

수원지역 초·중·고등학교 교실의 실내 공기오염도에 관한 연구

신은상·김진우*
동남보건대학 환경위생과·산본고등학교*

A Study on the Indoor Air Pollution Levels in the Classrooms at Public Schools in Suwon

Eun-Sang Shin · Jin-Woo Kim*
Department of Environmental Sanitation, Dongnam Health College
*Sanbon High School**

Abstract

This study has researched the indoor air pollution in the school classrooms. It focused on the school classrooms in which the students take part in many learning activities for a long time, not focused on the offices or underground facilities that have occupied the interest so far.

First, I investigated the origination sources of indoor air pollution which influences on our health, and researched the data on the consequences of it on the human body.

Second, I measured the indoor air pollution level of the classrooms in which the students take part in activities. I selected CO, CO₂, SO₂, NO₂ and PM₁₀ as the research items. Each two schools were chosen in the elementary schools, middle schools and high schools as the ones for measurement. And I distinguished the boys' schools from the girls' schools in the middle and high schools. CO, SO₂ and NO₂ were comparatively low comparing with the recommendation of the Ministry of Environment. But, CO₂ and PM₁₀ exceeded the standard concentration in most schools and there was a difference between boys' classrooms and girls' classrooms about them. Also, it was different by the number of members a classrooms.

Third, I made a questionnaire on the indoor air pollution. The questionnaire showed that many students feel the indoor air pollution directly and they are under the influence of it.

Key words : Indoor air pollution, PM₁₀, school classroom, questionnaire

I. 서 론

최근 고층 건물과 지하생활공간이 증가되면서 다양한 실내공간에서의 실내공기질(Indoor Air Qua-

lity, IAQ)의 중요성이 부각되고 있다. 그 대상은 주택, 학교, 사무실, 공공건물, 병원, 지하시설, 교통수단 등의 다양한 실내공간의 공기질이다. 1980년대에 조사된 보고에 의하면 현대인은 하루 24시간 중

80% 이상을 실내에서 생활을 하고 있다고 한다¹⁾. 이에 따른 실내 공간에서의 공기 오염은 중요한 관심사가 되고 있다. 이러한 경향은 새로운 건축자재의 개발, 다양한 생활용품의 사용 증가와 에너지 절감률의 향상으로 인한 건물의 밀폐화로 인하여 더욱 가중되고 있는 실정이다²⁾. 실내의 공기오염은 즉시 인간의 건강에 영향을 미치고 있다. 동절기 및 하절기에는 냉·난방을 이유로 에너지 효율을 높이기 위해서 실내를 밀폐함으로써 환기량이 적어짐에 따라 실내공기의 오염이 더욱 심화될 수 있다. 또 다양해진 공기오염 발생원으로부터 나오는 물질로 인하여 실내 공기오염은 인체에 더욱 더 유해한 영향을 미치게 된다. 실내 공기오염은 일차적으로 대기오염의 영향을 받지만 이차적으로는 실내오염원으로부터 영향을 받아 그 오염상태가 더 심각해진다고 볼 수 있다^{4,7)}. 이미 선진각국에서는 70년대를 전후하여 몇몇 오염물질의 농도가 실외보다 실내에서 높게 나타남을 입증하여 실내공기오염에 대한 지대한 관심을 기울이고 있으며 그 오염물질의 인체에 미치는 건강장애 및 공중보건학적인 관점에서의 연구가 활발히 행하여지고 있다.

그러나 우리 나라에서는 1990년대 초반까지 실내공기오염에 관한 연구가 미비한 실정으로 실내환경 조건에 알맞은 공기오염조사가 제대로 수행되지 않고 있다. 1996년에 들어서야 비로소 '지하생활공간공기질관리법'이 제정되어 그나마 한정된 실내공간에서의 공기질기준이 마련되었다³⁾. 이것을 계기로 최근 주택 또는 사무실과 지하 시설물의 실내 공기오염도에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 실내 공기오염에 대한 전국민적인 관심 속에 조사결과에 의한 주원인 중 하나로 흡연에 의한 것^{2,6)}이 밝혀짐으로써 2000년 4월 1일부터 실내 및 사무실에서 흡연이 법으로까지 정해지고 있는 실정이다. 건물의 실내 공기오염은 성인보다는 어린이 및 노약자를 비롯하여 성장기의 청소년과 기관지가 약한 사람에게 보다 많은 영향을 미친다. 또한 성장기의 특성상 많이 활동하는 어린이 및 청소년들이 하루 중 5시간에서 많게는 10시간 이상을 한정된 공간에서 공동 생활을 하기 때문에 이에 대한 실내공기오염에 의해 인체에 많은 영향을 받을 수 있다고 생각되었다. 특히, 초·중·고

등학교 등의 교실에 대한 실내 공기오염도를 조사할 필요성이 강하게 대두되어 본 연구를 수행하게 되었다. 따라서 본 연구는 건강에 영향을 미치는 실내 공기오염물질의 발생원과 그것이 인체에 미치는 영향에 대하여 자료를 조사·분석함과 동시에 학생들이 학습 활동을 하는 학교의 교실을 대상으로 실내 공기오염도를 1학기(3월~6월), 2학기(9월~12월) 중 난방·비난방을 행하는 동절기, 하절기로 구분하여 조사하였다.

현재 우리 나라의 전반적인 실내공기오염에 대한 기준은 없고 실내 공간 중 특정지역인 지하생활공간에 대한 공기오염물질의 종류와 공기질 기준이 정하여져 있다. 종류로는 먼지를 비롯하여 총 14종류가 있으며 이중 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, 미세먼지, 이산화탄소, 포름알데히드 및 납 등 7종류의 공기질 기준이 정하여져 있다³⁾. 이번 교실의 공기질 조사에서는 이 중 측정상의 문제와 발생원을 고려하여 포름알데히드(HCHO)와 납(Pb)을 제외한 SO₂, CO, NO₂, PM₁₀(미세먼지) 및 CO₂의 농도를 측정하였다. 또한 실제로 학생들이 교실에서 생활하며 느낀 실내 공기오염의 심각성에 대한 설문 조사를 동시에 행하였다. 이러한 조사내용을 바탕으로 향후 교실의 건축에서부터 실내공기오염의 억제 및 공기질의 개선을 위한 방안을 마련할 수 있는 기초자료를 확보하고 활용하는데 본 연구의 초점을 맞추었다.

II. 실험방법

1. 측정대상

학교 교실의 실내공기오염 농도를 측정하기 위한 대상학교로 수원 시내의 초등학교, 중학교, 고등학교 각각 2개교씩 선정하였으며 이 중 중학교, 고등학교는 남·여학교를 구분하였다. 지리적인 위치는 크게 고려하지 않았으나 남자중학교만 시 외곽에 위치하고 나머지 학교는 시내 중심부에 위치한 학교들이었다. 교실의 선정은 학년 구분 없이 임의의 교실을 선정하였다. 학급당 교실의 면적은 공통적으로 66m²이었고, 학급당 인원은 적게는 36명에서 많게는 54명이었다.

측정시기는 동절기(2000년 12월 5일~12월 15일)

와 하절기(2001년 6월 5일~6월 15일)의 두 가지 구분으로 나누어 실시하였고, 측정시간은 수업이 본격적으로 시작되는 오전 9시부터 오후 5시까지 정하여 교실 내에 뚜렷한 발생원이 있는 미세먼지(PM₁₀) 농도는 연속적으로 측정하였고, 동절기의 난로 사용 외에 별다른 오염 발생원이 없는 가스상 오염물질은 간헐적으로 측정하였다. 동절기에 측정한 교실은 보온을 위해 창을 거의 밀폐한 상태로 창문을 통한 환기가 거의 없었으며 1개의 초등학교를 제외하고는 대부분 환기만을 위한 별도의 환풍기도 설치되어 있지 않았다. 이 시기에 측정 대상학교 중 2개교는 난방용으로 온풍기를 사용하였고, 3개교는 난로(왕겨탄 사용)를, 나머지 1개교는 중앙난방식 온풍공급장치를 사용하고 있었다. 하절기에는 비교적 기온이 높아 창문의 개방횟수가 많은 관계로 미세먼지(PM₁₀)을 제외한 측정 항목이 실외와의 구분이 명확하지가 않아 미세먼지만을 대상으로 하였다. 그리고 대부분의 학교가 흙 먼지의 교실유입을 차단하기 위하여 실내화와 실외화를 구분하여 신고 있었으나 고등학교 교실

은 실내·외화를 따로 구분하여 신고 않는 학교가 있었다. 청소방법으로는 바닥이 마루인 학교는 보통 비로 쓸고 왁스 걸레로 문지르는 정도의 청소를 행하고, 테라초(terrazzo) 바닥인 학교는 물걸레를 사용하고 있었으며, 이중 진공청소기를 청소도구로 사용하는 학교도 있었다. 이에 따른 측정 장소에 대한 환경 조건을 정리하면 표 1과 같다.

2. 측정항목

학교 교실에서 실내 공기오염 물질의 측정 항목은 대기오염 및 실내 공기오염에서 주요 규제 대상이 되고 있는 CO, CO₂, SO₂, NO₂와 미세먼지(PM₁₀)를 측정항목으로 선정하였다. 실내의 공기오염도를 측정하기 위한 각각의 항목별 측정장치와 분석방법은 측정시 수업의 진행에 따른 방해를 최소화하기 위하여 비교적 소음발생이 적고 분석이 용이한 방법을 선택하여 행하였다.

SO₂(아황산가스)와 NO₂(이산화질소)의 분석은 Kimoto사의 Handy Sampler(Model HS-7)을 사용하여 공기를 포집한 후 아황산 가스는 파라로자닐

Table1. Environmental conditions of sampling sites.

Sampling sites	Classroom persons	Sampling times	Condition of classroom flat surface	method of cooling & heating		condition of footwear	remark
			Cleaning method	winter season	summer season		
J Elementary school classroom	36	09:30~17:00	tile vacuum cleaner	method of central heating system	method of central cooling system	outdoor shoes	classroom area 66m ²
D Elementary school classroom	46	09:30~17:00	floor board wax	stove (chaff coal)	natural ventilation	slipper	
I Boys' middle school classroom	38	09:00~17:30	floor board wax	stove (chaff coal)	natural ventilation	slipper	
S Girls' middle school classroom	45	09:00~17:30	floor board wax	heater	natural ventilation	indoor shoes	
M Girls' high school classroom	54	09:10~17:40	terrazzo dust cloth	stove (chaff coal)	natural ventilation	indoor shoes	
S Boys' high school classroom	45	09:40~17:10	terrazzo dust cloth	heater	natural ventilation	outdoor shoes	

Table 2. Levels of the indoor air pollution in the classrooms at public schools in Suwon.

Sampling sites	measure items					
	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	CO(ppm)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ²⁾	
					winter	summer
J Elementary school classroom	8(20)	23(25)	≤1(1.2)	1600(430)	240	180
D Elementary school classroom	17(26)	17(19)	≤1	2900(520)	303	280
I Boys' middle school classroom	23(22)	43(24)	≤0.5	1200(420)	213	200
S Girls' middle school classroom	32(27)	35(20)	≤0.5	1400(500)	130	110
M Girls' high school classroom	50(30)	21(19)	≤0.5	2300(450)	143	100
S Boys' high school classroom	28(25)	37(28)	≤1	1500(520)	560	420
Average	26(25)	29(23)		1817(473)	265	215
recommendation level ¹⁾	25	15	25	1000	150	

Parentheses are levels of outdoor air pollution at sampling area.

¹⁾ Management law of underground living air quality(1 hour average).

²⁾ Continuance level for 3 hours.

린법(Pararosaniline Method)을 이용하여 분석하였고 이산화질소는 수동살츠만법(Saltzman Method)으로 분석하였다. 미세먼자(PM₁₀)는 Kanomax사, Respirable Aerosol Mass Monitor(Piezobalance, Model 3511)를 이용하여 측정하였다. 이 방법의 원리는 공기 중 부유입자상 물질을 1 l/min의 유량으로 정전식 집진챔버에 흡인하여 수정발진자의 표면에 부착시켜 부착된 입자와 수정발진자의 공진주파수의 비례관계를 이용하여 95%의 효율로 0.10~10 μm 이하의 미세먼자 농도를 측정하는 것이다. PM₁₀은 공기 중에 부유하고 있는 10 μm 이하의 입자를 말하는 미세먼자로서 인체에 호흡에 의하여 들어오는 것으로 호흡성 먼지라고도 한다. 총부유먼지(TSP)와는 별도로 인체에 흡입되어 폐포에 침착될 가능성이 큰 입자영역이다. 단위는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타낸다.

CO(일산화탄소)는 Gastec사제 Model CN-2B의 CO계측기 사용하여 정전위 전해법으로 분석하였다. 정전위 전해법은 가스투과성의 격막을 통해서 전해조 중의 전해질에 확산·흡수된 일산화탄소를 정전위 전해법에 의해서 산화시키고 그때에 생기는 전해 전류를 이용하여 시료 중에 포함된 일산

화탄소의 농도를 구하는 방법이다. CO 계측기는 소형 경량이므로 이동 측정에 적합하다. CO₂(이산화탄소)는 가스택 검지관을 사용한 진공방식 가스채취기를 이용한 검지관 측정법으로 분석하였다.

3. 설문조사

측정대상이 된 교실의 학생을 대상으로 실내공기오염에 대한 설문조사를 하였다. 교실의 실내에서 공기를 오염시키는 원인측면과 공기오염으로 인체에 느끼는 영향측면 및 실내공기오염 개선측면에서 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 가스상물질(SO₂, NO₂, CO₂ 및 CO)의 측정결과

동절기에만 측정된 가스상물질의 측정항목별 실내공기의 평균 오염도를 표 2에 나타내었다. 전체 측정대상 지점의 동절기 평균농도는 SO₂, NO₂ 및 CO₂의 경우 각각 26ppb, 29ppb 및 1817ppm을 보였으며 CO의 경우 전체 측정지점에서 1ppm 미만으로 조사되었다. 여기서 괄호 속의 수치는 측정당

시의 외기에서의 해당항목의 측정치이다. 교실 내의 뚜렷한 발생원이 없는 상황하에서 SO₂, NO₂ 및 CO의 측정치는 실내 측정치가 외기에 비하여 낮은 값을 보였으나 밀폐된 공간에서의 CO₂는 3~5.5배의 높은 값을 나타내었다. 이러한 측정치는 우리 나라 '지하공기질 기준(지하생활공기질 관리법 제3조 관련)'과 비교하여 볼 때 SO₂, NO₂ 및 CO의 경우 상당히 낮은 농도를 보이는 반면 CO₂의 평균농도는 1시간 평균치인 1000ppm을 2배정도 초과하는 것으로 나타났다. 이는 동절기의 밀폐된 공간 속에서 많은 학생과 아울러 난방기구의 사용으로 인한 결과로 사료된다.

그림 1에 측정지점별 SO₂ 및 NO₂의 오염도를 나타내었다. 측정항목별 측정치 결과를 살펴보면 SO₂의 농도는 학교별로 8ppb~50ppb 범위를 나타내었는데 평균적으로 보면 실외 공기중에 포함된 농도값과 거의 같은 값을 나타내었다. 중·고등학교 교실에 비하여 초등학교 교실의 농도수치가 낮았고, 여학교 교실의 값이 남학교 보다 다소 높게 나타나는 경향을 보였다.

특히 M여고의 경우가 가장 높게 나타났으나 이는 측정 당시 난로의 난방시 연료의 불완전연소가 순간적으로 발생하여 생긴 것으로 생각되며 전반적으로는 교실에서의 발생원이 없음을 고려할 때 우려할 정도는 아니라고 사료되었다. CO의 오염도는 학교별 차이가 유의하게 나타나지 않았으며 환경부의 지하공기질기준치인 25ppm에 비하여 아주 낮은 수치를 나타내어 CO에 의한 호흡기 장애는 최소한 학교 교실에서는 없다고 사료된다. 이에 반

하여 CO₂의 오염농도는 모든 학교 교실에서 환경부의 지하공기질기준치인 1000ppm을 초과하여 나타났다. 그림 2에 CO₂ 농도와 측정장소의 학생수를 나타내었다. 학생수가 많을수록 CO₂의 농도가 커짐을 나타내는 상관성을 보이고 있는데 이것은 한정된 공간에서 많은 학생들의 호흡을 통해서 발생하는 CO₂ 농도가 학생수와 성장단계의 연령층에 좌우되는 것으로 추정된다. 학급의 인원이 다소 많은 D초등학교 교실의 CO₂농도는 2900ppm으로 타 학교 교실에 비하여 현저하게 높았다. 그 다음으로 학급당 인원수가 다른 학교교실보다 다소 많은 M여자고등학교 교실에서 높게 나타났다. CO₂의 양이 증가되면 하품과 졸음 등이 유발되어 사고력 저하로 인한 학습능력이 저하되는 경향을 보임으로 수업에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 적당한 환기가 요구됨을 반드시 고려하여야 할 것이다. 난로를 제외한 공조시설로서의 난방시설과 환기시설의 개선으로 CO₂농도를 충분히 낮출 수 있음으로 이에 대한 대책마련이 시급한 것으로 나타났다. 이러한 사항을 종합하여 볼 때 환기시설의 보완을 전제로 할 때 교실 내의 측정대상 가스상 오염물질에 대한 학생들의 인체에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 사료되었다.

2. 미세먼지(PM₁₀)의 측정 결과

본 연구의 교실 내 공기오염물질 측정결과 가장 우려되고 관심이 집중되는 항목은 미세먼지였다. 미세먼지는 그 발생원과 입자크기, 농도 및 성분에 따라 직접적으로 인체에 미치는 영향과 직결되기

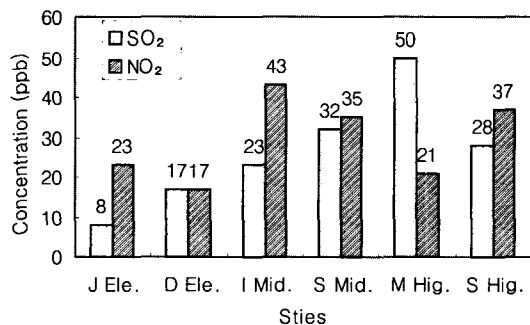


Fig. 1. SO₂ and NO₂ concentrations of wintertime indoor air pollution in the classrooms at public schools in Suwon.

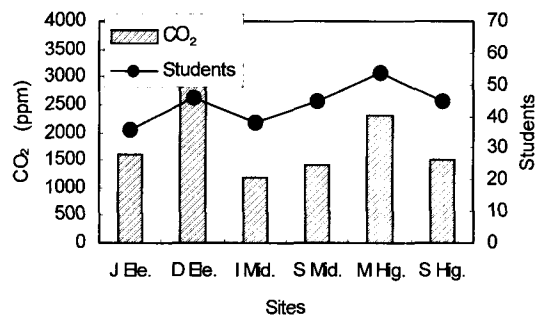


Fig. 2. Wintertime Students and CO₂ concentration by sampling sites.

때문에 매우 중요한 의미를 갖는다⁸⁾. 특히 이번에 측정된 대부분의 미세먼지의 입자크기는 5~10 μm 의 입자들로서 더욱 학생들에게 유해한 것으로 보고되고 있다⁹⁾. 따라서 교실 내 오염물질 중 가장 중요하다고 생각되는 PM₁₀의 측정은 동절기와 하절기를 구분하여 수업시작부터 종료까지 청소시간을 제외하고 5분간의 간격으로 연속 측정을 행하였다. 그 결과를 표 2에 나타내었다. 학생들의 등교 후 학교 교실의 체류시간은 초등학교 평균 5시간, 중학생 평균 6시간 30분, 고등학교 평균 8시간 정도이었으며 농도 측정결과 특징적으로 수업시간 <점심시간 <쉬는 시간 순으로 측정값의 농도가 높게 나타났다. 그림 3은 수원시 초·중·고등학교 교실의 PM₁₀ 농도(3시간 지속평균농도)를 나타낸 것으로 여자학교 교실만 제외하고는 지하공기질기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 높은 수치를 나타내었다. 이 수치는 김윤신 등⁴⁾이 연구한 실내체육관에서의 공기중 PM₁₀ 농도(최저 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~ 최고 310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)와 김민영 등⁵⁾이 연구한 서울지역 지하철역사의 공기 중 PM₁₀ 최대측정치인 243 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 같거나 초과하는 상당히 높은 수준인 것으로 나타나 일부 교실에서의 미세먼지에 대한 노출이 심각한 것으로 나타났다.

구체적으로 살펴보면 실내 공기 중 PM₁₀의 오염도는 중·고등학교 중에서 여학교의 수치가 현저히 낮았고 여학교보다는 초등학교의 농도가 더 높은 경향을 나타내었다. 남학생 교실이 여학생 교실보다 높은 농도를 보이는 것은 여학생들이 남학생들에 비하여 활동성이 그만큼 적기 때문인 것으로 추정된다. 농도가 가장 높게 나타난 학교 교실은 S남자고등학교로서 이 학교는 평소 신고 다니는 실외화를 착용하고 교실에 출입하여 수업을 받는 영향이 큰 것으로 나타났다. 청소용구나 청소방법, 바닥재에 따른 특이성은 나타나지 않았지만 이에 따른 정확한 이유는 이번 연구에서는 발견되지 않아 시간을 두고 좀 더 관찰해야 할 것으로 사료된다. 또한 실내화를 신고 교실로 출입하는 교실일지라도 학교내의 생활규정을 어겨 실내화를 신고 휴이 있는 장소에 이동한 후 교실로 들어오는 경우 PM₁₀ 농도가 증가하는 측정지점도 발견되어 그에 따른 관리문제도 시급하다고 할 것이다.

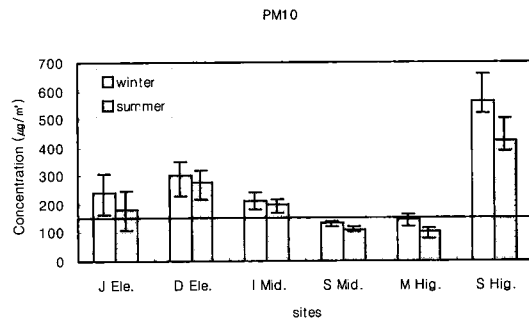


Fig. 3. PM₁₀ concentrations of wintertime and summertime indoor air pollution in the classrooms at public schools in Suwon.

전체적으로 볼 때에도 지하공기질기준을 초과하여 PM₁₀에 대한 대책이 시급한 실정인 바 더욱이 S남자고등학교의 경우 3시간 지속평균농도가 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 지하공기질 24시간 평균치의 3.7배를 상회하는 높은 수치를 나타낸 것은 교실 내에 거주하는 상당시간 학생들의 호흡기로 미세먼지가 침투할 수 있을 가능성이 큰 것으로 사료된다. 특히 PM₁₀은 장기간 호흡시 호흡기 내로 깊숙이 침투하여 폐에 영향⁶⁾을 미침으로 청소년의 건강 보호를 위하여 국가적인 차원에서 대책이 마련되어야 한다고 생각되며 이를 위하여 앞으로 PM_{2.5}의 측정도 병행하여 학교교실에서의 미세먼지 관리를 행하여야 한다고 사료된다.

하절기에 교실의 PM₁₀은 3시간 지속농도가 동절기에 비하여 80% 정도로 낮아짐을 나타내었다. 이는 창문의 잦은 개방으로 대기의 순환이 잘 이루어지는 영향을 반영하였지만 교실 내에서의 학생의 부산한 움직임을 고려해 볼 때 그다지 낮은 편은 아니었다. 이상의 조사에 의한 결과 실내면지의 주 발생원이 학생들의 활동으로 인한 것이 대부분이라고 생각되며 이는 교실 먼지가 주로 학생들의 활동(응답자 중 74.3%) 때문이라고 응답한 설문조사와도 일치하였다. 따라서 교실 내의 환기가 잘 이루어지고 올바른 실내화의 착용과 깨끗한 청소방법을 통한 미세먼지 발생의 저하, 학생들의 미세먼지에 대한 인식전환이 이루어지면 교실 내부에서 발생하는 농도를 충분히 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

3. 설문조사

측정지점의 학생들을 대상으로 실내공기오염에 대한 설문조사를 실시하였다. 이것은 교실의 실내에서 공기를 오염시키는 원인측면과 그 오염으로 인하여 인체에 느끼는 영향측면 및 실내공기오염 개선측면에서 조사하였다. 그러나 실질적으로 조사된 결과는 학생들이 주로 피부로 느끼고 눈으로 확인할 수 있는 먼지에 대한 것만으로 압축되어 진행된 단점이 있었다. 조사결과(응답자수 1,024명) 많은 수의 학생들이 교실에서 가장 먼지가 많다고 느끼는 시간대를 학생들의 움직임이 가장 활발한 쉬는 시간(48.5%)과 점심시간(41.0%)이라고 응답하였다. 그리고 교실에서 가장 직접적으로 느끼고 확인할 수 있는 미세먼지의 오염발생원은 응답자 중 87.8%가 분필가루에 의한 것이라고 조사되어 심리적이든 실질적이든 그 영향이 큼을 알 수 있었다.

학교 실내공기 오염이 자신의 건강에 영향을 미친다고 대답한 학생(91.1%) 중 상당수의 학생이 불쾌감이나 호흡기 질병 등을 느끼는 것으로 나타났으며 이로 인한 병원 진료를 받은 학생들이 10% 정도가 된다고 응답하였다. 이는 구체적으로 나타난 수치이지만 간접적인 영향을 고려할 때 많은 수의 학생이 교실의 실내공기오염으로 인하여 고통을 받고 있음을 알 수 있다. 이러한 사실은 학생들의 학습의욕을 감퇴시키고 집중력을 약화시킬 소지가 다분함을 본 설문조사를 통하여 파악되었다.

학교 교실의 실내공기오염의 주된 발생원이 먼지에 의한 것임으로 이를 제거하는 방안으로 90%의 학생이 환풍기의 설치 및 시각적으로 쉽게 인식할 수 있는 분필의 개선을 도모하는 것이라고 조사되었고 자신들의 불필요한 장난을 통해서 비롯되었음을 나타내었다. 특이한 점은 동절기에 LNG를 사용하여 온풍기로 난방을 하는 학교인 경우 건조한 상태에서 강한 온풍기의 바람으로 인한 먼지발생이 상당하다고 인식함으로써 온풍기의 주기적인 청소 및 관리개선의 필요성이 확인되었다. 또한 본 연구에서 취급하지는 않았지만 학생들의 의복 등에서 상당량 발생 가능한 포름알데히드 농도측정과 다수가 생활하는 공간에서의 병원성 세균에 대한 연구가 미흡했음을 알 수 있어 다음 연

구과제로 남기기로 하였다.

IV. 결 론

본 연구를 통하여 교실 내의 공기를 오염시키는 것은 외부대기의 영향보다는 교실 내에서 발생하는 오염물질의 영향이 크게 작용하는 것으로 나타났다. 특히, 하절기는 미세먼지에 의한 영향이 주된 원인이었고, 동절기에는 학생들의 인원수와 활동성에 직접적으로 영향을 받는 오염원은 CO₂와 미세먼지(PM₁₀)임을 추정할 수 있었다.

모든 측정지점에서 동절기에 이산화탄소의 농도가 환경부의 지하생활공기질 기준을 초과하였는데 이에 따른 환기대책의 필요성이 절실하였고, 미세먼지(PM₁₀)는 3시간 지속평균농도가 지하생활공기질 기준의 1.7~3.7배까지 초과하는 높은 농도를 보여 학생들의 학습의욕을 감퇴시킬 뿐만 아니라 인체의 호흡기관을 비롯한 각종 질환을 일으킬 가능성이 있음을 알 수 있었다. 따라서 한정된 공간에서 많은 수의 학생들이 생활하는 학교교실 공기질 오염의 주 요인인 이산화탄소와 미세먼지에 대한 제어의 필요성이 요구된다.

또한 설문조사결과 교실 내 오염물질에 의한 직·간접적인 건강상의 영향을 입고 있음을 알 수 있었고 분필가루에 대한 심리적·정서적 영향도 심각함을 알 수 있었다. 분필가루에 의한 시각적인 영향은 곧바로 학습의욕 감퇴로 이어질 수 있으므로 분필을 필기구로 사용하는 흑판에 대한 적극적인 개선의 노력도 요구된다고 사료된다.

앞으로 학교교실의 실내공기오염원으로 확인된 미세먼지에 관한 보다 상세한 성분조사와 함께 공공 밀폐공간에서 중요한 의미를 지닌 병원성 세균 및 포름알데히드 등의 농도파악을 비롯한 정확한 교실 내의 오염원 발생원 추적과 관리·제어 기법의 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 동남보건대학의 2001년도 교내 학술연구비의 지원에 의해 연구한 것으로 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Richard A. Wadden, Peter A. Scheff : Indoor Air Pollution, 9-46, 1983
2. 김윤신 : 실내환경과학, 대우학술총서, 11-20, 1994.
3. 환경부 : 지하생활공간공기질관리법, 3판 동화기술, 4-9, 1998.
4. 김윤신, 이종대, 이철민, 윤승옥, 조용성 : 실내 체육관에서의 공기오염에 관한 연구, 한국환경위생학회, 24(2), 32-37, 2000.
5. 김민영, 라승훈, 신도철, 한규문, 최금숙, 정일현 : 서울지역 지하철역의 공기중 오염인자의 노선별 분포특성, 한국환경위생학회, 24(2), 134-144, 1998.
6. 신동천, 이효민, 김종만, 정용 : 일부지역의 실내 대기오염도와 건강에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기보전학회, 6(1), 73-84, 1990.
7. Nation Research Council : Environmental Tobacco Smoke, National Academy Press, Washington D.C., 1981.
8. Steven D. Colome, Norman Y. Kado, Peter Jaques and Michael Kleinmam : Indoor-Outdoor air pollution relations : Particulate matter less than $10\mu\text{m}$ in aerodynamic diameter(PM10) in homes of asthmatics, *Atmos. Environ.*, 26(4), 2173-2178.
9. Owen M. K, Ensor D. S, Sparks L. E : Airborne particle sizes and sources found in indoor air, *Atmos. Environ.*, 26(12), 2149-2162.