

건물 부문 재생열에너지 보급 장벽 분석과 시사점¹⁾

조 일 현 에너지경제연구원 연구위원(ihcho@keei.re.kr)

박 정 순 에너지경제연구원 명예선임연구위원(jspark@keei.re.kr)



1. 서론

세계적으로 탄소중립, 탈탄소화 등이 핵심과제가 되면서 재생열에너지 보급 확대도 중요한 과제로 부상하였다. 탄소중립에서 빼놓을 수 없는 부문은 전체 에너지소비의 절반을 차지하는 열 부문이다. 2020년 열 부문은 전 세계 에너지 관련 CO2 배출량의 40%(13.1Gt) 이상으로 화석 연료에 크게 의존하고 있다. 에너지전환과 탄소중립 정책이 효과적으로 추진되려면 재생에너지 보급이 전력 부문을 벗어나 열 부문까지 확대될 필요가 있다.

문제는 지난 30년 동안 열 부문에서 재생에너지의 비중이 변화가 크지 않다는 점이다. 전력 부문과 비교할 때 열 부문의 재생에너지 보급 속도나 수준 모두 부족한 상황이다. 전 세계적으로 현대적 재생에너지

1) 본고는 조일현·박정순, “재생열에너지 보급 장벽 분석 및 보급 정책 설계 방안,” 에너지경제연구원(2021)의 주요 내용을 요약한 것임.

는 2020년 열 부문에서 11%(23EJ)로 2015년의 10%에서 1%p밖에 증가하지 못한 것이다.²⁾ 이렇게 낮은 열 부문의 재생에너지 보급과 높은 CO2 배출은 열 부문의 탈탄소화의 중요성을 보여준다. 하지만, 정책면에서 열 부문의 노력은 뒤쳐진다. 전력 부문에서 재생에너지 인센티브 의무화를 부여한 국가는 꾸준히 증가하여 2020년 기준 145개 국가에 달하였지만 열 부문은 22개국만 재생에너지 냉난방에 인센티브 의무화를 부여하고 있는 상황이다.³⁾

우리나라에서 재생열에너지 공급 확대 필요성은 제3차 에너지기본계획, 제5차 신재생에너지 기본계획 등에서 꾸준히 제기되었다. 하지만 우리나라 또한 열 부문의 재생에너지 보급에 적극적이지 않고 재생에너지 보급확대 정책이 전력 부문에 편중되어 있다. 대표적인 정책으로 알려진 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff, 2001~2011)와 신재생에너지공급의무화제도(renewable energy portfolio standard, RPS, 2012~) 등은 모두 전력 부문 정책에 해당한다. 반면, 열 부문의 재생에너지 보급 확대 정책은 찾아보기 어려운 상황이다.

본고에서는 전체 열 수요의 약 46%를 차지하는 건물 부문에 초점을 맞추어 재생열에너지 보급 장벽을 분석하고자 한다.⁴⁾ 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 국내 재생열에너지 보급 및 정책 현황을 살펴보고 3절에서 보급 장벽을 경제성 평가와 설문조사로 파악한다. 그리고 보급장벽 개선의 중요도를 평가한다. 마지막으로 4절에서는 시사점을 제시한다.

2. 국내 보급 및 정책

가. 보급 현황

우리나라의 2019년 재생에너지 생산량은 9,609천toe로 1차에너지 중 공급 비중이 3.17%이다. 본고의 주된 분석 대상인 건물의 냉난방용으로 보급되는 태양열과 지열에만 초점을 맞추어 보급 현황을 보면, 전체 신재생에너지생산량에서 차지하는 태양열의 비중은 0.3%, 지열의 비중은 2.2%밖에 안 된다. 재생에너지 전체의 비중을 고려하면, 태양열, 지열 생산은 미미한 수준임을 알 수 있다. 그리고 주로 대형건물이나 지역/지구 단위로 보급이 시작되는 단계인 수열의 비중은 신재생에너지생산량 중 0.2%이다.⁵⁾

건물에 적용 가능한 재생에너지 설비를 원별로 태양광, 태양열, 지열, 수열로 구분할 경우 최근 자가용 태양광의 신규 보급이 급격하게 증가하고 있음을 볼 수 있다. 반면, 지열의 신규 보급 증가세는 정체되었고,

2) IEA 홈페이지, <https://www.iea.org/reports/renewables-information-overview/transformation#abstract>

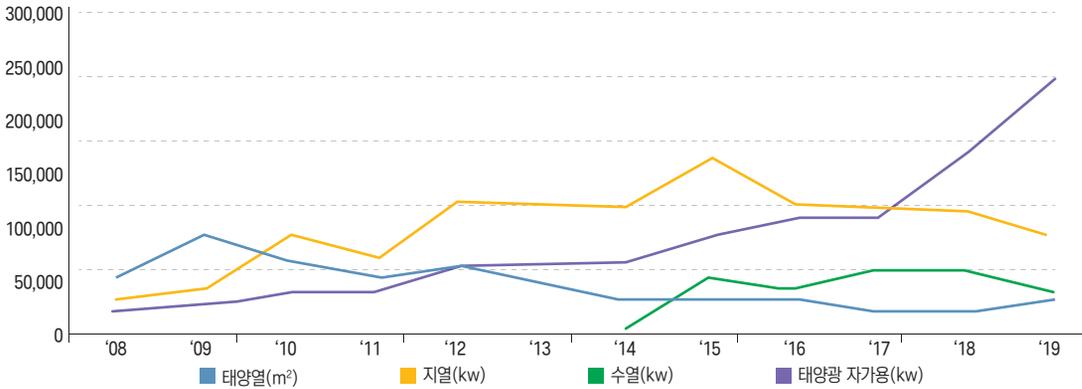
3) REN21(2021), Renewables 2021 Global Status Report, p.60.

4) IEA(2021), Renewables 2021- Analysis and forecast to 2026, p.114.

5) 한국에너지공단(2020), 2019년 신재생에너지 보급통계(2020년 공표) 결과 요약, p.2.

태양열의 경우는 오히려 하락세를 보인다. 이는 건물 옥상에 주로 설치하는 태양열이 같은 공간에 설치되는 태양광보다 선호도가 낮아서 나타난 결과일 수 있다. 수열은 보급 초기 단계로 2015년부터 보급되기 시작하였다([그림 1] 참조).

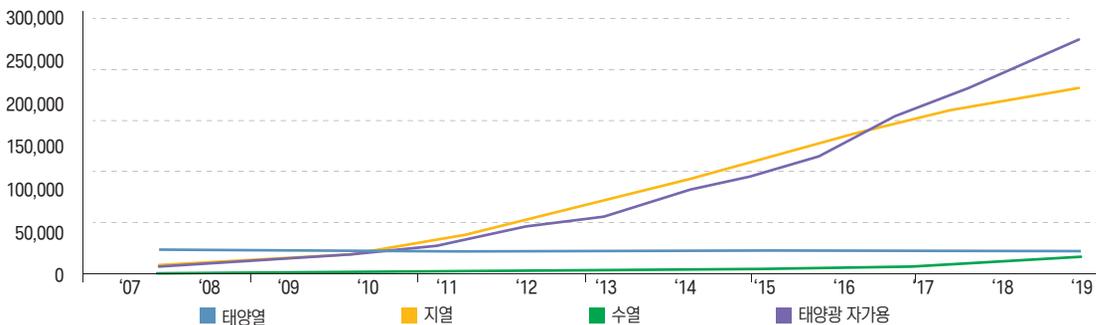
그림 1 건물 적용 재생에너지 신규 보급용량(고유단위)



자료: 한국에너지공단(2020), 2019년 신재생에너지 보급통계(2020년 공표) 자료를 바탕으로 저자 작성

월별 에너지생산량을 보면 자가용 태양광의 보급이 급격히 증가함에 따라 에너지 생산도 급격히 늘고 있음을 볼 수 있다. 2019년 기준 지열의 에너지생산량은 224,722toe로 자가용 태양광 생산량 283,145toe 보다 적는데 2017년 이후 자가용 태양광의 에너지생산량이 더 많아졌다. 태양열은 과거 2009년까지만 하더라도 에너지생산량이 가장 많았다. 하지만, 이후 지열과 태양광이 태양열 에너지생산량을 추월하였고, 지열과 태양광의 에너지생산량은 계속 증가하는 반면 태양열의 에너지생산량은 감소하였다. 2019년 기준 태양열의 에너지생산량은 26,912toe로 지열이 태양열보다 8배 이상 많은 상황이다. 수열은 2015년부터 보급되기 시작하여 에너지생산량이 증가하고 있는데, 2019년 21,236toe를 생산하여 불과 몇 년 만에 태양열 에너지생산량과 비슷하게 되었다([그림 2] 참조).

그림 2 건물 적용 재생에너지 에너지 생산량(toe)



자료: 한국에너지공단(2020), 2019년 신재생에너지 보급통계(2020년 공표) 자료를 바탕으로 저자 작성.



나. 정책 현황

현재 국내 건물 부문의 재생에너지를 보급하는 정책적인 수단은 크게 의무화 제도와 인센티브 제공으로 나눌 수 있다(<표 1> 참조).

표 1 자가용 태양광·태양열·지열의 보급 정책 비교

구분	지원 제도 비교	자가용 태양광	태양열	지열
의무화 제도	공공기관 설치의무화	○	○	○
	제로에너지건축물	○	○	○
설치비 지원	주택지원	○	○	○
	건물지원	○	○	○
	융복합지원	○	○	○
	지역지원	○	○	○
인센티브 제공	상계제도	○		
	생산 지원	○		X
	한국형 FIT	○		
대여 사업	태양광 대여사업	○		X

자료: 저자 작성.

의무화 제도에는 ‘공공건축물 신재생설비 설치의무화 제도’와 ‘제로에너지건축물 인증/의무화 제도’의 두 가지가 있는데, 첫 번째는 국가 및 지자체 등의 공공기관이 신축, 증축 또는 개축하는 일정 용도의 건축 연면적 1천㎡ 이상 건축물에 대하여 예상에너지사용량의 일정비율 이상(2020년, 30%)을 신재생에너지로 공급하도록 의무화하는 것으로 공공부문에서 재생에너지 보급의 주요 정책 수단이다.⁶⁾ 두 번째는 ‘제로에너지건축물 인증/의무화 제도’로 제로에너지건축물 의무화는 2020년 연면적 1,000㎡ 이상의 공공건축물에, 2023년 연면적 500㎡ 이상의 공공건축물에, 2025년 연면적 1,000㎡ 이상의 민간 건축물과 30세대 이상의 공동주택에 적용된다.⁷⁾

다음으로 인센티브 제공은 크게 설비 설치비 지원과 에너지 생산에 따른 지원으로 구분할 수 있다. 전력 부문에서는 에너지 생산에 따라 상계제도가, REC 등을 발급하여 이를 통해 추가적인 수익이 발생하도록 한다. 또는 태양광 대여사업을 통하여 소비자는 초기 설비 설치비용 부담 없이 설비를 설치하고 사업자는 렌트비와 전력 생산에 따라 REP를 발급받아 수익을 창출한다.

전력 부문에서는 다양한 보조 사업이 존재한다. 하지만, 태양열이나 지열의 경우는 생산에 대한 지원이나 대여사업은 없고 인센티브지원은 설비 설치비 지원을 통해 이루어지고 있다. 한국에너지공단의 주택지원, 건물지원, 융복합지원, 지역지원사업은 대상과 지원 내용이 다르지만, 공통적으로 모두 설비 설치 시 보조금을 지급하는 방식으로 운영되고 있다.

3. 보급 장벽 분석

가. 경제성 평가

본 절에서는 생산된 열 단위당 평균 열 생산 비용을 의미하는 균등화열생산비용(Levelized Cost of Heat, 이하 LCOH)을 추정하여 대체연료비와 비교하여 경제성을 평가한다.

$$LCOH_{it} = \frac{\text{초기투자비용}_i + \sum_{t=1}^T \frac{\text{운영유지비용}_{it}}{(1 + \text{할인율})^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{\text{총열 생산량}_{it}}{(1 + \text{할인율})^t}}$$

식에서 *i*는 에너지원, *T*는 내용연수를 의미한다. LCOH를 구성하는 주요 구성요소는 초기투자비용, 운영유지비용, 총열 생산량이다. 먼저, 초기투자비용은 설비를 설치하는 동안 발생하는 비용으로 주요기자재 비용, 시스템 밸런스(Balance of System, 이하 BOS) 비용, 설치비용, 기타비용 등을 포함하고, 운영유지비용은 설비의 수명기간 동안에 운영하면서 발생하는 연간 비용이다. 총 열 생산량은 설비의 성능저하율

6) 업통상자원부·한국에너지공단(2020), 신·증·개축 공공건축물 신재생설비 설치의무화, p.1.

7) 제로에너지건축물 홈페이지, https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do

과 이용률을 고려한 설비의 생애주기 동안에 생산하는 열의 총량을 의미한다. 추정에서는 선행연구를 참조하여 태양열과 지열의 경제수명은 20년, 할인율 4.5%, 성능저하율 0.5%를 적용하였다.

LCOH추정에서 태양열 설비를 타입별로 평판형과 진공관형으로 구분하였고, 각각의 타입을 다시 규모별로 30㎡와 200㎡로 구분하였다. 지열 설비는 단독주택 설비와 건물용 설비로 적용 대상에 따라 구분하였고, 건물용 설비는 다시 규모에 따라서 50RT⁸⁾, 300RT, 1,500RT로 세분하였다. 비용 및 열 생산량 자료는 태양열은 한국태양열협회가 자료를 제공하였고, 지열은 대표적인 지열기업 연구진의 협조를 받아 조사하였다.

태양열과 지열 설비의 LCOH를 타입별·규모별로 추정한 결과는 <표 2>와 <표 3>과 같다. 태양열 설비의 경우, 지열 설비와는 달리 설비 전원을 자유롭게 제어하기 어렵고, 해가 떠 있는 낮 시간대 동안만 집열이 가능하다. 그 결과 전체 집열량을 모두 소비하기 어렵기 때문에, 태양열 LCOH 산정 시 적용되는 열 생산량에 대하여 열 이용률을 적용한 시나리오 분석을 시행하였다. 집열판을 통해서 생산된 열이 모두 사용될 경우(열 이용률 100%)에는 평판형 태양광 LCOH는 462.9원/kWh(30㎡ 집열판), 314.6원/kWh(200㎡ 집열판)로 나타났고, 진공관형 태양광 LCOH는 396.8원/kWh(30㎡ 집열판), 270.3원/kWh(200㎡ 집열판)로 추산되었다. 다음으로, 열 이용률 80%를 적용하였을 때는 열 이용률 100%의 LCOH 수준보다 약 25% 증가하는 것으로 나타났다. 태양열 LCOH는 평판형과 진공관형 모든 타입에서 도시가스 요금, 실내등유 가격보다 높은 수준으로 나타나, 경제성을 확보하기 어려운 것으로 확인되었다(<표 2> 참조). 다만, 현재 주택지원사업, 건물지원사업 등에서 태양열과 지열에 설치 보조금을 지급하고 있다. LCOH 산정 시 설치 보조금을 반영하면 초기 자기자본 부담이 50% 감소하므로 경제성 확보가 용이하다. 설치 보조금 50%를 지원하여 CAPEX가 50% 수준으로 하락하더라도, 열 이용률이 낮으면 대규모(200㎡) 진공관형 타입을 제외한 태양열 설비는 경제성 확보가 어려운 것으로 나타났다. 그러나 태양열 설비의 열 이용률을 높일 경우에는, 현행 설치 보조금 제도하에서 대규모 평판형 타입의 태양열 설비도 어느 정도 경제성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

표 2 태양열 설비의 경제성 분석

(단위: 원/kWh)

구분	LCOH 열사용률 80%	LCOH 열사용률 100%	도시가스 요금	실내등유 가격	경제성 여부
평판형 30㎡	578.7	462.9	146.9	223.3	없음
진공관형 30㎡	495.8	396.8			없음
평판형 200㎡	393.3	314.6			없음
진공관형 200㎡	337.9	270.3			없음

주: 도시가스 및 실내 등유 가격은 2018~2020년 평균 판매가격

자료: 저자 작성

8) 냉동톤(Refrigeration Ton)은 단위시간에 냉각하는 냉각열량(kcal/hr)으로 냉동능력을 의미함.

지열 설비의 경우, 5RT 규모의 소규모 단독주택 지열 설비의 LCOH가 156.3원/kWh로 가장 낮게 나타났다. 건물용 지열 설비는 규모가 증가함에 따라 220.7원/kWh(50RT), 186.8원/kWh(300RT), 169.8원/kWh(1,500RT)로 LCOH가 점차 감소하는 것을 확인할 수 있다. 지열 설비는 태양열 설비보다 LCOH가 낮아, 단독주택과 대규모 건물용 지열 설비는 경제성을 확보하는 것으로 나타났다. 단독주택용 지열 설비의 LCOH는 도시가스 요금 및 실내등유 가격보다 낮아 가격경쟁력을 확보하였다. 중대 규모(300RT, 1,500RT) 건물용 지열 설비의 LCOH는 실내등유 가격보다 30원/kWh 이상 낮게 나타났으며, 소규모 건물용 설비(50RT) 또한 대체연료 중 비용이 가장 높은 실내등유보다 소폭 낮은 수준으로 경제성을 확보하는 것으로 나타났다(<표 3> 참조).

표 3 지열 경제성 분석 (단위: 원/kWh)

구분	LCOH	도시가스 요금	실내등유 가격	경제성 여부
단독주택 5RT	156.3			있음
건물용 50RT	220.7			있음
건물용 300RT	186.8	146.9	223.3	있음
건물용 1,500RT	169.8			있음

주: 도시가스와 실내 등유 가격은 2018~2020년 평균 판매가격
 자료: 저자 작성

나. 소비자와 사업자 설문조사

1) 소비자 설문조사

에너지경제연구원은 가정부문 에너지정책 수립 및 평가에 필요한 기초자료 수집을 목적으로 가구의 에너지소비현황을 조사하는 가구에너지패널조사를 실시한다.⁹⁾ 2019년 가구에너지패널조사는 신재생에너지 설비를 설치한 가구(이하 신재생가구)를 별도로 추가하여 조사를 진행하였다. 총 표본 수는 1,082가구로, 태양광 설비를 설치한 가구는 901가구, 태양열 설비를 설치한 가구는 169가구, 지열 설비를 설치한 가구는 94가구를 포함한다.

2019년 가구에너지패널조사에서는 신재생에너지 설비 설치 동기를 우선순위에 따라서 복수응답으로 1순위, 2순위로 답변하였다. 설비 설치 동기로 가장 높은 순위를 차지한 것은 태양광, 태양열, 지열 모두 공통적으로 에너지비용 절감과 설치 보조금 지급으로 경제적인 요인이 가장 크다. 기후변화, 자원고갈, 환경, 원전 안전성 등에 대한 우려도 재생에너지를 설치하는 동기로 선택되었지만 그 비율은 높지 않았다. 눈에 띄는 점은 태양광의 경우 주변사람의 권유 및 설득이 설치 동기라는 비율이 태양열이나 지열보다 높았다.

9) 에너지경제연구원(2019), 2019년 가구에너지패널조사 안내문, p.1.

이는 태양광은 주변 사람에게 권할 만큼 만족도나 수용성이 높은 반면, 태양열이나 지열은 이 부분이 부족한 것으로 볼 수 있다.

설비 설치 만족도 설문 조사 결과도 태양광에 비해 태양열이나 지열의 만족도가 부족한 것으로 나타났다. <표 4>는 재생에너지 설비 설치 만족도 설문 결과이다. 설비 설치 만족도는 5점 척도의 설문으로 1이 ‘매우 만족’이며 5가 ‘매우 불만족’이다. 따라서 평균값이 낮을수록 만족도가 높다는 의미이다. 제일 마지막 항목인 설비의 전반적인 만족도를 보면 태양광 1.99, 태양열 2.20, 지열 2.10으로 평균이 2점에 가까워 전반적으로 태양광, 태양열, 지열을 설치한 가구는 설비 설치에 대해 ‘만족’하고 있는 것으로 나타났다.¹⁰⁾ 하지만, 원별로 차이가 나는데, 전반적인 만족도를 포함하여 7개 항목에서 전체적으로 태양광의 만족도가 가장 높으며, 다음으로 지열, 태양열의 순으로 태양열 설비 설치가구의 만족도가 상대적으로 낮았다.

표 4 재생에너지 설비 설치 만족도 통계(5점 척도 평균)

항목	태양광	태양열	지열
① 설비 설치를 위한 사전 정보의 유용성	2.05	2.41	2.13
② 설비 설치를 위한 자부담액 수준	2.17	2.47	2.16
③ 설비 설치를 위한 정부·지자체 지원금액(보조금) 수준	2.18	2.59	2.24
④ 설비 설치 공사 결과(설치 방향, 외관, 안전성 등)	2.04	2.25	2.17
⑤ 설비 설치 이후의 이용 및 관리의 편리성	1.99	2.30	2.06
⑥ 에너지비용 절감효과	1.87	2.12	1.90
⑦ 설비 전반적 만족도	1.99	2.20	2.10
표본 수	787	93	52

주: 1 매우 만족, 2 만족, 3 보통, 4 불만족, 5 매우 불만족.

자료: 저자 작성

만족도의 평균을 보면 태양광, 지열, 태양열 순으로 높지만, 태양광의 경우 최근에 보급이 급격히 증가하고 태양열은 보급된 지 오래된 경우가 많다든지 주택의 노후화, 가구의 다양한 상황이 만족도에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 이러한 요소를 통제하고 본 설문조사의 만족도 결과가 통계적으로 유의하게 차이가 나는지 엄밀하게 분석할 필요가 있다. 분석에 사용한 모형은 순서형 로지스틱 모형으로 종속변수는 만족도 척도인 5개 카테고리이다. <표 5>는 설비 설치 만족도에 대한 순서형 로지스틱 회귀 분석 결과이다. 전반적 만족도를 포함한 7가지 항목의 설비 설치 만족도를 종속변수로 한 7개의 회귀분석 결과를 제시하고 있다. 태양열, 지열은 더미변수로 태양광과 비교하여 만족도의 차이를 본 것이다.

10) 1 매우 만족, 2 만족, 3 보통, 4 불만족, 5 매우 불만족.

회귀분석 결과를 보면 태양열의 만족도는 7개 항목의 회귀분석 결과 모두에서 만족도가 유의하게 낮은 것으로 나타났다.¹¹⁾ 지열의 경우 모든 회귀분석 결과에서 태양광과 비교하여 만족도가 통계적으로 유의하게 차이 나는 것은 없었다(<표 5 참조>).

표 5 설비 설치 만족도 순서형 로지스틱 회귀 분석 결과

종속변수	태양열	지열	샘플	유사 R^2
① 설비 설치를 위한 사전 정보의 유용성	0.897***	0.008	887	0.1472
② 설비 설치를 위한 자부담액 수준	0.609**	-0.261	887	0.1047
③ 설비 설치를 위한 지원금액(보조금) 수준	1.096***	0.335	887	0.1149
④ 설비 설치 공사 결과	0.895***	0.193	887	0.1233
⑤ 설비 설치 이후의 이용 및 관리의 편리성	1.225***	0.189	887	0.1392
⑥ 에너지비용 절감효과	0.877***	-0.146	887	0.1365
⑦ 설비 전반적 만족도	0.679**	.099	887	0.1400

주: 모든 회귀에 통제 변수는 설비 설치 경과연수, 주택 형태, 주택 규모, 가구원수, 세대주 성별, 나이.

*** 유의수준 1% 수준에서 유의, ** 유의수준 5% 수준에서 유의.

자료: 저자 작성.

신재생 설비를 설치한 가구를 대상으로 설치 동기, 만족도 이외에 보급 확대를 위한 개선사항을 사전정보 탐색, 설치·이용, 사후관리 단계별로 여러 항목에 대해 우선순위에 따라 복수 응답하도록 질문하였다.¹²⁾ 설문조사 결과를 종합적으로 보면 응답자들은 태양열의 경우에 '설치·이용' 단계에서 높은 설치비로 인한 보조금 증액과 에너지생산량 개선, 즉 효율 개선을 높게 꼽았다. 지열의 경우도 보조금 증액이 높은 응답 비중을 차지하지만, 전체적으로 '사전 정보 탐색' 단계인 설비 시공업체, 보급 지원사업 정책, 설비 설치 효과 등에 관한 정보 제공 필요성이 높은 것으로 나타났다.

2) 사업자 설문조사

태양열과 지열 설비를 설치하는 기업체를 대상으로 설비 설치·보급과 관련된 장벽과 제도 개선 사항을 파악하기 위해 설문조사를 두 단계에 걸쳐 진행하였다. 먼저 한국에너지공단의 2021년도 신재생에너지보급사업 참여기업으로 선정된 기업을 대상으로 기업체의 주택용 보급 장벽과 규제, 제도 개선 사항에 대해 설문조사를 진행하고, 이후 기업체가 제시한 다양한 의견은 편향된 것일 수도 있고 잘못된 의견일 수도 있어 기업체의 다양한 의견에 대해 전문가가 중요도를 상, 중, 하, 그리고 잘못된 주장으로 평가하도록 하였다.

11) 5점 척도의 값이 작을수록 만족도는 더 높다는 것을 의미하므로, 추정계수가 양(+)이면 만족도가 떨어지는 것임.

12) 에너지경제연구원(2019), 2019년 가구에너지패널조사 조사표, p.11.

<표 6>은 기업체가 제기한 이슈 및 의견 중 태양열과 지열에 공통으로 해당되는 사항에 대해서 전문가가 평가한 중요도 순으로 나열한 것이다. 이를 보면 가장 우선 중요한 이슈로 평가하는 것은 의무화 사업에 전기와 열의 구분 없이 공급의무 비율을 산정한다는 것으로 보급에 전기와 열을 구분하여 의무화가 적용되어야 한다는 대안이 제시되었다. 또한 전기와 비교하여 열에너지 가치에 대한 명확한 평가가 쉽지 않다는 점이 개선사항으로 꼽혔다. 그리고 초기 설치비용이 많이 들어 소비자가 부담이 된다는 점이 지적되었다. 그 외 지자체 보조금으로 인한 마찰한 사업의 어려움과, 비슷한 지원사업으로 인한 소비자의 혼란 및 사업 방향성이 떨어진다는 의견이 제시되었다.

표 6 주요 이슈 및 의견 - 태양열, 지열 공통

주요 이슈	주요 의견
「공공건축물 신재생설비 설치의무화 사업」에 전기에너지, 열에너지 구분 없이 적용하여 신재생에너지 공급의무 비율을 산정	신재생에너지 적용 방법을 전기에너지, 열에너지로 세분화하여 적용 필요. - 전기에너지를 열에너지로 변환하여 사용하는 것보다 열에너지 설비를 직접 활용할 수 있도록 가중치 등 인센티브를 강화
지자체 보조금으로 인한 마찰 다수 발생	
전기와 비교하여 열에너지는 가치에 대한 명확한 기준이 없기 때문에, 경제적으로 얼마나 도움이 되는지 평가가 쉽지 않음.	열에너지 가치에 대한 명확한 기준이 필요함.
설치 초기 비용이 높아 소비자 부담	무이자 대출(저리 대출) 등을 통해 소비자 부담을 낮춤
「주택지원사업」, 「융복합지원사업」으로 나뉘어 소비자 혼란 및 사업 방향성이 떨어짐.	

주: 순서는 중요도 상으로 평가한 전문가 수가 많을수록 상위.
자료: 저자 작성.

<표 7>은 태양열에 해당되는 사항에 대해서 전문가가 평가한 중요도 순으로 나열한 것이다. 가장 중요한 이슈로 평가한 사항은 태양열이 효과가 좋은 곳에 설치되어야 한다는 것으로 주택보다는 건물 위주로 보급이 필요성을 강조하였다. 그리고 이전의 태양열이 잘못된 설치 사례로 사회적 인식이 좋지 못한 것이 사업의 어려운 점으로 평가되고 있다. 기술적인 면에서 PVT가 주목받는 상황과 태양열 냉방 기술의 중요성을 지적하며 태양열 산업의 기술 개발 방향에 대해서도 지적하였다. 그 외 태양열 설비의 기계실을 부속 설비로 인정하여 별도 인허가가 면제, 인증 제품의 다양화 모색 등의 의견이 제시되었다.

표 7 주요 이슈 및 의견 - 태양열

주요 이슈	주요 의견
주택은 사용인원이 적어서, 큰 효과가 없지만 사계절 내내 상시 온수를 사용하는 공장, 건물에는 에너지 절약에 더 큰 효과가 있음.	주택용보다는 대용량 건물에 더 많은 보조금 지원이 필요함.
최초 태양열 사업 진행 시 무자격자의 무분별한 설치로 잘못 설치된 사례가 많아 부정적인 인식이 많음.	
전 세계적으로 PVT 시스템이 주목 받고 있음.	PVT를 이용한 발전 및 열공급시스템을 여러 분야에 적용하면 태양열에너지의 보급을 크게 확대시킬 수 있음.
냉방 수요가 증가하는 추세	하절기 냉방수요의 증가가 향후 전력수급에도 영향을 미칠 수 있으므로 태양열 냉방을 이용하여 피크감소에 기여할 수 있음.
지자체에서 태양열설비의 기계실을 불법 건축물로 판단하여 시정 요구한 경우 존재	일정 규모 이하는 부속 설비로 인정하여 별도 인허가 면제 필요
	인증제품의 다양화 모색 필요

자료: 저자 작성.

<표 8>은 지열에 해당되는 사항에 대해서 전문가가 평가한 중요도 순으로 나열한 것이다. 지열의 경우 공동주택 보급에 적용 사례 부족으로 인한 설계사 및 건설사가 적용을 기피하는 어려움이 가장 중요한 이슈로 평가되었고, 이에 따라 공동주택 보급 사례와 실증의 필요성이 강조되었다. 사업을 진행하면서 사업자들은 일부 지자체에서 지원사업 참여의 어려움을 호소하였다. 그 외 도시가스 공급이 안 되는 환경에서 지열이 더욱 필요하기에 도심권 밖에서 보급의 중요성과 지열이 경제성을 갖추에 따라 설비의 우수성 홍보의 중요성에 대한 의견이 제시되었다.

표 8 주요 이슈 및 의견 - 지열

주요 이슈	주요 의견
- 공동주택의 보급을 진행하였으나 공사비가 일반 냉난방 공사비보다 1.5~2배 증가하여 분양가 반영에 따라 적용이 취소된 사례 존재 - 공동주택 적용 사례 부족으로 인한 설계사 및 건설사 적용 기피	공동주택의 보급 사례, 실증 필요
몇 지자체의 경우 「융복합지원사업」 컨소시엄 모집 시 지열원을 포함할 경우 컨소시엄 참여 불가하다고 통보함.	일선 시군단위 지자체 에너지담당자들에 대해 제대로 된 교육과, 특정업체에 대한 편향 공정한 경쟁이 될 수 있도록 개선되어야 할 것으로 보임.

주요 이슈	주요 의견
지열은 도시가스 공급이 안 되는 환경의 주택에서 더욱 필요	각 지자체의 도심권 밖 기준을 정하여 지원해주는 방안 고려
	에너지원별 투입비 대비 생산되는 에너지를 수치화해서 비교 자료를 만들어 지열원 열펌프의 우수성을 검토

자료: 저자 작성.

다. 보급 장벽 평가

앞서 경제성 평가와 설문조사를 통하여 보급 장벽을 살펴보았다. 여기서는 이와 더불어 전문가를 대상으로 보급 장벽 개선을 위해서 필요한 요소 간의 중요도 평가를 위해 계층화 분석법(Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP) 설문조사를 실시하였다. AHP 설문은 총 2계층으로 설정하였는데, 제1계층은 경제성, 기술, 수용성, 정책 4가지로 구성하였다. 제2계층에서는 제1계층의 각 요소에 대해 세부적으로 각각 3개의 평가항목을 구성하였다. 설문 조사는 태양열과 지열 산학연 전문가(태양열 10인, 지열 10인) 20명에 대하여 실시하였다.

분석 결과를 보면, 개선 중요성으로 태양열은 경제성, 정책, 수용성, 기술 순으로, 지열은 정책, 수용성, 경제성, 기술 순으로 평가되었다. 종합적으로 태양열의 가장 큰 보급 장벽은 높은 설치비용이며 지열에서는 보급 수단의 개선이 중요도가 가장 높게 나타났다. 태양열과 지열 모두 ‘기술’보다는 ‘수용성’ 문제가 보급을 위해 개선되어야 할 더 중요한 요소로 평가되었으며, ‘기술’은 태양열과 지열 모두에서 중요도가 가장 낮게 나타났다(<표 9> 참조).

표 9 AHP 설문조사 결과

	제1계층			제2계층		종합	
	태양열	지열		태양열	지열	태양열	지열
경제성	0.36 (1)	0.19 (3)	설치비용	0.47	0.66	0.17	0.12
			유지관리 비용	0.12	0.16	0.04	0.03
			대체 난방비용	0.41	0.18	0.15	0.03
기술	0.09 (4)	0.15 (4)	공동주택 적용	0.17	0.34	0.02	0.05
			집열면적 확보	0.48	0.41	0.04	0.06
			설치부지 확보	0.35	0.25	0.03	0.04
			최적운영	0.35	0.25	0.03	0.04

	제1계층			제2계층		종합	
	태양열	지열		태양열	지열	태양열	지열
수용성	0.23 (3)	0.21 (2)	사회적 인식	0.44	0.42	0.10	0.09
			정보 접근성	0.19	0.19	0.04	0.04
			사용상 편의	0.37	0.39	0.08	0.08
정책	0.32 (2)	0.46 (1)	연구개발	0.20	0.30	0.06	0.14
			보급 수단	0.37	0.38	0.12	0.17
			보급 목표	0.43	0.33	0.14	0.15

자료: 저자 작성.

태양열의 제2계층의 세부 항목별 평가 결과를 보면, ‘경제성’에서는 설치비용이 가장 높은 장벽으로 평가되었고 다른 난방수단의 비용이 낮은 것이 개선되어야 할 요소로 나타났다. 반면 유지관리 비용은 상대적으로 개선의 우선순위가 가장 낮았다. ‘기술’에서는 집열면적 확보가, ‘수용성’에서는 태양열에 대한 부정적인 사회적 인식 개선, 그리고 사용상 편의성 개선이 중요도가 높게 나타났다. ‘정책’ 면에서는 보급 목표와 수단이 연구개발보다 중요하게 평가되었다(<표 9> 참조).

지열의 경우, ‘경제성’에서는 태양열과 마찬가지로 높은 설치비용이 주요 개선사항으로 나타났고 유지관리 비용은 우선순위가 낮았다. 다만 대체 난방비용의 경우 지열은 태양열과 달리 개선 우선순위가 낮게 나타났다는데, 이는 LCOH 경제성 평가에서 지열이 다른 화석연료 기반 연료와 비교하여 어느 정도 경제성을 갖는다고 평가된 것과 같은 맥락으로 볼 수 있다. ‘기술’에서는 태양열과 비교해서 공동주택 적용에 더 높은 우선순위를 두고 있다. ‘수용성’은 태양열과 거의 비슷한 모습을 보였고, ‘정책’에서는 연구개발보다는 보급 수단이나 목표가 더 중요한 개선 요소로 평가되었다(<표 9> 참조).

4. 시사점

AHP 평가 결과를 종합적으로 보면 태양열과 지열 전문가가 뽑은 개선 필요 사항의 중요도는 정책, 경제성, 수용성, 기술 순으로 나타났다. 태양열과 지열로 나누어 살펴보면, 태양열의 보급 장벽 개선 우선순위는 경제성, 정책, 수용성, 기술 순으로 평가되었고 가장 개선이 필요한 보급 장벽은 높은 설치비용으로 나타났다. 지열은 정책, 수용성, 경제성, 기술 순이었으며 특히 보급 수단의 개선이 보급 촉진을 위하여 가장 필요한 것으로 평가되었다.

정책 수단 측면에서는 의무화제도 개선이 중요한 것으로 평가되었다. 현행 제도는 전기와 열의 구분이 없어서 재생열에너지 보급에 어려움이 있는 것으로 분석된다. 이를 해결하는 대안은 의무화 이행 수단을 전력과 열로 구분하여 의무를 부과하는 방안(1안)이나, 재생에너지열원에 대하여 정책적 우대가중치를 부여하는 방안(2안)이 고려될 수 있다. 1안, 2안 모두 의무당사자에게 부담이 증가하므로, 이를 완화하려면 의무 이행 초과 달성에 대한 인센티브 조성을 병행하는 방안을 고려할 필요가 있다. 또한 국가정책 관점에서 재생열에너지의 정책적 활용 전략과 보급 목표를 명확히 설정할 필요가 있다. 그러나 재생열에너지 보급 목표가 미비할 뿐만 아니라, 목표 수립과 정책 결정에 판단 근거가 되는 연구사례를 찾아보기 어렵다. 따라서 재생열에너지 보급 정책 수립에 필요한 재생열에너지의 경제성, 잠재량 등에 관한 기초연구와 정책연구를 더욱 활성화하고 고도화할 필요가 있다.

경제성 분석 결과를 보면 태양열과 지열의 공통적인 보급 장벽은 초기 설비비용 부담이 크다는 점이다. 현행 설치비 보조 사업은 초기 설치비 부담을 완화하는데 기여하지만, 추가적으로 초기 설치비 용자지원 사업과 여건과 기술적 제약을 개선한다면, 태양열 대여사업을 고려할 수 있다. 수용성 제고 측면에서 보면, 태양열의 경우 설비 설치 효과가 높은 곳을 대상으로 보급을 유도할 필요가 있다. 또한 재생열에너지 설비의 활용에 따른 에너지절감 효과의 홍보 노력을 강화할 필요가 있다. 기술 측면에서 보면, 태양열은 새로운 기술(PVT, 냉방 등), 지열은 공동주택 보급을 위한 기술 개발과 적용이 필요하고, 재생열에너지 부문의 열 거래를 위한 기술적·제도적 문제를 해결하기 위한 노력이 필요하다.

참고문헌

국내 문헌

- 산업통상자원부-한국에너지공단(2020), 신·중·개축 공공건축물 신재생설비 설치의무화
- 에너지경제연구원, 2019년 가구에너지패널조사 안내문, 2019
- 에너지경제연구원, 2019년 가구에너지패널조사 조사표, 2019
- 한국에너지공단, 2019년 신재생에너지 보급통계(2020년 공표), 2020
- 한국에너지공단, 2019년 신재생에너지 보급통계(2020년 공표) 결과 요약, 2020

외국 문헌

- IEA(2021), Renewables 2021- Analysis and forecast to 2026
- REN21(2021), Renewables 2021 Global Status Report

웹사이트

- IEA 홈페이지, <https://www.iea.org/reports/renewables-information-overview/transformation#abstract>
- 제로에너지건축물 홈페이지, https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do