

지열시스템 에어컨 적용사례

문 제 명*, 권 형 진*

*삼성전자 생활가전사업부

1. 서론

삶의 질적 수준향상과 건축물의 고급화, 복합화 추세에 따라 공조기의 사용이 날로 증가하고 있는 추세이며, 특히 냉난방기기의 급격한 증대로 국내 하절기 전력공급에도 많은 어려움이 있어 정부에서는 에너지 절감과 함께 CO₂ 감소를 위한 냉동 공조기기의 고효율화 및 신재생에너지 활용을 적극 유도하는 정책을 전개하고 있다. 냉동 공조기기의 고효율화는 에너지 절감 및 환경문제를 함께 고려하면서 달성해야 하는 업계의 난제이며, 이에 따라 각 업체들은 소비전력 감소와 성능향상을 위한 연구와 지열이나 태양열(광) 등의 신재생에너지를 열원으로 사용하는 공조시스템의 연구개발에 박차를 가하고 있다.

최근에는 건설 초기단계부터 HVAC(Heating Ventilating Air-Conditioning)설비를 기본적으로 채택하는 주상복합건물의 증가 및 건축물 리모델링 시장의 성장에 따라 시스템에어컨의 수요도 크게 확대되고 있고, 대형 빌딩에 있어서도 중앙공조와 시스템에어컨을 공용하는 혼합공조(Hybrid) 시스템의 설계가 확대되고 있으며, 그린에너지(Green Energy) 정책과 맞물려 신재생에너지를 열원으로 활용하는 시스템에어컨 제품들도 출시되어 적용되고 있다. 본 내용에서는 이와 같은 배경 하에 지열을 이용한 시스템에어컨

의 적용사례에 대해 소개하고자 한다.

2. 지열원 시스템에어컨

시스템에어컨은 1985년 다이킨 기술을 기반으로 국내에 처음 소개된 후 다이킨, 히다치 등 일본 업체가 주도적으로 시장을 형성하였고, 90년대 중반 들어 가정용 에어컨의 보급이 급증하면서 국내 전문 공조업체들이 시스템에어컨에 깊은 관심을 가지고 본격적으로 개발을 시작하였다. 국내 시스템에어컨 시장은 초기 도입단계에서는 일부 업체들에 의해 일본 제품을 수입 판매하는 방식의 소극적인 수준이었으나, 교단선진화사업이 본격적으로 추진되면서 삼성전자와 LG전자의 국산화 개발에 힘입어 기술개발 및 보급이 확대되었다. 국내의 시스템에어컨 시장규모는 표 1에서 보는바와 같이 2005년 5,800억원에서 2008년 1조 3천억원으로 연평균 30% 수준의 성장률을 나타내고 있으며, 국내시장의 대부분을 삼성전자와 LG전자가 차지하고 있으나 다이킨 코리아(2008. 08 설립), 도시바 등 외국사와의 시장경쟁이 본격화되고 있다. 시스템에어컨의 국내 시장 분포는 조달과 건설시장이 선도하고 있으며, 민수부문에 서도 중형 빌딩을 중심으로 시장이 성장하고 있다. 2007년부터는 수월원 시스템에어컨을 중심으로 중앙공조와 시스템에어컨을 병행하여 사용하는 혼합공조(Hybrid) 시스템을 통해 중대형 빌

당시장 등 신규시장을 창출해 나가고 있으며, 최근에는 지열원 시스템에어컨의 개발에 힘입어 신재생에너지를 활용한 고효율친환경 시스템에어컨으로 신규 시장을 개척해 나가고 있다.

지열원 히트펌프의 장점은 상용 공기열원 히트펌프 시스템보다 에너지 소비량이 적고, 난방 및 냉방 사이클에서 공기열원 방식보다 안정적이기 때문에 높은 효율과 우수한 성능을 보유하는 반면에 지중 열교환기의 매설을 포함한 전체 시스템의 초기 투자비가 기존 공기열원 히트펌프 설비보다 많다는 단점이 있다. 현재 미국 및 캐나다 그리고 북유럽 국가 등이 지열원 히트펌프 시스템의 보급 및 연구 활동의 중심으로서 2000년을 기준으로 이들 국가는 51만 2,000여대의 시스템을 설치하였으며, 특히 지난 10년 동안 매년 10% 이상의 증가율을 보이고 있는 것으로 추산되고 있다.

국내에서 지열원 히트펌프에 관심을 갖기 시작한 것은 최근의 일이지만, 근래 들어 신·재생에너지 이용에 대한 관심도가 증가하고 보급 활성

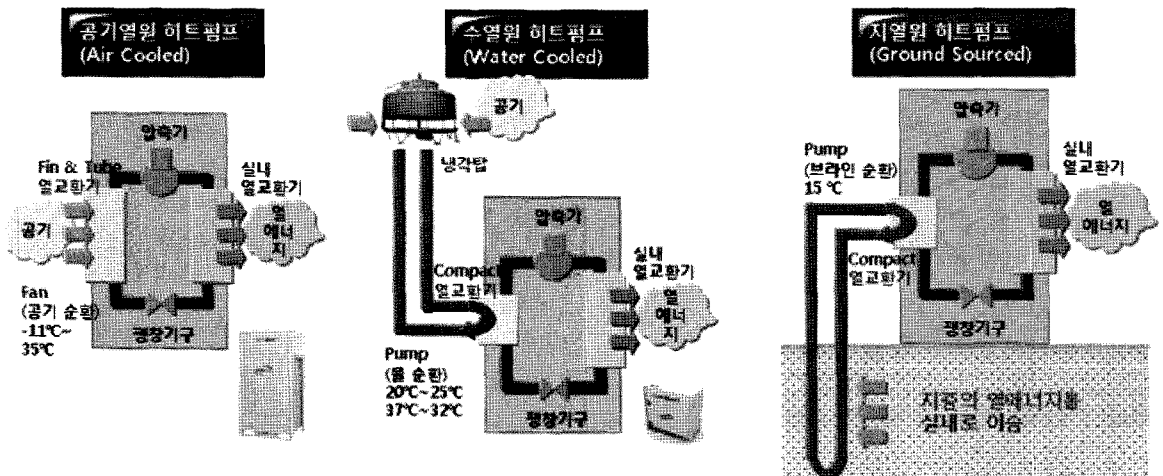
화를 위한 제도적인 장치가 마련되면서 설치 사이트가 증가하고 있다. 하지만, 현재까지 대부분의 지열원 히트펌프는 물 대 물 방식을 중심으로 개발 및 보급되어 왔으며, 에너지 절약의 중요성 증대에 따라 지열 냉난방 분야에서도 개별공조가 가능한 복수의 실내기를 갖는 지열원 히트펌프 시스템의 성능확보를 통하여 지열 냉난방 기술의 첨단화 및 국제적 경쟁력을 확보할 필요가 있다.

신재생에너지 기기로서의 지열원 시스템에어컨은 공기, 수열, 지열, 폐열원 등 중에서 가장 안정적인 열의 원천인 지열을 활용한 친환경, 고효율 기기로서 많은 장점을 가진 히트펌프 시스템이다. 이 시스템은 그림 1에서 보는바와 같이 지중 열교환기를 이용 냉방시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고, 난방시에는 지중의 열을 실내에 공급함으로써 냉난방을 구현하는 기술이다.

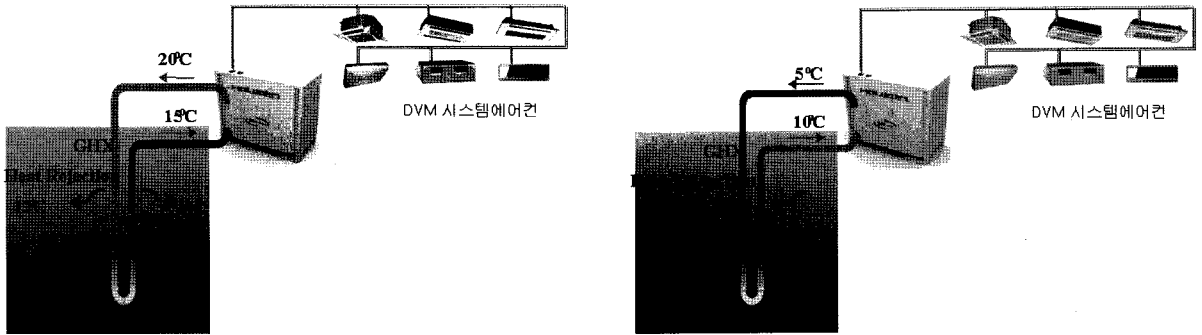
지열 시스템에어컨(DVM Geo)은 실외기와 실내기로 구성된다. 실외기에는 압축기, 지열과의 열교환을 위한 판형열교환기, 과냉각기, 난방을

<표 1> 연도별 시스템에어컨 판매 현황(국내)

해당연도	2005	2006	2007	2008
판매액(억원)	5,800	7,700	10,200	13,500



[그림 1] 히트펌프 개념도



[그림 2] 지열원 시스템에어컨 냉난방 운전

Plate Heat H/X, Double tube H/X 제품
정숙한 소음과 진동
→ 완전밀폐구조로
저소음 실현

기개실 점유면적을 최소화하며,
다양한 실내기 선택
→ 500여종의 다양한 실내기

DVM Geo

Low Noise

Compact Flexibility

Easy Install & Maintain

DVM의 설치 용이성 및
유지관리 편의성 확보
→ BMS 연동
→ 원격유지관리시스템
연동

High Energy Efficiency

System	COP
냉방Boiler	4.7
냉방COP	4.0

연중 10~15°C의 안정된
지중열원을 이용으로
연중 고효율 운전
(한랭지 운전 불필요)

지중투프온도
냉방 15°C, 난방 5°C 기준

Reduce CO₂ Emission rate

온실가스 배출량을 감소시켜
지구환경 보호
→ Heat Pump 대비 25~35%
→ Boiler 대비 47%의 CO₂배출량 감소

Remote Control & Monitoring

Facility Management

Data Analysis

Emergency Alert Using SMS & Mail

RMS

Fault Detection & Diagnosis

CO₂ emission level for heating (kg/hr)

System	CO ₂ Emission (kg/hr)
Gas Boiler	0.302
Heat Pump	0.234
Gas Boiler	0.464
Heat Pump	0.148
Heat Pump	0.158

47% reduced compared to Gas Boiler

[그림 3] 지열 시스템에어컨 특징

위한 전자팽창밸브 등으로 구성되어 있으며, 실내기의 경우는 기존의 공기열원 시스템에어컨에 사용되는 실내기와 동일한 실내기들을 사용하게 된다. 그림 2에 냉방과 난방운전시의 지열원 시스템에어컨의 개략도를 나타내었다. 지열원 시스템에어컨이 냉방으로 사용될 경우에는 실내에서 열을 흡수하여 그 열을 지중 열교환기를 통해 토양과 열교환을 행하고, 난방으로 운전될 경우에는 토양으로부터 에너지를 흡수하여 실내로 열을 방출하는 사이클을 형성하게 된다. 지열 시스템에어컨에서는 실외기에 판형 열교환기를 설치하여 지중열교환기와 열교환 루프(loop)를 형성한다. 지열 시스템에어컨의 특징을 그림 3에 나타내었다.

3. 적용 사례

3.1 시스템 개요

지열원 시스템에어컨이 설치된 현장은 그림 4에서 보는바와 같이 경남 진주에 위치한 식물조직 배양 연구소인 프랜토피아로서, 각종 국책과제와 식물조직 배양을 연구하는 조직배양의 메카라 말할 수 있는 곳이다. 본 현장은 2007년부터 지열보급 시범사업 지역으로 선정된 곳으로, 기존 온수보일러를 사용하여 겨울철 난방을 유지하던 재

배실을 당사 지열원 시스템에어컨(DVM Geo)으로 개조하여 실증연구를 진행하게 되었다. 재배실 규모는 길이 55m, 폭 13m, 높이 2.3m의 약 200평 규모로써 하우스 내의 농작물은 농작물 매트(Bed) 위에 놓여져 있다.

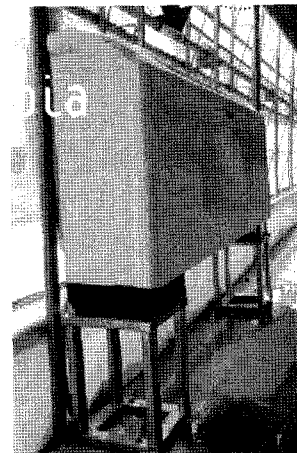
당 현장의 공조 목적은 고가(高價)의 작물 재배라는 점을 감안하여 특별히 시스템의 안정성에 주안점을 두어 설계하였다. 냉난방이 적절히 이루어지지 못할 경우 농가에 미칠 수 있는 경제적 손해가 크기 때문에 배양실의 공조상태를 전국 어디에서나 모니터링 및 운전이 가능하도록 원격감시 및 제어가 가능한 RMS(Remote Management System)를 구축하여, 항상 시스템의 가동상태와 이상여부를 사전 점검함으로써 만약의 사태를 대비하여 농작물 피해가 발생하는 것을 예방하고 있다.

3.2 설치 시공

재배실 내의 공조에 있어서는 겨울철 20 ~ 23℃를 유지하여야 하며, 부하 기준은 농진청에서 제시하는 기준으로 25RT 용량에 적합한 부하를 산정하여 제품을 설치하였다. 길이 55m, 폭 13m의 비닐하우스 내의 균일한 공조를 위해서는 실내기의 선정이 중요하다. 당사 지열원 시스템에어컨에 연결 가능한 실내기로는 AHU 형태의 실내



[그림 4] 시설원에 재배실



[그림 5] 실내기 설치

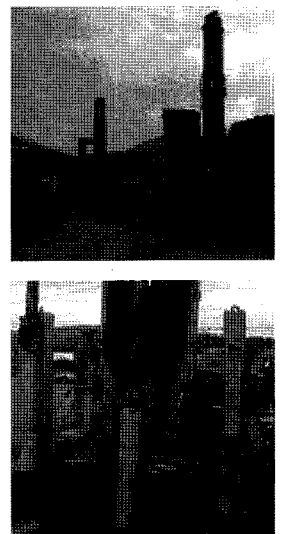
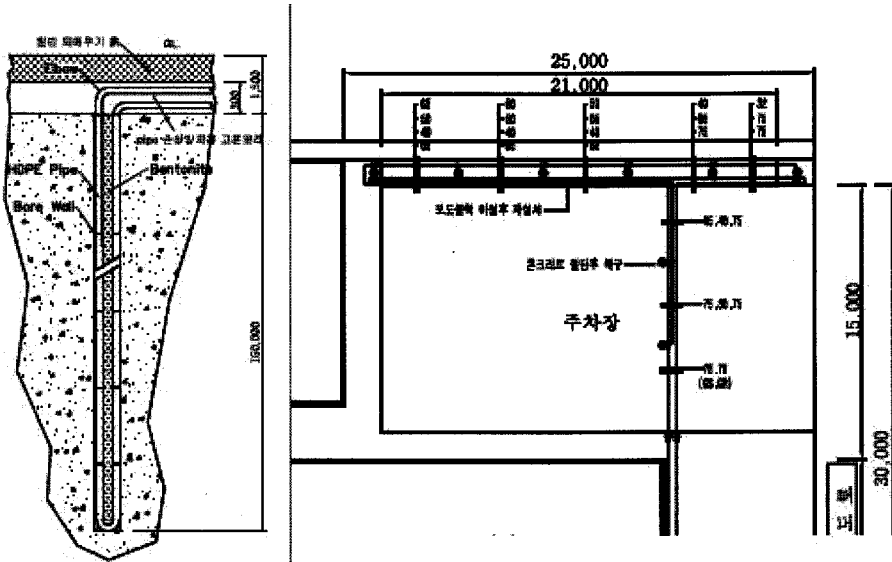
기와 덕트류, 카세트류, 팩키지, 그리고 상치형 실 내기를 사용할 수 있다. 실내기의 선정에는 재배실 내의 구조적인 측면과 재배 작물에 직접적인 바람의 영향을 주지 않으면서 재배실 내의 고른 기류분포를 조성해 줄 필요가 있다.

본 현장에서는 그림 5에서 보는바와 같이 재배실 내의 양측면에 일정 간격으로 바다 상치형 실 내기를 설치하였다. 바닥상치형 실내기는 난방부하가 가장 많이 발생하는 재배실의 외주부에 배치하여 외부로부터 침입하는 열부하를 차단하며 내부 온도를 유지하도록 하였으며, 또한 실내기로부터 취출되는 기류로 인하여 혹시 발생할 수 있는 잎마름 현상을 방지할 수 있도록 기류분포를 고려하여 분산 배치하였다. 실내기는 재배실 내의 높이를 고려하여 바닥으로부터 300mm 이격시키기 위한 지지대를 별도로 시공하였다.

지열원 시스템에어컨의 구성은 기계실에 설치된 실외기에서 재배실에 설치된 실내기로 냉매를 순환하여 냉난방을 실시하는 것이 기본 구조이다. 실외기 및 순환펌프 등을 설치할 기계실은 기존 창고를 개조하여 마련하였다. 기존 창고는 기계실

용도로 사용이 가능하도록 기초 콘크리트 공사, 방수공사 및 배수공사를 실시하였다. 기계실 장비 구성은 실외기, 순환펌프, 팽창탱크 1개로 구성하였으며, 기존 물-물 방식의 지열원 히트펌프 방식에서 필요하였던 냉온수 저장탱크 및 실내측 순환펌프 그리고 냉온수저장탱크용 순환펌프류 등이 필요없기 때문에 초기 투자비 절감 및 유효 공간의 확보 효과를 얻을 수가 있었다.

지중열교환기는 그림 6에서 보듯이 안정적인 열원을 공급할 수 있는 수직 밀폐형 타입으로 수직 길이 150M로 8공을 천공하였으며, 지중열교환기와 직접 연결되는 20HP급 실외기는 2개 존(zone)으로 분리하여 설치하였다. 지중열교환기 천공위치는 그림과 같이 선정하였고 배관구성은 균등한 유량분배를 위하여 리버스리턴 방식으로 구성하였다. 30M 간격으로 설치한 수직지중온도 센서는 일일 운전시간 및 연간 누적운전시 온도 변화 추이를 파악하여 장비운전에 대한 영향 및 지중열평형성 유지 정도에 대하여 분석이 가능하도록 하였다. 기계실로의 인입배관 작업은 건물 외곽으로 트렌치 공사를 실시하였고, 옥외 노출배



[그림 6] 지중 열교환기

관은 열손실 최소화를 위해 50mm 아킬론 보온을 실시하였으며, 외관을 고려하여 건물외장재와 동일한 대리석 마감을 하였다.

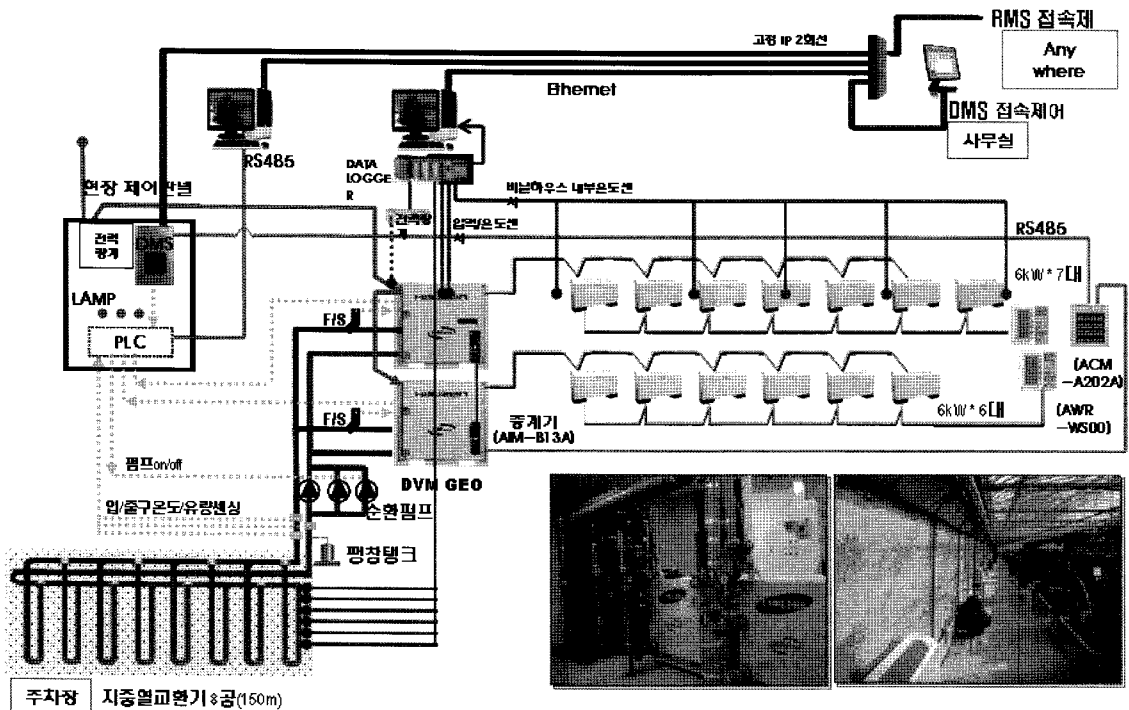
3.3 제어장치

실증 현장의 제어는 그림 7과 같이 원격모니터링 시스템을 구축하여 진주 실증현장에서 지열원 시스템에어컨의 작동 상황을 수월 개발실에서 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 구축하여 시스템의 작동상태와 이상여부 등을 확인할

수 있도록 하였다. 실내기용 제어장치로는 각 조닝별로 운전 및 스케줄 등 각종 제어를 할 수 있도록 최신 유선리모컨(AWR-WS00) 2개를 설치하였으며, 각 개별 실내기의 On/Off 조작을 쉽게 하기 위하여 중앙제어기(ACM-A202A) 1개를 설치하였다.

3.4 지열원 시스템에어컨의 적용 효과

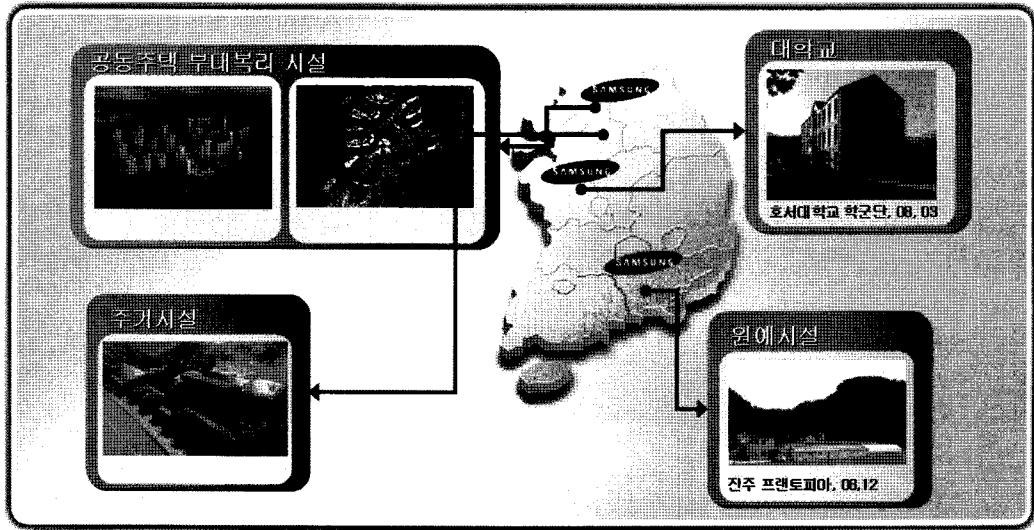
2008년 12월 시공 완료하여 2009년 1월 겨울철 난방 운전을 실시한 결과 지열 시스템에어컨



[그림 7] 제어시스템

<표 2> 지열 시스템에어컨 적용에 따른 효과

효과분석	운영비용	경유 사용대비 1개월 난방비 89% 절감 (기존 경우 320만원 대비 전기사용량 36만원)
	무형효과	- 하우스 내부 청결유지, 저소음, 균일한 온도 유지 및 온도감시 불필요 - 기존 지열원 히트펌프 실외기수입 대체 효과 - 적은 투자로 100ℓ 이상의 경유생산 설비 보유효과
	작물영향	- 적정 온도 유지로 식물 신장, 개화량 등의 생육상태 개선 - 하우스 내의 과습현상 방지로 곰팡이 발생 피해 감소



[그림 8] 지열원 시스템에어컨 신뢰성 확보를 위한 실증시험 추진현황

의 효과는 표 2에 나타낸 것과 같이 기존 경유보일러 사용시 대비 89%의 난방비용 절감 효과를 확인할 수 있었다.

4. 맺음말

지열원 히트펌프 시스템은 크게 히트펌프 유닛과 지중 열교환기로 구성된다. 대부분의 국내 업체가 히트펌프 유닛이나 지중 열교환기 시공에 필요한 각종 자재 등을 수입하고 있는 현실이며, 지열 시스템의 국내 기술자립도는 약 60% 수준으로 지중 열교환기 및 열공급 시스템 부문의 요소기기 국산화와 함께 이들 기기에 대한 성능 확보와 실증화를 통한 신뢰성 확보가 필요하다.

정부에서는 신·재생에너지 보급 확대를 위하여 사회적 공감대를 형성하고 관련 산업 및 시장 육성을 통해 초기 투자비를 줄이고자, 일정 규모 이상의 공공기관 건물에는 건축 공사비의 5% 이상을 신재생에너지 시설에 의무적으로 투자하는 “공공기관 신축건물에 대한 대체에너지 이용의

무화제도”를 도입하였으며 이로 인하여 지열 부문의 시장이 확대될 것으로 전망된다.

이에 대응하여 당사에서는 물-공기 방식의 지열원 시스템에어컨을 개발하였으며, 제품의 신뢰성 확보를 위하여 국내 산학계 전문가들과 공동으로 심도 깊은 실증 연구를 통한 기술축적을 바탕으로 지열원 시스템에어컨의 시장보급 확대를 추진하고 있으며, 정부 정책에 부응한 신재생에너지 보급을 위하여 지열원을 이용한 시스템에어컨의 실증시험을 전국에서 진행 추진하고 있다.

세계화에서 경쟁력의 기본은 핵심기술에 있으므로, 기업은 생산성 향상뿐 아니라 핵심부품의 고효율화와 신뢰성을 갖춘 제품개발에 집중하여야 하며, 세계적 추세에 따라 친환경 부품/소재 개발 및 재활용과 재순환에 관한 연구도 지속적으로 추진해야 할 것이다. 이와 더불어 정부는 각종 인센티브 등의 정책을 통하여 국내 기업들이 신재생에너지 분야에서 세계 일등 기술을 보유할 수 있는 기회를 놓치지 않도록 다양한 정책과 지원 등의 배려가 필요한 시기이다. ●