

서울시 일부 학교의 실내 공기질 조사 및 인식도 평가

손종렬 · 변상훈 · 김영환 · 김종혁 · 조윤수 · 이재영 · *박윤주
고려대학교 보건대학 환경보건과 · *서울시 교육청

Assessment of Conscious Cognition Degree and Survey on the Indoor Air Quality at a public School in Seoul

Jong-Ryeul Sohn · Sang-Hoon Byeon · Young-Whan Kim · Jong-Hyeok Kim ·
Yun-Su Cho · Jae-young Lee · *Youn-Ju Park
Dept. of Environmental Health, College of Health Science, Korea University
**Seoul Metropolitan Office of Education*

Abstract

Recently, Indoor air quality (IAQ) in workplace, residential environments and schools has been concern of people, scientists and related the public. And so in Seoul has recognized the healthy effect related to IAQ in schools.

Therefore, the objective of this study reported in this article were to measure and compare the perception of IAQ of selected air pollutants at three different schools in Seoul. We performed a questionnaire survey of 400 students about their awareness for the importance of IAQ in our school. And we measured the IAQ of 3 schools considering as site region, construction year and studying level. The indoor air pollutants and parameters such as temperature, relative humidity, respirable particulate matter (PM10), formaldehyde (HCHO), total bacteria counts (TBC), carbon dioxide (CO₂), and noise were monitored in indoors. In results, all most response of occupant has recognized the awareness of IAQ at schools. The PM10, TBC and Noise level of all schools were higher than the standard of the public 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 500 CFU/m³, the level formaldehyde (HCHO) was below 0.1 ppm of the healthy guideline of Korea. And the concentration of CO₂ were investigated below 1,000 ppm of the standard implying ventilation in 2 schools except for 1 school (c school). Finally, the control of most important pollutants of IAQ in school were PM10, TBC and Noise.

Therefore, it can be concluded that the indoor air quality of selected 3 schools studied was perceived as acceptable, it is recommended that the government related IAQ was suggested the guideline and control of IAQ problems in schools, and all member relating school need to be effort to reduce the exposure of sources to undesirable indoor pollutants such as Particulate and Noise.

I. 서 론

최근 도시화가 급진전되면서 도시의 인구집중과 교통량의 팽창은 도시지역의 대기오염을 더욱 악화시켰으며, 경제적 수준이 향상되면서 현대인의 생활양식에도 변화가 초래되어 1일 실내활동 시간이 늘어나고 있다.²⁾ 미국 EPA의 보고에 의하면 현대인이 실내에서 보내는 시간은 약 90%로 추정하고 있으며, 아이들의 경우는 실내에서 보내는 시간이 성인에 비해 많고 오염물질에 대한 감수성도 더 높기 때문에, 아이들이 대부분의 시간을 보내고 있는 학교내의 실내 공기질은 무엇보다 중요하다.

자연적으로 희석되는 대기오염과는 달리 실내공기는 한정된 공간에서 오염된 공기가 지속적으로 순환하면서 실내오염농도가 누적되어 실외 대기오염으로 인한 인체 영향 못지 않게 인체에 피해를 유발하는 요인으로 밝혀지고 있다. 실제로 실내오염으로 인해 장기간 실내 거주자들이 빌딩증후군(Smick Building Syndrome:SBS)과 복합화학물중후군(Multi-Chemical Sensitivity:MCS)이라는 만성적인 건강과 관련된 증상을 호소하게 되었는데, 그 원인 물질로는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 먼지, HCHO, 휘발성유기화합물, 담배연기 등과 같은 실내공기오염물질로 알려져 있다.

그러나 대부분의 사람들은 외부의 공기오염에 대해서는 오염의 심각성을 깊이 인식하면서도 우리의 생활환경내의 공기오염이 인간에게 미치는 영향이 크다는 점은 인식하지 못하고 있으며, 학교내의 실내환경 문제는 관심이 없는 실정이다.

그러므로 본 조사연구는 학교의 실내환경 문제에 관심을 갖게 하고자 하루중의 1/3이상을 학교교실에서 생활하는 학생들의 건강을 위하여 학교 실내환경에 영향을 미치는 인자를 조사하기 위해 실내공기오염도를 측정함으로써 깨끗하고 쾌적한 학교 실내환경을 개선하는데 도움이 되는 기초자료를 제시하는데 있다.

II. 측정 및 조사 방법

1. 측정항목 및 방법

측정항목은 교육인적자원부의 학교보건법에 규정항목인 온도, 습도, 조도, CO₂, 미세먼지(PM10), 소음 등을 주로 측정하였고, 추가로 일본의 학교환경위생기준에 설정되어 있는 항목인 HCHO, CO, Toluene, 등을 측정항목으로 추가, 선정하였다.

측정방법은 학교보건법에는 세밀한 규정이 없으므로 국내 보건복지부의 공중위생관리법에 규정되어 있는 공중이용시설에 대한 측정방법과 일본의 학교환경위생검사항목을 기준으로 측정하였다.

1.1 온도, 습도

온도, 습도는 관련법을 기준으로 아스만통풍습도계(Sibata, Japan)와 실내측정기(온도, 습도, 기류측정용, Kanomax, Japan)를 이용하여 대상학교를 지역시료포집방법으로 측정지점을 선정하여 측정하였다.

1.2 CO, CO₂

측정시 보건복지부 공중위생관리법에 준하여 측정대상학교에서 지역시료 포집방법으로 측정지점을 선정하여 CO, CO₂의 측정은 비분산 적외선법을 이용한 직독식측정기기인 실내환경측정기(BABUC/A; ITALY BSZ202.E)를 이용하여 측정하였다.

2. 미세먼지(PM10)

관련법에 준하여 PM10 air sampler(Air metrics SN3136, USA)로 측정대상 실내에서 24시간 측정하는 방법과 학교의 특수성인 학교 수업시간을 고려한 측정방법으로 노동부의 산업안전보건법에 규정된 방법으로 개인시료포집기(Personal Air Sampler: VSA497702, USA)에 여과지를 3단 카세트홀더에 장착하여 교실에 적당한 위치에 설치하여 공기시료를 분당 1~2ℓ로 유지하면서 총포집시간중 6시간 전, 후로 채취하였으며 측정전, 후로

유량에 대한 보정을 하였다. 포집된 여과지는 데시케이터에 24시간 이상 항량하여 전자저울로 평량하였으며 이때, 시료공기를 통과시키지 않고 동일하게 처리한 여과지를 공시험으로 하여 농도 계산 시 보정하였다.

3. HCHO

학교 교실내에서 발생되어지는 폼알데히드(HCHO)는 알데히드에 반응하는 2,4-DNPH가 코팅된 실리카흡착튜브를 이용하여 0.2ℓ/min 유량으로 총포집시간동안 포집한 후 용출액(Acetonitrile)으로 추출하여 고속액체크로마토그래프(HPLC Waters2487,USA)에 주입하고 Visible영역인 360nm부근에서 해당시간대의 피크면적을 측정 후 검량선에 대비하여 농도를 구하였다.

4. Toluene

개인시료포집기에 장착된 활성탄관(Charcoal tube, 100mg/50mg)을 학생들의 호흡기 위치에 부착하여 공기시료를 분당 0.05~0.2ℓ로 유지하면서 총포집시간 중 6시간 이상 채취한 후 용출액(Carbondisulfide, CS₂)으로 추출하여 가스크로마토그래프(Agilent6890- FID, USA)에 주입하고 해당시간대의 피크면적을 측정 후 검량선에 대비하여 농도를 구하였다.

5. 총부유세균(TBC)

본 조사에서 사용한 실내공기중 미생물 채취법은 공기중의 총부유세균(Total Bacteria Count: TBC)를 측정하기 위하여 판성충돌포집법을 적용한 RCS Sampler (Biotest HYCON))를 사용하였다.

RCS Sampler의 유량은 40ℓ/min으로 각 배지마다 2분동안 총 80ℓ의 공기를 채취하여 배양후 각 배지마다 집락수(Colony)를 세어 공기중 단위용량당 집락수를 계산하였다.

6. 소음

6.1 디지털 소음 자동분석계를 사용할 경우

디지털소음계(NA-27 JAPAN)를 사용하여 샘플주기를 5초이내에서 결정하고 5분이상 측정하여 자동 연산·기록한 등가소음도를 그 지점의 측정소음도로 하였다.

6.2 소음계만으로 측정할 경우

계기 조정을 위하여 먼저 선정된 측정위치에서 대략적인 소음의 변화양상을 파악한 후, 소음계 지시치의 변화를 목측으로 5초간격 50회 판독·기록하여 다음의 방법으로 그 지점의 측정소음도를 정하였다. ① 소음계의 지시치에 변동이 없을 때에는 그 지시치 ② 소음계의 지시치의 변화폭이 5dB(A) 이내일때에는 구간내 최대치 10개를 산술평균한 소음도 ③ 소음계 지시치의 변화폭이 5dB(A)을 초과할 때에는 '등가소음도 계산방법' 중 2의 방법에 의한 등가소음도. 다만, 등가소음을 측정할 수 있는 소음계를 사용할때에는 5분 동안 측정하여 소음계에 나타난 등가소음도로 한다.

7. 설문지 조사

학생들의 실내공기 오염도에 대한 인식을 조사하기 위해 대상학교 학생 400명을 임의로 추출하여 설문조사를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 실험 결과

본 실험은 7~9월 총 4회에 걸쳐 3개 학교를 대상으로 실내 공기질을 측정 및 분석하였다. 측정대상물질로는 온도, 습도, 이산화탄소, 미세먼지, 폼알데히드, 톨루엔, 소음, 총 부유세균 등이 있으며 그 측정 결과는 Table 1과 같다.

2. 고찰

2.1 이산화탄소 (CO₂)

이산화탄소는 무색, 무미, 무취의 기체로 일반적으로 대기 중에 0.03%정도 포함되어 있으며, 최근 지구 온난화 가스로 주목받고 있으나 대기오염 물질로 분류되지는 않고 있다. CO₂ 는 실내 공기오염 물질의 지표로 환기system 관련이 있는 중요한 오염물질이다.

이산화탄소는 사람의 호흡과 연료의 연소시 발

생되는 물질로서 미국의 경우 실내 환기 조건을 CO₂ 기준으로 2500ppm을 권장하고 있으나 우리나라의 경우 1000ppm을 기준으로 하고 있다.

Fig 2와 3에서 보듯이 B학교와 C학교는 대부분 실내환경 기준인 1000ppm을 초과한 것으로 나타났다.

이는 학생들이 밀집하여 수업을 하고 특히 7,8월 인 여름철에는 냉방system을 가동시켜 환기시키는 데 어려움이 있기 때문이다.

Table1. 각 측정장소별 실내공기 오염물질 측정 결과 (총 3회평균)

항 목		온도 (°C)	습도 (%)	CO ₂ (ppm)	미세먼지 (ug/m ³)	HCHO (ppm)	Toluene (ppm)	소음 (dB)	TBC (CFU/m ³)
실 내 환 경 기 준		18~28	30~80	1,000	150	0.1	*0.07	55	**500
A 학 교	A-1	28.2	64.6	756	280.7	0.0255	0.09	64.6	1807
	A-2	27.9	62.9	705.5	213.7	0.0246	0.454	74.3	744
	A-3	26.9	64.7	772	236.0	0.0287	N.D	73.1	1263
	A-4	27.5	61.8	616	179.6	0.0452	N.D	70.6	1125
	A-5	27.3	66.6	764	-	-	N.D	69.4	732
	A-6	27.4	64.6	539	104.5	0.0217	N.D	72.9	1194
	A-7	26.9	68.7	961	687.0	0.0757	N.D	76.6	1494
	A-8	27.0	65.8	983.5	217.4	-	N.D	66.8	556
	A-9	26.6	45.7	725	-	-	N.D	64.6	375
	A-10	28.4	61.6	725	320.8	0.0217	N.D	74.0	875
B 학 교	B-1	27.0	47.8	601	1435.0	0.066	N.D	54.7	-
	B-2	24.8	64.2	1174.5	910.0	0.0644	0.354	55.3	-
	B-3	26.3	50.9	1561	330.0	0.0385	0.053	68.0	-
	B-4	25.7	42.4	1305.5	190.0	0.0207	N.D	59.4	-
	B-5	25.7	52.6	1943	320.0	0.0303	0.079	62.5	-
C 학 교	C-1	27.5	53.3	1045.5	158.0	-	N.D	70.9	813
	C-2	27.1	60.5	2143	-	0.3671	N.D	67.0	975
	C-3	26.9	67.8	528	311.8	0.065	1.026	75.0	588
	C-4	27.1	71.7	968	-	-	N.D	67.3	1513
	C-5	27.2	65.6	735	195.2	0.0226	N.D	75.7	857
	C-6	25.7	56.2	-	60.3	-	N.D	67.7	-
	C-7	25.6	56.0	1110	-	0.0037	N.D	74.4	2700
	C-8	26.0	68.7	967	-	-	N.D	68.1	969
	C-9	26.7	59.0	2000	130.6	-	N.D	75.3	807
	C-10	24.2	52.7	2344	47.0	0.1269	N.D	75.5	2063
	C-11	27.6	59.6	1276.5	-	0.0385	N.D	66.1	538
	C-12	28.1	63.0	588.5	-	-	N.D	63.2	188
	C-13	26.2	67.4	963	192.9	0.0664	0.043	75.0	994

N.D:Non-detected

*The standard of school in Japan

**The guideline of Singapore

2.2 폼알데히드 (HCHO)

폼알데히드는 무색의 수용성 기체로 주로 실내에서 발생하는 오염물질로서 건축자재, 단열재, 가구 등이 주된 발생원이다. 농도가 1ppm 또는 그 이하에서는 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이는 것으로 알려져 있다.

3학교의 측정 결과 아래와 같이 실내환경기준

0.1ppm을 C학교가 초과하였고 B학교는 기준치에 가까운 것으로 나타났다. C학교의 경우 일반학교와는 달리 여러 분야의 수업이 진행되므로 이에 따른 다양한 물질의 취급과 실내공간의 변형으로 인해 결과치가 높게 평가된 것으로 생각되어지므로 환기시설을 고려한 새로운 실내공간 디자인이 필요하다.

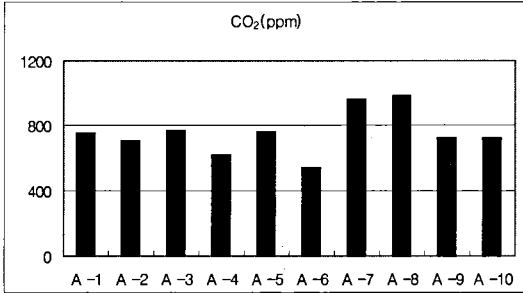


Fig 1. The measurement data of CO₂ conc. in A school

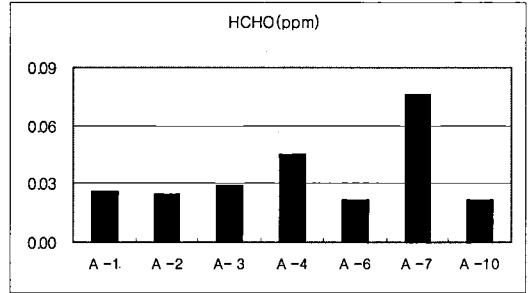


Fig 4. The measurement data of HCHO conc. at each sampling site in A school

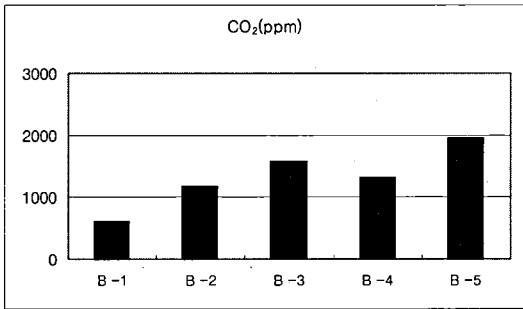


Fig 2. The measurement data of CO₂ conc. in B school

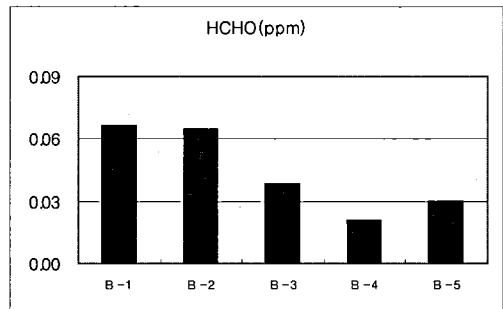


Fig 5. The measurement data of HCHO conc. at each sampling site in B school

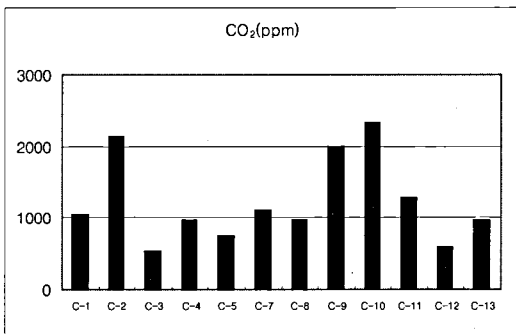


Fig 3. The measurement data of CO₂ conc. in C school

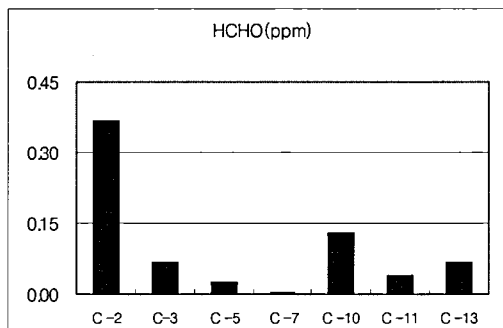


Fig 6. The measurement data of HCHO conc. at each sampling site in C school

2.3 분진(PM10)

분진은 대부분이 호흡기관을 통하여 인체에 흡입되며 호흡기관에 영향을 미친다. 호흡기관내 침투하는 결정적인 요인은 입자의 크기인데 인체에 가장 유해한 입경은 0.5~5 μ m으로 이 때 침착률이 가장 크다.

실내환경기준으로는 150 μ g/m³인데 3학교 모두가 평균치가 기준치 이상으로 나타났다.

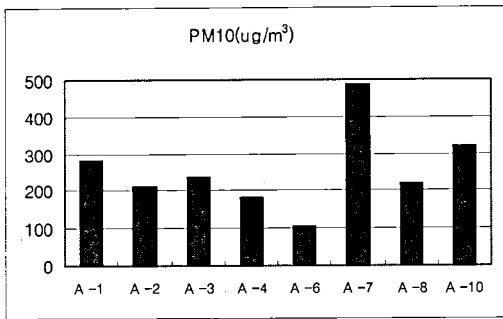


Fig 7. The measurement data of PM10 conc. at each sampling site in A school

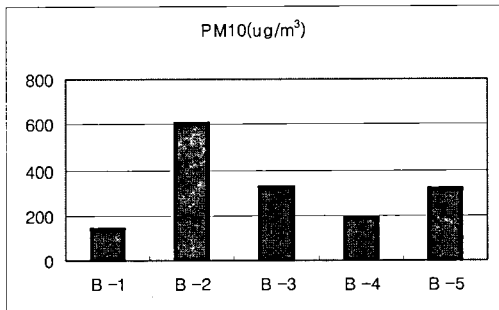


Fig 8. The measurement data of PM10 conc. at each sampling site in B school

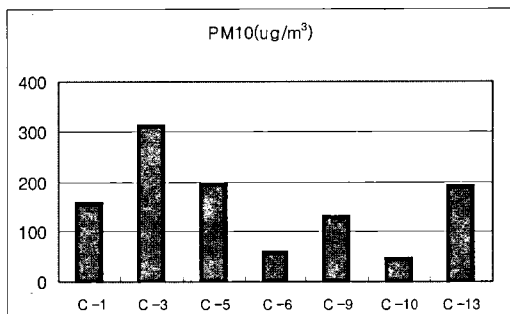


Fig 9. The measurement data of PM10 conc. at each sampling site in C school

2.4 Toluene

실내에서의 배출은 담배연기가 주원인이 되며 건축재료, 세탁용제, 페인트, 살충제 등과 난방과정에서 석탄과 석유의 연소시에도 배출된다. 체내 흡수는 호흡에 의해 주로 이루어지며 흡입 후 체내에 남아 있는 양은 40~60%이며 흡입량은 육체적 활동에 따라 좌우된다.

피부, 눈, 목안 등을 자극하며 피부와 접촉하면 탈지 작용을 일으키며 고농도에 노출될 경우 마비 상태에 빠지거나 사망하기도 한다.

TVOC 중 톨루엔은 측정결과 새 건물인 C학교에서는 일본학교기준치를 적용하면 대부분의 교실에서는 불검출되었으나 한 곳만이 기준치를 초과한 것으로 나타났다.

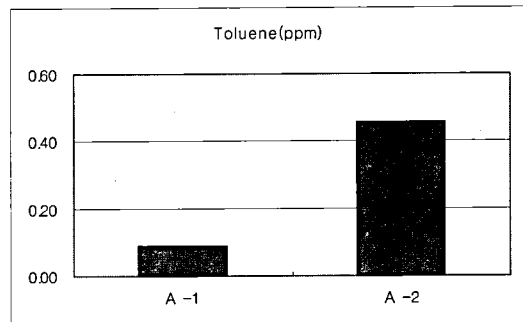


Fig 10. The measurement data of Toluene conc. at each sampling site in A school

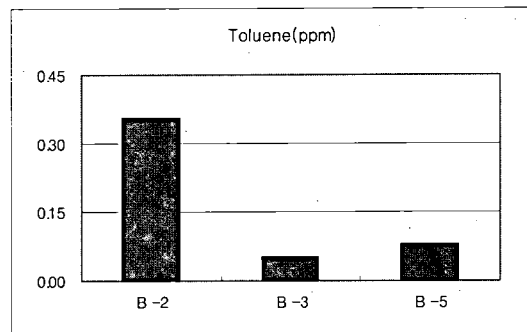


Fig 11. The measurement data of Toluene conc. at each sampling site in B school

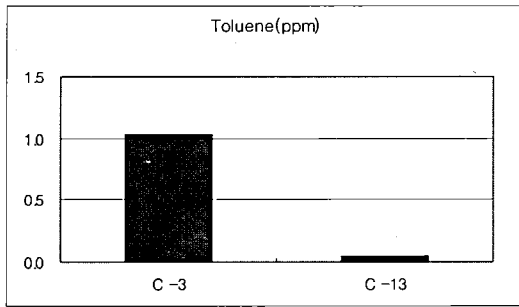


Fig 12. The measurement data of Toluene conc. at each sampling site in C school

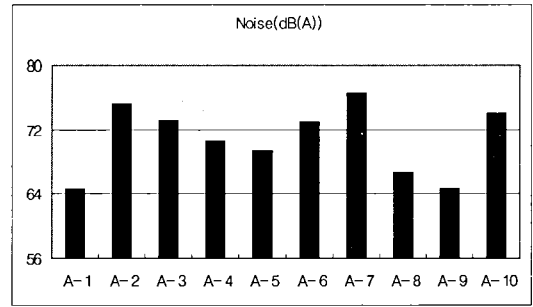


Fig 15. The measurement data of Noise at each sampling site in A school

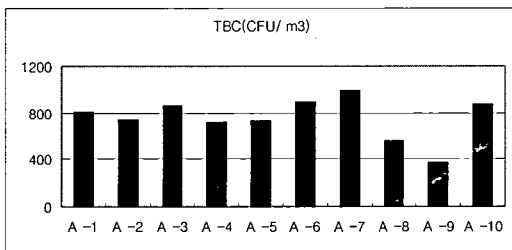


Fig 13. The measurement data of TBC at each sampling site in A school

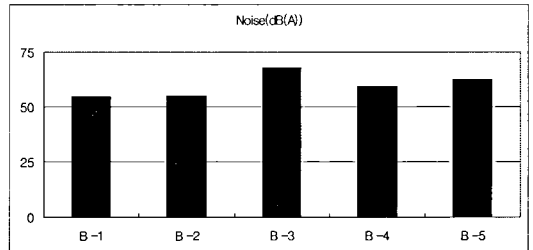


Fig 16. The measurement data of Noise at each sampling site in B school

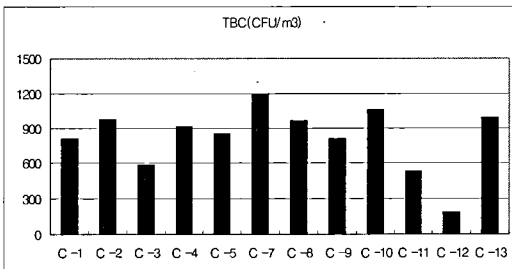


Fig 14. The measurement data of TBC at each sampling site in C school

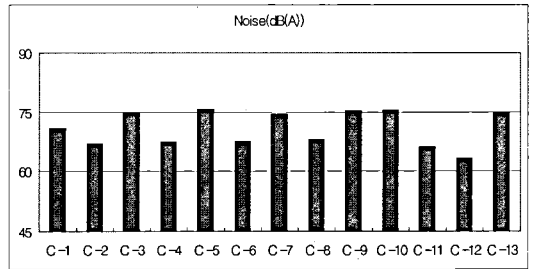


Fig 17. The measurement data of Noise at each sampling site in C school

2.5 총부유세균(TBC)

공기 중에 부유하고 있는 세균은 먼지나 수증기 등에 미생물들이 부착되어 생존하고 있으며 극도 호흡기관에 균주화 되어 영향을 주고 세균수가 먼지의 농도에 정비례 된다.

실내환경에 존재하고 있는 미생물들은 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 증식하게 되는데 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발시 키기도 한다.

측정결과 모든 학교가 기준치(500CFU/m³)를

초과한 것으로 조사되었는데 이는 학생들의 차원에서 발생하는 일반세균이 주요한 부분을 차지했는데 앞으로 이에 대한 관리를 철저히 해야할 것이다.

2.6 소음(Noise)

소음이란 바람적하지 않은 음, 원하지 않는 음이라 한다. 교실내의 소음은 학생이 떠드는 소리와 교실 밖에서의 소음에 의해 좌우된다.

도시지역의 경우 도로교통 소음으로 오히려 학교주변이나 교실의 소음이 높게 발생된다. 교실 소

음은 원활한 언어소통에 지장을 주어 교육활동에 직접적인 영향을 주고, 학생들의 정신집중을 방해하여 학습능률을 저하시킨다. 또한 피로와 두통 식욕감퇴 등을 유발하기도 한다. 우리나라에서는 소음·진동법에 학교녹지경계에서 50m 이내 지역의 소음규제기준으로 주간에는 50dB(A), 야간에는 40dB(A)로 규정하고 있고 학교보건법에서는 55dB(A)로 규정하고 있다.

조사결과 3학교 모두 소음기준을 초과하였으며 특히 C학교인 경우에는 순간적인 소음노출 정도가 높았는데 이는 건물이 주변도로에 가깝게 노출되어 있는데 방음이나 차음시설이 없기 때문이다.

2. 설문지 조사결과 및 고찰

학교의 실내공기 오염의 인식도를 조사하기

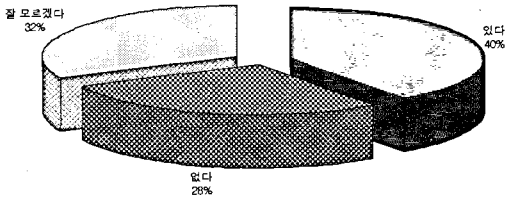


Fig 18. 교내 실내공기오염에 대한 관심도

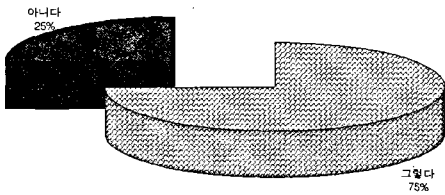


Fig 19. 교내 실내공기오염으로 인한 건강상의 영향

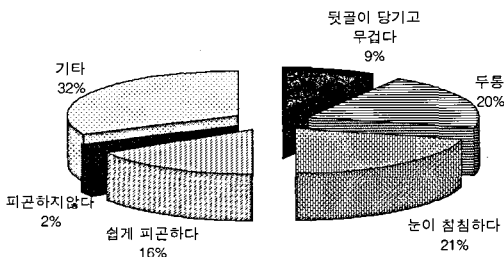


Fig 20. 교내 실내공기오염으로 인한 증상

위하여 학생 400명을 대상으로 설문지 조사를 실시한 결과는 다음 Fig18~Fig22와 같다.

설문지 결과를 보면 교내 실내공기오염에 대해 약간 관심이 있는 것으로 조사되었으며, 또한 실내 공기오염이 건강에 많은 영향을 끼친다는 것을 알지만, 실제 생활에서의 체감정도는 크지 않음을 알 수 있었으며, 교내 실내공기오염의 원인으로서는 주로 외부환경요인에 의한 외부에서의 오염, 냉·난방 등으로 응답하였다.

교실내 공기오염으로 인한 증상으로는 눈이 찢찢하거나 두통 그리고 피로감이 쉽게 느껴짐을 알 수 있었으며, 소음이 수업에 미치는 정도에 대해서는 대부분 외부의 소음이 수업에 방해가 된다고 응답하였다.

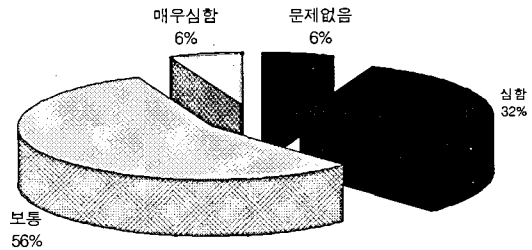


Fig 21. 교내 실내공기오염 체감 정도

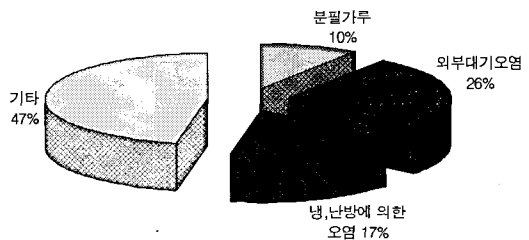


Fig 22. 교내 실내공기오염 원인

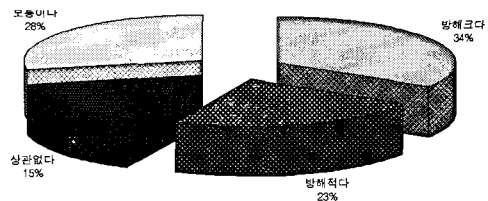


Fig 23. 소음이 수업에 영향을 끼치는 정도

VI. 결 론

2003년 7월 ~ 10월 4회에 걸쳐 학생들이 활동하는 학교 교실을 대상으로 3학교 실내공기오염, 소음측정 및 설문지 조사를 한 결과 다음과 같다.

1. 실내공기질 측정결과

1) A학교의 경우

CO₂ 결과에서 여름에는 멀티미디어실을 제외한 나머지 교실에서는 기준치 이내로 조사되었는데, 멀티미디어실은 문을 닫고 냉방시설을 하고 있었기 때문에 환기부족으로 인해 CO₂ 수치가 기준치보다 높았다. 또한 일부 반을 제외한 대부분 부유먼지가 높은 것으로 측정되었는데 이는 무더위로 인해 창문을 열고 수업하고 있었고 또한 학교 주변에 아파트 공사장이 있기 때문에 부유먼지가 높은 것으로 측정되었다. 특히 유치원과 식당에서는 총 부유세균이 높게 나와 건강에 피해를 줄 우려가 있어 주변 청소를 깨끗이하고 식당에서는 습도를 낮추도록 하는 방안 등의 대책이 필요하다.

2) B학교의 경우

신축된 건물에서 생활하고 있고 냉방이 되어있어 다른 오염물질은 별로 영향이 없는 것으로 조사되었으나 타학교와 비교할 때 CO₂농도와 폼알데히드, 톨루엔 농도가 높은 것으로 측정되었는데 이는 신축건물 자체로 인한 톨루엔 방출과 냉방이며, 특히 시청각실을 측정할때는 학생들이 아무도 없었는데도 불구하고 다른 측정장소보다 높은 결과를 나타냈는데 이는 사용후 환기시설 가동시간이 적었거나 환기시설의 문제가 있다는 것을 보여준 결과이다.

그러므로 이학교의 경우 신축건물에서의 문제점을 보여주고 있으므로 이를 보완하기 위해서는 환기시설(급기, 배기시설)에 대한 점검과 가동시간을 증가 시키는 등 자주 환기를 시켜야 하며, 필요에 따라서는 각 실별로 공기 정화장치의 설치가 필요하다.

3) C학교의 경우

측정결과에 의하면 CO₂와 총 부유세균이 높은 것으로 조사되었는데 이는 무대 연주실과 같이 교실특성상 환기시설 없이 좁은 공간에 많은 학생들이 있기 때문이며, 특히 소음에 경우는 외부측정소음과 실내, 복도의 소음이 차가 있으며 전체적으로 비교했을 때 타학교에 비해 소음이 높게 평가되었는데 이는 오래된 건축물의 특성상 창호 등 건축물 자체의 차음 및 방음 효과가 없음을 보여주는 결과이다. 이를 개선하기 위해서는 건물의 환기시설의 공사가 필요하고, 외부의 소음을 차단하기 위한 시설(이중창 및 방음벽 또는 방음림)등이 요구된다.

2. 설문지 조사결과

학교에 근무하는 교직원과 측정대상 교실의 학생들을 대상으로 설문지 조사를 실시한 결과 대부분 교실의 실내공기오염에 대해서는 알고 있었으나, 어느정도인지 모르고 있었으며, 학교 교실에 오래 있으면, 눈의 침침함, 두통, 그리고 피로감을 느끼고 있었다.

또한 실내공기오염원은 주로 외부의 공기오염이며, 그밖에 냉난방, 분필등 실내활동에 기인하는 것으로 응답하였으며, 외부소음이 수업에 방해가 된다고 조사되었다. 이러한 설문지 조사를 통해서 학습효과를 증진시키기 위한 학교 실내공기질의 중요성을 알려야 하고 추후 지속적인 조사가 필요함을 알 수 있었다.

그러므로 본 조사연구를 통해 학교 건물내의 실내오염 정도를 파악할 수 있었고 위와 같은 측정결과를 바탕으로 학생들이 하루 중 대부분을 보내는 교실의 실내공기 오염에 대한 지속적인 측정과 관리가 필요할 것이다. 또한 쾌적한 환경에서의 생활을 위해 실내오염에 교육이 체계적으로 이루어져야 하며, 실내 공기 오염 방지를 위한 장기적 대책이 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김윤신. 실내환경과학. 믿음사. 1994
2. 박성은, 김진용, 신동천. 학교시설의 실내공기 중 라돈의 위해성. 연세대학교 환경공해연구소. 2000
3. 이영길. 일부중학교 교실내의 분진, 소음 및 조명에 관한 조사연구. 석사학위논문. 서울대학교. 1987
4. 김윤신 : 실내공기오염. 대한의학 학회지, 32(12), 1299-1285, 1989
5. 신은상, 이종대, 이철민, 윤승욱, 조용성 : 실내 체육관에서의 공기오염에 관한 연구, 한국환경 위생학회지, Vol. 17, NO. 1, 20-27, 2002
6. 김창호, 장부규 : 소음진동기사, 지구문화사, 1996
7. 이명자의 2명, 서울지역 학교 교실의 실내환경 조사연구, 2003
8. 김소원, 부천시 일부 학교 건물의 실내 공기질 관리 실태 조사, 서울대학교보건대학원, 2001
9. 김정훈 외 5명. 서울지역 일부 대형유통업체의 실내공기질 조사연구. 고려대학교 병설 보건대학 환경보건과 학술발표회지, 2002
10. 지성만, 실내공간 오염에 관한 조사연구, 청주대학교 대학원, 1983
11. 실내공기질 관리방안에 관한 연구. 한양대학교 환경 및 산업의학 연구소, p. 47-85. 1995
12. 박미진, [동화기술] 실내공기 오염의 메카니즘. p 19-32 45-54 95-101, 2001
13. 배귀남, 실내공간의 미생물오염현황. 공기청정 기술학회지. NO.3, 2002
14. 조명수. 환기장치를 적용한 학교 교실의 실내 공기질 개선에 관한 연구. 2003.8 부산대학교 산업대학원
15. 신동천. 실내공기오염과 건강장해 2003.5 연세대학교 환경공해 연구소장
16. Gold, D. R., Allen, G., Damokosh., Serrano, P., Hayes, C., Castillejos, M., Comparison of outdoor and classroom ozone exposure to outdoor air pollution, J. Air and Waste Management Association, 46, 335-342, 1996.
17. Alms, S., Reponen, A., Mukala, K., Pasanen, P., Toumisto, J., Jantunen, M. J., Personal exposures of preschool children to carbon monoxide: role of ambient air quality and gas stoves, Atmospheric Environment, 28, 3577-3580, 1994
18. Alms, S., Mukala, Jantunen, M. J., Personal carbon monoxide exposures of preschool children in Helsinki, Finland : levels and determinants, Atmospheric Environment, 34(2), 277-285, 2000