

# 일반 사무실 실내공기 내 부유미생물의 분포 양상

김기연 · 노영만<sup>†</sup> · 김윤신 · 이철민 · 심인숙

한양대학교 환경 및 산업의학연구소

## Profile of airborne microorganisms distributed in general offices

Ki Youn Kim · Young Man Roh<sup>†</sup> · Yoon Shin Kim · Cheol Min Lee · In Suk Sim

*Institute of Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University*

Mean levels of airborne bacteria, airborne fungi, temperature, relative humidity and carbon dioxide in total 69 general offices were 426(±83) cfu/m<sup>3</sup>, 234(±125) cfu/m<sup>3</sup>, 25.9(±1.3) °C, 57.7(±8.6) %, 422(±38) ppm, respectively. The I/O ratio of airborne bacteria and fungi was over 1 and there was no significant difference among temperature, relative humidity and carbon dioxide in total 69 general offices. In construction period, a concentration of airborne bacteria and fungi was significantly highest in general offices constructed under one year and over three years since construction, respectively (p<0.05). The concentration of airborne fungi in general offices located at basement was significantly higher than those located at ground

(p<0.05). No significant difference of airborne bacteria and fungi in general offices was found regardless of installation of HVAC system (p>0.05). The dominant bacterial genera identified in general offices was Staphylococcus, followed by Micrococcus, Bacillus, and Corynebacterium while usarium, Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Rhizopus and Mucor were identified as dominant fungal genera in general offices.

**Key Words** : general office, airborne bacteria, airborne fungi, I/O ratio

## I. 서론

실내공기질에 대한 사회적 관심 증대와 함께 동시에 사무실 근로자들에 대한 작업환경 조건에 대해서도 최근 많은 관심을 불러일으키고 있다. 유해물질들을 취급하는 산업 현장에 종사하는 근로자들과는 달리 사무실 근로자들의 경우 이

들에 노출되어 건강상의 악영향을 받을 가능성은 상대적으로 낮으나, 실내 온열 조건을 적정수준으로 유지하기 위한 건물의 밀폐화 및 부적절한 공기조화시스템의 운영으로 외부로부터의 신선한 공기 유입이 대부분 차단되어 두통, 현기증, 졸음, 집중력 감소 등의 생리학적 자각증상을 보이는 것으로 보고되고 있다(노영만 등, 2004).

접수일 : 2007년 11월 20일, 채택일 : 2008년 1월 30일

<sup>†</sup> 교신저자 : 노영만 (서울 성동구 행당동 17, 한양대학교 환경 및 산업의학연구소,

Tel : 02-2290-8278, Fax : 02-2299-3915, E-mail : ymroh@hanyang.ac.kr )

사무실 실내에서 발생하는 다양한 공기 오염물질들 노출에 따른 사무실 근로자들의 건강 보호를 위해 노동부에서는 2007년 1월 산업보건기준에 관한 규칙에 “사무실 공기관리 지침”을 신설하여 권고 규정의 공기오염물질 항목으로 미세먼지 ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하), 일산화탄소 ( $10\text{ppm}$  이하), 이산화탄소 ( $1,000\text{ppm}$  이하), 포름알데히드 ( $120\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하), 총휘발성유기화합물 ( $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하), 총부유세균 ( $800\text{CFU}/\text{m}^3$  이하), 이산화질소 ( $0.05\text{ppm}$  이하), 오존 ( $0.06\text{ppm}$  이하), 석면( $0.01\text{개}/\text{cc}$  이하)로 설정하고 있다 (노동부, 2007). 이상의 공기오염물질에 대한 사무실 내 농도 분포 관련 실태 조사는 국가 공인 연구기관과 몇몇 연구자들에 의해 이미 조사된 바 있어 이에 대한 기초 현장 자료는 어느 정도 구축되었다 할 수 있다 (한국환경정책평가연구원, 2001; 한국산업안전공단, 2004; 노영만 등, 2004).

하지만 총부유세균 항목에 해당되는 생물학적 유해인자의 경우 여타 다른 실내공기오염물질에 비해 상대적으로 사무실을 대상으로 한 현장실태조사가 미진한 실정이다. 다중이용시설의 경우 2004년 5월 30일에 시행된 “다중이용시설 등의 실내공기질 관리법”으로 인해 병원 저항성이 약한 사람들이 거주하고 있는 일정 규모의 병원, 보육시설, 노인복지시설, 산후조리원을 법적으로 규제하여 총부유세균과 진균의 실내 농도 수준을 현장 조사한 국내 연구들은 상당수 보고된 바 있다 (정선희와 백남원, 1998; 조현종 등, 2000; 김윤신 등, 2002; 박동욱 등, 2004; 이철민 등, 2004; 이창래 등, 2005; 김기연 등, 2006). 반면 국외의 경우 미국 (Tsai와 Macher, 2005), 동유럽 (Gomy와 Dutkiewicz, 2002), 홍콩 (Law 등, 2001) 등 몇몇 나라에서 사무실 실내공기에 분포하고 있는 부유세균과 진균의 현장 평가를 이미 수행한 바 있다.

일반적으로 생물학상 오염물질 노출에 따른 건강상의 악영향은 비염, 천식, 폐렴 등의 호흡기계 질환과 아토피 피부

염과 같은 알러지 증상 등의 과민성 질환으로 대표할 수 있다 (Burge, 1990; Owen 등, 1992; Arturo 등, 2000). 그러나 공인화된 측정 및 분석방법의 부재와 독성 및 용량-반응 평가에 따른 평가 데이터 확보의 어려움으로 인해 현재 국외에서는 실내에서 작업하는 근로자들에 대한 직업상 노출기준이 설정되지 않고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 국내 일반 사무실들을 대상으로 사무실 재원 특성 및 온도, 상대습도, 이산화탄소의 환경인자에 따른 부유세균과 진균 측면에서 정량 평가를 통해 사무실 근로자들에게 노출되는 생물학적 유해인자의 수준을 현장 파악하고 동시에 정성 평가를 통해 부유세균과 진균의 주요 우점종을 규명하는 데 있다.

## II. 실험대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2006년 6월에서 8월 사이의 기간 동안 서울시에 위치한 일반 사무실들 69개소를 임의로 선정하여 현장 조사하였다. 선정 조건은 건축년도, 위치 조건(지상과 지하), 공조시설 여부의 세 가지 기준이었으며, 건축자재의 경우 조사대상 사무실 모두 콘크리트와 목재가 혼합되어 사용되어 이는 제외하였다 (<표 1> 참조). 2006년 6월에서 8월 사이의 기간 동안 서울시에 위치한 일반 사무실들 69개소를 임의로 선정하여 현장 조사하였다. 선정 조건은 건축년도, 위치 조건(지상과 지하), 공조시설 여부의 세 가지 기준이었으며, 건축자재의 경우 조사대상 사무실 모두 콘크리트와 목재가 혼합되어 사용되어 이는 제외하였다 (<표 1> 참조).

Table 1. Characteristics of general offices investigated in the study.

Period since construction	Location	Ventilation	N
< 1 year	Ground	w/ HVAC	15
		w/o HVAC	3
	Underground	w/ HVAC	5
1-3 years	Ground	w/ HVAC	15
		w/o HVAC	3
	Underground	w/ HVAC	5
> 3 years	Ground	w/ HVAC	15
		w/o HVAC	3
	Ground	w/ HVAC	5

## 2. 측정 및 분석 방법

공기 시료 포집은 오후 1시에서 5시 사이에 사무실 중앙 한 지점의 바닥으로부터 50cm 떨어진 지점에서 2번 반복으로 수행되었다. 시료 포집에 사용된 장비는 1 ℓ/min으로 유량이 설정된 Oxoid air sampler (MAQS II, OXOID Ltd., USA)로 10분 동안 작동하였다. 외부 농도와의 비교 평가를 위해 외부 지점 1곳에서 1회 측정하였다. 채취된 부유 세균과 진균의 배양 조건은 <표 2>와 같다.

배양 후 배지에 형성된 집락(colony)을 계수한 값에 공기량 (m<sup>3</sup>)으로 나누는 방법으로 부유 세균과 진균의 농도(CFU/m<sup>3</sup>)를 나타내었다(식 1,2 참조).

$$CFU \text{ (Colony Forming Unit)/m}^3 = \text{Colony counted on agar plate} / \text{Air volume(m}^3\text{)} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

$$\text{Air volume (m}^3\text{)} = 28.3 \text{ ℓ /min} \times \text{sampling time(min)} / 10^3 \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

배양된 세균의 동정은 Bergey 's manual 분류법에 따라 실시하였고, Gram 염색 후 자동화동정 시스템인 VITEK(Model VITEK 32 system, bioMerieux Inc., France)을 통해 biochemical test를 실시하여 균종을 추가 동정하였다. 진균의 경우 광학 현미경을 통해 균집락의 모양과 색깔, 영양균사, 유성 및 무성 생식 기관 및 포자의 색깔과 형태를 관찰하여 Ainsworth, Baron 등의 분류 검색법에 따라 균속을 동정하였다.

조사대상 일반 사무실 내부의 환경인자로 온도와 상대습도는 아스만통풍건습계 (SATO R-704, SATO Inc, Japan)를, 이산화탄소는 직독식 측정기 (SL-L0008, IST, USA)를 이용하여 부유 미생물 시료 포집 장소와 동일한 지점에서 2회 측정하였다.

## 3. 측정 및 분석 방법

SAS package(SAS/Stat 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 조사대상 사무실 특성에 따른 부유 미생물 농도와 환경인자간 차이를 Student's t-검정 방법과 ANOVA 및 Duncan의 다중 비교 분석 방법을 적용하여 통계적 유의성을 검증하였다.

## Ⅲ. 실험결과 및 고찰

### 1. 일반 사무실내 환경인자에 따른 부유 세균과 진균의 정량 평가

#### 가. 전체 현황

<표 3>에서 제시하는 바와 같이 총 69개소의 일반 사무실 내 분포하는 부유 세균과 진균의 평균 농도는 426(±83) cfu/m<sup>3</sup>, 234(±125) cfu/m<sup>3</sup>이었고, 환경인자인 온도, 상대습도, 이산화탄소의 농도는 각각 25.9(±1.3) °C, 57.7(±8.6) %, 422(±38) ppm인 것으로 조사되었다. 일반 사무실 내에서의 부유 미생물 분포 수준을 보고한 국내 연구 자료는 아직까지 보고된 바 없어 본 데이터와의 비교가 불가능하나, 평균 부유 세균과 진균의 농도를 Indermitte 등 (2001)이 384 cfu/m<sup>3</sup>와 165 cfu/m<sup>3</sup>로, Law 등 (2001)이 171-379 cfu/m<sup>3</sup>와 7-123 cfu/m<sup>3</sup>로 각각 보고한 외국의 자료와 비교시 모두 103 cfu/m<sup>3</sup> 내외의 유사한 농도 범위를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 비록 일반 사무실을 대상으로 하지는 않았지만 병원, 유치원 등의 다중이용시설들을 대상으로 부유 세균과 진균의 농도를 현장 조사한 이창래 등(2005)과 김기연 등(2006)의 국내 연구 결과와 비교시 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 실내/외 농도비(I/O ratio)의 경우 부유 세균과 진균 모두 1을 초과하는 것으로 나타나 일반적으로 부유 미생물의 실내/외 농도 비율이 1 이상이면 이것들에 의해 실내 공기가 오염되었다고 의심할 수 있

Table 2. Analysis condition of airborne bacteria and fungi.

Media	Incubation	
	Temperature	Period
Airborne bacteria Trypticase Soy Agar (TSA)		
- Including cycloheximide 500mg	37°C	1-2 days
- Lot 2087730, Becton Dickinson and Company, USA		
Airborne fungi Malt Extract Agar (MEA)		
- Including chloramphenicol 100mg	20~25°C	3~5 days
- Lot 3111376, Becton-Dickinson and Company, USA		

음을 시사한 Nevalainen 등 (1994)의 연구 결과에 근거한다면 부유 미생물에 의한 오염 기여도 측면에서 조사된 일반 사무실들의 내부 환경이 외부 환경보다 좋다고는 결론내릴 수 없다. 하지만, 실내 부유 미생물의 농도 증가는 주로 환기에 의해 실외 부유 미생물이 유입되어 나타난 결과로 일반적으로 알려져 있기 때문에 (Pastuszka 등, 2000; Wu 등, 2000) 일반 사무실 내 부유 미생물 발생원의 정량 평가가 동시에 적용되어진 후 객관적으로 판단할 수 있을 것이라 판단된다. 열원 환경인자인 온습도의 경우 사무실 내 적정 온습도에 관한 규정은 현재 산업보건기준에는 설정되어 있지 않으나, 일반적으로 18~24°C, 40~70%에 해당되는 온습도 범위가 적당히 의복을 입은 사람들의 과반수에게 쾌적함을 느끼게 해 준다고 알려져 있어 (금중수 등, 2000) 본 연구에서 조사된 일반 사무실

들은 상대습도는 적정 수준과 비슷한 조건을, 온도는 약간 높게 유지되고 있는 것으로 분석되었다.

나. 건축년도

<표 4>는 조사된 일반 사무실들의 건축년도에 따른 부유 미생물과 환경인자인 분포 비교를 보여주고 있다. 건축된 지 1년 이하의 일반 사무실의 경우 부유 세균과 진균의 농도가 524(±91) cfu/m<sup>3</sup>와 178(±46) cfu/m<sup>3</sup> 이었고, 1-3년에 해당되는 곳은 358(±74) cfu/m<sup>3</sup>와 196(±81) cfu/m<sup>3</sup>, 3년 이상의 곳은 360(±68) cfu/m<sup>3</sup>와 312(±72) cfu/m<sup>3</sup>인 것으로 조사되었다. 실내/외 농도비는 부유 세균과 진균 모두 건축년도에 상관없이 1을 초과하여 실내 환경이 외부보다는 높은 농도를 나타내는 것으로 분석되었다. 특징적인 사항은 부유 세균의 경우

**Table 3. Level of airborne microorganism and environmental factors in general offices.**

	Mean(±SD)	Range	*I/O ratio
Total airborne bacteria (cfu/m <sup>3</sup> )	426(±83)	262 - 594	1.22
Total airborne fungi (cfu/m <sup>3</sup> )	234(±125)	114 - 412	1.64
Temperature (°C)	25.9(±1.3)	23.4 - 29.4	-
Relative humidity (%)	57.7(±8.6)	37.4 - 80.9	-
CO <sub>2</sub> (ppm)	422(±38)	386 - 461	-

\* Ratio of indoor and outdoor concentration

**Table 4. Comparison of airborne microorganism and environmental factors according to construction period of general offices.**

	< 1 year (N=23)			1-3 years (N=23)			> 3 years (N=23)		
	Mean (±SD)	Range	*I/O ratio	Mean (±SD)	Range	*I/O ratio	Mean (±SD)	Range	*I/O ratio
Total airborne bacteria (cfu/m <sup>3</sup> )	<sup>a</sup> 524 (±91)	348-594	1.63	<sup>b</sup> 358 (±74)	262-488	1.18	<sup>b</sup> 360 (±68)	271-514	1.10
Total airborne fungi (cfu/m <sup>3</sup> )	<sup>a</sup> 178 (±46)	114-269	1.18	<sup>a</sup> 196 (±81)	136-334	1.27	<sup>b</sup> 312 (±72)	216-412	1.82
Temperature (°C)	<sup>a</sup> 25.9 (±1.1)	23.7-28.6	-	<sup>a</sup> 25.6 (±1.2)	23.8-29.0	-	<sup>a</sup> 26.2 (±1.4)	23.4-29.4	-
Relative humidity (%)	<sup>a</sup> 55.4 (±10.2)	37.4-80.9	-	<sup>a</sup> 61.3 (±6.6)	52.8-75.6	-	<sup>a</sup> 56.4 (±7.7)	41.8-70.9	-
CO <sub>2</sub> (ppm)	<sup>a</sup> 418 (±22)	390-432	-	<sup>a</sup> 405 (±28)	386-422	-	<sup>a</sup> 443 (±23)	412-461	-

\* Ratio of indoor and outdoor concentration

- Result of Duncan test

: a, b, c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different.

건축된 지 1년 이하의 일반 사무실에서, 부유 진균은 3년 이상의 일반 사무실에서 통계적으로 유의하게 높은 것 ( $p < 0.05$ )으로 나타난 점이다. 실내 부유 미생물의 농도 분포는 일반적으로 온도, 상대 습도, 환기에 의한 공기 유속 등과 같은 환경 인자에 따라 좌우되지만(Aylor와 Paw, 1980; Nevalainen 등, 1993), 본 연구에서는 건축년도 구분에 상관없이 세 인자 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것 ( $p > 0.05$ )으로 분석되어 부유 미생물의 발생원이 될 수 있는 사무실 내 잠재적 요인들의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

다. 위치 조건

<표 5>는 조사된 일반 사무실들의 위치 조건(지상과 지하)에 따른 부유 미생물과 환경인자인 분포 양상을 나타내고 있다. 지상에 위치한 일반 사무실들의 경우 부유 세균과 진균의 농도가  $392(\pm 115) \text{ cfu/m}^3$ 와  $148(\pm 51) \text{ cfu/m}^3$  이었고, 지하에 위치한 곳은  $438(\pm 70) \text{ cfu/m}^3$ 와  $373(\pm 84) \text{ cfu/m}^3$ 인 것으로 조사되었다. 실내/외 농도비는 부유 세균과 진균 모두 건축년도 분류와 마찬가지로 위치 조건에 상관없이 1을 초과하였다. 부유 세균의 농도는 지상과 지하간 차이가 유의하지 않았으나 ( $p > 0.05$ ), 부유 진균의 경우 지하에 위치한 사무실에서 지상보다 유의하게 높은 것으로 분석되었다 ( $p > 0.05$ ). 이러한 결과는 부유 진균의 서식 조건이 지상보다는 지하조건에서 더 유리함을 의미하는 것으로 그것을 결정하는 실내 환경인자인 온도와 상대습도가 비록 본 연구에서는 지상과

지하간 통계적 유의성은 없었지만 ( $p > 0.05$ ), 부유 진균의 좋은 생장 조건인 높은 상대습도(Pasanen et al., 1991)와 수분 함유율이 높은 건물 내부가 일반 건물 내부보다 부유 진균의 성장을 촉진한다는 외국의 연구자료들(Samson et al., 1994; Hyvarinen et al., 2002)도 본 결과가 도출된 이유라 할 수 있다. 하지만 이산화탄소 농도의 경우 사무실내 환기 상태를 간접적으로 추정할 수는 있으나, 사무실의 재실자 수와 체적도 환기 효율성을 결정하는 영향 인자로 작용할 수 있기 때문에 이산화탄소 측정값이 사무실 위치에 따른 부유세균과 진균의 농도에 영향을 주는 요인으로 단정내리기는 어렵다.

라. 공조시설

<표 6>은 조사된 일반 사무실들의 공조시설 설치 여부에 따른 부유 미생물과 환경인자인 분포 양상을 보여주고 있다. 공조시설이 가동되고 있는 일반 사무실들의 부유 세균과 진균의 농도는  $335(\pm 93) \text{ cfu/m}^3$ 와  $281(\pm 62) \text{ cfu/m}^3$  이었고, 공조시설이 설치되지 않은 사무실들은  $388(\pm 78) \text{ cfu/m}^3$ 와  $276(\pm 132) \text{ cfu/m}^3$ 인 것으로 조사되었다. 실내/외 농도비는 부유 세균과 진균 모두 공조시설 설치 여부에 관계없이 1을 초과하였고, 환경인자와 함께 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 따라서 공조시설이 설치되어 가동되고 있는 일반 사무실 내에서의 부유 세균과 진균의 농도가 상대적으로 낮았다. 하지만 공조시설이 설치된 사무실(N=60)과 설치되지 않은 사무실(N=9)의 조사 수가 차이가 크기 때문에 자연

Table 5. Comparison of airborne microorganism and environmental factors according to location of general offices.

	Ground (N=54)			Basement (N=15)			p-value
	Mean ( $\pm$ SD)	Range	I/O ratio	Mean ( $\pm$ SD)	Range	I/O ratio	
Total airborne bacteria (cfu/m <sup>3</sup> )	392 ( $\pm$ 115)	262-605	1.24	438 ( $\pm$ 70)	368-594	1.41	0.24
Total airborne fungi (cfu/m <sup>3</sup> )	148 ( $\pm$ 51)	114-221	0.96	373 ( $\pm$ 84)	248-412	1.96	†0.03
Temperature(°C)	25.9 ( $\pm$ 1.3)	23.7-29.4	-	26.0 ( $\pm$ 1.3)	23.4-29.4	-	0.48
Relative humidity(%)	52.4 ( $\pm$ 7.9)	37.4-75.6	-	58.7 ( $\pm$ 8.5)	41.8-80.7	-	0.51
CO2(ppm)	392 ( $\pm$ 27)	386-431	-	423 ( $\pm$ 36)	392-461	-	0.55

\* Ratio of indoor and outdoor concentration; I/O ratio

† statistically significant ( $p < 0.05$ )

**Table 6. Comparison of airborne microorganism and environmental factors according to HVAC system of general offices.**

	w/ HVAC (N=60)			w/o HVAC (N=9)			p-value
	Mean (±SD)	Range	*I/O ratio	Mean (±SD)	Range	*I/O ratio	
Total airborne bacteria (cfu/m <sup>3</sup> )	335 (±93)	262-508	1.07	388 (±78)	310-594	1.12	0.31
Total airborne fungi (cfu/m <sup>3</sup> )	281 (±62)	245-412	1.32	276 (±132)	114-378	1.28	0.34
Temperature(°C)	25.4 (±3.7)	23.3-29.4	-	25.5 (±0.9)	23.9-26.3	-	0.53
Relative humidity(%)	56.6 (±11.3)	37.4-80.9	-	57.6 (±6.1)	45.6-66.3	-	0.62
CO2(ppm)	425 (±43)	386-461	-	418 (±18)	386-461	-	0.48

\* Ratio of indoor and outdoor concentration; I/O ratio

**Table 7. The Profile of airborne bacterial species identified in general offices.**

Identified airborne bacteria	Number of offices	*Detection rate (%)
Staphylococcus xylosum	28	40.6
Staphylococcus lentus	16	23.2
Micrococcus spp	13	18.8
Staphylococcus auricularis	10	14.5
Staphylococcus epidermidis	8	11.6
Staphylococcus haemolyticus	8	11.6
Bacillus spp	5	7.2
Corynebacterium xerosis	5	7.2
Staphylococcus capitis	5	7.2
Flavimonas oryzae	3	4.3
Staphylococcus cohnii	3	4.3
Staphylococcus hominis	3	4.3
Staphylococcus simulans	3	4.3
Staphylococcus aureus	2	2.9
Others	13	18.8
non identified	9	13.0
no growth	4	5.8

\* Percentage of number of offices detected and number of total offices (n=69)

환기와 기계환기가 각각 적용되고 있는 일반 사무실의 환기량을 비교하기는 현실적으로 무리가 있었다.

## 2. 일반 사무실내 부유 세균과 진균의 정성 평가

반 사무실 내에서 측정된 부유 세균들을 동정한 결과 *Staphylococcus*가 조사된 전체 69개 일반 사무실들에서 대부분 검출되어 가장 우점하는 박테리아 속으로 분석되었고, *Micrococcus* (약 19%), *Bacillus* (약 7%), *Corynebacterium* (약 7%) 순으로 검출 빈도율을 보였다 (<표 7> 참조). 이러한 동정 결과는 다양한 유형의 거주 및 건물 시설에서 부유 세균을 동정한 외국의 선행 보고들 (Gorny 등, 1999; Pastuszka 등, 2000; Gorny와 Dutkiewicz, 2002)과 유사한 경향인 것으로 조사되었다. 한편 <표 8>은 일반 사무실 내 부유 진균들을 동정한 결과를 제시하는 것으로 *Fusarium* (약 78%), *Penicillium* (약 25%), *Aspergillus* (약 20%), *Alternaria* (약 17%), *Rhizopus* (약 13%), *Mucor* (약 7%) 순서로 검출되었다. 국외의 선행 연구 결과들 (Hunter et al., 1988; Hyvärinen et al., 1993; Li and Kuo, 1994)과 비교시 전반적으로 유사한 경향을 보였으나, 본 연

구에서는 *Fusarium* 속이 가장 우점하는 부유 진균이라는 점과 기존 보고들에서 일반 거주 시설에서 우점종으로 지목하고 있는 *Cladosporium* 속이 검출되지 않았다는 점이 다른 차이라 할 수 있다. 상이한 결과가 나타난 이유는 국외 연구들이 일반 사무실이 아닌 주택이나 다중이용시설을 대상으로 실내에 분포하고 있는 부유 미생물을 동정하였기 때문에 내부 발생원의 차이와 계절, 기후, 지형 등 실외 조건이 서로 다르기 때문에 외부 공기 흐름에 의해 실내로 유입되는 부유 미생물 중에서도 차이가 났기 때문이라 사료된다.

본 연구는 일반 사무실 내부에 분포하고 있는 부유 미생물의 종류 양상을 보기 위한 최초의 현장 조사로 동정된 분석 자료는 부유 미생물 노출에 의한 일반 사무실 근로자들의 건강 장애를 예방하기 위한 기초 자료로 충분히 활용될 수 있을 것이라 사료된다. 하지만 본 연구에서는 실외에 분포하고 있는 부유 미생물을 동시에 동정하지 못해 실내 발생원과 외부 유입원별 부유 미생물의 종류를 분류할 수 없다는 제한성이 있다. 따라서 향후에는 이것의 수행과 더불어 계절 및 시간대에 따른 일반 사무실 내 부유 미생물 분포 양상도 규명해야 할 것이다.

Table 8. The Profile of airborne fungal species identified in general offices.

Identified airborne fungi	Number of offices	*Detection rate (%)
<i>Fusarium roseum</i>	60	87.0
<i>Penicillium</i>	20	29.0
<i>Aspergillus</i>	17	24.6
<i>Alternaria</i>	17	24.6
<i>Fusarium</i>	16	23.2
<i>Rhizopus</i>	11	15.9
<i>Mucor</i>	7	10.1
<i>Penicillium fusarium</i>	4	5.8
<i>Rhizopus fusarium</i>	3	4.3
<i>Aspergillus fusarium</i>	2	2.9
<i>Curvularia</i>	2	2.9
<i>Rhizopus spp.</i>	2	2.9
<i>Fusarium penicillium</i>	1	1.4
<i>Aspergillus spp.</i>	1	1.4
<i>Curvularia spp.</i>	1	1.4
<i>Fusarium mucor</i>	1	1.4
<i>Hizopus mucor</i>	1	1.4
<i>Penicillium spp.</i>	1	1.4
Unknown	10	14.5

\* Percentage of number of detected offices and number of total offices (n=69)

## IV. 결과 및 고찰

1. 전체 69개소의 일반 사무실내 분포하는 부유 세균과 진균의 평균 농도는  $426(\pm 83)$  cfu/m<sup>3</sup>,  $234(\pm 125)$  cfu/m<sup>3</sup>이었고, 환경인자인 온도, 상대습도, 이산화탄소의 농도는 각각  $25.9(\pm 1.3)$  °C,  $57.7(\pm 8.6)$  %,  $422(\pm 38)$  ppm인 것으로 조사되었다.

2. 건축년도 측면에서는 부유 세균은 1년 이하에서, 부유 진균은 3년 이상의 일반 사무실에서 유의하게 가장 높았고 ( $p < 0.05$ ), 위치조건 측면에서는 지하에 위치한 일반 사무실에서 부유 진균의 농도가 유의하게 높았으며 ( $p < 0.05$ ), 공조시설 설치 여부 측면에서는 부유 세균과 진균 모두 유의한 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ).

3. 일반 사무실의 건축년도, 위치 조건, 공조시설 설치 여부에 관계없이 실내/외 부유 세균과 진균의 농도 비율이 모두 1 이상 이었고 온도, 상대습도, 이산화탄소의 환경인자들 간에는 유의한 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ).

4. 동정 결과 부유 세균은 *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Corynebacterium* 순서로, 부유 진균은 *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Mucor* 순서로 검출되었다.

## REFERENCES

- Arturo B, Gwen W, Alan MD, Catherine LG, Cristina LH. School-based identification of asthma in a low-income population. *Pediatric Pulmon* 2000;30(4):297-301.
- Burge H. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol* 1990;86:687-701.
- Gomy RL, Dutkiewicz J, Krysinska-Traczyk E. Size distribution of bacterial and fungal bioaerosols in indoor air. *Ann Agric Environ Med* 1999;6:105-113.
- Gomy RL, Dutkiewicz J. Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in central and eastern European countries. *Ann Agric Environ Med* 2002;9:17-23.
- Hyvärinen A, Meklina T, Vepsäläinen A, Nevalainen A. Fungi and actinobacteria in moisture-damaged building materials. concentrations and diversity. *Int Biodeter Biodegr* 2002;49:27-37.
- Hyvärinen A, Reponen T, Husman T, Ruuskanen J, Nevalainen A. Characterizing mold problem buildings: concentrations and flora of viable fungi. *Indoor Air* 1993;3:337-343.
- Indermitte E. Microbial status of indoor air in office buildings in Estonia. *Proceedings of 5th Valamo Conference on Environmental Health and Risk Assessment* 2001. p. 15.
- Law AKY, Chau CK, Chan GYS. Characteristics of bioaerosol profile in office buildings in Hong Kong. *Build Environ* 2001;36:527-541.
- Li CS, Kuo YM. Characteristics of airborne microfungi in subtropical homes. *Sci Total Environ* 1994;155:267-271.
- Nevalainen A, Hyvärinen A, Pasanen A, Reponen T. Fungi and bacteria in normal and mouldy dwellings. In: Samson, R.A., Flannigan, B., Flannigan, M.E., Verhoeff, A.P., Adan, O.C.G., Hoekstra, E.S. (Eds.), *Health Implications of Fungi in Indoor Environments*. Elsevier, Amsterdam, pp. 155-162, 1994.
- Owen MK, Ensor DS, Sparks LE. Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmos Environ* 1992;26A:2149-2162.
- Pasanen AL, Kalliokoski P, Pasanen P, Jantunen MJ, Nevalainen A. Laboratory studies on the relationship between fungal growth and atmospheric temperature and humidity. *Environ Int* 1991;17:225-228.
- Pastuszka JS, Paw UKT, Lis DO, Wlazlo A, Ulfing K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos Environ* 2000;34:3833-3842.
- Samson RA, Flannigan B, Flannigan ME, Verhoeff AP, Adan OCG, Hoekstra ES. Recommendations, health implications of fungi in indoor environments. *Air Quality Monographs* 1994. Vol. 2, Amsterdam, Elsevier.
- Tsai RC, Macher JM. Concentrations of airborne culturable bacteria in 100 large US office buildings from the BASE study. *Indoor Air* 2005;15:71-81.
- Wu PC, Su HJ, Lin CY. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *Sci Total Environ* 2000;253:111-118.
- 김중수, 김용식, 김재돌. 공기조화. 태훈출판사. 2000. p. 22.
- 김기연, 장규엽, 박재범, 김치년, 이경중. 규제대상 다중이용 시설내 부유세균의 분포 특성에 관한 현장 조사. *한국산업위생학회지* 2006;16:1-10.
- 김윤신, 이은규, 엽무중, 김기영. 다중이용시설에서의 실내 공기중 미생물 분포에 관한 연구. *한국환경위생학회지* 2002;28:85-92.
- 노동부. 사무실 공기관리 지침. 2007.
- 노영만, 이철민, 김석원, 김치년, 김현욱, 조기홍, 최호춘, 강성호, 김정만. 사무실 내 실내공기질 특성 및 근무자의 자각증상에 관한 연구. *한국산업위생학회지* 2004;14:270-282.
- 박동욱, 조경아, 윤충식, 한인영, 박두용. 유치원 교실에서 공기 중 박테리아와 곰팡이 발생에 영향을 미치는 요인. *한국환경보건학회지* 2004;30:440-448.
- 이창래, 김기연, 김치년, 박동욱, 노재훈. 종합병원내 부유 미생물 농도 및 환경 요인과의 상관성 조사. *한국산업위생학회지* 2005;15:45-51.



- 이철민, 김윤신, 이태형, 박원석, 홍승철. 다중이용시설내 공기중 바이오에어로졸 농도분포 특성에 관한 연구. 한국환경과학회지 2004;13:215-222.
- 정선희, 백남원. 일부 병원 실내에서의 공기중 미생물 오염에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998;8:231-241.
- 조현중, 홍경심, 김지훈, 김현욱. 일부 종합병원 내 영역별 공기중 미생물 평가. 한국산업위생학회지 2000;10:115-125.
- 한국산업안전공단. 사무실오염으로 인한 건강장해 예방. 한국산업안전공단 보건분야 기술자료. 보건 2004-5-295. p. 129-162
- 한국환경정책평가연구원. 실내공기오염에 대한 국민의식조사와 정책방안 연구. 한국환경정책평가연구원. 2001. p. 99-113.