

그린홈용 지열 열펌프 시스템의 기술 개발 방향

손병후*, 최재호**, 민경천**

*한국건설기술연구원 그린빌딩연구실 **코텍엔지니어링(주) 기술연구소

1. 서론

최근 전 세계는 사용 가능한 화석연료의 고갈로 인한 에너지 위기를 극복하고, 온실가스에 의한 기후변화 문제를 해결하기 위해 다양한 방안을 모색하고 있다. 아울러 Post-교토체제의 시행에 따라 선진국을 중심으로 온실가스 감축을 통한 저탄소형 산업구조 전환이 최대 현안 과제로 부각되고 있다. 이렇듯 저탄소형 사회 구현과 성장이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡기 위해, 전 세계적으로 태양광·풍력·지열 등과 같은 신·재생에너지(new and renewable energy)에 대한 관심이 집중되면서 이의 보급이 확대되고 있는 추세다.

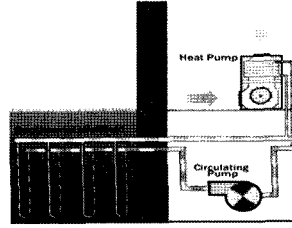
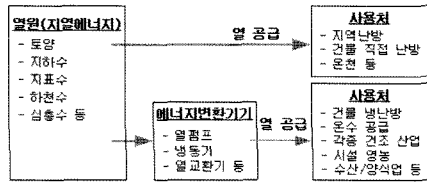
일반적으로 지열 에너지란 땅(토양·지하수·지표수 등)이 지구 내부의 마그마 열에 의해 보유하고 있는 에너지로 정의된다. 이러한 지열 에너지는 그림 1에서 보듯이, 활용 측면에서 직접이용(direct use)과 간접이용(indirect use) 기술로 분류할 수 있다. 직접이용 기술은 가장 오래된 기술로서 온천(spa)과 집단에너지 활용이 대표적인 기술이다. 땅에서 중온수(30 ~ 150℃)를 추출하여 사용자에게 직접 공급한다. 최종 생산물은 열(heat)이며, 중온수가 풍부한 지역에서 활용할 수 있기 때문에 지리적 제약이 다소 있다.

반면 간접이용 기술은 땅에서 추출한 고온수 또는 증기(150 ~ 350℃)로 플랜트를 구동하여 전기를 생산하는 지열발전(geothermal power plant) 기술이다. 최종 생산물은 전기(electricity)이며, 화산지대에서 유리하기 때문에 지리적 제약이 매우 크다.

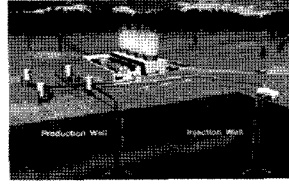
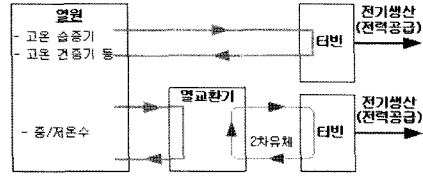
직접이용 기술 중 가장 큰 부분을 차지하는 기술이 지열 열펌프 시스템(geothermal heat pump system)이다. 시스템의 핵심은 열펌프와 지중열교환기이며 지중열교환기를 순환하는 열매체(물 또는 지하수)를 열펌프의 열원으로 활용하여, 냉방 시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고 난방과 급탕 시에는 지중의 열을 실내와 온수에 공급함으로써 하나의 시스템으로 냉난방과 급탕을 동시에 구현할 수 있다. 최종 생산물이 열이기 때문에 직접이용의 한 방식이지만 통상 별도로 구분하며 지리적 제약이 없다.

외국에서는 이미 오래전부터 지열 열펌프 시스템이 건물 냉난방 시스템으로서 매우 뛰어난 활용 가치가 있다는 점을 인식하고, 주거용과 상업용 건물, 시설원에 그리고 산업 현장 등에 다양한 종류의 시스템을 설치하고 있다. 최근에는 저에너지(low-energy 또는 passive) 건물이나 더 나아가 제로에너지(zero-energy) 건물에 지열 열펌프 시스템을 적용하는 사례가 증가하고 있으

중/저온 지열 에너지의 직접 이용



중/고온 지열 에너지의 간접 이용



[그림 1] 지열 에너지 활용 기술

며, 이와 관련한 기술개발도 활발하게 진행되고 있다.

이렇듯 다양한 종류의 지열 열펌프 시스템을 설치할 수 있는 이유는 고성능 열펌프 유닛을 포함한 각종 요소 기술과 시스템 최적 설계 및 건물 통합 기술 등이 개발되었기 때문이다. 여기에 친환경 대체냉매를 적용한 다양한 용량대별 열펌프 유닛을 개발한 것도 크게 작용하였다. 또한 대상 건물에 따라 냉난방 및 급탕 부하 패턴이 서로 다르기 때문에 최적 시스템을 설치함으로써 초기 투자비를 절감할 수 있는 기술 개발에 지속적인 투자가 있었기 때문이다.

국내에서는 2000년경에 지열 열펌프 시스템이 도입되었다. 보급 초창기에는 주로 외국의 기술과 부품을 수입하여 시공하였으며, 기술개발을 위한 투자도 미약하였다. 하지만 지열 시스템의 우수성이 알려지면서 설치 사례의 증가와 함께 관련 기업의 수도 해마다 증가하고 있다. 아울러 정부의 보급 정책과 관련 산·학·연 전문가들의 노력에 힘입어 국내 보급률과 시장규모는 지속적으로 성장하고 있다.

현재 국내에서 지열 열펌프 시스템은 공공기관

신축건물이나 상업용 건물·복지시설·학교 등 중·대형 건물에 주로 설치되고 있다. 이는 시스템의 저렴한 운영비, 환경친화성, 건물 설계와의 적합성 등 지열 에너지의 장점과 시장의 요구가 일치하기 때문이다. 하지만 많은 장점이 있는 지열 열펌프 시스템이 그린홈용이나 단독주택용으로 보급되지 못하고 있는 것도 우리 현실이다.

일반적으로 신·재생에너지를 이용하는 시스템은 기존 설비에 비해 초기 투자비가 많이 소요되는 단점이 있다. 이러한 특성은 그린홈용 지열 열펌프 시스템에서도 유사하게 나타난다. 이는 초기 가격 경쟁력을 약화시켜 보급 활성화에 걸림돌로 작용한다. 하지만 에너지 이용 효율과 시스템 성능 면에서 기존 설비보다 우수하기 때문에, 전체 생애주기(life cycle) 동안 발생하는 경제적 이익은 보일러나 에어컨과 같은 기존 냉난방 설비보다 본 시스템에서 더욱 크게 나타난다. 물론 이를 위해서는 정확한 설계와 시공이 선행되어야 한다.

국내 지열 자원 및 기상자원 그리고 연간 냉난방 부하 등에 대한 데이터는 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 최적 설계와 성능 예측에 반드시 필

요한 정보지만, 현재까지 손쉽게 이용할 수 있는 표준 데이터베이스는 거의 없는 실정이다. 이러한 현실은 최초 설계단계에서 시스템의 용량을 과다하게 설계하여 초기 투자비를 증가시킨다. 그린홈에 적용될 수 있는 소형?소용량 열펌프인 경우, 중?대형 용량의 열펌프보다 상대적으로 단기간에 개발할 수 있는 역량을 갖추었다고 판단된다. 따라서 대부분 수입에 의존하고 있는 소형?소용량 열펌프를 국제(ISO) 기준에 맞도록 개발하는 것도 시급한 문제다. 아울러 현재 열펌프의 냉매로 R-22가 주로 사용되고 있는데, 지구온난화문제 등으로 인해 대체냉매로 점차 교체되고 있는 실정을 감안하면 우리도 이에 대한 대책을 마련해야 한다. 이에 본 원고에서는 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 기술 개발 방향을 개괄적으로 서술하였다.

2. 그린홈 보급 사업과 지열 열펌프 시스템

2.1 그린홈 보급 사업

현 정부는 저탄소/녹색성장을 위한 달성전략 중 하나로 그린홈 100만호 보급사업을 시행하고 있다. 지열·태양광·태양열·연료전지 등의 신?재생에너지를 주택에 적용하여 2020년까지 약 100만호를 보급하는 것이 목표다. 여기에 마을단위(10가구 이상)에 신·재생에너지 설비를 설치하는 그린빌리지(green village) 사업도 병행하

여 추진하고 있다. 다음 표 1은 단계별 추진방향과 세부 내용 등을 정리한 것이다. 표에서 보듯이, 향후 지열 분야가 그린홈 100만호 보급사업의 목표 달성은 물론 민간 주도의 보급시장 활성화를 위해 관련 제도를 보완하고 시스템 신뢰성 향상에 필요한 기술 개발에도 적극 투자할 필요가 있다.

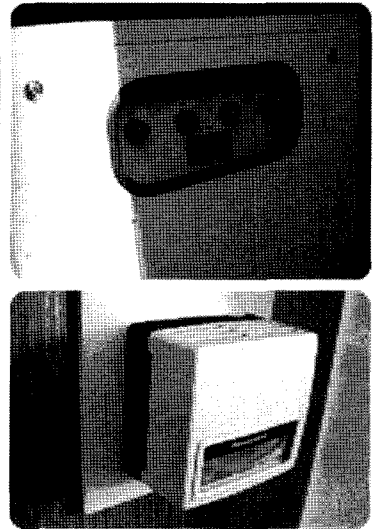
그린홈 100만호 보급 사업을 통해 2004년부터 20011년 9월까지 총 86,984호를 보급하였으며, 이를 위해 총 4,457억 원의 예산을 지원한 것으로 추정된다. 전체 예산 중 태양광 주택에 약 73.9%(329,548백만 원)를 지원하였으며, 나머지 태양열 주택에 15.2%(67,551백만 원), 지열 주택에 6.0%(26,734백만 원) 그리고 연료전지에 4.6%를 지원하였다. 주요 원별과 보급 호수를 정리하면 태양광 주택 77,668호(82,552 kW), 태양열 주택 6,603호(142,879 m²), 지열 주택 2,570호(33,574 kW) 등이다. 최근 그린홈 보급 사업에서 지열 시스템을 적용하는 사례가 증가하고 있지만, 위에서 언급한 내용과 표 1의 보급목표를 볼 때, 다소 미흡한 것이 현 실정이다. 그림 2는 그린홈 보급 사업을 통해 보급된 지열 주택을 나타낸 것이다.

2.2 국외 사례

미국의 에너지부(DOE)와 환경보호청(EPA) 등이 주축이 되고 지열 열펌프 제조사와 대학이

<표 1> 단계별 그린홈 100만호 보급사업 추진 방안

구분	1단계 (2009~2012)	2단계 (2013~2016)	3단계 (2017~2020)
추진 방향	신·재생에너지 신성장동력 기반 구축	신·재생에너지 신성장동력 육성기	신·재생에너지 신성장동력 산업화
세부 내용	· 지역별 보급계획 수립 · 원별 보급모형 개발 · 기반조성 정비	· 민간주도 보급방식 유도 · 보조금 조정을 통한 자발적 참여 유도	· 민간주도 보급방식 정착 · 원별다가 등의 조정을 통해 대량 보급체제 구축
원별 보급 목표	· 태양광 : 40만호 · 태양열 : 25만호 · 지열 : 10만호 · 가정용 연료전지 : 10만호 · 바이오(우드펠릿) : 10만호 · 소형 풍력 : 5만호		



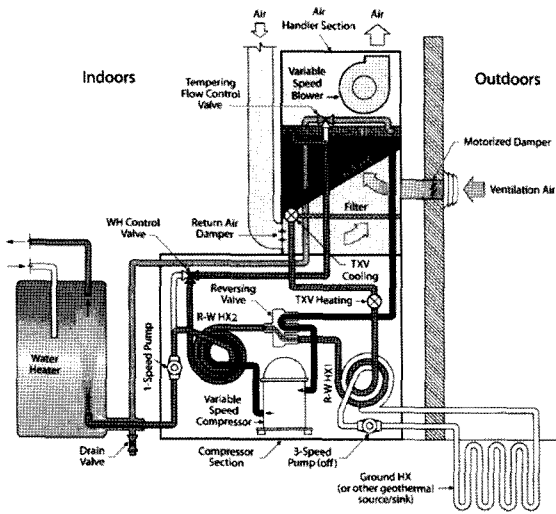
[그림 2] 그린홈 보급 사업을 통한 국내 적용 사례- 경기 양평

참여하고 있는 지열 열펌프 컨소시엄(GHPC: Geothermal Heat Pump Consortium)은 미국 내 지열 시스템의 보급을 위해 다양한 노력을 펼치고 있다. 이와 함께 국제지열열펌프협회(IGSHPA: International Ground Source Heat Pump Association)와 미국냉동공조학회(ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) 등은 지열 시스템에 대한 새로운 연구결과를 보급하고 있다.

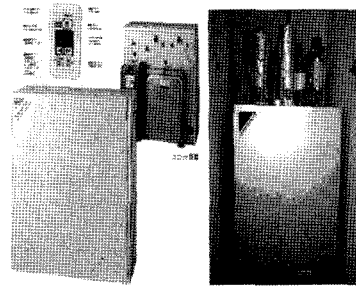
지열 열펌프 시스템을 포함하여 지열 에너지를 활용하는 기술은 기존 시스템보다 초기 투자비가 많이 든다. 이러한 현상은 이 분야의 기술 선진국인 미국에서도 유사하게 나타난다. 따라서 위에서 언급한 기관들이나 기타 관련 기관, 대학 그리고 정부 연구소들이 초기 투자비를 줄이기 위한 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 아울러 이러한 연구결과의 적용 가능성을 검증한 후, 성능과 기능이 향상된 지열 열펌프, 지중열교환기 최적 설계 기법, 지열 시스템의 건물 통합 기술(building integrated technology) 및 제어기술, 하이브리드 시스템 기술, 기타 응용분야 기술, 지열자원 활용기술 등을 적극적으로 전파하고 있다.

미국에서 그린홈용 지열 열펌프 시스템에 대한 연구는 앞서도 언급하였듯이, 초기 투자비 절감 기술 개발, 친환경 냉매를 이용하는 열펌프 개발, 지중열교환기의 최적성능 확보 기술 개발, 지중열자원 이용 확대 기술 개발 등을 들 수 있다. 이러한 연구개발의 배경에는 환경문제 해결(environmental concerns), 전력문제 해결(electric power grid reliability), 실내 환경 개선(indoor environmental quality) 등이 있다. 이러한 배경에 따라 지열 시스템과 시스템을 구성하는 각 요소에 대한 기술개발은 물론, 지열 시스템을 대상 건물에 연계하는 기술을 개발하고 있다. 그림 3은 저에너지 단독주택 적용 지열 열펌프 시스템의 시작품을 나타낸 것이다.

일본에서는 그림 4의 단독주택용 소형 지열 열펌프 유닛이 최근 개발되어 실용화 단계에 이르렀다. 일본에 지열 열펌프 시스템이 도입된 것이 거의 우리와 비슷한 시기지만, 공조·냉동산업과 열펌프 기술이 발달한 나라답게 최근 들어 높은 보급률을 보이고 있으며, 많은 연구개발 결과들이 발표되고 있다. 일본 역시 다른 선진국들과 다름없이, 지열 시스템의 초기 투자비를 줄일 수 있



[그림 3] 미국에서 개발된 저에너지 단독주택 적용 지열 열펌프 시스템



- Compressor: 1.5 HP scroll type
- Variable speed control by an Inverter
- Refrigerant: R410A
- Maximum heating out put: 6.3 kW (0 °C - 35 °C)
- HEXs: Blazing Plate Type
- Two expansion tanks and two DC-blushless circulation pumps are included in a body
- Remote controller
- Natural cooling circulation



© Copy right, 2005 Prof. Katsunori Nagano, Hokkaido University, Sapporo, Japan

[그림 4] 일본에서 개발된 소형 지열 열펌프 유닛

는 기술과 시스템의 성능과 신뢰성을 향상시킬 수 있는 기술 그리고 각종 기준 등을 마련하는 연구에 많은 투자를 하고 있다.

3. 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 기술 개발 방향

그린홈 또는 단독주택용 지열 열펌프 시스템은 냉난방 겸용 시스템이기 때문에 기존 설비나 다른 신·재생 에너지 이용 시설에 비해 우수한 경제성을 갖는다. 다양한 종류의 지열 시스템 중, 현재 국내·외에서 주를 이루고 있는 시스템은 지중 토양(ground)의 에너지를 활용하는 토양 열원 열펌프 시스템(ground-coupled heat pump systems)이다. 이 시스템은 보어홀 천공(borehole drilling), 보어홀 그라우팅(grouting), 열펌프 설치, 웬 코일 유닛(FCU)이나 바닥 난방 코일 등 사용자 측 설비 시공 등 여러 단계를 거쳐 시공된다(표 2). 열펌프 작동유체인 냉매의 증발과 응축에 필요한 에너지를 공급하기 위해, 보어홀에 매설된 지중열교환기(ground heat exchanger 또는borehole heat exchan-

ger)를 이용한다는 점이 이 시스템의 가장 큰 특징이다.

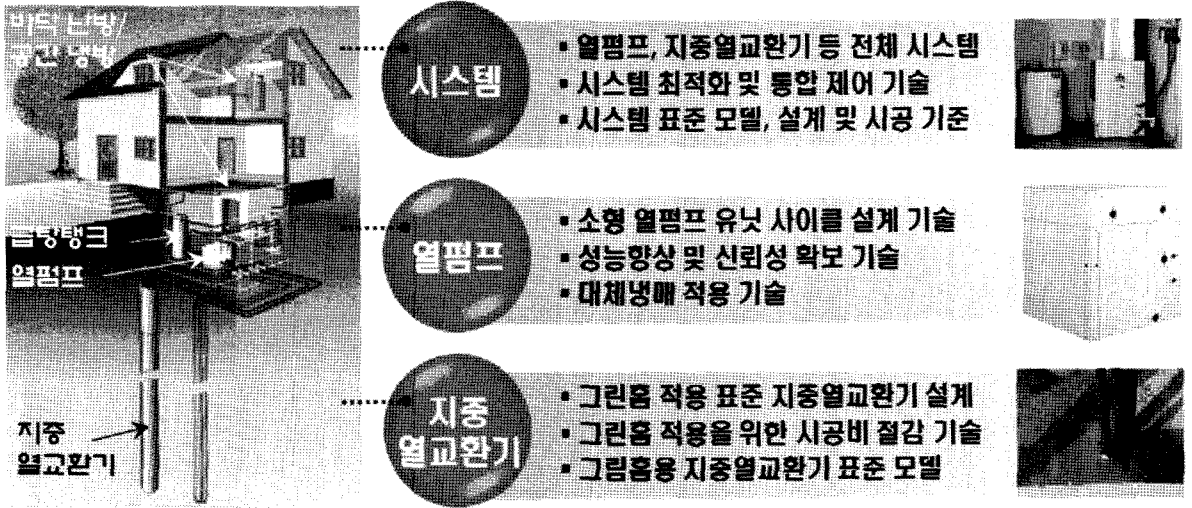
그림 5는 그린홈용 소형 지열 열펌프 시스템의 전형적인 구성을 나타낸 것이다. 이 시스템의 핵심은 열펌프와 지중열교환기다. 이 점을 감안하면, 대부분의 국내 업체가 열펌프를 비롯하여 지중열교환기 시공에 필요한 각종 자재 등을 수입하고 있는 현실은 개선의 여지가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 요소 기기 및 자재 등의 국산화와 함께 이들 기기에 대한 성능평가 기준을 확립해야 한다. 아울러, 우리의 기후나 지중 조건에 부합하는 표준 시공기준을 반드시 구축해야 한다.

초기 설치비를 줄여 기존 냉난방 설비에 대한 가격 경쟁력을 향상시키고, 아울러 일반 사용자로부터 신뢰성을 확보하여 그린홈용 지열 열펌프 시스템을 널리 보급하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 선결되어야 한다.

- 시스템과 지중열교환기를 설계할 수 있는 표준 설계기준 부재
- 대체냉매 적용 소형 열펌프 유닛 설계 및 제작기술 미흡

<표 2> 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 수직형 지중열교환기 시공 절차

시공 절차	시공 내용	주의 사항
<p>1. 보어홀 천공</p> 	<p>천공 장비 이용, 설계 깊이까지 보어홀 천공</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 천공 시, 보어홀 횡 또는 붕괴 방지에 주의를 기울여야 한다. - 천공용 슬러리(니수)가 주변 지중환경에 영향을 미치는 일이 없도록 주의를 기울여야 한다. - 설계 깊이까지 완벽하게 시공되어야 하며, 안전사고 예방에 만전을 기해야 한다.
<p>2. U자 관 삽입</p> 	<p>고밀도 폴리에틸렌 U자 관과 트레이 파이프 삽입</p>	<ul style="list-style-type: none"> - U자 관을 보어홀에 삽입하기 전에 연결부위 검사 및 압력 테스트 등을 충분히 시행한다. - U자 관과 트레이 파이프를 함께 묶어 보어홀 안으로 삽입해야 한다. - 아울러, U자 관 길이 또는 시공 깊이를 확인하여 보어홀이 설계대로 천공되었는지 확인한다.
<p>3. 보어홀 그라우팅</p> 	<p>전용 이송펌프와 트레이 파이프를 이용하여 그라우팅 재료로 뒤채움</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이송펌프와 트레이 파이프를 이용하여 수직 보어홀 최하단부터 그라우팅 재료가 채우면서 올라오도록 한다. - 그라우팅 재료로 국내외에서 인증된 제품을 사용해야 한다. - 시공자는 재료 자체의 열전도도 값을 확보하고 있어야 하며, 발주자 또는 감리자가 요구 시 제시해야 한다.
<p>4. 파이프 연결</p> 	<p>지중 루프 열교환기 파이프를 기계실 내 열펌프로 연결</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 설계에 맞추어 수평 트렌치를 굴토하여야 한다. - 트렌치 내부에 날카로운 돌 또는 이물질이 없도록 깨끗한 상태를 유지하여 수평 트렌치 파이프를 기계실로 인입한다. - 주의를 기울이면서 U자 관 끝단-상부 헤더-기계실 내 열펌프를 연결한다.
<p>5. 트렌치 되메움/다짐</p> 	<p>수평 트렌치 부분 되메움 및 다짐</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 트렌치 내부에 날카로운 돌 또는 이물질이 없도록 깨끗한 상태를 유지하여 트렌치를 되메운다. - 시공기준에 의거하여 트렌치를 흙으로 채우고 다진다. - 트렌치 되메움에 앞서, 수평 트렌치 파이프가 매설되어 있다는 표식을 해두어야 한다.



[그림 5] 그린홈용 소형 지열 열펌프 시스템

- 기존 냉난방 설비에 비해 상대적으로 큰 초기 투자비 문제
- 국내의 지질 구조, 기후조건, 시공조건 등을 고려하지 않은 채 외국의 장비, 설계공법을 여과 없이 적용
- 그린홈에 적합한 소용량 지중열교환기 설계 및 시공기술 개발 미흡
- 체계적인 시공 단가 데이터 부족

- 관련 업계의 설계 및 기술 개발 인력 부족
- 시스템 성능 분석 및 경제성 분석에 대한 연구 미흡

표 3은 중대형 상업용 시스템과 주택용 시스템이 많이 보급되어 있는 미국과 유럽(스웨덴, 스위스, 프랑스, 독일 등)의 현 기술수준과 국내 기술수준을 정리한 것이다. 물론 표 3에 명시한 기술

<표 3> 선진국 대비 국내 해당 분야의 기술 수준

분야	기술 항목	선진국 대비 기술 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
고효율 소형 열펌프 유닛 설계/제작	· 패키지 열펌프 설계 및 제작 기술 · 대체 냉매 활용 기술		√			
지중열교환기 시공 기술	· 천공 및 그라우팅 기술 · 순환 펌프 제어기술		√			
실내 공조 설비	· 냉방설비(FCU 등) 시공 및 제어기술 · 난방설비(바닥난방 등) 시공 및 제어기술			√		
표준 설계 및 시공 기준	· 표준 설계기준 · 표준 시공기준	√				
시스템 최적 제어 기술	· 건물 부하에 따른 시스템 제어기술 · 하이브리드 시스템 설계 및 제어기술	√				
시스템 성능측정 및 검증 기술	· 시스템 성능측정 및 검증 기술 · 시스템 유지관리 기술		√			

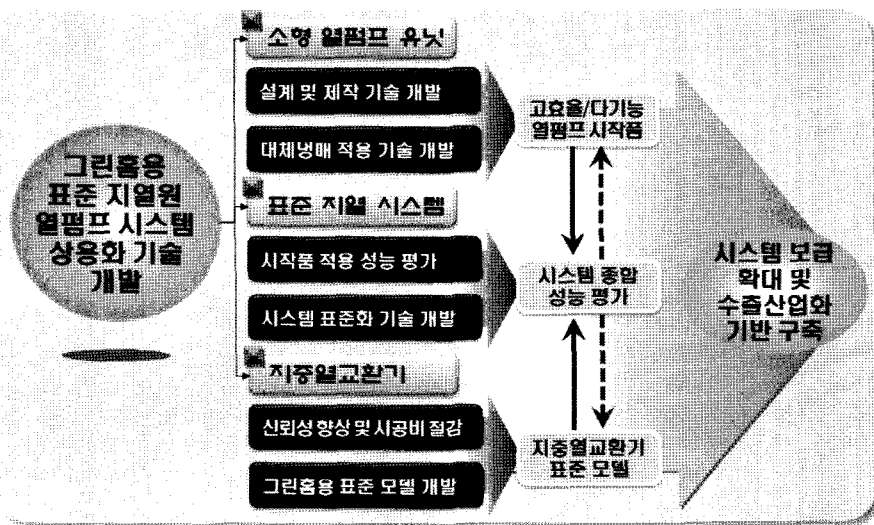
외에도 다양한 기술이 그린홈용 지열 시스템에 적용되지만, 본 시스템의 국내 보급 활성화를 위해 선결해야 하는 과제들을 선택하여 정리하였다. 표에서 보듯이 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 핵심 기술로 소용량 열펌프 설계와 제작기술, 지중열교환기 시공기술, 실내 공조설비 시공 및 제어기술, 표준화된 설계기준과 시공기준, 시스템 최적 제어기술, 시스템 성능측정과 검증 기술을 들 수 있다. 선진국에 비해 관련 기술수준이 동등하거나 다소 부족한 부분도 있지만 전체적으로 미흡한 수준이라고 할 수 있다.

그림 6은 지열 열펌프 시스템을 그린홈이나 단독주택에 적용하기에 앞서 기술 개발 방향을 정리한 것이다. 앞서도 언급하였듯이 국내에서는 지열 냉난방 시스템의 핵심 기기인 열펌프를 주로 외국에서 수입하고 있는 실정이다. 수요가 있을 경우 일부 업체에서 자체 제작하고 있지만, 핵심 부품은 거의 외국제품이기 때문에 완전한 기술자립을 달성했다고는 볼 수 없다. 하지만 주거용 건물에 적용될 수 있는 소용량 열펌프인 경우, 중·대형 용량의 열펌프보다 상대적으로 단기간에 개발할 수 있는 역량을 갖추었다고 판단된다.

아울러 국제기준인 ISO 성능기준에 부합하는 소용량 열펌프를 소형의 패키지 유닛(package unit)으로 제작할 수 있는 기술을 확보하는 것도 중요하다. 여기에 대체냉매를 이용한 소용량·소형 지열 열펌프의 개발도 동시에 진행되어야 할 것이다.

열펌프 유닛과는 달리 국내 지중열교환기 시공 기술은 어느 정도 궤도에 올라왔다고 볼 수도 있다. 이는 국내 업체들이 대용량 시스템을 시공하면서 많은 경험을 쌓았으며, 보어홀 천공에 대한 인프라도 상당히 구축되었기 때문이다. 하지만 그라우팅 재료를 주로 외국에서 수입하고 있기 때문에 이에 대한 해결 방안을 구축할 필요가 있다.

아울러 실증연구를 통해 주거용 시스템에 적합한 지중열교환기 표준모델을 구축할 필요가 있다. 중대형 지중열교환기인 경우, 지역마다 지반 특성과 기후가 다르고 또 건물마다 에너지 사용 양상이 다르기 때문에 표준 모델을 개발한다는 것이 곤란할 수도 있다. 하지만 그린홈용 지열 시스템에 적용되는 수직형 지중열교환기인 경우 하나의 열교환기(보어홀)가 건물부하를 감당할 수 있기 때문에 전국에 적용 가능한 표준모델을 개



[그림 6] 그린홈용 지열 열펌프 시스템 기술 개발 방향

발할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 수평형과 우물형 지중열교환기에 대한 설계와 시공 기준도 사전에 확보해야 할 것이다.

기타 핵심기술에 대해 기술하면 다음과 같다. 실내 공조설비와 관련하여 각각의 설비인 FCU나 바닥난방 코일에 대한 설계와 시공기술은 비교적 선진국과 동등한 기술수준을 보인다. 하지만 이러한 요소기들이 그린홈용 지열 열펌프 시스템과 연계되었을 때 나타나는 성능변화나 제어기법에 대한 연구는 아직도 미흡한 수준이다.

앞서 언급한 열펌프와 같이, 그린홈용 지열 열펌프 시스템은 중대형 시스템에 비해 상대적으로 용량이 작기 때문에 표준 설계기준과 시공기준을 구축할 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 그린홈용 시스템의 운전비와 유지관리비를 절감하고, 시스템이 최적 상태에서 운전될 수 있도록 제어하는 '시스템 제어기술'과 신뢰성 확보를 위한 '검증기술' 개발도 동시에 추진되어야 할 것이다.

4. 결론

지열 열펌프 시스템은 외기의 급격한 변화에도 영향을 받지 않고 일정하게 온도를 유지하는 지열을 활용하기 때문에 효율이 높은 에너지 절약형 시스템이다. 여름과 겨울이 확연한 우리의 기후조건에서 활용 가능성이 매우 우수한 시스템이다. 이미 미국이나 유럽의 많은 국가들은 건물 난방 시스템으로 지열 열펌프 시스템을 적극 보급하고 있으며, 이와 더불어 공공용·상업용·산업용 등 그 적용 분야를 확대하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

우리보다 에너지 사정이 좋은 미국이나 유럽 각국에서 기존 주택뿐만 아니라 저에너지 건물 또는 그린홈용 소형 지열 열펌프 시스템과 관련된 요소 기술과 초기 투자비 절감기술 개발에 많은 투자를 하고 있다는 점은 많은 것을 시사한다. 아

울러 향후 기후변화협약 시행에 따라 화석 에너지의 사용 양상은 과거와는 크게 다를 것으로 예상되며, 이러한 상황에서 그린홈용 지열 열펌프 시스템의 보급을 적극적으로 추진하여 국내 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 줄여 국제 사회의 노력에 동참할 필요가 있다. 이를 위해 지열 열펌프 시스템 산업과 직접 관련이 있는 기업(에너지관리공단 등록 전문기업)이나 연관 산업군에 속한 기업들의 끊임없는 기술개발 투자가 반드시 선행되어야 한다.

지금까지 공공부문에 주로 적용되던 지열 열펌프 시스템을 민간부문까지 확대할 필요가 있다. 아울러 정부에서 추진하고 있는 그린홈 100만호 사업이 성공적으로 수행되기 위해서는 지열 열펌프 시스템의 역할도 매우 크다고 본다. 그린홈을 포함한 주거용 건물의 연간 에너지 사용량 중 대부분이 난방과 급탕에 드는 비용임을 감안하면, 지열 열펌프 시스템의 민간부문으로의 확대 당위성은 충분하다고 하겠다. 이러한 보급 확대는 향후 국가 에너지 수요 변화에 대한 능동적 대처이며, 아울러 정부가 에너지 수급 정책을 효과적으로 달성하는 데 기여할 것이다. 이를 위해 관련 정책과 제도를 개선하고 산·학·연이 연계하여 연구 개발을 지속적으로 추진해야 할 것이다.

5. 참고문헌

1. 한국에너지기술평가원, 에너지자원기술개발 사업 중장기 과제기획 보고서, 2010
2. 에너지관리공단 신·재생에너지센터 홈페이지, <http://www.knrec.or.kr>
3. IEA HPP Annex 29, Expert meeting, Status Report Japan, 2006
4. IEA HPP Annex 32, Economical Heating and Cooling Systems for Low-energy Houses, 4th Experts Meeting and Workshop, 2007. 