

실내 유해가스 제거효율 향상을 위한 환기성능에 관한 실험적 연구 An Experimental Study on the Ventilation Performance to Enhance Removal Efficiency of Indoor Hamful Gases

구재현[†]

Jae-Hyun Ku[†]

한국소방산업기술원 소방산업기술연구소
(2009. 8. 18. 접수/2009. 10. 9. 채택)

요 약

본 연구의 목적은 실내 유해가스의 제거효율 향상을 위하여 기계 환기시스템의 환기성능을 분석하는 것이다. 환기성능은 ASTM E741-83 기준에 의거하여 체강법을 사용하여 평가하였다. 추적가스(CO₂) 기법을 사용하여 환기율과 급기/배기구 위치에 따른 환기성능이 평가되었다. 결과적으로 CO₂ 농도는 환기율 증가에 따라 지수적으로 감소하며 환기농도가 증가함을 파악하였다. 2종 환기방식 시스템의 환기성능이 1종 환기방식 또는 3종 환기방식 보다 더 우수하였다. 환경공조챔버에서 자연감쇠의 경우와 비교하여 급기량 570Lpm에서 1시간 후에 재실자가 없는 경우의 환기성능은 55%까지 증가하였고 1인 재실자가 있는 경우의 환기성능은 25%까지 증가하였다. 사무실에서 급기량 570Lpm인 경우 환기성능은 자연감쇠와 비교하여 15% 이상 크게 나타났다.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the ventilation performance of mechanical ventilation systems to enhance removal efficiency of indoor hamful gases. The ventilation performance is evaluated using a step-down method based on ASTM Standard E741-83. The ventilation performance is evaluated as a function of the ventilation rate and supply/extract locations using a tracer gas (CO₂) technique. As a result, the CO₂ concentration as a function of time is decayed exponentially and the ventilation performance is found to increase with increased the ventilation rate. The ventilation performance of the second type ventilation system is better than that of the first type or the third type. The ventilation performance without human occupancy increases up to 55% and the ventilation performance with one person increases up to 25% at the supply air of 570Lpm comparing with a natural reduction after one hour in the test chamber. The ventilation performance is better than 15% comparing with natural decay at the supply of 570Lpm in an office room.

Key words : Hamful gases, Removal efficiency, Ventilation performance, Tracer gas

1. 서 론

산업의 발전과 함께 대기오염이 심각해짐에 따라서 실내 공기 오염의 문제가 크게 대두되고 있다. 특히 실내에서 생활하는 시간이 길어지고 각종 사무 자동화로 인한 실내오염원의 다양화, 에너지 절약을 위한 건물의 기밀화 등에 의해 실내공기의 중요성은 더욱 증가하고 있다.¹⁾ 실내공기 오염물질의 증가 요인은 실외 오

염물질의 유입과 실내에서 발생하는 연소가스(CO, NO₂), 담배연기, 미생물성 물질(Microorganism), 휘발성 유기 화합물(VOCs), 기타(악취, 소음, 전리방사선, 비전리방사선) 등이 있으며, 저하요인으로는 신선 외기의 공급과 순환풍량, 공기정화설비 등이 있다. 이러한 실내 오염물질이 거주자의 쾌적도 저하 및 건강질환에 미치는 영향은 크다. 따라서, 실내 공기오염에 대한 제어방안으로 실내 공기오염의 발생원을 제거 또는 대체, 개선, 환기, 공기청정기 등에 의한 공기청정 등이 제안되고 있다. 환기는 실내공기 오염 제어방법 중 가장 중요한 사

[†]E-mail: kujhhh@empal.com

향으로 미국에서는 건물내 환기시설이 총 에너지 소비의 50~60%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히 학교, 병원, 실험실, 일반주택은 건물 특성에 적합한 성능의 환기장치가 요구되고 있다.²⁾ 실내 환기방식은 자연의 힘을 이용하는 방법과 기계적 힘을 이용하는 두 가지의 방법으로 분류된다. 실내에서는 외기와의 온도차에 따라 공기의 비중량이 달라지므로 공기의 유출입이 생길 수 있으며 바람의 영향에 의해서도 환기가 될 수 있다. 그러나 자연환기만으로는 언제나 안정된 환기량을 얻을 수 없으므로 송풍기를 이용한 기계적 힘에 의하여 적절한 환기를 확보하는 경우가 많다.³⁾

따라서 실내에 거주하는 재실자에게 신선 외기를 공급하고 실내에서 발생하는 유해가스를 효과적으로 제거하기 위해서 많이 사용하고 있는 방법으로 환기횟수에 의한 기계환기(Mechanical Ventilation) 방법이 있다. 그러나 실내 유해가스 제거효율을 향상시켜 공기질을 쾌적하게 만들기 위해서 환기횟수 증가 이외에 급·배기구 위치, 급기량, 재실자 등이 실내 환기효율에 영향을 주고 있으므로 이에대한 충분한 연구가 필요하다.

이러한 환기설비에 의한 환기가 실제로 실내에서 발생된 오염물의 희석 및 제거에 나타내는 효율은 환기방식(1종/2종/3종)이나 환기량, 급배기구의 상대적 위치, 실내 거주자의 활동 등에 의해 크게 영향을 받는다. 특히 1/2/3종의 환기방식은 기계환기방식의 대표적인 방식으로 여러 목적에 따라 구분되어 사용되어 진다.

환기효율 개념을 본격적으로 도입한 것은 스웨덴의 Sandberg 교수(1983) 연구팀에 의한 것으로 환기효율이 상대효율, 절대효율, 정상상태효율, 비정상상태효율 등 여러 가지 형태의 환기효율을 체계적으로 정리하였으며 공기연령의 개념을 이용한 환기효율을 제안하였다.⁴⁾ 한화택(1992)은 실내기류 해석결과로부터 수치해석적으로 국부 농도감소율과 국소 평균연령을 정량적으로 구하는 방법을 제시하였다.⁵⁾ ASHRAE(1997)에서는 적절한 실내공기질을 유지하기 위한 각 오염물질의 농도한계를 제시하는 방법과 최소환기량을 제시하는 두가지 방법에 관하여 설명하고 있다.⁶⁾ 이러한 선행연구 위에서 각종 변수에 따른 환기효율에 대한 정량적인 데이터베이스가 부족한 실정이다.

화재시 연기를 제어하는 제연시스템의 설치목적은 화재 초기단계에서 화재가 진행되는 동안 연기의 위험으로부터 거주자가 실내에서 출발하여 위험으로부터 안전하게 피난층에 도착할 수 있도록 하는 것이다.⁷⁾ 이러한 제연방식은 여러 가지가 있으나 소방방상 주요하게 쓰이는 방식이 기계적 제연방식이며 제연을 위한 방식에는 크게 밀폐제연방식, 자연제연방식, 스모크타

위제연방식, 기계제연방식으로 나눌 수 있다. 특히 기계제연방식은 제1종방식(기계급기/기계배연), 제2종방식(기계급기/자연배연), 제3종방식(자연급기/기계배연)으로 분류되며 화재시 발생하는 연기를 쉽게 상향으로 유도하기 위하여 배연기가 주로 상향에 위치하고 있다. 그리고 기계제연방식은 송풍기 이용방법에 따라 3가지 방식으로 분류하는 기계환기방식과 유사하며, 또한 실내 최적 배연량 산정을 위하여 기계적으로 풍량과 풍속을 제어하여⁸⁾ 공기중에 포함되어 있는 유해가스, 연기 등을 외부로 제거하는 제연 유동 메카니즘이 환기 유동 메카니즘과 유사하다. 그러나 기계제연시스템의 효율향상을 위하여 급/배기구 위치, 유량, 유속, 유동패턴 등 각종 변수에 따른 정량적인 설계 데이터베이스가 미흡한 실정이다.

본 연구는 쾌적한 공기질을 유지하기 위하여 모형실, 환경공조챔버 및 실공간에서 유해가스 제거효율 향상을 통한 환기성능에 관한 실험적 연구이다. 모형실에서 단순화된 소형 환기모형실을 제작하여 1/2/3종의 환기방식에 따른 환기특성에 대하여 급배기 위치 및 환기량을 변수로 하여 환기성능을 실험적으로 분석하였다. 이와 함께 환경공조챔버 및 실공간에서 환기량 및 재실자 유무에 따른 환기성능을 측정하여 자연감쇠에 의한 환기성능과 비교, 분석하였다. 또한 본 연구결과는 기계제연시스템의 효율 향상을 위한 기초 설계자료로 활용되기를 기대한다.

2. 환기방식별 적용 특성

송풍기나 배풍기를 이용해 강제적으로 외기를 실내로 받아들이고 오염공기를 실외로 배출하는 환기방법을 기계환기 또는 강제환기라고 한다. 기계환기는 환기량 제어 및 공기여과기를 이용한 공기 청정화 등 많은 장점이 있기 때문에 환기시스템에 많이 이용되고 있는 방법이다.

Figure 1은 대표적인 기계환기법을 나타내고 있으며, 송풍기의 이용방법에 따라 제1종 환기법(Type 1), 제2종 환기법(Type 2), 제3종 환기법(Type 3)으로 분류할 수 있다.

제1종 환기법은 송풍기와 배풍기를 병용하는 방법으로 급기량과 배기량의 조절에 의해 실내 기압을 바깥 기압에 대해 정압(플러스 압)으로 또는 부압(마이너스 압)으로 유지할 수 있는 큰 장점이 있으며 일반적인 환기방법으로 많이 사용하고 있다.

제2종 환기법은 송풍기에 의해 실내로 외기를 공급하여 배기구에서 자연배기로 밀어내는 방식이다. 이 방

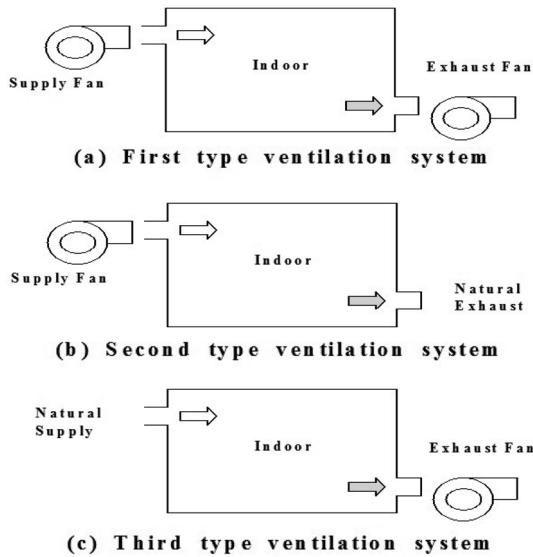


Figure 1. Three type mechanical ventilation systems.

법은 실내가 정압이 되어 출입구 문을 열었을 때 다른 실내 공간으로부터 오염공기가 실내로 침입하지 않기 때문에 무균실이나 수술실과 같은 클린룸(청정실)에 적용된다.

제3종 환기법은 배풍기에 의해 강제배기를 행하여 급기구로부터 공기를 유입하는 자연급기시키는 방법으로 실내의 부압이 되어 출입구문을 열었을 때 실내공기가 실외로 유출되지 않는 특징이 있다.⁶⁾

3. 실내 오염농도에 대한 환기알고리즘 모델

실내 오염농도 감쇠모델은 일반적으로 환기작용에 의한 실내 CO₂ 농도의 오염감쇠 정도를 예측할 수 있는 것으로, 직접적 측정방식과 간접적 수치해석 방법이 있다.

Figure 2는 실내 공간에서의 오염 발생과 소멸의 요소를 개략적으로 나타낸 것으로, 실내 오염의 발생과 소멸은 크게 환기에 의한 발생과 소멸, 오염의 자연 감쇠, 공기청정기 등에 의한 강제 감쇠, 그리고 채실 인원이나 실내 연소기구 등의 실내 오염원에 의한 오염 발생으로 분류된다. 이러한 오염농도 변화를 계산하기 위하여 실내 오염농도 분포가 균일하다고 가정하면, 질량보존의 법칙에 의하여 환기조건에 따른 실내 오염농도 감쇠식을 식(1)과 같이 구할 수 있다. 식(1)은 실내 오염 농도에 관한 일반식으로서 이 식을 통하여 환기

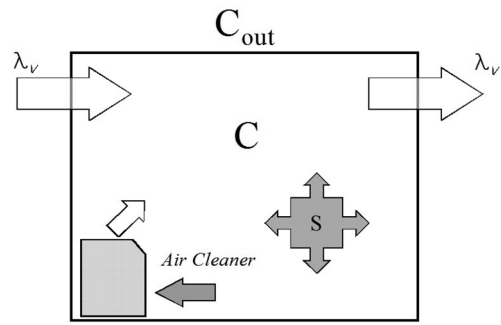


Figure 2. Schematic diagram for analyzing indoor air quality used in mass balance of pollutants.

량에 따른 실내 오염농도 감쇠 변화를 예측할 수 있다. 전체 오염농도 변화식은 환기에 의한 오염농도 변화, 실내 오염원에 의한 오염농도 변화 및 오염물의 실내 자연감쇠에 관한 항으로 구성된다.⁹⁾

$$C(t) = \frac{\lambda_v}{\lambda} C_{out} + \left(C_0 - \frac{\lambda_v}{\lambda} C_{out} \right) e^{-\lambda t} \quad (1)$$

여기서, C(t)는 시간에 따른 실내 오염농도(ppm), λ는 오염 감쇠상수로 환기에 의한 오염농도 감쇠율 λ_v (min⁻¹) + 자연감쇠율 β_w (min⁻¹)-내부 오염발생율(ppm), C_{out}는 외부 오염농도 (ppm), t는 시간 (sec)이다.

4. 환기성능 분석방법

실내 환기성능을 분석하기 위하여 추적가스를 이용한 ASTM E741-83 기준의 체강법(Step-down)을 사용하였다.¹⁰⁾ 체강법은 실내 전체의 추적가스 농도를 일정하게 한 후 추적가스의 주입을 멈추고 환기장치를 작동시켜 시간에 따른 농도감소를 측정하는 방법이다.

본 연구에 사용된 실험방법은 아래와 같다. 첫째, 급기 및 배기팬을 연결하여 실내의 공기를 순환시킨다. 둘째, 추적가스를 실내에 주입하고 공기와 고르게 혼합될 수 있도록 한다. 이때 측정기를 이용하여 공간적으로 균질한 상태가 확인될 때까지 운전시킨다. 셋째, 실험조건에 맞는 환기횟수로 설정하고 환기장치를 가동한다. 넷째, 일정시간 간격으로 추적가스 농도를 측정한다.

환기성능 평가를 위해 사용된 추적가스는 이산화탄소(CO₂)를 사용하였다. 이산화탄소는 산화질소(NO), 육불화황(SF₆), 프레온 등과 같이 많이 사용되고 있는 추적가스로서 체강법에 의한 환기성능 평가에 많이 사용되며 대기 중에서 300~500ppm 정도의 농도를 가진다.

시간에 따른 추적가스의 농도 측정에는 비분산 적외선 분석기인 실내오염 종합 측정장치(CASELLA, ICS-500)를 사용하였으며 실내 기류 분석 및 온·습도, CO₂를 동시에 측정할 수 있으며 환기장치의 작동에 따른 실내 기류변화와 이산화탄소의 농도변화를 실시간으로 측정하였다. 비분산 적외선 분석기의 원리는 이산화탄소의 적외선 흡수를 이용하여 시료중에 포함된 이산화탄소의 농도를 비분산형 적외선 분석계로 측정하는 것이다. 측정범위는 0~3000ppm이며 정도는 10ppm으로 정밀측정에 적합하다.

5. 소형 모형실의 환기성능 분석

5.1 실험장치 및 방법

Figure 3은 본 실험에 사용된 단순화된 축소 전체환기 모형실의 구성도를 나타낸다. 모형실은 가로 0.84m, 세로 0.68m, 높이 0.7m로서 직사각형의 거주공간을 모형화 하였다. 모형에서 급기구는 천장, 측면 상단, 측면 하단에 설치하였고 배기구는 반대편 측면 상단, 측면 하단에 설치하였고 급기구에는 급기된 공기의 확산효과를 높이기 위해 격자(Grid)를 설치하였다. Table 1은 각각의 방식에 따라 사용된 환기조건을 나타낸다.

모형실 환기성능 분석실험은 환기방식(1종 환기방식, 2종 환기방식, 3종 환기방식), 환기횟수(Air Change per Hour)(6ACH, 8ACH, 10ACH), 6개 케이스(Case)별 급배기구 위치에 따라 실시되었으며 모형내의 9개 지점에서 시간에 따른 추적가스의 농도변화를 측정하였다. 환기효율의 측정은 2차원 유동조건으로 가정하여 챔버내

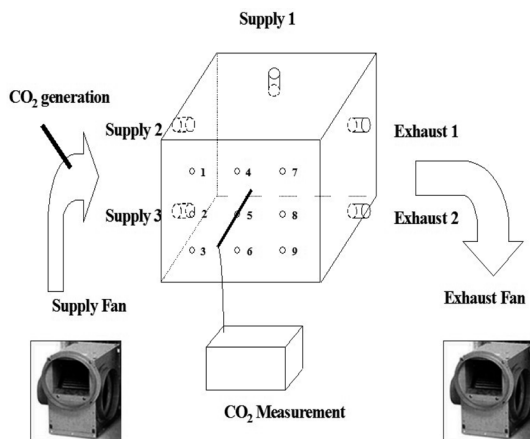


Figure 3. Schematic diagram of the experimental system for the ventilation test.

Table 1. Experimental Conditions for the Ventilation Test

Parameters		Conditions
Chamber Dimension (L × W × H)		0.84 × 0.68 × 0.7
Ventilation Type	Type 1	Mechanical Supply/ Mechanical Extract
	Type 2	Mechanical Supply/ Natural Extract
	Type 3	Natural Supply/ Mechanical Extract
Supply & Extract Locations	Case 1	Upper Supply/Upper Extract
	Case 2	Upper Supply/down Extract
	Case 3	Down Supply/upper Extract
	Case 4	Down Supply/down Extract
	Case 5	Ceiling Supply/upper Extract
	Case 6	Ceiling Supply/down Extract
Air Change Per Hour	6 ACH	6/hr
	8 ACH	8/hr
	10 ACH	10/hr
Tracer Gas		CO ₂
CO ₂ Gas Monitor		CASELLA, ICS-500(England)

의 정중앙의 사각면을 대상으로 측정하였다. 측정기의 측정간격은 20초, 측정시간은 30분으로 설정하였다.

5.2 모형실 환기성능 분석결과

본 실험에서 모형실에서 제1종 환기방식(기계급기/기계배기), 제2종 환기방식(기계급기/자연배기), 제3종 환기방식(자연급기/기계배기)을 적용하여 환기횟수와

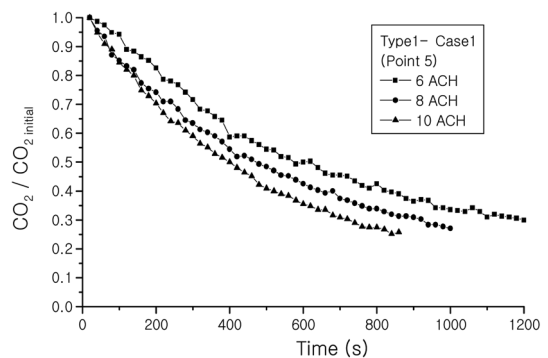


Figure 4. Concentration variation of tracer gas in Type1-Case1 with different air exchange rates (6, 8, 10ACH).

급배기 위치에 따른 환기성능 분석을 실시하였다.

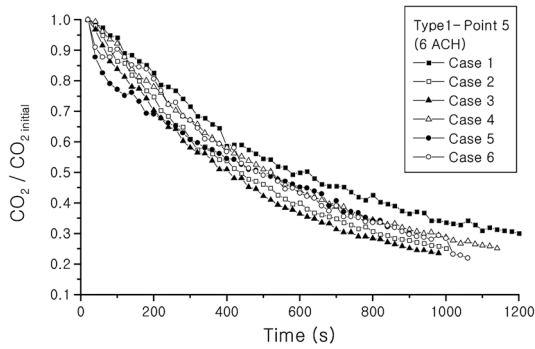
Figure 4는 환기횟수별 환기효과를 파악하기 위한 실험으로 제1종 환기방식의 상부급기/상부배기(Case1)인 경우의 실험결과이다. 실험결과로 환기횟수가 6회, 8회, 10회로 증가할수록 빠른 시간에 환기가 이루어짐을 알 수 있다. CO₂ 초기농도에 대한 변화농도의 비가 0.5인 경우 환기횟수가 6회, 8회, 10회에서 각각 600s, 500s,

400s로 측정되었다.

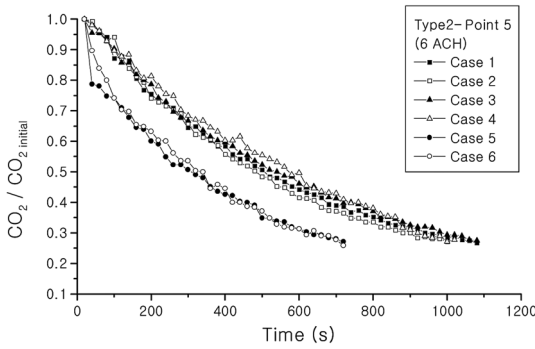
Figure 5는 제1종, 제2종, 제3종의 환기방식에 대하여 환기횟수 6ACH, 중심(point 5)에서 상부급기/상부배기(Case1), 상부급기/하부배기(Case2), 하부급기/상부배기(Case3), 하부급기/하부배기(Case4), 천장급기/상부배기(Case5), 천장급기/하부배기(Case6)의 조건에서 시간에 따른 농도변화를 나타낸 실험결과이다. 제1종 환기방식에서는 상부급기/상부배기(Case1), 하부급기/하부배기(Case4) 조건에서 타 조건과 비교하여 상대적으로 CO₂의 감소속도 느림을 알 수 있다. 이는 상부급기/상부배기(Case1)과 하부급기/하부배기(Case4) 조건에서 공기흐름이 모형실의 상/하 부분에 상대적으로 집중된다. 그러나 상부급기/하부배기(Case2), 하부급기/상부배기(Case3), 천장급기/상부배기(Case5), 천장급기/하부배기(Case6) 조건에서는 모두 공기흐름이 모형실 내부를 가로 지르는 형태를 가지기 때문에 공기유동이 원활하여 급기의 영향이 커지는데 그 원인이 있다.

제2종 환기방식과 제3종 환기방식에서는 급기구와 배기구 위치별 영향이 크지 않음을 알 수 있다. 특히 제3종 환기방식에서는 CO₂ 농도 감소가 케이스(Case) 별로 크게 차이를 나타내지 않고 있으며 이는 제1종 환기방식이 급/배기 양쪽에서 실내 공기균형을 유지하는 형태를 나타내고 있으나 제3종 환기방식은 자연급기에 의해 유입된 신선외기가 공간적으로 확산됨에 따라 급/배기 위치에 따라 크게 영향을 받지 않기 때문이다.

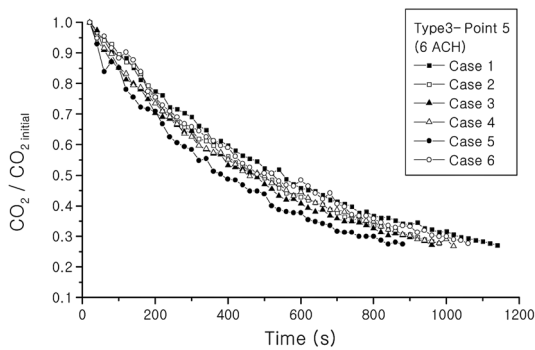
결과적으로 환기방식에 따른 환기효과는 제2종 환기방식 > 제1종 환기방식 > 제3종 환기방식의 순으로 제2종 환기방식이 가장 빠르게 환기되고 환기횟수의 영향을 가장 많이 받는다는 것을 파악하였다. 이는 강제급기, 자연배기의 형태로 급기조건의 변화가 전체 환기효과에 가장 크게 영향을 주고 있기 때문이다.



(a) Type 1



(b) Type 2



(c) Type 3

Figure 5. Concentration variation of tracer gas with different cases (Case1~Case6).

6. 환경공조챔버 및 실공간의 환기성능 분석

6.1 실험장치 및 방법

실제적인 주택의 모델로서 환경공조챔버(Test Chamber)와 실제 사무실(Office) 공간을 이용하여 환기성능 실험을 실시하였다. 적용된 환기방식은 소형 모형실 환기성능 분석결과로부터 가장 환기성능이 우수한 환기방식 제2종 환기방식의 강제급기, 자연배기를 적용하였고 급기유량은 50, 100, 150, 250, 380, 450, 570Lpm으로 하여 시간에 따른 추적가스의 농도감소율을 측정 및 분석하였다.

환경공조챔버의 환기성능 측정을 위하여 환경공조챔

버(H&C시스템, H&C-3W4YP5.5-22), 가습기, 전기히터, 급기팬, CO₂ 측정장치 등으로 구성되는 항온항습실을 이용하였다. 환경공조챔버 내 전기히터와 가습기에 의해 온습도가 조절된 공기를 팬에 의해 환경공조챔버 내로 급기시켜 환기량 및 재실자 수에 따른 환기성능을 측정하였다. 환경공조챔버는 체적공간 35m³을 가지며 이중벽 스테인레스 스틸 재질로 제작되었고 이중벽 내부에는 단열재가 충전되어 챔버벽 내부표면과 외부표면 온도를 측정한 결과 외부와 단열상태가 유지되는 것으로 분석되었다. 또한 환경공조챔버는 벽체나 문을 통한 열량 출입방지를 위하여 외부와 철저히 밀폐된 상태로 운전되도록 설계, 제작되었다. 제어 온습도 범위는 각각 15~45°C, 10~90%RH이다.

실공간의 환기성능 분석을 위하여 5.8×3.4×2.6m³ 규모(6평)의 사무실을 이용하여 실공간 실험을 수행하였다.

6.2 환경공조챔버의 환기성능 분석결과

Figure 6은 체적 35m³ 환경공조챔버 내에서 급기유량 570Lpm 조건하에 실내의 온도/습도 변화에 따른 환기성능을 분석한 결과로, 실외 온도/상대습도 25°C/51%의 조건하에서 실내 온도/상대습도 35°C/80% 및 실내 온도/상대습도 20°C/40%에 따라 환기성능을 분석한 결과 50%의 동일한 환기성능을 나타내었다.

이는 온습도 변화가 있어도 급기유량에 기인하여 실내 공기의 혼합효과가 증가되기 때문에 공기 중의 온습도는 균일하게 유지되는 것으로 분석된다.

Figure 7은 공간 체적이 35m³ 환경공조챔버 내에서 급기유량에 따른 환기성능을 분석한 결과로, 급기유량 50, 100, 150, 250, 380, 450, 570Lpm에 대하여 시간에 따른 추적가스(CO₂)의 농도감소를 측정결과이다. 환경

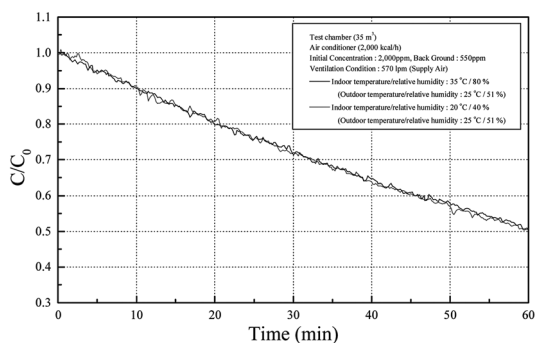


Figure 6. Test results of ventilation performance as a function of temperature and relative humidity.

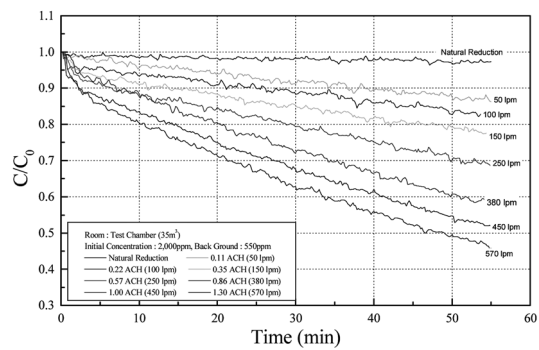


Figure 7. Ventilation performance in the test chamber by supply air.

공조챔버 내 온도 20°C, 상대습도 45%에서 급기유량 급기유량 50, 100, 150, 250, 380, 450, 570Lpm에 의해 환기되는 경우 환기량을 환경공조챔버 체적으로 나눈 환기횟수로 계산하면 각각의 급기유량에 대해 0.11, 0.22, 0.35, 0.57, 0.86, 1.00, 1.30ACH로 나타낼 수 있다. 급기유량이 증가하여 환기횟수가 증가할수록 환기성능이 증가하여 시간에 따라 추적가스 농도 감소율이 증가하였으며, 1시간 경과시 자연감쇠가 2%의 환기성능을 급기유량 50Lpm에서 13%, 100Lpm에서 20%, 150Lpm에서 23%, 250Lpm에서 32%, 380Lpm에서 41%, 450Lpm에서 45%, 570Lpm에서 55%의 환기성능을 보여 주었다.

Figure 8은 체적 35m³의 환경공조챔버 내 온도 20°C, 상대습도 45%에서 재실자 1인이 있을 경우 급기유량에 따른 환기성능을 분석한 결과로, 시간이 50분 경과시 환기량이 없을 경우와 비교하여 급기유량 50, 150, 250, 380, 450, 570Lpm에 대하여 시간에 따른 환기성

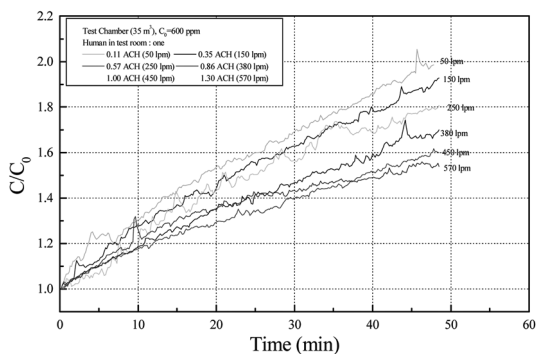


Figure 8. Ventilation performance with a human in the test chamber.

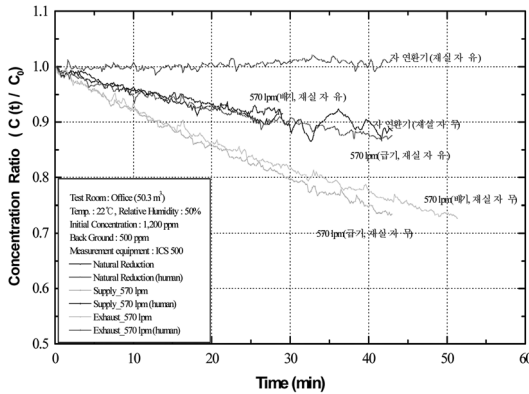


Figure 9. Ventilation performance with a human in the office room.

능 특성이다. 시간경과에 따라 재실자에 의해 발생하는 CO₂ 농도가 증가하며 급기유량에 따라 환기량이 없을 경우와 비교하여 환기량 570Lpm에서 약 25%의 환기성능을 보여주고 있다.

6.3 실공간 적용 환기성능 분석결과

6평형 실공간(온도 22°C, 상대습도 50%)에서 실험공간이 아닌 실제 공간내에서 환기성능을 평가하여 공간 내 시간경과에 따른 추적가스(CO₂)의 감쇠율을 측정하여 분석하였다.

Figure 9는 실공간(6평)에서 재실자(1인)에 따른 환기성능을 평가한 결과로, 초기농도 2,000ppm에서 재실자 유무에 따라 자연감쇠 및 환기량 570Lpm에서 급기 및 배기 조건하의 CO₂ 농도 감소율을 측정하였다. 자연감쇠의 경우 40분의 시간경과시 재실자가 없는 경우가 있는 경우보다 CO₂ 농도는 10% 감소되었으며, 이는 실공간 내의 재실자가 있을 경우 재실자에 의해 발생하는 CO₂ 농도에 의해 자연환기의 효과가 작아진다는 것을 나타내고 있다.

환기량 570Lpm으로 급기 및 배기환기를 하였을 경우 환기성능에 큰 차이를 보이지 않았으며 환기성능이 자연감쇠와 비교하여 배기는 12%, 급기는 15% 크게 나타났다. 그리고 재실자가 있을 경우 재실자에 의해 발생하는 CO₂ 농도에 의해 재실자가 없을 경우보다 환기성능이 12% 낮게 나타나는 것으로 분석되었다.

7. 결 론

본 연구는 모형실, 환경공조챔버 및 사무실에서 유해가스 제거효율 향상을 통한 환기성능에 관한 실험적

연구로서, 1/2/3종의 환기방식, 급배기 위치, 환기량 및 재실자에 따른 환기특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 직사각형의 거주공간을 모형화한 소형 모형실에서 환기방식 및 환기횟수별 시간에 따른 환기성능 분석결과 환기횟수가 증가할수록 환기효과가 증가하였으며 환기방식에 따른 환기성능은 2종 > 1종 > 3종 환기방식의 순으로 2종 환기방식의 경우의 환기성능이 가장 우수한 것으로 분석되었다.

(2) 환경공조챔버에서는 급기량 및 환기횟수가 증가할수록 환기성능이 증가하였으며, 급기유량이 50Lpm에서 13%, 250Lpm에서 32%, 450Lpm에서 45%, 그리고 570Lpm에서 55%를 보임으로서 최대 환기성능을 나타내었다.

(3) 환경공조챔버(35m³) 내에서 급기환기량 변화에 대해 재실자에 따른 환기성능을 분석한 결과, 시간경과에 따라 재실자에 의해 발생하는 CO₂ 농도가 증가하고 급기유량 증가에 따라 CO₂ 농도가 감소하였으며, 재실자 1인 경우 환기량이 없을 경우와 비교하여 환기량 570Lpm에서 약 25%의 환기성능이 증가하였다.

(4) 실 공간(6평)에서 추적가스를 이용한 환기성능을 실험적으로 분석한 결과, 환기량 570Lpm으로 급기 및 배기조건하의 환기를 실시한 경우 환기성능이 자연감쇠와 비교하여 배기는 12%, 급기는 15% 크게 나타나고 그리고 재실자가 있을 경우 재실자에 의해 발생하는 CO₂ 농도에 의해 재실자가 없을 경우보다 환기성능이 12% 낮게 나타나는 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 한화택, "추적가스를 이용한 바닥취출 공조공간내의 환기효율 측정실험", 공기조화 냉동공학 논문집, Vol.10, No.5, pp.610-618(1998).
2. 김윤신, 실내환경과학, 민음사(1994).
3. ASHRAE Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality., American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Ga(1989).
4. M. Sandberg and M. Sjoberg, "The use of Moments for Assessing Air Quality in Ventilated Rooms", Building and Environment, Vol.18, pp.181-197 (1983).
5. 한화택, "환기효율에 관한 수치해석적 접근", 공기조화 · 냉동공학, Vol.21, pp.271-281(1992).
6. ASHRAE Hand Book, "Fundamentals", American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA 30329(1997).

7. 최규출, 송윤석, 차종호, “제연덤퍼 누설량 시험에 관한 연구-제연시스템의 성능위주설계를 위하여-”, 한국화재소방학회논문지, Vol.23, No.3, pp.131-137 (2009).
8. 김종윤, 전용한, “도로터널 화재시 반횡류식 환기방식에서의 최적배연 연구(대배기구 방식)”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.23, No.3, pp.79-84(2009).
9. Y.S. Cheng, “Efficiency of a Portable Indoor Air Cleaner in Removing Pollens and Fungal Spores”, *Aerosol Science and Technology*, Vol.29, pp.92-101(1998).
10. ASHRAE Standard 62-1989, “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA 30329(1989).