

KEEI ISSUE PAPER

이슈페이퍼 23-01

탄소중립 추진을 위한 공동주택 난방의 전력화 방안 연구

김지효·김종우



이슈페이퍼 23-01

탄소중립 추진을 위한
공동주택 난방의 전력화 방안 연구

김지효·김종우

1. 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- 정부는 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성 및 2050년 탄소중립을 위해 건물 부문 온실가스 직접 배출량을 2018년 대비 2030년까지 32.8%, 2050년까지 88.1% 감축하겠다는 목표 설정
 - 건물 부문 온실가스 직접 배출량의 60% 이상을 차지하는 가정 부문 감축이 핵심으로, 2020년 가정 부문 에너지소비의 65%를 차지하는 난방용 에너지 소비가 주요 배출 요인
 - 우리나라 주택의 80% 이상은 화석연료를 난방에 사용하고 있어, 건물 부문 감축목표 달성을 위해서는 난방을 위한 화석연료 소비량을 줄이거나 다른 에너지원으로 대체하는 것이 중요
- 난방용 에너지원의 전력화를 건물 부문의 탄소중립 수단으로 제시한 해외와 달리 우리나라는 난방 에너지원의 대체보다는 에너지효율 향상에 주력
 - IEA, 영국, 미국 등은 건물 부문의 탄소중립을 위해 에너지효율 향상과 난방·취사용 에너지원의 대체가 모두 필요하다고 강조하며, 에너지원 대체의 방향으로 온도차 에너지를 이용한 전력화(electrification) 제시
 - 우리나라는 제로에너지건축물, 그린리모델링 등 건축물 에너지효율 향상의 중요성을 강조하며, 난방·취사용 에너지원의 대체 방향에 대해서는 구체적 계획이 발표되지 않은 상황

□ 연구의 목적

- 본 연구는 가정 부문의 화석연료 난방을 대체하기 위한 수단으로 전력화의 방안과 영향을 분석하는 것이 목적
 - 본 연구에서 난방의 전력화는 현재 해외에서의 정의를 준용하여 자연의 온도차 에너지를 이용한 히트펌프 시스템 기반의 난방 전력화를 의미
 - 우리나라 주거 양식의 약 80%를 차지하는 공동주택에 초점을 맞춰, 현재 개별난방·중앙난방 등에 사용되는 화석연료를 대체하는 수단으로 난방 전력화 대안과 방향을 분석

2. 연구내용 및 주요 분석 결과

□ (제2장) 건물 난방의 탈탄소화 대안: 전력화

- 건물 난방의 탈탄소화 방안을 온도차 에너지, 무탄소 연료, 기타(태양열)로 구분하여 주요 특징 개관
 - (온도차 에너지) 여름철에는 대기온도보다 낮고 겨울철에는 대기온도보다 높은 자연의 열원인 지열·수열·공기열을 이용한 전기히트펌프 시스템으로 대류난방과 복사난방에 모두 적용 가능
 - (무탄소연료) 수소 혼입/전소, 연료전지, 바이오연료, 전력 등 온실가스를 직접 배출하지 않는 에너지를 사용하는 난방방안
- 국제기구(IEA·IRENA) 및 주요국(영국·독일·미국)의 건물 부문 탄소중립 전략에서 나타난 난방 전력화 대안 분석
 - (주요국) 건물 부문 온실가스 감축의 핵심수단으로 에너지효율 향상과 난방용 에너지원의 대체를 제시하며, 지열·공기열 등을 열원으로 활용하는 전기히트펌프 보급 확대를 주요 정책방향으로 설정

- (국제기구) 탄소중립 경로 또는 1.5℃ 시나리오를 달성하려면 건물의 에너지 효율 향상만으로는 부족하므로 냉·난방 시스템을 전기히트펌프를 이용해 전력화할 필요성이 있다고 제시
- 에너지원의 국내 수급여건, 온실가스 감축 기여도, 공동주택 적용 가능성 등을 검토한 결과 “지열·수열·공기열 등 온도차 에너지를 열원으로 활용하는 전기 히트펌프 시스템”, 즉, 난방의 전력화가 유력한 대안
 - (수급) 온도차 에너지는 열원의 수급문제가 적은 편이나, 수소나 바이오연료는 국내 수급에 어려움이 있을 것으로 예상됨. 태양열은 태양광과 입지를 경쟁하므로, 태양열의 국내 수급여건은 녹록치 않은 것으로 판단
 - (감축 기여도) 수전해수소 생산에 필요한 전력소비량과 전기보일러의 효율을 고려하면 수소 난방과 전기보일러는 온도차 에너지에 비해 불리
 - (공동주택) 지열, 수열, 태양열은 단지·동 단위에서 적용 가능하며, 공기열은 세대 단위에서도 적용 가능함. 수소 혼입과 연료전지는 세대별 난방방식과 호환가능하나, 수소 전소는 안전성 문제로 단지·동 단위에서 적용하는 것이 적절

□ (제3장) 공동주택 난방 전력화의 장애 요인과 극복 방안

- (제도적 요인) ①난방방식 전환에 대한 정책목표 부재, ②신재생에너지 인정 범위의 제한성, ③제로에너지건축물 의무화제도의 한계 등
 - 난방방식 전환에 대한 방향이 설정되지 않았으며, 정부의 신·재생에너지 정책은 전력에 치우쳐 신·재생열의 보급 확대에 대한 정책의지가 미흡한 수준
 - 현행법은 지열, 수열(하천수 및 해수 표층수)만 신·재생에너지로 인정하므로, 나머지 수열원이나 공기열은 신·재생에너지 보급정책의 혜택을 받지 못함.

- 제로에너지건축물 의무화제도의 에너지자립률 산정방식은 신·재생전력과 신·재생열 간 경쟁을 야기하여, 신·재생전력에의 쏠림 현상을 강화시킴.
- (경제적 요인) ①높은 초기투자비, ②인센티브 제도의 한계 등
 - 전력화 대안은 화석연료 난방에 비해 초기투자비는 높은 반면 운영유지비는 낮은 편이나, 경제성을 확보하려면 냉·난방 설비를 모두 교체할 필요가 있어 민간의 자발적 투자를 기대하기 어려움.
 - 전력화 대안의 인센티브 제도로 ‘신재생에너지보급(주택지원)사업’과 ‘히트펌프 보일러 설치사업’을 활용할 수 있음. 그러나 주택지원사업의 신·재생열 지원대상은 제한적인데다가 지원 규모도 축소되는 추세이며, ‘히트펌프 보일러 설치사업’은 에너지복지 성격에 가까워 확장성에 한계
- (기타 요인) ①기축 공동주택 적용의 한계, ②에너지의 비효율적 이용 등
 - 기축 공동주택에는 다른 열원에 비해 공기열 적용 가능성이 높는데, 개별난방 방식의 기축 공동주택에 공기열을 적용할 경우 공간과 안전상의 문제를 야기할 수 있음.
 - 건축물 에너지성능이 충분히 확보되지 않은 기축 건축물 대상으로 난방 전력화 대안 적용 시 에너지의 비효율적 이용을 심화시킬 수 있음.
- 제도적·경제적·기타 장애 요인의 해소는 상호 연계성을 고려하여 추진하되, 제도적 장애 요인의 해소 선결이 중요(〈표 1〉)
 - 재생열 보급목표를 설정하고 별도의 재정지원체계를 마련하는 등 난방에 특화된 전략을 추진하는 영국·독일 사례를 참고하여, 건물의 난방방식 전환에 대한 국가 차원의 목표와 전략을 마련하는 것이 중요

〈표 1〉 공동주택 난방 전력화의 장애 요인과 극복 방안

	장애 요인	극복 방안
제도적	<ul style="list-style-type: none"> 난방방식 전환에 대한 정책목표 부재 신재생에너지 인정범위의 제한성 ZEB 의무화제도의 한계 	<ul style="list-style-type: none"> 난방방식 전환에 대한 정책목표 설정 재생에너지 전력과 열의 조화로운 보급 추진 미활용 열원을 신재생에너지로 인정 에너지자립률 산정방식 개선
경제적	<ul style="list-style-type: none"> 높은 초기투자비 인센티브 제도의 한계 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생열 보조금 규모 증액 재생열 전용 인센티브 제도 도입 고효율에너지기기 인정
기타	<ul style="list-style-type: none"> 기축 공동주택 적용의 한계 에너지의 비효율적 이용 	<ul style="list-style-type: none"> 그린리모델링과 히트펌프 개체 연계 고효율·일체형 공기열 히트펌프 시스템 개발

자료: 저자 작성

□ (제4장) 공동주택 난방 전력화의 전력수요 영향

- 에너지경제연구원 EGMS의 가정 부문 모듈을 모형으로 사용, 3개 시나리오를 분석하여 가정 부문 탄소중립 경로를 탐색함.
 - EGMS는 에너지경제연구원 장기 에너지 전망 및 제2·3차 에너지기본계획의 기준 시나리오 전망에 사용된 상향식 모형
 - 건물 부문 감축목표를 준용하여 가정 부문 온실가스 직접 배출량이 2018년 31.1백만 톤→2030년 20.9백만 톤(△32.8%)→2050년 3.7백만 톤(△88.1%)으로 감소하는 경로를 탄소중립 경로로 정의
 - 기준 역할을 하는 REF 시나리오와 비교 역할을 하는 EFF 시나리오 및 NZE 시나리오를 작성. EFF 시나리오는 에너지효율 향상(현 수준 대비 에너지원 단위가 2027년 25% 개선→2030년 30% 개선→2050년 40% 개선)을 가정 하며, NZE 시나리오는 에너지효율 향상에 더하여 탄소중립 경로 달성에 요구되는 전력화 등 감축수단을 추가하였음.

-
- (시나리오 분석 결과) 가정 부문 탄소중립 경로를 달성하려면 에너지효율 향상만으로는 부족하여 난방과 취사의 전력화가 병행되어야 하고, 이 경우 2050년 전력수요는 현 수준 대비 약 2배 증가
 - EFF 시나리오는 2030년 감축목표는 달성하나 2050년 감축목표는 달성하지 못해 난방과 취사의 탈탄소화가 필요하며, 난방 탈탄소화의 수단 중 하나로 전력화가 중요
 - 탄소중립 경로 달성을 위해서는 2035년 석탄·등유 보일러의 신규 설치 제한, 2040년 LPG·도시가스 보일러의 신규 설치 제한을 목표로 지금부터 화석연료 보일러의 점진적 축소와 더불어 히트펌프 시스템과 지역난방을 확대하는 난방방식 전환 필요
 - 가정 부문 전력수요는 모든 시나리오에서 증가하며, NZE 시나리오에서의 전력수요는 2020년 74.1 TWh에서 2050년 152.0 TWh까지 증가 전망
 - (공동주택 난방 전력화) 탄소중립 경로 달성 시, 2050년 공동주택의 난방설비 중 히트펌프 시스템이 차지하는 비중은 23%까지 확대되며 이로 인해 전력수요는 50.0 TWh 증가할 것으로 전망
 - 현재 공동주택 난방설비의 0%를 차지하는 히트펌프 시스템의 비중은 2030년 이후 빠르게 확대되어 2050년에는 23%를 차지하며, 지역난방도 같이 확대되어 그 비중이 2020년 22%에서 2050년 65%까지 증가
 - 난방 전력화에 따른 2050년 전력수요 증가분은 50.0 TWh로, 에너지효율 향상이 목표에 미치지 못하거나 전망에 비해 지역난방 역할이 축소될 경우 전력수요가 더 크게 증가할 가능성이 있음.

3. 결론 및 정책 시사점

□ 결론

- 건물 에너지효율 향상만으로 가정 부문의 탄소중립 경로 달성이 불가능하므로, 우리나라도 국제기구 권고 및 주요국 사례를 참고하여 난방방식의 탈탄소화 방안을 모색할 필요
 - 난방 탈탄소화 방안 중 에너지원의 국내 공급여건, 온실가스 감축 기여도, 공동주택 적용 가능성 등을 종합적으로 고려할 때, 지열·수열·공기열을 활용하는 전기히트펌프 시스템, 즉, 난방 전력화가 유력한 대안
- 가정 부문 탄소중립 경로를 달성하려면 2030년 이후부터는 본격적으로 난방의 전력화를 추진해야 하므로, 그전까지 제도적·경제적 장애요건을 해소하고 최적의 난방 전력화 대안을 모색하는 노력이 필요
 - 2030년 전까지 공동주택이라는 주거양식의 특성을 고려하면서 지역별 특성과 기축·신축·리모델링 등의 여건이 반영된 최적의 난방 전력화 대안을 도출하기 위한 다양한 시도가 필요함.
 - 공동주택의 난방 전력화는 발전 부문 탈탄소화 속도에 맞춰 추진되어야 하며, 국가 전체적으로 에너지소비의 비효율성을 야기하지 않도록 신중하고 체계적인 접근 필요

□ 정책 시사점

- 에너지효율 향상만으로는 가정 부문 탄소중립 경로를 달성할 수 없으므로 건물의 에너지효율 향상과 난방방식의 전환이 동시에 추진되어야 함.
 - 건물 에너지효율 향상 및 수요관리 강화에 초점을 맞춘 정부의 정책 방향은 난방 전력화 등 추가적 감축수단을 제시하는 방향으로 수정될 필요

- 공동주택 난방의 탈탄소화 대안으로 지열·수열·공기열 등 자연의 온도차 에너지를 열원으로 활용하는 전기히트펌프 시스템이 유력
 - 또 다른 유력 대안인 수소 혼입/전소, 연료전지 등 수소 활용 방식은 높은 해외 수입 비중, 수소 혼입의 낮은 온실가스 감축 기여도, 수전해수소 생산에 필요한 전력 소비량 등을 종합적으로 감안한다면 공동주택 난방에 활용하기에는 비효율적
- 공동주택 난방의 전력화를 추진하기 위해서는 먼저 난방방식 전환의 정량적 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 단계별 과업을 담은 로드맵 작성이 필요
 - 난방방식 전환에 대한 정부 차원의 비전과 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위한 단계별 세부 과업을 담은 로드맵이 우선적으로 작성되어야 함.
 - 건축 당시의 난방방식이 고정되는(lock-in) 경향이 있는 공동주택 특성을 고려할 때, 로드맵을 통해 신축·개축 등의 시점에 난방방식 결정의 세부 방향을 설정할 필요
- 신재생에너지 보급제도와 건축물 에너지효율 향상 관련 제도의 개선을 통해 난방 전력화의 제도적·경제적 장애 요인의 해소 필요
 - 주요국 사례 및 우리나라 발전 부문의 온실가스 감축 속도 등을 종합적으로 고려하여 신·재생에너지원의 인정 범위를 적기에 확장할 필요
 - 신·재생전력과 신·재생열 간 경쟁구도를 야기하는 제로에너지건축물 의무화 제도, 그린리모델링 제도, 주택지원사업 등 현행 제도를 정비하여 신·재생전력과 신·재생열의 조화로운 보급 확대 추구
- 난방 전력화에 따른 전력수요 증가가 에너지시스템에 미치는 부담을 최소화하기 위해서는 전기히트펌프를 섹터커플링의 요소로 활용하는 것이 중요
 - 신재생에너지 발전량 확대에 따른 변동성을 흡수하는 단주기 저장수단으로 히트펌프를 활용하여 난방 전력화와 섹터커플링을 연계하여 추진