

# 군 복지시설의 지열시스템과 태양열시스템 경제성 평가 사례 연구

## A Case Study on Economic Analysis of a Solar Water Heating System and a Ground Source Heat Pump System Applied to a Military Building

이 종 찬\*      박 용 호\*\*      이 강\*\*\*      이 상 호\*\*\*\*  
 Lee, Jong-Chan      Park, Young-Ho      Lee, Ghang      Lee, Sang-Ho

### 요 약

본 연구는 군 복지시설인 육군 ○○회관에 신·재생에너지 중 태양열 및 지열시스템을 적용했을 때, 각각의 효율성과 경제성을 분석하여 그 성능을 평가하였다. 연구 대상 건물은 철근콘크리트구조로서 건물 규모가 지하 1층 지상 3층이며 연면적이 약 2,917㎡인 건물이다. 건물의 용도는 목욕탕, 식당, 객실 및 사무실이며, 연간 냉·난방 에너지 소비량 판단 및 분석을 위해 e-Quest 시뮬레이션을 이용하였다. 신·재생에너지 적용에 대한 경제성 평가는 RETScreen 시스템을 이용하였다. 단, 신·재생에너지 시스템 적용은 연구대상 건물을 표준공사비로 판단했을 때 공사비의 5% 범위내로 한정하였다. 신·재생에너지시스템 적용시 태양열시스템은 급탕용으로, 지열시스템은 냉방용으로 하였다.

연구결과 태양열시스템이 지열시스템보다 효과적이었다. 지열시스템은 투자비 상환시점이 약 16년 6개월 이후인 반면, 태양열시스템은 약 3년 11개월 이후에 가능한 것으로 판단되었다.

향후 화석에너지의 고갈과 지구온난화 등의 문제 해결을 위한 방안으로서 신·재생에너지의 이용 확대가 예상되며, 이에 군에서도 안정적인 에너지 수급을 위해 지속적인 발전이 되길 기원한다.

키워드 : 신재생에너지, 넷스크린, 군 복지시설

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 에너지의 소비형태를 용도별도 분류했을 때, 건물이 차지하고 있는 비율은 약 24% 정도이다(박효순 2006).

2004년 산업자원부에서는 공공기관에서 신축하는 연면적

3,000㎡ 이상인 건물에 대해 표준 건축공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비를 의무적으로 사용하는 “대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법 시행령”을 제정하였다(산업자원부 2004).

이 규정에서 군사시설은 제외되었으나 국방부는 에너지의 안정적 수급과 국가시책을 선도적으로 따른다는 측면에서 2008년에 강원도 전방부대 ○○고지에 태양광 및 풍력 발전시스템을 설치하여 전기를 사용하고 있다. 또한 2009년에 국방군사시설에 신재생에너지 적용을 위한 연구용역사업을 추진하여 이 분야에 대한 발전을 도모하고 있다(국방시설본부 2008)

본 연구는 향후 군사시설의 신·재생에너지 적용을 위한 기초 연구로서 군 복지시설인 육군 ○○회관을 대상으로 태양열 및 지열시스템을 적용하고 경제성 평가를 함으로서 이후 이 사업을 추진시 합리적인 판단을 위한 기초 자료로 활용될 수 있도록 하는데 이 연구 목적이 있다.

\* 일반회원, 간삼파트너스종합건축사사무소, 기술연구소장, 공학박사 herry@yonsei.ac.kr

\*\* 종신회원, 간삼파트너스종합건축사사무소, 전무이사, 기술사 monsieur57@yonsei.ac.kr

\*\*\* 일반회원, 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사 glee@yonsei.ac.kr

\*\*\*\* 일반회원, 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자) sanghoyi@yonsei.ac.kr

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 군 복지시설을 대상으로 신·재생에너지시스템 중 태양열(solar water heating, SWH)시스템과 지열(ground source heat pump, GSHP)시스템을 적용, 각각의 에너지 성능을 비교 평가함으로써 가장 효율적인 신·재생에너지 적용 방안을 제시하는데 있어 연구의 범위 및 방법은 아래와 같다.

- 가. 건축물별 신·재생에너지 적용 관련 문헌과 자료를 파악하여 분석한다.
- 나. 사례연구 대상인 육군 ○○회관의 각 실의 구성과 면적 및 용도 등을 파악하고 현재 운용하는 냉·난방시스템의 제원과 사용 실태를 파악한다.
- 다. 연구 대상 건물에 신·재생에너지를 적용했을 때 각 시스템별 용량과 비용을 산출하여 가장 효과적인 시스템을 선정한다.
- 라. e-Quest(Quick Energy Simulation Tool) 시뮬레이션을 이용하여 건물의 냉·난방부하 및 연간 에너지소비량을 산출한다.
- 마. RETScreen(Renewable Energy Technology Screen) 시스템을 이용하여 이 건물에 적용한 신·재생에너지시스템의 에너지 성능 평가 및 경제성을 판단한다.
- 바. 연구 결과 토대로 연구 대상 건물의 합리적인 신·재생에너지 적용 방안을 제시한다.

## 2. 대체에너지 이용 의무화 제도 및 시스템 종류

### 2.1 대체에너지 분류

대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법 제 2조에 의하면 “대체에너지”는 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지로서 표 1에 나타난 바와 같이 크게 재생에너지와 신에너지로 분류하며, 이는 각각 세분화하면 11개 종류가 된다.

표 1. 대체에너지의 종류

구분	종류
재생에너지	- 태양열, 태양광 발전
	- 바이오매스(Bio-Mass), 지열, 폐기물에너지
	- 풍력, 소수력(小水力), 해양에너지
신에너지	- 연료전지, 수소에너지
	- 석탄액화, 가스화

### 2.2 대체에너지 의무화제도(산업자원부 2004)

#### 가. 개요

2004년 5월부터 “공공기관이 신축하는 연면적 3,000㎡ 이상인 신축건축물에 대해서는 건축공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비에 의무적으로 사용해야 한다는 『대체에너지 이용 의무화 제도』를 시행하고 있다.

#### 나. 적용 대상 건축물의 규모 및 용도

연면적 3,000㎡ 이상인 신축건축물 중 건물의 용도는 공공시설(군사시설은 제외), 문화 및 집회 시설, 의료시설, 교육시설(각급 학교는 제외) 및 복지시설, 운동시설, 묘지시설, 관광휴게시설, 판매 및 영업시설, 숙박시설, 위락시설, 업무시설 등이다.

#### 다. 건축공사비 산정기준

대체에너지 설비 설치에 대한 건축공사비 산정은 건축물의 용도와, 연면적에 따라 산정기준이 다르게 적용된다(표 2, 3 참조).

표 2. 건축물의 용도별 기준 건축공사비

구분	용도별 기준 건축공사비	
공공용	공공용시설	표준건축비 <sup>1)</sup> × 0.7
	업무시설	표준건축비 × 0.7
문화, 교육, 사회용	문화 및 집회시설	표준건축비 × 0.6
	의료시설	표준건축비 × 0.7
	교육연구 및 복지시설	표준건축비 × 0.7
	운동시설	표준건축비 × 0.6
	묘지관련시설	표준건축비 × 0.5
	관광휴게시설	표준건축비 × 0.7
상업용	판매 및 영업시설	표준건축비 × 0.7
	업무시설	표준건축비 × 0.7
	숙박시설	표준건축비 × 0.7
	위락시설	표준건축비 × 0.7

표 3. 대체에너지 설비 설치 건축공사비 산정기준

건축연면적	건축공사비 산정기준
3천㎡ 이상 ~ 5천㎡ 미만	용도별 기준 건축공사비 × 연면적
5천㎡ 이상 ~ 1만㎡ 미만	(5천㎡ × 용도별 기준 건축공사비) + (5천㎡를 초과하는 연면적 × 용도별 기준 건축공사비 × 0.8)
1만㎡ 이상 ~ 10만㎡ 미만	(5천㎡ × 용도별 기준 건축공사비) + (5천㎡ × 용도별 기준 건축공사비 × 0.8) + (1만㎡를 초과하는 연면적 × 용도별 기준 건축공사비 × 0.6)
10만㎡ 이상	(5천㎡ × 용도별 기준 건축공사비) + (5천㎡ × 용도별 기준 건축공사비 × 0.8) + (9만㎡ × 용도별 기준 건축공사비 × 0.6) + (10만㎡를 초과하는 연면적 × 용도별 기준 건축공사비 × 0.4)

1) “표준건축비”라 함은 수도권정비계획법 제14조 제2항의 규정에 의하여 1㎡ 당 건축비에 대해 건설교통부장관이 매년 고시하는 금액을 말함

### 3. e-Quest를 이용한 냉·난방부하 산출

#### 3.1 시뮬레이션 개요(James 2005)

e-Quest 프로그램은 건물 에너지 사용량 판단 및 분석을 위한 시뮬레이션으로서 기후데이터와 건물의 평균 실내온도, 건물 사용 스케줄, 난방방식 및 구조체의 단열성능 등의 자료를 입력하여 건물의 에너지 사용량을 산출할 수 있다.

이 시뮬레이션은 최초 1970년에 미국의 에너지성(Department of Energy : DoE) 지원하에 캘리포니아주에 위치한 LBL(Lawrence Berkely Laboratory)에서 개발, 현재 세계적으로 널리 사용되고 있는 건물 에너지 해석 프로그램이다.

#### 3.2 건물 모델링 및 데이터 입력

먼저 연구대상 건물을 e-Quest 프로그램을 이용하여 그림 1, 2, 3과 같이 모델링한 후, 분석 조건을 입력하였다. 데이터 입력 값은 표 4와 같다.

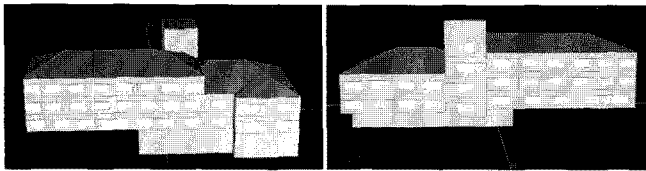


그림 1. 남측면도

그림 2. 북측면도

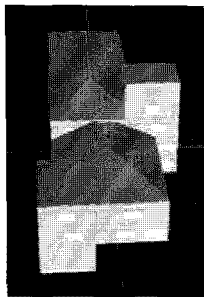


그림 3. 동측면도

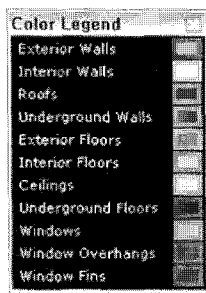


그림 4. 범례

표 4. e-Quest 데이터 입력

구분	분석조건	구분	분석조건
위치	대한민국, 서울	기상 데이터	서울 TMY2 <sup>2)</sup>
용도	다목적 홀	분석기간	2008년 365일
층	지상3층, 지하1층	위도 : 37.5°	경도 E:26.6
용적	13,623m <sup>3</sup>	바닥면적	1625.4m <sup>2</sup>
난방방식	hot water coil	냉방방식	no cooling
에너지원	천연가스	리터/인/일	10.2
층고, 천정고	· 지하 1층(층고 : 6.37m, 천정고 : 6.19m)		
	· 지상 1, 2, 3층(층고 : 4.36m, 천정고 : 2.99m)		

### 3.3 냉·난방부하 및 에너지 소비량 판단

가. 최고부하

표 5는 건물 냉·난방부하를 e-Quest 프로그램에 의해 산출한 최고부하값이다. 즉 냉방 최고부하는 8월 15일 오후 3시에 발생하는데, 87,700 Kcal/hr이며, 난방 최고부하는 1월 19일 오전 8시에 발생하는데 44,400Kcal/hr 이다.

표 5. 최고부하 산출 결과

최고부하	총부하	일시
냉방부하	87,700 Kcal/hr	8. 15 오후 3시
난방부하	44,400 Kcal/hr	1. 19 오전 8시

나. 냉·난방 에너지 소비량

건물의 월별 연간 냉·난방에너지 소비량은 표 6 및 그림 5와 같다.

표 6. 연간 냉·난방 에너지 소비량

구분	냉방에너지		난방에너지	
	MBTU <sup>3)</sup>	×10,000Kcal	MBTU	×10,000Kcal
1월	26.07	656.96	45.54	1147.61
2월	27.06	681.91	30.75	774.90
3월	39.54	996.41	21.16	533.23
4월	58.72	1479.74	5.31	133.81
5월	91.60	2308.32	0.15	3.78
6월	107.68	2713.54	0.00	0.00
7월	120.21	3029.29	0.00	0.00
8월	122.43	3085.24	0.00	0.00
9월	88.95	2241.54	0.06	1.51
10월	62.96	1586.59	2.98	75.10
11월	38.81	978.01	18.41	463.93
12월	27.92	703.58	35.96	906.19
계	811.95	20,461.13	160.32	4,040.06

Monthly Heating/Cooling Energy Consumption

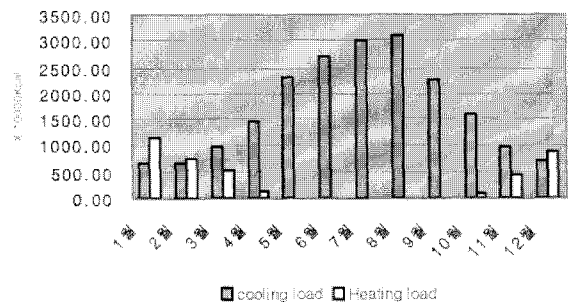


그림 5. 연간 냉난방 에너지 소비량

- 2) Typical Meteorological Year 2(TMY2): 미국 National Solar Radiation Data Base(1961-1990)에서 인용한 기상데이터
- 3) 열량 측정단위: British thermal unit(BTU), 1BTU는 252 cal

이 건물의 연간 총 에너지 사용량은 73.7TOE<sup>4)</sup>로서 연료 및 열에 의한 사용이 37.13TOE이며, 전력에 의한 사용이 36.57TOE이다.

#### 4. 신·재생에너지시스템 비용 판단

##### 4.1 연구 대상 건물

가. 건물 개요

연구대상이 된 건물의 개요는 아래와 같다.

- (1) 위치 : 서울시 노원구
- (2) 건물명 : 육군 ○○회관
- (3) 건물 규모 : 연면적 3,917.496㎡  
지상 3층, 지하 1층
- (4) 건물 용도 : 연회실, 객실, 목욕탕, 식당 등
- (5) 건물 구조 : 철근콘크리트 구조

나. 각 실의 용도 및 구성

건물의 구성 및 용도는 객실과 식당, 로비와 복도 등으로 이루어져 있다(표7 참조).

표 7. 건물의 구성 및 각 실의 용도

구분	용도	면적(㎡)	구성 비율(%)
옥탑	계단실	5.0	0.2
지상 3층	객실(11개), 로비 및 복도	832.132	21.3
지상 2층	대형 홀, 사무실 로비 및 복도	1,366.232	34.8
지상 1층	식당, 주방, 로비 및 복도 노래방 및 목욕탕	1,366.232	34.8
지하 1층	기계실, 전기실	347.9	8.9
계		3,917.496	100

다. 현 설비시스템 제원

○○회관의 냉·난방시스템과 급탕시스템은 LNG(액화천연가스 : Liquefied Natural Gas)를 연료로 하며(표8, 9 참조), 냉·난방시스템은 각각 예비용 공조기를 보유하고 있다<sup>5)</sup>.

표 8. 공조기 제원

냉방				난방							
열량 (kcal/h)	유량 (LPM)	냉수온도 (°C)		공기온도 (°C)		열량 (kcal/h)	유량 (LPM)	냉수온도 (°C)		공기온도 (°C)	
		입구	출구	입구	출구			입구	출구	입구	출구
98,000	330	7	12	28.6	14.0	90,000	300	60	55	4.4	32.5
110,000	370	7	12	28.0	14.2	97,000	323	60	55	7.7	33.1

형식 : 리턴팬내장형, 수평형

표 9. 급탕용 보일러 제원

용량	본체		버너		연료 소비량	소비 전력
	구조	열교환기	연소방식	제어방식		
1백만	노통수관 1PASS	본체 일체형	브라스트식 (강제혼합식)	High-Low-Off	115 NM <sup>3</sup> /h	3.7kW

#### 4.2 신·재생에너지 시스템 적용시 비용 산출

대체에너지 사용 의무화 기준에 의거 화랑회관에 신·재생에너지를 적용하였을 때, 비용을 산출하였다. 화랑회관의 연면적은 약 3,918㎡, 건축공사비 산정기준은 『용도별 기준 건축공사비 × 연면적』이다(표2 참조). 여기서 2008년 표준건축비가 ㎡당 1,441,000원<sup>6)</sup>이므로 이를 기준하여 신·재생에너지 적용 투자비를 산출하였다(표10 참조).

표 10. 신·재생에너지 적용시 비용 산출

연면적	용도별 기준 건축공사비	건축공사비 <sup>7)</sup>	신·재생에너지	
			설비 투자비율	설비 투자금액
약 3,918㎡	1,441,000/㎡	약 39억 5,200만원	5%	약 1억 9,760만원

현재 한국에너지관리공단에서 제시하는 지열시스템과 태양열 시스템의 설치 단가와 각 시스템별 용량을 2007년을 기준으로 비교하였는데 표 11과 같다. 시스템 효율측면에서는 지열시스템이 태양열시스템보다 우수하다.

표 11. 태양열 및 지열시스템 용량 및 설치 비용

구분	태양열시스템	지열시스템
생산 유발효과	8.5toe/연·억원	13.4toe/연·억원
환산계수 <sup>8)</sup>	0.064toe/㎡년	난방 0.444toe/RT 냉방 0.174toe/RT
단가 <sup>9)</sup>	1,080,000/㎡	3,300,000/RT <sup>10)</sup>
가용 예산 대비 설치가능 시스템 용량	292㎡	47RT
시스템 효율	시스템 효율 29%	부하율 난방 : 70% 냉방 : 60%

#### 4.3 신·재생에너지 시스템 적용

육군 ○○회관에 가용 예산 범위내에서 태양열 및 지열시스템을 적용하였다.

이 건물은 냉·난방을 공조기 2대로 운용하는데 냉방용 공조기 용량은 110,000kcal/h이며, 난방용 공조기 용량은 97,000kcal/h이다. 또한 예비용으로 냉방용 98,000kcal/h 1대와 난방용 90,000

4) TOE(Tonnage of Oil Equivalent : 석유로 환산한 톤 단위) : 1억원을 투자했을 때 1년간 예상되는 생산에너지량, kcal/toe

5) 육군 ○○회관 신축공사 설계도서, 육군본부, 2002

6) 건설교통부 고시 제2007-621호(2007. 12. 28)

7) 건축공사비 = 표준건축비(1,441,000원) × 0.7 × 3,918㎡

8) 에너지관리공단, "신·재생에너지 통계", 2007

9) 에너지관리공단, "신·재생에너지 통계", 2007.

10) RT(Ton of Refrigeration : 냉동톤) : 단위시간에 냉각하는 냉각열량 (kcal/h)으로서 1RT는 3,024kcal

kcal/h 1대가 있다.

따라서 총 공조기 가동 능력은 207,000kcal/h 인데, 이중 110,000kcal/h 냉방용공조기를 지열시스템에 의한 대체 부하로 판단하였다. 이를 냉동톤수로 환산하면 약 37RT이며, 표 11의 단가를 적용하면 사업예산은 약 1억2,210만원이다. 따라서 총 가용 예산 1억 9,760만원 중 지열시스템 적용시 소요되는 예산을 제외하면 7,550만원이다.

이 예산을 급탕용 태양열시스템에 적용하면 설치 면적은 약 70m<sup>2</sup>이다(표12 참조). 이는 건물의 남측 지붕에 설치 가능한 규모이다.

표 12. 신·재생에너지 개별시스템 설치 비용

구분	지열시스템	태양열시스템	계
용량	37RT	70m <sup>2</sup>	-
설치 비용	1억 2,210만원	7,550만원	1억 9,760만원

## 5. RETScreen에 의한 지열시스템 및 태양열시스템의 성능 및 경제성 평가

### 5.1 시뮬레이션 개요

RETScreen((Renewable Energy Technology Screen)<sup>11)</sup> 시스템은 신·재생에너지의 경제성 분석을 위한 프로그램으로서 캐나다 NRCAN(Natural Resource Canada)에서 개발하였다. 태양광, 태양열 및 지열 발전량 해석과 경제성 평가를 할 수 있다.

### 5.2 지열(GSHP)시스템의 성능 및 경제성 평가

가. 데이터 입력

(1) 지중 평균온도(조선균 2000)

연구대상 건물은 서울을 기준한 기상데이터와 지중 평균온도 14°C를 적용하였다(그림6 참조).

Site Conditions	Estimate	Notes/Range
Rearest location for weather data	Seoul	See Weather Database
Heating design temperature	-12.1	40.0 to 45.0
Cooling design temperature	30.7	10.0 to 40.0
Average summer daily temperature range	8.9	5.0 to 15.0
Cooling humidity level	Medium	
Latitude of project location	37.6	90.0 to 93.0
Mean earth temperature	14.0	Use local SEC applicable data sets
Annual earth temperature amplitude	14.0	5.0 to 30.0

그림 6. 지중 평균온도 입력

(2) 냉·난방부하

건물의 냉·난방부하는 현 설계도와 e-Quest 시뮬레이션 산출 결과를 기준하였는데 그림 7에 나타난 바와 같이 연간 냉·난방에너지 요구량은 각각 48.5mwh와 231.5mwh이다.

Building Heating and Cooling Load	Estimate	Notes/Range
Type of building	Commercial	
Available information	Energy use data	
Design heating load	15,042	
	kW	
	million Btu/h	
Annual heating energy demand	48.5	
	MWh	
	million Btu	
Design cooling load	87.0	
	kW	
	million Btu/h	
Annual cooling energy demand	231.5	
	MWh	
	million Btu	

그림 7. 냉·난방부하 입력

(3) 시스템 제원

그림 8은 적용한 지열시스템에 대한 일반적 조건을 입력한 결과이다. 토질상태는 일반토사를 적용했으며, 사용 연료는 천연가스, 효율은 65%, 지중열교환기의 배치는 Horizontal Closed-Loop 시스템 형태이며, 운용은 냉방용과 기타 요소를 입력하였다. 설치 면적은 1,922m<sup>2</sup>이며 COP<sup>12)</sup>는 5.5이다. 사용 연료는 천연가스이며 효율은 65%이다. 설계시 냉방부하는 87kW이다.

Site Conditions	Estimate	Notes/Range
Project name	비밀 허가	
Project location	서울, 태릉	
Available land area	5,760	
	m <sup>2</sup>	
Soil type	Heavy soil - Sand	
Design heating load	4,410.0	
	kW	
Design cooling load	87.0	
	kW	

System Characteristics	Estimate	Notes/Range
<b>Base Case HVAC System</b>		
Building has air-conditioning?	yes/no	Yes
Heating fuel type		Natural gas
Heating system seasonal efficiency	%	65%
Air-conditioner seasonal COP		3.0
<b>Ground Heat Exchanger System</b>		
System type		Horizontal closed-loop
Design criteria		Cooling
Typical land area required	m <sup>2</sup>	1,922
Ground heat exchanger layout		Very compact
Total loop length	m	5,306.4
Total trench length	m	3,163
<b>Heat Pump System</b>		
Average heat pump efficiency		High
Standard cooling COP		5.50
Standard heating COP		4.00
Total standard heating capacity	kW	64.1
	ton (cooling)	18.2
Total standard cooling capacity	kW	92.0
	ton (cooling)	26.4
<b>Supplemental Heating and Heat Rejection System</b>		
Suggested supplemental heating capacity	kW	3595.7
	ton (cooling)	1022.6
Suggested supplemental heat rejection	kW	0.0
	ton (cooling)	0

그림 8. 시스템 제원

(4) 불가 자료 입력

연도별 물가변동에 따라 전기요금과 가스요금은 2008년을 기준으로 하여 각각 kWh당 73.4원과 m<sup>3</sup>당 611원을 적용하였다

나. 경제성 평가

지열시스템 적용시 시설 투자비용은 약 1억 2,210만원이다. 그런데 지열시스템에 의한 연간 냉방에너지 생산량은 187.5mwh이며, 이때 Heat Pump에 소비되는 전기에너지량은 86.5mwh이다. 이를 단순 계산하여 투자비 회수기간을 판단하면 표 13과 같다.

11) www.retscreen.net

12) COP(Coefficient of Performance) : 에너지 소비 대비 출력에너지의 비율

그런데 한국에너지관리공단에서 대체에너지 보급 및 정착에 따른 사업예산의 50%를 지원 받을 경우에는 회수기간을 약 8년 3개월로 단축시킬 수 있다. 또한 기존 냉방설비 설치 소요 감소에 따른 추가적인 비용을 절감할 수 있다. 그러나 안정적인 에너지 지원 공급차원과 사용자의 만족도를 고려한다면, 보조에너지원을 확보해야 되기에 여러 측면에서 검토를 하여 경제성 평가가 이루어져야 한다.

표 13. 지열시스템 에너지 생산량 및 투자비 회수기간

전력생산량 - Heat Pump 에 의한 전기 소비량 = 연간 수익금	투자비	회수기간
187.5Mwh-86.5Mwh = 101Mwh 101Mwh×1000×73.4원 = 7,413,400원	1억 2,210만원	약 16년 6개월

### 5.3 태양열(SWH)시스템의 성능 및 경제성 평가

#### 가. 기상데이터

태양열시스템의 성능평가에 있어서 가장 중요한 요소는 지역별 기상데이터이다. 태양열시스템을 분석하는데 필요한 기상데이터는 월별 일사량, 온도, 상대습도의 데이터가 필요하며, 이를 위하여 서울지역의 기상데이터<sup>13)</sup>를 사용하였다(그림9 참조).

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate		Notes/Range	
Nearest location for weather data		Seoul		See Weather Database	
Latitude of project location	*N	37.6		-90.0 to 90.0	
Slope of solar collector	*	45.0		0.0 to 90.0	
Azimuth of solar collector	*	0.0		0.0 to 180.0	

Monthly inputs						
Month	Fraction of month used (0-1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m <sup>2</sup> /d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m <sup>2</sup> /d)
January	0.80	1.92	-3.4	64.0	2.5	3.12
February	0.80	2.72	-1.1	64.0	2.7	3.78
March	0.90	3.33	4.5	63.0	2.6	3.71
April	0.75	4.42	11.8	61.0	3.0	4.24
May	0.75	4.88	17.4	65.0	2.6	4.13
June	0.75	4.47	21.5	72.0	2.3	3.70
July	0.70	3.11	24.6	81.0	2.3	2.89
August	0.70	3.78	25.4	79.0	2.2	3.43
September	0.70	3.64	20.6	73.0	2.0	3.81
October	0.70	3.08	14.3	67.0	2.0	3.84
November	0.80	1.94	6.6	66.0	2.4	2.85
December	0.80	1.50	-0.4	66.0	2.4	2.32

	Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	1.18	0.88
Solar radiation (tilled surface)	1.27	0.96
Average temperature	11.8	11.3
Average wind speed	2.4	2.5

그림 9. 기상데이터

#### 나. 시스템 제원

이 시스템은 건물의 급탕을 지원하는 것으로서 집열판의 면적과 효율 및 급탕온수의 온도 및 요구량 등은 표 14와 같다. 건물 총 지붕면적이 567㎡ 인데 남측면이 432㎡로서 시스템 설치 요구면적 70㎡를 충족한다.

13) 기상청 자료 : 8월 일평년 값의 최고기온~최저기온 평균 값

다. 기초자료 입력

#### (1) 부지 조건

연구 대상시설이 위치한 곳의 부지 특성 및 요구조건을 입력하였는데 그림 10과 같다. 요구 온도부하는 60℃, 일일 온수사용량은 19,600리터, 평균 풍속은 2.4%, 연평균온도는 11.8℃ 이다.

표 14. 태양열 집열판의 특성 및 급탕 요구량

집열판의 특성					급탕		
집열판 면적	Fr (Tau alpha) coefficient <sup>14)</sup>	FrUL coefficient <sup>15)</sup>	집열판 갯수	설치		요구량	급탕 온도
				각도	향		
2㎡	0.58	0.70	35	45°	남향	19,600	60℃

Site Conditions	Estimate	Notes
Project Names	Welfare comfort	
Project Location	South Korea	
Nearest location for weather data	Seoul	
Annual solar radiation	1,27	MWh/m <sup>2</sup>
Annual average temperature	11,8	°C
Annual average wind speed	2,4	m/s
Desired load temperature	60	°C
Hot water use	19,600	L/d
Number of months analysed	7,8	month
Energy demand for months analysed	230,78	MWh

그림 10. 부지 특성 및 요구조건 입력값

#### (2) 급탕부하 산출

이 건물의 최대 사용인원은 약 2,031명/일, 요구 수량은 최대 19,600리터/일로 판단하였는데, 이는 이 건물 사용 인원 및 규모를 기준하였다. 또한 사용기간은 주 1회 정비의 날을 제외하고 6근무일을 적용했으며 연간 요구되는 에너지 생산량은 약 938.17GJ인데 그림 11과 같다.

Water Heating Load Calculation		Estimate
Application type	-	Service hot water
System configuration	-	With storage
Building or load type	-	Other
Number of units	-	-
Rate of occupancy	%	-
Estim. hot water use (at ≈60 °C)	L/d	N/A
Hot water use	L/d	19,600
Desired water temperature	°C	60
Days per week system is used	d	5
Cold water temperature	-	Auto
Minimum	°C	6.5
Maximum	°C	16.6
Months SWH in use	month	9.1
Ener. demand for months analysed	MWh	260.60
	GJ	938.17

그림 11. 급탕부하 산출

- 14) 집열판의 집열 효율 수정계수로서 우리나라에서 생산되는 평판형 집열기의 경우 0.77
- 15) 집열판의 열손실 계수로서 우리나라에서 생산되는 평판형 집열기의 경우 5.4

라. 경제성 평가

태양열시스템 적용시 시설 투자비용은 약 7,550만원이다. 그런데 태양열시스템에 의한 연간 급탕에너지를 전기로 환산하면 약 27.2Mwh이며, 이때 소모되는 전기 에너지량은 0.6Mwh이다.

이를 단순 계산하여 투자비 회수기간을 판단하면 표 15와 같다.

표 15. 태양열시스템 에너지 생산량 및 투자비 회수기간

급탕에너지 생산량 - 전기소모량 = 연간 수익금	투자비	회수기간
$27.2\text{Mwh} - 0.6\text{Mwh} = 26.6\text{Mwh}$ $26.6\text{Mwh} \times 1000 \times 73.4\text{원} = 1,952,440\text{원}$	7,550만원	약 3년 11개월

그런데 이 시스템도 한국에너지관리공단에서 대체에너지 보급 및 정착에 따른 사업예산의 50%를 지원 받을 경우에는 회수기간을 약 2년으로 단축시킬 수 있다. 또한 지열시스템과 동일한 조건으로 기존 급탕설비 설치 소요 감소에 따른 추가적인 비용을 절감할 수 있으나 안정적인 에너지원 공급차원과 사용자의 만족도를 고려한다면, 보조에너지원을 확보해야 되기에 여러 측면에서 검토를 하여 경제성 평가가 이루어져야 한다.

6. 결론

우리가 현재 살고 있는 지구는 화석원료의 사용으로 인해 CO<sub>2</sub> 증가와 지구온난화가 가속되고 있는 실정이다. 또한 미래에 화석에너지의 고갈은 산업경제에 막대한 영향을 줄 것으로 판단되며, 이에 우리 모두는 인류의 생존과 함께 지속가능한 성장을 위해 신·재생에너지의 활용 및 기술개발이 지속적으로 이루어져야 한다.

본 연구는 군의 복지시설인 육군 ○○회관을 대상으로 e-Quest 시뮬레이션에 의한 냉·난방부하를 해석하였으며, 신·재생에너지 중 지열시스템과 태양열시스템을 적용하였다.

지열시스템은 건물의 냉방부하를, 태양열시스템은 건물의 급탕부하를 대체하였는데 기존 설비 용량 범위에서 판단하였다. 단 각 시스템에 대한 유지관리비는 고려하지 않았다. 이는 총 표준공사비의 5% 범위에서 지열을 이용한 냉방시스템에 1억 2,210만원을, 태양열 급탕시스템에 7,550만원을 투자하여 판단하였다. 또한 신·재생에너지 적용에 따른 경제성 평가는 RETScreen 시스템을 이용하여 평가하였는데 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 이 건물의 냉·난방부하는 각각 최고시점과 부하가 8월 15일 오후 3시에 87,700Kcal/hr, 1월 19일 오전 8시에 44,400Kcal/hr 이 발생하며, 연간 총에너지 사용량은 73.7TOE(857.1Mwh)이다.

2) 지열시스템 적용시 총 투자비 약 1억 2,210만원이며 연간 에너지 생산량은 187.5Mwh 인데, 투자비 대비 회수기간은 약 16년 6개월이 소요된다. 따라서 현 부지에서 지열시스템은 경제성 측면에서 효율성 미흡하다 판단된다.

3) 태양열시스템 적용시 총 투자비는 약 7,550만원이며 연간 에너지 생산량은 27.2Mwh 이다. 투자비 대비 회수기간은 약 3년 11개월이 소요되는데 지열시스템에 비해 경제적이다.

4) 순수 에너지 사용량 측면에서 보면, 이 건물에 신·재생에너지시스템 적용시 총 에너지 사용량의 약 25%를 생산할 수 있어 에너지 수급 차원에서는 매우 효과적이라 할 수 있다.

이 연구는 기존 건물에 신·재생에너지시스템을 적용시 경제성을 평가하여, 어떤 시스템을 적용하는 것이 합리적인가에 대한 판단 기준을 제시하였다.

물론 이 연구와 달리 태양열시스템을 우선 적용하고 이후 지열시스템을 적용해도 되며 지열시스템을 냉·난방에 동시에 적용할 수도 있다. 즉 다양한 측면에서의 접근이 가능하다. 또한 총 공사비의 5% 범위를 넘어 자연에너지의 적극적인 도입이라는 측면에서 신·재생에너지의 설치 규모를 확대 적용할 수 있다.

향후 국방·군사시설사업 추진간 신·재생에너지시스템 적용시 에너지 절약과 환경친화적인 군사시설 구축 등에 합리적인 추진과 지속적 발전이 이루어지길 바란다.

참고문헌

1. 건설교통부(2007), 고시 제2007-621호
2. 대한석유협회(2007), "우리나라 에너지소비동향", p.1
3. 박효순(2006), "주택·건물부문의 에너지절약 동향 분석", 한국에너지기술연구원, p.1
4. 산업자원부(2004), "대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법", 제 11조 2항
5. 산업자원부(2005), "중장기(2005~2011) 신·재생에너지 투자 예산", p.13
6. 에너지 기후변화편람(2007), 에너지관리공단, p.22
7. 에너지관리공단(2007), "신·재생에너지 통계"
8. 육군본부(2002), 육군 ○○회관 설계도
9. 조진균(2000), "지하공간 활용을 위한 지중에 접한 건물 외벽 전열해석", 연세대학교 석사학위논문, p.33
10. 이재현(2004), "LCC 분석에 의한 숙박시설용 히트펌프 냉·난방시스템의 경제성 평가", 대한설비공학회 에너지관리부분 워크샵

11. James. J. Hirsch(2005), "eQUEST v3-50\_Tutorial",  
〈<http://www.doe2.com/equest2005>〉(2008.12.15),
12. Natural Resources Canada(2008)  
〈<http://www.retscreen.net>〉(2008.12.15)

논문제출일 : 2009.01.20

논문심사일 : 2009.01.23

심사완료일 : 2009.04.10

---

### Abstract

This study is to analyze the performance of SWH(Solar Water Heating) and GSHP(Ground Source Heat Pump) systems by evaluating their energy efficiency and LCC(Life Cycle Cost) as being applied to the ○○hall as a selected building in the Army. The ○○hall, used as bathrooms, dining rooms, accommodations and offices, has reinforced concrete structure system with three floors above the ground and one underground, and its total floor area is approximately 2,917m<sup>2</sup>. Two energy simulations are conducted to predict the yearly cooling and heating energy of the selected building: One is for analysis of an air-conditioning energy consumption using the e-Quest program, and another is for two new-renewable energy facilities as a water heating source using the RETScreen. The installed capacity of two new-renewable energy facilities is determined according to the 5% level of total standard construction cost.

As a briefly result, SWH system is more energy-effective than GSHP system. Considering the break-even point, it is expected that SWH can take only 3 years 11 months to pay for itself in savings while the investment of GSHP can be recovered in more than 16 years 6 months.

Keywords: New-Renewable Energy Sources, RETScreen, Welfare Facility in Military

---