

해외 건물 부문 에너지효율 및 온실가스 감축 정책 동향 및 시사점

김 재엽 에너지경제연구원 부연구위원



1. 서론

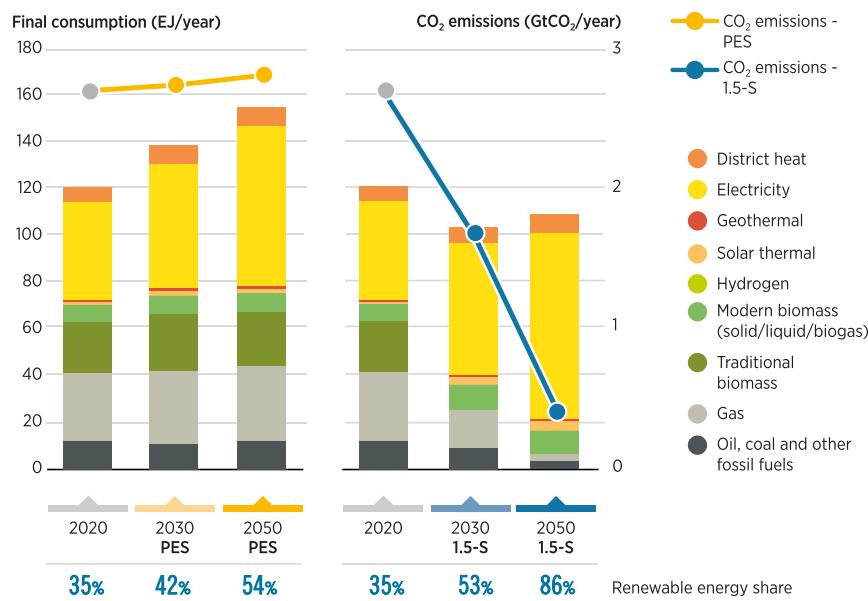
IEA(2023)의 보고에 따르면 2022년 기준 한 해 동안, 전세계 건물(주거용, 상업용, 공공용) 부문에서 직접적으로 배출된 CO₂ 배출량은 2022년 전체 CO₂ 배출량의 9%를 차지했다.¹⁾ 2050 탄소중립 이행을 필두로 사회 각 부문의 탈탄소화를 위한 여러 정책들이 강화되어 왔으나 건물 부문은 우리 사회의 에너지전환 촉진 및 탈탄소화에 크게 기여하지 못한 것이 사실이다. 또한 2020년 에너지소비 실적 상 건물 부문은 총 에너지소비의 30%를 소비했고, 건물 부문 전체 에너지소비에서 전력과 난방연료 소비가 주를 이루고 있다 ([그림 1] 참조).²⁾ 전력소비는 발전 부문에서의 전원믹스 구성에 따라 간접배출에 영향을 줄 수 있지만 화석 연료 중심의 난방연료 소비는 건물 부문의 CO₂ 직접 배출을 유발하는 주요 요인들 중 하나로 평가된다.³⁾

1) IEA(2023), pp.5~6 내용 참조

2) IRENA(2023), p.108 내용 참조

3) 실제 2020년 전세계 건물 부문 난방연료의 2/3 가량은 화석연료, 특히 천연가스로 공급되었다. 보다 자세한 설명은 IRENA(2023), p. 108 내용을 참고하기 바란다.

그림 1 1.5°C 시나리오 하의 2020년, 2030년, 2050년 최종에너지 소비량 및 배출량



주: 1.5-S = 1.5°C Scenario, EJ = exajoule, GtCO₂ = gigatonnes of carbon dioxide, PES = Planned Energy Scenario

자료: IRENA(2023), p.108 그림 재인용

건물 부문의 탈탄소화는 사회 전체의 탈탄소화에 적잖이 중요한 역할을 할 것이라는 평가가 많다. 특히 난방이나 급탕과 같은 열소비 부문의 탈탄소화는 건물 부문의 탄소저감에 중요한 역할을 할 것으로 평가되는 바, 건물 난방 및 급탕의 전력화(electrification)는 건물의 탄소배출 저감의 주요 수단으로 볼 수 있다. 실제로 파리협정에 따른 “지구온도 상승 1.5°C 제한 목표 (이하 1.5°C 시나리오)⁴⁾”의 달성을 위해서도 건물 열소비 부문의 전력화는 건물 부문의 탄소배출 저감의 핵심 요소로 간주되고 있는 실정이다.⁵⁾ UN의 1.5°C 시나리오에 따르면 2050년까지 건물은 지금보다 더 스마트해지고 에너지소비 효율이 개선되어야 한다. 건물 주요 에너지소비의 전력화로 인해 증가한 전력소비는 재생에너지 발전으로 조달될 것이며, 지열이나 태양광 등을 이용한 에너지 자가공급 체계 확립은 설비 이용자의 에너지비용 부담을 완화하면서 건물 부문 탄소중립 이행에 기여하게 될 것이다.

IRENA(2023)는 UN의 1.5°C 시나리오에 따라 건물 부문에서 가장 먼저 이행해야 할 과제로 건물 자체의 에너지소비 효율 제고를 강조하고 있다.⁶⁾ 즉 IRENA와 같은 국제기구에서는 고효율 조명 및 가전제품, 전력화 된 난방 및 조리기구의 사용도 중요하지만 노후화된 건물의 개보수를 통한 건물 에너지소비 효율 제고가 더욱 중요하다고 판단한 것으로 보인다. 실제로 선진국들을 중심으로 기축 노후화된 건물들의 개보수를 통해 2030년 및 2050년에 에너지효율이 높은 건물 비중을 각각 30%, 60%로 확대하겠다는 움직임은

4) 1.5°C 시나리는 현세기 말까지 지구의 평균 기온 상승을 산업화 이전 대비 1.5°C 이내로 제한하기 위한 1.5°C 기후 목표에 부합하는 에너지전환 경로다.

5) IRENA(2023), p.109 내용 참조

6) IRENA(2023), p.109 내용 참조

건물 에너지소비 효율 제고의 필요성이 증대되고 있다는 점을 방증한다. 한편 1.5°C 온도상승 제한 목표 달성을 부응하기 위해 건물 부문에서 기울여야 할 또 다른 노력은 전력화에 따른 전력소비 증가에 대한 적절한 대응책 마련이다. 2050년까지 건물 난방 및 급탕 등 열소비 부문의 전력화가 이루어지고, 지구 온난화에 따른 냉방수요까지 증가한다면 전세계적인 전력수요는 증가할 것으로 예상된다. 특히 IRENA(2023)에서 냉난방 부문에서 재생에너지 열원과 결합된 히트펌프 사용이 2050년까지 2020년 대비 약 12배 증가할 것으로 전망하고 있는 점을 감안할 때, 탈탄소화에 수반되는 전력소비 증가를 감당할 수 있는 전력시장 환경(망보강, 전력공급설비 확보 등)을 정비해야 할 것으로 판단된다.

결국 건물 부문 CO₂ 배출 저감과 관련해 건물 에너지효율 향상 및 전력화에 따른 전력수요 증가에 대한 전력인프라 및 정책 대응력을 제고하려면 에너지효율이 높고 재생에너지원을 통해 일정 수준 이상의 에너지자립률을 달성할 수 있는 ‘제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB)’의 확대가 중요하다는 점을 알 수 있다. 본 고는 탄소중립 이행 과정에서 건물 부문 탄소배출 저감의 중요성이 높아지고 있는 점을 감안하여 해외 주요국에서 건물 부문의 에너지효율 제고와 탄소배출 저감에 제로에너지건축물 관련 제도를 어떻게 활용하고 있는지 개관해보고 국내 건물 에너지정책에 대한 시사점을 도출해보고자 한다. 이를 위해 먼저 건물 부문 에너지소비 절감과 재생에너지 활용 촉진과 관련된 글로벌 건물 에너지정책 흐름을 짚어볼 것이다. 다음으로 건물 에너지효율 정책 및 제로에너지건축물 정책을 선도하고 있는 EU의 관련 정책의 역사와 현황을 검토하면서 국내 건물 부문 에너지효율 개선 및 온실가스 감축 정책에 대한 시사점을 제시할 것이다.

2. 글로벌 건물 에너지정책의 흐름

본 고의 서두에서 밝혔듯 2019년에서 2020년 사이 전세계 에너지소비량에서 건물 부문의 에너지소비량이 차지하는 비중은 30% 내지 35%에 달한다. 또한 건물의 난방 및 급탕 영역에서의 화석연료 사용은 건물 부문의 주요 CO₂ 배출원이기도 하다. UNEP(2020)에 따르면 2019년 실적 기준으로 건설 관련 총 CO₂ 배출량은 총 13.5 GtCO₂e 수준으로 추정되었고, 이 중 건물 자체 에너지소비로부터 유발된 CO₂ 배출량이 차지하는 비중은 약 38% 수준으로 평가되었다.⁷⁾ 기후변화대응을 위해 1.5°C 시나리오 목표를 이행하려면 향후 30년 간 건물 부문의 온실가스 배출이 대폭 감축되어야 한다는 평가가 일관되게 발표되고 있는 만큼, 건물 설계의 개선을 통해 건물 자체의 에너지효율을 제고함으로써 에너지소비를 절감한 후 남은 에너지수요를 무탄소 재생에너지를 통해 조달하는 ZEB의 특성이 중요하게 평가될 것으로 예상된다.

IRENA(2021)는 건물 부문에서의 CO₂ 배출을 효과적으로 저감하기 위해서는 건물 설계 단계에서 바닥 면적을 줄이고 일사량을 높임과 동시에 건물의 단열성능을 개선하는 구조적 변화가 필요하다고 언급한 바 있다.⁸⁾ 건물 구조 측면에서 에너지효율을 높이는 일련의 노력을 ‘패시브 요소’ 강화로 정의한다면, 무탄소

7) UNEP(2020), pp.23~24; IRENA(2021), pp.5~6 내용 참조

8) IRENA(2021), p.7 내용 참조

재생에너지 자원과의 결합 등을 통한 ‘액티브 요소’ 강화를 통해 CO₂ 저감과 에너지자립률을 최대한 끌어올릴 수 있다면 건물 부문의 에너지효율 제고와 CO₂ 배출 저감이라는 두 목표를 효과적으로 달성할 수 있을 것이라 생각된다.⁹⁾ 이에 IRENA(2021)는 선행연구에서는 에너지효율 개선 솔루션과 재생에너지 자원 이용과의 통합을 강조하며, 이와 관련된 글로벌 건물 에너지정책의 큰 흐름 중 ①친환경·고효율 건축물 확대를 위한 규정 확립, ②건물 부문 신재생에너지 이용 촉진, ③공공주택을 중심으로 한 건물 재생에너지 이용 확대의 세 가지로 요소를 중점적으로 소개하고 있다.

가. 친환경·고효율 건축물 확대를 위한 규정 확립

친환경·고효율 건축물 확대를 위한 규정 확립은 크게 등급 인증제, 건축법규 제개정, 정부조례 등을 통해 이루어진다. 먼저 친환경·고효율 건축물 확대를 위한 ‘등급 인증제(Rating Systems)’는 전세계 여러 국가에서 다양한 형태로 시행되고 있다. 영국의 BREEAM(Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), 미국의 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)는 에너지효율과 환경성을 확보한 건물을 보급하기 위한 대표적인 건물 인증제다.¹⁰⁾ 이와 같은 친환경·고효율 건축물 보급과 관련된 인증제들은 당초 자발적 성격의 제도로 운영되다가 정책 당국에 의해 점차 지침 및 규정으로 활용되는 경향을 보이고 있다. 또한 국가별로 정책 환경과 특수성을 고려해 다양한 형태의 친환경, 에너지효율 등급 인증제로 운영되고 있는 것으로 파악된다. 한편 해외에서는 중앙정부 뿐 아니라 지자체(도시) 단위에서도 친환경 고효율 건물 등급 인증제를 운영 중인데, 덴마크 코펜하겐의 경우 2012년부터 수립된 ‘세계 최초 탄소중립 도시 구현 목표’의 실현을 위해 저에너지 건물 인증제를 시행하고 있으며¹¹⁾ 싱가포르의 경우 2012년 제정된 ‘건축통제법(Building Control Act)’에 기반해 연면적 15,000 m² 이상의 건물에 대해 ‘그린마크인증제’를 시행하고 있다.¹²⁾ 특히 싱가포르에서는 3년 단위로 건물의 냉방 시스템에 대한 에너지 감사를 시행 중이며, 건물주에게 매년 에너지소비 데이터를 당국에 제출해야 할 의무를 부과하고 있다. 친환경 건물 기준을 정립하고 이를 인증해주는 시스템은 환경적으로 지속가능한 건물 설계를 유도하는 역할을 할 것으로 평가되며, 세계 각국의 그린빌딩 인증 관련 라벨은 [그림 2]와 같다.

9) 김재엽(2023), pp.10~11 내용 참조

10) World Building Design Guide(<https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems>, 최종접속일: 2023.11.30.)

11) Yale Environment 360 홈페이지(https://e360.yale.edu/features/copenhagen_ambitious_push_to_be_carbon_neutral_by_2025, 최종접속일: 2023.11.30.)

12) IRENA(2021), p.9 내용 참조

그림 2 세계 각국의 그린빌딩 인증 라벨



자료: IRENA(2021), p.10 그림 재인용

친환경·고효율 건물 사용 활성화를 위한 건축법규의 제개정 역시 널리 이루어지고 있는 실정이다. 통상 건축법규는 건물 및 구조물의 건설 및 개보수와 관련해 중앙정부와 지자체에서 수립한 일련의 규정 체계로 이해할 수 있다. IRENA(2021)는 만약 친환경 건축물과 관련된 지자체의 건축법규가 중앙정부의 기준 보다 높을 경우 건물 부문의 신재생에너지 보급을 확산시키고 에너지소비를 절감시키는 주요 기제로 작용 할 것으로 평가하기도 한다.¹³⁾ 특히 친환경 건축물 확대를 위한 건축법규들은 일반적으로 건물 에너지효율 향상을 위한 단열 표준 설정과 태양광, 태양열 등 신재생에너지 자원 보급 기준을 동시에 포함하는 경우가 많은데,¹⁴⁾ 실제로 2019년 기준 약 41개 국가에서 건물의 에너지효율 제고와 재생에너지 사용을 동시에 촉진하는 건축법규를 제정·시행하고 있는 것으로 파악되었다.¹⁵⁾

나. 건물 부문 신재생에너지 이용 촉진

건물 부문의 탄소배출 저감과 에너지효율을 높이는 방향으로 건물 에너지정책 방향이 정립되고 있는 가운데, 정부와 지자체 입장에서 건물 부문의 신재생에너지 이용을 촉진하는 것은 필연적일 수밖에 없다. 앞서 언급하였듯 건물 열소비 부문의 전력화가 건물 부문의 CO₂ 저감에 중요한 역할을 할 것으로 예상되는 시점에서, 냉난방 에너지소비의 전력화와 효율 개선은 건물 에너지정책의 중요한 흐름을 형성하고 있다. IRENA(2021)¹⁶⁾와 김재엽(2023)¹⁷⁾ 역시 건물 냉난방 에너지소비의 전력화와 효율성 개선의 필요성에 공감

13) IRENA(2021), p.10 내용 참조

14) 신축건물에 대해 태양광 및 태양열 설비 보급을 의무화하는 조례도 적지 않다.

15) REN21(2020), pp.19~20 내용 참조

16) IRENA(2021), pp.13~14 내용 참조

17) 김재엽(2023), pp.102~118 내용 참조

하고 이를 위한 건물 부문 신재생에너지 이용 활성화의 중요성을 언급하고 있다. 이러한 판단은 화석연료에 대한 의존을 탈피하기 위한 주요 대안으로 전력화가 고려되는 것은 당연할지라도 증가하는 전력소비를 재생에너지를 통해 생산된 전력으로 충당해야만 사회 전체적인 CO₂ 저감이 효과적으로 이루어질 것이라는 인식에 기반한 것으로 예상된다.

다만 건물 부문 에너지소비를 전력화할 때 증가하는 전력소비는 전력계통 운영에 부담을 줄 수 있으므로 전력 시스템의 유연성 향상을 위한 고려가 반드시 수반되어야 한다. 이러한 관점에서 IEA는 재생에너지 열원 기반 히트펌프가 이에 대한 유의미한 대안이 될 것으로 전망한 바 있으며,¹⁸⁾ 현재 지열, 수열 등 재생에너지 열원과 히트펌프의 결합을 지역난방 및 냉방 네트워크와 통합하는 프로젝트가 세계 각국에서 진행되고 있는 상황이다. IRENA(2021)에 따르면 덴마크 오르후스(Aarhus)에서는 잉여 풍력 에너지를 활용해 도시의 지역난방 네트워크에 연결된 2MW 규모의 히트 펌프와 80MW 전기보일러에 전력을 공급하고 있으며, 코펜하겐의 경우 2025년까지 풍력 및 지열 에너지로 구동되는 대규모 히트펌프 시스템을 구축하고 있다. 또한 영국 오크니 섬(Orkney islands)의 일부 가구들을 중심으로 잉여 풍력 발전을 활용해 고효율 전기난방기기에 전력을 공급하고 있는 것으로 파악되었다. 중국 허베이성 내 여러 도시에서는 정부 당국과 유관 기관들이 지역난방 및 전기난방 사용자들을 대상으로 육상 풍력발전에서 생산된 전력 중 잉여분을 거래할 수 있도록 지원 중이다.¹⁹⁾

탈탄소화 과정에서 건물 냉난방 영역의 전력화는 국가 차원의 재정적 지원이 필요한 것이 사실이다. 건물 에너지효율을 높이면서 CO₂를 효과적으로 저감하려면 지열 등 재생열원의 이용이 필요하지만 높은 초기 설비투자비와 상시 발생하는 운영 유지비의 원활한 조달을 위한 지원이 중요한 이슈다.²⁰⁾ 따라서 재생열원을 이용한 건물 냉난방 부문 전력화는 국가 차원의 보조금 지급 등의 재정지원이 필요하다.²¹⁾ 뉴질랜드에서는 ‘Warmer Kiwi Home 프로그램’을 통해 히트펌프 설치 가정의 설비 운영비 등을 지원하고 있으며, 중국은 ‘Clean Winter Heating in Northern Regions 프로그램’을 이용해 겨울철 전기난방에 대한 보조금을 지급하고 있다. 형가리의 경우 ‘H 요금제(H tariff)’를 마련해 난방 기간 전기난방기기에 공급된 전력량에 대한 전기요금 우대를 시행 중이다.²²⁾

다. 공공주택을 중심으로 한 건물 재생에너지 이용 확대

지금까지 건물 부문의 에너지효율을 높이고 CO₂ 배출 저감까지 효과적으로 달성하려면 재생에너지원과 결합한 냉난방 및 급탕 영역의 전력화가 중요하다는 점을 알 수 있었다. 그러나 냉난방 및 급탕 부문의 전력

18) IEA 홈페이지(<https://www.iea.org/articles/how-can-district-heating-help-decarbonise-the-heat-sector-by-2024>, 최종접속일: 2023.11.24.)

19) IRENA(2021), p.14 내용 참조

20) 김재엽(2023), p.117 내용 참조

21) 김재엽(2023), pp.135~138 내용 참조

22) IRENA(2021), p.14 내용 참조

화를 재생에너지원 기반 히트펌프 시스템으로 구현하려면 상당한 규모의 초기 투자비용이 발생하는 것으로 파악된다.²³⁾ 사업자의 투자비용을 회수하는 방법은 정부로부터 설비구축 관련 보조금을 지급받고 나머지 비용을 분양가나 관리비를 통해 회수하는 방법 등을 고려할 수 있을 것이다. 결국 경제성 측면에서 자본 조달이 용이한 환경이 조성되어야 재생에너지원 기반의 히트펌프 보급이 활성화 될 수 있는 셈인데, 이 경우 저소득층을 대상으로 한 공공주택은 정책적 의지가 없는 한 재생에너지 열원 기반의 히트펌프 냉난방 시스템과 같은 탈탄소 시대의 선도적 냉난방 전력화 기술로부터 소외될 가능성이 높다. 실제로 IRENA(2021)은 주거 부문에서 신재생에너지 기반 냉난방 시스템과 같은 기술적 소외가 저소득층에 발생할 가능성을 우려하고 있으며, 이에 대한 대응책으로 공공 건물에 대한 신재생에너지 이용 확대를 제시하고 있다.²⁴⁾

호주, 브라질, 멕시코 등 해외 여러 국가들에서 저소득층 주거 지원 차원에서 건물 냉난방 전력화와 신재생에너지 자원 이용을 연계하는 움직임이 활발한데, 지열 등 재생에너지 열원과 태양광을 동시에 구축한 건물의 경우 도시가스를 주열원으로 사용하고 중앙집중형 그리드로부터 전력을 수전하는 경우 대비 연간 에너지비용(전기 및 가스요금) 절감이 상당한 규모로 발생하는 것으로 알려졌다.²⁵⁾ 이러한 분석에 따른다면 저소득층의 가계 부담 완화 측면에서 건물 냉난방 전력화에 신재생에너지 자원 이용을 결합하는 것은 바람직한 정책 방향이라 판단된다. 다만 공공 건물에 대한 신재생에너지 이용을 적극적으로 확대하는 정책이 저소득층 주거 지원에만 목적을 두고 있다고 보아서는 안 될 것이다. 통상 공공 주택의 경우 정부 주도로 공급되는 것이 일반적이며, 그러한 공공 주택의 보급 근거는 일정 수준 이상의 주거 물량의 확보를 통한 서민들의 주거환경 안정이다. 이러한 관점에서 공공 주택에 신재생에너지자원 보급을 적극적으로 확대하는 조치는 장기적 관점에서 건물 부문의 CO₂ 저감에 기여할 수 있는 신재생에너지 기반 ZEB의 기술적 특성을 선제적으로 확인해 볼 수 있는 테스트베드 역할을 수행하고 있는 셈이다.

3. 선도 사례 - EU의 건물 에너지정책 역사와 동향²⁶⁾

가. EU의 건물 에너지효율 개선 노력의 흐름

지난 1973년, 석유위기에서 촉발된 에너지공급 문제는 EU에서 건물 에너지효율 개선에 대한 정책적 노력이 강화되는 계기가 되었다. 이후 건물 에너지효율 개선과 관련된 다양한 지침들이 논의되고 발표되었지만, 건물 에너지효율 개선 전반을 포괄하는 EU 정책은 1990년대에 접어들면서 본격적으로 수립되었다.²⁷⁾

23) 국내 기준으로 약 180여 세대 규모의 공동주택에 밀폐형 지열원 히트펌프 냉난방 시스템을 구축한 사례를 살펴보면 약 20억 가량의 투자비용이 발생한다. 자세한 내용은 김재엽·김현제(2022)의 pp.33~34의 내용을 참고하기 바란다.

24) REN21(2020), pp.19~20 내용 참조

25) REN21(2020), pp.19~20 내용 참조

26) EU 건물 에너지정책 동향 제시의 흐름은 M. Economidou et al(2020)의 구성과 주요 내용을 참고하였다.

27) Bertoldi, P., & Mosconi, R(2020). pp.1~5 내용 참조

김재엽(2023)²⁸⁾과 M. Economidou et al(2020)²⁹⁾ 등의 선행연구에 따를 때, 건물 부문은 에너지절감 가능성이 매우 큰 영역으로 평가할 수 있다. 패시브적 요소와 액티브적 요소가 적극 개선되어 상호 시너지효과를 내지 않는 전통적인 건물의 경우 건물 자체 에너지소비의 비효율성이 상존하고 있을 뿐 아니라, 에너지효율을 효과적으로 뒷받침하는 제도적 개선이 따라주지 못하는 등의 여러 이유로 건물의 효율적 에너지 소비가 다방면으로 저해되고 있기 때문이다.³⁰⁾ EU 집행부는 건물 부문의 에너지소비 부문에서 이와 같은 문제점을 일찍이 포착했고, 그 결과 EU 내 건물 에너지효율 개선 노력의 효시에 해당하는 세 개의 주요 지침[▲건축자재 지침(1989년), ▲보일러 지침(1992년), ▲SAVE 지침(1993년)]이 공표되었다.

먼저 살펴볼 EU의 건축자재 지침(The Construction Products Directive, CPD)은 당초 건물 및 토목 공사에 사용되는 건축 자재의 성능에 대한 신뢰성 있는 정보 제공 차원에서 수립되었다.³¹⁾ CPD를 통해 EU 내 건축 자재의 성능(건축기술 사양) 평가와 관련된 공통적 기준이 제시되었고, 건축 자재 성능의 적합성 검증 시스템도 확립되었다. 비록 CPD에서 건축자재의 에너지 성능을 직접적으로 평가하는 것은 아니었지만 건물의 에너지소비 절감을 보장하는 방식으로 냉난방 및 공조 설비를 설계하는 등의 제반 건설 작업을 진행토록 규정한 것에 CPD의 의의가 있다고 평가할 수 있다. 이후 CPD는 단순화 및 명확화 과정 등을 거쳐 2011년 ‘건축자재 규정(Construction Product Regulation, CPR)’으로 대체되었다.

한편 건물에서 가장 많은 에너지가 사용되는 것이 공간 난방과 온수 생산이라는 점에 착안, EU 집행부는 당시 대부분 에너지 효율 수준이 매우 낮았던 보일러의 에너지 효율 개선을 위한 여러 가지 지침을 제시하였다. 그 중 대표적인 것이 1992년에 채택된 ‘온수 보일러에 관한 지침(HWBD, 92/42/EEC, 이하 보일러 지침)’이다. 해당 보일러 지침은 EU의 모든 회원국을 대상으로 액체 및 기체 연료로 연소되는 새로운 온수 보일러에³²⁾ 대한 공통된 효율 요건을 제시한 사례로 평가할 수 있다. EU 집행부는 HWBD를 통해 보일러에 대한 명확화하고 일관된 에너지효율 라벨을 적용함으로써 상호 에너지성능 비교를 용이하게 만들고자 하였으며, 보다 큰 틀에서 가전제품의 에너지 라벨링 제도에 부합시키는 데에 초점을 맞추었다.

마지막으로 1993년에 채택된 SAVE 지침은 에너지효율 개선을 직접적이고 명시적으로 요구한 EU 핵심 지침들 중 하나로 평가된다. 특히 SAVE 지침은 회원국에 CO₂ 배출을 제한하고 합리적인 에너지 소비를 촉진하기 위해 에너지 효율 개선 프로그램을 개발 및 시행할 것을 요구하였다. 다만 건물 효율성에 대한 표준은 각 회원국들의 재량에 맡겼는데, 문제는 EU 회원국들 사이에 건축 기준의 강도가 천차만별이라는 점이었다.³³⁾ 이에 EU 집행부는 SAVE 지침의 제5조를 통해 모든 EU 회원국들이 충분한 단열성능을 갖춘 건물을 짓도록, 관련 정책의 개발·시행을 촉구하게 되었다. 보다 구체적으로 살펴보면, SAVE 지침은 ①소비자에

28) 김재엽(2023), pp.94~101 내용 참조

29) M. Economidou et al(2020), p.2 내용 참조

30) 다만 이와 같은 건물 부문 에너지 낭비 현상은 다양한 기술제어 시스템 등을 통해 꾸준히 개선되고 있다.

31) P. Caluwaerts et al(1996), pp.1353~1363 내용 참조

32) HWBD는 표준 보일러 및 저온 보일러, 가스 콘덴싱 보일러(4kW 내지 400kW 출력 수준)에 대해 적용되었다.

33) 일례로 덴마크, 독일과 같은 EU 회원국들의 경우 이미 다양하고 엄격한 건축 기준을 구축하고 있었던 반면 일부 남유럽 국가들의 경우 의무화 된 건축 법규 자체가 부재한 상황이었다.

계 에너지효율 수준에 관한 정보 제공 차원에서 건물 에너지 특성에 대한 설명이 포함된 ‘건물 에너지효율 인증 제도’의 시행, ②거주자가 냉난방 및 온수 소비를 개별적으로 조절할 수 있는 권리를 포함, 실제 소비량을 기준으로 한 냉난방 및 가정용 온수 요금의 청구, ③공공건물에 대한 에너지 효율 투자를 위해 제3자 자금지원의 촉진, ④건물의 단열 완비, ⑤15kW 이상의 난방 설비 정기 검사, ⑥에너지 소비량이 많은 사업장에 대한 에너지 감사 실시 등을 포함하고 있다.³⁴⁾ 이후 SAVE 지침의 에너지효율 표준 및 인증, 그리고 보일러 검사 관련 조항은 2002년 ‘건물 에너지성능에 관한 지침(Directive on the Energy Performance of Buildings)’으로 일부 대체되었다. 그리고 나머지 조항은 2006년 ‘에너지 최종 사용 효율 및 에너지 서비스에 관한 지침(Directive on energy end-use efficiency and energy services)’으로 대체되었다.

나. 에너지효율 행동계획 및 기후에너지 목표로의 발전

SAVE 지침은 EU 회원국들에게 정책적 재량을 허용하였고, 이는 EU 회원국들 간 국가 에너지효율 표준이 상이한 결과를 초래하였다. 결과적으로 건물 부문의 에너지소비 절감을 충분히 이끌어내지 못하였고, EU 집행부는 이에 대한 대응책으로 기축 건물의 단열을 강화하고 에너지효율이 높은 장비를 설치해 건물 에너지효율 인증 및 라이선스 부여를 확대하는 방안을 검토하게 되었다.

‘2000년 에너지효율 행동계획’은 건물에 대한 SAVE 지침 조항에 기반하여 에너지효율 조치의 강화를 제안하였다. 이는 곧 SAVE 지침의 이행 및 집행에 대한 접근 방식이 회원국별로 각기 달라 정책 효과 또한 국가별로 차이가 발생하게 되었다는 점을 인정한 것으로 이해할 수 있겠다. 또한 EU 집행부는 동(同) 에너지효율 행동계획을 통해 SAVE 지침을 개정, 보다 구체화 된 에너지효율 보고 및 에너지효율 기준 준수 절차의 강화를 추진하였다. 2000년 에너지효율 행동계획은 2002년 건물에너지성능에 관한 지침(The Energy Performance of Building Directive, EPBD)의 개발로 이어지는 정책 사이클 형성에 시발점이 되었다.³⁵⁾

한편 2006년, EU 집행부는 두 번째 에너지효율 행동계획(이하 2006년 에너지효율 행동계획)을 발표하였다. ‘2006년 에너지효율 행동계획’은 에너지수요 절감 등 소비 및 공급을 겨냥한 조치를 통해 연간 1차 에너지소비를 2020년 기준 에너지 소비 예측치 대비 20% 절감하는 것을 목표로 설정하였다.³⁶⁾ 이는 2020년까지 매년 1차 에너지 소비를 약 1.5% 낮추는 것에 해당한다.³⁷⁾ 또한 기존 건물의 개축 시 에너지효율 개선 의무 기준을 기존의 1,000m²에서 하향 조정해 에너지효율 개선 의무의 강화를 도모하고 신축 건물에 대해서는 패시브 하우스 수준의 저(低) 에너지소비를 달성하도록 의무화하였다.³⁸⁾ 이러한 2006년 에너지효율 행동계획 시행 이후 건물 부문 에너지효율 관련 정책 토론은 2010년 EPBD의 개정으로 이어졌다.

34) M. Economidou et al(2020), p.5 내용 참조

35) M. Economidou et al(2020), p.6 내용 참조

36) European Commission(2006), pp.2~4 내용 참조

37) 이와 같은 2006년 행동 계획의 정책 및 조치는 ‘2005년 에너지 효율에 관한 녹서(綠嶼, COM (2005) 265 최종)’에 기반하고 있으며, EU 에너지 전략에 관한 녹서(Green Paper on the European Energy Strategy)는 EU의 에너지 효율 정책 강화의 필요성을 강조하고 있다.

38) European Commission(2006), p.12 내용 참조



‘2011년 에너지효율 행동계획’에서는 건물의 에너지소비 절감 확대를 위해 민간 및 공공 부문 에너지 리노베이션(renovation)의 확대 필요성을 강조하였고 매년 중앙 정부 건물의 최소 3%를 리노베이션 하도록 제안한 바 있다.³⁹⁾ 아울러 EU 집행부는 해당 에너지효율 행동계획을 통해 EU 회원국들이 민간 부문 건물의 에너지 성능 향상을 제고하기 위한 수단과 조치를 마련토록 권고하였다.⁴⁰⁾ 이후 2014년, EU 집행부는 파리 협정으로 이어진 UNFCCC 프로세스에 제출한 국가별 자발적 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)의 달성을 촉진하기 위한 ‘2030년 에너지 및 기후 목표’를 채택하였다. 2030 에너지 및 기후 목표는 1990년 수준 대비 온실가스 배출량을 40% 감축하고 재생 에너지 소비 비중을 최소 27%로 확대하는 동시에, 최소 27% 이상의 에너지효율 개선을 달성하는 것을 목표로 한다.⁴¹⁾ 2020년 이후에는 EU 회원국들이 2030년까지 탄소 배출을 55% 감축하는 것을 목표로 하는 ‘Fit for 55’ 가 발표되었고, 2022년 러-우크라이나 전쟁 발발 이후부터는 에너지안보 제고와 기후위기대응을 동시에 달성해야 하는 상황에 직면하면서 건물 에너지효율 향상의 중요성이 더욱 강조되고 있는 추세다.

다. 건물 에너지성능에 관한 지침 (EPBD)⁴²⁾

EU에서 건물 부문 에너지정책을 법제화한 최초 사례는 ‘건물 에너지성능에 관한 지침(EPBD, 2002/91/EC)’이다. 2002년에 처음 도입된 해당 지침은 과거 EU 집행부 지침에서 강조해 왔던 건물 부문의 에너지 비용 절감 잠재력을 적극 활용하는 것을 목표로 하였다. EPBD를 통해 에너지 공급의 안정성을 향상하고 고용을 증대하며 회원국 간 건물 에너지효율의 큰 격차를 해소하고자 하였다.

39) European Commission(2011), p.5 내용 참조

40) 발전과 지역 난방 시스템을 결합한 열병합 발전의 사용 촉진 및 ‘에너지 성과 계약(energy performance contracting)’ 등의 정책 도구 활용을 대표적 세부 조치 사례로 볼 수 있다.

41) 2018년 해당 목표의 법적 근거 마련을 위한 논의 이후 재생에너지 및 에너지 효율 목표는 각각 32%와 32.5%로 수정되었다. 자세한 내용은 Veum, K., & Bauknecht, D(2019), pp.299~300을 참고하기 바란다.

42) EPBD의 내용이 매우 방대하므로, 본 고에서는 2002년, 2010년, 2018년 EPBD의 주요 내용을 요약한다. 보다 자세한 내용은 M. Economidou et al(2020) 의 pp.7~10의 내용을 참고하기 바란다.

EU 집행부는 EPBD 제11조에 따라 회원국의 공식적인 지침 적용(기한: 2006년 1월 4일) 및 시행 첫 해가 경과한 후, 해당 지침에 대한 평가 작업에 착수하였다. 평가 결과 EPBD는 일부 조항을 명확히 하고 추가적으로 강화할 요소를 반영하기 위한 전면 개정 절차에 돌입하였으며, 그 결과 2010년 5월 19일에 전면 개정된 ‘EPBD 2010/31/EU’가 채택되었다. 전면 개정된 EPBD는 ▲신축 건물 및 주요 리노베이션 중인 기존 건물에 대한 최소 에너지성능 표준 설정, ▲예비 구매자 또는 임차인에게 충분한 정보를 제공해 건물 구입 의사 결정 단계에서 최소 에너지 성능 기준을 충분히 달성하는 곳을 선택하도록 장려, ▲투자자의 신속한 에너지 효율 프로젝트 참여 지원 등의 내용을 담고 있다. 이후 EPBD 2018을 거쳐 2023년 12월 EPBD 개정안이 발표되었다.

1) EPBD 2002

2002년 발표된 EPBD는 신축 건물 및 대규모 개축을 진행하는 1,000m² 이상 기축 건물에 대해 최소 에너지성능 요건과⁴³⁾ 에너지성능 인증서 제도, 보일러 및 공조 시스템 검사 등에 대한 내용을 담고 있었다. 즉 대형 공공건물에 대한 실내 권장 온도 설정 및 에너지성능인증서(Energy Performance Certificate, EPC) 개시의 필요성을 명시하는 한편, 자격을 갖춘 공인 전문가가 건물의 보일러와 냉난방 공조 시스템에 검사를 강화된 조건에 맞추어 시행할 수 있도록 조치한 것이다. EU 집행부는 보완성 원리와 각국의 특수성을 고려하되, 3년 이내에 회원국들이 EPBD 조항을 자국에 도입하도록 회원국들에게 요구하였다. 당시 기준으로 각국 건축법과 에너지 인증제도 관점에서 새로운 지침에 해당하였으므로 일부 회원국에 대해서는 EPBD의 조항 준수까지 추가적인 유예 기간을 신청할 수 있도록 선택권을 부여하기도 하였으나 기본적으로는 3년 이내 EPBD 조항 도입을 원칙으로 하였다.

2) EPBD 2010

2009년 EU 집행부는 기존 EPBD의 일부 조항의 강화, 2006년 에너지효율 행동계획에 명시된 ‘추가적인 에너지 절감’ 목표의 달성을 촉진하는 ‘EPBD (2010 /31/EC)’를 발표하였다. EPBD 2010의 주요 목적은 각 회원국에서 채택한 국가별 최소 에너지성능 요건이 에너지 절감 및 온실가스 배출 감축 측면에서 서로 유사한 수준의 목표를 추구하도록 만드는 것이었다. 일부 국가의 에너지성능 기준이 타 국가에 비해 현저히 불충분하고 비용 효율적이지 않았기 때문이었다. 이에 EPBD 2010의 제5조에서 건물 에너지 요건 설정의 기본 원칙으로 ‘비용 최적화 방법론’이 도입되었고, 제9조에서는 ‘거의제로에너지 빌딩(Nearly Zero Energy Buildings, NZEB)’의 개념이 도입되었다. 그 결과 2021년 1월까지 모든 신축 민간 건물은 국가에서 규정한 NZEB 기준을 준수하게 되었다.

아울러 EPBD 2010은 에너지성능 기준 및 설치 요건과 관련해 기축 건물 리노베이션 기준을 1,000m² 이상 건물로 제한한 기준을 폐지하였고 건물의 기술 시스템(난방, 온수, 환기, 냉방, 공조)에 에너지 성능 요건을 적용하였다. 또한 난방 및 공조 시스템의 에너지인증 조항 등을 강화해 에너지성능 개선의 효과를 제

43) 건물 에너지 사용량은 실내외 기후조건, 건물 위치 및 방향, 건물 외피 및 열 특성, 패시브 솔라 시스템 및 일사 차단, 자연환기 및 패시브 전략, 난방/온수/냉방 및 환기 설비, 빌트인 조명 설비(비주거 기준), 자체 에너지 생성 등을 고려하도록 하였다.

고하였다. 무엇보다 EPBD 2010은 에너지 혁신 촉진 차원에서 재정적 인센티브의 중요성을 강조하였다. 이에 따라 각 회원국들은 에너지효율 향상을 위한 국가 차원의 재정적 조치를 EU 집행부에 제출해야만 하였다. 마지막으로 EPBD 2010은 EU 집행부 차원에서 건물 에너지효율 및 성능 개선에 대해 각종 기금을 통한 재원 지원을 할 수 있는 제도적 기반이 되었다.

3) EPBD 2018

EU 집행부는 에너지 연합 패키지의 이행을 위해 2016년 11월 EPBD 등을 개정하는 작업에 착수하였다. 개정 과정에서 EPBD를 ‘2030 에너지 및 기후 목표’에 부합하도록 조정하는 다수의 조치를 시행하였다. 한편 EU 집행부는 유럽 전역의 건물 에너지 성능 관리를 위해 신규 건물 데이터베이스인 ‘EU 빌딩 스톡 옵저버토리(Building Stock Observatory)’를 신설하였고, 기축 건물의 리노베이션에 대한 직접 투자를 촉진하고 투자 규모까지 확대하기 위해 100억 유로 규모의 공공 및 민간 자금 추가 확보를 추진하였다. 그 결과 ‘스마트 빌딩을 위한 스마트 금융(Smart Finance for Smart Buildings)’이니셔티브’가 출범되었다.

2018년 6월 19일 발표된 ‘EPBD 2018(2018/844/EU, 2018년 7월 9일부터 발효)’은 2050년까지 건물의 탈탄소화와 이를 위한 투자 동원을 목표로, 기축 건물의 비용 효율적 개축을 가속화하는 목적을 내포하고 있다. 이에 더해 건물 주차장에 전기자동차 충전 인프라 구축을 의무화하여 전기자동차 확산을 지원하는 한편, 건물 자동화를 포함한 스마트 기술 도입 및 건물 기술 시스템 고도화를 위한 여러 조치들이 포함된 것으로 파악된다. 회원국은 20개월 내에(2020년 3월 10일까지) EPBD 2018의 주요 지침을 국내법에 반영해야 했으며, 아래와 같은 조항들이 특징적이다.

- ① 회원국은 보다 효과적인 장기 리노베이션 전략(LTRS)을 수립하여 적절한 재정적 조치를 파악하고, 전략의 준비 및 이행 과정에서 이해관계자와 협의하여야 한다.
- ② 회원국은 에너지 리노베이션 프로젝트 시 보다 포괄적인 접근법을 장려하여 비용 효율적인 심층 리노베이션을 촉진해야 한다.
- ③ EU 집행부는 건물의 스마트 준비 상태를 평가하기 위한 EU 공통 제도를 개발할 것이며, 회원국은 이를 선택적으로 적용할 수 있다.
- ④ 건물의 스마트 기술 및 ICT 도입을 촉진할 것이며 이를 위해 건물 자동화 및 제어 시스템 설치에 대한 요건을 도입하고 실내 온도 조절 시 기존의 건물 수준에서 호실 수준으로 온도 조절 기준을 조정하는 요건을 적용하여 건물 운영의 효율성을 높인다.
- ⑤ 일정 규모 이상의 건물에 전기 충전소에 대한 최소 요건을 도입하고 이보다 규모가 작은 건물에는 최소 인프라를 설치하여 e-모빌리티를 지원한다.
- ⑥ 회원국은 국가 간 비교가 가능도록 국가 에너지성능 요건을 표기해야 한다.
- ⑦ 에너지성능 인증제의 투명성과 품질을 개선한다.
- ⑧ 공기질 및 환기 등을 강화하여 건물 사용자의 건강과 삶의 질을 증진한다.
- ⑨ 노후 건물 리노베이션을 통해 에너지 빈곤을 퇴치하고 가정용 에너지 요금을 인하한다.

4) EPBD 2023 개정안

2021년 EU 집행부는 2030년까지 모든 신축 건축물에 대해 Net-zero 목표를 달성하고, 2050년까지 건물 부문 탄소배출을 제거하는 지침을 발표하였다. 이러한 지침은 1년간의 합의를 거쳐 2023년 12월, ‘건축물 에너지 성능에 관한 지침(EPBD)’ 개정안으로 발표되었다. 주요 내용을 보면, 2030년 1월 이후부터 건설되는 모든 신축 건물은 탄소중립 건축물이어야 한다.⁴⁴⁾ 아울러 이러한 탄소중립 건축물을 신재생에너지 를 이용해 소량의 에너지로 고도의 에너지 성능을 발휘해야 한다. 기축 건물에 대해서는 에너지소비 효율 개선을 위한 리모델링을 촉진하는 방안이 포함되었다. EU 집행부는 2026년 말까지 250m² 이상의 모든 신규 공공 및 비주거용 건축물에 대해, 2029년 말까지는 모든 신규 주거용 건축물에 대해 태양에너지 관련 설비를 설치하는 지침 마련을 추진 중이다.⁴⁵⁾

4. 결론 및 국내에 대한 시사점

EU의 사례에서 살펴보았듯, 1980년대부터 건물의 에너지성능 및 소비의 개선을 위해 일관되고 다양한 지침을 지속적으로 발표해 왔다. 이러한 정책 기조는 UNFCCC 하에서 기후변화 대응 약속을 이행하고 에너지 공급의 안정성을 향상시켜야 하는 정책적 목표 하에 점진적으로 강화되는 추세다. 한편 최근 개최된 COP28에서 2030년까지 재생에너지 설치 용량을 현재 대비 3배 증가시키고 에너지효율은 현재 대비 2배 증가시키는 합의에 이르렀다.⁴⁶⁾

중요한 점은 건물 부문의 에너지성능 및 효율 개선에 있어 기후 변화가 건물에 미치는 영향을 고려해야 한다는 점이다. 단기간의 극심한 추위나 더위와 같은 이상기온 현상은 NZEB 목표 달성을 위한 최적의 효율성 조치 선택 뿐 아니라 난방 및 냉방 부하에도 영향을 미칠 것으로 보인다. 현재 건설 또는 개조된 건물이 향후 수십 년 동안 사용된다는 점에서 기후 변화가 건물에 미칠 영향에 대한 검토의 필요성이 강조되고 있는 바, 기후, 사회 및 기술적 진보를 통해 정책 시너지 효과를 창출하는 것이 NZEB를 광범위하게 확대하는 데 있어 점점 더 중요해질 것이다.

또 한 가지 주목할만한 점은 건물 부문 에너지 성능 및 효율 개선 등을 위해 재정적 인센티브 확보가 중요하다는 인식이 강화되고 있다는 점이다. 실제로 독일의 경우, 개인, 기업 그리고 공공 등 사업 주체들에 대하여 맞춤형 지원제도를 운영하고 있고 다양한 금융지원 프로그램의 개발을 통해 사업성 확보를 유도하고 있다. 과거 EU에 가입되어 있던 영국 역시 정부 차원의 다양한 재정지원 프로그램을 ZEB 보급 활성화 및 건물 에너지효율 개선 등을 위해 활용하고 있다. 소규모 사업체, 병원, 학교 등 타 공공기관의 재정지원을 받지 않은 기업과 공공기관 및 비영리기관을 대상으로 한 재정지원 프로그램으로 건물 부문 에너지

44) 공공 부문 건물에 대해서는 2027년 1월부터 적용된다.

45) European Parliament Report(https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033_EN.html, 최종접속일: 2023.12.1)

46) Shin & Kim(2023), pp.1~3 내용 참조

효율 개선 및 ZEB 확대를 도모하고 있다. 또한 장기 재정지원 프로그램의 일환으로 신재생 열에너지 기술 이용에 수반되는 비용에 대해 20년간 분기별로 재정을 지원하고 있다.

EU 외의 국가들 중에서 미국은 미국 전역의 공공, 상업, 산업, 주거용 건축물의 에너지 효율을 20% 개선시키기 위해 필요한 기술 확보를 위해 다양한 재정지원 프로그램을 운용 중이다. 특히 사업의 원활한 추진을 지원하기 위해 Lease Financing, Energy-Efficient Mortgages 등 에너지효율 및 건물 부문 신재생 에너지 관련 사업을 활성화하는 대출 지원을 추진하고 있다([그림 3] 참조).⁴⁷⁾

그림3 해외 주요국 제로에너지건축물 지원 정책 현황 요약

 <ul style="list-style-type: none"> • 추가로 소요 비용 부담에 대한 재정적 지원 목적 • 다양한 금융프로그램의 개발: 용도별, 규모별로 금융프로그램을 조합, 패키지 지원 • 개인, 기업, 공공에 대한 맞춤형 지원 • 지역단위 에너지효율 도시 재개발사업을 대상으로 시범사업 추진 	 <ul style="list-style-type: none"> • 신재생 열에너지 이용에 수반되는 추가비용 부담에 대한 정부의 재정 지원 프로그램 운영 • 소규모 사업체, 병원, 학교 등 타 공공기관의 재정지원을 받지 않은 기업, 공공기관 및 비영리기관 대상 • 신재생 열에너지 기술 이용에 수반되는 비용에 대해 20년간 분기별로 재정 지원
 <ul style="list-style-type: none"> • 미국 전역의 공공, 상업, 산업, 주거용 건물의 에너지효율을 20% 증진시키는데 필요한 기술, 금융 관련 다양한 지원 프로그램 운영 • Lease Financing, Energy-Efficient Mortgages 등: 에너지효율 및 재생에너지관련 사업 대출 지원 • 건설소유자 또는 관리자, 전력회사 및 기업경영진 등 주요 이해관계자 등 지원대상 광범위 	 <ul style="list-style-type: none"> • 지원 대상: 주거용 건축물의 에너지효율 개선사업을 수행하고자 하는 주택소유자 또는 입주자 • 공공-민간 파트너십 형태로 Energies POSITIF가 총 운영 및 관리를 담당(정부, 은행, 시정부 등이 함께 지분을 보유) • 노후 주거용 건축물의 조사-자금조달-사업-모니터링 등

자료: 김영덕(2022), “2022 부동산 입법포럼”, 아주경제 발표자료

이를 감안할 때 건물 부문 에너지효율 개선 및 신재생에너지 이용 활성화를 위한 인센티브 제도의 실효성 확보를 위해서는 ZEB 사업에 참여하는 참여 주체별, 사업 규모별로 세분화되고 차별화된 인센티브 제도의 개발 및 운용이 필요하다. 특히 선진국들처럼 저금리 대출·이자 지원 등 금융지원 프로그램을 마련하고, 시행할 필요가 있다. 현행 인센티브 제도들도 인센티브의 폭을 대폭 상향하여 건축주 등 발주자들의 ZEB에 대한 사업 참여를 적극 유도해야 할 것인데, 특히 정부 재정부담 완화 및 정책효과 극대화를 위해 민간 부문의 직접 투자를 유도할 필요가 있다. 따라서 해외 주요국들이 ZEB 지원정책에 투자하고 있는 예산 규모를 비교해 건물 부문 온실가스 감축 목표 달성을 위한 사업 예산 규모를 키우는 노력이 절실한 시점이라 생각된다.

47) 건물 소유주 또는 관리자, 전력회사 및 기업 경영진 등 지원대상도 대폭 확대해 재정 지원 인센티브의 실효성을 제고하고 있다.

참고문헌

국내 문헌

- Shin & Kim, “COP28 주요 내용과 시사점”, 법무법인(유) 세종, 2023
- 김영덕, “2022 부동산 입법포럼 발표자료”, 아주경제, 2022
- 김재업, 국내 건물 부문 신재생에너지 이용 활성화를 위한 정책 연구, 경제인문사회연구회, 2023
- 김재업·김현제, 지열냉난방 시스템 보급을 통한 환경편의 개선효과 분석, 에너지경제연구원, 2022

외국 문헌

- Bertoldi, P., & Mosconi, R., “Do energy efficiency policies save energy? A new approach based on energy policy indicators (in the EU Member States),” *Energy Policy*, Vol. 13, 2020
- European Commission, Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, COM(2006)545 final, 2006
- European Commission, Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, COM(2006)545 final, 2011
- IEA, CO₂ Emissions in 2022, 2023
- IRENA, Renewable Energy Policies for Cities, 2021
- IRENA, World Energy Transktions Outlook 2023, 2023
- M. Economidou, V. Todeschi, P. Bertoldi, D. D'Agostino, P. Zangheri, L. Castellazzi, Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings, *Energy and Buildings*, Vol. 225, 2020
- P. Caluwaerts, C. Sjöström, S.E. Haagenrud, “Service life standards: background and relation to the European construction products directive,” Proceedings of the 7th International Conference on Durability of Building and Construction Components and Materials, 19-23 May 1996, Stockholm, Sweden, 1996
- REN21, Renewables 2020: Global Status Report, 2020
- UNEP, 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector, 2020
- Veum, K., & Bauknecht, D., “How to reach the EU renewables target by 2030? An analysis of the governance framework,” *Energy Policy*, Vol. 127, 2019

웹사이트

- European Parliament Report, “REPORT on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast), https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0033_EN.html (최종 접속일: 2023.12.1.)
- IEA, “How can district heating help decarbonise the heat sector by 2024?” <https://www.iea.org/articles/how-can-district-heating-help-decarbonise-the-heat-sector-by-2024> (최종접속일: 2023.11.24.)
- World Building Design Guide, “Green Building Standards And Certification Systems,” <https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems> (최종접속일: 2023.11.30.)
- Yale Environment 360, “Copenhagen's Ambitious Push To Be Carbon Neutral by 2025,” https://e360.yale.edu/features/copenhagen_s_ambitious_push_to_be_carbon_neutral_by_2025 (최종접속일: 2023.11.30.)