

## 충남 지역 공동주택의 미생물농도 분포특성에 대한 연구

손부순 · 천재영 · 양원호\* · 정태웅\*\*

순천향대학교 환경보건학과

\*대구가톨릭대학교 산업보건과

\*\*세종대학교 지구환경과학과

## Characterization of airborne bioaerosol concentration at the apartment in chungnam area

Bu-Soon Son · Jae-young chun · Won-ho Yang\* · Tae-Woong Chung\*\*

*Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University*

*\*Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu*

*\*\*Department of Earth Science, Sejong University*

### Abstract

This research was performed to measure the concentration distribution of bioaerosol in apartment houses in the region of Chungnam (Chunan, Asan) for 1 month, December, 2004. The results are as follows.

1. By using SDA method, the average concentration of total microbe and fungus in the air inside and outside apartment house below 4 years are 69,42cfu/m<sup>3</sup> and 15.66cfu/m<sup>3</sup>, while apartment house over 4 years, 214.58cfu/m<sup>3</sup> and 216.43cfu/m<sup>3</sup>, respectively. With gravitational sedimentation method, the average concentration of total microbe and fungus of apartment house below 4 years are 100.63cfu/m<sup>3</sup> and 22.83cfu/m<sup>3</sup>, while apartment house over 4 years, 216.43cfu/m<sup>3</sup> and 70.00cfu/m<sup>3</sup>, respectively.
2. The I/O ratio of floating germ of apartment house below 4 years and over 4 years are 2.87 and 5.12 for total microbe, and 3.32 and 8.28 for fungus, respectively. The I/O ratio of falling germ of apartment house below 4 years and over 4 years are 1.55 and 2.81 for total microbe, and 2.85 and 4.08 for fungus, respectively. The apartment house below 4 years shows a low I/O ratio in all cases.
3. The difference in concentration of microbe between inside master bedroom and living room of apartment house below 4 years is 13.183cfu/m<sup>3</sup>, total microbe, and 4.787cfu/m<sup>3</sup>, fungus, while, apartment house over 4 years, 43.531cfu/m<sup>3</sup>, total microbe, and 21.932cfu/m<sup>3</sup>, fungus. The measured differences are statistically significant.
4. Air sampler was used to verify the difference in concentration of microbe with the age of apartment house. The difference in concentration of total microbe and fungus for outside apartment house below 4 years and over 4 years are 49.82cfu/m<sup>3</sup> and 3.78cfu/m<sup>3</sup>, respectively. The difference of inside living room shows 160.23cfu/m<sup>3</sup> for total microbe and 28.01cfu/m<sup>3</sup> for fungus, and the difference of inside master bedroom shows 225.43cfu/m<sup>3</sup> for total microbe and 56.73cfu/m<sup>3</sup> for fungus. The differences are statistically significant. The difference in concentration of outside apartment house below 4 years and over 4 years are 34.66cfu/m<sup>3</sup>, total microbe, and 15.66cfu/m<sup>3</sup>, fungus, while inside apartment house below 4 years and over 4 years, 196.93cfu/m<sup>3</sup>, and 78.67cfu/m<sup>3</sup>, respectively. The measured differences are statistically significant.

Keywords : bioaerosol, gravitational sedimentation, fungus, I/O ratio

## I. 서 론

현대인은 하루 시간의 90% 이상을 실내공간에 거주하고 있으므로, 실내에서 인체에 유해한 오염 물질에 노출되는 시간이 실외보다 훨씬 길다. 이로 인해 최근 공기질(IAQ)에 관한 관심이 높아지고 있으며, 많은 과학자들이 실내 공기오염물질에 관심을 갖고 연구를 수행하여 왔다.<sup>1)</sup> 실내공간에서 중요하게 다루어지는 공기오염물질로는 휘발성 유기화합물(VOCs), 미세입자, 바이오 에어로졸(microbiological indoor pollutants, bioaerosols) 등이 있다.<sup>2)</sup> 최근 건물이 고층화되고 공조 시스템이 지하화되어 건물의 환기량이 감소함에 따라 실내공간에 존재하는 곰팡이를 비롯한 미생물의 수가 증가하였으며, 생물학적 오염원인인 세균, 곰팡이 등은 환기가 제대로 되지 않아 다습하고 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 된다.<sup>3)</sup> 그리고 기화감염균이 공기를 매체로 하여 폐 및 기타 기관에 전달되면 전염성 질환 및 알레르기 질환을 유발시킬 수 있는데,<sup>4)</sup> 이중 미세물질성물질은 빌딩증후군의 주요 발생원으로 취급되며, 빌딩 증후군의 증상으로 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소 등을 호소하게 되었다.<sup>5)</sup>

실내 오염 공기 중의 미생물은 먼지, 피부각질, 머리카락, 꽃가루, 곤충 등의 위에 붙어 있거나 스프레이, 재채기 등의 액체포말 안에 있거나 증기의 기화로 단일 개체로 있는 경우가 대부분으로 먼지 중에 있는 어떤 종류는 살아있는 생물학적 물질로 이루어져 있어서 바이러스나 세균을 포함하고 있어, 이러한 입자들은 알레르기발생부터 심한 경우 사망에까지 이르게 할 수 있다.<sup>6,7)</sup> 또한 사람에게 의 감염, 알레르겐의 작용, 염증 반응초래, 독소로의 작용 등을 통해 건강에 나쁜 영향을 줄 수 있으며 이러한 미생물에 세균, 진균, 바이러스 등이 포함되면, 미생물의 대사산물이 관여하기도 한다. 공기를 통한 세균성 혹은 바이러스성 질병의 전파는 공중보건분야에 있어 특히 중요하며, 빌딩증후군에 관련한 진균 및 진균포자의 역할에 관한 여러 연구결과도 발표되고 있다.<sup>8)</sup>

공기중의 미생물은 대부분 미세입자나 수증기에 부착한 상태인 bioaerosol 형태로 존재하며, 미생물

의 농도도 대개 먼지를 포함한 bioaerosol의 농도와 관계가 깊다.<sup>9)</sup> 실외와 비교하여 실내 환경의 경우에는 외부 공기의 순환이 제한적이고 햇빛의 자외선에 대한 노출이 적어서 상대적으로 공기 중 미생물의 장기간 생존이 가능하다.<sup>10)</sup> 주로 진균을 대상으로 실내생활환경의 미생물 분포에 대한 많은 연구결과가 최근에 발표되고 있으며,<sup>11)</sup> 진균의 농도와 종조성이 지역, 계절 및 다른 환경요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 제안하고 있다.<sup>12)</sup>

실내 환경과 관련된 정부 행정 조직은 보건복지부와 환경부로 이원화 되어 있으며 현재 우리나라에는 공기에 대한 관련법규로 보건복지부의 공중위생법안에 공중이용시설을 대상으로 7개 항목에 대한 위생관리기준과 환경부에서 지하생활공간 공기질 관리법을 제정하여 지하역사, 지하도 상가를 대상으로 7개 항목에 대한 관리기준을 규정하여 관리해오고 있다. 또한 불특정 다수인이 이용하는 다중 이용시설내 공기 오염에 대한 심각성이 사회적으로 인식됨에 따라 2003년 5월 '다중 이용시설 등의 실내 공기질 관리법'을 입법화 하여 시행되고 있다.

우리나라에서의 실내 공기 중 미생물에 대한 공정시험법은 아직 설정되어 있지 않은 실정으로 실내공기오염물질을 측정할 때 정확하고 통일된 측정을 위해 객관적이고, 일률적인 용이한 도구를 선택함이 바람직한 공정시험방법 및 기기 개발이 미진한 현실이므로 이에 대한 대책 마련이 시급한 것으로 사료된다.

우리나라에서의 실내공기 중 미생물에 대한 연구는 극장, 도서관등 다중이용시설과 병원, 사무실, 유치원등에 대한 연구가 진행되고 있으나 일반 가정집을 대상으로 bioaerosol에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 또한 서울등 대도시를 대상으로 한 미생물에 관한 연구는 있으나 중소도시를 대상으로 한 연구는 진행되지 않고있다.<sup>6,7,11)</sup>

따라서 본 연구는 충남 일부지역(C, A시)에 위치한 공동 주택을 대상으로 실내·외 공기 중의 미생물의 분포를 동시에 측정하여 차이를 파악하며, 공동주택에 대한 Bioaerosol관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구기간 및 연구대상

본 연구는 2004년 12월 1개월간 천안, 아산시에 위치한 준공 된지 4년 이하 된 공동주택 15곳과 4년 이상 된 공동주택 15곳을 대상으로 30분간 실내외의 공기 중 바이오 에어로졸의 농도분포를 조사하였다.

시료 채취 장소는 실외 공기를 측정하기 위해 베란다, 실내공기측정을 하기 위해 안방과 거실을 대상으로 부유세균과 낙하세균을 각각 포집하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구에서는 공동주택의 실내외 공기 중 미생물의 농도 분포를 조사하기 위해 관성충돌법 포집법을 적용한 미생물 채취기인 Single Stage Air Cascade sampler(Tisch environment inv. TE-10-880)를 이용하였다. 본 기기는 흡입유량이 28.3/min(바닥면과 수직이 되게 하여 1.2m높이에서 시료 채취)으로 10분간 총 283ℓ을 흡입하여 흡입공기가 상단의 배지면에 접촉하여 측정한다. 측정 시 사용되는 배지로는 진균의 성장을 억제시키기 위해 Clindamycin항생제 0.5g/ℓ를 첨가한 세균집락만을 성장시켜 총부유세균을 포집할 수 있는 Trypticase soy Ager(TSA)와 세균의 성장을 억제시키기 위해 Choramphenicol 항생제 0.5g/ℓ를 첨가하여 진균집락만을 성장시킬 수 있는 Sabouraud Dextrose Ager(SDA)를 사용하였고 위의 두 배지를 조사 대상구역인 베란다와 거실, 안방의 각 바

닥에서부터 가능한 한 공기대류가 적은 곳을 선정하여, 90~100cm높이에서 Petri-dish의 덮개를 개방한 후 30분간 장치하여 포집하고 낙하세균을 포집하기 위해 Petri-dish의 덮개를 개방한 후 베란다와 거실에서 24시간동안 포집하였다.

포집 완료된 TSA배지와 SDA배지를 37℃에서 각각 24시간동안 배양시킨 후, 집락(Colony)수를 세어 공기 중 단위 용량된 집락수를 계산하였다. 공기 중 단위용적 당 집락 수는 다음과 같이 계산하였다.

$$CFU(\text{Colonies Forming units}) = \frac{\text{Colonies on Agar}}{\text{Sampling time (min)}} \times 35.31$$

## III. 자료 분석

자료처리는 통계프로그램인 SPSS(version11.0)를 이용하였으며, 평균과 표준편차를 산출하였고, 실내공기중 안방과 거실의 농도의 차이와 4년미만, 4년이상된 공동주택의 미생물 농도를 비교하기 위해 t-검증을 실시하였다.

## IV. 연구결과 및 고찰

### 1. 총미생물, 진균의 농도

본 연구결과 관성충돌법을 이용한 Air sampler를 사용하여 측정한 총미생물(TSA배지)은 4년미만된 공동주택이 69.42±78.06cfu/m<sup>3</sup>, 4년이상된 공동주택이 214.58±178.15cfu/m<sup>3</sup>로 이에 비해 약 3.5

Table 1. Culture medium

Medium	Component	Type of microorganism
TSA (Tryptic Soy Agar)	Enzymatic Digest of casein 15.0g	<i>Staphylococcus aureus</i>
	Enzymatic Soybean Meal 5.0g	<i>Streptococcus pneumoniae</i>
	Sodium Chloride 5.0g	<i>Streptococcus pyogenes</i>
	Agar 15.0g	<i>Neisseria meningitidis</i>
SDA (Sabouraud Dextrose Agar)	Polypeptone 10.0g	<i>Candida albicans</i>
	Dextrose 40.0g	<i>Aspergillus niger</i>
	Agar 15.0g	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Table 2. Avere concentration of Total airborne microorganism and Fungus by site.

sampling site		Number of Sampling	Mean concentration(cfu/m <sup>3</sup> )	Standard deviation	
under4 year	Airborne Microbial	Total Airborne Microorganism	45	69.42	78.06
		Fungus	45	15.66	14.61
	Falling Microbial	Total Airborne Microorganism	30	100.63	95.29
		Fungu	30	22.83	29.70
over 4 year	Airborne Microbial	Total Airborne Microorganism	45	214.58	178.15
		Fungu	45	45.17	56.81
	Falling Microbial	Total Airborne Microorganism	30	216.43	260.12
		Fungu	30	70.00	128.60

배정도 낮았으며, 24시간 낙하하는 세균을 포집한 총미생물은 4년미만 100.63±95.29cfu/m<sup>3</sup>, 4년이상 216.43±260.12cfu/m<sup>3</sup>로 약 2배정도 낮았다. SDA배지를 이용하여 진균(곰팡이균)을 포집한 결과 부유세균은 4년미만 15.67±14.61cfu/m<sup>3</sup>, 4년이상 45.17±56.81 cfu/m<sup>3</sup>으로 차이가 나타났으며, 낙하하는 세균의 결과 4년미만 22.83±29.70cfu/m<sup>3</sup>, 4년이상 70.00±128.61cfu/m<sup>3</sup>으로 3배정도의 차이로 대부분 총미생물과 곰팡이균의 농도는 4년미만에 준공된 공동주택이 준공된지 4년이상된 공동주택에 비해 농도가 낮게 나타났다. 따라서 준공된지 4년미만의 공동주택보다 4년이상 공동주택에서의 Bioaerosol에 대한 관리가 필요하며 장소에 따라 집에서 생활하는 사람 수와 청소상태, 계절 특성상 환기가 제대로 이루어지지 않아 공기 중 미생물의 농도가 높게 나타났다고 생각된다.

본 연구결과는 4년 미만된 공동주택에서의 미생물의 농도가 4년이상된 공동주택에 비해 약 2~3배정도 낮게 나타났는데 정<sup>7)</sup>등의 연구보고에 의하면 공기질이 대체로 양호할 것으로 보이는 준공한지 5년이내인 현대식 건물 2곳의 미생물의 오염도를 알아본 결과 총미생물은 70, 80cfu/m<sup>3</sup>, 진균은 30, 45 cfu/m<sup>3</sup>로 나타나 다른 건물에 비해 미생물의 오염도가 낮게 나타났으며, 서울 및 수도권지역이

가정주택 및 아파트의 경우 총미생물 290cfu/m<sup>3</sup>(Kangnam seo), 240cfu/m<sup>3</sup>(Kyongi bundang), 500cfu/m<sup>3</sup>(Kang buk)으로 진균의 농도는 각각 170cfu/m<sup>3</sup>, 55cfu/m<sup>3</sup>, 170cfu/m<sup>3</sup>으로 나타나 중.소 도시인 천안, 아산지역의 공동주택을 대상으로 한 본 연구에서 4년이상 공동주택 총미생물 215, 진균 45cfu/m<sup>3</sup>으로 정<sup>7)</sup>등의 연구결과보다 낮게 나타났으며, 4년미만 공동주택의 경우 총미생물 69cfu/m<sup>3</sup>, 진균 16cfu/m<sup>3</sup>으로 약 4배정도 낮은 농도를 나타냈다. 이는 교통량 또는 실외의 대기에 따른 차이로 인한 것으로 생각되며, 국내 사무실의 실내공기질의 연구결과에 의하면 총미생물수는 590cfu/m<sup>3</sup>, 진균수는 37cfu/m<sup>3</sup>이라는 결과가 나와 4년미만 공동주택의 경우 약1/2정도 낮았으며 4년이상 공동주택은 사무실보다 높은 미생물의 분포를 보여 청소활동, 실내온도에 따라 변화로 인한 것으로 생각되어진다.<sup>7)</sup>

김<sup>6)</sup>등은 공기중의 진균수는 계절에 영향을 받으며 실내 공기에는 1년중 8월에 가장 많은 진균이 존재하며 1월중에 가장 낮은 진균이 존재하며 CO2농도가 높을수록 적어지고 상대습도에 비례하여 증가한다고 한다.<sup>6)</sup> 또한 가정주택에서 공기 정화 전. 후의 세균 및 진균수를 비교한 결과 환기에 의한 세균은 50%, 진균은 21% 감소하는 효과가

Table 3. Indoor and Outdoor Concentration of Airborne Microbial Particles in Apartment

	No.	Outdoor	Indoor (Living room)	Indoor (Bed room)	I/O	
unde 4 year	Total Airborne Microorganism	45	55.34 ±62.50	83.02 ±83.54	69.84 ±88.63	2.87
	Fungus	45	10.82 ±15.07	20.48 ±11.59	15.69 ±16.10	3.32
over 4 year	Total Airborne Microorganism	45	105.22 ±100.49	243.25 ±194.89	295.27 ±176.05	5.12
	Fungus	45	14.60 ±15.02	48.49 ±46.92	72.43 ±76.85	8.28

있었으며, 공기정화기 가동에 의한 총미생물수와 진균수는 각각 52%, 31% 감소하는 효과가 있었다. 따라서 집안의 갇힌 공기는 자연바람으로 환기시키거나 공기정화기를 이용하는 것이 공기 중의 미생물 오염도를 낮추는 효과가 있는 것으로 나타나,<sup>7)</sup> 공동주택에도 적절한 환기시설을 설치할 필요가 있는 것으로 생각된다.

우리나라의 다중이용시설 내 미생물의 기준은 800cfu/m<sup>3</sup> 이하이고 외국의 권장기준 비교해보면 싱가포르 정부에서는 공기 중에 세균수와 곰팡이수를 각각 500 cfu/m<sup>3</sup>로 권장기준을 설정하였으며 호주 정부에서는 실내공기중의 세균수가 100~1만8천 cfu/m<sup>3</sup>라는 실험 결과를 발표한 바 있다. 따라서 우리나라의 기준과 외국의 기준으로 본 연구결과를 비교해 볼 때 4년이상된 공동주택과 4년미만된 공동주택 모두 기준치 이하의 결과를 보여 다른 보고와 비슷한 경향을 나타냈다.<sup>7)</sup>

## 2. 총미생물수와 진균의 실내외 농도비

Singles stage Cascade Sampler를 이용하여 실외 중 배란다, 실내 중 거실과 안방을 대상으로 총미생물과 진균(곰팡이균)을 측정하여 실내외 비를 구한 결과를 Table 3에서 보면 전체 미생물의 경우 4년미만된 공동주택이 2.87로 4년이상된 공동주택 5.12보다 낮았으며 진균의 경우도 4년이상된 공동주택이 4년미만된 공동주택보다 8.28, 3.32로 2.5배이상 높은 것으로 나타났다.

또한 24시간동안 실외 배란다와 실내 거실을 대상으로 각각 TSA배지와 SDA배지를 이용하여 낙하하는 세균을 포집하여 배양하여 실내외 비를 구한 결과는 Table 4에서 나타내었다.

낙하하는 미생물의 경우 실내외비를 살펴보면 4년미만된 공동주택이 1.55로 4년이상된 공동주택 2.81보다 2배가량 낮았으며 진균의 경우 각각 2.85, 4.08로 2배정도 4년이상된 공동주택의 실내외비가 높게 나타났다. 전체적인 실내외비를 보면 실외보다는 실내가 모두 평균지락 형성수가 높음을 알 수 있다.

김등<sup>8)</sup>의 연구에서는 총미생물의 경우 지하철이 2.38, 백화점 1.62, 서점이 1.14이고 진균의 경우 각각 1.34, 1.11, 0.99로 제시되었고, 이등(2004)의 연구에 의하면 다중이용시설내 미생물의 실내외 농도비는 총미생물의 경우 병원 3.78, 사무실 0.21, 지하철 2.55, 도서관 3.00이고 진균의 경우 병원 0.3, 사무실 0.48, 지하철 1.30, 도서관 0.38로 나타났으며 주택과 아파트는 총미생물 0.61, 4.88, 진균 0.47, 0.58로 나타났다. 본 연구에서는 4년미만 공동주택이 총미생물 2.87, 진균 3.32으로 기존논문에 비해 약 2배정도 높았으며, 4년이상 공동주택 총미생물은 5.12, 진균 8.28로 약 3배정도 높았지만 이는 측정 시 계절적 차이와 측정지점별 청소와 환기상태에 따라 실내외 농도차에 영향을 주었다고 생각하며, 공동주택에서의 실내 Bioaerosol에 대한 문제가 심각한 것을 강조하고 있다는 것으로 생각한다.

Table 4. Indoor and Outdoor Concentration of Falling Microbial Particles in Apartment

		No.	Outdoor	Indoor	I / O
under 4 year	Total Airborne Microorganism	15	78.87 ±68.50	122.43 ±114.47	1.55
	Fungus	15	11.87 ±18.31	33.80 ±35.14	2.85
over 4 year	Total Airborne Microorganism	15	113.53 ±92.24	319.33 ±330.09	2.81
	Fungus	15	27.53 ±112.47	55.96 ±165.12	4.08

4년미만된 공동주택과 4년이상된 공동주택의 실내·외비를 ACGIH에서의 실내 대기중 전체 생균 수는 실내의 경우 실외의 1/3수준을 유지해야 한다고 추천하고 있다. 이를 기준으로 본 연구의 실내 공기질을 평가해보면 실내의 허용기준에 비해서 모두 초과하고 있을뿐 아니라 오히려 실외보다 실내가 더 높게 나타났다.<sup>17)</sup>

지금까지 연구가 공동주택에 대해 전혀 진행되지 않았으며 공동주택에서의 Bioaerosol 관련연구가 시급하다는 것을 본 연구결과는 강조하고 있는 것으로 판단된다.

### 3. 실내 중 거실과 안방의 농도비교

Table 5는 바이오에어로졸이 실내 공기 중 거실과 안방의 위치에 따른 미생물의 농도차를 나타내고 있다. 4년미만 공동주택의 총미생물의 안방과 거실의 농도는 각각 83.02±21.57 cfu/m<sup>3</sup>,

69.86±88.63 cfu/m<sup>3</sup>로 13.18±67.07 cfu/m<sup>3</sup>의 농도차이가 있는 것으로 조사되었고 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한 4년미만 공동주택 중 곰팡이균의 농도는 20.48±11.59 cfu/m<sup>3</sup>, 15.69±16.10 cfu/m<sup>3</sup>으로 4.79±4.51 cfu/m<sup>3</sup>농도차를 나타냈으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 4년이상된 공동주택에서의 총 미생물중 거실과 안방의 평균농도는 각각 78.87±68.50 cfu/m<sup>3</sup>, 122.40±114.47 cfu/m<sup>3</sup>으로 43.53±45.98 cfu/m<sup>3</sup>의 차이가 나타났으며, 진균은 거실 11.87±18.31 cfu/m<sup>3</sup>, 안방 33.80±35.14 cfu/m<sup>3</sup>로 21.93±16.84 cfu/m<sup>3</sup>의 차이가 나타났고 총 미생물과 곰팡이균 모두 안방과 거실간의 통계적인 유의한 차이는 나타났다.

Table 5에서 보여지듯 4년미만된 공동주택에서의 거실과 안방의 미생물 평균농도는 거실이 안방에 비해 높게 나타났으며 4년이상된 공동주택에서는 거실에 비해 안방이 높게 나타났다. 이는 4년미

Table 5. Comparison of bioaerosol with indoor site.

		No.	Living room	Bed room
under 4 year	Total Airborne Microorganism**	30	83.02 ±21.57	69.84 ±88.63
	Fungus**	30	20.48 ±11.59	15.69 ±16.10
over 4 year	Total Airborne Microorganism**	30	78.87 ±68.50	122.40 ±114.47
	Fungus**	30	11.87 ±18.31	33.80 ±35.14

\*\* : p<0.01. \* : p<0.05

만된 공동주택에서는 측정시 측정자가 대부분 거실에 있었으며 4년이상된 공동주택에서는 측정자가 측정시 대부분 안방에 있어 사람의 활동에 따른 차이가 생긴 것으로 생각되어지며 또한 환기나 침구류등에 의한 영향이 있던 것으로 생각되어진다.

#### 4. 건축 연수별 공동주택의 농도비교

건축 연수에 따른 미생물의 농도를 측정된 결과 Air sampler를 이용한 실외 중 총미생물과 진균의 4년미만 된 공동주택과 4년이상 된 공동주택은 각각  $49.82 \pm 37.99$  cfu/m<sup>3</sup>,  $3.78 \pm 0.05$  cfu/m<sup>3</sup>의 농도차를 나타냈으며, 실내 중 거실의 경우 총미생물  $160.23 \pm 111.36$  cfu/m<sup>3</sup>, 진균  $28.01 \pm 35.33$  cfu/m<sup>3</sup>의 차이를 나타냈고, 실내 중 안방의 경우 총미생물, 진균은  $225.43 \pm 87.41$  cfu/m<sup>3</sup>,  $56.73 \pm 60.75$  cfu/m<sup>3</sup>로 4년미만된 공동주택과 4년이상된 공동주택의 농도차를 보였으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

또한 Sampler를 사용하지 않고 떨어지는 낙하세균만을 포집하여 총미생물과 진균의 4년미만, 4년

이상 공동주택의 농도를 비교 검증한 결과 실외의 총미생물은  $34.66 \pm 23.75$  cfu/m<sup>3</sup>, 진균은  $15.66 \pm 37.65$  cfu/m<sup>3</sup>의 농도차를 보였으며 실내의 총미생물과 진균 각각  $196.93 \pm 215.62$  cfu/m<sup>3</sup>,  $78.67 \pm 129.98$  cfu/m<sup>3</sup>의 농도차를 보였으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

충남의 C, A지역에 위치한 준공된지 4년미만된 공동주택과 4년이상된 공동주택의 총미생물과 진균의 분포를 조사한 결과 4년미만된 공동주택의 농도는 각각 69cfu/m<sup>3</sup>, 16cfu/m<sup>3</sup>이고, 4년이상 공동주택 215cfu/m<sup>3</sup>, 45cfu/m<sup>3</sup>으로 보다 4년미만된 공동주택이 약 3배가량 낮게 나타났으며, 다중이용시설에서의 조사된 총미생물 및 진균의 농도분포는 서점 324cfu/m<sup>3</sup>, 68cfu/m<sup>3</sup>, 극장 262cfu/m<sup>3</sup>, 139cfu/m<sup>3</sup>, 병원이 554cfu/m<sup>3</sup>, 252cfu/m<sup>3</sup>으로 나타났고,<sup>6)</sup> 정<sup>7)</sup>등의 연구에 의하면 백화점의 총미생물 110cfu/m<sup>3</sup>, 진균 37cfu/m<sup>3</sup>, 대형유통매장은 각각 190cfu/m<sup>3</sup>, 37 cfu/m<sup>3</sup>으로 지하철, 서점, 극장보다는 다소 적지만 백화점 및 대형유통매장보다는 4년이상된 공동

Table 6. Comparison of bioaerosol by built year

		No.	4년미만	4년이상	
Airborne Microbial	Porch	Total Airborne Microorganism**	15	55.40 ±62.50	105.22 ±100.49
		Fungus**	15	10.82 ±15.07	14.60 ±15.02
	Living room	Total Airborne Microorganism**	15	83.02 ±83.54	243.25 ±194.89
		Fungus**	15	20.48 ±11.59	48.49 ±46.92
	Bed room	Total Airborne Microorganism**	15	69.84 ±88.63	295.27 ±176.05
		Fungus**	15	15.69 ±16.10	72.43 ±76.84
Falling Microbial	Porch	Total Airborne Microorganism**	15	78.87 ±68.50	113.53 ±92.24
		Fungus*	15	11.87 ±18.31	27.53 ±55.96
	Living room	Total Airborne Microorganism**	15	122.40 ±114.47	319.33 ±330.09
		Fungus**	15	33.80 ±35.14	112.47 ±165.11

\*\* : p<0.01. \* : p<0.05

주택이 약 1.5~2배이상의 미생물에 오염되어 있는 것으로 나타나 가정내의 공기질을 제어 관리할 필요성을 요구하고 있는 것으로 사료된다.

미생물성 물질들은 직접적으로 사람의 인체에 여러 가지 질병을 유발할 가능성이 더욱 높아지고 있다. 또한 바이오에어로졸은 인간이 숨을 쉴 때 인간의 몸으로 들어오게 된다. 다만 면역체계가 약한 노약자, 환자의 경우 인간의 면역체계가 감당할 수 없을 정도로 많은 바이오에어로졸이 들어올 때에는 질병이 나타나게 되는 것이다.<sup>17)18)</sup> 곰팡이 포자는 다양한 알레르기 질환과 관계가 있는 주요 흡입성 알레르겐이지만 실내의 공기 중에 광범위하게 존재한다. 곰팡이 포자는 공중화분보다 크기가 작아 연중 대기에 분포하며, 인체의 하기도에 쉽게 도달할 수 있어 흔히 호흡기 알레르기 반응을 일으키나,<sup>19)</sup> 호흡기 알레르기이외에도 음식물에 포함되어 음식물 알레르기와 담마진 등의 원인이 될 수 있다.<sup>20)</sup>

진균은 세균과 달리 사람과 관계없이 건물에 증식하는 균이 청소 등의 활동에 의해 공중에 부유하며, 가스나 석유 사용시 발생하는 일산화탄소나 건축자재로부터 발산되는 포름알데히드 등 화학물질의 체류, 습도의 상승에 의한 진균의 발생이 반영된 것으로 사료되며 진균은 청소활동에 의한 진균의 공중부유, 일산화탄소, 화학물질의 체류, 습도의 상승에 의한 진균의 발생 등의 환경으로 인해 진균의 농도에 영향을 주었다고 사료된다.<sup>22)</sup>

본 연구는 관성충돌법을 이용한 미생물측정법을 이용하여 준공된지 4년미만 공동주택과 4년이상 공동주택을 대상으로 공기 중 세균과 진균의 농도를 측정하였으나 이번 방법으로 배양할 수 있는 미생물이 전체 미생물 군집의 일부라는 사실을 고려할 때, 실제 공기 중에 존재하는 살아있는 미생물을 과소평가 하였을 가능성이 있으며, 12월 한달 동안이라는 한정된 기간에 진행된 연구였다는 점을 감안하면 장기적이고, 계절에 따른 변화를 파악할 필요가 있다고 판단된다. 또한 중소도시 뿐만이 아닌 서울, 수도권등의 대도시 공동주택을 대상으로 한 미생물 분포특성과 단독주택등에 대한 연구도 활성화 될 필요성이 있다고 생각된다.

본 연구의 결과는 건물이 준공된 년도에 따른

미생물 농도의 변이를 뚜렷이 나타냈으며, 인간이 생활하는 가정환경에서 bioaerosol의 허용수준을 결정함에 있어 이번 연구결과는 중요한 자료가 될 것으로 생각된다. 더불어 앞으로 공동주택의 실내 공기 질에 대한 행정적 실내 공기 질 관리 계획을 수립하는데 있어서 지표로도 활용될 것으로 사료된다.

## IV. 요약 및 결론

본 연구는 공동주택에서의 Bioaerosol의 농도분포를 파악하고자 2004년 12월 한달동안 충남지역(C, A시)에서 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 공동주택의 실내의 공기 중 SDA방법을 이용한 경우 총미생물과 진균의 평균농도는 각각 4년미만 공동주택 69,42cfu/m<sup>3</sup>, 15.66cfu/m<sup>3</sup>이고, 4년이상 공동주택의 총미생물 214.58cfu/m<sup>3</sup>, 진균 216.43cfu/m<sup>3</sup>으로 나타났고, 중력침강법을 이용한 4년미만 공동주택의 총미생물과 진균의 평균농도는 각각 100.63cfu/m<sup>3</sup>, 22.83cfu/m<sup>3</sup>으로, 4년이상 공동주택의 총미생물과 진균의 평균농도는 각각 216.43cfu/m<sup>3</sup>, 70.00cfu/m<sup>3</sup>으로 나타났다.
2. 부유하는 세균에 따른 준공된지 4년미만 공동주택과 4년이상 공동주택의 실내.외비(I/O ratio)는 총미생물의 경우 각각 2.87, 5.12이고, 진균의 경우 3.32, 8.28으로건물이 오래 될 수록 실내의 Bioaerosol 농도가 증가 한 것으로 나타났다.
3. 실내공기 중 측정 위치에 따른 미생물의 농도차는 4년미만 공동주택의 안방과 거실의 총미생물의 경우 13.19cfu/m<sup>3</sup>, 진균의 농도차는 4.79cfu/m<sup>3</sup>로 나타났으며, 이들 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한 4년이상 공동주택의 경우 안방과 거실의 총미생물의 농도차는 43.53cfu/m<sup>3</sup>, 진균의 농도차는 21.93cfu/m<sup>3</sup>으로 통계적인 유의한 차이를 보였다.
4. 준공된지 4년미만된 공동주택과 4년이상된 공동주택의 총미생물과 진균의 분포를 조사한 결과 4년미만된 공동주택의 농도는 각각 69cfu/m<sup>3</sup>, 16cfu/m<sup>3</sup>이고, 4년이상 공동주택 215cfu/m<sup>3</sup>, 45cfu/m<sup>3</sup>으로 보다 4년미만된 공동주택이 약 3



배가량 낮게 제시되었다. 다중이용시설보다 4년 이상된 공동주택이 약 1.5~2배이상의 미생물에 오염되어 있는 것으로 나타나 가정내의 공기질을 제어 관리할 필요성을 요구하고 있는 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 순천향대학의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

## V. 참고 문헌

- 1) 윤기영, 배귀남, 이승재, 변정훈, 정효일, 황정호, 지준호, 박성관, 오상경. 실내 부유 미생물에 대한 은 나노 입자의 항균 특성. 한국대기환경학회지 2004
- 2) 김윤신. 실내공기질 연구의 현황과 전망. 한국대기환경학회지 1999; 15(4): 371-383
- 3) 최중태, 김윤신. 병원내 공기중 미생물의 농도에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지 1993; 19(1): 30-36
- 4) Macher, J.M., M.W.First. Personal air sampler for measuring occupational exposures to biological hazards. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 45, 76, 1984
- 5) 방선재. 서울시 일부 공중이용시설의 실내 공기중 미생물 분포에 관한 연구 1994; 한양대학교 석사학위논문
- 6) 김윤신, 이은규, 엽무중, 김기영. 다중이용시설에서의 실내공기 중 미생물 분포에 관한 연구. 한국환경위생학회지 2002; 28(1): 85-92
- 7) 정윤희, 홍준배, 장윤희. 생활환경과 실내 공기의 미생물학적 오염에 관한 연구. 한국환경위생학회지 2001; 27(2): 1-9
- 8) 김철홍, 최정윤, 손명현, 이경은, 김규연, 이기영. 서울 지역 실내외 공기 중의 곰팡이포자수 분포에 관한 다가구 조사. 소아과 천식 및 알레르기 2001; 21(5): 970-976
- 9) 이철민, 김윤신, 이태형, 박원석, 홍승철. 다중이용시설내 공기중 바이오에어로졸 농도분포 특성에 관한 연구. 한국환경과학회지 2004; 13(3): 215-222
- 10) 안태석. 대기중의 미생물의 검출과 측정방법. 공기청정기술 2000; 13(2): 60-69
- 11) 황광환, 이아미, 신현진, 김종철. 유치원의 실내환경에서 공기중 미생물 수의 계절적 변화. 대한미생물학회지 2003; 39(4): 253-259
- 12) 김윤신. 한국의 실내 공기질 현황과 문제점. 제 25회 보건학종합학술대회. 서울시. 2000
- 13) Lundholm, M. I. Comparison of Methods for Quantitative Determination of Airborne Bacterias and Evaluation of Total Viable Counts. Appl. Environ. Microbiol 1982; 44: 1-5
- 14) Burge, H.A., Pierson, D.L., Groves, T.O., Strawn, K.F., and Mishra, S.K. Dynamics of airborne fungal populations in a large office building. Curr. Microbiol 2000; 40: 10-16
- 15) Anthomy, K.Y., Chan, C.K., Gilbert, Y.S. Characteristics of bioaerosol profile in office in Hong Kong, Building and Environ. 2001; 36: 527-541
- 16) Gorny, R.L. and Dutkiewicz, J. Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. Am. Agric. Environ. Med. 2002; 9: 17-23
- 17) Shelton, B.G., Kirkland, K.H., and Flanders, W.D. profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. Appl. Environ. Microbiol. 2002; 68: 1743-1753
- 18) Takahashi, T. Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan, Mycopathologia. 1997; 139: 23-33
- 19) Wu, P.C., Su, H.J., and Lin, C.Y. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. Sci. Total Environ. 2000; 270: 33-42
- 20) Morey, P., Otten, J., Burge, H. Airborne viable microorganism in office environments sampling protocol and Analytical procedures. Appl. Ind. Hyg. 1986; 1(1): R19

- 21) Legrer, S.B., Aukrust, L., Salvaggio, J.E.  
Respiratory allergy induced by fungi. Clin.  
Chest. Med. 1983; 4: 23-41
- 22) Stricker, W.E., Anorve - Lopez, E., Reed,

C.E. Food Skin testing in patients with in  
diopathic anaphylaxis. J Allergy Clin Im  
munol. 1986; 77: 516-519