

# 공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 실험적 연구

김기혁\*, 박진철\*\*, 이언구\*\*\*

\*중앙대학교 건축학과 대학원(misokorea@hanmail.net), \*\*경민대학 건축과(jcpark@kyungmin.ac.kr),

\*\*\*중앙대학교 건축학과(ekrhee@cau.ac.kr)

## An experimental study on the ventilation effectiveness of ventilation system in apartment houses

Kim, Ki-Hyuk\*, Park, Jin-Chul\*\*, Rhee, Eon-Ku\*\*\*

\*Dept. of Architecture, Graduate School, Chung Ang University(misokorea@hanmail.net),

\*\*Dept. of Architecture, Kyungmin College(jcpark@kyungmin.ac.kr),

\*\*\*Dept. of Architecture, Chung Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

### Abstract

The purpose of this study is to suggest the fundamental informations on the proper location of mechanical ventilation system in apartment houses. The laboratory experiment was performed to analyze and compare the ventilation effectiveness of duct-type system and wall-type system.

The results of this study can be summarized as follows. (1)The ventilation effectiveness of the wall-type system is higher than that of duct-type system. (2)The most important thing to affect the ventilation effectiveness is the distance from the contaminant source to exhaust grill.

Keywords : 환기효율(ventilation effectiveness), 환기시스템(ventilation system), 체승법(step-up method), 국소평균잔여체류시간(LMA: local mean residence time)

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 공동주택은 대도시를 중심으로 고층화가 급속하게 진행되고 있으며, 시공성능의 향상과 에너지 절약 설계기법등으로 인해 고단열/고기밀화됨으로써 자연환기 성능이 저하되고 있다. 이로 인해 재실자 및 건축자재, 조리시 발생하는 오염물질이 적절히 외부로 배출되지 못함으로써 실내 공기질이 악화되고 있는 실정이다. 따라서 공동주

택의 실내공기질 개선을 위한 환기계획이 설비부분의 중요한 요소로 떠오르고 있다.

최근 공동주택에 적용되고 있는 환기시스템을 살펴보면 대부분 천장내부 공간의 덕트를 이용하여 신선한 외기를 공급하는 천장덕트형 방식을 취하고 있다. 그러나 이러한 방식은 200mm이상의 천장 내부공간을 필요로 하기 때문에, 2600mm 내외를 기준으로 하고 있는 일반 공동주택 및 기존의 공동주택에는 천장공간의 여유부족으로 인해 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서 최근에는 외벽이나 창문에 간단히 설치할 수 있

는 벽부형 환기시스템에 대한 관심이 높아지고 있다.

본 연구는 실험실 실험을 통해 천장덕트형 환기시스템과 벽부형 환기시스템의 환기효율을 비교 분석하여, 환기계획시 적정 환기방식의 선택과 설치위치에 대한 기초자료를 제시하는데 목적이 있다.

## 1.2 연구의 내용 및 방법

(1) 실험실에 천장덕트형 환기시스템과 서로 다른 두 종류의 벽부형 환기시스템을 설치한 뒤 실험실을 주방 및 거실로 가정하여 환기방식 및 환기시스템 설치 위치를 대상으로 오염물질 발생 유형 따른 환기효율을 분석한다. 이를 바탕으로 오염물질 발생 유형 및 오염원과 급배기구와의 거리에 따른 환기효율을 분석한다.

(2) 두 종류의 벽부형 환기시스템의 환기효율을 비교 분석하여, 벽부형 환기시스템의 환기효율에 영향을 미치는 요인에 대해 분석한다.

## 2. 환기효율에 관한 이론 고찰

환기효율은 크게 실내로 급기되는 신선외기의 실내 분배능력을 나타내는 급기효율과 실내에서 발생하는 오염물질을 제거하는 능력을 나타내는 배기효율로 구분되며<sup>1)</sup>, 본 연구에서는 배기효율로써 환기효율을 정의하였다.

배기효율은 오염물질이 발생한 지점에서부터 배기구까지 빠져나가는 시간 즉, 잔여체류시간이 짧을수록 우수하다고 할 수 있다. 잔여체류시간은 오염물질의 분출방법에 따라 펄스법, 체강법, 체승법으로 구할 수 있다. 체승법은 체강법과는 달리 실험초기에 실내를 완전혼합이 되도록 할 필요가 없는 장점이 있지만, 침기에 의한 영향을 고려하지 못하는 단점이 있다. 본 연구에서는 실내

를 기밀하게 유지한 뒤 체승법으로 배기구에서의 농도를 측정하여 국소평균 잔여체류시간(LMR : Local Mean Residence time)을 산정하였다.

체승법은 추적가스를 일정한 비율로 연속적으로 급기공기에 주입하여 실내 임의의 위치에서 농도변화를 측정하여 농도상승 이후 정상상태에 도달하는 시간과 농도를 기준으로 잔여체류시간을 산정하는 방법이며, 체승법에 의한 국소평균잔여체류시간(LMR) 산정식은 <식 1>과 같다.

$$\int_0^{\infty} \left(1 - \frac{C_{ex}^p(t)}{C_{ex}^p(\infty)}\right) dt \quad \text{<식 1>}$$

배기효율은 잔여체류시간과 더불어 명목시간상수( $\tau$ )와의 비율로써 정의되며, 명목시간상수<식 2>는 실내의 환기횟수( $Q/V$ )를 시간의 차원을 가질 수 있도록 역수를 취한 값이다. 완전혼합의 상태를 기준으로 하면 배기효율이 100%를 넘는 경우가 발생할 수가 있으므로, <식 3>의 정의를 2로 나누어 정의하기도 한다<sup>2)</sup>.

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad \text{<식 2>}$$

$$\varepsilon = \frac{\tau}{LMR} \quad \text{<식 3>}$$

## 3. 실험 개요

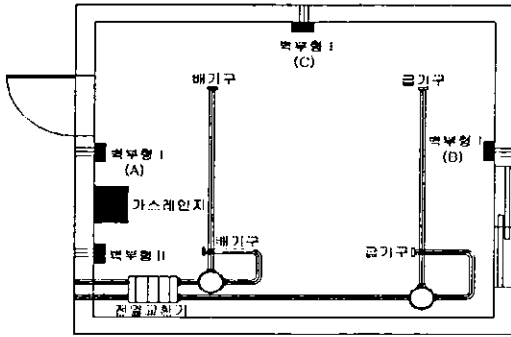
### 3.1 실험실 및 실험장치 개요

본 실험은 K대학내 실험실에서 실시하였다. 실험실은 5.2m×4.4m×2.8m 크기의 장방형 형태이며, 천장덕트형 환기시스템, 벽부형 환기시스템 I/II, 레인지 후드가 (그림 1)과 같이 설치되어 있다. 설치된 환기시스템의 개요는 <표 1>과 같다.

천장덕트형 환기시스템은 가스레인지 근처에 배기구를, 맞은편에 급기구를 각각 두 군데씩 두었으며, 벽부형 I(A), II는 2.0m 높이로 가스레인지 옆 좌우 0.5m 지점에 설치하였다.

1) 환화택, 환기효율의 정의에 관하여, 공기조화냉동공학회지, 제28권 제1호, 1999, p.41-45.

2) 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정에 관한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000.



(그림 1) 실험실 및 환기시스템 개요

<표 1> 환기시스템 개요

구분	풍량
천장덕트형	160CMH
벽부형 I	170CMH
벽부형 II	170CMH

또한, 벽부형 I의 위치에 따른 환기효율을 평가하기 위하여 맞은편(B) 및 측면(C)으로 이동시켜 실험을 진행하였다.

### 3.2 실험 방법

본 실험은 크게 두 부분으로 진행되었다.

-천장덕트형 환기시스템과 벽부형 환기시스템의 환기효율을 비교 분석하였다.

-서로 다른 두 종류의 벽부형 환기시스템의 환기효율을 분석한 뒤 벽부형 환기시스템의 효율에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

이를 위해 본 연구는 실험실을 주방 및 거실로 가정하여 실험을 진행하였다. 추적가스로는 가스레인지 점화시 발생하는 CO<sub>2</sub>를 사용하였으며, 인체에서 발생하는 CO<sub>2</sub>는 분배를 이용하여 두 곳에서 분출되는 것으로 하였다.

실험실을 주방으로 가정하여 진행한 실험에서는 천장덕트형과 벽부형 I(A,B,C)을 대상으로 하여 환기효율을 분석하였다. 또한, 벽부형 환기시스템의 설치 위치에 따른 영향을 분석하기 위하여 설치위치를 맞은편과 측면으로 이동한 후 실험을 실시하였다. 실험은 가스레인지 1구를 강으로 점화한 상태로 진행하였다.

거실로 가정한 실험에서는 천장덕트형과 벽부

형 I(A)을 대상으로 하여 가스레인지를 점화하지 않은 상태에서 분배에서만 CO<sub>2</sub>가 발생하는 것으로 하여 실험을 진행하였다. 분배에서의 CO<sub>2</sub> 발생량은 분배 하나당 약 0.8ℓ/min으로 설정하였다.

벽부형을 대상으로 한 실험에서는 급배기가 서로 혼합되어 재순환(recirculation)되는 것에 의해 환기효율이 어떠한 영향을 받는가를 분석하였다. 본 실험을 위해서 벽부형 I(A)과 II의 급기농도를 측정하였으며, 그 뒤 벽부형 II의 실내측과 실외측에 급배기 분리판을 설치하여 실험을 실시하였다.

본 실험에서 실험실 중앙부의 농도는 TSI Q-trak을 사용하여 측정하였으며, 배기구 농도는 Gastek CMCD-10p를 사용하여 측정하였다. 측정시간은 2~3시간으로 하였으며, 측정 단위는 중앙부와 배기구 모두 1분으로 하였다.

## 4. 실험 결과

환기효율 산정시 명목시간상수는 각 환기시스템의 환기량을 실의 체적으로 나눈 값을 환기횟수로 하여 산정하였으며, 2장에서 살펴본 바와 같이 체승법에 해당하는 식을 이용하여 산정하였다. 각 환기시스템의 환기량 및 명목시간상수는 <표 2>와 같다.

<표 2> 환기시스템별 환기횟수 및 명목시간상수

구분	풍량 (CMH)	환기횟수 (회/시)	명목시간상수 (분)
천장덕트형	160	2.5	24
벽부형 I	170	2.6	23
벽부형 II	170	2.6	23

[실의 체적 : 65m<sup>3</sup>]

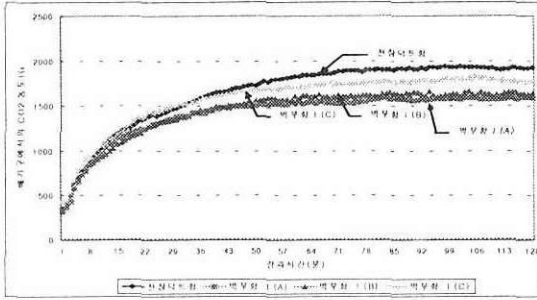
### 4.1 환기방식에 따른 환기효율 분석

오염원의 발생 유형에 따른 환기방식별 환기효율에 관한 실험 결과는 다음과 같다.

첫 번째 실험은 실험실을 주방으로 가정하여 조리시 가스레인지에 의해서 오염물질이 급격히 발생하는 경우를 대상으로 하였다.

(그림 2), (그림 3)과 <표 3>은 가스레인지에서 CO<sub>2</sub>가 발생하는 경우 환기방식 및 벽부형 I의

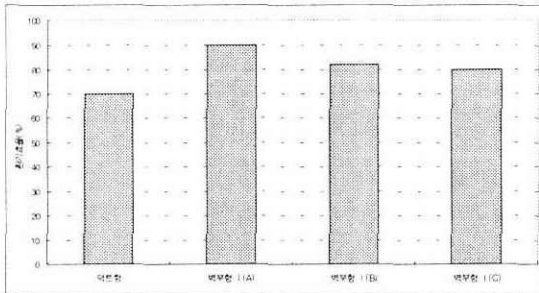
설치위치에 따른 실험결과를 보여준다.



(그림 2) 가스레인지에서 CO<sub>2</sub> 발생시 배기구 농도

<표 3> 환기방식별 국소평균 잔여 체류시간 및 환기효율

구분	국소평균 잔여 체류시간(분)	환기효율(%)
천장덕트형	17	70
벽부형 I (A)	13	90
벽부형 I (B)	14	80
벽부형 I (C)	14	80



(그림 3) 환기방식 및 설치위치에 따른 환기효율

환기방식에 따른 환기효율을 분석해보면, 벽부형 I 을 가스레인지 0.5m 옆에 위치시켜 환기하였을 경우가 정상상태에서의 농도 및 정상상태까지 도달하는 시간이 가장 낮았다. 환기효율은 벽부형 I (A)이 90%, 천장덕트형이 70%으로 약 20%이상의 차이를 나타내고 있다. 또한 벽부형 I 의 설치 위치를 변경하여 실험을 실시한 결과 맞은편(B) 과 측면(C)을 이동시켜 설치하였을 경우 모두 약 80% 정도의 환기효율을 보였으며, (A)지점에 설치한 경우와 비교해 보면 약 10% 정도 환기효율이 저하됨을 알 수 있다.

천장덕트형과 벽부형의 환기효율에 차이가 발

생하는 것은 오염물질 발생위치와 배기구까지의 거리로 설명할 수 있으며, 벽부형 I 의 위치를 변경하여 실험한 경우에서도 알 수 있듯이 오염원과의 거리가 멀어짐에 따라 환기효율이 저하됨을 확인할 수 있다.

두 번째 실험은 실험실을 거실로 가정하여 재실자에 의해 실내가 서서히 오염되는 경우를 대상으로 하였다.

<표 4>는 봄베에서 CO<sub>2</sub>를 발생시킨 경우 환기 방식에 따른 실험결과를 보여주고 있으며, <표 5>와 (그림 4)에서는 첫 번째의 주방으로 가정 한 실험 결과와 비교한 값을 보여주고 있다.

<표 4> 환기방식별 국소평균 잔여 체류시간 및 환기효율

구분	국소평균 잔여 체류시간(분)	환기효율(%)
천장덕트형	17	68
벽부형 I (A)	16	74

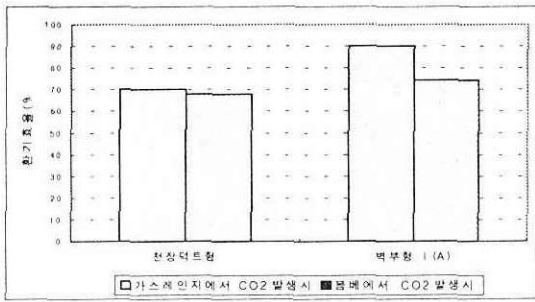
환기방식에 따른 환기효율을 분석해보면, 천장 덕트형은 68%, 벽부형 I 은 74%로 벽부형 I (A)의 환기효율이 약간 높지만 거의 비슷한 수준으로 해석할 수 있다. 이번 실험은 오염원과의 거리가 두 방식이 모두 비슷한 경우로 앞선 실험과 비교하여 보면 오염원과의 거리가 환기효율에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 또한, 실험 결과 실내 오염물질 발생위치 및 발생량, 실의 체적을 고려하여 적정 환기량이 제공된다면 천장덕트형 방식과 벽부형 방식의 환기효율은 큰 차이가 없는 것으로 해석할 수 있다. 다만, 면적이 넓은 공간에서 벽부형 방식으로 환기를 실시할 경우 오염물질이 정체되어 있는 구역이 발생할 가능성이 있으므로, 적정 설치위치 및 설치대수에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다.

<표 5> 오염물질 발생유형에 따른 환기효율 비교(%)

구분	가스레인지에서 CO <sub>2</sub> 발생시	봄베에서 CO <sub>2</sub> 발생시
천장덕트형	70	68
벽부형 I (A)	90	74

(그림 4)와 <표 5>는 앞선 실험 결과를 비교하여 오염물질 발생유형 및 오염원과의 거리에 따





(그림 4) 오염물질 발생유형에 따른 환기효율 비교

른 환기효율을 보여준다. 첫 번째와 두 번째 실험을 비교해보면 천장덕트형의 경우 환기효율이 2% 차이로 거의 차이가 없는 반면, 벽부형의 경우 환기효율에 16%정도의 차이가 발생함을 알 수 있다. 따라서 본 실험의 조건을 공동주택에서 오염물질이 발생하는 일반적인 형태로 가정하여 보면, 벽부형의 경우 주방쪽에 위치시키는 경우 환기효율 측면에서 매우 유리함을 알 수 있다.

본 실험결과 환기계획시 오염원의 위치를 예상하여, 오염물질이 실내로 확산되기 이전에 배기가 이루어질 수 있도록 적절한 급배기구의 위치를 선정하는 것이 환기효율을 높일 수 있음을 알 수 있다.

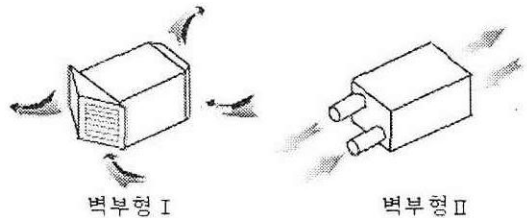
#### 4.2 벽부형 시스템의 환기효율에 관한 분석

실험실을 주방으로 가정하여 가스레인지를 가동한 상태로 벽부형 I (A)과 벽부형 II의 환기효율을 분석하였다. 실험 결과 벽부형 I (A)의 환기효율은 90%인 반면, 벽부형 II의 환기효율은 59%로 벽부형 I 과 비교하여 약 30%정도 효율이 저하되는 것으로 나타났다.

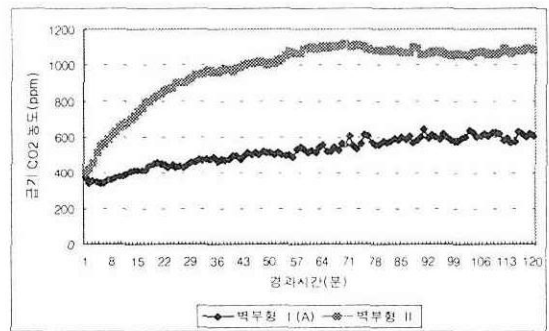
원인을 살펴보기 위해 벽부형 I (A)과 II의 급기 CO<sub>2</sub>농도를 측정해 본 결과는 (그림 5)와 같다. 벽부형 I (A)은 급기 CO<sub>2</sub>농도가 측정기간 동안 약 250ppm 증가한 반면, 벽부형 II는 약 650ppm 증가하였다. 이는 벽부형 II의 경우 실내의 오염된 공기가 배기되는 과정에서 외기와 혼합되어 다시 실내로 급기되는 것으로 해석할 수 있다. 실제로 벽부형 I의 경우 실내측과 실외측이 모두 급배기의 혼합이 최소화 될 수 있도록 디자인 되어 있는 반면, 벽부형 II는 실내측의 급배기구만 분리되

어 있고, 실외측의 급배기구는 거의 붙어있는 형태를 취하고 있다.

벽부형 I 과 II의 급배기 개념도는 (그림 6)과 같다.



(그림 5) 벽부형 I 과 벽부형 II의 급배기 개념도



(그림 6) 벽부형 I 과 벽부형 II의 급기농도 비교

따라서 벽부형 II를 대상으로 실내측과 실외측의 급배기가 서로 혼합되는 것을 방지할 수 있도록 50×30cm 크기의 분리판을 설치하여 실험을 실시하였으며, 실험결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 급배기 분리판 설치에 따른 실험 결과

구분	국소평균 잔여채류시간 (분)	환기효율 (%)
벽부형 I (A)	13	90
벽부형 II	19	59
벽부형 II (내부 분리판)	20	58
벽부형 II (외부 분리판)	17	68
벽부형 II (내외부 분리판)	17	68

실험결과 실내측 급배기구에 분리판을 설치한 경우에는 배기효율에 아무런 변화가 없었으며, 이

는 이미 실내측 급배기구가 분리되어 있었으므로 분리판이 환기효율에 큰 영향을 미치지 않았으리라 예측할 수 있다. 그러나 급배기구가 서로 붙어 있는 실외측에 급배기 분리판을 설치하여 실험한 결과 환기효율은 68%로 분리판을 설치하지 않았을 경우와 비교하여 약 10%정도 상승함을 볼 수 있다. 또한 내외부에 모두 분리판을 설치한 경우에도 약 10%정도 환기효율이 상승함을 확인할 수 있다.

그러나 급배기 분리판을 설치하여 실험한 경우에도, 벽부형 I (A)과 비교하면 여전히 환기효율이 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 이는 벽부형 II의 급배기구 면적이 벽부형 I과 비교하여 약 1/6수준이며, 반면에 풍속은 6배정도 크기 때문인 것으로 사료된다. 기존의 연구<sup>3)</sup>에 의하면 급배기구 면적과 급배기 풍속이 환기효율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 벽부형 환기시스템의 환기효율을 향상시키기 위해서는 급배기가 서로 혼합되지 않도록 급배기구를 디자인하는 것과 동시에 적정 급배기 풍속과 급배기구 면적을 선정하는 것이 중요함을 실험을 통해서 유추해 볼 수 있다.

## 5. 결론

천장덕트형과 벽부형의 환기효율에 관한 실험 결과는 다음과 같다.

(1) 실험실을 주방으로 가정하여 실험한 결과, 벽부형 I (A)의 환기효율이 90%, 천장덕트형이 70%로 나타났다. 또한 벽부형의 설치위치를 맞은편 (B)과 측면(C)으로 변경하여 실험한 결과 가스레인지 옆에 설치하였을 경우보다 환기효율이 약 10%정도 저하되는 것으로 나타났다. 따라서 환기효율은 오염원과 급배기구와의 거리에 영향을 받으며, 기본적으로는 오염원 근처에서 환기를 실시하는 것이 환기효율을 높일 수 있음을 알 수 있다.

3) 지승현, 김진명, 김기훈, 이연구 동기급배기형 주방후드의 배기효율 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 22권 제2호, 2002

(2) 실험실을 거실로 가정하여 실험한 결과, 천장덕트형은 68%, 벽부형 I (A)은 74%로 벽부형의 환기효율이 약간 높지만 거의 비슷한 수준임을 알 수 있다. 따라서 오염원과 거리가 비슷한 경우에는 두 방식의 환기효율에 큰 차이가 없는 것으로 사료된다.

(3) (1)과 (2)의 결과를 분석하여 보면, 환기효율에 영향을 미치는 요소는 오염물질의 발생 형태보다는 오염원과 거리가 큰 변수가 됨을 알 수 있다. 따라서 환기계획시 오염원의 위치를 예상하여, 오염물질이 실내로 확산되기 이전에 환기가 이루어질 수 있도록 급배기구의 위치를 선정하는 것이 환기효율을 높일 수 있음을 알 수 있다.

(4) 벽부형을 대상으로 실시한 실험에서는 오염공기가 실내로 재순환되는 현상으로 인해 환기효율이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 급배기가 서로 혼합되지 않도록 급배기구를 디자인하는 것이 매우 중요하며, 벽부형 I과 II의 비교를 통해 적정 급배기 풍속과 급배기구 면적을 선정하는 것이 중요함을 유추할 수 있다.

본 실험에서 천장덕트형 방식의 급배기구 위치는 현재 공동주택에 적용되는 일반적인 설치 방식을 적용하였으며, 벽부형 역시 기존의 시스템을 대상으로 하였다. 따라서, 급배기 풍속이나 급배기구 위치 및 면적을 변수로 하여 환기효율을 분석하는 연구가 뒤따라야 할 것이며, 벽부형 환기시스템의 경우 공동주택에 적용할 수 있는 방안에 대한 제시가 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 장경진, 추적가스를 이용한 급기 및 배기효율의 측정  
에 관한 연구, 국민대학교 박사학위논문, 2000.
2. 지승현, 김진명, 김기훈, 이연구 동기급배기형 주방후  
드의 배기효율 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 학  
술발표대회 논문집, 제 22권 제2호, 2002
3. 환화택, 환기효율의 정의에 관하여, 공기조화냉동공  
학회지, 제28권 제1호, 1999, p.41~45.
4. Sandberg. M., What is Ventilation Efficiency,  
Building and Environment, Vol.16, No.2, 1981,
5. Yaglou. C. P and Witheridge. W. N., Ventilation  
Requirements, ASHREA Trans., Vol.42 1937,