

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 26, No. 4, 2006

주상복합 건축물에 적용된 지열이용 히트펌프 시스템의 냉방성능 평가

김용식*, 김종헌**, 황광일***

*인천대학교 건축공학과 (newkim@incheon.ac.kr),

삼성건설 기술연구소 (kjh5955@samsung.com), *한국해양대학교 기계정보공학부(hwangki@bada.hhu.ac.kr)

Evaluation on the Cooling Performance of Geothermal-energy Using Heat Pump System in Mixed-use Residential Building

Kim, Yong-Shik*, Kim, Jung-Heon**, Hwang, Kwang-Il***

*Dept. of Architectural Engineering, University of Incheon (newkim@incheon.ac.kr),

**Samsung Institute of Engineering and Construction Technology (kjh5955@samsung.com),

***Div. of Mechanical and Information Engineering, Korea Maritime University (hwangki@bada.hhu.ac.kr)

Abstract

Geothermal-energy has been getting popular as a natural energy source for green buildings these days. Public building with gross area more than 3000m², planned after March, 2005, should spend about 5% of total building cost for equipment run by natural energy source (e.g. geothermal, solar heat, solar power, etc) according to renewable energy promotion law in Korea. As a result geothermal-energy using heat pump system is emerging as a effective alternative for realistic and economic plan although design guidelines and construction code for the system is in progress and technical data is far from sufficient. The quantitative analysis on the performance of geothermal-energy using heat pump system is insufficient for appropriate design of it.

In this paper, cooling performance of geothermal-energy using heat pump system of residential and retail etc. mixed-use building has been analyzed on the basis of temperature comparison between inlet and outlet of heat exchangers of the operating system. Additionally, dry-bulb temperature and relative humidity have been measured and analyzed together as an index of indoor thermal environment.

Keywords : 주상복합 건축물(Mixed-use Residential Building), 지열 이용 히트펌프 시스템(Geothermal-energy Using Heat Pump System), 냉방성능(Cooling Performance), 실내 열환경 (Indoor Thermal Environment), 평가 (Evaluation)

접수일자:2006년 8월 22일, 심사완료일자:2006년 11월 22일

1. 서론

최근 에너지절약 및 환경보호 등의 관점에서 전 세계적으로 자연에너지의 활용에 대한 관심이 크게 높아지고 있다. 국내에서는 2003년 3월의 대체에너지개발 및 이용 보급 촉진법에 따라 연면적이 3000m² 이상인 공공건축물에 있어서는 총건축비의 5% 이상을 대체에너지 이용 시스템을 적용하는데 사용하도록 하고 있으며, 이에 발맞추어 유력한 대체에너지 시스템 중의 하나인 지열이용 시스템의 건축물 적용이 증가하고 있다. 그러나 지열이용 시스템의 건축물 적용을 위한 최적 설계기술이나 시공기술의 국산화 확보라는 관점에서 생각하면, 관련 기술의 수준이 선진국에 비해 상당히 낮은 상태라 할 수 있다. 이와 관련하여 기존의 연구들을 조사해보면, 지열이용 시스템의 개요와 그 현황 및 전망에 관한 일반적 고찰^{1~6)}, 지열이용 시스템의 건축물 적용을 위한 지반의 열적 특성에 관한 검토^{7~8)}, 지열이용 시스템의 주요 구성기기인 지열교환기의 열적 성능 등에 관한 검토^{9~11)}, 지열이용 시스템의 성능 평가^{12~16)}, 지열이용 시스템의 건축물 적용에 따른 이용효과 검토^{17~20)}, 등이 활발하게 진행되고 있으나 시스템의 최적설계 및 시공을 위한 기술데이터의 축적 면에서 매우 부족한 상태이다.

이러한 배경에서 본 연구에서는, 실제 주상복합 건축물에 적용된 지열이용 히트펌프 시스템을 대상으로 지열에너지의 이용 특성 및 실내 열환경 특성에 대하여 현장 측정을 실시하고 그 내용을 분석함으로써, 시스템의 하절기 냉방성능에 관한 정량적 평가 및 기술데이터 확보를 목적으로 하고 있다.

2. 주상복합 건축물에 적용된 지열이용 히트펌프 시스템의 냉방성능 측정

2.1 대상 건물 및 지열이용 시스템

표 1은 측정대상 건물의 개요 및 외관을 나타낸 것이다. 서울에 위치한 주상복합 건축물로서 지상

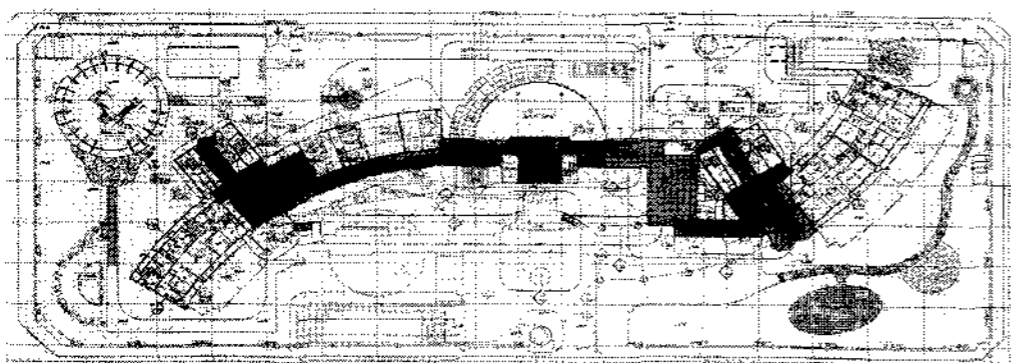
23층 지하4층에 연면적 80,126m²의 규모를 갖는 건축물이다. 그림 1은 대상 건축물에 지열이용 히트펌프 시스템이 적용된 부분을 나타낸 것이다. 그림에 나타낸 바와 같이 건물의 1층(2,825m²)과 지하1층(3,3254m²) 공용구역(채색된 부분)에 적용되어 있다.

그림 2는 적용된 지열이용 히트펌프 시스템의 구성을 나타낸 것이다. 건축물의 기초 저면에 매설된 지열파이프를 통해 지열에너지를 획득한 유체는 순환펌프에 의해 열교환기를 거쳐 지상 1층의 천장 매립형 히트펌프와 지하 1층의 수직형 히트펌프에 전달되어 대상공간의 냉난방에 사용되는 수평 폐회로 방식 시스템이다. 표 2는 지열이용 히트펌프 시스템의 운영 스케줄을 나타낸다. 지상 1층(순환펌프 7~8, 열교환 헤더 1~2)과 지하 1층(순환펌프 1~6, 열교환 헤더 3~15)으로 나뉘어 정해진 프로그램에 의해 자동제어 된다.

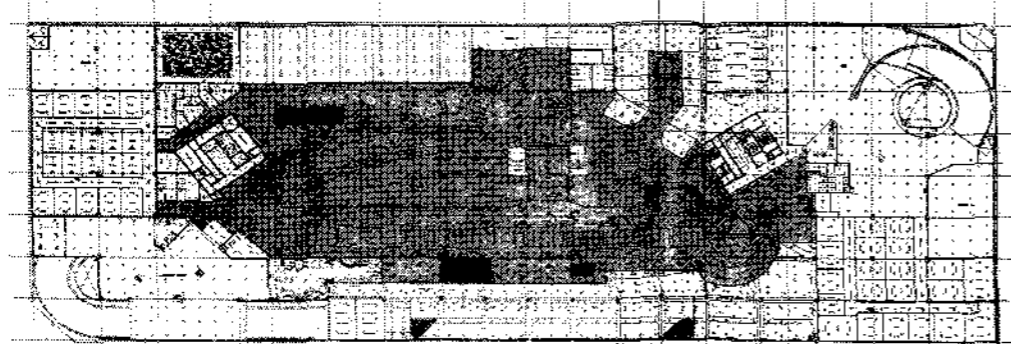
표 1. Target Building

Item	Contents
Location	Gangnam-gu, Seoul
Completion	2000.6
Occupancy	Apartment & Store
Plottage	13,342m ²
Floor Area	3,324m ²
Gross Area	80,126m ²
Floors	23 Floors and 4 basement floors
Residence	3 Towers, 141 condominiums





Zone	Floor Area (m ²)	Cooling Load (kcal/h)	Heating Load (kcal/h)
1F (Lobby)	2,825	332,300	127,200



Zone	Floor Area (m ²)	Cooling Load (kcal/h)	Heating Load (kcal/h)
B1 (Fitness Playground)	3,354	381,000	228,000

그림 1. Zoning of target area

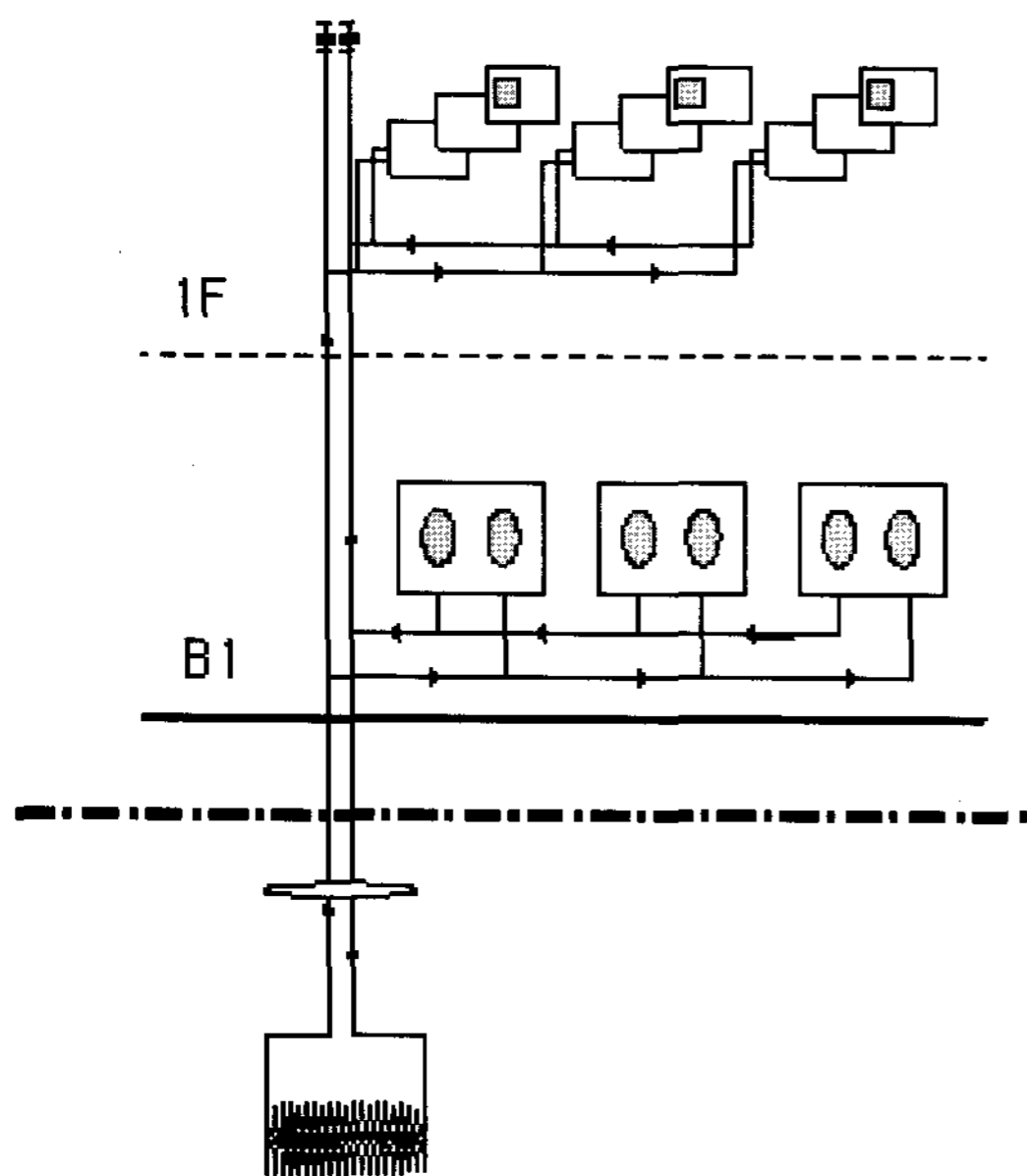


그림 2. Working concept of the System

표 2. Operating Schedule of the System

Time Zone	ON/OFF Time Schedule				
	Time	ON		OFF	
		Circulation Pump	Header	Circulation Pump	Header
I	9:00	7, 8	1, 2	1~6	3-15
	10:00			ALL	ALL
II	11:00	1~6	3~15	7, 8	1, 2
		ALL	ALL		
				ALL	ALL
III	15:00	ALL	ALL		
	18:00	1~6	3~15	7, 8	1, 2
	18:30			ALL	ALL
IV	19:30	1~6	3~15	7, 8	1, 2
	21:30			ALL	ALL

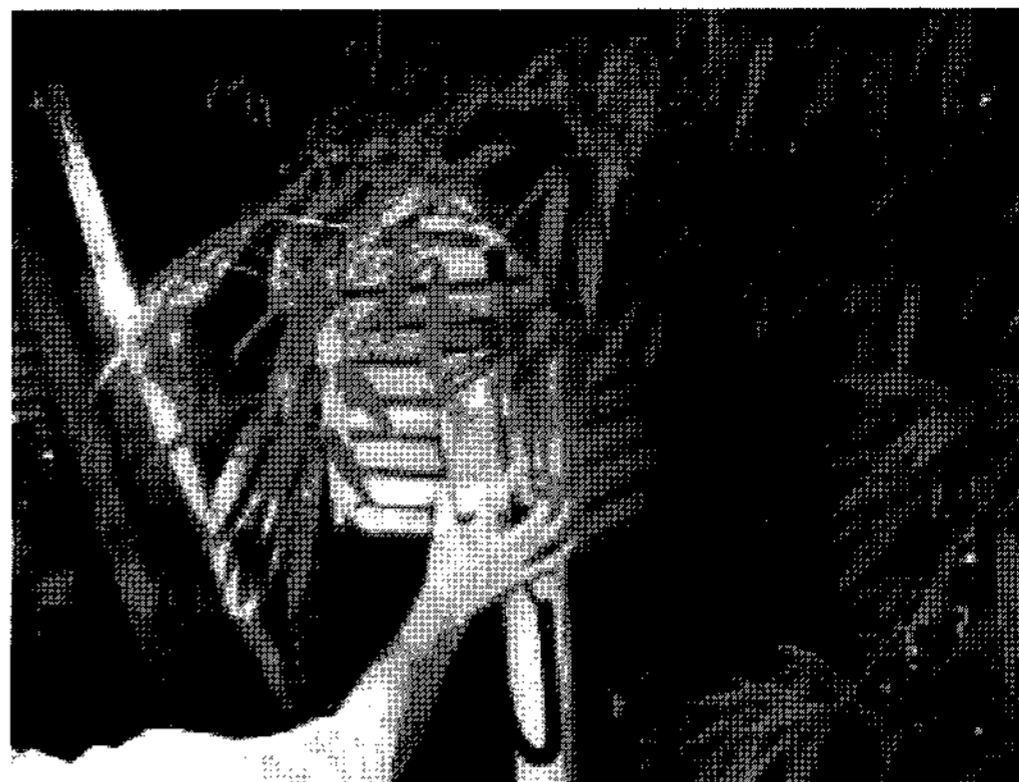
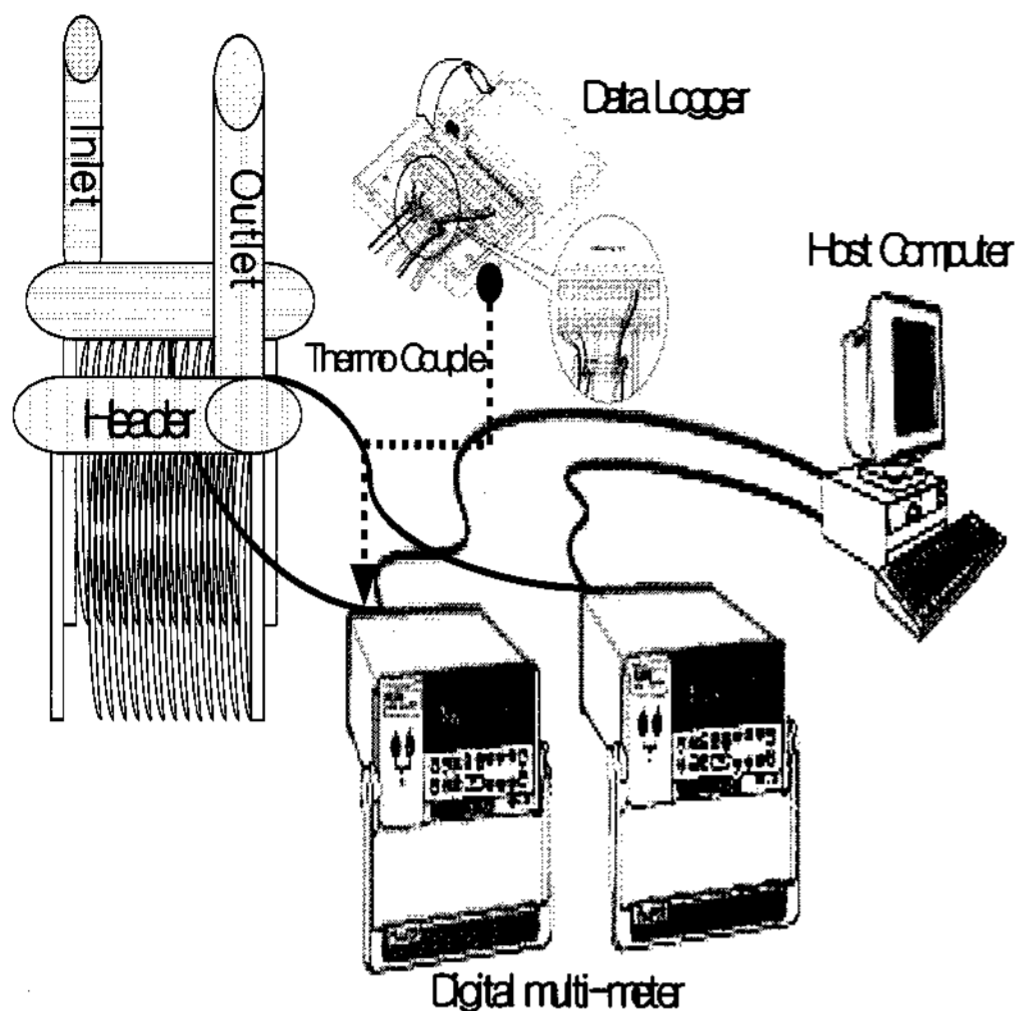
2.2 측정 항목 및 방법

표 3은 지열에너지 이용 히트펌프시스템 측정개요를 나타낸다. 열교환기 입구 15열 및 출구 15열 총 30열에 열전대를 설치하고 데이터로거를 이용하여 입구 및 출구온도를 1분 단위로 측정하였다. 그림 3은 측정시스템의 구성 개요를 나타낸 것이다.

표 4는 실내 열환경 측정개요를 나타낸 것이다. 지열이용 히트펌프 시스템 가동 시 지상 1층과 지하 1층 등의 건구온도와 상대습도를 1분 단위로 측정하였다.

표 3. Measurements of the system

Location	Item	Instrument	Method
Facilities Space	Dry Bulb Temp.	Fluke Netdaq 2640A	Inlet and Outlet temp. of heat exchanger (per minute)
		Fluke Hydra Series II	



3. 측정 결과 및 고찰

3.1 지열이용 히트펌프 시스템 특성

그림 4는 지하 1층 열교환기의 입구평균온도 및 출구평균온도의 시간대별 변화를 나타낸 것이다. 7월 26일에는 18시~22시 사이에 최대 3°C 정도의 입출구 온도차를 보이면서 냉방이 이루어지고 있고 시스템 정지 시에는 온도차가 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 7월 27일에는 11시~23시 사이에 최대 3°C 정도의 입출구 온도차를 보이며 냉방이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 7월 28일의 경우에는 11시~23시 사이에 최대 2.5°C 정도의 온도차를 보이며 냉방이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 지상 1층 열교환기의 입구평균온도 및 출구평균온도의 시간대별 변화를 나타낸 것이다. 대부분이 통로 공간인 지상 1층의 경우에, 7월 26일은 18시에 시스템이 정지되었으며, 7월 27일에는 9시~19시 사이에 최대 3°C 정도의 입출구 온도차를 보이며 냉방이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 7월 28일의 경우에도 전반적으로 7월 27일과 유사한 경향을 나타내고 있으며 최대 3°C 정도의 입출구 온도차를 보이면서 냉방이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

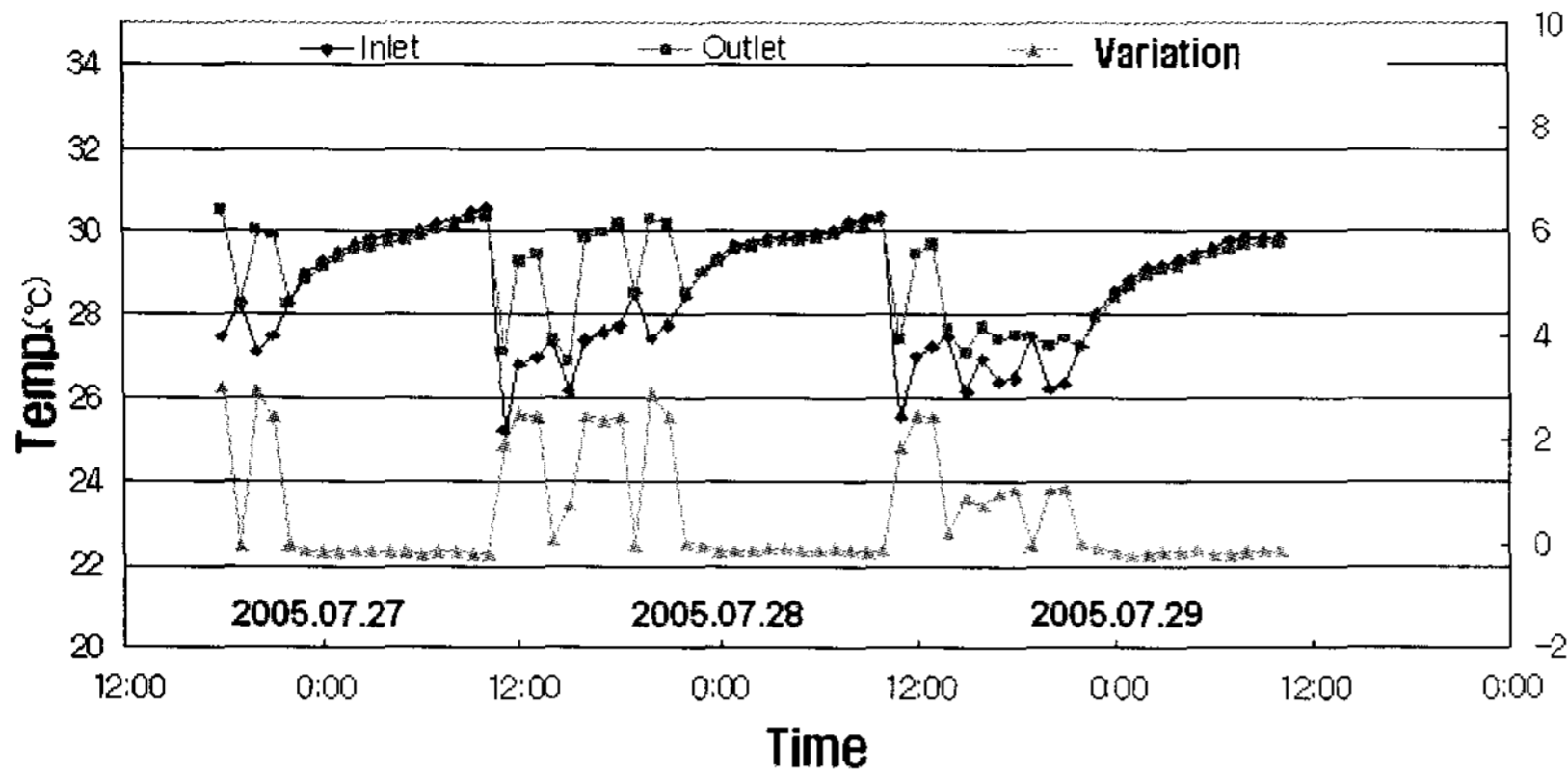
전체적으로, 지열이용 히트펌프 시스템 가동 시에는 최대 3°C 정도의 입출구 온도차를 보이면서 냉방이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.



그림 3. Measurement Instrument Organization

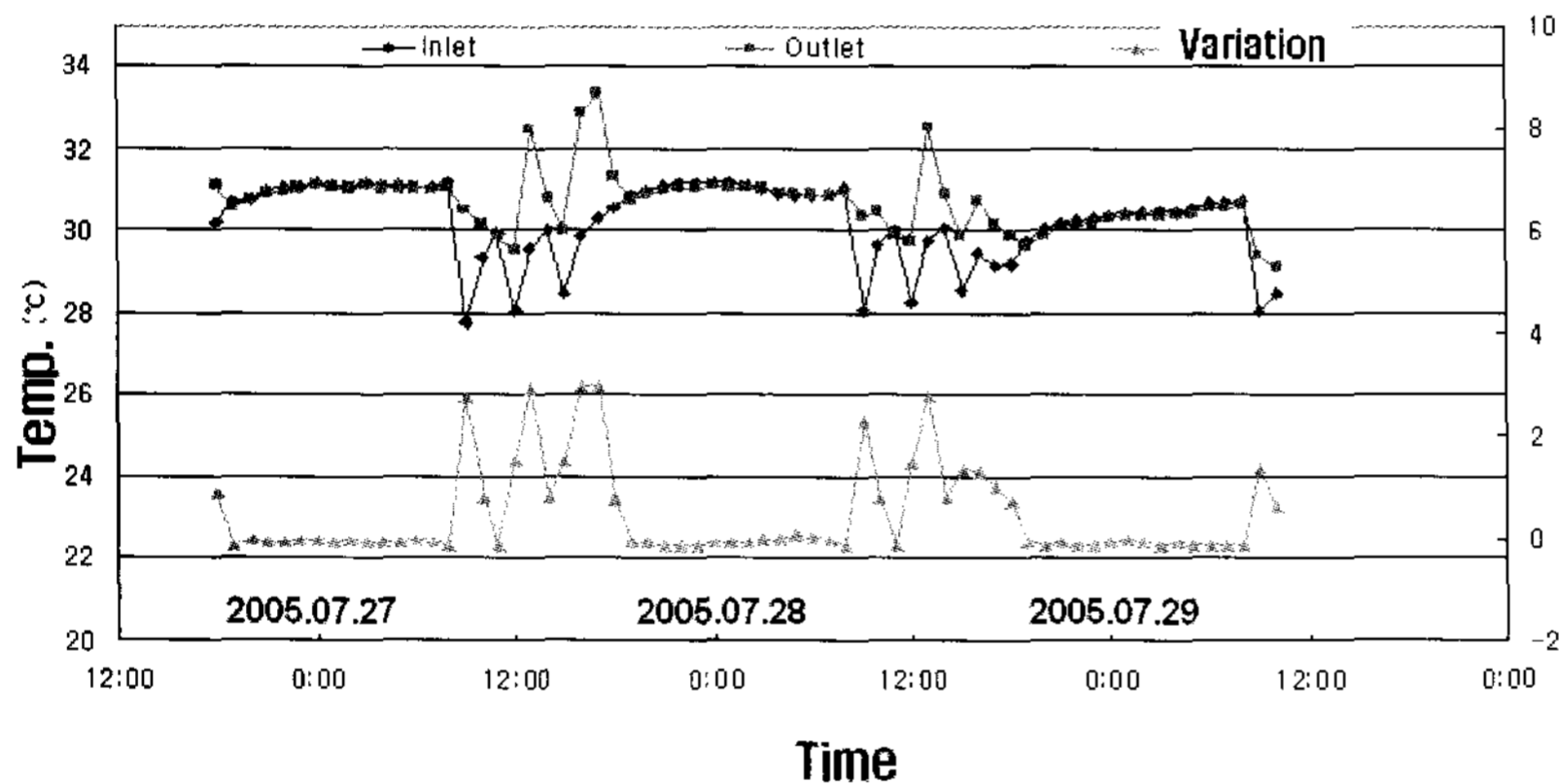
표 4. Measurements of Indoor Thermal Environment

Location	Item	Instrument	Method
B1, 1F, Machine Room, Outdoor	Dry Bulb Temp. Relative Humidity	Data Logger (HD 206-1/ DeltaQhm)	Indoor Thermal Condition (per minute)



Item	B1F
Outlet Highest D.B.T	30.5°C
Inlet Lowest D.B.T	25.2°C
Maximum Temperature Different	3.0°C

그림 4. Temperature Variation of the Heat-Exchanger (B1F)



Item	1F
Outlet Highest D.B.T	33.4°C
Inlet Lowest D.B.T	27.9°C
Maximum Temperature Different	5.1°C

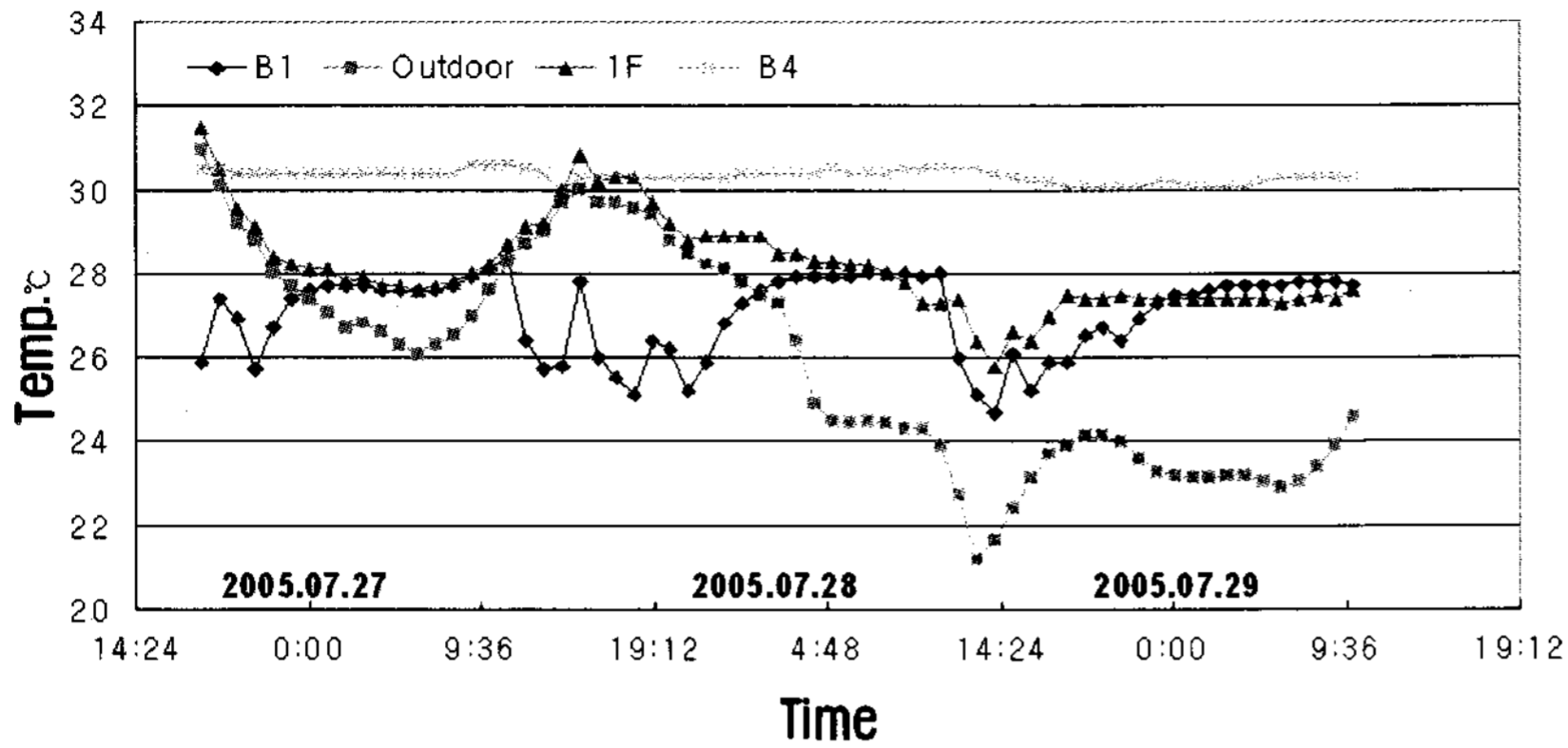
그림 5. Temperature Variation of the Heat-Exchanger (1F)

3.2 실내 열환경 특성

그림 6은 측정 대상 공간의 건구온도 변화를 나타낸 것이다. 7월 26일은 외기의 영향을 크게 받는 지상 1층과 상대적으로 적게 받는 지하 1층의 차이가 크게 나타나고 있으며, 지하 1층의 경우 냉방이 진행되는 동안 낮은 온도를 유지하다가 시스템 정지 후 실내 온도가 상승되는 것을 알 수 있다. 7월 27일은 지하 1층에서 시스템 가동 시간대에 온도 하강, 정지 시간대에는 상승하는 것을 볼 수 있다. 지상 1층의 경우 냉방을 실시하기는 하지만 외기 및 일사에 따른 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있다. 7월 28일은 하루 종일 내린 많은 비의 영향으로 외기온도가 가장 낮게 나타나고 있으며, 실

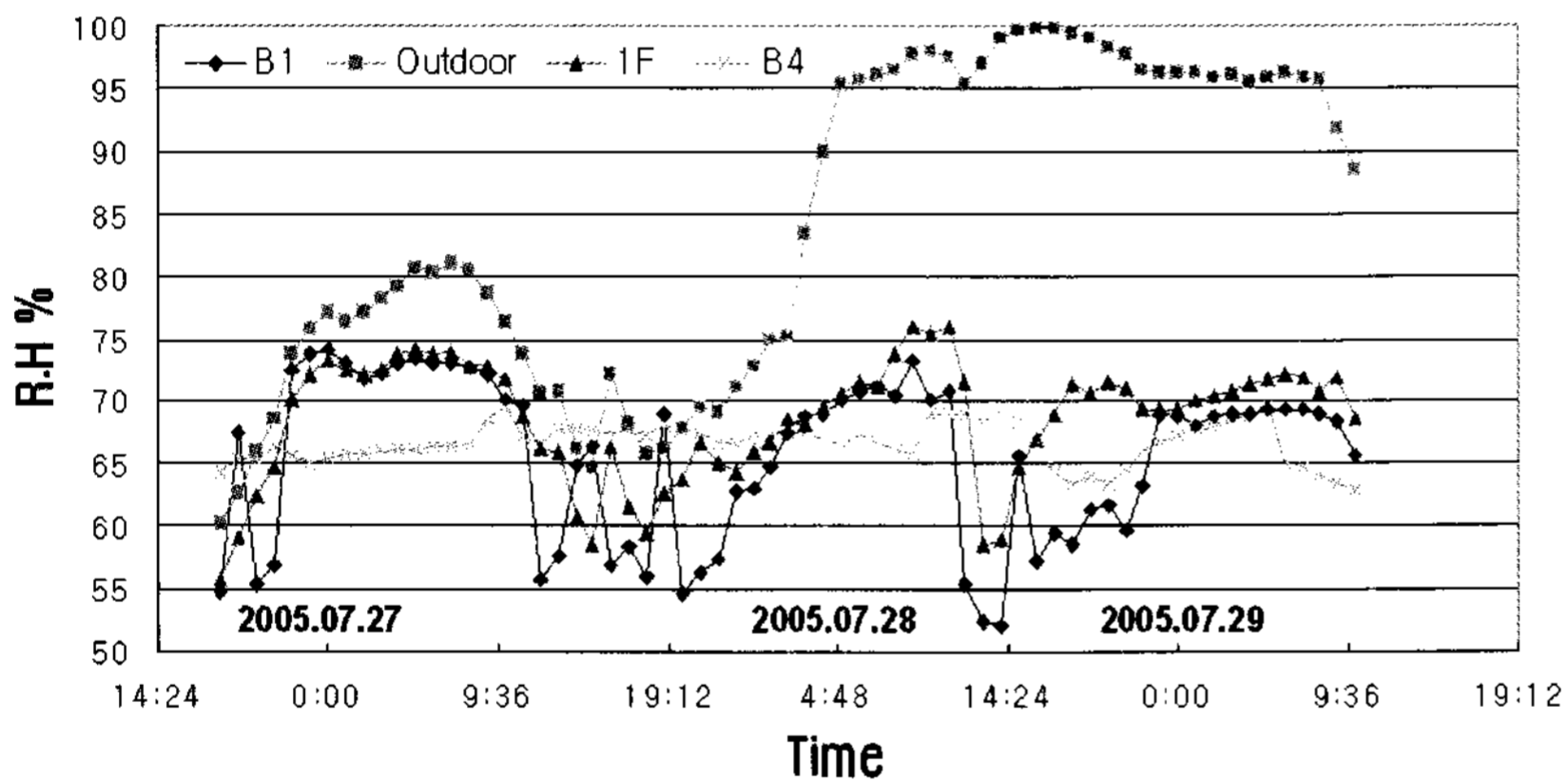
내 공간의 경우에도 그 영향을 받아 낮은 온도를 보이긴 하였지만 비교적 안정된 상태를 나타내고 있다.

그림 7은 측정 대상 공간의 상대습도 변화를 나타낸 것이다. 7월 26일은 일반적으로 건구온도가 낮아지면 상대습도는 높아지지만 지하 1층의 경우에 제습작용으로 상대습도도 낮아졌다. 지상 1층은 외기의 영향을 크게 받아 외기의 상대습도와 유사하게 변화하는 것을 알 수 있다. 7월 27일의 외기 상대습도는 일출 전 낮은 온도의 영향으로 높게 나타나다 건구온도가 상승함에 따라 낮아지고 있음을 알 수 있다. 지상 1층과 지하 1층은 외기보다 상대습도가 상대적으로 낮게 나타나지만 유사한 변화를



Item	B1	1F	out door	B4
Highest D.B.T	28.4 °C	31.5 °C	31.0 °C	30.6 °C
Average D.B.T	27.0 °C	28.2 °C	26.0 °C	30.3 °C
Lowest D.B.T	24.7 °C	25.8 °C	21.2 °C	30.0 °C

그림 6. Temperature Variation during measurement



Item	B1	1F	Out door	B4
Highest R.H	74.2 %	76.0 %	99.9%	69.7 %
Average R.H	65.6 %	68.7 %	84.1%	66.6 %
Lowest R.H	52.1 %	55.8 %	60.2%	62.9 %

그림 7. Humidity Variation during measurement

7월 28일은 날씨의 영향으로 외기의 상대습도가 95%를 상회하는 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 지하 1층의 경우 시스템의 가동에 따른 상대습도의 차이가 지상 1층보다 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

전체적으로, 실내의 건구온도와 상대습도는 외기의 영향을 받으며 공간에 따른 차이가 나타나지만, 시스템 가동 시에는 지하 1층이 상대적으로 양호한 상태를 나타내고 있었다.

4. 결론

본 논문에서는, 주상복합 건물에 적용된 지열이용 히트펌프 시스템을 대상으로 냉방 시 지열이용 특성과 실내 열환경 특성을 측정 및 평가 하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 냉방 시 시스템 특성

지열이용 히트펌프 시스템의 열교환기 입구평균 온도와 출구평균온도를 분석한 결과, 지상 1층의 경우 최대 5.1°C, 지하 1층의 경우 3°C를 나타냈다. 아울러 본 연구의 대상 건물은 지열이용 시스템이 적용된 다른 건물의 측정 결과와 달리 거주자

의 요구에 맞추어 시스템이 가동되는 특징이 반영되어 시스템 가동 시간대에 따라 지열에너지 이용 특성이 변화되는 흥미로운 결과를 나타냈다. 결과적으로 측정대상 시스템의 성능을 확인할 수 있었을 뿐만 아니라 시스템의 제어를 통한 가변적 이용 가능성을 확인하였다.

② 실내 열환경 특성

지열이용 히트펌프 시스템이 적용된 공간을 대상으로, 실내 열환경 지표인 건구온도와 상대습도를 분석한 결과, 하절기 시스템 가동 시 난방성능이 발휘되고 있음을 확인할 수 있었다. 아울러 지하 1층의 경우에 건구온도와 상대습도가 상대적으로 낮게 유지되면서 쾌적성을 확보하고 있었으나, 지상 1층의 경우에는 외기의 영향 등으로 그 효과가 저감되는 것이 확인되어 시스템의 개선이 필요함을 확인할 수 있었다.

후 기

이 논문은 인천대학교 2006년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- Mary H. Dickson and Mario Fanelli: Instituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy, 2003
- B. Sanner: Ground Heat Sources for Heat Pumps, 2001
- L. Rybach: Status and Prospects of Geothermal Heat Pump (GHP) in Europe and Worldwide : Sustainability Aspects of GHPs, 2002
- J. Bose, et. al.: Advances in Ground Source Heat Pump Systems An International Overview, 7th IEA Heat Pump Conference, May 2002, Beijing
- 손병후, 조정식, 신현준, 심창호: 지열원 열펌프 시스템 기술개요, 대한설비공학회 2004 하계학술발표대회 논문집, 2004.6
- 송윤호: 전세계 지열에너지 자원활용의 현황 및 전망, 설비/공조·냉동·위생, 2006.3
- 백성권, 안형준: 지열난방시스템 적용을 위한 지반의 열전도 특성에 관한 연구, 대한설비공학회 2005하계학술발표대회논문집, 2005.6
- 정수일: 측정 자료가 없는 지역의 지중온도 예측방법에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 2003.6
- 안형준, 백성권, 신현준, 조정식: 지열교환기의 열교환 성능에 관한 연구, 대한설비공학회 2003동계학술발표대회논문집, 2003.12
- 이세균, 김대기, 우정선, 박상일: 1차원 모델에 의한 지중열교환기의 열거동 해석, 한국태양에너지학회 논문집, 2005.3
- 전민호, 장기창, 박성룡, 이영수, 윤희기, 박준택, 나호상, 백영진: GSHP용 수평형 지중열교환기의 열전달 성능에 관한 실험적 연구, 대한설비공학회 2005하계학술발표대회 논문집, 2005.6
- 우정선, 김대기, 이세균: 지중열원 열펌프 시스템의 난방성능 해석, 설비공학논문집, 2004.12
- 손병후, 조정식, 신현준, 안형준: 지열원 열펌프 시스템의 냉·난방 성능 평가, 설비공학논문집, 2005.1
- 이세균, 우정선, 노정근: 지중열원 열펌프 시스템의 성능해석, 한국태양에너지학회 논문집, 2005.12
- 신우철, 백남춘, 김옥중, 고득용: 지열 이용 히트펌프 시스템의 열성능 해석, 한국태양에너지학회논문집, 2006.6
- 신현준, 조정식, 황인주, 김정엽, 이성원, 손병후: 지열 이용 열펌프 시스템의 성능평가 기법 및 기술기준(안)구축 보고서, 2005.9

17. 김태웅, 유호천: 주거 냉난방용 지열에너지 이용효과에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 1997.2
18. 박창주, 이성: 지열을 이용한 학교건물의 냉방부하 절감에 관한 연구 -교실을 중심으로 -, 대한설비공학회 2003동계학술발표대회 논문집, 2003.11
19. 손원득, 이성: 지열을 이용한 공조외기 부하저감 시스템에 관한 연구, 설비공학논문집, 2004.11