Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 28, No. 2 (2016), pp.049-054
http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2016.28.2.049

실험을 통한 이동형 냉방기의 실내 온도분포 특성의 검토

Study on Indoor Thermal Environment Controlled by Portable Cooler

최동균(Dong-Kyun Choi)[1], **송두삼**(Doosam Song)[2†], **김중호**(Jung-Ho Kim)[3]
[1]성균관대학교 글로벌건설엔지니어링학과, [2]성균관대학교 건축토목공학부, [3]삼성전자(주) 생활가전사업부
[1]*Department of Global Construction Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 16419, Korea*
[2]*School of Architectural and Civil Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 16419, Korea*
[3]*Digital Appliances Business Division, SAMSUNG Electronics, CO., Suwon, 16677, Korea*

(Received November 2, 2015; revision received December 11, 2015; Accepted: December 23, 2015)

Abstract The purpose of this study is to analyze the indoor temperature distribution of a room controlled by a personal and portable cooler. As an energy saving strategy, the personal air-conditioning or task conditioning system was developed and installed in office buildings in the 90 s. Many research results regarding the personal air-conditioning (PAC) system were focused on thermal comfort, localized ventilation efficiency and energy savings. However, the conventional PACs were only developed for application in office buildings. In this study, as a type of PAC, a portable cooler was analyzed in terms of indoor temperature distribution changes with the passage of time. The measurement was performed in a bedroom in an apartment house. The results showed that indoor temperature was controlled at about 24℃ around the human body. However, the ambient zone up to 1.5 m away from the the human body stayed at about 27.5℃.

Key words Portable cooler(이동형 냉방기기), Personal cooling(개별냉방), Indoor thermal environment(온열 환경), Task area(작업영역), Field measurement(현장 실측)

† Corresponding author, E-mail: *dssong@skku.edu*

1. 서 론

인체의 온열감을 평가하는 대표적인 지표라고 할 수 있는 PMV(Predicted Mean Vote)[1] 모델에서도 쾌적한 온열환경에 대해 80% 사람들이 만족할만한 환경으로 정의하고 있다. 즉 모든 사람들이 열적으로 쾌적한 환경을 구현하는 것은 어려우며, 사람들이 열적으로 쾌적한 환경은 개개인의 선호나 사람들의 냉난방에 대한 기대(expectation)[2, 3]에 따라 다르다는 것을 시사하고 있다.

결과적으로 사람들의 열적 쾌적감을 보장하기 위해서는 개개인의 열적 선호나 기대치를 반영한 냉난방이 이루어져야 한다는 것이다. 그러나 근대 건축의 이념을 바탕으로 한 업무공간은 설정온도를 기준으로 표준적인 실내 환경을 제공하고 있으며 개개인의 열적 취향의 차이를 무시하였다.[4]

그러나 1980년대 후반부터 건물에너지 절감, 생산성 향상에 대한 관심이 증가하면서 미국 및 일본 등지에서 오피스 근무자가 자신의 작업공간을 개별적으로 분산제어할 수 있는 개별공조 시스템이 등장하기 시작하기 시작하였다. 이들 시스템은 'Task conditioning system', 'Localized thermal distribution', 'Personal air-conditioning system' 등으로 명명되었으며, 액세스플로우 시스템, 워크스테이션의 가구나 파티션과 연동되어 설치되었다.[5] 초기의 Task conditioning system을 유형별로 분류하면 바닥 취출공조를 근간으로 하는 'Floor-Based', 책상에 위치하는 'Desktop-Based', 파티션에 위치하는 'Partition-Based'로 분류할 수 있다.

'Floor-Based' 시스템은 바닥 취출공조를 근간으로 바닥에 위치한 취출그릴을 개개인의 선호에 따라 조정함으로써 풍량을 조절하는 방식이다.[6, 7]

'Desktop-Based' 시스템은 많은 연구자들에게 의해서 개발되었으며, 온열감, 환기효율 등 다양한 연구가 시도되었다.[8-13]

'Partition-Based' 시스템은 일본 연구자들에 의해 주로 시도된 시스템으로 전면 파티션의 중간이나 상단부에서 취출되는 방식이다. 이 방식은 바닥 플래넘 공조를 전제로 파티션이 덕트 역할을 하는 방식이다.[14, 15] 공조관점에서 이들 시스템은 실내공간 또는 작업공간을 거주역(Task zone)과 비거주역(Ambient Zone)으로 구분하여, 거주역만을 쾌적범위로 냉방하고 비 거주역

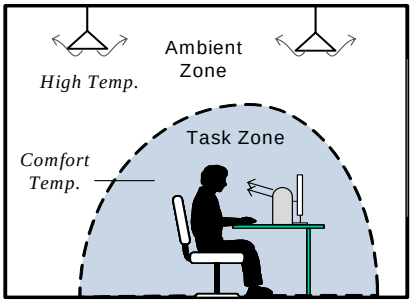

Fig. 1 Concept of the task and ambient cooling.

Table 1 Portable cooler configurations

Dimension	191×534×263 mm
Weight	6.5 kg
Energy consumption	120 W
Airflow rate	63.6 CMH
Air-velocity	1.6 m/s from 1m of the outlet

은 쾌적범위를 상회하는 온도로 제어함으로써 에너지 절감을 도모하려는 Task and Ambient 시스템[16]이라고 할 수 있다(Fig. 1).

기존의 개별공조 시스템 또는 Task conditioning system은 주로 오피스 공간을 대상으로 작업자의 쾌적성 향상, 국소적 환기효율의 향상, 에너지 효율의 증가의 목적으로 개발되었다. 그러나 가정용으로 개발된 사례는 아직 보고되지 않고 있다.

본 연구에서는 최근 국내에 소개된 가정용 개별 냉방기로 소형 압축기를 사용한 실외기 없는 포터블 형태의 개별 냉방기를 종래의 개별공조 시스템의 관점에서 그 성능을 평가하고자 한다.

본 연구에 사용된 개별 냉방기의 제원은 Table 1과 같으며, 본 냉방기는 약 200 W정도의 내부발열을 처리할 수 있는 이동형 냉방기로 실내 전체를 냉방할 목적이 아닌 1인을 국소적으로 냉방할 목적으로 개발된 것이다.

본 연구에서는 여름날 실제 공동주택의 공부방(자녀방)에 개별 냉방기를 설치, 운전했을 경우의 실내 온도 분포와 그 변화특성의 측정 결과를 보고하고자 한다.

2. 실험개요

실험은 2008년 에너지 절약 설계기준에 의거하여 건축된 인천시 연수구 송도동에 위치한 45평 규모의 공동주택 1세대에서 이루어졌다. 개별 냉방기가 사용된 실은 자녀방(공부방)으로 약 3.2평 규모(3.42 m×3.125 m)이다. 실험 대상실은 남측에 약 1.56 m^2의 창을 2개 가지고 있으며, 창 내부에는 롤 블라인드가 설치되어 있다.

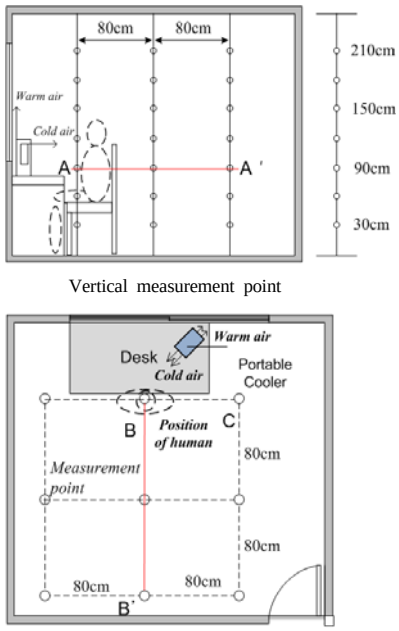

Fig. 2 Measurement configuration.

개별 냉방기는 Fig. 2와 같이 공부방 모드를 재현하기 위해 책상위에 놓인 상태에서 사용하였다. 개별 냉방기를 중심으로 책상의 중앙에 사람이 앉아 있다고 가정하여 Fig. 2와 같이 수직적으로는 바닥에서 30 cm부터 30 cm 간격으로, 그리고 수평적으로 각 80 cm 간격으로 열전대를 설치하여 온도분포를 측정하였다. 그리고 사람이 앉아있는 위치와 실 중앙의 높이 90 cm 지점에 습도기록계를 설치하여 습도변화를 측정하였다. 온도측정 기록은 Yokogawa사의 MV 1000 2대, MX 100 1대를 이용하여 1분 간격으로 기록하였다. 습도측정은 SK-SATO 온습도 기록계를 사용하여 1분 단위로 측정하였다. 냉방기로부터 사람 위치까지는 직선거리로 50 cm 거리에 두었다. 개별 냉방기는 사람이 있다고 가정한 위치로 취출되고 배열은 그 반대편인 창측으로 이루어 졌다. 실험은 오후 2시~5시 사이에 실시되었다. 당일 외기온도는 약 25℃정도 이었으나 실내는 태양열 취득으로 초기 온도가 약 27℃정도로 약간 더운 상태이었다.

3. 실험결과

3.1 실내 온도 분포 특성

3.1.1 수평면 온도변화(Horizontal plane)

Fig. 3은 실내 바닥에서 90 cm 높이 지점의 개별냉방기 가동에 따른 시간별 온도분포를 나타낸 것이다. 개

ⓒ SAREK

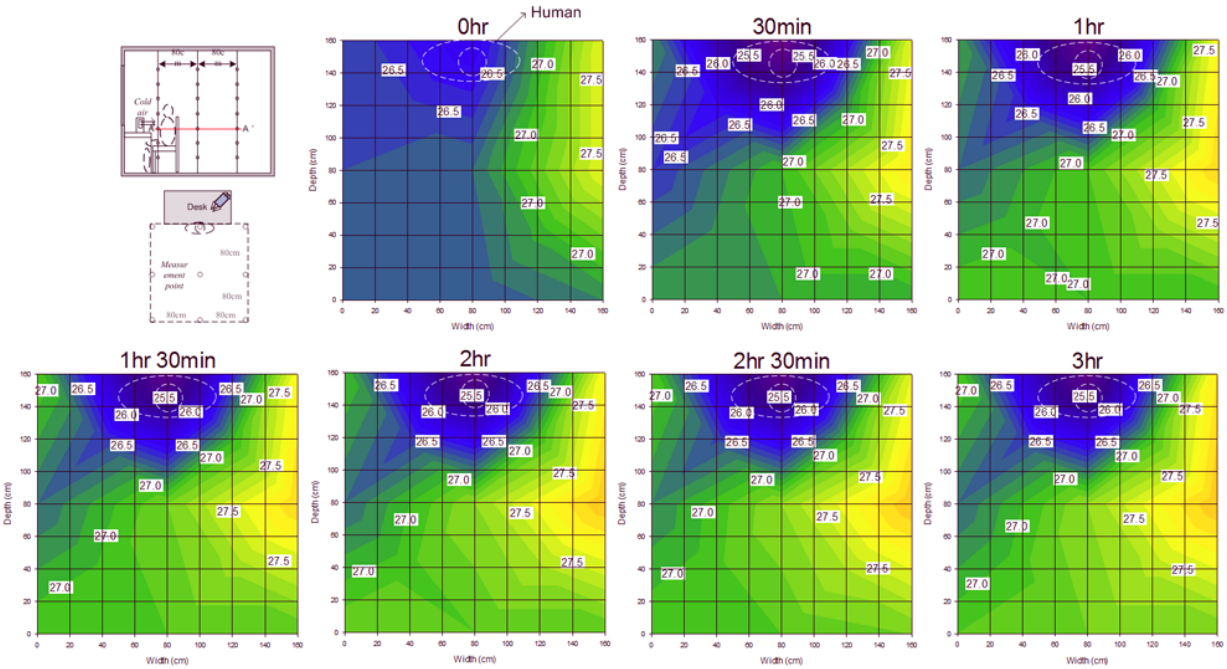

Fig. 3 Horizontal temperature distribution(Plane of 0.9 m height, unit : ℃).

별 냉방기를 가동에 따라 취출구 방향인 실 왼쪽으로 낮은 온도분포가 형성되는 것을 알 수 있다. 즉 취출 방향으로 실내 온도는 26~26.5℃의 분포를 보인 반면 실 오른쪽으로는 27~27.5℃의 분포를 보였다.

시간이 경과하면서 개별 냉방기 취출구 주변, 즉 사람이 앉아 있다고 가정한 의자 위치에서의 온도는 25.5~26.5℃로 점진적으로 낮아지고 있는 반면 실 오른쪽은 개별 냉방기의 배열에 의해 조금씩 온도가 상승하여 27.5℃의 고온역이 발달하여 실내로 확장되고 있는 것을 알 수 있다.

그러나 개별 냉방기 가동 후 2시간 30분이 경과한 시점에서도 사람이 앉아 있다고 가정한 책상 및 의자 부분, 즉 작업존(Task zone)이라고 생각되는 부분의 온도는 모두 26.5℃ 이하로 유지되었다. 또한 실 오른편에 형성된 27.5℃의 고온역도 더 이상 확장하지 않고 그 분포를 유지함을 알 수 있다.

3.1.2 수직면 온도변화(Vertical plane)

Fig. 4는 사람의 위치로 가정한 의자 위치(B지점)을 중심으로 작성한 실내 수직온도 분포의 변화를 보이고 있다. 개별 냉방기를 가동하면 취출구 높이(약 90 cm)에서 25.5~26.5℃의 낮은 온도영역이 형성되는 것을 알 수 있다. 냉기는 취출구 위치에서 수평방향으로 약 1 m지점까지 도달하는 것을 알 수 있다. 바닥으로 냉기가 하강하여 바닥에도 약 26.5℃의 저온역이 관찰되었다. 냉방기 운전 시작 30분이 경과하면서 실 안쪽 상부 1.6 m 이상에서는 28℃의 고온역이 관찰되었다. 개별 냉방기의 배열이 실 상부로 상승한 결과라고 판단된다. 시간이 경과되면서 사람 위치 주변의 온도는 26.5℃ 이하로 지속적으로 유지되었다. 그러나 실 상부에는 28℃ 이상의 고온역이 점점 발달하여 실 하부로 확장됨을 알 수 있다. 냉방기 가동 2시간 30분이 경과한 시점에서 실내 수직 온도분포는 안정되어 바닥에서 높이 1.4 m지점까지는 27.5℃의 고온역이 형성되나 더 이상은 확장하지 않고 유지되는 것으로 나타났다. 3시간이 경과한 시점에서도 사람 위치 주변, 특히 사람의 상체 부분의 수직온도는 26.5℃로 비교적 쾌적한 상태로 유지됨을 알 수 있다. 실 상부에 형성된 27.5℃ 이상의 고온역도 더 이상 하강하지 않음을 알 수 있다.

본 실험에서는 방의 문을 닫은 상태에서 실내 발생열이 실내에 정체되도록 하였으나 만일 개별 냉방기 가동 시 방의 문을 연 상태에서 가동한다면 실 상부의 고온역이 해소되면서도 작업자 주변의 온도를 쾌적하게 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

3.1.3 실내 온/습도 변화

Fig. 5에 사람이 앉아있는 위치인 높이 90 cm 지점의 온/습도 변화, 그리고 실 중앙의 90 cm 높이에서의 온도변화를 보이고 있다. 책상에 앉아 있는 사람의 몸통 부분에 해당하는 90 cm지점의 온도는 가동 시작 시점에 약 26.2℃이었던 것이 가동 후 약 5분이 경과한 시점에서 약 23.3℃로 낮아졌다. 가동에 따라 배열 및

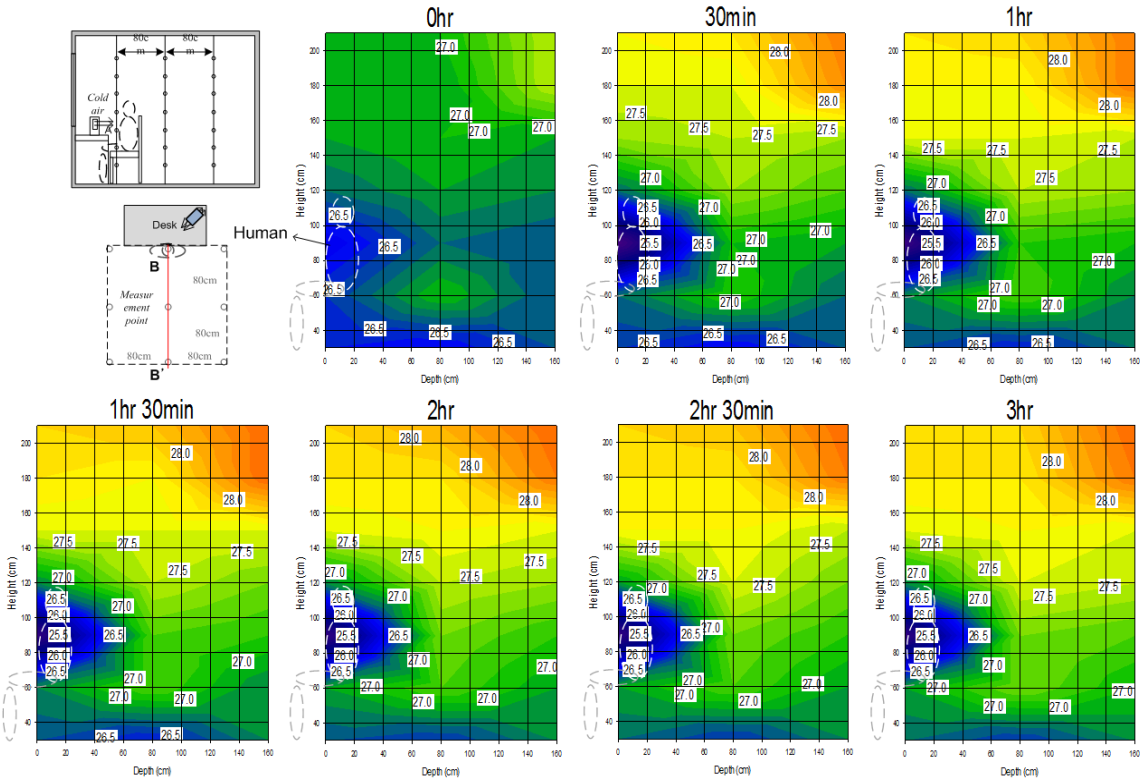

Fig. 4 Vertical temperature distribution(Section B-B', unit : ℃).

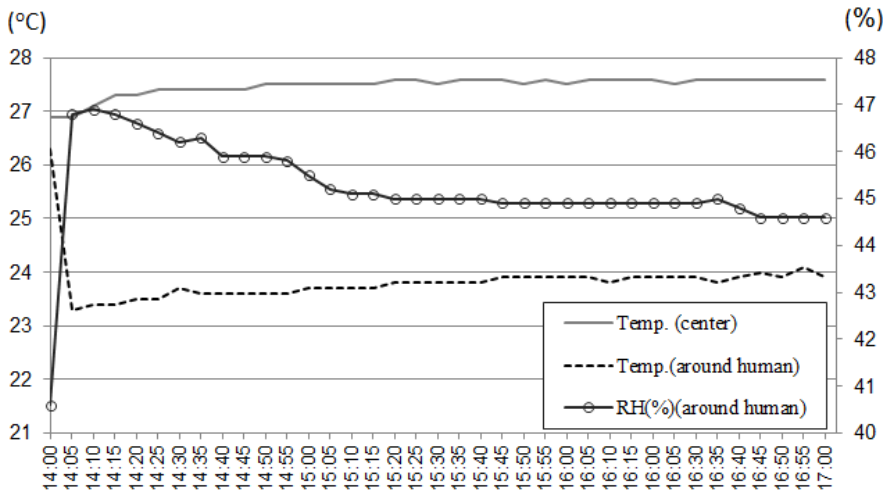

Fig. 5 Temperature and humidity changes.

실내 공기 혼합으로 인해 온도는 약간 상승하나 가동 3시간 경과된 시점에서도 약 24℃로 유지됨을 알 수 있다. 즉 개별 냉방기를 가동한 3시간 동안 인체 위치(바닥에서 90 cm, 취출구에서 60 cm)의 온도는 23.5~24.0℃으로 유지되었다. 동일 지점의 상대습도는 약 44~47%로 유지됨을 알 수 있다.

한편, 실내 중앙의 90 cm지점의 온도는 개별 냉방기 가동에 따라 초기 26.9℃에서 점진적으로 상승하지만 3시간이 경과된 시점에서 27.6℃로 약 0.7℃정도 상승한 것으로 나타났다. 온도 상승 경향도 시스템 가동 1시간 경과 후에는 더 이상 상승하지 않고 일정해지는 것을 알 수 있다.

ⓒ SAREK

4. 결 론

본 논문에서는 1인용 개별 냉방기에 대한 가동에 따른 실온 분포 특성을 현장 실측을 통해 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 개별 냉방기 가동에 따라 사람이 앉아 있다고 가정한 의자부분, 즉 작업존(Task zone)이라고 생각되는 부분의 온도는 모두 26.5℃ 이하로 유지되었다. 이러한 온도분포는 가동 후 3시간이 지난 후에도 일정하게 유지되었다.
평면적으로 실 오른편에는 배열로 인해 27.5℃의 고온역이 형성되나 이것은 사람이 앉아 있는 작업존을 훼손하지 않고 3시간이 경과된 시점에서도 더 이상 확장하지 않고 일정 영역을 유지하였다.

(2) 시스템 가동 후, 수직온도 분포는 사람의 앉은 키 높이 약 1.2 m 이하의 온도는 모두 26.5℃ 이하를 유지하였다. 실 상부에는 배열로 인해 27℃를 상회하는 고온역이 형성되지만 이것은 사람이 앉은 부분의 온도까지는 확장되지 않고 바닥에서 높이 1.4 m 이상에서 유지되는 것을 알 수 있었다. 이런 경향은 가동 후 3시간이 경과된 시점에서도 동일하게 유지되었다.

(3) 취출구 주변의 사람이 앉아있다고 가정한 높이 90 cm 지점의 온/습도는 시스템이 가동되는 3시간 내내 각각 약 24℃ 이하, 47% 이하로 유지되었다. 실 중앙 지점의 높이 90 cm지점의 높이는 초기 26.9℃에서 점진적으로 상승하지만 그 상승폭이 매우 미미하여, 3시간이 경과된 시점에 약 0.7℃ 상승하는 결과를 보였다.

(4) 본 연구에서는 국내에서 다소 생소한 국소냉방을 목적으로 하는 포터블 개별 냉방기 가동에 따른 실내 온도분포 특성을 규명하고자 한 연구로, 향후에는 피험자 실험을 통해 국소냉방에 따른 피험자의 온냉감, 온열쾌적감의 변화에 대해서도 검토하고자 한다.

후 기

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(과제번호 : 15AUDP-B099686-01).

References

1. ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, p. 55.
2. Dear, R. and Brager, G. S., 1998, Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, ASHRAE Trans., Vol. 104, No. 1a, pp. 145-167.
3. Fanger, P. O. and Toftum, J., 2002, Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates, Energy and Buildings, Vol. 34, pp. 535-536.
4. Arnold, D., 1999, The evolution of modern office buildings and air-conditioning : The first century of air-conditioning, ASHRAE Journal, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.
5. Bauman, F. S., Zhang H., Arens A. D., and Benton C. C., 1993, Localized comfort control with a destop task conditioning system : Laboratory and field measurements, ASHRAE Trans., Vol. 99, No. 2, pp. 773-749.
6. Spoormaker, H. J., 1990, Low-pressure Underfloor HVAC System, ASHRAE Trans., Vol. 96, No. 2, pp. 670-677.
7. Sodec, F. and Craig, R., 1990, The underfloor air supply system-The European experience, ASHRAE Trans., Vol. 96, No. 2, pp. 690-694.
8. Arens, E., Bauman, F., Johnston, L., and Zhang, H., 1991, Testing of localized ventilation systems in a new controlled environment chamber, Indoor Air, No.3, pp. 263-281.
9. Bauman, F. S., Zhang, H., Arens, E. A., and Benton, C., 1993, Localized comfort control with a desktop task conditioning system : laboratory and field measurements, ASHRAE Trans., Vol. 99, pp. 733-749.
10. Loomans, M. G. L. C., 1999, Study on the applicability of the desk displacement ventilation concept, ASHRAE Trans., Vol. 105, No. 2, pp. 759-768.
11. Song, D., Kato, S., Yang, J. H., Zhu, S., and Chikamoto, T., 2004, Study on the individual control system considering human thermal adaptation, Proceedings of RoomVent, 2004.
12. Knudsen, G. L. and Melikov, A. K., 2005, Human response to individually controlled environment, Proceedings of Indoor Air, pp. 421-425.
13. Melikov, A. K., Langkilde, G., and Rasmussen, L. W., 1998, Human response to local heating for use in connection with low enthalpy ventilation, Proceedings of RoomVent, pp. 315-321.
14. Akimoto, T., Tanabe, S., Yanai T., and Sasaki, M., 2010, Thermal comfort and productivity-Evaluation of workplace environment in a task conditioned office, Building and Environment, Vol. 45, pp. 45-50.

15. Imagawa, N. and Mima, T., 1991, Installation example of all air system-Fujita Headquarters Buildings, Journal of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan, Vol. 65, No. 7, pp. 395-401.
16. Tanabe, S., 2004, The state of the art for task and ambient air-conditioning system, SAREK Journal, Vol. 33, No. 8, pp. 9-17.

ⓒ SAREK