

국내 ZEB 공동주택 잉여전력 활용 시나리오 구축을 위한 제도 및 시장 동향 분석

Analysis of Institutional and Market Trends for Establishing Surplus Power Utilization Scenarios in ZEB Apartment Houses in the Republic of Korea

○ 박 보 랑* 최 영 재** 문 진 우***
Park, Bo-Rang* Choi, Young-Jae** JIN WOO MOON***

Abstract

This study provides a foundational analysis for optimizing surplus renewable energy in Zero Energy Buildings, responding to the 2025 mandatory ZEB certification for multi-family housing. Current net-metering systems face limitations, including uncompensated surplus power and supply-demand imbalances. This research examines recent policy trends, such as the Distributed Energy Promotion Act, and technical trends in flexibility resources like ESS and EV. The analysis indicates that utilizing flexibility resources integrated with an Intelligent Energy Management System and adopting Power Purchase Agreement models are key to maximizing self-consumption. These findings serve as a basis for developing future operational scenarios based on real-world data.

키워드 : 제로에너지건축물, 공동주택, 잉여전력

Keywords : Zero Energy Building, Apartment House, Surplus Power

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 필요성

최근 전 세계적인 기후 위기 대응을 위해 건물 부문의 탄소중립이 가속화됨에 따라, 정부는 ‘2025 탄소중립 로드맵’을 통해 제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB) 의무화 대상을 단계적으로 확대하고 있다. 2023년 공공 공동주택을 시작으로, 2025년부터는 30세대 이상의 민간 공동주택까지 ZEB 인증의 의무화되었으며, 이에 따라 공동주택 내 태양광발전시스템 등 신재생에너지 설비 설치 용량이 급격히 증가하고 있다.

그러나 현재까지의 신재생에너지 보급 정책 및 연구는 주로 설계 및 시공단계에서의 패시브 성능 확보와 액티브 설비의 용량 산정에 집중되어 왔다. 실제 건물의 운영 단계에서 발생하는 신재생 잉여전력의 효율적 활용이나 에너지 자가소비율 증대를 위한 제도적 기반 및 운영 전략은 매우 부족한 실정이다. 특히 공동주택 태양광 발전 시간대와 입주민의 전력 소비 시간대가 일치하지 않는 수급 불균형 문제가 발생한다. 발전량이 부하를 초과하여 발생하는 잉여전력은 적절한 활용 방안의 미비로 인해 계통으로 무상 유입되거나 발전을 강제로 제한해야 하는 상황에 놓여 있으며, 이는 에너지 이용 효율을 저하시키고 공동주택 에너지 자립률 향상에 큰 걸림돌이 되고 있다.

향후 ZEB 평가제도가 고도화됨에 따라 생산된 전력을 시간대별로 어떻게 배분하고 활용할 것인가에 대한 운영 전략은 가장 중요한 정책적 과제로 부상할 것이다. 이에 본 연구는 ZEB 공동주택 운영 단계에서의 잉여전력 최적 활용을 위한 선제적 시나리오를 구축하고자 하며, 그 첫 단계로 국내외 관련 제도 및 시장 동향 분석을 통해 시나리오 도출을 위한 기초 근거를 마련하고자 한다.

1.2 연구 목적 및 방법

본 연구의 목적은 ZEB 공동주택의 신재생 잉여전력을 효율

적으로 활용하기 위한 최적 경로 시나리오 구축의 기초 근거를 마련하는데 있다. 특히, 잉여전력이 단순 계통 무상 유입되는 한계를 극복하고, 자가소비율을 극대화할 수 있는 제도적·기술적 방안을 모색하고자 한다.

이를 위해 첫째, 국내 ZEB 관련 정책과 ‘분산에너지 활성화 특별법’ 등 최신 제도 동향을 분석한다. 둘째, 현행 전기요금 체계와 상계거래 제도의 함계점을 도출한다. 셋째, ESS 및 EV 등 유연성 자원의 활용 가능성을 검토하여 향후 연구에서 진행될 시나리오 모델링의 변수를 설정한다.

2. ZEB 관련 정책 및 제도 현황

2.1 ZEB 의무화 및 인센티브

국토부의 제로에너지건축물 보급 활성화 로드맵에 따라, 공동주택은 건물 에너지 자립률에 의해 1-5등급의 인증을 부여받는다. 2025년부터 30세대 이상 민간 공동주택으로 의무화 대상이 확대되었으며, 인증 등급에 따라 용적률 및 건물 높이 제한 완화, 취득세 감면 등의 인센티브가 제공되고 있다. 그러나 현재의 평가 방식은 연간 단위 에너지 생산량과 소비량을 기준으로 산정하기 때문에, 실시간 수급 불균형에 따른 잉여전력 발생 문제는 등급 산정 시 충분히 반영되지 못하고 있다.

2.2 상계거래 및 요금체계

국내 신재생에너지 발전 전력의 주요 처리 방식인 상계거래는 한전의 신재생에너지 발전 전력 상계거래 지침 등에 근거한다. 상계거래는 태양광 발전량이 소비량 보다 많을 경우 남은 전력은 한전 계통으로 송전되어 다음달 소비량에서 차감된다.

공동주택 공용부의 경우 세대와 달리 부하가 일정하여 누진제에 의한 절감 효과가 낮다. 또한, 월간 누적 발전량이 소비량을 초과하여 발생하는 미상계 이월 전력에 대해서는 현금 보상이 이루어지지 않으므로 경제적 손실이 발생한다.

2.3 분산에너지 활성화 특별법 및 신규 시장 동향

2024년 6월 시행된 분산 에너지 활성화 특별법은 잉여전력 활용의 새로운 전환점이 되고 있다. 분산 에너지 활성화 특별법은 가상발전소(VPP), 통합발전소를 제도화하여 소규모 분산 자

* 중앙대 건축학부 연구전담교수, 건축학박사

** 중앙대 건축학부 연구전담교수, 건축학박사

*** 중앙대 건축학부 건축학부 교수, 공학박사

(교신저자 : gilerbert37@cau.ac.kr)

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2026-25782314).

원을 묶어 전력시장에 참여하거나 분산에너지 특화지역에서는 지역 내 사용자에게 직접 전기를 공급할 수 있는 기반을 마련하고 있다. 다만 공동주택 잉여전력을 일반적으로 자유롭게 판매할 수 있다는 뜻은 아니며 구체적 거래는 인허가·시장규칙·특화지역 지정 여부에 따라 달라진다. 공동주택은 집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률의 적용을 받는 특성상, 잉여전력 활용을 통한 수익 발생 시 이에 대한 수익 배분 기준 마련 및 입주자 동의가 필수적이다. 이는 기술적·제도적 인프라가 갖춰지더라도 실제 현장 적용을 위해 반드시 해결되어야 할 실무적 핵심 변수로 작용한다. 표 1에 국내 잉여전력 처리 방식을 비교하고 공동주택에 적용하기 위한 조건을 정리하였다.

표 1. 국내 잉여전력 처리 방식 비교 및 공동주택 적용 조건

구분		상계거래	분산 에너지 활성화 특별법 구조	
			일반지역	특화지역
정산방식		전기요금 차감(이월)	실시간 전력거래 및 정산	전력 직접거래
적용자원		태양광	태양광, ESS, EV	에너지 유연성 자원
조건		상계거래 지침 준수	VPP 자원 등록 및 정산구조	특화지역 지정 및 사업자 요건 충족
공동주택	가능 여부	매우 높음	제한적	높음
	해결 과제	미상계 전력 무상 유입	중개 및 정산 시스템 필요	특화지역 지정 및 사업권 확보
		입주자 기존 관리규약 준용	입주자 수익 배분 합의 필요	입주자 직접거래 동의 및 규약 개정
	예상 혜택	공용부 전기요금 절감	잉여전력 판매 수익 창출	사용자 간 직접 전력 판매

3. 시장 및 기술 동향

3.1 유연성 자원 인프라 보급 및 기술 동향

ZEB 공동주택 잉여전력 활용을 위한 핵심 인프라인 에너지 유연성 자원은 최근 정책적 지원과 기술 고도화에 힘입어 보급이 가속화되고 있다. 핵심 저장 자원인 ESS의 경우 과거 화재 안전성 우려로 도입이 위축되었으나 리튬인산철 배터리 보급과 강화된 ESS 화재예방 안전기준 정립에 따라 신축 단지를 중심으로 설치 사례가 증가하고 있다. 이와 관련하여 송수원 외(2024)는 ZEB 등급 달성을 넘어 에너지자립률 향상을 위한 PV-ESS 최적 제어 전략을 통한 자가소비 효율 향상의 중요성을 강조하였다. 또한, EV 충전 인프라는 소비처를 넘어 잉여전력의 능동적 저장 자원으로 재정의되고 있다. Kuby M. et al.(2025)의 연구에 따르면, 공동주택 내 스마트 충전 기술은 계통 부하에 따라 충전 속도와 시점을 제어하는 VIG를 넘어, 전기차 배터리를 가상발전소의 자원으로 기능하게 하는 실증 단계로 진입하였다. 이는 잉여전력이 발생하는 낮 시간대에 전기차를 가동형 배터리로 활용하여 에너지 유연성을 확보하는 핵심 시나리오가 될 수 있다.

3.2 분산에너지 활성화 및 전력 거래 제도 동향

울산, 포항 및 수도권 인근으로 확대된 분산에너지 특화 지역 내에서는 한전을 거치지 않는 전력 직접거래 특례가 적용됨에 따라, 공동주택 잉여전력을 인근 수요처에 판매하는 모델이 가시화되고 있다.

국회입법조사처(2023)는 분산에너지 활성화 특별법 제정 논

의 과정에서 기존 상계거래 제도의 한계, 특히 누적 잉여 전력의 무상 유입·정산 구조 문제를 지적하며, 분산에너지 기반의 전력 거래·판매 시나리오를 제도적 대안으로 제시한 바 있다. 또한, 한국에너지기술평가연구원(2023)은 분산에너지 사업자가 생산한 전력을 전력시장과 연계해 거래할 수 있는 중개·정산 체계 구축 방안을 제안하며, 공동주택·단지의 미상계 잉여전력까지 수익화할 수 있는 비즈니스 모델 개발 가능성을 논의하고 있다.

3.3 지능형 에너지 관리 및 수요 최적화 동향

잉여전력의 최적 활용을 위해서는 정확한 예측과 능동적 제어가 필수적이며, 이를 위한 AI 기반 에너지 관리 시스템 기술이 고도화되고 있다. 최근 공동주택에는 세대별 부하 특성과 태양광 발전량을 실시간 모니터링하여 잉여전력 발생 시점에 맞춰 ESS 충전 우선순위를 결정하거나, 주민들에게 전기차 충전 유도 알림을 보내는 수요 유연성 기술이 도입되고 있다. L. Amabile et al. (2021) 등에서 연구되는 머신러닝 기반 에너지 공유 알고리즘과 수요측 관리 연구는 거주 패턴 학습을 통해 잉여 전력 소진을 극대화하는 기술적 기반을 제공한다. 결과적으로 ZEB 공동주택의 잉여전력 활용은 단순 요금 상계를 넘어, 유연성 자원과 지능형 관리 플랫폼의 결합을 통해 입주민의 혜택을 극대화하고 탄소중립 운영의 실효성을 확보하는 방향으로 발전하고 있다.

4. 결 론

본 연구는 2025년 ZEB 의무화 확대에 대응하여, 공동주택 운영 단계에서 발생하는 신재생 잉여전력의 최적 활용을 위한 기초 연구로서 수행되었다. 국내외 제도 및 기술 동향을 분석한 결과, 현재의 단순 상계거래 방식은 잉여전력의 무상 유입이라는 한계를 지니고 있으며, 이를 해결하기 위해 ESS, EV 등 유연성 자원과 분산법 기반의 새로운 거래 모델 도입이 필수적임을 확인하였다.

연구 결과는 향후 실측 데이터 기반의 잉여전력 발생량 정의 및 상세 시나리오 모델링의 기초 자료로 활용될 수 있다. 다만, 본 논문은 초기 단계의 문헌 및 정책 조사에 집중하였으므로, 향후 연구에서는 실제 공동주택 부하 데이터를 적용한 시나리오별 경제성 평가 및 탄소 저감효과 분석을 병행하여 실효성 있는 운영 가이드를 제시하고자 한다.

참고문헌

1. 국토교통부, 제로에너지건축물(ZEB) 의무화 로드맵 및 인증 기준 개정안, 2024
2. 산업통상자원부, 분산에너지 활성화 특별법 시행령 및 관련 제도 안내서, 2024
3. 송수원, 신지현, 전수민, 제로에너지빌딩 에너지자립률 향상을 위한 PV-ESS 제어 전략, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2024. 6
4. Kuby M. et al., EV charging for multifamily housing: Review of evidence, methods, barriers, and opportunities, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.210, 2025
5. 국회입법조사처, 분산에너지 활성화 특별법 제정의 의의와 향후 과제, 2023. 8
6. Amabile L. et al., Optimizing the self-consumption of residential photovoltaic energy and quantification of the impact of production forecast uncertainties, Advances in Applied Energy, Vol.2, 2021