

## Task-Ambient 공조시스템의 난방시 열환경 특성에 관한 실험적 연구

이 정 제<sup>†</sup>, 윤 창 오, 정 광 섭<sup>\*</sup>, 한 화 택<sup>\*\*</sup>, 박 영 칠<sup>\*\*\*</sup>

<sup>†</sup> 동아대학교 건축공학과, <sup>\*</sup> 서울산업대학교 건축공학과, <sup>\*\*</sup> 국민대학교 기계공학과, <sup>\*\*\*</sup> 서울산업대학교 제어계측공학과

### The Thermal Environmental Characteristics for Task-Ambient Air-Conditioning System in Heating Condition

Jung-Jae Yee<sup>†</sup>, Ch'ang-Oh Yoon, Kwang-Seop Chung<sup>\*</sup>, Hwataik Han<sup>\*\*</sup>, Young-Chil Park<sup>\*\*\*</sup>

<sup>†</sup>Department of Architecture Engineering, Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

<sup>\*</sup>Department of Architecture Engineering, Seoul National University of Tech, Seoul 139-743, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Architecture Engineering, Kukmin University, Seoul, 136-702, Korea

<sup>\*\*\*</sup>Department of Control & Instrumentation Engineering, Seoul National University of Tech, Seoul 139-743, Korea

(Received October 4, 2000; revision received November 10, 2000)

**ABSTRACT:** Recently, the requirement of healthier and more comfortable environment makes the zoning domain more details. However, it has limitation to satisfy the thermal comfort of an individual because of the effect of the heat generation from the OA machine and partitions in indoor room. In this paper, we certify the validity of task-ambient air-conditioning system that has been developed as a new concept of personal air-conditioning system, and specify design strategies for more efficient task-ambient air-conditioning system with a specification guided by indoor environmental characteristics analyzed through experiment data. In this experiment, we changed the temperature and the quantity of air-flow in task domain to understand characteristic behavior of the thermal environment and investigate the possibility of energy saving. The experiment result is that the environment of the task area depends on the condition of supply air, and though the airflow of the low temperature is supplied with the ambient area, the personal environment and the efficiency of energy saving are improved by controlling the temperature and the quantity of the air shot around the task domain.

**Key words:** Task-ambient air-conditioning system(개별환경제어시스템), Task area(작업영역), Thermal environment(열환경), Energy saving(에너지절약)

#### 1. 서 론

국내 오피스 공조설비는 1980년대까지는 거의 대부분이 중앙열원방식으로, 단일덕트방식이 일반

적이었다. 이때의 대표적인 조닝방법은 창 쪽의 페리미터와 내부의 인테리어로 분할하고, 다시 페리미터는 방위별로 조닝했지만, 층별로는 공조 공간분할을 하지 않은 예가 많았다. 당연히, 준공 후에 동일 플로어내에 간막이가 추가된 경우의 대응 등은 이중덕트나 VAV 등 일부의 고급 오피스를 제외하고는 불충분했다. 1990년대에 들어 오면서 지금까지 단순했던 조닝의 세분화가 시작

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-51-200-7609; fax: +82-51-200-6701

E-mail address: jjyee@mail.donga.ac.kr

되었다. 열원은 중앙열원 그대로였지만, 공조기를 각 층에 설치하는 각종 공조방식이 보급되고, 층별조닝이 확립되었다.

또한, 히트펌프기술이 오피스에도 도입되고, 열원에 대해서도 분산화되었을 뿐 아니라, 1개의 실외기에 대하여 복수의 실내 유닛를 접속가능한 빌딩멀티방식이 개발되어져서 공조조닝은 급속히 세분화되어졌다.

그러나, 공조조닝이 최소로 세분화되어도 각층에는 3~10인 정도의 거주자가 있기 때문에, 개인마다 열적쾌적조건이 다르고, OA 기기를 개인마다 소유하고, 파티션에 따라 좌석주변이 구획되어서 발열부하의 편재화가 진행된다. 이러한 생각은 궁극적으로 1990년대 세분화 조닝방법인 “개별공조”(Personal Air-Conditioning, PAC)의 개념을 이끌어내었으며, 각국에서 개별공조의 개념에 관심을 가지고 시스템 개발에 몰두하고 있다.

본 논문에서는, 상기배경을 고려하여, 후술하는 지구환경을 배려한 task-ambient 공조시스템을 개발하는 것을 목표로, pilot 시스템을 제안하고, 실험실습을 통한 난방시의 열환경 특성을 검토함으로써 최적의 시스템 구축방안을 검토하였다.

## 2. 지구환경을 배려한 task-ambient 공조 개요

지구환경문제는 이미 1970년대 초반부터 일찍이 인식되어졌지만, 국내에서 일반적으로 널리 지구환경문제가 대두된 것은 1990년대 중반부터였다. 당시에 국내는 호경기에도 불구하고 “저코스트”이며 “환경에 순응하는” 것이 건축물만이 아니라 모든 제품에 요구되었으며, 그 상태가 현재까지 계속되어지고 있다.

이러한 배경에서 “개인의 쾌적성 추구”라는 개

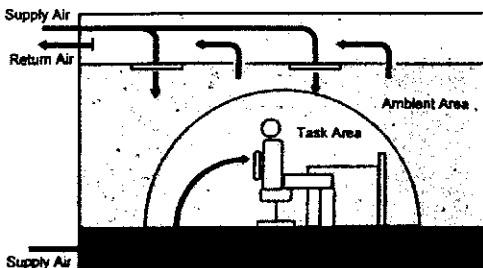


Fig. 1 Schematic of task-ambient area.

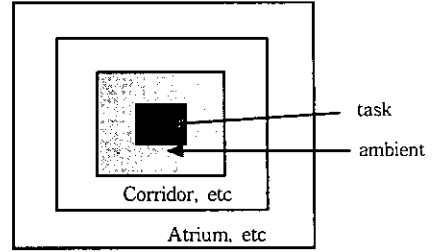


Fig. 2 Diagram of office space structure.

별공조 본래의 개념에서 “필요한 영역 이외에는 환경조건을 완화한다”라는 입장으로 개념이 이행하고 있다.

Fig. 1은, 그 예로, 실내공간을 ambient 영역<sup>(1,2)</sup>과 task 영역<sup>(1,2)</sup>으로 분할하고, 지구환경을 배려한 에너지 절약적 관점에서, ambient 영역은 느슨하게 공조하고, 좌석자 주변의 작업영역을 task 영역으로 재실자에 적합하게 개별공조하는 것을 나타낸다. 시스템 적용의 한 예로, ambient 영역은 가장 더운 여름철과 가장 추운 겨울철에는 인공적인 수법(active system)으로 공조할 수밖에 없으나, 중간기는 자연환기 등의 환경조절수법(passive system)을 채용하여야 한다는 개념이다.

Fig. 2는 최근 선진국에서 제창되고 있는 개념으로, 거주자 근처(task)환경과 그 주위(ambient)환경의 사이에는 본래 요구된 공간의 질이 다르고, 게다가 복도 등의 경로공간, 아트리움 등의 반실외·반실내 공간, 그리고 실외와 같이 질이 다른 공간(환경)이 들어와 자구조(子構造)를 구성하는 있는 것을 말한다. 그리고 거주자에서 먼 영역, 즉, 이동공간이나 아트리움 등에 관해서는 좀더 환경조건을 완화하여 에너지절약을 도모해야 한다는 것이다.

## 3. 실험장치의 구성 및 실험개요

### 3.1 실험장치의 구성

Fig. 3은 실험에 사용된 인공기후실험실의 평면 및 단면을 나타낸다. 바닥취출 공조방식이 적용되어 있으며, 실험실은 실외측과 실내측으로 구분하여 각각의 공조기로부터 공조된다. 실내측은 500×345×225(cm)의 공간으로, 바닥에는 20×40(cm) 크기의 장방형 급기구가 4개가 설치되어 있고, 천정에는 30×30(cm)의 정방형 배기구

Table 1 Capacity of experimental chamber

	Temperature		Humidity
	Indoor	Outdoor	
Control range	10~40°C	-15~40°C	35~85%
Adjustable	±0.2°C		±3.0%
Distribution	±1.5°C		±5.0%

가 4개가 설치되어 있다. Table 1에 실험실의 운전능력을 정리하여 나타낸다.

Fig. 4~5은 Pilot 개별공조시스템의 상세 및 인공기후실내에 설치된 상황을 나타낸다. 개별공조시스템의 상세에 주목하면 취출공기의 온도설정을 위하여 heating-coil이, 취출풍량의 조절을 위해 미차압계와 damper가 설치되어 있다.

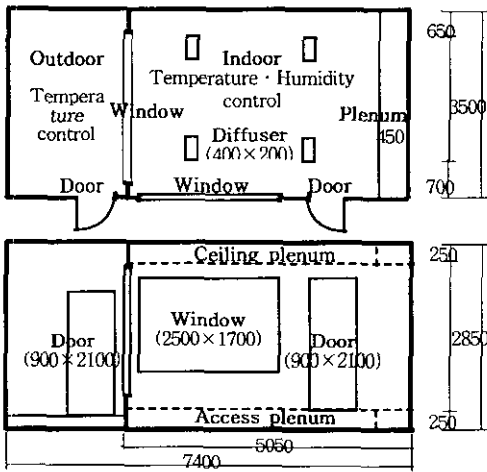


Fig. 3 Plan & elevation experimental chamber (mm).

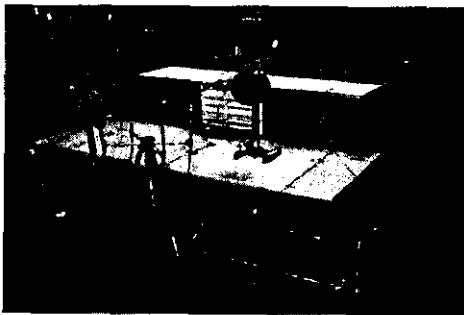


Fig. 4 PAC system.

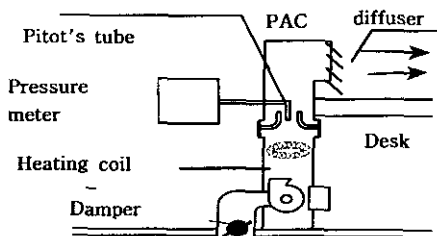


Fig. 5 Details of PAC System.

### 3.2 실험방법 및 조건

Fig. 6은 실험을 위한 전체 계통도를 나타낸

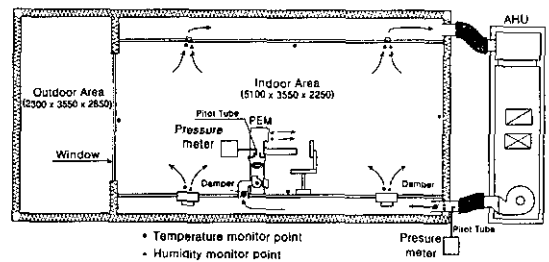
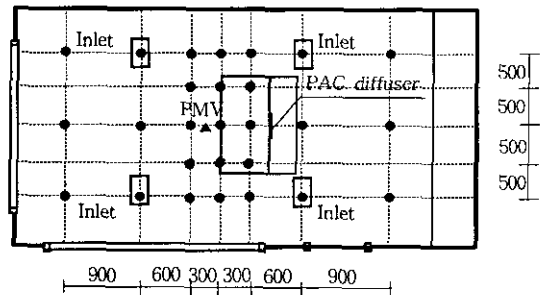
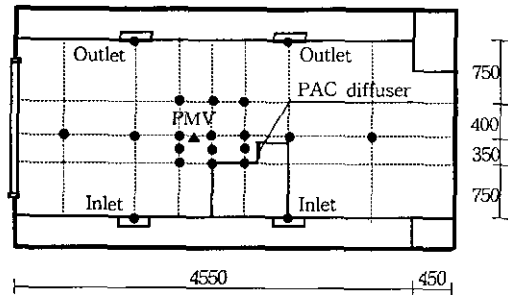


Fig. 6 Schematic diagram of indoor experimental apparatus.



(a) Plan



(b) Section

Fig. 7 The placement thermocouple & PMV sensor (mm).

Table 2 The case of experiment

	System	Outdoor temperature	Ambient area				Task area			
			Temperature	Air volume	Humidity	clo	met	Supply temperature	Air velocity	Air volume
CASE A	UFAC	0°C	24°C	78 CMH	40%	0.9	1.2	.	.	.
CASE B	UFAC + PAC	0°C	22°C	39 CMH	40%	0.9	1.2	26°C	0.4 m/s	39 CMH
CASE C								28°C		
CASE D								30°C		

것으로, AHU로부터의 공조공기는 바닥취출과 개별공조를 겸용하여 운전되는 경우, 바닥하부 플레넘을 통해 일부는 실내로 공급되어 천장면으로 배기되며, 나머지는 개별공조시스템으로 유입되어 heating-coil을 통과하면서 온도가 재설정되어 책상면에 설치된 급기구를 통해 공급된다.

Fig. 7은 열전대 및 PMV센서의 설치위치를 나타낸 것으로, 열전대는 실내 ambient 영역에 30지점, task 영역에 36지점을 설치하였고, PMV센서는 task 영역의 재설자의 착석위치에 고정하였다.

실험조건은 Table 2에 나타낸 것과 같이 바닥취출공조 단독으로 운전한 경우(case A)와, 바닥취출과 개별공조를 겸용하여 풍량을 1:1로 하고

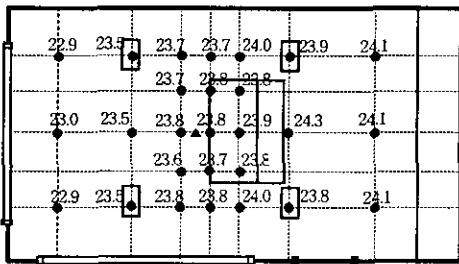
개별공조시스템의 취출온도를 26°C(case B), 28°C(case C), 30°C(case D)로 변화시키면서 실내 열환경분포를 동시·측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

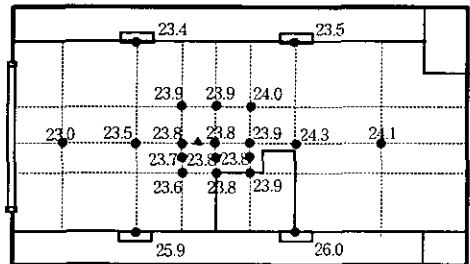
Fig. 8~Fig. 11은 case A, B, C, D의 조건에 의해 실시된 실험결과를 나타내고 있다.

Fig. 8는 바닥취출만에 의해 공조되는 경우의(case A) 바닥면 110 cm 및 중앙 수직 단면의 결과로, 바닥으로부터 26.0°C 정도의 공기가 취출되어 23.5°C 정도로 배기되고 있다.

외기측(0°C)에 면한 창면의 cold draft 영향으

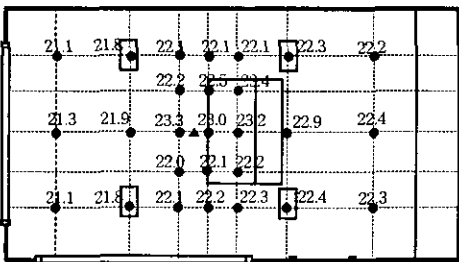


(a) Plan at the height=110 cm

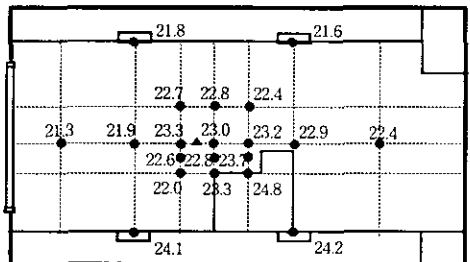


(b) Section at the Depth=230 cm

Fig. 8 Temperature (°C) distributions for case A (▲ PMV=0.02).

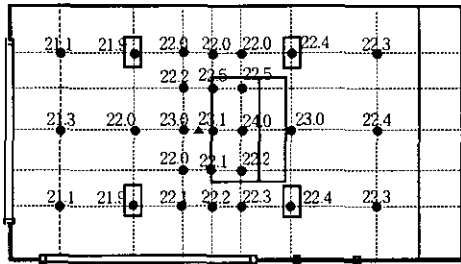


(a) Plan at the height=110 cm

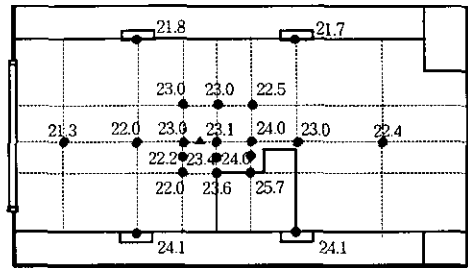


(b) Section at the Depth=230 cm

Fig. 9 Temperature (°C) distributions for case B (▲ PMV=-0.11).

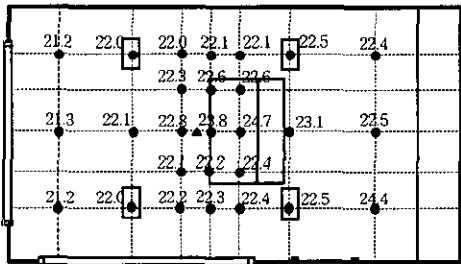


(a) Plan at the height=110 cm

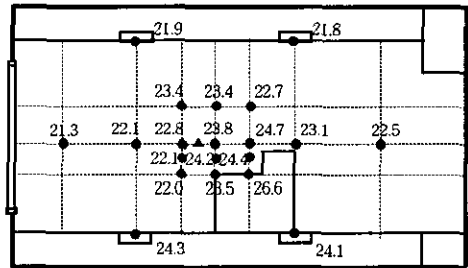


(b) Section at the Depth=230 cm

Fig. 10 Temperature (°C) distributions for case C (▲ PMV=0.02).



(a) Plan at the height=110 cm



(b) Section at the Depth=230 cm

Fig. 11 Temperature (°C) distributions for case D (▲ PMV=0.12).

로 창으로부터 1.2 m 정도의 영역을 제외한 수평 온도분포는 ambient 영역의 설정온도인 24.0°C가 비교적 고르게 나타내고 있다. ▲로 나타낸 부분은 PMV센서가 설치된 부분으로 PMV값은 0.02로 나타나, 쾌적한 상태를 유지하는 조건으로 설정되었음을 알 수 있다.

Fig. 9~11은, ambient 영역의 온도를 22.0°C로 설정하고, 개별공조시스템의 취출구 온도를 각각 26.0, 28.0, 30.0°C로 설정하여, 바닥취출과 개별공조를 겸용·운전한 경우의 측정된 온도분포를 나타낸 것이다.

3case 모두 창면의 draft 영향으로 창면 부근은 실내 설정온도보다 0.7~1.0°C 정도 낮게 나타나고 있으나, 그의 영역의 수평온도분포는 ambient 영역의 설정온도인 22.0°C 정도로 고르게 나타나고 있다. 또한, 책상 뒤쪽 온도가 0.5~0.6°C 정도 높게 나타나는 것은 책상 뒤쪽에 설치된 PAC 시스템 heating-coil의 발열에 의한 온도상승으로 판단된다.

한편, 수직 중앙 단면의 실험결과에 주목하면, Fig. 12의 PIV 가시화 실험결과에서도 명백히 알 수 있듯이, PAC 시스템에서 25° 정도 하향으로

취출된 고온 공기가 ambient 설정온도보다 높아 취출기류가 재실자의 좌석부근에서 U자형으로 상승되고 있다.

PAC 시스템의 급기구에서 30°C의 고온으로 취출하는 Fig. 11의 같은 경우에는 재실자의 좌석까지 취출된 공기가 도달하지 않고 책상중심부에서 급격히 상승하고 있어 좌석부근의 온도가 오히려 Fig 10의 경우보다 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

따라서, 개별공조시스템 설계시 급기구의 취출



Fig. 12 PIV result of task area (case C).

조건(온도, 속도 등)의 결정에는 주의가 필요하며, 이는 개별공조시스템 구축에 있어 개별공조시스템의 도입에 따른 쾌적성 및 에너지 절약성에 결정적인 요인이라고 할 수 있다.

Fig. 13~14는 PMV의 값이 비슷한 case A의 바닥취출 단독시스템과 case C의 바닥취출+개별공조 겸용시스템의 측정결과에서 ambient 영역과 task 영역의 수평길이(외기측에서부터 200, 230, 260 cm)에 따른 수직온도분포를 나타내고 있다.

그림에서 외기측에서 260 cm인 점은 수직단면에서 개별공조시스템으로부터 가장 가까운 곳이며, depth=180은 수직 중앙단면의 지점이다.

ambient 영역인 그림 (a)에서 보면 개별공조겸용시스템의 온도분포가 전체적으로 바닥취출 공조시스템의 온도보다 0.7~1.7℃ 정도 낮게 나타나는 반면에 task 영역인 그림 (b)의 결과에 주목하면 개별공조시스템 설치시 비슷하거나 오히려 1~3℃ 정도 높은 온도분포를 나타내고 있음을 알 수 있다. ambient 영역과 task 영역의 중간 위치인 그림 (c)의 경우에는 개별공조시스템에서 멀수록 온도차가 크게 나타나고 있다.

온열감의 측정결과에 주목하면, 개별공조시스

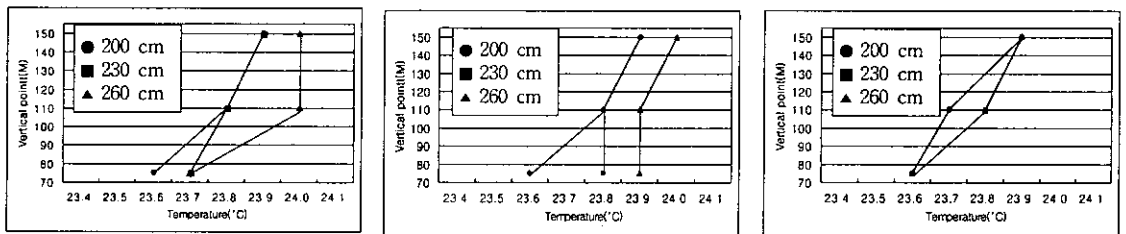
템의 취출온도를 높임에 따라 PMV가 -0.11, 0.02, 0.12로 나타나고 있어, 개별공조시스템의 취출온도를 높일수록 유리한 것만은 아니며, 쾌적성과 에너지 절약성을 적절하게 고려한 취출구 조건설정이 필요하다.

따라서, 개별공조시스템의 최적화를 위해 ambient 영역과 task 영역의 풍량비, 취출풍량, 취출구의 크기 및 위치 등의 조건에 따른 실험과 시뮬레이션을 통한 검증이 필요하다.

### 5. 결 론

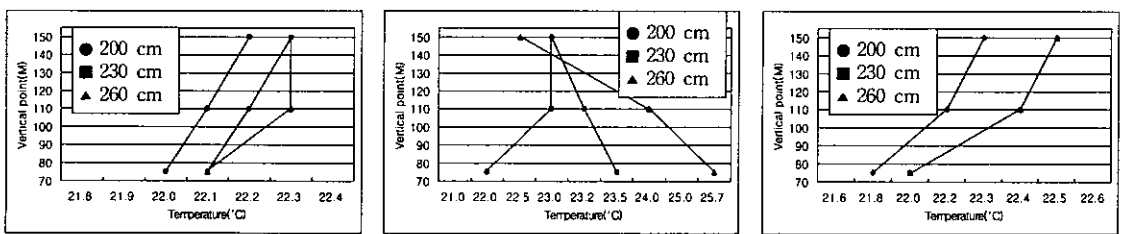
본 연구에서는, task-ambient 개별공조시스템의 최적 시스템 구축방안을 검토하기 위하여, pilot 시스템을 제안하고, 실험실험을 통한 난방시의 열환경 특성을 검토하였다. 본 연구에서 도출된 주요 결과는 다음과 같다.

(1) task 영역의 열환경은 개별공조시스템의 취출구 조건에 크게 의존하고 있으며, 에너지절약 차원에서 ambient 영역의 설정온도를 낮추더라도 취출온도를 높여주는 것에 의해 쾌적성을 향상시킬 수 있다.



(a) Ambient area (depth=80 cm) (b) Task area (depth=180 cm) (c) Middle area (depth=230 cm)

Fig. 13 Temperature (°C) distribution at each vertical point (case A).



(a) Ambient area (depth=80 cm) (b) Task area (depth=180 cm) (c) Middle area (depth=230 cm)

Fig. 14 Temperature (°C) distribution at each vertical point (case C).

(2) 난방의 경우, 개별공조시스템 급기구로부터의 취출온도는 ambient 영역의 설정온도보다 높아 취출기류가 U자형으로 상승하기 때문에, task 영역에서의 쾌적성을 향상시키기 위해서는 취출온도 설정시 주의가 필요하다.

(3) PMV 측정결과에서, 개별공조시스템 급기구의 취출온도를 높일수록 열환경 측면에서 유리한 것만은 아니기 때문에, 쾌적성과 에너지절약을 적절하게 고려한 task-ambient 개별공조시스템 개발의 의의는 크다고 할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 1999년도 한국과학재단(특정기초연구비: 1999-2-31000-003-3)지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

## 참고문헌

1. Koh, H., 1991, Personal Air-Conditioning, Heating Piping & Air-Conditioning, Vol. 65, No. 7, pp. 52-59.
2. Kaen, S., 1996, Personal Air-Conditioning System Using VAV (Variable Air Volume), Heating Piping & Air-Conditioning, Vol. 34, No. 6, pp. 25-29.
3. Nozomu, I., 1991, Personal Air-Conditioning of Heathy Office, Heating Piping & Air-Conditioning, Vol. 29, No. 1, pp. 78-85.
4. Tanago, H., 1991, Experimental Performance Evaluation of Personal Air-Conditioning System, SHASE, Vol. 65, No. 7, pp. 51-55.
5. Fisk, W. J., Faulkner, D. and Pih, D., 1991, Indoor Air Flow and Pollutant Removal in a Room with Task Ventilation, Lawrence Berkeley Laboratory.
6. Bauman, F., Heinemeir, K. and Zang, H., 1991, Localized Thermal Distribution for Office Building, University of California, Berkeley.
7. Cho, S. H., 1998, A Fundamental Study for Development of Personal Environment Module System, LG-Honeywell Industrial Inc.