

전국 일부 학교 건축물 내의 실내 공기 및 인식도 조사

손종렬 · 윤승욱 · 김종혁 · 이용식 · 최한영* · 김영성** · 손부순*** · 양원호**** · 김민회*****

고려대학교 보건대학 환경보건연구센터

* 서울보건대학 · ** 신흥대학 · *** 순천향대학

**** 대구카톨릭대학 · ***** 서울시교육청

The Assessment and Recognition on Indoor Air Quality at Schools in Korea

Jong-Ryeul Sohn · Jong-Hyuk Kim · Yong-Sik Lee · Seung-Uk Yoon

Han-Young Choi* · Young-Sung Kim** · Bu-Soon Son*** · Won-Ho Yang**** · Min-Hoi Kim*****

Research Center for Environmental Health, College of Health Science, Korea University

College of Seoul Health · **College of Shin Heung · *Soonchungyang University*

*****Catholic University of Daegu · *****Seoul Metropolitan Office of Education*

Abstract

Recently, indoor air quality (IAQ) in workplace, residential environments and schools has been concerned of people, scientists and related the public, and has recognized the healthy effects related to IAQ, specially in schools in Korea. Therefore, objectives of this study in this study were to measure and compare the perception of IAQ of selected air pollutants in Seoul from April to September 2004. Measurement place measured 2 schools of Seoul and local 9 schools (by Kyonggi Province, Chungchong-bukdo Chungchong-namdo, Chollado-bukdo, Cholla-namdo, Kyongsang-bukdo, Kyongsang-namdo, Kwangju, schoolin Pusan each 1 place). Temperature, humidity, illumination, carbon monoxide, carbon dioxide, TBC (total bacteria count), noise, PM10, TVOC(total volatile organic compounds), HCHO (formaldehyde) were measured simultaneously. Also, we performed a questionnaire survey of 250 students and 50 teachers about their awareness for the importance of IAQ in their schools. Among this article, we handled noise, carbon monoxide, carbon dioxide, TBC, TVOC, HCHO, PM 10 in our conclusion. Major results were as follows ; Carbon monoxide (CO) was lower than indoor air standard of Korea. Carbon dioxide (CO₂) appeared that 4 schools among our sample target school exceeded in normal standard. 4 schools were almost similar with normal standard. TBC appeared that 7 schools among 11 schools were higher than standard. Noise measured school's mean value passed exceeded standard. And school which passed over standard appeared to 7 schools among 11 schools. HCHO was exceeded 4 schools by standard that excess and certainly interrelation between school's establishment year and facilities of construction was detected. PM10 was exposed all schools by fitness in standard. TVOC appeared that 9 schools among 11 measurement school was exceeded health effect standard of Japan.

Keywords : Indoor air quality, Indoor air pollutants, schools, the healthy effect, perception of recognition

I. 서 론

우리나라는 전통적으로 교육열과 전체적인 교육 수준은 높으나 이를 뒷받침할 만한 교육제도나 교육여건은 상대적으로 열악한 수준이며, 특히 학교 환경위생관리는 매우 미흡한 상태이다. 특히 학교 건물은 특수한 실내 환경으로써 학생과 교직원의 다수 생활공간으로서 많은 학생들이 학교 내에서 오랫동안 생활하고 있다.

어린이 및 청소년의 경우 실내에서 생활하는 시간이 길고 성인에 비해 호흡량이 많으며 오염물질에 대한 면역력이 약하기 때문에 오염물질에 노출될 가능성이 많으므로 적절한 조치가 필요하지만 현실은 부족한 실정이다.

이러한 학교 실내공기 중에 포함되어 있는 오염물질로는 오염원인 물질에 대해 나열하자면 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 먼지, HCHO, 유기화합물 등이 있다. 이로 인해 만성적으로 두통, 현기증, 메스꺼움, 집중력감소 등의 증상이 나타날 수 있다. 또한 교실 내에는 책상이 개방되어 있고 교실먼지 중에는 알레르기의 원인물질이 포함되어 있고, 공기 중 포름알데히드, 곰팡이, 박테리아가 있는 학교에 다니는 학생에게서 천식이 더 흔하다는 보고가 있으며 교실 내의 가구나 청소방법과 같은 교실 내 특성이 천식의 증상과 관련이 있다는 보고가 있다.

이렇듯 학교 교사내의 실내공기질에 대한 측정 관리가 되지 않는다면 면역력이 적은 어린이나 청소년의 경우 더 큰 피해를 일으킬 수 있다.

더욱이 우리나라의 환경 관련법은 학교 환경위생을 다루는 법규가 없으며, 교육부의 학교보건법에서 기본적인 일부 항목만 규제하고 있는 실정이다.

본 조사연구는 현재 전국 일부 학교 건물 내의 실내공기질에 대한 실태를 파악하고 이를 토대로 현재 학교에서의 실내공기질 관리의 문제점을 제기하며, 앞으로 깨끗하고 쾌적한 학교 실내환경으로 개선하고 국내 학교의 쾌적한 실내환경을 유지하기 위한 학교교사내 실내공기질 관리 프로그램개발의 기초 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 측정 방법

1. 조사 대상 및 기간

1.1 조사 대상 학교

서울의 2개 학교와 지방의 9개의 학교를 조사대상으로 선정하였다.

대상을 지역별로 분류하면 학교에 대한 분류는 Table 1.과 같다.

1.2 조사기간

2004년 4월부터 2004년 9월까지 6개월간 측정하였다.

2. 측정 방법

측정 항목은 교육인적자원부의 학교 보건법에 규정항목인 온도, 습도, CO, CO₂, 미세먼지(PM10), 소음 등을 측정하였고, 추가로 HCHO, TVOC, 미생물(총부유세균-TBC)을 측정항목으로 추가 선정하였다.

측정방법 및 조건은 Table 2와 같으며, 학교 보건법에는 규정이 없으므로 환경부의 실내공기질 공정시험법과 보건복지부의 공중이용시설측정법에서 규정되어 있는 공중이용시설에 대한 측정방법 그리고 일본의 학교환경위생기준을 근거하여 측정하였다.

Table 1. Location and establishment year of schools

	Location	Establishment year
A School	Seoul	1979 (Over 10 years)
B School	Seoul	2002 (About 2 years)
C School	Chol Buk	2003 (About 1 years)
D School	Chol Nam	1994 (Over 10 years)
E School	Kwang Ju	2001 (About 3 years)
F School	Kyong Nam	2003 (About 1 years)
G School	Kyong Buk	2003 (About 1 years)
H School	Bu San	1999 (About 5 years)
I School	Kyong Gi	2003 (About 1 years)
J School	Chung Buk	1999 (About 5 years)
K School	Chung Nam	2003 (About 1 years)

Table. 2 Methods and Condition of Monitoring

Items	Methods	Instruments	Flowrate	Time
PM10	Min-Vol Air Sampler (소용량공기포집법)	(PAS-201, Air Metrics Inc. USA)	5 l/min	24hr
CO ₂	CO ₂ Analyzer (비분산적외선법)	Analyzer(IQ-410, Graywolf, UK)	없음	직독식 측정
HCHO	Mini Pump (2,4-DNPH유도체화 분석법)	Mini Pump (MP-Σ100H;SIBATA, Japan)	0.5 l/min	30min
TBC	RCS Sampler (충돌법)	Sampler (Biotest AirSampler; Germany)	40 l/min	4min
CO	CO Analyzer (비분산적외선법)	COAnalyzer (API300E, Teledyne Instruments, USA)	없음	직독식 측정
NO ₂	NO ₂ Analyzer (화학발광법)	NO ₂ Analyzer (API 200 E, Teledyne Instruments, USA)	없음	직독식 측정
Rn	라돈연속모니터 측정기 (단기측정)	Radon Moni색 (RAD-7,HP,USA)	없음	8hr
TVOC	개인시료포집기 (고체흡착열탈착법)	Personal Air Sampler(Poket P210-1002, skc USA)	0.117 l/min	30min
Asbestos	석면포집기 (위상차 현미경법)	석면포집기(Air Con2, Gilian, USA)	10 l/min	1hr
O ₃	O ₃ Analyzer (자외선 광도법)	O ₃ Analyzer(API450E,Teledyne Instruments, USA))	없음	직독식 측정

Table 3. Results of Measurement of schools in this study

School	Temp. (°C)	Humid. (%)	Bright (Lux)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	TBC (CFU/m ³)	Noise (dB)	PM10 (μg/m ³)	TVOC (μg/m ³)	HCHO (ppm)
	18-28	30-80	300	10°	1000	800°	55	150	500°	0.1°
A	26.4	46.7	882	1.6	963	1087	72.9	43	20	0.051
B	23.2	62.8	653	1.9	715	469	58.4	24	340	0.084
C	27.7	72.6	820	2.4	1504	3375	77.1	33	1755	0.046
D	27.1	73.8	1100	1.9	1438	3250	66.2	25	778	0.079
E	25.4	66.9	607	4.1	1584	2188	54.1	62	855	0.191
F	25.6	80.9	870	1.5	504	544	53.9	59	2550	0.218
G	28.3	71.7	1303	1.5	1003	1550	54.5	35	2030	0.125
H	28.5	62.9	760	0.2	866	1250	48.0	46	1592	0.059
I	24.3	74.3	638	2.6	577	4463	69.2	73	1610	0.024
J	26.4	82.9	750	1.8	515	194	70.4	50	1554	0.048
K	26.5	77.8	670	3.6	977	740	62.0	74	1120	0.142
Mean ±SD	26.31 ±1.63	70.30 ±10.21	823 ±253	2.1 ±1.1	967.82 ±373.89	1737 ±1403	62.4 ±9.1	47 ±34	1282 ±749	0.097 ±0.064

° - 환경부 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 기준.

3. 인식도 조사

실내공기질에 대한 인식도에 대하여 측정 대상 학교에 재학 중인 학생 250명과 담임교사 50명을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

측정 질문으로는 교실 내 환경관리와 실외에서 유입되는 오염물질의 현황과 학교에서 거의 생활하는 학생들의 건강상태, 인식도를 주로 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 실험 결과

본 실험은 4~9월까지 서울의 2개 학교와 지방 9개(전북, 전남, 광주, 경남, 경북, 부산, 경기도, 충북, 충남) 학교를 대상으로 실내 공기질을 측정 및 분석하였다. 측정 대상 물질로는 온도, 습도, 조도, 일산화탄소, 이산화탄소, 총부유세균, 미세먼지, 포름알데히드, 소음, 휘발성유기화합물 등이 있으며 그 측정 결과는 Table 3과 같다.

1.1 이산화탄소(CO₂)

이산화탄소는 무색, 무미, 무취의 기체로 일반적으로 대기 중에 0.03%정도 포함되어 있으며, 최근 지구온난화 가스로 주목받고 있으나 대기오염 물질로 분류되지는 않고 있다. 이산화탄소는 실내 공기오염 물질의 지표로 환기 system 관련이 있는 중요한 오염물질이다.

이산화탄소는 사람의 호흡과 연료의 연소 시 발생하는 물질로서 미국의 경우 실내 환기조건을 이산화탄소 기준으로 2500ppm을 권장하고 있으나 우리나라의 경우 1000ppm을 기준으로 하고

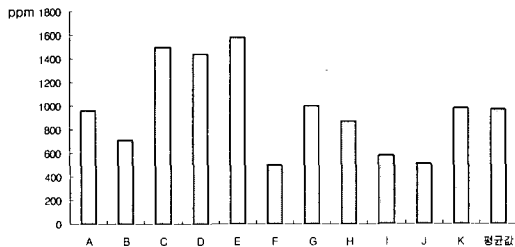


Fig. 1 The Concentration of CO₂ each Schools

있다.

Fig 1.에서 보듯이 C, D, E, G 지역의 학교가 이산화탄소의 실내 환경기준인 1000ppm을 초과한 것으로 나타났다.

이는 7, 8월 달인 여름철에 냉방 system을 가동 시켜서 환기를 자주 시킬 수 없었기 때문이다.

1.2 일산화탄소(CO)

일산화탄소는 적은 농도로도 인체에 치명적인 영향을 주는 가스로 5ppm의 농도에 20분정도 노출되었을 경우 신경계의 반사작용에 변화가 일어나고, 30ppm의 농도에서 8시간이상 노출되었을 경우에는 시각, 정신기능의 장애를 일으킨다.

우리가 측정한 11개의 학교는 모두 기준치(보건복지부 공중위생관리법 25ppm, 환경부 다중이용시설등의 실내공기질관리법 유지기준 10ppm, 일본문부성 학교환경위생기준 10ppm이하)에 모두 적합하게 나왔으며, 측정 지역들 중에서 E 지역의 학교가 가장 높은 결과로 나왔다.

1.3 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드는 무색의 수용성기체로 주로 실내

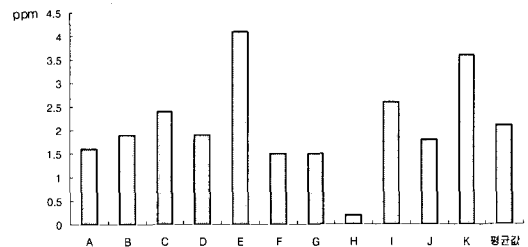


Fig. 2 The Concentration of CO each Schools

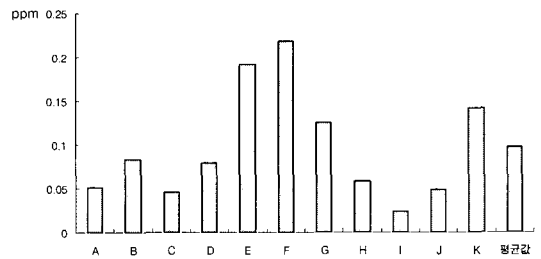


Fig. 3 The Concentration of HCHO each Schools

에서 발생하는 오염물질로서 건축자재, 단열재, 가구 등이 주된 발생원이다. 농도가 1ppm 또는 그 이하에서는 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이는 것으로 알려져 있다.

11개 학교 측정 결과 4개의 학교(E, F, G, K)가 환경부 다중이용시설등의 실내공기질관리법 유지기준 0.1ppm(120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하였다.

이는 대부분 설립년도가 3년 미만으로 이 같은 결과는 사용한 건축자재에 의한 것으로 추정되며 추후 더 많은 조사가 필요하다.

1.4 미세먼지(PM10)

먼지는 대부분이 호흡기관을 통하여 인체에 흡입되며 호흡기관에 영향을 미친다. 호흡기관내 침투하는 결정적인 요인은 입자의 크기인데 인체가 가장 유해한 입경은 0.5~5 μm 으로 이때 침착률이 가장 크다.

본 조사에서는 미세먼지인 PM10을 측정하였는데 모든 학교가 기준치 (교육부 학교보건법 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 보건복지부 공중위생관리법 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 환경부 다중이용시설등의 실내공기질 관리법 유지기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 낮게 나왔는데 이는 대부분의 학교가 수업 시간 중 창문을 닫아 외부의 먼지가 유입되지 않은 상태에서 수업을 했기 때문으로 사료된다.

1.5 총부유세균(TBC)

실내에는 곰팡이류, 각종 미생물이 서식하고 있으며, 이러한 미생물들은 고온 다습한 환경에서 증식하므로 환기가 불충분하고 질이 나쁜 공기를 재순환하는 경우에 농도가 증가하게 된다. 이러한 미

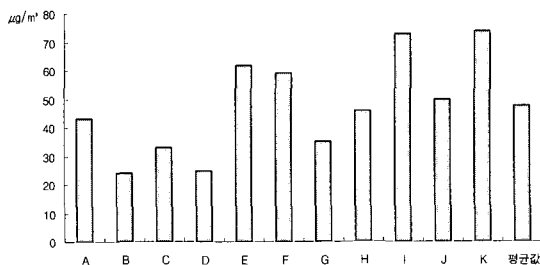


Fig. 4 The Concentration of PM10 each Schools

생물을 전염성 질환이나 알레르기 반응을 유발시킬 수 있다. 11개 학교 중 총 7개 학교에서 기준치 (국내에서는 학교에 대한 기준이 없지만 환경부의 다중이용시설등의 실내공기질관리법상 의료기관, 노인복지시설 등에 적용하는 기준인 800 CFU/ m^3 을 적용하였다.)를 초과하는 것으로 나타났다. 일부 학교에서는 카펫을 설치한 경우가 있는데 그 경우가 결과치에 영향을 끼친 것 같다. 앞으로 이에 대한 관리를 철저히 해야 할 것이다.

1.6 총휘발성유기화합물(TVOC)

실내에서의 배출원은 담배연기가 주원인이 되며 건축자재, 세탁용제, 페인트, 살충제등과 난방과정에서 석탄, 석유의 연소시에도 발생된다.

체내 흡수는 호흡에 의해 주로 이루어지며 흡입 후 체내에 남아있는 양은 40~60%이며 흡입량은 육체적 활동량에 따라 좌우된다. 피부, 눈, 목을 자극하며 피부와 접촉하여 탈지작용을 일으키며 고농도에 노출될시 마비상태에 빠지거나 사망하기도 한다. 총휘발성유기화합물은 국내법상 규정이 없으나, 11개 측정학교 중 9개의 학교가 일본의 건강기준치(500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 초과하는 것으로 나타났다.

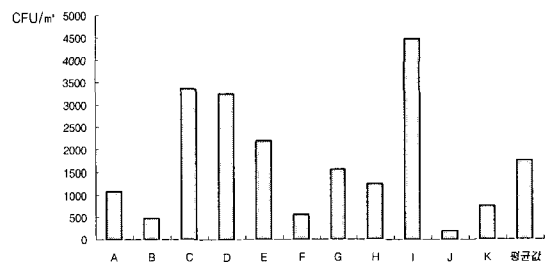


Fig. 5 The Concentration of Noise level each Schools

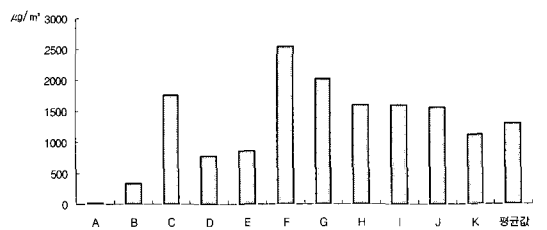


Fig. 6 The Concentration of TVOC each Schools

이는 포름알데히드의 경우와 같이 신축 학교내의 건축자재에 기인한 결과로 생각되며 추후 더 많은 조사, 연구가 필요하다고 생각된다.

2. 설문조사

우리는 실내공기질에 대한 인식도를 알아보기와 측정 대상학교에 재학 중인 학생 250명과 담임교사 50명을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

측정 질문으로는 교실 내 환경관리와 실외에서 유입되는 오염물질의 현황과 학교에서 거의 생활하는 학생들의 건강상태에 대한 인식도를 주로 조사하였다.

- ① 우리의 설문조사 결과에 따르면 환기 관련 장치로는 자연환기를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. (Fig. 7)
- ② 한달을 기준으로 한 환기 기구의 청소횟수는 주 1회 미만이 전체의 70% 이상을 차지함으로 나타나 개선의 여지가 필요성이 있음을 알 수 있었다. (Fig. 8)
- ③ 하루 수업시간 중 창문을 통한 자연환기의 횟수는 1회~3회 항목이 47%, 5회 이상 항목이 41%로 나타나 주로 창문을 열어 환기시킴을 알 수 있다. (Fig. 9)

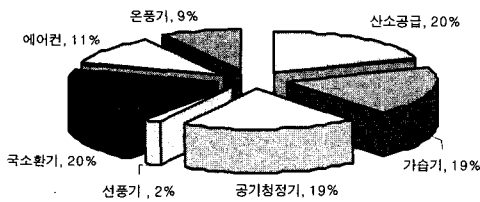


Fig. 7 사용 중인 환기 관련 장치

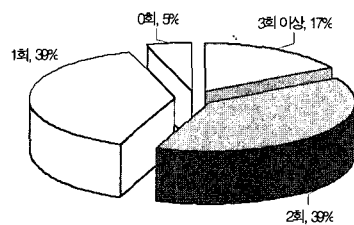


Fig. 8 환기기구의 청소 횟수

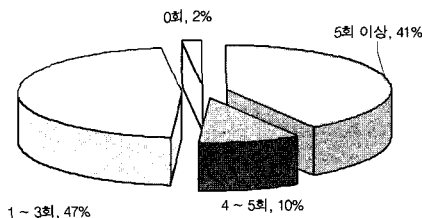


Fig. 9 자연환기의 횟수

- ④ 학교 실내환경의 개선여부에 대해서는 교사의 90% (Fig. 10), 학생의 79% (Fig. 11)로 대부분 개선할 필요성을 느끼고 있다고 답해주었다.
- ⑤ 공기질의 신선도 측면에서는 교사의 54% (Fig. 12), 학생의 33% (Fig. 13)가 부정적인 답변을 했다.
- ⑥ 이제부터는 신체에서 느끼는 학교 실내공기질에 대한 설문조사결과를 알아보겠다.
 - a. 두통 - 교사들의 88%가 두통을 호소하며 이 중 15%는 자주 느낀다. (Fig. 14) 학생들은 66%가 두통을 호소하며 이 중 19%는 자주 느낀다. (Fig. 15)
 - b. 안구자극 - 교사들은 78%가 안구자극을 느끼며 이 중 10%는 안구자극을 자주 느낀다고 응답하였다. (Fig. 16) 반면 학생들은 56%가 안구자극을 느끼며 이 중 7%가 자주 자극을 느낀다고 응답하였다. (Fig. 17)
 - c. 호흡기 기관 자극 - 교사의 78%가 호흡기의 자극을 느끼며 항상 느끼는 교사의 수치는 5%이며, (Fig. 18) 학생의 경우는 37%가 호흡기의 자극을 느끼며 항상 자극을 느끼는 비율도 4%로 나타났다. (Fig. 19)

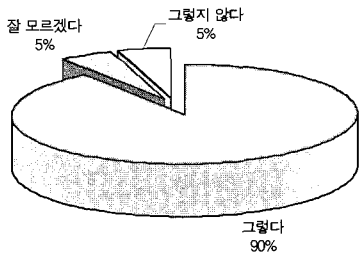


Fig. 10 실내공기 개선의 필요성 (교사)

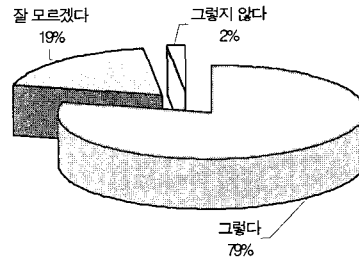


Fig. 11 실내공기 개선의 필요성 (학생)

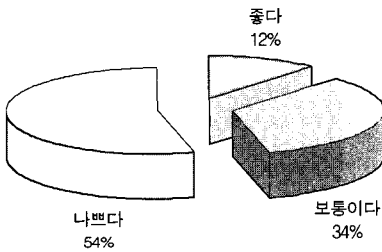


Fig. 12 공기의 신선도 (교사)

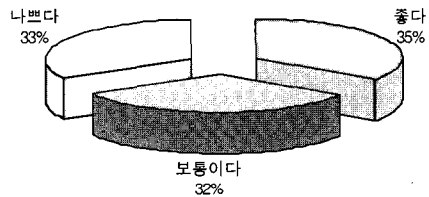


Fig. 13 공기의 신선도 (학생)

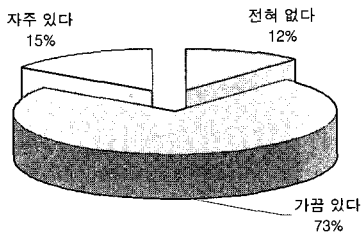


Fig. 14 두통 (교사)

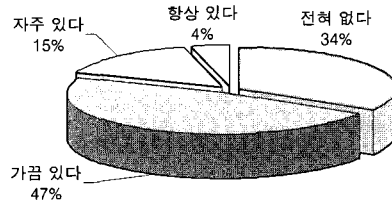


Fig. 15 두통 (학생)

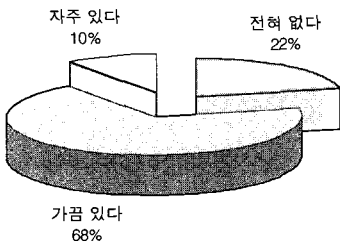


Fig. 16 안구자극 (교사)

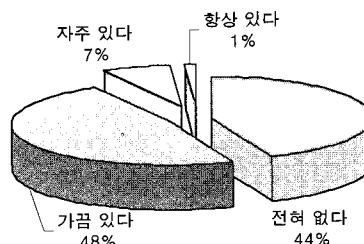


Fig. 17 안구자극 (학생)

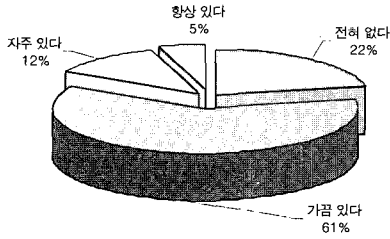


Fig. 18 호습기 기관의 자극 (교사)

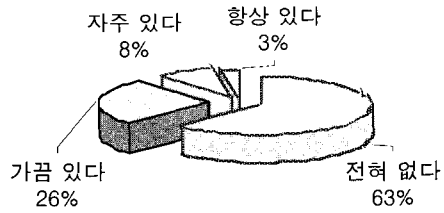


Fig. 19 호습기 기관의 자극 (학생)

V. 결 론

본 연구는 학교 교사 내의 실내공기질을 평가 하고자 설문지 조사와 함께 전국 11개 학교의 실내공기질을 측정하였는데 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이산화탄소(CO₂)를 조사한 결과 E 학교에서 1600ppm에 가까운 수치가 나왔으며 이것은 기준을 훨씬 초과하는 수치였다. 하지만 11개 학교 중 4학교가 다른 학교들 보다 특히 다른 학교들 보다 높은 수치를 보였다.
2. 포름알데히드(HCHO) 농도의 경우에는 F학교에서 가장 높은 결과를 나타냈다. 포름알데히드의 기준치를 넘은 학교는 11개 학교 중 4개 학교가 평균 수치는 환경부 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.
3. 미세먼지(PM10)는 모든 학교에서 기준치 이내로 조사되었다.
4. 총부유세균(TBC)는 실내에서 서식하는 미생물을 말하는 것으로, 측정결과를 보았을 때 11개 학교 중 4개 학교를 빼고는 모두 기준치를 넘은 것을 측정되었다. 미생물이 실내의 환경에 영향을 미친다는 것을 아직 많은 사람들이 인식하지 못하고 있어 관리가 소홀히 된 결과인 것 같다.
5. 소음은 우리 주변에서도 쉽게 접할 수 있는 환경오염 문제이다. 조사대상 11개 학교 중 7개의 학교가 학교보건법상 기준치를 초과하였다.
6. 총휘발성유기화합물(TVOC)은 국내에는 기준

치에 대한 규정이 없지만 일본 보건법 상 11개 측정 학교 중 9개의 학교가 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 이 결과는 포름알데히드와 더불어 더 많은 조사, 연구가 필요하다.

7. 실내오염 공기질의 개선 방안으로는

- ① 오염원에 대한 철저한 관리가 필요하다.
- ② 자연환기를 자주 시켜줘야 하며 교실 내에 국소 환기설비를 설치하여야 한다.
- ③ 청소방법에 대한 개선과 철저한 소독이 필요하다.
- ④ 실내공기오염에 대한 홍보와 그에 대한 적절한 교육이 필요하다.

본 연구는 측정 대상 학교가 한정되어 있기 때문에 이 연구결과만 놓고 전국 모든 학교의 실내공기질을 평가하기는 어렵다고 생각한다. 하지만 이러한 조사를 토대로 지속적으로 측정한다면 우리가 원하는 학교실내공기질에 대한 정확한 측정이 이루어질 것이다. 추후 정부의 관계부처와 학계의 적극적인 노력이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 이영미: 일부 주택의 실내 및 실외 공기 중 Formaldehyde 노출에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 환경보건학과, 환경보건전공, 2002년 2월
2. 이민정: 서울시 주택 내 Formaldehyde와 VOC의 오염농도에 관한 연구, 연세대학교 대학원 주거환경학과, 2004년 2월
3. 조명수: 환기장치를 적용한 학교 교실의 실내

- 공기질 개선에 관한 연구, 부산대학교 산업대학원 기계공학과, 2003년 8월
4. 김주석 : 병원의 실내공기환경 개선에 관한 연구, 중앙대학교 건설대학원 , 2000년 2월
 5. 학교 보건학
 6. 김경무, 이은희, 김순남, 윤화연 : 우리학교 도서관 및 식당의 실내공기 조사-고려대학교 병설보건대학 환경보건과
 7. 신동천 : 학교실내공기오염 및 개선방안-연세대학교 환경공해연구소장
 8. 산업보건기준에 관한 규칙
 9. 엽무중 : 다중이용시설 내 주요 실내오염물질의 특성에 관한 연구, 한양대학교 환경대학원, 2003년 8월
 10. 정태영 : 백화점의 실내공기 환경에 관한 조사연구 중앙대학교 건설대학원, 1993년 12월
 11. 건강에 영향을 미치는 실내 온열 환경조건에 관한 연구 경북대학원 김수진, 1994년 2월
 12. 부천시 일부학교 건물의 실내 공기질 관리 실태조사 서울대학교 보건대학원 환경보건학과 산업보건전공 김소원, 2001년 8월
 13. 공기정화시스템을 적용한 실내 공간 오염입자 분포 및 제거 특성에 관한 연구 부산대학원 구정환, 2001년 2월
 14. 서울시 일부 학교건물의 실내 공기오염도 및 인식도 조사, 고려대학교 병설보건대학 환경보건과 김태웅 외 7명, 2003년 11월
 15. 실내환경에서 휘발성 유기화합물질(VOCs)의 특성과 제어방법. 손장열, 윤동원, 1995년
 16. Characterization of VOCs, ozone and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber, Hong Kong Polytechnic University S.C Lee, Sanchees Lam, Ho Kin Fai 2001
 17. Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong - case study, Department of Civil and Structural Engineering Shun Cheng. Lee, Wai-Ming Li, Choi-Hang Ao, August 2001
 18. Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public School. Evaluation of an indoor air quality model, National Technical University of Athens, A.Chaloulakou, I.Mavroidis January 2002
 19. Organic compounds in indoor air-their relevance for perceived indoor air quality, National Institute of Occupational Health Denmark, Peder Wolkoff, Gunnar D Nielsen April 2001
 20. 校教室におけるホルアルデヒド濃度の害態について, 大阪府八尾保健所, あさの ようこ外 2명, 2002년