

지열히트펌프의 친환경건축물 적용

김진상

한국지열에너지기술지원센터 이사

1. 서론

지열히트펌프는 건물의 냉난방에 적용하는 방식 중에서 가장 효율이 높고, 친환경적인 방식으로 널리 인정되고 있으며, 세계 여러 국가에서 신재생에너지 중에 하나로 분류되고 있다. 2008년 12월에 유럽연합은 공기 열원과 수열원 히트펌프를 추가로 신재생에너지로 포함한 바 있다.[1] 신재생에너지는 일반적으로 건물에서 필요한 에너지 양에 무관하게 생산되는 경우가 많은데, 태양 에너지는 낮에만 그 자원을 이용할 수 있으며, 풍력 에너지의 이용도 현장의 풍속에 의존한다. 이용에 제약이 많은 다른 신재생에너지 방식에 비하여 지열히트펌프는 건물에 필요한 부하에 따라 냉난방에 필요한 에너지를 얻을 수 있도록 설계하고 시공되고 있다.

그대로 이용하기 위해서 온도가 낮은 열원에서 이용하는데 적합한 온도의 에너지를 생산하는 히트펌프가 이용할 수 있는 열원 중에서도 지열은 가장 안정적이고 효율이 높은 열원이다. 지열히트펌프에 이용되는 열원은 토양 및 암반에 저장된 열을 이용하는 지중열, 그리고 지표수, 지하수 그리고 해수 등 다양한 형태로 이용되고 있다.

친환경 건축물은 “지속 가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획 설계되고 에너지와 자원 절약 등을 통하여 환경오염 부하를 최소화 함으로서 쾌적하

고 건강한 주거환경을 실현한 건축물을 말한다”라고 국내의 친환경 건축물 인증제도 시행지침에서 정의하고 있다.[2] 우리나라를 비롯하여 많은 국가는 친환경 건축물의 인증제도를 가지고 시행하고 있다. 그 중에서도 USGBC(United States Green Building Council)의 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)는 가장 빠르게 성장하고 있는 친환경 건축물 인증 프로그램으로서 국내에서도 미군주둔 관련시설 그리고 인천 송도의 국제신도시 사업에서 활발하게 적용되고 있다.

신재생에너지중의 하나인 지열히트펌프는 지속가능함을 그 기본 개념으로 삼고 있으며, 친환경 건축물은 지속가능한 개발을 목표로 하고 있다. 지열히트펌프와 친환경건축물은 지속가능성(Sustainability)를 공동 목표로 공유하고 있다. 지열히트펌프는 시공이 복잡한 점과 비용이 추가로 소비되는 점에도 불구하고 친환경건축물에서 지열히트펌프는 에너지를 가장 크게 절약할 수 있는 수단으로 인식되어 왔으며, 친환경 건축물의 인증제도 내에서도 인증을 획득하는데 가장 크게 기여하고 있다.

2. 건물의 에너지 소비

건물은 냉난방, 공조, 조명등에 에너지를 소비한다. 건물이 소비하는 에너지 사용량을 설계 단계에

서 예측하기 위해 에너지 시뮬레이션 소프트웨어를 사용한다. 친환경건축물의 인증을 위해서는 건축물의 구성요소가 소비하는 에너지 사용량을 계산하는 에너지 시뮬레이션 프로그램은 ASHRAE Standard 90.1 2004 Appendix G Performance Rating Method에 정의된 규정을 따르는 것이 일반적이다. 여기에는 에너지 시뮬레이션 프로그램이 갖추어야 하는 여러 가지 기능과 조건이 설명되어 있다.

특정 건물의 연간 에너지 소비를 계산하기 위하여 온도, 습도, 풍속 등 해당지역의 기후데이터를 사용하여 1시간 또는 1시간 이내의 시간 간격으로 에너지 계산을 수행한다.

표 1에 제시된 사양의 대상 건물의 에너지 소비량을 검토한 후에 지열히트펌프가 적용이 전체 에너지 소비량에 미치는 영향을 검토하기로 한다. 지열히트펌프를 적용하지 않은 대상 건물의 에너지 소비량을 정리하면 표 2와 같다. 대상 건물이

<표 1> 대상 건물의 주요 사양

항목	수치
총 면적	36,000 m ²
주거 면적	20,000 m ²
공용 면적	16,000 m ²
냉난방 방식	냉동기/보일러
냉난방 연료	전기/난방유
위치	서울
건물 목적	주거용
기타	지하주차장

<표 2> 대상 건물의 에너지 소비량 요약

	단위	수치
연간 에너지 소비량	kWh	5,826,290
연간 전기 소비량	kWh	4,788,715
연간 난방유 소비량	kWh	1,037,575
연간 에너지 비용	천원	455,332
단위 면적당 에너지소비량	kWh/m ²	165.0
단위 면적당 에너지 비용	천원/m ²	12.9

냉난방을 비롯하여, 실내 및 외부 조명, 공조 설비, 급탕 등에 소비한 에너지량을 계산한 결과는 다음의 표 3과 같다.

3. 열히트펌프의 적용

지열히트펌프는 하나의 시스템이 냉방과 난방을 동시에 수행한다. 기존의 냉동기/팬코일 그리고 보일러가 냉수 또는 온수를 생산하여 공급하는 것을 지열히트펌프 시스템이 이를 대신하게 된다. 표 3에서 냉방 과 난방 그리고 급탕에서 사용되는 전기와 난방유는 표 4에 표시된 것과 같이 히트펌프가 사용하는 에너지로 대체된다. 온수나 급탕을 위하여 난방유를 사용하는 보일러를 대신함으로써 대상 건물에서 화석연료를 사용하지 않도록 한다.

상업용 건물이 소비하는 에너지의 시험 표준 및 성능 기준을 제시하는 것을 목적으로 ASHRAE 90.1 표준이 널리 채택되고 있다.[3] ASHRAE 90.1은 최저치 또는 허용 가능한 성능 수준을 제시하는데 사용하고 있으나, 설계 가이드를 제시하

<표 3> 대상 건물의 항목별 에너지 소비량

	전기	난방유
냉방 (kWh)	575,780	
난방 (kWh)	56,964	759,556
급탕 (kWh)		278,019
공조 (kWh)	427,772	
조명 (kWh)	1,352,280	
지하주차장(kWh)	416,047	
기타(kWh)	1,759,872	
합계(kWh)	4,788,715	1,037,575
	5,826,290 (전체)	

<표 4> 지열히트펌프의 에너지 소비량

	단위	수치
냉방과 난방	kWh	541,484
급탕	kWh	94,527

지는 않는다. 냉동기와 보일러를 사용하는 대상 건물의 시뮬레이션 결과를 베이스라인이라 부르고 지열히트펌프를 적용한 결과를 지열히트펌프라고 표시하여 결과를 정리한 결과가 표 5이다.

4. 친환경건축물 인증제도

USGBC가 운영하는 LEED는 세계 22개 국가에서 적용되고 있다. 업무용 신축이나 전면적인 재건축에 적용하는 LEED NC(New Construction) 버전 2.2는 6개의 항목에서 69점의 점수로 구성되어 있다. 여기서 에너지에 관한 항목은 17점이고 Innovation항목에 할당된 4점은 에너지에 관하여 추가로 얻을 수 있게 구성되어 있으므로 총 69점에서 21점까지 에너지와 관련하여 얻을 수 있도록 구성되어 있으며 이는 30%에 해당한다.

LEED NC 2.2에서는 현장에 적용하는 신재생 에너지 항목에서 3점까지 얻을 수 있도록 되어 있다. 종전에 5, 10, 15%를 초과할 때 마다 1점씩 얻을 수 있도록 구성되어 있으나, 최근 버전에서는 2.5, 7.5, 12.5%를 초과할 때 마다 1점씩 얻을 수 있도록 구성되어 있다. 녹색 전력 항목이 마련되어 있으며 건물의 전력소비 중에서 35%를 2년 동안 또는 그 이상 녹색 전력으로 구입하도록 계

<표 5> 베이스라인과 지열히트펌프의 에너지소비량 비교

	베이스라인	지열히트펌프
냉방 (kWh)	575,780	541,484
난방 (kWh)	56,964 759,556(난방유)	
급탕 (kWh)	278,019(난방유)	94,527
공조 (kWh)	427,772	422,788
조명 (kWh)	1,352,280	1,352,280
지하주차장(kWh)	416,047	416,047
기타(kWh)	1,759,872	1,759,872
합계(kWh)	5,826,290	4,786,998
	4,788,715(전력)	
	1,037,575(난방유)	

약을 체결하는 경우에는 1점을 얻을 수 있도록 구성되어 있다.

여기서 지열히트펌프는 LEED NC에서 정한 신재생에너지 항목에는 포함되지 않는다. 지열히트펌프는 Optimize Energy Performance항목에서 에너지 성능개선에 기여하는 만큼 점수를 획득한다. 이 항목은 단일 항목에서 10점까지 표 6에 정해진 규정에 따라서 점수를 획득할 수 있으며, 이는 LEED NC에서 가장 배점이 높은 항목이다.

LEED NC에서는 에너지 비용 절감에 따라서 점수가 정해진다. 최소한 10.5%를 절감하여 1점을 얻을 수 있도록 정해져 있었으나, 2007년도 6월 말 부터는 Optimize Energy Performance항목에서 14% 이상을 절감하는 2점 이상을 얻도록 의무화 되었다. 소형 건물에서는 관행적으로 규정의 이행 여부에 따라서 간편하게 얻을 수 있는 선택을 할 수 있었으나, 이러한 선택의 폭이 줄어들어서 LEED NC의 인증을 얻기 위해서는 대부분의 경우에 에너지 시뮬레이션 프로그램의 적용이 필요하다.

<표 6> Optimize Energy Performance 항목의 배점

신규 건축물	기존 건축물 재개발	점수
10.5%	3.5%	1
14%	7%	2
17.5%	10.5%	3
21%	14%	4
24.5%	17.5%	5
28%	21%	6
31.5%	24.5%	7
35%	28%	8
38.5%	31.5%	9
42%	35%	10

<표 7> 에너지 비용 분석 (단위: 천원)

	전력	난방유	합계
베이스라인	313,151	142,181	455,332
지열히트펌프	313,347	-	313,347

위에서 검토한 대상 건물에 적용된 지열히트펌프는 표 5와 같이 에너지를 절감할 수 있으며, 이를 에너지 비용 절감으로 변환하면 다음 표 7과 같으며, 에너지 비용 절감은 난방 급탕 그리고 냉방에서 얻어지며 약 31%에 달한다.

이 결과를 표 6에 정해진 배점에 적용하면 Optimize Energy Performance 항목에서 6점을 얻을 수 있다. 여기에 HFC냉매를 적용하는 히트펌프 유니트를 적용하는 경우에는 친환경 냉매 항목에서 1점을 더 얻을 수 있으며, 설계에서 혁신성을 가미하여 Innovation에서 1점을 추가로 얻을 수도 있다. 지열히트펌프 적용이 효과적인 경우에는 LEED NC에서 가장 낮은 단계인 Certified레벨에서 Gold레벨까지 등급을 2단계까지도 올릴 수도 있다.

LEED NC 2.2가 평가시스템이 최근에 LEED 2009 버전으로 개정되어 6월부터 적용될 예정이다. [4] 친환경건축물의 이산화탄소 배출절감에 초점이 맞추어지면서 코어 분야 총점이 100점으로 개편되었으며, 이 중에서 에너지 분야는 35점에 달한다. 코어 분야에 별도로 Innovation과 현지화를 합하여 총10점이 별도로 배당되어서 코어 분야 점수 100점과 합하여 총 가능 점수는 110점이다. 에너지 비중이 증가한 새 버전 LEED 2009에서도 지열히트펌프는 더욱 중요한 역할을 수행할 것으로 예상된다.

5. 결론

지열히트펌프와 친환경건축물은 지속가능성이

라는 공통의 목표를 추구하며, 지열히트펌프를 친환경건축물에 적용하는 것은 각각의 목표달성에 크게 기여할 수 있다. 또한 지열히트펌프는 건물의 냉난방 분야에서는 온실가스 절감효과가 가장 큰 기술이며, LEED NC인증에서도 가장 큰 배점을 얻을 수 있는 기술이다.

지열히트펌프를 적용하는 경우에 LEED인증에서 일반적으로 7~8점을 얻을 수 있으며, 이는 LEED NC의 총점수인 69점에서 상당히 큰 부분을 차지한다. 높은 등급의 LEED NC인증을 획득하고자 하는 경우에 지열히트펌프는 가장 매력적인 선택 사항이다. 입지 조건이 허용한다면 지열히트펌프는 친환경건축물에서 가장 적합한 냉난방 방식임은 분명하다.

참고문헌

1. IEA Heat Pump Centre Newsletter Vol 26 No.4 2008 페이지8
2. 친환경 건축물 인증제도에서의 신재생에너지 적용 설비/공조 냉동 위생 2006년 7월호 페이지77 83
3. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2004, Energy Standard for Building Except Low Rise Residential Buildings, ASHRAE, 2004
4. LEED 2009, www.usgbc.org 