

서울 지하철역사의 석면농도에 관한 조사연구

소음진동팀

이동식 · 하광태 · 전재식 · 김동일

A study on the concentration of asbestos at subway in Seoul area

Noise and Vibration Team

Dong-sik Lee, Kwang-tae Ha, Jae-sik Jeon, and Dong-il Kim

Abstract

Recently, asbestos in the air of subway station in Seoul has become one of the environmental problems. To understand normal condition on asbestos pollution, we surveyed concentration of asbestos at thirty six sites of nine subway station in Seoul.

The results were as follows. :

1. The results of measurement on asbestos at nine subway in Seoul area were less than recommendation value for environment of EPA(0.01 *fi/ml*) and standard for industrial spot of OSHA(0.1 *fi/ml*), and average of asbestos at nine subway station is $0.0018 \pm 0.0049 \text{ fi/ml}$
2. The average of asbestos measured at eight subway station of 1st term(line 1~4) is 0.0018 *fi/ml*, maximum is 0.0031 *fi/ml* at ticket office of Dongdaemun station in line 2.
3. The average of asbestos measured at 4 sites for Kwanghwamun station(line 5) of 2nd term(line 5~8) is $0.0014 \pm 0.00011 \text{ fi/ml}$

Key words : asbestos, subway station, Seoul

서 론

최근 지하철 역사의 냉방공사로 인한 일부 역사에서의 석면검출로 사회적인 문제가 제기되고 있다. 역사 내 천정닥트 연결부위의 밀폐용으로 사용된바 있는 석면은 마그네슘과 규소를 포함하고있는 광물질로서 습과 같이 부드러운 섬유로 되어있으며 내화성이 강하고 마찰에 잘 견딜 수 있으며 화학약품에 대한 저항성이 강하고 전기

에 대한 절연성이 우수하므로 여러 산업현장에서 다용도로 사용되고 있다.¹⁾ 석면에는 청석면(Crocidolite), 황석면(Amosite), 백석면(Chrysotile) 등 3종류가 있으며 유해성 면에서 청석면, 황석면, 백석면 순으로²⁾ 국내에서는 백석면을 주로 사용하고 있으며 전체 석면소비량의 90%를 차지하고 있다.³⁾ 석면이 사용되는 곳은 석면 방적업, 건설업, 자동차브레이크라이닝 제조업, 조선업, 슬레이트제조업 등이며, 각종 건축재료 및 방음물질로도

사용된다.¹⁾ 근래의 의학적 연구결과에 의하면 석면은 사람에게 폐암을 비롯해 석면폐증 및 악성 중피종을 유발하는 물질로 알려져 왔다.^{4,5,6)} 또한 공기중의 석면은 육안으로 볼 수 없고 전자현미경이나 위상차 현미경을 통해서만 식별 할 수 있어 대기 중으로 노출 될 경우 여러 면에서 심각한 영향을 끼칠 수 있다. EPA(미국 환경보호청)에서는 1973년 이후 석면을 1%이상 포함하고 있는 물질은 단열재나 화재방지용으로 건물에 사용하지 못하도록 규제하고 있으나 국내에서는 아직도 이러한 규제가 없다. 서울시 제1기 지하철(1-4호선)에서는 내부 건축자재 중에 석면이 일부 사용된바 있어 지하철 역사의 개 보수시 사용된 석면이 실내로 노출될 수 있으며, 전동차가 승강장으로 진입 시 제동브레이크에 사용된 석면이 실내로 비산 될 우려가 있어 승객들의 건강에 위해를 가져올 수 있다. 최근 일부 지하철 역사의 냉방시설 설치 공사로 석면유출의 문제가 있어 서울시 주요 9개 지하철 역사 내 공기중의 석면시료를 채취 분석하여 그 결과를 제시하고 농도 저감방안을 강구하고자 한다.

측정방법

1. 조사대상 및 기간

지하철의 석면측정 대상역사는 1호선 청량리 등 5개 노선 9개 역사로 각 역사의 매표소, 승강장, 역무실, 전기실 등 36개 지점에 대하여 6월12일부터 6월15일까지 4일간 석면시료를 채취하여 농도를 분석하였다.

2. 석면 농도측정

1) 측정방법

대기오염공정시험방법 제4장 제2절 제8항의 환경대기 중 석면 측정방법에 의하여 측정하였다.⁷⁾

2) 측정원리 및 개요

환경대기 중의 석면 검사방법은 흡인펌프를 이용하여 지상 1.5m 부위에 설치한 직경 25mm의 멤브레인 필터에 분당 2l의 흡인유량으로 90분 동안 환경대기 중의 부유먼지를 포집한 후, 필터에 포집된 석면섬유를 슬라이더글라스 상에서 석면과 광 굴절율(1.5)이 유사한 아세톤 증기에 노출시켜 투명하게 하여 석면구조를 관찰하기 쉽도록 전처리를 한 다음 트리아세틴 2~3방울을 필터의 중심부에 적하 하여 섬유상 물질이 옆으로 밀리지

않게 고정시키고 그 위를 카바글라스로 덮고 위상차 현미경을 이용하여 길이 5 μ m 이상이며 길이와 폭의 비가 3:1 이상인 섬유상 입자를 80여개의 석면 fiber index와 비교하면서 계수하여 농도를 측정한다. 농도표시는 표준상태(0 $^{\circ}$ C, 760mmHg)의 기체 1ml(cc)중에 함유된 석면섬유의 갯수(개/ml)로 표시한다. 위상차 현미경이란 굴절을 또는 두께가 부분적으로 다른 무색 투명한 물체의 각 부분의 투과광 사이에 생기는 위상차를 화상면에서 명암의 차로 바꾸어 구조를 보기 쉽도록 한 현미경이며, 시료채취용 멤브레인 필터는 셀룰로스 에스테르재로 pore size 0.8~1.2 μ m, ϕ 25mm이며 Fig. 2와 같다.

$$\text{석면 섬유수} = \frac{A(N_1 - N_2)}{a \cdot V \cdot n} \cdot \frac{1}{1000}$$

A : 유효포집면적(cm^2)

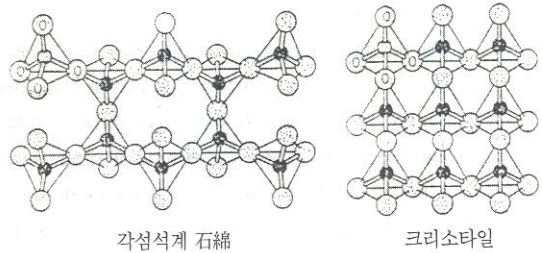
N_1 : 위상차 현미경으로 계측한 총 섬유수(개)

N_2 : 생물 현미경으로 계측한 총 섬유수(개)

a : 현미경으로 계측한 1시아의 면적(cm^2)

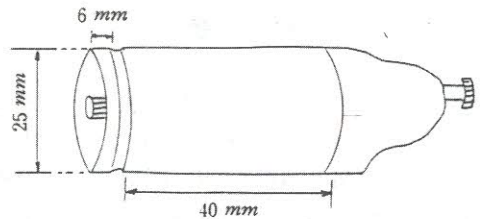
V : 표준상태로 환산한 채취 공기량(l)

n : 계수한 시아의 총수(개)



● is Silicon, and ○ is Oxygen atom

Fig. 1. Chemical structure of asbestos



재질: PVC

Fig. 2. Membrane filter for sampling of asbestos

결과 및 고찰

1. 지하철 역사 내 석면농도

서울시 1.2기 지하철의 9개 역사 내 36개 지점의 석면농도 측정결과는 Table 2와 같다. 측정대상역사 청량리의 8개소에 대한 석면 평균농도는 0.0018개/ml ± 0.00049이었다. 최고농도는 2호선 동대문운동장 매표소에서 0.0031개/ml로 나타났으며, 4호선 미아삼거리 매표소 및 전기실이 0.0012개/ml로 낮은 값을 보였다. 각 역사 별 측정 4지점의 농도는 큰 차이를 보이지 않았지만 전반적으로 승강장이 높고 전기실이 낮았다. 이는 측정 시 전기실내 기류가 0에 가까운 반면 승강장의 경우 열차운행에 기인되는 기류(역사평균: 0.12 ㄱ)에 의한 석면입자의 비산에 의한 영향이 있음을 보여주고 있지만 전기실과 승강장의 석면농도에 대한 상관성은 없는 것으로 나타났다. 또한 측정결과 석면농도는 9개 역사 모두 EPA의 빌딩 및 실내생활공간의 석면에 대한 환경권고치인 0.01개/ml 및 OSHA의 산업장 8시간 기준치로 규정하고 있는 0.1개/ml이하이었다.(Table 2 참조). 이는 이전 2~3년 간의 측정결과(0.0018~0.0089)에 비해 다소 낮은 농도로 근래 지하철 공기 질에 대한 여론이 다 각도로 수렴되고 일부 지하철 역사에서 석면 등의 오염물질의 문제가 제기되어 역사 내 공기조화설비(환기시설 및 노후시설의 보수정비, 환기덕트 청소, 외부공기 유입 부의 필터교환 등)의 개선, 실내 청소방법의 개선, 물 청소 강화 등에 의한 것으로 사료된다. 2월 16일 3호선 충무로 역의 매표소 및 승강장에 대한 석면 측정결과 0.0069개/ml, 0.0083개/ml로 비교적 높은 값을 보였는데 이는 역사 냉방시설공사 및 내부 보수공사로 인해 건축자재나 천정 부위의 환기덕트에 사용된 일부 석면의 노출에 의한 것으로 판단되며, 같은 기간에 서울환경운동연합의 측정치인 0.008개/ml와 유사한 수치를 보였다. 같은 기간 환경운동연합에서 냉방공사 중인 2호선 시청 역 환기실의 석면을 심야 시간대에 측정한 결과 0.026개/ml로 나타나 EPA의 실내 생활공간 기준인 0.01개/ml를 초과하였다. 역사 내 시설 개 보수 작업은 지하철 이용객들이 전무한 심야시간대에 주로 이루어지며 이 시간대에 석면을 측정할 경우 내부 건축자재에 함유된 석면이 실내공기 중에 노출되어 비산되고 있는 상황이므로 이는 측정 시간대가 적절하지 못하며 실내생활공간이 아닌 산업장의 석면 기준을 적용시키는 것

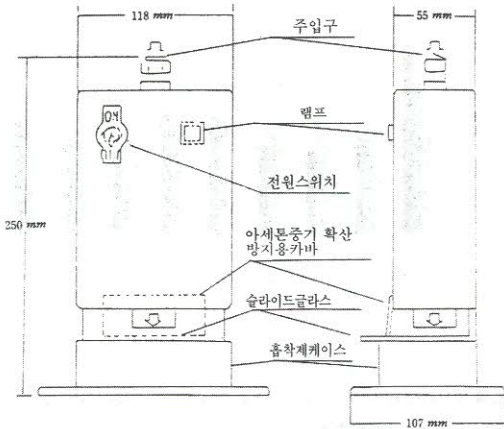


Fig. 3. Evaporating equipment of acetone

산업장 및 실내환경에 대한 석면 규제치

석면에 대해서 국내에서는 현재 산업안전보건법(노동부 주관)에 의해서 산업장에 대한 규제는 하고있으나 산업장 밖의 대기나 실내공간에 대한 규제는 없다. 미국의 경우 EPA(미국 환경보호청)와 OSHA(미국 산업안전보건국)은 석면의 경우 미량이라도 건강에 장애를 초래할 위험이 있고 그 위험도에 대한 정확한 평가는 현 단계에서도 난해한 것으로 판단하여⁸⁾ 안전량이 없다고 밝히고 있으나 EPA가 설정한 실내공간에 대한 환경권고치는 0.01개/ml이며, OSHA의 산업장에 대한 환경권고치는 0.1개/ml이다. 각 국의 산업장 석면에 대한 환경권고치는 Table 1과 같으며, 국내의 경우 노동부에서 정한 산업장에 대한 석면의 권고치는 석면의 종류에 따라 달리 정하고 있으며, 청석면 0.2개/ml, 황석면 0.5개/ml, 백석면 2개/ml이나 실제로 백석면이 대부분 사용되므로 2개/ml라고 볼 수 있다. 석면은 인간생활과 밀접한 관계가 있으며 또한 일반적인 오염물질에 비하여 위험이 높다고 알려져 있어 빌딩이나 공공시설 등의 실내공간에 대한 기준치 설정이 긴급한 과제이다.

Table 1. The standard for asbestos in industrial spot

Nation	Standard (fi/ml)	Remark
Korea	2	after year 2002 0.1 fi/ml
America	0.1	
German	0.05	
England	0.3	

이 타당한 것으로 사료된다. 공사가 완료된 지점(8월30일)에서 같은 지점에 대한 연구원의 측정결과 0.0022개/ml로 나타나 EPA의 실내공간에 대한 기준치 이내이었으며 이전에 측정한 9개 역사와 유사한 농도로 이는 유와 김(1989)9)이 조사한 서울지역의 대기 중 석면농도인 평균 0.0022개/ml와 동등한 값이다. 석면을 비롯한

Table 2. The Concentration of asbestos at Seoul subways

Station	Sampling date	Sampling site	Concentration (ea/ml)
Chongyangri (line 1)	2001.06.12	Ticket office	0.0021
		Platform	0.0018
		Station office	0.0022
		Electric room	0.0028
Jongno 5ga (line 1)	"	Ticket office	0.0015
		Platform	0.0016
		Station office	0.0014
		Electric room	0.0014
Kwanghwamun (line 5)	2001.06.13	Ticket office	0.0013
		Platform	0.0014
		Station office	0.0017
		Electric room	0.0012
Dongdaemun station(line 4)	"	Ticket office	0.0014
		Platform	0.0023
		Station office	0.0015
		Electric room	0.0013
Dongdaemun station(line 2)	2001.06.14	Ticket office	0.0031
		Platform	0.0029
		Station office	0.0023
		Electric room	0.0017
Youngdeungpo-gu Office(line 2)	"	Ticket office	0.0025
		Platform	0.0021
		Station office	0.0018
		Electric room	0.0019
Miasamgori (line 4)	2001.06.15	Ticket office	0.0012
		Platform	0.0016
		Station office	0.0017
		Electric room	0.0012
Shinsa (line 3)	"	Ticket office	0.0020
		Platform	0.0016
		Station office	0.0015
		Electric room	0.0014
Apkujung (line 3)	"	Ticket office	0.0015
		Platform	0.0018
		Station office	0.0015
		Electric room	0.0017

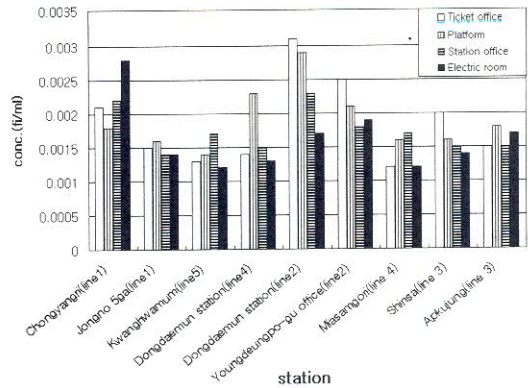


Fig. 4. Comparison of concentration on asbestos among Seoul subways .

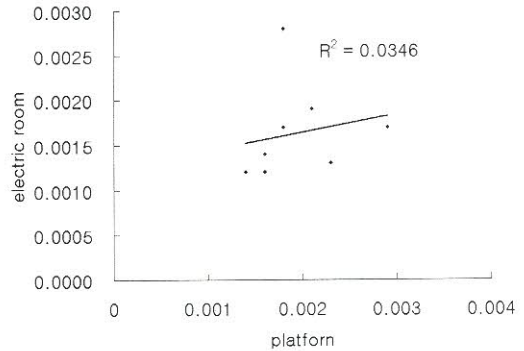


Fig. 5. The relation between platform and electric room

대기오염의 가장 큰 특징은 조사지점에 따라 농도의 변동폭이 매우 크며 같은 지점이라도 실내공기의 환기상태, 기류의 세기, 조사시간대 및 먼지의 량, 성질 등의 환경조건의 변화에 따라 그 정도에 크게 차이를 나타내므로 지속적인 정기검사와 관리가 필요하며, 특히 역사의 개 보수 공사 시에는 실내공기에 대한 석면측정과 함께 비산을 억제시키기 위한 방진대책을 세워 석면이 외부 대기 중으로 노출되지 않도록 하는 특별한 조치가 우선되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

서울시 소재 지하철역사 9곳의 36개 지점에 대한 석

면오염 현황을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 9개 역사 모두 EPA의 석면에 대한 환경권고치인 0.01개/ml 및 OSHA의 산업장 기준치인 0.1개/ml 이하로 나타났다.
2. 측정 대상역사의 평균 석면농도는 0.0018개/ml ± 0.00049이며 제1기 지하철(1~4호선)대상역사 8개소의 평균 석면농도는 0.0018개/ml ± 0.00049, 최고농도는 2호선 동대문 운동장역 매표소이며 0.0031개/ml 이었다.
3. 제2기 지하철(5~8호선)대상역사 5호선 광화문의 4개 지점에 대한 평균석면농도는 0.0014개/ml ± 0.00011이었다.

참 고 문 헌

1. 안중주 : 석면공해. 69~77(1989)
2. Labbuf,A: Asbestos Structure, Pathogenicity,

Method of Measurement and U.S Federal Regulation. Penn Environmental Health. (1980)

3. 환경부: 환경백서,(1995)
4. Levine,R.J.(Ed) :An Information Resources of Asbestos. National Cancer Institute(1978).
5. 姜健榮, 山邦彦 :石綿肺に 合併した 中皮種の一 例. 日肺會誌. 12,8,160~166(1974)
6. 유성환: 건물내의 석면 및 비석면 섬유 오염현황, 첨단환경기술,8(4),(1997)
7. 환경부: 대기오염공정시험방법. 제4장 제2절 제8항 517~529(1992).
8. Selikoff,I.J : Disability Compensation for Asbestos Associated Disease in the United States. U.S Department of Labor.(1982)
9. 유영식,김종규: 서울지역의 Asbestos 환경농도 분포, 한국산업위생학회지,6(2),(1989)