

미활용에너지의 경제적 효과 및 보급지원방안 연구

*안 형준¹⁾, 백 성권²⁾, **허은녕³⁾

Study on Economic analysis and Dissemination Policy of Unused Energy

*Hyungjun An, Sungkwon Baek, **Eunnyeong Heo

Key words : Unused energy(미활용에너지), Temperature difference energy(온도차에너지), Renewable energy(재생에너지), Heat pump(열펌프), Energy saving(에너지절약)

Abstract : Temperature difference energy is a good energy source replacing the fossil fuels. In the study, we classified the temperature difference energy as 4 types by the source & using method. For the understanding economic property of temperature difference energy, we tried simple economic analysis. As the result, Pay back period of 4 case of the temperature difference energy are from 1.23 to 12.65 years. Major factors influenced economic effect are operation time and energy user distance from the temperature difference energy source. If we can select optimal capacity and look for more efficient energy users, Temperature difference energy play a important role of replacing fossil energy. So, for dissemination of temperature difference energy, we suggest that temperature difference energy must be included in renewable energy. Applying the effective methods among various promotion program of renewable energy policy, utilization of temperature difference energy could be activated.

1. 서 론

미활용에너지는 용어상의 모호함으로 인해 시대적 배경과 기술발달에 따라 다양한 형태로 규정되어 왔다. 특히 시장에서 널리 활용되지 않는 잠재에너지원을 통칭하는 용어로 풍력, 태양에너지 등의 재생에너지를 포함하는 넓은 범위의 정의¹⁾에서부터 발전, 냉난방과 같은 용도로 직접 사용하기에 부족한 온도범위(혹은 온도차)를 갖는 열원으로 규정²⁾하는 견해가 폭넓게 자리잡고 있다. 이러한 정의는 에너지가격변화와 환경문제의 발생, 풍력발전, 태양광발전과 같은 미활용에너지원의 활용기술의 발달에 따라 변화해온 것으로 파악된다. 즉, 넓은 의미의 미활용에너지원에는 다양한 잠재에너지가 포함되어 있으며 이 중에서 기술적 활용방안이 개발되어 활용가치가 규명되면 미활용에너지원의 큰 울타리에서 분리되어 독자적인 에너지원으로 재정의되는 과정을 거치게 되는 것이다. 풍력, 태양광, 지열, 소수력 등의 많은 신재생에너지가 이런 과정을 거쳐 미활용에너지원으로부터 분리되어 나왔다고 볼 수 있다. 이처럼 미활용에너지는 다양한 에너지원이 포함되어 있으며 기술개발과정을 거쳐 에너지원에 적합한 기술적 활용방안이 개발되고 경제성평

가가 이루어지면 활용가능한 에너지원으로 자리매김하는 것으로 볼 수 있다(Fig 1). 또한 미활용에너지는 환경친화적인 특징이 있어 대체로 신재생에너지원에 포함되어 보급확대를 위한 제도적 지원을 받게되며 이러한 단계적 발전과정을 통해 상업성을 확보하게 된다. 이 연구에서는 현재 미활용에너지원 중 매우 큰 기술적, 경제적 잠재력을 가진 온도차에너지에 대해 소개하고 온도차에너지원의 특성에 따라 분류한 후 각각에 대하여 예상되는 경제성을 개략적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 온도차에너지원이 갖는 기술적, 경제적 타당성을 평가한 후 신재생에너지에 포함되었을 때 적합한 지원방식에 대하여 간략히 정리하고자 한다.

-
- 1) 코오롱건설(주) 기술연구소
E-mail : hjan@kolon.com
Tel : (031)329-0634 Fax : (031)329-0651
 - 2) 코오롱건설(주) 기술연구소
E-mail : eva2k@kolon.com
Tel : (031)329-0638 Fax : (031)329-0651
 - 3) 서울대학교 에너지시스템공학부
E-mail : heoe@snu.ac.kr
Tel : (02)880-8323 Fax : (02)882-2109

2. 온도차에너지의 현황분석

2.1 개요

온도차에너지는 대기온도와 같은 기준상태와 비교하여 상당한 온도차가 있는 잠재에너지를 말하며 특히 온도차가 직접 냉난방이나 발전 등에 활용하기에는 부족한 경우를 뜻한다³⁾. 대표적인 종류로는 목욕탕의 배출수, 굴뚝의 연기, 발전소의 온배수, 하천수, 지하수 등을 들 수 있다. 이러한 온도차에너지는 여러 가지 기준에 따라 분류할 수 있다.

우선 열원의 기원에 따라 자연열원과 인공열원으로 분류할 수 있다. 자연열원은 자연적으로 발생한 것으로 지하수나 하천수가 대표적이다. 인공열원은 인간활동에서 투입된 에너지가 배출될 때 포함된 온도차에너지를 의미하는데 발전소 온배수, 목욕탕의 온배수 등을 들 수 있다.

열원의 종류를 공기열원과 수열원으로 나눌 수 있다. 마지막으로 온도차에너지원의 발생처와 사용처와의 관계에 따라 자가소비방식과 외부소비방식으로 나눌 수 있다.

이처럼 온도차에너지원은 다양하게 분류할 수 있으나 실용적인 측면에서 기술적 특성에 검토하여 분류하는 것이 타당할 것이다.

2.2 온도차에너지 활용기술

온도차에너지는 직접 이용하기에 부족한 온도 범위를 갖고 있어 필요한 용도에 맞춰 온도를 변화시키는 변환장치를 활용하는 것이 핵심기술이다. 온도차에너지활용기술 구성요소는 Fig. 2와 같이 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 온도차에너지를 모아 에너지변환장치로 보내는 장치이다. 에너지원에 따라 공기열교환기, 수열교환기, 지열교환기와 같은 열교환기가 주로 사용된다. 다음으로 에너지변환장치는 주로 열펌프가 사용된다. 마지막으로 열펌프를 이용해 생산된 냉온수 혹은 냉온풍을 소비처에 공급하는 장치가 필요한데 주로 열배관, 열교환기 등이 있다.

이러한 기술적 구성요소는 결국 투자비에 영향을 미치게 되어 경제성을 평가하는데 주요한 평가항목이 된다. 온도차에너지의 활용기술이 대체로 Fig 2.의 방식을 크게 벗어나지 않음에도 불구하고 온도차에너지원의 종류와 소비처에 따라 경제성은 크게 차이가 나게 된다. 따라서 온도차에너지원은 열원의 종류와 소비처의 두가지 요소를 기준으로 4가지로 분류하였다.

- ① 인공열원 자가소비 방식
 - 목욕탕 온배수를 이용한 온수 생산
- ② 자연열원 자가소비 방식
 - 지하수를 이용한 건물 냉난방공급
- ③ 인공열원 외부소비 방식
 - 발전소 온배수를 이용한 냉난방 공급
- ④ 자연열원 외부소비 방식
 - 하천수, 해수를 이용한 냉난방 공급

위와 같은 분류방법은 열원의 종류와 소비처의 거리와 같은 투자비 결정요소를 적절히 반영할 수 있는 방법으로 다음장에서 위의 4가지 분류에 따른 각각의 경제성분석을 기존의 문헌자료를 기초로 실시하고자 한다.

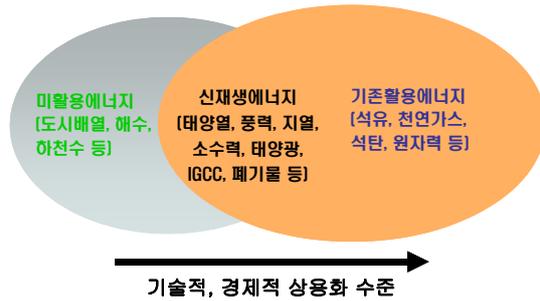


Fig. 1 Classification of economic level of Energy

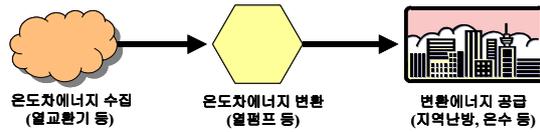


Fig. 2 Using step of temperature difference energy

3. 온도차에너지원의 경제성 평가

3.1 경제성 평가방법

이 연구의 경제성 평가는 온도차에너지의 활용에 영향을 미치는 핵심요소를 파악하기 위한 것이므로 상세한 분석보다는 투자비와 운전비를 단순화하여 경제성을 좌우하는 요인을 파악하는데 중점을 두었다. 우선 투자비는 온도차에너지원 활용을 위한 각종 설비비와 설치비를 반영하였다. 특히 기술요소별 영향을 파악하기 위해 온도차에너지 수집설비, 에너지변환설비, 생산 에너지의 공급장치로 나누어 계산하였다. 다음으로 에너지 가치는 기존의 열기기와 연료를 사용하였을 때의 금액으로 환산하였고 여기에 열펌프 등의 가동에 투입된 에너지요금을 제외하여 계산하였다. 기존 열기기로 난방/온수공급용은 LNG보일러, 냉방공급용은 에어컨을 가정하였으며 연료는 LNG(580원/m³)와 일반용 전력(여름:108원, 겨울:85원, 기본료 포함)을 사용하는 것으로 계산하였다.

3.2 경제성 분석 결과

개략적인 경제성분석을 통해 얻은 경제성 평가결과는 다음과 같다.

3.2.1 인공열원 자가소비 방식(Case 1)

인공열원은 보일러의 배기가스, 실내공기의 환기, 목욕탕의 온배수 등을 뜻한다. 이 연구에서는 목욕탕 온배수를 히트펌프로 변환하여 다시 온수를 생산하는 경우를 가정하였다. 설치용량은 50RT (50*3,024Kcal/hr)로 이때 온수생산 온도는 50℃, 온배수온도는 25℃로 가정하였다. 투자비의 경우 온도차에너지 수집설비로 온배수 오염처리장치, 열교환기가 포함되며 온수변환설비로 열펌프(COP 4.5)가 사용되었다. 열공급설비는 자가소비이므로 별도로 고려되지 않았다. 마지막으로

Table 1. Economic analysis of case 1

분 류	항 목	금액(천원)
투자비	수집 설비	30,000
	변환 설비	40,000
	합 계	70,000
에너지 생산액 (년간)	에너지생산액	24,285
	에너지소비액	(-)10,914
	합 계	13,371
회수기간	70,000/13,371 = 5.23년	

Table 2. Economic analysis of case 2

분 류	항 목	금액(천원)
투자비	수집 설비	100,000
	변환 설비	50,000
	기존 설비	(-)100,000
	합 계	50,000
에너지 생산액 (년간)	에너지생산액	10,480
	에너지소비액	6,529
	합 계	3,951
회수기간	50,000/3,951 = 12.65년	

운전시간은 일 10시간으로 가정하였으며 장치의 가동율은 80%로 하였다. 이러한 조건에서 경제성 분석결과 Table 2와 같이 투자비 회수기간이 5.23년으로 나타났다. 또한 Case 1의 경우 조건 변화에 따른 투자비의 변동이 크지 않아 가동시간이 핵심요소로 분석된다. 따라서 가동시간을 증가시킬 수 있도록 용량을 선정하면 투자효과를 높일 수 있으며 상업적 경제성 확보가 가능하다. 다만 초기투자비가 과다하므로 수요자가 예측된 에너지생산을 확신할 수 있도록 설비 및 시스템 전반에 대한 성능인증과 보증정책이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.2 자연열원 자가소비방식(Case 2)

자연열원 중 자가소비에 적합한 방식은 지하수나 지반을 이용하는 지열냉난방 기술이다. 지열냉난방은 이미 신재생에너지에 포함되어 공공의무화제도 등의 지원이 이뤄지고 있으므로 간략히 경제성 평가 결과를 소개한다. 이 연구에서는 지중열교환기를 설치하여 지열원을 수집한 후 열펌프로 사무용건물의 냉난방을 공급하는 경우를 가정하였다. 이때 투자비는 기존설비인 보일러와 에어컨을 대체할 수 있으므로 기존설비 투자비를 뺀 추가투자비를 산정하였다⁴⁾. 가동 성능과 관련하여 난방시 온수 생산온도는 45℃, 지열원 온도는 7℃로 시스템 COP는 3.5, 냉수 생산온도는 7℃, 지열원 온도는 25℃로 시스템 COP는 4.0인 것으로 가정하였다. 또한 용량은 case 1과 같이 50RT로 가정하였다. 운전시간은 난방 5개월, 일 12시간, 가동율은 40%이며 냉방 3개월, 일 12시간, 가동율 40%로 하였다. 경제성 분석결과 Table 2와 같이 추가투자비회수기간은 12.65년으로 매우 길게 나타나는데 이는 지중열교환기 설치비가 매우 크고 가동시간과 가동율이 짧아 에너지생산액이 적기 때문이다. 따라서 지열교환기 저가화를 위한 기술개발이 요구되며 지열냉난방을 기저부하로 이용하여 가동율을 높이는 설계가 요구된다. 만약 가동율이 80%로 높아지면 투자회

Table 3. Economic analysis of case 3

분 류	항 목	금액(천원)
투자비	수집 설비	600,000
	변환 설비	2,880,000
	공급 설비	1,100,000
	기존 설비	(-)3,600,000
	합 계	980,000
에너지 생산액 (년간)	에너지생산액	503,040
	에너지소비액	(-)313,392
	합 계	189,648
회수기간	980,000/189,648 = 5.16년	

Table 4. Economic analysis of case 4

분 류	항 목	금액(천원)
투자비	수집 설비	900,000
	변환 설비	2,880,000
	기존 설비	(-)3,600,000
	합 계	180,000
에너지 생산액 (년간)	에너지생산액	459,265
	에너지소비액	(-)313,392
	합 계	145,873
회수기간	180,000/145,873 = 1.23년	

수기간은 6.3년 정도로 줄어들어 경제적 효용성이 크게 증가될 것이다.

3.2.3 인공열원 외부소비 방식(Case 3)

Case 3는 신도시지역의 하수처리장 인근에 공공기관을 배치하여 대량으로 발생하는 하수처리수의 온도차에너지로 냉난방을 직접 공급하는 경우에 대해 분석을 실시하였다.

공공기관의 규모는 2만평으로 하수처리수 5만톤을 열원으로 총용량은 2,400RT의 시스템을 가정하였다. 투자비와 가동시간은 Case 2와 동일한 방식으로 계산하였고. 운전과 관련하여 온수 생산온도는 55℃, 하수처리수 온도는 12℃로 난방 COP는 3.5, 냉수생산온도는 7℃, 하수처리수 온도는 25℃로 냉방COP는 4.0로 가정하였다. 또한 하수처리장과 사용처인 공공기관과의 거리는 1Km로 가정하였다. Table 3에서 추가투자비 회수기간은 5.16년으로 나타났으며 경제성의 핵심요소는 소비처까지의 거리(공급설비)인 것으로 나타났다. 만약 소비처까지 거리가 2Km로 멀어지면 추가투자비회수기간이 10.96년으로 크게 증가한다. 따라서 신도시 추진시 하수처리장, 쓰레기 소각장과 같은 환경기반시설과 공공기관을 연계하는 정책의 마련이 요구된다. 또한 공공기관적용을 위해 공공의무화제도의 적용대상으로 온도차에너지를 포함시키는 것이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.4 자연열원 외부소비 방식(Case 4)

Case 4는 하천수를 이용하여 공공기관에 냉난방을 공급하는 것으로 가정하여 분석을 수행하였다. 공공기관의 규모와 투자비, 가동시간은 Case 3와 동일하게 적용하였다. 운전데이터는 난방시 온수온도 50℃, 하천수온도 4℃로 난방COP는 3.0

을 적용하였고 냉방시 냉수온도 7℃, 하천수온도 28℃로 냉방COP는 4.0를 적용하였다. 마지막으로 하천에서 소비처까지의 거리는 500m로 가정하고 냉난방대상건물에 관련설비를 설치하는 것으로 가정하였다. Table 4에서 투자비회수기간이 1.23년으로 매우 짧게 나타났는데 대유량 하천에 인접한 경우 수집설비에 대한 투자비가 적기 때문이다. 따라서 대규모 하천이 통과하는 도시지역의 온도차에너지 활용은 경제적 타당성이 높은 것으로 판단되는데 다만 갈수기로 인해 충분한 유량을 확보하기 어려운 점과 공공자원인 하천수를 이용하는 문제 등에 대한 고려가 필요할 것이다. 따라서 이 방식은 공공기관에 우선 적용을 적극 고려하여야 하며 실증평가를 통해 엄밀한 타당성을 검증한 후 공공의무화제도에 포함시키는 것이 타당할 것으로 판단된다.

4. 온도차에너지의 보급지원방안

앞서 3장에서 살펴본 바와 같이 온도차에너지는 경제적으로 활용도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 타당성이 있는 온도차에너지를 신재생에너지에 포함시켜 종합적인 지원책을 마련하는 것이 필요하다. 앞서의 4가지 경우에 대해 살펴보면 Case 1의 경우 인공적인 온도차를 자가활용하는 경우이므로 에너지절약부문에 적합하다. Case 2의 경우 이미 신재생에너지로 인정받아 많은 보급과 함께 기술개발이 활성화되고 있다. Case 3, 4의 경우 외부에 대량의 냉난방 에너지를 공급할 수 있으므로 신재생에너지로 분류하는 것이 타당하다. 이러한 분석에 따라 Case 1은 에너지절약기술에 포함하여 지원하고 Case 2 ~ 4는 신재생에너지에 포함하여 지원하는 것이 타당할 것으로 보인다. 이러한 분류에 따른 보급지원방안을 살펴보면 Case 1의 경우 경제성확보가 용이하므로 사용자의 신뢰확보를 위한 성능인증 및 보증제도, 초기투자비 저리용자 등의 지원방안이 효과적인 것으로 판단된다. Case 2의 경우 지중열교환기의 저가화 기술개발지원과 투자비절감을 위한 보조금제도가 적합할 것으로 판단된다. 마지막으로 Case 1, 2의 경우 가동시간이나 가동율의 증대가 핵심요소이므로 적용사례별로 표준화된 적정설계안을 마련하여 제공하는 것도 중요한 지원방안이 될 것이다. 다음으로 case 3의 경우 열소비처의 거리가 핵심요소로 도시설계시 온도차에너지의 활용을 감안한 공간배치가 이뤄져야 함을 알 수 있다. 따라서 현재 진행되고 있는 각

중 신도시개발사업에 온도차에너지의 부존량을 평가하고 이를 최대한 활용할 수 있는 계획수립을 의무화하는 방안이 요구된다. Case 4의 경우도 case 3의 경우와 유사함 특성을 보이며 다만 하천의 경우 공공자원으로서 별도의 법규에 의해 관리되기 때문에 활용을 위한 법제도 개선이 요구된다. Case 3, 4의 경우 대규모의 설비시스템이 구축되므로 실용화를 위해서는 실증평가가 우선 선행되어 정확한 기술확립과 평가가 선행되어야 할 것이다. 현재 신재생에너지에 대한 지원제도 중 온도차에너지에 적합한 지원방안을 각각의 Case 별로 정리하면 Table 5와 같이 나타난다.

5. 결론

미활용에너지중 기술적, 경제적으로 활용도가 높은 온도차에너지를 4가지로 분류하고 개략적인 경제성 분석을 수행하였다. 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Case 1의 경우 경제성에 영향을 미치는 요인이 적고 투자비회수기간이 5.23년으로 짧아 소비자의 신뢰를 확보하기 위한 성능인증 및 보증제도 확립이 가장 적합할 것으로 판단된다.
- 2) Case 2의 경우 신재생에너지로 보급이 진척되고 있으며 경제성 측면에서 지중열교환기 저가화를 위한 기술개발이 요구된다.
- 3) Case 3의 경우 소비처와의 거리가 핵심요소로 온도차에너지 부존상태에 따른 공간배치를 위한 제도적 장치와 공공기관의무화제도 반영이 요구된다.
- 4) Case 4의 경우 상시 하천수의 유량이 풍부하고 소비처가 인접한 경우 높은 경제성을 가지므로 적용확대를 위해 공공자원인 하천수의 활용에 대한 기준마련이 요구된다.

이상과 같이 온도차에너지를 분류하고 경제성에 영향을 미치는 핵심요소에 대해 분석하여 타당한 지원정책을 분류하였다. 향후 온도차에너지에 대해 엄밀한 규정마련과 함께 지원정책에 따른 경제적 효과 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

- [1] 통상산업부, 도시 미활용에너지 이용 열펌프 시스템 개발에 관한 최종보고서, 1997.
- [2] 박준택외 5명, “미활용에너지 이용현황”, 대한설비공학회 하계학술발표대회논문집, pp.396 -401, 2002.
- [3] 박준택, “온도차에너지 이용 냉난방기술”, ESCO, 통권 제27호 pp.26-43, 에너지절약전문기업협회, 2004
- [4] 안형준, 백성권, 지열냉난방실증연구 최종보고서, 산업자원부, 2005

Table 5 Dissemination Policy

분류	주요 열원	핵심요소 및 주요 지원방안
Case 1	온배수	- 가동 시간 및 성능신뢰성 - 성능인증 및 보증
Case 2	지하수	- 지중열교환기 설치비, 가동시간 - 기술개발, 투자보조금
Case 3	하수처리수	- 소비처와의 거리 - 실증평가, 공공의무화
Case 4	하천수	- 소비처와의 거리 - 실증평가, 공공의무화