

## 개별공간의 자외선 살균 시스템

정기범, 최상곤<sup>†</sup>  
유한대학 건축설비과

### UV Immune System of Personalized Space

Kybum Jeong, Sang Gon Choi<sup>†</sup>  
Department of Building Services, Yuhan College, Bucheon, 422-749, Korea

(Received September 19, 2008; revision received December 8, 2008)

**ABSTRACT:** The air sterilization systems are investigated experimentally in this paper. The goal is to reduce bacteria, mold and viruses in office air by using a UV sterilizer installed inside a partition panel and wall-mounted unit. These systems allow occupants to turn the system on/off and to control the incoming air speed and direction. The partition air sterilization system conditions and sterilizes the air, and then delivers the clean air into the personal task area through the partition panels, which are connected to the pressurized under-floor plenum. Room air exits through the return grills mounted on the ceiling. The wall-mounted air sterilization system sterilizes the air, and then delivers the clean air to the personal task area from the wall. In this study a full-size experimental environment is established to investigate the immunization performance of these air sterilization systems. A typical office space scale is used in this study in order to find an optimal system to achieve a sterilized healthy micro-environment. Multiple system parameters, including volume flow rate and velocity of supplied air, were regulated during the experiments. The more air contact these air sterilization systems had, the better disinfection performance. Over 90% of eradication ratios were obtained by these two air sterilization systems. The results indicate that these systems can efficiently disinfect office air contamination.

**Key words:** UVGI(자외선 살균), Floating germs(부유세균), Air sterilizer(공기살균장치), Air borne contagion(공기 감염)

#### 기호설명

$K$	: 부유세균의 표준율 상수 [ $\text{cm}^3/\mu\text{W} \cdot \text{s}$ ]
$E_{eff}$	: 부유세균이 받는 유효조사량 [ $\mu\text{W}/\text{cm}^3$ ]
$Dose$	: $E_{eff}$ 와 $\Delta t$ 의 곱, 조사량 [ $\mu\text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^3$ ]
$N_i$	: 초기 분사 시 측정된 부유세균의 수
$N_o$	: 조사전 부유세균의 수
$N_p$	: 현재 측정된 부유세균의 수

$N_t$	: t 시간후의 부유세균의 수
$N_{po}$	: 살균하지 않는 경우 시간 t 후 부유세균 수
$N_{io}$	: 살균하지 않는 경우 초기 부유 세균의 수
$\epsilon$	: 낙하 및 부착에 의한 제거율 [0-1]
$\epsilon_n$	: 공기살균장치에 의한 제거율 [%]
$\epsilon_t$	: 종합 제거율 [%]

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-02-2610-0784; fax: +82-02-2610-0784

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

#### 1. 서 론

'2007년 건강보험심사 통계지표'에 따르면 우리

나라에서 급성호흡감염증(감기) 외래 진료비가 1조 3천 974억 원(약국 약제비 제외)으로 암 입원 진료비 1조 6천 48억 원에 육박하고 있어, 가벼운 호흡기 질병에 의해 엄청난 사회비용을 지불하고 있다는 것을 알 수 있다.

이러한 호흡기질병은 그 증상이 상대적으로 가볍기 때문에 심각하게 받아들이지 않거나 감염방지에 대한 대책이 없어 쉽게 2차 감염되어 진료비를 통한 직접적인 지출뿐만 아니라 업무능률 저하 및 주위에 대한 감염 등 부차적인 손실이 발생할 수 있다. 또한 유행성 호흡기 질환자에 인한 2차 감염 사례나 중증 급성호흡기 증후군(SARS : severe acute respiratory syndrome)과 조류 독감의 세계적인 유행은 공기 중 부유세균에 의한 질병 감염의 심각성을 보여준다.

따라서 이 연구에서는 업무용 건물의 실내 부유 세균에 의한 감염률을 낮추기 위하여 개인 사무공간의 살균장치 시스템 개발 및 비교 평가에 목적을 두었다.

개인 사무공간의 공조는 바닥 공조를 이용하여 급기 일부를 파티션으로 인입하여 재실자 정면으로 토출한 후에 천장으로 배기되는 파티션 공조 시스템, 바닥 공조를 이용하고 살균장치를 따로 측벽상부에 설치하는 벽부착 시스템과 비교분석을 위한 전외기 도입 시스템의 세 가지 방식을 비교 평가하였다. 파티션 시스템과 벽부착 시스템은 살균 장치인 UVGI(ultra violet germicidal irradiation)를 부착하여 시스템을 제작하고 성능 평가하였다.

사무공간의 파티션 공조시스템은 선행 연구<sup>(1)</sup>를 통하여 비교적 꽤적도가 높은 것으로 분석되었으므로 사무실 꽤적도 종진과 실내 부유 세균 제거라는 두 가지 조건을 만족시킬 수 있을 것으로 예측되어 기본 공조방식으로 선정하였고, UVC 살균장치는 기존 연구<sup>(2)</sup>의 UVC 램프 성능 평가 결과를 이용하여 설계 제작하였다.

실험은 공조와 비공조 조건 사이에 공조 급기량과 급기 속도 등의 변수에 따른 살균 효과를 비교 평가하였다. 또한 실험 세균은 실험자 및 외부 환경에 위해를 미치지 않는 고초균(Bacillus subtilis)을 이용하였다.

## 2. 관련 이론

실험에 사용된 고초균은 호기성 세균으로 막대

모양의 그람양성(Gram positive bacillus)의 간균(bacillus)이며 편모로 운동한다. 탄저균과 결핵균 등과 동속으로 비병원성이고 아포가 있어 저항력이 강하다. 또한 유전공학에서 재조합 DNA 기술의 플라스미드(Plasmid)로서의 이용으로 매우 중요하게 사용되고 있으며, 여러 미생물 제제로서도 이용되는 등 그 성질이 비교적 구체적으로 밝혀진 비병원성세균이다. 이러한 고초균의 사용은 동속이기 때문에 가지는 탄저균과 같은 병원균과의 유사성과 더불어 공기를 통해 전파되며, 아포를 형성한다는 점에서 실험에 필요한 특징을 가지고 있어 탄저균이나 결핵균과 같은 공기전염성 병원성균을 모사하기 위하여 사용되었다.

살균장치의 제작에 이용한 단일 미생물의 군집에 대한 자외선 조사(UVGI)의 성능은 식(1)과 같이 식으로 나타낼 수 있다.<sup>(3)(4)</sup>

$$\frac{N_t}{N_o} = \exp(-kE_{eff} \cdot \Delta t) = \exp(-k \cdot Dose) \quad (1)$$

위와 같이 정의하는 경우 시간  $t$  후의 미생물 의사멸율은  $(1 - N_t/N_o)$ 으로 나타낼 수 있다.

실험실 내부 부유세균의 제거성능은 식(2)와 같이 낙하 및 부착 등과 공기살균장치의 모두에 의한 종합제거율과 식(3)과 같이 공기살균장치 만에 의한 공기살균장치 제거율을 사용하였다. 여기서,  $\epsilon_a$ 는 공기살균장치만의 제거율,  $\epsilon_t$ 는 종합제거율,  $\epsilon_n$ 은 시간별 낙하 및 부착 등으로 제거된 후 생존율을 나타내며,  $N_p$ 는 현재 측정된 균의 수,  $N_i$ 는 오염발생 직 후 측정된 균의 수를 나타내며 실험을 통하여 구하여 사용하도록 하였다.

$$\epsilon_t = (1 - \frac{N_p}{N_i}) \times 100 \quad (2)$$

$$\epsilon_a = (1 - \frac{N_p}{N_i \times \epsilon_n}) \times 100 \quad (3)$$

여기서,  $\epsilon_n = (\frac{N_{po}}{N_{io}})$ 이다.

## 3. 실험장치 및 방법

### 3.1 실험장치

개인 사무공간을 모사할 수 있는 실험실을 구

성하기 위하여  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 온도와  $\pm 1\%$ 의 상대습도를 유지할 수 있도록 Fig. 1과 같은 인공기후 실을 제작하였다. 제작된 인공기후실에 대한 급기(SA), 환기(RA) 위치와 실험실에서 공기를 포집한 샘플위치(P)를 Fig. 2에 나타내었다.

살균장치는 패티션형과 벽부착형을 각각 제작하고, 대상 미생물인 고초균을 1회 통과로 99% 살균할 수 있도록 하였다.<sup>(2)(3)</sup> Fig. 3에 패티션형 살균장치를 나타내었다. 패티션형 살균장치는 공조기 급기 중 일부를 패티션 하부로부터 직접 인입하여 실내로 공급하도록 하부에 연결구를 설치하였다. 이러한 연결구 부분에 살균을 위해 출력 25 W, 외경 28 mm, 길이 440 mm의 UVC 램프를 3개 설치하고 UVC의 반사성능을 최대한 높일 수 있도록 살균장치의 내부표면에 알루미늄 전해연마판을 설치하였다. 연결구를 통하여 공급되는 풍량은 실험실 내부의 급기구 한 개를 멀폐하고, 이 급기구와 동일한 급기풍량인 총 공조급기 풍량의 1/4을 공급하도록 하고, 풍량변화 및 PMV 유지를 위하여 풍량 조절이 가능하도록 인버터 장치를 설치하였다.

벽부착형 살균장치는 출력 35 W, 외경 15 mm, 길이 860 mm인 2개의 UVC 램프를 사용하고 UVC의 반사성능을 최대한 높일 수 있도록 살균장치의 내부표면에 알루미늄 전해연마판을 설치하였다. Fig. 4의 벽부착형 살균장치는 축벽상부에 부착하여 천정의 일정공간은 UVC 조사에 직접 노출되도록 하고 하부의 팬을 통하여 강제 순환을 할 수 있도록 하였다. 벽부착형 또한 풍량 조절이 가능하도록 인버터 장치를 설치하였다. 부유세균 측정에 사용된 배지는 선택배지로서 MYP (Mannitol egg yolk polymyxin agar)를 사용하였고, Table 1에는 미생물용 실험장치의 규격을 나타내었다.

### 3.2 살균성능평가 실험

성능평가는 크게 두 가지의 상황에 대하여 수행되었다. 첫 번째는 실내 온·습도 유지를 위하여 공조기가 가동되는 상황과 두 번째로 공조기가 가동되지 않는 상황에 대하여 각각 성능평가를 하도록 하였다. 성능평가를 위해 우선 실험실 내부 조건을  $24^{\circ}\text{C}$ , 50%의 균일한 조건으로 유지하였다.<sup>(4)</sup>

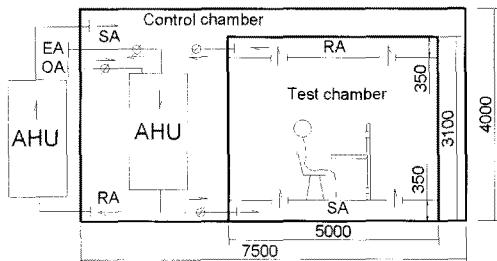


Fig. 1 Controlled environment chamber.

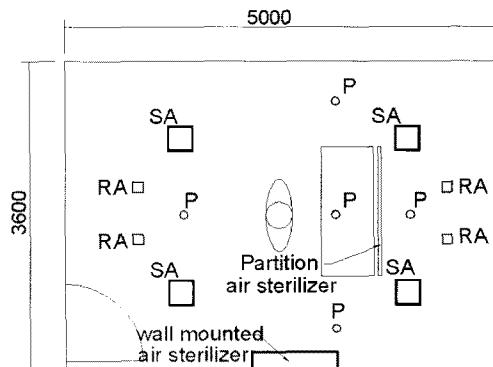


Fig. 2 Location of sampling point and air sterilizer.

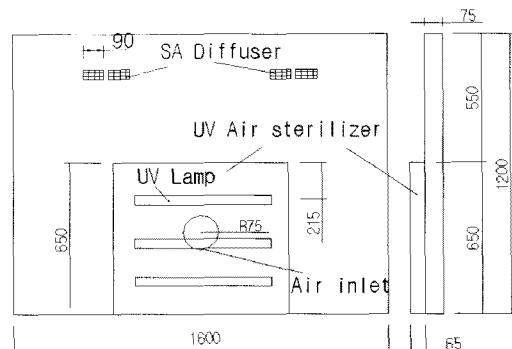


Fig. 3 Diagram of partition air sterilizer.

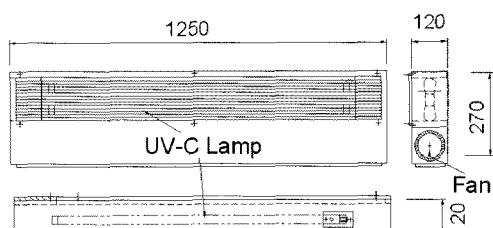


Fig. 4 Diagram of upper-room air sterilizer.

실험실 내부의 온도유지는 공조상태에서는 실험실용 항온항습기를 통하여 순환방식으로 온습도를 유지하도록 하고, 비공조상태에서는 실험실 외부 준비실의 항온항습기를 통하여 부하를 제거하는 방식으로 실험실 내부의 온·습도 조건이 유지되면 실내 부유 세균의 감염원은 전염성 질병에 걸린 사람이 호흡이나 기침 등을 통하여 실내에 확산시키는 것으로 가정하여, 의료용 분무기를 통하여 실내에 설치된 인체모형에서 약  $10^7$  개 정도로 배양된 고초균 배양액을 0.3 mL/min, 평균 직경 2.1  $\mu\text{m}$ 로 10분간 살포하는 것으로 하였다.

미생물 포집은 Air Sampler가 충돌법에 의해 포집한 공기 100 L에 대한 공기 중의 부유세균을 48시간의 배양을 거치도록 하였다. 배양이 완료된 배지에 대하여 접착수를 개수하고 각각의 개소에 대하여 합산 후 평균을 내는 방식으로 고초균에 대한 오염도를 측정하였다.

측정된 샘플의 오염도는 공기 100 L당 오염 정도를 나타내고 있으므로 단위체적에 대하여 CFU/m<sup>3</sup>으로 나타낼 수 있도록 환산하였으며, 이 때 Air Sampler에 대한 보정값을 사용하여 오염도를 보정할 수 있도록 하였다.

Table 2의 실험조건에서와 같이 공조기의 가동은 무부하 상태의 최소 환기량을 “다중이용시설의 실내공기질 관리법”에 따라 최소 풍량을 0.7 회/h로 가정하고, 부하상태의 급기량은 실내 컴퓨터, 인체, 조명 등의 부하가 발생할 경우 실험장치내부에서 PMV가 ±0.1이내로 유지될 수 있는 최대 급기량인 18.5회/h로 급기하도록 하였다. 공조기 풍량이 0.7회/h일 때는 실험실 내부의 급기구 한 개를 밀폐하고, 이 급기구와 동일한 급기풍량인 0.175회/h로 칸막이살균장치의 최소 풍량을 유지하였다. 또 공조기의 풍량이 18.5회/h인 경우는 파티션을 통하여 급기 되는 설계풍량은 4.62회/h이지만, PMV 유지를 위하여 살균장치를 통과하는 풍량을 1.0회/h로 조절하였다. 비공조방식은 최소 환기풍량으로 가정한 0.7회/h로 공기 살균장치를 통하여 실내순환 방식으로 하고, 전외기 방식의 경우는 0.7회/h로 전외기를 공급하도록 하였다.

#### 4. 실험결과 및 분석

전염성 질병에 걸린 재실자가 호흡이나 기침을

Table 1 Specification of experimental instrument

Instrument	Maker	Specification
SAMPL'AIR (mK2)	France AES	Flow rate 100 L/min Tolerances ±5%
Petri dish	Korea, SPL	Innner diameter 90 mm
Incubator	Korea, Balmann Tech.	Temperature Tolerances 0~20 °C ±0.1 20~50 °C ±0.2
Colony Counter	Korea, Chang Shin	pan counter resister counter 220 V
Nebulizer	Italy, Mefar	Flow rate 0.3 mL/min pressure 2 bar Mean diameter 2.1 $\mu\text{m}$

Table 2 Experimental condition

AHU		Air sterilizer	
State	Air volume (ACH)	Type	Air volume (ACH)
On	0.7	None	-
		Upper-room	0.7
		Partition	0.175
		Out air	0.7
	18.5	None	-
		Upper-room	1
		Partition	1
Off	-	None	-
		Upper-room	0.7
		Partition	0.7

통하여 병원성 세균을 사무공간으로 확산시키는 경우, 파티션 살균공조장치의 실내 부유 세균 제거 성능평가를 실현 비교하였다. 이전의 Sheng-wei Zhu(2006) 등의 연구에서는 사람의 기침을 통하여 평균 약 1.4 L의 호흡과 동시에 약 6.7 mg의 타액을 22 m/s 정도로 공간에 분사하게 되고 30  $\mu\text{m}$  정도의 액적이 실내 가장 많이 분포 한다는

연구 결과를 발표하였다.<sup>(6)</sup>

그러나 본 연구에서는 초기 약 2 bar 정도의 압력으로 호흡과 비슷한 정도의 속도인 약 0.3 m/s로, 평균직경 2.1  $\mu\text{m}$ 인 0.2  $\mu\text{m}$ 에서 5.5  $\mu\text{m}$  직경을 가지는 배양액 약 0.3 mL/min를 포함한 약 10 L/min의 공기량을 10분간 분사하였다. 그 결과는 Fig. 5에 살균장치를 가동하지 않는 조건에서 완전히 무풍인 비공조 상태(AHU None, Air sterilizer None)와 공조기로만 0.7회/h로 급기 되는 공조상태(AHU 0.7 ACH, Air sterilizer None)의 측정 결과를 개수된 집락수로 비교하여 나타내었다. 실내가 비공조상태이고 살균장치도 가동하지 않는 완전히 무풍 상태라면 상대적으로 작은 크기의 액적도 1시간 만에 약 76%, 2시간 만에 약 79%, 4시간 만에 약 86%, 8시간 만에 약 99%가 낙하하거나 부착되어 공기 중에서 사라지는 것을 알 수 있었다. 그러나 공조기로만 0.7회/h로, 급기 디퓨저에서 평균 0.6 m/s의 속도로 공간에 유동을 만들면 약 15% 정도의 세균이 72시간 이후에도 공기 중에 잔류하는 것으로 나타났다.

Fig. 6에는 초기 부유세균이 시간에 따라 낙하 또는 부착으로 인하여 제거되는 량을 차감한 오염량을 기준으로 공조기의 가동 풍량과 살균장치의 종류에 따른 부유세균 제거율을 나타내었다. Fig. 6의 결과는 식(3)에 의한 시간별 제거율이며, 전체제거율 중 공기살균장치가 처리한 부분만 따로 계산한 부유세균 제거율을 나타낸 것이다. 공조기를 가동하지 않고 공기살균장치로만 실내 기류를 형성하여야 하는 경우(AHU None, Partition 0.7 ACH and AHU None, Wall mounted 0.7 ACH) 실내 기류가 완전히 발달하지 않고 정체되는 부분이 발생되는 것으로 나타났다. 이 때문에 공기살균장치로만 실내 기류를 형성하여야 하는 경우 4시간 이후에 부유세균 제거율이 급격하게 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 실내 기류가 부유세균을 적절히 유동시키지 못하여 부착이나 낙하에 의해 공기 중에서 제거되는 세균수보다 실내 기류에 의해 부유하면서 공기살균장치를 통과하면서 제거되는 부유세균의 수 자체가 감소하였기 때문으로 판단된다.

또한 공조기를 가동하더라도 기류가 잘 발달되지 않는 경우(AHU 0.7 ACH, Partition 0.175 ACH and Wall mounted 1 ACH)에는 초기 4시간 이전에서 불안정한 제거율을 보이는 것으로 나타났다. 특히 파티션 살균의 경우(AHU 0.7 ACH, Parti-

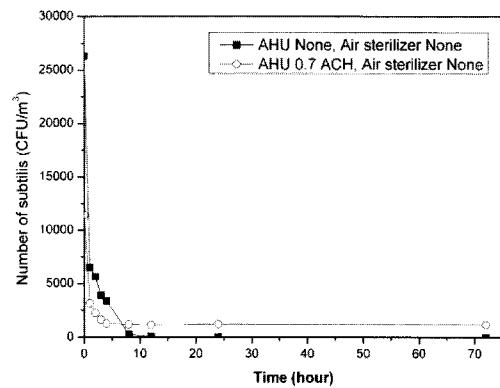


Fig. 5 Number of subtilis in case of non-using air sterilizer.

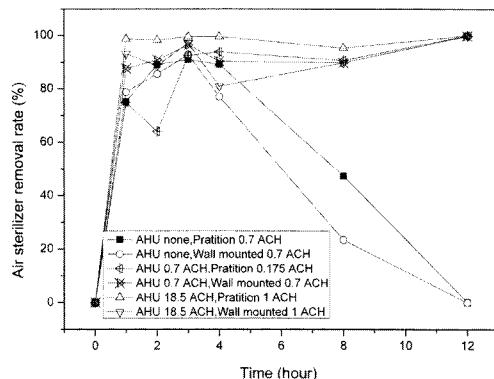


Fig. 6 Air sterilizer removal rate.

tion 0.175) 안정되지 않은 제거율을 보이는데 이는 파티션 처리풍량이 0.175회/h이어서 동일한 공조풍량에서 벽부착형이 0.7회/h이고, 공조 풍량이 18.5회/h인 경우(AHU 18.5 ACH Partition 1 ACH and AHU 18.5 ACH Wall mounted 1 ACH) 두 종류의 살균장치 모두 처리 풍량이 1 회/h인 것에 비해 처리 풍량이 상대적으로 적어 살균장치를 통과하여 살균처리 되는 기회가 상대적으로 적기 때문에 판단된다. 그러나 4시간이 지나면 공조기의 가동으로 인해 상대적으로 살균 처리 기회가 높아지므로 각 살균장치에 의해 안정된 살균율을 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 공조기 가동으로 실내에 일정 기류가 생성된 공간에서는 살균장치를 사용하면 실내 부유세균 제거율을 높일 수 있다는 것을 보여주고 있다.

Fig. 7에 공조기의 가동을 중지한 상태에서 살균장치를 가동하는 경우에 부유세균 오염의 제거

율을 나타내었다. 제거율은 식(2)의 종합제거율로 비교하였으며, Fig. 5의 결과에서도 보인바와 같이 살균장치가 동작하지 않더라도 8시간 이후에는 99%의 부유세균이 제거되는 것을 알 수 있었다. 그러나 살균장치를 동작시키면 초기 부유세균 제거율을 현격하게 높일 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 8에서 살균장치가 없는 경우(AHU None, Air sterilizer None) 처음 한 시간 동안 약 75%가 낙하하거나 부착되어 제거되는 것에 비해, 살균장치를 동작하면 두 가지 살균장치 모두 평균 약 94% 정도의 제거율을 얻을 수 있다. 이러한 제거율은 전외기 방식을 통하여 0.7회/h로 외기를 도입할 경우(AHU None, Out air 0.7 ACH)와 거의 비슷한 결과를 가져오게 되며, 이전의 연구를 통한 결과와도 일치하는 결과이다.<sup>(7)</sup>

살균장치가 없는 경우(AHU 0.7 ACH, Air sterilizer None) 부유세균이 계속 잔류하는 반면 각각의 살균장치를 가동하면 초기 1시간 만에 파티션시스템의 경우(AHU 0.7 ACH, Partition 0.175 ACH) 약 89%, 벽부착시스템의 경우(AHU 0.7 ACH, Wall mounted 0.7 ACH) 약 95%의 제거율을 보인다. 이러한 성능의 차이는 앞서 언급한 것과 같이 공조기를 0.7회/h로 가동하는 경우 파티션 처리풍량이 0.175회/로 상대적으로 처리 풍량이 작은 것에 기인한 것으로 보인다.

Fig. 9에서는 위의 결과가 처리 풍량차로 인한 제거율의 차이인 것을 확인할 수 있다. Fig. 9는 두 가지 살균장치 모두 1회/h의 처리 풍량을 가지도록 한 경우와 공조기의 풍량이 18.5회/h인 경우를 공조기의 풍량이 0.7회/h로 가동하는 경우와 비교한 것이다. 비교에서 알 수 있듯이 두 가지 살균장치의 처리 풍량이 같은 경우 공조기의 순환 풍량이 많아지면 초기 1시간 만에 파티션 살균장치의 경우 제거율이 약 99%, 벽부착 살균장치의 경우가 약 97%로 거의 비슷한 것을 알 수 있으며 시간이 경과 할수록 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 공조기의 풍량이 0.7회/h인 저풍량의 경우는 Fig. 8과 Fig. 9의 결과에서 산술적인 제거량보다 상회하는 제거능력을 보이는데, 이것은 벽부착형은 천정부분의 UVC 조사구역으로 인해 살균장치를 직접 통과하지 않아도 살균이 이루어지기 때문으로 판단되며, 파티션형의 경우는 그 원인을 분석하기 위한 연구

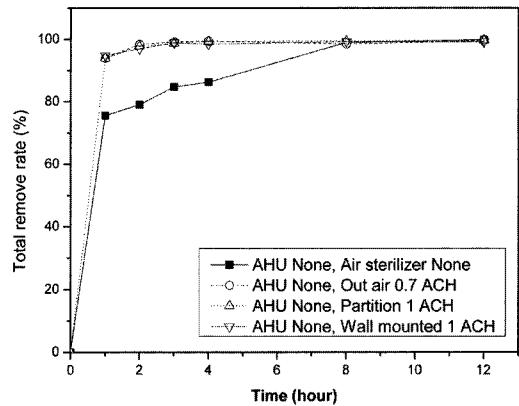


Fig. 7 Total removal rate in case of non-using AHU.

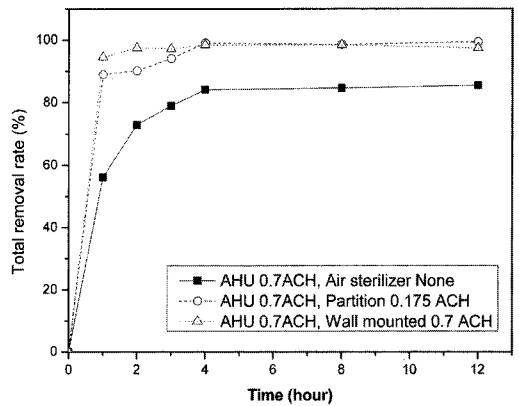


Fig. 8 Total removal rate in case of AHU air flow at 0.7 ACH.

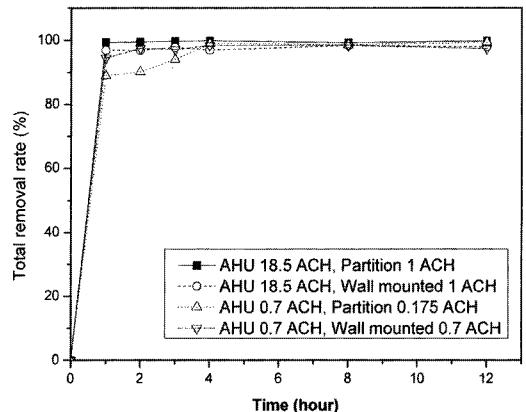


Fig. 9 Total removal rate in case of varying air flow rate of each system.

가 더 필요할 것으로 판단된다.

이러한 결과들은 공조기의 풍량이 실내 부하를 감당하는 정도로만 지속적으로 공급이 되면 실내 재실자에 의한 오염은 일정시간 계속 유지되며, 이러한 오염을 제거하기 위하여는 살균장치 또는 대량의 외기를 도입하여 부유세균오염을 제거하여야 한다는 것을 나타낸다. 그러나 현실적으로 실내 부유세균을 제거하기 위하여 전외기 방식의 공조는 에너지관리 문제로 중간기 이외에는 적용이 불가능 하므로, 이 연구에서 제안하는 살균장치 시스템이 실내 부유세균 제거를 위해 유효하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

또한 이러한 결과들로부터 살균장치들은 각각의 형태에 따라 성능의 차이가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 각각의 살균장치가 동일한 풍량을 처리한다면 거의 비슷한 부유세균 제거성을 보여주며, 오염원 제거율이 일정 살균율을 유지하도록 설계된 살균장치라면 그 형태 보다는 처리 풍량이 더욱 중요한 것을 알 수 있다.

그러나 살균공조시스템에 사용된 UVC는 인체에 직접접촉하게 되면 피부의 경우는 가벼운 발진으로부터 장시간 노출되는 경우에는 피부암을 유발할 수도 있으며, 특히 안구에 심각한 손상을 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 벽부착시스템의 경우 실내 재실자에게 직접 UVC가 조사되는 것을 방지하여야 하기 때문에, 사무환경의 경우 상대적으로 UVC가 재실공간으로 노출되지 않는 파티션형의 살균장치를 부착하는 것이 유리할 것을 판단된다. 뿐만 아니라 파티션형 살균장치는 기존의 연구를 통하여 기존의 천정급기, 바닥급기보다 쾌적도가 높은 것으로 나타나<sup>(1)</sup> 개인 사무공간의 면역성에 더 유리한 장치라는 것을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

사무실에 근무하는 실내 거주자가 병원성 전염병에 걸려 실내 공기를 오염시킬 경우 실내 부유세균의 제거를 위하여 자외선 살균시스템을 사무실에 설치하고 이에 대한 성능평가를 진행한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 공조장치를 작동하지 않아서 실내가 완전히 무풍 상태인 경우 상대적으로 작은 크기의 액적도 1시간 만에 약 76%, 2시간 만에 약 79%, 4시

간 만에 약 86%, 8시간 만에 약 99%가 낙하하거나 부착되어 공기 중에서 사라지는 반면, 풍량 0.7회/h로 급기하여 실내에 기류유동을 만들면 약 15% 정도의 세균이 72시간 이후에도 공기 중에 잔류하는 것으로 나타나 공조환경의 사무실 실내 공기 중의 부유세균에 대한 제거가 필요한 것으로 나타났다.

2. 두 가지 방식의 공기살균장치의 처리 풍량이 1회/h로 동일한 경우, 파티션시스템은 초기 1시간 만에 제거율이 약 99%, 벽부착시스템은 약 97%로 거의 비슷한 것을 알 수 있으며, 시간이 경과하여도 거의 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있어 두 가지 공기살균장치 중 어떠한 것을 실내에 부착하여도 비슷한 실내 부유세균 제거성을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

3. 전외기 방식으로 풍량이 0.7회/h인 경우와 동일한 공조풍량에서 살균장치를 설치하는 경우가 거의 비슷한 부유세균 제거성을 보여 전외기 방식으로도 실내 부유세균을 제거 할 수 있는 것으로 나타났다.

4. 공조기의 풍량이 0.7회/h인 저풍량의 경우는 산술적인 제거량 보다 상회하는 실험결과를 보인다. 이것은 벽부착형인 경우 천정부분의 UVC 조사구역으로 인해 살균장치를 직접 통과하지 않아도 살균이 이루어지기 때문으로 판단되며, 파티션형의 경우는 그 원인을 분석하기 위한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터 개인 사무공간에 대한 부유세균을 제거하기 위하여 전외기방식으로 외기를 도입하거나 자외선 살균 시스템을 설치하여야 한다는 사실을 알 수 있다. 그러나 전외기방식의 공조시스템은 에너지 비용의 상승에 대한 부담이 커서 채용하기가 어려워진다. 벽부착 살균시스템은 재실자가 UVC에 노출될 위험성이 있으므로 상대적으로 UVC에 대한 노출위험이 적어 안전한 파티션 살균 시스템을 사용하는 것이 에너지 측면, 안전성 측면과 쾌적성 측면 모두에서 유리할 것으로 판단된다. 또한 저풍량에서 발생하는 산술적인 능력을 상회하는 제거능력에 대한 원인 분석을 위한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2007년도 유한대학 학술연구비 지원

에 의하여 수행되었음.

### 참고문헌

1. Jeong, K., 2006, Numerical simulation and experimental measurement on cooling characteristics of partition air supply system, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 10, pp. 287-294.
2. 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, No. 6, pp. 581-587.
3. Vanosdell, D. and Foarde, K., 2002. 11, Defining the effectiveness of UV lamps installed in circulating air ductwork, Final report ARTI-21CR/610-40030-01.
4. Richard, S., Estelle, L. and Christine, R., 1998, The Effects of UV-C on biological contamination of AHUs in a commercial office building, IAQ and Energy, Vol. 98, pp. 229-236.
5. Kowalski, W. J., Bahnfleth, W. P., Whittam, D. L., Severin B. F. and Whittam, T. S. 2000, Mathematical modelling of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection, Quantitative Microbiology, Vol. 2, pp. 249-270.
6. Sheng Zhu, Kato, S. and Yang, J. 2006, Investigation into Airborne transport characteristics of airflow due to coughing in a stagnant indoor environment, ASHRAE Transaction, Vol. 112, p. 1.
7. Choi, S. G. and Hong, J. K. 2007, The study on the Multi-zone simulation according to building ventilation system for preventing transmission of microorganism by air borne contagion, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 23, No. 6, pp. 247-254.