

KEEI ISSUE PAPER

이슈페이퍼 23-12

지열냉난방 시스템 보급을 통한 환경편익 개선효과 분석

김재엽·김현제



이슈페이퍼 23-12

**지열냉난방 시스템 보급을 통한
환경편익 개선효과 분석**

김재엽 · 김현제

1. 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- 정부는 기후변화협약 등 에너지 관련 주변 여건의 변화에 대응하기 위해 환경친화적 신재생에너지의 보급을 확대하는 정책을 추진 중
- 그러나 실제 지열에너지를 활용하는 사업은 정체 또는 축소되고 있는 상황
 - 2050 탄소중립 달성 과정에서 태양광과 풍력 외 지열에너지 활성화를 위한 방안 검토 필요
- 최근 이상기후로 우리나라는 여름철 냉방전력 소비가 크게 상승하고 변동성 역시 확대되고 있으며, 난방열 에너지는 완만한 상승세
 - 겨울철 난방용 에너지사용이 증가하면 도시가스 및 석유제품 소비 증가에 따른 환경피해액도 점증할 것으로 전망

□ 연구의 목적

- 본 연구는 건물에 적용 가능한 지열에너지 냉난방시스템의 활성화를 위한 정책방향을 제시함으로써 탄소중립에 기여할 수 있는 재생에너지원 활용의 다양성 제고에 기여
 - 구체적으로는 지열냉난방시스템의 경제성 분석과 에너지 소비량 분석을 통해 활용 가능한 신재생에너지자원으로서의 타당성을 평가하고,
 - 건물 특히 집단주거시설(아파트)에 적용 가능한 지열냉난방시스템의 보급과 활성화를 위한 정책 방향을 제시하는 한편,
 - 지열냉난방시스템의 에너지 절감량(전력 및 가스 등)을 추정하여 온실가스 및 오염물질 배출량 저감의 구체적 수준을 파악

2. 연구내용 및 주요 분석 결과

□ 경제성 분석 결과

- 국내 집단 주거시설(아파트)에 대한 지열냉난방 시스템(급탕 제외) 운영의 경제성은 에너지가격 수준에 따라 다소 차이는 있지만 상대적으로 높은 에너지 가격 체계에서 최소 20년차 이후, 그보다 낮은 에너지가격 수준에서는 최소 26년차 이후부터 전통냉난방(도시가스 보일러 + 에어컨) 시스템 대비 비용 우위 발생
 - 30년 운영기간 동안 총 0.1~2.1억 원의 편익(NPV 기준)이 발생해 지열냉난방 초기투자비용(약 21억 원) 대비 수익률은 10% 이하로 매우 낮으며, 경제성이 없다고 보아도 무방
 - (기준 에너지가격) 2022년 상당 기간 유지된 2022년 4월 가격을 기준 에너지가격으로 설정
 - (에너지가격 상향) 러-우크라이나 사태에 따라 유가 급등효과가 더 반영된 2022년 10월 에너지가격을 ‘상향가격’으로 반영
 - (에너지가격 하향) 2011~2021년 기간 동안 최저 수준의 주택난방용 도시가스 소매가격 및 구매전력비를 기록한 2020년의 에너지가격을 반영 → 2021년 1월 에너지가격을 ‘하향가격’으로 반영
- 지열냉난방은 초기투자비용 등 고정비 측면에서 고비용 냉난방 방식이며, 이를 전통냉난방에 대비 에너지비용(변동비) 절감분으로 일부 상쇄 가능하지만 가구 냉난방 부문에서 전통냉난방에 대해 선행연구 수준(운영 후 10년차)의 경제성을 확보하는 것은 무리

- 조성한·김현제(2019) 등 선행연구의 방법론에 기반하여 지열냉난방 시스템을 적용한 가구(세대)와 동일한 냉난방 부하량 및 부하패턴을 전통냉난방으로 충족시켰을 때의 에너지비용 비교
 - 분석 대상 지열냉난방 시스템은 난방시기(1~4월, 10~12월)에 송풍(공기순환) 수준의 냉방 제공
 - 축열조와 히트펌프를 사용하는 본 연구의 지열냉난방 시스템은 선택공급약관에 따라 심야 전기요금제를 적용 → 지열냉난방의 에너지비용이 주택용 전기요금과 가스요금을 적용받는 전통냉난방의 에너지비용보다 저렴
 - 그러나 30년 설비 운영에 대해 최근 고유가 충격을 반영한 2022년 10월 에너지가격을 적용하더라도 가구별 냉난방에 있어 선행연구 수준 이상의 유의미한 경제성 확보(운영 후 10년차 이내 전통냉난방 대비 총 비용 경쟁력 확보)는 불가능할 것으로 추정
- 주거안정 등 공공성을 바탕으로 한 정책적 보급 대상인 국민임대주택 등을 대상으로 지열냉난방 시스템을 우선적으로 공급 필요
- 에너지비용 절감 편익은 기본적으로 지열냉난방 최종 소비자인 입주자 및 세입자에게 귀속되므로 건설사 입장에서 초기투자비용 부담에 대한 경감 없이 지열냉난방 사업 추진은 쉽지 않은 상황
 - 따라서 국민 주거안정이라는 정책 명분을 바탕으로 정책자금 지원이 상대적으로 용이한 국민 임대아파트에 대해 지열냉난방 시스템을 우선적으로 보급하는 상황을 고려

□ 환경편익 분석 결과 (2030년 임대주택 220만 호 대상)

- 난방기간 주택난방용 도시가스 소비를 지열난방이 완전히 대체함으로써 건물 부문 온실가스 직접 배출량 감소

-
- 지열냉난방 시스템은 전통냉난방 시스템과 달리 지열에너지와 전기 히트펌프를 이용해 냉난방 수요를 충족
 - 지하수 열원+냉난방기 히트펌프 이용에 따른 전력소비 발생
 - 전통냉난방 방식 대비 증가한 전력소비는 발전 부문의 온실가스 배출량 증가로 이어지며, 이는 지열냉난방 시스템의 간접 온실가스 배출량에 해당
 - 분석대상 아파트(277세대)의 가구 냉난방에 대해 지열냉난방 적용 시 전통냉난방 대비 연간 전력소비는 약 86,695kWh 증가
 - 냉방철(5~9월)은 에어컨 대비 에너지(전력)소비효율이 높아 동일한 냉방 부하에 대해 약 1,037kWh의 전력소비 절감
 - 난방철(1~4월, 10~12월)은 도시가스 소비를 전력으로 전면 대체하면서 연간 약 87,732kWh의 전력소비가 신규 발생
 - 신정부 주택보급 정책 등을 바탕으로 2030년 임대주택 보급량(220만 호) 추산
 - 2030년 신축 임대주택 추정치에 대해 지열냉난방을 보급한 수준에 따라 2030년 건물 부문 온실가스 직접 배출량은 58,870~588,697CO₂ton 감소
 - 지열냉난방 시스템 보급으로 2030년 발전 부문에 대해 온실가스 간접 배출량은 지열냉난방 보급 환경에 따라 25,676~263,455CO₂ton 증가
 - 지열냉난방 시스템을 임대주택 220만 호에 단계적으로 적용했을 때 사회 전체적으로 발생하는 온실가스 순(純) 변화량은 33,194~325,241CO₂ton 감소

〈 2030년 지열냉난방 보급 시나리오별 온실가스 배출 순 변화 〉

(단위: CO₂ton)

시나리오	지열냉난방 보급률	발전단			소비단	온실가스 배출 순 변화량 (e)
		석탄 (a)	LNG (b)	유류 (c)	가스난방 (d)	
Red	10%	8,139	17,536	0.7	-58,870	-33,194
Yellow	20%	16,325	34,255	0.7	-117,739	-67,159
	30%	20,940	53,035	0.7	-176,609	-102,634
	40%	23,056	71,177	0.7	-235,479	-141,245
Green	100%	91,337	172,117	1.8	-588,697	-325,241

주: CO₂ 순 변화량(e) = (a) + (b) + (c) + (d)

자료: 저자 직접 작성

- 신승진·허성호·박지영(2021) 등 선행연구에 따르면 2001~2019년 평균 연료 사용량을 기준으로 측정된 1톤 이하 용달 차량의 연간 온실가스 배출량은 약 18.09CO₂ton 수준이므로,
- 지열냉난방 시스템 도입에 따른 순 온실가스 감축량 최소 추정치인 33,194 CO₂ton은 1톤 이하 용달차량 1,835대의 연간 온실가스 배출량에 해당
- CO₂ 감소량(직접 배출 감소) 대비 증가량(간접 배출 증가) 비율은 약 2:1

3. 결론 및 정책제언

□ 결론

- 국내 지열냉난방 실제 운영 사례를 토대로 경제성 분석을 진행한 결과 에너지 가격이 특별히 높게 유지되지 않는 한, 국내 지열냉난방 시스템은 가구 냉난방에 있어 설비 운영 26년차 이후부터 전통냉난방 대비 미약한 경제성 확보

- 따라서 건설사 입장에서는 전통난방 대신 지열난방을 도입할 경제적 인센티브가 없는 것이 현실
- 다만 미국 각 주에서는 지열난방 사업에 대해 보조금을 지급하면서까지 건물 탈탄소화의 방안으로 지열 이용 가능성을 연구하고 있으며, 유럽에서도 천부 지열원을 이용한 대규모 지역난방 프로젝트를 추진 중
- 지열원 히트펌프를 이용한 지열난방은 건물 부문 탄소중립을 이행하는 몇 안 되는 대안인 점을 감안할 때, 경제성 논리만으로 관련 기술개발과 설비보급을 중단하기보다 탄소중립 이행에 기여하는 환경편익 측면에서 정책 지원 근거를 찾을 필요성 존재

○ 환경편익 분석 결과 220만 호 임대주택에 대해 주택난방용 도시가스 소비를 지열에너지+전력으로 대체하면서 2030년 건물 부문 온실가스 직접 배출량은 58,870~588,697CO₂ton 감소

- 지열원 히트펌프 난방으로의 대체 등에 따른 전력소비 증가량이 발전 부문 온실가스 배출량에 미친 영향은 25,676~263,455CO₂ton 증가
- 온실가스 직접 배출 감소량을 간접 배출 증가량으로 상쇄해 사회 전체적인 온실가스 변화량은 △33,194~325,241CO₂ton이므로 환경성 측면에서 지열난방은 긍정적 시스템이며 건물 부문 탈탄소화에 명확히 기여

□ 정책제언

- 정책적 차원에서 지열난방 시스템 주요 기술 및 부품(지열공, 히트펌프 등)에 대한 R&D 지원 필요
- 에너지비용 절감 편익은 에너지가격 수준에 따라 크게 변동하므로, 이에 의존한 경제성 개선은 항구적 경제성 개선으로 보기 어려움

- 정부의 R&D 지원 확대의 동력을 확보하기 위해 국내 지열이용에 대한 주민 수용성 제고를 위한 노력 필요
- 설비보조금 지원 등을 통한 건설사의 초기투자비용 및 운영유지비 부담 완화
 - 지열냉난방 시스템 구축의 비용 부담 주체와 편익 향유 주체가 상이
 - 초기투자비용 등은 건설사업자 부담, 에너지비용 편익은 최종 소비자(입주자 및 세입자)가 향유 → 탄소중립 이행이라는 정책목표 달성을 위한 지열냉난방 보급에 또 다른 장애요소
 - 현재 기술 수준과 비용 구조에서 지열냉난방 사업 자체는 전통냉난방 대비 경제성 확보가 어려우므로 비용 부담 주체와 편익 향유 주체가 다른 점에 착안한 재정적 인센티브(보조금 등) 제공 필요 → 건물 부문 탄소중립 정책목표 달성을 위한 지열냉난방 시스템 보급을 유도
- 지열냉난방 연구 목적으로 시스템 실증 및 운영 정보 공유를 위한 플랫폼 운영
 - 최소한 에너지 부문 전문가들에게는 지열냉난방 프로젝트와 관련된 세부 투자비, 기술 정보, 에너지소비 데이터 등을 공유 필요
- 지열냉난방 보급 범위 확대(임대→민간)를 유도하기 위한 세제혜택 및 정책 인센티브 설계 필요
 - 임대 건물에 대해서만 보급을 한정하면 지열냉난방 환경편익 확대도 제한적이므로 민간 건물에 대한 지열냉난방 확대를 위한 정책지원 필요
- 지열냉난방 확대에 따른 발전 부문 온실가스 배출 비용 증가분을 최종 소비자(입주자 및 세입자)에 전가 → 지열냉난방의 전력소비 절감을 유도
 - 발전 부문 온실가스 배출 비용의 소비자 전가 경로를 강화한다면 지열냉난방 전력소비 절감과 발전량 감축을 통한 발전 부문 온실가스 배출을 감축 가능