

## 공동주택 화장실의 급기구 및 배기팬 설치위치에 따른 환기효과에 관한 연구

### A Study on the Ventilation Effect by Various Location of Air Intake and Exhaust Fan of Bathroom in Apartment Housing

함진식  
Ham, Jin Sik

이광명  
Lee, Kwang Myung

#### Abstract

The mock-ups of ventilation system, which has been widely adopted for the bathroom with the area of 100 m<sup>2</sup> apartment housing, were established and tested to design mechanical ventilation for apartment housing bathroom where air supply exhaust are relatively important. These ventilation mock-ups were capable of controlling intake and exhaust, which has the size of supply openings as 40 cm×1 cm, 40 cm×3 cm, 40 cm×5 cm. They were established at five locations, spaced 40 cm from each other at a height of 25 cm from the floor. The exhaust fans were located at four corners and center of the ceiling. The results this ventilation effect measurement by different condition are showing that when the size of air supply is bigger and the location is lower, the effect of ventilation was relatively higher. In addition, as the distance between exhaust fan and air supply was farther, the ventilation effect were getting highly efficient.

Keywords : Intake, Exhaust Fan, Bathroom, Tracer Gas Method, Ventilation Effect

주요어 : 급기구, 배기팬, 화장실, 트레이서 가스법, 환기효과

## 1. 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

최근 건축기술의 발달과 토지 이용의 효율화라는 측면에서 20층 이상의 초고층 공동주택의 건설이 늘어나고 있는 실정이다.

그러나, 공동주택의 주거계획에 있어서는 기존의 중·고층의 건축개념을 벗어나지 못하고 있다.

특히 화장실의 경우, 구조 특성상 외기에 직접 면하는 경우가 적기 때문에 대부분의 경우 천정이나 벽면에 기계식 배기팬을 설치하고, 배기 덕트를 통하여 옥상의 벤틸레이터에 의한 강제 환기를 시키고 있는 것이 일반적인 환기 방법으로 이용되고 있다.

그러나, 같은 크기의 배기구나 배기팬을 설치하여도 그 설치위치에 따라서 환기경로가 달라지기 때문에 환기에 의한 오염물질의 배출성능은 상당히 달라질 것으로 예상된다.

따라서, 화장실 천정의 가장자리 4 모서리와 중앙부에 배기팬을 설치하고, 출입문에 급기구 5개소를 각각 설치하여 두 조건을 각기 다르게 조합하였을 경우의 환기효과를 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 측정하여 보다 효율 높은 화장실의 기계 환기 설계방법을 제시하고자 하였다.

## II. 실험 방법

### 1. 실험개요

급기구의 설치위치와 크기에 따른 환기효과를 파악하기 위하여 <그림 1>에서 보는 바와 같이 100 m<sup>2</sup> 규모로 건설된 공동주택 안방 화장실로 사용되고 있

\*대구대학교 건설환경공학부 교수 공학박사

\*\*대구대학교 대학원 박사과정, 겸임교수

이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

는 실물 크기의 환기량 측정용 모형을 대구대학교 건축 환경 실험실내에 제작 설치하였다.

배기팬을 I 위치에 설치하고, 급기구는 화장실 출입문에 바닥면 위 25 cm 높이와 40 cm 간격으로 5개소에 40 cm×1 cm, 40 cm×3 cm, 40 cm×5 cm의 3종류를 설치하여 배기팬의 풍량을 5단계로 변화시켜 환기효과를 측정하였다.

그러나, 화장실의 환기량은 급기구의 설치 위치뿐만 아니라 배기팬의 설치 위치에 따라서도 커다란 차이를 보일 것으로 판단되어 급기구의 위치와 크기를 변화시켜 환기효과를 측정하였다.

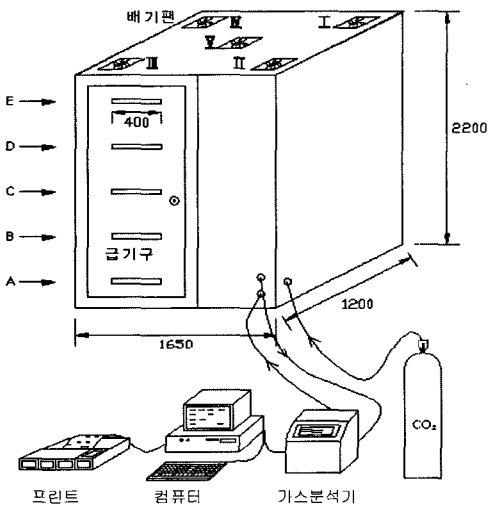


그림 1. 급기구 및 배기팬의 위치와 측정장비

2. 측정방법

Tracer Gas Method<sup>1,2,3,5,7)</sup>의 가스농도 감쇠법은 환기량을 측정하고자 하는 공간에 가스를 일정량 방출시켜, 공간 내부 전체에 가스 농도가 균일하게 확산되도록 선풍기 등으로 혼합한 후, 환기와 동시에 가스농도의 변화량을 측정하여 환기량을 추정하는 방법으로 농도변화를 나타내는 식 (1)과 같은 미분방정식을 일반방정식으로 풀 식 (2)에 의하여 환기회수를 구할 수 있다.

$$VdC = Mdt + CoQdt - CroQdt \quad (1)$$

$$= (M + CoQ - CroQ)dt$$

$$N = \frac{2.303}{t} \log \frac{Cro - Co}{Crt - Co} \quad (2)$$

Tracer Gas Method는 가스 농도를 측정하여 상식 식 (2)에 의하여 환기량을 산정하는 방식이기 때문에 측정된 가스농도에 오차가 발생하면, 산정된 환기량에도 오차가 발생할 수 있으므로 Full Scale 5,000 ppm의 ±2.5%의 오차 범위(125 ppm)를 가진 적외선식 가스분석기를 이용하였다.

환기량 실측을 위하여 <그림 1>에서 보는 바와 같이 환기모형 내부의 CO<sub>2</sub>의 평균농도를 측정하기 위하여 바닥위 10 cm 위치에 3개소, 바닥위 100 cm 위치에 3개소, 바닥위 190 cm 위치에 3개소 등 합계 9개소의 샘플링 포인트로부터 CO<sub>2</sub>의 평균적인 농도가 얻어질 수 있도록 하였다.

또한, 환기모형 내부에 CO<sub>2</sub> 농도가 약 4,500 ppm이 되도록 가스분배로부터 가스를 방출시키면서, 환기모형 내부에 설치한 선풍기로 실내 전체에 CO<sub>2</sub> 농도가 균등하게 확산되도록 잘 혼합하였다.

환기모형 내부의 CO<sub>2</sub> 농도가 약 4,500 ppm에 도달하면, 가스발생량을 멈추고, 선풍기의 회전을 정지시킨 후, 급기구 크기와 설치 위치 및 배기팬의 설치위치 조건에 따라 배기팬을 가동시키고 CO<sub>2</sub> 농도가 약 1,500 ppm 정도로 감소될 때까지 적외선 가스 분석기를 이용하여 CO<sub>2</sub> 농도를 연속 측정하였다.

샘플링 포인트로부터 CO<sub>2</sub>의 변화량을 연속적으로 채취하여 분석한 가스 농도의 데이터는 RS 232C의 인터페이스를 통해 기록용 컴퓨터에 연결하여 10초마다 프린트로 출력되도록 하였다.

<표 1>에 환기량 측정시 사용한 장비를 나타내었다.

표 1. 측정장비

측정장비	모델
CO <sub>2</sub> 가스분석기	SHIMADZU CGT-7000 적외선식
배기팬	만승전기 MV-15G 1.2 m <sup>3</sup> /분
컴퓨터	TRIGEM 286 COMPUTER
프린터	EPSON LQ1550H DOT PRINTER

급·배기조건에 따른 공동주택 화장실의 환기효율을 측정하기 위하여 <그림 1>에 나타난 바와 같이 출입문을 중심으로 배기팬의 위치를 후면의 우측을 I, 전면의 우측을 II, 전면의 좌측을 III, 후면의 좌측을 IV, 중앙을 V로 지정하였다.

또한, 급기구의 설치 위치는 출입문의 하단부터 상단으로 <표 2>에 나타난 바와 같이 A, B, C, D, E

표 2. 화장실의 급·배기 조건

배기팬 위치	급기구 위치	급기구 크기 (cm)
I	A	40×1 40×3 40×5
	B	40×1 40×3 40×5
	C	40×1 40×3 40×5
	D	40×1 40×3 40×5
	E	40×1 40×3 40×5
II	A	40×1 40×3 40×5
	B	40×1 40×3 40×5
	C	40×1 40×3 40×5
	D	40×1 40×3 40×5
	E	40×1 40×3 40×5
III	A	40×1 40×3 40×5
	B	40×1 40×3 40×5
	C	40×1 40×3 40×5
	D	40×1 40×3 40×5
	E	40×1 40×3 40×5
IV	A	40×1 40×3 40×5
	B	40×1 40×3 40×5
	C	40×1 40×3 40×5
	D	40×1 40×3 40×5
	E	40×1 40×3 40×5
V	A	40×1 40×3 40×5
	B	40×1 40×3 40×5
	C	40×1 40×3 40×5
	D	40×1 40×3 40×5
	E	40×1 40×3 40×5

5개소에 각각 설치하였으며, 각 개소마다 크기가 40 cm×1 cm, 40 cm×3 cm, 40 cm×5 cm인 3종류의 급기구를 설치하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

#### 1. CO<sub>2</sub>농도와 환기회수

배기팬의 설치위치를 I, 급기구의 설치위치를 A, 급기구의 크기를 40 cm×1 cm로 하였을 경우의 CO<sub>2</sub> 농도를 <그림 2>에 나타내었다.

초기농도 4,500 ppm에서 시작한 CO<sub>2</sub> 농도는 1분 경과 후 3,980 ppm으로 떨어졌으며, 5분 경과 후 2,280 ppm, 10분 경과 후 1,380 ppm으로 떨어지는 2차 곡선으로 나타났다.

<그림 2>와 같이 측정된 가스농도의 초기농도를 1로 표준화하고 종축을 상용로그를 취하여 <그림 3>

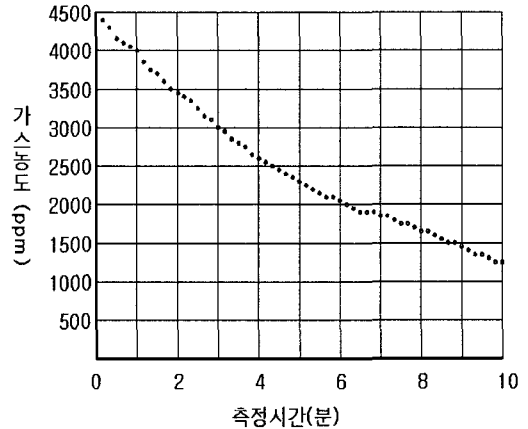


그림 2. CO<sub>2</sub> 농도 곡선 (배기팬위치 I, 급기구 위치 A, 급기구 크기 40×1)

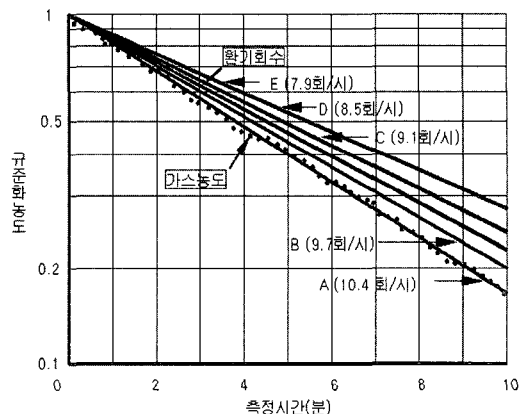


그림 3. 측정된 가스농도와 최소자승법에 의하여 산정한 환기회수

에 나타내었는데, 점선은 측정 경과 시간에 따른 가스농도의 변화를, 직선은 최소자승법에 의하여 산정한 환기회수를 의미한다.

식 (2)에 의하여 환기회수를 구할 경우, 외기농도와 초기농도 및 t시간 후의 가스 농도만 알면 환기회수를 구할 수 있으나, 환기회수 산정을 위해 선정한 두 시간대에 가스농도의 변화가 심할 경우 산정된 환기회수에 커다란 오차를 발생시킬 수도 있기 때문에 측정된 가스농도를 모두 이용하여 환기회수 산정오차가 가장 작을 것으로 판단되는 최소자승법에 의하여 환기회수를 산정하였다.

<그림 3>에서 알 수 있듯이 배기팬을 I의 위치에 설치하고, 급기구 크기를 40 cm×1 cm로 하였을 때, 급기구의 위치가 A일 경우의 환기회수는 10.4(회/시),

B일 경우 9.7(회/시), C일 경우 9.1(회/시), D일 경우 8.5(회/시), E일 경우 7.9(회/시)로 각각 나타났다.

같은 동력의 배기팬과 동일한 크기의 급기구를 설치하여도 급기구의 설치위치에 따라 환기회수가 크게 달라졌음을 알 수 있다.

급기구를 출입문의 하부에 설치한 A조건일 때 급기구를 상부에 설치한 E조건일 때보다 환기회수가 약 1.3배 정도 많은 것으로 측정되었다.

한편, <그림 3>에서 보는 바와 같이 각각의 급·배기 조건의 실험에서 초기농도가 다르다고 하더라도 초기농도일 때를 1로 표준화 하였기 때문에 기울기만으로 환기회수의 많고 적음을 알 수 있으며, 기울기가 큰 것이 환기회수가 많음을 의미한다.

2. 급기구 및 배기팬의 설치조건에 따른 환기량

1) 급기구 크기 및 설치위치에 따른 환기회수

<그림 4~6>에는 급기구 크기를 40 cm×1 cm, 40 cm×3 cm, 40 cm×5 cm로 변화시키고, 급기구의 설치위치를 A, B, C, D, E로 하였을 경우에 배기팬의 설치위치를 I, II, III, IV, V로 각각 변경하여 설치하였을 경우의 환기회수를 나타내었다.

급기구의 크기가 가장 작은 40 cm×1 cm로 설치한 <그림 4>에 의하면, 급기구의 위치가 제일 하단부인 A위치이고, 배기팬의 위치가 후면 우측부분인 I에 설치하였을 경우의 환기회수가 10.4(회/시)로 가장 많고, A-V일 때 9.4(회/시), A-IV일 때 9.0(회/시), A-II일 때 9.0(회/시)로 나타났으며, 급기구와 배기팬의 설치위치가 가장 가까운 A-III 조건 일 때의 환기회수는 8.4(회/시)로 가장 적게 나타났다.

<그림 4~6>에서 알 수 있듯이 급기구의 크기가 40 cm×5 cm이고, 설치위치가 출입문의 하부인 A 조건일 경우가 배기팬의 설치위치에 관계없이 환기성능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

또한, 배기팬의 경우는 I의 위치일 때가 어느 위치에 급기구를 설치하여도 환기회수가 가장 많은 것으로 나타났다.

한편, 급기구 크기의 변화에서는 급기구 크기가 큰 것이 환기성능이 우수한 것으로 나타났으며, 배기팬의 설치위치에 무관하게 급기구의 설치위치가 A일 경우에 환기회수가 가장 많으며, E일 경우가 가장 적은 것으로 나타났다.

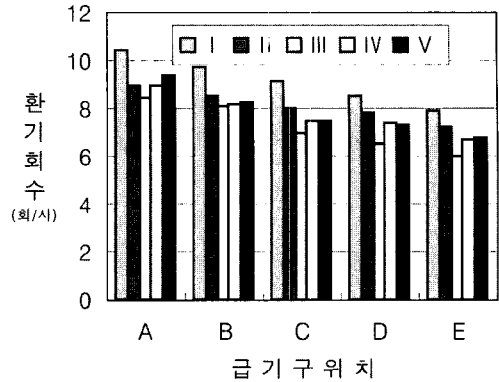


그림 4. 급기구 40 cm×1 cm일 때의 환기회수

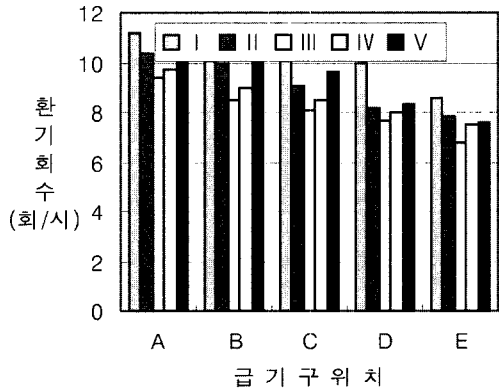


그림 5. 급기구 40 cm×1 cm일 때의 환기회수

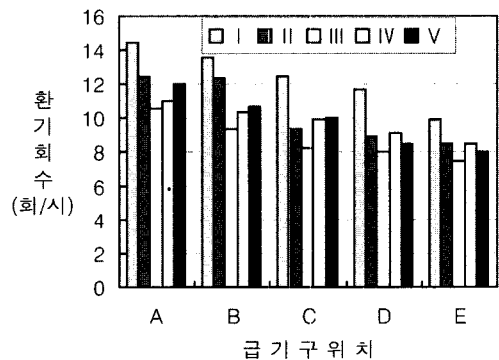


그림 6. 급기구 40 cm×5 cm일 때의 환기회수

2) 배기팬 설치위치에 따른 환기효율

<그림 7>에 급기구 설치위치 중에서 환기효율이 가장 우수한 A위치에서 급기구 크기별로 배기팬의 설치위치에 따른 환기효율을 나타내었다. 배기팬 설치위치 중, 환기효율이 가장 저조한 III번 위치가 기

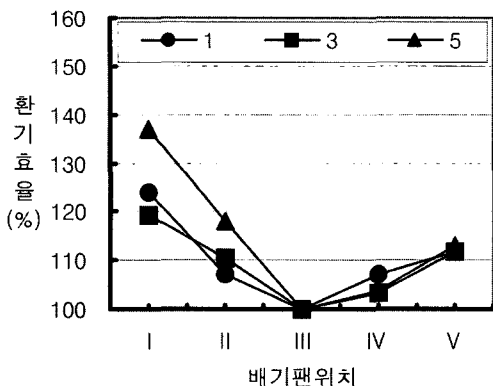


그림 7. 배기팬 위치별 환기효율 (급기구 위치 A)

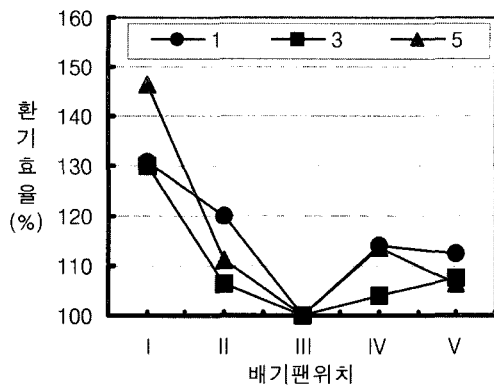


그림 10. 배기팬 위치별 환기효율 (급기구 위치 D)

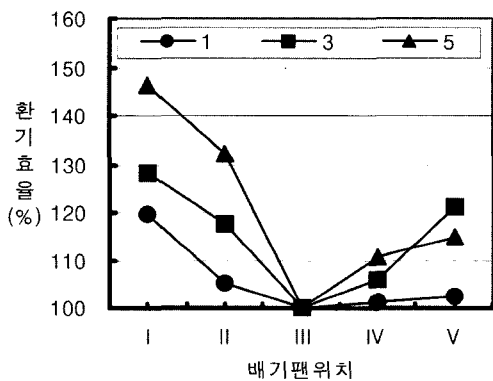


그림 8. 배기팬 위치별 환기효율 (급기구 위치 B)

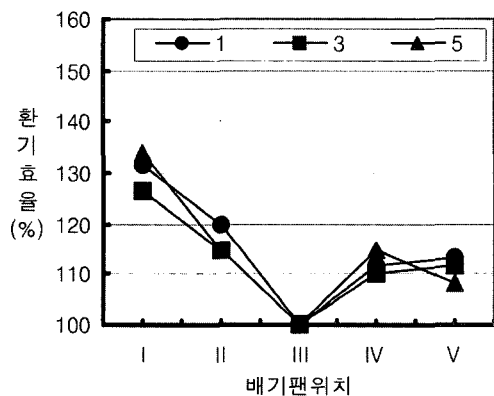


그림 11. 배기팬 위치별 환기효율 (급기구 위치 E)

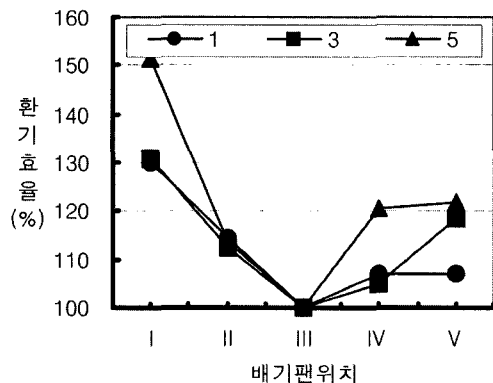


그림 9. 배기팬 위치별 환기효율 (급기구 위치 C)

준인데, 급기구의 크기에 따라 약간의 차이는 있으나, 급기구로부터 거리가 먼 I, II번 위치가 IV, V번 위치보다도 환기효율이 우수한 것으로 나타났다. 그림 중 범례의 1, 3, 5는 급기구의 세로방향 크기를 의미한다.

급기구의 크기가 40 cm×5 cm(▲)일 때, 배기팬 설

치위치 III에 비하여 I번 위치가 138% 환기효율이 우수하며, II번 위치는 129%우수하고, IV번 위치는 104%, V번 위치는 111%환기효율이 우수한 것으로 나타났다.

한편, 이와 같이 배기팬 설치 위치 중 환기효율이 가장 저조한 III번 설치위치에 비하여 다소의 차이는 있으나 <그림 8~11>에서도 급기구로부터 배기팬의 설치 위치가 멀어질수록 환기효율이 우수한 것으로 나타났다.

### 3) 급기구 위치에 따른 환기효율

<그림 12~16>에 배기팬 설치위치별로 급기구 설치위치와 급기구 크기에 따른 환기효율을 나타내었다.

<그림 12>에 배기팬을 I번 위치에 설치한 경우에 측정한 환기효율을 나타내었는데, 급기구 설치위치가 E→D→C→B→A순으로 배기팬에서 멀어질수록, 즉, 급기구가 하부에 위치할수록 환기효율이 높아지는 것으로 나타났다. 급기구의 크기가 40 cm×5 cm 일 경

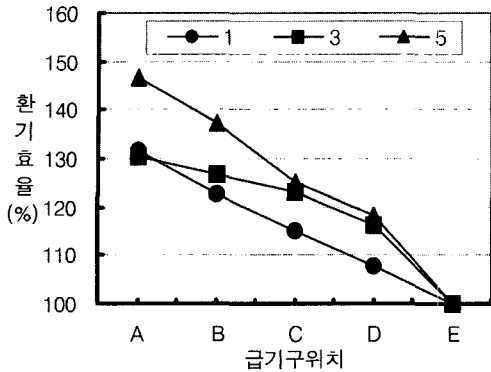


그림 12. 급기구 위치별 환기효율 (배기팬 위치 I)

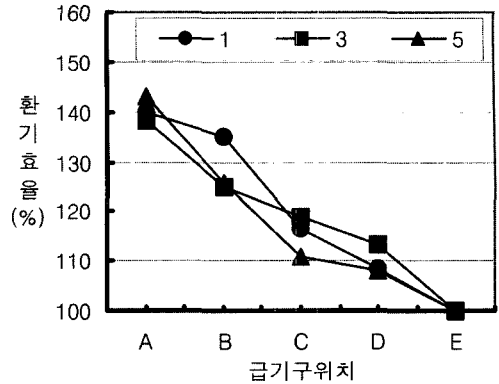


그림 14. 급기구 위치별 환기효율 (배기팬 위치 III)

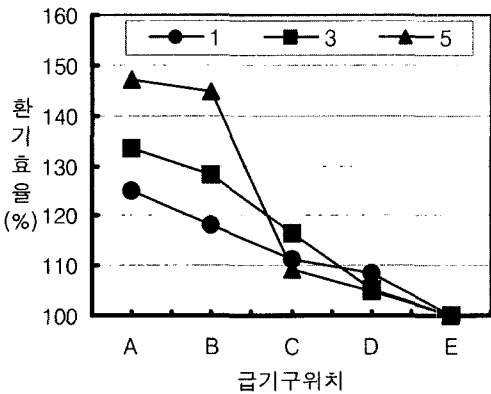


그림 13. 급기구 위치별 환기효율 (배기팬 위치 II)

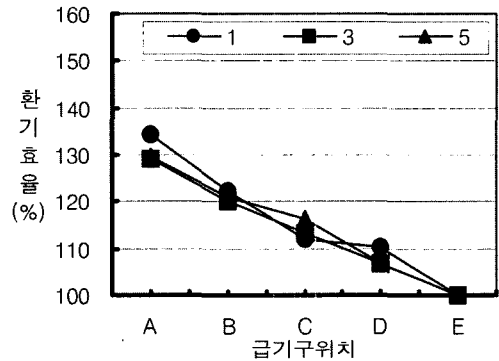


그림 15. 급기구 위치별 환기효율 (배기팬 위치 IV)

우 급기구 설치위치 E에 비하여 D에 급기구를 설치 하였을 경우 환기효율이 119%로 우수한 정도이며, C에 설치하였을 경우 126%, B에 급기구를 설치하였을 경우 137%, A에 급기구를 설치하였을 경우 148%정도 환기효율이 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같이 급기구 크기에 관계없이 급기구가 하부에 위치할수록 환기효율이 높아지며, 이와 같은 양상은 배기팬의 설치 위치를 달리한 <그림 13~16>에서도 비슷하게 나타났다.

상기 <그림 12~16>에 의하면, 같은 동력의 배기팬이라고 하더라도 급기구의 위치가 출입구의 하부인 A에 위치하고, 급기구의 크기가 클수록 환기회수가 많아짐을 알 수 있다.

이와 같이 A-I 조건일 경우의 환기회수가 가장 큰 것은 급기구로부터 배기팬까지의 환기경로가 다른 급·배기조건들에 비하여 길기 때문에 급기구로부터 유입한 신선한 외기가 화장실 내부에서 오염물질을 배출하는 공기의 비율이 높기 때문인 것으로 추정된다.

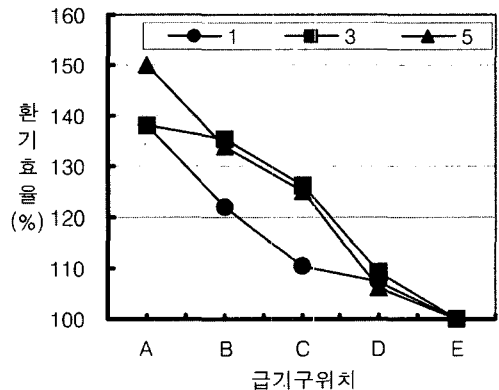


그림 16. 급기구 위치별 환기효율 (배기팬 위치 V)

또한, 급·배기조건 A-III의 경우가 가장 환기회수가 적은 것은 급기구에서 배기팬까지의 환기경로가 가장 짧기 때문에 급기구로부터 유입한 신선한 외기가 오염물질을 배출시키는데 역할하는 공기의 비율이 낮기 때문인 것으로 판단된다.

표 3에는 전체 측정 조건에 있어서의 환기회수를

표 3. 급기구 및 배기팬 설치 위치별 환기회수

배기팬 위치	급기구 크기(cm)	급기구 위치별 환기회수(회/시)				
		A	B	C	D	E
I	40x1	10.4	9.7	9.1	8.5	7.9
	40x3	11.2	10.9	10.6	10.0	8.6
	40x5	<b>14.5</b>	<b>13.6</b>	<b>12.4</b>	<b>11.7</b>	<b>9.9</b>
II	40x1	9.0	8.5	8.0	7.8	7.2
	40x3	10.4	10.0	9.1	8.2	7.8
	40x5	12.5	12.3	9.3	8.9	8.5
III	40x1	8.4	8.1	7.0	6.5	6.0
	40x3	9.4	8.5	8.1	7.7	6.8
	40x5	10.6	9.3	8.2	8.0	7.4
IV	40x1	9.0	8.2	7.5	7.4	6.7
	40x3	9.7	9.0	8.5	8.0	7.5
	40x5	11.0	10.3	9.9	9.1	8.5
V	40x1	9.4	8.3	7.5	7.3	6.8
	40x3	10.5	10.3	9.6	8.3	7.6
	40x5	12.0	10.7	10.0	8.5	8.0

나타내었는데, 급기구크기 40 cmx1 cm, 급기구의 설치위치 A, B, C, D, E일 때, 각각의 환기회수는 10.4(회/시), 9.7(회/시), 9.1(회/시), 8.5(회/시), 7.9(회/시)회로 급기구가 상부에 위치할수록 환기효율이 떨어지는 것으로 나타나 급기구의 설치위치가 환기효과에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

그리고, 환기효과가 가장 우수한 배기팬의 설치 위치는 출입문을 중심으로 환기경로가 가장 긴 천정의 우측 후면인 I의 위치로 나타났으며, 배기팬 설치위치 I과 급기구 설치위치 A로 조합하여 환기시스템을 가동할 경우에 환기효과가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 급기구의 크기가 가장 큰 40 cmx5 cm으로

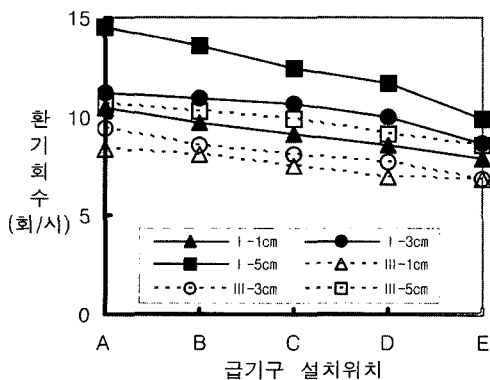


그림 17. 급기구와 배기팬 설치조건에 따른 환기회수

하였을 때가 신선한 공기의 유입량이 많아 환기효과도 가장 우수한 것으로 측정되었다.

한편, 배기팬 설치위치 III은 급기구 설치위치의 어느 조건에서도 환기효과가 가장 나쁜 것으로 나타났는데, 이는 급기구와 배기팬의 환기경로가 가장 짧기 때문인 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

대구대학교 건축 환경 실험실내에 급배기조건을 변화시킬 수 있는 화장실 기계 환기 시스템을 제작 설치하여 Tracer Gas Method의 가스농도 감쇠법으로 환기효과를 측정된 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 급기구의 크기를 가장 크게 설치한 경우의 환기회수가 가장 많은 것으로 나타났는데, 이는 급기구로부터 신선 공기의 유입량이 상대적으로 많아졌기 때문인 것으로 사료된다.

② 급기구의 설치위치와 크기 및 배기팬의 설치 위치에 따라 환기성능은 크게 다르게 나타났다. 급기구의 설치위치를 화장실 출입문의 하부에 설치하는 것이 환기효과가 가장 효과적이었는데, 이는 신선외기가 급기구 하부에서 유입되어 실내의 오염물질을 배출시키면서 배기구로 빠져나가는 환기에 유효한 경로가 길어지기 때문인 것으로 판단된다.

③ 배기팬의 설치위치에 따라 환기효율이 다르게 나타났는데, 동일한 조건의 풍량으로 배기팬을 가동하였을 경우에 배기팬의 설치 위치는 화장실 출입문의 급기구에서 환기경로가 가장 긴 위치에 설치하는 것이 가장 짧은 위치에 설치하는 것에 비하여 약 2.7배 정도 환기효과가 우수한 것으로 나타났다.

이상에서, 환기효율은 급기구의 크기가 크고, 급기구의 설치 위치가 하부에 위치하며, 배기팬의 설치 위치와 급기구의 설치 위치의 거리가 먼 것일수록 급기구로부터 유입된 신선한 외기에 의하여 환기되는 효율이 높은 것으로 나타났다. 이는 급기구의 설치 위치와 크기 및 배기팬의 설치 위치 등의 조건이 환기효율에 중요하게 작용함을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 함진식(2001), 공동주택 화장실의 기계환기시스템에 관한 연구, 한국주거학회지 제12권 3호. 141-148.

2. 함진식(1998), 급·배기 성능을 고려한 공동주택의 환기설계에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제14권 제11호 통권 제121호. 387-393.
3. 함진식(1999), 초고층 공동주택에서의 환기량 실측에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제15권 제3호 통권 제125호. 135-140.
4. 日本規格協會(1974)屋內換氣量測定方法(炭酸ガス法) JIS A 1406.
5. 咸鎮植(1988), 트레-사-가스法による換氣量算定精度に関する研究, 오사카대학 대학원 박사학위논문.
6. 함진식(1996), 건축공학을 위한 컴퓨터 프로그래밍, 보성각.
7. 함진식(1993), 트레이서 가스법에 의한 환기량 산정법의 정도에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 9권 12호 통권 제62호. 71-79.
8. 岸根卓郎(1974), 理論·應用統計學, 養賢堂.

(接受: 2004. 7. 9)