

생활환경과 실내 공기의 미생물학적 오염에 관한 연구

정윤희 · 홍준배 · 장윤희 * †

한국소비자보호원 시험검사소 유전자분석팀
* 명지대학교 식품영양학과

A Study on the Microbial Air Pollution of Urban Living and Indoor Environment

Yun Hee Chung, Joon Bae Hong and Yun Hee Chang * †

Korea Consumer Protection Board, Test and Research Center, Gene Analysis Team

*Dept. of Food and Nutrition, Myongji University

(Received 3 December 2000 ; Accepted 20 February 2001)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the microbial characteristics of the urban air pollution in the subway stations, streets, department stores, wholesale markets, underground shopping centers, buildings, parks, houses and apartments in the Seoul and the suburbs area. Total cell count, total mold count and the presence of opportunistic pathogens(*Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.) were evaluated to determine the microbial air quality. Total cell count and mold count of indoor air in the houses and apartments were 2.9×10^2 - 6.3×10^2 cfu/m³ and 60 - 1.8×10^2 cfu/m³, respectively, and the department stores and wholesale markets had much lower cell count than the houses and apartments. Ground level of commercial facilities had lower cell and mold count than the underground level. Total cell count of the transfer subway stations were 2.6 fold higher than the general subway stations, and *Apergillus* spp. and *Penicillium* spp. which could cause the bronchus and lung diseases were detected 17 sampling sites out of 45. Dust were collected from the commercial facilities and houses, and total cell and mold count of the dust were 4.3×10^3 - 1.7×10^6 cfu/g and 2.3×10^3 - 6.5×10^4 cfu/g, respectively. Therefore the dust might be one of the main reservoir of microorganisms.

Keywords : Microbial air quality, total cell count, total mold count, opportunistic pathogen

I. 서 론

현대 사회는 인구 증가와 함께 각종 산업이 급격히 발달되어 왔지만, 그 결과 많은 환경오염의 문제점이 제시되어 왔다. 이러한 환경오염은 대기오염, 수질오염, 토양오염, 폐기물, 소음 및 진동 등 참으로 광범위하다고 할 수 있다. 이러한 것들 중 특히 대기오염은 그 범위가 매우 광범위하기 때문에 많은 관심을 기울여야만 한다. 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비를 통해 오염된 공기가 계속적으로 순환되어 그 농도가 증가되면 결과적으로 호흡기 질환과 같이 인체에 직접적인 피해를 유발할 수 있다. 대부분의 사람

들은 대기오염의 심각성을 깊이 인식하면서도 실내 공기오염이 인간에게 미치는 영향이 더욱 크다는 점은 인식하지 못하고 있다.^{1~3)}

실내공기의 오염원인으로는 미세먼지, radon, formaldehyde, 석면, 일산화탄소, 이산화탄소, 아황산가스 등의 화학적 오염원과 세균, 곰팡이, 바이러스 등의 생물학적 오염원이 있으며 이런 물질이 호흡기 질환, 폐질환, 기관지 질환, 폐암을 비롯한 각종 질병을 유발시킬 수 있다. 생물학적 오염원인 세균, 곰팡이 등은 환기가 제대로 되지 않아 다습하고 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되며, 이중 기회감염균이 공기를 매체로 하여 폐 및 기타 기관에 전달되면 전염성 질환 및 알레르기 질환을 유발시키기도 한다. 또한 밀폐된 건물에서 생활하는 많은 사람들이 일명 빌딩증후군(sick building syndrome-SBS현상)이라고 하는 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력

†Corresponding author : Department of Food and Nutrition, Myongji University, Yongin, Korea.
Tel : 031-330-6202, Fax : 031-335-7248
E-mail : yhchang@mju.ac.kr

감소 등을 호소하게 되었다. 이러한 현상의 등장으로 1970년대 이후부터 영국, 미국을 비롯한 선진국에서 실내공기오염이 새로운 사회적 환경 공해 문제로 다루어지고 있으나 우리 나라는 아직도 실내공기오염의 중요성에 대한 인식도 부족하고 연구도 미비한 실정이다.²⁻⁵⁾

일반적으로 도시인들의 경우 하루 24시간 중 85% 이상을 가정, 일반사무실, 실내 작업장, 공공건물, 지하시설물, 지하철 등에서 생활하는 것으로 보고되고 있어 근본적으로 다양한 직업을 가진 도시인은 개인에 따라 대기오염의 영향을 받기보다는 하루 중 많은 시간을 보내는 실내공간 공기오염의 영향을 받을 수 있다고 할 수 있으므로 실내공기의 위생은 매우 중요한 문제이다. 그 예로는 미생물을 취급하는 실험실, 가축농장, 농산물 공장, 고체폐기물 처리장, 재활용공장, 폐수처리장 등에 종사하는 사람들에 대한 연구조사가 보고되고 있다. 실내공기에 대한 연구와의 비교로 도시의 실외공기에서의 연구 등도 보고되고 있으며 이 연구에서 공기 중 생균농도는 공기오염과 밀접한 연관이 있다는 것을 보여주고 있다.⁶⁻¹⁴⁾

실내환경과 관련된 정부 행정 조직은 보건복지부와 환경부로 이원화되어 있으며 현재 우리 나라에는 공기에 대한 관련 법규로 보건복지부의 공중위생법과 환경부의 지하생활공간 공기질 관리법이 있다. 보건복지부의 공중위생법에는 미세먼지, 이산화탄소, 일산화탄소와 기류, 온도, 습도, 조명으로 규제를 하고 있고, 환경부의 지하생활공간 공기질 관리법의 경우 미세먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 아황산가스, 이산화질소, 포름알데히드, 납 등 7가지를 규제하고 있다. 하지만 미생물에 관한 기준은 설정되어 있지 않은 실정이다. 또한 국내 공기질 연구 사례를 살펴보면 미세먼지, 이산화질소, 일산화탄소 등을 중심으로 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 통행량이 많아 오염가능성이 높은 것으로 추정되는 곳과 오염 가능성이 상대적으로 낮을 것으로 추정되는 곳의 실내 공기중의 미생물 오염정도를 검사하고, 공기 오염의 지표가 될 수 있는 미생물에 대한 항목을 개발하여 공기질 관리의 체계화를 이룰 수 있는 계기를 마련하고자 하였다.

실내오염 공기중의 미생물은 먼지, 피부각질, 머리카락 등의 위에 붙어 있거나 스프레이, 재채기 등의 액체포말 안에 있거나 증기의 기화로 단일 개체로 있는 경우가 대부분이라고 하며 이러한 공기중 미생물의 정성 및 정량분석과 공기중 미생물 포집에 관한 연구가 현재 여러 방면에서 실시되고 있으며 중력침강

법에 의한 공기 중 오염수준의 측정은 흡인포집에 비해 그 효율이 떨어진다고 보고 되고 있는 바 본 연구에서는 흡인포집만을 이용하여 연구를 시행하였다.^{15,16)}

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2000년 4월 10일부터 8월 31일까지 실시하였으며 사람이 많고 공기의 흐름이 원활하지 않아 미생물에 의한 오염가능성이 많다고 추측되는 곳과 상대적으로 오염 가능성이 적을 것으로 추측되는 총 45곳을 대상으로 실험하였으며 시료 채취 장소는 Table 1과 같다.

시료 채취 장소별로 살펴보면 지하철역 중 환승역과 일반역, 백화점 및 대형유통매장, 도로, 지하상가와 주택 각각 5곳, 공원 3곳과 현대식 빌딩의 로비 2곳이었다.

2. 연구방법

시료채취 시간은 비교적 사람의 이동이 적은 시간인 오전 10시~12시 또는 오후 2시~5시 사이였으며 각 지점별로 2회 공기를 채집하여 시험을 실시하였고 각 지표면 1.5 m위에서 Air sampler(SAS SUPER 90, Italy)를 삼각지지대로 고정시킨 후 1분당 90 L의 속도로 공기 100 L을 채집 후 각 균종 별로 배양검사를 실시하였다.

공기오염 농도 분석을 위하여 일반세균수와 진균수를 측정하였으며 기회감염균 분석을 위하여 *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus* spp.와 *Penicillium* spp.의 오염 여부를 실험하였다.

시험방법은 미국 농무성 시험법과 감염병 실험실 진단지침에 준하여 실험하였다.^{17,18)} 일반 세균수는 Tryptic soy agar(Difco, USA)를 사용하였으며 진균의 경우에는 chloramphenicol 50 µg/ℓ가 첨가된 Rose Bengal Agar와 Sabouraud Dextrose Agar를 사용하였다. *Spretococcus pneumoniae*는 gentamycin(5.0 µg/ml)을 첨가한 Tryptic soy agar를 이용하여 2~3% CO₂ 조건 하의 배양기에서 35°C에서 18~24시간 배양하였다. *Klebsiella pneumoniae*는 MacConkey Agar에서 자란 전형적인 집락을 선택하여 Gram 염색 후 VITEK system(bioMerieux Co., France)을 이용하여 biochemical test를 실시하였다. *Aspergillus* spp.와 *Penicillium* spp.는 50 µg/ℓ의

Table 1. Sampling places for analysis of air contamination in 2000

Sampling site	No	Area characteristics	
		heavily crowded area	general area
Subway station	10	5 transfer station	5 general station
Shopping center	10	5 underground level	5 ground level
Road	10	Shinchon intersection Jongro intersection Kangnam intersection Yongdeungpo intersection Chungyangri intersection	Yunghee-dong street Changkyung palace street Suseo street Bangwha-dong street Sanggae-dong street
Building and Park	5	-	2 intelligent buliding Olympic park Yongsan family park Namsan park
Underground shopping center	5	underground shopping center	-
House	5	-	Kangnam suseo apartment Kangbuk dobong-dong house Kyongki bundang apartment Kangbuk kwangjang-dong apartment Sungsan-dong multihousehold
Total	45		

chloramphenicol이 첨가된 Czapek Dox Agar를 사용하였다. 28℃에서 7~10일간 배양 후 형태에 따라 그 수를 기록하고, 각각 순수 계대배양한 다음 균종 동정에 이용하였다. 분리 배양된 균은 균집락의 모양과 색깔, 영양균사, 유성 및 무성 생식 기관 및 포자의 색깔과 형태를 관찰하여 Ainsworth, Barron 등의 분류 검색법에 따라 속 또는 균군을 동정하였고, *Aspergillus* 속에 속하는 균주들은 Raper & Fennell의 분류 검색표에 따라, *Penicillium* 속은 Ramirez의 분류 검색표에 따라 균종을 동정하였다.

미생물에 의한 오염정도가 다소 심한 지하철 역사 및 지하상가 그리고 주택의 오염상태를 확인하기 위하여 오염 발생원으로 추정되는 먼지를 채집하여 일반 세균수와 진균수를 측정하였다. 멸균솜으로 1g의 먼지를 취하여 멸균팩에 넣은 다음, 실험실로 운반하여 멸균생리식염수를 넣고 Stomacher(Seward Co., England)로 균질화시킨 뒤 Potato dextrose agar (Difco, USA)와 Plate count agar (Difco, USA)를 이용하여 진균과 일반세균을 각각 37℃에서 2일, 25℃에서 5일간 배양하였다. 채집장소는 지하철 역사의 현금 지급기, 배기구, 방향지시판, 광고전광판과 지하상가의 공기정화기 위와 간판, 그리고 주택의 냉장고,

조명기구, 거실시계, 문틀 위에서도 먼지를 채집하였다. 또한 가정에서 공기를 정화시키기 전과 후 또는 환기 전과 후의 미생물의 변화를 살펴보기 위하여 자연환기 방법과 공기정화기를 각각 30분 동안 실행한 후 일반 세균수와 진균수의 변화를 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 총세균수, 진균수 및 기회감염균

대부분의 공기유래 세균은 사멸하였거나 viable but not culturable(VBNC)상태이며 Epifluorescent microscope method로 총세균수를 측정하면 공기유래의 세균 중 0.02~10.6% 정도만 배양이 가능하다고 한다.¹⁹⁾ 이 연구는 기존의 배지를 이용한 cultural method로 배양이 가능한 공기유래의 세균만을 측정하였다.

이용객이 많은 지하철 환승역 5곳과 이용객이 환승역보다는 적은 일반역 5곳의 공기중 미생물 시험을 실시하였다. 총 세균 수는 일반역이 평균 220(최저 75, 최고 370) cfu/m³였는데 비해 환승역은 평균 560(최저 340, 최고 870) cfu/m³으로 일반역에 비해 평균오염도는 2.5배에 달했다. 진균수는 일반역이 평

Table 2. Microbial air quality of subway stations and roads

Sampling site	Total cell count (cfu/m ³)	Total mold count (cfu/m ³)	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
Transfer subway station						
line 1 and 2	520	85	-	-	-	-
line 1 and 2	870	35	-	-	+	+
line 2 and 4	340	60	-	-	+	-
line 1 and 3	480	110	-	-	-	-
line 2 and 3	610	70	-	-	-	-
General subway station						
line 4	75	110	-	-	-	-
line 5	170	100	-	-	+	-
line 5	240	50	-	-	-	-
line 7	220	120	-	-	+	+
line 8	370	110	-	-	-	-
Intersection						
Shinchon	220	190	-	-	-	-
Jongro	170	110	-	-	+	-
Kangnam	240	200	-	-	-	+
Yongdeungpo	140	30	-	-	-	-
Chungyangri	190	90	-	-	-	-
Street						
Yunhee-dong	210	270	-	-	-	+
Changkyung palace	380	260	-	-	-	-
Suseo	240	75	-	-	-	+
Bangwha-dong	310	170	-	-	-	-
Sanggae-dong	230	110	-	-	-	-

균 98(최저 50, 최고 120) cfu/m³였는데 비해 환승역은 평균 72(최저 35, 최고 110) cfu/m³로 일반역에 비해 평균오염도는 비슷한 수준이었다. 공기중의 진균수는 계절의 영향을 받으며 실내공기에는 1년 중 8월에 가장 많은 진균이 존재하며 1월중에 가장 낮은 수의 진균이 존재한다고 한다. 또한 공기중의 진균수는 CO₂농도가 높을수록 적어지며 상대습도에 비례하여 증가한다고 하였다.²⁰⁾

유동인구가 많고 차량통행이 빈번한 교차로 5곳과 유동인구와 차량 통행이 적은 한적한 도로 5곳을 각각 시험하였다. 먼저 총 세균수를 비교하였을 때 교통량이 많은 교차로에서는 각각 220, 170, 240, 140, 190 cfu/m³으로 평균 190 cfu/m³이었고, 교통량이 적은 도로는 각각 210, 380, 240, 310, 230 cfu/m³으로 평균 270 cfu/m³이었다. 진균수의 경우는 교통량이 많은 곳은 각각 190, 110, 200, 30, 90 cfu/m³으로 평균 120 cfu/m³이었고, 교통량이 적은 곳은 각

각 270, 260, 75, 170, 110 cfu/m³으로 평균 180 cfu/m³이었다. 시험을 실시하기 전에는 교통량이 적은 한적한 도로가 복잡한 도로보다 미생물의 오염이 적을 것으로 생각되었으나 시험을 실시한 결과 세균과 곰팡이의 분포는 교통량과 큰 관계가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

다중이용시설인 백화점 및 대형 유통 매장 5곳에 대해 이용객이 많고 환기가 어려운 지하층과 상대적으로 이용객이 적고 환기가 잘 될 수 있는 지상층의 공기를 대상으로 시험하였다. 총 세균 수는 지하층이 평균 190(최저 130, 최고 270) cfu/m³, 지상층은 평균 110(최저 95, 최고 120) cfu/m³로 모든 대상건물의 세균의 오염도는 지하가 지상층에 비해 1.1~2.8 배 높은 것으로 나타났다. 진균수는 지하층이 평균 77(최저 35, 최고 120) cfu/m³, 지상층은 평균 37(최저 불검출, 최고 90) cfu/m³로 모든 대상건물의 곰팡이의 오염도는 지하가 지상층에 비해 더 오염되어 있

는 것으로 나타났다. 백화점 및 대형 유통 매장의 경우 전체적으로 외부공기의 유입이 많은 지상보다 지하에서 더 많은 미생물이 오염되어 있는 것으로 나타났으며 1995년 녹색생명운동의 조사에 의하면 서울 지역 백화점을 대상으로 미생물을 측정된 결과 진균류가 297 cfu/m³, 총세균이 1622 cfu/m³로 나타났다.²¹⁾

공기의 질이 대체로 양호할 것으로 보이는 현대식 건물 로비 2곳과 도심의 공원 3곳에 대해서 시험을 실시하여 미생물 오염정도를 알아보았다. 시험을 실시한 현대식 빌딩 A와 B는 준공한 지 5년 이내인 건물로서, 백화점 및 대형 유통 매장보다는 사람이 적게 이동하는 장소이다. 시험결과 이 2곳은 세균 수에 있어서 각각 70, 80 cfu/m³으로 나타났으며, 진균수도 각각 30, 45 cfu/m³로 나타나 양호한 것으로 나타났다. 도심지 공원은 올림픽공원, 용산 가족공원, 남산공원 3곳을 실시하였다. 총 세균수의 시험결과 올림픽공원에서는 220 cfu/m³, 용산 가족공원에서는 310 cfu/m³로 나타났으며, 남산공원에는 140 cfu/m³으로 검출되었다. 진균수는 올림픽공원, 용산 가족공원, 남산공원이 각각 150, 250, 55 cfu/m³를 나타냈다. 남산공원의 공기가 미생물 오염이 적었으며, 용산 공원은 올림픽공원이나 남산공원에 비해 미생물 오염이 많은 상태였다.

공기 순환이 지상의 공간보다는 원활하지 않을 것으로 보이는 대형 지하상가 5곳에 대해서 시험을 실시하였다. 총 세균 수의 결과를 보면, 3곳의 지하상가는 220, 230, 220 cfu/m³으로 나타났으며 나머지 2곳의 지하상가는 각각 500, 400 cfu/m³으로 나타났다. 지하상가에서 모두 많은 수의 세균이 검출되었지만, 그 중 새로 보수한 건물인 지하상가 경우에는 다른 지하상가에 비해서 비교적 적은 수의 미생물이 검출되었다. 진균수의 결과를 살펴보면, 3곳의 지하상가는 각각 95, 70, 110 cfu/m³으로 나타났으며, 나머지 2곳의 지하상가는 250, 60 cfu/m³으로 나타났다. 외국의 권장기준 및 동향과 비교해보면 싱가포르 정부에서는 공기 중에 세균수와 곰팡이수를 각각 500 cfu/m³로 권장기준을 설정하였으며 호주 정부에서는 실내공기의 세균수가 100~1만8천 cfu/m³라는 실험 결과를 발표한 바 있다.²²⁾ 따라서 외국의 기준과 비교해 볼 때 사람의 왕래가 많아 미생물의 오염이 높을 것으로 예상되는 곳도 기준치 이하의 결과를 보여 주었다.

우리가 살고 있는 주택의 공기 중에 미생물 오염은 어느 정도인지를 알아보기 위해 서울 및 수도권에 위

치한 4인~5인 가족이 살고 있는 5곳의 가정주택 및 아파트를 대상으로 시험을 실시하였다. 시험결과 총 세균수는 290, 630, 240, 500, 430 cfu/m³으로 평균 420 cfu/m³으로 나타났으며, 진균수는 170, 60, 55, 170, 180 cfu/m³으로 평균 130 cfu/m³가 검출되어 지하철역보다는 다소 적지만 백화점 및 대형 유통매장 보다는 약 2배 이상의 미생물에 오염되어 있는 것으로 나타나 가정 내의 공기도 결코 미생물 오염에서 예외일 수 없었다(Table 3). 국내 사무실의 실내공기 질의 연구결과에 의하면 미생물 중 총세균수는 590.66 cfu/m³, 진균수는 36.81 cfu/m³이라는 결과가 나와 주택 및 아파트의 경우 진균의 오염이 더 심했다.²²⁾ 중국의 Beijing지역에서 대기 중의 미생물을 검사한 결과 *Micrococcaceae*에 속하는 *S. aureus*가 전체 세균의 21.7%를 차지하였다고 보고하였으며 그 외 병원성 세균인 *Listeria*균도 전체 세균의 13.6%~16.7%를 차지하였다. 공기유래의 세균의 오염정도와 생존에 가장 많은 영향을 주는 것은 기상상태이다.²³⁾ 국내 병원의 미생물학적인 실내 공기질을 평가한 결과 병원규모에 따라 전체 세균의 농도가 282~625 cfu/m³이었으며 대조군인 일반 건물로비의 평균 세균농도가 90 cfu/m³로 병원의 환경조건이 열악한 것으로 평가되었다. 또한 병원의 실내공기 중 전체 세균은 8속의 균이 동정되었고 발현 빈도가 높은 속의 종류 및 비율(%)은 *Staphylococcus* 72.9%, *Micrococcus* 20.5%, *Lactobacillus* 4.6%의 순이었다.²⁴⁾

기회감염균(Opportunistic pathogens)이란 건강한 사람에게는 큰 문제가 없으나 노약자나 소아 또는 급성백혈병, 당뇨병, 암 등의 질환으로 저항력이 감소된 사람에게 질병을 유발시킬 수 있는 미생물을 일컫는다. 기회감염균에는 다수가 있으나 본 실험에서는 *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. 등의 오염 여부를 시험하였다. 기회감염균의 대표적인 감염증은 폐렴구균 및 폐렴간균에 의한 폐렴을 들 수 있고, 일부의 *Aspergillus* spp.에 의한 아스페르길루스증(aspergillosis)은 주로 발생하는 기관지 질환으로 기침, 객담, 혈담, 미열, 흉통과 알러지 반응이 일어나는 질병이다. *Penicillium*균에 의한 페니실리움증(penicilliosis)은 처음에는 폐감염을 일으키지만 혈류를 따라서 뇌척수액과 신장까지 확장되며, 장기적으로 광범위하게 항생제를 투여하는 환자에게서 국소적 또는 전신으로 퍼지는 질병이다. 따라서 본원에서는 공기 중에 기회감염균이 오염되

Table 3. Microbial air quality of commercial facilities and houses

Sampling site	Total cell count (cfu/m ³)	Total mold count (cfu/m ³)	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
Department store underground level						
A	170	80	-	-	-	-
B	200	120	-	-	+	+
C	190	85	-	-	-	-
D	270	65	-	-	+	-
E	130	35	-	-	-	+
ground level						
A	95	-	-	-	-	-
B	100	90	-	-	-	-
C	120	40	-	-	-	-
D	95	15	-	-	-	-
E	120	40	-	-	+	-
Intelligent building						
A	70	30	-	-	-	-
B	80	45	-	-	-	-
Olympic park	220	150	--	--	--	--
Yongsan family park	310	250	-	-	-	+
Namsan park	140	55	-	-	-	-
Underground shopping center						
A	220	95	-	-	-	+
B	230	70	-	-	-	-
C	220	110	-	-	-	-
D	500	250	-	-	-	+
E	400	602	-	-	-	-
Kangnam susco apartment	290	170	-	-	-	-
Kangbuk dobong-dong house	630	60	-	-	-	+
Kyongki bundang apartment	240	55	-	-	-	+
Kangbuk kwangjang-dong apartment	500	170	-	-	-	-
Sungsan-dong multi-household	430	180	-	-	-	-

어 있는지를 알아보기 위해 일부 균종을 대상으로 시험을 실시한 결과 *Streptococcus pneumoniae*와 *Klebsiella pneumoniae* 등은 검출되지 않았고, *Aspergillus*균은 지하철역, 교차로와 백화점 등 8곳에서 검출되었으며, *Penicillium*균은 12곳에서 검출되어 다양하게 분포되어 있음을 알 수 있었다(Table 2, 3).

2. 오염 발생원의 총 세균 수와 진균수

미생물에 의한 오염정도가 다소 심한 지하철역사 및 지하상가 그리고 주택에서의 오염상태를 확인하기 위하여, 오염 발생원으로 추정되는 먼지 및 기타 부유물에 대한 미생물 시험을 실시하였다.

지하철역사의 천장에 설치되어 있는 배기구 및 방향표시판, 광고전광판, 현금인출기와 지하상가 각 상

Table 4. Microbial analysis of dust collected from indoors

	Sampling site*	Total cell count (cfu/g)	Total mold count (cfu/g)
Subway station	teller machine	1.2×10^6	5.1×10^3
	exhaust port	1.8×10^6	2.5×10^4
	notice board	5.6×10^5	3.3×10^3
	billboard	4.0×10^5	2.0×10^4
Underground shopping center	air cleaner	1.9×10^5	1.9×10^4
	signboard	3.6×10^4	8.0×10^3
House	refrigerator	2.2×10^4	2.3×10^3
	lighting equipment	1.1×10^4	6.5×10^4
	clock	4.3×10^3	3.7×10^3
	door	5.4×10^4	1.1×10^4

* Samples were collected from the topside of each sampling site.

Table 5. Effect of ventilation in the house

Ventilation method	Type*	Total cell count (cfu/m ³)	Total mold count (cfu/m ³)
window	before	2.2×10^2	4.8×10^2
	after	1.1×10^2	3.8×10^2
air cleaner	before	6.0×10^2	3.2×10^2
	after	3.3×10^2	2.2×10^2

* Ventilation was conducted during 30 min.

점의 간판 위 및 공기정화기 윗면과 가정주택의 냉장고와 장롱 위, 거실의 조명기구 위의 먼지를 채집하여 시험하였다. 지하철역사의 현금지급기, 배기구, 방향지시판, 광고전광판 위에서 채집한 먼지의 총 세균수는 각각 먼지 1 g당 1.2×10^6 , 1.7×10^6 , 5.6×10^5 , 4.0×10^5 cfu가 검출되어 먼지 1 g당 평균 9.7×10^5 cfu가 검출되었으며, 진균수는 먼지 1 g당 5.1×10^3 , 2.5×10^4 , 3.3×10^3 , 2.0×10^4 cfu가 검출되어 먼지 1 g당 평균 1.3×10^4 cfu가 검출되었다. 또한 지하상가의 공기정화기 위와 간판 위의 먼지 1 g당 총 세균수는 각각 1.9×10^5 , 3.6×10^4 cfu으로 평균 1.1×10^5 cfu이며, 진균수는 먼지 1 g당 1.9×10^4 , 8.0×10^3 cfu가 검출되어 평균 1.1×10^4 cfu이었다.

가정주택의 냉장고, 조명기구, 거실시계, 문틀 위의 먼지 1 g당 총 세균수는 각각 2.2×10^4 , 1.1×10^4 , 4.3×10^3 , 5.4×10^4 cfu으로 평균 2.3×10^4 cfu이며, 총 곰팡이수는 2.3×10^3 , 6.5×10^4 , 3.7×10^3 , 1.1×10^4 cfu으로 먼지 1 g당 평균 2.1×10^4 cfu가 검출되었다. 지하철 배기구의 먼지 1 g당 총 세균수가 1.7×10^6 cfu가 검출되어 많은 수의 미생물들이 먼지 속에 서식하고 있으며, 따라서 먼지를 제거하는 것이 공기 중에 미생물 오염을 줄일 수 있는 한 방안이라고 사료된다.

3. 가정주택에서 공기정화 전과 후의 세균 및 진균수

실외공기는 어느 정도 자연환경(자외선, 산화, 이온화)에 의해 정화되고 있으나 실내공기의 경우에는 공기정화장치나 창문을 이용하여 정화될 수 있다. 일반 가정 주택에서 환기시키기 전과 30분 동안 환기시킨 후의 공기 중의 미생물 오염도를 시험하였으며, 공기정화기를 사용하여 30분 동안 공기정화를 시킨 뒤, 작동 전과 작동 후의 미생물 검사를 실시하였다.

환기시키기 전에는 총 세균수와 진균수는 각각 220, 480 cfu/m³이고, 환기 후에는 110, 380 cfu/m³으로 세균은 50%, 곰팡이는 21% 감소하는 효과가 있었다. 공기정화기를 가동하기 전에는 총 세균수와 진균수가 각각 690, 320 cfu였고, 공기정화기를 30분간 가동 한 후에는 330, 220 cfu/m³으로 세균은 52%, 곰팡이는 31% 감소하는 효과가 있었다. 따라서 집안의 갇힌 공기를 자연바람으로 환기시키거나 공기정화기를 이용하는 것이 공기 중의 미생물 오염도를 낮추는 효과가 있었다.

IV. 결 론

도시인들은 하루 약 20시간 이상을 실내공간에서 생활하고 있으며 실내공기 오염원 중의 하나인 미생물은 두통, 마른기침, 현기증 등을 유발하는 빌딩증후군의 주요 요인이며 또한 이 균들은 알레르기질환 등

의 질병을 유발시키기도 한다. 그러나 우리 나라에서는 공기에 대한 미생물 오염실태 및 관리의 필요성이 제대로 인식되고 있지 못한 실정이다. 따라서 공기 중의 미생물 오염정도를 알아보기 위하여 사람의 이동이 많은 곳과 적은 곳을 선택하여 총 세균수와 진균수를 측정하였으며 기회감염균의 존재 유무를 확인한 결과 다음의 결론을 도출하였다.

1. 가정 내 공기 중에 오염되어 있는 세균 및 진균이 백화점 및 대형 유통매장 보다는 약 2배 이상으로 검출되었다. 미생물의 오염이 적을 것으로 예상된 5곳의 아파트 및 주택의 총 세균수는 290~630 cfu/m³이며, 총 진균수는 60~180 cfu/m³으로 백화점이나 대형 유통매장보다 약 2배 이상 높은 것으로 나타나 가정 내 공기 위생에 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

2. 백화점 및 대형 유통 매장 등의 공기 중 미생물 시험 결과 지하시설이 지상시설보다 세균 및 진균이 많은 것으로 나타났다.

3. 이용객이 많은 지하철 환승역 5곳과 이용객이 상대적으로 적은 지하철역 5곳을 시험한 결과 환승역의 공기가 평균 세균 오염이 2.6배 높은 것으로 나타났다.

4. 노약자, 어린이 등 저항력이 약한 사람들에게 기관지질환, 폐질환 등을 유발시킬 수 있는 것으로 알려진 진균류의 일종인 *Aspergillus* spp. 와 *Penicillium* spp.가 시험대상 45곳 중 17곳에서 검출되었다.

5. 조사지역의 먼지에서 다량의 미생물이 존재하고 있으며 실험결과 먼지 1 g당 세균이 $4.3 \times 10^3 - 1.7 \times 10^6$ cfu, 진균이 $2.3 \times 10^3 - 6.5 \times 10^4$ cfu로 검출되어 먼지가 주요한 실내 공기 오염원으로 사료된다.

6. 가정 내 공기 중에 존재하는 미생물을 감소시키기 위해서는 환기를 자주 시켜 주어야 하며 실험결과 실외의 신선한 공기가 들어오는 경우 실내의 오염되어 있던 미생물이 총 세균수는 50%, 총 진균수는 21% 감소하는 것으로 나타났다.

결론으로 이 연구를 통하여 생활환경 및 실내공기의 미생물 오염 정도를 파악할 수 있었으며 체계적인 공기질 관리를 위하여 실내공기 및 오염원의 미생물 균주 동정 및 대기상태와의 관계에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 김윤신, 이종대, 이철민, 윤승욱, 조용성 : 실내체육관에서의 공기오염에 관한 연구. 한국환경위생학회지. **26(3)**, 32-37, 2000.
- 2) 조준호, 박석환 : 서울시 주요 도로변 대기 중 니켈, 크롬, 구리 농도와 차종 별 교통량과 상관관계에 관한 연구. 한국환경위생학회지. **25(3)**, 51-57, 1999.
- 3) 김윤신 : 한국의 실내공기질 현황과 문제점. 제25회 보건학종합학술대회. 서울시. 2000.
- 4) 최종태, 김윤신 : 병원내 공기중 미생물의 농도에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지. **19(1)**, 30-36, 1993.
- 5) 김윤신 : 실내공기오염에 관한 소고. 한국대기보전학회지. **9(1)**, 33-43, 1993.
- 6) Pike, R. M. : Laboratory-Associated Infections : Infections, Fatalities, Causes and Prevention. Annual. Rev. Microbiol. **33(1)**, 41-45, 1979.
- 7) Clark, S., Rylander, R., Larsson, L. : Airborne Bacteria, Endotoxin and Fungi in Dust in Poultry and Swine Confinement Buildings. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. **44**, 553-557, 1983.
- 8) Kang, Y. J., Frank, J. F. : Evaluation of Air Samplers for Recovery of Biological Aerosols in Dairy Processing Plants. J. Food Prot. **52(1)**, 9-13, 1989.
- 9) Palmgren, M. S., Lee, L. S., Delucca, A. J., Ciegler, A. : Preliminary Study of Mycoflora and Mycotoxins in Grain Dust from New Orleans Area Grain Elevators. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. **44**, 7-11, 1983.
- 10) Lembke, L. L., Kniseley, R. N. : Coliforms in Aerosols Generated by Municipal Solid Waste Recovery System. Appl. Environ. Microbiol. **40**, 888-901, 1980.
- 11) Duckett, E. J., Wagner, J., Welker, R., Rogers, B., Usdin, V. : Physical/Chemical and Microbiological Analyses of Dust at a Resource Recovery Plant. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. **41**, 908-914, 1980.
- 12) Adams, A. P., Spendlove, J. C. : Coliform Aerosols Emitted by Sewage treatment Plants, Science, **169**, 1218-1220, 1970.
- 13) Mancinelli, R. L., Shulls, W. A. : Airborne Bacteria in an Urban Environment. Appl. Environ. Microbiol. **35**, 1095-1201, 1978.
- 14) Bovallius, A., Buchut, B., Roffey, G., Anas, P. : Three-Year Investigation of the Natural Airborne Bacterial Flora at Four Local Cities in Sweden.

1) 김윤신, 이종대, 이철민, 윤승욱, 조용성 : 실내체육관에서의 공기오염에 관한 연구. 한국환경위생

- Appl. Environ. Microbiol. **35**, 5-9, 1978.
- 15) Lundholm, M. I. : Comparison of Methods for Quantitative Determination of Airborne Bacterias and Evaluation of Total Viable Counts. Appl. Environ. Microbiol. **44**, 1-5, 1982.
 - 16) Burge, H. A., Chatigny, M. A., Feellery, J., Mory, P., Kreiss, K., Otten, J., Peterson, K. : Guidelines for Assessment and Samplng of Saprophytic Bioaerosols in the Indoor Environment. Am. Ind. Hyg. **5**, 1-10, 1987.
 - 17) United States Department of Agriculture, National Forum on Animal Production Food Safety, 1, 1996.
 - 18) 보건복지부 : 감염병 실험실 진단지침. 105, 1996.
 - 19) Dimmick, R. L., Wolochow, H. and Chatigny, M. A. : Evidence for more than one division of bacteria within airborne particles. Appl. Environ. Microbiol. **38**, 642-643, 1979.
 - 20) Burge, H. A., Milton, D., and Schwartz, J. : Bioaerosols, Health, and Productivity in Large Office Buildings. National Center for Environmental Research. Science to Achieve Results(STAR) Program. 1998.
 - 21) 녹색생명운동 : 서울시내 대형 백화점의 공기질 조사에 관한 연구, 한국일보사 환경운동연합, 1995.
 - 22) 김윤신 : 실내공기질 관리방안에 관한 연구. 한양대학교 환경 및 산업의학연구소. 환경부. 1999.
 - 23) Tong, Y., Che, F., Ku, X., Chen, M., Ye, B. and Li, J. : Population study of Atmospheric bacteria at the Fengtai district of Beijing on two representative days. Aerobiology. **9**, 69-74, 1993.
 - 24) 정선희 : 일부 병원 실내에서의 공기중 미생물 오염에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 환경보건학과 석사학위논문, 1997.