대한건축학회 창립80주년기념대회 및 추계학술발표대회논문집
제45권 제2호(통권 제84집) 2025년 10월 29일 ~ 10월 31일

2025년 추계학술발표대회 : 일반부문

분산에너지 확산을 위한 4세대 지역난방 저온열 네트워크 적용방안

- 서울 마곡지구 중심으로-

Application of Low-Temperature Heat Utilization in 4th-Generation District Heating Networks for Distributed Energy Expansion

- In Case Study of Magok District, Seoul -

○ 조 가 영*
Cho, Ga-Young

키워드 : 분산에너지, 에너지자립률, 4세대 지역난방, P2P 열거래, 제로에너지건축물, 마곡지구
Keywords : Distributed Energy, Energy Self-Sufficiency, 4th Generation District Heating, Peer-to-Peer Heat Trading, Magok District

분산형 열원과 저온열 네트워크를 활용한 4세대 지역난방 시스템은 기존 화석연료 중심의 고온수 기반 지역난방이 가진 에너지 손실과 신재생에너지 연계 한계를 극복할 수 있는 대안으로 주목받고 있다. 국내 대부분의 지역난방은 약 100~115℃의 고온수와 16 bar 압력으로 운영되며, 이로 인해 에너지 효율이 낮고 새로운 열원과 연계하기 어렵다. 특히 서울시는 에너지 자립률이 약 11.3%에 불과하여 지역 단위에서의 에너지 효율 향상과 자립도 강화가 시급한 상황이다. 이에 공공 건축물에 대한 제로에너지건축물(ZEB) 의무화가 이미 시행되고 있는 가운데, 2025년부터는 공동주택 30세대 이상 민간 건축물에도 의무화가 확대 됨에 따라 신축 및 일부 기존 민간 건축물에서도 단열 성능 향상과 그린리모델링 단계적 적용이 강화될 예정이다. 이러한 제도적 변화는 저온열과 신재생에너지를 활용한 지역난방 시스템 도입 가능성을 높이는 중요한 요소로 작용한다.

본 연구는 서울 마곡지구를 사례로 4세대 지역난방 저온열 네트워크 적용 가능성을 분석하였다. 마곡지구의 연간 열 사용량과 실시간 열 공급·회수 데이터를 기반으로 지역별 열 수요 패턴과 피크 부하를 파악하고, 저온열 기반 최적 설비 용량을 산정하였다. 또한 기존 노후 배관망의 에너지 손실과 전면 교체의 물리적·경제적 제약을 고려하여 단계적 저온열 광역망 구축 방안을 검토하였으며, ICT 기반 에너지 관리 시스템과 P2P(Peer-to-Peer) 열 거래 구조를 접목하여 향후 양방향 열 거래로의 확장 가능성을 평가하였다.

서울 마곡지구 사례를 기반으로 제안 된 저온열 네트워크 모델은 단계적 접근을 필요로 한다. 기존 지역난방 시스템은 고온수와 노후 배관을 기반으로 운영되므로 전면 교체는 현실적 제약이 크다. 첫 번째 단계에서는 기존 광역망을 활용하면서 저온열 회수 및 공급 네트워크를 구성하여 일부 저온열 사용자에게 효율적으로 열을 공급한다. 두 번째 단계에서는 P2P 열거래를 위한 저온열 네트워크를 확장하고, 지역 내 잉여열을 다른 수요처로 재분배하며, ICT 기반 에너지 관리 시스템을 접목하여 사용자 간 열 거래가 가능하도록 한다. 최종 단계에서는 중앙집중형 에너지 공급의 한계를 극복하고, 양방향 거래와 분산형 열원 연계를 포함한 5세대 수준의 지역난방 모델을 목표로 한다. 이러한 단계적 접근은 기존 배관과 설비를 최대한 활용하면서 신재생에너지와 저온열 활용을 확대하고, 향후 P2P 거래 구조까지 확장할 수 있는 현실적 방안이다

본 연구에서는 서울 마곡지구를 사례로 4세대 저온열 네트워크 적용 가능성을 실증적으로 분석하였다. 기존 고온수 기반 지역난방의 낮은 에너지 효율과 신재생에너지 연계 한계를 극복하기 위해, 광역망 리턴수와 연계한 저온열 네트워크 구축 가능성을 분석하였다. 공동주택 단지에서는 업무지구에서 발생하는 환수열을 바닥 난방에 활용하고, 낮은 온도의 열은 기존 시스템을 통해 보완하도록 설계하였다. 이러한 접근을 통해 에너지 효율 개선과 중앙집중형 공급의 한계 완화 가능성을 확인하였다. 본 연구에서 제시하는 4세대 저온열 네트워크 모델은 단계적 구축 전략과 분산형 열원 활용, 신재생에너지 연계, 효율적인 열 회수 및 공급을 통합한 실증적 접근을 기반으로 하며, 2025년 민간 건축물 ZEB 의무화 강화와 연계함으로써 정책적 정합성을 확보할 수 있는 실현 가능한 방안으로 제안된다. 향후 연구에서는 P2P 열거래 모델 실현을 위한 법·제도 정비와 제어·거래 시스템 최적화가 필요하다.

---

* 서울연구원 지속가능연구실 연구위원, 공학박사
(Corresponding author : Uban Environment &, Climate Change Research Division, The Seoul Institute, bestronggy@gmail.com)
이 연구는 서울특별시의 재원으로 서울연구원의 지원을 받아 수행한 결과의 일부임. 과제번호: 2023-TR-19