

심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기 및 비축열식 전기패널 바닥난방의 실내온열환경 비교

양창남* · 임홍성** · 최동호***

Comparison of The Indoor Heating Environment of Electric Heating System with Thermal Storage and Electric Panel Heating System without Thermal Storage Using Off-Peak Electricity

Chang-Nam Yang*, Hong-Sung Im** and Dong-Ho Choi***

ABSTRACT

In this paper, we analyzed the characteristics of indoor heating environment by the electric panel heating system without thermal storage developed from the traditional under-floor heating system, and compared them with the ones by the electric heating system with thermal storage. From the experimental study, we observed little temperature difference of the upper and lower of space as well as the horizontal temperature distribution. The electric panel heating system makes the constant indoor temperature and more comfortable. However, we observed that the electric heating system with thermal storage is more economical than the electric panel heating system.

Key words : Off-peak electricity, thermal storage, indoor thermal environment, heating system design, electric panel heater

1. 서론

심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기는 심야시간대의 값싼 전력을 이용하여 축열한 후, 그 축열된 열

량을 주간 난방용 열원으로 활용하는 난방시스템이다⁹⁾. 축열식 전기온풍 난방은 실내공기의 오염도가 낮고 지속적으로 복사열을 방출함으로써 타 난방방식에 비해 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있을 뿐 아니라, 값싼 심야전력을 난방용 에너지원으로 이용하기 때문에 난방비 경감은 물론, 유지관리 및 안전성 측면에서도 많은 이점을 기대할 수 있다⁷⁾. 이러한 이점 때문에 사무실, 학교, 병원 등 업무공간의 난방방식으로 주목받고 있으나, 축열식 전기온풍기에 관련한 기초 데이터가 부족한 현실을 감안한다면, 그 보급에

* 제주대 산업대학원

Graduate School of Industry, Cheju Nat'l Univ.

** 제주대 산업기술연구소 연구조교

Research Assistant, Research Institute of Industrial Technology, Cheju Nat'l Univ.

*** 제주대 건축공학과

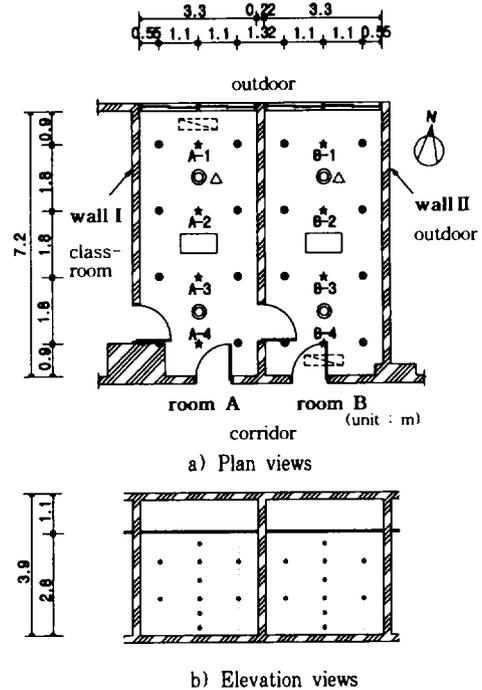
Dept. of Architectural Eng., Cheju Nat'l Univ.

앞서 먼저 축열식 전기온풍기의 난방성능 및 실내 온열환경에 관한 연구가 다각적으로 수행되어 그 결과가 난방계획에 반영되어야 할 것으로 사료된다. 이 같은 취지에서, 필자들은 난방기와 실내공간을 연동시킨 온열환경 실험을 통하여 축열식 전기온풍기와 비축열식 전기온풍기 및 전기방열기 등의 난방특성을 비교, 평가한 실험결과들을 이미 발표한 바 있다.¹⁾²⁾³⁾ 이어서, 본 연구에서는 우리나라 전통 난방방식인 바닥 온돌난방의 실내 온열환경 특성을 비교, 평가하기 위하여 온돌난방 방식을 현대화한 비축열식 바닥 전기패널을 실험대상 난방기로 선정하여 실험을 실시하였다. 즉, 실험실A는 창측에 축열식 전기온풍기, 실험실B는 비축열식 바닥 전기패널을 각각 설치하여 실내 온열환경을 측정하였다. 또한, 각 실의 중앙에 인체발열모델을 설치하여 각 표면의 온도를 상호 비교함으로써 재실자의 체감온도 및 쾌적성을 평가하였으며, 이들 실험데이터들은 최적의 난방방식 선정 및 난방설계에 필요한 기초 데이터로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 이들 실험은 동일한 형상 및 외부기상 조건하에서 동시에 실시함으로써, 설정조건에 따른 실내온열환경 특성을 정량적으로 비교할 수 있었다.

II. 실험 개요

2.1 실험대상 공간

실험대상 건물은 공과대학 RC조 3층 중복지형 건물로써, 복도를 기준으로 북향에 위치한 2개의 인접 실험실을 실험대상 공간으로 선정하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이, 실험대상 공간의 크기는 각각 3.3m(폭)×7.2m(길이)×2.8m(높이)이며, 실험실A의 좌측벽(벽체Ⅰ)은 내벽, 실험실B의 우측벽(벽체Ⅱ)은 외벽으로써 이들 벽체의 단열상태가 상이하므로 양측 벽체를 통한 관류열량은 동일하지 않다. 따라서, 본 실험에서는 두 실간의 환경조건을 최대한 동일하게 설정하기 위하여, 각 실의 좌우측 벽의 내측을 각각 50mm두께의 스티로폼으로 단열하였다. 실험실 벽체 조건의 상세는 Table 1에 나타내었다.



- : Two measuring points(1.0 and 2.0 above ground)
- ★ : Six measuring points(0.2, 0.6, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5m above ground)
- ⊙ : Measurement of globe temp.(1.0m above ground)
- △ : Relative humidity(1.0m above ground)
- ▨ : Location of the thermal storage heating system
- : Location of the human body model

Fig. 1 Shapes and measuring points of experimental space

2.2 실험대상 공간의 대칭성 검토³⁾

실험대상 공간은 전술한 바와 같이 공간적으로는 동일한 크기로서 대칭적 구조를 갖고 있지만 실험실 벽체의 외기 접촉여부 및 단열 조건 등의 열적 조건이 동일한 조건으로 설정되어 있지 않다. 모든 벽체의 실내측에 두께 50mm의 스티로폼을 추가로 부착하여 단열처리 하였으며, 본 실험에 앞서 두 실간의 열적 대칭성 실험을 실시하였다. 대칭성 실험은 두 실에 동일한 축열식 전기온풍기를 각각 설치하고 외기온도, 실내온도, 인체발열모델 표면온도 등을 계측

Table 1. Wall conditions of experimental zone

Model room	Item	win-dow	Outer wall	Inner wall		Corridor side wall
room A	Direction	N	N	W	E	S
	Area[m ²]	6.48	7.56	29.25	29.25	14.04
	Heat transmission coefficient [kcal/m ² h°C]	3.2	0.447	0.489	0.269	2.631
room B	Direction	N	N	E	W	S
	Area[m ²]	6.48	7.56	29.25	29.25	14.04
	Heat transmission coefficient [kcal/m ² h°C]	3.2	0.447	0.257	0.269	2.631

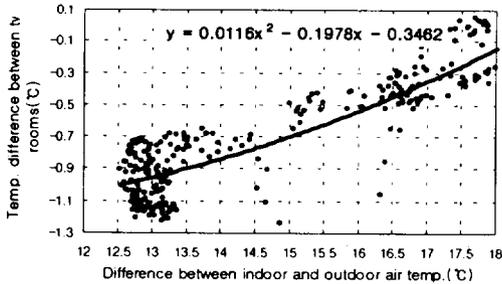


Fig. 2 Correlation function of indoor air temp. (room B)

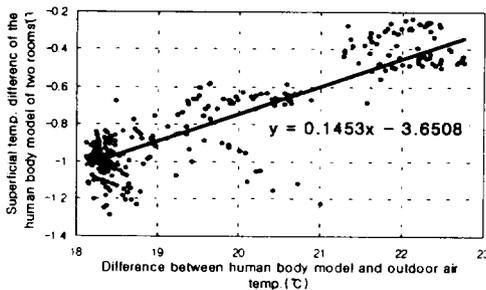


Fig. 3 Correlation function of the human body model (room B)

하였으며, 측정결과 외벽에 면한 실험실B의 실내기준 온도가 실험실A보다 난방시간대에는 0.2°C, 비난방 시간대에는 1°C 정도 낮게 나타났고, 인체발열모델의 표면온도 또한 난방시간대에 0.5°C, 비난방 시간대에는 1°C 정도 각각 낮게 계속되어 두 실간의 온도편차

가 확인되었다. 따라서, 대칭성 실험결과 실험실B의 실내기준온도, 인체발열모델 표면온도 등을 보정하기 위하여 측정된 두 실의 온도를 바탕으로 식(1)과 식(2)와 같은 보정함수를 도출하였다(Fig. 2, 3). 이 보정함수는 실험실B에 대한 온도를 보정하여 증으로서 두 실간의 실내기준온도 및 인체발열모델 표면온도 비교시에 활용된다.

$$y_i = 0.0116x_i^2 - 0.1978x_i - 0.3462 \quad (1)$$

$$y_h = 0.1453x_h - 3.6508 \quad (2)$$

y_i : 실험실B의 실내기준온도 보정계수

y_h : 실험실B의 인체발열모델 표면온도 보정계수

x_i : 외기온도와 실험실B의 실내기준 온도차

x_h : 외기온도와 실험실B의 인체발열모델표면 온도차

2.3 실험 장치

2.3.1. 실험대상 난방기

가. 축열식 전기온풍기

Fig. 4는 본 실험에 사용한 축열식 전기온풍기의 외형 사진이며, 제원은 Table 2에 나타내었다. 축열식 전기온풍기는 시판중인 제품(GNA-2400, Green Way 사)으로써, 내부는 축열성능이 우수한 마그네시아 벽돌로 충전되어 있으며, 벽돌과 케이싱 사이에는 초고온 내열성 세라믹 화이버 등 특수 제작된 보온재로 단열되어 있다. 축열식 전기온풍기의 특징은 심야시간대(22시~08시)에 전력을 공급받아 내장된 히터를 가열하여 인접한 마그네시아 벽돌에 축열시키는 원리를 이용한 것이다. 심야시간대에 축열된 열량은 난방 시간대(08시~18시)에 자체 내장된 소형 팬을 작동시켜 고온의 공기를 취출하여 실내 공간을 난방하게 된다. 또한, 취출구를 통한 온풍난방 이외에 심야시간대에는 난방기 표면을 통한 복사난방 효과도 기대할 수 있다. 축열식 전기온풍기는 비축열시간대 실내방열에 따른 온풍기 내부 잔여 축열량 변화에 따라 축열시간이 상이하며, 정격 축열용량에 도달하면 언제든지 자동으로 전력공급이 차단되도록 설계되어 있다. 따라서, 본 연구에서는 두 실험실 난방기에 투입되는 전력량 및 투입시간 등의 조건을 동일하게 하기 위하여

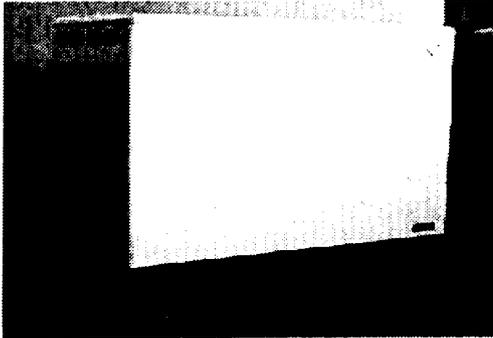


Fig. 4 View of the electric with thermal storage heating system

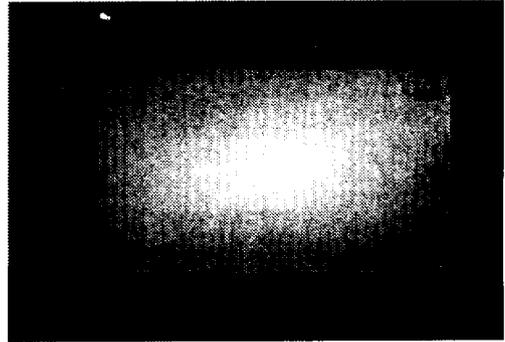


Fig. 5 View of the electric panel heating system

Table 2. Specification of heating systems

Item	Power supply [ϕ/V]	Power consumption [W]	TSC [kcal]	OWV [m/s]
Thermal storage heating system	1/220	1,500	18,650	0.16
Electric panel heating system	1/220	1,500	-	-

TSC : Thermal storage capacity
OWV : Out wind velocity

심야시간(22시~08시)에 연속적으로 일정한 전력이 투입되도록 설정하였다.

나. 비축열식 전기패널 바닥난방기

Fig. 5는 비축열식 전기패널 난방기의 설치전 사진이며, 패널의 크기는 85cm(폭)×170cm(길이)×1.5cm(두께)이다. 전기패널의 구조는 강판 구조체의 뒷면에 전열선을 부착하고 우레탄폼 단열재로 충전하여 일체화시킨 구조로 되어 있다. 전기패널은 바닥면에 강판 부분을 상부로 향하게 설치하여 강판 표면에서 복사 및 자연대류에 의해 실내를 난방하게 되며, 아래면은 단열재를 설치하여 바닥면으로의 열손실을 방지하였다. 패널당 전력 소모량은 150W이며, 전기패널 10개를 실험실 바닥에 설치하여 축열식 전기온풍기에 투입한 전력량과 동일한 1,500W의 전력이 난방 시간대에 연속적으로 투입되도록 하였다. 비축열식 전기패널난방은 우리나라 전통온돌 난방방식과 유사한 난방시스템으로써, 넓은 면적에서의 저온 방열과 복사 효과를 겸비하고 있으며, 난방온도 도달시간이 빠르

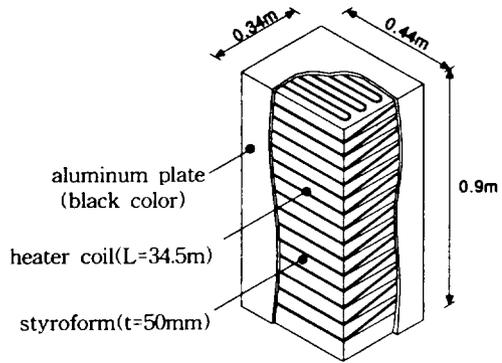


Fig. 6 Inner structure of the human body model

고 실내온도분포가 균일하여 쾌적감이 우수한 난방시스템으로 알려져 있으나^{5),8)}, 일반전력을 사용하기 때문에 에너지 비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

2.3.2 인체발열모델

각 실험실의 중앙에 설치된 인체발열모델은 주로 난방 설정조건에 따른 실내환경의 쾌적성을 평가하기 위해 제작되었으며, 본 연구에서는 해석의 편의상 그 형태를 단순화시켜 직육면체의 상자형으로 모델화 하였다. 인체발열모델의 크기는 0.9m(높이)×0.44m(너비)×0.34m(깊이), 표면적은 1.55m²으로써 성인남녀 평균 표면적인 1.52m²/인과 근사하도록 설계하였다. 인체발열모델의 구조는 Fig. 6에 나타난 바와 같이, 두께 50mm의 스티로폼을 직육면체의 형상으로 가공하여 그 표면에 히터선을 부착하였다. 히터선은 상부로 갈수록 그 간격을 넓게 배치하여 상하의 표면

Table 3. Measuring items and equipment

Measuring Items	Measuring points and numbers	Measuring equipment
Indoor air temp.	40 measuring points per room (View Fig. 1)	Thermocouple (T-type)
Superficial temp. of wall	12 measuring points at wall	..
Indoor globe temp.	Located at the center of bisected room	Globe temp.
Superficial temp. of human body model	9 superficial temp. at the model	Thermocouple (T-type)
Relative humidity	A middle point at 1.0m above ground and a point at outdoor	Humidity (Electric resistance type)
Electric power	Measuring per room	Watt-hour meter (Digital type)

온도가 균일하게 유지될 수 있도록 배려하였으며, 히터선 외측에는 무광택 흑색으로 도장한 알루미늄 케이싱을 부착하였다. 인체발열모델로 투입되는 열량은 62.2kcal/h (75W)로써, 착석 경작업시의 대사량에 근사한 값으로 설정하였다. 측정결과 제작된 인체발열모델의 표면온도는 극히 균일한 온도를 나타내었으며, 2개의 인체발열모델 각각의 표면온도 또한 최대 0.4°C이하의 온도차를 나타냄으로써 비교적 높은 대응성을 확인할 수 있었다.⁴⁾

2.3.3 측정장치 및 항목

본 실험에서는 실내의 온도 및 상대습도, 투입 전력량을 측정하였으며, 온도와 상대습도는 각 센서로

부터 Data Logger(Datascan 7320, Datascan사)를 통해 매분마다 컴퓨터에 자동 입력되도록 하였다. 측정 항목 및 측정기기를 Table 3에 나타내었다. 실내온도는 열전대(T-type)를, 상대습도는 전기저항식 습도계(HD 8608TC/150, Delta OHM사)를 사용하였다. 축열식 전기온풍기에 공급되는 전력량은 심야시간대(22시~08시)의 히터용 전력과 난방시간대(08시~18시)의 팬 구동용 전력으로 구분하여, 각 실험실마다 독립적인 제어가 가능하도록 설계하였다. 전력 입력측에는 자동전압조정기(AVR), 출력측에는 슬라이더스를 연결하여 상시 안정된 전력이 공급될 수 있도록 하였다. 또한, 디지털식 전력계(MACH30 & MACH-DAT/S, DUCATI energia사)를 축열식 전기온풍기와 인체발열모델의 전력 공급계통에 각각 설치하여 투입 전력을 매분단위로 계측하였다. 축열식 전기온풍기에 공급되는 전력은 1.5kW로써, 심야전력이 공급되는 10시간 동안 연속적으로 공급되도록 하였다. 본 실험에서는 실험실 바닥에서 높이 1m 지점을 기준높이로 가정하고, 기준높이의 온도 측정점 중 인체발열모델 전후에 위치한 실 중앙의 2개점 평균온도를 실내기준 온도로 정의하였다.

IV. 실험종류 및 설정조건

Table 4를 통해 알 수 있는 바와 같이, 본 연구에서는 심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기와 비축열식 전기패널 바닥난방의 난방특성을 비교, 검토하기 위한 실험으로써, 실험실A에는 축열식 전기온풍기를 창측에 설치하고, 실험실B에는 전기패널을 바닥 전체에

Table 4. Experimental condition

Room	Condition	Duration of experiment	Representive day	Mean outdoor temp. [°C]	Location of heating system	Input power capacity [kWh]	Measuring items
A	Thermal storage heating system	1999/02/02 00:00 ~	1999/02/04	-0.05	window side	15	Air temp/ Relative humidity/ Human body - models' surface temp./
B	Electric panel heating system	02/05 18:00			floor		Indoor globe temp./ Electric capacity/

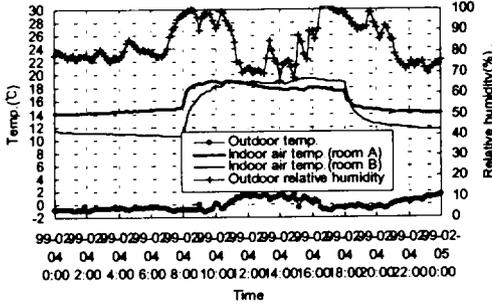


Fig. 7 Variations of air temp. and relative humidity

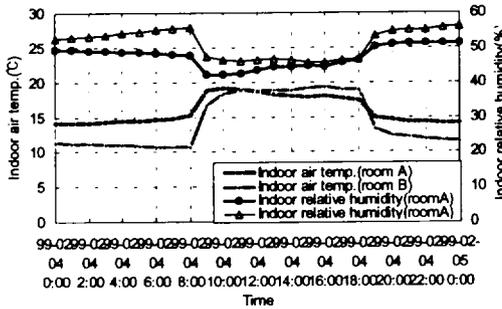


Fig. 8 Variations of indoor air temp. and relative humidity

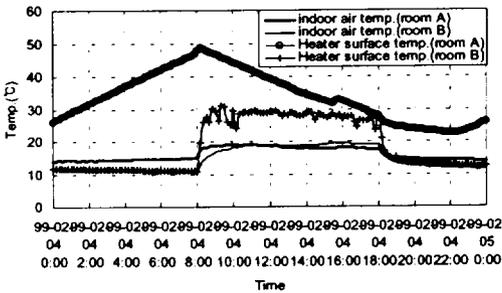


Fig. 9 Variations of heater surface and indoor air temp.

설치하여 심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기와 비축열식 전기패널 난방시의 실내 방열특성 및 실내 온도변화 등 난방효과를 정량적으로 파악하였다. 각 난방기에 투입되는 전력량은 1.5kW의 전력으로 1일 10시간 동안 15kWh가 각각 투입되도록 하였으며, 심야 전력 난방기의 경우에는 심야시간대(22시~08시)에 전력이 공급된 대 반하여, 비축열식 전기패널에는 주

간시간대(08시~18시)에 전력이 투입되도록 하였다. 실험은 4일 동안 각 실험실에서 동시에 실시되었으며, 본 논문에서는 실험시작 세계날을 대표일로 설정하여 실험결과를 정리, 고찰하였다. 또한, 실내 조명 발열로 인한 실내온도를 배제하기 위하여, 실험기간 중에는 실내조명을 소등하였다.

V. 실험결과 및 고찰

5.1. 축열식 전기온풍기와 비축열식 전기패널 바닥난방의 실내온열 환경 비교

5.1.1. 실내공기온도 및 상대습도

Fig. 7은 실험실A에 축열식 전기온풍기, 실험실B에 비축열식 전기패널을 각각 설치하여 4일 동안의 실험 기간 중 셋째 날을 대표일로 정의하여 대표일의 실내의 공기온도 및 상대습도의 변화를 나타내었다. 외기 온도는 최저 -0.98°C , 최고 1.46°C 로 주야간의 온도변화는 크게 나타나지 않았으며, 외기의 상대습도는 69~99%의 습도변화를 나타내었다. 또한, 실내온도와 상대습도의 관계는 서로 반비례하여 변화하고 있으며, 전기패널 바닥난방이 축열식 전기온풍난방보다 실내습도 변화폭이 다소 낮게 나타나고 있다(Fig. 8). 실험실A에 설치된 축열식 전기온풍기의 표면온도는 축열이 시작되는 시간부터 일정한 기울기로 상승하다가 축열이 종료되는 시간, 즉 난방개시(08시)와 더불어 표면온도가 하강하기 시작하였다. 반면, 전기패널의 표면온도는 난방시간대에는 30°C 정도로 거의 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 축열식 전기온풍기는 심야시간대에 축열시간이 경과함에 따라 온풍기 내부온도가 상승함으로 난방기 표면온도는 내부온도와 비례하여 변화하고 있음을 알 수 있었다. 온풍기 취출온풍온도 역시 난방개시 시간대가 가장 높은 온도를 취출하여 실내온도를 비교적 단시간대에 상승시켰으며, 난방개시 후 축열량이 감소함에 따라 취출온도 및 실내기준온도 또한 완만하게 하강하였다. 반면, 실험실B의 전기패널난방의 경우 야간시간동안 구조체가 냉각됨에 따라 난방개시 시간대의 온도상승폭은 축열식 전기온풍기보다 느리지만,

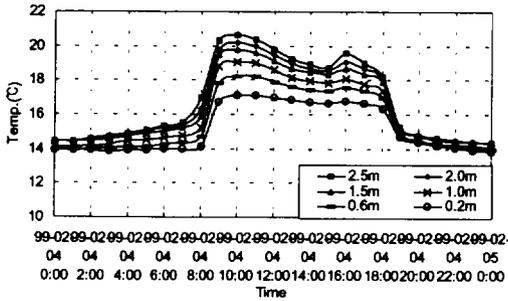


Fig. 10 Variations of air temp. with time and height (room A)

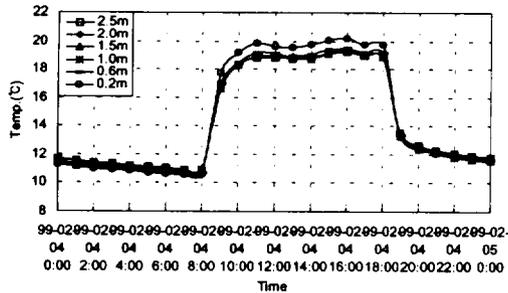
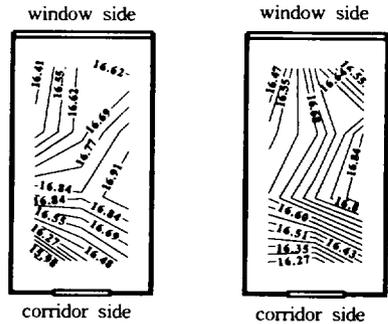
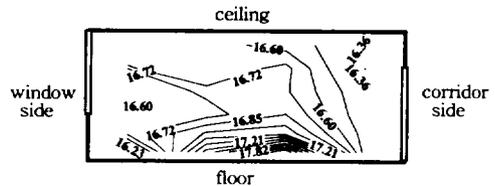


Fig. 11 Variations of air temp. with time and height (room B)

오후 시간대로 접어들면서 일정한 실내온도를 유지하였다(Fig. 9). 그러나, 실험실A의 축열식 전기온풍기는 심야시간에 축열이 진행됨과 동시에 난방기 표면을 통하여 지속적으로 복사열을 방출하기 때문에 축열이 시작되는 22시부터 실내공기 온도가 조금씩 상승하게 된다. 반면, 실험실B의 경우는 익일 난방개시 시간대까지 온도가 하강하고 있음을 알 수 있다(Fig. 9). 축열식 전기온풍기 표면으로부터의 지속적인 복사열 방출은 비난방 시간대의 실온저하를 억제하는데 기여하고 있음을 알 수 있다. 난방시간대에 실 중앙부의 상하온도차를 검토해보면 실험실A는 난방개시 시간대에 3.4°C의 온도차이를 보인 후 종료시까지 온도차가 줄어들어 종료시간대에는 2°C의 온도차를 보이는 반면(Fig. 10), 실험실B는 난방개시 후 종료시간대까지 1°C 이하의 극히 적은 상하온도차를 나타내었다(Fig. 11). 특히, 심야시간대에 실험실A에서는 축열이 진행됨과 동시에 난방기 표면에서 복사열이 방



a) Variations of horizontal air temp. (1.0m above ground) b) Variations of horizontal air temp. (2.0m above ground)



c) Variations of vertical air temp.

Fig. 12 Variations of indoor air temp. (room B, 1999. 2. 4. 09:00)

출되기 때문에 22시를 변곡점으로 하여 온도차가 상승하는 분포를 나타내지만, 실험실B는 열량공급이 중단됨에 따라 거의 0°C에 가까운 상하온도차를 나타내었다. Fig. 12를 보면, 실험실B의 전기패널 바닥난방의 경우 실내 수평온도 분포는 매우 균일한 온도분포를 보였고, 연직온도 분포에서는 실내 하부온도가 상부온도보다 높게 나타났다.

5.1.2. 인체발열모델 표면온도

Fig. 13에서 보는 바와 같이 실험실A에서는 인체발열모델의 창측 표면온도가 복도측 표면온도보다 대부분 높게 나타났지만, 실험실B에서는 난방시간대에만 창측 표면온도가 약간 높게 나타났다. 이같은 결과는 실험실A의 경우 창측에 설치된 난방기의 영향 때문에 창측 인체발열모델의 표면온도가 복도측보다 더 높게 나타났다. 그러나, 비난방 시간대의 경우, 실험실A는 방향에 따른 온도차는 크게 축소되었지만 축열이 진행되면서 방출되는 난방기 표면을 통한 복사열의 영향으로 창 및 외벽으로부터의 강한 냉복사를

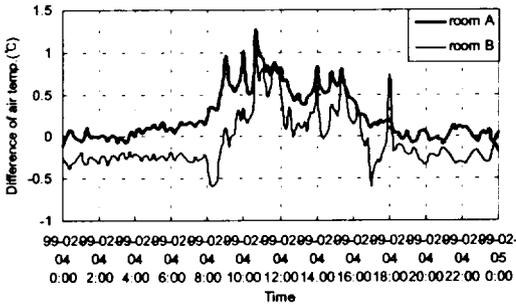


Fig. 13 The difference of human body model surface temp. between window and corridor side

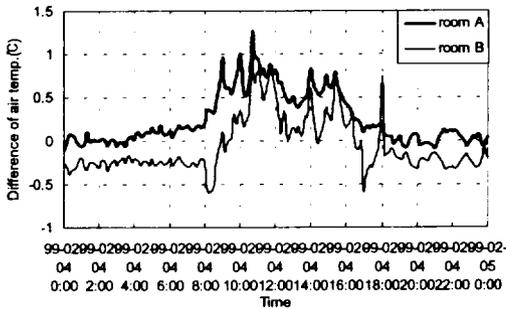


Fig. 14 The difference between window and corridor side globe temp

효과적으로 차단시켜 주었기 때문에 여전히 창측의 표면온도가 복도측 표면온도보다 높게 나타난 것으로 풀이된다. 반면, 실험실B에서는 비난방 시간대의 경우 바닥에 설치된 전기패널에서 복사열이 전혀 방출되지 않으므로 창 및 외벽으로부터의 냉복사 및 Cold draft 영향으로 창측 표면온도가 복도측보다 낮게 나타났다(Fig. 13).

5.1.3. 흑구온도

각 실험실의 창측과 복도측의 흑구온도차를 Fig. 14에 나타내었다. 실내 흑구온도 또한 전술한 인체발열모델 표면온도와 비슷한 양상을 나타내고 있다. 즉, 실내를 2등분하여 각각의 중앙에 설치된 흑구온도계의 온도차를 보면, 창측과 복도측 흑구온도차가 실험실A, B 모두 최고 1°C 정도의 온도차를 나타내었으며, 전술한 바와 같이 실험실A의 축열식 전기온풍기

의 경우 지속적으로 방출되는 복사의 영향으로 창측의 흑구온도가 높게 나타난데 반해, 실험실B에서는 창 및 외벽으로부터의 냉복사 영향으로 난방시간대 일부를 제외하고는 오히려 복도측 흑구온도가 창측보다 0.2°C 이상 높게 나타났다.

VI. 결 론

1. 축열식 전기온풍기의 표면온도는 축열이 진행되는 심야시간에 상승하면서 복사열을 지속적으로 방출하여 실온저하를 억제하였으며, 난방개시(08시)와 동시에 취출구로부터 고온의 공기를 취출하여 비교적 단시간내에 실내 온도를 상승시킴으로써, 재실자의 쾌적성 향상에 기여하고 있음을 알 수 있었다.
2. 축열식 전기온풍난방시 실내온도 변화는 난방개시 후 약 09시를 정점으로 하여 난방 종료시까지 완만하게 하강하였다.
3. 본 실험결과에 의하면, 축열식 전기온풍 난방시 실내공기온도는 수평 방향으로는 극히 균일한 분포를 나타내었으나, 연직 방향으로는 약 3°C의 상하 온도차를 나타내었다.
4. 비축열식 전기패널 바닥난방의 경우 실내기준온도 변화는 난방이 종료되는 시간(18시)부터 익일 난방개시(08시) 시간까지 지속적으로 하강하여 난방개시 직전에 일중 가장 낮은 온도를 보였으며, 축열식 전기온풍 난방의 경우보다 4°C정도 낮게 측정되었다.
5. 비축열식 전기패널난방시 난방시간대 의 실내온도 변화는 난방 개시 후 서서히 상승하여 난방 종료시까지 대체로 일정하게 유지되었다.
6. 전기패널난방시 수평 방향의 실내온도 분포는 매우 균일하게 나타났으며, 연직 방향의 온도차도 축열식 전기온풍난방시의 3~4°C보다 낮은 1°C 정도의 극히 낮은 온도차를 나타내었다.
7. 난방시간대 연직 방향의 실내온도분포는 축열식 전기온풍난방의 경우 실내 상부가 하부보다 높게 나타났으나, 전기패널 바닥난방의 경우 오히려 실내 상부의 공기온도가 하부보다 낮거나 동일하게

나타남으로써, 거주(생활)공간에서의 쾌적도는 전기패널 바닥난방이 우수한 것으로 평가되었다.

8. 축열식 전기온풍 난방기는 난방개시 후 시간이 경과할수록 취출온도가 서서히 하강하여 난방종료 시간대에 실온저하가 우려되므로 난방설계시 충분히 고려되어야 할 것이다.
9. 본 연구를 통하여 축열식 전기온풍난방과 비축열식 전기패널 바닥난방의 장점을 혼용한 축열식 전기온풍 난방시스템은 실내 온열환경 측면에서는 가장 우수한 난방 방식임을 추측할 수 있다.

참고 문헌

- 1) 최동호, 양창남, 양정훈, 1999, 심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기의 난방특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 제15권 제11호.
- 2) 최동호, 양창남, 양정훈, 1999, 심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기의 축열용량 및 설치위치가 실내 온열환경에 미치는 영향, 대한건축학회논문집(계획계), 제15권 제12호.
- 3) 최동호, 양창남, 1999, 심야전력을 이용한 축열식 전기온풍기 및 비축열식 전기온풍기, 전기방열기의 난방특성 비교, 제주대학교 공과대학 산업기술연구소논문집, 제10권 제2호.
- 4) 윤용진, 박효순, 변운섭, 강호석, 1998, 초등학교건물의 심야전기기용 축열식 난방기기 적용성 검토, 대한건축학회논문집, 제18권 제2호, pp. 823~828.
- 5) 금중수, 김경철, 1993, 심야전력을 이용한 잠열 축열식 바닥난방 시스템의 성능평가에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제9권 제3호, pp. 113~123.
- 6) 정현수, 1987, 심야전력의 효과적 활용을 위한 주택의 축열식 전기난방 계통에 관한 조사연구, 한양대 산업대학원, 석사논문.
- 7) 이무진, 村上周三, 이증우, 1995, 바닥복사난방 거실의 온열환경에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 제11권 제2호, pp. 107~115.
- 8) 한국전력공사 수요관리실, 1999, 수요관리 기술세미나, pp. 137~139.