

학교 건물의 실내공기환경 실태조사 연구

정 민 희[†], 정 선 미, 김 미 연, 김 건 우, 박 진 철
중앙대학교, 건축학부

A Field Survey of Indoor Air Environment of Schools

Min Hee Chung[†], Sun Mi Jung, Mi Yeon Kim, Gun Woo Kim, Jin Chul Park
Department of Architecture, Chungang University, Seoul 156-756, Korea

(Received July 12, 2007; revision received November 5, 2007)

ABSTRACT: Recently there has been more apprehensions about health and environment. Since the concern has been increased, it is realized that students need to study in comfort and clean environment, and plan to study in environmental friendly facilities. Hence it is needed for both indoor air quality performance evaluation and greening facilities in order to plan environmental friendly schools. Accordingly, this study analyzes the indoor air quality throughout field survey of schools to provide preliminary data to develop environmental friendly education facilities. This paper investigates and analyzes indoor environment standards and performances in schools. There will be included 15 existing schools and 5 newly built schools for survey in Seoul and Gyeonggi. Additionally, environmental problems are also investigated and analyzed by occupants' questionnaires through surveys.

Key words: Education facility(학교시설), Indoor air quality(실내공기질), Formaldehyde(포알데하이드), Total volatile organic compounds(휘발성유기화합물)

1. 서 론

최근 건강과 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 학교시설의 친환경적 계획을 통해 쾌적한 환경에서 학생들이 공부해야한다는 인식이 확산되고 있다. 외부자극에 대한 저항력이 미숙한 학생들의 경우 많은 시간을 학교에서 보내고 있어, 학교시설의 쾌적한 실내환경 유지에 주의를 기울여야 한다.⁽¹⁾ 또한, 새로운 주거단지 개발과 함께 신축학교들이 증가함에 따라 신축학교에서는 '새 학교증후군(Sick School Syndrome)'현상이 나타

나고 있으며, 교실 내에서 동일 면적에 비해 제 실하는 학생 수가 많아 미세먼지, 이산화탄소 등 실내공기환경이 열악한 상태이다.⁽²⁾ 이에 교육인적자원부에서는 '새 학교증후군'의 원인물질로 알려진 총 12개 유해물질에 대한 유지 관리 기준을 마련하여 관리하도록 '학교보건법'을 개정하여 2006년 1월부터 시행 중에 있다. 그러나 신축학교를 대상으로 일부 오염물질에 대한 실측은 있었으나 학교 보건법에 정한 이산화탄소, 미세먼지, 포알데하이드, 부유 세균 등에 대한 기존학교와 신축학교의 측정은 미흡한 상황이다.⁽³⁻⁵⁾

따라서 본 연구는 기존 및 신축학교의 실내공기환경의 실태를 파악하고 문제점을 분석하여 학교건물의 환경·설비분야 개선을 위한 기초적 자료가 되고자 한다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-827-0183; fax: +82-2-812-4150

E-mail address: mhloveu@hotmail.com

Table 1 IAQ maintenance standard of a school health measure

Pollutants	Standard	Applied facility	Remark
Particulate matter($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100	All classroom	Under 10 micrometer
Carbon dioxide(ppm)	1,000		Mechanically ventilated facility : 1,500ppm
Formaldehyde($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100		
Total bacterial colonies (CFU/ m^3)	800		
Airborne microbe(CFU/room)	10	Infirmarary-Cafeteria	
Carbon monoxide(ppm)	10	Classrooms of unit heating or on the side of the road	In case of heating by direct combustion
Nitrogen dioxide(ppm)	0.05		
Radon(pCi/L)	4.0	Underground classroom	
Total volatile organic compounds($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	400	In case a school was built within 3 years	New extension or remodeling buildings
Asbestos(each/cc)	0.01	A school of installed asbestos	In case of thermal insulators including asbestos
Ozone(ppm)	0.06	A teacher's room and administration room	In case an office machine (copiers etc.) which generates ozone exists
Mite(density/ m^3)	100	Infirmarary	

Table 2 List of survey schools

Classification		Location
Existing school	Seoul	Gangnam-gu, Gwanak-gu, Gwangjin-gu, Nowon-gu, Seodaemun-gu, Seocho-gu, Seongdong-gu, Seongbuk-gu, Songpa-gu, Yongsan-gu, Total 10 schools
	Gyeonggi	Gwangju, Suwon, Seongnam, Ansan, Yongin, Total 5 schools
Newly built school		Yongin, Hwaseong, Osan, Total 5 schools

2. 실내공기질 관련 기준

교실 내 실내환경에 대한 기준은 '학교보건법'에 적용받고 있으며 실내공기질의 유지 기준은 다음 Table 1과 같다. 미세먼지, 이산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균에 대한 기준은 모든 교실에 적용되며, 총휘발성유기화합물에 대한 기준은 신축 혹은 증·개축한지 3년 이내의 건물에 적용되고 있다.

3. 학교의 실내공기질 측정 개요

3.1 측정대상

본 연구에서는 2006년 11월부터 2007년 2월까지

지 교실 내 실내공기질의 실태를 파악하기 위해 서울 10개, 경기 지역 10개의 총 20개 초등학교를 대상으로 일반교실(신축학교의 경우 일반교실 2개소)와 특별실(과학실)의 실내공기질을 측정하였다(Table 2). 이 중 기존학교는 15개, 신축학교는 5개이다. 측정교실의 내부 마감재는 다음 Table 3과 같다.

Table 5는 신축학교 교실의 폼알데하이드와 휘발성유기화합물 오염물질 농도에 영향을 미칠 수 있는 교실 내 책걸상 및 교구재의 반입여부를 조사한 것이다.⁽⁶⁾

3.2 측정개요

측정 개요는 Table 4와 같으며, 이는 학교보건

Table 3 Finishing materials of schools

Classification	General Classroom			Special Classroom			
	Floor	Wall	Ceiling	Floor	Wall	Ceiling	
Existing school	A	wooden flooring	paint	paint	synthetic Resins	paint	paint
	B	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	C	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	D	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	E	synthetic Resins	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	F	terrazo	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	G	wooden flooring	paint	paint	synthetic Resins	paint	paint
	H	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	I	wooden flooring	paint	paint	terrazo	paint	paint
	J	wooden flooring	paint	paint	terrazo	paint	paint
	K	wooden flooring	paint	gypsum board	ceramic tile	paint	gypsum board
	L	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	paint
	M	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	L	synthetic Resins	paint	gypsum board	synthetic Resins	paint	gypsum board
	O	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
Newly built school	N1	terrazo	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	N2	synthetic Resins	paint	gypsum board	synthetic Resins	paint	gypsum board
	N3	wooden flooring	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board
	N4	synthetic Resins	paint	gypsum board	synthetic Resins	paint	gypsum board
	N5	synthetic Resins	paint	gypsum board	terrazo	paint	gypsum board

Table 4 Measurement outline and equipments

Item	Method of taking sample and equipments	Image	Place
Total volatile organic compounds (VOCs)	Collecting for 30 minutes on Tenax tube by 150mL/min and analyzing using TD-GC/MS		General Classroom Special Classroom
	Mimi Pump(SIBATA MP-Σ30)		
Formaldehyde (HCHO)	Collecting for 30 minutes on DNPH cartridge by 700mL/min and analyzing using HPLC method		
	Mimi Pump(SIBATA MP-Σ300)		
Total bacterial colonies(TBC)	1 time measurement of total collecting amount 450L		
	Air Sampler(TISCH ENVIRONMENT)		
Carbon dioxide (CO ₂)	Measuring by NDIR method for 1hour when students are in a classroom		
	AIRBOXX(KD ENGINEERING)		
Particulate matter (PM10)	Measuring by mini volume air sampling method for 8 hours by 3mL/min during day time		
	Microvol 1100 Low Flow-Rate Air Sampler (ECOTECT)		

Table 5 Furniture in classrooms

	General Classroom	Special Classroom
N1	Empty	Empty
N2	Desks and chairs	Empty
N3	Empty	Empty
N4	Desks and chairs	Empty
N5	Desks and chairs	Sinks

법상에서 규제하고 있는 항목으로 미세먼지, 이산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균 및 총휘발성 유기화합물을 대상으로 측정하였다. 이산화탄소의 경우 재실자가 존재하지 않으면 측정하지 않았다.

실내공기질측정 시 초등학교의 경우 40분 수업, 10분 휴식으로 수업이 진행되어 일정시간 밀폐 후 시료를 채취하는 신축공동주택의 실내공기질 시험방법으로 측정할 수 없어, 주간시간대(오후 8시~오후 7시)에 시료를 채취하는 다중이용시설의 실내공기질 공정시험방법에 따라 측정하였다. 측정기기는 교실 중앙에 위치하도록 하였다.

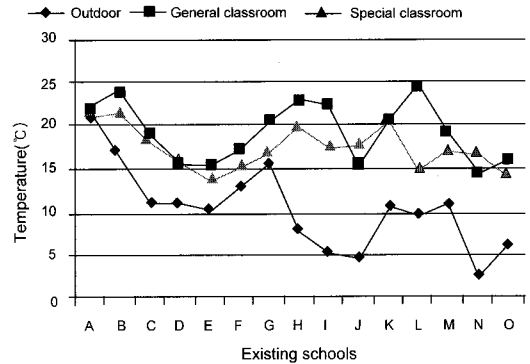
기존 교실의 경우 현장 측정과 함께 측정대상 교실의 교사들을 대상으로 실내공기환경 만족도 및 쾌적도 저해 요인을 조사하였다.

4. 측정 결과 및 분석

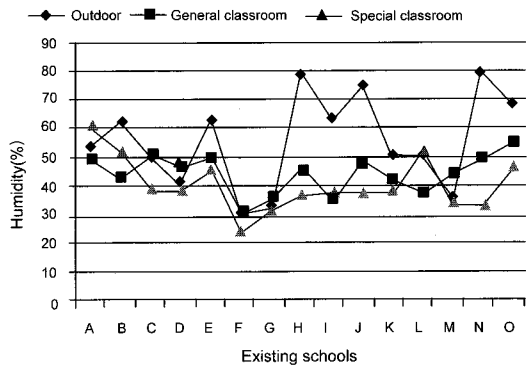
4.1 기존학교 실내공기질 측정결과

측정 당시 외부, 일반교실, 특별교실의 온·습도 조건은 다음 Fig. 2와 같다. 외부 온도는 2.5℃~20.9℃, 일반교실 14.7℃~24.5℃, 특별교실 13.8℃~21.4℃의 분포를 보였다. 외부 습도 31%~79%, 일반교실 최소 31%~55%, 특별 교실 25%~61%의 분포를 나타내었다.

다음 Table 6은 기존학교의 이산화탄소, 일산화탄소, 총부유세균, 미세먼지, 폼알데하이드, 휘



(a) Temperature



(b) Humidity

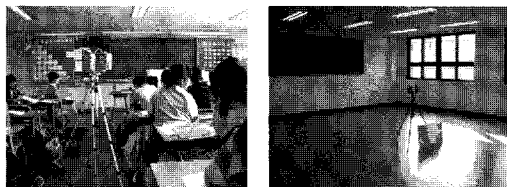
Fig. 2 Temperature and humidity of existing schools.

발성유기화합물 등 전체 실내공기질 측정 결과 평균, 중앙값, 최대, 최소, 표준편차를 나타낸 것이다.

4.1.1 이산화탄소(CO₂)

실내 이산화탄소의 농도가 최소 1,040 ppm에서 최대 3,254 ppm로 그 결과값이 높게 조사되었다. 이는 측정기간이 동절기로 낮은 외부 기온으로 인해 교실 대부분 창문을 닫아놓고 있었기 때문이며 학교보건법 유지기준에서 제시하고 있는 기준 1,000 ppm을 모두 초과하는 것이다(Fig 3).

설문조사 결과 평균 3시간당 1회의 환기를 한다고 조사되었으나, 실제로는 재실인원에 비해 충분한 환기가 이루어지지 않았기 때문에 이산화탄소의 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 특별교실의 경우는 일반교실에 비해 이산화탄소 농도가 낮았으나, 수업이 지속적으로 이루어지는 경우 일반교실과 마찬가지로 기준 1,000 ppm을 초



(a)Existing school (b)Newly built school

Fig. 1 View of filed measurement.

Table 6 Result of existing schools

Item	AVG	Median	Max	Min	ST DEV
CO ₂ (ppm)	2083	2139	3254	1040	792.6
TBC(CFU/m ³)	201.0	221.4	507.7	21.2	163.67
PM ₁₀ (μg/m ³)	197.5	180.6	423.6	62.5	107.9
HCHO(μg/m ³)	26.8	24.32	59.1	11.5	13.09
TVOC(μg/m ³)	418.7	355.30	1177.3	179.5	267.86
Benzene(μg/m ³)	2.9	2.26	9.9	0.2	2.33
Toluene(μg/m ³)	59.1	40.49	205.7	19.0	58.44
Ethylbenzene(μg/m ³)	7.2	4.55	25.5	2.3	6.02
Xylene(μg/m ³)	16.5	13.74	40.1	6.3	8.63
Styrene(μg/m ³)	1.3	0.83	6.3	0.0	1.49
CO ₂ (ppm)	1060	869	1873	646	413.3
TBC(CFU/m ³)	101.2	47.36	269.1	4.7	95.09
HCHO(μg/m ³)	28.0	26.17	56.5	6.8	13.23
TVOC(μg/m ³)	267.9	248.38	437.3	134.2	103.28
Benzene(μg/m ³)	3.1	2.26	12.2	0.2	2.80
Toluene(μg/m ³)	75.7	52.37	255.2	23.0	64.95
Ethylbenzene(μg/m ³)	6.5	5.50	14.8	2.0	4.15
Xylene(μg/m ³)	16.2	16.60	30.2	5.4	7.37
Styrene(μg/m ³)	1.4	0.64	6.5	0.1	1.63

GC: General classroom, SC: Special classroom

과하였다.

4.1.2 총부유세균(TBC)

Fig. 4는 일반교실과 특별교실의 총부유세균의 단위체적당 균수로 최대, 최소, 평균을 나타낸 값이다. 총부유세균의 기준은 800 CFU/m³으로 일반교실과 특별교실 모두 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 이는 측정기간이 동절기로 온도

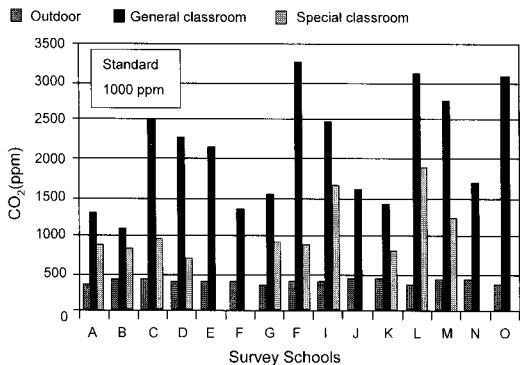


Fig. 3 Concentration of CO₂.

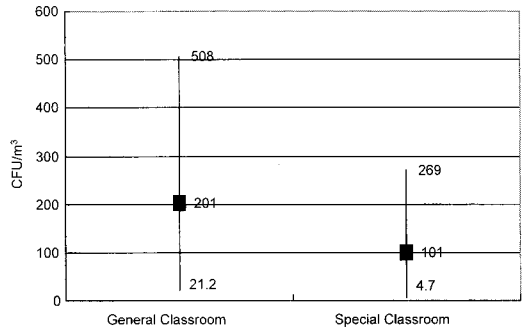


Fig. 4 Detecting quantity of total bacterial colonies.

와 습도가 낮아 공기 중의 부유세균이 증식하기 어려웠기 때문에 보인다. 특히 특별교실의 총부유세균의 평균 균수가 일반교실의 1/2로 매우 낮은 것으로 나타났다. 특별교실은 일반교실에 비해 온도와 습도, 재실시간이 적기 때문인 것으로 판단된다.

4.1.3 미세먼지(PM₁₀)

미세먼지는 학생들이 주로 재실하는 일반교실만을 대상으로 측정하였다. 15개 교실 중 4개의 교실을 제외한 11개 교실에서 유지기준 100 μg/m³을 초과하였다(Fig. 5). 또한 재실자 설문 결과 응답자 중 73%가 교실 내 미세먼지로 인해 공기환경이 쾌적하지 못하다고 느끼고 있었다. 이를 개선하기 위해 교실 내 전기 집진기 혹은 공기청정기 설치 등을 설치하여 학생들이 교실 내에 재실하고 있는 동안 미세먼지를 제거하기 위한 방안이 요구된다.

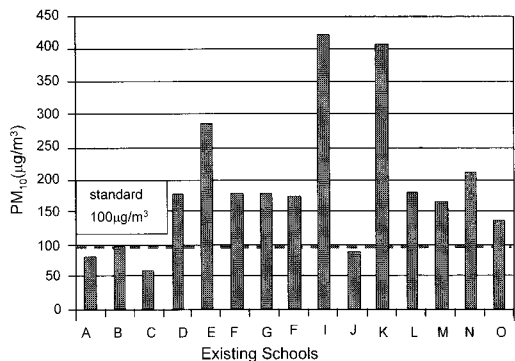


Fig. 5 PM₁₀ density in existing general classrooms.

Table 7 Variation of HCHO and TVOC density with time

	Time variation	Classroom	Average	Maximum	Minimum
HCHO	over 5 years	GC	29.63	59.14	11.50
		SC	30.89	56.52	15.07
	under 5 years	GC	25.46	42.15	14.12
		SC	24.70	46.69	6.82
TVOC	over 5 years	GC	350.97	532.27	179.45
		SC	265.28	437.31	134.25
	under 5 years	GC	550.59	1177.33	184.16
		SC	270.96	427.97	156.05

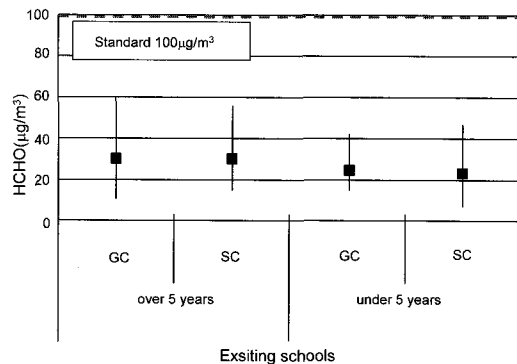
GC: General classroom, SC: Special classroom

4.1.4 폼알데하이드와 휘발성유기화합물(HCHO, VOCs)

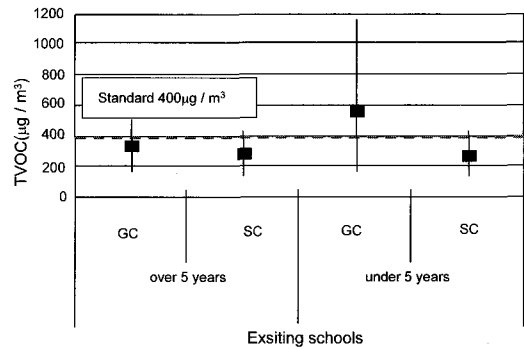
측정 학교 중 5년 이내 신축 혹은 증·개축을 한 학교는 총 7개교로 5년 이상의 학교와 5년 미만의 학교로 나누어 비교하였다. 측정대상은 일반교실과 특별교실로 ‘새학교증후군’의 주요 원인으로 폼알데하이드 및 총휘발성유기화합물의 오염물질 농도를 측정하였다(Table 7).

Fig. 6은 건축한지 5년 이상 된 학교와 5년 미만인 학교의 폼알데하이드 농도를 나타낸 것으로, 모두 유지기준을 만족하는 것으로 나타났다.

휘발성유기화합물의 경우 폼알데하이드와는 달리 정년변화에 따른 차이가 큰 것으로 나타났다(Fig. 7). 일반교실의 경우 5년 이상인 경우 3개교(총 8개교), 5년 미만인 경우 2개교(총 7개교)에서 휘발성유기화합물의 기준(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과



GC: General classroom, SC: Special classroom
Fig. 6 Variation of HCHO density with time.



GC: General classroom, SC: Special classroom
Fig. 7 Variation of TVOC density with time.

하였다. 5년 미만 학교의 평균 농도는 550.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 5년 이상 된 학교보다 평균 1.5배 높게 검출되었다. 반면, 특별교실의 휘발성유기화합물의 농도는 5년 미만인 경우 5년 이상인 학교보다 높게 나타났지만 그 차이가 크지 않았다.

4.1.5 실내공기질에 영향을 미치는 요인

Table 8은 측정교실의 교사를 대상으로 측정교실의 실내공기환경 만족도를 조사한 결과이다. 15개의 기존학교 중 60%에서 실내공기환경에 대해 만족하지 않는 것으로 조사되었으며, 그 원인

Table 8 The satisfaction of indoor air environment

	very uncomf	uncomf	normal	comf	very comf	total
frequency	3	6	6	0	0	15
percentage	20%	40%	40%	0	0	100

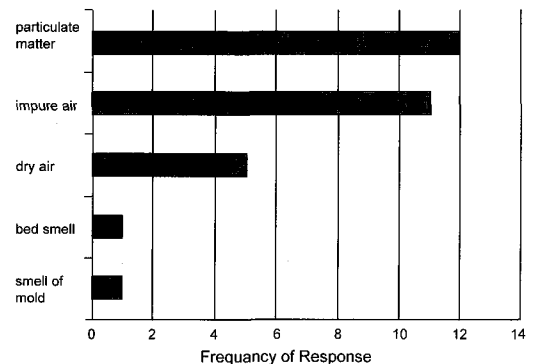


Fig. 8 The reason why the indoor air environment is uncomfortable.

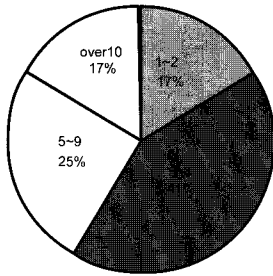
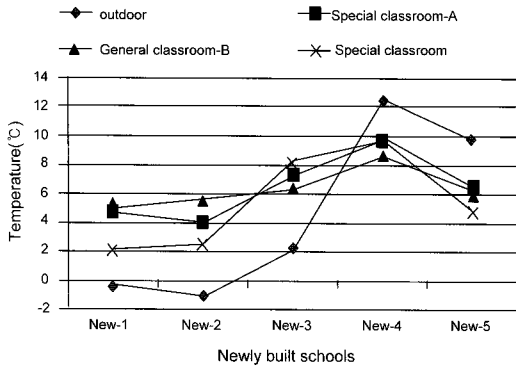


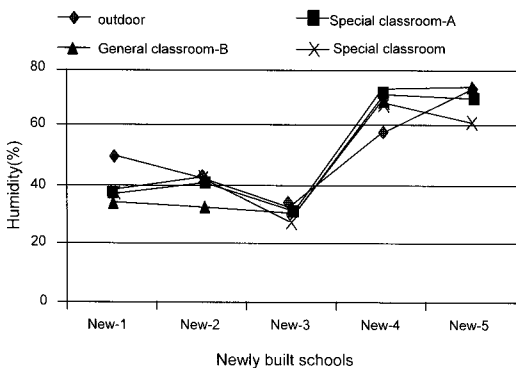
Fig. 9 Sufferer number of rhinitis or skin disease by classroom.

을 조사한 결과는 Fig. 8과 같다. 실내공기환경이 쾌적하지 않은 이유는 먼지>탁한 공기>건조>악취>곰팡이냄새 순으로 조사되었다.

Fig. 9는 한 학급에 공기환경에 민감한 피부병이나 비염환자의 수를 조사한 결과이다. 한 학급당 인원이 35명 내외인 것을 감안한다면, 교실 내



(a) Temperature



(b) Humidity

Fig. 10 Temperature and humidity of newly built schools.

Table 9 Result of newly built schools

Item	AVG	Median	Max	Min	ST DEV
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	179.88	98.7	375.3	72	125.11
HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.3	9.47	25.84	4.79	6.46
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1168.3	1190.1	2202.1	327.5	637.56
GC Benzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.78	2.73	4.37	1.24	1.11
GC Toluene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	300.37	310.39	545.01	109.06	126.97
GC Ethylbenzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47.25	14.99	162.48	5.63	55.11
GC Xylene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	142.14	88.52	682.45	11.92	198.22
GC Styrene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7.57	2.60	34.61	1.29	10.42
SC HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.58	7.74	15.49	2.43	4.74
SC TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1058.0	1455.4	1873.1	190.8	796.2
SC Benzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.21	2.00	3.29	1.32	0.75
SC Toluene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	254.00	228.56	601.94	58.62	216.64
SC Ethylbenzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38.32	28.26	123.03	2.77	49.27
SC Xylene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	69.40	91.49	110.30	6.12	45.50
SC Styrene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7.57	1.49	29.59	0.44	12.46

GC: General classroom, SC: Special classroom.

공기환경에 영향을 많이 받는 것으로 짐작할 수 있다. 제철자의 건강을 향상시키기 위해 교실 내 전반적인 실내공기질 향상이 필요하다.

4.2 신축학교 실내공기질 측정결과

신축학교 측정 당시 외부, 일반교실, 특별교실의 온·습도 조건은 다음 Fig. 10과 같다.

Table 9는 신축학교의 실내공기질 측정 결과 각 오염물질별 평균, 중앙값, 최대, 최소, 표준편차를 나타낸 것이다.

4.2.1 미세먼지(PM₁₀)

Fig. 11은 각 신축학교별 일반교실 2곳(A, B)의 미세먼지 농도를 나타낸 것이다. 미세먼지의 기준은 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일부 학교에서는 기준을 훨씬 초과하고 있는 것으로 나타났다. 이는 일부 공사가 종료하지 않아 교실 내 미세먼지의 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

4.2.2 폼알데하이드와 휘발성유기화합물

Fig. 12는 경년변화에 따른 폼알데하이드의 농

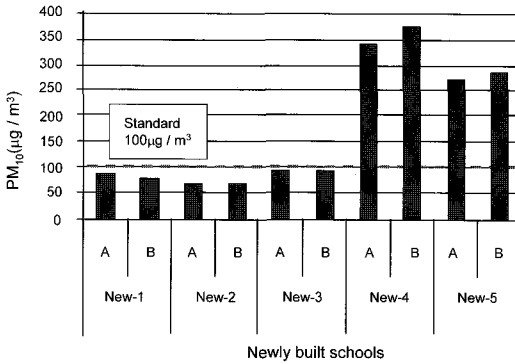
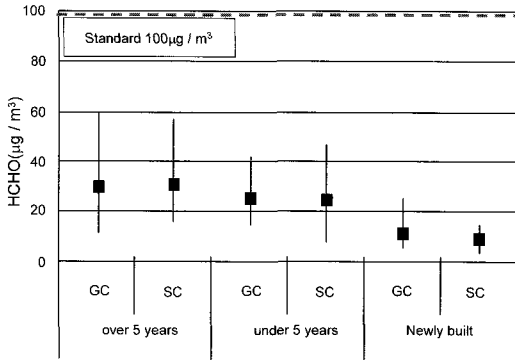
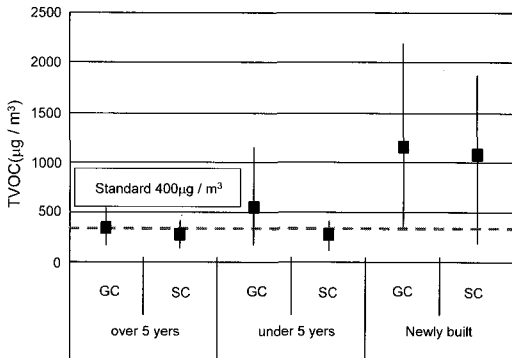


Fig. 11 PM10 density in newly built general classroom.

도를 나타낸 것이다. 모든 학교에서 기준을 초과하지는 않았지만 신축학교에서의 폼알데하이드의 농도가 기존의 학교보다 더 낮은 것으로 나타났다. 이는 폼알데하이드의 주요 방출원인 가구재



GC: General classroom, SC: Special classroom
Fig. 12 Variation of HCHO density with time.



GC: General classroom, SC: Special classroom
Fig. 13 Variation of TVOC density with time.

의 반입여부에 영향을 받은 것으로 판단된다. 기존학교에서는 책걸상 및 교구재 등 가구재가 모두 반입되어 있는 반면 신축학교에서는 책걸상만 반입되어 있거나 혹은 가구재가 반입되어 있지 않기 때문이다.

Fig. 13은 경년변화에 따른 총휘발성유기화합물의 농도변화를 나타낸 것이다. 휘발성유기화합물의 경우는 폼알데하이드와는 반대로 신축학교에서 오염물질의 농도가 높았다. 신축학교의 경우 일반교실과 특별교실의 평균농도는 각각 1168.3, 1058.0 µg/m³으로 모두 1000 µg/m³을 넘는 것으로 학교보건법의 기준인 400 µg/m³을 훨씬 초과하는 것이다. 휘발성유기화합물은 주로 건축자재와 마감구성재료에서 발생하므로 신축학교의 농도가 높은 것으로 판단된다. 따라서 신축학교의 경우 휘발성유기화합물의 농도 저감을 위한 초기 조치가 필요할 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구에서는 동절기에 기존학교와 신축학교의 교실을 대상으로 실내공기질을 측정하여 분석하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 총부유세균: 기존 일반교실에서 모두 기준을 만족하였으며 특별교실의 총부유세균의 평균균수가 일반교실의 1/2로 나타났다. 특별교실은 일반교실에 비해 온도와 습도, 재질시간이 적기 때문인 것으로 판단된다.

(2) 미세먼지: 측정한 기존 학교의 경우 73%의 일반교실에서 미세먼지의 농도가 기준을 초과하였으며 신축학교의 경우 5학교 중 2학교에서 기준을 초과하였다. 신축학교의 경우는 일부 공사가 진행 중이어서 미세먼지의 농도가 높은 것으로 판단되며 기존학교의 경우 학생들의 활동량이 많은 반면 환기량은 적기 때문인 것으로 판단된다.

(3) 폼알데하이드와 휘발성유기화합물: 폼알데하이드의 농도는 기존학교와 신축학교의 모든 교실에서 기준을 만족하였으나 총휘발성유기화합물의 경우 신축학교 교실에서 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 쾌적한 실내공기질을 유지하기 위해서는 충분한 환기와 실내마감공사 시 오염물질 방출강도가 낮은 재료를 사용하는 것이 필요하며 시공 후 초기 휘발성유기화합물의 농도

가 기준치를 초과하므로 이를 저감하기 위한 초기 조치가 반드시 수행되어야 할 것이다.

(4) 재실자의 60%가 실내공기환경에 대해 만족하지 못한 것으로 조사되었으며, 그 원인으로 먼지>악취>공기>건조>악취>곰팡이냄새 순으로 조사되었다.

본 연구는 기존학교와 신축학교 교실의 쾌적한 실내공기환경 계획을 위한 실태조사를 주목적으로 실내공기환경을 측정하여 문제점을 분석하였으며 이는 향후 학교건물의 환경·설비 계획의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

후 기

“이 논문은 2006년 정부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(KRF-2006-311-D00238).

참고문헌

- Godwin, C. and Batterman, S., 2007, Indoor air quality in Michigan schools, indoor air, Indoor Air, Vol. 17, No. 2, pp. 109-121.
- Shaughnessy, R. J., 2006, U. Haverinen-Shaughnessy, A. Nevalainen, D. Moschandreas, A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance, Vol. 16, No. 6, pp. 465-468.
- Koo, J. O., Bae, S. C, and Kim, G., 2007, Architectural implementation of the indoor air quality in the elementary school classroom, KIEAE, Vol. 7, No. 1, pp. 15-22.
- Kim, Y. D., 2007. 03, Measurement of Classroom Air Quality in large cities in summer, KSES Vol. 27 No. 1, pp. 63-75.
- Kim, T. W., Kim, H. T, and Hong, W. H., 2006. 04, A Study on the measurement and evaluation of indoor air quality in school, Korea Journal of AIK, Vol. 22, No. 4, pp. 301-308.
- Yu, H. K., 2005, An experimental study on emission characteristic and cause of generation of indoor air pollutants from newly built apartment; Thesis for a Dotorate, Chungang University.