 평가해 주택의 에너지성능을 객관화 할 수 있음</li> <li>- 정부의 지원을 받으며 참여하는 모든 건축업자는 Natural Resources Canada에 등록해야하며 Natural Resources Canada를 통해 소비자와 연결</li> </ul>	

그림 52. EnerGuide 등급 마크

그림 53. EnerGuide 등급 시스템의 개념

**인증제도 3**

**R-2000 주택**

- 높은 수준의 단열재, 쾌적한 실내공기질 및 환경 보호에 도움이 되는 기타사항들을 포함한 동급 최고효율의 에너지 절약형 주택에 부여되는 인증
- 모든 R-2000 주택은 주요 산업 이해 관계자와 협력하여 Natural Resources Canada (NRCan)가 개발한 엄격한 R-2000 표준에 따라 제작
- R-2000주택의 일반적인 특징 : 벽, 천장 및 지하실의 높은 단열 수준, 고효율 창문 및 문, 고효율 난방, 기밀성 테스트, 물 절약 설비
- 캐나다 정부로부터 허가를 받은 훈련된 건축업자에 의해 시공됨
- R-2000 표준은 캐나다 및 캐나다의 주택 건축 전문가들에 의해 개발됨
- R-2000 표준은 주택의 기술 및 건축법의 새로운 발전을 반영하여 정기적으로 업데이트됨
- R-2000 표준의 최종 업데이트는 2012년 7월이며 이 표준에 따라 지어진 주택은 이전 표준 버전과 비교하여 50% 증가한 에너지 효율 요구 사항을 충족
- R-2000주택은 ENERGY STAR인증 주택과 동등하거나 그 이상의 에너지 효율을 확보해야하며 추가적으로 쾌적한 실내공기질과 환경 기능에 대한 우수성을 확보해야 함



그림 54. R-2000주택 인증서

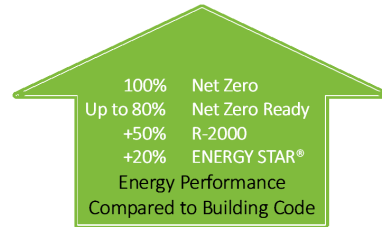


그림 55. 각 인증제도의 에너지효율 기준 비교



그림 56. R-2000인증을 받은 주택

○ 소규모 제로에너지 건축물 신축 사례

<p><b>사례 1</b></p>	<p><b>A Grander View (Ontario주)</b></p>
<p><b>준공년도</b></p>	<p>2009</p>
<p><b>규모</b></p>	<p>3층 규모의 오피스</p>
<p><b>연면적</b></p>	<p>2,150㎡</p>
<p><b>비고</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 캐나다 건축물의 평균 에너지소비량의 20% 정도만 소비</li> <li>- 캐나다 건축물의 평균 물소비량의 9% 정도만 소비</li> <li>- LEED Platinum 취득 (2011년)</li> </ul>
<p><b>사진</b></p>	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

사례 2	<b>Belgravia Green</b>
준공년도	2015
규모	2층
연면적	1,540ft <sup>2</sup>
비고	Net Zero Energy

사진



○ 에너지 리트로핏 지원제도

- 캐나다는 각 지자체 별로 다양한 건물 에너지 리트로핏 지원제도를 시행하고 있음
- 건물 유형별, 건물 내 공간별, 거주 대상 별 등 세분화된 다양한 지원제도 시행
- 정부에서 운영하는 홈페이지<sup>4)</sup>를 통해 각 지자체의 지원제도 검색 가능
- 캐나다에서 현재 활발히 시행되고 있는 주택 에너지 리트로핏 지원제도 사례를 정리하면 다음과 같음

**건축물 에너지 리트로핏 지원제도**

**1 NB Power's Home Insulation Energy Savings Program (New Brunswick, Fredericton 주)**

- 주택 단열 에너지 절약 프로그램은 주택 소유자에게 정보 및 인센티브를 제공하여 주택의 기밀성 향상과 단열성능 향상을 목표로 함
- 주택평가를 거쳐 일정 자격 이상의 에너지 효율 향상 주택 소유자에게 경제적 인센티브 제공

표 25. NB Power's Home Insulation Energy Savings Program의 진행절차

절차	내용
1. 등록	인터넷 혹은 유선으로 프로그램 지원 신청
2. 사전 평가	등록 승인 후 주택에 대한 정보수집을 위한 사전 평가 진행
3. 평가승인 및 컨설팅	사전 평가 승인이 처리되면 권장 업그레이드에 대한 컨설팅 진행 (평가비용 : \$99)
4. 업그레이드 완료	평가 승인된 업그레이드를 진행하는데에 약 5개월 소요
5. 업그레이드 후 평가	업그레이드 완료 후 평가를 통해 지원금 지급


- 에너지평가사가 주택평가를 포함한 프로그램 진행 전 과정을 담당하며 주택 소유자는 \$99의 수수료를 지불
- 단독주택과 듀플렉스형 주택만이 지원대상에 해당하며 2개 이상의 유닛이 연결되어 있는 연립주택의 경우 지원 불가
- 전문업자를 고용하는 방식과 주택 소유자가 스스로 시공하는 방식 두가지 중 선택하여 리트로핏을 진행할 수 있으며 이에 따라 지원 금액에 차등 발생

표 26. 단열성능 향상 기준


적용부위	향상 전 성능 (최대)	향상 후 성능 (최대)	추가 단열재의 최소성능
다락	R-40	R-60	R-20
경사지붕	R-20	R-30	R-10
벽체	R-20	R-30	R-10
지하실 벽체	R-20	R-30	R-10
노출 바닥	R-20	R-30	R-10

(자료: <https://www.nbpower.com/>)

- 단열성능 향상과 지열히트펌프를 적용할 수 있으며 지열히트펌프 적용 시 추가 지원 제공
- 프로그램 적용 사례

	프로젝트명	Campbellton의 전기 난방 집
	규모	900 ft <sup>2</sup> / 지하실이 있는 1층 규모
	준공년도	1960년대
	주택소유주 투자금액	\$2,500
	인센티브 제공금액	\$1,860
	연간 에너지 절약	5,343 kWh / 년
	연간 에너지 절약 비용	평균 \$565

4) [http://oe.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/policy\\_e/programs.cfm](http://oe.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/policy_e/programs.cfm)

	프로젝트명	앤도버 지역의 전기 온수 가정
	규모	1,000 ft2 / 2층 규모
	준공년도	1915년
	주택소유주 투자금액	\$4,300
	인센티브 제공금액	\$1,800
	연간 에너지 절약	19,000kWh/년
	연간 에너지 절약 비용	평균 \$2,000

**2 Home renovation rebates (Vancouver, British Columbia 주)**

- 정부가 자금을 지원하는 밴쿠버의 주택 에너지 리트로핏 지원 프로그램
  - 주택의 에너지 효율성과 쾌적성 향상을 위한 컨설팅과 리베이트를 제공
  - 캐나다 천연 자원부(Natural Resources Canada)가 허가한 에너지 고문단이 주택의 지원가능 여부를 평가하며 이 평가를 통해 에너지 성능을 종합적으로 조사하고 가정용 EnerGuide 등급을 설정
  - Vancouver Home Energy Coach 프로그램을 무료로 제공
  - 지원 대상 : 밴쿠버 내 주택, 전기 또는 천연가스를 주연료로 사용, 리트로핏 후 12개월 내 청구, 단독주택·듀플렉스주택·타운하우스·이동식 주택 등 주거용 소형 주택
  - 주택의 에너지 성능을 향상할 수 있는 개선 요소 중 해당 항목에 따라 환급 지원금액 결정
- 표 27. 개선 요소에 따른 지원 금액 범위

개선 요소	지원 금액
단열	최대 \$1,200 환급(단, 전문가 시공 시)
무덕트 열펌프	\$800 환급(일부 제품에는 추가 \$400 지원)
환기팬	전액 환급(단, ENERGY STAR 해당 제품)
천연가스 온수기	\$200~\$1,000
단열 방수	추가 \$750 지급
ENERGY STAR 창문 및 문	
고효율 난방 시스템	
ENERGY STAR 온수기	
ENERGY STAR 열회수 환기장치	
中 3가지 이상 적용	

(자료 : <http://www.bchydro.com/powersmart/residential/savings-and-rebates/current-rebates-buy-backs/home-renovation-rebates.html>)

**3 EcoSave Energy Retrofits Program (Nelson, British Columbia 주)**

- 2040년까지 넬슨시의 지역 에너지 사용량 감소 및 온실가스 배출량 감축을 위한 주요 전략 중 하나로 시행된 에코세이브 제도는 주택의 에너지 효율 리트로핏을 지원하는 환급 제도
- 간소화된 주택 에너지 평가를 통해 넬슨 시 내 지원대상에 해당하는 주택의 에너지 리트로핏을 지원
- 프로그램의 목표는 주택의 리트로핏을 통해 가정의 가스 및 전기 소비 총량을 30% 이상 절감하는 것
- Nelson Hydro, Nelson City, Columbia Basin Trust, FortisBC 및 Natural Resources Canada로부터 기금 지원
- 2012년 4월 시행 이후 현재까지 약 300가구가 프로그램에 신청
- 지원금의 규모 및 범위에 대해서는 담당 코디네이터에게 문의

표 28. EcoSave Energy Retrofits Program의 진행절차

절차	내용
1. 등록	등록 양식을 작성해 시청 혹은 온라인 접수
2. 초기 에너지 평가	에너지 평가사에 의해 기존 주택의 성능 평가
3. 리트로핏	리트로핏 작업에 대한 견적 컨설팅 지원 직접 시공 혹은 전문 시공자에 의한 리트로핏 시행
4. 리트로핏 후 평가	리트로핏 시행 후 향상된 성능에 대해 평가
5. 환급	향상된 성능 평가 결과에 따라 해당 지원금 환급

(자료 : <http://www.nelson.ca/222/EcoSave-Energy-Retrofits-Program>)

**4 Home Energy Assessment (Dartmouth, Nova Scotia 주)**

- 공인 에너지평가사의 주택성능 평가를 통해 에너지 리트로핏에 소요되는 비용을 환급해주는 제도
- 지원조건 : 주택의 난방에너지가 대부분 전기로 충당, 노바스코샤 주에 최소 6개월 이상 거주, 단독주택·듀플렉스주택·2개 이하의 유닛으로 구성된 공동주택·이동식주택
- 리트로핏 부위 및 제품의 적격성에 대해 구체적인 수치를 제시
- 3단계로 구분되는 등급에 따라 최대 지원 금액이 결정

표 29. 등급별 최대 지원 금액

구분	Good	Better	Best
내용	1개 요소 리트로핏	2개 요소 리트로핏	3개 요소 이상 리트로핏
최대 지원 금액	\$3,000	\$4,000	\$5,000

(자료 : <https://www.energycyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility>)

표 30. Home Energy Assessment의 진행절차

절차	내용
1. 등록/에너지평가보고서 작성	다양한 민간업체와 연계하여 등록과 이후 절차를 진행
2. 에너지평가보고서 검토	에너지평가보고서를 바탕으로 견적서 작성 (소요비용, 예상효과 등)
3. 지원범위 선택	리트로핏에 소요된 비용을 환급 or 저금리 기금대출
4. 리트로핏 진행	온라인을 통해 적격 업체 추천과 견적 비교 등의 서비스 제공
5. 사후 에너지평가	12개월 이내에 리트로핏을 마치고 에너지평가사의 최종 주택성능에 대해 평가를 받음
6. 환급 or 융자금 상환	지원범위에 따라 해당금액 환급 또는 융자금 상환

(자료 : <https://www.energycyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility>)

표 31. 리트로핏 부위 및 제품의 적격성

부위 / 제품	내용
단열재	· 기초 및 외벽 단열 시 시공비용의 75% 환급 (최대 \$1,250)
무덕트 열펌프	· 단일 구역 시스템 가열 계절 성능 계수 (HSPF) 4 ≥ 11.00 (지역 5 HSPF ≥ 9.565에 해당) · 지역 4에 대한 다중 구역 시스템 HSPF ≥ 10.0 (지역 5 HSPF ≥ 8.696에 해당) · ENERGY STAR (버전 5.0) 인증 · -15 ° C 실외 온도 및 21 ° C 실내 온도에서 최대 용량 작동시 성능 계수 (COP)는 1.75 이상
하이브리드 열펌프 온수기	· ENERGY STAR 인증 · 기존의 전기 저항 온수기를 교체 · 장비는 최소 1,000ft3 (약 12ft x 12ft) 이상의 공간에 설치
태양열 시스템	· 다음 CSA 등급 중 하나에서 인증 (CSA 클래스 2831-06, 2831-07, 2831-30 또는 2831-37, CSA 클래스 8854 (이전의

	CSA F378/F379)) · 공인 태양열 온수 시스템은 Natural Resources Canada의 웹 사이트인 Solar Domestic Hot Water Systems의 Performance Directory 에서 확인 가능 · 1년 내내 가동되어야 함
기밀성	· 에너지 평가 보고서에 작성한 기밀성 목표 달성 시 환급
창문, 문 및 채광창	· ENERGY STAR 인증 창 단위를 기존 창 프레임에 삽입하면 환급
지하실 헤더 단열재	· R-20 단열재 추가 시 해당금액 환급
지하실 슬래브 단열재	· 지하실 슬래브의 100 %에 단열재 R-3.8 이상을 추가
열회수 배수장치	· 42 % 이상의 열회수 효율 · 공인 된 배열 회수 시스템은 캐나다 천연 자원부 웹 사이트에서 확인 가능
열회수 환기장치	· HV (Home Ventilating Institute)에서 열회수 환기 장치 (HRV) 또는 에너지 회수 인공 호흡기로 인증받은 제품 사용 · 기존의 공기 교환기를 교체 할 경우 HVI 인증 HRV가 비 HVI 인증 HRV를 대체해야함

(자료 : <https://www.energycyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility>)

표 32. 단열 성능향상에 따른 지원금액

구분	기준	출발점	Good	Better	Best
지붕 단열	다락방 단열재를 R-40까지 향상	R-12 이하	\$300	\$500	\$600
	다락방 단열재를 R-40까지 향상	R-12 이상 R-25 미만	\$150	\$250	\$300
	다락방 단열재를 R-50까지 향상	R-12 이하	\$450	\$750	\$900
	다락방 단열재를 R-50까지 향상	R-12 이상 R-25 미만	\$225	\$375	\$450
	다락방 단열재를 R-50까지 향상	R-25 이상 R-35 미만	\$75	\$125	\$150
	평지붕 단열재를 R-10까지 향상	R-0	\$300	\$500	\$600
	평지붕 단열재를 R-28까지 향상	R-12 이하	\$450	\$750	\$900
	평지붕 단열재를 R-28까지 향상	R-12 이상 R-25 미만	\$150	\$250	\$300
기초 단열	지하실 기초 벽에 R-10이상 R-23미만 단열재 추가	-	\$500	\$550	\$625
	지하실 기초 벽에 R-23이상 단열재 추가		\$1,000	\$1,100	\$1,250
	Crawlspace에 R-10이상 R-23미만 단열재 추가		\$400	\$440	\$500
	Crawlspace에 R-23이상 단열재 추가		\$800	\$880	\$1,000
외벽 단열	외벽에 R-3.8이상 R-9미만 단열재 추가	-	\$750	\$900	\$1,200
	외벽에 R-9 이상 단열재 추가		\$1,200	\$1,500	\$1,800

(자료 : <https://www.energycyns.ca/service/home-energy-assessment/#tab-eligibility>)

**5 Home Energy Conservation (Ontario 주)**

- Enbridge Gas Delivery Area에 해당하는 단독주택 거주자에게 지원되는 프로그램
- 천연 가스, 오일, 프로판, 전기 또는 목재를 주 연료로 하는 주택만 지원가능
- 등록된 에너지평가사를 통해 주택의 사전성능과 사후성능이 평가되고 이것을 기준으로 인센티브 지원여부 결정
- 최대 \$5,000 인센티브 지원

표 33. 성능향상에 따른 인센티브 금액

구분	내용	인센티브
고효율 보일러	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 95% 미만 AFUE를 천연 가스, 프로판 또는 오일보일러로 교체</li> <li>• 89% 이하 AFUE 천연 가스, 프로판 혹은 오일보일러로 교체</li> <li>• 95% 이상 AFUE 응축 천연 가스, 프로판 혹은 오일보일러로 교체</li> </ul>	\$1,000
지하단열	• 지하실 면적의 100%에 R-23이상 단열재 추가 시공	\$1,250
	• 지하실 면적의 100%에 R-12이상 단열재 추가 시공	\$750
	• 크롤링 공간 벽에 R-23이상 단열재 추가 시공	\$1,000
	• 크롤링 공간 벽에 R-10이상 단열재 추가 시공	\$500
	• 크롤링 공간 위에 R-24이상 단열재 추가 시공	\$500
외벽단열	• 건물 전체에 R-9이상 단열재 추가해 최고 R-12 달성	\$1,750
	• 건물 전체에 R-3.8이상 단열재 추가해 최소 R-12 달성	\$1,250
기밀성	• 기본 목표보다 10 % 이상 달성	\$150
	• 기본 목표 달성	\$100
창문/문/채광창	• 각 창/문/채광창이 ENERGY STAR® Zone 2 또는 3 인증 모델로 교체	\$80
공기원 열펌프(ASHP)설치	• ENERGY STAR 인증을 받았으며 최소 효율 등급은 EER 12.5 / SEER 15 / HSPF 8.5	\$500

(자료 : <https://enbridgesmartsavings.com/>)

□ 일본

- 제4차 에너지기본계획에 의해 에너지정책의 기본원칙인 3E+S<sup>5)</sup>를 전제로 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 노력
- 에너지절약법에 따라 부문별 일정규모 이상의 사업장에 대한 에너지사용 및 절약조치 신고를 의무화 시행중\*
- 주택·건축물(연면적 300㎡ 이상)에 대한 건축 시 에너지절약 기준 준수
- 효율적 에너지 관리를 위한 BEMS 보급 노력: 2002~2008년까지 1,500억 원을 투입하여 482건의 BEMS 지원사업을 진행하였으며, 도입 비용을 보조하고 도입 후 3년간 에너지 절약사항을 의무보고
- 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
- 일본의 소규모 건축물 정책 동향

1	장기우량주택 보급촉진법 제정
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본 주택의 평균 수명은 약 30년으로 서구 선진국에 비해 짧았기 때문에 신축 시장이 발달</li> <li>- 신축에 따른 주거비 부담 증가, 저출산, 고령화로 인한 주택 자산 가치 하락, 신축과 철거에 따른 이산화탄소 및 폐기물 배출에 따른 환경문제의 심각성 인식 시작</li> <li>- 2000년대 중반, 약 40년간 일본의 주택정책을 견인해 온 '주택건설계획법(1966-2005)'이 폐지되고 주택정책 개혁이 시작</li> <li>- 국가 및 사업자, 거주자의 의무와 함께 양호한 주택 스톡과 거주환경의 형성, 주택시장의 환경정비, 국민의 거주안정 확보라는 기본 방침이 책정된 '주생활기본법(2006)' 제정</li> <li>- 주생활기본법에서 명시된 양호한 주택 스톡 및 주택시장 환경정비 대책의 일환으로 2008년 일본 국토교통성에서 장수명 고품질 주택을 정비·보급하기 위한 '장기우량주택 보급촉진에 관한 법률'을 제정</li> <li>- 장기우량주택 보급촉진에 관한 법률에 의거해 2009년 6월부터 장기우량주택 인정제도 시행</li> <li>- 2013년 12월까지 단독주택 약 47.8만호, 공동주택 약 1.3만호 총합계 49.1만호가 장기우량주택으로 인정되는 등 연간 10만호 이상의 주택이 장기우량주택으로 인정</li> <li>- '장기우량주택의 보급 촉진에 관한 법률'은 17개 조항 및 부칙 등으로 구성되어 있으며 주요 내용은 다음과 같음</li> </ul>
	<b>장기 우량 주택 보급의 촉진에 관한 법률</b> (2008년 12월 5일 법률 제 87호, 최종개정 2014년 6월 4일 법률 제 54호)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 제1장 총칙(제1조~제3조)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• (목적) 법률은 장기간 사용할 수 있는 우량주택의 보급을 촉진하기 위하여 기본방침의 책정, 장기우량주택건축·유지보전계획의 인정제도, 인정장기우량주택에 대한 지원 등의 조치를 강구하여 풍요로운 국민생활의 실현과 국가경제의 건전한 발전에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다.</li> </ul> </li> <li>□ 제2장 기본방침(제4조)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 장기우량주택의 보급촉진을 위해서 국가, 지방공공단체, 사업자, 주택의 건축주, 소유자</li> </ul> </li> </ul>

5) 3E+S : Energy Security(에너지 안정 공급), Economic Efficiency(경제 효율성 향상), 환경에 대한 적합성(Environment), 안전성(Safety)

등의 관계자가 적절한 역할분담과 더불어 종합적이고 효율적인 추진이 필요하다는  
기본인식을 바탕으로 국토교통성대신이 장기우량주택의 보급촉진에 관한 의의, 시책,  
계획인정 등 기본적 사항을 정하도록 하고 있다.

- 구체적인 사항은 '장기우량주택의 보급촉진에 관한 기본적 방침'(국토교통서 고시 제208호)에서 정하도록 하고 있다.

□ 제3장 장기 우량 주택 건축 등 계획의 인정 등 (제 5조-제 15)

- (제5조 -10조) 장기 우량주택으로 계획하고자 하는 경우, 국토 교통성령으로 정하는  
바에 의하여, 해당 주택의 건축 및 유지 보전에 관한 계획(이하「장기 우량 주택 건축 등  
계획」이라고 한다.)을 작성해, 소관 행정청의 인정을 신청할 수 있다.
- (제11조) 주택이력정보의 작성 및 보전 : 인정 장기 우량 주택의 건축 및 유지 보전의  
상황에 관한 기록을 작성해, 이것을 보존해야 한다.
- (제12조~제15조) 인정 후 실효성 담보 : 보고의 징수, 개선 명령, 계획의 인정 취소,  
조언 및 지도

□ 제4장 인정 장기 우량 주택 건축 등 계획에 근거하는 조치 (제16조-제17조)

- (제16조) 주택성능평가에 대한 특례 등 - 인증된 장기우량주택의 건축에 관한 공사 완료  
후에는 해당 인정 장기 우량 주택(주택의 품질 확보의 촉진 등에 관한 법률(1999년 법률  
제 81호)제 2조 제 2항 에 규정하는 신축 주택인 것을 제외한다. 이하 이 항에 있어  
동일)의 매매계약을 체결한 판매측은 해당 인정 장기 우량 주택과 관련된 동법 제 5조  
제 1항 의 규정에 의한 주택 성능 평가서(이하 이 항에 대해 「인정 장기 우량 주택  
성능 평가서 」라고 한다.) 혹은 그 사본을 매매계약서에 첨부하거나 주택성능 평가서  
혹은 그 사본을 교부한 경우에 그 효력이 지속된다.
- (제17조) 지방주택공급공사의 업무의 특례 : 지방주택공급공사는 인정 장기 우량 주택  
건축 등 계획에 근거하는 인정 장기 우량 주택의 유지 보전을 실시할 수 있다.

(출처: 일본법령색인(국립국회도서관), <http://hourei.ndl.go.jp/SearchSys/index.jsp>,  
검색일 : 2016.10.20.)

**2 주택성능표시제도 시행**

- 주택 성능 표시 제도는 양질의 주택을 안심하고 취득할 수 있는 시장을 형성하기 위해서  
만들어진 주택 품질 확보 법에 근거한 제도
- 주택성능표시제도는 1999년 제정된 「주택의 품질 확보의 촉진 등에 관한 법률(1999년 6월  
23일 법률 제81호)」을 기반으로 2000년부터 신축주택을 대상으로 제도화 됨, 시공불량에  
따른 구조 안정성 부족, 내구성 저하, 사용상의 결함 등 하자의 발생으로 인한 분쟁을  
해결하기 위하여 도입
- 다양한 주택 성능을 알기 쉽게 표시하여, 주택 거래 시 생길 수 있는 문제를 주택 분쟁처리  
기관이 신속하게 해결하기 위한 지표로 활용하며, 신축 주택의 기본구조부분의 하자 담보  
책임을 10년간 의무화 하는 것을 목적, 이를 위해 주택 및 건축물의 생산부터 사후  
유지관리까지 일련의 품질이 확보되도록 건축물의 품질과 성능을 표시
- 신축주택 뿐만 아니라 기존주택에도 적용되며 설계평가, 건설평가가 실시하며 항목에 따라  
등급과 정보를 표시함
- 주택 및 건축물에 대한 안정성 재고와 사회적 인식이 고조되어 합리적인 설계 및 시공이  
기대되며, 주택공급자와 수요자 간의 명확한 의사소통 가능

**주택의 품질 확보의 촉진 등에 관한 법률**  
(1999년 6월 23일 법률 제 81호, 최종 개정 : 2014년 6월 27일 법률 제92호)

□ 제 1장 총칙(제 1조-제 2조)

- (목적) 주택의 성능에 관한 표시 기준 및 이것에 근거하는 평가의 제도를 제정해 주택과  
관련되는 분쟁의 처리 체제를 정비하는 것과 동시에, 신축 주택의 청부계약 또는 매매계  
약에 있어서의 하자 담보 책임 에 관하여 특별한 규정을 하는 것으로서, 주택의 품질 확  
보의 촉진, 주택 구입자들의 이익의 보호 및 주택과 관련되는 분쟁의 신속하고 적절한  
해결을 도모해, 따라서 국민 생활의 안정 향상과 국민경제의 건전한 발전에 기여하는 것  
을 목적으로 한다.

□ 제 2장 일본 주택 성능 표시 기준(제 3조-제 4조)

□ 제 3장 주택 성능 평가

- 제 1절 주택 성능 평가(제 5조-제 6조)

- 제 2절 등록 주택 성능 평가 기관(제 7조-제 24조)
- 제 3절 등록 강습 기관(제 25조-제 30조)
- 제 4장 주택 형식 성능 인정 등
  - 제 1절 주택 형식 성능 인정 등 (제 31조-제 43조)
  - 제 2절 등록 주택 형식 성능 인정 등 기관(제 44조-제 57조)
- 제 5장 특별 평가방법 인정
  - 제 1절 특별 평가방법 인정(제 58조-제 60조)
  - 제 2절 등록 시험 기관(제 61조-제 65조)
- 제 6장 주택과 관련되는 분쟁의 처리 체제
  - 제 1절 지정 주택 분쟁 처리 기관(제 66조-제 81조)
  - 제 2절 주택 분쟁 처리 지원 센터(제 82조-제 93조)
- 제 7장 하자 담보 책임의 특례(제 94조-제 97조)
- 제 8장 잡칙(제 98조-제 100조)
- 제 9장 벌칙(제 101조-제 108조)

(출처: 일본법령색인(국립국회도서관), <http://hourei.ndl.go.jp/SearchSys/index.jsp>)  
 · 2015년 3월부터는 신축주택에 대한 평가·표시항목이 대폭 조정되었는데,  
 이는 전체 10분야의 32항목에서 4분야 9항목으로 간략화

표 34. 신축주택에 대한 주택성능표시제도 분야 별 항목 (4분야 9항목)

분야	항목	기타
구조안정	내진등급	- 지진 및 폭풍, 적설에 의해 견딜 수 있는 구조체의 안정성 평가하여 등급표기 - 면진대책, 지반 및 기반관련 정보 표기 - 내진등급의 최고등급은 통상 진도6-7규모를 견딜 수 있는 주택을 의미함
	내진대책	
	지반 및 기초 허용지지력 및 설정방식	
	기반의 구조방식 및 형식	
열화경감	열화대책등급	- 3세대에 걸친 약 75-90년 견딜 수 있는 내구성 설정
유지관리, 갱신	전용배관 및 공용배관의 유지관리대책등급	- 유지관리 및 갱신의 용이성 평가 - 유지관리 : 내구년수가 비교적 짧은 급배수관 및 급탕관, 가스관 등 일상적 점검 보수작업 - 갱신: 교체
	공용배관의 갱신대책 등급	
온열환경, 에너지소비량	단열 등의 성능등급	-
	1차 에너지소비량 등급	

자료 : 주택의 품질 확보의 촉진 등에 관한 법률, 동법 시행령을 참조로 정리,  
 (출처: 일본법령색인(국립국회도서관), <http://hourei.ndl.go.jp>, 검색일 : 2016.10.20.)

주택성능평가 마크



신축주택 성능평가 마크

기존주택 성능평가 마크

(출처 : 국토교통성(2015), 주택성능평가 표시제도 설명서,  
<https://www.mlit.go.jp/common/000129267.pdf>)

**3 주택정보 및 수선 이력 추적제도 시행**

- 「장기우량주택 보급촉진에 관한 법률」에 의거한 국가가 인정한 장기우량주택의 경우는 법령에 의거하여 건축주가 주택 이력서를 지속적으로 관리
- 1호 당 약 5천 종류, 2만 5천 건의 정보를 데이터베이스에 저장하고 60년 동안 지속적으로 점검 내용과 수선 내용, 요청 사항, 도면 등의 정보를 축적
- 소비자에게 인도 후에도 점검을 실시하며, 하자 발생 시 주택하자 담보법에서 제시하는 10년 보다 긴 20년간의 장기 보증을 제공
- 전문 주택기업의 경우에도 고객 유치 및 관리지원 서비스 일환으로 고객을 대신해서 주택이력서 작성과 보관을 실시하며, 사후관리를 지원
- 세키스이 공업의 유닛식 조립주택이 대표적인데, 이는 신축할 때 주택 정보부터 차후 수선 이력을 기록하는 '주택정보 및 수선이력 추적'을 하는 형식

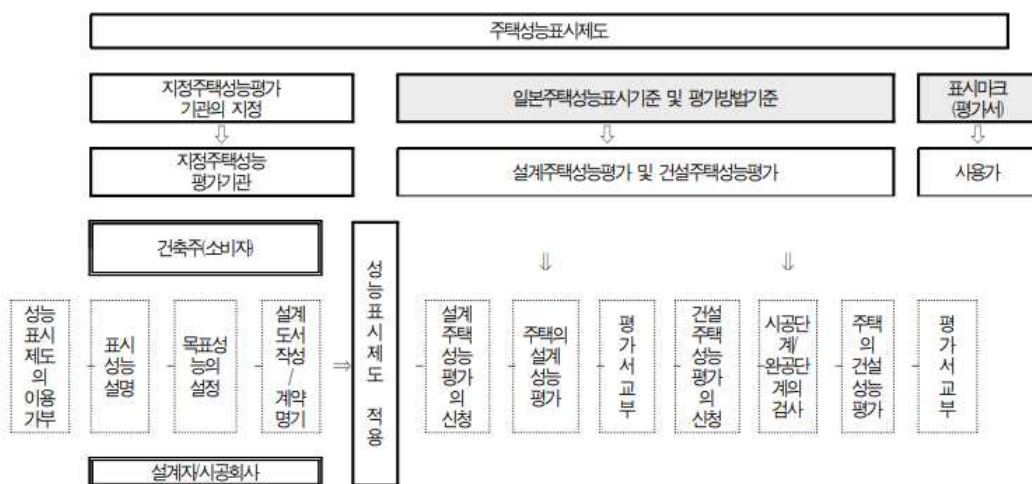


그림 57. 주택성능표시제도의 절차 (주문설계 주택의 경우)  
 (출처 : 김무환, 최찬한, 이토히로시. (2003). [자유기고]  
 일본의 주택성능표시제도 개요와 현황. 건축, 47(7), 48-54.)

**4 중고주택 관리 및 노후주택 개량(리모델링) 시장의 활성화**

- 장기우량주택 보급 정책의 추진과 더불어 일본의 단독주택 정책은 중고주택 관리 및 기존 주택의 개량(리모델링) 시장의 활성화를 촉진하는 방향으로 추진
- 주택의 수명이 길어지면서 기존 주택을 개량하여 사용하는 수요가 증가할 것으로 예측
- 주택의 리모델링은 신축공사에 비하여 공사가 용이하고 전문적인 건설업 면허의 자격 제한을 하고 있지 않아서 다양한 산업분야의 참여가 확대되고 있으며 특히 인테리어 업계 및 자재 업계의 성장이 기대되는 분야
- 지자체별로 기존 주택을 구입하여 개량하는 경우 소득세나 고정 재산세를 감축해주고, 개량공사에 소요되는 공사비의 일정 부분을 보조금으로 지급하는 제도를 운영
- 고령자를 위한 개량 주택의 경우에 개호보험(일본이 40세 이상 국민은 필수 가입, 국내 국민연금과 유사한 제도)의 보험금을 활용할 수 있도록 지원
- 보험금을 활용할 수 있는 주택 개량 공사의 지원범위는 고령자 안전을 위한 난간 설치 및 단차를 없애는 공사 등에 한함. 지원금의 한도는 20만 엔(자기 부담금 10%)
- 재단법인 「주택 리폼 분쟁처리 지원센터」에서는 '리포넷트'라는 웹사이트를 운영. 홈페이지를 통해서 전국의 주택 개량 업체를 소개하고, 공사의 내용이나 시공사례, 각종 분쟁 발생과 해결방안 등의 정보를 제공

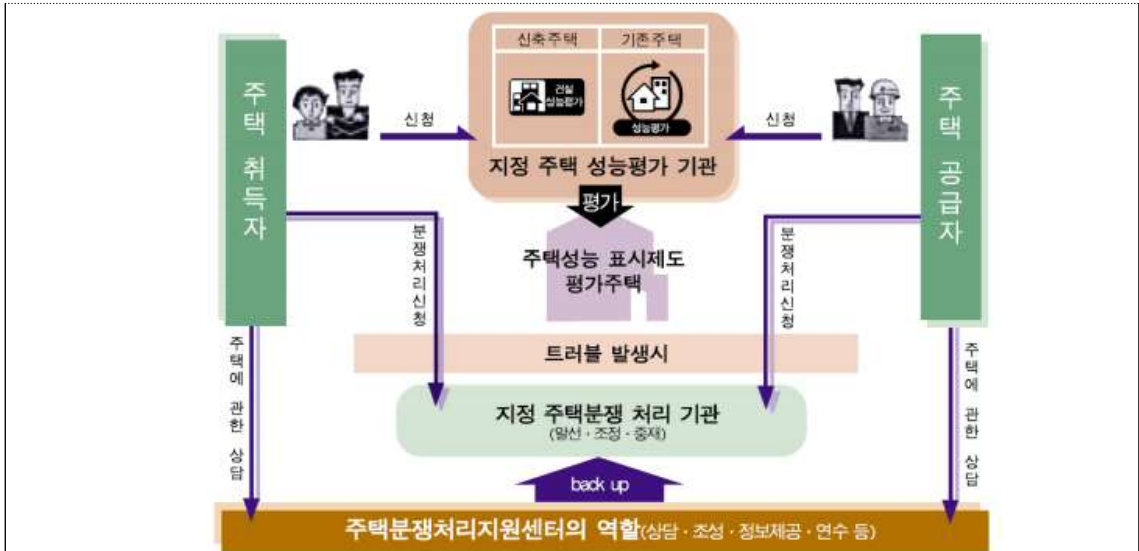


그림 58. 리모델링 주택의 주택성능평가 업무 흐름도 마크  
(출처 : 윤영선 외, 2003, p.54)

<b>5</b>	<b>에너지 절감 및 녹색건축 주택의 보급 촉진</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단독주택이 주택시장의 50% 이상을 점유하고 있으므로 단독주택을 대상으로 에너지 절감 및 신재생 에너지를 사용하는 친환경 주택을 확대하는 정책을 꾸준히 추진</li> <li>- 태양광 발전, 연료 전지 등의 첨단 기술을 갖춘 '제로 에미션(Zero Emission) 하우스'는 관련 산업분야의 동반 성장을 기대할 수 있는 만큼 장기적인 발전 과제를 수립하고 추진 중</li> </ul>
<b>6</b>	<b>소규모주택 산업 지원</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본의 공장화, 전문화 된 주택 건축 기술에 대한 해외 시장 진출은 이미 수 년 전부터 이루어져왔음</li> <li>- 국내에도 스미모토 임업, 세키스이 하우스 등이 진출해 교외지역의 전원주택 시장의 수요를 담당</li> <li>- 국내 단독주택 시장에서도 고성능, 고품질의 주택 수요를 공략</li> <li>- 특히 국내에 지어지는 주택들의 상당수는 조립형 공법을 사용하는 공업화주택으로 모듈러 방식을 적용</li> <li>- 정밀한 설계를 바탕으로 5일 ~ 2개월 내에 주택 시공까지 가능하다는 장점</li> </ul>
	<b>세키스이 하우스</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세키스이 하우스는 모든 신축주택에 태양광 발전 시스템을 의무적으로 적용하여 에너지 절감률을 최대화</li> <li>- 시공에 쓰인 자재를 일일이 기록한 스펙북(spec-book)을 입주 후 건축주에게 제공</li> <li>- 주택기업별로 시공기술이 특화되어 있어 소비자가 다양한 선택이 가능</li> </ul>
	<b>MUJI의 주택공급 모델</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MUJI는 미니멀한 디자인으로 7000여종의 생활용품을 판매하며 대중적 인기를 끌고 있는 글로벌 업체로 "생활용품에서, 생활용품을 담은 바구니, 바구니를 담을 수 있는 가구, 가구를 담을 수 있는 집"으로 사업 영역을 점차 확장</li> <li>- 소규모 주택 재고의 가치하락과 신축과 유지관리에 대한 수요에 대응하여, MUJI에서는 프리 패브(pre-fabricated)공법으로 구조 및 부품을 표준화하여 부지 및 주변 환경, 가족 구성에 맞추어 효율적인 집을 제공</li> <li>- 현재 '나무의 집', '창의 집' 등의 모델이 개발되었으며 '나무의 집'의 경우엔 부지의 형태에 따라 20개의 다른 유형 선택 가능</li> <li>- 단열성능이 높고 및 내진 설계된 구조와 라이프 스타일이나 가족생애주기에 따라 자유롭게 바꿀 수 있는 구조, 설비에 대한 개선을 제안함으로써 주택의 유지관리 효율성을 재고하는 방안을 제시</li> </ul>



그림 59. MUJI가 공급하는 모듈러 주택 모델  
(출처: 한겨레 신문, <http://www.hani.co.kr/arti/economy/property/753732.html>,  
검색일 : 2016.10.25.)

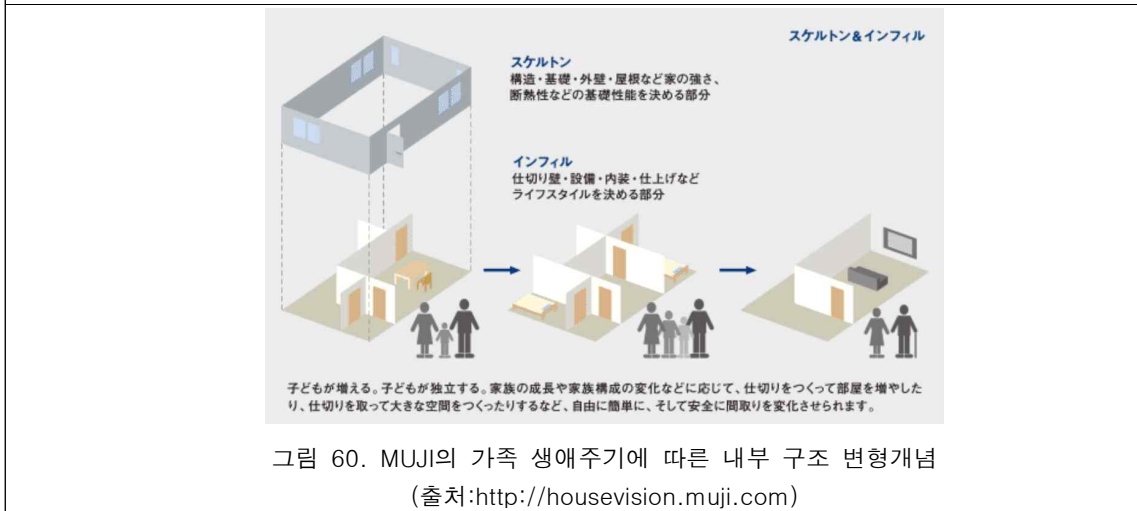
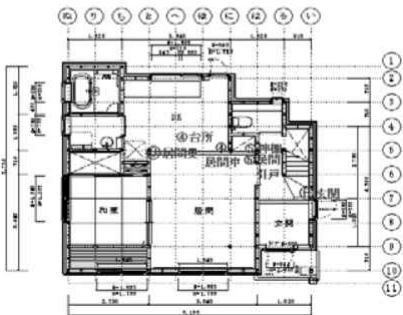
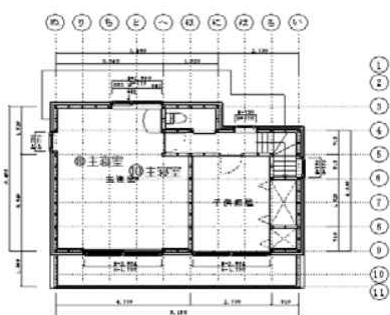


그림 60. MUJI의 가족 생애주기에 따른 내부 구조 변형개념  
(출처:<http://housevision.muji.com>)

○ 소규모 주택 에너지 리트로핏 사례

기존 목조주택의 단열 및 기밀 보수 후 에너지 소비량 변화에 대한 사례 연구
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 절약 및 열적 쾌적성을 고려해 고단열, 고기밀화 리뉴얼 공사를 한 기존 목조 주택의 사례에 대해 연간 온습도 및 소비 전력량을 측정하고 주거 방식의 차이에 의한 소비 전력량 및 열적 쾌적성을 비교하는 평가를 수행</li> <li>- 연구결과 단열성·기밀성 보수와 에너지 절약형 조명기기·가전기기로 교체 후 월 평균 전기요금이 14,408엔에서 10,192엔으로 감소해 연간 약 5만 엔의 전기요금 절감 효과가 확인됨</li> </ul>

표 35. 건축개요

<b>사례</b>	위치: 도쿄 고쿠분지시	
<b>준공년도</b>	1981년	
<b>구조</b>	목조주택	
<b>부지면적</b>	131.17m <sup>2</sup> (41.49 평)	
<b>연면적</b>	97.72m <sup>2</sup> (29.50 평)	
<b>평면도</b>		
	1층	2층

**단열과 내진에 관한 리노베이션**

**① Reborn사 시공**

- 일본의 경우 지진 등의 자연재해 발생 빈도가 높아 노후 건축물의 리노베이션 시 내진과 단열을 동시에 보강하는 리노베이션 사례 다수
- 소규모 주택의 리노베이션을 주업무로 하는 reborn사는 목조주택의 내진·단열 동시 리노베이션을 주로 수행하며 기획업무부터 공사까지 통합적으로 진행



그림 61. 목조주택의 단열 보강 리노베이션 (Reborn사 시공)

(출처 : <http://reborn-nagano.co.jp/reform/>)

**② Eco-reform 시공**

- 리노베이션 사례의 시공과정을 홈페이지에 구체적으로 공개해 소비자에게 정보제공을 함으로써 리노베이션을 독려
- 시공 기간 동안 거주할 수 있는 임시거처 또는 관련 정보 제공
- 자치제도권 내에서 제공하는 내진 진단 및 에너지 성능 진단 프로그램을 활용해 보조금을 지원하는 등의 제도가 있음

**사례 1**

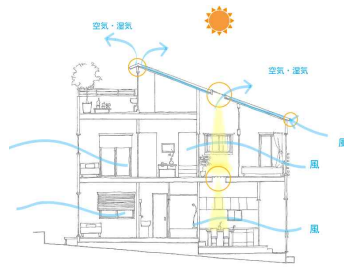
**스미다구 주택 리트로핏 사례**

- 필요한 부분만 개조하여 신축보다 저렴한 비용으로 주택의 성능을 향상
- 고령이 된 노부부의 생활패턴에 맞게 1층생활공간을 barrier free 공간으로 개선

기존 내장재 해체 공사	내력벽 뒷면의 구조용 합판	구조체 사이로 단열재 보강
<b>사례 2 코토구 필로티형 사무실 겸용 주택 리트로핏 사례</b>		
- 1층은 사무실, 2층은 거주공간으로 구성된 2층 규모의 목조주택 - 1층의 내진보강, 2층의 단열 공사		
기둥·보 교점에 댐퍼 설치	진공유리로 교체	친환경 셀룰로오스 단열재
<b>사례 3 주택을 상가로 개조한 리트로핏 사례</b>		
- 준공 후 52년 된 2층 구조 목조주택 - 오래된 기와지붕을 걷어내고 채광을 위한 천창을 설치		
건물 전면부 주차공간	내진보강을 위한 댐퍼	복층 로이 유리교체
<b>사례 4 메구로구 리트로핏 사례</b>		
- 준공 후 약 50년 된 3층 구조 목조주택 - 빛과 바람을 담은 자연형 주택을 목표로 리트로핏		
<p> <span style="color: blue;">■</span> 耐震箇所  <span style="color: red;">■</span> 柱を追加する箇所  <span style="color: orange;">●</span> 重心 (建物の重さの中心)  <span style="color: blue;">●</span> 剛心 (建物の強さの中心)         </p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지붕단열 : 비우비오 단열재와 에코루핑 단열시트</li> <li>• 벽체단열 : 패트병 재생 제품을 사용한 친환경 단열재 적용</li> <li>• 바닥단열 : 종이와 옥수수를 재활용한 친환경 단열재를 적용해 인체에 무해</li> </ul>
내진보강 계획	단열보강 계획	



구조보강 작업



채광과 자연환기계획

- 채광계획 : 천장을 통해 자연채광을 실내로 유입, 반투명소재 바닥으로 자연광이 1층까지 전달
- 자연환기계획 : 맞통풍이 가능한 구조로 창문 계획

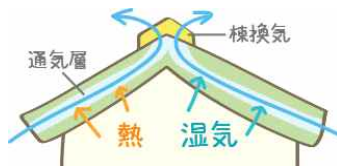
사례 5

소규모 상가주택 리트로핏 사례(1)

- 준공된지 약 60년 된 2층 규모 목조주택
- 소규모 상점과 주택이 붙어있는 형태의 평면



단열재 보강 시공



지붕 환기시스템 적용



내진보강 시공

사례 6

협소주택 리트로핏 사례

- 준공된지 77년 된 2층 구조 목조주택
- 연면적 48㎡ (1층 25㎡ + 2층 12㎡)
- 1층 : 골조 리모델링, 2층 : 인테리어 리모델링, 지붕 : 기와에서 아스팔트싱글로 교체



단열재 보강



내력벽 보강  
보 보강

구조 보강 계획



방진 고무 기초 패킹 시공

<p><b>사례 7</b></p>	<p><b>소규모 상가주택 리트로핏 사례(2)</b></p>	
<p>- 준공 후 약 60년 된 2층 구조 목조주택 (1층 : 60㎡ / 2층 : 47㎡)          - 도로에 면한 부분이 점포로 사용되고 있는 주택으로 리모델링 기간 동안에도 점포 운영이 가능하도록 시공</p>		
		
<p>대들보 보강 시공</p>	<p>내진철물 시공</p>	<p>단열재 보강 시공</p>
<p><b>사례 8</b></p>	<p><b>필로티 구조 목조주택 리트로핏 사례</b></p>	
<p>- 준공된지 약 14년 된 2층 구조 목조주택          - 1층 : 주차장 내진보강, 2층 : 바닥 단열보강</p>		
		
<p>상부 빔과 기둥 고정 보강</p>	<p>1층 천장 단열 보강 시공</p>	

(출처 : <https://example.eco-inc.co.jp/>)

## ☞ 시사점

- 소규모 건축물 리모델링과 관련한 활성화 정책과 지원 정책 증가
  - 에너지 관련 대책의 확대 적용: 대규모에서 소규모 건축으로 공공에서 민간 건축으로 범위 확대
  - 그러나, 소규모 건축물의 노후화의 심각성 대두에도 불구하고 건물의 관리는 온전히 개인의 몫으로 남겨지면서 주 사용자층의 경우 취약한 경제적 기반으로 노후 소규모 건축물의 개선은 요원한 상태
  - 노후 소규모 건축물의 리모델링은 건물의 에너지 효율을 높이는 근본적 개선 방향으로 진행되어야 함
    - 단순히 건물의 내/외장재를 교체하는 수준에서 탈피해야 함
    - 리모델링으로 인한 건축물의 수명 및 가치 상승 기대
    - 에너지빈곤 해소와 쾌적한 실내 환경 제공으로 삶의 질 향상
  - 국내외적으로 리모델링과 관련한 다양한 지원금 정책이 제안되고 있는 가운데, 국내에서는 지자체별로 지원금 조성, 은행권의 대출 상품 개발, ESCO 사업체의 투자 프로그램 등, 리모델링 지원금 조성 방식들이 실행중에 있으나, 활용도가 낮은 상태
    - 소규모 건축물의 주 사용자들이 인지하여 지원할 수 있도록 제도 개선의 필요성
    - 쉬운 접근이 가능한 일원화 된 플랫폼의 필요성
    - 리모델링 등의 재건축 사업에 대한 실 수요자의 거부감을 낮출 수 있는 방식 필요
- 에너지 관리 정책의 패러다임 변화
  - 공급자 중심에서 수요자 중심의 에너지 정책으로의 전환되고 있는 시점, 과거 공급자에서 수요자로 향하는 일방향적 서비스였다면, 수요자의 라이프 사이클에 맞춰 쌍방향적 서비스를 염두에 둔 정책들이 제안되고 있음
    - E-프로슈머 (에너지 소비자 = 에너지 공급자)
    - 마이크로그리드 기술과 스마트 홈 기술을 활용한 잉여전력 낭비의 제거
    - 에너지 (소비의 대상 → 관리의 대상)
  - 각국 정부는 에너지 관리에 관한 인프라 구축을 위해 기업과 개인의 참여를 독려하는 인센티브 제도를 개발 중에 있으며, 기업들은 관련 기술을 개발하고 정부와 지자체의 지원을 받아 실증사례들을 구축 중

## 2절. 국내외 시장동향 및 전망

### 가. 국내 시장현황

#### 1) 도시재생 프로젝트 관련 시장

- 노후화 된 소규모 건축물이 밀집한 저층주거지역은 기존의 아파트 단지 개발과 같은 대규모 재개발 사업 대신 도시재생의 패러다임으로 전환 하면서, 소규모 건축물의 리모델링 시장 활성화가 전망 됨
- 국내의 건축물 재고 상황을 보면, 소규모 저층 건물의 비율이 높다는 것을 알 수 있음, 경관상 느껴지는 저층 주거지의 높은 밀도감과 달리 컴팩트한 도시 밀도에 도달하지 못한 상태, 따라서 노후화된 주택의 리모델링과 재건축의 기회를 이용하여 증축을 함으로써 적정 도시 밀도에 도달할 수 있음
- 리모델링이나 재건축을 통한 증축은 적정한 도시 밀도를 충족시킴으로써, 도시의 불필요한 수평적 확장을 막을 수 있고, 결과적으로 교통, 통신 등의 인프라를 경제적으로 유지, 보수, 관리 할 수 있도록 함으로써, 생태발자국을 줄이는 효과를 얻게 됨
- 리모델링 기회를 통한 건축물 성능 개선으로 건축부문의 에너지 절감에 기여 가능, 에너지 손실은 국가적 비용 손실이며, 건물 사용자에게 경제적 손실을 입히며 삶의 쾌적성 역시 저하
- 제로에너지 주택의 국내 시장 규모는 2015년에는 8,600억 원, 2020년에는 1조 7,200억 원 수준으로 성장할 전망<sup>6)</sup>
- 주택보급률이 우리와 유사한 해외 사례에서 찾을 수 있는 사업형 Zero 에너지 주택 모델들을 감안한다면, 국내 주거용 건축시장에서도 조만간 Zero 에너지주택 시장 커질 것으로 예상되며, 향후 피할 수 없는 추세로 판단됨
- 노후 주택은 건물주 또한 노령인 경우가 많으며 주택의 임대수익이 유일한 수입원인 경우가 대부분이므로 공사 비용 문제와 별개로 리모델링을 원하지 않는 경우가 다수, 따라서 工期(공기) 단축 방식과 移住(이주)에 대한 실질적 해법이 필요

#### 2) 제로에너지 건축 관련 시장

- 건축물 외피시스템(외벽, 창호 등)의 모듈화 및 복합시공기술, 지능형 실내환경 시스템, 그린 모듈러 빌딩 공법, Charrette와 BIM 기반의 IDP 시스템 구축 기술 등 에너지 절약형 건축시스템 기술 관련 분야의 수요가 급증
- 미래전망) 에너지 절약형 건축시스템 분야는 3D 가상공간을 구현하고 시공을 현

6) 한국과학기술정보연구원, Market Report(2012)

장 기능인력 의존에서 벗어나 공장에서 첨단 기계를 활용하고 현장에서는 건설 시공 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, 기후 대응 환기설비 시스템, Zero 조명에너지 기술, 열부하 대응형 통합 외피 시스템 등의 기술이 개발될 것임

### 3) 에너지 세이빙 설비 시장: 히트펌프와 공기조화 장치

- 정부의 에너지 절감 육성을 위한 지속적인 정책 발표로 인해 고효율 에너지 기계의 성장세
- 에너지 세이빙 기계분야의 주요 제품으로는 공기조화 장치와 고효율 히트펌프가 꼽힘. 특히 에너지 감축이 큰 히트펌프형 공기조화장치 제품이 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

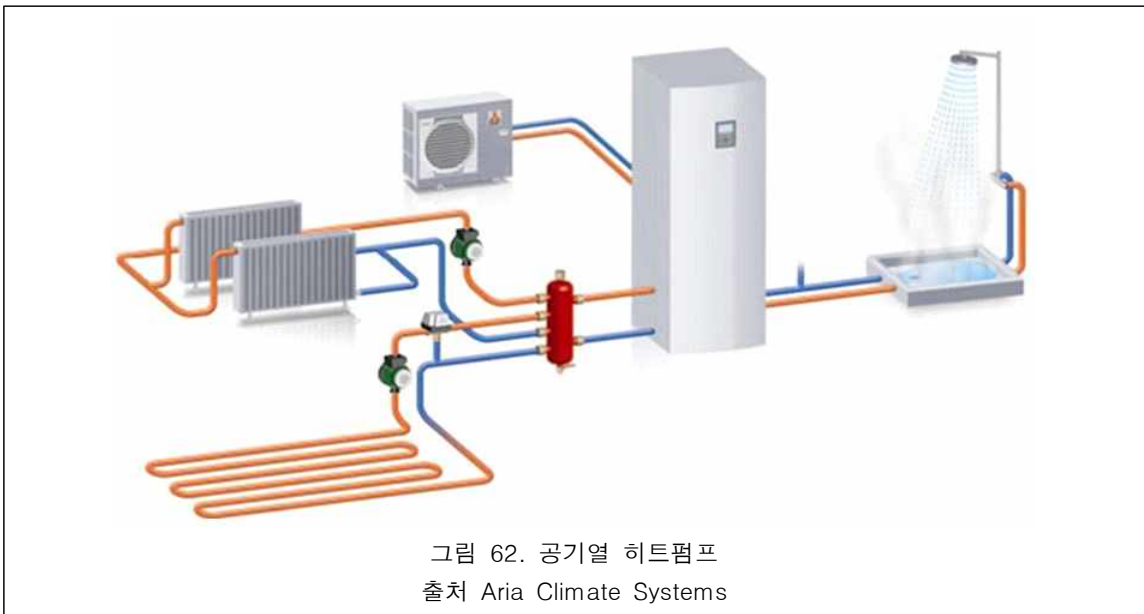


그림 62. 공기열 히트펌프  
출처 Aria Climate Systems

1. 공기조화 장치	
기술의 정의	<p>특정 목적으로 구별되어 분리된 공간의 공기를 정화 냉각 가열 가습 감습하여 사용자의 요구에 적합한 온도, 습도의 상태 유지와 분진을 포집하는 장치로, 첫째, 가열기, 송풍기, 열교환기, 공기의 분진을 포집하는 기술, 둘째 실내 공기 상태를 측정하기 위한 센서와 이를 제어하기 위한 제어기술, 셋째, 공기조화 시스템을 포함한 기술을 말함</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기조화는 온 습도 및 기류, 박테리아, 먼지, 유해가스 등의 조건을 실내에 있는 사람이나 물품에 대하여 가장 좋은 조건으로 유지하는 것을 말함</li> <li>- 기능적으로 주요기능인 냉난방 외에도 제습과 가습, 청정, 환기, 방향 기능을 하며 온도와 습도를 일정하게 유지시키는 항원 및 항습의 기능과 최근 들어 소음의 문제가 중요한 요소로 취급되어 연구하는 상황</li> <li>- 인간의 수명 100세 시대의 도래로 주요 생활공간인 실내 공간의 質(질) 또한 최적의 상태로 만들</li> </ul>	

고자 하는 요구가 증대하고 있어 시장이 빠르게 확대 중, 또한 요구하는 제품도 다양하여 간단한 공기 조화에서 정밀한 공기조화로 확대, 공기조화 항목도 단순히 온도제어에서 공기 중의 분진 및 유해가스 제거로 확대 중

- 지구 온난화와 기후변화 문제로 녹색 에너지라는 새로운 패러다임으로 빠르게 전환되고 있는 시점에서 지구 온난화도 에너지 세이빙이 모든 요소 별로 진행하고 있음
- 이 중 공기를 순화하기 위한 팬의 효율은 팬의 종류와 운용 조건에 따라 다르지만 공조에서 많이 사용하는 공기를 순환하는 팬의 효율이 70% 이하이므로 이 효율을 높이는 것이 중요
- 아파트 문화 유입에 따른 주택의 현대화 서구화로 인해 전통적인 온돌 난방 방식에서 에너지 감축이 큰 히트펌프를 이용한 공기조화 장치를 많이 선호하는 추세
- IT 강국답게 아파트의 공기조화장치는 원격에서 스마트폰 제어가 가능한 방법으로 변화하는 추세
- 에너지 절감과 연동하기 위하여 주변 시스템과 네트워크로 연결한 스마트 그리드 시스템이 도입

### 시장현황

- 우리나라는 2012년도 공기조화장치의 세계시장 규모 1081억 달러 중에서 세계 7위인 7.3%의 시장점유율을 차지하는 등 관련 기술면에서 비교 우위 차지, 특히 대기업 중심의 사업으로 세계 최고의 가정용 공기조화장치 생산 능력을 보유
- 우리나라는 2020년까지 온실가스 배출량 30% 감축을 목표로 각 부문별 목표관리를 시행하고 있으며 목표를 달성하기 위해서는 건물 전체의 에너지 사용량을 40~50% 차지하고 있는 공조시스템의 효율 개선이 반드시 필요
- 공기조화장치는 세계적으로 지속적인 성장을 보이고 있으며 성장잠재력이 큰 산업분야이나 가정용을 제외한 중대형 산업 및 상업용 분야에서는 일본 유럽 등 선진국 대비 요소 기술 경쟁력 미흡으로 국제 경쟁력 기반이 취약한 실정
- 국내 냉동 공조시장은 지구 온난화 영향에 따른 여름철 온도상승, 에어컨 보급률 상승, 대형 냉동 공조기기 수요의 증가 등에 따라 향후 성장 전망은 낙관적
- 공기조화장치는 대표적인 에너지 다소비 기기로서 인식되어 있지만 우리나라가 경쟁력을 보유한 가정용 공기조화장치 산업은 현재 cash cow(고수익 상품)군에 속하는 것으로 분석되어 향후 산업용 및 친환경 히트펌프 등에 대한 투자 강화가 요구
- 국제적 환경규제에 대응하기 위하여 친환경, 고효율 제품으로 변환이 요구되어, 화석연료를 사용하지 않는 비연소식 열원기기인 히트펌프의 시장이 확대 중

## 2. 고효율 히트펌프

기술의 정의	히트펌프는 저온의 열원에서 열을 흡수하여 고온의 열원으로 열을 보내는 장치를 말하며 저온의 열원은 공기 지열 수열 폐열 등이 있고 고온의 열원은 공기 급탕 산업체의 특정 목적의 공정용 공간이 있으며 대형건물 지열 등에서 사용이 증가
--------	---

- 우리나라는 1990년대 이전까지 국내 전력이격이 석유류 및 가스 가격에 비해 높아 보급이 더디게 진행 되었으나, 1990년대 중반 이후 전력이격이 석유류 등과 비교 시 상대적으로 낮아져 히트펌프가 보급되기 시작
- 전통적인 온돌문화로 시장 확대가 빠르지 못함

### 시장현황

- LG 전자 삼성전자 등 국내 기업은 세계시장의 약 13% 점유(내수 및 수출 약 25억 \$)(BSRIA, 2014)
- 소매점용 복합시스템 리테일 콤비 시스템 시장규모는 지속적 확대가 예상
- 국내시장: 1000억원/년(10년) 추정, 향후 6000억원/년(30년)

### 국내업체 및 제품현황

국내업체	LG 전자, 한라공조, 삼성전자, 위니아만도, 케리어, 현대자동차, 두원공조, 한라비스테온공조, 경동나비엔, 귀뚜라미, 대성셀틱, 가나히트펌프, 일진 E-PLUS, 국제 에너지, 삼천리 ES, 방주에너지 월드에너지
------	---

- 히트펌프 기술발달, 친환경 문제, 연료비 상승, 신재생에너지 등 에너지원 및 적용범위가 다원화됨에 따라 향후 전체 공조기기 시장에서 히트펌프 시장점유율이 급격히 증가할 것으로 전망
- 초고층 빌딩과 상업용 건물 분야에서 지속적으로 증가할 것이 예상되며 가정용 분야에서도 보일러

대체기기로써 시장형성이 가능

- 향후 산업용 및 친환경 히트펌프 등에 대한 투자 강화가 요구
- 국제적 환경 규제에 대응하기 위하여 친환경 고효율 제품으로 변환이 요구
- 화석연료를 사용하지 않는 비연소식 연료기기인 히트펌프의 시장이 확대
- 히트펌프가 최근에 각광을 받고 시장이 확대되고 있는 요인은 히트펌프의 고효율성이 부각되어 지구 온난화 가스인 CO2의 증가로 인한 기후변화대책과 그에 따른 에너지 소비와 국제규약체약등에 효율적인 대응이 가능
- 주요선진국에서는 히트펌프로 CO2 10% 저감 정책 강화에 주력
- 우리나라는 세계 공조시장 4위 생산 국가이지만 히트펌프 비율은 10% 미만으로 매우 낮은 것으로 조사됨
- 국내 냉동공조시장은 지구 온난화 영향으로 여름철 온도 상승 가전기기 보급률 상승 대형 냉동공조기기 수요 증가에 따라 향후 전망이 매우 낙관적
- 국내 시장의 95%를 대기업 제품이 차지하고 있으나 도시바 다이킨 코리아 등 외국사와의 시장경쟁이 본격화
- LG 전자의 소형 축열조 모듈개발, 혁신적인 판형열교환기 개발, 부하측 포함 동적 해석틀 개발 및 경제성 분석, 실외열교환기 최적화 및 연속 난방기술 확립, 냉온수 동시생성 사이클 구성 등에 집중
- 국내 기술 수준은 그동안 일본업체에 비해 기술력이나 인지도에서 부족했었으나 현재는 기술력 상 동등이나 동등 이상의 경쟁력이 확보되었으며 이를 통하여 15년에 2조 2700억원의 매출과 11600명 정도의 고용 효과를 내는 사업으로 성장할 것으로 예상

참조) 중소기업 전략기술 로드맵 2016-2018

#### 4) E-프로슈머 관련 시장

- 스스로 전기를 생산하고 소비하는 프로슈머는 에너지 패러다임 변화의 주역이 될 전망
- 기존의 중앙 집중에너지 공급방식의 경우 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

표 36. E-프로슈머 거래 단계

<b>1단계 프로슈머 거래</b>	- 프로슈머 이웃 間(간) 전력거래 ex) 수원 솔대마을 <sup>7)</sup> , 홍천 친환경 에너지 타운
<b>2단계 프로슈머 거래</b>	- 주택 단위의 프로슈머뿐만이 아니라 학교, 빌딩, 상가 등의 대형 프로슈머도 쓰고 남는 전기를 이웃에게 판매가 가능하여 2단계 프로슈머 거래로 대형 프로슈머와 대형 소비자간의 거래
<b>3단계 프로슈머 거래</b>	- 태양광 발전을 통해 생산한 전력을 일반소비자 또는 기업에게 바로 판매하는 '기업형 프로슈머'허용

#### 5) 마이크로그리드(스마트그리드) 시장

- 과거에 전력공급은 주로 원자력, 화력발전, 수력발전 및 기타 발전으로 전력을 공급해 왔으며, 이러한 발전시스템의 대부분은 회전기를 이용한 교류발전 형태임, 하지만 국제적인 에너지 환경 문제가 대두되면서 그린에너지 전원 개발 및 보급이 확대되기 시작하였고, 주요 국가들처럼 우리나라 역시 1990년대부터 태양

7) 수원 솔대마을의 4가구에 대하여 1:1 에너지 거래 인프라를 구축하고 E-prosumer 실증사업을 실시하고 있으며, 생산한 전력을 직접 사용하고도 평균 240kWh의 전력을 거래 하는 수준

력, 풍력, 연료전지 및 전력저장시스템 등 분산형 전원의 보급이 확대됨에 따라 독립형 및 연계형으로 마이크로그리드 형태로 전원공급이 변화되고 있음

- 1990년대는 국가기술 표준원 주관하에 에너지관리공단(현 한국에너지공단)이 주도적으로 추진하여 왔고, 최근에는 스마트그리드가 대두되면서 한국스마트그리드 협회 산하 표준포럼에서 분산전원 도메인 위원회 위주로 상기업무를 주관하여 왔으며, 전력저장시스템의 전지분야는 전지협회를 중심으로 전지에 대한 표준화 작업이 수행되고 있음
- 국내의 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 활발해질 것으로 전망
- 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
- 산업통상자원부와 한국전력에서 일반 계량기를 스마트미터기(AMI)<sup>8)</sup>로 교체 중에 있으며 2020년까지 2200만 가구를 대상으로 100% 전환할 계획

## 6) ESS 저장장치 시장

- 전세계 ESS(전기화학적 방식) 설치 누적용량은 2014년 0.7GW 수준에서 2016년 1.8GW로 약 2.3배 증가한 것으로 집계되며 우리나라 설치용량이 미국 다음으로 높은 것으로 나타남

표 37. DOE Global Energy Storage Database (2016년 8월 기준)

순위	국가	프로젝트 수	설치용량(MW)
1	미국	292	570.6
2	한국	55	291.4
3	일본	47	254.6
4	독일	38	122.2
5	이탈리아	31	56.2
합계			1,629.1

- 세계 최고 수준의 리튬이온전지 기술을 보유한 국내 기업의 기술경쟁력을 기반으로 글로벌 시장 점유율 확보에 주력 필요
- 우리나라 리튬이온전지용 ESS 생산 규모는 세계 최고 수준으로 앞으로 급증할 ESS 수요에 대응하기 위해 앞다투어 생산 규모를 늘리는 추세

8) 스마트미터기 관련 통계는 스마트그리드 기술동향을 측정하는 유용한 지표로 활용됨

표 38. 리튬이온전지 ESS 생산규모(MWh)

LG화학	591
삼성SDI	544
BYD	188
테슬라	186

- 다양한 지원제도가 시행될 경우 국내 ESS시장은 현재(2016) 3,000억 원 규모에서 2020년까지 현재보다 2배인 6,000억 원 규모로 커질 것으로 예상되며, 주요 국가의 송배전망 시장, 개도국의 신재생연계 시장 등에 대한 수출도 2020년까지 32억 불 수준으로 확대될 것으로 전망
- 산업부는 신재생, 전기차 충전 특례요금 신설, ESS 특례요금 할인 확대 등 인센티브를 강화하고 공공기관 ESS 의무 설치(17년부터 1000kW 이상의 공공기관 건물은 계약전력의 5% 규모의 ESS 의무 설치)제도를 시행
- 공장 상가건물에 피크 저감용 ESS를 활용 시 ESS 사용량에 따른 기본요금 할인액 3배 확대, 충전요금 50% 할인 및 설치용량별 할인 차등지원
- ESS 보급 추세를 가속화하기 위해 유통, 물류센터, 상업 일반용 건물과 가정 등 확산 잠재성이 높은 수요처를 대상으로 ESS 특례요금제도 개편을 추진 중
- 에너지신산업 특례요금제가 2017년 5월 1일부터 시행되어, 신재생 에너지와 ESS를 함께 설치할 경우 전기요금 할인이 되는 인센티브의 확대, 할인금액 최대 50% 까지 추가 할인 가능

구분	기존	개정
기간	2017년 ~ 2019년 까지	2017년5월 ~ 2020년(1년 연장)
신재생 에너지	- 신재생에너지 자기소비량이 20% 이상인 경우 전기요금 10~20% 할인	
	<b>신재생에너지 자가소비비중</b>	<b>할인율</b>
	20% 이상 ~ 40% 미만	10%
	40% 이상 ~ 60% 미만	15%
	60% 이상	20%
ESS 결합	- 신재생에너지와 ESS를 함께 설치시 전기요금 추가 할인	
	<b>개인전력 대비 ESS 비중</b>	<b>추가 할인율</b>
	5% 이상 ~ 10% 미만	신재생에너지 할인금액의 20%
	10% 이상	신재생에너지 할인금액의 50%

- 태양광과 ESS를 연계할 경우 공급인증서(REC)에 가중치 4 내지 5를 부여함으로써 태양광 발전사업자에 ESS 설치유인을 제공해 ESS 신규투자 유발

## 7) 스마트 홈 시장

- 가정에 구현된 IoT 서비스로써, 스마트 홈 사용자는 스마트폰 앱을 통해서 가정에 설치되어 있는 다양한 센서를 통해 정보를 입수하고 디바이스들을 제어함
- 스마트 홈 서비스를 위해서는 스마트폰 애플리케이션과 디바이스, 클라우드 서버, 그리고 이들을 연결해주는 GW(Gate Way) 및 각종 통신기술이 요구됨
- 국내 통신업자들은 일찍이 스마트홈의 필요성을 파악하여 그 확산에 앞장서고 있음. LGU+는 가장 선도적으로 스마트홈 서비스를 시작하여 현재 가입자가 30만 명이 넘는 추세.



그림 63. 스마트홈산업 범위

(출처 : 한국스마트홈산업협회)

- 국내에서는 3대 이동통신사들을 중심으로 다양한 스마트홈 서비스가 선보이면서 관련 시장이 확대되고 있음. SKT와 KT, LG U+는 각각 스마트홈, 기가 IoT 홈, IoT 엣 홈 이라는 명칭으로 스마트홈 서비스 지원 기기 확보 및 연관 서비스 출시
- 최근 주택시장에서 IoT 기술은 건설사와 이동통신사가 협업해 빌트인 시스템으로 적용되고 있는 추세를 보이며 국내 홈 IoT 시장은 더욱 확대
- 아파트, 오피스텔, 빌라 등에는 인터폰, 보일러, 조명 등 기본적인 주 기능을 스마트폰으로도 이용할 수 있도록 하고 있지만, 전원주택은 도심에서 다소 떨어진 지역에 주로 위치하고 있고 공동주택보다 더 잦은 관리가 필요해 홈 IoT 기능의 필요성이 더욱 큼에도 불구하고 집단구성이 아니라는 이유로 도입이 늦어짐
- 홈 IoT는 대형 건설사와 이동통신사의 업무협약으로 주로 대규모 공동주택 위주로 보급이 이루어지고 있지만 점차 소형 주택으로도 적용 범위가 확대되고 있음

## 나. 국외 시장현황

### 1) 그린빌딩 건축재료

- 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 2011년 890억 달러에서 2020년경 3배 정도의 성장 예상
- 그린빌딩 건축재료는 전통적인 건축재료부터 빌딩의 성능향상을 위한 신소재 건축 재료에 이르기까지 다양한 재료가 포함
- 2014년도 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 유럽권역이 49.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 2015년 ~ 2018년 연평균 성장률은 아시아-태평양권역이 11.2%로 가장 높은 증가추세
- 2014년 기준 세계 그린빌딩 건축재료 시장의 권역별 비중은 유럽 49.3%, 북미 26.3%, 아시아-태평양 21.7%, 기타국 1.3%
- 2015년 ~ 2018년 세계 그린 빌딩 건축재료 시장 연평균 성장률은 6.8%이며, 아시아-태평양 11.2%, 북미 6.9%, 유럽 3.3%로 전망
- EU의 주요국들은 여러 지원을 통한 최적 단가의 제로에너지 건축물 구현을 추진 중이며, 제로건축물 의무화 시행 時(시) 일정 비용 내에서 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구 중
- 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
- 기술력을 갖춘 대기업을 중심으로 국가가 신기술 요소 단가를 자발적으로 낮추는 목표를 주고 그에 따른 기술 개발 인센티브를 지원하고 있음

### 2) 에너지 세이빙 설비 시장: 히트펌프 형 공기조화 장치

- 세계 각국에서 기후변화협약 대책 일환으로 에너지 절약효과가 큰 히트펌프 보급에 적극 나서고 있음
- 단일기술로 이산화탄소 절감량이 매우 큰 히트펌프는 기존 1차 열원 기기를 대체하는 에너지 기술로 인정받고 있으며 기후 변화협약 대응의 주요 수단으로써 기술 개발 시장에 대한 필요성 대두
- 해외의 주요 국가들에서는 히트펌프로 CO<sub>2</sub> 10% 이상 저감 정책에 주력
- 에너지 절감과 연동하기 위하여 주변 시스템과 네트워크로 연결한 스마트 그리드 시스템이 도입
- 삶의 질이 높아짐에 따라 사용자 공간이 공기의 높은 질을 요구하는 추세로 이에 관한 개발 증가하였으며 일반용의 공기조화장치에서 특수용(바이오, 산소)의

장치를 요구하기 시작

- 히트펌프 분야는 Daikin, Toshiba, Sanyo, Mitsubishi 및 Hitachi 등 일본 업체들이 전세계 시장의 60%를 차지(BSRIA, 2014)
- 일본은 세계 히트펌프 시장의 선두이며 자국 시장에서도 공기조화 장치 시장의 95%를 히트펌프가 차지함
- 유럽 및 중국의 히트펌프 시장에서도 자국의 관련 업체와 기술 협력을 통하여 자국 시장을 주도

시장규모
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 영국의 냉동공조 시장조사업체인 BSRIA(The Building Services Research and Information Association)의 발표에 의하면 2010년 세계 공조시장 규모는 약 724억\$이며 이 중 히트펌프는 약 30% 이상을 차지</li> <li>- 주상복합건물 산업용 등에 보급이 확대되고 있어 연 13% 내외의 고성장을 이루어 2020년에는 약 600억 달러 규모에 이를 것으로 전망(BSRIA 보고)</li> <li>- 소매점용 복합시스템 리테일 콤비 시스템 시장규모는 지속적 확대가 예상</li> <li>- 해외시장: 3000억원/년(10년) 예상, 향후 3조원/년(30년)</li> <li>- 축열식 히트펌프 보일러 시장 규모는 2014년 300억 원규모이며 2025년 까지 1조 5000억 원 규모 시장</li> </ul>

시장현황 및 전망
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 히트펌프 전체 시장규모의 70% 이상은 중국과 일본에서 생산</li> <li>- 히트펌프 기술은 가격인하와 효율향상이 극복 과제로 남아있으며 일본은 냉매와 열교환기 효율 향상을 통해 2030년까지 효율 150% 가격 현재의 3/4 수준으로 낮추는 것을 목표로 하고 있으며 2050년에는 효율 200% 가격은 1/2로 낮추겠다는 자기 로드맵을 가지고 추진 중</li> <li>- 일본은 고온용 및 고효율 히트펌프 집중 개발하는 한편 히트펌프 보급 촉진을 위해 정부 차원에서 시범사업 및 교육홍보를 실시</li> <li>- 히트펌프 제품군의 세계적인 기술을 가지고 있는 일본은 2008년 10월 기준으로 에코큐트 히트펌프 급탕기를 누적대수 150만대를 보급하였으며 이 히트펌프 급탕기는 기존 급탕기에 비해 30% 에너지 절약 가능, 2010년 일본 내에서만 56만 6천대를 판매함</li> <li>- 유럽에서 히트펌프를 신재생 에너지원으로 분류하여 공기열 지열 수열원 등을 이용하는 효율적인 방법들이 각광</li> <li>- 유럽연합의회는 히트펌프를 재생에너지에 포함시키는 법을 통과시켰으며 유럽 전략에너지기술 2020 계획에 따른 CO2 저감에 히트펌프의 역할을 크게 기대</li> <li>- 유럽은 30여 년간 시도와 시행착오를 통해 현재 안정적으로 히트펌프 관련개발과 보급 정책을 추진 중</li> <li>- EU, 미국 등 대부분 OECD 국가에서 10여 년 전 부터 10~25% 수준의 보조금을 지원하고 있으며 EU 국에서는 히트펌프 보급 시 수혜자인 전력회사에서 저리용자와 저력요금감면을 시행 중</li> </ul>

해외업체 및 제품현황	
해외업체	미쓰비시, 폴렌츠, GE 엔지니어링, 도시바, KAUT, Rosenberg, Bitzer, Daikin, Hitachi, Sanyo, MHI, Fujitsu

참조) 중소기업 전략기술 로드맵 2016-2018

### 3) E-프로슈머 관련 인프라

- 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
- 미국 마이크로그리드 시장 규모는 2011년 31억 달러, 2014년 50억 달러를 기록했고, 향후 2020년에는 57억 달러에 달할 것으로 전망
- 수익 발생이 검증된 원격 검침 인프라(스마트미터기 AMI)와 배전 자동화(Distribution Automation) 분야를 중심으로 시장이 성장 중. 특히 배전 자동화 분야는 모니터링 (monitoring), 제어(control), 방향성(directionality) 강화를 중심으로 하여 가장 빠르게 성장하는 분야로 부상함
- 스마트그리드 시장촉진 배경
  - 전력사들의 수익 보호 및 비기술적 손실<sup>9)</sup> 최소화에 대한 노력이 스마트미터기 설치로 이어짐
  - 개발도상국에서는 전력망 관리 효율성의 개선(정전 빈도 및 시간 감축 포함)과 전력망 투자환경 개선이 스마트그리드 설치 및 실증을 촉진 중
- 주요 지역별 스마트미터기(AMI) 설치동향

<b>중국</b>	2013년 62백만 대의 스마트미터기를 설치, 누적 설치량 기준으로 세계 스마트미터기 설치량의 3분의 2를 차지하며 시장을 주도 중
<b>미국</b>	스마트그리드 기술 투자 축소, 청정에너지 정책 부진, 시장포화로 인해 2013년~2014년 동안 스마트미터기 설치 현저히 감소
<b>유럽</b>	스페인, 프랑스, 독일, 영국 등 일부 국가들의 재빠른 설치활동과 정책추진으로 인해 연간 스마트미터기 설치량이 2015년 55백만 대에서 2020년 약 1.8억만 대로 증가할 전망

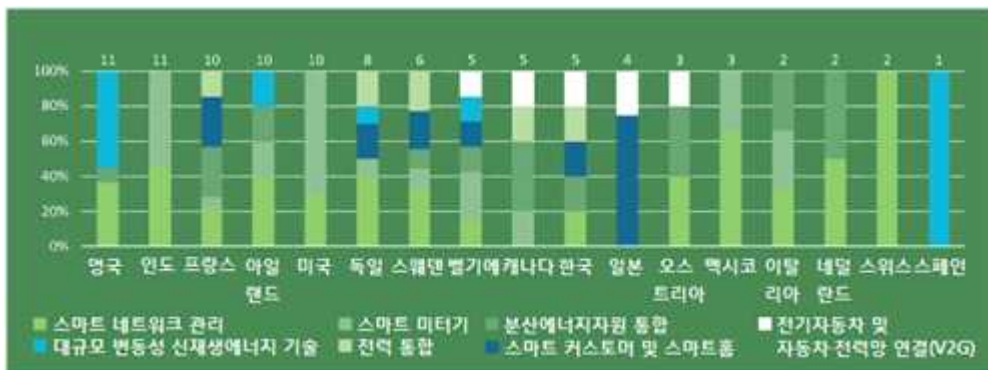


그림 64. 스마트그리드 분야 세부기술 별 시범 프로젝트 현황(출처: IEA)

9) Non-technical loss: 전력 도난을 뜻하는 용어. 전력사들이 사용하는 용어로, 상업적 손실(Commercial loss)로 표현되기도 함

- EU는 분산 자원을 시의 인프라 구조에 통합하여 높은 경제성과 신뢰성을 바탕으로 하는 에코 도시로 거듭나기 위한 마이크로그리드 시스템의 구축을 추진하고 있으며, 탄소중립도시 구축을 위한 사물인터넷(IoT: Internet of things) 기술을 적용하고, EV(전기자동차) 등 물류와 교통망을 통합하려는 시도를 하고 있음

실증사업(프랑스)
- NiceGrid <sup>10)</sup> (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 제한조건에 따른 공급 연속성의 보장, 수요반응 등을 구현하기 위한 프로젝트
- IssyGrid <sup>11)</sup> (City Microgrid): 시민 만여 명이 거주하는 파리 인근의 Issy-les-Moulineaux시에 구현된 프랑스 최초의 도시형 마이크로그리드로, 그 목적은 분산자원의 통합과 최적 이용, 수요반응 등의 구현하고 에너지와 수송 분야에서 최적화를 통한 온난화 가스 배출을 최소화

#### 4) 가정용 소형 ESS 시장

- 전세계 ESS 시장은 2016년 25.6억 달러에서 2020년 150억 달러, 2025년 292억으로 성장할 전망
- 30kW 이하의 소형 ESS를 가정용 ESS라고 불리고 있다. 주로 주택에서 사용되기 때문인데 이 외에도 소형 상점, 사무실, 관공서 등 작은 용량의 전력이 필요한 곳에서도 사용 중
- 전 세계 소형 ESS 시장 수요는 2014년 35,000개에서 해마다 53%씩 성장하여 2020년에는 447,000대에 이를 것으로 전망됨, 현재는 일본을 비롯하여 독일, 미국 등을 중심으로 시장이 형성되어 있으나, 향후 호주, 영국, 이태리, 벨지움 등으로의 시장 확대가 기대 됨

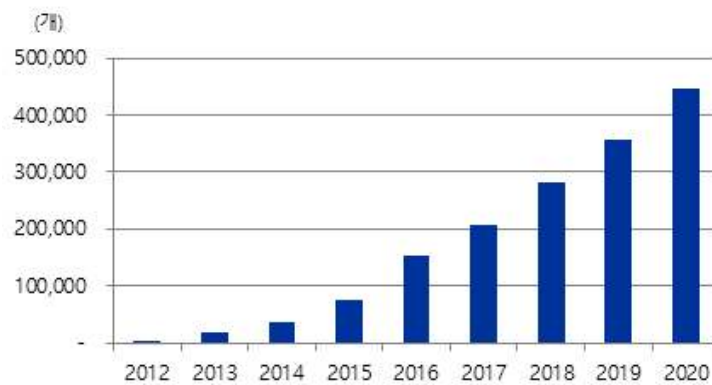


그림 65. 전세계 소형 ESS 수요 전망(출처 : INI R&C, 2015)

- 미국은 전세계에서 가장 먼저 ESS 설치에 보조금 제도를 도입한 국가, 캘리포니아 주에서 2001년에 자가발전 인센티브 프로그램인 SGIP(Self-Generation Incentive Program) 제도를 도입함

10) <http://www.nicegrid.fr/enjeux-du-demonstrateur/>

11) <http://www.issy.com/issygrid>

- 소형 ESS가 주목받기 시작한 것은 동일본 대지진 이후 본격적으로 소형 ESS에 대한 보조금 사업이 시작된 2012년부터라고 볼 수 있음

	
<p>코캠 ESS 제품: 코캠의 배터리, 슈나이더의 PCS, 선버지의 EMS 기술이 합쳐져서 11KWh 급의 가정용 ESS 탄생</p>	<p>가정용 ESS 제품(좌: LG 화학 우: 삼성 SDI)</p>

- 2013년부터는 독일에서도 소형 ESS에 대한 보조금 정책이 시행되면서 소형 ESS에 대한 시장이 빠르게 형성되는 중
- 주택용 PV발전원의 보급 증가 및 PV 모듈가격의 지속적인 하락으로 PV 발전원에 대한 Grid Parity가 이루어지기 시작하면서 이제는 PV 발전원의 TOU(Time of Use: 전기를 저장하였다가 원하는 시간에 사용하는 ESS 시장을 TOU 시장이라 함) 니즈 증가로 ESS 시장이 형성되어, 수요가 빠르게 증가하고 있음

### 가정용 ESS 시장 형성 요인

- 해마다 전 세계에서 수만 명이 자동차 한 대 가격의 가정용 ESS를 구입하는 이유는 ESS 수명이 다하기까지 충분한 투자회수가 보장되기 때문

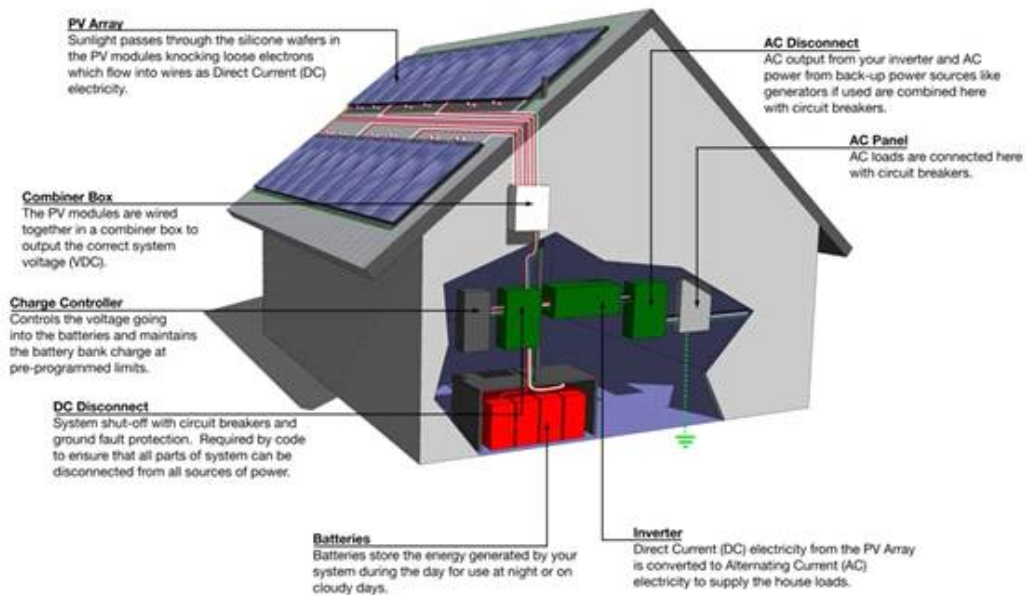


그림 66 독립형 PV-ESS 시스템(출처: Lighthousesolar)

### 1) 전력회사로부터 전기구입 관련 차익거래가 가능

- 차익 거래는 전기요금이 싼 시간대에 ESS에 전기를 충분히 충전시켜 놓았다가 전기요금이 비싼 시간대에 ESS로부터 전기를 꺼내 쓰는(방전) 경우, 충전 시와 방전 시 전기요금의 차액이 발생하는 것을 이용한 것, 이 차액이 누적 되면서 투자회수 발생
  - 전기요금제도는 전력계통에 걸리는 부하를 기준으로 시간대별로 전기요금에 차이가 발생하는 탄력적인 요금제를 필요로 함
  - 일반적으로는 시간대뿐만 아니라 계절별로도 전기요금에 차이를 두는 계시별 요금제의 시행이 증가하는 중
  - 특정 시간대에 대해서는 더 높은 전기요금을 부과하는 수요관리형 요금제를 실시하는 경우 또한 증가하고 있음

### 2) 주택에 설치된 PV 발전원으로 부터 생산한 전기를 자가 소비 할 경우

- PV 발전은 태양이 떠있는 낮 동안에만 가능한데, 일반주택에서는 낮보다 아침, 저녁에 사용하는 전기량이 많다는 점이 문제, 따라서 낮 동안 발전된 전기를 ESS에 저장하고 이를 저녁과 아침에 꺼내 쓰는 것

유형 1	독일과 같이 PV 발전원의 Grid Parity에 도달한 지역으로, 이 지역에서는 전기회사에서 전기를 구매하는 것 보다 자신의 주택에 설치된 PV 발전원에서 생산된 전기를 사용함으로써 차익거래가 성립되는 경우
유형 2	미국이나 일본과 같이 PV 발전원이 Grid Parity에 도달하지는 못하였지만 시간대별로 다른 전기요금의 차이를 이용하여 차익거래를 이루는 경우이다
유형 3	전력사정이 나쁜 개도국의 경우, PV 발전원과 ESS를 통하여 독립형 마이크로그리드를 이루는 경우, 전기회사에서 전기를 구매할 수 없는 환경이니 어차피 알아서 전기를 해결해야 함, 지금까지 대부분의 이들 지역이 그랬듯이 이 들 지역에서는 손쉽게 디젤발전에 의한 전력 생산이 주를 이룸

- ESS 가격은 빠르게 하락 중에 있음, 먼저 배터리의 가격이 예상보다 먼저 하락하고 있으며, 인버터 등의 전력제어부의 가격도 뒤따라 하락할 것으로 예상됨
  - 여기에 최근 발표된 Tesla의 ESS 가격 전략에 소형 ESS 업계가 영향을 받을 것으로 예상됨
  - 현재 일본에서 판매되고 있는 가정용 ESS 제품(3kW, 6kWh 내외)의 가격은 2천만 원에서 3천만 원

### 5) 스마트 홈 시장

- 홈 오토메이션(Home Automation)이란 개념에서보다 진화한 스마트홈(Smart Home)은 최근 사물인터넷(IoT) 시대가 도래하기 시작하면서 더욱 주목을 받고 있으며, 스마트 홈 서비스는 단순한 Home Network 구축의 의미를 넘어서 보안, 헬스, 엔터테인먼트까지 폭넓은 분야의 서비스를 결합한 통합형 플랫폼으로 진화하고 있음
- 최근에는 스마트홈이 AI(인공지능) 및 빅데이터와 결합하여 보다 진일보하고 능

동적인 형태로 사용자의 요구와 행동을 예측할 수 있게 되면서 스마트홈 관련 응용 프로그램의 편리성이 비약적으로 향상되고 있음

- 글로벌 스마트홈 시장은 연평균 36.4% 성장률을 보이며 2021년에는 800억 달러 규모까지 확대될 것으로 전망되고 있으며 제품군별로는 Home Automation 분야가 36%의 가장 높은 비중을 차지하고 있음
- 국가별로는 미국에 세계 시장의 58%가 집중되어 있으며 당분간 미국과 유럽 주요국들이 시장을 리드할 것으로 전망되고 있음
- 미국의 경우, AT&T, Comcast 등 대형 통신사를 중심으로 가입자가 확산되고 있으나 아직도 대형 사업자를 제외하고는 전세계적으로 스마트홈의 확산이 빠르지 않은 것으로 보임
- 아시아 지역에서는 대형 가전 및 장비 업체와의 제휴를 통하여 스마트 홈 시장을 확대시키고 있는 인터넷 서비스 기업 BAT(바이두, 알리바바, 텐센트)를 가진 중국과 홈 에너지 관리시스템(HEMS) 보급에 적극적인 일본을 중심으로 시장이 확대 될 것으로 전망됨
- 2017년 1월에 열린 CES에서는 사물인터넷(IoT) 기술력을 바탕으로 가전제품의 연결성 확장과 음성 서비스가 접목된 스마트 솔루션들이 주목을 받음
  - ex) 삼성전자는 사물인터넷(IoT) 연결성이 강화된 프리미엄 주방가전 제품들을 중심으로 선보였으며 LG전자는 아마존의 AI 음성비서 알렉사를 탑재하고 딥러닝을 적용해 스스로 학습하는 스마트 가전을 공개한 바 있음
- 중국 가전업체도 스마트가전을 미래 新(신) 성장 動力(동력)으로 삼고 시장 활성화 위해 전력을 다하고 있음. 대형 가전기기 제조업체인 메이디는 50개의 글로벌 주요 업체들과도 파트너쉽 관계를 형성하고 스마트홈과 커넥티드카 분야를 집중 공략하고 있음.
- 하이얼은 스마트홈 플랫폼인 U+ 스마트라이프 앱 2.0을 발표함과 동시에 MS와 전략적 협력을 강화하기 위한 MOU를 체결하였으며, 샤오미도 스마트폰 제조에서 스마트홈 분야로 메인 사업의 무게 중심을 옮겨 가고, 중국에서 처음으로 클라우드 기술을 스마트가전에 도입한 우렌촨간(物联传感)도 다양한 스마트 홈디바이스 출시를 확대하고 있음

## ☞ 시사점

- 소규모 건축물의 그린리모델링 시장 활성화를 위한 문제점 해결의 필요성
  - 리모델링 시 경제적 기반이 상대적으로 허약한 소규모 노후건축물 거주자의 참여 유도 필요성
  - 시공방식의 단순화와 시공기간을 단축할 수 있는 공법 개발의 필요성
  - 건축 외피시스템 모듈화와 패키지 시공 기술 개발의 필요성
  - 기술성숙도가 높은 유럽 제품의 수입과 높은 의존성을 낮추고, 국내의 기술력을 끌어올릴 수 있도록 정책적인 지원의 필요성
  
- E-프로슈머 관련 시장 성장의 필요성
  - 에너지관리 관점에서 마이크로그리드 시스템 구축의 필요성
  - 가정마다 에너지 사용량을 확인할 수 있도록 스마트미터 보급의 필요성
  - 신재생에너지의 적용과 ESS 저장장치 연계를 통한 에너지 관리 고도화 기술
  
- 스마트홈 시장 활성화의 필요성
  - 스마트홈 기술을 활용한 개인의 생활환경을(가전제품, 출입문 시스템, 냉난방기기) 실시간으로 통제
  - 냉방, 난방, 조명, 가전, 환기 5대 에너지에 대한 사용량 인지와 능동형 제어
  - 스마트홈 기술을 활용한 실내환경 쾌적성 유지 및 실시간 제어
  - 실내환경 쾌적성 유지 및 실시간 제어를 통한 소비에너지량 또한 통제
  - 사용자의 소비에너지 인지기반의 건물에너지 소비 절감 기술
  
- 에너지 세이빙 기계 분야에서 히트펌프형 공기조화 장치 시장의 성장세
  - 세계 각국에서 기후변화협약 대책 일환으로 에너지 절약효과가 큰 히트펌프 보급에 적극 나서고 있음
  - 단일기술로 이산화탄소 절감량이 매우 큰 히트펌프는 기존 1차 열원 기기를 대체하는 에너지 기술로 인정받고 있음
  - 국내에서도 공기조화 장치와 고효율 히트펌프가 에너지 세이빙 기계분야의 주력 제품으로 손꼽히며 두 기술의 통합이 진행 중

### 3절. 국내외 기술동향 분석

#### 가. 국내 기술동향

##### 1) 제로에너지 건축물 인증사례 증가

- 국토교통부 보도자료(2018.02.05)에 따르면 실제 준공된 건축물에 부여하는 본인증 첫 사례가 발표되었으며 2018년 올해부터 신규 적용되는 취득세 감면 인센티브를 소개하였음.

<b>제로에너지 예비 인증</b>	제로에너지 건축물 기준 적합성에 대해 설계도서를 평가·인증
<b>제로에너지 본 인증</b>	제로에너지 건축물 기준 적합성에 대해 준공 건축물을 평가·인증

- 제로에너지 예비인증을 취득한 소규모 주택 단지 사례

표 39. 소규모 주택단지 중 제로에너지 예비인증 취득 사례

리츠사업 김포한강		리츠사업 행정중심복합도시	
			
건물명	김포 한강 신도시 내 R3-4, 5, 6BL	건물명	행정중심복합도시 1-1 생활권
위치	김포시	위치	세종시
대지면적	17,279.00	대지면적	18,217.00
건축면적	5,899.10	건축면적	4,061.77
연면적	10,600.00	연면적	5,305.53
규모/층수	지상 2층	규모/층수	지상 2층
구조방식	철근콘크리트조	구조방식	철근콘크리트조
설계사	포스코 A&C	설계사	포스코 A&C
시공사	포스코 A&C	시공사	포스코 A&C

##### 2) 제로에너지 건축 관련 기술력 현황 및 과제

- 노후 건축물 리모델링의 요구가 높아지고 있는 현 시점을, 기존 건축물의 제로에너지 건물화(화) 하는 기회로 이용해야 함
- 국내기술수준 평가) 한국은 건물 에너지 성능향상 요소기술에 관련된 녹색건축, ICT 융복합건축, 건축물 에너지 성능, 건축 재료성능 등, 대부분의 주요 지표에서 경쟁력 부족

표 40. 그린 리모델링을 위한 현안과제

- 친환경 건축자재와 건축기술을 사용
- 친환경 건축자재의 가격 인하와 공사 기간의 단축
- 공사 과정의 간소화를 통한 건축비 절감
- 移住(이주) 없는 시공이 가능한 <<거주 중 시공기술>>의 개발

○ 기술력을 상품화시키지 못하는 현실) 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 해외 의존도가 높으며, 국내에서 확보하고 있는 일부 원천기술의 경우에도 관계 기관과의 네트워크 구축의 미흡 등의 이유로, 사실상 상용화가 이루어지지 못하는 실정



그림 67. 분야별 최고기술 보유국  
(출처: 2015년 국토교통기술수준분석(총괄보고서), 국토교통과학기술진흥원)


○ 고효율 외피 및 공조기술은 국내 대기업 및 중소기업을 중심으로 국가 R&D와 연계하여 기술개발이 이루어지고 있으며, 고효율 환기설비 및 하이브리드 환기설비 분야는 독일 등의 유럽국가에 미치지 못함

- 히트펌프의 용량 가변 중요성이 증대됨에 따라 멀티형 히트펌프의 경우 인버터 회로를 적용한 가변속 시스템 히트펌프에 관한 연구로서 2008년 VRF(냉매가변형) 멀티히트펌프의 연구가 시작되어 현재 진행 중이며, 2010년부터 냉온수기 히트펌프의 멀티방식에 대한 연구가 진행 중
- 소용량 WTW 히트펌프 경우 에너지관리공단의 정부보급사업 중심의 중소기업 중심으로 개발이 진행 중에 있으며, 주요 요소부품인 압축기는 90% 이상 수입해서 사용하고 있음
- 난난방 공조용 히트펌프 기술 수준이 세계일류 수준에 근접함에 따라 관련 기술 시스템의 확장을 통한 신시장 구축 및 선점의 필요성이 증대되는 추세. 특히 최근에는 공조용 히트펌프 대응량화 이외에 잠열축열 방식의 온수급탕 시스템으로 히트펌프 신시장 구축

필요성이 증대하고 있음

- 친환경/저에너지 건축자재 핵심기술 대부분 주요 기술국들에 의존, 에어로젤, 폼 실리카 등 신소재 단열재는 원천기술을 포함하여 현저한 기술 수준 차이를 보임
- 국산 자재<sup>12)</sup>로 실현된 제로에너지건축물 사례) 한국건설기술연구원 제로카본 그린홈을 통해 개발된 요소기술은 아래 표와 같이 진공유리창호, 진공단열외피모듈을 이용한 외단열시스템, 고성능/고기밀 창호 시스템, PV융합형 창호 및 환기 시스템 등이 있음

표 41. 제로카본 그린홈 적용 요소기술

	명칭	주요내용
	진공유리 창호	- 열관류율(Uw value) 1.0 W/m²K급 초단열 창시스템
	진공단열 외피모듈	- 열관류율(U value) 0.15 W/m²K급 초단열 외피모듈(EPS 복합단열)
	한국형 외단열	- VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/m²K급 초단열외피모듈(VIP+EPS)
	한국형 외단열	- VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/m²K급 초단열외피모듈(PUR)
	한국형 외단열	- VIP융합 열관류율(U value) 0.15W/m²K급 초단열외피모듈(VIP+EPS)
	LS 외동형 고효율 창호시스템	- 열관류율(U value) 1.0 W/m²K급 단열 창호시스템
	PV 융합 고효율 창호시스템	- PV 일체형 창호시스템 - 복층유리내 PV & 차양 일체형 시스템 - 열관류율(U value) 1.0 W/m²K급 단열 창호시스템
	PV 융합 하이브리드 환기시스템	- 환기회수 0.7회 하이브리드 환기 - PV 연계 에너지자립형 환기시스템

(출처: 한국건설기술연구원)

- 제로에너지 최적 분석모형 개발 및 중장기 비용모델에 근거한 시장비용 및 지원 방안 구축을 중심으로 제로에너지 건축비용을 최적화하는 연구가 진행 중: 자재, 설비 시스템, 공사비 등, 제로 에너지 구성요소 DB 및 비용 산정, 건축시장 내 비용저감 유형 개발 필요성 증가
- 패시브기술 + 액티브기술) 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. 패시브 기술관련 건축자재의 성능 향상뿐만 아니라 내부 환기장치에 열회수 장치를 적용하는 등의 액티브 기

12) 기밀테이프와 발코니 열교 차단재 제외

술을 통합하는 방향으로 나아가는 중

- 패시브기술\_자재성능향상) 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 결과값을 비교하여 성능을 구분 짓고 있음. 이에 따라 관련 연구 및 제품의 개발이 이루어지면서 에너지 효율을 증대시키기 위한 효율관리기자재의 창세트 등급제의 강화가 고려되고 있음
- 액티브기술 + 스마트홈기술) 에너지 성능 개선을 위해세대 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

### 3) 국내 소규모 건축물 설계 및 시공 현황

#### ○ 국내 건축 시장 현황 및 문제점

분류	위험요소	현황 및 문제점
기술	설계위험요소	잘못된 설계 디테일 필요정보 누락
	시공위험요소	잘못된 시공 방법 공사기간 및 공사비 부족으로 인한 부실 시공
	하자발생	하자발생 시 대처방안에 대한 이해 부족, 잘못의 반복
	설비 제품·시공	적정용량 산정 제품 미개발 설비 선택의 주체는 사용자(비전문가)
	에너지관리	실측 기반의 데이터 확보 부재 장비의 유의성 문제 건축 전반에 관한 관리의 부재
인력	인력부족	건설인력 및 전문컨설팅 인력 부족
	교육/훈련미비	설계·시공·감리자의 에너지 교육 미비
정책	인식의 결여	거주유형(임대/자가)에 따른 개선의지 부족
	경제적 요인	경제적인 요인으로 쾌적한 삶을 영위하지 못함
	정보의 부족	정보의 부족으로 추가적인 위험 발생
	규제체계의 결여	규제체계의 부족으로 품질을 배제한 시장 활개

#### ○ 설계 현황 분석

- 설계자는 하자가 발생할 수 있는 수많은 요소를 고려하고 그에 합당한 설계를 해야 하며 시공자에게 권한과 책임을 위임하는 행위 및 도면 표기정보의 누락을 경계해야 함



화스너 미표기



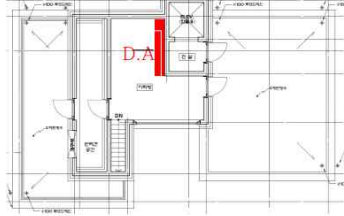
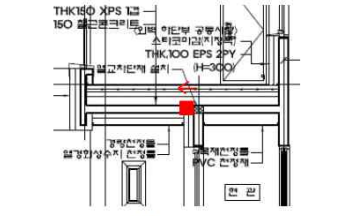
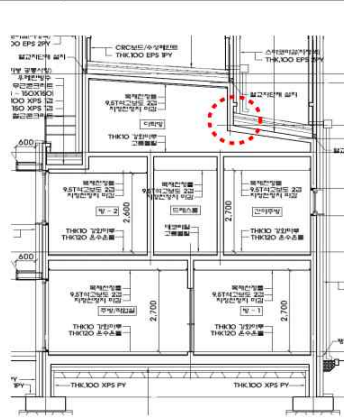
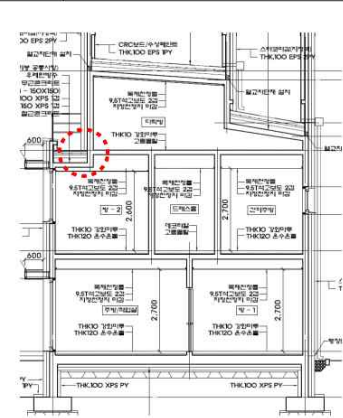
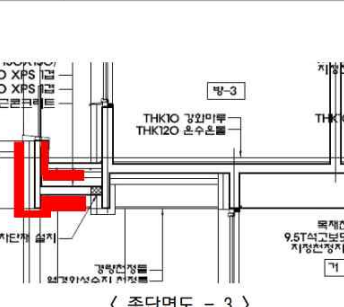
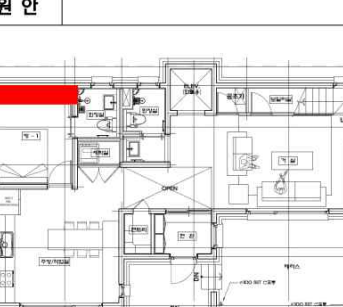
지면접촉 벽체의 디테일



유리의 성능 미표기

- 국가 인증제도의 기반은 건축법이며 기본적으로 점수제이기 때문에 일부 항목의 점수를 낮추고 비교적 쉬운 항목을 강화하는 등의 문제점이 발생함. 따라서, 법규는 최소의 값을 제시함을 인지하여야 하나 제도 및 시장논리로 인해 최소값을 기준으로 삼고 설계가 이루어지고 있음
- 특히, 방수·방화·방습·열교는 단순히 선례에 의존하여 서로 다른 대상 건축물에 동일하게 적용되고 있음.
- 설계 도면에 의해 모든 공정이 이루어지는 만큼 도면은 필요한 모든 정보를 담고 있어야 하며 놓치기 쉬운 디테일에 대한 고려가 필요한 상황임.

- 다음은 소규모 건축시장에서 통용되고 있는 도면을 사)한국패시브건축협회에서 컨설팅한 내용을 발췌한 것으로써, 컨설팅이 수행되지 않았다면 하자발생 및 에너지 성능 저하 상태로 시공되었을 가능성이 있는 사례임

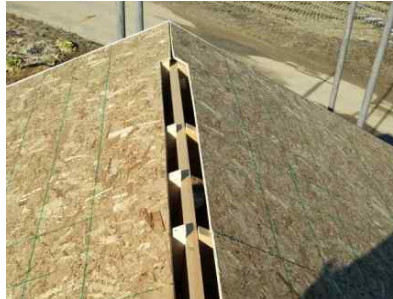
<b>환기</b>	다락층 D.A 공간 설치 필요		<b>열교</b>	열교차단재 설치 위치 잘못됨	
구 분	원 안		구 분	원 안	
내 용	 <p style="text-align: center;">〈 다락층 평면도 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 다락층 환기장치 디퓨저 연결통로가 없음</li> <li>▶ 다락층 통하는 D.A 공간 설치 필요</li> </ul>		내 용	 <p style="text-align: center;">〈 종단면도 - 2 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열교차단재 설치 위치 잘못됨</li> <li>▶ 열교차단재 설치 위치 변경 요망(빨간색 박스 표시로 이동 요망)</li> </ul>	
<b>열교</b>	파라펫-경사지붕 접합부위 열교발생 우려		<b>열교</b>	외벽-발코니 접합부위 열교발생 우려	
구 분	원 안		구 분	원 안	
내 용	 <p style="text-align: center;">〈 종단면도 - 1 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 파라펫-경사지붕 접합부위 열교발생 우려 (대표 부위만 표시)</li> </ul>		내 용	 <p style="text-align: center;">〈 종단면도 - 1 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 외벽-발코니 접합부위 열교발생 우려 (대표 부위만 표시)</li> </ul>	
<b>열교</b>	2층 테라스 불필요한 단열 생략 가능		<b>단열</b>	불박이장 위치이동 요망 (외벽 → 내벽)	
구 분	원 안		구 분	원 안	
내 용	 <p style="text-align: center;">〈 종단면도 - 3 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 2층 테라스 열교차단재 사용과 단열보강이 중복됨</li> <li>▶ 불필요한 단열보강 생략 가능</li> </ul>		내 용	 <p style="text-align: center;">〈 1층 평면도 〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 불박이장 열전달저항으로 인해 하자발생 우려</li> <li>▶ 불박이장 설치 위치 외벽 → 내벽 이동 추천</li> </ul>	

○ 시공 현황 분석

- 시공자는 도면이 의도하는 바를 이해하고 건축물의 하자가 발생하지 않도록 시공하되 원칙을 무시한 채 공기를 단축시키지 않아야 함.



빗물받이의 잘못된 시공



건축원리를 이해하지 못한 시공오류



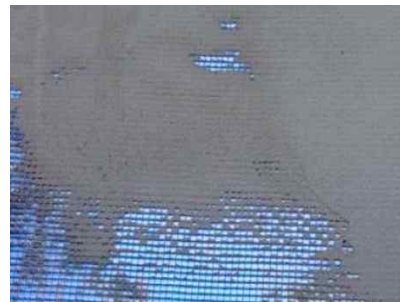
매쉬 부착방법의 잘못



실리콘의 남용



단열재 부착방법의 잘못



매쉬 부착방법의 잘못

- 모든 제품과 자재는 그 사용법이 정해져 있으며 적정 강도 등을 유지하거나 올바른 위치에 시공될 수 있도록 안내되어 있음. 그러나 작업성을 높이기 위해 임의의 변경을 통해 예기치 않은 시공하자가 발생하고 있으며 준공 이후 2~3년 뒤, 뒤늦게 하자가 발생하기도 해 책임소재가 불분명한 상황임
- 따라서, 건축물리를 이해하고 제대로된 시공방법을 이행하는 것만으로도 건축물의 수명을 연장시켜 추가적인 자원이 투입되지 않을 것임.

○ 에너지 분석 및 관리기술

- 현재 수요자 측면에서 서비스의 선택, 사용의 편의성, 통신안정성의 문제보다는 新시장의 주도권을 잡기 위한 공급자의 과잉경쟁으로 인해 시장발전이 더딘 실정



구매 후기

2018-07-09	*점안애사* 완전 꿀템 ㅋㅋㅋ 완전완전!!! 대박 ...	경+영
2018-06-04	—심심하면 오류된다...꺼먹고 안고나기서 폰으로...	최+영
2018-06-03	별로 비추권 코드못는게 4개다 이거쓰긴전엔 각구마다 ...	윤+섭

## ○ 스마트홈 기술 현황

- 가전 사업자 : IoT 기능을 탑재한 가전제품을 개발하고 프리미엄 가전 중심의 스마트홈 시장을 개척중이나 에너지 관리측면보다는 소비자의 편의성에 중심점을 둠
- 통신 사업자 : 포화 수준에 이른 모바일 내수시장에서 기존 네트워크 인프라를 활용한 새로운 비즈니스 모델을 창출하고 있으나 통신 안정성이 뒷받침되고 있지 않음
- 국내 스마트홈 : 과거 유비쿼터스 기술의 모습이 아직까지 남아 있으며 이를 기반으로 IoT, AI 기술과의 융합을 추진 중이나 매력적인 서비스 제공의 부족
- 플랫폼 : 상호운용성 부재, 제한적인 생태계 구축, 성공적으로 안정화된 서비스가 아닌 플랫폼 규격의 중복개발
- 대형 가전사 및 통신사의 서비스는 주도권 확보와 광고를 위해 다양한 서비스를 제공하지만 안정적인 서비스 구현은 어려운 상황이며 사용자의 선택보다는 공급자 중심으로 불필요한 기능을 넣은 제품이 출시되고 있음
- 아파트의 경우 공급업체에서 일방적으로 설치한 시스템을 이용해야만 하며 새로운 디바이스나 서비스의 신설이 어려움
- 일반 소비자가 사용하기 어려운 설정 과정 및 인터페이스를 제공하며 해킹, 악성코드, 개인정보 유출과 같은 보안문제에 대한 대처가 어려움

## ○ 설비 시장 현황

- 건축물의 전체적인 사용에너지에 대한 예측은 일정 수준까지 정립되었으나 설비의 경우 시험성적서에 표기된 수치를 적용한 계산에 그치고 있기 때문에 설비 설계의 결과와 실측 결과값이 다른 상황임
- 생활밀착형 설비 제어 기술은 기본적인 인프라 구축과 더불어 각 사용자의 패턴에 따른 에너지 관리 기술이 필요함. 사용자에 따라 느끼는 온도감이 다르며 구성원의 수에 따라, 생활패턴에 따라 소비되는 에너지의 양과 가격이 다를 것이기 때문임.
- 이를 해결하기 위해 AI(인공지능), Big Data를 활용한 제품들이 출시되고 있으나 아직 초기단계에 머물러 있는 상황임

## ○ 건설 관련 종사 인력 현황

- 외국인노동자
  - 국내 건설업 근로자는 3D업종으로 생각하여 더이상 젊은층의 유입이 원활하지 않고 기존의 국내 인력은 고령화로 인해 건설현장을 떠나고 있는 상황임. 이 빈자리를 채우기 위해 외국인 노동자들의 건설업 투입이 가속화되고 있음.
  - 건설현장 외국인 근로자 비중(퇴직공제 가입 건설근로자 기준)은 2010년 5.7%에서 2011(6.1%), 2012(6.5%), 2013(7.1%), 2014(7.9%)로 증가하는 추세를 보임
  - 이에 따른 가장 큰 문제점은 건축물의 품질인데 첫 째, 언어의 장벽이 존재해 상세한 지시를 내리기 어려우며, 둘 째, 이들은 일용직 근로자이며 체류기간이 종료되면 자국으로 돌아가기 때문에 책임 소재가 불분명해 품질을 확보하기 어려운 상황임.

<산업별 취업자>

(단위: 천명, %)

	취업자 전체	농림어업	광제조업	제조업	건설업	도소매 음식·숙박	전기·운수 통신·금융	사업·개인· 공공서비스	
이민자	868.0	50.0	395.9	394.6	92.5	165.0	10.2	154.4	
외국인	834.2	48.3	382.9	381.6	90.3	154.7	9.5	148.4	
(구성비)	(100.0)	(5.8)	(45.9)	(45.7)	(10.8)	(18.5)	(1.1)	(17.8)	
남자	560.5	33.6	309.0	307.8	86.1	47.0	6.5	78.3	
여자	273.7	14.7	73.8	73.8	4.2	107.7	3.1	70.2	
귀화허가자	33.8	1.6	13.0	13.0	2.2	10.3	0.7	6.0	
(구성비)	(100.0)	(4.7)	(38.5)	(38.5)	(6.5)	(30.5)	(2.1)	(17.8)	
외국인	'16년 5월(A)	835.2	45.2	400.7	400.2	72.3	156.7	11.1	149.1
'17년 5월(B)	834.2	48.3	382.9	381.6	90.3	154.7	9.5	148.4	
증감(B-A)	-1.0	3.1	-17.8	-18.6	18.0	-2.0	-1.6	-0.7	
증감률	-0.1	6.9	-4.4	-4.6	24.9	-1.3	-14.4	-0.5	

그림 68. 외국인 산업별 취업자

(출처 : 이민자 체류실태 및 고용조사 결과, 통계청, 2017)

• 전문 컨설턴트인력

- 현재 건축물 에너지와 관련한 대부분의 컨설팅 업체는 국가 인증을 대행하는데 초점이 맞추어져 있으며 그 이외 분야별로 요구되는 에너지 시뮬레이션의 능력을 갖추고 있음. 그러나 대규모 건축물에 특화된 업무범위로 인해 소규모 건축물을 대상으로 하는 세부적인 컨설팅은 어려운 상황임.
- 특히 소규모 건축물은 처해진 상황이 다양하여 각각의 건축을 일원화/표준화하기에는 어려움이 따르며 직접적인 현장답사 및 해결책을 강구할 수 있는 전문인력이 필요함.
- 따라서 전문교육을 통해 이론적 기반을 마련하고 소규모 건축물을 대상으로 실무에 투입된다면 큰 성과를 얻을 수 있을 것으로 보임

• 교육/훈련 미비

- 건축물 에너지와 관련한 국가 자격증 시험은 대표적으로 건축물에너지평가사와 신재생 에너지발전설비사, 온실가스관리사, 건축물에너지관리사 등 다양하게 시행 중임. 그러나 아직 시행초기단계에 머물러 있어 취득 후 사용처가 명확하지 않음. 따라서 국가 차원의 일자리 창출을 통해 이들의 능력을 적재적소에 활용하는 방안이 필요함.

○ 종합

- 지금까지 건축행태로 인한 하자 발생은 수없이 많으며 이를 분류하는 선행작업을 기반으로 해결책을 권장하는 가이드라인 개발이 필요함.
- 소규모 건축에서의 하자발생은 경제적인 이유로 인해 본질적인 개선이 어려운 상황이며 국가차원의 지원제도 등에 대한 고려가 필요함.
- 사용자의 쾌적성 및 건축물의 에너지성능을 향상시킬 수 있는 방법은 이미 전 세계적으로 검증된 패시브하우스의 기술요소에서 차용할 수 있으며, 신축부분에서는 이를 개선 발전시켜 고효율화하는 방법을, 리모델링 부분에서는 가격을 낮추고 성능을 확보하는 방식을 택하여 적용해야 할 것임.
- 신재생에너지를 비롯한 액티브기술, 스마트기술이 과하게 적용되었을 경우 개별 사용량보다 건물을 유지하는 데 들어가는 관리비용이 과하게 요구되는 등 이상 현상이 발생할 수 있으므로 유의 하여야 함.

## 나. 국외 기술동향

### □ 유럽의 패시브 건축 기술 정착

- 독일, 오스트리아를 비롯한 중부유럽에서 패시브 기술은 발전기를 넘어 성숙기에 접어들고 있음. 단독주택, 저층형 공동주택 및 다가구 주택과 같은 주거시설은 물론 유치원, 소형 오피스 등 대부분의 건축물이 패시브 기법으로 설계, 시공되고 있으며 非(비) 패시브 주거 건축물의 경우 제도적으로 큰 손실을 감수하여야 함



그림 69. 중부유럽의 패시브하우스 건축물 사례

(출처 : 한국패시브건축협회 실무자교육교재, Google 이미지검색)

- 패시브 설계/시공 기법 이외에도 친환경 요소도입, 액티브 시스템 적용, 에너지 전략에 대한 제도적 장치 등의 통합적 접근을 통해 에너지 절감이라는 실질적 결과를 얻고 있음
- 장기간의 경험치를 토대로 패시브 요소기술 적용에 관한 다양한 디테일을 보유하고 있으며 자재개발 측면에서도 선진시장을 개척해 나가고 있음. 무엇보다 설계/시공자의 올바른 태도와 건축주의 관심이 이루어낸 결과라 하겠음

□ 해외 신축 제로에너지 건축물 주요 사례

<b>1) 주거용 건축물</b>	
<b>주택단지</b>	
<b>핀란드 Eco-Viikki</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 헬싱키 환경 아젠다 21프로그램에 따라 환경친화적인 주거복합도시를 실현한다는 목적으로 생태과학과 농업, 생태기술 등을 활성화시킬 수 있는 국제연구센터와 함께 자연보존을 모토로 주거복합도시를 구현</li> <li>• 핀란드 환경부와 핀란드 건축협회, 핀란드 국립기술국, 헬싱키시 도시계획과가 참여</li> <li>• 전체 면적은 약 100만제곱미터, 주택과 일부 상업시설, 커뮤니티 시설, 헬싱키 대학 건물 일부로 구성</li> <li>• 난방에너지 소비 측정치: 120kWh/m<sup>2</sup> (일반주택에 비해 에너지 25% 절감)</li> </ul>	
	
그림 70. Eco-Viikki 전경	그림 71. Eco-Viikki의 주택
<b>스웨덴 Hammarby Sjoestad</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1950년대와 1960년대 양적 성장기와 1970년대 행정 시스템 개편을 거친 스톡홀름은 1990년대 들어 주요 정책 추진 내용 중 "환경친화적인 도시 건설"을 목표로 하여 시를 관리하고 있으며 이러한 정책에 따라 친수·자원 순환형 생태적 계획도시 건설</li> <li>• Hammarby Sjoestad는 스톡홀름 도심 내 자연과의 경계지역에 새로 조성된 주거지로서 새로운 건축과 현대 기술이 접목된 지속가능한 주거지를 목표로 조성</li> <li>• 건축물 에너지 50%절감의 목표 설정. 실제로는 30~40% 절감</li> <li>• 패시브 기술요소(벽체와 창호의 단열 및 기밀성능)적용</li> <li>• 풍력에너지를 이용한 차양장치 적용</li> <li>• Hammarby Sjoestad의 에너지원은 스톡홀름에서 4가지 종류의 에너지원을 통해 75%를 지원받음(바이오가스 32%, 소각열 26%, 폐수열22%, 화석에너지 20%)</li> <li>• 아파트 외부에 부착된 집광판을 통해 수집한 태양에너지로 전력 생산 및 급탕 이용</li> </ul>	
	
그림 72. Hammarby Sjoestad 전경	그림 73. 주택에 설치된 태양열집열판

### 영국 Upton

- 영국의 주택공급문제 해결을 위한 뉴타운에 에너지요소를 더했으며 환경에 대한 정책적 규제와 지원이 종합적으로 잘 이루어진 사례
- Upton의 모든 주택은 당시에 BREEAM/Ecohomes의 우수(EXcellent) 등급 이상을 받도록 계획되었으며, 이는 2007년 개편된 지속가능주택 기준(Codes for Sustainable Homes)의 규정에서 Level 4 (2006년 일반주택 대비 44%의 에너지소비를 절감)에 해당
- 일부 주택은 Level6(탄소배출이 없는 주택)으로 건설기준이 상향조정되었으며, 해당주택은 영국 최초 상용화된 제로카본 주택임. 제로카본 주택은 시 정부에서 매입하여 저소득층 임대용으로 사용될 예정
- 신재생 에너지는 태양에너지를 적극 활용함. 온수와 전기를 생산하기 위한 태양열과 태양광 이용함. 소형열병합 발전 도입을 하였으며, 사업 후반기로 갈수록 강화된 에너지기준과 신재생 에너지를 적극 적용



그림 74. Upton의 주택가

### 독일 Vauban

- Vauban의 주택들은 일반 독일 주택에 비해 에너지를 최소 70%정도 절감하도록 계획하였으며, 당시 신규주택과 비교해도 40%의 에너지를 절감할 수 있는 수준으로 계획
- 건축당시 난방에너지 소비기준은 65kWh/m<sup>2</sup>였으나 실제로는 45kWh/m<sup>2</sup>를 소비하여 목표한 수치보다 에너지 사용이 적었음
- 난방에너지 소비기준이 15kWh/m<sup>2</sup>인 패시브하우스도 150호 정도 계획
- 단지 전체적으로 CHP(열병합발전) 지역난방이 도입. 에너지원은 우드펠릿 80%, 천연가스 20%로 구성
- 태양에너지: 1차공사 완료시기인 2000년 당시 태양광 발전용량은 120kW였으며, CHP와 태양에너지가 전체 전기수요량의 65%를 충당함. 후반기에 지은 쉴리 태양단지에는 태양에너지를 활용한 플러스 에너지주택이 60호 이상에 이르며, 일부가구는 전기 판매로 연평균 4,000유로의 소득 발생



그림 75. Vauban 단지 주택가



그림 76. Vauban의 공동주택

## 다세대주택

### 벨기에 De Duurzame Wijk, Waregem

- Net-Zero Energy building을 목표로 하는 소규모 공동주택
- 7개의 가구를 위한 각각의 주거 공간과 1개의 넓은 커뮤니티 공간으로 구성
- 조적식 벽과 콘크리트 슬래브 구조
- 기밀성 2.5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>at 50 Pa 목표
- BREEAM standards를 만족하는 조명기기 설치
- 바이오매스를 원료로 하는 가스보일러 설치
- 연간 1차에너지 요구량 : 가스 31 kWh/m<sup>2</sup>, 전기 18 kWh/m<sup>2</sup>, PV -55 kWh/m<sup>2</sup>, 총 -6 kWh/m<sup>2</sup>
- 재생에너지 기여 비율 : 총에너지의 59% (1차에너지의 112%)



그림 77. De Duurzame Wijk 공동주택 전경

## 단독주택

### 이탈리아 ENERGY BOX

- 연면적 173m<sup>2</sup>의 3층 규모 단독주택, 철근콘크리트 구조
- 10kW 용량의 지열 히트펌프로 건물 냉난방
- 폐열회수장치를 포함한 환기시설



그림 78. Energy Box 전경

## 2) 비주거용 소규모 건축물

### 미국 Coastal Maine Botanical Gardens의 Bosarge 가족 교육 센터

- LEED-Platinum, net-zero, 주변 환경과 조화 된 아름다운 건물을 목표
- 패시브 솔라 기법과 지붕에 설치한 태양광발전패널, 태양열집열기로 생산한 재생에너지로 Net-Zero 실현
- 135 개의 광전지 패널이 남쪽을 향한 지붕에 설치되고 추가로 102 개의 패널 어레이가 근처의 열린 필드에 배치
- 태양광 설비로 연간 55,184kWh의 전력 생산



그림 79. 지붕의 태양광 패널

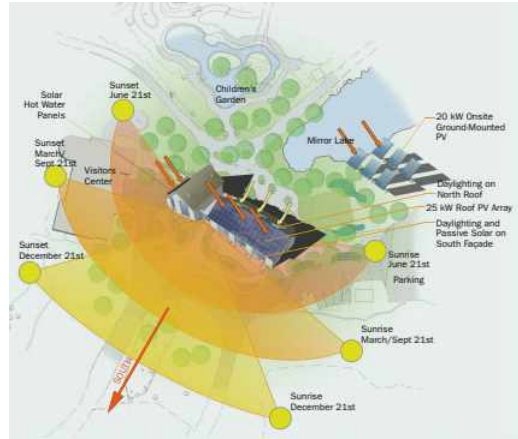


그림 80. 패시브 솔라 기법 적용 개념도



그림 81. 연간 전기 사용량과 생산량 (측정기간 : 2012-2013)

### 미국 Putney School Field House

- 지속가능성을 추구하는 Putney 학교의 체육관으로 운동시설 및 커뮤니티 공간으로 활용
- 도시열섬효과 저감 및 실내냉방에너지부하 감소를 위한 쿨루프 적용
- 탄소배출량 100% 절감을 목표
- 태양광패널을 통해 연간 36.8kW의 전력 생산
- 조도센서와 모든 조명기기가 연동되어 작동하므로 자연채광 활용이 극대화
- 대기질 측정 센서와 연동하여 열회수형 환기장치 가동
- 지열난방과 히트펌프 적용
- 충분한 단열로 실내 에너지 사용량 저감



그림 82. Putney School Field House 전경

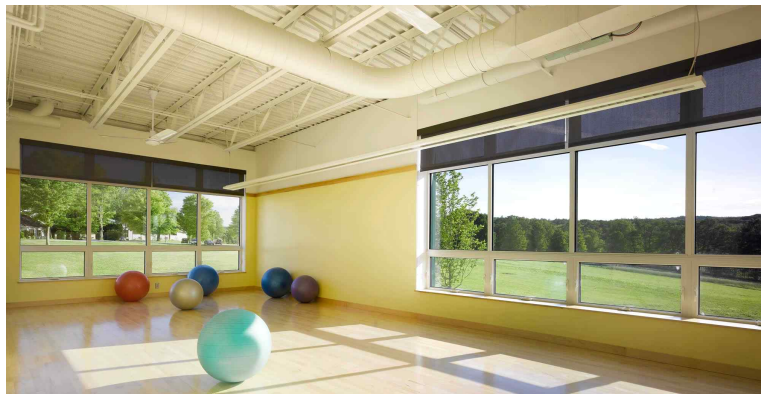


그림 83. 자연채광을 활용해 조명 사용을 줄인 대공간

**벨기에 KBC Gooik Zero Energy Office**

- 연면적 265m<sup>2</sup>의 은행업무를 목적으로 하는 건축물
- 높은 성능의 단열재와 삼중유리창 사용, 옥상녹화 적용
- 자연채광을 최대한 활용하기 위한 디밍제어 시스템
- 태양광패널을 통해 연간 89.7kWh/m<sup>2</sup>의 전력 생산
- 최종 에너지 사용량의 77%를 재생에너지로 충당



그림 84. KBC Gooik Zero Energy Office 전경

### 아일랜드 Post Primary School Research Project

- 연면적 4,681㎡의 공공건축물
- CO2 센서에 의해 자동으로 환기장치 가동
- 바이오매스를 원료로 하는 보일러를 사용하는 등 총 21가지의 친환경 기법 적용
- 총 에너지 사용량의 40%를 재생에너지로 충당
- 일반건물의 50% 이상 단열성능 향상



그림 85. Post Primary School Research Project 전경

#### □ 패시브기술) 자재성능향상

- 건축 자재는 패시브 기술 발전을 바탕으로 유럽 국가가 기술개발 및 시장을 선도하고 있음. 특히 패시브 기술인 건물 외피 부분에서 외단열 시스템이나 로이코팅된 이중유리의 시장 성숙도가 매우 높음
- 유럽 주요 국가의 창호, 커튼월은 U-value 1.3W/㎡K급이 시장 주력 상품이나 이미 다중격막(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 0.6W/㎡K급 창호 커튼월 제품까지 기술개발 될 것으로 예상됨
- 벽체, 지붕, 바닥을 포함한 외피제품은 U-value 1.5W/㎡K급이 주력 상품이며, 최근 핵심소재로서  $\lambda$  0.008W/mK급 진공단열재의 건축자재 제품화 급격히 추진 중, 해외의 고성능 단열재 및 외피시스템 시장은 건축물에 사용하는 단열재는  $\lambda$  0.03~0.04 W/mK급으로 형성되어 있으나  $\lambda$  0.003 W/mK 이하의 고성능 단열재는 핵심기술을 대부분 선진국에 의존하고 있음

□ 자재정보구축) 자재/기술 인증 및 시스템 구축 현황

- 자재 및 설비 정보 데이터베이스는 자재 생산업체와 도면, BIM 정보 등 상세 제품 정보 구축되어 있음
- 미국 그린빌딩협회의회(USGBC)는 홈디포(Home Depot)와 공동으로 온라인 그린홈제품 데이터베이스를 개설 및 운영 건축 자재 정보, 자재 관련 기술 등을 제공

□ 건물 요소 기술/비용 최적화 시스템

- EU 등 주요 기술 국가들은 최적 비용으로 제로에너지 건축물을 구현하기 위해 지원을 아끼지 않는 중, 제로에너지 건축물 의무화를 대비해 일정 비용 내에서 시장비용이 최저가 되도록 방안을 강구하는 중
- 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
- 유럽 및 주요 기술국가의 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
- BPIE(Buildings Performance Institute Europe), European Commission 등에서는 제로에너지 건물을 위한 비용 최적화에 대한 연구를 진행하고 있고, 건물 에너지성능 요소기술별로 개발한 최적화 방법론에 대하여 case study 분석을 진행

□ 액티브기술\_에너지세이빙 기술) 히트펌프 기술

- 히트펌프는 저온의 열원(공기열, 수열 및 지열, 폐열원 등)에서 열을 흡수해 고온의 열을 생산하는 기기로 적은 구동 에너지(전기, 가스 등)를 이용해 보다 많은 에너지를 열의 형태로 공급하는 고효율, 친환경적인 기기, 히트펌프는 투입에너지대비 산출에너지가 평균 3~4배에 달하며 가스보일러나 기름보일러대비 온실가스 배출량도 40~50%밖에 되지 않아 에너지절감 효과가 큼
- IEA의 에너지기술전망보고서 ETP2010에서는 2050년까지 건물에너지 부분의 온실가스 배출 저감량의 60% 이상을 히트펌프가 기여할 것으로 예상
- 스웨덴에 본부가 있는 히트펌프센터는 현재의 히트펌프 기술만으로도 전세계 온실가스 배출량을 8%까지 감축할 수 있다고 보고 함, 이는 이산화탄소 배출량으로는 500MW급 석탄화력발전소 약 500기, 자동차 5,200만대에 해당하며 이산화탄소 흡수량으로는 한반도 면적의 2.2배 면적의 열대우림이 필요한 정도, 특히

EU에서는 2008년 12월에 공기, 물, 토양을 이용한 히트펌프 활용기술을 히트펌프로 포함할 것을 법제화 함



그림 86. 히트펌프 개념도

(출처 : google 이미지 검색)

- 실제 히트펌프는 효율측면에서는 어떤 기기보다도 우수하지만, 생산할 수 있는 온도는 80℃ 이하의 온수로 제한돼 있으며 추운 겨울에는 효율과 용량이 감소하는 점이 한계로 지적 됨, 그러나 최근 급속한 발전에 힘입어 냉난방, 급탕, 건조 등 생활에 필요한 수준의 열은 히트펌프에 의해 안정적으로 공급 가능 또한 공기열원 히트펌프 외에도 지열히트펌프, 수열히트펌프 등의 다양한 열원을 활용하는 기술들로 확대 적용 중
- 독일, 일본, 미국 등 히트펌프기술 선진국에서는 전통적인 냉난방에서 나아가 활용도를 더욱 높이기 위해 생산온도를 높이는 연구를 수행 중, 실제 산업부문에서는 100℃ 이상의 고온을 공정에 활용하기 때문에 기존의 히트펌프기술로는 한계가 있음, 그러나 최근 독일의 Combitherm에서는 120℃의 가압온수를 생산하는 히트펌프를 출시하고 일본의 고베스틸에서는 저압증기를 생산하는 히트펌프를 출시하는 등 기술의 진보를 보임 또한 제로에너지건물이나 에너지저장과 연계해 히트펌프를 적극적으로 활용하는 방안과 지역냉난방용으로 히트펌프를 중심설비로 활용하는 등 다양한 응용 연구들이 진행 중임
- 히트펌프기술의 발달은 시장 활성화로 이어짐, 2005년 이후 유럽의 히트펌프시장은 유럽의 경제위기에도 불구하고 연평균 8.4%씩 성장해왔으며 물량으로는 2012년 기준으로 약 5,400만대가 보급돼 대중적인 기기로 인식되는 상황

## 일본 히트펌프 기술 사례

### 제품명: 에코큐트(Eco-Cute)

일본에서는 대기에서 추출한 열을 이용해 물을 가열하고 공급하는 CO<sub>2</sub> 냉매 히트펌프 급탕기 '에코큐트(Eco-Cute)'가 개발되어 시장에 출시된 후 2001년부터 2016년까지 500 만대 이상 보급, 전기로 운전하기 때문에 기존 가열 급탕방식보다 적은 에너지로 효율적인 운영이 가능

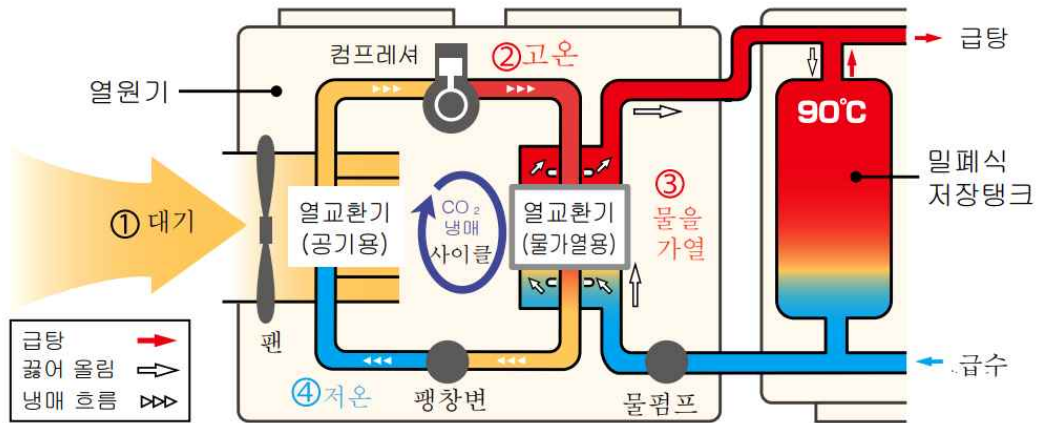


그림 87. 에코큐트의 작동 원리

- 히트펌프 유닛과 온수를 보관하는 저장조 유닛으로 구성. 일반적인 히트펌프에서 사용하는 CFC, 할로알케인 냉매가 아닌 CO<sub>2</sub> 냉매를 사용해 환경영향도가 낮음
- 전기로 운전하기 때문에 기존 가열 급탕방식보다 적은 에너지로 효율적인 운영이 가능하고 저렴한 심야전력을 활용해 에너지 비용을 절감하는 것 또한 가능
- 20°C의 주변 공기에서 315L의 17°C 물을 65°C로 가열하는데 약 4시간이 소요되며 최대 90°C의 온수 생성
- 에코큐트의 효율은 시장에 투입한 지 6년 만에 50%이상 효율이 개선됐으며 이산화탄소 배출량도 일반 연소식 급탕방식에 비해 65% 이상 절감 가능
- 20여 종 이상의 다양한 라인업을 보유하고 있으며 저장조 유닛에 동결예방히트를 내장한 한랭지 사양 등 다양한 기후에서 적용 가능한 모델 개발. 일반 지역용 모델에서는 -10°C의 외기로 급탕이 가능하며 한랭지용 모델은 -25°C의 외기에도 보조 열원을 사용해 급탕이 가능
- 목욕 후 남은 물의 열에너지를 다시 저장조로 회수하는 배열회수 기능도 보유
- 바닥난방 설비 및 공조기와 연동가능한 모델의 에코큐트도 있지만 한화 약1,000만원 정도로 고가
- 에코큐트와 연동가능한 공조기'i-미스트'는 미스트 기능이 있는 공조기로 욕실에만 적용 가능한 1개실용 모델과 주택의 다른 실에도 적용 가능한 3개실용 모델이 있음
- ECHONET Lite 통신 규격을 통해 HEMS와도 연동가능하며'에코나비'마크가 있는 제품은 욕실 내 컨트롤러 패널의 동작센서와 연동되어 재실자 유무를 판단해 욕조자동보온 기능 작동
- 협소한 공간에도 적용할 수 있도록 다양한 규격의 저장조 컴팩트 모델을 출시. 성능대비 얇은 두께의 고성능 단열재를 사용해 저장조 소형화 구현. 또한 히트펌프 유닛을 배란다에 설치할 수 있는 공동주택 모델도 개발
- 2016년 일본 냉동공조 협회가 에코큐트 구매자를 대상으로 만족도 조사를 한 결과 사용자의 40%가 만족, 56%가 다소 만족으로 96%가 긍정적 응답을 한 것으로 나타남

표 42. 에코큐트 저탕조의 다양한 모델 규격



저탕ユニット設置面積 **0.408m<sup>2</sup>**



**일반 저탕조 모델**

저탕ユニット設置面積 **0.246m<sup>2</sup>**



— 저탕ユニットと外機の間が通行可能。  
ゆとりスペースを確保。

**너비 최소화 모델**

저탕ユニット設置面積 **0.47m<sup>2</sup>**

隣接する障害物との距離が約59cmあれば設置可能です。  
ヒートポンプユニットの吹き出し側に障害がない場合、本体の  
搬入・搬出ができるスペースおよび通路を確保してください。



**깊이 최소화 모델**



**일반 저탕조 모델**

표 43. 에코큐트의 기능별 대표모델

모델명	기능	규격	가격
HE-J37JZS	히트펌프 급탕	370L (3-5 인용)	672,000 엔
HE-N37JQS	히트펌프 급탕 HEMS연결 가능	370L (3-5 인용)	832,000 엔
HE-JPU37JXS	히트펌프 급탕 온천·산소목욕 기능 HEMS연결 가능	370L (3-5 인용)	1,086,000 엔
HE-D37FQMS	히트펌프 급탕 바닥난방 연결 가능 HEMS연결 가능	370L (3-5 인용)	905,000 엔
HE-D37FYMS	히트펌프 급탕 바닥난방 연결 가능 공조시스템 연결 가능 HEMS연결 가능	370L (3-5 인용)	920,000 엔

표 44. 에코큐트 연결용 공조기 (i-미스트)







**1개의 실 용**

모델명 : FY-28US3HP  
가 격 : 329,000엔

**3개의 실 용**

모델명 : FY-28UST3HP  
가 격 : 351,000엔

표 45. 에코큐트와 연결된 공조기‘i-미스트’의 기능

난방	의류건조	환기	냉방
			

- 국내상황) 국외 여건과 달리 국내의 히트펌프의 보급과 시장인식은 우호적이지 않음, 1990년대부터 보급되기 시작한 히트펌프는 동절기 성능이 나빠 시장의 불신을 조장했으며, 동절기 전력난의 주원인으로 지목받는 등 난방기기로서 중심적인 역할을 하지 못하고 있음
- 2000년대에 들어서 비로소 대기업 위주로 보급 중이나, 시장에서는 여전히 보일러의 점유율이 높으며 전기히터, 전기장판과 같은 구조가 간단하고 초기 투자비용이 저렴한 경쟁기술들을 선호함
- 바닥 난방과 공기 냉방을 선호하는 국내 주거환경과 누진전기요금제로 인해 가정용 히트펌프 보급은 제한적이지만 공동주택, 상가, 공장 등에서의 활용가능성은 높은 편. 일례로 최근 전국적인 A/S망을 갖춘 유수의 보일러 전문기업들이 히트펌프산업으로 뛰어들고 있는 것으로 보아 빠른 미래에 난방시장이 히트펌프로 재편될 것으로 전망 됨

□ 액티브기술\_LED 조명 + 통신 기술의 결합) Li-Fi 기술

- 빛에 디지털 정보를 실어 보내는 데이터 전송 기술인 라이파이(Li-Fi)가 차세대 통신으로서 주목을 받고 있음
  - Li-Fi란 적외선에서 근자외선까지 스펙트럼의 빛을 이용한 5세대 이동통신기술로, LED에서 나오는 빛의 파장을 이용해 정보를 전달하는 가시광 통신(VLC: Visible Light Communication) 기술의 보조 방식을 말함
  - Li-Fi는 조명이 있는 곳이면 어디서나 사용할 수 있으며, 인체에 무해하고 짧은 도달 거리, 저비용, 고속 통신, 안정성, 보안성 등 다양한 장점을 가지고 있음
- 이에 따라 국내외 많은 조명기업들이 Li-Fi 기술을 융합한 신제품 및 신기술을 속속 소개하고 있는 가운데 최근 프랑스 조명기업들의 움직임이 크게 눈에 띈다
- 프랑스사례) 프랑스 Lucibel社は 수백만 유로를 Li-Fi 기술을 융합한 LED 조명 기기, USB키 및 수신기 연구개발 및 생산라인 설치에 투자, 데이터 전송속도 초당 42MB의 Li-Fi 제품을 상용화
- Li-Fi 조명기기와 수신용 USB 키로 구성된 제품의 단가는 2,300유로(약 286만원)로, 현재로서는 가격이 무척 높은 것이 단점

- 현재 시범설치 사업 활발히 진행 중, 대형 유통점 까르푸는 지난 2015년 5월부터 이미 주요 매장에 Li-Fi LED를 설치해 테스트 중이며, 마이크로소프트 프랑스 법인은 파리 인근 혁신센터에 Lucibel의 Li-Fi를 설치, 또 프랑스 주요은행 중 하나인 소시에테제네랄의 자회사인 소제프롬(Sogeprom)은 라데팡스 사무실에 Li-Fi LED를 시험용으로 설치 함
- 공공기관에서도 시범적 설치 중, 프랑스 남부 페르피냥(Perpignan)시의 공립병원 은 응급실에 관련 제품을 설치, 프랑스 국철회사(SNCF)도 2012년부터 점진적으로 객차에 설치된 전자게시판에 Li-Fi 기능을 도입해 지나치는 지방 관련정보, 도착 시간, 열차 지연 안내문 등을 게시 중, 또 프랑스 남부 소도시에서는 가로등에 Li-Fi를 설치해 스마트조명의 효과를 테스트 중

□ 액티브기술) BEMS 기술

- 1980년대부터 미국, EU, 일본 등 주요 기술 보유국을 중심으로 초기시장이 형성 되었으며, 현재 미국의 하니웰과 존슨컨트롤즈 및 ALC, 독일의 지멘스와 슈나이더, 일본의 아즈빌, 캐나다의 델타컨트롤스 등 다국적 기업이 세계시장을 주도하고 있음
- 주요 기술 보유국 또한 능동형 자동제어 기능과 에너지 성능 최적화 프로그램을 모두 갖춘 고성능 BEMS는 여전히 초기 개발단계에 머물고 있으나 최근 경제여건 악화 및 에너지 위기로 건물에너지를 효율화하여 유지관리 비용을 줄이려는 시장수요가 점차 증가하는 추세에 있음

<p><b>미국</b></p>	<p>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 연구를 활발히 진행 중임</p>
<p><b>유럽</b></p>	<p>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, 사후처리기술, 통합화 기술 등 관련 연구 수행 중으로 고성능 BEMS를 실제 건축물에 적용할 수 있는 기술수준에 도달</p>
<p><b>일본</b></p>	<p>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 함, 또한 BEMS 운용 전문인력의 직접고용이 곤란한 중소형 건축물을 대상으로 중앙관제센터에서 다수의 건축물을 네트워크를 통해 통합 관리하는 그룹 관리시스템 도입 중</p>

□ 액티브기술) HVAC&R: Heating, Ventilating, Air Conditionning & Refrigeration

- (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

□ 스마트 홈 기술

- 사물인터넷(Internet of things, 이하 IoT)은 모든 사물에 센서를 부착하여 정보를 수집하고, 수집된 데이터를 토대로 사물을 자동적으로 제어하는 기술
- 주거에 필요한 생활환경에 지능화 기술 기반의 IoT를 융합하는 개념으로 집이라는 공간이 아닌 개인의 생활 전반에 초점이 맞춰지는 특성, 단순히 자동화 된 인프라가 아닌 집 안 사물들이 사용자와 소통하고 스스로 판단해 동작하는 능동적 경험을 제공하는 환경을 의미 함



표 46. 국내·외 홈IoT의 정의

구분	정의
LG경제연구원	TV, 냉장고, 세탁기 등 집안의 다양한 기기들이 네트워크에 연결되어 지능형 서비스를 제공할 수 있는 주거 공간
한국스마트홈산업협회	인간이 거주·생활하는 공간 및 기기에 ICT를 접목하여 편리, 안전, 즐거움, 경제 등의 가치를 제공해주는 기술 및 서비스 환경
한국방송통신전파진흥원	유무선 통신망과 디지털 기기를 기반으로 편리하게 가정환경을 관리할 수 있는 유비쿼터스 홈네트워크 시스템과 그러한 시스템이 구축된 주거 공간
구글	조명, 난방, 보안, 가전 등을 원격으로 스마트폰과 컴퓨터로 제어할 수 있는 전자 설비·기기가 구축되어 생활 편의를 제공하는 주거 공간
MIT	거주자의 사용자 경험을 쉽게 축적하고 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 스마트 리빙 공간으로 지능형 가전, 웨어러블, 에너지, 주방, UX 기술 등을 포함
Intel	홈IoT는 커넥티드홈과 달리 거주자에게 새로운 가치를 제공하기 위해서 다수의 기기로부터 데이터의 생성·분석이 요구됨

(출처 : 한국정보화진흥원)

○ 스마트 홈 기술 제품

표 47. 스마트홈 제품

LG U+ IoT 플러그	귀뚜라미 IoT 보일러
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기사용량 실시간 확인</li> <li>- 스마트폰 어플리케이션과 음성인식 기반 인공지능 서비스를 통해 가전제품 원격 제어</li> <li>- 사용자의 행동 패턴에 맞추어 자동 제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도심형 생활주택용 IoT 보일러 개발</li> <li>- 월 패드와 스마트폰 어플리케이션을 통해 보일러 운전 및 조작이 가능</li> <li>- 기존 귀뚜라미 보일러에도 IoT 원격조절기만 설치하면 IoT 보일러로 활용 가능</li> </ul>

○ 소규모 건축물 스마트 홈 기술 사례

국내사례 - 하이센하우스	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종합 주택건축 기업 하이센 하우스는 원격으로 주택의 모든 상태를 확인하고 제어할 수 있는 <b>홈오토메이션시스템</b>을 전원주택에 도입해 소규모 주택에 스마트 홈 구현</li> <li>- 냉난방 제어, 가스누출 및 화재 감지, 조명 스위치 조절 등의 기술을 통합 관리 할 수 있도록 주택의 건설 초기에 연동 시스템 도입</li> <li>- 하이센 하우스와 비전에프에이가 공동 개발한 독립 스마트 홈 서버인 휴모트로 스마트 홈 내 IoT 서비스망에 연결된 모든 기기 통합제어 가능</li> </ul>	
표 48. 하이센하우스 ‘홈오토메이션시스템’	
	
하이센 하우스	독립 스마트홈 서버 휴모트(비전에이에프)
(출처 : <a href="http://cjhouse.co.kr">http://cjhouse.co.kr</a> , <a href="http://humote.co.kr">http://humote.co.kr</a> )	

## 미국사례 - 카시타 스마트 조립식 주택



그림 88. 카시타 조립식 아파트, 미국 텍사스 오스틴  
(출처 : digitaltrends.com)

- 고유의 도킹 시스템으로 이동이 쉬움, 카시타의 독이 있는 곳이라면 어디든 옮겨 설치할 수 있음 현재는 미국 오스틴 시에만 독이 설치되어 있으나, 다른 도시로 확장하기 위해서 노력 중, 새로운 도시에서 일하게 됐을 때 집 전체를 옮겨서 슬롯 이용료만 지불하면 됨, 하나의 독에 최대 10층까지 쌓을 수 있다
- 식기 세척기, 인덕션, 쿡탑, 오븐 등 기본 물품 외에 네스트 온도 조절기, 아마존 에코, 캐스퍼(Casper) 퀸사이즈 매트리스, 뷰 다이내믹 글래스(View Dynamic Glass), 휴(Hue) 조명 등 스마트 기기가 주택에 연결

## 일본사례 1 - 오사카 가스의 스마트 에너지 하우스

- 스마트 에너지 하우스는 3전지 시스템 (연료 전지 · 태양 전지 · 축전지)과 부하를 종합적으로 관리함으로써 전기뿐만 아니라 열까지 포함한 가정 내 에너지 사용의 최적화를 실현하는 주택
- 세키스이 하우스와 함께 2011년 2월부터 실용화를 위한 기술 확립을 실시하고 실증 실험을 진행
- 에너지 소비 기기 (가스 기기, 가전 기기) 및 태양 전지 등의 에너지 절약성능이 매년 향상되고 있지만 기기 자체의 성능 향상에 한계가 있기 때문에, 스마트 에너지 하우스에서는 기기 간 네트워크 연결로 에너지 수요 정보와 공급 정보를 활용하여 사용자의 편리성·쾌적성을 향상함과 동시에 대폭적인 에너지 절약의 실현을 가능하게 함
- 전기 사용량이 적은 심야 시간대 등에 축전지를 충전 제어함으로써 연료 전지의 출력을 증가시키고 연료 전지의 발전 효율을 향상시킬 수 있도록 하는 '3전지 시스템'을 적용. 축전지에 충전 된 전기는 전기 사용량이 많은 저녁부터 야간에 걸쳐 사용하여 연료 전지에서 발전한 고효율 전기를 효율적으로 사용 할 수 있음. 또한, 발전과 동시에 발생하는 폐열을 온수와 난방에 이용함으로써 CO2 절감 기대
- 2010년도에 건축 기술 평가 주택과 거주 실험 주택의 2개 주택을 이용하여 각 기술 개발 과제의 평가·검증 및 외부에 정보를 공유하고 있음
- 거주 실험 주택에서 연료 전지·태양 전지·축전지의 3전지 시스템의 도입으로 연간 90%의 절전, 106%의 CO2 배출량 삭감, 30만 엔의 광열비 절감 효과를 입증 (측정기간 : 2012년 2월 1일~2013년 1월 31일)



그림 89. 스마트 에너지 하우스 개념도

(출처 : 오사카 가스 홈페이지, <http://www.osakagas.co.jp/company/csr/feature/02.html#1>)



그림 90. 기술 평가 주택



그림 91. 거주 실험 주택

## 일본사례 2 - 후지사와 SST(Sustainable Smart Town) 사례

### 후지사와 SST 개요

- 2014년 11월 개장
- 사업규모: 약 19헥타르(ha), 총 사업비 약 600억 엔, 약 1000가구, 인구 약 3000명
- 가나가와 현 후지사와시(市)에서 개발하고 있는 민간과 공공 분야의 공동 프로젝트

### 후지사와 SST 개념

- 스마트 주택단지를 조성해 절전형 미래도시 실증
- 첨단 기술 인프라를 기반으로 한 실제 라이프 스타일 반영 도시를 개발하는 것이 목적
- 에너지, 보안, 이동성, 웰빙, 커뮤니티, 응급상황 등 실제 라이프 스타일의 모든 부문이 적용대상
- 실제 라이프 스타일에 기반한 아이디어로 지속적인 발전을 지향
- 완공 후 30년간 발전(develope), 이후 30년간 성숙(mature), 이후 30년간 진화(futher evolve)의 단계를 거치는 100년의 비전을 가지고 있음

### 후지사와 SST의 목표

환경측면 목표	이산화탄소 배출량 70% 저감 (1990년 대비) 물 소비량 30% 저감 (2006년 대비)
에너지측면 목표	재생에너지 사용 30% 이상
안전 및 보안 측면 목표	생명선(Lifeline) 3일 유지

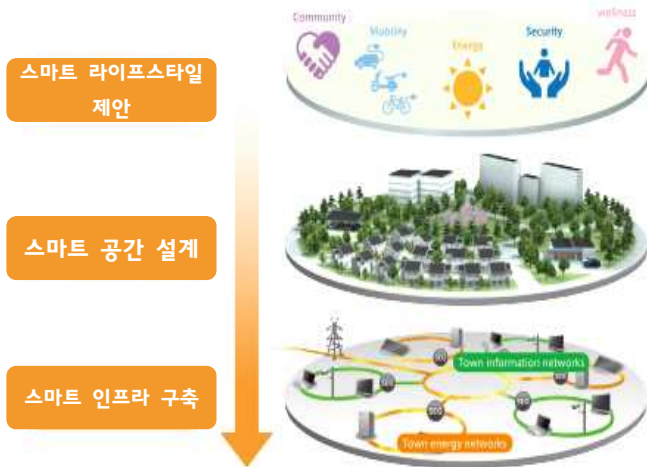


그림 92. 후지사와 SST의 컨셉

단지 구성

<b>Wellness Square</b>	노인간호시설, 노인복지시설, 진료소, 보육원, 방과 후 교육시설 등 노인과 아이들의 상호관계를 통해 지식과 기술을 공유하고 사회적 니즈를 충족시킴
<b>Committee Center</b>	- 타운의 각종 행정업무 처리가 가능한 핵심시설 - 위원회 사무실, 회의 및 행사 개최 등 타운 운영에 필요한 시설로 구성
<b>Shonan T-site</b>	쇼핑센터
<b>Fujisawa SST Square</b>	- 타운의 중심역할을 하는 광장 - 주민간 소통이 가능한 공간
<b>Community Solar</b>	에너지 자립마을을 위한 기반시설, 태양광 발전 패널이 도로를 따라 400m 가량 설치



그림 93. 후지사와 단지배치도

### 후지사와 SST의 에너지분야 목표 및 구현방안

- '자가생산-자가소비'와 '에너지관리'를 통한 '자립공생형' 에너지관리시스템 구축 목표
- 태양광발전, 연료전지, 배터리를 통해 에너지를 공급하고, LED와 전기차-전기바이크, EMS, IHD(In Home Display) 등을 통한 에너지 소비-관리
- 전기사용 데이터를 요약한 에너지 보고서와 매월 에너지 절약 조언을 제공하는 친환경 권장 보고서를 제공함으로써 주민들의 에너지절약 관련 의식을 제고
- 단지 내 전지자전거 대여, 전기자동차 공유 시스템 등을 제공해 이산화탄소 배출량 저감



그림 94. 후지사와 SST 전경



그림 95. 도로를 따라 설치된 태양광발전패널

### 후지사와 SST의 에너지자립 시설



그림 96. 패시브와 액티브 디자인 개념 적용을 유리하게 만드는 배치

- 잦은 지진 발생 등 재해 발생 시 위험성이 낮은 신재생 에너지로의 에너지 패러다임 전환 요구가 증가
- 후지사와 SST에서는 새로운 차원의 '에너지 창조와 소비'를 목표로 차세대 에너지 서비스를 제공
- 약 600가구의 단독 주택에는 각각 태양광 발전 시스템과 축전지 유닛이 설치됨
- 각 주택은 SMARTHEMS™ (가정 에너지 관리 시스템)을 통해 "에너지의 자체 생성 및 자체 소비"가 가능

- 가정용 연료전지 열병합 발전 시스템에 태양광 발전 시스템 또는 축전지가 연결된 에너지 생성-저장 연계시스템 적용
- 각 가정에서 생산하고 소비하는 에너지들은 도시의 시설물인 건물에너지관리시스템(BEMS)과 연계되어 독립적이면서도 공생적인 에너지 관리 시스템을 구성함
- 패시브·액티브 디자인을 타운 전체에 적용, 바람길 조성, 자연채광 활용을 위한 인동간격 확보
- 타운의 도로를 따라 40m 가량 설치된 태양광발전 패널은 일반적인 상황에서 타운의 전력망에 전력을 공급함으로써 이 지역의 저탄소 라이프 스타일에 기여
- 재해가 발생 시(시) 후지사와와 인근 지역의 비상전원 작동

## ☞ 시사점

- 패시브 기술과 액티브 기술의 복합에 이어 ICT 기술과 IoT 기술이 복합되면서 가시적 인프라와 비가시적 인프라가 급속히 융합 중, 따라서 건물의 물리적 요소들은 건축관리 시스템(BEMS, HEMS)를 통해 제어되며, 살아있는 시스템으로 진화 일로에 있음
- 건축물 리모델링 개념은 단순한 내/외장재 리뉴얼 차원을 넘어 건물 관리를 위한 시스템 구축으로 작업 패러다임 발전 중
- 그린 리모델링 활성화와 제로에너지 주택 보급을 위한 공사비용 절감 기술과 공기단축 기술 개발 필요
- 건축 자재와 설비의 모듈화·패키지화를 통해 자재와 설비의 자체 완결성을 높이고 시공방식의 단순화·편리화를 지향
- 친환경 자재에 대한 DB화 진행 중, 차후 자재 정보를 넘어서 설계업체 리스트, 시공업체 리스트의 추가, 공사비지원 창구와 공사비에 대한 정보 제공, 또한 공사 이후의 에너지 효율 성능 추정치까지 제시하는 빅 데이터 플랫폼으로의 발전 예상

## 4절. 특허동향분석

### 가. 소규모 건축물의 에너지소비 최적화 기술의 특허 동향 분석

#### 1) 분석 목적 및 분석 범위

- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술의 국내외 특허동향을 분석함으로써, 특허전략을 수립하기 위한 연구개발 방향과 연구 목표 설정을 위한 기초 데이터로 활용됨에 목적을 둠
- 소규모 건축물의 에너지 분야와 관련이 있는 건축물의 소비에너지를 최적화하는 설계, 시공, 리모델링을 분석대상 기술로 설정하였고, 한국, 일본, 미국 및 유럽특허를 분석대상으로 함
- 최초 건물에너지 관리에 대한 포괄적인 검색을 수행한 결과, 최초 한국, 일본, 미국 및 유럽의 특허 등록 건수가 약 198,800건에 달하는 것으로 확인되었으며, 이를 기반으로 소규모 건축물에 대한 키워드를 사용하여 정밀하게 특허를 검색하였음

The image shows two screenshots of a patent search interface. The top screenshot shows the search results for the query '건물\*에너지\*관리' (Building\*Energy\*Management) with a total of 26,577 results. The bottom screenshot shows the search results for the query 'building\*energy\*management' with a total of 172,253 results. Both screenshots include a table with columns for '국내' (Domestic), '해외특허' (Foreign Patent), and '표준기술문헌' (Standard Technical Literature), with sub-columns for '미국' (USA), '유럽' (Europe), and '일본' (Japan).

국내	해외특허	표준기술문헌	NDSL	IP-NAVI
특허실용: 9,693	미국: 0	3GPP: 0	논문: 173	판례: -
디자인: 4	유럽: 0	IETF: 0	저널: 0	분쟁: -
상표: 5,462	일본: 11,245	전체: 0	전체: 173	전체: -
전체검색 결과:			26,577	

국내	해외특허	표준기술문헌	NDSL	IP-NAVI
특허실용: 520	미국: 134,294	3GPP: 8,565	논문: 4,297	판례: -
디자인: 1	유럽: 19,338	IETF: 2,049	저널: 1	분쟁: -
상표: 735	일본: 2,453	전체: 10,614	전체: 4,298	전체: -
전체검색 결과:			172,253	

그림 97. 특허 검색 최초 결과

- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화와 관련된 정확한 범위 내에 특허를 검색하고자 최초 검색된 특허 범위 내에서 세부 기술 항목의 키워드를 이용하여 특허 결과를 재검토하였으며, 최근 기술을 파악하기 위해 검색 기간을 한정하였음
- 거절, 포기, 취하, 소멸, 무효 등의 분류를 제외하고, 현재 유효한 특허 항목을 선별하여 검토하였음
- 검색 기간: 2001 ~ 2017년

표 49. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술 검색식 및 검색 결과

대분류	중분류	검색식				
소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계, 시공, 리모델링 기법	(건물에너지관리* or "건물 에너지 관리*" or 시설물에너지관리* or "시설물 에너지 관리*" or 건축물에너지관리 or "건축물 에너지 관리*" or 빌딩에너지관리 or "빌딩 에너지 관리*" or 건물에너지* or 시설물에너지* or 건축물에너지* or 빌딩에너지* or 뱀스 or 뱀스 or 비이엠에스 or "인텔리전트빌딩" or "인텔리전트 빌딩" or "인텔리전스 빌딩" or "정보* 빌딩" or "build* energy management*" or "bems" or "Intelligent Build*" or "smart build*" or (((건물 or 건축* or 시설* or 빌딩 or 그린빌딩 or "그린 빌딩" or 공장 or 아파트 or 단지 or 주택 or architecture or construction or build* or facility or apartment or factory or plant or housing or house or "green build*" or "greenbuild*")) AND (에너지* or "에너지 저장 시스템" or "이에스에스" or 태양* or 냉방 or 난방 or 파워 or 보일러 or 보일러 or 급탕* or 공조* or 기후 or 온도 or 패시브* or 액티브* or 액티브* or 자재* or 조명* or LED* or energy* or heating* or "air condition*" or "HVAC" or "heating ventilating and air conditioning" or power or boiler or climate* or temperature or passive* or active* or material* or light* or "light emitting diode" or "ESS" or "energy storage system")) AND (저감 or 절약 or 효율 or 최적* or 관리* or 모니터링* or 설계 or 시공 or 리모델링 or 리노베이션 or 시뮬레이션 or 관리 or 정보통신* or 아이씨티 or 아이오티 or 사물인터넷 or "사물 인터넷" or 센서 or 교체* or 대체* or 제어* or optimization or frugality or efficiency or management or monitor* or plan or design* or remodeling or renovation or simulation or "Information AND Communication Technology" or "ICT" or "IOT" or "internet of thing*" or sensor or retrofit or replacement or control))) AND IC=(e04* or g06f* or g06q*) AND AD=(2001:2017)				
	소규모 건축물의 소비에너지 관리 시스템	한국	일본	미국	유럽	합계
	5,812	4,260	32,408	3,917	47,168	

- 정확한 범위 내에 건축물과 관련된 특허를 검색하고자 국제특허분류(IPC)를 이용하였으며, 또한 최근 기술을 파악하기 위해 검색 기간을 한정하였음
  - 선정한 국제특허분류(IPC) : E04\*(건축물), G06Q(관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법), G06F(전기에 의한 디지털 데이터처리)
  - 검색 기간: 2001 ~ 2017년
- 자체적으로 47,168건을 대상기술과 관련도가 높은 특허 기준으로 필터링을 실시하였으며, 그 결과는 아래 표와 같음

표 50. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화의 필터링 결과

필터링	한국	일본	미국	유럽	합계
1차	235	150	230	27	642

- 필터링된 642건을 중분류의 기술별로 다시 분류하였으며, 그 결과는 다음의 표와 같음

표 51. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화의 중분류별 분류 결과

분류	한국	일본	미국	유럽	합계
소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계, 시공, 리모델링 기법	178	101	135	20	434
소규모 건축물의 소비에너지 관리 시스템	57	49	95	7	208
	235	150	230	27	642

## 2) 분석 방법

- 동향분석(정량분석)
  - 특허를 출원연도별/국가별, 출원인별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 및 증가율 등을 분석함
  - 이를 통해 외국의 주요 출원국가(일본, 미국, 유럽)의 특허 수준과 우리나라의 특허 수준을 비교·고찰하고, 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술 분야에서 세부 기술별 연구개발 현황 및 주요 출원인을 고찰함

## 나. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술 동향 분석

### 1) 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계/시공/리모델링 기법 특허 동향

○ 소규모 건축물에 한정하여 기술 개발된 사례를 분석한 결과, 국내 및 주요국가의 소규모 건축물 관련 기술 분야의 특허는 2000년대에 들어서며 본격적인 출원이 진행되고 있음을 확인함

- 한국의 경우 2007년부터 관련 기술의 특허 출원 건수가 점차 증가하기 시작하였으며, 16~17년까지 미공개 기간을 감안한다면 꾸준히 출원이 유지되고 있을 것으로 판단됨
- 일본의 경우 2001년부터 2009년까지 특허 출원이 감소하는 모습을 보이고 있으며, 다시 2009년부터 2012년까지 증가하였지만, 이후 출원이 감소하기 시작함
- 미국의 경우 2006년부터 2010년까지 출원이 증가하는 모습을 보이고 있으나, 이후 점차 감소되는 것으로 나타남
- 유럽의 경우 2001년부터 적지만 특허 출원이 이루어지고 있음

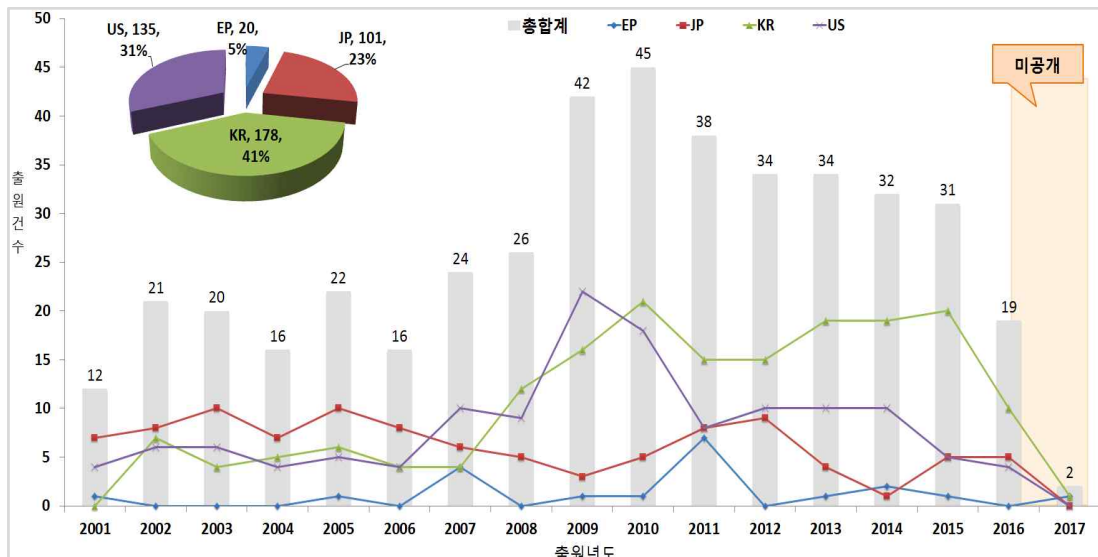


그림 98. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기법의 국가별 출원동향

○ 소규모 건축물에 한정하여 특허등록 건수를 확인하면, 2014~2017년은 출원인수와 출원건수가 감소하는 상태로 나타나고 있으나, ‘특허의 미공개 기간(2016~2017년)’ 임을 감안하면, 아직 활발한 기술개발이 이루어지고 있을 것으로 판단됨

○ 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기법의 기업별 상관분석은 다음의 그림에 도시된 바와 같음

- 지수분석의 경우, 정확한 분석을 위해 등록 특허를 기준으로 하였으며, 등록특허를 3건 이상 보유한 기업들을 대상으로 실시함
- 시장확보력과 기술력의 평균보다 높은 기업은 ARCHITECTURAL GLASS AND ALUMINUM(미국)이 유일함

- 그래프에 나타난 한국 및 일본에 속하는 기업들 중 한양대학교 산학협력단과 MATSUSHITA EIECTRIC은 모두 평균 이하로 분석되었지만, 한국건설기술연구원 및 HITACHI는 평균 이상의 기술력을 보유한 것으로 분석됨

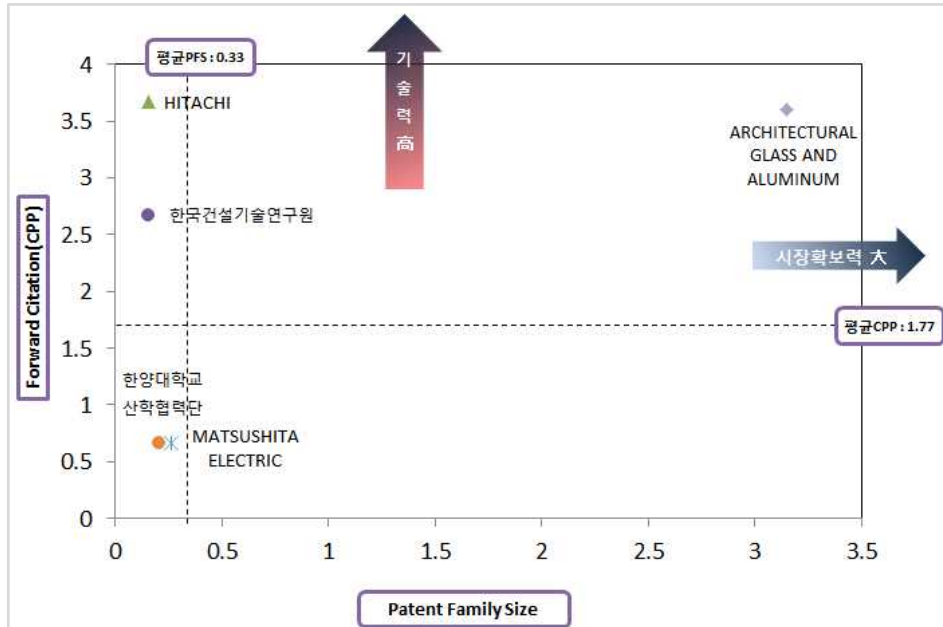


그림 99. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기법의 기업별 지수 분석

○ 국내 특허를 기준으로 기술 관련도가 높은 순서로 정리함

표 52. 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계 시공 리모델링 기법 관련 국내 특허목록

특허명	출원인	출원 번호	내용 요약
방열판 및 유리온돌판을 구비한 약세스 플로어형 바닥구조 및 그 시공방법	(주)회림 종합건축사 사무소	KR20020016284	건식공법으로 바닥하중을 경량화하여 구조적으로 더욱 안정적이고 구조공사비가 줄어들며 복사냉난방의 효율을 향상시켜 에너지절약에 보탬이 될 수 있는 살기 편안한 공동주택에 관한 것임
단열 및 방수층 시공방법	정필호	KR20040059352	시설물에 열적 저항성을 높이고 태양광 반사효과를 높게 할 수 있는 등 단열 및 보온효과를 극대화하여 에너지 절약에 일조함
단열성능을 가지는 복합 스테드 및 이를 이용한 벽체패널의 접합부 구조	한국건설기술연구원	KR20050059660	스틸 하우스와 같은 건축물에서 주요 문제로 지적되는 열교 현상을 저감시킴으로써 결로를 억제하고 에너지 소비를 줄일 수 있음
황토 및 백토를 이용한 건축마감 시공방법	송용도	KR20060024476	일정한 온도를 유지시켜 주는 방온기능이 뛰어나고, 일정한 습도를 유지시키는 방습능력이 우수하며, 해충이나 박테리아 등이 서식하지 못하게 하는 방물성이 현저하며, 소음을 차단하는 방음성이 뛰어나며, 에너지 효율성이 막대함
하이브리드 파사드	주식회	KR2008	외기가 실내로 유입될 수 있는 상태로 조절되도록 하는

특허명	출원인	출원 번호	내용 요약
시스템 및 건물의 실내공기 제어방법	사 건축과 환경	012997 3	완충공간을 구비하여 기존의 이중외피 시스템보다 더 효과적인 실내 환경 조절 및 에너지 절약을 구현함
태양광의 집광 및 저장, 태양광의 실내 유입 조절 기능을 하는 천장시스템	김태섭	KR2010 009592 0	집열부의 태양광 집열효과를 증대시킴과 동시에 밀폐된 천창케이스부(200)에 유입되는 열에너지를 효율적으로 제어함으로써 실내난방효과 및 조명효과를 제어할 수 있도록 함
친환경 조립식 웰빙 주택	구자선	KR2010 010604 0	건물신축 시 자연 에너지를 사용할 수 있게 주택이 구성되어 생활에 필요한 에너지를 자급자족하여 에너지를 절약하는 효과가 있음
다층형 복합 시설물	농업회 사 법인 팜앤팜 스(주)	KR2012 009448 8	태양광 및 풍력을 이용하여 에너지를 자급함으로써 에너지 효율을 개선할 수 있고, 자동화 방식으로 시설물을 운영함으로써 노동 강도를 최소화함
패시브형 단열타일과 이를 이용한 벽체 타일 시공방법	이승진 외 2명	KR2015 004212 3	체에 타일을 마감하거나 벽체 타일을 리모델링하는 경우 타일의 단열성능을 향상시키고, 벽체를 통한 건물 에너지 손실을 저감하며, 비숙련자도 시공정밀도를 유지할 수 있도록 타일공사를 조립식으로 시공할 수 있는 패시브형 단열타일과 이를 이용한 벽체 타일 시공방법을 제공함
콘크리트 골조주택 스틸마감구조 및 방법	윤영기/ 이지연	KR2006 011111 8	기존의 콘크리트 및 철근콘크리트로 구성된 주택의 리모델링이나 신규주택을 건축함에 있어서, 콘크리트구조의 주택의 장점과 스틸하우스구조의 주택의 장점을 살려 건축 시간 및 비용, 효과 등을 획기적으로 개선할 수 있도록 창안된 것임
에너지 절감형 조립식 구조용 복합판넬	주민규	KR2016 011393 5	종래 판넬을 이용한 조립식 주택의 시공보다 복합판넬의 연결형태를 보다 밀착시켜 연결할 수 있어 기밀도를 높여 단열성을 향상시키고 모듈화된 구조를 이용하여 주택을 조립함으로써 조립 과정이 편리하여 주택의 시공과정이 신속하게 이루어질 수 있는 새로운 형태의 에너지 절감형 조립식 구조용 복합판넬에 관한 것임
에너지 생산 주택	민상규	KR2016 005520 0	유용한 전력 생산과 난방 공간의 난방을 동시에 구현할 수 있는 에너지 생산 주택임
친환경 주택	서울과 학기술 대학교 산학협 력단	KR2014 008441 0	천정과 벽체의 각각의 개폐 수단이 서로 유기적으로 작용되어 최고의 자연 통풍과 채광효과가 실현되는 친환경 주택을 제공함
태양광을 이용한 주택, 관공서 및 학교 에너지 효율 향상	이철훈	KR2013 011084 8	태양광을 이용한 주택, 관공서 및 학교 에너지 효율 향상을 실행할 수 있는 것으로서, 모듈러 주택, 사시 관공서/학교에 관한 것임
목조주택의 조립구조	주식회 사 포이에 마	KR2013 005050 0	나무부재의 결합부분이 서로 맞춤결합이 되도록 가공하여 결합함으로써 부재들의 결합부위가 미려할뿐만 아니라 내부공간을 넓게 확보할 수 있는 목조주택의 조립구조임
에너지 제로 하우스	김현진	KR2010 006393	태양광과 엘이디에서 발생하는 엘이디광을 이용하여 일반 주거 생활에 필요한 조명, 온수, 냉난방,

특허명	출원인	출원번호	내용 요약
		3	전원공급원 등의 다양한 에너지원으로 사용할 수 있는 에너지 제로 하우스임
에너지 절감형 주택의 벽체구조 및 벽체시공방법	이필렬	KR20100007436	크레인과 같은 중장비 없이 간편한 방법으로 빠른 시간 내에 에너지 절감형 주택을 시공할 수 있도록 하는 에너지 절감형 주택의 벽체구조 및 벽체시공방법에 관한 것임
친환경공법의 신/재생에너지를 이용한 가구별 테라스를 구비한 공동주택 구조	이상문	KR20080105013	친환경공법의 신/재생에너지를 이용한 가구별 테라스를 구비한 공동주택 구조에 관한 것임
리노베이션 건물의 에너지절약 외피통풍구조	경희대학교 산학협력단	KR20140131769	간단히 건물의 외피에 부착하여 설치하므로 비용이 적게 소요되고 효과적으로 일사량 및 일조량 및 통풍량을 조절하므로 경제적인 리노베이션 건물의 에너지절약 외피통풍구조를 제공함

2) 소규모 건축물 설비 최적화 시스템의 특허 동향

- 스마트 공기조화 시스템 기술의 지난 7년(10~16)간출원 동향을 살펴보면 연도별로 출원경향이 증가, 감소를 반복하고 있어 지속적으로 스마트 공기조화 시스템 관련 기술 개발이 활발
- 각 국가별로 살펴보면 일본 출원경향은 증감을 반복하고 있으나 다소 감소하고 있는 추세, 미국은 증가추세, 유럽은 유지하는 경향을 보이고 있으며, 한국도 출원건수를 유지 중

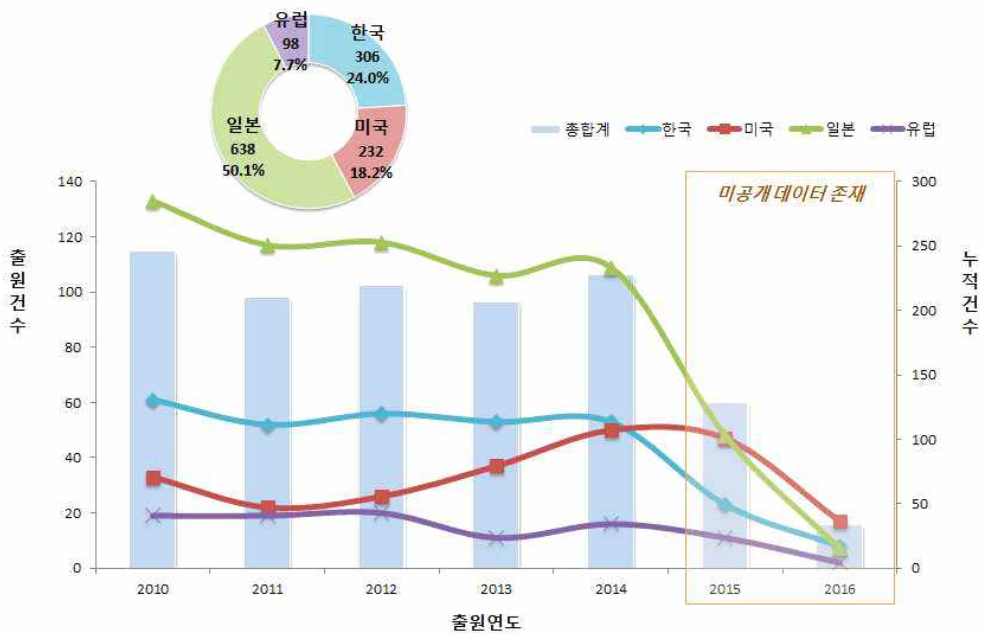


그림 100. 스마트 공기조화시스템 분야 연도별 출원동향

○ 국가별 출원동향

- 한국의 출원현황을 살펴보면 출원활동을 유지하고 있는 경향을 보이고 있으며 외국인의 출원은 전반적으로 미미함
- 일본의 출원현황은 다소 감소추세를 보이고 있으나, 가장 활발한 출원활동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 출원인 대부분이 자국 출원으로 일본내의 기술력이 우수한 것으로 추정
- 미국의 출원활동은 12년을 기점으로 증가하고 있는 추세를 보이고 있으며, 출원인의 대다수가 외국인으로 자국인의 출원이 미미함
- 유럽의 출원활동은 지속적으로 유지되고 있는 추세를 보이고 있으며 출원인 대부분이 외국인으로 자국인의 출원이 미미함



그림 101. 국가별 출원현황

표 53. 주요 출원인의 출원현황

주요출원인	국가	주요 IP 시장국(건수 %)					3극 패밀리 수 (건)	피인용 지수	주력기술분야
		한국	미국	일본	유럽	IP 시장국 종합			
MITSUBISHI ELECTRIC	일본	1	33	123	32	미국	76	0.50	공기조화제어 시스템
		1%	17%	65%	17%				
엘지전자	한국	93	12	0	15	한국	0	0.67	공기조화네트워크시스템
		78%	10%	0%	13%				
DAIKIN	일본	1	0	64	3	일본	5	0	실내기
		1%	0%	94%	4%				

FUJITSU GENERAL	일본	0	0	41	1	일본	1	0	공기조화기
		0%	0%	98%	2%				
PANASONIC	일본	0	0	38	1	일본	1	0	공기조화 제어시스템
		0%	0%	97%	3%				
HITACHI APPLIANCES	일본	0	1	29	0	일본	0	0	공기조화기 및 실내기
		0%	3%	97%	0%				
FUJITSU	일본	0	1	21	5	일본	9	0	공기조화 제어시스템
		0%	4%	78%	19%				
MITSUBISHI HEAVY IND	일본	0	0	19	7	일본	0	0	공기조화네트
		0%	0%	73%	27%				
삼성전자	한국	11	6	1	4	한국	4	3.00	
		50%	27%	5%	18%				
SHARP	일본	0	0	22	0	일본	0	0	
		0%	0%	100%	0%				

### 3) 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 관리 시스템의 특허 동향

- 소규모 건축물의 에너지 관리 시스템에 대하여 분석한 결과 2010년을 기점으로 에너지 관리 시스템의 기술개발이 활발하게 진행된 것을 확인하였으며, 설비 운영의 제어, 건축물 운용 방안의 개선 및 에너지 효율 관리 방법 등과 연관된 에너지 관리 시스템 관련 기술개발은 점진적으로 감소하는 추세로 분석되었음

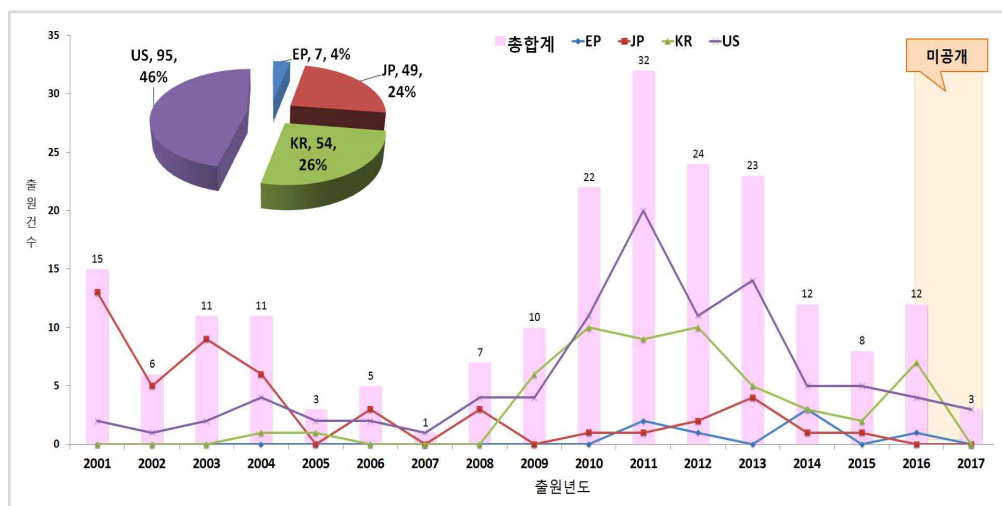


그림 102. 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 시스템의 국가별 출원동향

- 미국의 경우 2008년부터 2011년까지 특허 출원 건수가 증가하였지만, 그 이후부터 다시 감소하기 시작한 것으로 나타남
- 한국의 경우 2008년부터 2012년까지 관련 기술의 특허 출원 건수가 점차 증가하기 시작

하였으나, 이후부터 2015년까지 특허 출원 건수가 감소하였음. 하지만 2015년에 비해 2016년의 특허 출원 건수가 증가함에 미공개 기간을 감안한다면 출원 건수는 유사한 수치를 나타낼 것으로 판단됨

- 일본의 경우 2001년부터 2005년까지 특허 출원이 감소하는 모습을 보이고 있으며, 이후부터 현재까지 출원의 증가와 감소를 반복하고 있음
  - 유럽의 경우 2011년부터 적지만 특허 출원의 증가와 감소가 반복되고 있음
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 관리 시스템의 기업별 상관분석은 다음의 그림에 도시된 바와 같음

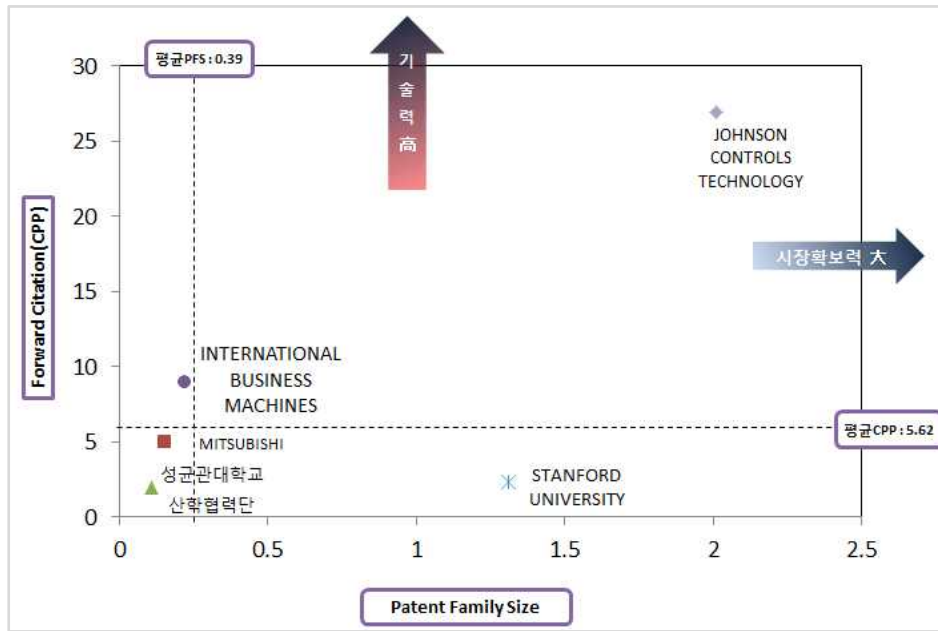


그림 103. 규모 건축물의 소비에너지 최적화 시스템의 기업별 지수 분석

- 지수분석의 경우, 정확한 분석을 위해 등록 특허를 기준으로 하였으며, 등록특허를 3건 이상 보유한 기업들을 대상으로 실시함
- 시장확보력과 기술력의 평균보다 높은 기업은 JOHNSON CONTROLS TECHNOLOGY(미국)으로 나타남
- 기술력만 평균보다 높은 기업은 INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP(미국)이고, 시장확보력만 평균보다 높은 기업은 STANFORD UNIVERSITY(미국)으로 나타남
- 그래프에 나타난 한국 및 일본에 속하는 기업들인 성균관대학교 산학협력단과 MITSUBISHI의 기술력과 시장확보력은 모두 평균 이하로 나타남

○ 국내 소규모 건축물 소비에너지 관리 시스템과 기술관련도가 높은 특허동향은 다음과 같음

표 54. 소규모 건축물 소비에너지 관리 시스템 관련 국내 특허목록

특허명	출원인	출원번호	내용 요약
설비의 최적관리기법을 이용한 시설자산관리 및 에이에스피서비스 제공시스템 및 그 방법	이경수	KR20050101123	각 설비별로 최적가동기준에 대한 데이터베이스를 구축/관리하고 설비의 세부적인 가동상태를 감시하여 구축된 최적관리기준과 비교분석함으로써 설비의 이상 징후를 조기에 발견조치 할 뿐만 아니라 기존의 계량기를 통한 에너지검침정보와 설비별로 소비하고 있는 에너지정보에 대한 동향분석을 통해 적절한 조치를 취함으로써 에너지를 절감할 수 있는 시스템 및 그 방법을 제공
에너지 절감을 위한 정보제공 시스템 및 그 방법	주식회사 한미파슨스 건축사사무소	KR20090103300	BAS(Building Automation Systems)와 연계되어 BAS로부터 건물 내에 설치되는 복수의 설비의 정보, 즉 설비의 가동상태, 계측, 적산 데이터 등을 수집 및 보존하고, 수집된 정보 등을 가공하여 관리자가 용이하게 파악할 수 있도록 하는 에너지 절감을 위한 정보제공 시스템임
원격 빌딩 관제 시스템에서 빌딩 정보 모니터링을 위한 데이터베이스 구축 및 사용자 인터페이스 처리 장치 및 그 방법	한국전자통신연구원	KR20100132061	원격 빌딩 관제 시스템에서 다수 개의 빌딩 관리에 일관적인 뷰를 제공하고, 다양한 관점에서의 모니터링 인터페이스를 제공하며, 이를 지원하기 위한 고성능 데이터 구축 및 사용자 인터페이스 처리를 수행할 수 있는 원격 빌딩 관제 시스템임
유비쿼터스 센서 네트워크를 활용한 건물에너지 통합운영 관리시스템	주식회사 어니언 소프트웨어	KR20100037756	건물의 내부 환경 변화에 쉽게 적응 할 수 있는 새로운 IT 기술인 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)를 이용하여 건물의 에너지 소비 상황을 감시하고 예측을 용이하게 하고, 이를 에너지 통합 관리 서버로 전달하기 위한 유무선 센서 게이트웨이의 개발을 통하여 건물 내의 에너지 부하 및 에너지원의 소비 상황을 수집하고 에너지원에 대한 적절한 관리에 활용함
OS를 활용한 에너지 관리 어플리케이션 제공 장치 및 방법	주식회사 삼성물산	KR20120086949	에너지 관리를 위한 OS용 소프트웨어 개발 키트(SDK)를 토대로 제작된 에너지 관리 어플리케이션을 최초 실행 시, 에너지 관리 어플리케이션에 대한 인증을 수행함으로써, 인증 수행 결과에 따라 건물별 에너지 관리할 수 있는 권한을 건물 별 관리자에게 부여할 수 있는 OS를 활용한 에너지 관리 어플리케이션을 제공함
에너지 절감 가이드를 제공하는 클라우드 EMS 시스템 및 방법	주식회사 케이티	KR20160102478	복수의 건물을 기설정된 에너지 특성에 따라 그룹핑 하고, 그룹핑된 건물 간의 에너지 사용 패턴을 비교하여 에너지 절감 가이드를 생성하고, 생성된 에너지 절감가이드를 복수의 건물에게 제공함
공동주택단지에서의 최적 에너지 관리 및 에너지 설비 제어 연동 시스템	한국전자통신연구원	KR20120012959	다수 세대가 함께 주거하는 빌라, 아파트 등의 공동주택 단지에서 홈 서버와 단지 서버를 이용하여 적용 범위별로 다양한 에너지 절감 서비스를 제공할 수 있으며, 신재생에너지 설비 및 전동블라인더 등의 다양한 세대 공통 설비에 대한 최적 제어 서비스를 통하여 에너지 효율을





## 다. 국내 건물에너지 특허 기술 관련 심층분석

### 1) 국내 건물에너지 특허 기술 관련 심층 분석

- 국내 건물에너지 관련 기술에 대한 특허 등록을 종합적으로 분석한 결과 2010년을 기점으로 기술 개발 사례가 급증하였으며, 특히 ICT 기술의 발달로 인하여 IoT를 활용한 건물에너지 관련 기술도 활발히 이루어지고 있는 것으로 분석됨
  - 국내에서 건물에너지 관련 기술은 2000년대 초반을 시작으로 2010년을 기점으로 기술 개발사례가 급증하여, 현재까지도 활발한 기술의 등록이 이루어지고 있음
  - 특히 ICT 기술을 활용한 IoT 제품의 개발 및 서비스에 대한 상표 등록이 이루어지고 있으며, IoT&ICT 기술은 현재 가장 활발한 기술개발의 시점인 것으로 분석되었음
- 특허검색을 통해 국내 건물에너지와 관련된 종합적인 기술동향을 분석한 결과, 건물에너지 절감/ 고효율 건축물/ 에너지 관리 개선을 위한 기술개발은 주로 공동주택/ 대규모 상업용 건축물을 대상으로 기술개발이 된 사례는 존재하나, 소규모 건축물에 한정하여 기술을 개발하고 있지는 않고 있음
- 고효율 건축물 설계기법, 외단열 공법, 패시브 건축물 패널 개발 등 고효율의 건축물 구현을 위한 시공 방법등의 건축적인 기술은 2000년대 중반부터 개발되어 꾸준한 개발이 이루어지고 있었으며, 그 수치는 현재 15~20 건수를 유지하고 있는 것으로 분석됨

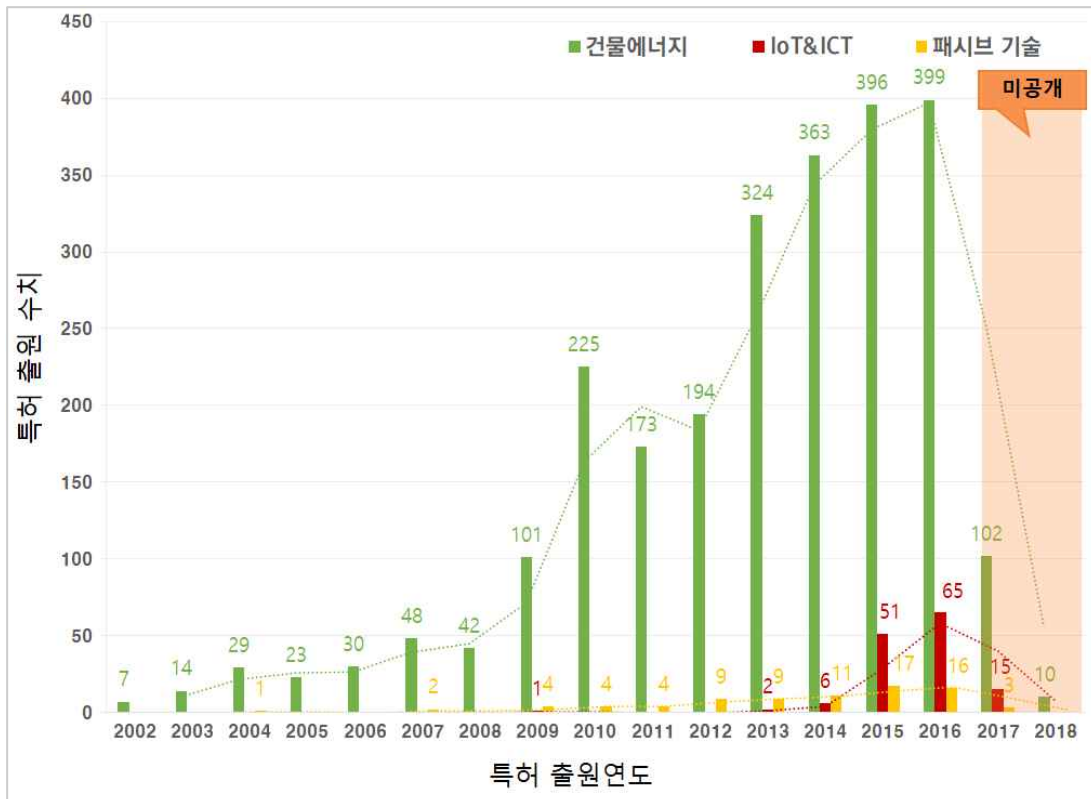


그림 105. 국내 건물에너지 관련 기술 특허 분석

표 56. 건물에너지 절감과 관련된 건축설계기법 및 시공 주요 특허내용

특허명	출원인	출원번호	내용 요약
건물 외단열에 사용되는 패시브 단열 연결부재와 이를 이용한 패시브 외단열 시공방법	주식회사 티푸스 코리아	KR20140 173860	건물 외단열에서 철근콘크리트 외벽과 단열재 및 외장재가 결합되는 접합부의 열교현상을 최소화하여 단열성능이 균일하게 유지되고, 단열재 전문에 설치되는 외장재의 정착성이 향상될 수 있도록 패시브 외단열 시공방법을 제공함
건축 패시브 복합 단열 판넬 및 그 제조 방법	신 하워드 중호 신중무	KR20160 087548	건물 건축 시 내외장용으로 이용되는 벽체를 용이하고 신속하게 설치할 수 있고, 벽체를 경량화하여 건축물의 부하를 경감시킬 수 있는 구조를 가지는 패시브 복합 단열 판넬로써, 고성능의 단열효과와, 공기단축, 건축비용 절감을 도모할 수 있음
열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법	주식회사 제드건축사 사무소	KR20150 033494	열교 차단형 외부통로 연결 구조체 및 그 시공방법에 관한 것으로서, 건물 본체와 외부 통로를 물리적으로 분리된 독립구조로 형성함으로써 현저히 우수한 열교차단 효과를 얻을 수 있음
점형 열교를 차단하고 마감재 부착이 용이한 단열패널 고정용 연결유닛	주식회사 이지 아이비스	KR20130 139478	완성도 높은 패시브하우스 수준의 외단열 마감공법 시공이 가능함과 동시에 건식공법의 경우 별도의 상장업 없이 합판을 취부하여 금속패널 마감이나 석재보도, 목재사이딩 등 다양한 마감을 연출할 수 있고, 습식의 경우 별도의 접착제 없이 단열재 부착이 가능하고 점형열교를 억제할 수 있음
건축물의 외단열패널 시스템 및 이를 이용한 시공방법	한국건설기술연구원	KR20130 156067	외단열 패널 시스템 및 이를 이용한 시공방법에 관한 것으로, 수직오차를 용이하게 해결하고, 틈새를 없애 물의 침투 및 열손실을 방지 할 수 있는 외단열 패널 시스템 및 이를 이용한 시공방법을 제공함
배관을 둘러싸는 축열체	이화여자대학교 산학협력단	KR20130 068577	건축물의 바닥 등의 슬래브와 같은 콘크리트 구조체에 배관을 둘러싸면서 매설되는 축열체에 관한 것으로, 배관을 통하여 열유체가 유동함으로써 콘크리트 구조체의 열용량에 의존하지 않고 축열량을 상승시킴
건축물 복합단열패널인 외장재의 고정구조 및 고정재 시공방법	주식회사 벽산	KR20160 156661	복합단열패널 고정구조 및 시공방법에 관한 것으로, 건축물 구조체의 외장재를 지지하는 브래킷, 건축물 구조체에 열결하는 볼트, 상기 볼트의 일단부와 너트를 감싸도록 구비되어 볼트와 너트 사이의 열전달을 차단하는 열교차단재를 포함하는 복합단열패널
건축물 외장재의 고정구조	주식회사 이비엘리더 한국건설기술연구원	KR20140 004287	건축물 구조체에 결합되는 앵커와, 앵커와 결합되고 타측은 건축물 외장재와 결합되어 상기 건축물 외장재를 고정하는 고정부재, 열교를 차단하는 열교차단재를 포함한 외장재의 고정구조로 외장재와 건축물 구조체 사이의 열교를 차단하여 손실열량을 절감할 수 있음
광 선반 겸용 루버 장치	전남대학교 산학협력단	KR20140 041883	광선반 겸용 루버 장치에 관한 것으로, 창호의 프레임에 부착되는 광 선반 겸용 루버를 태양의 고도에 따라 높이와 각도를 조절함으로써 일출이나 일몰시 수평광선을 반사시켜 실내로 유입되는 태양복사에너지를 차단하거나, 낮 시간에는 태양광을 실내로 반사시켜 조명부하를 조절할 수 있는 광선반 겸용 루버 장치

- 또한, 건축물의 규모/ 용도별로 나누어 기술의 개발이 이루어진다고 할 수 없으며, 고효율 건축물 구현, 건물에너지 절감에 대하여 포괄적인 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 분석함
- 세계 최고수준의 ICT 산업 기술을 보유한 국내에서는 건축 설비 및 가전제품의 에너지절약을 위하여, 이동통신사에서는 IoT 서비스 관련 상표등록과 기술개발을 토대로 IoT 기술을 활용한 다양한 서비스가 이미 상용화되어 운용 중에 있으며, 이러한 서비스를 뒷받침하기 위한 IoT 제품 또한 다양한 라인업이 구축되어 있는 것으로 확인함
- 특히, 현재는 단열재, 건축자재, 고기밀, 고성능 창호, 고성능 벽체 등 건축적인 기술개발보다는 ICT 기술의 발전과 맞물려, 건물에너지 관리 기술에 대하여, 현재 가장 활발한 기술개발의 시기가 도래한 것으로 분석되었음



그림 106. 건물에너지 절감을 위한 IoT 기기 적용 예시 및 홍보물

- 국내 건물에너지 절감과 관련되어 ICT 기술을 활용한 특히 관련 기술동향은 다음과 같으며, 건물에너지에 국한되어 있지 않고, 스마트시티, 스마트 그리드, 스마트 헬스케어 및 스마트 자동차 등 전방위에 활용될 수 있는 기술로 개발 중이며, 그중 건물에너지 관리 기술은 ICT 기술을 적용할 수 있는 한 가지의 테마로 분류되는 것으로 확인함

표 57. ICT & IoT 기술을 활용한 건물에너지 효율화 관련 국내 특허목록

특허명	출원인	출원번호	내용 요약
전자 장치 및 이의 냉난방 제어 방법	삼성전자 주식회사	KR20160004791	IoT 환경에서 연결된 사물들간에 생성된 데이터를 수집/분석하여 공간의 밀집도 및 외기의 온도 중 적어도 하나를 바탕으로 효율적으로 냉난방을 제어할 수 있는 시스템임
에너지 소비를 관리하는 방법 및 장치	삼성전자 주식회사	KR20150123816	에너지 소비를 관리하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 빅 데이터 기반의 기술을 활용하여 사용자의 에너지 사용 이력 정보를 통하여 일정 기간의 에너지 사용 패턴을 예측하며, 사용자의 목표 요금에 기반한 기간 별 에너지 사용 요금의 예산을 도출 할 수 있는 시스템임
m <sup>2</sup> M 비표준 디바이스와의 연동 방법 및 장치	주식회사 케이티	KR20130023119	u-City, u-Health, u-교통 등에서 활용가능한 사물간의 통신 기술로서, IoT 제품의 구현이 가능한 사물간의 정보교환 연동방법과 그 단말장치에 대한 기술임
활동 모니터링을 위한 장치 및 방법	툼슨 라이선싱	KR20150164632	가전 제품들(home appliances)을 사용하는 사용자 활동들의 모니터링 및 인식을 스마트-홈(smart-home) 및 IoT (Internet of Things) 주도로 구현하는 기술이며, 장치의 목표 영역 내의 활동을 모니터링 할 수 있는 장치임
클라우드 기반 에너지 사용량 예측 시스템 및 방법	주식회사 포스코 아이씨티	KR20170080384	클라우드 기반 빅데이터를 활용하여 개별 설비와 관련하여 실시간으로 변화되는 다양한 요인들을 반영함으로써 건물, 공장 등에서 소비되는 에너지 사용량을 보다 정확하게 예측하는 클라우드 기반 에너지 사용량 예측 시스템임
사물 인터넷을 활용한 스마트 빌딩 시스템 및 제어 방법	한국전자통신연구원	KR20150043184	수집된 정보를 이용하여 자율 제어를 할 수 있도록 한 사물 인터넷을 활용한 스마트 빌딩 시스템 및 제어 방법을 제공하는 것이며, 환경정보 / 생활정보/ 사물정보 및 외부정보에 대응하여 미래를 예측하고, 편의성의 증대와 자원의 효율적인 관리를 도모함
무선 통신 기반 스마트 미터 시스템 및 이를 통한 스마트 미터링 방법	주식회사 케이티	KR20110083241	무선 통신 기반 스마트 미터 시스템 및 이를 통한 스마트 미터링 방법으로서, 전력사용량을 측정하며, 무선 접속 프로파일 정보를 저장하는 RFID 태그와 무선 인터페이스가 설치된 스마트 미터기로서 스마트 그리드 전력 인프라 구축에 활용 될 수 있음
사물인터넷기반 스마트 자동전력 가전기기제어 장치 및 그 방법	원시스템 주식회사	KR20150034885	사물인터넷기반 스마트 자동전력 가전기기제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 사용자가 자신의 단말기에 설치된 앱을 통해서, 생활공간 내부에 설치되어 있는 스타일러, 세탁기, 공기청정기, 로봇 청소기, 가습기 및 제습기 등의 가전기기와 조명을 제어할 수 있는 기술임
공기조화기 제어 방법 및 장치	삼성전자 주식회사	KR20160178465	복수의 사용자 기기들로부터 수신한 피드백 메시지들을 이용하여, 다양한 실시 예에 따라 저전력 공기 조화기 제어 미 방법을 제공하며, 사용자들의 온열 쾌적감을 유지하기 위한 실내기의 설정 온도를 결정하는 장치 및 방법을 제공하는 기술임
스마트그리드를 이용한 건물에너지 관리 장치	한국전자통신연구원	KR20130029907	건물 환경에서의 에너지 소비를 효율적으로 사용하기 위한 건물에너지 관리 시스템과 전력기술 및 IT 기술의 융합을 통해 건물 환경에서 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 건물에너지 관리 장치임

## ☞ 시사점

- 정부에서 순환정전 사태를 계기로 2030국가 온실가스 감축이행 및 2025 제로 에너지건축물 의무화 등 매년 거듭되는 에너지 위기를 효율적으로 극복하기 위해 건물에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 관심이 증대됨
- 소규모 건축물 에너지절감 및 패시브하우스 구현기술과 관련된 특허기술은 국내에 패시브하우스가 소개되었던 시점인 2005년을 전후로 기술개발이 가속화되었으며, 현재까지 건축설계기법/ 시공기법 및 제품개발에 대하여 기술이 개발되고 있는 것으로 분석됨
  - 소규모/ 중대형 규모의 모든 건축물에서 적용 가능한 방식과, 일부 주택에 대한 기술 개발 사례가 존재하나, 범용적인 건축 설계/ 시공 기술인 것으로 분석되었음
  - 기존의 개발된 범용적인 설계/ 시공/ 제품에 대한 기술을 소규모 건축물에 최적화시킬수 있는 방안의 도출과 소규모 건축물 공급자/ 실무자가 활용가능한 설계/ 시공 지침서 및 지원도구의 개발이 필요할 것으로 판단됨
- 건물에너지 절감을 위한 기술개발은 건축물의 규모별/ 용도별로 기술개발이 분류되어 있지는 않으며, 포괄적인 형태로 기술의 개발 및 적용이 이루어지고 있는 상태로 확인되며, ICT 기술의 발전과 맞물려 건물에너지 절감 기술의 개발이 가장 활발한 시점으로 분석됨
  - 새로운 방식의 소규모 건축물 에너지 최적화 관련 기술, 특히 성능개선 기술 또는 기존에 없던 요소기술 출현이 예상됨
  - 향후 패시브 설계기술, 시공방법 및 건축적인 접근의 특허보다 설비시스템, IoT 및 에너지 관리기술을 활용한 건물에너지 절감 기법의 특허출원 증가가 예상됨
- 건축물에너지저장 및 관리시스템은 대형건축물 위주로 보급 및 기술이 개발되고 있으며 중·소형 건축물 전용의 기술개발은 미흡한 상태임
  - 대형오피스, 공동주택의 경우 정부정책의 강화와 에너지효율 달성을 위해 새로운 기술과 에너지 관리 시스템에 대한 적용이 원활하게 이루어지고 있으나 소규모 건축물의 경우 건축주의 비용증가에 대한 부담과 고효율의 소규모 건축물에 대한 시장이 아직 형성되지 않아 구현사례가 극히 소수에 불과함
  - 국내의 경우 마이크로그리드 시장의 성장세가 낮은 상태에 머물러 있어 관련 기술의 시장이 소규모 건축물을 대상으로 확대되기까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 판단됨

## 5절. 논문 동향분석

### 가. 분석개요 및 목적

- 조사범위 : 2001년~2017년
- 국내/외 논문검색 : 학술연구정보서비스(RISS), 논문 검색 전문사이트(SCOPUS)
- 조사항목 : 국가별/연도별 논문 수에 대해 조사하였으며, 건물에너지 절감을 위한 포괄적인 범위와 설계·시공·리모델링 기술에 대한 연구 및 논문 사례에 대하여 조사함
- 분석목적 : 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하는 것을 목적으로 함
- 연구분석 키워드 : 소규모 건축물의 에너지소비 최적화 설계·시공·리모델링 기술의 목적에 부합하도록, 건물에너지, 최적화, 패시브/ 액티브기법, 신재생에너지 및 에너지 저장장치 등의 키워드를 통해 관련 연구동향을 분석함

### 나. 국내·외 논문 동향

- 1) “소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발기획” 관련 국내 발표 논문
  - 국내 “소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획” 관련 논문의 연도별 발표 현황을 살펴보면 2001년에서부터 2017년까지 학술대회논문집을 포함하여 총 191건으로 증가하는 추세를 보임
  - 2016년에 29건으로 가장 많은 논문이 발표되었고, 2020년 이후의 기후변화 대응 국제협약(신기후체제)이 사회적 관심을 끌게 되면서 점차 더 늘어날 전망이다
  - 그동안 발표된 논문은 신축, 공동주택을 대상으로 패시브 설계기법 개발, 패시브요소와 액티브 요소에 대한 연구 및 스마트 미터기를 활용한 건물에너지 소비분석 등 건축부문에서의 연구가 주로 수행되었으나, 건축설비와 ICT 기술의 발전으로 해당기술을 접목한 설비제어 기술, 스마트 모니터링 및 관련 연구가 늘어나고 있는 추세임

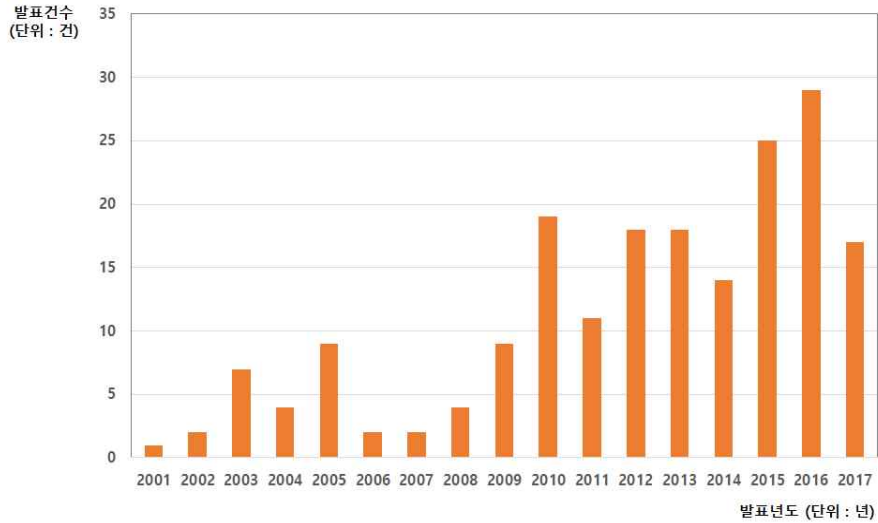


그림 107. 국내 논문 연도별 발표 건수  
(출처 : RISS 통합검색)

표 58. 국내 논문 관련 키워드 분석 도표 (검색 키워드 : 소규모 건축물 에너지)

연도	저자	논문제목	논문 키워드
2003	허성운	리모델링시 적용가능한 설비 시스템의 최적안에 관한 연구 : 소규모 임대사무소 건물을 중심으로	리모델링, 설비시스템, 소규모, 임대사무소
2009	고명진	지열, 태양열, 태양광시스템의 에너지성능 평가에 관한 연구	지열히트펌프 시스템, 태양열 급탕시스템, 태양광 발전시스템, 에너지성능
2010	이재민	소규모 집합 주거에서 활용되는 친환경적 건축 장치(에너지 절감 방식)에 대한 연구	친환경, 소규모 집합 주거, 에너지절감방식
2010	이광호	국내 기상조건하에서 지중 매설관의 소규모 주택 건축물 냉난방 부하 절감 효과에 관한 연구	지중 매설관, 냉난방 부하, 에너지플러스
2012	이승영	공공건축물의 디자인 품질지표개발에 관한 연구 : 소규모 공공건축물을 중심으로	공공건축물, 디자인, 품질지표개발, 소규모 공공건축물
2012	김재욱	소규모 공동주택 에너지 저감형 리모델링을 위한 에너지 성능 및 경제성 평가	에너지, 리모델링, 공동주택, 저감기술
2012	황용호 외 2인	소규모 건축물에서의 지열히트펌프 적용을 위한 매설파이프 형태 및 길이에 관한 연구	소규모 건축물, 지열히트펌프, 매설파이프
2012	김상아 외 2인	소규모 업무용 건물의 외피 열성능에 따른 건축물 에너지효율등급 평가 연구	건축물 에너지효율등급, 소규모 사무소 건물, 건물외피
2013	엄현지	오피스빌딩 리모델링을 위한 에너지성능개선 시뮬레이션 연구	오피스빌딩, 리모델링, 에너지성능개선, 시뮬레이션
2014	박정민	사무소 건축물의 에너지 성능 진단을 위한 간이 모델 개발과 적용성 분석에 관한 연구	사무소 건축물, 에너지 성능 진단, 구성요소 분석, 용도별 에너지 분석, 간이 에너지 성능평가 모델
2015	홍종기	스마트그리드 기반 B-EMS를 활용한 소형건축물 전력에너지 절감에 관한 연구	스마트그리드, BEMs, 소형건축물, 전력에너지절감

표 59. 국내 논문 관련 키워드 분석 도표 (검색 키워드 : 건축물 에너지 최적화)

연도	저자	논문제목	논문 키워드
2005	안형준	건물 부하저감을 위한 투명PV를 적용한 이중외피 시스템의 개발과 건축물 적용가능성 연구	이중외피, 태양전지, 건물일체형 태양전지, 투명 태양전지가 부착된 경사형 이중외피 시스템, 건물부하
2008	임도요	공동주택 에너지 최적화를 위한 외피성능기준	건축물에너지 효율등급제도, S/V비, 공동주택, 외피성능, 난방에너지소비량, 개방유형, 열관류율
2009	김용진 외 4인	지능형건축물의 에너지 관리 기술 개선 방향에 대한 연구	지능형건축물, 에너지관리
2010	박성득	공동주택의 주동형식 및 창면적비에 따른 건물에너지효율등급에 관한 연구	공동주택, 창면적비, 건물에너지효율등급
2010	김종현 외 1인	친환경 건축물을 위한 신재생에너지 시스템 최적화 시뮬레이션 개발 및 검증	신재생에너지, 신재생에너지 비율, 최적화, 환경부하, 에너지 시뮬레이션
2012	박상용	공동주택에서의 그린홈 적용에 따른 개선방안연구	공동주택, 그린홈
2012	김서훈	변속펌프의 제어방법에 따른 건물에너지 절감효과	변속펌프, 건물에너지절감
2012	신지웅 외 1인	열원·공조설비 효율향상설계 및 시스템 성능평가 툴 개발	효율향상설계, 시스템성능평가툴
2013	윤남식	대학건물의 친환경 건축에 따른 에너지효율 최적화 방안 연구	친환경 건축, 에너지효율
2013	엄현지	오피스빌딩 리모델링을 위한 에너지성능개선 시뮬레이션 연구	오피스빌딩, 리모델링, 에너지성능개선, 시뮬레이션
2013	송권식 외 5인	교육시설 에너지 감축을 위한 전략 모델 개발	에너지 절약, 건축물 에너지 성능, 에너지 감축기술, 최적화 방법론, 유전 알고리즘
2014	황현배 외 1인	스마트미터를 활용한 건축물의 전력에너지 절감 및 효율화 방안	자동역률제어장치, 건물에너지관리시스템, 최대전력감시제어, 전력에너지절감, 스마트그리드, 스마트미터
2015	홍준호	건축물의 신재생에너지시스템 최적 적용비율 도출에 관한 연구	신재생에너지시스템, 최적화프로그램, 가중계수법
2015	김두환	기존 건축물의 에너지 절감을 위한 외피 및 열원설비 성능개선 대안 선정 방법	에너지 절감 대안, 외피 성능개선, 열원설비 성능개선, 기존 건축물, 그린리모델링, ISO 13790, 다중최적화
2015	류홍남	지능형 영상 데이터 기반의 건축물 에너지 절약 모델링에 관한연구	IP Camera, Video Anlytic, People Counting, Simulator, Energy Saving
2015	김태희	한국농촌주택 시범설계에 따른 패시브 디자인 분석 연구	농촌주택, 패시브디자인
2015	손원득 외 1인	공공건축물의 에너지성능분석을 통한 그린리모델링 최적화방안에 관한 연구	기존건축물, 그린리모델링, 공공건축물, 에너지성능분석
2015	박윤하 외 3인	실내체육관의 신재생에너지 공급의무비율에 따른 시스템 최적화 연구	신재생에너지, 공급의무비율, KRESS프로그램, 최적조합비율
2016	장혜민	공공업무시설에 연료전지시스템 복합적용에 따른 경제성 평가	신재생에너지, 투자회수기간, 경제성, 최적비율, 공공건축물
2016	김해기 외 1인	국내 건축물 에너지 효율화 설계 지원 프로그램 구축 방안	건축물 에너지 효율화, 건축 성능 최적화, 의사결정 지원 프로그램, 설계 변수 분석, 최적화

2016	이상학	모니터링 기반 건물 에너지커미셔닝 기술	모니터링, 건물에너지, 에너지커미셔닝
2017	이명주	한국형 제로에너지 공동주택의 최적화모형 연구	넷 제로, 제로에너지, 이산화탄소, 공동주택, 패시브, 최적화모형
2017	신주연	국내 업무용 건물에 적용하기 위한 하이브리드 환기시스템의 에너지성능 평가	하이브리드 환기시스템, 자연환기, 기계환기, 실내공기질, 열적쾌적성, 에너지성능, 에너지사용량, 에너지소비 절감량, 에너지 시뮬레이션, 선형회귀분석
2017	박기수 외 1인	건축물 전력에너지 최적화 사용을 위한 역률개선에 관한 연구	역률, 역률개선, 전력용 콘덴서 용량 환산
2017	김민기 외 2인	수배관 최적 설계사례 및 활성화 방안	HVAC, 수배관

- 국내에서 수행되었던 건축물의 에너지 최적화 및 건물에너지 효율 향상을 위한 연구는, 건축분야에서는 외피의 단열성능 개선, 패시브기법 적용, 창호시스템 개선, 환기장치 및 냉·난방 설비 최적화 등의 연구가 주로 수행되고 있으며, 전력 및 IT 분야에서는 태양광모듈의 적용, 스마트미터, 에너지 적용 장치의 적용 및 전력사용량 모니터링 기반의 에너지커미셔닝 기술 등의 연구가 주로 수행되고 있음을 확인하였음
  - 연구 사례별로 프로젝트 개별 건축물과 연구의 목적에 따라 외피성능, 설비최적화, 패시브 디자인 등 각각의 요소에 대한 분석을 통한 연구가 절대 다수이며, 그 중에서도 오피스 및 공동주택을 대상으로 하는 요소기술의 개발이 주를 이루고 있음을 확인함
  - 또한, 소규모 건축물의 유형별/ 지역별/ 규모별로 유형화하여 정량적인 성능의 수치나 개선안을 제시할 수 있는 연구는 수행되지 못하고 있음을 확인함
    - 소규모 주거모델의 경우 개별 프로젝트를 대상으로, 외피성능 개선, 패시브설계, 시스템 창호 적용, 열교차단 설계기법 등 액티브기법보다는 패시브기법의 적용과 성능개선을 분석한 연구가 다수 발표되었음
    - 소형오피스 건축물의 경우 제로에너지를 구현하기 위한 설계/ 시공/ 프로세스별 분석사항과 성능 확인이 수행된 연구가 일부 존재하나, 실증을 기반으로 한 연구가 미흡한 상태이며, 리모델링 분야에서는 설비의 효율개선과 관련된 연구가 주를 이루고 있음을 확인함
- 2) “소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획” 관련 SCI급 발표 논문
- 전 세계적으로 “소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획”에 대한 연구 및 논문 발표는 기하급수적으로 꾸준히 늘어나고 있음

- 2008년의 295건에서 2017년의 982건까지 SCI급 발표 논문 건수가 약 30% 증가
- 논문이 발표된 주요국에 대해 살펴보면, 미국(1324건)과 중국(1311건)이 가장 많은 SCI급 논문을 발표하였으며, “소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획” 관하여 국내에서 발표된 논문(국내논문 191건, SCI급 논문 267건)은 SCI급 논문 총 7,313건의 6.26%으로 낮은 점유율을 보임

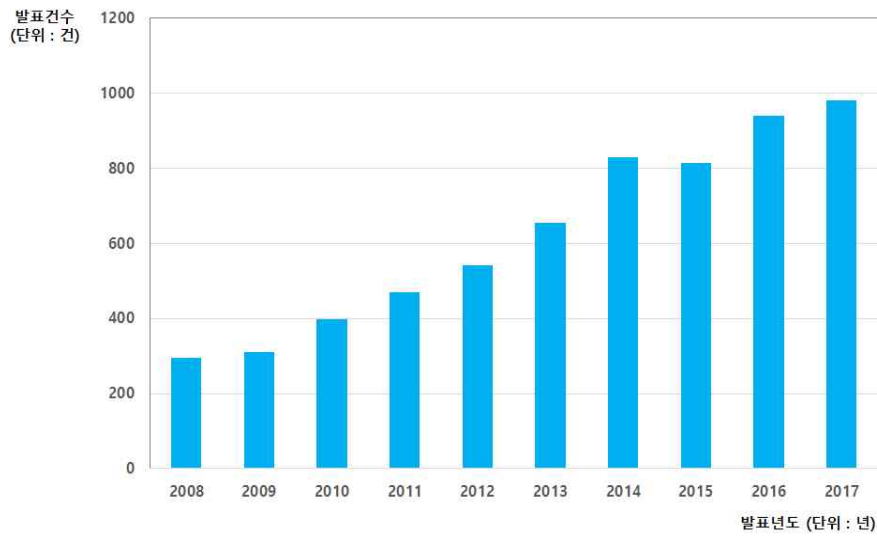


그림 108. SCI급 논문 연도별 발표 건수  
(출처 : Web of Science)

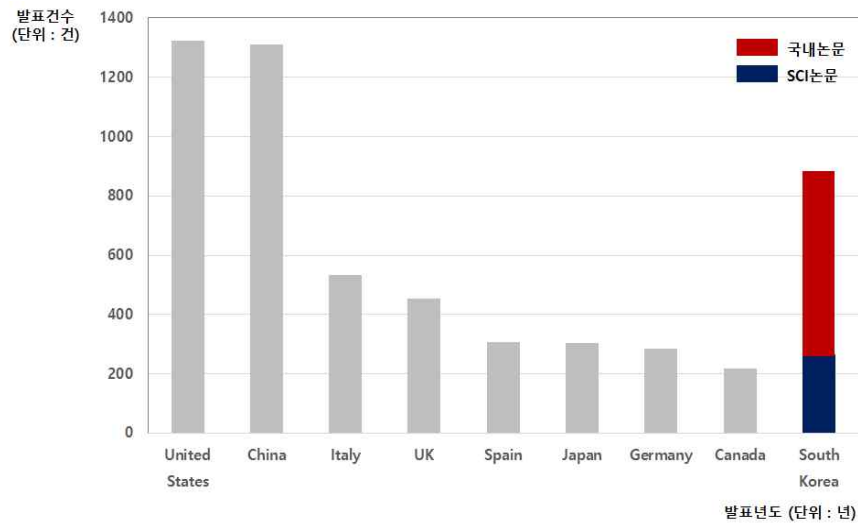


그림 109. 주요국 및 국내논문 현황 비교

- 우수학술지 검색 전문사이트 Scopus에서 Keyword 검색을 ‘Building Energy Saving’ 으로 검색한 결과, SCI급 연구 논문이 2001년에서 2017년 동안 총 7,313

건이 발표되었으며 각 요소별로 동향을 분석한 결과는 다음과 같음.

- 건축물 에너지 관리시스템 기술 분야의 논문이 40.7%를 차지하고 있으며 가장 활발한 것으로 나타남, 그 세부요소로는 에너지 절약, 에너지 효율적 사용, 에너지계획, 에너지 관리, 주거소비에너지, 건축물 에너지 성능 등
- Heating Ventilating and Air Conditioning분야(난방, 냉방, 내부공기, 온습도, 열교환장치, 환기장치, 공기질 등)의 논문은 발표 건수(총 7,313건)의 17.7%차지하고 있으며 지속적으로 증가하는 추세를 보임
- 시뮬레이션·자동화기술 분야 7.7%, 시뮬레이션·자동화기술의 세부요소는 컴퓨터 시뮬레이션, 실험연구, 모형예측제어, 정보관리, 수요조사/ 자동화, IOT, 자동화빌딩(Intelligent Buildings), BEMS, 센서 등이 있음
- LCA(Life Cycle Assessment) 분야 7.3%, LCA(Life Cycle Assessment)의 세부요소는 경제성 분석, 비용 효율성, 비용편익분석, 전과정평가, 투자, 비용절감 등이 있음
- 기후변화에 따른 대응 기술 분야 8.5%, 기후변화의 세부요소는 기후변화, 탄소배출, 지구온난화, 환경보호, 제로에너지빌딩, 그린빌딩, 기후예측 등이 있음
- 신재생에너지 적용 기술 분야 10%, 신재생에너지의 세부요소는 신재생에너지자원, 지열, 태양열, 태양광, 폐열, ESS 등이 있음
- 패시브기술 분야 3.7%, 패시브기술의 세부요소는 기밀 시공공법, 단열재, 창호, 차양장치, 환기장치, 열교환단재, 물끓기 기술 등이 있음
- 건축자재 분야 4.3%, 건축자재의 세부요소는 콘크리트, 건축자재 상변화물질(PCM), 목자재, 배관, 방수 등이 있음

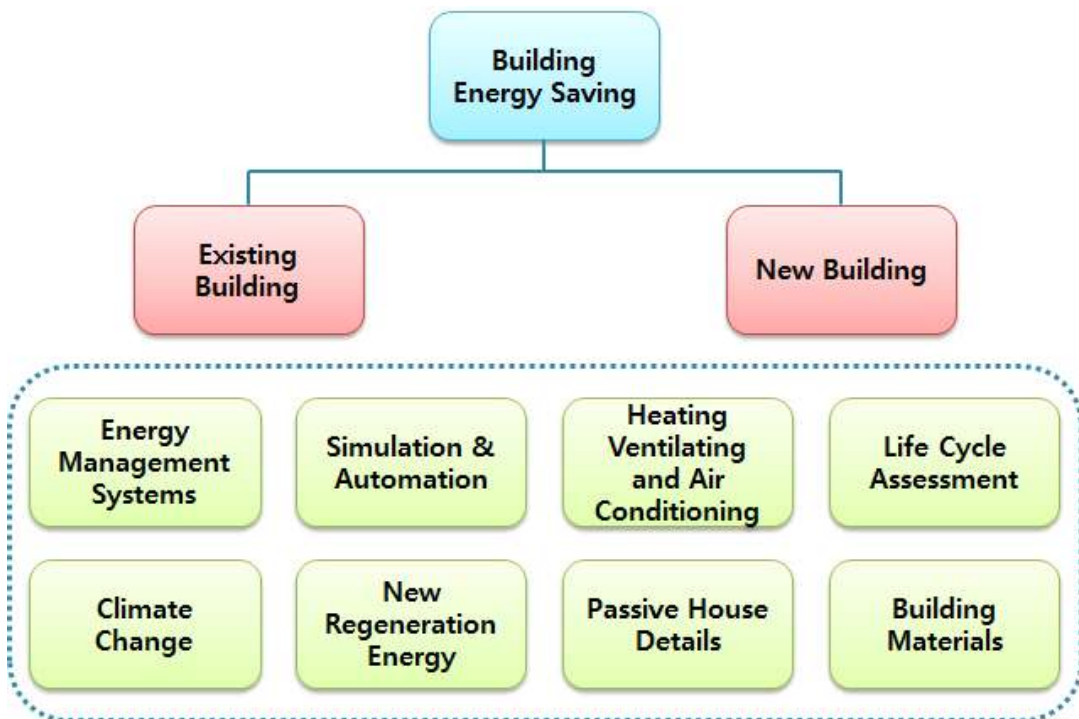


그림 110. SCI급 연구 논문 분야별 구분

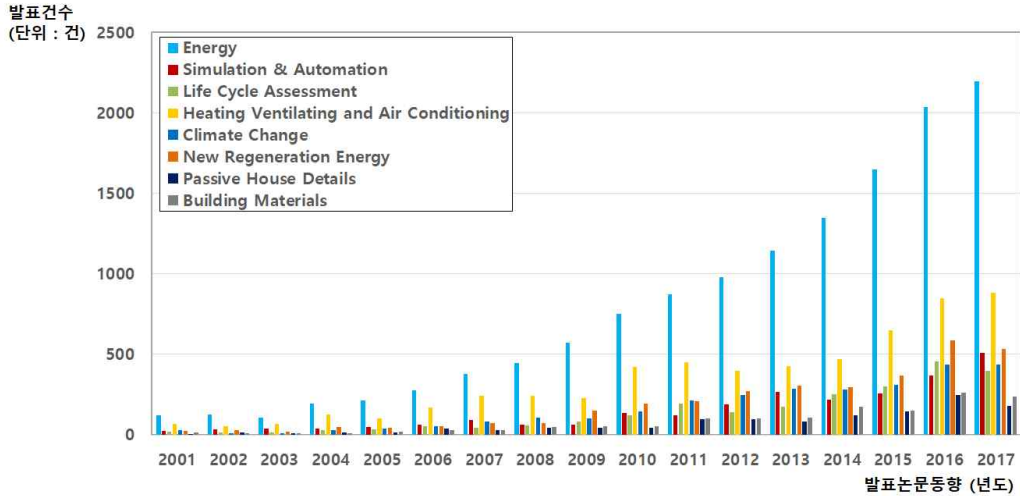


그림 111. 분야별 SCI급 연구 논문 현황

i) 건축물 에너지 관리시스템 기술 분야에 대한 발표 논문 동향

- 전력 스마트 미터, 가스 스마트 미터, 스마트 전원 탭/콘센트, 전력 계측 기능이 있는 주택용 분전반, 가정용 에너지 절약 서비스 등에 관한 연구가 지속적으로 증가하는 추세를 보임
- EMS에 의해 전력 소비량을 억제함과 동시에 수요자의 에너지 창출·에너지 비축 기기의 잉여 전력의 공급을 받아 수급 갭을 해소하는 등 기존 EMS의 주된 역할인 모니터링과 함께 수급 조정 시스템으로서의 새로운 역할에 대한 연구가 필요함
- 업무·산업용에서 설비 관리의 무인화를 목적으로 센서 등에서 다양한 정보를 취득하는 설비 제어·보수 관리 시스템 등이 EMS에 포함되어 활용되고 있지만, 장기적으로는 가정용에서도 가전 원격 자동 제어, 돌봄이 등의 생활 지원 서비스 플랫폼으로서 EMS에 대한 연구가 필요함

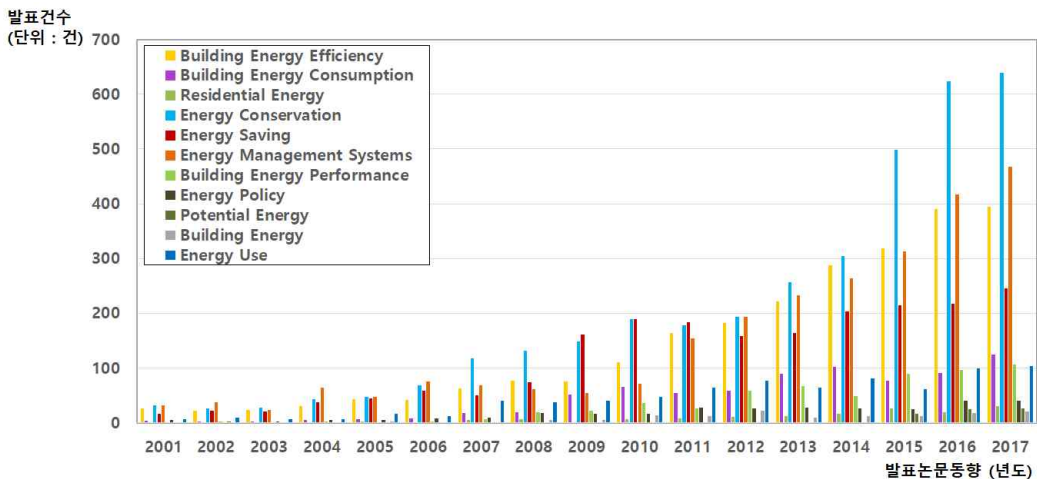


그림 112. 건축물 에너지 관리시스템 기술에 대한 SCI급 연구 논문 현황

ii) 시뮬레이션·자동화기술 분야에 대한 발표 논문 동향

- 건물에너지 평가 시뮬레이션 프로그램은 여러 종류가 있지만 건축자재의 성능을 평가할 수 있는 대표적인 프로그램은 Energy Plus 프로그램이고, SCI급 논문은 38건임
- 자동화 기술 중에 스마트 센서, 차세대 신성장 품목으로 주목받고 있음
  - 전 세계적으로 4차 산업혁명이라는 화두 아래 국별로 차세대 기술 개발을 위한 경쟁이 한층 강화되는 가운데 독일은 ‘인더스트리 4.0 전략’을 통해 독일 경제의 핵심인 제조업 분야의 기술격차를 확보하고 선두지위를 유지하고자 많은 연구를 진행하고 있음
  - IoT(사물인터넷), 스마트 공장, 인공지능(AI) 차세대 IT융합기술기술의 핵심 부품이라 할 수 있는 스마트 센서에 대한 높은 연구 수요가 감지되고 있음
- 최근에는 ICT와 녹색산업'과도 연결돼 도시환경을 지속 가능한 상태로 만들어가는 내용의 연구가 증가하고 있음

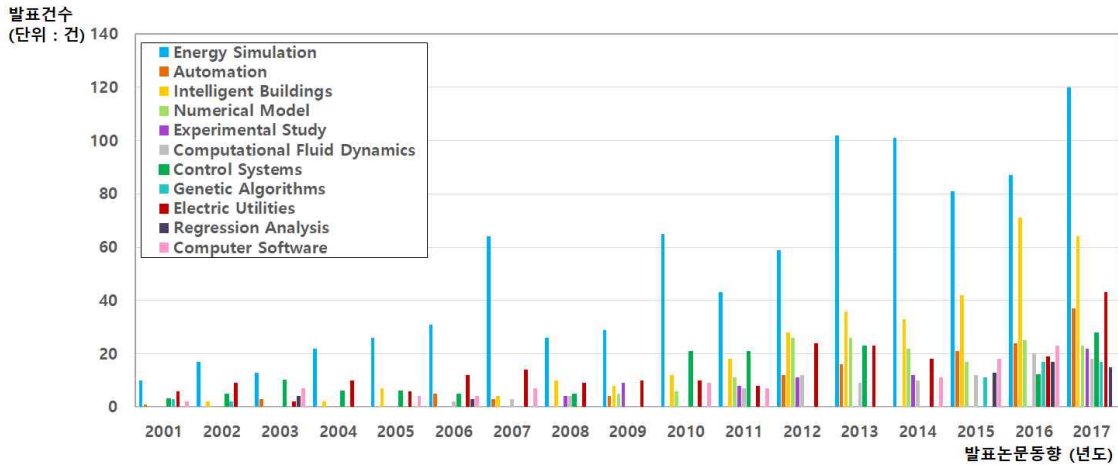


그림 113. 시뮬레이션·자동화기술에 대한 SCI급 연구 논문 현황

iii) Heating Ventilating and Air Conditioning 분야에 대한 발표 논문 동향

- Heating Ventilating and Air Conditioning분야에 대한 연구 논문 동향을 살펴보면, 난방에 대한 발표 논문 비율이 가장 높으며 지속적으로 증가하는 추세를 보임
- 냉방의 경우에도 논문 건수는 상대적으로 적으나 지속적으로 증가해가는 추세이며, 공조 분야의 성장이 현저하나, 사무실·점포 빌딩용으로 설계되는 멀티식 에어컨이나 개인 소비가 활발해지고 있는 인도네시아를 중심으로 룸에어컨 수요가 확대되면서 더 많은 연구가 진행될 것으로 예상됨
  - 또한, 지중열을 이용한 HP도 시장 확대가 예측되어 연구가 필요할 것으로 보임
- 기후변화로 인한 새로운 형태의 냉난방 방식의 연구와 기존의 냉난방기기에 대한 수요는 변화할 것으로 예측연구가 필요할 것으로 판단됨

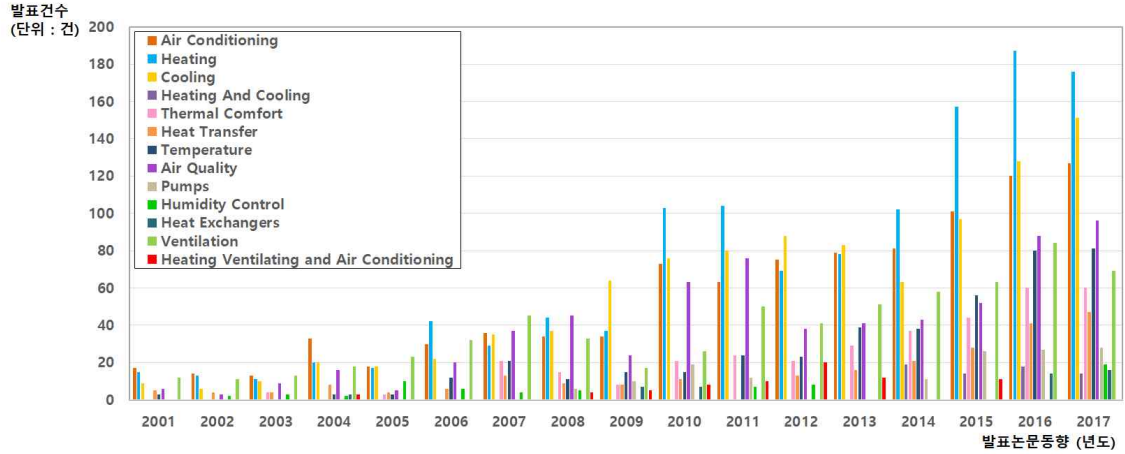


그림 114. Heating Ventilating and Air Conditioning에 대한 SCI급 연구 논문 현황

iv) LCA(Life Cycle Assessment) 분야에 대한 발표 논문 동향

- 건설 부문의 생산성 증대는 프로세스들의 최적화를 통해 이루어질 수 있어서, 낭비를 최소화하는 가장 효율적인 생산시스템에 대한 연구가 지속적으로 증가하는 추세를 보임
  - 건설 부문의 조그마한 변화만으로도 경제 전반에 이익 창출이 가능함
- 건설 및 엔지니어링 산업 부문은 매우 분열되어 있기 때문에 가치 사슬 내에 다양한 부문 간 서로 간 협력이 필요하기 때문에, 내부 협력 뿐 아니라 프로젝트 진행을 위해 지역 커뮤니티와 같은 외부와의 협력에 대한 연구가 필요함
- 건설 산업은 정책과 규제에 매우 민감하므로, 공공 부문과의 협력에 대한 연구가 필수적임

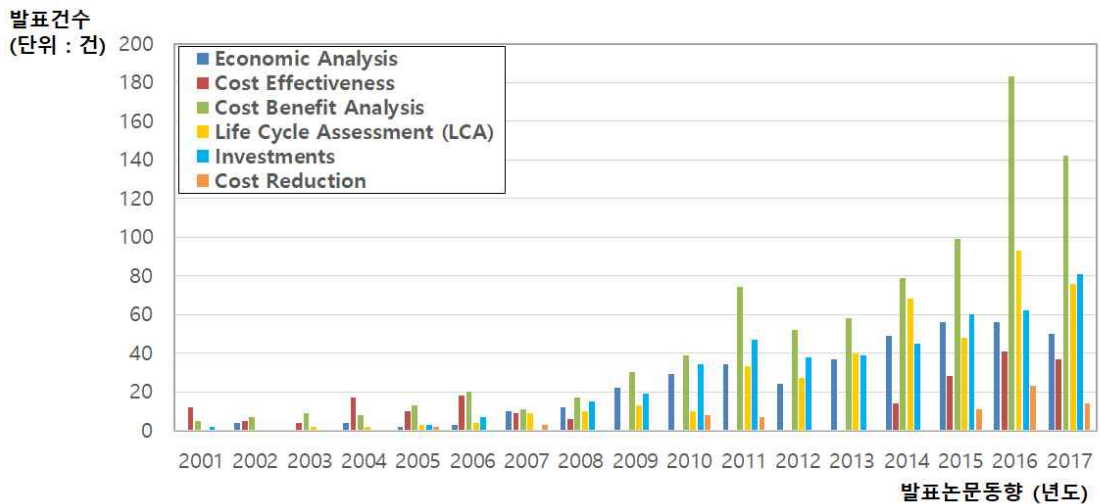


그림 115. LCA(Life Cycle Assessment)에 대한 SCI급 연구 논문 현황

v) 신재생에너지 적용 기술 분야에 대한 발표 논문 동향

- 2014년 13.4%에 머물렀던 OECD 유럽 국가들의 재생에너지 점유율이 각국의 지원 정책에 힘입어, 2015년 14.0%로 확대된 것을 비롯하여, 아시아와 미주 OECD 국가들의 재생에너지 점유율 역시 전년 대비 각각 0.2% 및 0.1% 포인트 늘어나면서, 연구 진행도 증가하고 있는 것을 확인할 수 있음
- 재생에너지 가운데서는 태양광 발전 (+19%)과 풍력 발전 (+16%)의 성장세가 가장 두드러졌음
  - 태양광 발전에 관한 SCI급 연구 발표 논문 비율이 가장 높으며 지속적으로 증가하는 추세를 보임
- 국제적인 범주에서 재생에너지 확대를 위한 정책 또는 자원조달 방안을 검토한 연구가 일부 존재함
  - 기후변화 관련 27개 국제 민간협력 기금 및 이니셔티브(PPCFIs)의 진행 현황을 검토하고 민간재원 확대를 위한 권고사항 제시, 민간재원투자를 목적으로 하는 정부 재생에너지 정책의 효과를 분석하고 시사점 제시 등과 같은 연구가 많이 진행됨
- 재생에너지 사업 추진을 위한 재정 메커니즘 또는 프레임워크를 검토한 국제기구의 연구가 일부 존재함
  - 개도국의 재생에너지 투자 동향과 장애요인, 재정 메커니즘, 정책 프레임워크를 분석하여 개도국 관점에서 재생에너지 정책을 수립할 때 고려할 목적과 필요한 정책, 기대효과 등을 제안, 개도국 재생에너지 분야에 민간 투자를 확보하기 위해 추진되고 있는 재정메커니즘을 검토하고 이들의 특징을 비교·분석 등과 같은 연구가 많이 진행됨

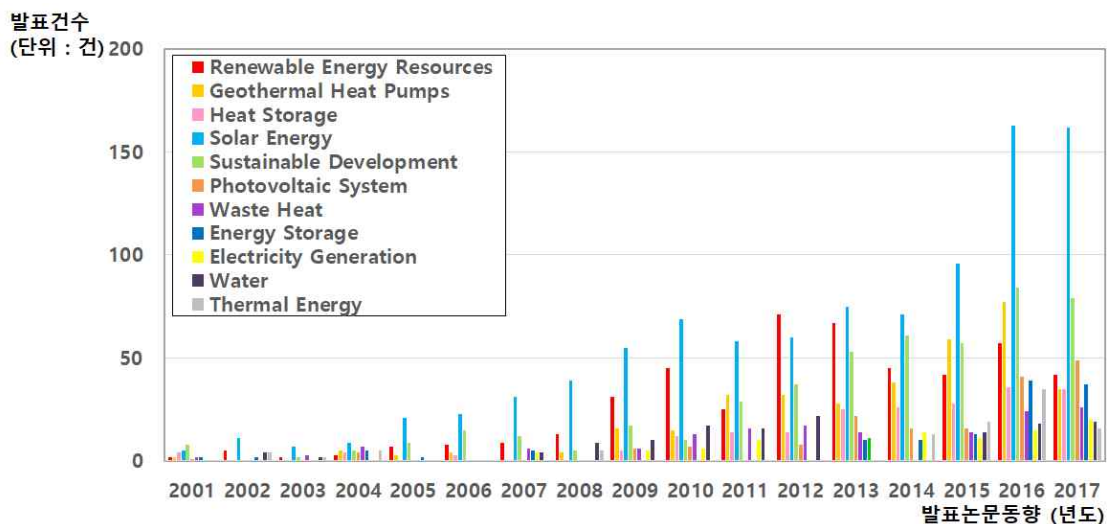


그림 116. 신재생에너지 적용 기술에 대한 SCI급 연구 논문 현황

vii) 패시브기술 분야에 대한 발표 논문 동향

- 에너지 누출을 최대한 방지하는 건축 방식인 패시브기술을 적용한 화학연료를

사용하지 않고 겨울철 난방비는 95% 이상, 여름철 냉방비는 50% 이상 절약 가능한 에너지 절약형 건축물에 대한 연구가 꾸준히 증가하고 있음

- 단열재, 창호, 열교차단과 같이 외기와 직접적으로 접하는 외벽 부위에 가장 많이 적용되는 자재에 대한 연구가 가장 많이 진행되었음
  - 실내외 온도차가 생겨 발생 되는 열의 이동을 최대한 지연시켜주기 위해 외벽자재에 가장 많이 연구됨
- 지붕의 경우에도 외기와 직접적으로 접하기는 하지만 단층 건물이외의 건물에서는 직접적인 건물에너지 절감 효과를 기대하기 어려우므로 이에 대한 연구가 필요함
- 3D 프린팅기술을 이용한 이동식 패시브하우스 개발과 같은 기존의 건축기술에 신기술을 융합 방식에 대한 연구가 이뤄지고 있음

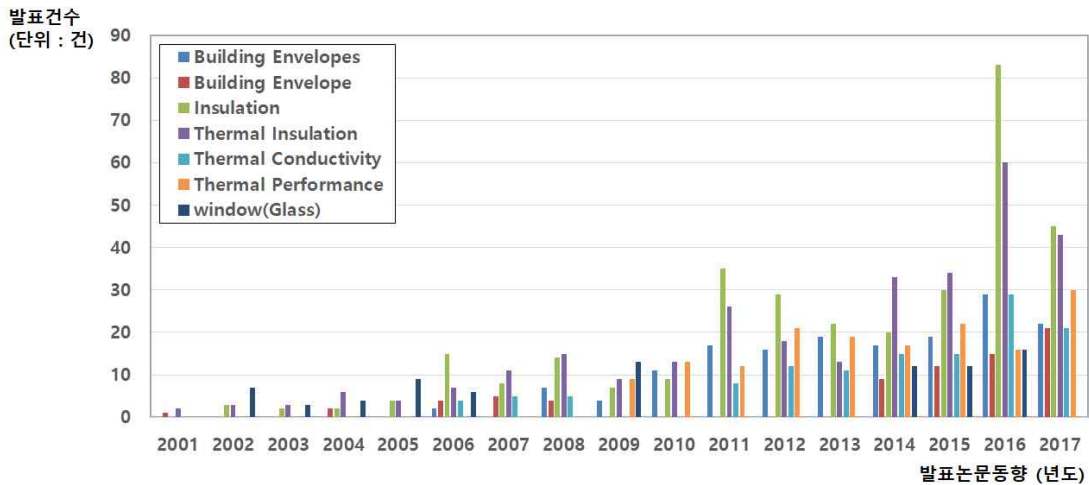


그림 117. 패시브기술에 대한 SCI급 연구 논문 현황

viii) 건축자재 분야에 대한 발표 논문 동향

- 건축물 에너지절약의 요구와 함께 외벽 보온자재의 활용과 보급에 관한 인식이 보편화되어 있으나, 일부 제품의 경우 품질 미달과 기후변화에 따른 균열 및 점도 약화로 보온재가 떨어지곤 하는데, 이러한 문제를 보완할 수 있는 연구가 필요함
  - 또한, 효율성이 높은 제품 또는 유지비가 적게 드는 건축 자재 또한 등급을 높일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요함
- 천정복사 시스템과 채광관 등 그린 건축자재 시장 확대에 대한 연구가 꾸준히 증가하고 있음

- 현재 사용되는 건축자재 중 이산화탄소 배출량이 적은 자재와 재활용할 수 있는 건축 자재가 가장 많이 연구됨
- 현재 건물에 사용되는 목재와 가구를 다른 건물 프로젝트에 수용함으로써 재활용을 적극적으로 유도하며 이런 상황으로 장기간 사용 가능한 목재와 가구에 대한 연구가 가장 많음

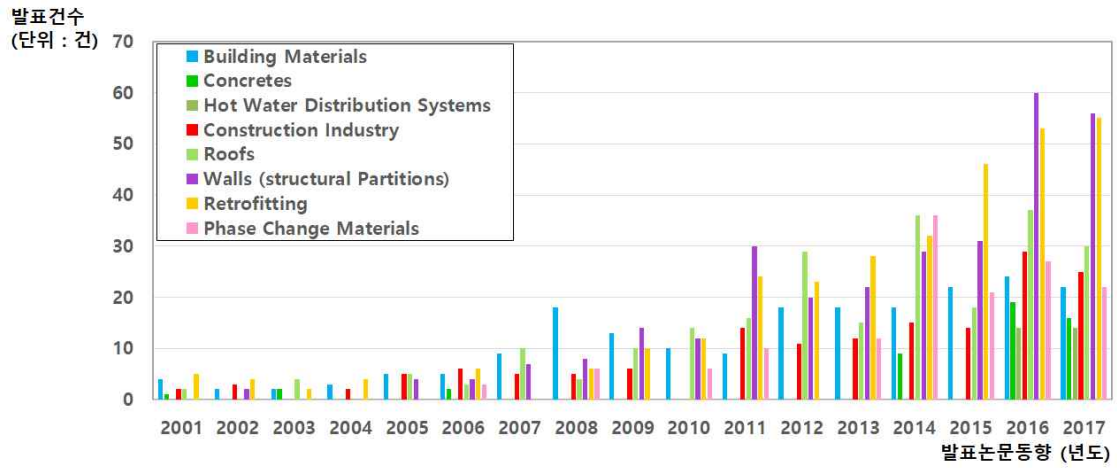


그림 118. 건축자재에 대한 SCI급 연구 논문 현황

## 6절. 유사과제 분석

### 가. 건물에너지 최적화 관련 정부과제 현황

- NTIS(국가과학기술지식정보)에서 최근 5개년도의 유사과제를 검색하여 기존 연구과제의 연구분야, 범위 및 특징을 고찰하였음
  - 검색조건 과제명 키워드 : 그린리모델링, 제로에너지, 스마트홈, 도시재생, 소규모 건축물, 에너지소비 최적화
  - 검색조건 과제년도 : 2014년 ~ 2016년

#### 1) 소규모 건축물 소비에너지 최적화 관련 연구과제 현황

- 그린리모델링, 제로에너지, 스마트홈 및 도시재생을 키워드로 소규모 건축물 소비에너지 관련 정부과제를 검색한 결과 ‘그린리모델링’ 21건, ‘제로에너지’ 126건, ‘스마트홈’ 371건, ‘도시재생’ 25건으로 분석되었음
- 그린리모델링을 키워드로 분석한 과제의 경우 패시브 요소기술과 액티브 요소기술을 융합하기 위한 연구, 리모델링 건축물의 환경성능 평가, 건식 외단열용 열교차단제품 및 진공단열패널을 이용한 고성능 단열외피 시스템의 개발연구 등이 수행되고 있음을 확인함
- 제로에너지를 키워드로 분석한 과제의 경우 ICT 기반의 스마트 창호 시스템, PV-LED 융복합 시스템, 태양전지 고효율화 기술 개발 및 제로에너지 주택단지 최적화모델과 성능검증을 위한 모니터링에 대한 연구 등이 수행되고 있음을 확인함
- 스마트홈을 키워드로 분석한 과제의 경우 ICT, 빅데이터 기술과 연계하여 스마트 가전 서비스, 스마트 모니터링 및 재실자 행동 패턴 분석의 고도화 등을 통해 정보제공 및 효율적인 기기/설비의 사용을 유도하는 연구가 수행되고 있으며 가전 시스템의 ICT 기술 적용이 활발하게 연구되고 있음을 확인함
- 도시재생을 키워드로 분석한 과제의 경우, 지역중심으로 근린재생을 고도화하기 위한 연구, 문화와 융합된 지역발전을 위한 전문인력 양성 연구, 도시재생사업 평가 시뮬레이션 기술 및 소규모 거점공간에 대한 도시재생 및 마을 공동체를 위한 연구들이 수행되고 있음을 확인하였음

표 60. 그린리모델링 관련 주요 연구과제 현황

추진분야	관련부처	과제명	연구기간	연구기관
그린 리모델링	국토교통부	시장수요기반 기존 건축물 녹색화 확산 연구	2011.11 - 2016.06	한국건설기술연구원
	산업통상자원부	제로에너지빌딩 요소기술 패키지(패시브&액티브) 융복합화 및 실증 연구	2016.11 - 2019.09	한국건설생활환경시험연구원
	국토교통부	IoT 기반 빌딩 부하예측 센싱 기술 활용 Retro-commissioning 기술 개발 및 Full scale 실증 연구	2016.06 - 2018.06	영남대학교 산학협력단
	국토교통부	제로에너지빌딩 구현을 위한, 공동주택 그린리모델링 최적 의사결정 지원 시스템 개발	2016.06 - 2018.05	연세대학교 산학협력단
	국토교통부	노후산업단지 활성화를 위한 유형별 조성모델 및 실증	2016.08 - 2021.12	가천대학교 산학협력단
	과학기술정보통신부	그린 리모델링 건축물의 환경성능 평가모델 개발 연구	2015.05 - 2018.04	아주대학교
	미래창조과학부	에이전트 모델에 의한 거주자의 에너지 사용 행태 구현	2014.05 - 2017.04	서울시립대학교
	중소기업청	패시브하우스 구현을 위한 건식 외단열용 열교차단제(화강석용 단열프레임) 개발	2014.12 - 2015.11	청운대학교

표 61. 제로에너지 관련 주요 연구과제 현황

추진분야	관련부처	과제명	연구기간	연구기관
제로에너지	국토교통부	제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영	2013.10 - 2017.10	(주)KCC건설
	산업통상자원부	ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발	2014.12 - 2017.09	(주)알루이엔씨
	산업통상자원부	건물에너지 절감을 위한 PV-LED 융복합 시스템 개발	2015.10 - 2018.09	(주)솔라테크
	산업통상자원부	국제상호인정시험평가능력기반구축(건축물 안전 및 에너지 시험평가기반 구축)	2016.01 - 2018.12	한국건설생활환경시험연구원
	과학기술정보통신부	제로에너지 커뮤니티 실현을 위한 에너지 공유 네트워킹 핵심 기술 개발	2015.01 - 2017.12	한국전자통신연구원
	과학기술정보통신부	다기능 차세대 박막 태양전지 핵심 요소 기술개발	2017.01 - 2022.12	한국에너지기술연구원
	산업통상자원부	모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발	2014.11 - 2017.10	국립공주대학교 산학협력단
	국토교통부	제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링	2013.10 - 2018.04	서울주택도시공사
	국토교통부	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발	2013.10 - 2018.04	명지대학교 산학협력단
	미래창조과학부	신재생에너지 기반 제로에너지 그린커뮤니티 개발 및 조성	2016.01 - 2016.12	한국에너지기술연구원

표 62. 스마트홈 관련 주요 연구과제 현황

추진분야	관련부처	과제명	연구기간	연구기관
스마트홈	미래창조과학부	WoT 기반 스마트 홈서비스 오픈 생태계 구축을 위한 웹 컨넥티비티 디바이스 솔루션 개발	2014.04 - 2017.02	한국전자통신연구원
	미래창조과학부	스마트 경량 IoT 기기용 운영체제 보안 핵심 기술 개발	2015-06 - 2018.05	한국전자통신연구원
	미래창조과학부	향상된 상황인지 기반 스마트 홈 서비스 기술 개발	2012.06 - 2017.05	광운대학교 산학협력단
	미래창조과학부	몰입형 스크린 미디어 서비스산업 촉진을 위한 스마트스페이스 기술개발	2013.03 - 2017.02	한국전자통신연구원
	과학기술정보통신부	자율지능 동반자를 위한 적응형 기계학습 기술 연구개발	2017.04 - 2020.12	한국과학기술원
	미래창조과학부	스마트홈 웹 오브젝트 아키텍처(SWOA) 기술 개발	2013.03 - 2017.02	한국전자통신연구원
	과학기술정보통신부	경량 임베디드 디바이스용 저전력 OS 지원 통합개발 솔루션 개발	2015.06 - 2018.05	한국전자통신연구원
	미래창조과학부	언어학습을 위한 자유발화형 음성대화처리 원천기술 개발	2015.03 - 2018.02	한국전자통신연구원
	과학기술정보통신부	onem'M Conformance 테스트 툴 및 QoS 기술 개발	2015.05 - 2018.04	전자부품연구원
	과학기술정보통신부	사용자의 의도와 맥락을 이해하는 지능형 인터랙션 기술 연구개발	2016.12 - 2020.12	경북대학교 산학협력단

표 63. 도시재생마을 관련 주요 연구과제 현황

추진분야	관련부처	과제명	연구기간	연구기관
도시재생마을	국토교통부	지역중심의 근린재생 기법 고도화 및 통합모델 구축	2014.07 - 2018.12	가천대학교 산학협력단
	국토교통부	문화융합 지역발전 전문인력 양성사업단	2013.09 - 2020.08	전북대학교
	교육부	창조형 중소도시재생 전문인력 양성사업팀	2013.09 - 2020.08	경상대학교
	교육부	지속가능한 커뮤니티를 위한 도시재생 전문인력 양성 사업단	2013.09 - 2020.08	고려대학교
	교육부	지역공간자산 체계화를 위한 부산의 지역성과 기념비성에 관한 연구	2014.11 - 2017.04	동명대학교
	중소기업청	도시재생사업 평가 시뮬레이션 기술 개발	2015.12 - 2016.11	서울대학교 산학협력단
	교육부	도시재생 및 마을공동체를 위한 소규모 거점공간에 대한 연구	2015.11- 2018.10	인하공업전문대학
	교육부	서비스러닝을 활용한 자원기반형 마을만들기 연구	2010.09 - 2015.08	부산대학교
	교육부	'아름다운 달동네' 만들기의 역설: 관광을 활용한 도시빈곤지역 재생 과정에 대한 비판적 고찰	2015.03 - 2017.02	전북대학교

표 64. 설비시스템 (히트펌프 및 환기 시스템 중심)

추진분야	관련부처	과제명	연구기간	연구기관
설비 시스템	국토교통부	Rotor-HRV 고도화 제로에너지주택용 컴팩트형 설비 통합 시스템 개발 및 사업화	2016.11 - 2019.06	(주) 스타즈스터링코 리아
	중소벤처기업 부	다기능 공기순환기 및 공기순환기의 성능 향상	2017.07 - 2018.03	(주)에코이엔지
	교육부	BIPV 조합형 스마트환기외피시스템 개발	2012.05 - 2015.04	부산대학교
	미래창조과학 부	공기식 BIPVT 컬렉터를 이용한 난방 및 환기시스템 개발에 관한 연구	2012.05 - 2015.04	공주대학교(천안 공과대학)
	산업통상자원 부	수직밀폐형 지중열교환기 및 지열원 히트펌프 시스템 성능 향상에 관한 실증 연구	2016.12 - 2019.09	가진기업(주)
	산업통상자원 부	PVT(태양광+태양열)복합패널과 축열 및 지열히트펌프를 활용한 제로에너지 타운 실현을 위한 신재생 융복합 열에너지 공급시스템 개발	2016.12 - 2019.09	장한기술(주)
	산업통상자원 부	분산열원 이용 지열 냉난방 시스템 상용화 기술	2014.12 - 2017.09	코텍엔지니어링( 주)

## 나. 기존연구와의 중복성 검토

□ 기존에 수행되었던 연구과제 중 유사성이 높은 과제에 대하여 기존 연구의 연구결과 활용 가능성과, 비교 및 차별성을 분석하였음

과제명	연구기간	발주기관	연구기관	연구목표	주요성과물	차별성 및 연계방안
제로에너지 빌딩 요소 기술 패키지(패시브&액티브) 융 복합화 및 실증 연구	2016.11 - 2019.09	산업통상자원부	한국건설생활환경시험연구원	패시브(단열, 창호, 차양/외부문)와 액티브(건물설비, 신재생에너지 통합 기술) 요소기술의 융복합 패키지 기술을 통한 경쟁력 있는 기술 확보와 실증 및 성능검증 기반 제로에너지 빌딩 인벤토리의 국민 서비스 제공으로 제로에너지 빌딩의 상용화 및 보급 확대	창호 및 차양 등의 패시브 요소기술 성능 고도화 / 액티브 요소기술 개발(BEMS) 건물 에너지 관리 시스템 설치 가이드라인에 따른 에너지 데이터 수집 및 저장 목표치 검증 / 실증 빌딩 BEMS용 다채널 계측기 설치 및 유효성 검증 BEMS용 다채널 계측기 고도화 BEMS-다채널 계측 장치 통신 보안 설계	패시브와 액티브 요소기술의 고도화 연구 결과와 건축물 관리 및 실내 환경 실측 시스템 모델을 고찰하여 향후 소규모 건축물에 적용 가능한 기술을 도출하고, 고도화하여 소규모 건축물 소비에너지 최적화에 활용 가능할 것으로 판단됨
패시브하우스 구현을 위한 건축 외 단열용 열교차단재(화강석용 단열 프레임) 개발	2014.12 - 2015.11	중소기업청	청운대학교	패시브하우스 구현을 위한 화강석 마감용 단열프레임 및 외단열시스템 부재 및 단열프레임, 부속자재 개발	열관류율 0.15 W/m <sup>2</sup> 인 벽체 구성에서 결로 발생이 없는 단열프레임 개발 / 층고 3.6m 이하에 적용 하더라도 안정적인 구조성능 구현 가능한 단열프레임 개발	건축 외단열용 열교차단재의 성능을 고찰하여 향후 본 과제의 소규모 건축물에 적용 가능한 기술을 도출하고, 고도화하여 소규모 건축물 소비에너지 최적화에 활용 가능할 것으로 판단됨
진공단열패널을 이용한 고성능 단열외피 시스템 개발연구	2015-11-01 ~ 2018-10-31	교육부	공주대학교 (천안공과대학)	진공 단열패널을 이용하여 건물 외장재로서 기능을 하면서 단열성능을 갖는 고성능 단열외피 시스템을 개발	진공단열패널 이용 단열외피 시스템의 건물적용 실험성능을 평가하여 고성능 단열외피 기술의 건물적용에 따른 에너지 절감량 및 유효성을 평가	고성능의 진공단열재의 성능을 고찰하여 향후 소규모 건축물에 적용 가능한 기술을 도출하고, 고도화하여 소규모 건축물 소비에너지 최적화에 활용 가능할 것으로 판단됨
그린 리모델링 건축물의 성능평가 연구	2015.05 - 2018.04	과학기술정보통신부	아주대학교	건축물의 진단, 설계, 시공, 준공 후 전 과정에서 우수한 에너지·환경 성능을 확보할 수 있는 그린 리모델링 건축물의 종합 환경성능 평가모델을 개발	그린 리모델링의 환경성능을 평가할 수 있는 종합 환경성능 평가모델 개발 / 각 단계에서 구축된 지표와 분석된 국내외 평가지표를 종합하여 예비평가 지표를 도출	시뮬레이션을 적극 활용한 평가방법론, 사전평가지표와 시공단계에서 그린 리모델링 전후 건축물 성능 실측 평가방법론 및 실측 평가지표를 연구하여 그린 리모델링 건축물의 종합 성능평가모델을 제시하였음. 이 모델을 고찰하고 검증하여, 추후 연계방안을 모색할 수 있을 것

제로에너지 빌딩 구현을 위한, 공동주택 그린리모델링 최적 의사결정 지원 시스템 개발	2016.06 - 2018.05	국토교통부	연세대학교 산학협력단	기존 공동주택을 대상으로 민간 주도의 그린리모델링 시장 활성화를 유도하고자 리모델링 최적 의사결정 지원 시스템을 개발	기존 공동주택의 속성정보를 고려하여 비용과 성능 측면에서 효과가 가장 우수할 것으로 예상되는 최적의 요소기술을 파악 후 공동주택 그린리모델링 최적 대상 선정 모델을 최종 개발	리모델링 건축물의 환경성을 평가하기 위해 모델을 개발하는 연구로써, 공동주택에 초점이 맞추어져 있음 본 과제에서는 소규모 건축물의 노후화 정도에 따라 정량적인 성능을 제시하기 위해 유형별, 용도별, 규모별로 성능지표를 도출하고, 리모델링을 위한 기법과 상세도를 개발하는 차별성을 지니고 있음 / 노후건축물 단계(공정)별 비용효율적인 리모델링 방안을 제시한다는 차별성이 존재함
제로에너지 주택 단지 성능 검증 및 모니터링	2013.10 - 2018.04	국토교통부	서울주택도시공사	주택단지의 개발된 기술을 바탕으로 에너지요구량을 최소화 하고, 적절한 신재생에너지를 공급하여, 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명의 1차 에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발하고 구현	1차에너지 소요량을 제로로 하는 최적화 모델을 개발 / 에너지 및 쾌적성 모니터링을 통해 제로에너지 주택단지 성과를 검증 / 제로에너지 주택실증단지 모델의 비용효용효과분석을 통해, 최적화 비즈니스 모델을 개발 / 제로에너지 주택실증단지의 보급에 있어 경제적 측면의 전략을 수립	해당 연구는 제로에너지 주택단지를 개발하고 실증된 단지의 에너지소비를 모니터링 하기 위한 연구로써, 소규모 건축물에 초점이 맞추어진 본 연구과제와는 차이점을 나타냄 / 기존의 개발된 기술을 고도화하여, 소규모 고효율 건축물에 적합한 모델로 개발해야 할 필요성이 존재함 / 또한, 새로 개발되는 냉방, 난방, 급탕, 환기 시스템의 에너지 소비원별 모니터링과 최적 제어 기법을 개발한다는 측면에서 차별성을 나타냄
제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영	2013.10 - 2017.10	국토교통부	(주) KCC 건설	제로에너지 주택에 대한 국내 기술개발 수준을 향상시키고 상용화가 될 수 있도록 국내 기술 보급에 대한 기반을 마련하고, 이를 통해 실증단지를 구축	제로에너지 성능 구현을 위한 일반적이지 않은 자재 및 공법 적용 시 해당 공사내용에 대한 데이터 작성 / 제로에너지 성능확보를 위한 주요 적용자재 시공 기술 검토 / 제로에너지주택 실증단지를 구성하는 설비와 일반 표준 공동주택의 설비를 통한 에너지 성능 비교분석	해당 연구에서는 국내 기존 패시브적 및 액티브적인 건축 기술을 데이터를 정립하는데 그쳤음. 하지만 본 과제에서는 국내 환경에서 제로에너지 구현을 설계 시스템의 성능을 개선 및 개량하고, 설계 및 시공도서 또한 개발한다는 점에서 차이가 있음
건물에너지 절감을 위한 PV-LED 융복합 시스템 개발	2015.10 - 2018.09	산업자원부	(주) 솔라테크	건축물의 에너지 자립을 위하여 건물에너지 절감을 위한 PV-LED 융복합 시스템 개발	공동주택용 DC 배전 기능을 가지는 PV-LED PCS 설계 및 개발 / PV-LED 융합 新 제품 지원용 ICT 융합 플랫폼 통합	태양광 발전설비에 초점을 맞춘 연구로써 건축물 전반을 아우르는 본 연구과제와는 기술개발의 목적이 상이함 / 본 기획과제에서 제시하는 태양광 관련 연구는 소규모 고효율 건축

					고도화 및 실증 / 기존 형광등대체용(32W 2등용, 다운라이트 등) LED 제어모듈 및 LED 조명기기 개발	물의 적정 신재생에너지 설비 용량 산정과, 이를 적용하기 위한 방안을 도출하는 연구내용을 포함하고 있음
다기능 차세대 박막 태양전지 핵심 요소 기술개발	2017.01 - 2022.12	과학기술정보통신부	한국에너지기술연구원	친환경에너지타운 및 친환경건물을 위한 스마트창호 및 관련 핵심부품 소재로 활용을 위한 다기능 차세대 박막 태양전지 핵심 요소 기술개발 (양면수광형 결정질 실리콘 태양전지, 유연 CIGS 박막 태양전지, 상호적용 투광형 태양전지)	양면수광형 결정질 실리콘 태양전지 - 도핑농도 제어, 적층 패시베이션 기술을 통한 고효율화 기술개발 / 유연 CIGS 박막 태양전지 - Junftion 특성 개선, 결함 제어를 통한 고효율 유연 박막 태양전지 기술개발 3. 상호적용 투광형 태양전지 - CIGS 계 : 신구조, 신물질 적용을 통한 혁신형 태양전지 개발	태양광 발전설비에 초점을 맞춘 연구로서 건축물 전반을 아우르는 본 연구과제와는 기술개발의 목적이 상이함 / 본 기획과제에서 제시하는 태양광 관련 연구는 소규모 고효율 건축물의 적정 신재생에너지 설비 용량 산정과, 이를 적용하기 위한 방안을 도출하는 연구내용을 포함하고 있음
모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발	2014.11 - 2017.10	산업통상자원부	국립공주대학교 산학협력단	모듈러 방식의 시공성 및 효율향상된 BIPVT 외피 시스템 설계기술 개발을 통해 제로에너지 건축을 위한 에너지 절약기술로 활용하기 위한 모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발	모듈러 방식의 BIPVT 컬렉터 결합부재 및 건물 설치프레임 시제작 / 공기식 BIPVT 컬렉터를 이용한 환기 및 난방시스템 설계 및 AHU 시제작	본 연구과제와는 기술개발의 목적이 상이함 / 본 기획과제에서 제시하는 태양광 관련 연구는 소규모 고효율 건축물의 적정 신재생에너지 설비 용량 산정과, 이를 적용하기 위한 방안을 도출하는 연구내용을 포함하고 있음
PVT(태양광+태양열)복합 패널과 축열 및 지열히트펌프를 활용한 제로에너지타운 실현을 위한 신재생 융복합 열에너지 공급 시스템 개발	2016.12 - 2019.09	산업통상자원부	장기술(주)	태양광+태양열 복합패널과 축열 및 지열히트펌프를 활용한 제로에너지타운 실현을 위한 신재생 융복합 열에너지 공급 시스템 개발	PVT복합패널 최종 시제품 제작 / 최적인전전략 수립 프로그램 개발 / 고온수히트펌프 제어장치 및 시스템 개발 / 지중축열조 데이터 계측 및 해석모델과의 비교 분석을 통해 해석모델 수정 보완 완성 / 태양열 모듈의 시제품 내구성 확보	해당 연구는 제로에너지타운을 실현하기 위한 신재생에너지, 고효율설비시스템 등의 액티브적 요소에만 중점을 두고 있음. 본 과제에서는 건축물의 액티브적 요소뿐만 아니라 패시브적 요소를 함께 적용하는 최적화 방안을 개발한다는 점에서 차이점이 있음
WoT 기반 스마트 홈 서비스 오픈 생태계 구축을 위한 웹 컨넥티비티 디바이스	2014.04 - 2017.02	미래창조과학부	한국전자통신연구원	초경량의 웹기반 스마트홈 솔루션을 내장한 저가의 WoT SoC를 공급하기 위하여 WoT 기반 웹 컨넥티비티 디바이스 솔루션 개발	스마트홈 WoT 시스템 상용화 / WiFi 지원 저전력 스마트홈 WoT가 전용 컨넥티비티 SoC 개발 / 스마트 게이트웨이 시험 적용/검증 /	스마트홈, 정보가전, 센서 기반 IoT 등의 산업에서 난립하고 있는 다양한 플랫폼 간 예견되는 이질성 문제를 해결할 수 있는 기술을 개발하기 위한 연구로서, 건물에너지 최적화와 직접적인 관련은 없음

루션 개발					스마트홈 WoT가 전 표준 추진	
스마트홈 웹 오브젝트 아키텍처(SWOA) 기술 개발	2013.03 - 2017.02	미래창조과학부	한국전자통신연구원	스마트홈 웹 오브젝트 기술적용 및 사업화를 위한 지능형 분석관리 플랫폼 개발 및 홈 자원 사전 지식 서비스 구축	스마트홈 웹 오브젝트 베이스 아키텍처 시스템 시제품 개발 / 스프링 프레임 워크 기반의 가상 공통 플랫폼 설계 및 개발 / SWOA 접근 제어 및 보안 프로토콜 개발	사용자 또는 거주자에게 편리하고 직관적인 스마트홈 웹 오브젝트 기술적용을 위한 연구로써, 건물에너지 최적화와 직접적인 관련은 없음
IoT 기반 빌딩 부하 예측 센싱 기술 활용 Retro-commissioning 기술 개발 및 Full scale 실증 연구	2016.06 - 2018.06	국토교통부	영남대학교 산학협력단	BEMS 연계 IoT 기반 빌딩 부하 예측 센싱 기술 활용 Retro-commissioning 기술 개발을 통해 제로 에너지 건물 구현	IoT 기반의 가상 센서를 활용한 빌딩 부하예측 센싱 기술 개발 / 대상 건물의 설비 시스템 운영 확인을 통한 건물 에너지 및 고장감지 진단의 정확도 및 신속성 확보 / 건물의 설비시스템에 대한 체계적이고 종합적인 에너지 관리를 위한 Retro-commissioning 기술 개발	기존 연구 사례(IoT/ICT)의 고찰을 통해 소규모 건축물에서 활용 가능한 항목과 시스템을 설정하고, 기술발전에 따른 미래기술과 성능지표를 설정함
ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발	2014.12 - 2017.09	산업통상자원부	(주)알루이앤씨	초고층 등 건물 외피의 커튼월 및 반사유리 적용으로 인한 현취 및 실내 온열현상에 대한 쾌적성을 저감시키는 요인을 스마트 유리로 제어함 ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발	EC 소재 적용 glazing을 포함한 창호시스템의 종합 열관류율 1.2 W/m <sup>2</sup> K 이하 구현 / 대(大)면적 투명전도층/전기변색 기판 제작 / BEMS 연동 프로토콜 개발 - 실증을 위한 스마트창호/BEMS 연동 프로토콜 개발	해당 과제는 ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발을 한 것으로 추후 본 과제에서 활용할 수 있는 방안을 모색할 것으로 보이나 과제의 성격은 상이하다고 판단됨
에이전트 모델에 의한 거주자의 에너지 사용 행태 구현	2014.05 - 2017.04	미래창조과학부	서울시립대학교	건물 사용자의 에너지 사용 행태 모델을 제시하고 이를 건물 에너지 분석 툴과 융합하여 실제 에너지 사용량에 근접한 예측을 가능하게 하고, 거주자 행태 및 실내 온열환경에 대한 모니터링을 통한 환절기 창 개폐모델의 도출을 목표로 한다.	환절기 주거용 건물의 창 개폐모델과 냉난방기기의 사용이 거주자의 온열쾌적성에 미치는 영향력에 대한 분석 / 환절기 창 개폐모델 도출 실내온습도 및 창 개폐, 거주자 재실 정보 모니터링 및 데이터 분석 알고리즘(Bernoulli, Markov) 별 환절기 창 개폐모델 도출	패시브 건축물 기반에서, 가전 및 설비를 사용하는 재실자의 에너지 사용 행태의 구현보다는 정보제공 기술 및 ICT를 활용한 설비 자동제어 기술을 적용하여 소비에너지를 최적화할 수 있는 기술을 개발함

○ 고성능 건축 기술 개발/ 실증 연구 분야 (1세부과제와의 차별성)

- 고성능 건축 기술 개발/ 실증과 관련된 기존의 연구에서는 고성능 재료의 개발, 최신의 기술을 활용한 제로에너지 건축을 구현하는 연구를 수행하고 있으며, 본 기획과제에서 제안하는 1세부 과제와 가장 유사한 성격을 나타냄
- 기존의 연구과제에서는 제로에너지 및 패시브 건축물을 구현하기 위한 최신의 공법과 기술을 개발하고 실증건축물에 적용하는 고도 기술집약적인 방식으로 연구가 진행되고 있으나, 아직 연구결과물이 명확하게 나타나지 않은 상태임
- 또한, 본 기획연구에서 제시하는 1세부과제의 내용인 소규모 건축물의 소비에너지 최적화와 품질확보를 위한 성능 기반의 설계기준, 부위별 상세도, 시공예시도, 감리를 위한 체크리스트 제작과 같은 연구내용에서 차이점을 나타내고 있으며, 이러한 결과물을 통해 소규모 건축물 시장의 체질을 개선하고 고품질의 건축물이 양성할 수 있는 안전장치의 역할을 기대한다는 측면에서 기존 연구와 차별성이 있음

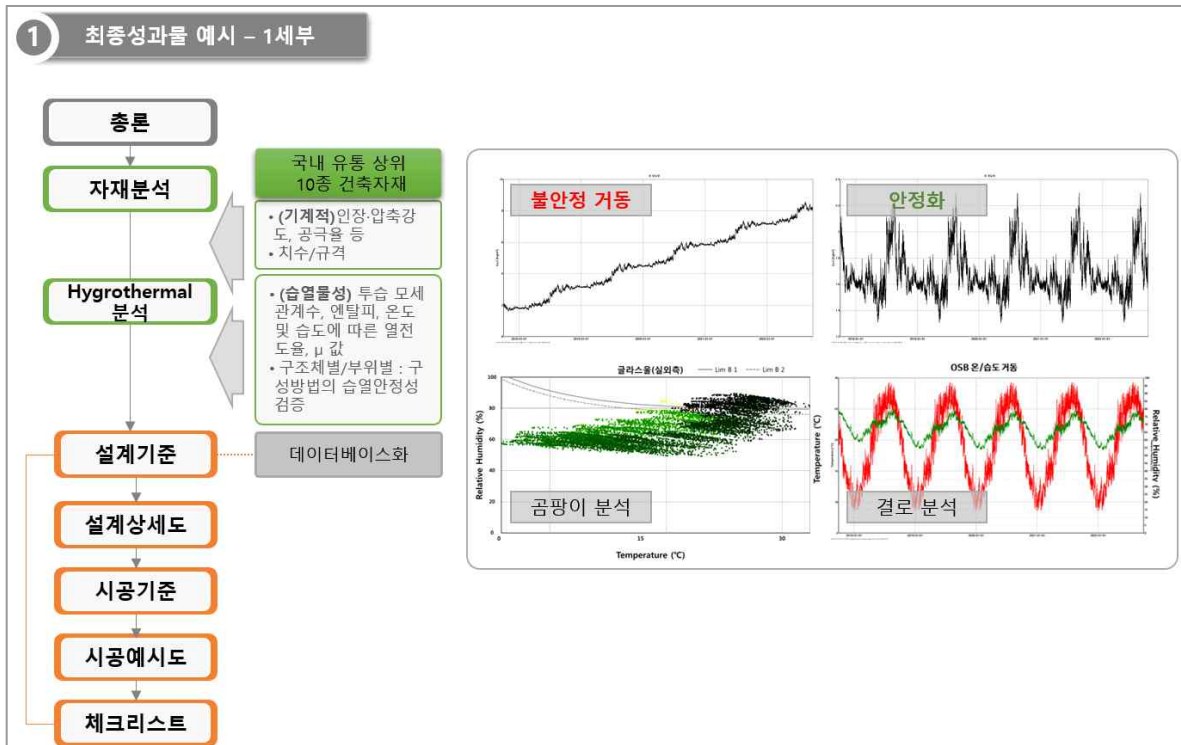


그림 119. 1세부과제 연구 프로세스 및 습열 분석 예시

파라펫 방수

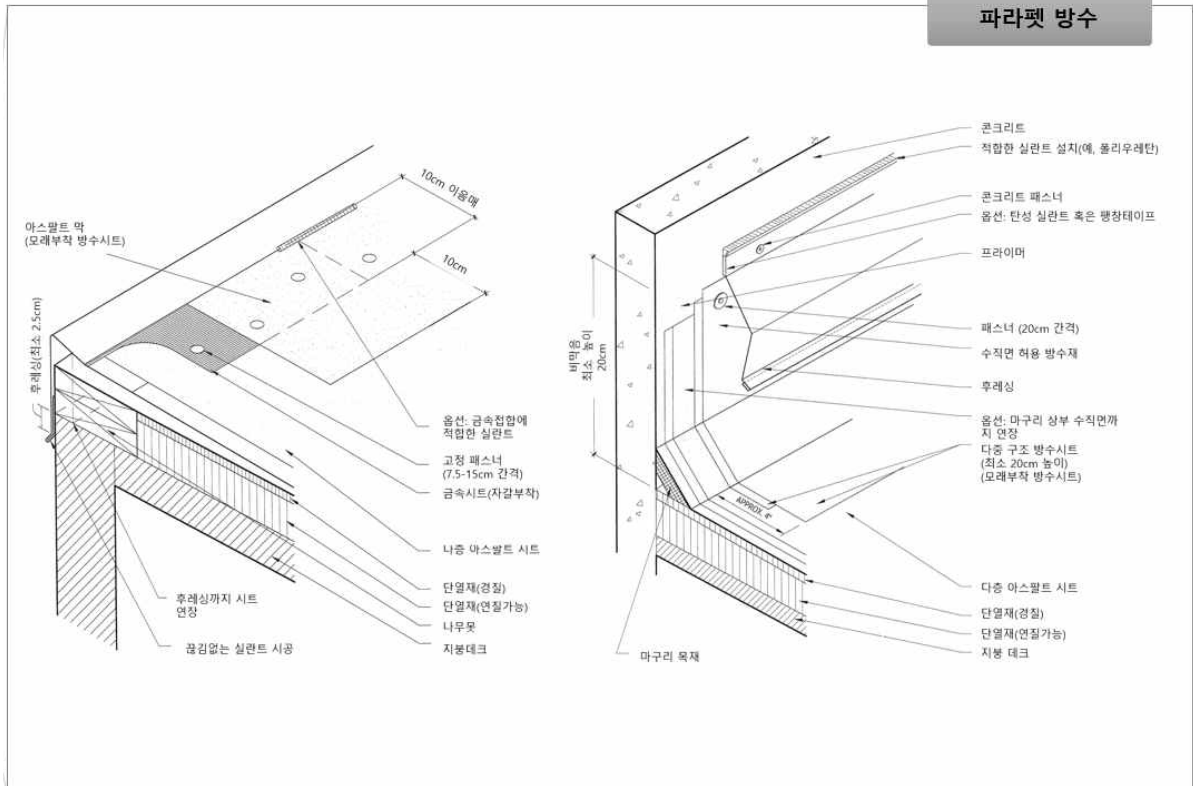


그림 120. 부위별 설계 상세도 제작 예시

○ 건축물 성능 평가 연구 분야 (2세부과제와의 차별성)

- 기존 건축물의 리모델링을 위한 환경성능 분석과에 대한 연구로써, 본 기획연구의 2세부 과제와 가장 높은 유사성을 나타내고 있음
- 연구의 대상이 공동주택에 초점이 맞추어져 있으며, 전체 건축물 구성 비율 중 절대 다수를 차지하고 있는 소규모 건축물에 대한 내용은 포함하지 않고 있어, 본 기획연구의 2세부 과제와 차이점이 있음
- 기존 노후건축물의 성능 개선을 위해, 준공연도별/ 공법별로 노후 건축물의 정량적인 성능 지표를 개발하고, 리모델링을 위한 공법별 표준 상세도를 개발한다는 측면에서 기존 리모델링 관련 연구와 가장 큰 차별성을 나타내며, 단일/ 창호/ 기밀/ 열교차단 등 리모델링 공법 단계별로 개선안을 제시한다는 측면에서 차별성이 존재함
- 본 기획과제에서 제시되는 연구내용의 결과물인 노후 건축물의 성능 지표를 통해 건축주는 소유건축물의 노후화 정도와 리모델링 공법별 적용에 따른 개선 전후에 대한 소유건축물의 성능 향상을 정량적으로 확인할 수 있어, 노후 건축물 소유주의 리모델링으로 인한 성능개선에 대한 이해도를 향상시킬 수 있으며, 연구의 결과물을 통해 성능 개선 기반의 리모델링 시장 활성화를 기대할 수 있음



그림 121. 노후 건축물 성능 검증 서비스 및 리모델링

○ 태양광 시스템 & ICT 연구분야

- 태양광 시스템과 ICT 기술을 적용한 건물에너지 관련 기존의 연구내용은 본 기획 연구에서 제시하는 3세부과제의 내용과 일부 유사하나, 개발되는 목표대상의 건축물이 소규모, 고성능의 건축물과 냉/난방, 급탕, 환기 패키지 시스템 설비가 적용된 고성능의 건축물을 대상으로 한 기술개발이 아니며, 각 기술 개별적으로 태양광 시스템 효율 향상, 모니터링 방식의 통합 및 개선, ICT 기술에서 난립하고 있는 이질성 문제의 해결 등 단일의 목표를 지니고 있음
- 3세부과제의 주요 목표인 냉/난방, 급탕, 환기가 통합된 패키지 시스템 개발은 기존의 연구에서는 다루지 않은 새로운 시스템이며, 세부 내용으로 포함되어 있는 태양광 시스템 설비 선정 및 적용 연구는 태양광 시스템을 직접적으로 개발하는 것이 아닌 소규모 고효율의 건축물에서의 적절한 태양광 용량 산출과, 이를 소규모 건축물에 적용하기 위해 건축 디자인적인 요소를 고려한 방법을 도출하는 것임
- 또한, 3세부과제에서 다루는 ICT&IoT 관련 연구는 소규모 고효율 건축물을 대상으로 냉/난방, 급탕, 환기 패키지 시스템과 건축물 내부에 설치되어 있는 다양한 설비를 통합적으로 모니터링하고 제어할 수 있는 방안을 연구하는 것으로 기존의 ICT를 활용한 설비 제어기술과는 차별성을 지니고 있음

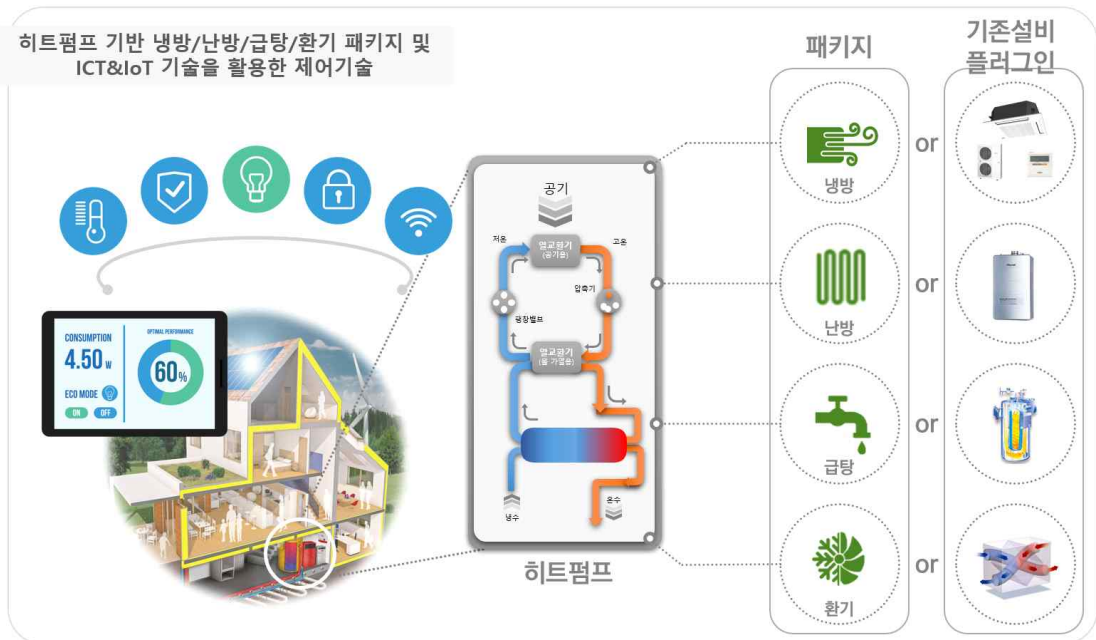


그림 122. 히트펌프 기반 패키지 시스템

## ☞ 시사점

- 기존 연구를 분석한 결과, 건축물 에너지 절감 및 제로에너지 건축물을 구현하기 위해, 고성능(열교차단/ 고단열)의 제품 개발, 제로에너지 건축물 설계 기법 및 실증과 모니터링을 위한 다양한 연구가 수행되고 있어, 향후 소규모 건축물에 활용 가능한 기술항목의 도출이 가능할 것으로 판단됨
- IoT, ICT 기반의 가전제품, 조명, 발전/ 개발이 활발하게 이루어지고 있는 것을 확인하였으며, 이를 소규모 전용 BEMS 시스템 및 설비제어 시스템과 연계하고 에너지소비 최적화를 위해, 소규모 건축물에서도 능동적인 제어가 가능한 방법과 ICT 기반 기술의 도출이 필요한 것으로 판단됨
- 현재 신축 및 공동주택의 제로에너지 최적화를 위한 연구와 실증 프로젝트들이 다수 수행되고 있어, 향후 신축 건축물은 개발된 기술의 보편화가 이루어질 것으로 예상됨
- 기존 노후 건축물의 개·보수 및 리모델링 기법에 대한 연구는 여전히 미흡한 실정이며, 소규모 노후건축물의 유형별/ 용도별/ 구조별로 리모델링 방법과 기술항목을 유형화하여 보편적으로 활용할 수 있도록 리모델링 가이드라인의 도출이 필요한 것으로 분석됨
- 본 기획 연구 방향은 소규모 건축물 공간의 특정한 항목의 소비에너지 절감이 아닌 건축물 전체에 걸쳐 소비에너지를 최적화하기 위한 연구로써, 건축적인 접근, 설비적인 접근, 신재생에너지 활용가능성 여부와 ICT 기술의 접목 가능성을 종합적으로 고려하여, 기존 연구와의 중복성 및 차별성을 두고자 함

## 7절. 연구개발 인프라 분석

### 가. 연구개발 인프라 분석

#### ○ 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계 핵심 기술 관련 국내 연구

- 다음은 국토교통과학기술진흥원 NTIS(국가 R&D 사업관리)의 연구생태계맵 데이터를 활용하여 2014년부터 2016년까지의 국내 연구 인프라를 검색한 결과이다. (2014 - 2016, 연구비 기준 상위 10개 연구)
- 키워드 ‘그린리모델링’ 검색 결과, 대상과제 21건, 참여연구자수 274명으로 집계되었음
- 키워드 ‘제로에너지’ 검색 결과, 대상과제 126건, 참여연구자수 2,599명으로 집계되었음
- 키워드 ‘스마트홈’ 검색 결과, 대상과제 371건, 참여연구자수 4,854명으로 집계되었음

표 65. 연구 주제에 따른 과제건수 및 참여연구자(2014-2016)

	그린리모델링	제로에너지	스마트홈	도시재생 마을
대상과제	21건	126건	371건	25건
참여연구자	274명	2,599명	4,854명	228명

(출처 : NITS\_국가 R&D 사업관리)

- 그린리모델링, 제로에너지빌딩, 스마트홈 기술과 관련하여 산/학/연 기관에 다양한 연구자들이 포진해 있음. 연구자 인프라 및 연구자별 연구영역은 아래와 같음

추진 분야	순번	해당기관	대표 연구자	연구영역 및 방향
그린 리모델링	1	한국건설기술연구원	이건호	시장수요기반 기존 건축물 녹색화 확산 연구
	2	한국건설생활환경 시험연구원	성욱주	제로에너지빌딩 요소기술 패키지(패시브&액티브) 융복합화 및 실증 연구
	3	영남대학교 산학협력단	조영흠	IoT 기반 빌딩 부하예측 센싱 기술 활용 Retro-commissioning 기술 개발 및 Full scale 실증 연구
	4	연세대학교 산학협력단	홍태훈	제로에너지빌딩 구현을 위한, 공동주택 그린리모델링 최적 의사결정 지원 시스템 개발
	5	가천대학교 산학협력단	박환용	노후산업단지 활성화를 위한 유형별 조성모델 및 실증
	6	아주대학교	이규인	그린 리모델링 건축물의 환경성능 평가모델 개발 연구
	7	서울시립대학교	허정호	에이전트 모델에 의한 거주자의 에너지 사용 행태 구현
	8	청운대학교	문선욱	패시브하우스 구현을 위한 건식 외단열용 열교차단제(화강석용 단열프레임) 개발
	9	국립 공주대학교	이일규	에너지절약 설계를 위한 BIM기반 실시간 형별성능 자동 산출 기술 개발
	10	국립 공주대학교	김진희	진공단열패널을 이용한 고성능 단열외피 시스템 개발연구

추진 분야	순번	해당기관	대표 연구자	연구영역 및 방향
제로 에너지	1	(주)KCC건설	이승훈	제로에너지 기술적용을 통한 실증단지 구축 및 운영
	2	(주)알루이엔씨	황상근	ICT기반 스마트창호시스템 기술 개발
	3	(주)솔라테크	이길송	건물에너지 절감을 위한 PV-LED 융복합 시스템 개발
	4	한국건설생활환경 시험연구원	조병영	국제상호인정시험평가능력기반구축(건축물 안전 및 에너지 시험평가기반 구축)
	5	한국전자통신연구원	이일우	제로에너지 커뮤니티 실현을 위한 에너지 공유 네트워킹 핵심 기술 개발
	6	한국에너지기술연구원	조준식	차세대 태양전지 고효율화 기술개발
	7	국립공주대학교 산학협력단	김준태	모듈러 방식의 공기식 BIPVT 시스템 개발
	8	서울주택도시공사	김형근	제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링
	9	명지대학교 산학협력단	이명주	제로에너지 주택 및 단지 최적화모델 개발
	10	한국에너지기술연구원	백남춘	신재생에너지 기반 제로에너지 그린커뮤니티 개발 및 조성
스마트홈	1	한국전자통신연구원	박준희	WoT 기반 스마트 홈서비스 오픈 생태계 구축을 위한 웹 컨넥티비티 디바이스 솔루션 개발
	2	한국전자통신연구원	김정녀	스마트 경량 IoT 기기용 운영체제 보안 핵심 기술 개발
	3	광운대학교 산학협력단	양성현	향상된 상황인지 기반 스마트 홈 서비스 기술 개발
	4	한국전자통신연구원	김선중	몰입형 스크린 미디어 서비스산업 촉진을 위한 스마트스페이스 기술개발
	5	한국과학기술원	김종환	자율지능 동반자를 위한 적응형 기계학습 기술 연구개발
	6	한국전자통신연구원	이현우	스마트홈 웹 오브젝트 아키텍처(SWOA) 기술 개발
	7	한국전자통신연구원	김선태	경량 임베디드 디바이스용 저전력 OS 지원 통합개발 솔루션 개발
	8	한국전자통신연구원	이윤근	언어학습을 위한 자유발화형 음성대화처리 원천기술 개발
	9	전자부품연구원	김재호	onem'M Conformance 테스트 툴 및 QoS 기술 개발
	10	경북대학교 산학협력단	이민호	사용자의 의도와 맥락을 이해하는 지능형 인터랙션 기술 연구개발

추진 분야	순번	해당기관	대표 연구자	연구영역 및 방향
도시 재생 마을	1	가천대학교 산학협력단	이우종	지역중심의 근린재생 기법 고도화 및 통합모델 구축
	2	전북대학교	함한희	문화융합 지역발전 전문인력 양성사업단
	3	경상대학교	안정근	창조형 중소도시재생 전문인력 양성사업팀
	4	고려대학교	이경훈	지속가능한 커뮤니티를 위한 도시재생 전문인력 양성 사업단
	5	동명대학교	조승구	지역공간자산 체계화를 위한 부산의 지역성과 기념비성에 관한 연구
	6	서울대학교 산학협력단	권영상	도시재생사업 평가 시뮬레이션 기술 개발
	7	인하공업전문대학	박혜선	도시재생 및 마을공동체를 위한 소규모 거점공간에 대한 연구
	8	부산대학교	우신구	서비스러닝을 활용한 자원기반형 마을만들기 연구
	9	전북대학교	김주영	'아름다운 달동네' 만들기의 역설: 관광을 활용한 도시빈곤지역 재생 과정에 대한 비판적 고찰
	10	-	-	-

## 나. 실증개발 인프라 분석

### ○ 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계 핵심 기술 관련 국내 실증인프라

- 다음은 (사)한국패시브건축협회 회원사 목록으로 설계, 시공, 전문공정사, 개인기술자, 자재협력사의 분류임. 한국패시브건축협회 주관 실무자교육을 반드시 이수하여야만 정 회원사의 자격이 주어지며 현재 패시브건축을 수행하는 역량을 갖추고 있음.

구분	회사명	구분	회사명	구분	회사명
설계사	건축사사무소 삼간일목	시공사	하우스에보	자재협력사	(주)동건
설계사	(주)대현 건축사사무소	시공사	화미건축	자재협력사	미트하임
설계사	(주)디알디에스플러스 건축사사무소	시공사	(주)풍산우드홈	자재협력사	바레마코리아 유한회사
설계사	(주)건축사사무소 티오피	시공사	선이인터내셔널(주)	자재협력사	성진데코
설계사	(주)대륙한들 건축사사무소	시공사	한주패시브건설	자재협력사	(주)스타빌엔지니어링
설계사	(주)건축사사무소 더함	시공사	(주)태상건설 E팩토리	자재협력사	(주)스타즈스터링코리아
설계사	(주)자림이앤씨 건축사사무소	시공사	(주)브랜드하우징	자재협력사	엔섬
설계사	(주)목금토 건축사사무소	시공사	원원하우징	자재협력사	(주)엘에스기연
설계사	(주)건축사사무소 고성탑	시공사	광장	자재협력사	(주)엠티이에스
설계사	서우건 축사사무소	시공사	리플레이기술(주)	자재협력사	(주)우신원시스템
설계사	건축사사무소 담아	시공사	(주)이에코건설	자재협력사	(주)유로레하우
설계사	건축사사무소 야기현	시공사	세움주택건설	자재협력사	이비엠리더
설계사	건축사사무소 마루	시공사	(주)HB로이건설	자재협력사	(주)이지아이비스
설계사	명 건축사사무소	시공사	(주)하우스탑디앤씨	자재협력사	인에어
설계사	(주)무심 종합건축사사무소	시공사	(주)그린홈예진	자재협력사	(주)블라인드 팩토리
설계사	우공포럼 건축사사무소	시공사	대화이앤씨(주)	자재협력사	TB-BLOCK
설계사	예린건축사사무소	시공사	(주)이든건축	자재협력사	(주)티푸스코리아
설계사	양 건축사사무소	시공사	제주패시브하우스 (JEJUPH)	자재협력사	(주)프로클리마
설계사	(주)유진 건축사사무소	시공사	그리크지않은집	전문공정사	모던코트시스템
설계사	한들 건축사사무소	시공사	씨와이토건(주)	전문공정사	LCC건설
설계사	건축사사무소 예감	시공사	정건하우징	-	-
설계사	(주)백두 건축사사무소	시공사	플랜트리	-	-
설계사	인우 건축사사무소	현장기술자	권희범	-	-
설계사	소담 건축사사무소	현장기술자	김순희	-	-
설계사	산방 건축사사무소	현장기술자	김영상	-	-

## 8절. 종합분석

### 가. 동향분석 시사점

#### 1) 국내외 정책동향 시사점

##### 소규모 건축물 리모델링과 관련한 활성화 정책과 지원 정책 증가

- 온실가스 감축목표가 국제적으로 공식화 되면서 개별 국가 역시 이에 대한 발빠른 대응하고 있음. 건축분야 역시, 에너지 절감의 과제가 주어졌고, 에너지 관련한 대책들은 대규모 건축에서 소규모 건축으로 공공 건축에서 민간 건축으로 범위를 확대하여 적용되기 시작함.
- 전 세계적으로 신축의 기회가 줄어들고 있으며 전체 건물 재고량의 노후화는 더욱 빠르게 진행중임. 특히, 소규모 건축물일수록 건물 개보수의 기회가 상대적으로 적으며, 노후화의 진행 속도는 더 빠름. 만약 그 용도가 주거에만 한정될 경우, 특히 개인 주거일 경우 개보수의 가능성은 더욱 줄어드는 실정.
- 국내에서 소규모 건축물의 노후화는 사회적 문제가 되어가고 있지만 건물의 관리의 온전히 개인의 몫으로 남겨지면서, 상대적으로 경제적 기반이 약한 사회계층이 주 사용자인 소규모 건축물은 방치된 채 노후화가 가속되는 실정.
- 노후 소규모 건축물의 리모델링은 건물의 에너지 효율을 높이는 근본적 개선 방향으로 진행되어야 함. 단지 건물의 내/외장 자재를 교체하는 수준을 말하는 것이 아님.
- 국내 건축물 재고량의 80%~90% 사이로 집계되는 소규모 건축물을 제로에너지건물화 할 수 있다면 국제적 과제인 에너지 저감 및 온실가스 감축 목표 달성에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 보임
- 경제적 입장에서건 건물의 수명을 늘려주며 리모델링 시 사용한 비용을 충분히 상쇄하는 경제적 가치를 얻을 수 있으며, 건물 사용자의 입장에서는 냉난방비 에너지 사용료 만큼의 정확하고 정당한 만족을 얻을 수 있으며, 결과적으로 재실자 개인에게 심리적 신체적 안정을 제공하고 기본적 삶의 질을 보장
- 국내외적으로 리모델링과 관련한 지원금 정책을 제안하고 있음. 국내의 경우 지자체별 지원금 조성, 은행권의 대출상품 개발, ESCO 사업체의 투자 프로그램 등 리모델링 지원금 조성 방식들이 생겨나고 있으며 이들의 잠재적 대상인 소규모 건축물의 주 사용자들이 쉽게 접근할 수 있는 플랫폼이 필요함

##### 에너지 관리 정책의 패러다임 변화

- 공급자 중심의 에너지 정책에서 수요자 중심의 에너지 정책으로의 전환을 보이고 있음. 과거 공급자로부터 수요자에게로의 일방향적 서비스였다면, 수요자의 라이프 사이클에 맞춘 쌍방향적 서비스를 염두에 둔 정책들이 나타나고 있음. 여

기서 생겨난 대표적 개념은 E-프로슈머로써 에너지 소비자는 동시에 에너지 공급자가 됨. 즉 잉여 전력을 저장해 놓았다가 다시 되팔아서 에너지의 낭비를 줄이게 됨.

## 2) 국내의 시장동향 시사점

- E-프로슈머 관련 시장이 성장을 위해서는 에너지관리 관점에서 마이크로그리드 시스템이 구축되어야 하며 가정마다 에너지 사용량을 확인할 수 있는 스마트미터 보급이 필요함. 또한, 에너지 생산자로서 역할을 하기 위해서는 태양광 발전기와 같은 신재생 에너지 발전기를 가정마다 설치하게 되며 사용하고 남은 에너지를 저장할 수 있는 ESS(전지) 저장장치가 필수적임.
- 스마트홈 시장 역시 빠르게 성장할 것으로 보임. 스마트홈 기술은 개인의 생활환경을(가전제품, 출입문 시스템, 냉난방기기) 실시간으로 통제하고 조절하면서 쾌적함을 유지하도록 도와주고 있음

## 3) 국내의 기술동향 시사점

- 4차 산업혁명의 영향이 건축 속에 그리고 거주자의 실생활 속으로 들어오는 경향을 보임. IT 기술의 발전으로 인해 기술 간의 경계가 모호해지는 경향을 보이는데, 건축 분야에서도 IT기술을 적극도입한 스마트그리드, 스마트홈과 같은 건물 관리 측면의 기술과 융복합하는 경향이 나타나고 있음. 건물의 물리적 요소들은 건축 관리 시스템(BEMS, HEMS)을 통해 제어되어 소비에너지를 절감하는 결과를 가져옴
- 그린 리모델링 활성화와 제로에너지 주택 보급을 위해서는 공사비용을 낮출 수 있는 기술이 개발되어야 하며, 공사 프로세스를 단순화할 수 있는 방식이 필요함. 먼저, 친환경 에너지 고효율 자재의 기술 개발과 함께 자재의 적절한 단가가 형성되어야 할 것임. 또한, 공사 프로세스를 단축할 수 있는 자재의 모듈화와 그것을 적절하게 조합해서 적용할 수 있는 자재의 팩키지화를 통해 공사기간을 단축시킬 수 있을 것임. 특히 리모델링의 문제는 실 사용자의 이주(移住)의 문제가 공사에 대한 부담을 가중시키는 것으로 보이므로, 이주 없이 진행할 수 있는 공법 혹은 이주의 기간을 최대한 단축 시켜줄 수 있는 공기단축 방식을 제안하는 것으로 접근해야 함. 따라서 주택을 위한 프리패브 유니트를 현장에 삽입하는 방식이나 기계를 통해서 인력 투입을 줄이며 자동화 방식으로 공사를 진행하는 방식들을 개발 하는 추세임.
- 현 시점에서 눈에 띄는 동향은 건축 자재를 데이터 베이스화 하는 시도인데, 이러한 시도를 시작으로 자재, 설계, 시공, 공사비지원정책 등의 정보를 연결해주는 플랫폼을 만들고 여기에서 공사비와 공사 이후에 얻을 수 있는 에너지 효율 추정치에 대한 정보까지 일원화시켜, 건축주와 같은 이용자가 공사의 과정을 쉽게

이해하고 적절한 정보를 얻을 수 있도록 해야 함.

#### 4) 국내의 기술수준 분석 시사점

- 특허동향 분석결과, 건물에너지관리시스템의 경우 설치 비용과 관련 연구의 높은 투자금액으로 대형건물 위주의 연구와 기술 개발이 이루어지고 있음
  - 소형 건물의 경우 건물에너지관리시스템 도입 시 경제적인 부담으로 보급 확대가 어려움
  - 제로에너지건축물 의무화를 위해서는 중·소규모 건물에 도입 가능한 건물에너지관리시스템이 필요하지만 적용에 한계점이 존재함
  - 에너지기술(BT), 건설기술(CT), 정보통신기술(IT) 등이 융합된 건물에너지관리시스템 기술이 개발되고 있으며, 이를 소규모 건축물에 최적화 할 수 있는 방안의 도출이 필요함
- 또한, 소규모 건축물 소비에너지 최적화 관련 기술의 지속적인 연구개발과 특허출원이 이루어져 포화상태에서 최근의 특허출원은 감소하는 추세를 나타내고 있으나, 기존에 개발되었던 건축분야/ 설비분야의 기술과 ICT/ IoT 기술과 융합을 통해 소규모 건축물의 소비에너지 절감이 가능한 기술의 발굴이 이루어질 수 있는 시점으로 판단됨
  - 사용자 인지기반의 정보제공 및 소비에너지 관리 기술
  - 가전 및 건축설비 실시간제어서비스 및 사용량 통계 관리 기술 등
- 논문 및 기존연구 동향 분석결과, 건물에너지 절감과 제로에너지 건축물을 구현하기 위해 고성능의 건축자재 개발, 설계기법, 실증 및 모니터링 등 다양한 사항에 걸쳐서 많은 연구가 수행되고 있었으며, 향후 소규모 건축물의 소비에너지 최적화에 활용 가능한 기술항목의 도출이 가능할 것으로 판단됨
  - 진공단열패널을 이용한 고성능 단열외피 시스템, 패시브&액티브 융복합화 및 실증, 패시브하우스 구현을 위한 건식 외단열용 열교 차단재 등
  - IoT 기반 빌딩 부하예측 센싱 기술, ICT 기반 스마트창호시스템, 제로에너지 주택단지 성능검증 및 모니터링 등
- 하지만, 기존 연구의 대다수가 소규모 건축물에 적용하기 위한 경제성 분석과, 기술 적용에 따른 소비에너지 절감 효과 등에 대한 분석이 이루어지지 않아, 기존의 기술을 적용하기 위해 실효성 분석이 필요한 것으로 판단됨
  - 신축 및 공동주택 위주의 연구과제가 대다수임
  - 기존 노후 건축물의 개·보수 및 리모델링 기법에 대한 연구는 여전히 미흡한 실정
  - 소규모 건축물의 유형별/ 용도별/ 구조별로 리모델링 방법과 기술항목을 유형화하여 보편적인 기술의 확산이 필요함

5) 국내외 에너지 효율화 현황 정리 분석

국가	영국	독일	프랑스
목표	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 2018년부터 모든 공공건축물의 탄소제로</li> <li><input type="checkbox"/> 2019년부터 모든 비주거용 신축건물의 탄소제로</li> <li><input type="checkbox"/> 2050년까지 영국의 모든 빌딩에 대한 제로에너지화 목표</li> <li><input type="checkbox"/> 온실가스 감축목표: 2020년까지 1990년 대비 32% 감축, 2050년 까지 09년 대비 80% 감축</li> </ul> <p>※2020~2050년 사이 모든 소규모 주택의 제로 에너지화에 도달해야 하는 로드맵</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 2020년까지 난방 에너지 요구량 20% 감소, 2050년까지 1차 에너지요구량 80% 감소</li> <li><input type="checkbox"/> 2015년부터 모든 신축주택의 패시브하우스 의무화</li> <li><input type="checkbox"/> 2020년: 화석연료를 사용하지 않는 기후중립 건물(ZEB)</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지전환정책의 목표 -20년까지 온실가스 배출량 40% 감축, 50년까지 90년기준 80~95% 감축 -1차에너지 60%를 신재생에너지로 공급 -에너지 효율 매년 2%씩 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 온실가스 30년까지 90년 대비 40% 감축</li> <li><input type="checkbox"/> 2012년부터 BBC(n ZEB)를 의무화</li> <li><input type="checkbox"/> 2020년부터 모든 신축 건물을 플러스 에너지 빌딩(BEPOS)으로 의무화</li> </ul>
정책	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 에너지 성능(효율)등급(EPC)제도</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지 리모델링 사업(13년): 그린딜 정책:</li> <li><input type="checkbox"/> ECO 제도(공급자 효율의무): 2001년 도입된 에너지효율의무화(EEC: White Certificate 제도)제도를 강화함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 에너지전환 (Energievende) 정책</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지성능평가서 (EPC)와 에너지성능 표시 의무화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> CEE(Certificat d'Economie d'Energie: 에너지절약 증명서: 통상 White certificate로 지칭됨):에너지효율의무화</li> <li><input type="checkbox"/> 에너지 리노베이션을 위한 플랫폼 (PRIS)</li> <li><input type="checkbox"/> 주택 에너지 효율화 사업을 위한 다양한 지원정책 -CITE -Eco pret a taux zero -에너지 절약공사에 대한 부동산세 면세 정책</li> </ul>
기술/시장	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 소규모 건축물 에너지 효율화 사업 활성화로 인한 관련 기술 육성 및 시장의 성장 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 히트펌프</li> <li>- 공조기</li> <li>- 단열재</li> <li>- 단열창(삼중유리)</li> <li>- LED</li> <li>- 스마트미터기</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 최고수준의 패시브 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단열재, 단열창(삼중유리), 독보적 열교차단 기술, 기밀</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 히트펌프 기술 우수</li> <li><input type="checkbox"/> 스마트 그리드(SIMENS), ESS 기술 우수</li> <li><input type="checkbox"/> 가정용 태양광패널 수요 증가</li> <li><input type="checkbox"/> 스마트미터 보급 중</li> <li><input type="checkbox"/> 폐열 회수형 환풍 설비 관심</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 바이오 건축자재 분야 우수</li> <li><input type="checkbox"/> 단열재, 단열창(삼중유리) 기술 우수(Saint Gobain)</li> <li><input type="checkbox"/> LED 조명기술 우수 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Li-fi(LED+Wifi 복합기술) 개발</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> ESS 대규모 투자</li> <li><input type="checkbox"/> 스마트 홈 시장 성장세</li> </ul>
기준	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> BRE EcoHomes (2000-2006)</li> <li><input type="checkbox"/> CSH(Code for Sustainable Homes)규범(2006-2015)</li> <li><input type="checkbox"/> 영국 빌딩 규제(Building Regulation in the United Kingdom)</li> <li><input type="checkbox"/> HQM(Home Quality Mark)(2015-): 신축주택을 위한 국가 스탠다드(표준)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.)</li> <li><input type="checkbox"/> EnEV(에너지절약법령)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 환경법(Grenelle Environnement) 내 건축물 에너지 관련 부문 존재</li> <li><input type="checkbox"/> 건축 및 주거규범(Code de la construction et de l'habitation)내 친환경건축 관련 규정 존재</li> <li><input type="checkbox"/> 인증협회들이 마련한 기준들 -NORME FRANCAIS HABITAT HQE</li> </ul>
인증	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> BREEAM(중대형건물)</li> <li><input type="checkbox"/> HQM(Home Quality Mark): 신축주택 인증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> PHI 인증 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Low Energy</li> <li>- Classic</li> <li>- Plus</li> <li>- Premium</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Label Effinergie</li> <li><input type="checkbox"/> Label BEPOS</li> <li><input type="checkbox"/> Effinergie</li> <li><input type="checkbox"/> Label HPE &amp; THPE</li> <li><input type="checkbox"/> Label BBC</li> <li><input type="checkbox"/> Label EnerPHit(패시브하우스기술 기반 리노베이션)</li> <li><input type="checkbox"/> Label HQE &amp; THQE(개인주택 신축, 리노베이션)</li> </ul>

국가	미국	일본	한국
목표	<input type="checkbox"/> 2020년: 모든 신축 건축물의 NZEB화 <input type="checkbox"/> 2030년 모든 공공 및 상업용도의 신축건물에 대한 NZEB의무화	<input type="checkbox"/> 2020년까지 신축 공공건축물의 제로에너지 발딩화 <input type="checkbox"/> 2030년까지 신축건축물의 평균이 제로에너지 발딩에 도달 <input type="checkbox"/> 2020년까지 탄소배출량 90년대비 25% 감축, 2050년까지 60~80% 감축	<input type="checkbox"/> 2030년까지 BAU 대비 37% 온실가스 감축 <input type="checkbox"/> 2017~2019년 제로에너지 건축물 상용화 촉진 <input type="checkbox"/> 2020년 공공건축물의 제로에너지 의무화 <input type="checkbox"/> 2025년 신축 건축물의 제로에너지 의무화
정책	<input type="checkbox"/> Energy Star 제도	<input type="checkbox"/> 제로에너지 주택(ZEB/ZEH)에 대한 보조금 정책: 신축 ZEH(Zero Energy House)를 구입하거나 ZEH로 리모델링 할 경우 정부가 보조금 지원 <input type="checkbox"/> 장기우량주택보급 촉진법 <input type="checkbox"/> 주택성능표시제도 <input type="checkbox"/> 수선이력추적제도 <input type="checkbox"/> 주택리폼 분쟁처리 지원센터 <input type="checkbox"/> 주택 리폼 감세 <input type="checkbox"/> HEMS 가정용 연료전지(ENE-FARM)에 대한 도입 지원	<input type="checkbox"/> 에너지효율등급 평가서 시작단계:공동주택(아파트)위주 <input type="checkbox"/> 그린리모델링사업
기술/시장	<input type="checkbox"/> 자동제어기술 개발 앞서감 - 에너지 관리기술 개발(허니웰) - 존스컨트롤즈 에너지관리 응용 서비스 개발 <input type="checkbox"/> 고성능 BEMS 도입기반 탄탄 <input type="checkbox"/> 버클리 대학 스마트 윈도우 개발(적외선과 가시광선의 투과율을 개별적 제어 가능) <input type="checkbox"/> 패시브 기술 관심 낮음	<input type="checkbox"/> ZEH 하우스 기술 상용화 단계 <input type="checkbox"/> 태양광패널 <input type="checkbox"/> HEMS 기술 우수 - 파나소닉의 단독주택용 HEMS 기기 AiSEC - 공조시스템 업체인 다이킨은 BEMS 시장개척에 주력 중 - 전력정보를 표시하기 위한 태블릿 단말기 세대별 도입 중 <input type="checkbox"/> 가정용 ESS 기술 우수 <input type="checkbox"/> 히트펌프 (에코큐트) 기술 우수 <input type="checkbox"/> 패시브 기술 적용 초기 단계	<input type="checkbox"/> 기술력은 높은 편이나, 국내 시장이 활성화 되지 못함 - 단열재, 단열창 - ICT/IoT - ESS - 스마트 홈
기준	<input type="checkbox"/> IBC (International Building Code):중대형건축물 건축코드 <input type="checkbox"/> ASHRAE Standard 90.2: 중대형 건축물용 에너지 기준 <input type="checkbox"/> IECC(International Energy Conservation Code) <input type="checkbox"/> IRC: 소규모 주거용 건축물 건축코드 (International Residential Code)	<input type="checkbox"/> 건축물의 에너지절약법(省エネ法) <input type="checkbox"/> JIS(Japan Industrial Standard)	<input type="checkbox"/> 건축설계기준 <input type="checkbox"/> 건축공사기준 ※ 에너지 관련 항목 부재
인증	<input type="checkbox"/> LEED - LEED for Homes(2008) <input type="checkbox"/> 에너지 홈 스타(HERS)	<input type="checkbox"/> CASBEE(Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) - CASBEE for New Construction - CASBEE for Existing Building - CASBEE for Renovation - CASBEE for Home <input type="checkbox"/> 주택성능 평가 마크(에너지 관련 항목 외에도 지진과 구조적 안정성 등 건물 안전 관련 항목까지 평가)	<input type="checkbox"/> 녹색건축인증 <input type="checkbox"/> 건축물 에너지 효율 등급인증 <input type="checkbox"/> 에너지 절약계획서 <input type="checkbox"/> 건축물에너지소비총량제 <input type="checkbox"/> 제로에너지 건축물 인증 <input type="checkbox"/> 수질오염총량제 <input type="checkbox"/> 신재생에너지

□ 영국

○ 소규모 주택의 제로에너지화 준비 완료 단계

- 2020년 : 모든 신축 건축물의 제로에너지화
- 2050년 : 모든 건축물의 제로에너지화



그림 123. 영국의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 영국은 2000년대 초반부터 소규모 주택을 위한 별개의 기준을 마련하기 시작했으며, 현재는 소규모 주택을 위한 국가 기준 및 인증제도를 준비해 놓은 상태임.
- 또한, 부동산 시장과 연관시켜서 2018년 4월부터 주택의 매매와 임대를 위해서 EPC(에너지효율등급) E 등급 이상이어야 함을 규정.
- 만약 F, G 등급일 경우 E 등급으로 향상시켜야 임대와 판매가 가능함. 따라서 에너지 효율화 관련 시장의 활성화로 이어질 것임.
- 그러나 비용적 부분을 감당해야 할 그린딜 정책이 실패했다고 보는 이유는, 에너지 절감에 대한 목표치를 너무 높게 잡은 나머지 장기 상환 대상이 될 수 있는 성능 목표치에 미달되는 케이스들이 많았고, 금융권의 적극적이고도 일관적인 지원금 대출 정책이 부족했기 때문으로 보임.

□ 독일

○ 소규모 건축물의 제로에너지화를 위한 실질적 기술력 보유 상태

- 2015년 : 모든 신규 주택의 패시브하우스화
- 2050년 : 모든 소규모 주거용 건축물의 제로에너지화



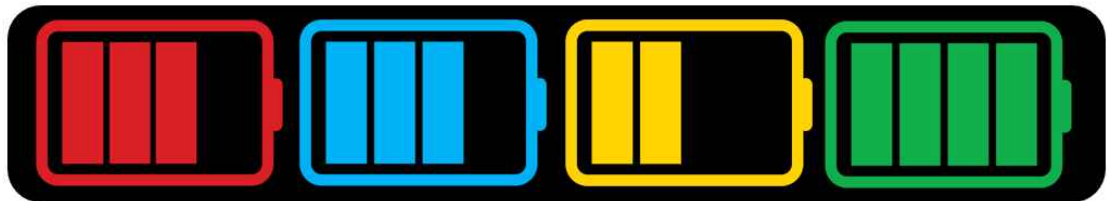
그림 124. 독일의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 독일의 경우 정책과 법규면에서 내용이 많지 않은 듯 하나, 질적인 면에서 완성도가 높음.
- 부동산 거래 시 에너지 효율 등급 표시를 의무화하며, 탄탄한 패시브 기술을 바탕으로 2015년 부터 모든 신축주택의 패시브하우스를 의무화하면서 오히려 에너지 효율 리모델링에 힘을 쏟는 분위기. 따라서 보조금 지원 정책도 강화 하는 중.
- 70% 넘는 건물이 에너지 절약 기준이 정비되지 않았던 1976년 이전 건설된 건축물이기 때문.
- 여기에 바람과 태양의 나라로 불리는 신재생 에너지 강국 독일은 제로에너지주택을 만들기 위한 기술적 완성도는 가장 높은 수준으로 보임.
- 관련 각종 기술 협회의 스탠다드와 법규 역시 잘 갖춰진 것으로 평가 받음.
- 기술과 정책 법규상의 완성도로 인하여 그 결과가 일정수준으로 보장됨으로써, 오히려 인증에 대한 필요성은 크게 느끼지 못하는 상황.

□ 프랑스

○ 소규모 친환경 주택에 대한 개념의 구체화와 기술적/정책적 실험단계

- 2012년 : 모든 신축 건축물의 제로에너지화(BBC : n ZEB)
- 2020년 : 모든 신축 건축물의 플러스 에너지 빌딩(BEPOS : Plus ZEB)의무화



정책	기술 & 시장	기준 & 관련법규	인증
<ul style="list-style-type: none"> <li>① 에너지 효율등급(EPC) 표시 의무화</li> <li>② 에너지 공급자 효율 의무(ECO 제도: 강화된 White Certificate 제도)</li> <li>③ 기존 주거용 건물에 위한 에너지 효율화 사업을 위한 다양한 지원금 정책 마련</li> </ul>	<p>친환경자재와 환경보호에 대한 관심으로 그린 리모델링 사례 증가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 바이오 건축자재 분야 우수</li> <li>② 단열재, 단열창 기술 우수(Saint Gobain)</li> <li>③ LED 조명기술 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 환경법(Grenelle Environnement) 내 건축물 에너지 관련 부문 존재</li> <li>② 건설 및 주거규범(Code de la construction et de l'habitation) 내 친환경건축 관련 규정 존재</li> <li>③ 인증협체들이 마련한 기준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① HPE(1978~)</li> <li>② Effinergie</li> <li>③ HQE(개인주택의 신축 리노베이션에 대한 인증 가능)</li> <li>④ Bâtiment Biosourcé (친환경자재인증건물)</li> </ul>

그림 125. 프랑스의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 프랑스는 일찍이 70년대부터 환경에 대한 관심으로 70년대 말부터 주택성능에 대한 인증제도를 운영하여 현재 다양하고 세분화된 인증제도들을 갖추고 있음. 따라서 2000년 초반부터 저에너지건물(BBC: n ZEB) 의무화를 목표로 함.
- 이에 따라 2008년부터 부동산 시장에서 에너지효율등급 표시를 의무화시켰고, 에너지 공급자에게 에너지 효율화 의무를 부과하며, 주거의 에너지 효율화 사업을 위한 지원금 정책 역시 다양함.
- 반면에 기준과 법규는 건축법 내에서 환경에 관한 부분을 정리하지 않고, 환경법(Grenelle Environnement)내 에너지 코드, 혹은 건설 및 주거에 관한 코드 등, 전문적 법규에서 참조해야 함.
- 프랑스의 주요한 인증은 HQE(Haute Qualité Environnementale: 높은 환경 수준, 2004)로 개인주택에 대한 인증이 별개로 존재함. 에너지 문제보다는 자연환경과의 관계에 더 초점을 맞추는 경향, 따라서 자연에서 나온 친환경 자재에 대한 관심이 매우 높음. 그러나 친환경 건축의 개념이 아직 추상적이라는 비판을 받기도 함.

□ 미국

- 부동산 시장으로 소규모 주택의 에너지 효율화 유도
- 신재생 에너지 생산과 효율적 에너지 관리기술로 제로에너지 시대를 준비
  - 2020년 : 모든 신축 건축물의 제로에너지화(n ZEB)
  - 2030년 : 모든 공공 및 상업 용도의 신축건물에 대한 제로에너지 의무화



그림 126. 미국의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 미국은 주택 분야의 제로에너지화에 대한 국가적 개입은 강하지 않으나, 부동산 시장의 논리를 통해서 개입하는 중
- 에너지 스타 제도나 홈 인스펙터의 주택 평가등을 통해서 건물의 부동산 가치로 전환시키면서 소규모 주택 시장의 제로에너지화를 유도하고 있음.
- 기준과 관련법규는 IBC(중대형건물용건축코드)와 더불어 주택에 대한 건축코드(IRC)와 에너지절약코드(IECC)와 같은 기준등은 잘 준비되어 있으며, 이러한 코드들을 주별로 선택하여 의무화 하는 실정.
- 또한, 인증 역시 주택을 위한 별개의 인증이 마련되어 있음.
- 신재생 에너지 자원이 풍부하며 그에 따른 수준 높은 신재생 에너지기술, 에너지 관리 기술 그리고 자동제어 기술을 보유 중. 반면 패시브 기술 적용에 대한 관심은 높지 않아서, 액티브기술과 스마트기술 만으로 제로에너지 하우스 시대를 준비하는 듯한 분위기.

□ 일본

○ 소규모 주택의 제로에너지화 관련 합리적 목표설정과 준비

- 2020년 : 신축 공공 건축물의 제로에너지 빌딩화
- 2030년 : 신축 건축물의 평균이 제로에너지 빌딩에 도달



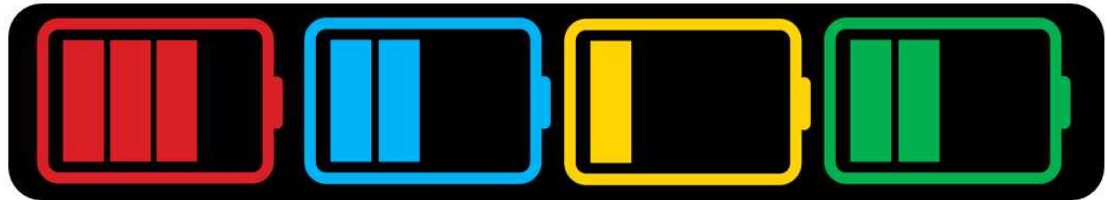
그림 127. 일본의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 일본은 정책적으로 주택의 에너지성능 뿐 아니라 건물의 안정성에 초점을 맞춘 정책을 펴옴. 일본은 제로에너지 하우스를 넘어, 제로에미션하우스를 일본식 브랜드화 하려함. 건설업체들 역시 소형 주택 모델들을 개발하고 상용화 단계에 이르렀음.
- 이와 더불어 신재생에너지 기술의 발전과 주택용 에너지 관리 기술 HEMS, 마이크로 그리드를 위한 가정용 연료전지(ESS) 기술의 발전과 소규모 주택의 거의 대부분의 설비를 통합화할 수 있는 히트펌프(에코큐트)를 개발하여 보급하고 있음. 따라서 기술적 부분에 대한 준비가 잘 되어 있는 상태로 보임.
- 또한, 소규모 주택에 대한 인증 역시 마련되어 있는 상황. 소규모 건축물에너지에 대한 부분이 코드로 일괄적으로 정리되어 있지는 않으나, 건축물 에너지 절약법내에 주택의 부분으로 따로 정리되어 있어서, 내용상으로는 소규모 주택에 대한 기준 역시 갖춘 것으로 판단할 수 있음.

□ 한국

○ 소규모 주택의 제로에너지화 관련 합리적 목표설정과 준비

- 2025년 : 모든 소규모 주거용 신축 건축물의 제로에너지화



**정책**

에너지 효율화를 위한 다양한 정책 제안 중이나 소규모 건축까지 저변 확대가 시급

- ① 에너지효율등급 평가서 시작단계: 공동주택(아파트) 위주
- ② 그린 리모델링: 공동주택(아파트) 위주

**기술 & 시장**

기술적 성숙도도 높고, 대외 경쟁력과 국내시장 잠재성도 크나, 국내 수요를 불러 일으킬 동력 부족

- 단열재, 단열창
- ICT/IoT
- ESS
- 스마트 홈

**기준 & 관련법규**

- ① 건축설계기준: 내용미비. 건물에너지와 관련 내용 부재
- ② 건축공사기준: 내용의 구체화 필요

**인증**

- ① 많은 인증 제도들이 존재하나 소규모 주택을 위한 별도의 인증 방식 부재

그림 128. 한국의 소규모주택분야 제로에너지화 준비 단계

- 한국은 중대형 건축물의 제로에너지화에 대한 준비는 갖추어가고 있으나, 소규모 주택의 제로에너지화를 위한 구체적 로드맵은 구체적으로 설정되어 있지 않으며 실현을 위한 준비도 미비한 실정.

- 에너지효율성능 표시 의무화 대상에서 소규모 건축물 제외
- 소규모 건축물의 에너지 효율화를 위한 기준과 법규 부재
- 소규모 건축물 에너지 효율 성과와 부동산 가치와 연결이 없음
- 소규모 건축물 에너지 성능에 대한 인증 필요성 부재
- 소규모 건축물 에너지 효율화 관련 시장과 기술의 정체

□ 시사점

- 한국은 소규모 주택의 제로 에너지화에 대한 구체적 목표가 부재함. 2025년 신축 건축물에 대한 제로에너지 의무화 목표와 관련 소규모 건축물을 위한 정책적/기술적 준비가 미흡. 아직, 중대형 건축물과 아파트 위주의 대규모 공동주택 위주.
- 소규모 주택에 특화된 인증제도를 기존 인증제도(제로에너지건축물 인증, 녹색건축 인증) 내에 안착시키며 신축과 리모델링시 인증 획득을 유도 하기 위해서 세제 혜택 등의 인센티브를 마련할 필요가 있음, 또한 인증 획득을 위한 구체적인 설계 시공 기준을 함께 제시해 주어야 함.
  - 유럽은 빠르게는 1970년대 후반부터 건물에너지에 대한 고민을 시작하고 인증제도를 만듦(프랑스: Label HPE), 2000년대 초반 유럽 연합(EU)이 출범하면서, EU의 EPBD 지침에 따라, 유럽 각국은 2020년까지 모든 신축건축물에 대한 제로 에너지화를 목표로 함.
  - 영국, 독일, 프랑스 등은 제로에너지 건물 보급을 위해 오랜 기간 준비를 해왔으며, 정책적 실험과 건축 설계기준(법규, Code), 가이드라인(Standard)의 개발, 인증제도의 정교화를 통해서 성숙기에 도달한 것으로 판단됨. 주목할 만한 추세는 소규모 주택에 특화된 설계 기준과 인증을 제시하는 방향으로 나아가고 있는 점.
  - 미국의 경우 주택분야의 제로에너지화에 대해 국가적 개입은 강하지 않으나, 제로에너지 주택 실현을 위한 기술적 준비는 되어 있는 것으로 보임. 특히 소규모 주택에 특화된 IRC 기준이 마련되어 있으며, LEED for Home 과 같은 주택에 특화된 인증 역시 존재함. 또한 풍부한 신재생 에너지 자원과 신재생 에너지 관련 기술 그리고 에너지 관리 기술 분야의 발전이 특징.
  - 일본의 경우는 주택성능 표시 제도와 CASBEE for Homes등 주택에 대한 별도의 인증방식이 존재함. 2010년에는 일본의 41개의 대표 건설업체들이 제로에미션 하우스(ZEH) 모델들을 공개하면서 제로카본하우스를 실현 할 수 있는 기술적 완성과 상용화 단계에 도달했음을 보여줌. 또한 태양광 기술과, 가정용 ESS, HEMS 등의 에너지 생산과 관리 기술이 축적되어 있는 상황.
- 한국의 소규모 주택 제로에너지화와 관련, 실질적 어려움은 시장의 포용성 부족을 꼽을 수 있음. 소규모 주택에 특화된 인증제도의 활성화는 결국 관련 건축 자재와 설비 시장의 활성화로 나타날 것임.
- 제로에너지 하우스를 만들기 위해서 일반 건축 비용 대비 최소 30~40퍼센트의 비용 상승을 감수해야 하나, 소규모 주택의 소유주와 임대인이 경제적 취약층인 경우가 대부분이므로, 국가적 개입이 필요함.
- 제로에너지 하우스 신축과 소규모 건물의 에너지 효율화 리노베이션을 위한 설계사, 시공자, 그리고 보조금 지원처를 연결해주는 플랫폼의 형성이 필요.
- 에너지 전문가의 개입을 통해 소규모 건축물 에너지 효율화 사업 과정을 검증할 필요가 있음. 독일은 에너지 평가사(Energieberater), 미국은 House inspector 같은 전문가의 개입이 가능한 시장이 형성됨.

## 나. SWOT 분석

- 국내외 정책동향 시장현황 및 전망, 관련 기술의 동향 및 수준분석 등의 결과를 바탕으로 SWOT 분석을 실시함

<p style="text-align: center;">외부요인</p> <p style="text-align: center;">내부요인</p>	<p style="text-align: center;"><b>O(기회)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 따른 냉/난방 부하 급증</li> <li>- 정부차원의 건축분야 기술개발 지원(그린리모델링, 제로에너지 빌딩, 스마트그리드 기술)</li> <li>- 리모델링 대상군에 포함되는 노후 소규모 건축물의 절대적 다수 및 에너지 효율향상 필요성의 대두</li> <li>- 개인이 진행하기 쉽지 않은 노후 건물 리모델링</li> <li>- 국내 ICT, IoT 기술의 발전과 관련 산업의 시장 확대</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>T(위협)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 에너지효율 개선을 위한 기존 제도의 실효성 미흡</li> <li>- 실제 수요자이자 잠재적 수혜자들이 접근하기 어려운 기술시장</li> <li>- 기술 적용에 따른 비용 상승에 대한 소규모 건축주의 거부감</li> <li>- 소규모 건축물 설계/ 시공/ 리모델링 기술자의 에너지소비에 대한 낮은 이론적 이해도</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>S(강점)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구진의 소규모오피스 건축물의 제로에너지 실증 경험</li> <li>- 脫아파트 현상과 단독주택 / 타운하우스 시장의 성장</li> <li>- 대규모 재개발에서 도시 재생으로의 도시개발 패러다임의 변화</li> <li>- 건설산업 분야의 새로운 성장동력으로써의 잠재력</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>SO 전략 추진방향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 그린 리모델링과 제로에너지 빌딩에 대한 지원금 정책 개발 및 홍보</li> <li>• 그린 리모델링과 제로에너지 빌딩과 관련된 경제적 가치에 대한 인식 확산</li> <li>• 관련 산업에 대한 기술 개발 지원 정책 개발</li> <li>- ICT, IoT 산업과의 융합형 신기술 창출 및 소규모 건축물의 EMS 고도화</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ST 전략 추진방향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모 건축물 제로에너지 실증 및 요소기술 정립</li> <li>• 소규모 건축물의 에너지소비 절감을 위한 정책 및 제도 개선 방안 도출</li> <li>• 그린리모델링, 제로에너지 건축과 관련한 일원화된 플랫폼 개발</li> <li>• 관련 제도의 현장 활용성 평가 및 용이한 적용을 위한 방법 제안</li> <li>• 재개발이 불가한 노후건축물 밀집 지역을 대상으로 한 도시재생 및 리모델링 사업화방안 제시</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>W(약점)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대규모, 공동주택 위주의 저에너지, 제로에너지 건축물 실증 사례</li> <li>- 소규모 건축물 실증사례 및 소규모 건축물을 타겟으로 하는 설계/ 시공 산업체의 기술 부족</li> <li>- 미성숙한 리모델링 시장 및 리모델링 기법의 부재</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>WO 전략 추진방향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모 건축물 그린리모델링과 신축에 대한 모범적 실증 사례 제시</li> <li>• 용도별/ 규모별/ 구조별 실증 사례 기술보고서 작성</li> <li>• 신축/ 리모델링별 소비에너지 최적화 기술의 정립 및 성능 개선 지표의 설정</li> <li>• 기술세미나 개최, 기술확산 유도</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>WT 전략 추진방향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지소비 절감을 위한 적정비용 고성능 자재 개발 및 적용</li> <li>• 관련 시장을 활성화 시킬 수 있는 원천 기술 국산화</li> <li>• 시장과 실수요자를 연결시켜주는 정부차원의 인프라와 인력 확보</li> <li>• 관련시장 실무자들에 대한 교육 프로그램 개발</li> <li>• 설계/ 시공/ 리모델링/ 운영 가이드라인 개발 및 보급</li> </ul>
<p><b>기본방향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모 건축물 소비에너지 최적화 및 제로에너지화를 위한 설계/ 시공/ 리모델링 기법 도출</li> <li>• 용도별/ 규모별/ 구조별 소비에너지 최적화 방법의 유형화 및 유형별 기법에 따른 건물에너지성능의 정량적인 지표 설정</li> <li>• ICT, IoT 기술과의 융합을 통한 건물에너지 소비정보 수집 및 절감기술 개발</li> <li>• 설계·시공·리모델링 상세디테일 및 가이드라인 개발</li> <li>• 소규모 건축물 설계·시공·리모델링 기술자 및 산업체를 위한 교육프로그램 개발</li> <li>• 도시재생형 리모델링 사업화방안 도출</li> </ul>		

### 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 1절. 비전 및 목표

##### 가. 연구비전



그림 129. 연구의 비전

- 파리 기후변화 협약(2015년 파리총회)에 따라 2020년 이후로 신 기후변화 체제가 출범할 예정, 그에 맞춰 전 세계 195개국은 2025~2030년 새로운 온실가스 감축목표를 설정한 상황에서 우리나라는 2030년까지 BAU 대비 37%를 감축 목표로 설정함. 한편 국내 전체 에너지 사용량의 약 25%(서울시로 한정할 경우 약 60%)를 건축물이 차지하고 있어 에너지 절약을 위해서 건물부문에 대한 개선은 필연적 과제임. 따라서 정부는 2025년까지 제로에너지 건축물 의무화 정책을 민간 건물에 까지 확대할 예정임. 그러나 그동안 연면적 500㎡ 이하의 건축물들은 에너지 효율 및 환경적 개선을 위한 정책 대상에서 제외되어 있었던바, 소규모 건축물을 대상으로 한 소비에너지 최적화에 관한 연구는 미흡하였음.
- 건축물의 소비에너지 절감을 위해서 간과할 수 없는 부분은 건물의 노후화 문제. 건물의 노후화는 사실 도시 경관적 문제에 그치는 것이 아니라 재실자의 삶의 질과 직접적으로 연결되며, 에너지의 손실이라는 환경적/경제적 문제에 커다란 영향을 미침. 이러한 노후건축물의 문제는 도시정책이 아파트단지 개발과 같은 전면 재개발 정책에서 도시(마을)재생이라는 소규모 리모델링 정책으로 전환하면서 더욱 시급한 문제로 떠오르고 있음. 특히 소규모 건축물들의 사용자와 소유자

들은 경제적 기반이 상대적으로 약한 계층이므로 리모델링과 재건축을 개별적으로 시도하기 어려운 현실에 있기 때문임

- 본 연구과제인 ‘소규모 건축물의 리모델링과 신축을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 방법’은 건축물의 에너지 사용량 절감과 사회문제화된 노후건축물이라는 두 개의 핵심적 과제를 동시에 다룰 수 있는 주요한 해결방법이 될 것임.

## 나. 연구목표

- 비전을 달성하기 위한 실행목표로 에너지 정책에서 제외되어 있었던 ‘소규모 건축물의 소비에너지 최적화’를 설정함

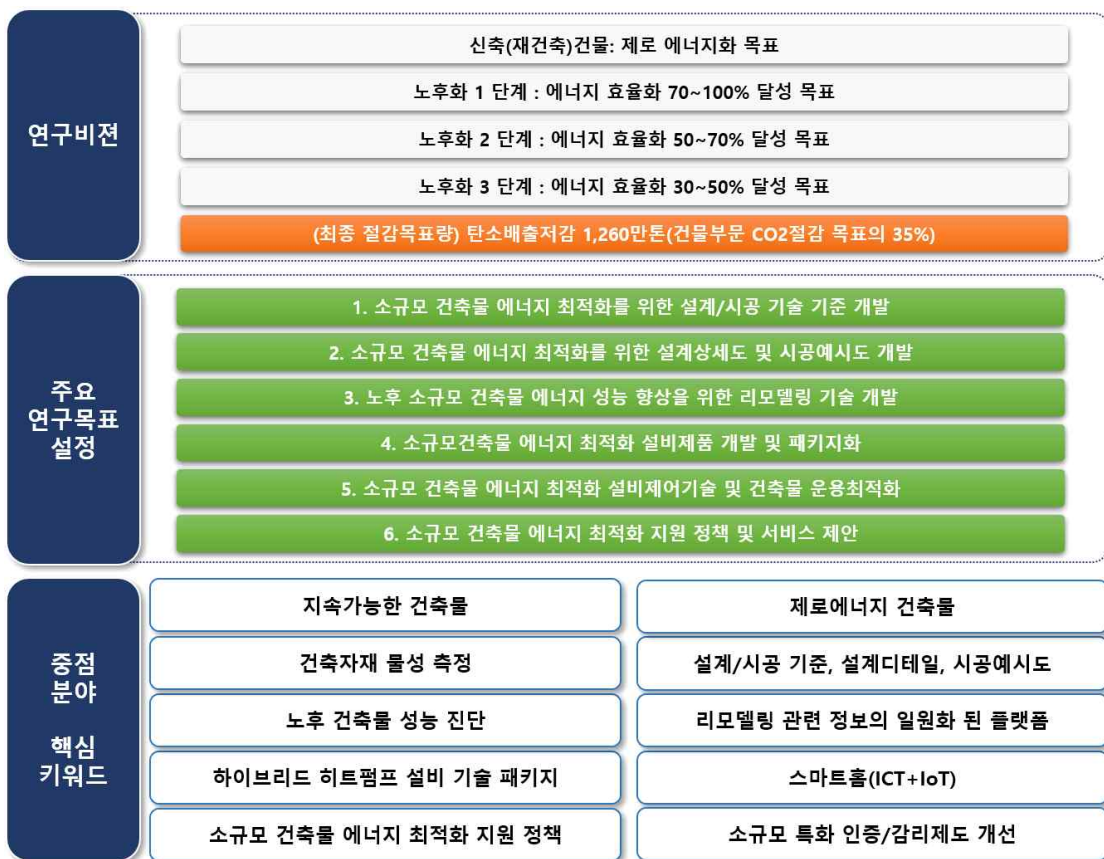


그림 130. 연구비전 및 주요연구목표

- 신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계·시공 기술개발
- 노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술개발
- 소규모 건축물 에너지 최적화 설비 시스템 및 에너지 관리기법 도출

## 2절. 핵심요소기술(CTE) 선정

### 가. 과제 개요

과제명	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술개발 기획	총개발기간	2019.xx.xx. ~ 2023.xx.xx. (4년)
(총괄/세부) 주관기관		(총괄/세부) 책임자	

### 나. 핵심기술요소(CTE, Critical Technology Element)

핵심기술요소1(CTE1) (소재/부품/시스템 등)	소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계·시공 기술개발	TRL 평가지표 Code	
핵심기술요소2(CTE2) (소재/부품/시스템 등)	노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술개발	TRL 평가지표 Code	
핵심기술요소3(CTE3) (소재/부품/시스템 등)	소비에너지 최적화 패키지 설비 시스템 및 에너지 관리기법 도출	TRL 평가지표 Code	

### 다. 세부과제 도출을 위한 전문가/ 소비자 의견수렴

#### 1) 소비자 의견수렴을 위한 설문조사 진행

**Ⅰ 소규모 건축물 리모델링에 대한 사용자 인식 설문조사**

안녕하십니까?  
본 설문조사는 '소규모 건축물의 리모델링'에 대한 의견을 조사하기 위한 것입니다. 이 조사의 설문 응답은 좋고 그른 답이 있는 것이 아니므로, 제시된 질문에 대해 충실히 생각하시고 귀하 귀하의 의견을 말씀해주시면 됩니다. 만약 이해가 되지 않는 부분이 있으시면 주저하지 마시고 편지조사자에게 질문하여 주십시오.

귀하의 의견은 정부가 추진하는 '소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획'을 위한 중요한 자료로 활용될 것입니다. 설문조사에서 밝혀주시는 의견은 통계법이 의기하여 비밀이 철저히 보장되며 통계적 분석을 위해서만 사용됩니다. 귀하의 의견이 정책 수립에 반영될 수 있도록 진지하고 성실한 답변을 부탁드립니다.

감사합니다.

▶ 조사자 기본사항 ◀

주소 (00구, 00동)						
주택유형	1. 단독	2. 다가구	3. 다세대			
평용형태	4. 연립	5. 상가/점포주택	6. 기타( )			
주택형태	1. 자가	2. 전세	3. 월세	4. 기타( )		
	( )명					

▶ 설문항목 ◀

**1. 일반사항**

문1. 현재 귀하가 거주/소유 중인 주택의 경과 년 수는 어느 정도 일까요?

15년 미만  
 15년 이상-20년 미만  
 20년 이상-25년 미만  
 25년 이상-30년 미만  
 30년 이상

문2. 현재 주택에 거주하면서 다음의 불편함을 느낀 적이 있다면 그 빈도를 표시해주세요.

- 냉난방을 해도 겨울에 춥고 여름에 덥다.  
- 주방설비, 화장실설비 등이 노후되어 제대로 기능을 하지 못한다.  
- 경로, 공방이, 누수가 발생한다.

매우 자주     자주     보통     가끔 있음     거의 없음

문3. 귀하의 주택에서 발생하는 문제점이 있다면 표시해주세요. (중복 선택 가능)

없음  
 누수/결로/곰팡이  
 배제의 불편  
 냉난방 설비 노후화로 인한 고장  
 환기 불편  
 기타 ( )

**II. 주택의 노후화와 정비에 관한 설문**

문4. 주택의 노후 시 귀하가 선호하는 주택 정비방법은 무엇일까요?

[유형 A 설문에 응답]  정비하지 않거나 간단한 유지보수 (노후가 교체, 벽지 부분 교체 등)  
 [유형 B 설문에 응답]  리모델링 (단일재 보강, 구조보강, 냉난방시스템 교체, 방수공사 등)  
 [유형 C 설문에 응답]  재건축 (신축)

<b>유형 A</b>	<b>유형 B</b>
A-1. 주택의 성능개선을 위해 '유지보수'를 선호하는 주된 이유는 무엇일까요?	B-1. 주택의 성능개선을 위해 '리모델링'을 선호하는 주된 이유는 무엇일까요?
<input type="radio"/> 비용이 적게 들어서 <input type="radio"/> 원 주지 상황에서 불편한 점이 그대로 <input type="radio"/> 지 않지 않아서 <input type="radio"/> 리모델링 혹은 신축(재건축) 기간 동안 거주할 곳이 마땅하지 않아서 <input type="radio"/> 기타 ( )	<input type="radio"/> 비용이 적게 들어서 <input type="radio"/> 신속 대비 공사기간이 짧아서 <input type="radio"/> 시공성 및 재건축의 상승 <input type="radio"/> 시공과 경제적 투자 대비 큰 효과를 얻을 수 있어서 <input type="radio"/> 환경보호, 자원낭비의 억제 <input type="radio"/> 기타 ( )

그림 131. 일반인 대상 설문조사서-1

<p>A-2. 귀하의 주택을 리모델링하는 것에 대해 어떻게 생각하십니까?</p> <p>① 적극적으로 리모델링을 할 의향이 있다.          ② 여건이 된다면 리모델링을 할 의향이 있다.          ③ 굳이 리모델링을 할 의향이 없다.          ④ 절대 리모델링을 할 의향이 없다.          ⑤ 기타</p>	<p>B-2. 귀하는 귀하의 주택 정비 시 얼마나 직접적으로 참여할 의사가 있으십니까?</p> <p>① 전체 공정의 1% 참여 의사 있음          ② 전문가에게 일임 (직접 참여 안함)</p> <p>B-3. 리모델링을 시행하는 주된 목적은 무엇이라고 생각하십니까?</p> <p>① 주택의 가격 상승          ② 삶의 쾌적성 향상          ③ 에너지 효율화</p>
<p><b>유형 C</b></p>	
<p>C-1. 주택의 성능개선을 위해 '재건축(신축)'을 선호하는 주된 이유는 무엇입니까?</p> <p>① 시업성, 재산가치 상승이 유리해서          ② 평면계획의 신축성          ③ 건물 수명의 연장          ④ 리모델링에 관한 정보 부족          ⑤ 기타 ( )</p> <p>C-2. 귀하는 귀하의 주택 정비 시 얼마나 직접적으로 참여할 의사가 있으십니까?</p> <p>① 전체 공정의 1% 참여 의사 있음          ② 전문가에게 일임 (직접 참여 안함)</p> <p>C-3. 재건축을 시행하는 주된 목적은 무엇이라고 생각하십니까?</p> <p>① 주택의 가격 상승          ② 삶의 쾌적성 향상          ③ 에너지 효율화          ④ 기타 ( )</p>	

<p><b>III. 리모델링 또는 재건축 경험에 관한 설문</b></p>	
<p>문5. 귀하는 귀하의 주택을 리모델링 혹은 재건축된 경험이 있으십니까?</p> <p>[유형 ㄱ 설문에 응답] ① 없다          [유형 ㄴ 설문에 응답] ② 리모델링 경험이 있다.          [유형 ㄴ 설문에 응답] ③ 재건축 경험이 있다.</p>	
<p><b>유형 ㄱ</b></p> <p>ㄱ-1. 귀라께서 현재 거주/소유하고 계시는 주택을 리모델링/재건축하지 않으신 이유는 무엇입니까? (중복선택 가능)</p> <p>① 필요성을 느끼지 못해서          ② 주택 리모델링/재건축에 소요되는 비용을 충당할 금액적 여유가 부족해서          ③ 원래 거주/소유 중인 주택에서의 거주기간이 얼마 남지 않았거나 향후 거주기간을 예상하기 어려워서          ④ 원래 거주/소유 중인 주택의 냉난방, 급탕, 조명 및 환기설비 가동에 소요되는 에너지 비용이 크지 않아서          ⑤ 주택 리모델링/재건축을 통한 효과가 어느 정도인지 알 수 없어서          ⑥ 주택 리모델링/재건축의 발판을 몰라서          ⑦ 주택 리모델링/재건축을 위해 노력할 시간의 부족          ⑧ 임대주택의 경우 임대인의 동의를 얻기 어려워서          ⑨ 기타 ( )</p>	<p><b>유형 ㄴ</b></p> <p>ㄴ-1. 주택의 리모델링/재건축에 대한 만족도는 어느 정도입니까?</p> <p>① 매우 만족 ② 만족하는 편임 ③ 보통          ④ 만족스럽지 않음 ⑤ 매우 불만족</p> <p>ㄴ-2. 그 이유는 무엇입니까?          -----[만족하는 경우]-----          ① 주택 가격 상승 등 경제적 혜택이 생긴          ② 에너지 효율이 높아져 실내 쾌적성이 향상됨          ③ 내부 구조 변경, 외관 개성으로 삶의 질이 향상됨          ④ 기타 ( )          -----[불만족하는 경우]-----          ① 시공과정에서의 하자 발생          ② 예상과 다른 공사기간과 시공비용          ③ 기대치보다 낮은 개선 효과          ④ 기타 ( )</p> <p>ㄴ-3. 귀하는 리모델링/재건축 관련 정보로부터 어디서 알으셨습니까?</p> <p>① 신문/TV/광고 등          ② 인터넷          ③ 주변 지인의 소개          ④ 기타 ( )</p> <p>ㄴ-3. 귀하의 주택 리모델링/재건축의 소요비용은 어떤 방법으로 충당하셨습니까?</p> <p>① 정부 및 비영리단체 지원금          ② 개인 비용          ③ 금융권 대출          ④ 기타</p>

그림 132. 일반인 대상 설문조사서-2

## 2) 전문가 대상 자문 회의 (2018.04.11. 개최)



(장소: 한국패시브건축협회 회의실)

□ 자문 회의 결과

<b>1. 연구의 범위와 주제에 관한 의견</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 연구의 오리지널리티가 확보될 수 있도록 연구의 범위와 목적이 구체화되었으면 함</li><li>• 소규모 건축물 소유자의 특성이 반영된 기술에 대한 적절한 검토가 이루어졌으면 함</li><li>• 본 과제로 발전시키기 전에 현재 검토되고 있는 내용과 오리지널리티를 고려해서 연구의 범위가 결정되었으면 좋겠음</li></ul>
<b>2. 에너지 최적화 기술의 정확한 적용을 위한 설계/시공 가이드라인의 필요성</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 소규모 건축물은 설계/시공 디테일을 위한 시방서 이상의 기준이 필요하며 정해진 기준에 따라 하자 없는 설계/시공을 할 때 녹색건축 및 지속가능한 건축에 가까워질 수 있음</li><li>• 기존의 국내 에너지 관련 연구들은 에너지 평가와 관리 등 에너지성능에 집중했던 반면, 본 과제에서는 그 성능을 제대로 구현하기 위한 현장에서의 설계/시공방식을 제시하는 것</li><li>• 해외의 경우 건축물의 설계/시공에 관한 구체적인 가이드라인 및 코드가 존재하며 일본 등 일부 국가에서는 소규모 건축물에 최적화된 설계/시공 가이드라인을 제공</li><li>• 현재 건축학회 산하 한국건축기준센터에서 건설기술연구원과 함께 한국건축설계기준을 만들고 있지만, 인력과 비용 등의 문제로 그 결과가 불투명한 상태. 따라서 본 과제를 통해 건축 설계/시공 가이드라인 및 코드의 개선 방향을 제시하는 것이 필요</li></ul>
<b>3. 소규모 건축물 에너지 평가 방안 및 전문가 활용방안</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 소규모 건축물 시장은 전문가 집단이 개입하기 힘든 구조. 따라서 소비에너지를 진단/평가하는 효율적 방안의 제시가 필요</li><li>• 독일의 경우 에너지 평가사가 주택의 에너지성능 평가에 관련된 전체 절차를 총괄 관리하므로 효율적 운영과 정확한 에너지성능 평가가 가능</li><li>• 국내에서도 기존의 전문가 집단이 개입하지 않는 소규모 건축물 시장에 적당한 능력과 자격을 갖춘 전문가를 활용하는 방안이 필요함</li></ul>

#### 4. 리모델링 관련 사항

- 하자 발생 빈도를 줄여 고효율 주택으로 개선될 수 있는 리모델링을 지향해야 함
- 현재 리모델링 시장은 전문가의 의견 및 일정한 가이드라인에 따르기보다는 영세업체의 경험에 의해 운영되고 있는 실정
- 그러나 2015년 기준 28조 원에 육박할 정도로 리모델링 시장은 성장하고 있는 추세. 따라서 고효율의 주택을 위해서는 소규모 건축물의 효율적 리모델링을 위한 기준 제시 필요
- 신축 건축물의 에너지성능 향상을 위한 기술과 기준들을 다수 제시되고 있는 반면, 에너지성능 기준이 적용되기 이전의 노후건축물의 성능 개선을 위한 상세 기술서는 부재
- 특히 노후 소규모 건축물은 층고가 낮은 경우가 많기 때문에 환기 시스템 설치를 위한 높이가 부족한 경우가 다수. 따라서 창호에 환기 시스템을 결합한 하이브리드 환기창호 시스템 등의 도입 및 보급을 고려할 필요가 있음

#### 5. 면적 기준으로 산정된 설비에 관한 의견

- 현재 우리나라의 소규모 대상 설비는 부하 기준이 아닌 면적 기준으로 산정
- 따라서 필요 이상으로 과대한 용량이 설계되는 경우가 있지만, 실제 사용에 있어서는 냉난방 설비의 용량보다는 사용자의 쾌적감에 따른 선택적 사용의 영향이 크기 때문에 부하 기준의 설비 시스템으로 전면개편하기보다는 기존 설비에 적용할 수 있는 펌프 등의 장치를 개발하는 것이 효율적일 것으로 판단

#### 6. 기술개발 관련 의견

- 건축물의 성능향상 기술 중 패시브 관련 기술은 현재 상당 수준 개발된 상태. 즉, 가격 면에서의 경쟁력 확보가 필요
- IoT 관련 기술로는 바닥 난방 시스템인 국내상황에 적절한 한국형 온도조절기 등의 개발이 필요할 것으로 생각됨

#### 7. 정책 관련 의견

- 독일, 캐나다, 미국 등 해외에서는 소규모 건축물의 신축/리모델링 관련 지원제도가 상당히 보급되어 있는 상태. 경제적 지원과 기술적 지원을 동시에 수행
- 소규모 건축물에 관한 정책이기 때문에 에너지 관련 정책 또한 지자체 단위의 소형으로 추진될 필요가 있음. 현장에서 근무하는 시공 기술자 등의 인력에 자격을 부여하는 제도를 통해 소형 면허 개념이 투입될 경우 새로운 인프라 형성이 가능할 것으로 사료됨

### 3) 중점과제 도출 프로세스

- 본 연구에서는 QFD 분석을 통해 도출된 품질 수요와 요소기술 간의 상관관계 조사 및 요소기술의 중요도를 평가하여 각 분야별 최종 중점과제를 도출하고자 함
- QFD(Quality Function Deployment: 품질기능전개)는 1972년 미쯔비시 중공업의 고베 조선소에서 처음 적용된 후 산업 전반에 널리 사용되어 오고 있는 품질경영 기법
  - 신제품의 개념 정립, 설계부터 생산계획 및 판매까지의 모든 단계에서 고객의 요구가 최종 제품 및 서비스에 충실히 반영되도록 하여 고객의 만족도를 극대화하는 데 초점을 두는 고객 중심경영을 위한 품질관리기법<sup>13)</sup>
- House Of Quality
  - QFD를 구현하기 위한 도구로써 고객의 요구 파악 및 체계화하여 기술특성 간의 상관관계를 도출함으로써 기술특성의 중요도 및 목표값을 파악하기 위한 도구
  - 고객 요구사항, 고객의 인지도, 기술특성, 품질 표, 상관관계, 기술특성의 목표값, 총 6가지의 요소로 구성되며 연구 범위나 적용 분야에 따라 6개의 모든 단계를 거치지 않을 수도 있음

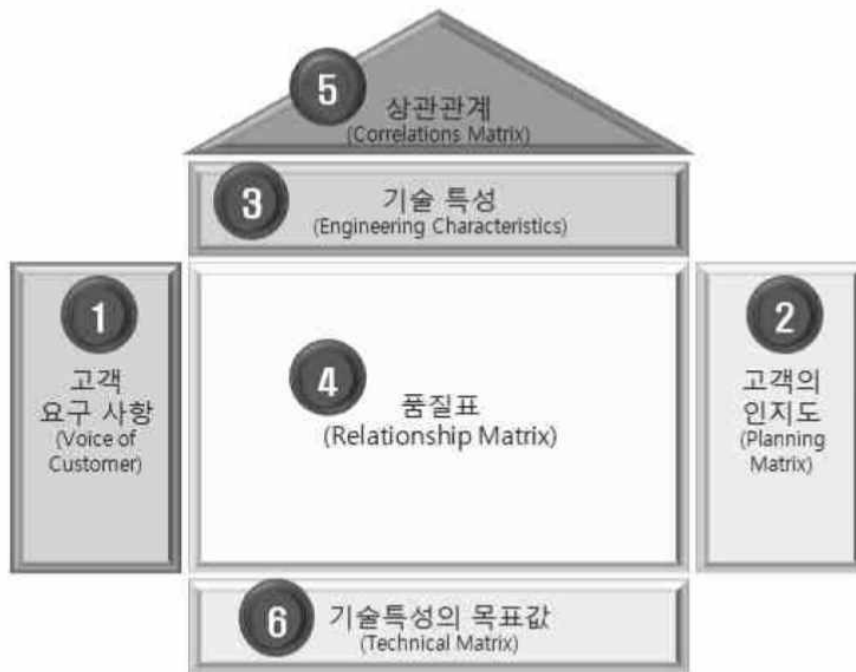


그림 133. 품질의 집

(출처 : 정영미, 도서관 서비스 품질 향상을 위한 QFD 적용에 관한 사례 연구, 2014)

13) 정영미, 도서관 서비스 품질 향상을 위한 QFD 적용에 관한 사례 연구, 2014

○ QFD 분석 프로세스

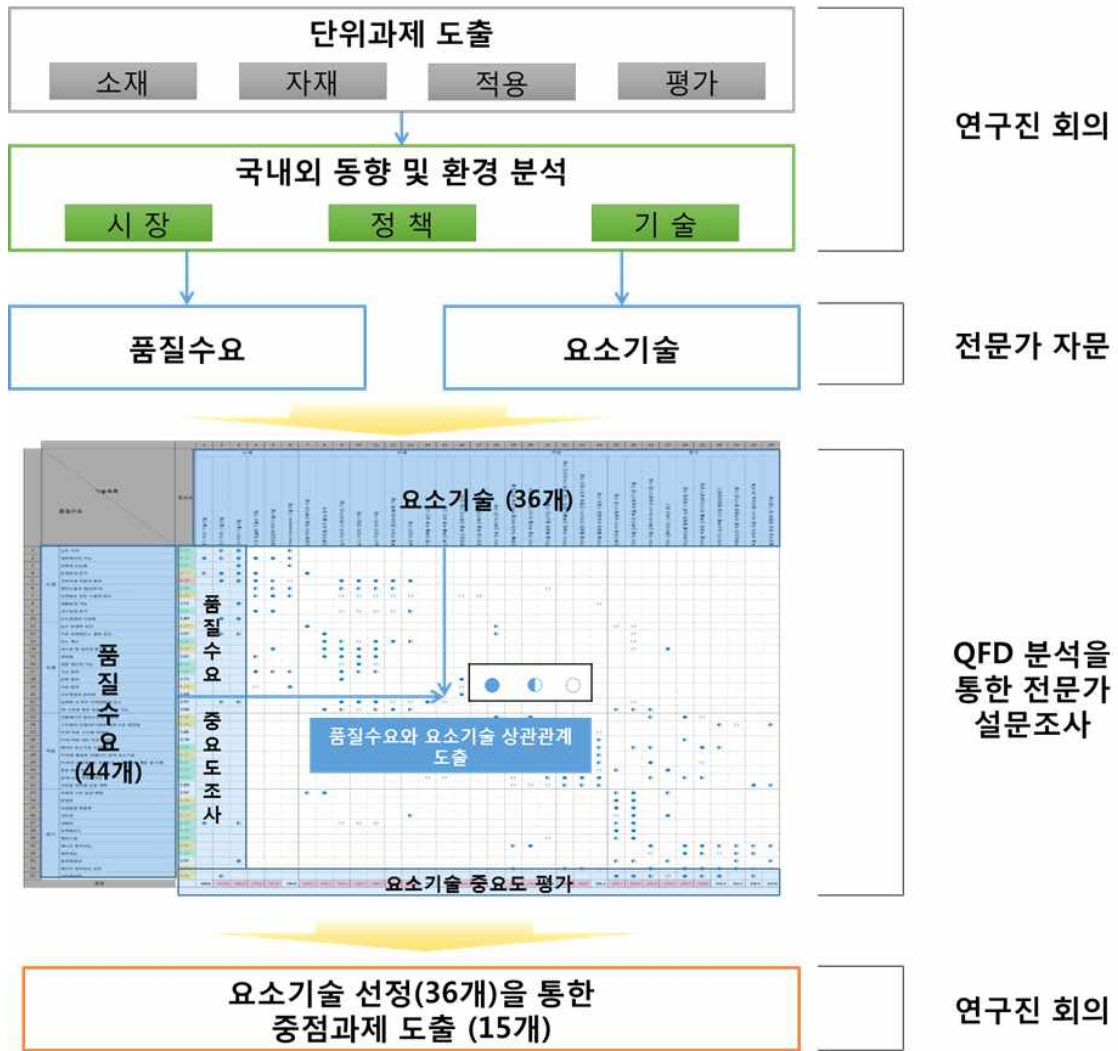


그림 134. 중점과제 도출 프로세스 개요

#### 4) 품질 수요 중요도 평가

□ 품질 수요도 중요도 평가를 위한 양식

표 66. 품질 수요 중요도 평가 설문조사를 위한 양식

품질 수요		1	2	3	4	5
<b>소규모 건축물 신축/리모델링을 위한 소비에너지 최적화 설계 시공 규범 개발</b>						
1	고효율의 건축물 구현	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
2	구조체 내구성 및 내후성 확보	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
3	그린 리모델링에 대한 접근성 강화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
4	노후건축물의 성능진단	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
5	리모델링 요소별 개선 수준의 정량화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
6	소비에너지 최적 설계/시공 가이드라인	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
7	에너지 절약성능 실증	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
8	장수명 주택의 구현	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
9	쾌적한 주거환경에 대한 사회적 요구 반영	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
<b>소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설비/시공 관련 제품개발</b>						
1	DB 구축을 통한 효율적인 선택 가능성	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
2	건축 자재 유해 물질 방출량 저감	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
3	건축재료의 성능정보 제공	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
4	공정의 단순화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
5	낮은 가격	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
6	내화성	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
7	대량생산 가능	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
8	소형화/경량화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
9	시공 용이	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
10	시장 활성화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
11	자재 내구성 확보와 자원낭비 방지 기술(재활용 가능)	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
12	품질확보 전략	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요

소규모 건축물 에너지 관리 기술개발						
1	ICT/ IoT 기술 도입(스마트 홈)	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
2	건물 에너지 운용 정보수집/공유를 위한 DB 구축	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
3	건물 에너지 절약 스케줄 가이드 제공 기술	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
4	건물 에너지 최적 운용 기술	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
5	건물에너지 효율 분석 프로그램의 개발 및 지원	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
6	에너지 사용료 절감	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 정책 개발						
1	건물에너지 및 온실가스 발생 절감	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
2	건물에너지 절감 수준의 정량화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
3	건축자재 인증제도	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
4	그린 리모델링 품질 수준 정량화	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
5	지역별 건축물의 최소 성능 기준 제시	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요
6	친환경 건축물 인증제도	전혀 불필요	필요 없음	보통	필요	매우 필요



소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설비/시공 관련 제품개발	1	DB 구축을 통한 효율적인 선택 가능성	4.15
	2	건축 자재 유해 물질 방출량 저감	4.38
	3	건축재료의 성능정보 제공	3.97
	4	공정의 단순화	4.31
	5	낮은 가격	4.05
	6	내화성	4.38
	7	대량생산 가능	3.97
	8	소형화/경량화	4.08
	9	시공 용이	4.21
	10	시장 활성화	3.77
	11	자재 내구성 확보와 자원낭비 방지기술(재활용 가능)	4.03
	12	품질확보 전략	3.87
소규모 건축물 에너지 관리 기술개발	1	ICT/ IoT 기술 도입 (스마트 홈)	3.92
	2	건물 에너지 운용 정보수집/공유를 위한 DB 구축	4.15
	3	건물 에너지 절약 스케줄 가이드 제공 기술	3.95
	4	건물 에너지 최적 운용 기술	3.95
	5	건물에너지 효율 분석 프로그램의 개발 및 지원	3.74
	6	에너지 사용료 절감	4.21
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 정책 개발	1	건물에너지 및 온실가스 발생 절감	4.46
	2	건물에너지 절감 수준의 정량화	4.03
	3	건축자재 인증제도	4.08
	4	그린 리모델링 품질 수준 정량화	3.97
	5	지역별 건축물의 최소 성능 기준 제시	4.05
	6	친환경 건축물 인증제도	4.10

□ 요소기술 도출 결과

표 68. 요소기술 도출 결과

요소기술		
소규모 건축물 신축/리모델링을 위한 소비에너지 최적화 설계 시공 규범 개발	1	건물 노후화 진단 기술(설비, 구조)
	2	결로 곰팡이 발생 시 참고할 원인 분석 및 대처방안에 대한 가이드 북
	3	소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계/시공 기준 및 상세도개발
	4	소규모 노후건축물 안정성 평가 및 보강 기법 개발
	5	소규모 노후건축물 에너지 최적 리모델링 설계/시공 기준 및 상세도개발
	6	실증사례 개발
	7	요소기술별 리모델링 적용 가이드
	8	하자 방지를 위한 설계/시공 실무자 가이드라인 개발
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설비/시공 관련 제품개발	1	건축 자재 수명 평가 기술개발
	2	과난방/ 과냉각 방지기술 및 설비 개발 (에너지요구량, 유효면적 기반의 송출 열량/ 열량 제어기술)
	3	국내 최적화된 한국형 바닥 난방 신기술
	4	사용자 친화형 프리패브 자재 및 시공기술 개발
	5	소규모 건축물 부하별/용도별 설비 시공 제품 패키지화
	6	저층 주거지 협소 공간용 작업 제품개발
	7	주택용 자재 데이터베이스 구축으로 BIM의 적용성 향상
	8	축열 성능 향상/ 구조재 (콘크리트/블록) 개발
소규모 건축물 에너지 관리 기술개발	1	사용자 맞춤형 주택 자동제어 기술
	2	생활밀착형 설비제어 기술개발
	3	소규모 건축물 에너지 독립기술 개발(마이크로 그리드)
	4	소규모 건축물 운용 최적화 기술 개발(HEMS, AI, Big Data)
	5	스마트 제어기술 (스마트폰 연계)
	6	신재생 에너지(태양광/ 태양광/ 지열/ 풍력) 설치 효율 분석 기법
	7	실내 재실자 쾌적도 향상을 위한 냉/난방 최적 운영 기술
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 정책 개발	1	공급자(설계자/시공사) 수준 자격관리 방식 개발
	2	관련 정책과의 연계성 강화 방식
	3	소규모 건축물 생애주기별 건물 성능평가/관리 방안
	4	소규모 건축물 소비 에너지 최적화를 위한 유인책(지원제도) 개발
	5	소비자 맞춤형 정책 제안
	6	신재생 에너지 유지관리 정책

□ QFD를 통한 요소기술별 중요도 산정

표 69. QFD를 통한 요소기술별 중요도

요소기술 ( <input type="checkbox"/> : 상위 15개 항목)			중요도
소규모 건축물 신축/리모델링을 위한 소비에너지 최적화 설계 시공 기법 개발	1	건물 노후화 진단 기술(설비, 구조)	170.2
	2	결로 곰팡이 발생 시 참고할 원인 분석 및 대처방안에 대한 가이드 북	121.1
	3	소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계/시공 기준 및 상세도개발	255.5
	4	소규모 노후건축물 안정성 평가 및 보강 기법 개발	256.8
	5	소규모 노후건축물 에너지 최적 리모델링 설계/시공 기준 및 상세도개발	255.9
	6	실증사례 개발	379.5
	7	요소기술별 리모델링 적용 가이드	251.5
	8	하자 방지를 위한 설계/시공 실무자 가이드라인 개발	265.9
	9	습환경을 고려한 설계 및 구조체 상세도개발	260.2
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설비 시스템 개발	1	건축 자재 수명 평가 기술개발	205.8
	2	과난방/ 과냉각 방지기술 및 설비 개발 (에너지요구량, 유효면적 기반의 송출 열량/ 열량 제어기술)	282.5
	3	국내 최적화된 한국형 바닥 난방 신기술	60.1
	4	사용자 친화형 프리패브 자재 및 시공기술 개발	245.0
	5	소규모 건축물 부하별/용도별 설비 시스템 패키지와	362.8
	6	저층 주거지 협소 공간용 작업 제품개발	202.5
	7	주택용 자재 데이터베이스 구축으로 BIM의 적용성 향상	191.6
	8	축열 성능 향상/ 구조재 (콘크리트/블록) 개발	136.0
소규모 건축물 에너지 관리 및 운용 기술개발	1	사용자 맞춤형 주택 자동제어 기술	171.0
	2	생활밀착형 설비제어 기술개발	293.8
	3	소규모 건축물 에너지 독립기술 개발(마이크로 그리드)	272.0
	4	소규모 건축물 운용 최적화 기술 개발(HEMS, AI, Big Data)	328.7
	5	스마트 제어기술 (ICT & IoT 기술의 활용처 확대)	265.2
	6	신재생 에너지(태양광/ 태양광/ 지열/ 풍력) 설치 효율 분석 기법	156.7
	7	실내 재실자 쾌적도 향상을 위한 냉/난방 최적 운영 기술	196.1
소규모 건축물 소비 에너지 최적화 정책 및 규범 개발	1	공급자(설계자/시공사) 수준 자격관리 방식 개발	263.3
	2	관련 정책과의 연계성 강화 방식	185.6
	3	소규모 건축물 생애주기별 건물 성능평가/관리 방안	243.8
	4	소규모 건축물 소비 에너지 최적화를 위한 유인책(지원제도) 개발	268.6
	5	소비자 맞춤형 소규모 건축물 효율화 정책 제안	253.2
	6	신재생 에너지 유지관리 정책	160.7

## 5) 최종 핵심기술요소

### □ 핵심기술 요소 분류

#### ○ 1세부

- 신축과 리모델링 연구의 지향점은 양자 모두 같기 때문에 하나의 카테고리로 분류하고 1세부 과제 내에서 설계/ 시공에 관한 내용을 통합하려 하였으나 신축과 리모델링 건축물의 출발점이 다른(외단열 방식과 내단열 방식) 실정과 리모델링의 경우, 건축물의 구조/ 준공연도/ 용도에 따라 기존 건축물에 대한 보편적인 성능의 검증과 유형화 작업의 필요성이 대두되어 신축과 리모델링을 분리하여 세부과제를 구성함.
- 기 개발된 설계/시공 기준 및 가이드라인은 해외 기준의 무분별한 국내 적용, 개론 형식의 구성으로 실무 적용이 어려운 점, 열교/습열에 대한 안정성 판단 불가 등의 문제점을 내재하고 있으므로 국내 유통 자재의 물성측정단계까지 고려하여 국내상황에 적용 가능한 기준 및 가이드라인이 개발되어야 할 것임.
- 또한, 사용자의 활용도를 높이기 위해 설계와 시공을 분리하여 결과적으로 설계자, 시공자, 감리자 등 사용자 측면에서 실무자 밀착형의 기술을 개발하고자 함.
- 이에 1-5세부에서는 핵심성과물의 현장 적용을 위한 실질적인 방법을 제시하고자 실무자와의 연계 및 전문가 자문 회의, 저비용 솔루션에 대해 연구함.
- 소규모 건축물 특화 인증제도를 현재 운영 중인 중·대규모의 인증제도와 연계하는 방안과 소규모 건축물의 감리제도를 개선하는 방안을 연구함. 특히 소규모 건축물의 감리제도는 현장 상주의 형태가 아니므로 품질관리에 어려움을 겪고 있으며 이를 타개할 수 있는 전문가 육성 방법 또한 마련되어야 할 것임.
- 또한, 규범과 지원 정책에 관련하여 성공적인 해외 사례를 고찰하고 ‘부동산 시장 시스템’ 이나 ‘장기상환 대출시스템’, ‘보조금 지원 정책’, ‘소비자-전문가 연결 플랫폼’, ‘WEB 기반 에너지 성능진단 서비스’ 등 실생활에서 개발된 기술이 적용 가능하도록 지원하는 방법 등을 제안함.

<b>1-1</b>	국내 유통 자재 물성 분석 및 기후최적화 외피설계 기준 개발
<b>1-2</b>	시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 부위별 상세도개발
<b>1-3</b>	시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발
<b>1-4</b>	실증 건축물 구축
<b>1-5</b>	설계기준의 정책적 연계방안 개발

#### ○ 2세부

- 설계/ 시공 단계로 이루어지는 신축 건축물과는 달리 기존 건축물은 건축물 성능분석의 작업이 선행되어야 하며, 건축물의 노후화와 구조형태에 따라 건축물의 에너지성능 정량화 연구, 기존 건축물 구조방식에 따른 리모델링 기법 연구 등을 수행하여 보편적인 성능진단과 표준적인 리모델링 작업방식의 도출이 필요함

- 또한, 기존 건축물 건축주의 참여유도와 비용적인 측면을 고려하여 다양한 선택을 할 수 있도록 리모델링 기법을 단열/ 기밀/ 창호/ 열교 등으로 세분화하여, 단계적인 리모델링 방안을 도출할 수 있는 연구를 수행하며, 각 리모델링 단계별 성능 개선 수치를 정량화하여 개선 전/ 후를 직·간접적으로 체험할 수 있도록 하여야 하며 결과적으로 공정별, 부위별 리모델링 상세도·시공예시도·시공체크리스트를 개발하는 연구과제로 구성하였음

<b>2-1</b>	노후 소규모 건축물 설계·시공 현황 유형화
<b>2-2</b>	시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안 제시
<b>2-3</b>	에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준·상세도·시공예시도 개발

○ 3세부

- ‘설비제품 개발 및 패키지화’와 ‘에너지 최적화 관리기술’을 하나의 세부로 구성하여 소규모 건축물에 적합한 설비제품 패키지와 에너지 사용량을 파악하고 최적 운용할 수 있는 관리기술을 제안함.
- 이를 위해 기존 건축물과 신축건축물을 대상으로 용도별/규모별 단위 부하를 산정하고 표준을 도출하여 최적화 용량 적용 방법을 개발함
- Heat Pump를 기본으로 냉방/난방/급탕/환기의 모듈을 플러그인 방식으로 조합하는 패키지를 개발하고 에너지 관리 기술과 ICT& IoT 기술을 활용하여 소규모 건축물에 최적화 방안을 도출하는 연구항목으로 설정하였음.
- 또한, 소규모 건축물에 특화되어 작은 비용으로 큰 효과를 낼 수 있도록, 단위 열원 부하 기준에 적합한 저비용 냉난방 기술 및 고효율 제습형 환기 시스템 등을 개발함. 이는 사용자의 행태예측과 부하 산정을 토대로 기술의 개발 방향이 결정되는 과정을 거칠 것임

<b>3-1</b>	소규모 건축물 부하 최적화 설비용량 산정 및 부하계산 프로그램 개발
<b>3-2</b>	히트펌프 기반 제습·환기 일체형 하이브리드 설비 패키지 및 제어기술 개발

□ 핵심기술

핵심기술요소	중분류	소분류
1. 신축 소규모 건축물의 소비 에너지 최적화 설계·시공 기술개발	1-1. 국내 유통 자재 물성 분석 및 기후최적화 외피설계 기준 개발	1-1-1. 습열 거동 분석을 위한 국내 자재의 물성 분석 : 소규모 건축물에 사용되는 내외장재, 방수재 등 각종 기능재
		1-1-2. 국내 소규모 건축물에서 발생하는 성능/쾌적성 저하사례 및 하자 조사 : 용도별, 부위별 유형분석과 습열분석을 통한 원인 분석
		1-1-3. 습열거동분석 기반 국내 기후 최적 외피구성 및 기준 도출
	1-2. 시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 상세도개발	1-2-1. 국내외 건축설계기준 조사 및 국내 적용가능 항목 분석 : IRC를 비롯한 해외의 각종 단체 기준 등
		1-2-2. 소규모 건축물 설계기준 및 용도별·부위별 표준 상세도 개발
	1-3. 시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발	1-3-1. 국내외 건축시공기준(예시도) 조사 및 국내 적용 가능항목 분석
		1-3-2. 설계기준을 바탕으로 한 공정별·부위별 시공예시도 개발
		1-3-3. 설계기준과 시공예시도를 바탕으로 한 공정별·부위별 시공 체크리스트 개발
	1-4. 실증건축물 구축	1-4-1. 설계기준을 준수한 제로에너지 건축물 구축
		1-4-2. 실증건축물 에너지 절감량 측정 및 분석
	1-5. 설계기준의 정책적 연계방안 개발	1-5-1. 국내 인증제도의 소규모 건축물 적용방안 개발 : 건축물 에너지 효율등급, 녹색건축 인증제도 등
		1-5-2. 기존 소규모 건축물 관련 제도와 설계·시공 기준 활용방안 개발

2. 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발	2-1. 노후 소규모 건축물 설계/시공 현황 유형화	2-1-1. 기존건축물 준공연도, 공법별, 용도별 건축물 성능 실측 및 분석
		2-1-2. 성능(에너지 및 수명, 하자)과 관련된 용도별, 부위별 설계·시공 현황 분석 및 유형화
	2-2. 시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안 제시	2-2-1. 해외 리모델링 설계지침·가이드라인 분석 및 국내 적용 가능항목 도출
		2-2-2. 소규모 노후 건축물 단계(공정)별 비용효율적 리모델링 방안 제시
		2-2-3. WEB 기반 노후건축물 에너지성능 진단서비스
	2-3. 에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준·상세도·시공예 시도 개발	2-3-1. 공정별·부위별 리모델링 설계 기준서 및 상세도 개발
2-3-2. 공정별·부위별 리모델링 시공예시도 및 시공 체크리스트 개발		
3. 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출	3-1. 소규모 건축물 부하 최적화 설비용량 산정 및 부하계산 프로그램 개발	3-1-1. 기존 건축물 포함, 소규모 건축물의 용도별·규모별 단위부하 산정 및 표준 도출
		3-1-2. 단위부하별 기존 냉난방, 급탕설비의 에너지 최적화 용량 적용방법 개발
		3-1-3. 소규모 건축물용 설비용량 산정을 위한 부하계산 프로그램 개발
	3-2. 히트펌프 기반 제습·환기 일체형 하이브리드 설비 패키지 및 제어기술 개발	3-2-1. 소규모 건축물 적용에 적용 가능한 고효율 제습환기 시스템 개발
		3-2-2. 히트펌프를 기반으로 한 냉난방, 급탕, 환기 패키지 및 ICT&IoT 기술을 활용한 제어기술 개발 : 기존 설비에 플러그인이 가능한 패키지
		3-2-3. 사용자 전력 사용 패턴 및 부하에 기반한 최적 태양광 발전용량산정 프로그램 개발
		3-2-4. 태양광 설치 시 지붕 유형별·설치 부품별 구조계산 프로그램 개발

6) 기술준비도(TRL) 목표

○ 핵심기술요소 및 세부과제를 통해 기술준비도(TRL)을 도출하였으며 각 TRL에 대한 목표는 다음과 같이 설정하였음

□ 기술준비도(TRL) 목표 항목

① CTE1 : 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계·시공 기술 개발

구분	단계	TRL 정의	시험평가 주체	시험평가		생산수준 또는 결과물 결과물 수준	시험평가 환경	개발 연차
				대상	평가항목			
기초 연구 단계	1	기초이론/실험 실용목적	-	-	-	-	-	-
	2	아이디어·특허 등 개념정립	-	-	-	-	-	-
실험 단계	3	실험실 규모의 기본 성능 검증	연구진	에너지 최적화 설계 기법의 도출, 개념, 상세디테일 정립	성능지표	성능보고서 (DB)		1·2·3차 년도
	4	실험실 규모의 소재/부품/ 시스템 핵심성능 평가	연구진	상세디테일의 열적 성능 분석  패시브 수준의 소규모건축물 표준모델 기법의 도출	성능지표	성능보고서 (DB) 부위별		2·3차 년도
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시 스템의 시작품 제작 및 성능 평가	연구진	패시브/ 액티브/ 신재생에너지 연계형 소규모 건축물 최적 설계/ 시공 기법의 도출	성능지표	설계/ 시공/ 기술의 표준화		3·4차 년도
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	-	-	-	-	-	-
실용화 단계	7	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	-	-	-	-	-	-
	8	시제품의 인증 및 표준화	연구진	소비에너지 최적 건축자재(벽재, 바닥재, 지붕 등) 적용 표준 설계 및 시공 규범	표준모델 설계/ 시공/ 리모델링 기법	표준설계 (안) 상세디테일 시공지침서		4차 년도
사업화	9	사업화						-

\* 음영표시된 TRL 1, 9단계는 원칙적으로 정부 R&D 비지원 영역임

② CTE2 : 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발

구분	단계	TRL 정의	시험평가 주체	시험평가		생산수준 또는 결과물 결과물 수준	시험평가 환경	개발 연차
				대상	평가항목			
기초 연구 단계	1	기초이론/실험	-	-	-	-	-	-
	2	실용목적 아이디어·특허 등 개념정립	연구진	기존건축물 성능 실측 및 분석  해외 리모델링 설계지침, 가이드라인 분석	개발전략	보고서  보고서		1차 년도
실험 단계	3	실험실 규모의 기본 성능 검증	연구진	에너지, 수명, 하자과 같은 건축물 성능 현황 분석	성능지표	성능보고서 성능평가집		1·2차 년도
	4	실험실 규모의 소재/부품/ 시스템 핵심성능 평가	연구진	리모델링 설계 지침의 국내 적용 항목 도출	제품전략 개발전략	기술보고서		
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시 스템의 시작품 제작 및 성능 평가	연구진	소규모 노후 건축물 단계별 비용효율적 리모델링 방안 제시	제품화	제품 제조기술		3·4차 년도
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	시험전문 기관	공정별/부위별 기준, 상세도, 시공예시도, 체크리스트 제작	성능지표	기준서 상세도 예시도		
실용화 단계	7	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	-	-	-	-	-	-
	8	시제품의 인증 및 표준화	연구진  연구진	시작품 적용(안) 에너지 성능 평가	성능지표  제품화	성능보고서 성능평가집  보고서		4차년 도
사업화	9	사업화						-

\* 음영표시된 TRL 1, 9단계는 원칙적으로 정부 R&D 지원 영역임

③ CTE3 : 소비에너지 최적화 패키지 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

구분	단계	TRL 정의	시험평가 주체	시험평가		생산수준 또는 결과물 결과물 수준	시험평가 환경	개발 연차		
				대상	평가항목					
기초 연구 단계	1	기초이론/실험	-	-	-	-	-	-		
	2	실용목적 아이디어·특허 등 개념정립	연구진	용도별 규모별 단위부하 산정	성능지표	보고서		1차 년도		
				스마트 제어 방식의 설정						
				냉·난방/ 급탕/ 환기 설비의 패키지 기법 도출	기술설정	보고서				
기존 설비 제품군의 제어 방식 개선 방안 도출										
실험 단계	3	실험실 규모의 기본 성능 검증	연구진	기존 설비 스마트 제어 방식 도출	성능지표	보고서		2·3차 년도		
				냉·난방 환기 패키지 시스템의 효율 분석 및 용량 산정						
	4	실험실 규모의 소재/부품/ 시스템 핵심성능 평가	연구진	생활밀착형 설비 제어에 따른 건물에너지 절감 지표수준 설정	성능지표	보고서				3차 년도
				Proto-type 환기, 냉·난방, 히트펌프 패키지 시스템 설비 제작	지표수준	모델(안)				
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시스 템의 시작품 제작 및 성능 평가		-고효율 제습환기 시스템 -설비 패키지 -태양광 용량 산정 프로그램 -지붕 구조계산 프로그램	제품화	스마트 제어 기술 가이드라인 활용보고서		4차 년도		
				제품성능 보고서						
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가		개발된 제어기를 실증 프로젝트에 적용	제품화 사용성	제품의 실증		4차 년도		
				실내환경 부하변동 대응 성능 및 효율 분석	성능검증	효율 분석 보고서				
실용화 단계	7	신뢰성 평가 및 수요기업 평가								
	8	시제품의 인증 및 표준화								
사업화	9	사업화						-		

\* 음영표시된 TRL 1, 9단계는 원칙적으로 정부 R&D 비지원 영역임

### 3절. 연구개발과제 구성

#### “소규모 건축물 에너지최적화를 통한 행복건축 실현”

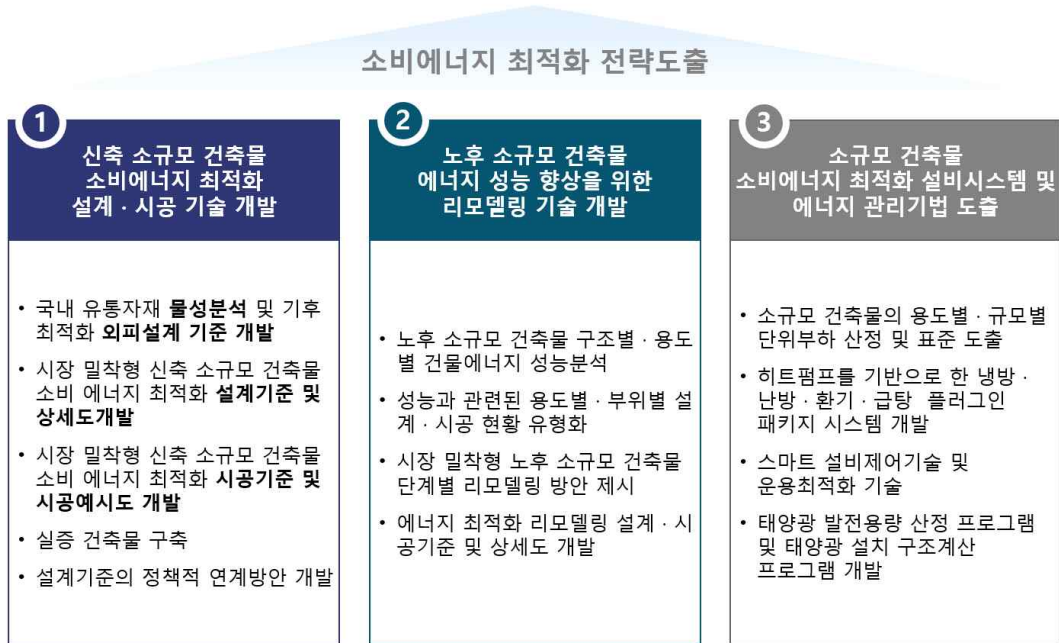


그림 135. 연구개발과제의 세부내용 구성

- (1세부) “신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계·시공기술 개발” 로, 소규모 건축물의 구축에 있어 건물 에너지 최적화를 위해 실무현장에서 적용해야 할 합리적 설계·시공 방식을 제시함. 크게 설계 분야와 시공 분야로 구분하여 각각의 기준 및 상세를 제시함으로써 현장에서의 활용도를 높여 전문가 투입이 어려운 소규모 건축 시장 환경의 문제를 최소화하고자 함. 또한, 각 세부에서 개발된 기술적 내용을 현실적으로 적용할 수 있도록 지원하는 정책 및 서비스를 제안하여, 소규모 건축물의 에너지 효율화 목표를 달성하고자 함.
- (2세부) “노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술개발”, 노후 소규모 건축물의 구조별, 용도별, 연도별 분류에 따른 에너지성능 분석을 토대로 내단열 기반의 노후건축물을 지속적인 하자 없이 개선할 수 있도록 설계·시공 기준 및 상세도를 개발하고 단계별 리모델링 방안을 제시함
- (3세부) “소규모 건축물의 소비 에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출” 로, 소규모 건축물 하이브리드 Heat Pump 개발을 중심으로 냉방/난방/환기/급탕 모듈이 플러그인 방식으로 적용될 수 있도록 패키지화하며 이를 관리하는 기술을 개발함. 건물에서 소비되는 비가시적인 에너지의 흐름과 사용 패턴을 가시화하는 방식(스마트 홈)을 통해 에너지 소비량을 관리하는 것을 목적으로 함.

## 4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진전략

### 가. 세부과제별 주요 내용

#### 세부과제 1.

#### 신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계 · 시공기술 개발

##### □ 연구목표

- 소규모 건축물의 에너지 최적화를 위해서는 먼저 건축물 자체가 장기간 지속 가능할 수 있도록 하자를 최소화시켜야 함. 따라서 국내상황에 적합한 설계기준과 시공 기준을 정립하고 현장 적용이 용이한 형태의 설계 디테일 상세와 시공예시도 개발이 수반되어야 함.

##### □ 연구의 필요성

- 전문가의 개입이 거의 불가능한 소규모 건축물 시장을 개선하기 위해서는 설계/시공/감리자 그룹의 현장 자체 개선방안 모색이 필수적이며 구두와 경험에 의존하고 있는 현실에서 벗어나 기술에 대한 검증과정을 거친 표준화 작업과 그 보급이 절실함. 이에 따라 소비에너지 최적화 설계 · 시공 기술을 개발함으로써 공급자의 기술 수준을 향상시키고, 현장 감리 감독을 위한 공정별 체크리스트를 개발함으로써 동일 비용으로 하자를 방지하자는 취지임.

##### □ 추진체계

##### ○ 목표달성을 위한 연구 추진체계

- 1세부과제는 신축 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위하여 기후(한국형) · 자재(물성측정)· 설계사· 시공사· 설비 전문가들의 협업이 필요함.
- 연구 추진 시, 계획단계에서부터 유의미한 수준의 성과목표를 제시하고 결과물의 정량적 성능을 시뮬레이션 분석 등 과학적 방법으로 검증하여 실용화를 모색함.
- 설계기준 및 시공 기준의 규범화를 위해 구조별, 용도별, 자재별, 공정별 분류에 따라 기술을 개발하고 활용도와 이해를 높이기 위해 부위별 상세도와 시공과정 예시도를 개발함

##### ○ 개발 기술의 실증을 위한 연구 추진체계

- 1세부과제는 소비에너지 최적화 표준모델의 실증에 대한 연구개발 내용을 포함하고 있으며, 실증 시범 건축물의 구현을 통해 개발 기술의 보급/ 확산을 촉진함
- 이를 위하여 1세부과제의 연구기관은 지자체 또는 참여 기업과의 협의를 통해 실증 대상 건축물을 위한 대지의 확보방안 마련, 실증 건축물의 사용 용도를 설정하여 실증 연구를 추진함

□ 주요연구내용

세부과제명	세부 연구목표	주요 연구내용
1. 신축 소규모 건축물의 소비 에너지 최적화 설계·시공 기술개발	1-1. 국내 유통 자재 물성 분석 및 기후최적화 외피설계 기준 개발	1-1-1. 습열 거동 분석을 위한 국내 자재의 물성 분석 : 소규모 건축물에 사용되는 내외장재, 방수재 등 각종 기능재 1-1-2. 국내 소규모 건축물에서 발생하는 성능/쾌적성 저하사례 및 하자 조사 : 용도별, 부위별 유형분석과 습열분석을 통한 원인 분석 1-1-3. 습열거동분석 기반 국내 기후 최적 외피구성 및 기준 도출
	1-2. 시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 상세도개발	1-2-1. 국내외 건축설계기준 조사 및 국내 적용가능 항목 분석 : IRC를 비롯한 해외의 각종 단체 기준 등 1-2-2. 소규모 건축물 설계기준 및 용도별·부위별 표준 상세도 개발
	1-3. 시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발	1-3-1. 국내외 건축시공기준(예시도) 조사 및 국내 적용 가능항목 분석 1-3-2. 설계기준을 바탕으로 한 공정별·부위별 시공예시도 개발 1-3-3. 설계기준과 시공예시도를 바탕으로 한 공정별·부위별 시공 체크리스트 개발
	1-4. 실증건축물 구축	1-4-1. 설계기준을 준수한 제로에너지 건축물 구축 1-4-2. 실증건축물 에너지 절감량 측정 및 분석
	1-5. 설계기준의 정책적 연계방안 개발	1-5-1. 국내 인증제도의 소규모 건축물 적용방안 개발 : 건축물 에너지 효율등급, 녹색건축 인증제도 등 1-5-2. 기존 소규모 건축물 관련 제도와 설계·시공 기준 활용방안 개발

□ 세부 주요 연구내용

○ 1-1세부

- 국내 유통 자재 물성 분석 및 구체성능 분석
  - 국내 소규모 건축물에서 발생하는 습기에 의한 하자 조사 및 건축물리학적 원인 분석 : 외벽, 내벽, 외벽 마감, 개구부 (창문, 대문), 지붕, 바닥, 지하실, 다락방 등
  - 국제수준의 습열거동 물성측정시설 구축 및 국산 건축자재의 물성측정을 통한 데이터 베이스 구축 : 합습 성능, 증기 확산 저항계수, 모세관 계수 - 흡수 & 전달, 밀도, 공극 율, 비열, 열전도율
  - 국내 기후 습열 거동 분석을 위한 대상 지역 선정 및 실내·외 기후조건 분석
  - 습열 거동 분석 기반 대한민국 기후 최적의 외피구성 및 기준 도출



(1) 열전도율

(2) 합습성능

(3) 증기확산저항계수

(4) 모세관 계수

그림 136. 습열거동 물성측정 시설

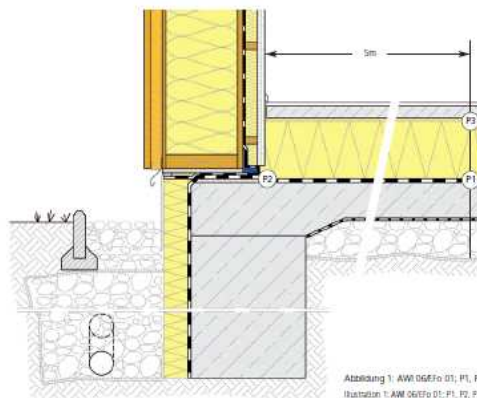


Abbildung 1: AWI 06Efo 01; P1, P2, P3: Monitorpunkte für dynamische Feuchtsimulation  
Illustration 1: AWI 06Efo 01; P1, P2, P3: Monitored points of the dynamic moisture simulation

Ausgangsvariante	
Außenklima	Holzkiöchen Datenbank WUFI
Innenklima	Sinusförmig, Minimum 15. Jänner 22 °C, 20 % relative Feuchte; Maximum 15. Juli 26 °C, 60 % Feuchte
Randbedingungen Erdreich	Randbedingung 5 m unterhalb Bodenplatte 9 °C, 100 % relative Feuchte
Grundwasser	kein fließendes oder drückendes Grundwasser
Klima Tiefgarage	Randbedingung Klima: Winter 0 °C, Sommer 20 °C, 90 % relative Feuchte durchgehend
Eigenschaften Erdreich	flindiger Sand, $\lambda = 2,0 \text{ W/mK}$ , $c_p = 2000 \text{ kJ/m}^3\text{K}$
Führung und Art Dampfsperre und Horizontalsperre	Schwarze Wanne ohne Dampfsperre
Materialwahl Dämmstoff	Mineralwolle, $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ , Baustoffkenndaten aus WUFI-Datenbank
Bauweise Außenwand	Leichtbauwand AWI 06, siehe Grafik
Aufteilung Dämmung auf Ober- und Unterseite der Bodenplatte	Gesamte Wärmedämmung auf Bodenplatte
Konstruktion Tiefgarage	Gesamte Wärmedämmung auf Garagendecke (M10 01)
Monitorpositionen (siehe Abb. 1)	Plattenmitte auf Horizontalsperre P1, Plattenrand auf Horizontalsperre P2, Oberseite Dämmstoff P3

The following characteristics or variations on them were not taken into account:

- Pressure or temporary pressure from ground water
  - Connections to internal walls
  - Different outside climates
  - The affect of snow etc.
  - Different times of installation, dynamic installation simulations [see e.g. Bednar 2005], building humidity
- In addition it should be taken into account that not all the possible parameters were combined with all other possible qualities. For example a waterproof concrete shell without vapour barrier with cellulose was not considered and therefore its functionality cannot be assessed.

그림 137. 습열거동 분석 기반 신축/리모델링 외피구성 상세도 예시

(출처 : Details for Passive Houses A catalogue of ecologically rated constructions)

○ 1-2세부

- 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 상세도개발
  - 다양한 부위 구성을 만족할 수 있도록 기본적인 원리 기술 후 응용방안 제시
  - 필요시 관련 부자재의 용도와 물성치를 제시하며 전문시험기관의 결과를 활용
  - 부위별 상세도는 대표적 구성과 취약구성에 대해 ISO 10211 기반의 전열해석을 통한 열교 분석을 시행함
  - 결로 곰팡이 방지를 위해 습열 분석을 시행하여 구체의 안정성을 검증함
  - 외벽 배관, 실외기, 광고판, 선풍통, 어닝 등에 대한 허용하중과 연결철물, 결합방식 등 외부 부착물에 대한 설계 기준을 제시함

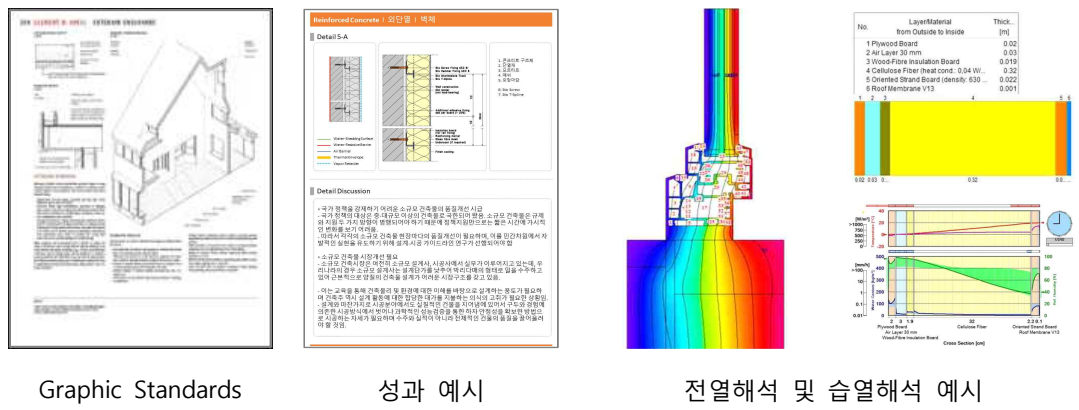


그림 138. 미국 코드해설서(좌), 성과 예시(우)

표 70. Graphic Standard, IBC, IRC의 내용 중 일부 발췌

대분류	중분류	소분류 중 대표요소 1건
디자인원칙 및 공사서류	기능적인 계획	건물 계획
	환경	환경 요소
	건물 회복력	건물 회복력의 요소들
	건축 공사 서류	도면
재료	콘크리트	콘크리트 보강
	조적조	석재 조합
	철골	장식 철물
	목재, 플라스틱 그리고 복합 제품	목재 분류
	석고보드 유리	석고보드 공사 유리와 유리공사
건물요소	A. 기초공사	현장 타설 콘크리트 슬래브
	B. 외부공사	바닥
	C. 내부공사	천정 공사
	D. 서비스	HVAC 분배계통 정리와 구성
	E. 설비와 부착물	부착물
	F. 특별 공사	특별 구조
	G. 현장시공	지하층 파기

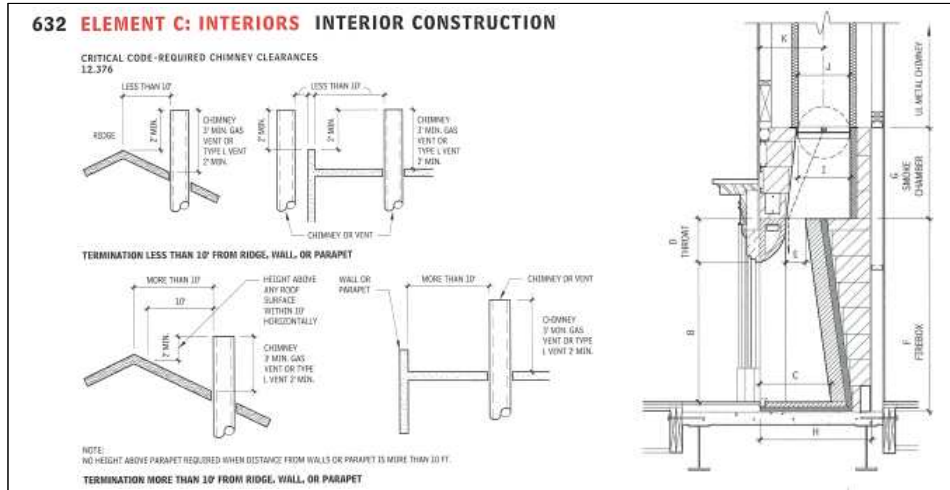
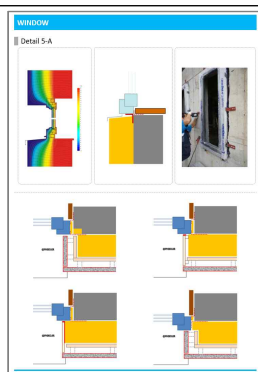


그림 139. Graphic Standard의 인테리어 부분을 일부 발췌

○ 1-3세부

- 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발
  - 선공정과 후공정에 대한 고려를 통해 공정별 체크리스트 활용
  - 물과 관련된 방수, 방습, 투습의 개념과 화재 안전성에 대한 시공방법 기술
  - 시공방법에 따른 장단점을 기술하고 대표적 하자 및 취약점을 개선할 수 있도록 주의 사항 작성
  - 소규모 건축물의 설계, 자재, 설비, 열원공급, 신재생에너지 연계 등 최적화 패키지를 개발하고 시공 가이드라인을 작성함



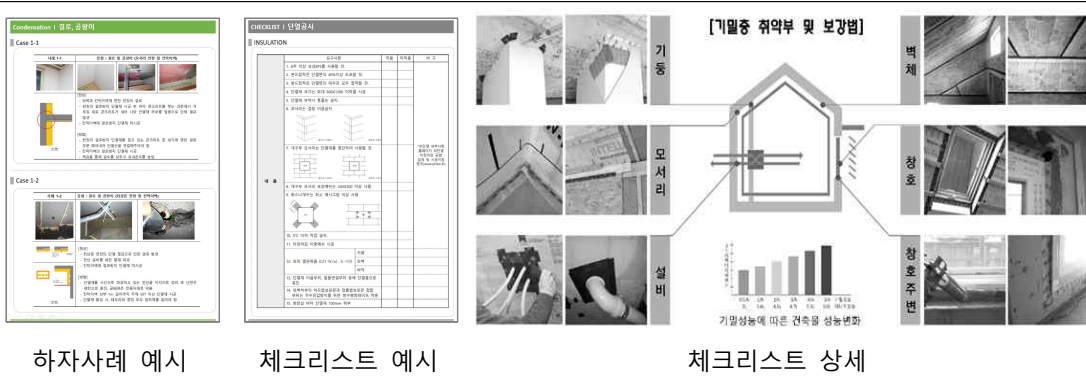
시공기준



시공예시도 상세

그림 140. 시공기준 및 시공예시도의 예

- 지속가능한 건축을 위한 시공 체크리스트 개발
    - 주요하자사례에 따른 예방, 보완 기술 작성
    - 공정에 따른 검사항목작성
- 예) 구조체검사, 방수검사, 기밀검사, 환기설비검사



하자사례 예시

체크리스트 예시

체크리스트 상세

그림 141. 체크리스트 예시

○ 1-4세부

- 실증을 통한 신축/리모델링 기술과 설비제품 및 에너지관리기술의 타당성 검증
  - 소규모 제로에너지 건축물의 에너지 절감량 실증
  - 설비제품 및 에너지 관리기술 연구 테스트베드
- 주민 편의 시설을 포함한 다세대 건축물
- 어린이집, 도서관, 노인정 등



그림 142. 소규모 제로에너지 건축물 표준모델 실증 예시

○ 1-5세부

- 설계기준의 정책적 연계방안 개발

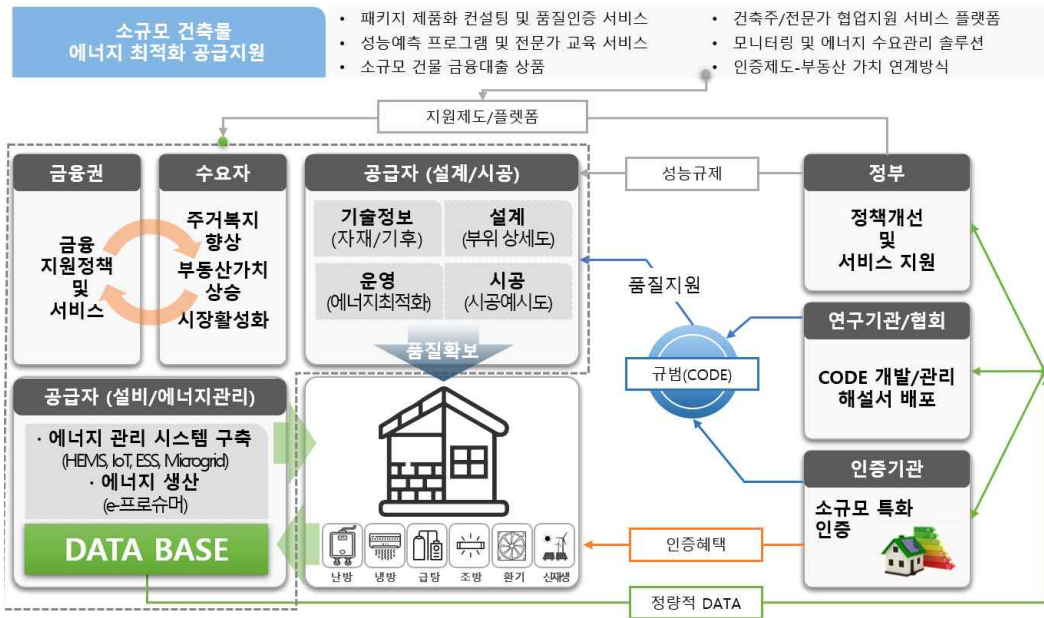


그림 143. 설계기준의 정책적 연계방안 활용도

- 핵심기술 안착을 위한 설계·시공 기술의 규범화
  - 설계 시공 기준의 중요도에 따른 코드화 방안 연구
  - 소규모 건축시장 내 핵심기술 현장적용 방안 제시
  - 소규모 건축물 및 생활형 SOC 시설 쾌적성 확보기준 제시
- 소규모 건축물 대상 인증/감리 제도 개선
  - 기존 인증제도와 소규모 건축물 인증 연계방안 분석
  - 소규모 건축물 감리제도 개선방안 제시
- 소규모 건축물 에너지 최적화 지원정책 및 서비스 제안
  - 고효율 소규모 건축물 신축/리모델링 지원정책 및 금융상품 개발
  - 소비자와 전문가(계획/시공/감리) 연결 플랫폼 개발

□ 기대효과

- 소규모 건축물에서 일반적으로 발생하는 하자를 최소화하여, 건물의 내구성을 높이고, 재실자의 삶의 쾌적성을 높일 수 있음. 이러한 환경 가운데, 에너지 최적화와 관련한 전문적 기술의 안착 또한 용이(용이)해질 것임.
- 건물 자체의 소비에너지를 건축물의 성능 증대와 설비제품 패키지 및 에너지관리 시스템 등의 방법을 통해 획기적으로 감소시킴으로써 경제적으로 타당성 있는 제로에너지를 구현하게 될 것임.

## 세부과제 2.

### 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발

#### □ 연구목표

- 노후 소규모 건축물의 성능을 향상시키고 리모델링의 품질확보와 기술의 보급을 위해 소규모 건축물의 리모델링 방법/ 기준/ 상세도/ 시공 예시도를 개발함
- 건축물의 외벽, 창호, 기밀, 열교부위 등 공정별/ 부위별 리모델링 방법과 부위별 리모델링 상세도를 개발하고, 리모델링에 대한 품질확보를 위해 리모델링 시공 지침서를 개발하되, 건축물 에너지성능을 기반으로 정량적인 개선수준에 대한 지표를 제공하는 것을 목표로 함.
- 노후 소규모 건축물의 구조별/ 용도별/ 준공시기를 분류하여 리모델링 대상 건축물의 유형별로 성능 수준을 지표화하고, 리모델링 적용 요소별 성능개선 수치를 정량화하여 리모델링 대상 건축물의 성능 수준을 표준화함.
- 이를 기반으로 리모델링 대상 건축물의 재실자가 리모델링 적용 단계별로 전/후의 성능을 직/간접적으로 확인할 수 있으며, 비용효율적이고 선택적인 리모델링이 가능하도록 성능 향상 예상지수 자료를 만드는 것을 목표로 함.
- 리모델링 대상 건축물의 진단항목은 에너지성능에 집중하며 구조적인 안정성 진단은 세부기술의 선행 단계에 위치함.

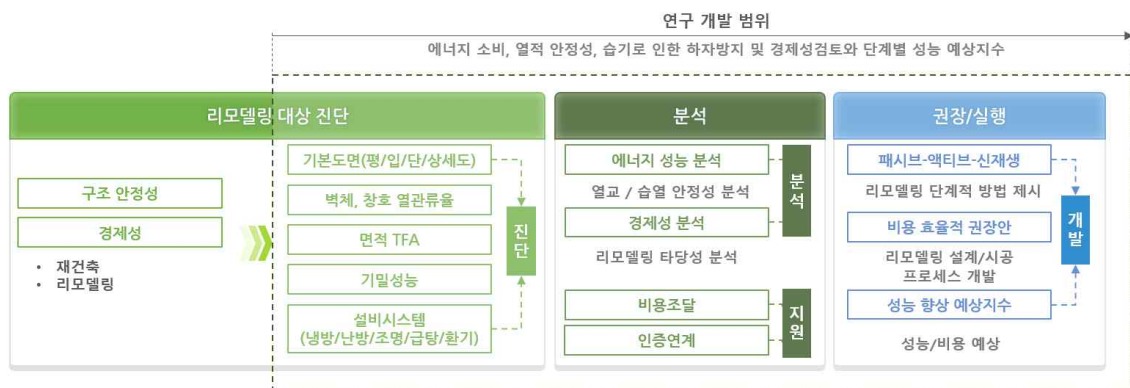


그림 144. 리모델링 기술개발 연구범위

#### □ 연구의 필요성

- 국내의 리모델링 시장은 개인 위주의 소규모 사업자가 주를 이루고 있으며, 사업자의 능력에 따라 품질이 결정되는 사례가 많으며, 그린리모델링과 같은 건축물 에너지성능을 직접적으로 개선하는 사례보다는 건축물 내·외장재의 교체와 같이 미관 위주의 리모델링 시장이 활성화되어 있는 상태임.
- 신축 후 30년 이상 된 건축물은 동수 기준으로 주거용 80%, 상업용 11%, 연면적 기준으로 주거용 47%, 상업용 22%의 비율을 차지함. 주택의 경우 동수 기준으로

80%이나 연면적 기준으로 47%인 것으로 추정할 때, 소형 주택의 노후화 비율이 매우 높으며, 이를 개선하기 위한 대책의 마련이 절실한 시점임.

- 건물부문의 에너지 효율화 정책 성공을 위해서는 주거용 건축물과 상업용 건축물의 에너지성능 강화를 간과할 수 없으며, 노후화 단계에 따라서 적용 기술과 그 기법을 차별화할 필요가 있음. 따라서 신축과 리모델링의 경우로 구분하며, 리모델링의 경우도 노후화 정도에 따라서 리모델링 방안을 달리 개발하여 접근해야 할 필요성이 있음.

□ 주요연구내용

세부과제명	세부 연구목표	주요 연구내용
2. 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발	2-1. 노후 소규모 건축물 설계/시공 현황 유형화	2-1-1. 기존건축물 준공연도, 공법별, 용도별 건축물 성능 실측 및 분석
		2-1-2. 성능(에너지 및 수명, 하자)과 관련된 용도별, 부위별 설계·시공 현황 분석 및 유형화
	2-2. 시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안 제시	2-2-1. 해외 리모델링 설계지침·가이드라인 분석 및 국내 적용 가능항목 도출
		2-2-2. 소규모 노후 건축물 단계(공정)별 비용효율적 리모델링 방안 제시
		2-2-3. WEB 기반 노후건축물 에너지성능 진단서비스
	2-3. 에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준·상세도·시공예시도 개발	2-3-1. 공정별·부위별 리모델링 설계 기준서 및 상세도 개발
2-3-2. 공정별·부위별 리모델링 시공예시도 및 시공 체크리스트 개발		



그림 145. 리모델링의 정량적인 성능 검증 예시

- \* 개선 전: (1차에너지 소요량 284kWh/m<sup>2</sup>a)
- \* 개선 후: (1차에너지 소요량 120kWh/m<sup>2</sup>a)

○ 2-1세부

- 노후 소규모 건축물 구조별/ 용도별 건물에너지 성능분석 및 유형화
  - 국내 노후 소규모 건축물의 준공연도, 공법별, 용도별 분류 및 열교·기밀수준 분석, 건축물 전체 에너지 성능분석을 통해 성능정량화 데이터 구축



그림 146. 노후건축물 에너지 성능 분석 예시

○ 2-2세부

- 시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안
  - 해외 리모델링 설계지침/가이드라인 분석 및 국내 적용 가능항목 도출

- Intl Building Code (IBC)
- Intl Residential Code (IRC)
- Intl Fire Code (IFC)
- Intl Energy Conservation Code
- Intl Plumbing Code (IPC)
- Intl Private Sewage Disposal
- Intl Mechanical Code (IMC)
- Intl Fuel Gas Code (IFGC)
- Intl Wildland-Urban Interface
- Intl Existing Building Code
- Intl Property Maintenance Code
- ICC Performance Code (ICCPC)
- Intl Zoning Code (IZC)
- Intl Green Construction Code (IgCC)
- Intl Swimming Pool Code (ISPC)



그림 147. 미국 설계 지침

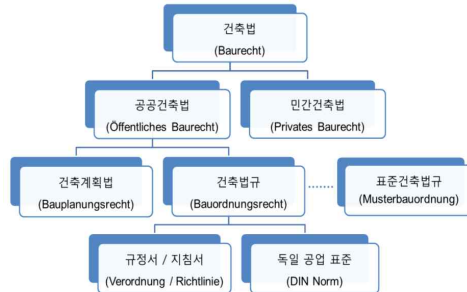


그림 148. 독일 건축 법규의 체계

- 패시브-액티브-신재생으로 연계되는 파트별 리모델링의 단계적 방법론 제시
- 노후 소규모 건축물의 단계별 리모델링 성능 향상지수 개발



그림 149. 리모델링 단계적 방법론 제시

- 에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준 · 상세도 · 시공예시도 개발
  - 열교부위 완화 및 습열안정에 기반한 리모델링 기법 개발
  - 단열, 기밀, 창호, 열교부위 등 요소기술별 리모델링 상세도 및 적용지침서 개발



그림 150. 국내 리모델링 시공 사례(좌)와 국외 시공 예시도(우)

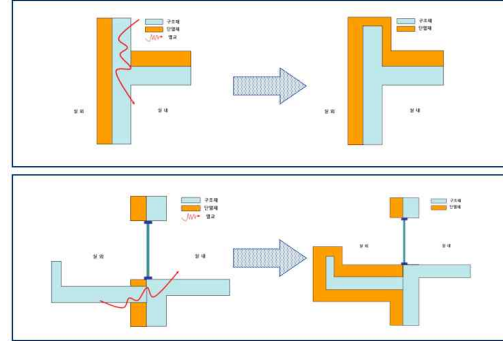


그림 151. 설계/시공 기준 및 상세도 예시

#### □ 추진체계

##### ○ 목표달성을 위한 연구 추진체계

- 2세부과제는 소규모 노후 건축물의 에너지성능 향상을 위하여 건축물리분석 기반의 리모델링 방안을 개발하는 연구로 구성되어 있으므로, 건축환경 분석 전문기관을 중심으로 컨소시엄을 구성하여 건축물 용도별/ 구조별/ 준공시점에 따라 적용할 수 있는 리모델링 기술 개발의 연구를 추진함.
- 중대형 시장과 달리 전문가가 투입되지 않는 소규모 리모델링 시장의 현황을 파악하여, 건축환경 비전문가들이 활용할 수 있는 리모델링 부위별 상세도와 시공예시도를 개발하는 연구를 수행하며, 이를 개발하기 위해 설계 상세도와 시공예시도를 작성할 수 있는 건축 설계 전문기관의 참여가 요구됨.

#### □ 기대효과

- 소규모 신축 건축물의 에너지 최적화와 더불어, 노후 건축물의 성능을 향상시켜, 범 국가적인 에너지 소비량을 절감할 수 있으며, 新기후협정 체제의 온실가스 저감에도 많은 기여가 가능하며, 리모델링 시공의 품질 향상을 통해 에너지 빈곤 해결에 일조함.
- 에너지 빈곤을 해결할 수 있는 기술로써 동절기/ 하절기 극한 외기환경에서 노후 건축물의 가정 경제 부담을 줄일 수 있으며, 재실자의 쾌적성을 향상시킴.

### 세부과제 3.

#### 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

##### □ 연구목표

- 고효율 건축물 설계/ 시공기법 외에 건축물의 5대 에너지 소비원인 냉방/ 난방/ 조명/ 환기/ 급탕의 에너지소비 효율을 향상시키기 위하여 소규모 건축물에 최적화된 용량과 하이브리드 설비 기술의 융합을 시도함.
- 냉방/ 난방/ 급탕 에너지 소비를 효율적으로 관리할 수 있는 Heat Pump를 활용한 설비제품의 개발과 소규모 건축물에 최적화된 설비/운영/ 관리 기술을 개발하여, 건물의 소비에너지 부하별로 대응할 수 있고 다양한 조합이 가능하도록 Plug-in 방식의 시스템을 개발하고자 함
- 소규모 건축물의 에너지 소비 관리를 위해 대형건축물과 공동주택에 초점이 맞추어져있는 BEMS 기술을 소규모 건축물에 최적화하여 적용하는 방안을 연구하며, 개발된 설비제품을 효율적으로 관리하고 스마트기술의 연계를 통해 낭비되는 에너지를 줄이고자 함.
- 소규모 건축물에 특화되어 ‘소규모 제로에너지 건축물’ 을 달성하기 위한 소규모건축물 에너지 진단 평가기술을 개발하고, 지금까지 에너지 계산에서 제외되었던 사용자 행태에 따른 에너지 소비량에 대해 초기연구가 필요함

##### □ 연구의 필요성

- 설비제품시장의 주요 판매처는 아파트와 같은 대규모 건축시장임. 따라서소규모 건축물에 특화된 고효율 설비기술, 에너지 저장기술 및 최적 운영제어 기술의 보급은 미비한 상황임
- 또한, 냉/난방기기, 환기장치 등 개별 설비의 기술발전은 일정 수준을 상회하나 소규모 건축물에 최적화되어 있지 않음.
- 현재 판매되고 있는 인공지능 설비제품이나 스마트홈, 에너지 관리 시스템 등은 초기단계로 많은 오류를 내재하고 있고 기술개발의 지향점이 건축물 에너지를 ‘Management’ 하는 것이 아니라 ‘Display’ 하는 것에 그치고 있음
- 이와 같은 현재의 실정을 개선하고, 2025년 신축 건축물의 제로에너지화를 달성하기 위해서 소규모 건축물을 목표로 하는 기술의 개발과 적용이 필요한 시점임

□ 주요연구내용

세부과제명	세부 연구목표	주요 연구내용
3. 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출	3-1. 소규모 건축물 부하 최적화 설비용량 산정 및 부하계산 프로그램 개발	3-1-1. 기존 건축물 포함, 소규모 건축물의 용도별·규모별 단위부하 산정 및 표준 도출
		3-1-2. 단위부하별 기존 냉난방, 급탕설비의 에너지 최적화 용량 적용방법 개발
		3-1-3. 소규모 건축물용 설비용량 산정을 위한 부하계산 프로그램 개발
	3-2. 히트펌프 기반 제습·환기 일체형 하이브리드 설비 패키지 및 제어기술 개발	3-2-1. 소규모 건축물 적용에 적용 가능한 고효율 제습환기 시스템 개발
		3-2-2. 히트펌프를 기반으로 한 냉난방, 급탕, 환기 패키지 및 ICT&IoT 기술을 활용한 제어기술 개발 : 기존 설비에 플러그인이 가능한 패키지
		3-2-3. 사용자 전력 사용 패턴 및 부하에 기반한 최적 태양광 발전용량산정 프로그램 개발
3-2-4. 태양광 설치 시 지붕 유형별·설치 부품별 구조계산 프로그램 개발		

○ 3-1세부

- 소규모 건축물 냉난방 설계프로세스 정립
  - 소규모 건축물 대상 용도별(주거용, 상업용), 규모별(연면적, 층수), 지역별(대표 기후 : 중부, 남부, 해양성 등) 냉난방 부하 산정에 따른 설비의 용량 및 최적 에너지원 결정
  - 건축물 에너지 부하 분석을 시작으로 현재 사용되고 있는 설비현황분석을 통해 설비 개발의 방향을 제시하며 냉난방 설비 최적 설계프로세스를 제안함
- 열원 및 부하 산정에 따른 에너지 평가기술 개발
  - 소규모 건축물의 용도별·규모별·지역별 단위 열원의 부하를 산정하고 이를 평가하는 기술 및 툴(에너지 시뮬레이션)을 개발함

○ 3-2세부

- 소규모 건축물 적용에 적용 가능한 고효율 제습환기 시스템 개발
  - 국내 기후 특성상 여름철은 고온다습한 환경에 노출되고 겨울철에는 생활행태로 인해 건물내부의 습도가 높은 환경이 만들어짐
  - 따라서 결로 및 곰팡이의 발생 가능성을 낮추기 위해 열교환 환기장치에 제습모듈을 더하여 국내 실정에 알맞은 환기장치를 보급할 필요성이 있음.



그림 152. 3-2-1. 세부 연구내용 예시도

- 히트펌프를 기반으로 한 냉난방, 급탕, 환기 패키지 및 ICT&IoT 기술을 활용한 제어기술 개발

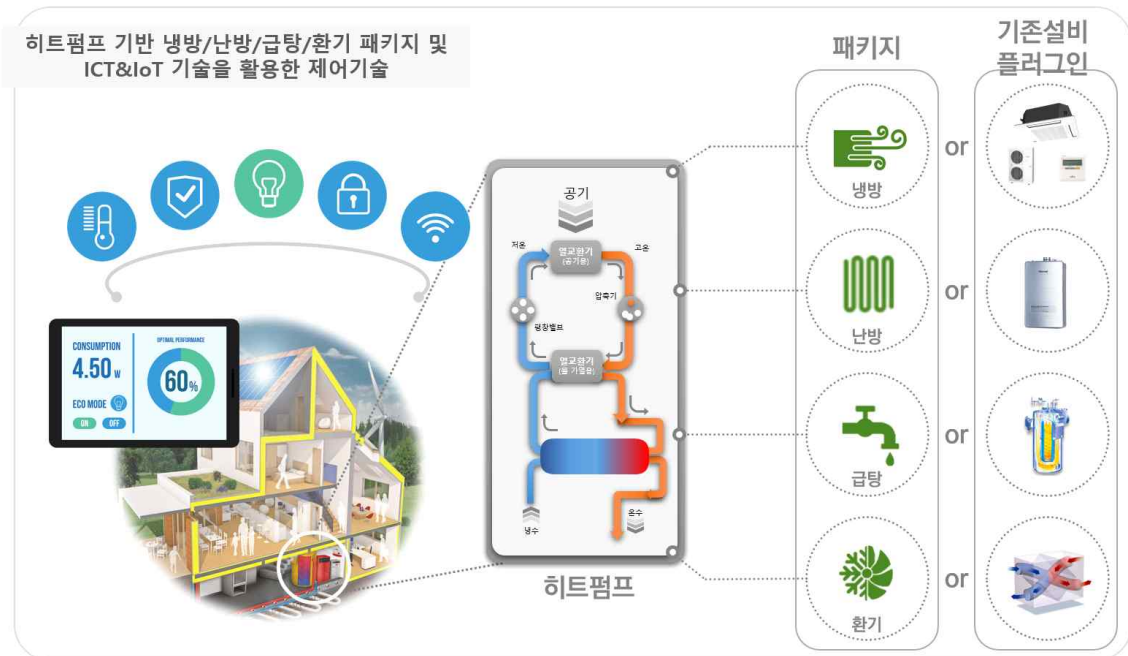


그림 153. 3-2-2. 세부 연구내용 예시도

- 사용자 전력 사용 패턴 및 부하에 기반한 최적 태양광 발전용량산정 프로그램 개발
- 태양광 설치시 지붕 유형별 · 설치 부품별 구조계산 프로그램 개발

## □ 추진체계

### ○ 목표달성을 위한 연구 추진체계

- 3세부과제는 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위하여 고효율 건축물에 적용 가능한 설비시스템의 고도화가 연구목표로 설정되어 있으므로, 냉·난방기기, 급탕, 환기의 연구영역을 다루는 산업체의 참여가 필수적이며, 전문연구기관과의 컨소시엄을 구성하여 건축물 냉방·난방·환기·급탕 부하에 따른 하이브리드형 설비시스템을 개발하기 위한 연구를 추진함
- 또한, ICT & IoT를 활용한 건축물 운영/ 제어 최적화 연구과제의 내용을 고려하여, ICT·신재생에너지 시스템 등의 기술영역을 다루는 산업체 및 전문연구기관이 참여하는 수행 체계가 요구됨
- 스마트 제어기의 개발 및 이를 활용하여 에너지 관리를 수행하는 어플리케이션의 개발 등의 내용을 포함하고 있으므로, 연구수행 시 이를 성공적으로 달성할 수 있도록 관련 산업체 및 산/학 기관과의 교류 및 협조체계 구축 또는 공동연구 추진이 요구됨
- 개발된 하이브리드형 설비시스템은 1세부과제의 설계/ 시공 기술과의 연계하여 연구수행 기간에 구축될 실증 건축물에 적용되어 실제 재실환경에 따른 설비시스템 용량별 대응능력과 에너지 관리 기술 및 효율을 검증할 수 있는 연구체계가 요구됨

## □ 기대효과

- 소규모 건축물의 에너지 설비기술을 개발함으로써, 2025년 제로에너지 건축물 달성 목표가 소규모 주택 및 건축물로 확대될 수 있으며, 관련 시장의 활성화를 유도할 것임.
- 더불어 소규모 건축물에 최적화된 하이브리드 설비기술의 초기 제품 출현으로, 향후에는 기술 향상에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되며 이에 따라 더욱 다양한 설비 제품군들이 시장에 출현할 것임. 소규모 고효율 건축물에 최적화된 설비기술로 범국가적인 건축물의 효율 향상을 기대할 수 있음.
- 에너지 빈곤을 해결할 수 있는 기술로써 동절기/ 하절기 극한 외기환경에서 에너지 사용 절감을 통해 가정 경제 부담을 줄일 수 있으며, 재실자는 에너지의 사용에 대한 스트레스에서 벗어나, 쾌적한 삶의 환경을 위해 에너지를 사용할 수 있게 될 것임.

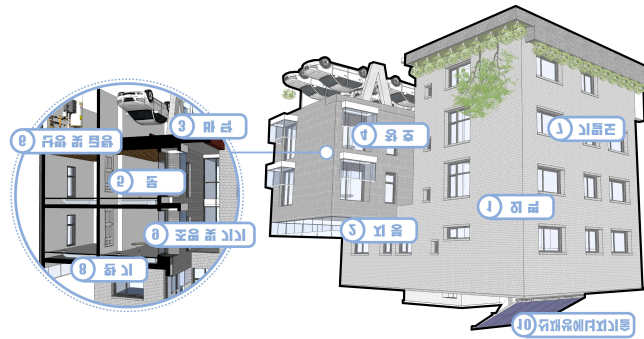
## 나. 추진전략

개발단계	세부항목	추진전략
<p style="text-align: center;"><b>소비에너지 최적화를 위한 설계·시공 가이드라인 개발</b></p>	<p>국내 유통자재 물성분석 및 구체성능 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제 수준의 습열 물성 측정시설 구축을 통한 국산 건축자재의 물성 측정</li> <li>- 건축환경 분야의 실측데이터 설계반영을 통해 국내 환경에 적합한 외피구성 확보</li> <li>- 국내 건축환경물리 측정기술의 선진화</li> </ul>
	<p>설계기준 및 상세도개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 구조별, 부위별, 자재별 기준 및 상세도를 개발함</li> <li>- 개발된 기준은 열교분석 및 습열분석과 안전성에 관련된 항목으로 검증을 실시함</li> <li>- 소규모 건축물 에너지 사용량을 분석하고 정량화</li> <li>- 리모델링에 대한 설계기준 및 부위별 상세도를 개발함 (기존 건물의 노후화 정도 진단 방식을 통해 신축과 리모델링을 결정하고 성능 향상 예상지수를 개발)</li> </ul>
	<p>시공기준 및 시공예시도 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 시공과정에 따른 기준 및 시공예시도를 개발함</li> <li>- 시공방법에 따른 지침서를 개발함</li> <li>- 리모델링에 대한 시공기준 및 시공예시도를 개발함 (노후건축물 안전성능 진단 기술 및 경제성을 고려한 에너지리모델링 시공 프로세스 개발)</li> </ul>
	<p>설계·시공 실무자 가이드라인 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공사 중 하자방지 체크리스트 개발 : 구조체, 방수, 단열, 기밀, 방화, 환기 등 대표 공정에 대한 체크리스트 개발을 통해 시공자 및 감리자의 활용도를 높임)</li> <li>- 공사 후 하자발생 대처방안 개발 : 하자발생 사례 연구 및 분석 : 하자 발생 시 참고할 원인분석 및 대처방안 가이드 북 : 건축주용 건물 사용 설명서(가이드라인) : 실내환경 성능평가 가이드북 (실내공기질, 결로, 곰팡이 등)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비 시스템 및 에너지 관리기법 도출</b></p>	<p>부하별·용도별 설비시공제품 패키지화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉·난방, 환기, 급탕이 가능한 Heat Pump 패키지 시스템을 개발하여, 소규모 건축물의 부하별/용도별 설비제품 제작 및 효율 분석</li> </ul>
	<p>생활 밀착형 설비 제어기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구 연한이 남아있는 기존 설비 제어 기술 개발</li> <li>- 사용자별 최적 소비 패턴 가이드 라인 제공</li> </ul>
	<p>에너지 독립 시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물 최적 BIPV 디자인 방법 도출 등</li> <li>- 소규모 ESS 적용 등</li> </ul>
	<p>소규모 건축물 운영최적화 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HEMS, AI, Big Data</li> <li>- 소규모 에너지 프로슈머 육성방안</li> </ul>

<b>실증사례 개발</b>	설계 시공 가이드라인의 현장 적용성 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 현장의 현실을 고려했는지에 대한 평가</li> <li>- 기술 이해의 난이도와 관련한 검증을 통해 현장기술자 교육과 관련한 레벨 측정</li> </ul>
	설비 시공 제품의 품질 및 설치 방식 난이도 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설비와 시공 제품의 현장 적용 관련한 난이도 측정 및 보완</li> <li>- 에너지 절감과 생활 쾌적성에 대한 검증</li> <li>- Heat Pump 설비 패키지의 적용성 검증</li> </ul>
	에너지 관리 시스템 효용성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 에너지 관리 시스템과 소비자의 에너지 소비패턴의 적합도 검증</li> <li>- 에너지 관리 시스템의 현실적 적용이 가능한 최소한의 건물성능에 대한 정량적 기준 제시</li> </ul>
<b>정책화·법규화 현장적용</b>	핵심기술 안착을 위한 설계·시공 기술의 규범화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 법적 의무화가 필요한 설계·시공 방식의 규범화</li> <li>- 전문가와 시장관계자 수요자를 통한 현장의견 수렴</li> <li>- 생활형 SOC 시설의 에너지 쾌적성 확보 방안 마련</li> </ul>
	소규모 건축물 대상 인증제도/감리제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물 신축/리모델링 인증제도 기준 제시</li> <li>- 기존 인증제도 연계를 통한 시행방안 계획</li> <li>- 기존 감리제도 개선을 통한 시공성 확보</li> </ul>
	소규모 건축물 에너지 최적화 지원정책 및 서비스 제안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현실적 에너지 효율화 목표 설정과 그에 따른 장기 저리 금융대출 개발 및 지원금 정책</li> <li>- 소규모 건축물의 에너지 효율 향상과 부동산 가치 상승의 연계(매매 임대가격의 상승 혹은 부동산세 감면)</li> <li>- 소비자와 전문가(계획/시공/감리) 연결 플랫폼 개발</li> </ul>

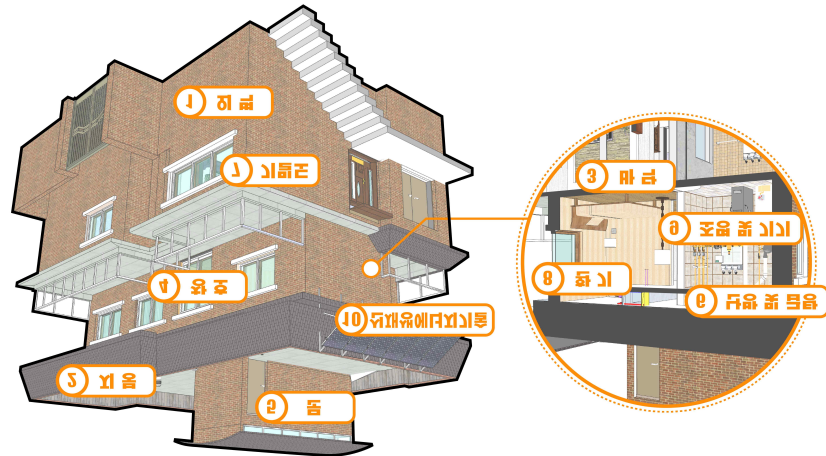
## 다. 연구개발 표준모델의 정량적 목표 설정

표 71. 신축 건축물의 목표성능



요소		신축
1	외벽	- 벽체 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
2	지붕	- 지붕 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
3	바닥	- 바닥 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
4	창호	- $U_{w,inst} \leq 1.0 W/m^2K$
5	문	- 유리 포함 시 : 평균 열관류율 $1.0W/m^2K$ 이하 - 유리 미포함 시 : 평균 열관류율 $1.5W/m^2K$ 이하
6	바닥복사 난방 및 급탕	- 패키지시스템의 보조적인 열원 공급 및 연동 (고효율 인증제품 적용 필수)
	냉방·난방·급탕·환기 패키지시스템	- 기존 설비의 에너지 사용량 대비 20% 이상 절감 달성
7	기밀도	- 기밀시공 후 1.0 회 이하 만족 (실험을 통해 주택의 내/외부 압력차 50Pa에 의한 급기(약 8-9m/s)에 대한 공기 침투량 $5m^3/(h.m^2)$ 이하)
8	조명 및 기기	- 전체 조명기기 100% 에너지 절감형 제품으로 설치 (설치되는 조명기기는 해당 인증을 획득한 것으로 적용)
9	신재생에너지기술	- 건축물 부하에 따른 신재생에너지 시스템 표준 용량 적용
10	차양	- 일사 획득량이 많은 사이트에 한하여 검토 후 적용 (일사로 인한 냉방부하의 변동량이 50kW 이상일 경우 적용 필수)

표 72. 리모델링 건축물의 목표성능



요소		리모델링
1	외벽	- 최소 벽체 열관류율 : $U \leq 0.21\text{W/m}^2\text{K}$ - 권장 벽체 열관류율 : 현행법규 수준 달성
2	지붕	- 최소 경사지붕, 평지붕 열관류율 : $U \leq 0.18\text{W/m}^2\text{K}$ - 권장 경사지붕, 평지붕 열관류율 : 현행법규 수준 달성
3	바닥	- 최소 바닥 열관류율 : $U \leq 0.21\text{W/m}^2\text{K}$ - 권장 바닥 열관류율 : 현행법규 수준 달성
4	창호	- $U_{w,inst} \leq 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	문	- 창호부재 시 : 평균 열관류율 $1.0\text{W/m}^2\text{K}$ 이하 - 창호설치 시 : 평균 열관류율 $1.5\text{W/m}^2\text{K}$
6	바닥복사 난방 및 급탕	- 패키지시스템의 보조적인 열원 공급 및 연동 (기존설비 효율 분석에 따라 교체여부 검토)
	냉방·난방·급탕·환기 패키지시스템	- 기존 설비의 에너지 사용량 대비 20% 이상 절감 달성
7	기밀도	- 기밀시공 후 1.5회 이하 만족 (실험을 통해 주택의 내/외부 압력차 50Pa에 의한 급기(약 8-9m/s)에 대한 공기 침투량 $5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 이하)
8	조명 및 기기	- 전체 조명기기 100% 에너지 절감형 제품으로 설치 (설치되는 조명기기는 해당 인증을 획득한 것으로 적용)
9	신재생에너지기술	- 태양열 및 태양광 시스템과 같은 신재생 에너지 기술요소의 환경성능 검토 후 적용
10	차양	- 일사 획득량이 많은 사이트에 한하여 검토 후 적용 (일사로 인한 냉방부하의 변동량이 50kW 이상일 경우 적용 필수)

- 현재 국가 기준 등은 건축물의 에너지 문제를 견인하기 위해 단열과 관련된 열관류율에 대해 집중하고 있음. 짧은 기간 안에 강도 높은 기준 강화로 현재, 독일의 PHI기준과 비슷한 수준의 열관류율 기준을 고시하고 있음
- 비교적 저렴한 비용으로 높은 성능을 얻을 수 있고 정량적으로 명확한 판단이 가능하기에 초기시장을 이끌어내는데 효과적이라고 볼 수 있음
- 그러나 건축물의 에너지성능 시장이 일정 수준에 오른 현시점에서는 건축물의 에너지성능에 관여하는 여러 요소를 포괄적이고 상세하게 기준을 설정할 필요가 있음
- 대표적으로 선형열교, 습열기준, 기밀성능, 환기성능, 기계설비, 신재생에너지 등을 들 수 있으며 중·대형 건축물을 대상으로 시행되고 있는 인증제도를 활용하되 상세한 기준 작성이 요구됨

1) 열관류율

○ 지역별 실측데이터 산출

- 국내 지역별 실측온도에 따라 기준을 정립하여야 하므로 기후데이터의 연구가 요구됨
- 안전율을 고려하여 지역별 표준 실외온도 및 실내온도 산출이 필요함

[참고] 22개 지역 실측데이터(출처 : 사단법인 한국패시브건축협회)

순서	지역	7일평균 최저	12시간 평균 최저
1	서울	-5.60	-12.05
2	대전	-5.95	-12.72
3	대구	-1.34	-6.82
4	부산	-0.63	-5.51
5	광주	-2.27	-9.72

...

○ 지역별 실측데이터 산출에 따른 열관류율 기준

- 지역별 실측데이터를 바탕으로 지붕, 벽체, 바닥, 창, 문 등의 열관류율 기준 산정 필요

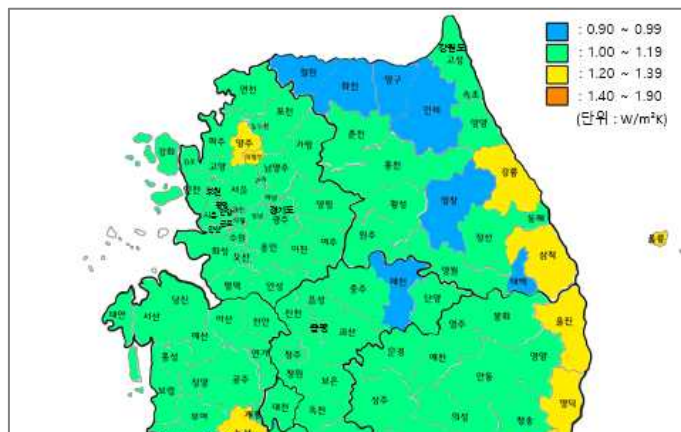


그림 154. [참고] 실측데이터에 따른 창호 관류율 기준  
(출처 : 사단법인 한국패시브건축협회)

2) 열교분석 및 기준수립

- 철근콘크리트조, 목구조, 철골조 등 구조에 따른 분류를 시행하여 각각 구조의 부위별 디테일에 따라 열교기준과 습열기준을 작성함
- 국내 선형열교기준을 살펴보면 다음과 같음
  - 건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부 고시)의 제7조제3호다목에 따라 ‘외피의 모서리 부분은 열교가 발생하지 않도록 단열재를 연속적으로 설치하고 기타부위는 [별표11]의 외피 열교부위별 선형열관류율 기준에 따라 충분히 단열되도록 한다.’ 라고 명시함

[별표 11] 외피 열교부위별 선형 열관류율 기준 (※ 구성 재료: □ 콘크리트, ▨ 단열재, ■ 단열보강)

구분	구조체 열교부위 형상	단열보강 유무	선형 열관류율 (W/mK)	구분	구조체 열교부위 형상	단열보강 유무	선형 열관류율 (W/mK)
T-1		없음	0.520(0.800)	L-1		없음	0.530(0.820)
		①	0.485(0.760)			①	0.485(0.765)
		①+②	0.430(0.695)			①+②	0.435(0.710)
		②	0.440(0.730)			②	0.375(0.675)
		①+③	0.415(0.695)			①+③	0.345(0.640)
		②+③+④	0.370(0.640)			②+③+④	0.315(0.600)
T-2		없음	0.465(0.600)	L-2		없음	0.545(0.665)
		①	0.390(0.520)			①	0.450(0.565)
		②	0.445(0.585)				
		①+②	0.375(0.510)				
T-3		없음	0.545(0.705)	L-3		없음	0.520(0.605)
		①	0.450(0.605)			①	0.410(0.520)
		②	0.540(0.700)				
		①+②	0.450(0.605)				

그림 155. 에너지절약설계기준[별표11]

(출처 : 국가법령정보센터)

- 에너지성능지표(EPI)의 항목 4.에서 외피 열교부위의 단열성능에 따라 배점을 주고 있음

항 목	기분배점 (a)				배점 (b)					평균 (a*b)	근거
	비주거		주거		1점	0.9점	0.8점	0.7점	0.6점		
	대형 (3,000㎡이상)	소형 (500-3,000㎡이하)	주택 1.	주택 2.							
1. 외피의 평균 열관류율 Ue(W/m²K) (창 및 문을 포함)	21	34			중부 0.47미만, 남부 0.58미만, 제주 0.70미만	0.470-0.640미만, 0.580-0.770미만, 0.700-0.950미만	0.640-0.820미만, 0.770-0.950미만, 0.940-1.200미만	0.820-1.000미만, 1.000-1.170미만, 1.200-1.460미만	1.000-1.180미만, 1.170-1.370미만, 1.460-1.720미만		
			31	28	중부 0.53미만, 남부 0.44미만, 제주 0.53미만	0.530-0.420미만, 0.440-0.520미만, 0.520-0.600미만	0.420-0.500미만, 0.600-0.680미만, 0.680-0.810미만	0.500-0.580미만, 0.680-0.770미만, 0.810-0.940미만	0.580-0.660미만, 0.680-0.770미만, 0.940-1.070미만		
2. 지붕의 평균 열관류율 Uf(W/m²K) (천장 등 투명 외피부분을 제외한 부위의 평균 열관류율)	7	8	8	8	중부 0.11미만, 남부 0.14미만, 제주 0.17미만	0.110-0.120미만, 0.140-0.160미만, 0.170-0.190미만	0.120-0.140미만, 0.160-0.180미만, 0.190-0.220미만	0.140-0.160미만, 0.180-0.200미만, 0.220-0.250미만	0.160-0.180미만, 0.200-0.220미만, 0.250-0.280미만		
					중부 0.12미만, 남부 0.14미만, 제주 0.16미만	0.120-0.160미만, 0.140-0.180미만, 0.160-0.200미만	0.160-0.200미만, 0.200-0.250미만, 0.250-0.280미만	0.200-0.240미만, 0.240-0.280미만, 0.280-0.340미만	0.240-0.290미만, 0.280-0.340미만, 0.310-0.380미만		
3. 최하층 기실바닥의 평균 열관류율 Uf(W/m²K)	5	6	6	6	중부 0.12미만, 남부 0.14미만, 제주 0.16미만	0.120-0.160미만, 0.140-0.180미만, 0.160-0.200미만	0.160-0.200미만, 0.200-0.250미만, 0.250-0.280미만	0.200-0.240미만, 0.240-0.280미만, 0.280-0.340미만	0.240-0.290미만, 0.280-0.340미만, 0.310-0.380미만		
					중부 0.12미만, 남부 0.14미만, 제주 0.16미만	0.120-0.160미만, 0.140-0.180미만, 0.160-0.200미만	0.160-0.200미만, 0.200-0.250미만, 0.250-0.280미만	0.200-0.240미만, 0.240-0.280미만, 0.280-0.340미만	0.240-0.290미만, 0.280-0.340미만, 0.310-0.380미만		
4. 외피 열교부위의 단열 성능 (단, 창 및 문 면적비가 50%미만인 경우에 한함)	4	6	6	6	0.400미만	0.400-0.440미만, 0.440-0.475미만	0.475-0.515미만, 0.515-0.550미만				

그림 156. 에너지성능지표

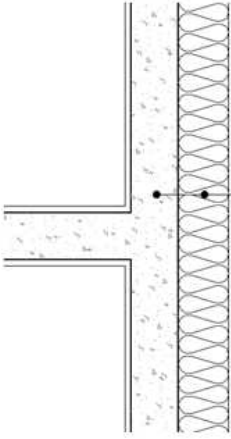
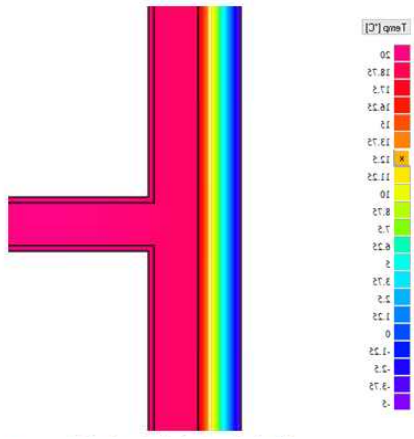
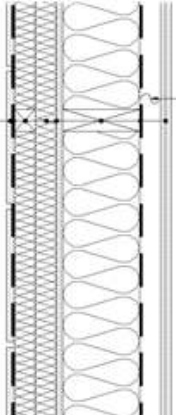
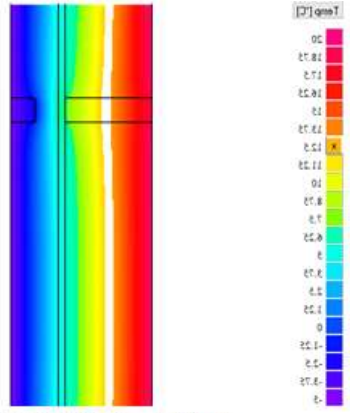
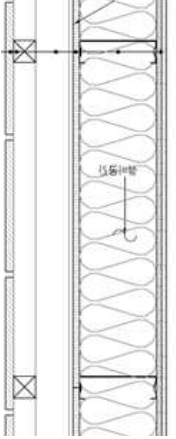
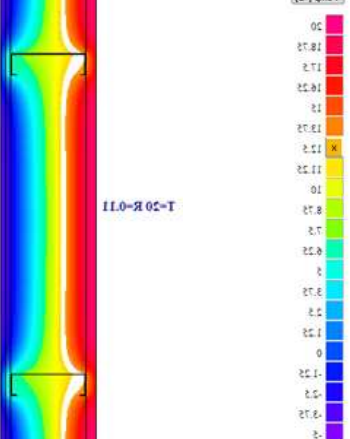
(출처 : 국가법령정보센터)

- 철근콘크리트조뿐만 아니라 목구조, 철골조 등에서의 열교현상을 파악하고 그에 따른 기준을 제시해야 함

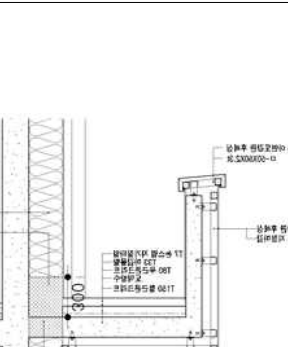
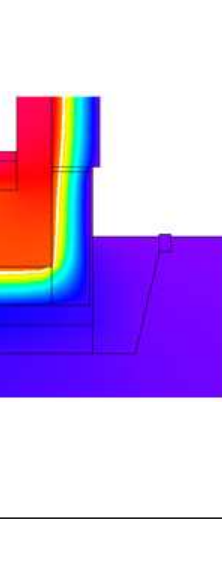
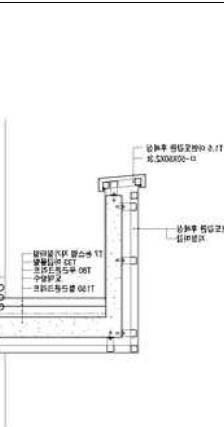
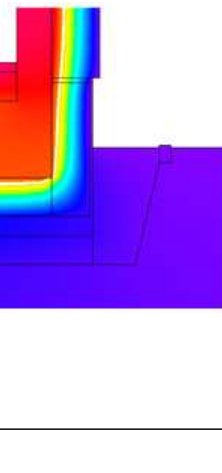
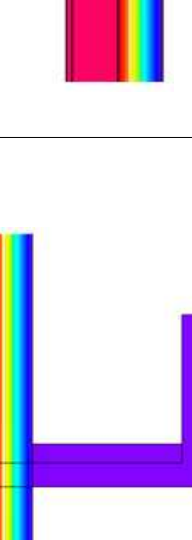
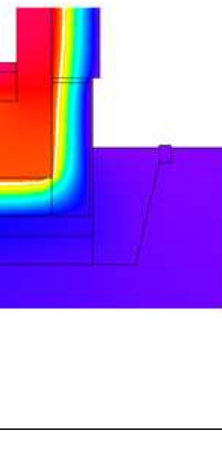
○ 대표적 구조별 디테일

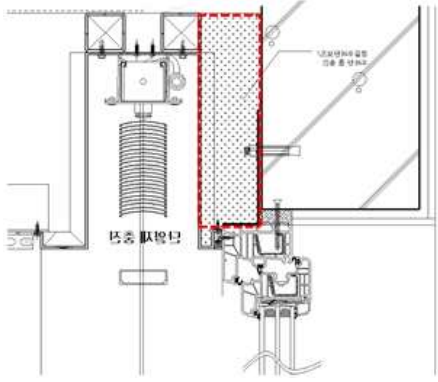
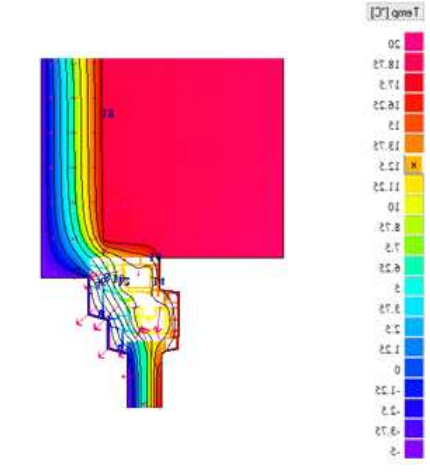
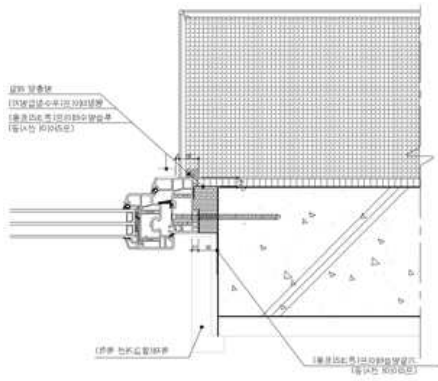
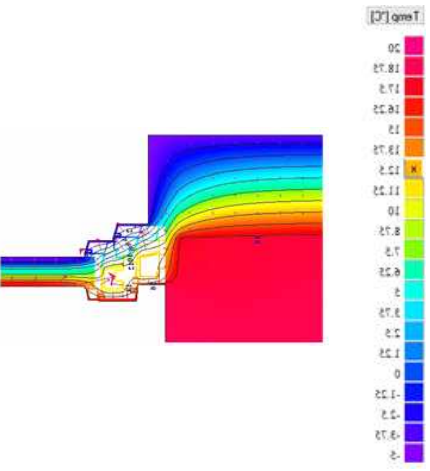
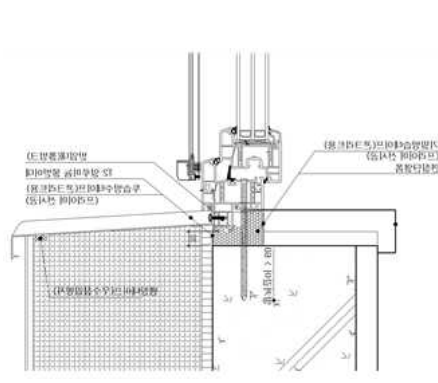
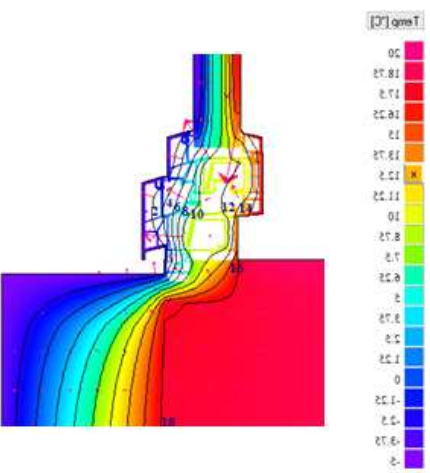
- 구조별 디테일 열교분석을 통해 선형열교 기준 수립

[참고] 구조별 외벽 디테일 및 열교분석 (출처 : 사단법인 한국패시브건축협회)

구조별	상세도	열교분석
<p>철근 콘크리트조</p>		
<p>목구조</p>		
<p>철골조</p>		



부위별	상세도	열교분석
벽체		
테라스		
바닥 기초		

부위별	상세도	열교분석
창호 (상부)		
창호 (측부)		
창호 (하부)		

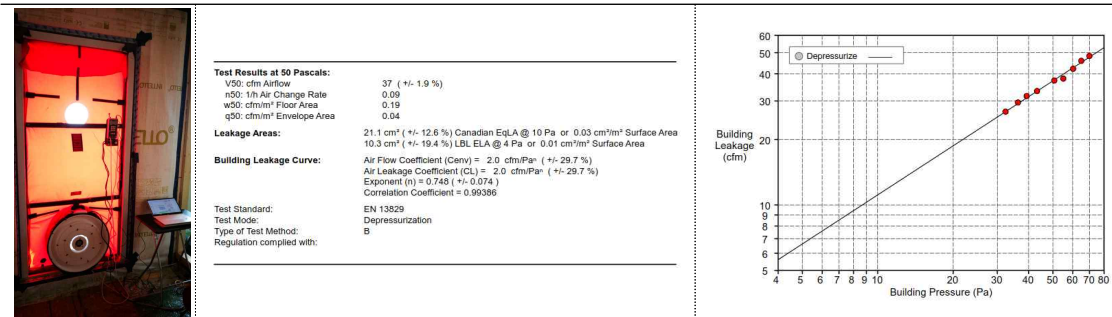
### 3) 기밀성능 및 환기성능

#### ○ 기준수립의 필요성

- 국내 기밀성능에 대한 기준은 아직 명시되어 있지 않으며 그 이유는 기밀성능이 실내공기질보다는 에너지절약과 더 밀접한 관련이 있기 때문으로 보임.

「건축법 시행령」 제87조제2항에서는 건축물에 설치하는 급수·배수·냉방·환기·피뢰 등 건축설비의 설치에 관한 기술적 기준은 국토교통부령으로 정한다고 규정하고 있고, 그 위임에 따라 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제11조제1항에서는 신축공동주택 등은 시간당 0.5회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하여야 한다고 규정

- 실내공기질에 관한 기준은 시간당 일정량의 공기를 환기시킴으로써 실내의 공기질을 쾌적하게 유지하는데 목적이 있지만 기밀성능은 건축물 내의 난방 또는 냉방된 공기의 에너지가 밖으로 새어나가지 않도록 하여 에너지사용량을 줄이는 것이 주 목적임.
- 따라서, 환기와 기밀을 혼동하지 않아야 하며, 현재 국내에서는 기밀성능을 측정하는 방법과 각각의 건축물이 만족해야 하는 기밀성능을 규정하고 있지 않기 때문에 아래에서 말하고 있는 창호의 기밀성과 관련된 기준 이외에도 건물 전체를 평가할 수 있는 기준이 제시되어야 함
- 에너지성능지표의 건축부문의 항목5 「기밀성 창 및 문의 설치(KS F2292에 의한 기밀성 등급 및 통기량)
  - : 창호에 관한 기밀성의 등급을 명시하고 있으나 국내 기준은 국외 기준에 비해 시험방법의 오류가 있고 시험환경이 혹독하지 않은 한계가 있음
- 에너지성능지표의 기계설비부문의 항목6 「폐열회수형 환기장치 또는 바닥열을 이용한 환기장치, 보일러 또는 공조기의 폐열회수설비」에서 ‘폐열회수형 환기장치는 고효율 에너지기자재 인증제품 또는 에너지계수 값이 냉방시 8이상, 난방시 15이상, 유효전열교환효율이 냉방시 45%이상, 난방시 70%이상일 경우 배점’
  - : 2018년 9월 1일부터 시행하는 에너지절약설계기준의 별지1에서 폐열회수 장치를 언급하고 장치에 대한 최소성능을 명시하였으나 건축물에 대한 기준이 선행되어야 할 것임
- 독일의 경우 기밀성테스트를 통해 ‘n50 ≤ 0.6회’의 기준을 만족시키도록 유도하고 있으며 환기장치는 ‘전열효율 75%이상, 현열효율 85%이상, 실내소음 25dB이하, 전력소비량 0.45Wh/m<sup>3</sup>’를 만족해야 함
- 현재 국내 패시브하우스 업계에서는 독일 PHI기준과 국제표준 ISO 9972를 기반으로 기밀성테스트 방법과 기준을 적용하고 있음



4) 소규모 건축물 품질 검토원칙

○ 단열 검토원칙 \* ‘내용’ 은 대표적인 사항 중 하나를 표기하였음

검토원칙		
기준	외벽	벽체 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
	지붕	지붕 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
	바닥	바닥 열관류율 : $U \leq 0.15W/m^2K$
내용*	설계	- 단열계획 시 평면 및 단면에서 단열층이 끊기지 않도록 계획.
	시공	- 단열재 훼손 부위 및 천공부위는 단열폼 등으로 충진.
	자재	- 물이 닿는 부위(지하, 지표면과 만나는 외벽, 평지붕 옥상 등)는 압출법단열재를 사용.

○ 창호 검토원칙 \* ‘내용’ 은 대표적인 사항 중 하나를 표기하였음

검토원칙		
기준	창	- $U_{w,inst} \leq 1.0 W/m^2K$
	문	- 유리 포함 시 : 평균 열관류율 1.0W/m <sup>2</sup> K 이하
		- 유리 미포함 시 : 평균 열관류율 1.5W/m <sup>2</sup> K 이하
내용	설계	- 창틀 및 문틀이 벽체와 만나는 부위에 열교방지 디테일 적용
	시공	- 창틀과 벽체가 만나는 부위의 내측은 방습 기밀테이프를 적용하고 외측은 투습방수 기밀테이프 적용
	자재	- 창의 단열성능은 유리와 프레임을 별도로 확인하고 용도에 맞게 사용

○ 기밀 검토원칙 \* ‘내용’ 은 대표적인 사항 중 하나를 표기하였음

검토원칙		
기준	기밀도	기밀시공 후 1.0회 이하 만족 (실험을 통해 주택의 내/외부 압력차 50Pa에 의한 급기 약(약8-9m/s)에 대한 공기 침투량 5m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )이하)
내용	설계	- 평면 단면 등에 기밀 계획시 기밀층이 끊어지는 부위가 없는지 검토
	시공	- 철근콘크리트 벽식 구조의 경우 철근콘크리트 자체가 기밀층이므로 창 주변, 문 주변, 설비 관통 부위 등의 개구부 주변을 기밀하게 계획
	자재	- 실란트, 우레탄 폼, 마스킹 테이프, 청테이프 등은 기밀자재가 아님

○ 환기 검토원칙 \* ‘내용’ 은 대표적인 사항 중 하나를 표기하였음

검토원칙		
기준	환기	신축공동주택 등은 시간당 0.5회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치
내용	설계	- 열교환 환기장치를 필수설치하며 외
	시공	- 외기유입구의 위치는 오염원이 발생하는 곳(배기구, 지면, 주방환기구, 보일러 연도 등)으로부터 최대한 이격
	자재	- 외기에 섞인 오염물질을 제거하도록 환기장치에는 급기측에 F7이상의 고성능 필터를 장착

5) 소규모 건축물 품질 검토사항

○ 사)한국패시브건축협회에서 지난 2015년 수행한 패시브 인증 및 컨설팅 과정에서 제출된 137개의 도서 중 지적된 사항을 자주 언급된 순으로 나열한 것으로 지적 빈도수가 가장 높은 부분은 창호계획임

지적 부위	지적빈도(수)
창호계획	66
외벽구성	24
지붕구성	14
기초구성	9
접합부 (외벽+지붕, 외벽+기초)	6
환기계획	6
바닥구성	5
파 라 펫	5
내벽구성	1

○ 아래의 주의사항은 지적빈도수가 높은 순으로 나열하였음

구분	부 위	내 용
창호 계획	창호사이즈	창호 면적 1㎡이상 권장
		개구부 폭 900mm 이하 권장
	설치상세	프레임부 단열 보강 30mm 이상
		창호프레임 전체 둘레로 단열재가 만나는 부분은 우수유입방지를 위해 방수팽창테이프 등 적용
		외벽단열재가 창호프레임을 20mm이상 덮도록 도면 표기
		외부전동 차양 설치시 열교를 고려한 단열계획 필요
	차양계획	일사유입창은 외부전동차양장치 적용(남측 고정차양 대체 가능)
	맞 통 풍	조도 확보 및 여름철 실내 쾌적을 위해서 맞통풍을 고려한 설계가 반드시 필요
	천 창	단열성능을 0.8W/m²K이하 확보
		외부전동차양 설치 필요
창호 크기 최소화 권장		
유리성능	유리 g값 0.36 이상 - 난방에너지요구량이 높은 용도의 경우 유리 g값 0.40 이하 - 냉방에너지요구량이 높은 용도의 경우	
현 관 문	기밀성능과 단열성능이 확보된 현관문 사용 권장	

구분	부 위	내 용	
외벽 구성	열 교	철물 자재에 대한 단열재 관통은 반드시 열교를 수반하므로 열교차단 방법 고려	
	보일러실	난방공간과 비난방공간(기계실, 전기실, 창고 등)의 경계에 단열재 설치	
	기 밀 층	기밀층은 기본적으로 단열재를 기준으로 내측에 설치되는 것이 원칙	
	단열성능	열관류율을 0.24W/m <sup>2</sup> K 이하 적용	
	단 열 재	외단열에 비드법보온판 사용시 1종 권장	
	목 구 조	내부 가변형방습, 외부 투습 적용	
		단열재 구성을 유기질 단열재+ 무기질 단열재 유기질 단열재가 외부측에 위치하며 유기질 단열재의 두께가 무기질 단열재의 2배 이상이 되어야함.(ex. 비드법보온판 200mm + 글라스울 100mm)	
소음계획	세대 간 벽은 방음계획 필요		
지붕 구성	방수계획	단열재의 흡수율을 고려한 방수계획 필요	
	열 교	열교를 고려한 지붕구성	
	통 기 층	외부통기지붕 구성을 통한 통기층 형성	
	단열성능	천공복사에 의한 에너지 손실이 크기 때문에 외벽대비 강화된 단열 성능 적용	
	기 밀 층	외벽과 접합부위의 누기를 고려한 기밀층 형성	
기초 구성	지중단열 보강	수직 혹은 수평으로 450mm길이 이상으로 압출법 보온판 100mm이상 사용한 지중 단열 보강 구성(지역별 차등 있음)	
	기초형식	외단열이 용이한 매트기초 권장	
	벽돌마감	벽돌타일 권장	

# 5절. 세부과제 간 연계관계

## 가. 연구체계도

○ 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 연구는 다음 주제로 연구를 구성함



## 나. 세부과제간 연계관계

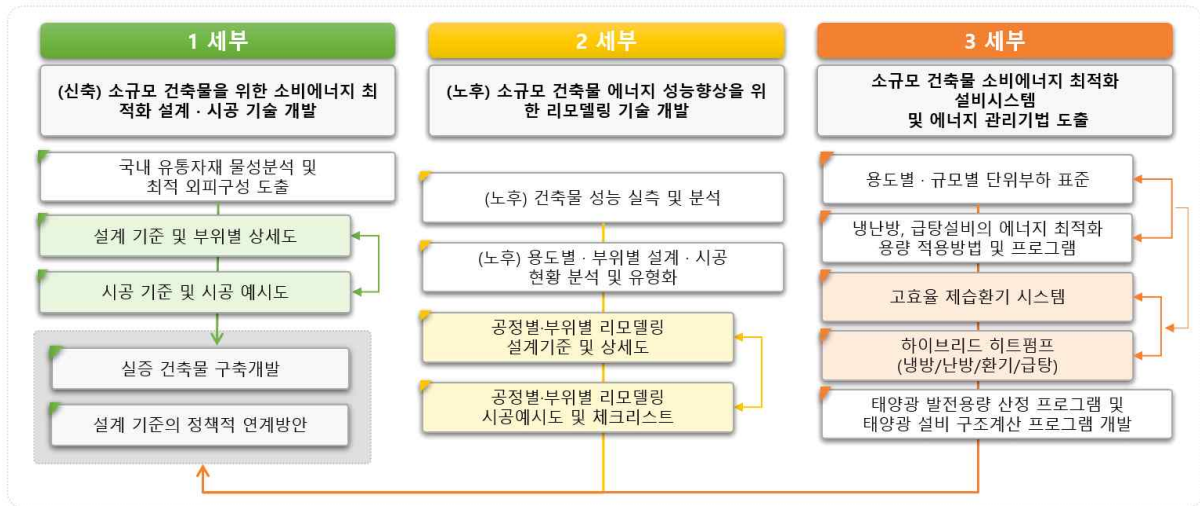


그림 157. 세부간 연계관계

### ○ (1세부) 신축 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발

- 소규모 ‘신축’ 건축물을 대상으로 패시브 기반 설계·시공 기준을 작성하고 활용도를 높이기 위해 부위별 상세도와 시공예시도를 개발함.
- 개발된 부위별 상세도와 시공예시도는 습열 분석에 기반한 검증과정을 거치며 이는 국제수준의 물성측정시설을 통해 국내 건축자재의 물성을 고려한 결과물이어야 함.
- 하자방지 실무자 가이드라인을 작성함으로써 시공 중 체크리스트와 하자발생시 대처방안 등을 제시하며 이는 시방서와 같은 글의 나열이 아니라 도표와 도해를 수반하는 결과물이어야 함
- 또한, 1~3세부의 결과물을 적용한 실증 건축물을 구축하고 성과물의 현장 적용 및 정책적 연계방안을 개발함
- 소규모 건축물을 대상으로 하는 성능인증제도를 현재 실행중인 중대규모 인증제도와 연계하여 혜택의 폭을 넓히고 상주 감리가 어려운 소규모 시장의 감리제도를 개선하는 방법을 모색하여 양질의 건축물을 생산하도록 함
- 신축/리모델링 지원정책 및 금융상품을 개발하고 소비자와 전문가를 연결하는 플랫폼을 제시하는 등 소비자와 공급자를 지원하는 정책과 서비스 등을 제안하여 성과의 활용도를 높임.

- ▷ 신축 설계기준 및 부위별상세도와 시공기준 및 시공예시도는 2세부의 리모델링 방법과 연계하되 신축과 리모델링의 접근을 다르게함. 접근이라 함은 신축의 경우 외단열 설계를 기본으로 하고 리모델링의 경우 내단열로 설계된 기존 건축물을 뜻함. 또한, 현장에서의 활용도를 높이기 위한 방안을 1-5세부에서 연구함

- ▷ 실증건축물 구축을 통해 개발된 기술의 적용성 및 성과를 검증하고 장기간 모니터링을 통해 에너지성능, 외피 안정성 등의 변위와 실증건축물에 적용된 각 요소기술의 성능 저하, 시간에 따른 하자발생 등을 연구

○ (2세부) 노후 소규모 건축물 에너지 성능향상을 위한 리모델링 기술 개발

- 기존건축물의 준공연도와 공법을 고려하여 열교/기밀수준, 에너지성능을 분석하여 정량화하는 과정을 거침으로써 국내 소규모 건축물 리모델링의 방향을 제시함
  - 노후 소규모 건축물의 리모델링 상세도 및 적용지침서, 구조별 단위공정 적용방법, 대표 열교부위 완화와 같은 리모델링 기법을 개발함
  - 개발된 기술을 기반으로 패시브-액티브-신재생으로 연계되는 단계적 방법론을 제시하고 설계·시공 프로세스를 개발함
- ▷ 노후 건축물의 구조별/용도별 건물에너지 성능분석 및 유형화를 통해 기존건축물의 현 상황을 되짚고 1세부의 하자방지 실무자 가이드라인 개발에 활용되는 데이터를 제공
  - ▷ 단계별 리모델링 방안 제시를 통해 1-5세부에서 실행하는 지원정책 및 서비스 제안을 가능케 하며 거주자의 쾌적성 향상에 이바지함

○ (3세부) 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

- 냉방, 난방, 환기, 급탕과 연계된 하이브리드 히트펌프 개발로 고효율 저비용의 설비시스템을 구축하여 제로에너지 건축물을 실현함. 히트펌프 패키지는 신축으로의 적용뿐만 아니라 플러그인 시스템을 통해 기존의 설비와의 연계 등 리모델링에서도 적용이 가능하여야 함.
  - 또한, 설비제어기술을 토대로 소규모 건축물의 에너지 독립기술을 적용하여 제로에너지를 실현하는 방법을 모색하며, 이는 소규모 건물 한 채의 에너지 운용 최적화뿐만 아니라 에너지 네트워크를 조성하는 시작점임.
  - 적절한 태양광 발전용량 산정을 가능케 하는 프로그램을 개발하고 태양광 설치시 지붕의 유형별, 설치 부품별 구조계산 프로그램 개발
- ▷ 소규모 건축물 용도별/규모별 단위부하 표준은 설비 개발의 기준이 됨과 동시에 설계 기준에 영향을 미치는 주요 요소임
  - ▷ 히트펌프 패키지 개발을 통해 1세부 신축건축물과 2세부 기축건축물의 리모델링의 에너지 부하 절감에 도움을 주며 시스템제어기술, 에너지독립기술, 에너지 운용최적화 기술 개발로 시물레이션값과 실측값의 비교데이터를 축적함

## 6절. 기술로드맵 및 성과로드맵

### 가. 연구단계별 목표

- 본 연구는 각 세부과제별 연구개발 단계와 제품화 및 규격화를 위한 단계로 구성되며, 연차별 목표를 다음과 같이 설정하였음

단계	연구내용	연차	주요 목표
1단계	연구개발 단계	1년차	- 연구의 방향설정 - 기술개발과 관련된 아이디어 수집 및 적용 - 기술의 수요와 필요성에 입각한 기초연구 수행 - 기반연구 및 연구추진 플랫폼 구축
			- 요소기술 개발 단계 - 연구실 수준의 실험체 제작 단계 - 실험체의 성능 개선 연구 - 실험실 수준의 성능 분석 수행
2단계	기술 정립 단계	2년차	- 요소기술의 목표성능 달성 - 설비 제품의 효율 개선 달성 - 실증 계획 수립
	품질확보 단계	3년차	- 실증모델 구현을 위한 실시설계 및 대지 확보 - 설비/ 신재생 시스템의 제품화 단계 - 스마트제어기, EMS 제품, 어플리케이션, WEB서비스, 개발 프로그램 등 제작 완성 단계
3단계	제품화·규격화 단계	4년차	- 실증 구축 완성 단계 - 패키지 설비 시스템, 스마트 제어 제품 등 규격화 단계 - 모니터링 장치 설치 단계 - 연구결과 분석 및 검증 단계

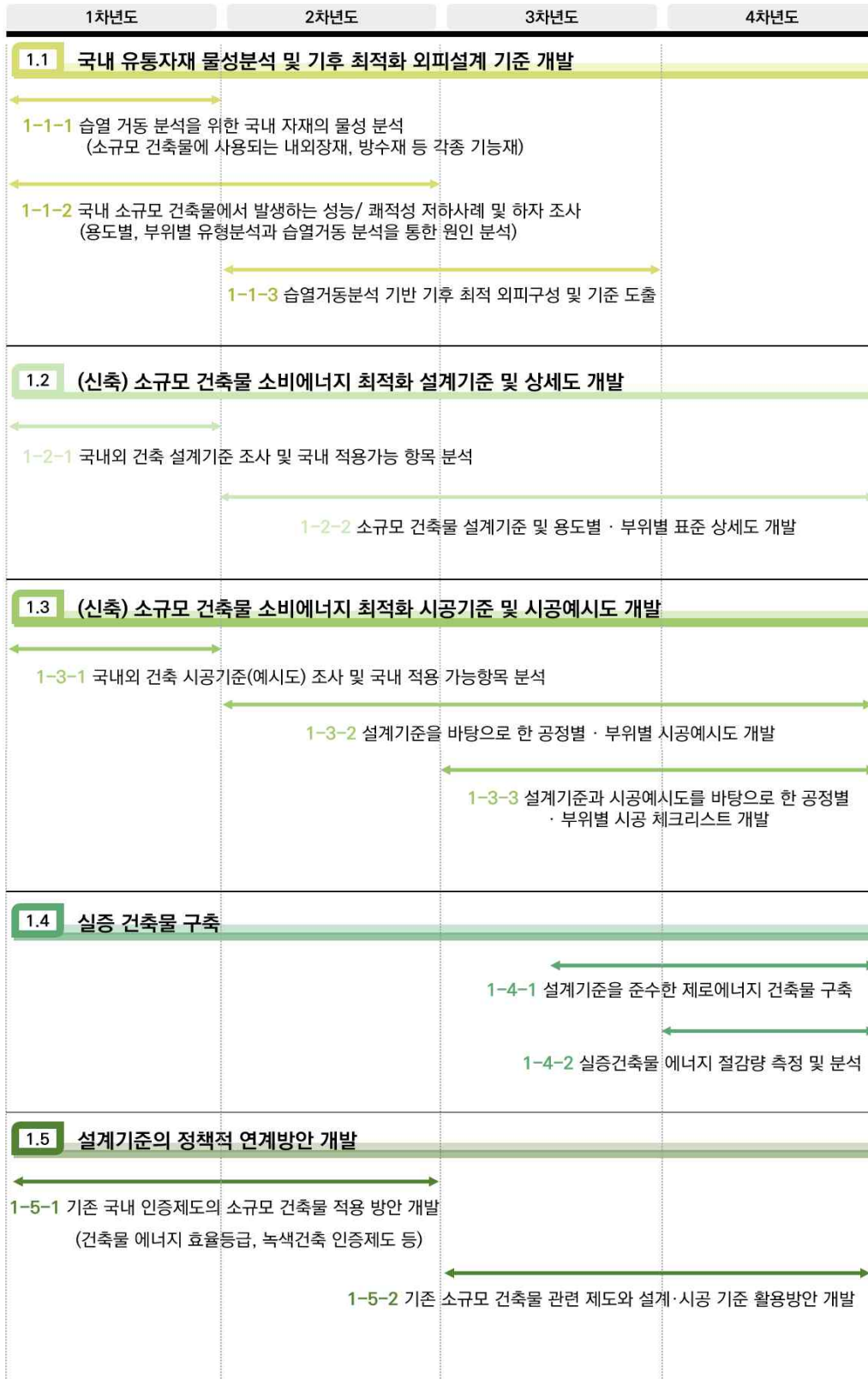
- 1단계는 각 세부 연구의 진행함에 있어 기초 연구를 수행하는 단계로 각 세부 연구의 최종 목표를 달성하기 위한 제반 내용의 수집, 정리 및 차년도 연구계획을 수립하는 단계임
- 2단계는 1단계 연구를 바탕으로 실제 연구를 수행하는 단계로 설계·시공 방식과 자재 제품의 개발 단계로, 기술과 기법의 적용방안 및 평가방법의 도출을 목표로 함
- 3단계는 건축물에 개발된 기법과 기술을 검증하기 위한 적용 단계로써 개발된 제품의 성능 DB를 구축 하며 실제 적용과 관련한 문제점을 사전에 찾아내고 보완하여 최적의 건축물 적용 방법을 제시하며 결과적으로 건축물 적용 시의 에너지 절약성능을 검증하는 단계임

## 나. 기술 로드맵

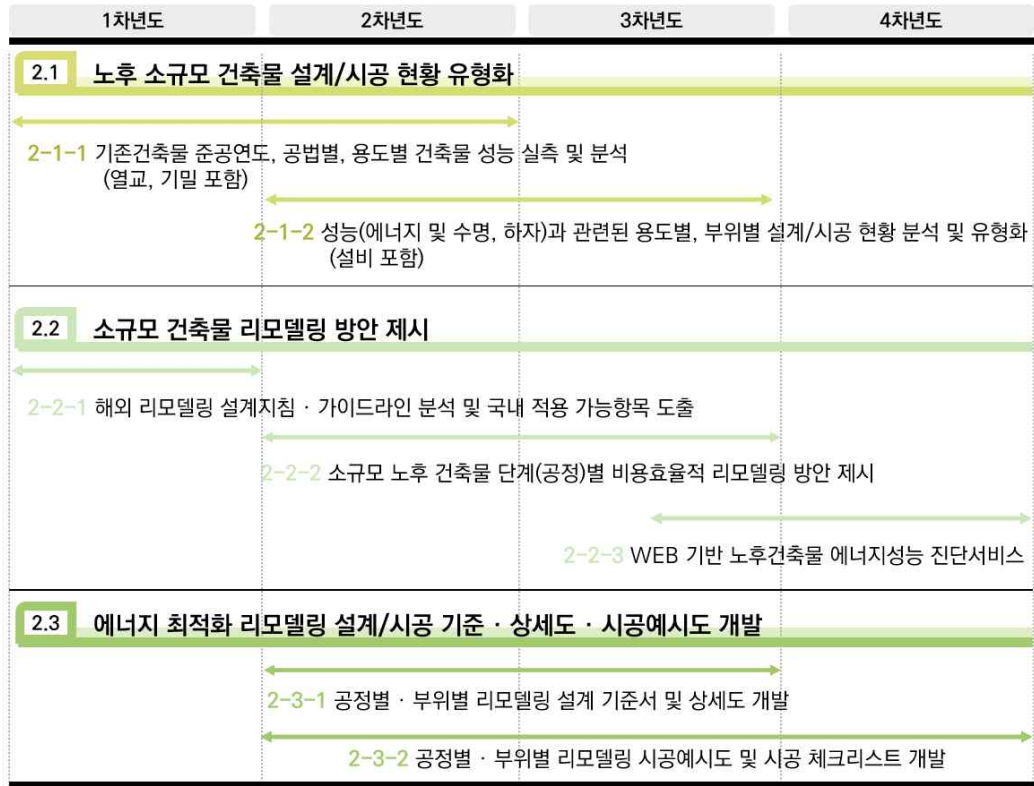
□ [총괄] 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발



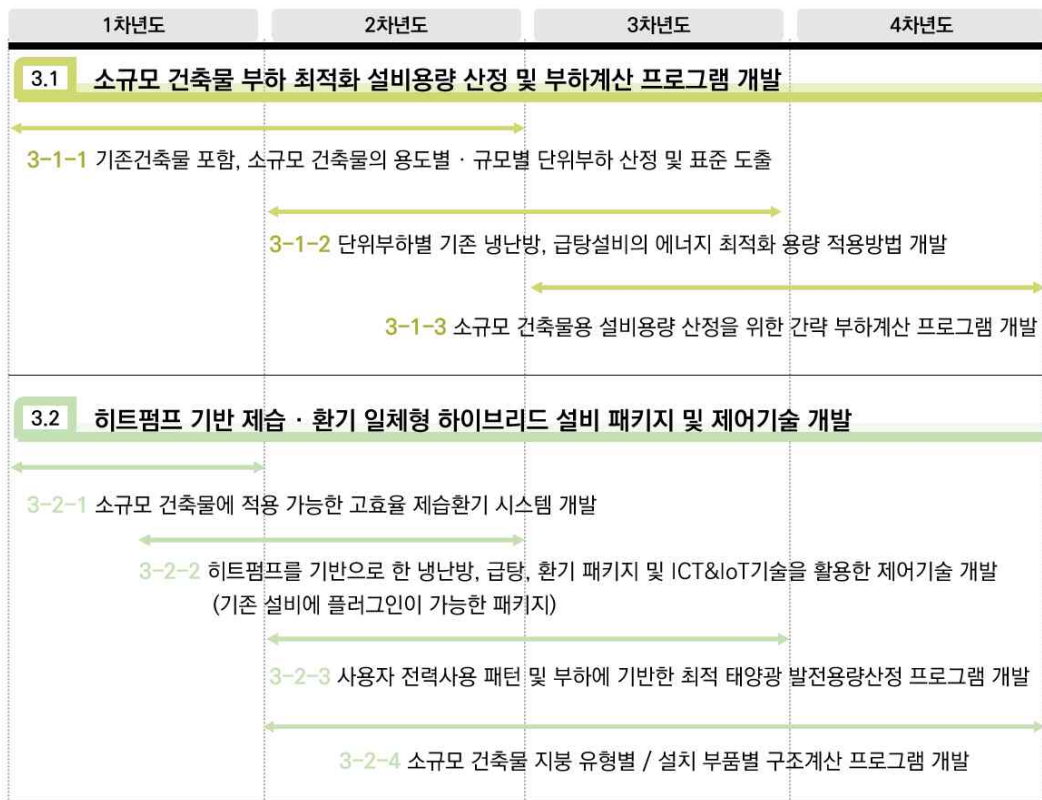
□ [1세부] 신축 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발



□ [2세부] 노후 소규모 건축물 에너지 성능향상을 위한 리모델링 기술 개발

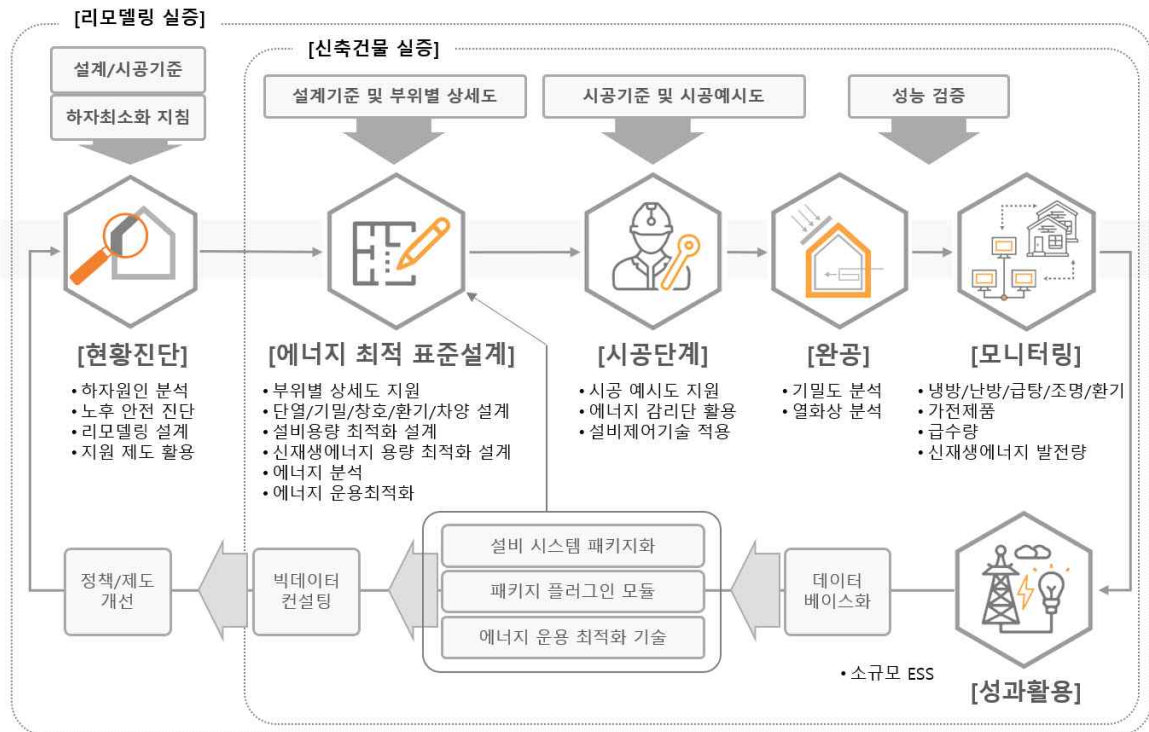


□ [3세부] 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

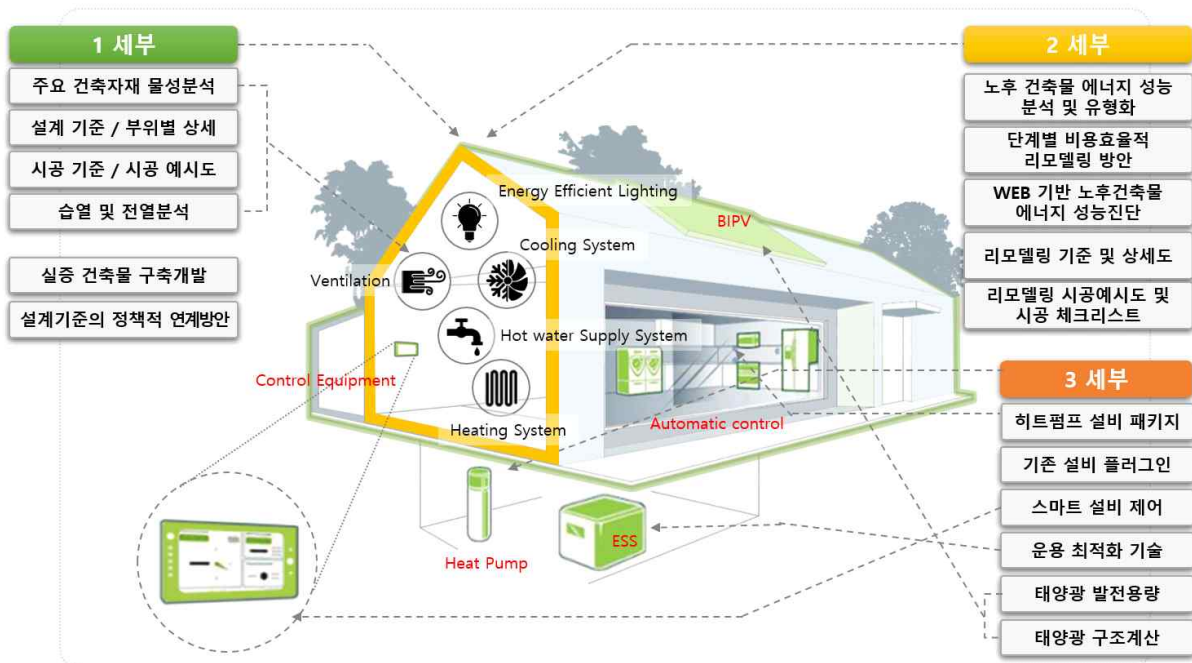


## 다. 성과로드맵

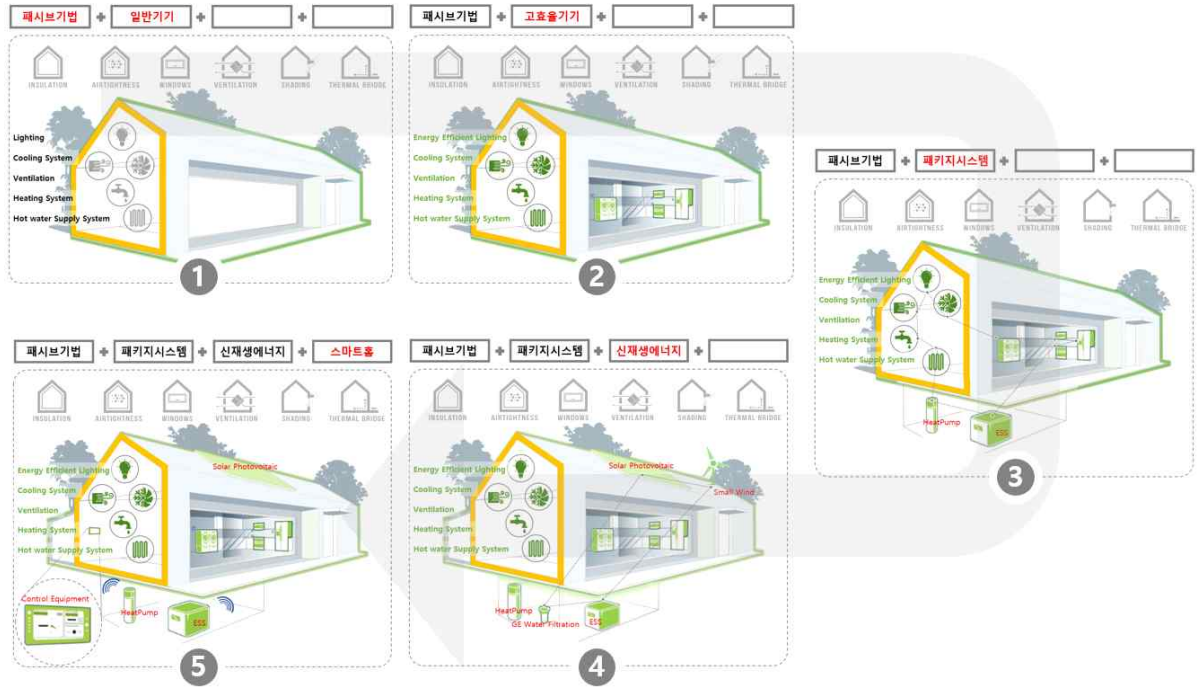
### ○ 성과의 선순환 체계



### ○ 실증예시



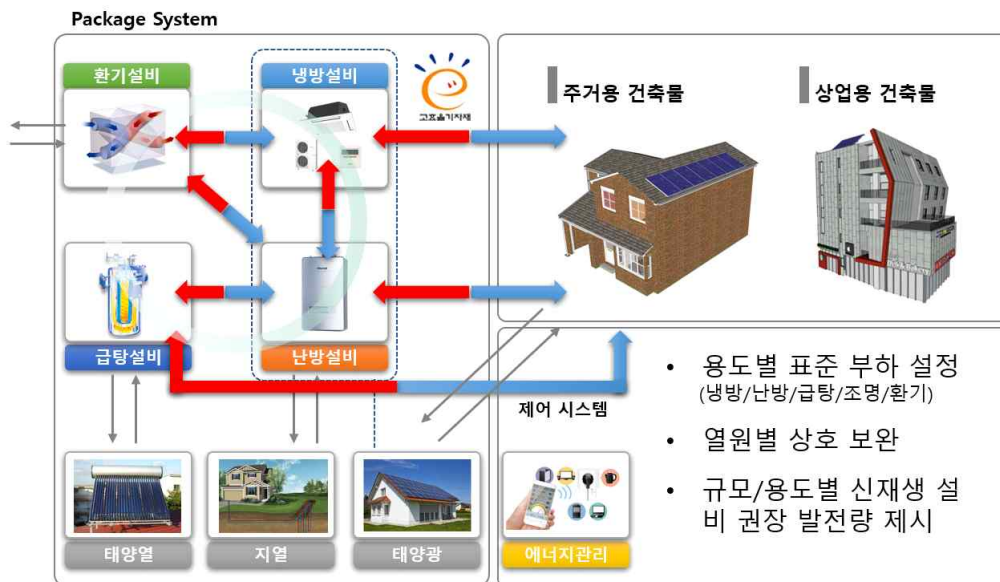
○ 기술적용 단계별 비용 효율적인 표준모델 제시



○ 에너지 사용원별(5대 에너지) 패키지 시스템 제시

저비용 고성능 소규모 건축물 구현을 위한 최적패키지 기술

- 소규모 건축물에 적용 가능한 고효율 환기시스템 요소기술 개발
- ICT 및 센서 기술을 응용한 조명 제어 최적화 기술 개발
- 지역기후/규모/에너지사용패턴을 고려한 냉난방, 환기, 조명 package 기술 개발
- 기존 및 신축 건축물 대상 기술개발 성과를 실증(용도별, 규모별, 지역별 등)



## 7절. 산업생태계 분석

### 1) 소규모 건축물의 소비에너지 최적화의 산업생태계 요소

- ‘소규모 건축물의 소비에너지 최적화’ 연구에서 파생되는 산업생태계는 크게 ① 신축과 리모델링 ② 설비시공 관련기술, ③ 에너지 관리기술, ④ 정책개발로 나눌 수 있음.
- 관공서 및 개인을 포함한 건축주를 수요자로 볼 수 있으며(경우에 따라 기술 지원을 받는 관련업체 또한 기술수요처로 볼 수 있음) 설계사, 시공사, 설비업체, 에너지 관리 기술 관련업체와 같은 실무 업체를 직접공급자, 에너지 컨설팅 업체, 인증기관 등을 간접공급자로 나눌 수 있음. 또한, 관련 정책을 관리하는 정부기관과 연구를 진행하는 국공립·사설 연구기관 및 협회 등을 포함함.
- 그러나 관련사업이 방대하고 국내 역사가 짧으며, 기존의 건축행태와 뚜렷한 경계로 구분하기 어려운 점을 고려해 볼 때, 참여기업과 기관들을 어떠한 분류체계에 명확히 구분하기는 어려움. 예를 들어, 지금까지의 일반건축과 제로에너지 건축은 설계 및 시공 방법의 차이가 명확하고, 법규에서 제시하는 단열기준을 만족했다고 모두 패시브건축물이 되지 않으며 이를 공급하는 설계사와 시공사의 경험과 지식수준에 따라서도 천차만별의 결과물이 발생하기 때문임.
- 특히, 건축부문은 다양한 전문기술의 복합체이기 때문에 설계사, 시공사, 설비업체 사이에서도 공급자와 수요자가 공정에 따라 엮히고 섞여 있는 현실임
- 이 같은 한계를 염두에 두고 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 생태계를 수요자, 직접공급자, 간접공급자, 연구기관 및 협회로 분류하고자 함.
- 산업생태계 계층구조
  - 소규모 에너지 최적화 사업은 ‘기술-사회제도 견인’형<sup>14)</sup>으로 분석되며 사회적 니즈가 높고 기술 발전도 원활하지만 시장수요의 확대가 미흡하고 정보의 공유와 같은 진입장벽이 존재함.
  - 이는 투자리스크와 불확실성으로 인해 금전의 투입이 원활하지 않으므로 정부의 선제적인 투자를 통해 기업의 참여를 유도하는 정책이 필요
  - 인증에 대한 확실한 유인책이 필요하며 현재처럼 법규에 의한 제한으로 시장을 유도하는 단계를 지나 실질적인 인센티브와 수익구조 창출을 위한 단계의 도래가 필요함.

14) \* 수요-기술 견인형 : 가속적인 성장을 위해서는 기존 산업을 대상으로 하는 제도 및 사회적 규범 등의 변화가 적기 추진 뒷받침 되어야함

\* 수요-사회제도 견인형 : 수요성장이 높고 사회적 필요성도 높은 경우에는 기술발전이 적절하게 대응하여 산업화를 촉진할 수 있도록 정부지원이 필요

\* 기술-사회제도 견인형 : 사회적 니즈가 높고 기술발전도 원활하지만 시장수요의 확대가 미흡할 경우 초기 시장형성 지원에 주력

신성장동력 산업생태계 활성화방안 연구, 산업연구원, 2011.

표 73. 산업생태계 분석 계층구조 (Fransman, 2010. 재구성)

계층	설명	적용
Layer 1	소재 및 부품	건축 자재, 패시브 자재, 스마트가전, IoT 요소 등
Layer 2	핵심제품, 서비스	패시브하우스+액티브기법+에너지관리기술(HEMS, ICT, IoT) 설비의 개발 및 패키징화, 컨설팅
Layer 3	플랫폼, 보완재 등	현 상황 국가인증, 관급 공사의 지침, 개인의 니즈에 의한 수요
Layer 4	소비자	건축주, 정보의 소비자는 모든 구성원
생산요소 조건	제품 생산, 서비스에 필요한 요소	금융지원제도, 기술력을 갖춘 인적자원, 제품개발 사업성 창출
정책, 표준	특정 기술을 촉진/저해하는 요소	소규모 건축물에 대한 정책 접근 미비 국가 표준 이행을 위한 세부지침 미비

## 2) 산업생태계 모형

- 소규모 에너지최적화 생태계는 아래 그림과 같이 공급자를 기준으로 정부기관의 정책·규범의 영향을 받는 설계사, 시공사, 설비업체(판매·시공), 에너지사업자 그리고 인증기관, 수요자 등이 유기적으로 상호작용하는 형태로 모형화할 수 있으며, 이때 연구기관, 협회, 컨설팅 업체는 기술의 발전과 전파에 협력(간접공급자)하는 위치임.

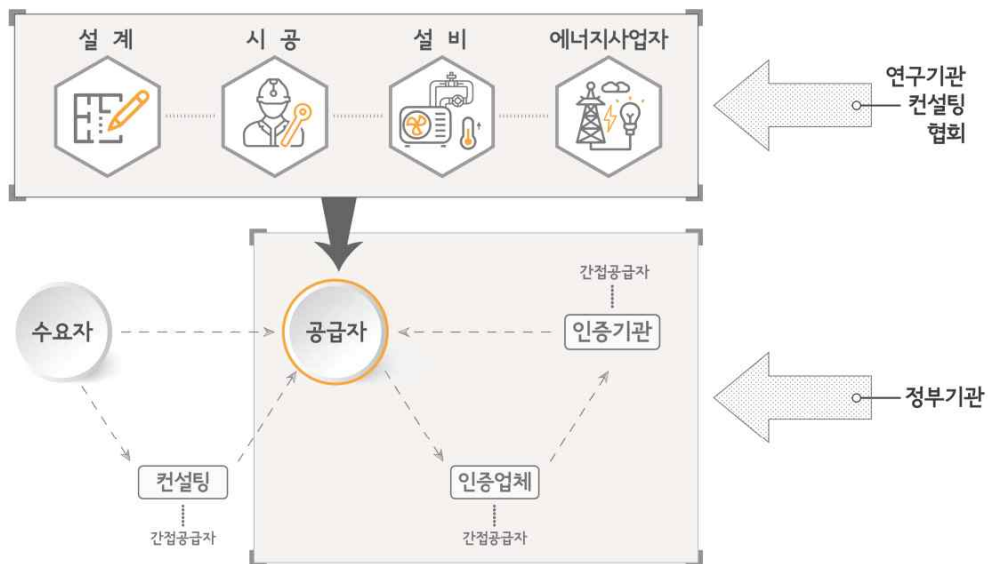


그림 158. 산업생태계 모형

- 상기 모형에서는 건물 한 채에 집중하였으나 에너지관리 기술의 발달이 정착되면 마을단위, 도시단위의 산업생태계가 구성될 것이며, 따라서 더욱더 거대한 유기적 생태계 모형이 만들어질 것으로 예상됨.

### ○ 산업생태계 구성 요소

- 정부기관 : 녹색성장(건축, 에너지분야) 관련 담당 정부기관 등
- 연구기관 및 협회 : 패시브, 액티브기술, 제로에너지에 관련한 각종 연구과제를 수행하고 제품 등을 개발하는 연구기관 및 협회
- 직접공급자 : 설계사, 시공사, 단위공정사, 설비공급업체, 에너지 관리 기술 업체(스마트 홈, 마이크로그리드, HEMS 등)
- 간접공급자 : 국가 인증기관 및 컨설팅업체, 국가인증(녹색건축 인증, 건축물 에너지효율 등급 인증, 에너지절약형 친환경주택, 에너지절약계획서, 장수명주택인증, 결로방지 성능 평가, 지능형건축물 인증 등)을 발행/대행하며 컨설팅 업무를 진행하는 기관/업체
- 수요자(수요처) : 건축주 및 관련 업계 종사자

### 3) 참여자동향

#### ○ 정부기관

- 국정운영 5개년 계획에 따르면 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 20%로 대폭 늘려 저탄소 고효율 에너지 체제로 전환하려는 목표를 세움.
- 에너지 프로슈머 육성, 친환경 스마트 에너지 인프라 구축, 에너지 수요관리 강화 등을 제시하였는데, 이는 액티브적인 방법에 힘을 실어 에너지 공급량을 늘리면서도 에너지 관리를 통해 실사용 에너지를 줄이고자 하는 노력으로 보임.

#### ○ 연구기관 및 협회

- 한국건설기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국토지주택공사 주택연구원, 한국시설안전공단, 한국감정원, 한국환경건축연구원, 한국교육·녹색환경연구원, 한국생산성본부인증원, 한국건물에너지기술원 등 여러 국내연구기관이 활동하고 있으며 건축 및 에너지에 관련된 연구개발과 국가 인증업무를 수행하고 있음
- 대표적인 민간단체는 ‘사)한국패시브건축협회’와 ‘패시브제로에너지건축연구소’를 들 수 있으며 업무 범위는 다음과 같음
- 사)한국패시브건축 협회는 2009년 이래로 소규모 건축물에 관한 에너지 및 하자발생 등에 대한 연구를 지속적으로 진행해 왔으며 자체 인증제도를 갖추어 시행중임. 독일 PHI 기준을 기반으로 한국형 기준을 만들고 지역 데이터를 수집하여 적용하는데 의미가 있음.
- 패시브제로에너지건축연구소는 독일 PHI기준을 기반으로 에너지 컨설팅 및 인증제도를 운영 중이며 교육에 특화되어 관련 업계의 수준 향상에 이바지하고 있음

#### ○ 직접공급자

- 설계사무소, 시공, 설비, 에너지 관리 기술 업체

#### ○ 간접공급자

- 국가 인증기관 및 산하 인증업체가 다수 존재하며, 국가인증에 관한 컨설팅을 집중적으로 시행하고 있음. 상기한 국내 연구기관 및 협회 또한 컨설팅업무를 수행하고 있음.

○ 수요자

- 신축 및 리모델링의 최대 수요자인 건축주의 동향을 주거유형과 임대유형 그리고 소득 계층에 따라 분석하였으며 주택을 소유하고 있는 고소득층과 임대의 형태로 주거행위를 유지하는 저소득층을 분리하여 기술개발 및 지원정책의 접근이 필요함

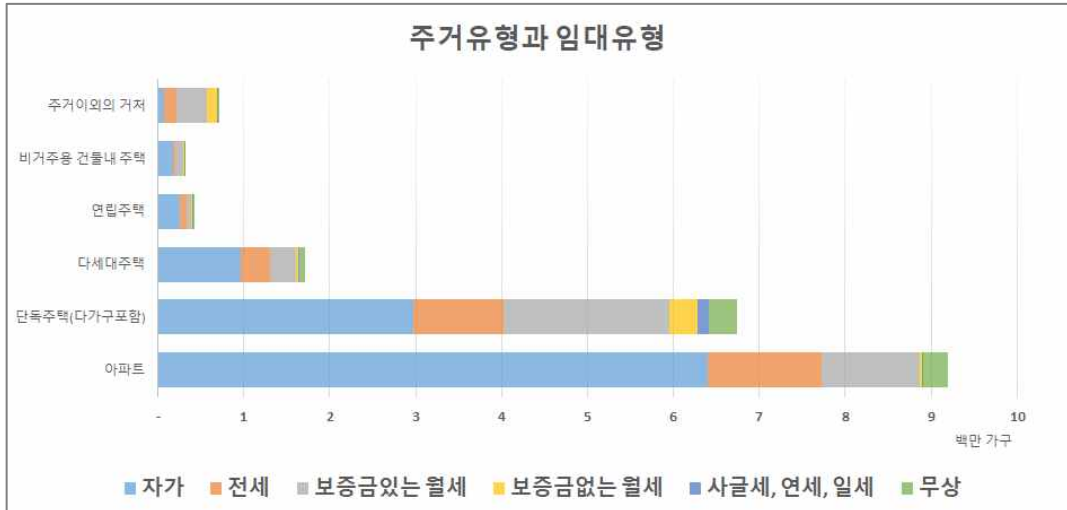


그림 159. 주거유형 대비 임대유형 비교

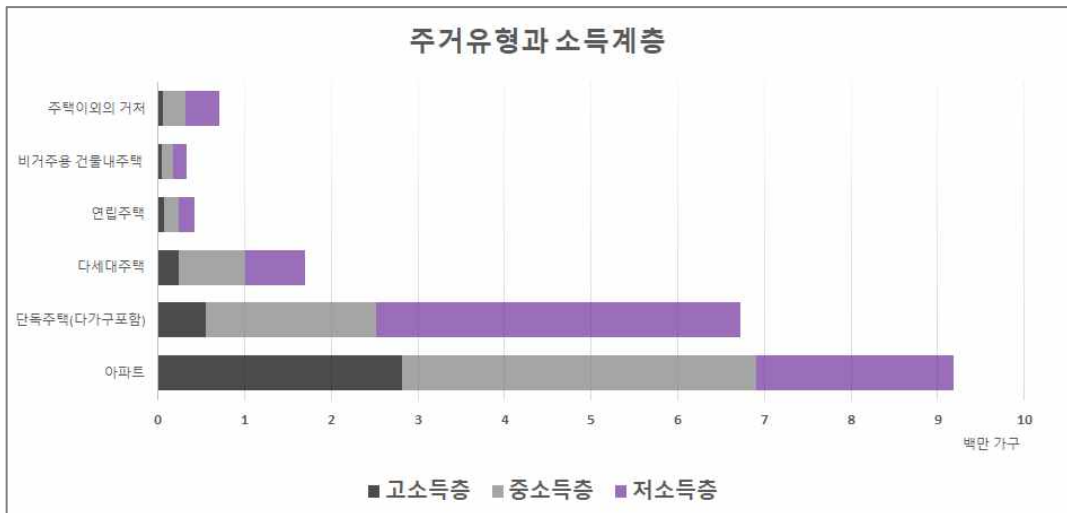


그림 160. 주거유형 대비 소득계층 비교

- 대표적으로 아파트의 경우 위 표(주거유형과 임대유형)에서 ‘자가’에 해당하는 구간을 아래의 표(주거유형과 소득계층)에서 확인할 경우 고소득층 및 중소득층에 해당함.
- 이외 단독주택, 연립주택 등의 경우에도 아파트와 비슷한 현상을 보이며 이는 세입자 구간과 저소득층 구간이 거의 일치하는 것으로 해석할 수 있음.

#### 4) 산업생태계 분석

##### □ 건물 규모에 따른 생태계 분석

##### ○ 우리나라 건축 시장

- 급격한 정보화 및 세계적 패러다임의 변화 물살에 건설산업을 둘러싼 환경은 매우 급격히 변하고 있으며 산업간 융복합화로 건설기술과 설비, ICT&IoT 기술 등 산업 구분이 없는 현실이 도래하고 있음.
- 그러나 건축 분야는 타 분야에 비해 그 발전속도가 늦고 오랜시간의 역사를 갖고 있음에도 불구하고 한국전쟁 이후 빠른 발전을 요구하는 시대적 배경으로 인해 협업, 시너지 효과라는 측면에서는 다소 후퇴되어 있는 시장구조를 갖고 있음.
- 또한, 우리나라의 경우 시공 시 업종별로 법적 규율과 소관 부처를 달리함에 따라 건설 산업 관련 정책을 종합적이고 효율적으로 수행하는 것이 곤란함. 더욱이 하나의 시설물 ‘건설’에 관련된 ‘공사업’들이 각각의 ‘업역’을 형성하고, 영업 활동에 관한 기준도 각기 달라 상호 충돌되고 있는 실정임<sup>15)</sup>
- 때문에, 건설산업 생태계 형성의 기반이 되는 건설생산체계는 건설업역으로 분할되고 경직적으로 운영되고 있어, 유연하고 신축적인 협력 생태계가 작동할 수 있는 기반이 취약함. 아울러 건설산업이 저성장 기조로 진입하면서 건설 수주 경쟁이 치열하고 저가 수주 등으로 건축물의 품질이 저하되는 등의 문제점이 발생하고 있음.<sup>16)</sup>
- 이 같은 배경을 바탕으로 에너지산업시장에서 대규모 건축시장과 소규모 건축시장의 차이점은 다음과 같음.

표 74. 규모별 건축시장 생태계 분석

	소규모 건축 시장	대규모 건축 시장
목표	협약에 의한 유한 신뢰와 협력	
협약방법	형식적 계약주의(선언적 의무계약)	
설계주체	소규모 설계사무소	대규모 종합건축사사무소
협력 입장	독립 또는 하도급	협력관계 또는 하도급
공정성의 주체	없음 또는 건축주	공사관계자
기간	단기	장기
금융 지원	담보 요구	투자 관계
기술력 확보	연결관계 부재	자원의 내부순환
정부 지원	대기업 지원을 통한 전달	직접 지원

- 이처럼 소규모 건축시장과 대규모 건축시장은 양자 모두 주체 간 관계에 있어서 수직적 사고방식을 갖고 있으며 갑-을 관계를 명확히 하여야 대화가 시작되는 종적 사고방식이 지배하고 있음.<sup>17)</sup>

15) 건설산업과 정책, 건설산업 생태계의 혁신이 필요하다, p.76, 조준현.

16) 건설산업의 협력적 기업 생태계 조성방안, 국토연

17) 건설산업과 정책, 건설산업 생태계의 혁신이 필요하다, p.100, 조준현.

- 또한, 서로에게 신의성실을 압목적으로 요구하고 있으며 대규모 시장과는 달리 소규모 건축 시장에서는 거래 대상물의 성과에 대하여 시시비비를 가림에 있어 뚜렷한 주체를 규제할 수 없어 건축물의 품질확보가 어려운 상황임
- 정부의 지원 요소에서도 정부가 건축 분야를 지원할 때 중소기업을 직접 대상으로 수혜를 주기보다는 대기업을 중도매개체로 함으로써 지원의 폭이 줄어들고 신기술 창출에 어려움이 따르고 있음



그림 161. 정부 > 대기업 > 중소기업

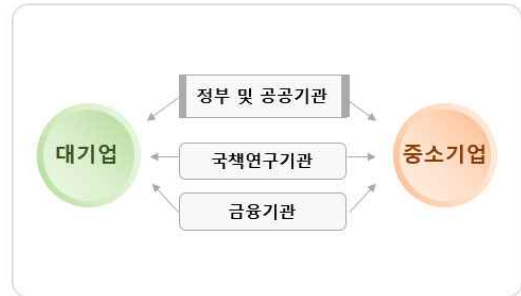


그림 162. 정부 > 중소기업

(출처 : 한국 산업생태계의 정체 현상과 개선을 위한 제언, 산업연구원(원장), 김도훈)

- 이 때, 주목하여야 할 요소는 기술력 확보의 방법인데 대기업을의 경우 각 설계사나 시공사 마다의 기술표준과 관리지침을 대외비로 보유하고 있어 지속적인 관리를 통해 기술력을 배양하고 있으나 소규모 건축 공급자의 경우 기술 확보의 경로가 다양하지 못하다는 어려움을 겪고 있음

<b>실내공기질 관리 시공 지침</b> 문서번호 : HAI-T-AR-G-5-047 개정번호 : 0 개정일자 : 2017. 06. 16 페이지 : 45 의 25	<p>6.0 베이카아웃(Bake-Out)</p> <p>6.1 개요</p> <p>실내 공기온도를 일정이상으로 높여 주어, 가구나 벽지 등의 건축자재로부터 방출되는 휘발성유기화합물이나 폼알데하이드 등의 인체유해물질 발생량을 일시적으로 높인 뒤, 환기를 통해 외부로 배출하는 방법이다.</p> <p>6.2 절차</p> <p>1) 사전작업</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 발코니 및 외기에 면한 창호 및 문을 제외한 세대나 각실 출입문 및 가구류 문을 전면 개방한다.</li> <li>(2) 세대 내부(거실, 방) 보양지를 제거한다.</li> <li>(3) 난방 가동 여부를 확인한다.</li> </ol> <p>2) 난방 가동 (난방모드 : 5~10 시간)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 실내 모든 구획의 공기온도를 35°C로 설정하여 난방 운전한다. 이 때, 실내 온도가 15°C이하일 경우에는 1 일간 예열가동(실내온도 +10°C로 설정)후 설정온도로 운전한다.</li> <li>(2) 난방시스템을 5~10 시간 유지시킨다. 이 때, 난방 시스템의 과열로 인한 마감재 손상을 방지하기 위하여 급격한 실내 온도의 상승이 발생하지 않도록 주의한다.</li> </ol> <p>3) 환기 실시 (난방 및 환기모드 : 1~2 시간)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 발코니 및 외기에 면한 창호 및 문을 개방한다. (준주 및 하계에는 전면 개방하고, 동계에는 외기온도에 따른 영향을 고려하여 부분 개방 및 환기시간을 적절히 조정한다.)</li> <li>(2) 환기 유니트를 최대 출력으로 연속 운전한다.(환기시스템을 적용한 경우)</li> <li>(3) 주방 랜지후드를 최대 출력으로 연속 운전한다.</li> <li>(4) 공용 및 부부욕실 배기팬을 연속 운전한다.</li> </ol> <p>4) 환기 정지</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 공용 및 부부욕실 배기팬을 운전 정지시킨다.</li> <li>(2) 주방 랜지후드를 운전 정지시킨다.</li> <li>(3) 환기 유니트를 운전 정지시킨다. (환기시스템을 적용한 경우)</li> </ol>
--	---

<p>5.2.3 평가 장비</p> <p>1) 건축자재 오염물질 방출량 평가 장비</p> <p>▲ 오염물질 방출량 평가장비 I (Small Chamber System)    ▲ 오염물질 방출량 평가장비 II (FLEC System)    ▲ 오염물질 방출량 평가장비 III (ADPAC System)</p> <p>2) 실내공기 시료 포집 장비</p> <p>▲ 시료 채취기 (Air Sampler)    ▲ 휘발성유기화합물 포집용 튜브 (Tenax TA Tube)    ▲ 폼알데하이드 포집용 카트리지 (Ozone Scrubber &amp; DNPH Cartridge)</p>
--

그림 163. 대기업 사내 관리지침 발췌

□ 건축 시장에 따른 생태계분석

○ 신축

- (시장동인) 건물효율 향상을 위한 기술개발, 세금 및 보조금 지원, 건물효율 기준강화 등 정부의 에너지 관리 강화정책을 배경으로 지속적인 도시화를 원인으로 하는 에너지 문제(전기에너지 사용량 증가, 석유에너지 단가 등)를 해결할 필요성 대두
- (제한요인) 신규건축의 경우 초기 설치비용이 높고 투자회수기간이 긴 문제점과 에너지 효율건물의 정량적인 에너지절감효과를 보여줄 데이터가 없어 시장 활성화가 더딘 실정임
- (고효율 에너지 건축물) 2020년 국내 에너지효율건축물 시장 규모는 약 5조원으로 추정 (CAGR 3.1%)
  - 2015년까지는 유가와 건물효율 원재료 부문의 가격하락, 건설시장 성장의 둔화로 인해 에너지 효율 건물 시장 성장률도 낮은편으로 분석되었으나 고효율 건축물에 대한 정부의 정책방향을 배경으로 지속적인 성장세를 보일 것으로 예상됨

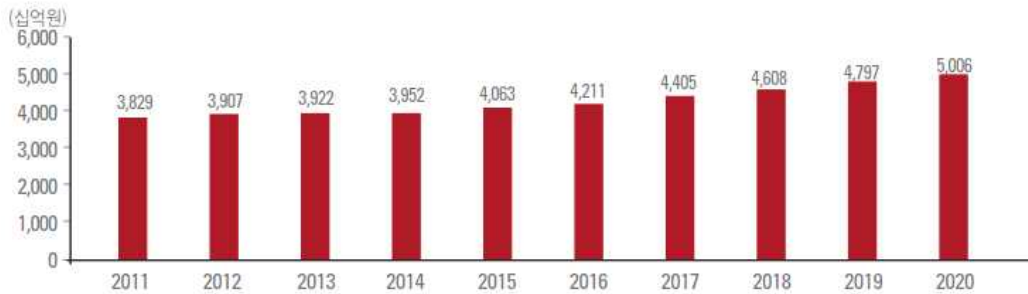


그림 164. 고효율 에너지 건축물의 국내 시장규모 전망

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.71, 산업통상자원부)

- (건물재료)외피와 창호를 중심으로 시장규모를 형성하고 있으며 전망기간 동안 외피 6.3%, 창호 3.1%, 내피 3.1% 연평균 성장률을 보일 것으로 예상

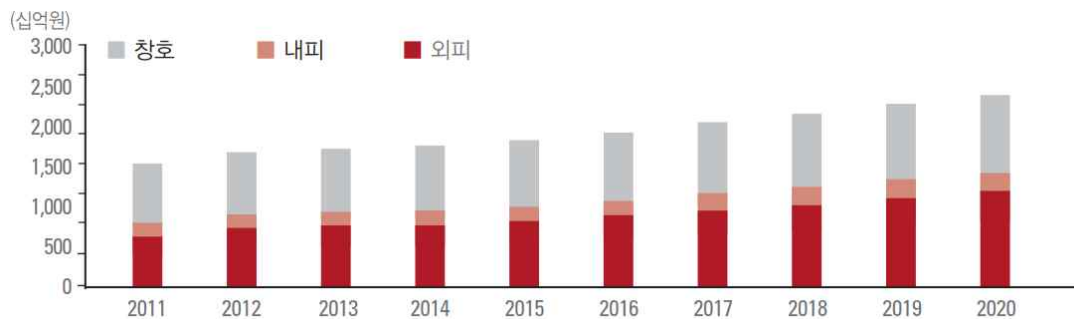


그림 165. 건물재료의 국내 시장규모 전망

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.72, 산업통상자원부)

- 건축에 종사하는 실무분야로는 수많은 설계사와 시공사가 존재하며 소규모 건축물의 경우 중견기업 이상 대기업이 침투하기 어려운 시장으로 인식되었으나 최근 패시브하우스, 제로에너지하우스의 단지를 개발, 기획하는데 있어서는 LH, SH와 같은 공사를 비롯한 대기업이 시장점유율을 높이고 있는 실정임.
- 국토교통부(녹색건축과) 주관 ‘제로에너지빌딩 시범사업’ 연구의 실증과 더불어 ‘대구 제로에너지타운’, ‘북한강 동연재’, ‘LH 순환형 임대 리츠 시범사업’ 등 단지 신축이 가속화되고 있음.



그림 166. 패시브 단지 인증 사례

(출처:(사)한국패시브건축협회)

- 그러나 절대적인 수를 차지하고 있는 소규모 건축시장은 여전히 소규모 설계사, 시공사에서 실무가 이루어지고 있는데, 우리나라의 경우 소규모 설계사는 설계단가를 낮추어 박리다매의 형태로 일을 수주하고 있어 근본적으로 양질의 건축물 설계가 어려운 시장 구조를 갖고 있음. 이는 교육을 통해 건축물리 및 환경에 대한 이해를 바탕으로 설계하는 풍토가 필요하며 건축주 역시 설계 활동에 대한 합당한 대가를 지불하는 의식의 고취가 필요한 상황임.
- 설계와 마찬가지로 시공분야에서도 실질적인 건물을 지어냄에 있어서 구두와 경험에 의존한 시공방식에서 벗어나 과학적인 성능검증을 통해 하자 안정성을 확보한 방법으로 시공하는 자세가 필요하며 수주와 실적이 아니라 전체적인 건물의 품질을 끌어올려야 할 것임.
- 또한, 현재 감리의 권한은 건물의 안전성에 집중되어 있어 건물의 성능에 심각한 영향을 미치는 벽체의 구성방법(단열, 기밀, 습열에 관한 내용)에 대한 강제성은 부족한 상황이며, 하자 발생이 예견되어 있음에도 경제적인 이유로 재시공을 회피하고 있는 실정임.
- 현장노동자의 교육에도 문제점이 있으나 값싼 외국인 노동자들이 대부분의 인력을 담당하고 있는 현 상황에서 그들의 교육을 책임지는 현장소장과 감리자의 역할이 매우 중요함.

○ 리모델링

- 리모델링의 경우 다수의 논문, 연구사업이 진행되고 정책방향이 제시되고 있음. 특히 ‘2025 서울특별시 공동주택 리모델링 기본계획\_서울시’ 과 ‘맞춤형 리모델링 지원을 위한 사례별 리모델링 기법 연구\_국토부’ 등 에서 수준 높은 결과물을 도출하였음. 전자는 기초조사를 통하여 유형을 구분하고 지원·관리방안 적용과 기본방향을 제시한 바 있으며 후자는 실질적인 리모델링 아이টে을 분류하고 단지별, 주동별, 주호별 아이টে을 분류하여 단가를 포함한 가이드라인을 제시하였음.
- 그러나 소규모 건축물을 대상으로 하는 연구는 아직 부족한 실정이며 더욱이 에너지 최적화에 관련하여서는 설계규범 및 가이드라인 이외에도 그 세부적인 실천방안은 도출되지 않았음



그림 167. 리모델링 관련 연구 결과물

- 실제 시장구조를 살펴보면 리모델링의 경우, 매우 작은 규모의 수리업자를 통하거나 소규모 아플리에 설계사무실 또는 에서 이루어지는 경우가 많은데 역시 건축물리에 기반한 건물의 안정성, 쾌적성 및 에너지성능과는 무관하게 미관과 편의성을 향상시키는데 그 목적을 두고 있음. 이에 따라 하자발생은 필연적으로 뒤따르고 있으며 2~3년 뒤에 또다시 방수, 곰팡이, 기밀훼손 등의 문제가 발생하며 분쟁도 끊이지 않는 실정임

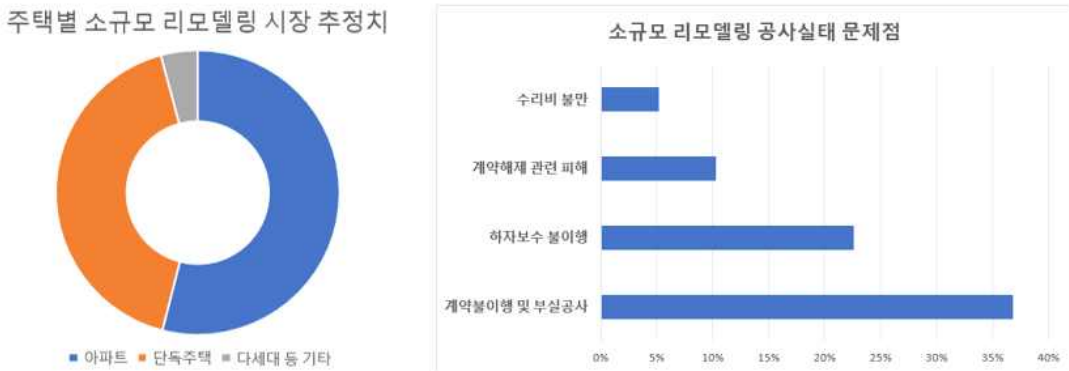


그림 168. 리모델링 시장추정치와 공사실태 문제점  
(출처 : 급성장하는 소규모 리모델링 양성화 방안, 건설경제신문, 2015.11.)

○ 설비 제품 및 패키징화

- 소규모 건축 내에서 설비로 분류할 수 있는 분야는 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등을 용이하게 하는 제품을 생각할 수 있음. 과거 큰 집을 선호하던 경향에서 아파트 위주의 주거로 바뀌면서 아파트 면적(평형)에 따른 냉·난방, 환기 설비를 상품화하였는데 또다시 사회적 변화로 말미암아 1인 가구를 비롯한 소규모 건축물의 비율이 높아지고 아파트 또한 평수를 줄이면서 실을 늘리는 형태의 평면변화를 가져오게 됨.
- 그러나 설비 분야의 입장에서는 기술개발이나 생산인프라가 구축된 상황에서 새로운 국면으로의 변화가 경제적 이익과 마찰을 일으키는 문제점이 있음.
- 현재 개별 설비제품들의 기술력은 많은 발전을 이루었으므로 이를 효과적으로 조합하는 방법의 고민이 필요함.
- 선진국을 중심으로 창호와 환기장치를 조합한 상품이나 히트펌프와 환기장치를 조합한 상품 등이 시판되고 있으며 높은 수요를 보이고 있음. 이러한 하이브리드 기술을 비롯한 신기술들을 국내에 적합하게 개발하는 과정이 필요할 것임.
- (HVAC) 국내 HVAC 시장은 냉방이 40% 이상을 차지하는 특성을 보이고 있으나 시장 성장률로 보면 HVAC 난방이 2020년까지 연평균 성장률 23.9%로 높은 수준

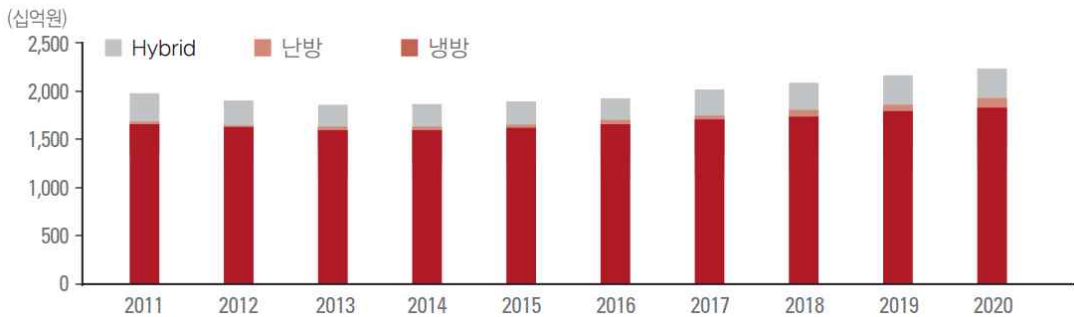


그림 169. HVAC 국내 시장규모 전망

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.72, 산업통상자원부)

- (HVAC) B2B 및 B2C 시장 구조 형성
  - B2B 시장의 경우 공공사업이나 상업용 건물에 적합하며, B2C 시장의 경우 일반 가정 소비자에 적합한 구조



그림 170. HVAC 시장 구조

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.77, 산업통상자원부)

• (히트펌프 및 공기조화 장치)

- 2025년 의무화 추진 대상인 제로에너지주택은 현재의 건물과 현저히 다른 에너지 사용 특성을 가지며, 이에 대응할 수 있는 신재생, 히트펌프 및 ESS 등과 연계한 신열원 시스템의 개발 중에 있음
- 에너지 감축이 큰 히트펌프형 공기조화장치가 지속적으로 성장할 전망이다 히트펌프 분야는 Daikin, Toshiba, Sanyo, Mitsubishi 및 Hitachi 등 일본 업체들이 전 세계 시장의 60%를 차지하고 있으며 LG 전자, 삼성전자 등 국내 기업은 세계시장의 약 13%를 점유 (내수 및 수출 약 25억 \$)(BRISIA, 2014)
- 일본은 세계 히트펌프 시장의 선두주자로 일본 내 공기조화 장치 시장의 95% 이상을 히트펌프가 차지 하고 있으며 유럽 및 중국의 히트펌프 시장에서도 각 나라 업체와의 기술협력을 통하여 그 시장을 주도하고 있으며, 한국의 경우 전통적인 온돌문화로 시장 확대가 둔화

표 75. 히트펌프 시장 산업구조

대기업	중소기업	공통
- 중앙 공급형 공기조화장치는 주로 대기업위주의 산업구조	- 중소기업은 에너지절약형 제품과 요소 부품인 압축형 팽창밸브 등과 제어장치의 생산에 치중	- 에너지 감축이 큰 히트펌프형 공기조화장치가 지속적으로 성장 중에 있음

○ 에너지관리기술

- 스마트홈, 마이크로그리드, HEMS 등 건축에 적용되고 있는 IoT 기술의 발전은 가속화되고 있으며 급증하고 있는 연구 수주에서도 확인할 수 있음. 아직까지는 기기에 입력한 기능을 편리성에 집중하여 실행하는 상황이지만 머지않아 기기 스스로 학습하고 실행하는(AI) 단계에 다다를 것으로 보임.
- 국내의 각 통신사들은 저마다 건축회사와 컨소시엄을 만들어 건물 내의 생활을 운택하게 만드는 기술을 개발하고 있으며, 중견/중소기업 주도하에 스마트홈 융합 기기 산업이 진행되고 정부부처 및 유관기관에서는 에너지를 관리하는 H(B)EMS기술, 에너지를 저장(ESS) 판매하는 기술(마이크로그리드) 등을 발전시키고 있음

표 76. 홈네트워크 산업구조

가전사 주도	통신사 주도	중견/중소기업 주도
- 고가의 프리미엄 가전 및 ICT 디바이스 산업 - 스마트홈 가전제품 - 모바일 스마트 디바이스 제품	- 스마트홈 서비스 산업 - 홈게이트웨이 및 인터넷 서비스 - 홈엔터테인먼트 서비스 - 홈 IoT 서비스	- 홈네트워크 기기산업 - 월패드 중심의 홈오토메이션 장치 - 안전/보안/헬스 장치 - 에너지 모니터링 장치

(출처 : 중소기업 기술로드맵, 중소벤처기업부, p.105)

- (EMS) 에너지효율건물 시장에서 EMS가 차지하는 규모는 전망기간 동안은 미미한 수준이나 BEMS를 중심으로 연평균 성장률 1.0~2.0% 수준으로 지속적 성장 예상

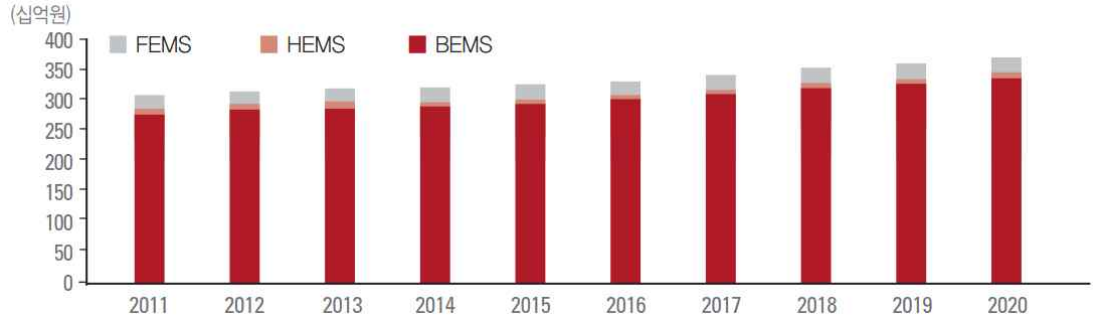


그림 171. EMS 국내 시장규모 전망

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.72, 산업통상자원부)

- (EMS) 시장구조 분석

- 사이트의 규모와 건설업체의 시스템 통합 업무 가능여부에 따라서 시장구조가 부분적으로 차이나는 것으로 분석



그림 172. EMS 시장구조 분석

(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.76, 산업통상자원부)

- (ESS) 2020년 국내 에너지 저장기술 시장 규모는 약 8,629억원으로 추정

- 단기적으로는 에너지저장 시장이 활성화되기 어려우나 중장기적으로 성장 잠재력이 높음

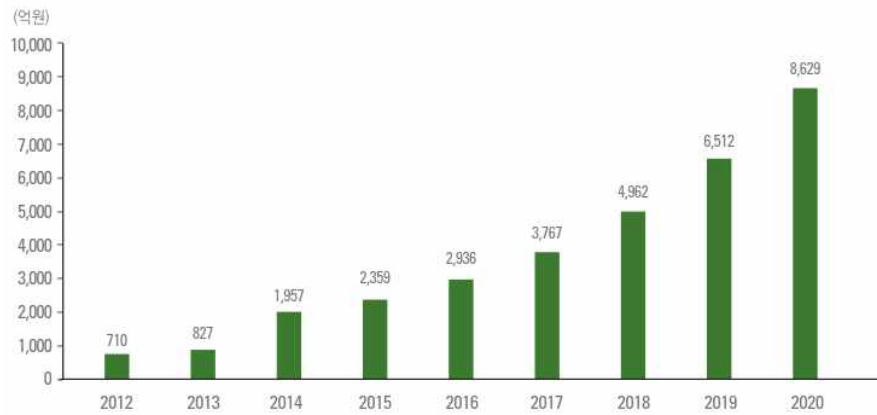


그림 173. 에너지저장기술 국내 시장규모 전망  
(에너지기술 국내시장 전망, p.11, 산업통상자원부)

- (SmartGrid) 2020년 국내 스마트그리드 시장 규모는 약 2.5조원으로 추정
  - 원격검침 인프라와 에너지저장장치의 도입, HVDC 송전시설 건설 등으로 기술시장이 급격히 상승될 것으로 예상됨

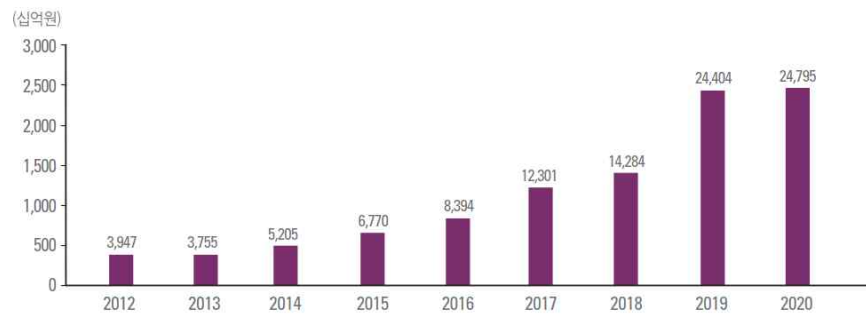


그림 174. 스마트그리드 국내 시장규모 전망  
(출처 : 에너지기술 국내시장 전망, p.55, 산업통상자원부)

## 8절. 연구의 위험요소 및 대응방안

### 가. 기초 자료 수집의 어려움

#### □ 기본적인 정보 확인이 어려운 소규모 건축물

- 소규모 건축물을 대상으로 기술개발을 진행함에 있어 공법별/ 용도별/ 규모별에 따른 객관적인 표준에 대한 정의가 필요함.
- 현재 소규모 건축물 시장을 형성하고 있는 대상 건축물들의 정보를 수집하여, 이를 보편화하기 위한 단계가 기초연구에서 수행되어야 함.
- 건축물의 환경 및 에너지성능 평가를 위해서는 건축물의 구조, 재료구성, 단열수준, 실내 평면, 창호정보, 설비의 효율 및 기밀도 등 다양한 정보를 통해 확인이 가능함.
- 하지만, 소규모 건축물 시장은 계획/ 신축 단계의 프로젝트를 제외하고는 준공 후 시간이 경과한 건축물일수록 해당 정보를 일괄적으로 수집하기 어렵거나, 해당 정보가 없는 상태로 예상됨.
- 따라서, 신축 건축물을 제외하고 노후 건축물의 준공시점, 공법에 따라 객관적인 성능지표 제시가 필요하며 이를 위해서는 다양한 형태/ 용도/ 공법에 따른 수많은 데이터를 평가하고 정량화하는 기초연구가 필요하며, 연구과제의 초기단계에서 해당 정보를 수집하기 위한 대처방안의 마련이 필요함.

#### □ 대응방안

- 노후 건축물의 기본정보를 수집하기 어려울 경우에는 에너지성능을 평가하기 위한 정보를 직접적인 실측을 통해 해당 정보를 얻는 방법과 준공연도의 법규 기준을 통해 지표를 마련하는 방법을 혼용해야 함.
- 이를 해결하기 위해 연구단계 초기(1~2차년도)에 실측을 위한 인력 구성을 고려하여야 하며, 준공시기/ 공법/ 용도 등 조사대상을 세분화하여 집단화시키고 노후건축물의 객관적인 지표를 개발해 나가야함.
- 노후 건축물에 대한 도면의 확보, 단열수준 확인, 창호성능, 설비정보 및 기밀도는 기존의 건물에너지 성능 개선 및 그린리모델링 프로젝트를 참고하여 해당 정보를 확인할 수 있을 것으로 판단됨.
- 다음의 표와 그림에서 ‘기존 에너지성능 개선 리모델링 프로젝트’의 실측을 위한 방법 및 내용에 대한 정보를 확인할 수 있음.
- 건축물의 도면이 없는 경우 해당 건축물을 실측하여 전체 도면을 작성하였으며, 구조체 내부를 확인할 수 없는 경우에는 준공시점에 따라 단열성능을 설정하였고, 현장실측을 통해 창호/ 설비/ 기밀성능을 확인 한 바 있음.

㉠ 기존 노후건축물 현장방문

표 77. 기존 노후건축물 에너지성능 분석 프로젝트

<p>○ 지산 노인정</p> 	<p>○ 대농경로당</p> 
<p>○ 초남 경로당</p> 	<p>○ 신희1리 마을회관</p> 
<p>○ 신문리 노인정</p> 	<p>○ 해암1리 마을회관</p> 
<p>○ 정죽4리 마을회관</p> 	<p>○ 정죽1리 마을회관</p> 
<p>○ 유촌리 노인회관</p> 	<p>○ 유촌리 경로당</p> 



㉔ 기존 건축물 현장 상황 확인



그림 175. 현장 실측 항목 설정 및 분류

㉕ 준공연도별 단열기준 조사

[중부지역1] (단위: mm)		단열재 등급별 허용 두께				
단열재의 등급	건축물의 부위	가	나	다	라	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	65	75	85	100	
	외기에 간접 면하는 경우	45	50	55	65	
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	90	105	120	135
		바닥난방이 아닌 경우	75	90	100	115
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	55	65	75	80
		바닥난방이 아닌 경우	50	55	65	70
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	110	125	145	165	
	외기에 간접 면하는 경우	75	85	100	110	
공동주택의 측벽		90	105	120	135	
공동주택의 중간 바닥	바닥난방인 경우	30	35	45	50	
	기 타	20	25	25	30	
[남부지역2] (단위: mm)		단열재 등급별 허용 두께				
단열재의 등급	건축물의 부위	가	나	다	라	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	50	60	70	75	
	외기에 간접 면하는 경우	30	35	40	45	
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	75	90	100	115
		바닥난방이 아닌 경우	65	75	90	100
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	50	55	65	70
		바닥난방이 아닌 경우	45	50	55	65
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	90	105	120	135	
	외기에 간접 면하는 경우	55	65	75	85	
공동주택의 측벽		65	75	85	100	
공동주택의 중간 바닥	바닥난방인 경우	30	35	45	50	
	기 타	20	25	25	30	

그림 176. 2001년 에너지절약 설계 기준 - [별표2] 단열재의 두께

- ㉔ 준공년도 기준의 단열규정이 적용되어 시공되었을 것으로 예상하여 단열 성능 유추

표 79. 단열성능 유추

구분	현장 / 준공년도	열관류율 W/m <sup>2</sup> K		
		지붕	외벽	바닥
남부지역	대농 경로당 (1995)	0.52	0.76	0.76
	신희1리 마을회관 (2000)			
	신문리 노인정 (2000)			
	정죽1리 마을회관 (2000)			
중부지역	유촌리 노인회관 (1997)	0.41	0.58	0.58
	유촌리 경로당 (1998)			
2001년 에너지절약 설계 기준 전후 ⇕				
남부지역	정죽4리 마을회관 (2003)	0.35	0.58	0.41
	지산 경로당 (2002)			
	초남 경로당 (2002)			
	해암1리 마을회관 (2002)			

- ㉕ 기밀테스트 진행



그림 177. 현장 창호 성능 측정 및 기밀테스트 모습

㉨. 에너지 해석

기후 정보	기후 조건 ◇ 전북 완주			난방 성능 (리터/㎡)	24.2	에너지성능등급 (Level 1/2/3)	↓ 15/30/50
	평균기온(°C)	20.0	난방도시(kkh)				76.7
기본 설정	건물 유형	비주거(계속사용)	축열(Wh/㎡K)	204	난방에너지 요구량(kWh/㎡)	242.21	X
	난방온도(°C)	20	냉방온도(°C)	26			
발열 정보	건물 이용자수	4	난방방열	표준치 선택	난방에너지 요구량(kWh/㎡)	5.98	Level 1
	내부발열						
면적 체적	유효실내면적						
	A/V						
열관류율 (W/㎡K)	지붕						
	바닥/지출입						
기본 유리	제곱						
	열관류						
기본 창틀	제곱						
	창틀열관						
환기 정보	제곱						
	난방효						
열교	습도회수율	0%	전력(Wh/㎡)	0	연간 난방 비용		
	선형전달계수(W/K)	0.00	점형전달계수(W/K)	0.00	3,227,200 원		
재생 에너지	태양열	System 미설치		연간 총에너지 비용			
	지 열	System 미설치					
	태양광	System 미설치					
				4,003,200 원			

**Project Overview**

**ENERGY#**  
The Optimal Solution of Passive House  
Copyright ©2017. Sungho Bae. All rights reserved.

**1. 기본 정보**

건물명	자산정로당
국가명	대한민국
상세 주소	전라북도 완주군 이서면 신촌길 77-17
건축주	
대지면적(㎡)	인용 면적
건축면적(㎡)	123.40
연면적(㎡)	건축 용도
구조/층수	지상/층
구조 방식	철근콘크리트
내장 마감	
외장 마감	

**2. 입력 요약**

**3. 에너지계산 결과**

## 나. 정책 위험요소 및 대응방안

### □ Post 2020 기후변화 체제에 대응하기 위한 정책적인 개선이 필요

- 기후변화 대응 제로에너지빌딩 조기 활성화를 추진하기 위해서는 에너지 소비 및 온실가스를 획기적으로 줄일 수 있는 제로에너지 건축 자재 및 기술 개발이 필요함.
- 우리나라에서도 제로에너지 달성로드맵이 설정되어 ‘20년 공공건물 의무화’, ‘25년 민간부문 제로에너지 건축물 의무화 보급을 목표로 하고 있으나 소규모 건축물 시장의 현실을 반영하여 최적 비용 투입을 고려한 제로에너지 활성화 지원 정책 구현이 필요함.

### □ 정부 정책적인 관리대상에서 제외되어 있는 소규모 건축물

- 본 연구과제에서 개발하고자 하는 기술은 해외 여러 국가에서 이미 제로에너지 및 고성능 건축물 육성에 기반을 둔 경제전략 수립, 추진으로 관련 기술 개발을 집중 지원하고 있어 투자가 시급히 요구됨.
- 건축환경 평가와 건축물 성능과 관련된 인증제도에 대한 낮은 인지도, 주택 에너지 소비의 지속적인 증가, 소규모 건축물 시장에서 친환경 건축기술의 낮은 적용성 등 시장확대를 저해하고 있는 요소들을 분석하고 이를 해결할 수 있는 근본적인 대책마련이 필요함.

### □ 대응 방안

#### ○ 정부 주도의 연구사업 추진

- 소규모 건축 시장 및 기술의 육성과 발전은 범 국가적인 온실가스 배출량 절감 달성과 삶의 질 향상에 매우 중요한 역할을 수행하며, 건강과 웰빙에 대한 지속적인 수요증가 추세를 보이는 시점에서 본 연구과제를 통해 소규모 건축물을 위한 기술 개발과 정책 개선의 방향성을 제시하는 것은 시의 적절하다고 판단 됨.
- 본 기획과제에서 제시하는 연구내용의 특성상 연구 초기 단계에서 정량적/ 가시적인 연구개발 성과를 확인할 수는 없으나, 연구과제에서 제시하는 표준의 상세/ 시공/ 리모델링 기법을 통해 소규모 건축물 시장의 전반적인 품질향상을 도모할 수 있을 것으로 기대되어, 정부 주도의 지원이 지속되어야 할 필요성이 있음.
- 또한, 소규모 건축물에 대한 국가정책을 추진하기 위해서는 개발되는 기술과 기준이 해당 정책의 기초자료로 활용될 수 있어, 이와 맞물릴 수 있는 형태의 정부지원 연구개발 사업으로 방향성을 정립해야 함.

#### ○ 소비에너지 최적화 정책 개발

- 에너지성능개선의 저해요소는 인식의 결여, 경제적 요인, 정보의 부족, 규제체계의 결여 등을 들 수 있음.<sup>18)</sup>
- 에너지 문제에 대한 인식의 결여는 직접적인 행동으로 이루어지지 않으며 가까운 예로 세권자를 들 수 있음. 세입자의 경우 직접적인 불편함을 겪으면서도 개선하고자 행동하지 않으며 반대로 세권자는 개선의 의지를 갖지 않음. 따라서 거주유형(임대/자가)에 따

18) 기존주택 리모델링 촉진을 위한 목적지향형 정책수단 개발, 한국건설기술연구원, 2015

른 정책수요조사를 기반으로 삶의 질을 높이는 정책개발을 통해 이를 해결 할 수 있음.

- 저소득층의 경우 아파트에 거주하는 28.7%를 제외하면 단독주택(53.1%), 연립주택(2.4%), 다세대주택(8.8%), 비거주용 건물 내 주택(1.9%)<sup>19)</sup>에 거주하고 있으며 종합하면 66.2%가 소규모 건축물에 거주하고 있음. 따라서 가구의 경제적 요인을 고려한 금융지원제도와 같은 해결 방안을 마련할 필요성이 있음.
  - 프랑스 : 소득, 가족구성, 지역 등에 의해 차등적 보조금 지원
  - 독일 : 직접 보조금, 저리융자, 용자 면제, 세제 우대 등
- 소비 에너지 최적화의 첫 번째 필수 사항은 정보의 공유임. 상기한 생태계 구성 요소(공급자, 수요자)들은 각각이 필요로 하는 정보가 존재하며 그 깊이의 차이가 있을 뿐임. 교육과 정보의 공유를 통해 컨설팅 및 시공품질 감독의 인력 부족 문제를 해소하는 등 국가차원에서 지식의 상향평준화를 지향할 수 있는 연구의 결과물이 필요함.
- 실효성 있는 정책을 위해서는 이를 뒷받침하는 데이터의 구축이 필수적이며, 에너지 최적화를 평가할 수 있는 성능평가 기준을 마련해야 하고 각 부처 간 통합이 이루어져야 함.



그림 179. 녹색건축 산업의 전망과 발전방향

(출처 : 부동산포커스, 이한경, 2013)

- 위 표의 녹색건축산업의 발전단계에서 주의할 점은 각 기술 요소의 중요도를 파악하여 반드시 실행되어야 할 요소와 선택이 가능한 요소의 규제 범위가 정립되어야 함.
- 이를 위해 에너지 사용량 신고, 에너지 진단, 에너지 통합관리 시스템 구축 등이 활발하게 전개되어야 하며 올바른 기준의 수립과 대상별 적합한 기준의 설정이 필요함.

19) 소득구분에 따른 주거유형, 통계청, 2016

## 9절. 성과활용 및 사업화 전략

### 가. 기본 성과활용 추진방안

- 본 연구과제는 전문적으로 세분화되어 있는 다양한 건축참여주체들에게 소비에너지 최적화 설계 상세도, 시공 품질확보를 위한 가이드라인 및 체크리스트 등의 핵심기초자료를 개발하고 보급하는 것이 핵심 목표임. 이를 통해 모든 건축 관련 종사자들이 소규모 건축물의 소비에너지 절감 및 온실가스 배출 저감에 기여할 수 있도록 유도할 수 있음.
- 연구의 궁극적인 성과활용 또는 사업화 전략은 ‘산업생태계 분석 계층구조’에서 Layer 1(소재 및 부품)과 Layer 2(핵심제품, 서비스)의 활성화를 지원하는 형태이며 이를 통해서 비즈니스 모델이 파생될 것으로 보임. 즉, 급속도로 신장되고 있는 에너지 건축물 시장을 올바른 방향으로 이끌며 직접적인 사업을 추진하기보다 다양한 사업이 발생할 수 있는 배경과 기준을 마련하는 것임.
- 그러므로 본 절에서는 고도의 비즈니스 모델 제시보다는 본 세부과제의 최종성공물이 건설참여주체들에게 어떻게 활용될 수 있는지를 집중 조명함.

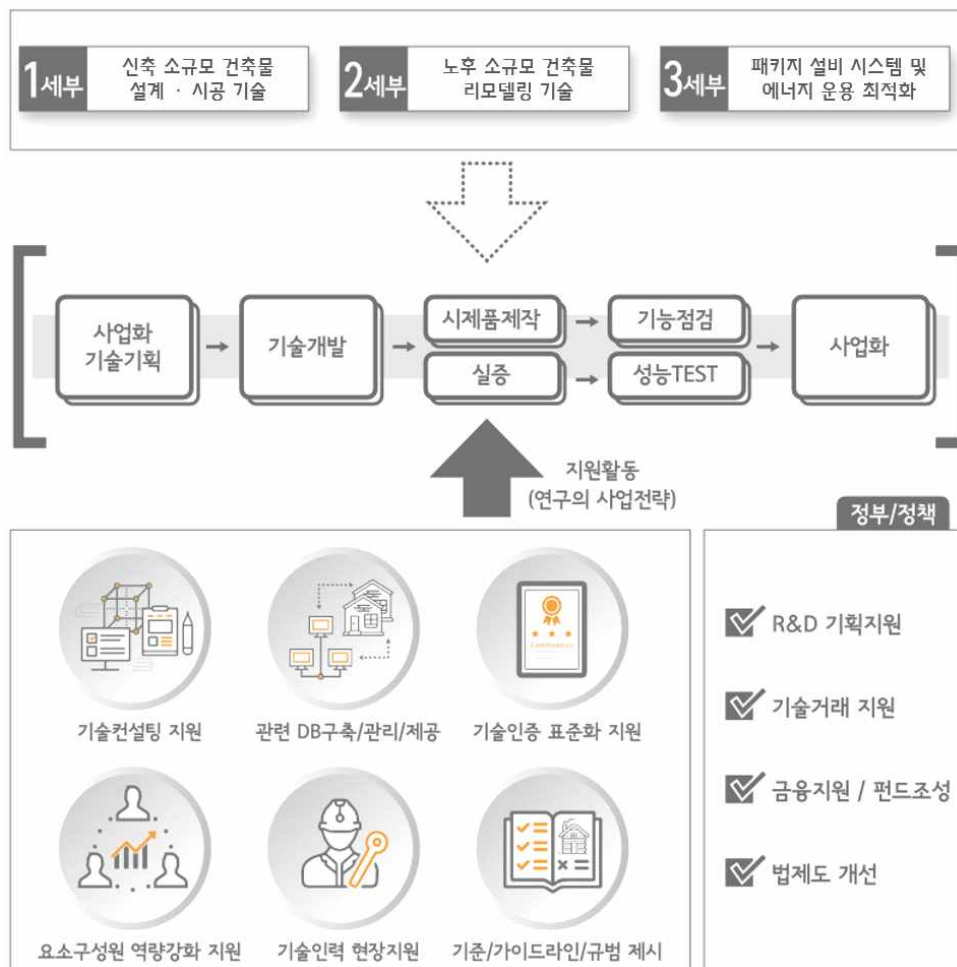


그림 180. 기술사업화 특성분석 및 전략적 추진방안

(한국과학기술기획평가원, p.8, 인용 재구성)

## 나. 수요처를 고려한 맞춤형 기술개발

### ○ (1세부) 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공 기술 개발

1-1	국내 유통 자재 물성 분석 및 기후최적화 외피설계 기준 개발
1-2	시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 설계기준 및 부위별 상세도개발
1-3	시장밀착형 신축 소규모 건축물 소비 에너지 최적화 시공 기준 및 시공예시도 개발
1-4	실증 건축물 구축
1-5	설계기준의 정책적 연계방안 개발

### ○ (2세부) 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발

2-1	노후 소규모 건축물 설계·시공 현황 유형화
2-2	시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안 제시
2-3	에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준·상세도·시공예시도 개발

#### • 공통사항

- 건축물의 에너지성능에 대한 객관적인 정보 제공으로, 건축물이 성능 확인 선택의 기준을 제시할 수 있음.
- 공급자의 지식/능력 신장의 기회를 제공하며, 자격관리 방식을 개발함으로써 새로운 일 자리를 창출하고 궁극적으로 양질의 건축물을 생산할 수 있는 이론적 기틀을 마련함.
- ‘건축’이라는 분야는 다방면의 기술이 집합체를 이루고 있어 개인이 모든 것을 관장하기에 부족한 분야임. 그러나 생태계 구성원은 해당 분야 이외의 요소에 대해서도 그 시스템을 이해하고 있어야 하며 개발성과를 통해 이러한 니즈를 해소할 수 있을 것으로 보임.

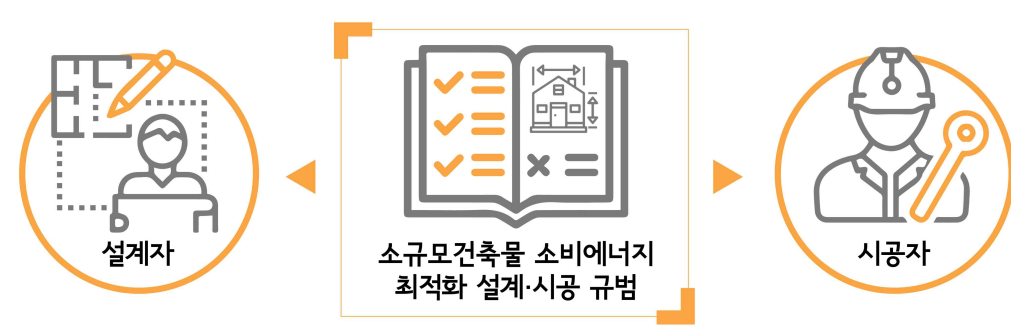


그림 181. 최적화 설계/시공 규범을 통한 활용성 증대

• 설계자 활용성 증대

- 소비에너지 최적화 설계/시공 규범은 저에너지 건축설계기법과 습열거동분석을 기반으로 하자발생을 최소화하는 방향을 제시하게 되며 전체적인 에너지 사용은 물론 부분적인 에너지의 소비와 공급 그리고 절감방안을 확인할 수 있으므로 건물에너지 성능변화와 재실자의 쾌적감 예측이 가능함.
- 또한, 건축물의 부위별 상세도를 개발함으로써 주요 부위에 대한 원리를 파악하고 설계에 응용 반영할 수 있도록 유도함.
- 시뮬레이션 분석을 통한 성능 값을 기반으로 단계별 리모델링 방안을 제시함.

• 시공자 활용성 증대

- 최적화 설계규범을 기반으로 실제 시공하는 예시도를 개발·보급함으로써 이해도를 높이며 권장 사항과 최소사항의 기술을 제시함으로써 경제적인 효율성을 고려할 수 있음.
- 공정에 따른 시공예시도의 학습을 통해 발생할 수 있는 하자를 미연에 방지하게 되며 시행착오를 줄임으로써 완성도 높은 건축물을 생산할 수 있음.

• 감리자 활용성 증대

- 하자방지 체크리스트를 작성함으로써 각 공정별 확인사항을 명확히 함.
- 다수의 하자발생 사례집을 분석함으로써 각 사례별 대처방안을 소개하여 건축주의 건물 활용방법 및 대처방안을 제시함.

• 지자체 활용성 증대

- 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계/시공 기술 개발의 내용 중 반드시 실행되어야 할 주요 요소들을 추출하여 규범화함으로써 현장 적용성을 높이며 지원정책 및 서비스 제안 활성화를 통해 지속가능한 건축물 시장을 배양함.
- 에너지 최적화를 달성하기 위해 에너지목표를 수립하고 이에 따른 인증제도를 개선함으로써 소규모 건축물의 품질향상을 기대함.
- 소규모 건축물을 대상으로 법적으로는 성능을 규제하고 정량적 성능평가가 가능토록 하며 시장 활성화를 위해 인증제도 및 지원정책 그리고 서비스를 제안함으로써 산업생태계의 선순환체계를 구축함.

• 건축주

- 소비에너지 최적화에 대한 소비자 인식조사, 거주유형에 따른 수요조사 등을 통하여 에너지문제에 대한 인식을 고취시키고 정보를 제공하는 플랫폼을 개발함으로써 에너지 최적화에 대한 문턱을 낮추고 소비자의 접근성을 용이하게 함.

• 에너지 전문 인증기관

- 소비에너지 최적화 설계/시공 규범은 컨설팅 인력 및 감리 인력의 교육지침으로 활용될 수 있으며 건축시장 곳곳에서 품질을 개선하는 역할을 할 것으로 기대.
- 대규모 건축물뿐만 아니라 열악한 환경의 소규모 건축물에 대하여 실질적인 데이터를 기반으로 하는 인증기준 수립을 용이하게 할 것임.

- 최근 활성화되고 있는 제로에너지, 패시브, 액티브에 관련된 교육은 전반적인 에너지 시장의 개요를 다루고 있으며 각 전문분야에 대한 깊이 있는 교육체계가 마련되어야 할 것임. 이에 따라 직접적인 교육 참여와 더불어 출판의 형태로 지식습득의 기회를 제공할 수 있음.

○ (3세부) 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출

<b>3-1</b>	소규모 건축물 부하 최적화 설비용량 산정 및 부하계산 프로그램 개발
<b>3-2</b>	히트펌프 기반 제습·환기 일체형 하이브리드 설비 패키지 및 제어기술 개발

- 건축설비 엔지니어 및 에너지 전문 인증기관
  - 냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명에 대한 장기모니터링을 통해 실측데이터를 정량화함으로써 실제와 가까운 시뮬레이션 예상 값을 얻을 수 있으며 에너지 관리 기술의 근거자료를 제공할 수 있음.
  - 에너지관리기술 및 에너지 최적화의 성과로 인해 적절한 설비의 용량 산정이 가능하게 되며 이는 1인 가구, 신혼 가구, 4인 가구 등 인원수에 맞춘 설비제품 개발을 촉진할 것임.
  - 하이브리드 설비 개발을 통해 버려지는 에너지를 회수하고 비슷한 에너지원 또는 건물 요소와의 융합을 통해 시너지효과를 발생시킬 수 있으며 이는 패키지화를 통해 빠르고 직접적인 시공이 가능할 것임.
  - 소규모 건축물 에너지 관리의 기본은 건물 내의 모든 정보를 컨트롤 할 수 있는 중앙제어 장치의 능력이며 이 장치가 관리해야 하는 다양한 정보의 데이터 및 기준을 명시함으로써 실효성 있는 에너지 관리 기술을 개발할 수 있음.
  - 하나의 건축물에서 생산/소비되는 에너지의 흐름에서 나아가 마이크로그리드 및 스마트그리드의 미래상을 기대해볼 수 있음.

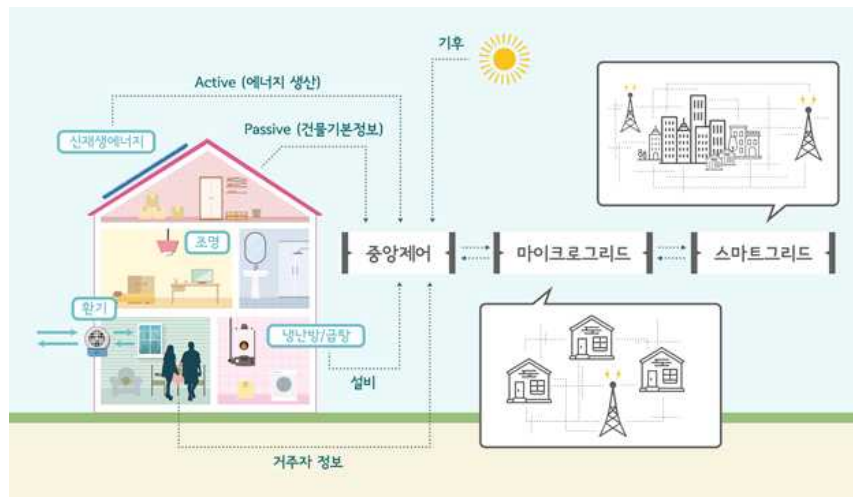
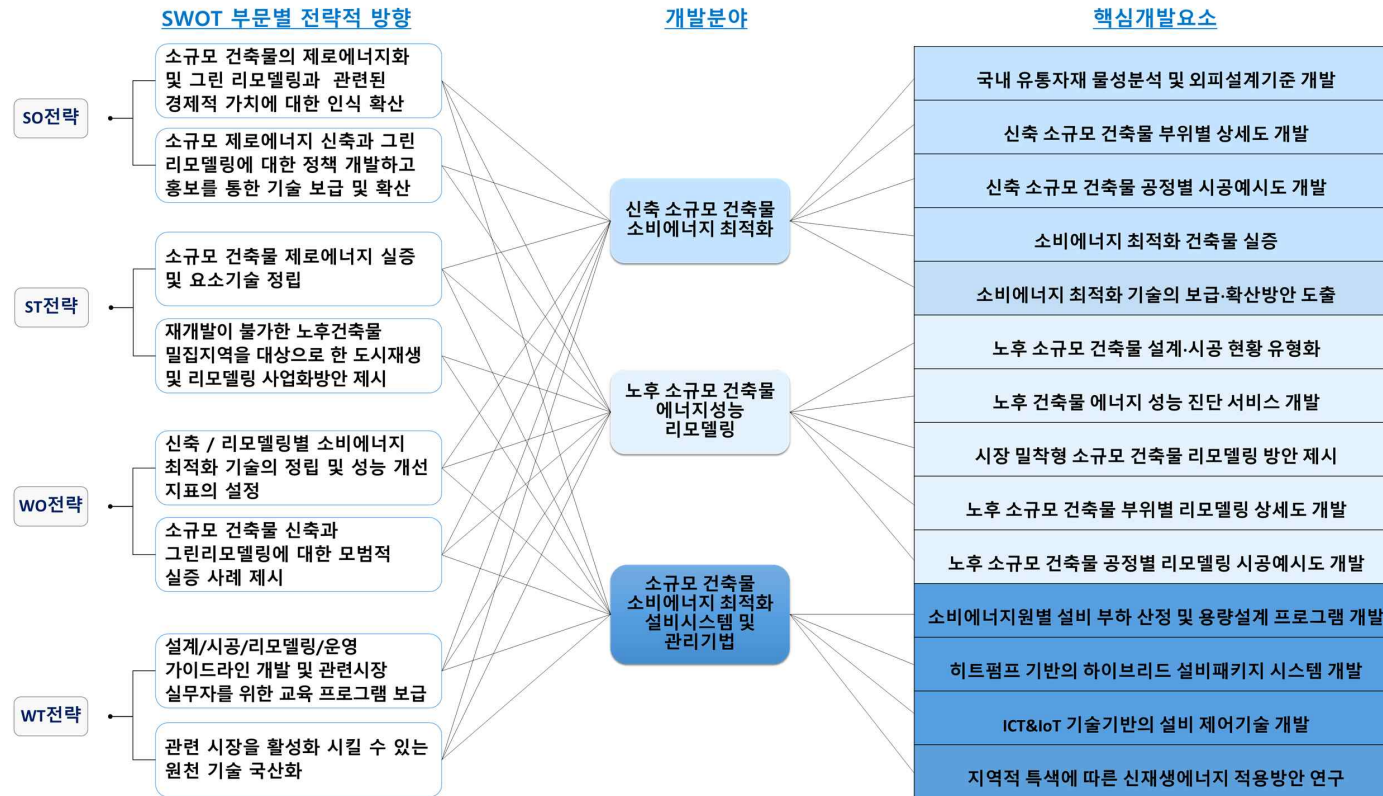


그림 182. 에너지 관리 기술개발의 성과활용

# 4장. 사전타당성 검토

## 1절. 연구과제 도출 논리모형

### 가. 연구개발 전략적 방향 설정



나. 개발분야 및 핵심개발요소

**소규모 건축물 소비에너지 최적화 요소기술**

**신축 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계·시공기술 개발**

- 국내 유통자재 물성분석 및 외피설계기준 개발
- 신축 소규모 건축물 부위별 상세도 개발
- 신축 소규모 건축물 공정별 시공예시도 개발
- 소비에너지 최적화 건축물 실증
- 소비에너지 최적화 기술의 보급·확산방안 도출

**노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발**

- 노후 소규모 건축물 설계·시공 현황 유형화
- 노후 건축물 에너지 성능 진단 서비스 개발
- 시장 밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안 제시
- 노후 소규모 건축물 부위별 리모델링 상세도 개발
- 노후 소규모 건축물 공정별 리모델링 시공예시도 개발

**소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출**

- 소비에너지원별(냉방/난방/급탕/환기) 설비 부하 산정 및 용량설계 프로그램 개발
- 히트펌프 기반의 하이브리드 설비패키지 시스템 개발
- ICT&IoT 기술기반의 설비 제어기술 개발
- 지역적 특색에 따른 신재생에너지 적용방안 연구 (도심지/교외지역 등)

**최종 연구목표**

- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발을 통한 행복건축 구현 및 온실가스 배출 저감
  - 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 설계·시공·리모델링 기술 개발
  - 하이브리드 설비 패키지시스템 개발 및 ICT&IoT 기술을 활용한 능동형 건물 운영 솔루션 개발

다. 과제별 현황(As-Is) 및 미래상(To-Be)

세부과제	현황(As-Is)	미래상(To-Be)
<p><b>신축 소규모 건축물을 위한 소비에너지 최적화 설계 · 시공 기술 개발</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>패시브기법을 활용한 설계 · 시공 기준 및 설계디테일 · 시공예시도의 부재</li> <li>적용 기술 등에 대한 소비에너지 최적화 사례 부족</li> <li>설계 · 시공 실무자 및 관리자의 건축물 에너지 · 환경성능에 대한 이해도 부족</li> <li>소규모 건축물의 소비에너지 최적화 성능 기준 미비</li> <li>건물에너지 관리체계의 사각지대에 위치한 실태</li> <li>세입자 및 세권자간 건축물 성능 개선 의지 불분명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소비에너지 최적화 소규모 건축물 표준 모델 설정 및 보급</li> <li>기존 기술 연계활용 전략 구축</li> <li>시공성, 경제성을 확보한 융복합 설계 · 시공 시스템 개발 및 리모델링 기술확산</li> <li>소규모 건축물 제로에너지 목표 성능기준 설정을 통해 설계상세도와 시공 예시도 등의 표준모델 제시</li> <li>국가적 차원에서 확대 적용 가능한 소규모 건축물 에너지성능 기준 설정</li> <li>연구사업에서 개발된 요소기술의 일반화 및 확산</li> <li>건물에너지에 대한 인식의 제고를 통한 신축 및 노후 건축물의 에너지 성능 고도화</li> </ul>
<p><b>노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실내·외 미관개선 성격의 리모델링 활성화</li> <li>열악한 리모델링 시장으로 인해 예견된 하자 재발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존건축물 연도별 성능분석을 통해 리모델링 방향설정을 용이하게 하고 리모델링 설계/시공기준을 통해 하자발생을 방지함</li> <li>리모델링 단계별 프로세스 개발·보급을 통한 접근성 강화</li> </ul>
<p><b>소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 도출</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 건축물 전용의 설비 · 시공 제품의 부재</li> <li>패시브 · 액티브 · 신재생에너지 유기적인 연계기술의 부족</li> <li>대규모의 건축물 위주의 건물에너지 관리 기술</li> <li>소규모 건축물의 에너지 항목별 사용량의 측정이 불가능한 실정</li> <li>경제성을 고려한 소규모 건축물 제로에너지 구현 및 관리 기술에 대한 종합적 분석 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물 에너지성능에 따른 설비용량 선택 및 에너지 남용 견제</li> <li>패시브/ 액티브/ 신재생에너지 유기적인 연계를 통한 제로에너지 달성</li> <li>냉·난방 급탕 및 환기설비의 패키지를 통한 에너지 최적화</li> <li>ICT 기술과의 융합을 통해 실시간 제어 및 정보 제공</li> <li>건축물의 성능에 따른 최적 신재생에너지 설비용량 선택 및 소규모 건축물의 에너지 독립</li> <li>에너지빈곤 및 주거복지의 개선</li> </ul>

## 2절. 정책적 타당성

### 가. 국가 정책 전략적 중요성

#### 1) 국토교통건설/ 산업의 정책적 중요성

- 제로에너지 시대 맞춤형 행복 주거공간의 구현, 세계 선도형 건설기술을 개발하기 위한 「소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발 기획」 과제의 국토교통건설 정책적 중요성 및 건설산업의 배경은 다음과 같음
- 新기후변화체제에 대처하고, 범국가적인 온실가스 배출량을 줄이기 위해 건축부문의 건물에너지 효율화를 위한 정책은 점진적으로 강화되고 있으며, 이를 뒷받침할 수 있는 저에너지/친환경 요소기술 개발의 필요성이 대두되고 있음
- 국내의 건설산업은 신주택보급률이 100%를 초과한 이후로, 주택보급의 포화상태가 지속되고 있음. 국내 건설경기의 둔화와 전반적인 경제 체감경기의 불황으로 인해 건설산업은 약진을 거듭하고 있는 실정이며, 이를 타개하고 건설산업의 활성화를 위해서는 고부가가치의 건설산업 혹은 새로운 시장의 창출이 필요함
- 또한, 건설산업 침체를 타파하기 위하여 국토교통 R&D 전략에서도 세계 최고 수준의 기술 개발과 이를 통한 해외 시장 점유율 확대를 주요한 목표로 설정하고 있음
- 최근, 국토교통부는 2016년 11월 16일 보도 자료를 통해 국가 온실가스 감축 및 국민 주거비 경감을 위하여 신축 공동주택의 에너지 의무절감률을 상향 조정(30~40% → 50~60%) 하겠다는 내용을 주로 하는 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 개정안을 2017년 6월부터 시행한다고 예고한 바 있으며, 저에너지/친환경 건축물을 구현할 수 있는 고도화된 요소기술의 개발의 필요성을 반증함
- 이처럼 정부정책의 강화, 요소기술의 개발과 저에너지 건축물에 대한 인식의 저변 확대가 이루어지고 있는 상황에서, 본 연구단에서 제시하는 연구 기획의 내용은 소규모 건축물의 저에너지/ 고효율 건축물을 실현하기 위한 요소기술로 에너지효율화와 온실가스 배출 절감을 달성하기 위한 국가 정책을 반영하고 있음

#### 2) 사회문화적 기여도와 중요성

- 본 연구과제의 수행 및 요소기술 개발의 추진을 통해 다음과 같이 긍정적인 사회문화적 기여도를 예상할 수 있음
- 주거복지의 향상 및 노후 건축물의 에너지빈곤을 해결할 수 있는 설계·시공 및 리모델링 요소기법 확보에 따라 건축물 제로에너지 시대에 발맞추어 건축물의 에너지 고효율화를 이룰 수 있으며, ICT 산업과의 연동 및 융합기술 개발을 통해 건축물 생애주기 기간동안 유지관리 비용의 절감으로 범국가적인 예산 절감에 기여할 것으로 판단함

- 노후 건축물의 리모델링 활성화를 통해 건설 자재 시장의 확대에 기여하며, 리모델링 사례의 보급/ 확산을 유도하여 건물에너지 성능에 대한 사회적 인식을 제고하며, 예견된 지속적인 하자발생을 방지함
- 제안 기술은 기존 기술 대비 건축물 사용자의 쾌적성 및 에너지 저감을 중심으로 한 사용자의 건강 향상과 경제적 부담을 줄여주는 기술로서 국민행복기술에 해당함

## 나. 상위계획과의 부합성

### 1) 정책적 일관성

#### ○ 제4차 국토종합계획 수정계획(국토교통부, 2011~2020)

- 대한민국의 새로운 도약을 위한 글로벌 녹색국토를 비전으로 추진전략을 수립
- 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화, 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성, 쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성, 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축, 세계로 열린 신성장 해양국토 기반 구축, 초국경적 국토경영 기반 구축의 6대 추진 전략을 제시함

⇒ 본 과제는 이러한 국토교통부의 6대 추진 전략 중 쾌적한 주거환경 조성 및 신성장 기반 구축에 부합됨.

#### ○ 제2차 건축정책기본계획(국토교통부, 2015~2019)

- 안전과 행복, 창조와 문화를 이끄는 건축 비전 실현을 위한 3개 목표, 9개 추진전략, 24개 실천과제 수립
- 생활공간의 안전성 증진, 생활밀착형 공간복지 체계 구축, 건축물 리뉴얼 촉진 활성화, 공공건축 효율화, 건축서비스산업 활성화, 녹색건축 실현, 지역 고유의 건축물화 창달, 국토경과 향상, 통일 한국 건축 비전 제시의 9개 추진 전략을 제시함

⇒ 본 과제는 건축물 리뉴얼 촉진 활성화, 녹색건축 실현의 실천방안 마련을 요소 기술로 활용될 수 있어 상위 계획과 충분히 부합됨

#### ○ 국토교통부 7대 신산업

- 국토교통부 7대 신산업(자율주행차, 드론, 공간정보,해수담수화, 제로에너지빌딩, 스마트 도시, 리츠) 중 하나로 제로에너지빌딩 사업 선정
- 또한, 도시재생 활성화 및 지원, 그린리모델링 활성화 사업, 토지이용 인허가 절차 개선 방안, 토지이용 규제개선, 국가건축자산의 보전·활성화, 국토경관개선 사업 추진, 제로에너지건축물 활성화, 개발제한구역을 핵심 정책주제로 선정

⇒ 본 과제는 그린리모델링 활성화 사업, 제로에너지건축물 활성화를 뒷받침 하는 연구로 상위 정책과 충분히 부합됨



그림 183. 국토교통부 7대 신산업과 제로에너지 빌딩 사업

## 2) 국토교통부 주택 R&D 추진전략과의 부합성



그림 184. 국토교통부 R&D 추진전략과의 연계성

### ○ 비용절감형 생애맞춤 주택

- 100년 지향의 구조체 수명 내에서 시대적으로 변화되는 수요자의 요구변화에 대응할 수 있도록 공간구성 변경, 설비 시스템 교체 등이 자유롭도록 개방되면서

건설비 측면에서 저비용으로 대응이 가능한 주택 유형 및 적용 요소 기술이 필요함

⇒ 에너지소비 최적 설계·시공 기법을 통해 소규모의 저에너지/제로에너지 건축물의 구현은 건축물의 수명주기 동안 냉·난방비 소요비용을 절감하여 소득이 부족한 노령인구의 경제적 부담을 줄여줄 수 있으며, 준공연도 및 주택 유형의 변화에 따라 리모델링 적용방안을 도출한다면 비용절감형 생애맞춤 주택의 개발이 가능할 것으로 기대됨

#### ○ 에너지 저감 주택/친환경 저에너지 주택

- 우리나라 기후특성과 건설환경, 산업기술력 및 경제성 등을 고려하여 2025년 제로에너지 성능을 구현할 수 있는 주택기술 확보의 필요성
- 제로에너지 시대에 적합한 소규모 건축물의 고효율화를 위한 기술개발 및 고도화의 필요성

⇒ 전체 건물에너지 사용량의 46.9%를 차지하고 있는 소규모 건축물의 에너지 소비량을 줄여주는 연구로 정부의 패시브하우스 성능 의무화 및 제로에너지 성능 구현 방향과 부합됨

#### ○ 노후주택 리모델링

- 기존 노후주택을 대상으로 맞춤형 주택 그린 리모델링 기술확보를 통해 리모델링 및 에너지절감 달성으로 국민의 에너지 빈곤 부담을 개선하고 삶의 질 개선의 필요성
- 주거환경/복지 향상을 위한 전체 건축물의 60% 이상을 차지하는 사용연한 20년 이상의 노후화 주택의 에너지 빈곤 해결의 필요성

⇒ 현재 창호교체, 벽지, 바닥재 교체 등 실내외 마감재 변경 등의 수준에 머물러 있는 건축물 리모델링의 개념을 정량적인 에너지 성능 기반의 리트로핏, 개선 전/후의 성능진단 및 사업성 평가 등을 통해 보다 체계적이고 정량적인 그린 리모델링 시장의 형성을 기대할 수 있음

### 3) 그린리모델링 활성화 사업과의 연계

#### ○ 그린리모델링

- 그린리모델링은 안전하고 행복한 삶이 약속되는 생활공간을 실현하기 위하여 기존건축물의 에너지 낭비예방과 쾌적한 환경조성을 지원하는 국토교통부의 정책사업으로 공공건축물 시범사업과 민간 이차지원 사업으로 구분하여 운영 중에 있음
- 녹색건축에 대한 국민적 인식의 향상과, 녹색건축물 조성을 활성화하기 위해 우선적으로 기존 공공건축물을 대상으로 시범사업을 진행하고 있으며, 그린리모델링을 통해 재실자 쾌적성, 높은 에너지성능, 노후화 억제, 운영의 적절성 및 편의성 개선을 도모하고 있음

표 80. 공공건축물 그린리모델링 시범사업 개요

사업 목적	그린리모델링 성공모델 창출로 녹색건축물 조성 활성화	
사업 대상	현재 리모델링 시공 예정이거나 구상중인 모든 공공건축물	
사업 내용	사업 단계별 맞춤형 기술지원 및 시공비 지원	
사업 목적	사업기획지원	사업 초기단계 에너지 성능개선 목적의 기획설계 기술지원
	사업 방법	공모를 통한 사업대상 선정 사업시행 기관과 협업을 통한 시행
사업 기간	2013년부터 매년 시행	

- 민간 이자 지원사업은 「녹색건축물 조성 지원법」 제25조(녹색건축물 조성사업에 대한 지원·특혜 등) 및 제26조(금융지원 및 활성화)의 추진 근거에 의거하여 건축주가 초기 사업비에 대한 부담 없이 건축물의 성능개선을 추진할 수 있도록 경제적 지원을 통하여 참여를 유도하고 있으며, 건축주는 은행에서 필요한 사업비를 대출하고 공사 후 절감되는 에너지 비용으로 대출금을 분할·상환하는 이점을 누릴 수 있음
- 민간 이자 지원사업의 대상사업은 기존 건축물에 대하여 에너지 성능개선을 위한 리모델링을 구상 또는 실행중인 모든 유형의 민간사업이며, 정부는 건축주의 초기 경제적 부담을 덜어줄 수 있도록 성능개선 공사비에 대한 이자를 지원하고 있음



그림 185. 그린리모델링 사업의 개요

표 81. 그린리모델링 프로젝트 우수사례

건축물	프로젝트 전/후 사진	리모델링 내역
<p>라파엘 센터 (의료센터)</p>	 <p>(시공 전)</p> <p>(시공 후)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (사업개요) 기존 근린생활시설의 단열 성능을 강화, 의료시설로 변경</li> <li>• (사업내용) 외벽 디자인을 변경하고 고단열 창틀과 로이복층유리 창호를 적용하였고, 창면적을 줄여 성능개선</li> <li>• (성능개선) 공사비 133백만원 투입하여 난방 에너지 35.42% 절감</li> <li>• (기대효과) 그린리모델링 이후 건축물을 외국인노동자 무료진료 시설물로 사용하여 공공성을 강화하고 에너지비용 절감 (창면적을 줄여 난방열손실을 최소화하고, 차양을 설치하여 냉방에너지 절감)</li> </ul>
<p>배재 대학교 하워드관 (교육시설)</p>	 <p>(시공 전)</p> <p>(시공 후)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (사업개요) 노후한 학교시설에 대한 그린리모델링을 통해 에너지비용을 절감하고 그린캠퍼스를 구현</li> <li>• (사업내용) 단열창호의 성능 향상, LED 조명설치, 고효율 가스히트펌프를 적용하여 기계설비 개선</li> <li>• (성능개선) 공사비 1,216백만원 투입, 난방에너지 30.1% 절감 예상</li> </ul>

- 그린리모델링 사업 활성화에 대한 정부부처의 의지와 쾌적한 주거환경을 요구하는 현대인의 수요 증대로 인하여, 향후 그린리모델링 시장은 괄목할 만한 성장을 나타낼 것으로 예상되며, 기존 리모델링 방법 뿐만 아니라 보다 효율적으로 건물에너지를 절감시키는 고도의 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨
- 소비에너지 최적화 설계·시공 기술개발, 리모델링 기술 개발, 국내유통자재의 물성측정, 설비패키지 개발 등의 연구과제 결과물은 에너지 절감과 직접적인 연관성을 지니고 있으며, 향후 그린리모델링 시장의 수요를 대처하고, 저에너지 건축물을 구현할 수 있는 기법으로 활용할 수 있을 것으로 기대함
- 연구개발 결과물을 활성화하기 위해서는 공공건축물 그린리모델링 시범사업과의 연계를 통해 연구개발의 우수성을 입증하고, 정량적인 성능 개선효과를 분석하여 민간 그린리모델링 사업으로 확대할 수 있는 전략 도출이 필요할 것으로 판단됨

### 3절. 기술적 타당성

#### □ 사업목표의 구체성

##### ○ 비전 및 목표

- 본 연구단은 ‘소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술개발 기획’을 과제명으로 ‘제로에너지 시대 맞춤형 소규모 건축물의 에너지 최적화 실현’을 비전으로 제시함

##### ○ 세부과제의 목표 설정 근거의 타당성

- 세부목표는 정책/경제/기술 동향 분석 및 특허 분석, 인프라 분석을 통해 도출된 시사점에 기초하고 있으며, 목표 설정 체계 및 근거가 논리적이고 타당성이 있는 것으로 분석됨
- 제로에너지 빌딩 활성화 및 POST-2020 온실가스 감축목표 달성을 위해 도출된 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술들은 기존의 연구개발(R&D) 과제와의 중복성 및 차별성을 검토하여 기술적 타당성을 분석함
  - 국외 선진국의 기술수준 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량적, 정성적으로 파악하여 기술 개발 방향을 설정하여 반영함
- 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 국내의 전문인력 보유 정도, 산학연 공동연구기반, 업계 현황 및 기존 R&D 기술개발 현황 등에 대해 국내와 선진국의 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 시장기술을 파악하고, 주요 핵심기술에 대한 종합적인 체계 정비와 상용화 촉진방안이 마련되어야 함. 이를 통해 국가 건물부분에서의 에너지 효율화 및 온실가스 감축은 더욱 가시화 될 것으로 보임
- 기존 기술 및 과제와의 차별성 · 우수성
  - 건물에너지 체계의 관리를 받지 못하고 있는 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 목표로 현위치에서의 적용 가능한 기술항목들을 도출하고, 도전적이나 달성 가능한 핵심기술을 도출하고 성능목표 및 전략수립, 정부 정책 부합, 정부역할과 지원체계 마련 등 기

획과제의 본사업에서는 종합적이고 입체적인 기술개발 계획 수립 및 기존 연구개발 사업과의 차별화 전략 제시가 필요함

- 본 기획에서 제안된 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 설계·시공 상세도와 기준 및 설비/ 제품 기술들은 기존의 연구 R&D 와의 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 연계 확보, 실용화방안을 구축하여 실제 적용 가능한 기술내용을 도출함

## 4절. 경제적 타당성

### ○ 연구개발 투자의 효율성

- 제로에너지 빌딩 구현 및 온실가스 배출량 감축을 위한 정책 및 기술개발비용 절감
  - 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 빌딩 구현을 위한 건축 설계/ 시공 기준 및 제품/ 설비 기술에 대한 종합적인 체계정비를 통한 비용효과적인 기술개발 및 정책도입 가능
  - 유사과제 중복 연구 및 중복 기술의 개발방지를 통한 시간 및 비용 절감
- 건물에너지 사용량 및 온실가스 배출량 감축을 통한 사회적 비용 절감
  - 소규모 건축물의 제로에너지화 기술 개발 로드맵을 활용한 효율적인 정책 수립을 통해 건물에너지 사용량 절감

### ○ 경제적 파급효과

- 침체된 건설산업의 활성화 및 소규모 건축물의 리모델링 활성화
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 통한 수입대체효과 극대화
  - 에너지의 수입 의존도가 높은 국내 실정을 감안할 경우, 소규모 건축물의 에너지 소비 절감을 통한 범국가적인 에너지 수입비중을 낮춰 수입대체효과를 기대할 수 있음
- 소규모건축물 소비에너지 최적화 구현 및 기술 개발에 따른 파급효과 증대
  - 본 기획과제를 통해 도출된 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 및 제품/ 설비의 요소기술은 에너지빈곤 개선과 주거복지 향상이라는 측면의 사회적 파급효과를 가지며, 건물에너지 최적 운용을 위한 액티브 및 ICT 융합형 연구과제는 건축물의 제어/ 효율향상 및 관리 방안의 기술적인 파급효과를 나타낼 수 있음
  - 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 건축분야의 새로운 시장과 양질의 일자리 창출\*\* 가능

\* ‘30년 기준 3.4백만 TOE를 절감하여 화력발전소(500MW) 10개소 대체 및 연간 약 1.2 조원의 에너지 수입비용 절감

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

\*\* ‘30년까지 신축 건축물의 70%를 제로에너지화 할 경우 13백만톤의 온실가스 감축 및 연간 10만명의 일자리 창출 가능(건설기술연구원, 2016)

표 82. 제로에너지 정책을 통한 에너지 예상 절감량

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

## 5절. 타당성 검토 종합(정부지원 필요성 포함)

### 가. 연구사업 추진의 시급성

- 국가 온실가스 감축목표 달성 및 제로에너지건물 의무화를 위하여 2009년 11월 제 6차 녹색성장위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵 수립, 2012년 에너지 저소비형 주택(냉난방에너지 50%절감), 2017년 패시브 하우스(냉난방에너지 90% 절감), 2025년 제로에너지 하우스를 목표로 로드맵을 세웠으며 2020년에는 공공 부문의 제로에너지 빌딩 의무화, 2025년에는 민간부문의 제로에너지 의무화를 목표로 함
- 본 연구는 현재 정부에서 추진 중인 주요 정책 중 건축물 리뉴얼 촉진 활성화, 그린리모델링 활성화, 제로에너지건축물 활성화 사업 등 여러 가지 정책 및 사업에 부합되는 정책 연계성이 큰 기술로 연구 개발의 시급성이 요청되는 기술임
- 기후 환경 변화 대응, 친환경/에너지 절감기술의 경쟁력 확보차원에서의 고품질/고효율의 주거환경을 구현하기 위한 기술개발 및 연구사업의 추진이 시급한 상태임
- 친환경, 쾌적, 주거복지 구현이 가능한 주거모델을 개발하기 위한 연구가 현재 수행 중에 있으나, 주고 공동주택 및 대규모의 주거모델과 연계되어 있으며, 소규모 건축물은 연구개발과 제도적인 규제 내에서 벗어나 있는 실정임

### 나. 정부 주도의 지원 필요성

#### 세계기술선도 필요

- 현재 건설산업의 화두는 건물에너지 소비 저감, 고부가가치 산업으로의 진출 및 글로벌 시장창출이라고 할 수 있으며, 소비자들의 친환경, 건물에너지에 대한 관심과 쾌적한 주거환경 및 삶의 질에 대한 요구 증대는, 소규모 건축물의 소비에너지 최적화와 에너지 빈곤의 해결을 위한 시장 창출의 가능성을 나타내고 있음
- 건축부문에서 에너지 소비효율을 높이기 위해 국외의 요소기술과 제품이 시장을 점유하고 있는 실정에서, 이를 대처하고 국내 실정에 적합한 소규모 건축물 최적화 모델을 개발한다면, 국내 건설산업의 시장 확대와 부가가치 향상을 도모할 수 있는 새로운 기회로 판단됨
- 세계 최고 수준의 ICT&IoT 기술과 스마트미터기, 스마트 콘센트, 실내공기질 모니터링 등을 건축물의 운용/제어에 적극 도입한다면, 실측/예측 기반의 운영모델을 제공하여 사용자 기반의 소규모 건축물 에너지소비 최적화를 도모할 수 있음.
- 일부 개발된 에너지 절감형 제품 및 재료가 활발히 현장에서 적용되지 못하고 있는 것은 활용 연구 미비, 경제성 문제, 설계기준 미비 등의 원인들이 있으므로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 통합적인 R&D가 실시되어야 함

- 표준모델의 개발과 정량적인 성능 진단을 통해 소규모 건축물의 소비에너지를 최적화 시킬 수 있는 최고 수준의 기술과 기법을 확보하여 우리나라의 건설경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기로 이바지할 수 있을 것으로 판단됨

□ 국산화 필요

- 그동안의 건설산업은 산업화·도시화 단계에서 주택, 사회간접자본 (SOC) 등 기반시설을 공급하면서 고도 경제성장의 밑거름이 되어왔으나 경제가 성숙기에 진입하면서 건설물량이 감소하는 등 성장률이 둔화되고 있으며, 복지수요의 증가와 더불어 국민생활과 밀접한 생활밀착형 SOC 투자와 민간투자사업의 비중은 증가할 것으로 전망하고 있음 (국토연구원, 2014)
- 현 시점에서 건설산업은 건설환경 변화에 대비하여 건설산업 활성화 및 발전을 위해 고부가가치를 창출할 수 있는 기술중심 산업으로의 정책적 재정립의 필요성이 부각되고 있으며, 현대인의 요구를 충족시킬 수 있는 친환경/ 쾌적성을 근간으로 하는 주거모델의 도출과, 주거환경 및 주택에 대한 소비자들의 패러다임의 전환이 향후 주택산업의 향방을 결정할 것으로 예상되고 있음
- 국내에서도 친환경 주택, 쾌적한 주거환경에 대한 소비자의 수요 증가와 이를 충족시키기 위한 시장은, 전 국가적인 경제발전의 과도기를 거치고, 국민 삶의 수준이 향상됨에 따라, 2000년대 이후로 지속적으로 성장 추세에 있으며, 공동주택 위주의 아파트 주거문화에서 비용절감형 생애맞춤 주택, 에너지 저감 주택, 노후 주택 리모델링 등이 소비자의 큰 관심을 받고 있으나, 패시브건축물을 구현하기 위해 주로 유럽의 제품이 활용되고 있으며, 열회수환기장치와 같은 설비 또한 국외의 제품과 비교할 시 아직 성능의 차이가 발생하고 있는 실정임



그림 186. 정부지원의 필요성

## 5장. 인력투입 소요예산 산정

### 1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

#### 가. 전체사업 인력투입계획

##### ○ 소요 인력 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 주청하여 수립함
- 참여율은 최소 참여기준을 30%로 설정하였으며, 참여기간은 연단위로 12개월을 기준으로 총 4년간의 인력을 추정함

##### ○ 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄					336.1
1세부과제	25.6	34.9	43.7	25.7	129.9
2세부과제	20.6	20.6	26.7	23	90.9
3세부과제	34	34	32.7	14.6	115.3

나. 세부과제별 인력투입계획

○ 세부과제별 개발인력 투입계획

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)					비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
1세부	책임연구원	7.8	11.7	15	9.9	44.4	
	연구원	17.8	23.2	28.7	15.8	85.5	
소계		25.6	34.9	43.7	25.7	129.9	
2세부	책임연구원	5.1	5.1	6.6	5.7	22.5	
	연구원	15.5	15.5	20.1	17.3	68.4	
소계		20.6	20.6	26.7	23	90.9	
3세부	책임연구원	8.4	8.4	8.1	3.6	28.5	
	연구원	25.6	25.6	24.6	11	86.8	
소계		34	34	32.7	14.6	115.3	
총계		80.2	89.5	103.1	63.3	336.1	

## 2절. 소요예산 산정

### 가. 예산 산정방법

#### 1) 산정개요

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 기획위원회에 의한 상향식(Bottom-up) 방법으로 예산을 산출함
- 최소 연구단위인 공동과제를 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 일반과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정
- 인건비는 기획재정부 ‘2018년 학술연구용역 인건비기준단가’ 를 기준으로 작성
- 각 공동과제별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함. 이때 정부출연금 및 기업부담금의 배분비율은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’ 의 ‘별표 1 중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준’ 을 작성기준으로 활용
- 항목별 예산은 ‘국토교통부 연구개발사업 운영규정’ 의 ‘별표 2 연구개발비 비목별 계상기준’ 을 작성기준에 따라 아래와 같이 산정함(기업부담금은 추정치임)

<기업부담금 출연기준>

구분	기업부담금 출연기준 (총 연구개발비 대비)
대기업참여	50% 이상
중소기업 참여	25% 이상
참여기업이 복합적으로 구성되고 중소기업의 비율이 2/3 이상	25% 이상

#### 2) 예산 산정방법

##### 민감부담 비율 산정

- 과제별 예산은 정부출연과 민간부담을 구분하여 작성하였으며, 소요예산은 정부출연금 기준으로 작성함
- 총 개발 비용에 대한 민감 부담 비율은 25%로 가정함(국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조 관련)
- 연구장비/ 재료비는 연구진행을 위한 연구시설 및 장비 구입과 연구결과의 실용화를 위한 시작품 제작과 실증을 위한 비용 등으로 세부과제별 성격에 맞춰 계상함

나. 전체사업 소요예산

1) 연차별 소요예산

(단위 : 천원)

구분		1세부	2세부	3세부	합계
1차년도	정부	500,000	200,000	300,000	1,000,000
	민간	125,000	50,000	75,000	250,000
2차년도	정부	1,730,000	500,000	650,000	2,880,000
	민간	432,500	125,000	162,500	720,000
3차년도	정부	2,401,000	1,150,000	1,000,000	4,551,000
	민간	600,250	287,500	250,000	1,137,750
4차년도	정부	2,769,000	1,150,000	1,450,000	5,369,000
	민간	692,250	287,500	362,500	1,342,250
총계	정부	<b>7,400,000</b>	<b>3,000,000</b>	<b>3,400,000</b>	<b>13,800,000</b>
	민간	<b>1,850,000</b>	<b>750,000</b>	<b>850,000</b>	<b>3,450,000</b>

2) 세부과제별 소요예산

1세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	133,000	750,000	750,000	750,000	2,383,000
	연구장비 재료비	262,000	1,122,500	1,946,250	2,376,250	5,707,000
	연구활동비	75,000	80,000	80,000	80,000	315,000
	연구과제 추진비	55,000	60,000	75,000	75,000	265,000
	연구수당	50,000	50,000	50,000	80,000	230,000
간접비		50,000	100,000	100,000	100,000	350,000
합계		<b>625,000</b>	<b>2,162,500</b>	<b>3,001,250</b>	<b>3,461,250</b>	<b>9,250,000</b>

2세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	50,000	208,000	250,000	250,000	758,000
	연구장비 재료비	80,000	194,000	992,500	992,000	2,258,500
	연구활동비	40,000	63,000	72,000	72,500	247,500
	연구과제 추진비	20,000	50,000	33,000	33,000	136,000
	연구수당	20,000	40,000	30,000	30,000	120,000
간접비		40,000	70,000	60,000	60,000	230,000
합계		<b>250,000</b>	<b>625,000</b>	<b>1,437,500</b>	<b>1,437,500</b>	<b>3,750,000</b>

3세부 과제

(단위 : 천원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	60,000	350,000	350,000	350,000	1,110,000
	연구장비 재료비	135,000	282,500	710,000	1,272,500	2,400,000
	연구활동비	70,000	70,000	40,000	40,000	220,000
	연구과제 추진비	50,000	50,000	80,000	80,000	260,000
	연구수당	20,000	20,000	30,000	30,000	100,000
간접비		40,000	40,000	40,000	40,000	160,000
합계		<b>375,000</b>	<b>812,500</b>	<b>1,250,000</b>	<b>1,812,500</b>	<b>4,250,000</b>

### 3절. 예산적정성 검토

#### 가. 연차별 소요예산 구성검토

- 1년차는 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 기반연구와 설계기법의 도출 및 각종 건축자재의 습/열 성능분석 및 액티브 요소기술의 기초연구가 착수되는 시점이지만 성능평가를 위한 장비의 구축 및 연구시설을 구비하기 위하여 전체 연구비의 7.2%(1,250/17,250백만원)를 산정함
  
- 2년차는 소규모 건축물 소비에너지 최적화를 위한 설계·시공 기법과 상세디테일의 개발이 본격화 되는 시점이며, 노후건축 리모델링을 위한 기존건축물의 용도별/ 규모별/ 연도별 건축 성능에 대한 분석을 통해 정량화된 지표를 설정하는 단계와 냉·난방/ 환기/ 급탕 Plug-in 패키지 시스템 개발을 위한 시험이 수행되는 단계로 전체 연구비의 20.9%(3,600/17,250백만원)를 산정함
  
- 3년차는 소규모 건축물 소비에너지 최적 설계·시공의 규범과 상세디테일의 결과가 도출되며, 리모델링 기법의 도출, Prototype 제품의 제작, 개선 수준의 정량적인 지표의 설정이 이루어지는 단계이며, 액티브 요소기술에서는 Heat Pump, 보일러, 급탕 설비 및 ICT&IoT 기술을 활용한 최적 운용 모델 도출을 위한 연구개발 시기와 더불어 개발된 설계·시공의 규범과 상세디테일을 기반으로 주거용 소규모 건축물의 실증 시범건축물 구축이 진행되며, 개발된 패키지 시스템 설비와 신재생에너지 설비를 적용하는 단계로 전체 연구비의 33.0%(5,689/17,250백만원)를 산정함
  
- 4년차는 개발된 모든 요소기술을 통합하여 소규모 근린생활시설 건축물의 실증 시범건축물 구축이 진행되며, ICT&IoT 기술기반의 모니터링 체계를 구축하고, 개발된 기술의 요소기술 패키지화와 개발 기술의 보급·활성화를 추진하는 단계로 전체 연구비의 38.9%(6,711/17,250백만원)를 산정함

#### 나. 세부과제별 소요예산 구성검토

##### ○ 1세부 과제

- 소규모 건축물의 전생애주기 동안 지속가능한 설계/시공 기준을 도출하고, 고단열/ 열교방지/ 고성능 창호/ 고기밀을 달성할 수 있는 소규모 건축물 부위별 상세디테일을 개발하여, 이를 건축물리적인 분석을 통해 소규모 건축물의 정량적인 성능을 정의하며, 시공 상의 하자발생 방지 및 실무자가 활용할 수 있는 시

공 지침서, 제로에너지 건축물을 달성하기 위해 설계·기법·시공을 모두 다루는 연구를 수행함

- 설계 기준을 마련하기 위하여 소규모 건축물에서 사용되는 주요 건축자재의 물성을 분석하는 기초연구의 내용을 포함하고 있으며, 자재의 습열물성을 기반으로 구조체의 재료 구성에 따른 습열 거동을 분석함
- 건축 설계·시공 실무자의 이해력 향상과 설계지원을 위해 건축물의 각 부위별 표준 모델을 제시하며 열교발생 부위는 정량적인 수치를 함께 제시할 수 있도록, 전열해석 기반의 부위별 상세디테일을 개발함
- 건축물의 외피 및 부위별 열적성능을 정량적으로 제시하기 위하여, 각종 건축자재의 열적성능과 습기로 인한 성능 변화 분석을 진행하며, 습/열 성능에 따른 열적손실량 분석과 하자발생 가능성을 동시에 분석함
- 개발된 설계 기법과 시공공법을 기반으로 소규모 건축물의 용도별(주거, 근린 등) 실증 시범모델을 구현하는 활동을 수행함
- 또한, 연구의 결과물인 설계 기준, 상세도, 시공예시도 및 체크리스트 등 연구의 결과물을 활용하기 위한 정책 연계방안을 도출하며, 기존 국내 인증제도에 소규모 건축물을 적용하기 위한 개선(안)을 제시함
- 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 설계 기준과 공법/ 부위별 상세디테일의 개발, 품질확보를 위한 시공예시도와 하자발생 방지를 위한 지침서 개발에 투입되는 인력의 인건비를 고려하고, 실증 모델을 구축하기 위한 공사비용을 고려하여 1세부 과제는 전체 연구비의 53.6%(9,250/17,250백만원)를 배정함

## ○ 2세부 과제

- 기존 노후 소규모 건축물의 리모델링 활성화와 리모델링의 품질확보를 위해 건축물 구조별/ 부위별/ 공정별로 리모델링 상세도를 작성하고, 리모델링 시공 지침서를 개발하는 것을 목표로 함
- 이를 위해 리모델링 부위 설계 및 건축환경 분석이 주를 이루고 있으며, 노후 건축물의 준공연도/ 구조/ 용도별로 에너지성능과, 건축환경 성능분석을 통해 기존 건축물에 대한 정량화된 성능 지표를 설정하는 과업을 수행하며, 공정 단계별 리모델링에 따른 전/ 후 성능 수준을 설정하여 비용투입에 따른 단계적인 리모델링 방법을 도출함
- 과업의 특성상, 기존건축물에 대한 성능진단, 리모델링을 위한 부위별 상세도 작성에 대한 인력 투입과, 공정별 리모델링 기법 도출을 위한 Mock-up 구조체 제작/ 시험 및 리모델링 실증에 대한 과업의 범위 및 수행 내용을 고려하여 2세부 과제는 전체 연구비의 21.7%(3,750/17,250백만원)를 배정함

### ○ 3세부 과제

- 소규모 건축물의 냉·난방, 급탕, 환기 시스템의 소비에너지 최적화를 위해 Heat Pump 기술을 활용한 냉·난방, 급탕, 환기 혼합형 모듈을 개발 및 기존 설비의 성능 개선을 위한 액티브 기법 요소기술에 대한 연구를 수행함
- 환기가 결합된 패키지 시스템을 도입함에 따라 ‘외기 도입 습기를 조절 할 수 있는 제습 모듈 개발’에 대한 연구내용을 포함하며, 대량의 급탕부하에 대응하고 지역별 급탕 열원의 효율성을 고려하여, 보일러 시스템과 패키지시스템을 연동할 수 있는 기술개발을 수행함
- 설비시스템의 효율 개선과 고성능 건축물의 낮은 냉·난방 부하에 따라, 기존의 부하 설계 방식을 개선하여 고효율 건축물의 설비 용량을 도출함
- 개발되는 설비시스템과 소규모 건축물의 최적 제어를 위해 ICT&IoT 기술을 활용한 스마트 제어 솔루션과 어플리케이션을 도출하는 연구를 수행하며, 3세부 과업의 범위, 수행 내용 및 실물의 시스템 제작에 대한 부분을 고려하여 전체 연구비의 24.6%(4,250/17,250백만원)를 배정함

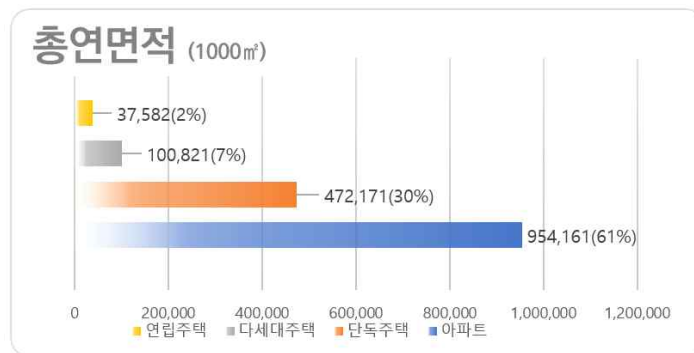
## 6장. 과제 제안요구서

### 1절. 과제 제안 요구서(RFP)

연구개발과제명	소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계·시공·리모델링 기술 개발															
<b>1. 연구개발 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 기술 및 저비용/고성능 에너지 최적화 설비시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물의 소비에너지 20% 저감 및 거주 쾌적성 30% 향상</li> <li>- 기존 소규모 건축물의 설비운영 투입금액 대비 30% 절감이 가능한 고성능 설비시스템 개발</li> </ul> </li> </ul> <p>* 소비에너지는 건축물 운용 중에 사용되는 5대 에너지(냉방, 난방, 급탕, 환기, 조명)를 포함하여 시공단계뿐만 아니라 개·보수 단계에서 발생하는 에너지 즉, 건축자재 제작, 운송, 설치 행위 등에 투입되는 모든 에너지를 말함</p>															
<b>2. 연구개발의 필요성 및 기술동향</b>	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소규모 건축 시장을 이끌어가는 주체는 소규모 설계사무소 및 시공사이며 구두와 경험에 의존하고 있어 하자발생률이 높음</li> <li>○ 전세계적으로 건축물에서의 에너지 절감의 중요성이 강조되고 있으며 국내 또한 2025년까지 제로에너지 하우스를 구현하기 위한 정부 정책이 진행 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 건축물에서 제로에너지 건축물을 구현하기에는 주택 자체의 품질확보가 용이하지 않은 상황이며 이를 개선하기 위해 현장에서 활용도 높은 지침서의 보급이 필요함</li> </ul> </li> <li>○ 2030 온실가스 감축로드맵 수정안에서 BAU대비 감축률(건물부문)이 기존 18.1%에서 32.7%로 증가함에 따라 건물부문에서의 에너지 절감이 더욱 절실해짐</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>부문</th> <th>배출전망 (BAU)</th> <th colspan="2">2016년 로드맵</th> <th colspan="2">2018년 로드맵</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>건물부문</td> <td>197.2</td> <td>161.4</td> <td>18.1%</td> <td>132.7</td> <td>32.7%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감축수단으로 신축건축물 허가기준 강화, 기존건축물 그린리모</li> </ul>				부문	배출전망 (BAU)	2016년 로드맵		2018년 로드맵		건물부문	197.2	161.4	18.1%	132.7	32.7%
부문	배출전망 (BAU)	2016년 로드맵		2018년 로드맵												
건물부문	197.2	161.4	18.1%	132.7	32.7%											

델링 활성화, 도시재생 연계사업 모델 발굴 및 재생에너지 보급 확대

- 연면적 500㎡ 이하의 소규모 건축물은 에너지 관리대상에서 제외되어 있는 현 실정
  - 전체 건물에너지 소비량의 약 44%를 차지하고 있는 소규모 건축물의 소비에너지 관리의 필요성이 증대되고 있음
  - 이를 해결하지 않고서는 건축부문에서 에너지 절감을 달성이 어려울 것으로 예상됨
  - 국내에서는 아직까지 에너지 효율화 정책에서 배제되어 있는 실정이며, 소규모 건축물 설계·시공·리모델링 사업자들은 에너지효율화와 관련된 기본적인 지식 없이 현장에 뛰어들고 있는 실정임



- 소규모 건축물의 소비에너지 절감 및 온실가스 배출 저감을 위해 표준화된 설계·시공·리모델링 기법의 기술개발이 필요
  - 이를 보편화할 수 있도록 종합적인 체계 정비와 설비기술의 고도화, ICT&IoT 기술을 활용한 소규모 건축물 최적제어 운용방안에 대한 솔루션의 도출이 절실함

- 선진국의 경우 건물에너지 효율화를 위해 단독주택 및 소규모 건축물에 대한 관련 기준과 기법을 마련하여 관리하고 있음
- 특히, 건축산업의 특성상 정부의 지원 및 관련 기준의 개선 없이는 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 기술적용과 기술보급이 어려운 단점을 가짐
- 따라서 정부 지원을 통해 소규모 건축물의 소비에너지 최적화를 위한 기술을 개발하고 보급/확산을 위한 정책지원, 실무자를 위한 교육프로그램의 운영, 표준기술의 지속적인 홍보 등이 요구됨

**□ 기술동향**

**○ 국내 기술동향**

- 국내 저에너지/제로에너지 주택사업은 단독주택 시장보다 주거단지 시범사업 및 대규모 오피스 형태에 초점이 맞추어져 있으며, 소규모 건축물과 노후건축물에 대한 기술 개발은 미흡한 실정임
- 현재, 제로에너지 건물분야는 유럽, 미국 등 주변 선진국 대비 원천기술의 부족(50~70% 수준)과 건축자재, 설비/기기 등 핵심기술 개발이 미비한 상황임
- 건축물 제어 및 공조 분야의 경우 미국이 기술 수준 및 기술경쟁력 측면에서 우위를 점하고 있으며, 한국은 건물에너지 성능 향상 요소기술에 관련된 녹색건축, 건축물 에너지성능, 건축 재료성능 등 대부분 주요 지표에서 경쟁력을 확보하지 못하고 있음
- ICT 기술이 세계 최고수준임에도 불구하고, 건물에너지 효율화에 적극적인 융복합 기술개발이 이루어지지 않는 실정임
- 소규모 건축물의 경우 국내 건축법규 중 단일기준을 기반으로 건축물이 구현되고 있으며, 부위별 열적 성능(선형열교), 연결철물로 인한 열적 성능(점형열교)은 검토되고 있지 않은 실정임
- 액티브/ 신재생에너지 설비는 건축물의 연면적에 따라 용량을 선정하고 있는 실정이며, 건물에너지 성능에 따른 선택이 불가하여, 고효율 건축물의 경우 냉·난방 과소비로 인한 에너지 낭비 현상이 발생하고 있음

**○ 국외 기술동향**

- 국외에서는 건물의 에너지 소비 저감을 위한 패시브/ 액티브 요소에서 다양한 기술개발이 이루어져 왔으며, Passive House의 개념

을 벗어나 Self-sufficient House, Zero Energy House, Plus Energy House 등의 개념으로 발전되고 있음

- 최근에는 제로에너지 건물 구현을 위해서 고성능 외피 적용, 신재생에너지 이용 등을 필수적인 기술로 건물부문에 적용하고 있음
- EU 등 주요선진국은 에너지성능 개선을 통한 최적 비용 제로에너지 건축물 구현을 추진 중에 있으며, 일정 비용 내에서 투입되는 시장비용이 최저로 되는 방안을 강구 중임
- 국외 건물에너지 성능향상 요소기술은 선진국, 특히 유럽 국가의 기술이 시장을 선도하고 있으며, 특히 패시브 기술인 창호, 단열재, 외피, 외단열 시스템 및 관련 설비의 성숙도가 매우 높음
- 노후건축물의 리트로핏/ 리모델링 시장이 활발하게 운영되고 있고, 노후건축물 효율화를 위한 제도/ 기준이 정량적으로 제시되고 있음
- 노후건축물의 건물에너지 효율 향상 수준에 따라 합리적인 금융 지원정책이 형성되어 있음

### 3. 연구개발내용

#### □ 연구단 과제

#### (1세부) 신축 소규모 건축물의 소비에너지 최적화 설계 기준 개발·시공기술 개발

- 신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설계 기준 개발
  - 국내외 건축물 설계기준 조사 및 분석
  - 소규모 건축물 적용 유통자재 물성분석
  - 국내 기후조건과 외피구성에 따른 습기/ 전열 거동 분석
  - 국내 기후조건에 적합한 최적 외피구성 및 기준 개발
  - 신축 소규모 건축물 설계기준 및 공정별/용도별/부위별 표준 상세도 개발
- 신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 시공기준 개발
  - 국내외 소규모 건축물 시공 및 품질 기준 조사 및 분석
  - 신축 소규모 건축물 설계기준 기반의 공정별/용도별/부위별 시공 기준(예시도) 개발
  - 신축 소규모 건축물 공정별/부위별 시공 체크리스트 개발
- (총괄) 소비에너지 최적화 기술 보급·확산 방안 개발
  - 소비에너지 최적화 기술 보급·확산을 위한 제도개선\* 방안 개발
  - \* 에너지 관련 소규모 건축물의 인증 및 감리제도 개선 등
  - 소비에너지 최적화 기술 보급·확산을 위한 정책 및 수요자 지원\*

방안 개발

\* 공정별 개발기술 실무적용 등을 위한 교육프로그램, 금융상품 연계, 에너지 성능 진단 서비스 등

- (총괄) 소규모 건축물 소비에너지 최적화 기술 실증 및 모니터링

**(2세부) 노후 소규모 건축물 에너지성능 향상을 위한 리모델링 기술 개발**

- 노후 소규모 건축물 설계·시공 현황 분석
  - 국내외 리모델링 설계지침, 가이드라인 등 조사 및 분석
  - 노후 소규모 건축물 구조별/용도별/공법별 건물에너지 성능분석 및 유형화
- 시장밀착형 소규모 건축물 리모델링 방안
  - 노후 소규모 건축물 단계(공정)별 비용효율적 리모델링 방안 개발
  - 노후 건축물 에너지 성능 진단 서비스 개발
- 노후 소규모 건축물 에너지 최적화 리모델링 설계/시공 기준 개발
  - 노후 소규모 건축물 리모델링 설계기준 및 공정별/용도별/부위별 표준 상세도 개발
  - 노후 소규모 건축물 리모델링 설계기준 기반의 공정별/용도별/부위별 리모델링 시공기준(예시도) 개발
  - 소규모 건축물 리모델링 공정별/부위별 시공 체크리스트 개발

**(3세부) 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법 개발**

- 소규모 건축물 부하 최적화 설비용량 산정 및 부하계산 프로그램 개발
  - 소규모 건축물의 용도별/규모별 단위부하 산정 및 표준 개발
  - 냉난방/급탕/환기/조명 등 소비에너지원별 설비 부하 산정 및 용량설계 프로그램 개발
- 고성능, 비용절감형 설비시스템 및 제어기술 개발
  - 소규모 건축물 적용 가능한 고효율 제습·환기 시스템 개발
  - 지역/기후/규모/에너지사용패턴 등을 고려한 소규모 건축물 부하별/용도별 설비패키지 시스템 개발
  - ICT & IoT 기술기반의 설비시스템 제어기술 개발

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시
    - 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영)을 제시할 것
    - 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
    - 연구 목표를 정량적으로 제시
    - ※ 예) 기존 대비 00% 비용절감, 00% 수준의 성능 향상, 00까지 00% 보급 등
  - 연구내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시
    - ※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)은 향후 단계/중간 평가 시 참고 예정
  - 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진
    - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시
    - 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황 조사뿐만 아니라 국외 사례조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 제시
  - 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
    - 연구성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시 (정책/설계사/시공사/설비업체/건축주/감리자/대국민/학술 등)
    - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적인 방안을 제시
    - 연구성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
    - 제시한 성과지표에 도시건축연구사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약 시 조정(추가) 가능
    - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- **추진체계**
- 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하되, 보급/확산을 목적으로 추진하는 연구개발사업으로 다음의 기업(기관)이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성
    - 소규모 건축물 소비에너지 최적 모델 도출을 위해 설계, 건물 에너지, 전열해석, 습/열 분석 및 건축자재 물성 분석이 가능한 전문 연구기관 참여 필요
    - 액티브 기술의 고도화를 위해 설비(냉·난방, 공조 등) 전문 업체의 참여를 독려하며, 연구수행내용에 따라 공동 또는 위탁 등 참여 기업의 구성은 변화 가능
    - 연구기관 중 국내·외 기존 사례, 기술 수준 및 동향의 상세 분석과 지속적인 반영으로 개발 대상기술의 질적 우수성과 미래 지향성 제고
    - 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적/정책적/경제적 보완사항에 대한 자문을 통해 연구 방향성 확립 필요
  - 과제 내 컨소시엄 구성 시 주관연구기관은 과제 시점부터 종료까지 동일기관이 연구를 수행하여야 하며, 연구신청자는 과도한 기관 수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양할 것
    - ※ 연구기관 구성 시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음

## 5. 최종성과물

- **세부과제별 최종성과물**
- 소규모 건축물 하자 사례 분석 보고서
    - \* 단열, 창호, 결로/곰팡이, 누수, 탈락 등 원인규명 및 해결방안 제시
  - 신축 소규모 건축물 소비에너지 최적화 기술
    - 국내 주요 건축자재의 물성정보 제공 서비스 구축(WEB 기반)
    - 기후 최적화 설계기준(RC, 목구조 등)
    - 신축 소규모 건축물 부위별 상세도\*(기초, 슬래브, 파라펫, 개구부 등 설계상세도가 필요하다고 판단하는 모든 부위)
      - \* 설계기준 도출 항목은 IRC, DIN 등 관련 기준 참조
    - 신축 소규모 건축물 공정별 시공예시도 및 체크리스트
    - 소비에너지 최적화 신축/리모델링 실증 공공건축물

- 국내 건물에너지 관리제도\* 개선안(500㎡ 이하 건축물 대상)
- \* 제로에너지 건축물 인증, 녹색건축물 인증, 건물에너지 효율등급 인증, 건축물 에너지 절약 계획서, 그린 리모델링 사업, 그린 홈 주택지원 사업 등

○ 노후 소규모 건축물 에너지 성능 향상 기술

- 준공연도, 공법별, 용도별 노후건축물 성능 지표
- 노후건축물 리모델링 공정별, 단계별 성능개선 지표
- 리모델링 설계 기준서, 상세도, 시공예시도, 체크리스트
- 노후건축물의 비용효율적인 리모델링 방안
- WEB 기반 노후건축물 에너지성능 진단서비스

○ 소규모 건축물 소비에너지 최적화 설비시스템 및 에너지 관리기법

- 소규모 건축물 부하 최적화 설비용량산정 프로그램
- 제습형 환기 모듈 시제품
- 냉·난방/ 급탕/ 환기 패키지시스템 시제품
- 패키지시스템 Plug-in(보일러, EHP, GHP 등) 모듈 시제품
- ICT 기반 설비 패키지시스템 제어 어플리케이션

6. 활용방안 및 기대효과

○ 소규모 건축물 설계 기준으로써의 활용가능성

- 소비에너지 최적화 설계 시공 상세도 및 체크리스트는 저에너지 건축설계기법을 바탕으로 전열해석과 습열거동 분석을 통한 하자발생을 최소화할 수 있는 설계의 기준을 제시하게 됨.
- 하자발생 방지와 품질확보로 인해 소규모 건축물의 전생애주기 동안 투입되는 전체 소비에너지를 절감함으로써 초저에너지 건축물 구현이 가능할 것으로 기대됨

□ 활용방안



- (설계자) 건축 설계 실무자는 외피의 재료구성과 부위별 설계 기준에 대한 상세한 정보를 제공 받아 하자를 유발하는 설계 오류를 줄일 수 있어 소규모 건축물 시장의 전반적인 체질 개선이 가능할 것으로 기대됨
- (시공자) 공정에 따른 시공예시도의 학습을 통해 발생할 수 있는 하자를 미연에 방지하게 되며 시행착오를 줄임으로써 완성도 높은 건축물을 생산할 수 있을 뿐만 아니라 공기단축, 비용절감이 가능함.
- (감리자) 전문공정별 필수 검토항목을 제시함으로써 감리자의 업무 누락을 방지하고 정량적인 판단기준으로써 활용가능함.
- (지자체) 정부의 저에너지 건축물 보급 사업과 건물부문 온실가스 절감에 기여
  - 녹색건축 활성화를 위한 정책방안의 기초자료로 활용
  - 지자체 공공건축물 지원사업의 기본모델로 제시
  - 국가 온실가스 저감을 위한 그린리모델링 기술 확보
  - 노후 공공건축물의 에너지성능 개선을 위한 프로토타입으로 활용

□ 기대효과

- 고비용 저에너지 건축물에 대한 소규모 건축물 시장 기피 해소를 위한 고성능의 소규모 건축물 설계/시공/설비/에너지 관리 기술의 개발 및 정부의 온실가스 절감 정책을 견인
- 2025년 제로에너지 건축물 의무화 등 소규모 건축물의 제로에너지 건축물 활성화를 위한 기술적 표준 도출, 제도적/ 정책적 기반 마련
- 제로에너지/ 저에너지 건축물에 활용될 수 있는 고성능의 설비 시스템 고도화 및 ICT&IoT 기술을 활용한 건물에너지 제어/운영 기술발전 독려
- 현대인의 높아진 삶의 질에 대한 요구 및 쾌적성에 대한 수요 대처 및 에너지 빈곤 해결
- 고효율/ 저에너지의 소규모 건축물 구현을 통한 에너지 수입 대체효과 극대화
- 친환경/ 저에너지 건축 설계기법의 보급·확산
- 건물에너지 사용량 및 온실가스 배출량 감축을 통한 사회적 투입비용 절감
- 설계/ 시공 표준모델 및 규범을 통한 고품질의 주택보급 및 하

자발생 억제

- 국내 소규모 주택시장 및 리모델링 시장의 활성화와 도심 재생을 통한 지역경제, 산업경제 파급효과 창출 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2019.04 ~ 2022.12 (3년 9개월)
  - 1차년도 연구개발기간 : 2019.04. ~ 2019.12. (9 개월)
  - 2차년도 연구개발기간 : 2020.01.01 ~ 2020.12.31 (12개월)
  - 3차년도 연구개발기간 : 2021.01.01 ~ 2020.12.31 (12개월)
  - 4차년도 연구개발기간 : 2022.01.01 ~ 2021.12.31. (12개월)

- 총 정부출연금 : 13,198백만원 이내
  - 1차년도 정부출연금 : 956백만원 이내
  - 2차년도 이후 정부출연금 : 12,242백만원 이내

- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
- ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임
- 본 연구사업은 연구단 규모의 과제이며 제안서 제출시 연구단 컨소시엄을 구성하여 제안하여야 함
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 과제의

연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구 계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
- ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발 기술 과 성과물 간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 1세부 과제 중 실증\*에 대한 추진계획(실증대상지 선정, 실증규모, 실증방법, 일정 등)은 연구추진과정에서 국토교통부, 전문기관, 연구진 등과 협의를 통해 추진

- 실증사업은 주관연구기관에서 총괄하여 추진(소요예산 포함)

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
  
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
  
- 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구단과 협의하여 확정

## 2절. 평가기준 설정

기준항목		세부항목
연구개발목표(10점)		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최종목표 및 연차별 달성 목표의 명확성·타당성(5점)</li> <li>○ 성과목표/지표 설정의 명확성·적정성(10점)</li> </ul>
연구개발내용(20점)		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ RFP 와의 부합성</li> <li>○ 과제 목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)</li> <li>○ 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)</li> <li>○ 연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)</li> </ul>
추진전략 및 계획(20점)		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구수행체계 적정성(5점)</li> <li>○ 연구추진 전략의 구체성·적절성(5점)</li> <li>○ 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)</li> <li>○ 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)</li> </ul>
연구성과물 실용성 및 경제성(40점)		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발기술의 혁신성·차별성(10점)</li> <li>○ 활용방안의 적절성·구체성(10점)</li> <li>○ 개발기술의 실용성·사업성(10점)</li> <li>○ 경제적 기대효과(투자 및 파급효과)(10점)</li> </ul>
연구책임자의 관리능력 및 연구진의 전문성(10점)		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구책임자의 연구과제 관리 및 운영 능력(5점)</li> <li>○ 연구진의 전문성 및 해당분야 실적(5점)</li> </ul>
기타	부합성 평가	○ 평가위원 과반수가 연구개발계획서와 과제제안요구서(RFP)가 부합되지 않는다고 판정할 경우 탈락 조치
	중복성 평가	○ 평가위원 과반수가 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정할 경우 탈락 조치