

## 공동주택에서 지열 냉난방 시스템 적용시 경제성 분석

# Economic Analsys of Cooling-Heating System Using Ground Source Heat in Multi Family Apartment

박용부<sup>†</sup> · 박종배<sup>1)</sup> · 임해식<sup>2)</sup> · 백성권<sup>3)</sup>

Park, Yongboo · Park, Jongbae · Lim, Haesik · Baek, Sungkoon

**ABSTRACT** : This paper studied the economical efficiency of ground source heat pump system under various conditions in apartments which have important effects on the housing market. And this study analysed the initial cost increase, saved managing cost and recovery time of initial cost. Analysis result showed as time of heating-cooling and water heating increases, the amount of saved managing cost increased much than the initial construction cost, so recovery time shortened. And as the net area of apartment increases, the recovery time increased. The study of the relation between the installation type and recovery time of initial construction cost showed when heat-cooling system adapted ground source heat and water heating system adapted waste heat, the initial construction cost was recovered most quickly. When Ground Source Heating system was used for the heating-cooling and water heating system, ground source heating system was used for the heating-cooling and waste heat used for water heating, and ground source heating system was used for the heating-cooling and LNG used for water heating, the construction cost increased 72,000, 66,900 and 62,300 won each per m<sup>2</sup> compared to the current system (package air-conditioner, heating and water heating using LNG).

**Keywords** : Ground Source Heat, Cool-Heating, Initial Construction Cost, Multi Family Apartment

**요 지** : 본 연구에서는 파급효과가 큰 공동주택에서 지열 냉난방 시스템의 경제성을 아파트 분양평형, 운전시간, 냉난방 및 급탕 설치형태별로 구분하여 초기 공사비 증가, 운전비 절감액, 초기 투자비 회수기간등을 산정하였다. 냉난방 및 급탕 운전시간이 많을 수록 초기 공사비 증가액에 비해 운전비용 절감액이 커 초기 투자비 회수기간이 단축되었다. 전용면적이 클수록 투자회수 기간이 길었으며 냉난방 및 급탕 설치형태에서는 냉난방을 지열원, 급탕을 폐열회수한 경우가 초기 투자 회수기간이 가장 짧았다. 기존 시스템(패키지 에어컨, LNG 난방 및 급탕)에 비해 냉난방, 급탕을 모두 지열로 이용하는 경우, 냉난방은 지열, 급탕은 폐열을 이용하는 경우, 냉난방은 지열, 급탕은 LNG인 경우에 공사비가 m<sup>2</sup>당 각각 약 72,000원, 66,900원, 62,300원 정도 증가하였다.

**주요어** : 지열 냉난방 시스템, 냉난방, 초기 공사비, 공동주택

## 1. 서 론

국제적인 환경규제 강화와 고유가 시대를 맞이하여 태양열, 지열, 풍력 등 신재생에너지에 대한 관심이 제고되고 있다. 또, 기후변화협약(교토의정서)에 따라 2003년말 현재, 온실가스 배출량 세계 10위, 최근 10년간 에너지 소비는 매년 10%라는 세계 최고의 증가율을 기록하고 있는 우리나라는 2차 공약 기간중(2013~2017) 온실가스 감축 의무 부담시 산업·경제활동에 치명적일 것으로 예상된다. 이에 따라 정부는 신재생 에너지를 보급하는 정책을 확대하고 있으며 특히, 공공기관이 신축하는 연면적 3,000m<sup>2</sup> 이상의 건축물에 대해 건축공사비의 5% 이상을 대체에너지로 설치토록 의무화하도록 규정하고 있다.

한편, 메이저급 건설회사는 공급자 위주에서 소비자 중

심의 주택시장에 대응하고 차별화 마케팅 전략을 수립하고 친환경적인 이미지 부각을 위해 지열 등 신재생 에너지를 공동주택에 적용하고 있다(박용부 외, 2006). 따라서, 대규모 택지지구의 개발, 신도시 건설, 공공기관 이전 등 대규모 시장수요에 대비하고 친환경적인 분양 이미지 제고를 위해 지열을 이용한 냉난방 시스템을 공동주택에 적용하기 위한 설계·시공기술을 조사하고 아파트 형태별 시공비와 유지관리 분석을 통해 적용성을 검토하는 것이 필요하다.

우리나라의 지열 냉난방 시스템 기술 수준은 고유가에 따른 관심도 증가와 보급활성화를 위한 제도적인 장치의 확대로 설치 사이트가 증가하고 있으나 미국, 유럽에 비해 초기 수준이며, 시스템을 구성하는 히트펌프는 대부분 수입하고 있다. 또, 국내에서 운전되고 있는 지열 냉난방 시

† 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원(E-mail : parkyb@jugong.co.kr)

1) 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원

2) 정회원, 대한주택공사 토목설계처 차장

3) 비회원, 코오롱건설(주) 연구소 차장

시스템의 연간 운전비용 및 유지비용에 대한 정확한 데이터는 거의 찾아볼 수 없다. 330m<sup>2</sup> 규모의 건축물에 냉난방, 급탕용으로 지열 냉난방 시스템을 설치한 경우를 대상으로 한 Lim의 2인(2004), 2,990m<sup>2</sup> 건축물에 대한 Sohn의 2인(2004)의 연구와 대한주택공사 주민복지관 및 공공 복지 시설 적용시 분석사례(심장보, 2006) 다수 있으며, 다양한 부하조건을 가진 아파트에 대한 분석사례는 없는 실정이다. 따라서, 냉난방 부하량이 크고 파급효과가 가장 큰 공동주택(아파트)을 대상으로 5가지 평형을 대상으로 일반적인 냉난방 및 급탕 에너지원(패키지 에어컨, 가스 보일러)과 지열 냉난방 시스템의 공사비, 유지관리비 등 경제성을 분석하여 본 시스템의 적용성을 분석하였다.

## 2. 지열 냉난방 시스템

### 2.1 에너지원으로서의 지열

일반적으로 지열은 지중(토양, 지하수, 지표수 등)에 저장된 태양 복사에너지를 말하며, 이는 지구에 도달하는 전체 태양 복사에너지 중 약 47%를 차지한다. 이중에서, 지반속에 저장되는 에너지는 지표면으로부터의 깊이에 따라 천부지열(Shallow Geothermal)과 심부지열(Deep Geothermal)로 구분된다. 천부지열은 지표로부터 150~200m까지에 저장된 지열로 지중 온도는 지형 및 지역에 따라 다르지만, 10~20°C 정도로서 건물의 냉난방 설비로서 관심을 끌고 있다. 심부지열은 지하 200m 이하부터 존재하는 에너지를 말하며, 40~150°C 이상의 온도를 유지한다. 일반적으로 지면에서 대략 지하 5m까지의 지중 온도는 외기온도 변화에 다소 영향을 받지만 그 이하부터는 거의 일정한 값을 갖는다(그림 1, 2).

여름에 대기 온도가 30°C 이상 상승하거나 겨울에 0°C 이하로 하강하더라도 일정 깊이 이하의 지반은 항상 일정

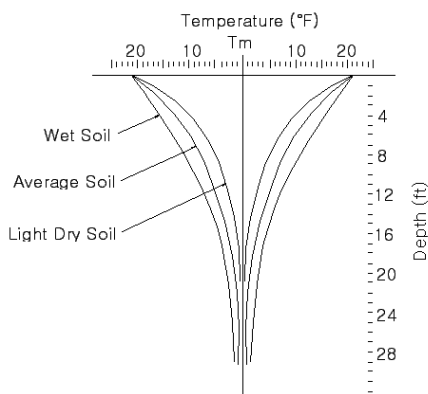


그림 1. 흙의 함수비와 심도에 따른 지중 온도 변화(IGSHPA, 2000)

온도를 유지하고 있다. 연중 대기 온도의 변화에 영향을 받지 않는 지중 온도가 15°C라고 가정할 때, 한여름의 기온에서 15°C는 추울 정도로 서늘한 온도이며, 한겨울의 15°C는 별다른 난방장치가 필요없을 정도로 따뜻한 온도이다. 사계절 일정한 온도를 끌어다 냉매로 사용한다면, 무한하고 값싼 에너지를 손쉽게 사용하는 것이다. 한국지질자원 연구원의 Mapping 자료에 의하면 서울과 광주의 심도 1, 5, 10m에서 지중온도는 월별로 차이가 거의 없으며, 우리나라의 평균 지온경사는 25.7°C/km 내외이며, 일부 지역에서는 30~50°C/km의 높은 값이 측정된다. 지중 4km에서의 최고 온도 범위는 300°C 정도이며, 대부분 지역의 온도 범위는 80~100°C 정도인 것으로 나타났다. 우리나라의 지중온도는 비교적 높아 연중 13~15°C로 일정하며 열원의 관점에서 매우 우수한 온도범위이며 지반구조가 단단하고 열전도율이 2.5kcal/mhr°C 이상인 화강암 계열의 암반이 많다. 또, 4계절이 뚜렷하여 동절기에는 열원, 하절기에는 히트싱크로 활용할 수 있으므로 지열의 사이클링이 가능하여 효율적이므로 에너지 자원이 부족한 우리나라에 적합한 신재생 에너지라고 할 수 있다(우정선 외, 2006).

### 2.2 지열 냉난방 시스템의 원리

지열 냉난방 시스템은 지반을 하나의 거대한 에너지 저장고라는 개념에서 출발한다. 여름에 실내의 더운 열을 지반으로 보내고 대신 지반을 통과한 차가운 바람이나 물을 통해 실내를 냉방하며, 겨울에는 반대로 실내의 차가운 공기를 지반으로 보내어 상대적으로 따뜻한 공기나 물로부터 열을 얻는다(그림 3). 기존의 화석 에너지(석유, 석탄, 가스 연료)로만 가동하는 냉난방 시스템과는 차별성을 가지는 것으로 무한 에너지원에 의한 환경 친화적인 시스템으로 지열 냉난방은 연중 온도가 일정한 지하수(Ground Water), 지표수(Surface Water) 및 지중(약 300m 이내)을 냉방시에는 히트싱크로, 난방시에는 히트소스로 이용하여 건축물의 냉난방을 동시에 가능하도록 하는 복합형 시스템이다. 지열 냉난방 시스템은 Geothermal Heat Pump System(GHP),

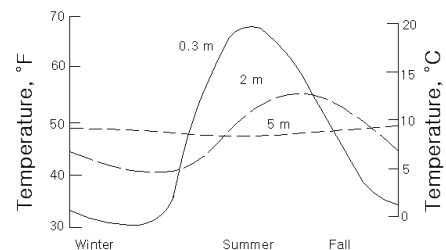


그림 2. 캐나다 오타와의 연간 심도별 지중온도의 변화 예(Williams, 1976)

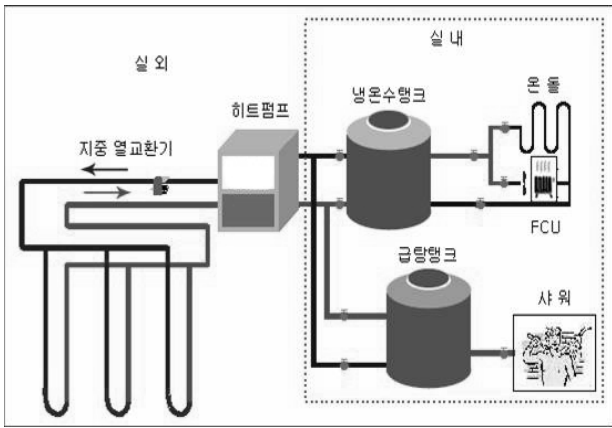


그림 3. 지열 냉난방 시스템의 구성

Ground-Source Heat Pump System(GSHP), Earth Energy System이라는 다양한 이름으로 불리고 있다. 지열 냉난방 시스템(Ground Source Heat Pump Systems, 이하 GSHP)은 크게 지중 열교환기(Ground Heat Exchanger)와 히트펌프 유닛(Heat Pump Unit)으로 구성된 냉난방 겸용 시스템이다.

## 2.3 지열 냉난방 시스템의 설치 및 유지비용

### 2.3.1 초기 설치비용

지열 냉난방 시스템의 초기 설치비용은 크게 히트펌프 유닛, 지중 열교환기 파이프 및 실내 측 분배장치(덕트 또는 바닥 코일) 비용, 보어홀 천공비용 그리고, 전체 시스템 시공비용 등으로 구성된다. 이중에서 지중 열교환기 보어홀 천공 및 시공비용이 전체 초기 설치비용의 30~50%를 차지한다(임효재, 2006). 따라서, 지중 열교환기의 적정 설계 및 시공에 의해 전체 시스템의 초기 설치비가 결정된다고 볼 수 있다. 지열 냉난방 시스템의 초기 투자비는 기존의 시스템에 비해 상당히 큰 편인데, 가장 큰 이유는 지열 교환기를 시공하기 위해 굴착하는 비용이 추가적으로 투입되기 때문이다.

### 2.3.2 운전 및 유지비용

국내에는 현재 운영 중인 지열 냉난방 시스템에 대한 연간 운전 및 유지비용에 대한 합리적인 데이터를 확보하지 못하고 있다. 이는 지역마다 에너지 단가(전기, 가스 비용 등)가 다르고 또한, 다양한 시스템이 운전되고 있는 외국도 유사하다. 미국의 환경보호청(Environment Protection Agency, EPA)은 현존하는 냉난방 기술 중에서 가장 에너지 효율적이고, 환경 친화적이며, 비용 효과가 높은 공기 조화 시스템으로 지열 냉난방 시스템을 예로 들고 있다. 실제로, 이 시스템은 공기 열원 히트펌프에 비해 44%까지 그리고, 냉난방을 에어컨과 전열기를 이용하는 경우와 비

교하면 72%까지 에너지 소비를 절감할 수 있다고 보고하였다(EPA, 1993). 일반적으로 지열 냉난방 시스템은 기존 냉난방 설비에 비해 적은 비용으로 시스템을 유지할 수 있기 때문에 부수적인 비용절감 효과를 유도할 수 있다. 일례로, 미국에서는 중대형 상업용 건물에 설치된 GSHP의 연간 유지비용은  $m^2$ 당 1.08~2.36\$이며, 이는 기존 냉난방 설비의 평균 유지비용인  $m^2$ 당 5.38\$보다 매우 낮은 비용이다(GHPC, 1997).

## 3. 경제성 분석

### 3.1 분석 조건

#### 3.1.1 적용조건

본 연구에서는 국내에서 공급되는 전용 면적 36, 59, 84, 102, 149 $m^2$ 을 대상으로 기존 시스템과 지열 냉난방 시스템에 대한 경제성 분석을 실시하였다. 이외에 경제성 분석 조건에는 층수, 평면형식, 동당 세대수 등의 고려 대상인데 일반적으로 많이 적용되고 있는 15층 6세대 총 90세대(계단식)를 선정하였다.

#### 1) 부하산정

공동주택의 냉난방 부하특성은 크게 최대 냉난방 부하와 기간부하로 구분할 수 있다. 최대 냉난방 부하는 냉난방 장치용량 선정과 배관등을 설계하기 위한 것으로 가장 춥거나 더울 때에도 장치의 용량이 부족하지 않게 설정되도록 특정 날 또는, 시간의 외기조건등 수계산을 위한 각종 자료로 만들어졌다. 기간부하는 연간 운전비 산출이나 시스템 효율 및 경제성 분석을 위해 불규칙하게 변동하는 기상자료와 운전조건에 대해 실제 사용하는 연간 부하의 산출을 위해 방대한 양의 반복계산이 요구되므로 전산 프로그램을 통해 이루어지는데 디그리데이법(Degree Day Method), 전부하 상당 운전시간법, 부하 빈도표법(Bin Method), 전달합수법(TFM), 유한차분법(Finite Differential Method)등이 있다(주택도시연구원, 2000). 지열 냉난방 시스템을 공동주택에 적용시 경제성 분석을 위한 부하산정은 시간에 따라 변할 수 있는

표 1. 적용조건

구분	규모	층별 세대수	총 세대수	전용면적( $m^2$ )	연면적( $m^2$ )
A-36	15층	6	90	36	3,240
A-59	15층	6	90	59	5,310
A-84	15층	6	90	84	7,560
A-102	15층	6	90	102	9,180
A-149	15층	6	90	149	13,410

표 2. 개별 에어컨 및 중앙 냉방 시스템 사용자의 사용실태(주택연구소, 2000)

구분	개별 에어컨 사용자		중앙 냉방시스템 사용자	
연중 사용일수	일주일 미만 : 5일	7-10일 : 17일	일주일 미만 : 2일	7-10일 : 1일
	10-19일 : 20일	20-29일 : 28일	10-19일 : 6일	20-29일 : 2일
	30-39일 : 32일	40-49일 : 15일	30-39일 : 4일	40-49일 : 8일
	50-59일 : 9일	60일 이상 : 18일	50-59일 : 4일	60일 이상 : 11일
사용시간 (%)	하루종일 : 6%	오전 11-오후 4시 : 35%	하루종일 : 13.2%	오전 11-오후 4시 : 23.7%
	저녁 : 33.3%	오후 4-6시 : 13.3%	저녁 : 21.1%	오후 11시-새벽 2시 : 7.9%
	오후 11시-새벽 2시 : 8.7%		오후 6시-자정 : 34.2%	

인자가 너무 많고 이들의 영향을 종합적으로 판단하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 기간부하 형태의 냉난방, 급탕부하를 산정하기 위해 냉방부하는 공기조화 핸드북, 난방 및 급탕부하는 열사용 시설기준의 A지역 단위 열부하값을 적용하였다.

- ① 냉방부하 : 단위면적당 냉방부하는 공기조화 핸드북의 설계값을 적용하였으며 거실중심 냉방설정 및 동시 사용률은 최대 부하값의 70%로 산정
- ② 난방 및 급탕부하 : 단위면적당 난방 및 급탕 부하는 열사용 시설기준에 의한 A지역 단위 열부하값 적용

2) 가동시간 산정

한국가스공사(1999)는 국내의 공동주택에서 사용되고 있는 개별 냉방기기의 수량과 용량을 정확하게 예측하기는 불가능하고 이에 대한 자료도 거의 없다고 보고하였다. 따라서, 냉방 사용실태에 대한 주택연구소(2000)의 공동주택의 냉난방 시스템 방안 연구에 의한 결과(표 2)를 근거로 본 연구에서는 운전시간을 표 3과 같이 3가지로 구분하였다.

연간 난방시간은 하루 10시간을 6개월, 4개월, 2.4개월 운전하는 경우를 가정하여 1,800시간, 1,200시간, 720시간을 적용하였다. 냉방 사용실태는 난방과 급탕보다 더욱 다양하기 때문에 냉방기간을 90일로 설정하고 하루 운전시간을 각각 6시간, 4시간, 2시간으로 보고 연간 냉방시간을 540시간, 360시간, 180시간으로 계산하였다. 연간 급탕시간은 4계절 사용하는 생활 형태를 고려하여 여름은 430시간, 겨울은 1,200시간, 봄과 가을은 870시간으로 설정하였다.

표 3. 운전시간

형태	운전시간		
	1,800	1,200	720
난방	1,800	1,200	720
냉방	540	360	180
급탕	2,500	2,500	2,500
표기	A	B	C

3) 에너지가격 및 효율

① 에너지가격

일반용 전력비(갑)는 타종별을 제외한 고객으로 계약전력 1,000kWh 미만의 고객에 적용하는 것으로 여름, 겨울, 봄/가을의 kWh당 전력량 요금은 각각 94.2, 66.8, 62.7원이다. 표준전압 110~380V 이하인 주택용 전력의 kWh당 전력량 요금은 113.8원을 적용하였다. 도시가스 가격은 지역별, 계절별, 사용목적에 따라 차등부과되나 본 분석에서는 서울도시가스를 기준으로 하였으며 가격은 ₩560/Nm<sup>3</sup>이다.

② 각종 COP

패키지 에어컨(국산)의 냉방 COP는 2.7로 적용하고 LNG 발열량(보일러 효율감안)은 8,900kcal/Nm<sup>3</sup>으로 가정하였다. 또, 외국산 FHP 제품을 사용시 지열 히트펌프 냉방 및 난방 COP는 각각 4.3, 3.3이며 폐열 히트펌프는 FHP 제품으로 폐열수 사용온도 20℃일때 COP를 4.0로 산정하였다.

4) 유지분석비

일반적인 LCC 분석은 건물의 라이프 사이클 기간 동안 한 건물에서 발생하는 비용을 분석하는 것으로 그 비용은 초기 투자비, 매년 발생하는 운전비, 유지관리비로 나눌 수 있다. 연간 유지관리 비용은 통상 기계장비 투자비의 1~3%를 계상하나 사용자의 관리상태에 따라 다르고 국내에 지열 냉난방 시스템이 본격적으로 건축물에 적용된 기간이 짧으므로 유지관리비에 대한 실증적인 자료가 없다. 일반적으로 난방용 보일러는 교체주기가 7년 정도, 일반 에어컨 및 냉동기는 약 10년이며 반면에, 지열 냉난방 시스템은 약 10년 이상이라는 외국 사례가 있지만 실증을 할 수 없으므로 보수적으로 보일러와 지열 냉난방 시스템의 유지관리비는 동일하다고 가정하였다.

3.1.2 냉난방 설치조건별 비교 대상

지열 냉난방 시스템의 경제성 분석시 주요 변수는 상기 언급한 전용면적, 냉난방 및 급탕부하, 운전시간이외에 공동주택에 설치된 냉난방 설치형태이다. 따라서, 본 연구에

표 4. 냉난방 설치형태

설치형태	설치형태
기존 시스템	냉방 : 패키지 에어컨, 난방 및 급탕 : LNG 보일러
지열 냉난방 시스템	① 냉난방, 급탕 100% 지열 ② 냉난방 : 지열                          급탕 : 폐열회수 ③ 냉난방 : 지열                          급탕 : LNG 보일러

서는 설치형태를 표 4와 같이 크게 기존 시스템, 지열 냉난방 시스템으로 대별하였다.

3.2 전용면적별 경제성 분석

본 연구의 경제성 분석은 크게 다음과 같이 실시하였다. 분석대상 공동주택의 평형, 층수, 세대 수 등을 먼저 결정한 후 냉난방 및 급탕부하, 부하량에 적합한 지열 냉난방 시스템을 선정하고 기존 시스템, 지열 냉난방 시스템 시공비와 경제성을 분석하고 이 결과를 바탕으로 초기 투자비 회수기간을 산정하였다.

3.2.1 전용면적별 부하계산

경제성 분석대상은 15층 6세대로 총세대수는 90세대로 최상층 및 중간층으로 구분하여 냉방부하를 표 5와 같이 산정하였으며 이때, 거실중심으로 부하를 설정하고 동시 사용률은 피크치의 70%로 가정하였다. 난방 및 급탕부하는 열사용 시설기준에 의해 표 6와 같이 산정하였으며 이때, 급탕부하의 동시 사용률은 30%로 적용하였다.

3.2.2 경제성 분석 결과

1) 경제성 분석예(전용면적 36m<sup>2</sup>)

지열 냉난방 시스템을 공동주택에 적용시 타당성을 분석하기 위해 변수로 평형(36, 59, 84, 102, 149m<sup>2</sup>), 층수 및 세대(15층 90세대), 냉난방 설치 형태(기존 시스템, 지열 냉난방 시스템)등 다양하고 분석량이 많아 대표적인 36m<sup>2</sup>에 대한 초기투자비등 경제성 분석과정을 표 7~11에 수록하였다.

표 11에 의하면 전용면적 36m<sup>2</sup>에서 지열 냉난방 시스템

표 5. 냉방부하

전용면적 (m <sup>2</sup> )	36		59		84		102		149	
세대수	90									
단위면적당 부하 (kcal/hm <sup>2</sup> )	최상층 (6세대)	중간층 (84세대)	최상층 (6세대)	중간층 (84세대)	최상층 (6세대)	중간층 (84세대)	최상층 (6세대)	중간층 (84세대)	최상층 (6세대)	중간층 (84세대)
	160	125	160	125	160	125	160	125	160	125
부하합계 (kcal/h)	34,560	378,000	56,640	619,500	80,640	882,000	97,920	1,071,000	143,040	1,564,500
	412,560		676,140		962,640		1,168,920		1,707,540	
최종산정 (kcal/h)	288,792		473,298		673,848		818,244		1,195,278	
	(거실중심 냉방설정 및 동시 사용률 감안 : 피크치의 70%로 산정)									

표 6. 난방과 급탕부하

전용면적(m <sup>2</sup> )	36	59	84	102	149
세대수	90				
단위면적당 난방부하(kcal/hm <sup>2</sup> )	58.5	57.5	55.5	55.5	55.5
세대당 난방부하(kcal/h)	2,106	3,393	4,662	5,661	8,270
난방부하 최종산정(kcal/h)	189,540	305,325	419,580	509,490	744,300
단위면적당 급탕부하(kcal/hm <sup>2</sup> )	15	15	15	15	15
세대당 급탕부하(kcal/h)	540	885	1,260	1,530	2,235
급탕부하 최종산정(kcal/h)	48,600	79,650	113,400	137,700	201,150

표 7. 공사비(냉난방, 급탕 지열, 전용면적 36m<sup>2</sup>)

전용면적 : 36m <sup>2</sup>			지열공사비
부 하	냉방부하	288,792(96RT)	310만원/RT
	난방부하	189,540(63RT)	
	급탕부하	48,600(17RT)	
히트펌프	냉난방(지열)	35RT × 3대	297,600천원
	급탕(지열)	20RT × 1대	52,700천원

표 8. 세대당 냉난방 시공비용(실내측, 전용면적 36m<sup>2</sup>, 단위 : 원)

전용면적 : 36m <sup>2</sup>									
기존 시스템					지열 냉난방 시스템				
품명	규격	수량	단가	금액	품명	규격	수량	단가	금액
가스보일러	10,000 kcal/h	1	360,000	360,000	팬코일	천장 매립형	1	320,000	320,000
온도조절기	디지털	1	20,000	20,000					
보일러배관 지지대	PVC	1	2,950	2,950	동배관 자재	식	1	432,000	432,000
보일러배관 커버	-	1	23,000	23,000					
동배관자재	식	1	346,000	346,000	전자밸브	20A	2	70,000	140,000
보일러설치 /배관설비	식	1	564,000	564,000					
패키지에어컨	12평형	1	1,280,000	1,280,000	팬코일 설치 /배관설비	식	1	564,000	564,000
에어컨설치비	식	1	200,000	200,000					
세대별 설비비용	2,777,950				1,456,000				

표 9. 기존 시스템과 지열 냉난방 시스템 시공비 비교(전용면적 36m<sup>2</sup>, 단위 : 천원)

전용면적 : 36m <sup>2</sup>				
구분	기존 시스템		지열시스템	
실내설비	세대수	90	세대수	90
	세대당 시공비	2,778	세대당 시공비	1,456
	소 계	250,020	소 계	131,040
지열설비	-	-	냉·난방	297,600
	-	-	급 탕	52,700
합계	250,020		481,340	
시공비 차액	기 준		△231,320	

표 10. 기존 시스템과 지열 냉난방 시스템의 운전비용 분석(전용면적 : 36m<sup>2</sup>)

구분	여름	겨울	봄/가을	계 (년간)	연간 운전비용		기존시스템 기준 연간운영비 절감액		
					금액(원)	%			
기존 시스템	소비전력량(kWh)	67,161	-	-	67,161	36,754,860	213	- 기준 -	
	LNG소비량 (Nm <sup>3</sup> )	난방	-	38,334	-				51,986
		급탕	2,348	6,553	4,751				
지열 시스템	소비전력량 (kWh)	난방	-	138,248	-	235,977	17,253,832	100	19,201,028원
		냉방	48,496	-	-				
		급탕	8,468	23,632	17,133				

표 11. 투자 회수 기간(전용면적 : 36m<sup>2</sup>)

항목	기존 시스템	지열시스템
시공비	초기투자비	250,020천원
	시공비 증액	481,340천원
연간 운전비 절감액	231,320천원	
투자 회수 기간	19,202천원	
	12.0년	

으로 냉난방, 급탕을 사용하는 경우에는 기존 패키지 에어컨, LNG 보일러에 비해 초기 공사비는 231,320천원이 증가하였고 연간 운전비 절감액을 고려하면 투자회수 기간은 12년이였다.

2) 설치형태별 경제성 분석

표 12~표 14는 3가지의 운전시간에 따른 기존 시스템에 대한 지열 100% 적용, 냉난방은 지열, 급탕은 폐열이나 LNG 보일러 적용시 초기 시공비 증액, 운전비 절감액, 투

표 12. 기존 시스템과 냉난방, 급탕 지열 적용시 비교

구분		지열시공비(천원)	시공비 증액(천원)	운전비 절감(천원)	투자 회수기간(년)
36m <sup>2</sup>	A	481,340	231,320	19,202	12.0
	B			14,387	16.1
	C			10,112	22.9
59m <sup>2</sup>	A	770,470	382,750	31,618	12.1
	B			23,369	16.4
	C			16,435	23.3
84m <sup>2</sup>	A	1,058,040	583,650	44,039	13.3
	B			32,621	17.9
	C			23,009	25.4
102m <sup>2</sup>	A	1,281,300	725,370	53,476	13.6
	B			39,612	18.3
	C			27,940	26.0
148m <sup>2</sup>	A	1,802,100	1,129,260	78,116	14.5
	B			57,864	19.5
	C			40,814	27.2

표 13. 기존 시스템과 냉난방(지열), 급탕(폐열회수) 적용시 비교

구분		지열시공비(천원)	시공비 증액(천원)	운전비 절감(천원)	투자 회수기간(년)
36m <sup>2</sup>	A	469,040	219,020	20,130	10.9
	B			15,003	14.6
	C			10,716	20.4
59m <sup>2</sup>	A	739,370	351,650	32,594	10.8
	B			24,359	14.4
	C			17,425	20.2
84m <sup>2</sup>	A	1,009,840	535,450	45,504	11.7
	B			34,030	15.7
	C			24,418	21.9
102m <sup>2</sup>	A	1,228,500	672,570	55,255	12.2
	B			41,323	16.3
	C			29,561	22.7
148m <sup>2</sup>	A	1,696,100	1,023,260	80,715	12.7
	B			60,363	17.0
	C			43,313	23.6

표 14. 기존 시스템과 냉난방(지열), 급탕(LNG 보일러) 적용시 비교

구분		지열시공비(천원)	시공비 증액(천원)	운전비 절감(천원)	투자 회수기간(년)
36m <sup>2</sup>	A	448,640	198,620	15,325	13.0
	B			10,204	19.5
	C			5,918	33.6
59m <sup>2</sup>	A	716,770	329,050	24,774	13.3
	B			16,495	19.9
	C			9,561	34.4
84m <sup>2</sup>	A	977,040	502,650	34,293	14.7
	B			22,834	22.0
	C			13,222	38.0
102m <sup>2</sup>	A	1,178,300	622,370	41,641	15.0
	B			27,728	22.4
	C			16,056	38.8
148m <sup>2</sup>	A	1,188,000	974,260	60,756	16.0
	B			40,504	24.1
	C			23,454	41.6

표 15. 기존 시스템 대비 냉난방(지열), 급탕(지열, 폐열, LNG) 공사비 증가액

전용면적 (m <sup>2</sup> )	표준 공사비 (원/m <sup>2</sup> )	냉난방, 급탕(지열) (원/m <sup>2</sup> )	냉난방(지열), 급탕(폐열) (원/m <sup>2</sup> )	냉난방(지열), 급탕(LNG) (원/m <sup>2</sup> )
36	751,486	71,395	66,369	61,302
59	755,086	72,080	66,224	61,967
84	780,115	77,202	70,826	66,488
102	867,106	79,016	73,265	67,796
149	833,588	84,210	76,305	72,651

\* 평당 공사비 : 2005 공동주택 공사비 분석자료(대한주택공사)

자 회수기간을 표기한 것으로, 운전시간이 많을수록 시공비 증액분에 비해 운전비 절감액이 커 회수기간이 단축되었다. 또, 동일한 냉난방 및 급탕 운전조건에서 전용면적이 클수록 투자회수 기간이 길었다. 냉난방 및 급탕 설치 형태에서는 냉난방을 지열원, 급탕을 폐열회수한 경우가 초기 투자 회수기간이 가장 짧았다.

### 3) m<sup>2</sup>당 공사비 증가액

표 15를 분석하면 기존 시스템(패키지 에어컨, LNG 난방 및 급탕)에 비해 냉난방, 급탕을 모두 지열로 이용하는 경우는 공사비가 m<sup>2</sup>당 9.6%인 약 72,000원 증가하였고 냉난방은 지열, 급탕은 폐열을 이용하는 경우는 공사비가 m<sup>2</sup>당 8.9%인 66,900원이 추가 비용으로 나타났다. 냉난방은 지열, 급탕은 LNG인 경우는 공사비가 m<sup>2</sup>당 8.3%인 약 62,300원 정도 증가하였는데 공동주택(아파트)에서 모두 냉난방, 급탕 부하를 지열 히트펌프 시스템이 담당하는 것보다 공사비가 m<sup>2</sup>당 약 9,300원 감소하였다.

이런 공사비 증가액은 표준 공사비 대비 약 7% 증가되는 것으로 시공업체로서는 큰 원가 상승요인으로 신재생에너지 보급 정책에 장애요인이 될 수 있다. 따라서, 에너지 파일등 지열 냉난방 시스템의 초기 공사비를 줄이기 위한 연구개발이 필요하다.

## 4. 결 론

고유가 시대에 대비하고 기존 난방이외에 냉방을 기본으로 하는 쾌적한 생활환경 요구에 따라 최근 관심을 받고 있는 지열 냉난방 시스템을 공동주택(아파트)에 적용시 경제성을 분석하였다.

- (1) 냉난방 및 급탕 운전시간이 많을수록 초기 공사비 증가액에 비해 운전비용 절감액이 커 초기 투자비 회수기간이 단축되었다.
- (2) 동일한 냉난방 및 급탕 운전조건에서 전용면적이 클수록 투자회수 기간이 길었다. 또, 냉난방 및 급탕 설치

형태에서는 냉난방을 지열원, 급탕을 폐열회수한 경우가 초기 투자 회수기간이 가장 짧았다.

- (3) 기존 시스템(패키지 에어컨, LNG 난방 및 급탕)에 비해 냉난방, 급탕을 모두 지열로 이용하는 경우, 냉난방은 지열, 급탕은 폐열을 이용하는 경우, 냉난방은 지열, 급탕은 LNG인 경우에 공사비가 m<sup>2</sup>당 각각 약 72,000원, 66,900원, 62,300원 정도 증가하였다.

## 참 고 문 헌

1. 대한주택공사 주택연구소(2000), *공동주택의 냉난방 시스템 도입 방안 연구*, pp. 77~125.
2. 우정선, 이세균, 문종철(2006), *현지 지중열전도도 측정 기술*, 제18회 신재생에너지 워크샵, pp. 51~62.
3. 박용부, 박중배, 임해식, 백성권(2006), *지열 냉난방 시스템의 적용현황 및 전망*, 주택공사 HURI FOCUS 제12호.
4. 대한주택공사 주택도시연구원(2006), *공동주택 지열 냉난방 시스템 적용에 관한 연구*.
5. 심장보(2006), *주택공사에서의 지열사례*, 신재생에너지 보급 활성화를 위한 지열 설비의 공공기관 의무화.
6. 임효재(2006), *지열시스템의 방식별 특성 비교*, 설비, Vol. 23, No. 3, pp. 60~70.
7. 대한주택공사(2005), *공동주택 공사비 분석자료*, 대한주택공사, pp. 145~152.
8. 한국가스공사(1999), *가정용 가스 냉난방기의 적용에 관한 연구*.
9. EPA(1993), *Space Conditioning, The Next Frontier*, Office of Air and Radiation 430-R-93-0044, Energy Protection Agency, Washington D.C.
10. GHPC(1997), *Earth comfort update, Geothermal Heat Pump Consortium Inc., Washington D.C.*
11. Lim H. J., Song Y. S., Kong H. J. and Park S. K.(2004), *Performance Evaluation and Economic Estimation of Ground Source Heat Pump Cooling and Heating System*, Energy Engg. J., Vol. 13, No. 4.
12. Sohn B. H., Shin H. J. and Park S. K.(2004), *Comparative Analysis of Life-Cycle Cost of Ground Source Heat Pump and Conventional HVAC System*, Proceedings of the SAREK 2004 Summer Annual Conference, 2004-s-222.
13. IGSHA & Oklahoma State University(2000), *Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems : Design and Installation Standards 2000*, Oklahoma State University, Stillwater Oklahoma.

(접수일: 2007. 2. 27 심사일: 2007. 3. 16 심사완료일: 2007. 4. 19)