

그린홈을 위한 주택용 지열 Heatpump System

김 성 실
LG전자(주) AC사업부

1. 서언

화석연료의 고갈과 지구 환경문제의 해결방안으로 신재생에너지의 활용은 세계적인 관심을 넘어서 필수사항이 되고 있다. 국내에서 신재생에너지의 보급확대에 대한 노력은 다양한 지원제도와 공공기관의 신축시 신재생에너지 적용을 의무화하는 등 다양한 방면으로 이루어지고 있으며, 특히 건축물에서 신재생에너지의 활용은 이제 주택으로까지 확대되고 있다.

그린홈 사업은 정부가 녹색뉴딜정책의 일환으로 2009년 초 발표한 그린홈 100만호 보급 사업을 토대로 주택부문에 신재생에너지를 확대 보급하기 위하여 시작되었다. 특히 에너지관리공단이 추진하고 있는 그린홈 100만호 사업은 단독주택·공동주택(공공임대주택 포함)에 설치하는 자가사용의 신·재생에너지설비 설치비 일부를 지원하는 사업을 말한다. 주택부문에 적용하는 신재생에너지 중 지열히트펌프를 이용한 주택의 냉난방은 주거용 건물의 전기요금 누진제로 인하여 적용하기가 어려웠으나, 지난 2009년 5월 1일부터 지열히트펌프를 사용하는 주택에 대하여 누진제를 완화해주시기로 함에 따라 주택에서 지열히트펌프를 이용한 냉난방 시스템의 적용이 확대될 것으로 보인다.

지식경제부는 2009년 4월 29일자 보도자료에서 '그간의 신재생에너지 주택보급 사업은 태양광에 편중되어 왔으며 지열 주택 보급은 전무한 상황인 바, 이는 지열냉난방설비가 지상과 지하의 온도차를 냉난방에 활용하여 CO₂ 직접 배출이 없고 에너지효율이 높음에도 불구하고, 에너지 소비 절약을 유도하기 위해 주택용 요금과 종합계약아파트 공용전기요금에 대해 누진제와 할증제를 적용함으로써 경제성이 충족되지 않아 지열 주택 보급에 한계가 있었기 때문이다. 따라서, 에너지효율성이 높은 지열냉난방설비에 대해 누진제와 할증제를 폐지하고 일반용 요금을 적용하여 주택 보급을 활성화하기로 하였다. 이러한 지식경제부의 제도 개선을 통해 냉난방 효율화를 통한 에너지·외화 절감과 지열 보급 활성화, 일자리 창출 효과 등이 기대되며, LNG 난방가구 5만호를 지열냉난방설비로 교체할 경우 연간 LNG 22천톤(1,281만\$) 수입절감 효과 발생할 전망이다. 지열냉난방설비 인증 최소기준(COP 3.45) 적용시 1차 에너지 직접 난방 대체는 40%, 에어컨(COP 2.7) 대체는 23%의 에너지를 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 일반용 요금을 적용한 지열냉난방설비의 가격경쟁력이 높아 민간의 자율적인 지열 보급이 활성화될 것으로 예상되며, 2012년 이후 매년 신규주택 물량(약 50만호)의 약 10%(5만

가구)정도 지열 적용 예상된다1) '고 보도한 바 있다.

본 고에서는 이와 같이 보급이 확대될 것으로 예상되는 주택용 지역히트펌프 시스템의 적용 사례를 소개하고 지열히트펌프 시스템의 적용시 경제적 및 환경적 측면을 살펴보고자 한다.

2. 그린홈 지열히트펌프 시스템

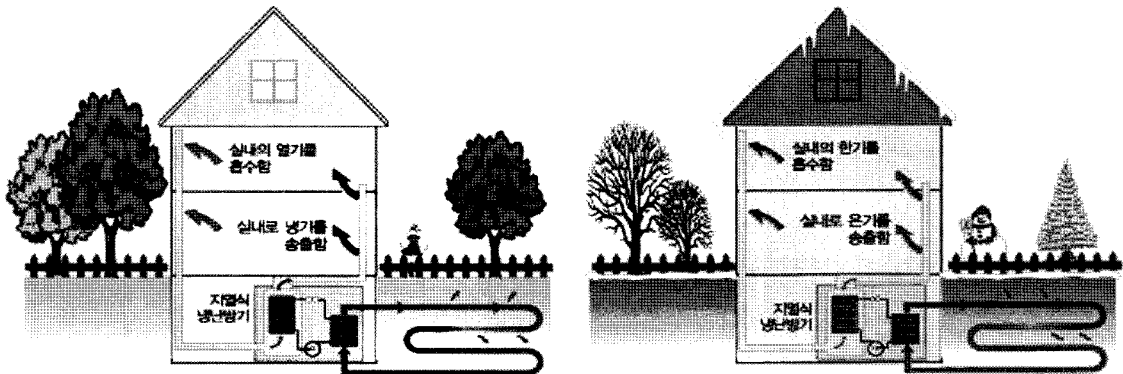
2.1. 그린홈의 개념

그린홈은 거주하기에 쾌적하고 최소의 비용으로 유지관리가 가능한 저에너지 친환경주택을 말하며, 지구환경에 미치는 영향을 최소화하면서 인간의 건강을 위한 쾌적한 생활환경을 조성할 수 있는 주택을 말한다. 그린홈 100만호 사업은 이와 같은 그린홈의 보급을 확대코자 하는 것을 말한다. 그린홈 사업을 확대코자 하는 이유는 지구 온난화와 세계적 에너지자원난 등에 대비하기 위해 새로운 에너지절약형 친환경 주택의 건설기술 개발 및 공급이 시급하며, 주택의 지속적 증가와 사용자의 에너지 다소비 성향 등으로 건물부문 온실가스 배출량은 지속적으로 증가될 전망되고 있기 때문이다.

국내의 에너지소비 패턴을 살펴보면 전체 에너지 소비량의 25%를 건물부분이 사용하고 있으

며, 건물 중 주택이 75%(전체의 18%)를 차지하고 있다. 특히 가정·상업 부문의 경우 주거면적의 확대, 대형제품 선호, 편리성 추구 등으로 에너지소비의 지속적인 증가추세를 보이고 있다. 이와 같은 주택부분의 에너지 소비는 지구 온난화와 에너지 자원난의 가속화 시키는 이유가 될 수 있으므로 지구 온난화, 에너지 자원난 등에 대응하기 위해 에너지절약형 친환경 주택의 건설기술 개발 및 그린홈 건설·공급이 시급한 실정이다.

따라서 정부에서는 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제10조(조성된 사업비의 사용)에 근거하여 보급사업 지원하고 있다. 이와 같은 노력은 외국에서도 그 예를 찾아볼 수 있는 바, 미국의 그린 홈(GBC, Green Building Council)은 신 재생에너지 사용 확대, 물 순환이용, 폐기물 발생 최소화, 친환경 건축자재 사용 등 친환경적인 주거 공간을 의미하고 있으며, 영국의 그린 홈(London city, London development agency)은 에너지 절감 시설, 폐기물 재활용, 물 순환이용, 자연환기 방식으로 온도 조절 등이 가능한 친환경적 건축물을 건축하고 있다.2) 이와 같이 건물을 그린홈화 함에 따라 신축 공동주택 에너지소비량의 40 ~ 55% 정도 저감 가능한 에너지 저감 친환경주택 건설·공급 및 유지관리비용 절약할 수 있으며, 기존 공동주택은 그린홈화



[그림 1] 지열냉난방의 개념도

를 통해 20 ~ 30% 유지관리비 절감할 수 있는 것으로 나타났다.1) 또한 에코 그린하우스 건축 관련 체계적인 지원과 보급으로 건축물 에너지 소비 절감에 따른 온실가스 배출 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

2.2. 지열 냉난방의 원리

지열에너지는 계절에 따라 온도가 변하는 지상과 항상 온도가 일정한 지하의 온도차를 냉난방·발전 등으로 이용하는 것으로 미국, 스웨덴, 독일 등 선진국을 중심으로 30년 전부터 활성화되어 왔으며 우리나라는 '01년부터 보급·기술개발 시작되었다. 그림 1은 지열을 이용한 냉난방의 개념도이다.

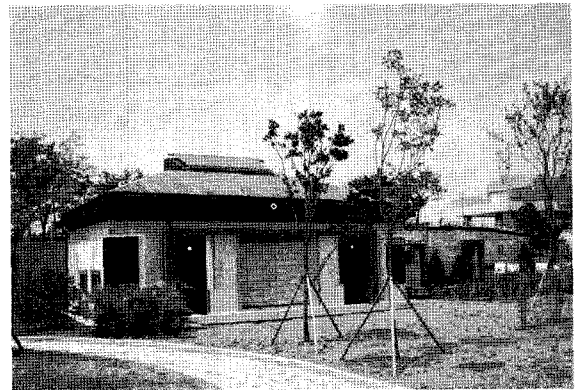
지열시스템의 국내 보급현황은 2004년부터 시행된 공공기관 신재생에너지설비 설치 의무화 이후 일반 건물을 중심으로 지열냉난방설비 시장이 급신장하고 있으나 주택의 경우 전기요금의 누진제 또는 할증제로 인한 경제성 저하로 보급이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

정부는 저탄소 녹색성장 전략에 따라 그린홈 100만호 사업 등 신재생에너지의 주택보급을 적극 추진하기 위해 2009년 5월 1일부터는 지열냉난방설비에 대하여 일반용 요금을 적용하기로 하였다. 이에 따라 지열냉난방설비(3 RT)를 설치한 100㎡ 단독주택*의 경우 겨울철 월평균 난방비는 31만원에서 6만원으로, 여름철 월평균 냉방비는 10만원에서 5만원으로 부담이 줄어들 전망이다.

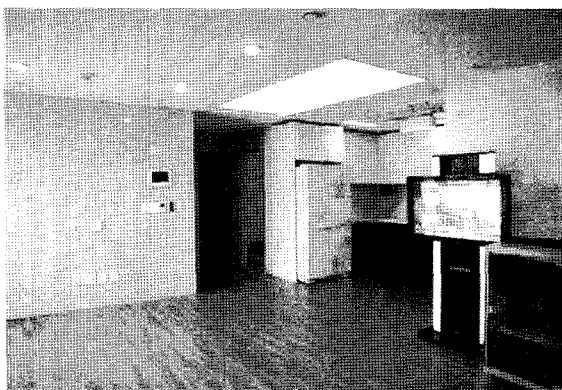
<표 1> 지열시스템의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 설비 <ul style="list-style-type: none"> - CO² 배출이 없음, 열성현상 해소 • 저렴한 유지비 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지비용 절감 - 높은 내구성(지중열교환기 수명 50년) • 냉난방 및 급탕 동시 이용가능 <ul style="list-style-type: none"> - 일반 가정의 총열에너지의 80%이상 가능(취사용을 제외한 전부분) 	<ul style="list-style-type: none"> • 지중열교환기를 설치할 부지 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 공동주택 설치에 한계 • 비싼 설치비 <ul style="list-style-type: none"> - 설치 단가(1 RT는 10평 냉난방 가능) <ul style="list-style-type: none"> · 일반건물 : 4,100천원/RT · 주택 : 7,667천원/RT • 구동을 위한 전기에너지가 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 누진제로 가정용 보급에 장애

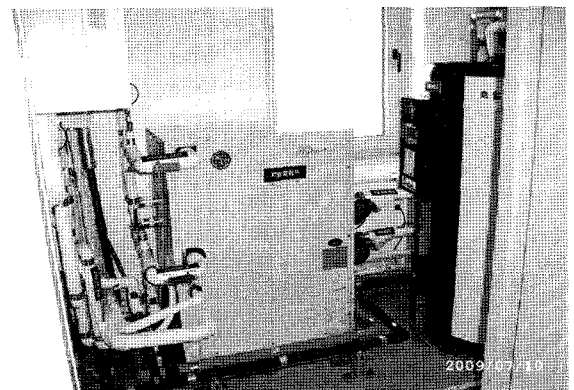
자료 출처 : 지열냉난방 전기요금 누진제 폐지, 지식경제부 보도자료, <http://www.mke.go.kr>, 2009. 4. 29



[그림 2] 리홈 제로하우스 전경



[그림 3] 그린홈 제로하우스 실내 모습



[그림 4] 그린홈 제로하우스에 설치된 지열히트펌프

이다.¹⁾

3. 그린홈 지열히트펌프 설치 사례

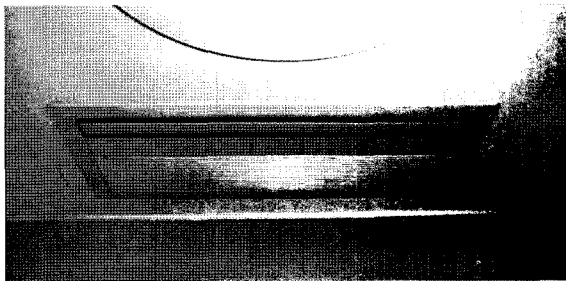
3.1 그린홈 제로하우스

그린홈 제로하우스는 과천과학관에 내에 설치되었으며, 에너지관리공단에서 그린홈에 적용된 여러 가지 요소기술에 대한 체험과 견학을 통해 그린홈에 대한 일반인의 이해도를 높이기 위해 지난 2009년 7월 준공된 건물이다. 건물은 2개 동으로 구성되어 있으며, 주택 면적은 83.17 m², 외부 전시

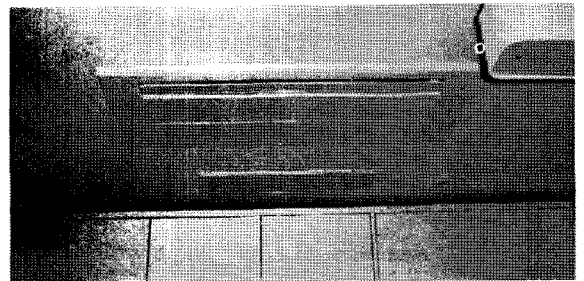
실 65.38 m²로 구성되어 있다. 본 시범주택은 실생활이 가능한 단층 경량 목조주택으로 모니터링 시스템을 통해 신재생에너지 설비의 에너지 생산량과 건물에서 소비되는 에너지 양 등 에너지 현황을 한눈에 볼 수 있도록 구현했다. 그림 2는 그린홈 보급사업 시범주택의 전경이며, 그림 3은 주택 내부의 모습이다.

그림 4는 그린홈 제로하우스에 설치된 지열히트펌프이다. 그림 5과 그림 6은 여름철 냉방을 위해 설치한 천정형 실내기의 모습이다.

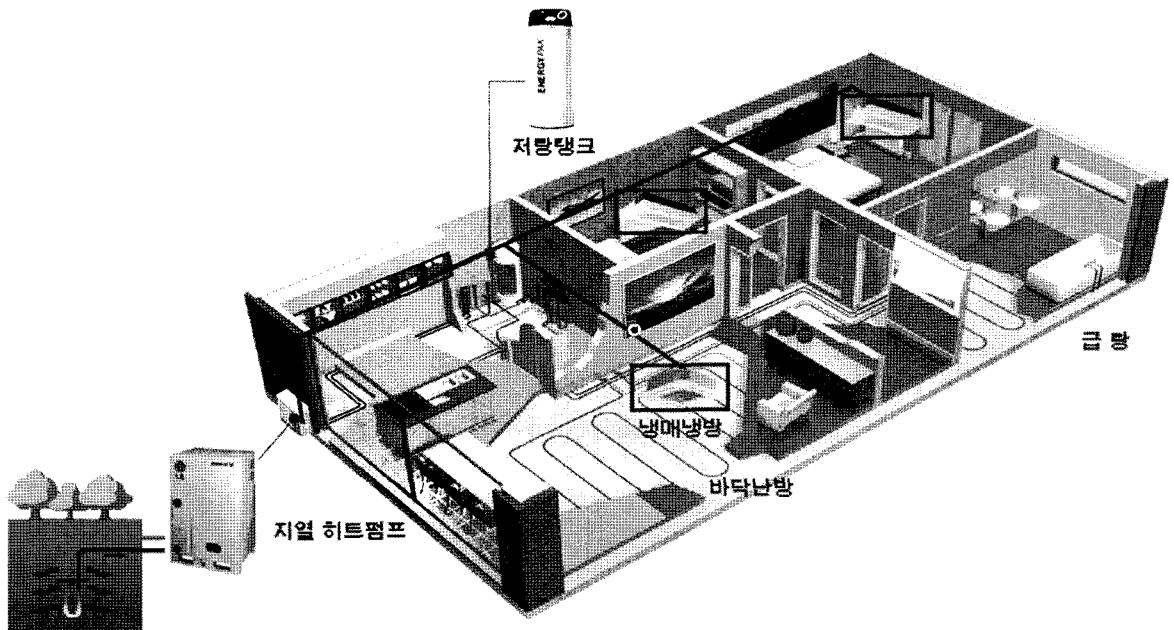
그림 7은 그린홈 제로하우스에 적용된 지열을



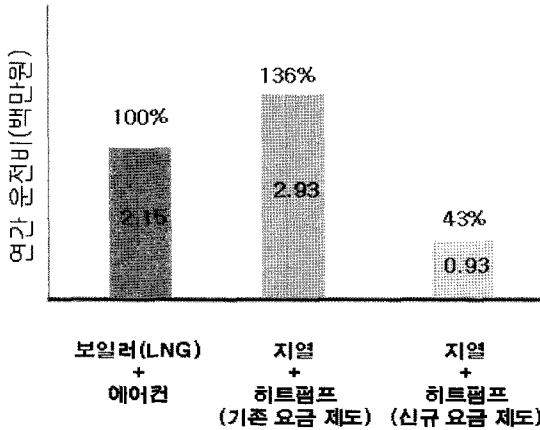
[그림 5] 그린홈 제로하우스에 설치된 실내기



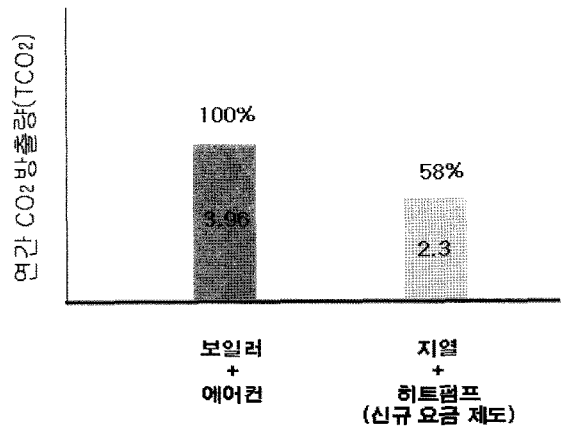
[그림 6] 그린홈제로하우스에 설치된 실내기



[그림 7] 그린홈 제로하우스에 적용된 지열이용 냉난방 시스템 개념도



[그림 8] 기존시스템(보일러+에어컨) Vs. 지열히트펌프의 연간 운전비 비교



[그림 9] 기존시스템(보일러+에어컨) Vs. 지열히트펌프의 CO2 방출량 비교

이용한 주택의 냉난방 및 급탕 시스템의 개념도이다. 그린홈 제로에너지하우스에 적용된 지열히트펌프 시스템은 건물의 냉난방 및 급탕을 모두 지열로 할 수 있도록 하였다. 특히 건물의 냉방은 천정에 설치된 냉열 공급장치(카세트형 실내기)를 이용하여 냉방을 하며, 난방은 히트펌프에 내부에 장착된 열교환기를 이용하여 온수를 만들고 이를 바닥 panel로 순환시켜서 바닥 복사 난방을 할 수 있도록 하였다. 또한 이때 생산된 온수를 건물 내 급탕용으로 사용할 수 있도록 하였다.

이와 같은 방식으로 건물을 냉난방을 할 경우의 경제성을 파악해 보기위해 연면적 100㎡의 주택을 기준으로 건물 전체를 난방하며, 냉방은 거실 부분에만 에어컨을 적용한 것으로 하여 운전비 및 CO2 방출량을 분석하였다. 분석에서 전기요금은 지열히트펌프를 사용할 경우 기존의 주택용 누진제를 사용하는 것과 일반용 전기를 사용하는 것으로 구분하여 분석하였다. 분석결과, 누진제가 적용되는 주택용 전기 요금으로 적용할 경우에는 오히려 운전비가 상승되나, 일반용 전기요금으로 적용할 경우에는 운전비를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 일반용 전기를 사용하는 것으로 분석할 경우, 냉난방에 사용되는 비용은 57%, CO2 방출량은 42% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

동일한 조건에서 건물 전체를 에어컨으로 적용하여 냉방하는 것으로 가정할 경우에는 지열로 냉, 난방하는 것과 비교하여 연간운전비 및 이산화탄소 발생량의 차이는 더 커질것으로 생각한다

위와 같은 결과를 볼 때 2009년 5월부터 시행된 주택용 지열히트펌프 적용 시 일반 전력의 적용은 주택용 지열히트펌프의 확산에 효과적인 뿐만 아니라, 환경보호적인 차원에서도 바람직한 것으로 생각된다.

그린홈 제로에너지하우스에는 지열히트펌프 이외에 다음과 같은 에너지 절약 요소기술이 적용되었으며, 다음과 같은 기술들을 통하여 화석연료의 사용을 최소화할 뿐만 아니라 신재생에너지를 최대한 활용함으로써 화석연료 사용을 제로화하고자 하는 기술이다.

- 액티브 요소 기술 : 다양한 신재생에너지기술을 적용, 외부에서 에너지를 전혀 지원받지 않는 에너지 자급 주택으로 지붕 태양광 발전을 통해 한 가정 연평균 사용 전력량을 충당하고 지열을 이용한 냉난방, 태양열 급탕이 가능하다.
- 패시브 요소 기술 : 단열 자재, 채광 설비 등의 적용으로 에너지 사용을 줄여 종래 난방에 소요되는 에너지의 90%, 냉방 에너지의 50%

이상을 감소시킨다. 우리나라 공동주택 동절 난방유 사용은 m^2 당 연간 12 ~ 15 l , 단독주택은 15 ~ 20 l 이나 제로하우스는 패시브 요소기술 적용으로 1.5 l 만으로 충분하다.

- 고효율 가전기기 설치 : 벽체 일체형 절전 콘센트, 백열전구 전력 소비량의 80%까지 절감할 수 있는 LED 조명, 절전형 냉장고 · TV 등 일상생활에서 사용하는 가전 기기들을 고효율 제품으로 설치했다.

- 친환경 기술 : 빗물 자원을 활용하고 건식 바닥 구조는 철거 시 건축자재를 재활용할 수 있도록 친환경적으로 설치했다.

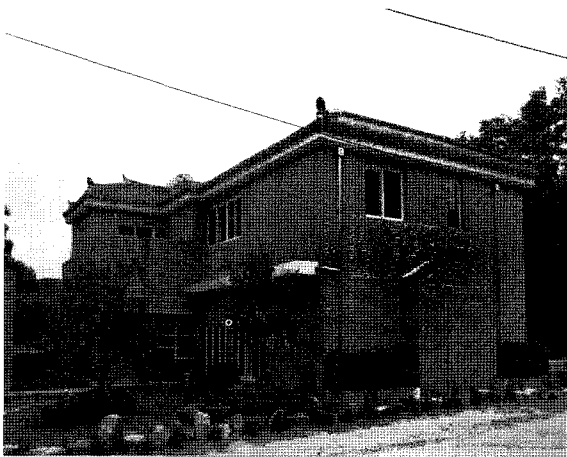
- 중공층 구조 벽체

벽체 중앙에 2중으로 중공층(Still Air-정지된 공기층)을 형성해 3중으로 벽을 쌓은 효과를 발휘하는 기능성 건축 구조재다. 열전도가 가장 낮은 정지된 공기층(0.022 kcal/mh $^{\circ}C$)을 벽체 내에 2중으로 만들어 단열 및 방음, 방습 기능을 극대화하고 건식공법으로 시공해 건물 해체 시 벽돌을 100% 재활용 가능한 것이 특징이다. m^2 당 자재비는 65,000 ~ 75,000원(단열재 120 mm 포함) 수준이며 시공비와 부자재 비용을 포함했을 때 1 m^2 에 100,000 ~ 120,000원 정도 들어간다.

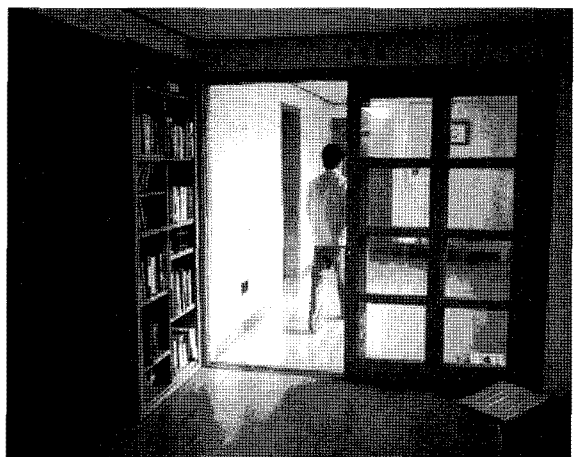
에너지관리공단(www.kemco.or.kr)이 제공한 자료에 의하면 제로하우스 건축에 들어간 비용은 총 1억 7천여만 원. 패시브 기술에 1억 2천 5백여만 원, 액티브 기술에 4천 5백여만 원이 투입됐다. 이는 3.3 m^2 (1평)당 670여만 원 정도로 공단은 이 정도면 가격 경쟁력도 충분할 것으로 내다봤다. 에너지관리공단 신재생에너지센터(www.energy.or.kr) 관계자는 “제로하우스에 적용된 기술은 기존 건축 공사비 대비 7 ~ 10%, 신재생에너지설비 도입에는 10 ~ 15% 추가 비용이 발생하지만 에너지 절감 비용을 따지면 10년 이내 투자비용 회수가 가능하다”면서 “향후 지속적인 기술 개발과 규격 제품 대량 생산이 진행되면 전체 추가 건축 비용을 5% 이내까지 줄일 수 있어 투자비용 회수 기간은 수년 이내로 단축될 것”으로 전망했다.

3.2 경기도 의정부 OO 주택

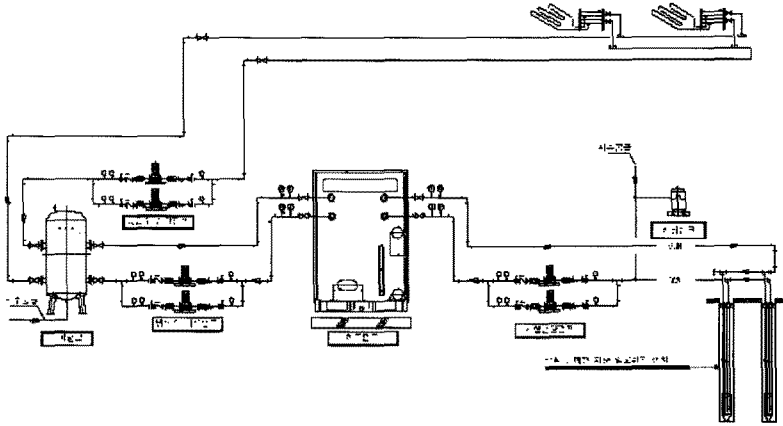
경기도 의정부에 소재한 OO건물은 예관공에서 추진하고 있는 그린홈 100만호 사업의 일환으로 진행되었다. 본 건물은 연면적 340.1 m^2 의 지상 2층 주택이다. 본 주택은 1가구용 주택이라기 보다는 종교시설의 부속시설로써 회관과 같이 사용하고 있다. 본 건물에 적용된 지열히트펌프 시스템



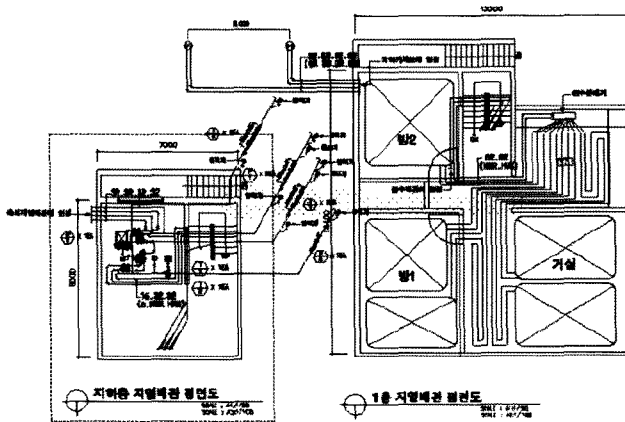
[그림 10] 의정부 OO주택 전경



[그림 11] 의정부 OO주택의 실내부분 모습



[그림 12] 의정부 00주택의 지열시스템 열원 흐름도



[그림 13] 의정부 00주택의 지열 및 바닥난방 배관도

은 W-W 지열히트펌프를 사용하여 겨울철 난방용으로 사용할 수 있도록 하였다. 그림 10은 의정부 00주택의 전경이다. 그림 11은 주택의 내부 모습이다.

그림 12는 의정부 주택의 지열시스템 열원흐름도이며, 그림 13은 지열 천공배치도, 기계실배치도, 건물 내부의 난방용 panel 평면도이다. 본 건물에 설치된 지열시스템은 열원으로 부지내에 2개의 천공을 하고 기계실에 지열히트펌프 20.4 kW(난방기준) 1대를 설치하고 건물내 난방 및

급탕수를 저장하기위한 500l 버퍼탱크 1조를 설치하였다.

4. 맺음말

본고에서는 화석연료의 고갈과 지구환경 문제의 해결방법의 하나로 주거용 건물에 적용 가능한 지열히트펌프시스템을 소개하였다. 그동안 지열히트펌프가 주거용 건물에 적용하기에는 주택용 전기요금의 누진제로 많이 보급되지 못하였으나,

2009년 5월부터 시행된 지열히트펌프 적용시 전기요금을 일반용전기로 완화해주는 조치에 따라 주거용 건물의 지열히트펌프의 사용이 더욱 확대될 것으로 보이며, 국가적으로 볼 때 에너지 소비비중이 가장 높은 부문이 주거용 건물임을 볼 때 바람직한 방향이라고 할 수 있다. 그러나 아직 일반수요자에게는 초기투자비가 기존시스템과 비교하여 높은 것이 현실이다. 따라서 초기투자비를 현실화하는 방향에 대한 노력이 지속적으로 필요할 것으로 생각된다. 이를 통해 주거용 건물의 지열히트펌프 시스템의 보급이 더욱 확대될 것이며, 에너지 절약 및 지구환경 보호를 추구할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 지열냉난방 전기요금 누진제 폐지, 지식경제부 보도자료, <http://www.mke.go.kr>, 2009. 4.
2. 기후변화대응 종합기본계획, 국무총리실 기후변화대책기획단, 2008. 12.
3. Payback Period Estimation of Ground-Source and Air-Source Multi Heat Pumps in Korea Based on Yearly Running Cost Simulation, N. PARK, S.H. JUNG, H. W. PARK, H. J. CHOI, S. CHIN, H. JUNG, International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, July 12-15, 2010. 