

Task/Ambient Air-Conditioning System의 연구 개발사례 및 향후 과제

일본 및 외국의 Task/Ambient Air-Conditioning System의 연구 개발사례를 살펴보고 시스템의 보급을 향상시키기 위한 향후 과제에 관해 서술한다.

Shinichi Tanabe(타나베 신이치)

일본 와세다대학 건축학과 교수(tanabe@waseda.ac.jp)

번역: 이성재 / 삼성물산 건설부문 기술연구소(sueng-jae.lee@samsung.com)

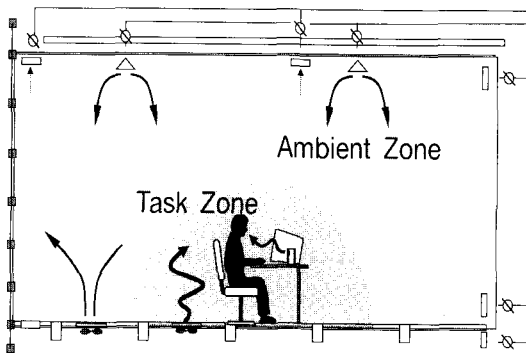
머리말

차세대의 공조시스템을 논의하는 데 있어서 잊어서는 안 되는 키워드 중의 하나가 “Task/Ambient Air-Conditioning System”이 있다. 이것은 기존의 실내온열환경을 균일하게 조절한다는 개념에서, 거주역(Task-zone)에 대해서는 고품질의 환경을, Ambient-zone에 대해서는 다소 완화된 환경을 제공하고자 하는 생각으로, 퍼스널 공조와 같은 고도화된 공조시스템에서 자연환기의 이용에 이르기까지 폭넓은 범위에 미치고 있다. 또한, 주광이용 등의 조명시스템과 병용하여 이용하는 것도 제안 되어 있다. Task/Ambient Air-Conditioning System은 오피스에 있어서 거주자의 지적 생산성의 향상과 동시에 에너지 절약의 실현이 가능한 시스템으로 판단된다. 한편, 현재의 범용형 공조시스템은 책상과 의자 등

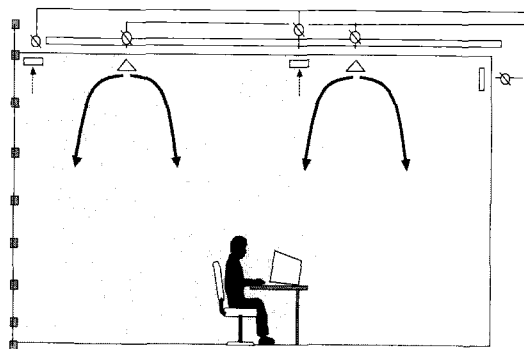
과 같은 집기/가구와 동일한 정도의 가격으로까지 저하되고 있는 실정으로, 그 가치에 따라 공조시스템을 등급화하지 않는 한 모든 시스템이 같은 레벨로 취급될 우려가 있다.

지구 온난화 대책의 일환으로 오피스빌딩의 에너지절약성은 우선적으로 고려할 필요가 있다. 민생부문의 에너지 소비량의 삭감대책으로 Task/Ambient Air-Conditioning System이 주목 받고 있다. 예를 들면, 자연환기 시스템과의 병용, 실내공기질의 향상, 퍼스널공조, 치환환기 시스템, 조명과 연동한 공조시스템 제어 등, 차세대 공조시스템으로서 다양한 아이디어를 생각할 수 있다.

본 고에서는 Task/Ambient Air-Conditioning System에 관한 일본 및 해외사례를 조사하고, 향후 과제에 대하여 고찰하였다.



[그림 1] Task/ambient air-conditioning system



[그림 2] 종래의 공조시스템(실온일정제어)

Task/Ambient 공조의 정의

Task/Ambient 공조는 “공간을 장시간 체재하는 Task-zone과 비교적 단시간 체재하는 Ambient-zone으로 분할하여 공조를 실시하는 시스템”으로 정의된다. 그림 1에 Task/Ambient Air-Conditioning System의 개념을, 그림 2는 종래의 실온 일정제어를 목표로 하는 공조시스템의 개념을 보여주고 있다. 공조방식을 공조대상 공간에 따라 분류하면, 전체공조, 개별공조/퍼스널공조, 치환환기 공조 등으로 나눌 수 있다. 또한, Task/Ambient 공조는 공조공기의 취출 위치에 따라, 바닥취출, 천정취출, 데스크취출 등으로 나눌 수 있으며, 공조기와 덕트의 접속방식에 따라 덕트연결형과 덕트레스형(ductless)로 분류된다. 또한 공조온도에 따라서도 냉/난방, 실내공기와 등온형(等溫型)/비등온형(非等溫型), 부가기능으로서 복사 패널에 의한 난방 등이 있다.

최근의 오피스빌딩은 사무기기의 OA화에 의해 실내 발열밀도가 증가하고, 오피스 공간이 가구나 파티션 등에 의해 구획된 개별모듈공간의 채용이 많아

지고 있다. 또한, 재실자의 실내환경에 대한 요구도 고도화 되고 있다. 실내환경을 개개인이 선택 가능하도록 함으로써 그 만족도는 높아질 것이다. 1960년대에 들어, 지금까지 단순했던 공조조닝(zoning)이 세분화되기 시작하여, 공조기를 각층에 설치하는 방식인 각층 유닛방식이 확립되었다¹⁾. 또한, 멀티 유닛형 히트펌프 방식의 개발로 공조 조닝은 급속하게 세분화되었다. 그러나, 공조조닝을 아무리 최소한으로 세분화한다 하여도 각 zone에는 3인~10인 정도의 재실자가 거주하게 된다. Task/Ambient 공조는, 부하의 편재화나 온열감의 개인차에 대응이 가능한 시스템으로 사료된다.

에너지절약의 관점에서 있어 Ambient-zone은 온도 설정을 완화하여 공조를 실시하고, Task 공조시스템은 실내에서 발생하는 부하의 원인이 되는 재실자나 OA기기 등에 대해서 직접적으로 대응하는 것이 가능하므로 실내환경의 변화에 빠르게 적용할 수 있는 가능성이 있다. 열원방식을 기준으로 한 Task/Ambient Air-Conditioning System의 종류와 특징을 표 1에 나타낸다.

<표 1> Task/ambient system의 종류 및 특징

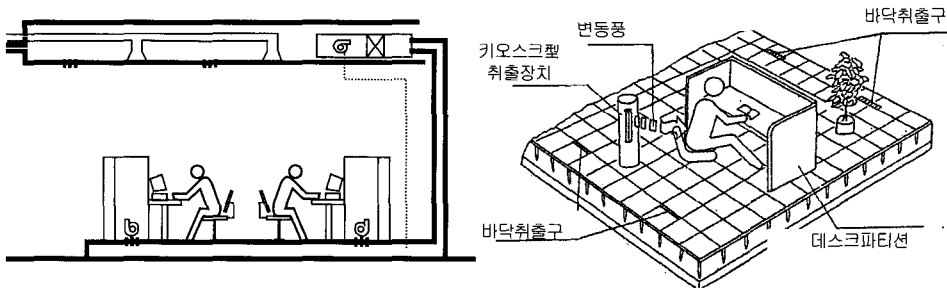
중앙열원방식				개별열원방식	열원의존방식	
공기방식			냉/온수방식		패르체방식	직행식
바닥취출	데스크취출	파티션				
I. 덕트연결, 팬 없음 II. 덕트연결, 팬 없음 III. Ductless, 팬	I. 퍼스널공조를 목적으로 개발된 시스템 II. 데스크와 조합하여, 그 부하에 대응하도록 한 것	Free Access Floor를 급기 챔버로 이용하여 파티션 및 가구에 취출구를 설치한 것 I. 파티션 취출 팬 II. 바닥 취출과 조합된 취출 팬 유/무형	데스크 및 부분에 퍼스널 FCU를 설치	멀티패키지의 실내기를 소형화하여 책상 하부에 설치	종래의 전반공조가 달성되어있는 시스템에서 서버 시스템으로 이용 패르체소자를 이용한 복사 냉/난방 방식	종래의 전반공조가 달성되어있는 시스템에서 서버 시스템으로 이용 소용량의 직행형 룸쿨러를 이용.냉각 배는 실내에 방열된다. 난방은 패널히터



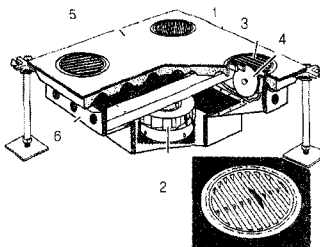
일본 국내외의 연구 개발사례

이토(伊藤) 등은 일련의 연구에 있어서 “키오스크(Kiosk)”라고 불리는 종(縱)슬릿형 취출구를 이용한 공조시스템을 제안하고 퍼스널공조에 있어서의 변동풍의 유효성을 확인했다²⁾. 그림 3에 키오스크형 취출장치의 개념도를 나타낸다. 구리하라(栗原) 등은 설정온도가 비교적 높은 경우에도 거주자가 자신의 취향에 맞게 팬의 강약을 조절 가능하도록 하는 것에 의해 불쾌감의 저감 및 드래프트감이 경감될 수 있다는 결과를 얻었다³⁾. 코야마(高山) 등은 바닥 취출 방식을 Task Air-Conditioning에 적용하여, Task-zone과 Ambient-zone간의 실내열부하 처리비를 각각 50% 정도로 하는 것이 적당하다고 주장하고 있다. 또한, 바닥취출을 이용한 Task/ Ambient Air-Conditioning System이 천정 취출 전반공조보다 Task-zone의 온열환경을 효과적으로 개선할 수 있다고 보고하고 있다⁴⁾.

해외사례로 바닥취출방식은 처음 남아프리카, 유럽 등에서 개발되었다^{5, 6)}. TAM(Task Air Module)은 거주자에서 가까운 바닥패널에 설치된 디퓨저에서 각각 개인이 요구한 공급공기량 및 취출방향을 조절할 수 있도록 되어 있다. Bauman 등은 TAM의 성능평가⁸⁾ 및 TAM을 이용한 빌딩전체의 에너지 시뮬레이션 평가를 실시했다⁹⁾. 데스크에 설치하는 데스크 취출형으로는 아메리카의 오피스용으로 계획된 PEM(Personal Environment Module)¹⁰⁾, 유럽의 Climadesk가 개발되었다¹¹⁾. PEM, Climadesk는 난방도 개별적으로 제어하는 것이 가능하다. Bauman 등은 PEM을 이용한 공조시스템의 평가를 위해, 오피스 빌딩에 있어서 PEM 설치 전후의 피험자실험과 실측을 실시하고, PEM의 사용에 의해 피험자는 열/음/공기질에 대해 높은 만족을 얻을 수 있다고 보고하고 있다. Wyon 등은 Thermal manikin 실험을 통해 거주자에 의해 제어된 Climadesk는 실내온도보다 4℃~2℃까지 제어하는 것이 가능하다고 주장하고 있다¹²⁾. 그림 4~6에 TAM, Climadesk, PEM시스템을 보여

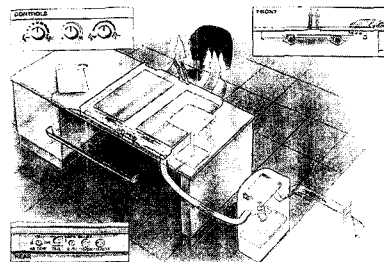


[그림 3] 키오스크(Kiosk)형 취출장치 개념도



- LEGEND
1. ConCore® access floor panel
 2. Electric fan
 3. Air discharge grille
 4. Speed control
 5. Optional PanelMate® carpet tilt
 6. Acoustical housing

[그림 4] TAM(Task Air Module)

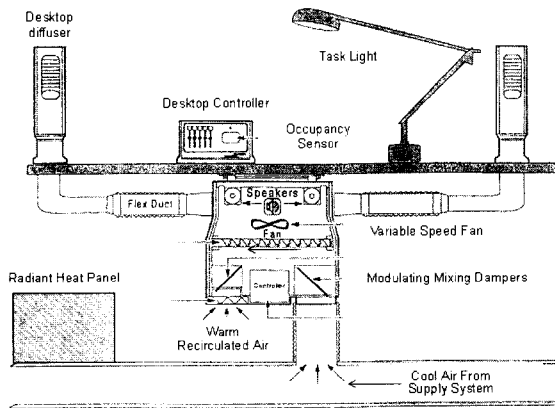


[그림 5] Climadesk

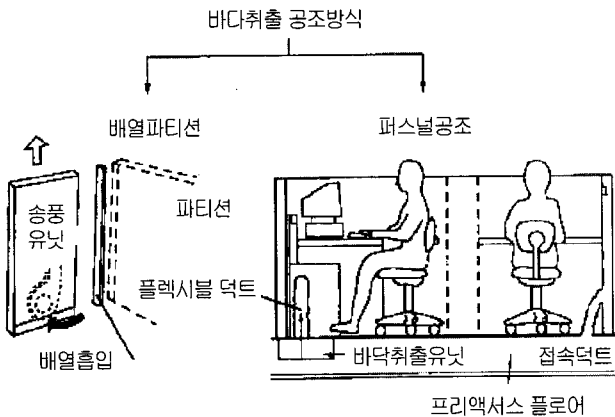
주고 있다. 츠즈키(都築) 등은 TAM, Climadesk, PEM 의 세 종류의 Task/Ambient Air-Conditioning System을 이용한 마네킨 실험을 통하여, Task/Ambient Air-Conditioning System의 이용에 의해 개인의 거주자에게 제어를 가능하게 하는 것에 대한 잇점을 확인하였다¹³⁾.

일본 국내의 Task/Ambient Air-Conditioning System 실시예

본장에서는 일본 국내에 있어서 Task/Ambient Air-Conditioning System이 도입된 오피스의 실시예를 살펴보았다.



[그림 6] PEM(Personal Environment Module)



[그림 7] 퍼스널공조와 바닥취출공조

파나소닉 멀티미디어센터(Panasonic Multimedia Center)

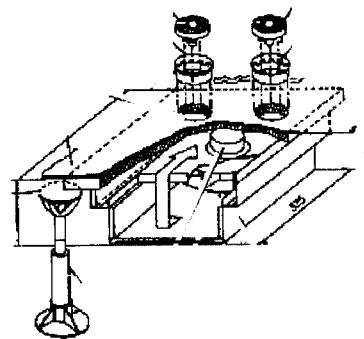
파나소닉 멀티미디어센터는 인텔리전트 빌딩 대응의 바닥취출 공조시스템¹⁴⁾을 개발/도입하고 있다. 그 특징으로는 아래와 같은 항목을 들 수 있다.

- ① 집무자를 위한 최대한의 쾌적환경 실현
- ② 자연친화화를 통한 에너지 절약 도모
- ③ flexibility가 넘치는 장수명(長壽命) 설비계획

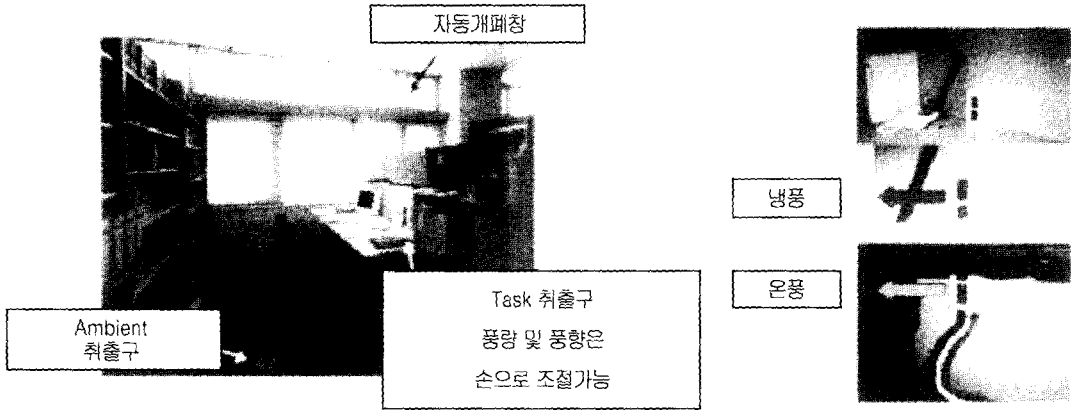
또한, 바닥취출 공조시스템을 도입함으로써, 자연 에너지를 이용한 “나이트퍼지(Night Purge)”를 실시, 큰 효과를 얻고 있다. 거주자는 풍량(3단계+정지)을 수동/자동으로 조정 가능하며, 취출구 각도의 조절이 가능하다. 그림 7, 8에 시스템 개념도를 보이고 있다. 이 시스템은 Task/Ambient Air-Conditioning System을 자연환기시스템과 병행함으로써 에너지 절약을 도모하고 있다. 이 시스템이 그 이후에 지어진 오피스에 미친 영향은 상당히 크다고 할 수 있다.

아시아경제연구소

아시아 경제연구소에는 자연환기병용형 하이브리드 공조시스템(그림 9)이 제안되어있다. 거주역만 공조를 실시함으로써, 거주역의 열적쾌적성을 확보하고, 자연환기를 통해 Ambient 공간의 배열(排熱) 및 실내로부터 발생한 오염물질을 제거하도록 계획되어 있다. Task의 취출계통 공조기는 전외기형(all fresh type)으로, 책상 위에 설치된 Task 취출구의 풍량은 거주자의 취향에 따라 수동으로 조정이 가능



[그림 8]바닥취출유닛



[그림 9] 자연환기 병용 하이브리드 공조시스템

하다. 0~50m³/h · 개, 냉방과 난방 양쪽을 고려해서 책상 위/아래 양쪽에 취출구를 설치하고 있다. Ambient의 취출계통 공조기는 팬이 설치되어있는 바닥취출공조 방식으로 각 존과 실마다 설치된 온도 센서에 의해 팬 풍량을 제어한다. 또한 CO₂농도에 의한 외기도입량 제어를 실시하고 있다.

연구소라는 특성상 개별성이 높은 빌딩이며, Task/Ambient Air-Conditioning System이 특히 적합한 용도로 사료된다.

에너지 절약과 Task/Ambient Air-Conditioning System

Task/Ambient Air-Conditioning System은 에너지 절약이 기대되지만, 운전방법이나 제어방법이 적절하지 못하면 혼합손실 등이 발생하여 에너지를 낭비할 가능성이 있다. 에너지 낭비를 방지하기 위해 실행이 가능한 에너지 절약수법을 열거하면 아래와 같다.

- ① 재실감지/제어(재실자센서)
- ② 미사용공간의 온도완화
- ③ 보다 높은 급기온도
- ④ 팬동력의 완화
- ⑤ 외기공조기간의 증가

미국의 TAC(Task/Ambient Conditioning Systems) 가이드라인

미국의 Bauman을 중심으로 TAC guideline

(Task/Ambient Conditioning Systems: Engineering and Application Guidelines¹⁵)이 작성되었다. 가이드라인에는 아래와 같은 내용이 기술되어 있다.

● TAC guideline

TAC시스템의 에너지 성능에 영향을 미치는 가능성이 있는 요소는 다수 존재한다. 관련연계에 대한 조사에 의하면 종래의 시스템과 비교하여 32%가 “에너지이용은 다소, 또는 큰 폭 개선되었다”, 28%가 “거의 같은 수준이다”, 라고 회답하고 있다. 반대로 22%는 “다소 악화되었다” 라고 회답했다. 캘리포니아의 일반적인 오피스빌딩의 에너지 성능조사와 비교하여 Task/Ambient Air-Conditioning System의 에너지 시뮬레이션을 실시하여, 거주자 센서 등을 고려한 데스크탑(Desktop type)형의 TAC시스템은 연간 최고 18%의 냉방에너지, 18%의 반송(팬 및 펌프)에너지, 10%의 전 소비에너지 및 9%의 전기요금의 삭감이 가능하며, 야간환기를 추가한다면 냉방에너지는 23%까지 삭감이 가능하다고 하고 있다. 그러나 반송에너지는 팬의 야간 운전 때문에 베이스케이스(Base case)보다 2% 증가한다는 결과를 나타내고 있다. 그러나 신기술을 사용하여 에너지 절약이 기대됨에도 불구하고, 효율이 나쁜 방법으로 TAC시스템이 운전되는 경우도 있어 대책이 필요하다고 한다.

또한, 건물 이용자에 의한 운전에 대해서, 재실자 센서를 제공하여 필요가 없는 경우에는 Task Unit의

스위치를 off로 함으로써 다양한 오피스의 이용패턴에 대하여 에너지 사용량을 큰 폭으로 감소시키는 것이 가능하다고 한다. PEM에 관한 실측을 행하여 그 결과로부터 Bauman은, 일반적인 영업일을 기준으로 거주자 센서를 이용함으로써 Task fan이나 조명 에너지를 최고 30%까지 절약이 가능하다고 예측하고 있다. TAC시스템을 이용한 그 밖의 수법에 관해서도 검토를 하고 있으며, 온도성층(thermal stratification)을 이용함으로써 종래의 시스템과 비교하여 최대 15%의 냉방에너지를 절약하는 것이 가능하다고 보고하고 있다.

에너지 절약 사례

Task/Ambient Air-Conditioning System을 도입한 미국 건물의 에너지 절약사례를 소개한다.

1) 캘리포니아 대학 버클리컴퍼스

Task/Ambient Air-Conditioning System의 중요한 에너지 절약 포인트는 재실자 센서이며, 약 15분간 거주자가 없는 경우에 자동적으로 운전을 중지하는 케이스의 시뮬레이션을 실시했다. 시뮬레이션의 결과, 종래의 시스템과 비교하여 8~18%의 에너지 절약이 가능하다고 하고 있다. 그림 10에 DOEII를 이용한 캘리포니아 대학 버클리컴퍼스, California Energy Agency에 의한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 종래의 VAV시스템(ecomizer無), VAV시스템(ecomizer有), PEM, 바닥취출 시스템의 4종류의 시스템을 비교하고 있다. PEM시스템은 오피스 전기 및 환경조절을 위해 약 12%의 운전비용의 절약이 가

능하다는 결과를 나타내었다. 기본이 되는 데이터는 캘리포니아 대학 버클리컴퍼스의 오피스 환경실험실의 데이터이다.

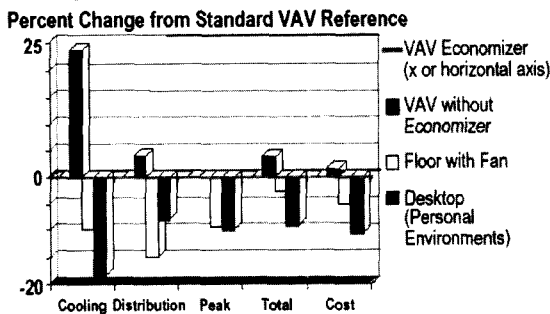
2) West Bend Mutual Insurance, Wisconsin

West Bend Mutual Insurance는 1991년 7월에 구 빌딩에서 연면적 150,000ft의 새로운 빌딩으로 이전을 했다. 360명의 사무직원이 PEM시스템을 사용하였고 이전(移轉) 직후와 이전 6개월 후의 생산성 및 에너지 절약 효과를 비교하였다. 새로운 건물에 있어서 에너지의 사용은 이전건물의 1.94\$/m²/month에 대하여 1.08\$/m²/month였다¹⁶⁾. 또한, Task/Ambient Air-Conditioning System의 도입에 의한 부가가치로서 생산성 향상을 들 수 있다. West Bend Mutual Insurance의 생산성 예를 그림 11에 나타낸다. West Bend Mutual Insurance의 경우, 이전 빌딩에서의 생산성을 100%로 했을 경우 신 빌딩에서는 약 15%의 생산성의 향상이 보였다라고 한다.

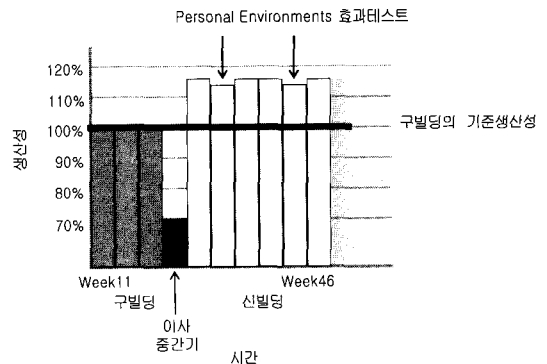
지적 생산성

최근 들어, 오피스의 계획과 설계단계에 있어, 재실자의 쾌적성 및 건강성을 고려할 뿐 만 아니라, 지적생산성의 향상을 요청하는 요구가 높아지고 있다. 지적생산성은 Parsons¹⁷⁾에 의해 “활동에서 얻어지는 어떤 조직이 목표에 대한 작업효율” 이라고 정의되어 있다. 미국에서는 ASHRAE(미국난방냉동공조학회)를 중심으로, Dorgan¹⁸⁾, Fisk와 Rosenfeld¹⁹⁾, 유럽에서는 Wyon²⁰⁾ 등 에 의해, 생산성과 실내 환경과의

Energy Use Comparison — Electricity



[그림 10] 에너지사용 비교



[그림 11] 시간경과에 의한 생산성변화



관련성을 경제적인 코스트로 계산/평가하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구에 의해서 작업자에 대한 인건비가 공조설비 등을 포함한 건물에 대한 코스트보다 높다는 점이 지적되어, 실내환경을 개선함으로써 작업자의 지적생산성이 높아진다면, 경제적으로도 효율적이라는 사실이 보고되어있다. Task/Ambient Air-Conditioning System을 도입하여 쾌적감이 향상된 오피스에서의 생산성의 향상이 기대되어진다.

타나베 등은 실내기류가 작업효율에 미치는 영향을 명확히 하는 것을 목적으로, 피험자 실험을 행하고 있다²¹. 피험자가 기류의 강도를 자신의 취향에 맞게 자유롭게 조절할 수 있는 조건과 기류강도를 조절할 수 없는 조건을 설정해, 자신이 조절 가능한 조건에서의 작업효율의 영향을 조사하고 있다. 기류강도의 조절이 가능한 조건이 조절 불가능한 조건보다도 월등히 기류감이 높고, 기류를 받아들일 수 있다는 신고결과를 얻었다. 작업의 집중도에 대해서도 마찬가지로 조절 불가능한 조건보다도 유의하게 높았다고 한다. 또한, “작업자의 피로상태”에 착안한 “자각증상조사”²²⁾를 이용한 피로감측정에 대하여 보고하고 있다. 기류강도 조절을 피험자에게 허가한 조건이 조절을 허가하지 않은 조건보다도 자각증상의 종합호소율이 낮았다. 기류강도를 피험자에게 자유롭게 조절할 수 있게 하는 것이 심적피로증상 및 종합호소율을 저감시킨다는 것을 명확히 했다. 이 결과는 자기 조절이 가능한 Task Air-Conditioning의 유용성을 나타내고 있다.

오피스에 있어서 지적 생산성의 연구는 시작한지는 얼마 되지 않으나, Task/Ambient Air-Conditioning System을 이해하는데 있어서 매우 중요한 키워드라고 사료된다.

향후과제

지금까지의 연구 및 문헌조사 결과를 바탕으로 향후의 Task/Ambient Air-Conditioning System의 과제 제로 저자는 다음과 같은 사항을 제안한다.

1) Task/Ambient Air-Conditioning 기술의 일반화 및 매뉴얼화

에너지 절약효과는 큰 비중을 차지하고는 있지만 설계수법의 일반화가 이루어지지 않고 있다. 가이드라인이나 프로세스의 정비가 요구되어 질 것으로 생각된다. 파나소닉 멀티미디어센터에서는 축열을 이용함에 의한 냉수축감효과는 중간기에 899Wh/m²이었다. (냉동기정격1600USRT의 2시간분) 그 외에도, D빌딩등, 축열에 의한 에너지 절약효과를 얻고 있다.

2) 국내 기후에 대응한 에너지절약형 Task/Ambient Air-Conditioning System의 개발 해외에서 사용되는 시스템을 그대로 도입을 한다고 해도 결코나 외기의 오염 등에 의해서 국내에서는 그대로 사용하기에 곤란한 점이 많다. 국내의 풍토에 적합한 공조시스템의 개발이 필요하다.

3) 염가의 센싱기술의 개발

Task/Ambient Air-Conditioning System에서는 다수의 센서포인트를 필요로 한다. 또한, 재실자의 행동을 파악하기 위해서, 인체 감지센서를 이용할 필요가 있다. 그러나 현재로서는 센서가 고가이며 도입이 어렵다. 이러한 센싱기술의 개발, 저가격화가 필요하다.

4) 집기와 공조시스템의 Collaboration & Integration

책상, 의자와 같은 집기의 관리와 건물, 공조의 관리 방법은 상이하다. Task system이 자산이나 부서의 영역을 넘어선 범위에서 사용, 관리가 가능한다면 새로운 가능성이 있다고 사료된다.

5) Renewal, 개수 기술, LCM

지적 생산성 향상을 지향한 기존 빌딩 등을 개수할 때, Task/Ambient Air-Conditioning System을 도입하기 위한 유닛화기술을 필요로 한다. 또한, 설비기관의 적절한 관리를 위하여 정보계 시스템의 개발을 필요로 한다.

맺음말

본 고에서는, Task/Ambient Air-Conditioning System에 관한 동향을 정리했다. 이러한 소견은, 일

본건축학회 환경공학위원회 건축설비 소위원회 Task/Ambient Air-Conditioning System WG에서 과거 2년간 실시해 온 논의에서 얻은 바가 크다. 또한, 2003년 3월에 개최한 심포지엄에서는, Task/Ambient Air-Conditioning System에 관해 폭넓은 의견을 수렴하는 것이 가능하였다.

Task/Ambient Air-Conditioning System은 에너지 절약 및 지적 생산성을 향상시키는 시스템으로서 향후 시스템의 일반화 및 보급의 확대가 기대되어진다.

참고문헌

1. 空氣調和ハンドブック改訂4版, p.145.
2. 變動風を用いたパーソナル空調システムに関する研究(その1-4), 空氣調和・衛生工學會學術講演會講演論文集, 1993, pp.437-440.
3. 栗原他, 床吹出空調のパーソナル化に関する研究, 空氣調和・衛生工學會學術講演會講演論文集, 1993, pp.441-444.
4. 高山他, タスク・アンビエント空調方式における温熱環境の検討(その1-2), 空氣調和・衛生工學會學術講演會講演論文集, 1994, pp.1689-1692.
5. Spoomaker, H.J., Low-pressure Underfloor HVAC System. ASHRAE Transactions, Vol. 96, Part2, 1990.
6. Sodec, F., and R. Craig, Underfloor Air Supply System: Guideline for the Mechanical Engineer. Report No. 3738A. Aachen, West Germany: Krantz Gmbh & Co, January, 1991.
7. <http://www.tateaccessfloors.com/main.html>.
8. Bauman, F.S., E.A. Arens, S. Tanabe, H. Zhang, and A. Baharlo, Testing and Optimizing the Performance of a Floor-based task Conditioning System. Energy and Buildings, Vol. 22, No. 3, 1995, pp.173-186.
9. Bauman, F.S., E.A. Arens, M. Fountain, C. Huizenga, K. Miura, T. Xu, T. Akimoto, H. Zhang, D. Faulkner, W. Fisk, and T. Borgers, Localized Thermal Distribution for Office

- Buildings; Final Report - phase. Center for Environmental Design Research, University of California, Berkeley, July, 1994, p.115.
10. http://www.johnsoncontrols.com/cg/PersEnv/pe_intro.htm.
11. Fred S. Bauman, Thomas G. Carter, Anne V. Baughman, Edward A. Arens, Field Study of the Impact of a Desktop Task/Ambient Conditioning System in Office Buildings. ASHRAE Trans., Vol.104, Part 1, 1998.
12. Wyon, D.P., Thermal Manikin Experiments on Climadesk. Proc. From the Workshop on Task/Ambient Conditioning Systems in Commercial Buildings,ed., 1995.
13. K. Tsuzuki, E.A. Arens, F.S. Bauman and D.P. Wyon, Individual Thermal Comfort Control with Desk-mounted and Floor-mounted Task/Ambient Conditioning (TAC) Systems. Proc. Indoor Air '99, Vol.2, 1999, pp.368 -373, Edinburgh, Scotland.
14. 飯塚 宏, 近本智行, 自然エネルギー利用のタスクアンビエント空調, 次世代の空調を考えるー次世代の空調と省エネルギー・生産性ー, 日本建築學會建築設備小委員會タスク・アンビエント空調システムWG, 2003.
15. Fred S. Bauman, P. E. , and Edward A. Arens, Ph. D : TASK/AMBIENT CONDITIONING SYSTEMS : ENGINEERING AND APPLICATION GUIDELINES, 1996.
16. UC Berkeley Study for the Calofomia Institute for Energy Efficiency: DOE II Simulation for Fresno, CA Buiding; CERD-02-94, July 1994.
17. Parsons, K., Human Thermal Environment, London, UK: Taylor & Francis, 1993, pp199-217.
18. Dorgan, C. B., C. E. Dorgan, M. S. Kanarek, A. J. Willman: Health and Productivity Benefits of Improved Indoor Air Quality, ASHRAE Trans, 98, (1A), 1998, pp.658-665.
19. Fisk, W., Rosenfeld,A.:Estimates of improved productivity health from better indoor



- environments, Indoor Air, 7, 1997, pp.158-172.
20. Wyon, D. P, Fisk, W., Rautio, S. Research needs and approaches pertaining to the indoor climate and productivity, Healthy Buildings 2000, 2000, pp,1-8.
21. 田辺 他：室内氣流が作業効率に與える影響に關する研究(その1-2), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2002, pp419-422.
22. 吉竹博：改訂産業疲勞—自覺症狀からのアプローチ, 勞働科學研究所出版部, 1993. 