

서울시 지하철 구내의 공기중 분진 농도에 관한 연구

백남원 · 박두용 · 장익선 · 신용철 · 이정인

서울대학교 보건대학원 환경보건학과 산업보건학교실

A Study on Airborne Dust and Asbestos Concentrations in Subway Stations in Seoul Area

N.W. Paik · D.Y. Park · I.S. Chang · Y.C. Shin · J.I. Lee

*Division of Industrial Health, Department of Environmental Health,
School of Public Health, Seoul National University, Seoul, Korea*

Abstract

Airborne dust and asbestos fiber concentrations were determined in subway stations located in Seoul area. Two stations, such as Eulchiro 4-Ka Station of Line #2, constructed during a period of 1980–1984 and Hyehwa Station of Line #4, opened in 1985, were selected.

The results of the study are as follows.

1. Daily time-weighted average (TWA) concentrations of airborne dusts from 07:00 to 20:00 hours in Line #2 and Line #4 were $0.43 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$ and $0.37 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$, respectively. Thus, the dust levels in Line #2 were significantly higher than the levels in Line #4 ($p < 0.05$).
2. Dust levels in the morning (07:00–11:00 hours), noon (11:00–16:00 hours) and in the evening (16:00–20:00 hours) in Line #2 were $0.47 \pm 0.17 \text{ mg/m}^3$, $0.37 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$, and $0.46 \pm 0.07 \text{ mg/m}^3$ respectively. Thus, dust levels in the morning and evening (i.e., during rush hours) were significantly higher than levels in the noon ($p < 0.02$). However, there was no such difference in dust levels by time in Line #4.
3. Airborne total dust concentrations were well below the occupational health standard of 10 mg/m^3 , however, the levels were exceeding the ambient air standard recommended by

* 이 논문은 1987년도 문교부 자유 공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

the Korean Environment Administration.

4. All of airborne asbestos fiber concentrations were equal to or below 0.005 fibers/cc. The levels are within both occupational health standards and U.S. EPA criteria.
5. A consideration should be given to the improvements of cleaning methods (such as use of vacuum cleaning instead of brushing) and the existing ventilation (such as more air change and filtration of supply air) for a reduction of dust levels.
6. It is recommended that routine monitoring of airborne dusts and asbestos fibers be conducted because more dusts and asbestos fibers can be produced in the air due to the deterioration of facilities by age and water damage in future.

I. 서 론

1974년 서울시 지하철 1호선이 개통된 이후 1985년까지 지하철 2호선, 3호선 및 4호선이 개통되었고 또한 앞으로 더욱 지하철이 연장될 계획이므로 오늘날 지하철은 서울의 교통수단 중 가장 중요한 대중 교통 수단의 하나로 대두되었다. 그러므로 지하철역과 지하철 열차내의 공기 오염은 국민 보건과 밀접한 관계가 있으며, 산업장과는 달리 지하철을 이용하는 사람들은 어린이와 노인을 포함한 일반 대중이므로 공기오염에 의한 건강장해의 위험성은 더욱 높다.

본 연구에서는 지하철역 구내의 공기 오염도를 평가하기 위하여 총 분진 농도를 측정하였고 또한 분진중에 함유되어 있는 석면 섬유 농도를 분석하였다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

서울시내 지하철 중에서 설치된 후 비교적 오랜기간(약 8년)이 경과된 2호선과 최근 설치된 4호선에서 각각 을지로 4가역과 혜화역

을 선택하여 공기중 총 분진농도와 석면 섬유 농도를 측정하였다. 측정기간은 1988년 1월 27일부터 6월 12일까지였으며 측정시간은 오전 7시부터 오후 8시까지였고 또한 1일중 시간대에 따른 변동을 보기 위하여 오전(오전 7시~11시), 낮(오전 11시~오후 4시) 및 오후시간(오후 4시~오후 8시) 등으로 구분하여 측정하였다.

2. 조사방법

1) 각 지하철역의 환기시설과 건축 재료조사¹⁻³⁾

서울특별시 지하철 공사에서 제공한 자료를 통하여 현재 각 지하철 역과 터널의 환기시설과 환기량을 조사하였고 또한 조사대상 지하철역의 건축 내장공사 설계도를 통하여, 바닥, 걸레받이, 벽 및 천정의 표면에 사용된 각종 재료를 조사하였다.

2) 공기중 총 분진과 석면 섬유농도 측정

측정위치는 역구내 지하철 승강장의 한쪽 끝이었고 시료채취 높이는 노동부의 작업환경 측정 공정시험법에 따라 바닥면으로부터 1.2~1.5 m로 하였다.⁴⁾

시료는 37mm, 0.8 μ m pore, mixed cellulose ester membrane filter(Millipore

Type AA)에 open face 로 채취하였으며 흡인 pump 로는 Cole - Parmer 회사제품 Dual Head Air Cadet 와 Gilian 회사제품 Model HFS 를 이용하였고 각각 공기 흡입속도 9.6l/분과 3l/분으로 하였다. 총 분진농도는 중량 분석법에 의하여 측정하였고 천칭으로는 독일 Sartorius 회사제품 Model 2004 MP 62 를 이용하였다. 공기중 석면 섬유농도는 미국 노동성 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 과 국립산업안전 보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 에서 추천하는 공정시험법 “NIOSH 7400” 방법 에 의하여 측정하였으며,^{5,6)} 이 방법의 개요는 다음과 같다. 먼저 시료를 acetone/triacetin 으로 투명화시킨 후 위상차 현미경(Austria, Reichert 회사제품 Biovar)에 Walton-Beckett eyepiece graticule 을 부착하여 약 400 배로 확대하여 관찰하였으며 섬유 의 길이 가 5 μ m 이상이고 길이와 직경의 비가 3:1이

상인 섬유만 계수하였다.⁶⁾

Ⅲ. 조사성적 및 고찰

1. 지하철 환기시설의 개요

1) 지하철역의 환기

서울시에는 총 84 개소의 지하철역이 있으며, 각 역에서의 환기량은 $60\text{m}^3/\text{시간} \cdot \text{m}^2$ 이고 본선에서의 환기량은 14~15 회/시간으로서 미국과 일본의 지하철 환기량을 기준으로 설계하였다. 각 지하철역의 환기시설 규모는 송풍기 16 대, 공기 조화기 4 대, 공기덕트 2,600 m (역길이 205 m 의 13 배)이고, 지하철역당 환기량은 $360,000\text{m}^3/\text{시간}$ 이다.

지하철역의 대합실층과 승강장층에서의 환기시설을 보면 Fig. 1 과 같다.

2) 터널의 환기

터널에서는 피스톤식 자연환기와 기계환기식 강제환기로 구성되어 있으며 Fig. 2 에서 보는 바와 같다.

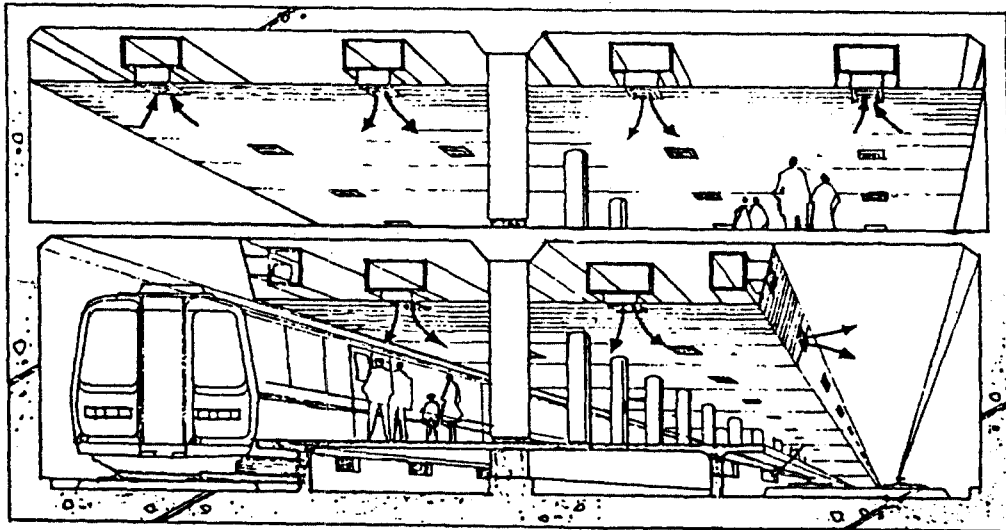


Fig. 1. Ventilation system in subway station.

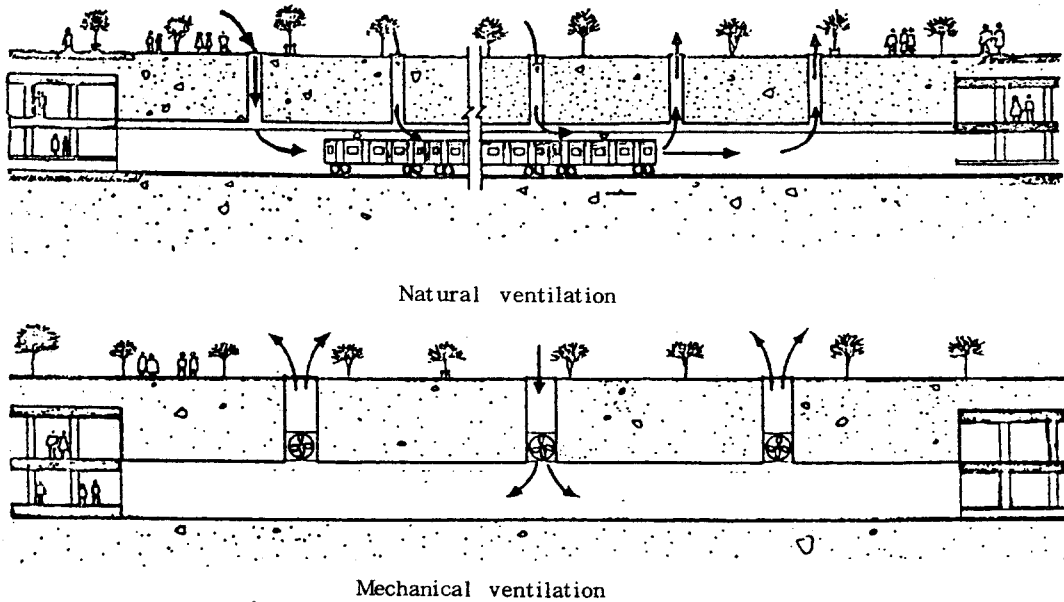


Fig. 2. Ventilation system in subway tunnel.

Table 1. Construction materials used for floor, wall and ceiling of subway line # 2. Eulchiro 4-ka station²⁾

	Floor	Wall	Ceiling
Upper Floor	화강석 비닐석면 타일	화강석 스프레이 타일 자기질 타일 비닐굽 도리	그라스 울 밤 라이트 위 스프레이 타일 퍼라이트 스프레이
Lower Floor (Train Level)	비닐석면 타일 자기질 타일	자기질 타일 흡음 텍스 천연 슬레이트 비닐굽 도리	그라스 울 브레이즈 쉘드

2. 지하철역 건설에 사용된 재료

지하철 2호선 을지로 4가역과 4호선 혜화역의 건설시 바닥, 걸레받이, 벽 및 천정 표면에 사용된 물질은 Table 1과 2와 같고, 파이프 보온용으로 사용된 물질은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 각각 크리스 화이버와 압면이다.

위와 같이 지하철에는 유리섬유와 압면이 많

이 사용되었고 또한 석면이 포함된 물질도 사용되었다. 나무라이트와 밤 라이트는 석면 시멘트 판이다.” 그러므로 본 연구에서는 지하철역에서의 공기중 분진농도와 석면을 포함한 섬유농도를 측정하였다.

3. 공기중 총 분진농도

1) 1일 평균 공기중 총 분진농도

Table 2. Construction materials used for floor, wall and ceiling of subway line # 4, Hyeonha station³⁾

	Floor	Wall	Ceiling
Upper Floor	화강석	조합페인트	유공 나무라이트
	비닐석면 타일	에멀존 페인트	무공 나무라이트
	자기질 타일	자기질 타일	
	테라즈 타일	천연 슬레이트	
Lower Floor (Train Level)	화강석	에멀존 페인트	유공 나무라이트 위
	비닐석면 타일	내산 페인트	암면 살포
		유공 나무라이트	
		암 면	
		자기질 타일	
		노출 콘크리트	

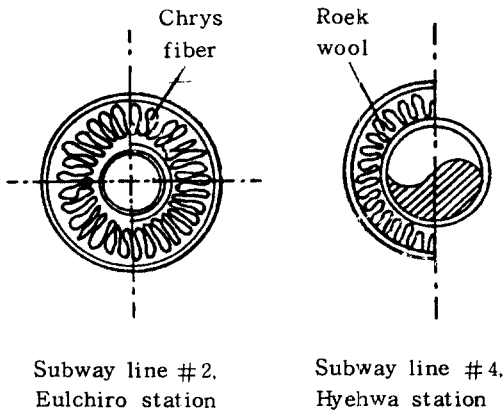


Fig. 3. Pipe insulation materials in subway station.

일반 대중이 지하철을 주로 이용하는 오전 7시부터 오후 8시까지 총 분진농도를 측정 한 결과 1일 평균치는 Table 3 및 Fig.4와 같다. 2호선 을지로 4가역과 4호선 혜화역에서의 평균 총 분진농도는 각각 $0.43 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$ 과 $0.37 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$ 으로서 2호선의 농도가 4호선의 농도보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 이는 2호선의 시설이 4호선보다 더

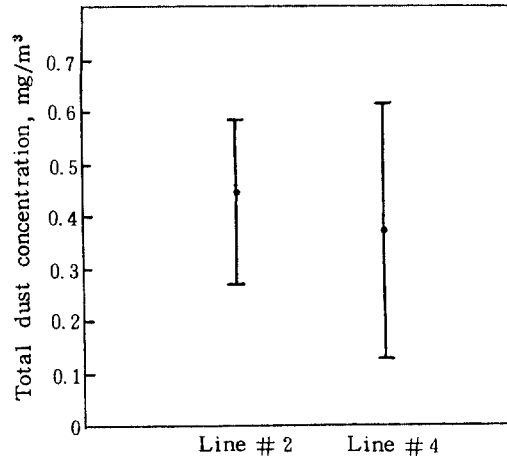


Fig. 4. Airborne concentration of total dusts in subway lines # 2 and # 4.

노후하였으므로 분진발생이 용이하기 때문인 것으로 생각된다.

지하철역에서의 분진발생원으로는 지하철을 이용하는 사람, 지하철 시설물 및 오염된 외부 공기 등을 들 수 있으며, 이중 가장 중요한 오염원은 시설물이다. 시설물로는 바닥, 벽, 천정, 및 파이프 보온용 피복 물질 등을 들 수 있으며 이러한 물질들은 노후하든가 또는 누수등에 의

Table 3. Airborne concentrations of total dusts measured in subway stations

Line # 2, Eulchiro Station			Line # 4, Hyeхва Station		
Date	Air Volume l	Dust Concentration mg/m ³	Date	Air Volume l	Dust Concentration mg/m ³
4. 12	3149	0. 44	4. 12	1028	0. 40
4. 13	5060	0. 42	4. 13	2089	0. 55
4. 14	5616	0. 41	4. 14	2259	0. 42
4. 15	5453	0. 42	4. 15	2359	0. 35
4. 16	5050	0. 53	4. 16	2220	0. 48
4. 17	5453	0. 37	4. 17	2019	0. 43
4. 18	5654	0. 44	4. 18	1760	0. 56
4. 19	5722	0. 44	4. 19	2101	0. 42
4. 20	5875	0. 45	4. 20	1903	0. 44
4. 21	5875	0. 51	4. 21	2064	0. 71
4. 22	5875	0. 34	4. 22	1940	0. 05
4. 23	5875	0. 55	4. 23	1781	0. 44
4. 25	5875	0. 39	4. 25	2064	0. 41
4. 27	5875	0. 39	4. 27	1961	0. 26
4. 28	5875	0. 43	5. 03	5875	0. 28
4. 29	5875	0. 38	5. 04	5875	0. 39
5. 10	1708	0. 42	5. 06	5875	0. 41
5. 11	1758	0. 37	5. 09	5875	0. 28
5. 12	1918	0. 38	5. 10	7373	0. 23
5. 13	1906	0. 32	5. 11	5875	0. 29
5. 16	1937	0. 58	5. 12	5875	0. 30
5. 18	2199	0. 45	5. 13	5875	0. 27
5. 19	2142	0. 41	5. 16	5875	0. 40
5. 20	1701	0. 53	5. 18	5875	0. 40
5. 25	2063	0. 32	5. 19	5875	0. 39
5. 26	1859	0. 33	5. 20	5875	0. 42
6. 07	1748	0. 41	5. 26	5875	0. 34
6. 08	1764	0. 27	6. 07	5875	0. 24
6. 09	1823	0. 50	6. 08	5875	0. 27
6. 10	1796	0. 50	6. 09	5875	0. 36
6. 11	1822	0. 58	6. 10	5875	0. 30
6. 12	1864	0. 40	—	—	—
Average		0. 43 ± 0. 08 (n = 32)	Average		0. 37 ± 0. 12 (n = 31)

해 물기가 있으면 더욱 용이하게 분진이 발생된다. 1974년에 처음으로 건설된 지하철 1호선에서 1981년에 측정된 총 분진 농도는 2호

선에서의 농도보다 훨씬 높아서 평균 0.95 mg/m³이었다.⁸⁾ 1985년 이동⁹⁾이 조사한 결과에 의하면 서울역, 신설동 및 시청역에서의 평

균 총 분진농도는 0.21 mg/m³ 으로서 본조사 성적보다 낮은 값을 보였다.

2) 시간대별로 본 공기중 총 분진농도

지하철 2호선과 4호선에서 시간대별로 오전(오전 7시~오전 11시), 낮(오전 11시~오후 4시) 및 오후(오후 4시~오후 8시)로 구분하여 측정된 공기중 총 분진농도는 Table 4 및 Table 5 와 같다. Table 4와 Fig. 5에서 보는바와 같이 2호선 을지로 4가역에서의 총 분진농도는 오전, 낮 및 오후에 각각 평균 0.47 ± 0.17mg/m³, 0.37 ± 0.08mg/m³ 및 0.46 ± 0.07mg/m³ 로써 낮의 농도보다 출퇴근 시간이 포함된 오전과 오후에 높은 농도를 나타냈다.

위와 같이 시간대별로 구분한 측정치를 통계학적으로 분석하여 본 결과 오전과 낮의 농도 사이에는 p < 0.02 (단, 4월 22일의 자료는 예외 값으로서 기각하였음)였고, 낮과 오후의 농도사이에는 p < 0.01 로써 모두 유의한 차이를 보였다. 한편 Table 5에서 보는 바와 같이 지하철 4호선 혜화역에서는 시간대별 농도에 있어서 유의한 차이를 볼 수 없었다.

공기중 분진농도를 규제하고 있는 허용기준에는 두 종류가 있다. 한 가지는 산업장내 근로자들의 건강을 보호하기 위한 허용기준으로서 1일 8시간 폭로를 기준으로 하였으며 우리나라 노동부¹⁰⁾와 미국 정부산업위생 전문가협의회(American Conference of Gove-

Table 4. Airborne concentration of total dusts by time in subway line # 2, Eulchiro station

Date	Total Dust Concentration, mg/m ³		
	Morning	Noon	Evening
4. 12	—	0. 39	0. 49
4. 13	0. 54	0. 27	0. 46
4. 14	0. 63	0. 18	0. 43
4. 15	0. 37	0. 49	0. 39
4. 16	0. 56	0. 47	0. 55
4. 17	0. 35	0. 39	0. 37
4. 18	0. 45	0. 33	0. 55
4. 19	0. 42	0. 44	0. 47
4. 20	0. 47	0. 32	0. 55
4. 21	0. 67	0. 37	0. 50
4. 22	0. 06	0. 40	0. 55
4. 23	0. 84	0. 39	0. 41
4. 25	0. 40	0. 39	0. 39
4. 27	0. 45	0. 33	0. 39
4. 28	0. 46	0. 45	0. 37
4. 29	0. 36	0. 33	0. 46
Average	0. 47 ± 0. 17 (n = 15)	0. 37 ± 0. 08 (n = 16)	0. 46 ± 0. 07 (n = 16)

Table 5. Airborne concentration of total dusts by time in subway line # 4, Hye-hwa station

Date	Total Dust Concentration, mg/m ³		
	Morning	Noon	Evening
5. 03	0. 26	0. 28	0. 29
5. 04	0. 31	0. 46	—
5. 06	—	0. 54	0. 28
5. 09	0. 32	0. 22	0. 29
5. 10	0. 34	0. 18	0. 17
5. 11	0. 29	0. 32	0. 25
5. 12	0. 41	0. 23	0. 27
5. 13	0. 32	0. 16	0. 33
5. 16	0. 41	0. 54	0. 26
5. 18	0. 46	0. 34	0. 39
5. 19	0. 39	0. 39	0. 40
5. 20	0. 49	0. 37	0. 39
5. 26	0. 33	0. 32	0. 36
6. 07	0. 18	0. 27	0. 28
6. 08	0. 29	0. 18	0. 34
6. 09	0. 34	0. 37	0. 38
6. 10	0. 29	0. 31	0. 29
Average	0. 34 ± 0. 08 (n = 16)	0. 32 ± 0. 12 (n = 17)	0. 31 ± 0. 06 (n = 16)

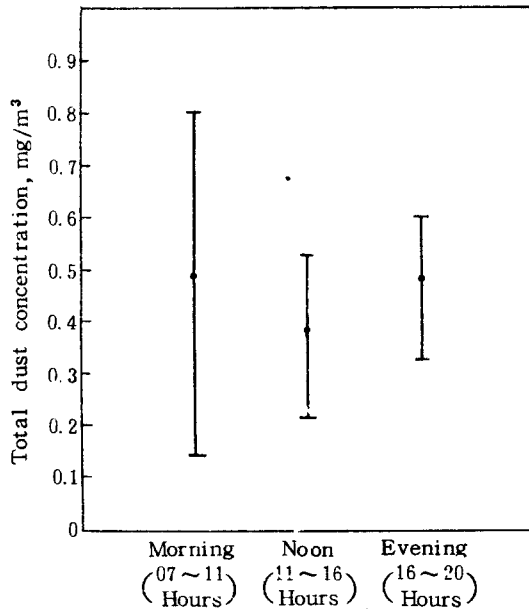


Fig. 5. Airborne concentration of total dusts by time in line #2.

Environmental Industrial Hygienists, ACGIH)¹¹⁾에서는 총분진 농도 10 mg/m^3 으로 정하고 있다.

다른 한가지는 일반 대중의 건강을 보호하기 위한 기준으로서 건물이나 산업장 밖의 농도를 규정하고 있다. 우리나라 환경청에서는 총 분진으로서 연간 평균치를 0.15 mg/m^3 으로, 24시간 평균치는 0.30 mg/m^3 으로서 연간 3회이상 초과하지 못하도록 규제하고 있으며¹²⁾, 미국환경보호청(U. S. Environmental Protection Agency, EPA)에서는 공중보건을 위한 허용기준(National Ambient Air Quality Standards)에서 1차 기준으로서 총 분진 연기하 평균치 0.075 mg/m^3 및 1일(24시간) 평균치 0.26 mg/m^3 (연 1회이상 초과하지 말 것)을 정하고 있다.¹³⁾

건물내의 분진농도에 관한 기준이 우리나라에는 설정되어 있지 않으나 일본에는 보통 실

내공기시험 성적 판정기준¹⁴⁾으로 제시되고 있다. 이 기준에 의하면 분진의 오염정도에 따라 실내공기를 A급(0.09 mg/m^3 미만), B급($0.1 \sim 0.29 \text{ mg/m}^3$), C급($0.3 \sim 0.9 \text{ mg/m}^3$), D급($1 \sim 1.9 \text{ mg/m}^3$) 및 E급(2 mg/m^3 이상)으로 구분하고 C급까지는 허용하고 있으며 E급은 부적합하다고 판정한다.

Table 3~Table 5에서 보는바와 같이 지하철 공기중의 총 분진농도는 노동부 산업보건 기준보다는 훨씬 낮았으나 환경청의 대기오염에 대한 기준보다는 높았다. 그러나 지하철에 대해서 건물밖의 허용기준을 직접 적용하기는 곤란하다고 보며, 일본의 실내공기 판정기준을 적용할때 C급에 속한다고 본다.

4. 공기중 석면 섬유농도

지하철 2호선 을지로 4가역과 4호선 혜화역의 건설에 사용된 재료는 Table 1, Table 2 및 Fig. 3에 열거된 바와 같다. 위에 열거한 각종 재료를 살펴보면 석면을 포함한 재료가 있음을 알수 있고 이러한 물질로부터 미량이나마 공기중으로 석면이 비산될 가능성이 있다. 그러므로 본 조사에서는 미량의 공기중 석면 섬유농도를 정확히 측정하고 측정감도를 높이기 위하여 시료채취시 많은 양의 공기를 채취하였다. 2호선과 4호선에서 1일 평균 공기중 석면 섬유 농도를 보면 Table 6과 같고 농도를 시간대별로 보면 Table 7 및 Table 8과 같다.

이상의 결과를 통계학적으로 분석해 본 결과 2호선과 4호선에서의 1일 평균 석면 농도사이에는 유의한 차이를 볼 수 없었고 또한 시간대별 농도에도 유의한 차이가 없었다. 전체적으로 석면 섬유농도가 매우 낮았고 통계학적으로 유의한 차이를 나타낼수 있는 변수가 없었다.

1일 평균 석면 섬유농도는 지하철 2호선과

Table 6. Airborne fiber concentrations in subway lines # 2 and # 4

Subway Line # 2, Eulchiro Station			Subway Line # 4, Hyehwa Station		
Date	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc	Date	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc
4. 08	5338	0. 002	4. 06	1930	0. 002
4. 12	3149	0. 003	4. 07	1383	0. 004
4. 13	5606	0. 002	4. 08	2213	0. 001
4. 14	5616	0. 002	4. 12	1028	0. 004
4. 15	5453	0. 001	4. 13	2089	0. 001
4. 16	5050	0. 002	4. 14	2259	0. 002
4. 17	5453	0. 002	4. 15	2359	0. 002
4. 18	5654	0. 003	4. 16	2220	0. 003
4. 19	5721	0. 004	4. 17	2019	0. 002
4. 20	5875	0. 002	4. 18	1760	0. 001
4. 21	5875	0. 002	4. 19	2101	0. 002
4. 22	5875	0. 003	4. 20	1903	0. 002
4. 23	5875	0. 003	4. 21	2064	0. 002
4. 25	5875	0. 002	4. 22	1940	0. 001
4. 27	5875	0. 002	4. 23	1781	0. 003
4. 28	5875	0. 003	4. 25	2064	0. 002
4. 29	5875	0. 003	4. 27	1961	0. 003
5. 10	1708	0. 002	5. 03	5875	0. 001
5. 11	1758	0. 002	5. 04	5875	0. 002
5. 12	1918	0. 001	5. 06	5875	0. 003
5. 13	1906	0. 001	5. 09	5875	0. 001
5. 16	1937	0. 002	5. 10	7373	0. 002
5. 18	2199	0. 003	5. 11	5875	0. 002
5. 19	2142	0. 001	5. 12	5875	0. 003
5. 20	1701	0. 001	5. 13	5875	0. 002
5. 25	2063	0. 001	5. 16	5875	0. 003
5. 26	1859	0. 001	5. 18	5875	0. 002
6. 07	1748	0. 001	5. 19	5875	0. 003
6. 08	1764	0. 002	5. 20	5875	0. 002
6. 09	1823	0. 001	5. 26	5875	0. 002
6. 10	1796	0. 002	6. 07	5875	0. 003
6. 11	1822	0. 002	6. 08	5875	0. 002
6. 12	1864	0. 002	6. 09	5875	0. 003
			6. 10	5875	0. 002
Average	0. 0020 ± 0. 0008 (n = 33)		Average	0. 0022 ± 0. 0008 (n = 34)	

Table 7. Airborne fiber concentrations by time in subway lines Eulchiro station # 2.

Date	Morning		Noon		Evening	
	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc
4. 08	1680	0. 001	1805	0. 003	1853	0. 002
4. 12	—	—	1901	0. 003	1248	0. 002
4. 13	1747	0. 002	2074	0. 001	1786	0. 003
4. 14	1805	0. 001	1805	0. 002	2006	0. 003
4. 15	1607	0. 002	1555	0. 001	2227	0. 001
4. 16	1594	0. 001	1757	0. 001	1699	0. 003
4. 17	1718	0. 001	1930	0. 002	1805	0. 002
4. 18	1459	0. 004	1891	0. 002	2304	0. 002
4. 19	2390	0. 003	1834	0. 003	1498	0. 005
4. 20	1958	0. 003	1958	0. 001	1958	0. 003
4. 21	1958	0. 002	1958	0. 003	1958	0. 001
4. 22	1958	0. 002	1958	0. 005	1958	0. 003
4. 23	1958	0. 003	1958	0. 002	1958	0. 003
4. 25	1958	0. 003	1958	0. 001	1958	0. 003
4. 27	1958	0. 003	1958	0. 002	1958	0. 002
4. 28	1958	0. 002	1958	0. 002	1958	0. 004
4. 29	1958	0. 004	1958	0. 004	1958	0. 001
Average	0. 0023 ± 0. 0010 (n = 16)		0. 0022 ± 0. 0011 (n = 17)		0. 0025 ± 0. 0011 (n = 17)	

4 호선에서 각각 0.0020 개/cc 와 0.0022 개/cc 였고 가장 높은 값은 2 호선과 4 호선에서 모두 0.004 개/cc 였다. 또한 시간대별로 본 농도는 0.005 개/cc 이하였다. 공기중 석면 농도에 관한 기준으로 근로자의 건강보호를 위한 산업보건기준이 있으며, 우리나라 노동부의 기준은 석면의 종류에 따라 달라서, 크리소틸일(chrysotile), 아모사이트(amosite), 및 크로시도라이트(crocidolite) 등에 대하여 각각 2개/cc, 0.5개/cc 및 0.2개/cc 등으로 규정하고 있다.¹⁰⁾

그러나 일반 대중을 위한 허용기준은 세계 어느 나라에서도 정하지 못하고 있으며 다만 미국의 환경보호청(U. S. EPA)에서는 건물내에 존재하는 석면의 제거 작업에서, 제거작업

을 마치고 청소를 한 후 공기중 석면 농도가 0.01 개/cc 이하가 되도록 권장하고 있다. 본 조사성적은 0.005 개/cc 이하로서 현재 각국에서 규정하고 있는 산업보건기준이나 미국환경보호청의 기준에 모두 미달한다. 그러므로 평상시에는 공기중의 석면 농도가 위험한 수준까지 도달한다고 볼 수 없다. 그러나 앞으로 시설이 노후되고 또한 석면을 포함한 재료를 보수할 경우 예측할 수 없는 농도의 석면이 발생될 가능성이 있으며, 이에 대한 대책으로 정기적인 석면 농도 측정이 요구된다. 석면은 무서운 암(폐암, 중피종)을 일으키는 물질로서 선진국에서는 실내오염 물질중 가장 중요하게 취급하는 물질이다.

Table 8. Airborne fiber concentrations by time in subway line # 4, Hyehe station

Date	Morning		Noon		Evening	
	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc	Air Volume l	Fiber Concentration f/cc
5. 03	1958	0.001	1958	0.001	1958	0.001
5. 04	1958	0.002	1958	0.001	—	—
5. 06	—	—	1958	0.002	1958	0.003
5. 09	1958	0.001	1958	<0.001	1958	0.002
5. 10	3459	<0.001	1958	0.003	1958	0.002
5. 11	1958	<0.001	1958	0.002	1958	0.003
5. 12	1958	0.003	1958	0.003	1958	0.002
5. 13	1958	0.001	1958	0.001	1958	0.004
5. 16	1958	0.002	1958	0.003	1958	0.003
5. 18	1958	0.003	1958	0.002	1958	0.001
5. 19	1958	0.002	1958	0.004	1958	0.002
5. 20	1958	0.002	1958	0.004	1958	0.001
5. 26	1958	0.003	1958	0.002	1958	0.002
6. 07	1958	0.002	1958	0.004	1958	0.004
6. 08	1958	0.002	1958	0.002	1958	0.002
6. 09	1958	0.002	1958	0.003	1958	0.003
6. 10	1958	0.001	1958	0.004	1958	0.002
Average	0.0017 ± 0.0008 (n = 16)		0.0024 ± 0.0011 (n = 17)		0.0023 ± 0.0009 (n = 16)	

IV. 결 론

서울시 지하철 2호선 을지로 4가역과 4호선 혜화역을 대상으로 1988년 1월부터 6월 까지 공기중 총 분진농도와 석면 농도를 측정 한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 1일 평균치로 본 공기중 총 분진농도는 2호선 을지로 4가역에서 $0.43 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$, 4호선 혜화역에서 $0.37 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$ 으로서 2호선에서 높았으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

2. 오전, 낮 및 오후등 시간대별로 2호선에서 본 공기중 총 분진농도는 각각 $0.47 \pm 0.17 \text{ mg/m}^3$, $0.37 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$ 및 $0.46 \pm$

0.07 mg/m^3 으로서 낮에 비해 오전과 오후의 농도가 유의하게 높았다($p < 0.02$). 한편 4호선에서는 오전, 낮 및 오후의 공기중 총 분진농도가 각각 $0.34 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$, $0.32 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$, 및 $0.31 \pm 0.06 \text{ mg/m}^3$ 으로서 시간대별로 유의한 차이를 볼 수 없었다.

3. 2호선과 4호선에서의 공기중 총 분진농도는 노동부 산업보건기준(10 mg/m^3) 보다는 훨씬 낮았으나 환경청 대기기준보다는 높았고 일본의 실내 공기 판정기준에 의하면 C급으로서 적합한 수준이었다.

4. 2호선과 4호선에서 측정 한 공기중 석면 섬유농도는 모두 0.005 개/cc 이하로서 노동부 산업보건기준이나 미국 환경보호청(U.S. EPA)에서 권장하는 기준보다 낮았다.

5. 비록 지하철의 공기중 분진과 석면 섬유농도가 국민 건강을 해칠만큼 위험한 수준에 도달하지는 않았으나, 가능한 방법을 총동원하여 분진과 석면의 발생을 억제하여야 한다. 이를 위해 청소방법(진공청소법 검토)과 환기시설 개선등을 연구 검토하여야 할 것이다. 끝으로 시설이 노후하면 분진 발생이 더욱 용이하므로 정기적으로 분진과 석면 농도를 측정해야 한다.

參考文獻

1. 서울특별시 지하철공사. 지하철 환기시설 현황, 서울, 1987.
2. 서울특별시 지하철 건설본부. 지하철 2호선 을지로 4가역 건축 내장공사 설계도, 서울, 1981.
3. 서울특별시 지하철공사. 지하철 4호선 혜화역 건축 내장공사 설계도, 서울, 1982.
4. 노동부. 작업환경 측정방법, 작업환경 관리 자료 노동부 고시 제 86-46호, 노동부, 1986.
5. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Exposure to Asbestos, Tremolite, Anthophyllite, and Actinolite, CFR Parts 1910 and 1926 Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor, 1986.
6. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Fibers, NIOSH Manual of Analytical Methods, edited by P.M. Eller. 3rd Edition. Vol. 1, DHHS (NIOSH) Publication No. 84-100, NIOSH, U.S. Department of Health and Human Services, 1984.
7. (주) 종합물가정보. 종합물가 정보, 1987년 1월호, 통권 194, 1987.
8. 이규성. 서울시 지하철 1호선 역구내 공기오염도 조사연구, 연세대학교 산업대학원 환경공해 전공 석사학위 논문, 1982.
9. 이민희, 한의정, 원양수, 신찬기, 정해동, 한자경. 지하철환경의 대기오염물질 규제에 관한 조사연구, 국립환경연구소보, 제 7권, pp. 63~74, 1985.
10. 노동부. 유해물질의 허용농도, 작업환경 관계자료, 노동부 고시 제 86-45호, 노동부, 1986.
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). TLVs[®] Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-1988, ACGIH, Ohio, 1987.
12. 환경청. 환경보전, p. 200, 환경청, 1986.
13. Council on Environmental Quality. 15th Annual Report of the Council on Environmental Quality, p. 12, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1984.
14. 일본 약학회편. 위생시험법 주해, 금성출판, 일본, 1980.