

# 공조취출방식에 따른 공기의 나이 및 환기효율 비교

## Comparison of age of air and air change effectiveness between supply diffuser types

조 동 우\*  
D. W. Cho

**Key words :** Age of air(공기의나이), Air change effectiveness(환기효율), Supply diffuser type(공조취출방식), Desktop air-conditioning system(데스크탑 공조시스템)

### Abstract

In this study, three different supply diffuser types(desktop, floor and ceiling) are compared in view of their ability to distribute supply air to the workstation breathing zone. The measurements on the age of air and the air change effectiveness using the tracer gas method are carried out to analyze the ventilation performance for provision of fresh air between the diffusers. The desktop diffuser type could deliver air directly to the occupants breathing zone with a high degree of effectiveness. The measured local air change effectiveness of the desktop diffuser in the breathing zone was usually 1.13 to 1.23 times greater than that of ceiling and floor diffusers. When the minimum outside air change rate as specified using ASHRAE Standard 62R is supplied with a desktop diffuser type, the volume of outside air can be reduced 13 to 23%, resulting in a commensurate in ventilation energy use.

### 기 호 설 명

$C_i$  : 위치  $i$ 에서의 추적가스 농도[ppm]  
 $C_o$  : 시간  $t=0$ 에서의 추적가스 농도[ppm]  
 $A_i$  : 위치  $i$ 에서의 공기나이[minute]  
 $t_{stop}$  : 위치  $i$ 에서 최종 추적가스 측정시간  
 $t_{begin}$  : 외기 풍량이 공급될 때의 시간  
 $C_{avg}$  :  $t_{begin}$ 과  $t_{stop}$ 간의 가중평균 농도[ppm]  
 $C(t_{begin})$  : 시간  $t_{begin}$ , 위치  $i$ 에서 가스농도[ppm]

$\tau_n$  : 명목 시간상수[minute]  
 $Q_{ex}$  : 배기구에서의 유동량[L/s]  
 $A_{ex}$  : 배기구에서의 공기나이[minute]  
 $E$  : 환기효율(air change effectiveness)  
 $A_{avg}$  : 재실자가 착석한 호흡기위치(1.1m)에서 측정된 공기나이의 산술평균  
 $DVR$  : 설계환기량[L/s]  
 $CDVR$  : 수정설계환기량[L/s]

### 1. 서 론

지난 수십년동안 건물에서 소비되는 에너지를 줄

\* 정회원, 한국건설기술연구원

이기 위한 많은 기술들이 개발되었다. 이러한 기술들은 에너지절약을 위한 기본적인 목표를 달성하였으나, 건물은 보다 기밀한 구조가 되고 자연환기량은 부족하게 되어 실내 공기의 환경은 오히려 열악해졌다. 따라서 공조설비는 신선한 외부공기를 실내에 공급하고 오염된 실내공기를 제거하기 위한 환경조절의 최종해결수단이라는 점에서 그 역할이 전보다 훨씬 중요해지고 있다. 그러나, 사무공간에 적용된 많은 공조시스템들은 실제 목적하는 만큼의 이상적인 공조가 이루어지고 있지 않다. 공조시스템에 따라서는 비효율적인 공기전달체계 및 순환방식으로 인해 실내로 공급된 공기가 재실자에게 도달되기 전에 외기로 배출되는 경우도 발생한다. 불행히도, 건물재실자는 실내로 공급된 공기가 신선한 외부 공기인지 재순환된 공기인지를 쉽게 파악할 수 없다. 따라서 재실자의 건강과 사무능률의 향상을 위해, 공조시스템이 실내공기환경을 효율적으로 조성하고 있는지를 검토해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 공조시스템에 의해 실내로 공급된 공기가 효율적으로 실내 재실자에게 전달되는지를 살펴보기 위해 3가지 형태의 공조취출방식에 따른 환기 성능을 분석해 보고자 한다. 먼저, 동일공간내에서 현재 일반적으로 사용되고 있는 천장공조방식, 바닥공조방식 및 재실자의 호흡기부근으로 외기를 공급해주는 데스크탑 공조방식에 대한 공기의 나이(age of air)와 환기효율(air change effectiveness)에 관련된 실험을 진행한다. 또한 취출구의 방향에 따른 공기의 나이 및 환기효율을 비교한다. 최종적으로 재실자의 관점에서 공조방식에 따른 환기성능에 의해 절감되는 환기에너지의 절감효과를 비교·분석하여 효율적인 공조계획을 위한 기초자료를 제공코자 한다.

## 2.1 천장공조방식

대부분의 건물에 일반적으로 적용되는 공조방식으로 천장부위의 취출구를 통해 공조된 공기를 공급하고 천장부위의 배기구를 통해 오염된 공기를 배출시킨다. Fig.1은 천장공조방식의 예를 나타낸 것이다.

## 2.2 바닥공조방식

바닥공조방식은 OA기기의 보급에 따라 배선의 유연성을 높이기 위해 설치된 이중바닥공간을 공조공기

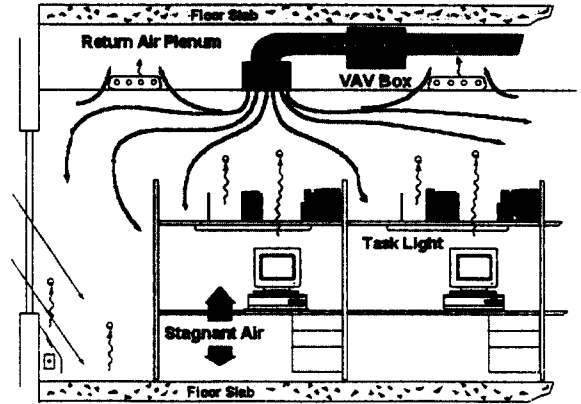


Fig.1 Example of ceiling diffuser type

의 반송공간으로 이용하고, 바닥면에 특수한 취출구를 설치하여 공기를 실내로 공급하고 천장부위의 배기구로 배출하는 방식이다.

## 2.3 데스크탑 공조방식

데스크탑 공조방식은 개방평면형태의 워크스테이션에 통합설치되어 있는 일종의 개별 환경제어시스템이다. 사용자는 제어유니트를 이용하여 온도, 기류 등을 개인의 요구조건에 맞게 설정할 수 있다. 제어유니트에 있는 통합재실센서는 재실자에 대한 움직임을 감지하여 개별작업공간이 비어 있으면 시스템을 정지시킨다. 이때, 데스크탑 취출구에서 공급되는 풍량은 바닥플레넘의 압력에 의해 최소풍량을 유지한다. 재실센서가 재실자를 감지했을 때, 데스크탑 공조시스템은 작동을 개시하고, 모든 운영조건은 이전에 설정된 조건으로 재유지된다. 일반적으로 바닥플레넘을 공조반송공간으로 이용하고 바닥 또는 천장공간을 배기공간으로 이용한다. Fig.2는 바닥공조 및 데스크탑 공조방식의 개념도를 나타낸 것이다.

## 3. 측정방법과 조건

### 3.1 공기의 나이(age of air)와 환기효율(air change effectiveness)의 측정

공조공기를 실내공간으로 도입하는 공조시스템의 환기성능은 신선한 외부공기를 재실자의 호흡기 부근으로 전달하는 분배능력에 달려 있다. 공기의 나

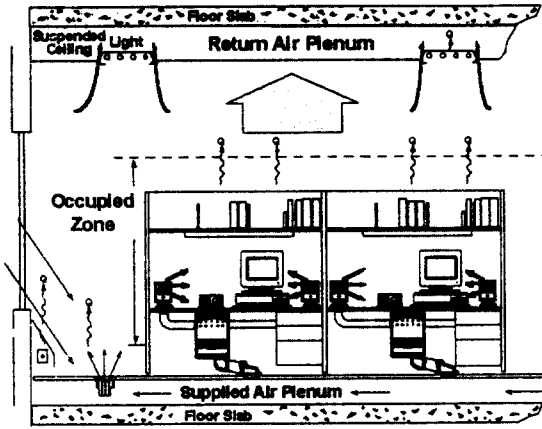


Fig.2 Example of floor and desktop diffuser type

이와 환기효율은 건물내의 공조시스템을 평가하는데 사용될 수 있다. 공기의 나이는 외부의 공기가 실내에 들어와서 건물내 존(zone) 또는 공간내에 머무는 시간의 길이로서 정의된다. 환기효율은 건물, 존 또는 공간내로 공조공기를 전달하는 공기 분배시스템의 능력으로 정의된다. 이는 공조공기가 재실자 지점에서 얼마나 효율적으로 교체될 수 있는지를 평가하는 지표이다. 평균 환기효율은 외부공기가 건물 전체, 존 또는 공간으로 전달되는 효율로 정의되며, 국지 환기효율(local air change effectiveness)은 외부공기가 공간내 특정지점으로 전달되는 효율로서 정의된다.<sup>(1)</sup> 이러한 공기의 나이를 측정함으로써 유리한 점은 실내의 특정지점에 대한 환기특성을 파악할 수 있다는 것이다. 최근 추적가스 모니터링 시스템을 이용한 추적가스 농도감소법, 일정농도유지법 및 일정농도분출법 등이 이러한 공기의 나이를 결정하는 방법으로 사용되고 있다.

농도감소법 실험에서 측정공간은 시간  $t=0$ 에서 동일한 추적가스 농도  $C_0$ 를 유지하고 있는 것으로 가정한다. 공간내 지점  $i$ 에서의 공기의 나이는 다음식과 같다.

$$A_i = (1/C_0) \int_0^\infty C_i dt \quad (1)$$

ASHRAE Standard 129P-95 "Measuring Air Change Effectiveness"에서는 추적가스 농도감소

법에 의한 공기의 나이를 다음식을 사용하여 계산한다.

$$A_i = (t_{stop} - t_{begin}) \frac{C_{avg}}{C(t_{begin})} \quad (2)$$

또한 명목시간상수(nominal time constant)는 다음 식과 같다.

$$\tau_n = \frac{\sum(Q_{ex} \cdot A_{ex})}{\sum Q_{ex}} \quad (3)$$

환기효율은 환기공기의 완전 혼합조건하에서 배기구의 공기나이와 재실자지점의 공기나이에 대한 비로서, 다음식으로부터 계산할 수 있다.

$$E = \frac{\tau_n}{A_{avg}} \quad (4)$$

### 3.2 실험공간 및 방법

공조취출방식별 환기성능을 측정하기 위한 실험이 미국 카네기멜론대학내의 Intelligent Workplace 남측존의 사무공간에서 수행되었다. 실험공간은 플라스틱시트를 사용하여 사무공간의 다른 부분과 격리시켰다. Fig.3에서 보는 바와 같이, 4.8m×9.8m×4.8m 공간내 동측존의 워크스테이션에 데스크탑취출구를 설치하고, 서측존에 공조취출구를 바닥취출방식과 천장취출방식으로 바꿔가면서 비교실험을 하였다.

가스 모니터링기기(Photo-acoustic multi-gas monitor 1312, Multi-point sampler and doser 1303, B&K)가 추적가스의 농도샘플링과 온도의 측정을 위해 사용되었다. 공조취출방식별 환기성능 실험을 위해 Table 1과 같이 추적가스 샘플러가 측정 공간내에 총 6개 지점(바닥으로부터 1.1m높이의 재실자 착석상태에서의 호흡기위치, 바닥으로부터 1.7m 높이의 재실자 기립상태의 호흡기위치 및 배기구)에 설치되었다.

온열환경 측정기(Thermal comfort meter B&K 1221)가 재실자 호흡기부근의 작용온도(operative temperature) 및 기류를 측정하기 위해 사용되었다. 공조시스템에 관련된 자료는 건물자동제어시스템을 통하여 수집되었고, 외기조건(온도, 풍속, 풍향 등)은 건물의 옥상에 설치된 기상관측장비(Met one instruments, model 907)로부터 측정되었다. 테스트를 위

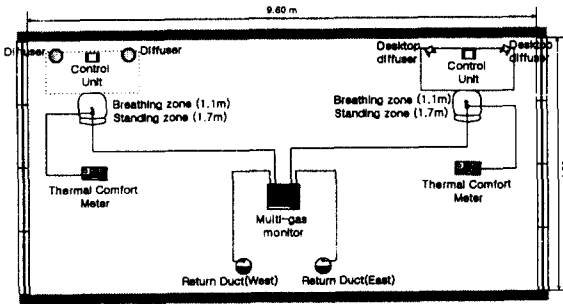


Fig.3 Layout of measurement bay

Table 1 Sampler locations for measurement according to the types of supply diffuser

Sampler	Sampler location
Sampler 1	• Breathing zone of desktop diffuser (1.1m height above floor level)
Sampler 2	• Standing zone of desktop diffuser (1.7m height above floor level)
Sampler 3	• Return duct in East zone
Sampler 4	• Breathing zone of ceiling diffuser or underfloor diffuser (1.1m height above floor level)
Sampler 5	• Standing zone of ceiling diffuser or underfloor diffuser (1.7m height above floor level)
Sampler 6	• Return duct in West zone

해 100%의 외기를 도입할 수 있는 공조기(make-up air handling unit)를 통하여 실험공간에 설치된 취출구로 외기가 도입되도록 하였다. 한편, 급기온도는 22℃로 일정하게 유지하여 급기온도가 본 실험에 영향을 주지 않도록 하였다.

농도감소법이 공기의 나이 및 환기효율을 측정하기 위해 사용되었다. 추적가스로서 SF<sub>6</sub> 가스가 사용되었다.

측정과정은 먼저 공조관련 시스템을 임시로 정지시킨 후 SF<sub>6</sub> 가스가 적절한 목표농도에 이를 때까지 빠른 시간내에 측정공간으로 불어 넣었다. 균일한 농도로 SF<sub>6</sub> 가스가 확산될 수 있도록 하기 위해 3개의 팬이 사용되었다. 추적가스가 균일하게 분포된 후 공조시스템을 가동하고 동시에 모든 측정점 위

치에서 공기의 나이를 산출하기 위한 농도측정이 시작되었다. 측정은 배기덕트의 가스농도가 초기농도의 5% 이하로 감소될 때까지 지속되었다.

샘플러가 설치된 6개의 지점으로부터의 농도 측정결과를 각 지점의 공기나이를 계산하기 위해 사용되었다. 측정공간의 평균 공기의 나이는 배기덕트에서 측정된 가스의 농도를 기초로 계산된다. 공기의 나이를 측정하기 위해 사용된 가스모니터링시스템은 6개의 측정점을 동시에 분석하기 위해 약 3분이 소요된다. 따라서 6개의 측정점에 대한 측정시각을 일치시키기 위하여 선형보간법이 사용되었다. 또한 자연적인 침기영향을 파악하기 위해 침기실험이 매 실험일마다 실시되었다.

#### 4. 실험결과와 분석 및 토의

이 연구에서는 3가지 다른 공조취출방식(바닥공조, 데스크탑 공조 및 천장공조방식)에 대하여 신선한 외기가 워크스테이션에 있는 재실자에게 전달되는 급기 및 환기능력의 관점에서 공기의 나이 및 환기효율을 비교하였다. 공조취출방식중 첫번째로 바닥공조방식과 데스크탑공조방식을 비교하였다. 바닥공조실험을 위해 2개의 와류형 취출구를 바닥에 설치하였다. 이때 바닥취출구 위에 놓인 책상이 바닥에서 공급되는 공기의 흐름을 방해할 수 있으므로 바닥공조 실험에서는 책상을 제거한 상태에서 실험을 실시하였다. 유사한 방법으로 두번째 실험은 바닥취출구가 위치한 천장부위에 천장공조방식의 취출구를 설치하여 비교실험을 실시하였다.

한편, 바닥공조 및 천장공조방식에서의 공급풍량이 데스크탑 취출구에서 공급되는 풍량과 동일하게 유지되도록 제어유니트를 설치하여 공급유량을 조절하였다. 실험일의 본 실험전에 두 번에 걸쳐 측정된 실험공간의 침기회수는 0.66, 0.64회/時로 나타났다.

##### 4.1 데스크탑 공조방식과 바닥공조방식의 공기 나이 및 환기효율 비교

데스크탑 공조시스템은 기본적으로 각 재실자가 책상위에서 온도, 기류 등의 특성을 조절하여 개별 쾌적환경을 조성할 수 있는 제어유니트를 제공하고 있다. 따라서 공급팬의 속도에 따라 공급풍량을 3단계

Table 2 Measurement results of the desktop diffuser and underfloor diffuser

Control mode	Maximum		Medium		Off	
	$Ai(min)$	$Ei$	$Ai(min)$	$Ei$	$Ai(min)$	$Ei$
Breathing zone (Desktop)	22.2	1.09	25.9	1.08	28.1	1.02
Breathing zone (Underfloor)	26.0	0.93	30.8	0.91	32.2	0.89
Standing zone (Desktop)	26.0	0.93	30.6	0.91	31.5	0.91
Standing zone (Underfloor)	25.9	0.93	31.2	0.90	31.9	0.90
Return duct (average)	24.2	1.00	28.0	1.00	28.7	1.00

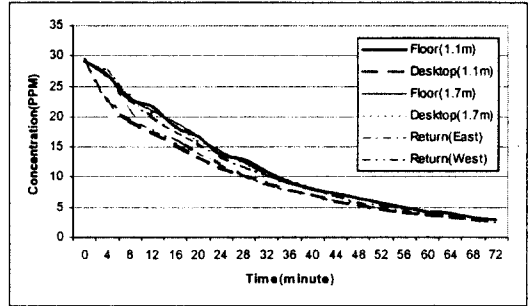
Table 3 Measurement conditions

Control mode		Maximum	Medium	Off
MAU	Discharge temp.	22.3°C	22.1°C	22.2°C
	Return temp.	23.1°C	23.0°C	23.1°C
Indoor	Operative temp.	22.8°C	22.8°C	22.9°C
	Relative humidity	42%	40%	42%
Outdoor	Outdoor temp.	7.6°C	7.2°C	6.4°C
	Wind speed	2.2m/s	2.1m/s	2.7m/s
	Wind direction	168°	84°	63°
Infiltration rate		0.66 /hour		

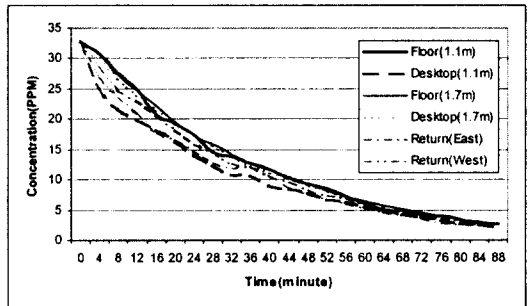
(최대모드, 중간모드, 정지모드)로 변화시킬 수 있다. Table 2와 Fig.4는 공급풍량을 변화시키면서 데스크탑 공조방식과 바닥공조방식간의 공기의 나이 및 환기효율을 비교한 결과이다. 측정조건은 Table 3에 나타나 있다. 각 취출구에서 공급되는 풍량은 최대모드시 약 56L/s, 중간모드시 약 35L/s, 정지모드시 약 12L/s로 측정되었다.

샘플러의 측정위치에 따른 공기의 나이는 최대모드시에 데스크탑공조방식의 재실자 호흡기부근에서 22.2분으로 가장 짧게 나타났으며, 정지모드시에 바닥공조방식의 호흡기부근에서 32.2분으로 가장 길게 나타났다. 측정위치에 따른 공기나이의 최대차이는 10.0분으로 나타났다.

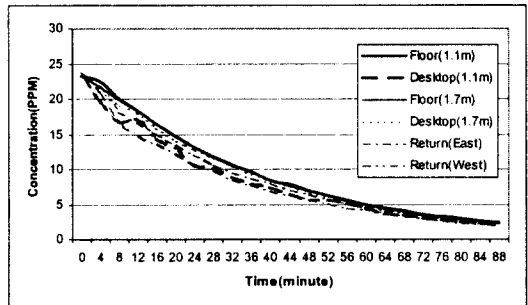
배기구에서 측정된 실험공간의 평균 공기의 나이는



(a) Maximum mode



(b) Medium mode



(c) Off mode

Fig.4 Concentration variation of tracer gas

24.2~28.7분으로, 공급풍량이 감소할수록 공기의 나이가 증가하고 있다.

데스크탑 공조방식에서는 공급풍량에 따라 재실자 호흡기부근의 공기나이가 22.2~28.1분, 바닥공조방식에서는 26.0~32.2분으로 나타났다. 따라서 데스크탑 공조방식이 바닥공조방식에 비해 공기의 나이가 4~5분정도 짧게 나타났다.

한편, 재실자 기립상태의 호흡기 높이인 바닥에서 1.7m 높이에서의 공기나이는 바닥공조방식의 취출

구의 위치(0m)가 데스크탑공조방식의 취출구의 위치(1.1m)보다 낮은 곳에 있음에도 불구하고 공급풍량에 따라 약 26분에서 32분에서 서로 유사하게 나타났다.

두 공조방식에서의 환기효율을 살펴보면, 데스크탑 공조방식의 호흡기위치에서의 환기효율은 모든 모드에서 1.0이상을 나타내었다. 반면에, 데스크탑 공조방식의 호흡기부근을 제외한 모든 측정점에서의 환기효율은 0.89~0.93로 거의 비슷한 값을 보이고 있다.

재실자의 호흡기위치에서의 데스크탑 공조방식과 바닥공조방식의 환기효율의 차이는 0.13~0.14의 범위를 나타내었다.

#### 4.2 데스크탑 공조방식과 천장공조방식의 공기 나이 및 환기효율 비교

Table 4는 데스크탑 공조방식과 사무소건물에서 가장 일반적으로 사용하고 있는 천장공조방식간의 공기나이의 환기효율에 대한 실험결과를 비교한 것이다. 측정조건은 Table 5에 요약되어 있다. 본 실험에서도 최소 공기의 나이는 최대모드시 데스크탑 공조방식의 재실자 호흡기부근에서 23.6분으로 나타났으며, 최대 공기의 나이는 정지모드시 천장공조방식의 호흡기부근에서 32.9분으로 나타났다.

재실자 호흡기부근의 공기의 나이는 데스크탑 공조방식이 천장공조방식에 비해 4~6분 정도 짧게 나타났다. 바닥위 1.7 m 높이에서의 공기의 나이는 데

Table 4 Measurement results of the desktop diffuser and ceiling diffuser

Control mode	Maximum		Medium		Off	
	$A_i(\min)$	$E_i$	$A_i(\min)$	$E_i$	$A_i(\min)$	$E_i$
Breathing zone (Desktop)	23.6	1.08	25.1	1.13	27.7	1.08
Breathing zone (Ceiling)	27.7	0.92	31.5	0.90	32.9	0.91
Standing zone (Desktop)	25.8	0.99	27.5	1.03	29.4	1.02
Standing zone (Ceiling)	27.8	0.92	31.7	0.89	32.8	0.92
Return duct (Average)	25.6	1.00	28.4	1.00	30.0	1.00

Table 5 Measurement conditions

Control mode		Maximum	Medium	Off
MAU	Discharge temp.	22.4℃	22.3℃	22.4℃
	Return temp.	23.1℃	22.9℃	22.9℃
Indoor	Operative temp.	22.8℃	22.8℃	22.7℃
	Relative humidity	45%	44%	44%
Outdoor	Outdoor temp.	12.5℃	13.3℃	13.7℃
	Wind speed	1.4m/s	1.4m/s	2.1m/s
	Wind direction	256°	244°	290°
Infiltration		0.64 /hour		

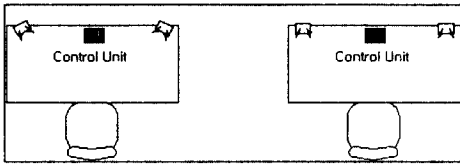
스크탑 공조방식이 2~4분 정도 짧게 나타났다. 호흡기부근의 데스크탑 공조방식과 천장공조방식간의 환기효율은 데스크탑 공조방식이 0.16~0.23 정도 유리한 것으로 나타났다. 바닥위 1.7m 높이에서도 환기효율차이가 0.07~0.17로, 데스크탑 공조방식이 유리하게 나타났다. 평균적으로 천장공조방식이 다른 방식들에 비해 환기효율이 가장 불리한 것으로 나타났다. 천장공조방식에서는 재실자의 호흡기부근이나 바닥위 1.7m 높이에서 모두 0.9 범위의 환기효율을 나타냄으로써 신선한 외부공기가 재실자 주위로 충분히 전달되지 않는 상태에서 배기덕트를 통해 빠져 나간다는 것을 알 수 있다.

#### 4.3 데스크탑 취출구의 방향에 따른 공기의 나이 및 환기효율

데스크탑 공조방식은 기류의 방향을 조절하기 위해 데스크탑 취출구를 좌우 및 상하방향으로 회전시킬 수 있다. 여기서는 Fig.5와 같이 취출구를 재실자 방향과 책상면과 평행한 방향으로 변화시키면서 공기나이 및 환기효율에 대한 실험을 수행하였다. 이들 실험을 위해 공급팬의 속도는 중간모드로 설정되

Table 6 Measurement results according to direction of desktop diffuser

Diffuser direction	Toward occupant		Parallel to desk	
	$A_i(\min)$	$E_i$	$A_i(\min)$	$E_i$
Breathing zone	18.2	1.18	22.2	0.98
Standing zone	20.9	1.03	22.3	0.98
Return duct	21.5	1.00	21.8	1.00



(a) Toward occupant (b) Parallel to desk

Fig. 5 Direction of desktop diffuser

었다. Table 6은 공급취출구의 방향에 따른 공기의 나이와 환기효율을 나타낸 것이다.

호흡기부근에서의 공기나이는 데스크탑 취출구의 방향이 책상과 평행한 경우가 취출구의 방향이 재실자에게 직접 향한 경우보다 약 4분 정도, 1.7m 높이에서의 공기나이는 약 2분 정도 긴 것으로 나타났다. 호흡기부근에서 환기효율은 공급취출구의 방향에 따라 약 20%의 차이를 보이고 있다. 따라서 취출구의 방향은 공기의 나이 및 환기효율에 직접적인 영향을 미치는 것으로 분석된다.

#### 4.4 분석결과 토의

공조방식에 따른 환기성능 실험결과, 모든 설정모드에서 데스크탑공조방식이 재실자가 위치한 호흡기부근에서 공기나이가 가장 짧은 것으로 나타났다. 이것은 다른 공조시스템과는 달리 측정공간내에 공급된 외부공기가 실내공기와 완전히 혼합되기 전에 재실자가 있는 호흡기부근으로 집중된다는 것을 의미한다. 바닥공조방식과 천장공조방식에 대한 직접적인 비교실험이 이루어지지 않았지만, 천장공조방식이 바닥공조방식에 비해 환기효율측면에서 약간 불리한 것으로 나타났다.

데스크탑 공조방식은 높은 환기효율로써 외부공기를 재실자의 호흡기부근으로 직접 전달한다. 이것은 공조시스템에 의해 도입되는 외부공기의 총량을 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다. 환기효율( $E$ )의 값은 ASHRAE 기준 62-1996 개정안에 제시되어 있는 설계환기량(Design Ventilation Rate)과 함께 사용될 수 있다. ASHRAE 기준 62-1996 개정안에서는 건물내 가구나 사용재료의 오염도와 재실자의 실내오염도에 의거하여 실내공간에 대한 설계환기량(DVR62)을 결정하는 내용을 담고 있다. DVR62는 ASHRAE 기준에서 규정한 환기요구량을 맞추기 위

해 재실공간으로 전달되어야 하는 최소 권장 외기도입량을 의미한다. 이때 DVR62는 실내공기가 완전히 혼합하는 것을 가정하고 계산하는 것이다. 따라서 실내공간으로 공급된 공기가 완전히 혼합되지 않는 지역이나 칸막이가 설치된 공간, 외기를 도입하는 취출구나 배기구로부터 거리가 먼 공간 등은 비록 DVR62에 의거하여 외기가 도입되었다고 하더라도 재실자 지점에서는 충분한 환기가 이루어지지 않게 된다.

또한 공조취출방식에 의해서도 환기효율이 달라지게 된다. 특정공간의 정확한 설계환기량을 산출하기 위해서는 재실자 호흡기 부근의 평균 환기효율을 이용한 수정설계환기량(CDVR)이 사용되어야 한다. CDVR과 DVR62는 다음과 같은 상관관계가 있다.<sup>(2)</sup>

$$CDVR = \frac{DVR62}{E} \quad (5)$$

즉, 취출구로부터 공급된 외기가 실내에서 충분히 혼합되지 않고 배기구를 통해 빠져 나간다면, 공간내 재실자 부근으로 공급된 풍량은 실제로 실내로 공급된 총 풍량보다 적다. 따라서 환기효율은 상대적으로 1.0 보다 낮은 값을 갖게 된다. 본 실험에서는 바닥공조 및 천장공조방식이 이에 해당하며, 외기를 실내 재실공간으로 전달하는 공조시스템이 비효율적이라는 것을 의미한다. 따라서 CDVR를 이용하여 계산되는 외기 도입량은 비효율적인 환기순환체제로 인해 DVR62 값 이상을 공급해야 한다.

실내로 들어온 공기가 완전한 혼합이 이루어질 경우 환기효율은 1.0의 값을 갖는다.

본 실험결과, 데스크탑 공조방식은 외기에서 도입된 공기가 재실자 주변공간으로 전달되고 오염된 공기가 실내공간에 있는 전체 공기와 혼합이 되기 전에 배기구를 통해 빠져나가는 것으로 나타나, 환기효율은 1.0보다 큰 값을 나타냈다. 그러므로 CDVR은 위의 식에 의거하여 DVR62 이하로 감소한다. 즉, 신선한 외기를 재실자부근으로 직접 전달한다는 측면에서, 데스크탑 공조방식은 같은 양의 외기가 실내에 들어와서 완전히 혼합하는 형태의 다른 공조방식보다도 효율적이라고 볼 수 있다.

본 실험결과에서 재실자의 호흡기부근에서 측정된 데스크탑 공조방식의 환기효율을 천장공조방식 및 바닥공조방식의 환기효율과 비교해 볼 때, 0.13~0.23

의 차이를 나타냈다. 따라서 데스크탑 공조시스템은 일반적으로 사용되는 천장공조방식 등 다른 시스템에 비해 13%~23% 정도 절감된 환기에너지로써 ASHRAE기준에서 제시하는 환기기준을 만족시킬 수 있는 것으로 분석된다.

한편, 데스크탑 공조방식은 재실자 주변으로 공조된 공기를 직접 전달하는 것이 가능하기 때문에, 이들 시스템은 상대적으로 높은 급기온도에서 공조가 이루어 질 수 있을 것으로 분석된다. 이것은 자연냉방을 유도하기 위한 이코노마이저 사이클의 범위를 상대적으로 높은 온도까지 넓힐 수 있어, 자연냉방에 의한 에너지절약효과도 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 공조방식에 따른 환기성능을 평가하기 위해 공기의 나이 및 환기효율에 대한 실험을 실시하고, 이를 재실자에게 전달되는 급기 및 환기능력의 관점에서 비교·분석하였다. 본 연구에 의해 도출된 주요결과는 다음과 같다.

(1) 데스크탑 공조방식으로 공급되는 재실자의 호흡기부근의 측정점은 다른 측정점 보다 공기의 나이가 짧고 상대적으로 높은 환기효율을 나타냈다. 이것은 실내공간으로 공급되는 외부공기가 실내공기와 완전히 혼합되기 전에 재실자가 있는 워크스테이션의 호흡기 부근으로 집중되는 효율적인 공기순환체계를 이루고 있는 것으로 분석된다.

(2) 데스크탑 공조시스템은 재실자 주변으로 공급풍량이 직접 전달되는 특성때문에 천장공조방식 및 바닥 공조방식보다 우수한 환기성능을 갖는 것으로 분석되었다. 또한 천장공조방식이 바닥공조방식에 비해 환기효율 측면에서 약간 불리한 것으로 나타났다. 한편, 데스크탑 공조방식은 재실자주변으로 공조된 공기를 직접 전달하기 때문에 상대적으로 높은 급기온도로서 공조가 가능한 것으로 분석된다.

(3) 본 실험에서 데스크탑 공조시스템의 환기효율은 1.13~1.23으로 나타나 ASHRAE기준 62R에 의거 필요환기량을 산출한 결과, 기존 공조시스템에 비해 13~23%의 환기에너지를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

본 연구는 특정 사무공간의 환기효율에 대한 성능 분석 결과로서, 이를 기초로 향후 사무공간의 공조취출구 및 배기구의 효율적인 배치계획, 실내환경개선 및 에너지절약을 위한 데스크탑 개별공조시스템의 개발 및 이에 대한 종합적인 실내환경 성능분석 등에 대한 연구 등이 뒤따라야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. ASHRAE, 1997, ASHRAE Handbook Fundamentals, Atlanta, pp. 25.6~25.7
2. ASHRAE, 1996, Ventilation for acceptable indoor air quality, ANSI/ASHRAE Standard 62R.
3. ASHRAE, 1995, Measuring air change effectiveness, ASHRAE Standard 129P.
4. C. Lomonaco and D. Miller, 1997, "Comfort and control in the workplace", ASHRAE Journal, Vol. 39, No. 9, pp. 50~56
5. M. Sandberg, M Sjoberg, 1983, "The use of moments for assessing air quality in ventilated rooms", Building and Environment, Vol. 18, No. 4, pp. 181~197
6. D. Faulkner, W. J. Fisk, and D. P. Sullivan, 1993, "Indoor airflow and pollutant removal in a room with desktop ventilation", ASHRAE Transactions, Vol. 93, Part 2, pp. 750~758
7. Dongwoo Cho and Ardeshir Mahdavi, 1998, Collection of baseline data in the Intelligent Workplace, Center for Building Performance & Diagnostics.