한국환경과학회지 제17권(제5호), 501~507, 2008
Journal of the Environmental Sciences

충남 지역 학교의 실내공기질에 관한 연구

조태진 · 최한샘 · 전용택 · 이치원 · 이종대 · 조혜미 · 손부순
순천향대학교 환경보건학과
(2007년 12월 28일 접수; 2008년 3월 3일 채택)

The Study of Indoor Air Quality at Schools in Chung-Nam Area

Tae-Jin Cho, Han-Seam Choi, Young-Taek Jeon, Che-Won Lee,
Jong-Dae Lee, Hye-Mee Jou and Bu-Soon Son
Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Chungnam 336-745, Korea
(Manuscript received 28 December, 2007; accepted 3 March, 2008)

Abstract

The concentrations of HCHO(formaldehyde), PM_{10}(particulate matter), CO_2(carbon dioxide) and TBC(total bacteria counter) distribution in schools(Chung-Nam Area) were examined, and the results were compared with the recommended criterion of the administration law of indoor air. The subjects were an elementary school, a middle school and a high school in Chung-Nam area, and the concentration of TBC was examined by Single Stage Air Cascade Sampler, which applied the inertia collision catching method of 28.29L/min(flux) during 5 months from March, 2007 to July, 2007. The instrument(LD-3B, SIBATA Company)was used to examine PM_{10}, by a light scattering method and a light transmission method. The instrument(Airboxx(KD Engineering) was used to examine CO_2. The instument(Z300XP(Environmental sensor)was used to examine HCHO. The result indicated that the PM_{10} average concentrations of the surveyed classrooms were 49 $\mu g/m^3$ in Spring and 59 $\mu g/m^3$ in Summer. The CO_2 average concentration of the surveyed schools were 576 ppm in the classroom and 527 ppm in the stateroom. The average concentration of TBC were 729 CFU/m^3 in an elementary school, 401 CFU/m^3 in a middle school, 381 CFU/m^3 in a high school. The HCHO average concentration of the surveyed schools were 0.03 ppm in the classroom, 0.02 ppm in the stateroom.

Key Words : HCHO, TBC, PM_{10}, CO_2

1. 서 론

대부분의 사람들은 하루 24시간 중 약 80% 이상을 주택, 사무실, 실내작업장, 공공건물, 학교, 병원, 지하시설물, 상가, 음식점, 자동차, 지하철 등 실내에서 생활하기 때문에 실내공기질(IAQ:Indoor Air Quality)은 개인의 공기 오염물질 노출에 주요한 요인이 되고 있다[1]. 실내공기질에 대한 문제가 나타나게 된 배경은 1970년대의 석유파동 이후 에너지 절약 및 효율을 높이기 위한 건물의 단열로 인한 밀폐화가 실내 공기질을 악화시키는 요인이 되었다. 또한 다양한 산업기술의 향상에 의한 새로운 건축자재 및 생활수준의 향상으로 인해 다양한 생활용품의 사용이 증가하였고 이로 인한 오염물질의 방출 역시 실내공기질의 악화를 초래하게 되어 이에 대한 실내공기질의 관리 및 건강위해성의 중요성이

Corresponding Author : Bu-Soon Son, Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Korea
Phone: +82-41-530-1270
E-mail: sonbss@sch.ac.kr

강조 되었다[2].

실내공기질에 영향을 주는 물질로는 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO), 라돈(Radon), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO_2), 오존(O_3), 미세먼지(PM_{10}) 등과 같은 물질이 있으며, 이러한 오염물질에 의해 오염된 실내에서 생활하는 거주자 또는 근로자들은 빌딩증후군(Sick Building Syndrome: SBS), 복합화학물질증후군(Multi-Chemical Sensitivity: MCS)과 같은 건강영향 증상을 나타낼 수 있다.

또한 실내에서 생물학적 유해인자에 폭로 될 경우 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소 등 빌딩증후군을 호소 할 수 있으며, 세균류의 항원에 의한 독소 반응(Endotoxic Reactions)이나 알레르기반응(Allergic Reactions)을 일으켜 피부와 호흡기 계통에 폐결핵 등과 같은 감염성 질환율의 증가와 과민성 질환(Hypersensitivity Disease)을 유발시킬 수 있다[3~5]. 미생물이 발생하는 원인은 실외공기의 유입 원인에 의한 것과 건물내 HAVC(Heating, ventilation and air conditioning) 시스템에 의한 경우, 실내에서 생활하는 사람이나 애완동물에 의한 경우가 대표적이다. 미생물이 건물 내부에 잘 생기는 가장 큰 이유는 적절한 수분 (상대습도60%), 적절한 온도(4~32℃)와 음식(유기 물질)이 실내에 존재하므로 미생물 포자가 발아하여 자랄 수 있는 환경을 제공해주기 때문이다[6,7]. VOCs과 HCHO 경우는 호흡기 및 순환기 계통에 영향을 주며, 발암을 일으키기 때문에 관리의 필요성이 있다. Meininhaus 등[8]은 학교 교실의 VOCs, 암모니아, 이산화황이 학생들의 감각 기능에 영향이 있음을 보고하였고, Daisey 등[9]은 학교 교실에서 HCHO, VOCs, Bioaerosol, 불충분한 환기가 천식 등의 호흡기 질환을 야기할 수 있다고 하였다. 오염된 실내 환경에 노출은 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아니지만, 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 미치고 있다.

우리나라는 전통적으로 교육열과 전체적인 교육수준은 매우 높으나 이를 뒷받침할 만한 교육제도나 교육여건은 상대적으로 열악한 수준이다. 특히 하루의 대부분의 시간을 학교와 집에서 보내는 청소년의 경우 신체와 정신의 성장 · 발육이 왕성하고 질병에 대한 저항력이 불충분한 연령층이기 때문에 보건학적으로 중요한 인구집단이며[10], 따라서 청소년들이 생활하고 있는 교실 실내 환경을 쾌적하고 안전하게 만들어 주고 유지 · 관리하는 일은 매우 중요하다[2]. 특히 현재 교육인적자원부에서는 학교보건법을 시행 VOCs와 HCHO를 포함한 11가지항목에 대한 유지 및 권고 기준을 마련하여 교실 실내 환경을 개선하려 하고 있지만, 학교 실내공기질 관리는 매우 미흡한 상태이다[11].

따라서 본 연구에서는 충남 지역에 위치한 초 · 중 · 고등학교 교실의 실내 공기질의 실태를 조사함으로써 향후 실내공기 오염물질의 발생억제 및 공기질의 개선을 위한 방안을 마련할 수 있는 기초자료를 확보하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 학교보건법에 의거하여 다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법에 제시되어 있는 측정방법을 이용하여 측정하였다(Table 1.).

2.1. 연구기간 및 연구대상

본 연구는 2007년 3월부터 5개월에 걸쳐 충남에 위치한 초 · 중 · 고등학교 555개 교실 (초등학교 343, 중학교 143, 고등학교 69)을 선정하여 일반교실 2곳(총 367), 특별교실 1곳(총 188)을 선정하여 수업이 진행되고 있는 상태(9시부터 17시 사이)에서 실내의 온도, 습도, HCHO, PM_{10}, CO_2, TBC(Total Bacteria Counter)를 측정 하였다.

2.2. 측정 및 분석방법

2.2.1. 온도 · 습도

교실내의 온 · 습도는 현장측정이 가능한 Airboxx (KD Engineering)를 이용하여 현장에서 측정하였다.

2.2.2. HCHO

공기 중의 HCHO 농도는 현장측정이 가능한 측정기인 Z300XP(Environmental sensor)를 이용하여 한지점당 3회 이상 측정하였으며, 측정결과의 평균값을 사용하였다.

2.2.3. PM_{10}

공기 중의 미세먼지 농도는 광산란법이 적용된 분진측정기기로 현장에서 측정 가능한 LD-3B (SIBATA)를 이용하여 한지점당 2회 이상 측정하여 평균값을 사용하였다.

Table 1. Specification of indoor air quality measuring instrument

	Model(Company)	Method	Sampling number of measurement in site
Temperature	Airboxx(KD Engineering)	Direct Reading	Measure 3 times
Humidity			
CO_2			
HCHO	Z300XP(Environmental sensor)	Direct Reading	Measure 2 times
PM_{10}	LD-3B(SIBATA)		
TBC	TE-10-880(Tisch Environmental)	Conflicts	Measure 1 times

TBC is the abbreviation for total vacteria counter.

2.2.4. CO_2

공기 중에 존재하는 이산화탄소의 농도를 비분산 적외선분석법이 적용된 측정기기인 Airboxx(KD Engineering)를 이용하여 현장에서 지점당 3회 이상 측정하여 측정결과의 평균값을 사용하였다.

2.2.5. TBC

공기 중에 존재하는 TBC는 관성충돌 포집법을 적용한 미생물 채취기인 Single Stage Air Cascade Sampler(Tisch Environmental Inv. TE-10-880)와 세균 집락만 성장시키는 Blood Agar Plate(BAP)배지를 이용하여 현장에서 측정하였다.

미생물 채취는 흡인유량 28.29 L/min(바닥면과 수직이 되게 하여 1.2 m 높이에서 시료채취)으로 5분간 총 141.45 L를 흡입하여 흡인공기가 상단의 배지면에 접촉하여 측정하였다.

포집이 완료된 BAP배지는 37℃에서 48시간동안 Incubator(배양기)에서 배양시킨 후 집락(Colony)수를 세어 공기 중 단위 용적 당 집락수를 계산하였다. 공기 중 단위 용적 당 집락수는 아래의 식(CalCulation 1)과 같이 계산하였다.

$$\text{CFU(Colonies Forming Units)} / m^3 = \frac{Colonies\ on\ agar \times 35.31}{Sampling\ time\ (minutes)} \cdots\cdots CalCulation\ 1$$

2.3. 통계적 분석

자료처리는 SPSS(version 13.0) 통계프로그램을 이용하여 평균, 표준편차, 상관관계를 분석하였다.

교사내 실내오염물질별 농도에 따른 유해인자의 집단간 평균의 차이는 T-test와 One-Way ANOVA를 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 학교 교실의 주요 발생원을 고려하여 충남지역 초등학교 343곳, 중학교 143곳, 고등학교 69곳을 대상으로 실내공기질을 측정한 결과는 다음과 같다.

3.1. 학교에 따른 유해인자의 농도

충남지역의 초·중·고등학교의 실내 온도 및 습도, PM_{10}, CO_2, TBC, HCHO의 평균 측정값을 Table 2에 나타냈다.

온도와 습도의 경우 학교보건법(교육인적자원부, 2006)에서 정하고 있는 기준(온도: 18~28℃, 습도: 30~80%)에 각각 만족하고 있었으며, 학년별 및 교실용도간의 실내온도에는 큰 차이가 없었다.

PM_{10}의 학년별 평균 농도는 중학교가 56.77 μg/m^3, 초등학교가 51.29 μg/m^3, 고등학교가 49.06 μg/m^3의 순으로 높은 농도를 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 학교보건법(교육인적자원부, 2006)의 기준치인 100 μg/m^3를 초과하지는 않았다. 전체학교(555개교) 중 PM_{10} 농도를 초과한 학교는 23개 학교로 전체의 4.1%였으며, 초과하지 않은 학교는 532개 학교로 전체의 95.9%였다.

CO_2의 학년별 평균농도는 초등학교 548 ppm, 중학교 566 ppm, 고등학교 601 ppm의 순으로 높은 농도를 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 학교보건법(교육인적자원부, 2006)의 기준치인 1000 ppm을 초과하지 않았다. 전체학교(555개교) 중 CO_2 농도를 초과한 학교는 11개 학교로 전체의 2.0%였으며, 초과하지 않은 학교는 532개 학교로 전체의 98.0%였다.

Table 2. Concentration of indoor air pollutants in surveyed schools

	Arithmetic Mean±Standard deviation			p-Value
	Elementary school (N=343)	Middle school (N=143)	High school (N=69)	
Temperature(℃)	22.89±4.78[a]	24.46±4.35[a]	23.29±4.61[b]	0.003**
Humidity(%)	50.92±12.91	51.99±13.75	48.59±11.73	0.205
PM_{10}(μg/m^3)	51.29±30.76	56.77±65.50	49.06±40.07	0.355
CO_2(ppm)	548.01±173.45	566.76±177.44	601.30±205.27	0.067
TBC(CFU/m^3)	729.10±605.72[a]	401.69±390.91[a]	381.12±315.61[b]	0.000**
HCHO(ppm)	0.027±0.023	0.031±0.033	0.028±0.026	0.387

**. $p<0.01$
a,b are the Duncan's constant which resulted from the analysis of homogeneity.
TBC is the abbreviation for total vacteria counter.

TBC의 평균농도는 초등학교, 중학교, 고등학교의 순으로 각각 729 CFU/m^3, 401 CFU/m^3, 381 CFU/m^{3}로 초등학교가 가장 높은 농도를 나타냈으며, 이는 중학교와 고등학교에서의 총부유세균의 농도와 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 하지만 학교보건법(교육인적자원부, 2006)의 기준치인 800 CFU/m^{3}를 초과하지는 않았다. 손 등[2]의 선행연구결과 에서도 유치원이 초 · 중 · 고등학교에 비해 높은 부유세균 농도를 보였는데 이는 유치원에 설치되어 있는 카펫트와 아이들의 활발한 활동 및 의복 등에서 기인한 것으로 보고하고 있다. 본 연구에서는 초등학교가 중, 고등학교에 비해 농도가 높게 조사되었다. 이는 선행연구와 같이 밀집된 학생들의 활발한 활동과 학용품 및 학생들의 의복 등에 의한 것으로 판단된다. 전체학교(555개교) 중 TBC 농도를 초과한 학교는 140개 학교로 전체의 25.2%였으며, 초과하지 않은 학교는 415개 학교로 전체의 74.8%였다.

HCHO의 경우는 중학교, 고등학교, 초등학교의 순으로 평균 농도가 각각 0,031 ppm, 0.028 ppm, 0.027 ppm으로 조사되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 학교보건법(교육인적자원부, 2006)의 기준치인 0.1 ppm을 초과하지는 않았다. 전체학교(555개교) 중 HCHO 농도를 초과한 학교는 13개 학교로 전체의 2.3%였으며, 초과하지 않은 학교는 542개 학교로 전체의 97.7%였다.

3.2. 교실 용도별 유해인자의 농도

Table 3은 교실용도(일반교실, 특별교실)에 따른 실내공기중의 오염물질의 분포를 나타낸 것으로 온도와 습도의 경우 일반교실과 특별교실과의 통계적 유의한 차이가 없었으며, 기준치 또한 초과하지 않았다.

PM_{10}의 평균농도는 일반교실 53 μg/m^3, 특별교실 50 μg/m^{3}로 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

CO_2의 평균농도는 일반교실 576 ppm, 특별교실 527 ppm이었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있으나 기준치를 초과하지는 않았다.

TBC의 평균농도는 일반교실 672 CFU/m^3, 특별교실 463 CFU/m^3 이었으며 통계적으로 유의한 차이가

Table 3. Concentrations of indoor air pollutants of sampling site in surveyed school

	Arithmetic Mean±Standard deviation		p-Value
	Classroom(N=367)	Stateroom(N=188)	
Temperature(℃)	23.27±4.73	23.50±4.64	0.578
Humidity(%)	51.14±13.18	50.44±12.69	0.547
PM_{10}(μg/m^3)	53.41±31.64	50.50±60.24	0.537
CO_2(ppm)	576.09±188.70	527.01±154.56	0.002**
TBC(CFU/m^3)	672.20±586.10	463.44±447.51	0.000**
HCHO(ppm)	0.030±0.025	0.025±0.021	0.036*

*. $p<0.05$, ** $p<0.01$
TBC is the abbreviation for total vacteria counter.

있는 것으로 나타났다. 이는 일반교실의 사용빈도가 특별실에 비해 상대적으로 높고, 특별실의 경우 대부분 창문과 문이 닫혀있어 환기가 제대로 이루어지지 않기 때문에 부유세균의 농도가 낮게 나온 것으로 사료된다. 천의[12] 연구에서도 실내에서 생활하는 사람 수 와 움직임이 적고, 환기가 제대로 이루어지지 않는 실내에서는 미생물 농도가 적게 나온다고 보고하였다.

HCHO의 평균농도는 일반교실 0.03 ppm, 특별교실 0.02 ppm으로 나타났다.

3.3. 계절에 따른 유해인자의 농도

본 연구기간이 3월에서 7월 사이인 점을 고려하여 봄과 여름으로 나누어 농도의 평균 측정값을 Table 4에 나타냈다.

온도와 습도의 경우 여름철의 온도와 습도가 봄보다 높았으며, 통계적으로 유의한 차이가 있으나, 기준치를 초과하지는 않았다.

PM_{10}의 평균농도는 봄, 여름 각각 49 $\mu g/m^3$, 59 $\mu g/m^3$로 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있으나, 기준치는 초과하지 않았다. 김 등[13]의 연구결과에서는 우리나라의 황사현상이 여름-가을 기간보다 겨울-봄 기간이 강하게 일어나기 때문에 봄철 황사기간 중에 분진의 농도가 상승한다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 이와 상반된 결과를 나타냈는데, 이는 여름철 높은 습도와 교실내 환기부족 등으로 인한 영향을 받은 것이라 사료된다.

CO_2, HCHO의 경우 봄과 여름의 평균농도는 큰 차이를 보이지 않았으며, 기준치 이내였다.

TBC의 평균농도는 봄, 여름 각각 590 CFU/m^3, 624 CFU/m^3로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 기준치 또한 초과하지 않았다. 박 등[14]의 연구결과에 의하면 하계의 경우가 상대습도가 높아 미생물이 자랄 수 있는 환경이 상대적으로 좋기 때문이라고 말하고 있다. 본 연구에서도 봄에 비해 여름의 습도가 높기 때문에 부유세균의 농도도 여름이 더 높은 것으로 판단된다.

3.4. 유해인자별 상관성 분석

교사 내에서의 온·습도 그리고 PM_{10}, HCHO와 TBC의 상관성을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

본 연구결과 PM_{10}과 습도는 양의 상관관계를 나타냈고 통계적으로 유의하게 나타났다.($p<0.01$) 신 등[15]의 연구결과와 비교해 보았을 때 상대습도가 20%미만 구간을 제외하고 전반적으로, 상대습도가 높아질수록 PM_{10}농도가 상승하는 추이를 보이고 있

Table 4. Concentration of indoor air pollutants in surveyed classroom by season

	Arithmetic Mean±Standard deviation		p-Value
	Spring(N=375)	Summer(N=180)	
Temperature(℃)	21.18±3.88	27.85±2.53	0.000**
Humidity(%)	46.25±10.72	60.58±11.99	0.000**
PM_{10}($\mu g/m^3$)	49.13±28.33	59.29±64.00	0.010**
CO_2(ppm)	560.67±188.86	556.97±157.80	0.820
TBC(CFU/m^3)	590.47±572.40	624.41±506.48	0.498
HCHO(ppm)	0.028±0.025	0.030±0.029	0.369

**. $p<0.01$

TBC is the abbreviation for total vacteria counter.

Table 5. Correlation of temperature, humidity, PM_{10}, HCHO and TBC in school

	Temperature (℃)	Humidity (%)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	HCHO (ppm)	TBC (CFU/m^3)
Temperature(℃)	1				
Humidity(%)	.312**	1			
PM_{10}($\mu g/m^{3)}$	.041	.214**	1		
HCHO(ppm)	-.044	.014	.014	1	
TBC(CFU/m^3)	-.002	.161**	.142**	.021	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

으며, 이러한 증가율은 상대습도 40%부터 10%씩 습도가 증가할 때마다 미세먼지의 농도는 평균 4.3 μg/m^3(6.7%)상승한 것으로 분석되었으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 검증되었다.($p<0.01$) 본 연구에서도 마찬가지로 봄에서 여름으로 계절이 바뀌면서 습도의 증가로 인해 PM_{10}의 농도가 상승한 것으로 생각된다.

TBC과 습도와의 상관성을 분석한 결과 양의 상관관계였으며, 통계적으로 유의하게 나타났다.($p<0.01$) 이러한 결과는 측정시기가 봄에서 여름으로 넘어가면서 잦은 비에 의한 상대습도가 높아졌기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 연구결과는 조[16]의 연구에서 비가 올 때와 비온 후 개었을 때의 미생물 농도가 높은 이유는 상대습도의 상승에 기인한 것으로 보고하고 있으며, 통계적으로 유의한 차이가 있다($p<0.01$).

PM_{10}의 경우 TBC와 통계적으로 유의한 상관성을 보였는데, 이러한 결과는 미생물이 입자상 오염물질 표면에 흡착되어 공기 중에 운반되기 때문에 두 오염물질간의 양의 상관성이 있는 것으로 판단된다. Robertson과 Frieben[17]의 연구 결과에서도 본 연구와 같은 경향을 보이고 있다.

4. 결 론

2007년 3월부터 5개월간 충남지역의 초 · 중 · 고등학교 555개교 대상으로 학교 교실내의 온열환경(온도, 습도)과 4개의 오염물질(HCHO, PM_{10}, CO_2, TBC)에 대한 실태를 파악하기 위해 수행된 조사 연구로 연구의 수행을 통해 산출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) PM_{10} 농도는 학교별, 교실용도별 차이는 거의 없었지만, 계절에 따른 교실내의 농도는 봄 49 μg/m^3, 여름 59 μg/m^{3}로 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다.

2) CO_2 농도는 학교별, 계절별 차이는 유사한 수준이었으나, 교실용도에 따른 농도는 일반교실 576 ppm, 특별교실 527 ppm로 나타났다.

3) TBC 농도는 학교와 교실용도에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다. 학교에 따른 농도는 초등학교 729 CFU/m^3, 중학교 401 CFU/m^3, 고등학교 381 CFU/m^{3}로 초등학교의 농도가 가장 높았으며, 교실용도에 따른 농도는 일반교실 672 CFU/m^3, 특별교실 463 CFU/m^{3}로 일반교실의 농도가 높았다.

4) HCHO 농도는 학교별, 계절별 차이는 없었으나, 교실용도에 따른 농도는 일반교실 0.03 ppm, 특별교실 0.02 ppm이었다.

따라서 본 연구는 학교 실내공기오염의 억제 및 개선을 위한 향후 관련 연구의 수행에 있어 기초자료를 제공하기 위한 일환으로 수행된 실태조사로써 학교 교실내 실내공기질에 대한 건강위해성평가의 연구 및 오염물질 저감에 관한 연구 등의 수행을 통해 보다 체계적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1) Levy J. I., Lee K., Spengler J. D., 1998, Impact of residential nitrogen dioxide exposure on personal exposure, An international study, Journal of Air and Waste Management Association, 48, 553-560.
2) 손정렬, 노영만, 손부순, 2006, 국내 일부학교 건축물의 실내공기질 평가, 한국환경보건학회지, 32(2), 140-141.
3) Adams A. P., Spendlove J. C., 1970, Colifroms in Aerosols Emitted by Sewage Treatment Plants, Science, 169-1218.
4) Macher J. M., Hansson H. C., 1983, Personal Size-Separating Impactor for Sampling Microbiological Aerosols, Am. Ind. Hyg. Assoc. J, 44-161.
5) Feigley C. E., Harley F. W., Salzberg D., Sevastian A., Larsson L., 2005, Children's Presence Elevates Bacterial Marker Level in school Air. Indoor Air J, 15-69.
6) Li C. S., Kuo Y. M., 1992, Airborne charaterization of Fungi Indoors and Outdoors. Journal of Aerosol Science. (23), S667-S670.
7) 이지현, 2005, 주요 미규모 생활공간에서의 Bio-aerosol 노출: 아파트 및 자동차, 박사학위논문, 환경공학과, 경북대학교, 대구.
8) Meininhaus R., Kouniali A., Mandin C., Cicolella A., 2003, Risk assessment of sensory irritants in indoor air - a case study in a French school, Environment International, 28, 553-557.
9) Daisey J. M., Angell W. J., Apte M. G., 2003, Indoor air quilty, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information, Indoor Air, (13), 53-64, .
10) 손정렬, 변상훈, 김영환, 김종혁, 조윤수, 이재영, 박윤주, 2003, 서울시 일부 학교의 실내 공기질 조

사 및 인식도 평가 대한위생학회지, 18(3), 101-110.
11) 교육인적자원부, 2001, 학교교사(校舍)내 환경위생 및 식품위생 관리 매뉴얼, 142-149.
12) 천재영, 2004, 천안, 아산시에 위치한 공동주택의 실내·외 미생물의 농도 분포특성에 대한 연구, 석사학위논문, 환경보건학과, 순천향대학교, 아산.
13) 김기현, 김민영, 신재영, 최규훈, 강창희, 2002, $PM_{2.5}$, PM_{10}, TSP의 시간대별 관측결과에 기초한 황사기간 중 분진의 특성에 대한 고찰 한국대기환경학회지, 18(5), 419-426.
14) 박경수, 최상곤, 홍진관, 2006, 다중이용시설의 실내공기 미생물 오염실태에 관한 연구 설비공학논문집, 18(8), 620-626.
15) 신문기, 이충대, 하현섭, 최춘석, 김용희, 2007, 기상인자가 미세먼지 농도에 미치는 영향 한국대기환경학회지, 23(3), 322-331.
16) 조경아, 2005, 유아교육시설내 실내공기 중 호흡성 미생물에 관한 연구, 석사학위논문, 환경보건학과, 서울대학교, 서울.
17) Robertson J. H., Frieben W. R., 1990, Microbial validation of ven filters, Biotechnology, (13), 505- 513.