

중학교 학생들의 분진폭로에 관한 조사연구

이영길·백남원

서울대학교 보건대학원

Student Exposure to Airborne Dusts in Classroom of Middle Schools

Yeong Gil Lee · Nam Won Paik

School of Public Health, Seoul National University

Abstract

This study was carried out to evaluate student exposures to dust in classroom of middle schools. A total of four schools, such as two in an urban and two in a rural area, were selected for this study.

In this study, airborne dust concentrations were measured during a period from July 8 to July 18, 1986. Additional measurements of dust concentrations were conducted from November 4 to 7, 1986 to compare the results by seasonal variation.

The results of this study were as follows.

1. Respirable dust concentrations were measured by both filtration method (C mg/m^3) and Digital Aerosol Monitor (cpm) to calculate an exchange factor K . K - value was 0.159 as follows.

$$K = \frac{C}{cpm} = \frac{2.71}{17.09} = 0.159$$

2. In summer when windows were opened, the concentrations of airborne respirable dusts measured by filter sampling method were 0.54–1.37 mg/m^3 in the morning and 0.79–1.75 mg/m^3 in the afternoon. Thus, higher levels were indicated in the afternoon. Meanwhile, the concentrations of airborne respirable dusts measured in winter were approximately twice as high as those in summer.
3. The highest dust concentrations were determined in School D which is a coeducational school with classroom of concrete floor. Walking roads in School D were not paved and students did not wear indoor-shoes. Dust levels in School D were approximately twice as high as levels in School B. All of the measured dust levels in four schools exceeded Korean Standard for outdoor air, 0.3 mg/m^3 , for 24 hours. Results by Digital Aerosol Monitor indicated that

there was no significant difference in dust levels among grades. The concentration of airborne dusts in the classroom was 1.5–3.0 times higher than that in the hall way. The concentration of airborne dusts during recess was 1.3–1.6 times higher than that during class. In winter, the dust concentrations during clean-up exceeded the permissible exposure limit, 10 mg/m³ (as total dusts), for occupational exposures.

4. The concentrations of total dusts measured in winter were 1.5–2.4 times higher than those of respirable dusts measured simultaneously.

I. 서론

우리나라의 중학교에는 한 반에 약 60여 명의 학생들이 밀집해 있으며 이들은 1년에 200일 이상, 1일 약 8시간씩 학교에서 생활하고 있다. 이들의 건강에 가장 큰 영향을 미칠것으로 생각되는 환경요소는 공기중 분진이라 생각된다. 또한 휴식시간에는 학생들이 실내에서 놀거나 심한 활동을 하게 되므로 더 많은 분진이 공기중으로 비산하게 된다. 본 연구의 목적은 우리나라 일부 중학교 교실내의 공기중 분진농도를 계절별, 시간별, 실내활동별, 도시농촌별 및 기타 여러가지 특성별로 측정하여 분진발생의 추이를 파악하고 중학생들의 분진폭로 예방대책 수립에 귀중한 자료를 제공함에 있다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

본 조사에서는 도시지역과 농촌지역에 있는 중학교를 각각 2학교씩 모두 4개교를 선택하였으며 각 학교의 위치(도시 또는 농촌), 건축연도, 남녀별 및 공학여부, 교실바닥의 구조물, 인근도로 또는 학교내 보도의 상태 등은 Table 1과 같았다.

2. 조사방법

본 조사는 1986년 7월 8일부터 7월 18

일 사이에 학생들이 등교할 때부터 하교할 때까지 창문을 열어놓은 교실에서 분진농도를 측정하였으며 계절적인 차이를 보기 위하여 같은 해 11월 4일부터 7일까지 1개 학교를 대상으로 완전히 창문을 닫은 상태에서의 분진농도를 측정하였다. 여과법에 의한 흡입성분진조사는 각 조사대상 학교에서 4개 교실을 임의로 선정하여 실시하였으며 Digital 분진계에 의한 시간별 분진농도 조사는 각 대상 학교의 전체 교실에서 실시하였다.

1) 교실내 흡입성분진 (respirable dusts)의 측정¹⁾

흡입성분진은 Handy Sampler (nylon cyclone + glass fiber filter)를 이용하여 오전에는 학생들이 등교할때부터 점심시간 전까지 계속 시료를 포집하였으며 오후에는 점심시간부터 학생들이 하교할때까지 계속 포집하였다. 여기서 흡입성분진의 포집 원리는 cyclone으로 대형입자가 먼저 제거되고 미립자만이 여과지에 포집되도록 하는 방법이다. 분석은 중량분석법을 이용하여 실시하였다. 분진을 포집하기 전과 후에 여과지를 25℃ 상태하에서 건조기 (desiccator)로 건조시킨 다음 화학천평으로 무게를 달았다. 중량분석에 의한 분진농도의 계산방법은 다음과 같다.

$$\text{분진농도(mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{포집후 여과지무게(mg)} - \text{포집전 여과지무게(mg)}}{\text{흡입공기량(m}^3\text{)}}$$

Table 1. General characteristics of the schools surveyed

Characteristics	School A	B	C	D
Location	Urban	Urban	Rural	Rural
Construction year	1956	1955	1979	1978
Sex of students	Male	Female	Coeducation	Coeducation
Number of total students	1950	2304	1190	585
Number of classrooms	30	36	17	9
Number of students per class	65	67	70	65
Construction material of floor	Concrete	Wood	Concrete	Concrete
Distance from traffic road	17-45 m	300m	40 m	400 m
Traffic road size	4 lanes	4 lanes	2 lanes	2 lanes
Road (inside school) condition	Paved	Paved	Paved	Not paved
Students footwear in classroom	Not wearing	Wearing	Not wearing	Not wearing
Neighboring area	Residential and business	Residential and business	Field and mountains	Fields and mountains

2) Digital 분진계에 의한 분진의 측정

Digital 분진계는 직접 측정결과를 읽을 수 있는 기기이며, 오전 9시 30분부터 10시 30분사이, 11시 30분부터 12시 30분사이, 13시 30분부터 14시 30분사이 및 청소시간으로 나누어 수업시간과 휴식시간으로 구분해서 교실내 중앙의 책상위와 복도의 중앙에서 일본 Sibata 제품 Digital Aerosol Monitor-5300을 이용하여 분진을 측정하였으며 1분간의 측정치, cpm (count per minute), 으로부터 공기중 분진농도로 환산하였다.

이때 계산에 이용된 식은 다음과 같다.

$$\text{공기중 분진농도 (mg/m}^3\text{)} = \text{cpm} \times \text{분진농도 변환계수 (K)}$$

분진농도변환계수(K)를 구하기 위하여 동일한 장소에서 여과법과 Digital 분진계법을 동시에 사용하여 135분간 분진을 측정하였으며 여과법에 의한 결과(Cmg/m³)를 Dig-

ital 분진계법에 의한 cpm으로 나누어 다음과 같이 K값을 구했다.

$$K = \frac{C}{\text{cpm}}$$

여기서 분진농도 C는 2.71 mg/m³, Digital 분진계에 의한 cpm은 17.09로서 k=0.159였다.

3) 교실내 총분진 (total dusts)의 측정

총분진은 cyclone을 부착하지 않은 Handy Sampler를 가지고 흡입성분진을 측정할 때와 같은 방법으로 측정하였다.

III. 성적 및 고찰

흡입성분진 (respirable dusts)이란 폐에 침착되어 진폐증을 일으킬 수 있는 크기의 분진을 말하며 최근 미국의 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)에서는 직경 3.5 μm ± 0.3 μm

Table 2. Airborne respirable dust concentrations measured by filtration method in classroom with open window in summer

School	Sampled classroom	Dust concentration (mg/m ³)		
		Morning	Afternoon	Mean
A	a	0.93	1.00	0.97
	b	0.56	1.34	0.95
	c	0.72	0.74	0.73
	d	0.69	0.98	0.84
	Mean	0.73	1.02	0.87
B	a	0.56	0.79	0.67
	b	0.37	0.59	0.48
	c	0.81	0.99	0.90
	d	0.61	0.79	0.70
	Mean	0.59	0.79	0.69
C	a	0.64	1.40	1.02
	b	0.36	1.32	0.84
	c	0.53	0.76	0.64
	d	0.64	1.16	0.90
	Mean	0.54	1.16	0.85
D	a	1.47	1.63	1.55
	b	1.39	1.54	1.45
	c	1.22	1.89	1.56
	d	1.16	1.94	1.55
	Mean	1.31	1.75	1.53

Table 3. Comparison of airborne respirable dust concentrations between summer and winter measured by filtration method in classroom of School A

Classroom	Dust concentration (mg/m ³)					
	Summer (open window)			Winter (closed window)		
	Morning	Afternoon	Mean	Morning	Afternoon	Mean
a	0.93	1.00	0.97	0.92	1.91	1.42
b	0.56	1.34	0.95	1.02	1.43	1.23
c	0.72	0.74	0.73	1.33	1.92	1.63
d	0.69	0.98	0.84	1.79	1.82	1.81
Mean	0.73	1.02	0.87	1.27	1.77	1.52

이고 기하표준편차 1.5(±0.1)인 분진이라고
정의를 내렸다²⁾.

본 조사에서 나타난 조사대상 학교의 교실

내 흡입성분진농도를 살펴보면 Table 2에서
보는바와 같이 오전부터 오후까지의 전체평
균농도는 B학교가 0.69 mg/m³으로 가장 낮

있고 D 학교가 1.53 mg/m³으로 가장 높았다. 그리고 오전부터 오후까지의 하루 평균 농도는 A 학교가 0.73~0.97 mg/m³, B 학교가 0.48~0.90 mg/m³, C 학교가 0.64~1.02 mg/m³, D 학교가 1.45~1.56 mg/m³ 이었다. 또 오전과 오후를 비교할 때 오전보다 오후가 1.3~2.2배 높았으며 이는 오후에 더 많은 분진이 축적되어 있기 때문이라고 생각

된다. 한편 겨울철 창문을 닫은 상태에서 조사한 A 학교의 교실내 흡입성분진농도는 1.23~1.81 mg/m³로서 같은 학교의 교실에서 창문을 열어놓았을 때인 여름철에 조사한 농도보다 평균 2배 더 높았다 (Table 3).

이상의 조사결과로 보아 도시학교와 농촌 학교사이에는 유의한 차이가 없음을 알 수 있고 여자학교이고 교실바닥이 목재이고 실

Table 4. Airborne respirable dust concentrations in classroom and hallway measured by Digital Aerosol Monitor in summer by classroom activity, time and grade

School	Grade	Activity	Dust concentration (mg/m ³)							
			9:30-10:30		11:30-12:30		13:30-14:30		Cleaning time	
			Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway
A	1	Recess Class	0.84	0.57	1.07	0.76	1.19	0.75	2.56	1.89
			0.57	0.30	-	-	0.98	0.53	-	-
	2	Recess Class	1.07	0.80	1.26	0.83	1.22	0.80	3.42	2.34
			0.81	0.45	-	-	1.13	0.65	-	-
	3	Recess Class	1.22	0.77	0.81	0.73	1.30	0.83	9.18	6.25
0.87			0.38	-	-	1.23	0.68	-	-	
Mean	Recess Class	1.04	0.71	1.05	0.77	1.24	0.79	5.05	3.49	
		0.75	0.38	-	-	1.11	0.62	-	-	
B	1	Recess Class	0.53	0.33	0.68	0.46	0.91	0.72	1.10	0.65
			0.38	0.29	-	-	0.67	0.59	-	-
	2	Recess Class	0.45	0.37	0.53	0.35	0.75	0.67	1.05	0.64
			0.41	0.30	-	-	0.62	0.49	-	-
	3	Recess Class	0.95	0.59	1.42	1.11	1.46	1.27	1.77	1.29
0.84			0.56	-	-	1.35	1.13	-	-	
Mean	Recess Class	0.64	0.43	0.88	0.64	1.04	0.89	1.31	0.86	
		0.54	0.38	-	-	0.88	0.74	-	-	
C	1	Recess Class	0.60	0.32	0.67	0.35	0.89	0.76	1.19	1.67
			0.40	0.19	-	-	0.75	0.62	-	-
	2	Recess Class	1.15	0.60	0.76	0.60	0.84	0.80	1.97	0.92
			0.70	0.29	-	-	0.62	0.56	-	-
	3	Recess Class	1.51	1.07	0.92	0.75	0.95	0.84	2.73	1.67
0.94			0.56	-	-	0.78	0.60	-	-	
Mean	Recess Class	1.09	0.66	0.78	0.57	0.89	0.80	1.96	1.42	
		0.68	0.35	-	-	0.72	0.59	-	-	
D	1	Recess Class	1.86	1.27	2.34	1.85	2.35	1.91	4.63	4.06
			1.22	0.68	-	-	2.09	1.53	-	-
	2	Recess Class	1.88	1.37	2.37	1.86	2.45	1.98	5.37	4.42
			1.26	0.90	-	-	2.13	1.61	-	-
	3	Recess Class	1.79	1.37	2.10	1.74	2.48	2.09	7.79	6.37
1.22			0.68	-	-	2.16	1.66	-	-	
Mean	Recess Class	1.84	1.34	2.27	1.82	2.43	1.99	5.93	4.95	
		1.23	0.75	-	-	2.13	1.60	-	-	

Table 5. Comparison of dust concentrations in classroom between summer (open window) and winter (closed window) measured by Digital Aerosol Monitor in School A

Grade Activity		Dust concentration (mg/m ³)							
		Summer (Open window)							
		9:30-10:30		11:30-12:30		13:30-14:30		Cleaning time	
		Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway
1	Recess Class	0.84	0.57	1.07	0.76	1.19	0.75	2.56	1.89
		0.57	0.30	—	—	0.98	0.53	—	—
2	Recess Class	1.07	0.80	1.26	0.83	1.22	0.80	3.42	2.34
		0.81	0.45	—	—	1.13	0.65	—	—
3	Recess Class	1.22	0.77	0.81	0.73	1.30	0.83	9.18	6.25
		0.87	0.38	—	—	1.23	0.68	—	—
Mean	Recess Class	1.04	0.71	1.05	0.77	1.24	0.79	5.05	3.49
		0.75	0.38	—	—	1.11	0.62	—	—

Grade Activity		Dust concentration (mg/m ³)							
		Winter (Closed window)							
		9:30-10:30		11:30-12:30		13:30-14:30		Cleaning time	
		Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway	Class-room	Hallway
1	Recess Class	6.92	4.49	7.12	4.17	7.42	4.85	14.50	8.28
		2.31	1.64	—	—	3.32	2.52	—	—
2	Recess Class	5.97	3.86	6.91	3.90	6.14	4.06	16.90	10.40
		1.77	1.23	—	—	2.05	2.61	—	—
3	Recess Class	5.21	3.35	5.57	4.04	5.97	5.01	21.60	8.81
		2.47	1.34	—	—	3.29	2.72	—	—
Mean	Recess Class	6.03	3.90	6.53	4.04	6.51	4.64	17.70	9.16
		2.18	1.40	—	—	2.89	2.62	—	—

내화를 착용하고 비교적 청소를 철저히 하고 있는 B 학교에서 분진농도가 낮음을 알 수 있었다. 그리고 교실바닥은 콘크리트이고 실내화를 착용하지 않고 학교내 보도가 포장되어 있지 않은 D 학교에서 교실내 분진농도가 가장 높게 나타났다.

이러한 결과로 미루어 보아 실내화의 착용이 필요하며 학교내 보도를 포장하여 교실 밖에서 흙먼지가 발생하지 않도록 주의할 필요가 있음을 알 수 있다. 특히 A 학교에서 조사한 여름철과 겨울철의 교실내 흡입성분진농도를 비교하여 봄 때 창문을 닫았을 때가 열었을 때보다 약 2배정도 높았으며

이는 겨울철에도 적당한 환기가 필요함을 보여준다.

Digital 분진계를 이용하여 학년별로 교실과 복도에서 측정한 공기중 분진농도는 Table 4와 같다. Table 4에서 보는 바와 같이 4개 학교 모두 시간의 경과에 따라 분진농도가 연차적으로 증가하다가 청소시간에는 급격히 높아짐을 알 수가 있다. 이러한 변화는 교실내에서 학생들의 활동시간이 길어짐에 따라 공기중 분진도 점점 더 증가하고, 청소시간에는 교실내에 쌓여있던 먼지를 청소도구로 비산시키기 때문이라 생각된다.

따라서 청소시간에는 학생들에게 방진 마

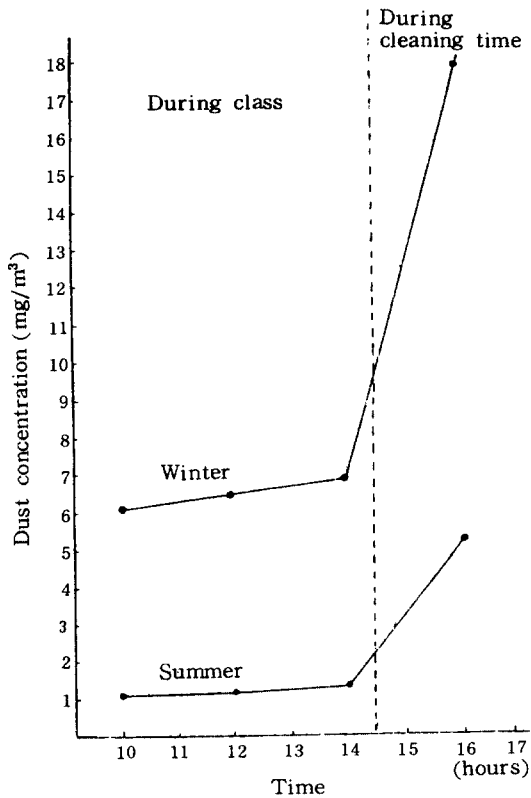


Fig. 1. Comparison of dust concentrations in classroom between summer and winter measured by Digital Aerosol Monitor in School A.

스크를 착용시키고 물청소를 하여 분진의 비산을 예방해야 할 것이다. Digital 분진계에 의한 분진농도 역시 여과법에 의한 흡입성분진 농도에서와 같이 B 학교에서 가장 낮았고 D

학교에서 가장 높았다. 4개 학교 모두 유한 학년별 차이는 없었다. 그리고 교실이 복도보다는 약 1.5~3배 더 높았는데 이것은 좁은 교실내에 많은 학생들이 생활하므로 교실바닥, 벽 그리고 옷과 책 등에서 많은 분진이 발생하고 있으며 후판의 분필에서도 분진이 발생되고 있기 때문이라 생각된다. 한편 휴식시간의 농도가 수업시간의 농도보다 1.3~1.6배정도 더 높았는데 이것은 휴식시간에 학생들의 활동이 더 많기 때문이라 생각된다. 휴식 시간에는 여름철 창문을 열었을 때보다 겨울철 창문을 닫은 상태에서의 농도가 약 6~7배정도 더 높았다(Table 5) (Fig. 1).

이와같은 결과는 비산된 먼지가 여름철 창문을 열은 상태에서는 교실밖으로 배출되나 겨울철 창문을 닫은 상태에서는 배출되지 않기 때문이다. 따라서 겨울철에도 교실내의 적당한 환기가 요망된다.

총분진(total dusts)이란 입자의 크기에 상관없이 여과지(filter paper)에 걸린 모든 분진을 말하는데 겨울철에 조사한 A 학교의 총분진농도를 보면 Table 6에서 보는 바와 같이 오전에는 1.94~2.72 mg/m³ 이었고 오후에는 2.53~2.86 mg/m³ 이었다. 이러한 총분진의 농도는 같은 조건에서 측정된 흡입성분진의 농도보다 1.5~2.4배 높았다(Fig. 2).

Table 6. Comparison of respirable dusts with total dusts in School A measured in winter

Surveyed classroom	Dust concentration (mg/m ³)					
	Respirable dusts			Total dusts		
	Morning	Afternoon	Mean	Morning	Afternoon	Mean
a	0.92	1.91	1.42	1.94	2.86	2.40
b	1.02	1.43	1.23	2.50	2.86	2.68
c	1.33	1.92	1.63	2.33	2.53	2.43
d	1.79	1.82	1.81	2.72	2.82	2.77
Mean	1.27	1.77	1.52	2.37	2.77	2.57

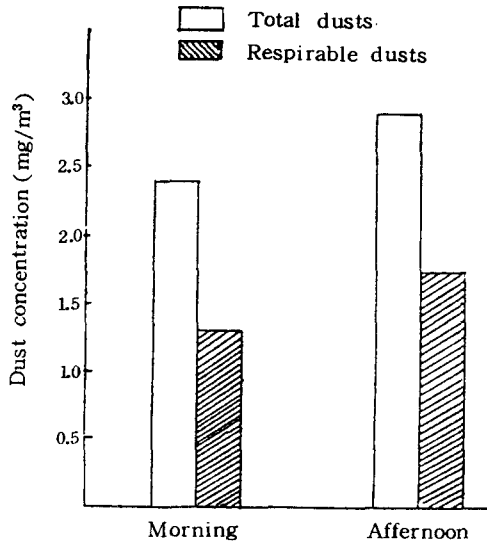


Fig. 2. Comparison of respirable dusts with total dusts in classroom of School A measured in winter.

공기중 분진농도를 규제하고 있는 허용기준에는 두 종류가 있다. 한 가지는 산업장내 근로자들의 건강을 보호하기 위한 허용기준으로서 1일 8시간 폭로를 기준으로 우리나라의 노동부와 미국의 ACGIH에서는 총분진 10 mg/m^3 으로 정하고 있다^{2,3)}. 다른 한 가지는 일반 대중의 건강을 보호하기 위한 기준으로서 일반적으로 건물밖의 농도를 규정하고 있다. 우리나라 환경청에서는 총분진으로서 연간평균치를 $150\ \mu\text{g/m}^3$ (0.15 mg/m^3)으로, 24시간 평균치는 $300\ \mu\text{g/m}^3$ (0.3 mg/m^3)으로서 연간 3회이상 초과하지 못하도록 규제하고 있으며⁴⁾ U. S. EPA (Environmental Protection Agency)에서는 공중보건을 위한 허용기준(National Ambient Air Quality Standards)에서 1차 기준으로서 총분진 연기하평균치 $75\ \mu\text{g/m}^3$ (0.075 mg/m^3), 1일(24시간) 평균치 $260\ \mu\text{g/m}^3$ (0.26 mg/m^3), 연 1회이상 초과하지 말것)을 정하고 있다⁵⁾

본 조사대상은 중학생들이므로 성인 근로자들을 위한 산업보건기준을 적용시킬 수 없고 이 보다는 일반대중을 위한 대기오염 허용기준을 적용시키는 것이 타당하다고 본다. 이렇게 볼 때 본 조사성적은 전체적으로 미국 EPA의 기준은 물론 우리나라 환경청의 기준도 훨씬 초과하고 있었으며, 수업시간과 휴식시간에는 산업보건기준에는 미달하고 있었으나 겨울철 청소시간에는 분진농도가 극심하게 높아서 산업보건 기준인 10 mg/m^3 까지도 초과하고 있었다.

IV. 결론 및 건의

우리나라 중학교 학생들의 분진폭로 실태를 조사하기 위하여 도시지역과 농촌지역에서 각 2개 중학교를 선택하여 교실내의 분진농도를 계절별, 시간별, 학생들의 실내활동강도별로 측정하였다. 조사기간은 1986년 7월 8일부터 7월 18일까지(여름철) 및 같은 해 11월 4일부터 11월 7일까지(겨울철)였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 여파지를 이용한 흡입성 분진측정법(농도, C mg/m^3)과 Digital Aerosol Monitor를 이용한 직접법(cpm : count per minute)을 상호 비교해 본 결과 변환계수(K)는

$$K = \frac{C}{\text{cpm}} = \frac{2.71}{17.09} = 0.159\text{였다.}$$

2. 여파법을 이용하여 측정한 성적을 보면 오전($0.54\sim 1.37\text{ mg/m}^3$)보다 오후($0.79\sim 1.75\text{ mg/m}^3$)가 높았고 여름철보다 겨울철이 약 2배 높았다.

또한 분진농도가 가장 낮은 곳은 B중학교로서 여학교였고, 교실바닥은 나무로 되어 있었다. 분진농도가 가장 높은 곳은 D중학교로서 남여공학이고 콘크리트 바닥이고 학교내의 보도가 포장되어 있지 않았고 학생

들이 실내화를 신고 다니지 않는 곳이었다. D중학교의 분진농도는 B중학교의 농도의약 2배를 초과하고 있었다. 모든 측정치는 우리나라의 대기오염방지를 위한 총분진 허용농도 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ (24시간 평균치)을 초과하였다.

3. 교실내 분진농도를 학년별, 시간별, 장소별(교실과 복도) 및 학생 활동별(수업, 휴식, 청소)로 Digital Aerosol Monitor를 사용하여 측정하였다. 측정된 분진농도는 학년별로 유의한 차이가 없었고 수업시간 보다는 휴식시간에 높았고(1.3~1.6배), 복도보다는 교실내에서 높았으며(약 1.5~3.0배) 청소시간에 가장 높아서 겨울철에는 우리나라 산업장내의 총분진허용농도인 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 을 초과하였다.

4. 총분진농도와 흡입성분진농도의 상호관계를 알아보기 위하여 A중학교에서 총분진농도를 측정해 본 결과, 총분진농도는 흡입성분진농도의 1.5~2.4배였다.

이상의 결과에서 본 바와같이 우리나라의 중학생들은 휴식시간은 물론 수업시간에도 일 반대증을 위한 허용기준을 초과하고 있었고 특히 청소시간에는 근로자를 위한 허용기준 까지도 초과하는 분진농도에 폭로되어 있음을 알 수 있었으며 이에 대한 대책으로 다음 3가지를 권장한다.

1. 청소는 분진의 비산을 억제하기 위하여 물을 뿌리면서 실시하고 청소시에는 방진 마스크를 착용토록 한다.

2. 학생들에게 보건교육을 실시하여 교실내에서 분진발생을 예방하는데 협조하도록 한다.

3. 겨울철에도 창문을 통하여 가끔 환기를 시킨다.

參 考 文 獻

1. 노동부 : 작업환경측정방법, 노동부 고시 제 86-46 호, 노동부(1986).
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : TLVs[®] Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-1988, ACGIH, Ohio (1987).
3. 노동부 : 유해물질의 허용농도, 작업환경관계자료, 노동부 고시 제 86-45 호, 노동부 (1986).
4. 환경청 : 환경보전, 환경청, p. 200, 1986.
5. Council on Environmental Quality: 15th Annual Report of the Council on Environmental Quality, p. 12, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1984.