

## 멀티존 시뮬레이션에 의한 공동주택의 미생물 오염원 확산과 제거에 관한 연구

홍진관, 최상곤\*\*

경원대학교 건축설비학과, \*유한대학 건축설비과

### A Study on the Diffusion and Removal of Airborne Microorganism Pollution in Multistoried Apartment by the Multi-Zone Simulation

Jin Kwan Hong, Sang Gon Choi\*\*

*Department of Building Equipment & System Eng., Kyungwon University, Sunghnam City 461-701, Korea*

*\*Department of Building Services, Yuhan College, Bucheon City 422-749, Korea*

(Received November 23, 2006; revision received February 1, 2007)

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to evaluate the efficacy of multizone simulation that enables to grasp of details about microbial contaminant problem in an multistoried apartment. We used actual indoor test data to figure up microbial contaminant level as initial value for the multizone simulation and estimated the various effects of indoor occupant infected with germs such as bacteria and fungus and the performance of air sterilization by using multizone simulation in substitute for infeasible experimental approach. The results show that natural ventilation make ourselves generally useful for removing indoor microbial contaminants. The results also show that the performance of air sterilization reach the maximum in the case of using mechanical ventilation and UVGI air sterilizer. The conclusion is that this multizone simulation is useful tool for actual design method for immune building systems.

**Key words:** Bacteria(세균), Fungus(진균), Immune building(면역건물), Multizone simulation(멀티존 시뮬레이션), Multistoried apartment(공동주택), UVGI(자외선 살균)

#### 기 호 설 명

$C_b$  : 유량계수 [0~1]

$C_d$  : 방출률 [0~1]

$C_i^\alpha$  : 존  $i$ 에서 오염원  $\alpha$ 의 질량비율 [0~1]

$C_j^\alpha$  : 존  $j$ 에서 오염원  $\alpha$ 의 질량비율 [0~1]

$F_{i \rightarrow j}$  : 존  $i$ 에서  $j$ 로 흐르는 공기유량 [kg]

$F_y$  : 폭  $W$ , 높이  $\Delta y$ 인 개구부의 유량 [kg]

$G_i^\alpha$  : 제어체적 내의 오염물질 발생량 [kg]

$K^{\alpha, \beta}$  : 존  $i$ 에서 오염원  $\alpha$ 와  $\beta$ 의 운동반응계수 [0~1]

$L$  : 유효 누설면적 [ $m^2$ ]

$m_i$  : 존  $i$ 에서 공기의 질량 [kg]

$m_i^\alpha$  : 존  $i$ 에서 오염원  $\alpha$ 의 질량 [kg]

$\Delta P_r$  : 압력차 [Pa]

$Q_r$  : 압력차  $\Delta P_r$ 에서 예상풍량 [ $m^3/s$ ]

$R_i^\alpha$  : 존  $i$ 에서 오염원  $\alpha$ 의 제거율 [0~1]

$W$  : 개구부의 폭 [m]

$\Delta y$  : 개구부의 단위높이 [m]

† Corresponding author

Tel.: +82-2-2610-0784; fax: +82-2-2610-0784

E-mail address: tool007@lycos.ac.kr

## 그리스 문자

$\eta_j^\alpha$  : 오염원  $\alpha$ 에 대한 필터효율 [0~1]  
 $\rho$  : 개구부를 지나는 공기의 밀도 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

## 1. 서 론

근래에 아토피성 피부염의 주요 원인으로 주거 공간에 대한 공기환경이 많은 관심을 불러일으키고 있다. 이러한 관심은 VOCs에 국한되어 발생한 것이 아니라 진드기, 세균 및 곰팡이 등의 미생물오염에 대한 관심 또한 이른바 헌집중후군의 관점에서 선진국에서는 이미 중요한 문제로 인식되고 있다.

본 연구에서는 공동주택을 대상으로 실제측정 실험을 통한 기초조사와 멀티존 시뮬레이션 기법을 도입하여 실내 미생물의 환경과 미생물 오염원 제거성능을 평가하도록 하였다. 공동주택의 미생물 환경을 알아보기 위해 실측한 데이터를 해석을 위한 초기 기초자료로 사용하여, 실제상황에서 실험으로는 평가가 어려운, 실내 재실자가 병원균에 감염이 되었을 경우 주위 환경에 미치는 영향을 멀티존 시뮬레이션 기법을 활용하여 예측해 보고자 하였다. 또한 미생물 오염원의 제거를 위한 방법을 모색하기 위하여 기존연구<sup>(1)</sup>에서 개발된 UVGI(Ultra Violet Germicidal Irradiation)와 필터가 조합된 Air sterilizer와 환기기술을 적용한 성능평가를 위하여 멀티존 시뮬레이션 기법을 적용하여 실제 공동주택에서의 미생물 오염원 저감성능을 평가해 보고자 하였다.

## 2. 연구수행

## 2.1 공동주택 실내미생물 환경 측정

해석모델 설정은 D사에서 시공한 서울시 내에

위치한 공동주택을 대상으로 하였다. 실제적이고 신뢰성 있는 해석을 위하여 현장에서 실내공기 중의 미생물을 포집하여 개수하고 이를 모델의 초기 실내오염 데이터로 사용하도록 하였다. 대상공간의 초기 조건설정을 얻기 위해서 공동주택의 현장 측정 24시간 전부터는 일체의 환기시설을 운전하거나, 창문을 통한 환기 등은 하지 않는 조건으로 하였다.

우선 실내의 온·습도 조건과 기류상태를 확인하기 위하여 이동식 풍속계(Climomaster model-6531)를 사용하여 온·습도 및 기류를 측정하였다. 부유세균을 포집하기 위하여 공기포집기(Air sampler)를 사용하였고, 공기포집기는 충돌법을 이용하여 각 장소에서 1분간 100 L의 공기표본을 포집할 수 있도록 하였다. 공기표본의 포집은 대상 시설별로 오전과 오후로 나누어 일별 2회 실시되었다. 이렇게 충돌법에 의해 배지에 포집된 미생물을 배양하기 위해서 상온에서 정도  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 를 유지할 수 있는 인큐베이터를 사용하였다. 배지제작이나 실험을 진행하는 동안 외부로부터의 배지에 대한 오염을 방지하기 위하여 클린벤치(Class 100)를 사용하였다. 배양된 배지표본의 균을 계수하기 위하여 계수기(Colony counter)를 사용하고, 계수가 완료된 배지는 증기멸균기를 사용하여 멸균처리 후 파기하도록 하였다.

Table 1은 본 측정실험에서 사용된 주요 실험 장비의 제원을 나타내고 있다. 실험에 사용된 배지는 일반 세균용으로 PCA(Plate Count Agar, USA, Difco)를, 진균용으로 PDA(Potato Dextrose Ager, USA, Difco)를 사용하였다. 각각의 배지는 공기포집기가 포집한 공기 100 L에 대한 공기 중의 부유세균을 포집하여 72시간의 배양을 거치도록 하였다. 배양이 완료된 배지에 대하여 집락수를 계수하고 각각의 개소에 대하여 합산 후 평균을 내는 방식으로 일반세균과 진균에 대한 오염도를 측정하였다. 측정된 샘플의 오염도는 공

Table 1 Specification of experimental instrument

Instrument	Specification
Air sampler	Flow rate : 100 L/min, Tolerances : $\pm 5\%$
Incubator	Temperature tolerance : $20 \sim 50^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$
Colony counter	Pan counter : 220 V
Clean bench	Size : $1,200 \times 600 \times 620$ , Filter : Ulpa filter ( $0.3 \mu\text{m} \times 99.9999\%$ ), Air volume : $23\text{m}^3/\text{min}$ , Air velocity : $0.3 \sim 0.45 \text{ m/s}$ , Class : 100

기 100 L당 오염 정도를 나타내고 있으므로 단위 체적에 대하여 CFU/m<sup>3</sup>으로 나타낼 수 있도록 확산하였으며, 이때 공기포집기에 대한 보정값을 사용하여 오염도를 보정할 수 있도록 하였다.

2.2 미생물 오염 확산 및 발생 모델

Fig. 1에 미생물 오염 확산 및 발생이 실제 공동주택의 환경에서 일어날 경우를 모사하기 위한 멀티존 모델을 나타내었다. 미생물 오염원의 경우 벽에서 발생할 수 있는 크랙이나 벽과 벽의 접합부를 통한 공기이동통로(Airflow path)에 의한 오염 확산은 무시할 수 있을 정도로 매우 미약할 것이므로, 공동주택의 멀티존 모델에서는 모델구성의 용이성을 위하여 벽을 통한 미생물 오염원의 확산은 없는 것으로 가정하였다. 이에 비해 상대적으로 크랙의 크기와 구성이 미생물 오염의 확산에 영향을 미칠 수 있는 문이나 창문 등을 모델에 포함하여 문틈이나 창틈을 통한 미생물 오염원의 이동을 예측할 수 있도록 하였다.

Table 2에는 공동주택의 모델에서 사용한 기본 입력값을 나타내었다. 각 실에는 출입문과 창문을 통하여 각 멀티존 모델의 실간 공기유동의 주 통로로 설정하였다. 주요 공기 유동로인 창과 문을 닫은 경우에 공기 유동로의 기밀도<sup>(2)</sup>는 ASHRAE

에서 제공하는 수치를 적용하였다. 이러한 누설 면적(Leakage area)는 ASHRAE에 의해 10 Pa에서 75 Pa까지 압력을 변화시키는 동안 실험적인 방법으로 각각의 개구부에 대한 압력변동에 대한 침기량을 측정하여 이에 따른 누설면적으로 구해진 값이다. 유효 누설면적은 다음 식(1)에 의해 계산되어진다.<sup>(4)</sup>

$$L = Q_r \frac{\sqrt{\rho/2\Delta P_r}}{C_d} \tag{1}$$

여기서, C<sub>d</sub>와 ΔP<sub>r</sub>은 일반적으로 C<sub>d</sub>=1.0과 ΔP<sub>r</sub>=4 Pa로 쓰거나 C<sub>d</sub>=0.6과 ΔP<sub>r</sub>=10 Pa로 사용되며,

Table 2 Input data of multi-zone model

Zone	Zone volume (m <sup>3</sup> )	Flow path	Flow path total length (m)	Leakage area (cm <sup>2</sup> /m)
Room 1	36.5	Window	7.65	0.72
		Door	6	0.31
Room 2	37	Sliding door	8.5	5.5
		Door	6	0.31
		Bathroom door	6	0.31
Room 3	27.3	Window	9	0.72
		Door	6	0.31
Kitchen	34	Sliding door	5.75	5.5
Bath room 1	10.9	Bathroom door	6	0.31
Bath room 2	17	Bathroom door	6	0.31
Living room	105.5	Sliding door	11.5	5.5
		Bathroom door	6	0.31
		Enter door	6	12
Entrance hall	7.5	Elevator door	12	0.26
Veranda 1	4.5	Window	4.2	0.72
Veranda 2	13.1	Window	7.5	0.72
Veranda 3	12	Window	8.4	0.72
Veranda 4	17.25	Window	13	0.72

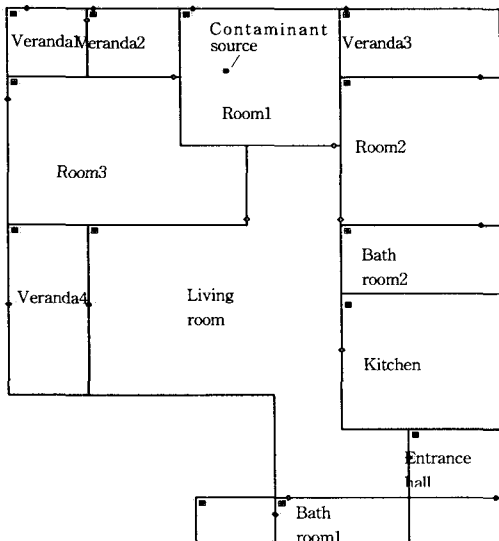


Fig. 1 Microorganism diffusion and generation model.

본 연구에서는  $C_d=1.0$ 과  $\Delta P_r=4\text{Pa}$ 의 값을 설정하였다. 이렇게 설정된 유효 누설면적은 다음 식(2)에 의하여 유량계수로 변환이 가능하다.<sup>(4)</sup>

$$C_b = LC_d\sqrt{2}(\Delta P_r)^{1/2-n} \quad (2)$$

여기서,  $n$ 은 실험적으로 구하게 되며, 실험적인 값이 없는 경우 일반적으로 0.6에서 0.7 사이의 값을 적용하는 것이 적당하며,<sup>(4)</sup> 본 연구에서는 가늘고 긴 누설면적일 때 사용되는 대표적인 값인 0.65를 사용하였다. 또 주요 공기 유통로인 창과 문이 개방되어 있는 경우는 Two-way flow model 중 One opening model을 사용하여 다음 식(3)에 의해 유동유량을 계산하도록 하였다.

$$F_y = C_d\sqrt{2\rho\Delta P} W \cdot \Delta y \quad (3)$$

여기서,  $W$ 의 값은 실측한 값을 적용하였으며,  $\Delta y$ 의 값은 실측에 의한 값을 등분하여 사용하도록 하였다.  $C_d$ 의 값의 경우는 일반적으로 0.7에서 0.8 사이의 값을 적용하는 것이 적당하며,<sup>(4)</sup> 본 연구에서는 가늘고 긴 누설면적일 때 사용되는 대표적인 값인 0.78을 사용하였다.

미생물 오염의 기본적인 오염량은 앞서 측정된 미생물 오염 기초 데이터를 사용할 수 있으나, 사

람이 질병에 걸려 병원균을 방출하는 오염원일 경우는 질병의 종류, 환자의 상태 등 여러 요인에 의해 다르게 나타날 수 있다. 이러한 인자들을 전부 고려하기에는 사실상 어려움이 있기 때문에 기본적으로 체중이 70 kg인 남성의 재실자가 있는 경우 분당 100 CFU/m<sup>3</sup>의 미생물 오염원을 발생한다고 가정하였다.

### 2.3 미생물 오염 제거 모델

Fig. 2에 미생물 오염원을 제거하기 위해 설정한 모델을 나타내었다. Fig. 2의 미생물 오염원 제거 모델은 실내 미생물 오염원 저감기술이 적용될 경우 실내 미생물 오염원의 변화를 알아보기 위하여 구성되었으며 이러한 실내 미생물 오염 저감기술의 적용에 의한 실내 미생물 오염의 변화량은 식(4) 멀티존 모델의 지배방정식에 의해 구할 수 있다.

$$\frac{dm_i^\alpha}{dt} = \sum_j F_{j \rightarrow i}(1 - \eta_j^\alpha)C_j^\alpha + G_i^\alpha + m_i \sum_\beta K^{\alpha,\beta}C_i^\beta - \sum_j F_{i \rightarrow j}C_i^\alpha - R_i^\alpha C_i^\alpha \quad (4)$$

Fig. 2에 미생물 오염원을 제거하기 위해 설정한 모델의 기본적인 구성은 Fig. 1과 동일하며, 기계환기장치인 HRV(폐열회수환기유닛)가 기본적으로 설치되고 필터와 UVGI가 조합된 살균장치를 추가 설치할 경우에 대한 미생물 오염원 제거 성능을 파악하고자 하였다. Fig. 2에서 환기를 위해 설치된 덕트와 디퓨저 및 풍량을 Table 3에

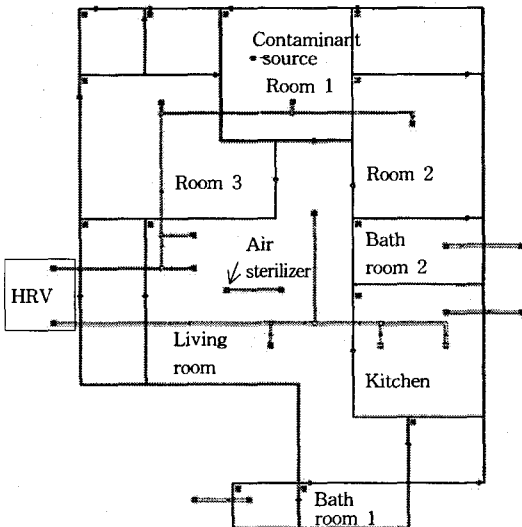


Fig. 2 Multi-zone modeling for combination of filter and UVGI models.

Table 3 Input data of duct work

Zone	Zone volume (m <sup>3</sup> )	Supply air volume (m <sup>3</sup> /h)	Return air volume (m <sup>3</sup> /h)	Diffuser diameter (mm)	
				SA	RA
Room 1	36.5	20	-	100	-
Room 2	37	30	-	100	-
Room 3	27.3	40	-	125	-
Living room	105.5	60	80	100	125
Kitchen	34	-	80	-	125
Bath room 1	10.9	-	60	-	125
Bath room 2	17	-	60	-	125

표시하였고, 각각의 환기장치가 동작할 경우와 정지할 경우 및 각각의 환기장치의 풍량이 변할 때 실내 미생물 오염원 제거에 대한 성능을 해석하고 이를 비교하였다. 또한 거실 중앙에 필터와 UVGI가 조합된 살균장치를 설치하도록 하여 살균장치가 가동될 때 실내 미생물 오염의 제거 성능을 평가할 수 있도록 하였다. 살균장치에 적용된 필터는 ASHRAE standard 52.2<sup>(3)</sup>의 MERV 등급에 따라 MERV6~MERV20 모델을 적용하였다. 또한 동일 장치에 부착된 UVGI 모델은 제거 대상이 되는 미생물에 대하여 일정한 효율을 나타내는 고정 살균율 모델을 적용하였다. 대상균에 대한 살균율이 50~95%를 5% 단위로 UVGI5~UVGI14까지 10등급으로 나누었으며, UVGI5는 살균율 99%를 UVGI16은 살균율 100%가 되도록 하였다.<sup>(5)</sup> 적용된 모델은 실내 미생물 오염원에 대한 멀티존 시뮬레이션의 실제 적용을 위해 구성되어 신뢰성이 평가된 Choi et al.<sup>(5)</sup>이 적용했던 멀티존 모델을 사용하였다.

**2.4 멀티존 시뮬레이션**

본 연구에서는 우선 실내에 상시의 미생물 오염원이 존재할 때와 재실자가 새로운 실내 미생물 오염발생원이 될 경우에 대하여 실내 미생물 오염원 저감기술이 적용되지 않았을 경우에 실내 미생물 오염원의 확산에 대하여 알아보려고 하였다. 이를 위해 창과 문이 닫혀 있는 경우와 창과 문이 열려 있는 경우 실내 미생물 오염원의 확산에 관하여 모사할 수 있도록 하였다. 기본적인 실내 미생물 오염이 존재할 때 창과 문의 개폐에 따라 앞서 설명한 누설면적(Leakage area) 또는 One opening model을 통하여 미생물의 확산을 살펴볼 수 있도록 하였다. 그리고 실내 재실자가 미생물 오염원이 되는 경우, 실내 미생물 오염 제거기술이 적용되었을 때 실내 미생물 오염의 확산에 관하여 알아보기 위하여, 재실자가 스케줄에 따라 이동할 때 실내 오염원의 분포를 모사하였다. 재실자는 20~22시 거실, 22~08시 Room1, 08~09시 Bathroom2, 09~20시 건물 외부에 위치하는 것으로 재실 스케줄을 설정하였다. 또한 국부환기가 실내 미생물 오염원 제거에 미치는 영향을 알아보기 위하여 화장실 환기팬을 재실자가 외부로 나간 후 1시간 동안 동작할 때와 그렇지

않을 때를 비교하도록 하였다. 그리고 실내 미생물 오염원 저감기술이 적용될 때 각각의 장치가 실내 미생물 오염원 제거성능에 미치는 영향을 판단하기 위하여 실내 환기량을 각 실제적의 0.7회/h, 살균장치를 통한 풍량이 0.7회/h, 살균장치를 구성하는 MERV 필터 등급과 UVGI 등급이 MERV6와 UVGI6일 경우에 대한 해석을 수행하였다. 이러한 설정은 공동주택의 최소 환기량을 0.7회/h로 하였을 때 부가장치인 UVGI 공기살균장치의 실내 미생물 오염 제거성능을 최소로 하여 설치하고, 실내 미생물 오염원 저감에 대한 영향을 평가하도록 하여 실내 미생물 오염원 저감기술의 도입에 대한 타당성을 검토하기 위하여 구성되었다.

**3. 시뮬레이션 결과 및 고찰**

Table 4에 대상으로 한 공동주택의 실제 거주 상태에서 상시에 측정된 실내 미생물 환경 측정 결과를 나타내었다. Table 4에서 보는 바와 같이 부유세균을 크게 일반세균과 일반진균으로 나누어 나타냈으며, 각 실에서 3회 측정된 값을 평균하였다. 측정된 총 평균량인 2,542 CFU/m<sup>3</sup>을 모델설정시 대상공간의 초기값으로 설정하였다.

Fig. 3에 미생물 오염 발생 및 확산 모델에서 Room1에 앞의 Table 4에서 제시된 초기 미생물 오염원이 있을 경우, 실내의 모든 문을 닫아 놓은 경우의 해석결과를 나타내었다. 문을 닫아 놓은 경우 Room1에 오염된 미생물의 양은 점차 줄어드는 것을 볼 수 있으며, Room2를 제외한 다른 인접공간으로 아주 미세한 양만큼 확산되는 것을 볼 수 있다. 실험이 이루어진 공동주택의 경우 상대적으로 외기와 접한 곳이 적기 때문에 각 실의 문을 모두 닫아 놓은 상태에서는 실내 미생물 오염원의 변화가 아주 적은 것을 볼 수가 있다.

Fig. 4에 미생물 오염 발생 및 확산 모델에서

Table 4 Test result of indoor microorganism by air-sampler

Strain	Room1	Room2	Living room
Bacteria (CFU/m <sup>3</sup> )	2,510	2,483	2,013
Fungus (CFU/m <sup>3</sup> )	257	223	140
Total average	2,542		

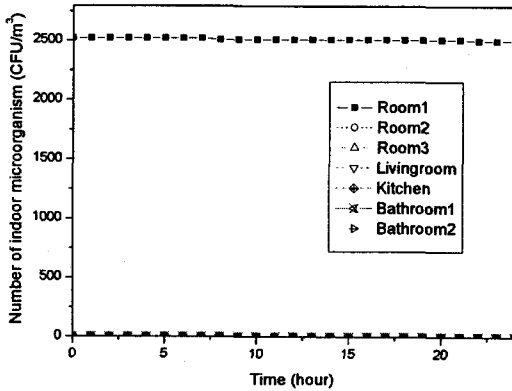


Fig. 3 Simulation result in case of door closed.

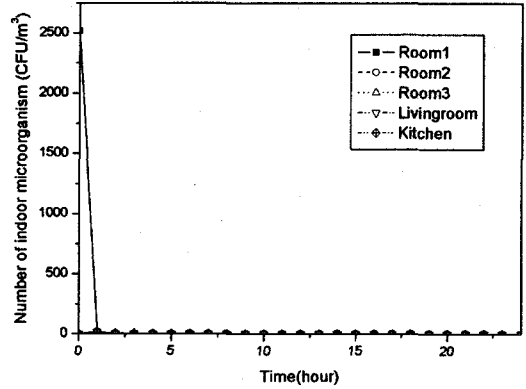


Fig. 5 Simulation result in case of window and door opened.

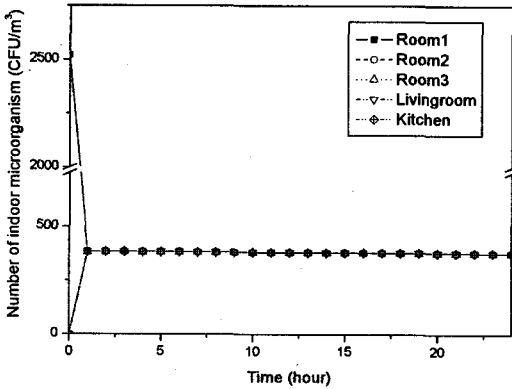


Fig. 4 Simulation result in case of door opened.

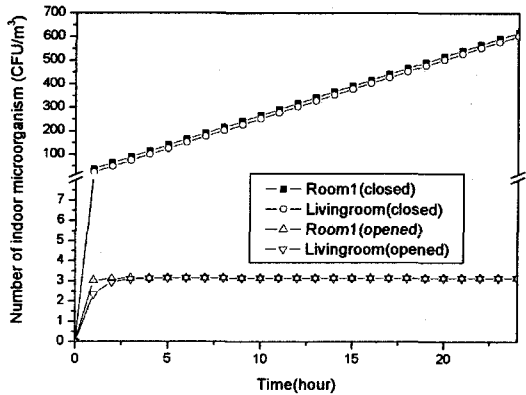


Fig. 6 Simulation result in case of window closed or opened.

Room1에 측정된 초기 미생물 오염이 있을 경우, 각 실의 문을 열어 놓은 경우를 나타내었다. 결과에서 보는 것과 같이 약 1시간 정도가 지나면 Room1에 있던 미생물 오염원이 공동주택의 실내 모든 곳에 확산된 후 조금씩 줄어드는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5에 미생물 오염 발생 및 확산 모델에서 Room1에 측정된 초기 미생물 오염이 있을 경우, 각 실의 문을 열어 놓은 상태에서 Room1의 창문을 열어 환기시키는 경우의 결과를 나타내었다. 창문을 열어 환기를 시킬 경우에는 오염원의 확산이 일어나고 약 두 시간이 지나면 완전히 제거 되는 것으로 나타났다. 창문을 열어 환기하는 경우 미생물 오염 제거능력이 높다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6에 미생물 오염 발생 및 확산 모델에서 Room1의 재실자가 전염성 질병에 걸려 100 CFU/min의 미생물 오염원을 발생시킬 경우, 실내의 문을 열었을 경우에 각각 창문을 통하여 환기를 할 경우와 하지 않았을 경우의 결과를 나타내고 있다. 계속적인 오염의 발생이 있는 경우 창문을 통한 환기가 없으면, 오염이 발생하는 Room1과 인접실인 Living room은 약간의 차이를 보이면서 오염량이 계속 증가하는 반면, 창을 통하여 환기를 하면 오염원의 수가 낮은 값에서 일정한 값에 수렴하는 것을 알 수 있다.

Fig. 7에 미생물 오염 제거모델에서 기계환기장치인 HRV와 육실환기팬을 가동하고, Room1의 재실자가 전염성 질병에 걸려 100 CFU/min의 미생물 오염원을 발생시킬 경우, 이때 재실자는 20~

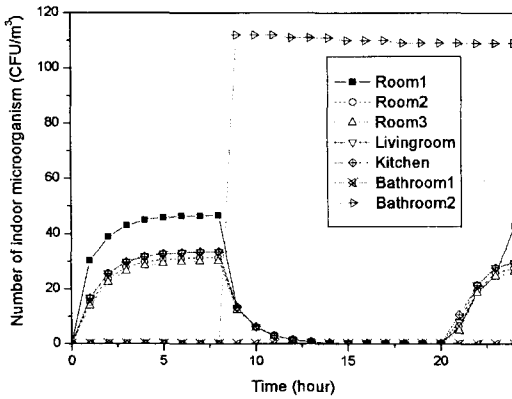


Fig. 7 Simulation result in case of varying occupants schedule.

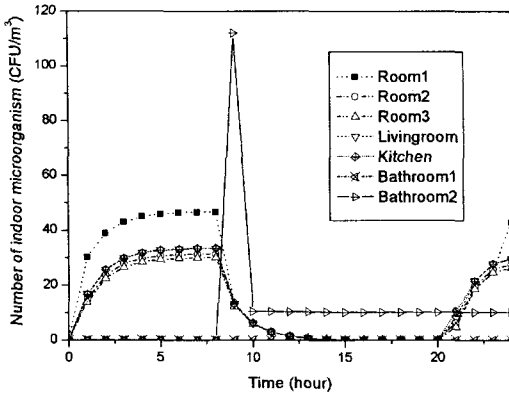


Fig. 8 Simulation result in case of varying occupants schedule.

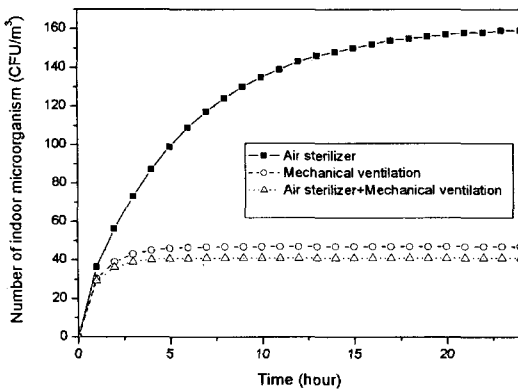


Fig. 9 Simulation result in case of ventilation and UVGI air sterilizer.

22시 거실, 22~08시 Room1, 08~09시 Bathroom2, 09~20시 건물 외부에 위치하는 것으로 재실 스케줄을 설정하였다. 20시부터 08시까지 Room1에 재실자가 있을 경우 각 실의 미생물 오염원 발생량은 기계환기장치의 가동으로 안정되며, Room1의 발생량이 제일 높게 나타나고 있다. 08시부터 09시에 환기팬이 1시간 가동하는 욕실을 사용하는 재실자에 의해서 욕실의 미생물 오염이 급격히 증가하다가, 09시에 재실자가 욕실에서 건물 외부로 나가게 되면 미생물 오염원 발생원이 없어지지만, 1시간 동안 가동한 욕실환기팬의 가동정지로 인해 미생물 오염량이 시간의 경과에 따라 미세하게 서서히 줄어드는 것으로 나타나고 있다. 09시 이후 재실자가 건물 외부로 나가게 되면 Bathroom을 제외한 모든 실의 미생물 오염원이 크게 감소하게 되며, 다시 재실하게 되는 20시 이후 다시 증가한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 8의 경우는 08시부터 10시까지 욕실환기팬이 2시간 동안 가동하는 경우로 Fig. 7과 비교시 욕실의 미생물 오염원 변화가 09시까지는 Fig. 7의 상태와 유사하지만, 09시 이후 1시간 동안 욕실환기팬이 더 가동하기 때문에 발생된 미생물 오염원이 급격히 줄어든다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9에 미생물 오염 제거모델에서 Room1의 재실자가 전염성 질병에 걸려 100 CFU/min의 미생물 오염원을 발생시킬 때 필터와 UVGI가 조합된 살균장치가 설치된 경우와 기계환기장치인 HRV가 설치된 경우, 그리고 그 둘을 동시에 동작할 경우의 세 가지 경우의 결과를 나타내고 있다. 해석결과에서 알 수 있듯이 기계환기장치를 사용한 경우가 UVGI 공기살균장치를 사용할 경우에 비해서 오염 제거성능이 상대적으로 우수함을 알 수 있다. 특히 기계환기장치와 UVGI 공기살균장치를 동시에 사용할 경우 더 향상된 미생물 오염 제거성능을 가지는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

실내 미생물 오염원 저감기술의 도입에 대한 타당성을 검토하기 위한 미생물 오염원의 확산과 제거에 관해 멀티존 모델을 이용하여 실내 미생물 오염원 확산과 제거에 관한 해석을 수행한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 자연환기는 미생물 오염원 제거에 높은 효

과를 보이는 것을 알 수 있었다.

(2) 실내 미생물 오염원은 문의 개폐에 따라 실내로 확산되며, 창을 통한 자연환기나 강제환기를 하는 경우 오염량의 감소가 현저함을 알 수 있다.

(3) 재실자의 재실스케줄 설정에 따른 각 실의 미생물 오염원의 확산과 제거성능에 대한 결과를 볼 때 설정된 멀티존 모델의 실제적인 신뢰성이 높다는 것을 확인할 수 있었다.

(4) 필터와 UVGI 공기살균장치와 기계환기장치는 각각을 설치하는 것보다 조합한 실내 미생물 오염원 저감기술을 도입하는 것이 실내 미생물 오염원 제거성능이 높다는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결과에 따라 멀티존 시뮬레이션 기법은 실제 실험이 어려운 미생물 오염원 문제에 대처하는 환기설비설계에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 실내 미생물 오염원 저감기술을 조합하여 도입하는 것이 실내 미생물 오염원 저감에 타당한 것으로 나타나, 향후 연구를 통하여 실내 미생물 오염원 저감기술의 조합과 각 장치의 조건에 따른 오염원 제거 성능평가가 이루어진다면 궁극적으로 실내 미생물 오염원 저감기술의 실제적용에 대한 설계 자료로써 충분히 활용

될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Choi, S. G. and Hong, J. K., 2005, The study on the performance estimation of UVC air sterilizer for preventing transmission of air borne contagion, Journal of SAREK, Vol. 17, pp. 581-586.
2. ASHRAE, 1997. ASHRAE Handbook, American Society Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA. Chapter 25.
3. ASHRAE, 1999, Method of testing general ventilation air-cleaning devices for removal efficiency by particle size, ASHRAE Standard 52.2.
4. NIST, 2005, CONTAM 2.4 User Guide and Program Documentation, NISTIR 7251.
5. Choi, S. G., Lee, H. W. and Hong, J. K., 2006, A study on the multizone modeling for preventing transmission of air borne contagion, Journal of SAREK, Vol. 18, pp. 933-941.