

2A3)

학교 실내 환경의 PM₁₀에 관한 연구

A Study of PM₁₀ Concentration of Indoor Environment at School

김점덕 · 손부순 · 양원호¹⁾ · 손종렬²⁾ · 장봉기

순천향대학교 환경보건학과, ¹⁾대구가톨릭대학교 산업보건학과,

²⁾고려대학교 보건대학 환경보건학과

1. 서 론

학생들은 대부분의 시간(7시간~14시간)을 학교와 학원 등 교실 실내에서 생활을 하게 되며 학생들의 경우 활동량이 많아 개인이 흡입하는 호흡량은 많은데 비해 아직 전반적인 면역력이 약해서 오염된 실내공기로 인한 피해가 심할 것으로 생각한다. 특히, 이들이 생활하는 공간인 학교의 실내환경을 쾌적하고 안전하게 만들어 주고, 유지 관리하는 일은 매우 중요한 일이다(EPA, 2002).

본 연구의 목적은 학생들의 신체적 건강관리와 정신적 안정, 학습능률의 향상을 위하여 충남지역 일부 학교의 교실 실내·외 공기를 대상으로 건강에 영향을 줄 가능성이 있는 PM₁₀에 대한 학교 교실 실내·실외 및 개인 노출농도를 측정, 평가하고, 포집된 미세먼지(PM₁₀) 중에 함유된 중금속 성분과 농도를 측정 평가하여, 학교 실내환경에서 미세먼지의 노출 예방대책 수립을 위한 기초 자료를 제공하며, 학생들의 건강관리 교육자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

충남지역의 천안시, 아산시, 당진군내 초등학교 9개 학교와 2개 중학교에서 학교별로 2~4개 교실을 무작위로 선정하여 여름(2003년 6월 22일 ~ 7월 19일)과 겨울(11월 21일 ~ 12월 30일)에 각각 건축한 지 3년 이상 된 교실(이하 구교실이라 칭함) 20개, 건축한지 3년 이내의 교실(이하 신교실이라 칭함) 20개를 선정하여 48시간동안 시료를 포집하여 공기중 미세먼지(PM₁₀)의 양과 미세먼지 중의 중금속 농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

PM₁₀의 실내·실외 및 개인 노출농도는 표 1에 나타낸 것과 같이 개인노출 농도가 51.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 실내(46.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)나 실외(47.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 높게 나타났는데, 이는 교사들이 출퇴근 시간과 집에서 측정기를 착용하였고, 학교 이외의 자택이나 이동 중 더 높은 환경에 노출되었기 때문으로 생각한다. 측정했던 모든 학교가 주거지역에 위치한 관계로 일반도로나 공장지역 보다는 미세먼지의 농도가 낮았다.

Table 1. Measured concentrations($\mu\text{g}/\text{m}^3$) of PM₁₀ in indoor, outdoor and personal exposure.

Sampling site	N	Mean \pm S.D.	Minimum	Maximum
Indoor	73	46.34 \pm 30.49	6.17	135.48
Outdoor	73	47.38 \pm 31.12	4.36	171.42
Personal	73	51.61 \pm 29.98	7.73	149.94
Total	219	48.44 \pm 30.48	4.36	171.42

계절별, 신·구교실별 PM₁₀의 농도비교는 표 2와 같이 신교실은 겨울보다 여름의 분진량이 더 많게 측정되었다. 이는 여름에는 신교실의 공사가 미비되어 운동장에서 각종공사가 많았고, 겨울에는 외부공사가 완료되고 신설학교는 교실 주변이 대부분 포장이 된 관계로 외부 먼지가 더 적게 발생한 것으로 판단된다.

초·중등학교 학생 특성상 쉬는 시간만 되면 교실 앞뒤 출입문을 열고 많이 드나드는 관계로 실내·외 차이가 통계적으로 없었으며, 측정 당시 실외의 습도가 높고, 흐리거나 비오는 날이 많아 금강유역환경청 자료에서 보는 바와 같이 2003년 측정 당시인 7월의 천안지역 미세먼진(PM₁₀) 평균농도가 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 분진의 발생이 적었던 것에 비하여 측정 교실 실외의 분진량이 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 점을 감안해 본다면 학교 실내·외의 분진 발생이 많음을 알 수 있다.

Table 2. Mean concentration($\mu\text{g}/\text{m}^3$) of PM₁₀ of new classes and old classes in summer and winter

Sampling site	No.	Indoor			Outdoor			Personal	I/O*
		Mean \pm S.D.(Median)							
Summer	New class	20	46.71 \pm 26.53(42.02)	50.46 \pm 31.50(49.14)	41.62 \pm 20.86(35.00)			0.93	
	Old class	20	47.29 \pm 31.23(36.91)	51.95 \pm 36.35(43.25)	52.14 \pm 35.49(46.12)			0.91	
Winter	New class	20	39.11 \pm 28.86(31.33)	34.86 \pm 16.46(33.41)	49.01 \pm 18.36(53.18)			1.12	
	Old class	20	52.72 \pm 35.91(37.08)	53.46 \pm 35.42(38.37)	62.25 \pm 38.34(57.46)			0.99	
Total		80	46.34 \pm 30.49(35.14)	47.38 \pm 31.12(40.06)	51.61 \pm 29.98(47.79)			0.98	

* I/O ratio : Indoor/Outdoor

학생들이 어른에 비해 면역력은 약하고, 활동이 활발하여 호흡량이 많은 점을 감안한다면, 교실내의 먼지 발생을 예방하고, 외부에서의 유입을 방지할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다고 생각한다. 그러나 본 연구대상 교실의 경우, 환기 시스템이 전혀 없었고, 자연환기에 의존할 수밖에 없어서 한 학급 35~40명 기준 교실에 1시간 5회 창문을 통한 환기가 되어야하는 실정인데(교육부, 2003), 수업을 방해하는 학교 주변과 교실 상호간의 소음과 황사, 비 등으로 창문을 열 수 없는 외부환경을 갖고 있기 때문에, 교실의 인공적인 환기시설 설치 필요성이 요구된다.

신·구 교실별 중금속 농도는 표 3과 같이 대부분의 중금속이 구교실에서 대체적으로 높았다.

본 연구 결과 연구 대상자들이 실내공기 오염에 의한 건강장해에 대한 이해부족으로, 학교 실내 공기 오염이 학생들에게 건강상의 피해를 줄 가능성을 나타내고 있었다. 따라서 교사와 학생들을 대상으로 실내공기의 중요성에 대한 체계적이고 계획적인 교육이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 3. Measured mean concentration(ng/m^3) of PM₁₀ in new classes and old classes.

Heavy metal	Mean \pm S.D. (Median)		
	New classes (n=107)	Old classes (n=112)	Total (n=219)
Pb	23.27 \pm 30.09 (15.02)	40.04 \pm 46.2 (26.03)	31.84 \pm 39.97 (18.83)
Cd	0.76 \pm 0.66 (0.49)	0.96 \pm 0.60 (0.86)	0.86 \pm 0.64 (0.67)
Cr	96.49 \pm 47.22 (92.72)	99.41 \pm 41.62 (101.72)	97.99 \pm 44.36 (97.91)
Mn	12.54 \pm 8.77 (10.59)	17.05 \pm 10.93 (15.87)	14.85 \pm 10.16 (13.07)
Fe	620.05 \pm 357.66 (562.49)	784.29 \pm 428.34 (736.75)	704.4 \pm 403.1 (645.08)
Ni	17.43 \pm 18.96 (14.26)	19.03 \pm 16.11 (18.88)	18.25 \pm 17.54 (16.88)
As	1.75 \pm 1.55 (1.23)	2.24 \pm 1.87 (1.70)	2.0 \pm 1.73 (1.47)
Ca	147.88 \pm 114.42 (132.38)	259.05 \pm 284.48 (185.70)	205.0 \pm 225.5 (138.64)
Mg	75.08 \pm 60.48 (54.02)	100.27 \pm 76.5 (72.42)	88.02 \pm 70.16 (61.34)
Zn	43.22 \pm 55.25 (24.21)	49.88 \pm 37.09 (42.59)	46.62 \pm 46.86 (34.02)

또한 PM₁₀의 농도 측정 결과는 학교에서의 실내·외 공기 및 개인 농도측정이 주기적으로 실시되어야 함을 강조하고 있는 것으로 판단되며, 모든 교실에 공기질 향상을 위한 환기장치의 필요성이 제기되었다.

참 고 문 헌

- 김영식 : 일부학교 교실내 분진 발생에 관한 연구, 학교보건학회지 110-114, 1999.
- 배운진, 김규한, 전효택, 안주성 : 실내외 환경의 분진 중 중금속 농도-서울시 강서구·양천구 소재의 중학교를 중심으로-, 한국지구과학회지, 19(5): 449-460, 1998.
- 신은상, 최민규, 선우 영, 정용삼 : 서울지역의 PM₁₀ 중 미량원소의 특성 평가, 한국대기환경학회지 2002; 18(5): 363-372.
- 신은상, 김진우 : 수원지역 초 중 고등학교 실내공기오염도에 관한 연구, 대한위생학회지, 17(1): 20-27, 2002.
- 이영길, 백남원 : 중학교 학생들의 분진폭로에 관한 조사연구, 한국환경위생학회지, 13(2): 25-33, 1987.
- EPA : Indoor air Quality(IAQ) Tools For Schools, IAQ Coordinator's Guide, 1-78, 1995.