

미생물을 이용한 일부 병원, 가정 및 일반 대기질의 평가

서울대학교 보건대학원

하 권철 · 백 남원

—Abstract—

Assessment of Indoor and Outdoor Air Quality through Determination of Microorganism

Kwon Cheol Ha and Nam Won Paik

*School of Public Health,
Seoul National University, Seoul, Korea*

To assess biological air quality, concentrations of viable airborne microbes were determined in hospital, home and outdoor air from August 25 to October 18, 1990. Bacteria, fungi and thermophilic bacteria were sampled using gravitational and suctional sampling method. In bacteria groups, the *Staphylococcus* spp. was identified by microscopic examination and biochemical tests.

Results of the study are as follows.

1. Results using the gravitational sampling method indicated that average numbers of airborne microbes in hospital, home and outdoor air were 21.5, 12.2 and 17.6 CFU/plate, respectively. These levels are well within an appropriate standard of 50 CFU/plate suggested by Endo.

2. Results using the suctional sampling method indicated that total airborne microbe concentrations in hospital, home and outdoor air were 1,998, 1,363 and 1,880 CFU/m³, respectively. All of the results were within the recommended remedial action level, 10,000 CFU/m³ of the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

3. Concentration of thermophilic bacteria in hospital and outdoor air were 79 and 111 CFU/m³, respectively. Thermophilic bacteria were not detected in the home air. These results were within the remedial action level, 500 CFU/m³.

4. Concentrations of Gram negative bacilli in hospital, home and outdoor air were 20.3, 23.6 and 16.8 CFU/m³, respectively. All were within the remedial action level, 500 CFU/m³, recommended by ACGIH.

5. Concentrations of *Staphylococcus* spp. in hospital, home and outdoor air were 34.8, 14.7, and 22.4 CFU/m³, respectively. All were within the remedial action level, 75 CFU/m³, recommended by ACGIH. The percentages of *Staphylococcus* spp. in total bacteria in hospital, home and outdoor air were 19.0, 10.2 and 14.5%, respectively.

I. 서 론

생물학적 유해인자(biological agents)로는 감염성 세균, 곰팡이, 바이러스, 화분, 곤충, 미생물 대사산물 및 동식물의 단편 등을 들 수 있다^{1,2,3)}. 생물학적 유해인자에 폭로되면 피부와 호흡기계통에 감염성질환과 과민성질환(hypersensitivity disease)이 발생한다고 보고되어 왔다⁴⁾. 예를 들면 미생물을 취급하는 실험실⁵⁾, 병원⁶⁾, 농장⁷⁾, 고체폐기물 처리장⁸⁾, 폐수 처리장⁹⁾ 등에 종사하는 사람들에게 대한 연구조사에서 많이 보고되고 있다. 최근에는 실내오염에서 중요한 Sick-Building Syndrome (SBS) 이라는 건물과 관련된 불쾌감(building related complaints)을 호소하는 경우가 많다¹⁰⁾.

대기중 미생물은 산소, 온도, 영양 및 습도 등의 환경조건에 대해 민감하고 성장조건이 까다로워 정량 및 정성 분석이 매우 어렵다. 그러나 생물학적 유해인자의 대기중 농도를 정확히 측정하기 위한 여러 연구자들의 노력에 힘입어 많은 방법들이 정도관리(quality control)와 함께 개발되고 있다^{3,11,12,13,14)}. 이 방법들은 크게 중력침강 포집법(gravitational sampling method)과 관성충돌 포집법(impactional sampling method) 그리고 흡인 포집법(suctional sampling method)등으로 나눌 수 있고 이 세가지 방법들은 모두 장단점을 가지고 있다¹⁵⁾.

본 연구에서는 open petri-dish를 이용한 중력침강 포집법과 midget impinger를 이용한 흡인 포집법을 적용하여 대기중 미생물을 포집한 다음 적절한 조건에서 배양하여 집락(colony)으로 성장시킨 후 이들을 계수하여 대기중 농도를 계산하고 오염 정도를 평가하였다. 이를 위해 대기에 존재하는 곰팡이, 일반세균 그리고 내열성 세균(thermophile 혹은 thermophilic bacteria)을 포집하여 전체생균의 농도와 분변지표(fecal indicator)로 중요한 그람음성간균의 농도 그리고 과민성 폐질환(hypersensitivity pneumonitis)을 일으키는 내열성세균의 농도를 파악한 후 권장 허용기준과 비교하여 대기질을 평가하였다. 또한 병

원 감염의 중요한 원인이 되고 있는 병원성 세균인 포도상구균을 분리동정하여 대기중농도와 전체세균중 분포를 조사하여 대기질을 평가하였다.

아직까지 국내에는 이러한 조사연구가 거의 이루어지지 않고 있으므로 본 생물학적 대기질에 관한 연구결과는 생물학적 실내오염정도와 그 오염원을 밝히고 적절한 개선대책을 세우는데 있어서 중요한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 조사대상 및 재료

1) 조사대상

본 조사는 1990년 8월 25일 부터 10월 18일까지 서울시내 중심가에 위치한 모 종합병원의 로비, 주택가에 위치한 일반가옥의 거실 및 중심가의 일반대기를 대상으로 실시하였다.

표본채취는 중력침강 포집법과 흡인 포집법을 이용하여 오전 8시, 오전 9시 30분, 오후 1시 30분, 오후 5시 30분 및 오후 8시에 5~15분간 실시하였으며 4~7일 간격으로 각 포집장소에서 각 3회씩 동일한 위치에서 표본을 채취하였다. 전체 표본수는 표본채취장소인 병원, 가정 및 일반대기에서 각 90개씩 모두 270개이다.

2) 재료

일반세균과 곰팡이 그리고 내열성세균의 성장에 적합한 조건을 제공하기 위해 Chatigny 등²⁾과 Burge 등¹⁶⁾이 제안하고 있는 환경조건과 배지를 조성하였으며 그 조건 및 조성은 다음과 같다.

i) 일반세균과 내열성세균의 선택적 성장을 위한 배지

일반세균과 내열성세균의 선택적 성장을 위해 Trypcase Soy Agar(TSA)배지를 사용하였으며 조성은 다음과 같다(grams per liter).

Trypcase 15.0 Sodium chloride 5.0

Phytone 5.0 Agar 15.0

제조된 배지를 autoclave로 멸균한 후 직경 9 cm인 1회용 petri-dish에 약 10 ml 정도를 부어고형화한 다음 24~48시간 정도 배양하여 무균실험을 행한 뒤 조사를 실시하였다. 시료채취 후 일

반세균에 대해서는 37℃, 내열성세균에 대해서는 55℃에서 각각 배양하였다.

ii) 곰팡이의 선택적 성장을 위한 배지

곰팡이의 선택적 성장을 위한 배지로 Malt Extract Agar(MEA)배지를 사용하였으며 조성은 다음과 같다(grams per liter).

Malt extract 20.0 Dextrose 20.0

Peptone 1.0 Agar 20.0

특히 MEA배지에는 세균의 경쟁적 성장을 억제하기 위해 Chloramphenicol 100 ug/ml을 첨가하여 곰팡이만이 선택적으로 성장하도록 하였다.¹⁷ 액체배지를 고형화하여 48~72시간 동안 무균실험을 행한 뒤 시료를 채취하였으며 25℃정도에서 집락이 나타나고 겹치게 되기 전까지 48~72시간 배양하였다.

2. 방법

1) 중력침강 포집법

일반세균과 내열성세균에 대해서는 TSA 배지를 petri-dish에 고형화한 TSA plate를 사용하였고 곰팡이에 대해서는 MEA 배지를 고형화한 MEA plate를 사용하여 Chatigny등,²¹ Koch¹⁸ 그리고 Kang 등¹⁹이 제안한 방법으로 그림 1과 같이 조사대상장소의 바닥으로부터 90~100 cm 높이되는 곳에 뚜껑을 개방한 petridish를 5분간 정지하여 낙하균을 포집한 다음 일반세균에 대해서는 37℃, 내열성세균에 대해서는 55℃ 그리고 곰

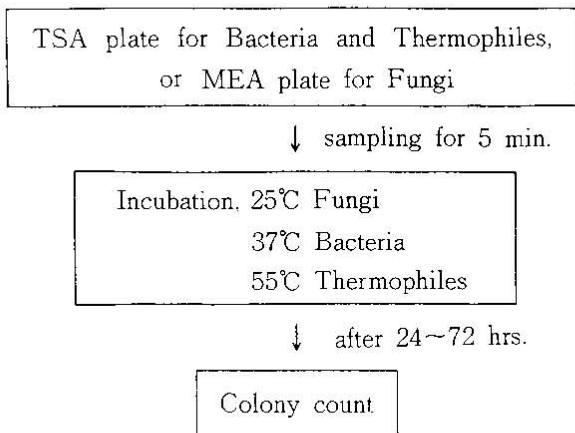


Fig. 1. Experimental Procedure for Gravitational Sampling Method.

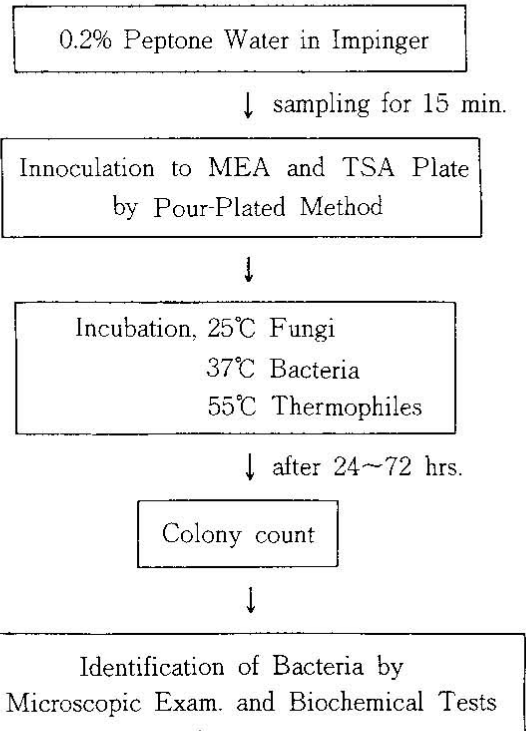


Fig. 2. Experimental Procedure for Suctional Sampling Method using Midget Impinger.

팡이에 대해서는 25℃에서 24~72시간 배양한 후에 plate 상에 나타난 집락수를 계수하여 plate 당 Colony-Forming Unit(CFU)로 대기중 농도를 나타냈다.

2) 흡인 포집법

Midget impinger와 개인용 공기포집펌프(미국 Gilian, Model HFS)를 사용하여 Chatigny등²¹과 Kang등¹⁹이 제시한 방법으로 그림 2와 같이 실시하였다.

0.2% peptone water 20 ml를 흡수액으로 사용하여 평균 1.5/분의 유량으로 15분간 시료를 채취하였다. 시료 채취후 20분 이내에 1~2 ml의 흡수액을 적절한 배지 plate에 pour-plated method를 통해 접종한 후 중력침강 포집법과 같은 방법으로 일반세균에 대해서는 37℃, 내열성세균에 대해서는 55℃ 그리고 곰팡이에 대해서는 25℃에서 24~72시간 배양한 후 plate 상에 나타난 집락수를 계수하여 입방미터 당 Colony-Forming Unit(CFU)로 대기중 농도를 나타냈다.

3) 그람음성간균의 동정

흡인 포집법으로 채취한 세균들을 그람염색 한 뒤^{17,20} 현미경(일본 Nikon, model UFX-IIA)을 사용하여 현미경상에 나타난 세포의 형태를 관찰하여 그람양성구균, 그람양성간균, 그람음성구균 및 그람음성간균으로 분류하였다. 이들중 분변지표(fecal indicator)로서 그람음성간균을 계수하여 대기중 농도를 측정하였다.

4) 포도상구균(*Staphylococcus spp.*)의 동정

그람염색을 통해 그람양성구균으로 동정된 균주에 한하여 새로운 TSA사면배지에 접종하여 순수배양하면서 Lennette동¹⁷과 Cappucino 등²⁰이 제시한 방법으로 아래의 동정실험을 행하였다.

i) 현미경법(microscopic examination)

그람염색 후 현미경을 통해 나타나는 색깔, 형태 그리고 세균들이 모여서 이루는 포도송이모양의 cluster를 보고 포도상구균을 동정하였다.

ii) 색소생성검사(pigmentation test)

TSA사면배지에 그람양성구균을 24~48시간 37°C에서 배양한 후 형성된 집락이 진노란색 혹은 옅은 오렌지색으로의 착색 여부를 관찰하였다.

iii) Catalase 검사

그람양성구균 집락을 슬라이드상에 올려놓은 후 30% 과산화수소(H₂O₂)용액을 한 방울 떨어뜨려 즉각적인 기포생성유무를 관찰하였다.

iv) 혐기조건에서의 성장유무 검사(anaerobic growth test)

Shake-hand inoculation방법을 통해 통성혐기성 여부를 다음과 같이 평가하였다. 녹은 배지가 들어 있는 시험관에 집락을 접종한 다음 미생물의 균일한 분포를 위해 시험관을 양손으로 회전시킨 후 곧바로 찬물에 넣어 배지를 굳힌 다음 48~72시간 동안 37°C에서 배양하여 집락의 성장분포를 보고 산소 요구도를 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 중력침강 포집법에 의한 평가

병원, 가정 및 일반대기에서 시간대별 및 미생물 종류별로 측정된 낙하균의 농도는 표 1과 같고, 시간에 따른 농도변화는 그림 3에서 보는 바와 같이 오전 8시에 가장 낮았고 오전 9시 30분에 가장 높게 나타났다(p=0.05). 표본 채취장소별 전체낙하균의 농도는 그림 4에서 보는 바와 같이 병원, 가정 및 일반대기에서 각각 21.5, 12.2 및 17.6 CFU/plate로 병원이 가장 높았고 일반대기 및 가정의 순으로 나타났다(0.05 < p < 0.1). 최 등²¹은 서울시내 지하철역과 지하상가에서 조사한

Table 1. Airborne Microbe Concentrations, determined by Gravitational Method by Sampling Site and Time

Sampling Site	Classification of Microbe	Airborne Microbe Concentration(CFU/plate) by Sampling Time					Mean
		08 : 00~	09 : 30~	13 : 30~	17 : 30~	20 : 00~	
Hospital	Fungi	4.0	33.0	4.0	7.3	4.3	10.5
	Bacteria	8.3	12.3	13.7	10.7	8.7	10.7
	Thermophiles	0.3	0.7	0.3	0	0	0.3
	Subtotal	12.6	46.0	18.0	18.0	13.0	21.5
Home	Fungi	2.7	2.7	4.3	6.7	5.3	4.3
	Bacteria	8.7	6.3	5.7	10.3	8.7	7.9
	Thermophiles	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	11.4	9.0	10.0	17.0	14.0	12.2
Outdoor	Fungi	5.0	9.7	5.0	10.3	5.0	7.0
	Bacteria	7.3	13.3	9.7	8.7	10.0	9.8
	Thermophiles	0.7	1.3	1.0	0.7	0.3	0.8
	Subtotal	13.0	24.3	15.7	19.7	15.3	17.6
Total		37.0	79.3	43.7	54.7	42.3	257.0
Mean		12.3	26.4	14.6	18.2	14.1	85.7

Note : Three samples were collected at each sampling time.

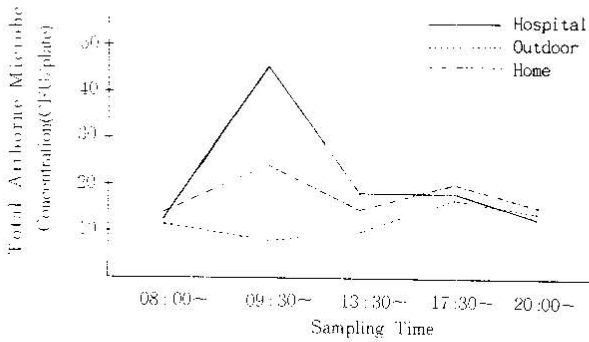


Fig. 3. Airborne Concentrations of Total Airborne Microbes, determined by Gravitational Method by Sampling Time and Site (P=0.05).

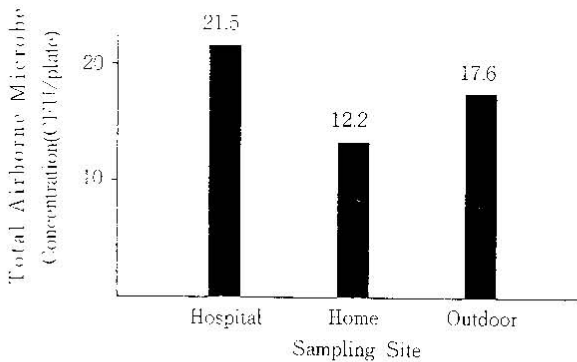


Fig. 4. Concentration of Total Airborne Microbe, determined by Gravitational Method by Site.

대기중 미생물의 농도가 54.4와 13.6 CFU/plate 라고 보고한 바 있다. 내열성세균의 대기중 농도는 세균이나 곰팡이와는 달리 일반대기와 병원에서 검출되었으나 가정에서는 검출되지 않는다.

중력침강 포집법을 이용하여 생물학적 대기질을 평가할때의 평가기준으로 Endo³³가 제안한 평가기준을 보면 plate 당 50 CFU 이하는 청정, 50~70 CFU는 허용기준 그리고 75~100 CFU는 기준 초과 등으로 제안하고 있다. 이를 기준으로 성적을 평가하면 본 조사대상인 병원, 가정 그리고 일반대기의 생물학적 대기질은 모두 청정한 것으로 나타났다.

그러나 중력침강 포집법을 통한 대기질의 평가는 정량 및 정성분석의 오차가 높아서 일반적으로 받아 들여지지 않고 있으며^{2,15,19} 특히 전체 생균수로 계산되는 호흡감염량(respiratory infective

dose)이나 오염정도를 정확히 평가하려고 할때 이 방법은 한계에 도달하게 된다². 실제로 표준 포집기구가 개발되기 전에는 대기질의 평가를 위해 이 방법이 주로 쓰였으나 근래에는 새로운 균주분리를 위한 용도로 쓰이고 있다.

2. 흡인 포집법에 의한 평가

이 방법에 의한 미생물의 농도는 식(1)과 같이 포집된 시료에서 검출된 CFU 수를 포집 공기량(m^3)으로 나눈 CFU/m^3 값으로 표시한다.

$$\text{농도}(CFU/m^3) = \frac{\text{plate당 측정된 집락수} \times \text{회석배수}}{\text{포집공기유량}(m^3)} \dots\dots (1)$$

병원, 가정 및 일반대기에서 midget impinger와 펌프를 이용한 흡인 포집법으로 시간대별로 측정된 미생물군의 농도는 표 2와 같고 그림 5에서 보는 바와 같이 대기중 미생물의 농도는 오후 1시 30분에 가장 높게 나타났다($0.05 < p < 0.1$).

이 결과는 중력침강 포집법에 대한 결과와는 다른것으로 포집 원리에 의해 차이가 난것으로 생각된다. 즉 중력침강 포집법에는 대기중 부유 입자 하나당 한개의 CFU만 생성되고 기류에 의해 포집되는 입자의 크기가 달라지므로 정성 및 정량분석이 어렵다^{2,15,19}. 실제로 Lundholm 은¹¹ 한 입자당 최고 147개의 미생물을 발견했다고 보고 하였으며 Burge 등¹⁵은 기류가 증가함에 따라 작은입자는 포집되지 않는 것으로 보고하고 있다. 이에 반해 흡인 포집법은 흡인력에 의해 약간의 생존능력 손실이 있지만 입자가 흡수액에 녹아 군집이 아닌 개체상태로 유지되어 더 정확한 미

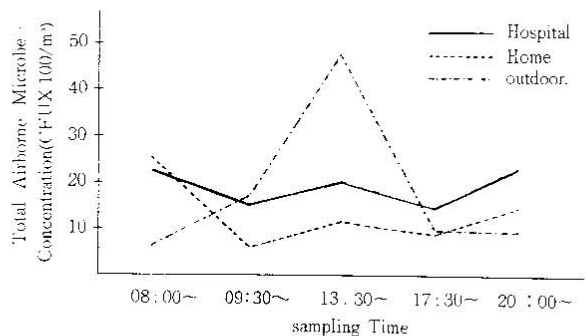


Fig. 5. Concentration of Total Viable Airborne Microbe, sampled by Suctional Method by Sampling Time ($0.05 < p < 0.1$).

Table 2. Airborne Microbe Concentrations, Determined by Suctional Method by Sampling Site and Sampling Time

Sampling Site	Classification of Microbe	Airborne Microbe Concentration(CFU/m ³) by Sampling Time					Mean
		08:00~	09:30~	13:30~	17:30~	20:00~	
Hospital	Fungi	384	571	1447	523	566	698
	Bacteria	1825	714	716	1155	1697	1221
	Thermophiles	0	252	0	0	141	79
	Subtotal	2209	1537	2163	1678	2404	1998
Home	Fungi	198	99	686	296	702	396
	Bacteria	2357	493	588	691	706	967
	Thermophiles	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	2555	592	1274	987	1408	1363
Outdoor	Fungi	385	935	1258	588	394	712
	Bacteria	373	562	3468	295	589	1057
	Thermophiles	0	261	144	150	0	111
	Subtotal	758	1758	4870	1033	983	1880
Total		5522	3887	8307	3698	4795	26209
Mean		1841	1296	2769	1233	1598	8736

Note: Three samples were collected at each sampling time.

생물의 농도를 측정할 수 있다^{15,19}. Lundolm은 자연환경에서 impinger를 이용한 흡인 포집법이 가장 높은 효율을 보였다고 보고하였다.¹¹ 따라서 대기중 미생물농도는 흡인 포집법에 의하여 측정하는 것이 더 정확하다고 판단된다^{2,15}.

1) 전체생균수에 의한 평가

생물학적 대기질 평가를 위한 전체생균수의 농도는 식(2)와 같이 계산하였다^{16,24}.

전체생균수의 농도(CFU/m³)

$$= \text{평균 곰팡이의 농도(CFU/m}^3\text{)} + \text{평균 세균농도(CFU/m}^3\text{)} + \text{평균 내열성세균농도(CFU/m}^3\text{)} \dots (2)$$

이 식을 이용하여 측정된 병원, 가정 및 일반 대기의 전체생균수의 농도는 그림 6에서 보는 바와 같이 1,998, 1,363 및 1,880 CFU/m³였다. 이 결과를 이용하여 통계학적 분산분석을 한 결과 세 포집장소별 차이에 있어서는 유의성이 떨어지지만(p>0.1), 병원과 가정만을 대상으로 t검정을 한 결과 유의한 차이를 보여주었다(0.05<p<0.01).

미국 정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)에서는 실내대기중 전체생균수의 허용

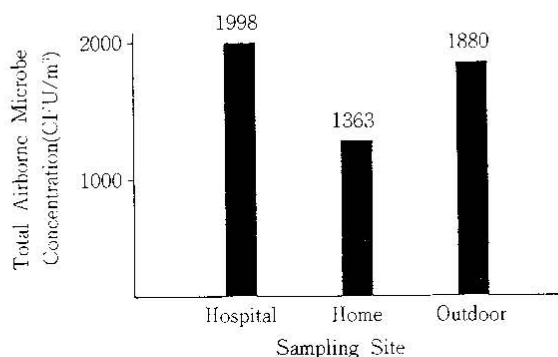


Fig. 6. Airborne Microbe Concentrations, determined by Suctional Method by Site.

농도는 10,000 CFU/m³이고 실내에서는 실외의 1/3수준을 유지해야 한다고 추천하고 있다²⁴. 이를 기준으로 병원과 가정의 대기질을 평가해 보면 전체생균수의 허용농도는 초과하지 않고 있으나 실외에 대한 실내의 허용기준 비에 대해서는 모두 초과하고 있었으며 특히 병원의 경우에는 오히려 실외보다 더 높게 나타났다.

공기중 세균농도는 병원, 가정 및 일반대기에서 1,221, 967 및 1,057 CFU/m³로 Mancinelli 등²³이 조사한 대기중 농도와 거의 일치하고 있었으나 곰팡이의 경우에는 Bernstein 등⁴의 조사연구

와 비교해 볼때 실내에서는 어느정도 일치하나 실외인 일반대기에서는 약 5배 정도 높은 결과를 보였다.

광기중 농도가 500 CFU/m³에 이르면 과민성 폐질환을 일으킨다고 보고되어 있는²⁴⁾ 내열성 세균은 병원과 일반대기에서 79와 111 CFU/m³로 낮은 농도로 나타났으며 가정에서 중력침강 포집법에서의 마찬가지로 분리되지 않았다.

2) 그람음성간균에 의한 평가

분변오염지표로 사용되는 그람음성간균의 농도는 표 3과 표 4에서 보는 바와 같이 병원, 가정 및 일반대기에서 각각 20.3, 23.6 및 16.8

CFU/m³였다. 이 결과는 Lembke 등²⁵⁾이 비교적 오염이 심한 고체폐기물 처리장에서 측정된 990 CFU/m³ 보다 훨씬 낮은농도였다.

표 3의 세균 분포에서도 Mancinelli 등²³⁾이 조사한 결과와 같이 그람양성균이 가장 높았으나 그람음성간균의 경우 11~16 % 사이로 이들이 조사한 10 %이하 보다 높게 나타났다.

미국 정부산업위생전문가협의회에서 제시한²⁴⁾ 그람음성간균에 대한 실내허용기준 500 CFU/m³ 보다 훨씬 낮아 비교적 깨끗한 환경임을 알 수 있었다.

3) 포도상구균에 의한 평가

흡인 포집법으로 포집한 세균에 대해 현미경법, 생화학적검사 등 4단계의 실험을 거쳐 포도상구균을 동정하여 포집장소별로 표 4에서 나타났다. 대기중 포도상구균의 농도는 병원에서 34.8 CFU/m³, 가정에서 14.7 CFU/m³ 그리고 일반대기에서 22.4 CFU/m³로 나타났으며, 이러한 결과치는 미국 정부산업위생전문가협의회에서 허용기준으로 추천하는²⁴⁾ 75 CFU/m³보다 낮은 값이다.

세균중 포도상구균의 분포는 표 5에서 보는 바와 같이 병원, 가정 및 일반대기에서 19.0, 10.2 및 14.5 %로 나타나 병원이 가장 높고 일반대기 및 가정의 순으로 나타났다.

Table 3. Number and Percentage of Identified Bacteria by Gram Staining and Microscopic Examination in Each Sample

Identified Bacteria	Number and Percentage by Site		
	Hospital	Home	Outdoor
Gram+, Coccus	21(33*)	15(31)	33(60)
Gram+, Bacillus	22(35)	11(22)	10(18)
Gram-, Coccus	13(21)	15(31)	6(11)
Gram-, Bacillus	7(11)	8(16)	6(11)
Total	63(100)	49(100)	55(100)

* : Percentage of identified bacteria

$$= \frac{\text{Number of identified bacteria}}{\text{Number of total bacteria in sampling site}} \times 100$$

Table 4. Concentration of Viable Airborne Staphylococcus spp. Gram Negative Bacillus

Sampling Site	Sampled Air Volume(L)	Concentration(CFU/m ³)	
		Staphylococcus spp.	Gram Negative Bacillus
Hospital	345	34.8(12*)	20.3(7)
Home	339	14.7(5)	23.6(8)
Outdoor	357	22.4(8)	16.8(6)
Mean	347	24.0	20.2

* : Number of identified bacteria

Table 5. Number and Percentage of Identified Staphylococcus spp. from Airborne Bacteria

Sampling Site	Number of Sampled Bacteria	Number and Percentage of Identified Staphylococcus spp.	
		Number	Percentage
Hospital	63	12	19.0
Home	49	5	10.2
Outdoor	55	8	14.5
Total	167	25	14.9

한편 Mancinelli 등²³⁾이 미국내 일반도시 대기에서 조사한 총 세균중 포도상구균의 분포는 11%였다.

이상의 결과를 종합해 볼때 가정이나 대기보다는 병원이 전체세균, 세균 및 포도상구균 등에 의하여 심하게 오염되어 있음을 알수 있었고 이는 생물학적 유해인자의 발생원이 되는 환자를 포함한 많은 사람들에 의한 영향으로 생각된다.²⁴⁾ 따라서 병원과 같이 사람이 많이 모이는 장소에서는 이들 생물학적 유해인자에 의한 위험을 줄이기 위해 노력해야 할것이다.

VI. 요약 및 결론

병원과 가정을 포함한 실내 공기와 실외공기의 생물학적 대기질을 평가하기 위하여 1990년 8월 25일 부터 10월 18일 까지 공기중에 살아있는 미생물의 농도를 조사하였다. 공기중 일반세균, 곰팡이 및 내열성세균을 중력침강 포집법과 흡인 포집법을 이용하여 채취하고 농도를 측정하였으며 특히 그람음성간균과 포도상구균을 동정하였다. 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 중력침강 포집법을 이용하여 포집한 전체미생물의 농도는 병원, 가정 및 일반대기중에서 각각 21.5, 12.2 및 17.6 CFU/plate로 병원에서 가장 높게 나타났으나($0.05 < p < 0.1$), Endo가 제안한 대기질 평가기준인 50 CFU/plate 미만이었다.

2. 흡인 포집법을 이용하여 포집한 전체미생물의 농도는 병원, 가정 및 일반대기중에서 각각 1,998, 1,363 및 1,880 CFU/m³로 병원이 가장 높게 나타났으나 미국 정부산업위생전문가협회에서 추천하는 허용기준인 10,000 CFU/m³보다는 모두 낮았다.

3. 내열성세균의 농도는 병원과 일반대기중에서 각각 79와 111 CFU/m³였으며 가정에서는 검출되지 않았다. 위의 결과치는 미국 정부산업위생전문가협회에서 연구자들이 추천하는 허용기준을 초과하지 않는 값이었다.

4. 그람음성간균의 농도는 병원, 가정 및 일반대기중에서 각각 20.3, 23.6 및 16.8 CFU/m³로

서 미국 정부산업위생전문가협회에서 추천하는 허용기준인 500 CFU/m³ 미만이었다.

5. 포도상구균의 공기중 농도는 병원에서 34.8 CFU/m³, 가정에서 14.7 CFU/m³ 그리고 대기에서 22.4 CFU/m³로서 미국 정부산업위생전문가협회에서 권장하는 허용기준인 75 CFU/m³ 미만이었다. 총 세균중 포도상구균의 분포는 병원, 가정 및 일반대기에서 각각 19.0, 10.2 및 14.5%였다.

참고 문헌

1. Macher, J. M., M. W. First : *Personal Air Samplers for Measuring Occupational Exposures to Biological Hazards*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 45 : 76, 1984
2. Chatigny, M. A., J. M. Macher, H. A. Burge, W. R. Solomon : *Sampling Airborne Microorganisms and Aeroallergens in Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants*, edited by Hering, S. V., 7th edition, ACGIH, Inc., Cincinnati, O.H., 1989
3. Macher, J. M., H. C. Hansson : *Personal Size-Separating Impactor for Sampling Microbiological Aerosols*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 48 : 652, 1987
4. Bernstein, R. S., W. G. Sorenson, D. Garabrant, C. Reaux, R. D. : *Treitman : Exposures to Respirable, Airborne Penicillium from Contaminated Ventilation System : Clinical, Environmental and Epidemiological Aspects*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44 : 161, 1983
5. Pike, R. M. : *Laboratory-Associated Infections : Incidence, Fatalities, Causes and Prevention*, *Ann. Rev. Microbiol.*, 33 : 41, 1979
6. Marshall, E. : *Hospitals Harbor a Built-in Disease Source*, *Science*, 210 : 745, 1980
7. Clark, S., R. Rylander, L. Larsson : *Airborne Bacteria, Endotoxin and Fungi in Dust in Poultry and Swine Confinement Buildings*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44 : 537, 1983
8. Lembke, L. L., R. N. Kniseley : *Coliforms in Aerosols Generated by Municipal Solid Waste Recovery System*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 40 : 888, 1980
9. Adams, A. P., J. C. Spendlove : *Coliform Aerosols Emitted by Sewage Treatment Plants*, *Science*, 169 : 1218, 1970.
10. Burge, H. A., M. E. Hoyer : *Indoor Air Quality*, *Appl. Ind. Hyg.*, 5(2) : 84, 1990

11. Lundholm, I. M. : *Comparison of Methods for Quantitative Determinations of Airborne Bacteria and Evaluation of Total Viable Counts*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 44 : 179, 1982
12. Anderson, A. A. : *New Sampler for the Collection : Sizing and Enumeration of Total Viable Particles*, *J. Bacteriol.*, 76 : 471, 1958
13. Smid, T., E. Schokkin, J. S. M. Boleij, D. Heederik : *Enumeration of Viable Fungi in Occupational Environments : A Comparison of Samplers and Medias*, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 50 : 235, 1989
14. Brachman, P., R. Ehrlich, H. Eichenwald : *Standard Sampler for Assay of Airborne Microorganisms*, *Science*, 144 : 1295, 1964
15. Burge, H. A., W. R. Solomon : *Sampling and Analysis of Biological Aerosols Atmos. Environ.*, 21(2) : 451, 1987
16. Burge, H. A., Chatigny, J., Feeley, P., Morey, K., Kreiss, J., Otten, K., Peterson : *Guidelines for Assessment and Sampling of Saprophytic Bioaerosols in the Indoor Environment*, *Appl. Ind. Hyg.*, 5 : R-10, 1987
17. Lennette, E. H., A. Balows, W. J. Hausler, H. J. Shadomy : *Manual of Clinical Microbiology*, 4th ed., *American Society for Microbiology, Washington, DC*, 1985
18. 일본약학회편 : 공기중의 세균검사법(R. Koch)위생시험법주해, 금원출판사, 동경, 1980
19. Kang, Y-J, J. F. Frank : *Biological Aerosols : A Review of Airborne Contamination and its Measurement in Dairy Processing Plants, accepted by Food Protection, Oct. 1988*
20. Cappucino, J. G., N. Sherman : *Microbiology : Laboratory Manuals, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.*, 1987
21. 최병현, 최성민, 오수경, 김광진, 박상현 : 서울 지역 지하상가와 지하철역 공기중의 진균 분포 조사 서울특별시 보건환경연구소보, 21 : 375, 1985
22. 원약공 : 낙하세균에 관한 연구, 동경의학연구소, 1 : 60, 1949.
23. Mancinelli, R. L., W. A. Shulls : *Airborne Bacteria in An Urban Environment*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 35 : 1095, 1978
24. Morey, P., J. Otten, H. Burge M. Chatigny, J. Feeley, F. M. LaForce, K. Peterson : *Airborne Viable Microorganisms in Office Environments : Sampling Protocol and Analytical Procedures*, *Appl. Ind. Hyg.*, 1(1) : R19, 1986