

## 저속치환 환기설비

### Low Velocity Air Displacement Ventilation System

이 성 환  
S. H. Yi  
(주)에너콘기연



- 1956년생
- 공동주택, 대공간 지하공간 등의 환기설비 개선에 관심이 많다.

#### 1. 저속치환 공기조화 환기설비의 개요

최근, 국가의 경제수준이 향상되고 국민의 건강 복지에 대한 인식이 증대되면서 보다 쾌적한 실내환경이 요구되고 있다. 이와같은 시대적 변화에 부응하여 극장, 강당, 공장, 체육관 등 대공간이나 지하공간에서의 실내환경 개선과 에너지절약을 위한 저속치환 공기조화 환기설비가 새로이 개발되었다. 저속치환 공기조화 환기설비의 특징은 실내부하의 특성에 따른 시스템의 채택과 기구의 선정으로 열쾌적도와 공기청정도를 만족시키고 동시에 에너지를 절감하여 실내환경을 개선 하는 데 그 특징이 있다.

저속치환 공기조화 환기설비 방식은 더운 공기는 찬 공기보다 가볍기 때문에 위로 올라가는 자연 대류의 법칙을 이용한 것으로서 깨끗하고 신선한 급기가 실내온도와 적은 온도차로 취출 속도 0.8m/s 이하의 저속으로 직접 해당 적용구역으로 공급되어 실내에서 발산되는 열과 오염 물질을 대류효과에 의해 상승시켜 윗부분에 설치한 배기구를 통하여 순환 또는 배출하는 방

식이다.

이 방식이 저속치환 공기조화 환기방식으로 설명되어지는 이유는 급기가 지상으로 부터 4m 이하의 높이에서 실내의 오염된 공기와 저속으로 치환되기 때문이다.

또한 이 환기방법을 국소환기라고도 하는 것은 건물 상층부의 공기에 대해서는 아무런 조치도 취하지 않기 때문이다.

저속치환 공기조화 환기방식의 사용목적은 실내의 열부하를 제거하는 경우와 또는 동시에 실내공기 청정도를 일정치 이하로 유지하는 데 있다. 저속치환 공기조화 환기방식을 사용하면 급기의 체적과 대류현상에 의하여 움직이는 공기의 체적이 구분되는 경계구역이 생기게 되는데 이것을 치환구역(shift zone)이라 한다.

따라서 저속치환 공기조화 환기방식에 있어서의 환기량산정은 이 치환 구역이 재실자의 거주역 위에 형성되도록 하여 거주역이 항상 깨끗하고 쾌적하게 유지되도록 하여야 한다.

다음 그림 1은 저속치환 공기조화 환기방식의 개요도이다.

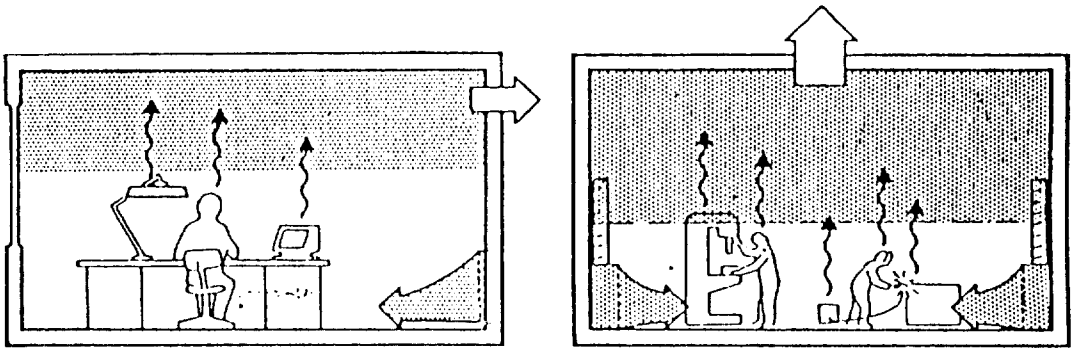


그림 1 지속치환 공기조화 환기방식의 개요도

## 2. 환기량 산정방법

지속치환 공기조화 환기방식의 적용범위는 다음과 같다.

첫째, 잉여열을 제거하고자 할 때

둘째, 잉여열과 공기중에 떠있는 불순물을 제거할 때

셋째, 공기중의 오염물질을 제거할 때

따라서 적용목적 및 대상에 따라서 환기량의 산정은 각각 다르며 그 방법은 각각 다음과 같다.

### 2.1 잉여열을 제거하고자 할 때

환기량 산정방식은 열원에 의한 열평형과 전체 열평형을 기초로 하고 있어서 공기조화에서의 풍량 산정과 같다. 즉 대류의 흐름이 잉여열만 제거하면 되는 것으로 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$Q = G \times \rho \times C_p (t_c - t_s) \dots\dots\dots (1)$$

Q : 냉난방부하[W]

G : 풍량[l/s]

ρ : 공기밀도 1.20kg/m<sup>3</sup>

C<sub>p</sub> : 정압비열 1.006kJ/kg · K

t<sub>c</sub> : 실내온도

t<sub>s</sub> : 급기온도

즉 환기에서의 냉난방부하는 풍량과 급기 및

배기의 온도차로부터 구할 수 있다.

그러나 여기서 일반방식과 차이가 나는 점이 있는데 그것은 배기온도의 결정이다. 왜냐하면 치환방식에서의 배기온도는 열부하 특성에 따른 영향을 구하기 전에는 어려울 뿐만 아니라 실내온도와 배기온도가 치환구역에 의한 경계층 형성 때문에 같지 않기 때문이다.

또한 치환방식에서의 적용제한 사항으로는 실내의 온도구배가 3℃/m이내 이어야 하고 계산에 의하여 구할 수 없는 사전정보 즉 열원의 표면온도와 열원의 높이 등이 요구된다는 점이다. 여기서 열원의 평균표면온도와 평균높이는 다음식에 의하여 구할 수 있다.

$$t_i = \frac{\sum \{t_r(i) \times \phi \text{ conv}(i)\}}{\sum \phi \text{ conv}(i)} \dots\dots\dots (2)$$

$$H_i = \frac{\sum \{H_1(i) \times \phi \text{ conv}(i)\}}{\sum \phi \text{ conv}(i)} \dots\dots\dots (3)$$

t<sub>i</sub> : 열원의 평균 표면온도

t<sub>r</sub>(i) : 각 열원의 표면온도

φ conv(i) : 각 열원의 대류효과

H<sub>i</sub> : 바닥으로부터 열원의 평균높이

H<sub>1</sub>(i) : 각 열원의 높이

급기와 배기의 온도차는 다음 표 1과 그림 2를 이용하여 구할 수 있다.

예를 들면 그림 2와 위 식 (2), 식 (3)을 이

표 1 급배기 온도차를 구하기 위한 자료

곡선형태	건물의 종류와 층고	권장급기온도	실내온도와 급기와의 차이	최대온도구배 °C/m
A	사무실 층고 < 3m	> 18	0.5~3	2.0
B	로비, 강당 층고 = 3~6m	> 16	1~3	3.0
C	공장 층고 > 6m	> 15	3~6	3.0

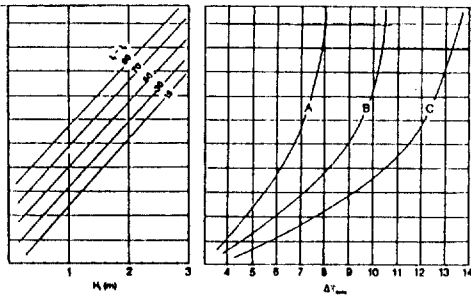


그림 2 급배기 온도차를 구하는 도표

(열원 높이, 표면온도, 실내온도차, 건물의 층고를 알 때)

- $t_s$  : 열원의 평균 표면온도
- $\Delta T_{calc}$  : 급배기 온도차
- $H_1$  : 바닥으로부터의 열원의 평균높이
- $T_r$  : 실내온도

용하여 다음과 같이 요구 풍량을 구할 수 있다.

- 전 열부하,  $\phi = 83kW$
- 바닥 면적,  $A = 900m^2$
- $\phi A = 92.2W/m^2$
- 열원 평균 표면온도,  $t_s = 55^\circ C$
- 실내온도,  $t_r = 20^\circ C$
- $t_s - t_r = 35^\circ C$
- 열원 평균 높이  $H_1 = 2.2m$
- 층고 5m, 강당, 곡선 B

그림 2로부터  $\Delta T_{calc} = 9.5K$ 가 된다. 따라서

$$q_v/A = \frac{92.2W/m^2}{12kg/m^3 \times 10KJ/kg \cdot K \times 9.5K} = 8.1 \ell/s \cdot m^2$$

그러므로 요구되는 풍량은 다음과 같다.

$$q_v = 8.1 \ell/s \cdot m^2 \times 900m^2 = 7,290 \ell/s$$

## 2.2 공기중에 떠있는 불순물과 잉여열을 제거할 때

불순물과 잉여열을 동시에 제거하고자 할 때의 급기온도는 반드시 실내온도 보다 낮아서 대류에 의하여 공기의 흐름을 자연적으로 유발하여야 한다.

특히 공기중에 있는 불순물을 제거하는데 중점을 두고 있다면 치환구역을 거주지역보다 높도록 풍량을 선정하여야 한다.

우선 치환구역과 같은 경계층 현상은 열원에 의하여 발생된 자연적인 대류의 흐름에 기인하므로 대류에 의하여 발생된 풍량은 다음식을 이용하여 구할 수 있다.

$$G = Q^{1/3} X^{5/3} \dots \dots \dots (4)$$

또는

$$X = \frac{G^{3/5}}{Q^{1/5}} \dots\dots\dots (5)$$

- G : 대류에 의한 흐름(ℓ/s)
- Q : 열부하로부터의 대류열(w)
- X : 열부하로부터의 거리(m)

열원 각각의 특성은 공간에 떠있는 불순물의 분산에 영향을 각각 미치는데 이러한 상관관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X = K \frac{G^{3/5}}{Q^{1/5}} \dots\dots\dots (6)$$

K : 열부하 특성에 따라 영향을 받는 상관계수

또한 열원의 특성은 대류의 흐름에도 영향을 미친다. 만약에 열원으로부터 받는 대류열이 같다면 높은 표면온도의 열원보다는 낮은 표면온도의 열원이 더 많은 대류의 흐름을 유발한다. 이것은 많은 면적의 열이 대류에 영향을 주기 때문이다. 또한 열원으로부터의 거리도 대류에 의한 풍량에 영향을 미친다. 식 (6)에서 X는 열원으로부터의 거리이다. 바닥면은 작업구역의 높이나 열원의 높이를 나타내기 위한 기준점(zero point)이다.

또한 X는 Z로 대체할 수 있다. 여기서 Z는 치환구역의 높이를 나타낸다. 상관계수 K는 측정에 의하여 구할 수 있다. 상관계수를 구하는 식은 열원의 표면온도와 실내온도와의 차이 그리고 열원의 높이로 구하여지는데 다음 식 (7)과 같다.

$$K = C_1 (t_r - t_i)^{C_2} + C_3 h \dots\dots\dots (7)$$

식 (7)을 식 (6)에 대입하고 정리하면 다음과 같다.

$$Z = \{C_1 (t_r - t_i)^{C_2} + C_3 h\} \frac{G^{3/5}}{Q^{1/5}} \dots\dots\dots (8)$$

- Z : 바닥으로부터 치환구역의 높이(m)
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> : 측정에서 얻어진 적용 변수
- t<sub>r</sub> : 열원의 표면온도, 열원의 평균표면온도 [°C]
- t<sub>i</sub> : 실내온도 [°C]
- h : 열원의 높이, 열원의 평균높이(m)
- G : 보충공기량(ℓ/s, m<sup>3</sup>)
- Q : 대류열(W/m<sup>2</sup>)

여기서 열원의 표면온도와 높이에 의한 효과를 얻기 위해서 식 (7)이 사용된다. 실험에 의한

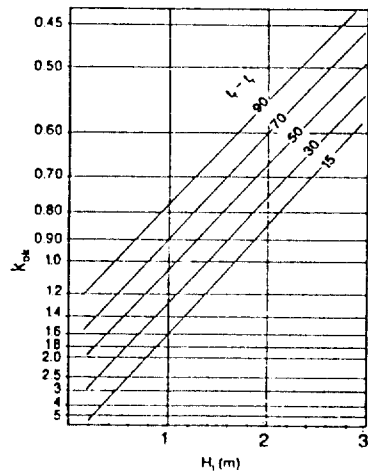
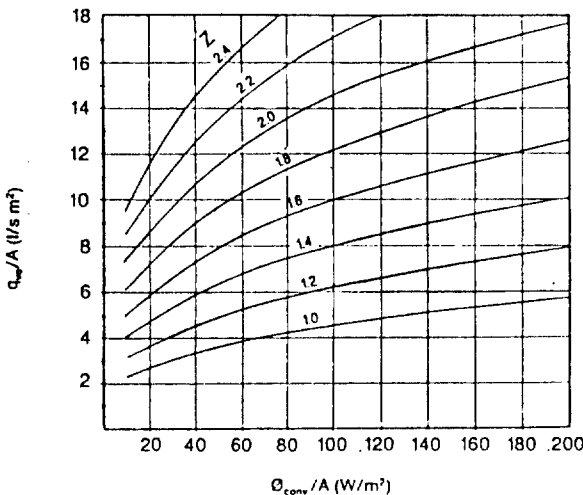


그림 3 치환구역을 정하는 도표

결과로서 얻어진 다음 도표들을 이용하면 쉽게 환기량을 산정할 수 있다.

- $\Phi_{conv}/A$  : 대류열 효과(W/m<sup>2</sup>)  
(열부하×0.5)
- $t_f$  : 열원의 평균 표면온도(°C)
- $t_r$  : 요구되는 실내온도(°C)
- $H_1$  : 열원 상부의 평균높이(m)
- $q_v/A, q_v/A$  : 단위면적당 풍량(ℓ/s, m<sup>2</sup>)
- $K_{ok}$  : 보정계수
- $Z$  : 치환구역 높이(m)

여기서 그림 3과 위에 언급한 식들을 이용하여 다음과 같이 풍량을 구할 수 있다.

- 전열부하,  $\phi=83kW$
- 대류효과,  $\Phi_{conv}=41.5kW$
- 바닥면적,  $A=900m^2$
- $\Phi_{conv}/A=46W/m^2$
- 열원평균표면온도,  $t_f=55^\circ C$
- 실내온도,  $t_r=20^\circ C$
- $t_f-t_r=35^\circ C$
- 열원평균높이  $H_1=2.2m$
- 요구되는 치환구역높이  $Z=2.0m$

그림 3으로부터

$$q_v=11\ell/s\ m^2 : K_{ok}=0.67$$

따라서  $q_v/A=11\ \ell/s\ m^2 \times 0.67=7.41\ell/s\ m^2$ 이 되므로 요구되는 풍량은 다음과 같다.

$$q_v=7.41\ \ell/s\ m^2 \times 900m^2=6,660\ell/s$$

### 2.3 공기중의 오염물질을 제거할 때

이 방법은 어느 일정높이에서 오염물질의 농도를 허용한도이내로 유지하고자 할 때 요구되는 풍량을 산정하기 위한 것으로서 치환구역이 반드시 거주역 위가 아니어도 된다. 이 방법은 또한 오염물질 농도계산과 성층효과를 고려한 것으로서 다음 식에 의해서 환기량이 구해진다.

$$C_c = \frac{m}{G} \times 10^3 + C_0 \dots\dots\dots (9)$$

- $C_c$  : 배기의 오염농도(mg/m<sup>2</sup> 또는 ppm)
- $m$  : 오염물질 발생량(mg/s 또는 cm<sup>3</sup>/s)
- $G$  : 풍량(ℓ/S)
- $C_0$  : 급기의 오염농도(mg/m<sup>3</sup> 또는 ppm)

일정높이에서의 오염농도는 치환구역의 높이와 농도구배에 달려있는데 이러한 것은 다음 식(10)과 그림 3을 이용하여 치환높이를 구할 수 있다.

$$C_h = \left(0.33 + \frac{h-z}{H_r}\right) (C_r - C_0) + C_0 \dots\dots\dots (10)$$

- $C_h$  : 높이  $h$ 와 풍량  $G$ 일 때의 농도(mg/m<sup>3</sup> 또는 ppm)
- $C_c$  : 배기오염농도(mg/m<sup>3</sup> 또는 ppm)
- 0.33: 치환지역을 규정짓는 농도
- $h$  : 지정높이(m)
- $h_r$  : 층고(m)
- $C_0$  : 급기오염농도(mg/m<sup>3</sup> 또는 ppm)

식(10)을 이용하여 환기량을 구해보면 다음과 같다.

예를 들면, 생산작업중에 무기질 먼지의 발생량이 100mg/s이라면 풍량 5,500ℓ/s일 때 배기구에서의 먼지의 농도  $C_c$ 는 아래와 같다.

$$C_c = \frac{100mg/s}{5,500\ell/s} \times 10^3 = 18.2mg/m^3$$

이 때 그림 3을 이용하여 풍량 5,500ℓ/s일 때의 치환구역의 높이를 구할 수 있다. 즉,

- $q_v=5,500\ell/s$
- $A=900m^2$
- $q_v/A=6.11\ \ell/s\ m^2$
- $C_c=18.2mg/m^3$

그림 3의 왼쪽 그래프를 이용하여 치환구역

Z를 구하면  $h_{500} = 1.7m$ 가 된다.

여기서 지상에서 2m이내의 먼지 농도를 구하려면 식 (10)을 이용하면 되므로

$$C_{20} = \left( 0.33 + \frac{2.0m - 1.7m}{5m} \right) + 18.2mg/m^3$$

$$= 7.1mg/m^3 \text{이 된다.}$$

환경기준에서 제시한 허용농도치보다 낮으므로 풍량  $5,500\ell/s$ 는 적용가능하다.

저속치환공기조화 방식에서 주의해야 할 사항은 계산에 의하여 구해진 풍량이라 하더라도 반드시 법령이나 규정 또는 ACGIH의 실내오염농도 허용한계치와 비교하여 만족할 수 있어야 한다. 또한 오염물질이 공기보다 무거운 경우에는 침강하게 된다. 미립자의 크기가  $10\mu m$ 보다 크거나 공기보다 무거운 가스는 이 치환방식에 의하여 완전하게 치환되지 않는다. 그러나 대부분  $10\mu m$  이하의 미립자나 공기보다 가벼운 가스가 인체에 유해하지만 이러한 미립자나 가스가 침강하는 곳에서의 치환방식은 회석원리도 작용한다.

이러한 경우에는 급기구의 위치가 가능한 한 바닥이나 바닥에 가깝게 설치되어야 한다.

### 2.4 미립자 크기와 침강속도

공기속에 있는 액체나 고체 등 에어로졸 미립자형의 모든 오염물질의 다양한 운동형태는 중력에 의한 낙하로부터 기인되며 이러한 미립자의 침강속도는 미립자의 크기에 달려있다. 따라서 저속치환공기조화 방식에서는 침강하는 미립자를 거주역 위로 밀어올리는 풍량을 산정하기 위하여 에어로졸 미립자의 침강속도를 알아야 한다. 표 2는 미립자의 크기에 따른 침강속도를 미립자의 농도가  $1g/cm^3$ 일 때를 기준하여 요구되는 풍량을 나타내고 있다.

표 3 가스  $1cm^3$ 에 있는 미립자 개수

$d_p(\mu m)$	$M_p 0.1(g/m^3)$	$M_p 1(g/m^3)$	$M_p 10(g/m^3)$	$M_p 100(g/m^3)$
0.1	$0.191 \times 10^9$	$0.91 \times 10^9$	$19.1 \times 10^9$	$191 \times 10^9$
1.0	$0.191 \times 10^6$	$0.91 \times 10^6$	$19.1 \times 10^6$	$191 \times 10^6$
10.0	$0.191 \times 10^3$	$0.91 \times 10^3$	$19.1 \times 10^3$	$191 \times 10^3$

표 2 미립자 크기에 따른 침강속도와 보상풍량

미립자 크기 ( $\mu m$ )	침강속도 (cm/s)	보상풍량 ( $\ell/s, m^3$ )
1.0	0.0035	0.035
2.0	0.013	0.13
5.0	0.077	0.77
10.0	0.3	3
20.0	1.2	12
50.0	7.2	72
100.0	25	250

표 2에 의하면, 공장내 보충요구풍량으로  $5 \sim 10\ell/s \cdot m^2$ 가 요구되었다고 본다면 미립자의 크기가  $5 \sim 10\mu m$ 보다 큰 미립자는 침강한다는 것을 알 수 있다. 가스의 단위부피당 입자상 물질의 양은 농도로 나타내며 가스  $m^3$ 당 입자상 물질은  $g$ 으로 표시된다. ( $g/m^3$  혹은  $mg/m^3$ ). 참고로, 입자상 물질의 질량  $m_p$ 와 가스의 부피  $V$ 로서 같은 직경  $d_p$ 를 지닌 집단 입자들에 대하여 다음과 같은 관계를 세울 수 있다.

$$\frac{M_p}{V} = \frac{V_p \rho_p n}{V} = \frac{d_p^3 \cdot \pi \cdot \rho_p \cdot n}{6V} \dots\dots\dots (11)$$

여기서  $V_p$ 는 한 입자의 부피이며,  $\rho_p$ 는 입자의 밀도  $n$ 은 입자의 개수이다. 식 (12)으로부터 가스  $V$ 에 포함되어 있는 입자의 수를 구할 수 있다.

$$\frac{n}{V} = \frac{m_p/V}{\rho_p \cdot d_p^3 \cdot \pi/6} \dots\dots\dots (12)$$

여러 상태에서  $\rho_p = 1g/cm^3$ 이라 할 때 가스  $1cm^3$ 에 있는 입자개수  $n$ 에 대해 다음과 같은 결과가 얻어졌다.

그림 6은 기술적인 중요성을 띤 입자상 물질의 여러 형태를 나타내고 있다. 입자의 직경은  $0.001\mu m$ 에서  $10,000\mu m$ 까지 다양하다.

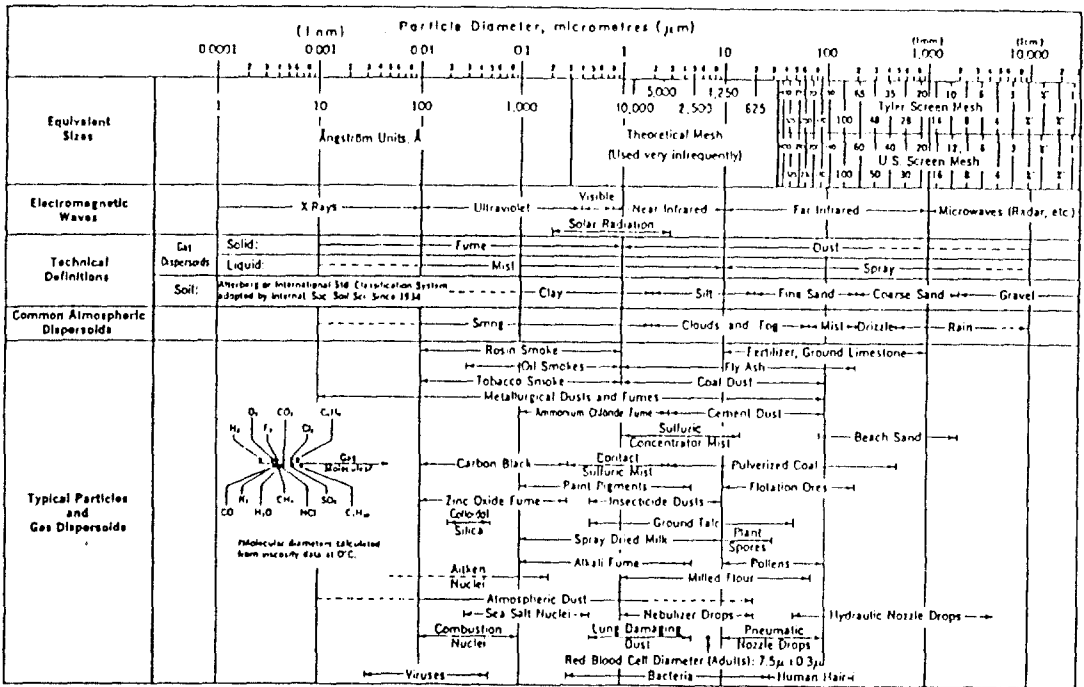


그림 6 미세입자의 종류와 크기

### 3. 설계자료

#### 3.1 설계 요령과 계산양식

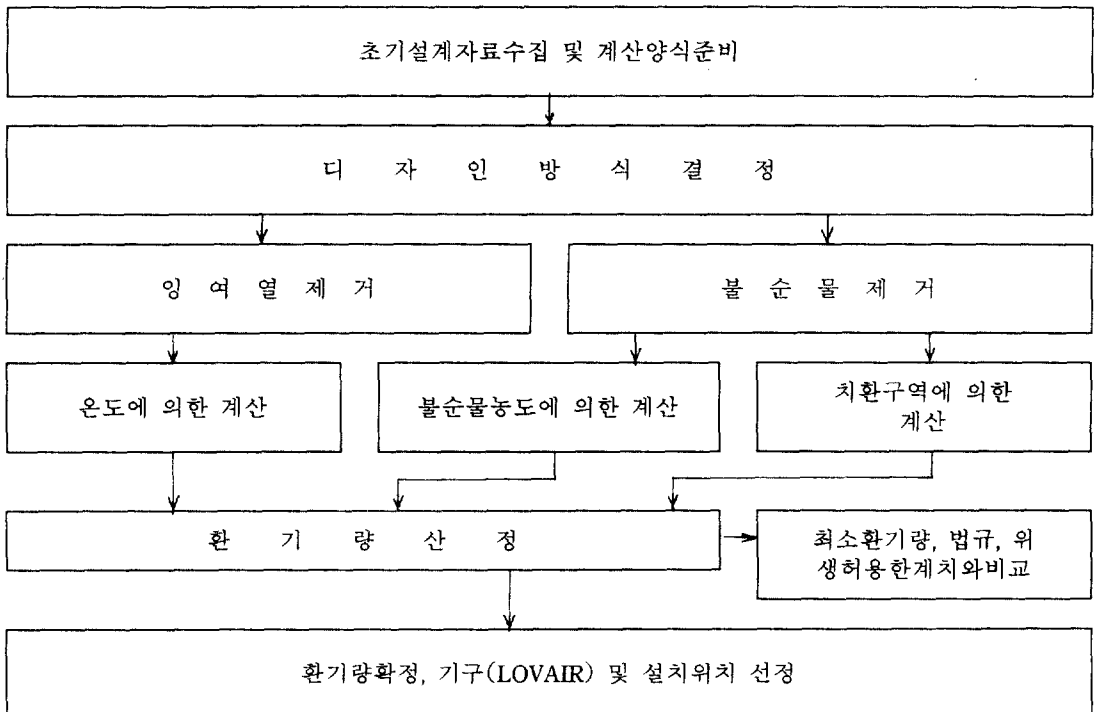


표 4

GUIDE TO HEAT LOAD VALUES					
Value as % of connection or total power	Thermal load %		Convection effect %	Surface temperature °C	Height m
<b>LIGHTING</b>	Below 3m Above 3m				
- Incandescent	100 %	80 %	20 %	70	position
- Fluorescent	100 %	50 %	50 %	70	height
<b>SOLAR HEAT GAIN</b>	40 %		40 %	40	0.8
	(of solar gain through glazing)				
	Total gain or connection power W	Convection effect W		Surface temperature °C	Height m
<b>PEOPLE</b>					
- sitting	100W	100W		35	1.2
- standing	120W	120W		35	1.7
<b>EQUIPMENT</b>					
- computer	120W	80W		40	1.2
- printer	50W	30W		35	1.0
- copier	450W	230W		45	1.0
- TV-set	120W	60W		40	actual
- Slide projector	200W	100W		50	1.0

3.2 설계사례

$$\text{식 1 } q_v/A = \frac{\phi/A}{\rho \times C_p \times \Delta T_{\text{calc}}}$$

3.2.1 설계사례 #1./섬유공장

일반사항 : 면적 1,100m<sup>2</sup>, 층고 6m, 체적 6,600 m<sup>3</sup>

요구사항 : 잉여열제거

설계조건 : 실내온도 20°C 유지

$q_{vA}$  : 단위면적당 풍량 [ℓ/s · m<sup>2</sup>]

$\phi_A$  : 열부하 (W/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 공기밀도 [1.2kg/m<sup>3</sup>]

$C_p$  : 정압비열 [1.0kJ/kg K]

$\Delta T_{\text{calc}}$  : 급배기 온도차 (°C)

열부하 측정결과

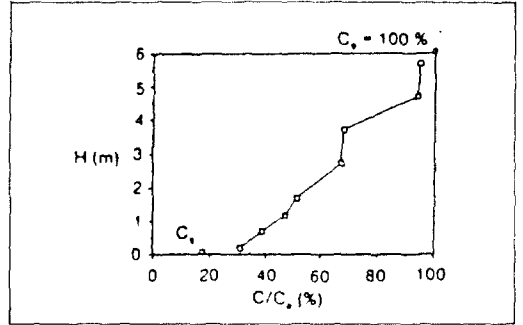
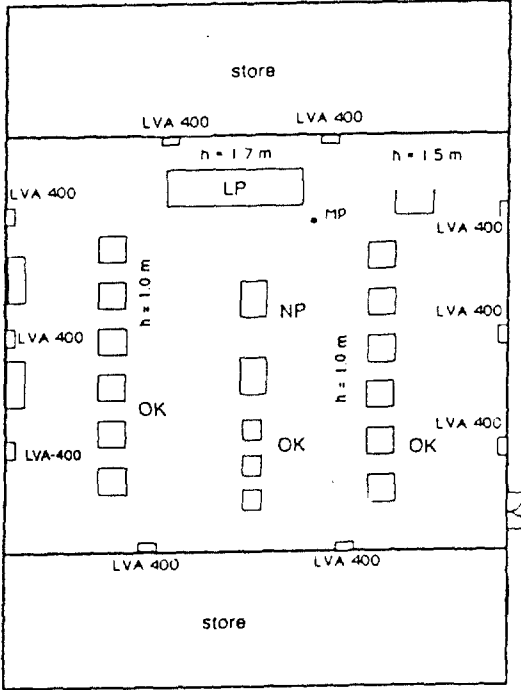
열원	수량×부하(kW)	대류효과(kW)	$t_i$ (°C)	$H_i$ (m)
고속재봉틀 (OK)	20×0.55=11.0	0.5×11=5.5	40	1.1
자수테이블 ( $N_p$ )	3×0.55=1.650	0.5×1.65=0.83	35	1.5
전등	25W/m <sup>2</sup> =27.5	0.5×27.5=13.8	70	3.0
제실인원	25×0.10=2.5	2.5	35	1.2
계	$\phi/A = 38.8\text{W/m}^2$	$\phi_{\text{conv}}/A = 20.5\text{W/m}^2$	63	2.3



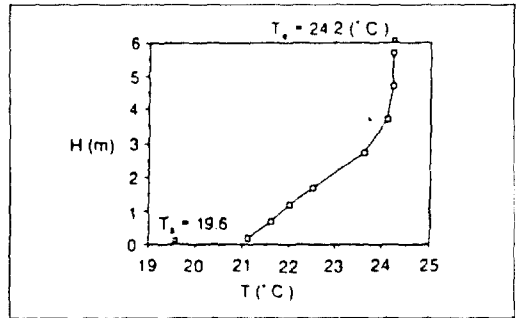
온도에 의한 계산적용

그림 2에서  $H_1 = 2.3m$ ,  $t_i - t_r = 38^\circ C$   
 B커브에서 온도 차  $\Delta T_{cak} = 10^\circ C$   
 유량식 1을 적용하면

단위면적당유량  $q_v/A = 3.23 \ell/s \cdot m^2$ 이 되고  
 전체 환기량  $q_v = 1,100m^2 \times 3.23 \ell/s \cdot m^2$   
 $= 3,553 \ell/s$ 가 된다.



a) 높이별 온염농도



b) 높이별 온도구배

3.2.2 설계사례 #2/세탁실

일반사항 : 면적 450m<sup>2</sup>, 층고 5m, 체적 2,250m<sup>3</sup>  
 요구사항 : 잉여열제거  
 설계조건 : 실내온도 20°C 유지

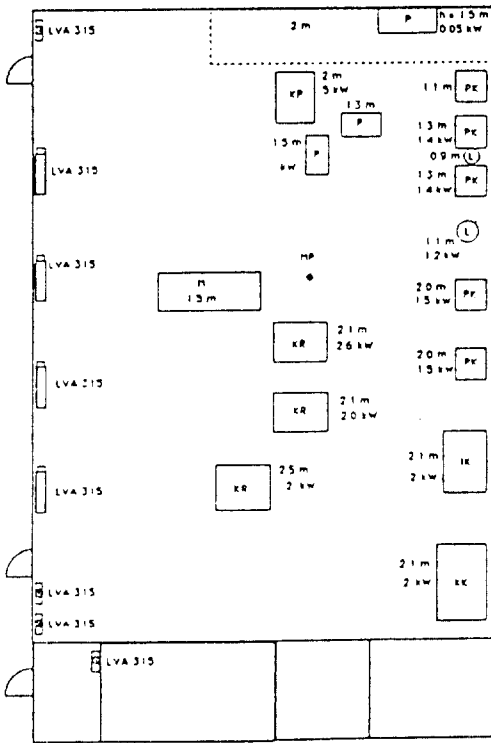
도표 1 단위면적당 풍량  $q_v/A = 3 \ell/s \cdot m^2$ 일 때

열부하 측정결과

열원	수량×부하(kW)	대류효과(kW)	$t_i$ (°C)	$H_1$ (m)
장비 pk1	$4 \times 1.5 = 6.0$	$0.5 \times 6.0 = 3.0$	90	1.3
장비 pk2	$2 \times 2.0 = 4.0$	$0.5 \times 4.0 = 2.0$	40	2.1
프레스 P	$1 \times 1.0 = 1.0$	$0.5 \times 1.0 = 0.5$	90	1.3
온수	14	14	120	1.5
사람	$5 \times 0.1 = 0.5$	0.5	35	1.2
전등 H	$8W/m^2 \times 450m^2 = 3.6kW$	$0.5 \times 3.6kW = 1.8kW$	70	4.0
합계	$Q/A = 64.7W/m^2$	$\phi_{conv}/A = 48.4W/m^2$	102	1.72

온도에 의한 계산적용

그림 2 :  $H_1=1.72m$ ,  $t_i-t_r=82^\circ C$   
 C커브에서 온도 차  $\Delta T_{calc}=12.5^\circ C$   
 유량식 1을 적용하면  $q_v/A=4.3\ell/s \cdot m^2$   
 전체 환기량  $q_v=450m^2 \times 4.3\ell/s \cdot m^2=1935\ell/s$



3.2.3 설계사례 #3/극장

일반사항 : 면적 285m<sup>2</sup>, 층고 7m, 체적 1,995m<sup>3</sup>  
 요구사항 : 이산화탄소 농도유지  
 설계조건 : 실내온도 20°C 이산화탄소 <1,000 ppm

열부하 측정결과

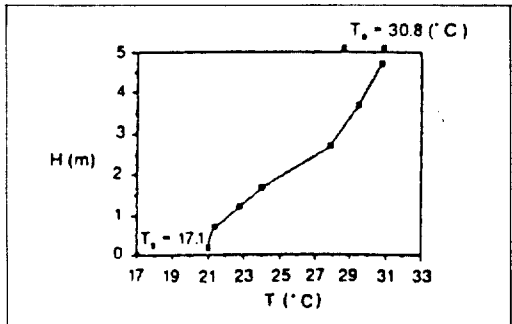
열원	수량×부하(kW)	대류효과(kW)	t <sub>i</sub> (°C)	H <sub>1</sub> (m)
사 램	540×0.1=54	1.0×54=54	35	1.2
전 등	15W/m <sup>2</sup> =4.3	0.5×4.3=2.2	70	5.0
합 계	φ/A=205W/m <sup>2</sup>	φconv/A=197W/m <sup>2</sup>	36	2.3

치환구역에 의한 계산적용

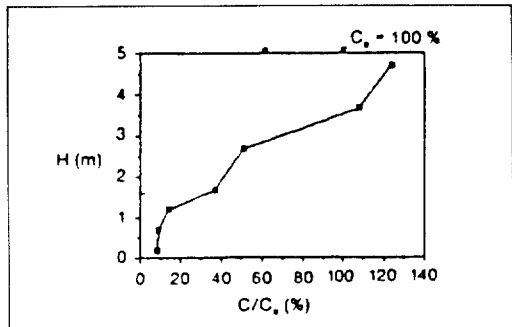
(여기서 치환구역 Z=2m로 한다.)

그림 3에서  $q_{vol}/A=11.5\ell/s \cdot m^2$ ,  $K_{ok}=0.62$ , 풍량  $q_v/A=7.1\ell/s \cdot m^2$ 이 되어 전체환기량  $q_v=3195\ell/s$ 가 된다.

따라서 여기서는 온도에 의한 환기량 계산방법에 의해 환기량을 산정한다.



a) 높이별 온도구배



b) 높이별 오염농도

도표 2 단위면적당 풍량  $q_v/A=4 \ell/s m^2$ 일 때

온도에 의한 계산적용

그림 2에서  $H_1=1.4m$ ,  $t_i-t_r=16^\circ C$   
 B커브에서 온도 차  $\Delta T_{calc}=10^\circ C$

유량식 1을 적용하면, 단위면적당 유량  $q_{vo}/A = 17.1\ell/s \cdot m^2$

전체 환기량  $q_v = 285m^2 \times 17.1\ell/s \cdot m^2 = 4,874\ell/s$

치환구역에 의한 계산적용

(여기서 치환구역  $Z=1.7m$ 로 한다.)

그림 3에서  $q_{vo}/A = 14\ell/s \cdot m^2$ ,  $K_{ak} = 1.2$ , 풍량  $q_v/A = 16.8\ell/s \cdot m^2$ 이 되어 전체환기량  $q_v = 285m^2 \times 16.8\ell/s \cdot m^2 = 4,788\ell/s$

불순물 농도에 의한 계산적용

일인당 이산화탄소 배출량은  $5.56cm^3/s$ 이고 외기의 이산화탄소 농도가 400ppm일 때 배기유량  $4,788\ell/s$ 에 함유된 이산화탄소의 농도는 식

(9)에 의해서 구해진다.

$$C_c = \frac{540 \times 5.56cm^3/s}{4,788\ell/s} \times 10^3 = 627ppm$$

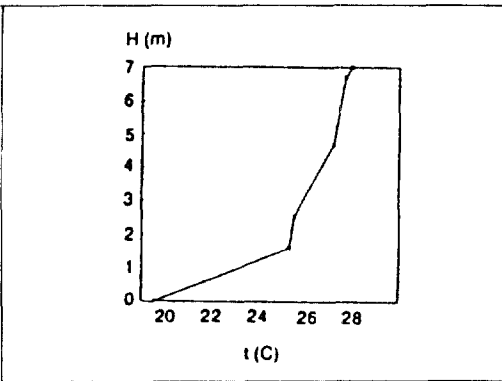
외기의 일산화탄소 농도를 위 결과치에 더하면 배기의 일산화탄소 농도를 알 수 있다.

$$C_c = 400 + 627 = 1,027ppm$$

또한 거주역 1.0m의 높이에서의 이산화탄소의 농도는 식 (10)을 이용하여 구할 수 있다.

$$C_{1.0} = \left(0.33 + \frac{1.0m - 1.7m}{7m}\right) \times 627ppm = 144ppm$$

높이에 따른 온도구배



높이에 따른 이산화탄소 농도구배

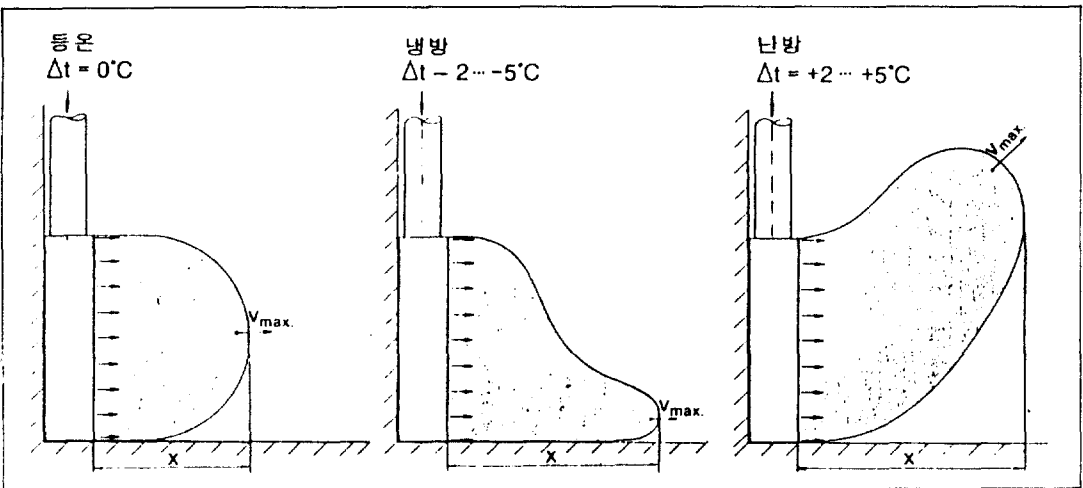
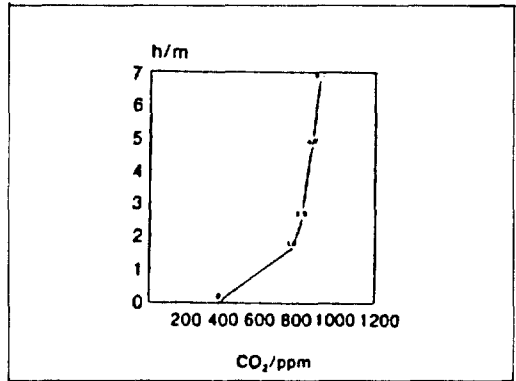


그림 7 실내공기와 급기와의 온도차에 의한 기류흐름

여기에 외기가 함유한 이산화탄소의 농도를 더하면 거주역 1.0m에서의 이산화탄소 농도가 구해진다.

$$C_{1.0} = 400 + 144 = 544\text{ppm}$$

#### 4. 결 론

이상으로 저속치환 공기조화 환기설비에 관하여 개요, 환기량 산정방법, 설계사례 등을 알아보았다.

저속치환 방식은 실내의 열부하를 제거하는 경우와 또한 동시에 실내공기 청정도를 일정치

이하로 유지하는 데 탁월한 효과를 나타내고 있으나 취출속도 0.8m/s 이하로 실내에 공급되는 관계로 다음과 같은 제한사항이 있다.

- 1) 정확한 풍량 산정과 풍량조정이 요구된다.
- 2) 실내온도와 급기와의 온도차를  $\pm 2\sim 5^{\circ}\text{C}$  이내로 해야 한다.
- 3) 저속치환 기구 전면부에 고른 공기흐름이 유도되어야 한다.
- 4) 구조물이나 작업조건에 의한 공기흐름 방해 요인이 없어야 한다.

끝으로, 본 내용이 IAQ 유지를 위한 연구 또는 설계자는 물론 시공 및 이용자들에게도 다소나마 도움이 되었으면 한다.