

제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 연구

An institutional study for the activation of zero energy building

김신성 Kim, Shinsung
진태승 Jin, Teseung

(a u r

기본연구보고서 2018-8

제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 연구

An institutional study for the activation of zero energy building

지은이	김신성, 진태승
펴낸곳	건축도시공간연구소
출판등록	제385-3850000251002008000005호
인쇄	2018년 10월 31일, 발행: 2018년 10월 31일
주소	세종특별자치시 절재로 194, 701호
전화	044-417-9600
팩스	044-417-9608

<http://www.auri.re.kr>

가격: 19,000원, ISBN:979-11-5659-187-0

이 연구보고서의 내용은 건축도시공간연구소의
자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

연구진

연구책임	김신성 연구원
연구진	진태승 연구원
외부연구진	민현준 (주)친환경계획그룹 청연 소장
연구보조원	김성태, 소윤상, 이소민, 정이레

연구심의위원	이병연	충북대학교 건축공학과 교수
	최경석	건설기술연구원 연구위원
	송시화	국토교통부 녹색건축과 과장
	유광흠	건축도시공간연구소 기획조정실장
	김상호	건축도시공간연구소 기획조정실장
	오성훈	건축도시공간연구소 도시본부장

제1장 서론

2016년 12월, 정부는 2030년 국가 온실가스 감축 기본로드맵을 발표하고 건물부문 온실가스 감축 목표(18.1%)를 제시하였다. 목표 달성을 위한 정책 수단으로 제로에너지건축 활성화 추진방안을 통해 국가 제로에너지 로드맵을 제시하였는데, 2020년까지 공공 건축물의 제로에너지건축물 의무화, 2025년까지 민간 건축물의 의무화를 목표로 하고 있다. 제로에너지 의무화 계획과 함께 2017년부터 제로에너지건축물 인증제도가 시행되었다.

의무화 시점에 앞서 제로에너지 건축물 조성을 위해 추가적으로 요구되는 요소기술, 공사비, 신재생에너지 생산가능량 등을 검토하고, 이를 바탕으로 수요자 부담 경감 방안을 마련해야한다. 제로에너지건축물을 조성해야 하는 수요자 입장에서 건축물 용도별, 규모별 제로에너지건축물 달성 방안을 비교·검토할 수 있는 정보가 필요하다.

선행연구에 따르면 건축물의 입지 차이에 따른 건축 기준(용적률, 건폐율)에 따라 사이트 내에서의 제로에너지 달성이 불가능한 경우가 발생한다. on-site에서 달성이 불가능한 경우를 살펴보고 off-site제로에너지 건축물 도입 방안에 대한 검토가 필요한 시점이다. 또한 기존의 제로에너지건축물 조성사례 실태조사를 통해 조성 과정에서 발생한 문제점이 무엇인지 이해관계자들의 의견 수렴이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 선행연구에서 밝힌 제로에너지건축물 달성 불가능한 건축물 규모를 근거로 건축물 용도별, 규모별로 제로에너지건축물 달성 가능성을 검토하고 둘째, 국내 제로에너지건축물 조성 사례와 국외 활성화 정책 사례 조사를 통해 현 제로에너지건축물 조성 정책의 문제점과 제도 개선을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 마지막으로 두가지 결과를 종합하여 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안을 도출하고자 한다.

제2장 제로에너지건축물의 개념 및 정책 현황

제로에너지건축물에 대한 정의는 에너지 수지 계산 방법, 신재생에너지 생산 방법 등에 따른 개념적 정의와 정책적 정의로 정리할 수 있다. 에너지 수지 계산 방법에 따라 최종 에너지소비 제로, 1차에너지 소비 제로, 에너지 비용 제로, 온실가스 배출 제로로 구분되고 신재생에너지 생산방법에 따라 패시브, on-site, off-site로 구분된다. 정책적 정의를 살펴보면 에너지 자립 수준에 따라 Zero energy Building Ready(신재생에너지 비고려) → Nearly Zero energy Building(용도 한정) → Net Zero Energy Building → Plus Energy Building으로 구분된다. 주요 선진 국가들에서는 대부분 Nearly Zero energy Building 개념을 적용하여 정책을 추진하고 있다. 국내의 경우는 제로에너지 등급에 따라 Nearly Zero energy Building 부터 Plus Energy Building 개념까지 포함하고 있다.

제로에너지건축물 요소기술은 에너지효율 향상 기술, 신재생에너지 생산 기술, 에너지 소요 및 생산을 측정·제어하는 관리 기술로 구분된다. 제로에너지건축물 인증 평가에 반영되는 평가요소를 살펴보면 건축물의 형태, 방위, 자재 특성, 단열 등 에너지 요구량에 영향을 미치는 요소와 냉난방 및 공조 시스템 등 에너지 소요량에 영향을 미치는 요소로 요약할 수 있다. 우리나라 제로에너지건축물 기술 수준은 전체적으로 선진국 대비 약 78%으로 파악되며, 에너지효율 향상 기술에 비해 신재생에너지 및 제어·관리 기술 수준이 상대적으로 낮은 편이다.

국내 제로에너지건축물 조성 정책 현황을 살펴보면 국가 제로에너지 로드맵에 따라 2020년 공공건축물 의무화, 2030년 모든 건축물 의무화를 목표로 하고 있다. 실행 수단으로 제로에너지건축물 인증제도가 2017년 1월부터 시행되었으며, 이는 기존의 건축물 에너지효율등급 인증 제도와 연계되어 있다. 제로에너지건축물은 에너지자립률 20%이상을 최소 기준으로 하며, 여기에 에너지효율등급 1++이상 취득, 건축물에너지 관리시스템 또는 원격검침전자식 계량기 설치를 의무화 하고 있다.

제로에너지인증 취득에 따른 인센티브는 건축물의 용적률 및 높이 완화, 주택건설사업 기부채납 부담률 완화, 주택도시기금 대출한도 확대, 신재생에너지 설비 설치 보조금 지원, 취득세 경감 등이 있다.

제3장 제로에너지건축물 조성 현황과 문제점

건물에너지 영향요인의 비표준화 계수와 제로에너지 인증기준을 활용하여 용적률, 건물 폐열 급간별 단위면적당 최소에너지 소비량과 태양광에너지를 이용한 에너지자립률을 산출한 결과, 최근 5년 이내 준공된 비주거 건축물의 3.6%, 주거용 건축물의 1.5%가 제로에너지인증 5등급 기준인 에너지효율등급 1++, 에너지자립률 20%이상을 달성하기 어려운 것으로 나타났다. 또한 제로에너지 달성이 가장 어려운 것으로 보이는 아파트를 대상으로 ECO2프로그램을 활용하여 시뮬레이션을 시행한 결과 10개층을 넘어가면 제로에너지 인증 최저 기준을 만족하기 어려운 것으로 나타났다.

한편, 기존 제로에너지 인증을 취득한 건축물 사례를 분석한 결과, 주거용 건축물의 경우 저밀 단독주택은 제로에너지 달성이 용이하지만, 공동주택에 비해 자금 조달 방안이 어려운 것이 문제로 나타났고, 다세대 주택의 경우도 제로에너지건축물 조성이 비교적 용이하고, 용적률 인센티브를 적용하면 사업성도 있는 것으로 나타났다. 하지만 지구단위계획 등 상위계획과 상충하여 용적률 인센티브가 실현되지 못하는 문제가 있는 것으로 파악되었고 주민들의 인식부족으로 제로에너지건축물을 마케팅 요소로 적용하는데 한계가 있는 것으로 나타났다. 또한 제로에너지인증 기준에서 적용하고 있는 신재생에너지원의 한계도 문제로 지적되었다. 비주거용 건축물의 경우 에너지평가체계에 따른 용도 프로필에 따라 제로에너지 달성 가능성에 영향을 많이 미치는 것으로 파악되었다.

제로에너지 달성 가능성검토 결과와 사례분석 결과를 종합하여 제로에너지건축물 조성 저해 요소를 도출하였는데 먼저 법제도적 요소로는 첫째, 에너지 성능평가체계가 아직 미흡하다는 것이다. 대지 내에서 신재생에너지생산량을 만족하기 어려운 경우에 대한 대안이 필요한 상황이며, 신재생에너지원의 경우 현재 태양광, 태양열, 열병합, 지열히트펌프만 평가체계에 도입되어 있는데, 시장의 요구를 수용하여 이를 확대할 필요가 있겠다. 또한 주거용 건축물의 경우 냉방에너지에 대한 평가가 이루어지고 있지 않는데, 신재생에너지원을 사용하여 냉방까지 하는 경우 냉방에너지에 대한 평가도 포함시켜 제로에너지인증 취득을 더욱 용이하게 할 필요가 있다. 두 번째로 인센티브 제도 운영상의 문제점으로 용적률 인센티브가 지구단위계획, 지자체 조례 등과의 충돌 문제로 미실현되는 사례가 발생하고 있어 이에 대한 대책 마련이 필요한 것으로 보인다. 또한 인허가 절차상의 문제로 인해 세금 감면 혜택을 받지 못하는 사례도 발생하고 있어 인허가 절차에 대한 체계도 정비할 필요가 있다. 사회경제적 요소로는 건축물 성능향상에 따른 추가비용에 대한 부담이 발생하는 문제와 아직 상용화되지 않은 신기술 도입에 따른 비용 증가문제가 제시되었다. 또한 제로에너지건축물에 대한 인식부족으로 사업성 향상을 위한 홍보수단으로 이용하기에 문제가 있는 점 등이 문제점으로 제시되었다.

제4장 국외 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 사례

이러한 제로에너지건축물 저해요소에 대한 주요 국가의 대응을 살펴보았는데, 먼저 에너지 성능평가 체계와 관련하여 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 경우에 대한 대응 방안으로 지역 및 지구 단위로 제로에너지 건축물을 인정하는 방식과 REC구매 등 외부 구입 방법, 에너지효율 추가 향상 하는 방법 등으로 대안을 제시하고 있다. 유럽에서는 구체적인 기준이 제시되지는 않았으나 단일건물 뿐 아니라 건축물 단지, 지구단위, 지역단위까지 확대하여 제로에너지 건축물 조성이 가능하도록 하고 있다. 또한 인근 지역에서 생산된 신 재생에너지를 공급받는 경우에 대해서 인정하고 있다. 미국에서는 대지 내 생산에너지와 외부에서 생산한 신재생에너지 공급, 대지 내 생산 에너지의 외부 송출까지 신재생에너지 계산 범주에 추가하고 있다. 또한 이러한 방법으로도 대지 내 신 재생에너지 생산량이 부족한 고밀도 도시지역의 건축물 등은 RECs를 구매하여 생산량을 충족할 수 있도록 하고 있다. 영국에서는 신재생에너지원으로 하는 지역 및 단지 냉난방을 에너지 계산 범주에 포함하고 있으며 대지 내 달성이 어려운 경우 현금으로 상쇄하는 방안을 논의중에 있다. 독일에서는 외부에서 구입하는 방법과 에너지효율을 추가로 15% 향상하는 방법을 제시하고 있다.

추가공사비용에 관해서는 주요 국가마다 특징이 다양하게 나타났는데, 독일의 경우 막대한 예산을 투입하여 황별로 촘촘하게 담보 대출, 보조금 지원 프로그램을 만들어 패키지로 지원하고 있다. 특히 제로에너지건축물 매매 시에도 대출 지원을 해주는 점과 컨설팅, 계획, 감리 등 추가 비용을 폭 넓게 검토한 점, 지역단위 제로에너지 구축을 위한 지자체를 지원한 점, 상용 전 단계 기술 보급을 위한 설치비용 뿐 아니라 유지관리비용까지 지원하는 점이 특징이다. 프랑스의 경우 건축물 에너지효율개선 사업 수행에 필요한 기술, 금융 등의 지원을 통합적으로 지원하는 것이 특징이다. 지방정부와 CDC은행 등이 자본금을 출자하여 공공-민간 파트너십 형태로 회사를 설립하고, 에너지효율개선사업의 총 운영 및 관리를 담당하고 있다. 미국은 다양한 금융프로그램을 개발하고 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 전통적인 대출 방식에서부터 esco기업과 연계한 임대형 대출, 요금납부식 대출 등 다양한 프로그램을 제시하고 있으며, 또한 각 프로그램을 한 곳에서 관리하면서 수요자에게 각자 상황에 맞는 프로그램을 제시해주는 프로그램도 마련하고 있는 점은 국내에 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 또한 건축주 뿐 아니라 임대인까지도 포함하여 정책 대상으로 하고 있다는 점도 고무적이다. 금융 프로그램 이외 에도 세액 공제를 통해 제로에너지건축물조성을 지원하고 있으며, 캘리포니아 등 일부 주에서 보조금을 지원하고 있다.

제5장 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안

국내 제로에너지건축물 조성 저해요소와 이에 대한 해외 주요 국가의 정책 현황을 종합하여 국내 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안을 평가체계 개선 방안과 지원정책 개선 방안으로 구분하여 제시하였다.

먼저 평가체계 개선과 관련하여서는 off-site신재생에너지 도입을 위한 근거를 마련하고 인정 범위를 인접대지 및 원거리, 직입설치 및 간접설치로 구분하여 제시하였다. 평가시스템에서는 신재생에너지원을 추가하고 ESS, 축열조 등 신재생에너지원의 효율적 이용을 위한 설비 설치에 대해서도 인정 받을 수 있도록 평가계수를 적용하는 방안을 제안하였다. 또한 주거용 건축물의 냉방에너지에 대해서는 냉방에너지 값을 입력하지 않을 경우 정해진 값이 자동으로 입력되어 에너지소요량을 계산하고, 입력할 경우에는 정해진 값보다 유리하게 평가 받을 수 있도록 하여 주택의 냉방에너지 수요도 관리 대상에 포함할 것을 제안하였다. 또한 자연환기, 자동점멸전등, 창호 프레임 성능 등 에너지절감 계획 요소에 대한 평가를 좀더 촘촘히 할 것으로 제안하였다. 이는 현재 제로에너지 인증 기준이 에너지소요량과 생산량을 유기적으로 평가하고 있어, 소요량은 줄이지 않고, 생산량을 증가시키는 방법으로 제로에너지인증을 받을 수 있어 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축이라는 큰 정책 목표와 그 방향을 달리할 수 있는 문제의식에 대한 해결 방안으로 의미가 있다.

추가공사비용과 관련하여서는 예산 확보를 위한 노력과 함께 다양한 금융 프로그램을 개발하는 방안, 지원창구를 일원화하여 패키지로 지원하는 방안 등을 제시하였다. 또한 건물부문 온실가스 배출권 거래를 통한 인센티브 제공, 에너지효율향상 의무화 제도의 투자 항목에 제로에너지건축물 조성사업을 포함하는 방안 등 추가적인 지원 방안을 마련하였다. 또한 용적률 인센티브 미실현 문제 해결방안으로 각 지자체의 지구단위계획 개정 절차를 진행하도록 독려하는 방안과 신규로 수립되는 지구단위계획에 반영되도록 계획수립지침 개정안을 제시하였다.

제6장 결론

본 연구에서는 일부 건축물 용도 및 규모에서 제로에너지인증 취득이 어려운 것으로 나타나 의무화 시점에서 이에 대응한 제도 개선 방안이 필요함을 실증하였다. 또한 국내 제로에너지인증 건축물 사례조사를 통해 제로에너지건축물 조성 활성화 저해 요소를 도출하였으며 이에 대응한 해외 주요 국가들의 정책현황을 살펴보고 이를 바탕으로 정책 및 제도 개선 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 제로에너지의무화가 현재 제로에너지인증 기준의 최소 등급인 5등급 취득을 의무화하는 것을 전제로 하였다. 향후 추가적인 연구를 통해 실제 의무화단계에서 어느 수준으로 의무화할 것인지에 대한 추가적인 검토가 필요하다. 현재 국토부에서 발표한 의무화 로드맵에 맞춰 각 단계 시점의 기술 수준과 비용 등 녹색건축 산업 현황을 고려하여 적절한 제로에너지건축물의 수준을 제시해야 할 것이다. 물론 제로에너지건축물 수준이 후퇴하지 않기 위해 의무화 시점에 앞서 시장형성을 위한 지원정책 강화를 전제로 한다.

또한 본 연구에서는 제도 개선 방안에 대해 구체적인 기준을 제시하지 못하고 있는데, 각 제도개선 방안의 구체적 기준 마련을 위한 추가 연구가 필요하다. 특히 건축기준 완화 인센티브의 경우 제로에너지인증 등급에 따라 차등 폭을 두어야 한다는 의견이 많이 제시되었는데, 각 인증 등급별로 추가공사비용과 건축기준 완화에 따른 사업성 향상을 검토하여 구체적인 제도 개선 방안을 마련할 필요가 있다. 또한 건물부문의 온실가스 배출권거래제 도입, 에너지효율향상 의무화 제도에 제로에너지건축물 추가를 위해서도 구체적인 방법마련을 위한 추가 연구가 필요한 시점이다.

한편 앞서 연구에서 제시한 정책 및 제도개선 방안은 신축 및 증개축 등 건축물 조성단계에서 적용되는 사항들과 에너지절감 방안에 대해서만 한정하여 제시하고 있다. 그간의 정부의 녹색건축 정책도 계획단계, 에너지 절감 방안에 집중되어 온 것이 사실이다. 그러나 건축물에서의 에너지절감을 지속가능하도록 하고 건축물 사용자의 쾌적성 및 안전성 확보를 위한 통합적인 정책도 검토되어야 할 시점이다. 이를 위해서는 기존 유지관리제도의 문제점을 면밀히 분석하여 에너지, 안전, 쾌적성 등 통합적인 개선 방안을 검토해야 한다.

주제어

제로에너지, 제로에너지건축물, 제로에너지건축물 인증, 제로에너지건축물 의무화, 제도개선

차례 CONTENTS

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적	1
1) 연구의 배경 및 필요성	1
2) 연구의 목적	4
2. 선행연구 현황 및 차별성	5
3. 연구 범위와 방법	8
1) 연구의 범위	8
2) 주요 연구내용	8
3) 연구추진방법	12

제2장 제로에너지건축물의 개념 및 정책 현황

1. 제로에너지건축물의 정의	13
2. 제로에너지건축물 기술요소	18
1) 제로에너지건축물 요소기술 개요	18
2) 제로에너지건축물 인증평가에 반영되는 요소기술	22
3) 제로에너지건축물 요소기술 수준과 전망	25
3. 국내 제로에너지건축물 조성 목표 및 관련 정책 현황	27
1) 제로에너지건축물 조성 목표	27
2) 평가 관련 제도 : 제로에너지건축물 인증제도	27

제3장 제로에너지건축물 조성 현황과 문제점

1. 제로에너지건축물 달성 가능성 검토	31
1) 개요	31
2) 제로에너지 달성 가능성 검토	33
3) 시뮬레이션을 통한 제로에너지 달성 가능성 검토	46
4) 제로에너지 건축물 조성을 위한 추가 비용	57
2. 제로에너지건축물 조성 현황 및 사례 분석	61
1) 개요	61
2) 제로에너지 인증 건축물 현황	62

3) 제로에너지 인증 건축물 사례 분석	64
4) 제로에너지 타운 조성 사례	70
3. 제로에너지건축물 조성 저해 요소	76
1) 법제도적 저해 요소	77
2) 사회경제적 저해 요소	78
 제4장 국외 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 사례	
1. 국외 제로에너지건축물 조성 목표 및 평가체계	81
1) 유럽연합	81
2) 영국	83
3) 독일	85
4) 미국	87
5) 일본	89
6) 종합 및 시사점	90
2. 국외 제로에너지 건축물 조성 지원 정책 사례	93
1) 독일	93
2) 영국	102
3) 프랑스	105
4) 미국	107
5) 종합 및 시사점	117
 제5장 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안	
1. 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 방향	119
1) 제로에너지건축물 성능 평가 체계	119
2) 제로에너지건축물 조성 지원	120
2. 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안	122
1) 제로에너지건축물 평가 체계 개선 방안	122
2) 제로에너지건축물 조성을 위한 추가공사비용 확보 방안	128
3) 기타 행정적 지원 제도 개선 방안	134
 제6장 결론	
1. 연구의 결과	135
2. 정책 제언	139
참고문헌	141
Summary	147

표차례 LIST OF TABLES

[표 1-1] 선행연구 현황 및 차별성	6
[표 2-1] 제로에너지건축물의 에너지 수지 계산 기준에 따른 개념	14
[표 2-2] 신재생에너지 공급방식 구분	15
[표 2-3] 건축물 에너지 효율 향상 기술 예시	19
[표 2-4] ECO2 기입 중 계획 및 성능요소	23
[표 2-5] ECO2 프로그램의 평가 요소	24
[표 2-6] 제로에너지빌딩 융합얼라이언스 R&D 추진계획	25
[표 2-7] 제로에너지건축물 인증 등급에 따른 자립률 기준	28
[표 2-8] 건축물 에너지효율등급 인증등급	29
[표 2-9] 녹색건축인증, 건축물 에너지효율등급 인증과 제로에너지건축물 인증제도 비교	30
[표 3-1] 용도별 에너지성능 평가 프로필	32
[표 3-2] 중부지역 부위별 열관류율 개정 내역	36
[표 3-3] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 최저에너지 소비량	36
[표 3-4] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 태양광에너지 비율	38
[표 3-5] 비주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 태양광에너지 비율	38
[표 3-6] 비주거용 건축물 동수 현황	40
[표 3-7] 주거용 건축물 동수 현황	40
[표 3-8] 최근 5년 이내 준공된 비주거용 건축물 동수 현황	41
[표 3-9] 최근 5년 이내 준공된 주거용 건축물 동수 현황	41
[표 3-10] 비주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황	42
[표 3-11] 1++ 등급 이상 용도별 비주거시설	42
[표 3-12] 주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황	44
[표 3-13] 1++ 등급 이상 용도별 주거시설	44
[표 3-14] 비주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황	45
[표 3-15] 건축물의 에너지절약설계기준에 따른 공동주택의 외피성능	47
[표 3-16] 창세트의 열효율과 효율등급 특징	48
[표 3-17] 국내 아파트의 지역별 난방방식 현황	49
[표 3-18] 국내 가정용가스보일러의 효율등급별 용량과 효율 특징	49
[표 3-19] 컨버터 내장형 LED 램프의 광효율과 효율 특징	50
[표 3-20] 에너지절약형 친환경주택의 건설기준에 따른 공동주택의 신재생에너지 설치 기준	51
[표 3-21] 단열성능 증가에 따른 성능 수준	52
[표 3-22] 창 성능 증가에 따른 성능 수준	52

[표 3-23] 기밀 성능 증가에 따른 성능 수준	53
[표 3-24] 보일러 효율향상에 따른 성능 수준	53
[표 3-25] 전열교환기 효율향상(난방)에 따른 성능 수준	53
[표 3-26] 주요 가전제품 효율제도 운영 성과 요약	54
[표 3-27] 조명밀도 효율향상에 따른 성능 수준	54
[표 3-28] 태양광발전의 향후 설치 수준	55
[표 3-29] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)	55
[표 3-30] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)	56
[표 3-31] 공동주택의 에너지효율등급 및 에너지자립률 검토 결과(중부, 서울기준)	57
[표 3-32] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)	58
[표 3-33] 제로에너지 공동주택 성능수준 강화에 따른 제로에너지등급 가능성 검토	59
[표 3-34] 제로에너지건축물 사례 분석 항목	62
[표 3-35] 국내 제로에너지건축물 인증 건축물 현황	63
[표 3-36] 도시형 생활주택 화곡동 하이원 에코빌	65
[표 3-37] 송도 힐스테이트레이크 공동주택	66
[표 3-38] 판교 제2 테크노밸리 기업지원 허브 센터	68
[표 3-39] ④친환경계획그림 청연 사옥	68
[표 3-40] 아산 중앙도서관	69
[표 3-41] 단지형 제로에너지 시범 사업 현황	70
[표 3-42] 단지형 제로에너지 시범사업 현황(경기도 신청사)	71
[표 3-43] 단지형 제로에너지 시범사업 현황(행복도시 5-1 생활권)	73
[표 3-44] 친환경 에너지타운 시범사업	74
[표 3-45] 친환경 에너지타운 시범사업 현황(중북 진천)	75
[표 3-46] 제로에너지 조성 활성화 저해 요소	76
[표 4-1] 독일 저에너지 주택 등급 기준	86
[표 4-2] 제로에너지지구 디자인 원칙	88
[표 4-3] 제로에너지마스터플랜 원칙	89
[표 4-4] 국외 제로에너지 목표 및 평가 체계 종합	92
[표 4-5] KfW 금융프로그램 연간 예산 규모(단위: 백만 유로)	94
[표 4-6] Kredit 153 상황 보조금 기준	95
[표 4-7] Kredit 276/277/278 상황 보조금 기준	96
[표 4-8] 비주거용 및 주거용 건축물 대상 RHI 프로그램 운영현황(단위: 백만 파운드, 건)	103
[표 4-9] 신재생 열에너지 기술 유형별 세율(비주거용)	104
[표 5-1] off-site 인정 방안	123
[표 5-2] off-site 도입을 위한 건축물 에너지효율등급 및 제로에너지건축물 인증 기준 개정안	124
[표 5-3] 제로에너지건축물 평가 체계 개선 방안 종합	127
[표 5-4] 법인 출자 및 지원에 활용 가능한 관련 기금 및 특별회계 현황	130
[표 5-5] 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령, 지구단위계획 수립 지침 개정 방안	133

그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 1-1] 제로에너지건축물 국가 로드맵	2
[그림 1-2] 제로에너지건축물 의무화 로드맵	2
[그림 1-3] 제로에너지 빌딩 인증 등급	3
[그림 1-4] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성	4
[그림 1-5] 연구의 범위	8
[그림 1-6] 프랑스 제로에너지 빌딩 계획	9
[그림 1-7] 노원구 제로에너지주택 실증 단지	10
[그림 1-8] 연구 흐름도	10
[그림 2-1] 제로에너지건축물 개념 설명을 위한 다양한 고려 요소	13
[그림 2-2] 정책 추진을 위해 사용되고 있는 제로에너지 빌딩 정의	16
[그림 2-3] 제로에너지 빌딩 인증 등급	18
[그림 2-4] 건물의 환경조절 및 에너지자립화 방법	19
[그림 2-5] 태양광 전지 설치 예(좌로부터 지면, 지붕, 외피(건물일체형))	20
[그림 2-6] 연료전지 기술 예시(좌로부터 발전설비, 연료전지가 결합된 보일러, 연료전지 발전소)	21
[그림 2-7] BEMS의 개념	22
[그림 2-8] 우리나라 제로에너지건축물 요소기술 수준	25
[그림 2-9] 에너지 거래시장 사업 예시안	26
[그림 2-10] 제로에너지건축물 의무화 로드맵	27
[그림 2-11] 제로에너지건축물 인증 절차	28
[그림 3-1] 주거용 건축물의 용적률 건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성	33
[그림 3-2] 건축물의 에너지 사용 항목별 온실가스 배출량 비율	35
[그림 3-3] 비주거시설의 용적률/건폐율 경향(1++등급)	43
[그림 3-4] 주거시설의 용적률/건폐율 경향(1++등급 이상)	45
[그림 3-5] 창세트의 효율분포	48
[그림 3-6] 가정용 보일러의 효율분포	49
[그림 3-7] LED 조명기기의 광효율(lm/W) 분포	50
[그림 3-8] 에너지효율등급과 ZEB인증과의 관계	57
[그림 3-9] 강화수준(A)에서 ZEB 1등급까지 되기 위한 단위면적당 신재생에너지 투입비	60
[그림 3-10] 제로에너지인증 건축물 현황(단위 : 건)	63
[그림 4-1] 영국의 제로카본 평가 체계(국회에서 계속 논의 중인 개념)	83
[그림 4-2] KfW 금융프로그램 패키지 개요	94
[그림 4-3] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 계획	98

[그림 4-4] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 사업의 금융 프로그램 운영현황	98
[그림 4-5] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 사업의 대출 신청 절차	99
[그림 4-6] 지역단위 에너지효율 도시 재개발 추진을 위한 시범사업 : Celle시의 Heese North 지역	101
[그림 4-7] 지역단위 에너지효율 도시 재개발 추진을 위한 시범사업 : Potsdam시의 Drewitz 지역	101
[그림 4-8] RHI 프로그램 예산 및 향후 예상지급액(단위: 백만 파운드)	102
[그림 4-9] Energies POSITIVE의 지분 보유 현황	105
[그림 4-10] 에너지효율 개선사업 운영체계	106
[그림 4-11] Better Buildings Initiative 세부 프로그램	107
[그림 4-12] Better Buildings Financing Navigator 자금조달 방법	108
[그림 4-13] Financial Allies의 신청 가능한 자금조달 방법(예시)	109
[그림 4-14] 금융상품별 총 투자금액(2018년 기준)	109
[그림 4-15] 임대 용자(Lease Financing) 구조	110
[그림 4-16] 대출 용자(Loan Financing) 구조	111
[그림 4-17] 요금납부식 용자(OBF) 구조	111
[그림 4-18] 상업용 청정에너지 재산세 평가 용자(CPACE) 구조	112
[그림 4-19] CAHP 보조금 지원 규모(단독주택)	115
[그림 4-20] CAHP 보조금 지원 규모(저층 다가구주택)	115
[그림 4-21] CAHP 보조금 지원 규모(고층 다가구주택)	115
[그림 4-22] 주택에너지등급에 따른 보조금 지원 규모	116
[그림 4-23] 추가 보조금 규모	116
[그림 5-1] 건물에너지평가프로그램의 신재생에너지원 적용 현황	126
[그림 5-2] 특수법인 운영 체계	128

제1장 서론

- 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 선행연구 현황 및 차별성
 - 3. 연구 범위와 방법
-

1. 연구배경 및 목적

1) 연구의 배경 및 필요성

□ 제로에너지건축물 의무화 계획 발표

2016년 12월, 정부는 2030년 국가 온실가스 감축 기본로드맵을 발표하고 건물부문 온실가스 감축 목표(18.1%)를 제시하였다. 목표 달성을 위한 정책 수단으로 제로에너지건축 활성화 추진방안을 통해 국가 제로에너지 로드맵을 제시하였는데, 2020년까지 공공 건축물의 제로에너지건축물 의무화, 2025년까지 민간 건축물의 의무화를 목표로 하고 있다. 제로에너지건축물은 국토교통부의 7대 신산업(드론 산업화, 자율주행차, 공간정보화, 해수담수화, 스마트시티, 대형리츠 활성화, 제로에너지건축물 등), 산업부의 8대 신산업(수요자원거래 시장, ESS통합서비스, 에너지자립섬, 발전소 온배수열, 제로에너지건축물, 전기자동차, 태양광대여, 친환경에너지타운 등)에 지정된 중요 사업으로 현실화 방안을 위한 제도적 검토가 필요한 시점이다.

기반구축 (~'16년)	⇒ 상용화 촉진 ('17년~'19년)	⇒ 단계적 의무화 ('20년~)
법령정비 (기준 정비, 인센티브 마련 등)	건축물 에너지소비 총량제 시행 ('17년)	공공부문 제로에너지 의무화 ('20년)
제로에너지빌딩 시범사업 추진	패시브수준의 단열기준 강화 ('17년)	민간부문 제로에너지 의무화 ('25년)

[그림 1-1] 제로에너지건축물 국가 로드맵

출처: 국토교통부(2016) 제로에너지건축 활성화 추진방안, 1p

'20년	('17년)시장형공기업 연면적 3천㎡이상 교육연구시설, 업무시설 → ('18년)준시장형공기업 건축물 → ('20년)모든 공공건축물
'25년	연면적 5천㎡ 미만 신재생에너지설치 의무화 대상 민간·공공건축물* * 업무, 교육연구, 판매, 운수, 숙박, 문화·집회, 의료 등의 시설
'30년	모든 용도* 민간·공공건축물 의무화 * 발전, 위험물저장·처리 등 제로에너지건축물 구현 가능성 및 효과가 적은 용도 제외

[그림 1-2] 제로에너지건축물 의무화 로드맵

출처: 국토교통부(2016) 제로에너지건축 활성화 추진방안, 8p

□ 2017년 1월부터 제로에너지건축물 인증제도 시행

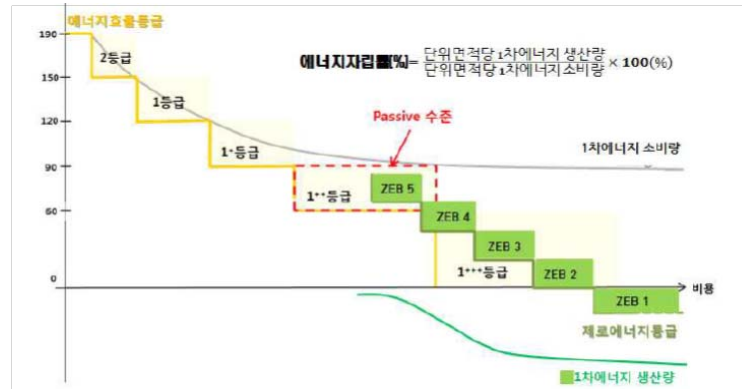
제로에너지건축물 의무화 계획에 맞춰 2017년부터 제로에너지건축물 인증제도가 시행되었다. 이는 기존의 건축물 에너지효율 등급 1++등급 이상 건축물을 대상으로 에너지 자립률¹⁾ 및 건물에너지 관리시스템 설치 여부에 따라 인증 등급을 부여하고 있다. 인증 기준을 살펴보면, 난방, 급탕, 조명, 환기 등 한정된 용도의 에너지에 대해 소요량을 최소화²⁾하고, 신재생에너지를 활용하여 에너지 자립률*을 20% 이상(5등급)~100% 이상(1등급)까지 달성한 건축물을 제로에너지로 인증하고 있으며, 이는 Nearly Zero에서 Plus Energy 개념까지 포용할 수 있는 기준이다.

$$1) \text{ 에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량**}}{\text{단위면적당 1차에너지소요량} + \text{단위면적당 1차에너지생산량*}} \times 100$$

* 단위면적당 1차에너지생산량 = $\sum$ ((신·재생에너지 생산량 - 신·재생에너지 생산에 필요한 에너지량) × 해당 1차 에너지환산계수) / 평가면적

2) 연간 단위면적당 1차에너지소요량을 주거용은 90kWh/㎡·년 미만, 비주거용은 140kWh/㎡·년 미만으로 설계.

최하 등급인 5등급의 에너지 성능을 대략적으로 계산해보면 에너지효율 1++등급에 포함되는 수준이다. 에너지자립률 20%로 1++등급 최소 기준인 90kWh/㎡년을 도입하여 에너지생산량을 계산해보면 22.5kWh/㎡년이고, 소요량에서 생산량을 감산해보면 67.5kWh/㎡로 1++등급에 포함되는 수준이다. 단계적 의무화 계획 달성을 위한 상용화 촉진단계에 적절한 기준이나, 의무화 단계에서 건설시장에의 안정적 적용을 위해 세부적인 제도 미비점에 대한 검토가 필요하다.



[그림 1-3] 제로에너지 빌딩 인증 등급

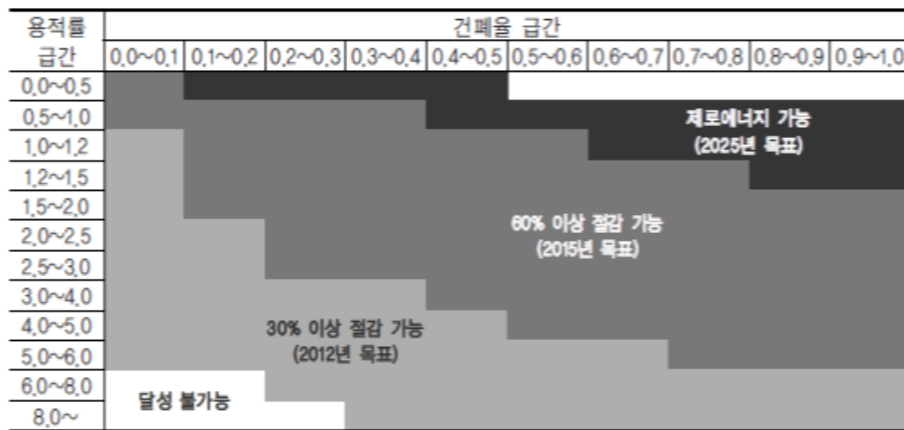
출처: 이승언 외(2017), 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구, 106p

□ 제로에너지건축물 달성 가능성 및 달성을 위한 도입 요소 검토 필요

의무화 시점에 앞서 제로에너지 건축물 조성을 위해 추가적으로 요구되는 요소기술, 공사비, 신재생에너지 생산가능량 등을 검토하고, 이를 바탕으로 수요자 부담 경감 방안을 마련해야한다. 제로에너지건축물을 조성해야 하는 수요자 입장에서 건축물 용도별, 규모별 제로에너지건축물 달성 방안을 비교·검토할 수 있는 정보가 필요하다.

또한 선행연구에 따르면 건축물의 입지 차이에 따른 건축 기준(용적률, 건폐율)에 따라 사이트 내에서의 제로에너지 달성이 불가능한 경우가 발생한다. 김승남(2014)에 의하면, 대지면적 200㎡, 용적률 800%, 건폐율 30%인 건축물의 태양광에너지 생산량은 1.45TOE/year이며, 이를 활용하여 에너지자립률 20% 달성을 위한 단위면적당 에너지 소요량을 계산해보면 약 0.02kWh/㎡·년³⁾으로 달성이 매우 어려운 실정이다. on-site에서 달성이 불가능한 경우를 살펴보고 off-site제로에너지 건축물 도입 방안에 대한 검토가 필요한 시점이다.

3) 단위면적당 1차에너지생산량(태양광발전량 1.45TOE * 단위환산계수0.213[10-3TOE/kWh]) ÷ (연면적 1600㎡ * 냉난방비율 80%) * 4 = 0.21273474kWh/㎡·년



[그림 1-4] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성
출처 : 김승남 외(2014), 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구, 213p.

□ 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도개선 방안 검토 필요

기존의 제로에너지건축물 조성사례 실태조사를 통해 조성 과정에서 발생한 제도적, 경제적 문제점이 무엇인지 계획가, 시공자 등 조성 주체들과 실제 거주자, 건축주의 의견 수렴이 필요하다. 특히 실제 투자자와 거주자가 다른 경우 등 예산 운용 방법에 따라 추가공사비용에 대한 부담 경감 방안을 고려할 필요가 있다. 노원구 제로에너지실증단지(임대주택)의 경우, 추가로 발생하는 유지관리비용으로 인해 거주민들에게 과도한 관리비(월 임대료 17만 + 관리비 20만원)가 부담되고 있는 실정이다.

2) 연구의 목적

첫 번째로, 선행연구에서 밝힌 제로에너지건축물 달성 불가능한 건축물 규모를 근거로 건축물 용도별, 규모별로 제로에너지건축물 달성 가능성을 검토하고자 한다. 두 번째로, 국내외 제로에너지건축물 조성 사례와 활성화 정책 사례 조사를 통해 현 제로에너지건축물 조성 정책의 문제점과 제도 개선을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 세 번째로, 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안을 도출하고자 한다.

2. 선행연구 현황 및 차별성

□ 제로에너지건축물 에너지성능평가 방법에 대한 연구

이승연 외(2017)는 에너지소비총량제도 기준 및 항목 분석, 국외 제로에너지건축물 평가기준과 제로에너지빌딩 열교 및 기밀기준 사례조사를 통해 건축물 에너지소비총량 평가기준과 제로에너지인증제도 도입방안, 열교부위 성능평가항목, 기밀성능 기준, 제로에너지건축물 가이드라인 등을 제시하였다. 채수권 외(2016)은 사례조사를 통해 제로에너지건축물 평가체계를 개발하고, 이를 적용하여 업무용 건축물의 에너지성능을 평가하였으며, 제도개선 방안으로 인센티브제도, 지형과 기후 변수 고려, 운영관리 시스템 도입, 에너지소비 관리 플랫폼 개발을 제시하였다.

□ 제로에너지건축물 모형 연구

이명주(2017)는 보일러류, 도시가스, 지역난방, 전열, 지열 등 에너지원별 5대 에너지소요량을 도출하여 한국형 표준공동주택 최적화 모형으로 지열+외부전력망 전기 조합 도출하였다. 조상규 외(2010)는 공동주택의 온실가스 배출특성 및 영향요인을 분석하고, 공동주택의 개발밀도 및 층수에 따른 기술요소 조합별 온실가스 감축효과와 비용 분석을 제시하였다.

□ 제로에너지건축물조성에 따른 기대효과 연구

조영진 외(2017)는 제로에너지 추진 사례 건축물 경제성분석을 통해 인센티브 제도의 실효성을 분석하고, 제로에너지 로드맵에 따른 온실가스 감축 효과를 추정하였다. 심재유 외(2012)는 에너지저감 주택에서의 여름철 재실 실험을 통해 에너지 사용량 및 재실자 쾌적도를 분석하였다.

□ 제로에너지건축물 조성 사례 연구

김민경 외(2010)은 세계 주요 도시의 제로에너지타운 정책의 비교 분석을 통해 제로에너지타운 조성을 위해 정책 지속성 확보, 성능기반의 평가, 과감한 지원과 공공-민간의 협력을 핵심 요소로 도출하였다.

□ 제로에너지건축물 정책 동향 및 개선 방안 연구

신성우 외(2015)는 국내 제로에너지정책 현황과 국외 정책 동향 분석을 통해 제로에너지 빌딩 조기 활성화 방안으로 건물에너지 목표관리제 확대 시행, 전력요금 효율체계 개편, 제로에너지 빌딩 로드맵 보완사항 등을 제시하였다.

[표 1-1] 선행연구 현황 및 차별성

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
1	-연구명: 제로에너지 건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구 -연구자(년도): 이승연 외(2017) -연구목적: 건축물 소비총량제도와 제로에너지건축물 제도 관련 해외 사례 및 에너지절감 효과 요소 등을 기반으로 국내 수준에 부합하는 관련 기준 개선 방안 제시	-국내외 건축물에너지 소비 총량제도 기준 항목 분석 -국외 제로에너지 건축물 평가 기준 및 절차 조사 -국외 제로에너지 건축물 플랫폼 콘텐츠, 설계 가이드라인 조사 -국외 열교부위, 기밀성능 평가 방법 및 기준 조사	-건축물에너지 소비 총량제도 기준 항목 분석 -제로에너지 건축물 평가 체계안 도출 -국외 제로에너지 플랫폼 콘텐츠 조사, 설계 가이드라인 조사를 통한 국내 제로에너지 건축물 플랫폼 구축 방안 제시 -제로에너지 건축물 열교부위 평가 방법, 기밀성능 확보를 위한 설계 기준 개발
2	-연구명: 제로에너지 빌딩 평가를 통한 제도적 개선방안에 대한 조사 연구 -연구자: 채수권 외(2016) -연구목적: 국내외 인증제도를 비교 분석하여 제로에너지 빌딩의 평가기준과 항목을 제안	-국내외 사례 및 문헌조사 -건축물 제로에너지 성능 계산	-국내외 친환경 건축물 인증제도의 평가 체계 분석 -제로에너지 빌딩 평가체계 구성 -평가체계를 적용하여 업무용 건축물의 제로에너지 성능 평가 -제로에너지 빌딩 제도 개선 방안으로 인센티브제도, 건물부지의 지형과 기후변수 고려, 운영 관리 시스템 도입, 에너지 소비 관리 애플리케이션 개발 제시
3	-연구명: 한국형 제로에너지 공동주택의 최적화 모형 연구 -연구자: 이명주 (2017) -연구목적: 공동주택에 최적화된 패시브설계 요소기술과, 다양한 에너지원에 따른 에너지 효율, 비용, 이산화탄소 발생에 있어서 제로에너지 구현 가능성 검토	-패시브 요소기술 조사 -에너지시뮬레이션을 통한 5대 에너지(급탕, 조명, 냉난방, 환기) 요구량 산출 -최종에너지, 1차에너지, 이산화탄소 배출, 넷 제로에너지 비용에 해당하는 소요량 계산	-한국형 표준 공동주택 요소 기술 -에너지원 공급방식에 따른 에너지성능 평가 -한국형 넷제로 표준 공동주택 최적화 모형
4	-과제명: 저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구 -연구자: 조상규외(2010) -연구목적: 공동주택 개발밀도 및 층수에 따른 온실가스 감축효과 및 비용 분석	-에너지소비량 및 온실가스 배출량 통계자료 분석 -공동주택 온실가스 배출량에 대한 다중회귀분석 -개발밀도 및 층수에 따른 시나리오별 온실가스 감축효과 및 비용 분석	-국내 공동주택의 온실가스 배출특성 및 영향 요인 분석 -공동주택 개발밀도 및 층수에 따른 각종 기술 요소 조합의 온실가스 감축효과 및 비용 분석

구분	연구목적	연구방법	주요연구내용
5	-과제명: 제로에너지빌딩 신재생 및 인센티브 효과 분석 -연구자: 조영진 외(2017) -연구목적: 제로에너지 추진 사례들의 실태조사를 통해 인센티브 제도의 실효성을 분석하고, 제로에너지로드맵에 따른 온실가스 감축 효과 산정	-제로에너지 추진 사례 실태조사 -제로에너지 추진 사례의 인센티브 적용에 따른 경제성 분석 -제로에너지로드맵에 따른 제로에너지건축물 물량을 추정하고, 이에 따른 온실가스 감축 효과, 일자리 창출 효과 추정	-제로에너지 인센티브 제도 검토 -제로에너지건축물 인증 및 시범사업 실태조사 -제로에너지건축물 인센티브 효과 분석 -인센티브 확대 및 활성화 방안 -에너지절감 및 온실가스 감축, 일자리 창출 효과
6	-과제명: 여름철 재실 실험을 통한 저에너지 공동주택의 거주 후 에너지저감 성능 평가 및 재실 쾌적도 분석 -연구자: 심재유외(2012) -연구목적: 에너지저감 모델에서 재실자의 쾌적성 확보 여부 분석	-에너지 저감 주택에서의 재실 실험으로 쾌적도 측정	-베이스 모델의 전력 사용량분석 -40% 에너지 절감 모델의 전력 사용량 분석 -재실자 PMV분석을 통한 쾌적도 분석
7	-과제명: 세계 주요도시의 제로에너지타운 정책 비교 연구 -연구자: 김민경 외(2010) -연구목적: 서울의 지속가능성을 위한 저탄소 녹색도시 조성에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 세계 주요도시의 제로에너지타운 정책 조사	-문헌조사: 제로에너지타운 정의와 현황 -정책 조사 및 비교: 해외 사례 조사 및 유형화, 국내정책과의 종합비교와 추진체계	-제로에너지타운 정책 현황 -세계 주요도시의 중저밀형, 고밀도 제로에너지타운 사례 연구 -세계 주요도시의 제로에너지타운 정책의 에너지 및 온실가스 배출 목표, 계획 및 정책 특성, 추진체계 비교 분석
8	-과제명: 친환경 제로에너지 빌딩 구축 조기 활성화 방안 관련 연구 -연구자: 신성우 외(2015) -연구목적: 국내외 제로에너지 빌딩 및 친환경 건축물 관련 정책 현황을 분석하여 국내 제로에너지 빌딩의 조기 활성화를 위한 사항 도출하기 위한 방안 제언	-국내 정책 현황 조사 -국외 시장 및 정책 동향 분석	-국내 제로에너지 로드맵 등 관련 정책 현황 -건물부문 에너지소비 특성 -국내 친환경에너지타운 현황 -국외 세제 및 금융지원 정책, BEMS 지원 정책 -국외 친환경에너지타운 사례 -제로에너지 빌딩 구축을 위한 정책제언
본 연구	-제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안 연구 -연구목적: 제로에너지건축물 조성 사례조사를 통해 현재 정책의 문제점을 도출하고 제로에너지건축물인증기준을 바탕으로 시뮬레이션을 통해 제도개선 방안 도출	-문헌조사를 통한 관련 이론 및 제도 현황 조사 -제로에너지빌딩 사례 조사 -제로에너지건축물 시뮬레이션을 통한 추가비용 산정 -건축물 용도별 규모별 건설시장 규모 검토	-제로에너지 빌딩 개념 -제로에너지 관련 정책 및 사례조사를 통한 제도개선 시사점 도출 -건축물 용도별 유형별 제로에너지 건축물 달성 가능성 검토 및 추가비용 산정 -건축물 용도별 규모별 건설시장 규모와 추가비용에 따른 정책 우선순위 도출 -제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도개선 방안 제시

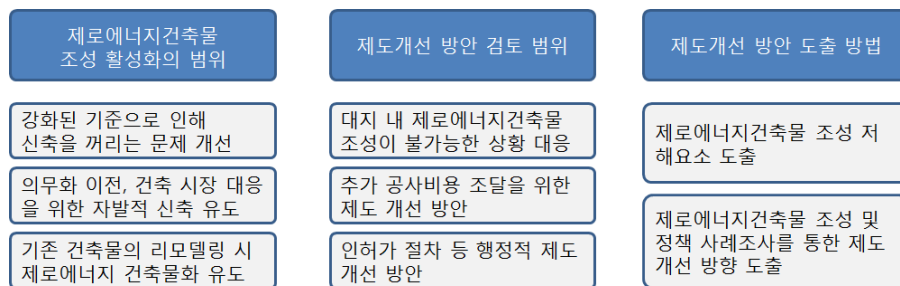
3. 연구 범위와 방법

1) 연구의 범위

본 연구는 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

활성화는 제로에너지건축물 조성 의무화로 인해 신축을 꺼리지 않도록 하는 것과 의무화 이전 단계에서 건축시장 대응을 위한 자발적 제로에너지건축물 조성하고, 기존 건축물의 리모델링 시 제로에너지건축물 조성을 유도하는 것을 의미한다.

제도 개선 방안의 검토 범위는 대지 내 제로에너지건축물 조성이 불가능한 상황에 대한 해결 방안과 추가공사비용 조달 방안, 행정적 지원 방안으로 한정한다.



[그림 1-5] 연구의 범위

출처: 연구진 작성

2) 주요 연구내용

□ 제로에너지건축물 개념 검토

에너지 수지 계산 기준, 신재생에너지 생산 방식, 제로에너지건축물 정책에 따른 정의 등을 기준으로 검토한다.

□ 제로에너지건축물 기술요소 검토

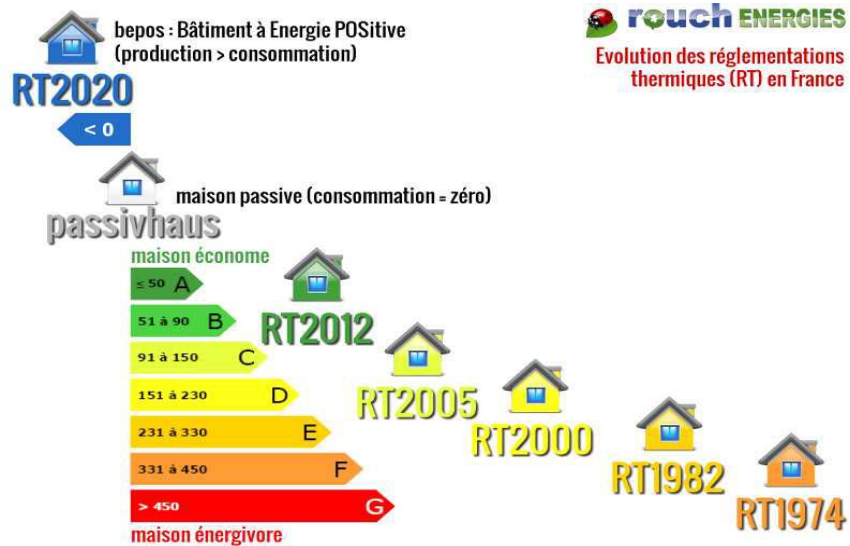
먼저, 제로에너지건축물 가이드라인, 에너지성능평가 시스템 등 문헌 검토를 통한 제로에너지건축물 기술요소를 검토한다. 다음으로 국내 제로에너지건축물 기술요소별 기술 수준을 검토한다.

□ 제로에너지 달성이 불가능한 건축물 용도 및 규모 검토

선행연구에 따른 제로에너지 달성 불가능 건축물 규모에 대해 제로에너지건축물 인증 기준에 맞춰 달성 가능성 여부를 검토한다. 먼저 에너지효율등급 인증 건축물 현황을 검토하여 제로에너지 건축물 달성 가능 규모를 밝히고, 그 외 규모에 대해 ECO2 시뮬레이션을 통해 제로에너지 달성이 불가능한 건축물 용도 및 규모를 검토해야하며, 검토 시에는 제로에너지건축물 조성 기술 수준도 함께 고려한다.

□ 국내외 제로에너지건축물 정책 및 제도 현황 조사

국내외의 제로에너지건축물 달성 계획 수립 및 이행 현황에 대한 조사와 함께 주요 선진국의 제로에너지건축물 계획 대비 국내 계획의 수준을 분석한다. 국내외 제로 에너지성능 기준 및 평가체계를 검토하여 국내 평가제도의 개선 방안을 검토한다.



[그림 1-6] 프랑스 제로에너지 빌딩 계획

출처 : <https://www.rouchennergies.fr/photovoltaique/ce-que-vous-devez-savoir/blog/vers-la-maison-a-energie-positive.html>, 2018.02.15.13:00

□ 제로에너지 건축물 조성 사례 조사

제로에너지건축물 조성 사례 조사 및 유형별 특성 분석을 통해 제로에너지건축물 개념, 평가체계 등을 고려한 사례조사 틀을 마련하고, 제로에너지건축물 조성 시 경제적, 제도적 저해 요소를 도출한다.

□ 국내외 제로에너지건축물 조성 및 활성화 정책 사례 연구

추가공사비용 조달 방안과 off-site 제로에너지건축물 도입 방안, 행정적 지원 방안을 중심으로 관련 정책사례를 조사한다. 사례 조사 결과를 종합하여 현재 제로에너지건축물 조성 정책의 문제점과 제도 개선을 위한 시사점을 도출한다.

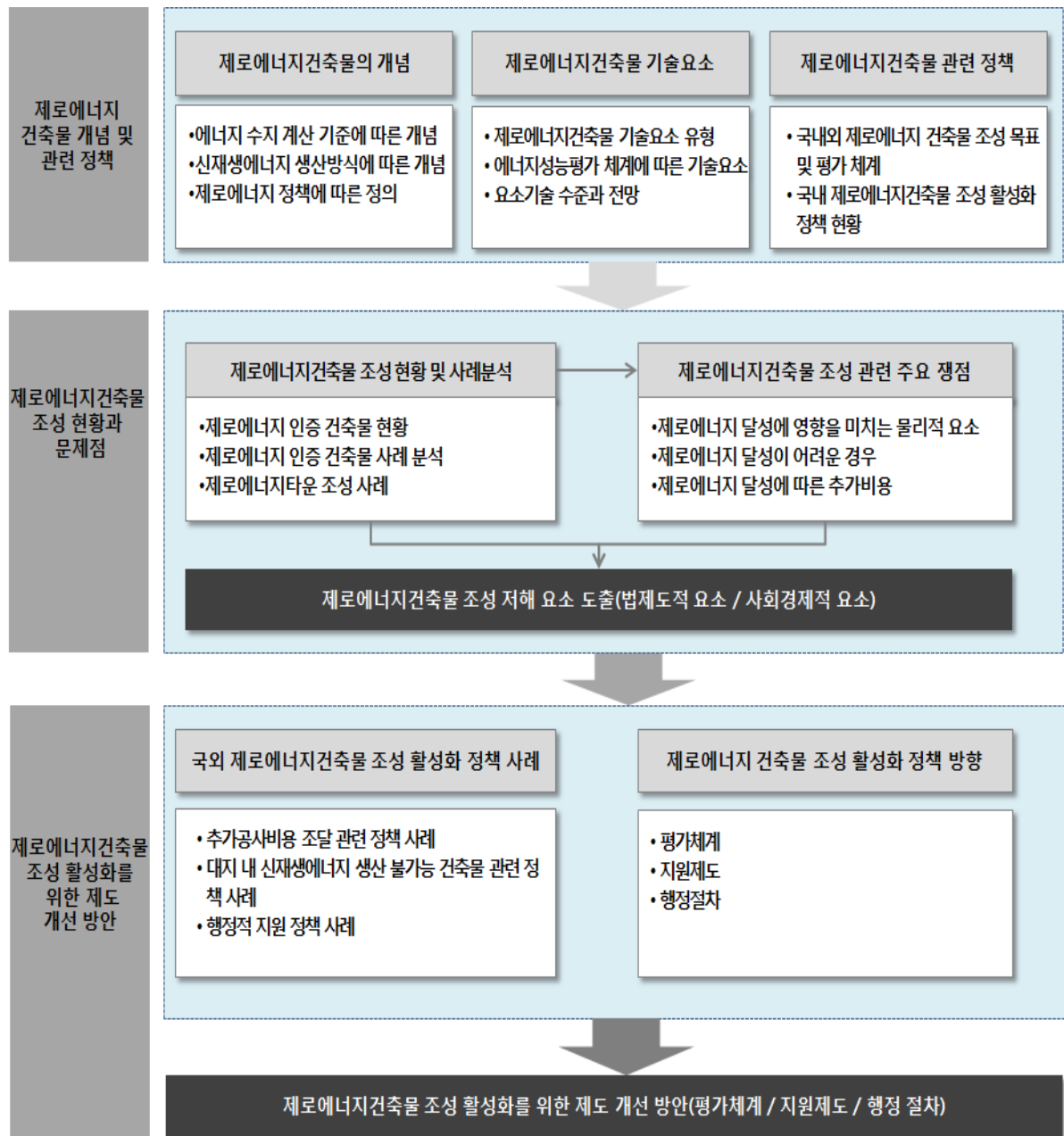
□ 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안 도출

제로에너지 달성 가능성 검토, 사례연구 결과를 종합하여 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안을 도출한다.



[그림 1-7] 노원구 제로에너지주택 실증 단지

출처: http://www.seoul.go.kr/eng/artsociety/society_general/2451.html, '에어컨 24시간 뱅뱅, 한달 전기료가 9만원!', 2017.08.24



[그림 1-8] 연구 흐름도
출처 : 연구진 작성

3) 연구추진방법

□ 문헌검토

개념 정립, 관련 이론 및 선행연구 동향과 제로에너지건축물 관련 국내외 정책 및 제도를 검토한다.

□ 선행연구를 바탕으로 제로에너지 달성 가능성 검토

선행연구에서 밝힌 용적률, 건폐율에 따른 에너지 소비량 데이터를 바탕으로 냉방, 난방, 조명, 환기, 급탕에 대한 최저 에너지소비량을 산정하고, 제로에너지인증 기준과 매칭 한다.

□ ECO2프로그램을 활용한 제로에너지건축물 조성 시뮬레이션

앞서 밝힌 제로에너지 달성이 어려운 경우에 대한 시뮬레이션 수행으로 제로에너지 달성 가능성을 검토한다.

□ 제로에너지인증건축물 사례 분석

제로에너지 인증 취득 건축물의 에너지 성능 평가 결과 파일을 활용하여 제로에너지건축물 조성에 도입된 기술요소와 성능 수준을 검토한다.

□ 국외 제로에너지건축물 조성 및 활성화 정책 사례 연구

제로에너지건축물 개념, 에너지 성능 및 평가 방법, 신재생에너지 종류 및 설치·운영 방법, 추가공사비용, 지원 정책 등을 조사 분석한다.

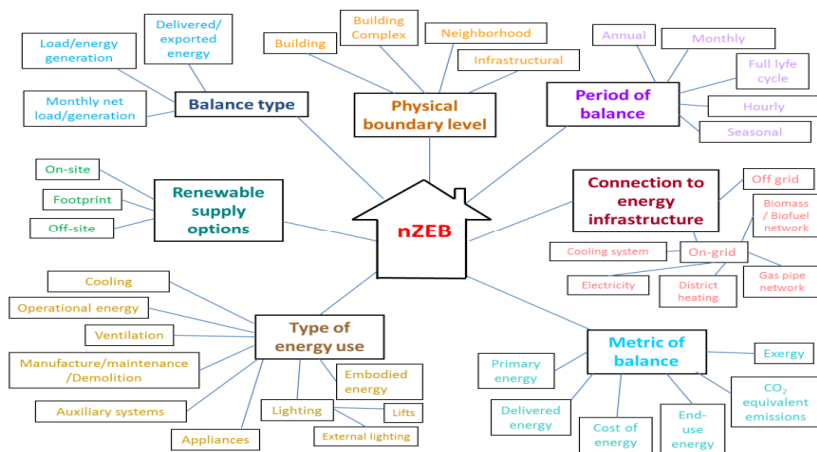
제2장 제로에너지건축물의 개념 및 정책 현황

1. 제로에너지건축물의 정의
2. 제로에너지건축물 기술요소
3. 국내 제로에너지건축물 조성 목표 및 관련 정책 현황

1. 제로에너지건축물의 정의

□ 제로에너지건축물 정의를 위한 고려 요소

제로에너지건축물은 건축물의 에너지 성능을 평가하는데 있어, 건축물의 물리적 범위에서 부터 에너지 수지 계산 방법, 신재생에너지 생산 방법 등 다양한 고려 요소에 따라 다양한 정의가 필요하다.



[그림 2-1] 제로에너지건축물 개념 설명을 위한 다양한 고려 요소

출처: Delia D'Agostino 외(2016), 'Development of the NZBs concept in member states', European Commission, 10p

고려 요소로는 에너지수지 계산 대상의 유형 및 범위, 에너지 산정 기간, 에너지 그 리드 시스템과의 연계, 사용에너지 유형, 건축물의 범위, 신재생에너지 생산 방식 등이 있으며, 크게 에너지 수지 계산 방법, 신재생에너지 생산 방식에 따른 개념 분류와 정책적 정의에 따른 개념 분류로 구분된다.

□ 에너지 수지 계산 기준에 따른 정의¹⁾

최종에너지 소비량을 기준으로 계산했을 때 연간 에너지 수지가 '0' 이상인 경우가 이에 속한다. 가장 보수적인 개념으로 실행 및 검증이 용이하다는 장점이 있으며, 건축물의 에너지 성능 강화 기술 적용이 중요하다. 타 개념에 비해 신재생에너지를 더 많이 도입해야 하며, 소비되는 에너지의 종류에 의한 차이를 반영하지 못한다는 단점이 있다.

1차에너지 소비를 기준으로 계산했을 때 연간 에너지 수지가 '0' 이상인 경우가 이 에 속한다. 대지 내에서 생산되는 전기에너지를 계통전력망에서 동일한 전기에너 지 생산에 투입되는 1차에너지 기준으로 계산한다. 최종에너지소비 제로보다 달 성이 용이하며, 최종에너지 소비 및 생산량을 1차에너지로 환산하는 기준과 절차 가 필요하다.

[표 2-1] 제로에너지건축물의 에너지 수지 계산 기준에 따른 개념

개념	설명
최종에너지 소비 제로 (Zero Site (delivered) Energy)	건축물 대지 내에서 소비되고 건축물의 모든 에너지 계량기에 의해 측정되 는 에너지를 강조하는 개념으로 에너지 생산, 전송 및 분배로 인한 에너지 손실은 고려하지 않음
1차에너지 소비 제로 (Zero Primary (Source) Energy)	에너지 생산, 전송 및 분배에 필요한 에너지를 일컫는 개념으로 대지내에 서 생산된 전기를 수출하여 구매한 전기에 대한 손실이나 대지내 소비되는 화석연료를 상쇄할 수 있음
에너지 비용 제로 (Zero Energy Costs)	대지내에서 생산된 에너지를 전력망에 되팔아 모든 에너지 구매 비용을 상 쇠하는 개념
온실가스 배출 제로 (Zero Emission)	에너지 소비량의 개념 대신 탄소 배출량을 측정하여 0이 되게 하는 개념

출처: OECD/ IPEEC(2018), "Zero Energy Building Definitions and Policy Activity", p.11, table 2 번역

1) 조상규(2010), 저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구, pp.17-18.

건물을 운영하는 과정에서 지불하는 연간 에너지 지출이 대지 내에서 생산된 에너지의 판매 수익에 의해서 상쇄된다. 실행 및 검증이 용이하며 시장의 조절작용에 의해 에너지 종류별 균형이 최적화 될 수 있다는 장점이 있다. 국가에너지공급 시스템에 부담이 있을 수 있으며, 에너지 가격 변동에 취약하다는 단점이 있다.

에너지의 투입 및 생산에 의한 최종적인 온실가스 배출량 수치를 계산했을 때 '0'이 하가 이에 속한다. 에너지 종류에 따른 온실가스 배출 계수 차이에 따라 청정에너지 공급을 장려할 수 있고, 에너지 종류에 따른 환경오염 정도를 반영할 수 있다는 장점이 있다. 정확한 온실가스 배출계수의 설정과 모니터링이 중요하다.

□ 신재생에너지 생산 방식에 따른 정의

패시브건축물 설계로 단열 및 기밀 성능을 고도화함으로써, 건축물 에너지소요량을 최소화하고 있다. 공급방식은 대지 내 공급과 대지 외 공급 두 가지 유형으로 구분된다. 먼저 대지 내에서 공급은 건축물에 부착된 신재생에너지 설비에서 에너지를 생산하거나, 대지 내 외부 공간에서 생산하는 경우를 말한다. 대지 외에서 공급은 인근의 대지에서 생산한 에너지를 공급받는 경우와, 원거리에서 생산한 신재생 에너지의 공급인증서(REC) 구매하는 경우를 말한다.

[표 2-2] 신재생에너지 공급방식 구분

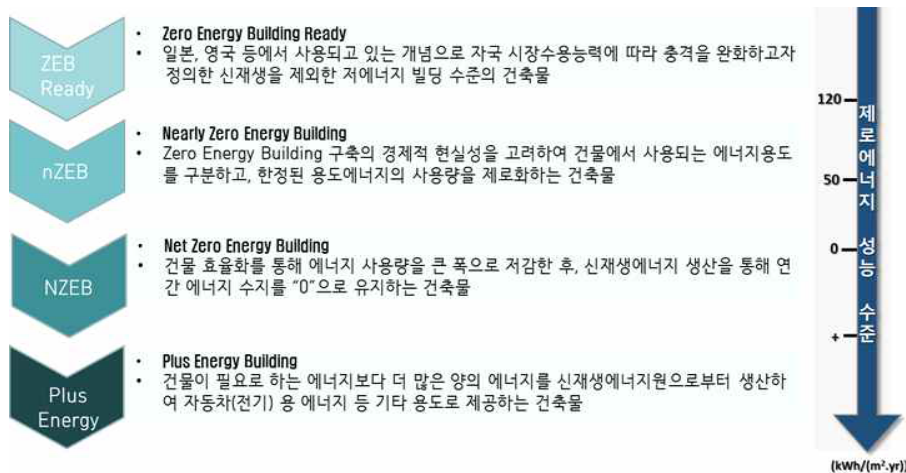
신재생에너지 공급 방법		예시
패시브 설계로 건축물 에너지소요량 최소화		자연채광, 고효율 공조설비, 자연환기, 증발냉각 등
on-site	건축물에서 생산가능한 신재생 에너지원 사용	태양광, 태양열, 건물에서의 풍력 발전
	대지 내에서 생산가능한 신재생 에너지원 사용	태양광, 태양열, 수력발전(low-impact hydro), 풍력발전
off-site	대지 외부의 신재생에너지원으로 대지 내에서 생산	바이오매스, 우드펠릿, 에탄올, 바이오디젤 등 대지외부에서 공급되는 에너지원
	대지외부에서 신재생에너지 생산	대지 외부의 신재생에너지 생산설비에 투자
대지외부에서 신재생에너지 공급		신재생에너지 생산 전력 구매

출처: Delia D’Agostino 외(2016), ‘Development of the NZBs concept in member states’, European Commission, 9-12p / P.Trocellini 외(2006), ‘Zero energy buildings: A critical look at the definition’, NREL, 3p를 종합하여 작성

□ 주요 선진국의 제로에너지건축물 정책에 따른 정의²⁾

Zero energy Building Ready(신재생에너지 비고려)는 일본, 영국 등에서 사용되고 있는 개념으로 패시브하우스에서 Nearly Zero energy Building 단계로 가기 전 시장의 여건이나 기술력 보완을 고려하여 신재생 에너지 생산을 제외한 제로에너지 기준이다.

Nearly Zero energy Building(용도 한정)은 최근 선진 국가들이 공식적으로 사용하는 용어로 Zero energy Building 구축의 경제성을 고려하여 건물에서 사용되는 에너지용도를 구분하고, 한정된 용도 에너지의 사용량을 제로화하는 것이다. 유럽의 건축물에너지성능지침(EPBD)에서 제로에너지건축물은 ‘냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등에 대하여 패시브 및 설비적으로 매우 높은 에너지성능을 갖는 건물’로 정의하고 있으며, 대지 내 또는 인근지역으로부터 생산된 신재생에너지 외에도 건축물 단지, 지구단위, 지역단위까지 제도 범위에 포함하고 있다. 일본에서는 ‘건축물의 1차에너지소비량(CO₂배출량을 포함)을 건축물, 설비의 에너지 절약 성능의 향상, 부지 내 재생 가능 에너지의 활용 등에 의한 절감으로 연간 1차에너지소비량이 순제로 또는 대략 제로가 되는 건축물’로 정의하고 있다.



[그림 2-2] 정책 추진을 위해 사용되고 있는 제로에너지 빌딩 정의

출처 : 이승언 외(2017), 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구, 한국건설기술연구원, 44p

2) 이승언 외(2017), 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구, 한국건설기술연구원, pp.43-44.

Net Zero Energy Building은 건물 에너지 성능 효율화를 통해 에너지 사용량을 큰 폭으로 저감한 후, 신재생에너지 생산을 통해 연간 에너지 수지를 '0'으로 유지하는 건축물을 말한다. 미국에너지부(DOE)에서는 Net-Zero 건축물에 대해 '건물에너지 효율화를 통해 에너지 소요를 극소화한 주거용이나 상업용 건물이며, 필요한 에너지는 신재생에너지로 충당할 수 있는 건축물'이라고 정의하고 있다. 국제에너지기구(IEA)에서는 제로에너지건축물의 정의를 한가지로 내릴 수 없음을 인정하고, 'Net-Zero 건축물은 에너지를 이용하는 만큼 공급망으로부터 에너지를 공급하는 건축물'이라고 정의하고 있다.

Plus Energy Building은 건축물이 필요로 하는 에너지보다 더 많은 양의 신재생에너지를 생산하는 건축물을 말한다.

□ 국내 정책적 정의

국내 녹색건축물 조성 지원법에 근거한 제로에너지건축물의 정의는 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물로 Nearly Zero Energy Building에 근접하고 있다.

제로에너지 인증기준을 살펴보면, 냉난방, 급탕, 조명, 환기 등 한정된 용도의 에너지에 대해 소요량을 최소화하고, 신재생에너지를 활용하여 에너지 자립률*을 20% 이상(5등급)~100% 이상(1등급)까지 달성한 건축물을 제로에너지로 인증하고 있으며 이는 Nearly Zero에서 Plus Energy 개념까지 포용할 수 있는 기준이다. 단, 연간 단위면적당 1차에너지소요량을 주거용은 90kWh/㎡·년 미만, 비주거용은 140kWh/㎡·년 미만으로 설계하게끔 한다.

에너지자립률 계산 방법

$$* \text{ 에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량**}}{\text{단위면적당 1차에너지소요량} + \text{단위면적당 1차에너지생산량**}} \times 100$$

** 단위면적당 1차에너지생산량 = $\Sigma \{(\text{신·재생에너지 생산량} - \text{신·재생에너지 생산에 필요한 에너지량}) \times \text{해당 1차 에너지환산계수}\} / \text{평가면적}$

그러나 신재생에너지 설치 없이 에너지소요량을 제로로 한 경우, 대지 외부에서 신재생 에너지를 공급받는 경우, 건축물 범위(개별건축물, 건축물 단지, 지역 등) 등 에너지 수지계산 방식과 신재생에너지 생산 방식 등에 의한 제로에너지 개념은 반영하지 못하고 있는 실정이다.



[그림 2-3] 제로에너지 빌딩 인증 등급

출처: 이승언 외(2017), 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구, 106p

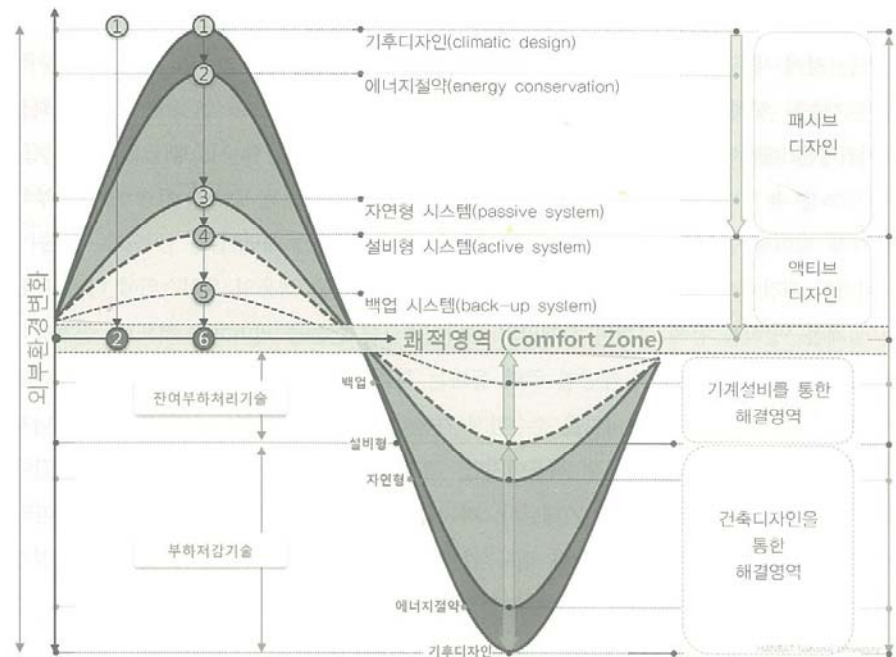
2. 제로에너지건축물 기술요소

1) 제로에너지건축물 요소기술 개요

□ 요소기술별 개요

제로에너지건축물 인증기준을 달성하는 것을 목표로 할 때 요소기술은 에너지 효율 향상 기술, 신재생에너지 생산 기술, 그리고 에너지 소요 및 생산(량)을 측정·제어하는 관리 기술로 구분해 볼 수 있다.

건축물의 에너지 효율 향상은 건축계획에 패시브 디자인 요소를 적용하거나 고성능 외피 및 고효율 설비를 도입하여 건축물 에너지 부하를 저감시키는 기술이다. 기술의 성격에 따라서는 건축, 외피 계획, 설비를 통해 또는 단열·기밀 성능을 높여 에너지 부하를 줄이는 패시브(Passive) 기술과 기계설비 등을 통해 에너지 효율을 높이거나 생산하는 액티브(Active) 기술로 구분할 수 있다.



[그림 2-4] 건물의 환경조절 및 에너지자립화 방법

출처: 대한건축학회(2010), 「제로카본 제로에너지 건축기술의 이해」, p.37

[표 2-3] 건축물 에너지 효율 향상 기술 예시

구분	기술의 정의
패시브 기술	자연환기 바람의 통로를 설계하고 공기의 압력 차이를 활용하여 실내 공기가 실외 공기와 교환되도록 유도하는 기술(건물 형태와 공간 특성에 맞는 환기방식과 개폐방법, 개폐 면적 등을 고려)
	자연채광 채광을 통해 적정 조도를 제공하는 동시에 조명 역할을 대신해 불필요한 에너지 소비를 줄이는 기술(천창, 아트리움 등 구조적인 계획을 통해 자연채광 유도/광덕트, 광파이프 등을 활용한 자연형 조명 설비)
	고성능 창문 일사차단과 공기유입을 막는 성능을 높은 창문(3중창, 로이유리 등)
	고기밀 창문이나 벽체에서 열이 빠져나가는 틈을 최소화하여 바깥 공기가 침투하거나 실내공기가 빠져나가는 것을 차단하는 기술
	외단열 단열재를 건물 구조체의 외부에 설치하여 단열재가 건물을 감싸도록 설치하는 방법으로 내단열, 중단열에 비하여 단열 효과가 뛰어나(단열재 설치 이음부위의 틈새가 발생하지 않도록 시공)
	외부차양 방위별 태양의 입사각과 적절한 차양 면적을 고려하여 외부차양의 위치, 종류, 길이를 계획
	옥상녹화 햇빛으로부터 받는 열을 차단(하절기일 때)하거나 방출하는 열을 흡수(동절기일 때)하기 위하여 건물 옥상을 녹화하는 기술(중량형 녹화, 경량형 녹화, 혼합형 녹화 등으로 구분)

구분	기술의 정의
액티브 기술	고효율 보일러 실내난방과 온수공급 두 가지 역할을 동시에 하면서 배기가스에 포함된 수증기의 열을 여러 번 재사용하는 콘덴싱 열교환 기술, 수증기에 포함된 열을 회수하여 재활용하는 폐열 회수 기술 등을 이용한 보일러
	폐열회수환기장치 외부에서 유입되는 차가운 공기와 실내에서 외부로 버려지는 더운 공기의 열교환을 통해 실내에 공급되는 공기의 온도를 올려주는 장치
	고효율 가전기기 에너지 효율(에너지소비효율등급)이 높은 가전 제품으로 더 적은 에너지를 사용하는 뛰어난 성능의 제품
	고효율 LED 조명 성향이 다른 반도체간 결합으로 전류를 흘렸을 때 전자와 정공이 결합하면서 발산하는 빛을 이용하는 조명

출처: 한국에너지공단(2018), “제로에너지빌딩 요소기술 자료집”, pp.3-22 재구성

신재생에너지 생산 기술³⁾은 태양열, 태양열발전, 지열발전, 풍력발전, 열병합발전, 연료전지 등으로 구분할 수 있다.

태양광 발전은 태양전지를 이용한 시스템으로 유지보수가 용이한 장점이 있으며, 태양전지를 지면, 지붕, 외피 등에 설치하여 태양광 발전 시 발생하는 열을 재활용하는 태양광/열 발전시스템도 도입 중에 있다.

태양열 에너지는 에너지밀도가 낮고 계절별, 시간별 변화가 심해 집열 및 축열 기술이 기본이 되며, 태양열 시스템은 집열부, 축열부, 이용부, 제어장치 등으로 구성된다.



[그림 2-5] 태양광 전지 설치 예(좌로부터 지면, 지붕, 외피(건물일체형))

출처 : 한국에너지공단(2016), “2016 신·재생에너지의 이해”, 16p ; 김선균(2011), “ [뉴트랜드 BIPV(건물일체형 태양광발전시스템)각광] 신개념 태양광효율 무한진화 ‘대전쟁’임박”, 이투데이, 1월 1일자.

지열 발전은 토양, 지하수, 지표수 등이 가진 에너지를 활용하여 직접 냉난방을 하거나 전기를 생산하여 사용하는 것으로 지중 열교환기 및 지열 회수 파이프 등의 설치가 필요하다.

3) 한국에너지공단(2018), “제로에너지빌딩 요소기술 자료집” 내용을 토대로 작성.

풍력 발전은 바람이 일정하면서 많이 부는 곳에 설치해야 하므로 일반 건축물에는 적용되기가 어렵다.

열병합 발전은 화석연료, 쓰레기 등을 태워서 전기를 생산할 때 발생하는 열을 난방이나 온수생산에 재활용하는 것으로 대규모 열병합발전 시설이 필요하며 지역 난방, 연료전지로 사용이 가능하다.

열병합 발전-연료 전지는 수소와 산소의 화학반응을 통해 전기에너지를 생산하는 기술로 전기를 생산하는데 발생한 열을 온수 및 난방으로 이용이 가능하나, 현재 수소의 가공이 어려워 천연가스(화석연료)를 연료로 사용하는 한계점이 있다. 그러나 오염물질을 배출하지 않으며 날씨, 환경, 설치 장소에 제한이 없는 것이 장점으로 연료전지는 소규모 발전설비를 개별 건물에 설치하거나 대규모 발전소를 통해 공급할 수 있다.



[그림 2-6] 연료전지 기술 예시(좌로부터 발전설비, 연료전지가 결합된 보일러, 연료전지 발전소)

출처 : 안병선(2018), “안산시, 올림픽기념관 내 연료전지 발전시설(5kw) 가동”, 인천일보, 2월12일자 ; 한세희(2008), “GS퓨어셀, 1kw급 연료전지 시스템 출시”, 전자신문, 6월18일자 ; 박재구(2014), “세계최대 연료전지발전소 건설되다”, 발전산업신문, 7월25일자

에너지저장시스템(ESS: Energy Storage System)은 차세대 전력망(인프라)을 구성하는 핵심 요소로 원하는 시간에 전력을 생산하기 어려운 신재생에너지를 미리 저장했다가 필요한 시간대에 사용할 수 있게 하는 기술이다. 전기발전 영역(생산) - 송배전 영역(이송) - 소비자 영역(사용) 모두에 적용이 가능하다. 현재로서는 제로에너지건축물 조성을 위해 건축물(대지) 내 우선 고려되는 신재생에너지는 태양광이 대표적이다.⁴⁾

건축물에너지 관리 기술(BEMS)중 하나인 건축물에너지관리시스템(Building Energy Management System)은 건축물의 쾌적한 실내환경 유지와 효율적인 에너지 관리를 위

4) 제로에너지 건축물 가이드라인(한국에너지공단, 2017)에는 태양광은 필수사항으로 태양열, 지열, 풍력 등은 고려사항으로 제시하고 있음.

하여 에너지 사용내역을 모니터링 하여 최적화된 건축물에너지 관리방안을 제공하는 계측, 제어, 관리, 운영 등이 통합된 시스템을 의미한다.⁵⁾

기존의 건물관리 시스템이 각각의 설비 기기에 대한 상태 관리 및 단순 제어에 초점이 맞춰져 있다면 BEMS는 ICT 기술을 기반으로 기기별로 수집된 정보를 종합 분석하여 건물의 에너지관리 운영 상태를 최적화하는 시스템이다. BEMS 핵심 기능은 건물의 에너지 사용량 실시간 계측, 에너지 사용량 분석, 설비 제어를 통한 건물에너지 최적 관리 등의 3가지이다. 제로에너지건축물 인증을 위해서는 건축물 에너지관리시스템 또는 원격검침전자식 계량기를 설치해야 한다. 건축물에너지 관리시스템은 원격검침 전자식 계량기에 비해 시간대별 적용부하, 에너지 비용, 에너지사용량 예측 등의 분석 결과를 기반으로 설비를 자동으로 제어할 수 있는 제어 시스템을 갖춘 것이 차이점이라 할 수 있다.⁶⁾



[그림 2-7] BEMS의 개념

출처 : 한국에너지공단(2018), “제로에너지빌딩 요소기술 자료집”, p.33

2) 제로에너지건축물 인증평가에 반영되는 요소기술

건축물에너지효율등급 평가를 위해 개발된 ECO2 프로그램의 평가 요소는 BEMS 등 건물의 종합적인 에너지 효율관리 수준보다는 요소별 고비용·고성능 자재 및 설비 기술이 요구된다.

5) 한국에너지공단(2018), “제로에너지빌딩 요소기술 자료집” 내용을 토대로 작성.

6) 한국에너지공단(2017), “제로에너지건축물 인증을 위한 건물에너지관리시스템 보고서 작성 가이드라인” 참고.

건물에너지평가프로그램(ECO2)은 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지요구량 및 소요량을 평가하고 이를 기반으로 1차에너지소요량과 이산화탄소 발생량을 예측한다. 에너지요구량은 건물형태, 방위, 자체특성 등 건축설계에 영향을 받은 열, 냉열, 빛 및 급탕에 필요한 에너지량(부하)을, 에너지소요량은 에너지요구량을 충족시키기 위해 설비시스템에서 소요되는 석유, 가스, 전기와 같은 연료 소비 에너지량을, 1차에너지소비량은 에너지소비량에 쓰인 연료를 채취, 가공, 운송, 변환, 공급하는데 쓰인 에너지를 포함하여 환산된 에너지량을 의미한다.⁷⁾

ECO2의 기입내용은 크게 신청개요(신청일자, 준공일자 등), 건물정보(신청인, 인증기관, 지역, 용도 및 규모 등), 건축 일반사항(입력존의 프로필, 면적, 천장고, 침기울), 기계 일반사항(냉난방방식, 공조방식, 야간/주말 운전방식, 난방공급방식, 열생산기기, 공조처리), 전기 일반사항(조명밀도), 신재생에너지(태양열, 지열, 태양광, 열병합) 관련 내용으로 구분된다. 이때, 건축 계획(디자인)요소를 제외한 성능관련 요소만 살펴보면 크게 건축의 벽 및 창문의 단열성능, 기계장비의 성능, 전기 조명밀도, 신재생에너지 성능으로 요약할 수 있다. 이는 동일 설계 내용에서 공간 구획 등을 크게 바꾸지 않고 건물의 성능(건축물에너지효율등급)을 개선할 수 있는 사항이다.

[표 2-4] ECO2 기입 중 계획 및 성능요소

구분	계획요소	성능요소
일반사항	신청인, 접수 및 준공, 일증발급일, 경과 - 년수, 수수료입급일, 용도 및 위치	
건축	실 사용용도, 실면적, 천장고, 벽 및 창면 적, 야간사용여부, 주말사용여부	외벽, 지붕, 바닥의 단열성능 창호의 단열성능, 일사에너지투과율, 침 기울, 열저장능력, 열교가산치(내·외단열)
기계	배관길이	장비의 용량/효율
전기	-	실 조명밀도
신재생에너지	-	태양광, 태양열, 지열, 열병합(연료전지) 용량 및 효율

출처: 건물에너지평가프로그램(ECO2) 평가자 매뉴얼을 참고하여 연구진 작성

7) 건물에너지평가프로그램(ECO2) 평가자 매뉴얼.

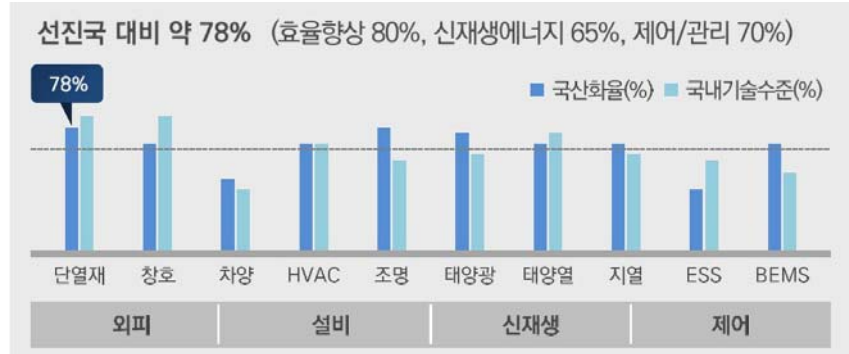
[표 2-5] ECO2 프로그램의 평가 요소

평가 요소	세부평가요소	비고
지역 정보	지역	
실 정보	기본현황	프로필(용도 등), 면적, 천장고, 침기울
	운전방식	야간/주말 운전방식
	설비	실내기 종류 및 개수, 공조기 종류, 환기장치 종류, 조명밀도
실의 외피 종류 및 성능	외벽	종류, 열관류율
	창호	종류, 열관류율, 차폐계수
	차양장치	종류 및 차양각, 블라인드 정보
공조기기 (팬을 사용하는 모든 장비 정보)	기기일반	공조방식, 외기냉방제어유무, 열교환기유형, 열화수율등 기기일반
	가습기	가습기 유형(증기, 분무, 가습불가)
	급기배기	급기 풍량, 배기 풍량, 급기팬 동력 및 압력손실, 배기팬 동력 및 압력손실
난방기기	난방열원기기	열원기기 방식, 기기 용량대수운전방식·효율 등 기기 일반
		히트펌프 장비의 사용 연료, 실내기와 실외기 최대 배관 등
		급탕탱크 방식·용량·동력 및 대수, 급탕방식 등
	난방용 실내기	시스템 종류(노출형 방열기, 바닥난방-열/전기, 전기난방)
		실내온도 제어방식(on/off제어, 비제어, PI제어)
		바닥난방시 건축부위 방식(건식, 반건식, 습식)
냉방기기	열원기기 별 난방 배관 길이	실내기의 제어가·팬/송풍기·펌프 정격전력 및 개수
		각 온열원기기의 주관, 지관, 말단배관의 길이 및 열관류율
		배관 설치 장소(표준난방존, 표준비난방존, 외부공간)
냉방기기	냉방열원기기	냉동기 방식, 사용열원 종류, 용량 및 대수, 열성능비 등
		냉동기 압축 방식, 압축기 제어 방식
		냉각탑 정보(증발식/건식, 폐쇄형/개방형), 보조방음기 설치 유무, 냉각탑 출구 온도
신재생 및 열병합 설비	냉방 관련 펌프	냉매 종류, 펌프운전 제어 방식, 급수 및 환수 온도 등
	태양광	모듈면적, 모듈기울기, 모듈방위, 모듈종류
	태양열	모듈적용타입, 태양열 시스템종류(급탕, 급탕+난방용) 등
	지열	히트펌프 용량 및 대수, 냉난방 COP, 열교환기 설치 여부 등
열병합	열병합	열생산능력, 열생산효율, 발전효율

출처: 이승언 외(2017), 「제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」, 국토교통부, pp.99~102 재구성

3) 제로에너지건축물 요소기술 수준과 전망

우리나라 제로에너지건축물 기술 수준은 전체적으로 선진국 대비 약 78%로 파악되며, 에너지효율 향상 기술에 비해 신재생에너지 및 제어·관리 기술 수준이 상대적으로 낮은 편이다.



[그림 2-8] 우리나라 제로에너지건축물 요소기술 수준

출처 : 한국에너지공단(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서”, p. 1-2

그간 관련 연구개발은 에너지효율향상 기술 부문이 큰 비중을 차지했으나, 기술간 통합 및 IT 기술을 적용한 건축물에너지 제어·관리 부문의 비중이 높아질 것으로 예상된다. 최근 5년간 R&D 연구비 기준으로 에너지효율향상 관련 부문이 전체의 81%에 해당하며, 신재생에너지, 건축물인증, 모듈화개발, 건물제어 순으로 나타나고 있다.⁸⁾ 국토교통부와 산업통상자원부가 공동으로 주도하는 ‘제로에너지빌딩 융합 얼라이언스’ R&D는 개별적인 자재 및 설비 개발에서 벗어나 건설기술, 신재생에너지, IT·설비, 금융 등으로 다각화된 계획을 추진하고 있다.

[표 2-6] 제로에너지빌딩 융합얼라이언스 R&D 추진계획

부문	목표	추진내용
건설기술	제로에너지빌딩 구현 건축기술 선진화/ 고도화/ 효율화	BIM기반 스마트 제로에너지빌딩 통합설계 실현 - 디지털 정보를 매개로 한 ZEB 통합설계 - 에너지를 포함한 안전/환경/보건관리 통합설계 구현 ZEB 통합 품질인증체계 - 시공/운영환경에 대한 패키지/시스템 품질인증 체계 - 적합성 정보 DB화를 통한 현장 시공감리 지원, 통합설계 실효성 확보, 스마트 건설 구현

8) 국가과학기술지식정보 최근 5년간 수행과제 정보(한국에너지공단(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서”, p. 1-3에서 인용).

부문	목표	추진내용
		IoT 연계 혁신 패시브 요소기술 개발 및 패키지화 - 공사비 상승 6% 이내의 패시브 요소기술 패키지 구현 - 건자재정보 제조/성능정보 제공 - IoT와 연계한 건물운영 효율화
신재생에너지	보급형 ZEB 액티브 패키지 기술 개발	도심형 액티브 패키지 기술개발 및 실증 - 도심형 지중 열교환기 설계 기술개발 - DC구동 지열용 히트펌프 유닛 개발 - 태양광-ESS 및 지열냉난방-TES* 융복합 기술개발 (* Thermal Energy Storage) 신재생연계 DC 스마트조명시스템 개발 및 실증단지 구축 태양에너지 건축시스템 및 설비 통합화 기술개발 실증
IT·설비	제로에너지빌딩 에너지 IoT 환경 구축	효율적인 ZEB 에너지 IoT 환경 구축 - IoT 센서 네트워크 기반 ZEB 데이터베이스 플랫폼 구축 - 에너지 IoT 연계 최적 에너지 관리 기술 개발 - ZEB 에너지 IoT 공공데이터 활용을 위한 제도 및 정책 개발 - ZEB IoT 빅데이터 관련 표준형 비즈니스 모델 개발 Energy Open Data를 활용한 ZEB Open Platform - 에너지 IoT 보급 확산, 에너지 프로슈머 활성화 등을 위한 ZEB Open Data 관리 기술개발
정책금융	정책, 금융모델 방안 마련	ZEB 이해관계자별 금융상품 개발 지원정책 및 통합지원 플랫폼 개발

출처: 한국에너지공단(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서” 내용 재구성

향후 건축물 에너지 관리 기술이 고도화(플랫폼화)되면, 제로에너지건축물 제도는 건축물 대지 내에서 자급자족하는 방식에서 다양한 방식의 에너지 거래를 인정하는 방식으로 변화되어야 필요가 있다. 신재생에너지를 대지 내에서 자체 생산하는 방식은 대지, 기후, 시설 조건 등에 따라 제약이 발생해 건축비 상승의 추가적 요인이 될 수 있다. 또한, 제로에너지빌딩 융합 얼라이언스는 ZEB 보급 활성화를 위한 경제성 확보방안으로, 부지 외 신재생에너지 발전 실적인정 추진 등 거래시장을 제안하고 있다.



[그림 2-9] 에너지 거래시장 사업 예시안

출처 : 한국에너지공단(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서”, p.11-8

3. 국내 제로에너지건축물 조성 목표 및 관련 정책 현황

1) 제로에너지건축물 조성 목표

국가 제로에너지 로드맵에 따라 2020년 공공건축물 의무화, 2030년 모든 건축물 의무화를 목표로 한다.

'20년	('17년)시장형공기업 연면적 3천㎡이상 교육연구시설, 업무시설 → ('18년)준시장형공기업 건축물 → ('20년)모든 공공건축물
'25년	연면적 5천㎡ 미만 신재생에너지설치 의무화 대상 민간·공공건축물* * 업무, 교육연구, 판매, 운수, 숙박, 문화·집회, 의료 등의 시설
'30년	모든 용도* 민간·공공건축물 의무화 * 발전, 위험물저장·처리 등 제로에너지건축물 구현 가능성 및 효과가 적은 용도 제외

[그림 2-10] 제로에너지건축물 의무화 로드맵

출처: 국토교통부(2016) 제로에너지건축물 활성화 추진방안, 8p

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능

건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물로 정의하고 있다. 이는 Nearly Zero Energy Building 개념으로 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 5대 1차 에너지 소요량과 신재생에너지 생산량을 1차에너지로 전환하여 에너지 수지를 계산한다.

신재생에너지 공급 방식은 대지 내 생산량에 대해서만 인정하고 있으며, 건축물 범위는 신축건축물, 대지 내 단일 건축물에 대해서만 인정하고 있다. 에너지 성능은 최소 기준이 에너지 자립률 20%이며, 1차에너지 소요량으로 환산하면 67.5kWh/㎡이다.

2) 평가 관련 제도 : 제로에너지건축물 인증제도

제로에너지 건축물의 기술기준 정립과 상용화 촉진 및 민간사업 확산을 목적으로 한다. 건축물 에너지효율등급 인증대상 중 건축주가 제로에너지 건축물 인증을 신청하는 건

축물을 대상으로 한다. 단독·공동주택, 업무시설, 근린생활시설 등 대부분의 건축물을 포함하고 있다. 단, 에너지 성능 산정이 어려운 건물(냉난방 온도설정 불가면적이 50% 이상)은 제외한다.

[표 2-7] 제로에너지건축물 인증 등급에 따른 자립률 기준

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

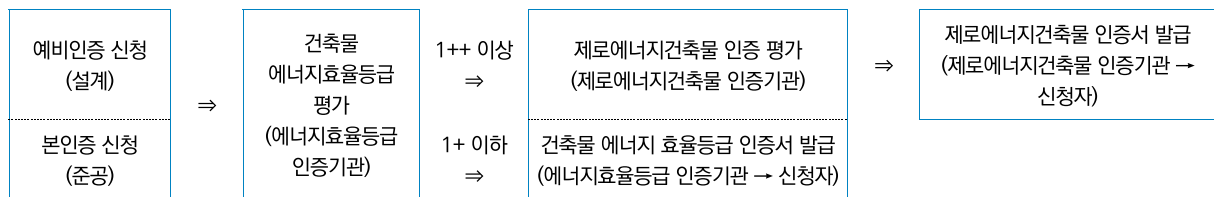
출처: 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 [별표 2의2]

제로에너지건축물 인증 기준

출처: 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 [별표 1의2]

[시행 2017.1.20.] [국토교통부고시 제2017-76호, 2017.1.20., 일부개정]

1. 건축물 에너지효율등급: 인증등급 1++ 이상
2. 에너지 자립률(%): 단위면적당 1차에너지생산량/단위면적당 1차에너지소비량 × 100
 주1) 단위면적당 1차에너지생산량(kWh/㎡·년) = 소[(신·재생에너지 생산량 - 신·재생에너지 생산에 필요한 에너지량) × 해당 1차 에너지환산계수] / 평가면적
 주2) 단위면적당 1차에너지소비량(kWh/㎡·년) = 단위면적당 1차에너지소요량 + 단위면적당 1차에너지생산량
 ※ 냉방설비가 없는 주거용 건축물(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우 냉방평가 항목을 제외
3. 건축물에너지관리시스템 또는 원격검침전자식 계량기 설치 확인
 ※ 「건축물의 에너지절약 설계기준」의 [별지 제1호 서식] 2.에너지성능지표 중 전기설비부문 8. 건축물에너지관리 시스템 (BEMS) 또는 건축물에 상시 공급되는 모든 에너지원별 원격검침전자식 계량기 설치 여부



[그림 2-11] 제로에너지건축물 인증 절차

출처: 국토부 「제로에너지건축물 활성화 추진방안」 국가건축정책위원회 보고자료(‘16.12)

건축물 에너지소요량(효율등급 1++ 이상) 기준을 준수하고, 모니터링 시스템(BEMS, 자동검침기)이 설치된 건축물을 대상으로 신재생에너지를 통한 에너지 자립률을 기준으로 5개 등급으로 평가하고 있다.

[표 2-8] 건축물 에너지효율등급 인증등급

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/㎡·년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/㎡·년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

출처: 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 [별표 2]

인센티브 지급·설계점검 등을 위해 예비인증(설계단계), 본인증(준공후)으로 구분하여 절차를 진행하고 있다(인증 유효기간 10년). 제도운영 초기 평가기준 정립 및 제도개선·운영 절차 간소화 등을 위해 한시적으로 운영·인증기관 단일화를 추진하고 있다. 현재 한국에너지공단에서 수행하고 있으며 향후 에너지효율등급 인증기관 등으로 확대하여 추진할 예정이다.

초기 인증 수요 창출 및 민원인 부담 완화 등을 위해 한시적으로 인증 수수료를 면제해주고 있다. 건축물 에너지효율등급의 경우 인증 수수료를 부담해야 하는데, 제로에너지 건축물 인증은 건축물 에너지효율등급에서 1++ 이상 인증을 받은 건축물이 해당되기 때문에 실제 제로에너지 인증을 받기 위해서는 건축물 에너지효율등급 인증 수수료도 함께 고려할 필요가 있다.

□ 평가 관련 제도 : 제로에너지건축물 인증과 건축물 에너지효율등급인증 제도 비교 검토

건축물 에너지효율등급 인증은 단위면적당 에너지소요량을 절대수치로 제한하여 등급을 평가하고 있는 반면, 제로에너지 건축물 인증의 경우 신재생 에너지생산량에 대한 에너지소비량 비율로 등급을 평가하고 있다. 건축물 에너지효율등급의 에너지소요량은 신재생에너지 생산량이 반영된 에너지소요량이며, 에너지자립률은 에너지소요량에 신재생에너지 생산량은 다시 더한 에너지 소비량 대비 신재생에너지 생산량 비율이다.

[표 2-9] 녹색건축인증, 건축물 에너지효율등급 인증과 제로에너지건축물 인증제도 비교

구분	녹색건축 인증	건축물 에너지효율등급 인증	제로에너지건축물 인증
인증 기준 (등급)	※ 100점 만점 기준 ·최우수(그린1등급): 신축 74점/기존 69점 이상 ·우수(그린2등급): 신축 66점/기존 61점 이상 ·우량(그린3등급): 신축 58점/기존 53점 이상 ·일반(그린4등급): 신축 50점/기존 45점 이상	※ 연간 단위면적당 1차 에너지소요 량(kWh/㎡·년) ·1+++: 60 미만 / 1++: 60~90 / 1+: 90~120 / 1: 120~150 / 2: 150~190 / 3: 190~230 / 4: 230~270 / 5: 270~320 / 6: 320~370 / 7: 370~420	※ 에너지효율 1++ 이상 ※ 에너지 자립률 ·1등급: 100% 이상 ·2등급: 80~100% ·3등급: 60~80% ·4등급: 40~60% ·5등급: 20~40% ※ 건축물에너지관리시스템(BEMS) 또는 원격검 침전자식 계량기 설치
평가 항목	토지이용 및 교통 / 에너지 및 환경오염 / 재료 및 자원 / 물순환관리 / 유지관리 / 생태환경 / 실내환 경	난방에너지 / 냉방에너지 / 급탕에너 지 / 조명에너지 / 환기에너지	1차에너지 생산량(신재생에너지 생산량-신재생 에너지 생산에 필요한 에너지량) / 1차에너지 소비 량(1차에너지 소요량+1차에너지 생산량)
평가 산정식	※ 인증등급 산정 = 획득점수 ÷ 분야별 총점 × 가중 치 ·신축 주거용 건축물 인증심사기준 ※ 에너지 및 환경오염 부문 에너지성능 세부기준 (배점 12점) ·[평가방법1] 평점=12×[0.4+{(에너지성능지표 평점합계-70)}÷25]×0.6] ·[평가방법2] 건축물 에너지효율등급 적용시 평점 = (가중치)×(배점) ·[평가방법2] 건축물 에너지효율등급 적용시 평점 = (가중치)×(배점) -가중치: 1+등급 이상 1.0 / 1등급 0.8 / 2등급 0.6 / 3등급 0.4 ·[평가방법3] 에너지절약형 친환경주택의 건설기 준 적용시 평점= (가중치)×(배점) -가중치: 1급 1.0 / 2급 0.8 / 3급 0.6 / 4급 0.4	※ 단위면적당 에너지 소요량 = 난방에너지소요량 ÷ 난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적 + 냉방에 너지소요량 ÷ 냉방에너지가 요구되 는 공간의 바닥면적 + 급탕에너지소 요량 ÷ 급탕에너지가 요구되는 공간 의 바닥면적 + 조명에너지소요량 ÷ 조명에너지가 요구되는 공간의 바닥 면적 + 환기에너지소요량 ÷ 환기에 너지가 요구되는 공간의 바닥면적 ·단위면적당 1차에너지소요량 = 단 위면적당 에너지소요량 × 1차에너 지환산계수 ·신재생에너지생산량은 에너지소요 량에 반영되어 효율등급 평가에 포함	※ 에너지 자립률(%) = 단위면적당 1차에너지생산량 ÷ 단위면적당 1차에 너지소비량 × 100 ·단위면적당 1차에너지생산량(kWh/㎡·년) = ∑ {(신재생에너지 생산량-신재생에너지 생산에 필 요한 에너지량)×해당 1차 에너지환산계수} ÷ 평가면적 ·단위면적당 1차에너지소비량(kWh/㎡·년) = 단 위면적당 1차에너지소요량+단위면적당 1차에 너지생산량

출처: 「녹색건축 인증 기준」 [별표 1], [별표 8] / 녹색건축인증기준해설서 2016 ver.1.2 / 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 [별표 1], [별표 1의1], [별표 2], [별표 2의2]

제3장 제로에너지건축물 조성 현황과 문제점

- 1. 제로에너지건축물 달성 가능성 검토
 - 2. 제로에너지건축물 조성 현황 및 사례 분석
 - 3. 제로에너지건축물 조성 저해 요소
-

1. 제로에너지건축물 달성 가능성 검토

1) 개요

① 제로에너지 달성 가능성 검토의 전제

□ 1차에너지 소비량에 영향을 미치는 에너지 성능 평가 요소

단열 및 냉난방과 관련한 기술은 모든 경우에서 동일하게 적용되며, 차이가 발생하는 요소로는 건축물의 용도, 건물 이용 시간, 규모, 대지 상황별 적용 가능한 신재생에너지 원 등이 있다.¹⁾ 외피 종류 및 성능, 공조기기, 냉난방기기의 성능은 현재 에너지 절약 설계 기준(2018.09)을 적용 시 모든 경우에서 패시브 하우스 수준의 높은 효율을 보이고 있다.

하지만 병원, 데이터 센터 등 24시간 운영되는 건물과 건물 내 전산실, 식당 면적이 큰 건물의 경우 등은 사용 시간에 의한 에너지 소비량 증가로 인해 제로에너지 달성이 어려운 상황이다. 특히 아파트와 같이 에너지 사용 밀도가 높고, 용적률이 크고 건폐율이 작아 태양광 설치 면적이 작은 경우도 대지 내에서 제로에너지 달성이 어려운 상황이다.

1) 전문가 자문회의 내용.

[표 3-1] 용도별 에너지성능 평가 프로파일

용도구분		평가 프로파일 요소
· 주거공간	· 전산실	· 사용시간과 운전시간 : 사용시작 및 종료시간 / 운전 시작 및 종료시간
· 소규모사무실(30㎡이하)	· 주방 및 조리실	
· 대규모사무실(30㎡초과)	· 병실	· 설정요구량 : 최소도입외기량($\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$) / 급탕요구량($\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$) / 조명시간
· 회의실 및 세미나실	· 객실	
· 강당	· 교실(초중고)	· 열발열원($\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$) : 사람 / 기기
· 구내식당	· 강의실(대학)	
· 화장실	· 매장(상점/백화점)	· 실내공기온도 : 난방 설정온도 / 냉방설정온도
· 그 외 체류공간(휴게, 탈의, 헬스, 열람,매점 등)	· 전시실(전시관/박물관)	
· 부속공간(로비, 복도, 계단실)	· 열람실(도서관)	· 원간사용일수 : 1월~12월별 사용일수
· 창고, 설비,문서실	· 체육시설	
		· 용도별보정계수 : 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 5대 에너지에 대한 보정계수

출처: 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정(2016.3.3.), 별표2를 참조하여 작성

□ 에너지 소비량에 영향을 미치는 물리적 요소

김승남(2014)에 의하면 용적률과 건폐율이 에너지 사용에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기저 에너지를 제외하고, 냉난방 에너지 소비에 미치는 영향은 주거용, 비주거용 모두의 경우 대지 면적이 클수록, 용적률이 크거나 건폐율이 작을수록 에너지소비가 적게 나타났다. 이는 다른 조건이 동일할 때 형태적으로 낮고 넓은 건축물이 높고 가는 건물에 비해 에너지 소비가 크다는 사실을 의미한다.

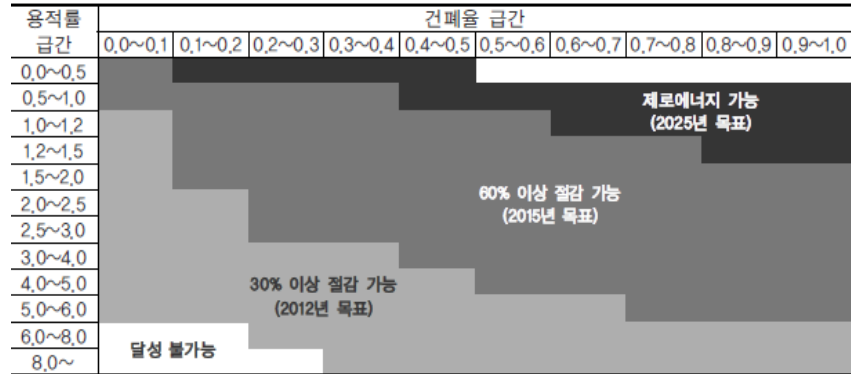
□ 제로에너지 달성 가능성 검토의 전제

위에서 언급한 건축물 용도에 따른 건물 이용시간과 신재생에너지원에 따른 차이는 제외하고, 건축물 용적률과 건폐율에 따른 차이를 검토하였다. 제로에너지 건축물 달성 가능성은 선행연구(김승남, 2014)에서 밝힌 용적률 건폐율 급간별 에너지 절감 가능량을 기반으로 검토하였다. 이는 실제 에너지 소비량 데이터에서 냉난방에너지 90% 절감, 기저에너지 10% 절감, 건축물 옥상 면적의 80% 태양광 설치 기준으로 검토된 것이다.

② 연구 방법

선행연구에서는 에너지 사용량을 기반으로 에너지 절감 비율을 적용하여 검토하였다면, 본 연구에서는 기저 에너지 사용량을 제외하고, 용적률, 건폐율 급간별 냉난방 에너지소비량에 단열기준 강화 비율을 적용 한 후 옥상 태양광 생산량을 통해 제로에너지 인증 기준에 기반 해 제로에너지 달성 가능성을 검토하였다.

첫 번째로, 선행연구에서 밝힌 건물에너지 영향요인의 비표준화 계수와 제로에너지 인증기준을 활용하여 용적률 건폐율 급간별 최저에너지소비량을 산정하고, 제로에너지 인증 기준과 매칭 하였다. 두 번째로, ECO2 시뮬레이션을 통해 제로에너지 달성 가능성을 검토하였다.



[그림 3-1] 주거용 건축물의 용적률 건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성
출처 : 김승남(2014), '용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구', 213p

2) 제로에너지 달성 가능성 검토

□ 개요

선행연구에서 밝힌 건물에너지 영향요인의 비표준화 계수와 제로에너지 인증기준을 활용하여 용적률, 건폐율 급간별 제로에너지 달성 가능성을 검토하였다.

선행연구의 용적률, 건폐율 급간별 최저에너지 소비량 도출 방법

- (활용데이터) 2012년 서울시 에너지 사용량, 건축물 대장, GIS 기반 용도지역지구도, GIS 기반 연속지적도, GIS 기반 건물형상도
- (용적, 건폐 구간 유형화 기준) 용적률, 건폐율 급간은 현행 용도지역별 용적률, 건폐율 기준과 같이 의미 있는 숫자를 기준으로 구분하되, 빈도분석을 통해 주요 급간의 빈도수가 최대한 고루 분포될 수 있도록 결정
- (기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 방법) 각 에너지원별로 연중 가장 작은 값의 소비량에 12개월을 곱하여 기저 에너지 산정, 5~10월 전기에너지 합계에서 기저에너지를 감산하여 냉방에너지 산정, 11월~4월 전기, 도시가스 및 지역난방 에너지 합계에서 기저에너지를 감산하여 난방에너지 산정
- 영향요인 SUR분석 모형 및 변수의 설정

유형	변수 명	자료		측정방법 및 단위
		자료명	년도	
종속 변수	연면적당 기저에너지 소비량	건축물 에너지 소	2012	건축물별 기저에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² year)
	연면적당 냉방에너지 소비량	비량 자료		건축물별 냉방에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² year)
	연면적당 난방에너지 소비량			건축물별 난방에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² year)
검증	용적률	건물형상도	2012	GIS 자료를 활용하여 직접 산정

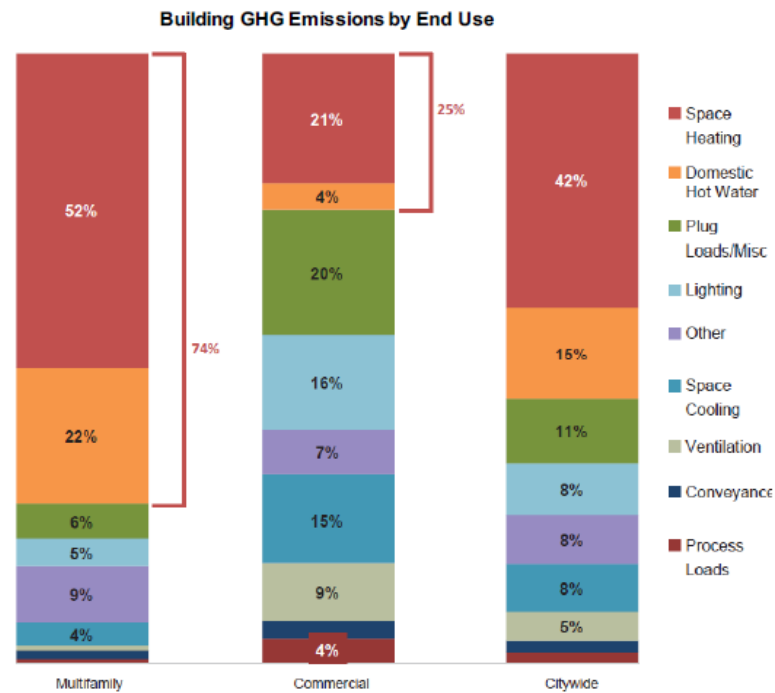
유형 변수 명		자료	측정방법 및 단위	
		자료명	년도	
변수	건폐율	(GIS 데이터)		
통제 변수	건축물 특성	대지면적	연속지적도 (GIS 데이터)	2013 GIS 자료를 활용하여 측정(㎡)
		지하층수	건축물 대장	2012 대장정보 활용
		사용년수		대장의 사용승인일 정보를 활용해 산정(년)
		지붕구조		건축물 대장 정보를 활용하여 더미변수화 철근콘크리트 구조=1, 기와 슬레이트 기타 지붕 =0
	토지 이용 특성	인구밀도	인구주택 총조사	2010 집계구 인구 / 집계구 면적(명/ha)
		고용밀도	집계구 자료	집계구 고용자 수 / 집계구 면적(명/ha)
		아파트 비율		집계구 아파트 호 수 / 집계구 총 주택 호 수
		토지가격	공시지가 자료	2011 지점별 공시지가 자료를 크리깅하여 100mX100m 단위 셀로 변환한 후 집계구별 평균 계산(원/㎡)
	기후 특성	평균고도	경기도 DEM자료	- 래스터 자료를 이용하여 집계구별 평균 계산(m)
		겨울철 평균기온	서울시 겨울철 평 균기온 자료	1998 관측소별 포인트 자료를 크리깅하여 래스터화 시킨 후 집계구별 평균 -200 계산(℃)
		여름철 평균기온	서울시 여름철 평 균기온 자료	9평균
		연평균 강수량	서울시 연평균 강 수량 자료	관측소별 포인트 자료를 크리깅하여 래스터화 시킨 후 집계구별 평균 계산(mm)
		주변 녹지비율	도시 생태현황도	2010 도시 생태현황도의 토지이용 유형 중분류중 '녹지 및 오픈스페이스'를 녹지로, '하천 및 호소'를 하천으로 가정하고, 집계구 중심 500m버퍼 지역 내 녹지 및 하천 면적 비율을 계산
		주변 하천비율		

○(용도별, 규제수준별 에너지 소비량 산정 방법) SUR분석 결과에서 각 종속변수에 대한 비표준화 계수를 추출한 수 각 변수의 계수와 입력값을 곱하여 합산

독립변수	SUR 모형 분석결과와 비표준화 계수			입력값 (독립변수의 평균 값)
	기저에너지	냉방에너지	난방에너지	
(상수)	15.7450	-1.4596	-	-
건폐율	6.1821	0.4301	8.5150	급간별 중간값
용적률	-0.5736	-0.0423	-2.1262	급간별 중간값
대지면적	-0.0002	0.0000	-0.0002	200.0000
지하층수	2.3719	-	2.3557	0.8621
사용년수	-0.0093	0.0020	-0.0306	18.4721
지붕구조	0.7007	-	0.4151	0.9573
인구밀도	0.0016	-0.0001	0.0019	366.9493
고용밀도	0.0014	0.0002	-	69.6950
아파트 비율	-0.1473	-0.0418	-0.3772	0.1334
토지가격	0.0000	0.0000	0.0000	2,905,747.4602
평균고도	-0.0131	-0.0008	-0.0043	41.1485
겨울철 기온	1.9243	0.1457	0.3950	0.2154
여름철 기온	-0.9840	-	0.2590	24.6297
평균 강수량	0.0134	0.0011	0.0039	1379.7711
주변 녹지비율	-0.8384	-0.3029	0.6120	0.1081
주변 하천비율	-	-	0.9662	0.0200

○(용도별, 규제수준별 에너지 절감가능량 산정 방법) 냉난방 에너지 90%절감, 기저에너지 10% 절감, 옥상 면적의 80%에 태양광 설치로 생산된 전력량 절감
 ※ 출처 : 김승남(2014), ‘용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구’, 137-215p

첫 번째로, 건물에너지 영향요인의 비표준화 계수를 활용하여 용적률 건폐율 급간별 단위면적 당 냉, 난방, 기저 에너지 소비량을 산출하였다. 여기서 조명, 환기 에너지를 구분하기 위해 기저에너지에서 플러그 부하, 기타 등 조명, 환기, 냉난방, 급탕을 제외한 에너지 사용량 비율은 기저에너지에서 제외(주거용은 15%, 비주거용은 31%)하였다. 제외 비율 기준은 뉴욕에서 시행한 에너지 사용량 특성 조사 결과를 활용하였다. 옥상 태양광에너지 생산량은 선행 연구와 동일하게 옥상면적의 80%설치, 설치각 15도, 1kWp 패널 설치 필요면적 8㎡, 일평균 발전 시간 3.4시간, 발전일 수 365일, 에너지손실률 2% 등을 적용하였다.



[그림 3-2] 건축물의 에너지 사용 항목별 온실가스 배출량 비율
출처 : NYC Mayor’s Office of Sustainability 내부자료

두 번째로, 용적률과 건폐율의 급간별 단위면적 당 냉, 난방 에너지 소비량에 단열기준 강화 비율 75%를 곱하고, 조명 및 환기 에너지 절감률 15%(자문의견 반영)를 적용하여 용적률 건폐율 급간별 단위면적 당 최저 냉, 난방 에너지 소비량을 도출하였다.

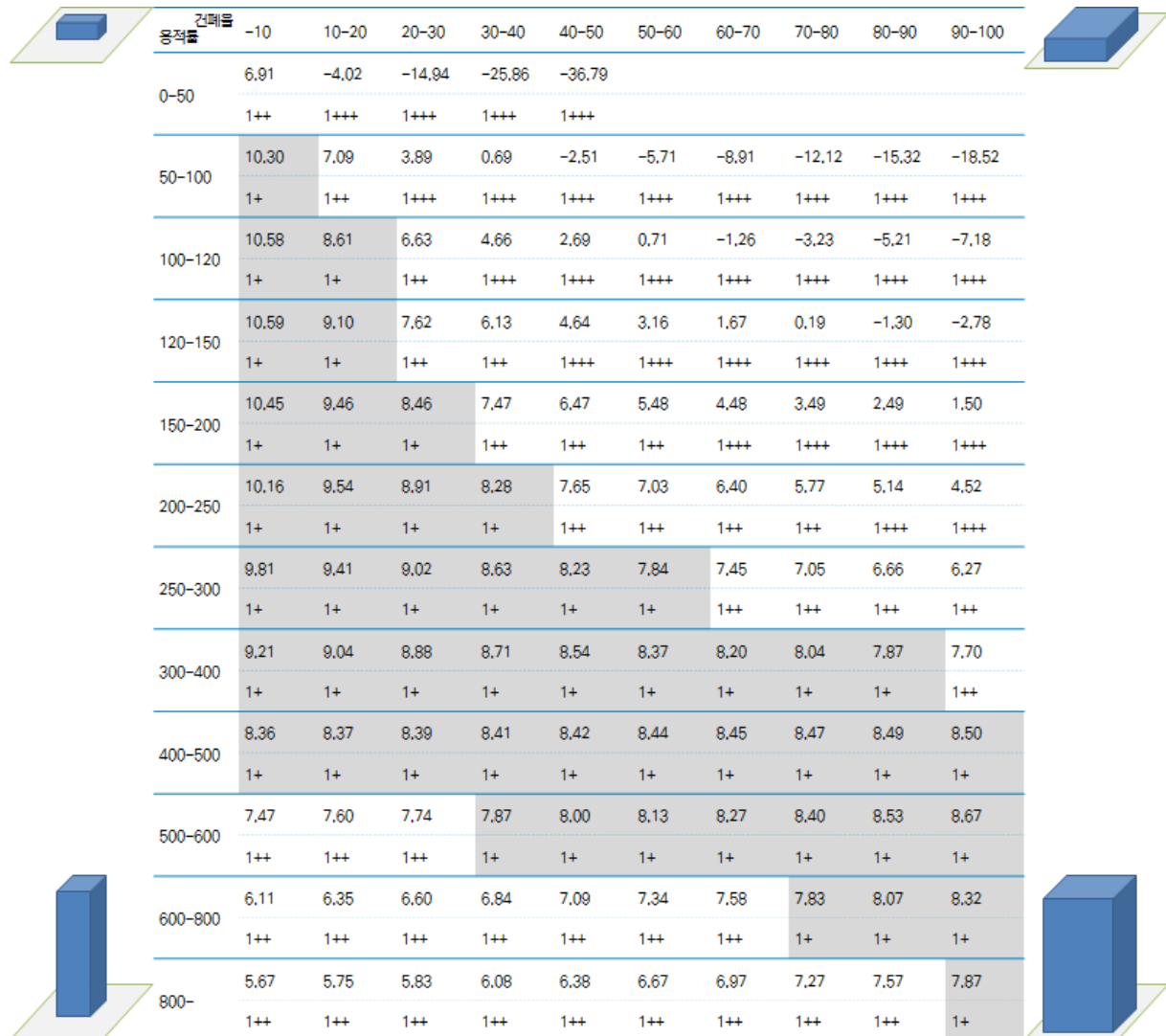
세 번째로, 단위면적 당 최저 냉, 난방 에너지를 에너지효율등급, 제로에너지 인증기준과 매칭 하였다. 1++등급 취득 불가능 구간, 태양광 발전 비율 20% 미달 구간 등을 검토하였다.

[표 3-2] 중부지역 부위별 열관류율 개정 내역 (단위: W/㎡·K)

구분	2001년	2008년	2010년	2013년	2018년	2001년 대비 2018년 강화 비율
창호(직접외기 외벽 기준)	3.84	3.00	2.1	1.5	0.9	약 76%
외벽(직접외기 외벽 기준)	0.47	0.47	0.36	0.27	0.15	약 68%
평균 열관류율	2.16	1.74	1.23	0.89	0.53	약 75%

출처 : 건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부고시 제2017-881호, 2017.12.28. 일부개정) 별표 4

[표 3-3] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 최저에너지 소비량(태양광 발전량 포함, 단위 : kgOE/㎡)



건폐율	용적률	-10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100
0~50	6.91	-4.02	-14.94	-25.86	-36.79						
	1++	1+++	1+++	1+++	1+++						
50~100	10.30	7.09	3.89	0.69	-2.51	-5.71	-8.91	-12.12	-15.32	-18.52	
	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
100~120	10.58	8.61	6.63	4.66	2.69	0.71	-1.26	-3.23	-5.21	-7.18	
	1+	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
120~150	10.59	9.10	7.62	6.13	4.64	3.16	1.67	0.19	-1.30	-2.78	
	1+	1+	1++	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
150~200	10.45	9.46	8.46	7.47	6.47	5.48	4.48	3.49	2.49	1.50	
	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
200~250	10.16	9.54	8.91	8.28	7.65	7.03	6.40	5.77	5.14	4.52	
	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++	1+++	1+++	1+++
250~300	9.81	9.41	9.02	8.63	8.23	7.84	7.45	7.05	6.66	6.27	
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++	1++
300~400	9.21	9.04	8.88	8.71	8.54	8.37	8.20	8.04	7.87	7.70	
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++
400~500	8.36	8.37	8.39	8.41	8.42	8.44	8.45	8.47	8.49	8.50	
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
500~600	7.47	7.60	7.74	7.87	8.00	8.13	8.27	8.40	8.53	8.67	
	1++	1++	1++	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
600~800	6.11	6.35	6.60	6.84	7.09	7.34	7.58	7.83	8.07	8.32	
	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1+	1+	1+	1+
800~	5.67	5.75	5.83	6.08	6.38	6.67	6.97	7.27	7.57	7.87	
	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1+

출처 : 김승남(2014), '용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구', 213p를 참조하여 재작성

※ 음영 : 제로에너지건축물 인증 조건인 에너지효율등급 1++취득 미충족 구간

네 번째로, 제로에너지 불가능 용적률, 건폐율 급간다섯 번째로, 제로에너지 불가능 용적률, 건폐율 급간과 에너지효율등급, 제로에너지건축물 인증과 매칭 하였다.

□ 단위면적당 최소에너지소비량과 에너지효율등급 1++ 기준 매칭

주거용, 비주거용 모두 용적률, 건폐율이 커질수록 제로에너지달성이 더 어려워지는 경향성을 보였다. 다만, 주거용의 경우, 용적률 500%이상인 구간에서는 용적률, 건폐율이 커질수록 제로에너지 달성이 용이한 것으로 나타났다. 주거용 건축물은 비주거용 건축물에 비해 용적률이 클수록 난방에너지 소비량 감소폭이 급격하게 나타났다. 이는 주거용 건축물이 비주거용 건축물에 비해 냉난방 에너지소비 비율이 더 높게 나타나 에너지 소비량 절감이 더 많이 책정되었기 때문이다.

용적률 500% 이상은 준주거지역, 상업지역에서 건축 가능한 규모로, 이 지역에서는 주거용과 상업용이 복합된 건물인 경우가 많으므로, 난방에너지 소비량이 적게 나타날 수 있다. 또한, 비주거용 건축물은 용적률이 클수록 기저에너지가 증가하는 반면, 주거용 건축물은 감소함에 따른 차이로도 해석할 수 있다. 이는 비주거용 건축물의 경우, 주거용 건축물에 비해 형태적인 요소보다는 건물에서 일어나는 행위의 유형과 강도에 의해 에너지 소비량이 결정되는 것을 의미한다.

즉, 비주거용 건축물의 경우 일반적으로 용적률이 높은 지역일수록 토지가치가 높고, 그에 따라 행위의 집중도가 증가할 수밖에 없기 때문이다. 이 구간에서의 제로에너지 달성 가능성은 시뮬레이션을 통해 다시 살펴볼 필요가 있다.

□ 태양광에너지 비율과 에너지 자립률 20% 기준 매칭

현재 건축물에 적용 가능한 신재생에너지 중 상용화된 기술은 태양광 발전 설비가 유일하므로 태양광 에너지 비율로 에너지 자립률 20%를 기준으로 매칭 하였다. 이때 에너지 소비량 중 태양광에너지 생산량이 차지하는 비율을 에너지 자립률로 볼 경우 일부 구간에서 1++기준은 충족은 되나 20% 기준을 만족하지 못하는 경우가 발생한다. 특히 주거용 건축물의 용적률이 500%이상인 구간에서 에너지 자립률 20%만족하는 구간은 전무한 것으로 나타났다.

[표 3-4] 주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 태양광에너지 비율(단위 : %)

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	20.69	58.9	93.38	124.65	153.14					
	1++	1+++	1+++	1+++	1+++					
50-100	7.25	20.59	32.57	43.38	53.19	62.13	70.32	77.83	84.77	91.18
	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
100-120	5.13	14.53	22.95	30.52	37.36	43.59	49.27	54.47	59.26	63.69
	1+	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
120-150	4.3	12.15	19.15	25.44	31.12	36.26	40.95	45.24	49.18	52.81
	1+	1+	1++	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
150-200	3.47	9.78	15.38	20.38	24.88	28.95	32.64	36.01	39.1	41.93
	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1+++	1+++	1+++	1+++
200-250	2.86	8.04	12.6	16.66	20.28	23.54	26.49	29.17	31.61	33.85
	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++	1+++	1+++
250-300	2.49	6.98	10.9	14.36	17.43	20.18	22.66	24.9	26.93	28.79
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++
300-400	2.17	6.03	9.36	12.26	14.82	17.08	19.1	20.92	22.56	24.04
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++
400-500	1.97	5.41	8.31	10.79	12.94	14.81	16.46	17.93	19.24	20.41
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
500-600	1.94	5.23	7.92	10.16	12.06	13.69	15.1	16.33	17.42	18.39
	1++	1++	1++	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
600-800	2.18	5.65	8.27	10.33	11.99	13.35	14.49	15.46	16.29	17.02
	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1+	1+	1+
800-	2.09	5.83	9.08	11.24	12.74	13.92	14.88	15.67	16.33	16.9
	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1++	1+

출처:김승남(2014), '용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구', 213p을 활용하여 재작성

※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

[표 3-5] 비주거용 건축물의 용적률, 건폐율 급간별 태양광에너지 비율(단위 : %)

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	20.69	58.9	93.38	124.65	153.14					
	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++					
50-100	7.25	20.59	32.57	43.38	53.19	62.13	70.32	77.83	84.77	91.18
	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
100-120	5.13	14.53	22.95	30.52	37.36	43.59	49.27	54.47	59.26	63.69
	1+	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
120-150	4.3	12.15	19.15	25.44	31.12	36.26	40.95	45.24	49.18	52.81
	1+	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
150-200	3.47	9.78	15.38	20.38	24.88	28.95	32.64	36.01	39.1	41.93
	1+	1+	1+	1++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++	1+++
200-250	2.86	8.04	12.6	16.66	20.28	23.54	26.49	29.17	31.61	33.85
	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1+++	1+++	1+++	1+++
250-300	2.49	6.98	10.9	14.36	17.43	20.18	22.66	24.9	26.93	28.79
	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++	1+++	1+++
300-400	2.17	6.03	9.36	12.26	14.82	17.08	19.1	20.92	22.56	24.04
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++	1++	1++	1++
400-500	1.97	5.41	8.31	10.79	12.94	14.81	16.46	17.93	19.24	20.41
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1++
500-600	1.94	5.23	7.92	10.16	12.06	13.69	15.1	16.33	17.42	18.39
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
600-800	2.18	5.65	8.27	10.33	11.99	13.35	14.49	15.46	16.29	17.02
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
800-	2.09	5.83	9.08	11.24	12.74	13.92	14.88	15.67	16.33	16.9
	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+

출처:김승남(2014), '용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구', 213p을 활용하여 재작성

※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

□ 제로에너지 달성이 어려운 구간의 건축물 현황

제로에너지 달성이 어려운 구간에 실제 건축물이 얼마나 존재하는지 세움터 자료를 활용하여 살펴 보았다. 비주거용 건축물은 용적률, 건폐율 정보가 입력된²⁾ 전체 비주거용 건축물의 약 3.2%, 주거용 건축물은 약 1.9%를 차지하고 있다.

[표 3-6] 비주거용 건축물 동수 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	159,455	224,931	153,303	145,647	68,955	2,302	175	56	26	117
50-100	165	8,730	12,318	38,567	33,889	124,228	24,048	11,002	3,064	2,291
100-120	14	111	832	2,948	4,142	44,476	5,013	1,754	256	84
120-150	23	182	444	1,935	10,277	17,203	9,712	5,940	824	215
150-200	20	962	382	1,720	12,108	54,257	9,161	6,018	2,161	987
200-250	11	1,301	619	633	9,216	30,615	7,513	7,436	1,800	291
250-300	9	274	512	327	2,639	15,638	6,238	4,250	1,730	451
300-400	4	30	296	262	962	8,455	6,507	6,173	1,898	339
400-500	-	2	9	89	303	2,127	2,545	2,320	838	105
500-600	-	1	4	31	93	1,064	1,020	1,447	307	55
600-800	-	2	1	67	143	977	807	1,338	297	34
800-	9	8	12	20	75	377	300	691	128	31

출처: 건축행정시스템 세움터의 건축물 대장 정보를 활용하여 작성 / ※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

[표 3-7] 주거용 건축물 동수 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	156,051	506,239	323,544	181,835	86,865	5,564	117	59	43	186
50-100	404	8,786	11,605	53,758	93,218	143,280	14,184	7,170	3,844	2,897
100-120	96	290	1,520	4,667	6,514	133,559	9,122	1,296	217	136
120-150	93	626	963	5,928	30,227	70,722	10,345	6,680	867	203
150-200	160	2,272	1,381	2,393	23,947	274,063	11,392	6,282	4,313	963
200-250	67	2,312	2,479	1,217	4,982	71,642	9,036	9,136	3,164	325
250-300	22	491	1,617	724	1,093	8,158	4,290	4,355	3,875	449
300-400	4	116	1,005	566	585	2,275	1,759	3,304	6,198	278
400-500	1	-	11	47	124	581	457	626	112	14
500-600	-	-	13	11	37	253	216	287	32	2
600-800	3	1	-	12	31	213	262	412	25	-
800-	5	11	10	13	21	86	89	161	40	3

출처: 건축행정시스템 세움터의 건축물 대장 정보를 활용하여 작성 / ※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

2) 건축물 대장 정보 중 신뢰할 만한 용적률, 건폐율 정보가 입력된 경우는 전체 약 710만동에서 52%수준인 약 370만동.

이중 최근 5년 이내 준공된 건축물은 용적률, 건폐율 정보가 입력된³⁾ 비주거용 건축물의 3.6%, 주거용 건축물의 1.5%로 전체 건축물 현황과 비슷한 규모를 보인다. 이는 이구간에서 지속적인 건축행위가 일어나고 있음을 알 수 있는 지표로 이에 대한 대응이 필요한 시점이다.

[표 3-8] 최근 5년 이내 준공된 비주거용 건축물 동수 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	37,255	45,358	19,423	19,642	7,158	265	7	4	2	2
50-100	41	1,663	1,554	5,784	4,096	17,835	3,227	1,037	54	8
100-120	2	12	73	275	475	4,972	502	171	12	3
120-150	7	23	68	163	964	2,367	1,475	592	20	-
150-200	8	11	51	117	965	6,183	908	645	79	8
200-250	1	4	21	124	1,078	2,766	872	558	65	1
250-300	-	-	6	43	168	901	745	285	68	1
300-400	-	1	1	16	157	1,401	1,082	599	63	3
400-500	-	1	3	12	44	600	541	380	43	-
500-600	-	-	1	2	14	306	282	273	14	-
600-800	-	-	-	3	14	277	225	311	27	-
800-	-	1	-	-	3	107	106	349	5	-

출처: 건축행정시스템 세움터의 건축물 대장 정보를 활용하여 작성 / ※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

[표 3-9] 최근 5년 이내 준공된 주거용 건축물 동수 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	14,643	98,823	37,141	16,084	3,963	571	8	5	2	3
50-100	29	3,192	2,513	13,152	8,015	5,284	340	210	96	32
100-120	8	13	262	637	1,051	3,674	143	66	9	2
120-150	11	22	149	367	3,226	18,914	266	249	48	6
150-200	6	36	161	243	2,451	58,521	1,136	418	211	78
200-250	1	13	88	181	1,295	5,989	1,257	914	96	42
250-300	-	1	23	46	177	606	365	256	62	48
300-400	-	3	11	46	105	764	413	251	29	17
400-500	-	-	1	10	44	235	196	177	2	-
500-600	-	-	1	1	14	89	102	105	3	-
600-800	-	-	-	1	4	60	143	236	2	-
800-	-	-	1	-	2	15	44	51	1	-

출처: 건축행정시스템 세움터의 건축물 대장 정보를 활용하여 작성 / ※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

3) 최근 5년간 사용승인된 건축물 중 신뢰할 만한 용적률, 건폐율 정보가 입력된 경우는 전체 약 70만동에서 73%수준인 약 51만동.

□ 제로에너지 달성이 어려운 구간에서의 에너지효율 1++등급 이상 본인증 취득 건수

비주거 건물은 불가능한 구간에서도 1++등급 취득 건수가 있으나, 각 사례에서 신재생 에너지 설비를 어떻게 적용했는지에 대한 확인이 필요하다. 주거용 건축물에 비해 제로 에너지건축물 인증 취득이 용이할 것으로 판단된다. 1+++등급을 받은 건물은 대체적으로 건폐율 35%이내, 용적률 100%이내 건물이 대부분이며, 대형 건물의 경우 아직 본인증 취득 사례가 없는 것으로 보아 위의 분석 결과에 설득력을 더해 주고 있다. 1++등급을 취득한 비주거시설의 경우 최대 용적률 1200%이상, 건폐율 80%이상 건축물도 등급을 획득했으며 이런 고밀도 건축물은 주로 숙박시설(호텔)로 나타난다.

[표 3-10] 비주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	51	43	11	2						
50-100		13	110	27	3	1				
100-120		2	27	20	2	1				
120-150		2	5	21	12	3		2		
150-200				4	9	10	1			
200-250				4	2	6	3			
250-300						2	3			
300-400			3	1	1	5		1		
400-500					1	2				
500-600				2	1	4	3			
600-800				3	2	4	6			
800-						3	12	1	1	

출처: 에너지관리공단(2018)에서 제공받은 건축물 에너지효율등급 자료를 활용하여 작성

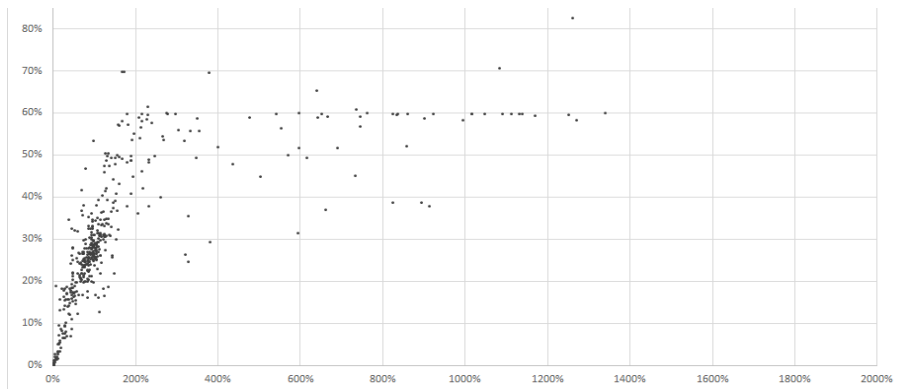
※ 음영 : (흐린화색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한화색)에너지 자립률 20% 미만 구간

[표 3-11] 1++ 등급 이상 용도별 비주거시설

구 분	건 수	평균 연면적	평균 건폐율	평균 용적률	평균 층수
1+++					
업무시설	2	5,183㎡	15%	52%	4.0
교육연구시설	14	8,979㎡	17%	57%	4.4
문화집회시설	2	5,926㎡	18%	49%	3.0
의료시설(숙소)	1	5,426㎡	2%	8%	5.0
소계	19	8,071㎡	16%	53%	4.3

구 분	건 수	평균 연면적	평균 건폐율	평균 용적률	평균 층수
1++					
업무시설	69	9,070㎡	36%	282%	7.2
교육연구시설	278	11,309㎡	26%	90%	4.5
근린생활시설	8	8,419㎡	46%	331%	6.0
숙박시설	18	9,357㎡	56%	831%	15.4
문화집회시설	9	5,105㎡	24%	62%	2.7
공동주택(비주거) ⁴⁾	14	3,216㎡	56%	209%	5.5
기타	41	11,236㎡	27%	143%	4.8
소계	437	10,428㎡	30%	164%	5.5
합계	456(전체 1,537건 중 약 30%)				

출처 : 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성



[그림 3-3] 비주거시설의 용적률/건폐율 경향(1++등급)

출처 : 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성

주거용 건축물의 경우, 아직 소규모 공동주택(노원구 제로에너지 주택)과 단독주택(파주 패시브하우스)에서 1++등급 이상 인증 취득 2건이 있으며, 고층건물에서는 1++등급 이상의 본 인증 건물은 전무한 현황이다. 에너지효율등급 인증 의무 취득 대상인 공기업 등을 포함한 공공기관이 건축하는 건축물이 대부분 비주거용이고, 인증 의무 기준도 비주거용의 경우 1등급에서 최대 1++등급까지 받도록 하고 있으나, 주거용의 경우 2등급 취득을 기준으로 하고 있어 주거용 건축물의 1++이상 취득 건수는 거의 없다. 1+++등급의 주거시설을 보면 공공의 노원 공동주택이며 건폐율 29%, 용적률 83%이며, 1++등급의 주거시설은 건폐율 46%, 용적률 61%의 민간 단독주택이다.

4) 이 표는 에너지효율등급 인증 건축물 정보와 건축물 대장 정보를 매칭하여 용도, 건폐율, 용적률, 층수를 파악한 것으로 비주거용 건축물에서 공동주택 용도가 포함된 것은, 건축물 대장정보 입력시 주상복합이나 오피스텔 등 용도가 복합된 시설의 대표 용도를 공동주택으로 선택한 사례인 것으로 판단.

[표 3-12] 주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50										
50-100			1		1					
100-120										
120-150										
150-200										
200-250										
250-300										
300-400										
400-500										
500-600										
600-800										
800-										

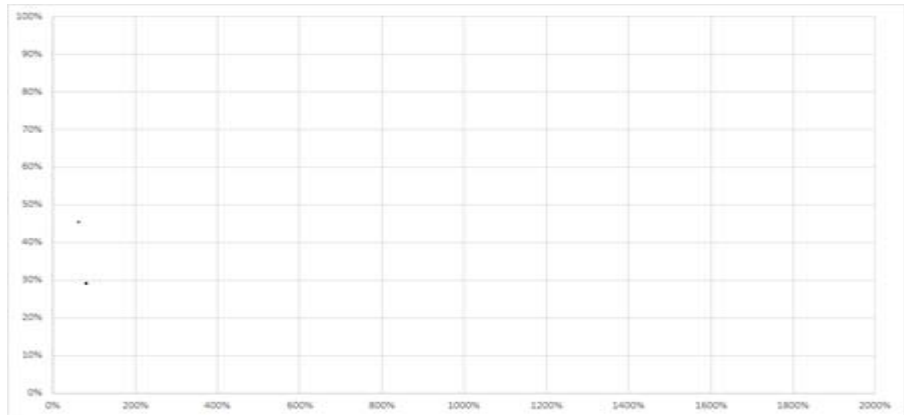
출처: 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성

※ 음영 : (흐린회색)에너지효율등급 1++ 미 충족 구간 / (진한회색)에너지 자립률 20% 미만 구간

[표 3-13] 1++ 등급 이상 용도별 주거시설

구 분	건 수	평균 연면적	평균 건폐율	평균 용적률	평균 층수
1+++					
단독주택	0	-	-	-	-
공동주택	1	29	83	7	120
계	1	29	83	7	120
1++					
단독주택	1	48	64	2	1
공동주택	0	-	-	-	-
계	1	48	64	2	1
합계	2(전체 1,492건 중 0.1%)				

출처 : 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성



[그림 3-4] 주거시설의 용적률/건폐율 경향(1++등급 이상)

출처 : 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성

□ 제로에너지 달성이 어려운 구간에서의 제로에너지 인증 취득 건수

지열 히트 펌프를 대규모로 적용한 경기도 신청사와 벽면형 태양광을 설치한 송도 힐스테이트 아파트를 제외하면 대부분의 인증 건축물이 앞서 분석한 제로에너지 달성 가능 구간에 속한다. 특히 고층 주거용의 경우는 제로에너지 인증이 더욱 어려울 것으로 판단되는데, 국토교통부에서 제로에너지 고층형 시범사업으로 진행된 현대건설의 공동주택이 ZEB5등급이 나왔다는 점은 앞으로도 경제성을 고려한 시공이 진행 시 더 높은 수준으로 다가가기 쉽지는 않을 것으로 판단된다. 더욱이 현대건설 공동주택의 경우 효율이 떨어지는 벽면형 태양광을 설치하였고, 시범사업으로 진행되는 점을 감안하여 기밀 성능을 높게 평가 받은 점을 감안하였다.

[표 3-14] 비주거용 건축물의 에너지효율등급 1++ 본인증 취득 현황

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-50	1 (68.65 비주거)	2 (136.9 비주거) (66.67 비주거)	2 (47.77 비주거) (35.48 주거)							
50-100			2 (52.82 비주거) (21.82 비주거)	2 (31.56 주거) (20.43 비주거)	1 (29.56 주거)					
100-120			1 (20.82 비주거)							
120-150				1 (27.77 비주거)						

건폐율 용적률	-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
150-200	1* (60.54 비주거)									
200-250		1** (22.36 주거)			1 (20.20 비주거)	1 (55.35 주거)				
250-300						1 (22.98 비주거)				
300-400										
400-500										
500-600										
600-800										
800-										

출처: 건축물에너지효율등급 인증자료(한국에너지공단, 2018년5월)를 활용하여 작성

※ 음영 : 제로에너지건축물 인증 조건인 에너지효율등급 1++ 미 충족, 에너지 자립률 20% 미만 구간 / (괄호) : 에너지자립률

*경기도 신청사(지열 히트펌프 적용)

**힐스테이트 레이크 송도(벽면 태양광 적용/ 미적용 시 제로에너지 달성 불가능)

3) 시뮬레이션을 통한 제로에너지 달성 가능성 검토

□ 개요

앞서 분석한 결과에 따라 제로에너지 달성이 가장 어려운 것으로 보이는 공동주택을 대상으로 시뮬레이션을 수행하였으며, 현재 에너지 절약설계기준에 따른 에너지 성능과 향후 향상 가능한 수준을 모두 적용하여 검토하였다.

□ 공동주택의 에너지 성능 향상 가능성 검토를 위한 성능 요소 현황

공동주택의 에너지 성능은 크게 주택법에 따른 에너지절약형 친환경주택의 건설기준⁵⁾과 녹색건축물 조성지원법에 따른 건축물의 에너지절약설계기준⁶⁾을 적용받는다. 이중 건축물의 에너지절약설계기준은 제3조(에너지절약계획서 제출 예외대상 등)에서 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」에 만족하면 제출을 하지 않을 수 있다. 그리고 에너지절약형 친환경주택의 건설기준은 건축 부위별 열성능을 평균 값으로, 에너지절약 계획서는 부위별 열관류율을 요구하고 있다. 이 전에는 건축물의 에너지절약설계기준이 적용이 더 쉬웠으나, 열관류율의 요구성능 향상으로 2018년 9월 1일 이후 두 기준의

5) 국토교통부고시 제2017-442호, 시행 2017.12.15.

6) 국토교통부고시 제2017-881호, 시행 2018.09.01.

필요 열관류율은 상당히 유사해진다. 미세하게는 에너지절약형 친환경주택의 건설기준이 소수점 2째자리에서 평가하고 평균 열관류율로 해석하기 때문에 적용이 약간 더 용이해진다.

[표 3-15] 건축물의 에너지절약설계기준에 따른 공동주택의 외피성능(18.09.01.시행)(단위 : W/㎡K)

구분	중부1지역	중부2지역	남부지역	제주도
거실의 외벽(직접)	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
거실의 외벽(간접)	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
최상층 지붕(직접)		0.150 이하	0.180 이하	0.250 이하
최상층 지붕(간접)		0.210 이하	0.260 이하	0.350 이하
최하층 바닥(직접)	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
최하층 바닥(간접)	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
창 및 문(직접)	0.900 이하	1.000 이하	1.200 이하	1.600 이하
창 및 문(간접)	1.300 이하	1.500 이하	1.700 이하	2.000 이하
세대현관문(직접)				1.400이하
세대현관문(간접)				1.800 이하

※ 서울 등 수도권 지역은 중부2지역, 부산 등 지역은 남부지역으로 해석, 최하층 바닥은 바닥난방만 표시
출처 : 건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부고시 제2017-881호, 2017.12.28. 일부개정) 별표1

창의 기밀성능은 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」에 따라 외기에 직접 면하는 창은 KS F2292(창호의 기밀성 시험방법)에 의해 1등급 이상을 만족하는 제품을 사용하여야 하며 거실내의 방화문과 외기에 직접 면하는 세대 현관문 또한 기밀성능 1등급을 만족하는 제품을 사용해야 한다. 단, 발코니 내측에 설치된 창은 기밀성능을 제외할 수 있고, 외기에 간접 면하는 세대 현관문은 기밀성 2등급의 제품을 사용할 수 있다.

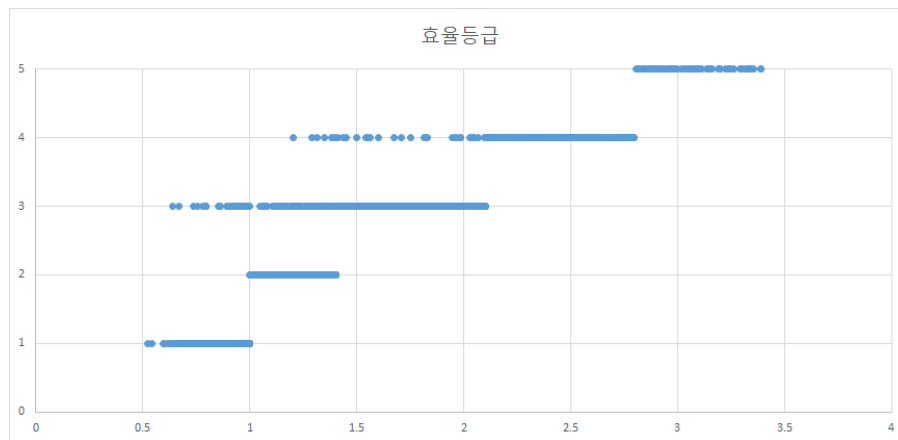
건축물의 에너지절약설계기준 [서식1] 에너지절약계획 설계 검토서 내 '표5 유리의 종류별 태양열 취득률 및 가시광선 투과율'에 따르면 로이복층유리(이중창, 아르곤)의 경우 태양열취득률은 0.468(공기층 12mm 기준) 수준을 현재 설계수준으로 해석할 수 있다.

창은 총 5571건이 효율등급 제품으로 등록되어 있으며, 1등급의 열관류율 숫자가 낮을 수록 성능이 좋은 제품이다. 2등급(39%) 수준의 창이 가장 많으며, 3등급(29%), 1등급(24%) 순으로 창의 종류가 많고 5등급(2%) 창호는 찾아보기 힘들다. 창은 열성능과 기밀성능을 합쳐서 등급을 산출하기 때문에 단순히 열성능만 높다고 좋은 등급을 받는 것은 아니다. 이중창이나 로이삼중유리를 사용한 창은 1~2등급을 받는 경우가 많고, 로이복층유리를 사용한 창은 2~3등급을 받는 경우가 많다.

[표 3-16] 창세트의 열효율과 효율등급 특징

구 분	열관류율(최소) W/m²K	열관류율(최대) W/m²K	열관류율(평균) W/m²K	개수
1등급	0.524	1.000	0.890	1363
2등급	1.001	1.400	1.234	2168
3등급	0.639	2.100	1.700	1612
4등급	1.201	2.798	2.381	340
5등급	2.807	3.389	3.057	88
계	0.524	3.389	1.384	5571

출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_144.aspx, 2018.08.21. 18:00)



[그림 3-5] 창세트의 효율분포

출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_144.aspx, 2018.08.21. 18:00)

주거실태조사 중 아파트주거환경통계(2013), 지역별 난방방식 현황(2007~2013)을 보면 국내의 난방방식은 가스보일러가 53%로 가장 많이 설치되어 있고, 이후 중앙공급식, 지역난방 순이며 아직도 연탄을 사용하는 단독연탄보일러 및 연탄아궁이도 7.1%를 차지하고 있다. 열원설비는 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」에 따르면 개별난방 주택은 산업통상자원부 「효율관리기자재 운용규정」에서 정한 난방열효율 91% 이상인 보일러를 설치하도록 설계하거나 지역난방시설 또는 열병합발전시설에서 공급하는 열을 사용하도록 하고 있다.

[표 3-17] 국내 아파트의 지역별 난방방식 현황

구 분	가스보일러	단독기름보일러	중앙공급식	지역난방	기타(연탄 등)	계
전국	4,504,778	301,715	1,651,150	1,417,309	612,361	8,487,313
(비율)	53.1%	3.6%	19.5%	16.7%	7.1%	100%
서울특별시	559,769	14,720	583,573	220,514	104,884	1,483,460
(비율)	37.7%	1.0%	39.3%	14.9%	7.1%	100%

출처: 국토교통통계누리 (http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView.do?hRsId=33&hFormId=756&hDivEng=&month_yn=, 2018.08.14.10:30) 중 수정발췌

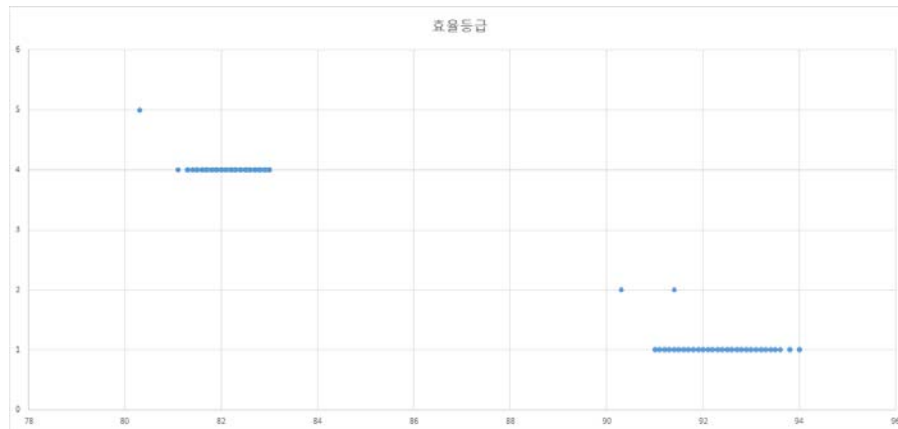
가정용 가스보일러는 한국에너지공단에서 효율등급제도 중 ‘가정용가스보일러’ 내용으로 관리하고 있다. 2018년8월까지 약 2300여개 제품을 등록 관리하여 1등급~5등급까지 5개 등급으로 나누어 난방열효율을 관리하고 있다. 대부분의 제품은 효율 1등급(난방열효율 약 92.0%), 효율4등급(난방열효율 82.7%) 두 가지로 압축될 수 있으며 효율1등급의 제품이 효율4등급의 제품보다 출력이 큰 특징을 보인다.

[표 3-18] 국내 가정용가스보일러의 효율등급별 용량과 효율 특징

구 분	난방열효율 (최소)	난방열효율 (최대)	난방열효율 (평균)	평균 난방출력(kW)	개수
1등급	91.0	94.0	92.0	28.3	1,300
2등급	90.3	91.4	90.9	55.1	2
3등급	-	-	-	-	0
4등급	81.1	83.0	82.7	23.9	1,000
5등급	80.3	80.3	80.3	11.9	1
계	80.3	94.0	88.0	26.4	2,303

출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_149.aspx, 2018.08.14. 12:30)

조명밀도는 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」에 따르면 $10\text{W}/\text{m}^2$ 이하로 설계하도록 하고 있다. LED 조명의 경우 1등급~5등급까지 제품이 다소 고르게 분포하고 있으며 평균적으로는 2등급 제품 수준에 가깝게 성능이 형성되어 있다. 1등급 제품과 3등급 제품이 광효율이 넓게 분포되어 있고, 나머지 등급은 광효율이 일정하게 분포하고 있는 특징을 보인다. 다만, 건축물 에너지 설계상으로는 최종 조명밀도만 필요한 경우가 많아서 개별 조명설비의 등급을 따지는 경우는 많지 않다. 최근 공동주택의 에너지설계에 따른 조명밀도는 $8\text{W}/\text{m}^2$ 인 경우도 많다. 다만, 이 경우 보조등에 의한 조명밀도를 옵션 계약 분으로 설정하여 계산에서 제외하고 진행하는 경우가 많아 실질적인 조명밀도는 설계 기준값인 $10\text{W}/\text{m}^2$ 로 보는 것이 타당할 수 있다.



[그림 3-6] 가정용 보일러의 효율분포

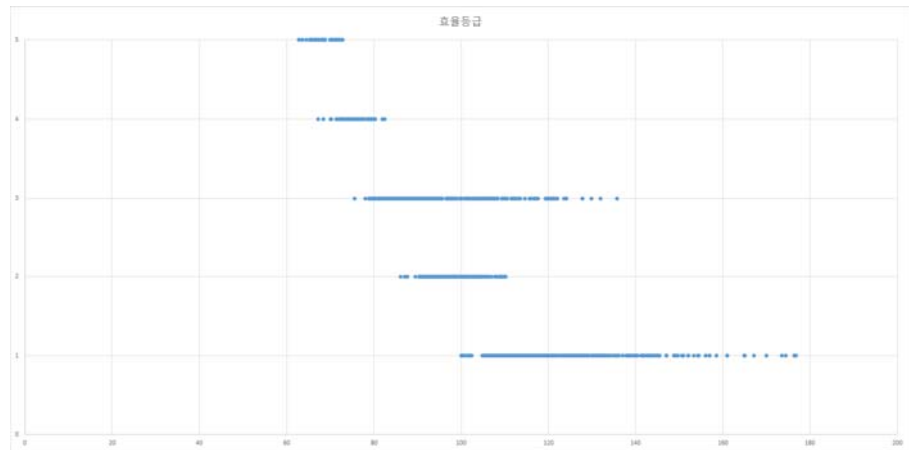
출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_149.aspx, 2018.08.14. 12:30)

[표 3-19] 컨버터 내장형 LED 램프의 광효율과 효율 특징

구 분	광효율(최소) (lm/W)	광효율 (최대) (lm/W)	광효율 (평균) (lm/W)	평균 정격전력(kW)	개수
1등급	100.0	176.8	123.1	31.1	361
2등급	86.1	110.2	98.3	22.3	397
3등급	75.6	135.7	92.8	17.9	675
4등급	67.2	82.5	76.2	22.7	201
5등급	62.8	72.8	69.0	25.1	118
계	62.8	176.8	96.8	22.6	1752

출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_246.aspx, 2018.08.21. 15:00)

신재생에너지는 [표 3-20]에 따른 각 항목별 평가지표의 합계가 10점 이상을 충족하도록 설계를 요구하고 있다. 그러나 공동주택의 외단열 설치가 어려운 실정을 감안하면 주로 신재생에너지 설치가 중심이 되고 있으며, 지역난방 건물의 경우 전체 설비용량이 적어져 지열설치 중심으로 반영되고 있다.



[그림 3-7] LED 조명기기의 광효율(lm/W) 분포

출처: 한국에너지공단 효율관리제도 http://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_246.aspx, 2018.08.21. 15:00)

[표 3-20] 에너지절약형 친환경주택의 건설기준에 따른 공동주택의 신재생에너지 설치 기준

구분	항목	기준	배점	비고
신재생 부문	난방에너지 신재생비율	전체난방설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	0.1%당 1점	
	냉방에너지 신재생비율	전체냉방설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	0.1%당 1점	
	급탕에너지 신재생비율	전체급탕설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	0.5%당 1점	
	조명에너지 신재생비율	전체조명설비용량에 대한 신재생에너지 용량 비율	2%당 1점	
에너지 절약 요소	외단열공법 채택	외벽 및 지붕의 외단열시공비율(외벽의 창면적비 50% 미만의 경우)	30%~50%미만 3점	거의 미확보
			50%~70%미만 5점	
			70%이상 7점	

출처 : 에너지절약형 친환경주택의 건설기준(국토교통부고시 제2018-533호, 2018. 9. 3. 일부개정) [별표7] 신재생에너지 설비 설치 및 에너지절약요소 반영

가령 84㎡, 1,000세대 단지를 기준으로 조명을 10W/㎡로 설치한다고 가정하면 조명용량이 840kW가 되며 이에 대해 10점(20%)을 확보하려면 168kW의 태양광 용량을 설치해야 한다. 그러나 세대당 개별보일러용량 20kW를 기준으로 1,000세대를 설치하면 20,000kW의 난방용량이 나오며 이중 10점(1%)을 충족하려면 지열 냉난방설비 200kW를 설치하면 된다. 태양광 kW당 300만원, 지열 kW당 200만원을 감안하면 태양광 설치시의 예상금액은 약 50억원, 지열 설치시 약 40억원이 되어 지열 설치가 더 유리해진다.

□ 에너지 성능 향상 가능성 검토

단열재와 같이 시장이 성숙된 제품은 효율향상이 더딜 수 있고, 연료전지 등 신재생에너지 설비와 같이 기술이 개발중인 시장 도입기의 제품은 효율이 크게 올라갈 수 있다. 건축의 경우 단열성능을 지속적으로 높일 수는 있으나 패시브하우스 성능 이상으로 올리는 것은 벽체 두께와 시공방법 등 고려해야 할 사항이 많아져서 실제 추진이 어려울 수 있다. 정부에서도 2018년 9월부터 적용되는 에너지절약 설계기준에서 더 강화할 계획은 없는 것으로 보인다. 다만, 아직까지는 법적으로 정의되지 않은 건물의 기밀 성능은 크게 향상될 여지가 있다. 이 외에도 에너지 시뮬레이션에 반영은 어렵겠지만 재료와 기술개발에 따른 실질적인 열교 개선 방안도 점차 확대될 것으로 보고 있다.

[표 3-21] 단열성능 증가에 따른 성능 수준

구분	현재 중부기준 (18.09월)	중부1(강원도) 수준	독일 패시브하우스	가정1	가정2
벽체 외벽 열관류율	0.17	0.15	0.15	0.13	0.10
수 준	1.00	1.15	1.15	1.30	1.70

출처 : 건축물의 에너지절약설계기준 별표1과 독일 패시브하우스 기준(passivehouse.com, 2018.08.01.15:00)을 활용하여 작성

창 성능은 현재 개발된 최고 성능까지 끌어올릴 수 있다고 가정하면 열관류율 약 0.7W/m²K가 될 수 있을 것으로 보이지만 근 시일내에 적용 가능한 수준은 독일 패시브하우스 수준인 0.85W/m²K일 것으로 보인다.

[표 3-22] 창 성능 증가에 따른 성능 수준

구분	현재 중부기준 (18.09월)	중부1(강원도) 수준	독일 패시브하우스	가정1	가정2
창의 열관류율	1.00	0.90	0.85	0.80	0.70
일사에너지투과율	0.468	0.468	0.400	0.400	0.400
수 준	1.00	1.11	1.18	1.25	1.43

출처 : 건축물의 에너지절약설계기준 별표1과 독일 패시브하우스 기준(passivehouse.com, 2018.08.01.15:00)을 활용하여 작성

기밀성능은 현재 법적 기준이 없는 상태라 향후까지도 가능하기 어렵지만 주택의 침기울 평가시 6회/h를 입력하고 있고, 현재 일반적인 주거 프로젝트의 침기울이 5회/h이며 향후 이를 절반 수준으로 향상할 수 있을 것으로 가정하였다. 한국친환경설비학회의 기밀성능 기준에 따르면 @50Pa 가압된 상태에서 모든 건물의 기본기준은 5.0회/h, 에너

지열약건물은 3.0회/h, 제로에너지건물은 1.5회/h를 보고있고, 현대건설의 공동주택 기밀성능⁷⁾도 1.8~4.4회/h, 평균 3.08회/h임을 참고하였다. 슬라이딩 이중창을 포기할 수 있다면 국내의 공동주택도 패시브하우스 수준의 0.5회/h가 가능하겠지만, 현실적인 어려움이 있어서 가정에서 제외하였다.

[표 3-23] 기밀 성능 증가에 따른 성능 수준

구분	입력수준	현재 수준	가정1	가정2
기밀성(회/h)@50p	6	5	3	1.5
수 준	1.00	1.20	2.00	3.00

출처 : 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영 규정(2016.03.03.)을 활용하여 작성

성능개선이 가장 기대되는 분야는 기계설비와 신재생에너지 등 액티브 분야에서 향상될 여지가 많다. 공동주택의 설비성능은 보일러의 경우 92%이며 10년 내 점점 현재 최대성능인 94%까지 올라갈 수 있는 여지가 있다. 물론, 미래에는 보일러는 전기발전 기능이 합쳐져 microCHP와 같이 발전될 방향도 있고, 그와 같이 진행된다면 효율 자체가 크게 올라갈 수 있다.

[표 3-24] 보일러 효율향상에 따른 성능 수준

구분	1등급 최소수준	1등급 평균수준	~	1등급 최고수준
효 율	91%	92%	93%	94%
수 준	1.00	1.01	1.02	1.03

출처 : (주)친환경계획그룹 청연 내부자료

전열교환기의 경우 아직 효율등급제도 적용 제품으로 적용되지 않기 때문에 관련 효율을 충분히 예상하기 어렵다. 다만, 현재 에너지절약설계기준의 난방효율 성능을 70%로 보고 있으므로 향후 기술발전이 잘 되면 80%이상 제품도 나올 것으로 기대한다.

[표 3-25] 전열교환기 효율향상(난방)에 따른 성능 수준

구분	현재수준	독일 패시브하우스	가정
효 율	70%	75%	80%
수 준	1.00	1.07	1.14

출처 : 건축물의 에너지절약설계기준 별표1과 독일 패시브하우스 기준(passivehouse.com, 2018.08.01.15:00)을 활용하여 작성

7) 강기남, 박민주(2017), '공동주택 제로에너지 건축의 핵심기술에 관한 연구', 대한건축학회 추계학술발표대회논문집.

조명 및 신재생에너지와 같은 전기제품은 1등급과 5등급의 효율차이가 크게 나는 만큼 향후 기술개발의 여지가 높다고 볼 수 있으며, 아래 표와 같이 10년간 효율이 10~40%까지 향상된 사례를 참고하여 이를 추산해볼 수 있다.

[표 3-26] 주요 가전제품 효율제도 운영 성과 요약

구분	전기냉방기	전기냉장고	세탁기(일반)	전기밥솥	TV
연평균 효율 향상율	6.0	2.7	5.0	1.6	4.1
10년간 효율 향상율	43	22	37	8	15

출처 : 한국에너지공단 내부자료를 활용하여 재작성

조명밀도는 현재수준을 10W/㎡로 보고 10~40%까지 단계별로 향상수치를 보면 6W/㎡까지도 떨어질 수 있을 것으로 보인다. 다만, 이 가정에는 실질적인 기술사항을 세부적으로 더 검토할 필요성⁸⁾이 있다.

[표 3-27] 조명밀도 효율향상에 따른 성능 수준

구분	현재수준	~	EPI 최고 배점	가정1	가정2
조명밀도(W/㎡)	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0
수 준	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40

출처 : 한국에너지공단 내부자료를 활용하여 재작성

태양광 등 신재생에너지는 공용부 이용(복도, 주차장 등) 전기에 대해 적용되는 경우 공동주택(주거)의 에너지 계산에 적용되나, 다수의 세대 대비 설치용량이 아직 많지 않아서 큰 영향을 주지 못한다. 다만, 앞으로 개별 세대에 모두 태양광발전을 설치할 경우 세대당 일반적으로는 0.3kW, 최대 0.6kW 정도까지 설치할 수 있다고 가정하였다. 이는 세대마다 발코니 미니태양광이 1개~2개 설치된 상황으로 저층부 설치가 어려운 점을 고려하면 충분히 많이 설치된 상황이라 할 수 있다. 추가적으로 지열, 태양열 혹은 연료전지를 설치할 수도 있겠지만, 고층 아파트의 설치 특징과 용이성을 고려하여 태양광 발전만 검토하였다.

8) 최근 설계에서는 조명밀도 5~6W/㎡의 경우도 있지만, 대체로 조도가 평소보다 낮아지고 보조 등기구가 거의 없는 상황이라서 일반적인 조명환경이라 보기 어렵다. 다만, 향후에는 성능향상을 기대할 수는 있겠다.

[표 3-28] 태양광발전의 향후 설치 수준

구분	현재수준	미니태양광	가정1
세대당 태양광발전 (용량, kW)	0	0.3	0.6
수 준	-	1.00	2.00

출처 : 한국에너지공단 내부자료를 활용하여 재작성

□ 공동주택의 성능향상치를 고려한 효율등급 검토 수준

앞선 기술전망에 따른 성능수준을 가지고 2가지 수준의 모형을 설정하였다. 현재수준은 18.09월 개정된 '건축물의 에너지절약설계기준'을 기반으로 성능대안을 가늠하여 중부권 기준으로 ECO2 시뮬레이션을 검토하였다. 성능대안은 패시브하우스 수준을 고려하였다. 앞선 분석에서는 기술발전을 가정한 수준까지 검토하였으나, 현실점에서는 비용증가가 매우 클 것으로 예상되어 패시브하우스 수준까지만 적용하여 검토하였다.

[표 3-29] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)

구분	현재수준(18.09.)	성능대안
외벽단열수준 (W/㎡K)	0.17	0.15
지붕단열수준(W/㎡K)	0.15	0.15
창의 열성능(W/㎡K)	1.00	0.85
일사에너지투과율	0.468	0.400
기밀성능	5회	3회
보일러효율	91%	92%
전열교환기 효율	70%	75%
조명밀도(W/㎡)	10	8
태양광발전	·옥상면적의 80%설치 ·설치각 수평, 남향, 후면통풍형, 태양광모듈 효율 0.1913	·발코니 미니태양광 추가 설치 ·-0.3(kW/세대)

출처 : 건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부고시 제2017-881호, 2017. 12. 28., 일부개정)과 에너지절약형 친환경주택의 건설기준(국토교통부고시 제2018-533호, 2018. 9. 3. 일부개정)을 종합하여 작성

공동주택의 특징은 공동주택 A와 C가 전용면적 84(30평대) 수준이며 공동주택 B가 소형(10~20평) 세대를 가지고 있는 단지이다. 지역은 서울을 기준으로 평가했으며, 용적률 건폐율 구간은 모두 앞서 분석한 제로에너지 달성 불가능 영역에 속한다.

[표 3-30] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)

구 분	공동주택 A	공동주택 B	공동주택 C
위치	서울	서울	서울
전체면적합(㎡)	59,880	25,010	70,671
건축면적(㎡)	4006	3,660	8,002
용적률(%)	192.85	179.23	173.48
건폐율(%)	12.29	21.46	15.30
세대수	559	649	832
타입(㎡)	82	22/36/44	84
거실향	서향	남동-남-남서	남동-남서
동 유형	타워형	복도식 판상형	판상형

출처 : 연구진 작성

□ 공동주택의 성능향상치를 고려한 효율등급 검토 결과

공동주택의 성능수준을 단계적으로 검토했을 때, 공동주택 B는 소형 세대가 많아 상대적으로 현재 수준에서 태양광 설치를 적용하기 전에는 성능이 불리하게 나타났으나, 태양광패널을 설치하면 건폐율이 가장 높아서 태양광이 많이 설치됨에 따라 에너지자립률이 크게 올라가고 주택 성능이 빠르게 좋아지는 것을 확인할 수 있다. 공동주택 A의 경우 용적률이 높아 태양광 미설치시에는 효율이 가장 높게 나타나지만, 옥상 태양광 설치면적이 작아 태양광 설치 시에는 가장 낮은 효율을 나타낸다. 이에 따라 공동주택의 계획은 건축성능은 대부분 1~1+등급을 넘기기 어렵고, 1++등급이 되기 위해서는 신재생에너지가 확연히 설치되어야 함을 확인할 수 있었다.

결과적으로 공동주택 A의 경우 성능대안까지 수준을 높여도 제로에너지 달성이 어려운 것으로 나타났으며, 공동주택 C의 경우에는 현재수준에서는 제로에너지 달성이 어렵고, 성능대안까지 높여야 가능한 것으로 나타났다.

공동주택 A가 1++등급, 자립률 20%가 되기 위해 필요한 태양광 설치 면적은 약 5,600㎡로, 연면적 약 6만㎡의 공동주택 A에 설치하기에는 성능수준이 아무리 높아진다 해도 확보하기 어려운 수준이라 할 수 있다. 쉽게 이해하면 10개층을 넘어가면 1++등급이상 효율을 확보하는 것이 어려워진다. 현재 법적성능 수준에서 성능대안1까지의 차이도 거의 나지 않으므로 현재수준에서 부터는 신재생에너지의 적극적인 설치가 필요하다고 볼 수 있다.

[표 3-31] 공동주택의 에너지효율등급 및 에너지자립률 검토 결과(중부, 서울기준)

구 분		공동주택 A	공동주택 B	공동주택 C
현재수준	태양광 미설치	1등급 133.6kWh/m ² y	1등급 143.9kWh/m ² y	1등급 139.6kWh/m ² y
	태양광 설치	1등급 108.5kWh/m ² y 자립률 : 15.32%	1++등급 88.9kWh/m ² y 자립률 : 30.29%	1+등급 97.0kWh/m ² y 자립률 : 24.15%
		불가능	가능	불가능
성능대안	태양광 미설치	1+등급 116.6kWh/m ² y	1등급 129.9kWh/m ² y	1등급 124.8kWh/m ² y
	태양광 설치	1+등급 91.5kWh/m ² y 자립률 : 17.51%	1++등급 75.0kWh/m ² y 자립률 : 33.20%	1++등급 82.3kWh/m ² y 자립률 : 26.76%
		불가능	가능	가능

출처 : 연구진 작성

물론 이는 에너지효율등급 1++등급/ZEB 5등급을 고려하여 얻은 결론이며, 이 등급을 더 높이려한다면 더 많은 수준의 태양광 발전 혹은 신재생에너지가 필요하다는 결론이 난다. 따라서 태양광 발전만으로 제로에너지건축물을 담당할 수 없고 지열냉난방 혹은 연료전지 시스템이 필요하거나, 대지 외부에서의 신재생에너지 생산량이 필요하다. 이는 앞서 제시한 용적률 건폐율 구간에 따른 제로에너지 달성 가능성 분석 결과와도 매칭 되는 결과로, 대지 상황과 건축 여건에 따라 제로에너지 달성이 어려운 경우가 분명히 존재함을 다시한번 보여주는 결과이다.

4) 제로에너지 건축물 조성을 위한 추가 비용

제로에너지건축물의 투자 비용이 많으면 많을수록 건물의 성능이 좋아진다. 그러나 언제까지나 금액을 투입할 수는 없다. 특히, 신재생의 투입 없이는 아래 그림과 같이 1+등급 수준에서 올라가기 매우 어려우며, 많은 비용이 드는 기술을 투입해야 1++등급이 될 수 있다. 그러나, 신재생에너지의 투입으로 인해 1차에너지생산량이 올라가면 급격히 건물은 제로에너지 수준을 도달할 수 있다.



[그림 3-8] 에너지효율등급과 ZEB인증과의 관계

출처: 2018, 제로에너지건축물 인증을 위한 전자식 원격검침계량기 설치도서 작성 가이드라인, 한국에너지공단,
http://zeb.energy.or.kr/pdsZero/notice_view.aspx?no=193, 2018.8.30. 14:00 접속

제로에너지건축물의 투입비용은 김혜수(2011)의 경우 1층 전원주택에서 일반공사비 대비 패시브 적용에 따른 증가 비용 6.5%, 신재생에너지 기술 적용에 따른 증가 비용 65.4% 증가를 예측했다. 이명주(2014)의 경우 121세대 국민임대주택 실증단지에서 일반 공사비 대비 패시브 25%, 신재생에너지기술 17%가 추가됨을 예측했다. 한국에너지공단(2017)에서 발행한 「제로에너지빌딩 신재생 및 인센티브 효과 분석」 연구에 따르면 2등급의 공동주택이 제로에너지건축물(ZEB5등급)이 되기 위해서는 추가공사비가 최소 약 8만4천원/㎡ 필요한 것으로 보았다. 이는 면적 33㎡ 시 2,772,000원(약 2백8십만

[표 3-32] 제로에너지 공동주택 공급검토를 위한 성능 수준 (중부, 서울기준)

ZEB등급	건물에너지효율등급	1차에너지소요량	에너지자립률	추가공사비(원/㎡)	에너지비용 절감액(원/㎡·y)
기준건물	2등급	153.7	0.0	-	-
5등급	1++등급	88.7	25.0	83.910	2,388
4등급	1++등급	77.8	42.5	114.622	4,340
3등급	1+++등급	47.5	61.8	142.622	5,426
2등급	1+++등급	15.0	82.4	172.622	6,601
1등급	1+++등급	-15.3	101.7	200,622	7,707

출처 : 한국에너지공단(2017), 제로에너지빌딩 신재생 및 인센티브 효과 분석, 103p

※ 기준건축물의 경우 2017.7월 현재 친환경주택(중부2) 성능 적용

※ 소형 공동주택(22~44㎡) 649세대 유형을 기준으로 평가

※ 전기료 및 가스료 기준: 100원/kWh / 13.53원/MJ

원) 수준으로 볼 수 있다. 공공건설임대주택 표준건축비⁹⁾ 40㎡이하(11~20층이하) 기준으로 건축비 상한가격이 1,041,000원임을 고려하면 표준건축비 상한가격 대비 8.1% 증가되는 수준이다.

2018년 4월 발표된 ‘사례분석을 통한 제로에너지 건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석’에 따르면 중부지역에 위치한 138세대, 560세대와 1,170세대의 공동주택이 제로에너지건축물이 되기 위해서 건축수준을 최대한 끌어올렸을 때 3가지 사례 모두 2~1등급 수준에서 1~1+등급 수준으로 올라가는 것을 확인하였다. 이때 제로에너지건축물이 되기 위한 1++등급 확보를 위해 신재생에너지가 필수적으로 추가되었어야 했으며 세대당 태양광 약 800W 이상은 설치해야 하는 것으로 나타났다. 태양광 1,000W당 7㎡가 필요한 것으로 본다면 세대당 약 5.6㎡의 태양광 설치면적이 필요하며, C단지 기준으로 6,552㎡가 필요하여 이는 대지면적의 13%수준, 건축면적의 62%수준이다.

강화수준에서 각 단지가 제로에너지건축물인증 1등급까지 받기 위한 신재생에너지 비용은 미니태양광과 옥상태양광, BIPV, 지열냉난방을 복합적으로 고려하여 아래 그림과 같이 도출하였다. A, B, C단지가 5등급 수준이 되기 위하여 ㎡ 당 약 3만5천원이 필요한 것으로 나타났으며, 40㎡ 수준의 주택이라면 세대당 140만원이 추가됨을 알 수 있다. 이를 표준건축비 상한가격(1,041,000원)과 비교해보면 3.4% 수준이다. 이 신재생에너지 비용에서 일부 패시브 건축, 액티브 설비 비용이 더 상승하는 점과, 건물에너지관리시스템(BEMS) 비용이 추가되어야 함을 고려해야 한다. 다만 이 사례는 공공임대주택으로 소형 평형 세대가 다수 섞여있고, 특성상 판상형의 건물로 인접세대와 밀접하게 붙어있는 경우임을 고려하여 이해하여야 한다.

[표 3-33] 제로에너지 공동주택 성능수준 강화에 따른 제로에너지등급 가능성 검토

구 분		A단지	B단지	C단지
개요	세대수	138	560	1,170
	대지면적	3,321	21,730	50,079
	건축면적	1,505	4,510	10,568
	연면적	10,149	64,694	158,655
	층수	5	20	18
	세대면적	19㎡~40㎡	39㎡~84㎡	39㎡~84㎡

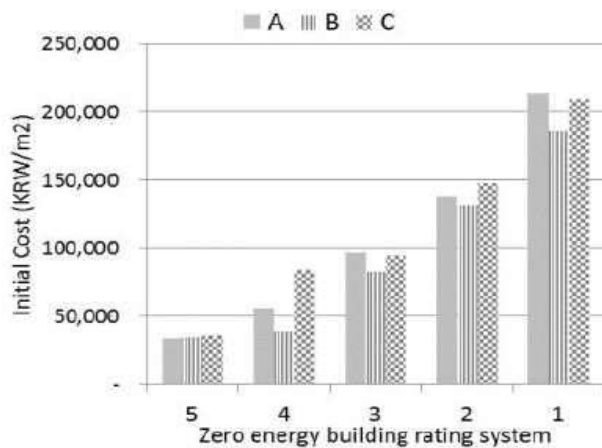
9) 공공건설임대주택 표준건축비, 국토교통부고시 제2016-339호, 표준건축비는 「주택공급에 관한 규칙」 제 21조제5항에 따른 공급면적 중 그 밖의 공용면적을 제외한 면적의 금액을 말하며 부가가치세가 포함됨.

구 분		A단지	B단지	C단지
성능 수준	기본수준	2등급(153.5)	1등급(148.1)	2등급(157.2)
	강화수준	1등급(약135)	1+등급(약115)	1등급(약120)
신재생에 너지 추가	태양광(kW)	75.5	470.8	1,135.9
	세대당 태양광(W)	550W	840W	970W
	최종에너지수준	1+등급(94.5)	1++등급(71.7)	1+++등급(78.6)
제로에너지등급		불가	5등급	5등급

출처 : 김미연, 김형근, 홍구표(2018), '사례분석을 통한 제로에너지건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석', 한국생태환경건축학회 논문집 18(2), pp.55-60.의 내용을 종합하여 작성.

※ 기본수준 : 외벽 단열 0.21, 지붕 0.15, 바닥 0.18, 창 1.2, 문 1.8, 자연환기, LED 5% 적용수준

※ 강화수준 : 외벽 단열 0.14, 지붕 0.13, 바닥 0.13, 창 0.8, 문 1.0, 전열교환(난방효율 75%), LED100% 적용수준



[그림 3-9] 강화수준(A)에서 ZEB 1등급까지 되기 위한 단위면적당 신재생에너지 투입비

출처 : 김미연, 김형근, 홍구표(2018), '사례분석을 통한 제로에너지 건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석', 한국생태환경건축학회 논문집 18(2), 59p

유영준 외(2015)는 건축물에너지효율등급 인증 건축물의 경제적 가치산정을 위해, 인증건물과 비인증 건물의 초기공사비를 비교하였다. 이를 위해 건물신축단가표를 바탕으로 실제 인증 건물의 초기공사비를 산정하고, 실제 인증 건물에 대응되는 가상의 비인증 건물을 생성하였다. 실제 인증 건물과 가상의 비인증 건물의 초기공사비를 비교한 결과, 인증 건물의 초기 공사비는 비인증 건물 대비 약 30%가 증가하는 것으로 나타났다.

최명섭 외(2016)는 건축물에너지효율등급 강화에 따른 경제적 효과를 분석하기 위해, 명지대학교 산학협력단에서 주관하는 제로에너지 연구단의 내부분석 결과를 사용하였다. 분석결과에 따르면, 2등급 대비 1+등급은 약 12%의 추가 공사비가, 1++등급과 1+++등급은 각각 16%, 31%의 공사비가 추가로 필요한 것으로 나타났다.

김진호 외(2017)는 건축물에너지효율 1+, 1++ 등급 인증을 받은 비주거 건축물을 대상으로 실무자에게 공사비 설문을 수행하여 총 60건의 공사비 자료를 수집하여 추가공사비를 분석하였다. 분석 결과 교육연구시설은 1+등급 대비 1++등급 추가공사비는 약 5%. 업무시설 37%. 기타시설(숙박, 자동차 관리, 노유자, 운동, 종교, 공장, 문화 및 집회, 제2종 근생, 위탁시설) 4%로 나타났다.¹⁰⁾ 각 용도별로 추가공사비 차이가 나타나는 원인은 에너지효율등급 평가체계의 보정계수 등에 따라 에너지효율등급 인증 취득 용이성 차이에 따른 것으로 판단된다.

종합하면 제로에너지건축물 조성을 위해 비주거 건축물의 경우 약 30~40%이상 추가 공사비용이 투입되는 것으로 파악되며 공동주택의 경우 표준건축비 상한가격 대비 약 4~8% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

2. 제로에너지건축물 조성 현황 및 사례 분석

1) 개요

국내 제로에너지 인증 건축물과 제로에너지 타운을 대상으로 아래 표와 같은 관련항목에 대해 조사하고, 관련자 인터뷰를 통해 건축물 조성 및 운영 과정에서의 문제점을 도출하였다. 조사 항목은 (1)일반 사항으로 조성 주체, 건축물 용도, 건축물 규모 등으로 구분되며, (2)건축물 조성 방식은 개별 건축물, 단지 조성, 지역 단위 조성 등으로, (3)도입 기술은 제로에너지건축물 조성을 위해 도입한 기술 요소의 유형으로, (4)신재생에너지는 신재생에너지원, 신재생에너지 도입 방식(대지 내, 대지 외부), 신재생에너지 생산량 등으로, (5)제로에너지 평가는 에너지 자립률, 에너지효율등급 등으로, (6)조성비용은 추가공사비, 유지관리비 등으로, (7)문제점은 인센티브 적용 사항, 문제점, 개선 사항 등으로 구분된다.

10) 김진호 외(2017), 비주거 건물의 건축물에너지효율 등급에 따른 공사비 비교, Journal of KIAEBS 11(5), pp.407-413.

[표 3-34] 제로에너지건축물 사례 분석 항목

구 분	분석 항목
일반사항	조성주체 / 건축물 용도 / 건축물 규모
건축물 조성 방식	개별 건축물 / 단지 조성 / 지역 단위 조성
도입 기술	제로에너지건축물 조성을 위해 도입한 기술 요소
신재생에너지	신재생에너지원 / 신재생에너지 도입 방식(대지 내, 대지 외부) / 신재생에너지 생산량
제로에너지 평가	에너지 자립률 / 에너지효율등급
비용	추가공사비 / 유지관리비
문제점 및 개선 사항	인센티브 적용 사항 / 문제점 / 개선 사항

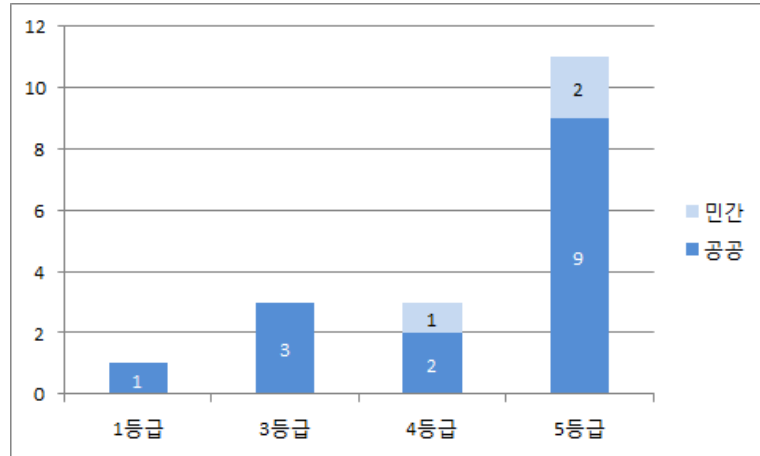
출처 : 연구진 작성

제로에너지건축물 인증제도는 2017년 1월부터 시행되었기 때문에 준공된 건축물의 사례가 많지는 않지만, 예비인증 건축물의 경우는 건축 계획안을 대상으로, 본인증 건축물의 경우는 준공된 건축물을 대상으로 조사를 시행하였다. 인증 건축물의 ECO₂ 시뮬레이션 입력 및 출력 값을 활용하여 도입기술과 추가 공사비용을 조사하고, 관련자 인터뷰를 통해 조성 과정 중의 문제점을 파악하여 제도 개선 방안을 도출하였다. 또한, ECO프로그램을 활용하여 표준건축물 대비 제로에너지건축 인증 건축물의 1차 에너지 소요량, 신재생에너지 생산 가능량, 추가 공사비용, 에너지 비용 절감액을 산정하였으며, 표준건축물과 제로에너지건축물의 도입 요소 기술에 대한 비교 분석을 통해 제로에너지건축물의 에너지 성능 수준을 검토하였다.

제로에너지타운은 중앙정부 및 지자체 사업으로 조성된 사례를 대상으로 하였으며, 국토부에서 시행하고 있는 단지형 제로에너지빌딩 시범사업, 미래부에서 추진한 친환경 에너지타운 조성사업을 대상으로 조사하였다.

2) 제로에너지 인증 건축물 현황

2017년 9월 인증제도가 시작된 이래로 현재까지(2018년 6월18일 기준) 예비인증 17건, 본인증 1건으로 총 18건의 인증사례가 있다. 이중 단 3건만이 민간에서 조성하는 건축물로 나머지 15건은 공공건축물이며, 민간에서 조성하는 건축물 3건 중 1건과 공공에서 조성하는 건축물 15건 중 3건은 국토교통부의 제로에너지빌딩 시범사업의 대상 건축물이다. 용도별로 살펴보면, 공동주택 2건, 단독주택 3건, 업무시설 6건, 교육연구시설 3건, 문화 및 집회시설 1건, 수련시설 1건, 제1종근린생활시설 1건, 제2종근린생활시설 1건 등으로 업무시설의 비중이 가장 높았다.



[그림 3-10] 제로에너지인증 건축물 현황(단위 : 건)

출처: 제로에너지건축물 인증 자료(한국에너지공단 제공, 2018.06)를 활용하여 연구진 작성

제로에너지건축물과 에너지효율등급과의 관계를 살펴보면 ZEB 4등급까지는 건축물에 에너지효율등급 1+++등급을 획득하였고, ZEB 5등급은 모두 건축물에너지효율등급 1++ 등급 수준으로 나타났다. 주거의 최고등급은 ZEB 4등급이고, 비주거의 최고등급은 ZEB 1등급으로 주거가 비주거에 비해서 제로에너지건축물 인증을 받기 어려운 상황이라 할 수 있다. 연면적 14만㎡의 대규모 ‘경기도신청사’도 ZEB 3등급을 받는 등 비주거 건축물의 건물 크기가 다양하게 신청되었고 주거에 비해 인증획득이 더 용이하다고 볼 수 있다.

[표 3-35] 국내 제로에너지건축물 인증 건축물 현황

용도	인증구분	건축물명	신청지역	등급	주체	관리시스템	1차에너지소요량	에너지자립률
공동주택	예비	화곡동하이원에코빌	서울	4	(주)하이원산업개발(민간)	전자식원격검침계량기	55.35	
	예비	송도 힐스테이트	인천	5	송도랜드마크시티(민간)	BEMS	22.36	
교육연구시설	예비	정산기숙형중학교	충남	4	충청남도교육청(공공)	BEMS	47.77	
	예비	아산 중앙도서관	충남	5	아산시청(공공)	BEMS	27.77	
	예비	세종시립도서관	세종	5	세종특별자치시청(공공)	BEMS	25.15	
단독주택	예비	김포한강 패시브하우스 임대주택	경기	5	(주)패시브하우스순환형임대주택위탁관리부동산투자회사(공공)	전자식원격검침계량기	31.56	
	예비	패시브하우스 B12-1,2BL	임대주택 세종	5	(주)패시브하우스순환형임대주택위탁관리부동산투자회사(공공)	전자식원격검침계량기	35.48	

용도	인증구분	건축물명	신청지역	등급	주체	관리시스템	1차에너지소요량	에너지자립률
	예비	오산세교 패시브하우스 임대주택(524-2 외 58동)	경기	5	(주)패시브하우스순환형임대주택위탁관리부동산투자회사(공공)	전자식원격검침계량기		29.56
문화 및 집회시설	예비	철새홍보관	울산	1	울산남구청(공공)	전자식원격검침계량기		136.9
수련시설	예비	환경친화적 에코촌	제주	3	제주시(공공)	전자식원격검침계량기		68.65
업무시설	예비	세종선거관리위원회	세종	4	행정중심복합도시건설청(공공)	전자식원격검침계량기		52.82
	예비	한국전력공사 파주지사	경기	5	한국전력공사(공공)	전자식원격검침계량기		20.43
	예비	한국에너지공단	울산	5	한국에너지공단(공공)	BEMS		20.82
	본	판교 제2테크노밸리 기업지원허브	경기	5	한국토지주택공사(공공)			20.20
	예비	경기도 신청사	경기	3	경기도시공사(공공)	BEMS		60.54
	예비	월성본부 별관사옥	경북	5	한국수력원자력(주)(공공)	전자식원격검침계량기		21.82
제1종 근생	예비	행복안의 봄날센터	경남	3	함양군청(공공)	전자식원격검침계량기		66.67
제2종 근생	예비	(주)친환경계획그룹 청연사옥	서울	5	친환경계획그룹청연(민간)	전자식원격검침계량기		22.98

출처 : 제로에너지건축물 인증 자료(한국에너지공단 제공,2018.06)를 활용하여 연구진 작성

3) 제로에너지 인증 건축물 사례 분석

① 주거용 건축물

□ (저밀, 단독주택)세종시 패시브하우스 임대주택

옥상 태양광만으로 제로에너지를 달성하였으며, 단독주택은 제로에너지 달성이 용이함을 보여주는 사례이다. 앞서 분석한 제로에너지 달성 가능 범위에 속하는 규모로, 열관류율도 강화된 현재 기준에 미치지 못하는 수준임에도 불구하고 에너지자립률이 35% 이상으로 나왔다. 54개동이 있는 단독주택 단지로, 제로에너지인증은 한 개의 건축물로 간주하여 평가를 받았다.

□ (저밀, 다세대주택, 민간)도시형 생활주택 화곡동 하이원 에코빌

단열 기준을 법적 기준보다 강화하여 적용하였으며, BIPV도 설치하였으나, 옥상에 설치한 태양광 발전 설비 적용만으로 제로에너지 달성이 가능하며, 이는 앞서 분석한 제로에너지 달성 가능 범위에 속한다. 다세대 주택의 경우, 제로에너지건축물 조성이 용이 하며, 용적률 인센티브를 적용할 경우 사업성도 있는 것으로 판단된다. 다만, 용적률 인센티브의 미실 현과 주민들의 인식 부족 등으로 인한 마케팅 효과 미비와 신재생에너지 원의 한계 그리고 인허가 절차의 문제점 등이 문제로 지적되었다.

[표 3-36] 도시형 생활주택 화곡동 하이원 에코빌

조성주체	민간((주)하이원에코빌)	신재생에너지원	·옥상 태양광(372.2㎡) ·벽면형 태양광(남쪽 : 127.9㎡, 서쪽 : 112.4㎡)
대지면적	1,312.10㎡	신재생에너지 공급방식	건물 내 생산 및 소비
연면적	3,856.57㎡	에너지자립률	55.35(4등급, 벽면형 제거 시 38.40%, 5등급)
용적률	223.79	에너지효율등급	1+++
건폐율	54.53	1차에너지소요량	·계수 적용 전 : 82.8 kWh/㎡·년 ·등급용 : 38.9 kWh/㎡·년
층수	지하 1층, 지상 6층	1차에너지생산량	102.6 kWh/㎡·년
용도지역	제2종 일반주거지역	취득 비용	390,000원
건축구분	신축(공사 중)	인센티브	용적률 11.9% 완화(법적 기준 12%)
용도	도시형 생활주택(70세대)	추가공사비용	총공사비의 15% (총공사비 : 약 5,280백만원 / 추가비용 : 약 792백만원)
열관류율*	·외벽 : 0.145 / 창호 : 1.4	취득 목적	·용적률 기준 완화를 통한 사업성 확보 ·분양 홍보 효과 ·의무화 대응 설계권 선점 전략
사용기술	고단열, 고기밀 건물외피(외단열) / 고효율 LED / 고효율 냉난방기기 / 태양광, 건물일체형태양광 / BEMS		
문제점	· 용적률 인센티브를 12% 받을 수 있었으나, 채광방향 높이제한으로 인해 일부 미실현 · 분양 홍보 효과를 목표로 하였으나, 제로에너지 건축물에 대한 일반 주민 인식 부족 · 제로에너지 인증 신청을 하면 바로 에너지 효율등급 인증 신청이 되는 것이 아니라, 별도로 신청해야 하는 번거로움 · 제로에너지 인증이 완료 되기 전, 건축 심의가 시행 됨에 따라 용적률 인센티브 제공 신뢰도 문제로 심의 반려됨(예비 인증 취득 후 재 심의) · 지열 히트펌프는 효율이 떨어져 사용하지 않았으며, 공기열 히트 펌프를 적용할 계획이나 제로에너지 인증에는 미반영 · 태양광 패널 설치에 대한 구체적인 정보 필요(유지보수 방법에 따라 설치면적 변동되는데, 정확한 정보가 없어 판단이 어려움) · 단열재 두께로 인해 외장재 선택의 폭이 좁아지고, 내화 성능 확보도 어려운 문제 발생 · 타 지역에도 건설 예정이나, 지구단위 계획으로 인해 용적률 인센티브 적용 불가능 · 원격검침기의 경우, 세대당 인버터를 모두 설치하도록 되어 있는데, 한 개의 인버터 사용도 인정해줄 필요		

개선방안	· 산자부에서 인정받은 신재생에너지 등 신기술을 다양화 할 필요 · 대국민 홍보 강화 · 인증, 인허가, 건축기준 완화가 원활히 이루어질 수 있게 행정절차 효율화 · 지구단위 계획의 일괄 개정 방안 마련 · 아파트 외 소규모 주택에서 제로에너지 실현 가능성이 높으며, 임대주택에 대한 용적률 인센티브 수준으로 완화 기준 상향
------	---

출처 : 제로에너지건축물 인증 내부 자료(한국에너지공단 제공, 2018.06)와 인터뷰결과를 정리함

*외벽 법적 기준 : 0.2, 현재 기준 : 0.15 / 창호 법적 기준 : 1.5, 현재기준 : 0.9

□ (고밀, 아파트, 민간)아파트 송도 힐스테이트 레이크

제로에너지건축물 시범사업으로 진행된 ‘힐스테이트 레이크 송도’는 886세대의 대규모 단지임에도 불구하고, 제로에너지건축물인증 5등급과 건축물에너지효율등급 1++등급을 받아 향후 민간 공동주택에 많은 영향을 줄 것으로 기대하고 있다.

특히 단순히 신재생에너지를 많이 설치해 등급을 높게 받은 건물보다 평균 1차에너지소비량이 현저히 낮기 때문에 전반적으로 건축에서의 기초부하 저감 설계가 잘 된 것으로 파악되었으며, 열관류율도 2018년 9월부터 강화된 기준보다 높은 수준으로 나타났다. 하지만

[표 3-37] 송도 힐스테이트 레이크 공동주택

조성주체	민간(국토교통부 시범사업 참여)	신재생에너지원	·옥상 태양광(3,509㎡) ·벽면형 태양광(남동 : 382㎡, 남서 : 814㎡)
연면적	155,833	신재생에너지 공급방식	건물 내 생산 및 소비
용적률	207.87%	에너지자립률	21.18%(5등급)
건폐율	16.9%	에너지효율등급	1++
층수	지하 2층, 지상 36층	1차에너지소요량	·계수 적용 전 : 88.6 kWh/㎡·년 ·등급용 : 88.6 kWh/㎡·년
건축구분	신축(공사 중) / 9개동	1차에너지생산량	
사용기술	고단열, 고기밀 건물외피 / 고효율 LED / 고효율 냉난방기기 / 태양광, 건물일체형태양광 / BEMS	추가공사비용	-
열관류율*	·외벽 : 0.136 / 창호 : 0.86	인센티브	용적률 5% 완화
문제점	· 용적률 인센티브에도 불구하고, 지구단위계획에 따라 정해진 세대수로 인해 세대 평형만 증가(11%까지 받을 수 있었지만, 이런 이유로 5%만 취득) · 인허가 절차 시 용적률 인센티브와 관련해 설계 변경 등 요구사항 발생	취득 목적	고층형 제로에너지 시범사업 참여
개선방안	· 용적률 완화와 함께 세대수 증가 등의 건축규제를 완화하는 방안이 사업자 측면에서는 수익성에 효과적임 · 보조금, 대출지원, 금리인하 등은 기업주도의 공사에서 큰 효과를 보지 못하므로, 건축기준 완화를 통한 수익성 확보가 중점적으로 요구됨 · 인증, 인허가, 건축기준 완화가 원활히 이루어질 수 있게 행정절차 효율화		

출처 : 국토교통부 보도자료(2017), “세종 선관위·송도힐스테이트, 제로에너지건축물 인증”, 06.15., 3p / 제로에너지건축물 인증 내부 자료(한국에너지공단 제공, 2018.06)

*외벽 법적 기준 : 0.2, 현재 기준 : 0.15 / 창호 법적 기준 : 1.5, 현재기준 : 0.9

단열 및 기밀 기술을 최대로 적용하고서도 제로에너지5등급을 취득하였다는 점은 아파트에서 제로에너지 달성이 어렵다는 것을 역설적으로 보여주고 있다.

앞서 분석한 제로에너지 달성 불가능 범위에 속하나, 시범사업으로 진행되었기 때문에 기밀성능에 대해 시공사에서 일정 성능 보장을 약속하고, 보통의 경우 보다 상향된 조건으로 평가한 결과¹¹⁾이다. BIPV시스템에 대해서는 음영에 의한 영향이 반영되지 못한 결과이므로, 일반적인 경우에는 제로에너지 5등급 달성이 더욱 어렵다고 할 수 있다. 음영을 고려하여 BIPV시스템 설치면적의 1/3만 적용할 경우 에너지 자립률이 19.63으로 제로에너지 달성이 불가능하다고 할 수 있다.

② 비주거용 건축물

□ 업무시설

[표 3-38] 판교 제2 테크노밸리 기업지원 허브 센터

조성주체	공공(한국토지주택공사)	신재생에너지원	·지열히트펌프: 난방 2849kW / 냉방 2931kW ·옥상 태양광 : 3,105㎡(수평, 45°) ·벽면 태양광 : 104㎡ ·연료전지(천연가스) : 6,617kW
대지면적	22,754㎡	신재생에너지 공급방식	건물 내 생산 및 소비
연면적	78,802㎡	에너지자립률	20.2%(5등급)
용적률	225.68%	에너지효율등급	1++
건폐율	49.45%	1차에너지소요량	·계수 적용 전 : 147.7 kWh/㎡·년 ·등급용 : 137.2 kWh/㎡·년
층수	지하 2층 / 지상 8층	1차에너지생산량	36.97 kWh/㎡·년
용도지역	준주거지역 (용적 상한 400%)	취득 비용	17,800,000원
건축구분	신축(준공, 본인증 취득)	인센티브	-
용도	업무시설	추가공사비용	총 공사비 1,472억원
사용기술	고단열, 고기밀 삼중창호 / 차양일체형 외피 / 고효율 조명 / 지열, 태양광 / BEMS /	취득 목적	기업 홍보
열관류율*	외벽 : 0.154 / 창호 : 1.9(열교차단재)		

문제점 및 개선방안 · 신재생에너지 설비에 대한 유지관리 어려움 예상
· 연료전지의 비효율적인 운영 효율 예상

출처 : 제로에너지건축물 인증 내부 자료(한국에너지공단 제공,2018.06)와 인터뷰결과를 정리함

*외벽 법적 기준 : 0.2, 현재 기준 : 0.15 / 창호 법적 기준 : 1.5, 현재기준 : 0.9

11) 한국건설기술연구원 자문회의 결과.

제로에너지인증 제도 도입 이후, 최초로 본인증을 취득하였다. 패시브 수준의 열관류율과 지열히트펌프, 연료전지, 태양광 발전 시스템을 모두 적용하고도 에너지 자립률이 20.2%인 점으로 미루어 보아, 대형 업무시설에서는 제로에너지인증이 매우 어려운 것으로 판단되었다.

□ 근린생활시설

기존 건축물을 증개축한 사례로, 기존건축물도 제로에너지건축물 인증이 가능함을 보여주는 사례라고 할 수 있으며, BIPV를 제외하고도 제로에너지 인증 취득이 가능한 수준으로서, 앞서 분석한 제로에너지 달성이 가능한 용적률과 건폐율의 범위 안에 속한다.

[표 3-39] ^(※)친환경계획그림 청연 사옥

조성주체	민간(주)청연	신재생에너지원	·PV : 67.8㎡ ·BIPV : 13.2㎡
대지면적	395㎡	신재생에너지 공급방식	건물 내 생산 및 소비
연면적	1,313㎡(기존 1,237 / 증축 76)	에너지자립률	22.98
용적률	269.06%	에너지효율등급	1++
건폐율	55.77%	1차에너지소요량	·계수 적용 전 : 123.7 kWh/㎡·년 ·등급용 : 121.8 kWh/㎡·년
층수	지하1층/지상6층	1차에너지생산량	36.91 kWh/㎡·년
용도지역	제3종일반주거지역	취득 비용	3,900,000원
건축구분	증개축(1997년 준공)	인센티브	용적률 8% 완화 / 그린리모델링 이자 지원
용도	제2근린생활시설	추가공사비용	12~13억
사용기술	고단열,고기밀 건물외피 / 건축적 차양 / 태양광 / 로이삼중유리 및 팽창테이프 / 창면적비 최소화(22%) / 열교차단 / 옥상 정원 / 고효율 LED / 전자식 원격검침계량기	취득 목적	기업 홍보, 용적률 인센티브
열관류율*	외벽 : 0.146 / 창호 : 2.3(열교차단재)		
문제점	· 준공단계에서 본인증 취득을 바로 받지 못해, 취득세 감면을 받지 못하는 사례 발생 · 5등급 이상 건축물에 대한 추가 인센티브 필요		
개선방안	· 공사비용, 건축설비 등 시공시 발생하는 부가가치세에 대한 세제 감면을 통해 금융 지원 확대 · 초기 추가 공사비용에 대한 금융 지원의 경우 이자 지원 사업보다는 대출 지원이 효과적인 것으로 평가 -이자 지원 사업은 정책 연속성에 영향을 받는 반면, 대출 지원의 경우 주로 기금을 통해 이루어짐으로써 안정적 (예. 서울시 BRP 사업은 서울시 환경기금이 재원)		

출처 : 제로에너지건축물 인증 내부 자료(한국에너지공단 제공,2018.06)와 인터뷰결과를 정리함

*외벽 법적 기준 : 0.2, 현재 기준 : 0.15 / 창호 법적 기준 : 1.5, 현재기준 : 0.9

□ 교육연구시설

앞서 분석한 제로에너지 달성 가능 용적률과 건폐율의 범위 안에 속하며, 도서관은 사무실에 비해 에너지 보정계수가 낮아 에너지 소요량을 줄일 수 있는 여지가 크다. 또한, 열관류율이 현재 기준에 미치지 못하는 점과, 옥상 PV설치면적이 작은 것으로 보아 에너지 자립률을 높일 수 있는 여력이 있는 것으로 판단된다.

[표 3-40] 아산 중앙도서관

조성주체	공공	신재생에너지원	·지열히트펌프: 난방 598kW / 냉방 624kW ·옥상 PV : 656㎡(45°)
대지면적	7,129㎡	신재생에너지 공급방식	건물 내 생산 및 소비
연면적	9,037㎡	에너지자립률	27.8%(5등급)
용적률	127%	에너지효율등급	1++
건폐율	55%	1차에너지소요량	·계수 적용 전 : 101.4 kWh/㎡·년 ·등급용 : 92.2 kWh/㎡·년
층수	지하 1층 / 지상 5층	1차에너지생산량	38.89 kWh/㎡·년
용도지역	-	취득 비용	-
건축구분	신축(준공)	인센티브	-
용도	도서관	추가공사비용	약 40% 총 사업비 360억원 2017년 공공 도서관건축물 평균 단위면적당 공사비 2,400**
사용기술	외단열 / 고단열,고기밀 삼중 창호 / 고효율 조명 / 외피면적 최적화 / 고효율 냉난방 기기 / 열회수 환기장치 / 전동 외부 차양 / 지열,태양광 / BEMS	취득 목적	저층형 제로에너지건축물 조성 시범사업 참여
열관류율*	외벽 : 0.244 / 창호 : 1.4		

출처 : 에너지 관리 공단의 에너지 성능 시뮬레이션 결과 값(내부자료)과 인터뷰결과를 정리함

*외벽 법적 기준 : 0.2, 현재 기준 : 0.15 / 창호 법적 기준 : 1.5, 현재기준 : 0.9

**조달청(2018), 2017년 공공건축물 유형별 공사비 분석, 156~163p

③ 분석 결과 종합 및 시사점

앞서 분석한 용적률과 건폐율에 따른 제로에너지 달성 가능성 검토와 사례 분석 결과가 어느 정도 매칭 되는 것으로 판단되었다. 특히 아파트, 대형 업무시설 등과 같이 고층형, 대규모 건물의 경우 대지 내 신재생에너지 설비만으로 제로에너지 달성이 어려울 것으로 판단되며, 이에 대한 후속 조치가 필요하다.

다세대 주택의 경우는, 제로에너지 인증이 용이하고 사업성도 있어, 이에 대한 정책적 홍보와 지원이 필요한 것으로 판단된다.

또한, 기존건축물을 리모델링하는 경우에도 제로에너지 인증 건축물 조성이 가능한 것으로 판단된다. 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해 기존 건축물의 성능 개선이 무엇보다 중요한 만큼 이에 대해 적극적으로 지원할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

4) 제로에너지 타운 조성 사례

① 단지형 제로에너지시범사업

‘단지형 제로에너지시범사업’은 ‘14년부터 추진된 선도형 제로에너지빌딩 사업의 일환으로 기존 개별건축물을 중심으로 추진하던 사업(저층형, 고층형)을 단지 단위로 확장한 것이다.¹²⁾주거 및 비주거 용도가 복합된 단지의 신축 및 재개발 사업을 대상으로 하고

[표 3-41] 단지형 제로에너지 시범 사업 현황

구 분	개 요	조감도
경기도 신청사	·위치 : 수원시 광교신도시 내 공공청사 4블럭 ·대지면적 : 118,218㎡ ·동·층수 : 도청(B4~22F), 도의회(B4~2F) 등 행정융합타운 ·연면적 : 236,140.33㎡ ·추진일정 : 설계완료(‘17.4) → 착공(‘17.9) → 준공(‘20.12) ·에너지성능 : 건축물에너지효율등급 1+++ 및 제로에너지 3등급 목표 - 스마트외피, 외단열, 삼중로이창호, 신재생설비(PV,BIPV,ESS) 적용	
행복 도시 5-1 생활권	·위 치 : 세종시 합강리 일원 ·건축주 : 행복청, LH ·대지면적 : 2,741,213㎡ ·추진일정 : 지구단위계획 공모(‘17.6) → 지구단위계획 수립(‘18.上) → 실시설계 및 착수(‘19.上) → 단계적 토지분양 및 조성공사(‘20) ·에너지성능 : 제로에너지특화지구(‘18.6 지정추진), 연간 에너지 수요와 공급량을 Net Zero 수준에 맞추는 복합도시 구현 목표 ·주거용, 상업용, 공공시설 대상	

출처 : http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp 2018.06.19.17:00, 제로에너지빌딩 시범사업 개요 및 추진현황(국토교통부 2018.02)

12) 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp, 2018.09.18.14:06.

있으며, 마을규모의 종합적인 제로에너지빌딩 기술을 실증하여 에너지 효율이 높은 제로에너지단지를 구현하는 것을 목표로 한다.

본 시범사업은 공용설비를 통해 생산된 신재생 에너지량이 건축물 전체 에너지 소요량의 10% 이상이 되도록 설계하고, 단지 내 건축물 간 전력 그리드를 구축하여 에너지를 통합적으로 관리·운영(BEMS)한다.

현재 진행 중인 ‘단지형 제로에너지시범사업’은 총 2개소로, ‘행복도시 5-1생활권 제로에너지 스마트시티(행복청·토지구택공사)’와 ‘경기도 신청사 건립 공사(경기도)’가 있다. 상기 시범사업 2개소는 국토부 ‘제로에너지빌딩 시범사업’으로 선정(‘16.06.20)되어 현재 사업을 추진 중에 있으며, 건축기준(용적율 15%이내)완화와 세제(취득세 및 재산세 15%감면, 5년간)지원 그리고 신재생에너지 설치보조금 우선지원¹³⁾ 등 포괄적인 지원책을 마련하고 있다.

□ 경기도 신청사

경기도 신청사는 ‘단지형 제로에너지 시범사업’으로 지열 및 태양광설비를 통해 에너지를 생산하는 에너지자립형 기술 구현 모델로 계획되었다.

전체 에너지공급원 중 18.5%를 태양광, 지열 등의 신재생에너지로 공급하고, 자연환기, 단열, 옥상 및 벽면조경 녹화방식을 적용하여 냉난방 비용을 절감할 수 있는 기술을 적용하였다.¹⁴⁾또한, 커튼월 지양, 물 순환 시스템 구축, ESS설치, 자연환기(맞바람)건축구조 등의 기술을 도입했으며, 자원순환을 위해 중수도, 우수, 폐열 등의 재활용계획을 구축하였다. 특히 에너지자립형 친환경 청사 건립을 통해 경기도 신청사의 에너지효율등급은 1+++의 최고등급을 받았고, 에너지 자립률은 60.2%로 국내 최초로 제로에너지 3등급(예비인증)을 취득하였다.¹⁵⁾

또한 제로에너지건축물 지원센터와 협의하여 전체 단지를 1개의 대지로 간주하여 제로에너지건축물 본인증을 심사하기로 하였는데, 이는 2개 이상의 대지에서 건축행위가 이루어지는 경우 인증 제도 운영 방식에 시사점을 주는 사례라고 할 수 있다.

13) 산업통상자원부 신재생에너지 설치보조금 고시 지원 단가에 따라 30~50% 보조금을 지원.

14) 경기도(2017), “경기도, 경기도 신청사 친환경 인증 획득”, 5월 22일자 보도자료.

15) NEXT경기 건설본부(2017), 『2017년 연정정책과제 추진상황 보고(도시 신청사 친환경 건축 추진)』, 건설교통위원회, pp.1~4.

[표 3-42] 단지형 제로에너지 시범사업 현황(경기도 신청사)

조성주체	공공(경기도시공사)
대지면적	26,227㎡(전체부지: 118,218㎡)
연면적	99,127㎡(지하주차장 51,666㎡)
용적률	62.76%
층수	도청(B4~22F), 도의회(B4~2F)
건축구분	신축(공사중)/2동
신재생에너지원	태양광, 지열
에너지 자립률	60.2%(3등급)
에너지효율등급	1+++
1차에너지소요량	53.44
사용기술	스마트와피, 외단열, 삼중로이창호, 옥상녹화, 신재생설비(PV, BIPV, ESS) 적용
인센티브	건축기준 13% 완화(용적률 및 건축물 높이 등), 신재생에너지 생산시설 설치보조금 지원
추진일정	시행계획수립('18.) → 부지조성('19.) → 건축('20~'21) → 입주('21.말)
문제점	건축물의 에너지효율 개선은 필연적으로 추가비용이 발생 가능 에너지효율성능의 목표가 높아질수록 추가 비용의 규모는 더 증가 가능
개선방안	제로에너지건축에 소요되는 추가비용 부담을 실질적으로 저감하기 위한 방안 마련이 필요



추가공사비용	-
신재생에너지 공급방식	건물 내 생산

출처: 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp, (2018.06.19.17:00) / 이재영(2016), “행복도시와 경기도 신청사, 제로에너지 시범단지 선정”, 연합뉴스. 2016년 12월 22일자.

□ 행복도시 5-1생활권

행복도시 5-1생활권은 기존의 제로에너지빌딩 시범사업과 같이 건축물 중심에서 벗어나, 도시단위(약 274만㎡)로 확장된 에너지 절감 중심의 친환경 미래도시를 지향하고 있다.¹⁶⁾ 또한, ‘제로에너지타운’은 도시건축분야와 스마트기술분야를 별도로 진행하는 것이 아닌, 초기부터 스마트기술분야를 고려한 도시건축 계획과정을 진행하는 새로운 방법론을 제시하고 있다.

‘제로에너지타운’은 신재생에너지 등을 활용하여 에너지를 자급하며, 건축교통 등에 정보통신기술(ICT) 등 첨단기술을 융합하는 기술을 적용하여, 친환경 미래도시의 모델을 구현할 계획이다.¹⁷⁾ 도시에너지 관리시스템, 태양광 등 청정에너지, LID 기법적용, 에너지 스토어 등의 다양한 스마트에너지 기술 도입 전략을 수립하고 있으며, 수소전기차용

16) 행정중심복합도시건설청(2017), “합강리 제로에너지 스마트도시 사업 내년도 본격화”, 2017년 12월 28일자 보도자료.

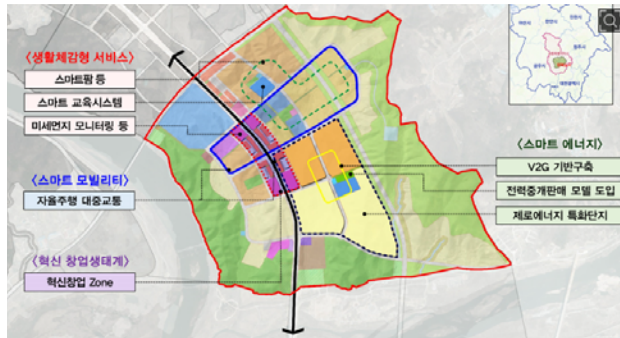
17) 국토교통부(2017), “행복도시내 대학설립 활성화를 통한 성장동력 확충 도모”, 2017년 9월 6일자 보도자료.

주행차 등 친환경 미래형 교통수단 도입과 바람길 조성, 건축물 녹화 및 녹지공간 확보 등으로 탄소배출을 최소화할 계획이다. 이를 통해 연간 에너지 소비량 및 생산량이 균형을 이루는 에너지를 공급할 수 있는 ‘제로에너지타운’으로 조성할 계획이다.

제로에너지건축물 조성 기술이 향후 스마트 기술과 융합하여 확장해 나가야 할 방향을 제시해주는 사례라고 할 수 있다.

[표 3-43] 단지형 제로에너지 시범사업 현황(행복도시 5-1 생활권)

조성주체	공공(행복청, LH)
대지면적	2,741,213㎡
건축구분	5-1생활권(주거용, 상업용, 공공시설 등)
인구	계획인구 29천명
신재생에너지원	수소차 등 탄소저감형 친환경 교통수단 도입, 태양광, 지열
사용기술	친환경ICT 기반신기술 및 신공법 융합, 연료전지 기반 저온의 열에너지 공급, 통합운영시스템, 에너지프로슈머
인센티브	신재생에너지 설치보조금 우선 지원, 용적율 15% 완화
추진일정	지구단위계획 공모(‘17. 上) → 지구단위계획 수립(‘18. 上) → 실시설계 및 착수(‘19. 上) → 단계적 토지분양 및 조성공사(‘20년)



출처: 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp, (2018.06.19.17:00), (2018.09.18.14:06) / 국토교통부(2017), “경기도 환경 사서울 공항공 등 제로에너지빌딩 시범사업”, 2월 15일자 보도자료. / 박우석(2016), “세종시 5-1생활권 제로에너지타운 가속화”, 세종의소리, 12월 22일자. / 박우석 (2018), “세종시 5-1생활권 스마트시티 국가시범도시 선정”, 세종의소리, 1월 29일자.

④ 친환경에너지타운 시범사업 : 강원 홍천, 광주광역시, 충북 진천

□ 개요

‘친환경 에너지타운 시범사업’은 기피·혐오시설에 에너지, 문화관광 등 주민 수익모델을 가미하여 주민의 수익향상을 창출하고, 환경시설의 자발적 설치를 유인하는 사업이다. 사업의 목적은 지역 인프라를 활용한 에너지 자립, 문화·관광 및 주민소득 증진과 연계하여 지속가능한 설비 운영 모델을 설계·구축하는 것이다.¹⁸⁾ 본 시범사업은 ‘14년부터 미래부, 환경부, 산업부가 공동으로 추진해왔으며, 주민 생활환경 개선과 에너지 공급문제를 동시에 해결하는 것을 사업목표로 삼고 있다.

18) 왕광익·노경식(2014), 친환경 에너지타운 추진을 위한 국내의 추진현황 검토 및 정책과제 연구, 국토연구원.

부처별로 충북, 강원, 광주 3곳에 시범사업을 시행하였고, 현재 환경부 16개소, 산업부 6개소, 과기부 1개소, 농식품부 1개소 등 총 24개소에서 사업을 진행 중이다. 시범사업은 선정위원회의 '서면검토', '현장실사', '최종평가'를 거쳐 강원 홍천, 광주, 충북 진천 등의 3개 지역이 최종 선정('14년 5월)되었다. '친환경 에너지타운 시범사업'은 사업의 성공적인 추진과 원활한 주민참여를 위해 용자지원, 기업펀드, 마을기업 선정지원 등의 다양한 지원책을 마련하고 있다.

'14년 관련 예산 1,284억 원을 조성했으며, 신재생에너지 금융지원으로 사업비의 90%(중소기업)까지 장기저리(변동금리 1.75%)로 지원하고 있다. 또한, 지자체의 적극적인 참여를 유도하기 위해 지자체가 희망하는 부대상업을 우선하여 지원하고, 재정이 열악한 농어촌지역의 경우 친환경에너지타운 예산 등으로 국비 50%를 지원하고 있다.

이 중 건축물과 직접 연계하여 신재생에너지를 사용하고 있는 사례는 충북 진천 사례가 유일하다.

[표 3-44] 친환경 에너지타운 시범사업

지역	주관부처	사업내용	선정 이유
강원 홍천	환경부	가축분뇨 활용 바이오가스 하수처리장 태양광·소수력	바이오가스, 부산물 처리시설의 효율적 조합 * 바이오가스의 도시가스화 모델은 전국확산 기대
광주	산업부	매립장 대규모 태양광 주민 신재생 에너지 주택	대규모 태양광 설치로 주민수익창출 가능 * 지자체 주민의 적극 참여로 사업시행 용이
충북 진천	미래부	폐열활용 태양광·연료전지	향후 신도시 조성시 적용모델로 활용 가능

출처 : 왕광익·노경식(2014), 친환경 에너지타운 추진을 위한 국내외 추진현황 검토 및 정책과제 연구, 국토연구원, 39p, 표2-17

□ 충북 진천군

진천 친환경에너지타운 시범사업은 혁신도시 내 하수처리장과 연계하여 다양한 신재생 에너지 기술을 적용시키는 신재생융복합 모델로 계획되었으며, 국비 105억 원, 지자체 30억 원으로 총 135억 원의 예산이 투입되었다.

신재생에너지 융복합 시스템 개발(연구)·설치 및 실증 등을 통한 전기와 열에너지생산을 사업의 주요목표로 하고 있다. 봄부터 가을까지 남는 열을 지하 탱크에 축적하여 거

울철 난방용 열로 공급 가능한 계간축열 시스템을 구축하고, 통합제어 모니터링 시스템을 통한 에너지 이용 최적화 환경을 조성하기 위한 방안이 계획되었다. 이를 통해 태양광과 연료전지에서는 연간 1008MWh의 전기에너지를, 태양열·지열·하수폐열에서 834 MWh의 열에너지를 생산하는 에너지성능 효과를 확보하였다.

또한, 생산전력 판매를 통한 수익창출 효과(연간 440백만 원)와 함께 열에너지자립 및 가스사용량 감축효과(연간 140백만 원 절감)등의 사업효과를 거둘 수 있다. 특히 전력의 경우 태양광 발전 설비를 각 건물에 연결하지 않고 한전에 판매하고 있으며, 2017년 4월부터 2018년 4월까지 모니터링을 한 결과, 에너지 생산량이 사용량보다 더 많은 것으로 나타났다.

[표 3-45] 친환경 에너지타운 시범사업 현황(중북 진천)

사업주체	지자체
주관부처	미래부
사업개요	신재생에너지 융복합 설비 구축
면적	72,000㎡ (하수처리장 : 29,000천㎡)
인구	5천여명 (1200가구, *인근 500m內)
사업내용	전기 및 열에너지 생산
사업기간	4년('15~'18)
사업비	135억 원(국비 105억, 지자체 30억)
수익모델	생산전력 판매 및 자체 열 사용
신재생에너지원	태양광, 지열, 계간축열, 하수폐열 등
인센티브	융자지원, 기업펀드연계, 마을기업 선정지원, 신재생에너지금융지원 활용
특성	하수처리장 주변에 고등학교, 도서관, 출장소 등 공공시설 입주계획('16년 말 완공 예정)으로 새롭게 조성되는 신축단지내 신재생 에너지 융복합 기술개발 및 시범적용
사업효과	시설별 친환경 에너지 신기술 적용으로 에너지 절감 효과(연간 140백만 원 절감) 생산전력 판매를 통한 연간 수익금 세입재원 및 지역사업 환원으로 활용(연간 440백만 원 창출)



출처: 국무총리실(2014), “친환경 에너지타운 시범사업 본격 추진”, 5월 21일자 보도자료/왕광익·노경식(2014), 『친환경 에너지타운 추진을 위한 국내외 추진현황 검토 및 정책과제 연구』, 국토연구원, 43p / 관계부처합동(2014a), “친환경 에너지타운 설명자료”, 9월 26일자 지자체 설명회 자료./ 농림축산식품부(2016), 「신재생에너지를 활용한 에너지 자립형 창조마을 모델개발」, 농림축산식품부. / 유성열(2017), “진천 ‘친환경에너지타운’, 연료비용·이산화탄소 절감 ‘시너지’… 지역단위 에너지 자립 자산”, 국민일보, 2017년 11월 21일자/ 최준호(2016), “충북 진천에 ‘에너지 100% 자립’ 마을”, 중앙일보, 2016년 11월 22일자.

3. 제로에너지건축물 조성 저해 요소

앞서 분석한 제로에너지 달성 가능성 검토 내용과 제로에너지건축물 조성 사례 분석 내용을 종합하여 제로에너지건축물 조성 저해 요소를 법제도적, 사회경제적 요소로 구분하여 도출하였다.

법제도적 요소는 에너지 성능 평가체계, 인센티브 제도, 행정절차 3가지로 요약되며, 사회경제적 요소는 제로에너지건축물에 대한 인식, 추가공사비용 2가지로 요약된다. 이중 추가공사비용은 다시 에너지 성능 강화에 따른 추가 공사비용과 아직 상용화되지 않은 신기술 도입에 따른 비용 부담 가중으로 나뉜다.

[표 3-46] 제로에너지 조성 활성화 저해 요소

구 분	저해요소
법제도적 요소	에너지 성능 평가 체계 미흡 · 대지 내 옥상 태양광 발전 시스템 만으로 신재생에너지 생산량이 부족한 경우, 불가피하게 효율이 떨어지는 지열히트 펌프, 연료전지, 벽면형 태양광(BIPV) 등의 추가 적용으로 인한 사회적 비용 발생 우려 - 공공건축물의 경우, 신재생에너지 설치 비용이 계속 증가하고 있는 상황으로 대지 내 해결이 안되는 경우 발생 · 신재생에너지 시스템의 경우 태양광, 태양열, 열병합, 지열히트펌프만 적용 - 최근 주택에서 공기열 히트펌프에 대한 수요 증가 - ESS, 축열조 시스템 등과 같이 신재생에너지 설비의 효율을 높여주는 에너지 저장시스템 적용에 대해 긍정적 요소로 평가체계 도입 필요 · 주거용 건축물의 경우, 지열 히트펌프, 연료전지 등을 통해 냉방까지 하는 경우, 냉방에너지에 대한 평가도 포함시켜 제로에너지 인증을 더 용이하게 할 필요
	인센티브 제도 운영의 문제 · 용적률 인센티브 미실현 문제 - 지구단위계획, 지자체 조례 등과의 충돌 문제로 인해 미실현 발생 · 준공 단계에서 본인증 취득이 어려워 취득세 감면 혜택을 받지 못하는 경우 발생 - 예비인증 완료 후 건축 인허가 절차 진행 가능(예비인증 미 완료 시, 용적률 인센티브 적용 어려움)
사회 경제적 요소	추가 건축물 성능 향상에 따른 추가 비용 부담 · 초기 추가공사비용 부담(의무화 시점 이전 시장형성 유도 필요) - 특히 수요자 개인의 입장에서 단독주택의 경우 공동주택에 비해 자금조달 방안이 어려운 실정 신기술 도입 부담 · 지열히트펌프, 열병합 발전 등 상용화 초기 단계의 신기술 도입에 따른 높은 초기 투자비용과 유지관리비용 발생
※ 일반건축물 대비 160% 이상, 유럽은 105~110% 수준 ¹⁹⁾	
	제로에너지 건축물에 대한 인식 부족 · 건축주가 직접 거주하지 않는 경우 상대적으로 제로에너지 건축물 조성에 대한 수요 저조 · 주택 분양 마케팅 요소로 적용하기에 국민 인식 부족

1) 법제도적 저해 요소

□ 에너지 성능 평가 체계 미흡

앞서 분석한 결과 옥상 태양광발전 시스템만으로는 대지 내에서 제로에너지 달성이 어려운 경우가 발생하였다. 특히 신재생에너지 설치 의무 비율을 맞추기 위해 낭비적인 신재생에너지 시스템 투자가 이루어지는 문제가 나타났다. 공공건축물의 경우, 신재생에너지 설치 비율이 계속 증가²⁰⁾하고 있는 상황으로 대지 내 해결이 안 되는 경우가 발생하여, 단순히 비율을 맞추기 위해 추가적 설비를 설치하는 경우 등이 발생하였다.

현재 신재생에너지 설비 중 상용화된 기술은 옥상 태양광 발전 설비가 유일한 상황으로 벽면에 설치하는 BIPV는 효율이 낮고 음영에 의한 영향을 크게 받으며, 지열에너지는 운전효율이 떨어지고, 설치 면적 확보 부담이 있다. 특히 연료전지의 경우 고가이며, 운영비용과 절감 비용에 차이가 없어 사용률이 떨어진다는 단점이 있고, 신재생에너지 비율을 맞추기 위해 연료전지, 지열히트펌프 설치 사례가 증가하고 있으나, 실제 운영되고 있는 사례는 많지 않은 상황이다. 제로에너지 의무화 이후, 불가피하게 효율이 떨어지는 지열히트 펌프, 벽면형 태양광 등의 적용으로 인한 사회적 비용 발생 우려되는 상황이다.

제로에너지 건축물 평가 시 적용되는 신재생에너지 시스템은 태양광, 태양열, 열병합, 지열히트펌프로 등으로 그 종류가 한정적이다. 최근 주택에서 공기열 히트펌프에 대한 수요가 증가하고 있고, 신재생에너지 시스템의 운영 효율을 향상시키는 ESS, 축열조 시스템 등에 대해서도, 설치 유도를 위해 평가체계에 도입해야 할 필요가 있다. 또한, 주거용 건축물의 경우, 지열히트펌프, 연료전지 등을 활용하여 냉방시스템까지 설치하여도 냉방에너지에 대한 평가가 이루어지지 않는 문제 등에 대한 고려가 필요하다.

□ 인센티브 제도 운영의 문제

지구단위계획, 지자체 조례 등과의 충돌 문제로 인해 용적률 인센티브가 미 실현되는 상황이 발생하고 있다. 특히 지구단위계획의 경우, 제로에너지인증제도에 대한 인센티브

19) 제로에너지 융합 얼라이언스(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서”, pp. I-3.

20) 공공건축물 신재생에너지 설치 의무화 제도는 2004년부터 시행, 최초 기준은 건축비의 일정비율 이상이었으나, 2011년부터 에너지사용량 비율로 변경되었으며, 2011년 10%에서 시작해서 2018년 24%로 강화되었으며 2020년까지 30%로 강화 예정(출처: 산업통상자원부(2018), 신재생에너지 설치의무화제도 안내).

조항을 신설하기 위해서는 건축위원회와 도시계획위원회의 공동심의를 거쳐야 하는 상황으로 각 지자체 별 담당 공무원의 의지가 필요한 상황이다.

또한 제로에너지건축물 인증 제도 시행 초기 시스템이 정착하지 않아 발생하고 있는 문제로, 제로에너지인증 신청 시 에너지효율등급 신청으로 바로 이어지지 않고 별도로 에너지효율등급 인증 신청을 해야 하는 번거로움이 발생하고 있다. 예비인증 취득 후 용적률 인센티브적용이 가능하므로 인허가 절차가 길어지고, 설계 변경이 발생하는 등 추가 비용이 발생할 우려가 있다. 특히 인허가나 건축심의 과정에서 용적률 인센티브 적용을 근거로 예비인증서를 제출하도록 하는 경우에 인허가 절차가 길어지는 문제가 발생할 수 있다. 일부 사례에서는 용적률 인센티브를 적용하기 이전 계획안으로 인허가를 받고 예비인증 취득 후 다시 절차를 밟도록 하고 있다.

일부 사례에서 준공 후, 본인증 취득 기간이 길어져 취득세 감면 혜택을 받지 못하는 경우가 발생하고 있다. 본인증은 준공완료 후 신청 가능하며, 건축물 에너지효율등급 인증은 50일내, 제로에너지건축물인증은 30일 내에 발급하도록 하고 있어 최장 80일 소요되는데, 취득세는 사용승인일로부터 60일내에 납부해야 하고, 사용승인은 준공 완료 후 신청하여 7일 이내 완료되므로, 본인증 취득에 최장 80일이 걸릴 경우, 취득세 감면 혜택을 받을 수 없는 문제 발생할 수 있다.

2) 사회경제적 저해 요소

□ 추가공사비용부담

앞서 3장에서 살펴본 바와 같이 제로에너지건축물 조성을 위해 비주거용의 경우 30~40%, 공동주택의 경우 4~8%의 추가 공사비용이 필요하다. 이는 제로에너지건축물 조성에 따른 이점이 사용단계에서 나타나므로 건축주에게 부담이 될 수 있다. 제로에너지 융합 얼라이언스 보고서(2018)에 따르면 국내 추가공사비용은 일반건축물 대비 160% 이상, 유럽은 105~110% 수준으로²¹⁾ 국내 제로에너지건축물 조성을 위한 자재 생산이 아직 대규모로 이루어지지 못하고 있기 때문인 것으로 파악된다. 다시 말해 아직 제로에너지건축물 시장이 형성되지 못했다는 뜻으로 의무화 시점 이후 무리한 추가공사비용 발생을 막기 위해 의무화시점 이전부터 시장형성을 위한 마중물로서 지원정책이 더욱 강화될 필요가 있겠다.

21) 제로에너지 융합 얼라이언스(2018.2), “제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서”, p. I-3

추가 공사비용에는 지열히트펌프, 열병합 발전 등 상용화 초기 단계의 신기술 도입에 따른 높은 초기 투자비용과 유지관리비용도 큰 부담으로 작용한다. 지열에너지의 경우, 지중열교환기, 지열 기계실 설치 등에 초기 공사비용이 많이 들며, 건물 하부에 천공하는 경우 공사기간 지연으로 인한 공사비용 증가 문제가 발생한다.

지열 히트펌프로 냉난방을 할 경우 30평 아파트를 기준으로 에너지공단 기준가 적용 시 평당 27만 원정도 상승하며, 여기에 기계실 등 부가적 비용이 추가된다. 특히 주거용의 경우 바닥 난방을 하는 국내 특성 상, 냉방, 급탕 까지 모두 사용하는데 어려움이 있어 비 주거용 건축물보다 훨씬 비효율적이며, 비주거용 건물에 지열에너지를 적용할 경우는 공사비 상승 문제만 발생하나, 공동주택에 지열 에너지를 적용할 경우, 공사비 상승, 절감효과가 명확하지 않은 점, 천공부지 부족 등이 가장 큰 문제로 나타난다.²²⁾

연료전지의 경우, 신재생에너지 설치 의무화 제도에 따라 공공건축물을 중심으로 지열히트펌프보다는 적용사례가 많은 것으로 파악되지만, 실제로 운영되고 있는 사례는 거의 없다고 할 수 있으며, 초기 투자비용도 매우 높다. 이는 연료전지 기술이 상용화 초기 단계로 높은 설치 비용이 요구되며, 운영단계에서 연료전지 가동을 위한 가스비용이 연료전지 가동으로 발생하는 전력생산비용보다 많은 경우가 발생함에 따른 것으로 파악된다.²³⁾

□ 제로에너지 건축물에 대한 인식 부족

건축주가 직접 거주하지 않는 경우 상대적으로 제로에너지 건축물 조성에 대한 수요가 저조하며, 주택 분양 마케팅 요소로 적용하기에는 제로에너지 건축물에 대한 국민들의 인식이 부족한 상황이다. 주택 선택에 있어 제로에너지건축물이 주요 고려 요소가 될 수 있도록 제로에너지건축물의 투자비용과 유지관리절감 효과에 대한 적극적인 홍보가 필요한 시점이다.

22) 상동냉난방공조 신재생 녹색건축 전문 저널 칸, '지열 공동주택 적용' 3대 난제'핵심이슈, 2018.07.01.
(<https://www.kharn.kr/mobile/article.html?no=7158>)

23) 자문회의 결과.

제4장 국외 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 사례

1. 국외 제로에너지건축물 조성 목표 및 평가 체계
 2. 국외 제로에너지건축물 조성 지원 정책 사례
-

1. 국외 제로에너지건축물 조성 목표 및 평가체계

1) 유럽연합¹⁾

□ 제로에너지건축물 조성 목표

유럽연합은 2002년 건축물 에너지 절감을 위한 로드맵이라 할 수 있는 EPBD (Energy Performance of Building Directive)를 공표하였으며, 이후 교토 의정서에 따른 이산화탄소 배출량 감축 이행을 위해 2010년 이를 개정하여 제로에너지건축물 의무화 계획을 수립하였다. 공공건축물은 2019년(2018년 12월 31일), 신축건축물은 2021년(2020년 12월 31일)부터 제로에너지 건축물 조성을 의무화하고, 그 전까지 회원국 실정에 맞는 기준을 마련하도록 하고 있다.

1) Official Journal of the European Union(2010), EPBD 와 이승언 외(2017), 「제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」를 종합하여 작성.

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능

제로에너지 건축물은 Nearly Zero Energy Building으로 명시하고, 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 등에 대하여 패시브 및 설비적으로 매우 높은 에너지성능을 갖는 건물로 정의하고 있다. 5대 에너지 소요량과 신재생에너지 생산량으로 에너지 수지를 계산한다. 인근 지역으로부터 생산된 신·재생에너지가 포함되며, 신·재생에너지가 충분히 확보되어야 한다는 것을 의미한다.

단위건물(building)뿐만 아니라 건축물단지(building complex), 지구단위(neighborhood), 지역단위(infrastructure)까지 확대하여 제로에너지건축물 조성이 가능하다. 건축 행위에 있어, 신축 뿐 아니라 증개축, 대수선 등도 이에 포함된다. 에너지 성능은 1차에너지 소요량을 기준으로 주거 건물의 경우 $50\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이하, 비주거 건물의 경우에는 건물 유형(업무시설, 학교, 병원 등)에 따라 $0\sim 270\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 범위로 기준을 다르게 설정하고 있다.²⁾

□ 평가 관련 제도

유럽연합은 EPBD에 근거하여 성능 기반 기준인 최소 에너지 성능 기준(MEP, Minimum Energy Performance Standards)과, 개별 성능에 대한 기준, 에너지 성능 표시(EPCs, Energy Consumption Certification System) 기준을 마련하고, 각 회원국 실정에 맞춰 기준을 마련하도록 명시하고 있다.

신축, 증개축(major renovation), 대수선(retrofit part of building)에 대해 최소 에너지 성능 기준을 제시하게끔 하고 있다. 각 회원국이 기후조건, 최적 비용을 검토하여 최소 에너지 성능 기준을 제시하도록 계산 방법을 제시하고 있으며, 기술 수준 향상을 반영하기 위해 최소 5년 이내 기준을 개정하도록 명시하고 있다. 에너지 성능 기준은 1차 에너지 소요량(kWh/m^2 per year)으로 제시하도록 하고 있다.

에너지 성능 평가 시 건물의 열 특성(열용량, 단열재, 패시브 히팅, 냉방 요소, 열교), 난방 및 급탕 시설, 공조설비, 기밀성을 포함한 자연 및 기계 환기, 조명 시스템, 기후 조건을 포함한 건축물 형태·위치·방향, 수동 태양열 방식, 일사 차단, 실내 기후 조건, 내부 부하를 고려하게끔 하고 있다. 에너지 성능 계산 시 긍정적 요소인 태양광 노출 조건, 신재생에너지 관련 설비, 열병합 발전에 의한 전력 생산, 지역 또는 블록 단위 냉난방 시스템, 자연 채광도 고려하게끔 하고 있다. 건축물 용도(단독주택, 아파트 단지, 업무시설,

2) 이승언 외(2017), 「제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」, p.49.

교육시설, 병원, 숙박시설 및 레스토랑, 운동시설, 도매 및 소매 시설, 기타)를 구분하여 에너지 성능을 계산하게끔 하고 있다.

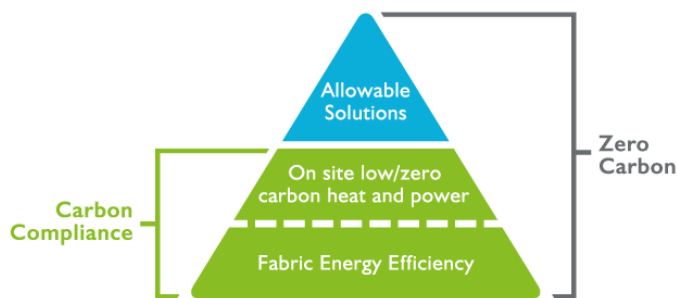
개별 성능 기준을 통해 냉난방 시스템에 대한 최소 기준을 제시하고 있으며, 시스템에 대한 검사 보고서를 작성하여 건물주 또는 세입자에게 전달하도록 명시하고 있다. 에너지 성능 표시는 연면적 250㎡ 이상 공공건축물과 모든 건축물 및 건축물 내 각 호의 신축, 매매 또는 임대 할 경우, 에너지소비 증명서를 작성하게끔 하고 있다.

2) 영국³⁾

□ 제로에너지건축물 조성 목표

2011년 발간된 The Carbon Plan에서 2050년까지 1990년 수준에 비해 80%, 2020년에는 최소 34% 감축을 목표로 설정하고 있다.

영국은 2016년부터 제로에너지건축물 의무화를 계획하였으나, 영국 재무성의 분석 결과에 따라 중소기업 기반의 산업시장 타격을 염려하여 의무 시점을 연장⁴⁾하고, 2019년부터 신축 주거용 건축물에 대해 Zero Carbon을 의무화하게끔 하고 있다. 당초 콘센트 부하까지 포함한 제로카본 계획으로 추가 공사비용이 주택 당 8,000~12,500파운드로 예상 되었으나, 수정된 계획에 따라 3,000~8,000파운드로 비용이 절감될 것으로 예상된다.



[그림 4-1] 영국의 제로카본 평가 체계(국회에서 계속 논의 중인 개념)

출처: <http://www.zerocarbonhub.org/zero-carbon-policy> 검색일 2018.05.20. 17:00

3) <http://www.zerocarbonhub.org/zero-carbon-policy> (2018.05.20. 17:00)의 내용과 Zero Carbon HUB(2016), Fabric Energy Efficiency for Zero Carbon Homes 내용을 종합하여 작성

4) 이승언 외(2017), 「제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」, p.47.

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능

이산화탄소 배출량을 대차대조로 사용하며, 에너지 계산 범위는 난방, 냉방, 환기, 급탕, 조명 에너지로 한정하고 있다. 당초 계획은 콘센트 부하까지 포함하는 것이었으나, 현실 가능성을 고려하여 2011년 폐기하였다. 런던시는 영국 정부와 별도로 제로카본 주택 계획을 추진하고 있는데, 건축법에서 정하고 있는 기준(2013년 기준)보다 탄소배출량을 35% 더 감축한 주택을 제로카본으로 정의하고 있다.

신재생에너지의 공급 방식은 당초 off-site 신재생에너지를 포함하도록 하는 계획이 발표되었다가 의회에서 이를 취소하였으나, 지역 및 단지 냉난방(district or block heating or cooling)만은 포함시키게끔 하였다. 2016년 영국 의회에서 발표한 제로카본 주택 보고서에 따르면 런던에서는 기준 건축물보다 35%를 감축하고 남는 탄소배출량에 대해 현금으로 상쇄하게끔 하고 있다.

당초 제로카본 계획은 주거용 건축물로 한정하고 해당 대지 내의 건축물을 대상으로 하였으나, 최근 적용 되고 있는 탄소배출량 기준은 주거 및 비주거, 신축 및 기존 건축물로 구분하여 적용하고 있다. 에너지 성능과 관련한 당초 계획은 지속가능한 주택법에 따라 6등급을 취득하는 것이었으나, 이후 4등급(건축법 part L 기준 보다 탄소 배출량을 44%, 5등급은 난방, 급탕, 조명에서 100% 감축, 6등급은 콘센트 부하를 포함한 True zero carbon)으로 조정하면서 계속 논의가 진행 중에 있다. 논의 중인 에너지 성능 수준은 에너지 소요량 기준 39~46 kWh/m²·yr, 탄소배출량 기준 10~14 kgCO₂(eq)/m²·year 이며, 현재는 건축법에 따라 표준 건축물 대비 탄소 배출량 감축률, 에너지소요량 기준과, 요소별 성능 기준을 제시하고 있다.

□ 평가 관련 제도

건축법(Building Regulations)의 Part L(Conservation of fuel and power)에서는 건축물의 에너지 성능에 대한 기준을 주거 및 비주거, 신축 및 기존으로 구분하여 제시하고 있다. 신축 또는 리모델링된 각 건물은 동일한 건물에 법규 기준에서 요구하는 수준의 단열재, 시스템 효율 등을 갖춘 표준건물(reference building)보다 낮은 배출량을 가져야 한다.⁵⁾

TER(Target CO₂ Emission Rate)은 건축물의 최소 에너지 성능 기준으로 kgCO₂(eq)/m²·year 난방 및 급탕, 펌프 및 팬, 조명 성능으로 계산하며 신재생 에너지 소스에 따른

5) 이승연 외(2017), '제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구', p.58.

절감량을 포함하게끔 하고 있다. TFEE는 건축물의 최소 에너지 성능 기준으로 연간 단위면적당 에너지 소비량($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$)을 기준으로 산출하며, TER, TFEE는 SAP라는 프로그램을 활용하여 계산한다. 개별 성능 기준은 에너지 성능 기반 기준 외 부위별 열관류율, 시스템 성능, 일사 차단, 파이프를 통한 열손실, 열교, 기밀 등의 사양 기반 기준을 마련한다. 2019년에 신축 건축물에 대한 Nearly zero-energy 기준을 마련할 예정이다.

3) 독일⁶⁾

□ 제로에너지건축물 조성 계획

2020년까지 난방에너지요구량을 20% 감소시키고, 2050년까지 1차에너지소요량을 80% 감축하는 것을 목표(2050년까지 기후변화 중립)로 하고 있다. 특히 독일은 ‘에너지 개념 2050’을 통해 에너지 효율성, 재생에너지, 기후변화 등 영역별로 구분하여 계획을 수립하였으며, 이를 기반으로 제로에너지건축물 로드맵(Net Zero) 발표하였다.

로드맵의 주요 내용은 첫 번째로, 2020년까지 난방에너지요구량 20% 감축, 두 번째로, 2050년까지 1차에너지소비량 80% 감축, 세 번째로, 2050년까지 대부분의 건축물에 대해 기후 중립, 네 번째로, 전체 건축물의 증개축 비율을 1%에서 2%로 증가, 다섯 번째로, 신축 주거용 건축물의 신재생에너지 사용 의무화, 여섯 번째로, 2010년부터 기존 주거용 건축물의 난방 시스템을 교체할 경우 신재생에너지 10% 사용 의무화 등이 있다.

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능

제로에너지건축물은 표준건축물 대비 신축 건축물 40%, 기존 건축물은 55% 이상 절감한 건축물로 정의하고, 난방, 냉방, 급탕, 환기에너지에 대한 에너지성능을 평가하고 있다.

신재생에너지 공급 방식은 대지 내 신재생에너지 설치가 불가능할 경우 외부에서 구입하는 방안과 에너지절약기준 대비 15% 에너지효율을 향상하는 방안을 제시하고 있다. 다만 신재생에너지원으로 하는 중앙난방에 대해 신재생에너지로 인정하고 있으며 이 경우, 난방, 냉방, 급탕 에너지의 100%를 지역난방으로 공급하게끔 하고 있다. 단, 해당 대지 내에서의 신축 및 증개축을 한 건축물을 대상으로 하고 있다.

6) 이승언 외(2017), ‘제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구’, pp.50-57.

□ 평가 관련 제도

에너지절약법(EnEV)은 기존의 단열관련 법을 통합하여 2002년 제정한 법으로 2014년 개정된 내용에 제로에너지빌딩과 관련된 에너지 성능 기준을 포함하고 있다. 또한 주거 및 비주거, 신축 및 증개축에 대해 건축물 외피와 관련한 최소 요구 사항을 제시하고 있다. 신축 주거용 건축물에 대해서는 1차에너지소요량 기준을 제시하고 있는데, 고정된 값이 아니라 표준건축물 대비 절감률 기준으로 평가하고 있다. 신축 비주거용 건축물에 대해서는 조명이 추가되고 환기 및 공조 시스템에 대한 기준이 강화되었으며, 증개축의 경우 부위별 최소 요구 사항을 제시하고 있다.

신재생에너지열법(EEWärmeG)은 모든 신축 건축물에 대해 난방, 냉방, 급탕 에너지 요구량에 신재생에너지 사용을 의무화하고 있다. 상기법은 신재생에너지원에 따라 신재생에너지 사용비율을 제시하고 있으며, 신재생에너지 사용비율은 유형에 따라 태양광 15%, 히트펌프 50%, 바이오매스(30~50%), 열병합 발전 50%, 중앙난방 100%, 폐기물 연소 50% 등으로 구분된다.

KfW efficiency house는 의무 기준과 별도로 제로에너지건축물 조성 지원을 위해 에너지효율 주택의 기준등급을 제시하고 있다.

[표 4-1] 독일 저에너지 주택 등급 기준

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

출처 : Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(2014), german strategy for energy-efficient-buildings & CO₂-Rehabilitation Programme, 8p, (이승연 외(2017), '제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구', 99p에서 재인용)

4) 미국

□ 제로에너지건축물 조성 계획⁷⁾

신축 주거용 건축물 2020년부터, 2030년부터 공공건축물 및 신축 상업 건축물에 대해 넷 제로 에너지 건축물을 의무화하게끔 하고 있다. 또한 현실적인 이행방안으로 Zero Energy Ready House 개념을 도입하였다.

에너지 독립 안보법인 'EISA 2007'에서 2030년까지 모든 신축 상업용 건축물을 제로에너지빌딩으로, 2040년까지 기존 상업용 건축물의 50%를 제로에너지빌딩으로, 2050년까지 모든 상업용 건축물을 제로에너지빌딩 화하는 것을 목표로 제시하고 있다. 하지만 2017년 출범한 트럼프 정부에서 연방청사에서의 에너지 사용에 관한 건축 규제에 대해 재검토하고 있어, 추후 정책방향이 변경될 수 있는 가능성을 시사하고 있다.

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능⁸⁾

DOE에서 발간한 제로에너지(Net Zero) 건축물 정의는 건물에너지 효율화를 통해 에너지 소요를 최소화한 주거용이나 상업용 건물로 필요한 에너지는 신재생에너지로 충당할 수 있는 건축물을 말한다. 에너지 수지는 냉방, 난방, 조명, 콘센트 부하 등을 근거로 계산하게끔 한다. 신축 및 기존 건축물, 주거·상업·공공건축물을 대상으로 하며, 신재생 에너지 공급 방식은 대지 내 생산을 원칙으로 한다. 다만 고밀도 도시지역에 위치한 에너지부하가 큰 건물의 경우 REC를 이용하여 off-site 신재생에너지를 도입할 수 있도록 하고 실제 에너지 사용량이 on-site의 재생가능 에너지와 구입한 REC보다 작거나 같은 에너지 효율적인 빌딩을 REC-ZEB로 정의하고 있다.

□ 평가 관련 제도

에너지절약기준 ASHRAE Standard 90.1/2는 주거용, 비주거용 건축물에 대한 에너지 절약 기준으로 부위별 열관류율, 열사 취득계수, 창면적비, 개구부 방향, 기밀, 냉난방 및 환기 등 공조 시스템 효율 기준을 제시하고 있다.⁹⁾

인증제도로는 주거용 건축물을 대상으로 제로에너지 레디 홈(Zero Energy Ready Home) 프로그램을 운영하고 있다. 고층 건물은 대상으로 하고 있지 않으며 단독주택,

7) 이승언 외(2017), '제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구', p.62.

8) DOE(2015), 'A common definition for zero energy buildings'를 요약하여 작성.

9) 이승언 외(2017), '제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구', pp.62-64.

4세대 이하 또는 지상 3층 이하 다세대 건물, 건물 면적의 80%이상이 주거용인 5층이하 건물만을 대상으로 한다. 인증을 위한 필수 요건으로 에너지스타 인증 주택(ENERGY STAR Qualified Homes Program)을 취득해야 하며, 이 외 외피, 덕트, 온수공급 시스템, 조명 및 전기기구, 실내공기질 등의 기준을 제시한다. 또한 제로에너지 레디 홈인 만큼 신재생에너지설비에 대한 의무 설치 기준은 없으나, 향후 태양에너지 설비 설치가 가능하도록 음영 여부, 연평균 태양 복사열, 남쪽 방향 지붕의 여유면적 등의 기준(PV-Ready Checklist)을 만족하도록 하고 있다.¹⁰⁾

또한 아직 제도적으로 시행되고 있는 정책은 아니지만, 2016년에는 지역단위 제로에너지지구(Zero Energy District)에 관한 정책을 개발하여 개별 건축물 단위가 아닌 도시차원에서의 제로에너지 달성을 목표로 하고 있다. 이는 건축물 집합체에 높은 수준의 에너지 효율과 재생가능 에너지 보급을 비용 효율적으로 달성 할 수 있는 기회를 제시한다. 하지만 건물간의 유연한 에너지 활용을 목적으로 함으로 인해 이해관계자들간의 협력이 필요하여 모범사례가 부족한 것이 현실이다. 현재 국립 신재생 에너지 연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)에서 덴버(Denver)의 새로운 지구 단위 프로젝트인 내셔널 웨스턴 센터(National Western Centre), 썬 밸리(Sun Valley Neighborhood)와 파트너십을 체결하여 시범 사업을 추진하고 있으며, 이 결과를 바탕으로 미국 전역의 제로 에너지 지구화 노력을 지원할 수 있는 프로세스를 만들 예정이다. 초기 결과로 주요 제로 에너지 지구 설계 원칙 (건물 효율, 태양 잠재력, 재생 가능한 열 에너지 및 부하 제어 극대화), 경제적 및 마스터플랜 원칙을 제시하였다.¹¹⁾

[표 4-2] 제로에너지지구 디자인 원칙

디자인 원칙	세부 디자인 원칙
빌딩 효율성의 극대화	지향 : 자연채광, 패시브 난방 디자인의 극대화
	최근 제로 에너지 빌딩 산업에서 구현되고 있는 효율성의 활용 (DOE 제로 에너지 준비 프로그램 : 50% 향상된 에너지 디자인 가이드라인)
	기타 전기 부하 : 신중하게 최고 수준의 제품을 선택 : 우수 제어 전략의 개발 : 기타 전기 부하를 최소화하기위한 지속적인 모니터링으로 확인
	조명 : 100% LED, 점유 및 주광 변화에 대한 통제
	HVAC : 지구 상의 저급 열원으로부터 열 에너지 회수 기회를 극대화하는 지구와 연결된 시스템을 채택 (건물용 열펌프를 이용한 주변 온도 구역 루프)

10) DOE(2017), Zero Energy Ready Home National Program Requirements (Rev. 06), April 20, 2017 을 요약하여 작성.

11) Ben Polly 외(2016), 'From Zero Energy Building to Zero Energy Districts', American Council for an Energy-Efficient Economy, 10-1p~10-16p를 요약하여 작성.

디자인 원칙	세부 디자인 원칙
잠재적인 태양 에너지의 극대화	건물과 건물 간 음영을 방지하기 위해 건물을 적절하게 배치 (이상적인 남향의 짧은 건물)
	태양광 에너지 효율 극대화를 위한 건물 및 지붕 경사면 방향 지정
	지붕 공간이 요구되는 다른 건물의 시스템을 최소화 (태양열 대상 75% 이상 / 총 지붕 면적에 대한 PV 적용 범위)
	모든 주차 공간과 차고를 확보하여 PV가 있는 차광 주차장으로 지정
재생 가능한 열에너지의 극대화	오프 그리드 복원력의 잠재력을 개선하고 옥상 태양광 에너지의 활용을 극대화
하중 제어 극대화	다양한 재활용 에너지(PV 프로젝트와 바람) 공급을 수용하고 지구의 전기 그리드와 상호 작용을 지원하기 위한 건물 및 지구 시스템의 에너지 요구에 대한 통제를 수립

출처 : Ben Polly 외(2016), 'From Zero Energy Building to Zero Energy Districts', American Council for an Energy-Efficient Economy, 10-7p

[표 4-3] 제로에너지마스터플랜 원칙

제로 에너지에 대한 목표 정의	지구 마스터 플랜에 제로 에너지 목표를 포함시키고 명확하게 정의
에너지 시스템을 명확하게 표시	마스터플랜 및 렌더링에서 PV 시스템의 배열, 지역의 지열정, 중앙 제어 난방 지역에 대한 물리적 크기와 위치를 표시
상호보완적인 부하 파악 및 에너지 회복 조정	지역 내 건물 간 잠재 보완 난방 및 냉방 시나리오를 확인하고 건물 위치, 밀도 및 지구 열 시스템 설계를 통한 에너지 회수 조정
에너지 디자인 가이드라인 수립	지구가 인프라 및 건물 조달을 지원할 수 있도록 제로 에너지 설계 가이드라인을 작성 (성능 기반의 디자인 발전 과정을 통한)

출처 : Ben Polly 외(2016), 'From Zero Energy Building to Zero Energy Districts', American Council for an Energy-Efficient Economy, 10-9p

5) 일본¹²⁾

□ 제로에너지건축물 조성 계획

2020년부터 신축 공공건축물을 제로에너지 건축물로 조성하고, 2030년까지 신축 건축물의 50%를 제로에너지화하는 것을 목표로 하고 있다. 제로에너지 빌딩 의무화 단계로 가기 전, 신재생에너지를 제외하고 건축물의 에너지 소비량을 기존 건축물 대비 50% 절감하는 정책을 시행 중에 있다.

□ 제로에너지건축물 정의 및 에너지 성능

건축물의 에너지 성능 향상, 대지 내 신재생에너지 활용 등에 의한 절감으로 연간 1차에

12) 이승언 외(2017), '제로에너지건축물 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구', pp.65-74, pp.84-87 내용을 요약하여 작성.

너지 소비량이 제로(Net Zero or Nearly Zero)가 되는 건축물을 말한다. 에너지 성능은 신재생에너지를 제외하고 1차에너지소비량을 50%이상 절감하는 것을 목표로 하고 있다.

□ 평가 관련 제도

에너지절약법과 주택품질 확보의 촉진에 관한 법률을 기준으로, 관련 사항을 인증 기준인 CASBEE를 통해 평가하고 있다.

에너지절약법은 당초 의무 규정은 아니었으나, 2014년부터 일정규모 이상의 건축물에 대해 법규 준수를 의무화하고, 건축물 에너지 성능 기준을 점진적으로 강화하고 있다. 단열 성능 등을 제시하는 외피 연간 부하와 설비 성능을 제시하는 에너지 소비계수 등을 기준으로 구성되어 있다. 에너지절약법은 에너지사용의 합리화에 관한 법률로써, 에너지사용 합리화에 관한 건축주 등 및 특정건축물 소유자의 판단 기준이 된다.

외피 연간부하는 건물 외피의 에너지절약 정도를 나타내는 열부하 계수($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$)로 외벽 및 창 등의 단열, 일사차폐, 평면 등에 대한 고려가 반영되었으며, 연면적 $2,000\text{m}^2$ 이상 건축물에 대해 이를 의무화하고 있다. 또한, 건축물 용도별로 기준을 제시하고 있으며, 열부하 계수는 300(사무소)~550(음식점, 집회소) $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ 의 수준이다. 에너지소비계수는 공조, 환기, 조명, 급탕, 승강기에 대한 1차에너지 저감률로 평가(연간 에너지사용량(MJ/year)/연간 가상 부하(MJ/year))하고 있다. 5가지 분야에 대해 건축물 용도별 기준을 제시하고 있으며, 1.0~2.5cec 수준이다.

아파트는 주택품질확보의 촉진에 관한 법률에 따라 에너지효율등급을 평가하고 있다. CASBEE는 건축물의 환경성능을 평가하는 인증제도로 에너지효율향상, 생태적 자재 사용 및 건물 생애주기에서의 CO2감축을 촉진하는 내용을 포함하고 있으며, 제로에너지 건축물, 제로에너지하우스, 생애주기 탄소 마니어스 등 과 같은 초 저탄소 성능의 건물을 유도하기 위한 평가 항목을 계속 추가 하고 있다.

6) 종합 및 시사점

대부분의 선진국은 2020년부터 Nearly Zero energy Building 개념을 도입한 제로에너지건축물 조성을 의무화하게끔 추진 중이다. 대부분의 국가에서 화석연료 사용을 줄이기 위한 1차에너지로 에너지 수지를 계산하고 있으며, 영국과 일본의 경우 탄소 배출량으로 계산하고 있다.

에너지 계산 범주는 대부분의 국가에서 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기를 대상으로 함하고 있다. 미국에서 일부 콘센트 부하까지 포함하는 경우가 있으며, 영국에서도 최초 계획에서 콘센트 부하를 포함하는 안이 제시되었으나, 현실성을 고려하여 계속 논의 중에 있다. 에너지 수지를 계산하는 기간은 모든 국가에서 1년을 기준으로 정하고 있다.

에너지 성능 기준은 1차에너지 소비량 최소 기준으로 20 ~ 170kWh/m²·년 으로 다양한 수준으로 구성되어 있다. 국가별로 평가 요소가 다르기에 직접 비교는 불가하지만, 1차 에너지 소비량 수치로만 보면 선진국 수준과 비슷하다. 다만, 국내의 경우 에너지 성능과 신재생에너지 설치 비율을 통합하여 최종 에너지 자립률로 산정하는 반면, 독일, 일본 등의 경우 신재생에너지를 제외하고 에너지 소비량 기준과 신재생에너지 설치 비율을 별도로 제시하고 있다. 국내의 경우도, 에너지 절약 설계의 최소기준이 있긴 하지만, 제로에너지 인증을 위해 에너지 성능을 더욱 강화하기 위한 노력과 신재생에너지 설치량 증가 중 선택의 여지가 있다는 점에서 차이가 있다.

앞서 3장에서 제시한 국내 제로에너지건축물 조성 저해요소 중 에너지 성능 평가체계 미흡으로 제시된 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 경우에 대해서 주요 국가에서는 지역 및 지구 단위로 제로에너지 건축물을 인정하는 방식과 REC구매 등 외부 구입 방법, 에너지효율 추가 향상 하는 방법 등으로 대안을 제시하고 있다. 유럽에서는 구체적인 기준이 제시되지는 않았으나 단일건물 뿐 아니라 건축물 단지, 지구단위, 지역단위까지 확대하여 제로에너지 건축물 조성이 가능하도록 하고 있다. 또한 인근 지역에서 생산된 신 재생에너지를 공급받는 경우에 대해서 인정하고 있다. 미국에서는 대지 내 생산에너지와 외부에서 생산한 신재생에너지 공급, 대지 내 생산 에너지의 외부 송출까지 신재생에너지 계산 범주에 추가하고 있다. 또한 이러한 방법으로도 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 고밀도 도시지역의 건축물 등은 RECs를 구매하여 생산량을 충족할 수 있도록 하고 있다. 영국에서는 신재생에너지원으로 하는 지역 및 단지 냉난방을 에너지 계산 범주에 포함하고 있으며 대지 내 달성이 어려운 경우 현금으로 상쇄하는 방안을 논의 중에 있다. 독일에서는 외부에서 구입하는 방법과 에너지효율을 추가로 15% 향상하는 방법을 제시하고 있다.

주요 국가에서도 제로에너지건축물은 그 실체가 정확하지 않고, 지속적으로 기준과 평가 방법을 개발하고 있는 중이라 할 수 있다. 다만, 각 국가의 건설시장 상황과 건축물 용도, 규모 등을 고려한 기준과 평가방법을 개발하기 위해 지속적으로 연구개발을 추진 중이다. 또한, 지역단위 제로에너지 평가, 대지 외부에서의 신재생에너지 전력 구매 등 신재생에너지 생산 가능성을 고려할 수 있는 것도 주된 시사점 중 하나이다.

[표 4-4] 국외 제로에너지 목표 및 평가 체계 종합

구분	유럽연합	영국	독일	미국	일본	한국
목표	·2019년 모든 공공 건축물 ·2021년 모든 신축 건축물	2019년부터 신축 주거용 건축물	·2020년까지 난방에너지요구량 20%감축 ·2050년까지 1차에너지 소비량 80%감축 ·2050년까지 건축물 기후중립 ·중개축 비율 1%에서 2%로 증가	·2020년부터 신축 주거용 건축물 ·2030년부터 공공 및 신축 상업 건축물	·2020년부터 공공 건축물 ·2030년까지 신축의 50% 제로에너지화	·2020년 신축 공공 건축물 ·2025년 5천㎡미만 신축 건축물 ·2030년 모든 신축 건축물
제로에너지의 정책적 개념	nZEB	nZEB	nZEB	Net ZEB / ZEB Ready	ZEB Ready / nZEB / Net ZEB	nZEB
에너지 계산 대상	1차 에너지	탄소배출량	1차 에너지	1차 에너지	1차 에너지	1차 에너지
에너지 계산 범위	냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기	냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기	난방, 냉방, 급탕, 환기	냉방, 난방, 조명, 콘센트	외피 열부하, 공조, 환기, 조명, 급탕, 승강기	냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기
신재생에너지 조달 방법	·대지 내 생산 ·인근에서 생산	·대지 내 생산 ·신재생에너지원으로 하는 지역 및 단지 냉난방(district or block)포함 ·대지 내 제로 달성이 어려운 경우 현금으로 상쇄하는 방안 논의 중	·대지 내 생산 ·대지 내 생산이 불가능한 경우 -외부 구입 -에너지 효율 15% 향상 ·신재생에너지원으로 하는 지역 난방 포함	·대지 내 생산 ·대지 외부 생산 옵션 4가지	-	대지 내 생산
건축물 범위	·신축/증개축/대수선 ·단일 건축물/건축물 단지/지구단위/지역단위	·신축/기존 ·단일 건축물	·신축/증개축 ·단일 건축물	·신축/기존 ·단일 건축물/지역 단위	·신축 ·단일 건축물	·신축 ·단일 건축물
에너지 성능 기준	·주거 50kWh/m ² ·yr ·비주거 0~279 kWh/m ² ·yr (용도별 최소기준)	·기준 건축물보다 44%절감	·표준건축물 1차 요구량 이하 ·신재생에너지 설치 비율 의무기준(소스에 따라 15%~100%)	-	신재생에너지를 제외하고 1차에너지소비량 50% 절감	·에너지 자립률 20% 이상 ·주거 90 kWh/m ² ·yr 이상 ·비주거 140 kWh/m ² ·yr 이상
평가 제도	·최소에너지 성능기준(MEP) ·개별성능기준 ·에너지성능 표시제도(EPC)	·건축법의 에너지 성능 기준 -최소 탄소배출량 기준(TER) -최소 에너지 소비량(TFEE) -개별성능기준	·에너지절약법(EnEV) ·에너지성능기준, 개별 성능 기준 ·신재생에너지열법	·에너지절약기준 (ASHRAE)	·에너지절약법 -외피 연간부하 -에너지소비계수 ·주택품질 확보의 촉진에 관한 법률 ·녹색건축 인증제도 (CASBEE)	·제로에너지건축물 인증제도 ·에너지효율등급인증제도 ·에너지소비총량제 ·에너지절약설계기준 ·에너지절약형 친환경 주택의 건설기준

출처 : 제4장 1)~5)절의 내용을 요약하여 작성

2. 국외 제로에너지 건축물 조성 지원 정책 사례

국외 지원정책 사례 검토는 국내 인센티브 제도 개선 방안과 추가공사비용 조달 방안 제시를 위한 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다. 용적률 인센티브 등의 법률적 지원과 세제 지원, 보조금, 금융프로그램 등의 직접적인 지원 제도를 조사하였다.

1) 독일

① 독일재건은행(KfW)의 에너지효율 건축 금융 지원 패키지(Energy Efficient Refurbishment and Construction¹³⁾)

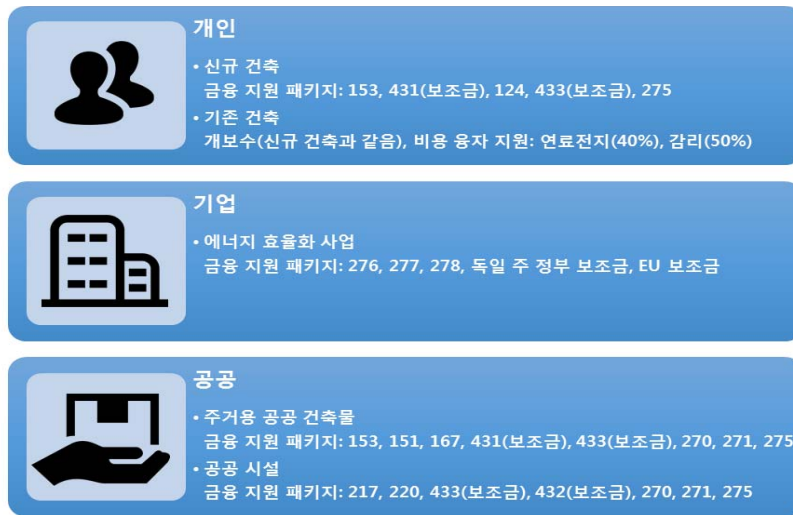
□ 프로그램 개요

본 프로그램은 에너지절약 설계기준(Energieeinsparverordnung, EnEV) 보다 더 성능이 뛰어난 건축물을 짓기 위해 추가로 소요되는 비용 부담에 대한 재정 지원을 목적으로 하고 있다. 에너지 효율 주택을 짓거나 구입을 원하는 자 혹은 건축물의 에너지 효율화 개량을 추진하는 소유자를 대상으로 지원하고, 건축물 에너지효율 기준(KfW Efficiency House Standard)을 마련하여 각 기준에 따라 차등 지원한다.

재건은행에서 저리 용자와 상환 보조금을 지급하고, 추가로 주정부에서 보조금을 지급하는 방법으로 운영된다. 또한, 다양한 금융프로그램을 개발하고, 용도별, 규모별로 금융프로그램을 조합하여 패키지로 지원하는 운영체계를 구축하고 있다.

주거용 건축물을 신축, 개보수, 구매 하고자 하는 개인에게는 Kredit 153(주택건축 비용 대출), 124(주택구매 대출), 275(신재생에너지저장장치 대출), 보조금 431(건축계획 비용), 433(연료전지 설치 비용) 프로그램 등을 지원, 에너지효율화 사업을 추진하는 기업에게는 Kredit 276/277/278(건축비용)을 지원, 공공에서 건설하는 주택에 Kredit 153, 151, 167, 270, 271, 275, 보조금 431, 433, 비주거 시설에 Kredit 217, 220, 270, 271 보조금 433, 432를 지원하고 있다. 지원예산은 연방정부 예산, 녹색채권 발행, KfW기금 등을 활용하여 운용한다.

13) 독일재건은행 홈페이지(www.kfw.de) 내용을 요약하여 작성(검색일 2018.05.20.~2018.06.22.).



[그림 4-2] KfW 금융프로그램 패키지 개요

(출처: 독일재건은행 홈페이지(www.kfw.de, 2018.05.20. ~ 2018.06.22) 내용을 토대로 연구진 작성)

[표 4-5] KfW 금융프로그램 연간 예산 규모(단위: 백만 유로)

프로그램 구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Energy-efficient Construction	3.1	3.7	3.6	5.6	6.3	5.6	7.0	11.3	10.3
Energy-efficient Refurbishment 대출	5.7	4.9	2.8	4.2	3.9	3.5	3.4	3.8	3.5
Energy-efficient Refurbishment 보조금	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.5
합 계	8.9	8.7	6.5	9.9	10.4	9.3	10.6	15.5	14.2

출처: www.kfw.de 2018.05.20,13:30

□ 대출 지원 프로그램

Kredit 153은 에너지 효율 주택 신축, 기존 주택의 에너지 성능 개선, 에너지효율 주택 구입을 원하는 자를 대상으로 대출 및 상환보조금을 지원하는 프로그램이다. 투자 수단에 따라 개인, 주택사업자, 주택조합, 부동산 개발자, 기숙사, 기업 및 공공기관이 소유하는 주택 등이 지원 대상이며, 에너지효율등급 55, 40, 40플러스, 패시브 하우스 등의 에너지효율등급 기준이 있다.

대출금액은 토지비용을 제외한 건축비용에 대해 최대 100%, 주택당 최대 100,000유로까지 가능하며, 대출기간은 최소 4년부터 최대 30년까지 선택이 가능하다. 대출 기간에 따라 고정금리 1.66%~ 2.07%의 이자율을 적용하며, 프로젝트 완료 후 대출 금액에 대

해 최대 15,000유로 까지, 대출 금액을 줄이거나 거치기간을 단축시키는 방법으로 상환 보조금을 지원한다. 또한, 에너지평가 서비스, 감리 비용 추가 지원(보조금 431), Kredit 271과 조합하여 추가지원을 신청하는 것이 가능하다.

[표 4-6] Kredit 153 상환 보조금 기준

에너지효율 주택 등급	상환 보조금 규모
KfW Efficiency House 40 Plus	대출 금액의 15% / 최대 15,000유로
KfW Efficiency House 40	대출 금액의 10% / 최대 10,000유로
KfW Efficiency House 55	대출 금액의 5% / 최대 5,000유로

출처: www.kfw.de 2018.05.20,14:00

에너지효율화 사업을 시행하는 기업을 대상으로 Kredit 276/277/278 등의 대출 및 상환 보조금을 지원하고 있으며, 중소기업, 프리랜서, 상업용 건축물을 구매 하는 자, 제3자에게 에너지 관련 서비스를 제공하는 기업 등이 지원 대상이다. 신축인 경우 에너지효율등급 55, 70(Kredit 276), 기존 건축물에 대한 증개축인 경우 에너지효율등급 70, 100, 기념비적 빌딩의 에너지효율화(Effizienzgebäude Denkmal)(Kredit 277), 건축물 일부분에 대한 개별 조치*인 경우에는 등급에 상관없이 지원(Kredit 278)하고 있다. 건축물 일부분에 대한 개별 조치로는 벽·지붕·바닥의 단열, 창문·커튼 벽·출입문, 일사 차단 시설, 공조설비 교체, 신재생에너지 생산시설 관련 설비, 조명 설비, 운영 설비에 대한 설치 및 교환 등이 있다.

대출금액은 적격 비용의 최대 100%를 지원하며, 프로젝트 당 최대 2,500유로까지 가능하다. 대출기간은 최소 2년부터 최대 20년까지이며, 이자율은 신용등급과 담보 등급에 따라 설정되는 고정금리로 적용된다. 에너지효율등급 충족이 이행되면 대출 금액에 따라 상환 보조금을 지급하고 있으나, 신축 건축물 중 에너지 효율등급 70인 경우는 제외한다.

[표 4-7] Kredit 276/277/278 상황 보조금 기준

에너지효율 주택 등급		상황 보조금 규모
Kredit 276	KfW Efficiency Building 55	대출 금액의 5%, 최대 50유로/㎡
	KfW Efficiency Building 70	-
Kredit 276	KfW Efficiency Building 70	대출 금액의 17.5%, 최대 175유로/㎡
	KfW Efficiency Building 100	대출 금액의 10%, 최대 100유로/㎡
	KfW 기념비적 건물의 에너지효율화	대출 금액의 7.5%, 최대 75유로/㎡
Kredit 278		대출 금액의 5%, 최대 50유로/㎡

출처: www.kfw.de 2018.05.20,14:30

Kredit 124 주택구매대출은 거주 목적의 주택 구매에 대한 담보 대출로서, 지원대상은 소유자가 거주하는 주택의 구매(구매비용, 리모델링 비용, 중개 수수료, 토지 양도세) 또는 신축비용(설계비, 자재구입비, 노임, 컨설턴트, 중개 수수료, 토지 양도세, 실외 시설 비용 등)대출 등이다. 대출금액은 사용 금액의 100%를 지원하며, 최대 50.000유로까지 가능하고, 대출기간은 최소 4년부터 최대 25년까지이다. 이 자율은 대출 기간에 따라 1.06% ~ 1.76%의 고정금리로 적용된다.

Kredit 275 신재생에너지 저장장치 대출을 통해 신재생에너지 저장 장치 설치비용에 대한 대출 및 상황보조금을 지원해준다. 기업, 프리랜서, 개인 및 비영리 단체가 전력 저장 장치를 구매하거나 교환하는 경우, 전력 저장 장치와 일체형인 태양광 발전 설비를 설치하려는 경우, 저장장치 개발하려는 경우 등이 지원대상이다.

전력 저장 시스템에 연결된 태양광 발전 시스템의 용량은 30kWp이하이어야 하며, 하나의 저장장치만 지원이 가능하다. 대출 금액은 사용 금액의 100%까지 가능하며, 대출기간은 최소 2년부터 최대 20년까지 가능하다. 대출 금액의 10%에 대해 대출규모를 줄이는 방법으로 보조금을 지급해준다.

□ 보조금 지원 프로그램

431 계획 비용 지원은 에너지효율 전문가의 계획, 컨설팅, 시공, 감리 비용에 대한 보조금으로, 비용의 50%까지 프로젝트 당 최대 4,000유로를 지원해준다. 에너지

효율 주택 건설 및 리모델링, 지속가능 건축 인증 등이 대상으로 관련비용을 지원 해주며, 에너지 효율 개선 대출 프로그램(Kredit151, 152), 에너지 효율화 보조금(430) 또는 에너지 효율 건축 대출(Kredit153)과 함께 패키지로 적용이 가능하다.

433 연료전지 시스템 보조금은 신축 또는 기존 건축물의 연료전지시스템 설치를 지원하는 보조금으로, 0.25~5.0kW등급인 연료전지 시스템 설치, 최초 10년간의 유지보수, 에너지효율 전문가 컨설팅 서비스 등의 관련비용을 지원해준다. 지원규모는 연료전지 시스템의 전력에 따라 7,050~28,200유로까지 가능하다.

□ 시사점

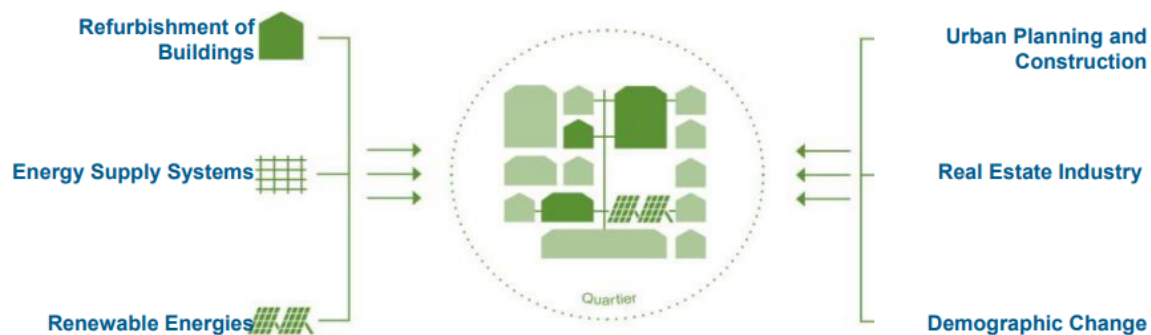
신축, 증개축 뿐 아니라, 제로에너지건축물 구입 시에도 지원해줌으로 인해, 제로에너지건축물의 건물 가치 상승과 그로인한 자발적 조성에 기여하고 있다. 연료전지 등 관련설비 지원의 경우, 추후 유지관리 비용까지 고려하여 지원함으로 인해 정책 효과를 제고한다. 또한, 다양한 프로그램을 각 수요자의 상황에 따라 선택하여 패키지로 지원받을 수 있어 수요자의 편의를 도모하며, 기존 건축물보다 에너지 성능을 강화한 경우에 대해 높은 금융 혜택을 지원해줌으로 인해 자발적 제로에너지건축물 조성을 유도한다.

② 지역단위 에너지효율 도시 재개발 사업(Energy-efficient Urban Redevelopment Programme)¹⁴⁾

에너지 효율이 높은 도시 재개발 사업 추진을 위해 지역의 에너지효율 건축물을 조성하거나 기존 건축물의 에너지효율 개선사업에 필요한 통합적인 재정 지원을 목표로 하며, 지역단위의 에너지효율 건축물을 조성하거나 기존의 건축물의 에너지효율 개선사업을 추진하는 독일의 지자체(municipalities), 공기업(municipal companies) 및 비영리기관(non-profit organizations) 등이 지원 대상이다.

재건은행에서 저리 용자와 상환 보조금을 지급하고, 추가로 연방정부에서 공적자금을 지원하는 방법으로 진행되며, 재건은행은 지자체에 한하여 저리의 무담보 용자를 지원한다. 또한, 독일 환경부(Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety)는 특별에너지 및 기후기금(Special Energy and Climate Fund)으로부터 공적자금을 지원한다.

14) <https://www.energetische-stadtsanierung.info/> 의 내용을 요약하여 작성 2018.08.20.~2018.08.22.



[그림 4-3] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 계획

출처 : Dominik Bach(2017), "The financing of energy efficient refurbishment", Forum annuel du cfdd.(2017.03.16.), 10p

재건은행에서 저리 용자와 상황 보조금에 대한 프로그램을 개발하여 패키지로 지원하고 있다. 대출 프로그램(Pr.201(지자체)/202(공기업 및 비영리기관))을 통해 지역의 냉난방 및 급수, 폐수처리 시설에 대한 투자를 통해 에너지 효율적인 개발을 추진할 수 있게 지원하고, 보조금 프로그램(Pr.432)을 통해 지역 맞춤형 통합 전략 및 이행관리 방안 수립을 위한 비용을 지원하고 있다.

지자체와 공기업 및 비영리기관을 대상으로 한 대출 프로그램과 보조금 프로그램 모두 승인 건수와 지원 규모가 증가하는 추세를 보이고 있다. 대출 프로그램은 2015년에 총 61건에서 2016년에 65건으로 증가하였고, 이에 따라 지원 규모도 78.6백만 유로에서 143.5백만 유로로 증가하였다. 보조금 프로그램은 2015년에 153건에서 2016년에 169건으로 증가하였고, 이에 따라 지원 규모도 9.9백만 유로에서 10.2백만 유로로 증가하였다.

	2015		2016	
	Number	Volume (mio. EUR)	Number	Volume (mio. EUR)
Pr. 201 - Loan (municipalities)	39	30.4	36	33.1
Pr. 202 - Loan (municipal companies, non-profit organizations)	22	48.2	29	110.4
Pr. 432 - Grant (municipalities)	153	9.9	169	10.2

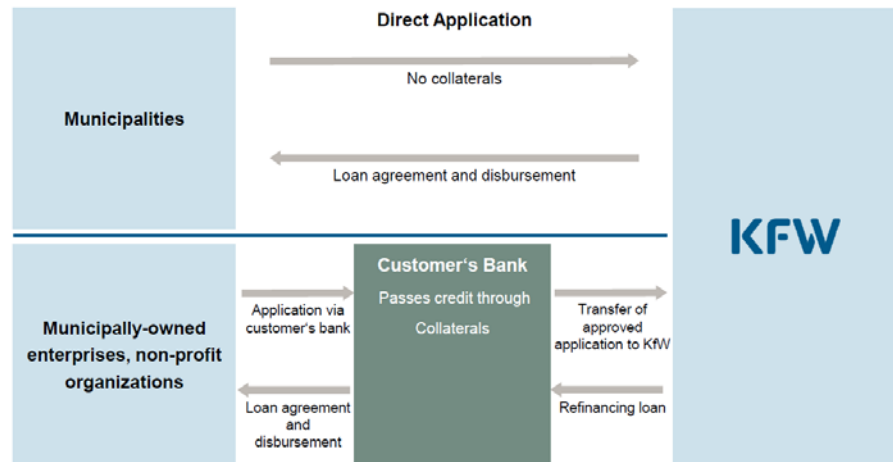
[그림 4-4] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 사업의 금융 프로그램 운영현황

출처: Dominik Bach(2017), "The financing of energy efficient refurbishment", Forum annuel du cfdd. (2017.03.16.), 22p

□ 세부 프로그램 내용

대출 프로그램 Pr.201/202는 지역의 에너지효율 도시 재개발 사업의 일환으로 지역의 효율적인 에너지 공급을 위한 인프라 투자에 필요한 비용을 지원해준다. 지역의 에너지효율 도시 재개발 사업을 추진하는 지자체(Pr.201), 공기업 및 비영리기관(Pr.202)으로서 지역의 효율적인 에너지 공급을 위한 냉난방 및 급수/폐수처리 시설 등의 인프라 투자에 필요한 비용을 지원해준다.

지자체는 대출 신청서를 작성하여 재건은행에 직접 제출하면 저리의 무담보 용자를 지원받을 수 있다. 반면 공기업 및 비영리기관¹⁵⁾의 경우, 상업은행을 통해 재건은행으로부터 담보 용자를 지원받을 수 있다. 대출은 비용 금액의 100%까지 가능하며, 지자체의 경우 대출 한도는 없지만, 공기업 및 비영리기관의 경우 사업 건 당 대출 한도를 5천만 유로로 제한한다. 지자체의 경우 고정금리 기간은 10년이며, 대출 기간은 최대 30년까지 연장이 가능하고, 공기업 및 비영리기관의 경우, 대출당일 금리 기준으로 대출 기간은 최소 4년까지 가능하다. 또한, 대출 금액의 5%에 대해 상환보조금을 지급(지자체의 경우 최대 250만 유로)해주고 있다.



[그림 4-5] 독일의 지역단위 에너지효율 도시 재개발 사업의 대출 신청 절차

출처: Dominik Bach(2017), "The financing of energy efficient refurbishment", Forum annuel du cfdd. (2017.03.16.), 9p

15) 공기업 및 비영리기관은 대출 신청서를 작성하여 상업은행에 제출하면 재건은행으로 전달되어 신청서 검토 후 승인여부에 따라 담보 용자를 지원받을 수 있음.

보조금 프로그램 Pr.432는 지역의 에너지효율 도시 재개발 사업을 추진함에 있어 지역 맞춤형 통합 전략 개발 및 이행관리 방안 수립에 필요한 비용을 지원해주고 있다. 지역의 에너지효율 도시 재개발 사업을 추진하는 지자체¹⁶⁾를 대상으로 지역 맞춤형 통합 전략 개발 및 이행관리 방안 수립에 필요한 비용을 지원해준다.

지역 맞춤형 통합 전략으로 지역의 에너지 소비 현황 및 향후 에너지 절감량에 대한 분석, 지역의 목표 및 향후 일정 등이 제시된 행동계획 제출, 예상비용 및 자금조달 전략 수립, 성과 평가, 단·중·장기 이행 전략 수립 등이 고려되며, 기관 간 협업을 통한 에너지효율 전문성 제공, 에너지 공급업체, 주택개발업체 및 지자체와 같은 주요 주체들 간의 이해관계 조정, 시민참여 활성화 등이 고려되어야 한다.

지원 방식은 지자체가 보조금 신청서를 작성하여 재건은행에 직접 제출해야 한다. 지역 맞춤형 통합 전략 개발 및 이행관리 방안 수립에 필요한 비용의 65%는 재건은행을 통해 연방 기금에서 보조금으로 지원된다. 지역 맞춤형 통합 전략 개발의 경우 보조금의 최대한도는 없으나, 이행관리 방안 수립의 경우 보조금은 최대 15만 유로로 제한된다. 비용의 나머지 35%는 지자체가 자체적으로 조달해야 하고, 나머지 35%에서 일부는 사업에 참여하는 제3자(예, 주택개발업체, 자가 소유자 및 에너지 공급업체 등)가 부담할 수 있으며, 자금 조달에 필요한 비용의 최대 20%까지 EU 또는 주정부(Länder)의 기금을 활용할 수 있다. 단, 연방정부 및 주정부로부터의 자금 조달 비중이 전체 비용의 85%를 초과해서는 안 된다. 지역 맞춤형 통합 전략 개발에 대한 지원은 1년이며, 이행관리 방안 수립에 대한 지원 기간은 3년(신청 시 최대 2년까지 연장 가능)까지 가능하다.

□ 시범사업

주로 1950~60년대에 재건축된 다세대 주택이 밀집되어 있는 Celle시의 Heese North 지역은 에너지효율 도시 재개발 사업의 일환으로 지역기반의 에너지효율 건축물 조성 및 지열에너지 지역난방 공급을 위한 시범사업을 추진하였다. 시범사업은 Heese North 지역의 다세대 주택의 에너지효율을 향상시키고, 열생산 재생에너지 비중을 높이기 위한 목적으로 추진되었다.

사업 주체는 Cello 지자체, 지역주택조합, 주택개발업체, 에너지 공급업체 등으로 다세대 주택(4개의 지역주택조합 소유), 쇼핑몰, 학교 등의 공공시설 등을 사업대상으로 하

16) 지자체가 보조금 프로그램에 신청한 경우, 민간기업 또는 비영리기관도 보조금 혜택 가능.

였다. 2011년부터 2013년 8월까지 25ha의 규모로, 다세대 주택의 에너지효율을 높이기 위한 개보수 공사, 지열에너지를 이용한 지역난방 공급 시스템 도입 등의 사업이 진행되었다. 사업 초기단계부터 지역주택조합의 적극적인 협력 하에 사업에 대한 구체적인 이행계획을 수립하였으며, 보조금 지원 규모는 40만 유로이다.

Celle시의 Heese North 지역



[그림 4-6] 지역단위 에너지효율 도시 재개발 추진을 위한 시범사업 : Celle시의 Heese North 지역

출처 : <https://ensa-q.niwen.de/api/contributions/44.pdf>, 2018.06.20.17:00

1980년대 지어진 대규모 주택단지가 위치한 Drewitz 지역은 에너지효율 도시 재개발 사업의 일환으로 지역기반의 에너지효율 건축물 조성 및 지역난방 공급 등을 위한 시범 사업을 추진하였다. 시범사업은 Drewitz 지역에 위치한 대규모 주택단지의 에너지효율을 향상시키고, 지역난방의 효율을 높여 궁극적으로 Drewitz 지역을 탄소중립적인(carbon-neutral) 지역으로 만들기 위한 목적으로 추진되었다.

사업주체는 Potsdam 지자체, ProPotsdam(공기업), 주택개발업체, 에너지 공급업체, 시민단체 등으로 주택단지 전체(37ha규모)를 대상으로 2011년부터 2013년 12월까지 사업을 추진하였다. 주택단지의 에너지효율을 높이기 위한 개보수 공사, 지역난방 공급 시스템, 태양광 발전시스템, 에너지 저장 시스템 도입 등의 사업이 진행되었다. 해당 주택단지는 주로 저소득층이 거주하고 있어 에너지효율 개선사업에 대한 사회적인 책임을 다하는 이행계획을 수립하는 것이 특히 중요하단 특징이 있었다.

Potsdam시 Drewitz 지역



[그림 4-7] 지역단위 에너지효율 도시 재개발 추진을 위한 시범사업 : Potsdam시의 Drewitz 지역

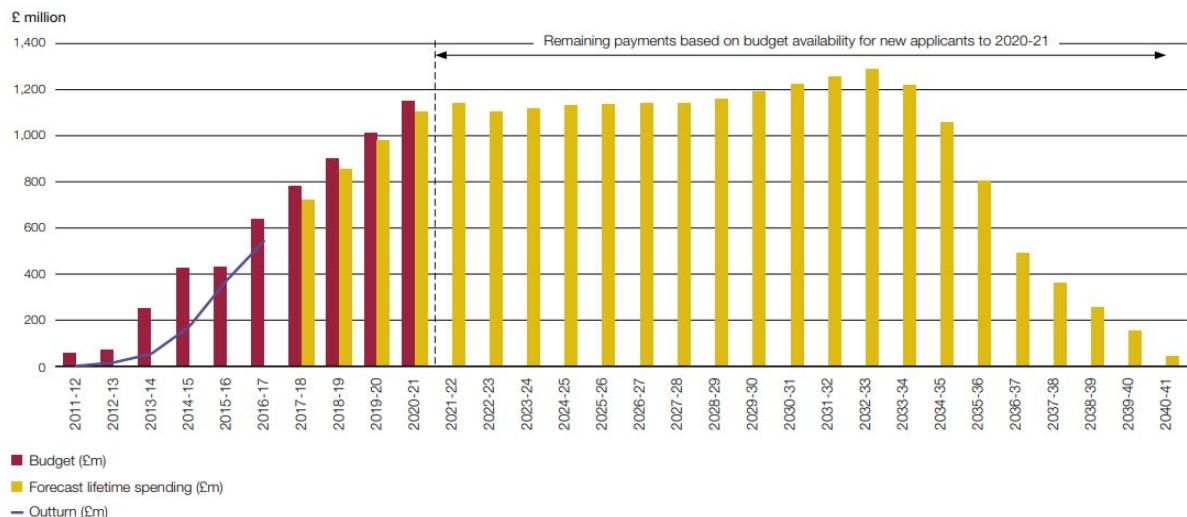
출처 : <https://ensa-q.niwen.de/api/contributions/20.pdf>, 2018.06.20.17:20

2) 영국: 신재생 열에너지 인센티브(Renewable Heat Incentive, RHI)¹⁷⁾

□ 프로그램 개요

신재생 열에너지 이용에 수반되는 추가비용 부담에 대한 정부의 재정 지원 프로그램으로 건축물에 신재생 열에너지 기술 설치를 원하거나 혹은 이미 설치된 건축물의 소유권자를 대상으로 지원하고 있다. 영국 재무부(HM Treasury)로부터 재정을 지원받으며, 영국 기업에너지산업전략부(Department for Business, Energy & Industrial Strategy, BEIS)의 권한 하에 영국의 에너지 규제기관인 Ofgem이 제도 운영을 담당하고 있다.

비주거용 및 주거용 건축물로 RHI 프로그램을 구분하여 신재생 열에너지 이용에 수반되는 세금(tariff) 지원하고 있으며, 2011년 11월에 비주거용 건축물을 대상으로 한 Non-domestic RHI 프로그램이 도입된 이후 2014년 4월부터 주거용 건축물을 대상으로 한 Domestic RHI 프로그램이 추가되었다. 신규 지원자는 신재생 열에너지 기술을 설치한 이후 RHI 프로그램을 신청, Ofgem의 승인을 거쳐 지원 대상자로 최종 선정되면 열에너지 사용량에 대한 세금을 연간 지원금으로 계산하여 분기별로 지급받는 방식으로 진행된다. 단, 신재생 열에너지 기술 설치에 따른 초기비용은 개인 혹은 기업이 부담하도록 규정하고 있다.



[그림 4-8] RHI 프로그램 예산 및 향후 예상지급액(단위: 백만 파운드)

출처: Department for Business, Energy & Industrial Strategy(2018). Low-carbon heating of homes and businesses and the Renewable Heat Incentive, 39p

17) www.ofgem.gov.uk 내용을 토대로 작성(검색일 2018.07.24.~2018.08.01.).

2017년 8월 기준, RHI 프로그램을 통해 지급된 총 금액은 1.4억 파운드(총 승인 건수 78,048건)이며, 2021년 3월까지 신규 지원자를 위한 예산(2040-2041년까지 예상지급액 23억 파운드)이 확보되어 있다. 비주거용의 경우 건 당 최대금액 한도는 없지만, 주거용은 신재생 열에너지 기술 유형별 연간 열에너지 수요량을 20,000~30,000 kWh로 제한하고 있어 한도 금액은 168,500~613,800p 수준이다. 지원 금액은 연간 열에너지 사용량/수요량 과 신재생 열에너지 기술 유형별 세율을 곱한 금액으로 계산한다.

[표 4-8] 비주거용 및 주거용 건축물 대상 RHI 프로그램 운영현황(단위: 백만 파운드, 건)

대상	신재생 열에너지 기술 유형	총 지급액 (2017.08 기준)	총 승인 건수 (2017.12 기준)
비주거용	바이오매스 보일러	736	15,843
	바이오메탄	328	82
	바이오가스	72	506
	히트펌프(공기열원/지열원/수열원)	21	1,205
	기타(열병합발전(CHP), 태양열, 지열)	18	319
	소 계	1,175	17,955
주거용	바이오매스 보일러	125	12,523
	히트펌프(공기열원/지열원/수열원)	104	38,997
	태양열 패널	6	8,573
	소 계	235	60,093
합 계		1,410	78,048

출처: Department for Business, Energy & Industrial Strategy(2018). Low-carbon heating of homes and businesses and the Renewable Heat Incentive, 22p

□ 세부 프로그램 내용

비주거용 건축물 대상 RHI는 영국 내 기업, 공공기관, 비영리기관이 소유하는 비주거용 건축물을 대상으로 신재생 열에너지 기술 이용에 수반되는 비용에 대해 20년간 분기별 재정을 지원하고 있다. 지원 대상에는 다른 공공기관으로부터 재정 지원을 받지 않는 비주거용 건축물 또는 신규 시설을 소유한 영국 내 기업, 공공기관 및 비영리기관으로 소규모 사업체, 병원, 학교 등이 포함된다.

신재생 열에너지 기술 유형으로는 고체 바이오매스 보일러, 폐기물 내 고체 바이오매스 보일러, 고체 바이오매스 열병합발전(CHP) 시스템, 지열원 및 수열원 히트펌프, 공기열원 히트펌프, 고온성 지열 기술, 태양열 집열기, 바이오메탄 주입 기술,

바이오가스 연소 기술 등이 있다. 재정지원은 설치된 신재생 열에너지 기술의 유형과 규모에 따라 발생하는 연간 열에너지 사용량에 대한 관세를 연간 지원금으로 계산하여 분기별로 총 4차례 나눠서 지급한다. 연간 지원금은 현장 내 계량기에 의해 측정된 실제 연간 열에너지 사용량과 기술 유형별 세율을 곱한 금액으로 결정한다. 단, 세율은 소비자물가지수(Consumer Prices Index, CPI)를 고려하여 매년 조정한다.

[표 4-9] 신재생 열에너지 기술 유형별 세율(비주거용)

신재생 열에너지 기술 유형	세율 변경 전 (2013.01 기준)	세율 변경 후 (2018.07 기준)
고체 바이오매스/폐기물 내 고체 바이오매스 보일러	1.10~9.66 p/kWh	2.14~3.05 p/kWh
고체 바이오매스 열병합발전(CHP) 시스템	-	4.42 p/kWh
지열원 및 수열원 히트펌프	3.95~5.38 p/kWh	2.79~9.36 p/kWh
공기열원 히트펌프	-	2.69 p/kWh
고온성 지열 기술	-	5.38 p/kWh
태양열 집열기	10.31 p/kWh	10.75 p/kWh
바이오메탄 주입 기술	8.22 p/kWh	2.53~5.60 p/kWh
바이오가스 연소 기술	8.22 p/kWh	1.36~4.64 p/kWh

출처: www.ofgem.gov.uk 2018.06.02.19:00

주거용 건축물 대상인 RHI는 영국 내 주택 소유자 혹은 임대인이 소유하는 주거용 건축물을 대상으로 신재생 열에너지 기술 이용에 수반되는 비용에 대해 7년 간 분기별 재정을 지원해주고 있다. 지원대상은 에너지성능평가인증(Energy Performance Certificate, EPC) 취득이 가능한 혹은 이미 취득한 경우 취득날짜가 24개월 이내의 단일 주거용 건축물을 소유한 개인으로서 자가 거주자, 민간 임대업자, 등록된 사회적 임대업자(registered social landlords), 직접 시공자(self-builders) 등이 포함된다. 단, 직접 시공한 주택을 제외한 모든 신규 건축물은 지원 대상이 아니다.

신재생 열에너지 기술 유형으로는 자가발전인증제도(Microgeneration Certification Scheme, MCS)의 인증을 받은 공기열원 히트펌프, 지열원 및 수열원 히트펌프, 바이오매스 전용 보일러 및 보일러 결합된 바이오매스 펠렛 스토브, 태양열 패널(평판형 집열판 및 온수 전용 진공관식 집열기) 등이 있다. 설치된 신재생 열에너지 기술 유형에 따라 발생하는 연간 열에너지 수요량에 대한 관세를 연간 지원금으로 계산하여 분기별로 총 4차례 나눠서 지급하고 있다.

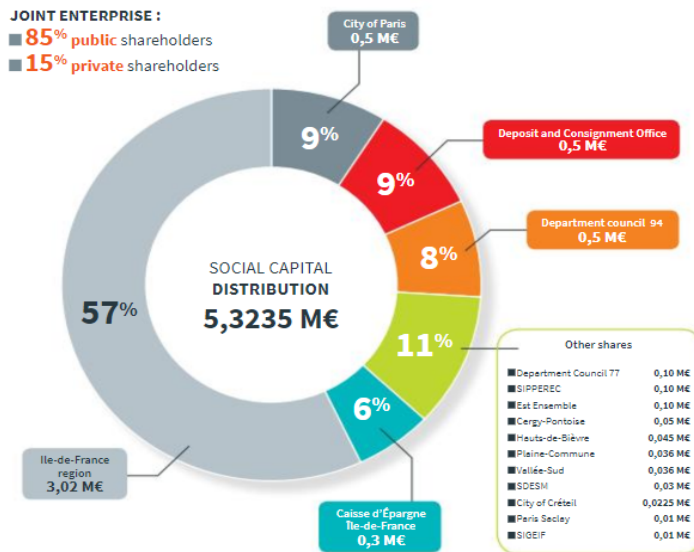
연간 지원금은 난방계량기에 의해 측정되거나 또는 EPC에 의해 추정된 연간 열에너지 수요량과 기술 유형별 세율을 곱한 금액으로 결정한다. 단, 열에너지 수요량은 신재생

열에너지 기술 유형별로 제한 수준이 상이하며, 세율은 향후 20년 간 생산되는 신재생 열 에너지 수요량에 대한 기대비용 수준과 소비자물가지수(Consumer Prices Index, CPI)를 고려하여 조정한다.

3) 프랑스: Energies POSIT'IF의 건축물 에너지효율 개선사업 통합지원서비스¹⁸⁾

□ 프로그램 개요

프랑스 북부지역의 건축물 에너지효율 개선사업 수행에 필요한 기술·금융 관련 통합지원서비스를 제공하고 있으며, 프랑스 북부지역에 위치한 주거용 건축물(콘도미니엄 등의 공동주택 및 공공주택)의 에너지효율 개선사업을 수행하고자 하는 주택소유자 또는 입주자 협회를 대상으로 지원하고 있다. 단 에너지성능인증(Energy Performance Certificate, EPC) E~G 등급(연간 230~450 kWhEP/m²)을 받은 에너지 소비가 많은 주거용 건축물이어야 하며, 주로 1945~1975년 사이에 지어진 50세대 이상의 공동주택 혹은 공공주택이자 블록 난방방식을 사용하는 노후화된 건축물이 주요 지원대상이다. 2017년 기준, 프랑스 북부지역의 건축물 중 68%가 1975년 이전에 지어졌으며, 72%가 공동주택 또는 공공주택으로 구성되어 있다.



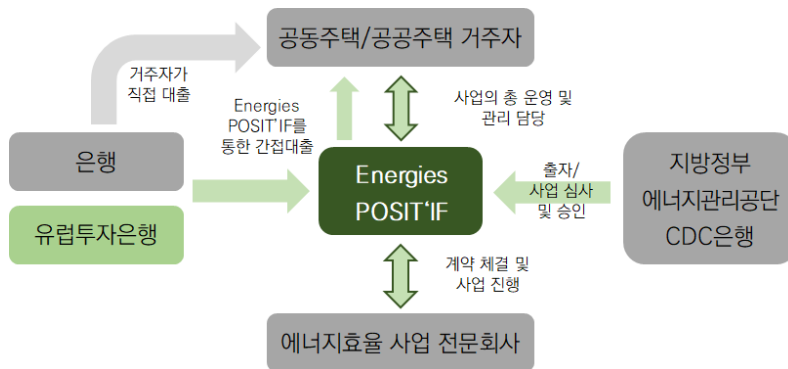
[그림 4-9] Energies POSIT'IF의 지분 보유 현황

출처: Energies POSIT'IF(2018). Energies POSIT'IF, one-stop-shop for low energy refurbishment of condominiums in the ile-de-france region. 3p

18) www.energiespositif.fr 내용을 토대로 작성(검색일 2018.08.01.~2018.08.06.).

프랑스 북부지역의 지방정부와 CDC은행(Deposit and Consignment Office) 등이 자본금을 출자하여 공공-민간 파트너십 형태로 2013년 설립된 Energies POSIT'IF가 에너지효율 개선사업의 총 운영 및 관리를 담당하고 있다. Energies POSIT'IF의 지분 보유 현황은 프랑스 북부지역 지방정부(57%), CDC은행(9%), 파리 시정부(9%), 일드프랑스저축은행(6%) 등으로 총 5.32백만 유로 규모의 사회적 자본을 보유하고 있다.

운영체계는 Energies POSIT'IF를 중심으로 에너지효율 개선사업을 심사 및 승인하는 지방정부, 에너지관리공단 및 CDC은행, 사업을 실질적으로 진행하는 에너지효율 사업 전문회사, 사업의 자금을 조달해주는 유럽투자은행(European Investment Bank, EIB), 상업은행 등으로 구성되어 있다. 공동주택/공공주택 거주자는 은행으로부터 직접 또는 Energies POSIT'IF를 경유하여 간접적으로 대출받아 추후 개선사업에 따라 발생하는 에너지절감액(Energy Saving Certificates, CEE)에 따라 대출 납입액을 차감 받을 수 있다. 프로젝트 재원은 거주자 자가 조달(50%), 유럽투자은행 및 상업은행 혹은 Energies POSIT'IF로부터 조달(35%), 정부보조금·세제혜택 등(15%)으로 이루어져 있다. 정부보조금·세제혜택으로는 에너지절감액(CEE), 에너지전환세금공제(Energy Transition Tax Credit, CITE), 주택건설청(National Housing Agency, ANAH)의 저소득층을 위한 보조금 등이 있다.



[그림 4-10] 에너지효율 개선사업 운영체계

출처: www.energiespositif.fr, 내용 번역(검색일 2018.08.06.17:30)

에너지효율 개선사업은 노후화된 주거용 건축물을 대상으로 에너지 절약 가능성 및 소요예산을 측정하는 사전조사(1단계), 기술설계 및 자금조달에 대한 계획 수립 등의 사업 관리(2단계), 사업 추진(3단계) 및 모니터링(4단계) 등의 총 4단계로 구성되어 있다. 2017년 기준, 총 5,800세대(41개 공동주택)가 에너지효율 개선사업을 신청하였으며, 이 중 현재 2,100세대에서 사업을 진행 중에 있다. 2020년까지 총 10,000세대(75~100

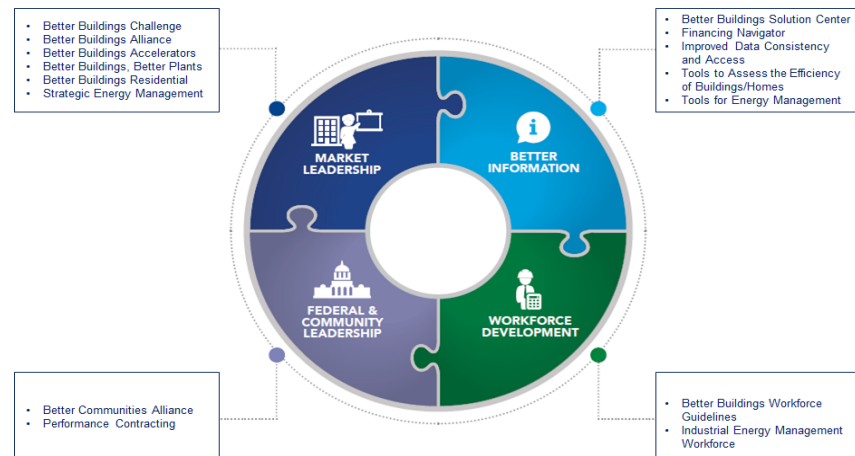
여개 공동주택)에 에너지효율 개선사업을 수행하기 위해 유럽투자은행으로부터 1억 유로 용자를 유치할 예정이다. 세대 당 평균 에너지효율 개선사업 비용은 2만~3만 유로(VAT 포함) 수준이며, 세대 당 에너지 절감 비율은 평균 47%(연간 4,560톤의 CO2 배출량 감축 가능)이다. 에너지효율 개선사업은 건물 외벽 단열재 설치 및 창호 보강, 고효율의 난방 및 환기시스템 교체, 최적화된 위생 및 조명용 온수 생산시스템 설치 등이 포함되며, 태양열 전지판, 히트펌프, 지열 및 바이오매스 등의 재생에너지 기술도 접목이 가능하다.

4) 미국

① Better Buildings Initiative의 자금조달 프로그램¹⁹⁾

□ 프로그램 개요

2020년까지 미국 전역의 공공·상업·산업·주거용 건물의 에너지 효율을 20% 증진시키는데 필요한 기술·금융 관련 다양한 지원 프로그램을 제공할 예정이다. 세부적으로는 민관협력(public-private partnership) 형태의 프로그램을 추진하여 건물의 에너지효율 개선에 필요한 혁신적인 방안 및 접근방식을 모색하고, 참여자들 간의 기술적인 정보 교류 및 네트워킹 기회를 제공함으로써 에너지효율 및 재생에너지 사업에 대한 금융지

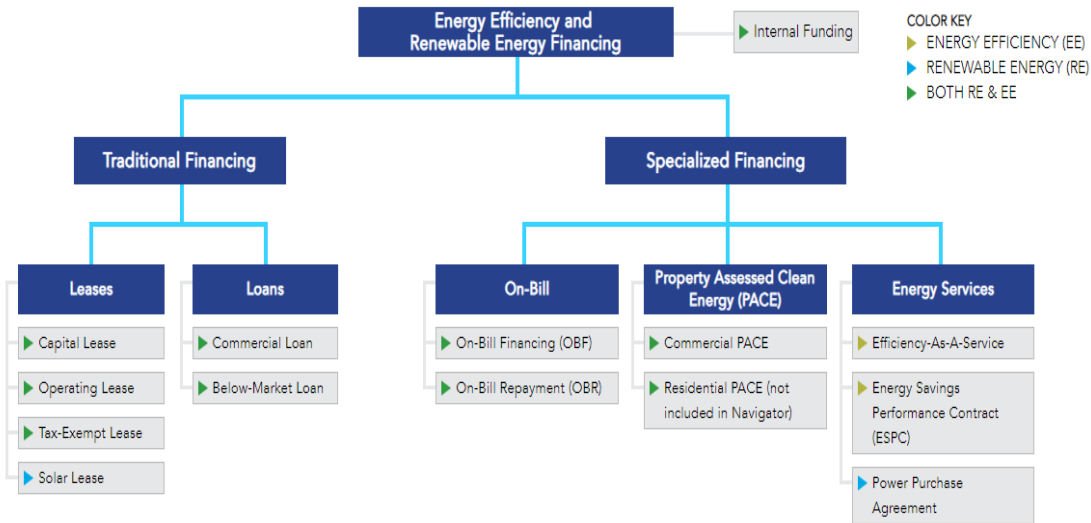


[그림 4-11] Better Buildings Initiative 세부 프로그램

출처: <https://betterbuildingsinitiative.energy.gov/> 2018.08.24.16:00

19) <https://betterbuildingsinitiative.energy.gov/> 2018.08.23.~2018.08.31.

원 활성화를 도모하고 있다. 미국 내 위치한 공공·상업·산업·주거용 건물의 에너지효율 개선사업을 수행하고자 하는 건물소유자 또는 관리자, 전력회사 및 기업 경영진 등의 주요 이해관계자들을 대상으로 지원하고 있으며, 2011년에 처음 도입되었을 당시 오바마 정부는 상업용 건물에 한해서만 적용하였으나, 2013년부터 공공·산업·주거용 건물이 적용대상에 포함되었다.



[그림 4-12] Better Buildings Financing Navigator 자금조달 방법

출처: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/explore>, 2018.08.25.17:00

	PRODUCTS			SECTORS			TECHNOLOGIES			LOCATION
	LEASES	LOANS	BONDS	COMMERCIAL & INDUSTRIAL	MULTIFAMILY	NON-PROFIT	EFFICIENCY	RENEWABLE	OTHER GENERATION	
Abundant Power	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nationwide
Advantage Energy			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Regional
AFL-CIO Housing Investment Trust			✓		✓		✓	✓		Nationwide
All American Investment Group	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nationwide
Allumia				✓	✓	✓	✓			Nationwide
Bank of America Merrill Lynch	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nationwide
BioStar Renewables	✓	✓		✓	✓		✓	✓		Nationwide

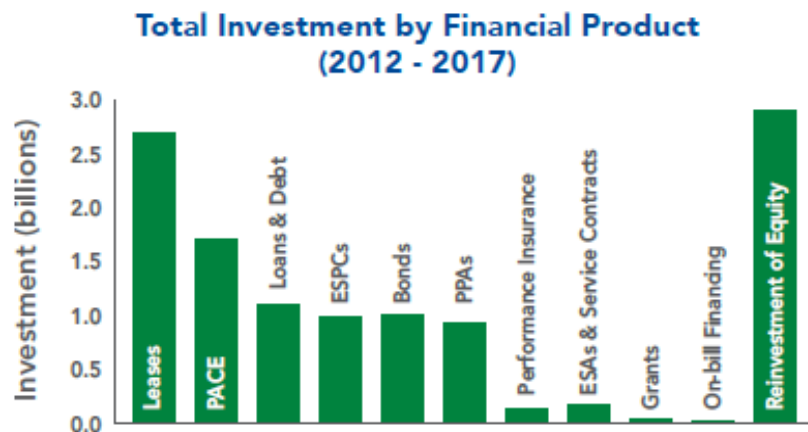
[그림 4-13] Financial Allies의 신청 가능한 자금조달 방법(예시)

출처: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/allies>, 2018.08.25.18:00

미국의 에너지부(Department of Energy)에서 프로그램 전체를 총괄함으로써 에너지 효율 개선사업이 이행될 수 있도록 지원하고 있으나, 에너지효율 개선사업에 대한 직접적인 재정지원이 아닌, 참여자들이 다양한 자금조달 방법을 선택할 수 있도록 지원한다. 자금조달 방법으로는 임대(leases) 및 대출(loans)과 같은 기존의 전통적인 방식과 요금 납부식 용자(on-bill financing), 청정에너지 재산세 평가(Property Assessed Clean Energy, PACE) 용자 등의 특수한 형태의 자금조달 방법이 있다.

2016년부터 온라인 툴(Tool)인 Better Buildings Financing Navigator를 도입해 건물에 대한 에너지효율 개선사업 수행 시 참여자들이 가장 적합한 자금조달 방법을 찾을 수 있도록 지원하고 있다.

DOE를 중심으로 사업을 실질적으로 진행하는 에너지효율 사업 관련 전문회사(contractors/ESCO), 사업의 자금을 조달해주는 Financial Allies 등으로 구성되어 있다. Financial Allies는 Bank of America Merrill Lynch를 포함한 총 41개 금융회사로 구성되어 있으며, 해당 건물이 위치한 지역과 용도 및 적용기술에 따라 자금조달을 신청할 수 있는 금융회사가 상이하다. 2012년부터 에너지효율 개선사업을 수행함에 있어서 Financial Allies로부터 약 120억 달러 규모의 자본금(누적, 2018년 기준)이 확충되었다.

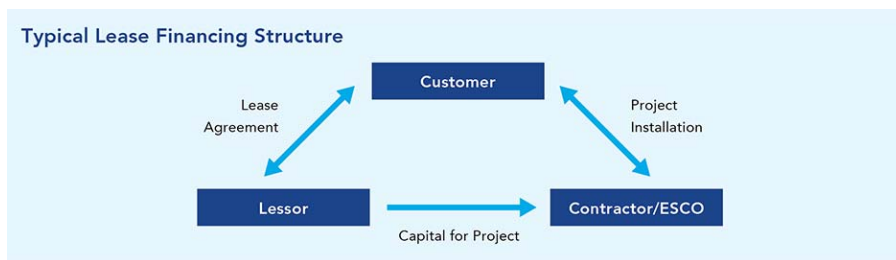


[그림 4-14] 금융상품별 총 투자금액(2018년 기준)

출처: Innovation Through Collaboration: Securing a More Affordable and Reliable Energy Future Progress Report 2018 (DOE, 2018)

□ 세부 프로그램 내용

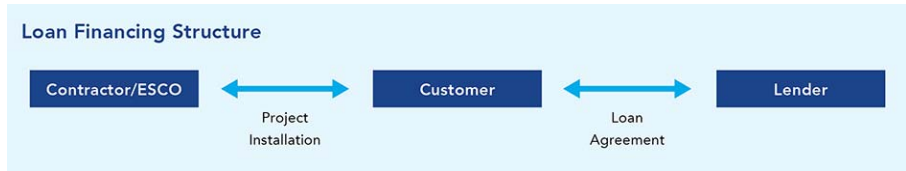
임대 융자 Lease Financing는 건물의 에너지효율 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 대출을 지원하고 있다. 지원은 미국 내 위치한 건물을 소유하거나 임대한 자로서 기존 건물의 에너지효율 개선 또는 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 한다. 신청을 원하는 자는 먼저 임대회사와 임대 계약을 맺어야 하며, 이후 임대회사는 사업을 실질적으로 진행하는 전문회사(contractor/ESCO)에 사업에 대한 자본금을 지원한다. 대출의 유형은 자본임대(Capital Lease), 운영임대(Operating Lease), 비과세임대(Tax-Exempt Lease), 태양광임대(Solar Lease) 등이며, 사업비용의 100%까지 대출이 가능하다. 자본임대 및 운영임대의 경우 3~5년 거치 고정금리 대출(대출 기간 조정 가능), 비과세임대는 대출자 특성에 따라 대출 기간 유연하게 설정 가능, 태양광임대의 경우 7~15년 거치 고정금리로 대출이 가능하다. 단, 비과세임대의 경우 공공건물에 한해서만 적용이 가능하며, 태양광임대의 경우 재생에너지 관련 사업만 지원이 가능하다.



[그림 4-15] 임대 융자(Lease Financing) 구조

출처: <https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/lease-financing>, 2018.08.27.16:30

대출 융자 Loan Financing은 비주거용 건물의 에너지효율 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 대출을 지원해주고 있다. 대출지원은 미국 내 위치한 비주거용 건물을 소유하거나 임대한 자로서 기존 건물의 에너지효율 개선 또는 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 한다. 신청을 원하는 자는 은행 등의 대출업체가 요구하는 대출 신청에 필요한 서류를 작성하여 제출하고, 심사를 통해 대출여부를 결정한다. 대출금액은 사업비용의 100%까지 가능하며, 3~5년 거치 고정금리로 대출(대출기간 조정 가능)이 가능하다. 단, 대출 금액의 20~25% 정도를 선금(down-payment)으로 요구할 가능성이 있다.



[그림 4-16] 대출 융자(Loan Financing) 구조

출처: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/loan-or-debt-financing>, 2018.08.27.15:30

요금납부식 융자(On-bill financing)는 건물의 에너지효율 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 공익기업이 사업비용의 대출을 지원한다. 이후 융자금은 고객의 전기요금 청구서에 매달 할부금을 합산하여 상환하는 방식으로 추진되며, 융자지원은 미국 내 위치한 건물을 소유하거나 임대한 자로서 기존 건물의 에너지효율 개선 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 한다. 단, 관련 사업을 추진하고자 하는 자의 경우 해당 지역의 공익기업이 요금납부식 융자를 지원해주는 경우에만 신청 가능하다. 신청을 원하는 자는 해당 지역의 공익기업이 요금납부식 융자(OBF)를 지원하는지 사전에 확인해야 하며, OBF 신청서 등 신청에 필요한 서류를 작성하여 해당 공익기업에 제출한 뒤 심사를 통해 대출여부 결정한다. 사업비용의 100%까지 대출이 가능하며, 2~15년 거치 고정금리(저금리 혹은 무금리)로 대출이 가능하다. 단, 이때 사업규모는 \$5,000~\$350,000 수준으로 제한한다.

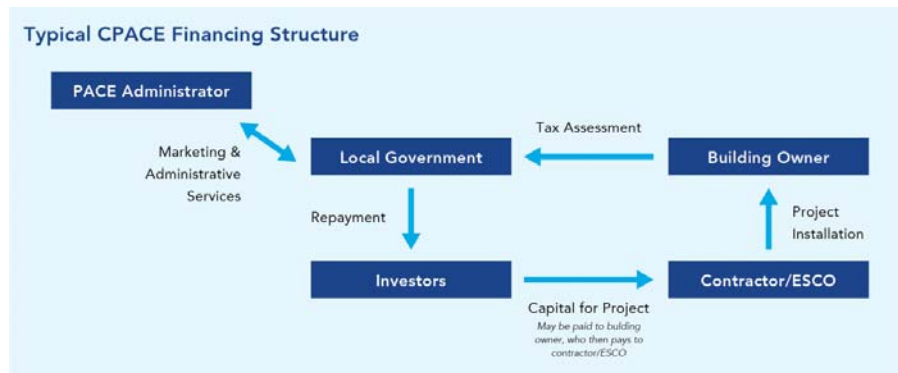


[그림 4-17] 요금납부식 융자(OBF) 구조

출처: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/bill-financingrepayment>, 2018.08.27.10:30

청정에너지 재산세 평가 융자 PACE는 상업용 건물의 에너지효율 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 재산세에 대한 평가를 통해 장기(long-term) 대출을 지원하고 있다. 대출지원은 미국 내 위치한 상업용 건물을 소

유한 자로서 기존 건물의 에너지효율 개선 및 재생에너지 관련 사업을 추진하고자 하는 자를 대상으로 한다. 단, PACE 지원법을 통과한 주(state) 내에서 CPACE 프로그램을 승인한 지역에 한해서 대출 지원이 가능하다. 신청을 원하는 자는 먼저 사업에 대해 PACE 관리자의 승인을 받아야 하며, 승인을 받은 이후 지자체에서 재산세 평가를 통해 대출여부를 결정한다. 대출금액은 사업비용의 100%까지 가능하며, 대출 기간은 10~15년 거치 고정금리로 대출이 가능하다.



[그림 4-18] 상업용 청정에너지 재산세 평가 용자(CPACE) 구조

출처: <https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/cpace>, 2018.08.28.11.00

② 에너지효율 건축물 금융 지원 프로그램²⁰⁾

□ 대출 지원 프로그램

Energy-Efficient Mortgages은 신재생에너지 기술을 활용한 기존 주택의 에너지 효율 개선, 에너지효율 주택 구입을 원하는 자를 대상으로 대출을 지원하고 있다. 대출지원은 미국 내 위치한 주거용 건축물을 소유한 자로서 기존 주택의 에너지효율 개선 또는 에너지효율 주택 구입을 원하는 자를 대상으로 한다.

신재생에너지 기술 및 설비 유형으로는 태양에너지 관련 패시브 기술, 태양열 온수기 및 난방기, 태양광 발전기, 조명기술 등이 있다. 신청을 원하는 자는 해당 건축물의 주택에너지등급(Home Energy Rating), 계약 입찰 신청서 등 신청에 필요한 서류를 작성하여 해당 지역의 HUD Field Office에 제출한 뒤 심사를 통해 대출여부를 결정한다.

20) www.dsireusa.org 2018.08.07.~2018.08.09.

에너지효율 개선 목적의 대출 금액은 \$4,000 또는 해당 주택 감정가액의 5% 수준으로 제한하며(둘 중 더 큰 금액으로 선택), 최대 \$8,000까지 대출이 가능(단 에너지 효율 개선비용에 따라 최대 대출 금액 조정 가능)하다. 대출기간은 15년 또는 30년 거치 고정금리로 대출이 가능하다.

□ 보조금 지원 프로그램

Residential Energy Efficiency Tax Credit은 주거용 건축물의 에너지효율 향상에 필요한 고효율 기술 또는 설비 구매비용에 대해 세액공제를 지원하고 있다. 지원은 미국 내 위치한 주거용 건축물을 소유한 자로서 현재 거주하고 있는 해당 건축물의 에너지효율 향상을 위해 건물외피 기술 또는 고효율의 냉·난방장치 등의 설비를 구매한 자들을 대상으로 한다. 단, 2006년 1월 1일부터 2017년 12월 31일까지 에너지효율 기술 또는 설비 구매를 완료한 자만 지원이 가능하다(2018년 1월 1일 이후에 구입한 자는 지원 대상이 아님). 에너지효율 기술 및 설비 유형으로는 ENERGY STAR 인증을 받은 바이오매스 스토브, 천연가스/프로판가스/기름 난로, 온수 보일러, 온수 난방기, 공기 열원 히트펌프, 에어컨, 건물외벽 단열기술, 창호기술, 지붕기술 등이 있다. 건물외피 개선비용의 10%를 세액공제로 지원받을 수 있으며(최대 금액 \$500), 냉·난방 및 온수 설비 설치비용에 대한 세액공제 지원금은 최대 \$1500까지 가능하다.

Residential Renewable Energy Tax Credit은 주거용 건축물의 신재생에너지 설비 설치비용에 대한 세액공제를 지원하고 있다. 미국 내 위치한 주거용 건축물을 소유한 자로서 현재 거주하고 있는 해당 건축물에 신재생에너지 설비를 설치하는 자를 대상으로 지원한다. 단, 2006년 1월 1일~2021년 12월 31일 사이에 신재생에너지 설비를 설치하는 자를 대상으로 한다. 신재생에너지 기술 및 설비 유형으로는 지열 히트펌프, 소형풍력발전(주거용), 태양열이용시스템(태양열 온수기 등), 연료 전지 등이 있으며, 신재생에너지 설비 설치비용의 30%에 해당되는 금액을 세액공제해주고 있다.

Energy-Efficient New Homes Tax Credit for Home Builders는 에너지효율 주택 신축비용에 대한 세액공제를 지원하고 있으며, 에너지효율 주택을 신축하고자 하는 건설업자를 대상으로 지원하고 있다. 단, 해당 주택이 미국 내 위치해야 하며, 2017년 12월 31일 이전에 완공되어야 신청이 가능하다. 또한, 완공된 주택은 2006 국제에너지절약법(International Energy Conservation Code, IECC)에 따라 가정에서 사용하는 냉·난방에너지 소비를 50% 혹은 30% 이상 줄일 수 있어야 하며, 미국

에너지부(DOE)가 정한 최소 에너지효율 기준을 충족해야 세액공제를 지원받을 수 있다. 지원 금액은 에너지 절감액 및 주택 유형에 따라 \$1,000~\$2,000 범위 내에서 세액공제 지원이 가능하다.

Energy-Efficient Commercial Buildings Tax Deductions는 상업용 건축물의 에너지효율 향상에 필요한 고효율 기술 또는 설비 구매비용에 대해 세금공제를 지원하고 있다. 미국 내 위치한 상업용 건축물을 소유한 자(임차인도 공사비에 기여한 경우 세금공제를 지원받을 수 있지만, 주로 건축물 소유자를 대상으로 함)로서 해당 건축물에 에너지효율 기술 또는 설비를 설치한 자를 대상으로 지원하고 있다. 단, 2006년 1월 1일부터 2017년 12월 31일까지 에너지효율 기술 또는 설비 설치를 완료한 자만 지원 가능하다(2018년 1월 1일 이후에 설치한 자는 지원 대상이 아님). 에너지효율 기술 및 설비 유형으로는 절연 기술, 온수 난방기, 조명, 조명제어시스템, 히트펌프, 에어컨, 단열재, 창호기술, 지붕기술 등이 있다. 설치된 에너지효율 기술 및 설비, 에너지 감축량에 따라 평방피트당 \$0.30~\$1.80 수준으로 지원이 가능하다.

③ 주단위의 에너지효율 건축물 금융 지원 프로그램²¹⁾

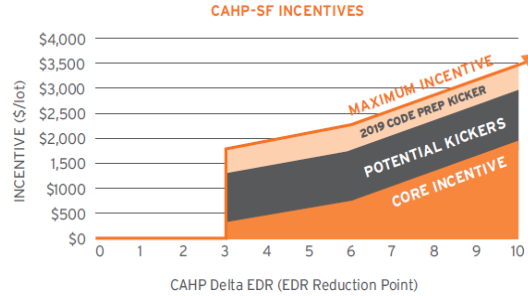
□ 보조금 지원 프로그램

CAHP(California Advanced Homes Program)는 캘리포니아주의 에너지효율 주택 신축비용에 대한 보조금을 지원하고 있다. 보조금 지원은 캘리포니아주의 전력회사인 Pacific Gas & Electric, Southern California Gas, Southern California Edison 및 San Diego Gas & Electric에서 담당하는 서비스 지역에 에너지효율 주택(단독주택, 저층 및 고층 다가구주택)을 신축하고자 하는 주택소유자 및 건설업자 등을 대상으로 하고 있다. 보조금 지원은 주택유형별로 상이하지만 기본적으로 Delta Energy Design Rating(EDR)을 사용하여 산출된 주택의 에너지 소비량 점수를 기반으로 주택의 보조금 지원 규모를 설정한다(최소 지원 금액 단독주택 \$300, 다가구주택 \$150/세대).

또한 1MW 이하의 자가소비용 연료전지 발전소에 대해 각각 kW당 2500달러(천연가스), 4500달러(바이오가스)의 초기투자비를 지원하고 있다.²²⁾

21) DOE Zero Energy Ready Home - Incentives Summary (May 2018).

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/05/f51/DOE%20Zero%20Energy%20Ready%20Home%20-%20Incentives%20Summary%20May%202018.pdf>



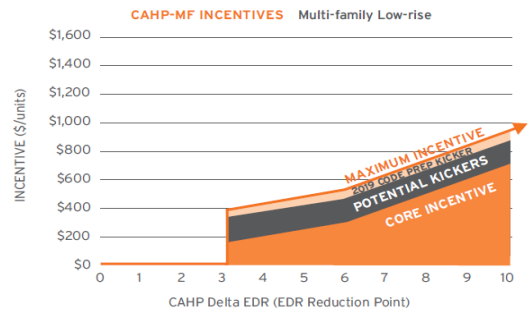
**CAHP- Single-family
Base Incentive Structure:**

- \$300/unit for entry CAHP Delta EDR of 3.*
- \$150/unit for each point to 6
- \$300/unit for each point thereafter

* Entry *Delta EDR* in SDG&E territory is 4, and the next inflection point is 7.

[그림 4-19] CAHP 보조금 지원 규모(단독주택)

출처 : California advanced homes(2018), 2018 california advanced homse program, 8p



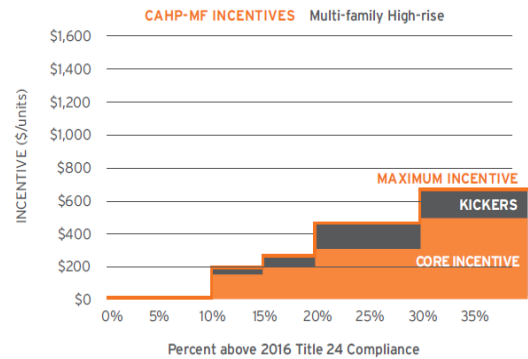
**CAHP Multi-family Low-rise
Base Incentive Structure:**

- \$150/unit for entry CAHP Delta EDR of 3.*
- \$50/unit for each point to 6
- \$100/unit for each point thereafter

* Entry CAHP Delta EDR in SDG&E territory is 4, and the next inflection point is 7.

[그림 4-20] CAHP 보조금 지원 규모(저층 다가구주택)

출처 : California advanced homes(2018), 2018 california advanced homse program, 8p



**CAHP- Multi-family High-rise
Base Incentive Structure based on percentage
above code compliance:**

- \$150/unit for 10% to <15%
- \$200/unit for 15 to <20%
- \$300/unit for 20 to <30%
- \$500/unit for 30% or greater

Same bonus measures as LRMF
Max incentive of \$250,00 (including bonus measures)

[그림 4-21] CAHP 보조금 지원 규모(고층 다가구주택)

출처 : California advanced homes(2018), 2018 california advanced homse program, 8p

22) 가스신문, '건물용 연료전지보급 활성화 방안, 어떤 것이 있나', 2018.01.03.

Energize CT는 코네티컷주의 에너지효율 주택 신축비용에 대한 보조금을 지원하고 있다. 보조금 지원은 코네티컷주의 전력회사인 United Illuminating, Southern Connecticut Gas and Connecticut Natural Gas에서 담당하는 서비스 지역에 에너지효율 주택을 신축하고자 하는 주택소유자 및 건설업자 등을 대상으로 한다. 보조금 지원은 주택유형별로 상이하지만 기본적으로 주택에너지등급(Home Energy Rating System, HERS)에 따라 주택의 보조금 지원 규모가 설정되며, 추가적으로 단독주택은 \$500~\$750, 다가구주택은 세대 당 \$250의 보조금 지원이 가능하다.

HERS RATING PATH*				
Tier	HERS Index	Single Family Applicant Rebate	Single Family Attached Applicant Rebate	Multi Family Applicant Rebate
Tier 1	51-60	\$3,000	\$2,000	\$1,500
Tier 2**	41-50	\$4,000	\$2,500	\$2,000
Tier 3**	40 and below	\$4,500 plus \$50 per point below***	\$3,000 plus \$40 per point below***	\$2,500 plus \$25 per point below***

[그림 4-22] 주택에너지등급에 따른 보조금 지원 규모

출처 : energize connecticut(2018), residential new construction program 2018 project application, 2p

BONUS INCENTIVES HIGH PERFORMANCE CERTIFICATION BONUS REBATE				
High Performance Certification Rebate Chart				
Requirements	Qualifying Certifications (please check all that apply)	Single Family Applicant Rebate	Single Family Attached Applicant Rebate	Multi Family Applicant Rebate
1. Must provide all proper documentation for certification	☐ DOE Zero Energy Ready Home	\$750	\$250	\$250
2. High Performance Certification Bonus Project Cap is \$20,000	☐ ENERGY STAR	\$500 per home	\$250 per unit	\$250 per unit
3. Rebate is available for up to 2 certifications per home	☐ LEED for Homes			
4. All projects must provide HERS Rating documentation from HERS Rating Path participation, above	☐ National Green Building Standard (NGBS) ☐ Passive House			

[그림 4-23] 추가 보조금 규모

출처 : energize connecticut(2018), residential new construction program 2018 project application, 2p

5) 종합 및 시사점

독일의 경우 상황별로 촘촘하게 담보 대출, 보조금 지원 프로그램을 만들어 패키지로 지원하고 있다. 특히 제로에너지건축물 매매 시에도 대출 지원을 해주는 점과 컨설팅, 계획, 감리 등 추가 비용을 폭 넓게 검토한 점, 지역단위 제로에너지 구축을 위한 지자체를 지원한 점, 상용 전 단계 기술 보급을 위한 설치비용 뿐 아니라 유지관리비용까지 지원하는 점이 특징이다.

프랑스의 경우 건축물 에너지효율개선 사업 수행에 필요한 기술, 금융 등의 지원을 통합적으로 지원하는 것이 특징이다. 지방정부와 CDC은행 등이 자본금을 출자하여 공공-민간 파트너십 형태로 회사를 설립하고, 에너지효율개선사업의 총 운영 및 관리를 담당하고 있다.

미국은 다양한 금융프로그램을 개발하고 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 전통적인 대출 방식에서부터 esco기업과 연계한 임대형 대출, 요금납부식 대출 등 다양한 프로그램을 제시하고 있으며, 또한 각 프로그램을 한 곳에서 관리하면서 수요자에게 각자 상황에 맞는 프로그램을 제시해주는 프로그램도 마련하고 있는 점은 국내에 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 또한 건축주 뿐 아니라 임대인까지도 포함하여 정책 대상으로 하고 있다는 점도 고무적이다. 금융 프로그램 이외 에도 세액 공제를 통해 제로에너지건축물조성을 지원하고 있으며, 캘리포니아 등 일부 주에서 보조금을 지원하고 있다.

제5장 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 제도 개선 방안

- 1. 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 방향
 - 2. 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안
-

1. 제로에너지건축물 조성 활성화 정책 방향

1) 제로에너지건축물 성능 평가 체계

□ 2030년 의무화 달성을 위한 로드맵 구체화

제로에너지건축물 조성을 위한 도입 요소 기술의 성능향상을 고려하여 2030년까지 의무화 로드맵을 구체화할 필요가 있다. 현재 연면적 기준으로 제로에너지 의무화 계획 로드맵이 제시되었으나, 이를 보완하여 용도, 규모 등 제로에너지 달성에 영향을 미치는 요소들을 다각도로 고려한 구체적인 로드맵을 마련할 필요가 있다. 특히 앞선 분석 결과 제로에너지 달성이 가장 어려울 것으로 파악된 아파트의 경우 향후 기술 개발 수준을 전망하여 2030년 제로에너지 달성이 가능한지 검토해볼 필요가 있으며, 이를 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 신축이 아닌 건축허가 대상 리모델링인 경우에 대한 적용 여부도 면밀히 검토해야 하는 상황이다.

□ 대지 내 제로에너지 달성이 어려운 경우를 위해 off-site 제로에너지 도입

앞서 분석한 제로에너지 달성 가능성 검토에서는 최근 5년간 신축된 건축물의 약 2%는 제로에너지 달성이 어려운 것으로 분석되었다. 따라서 이에 대응하여 off-site 제로에너지 개념을 도입하여 대지 외부에서 생산한 신재생에너지량을 인정하는 기준이 필요하다.

분석 방법이 태양광에너지 기술만을 대상으로 했다는 한계가 있지만, 현재 상용화된 기술은 태양광 기술이 유일하며, 연료전지의 경우 공공기관에서 신재생에너지 의무 설치 비용을 맞추기 위해 설치한 사례가 대부분으로 이마저도 운영 비용 문제로 실제 운영되지 않고 있는 경우가 많은 것이 현실이다. 지열 히트펌프의 경우 공간제약의 문제가 있어 대지 상황에 따라 도입이 어려운 경우도 있다. 에너지자립률을 맞추기 위한 비효율적인 신재생에너지 설비 설치를 지양하기 위해서라도 대지 외 신재생에너지 생산량을 인정해줄 필요가 있다.

미국 등 해외에서도 구체적인 기준은 미비하지만, 개념적으로는 도입할 수 있도록 근거를 마련해둔 상황이다. 우리도 일단 도입할 수 있는 법적 근거를 마련하고, 추가 연구를 통해 구체적인 기준을 마련해야 한다.

□ 신재생에너지 외 에너지 성능 향상 기술도입 유도

현재 제로에너지건축물 인증 기준의 에너지자립률은 건축물의 자체의 에너지 성능과 신재생에너지 생산량이 유기적으로 연계되어 있는 구조이다. 즉, 에너지 성능을 최소 기준으로 맞추고 신재생에너지 생산량을 늘리는 방법과 에너지 성능을 최대한으로 맞추고 신재생에너지 생산량을 줄일 수 있는 방법 중 선택이 가능하다는 뜻이다. 이는 대지 상황에 따라 선택의 폭을 넓게 하는 이점이 있긴 하지만, 자칫 건축물의 에너지 성능 향상을 소홀히 할 수 있는 우려가 있다. 이를 방지하기 위해 현재 에너지 성능평가 시스템에 적용되지 않고 있는 조명제어 기술, 자연화기 기술 등 에너지절감 기술을 평가 시스템 안에 도입해야 할 것이다.

2) 제로에너지건축물 조성 지원

□ 의무화 이전, 시장형성을 위한 지원정책 강화

제로에너지건축물 조성 의무화 이전에 안정적인 녹색건축 시장 형성을 위해서는 마중물로서 공공자금이 투입되어 추가 공사비용을 지원해야할 필요가 있다. 이미 제로에너

지건축 기술은 개발되어 있지만 아직 시장이 형성되지 않아 비용이 많이 들고 있는 상황이 지속된다면, 의무화 시점 이후에 혼란을 야기할 수 있고 자칫 건설산업이 위축될 수도 있다. 또한 2030년 건물부문 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 신축건축물 기준 강화 뿐 아니라, 기존 건축물에 대한 에너지 성능 개선이 필수이며, 이를 위해서는 막대한 예산지원이 필요한 상황이다. 2030년 제로에너지 의무화 이후에는 제로에너지건축물 조성 시장이 형성될 것으로 예상되나, 의무 대상이 아닌 기존 건축물에 대한 성능 개선 유도 방안은 지속적으로 필요하다.

□ 예산 확대 및 다양한 금융 프로그램 개발

주요 국가에서 제로에너지 건축물 지원정책에 투자하고 있는 예산 규모에 비하면 국내 예산 규모는 턱없이 부족한 것이 현실이다. 독일의 경우 다양한 지원 프로그램을 개발하고 kfw은행과 함께 막대한 예산을 투자하고 있다. 국내도 국가 온실가스 감축목표 달성을 위해 예산 규모를 키우는 노력이 절실한 시점이라 할 수 있다. 또한 예산규모를 키우는 노력과 함께 민간 기업 및 금융기관과 협력하여 다양한 금융 프로그램을 개발하는 노력도 필요한 시점이다. 미국의 사례와 같이 대출, 임대, 채권 등 다각도로 예산을 확보할 수 있는 프로그램을 개발할 필요가 있겠다.

□ 수요자 지원 창구 일원화

또한 제로에너지건축물 조성은 전 국가적 차원의 온실가스 감축 목표를 달성하기 위함으로, 부처를 초월한 지원 정책이 필요하다. 뿐만 아니라, 제로에너지건축물은 에너지 효율 개선 산업, 신재생에너지 산업, 스마트 빌딩 산업이 결합된 분야로 다양한 부처의 업역이 통합되는 성격이 강한 분야이다. 제로에너지건축물을 조성하고자 하는 수요자 입장에서도 지원 창구가 일원화 되는 효과로 인해 보다 쉽게 참여할 수 있으며 정책 홍보도 효율적으로 수행이 가능하다. 미국의 사례처럼 수요자가 각자 상황에 맞는 지원 프로그램을 한곳에서 비교 선택할 수 있도록 의사결정을 지원하는 시스템을 구축할 필요가 있겠다.

2. 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안

1) 제로에너지건축물 평가 체계 개선 방안

① off-site 신재생에너지 도입 기준 마련

□ off-site 인정 범위 설정

off-site를 도입하기 위해서는 아직 추가적으로 검토해야 하는 사항이 몇가지 남아 있다. 먼저 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 경우에만 인정해 줄 것인지, 가능한 경우에도 인정해 줄 것인지에 대한 논의가 있고, 가능한 경우에도 인정할 경우에는 에너지 자립률 구간별로 off-site 차등 인정 비율도 검토해야 한다. 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 경우를 판단하는 기준에 대해서도 기술개발 유도, 경제성 특면을 고려하여 검토해 보아야 한다. 이렇듯 어떤 건축물을 대상으로, 어느 정도 수준으로, 어떻게 인정할 것인지에 대한 보다 구체적인 기준은 추가적인 연구가 필요한 사항으로, 본 연구에서는 대지 외부 신재생에너지를 인정해주는 방법을 제시하고 이를 도입하기 위한 법적 근거 마련 방안을 제안하고자 한다.

대지 외부에서 신재생에너지 설비 설치를 도입하는 방법은 대지와 의 거리와 직접설치 여부에 따라 4가지로 구분할 수 있다. 즉 인접대지에 직접 설치하는 경우와 간접설치하는 경우, 원거리에 직접 설치하는 경우와 간접 설치하는 경우이다. 여기서 인접대지라 함은 해당 대지와 맞닿아 있거나, 인근의 신재생에너지 설비가 해당 대지의 건축물에 직접 연결되는 경우로 하고, 이를 제외한 경우를 모두 원거리로 본다.

먼저 인접 대지에 직접 설치하는 경우는 인접대지에 소유하고 있는 건축물 혹은 대지에 신재생에너지 설비를 설치하는 방법과 소유주가 다른 두 개 이상 인접 대지에서 신축이 이루어지는 경우 신재생에너지를 공동 설치하는 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우 인접 대지와 통합하여 한 대지안에서 이루어지는 건축행위로 보고 제로에너지인증 기준을 적용하는 방안이 합리적이다. 이때 인접한 두 개 이상 대지의 소유주가 다른 경우, 건축협정 등의 방법으로 신재생에너지 공동이용에 관한 규약을 만들도록 해야 하며, 제로에너지건축협정 규약 수립 가이드라인 등을 마련해야 할 것이다.

인접대지에 간접 설치하는 경우는, 건축물 인근에 있는 신재생에너지 생산 설비를 건물에서 이용하는 경우이다. 국내에서는 많은 사례가 있지 않고, 도심에서는 적용하기 어려울 수 있지만 중소규모 도시 혹은 농어촌 지역에서는 수요가 있을 수 있다. 또 유럽 등 해외에서는 마을 인근에 신재생에너지 생산 설비를 설치하고 이를 각 건물에 연결하여 사용하는 사례가 많이 있다. 아직 사례가 많지 않더라도 선제적으로 신재생에너지 생산량을 인정받을 수 있도록 법적 근거는 마련되어야 한다. 이러한 경우 설비 용량과 에너지 종류, 기존 운영 현황 등을 고려하여 구체적인 평가 체계를 마련하고 제로에너지 인증 평가 시, 신재생에너지 생산설비의 에너지계통도를 확인하도록 해야 한다.

원거리에 직접 설치하는 경우는, 건축주가 원거리에 소유하거나 임대한 건축물의 유휴 공간 혹은 대지에 직접 설치하는 방법이 있다. 이러한 경우, 외부의 신재생에너지 생산량을 포함하여 제로에너지 성능을 평가하도록 하는 방안이 필요하다. 이때 대지 내 신재생에너지 생산 유도를 위해 대지 내 에너지자립률에 따라 대지 외 생산량 인정 비율을 달리할 필요가 있다. 물론 얼마큼 인정해줄 것인지에 대한 구체적인 기준과 신재생에너지 설비 유지 확인 등의 사후관리 방안 등 구체적인 평가 체계는 추가적인 연구를 통해 도출해야 한다.

[표 5-1] off-site 인정 방안

인정범위	설치 방법	제도 개선 방안
인접 대지	직접 설치	·인접대지 혹은 건축물에 신재생에너지 설비 설치 ·소유주가 다른 두 인접대지에서 신축이 이루어 지는 경우 ·인접대지와 통합하여 한 개의 대지안에서 건축하는 것으로 간주하여 인정 ·소유주가 다른 경우 건축협정 등의 방법으로 신재생에너지 공동 이용 규약 작성 필요
	간접 설치	·인접대지의 기존 신재생에너지 설비 이용 ·연간 신재생에너지 사용량 인정 ·신재생에너지 설비 용량 및 에너지 계통도 등 확인 절차 필요
원거리	직접 설치	·원거리 대지 혹은 건축물에 신재생에너지 설비 설치 ·원거리 신재생에너지 생산량 인정 ·대지 내 에너지자립률에 따라 차등 인정 ·대지 외 신재생에너지 설비 유지 등 사후관리 방안 마련 필요
	간접 설치	·REC 구매 ·off-site 신재생에너지 구매 ·에너지절약사업 비용 조달 ·REC 및 신재생에너지 구매, 에너지절약사업 투자를 신재생에너지 생산으로 인정 ·에너지절약사업 비용 조달은 금액을 지불하는 방식으로 인정 ·대지 내 에너지자립률에 따라 차등 인정 ·구매 방법, 시기 등에 대한 구체적 기준 마련 필요

출처 : 연구진 작성

원거리에 간접 설치하는 경우는, REC를 구매하는 방법과 신재생에너지를 구매하는 방법, 에너지절약사업에 투자하는 방법 등 비용 지불을 인정해주는 방법이 있다. 이때에도 얼마큼 인정해줄 것인지, 비용 지불 방법과 기간은 어떻게 할 것인지 등 구체적인 기준 마련을 위한 추가 연구가 필요하다.

□ off-site 인정 근거 마련

위의 4가지 방법을 도입하기 위한 법적 근거는 기존의 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준 제4조의 개정을 통해 마련할 수 있다. 2018년 4월 공고된 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준 개정안을 통해 대지 외 생산량을 인정·평가할 수 있도록 별표 1-2의 에너지자립률 계산 방식을 수정하였으나, 대지 외 생산량의 범위를 어디까지로 할 것인지에 대한 내용은 아직 마련되지 못했다. 대지의 생산량 인정 범위를 포함하여 인증 기준 개정안을 표 4-9와 같이 제시한다.

인접대지에서 설치하는 경우는 기존의 평가체계를 그대로 적용할 수 있다. 하지만 인증 기준 제4조를 개정하여 하나의 대지로 간주하여 신청할 수 있음을 명시할 필요가 있으며, 소유주가 다른 2개 이상 대지에서 직접 설치하는 경우에는 공동 설치한 신재생에너지 설비 사용에 관한 건축 협정서를 제출 하도록 하고, 간접 설치하는 경우 에너지 계통도 등을 제출하여 설치 여부를 확인하도록 해야 한다.

원거리에 설치하는 경우는 지난 4월 공고된 개정안 별표 1의2에 대지 외 생산량 인정 범위를 밝히는 것으로 근거를 마련할 수 있다. 범위는 앞서 제시한 것과 같이 대지 외부 직접 설치(대지 임대, 자가 소유 모두 포함), REC 구매, 신재생에너지 구매, 에너지절약사업 비용 조달 등으로 한다.

[표 5-2] off-site 도입을 위한 건축물 에너지효율등급 및 제로에너지건축물 인증 기준 개정안

2018년 4월 공고 개정안		개선 방안	
제4조(인증기준 및 등급)		제4조(인증기준 및 등급)	
①~④ 생략 <신설>		①~④ 생략	
⑤ 생략		⑤ <u>인접한 2개 이상 대지에서 건축행위가 이루어지는 경우, 하나의 대지로 간주하여 신청할 수 있다.</u>	
⑥ 생략		⑥	
[별표 1의2] 제로에너지건축물 인증 기준		[별표 1의2] 제로에너지건축물 인증 기준	
1. 생략		1. 생략	
2. 에너지자립률(%) = $\frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량}} \times 100$		2. 에너지자립률(%) = $\frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량}} \times 100$	

2018년 4월 공고 개정안	개선 방안																				
※ 「녹색건축물 조성 지원법」 제15조 및 시행령 제11조에 따른 용적률 완화 시 대지 내 에너지자립률을 기준으로 적용한다.	※ 「녹색건축물 조성 지원법」 제15조 및 시행령 제11조에 따른 용적률 완화 시 대지 내 에너지자립률을 기준으로 적용한다.																				
주1) 단위면적당 1차에너지생산량(kWh/㎡·년) = 대지 내 단위면적당 1차 에너지 순 생산량* + 대지 외 단위면적당 1차 에너지 순 생산량* × 보정계수**	주1) 단위면적당 1차에너지생산량(kWh/㎡·년) = 대지 내 단위면적당 1차 에너지 순 생산량* + 대지 외** 단위면적당 1차 에너지 순 생산량* × 보정계수***																				
* 단위면적당 1차 에너지 순 생산량 = $\Sigma[(\text{신재생에너지 생산량} - \text{신·재생에너지 생산에 필요한 에너지소비량}) \times \text{해당 1차에너지 환산계수}] / \text{평가면적}$	* 단위면적당 1차 에너지 순 생산량 = $\Sigma[(\text{신재생에너지 생산량} - \text{신·재생에너지 생산에 필요한 에너지소비량}) \times \text{해당 1차에너지 환산계수}] / \text{평가면적}$ ** 대지 외 생산량 인정 범위 : 대지 외부 직접 설치(대지 임대, 자가 소유 모두 포함), REC 구매, 신재생에너지 구매, 에너지절약사업 비용 조달 등																				
** 보정계수	*** 보정계수																				
<table><tr><th>대지 내 에너지 자립률(%)</th><th>~ 10미만</th><th>10이상 ~ 15미만</th><th>15 이상 ~ 20미만</th><th>20이상 ~</th></tr><tr><td>대지 외 생산량 가중치</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td></tr></table>	대지 내 에너지 자립률(%)	~ 10미만	10이상 ~ 15미만	15 이상 ~ 20미만	20이상 ~	대지 외 생산량 가중치	0.7	0.8	0.9	1.0	<table><tr><th>대지 내 에너지 자립률(%)</th><th>~ 10미만</th><th>10이상 ~ 15미만</th><th>15 이상 ~ 20미만</th><th>20이상 ~</th></tr><tr><td>대지 외 생산량 가중치</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td></tr></table>	대지 내 에너지 자립률(%)	~ 10미만	10이상 ~ 15미만	15 이상 ~ 20미만	20이상 ~	대지 외 생산량 가중치	0.7	0.8	0.9	1.0
대지 내 에너지 자립률(%)	~ 10미만	10이상 ~ 15미만	15 이상 ~ 20미만	20이상 ~																	
대지 외 생산량 가중치	0.7	0.8	0.9	1.0																	
대지 내 에너지 자립률(%)	~ 10미만	10이상 ~ 15미만	15 이상 ~ 20미만	20이상 ~																	
대지 외 생산량 가중치	0.7	0.8	0.9	1.0																	
※ 대지 내 에너지자립률 산정 시 단위면적당 1차에너지생산량은 대지 내 단위면적당 1차에너지 순 생산량만을 고려한다.	※ 대지 내 에너지자립률 산정 시 단위면적당 1차에너지생산량은 대지 내 단위면적당 1차에너지 순 생산량만을 고려한다.																				
주2) 단위면적당 1차에너지소비량(kWh/㎡·년) = $\Sigma(\text{에너지소비량} \times \text{해당 1차에너지 환산계수}) / \text{평가면적}$	주2) 단위면적당 1차에너지소비량(kWh/㎡·년) = $\Sigma(\text{에너지소비량} \times \text{해당 1차에너지 환산계수}) / \text{평가면적}$																				
※ 냉방설비가 없는 주거용 건(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우 냉방평가 항목을 제외	※ 냉방설비가 없는 주거용 건(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우 냉방평가 항목을 제외																				

출처 : 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준(제2018-675호), 2018.11.15.일부개정, 제4조, 별표1의2

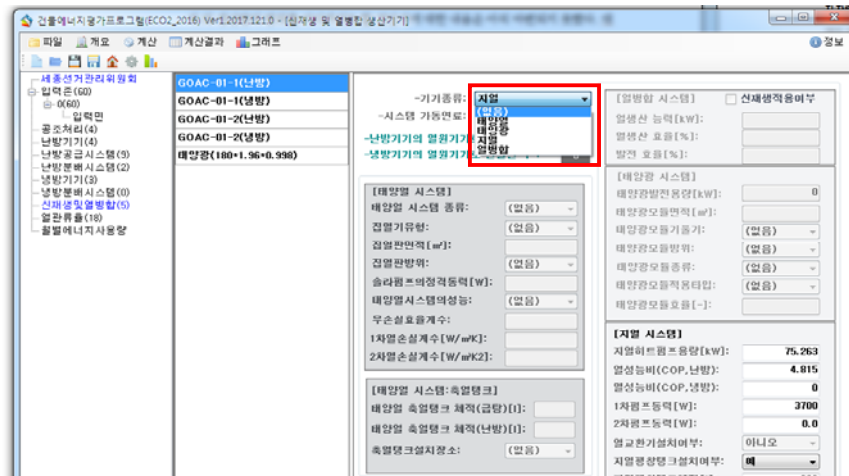
출처 : 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준(제2018-675호), 2018.11.15. 일부개정, 제4조, 별표1의2

② 제로에너지 평가 시스템 개선

□ 신재생에너지 설비 평가 체계 개선

국내에서 에너지 성능 평가에 사용되고 있는 ECO2프로그램은 기존에 만들어진 프로그램에서 사용자가 입력값을 선택하도록 하고 있는 방식으로, 현재 신재생에너지원으로 선택할 수 있는 것은 태양광, 태양열, 지열, 열병합 4가지만 마련되어 있다. 때문에 공기열 히트펌프, 풍력 등 실제 현장에서 설치되고 있는 신재생에너지원들이 평가에 반영되지 못하고 있는 실정으로 이를 현실화하여 추가적인 신재생에너지원에 대한 평가체계

를 마련해야 한다. 공기열 히트펌프의 경우 아직 신에너지 및 재생에너지 개발·이용 보급촉진법에 따른 신재생에너지원의 범위에도 속하고 있지 않지만, 우선 법에 근거한 신재생에너지원이라도 평가체계에 도입할 필요가 있다. 또한 장기적으로 공기열, 하수열을 이용하는 히트펌프 등에 대해서 신재생에너지원으로 포함해야 할 것이다. 더불어 ESS, 축열조 등 신재생에너지원의 효율적 이용을 위한 신재생에너지 설비 설치에 대해서도 인정받을 수 있도록 평가계수를 적용해야 한다.



[그림 5-1] 건물에너지평가프로그램의 신재생에너지원 적용 현황

신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행규칙에 따른 신·재생에너지 설비 정의

1. 수소에너지 설비: 물이나 그 밖에 연료를 변환시켜 수소를 생산하거나 이용하는 설비
2. 연료전지 설비: 수소와 산소의 전기화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 생산하는 설비
3. 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油)를 가스화한 에너지 설비: 석탄 및 중질잔사유의 저급 연료를 액화 또는 가스화시켜 전기 또는 열을 생산하는 설비
4. 태양에너지 설비
 - 가. 태양열 설비: 태양의 열에너지를 변환시켜 전기를 생산하거나 에너지원으로 이용하는 설비
 - 나. 태양광 설비: 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하거나 채광(採光)에 이용하는 설비
5. 풍력 설비: 바람의 에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 설비
6. 수력 설비: 물의 유동(流動) 에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 설비
7. 해양에너지 설비: 해양의 조수, 파도, 해류, 온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 설비
8. 지열에너지 설비: 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 변환시켜 에너지를 생산하는 설비
9. 바이오에너지 설비: 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령」(이하 "령"이라 한다) 별표 1의 바이오 에너지를 생산하거나 이를 에너지원으로 이용하는 설비
10. 폐기물에너지 설비: 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산하는 설비
11. 수열에너지 설비: 물의 표층의 열을 변환시켜 에너지를 생산하는 설비
12. 전력저장 설비: 신에너지 및 재생에너지(이하 "신·재생에너지"라 한다)를 이용하여 전기를 생산하는 설비와 연계된 전력저장 설비

※ 출처 : 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행규칙 제2조

□ 주거용 건축물의 냉방에너지 부하 계산 포함

주거용 건축물의 경우 현재 냉방에너지를 설치하지 않는 경우를 고려하여 난방에너지에 대해서는 소요량을 평가하고 있다. 하지만 기후변화로 인해 여름 기온이 상승하고 있는 만큼 주거용 건축물에서의 냉방에너지 사용은 점차 필수가 되어가고 있는 만큼 평가 체계에 냉방에너지도 포함해야 한다. 실제 냉방 설비에 대한 계획이 없어 냉방에너지 값을 입력하지 않을 경우 정해진 값이 자동으로 입력되어 에너지소요량을 계산하고, 입력할 경우에는 정해진 값보다 유리하게 평가 받을 수 있도록 하여 주택의 냉방에너지 수요도 관리 대상에 포함해야 한다.

□ 에너지절감 계획 요소에 대한 평가 추가 반영

제로에너지건축물 인증 업무에 참여했던 대다수의 전문가들이 신재생에너지 외 에너지 절감을 위한 계획요소들이 많이 있는데, 이에 대해 평가 프로그램에 반영되지 못하고 있는 점을 지적하였다. 자연환기, 자동점멸전등, 창호 프레임 성능 등에 대한 평가가 반영되어야 에너지소요량을 더 감소 할 수 있는 여력이 생길 것이다. 특히 현재 제로에너지 인증 기준이 에너지소요량과 생산량을 유기적으로 평가하고 있어, 소요량은 줄이지 않고, 생산량을 증가시키는 방법으로 제로에너지인증을 받을 수 있어 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축이라는 큰 정책 목표와 그 방향을 달리할 수 있다. 단열기준이 현 시점에서 최고로 강화되었다고 하더라도, 단열재 이외 다른 요소들에 대해서 적극 반영하여 에너지요구량 자체를 줄일 수 있도록 해야 한다.

[표 5-3] 제로에너지건축물 평가 체계 개선 방안 종합

구분	의무화 이전 혹은 단기	의무화 이후 혹은 장기
off-site 도입	·인접대지 신재생에너지 설치 근거 마련 : 건축물 에너지효율 등급 및 제로에너지건축물 인증 기준 제4조 개정 ·원거리 신재생에너지 도입 방법 범위 제시 : 건축물 에너지효율등급 및 제로에너지건축물 인증 기준 별표 1-2 개정 ·4가지 도입 방식에 대한 구체적인 평가 기준 마련	-
에너지평가시스템 개선	·신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에 근거한 신재생에너지원 추가	·공기열, 하수열 등을 추가적으로 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에 포함하여 평가체계에도 반영 ·ESS, 축열조에 대한 에너지 성능평가 체계 도입
	·주거용 건축물의 냉방에너지 부하 계산 포함	-
	-	·자연환기, 자동점멸 전등, 창호프레임 등 에너지절감 계획 요소 추가 반영

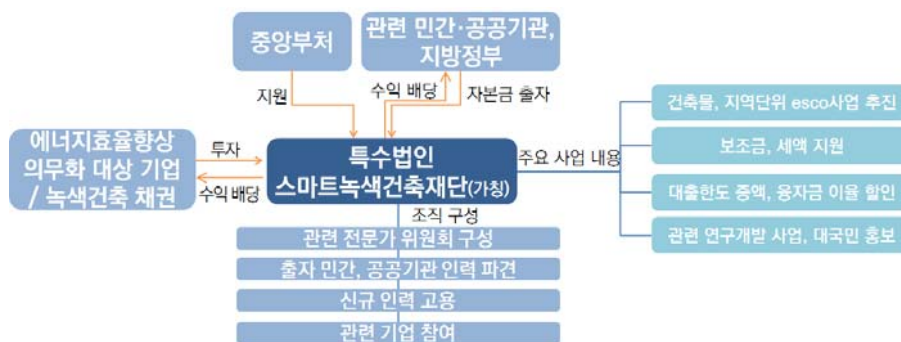
출처 : 연구진 작성

2) 제로에너지건축물 조성을 위한 추가공사비용 확보 방안

□ 추가공사비 지원을 위한 지원 센터 마련

제로에너지건축물 조성 의무화 이전에 안정적인 녹색건축 시장 형성을 위해서는 마중물로서 공공자금이 투입되어 추가 공사비용을 지원해야할 필요가 있다. 이미 제로에너지건축 기술은 개발되어 있지만 아직 시장이 형성되지 않아 비용이 많이 들고 있는 상황이 지속된다면, 의무화 시점 이후에 혼란을 야기할 수 있고 자칫 건설산업이 위축될 수도 있다. 또한 2030년 건물부문 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 신축건축물 기준 강화 뿐 아니라, 기존 건축물에 대한 에너지 성능 개선이 필수이며, 이를 위해서는 막대한 예산지원이 필요한 상황이다. 2030년 제로에너지 의무화 이후에는 제로에너지건축물 조성 시장이 형성될 것으로 예상되나, 의무 대상이 아닌 기존 건축물에 대한 성능 개선 유도 방안은 지속적으로 필요하다.

또한 제로에너지건축물 조성은 전 국가적 차원의 온실가스 감축 목표를 달성하기 위함으로, 부처를 초월한 지원 정책이 필요하다. 뿐만 아니라, 제로에너지건축물은 에너지 효율 개선 산업, 신재생에너지 산업, 스마트 빌딩 산업이 결합된 분야로 다양한 부처의 영역이 통합되는 성격이 강한 분야이다. 제로에너지건축물을 조성하고자 하는 수요자 입장에서 지원 창구가 일원화 되는 효과로 인해 보다 쉽게 참여할 수 있으며 정책 홍보도 효율적으로 수행이 가능하다.



[그림 5-2] 특수법인 운영 체계

이에 대응하여 각 부처와 관련 공공기관의 참여를 용이하도록 하기 위해 특수법인을 설립하여 제로에너지 건축물 조성을 위한 통합적 지원 방안을 마련해야한다. 환경부, 산업통상자원부, 국토교통부, 과학기술정보통신부, 기획재정부 등 에너지 및 온실가스 감축

관련 업무를 담당하는 부처와 관련 기관, 기업이 자본금을 출자 및 지원하여 특수법인을 건립하고, 녹색건축물 조성 지원법에 근거한 녹색건축 센터로 지정하여 제로에너지건축물 조성을 패키지로 지원해야한다.

특수법인은 법률로 직접 법인을 설립하는 방식과 법률에 설립 근거 규정만 두고 설립 자체는 자유의사에 맡기는 방식의 2가지 방법으로 설립이 가능하다.¹⁾ 법률로 직접 법인을 설립하는 경우, 영리 활동과 의무화 이후 영속성의 문제가 있으므로 비교적 설립과 운영이 용이한 법률에 설립 근거를 두고 자유의사에 맡기는 방식으로 설립해야한다. 이는 사회복지법인과 같이 특정 분야의 법인을 설립하거나 동업자 자조조직을 결성하는 경우에 주로 사용되며, 기본적으로 설립근거는 법률에 규정하되, 실제 설립 자체는 자유로운 의사에 따라 법인별로 법률행위를 통해 설립하게 하는 것이다.²⁾

- 예산 확보 방안

에너지특별회계, 전력산업기반기금, 환경개선특별회계, 주택도시기금 등을 활용하여 출자 및 지원을 받고, 에너지효율향상 의무화 대상 기업과 녹색 채권 투자사업 포트폴리오 등으로 부터 투자 유치를 통해 예산 확보 방안을 마련해야한다. 관련 특별회계, 기금 등으로 공공기관에 지원되는 금액을 활용하여 공공기관에서는 출자금을 확보하고, 중앙부처에서는 예산을 지원해야한다. 특히 전력산업 기반 기금의 경우에는 전기사용량이 늘어나면서 매년 수입은 증가하는데 반해 지출비용은 지속적으로 줄어서 여유 자금이 발생³⁾하고 있으므로 이를 적극 활용할 필요가 있다.

- 운영 체계

관련 공공기관, 민간기업, 지방정부에서 출자하고, 중앙부처에서 지원하는 방식으로 법인 운영 체계를 운영해야한다. 법인 조직은 출자 기관에서 인력을 파견하고 신규 인력을 고용하여 운영하고, 관련 전문가 위원회를 구성하여 법인 운영 및 사업 추진에 대한 자문을 수행해야한다. 또한, 사업 특성에 따라 위탁 등의 방법으로 관련 기관의 참여를 유도해야한다.

- 사업 범위

법인의 사업 범위로는 건축물 또는 지역단위로 직접 ESCO 사업 추진, 대출 및 보조금 지원 사업, 관련 연구개발 사업 등이 있다. ESCO⁴⁾ 사업은 기존 건축물, 신축 건축물, 신규

1) 법제처(2017), 법령입안 심사기준, pp.391-392.

2) 법령입안심사기준 제2편 법령 입안 심사의 세부기준 제2장 실체 규정 23. 특수법인.

3) 원자력신문, '전력산업기반기금, 재생에너지 촉진기금으로 썬다', 2018.09.18.

4) Energy Service Company : 제3자의 에너지사용 시설에 선투자한 후 투자시설에서 발생하는 에너지절감

택지개발 지역, 기존 도심 등을 모두 대상으로 에너지효율 개선 사업을 수행하며 사업 대상자는 신청과 심사를 통해 선정해야한다. 기존의 그린리모델링 이자지원 사업, 건축물 신재생에너지 설치 지원 사업 등 공공기관에서 중앙부처의 위탁을 받아 수행하고 있는 관련 사업을 제로에너지 건축물 조성 ESCO사업으로 발전 하되, 기존의 운영기관과 예산 규모를 유지하는 범위에서 사업 계획을 수립해야한다. 이외에도 사업 대상자 심사 기준을 마련해야하며, 건물에너지 효율 향상을 위해 에너지 진단 업무를 수행하고, 사업 계획 수립을 통해 목표 절감량, 보증 절감량에 대한 차액 보전과 성과 배분 계약을 이행해야한다. 또한, 시운전, 유지관리 및 사후 관리 등 전 과정에 대한 설치, 시공, 용역 등을 제공해야한다.

대출 및 보조금 지원 사업은 수요자 유형별, 지원 대상 유형별 프로그램을 마련하고 상황에 따라 패키지로 지원해야한다. 지원 대상자에 대한 기준 마련(예 : 제로에너지 4등급 이상 취득), 대출한도 확대, 저금리 대출 및 이자지원, 건축주, 시행사, 제로에너지건축물 매입자 등 대출 대상자 확대로 실제 수요층 반영 및 임대 건축물에 대한 제로에너지 건축물 조성 유도, 신기술 도입을 위한 설비 설치 및 유지관리 비용 지원, 컨설팅, 계획 비용 등 지원, 세제지원 등이 이에 포함된다.

[표 5-4] 법인 출자 및 지원에 활용 가능한 관련 기금 및 특별회계 현황

예산*	근거 법령	담당부처	관련 사업**
에너지 특별 회계	·에너지 및 자원사업 특별회계법(산업통상 자원부)	산업통상 자원부	·에너지정책홍보(825)
	·관련 사용처 :	(3,452)	·저소득층에너지효율개선 : 단열, 창호, 바닥배관, 보일러 교체 지원(63,865)
	-에너지 및 지하자원 관련 산업의 구조조정 사업	***	·에너지바우처(83,170)
	-에너지 절약과 신에너지 및 재생에너지사업		·중소기업 에너지진단보조(1,271)
	-에너지 복지 사업		·지역에너지 절약 : 지역에너지효율개선사업과 에너지절약시설 설치사업과 에너지산업지원(19,170)
	-위 사업과 관련된 연구개발 및 부대사업		·에너지절약전문기업육성 : 목표관리제, ESCO 사업등에 대응하여 에너지절약시설 민간용 자금 투자에 대한 이차 보전 지원(10,205)
	·재원 : 석유류 제조 · 수출입업자 과징금, 석 유판매금액의 일부, 한국석유공사 이익금 일부, 일반회계 전입 등	·녹색생활프로그램활성화 : 아파트 관리비 고지서 개선사업, 에너지절약 우수 아파트 고효 율 설비 설치 지원(323)	
		환경부 (436) *****	·환경기초시설 탄소중립 프로그램(2,657)
			·온실가스관리 인프라 구축 지원(11,522)
			·친환경 소비생활 저탄소 생산기반 구축 지원(8,558)
		국토	·녹색건축물보급 활성화지원 : 그린리모델링 활성화 등(4,906)
		교통부 (16) *****	·국가 건물에너지 통합관리시스템(3,048)
			·온실가스 감축 : 배출권 거래제(3,004)

액으로 투자비 이윤 등을 회수하는 방식.

예산*	근거 법령	담당부처	관련 사업*
전력 산업 기반 기금	·전기사업법 ·관련 사용처: -신재생에너지 개발, 이용,보급 촉진법에 따 른 신재생에너지 발전사업자 지원, 전력 계통 연계 개선 사업 -전력수요 관리사업 -도서, 벽지의 주민 등에 대한 전력공급 지원 ·재원 : 전기요금의 일부, 신재생에너지 의 무공급 과징금 등	산업통상 자원부 (3,781) ****	·신재생에너지발전차액지원: 청정에너지원으로 생산한 전력을 우선 구매, 가격 차액 발생 비용 지원(380,500) ·신재생에너지보급지원: 주택, 건물, 지역 등에 신재생에너지 설비 설치비 지원(190,000) ·태양광재활용센터구축기반조성 : 폐태양광 설비의 수거·분리·분해·재활용에 대한 관리·운영을 위한 태양광 재활용센터구축 지원(1,875) ·에너지신산업기반구축 : ESS·EMS 융합시스템보급 추진 지원(7,215) ·농어촌전기공급사업: 운영결손비 지원, 발전설비 적기 증설 등 지원(119,809) ·스마트그리드확산(11,497) ·신재생에너지 금융지원 : 에너지신사업 분야에 대한 장기저리의 금융 지원(176,000)
환경 개선 특별 회계	·환경개선특별회계법 ·사용처: -국가환경개선사업 -지방자치단체의 환경개선사업 지원 -국가가 실시하는 환경오염방지사업비의 지출 -지방자치단체의 환경기초시설설치, 민간의 환 경오염방지시설설치, 저공해제품생산시설설치 및 기술개발에 필요한 자금의 융자 ·재원 : 관유물대여료, 벌금 몰수금 및 과태 료, 관유물 매각대, 용자원금회수, 이월금, 일반회계 전입금 등	환경부 (4,417) *****	·자원순환 기반구축(2,273) ·자원순환촉진지원(3,204) ·재활용산업육성 융자 지원(128,365) ·폐자원 에너지화 기술 개발 지원(7,223) ·재활용 및 처리시설 설치 : 폐기물처리시설 확충, 폐기물 직매입 제로화 사업 등 지 원(13,657) ※관련산업 예산 총액 :
주택도 시기금	·주택도시시기금법 ·관련 사용처: 각 목에 대한 출자·융자 -국민주택의 건설, 국민주택규모 이하의 주택의 구입·임차 또는 개량 -준주택의 건설, 준주택의 구입·임차 또는 개량 -국민주택규모 이하인 주택의 리모델링 -국민주택을 건설하기 위한 대차조성사업 -공업화주택의 건설 -일정기준공정된 국민주택규모 이하의 주택 건설 -한국토지주택공사(국토) 분양가상한제 적용주택 을 우선 매입한 비용 -지정된 경제자유구역의 활성화를 위한 임대주 택의 건설 및 이와 관련된 기반시설 등의 설치에 필요한 자금 ·재원 : LH 출자 등에 대한 배당수익, 재건축초 과이익부담금, 국민주택채권 발행, 일반회계 전입금 등	국토 교통부 (73,728) *****	·임대주택지원 출자 : 국민임대출자, 영구임대출자, 행복주택출자, 임대주택리츠출자, 다가구매입임대출자, 전세임대경상보조 지원(3,310,000) ·임대주택지원 융자 : 국민임대주택, 다가구매입임대, 공공임대, 민간임대, 행복주택, 전세 임대 등 지원(8,862,600) ·구입 및 전세자금 융자 지원 : 주택구입, 전월세자금, 전세임대자금(7,350,000) ·분양주택 등 지원 융자 : 기존주택개선, 분양주택 융자, 준주택지원, 집주인임대주택, 위험건축물이주지원, 기타지출 등 지원(3,071,800) ·도시재생 활성화 : 도시재생지원 출자/융자, 소규모주택 정비, 수요자중심형재생지원, 도시재생지원사업 등 지원(680,100) ※관련산업 예산 총액 :
※ 국토교통부의 녹색건축물 보급 활성화 지원 일반회계(26)			

*괄호 : 2018년 예산(단위 : 십억)

**괄호 : 2018년 예산(단위 : 백만원)

***: 산업통상자원부(2018), 2018년 예산 및 기금운용계획 사업 설명자료, 에너지 및 자원사업 / 에너지 및 자원사업 특별회계법 제2조

****: 산업통상자원부(2018), 2018년 예산 및 기금운용계획 사업 설명자료, 전력산업기반기금 / 전기사업법 제49조

*****: 환경부(2017), 2018년도 환경부 소관 예산 및 기금운용계획 개요 / 환경개선특별회계법 제4조

*****: 환경부(2017), 2018년도 환경부 소관 예산 및 기금운용계획 개요 / 에너지 및 자원사업 특별회계법 제2조

*****: 국토부(2018), 2018년도 국토교통부 소관 예산 및 기금운용계획안 개요 / 주택도시시기금법 제9조

*****: 국토부(2018), 2018년도 예산서 각목명세서 / 에너지 및 자원사업 특별회계법 제2조 /

□ 건물부문 온실가스 배출권 거래를 통한 인센티브 제공

현재 대형 건축물의 온실가스 에너지 목표관리제를 시행하고 있고, 매년 고시되는 관리업체를 대상으로 온실가스 배출권 거래제를 시행하고 있으나, 관리 업체로 고시된 건축물에만 적용되고 있다. 이를 모든 건축물로 확장하면, 의무화 시점 이전에는 관리업체를 대상으로 온실가스 배출권을 판매할 수 있고, 의무화 시점 이후에는 의무 기준을 충족하지 못한 건축물과 의무기준을 초과한 건축물간의 거래가 가능하다. 이와 관련하여 아직 건축물 에너지소비와 관련된 측정·검증 체계가 정립되지 못했다는 지적이 있으나, 대형 건축물의 온실가스 배출량 목표관리제와 동일한 방식⁵⁾을 적용하면 일반 건축물에 대한 배출량 거래제 적용도 충분히 가능하다. 실제 에너지소비량을 기준으로 평가한다는 점에서 계획된 에너지 성능을 준공이후까지 담보할 수 있는 수단으로도 기능할 수 있다.

□ 에너지효율향상 의무화 제도의 투자 항목에 제로에너지건축물 조성 사업 포함

에너지효율향상 의무화 제도는 정부가 설정한 효율개선 목표를 에너지 공급업체에 배분하는 제도로서, 우리나라의 경우 한전 등 에너지 공급자가 에너지 효율 향상 사업에 투자하도록 하고 있다. 기존 건축물의 에너지 성능을 향상하는 사업에 투자하는 것을 적극 권장하는 방식으로 예산 확보 문제를 해결하고 뿐만 아니라 국가 온실가스 감축 목표 이행에 기여할 수 있다.

□ 용적률 인센티브 제도 현실화를 제도 개선 방안

기존 지구단위계획에 적용될 수 있도록 각 지자체의 지구단위계획 개정 적용 시달이 필요하다. 기존에 수립된 지구단위계획에 일률적으로 적용할 수 있는 법제도적 방법은 전무하지만, 각 지자체에서 경미한 변경으로 지구단위계획 직권 변경이 가능하다. 또한, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제28조와 제30조는 대통령령으로 정하는 경미한 사항인 경우에는 주민의견청취, 지방의회의견청취, 도시건축공동위원회 심의 등 관련 절차를 생략할 수 있도록 규정하고 있으며 대통령령 제25조 제4항 제14호에 따라 경미한 사항으로 변경이 가능하다. 이러한 문제점을 인식하고 최근 지구단위계획 수립 지침을 개정하여 경미한 변경에 건축법 등 다른 법령의 규정에 따른 건축기준 완화 내용을 반영하는 경우를 포함하였으나(단 공동위원회 심의 필요), 각 지자체에서는 모르고 있는 경우가 대부분이다. 국토교통부에서 각 지자체에 지구단위계획 개정 절차를 진행하도록 독려가 필요한 시점이다.

5) 3년 평균 에너지 소비량을 기준으로 초과, 잉여 배출량 등을 산정.

또한 신규로 수립되는 지구단위계획에 반영되도록 계획 수립 지침의 개정이 필요하다. 지구단위계획 수립 지침 '행위제한의 완화' 조항에 녹색건축물 조성 지원법에서 정하고 있는 제로에너지 건축물에 대한 건축기준 완화 내용을 포함하도록 명시하고, 지구단위 계획에 포함하지 않은 행위제한의 완화에 대해서는 적용할 수 없도록 하고 있는 조항을 개정하여 제로에너지건축물에 대해서는 지구단위계획에 포함되지 않아도 적용할 수 있도록 단서 조항을 마련해야한다.

[표 5-5] 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령, 지구단위계획 수립 지침 개정 방안

현행 기준	개선 방안
제3장 지구단위계획 수립기준 제2절 행위제한의 완화 3-2-2. 도시지역내 지구단위계획구역에서 대지 면적의 일부가 공공시설 등 의 부지로 제공되는 것으로 계획되는 경우에는 당해 대지의 건축물의 건폐율·용적률·높이를 각각 완화하여 지구단위계획을 수립할 수 있다.	
----- 중략 -----	
3-2-11. 지구단위계획의 행위제한 완화범위는 지구단위계획으로 결정되어야 하며, 지구단위계획에서 완화범위가 반영되어 있지 않은 경우에는 건축허가시에 행위제한을 완화할 수 없다.	3-2-11. 「녹색건축물 조성 지원법」 등에 따른 건축물의 높이 및 용적률 완화기준을 지구단위계획에 포함하여 수립할 수 있다. 3-2-12. 지구단위계획의 행위제한 완화범위는 지구단위계획으로 결정되어야 하며, 지구단위계획에서 완화범위가 반영되어 있지 않은 경우에는 건축허가시에 행위제한을 완화할 수 없다. 다만, 「녹색건축물 조성 지원법」 등에 따른 건축물의 높이 및 용적률 완화는 지구단위계획에 포함되어 있지 않아도 법에서 정한 범위안에서 완화할 수 있다.

출처 : 지구단위계획 수립 지침(국토교통부훈령 제959호), 2018.1.2. 일부개정, 제3장 지구단위계획 수립기준, 제2절을 참조하여 작성

추가로 제로에너지건축물 인증 등급이 4등급 이상인 경우 용적률 인센티브를 상향 조정해야한다. 중소규모 건축물의 경우, 제로에너지건축물 조성에 따른 사업성 확인되었고, 인증 등급을 높일수록 공사비용 부담이 크게 작용하는 만큼, 용적률 인센티브를 상향하여 등급이 올라갈수록 더 많은 용적률 완화 받을 수 있도록 할 필요가 있다. 제로에너지 인증 등급은 20~100%까지 5등급으로 분류된 반면, 용적률 인센티브는 11%~15%까지로 100% 달성을 위한 추가 공사비용을 용적률 15% 완화로는 감당하기 어려운 수준이기 때문에⁶⁾ 추가적인 연구를 통해 이를 상향 조정하여 등급별로 차등 적용해야한다.

6) 한국에너지공단(2017)에 따르면 다가구와 아파트를 대상으로 용적률 인센티브 효과 분석에서 등급별 조성 단계별 총 소요비용의 비율은 1등급 18.9 / 17.5, 2등급 16.6 / 15.3, 3등급 14.1 / 13.1, 4등급 11.8 / 11.0, 5등급 11.0 / 11.0로 1, 2등급의 경우 용적률 인센티브에 대비하여 볼 때 비용이 높게 형성.

3) 기타 행정적 지원 제도 개선 방안

인센티브 제도와 인허가 절차의 정합성 제고를 위해 건축 인허가 체크리스트에 제로에너지건축물 인증 시의 절차를 제시하고 관련 공무원에 대한 교육이 시행되어야 한다. 또한, 제로에너지건축물 인증 신청을 위해 별도로 에너지효율등급을 신청해야 하는 번거로움을 개선하여, 제로에너지건축물인증 신청 시 자동으로 에너지효율등급 인증 신청이 되도록 관련 기관간의 협업을 위한 시스템을 마련해야 한다.

제6장 결론

- 1. 연구의 결과
 - 2. 정책 제언
-

1. 연구의 결과

온실가스 감축을 위한 전 세계적인 노력과 함께 국내에서도 건물부문 온실가스 감축 목표를 발표하고 이를 달성하기 위한 노력의 일환으로 제로에너지건축물 조성 의무화 계획을 발표하였다. 이에 본 연구는 제로에너지 건축물 조성 의무화 달성 가능성을 검토하고, 제로에너지 건축물 조성 저해 요소를 도출하여 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안을 제시하였다.

제로에너지건축물 달성 가능성은 선행연구에서 밝힌 용적률, 건폐율이 에너지절감에 미치는 영향정도를 활용하여 건축물 용도별, 규모별로 제로에너지인증 5등급 달성 가능성을 검토하였다. 그 결과 일부 용적률, 건폐율 구간에서 제로에너지 달성이 어려운 경우가 있는 것으로 나타났으며, 이를 최근 5년간 건축된 건축물에 대입하면 비주거용 건축물의 약 3.2%, 주거용 건축물의 약 1.9%를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 제로에너지 달성이 가장 어려울 것으로 예상되는 공동주택을 대상으로 시뮬레이션을 시행한 결과 약 10층이상 공동주택의 경우 제로에너지 인증 기준을 만족하기 어려운 것으로 나타났다. 따라서 대지 내 신재생에너지 생산량만으로 제로에너지건축물 기준을 충족시킬 수 없는 경우에 대한 대안마련이 시급하다고 할 수 있겠다.

추가적으로 제로에너지건축물 조성 저해 요소를 도출하기 위해 사례를 분석한 결과 주거용 건축물의 경우 저밀 단독주택은 제로에너지 달성이 용이하지만, 공동주택에 비해 자금 조달 방안이 어려운 것이 문제로 나타났고, 다세대 주택의 경우도 제로에너지건축물 조성이 비교적 용이하고, 용적률 인센티브를 적용하면 사업성도 있는 것으로 나타났다. 하지만 지구단위계획 등 상위계획과 상충하여 용적률 인센티브가 실현되지 못하는 문제가 있는 것으로 파악되었고 주민들의 인식부족으로 제로에너지건축물을 마케팅 요소로 적용하는데 한계가 있는 것으로 나타났다. 또한 제로에너지인증 기준에서 적용하고 있는 신재생에너지원의 한계도 문제로 지적되었다. 아파트 사례는 제로에너지인증을 받았다는데 의미가 있지만, 지역난방 적용으로 평가에 유리하게 작용되었고, 음영을 고려하지 않고 BIPV시스템을 적용하고 기밀 수준도 최고 수준으로 적용하였음에도 불구하고 제로에너지 5등급수준에 머물렀다는데서 아파트의 제로에너지 달성이 어려움을 반증하고 있다. 비주거용 건축물의 경우 에너지평가체계에 따른 용도 프로필에 따라 제로에너지 달성 가능성에 영향을 많이 미치는 것으로 파악되었는데, 특히 규모가 큰 업무시설의 경우 지열히트펌프, 연료전지, 태양광 발전 시스템을 모두 적용하고도 에너지 자립률이 20%에 그치는 것으로 보아 제로에너지 달성이 어려운 것으로 보인다. 근린생활시설의 경우 비교적 제로에너지 달성이 용이한 것으로 파악되었다. 교육연구시설은 용도 프로필상 사용시간이 작기 때문에 제로에너지 달성에 유리한 것으로 보인다. 교육연구시설은 공공의 영역에 속하는 만큼 보다 강화된 수준으로 제로에너지의무화 기준을 마련해야 할 것으로 보인다.

제로에너지 달성 가능성검토 결과와 사례분석 결과를 종합하여 제로에너지건축물 조성 저해 요소를 도출하였는데 먼저 법제도적 요소로는 첫째, 에너지 성능평가체계가 아직 미흡하다는 것이다. 대지 내에서 신재생에너지생산량을 만족하기 어려운 경우에 대한 대안이 필요한 상황이며, 신재생에너지원의 경우 현재 태양광, 태양열, 열병합, 지열히트펌프만 평가체계에 도입되어 있는데, 시장의 요구를 수용하여 이를 확대할 필요가 있겠다. 또한 주거용 건축물의 경우 냉방에너지에 대한 평가가 이루어지고 있지 않는데, 신재생에너지원을 사용하여 냉방까지 하는 경우 냉방에너지에 대한 평가도 포함시켜 제로에너지인증 취득을 더욱 용이하게 할 필요가 있다. 두 번째로 인센티브 제도 운영상의 문제점으로 용적률 인센티브가 지구단위계획, 지자체 조례 등과의 충돌 문제로 미실현되는 사례가 발생하고 있어 이에 대한 대책 마련이 필요한 것으로 보인다. 또한 인허가 절차상의 문제로 인해 세금 감면 혜택을 받지 못하는 사례도 발생하고 있어 인허가 절차에 대한 체계도 정비할 필요가 있다. 사회경제적 요소로는 건축물 성능향상에 따른

추가비용에 대한 부담이 발생하는 문제와 아직 상용화되지 않은 신기술 도입에 따른 비용 증가문제가 제시되었다. 또한 제로에너지건축물에 대한 인식부족으로 사업성 향상을 위한 홍보수단으로 이용하기에 문제가 있는 점, 건축주가 직접 거주하지 않는 경우 상대적으로 제로에너지건축물 조성에 대한 수요가 저조하고, 실제 지원정책도 모두 건축주를 대상으로 하고 있다는 점도 문제점으로 제시되었다.

이러한 제로에너지건축물 저해요소에 대한 주요 국가의 대응을 살펴보았는데, 먼저 에너지 성능평가 체계와 관련하여 대지 내 신재생에너지 생산량이 부족한 경우에 대한 대응 방안으로 지역 및 지구 단위로 제로에너지 건축물을 인정하는 방식과 REC구매 등 외부 구입 방법, 에너지효율 추가 향상 하는 방법 등으로 대안을 제시하고 있다. 유럽에서는 구체적인 기준이 제시되지는 않았으나 단일건물 뿐 아니라 건축물 단지, 지구단위, 지역단위까지 확대하여 제로에너지 건축물 조성이 가능하도록 하고 있다. 또한 인근 지역에서 생산된 신 재생에너지를 공급받는 경우에 대해서 인정하고 있다. 미국에서는 대지 내 생산에너지와 외부에서 생산한 신재생에너지 공급, 대지 내 생산 에너지의 외부 송출까지 신재생에너지 계산 범주에 추가하고 있다. 또한 이러한 방법으로도 대지 내 신 재생에너지 생산량이 부족한 고밀도 도시지역의 건축물 등은 RECs를 구매하여 생산량을 충족할 수 있도록 하고 있다. 영국에서는 신재생에너지원으로 하는 지역 및 단지 냉난방을 에너지 계산 범주에 포함하고 있으며 대지 내 달성이 어려운 경우 현금으로 상쇄하는 방안을 논의중에 있다. 독일에서는 외부에서 구입하는 방법과 에너지효율을 추가로 15% 향상하는 방법을 제시하고 있다. 추가공사비용에 관해서는 주요국가마다 특징이 다양하게 나타났는데, 독일의 경우 막대한 예산을 투입하여 황별로 촘촘하게 담보 대출, 보조금 지원 프로그램을 만들어 패키지로 지원하고 있다. 특히 제로에너지건축물 매매 시에도 대출 지원을 해주는 점과 컨설팅, 계획, 감리 등 추가 비용을 폭 넓게 검토한 점, 지역단위 제로에너지 구축을 위한 지자체를 지원한 점, 상용 전 단계 기술 보급을 위한 설치비용 뿐 아니라 유지관리비용까지 지원하는 점이 특징이다. 프랑스의 경우 건축물 에너지효율개선 사업 수행에 필요한 기술, 금융 등의 지원을 통합적으로 지원하는 것이 특징이다. 지방정부와 CDC은행 등이 자본금을 출자하여 공공-민간 파트너십 형태로 회사를 설립하고, 에너지효율개선사업의 총 운영 및 관리를 담당하고 있다. 미국은 다양한 금융프로그램을 개발하고 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 전통적인 대출 방식에서부터 esco기업과 연계한 임대형 대출, 요금납부식 대출 등 다양한 프로그램을 제시하고 있으며, 또한 각 프로그램을 한 곳에서 관리하면서 수요자에게 각자 상황에 맞는 프로그램을 제시해주는 프로그램도 마련하고 있는 점은 국내에 시사하는 바가 크다고 할

수 있다. 또한 건축주 뿐 아니라 임대인까지도 포함하여 정책 대상으로 하고 있다는 점도 고무적이다. 금융 프로그램 이외 에도 세액 공제를 통해 제로에너지건축물조성을 지원하고 있으며, 캘리포니아 등 일부 주에서 보조금을 지원하고 있다.

국내 제로에너지건축물 조성 저해요소와 이에 대한 해외 주요 국가의 정책 현황을 종합하여 국내 제로에너지건축물 조성 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안을 평가체계 개선 방안과 지원정책 개선 방안으로 구분하여 제시하였다. 먼저 평가체계 개선과 관련하여서는 off-site신재생에너지 도입을 위한 근거를 마련하고 인정 범위를 인접대지 및 원거리, 직업설치 및 간접설치로 구분하여 제시하였다. 평가시스템에서는 신재생에너지원을 추가하고 ESS, 축열조 등 신재생에너지원의 효율적 이용을 위한 설비 설치에 대해서도 인정 받을 수 있도록 평가계수를 적용하는 방안을 제안하였다. 또한 주거용 건축물의 냉방에너지에 대해서는 냉방에너지 값을 입력하지 않을 경우 정해진 값이 자동으로 입력되어 에너지소요량을 계산하고, 입력할 경우에는 정해진 값보다 유리하게 평가 받을 수 있도록 하여 주택의 냉방에너지 수요도 관리 대상에 포함할 것을 제안하였다. 또한 자연환기, 자동점멸전등, 창호 프레임 성능 등 에너지절감 계획 요소에 대한 평가를 좀더 촘촘히 할 것으로 제안하였다. 이는 현재 제로에너지인증 기준이 에너지소요량과 생산량을 유기적으로 평가하고 있어, 소요량은 줄이지 않고, 생산량을 증가시키는 방법으로 제로에너지인증을 받을 수 있어 건물부문의 에너지 절감 및 온실가스 감축이라는 큰 정책 목표와 그 방향을 달리할 수 있는 문제의식에 대한 해결 방안으로 의미가 있다. 추가공사비용과 관련하여서는 예산 확보를 위한 노력과 함께 다양한 금융 프로그램을 개발하는 방안, 지원창구를 일원화하여 패키지로 지원하는 방안 등을 제시하였다. 또한 건물부문 온실가스 배출권 거래를 통한 인센티브 제공, 에너지효율향상 의무화 제도의 투자 항목에 제로에너지건축물 조성사업을 포함하는 방안 등 추가적인 지원 방안을 마련하였다. 또한 용적률 인센티브 미실현 문제 해결방안으로 각 지자체의 지구단위계획 개정 절차를 진행하도록 독려하는 방안과 신규로 수립되는 지구단위계획에 반영되도록 계획수립지침 개정안을 제시하였다.

2. 정책 제언

본 연구에서는 제로에너지의무화가 현재 제로에너지인증 기준의 최소 등급인 5등급 취득을 의무화하는 것을 전제로 하였다. 하지만 5등급에 해당하는 건축물은 엄밀히 제로에너지건축물이라고 보기 어려우며 nZEB(nearly Zero Energy Building)에 해당하는 것으로 보아야 한다. 향후 추가적인 연구를 통해 실제 의무화단계에서 어느 수준으로 의무화할 것인지에 대한 검토가 필요하다. 현재 국토부에서 발표한 의무화 로드맵에 맞춰 각 단계 시점의 기술 수준과 비용 등 녹색건축 산업 현황을 고려하여 적절한 제로에너지건축물의 수준을 제시해야 한다. 물론 제로에너지건축물 수준이 후퇴하지 않기 위해 의무화 시점에 앞서 시장형성을 위한 지원정책 강화를 전제로 한다. 또한 이와 함께 제로에너지건축물에 대한 용어 재검토, 혹은 대국민 홍보가 필요한데, 이는 ‘제로에너지’라는 용어가 일반 국민에게 에너지 사용량, 혹은 에너지 비용이 “0”인 것으로 오해되기 쉽기 때문이다.

또한 현재 운영되고 있는 인센티브 제도에 대해서도 각 개별 사항마다 보다 고도화하기 위한 추가연구가 필요하다. 특히 건축기준 완화 인센티브의 경우 제로에너지인증 등급에 따라 차등 폭을 두어야 한다는 의견이 많이 제시되었는데, 각 인증 등급별로 추가공사비용과 건축기준 완화에 따른 사업성 향상을 검토하여 구체적인 제도 개선 방안을 마련할 필요가 있다. 또한 건물부문의 온실가스 배출권거래제 도입, 에너지효율향상 의무화 제도에 제로에너지건축물 추가를 위해서도 구체적인 방법마련을 위한 추가 연구가 필요한 시점이다.

앞서 연구에서 제시한 정책 및 제도개선 방안은 신축 및 증개축 등 건축물 조성단계에서 적용되는 사항들과 에너지절감 방안에 대해서만 한정하여 제시하고 있다. 그간의 정부의 녹색건축 정책도 계획단계, 에너지 절감 방안에 집중되어 온 것이 사실이다. 그러나 건축물에서의 에너지절감을 지속가능하도록 하고 건축물 사용자의 쾌적성 및 안전성 확보를 위한 통합적인 정책도 검토되어야 할 시점이다. 이를 위해서는 기존 유지관리제도의 문제점을 면밀히 분석하여 에너지, 안전, 쾌적성능 등 통합적인 개선 방안을 검토해야 한다.

- 강기남, 박민주(2017), “공동주택 제로에너지 건축의 핵심기술에 관한 연구”, 「대한건축학회 추계학술발표대회논문집」, v.37(2), 대한건축학회, pp.480-483.
- 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 국토교통부고시 제2017-881호(2017. 12. 28. 일부개정).
- 「건축물의 에너지절약설계기준」 국토교통부고시 제2017-881호(2017.12.28. 일부개정).
- 경기도(2017), “경기도, 경기도 신청사 친환경 인증 획득”, 5월 22일자 보도자료.
- 곽우석(2016), “세종시 5-1생활권 제로에너지타운 가속화”, 세종의소리. 12월 22일자.
- 곽우석(2018), “세종시 5-1생활권 스마트시티 국가시범도시 선정”, 세종의소리. 1월 29일자.
- 관계부처 합동(2014), 『친환경 에너지타운 시범사업 추진계획』, 관계부처합동 기후변화 대응 TF.
- 관계부처합동(2014), “친환경 에너지 타운 설명 자료”, 9월 26일자 지자체 설명회 자료.
- 국무총리실(2014), “친환경 에너지 타운 시범사업 본격 추진”, 5월 21일자 보도자료.
- 국토교통부(2017), “경기도 신청사서울 공항공 등 제로에너지빌딩 시범사업”, 2월 15일자 보도자료.
- 국토교통부(2017), “세종 선관위·송도힐스테이트, 제로에너지건축물 인증”, 6월15일자 보도자료.
- 국토교통부 (2016), “제로에너지건축 활성화 추진방안”, 2016.12, 내부자료.
- 이승언 외(2017), 「제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구」, 세종 : 국토교통부.
- 국토교통부(2017), “행복도시내 대학설립 활성화를 통한 성장동력 확충 도모”, 9월 6일자 보도자료.
- 국토부(2018), “2018년도 국토교통부 소관 예산 및 기금운용계획안 개요”, 내부자료.
- 국토부(2018), “2018년도 예산서 각목명세서”, 내부자료.

국토교통부 통계누리, <http://stat.molit.go.kr> (검색일: 2018.08.14.).

국토교통부 홈페이지 정책마당. http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp
(검색일: 2018.09.18.14:06).

길선균(2011), “[뉴트랜드 BIPV(건물일체형 태양광발전시스템)각광] 신개념 태양광효율 무한진화 ‘대전쟁’ 임박”, 이투데이, 1월 1일자.

김미연 외(2018), “사례분석을 통한 제로에너지 건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석”, 『KIEAE Journal』, v.18(2), 한국생태환경건축학회, pp.55-60.

김민경, 임희지(2011), 「세계 주요도시의 제로에너지타운 정책비교 연구」, 서울: 서울연구원.

김승남 외(2014), 「용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구」, 안양: 건축도시공간연구소.

김진호 외(2017), “비주거 건물의 건축물에너지효율 등급에 따른 공사비 비교”, 『Journal of KIAEBS』 v.11(5), 한국건축친환경설비학회, pp.404-414.

남영태(2018), “건물용 연료전지보급 활성화 방안, 어떤 것이 있나”, 가스신문, 1월3일자 (<http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=81181>).

NEXT경기 건설본부(2017), 『2017년 연정정책과제 추진상황 보고(도시 신청사 친환경 건축 추진)』, 건설교통위원회.

「녹색건축 인증 기준」 국토교통부고시 제2016-341호(2016. 6. 17. 일부개정).

농림축산식품부(2016), 『신재생에너지를 활용한 에너지 자립형 창조마을 모델개발』, 농림축산식품부.

대한건축학회(2010), 「제로카본 제로에너지 건축기술의 이해」, 기문당.

박재구(2014), “세계최대 연료전지발전소 건설되다”, 발전산업신문, 7월25일자.

법제처(2017), 「법령입안 심사기준」, 세종: 법제처.

산업통상자원부(2014), “광주 친환경에너지타운 시범사업 시동”, 9월 4일자 보도자료.

산업통상자원부(2018), “2018년 예산 및 기금운용계획 사업 설명자료”, 내부자료.

산업통상자원부, 한국에너지공단 신재생에너지센터(2018), 「공공기관 신증개축 건축물 신재생 에너지 설치의무화제도 안내」, 산업통상자원부, 한국에너지공단 신재생에너지센터.

심재유 외(2012), “여름철 재실 실험을 통한 저에너지 공동주택의 거주 후 에너지저장 성능 평가 및 재실 쾌적도 분석”, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집 v.32(2), 대한건축학회, pp.343-344.

안병선(2018), “안산시, 올림픽기념관 내 연료전지 발전시설(5kw) 가동”, 인천일보, 2월12일자.

「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 국토교통부고시 제2018-533호(2018. 9. 3. 일부개정).

왕광익·노경식(2014), 「친환경 에너지타운 추진을 위한 국내외 추진현황 검토 및 정책과제 연구」, 안양: 국토연구원.

유성열(2017), “진천 ‘친환경에너지타운’, 연료비용·이산화탄소 절감 ‘시너지’… 지역단위 에너지 자립 자신”, 국민일보, 11월 21일자.

이명주(2017), 「한국형 제로에너지 공동주택의 최적화모형 연구」, 세종대학교 박사학위논문.

이석우(2018), “전력산업기반기금, 재생에너지 촉진 기금으로 써야”, 원자력 신문, 9월18일자 (<http://www.knpnews.com/news/articleView.html?idxno=15484>).

이재영(2016), “행복도시와 경기도 신청사, 제로에너지 시범단지 선정”, 연합뉴스, 2016년 12월 22일자.

이중수(2016), “광주 친환경에너지타운 산 넘어 산”, 투데이에너지, 3월 18일자.

정재권(2017), “에어컨 24시간 빵빵, 한달 전기료가 9만원!”, 서울신문, 8월24일자. http://www.seoul.co.kr/2017/08/24/society/society_general/2451.html.

조달청(2018), 「2017년 공공건축물 유형별 공사비 분석」, 대전: 조달청.

조상규(2010), 「저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구」, 안양 : 건축도시 공간연구소.

「지구단위계획 수립 지침」 국토교통부훈령 제959호(2018.1.2. 일부개정).

채수권 외(2016), “제로에너지 빌딩 평가를 통한 제도적 개선방안에 대한 조사 연구”, 에너지 공학 v.25(3), 한국에너지학회, pp.83-94.

최인식(2018), “지열 공동주택 적용 ‘3대 난제’ 핵심이슈”, 냉난방공조 신재생 녹색건축 점누 저널 칸, 7월1일자. (<https://www.kharn.kr/mobile/article.html?no=7158>).

최준호(2016), “충북 진천에 ‘에너지 100% 자립’ 마을”, 중앙일보, 11월 22일자.

한국건설기술연구원 외(2016), 「녹색건축인증기준해설서 2016 ver.1.2」, 한국건설기술연구원 외.

한국에너지공단(2018), 「제로에너지건축물 인증을 위한 원격검침계량기 설치도서 작성 가이드라인」, 한국에너지공단.

한국에너지공단(2018), 「제로에너지건축물 인증을 위한 건물에너지관리시스템 보고서 작성 가이드라인」, 한국에너지공단.

한국에너지공단(2018), 「제로에너지빌딩 요소기술 자료집」, 한국에너지공단.

한국에너지공단(2018), 「제로에너지빌딩 융합얼라이언스 2차년도 보고서」, 한국에너지공단.

한국에너지공단(2017), 「제로에너지빌딩 신재생 및 인센티브 효과 분석」, 한국에너지공단.

한국에너지공단(2016), 「2016 신·재생에너지의 이해」, 한국에너지공단.

한세희(2008), “GS퓨어셀, 1kw급 연료전지 시스템 출시”, 전자신문, 6월18일자.

한국에너지공단, “건물에너지평가프로그램 평가자 매뉴얼”, 내부자료.

한국에너지공단(2016), “건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정”, 2016.3.3., 내부자료.

한국에너지공단 효율관리제도 홈페이지, <http://eep.energy.or.kr/certification> (검색일: 2018.08.14./21).

한양대학교 에리카 산학협력단(2015), 「친환경 제로에너지 빌딩 구축 초기 활성화 방안에 관한 연구」, 서울: 국가건축정책위원회.

행정중심복합도시건설청(2017), “합강리 제로에너지 스마트도시 사업 내년도 본격화”, 2017년 12월 28일자 보도자료.

- 환경부(2017), “2018년도 환경부 소관 예산 및 기금운용계획 개요”, 내부자료.
- Ben Polly 외(2016), “*From Zero Energy Building to Zero Energy Districts*”, ACEEE Summer Study, (2016.5.21.-26).
- California advanced homes(2018), *2018 california advanced homse program*, California advanced homes.
- Delia D’Agostino 외(2016), *Development of the NZBs concept in member states*, Ispro Italy: European Commission.
- Department for Business, *Energy & Industrial Strategy*(2018). *Low-carbon heating of homes and businesses and the Renewable Heat Incentive*, National Audit Office.
- 「DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings」, 2010.06.18.
- DOE(2015), *A common definition for zero energy buildings*, DOE.
- DOE(2017), *Zero Energy Ready Home National Program Requirements*(Rev. 06).
- DOE(2018), *DOE Summary of Incentives from Utilities, State Qualified Allocation Plans, and Other Sources*, DOE (<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/05/f51/DOE%20Zero%20Energy%20Ready%20Home%20-%20Incentives%20Summary%20May%202018.pdf>).
- DOE(2018), *Innovation Through Collaboration: Securing a More Affordable and Reliable Energy Future Progress Report 2018*, DOE.
- Dominik Bach(2017), “*The financing of energy efficient refurbishment*”, Forum annuel du cfdd.(2017.03.16.).
- Energies POSIT’IF(2018). “*Energies POSIT’IF, one-stop-shop for low energy refurbishment of condominiums in the ile-de-france region*”. Energies POSIT’IF.
- Energize connecticut(2018), “*resedential new construction program 2018 project application*”, energize connecticut.
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy(2014), *German strategy for energy-efficient-buildings & CO2-Rehabilitation Programme*, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.
- IPEEC(2018), *Zero Energy Building Definitions and Policy Activity*, Colorado USA: OECD/ IPEEC.
- NYC Mayor’s Office of Sustainability (2017), “One city: Built to last”, 내부자료.
- P.Trocellini 외(2006), “*Zero energy buildings: A critical look at the definition*”, ACEEE Summer Study.(2006.8.14.-18.).
- Zero Carbon HUB(2016), *Fabric Energy Efficiency for Zero Carbon Homes*, Zero Carbon HUB.

독일 에너지효율 도시개발 홈페이지, <https://www.energetische-stadtsanierung.info> (검색일: 2018.08.20.~2018.08.22.).

독일 에너지효율 도시개발 사례, <https://ensa-q.niwen.de/api/contributions/44.pdf> (검색일: 2018.06.20.17:00).

독일 에너지효율 도시개발 사례, <https://ensa-q.niwen.de/api/contributions/20.pdf> (검색일: 2018.06.20.17:20).

독일 재건은행 홈페이지, www.kfw.de (검색일: 2018.05.20.-2018.06.22.).

독일 패시브하우스 홈페이지, passivehouse.com (검색일: 2018.08.01.15:00).

미국 DOE의 더 나은 건축 홈페이지, <https://betterbuildingsinitiative.energy.gov> (검색일: 2018.08.23.~2018.08.31.).

미국 신재생에너지 인센티브 안내 홈페이지 <http://www.dsireusa.org/> (검색일: 2018.08.07.~2018.08.09.).

비영리 단체 제로카본허브 홈페이지, <http://www.zerocarbonhub.org/zero-carbon-policy> (검색일: 2018.05.20. 17:00).

영국 가스·전기기관 www.ofgem.gov.uk (검색일: 2018.07.24.~2018.08.01.).

프랑스 에너지절약사업기관 홈페이지, www.energiespositif.fr (검색일: 2018.08.01.~2018.08.06.).

프랑스 에너지절약기업 홈페이지 <https://www.rouchenergies> (검색일: 2018.02.15.13:00).

An institutional study for the activation of zero energy building

SUMMARY

Kim, Shinsung
Jin, Teseung

In addition to global efforts to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, Korea has also announced its greenhouse gas reduction targets for all buildings located within the country. As part of efforts to achieve this, the government announced a mandatory planning effort and strategy to achieve Zero Energy Buildings. Therefore, in this study, we reviewed the possibility of initiating and managing the development of mandatory zero energy buildings, and the factor of inhibiting the zero energy building is derived to suggest the improvement policy and system of a plan to create zero energy buildings.

The possibility of achieving Zero Energy Buildings was examined for the possibility of achieving Zero Energy Certification Level 5 by building's use and scale. As a result, it was found that it is difficult to achieve zero energy in a certain volume ratio and coverage. It has been shown that 3.2% of non-residential buildings and 1.9% of residential buildings built in the last five years are allocated to this group. In addition, it was found that it is difficult to satisfy zero energy certification standards for apartment houses with more than 10 floors, as a result of simulations of apartment houses where is expected to be the most difficult to achieve zero energy. Therefore, it is urgent to find alternatives to the case where the new and renewable energy production in the site cannot meet the zero energy building standards.

The zero energy building case analysis showed that the inhibition factor of zero energy building is derived from a review of two elements: a legal institutional factor and a socioeconomic factor. The first of the legal institutional elements is that the energy performance evaluation system is still considered insufficient to achieve the goal of zero energy applications. In the case of new and renewable energy sources, only photovoltaic (PV), solar heat, cogeneration, and geothermal heat pumps are introduced into the evaluation system to work towards achieving zero energy status for a building. It is necessary to expand these mentioned criteria, and review it for developing alternatives to finding zero energy solutions. In the case of residential buildings, cooling energy is not evaluated as a criteria for zero energy status in this case. If cooling for a building is performed using a renewable energy source, the formal evaluation of the building system's cooling energy should be included in a review, to facilitate the acquisition of zero energy certification. Secondly, because of an incentive system operation problem, there is a case that the volume rate incentive does not appear as a conflict problem with a district unit plan, or with a local government ordinance, etc. In addition, tax incentives are not received by the builders of buildings due to licensing procedures, and for this reason it is necessary to improve the system for licensing procedures. The socioeconomic factors affecting this type of initiative include the burden of additional costs that can be incurred due to the improvement of the building performance on energy efficiency scales, and the cost increase due to the introduction of new technology which is not yet commercialized (and may therefore have higher costs to implement in an existing building). In addition, the lack of awareness of zero energy buildings poses a problem in using zero energy certification as a means of publicity to improve business performance.

We have looked at the major country responses to these obstacles to zero energy buildings. First, in response to the lack of new and renewable energy production on the site, they propose external purchasing methods such as REC purchasing, and ways to further improve energy efficiency. Secondly, with regard to the additional construction costs, these were the main features that vary by country. For example, it is seen that in Germany, large budgets were invested to activate zero energy buildings. And for various situations, the government provides packages such as mortgage loans and subsidy programs for builders and developers interested in pursuing zero energy initiatives. Likewise, in France, there are implications for establishing a company in the form of a public-private partnership, and for supporting technology, finance, etc., which is necessary for the implementation of energy efficiency improvement projects in buildings. The United States is developing a variety of financial programs for builders and developers interested in utilizing zero energy initiatives in buildings. Those programs offer a variety of programs ranging from traditional lending schemes to lease-based

loans and fee-based loans in connection with ESCO companies. It is also significant in that it provides programs through a single point of contact, operating a variety of programs tailored to different customers.

This study suggests the policy and system improvement strategy for the activation of the zero energy building initiatives in Korea by integrating the obstacles(to the establishment of zero energy buildings) and the benefits(of the policy status of major foreign countries). First, in relation to the improvement of the evaluation system, the basis for introducing off-site renewable energy was suggested, and the scope of off-site renewable energy sources is presented by dividing them into adjacent land and long distance, direct installation and indirect installation. The assessment system proposed adding new and renewable energy sources and applying facilities to efficiently use new renewable energy such as ESS and accumulators. In addition, it is suggested that when the cooling energy value of the residential building is not inputted, the predetermined value is automatically inputted to calculate the energy amount, and when it is inputted, it can be evaluated favorably than the predetermined value. This is to include the cooling energy demand of the residential building in the management subject. It also suggested that the assessment of energy saving plan factors, such as natural ventilation, automatic flashing lights, and window frame performance, should be tightened in zero energy standards. This is meaningful as a solution to the problem consciousness that can receive zero energy certification, as a way to increase the production without decreasing the amount of energy, because the current zero energy certification standard is organically evaluating the energy consumption and production quantity.

Secondly, in order to support additional construction costs, we proposed efforts for expanding budgets, the development of various financial programs and a unified package in a single point of contact. In addition, we provided additional support measures such as providing incentives through greenhouse gas emission trading in the building sector, and including zero-energy building projects in the investment items of the mandatory energy efficiency improvement system. And as a measure to solve the problem of volume incentive, we proposed the revision procedure of each local government, to revise the district unit plan and the revision plan guideline to be reflected in the newly established district unit plan.

Keywords :

Zero Energy, Zero Energy building, Zero Energy Building Certification, Zero Energy Building Mandatory, System Improvement