

지하역사 공기중 석면 조사

○ 시민의 주요 교통수단이자 생활공간인 지하역사 실내공기중의 석면농도를 조사하고 관리방안을 제시하여, 석면에 의한 건강 피해를 최소화하고 시민의 불안심리를 해소코자 함.

1. 조사개요

○ 조사배경

- ▷ 시민들의 주요 교통수단이자 휴식공간으로 지하역사 및 지하상가 등의 지하공간 이용이 증가하는 추세
- ▷ '90년대 이전의 지하공간 건축시 석면자재 사용
- ▷ 1호선 34개 역사중 32개 역사에서 석면자재 사용
 - 2, 3호선은 지하주차장 등 일부 시설에 석면자재 사용
- ▷ 지하철 역사내 석면농도 조사결과 공개함으로써 시민 불안감 해소

2. 조사방법

- ▷ 조사기간 : 2011년 3월 ~ 10월
- ▷ 조사대상 : 부산지하철 1, 2, 3, 4호선 107개 전 역사 및 지하주차장
 - 역사별 대합실 및 승강장 2개 지점 선정
 - 전포지하주차장 및 광안지하주차장
- ▷ 조사항목 : 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
- ▷ 조사방식 : 부산교통공사와 공동조사
 - 시료채취 : 부산교통공사 (3월 ~ 7월)
 - 분석 및 평가 : 부산시보건환경연구원 (8월 ~ 10월)
- ▷ 시료채취 및 실험방법 : 실내공기질공정시험기준(환경부고시 제2010-24호) ES 02303.1 『실내공기중 석면 및 섬유상 먼지 농도 측정방법 - 위상차현미경법』에 준함.
 - 셀룰로오스에스터(MCE, mixed cellulose ester) 재질의 여과지가 장착된 open face형 필터홀더를 사용하여, 바닥으로부터 1.2 ~ 1.5 m 위치에서 5 ~ 10 L/min의 유량으로 1,200 L 되도록 채취
 - 전자현미경(SEM-EDX) 확인을 위해 동일조건으로 PC (Polycarbonate) filter 동시 채취
 - 시료 필터는 아세톤-트리아세틴법에 의해 투명화 시켰으며, 위상차현미경 400 배율에서 총 200 시야 계수(정량한계 : 0.0025 개/cc)

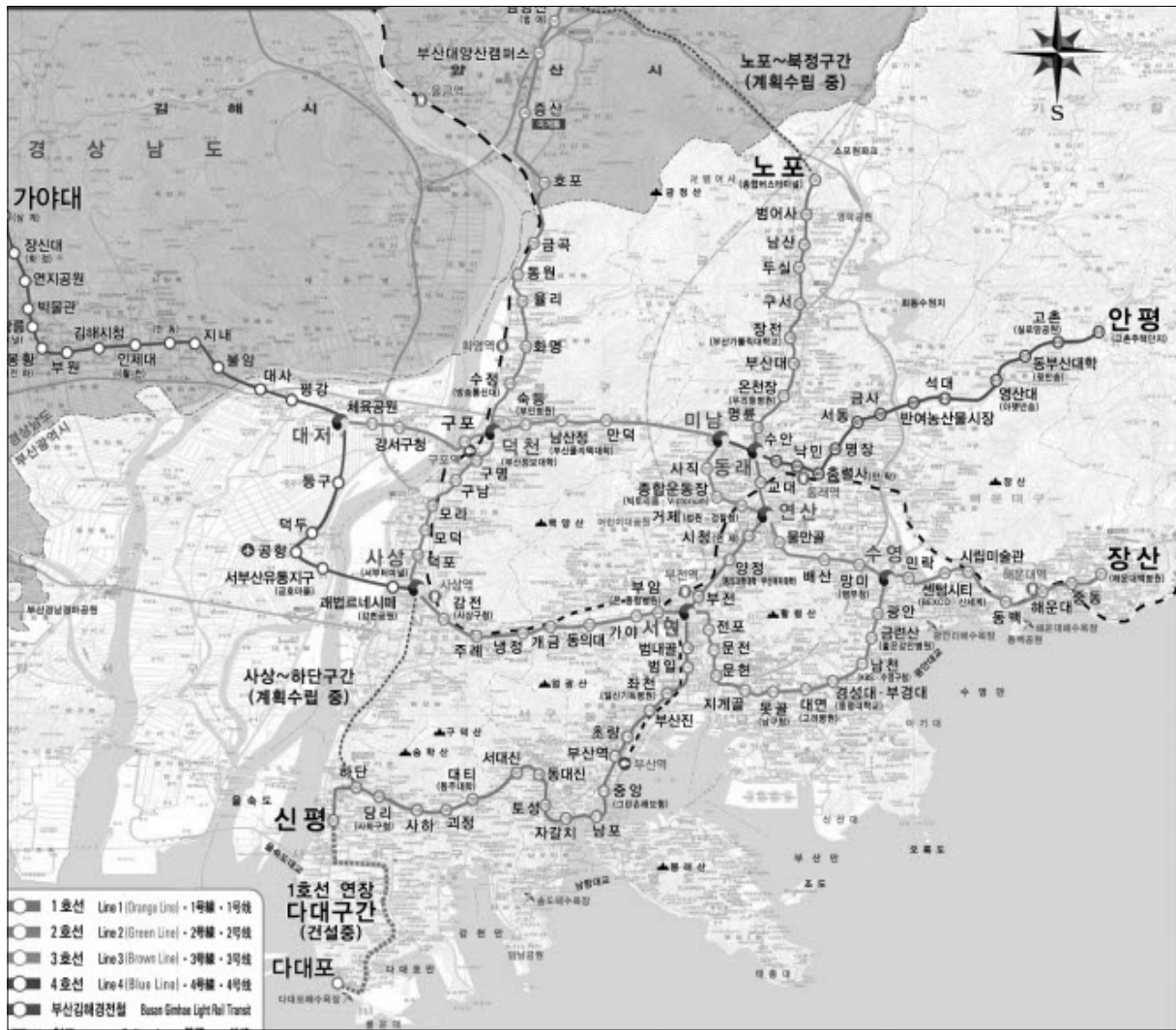


그림 1. 부산지역 지하철 노선도 현황

3. 조사결과

○ 지하철 역사 현황

- ▷ 1호선은 1981년~ 1994년까지 34개 지하역사 및 2개 차량기지가 건설되었으며, 그 중 노포동 ~ 서대신동 구간인 28개 역사가 1990년 이전에 건설되었으며, 32개 역사와 2개 차량기지의 건축자재 및 기계설비 등에 석면이 함유된 것으로 확인됨.
 - 1985. 7. : 노포동 ~ 범내골구간 개통
 - 1987. 5. : 범내골 ~ 중앙동구간 개통
 - 1990. 2. : 중앙동 ~ 서대신동구간 개통
 - 1994. 6. : 서대신동 ~ 신평구간 개통
- ▷ 2, 3호선은 대부분 역사에 석면자재가 사용되지 않았으나, 일부 역사의 벽면 및 호포차량기지, 광안역 주차장시설 등에 석면자재가 사용된 것으로 확인
 - 2호선 : 정거장 42개소, 차량기지 1개소, 회차시설 1개소

- 1999. 6. : 호포 ~ 서면구간 개통
- 2002. 8. : 서면 ~ 장산구간 개통
- 2008. 1. : 양산 ~ 호포구간 개통
- 3호선 : 정거장 17개소, 차량기지 1개소
 - 2005. 11. : 수영 ~ 대저구간 개통
- ▷ 4호선은 전 역사에 석면자재가 사용되지 않았음.
 - 4호선 : 정거장 14개소, 차량기지 1개소
 - 2011. 3. : 미남 ~ 안평구간 개통
- ▷ 지하주차장
 - 수영·광안 지하주차장 : 327면
 - 전포역 지하주차장 : 112면
 - 덕천·숙등 지하주차장 : 170면

○ 2011년 지하철 역사 석면 및 섬유상먼지 농도

- ▷ 2011년 3월부터 7월까지 부산지하철 전 역사내 실내공기중 석면 및 섬유상먼지 농도를 조사한 결과, 1호선에서 가장 높았으며, 2호선 > 3호선 > 4호선의 순으로 나타났음.

표 1. 지하철 노선별 농도 현황(대합실, 승강장)

지하철	설치연도	역사수	기하평균농도 (개/cc)			농도범위 (개/cc)
			대합실	승강장	총	
1호선	'81~'94	34 개	대합실	0.0027	0.0028	0.0012 ~ 0.0068
			승강장	0.0029		
2호선	'94~'08	42 개	대합실	0.0017	0.0017	0.0009 ~ 0.0039
			승강장	0.0018		
3호선	'96~'05	17 개	대합실	0.0011	0.0012	0.0006 ~ 0.0018
			승강장	0.0013		
4호선	'96~'10	14 개	승강장	0.0009	0.0007	0.0004 ~ 0.0013
			승강장	0.0006		

- ▷ 전체 평균값은 0.0015 개/cc로서 전년도 0.0020 개/cc보다 약간 낮게 나타났으며, 이는 새로 개통된 4호선에서의 농도가 매우 낮아 총 평균농도에 영향을 미친 것으로 판단됨

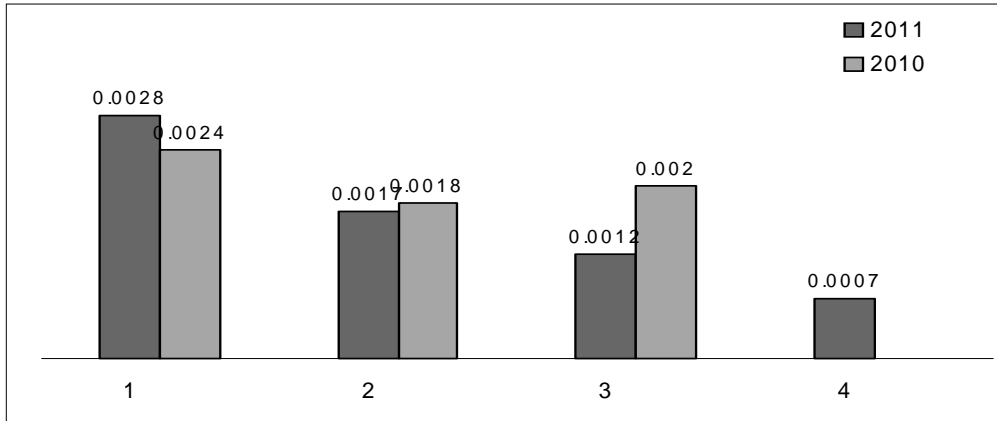


그림 2. 지하철 노선별 농도현황

○ 1호선 역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

- ▷ 1호선 34개 역사에 대해 2011년 3월 24일부터 7월 22일까지 시료를 채취하였으며, 기하평균 농도는 0.0028 개/cc임.
- ▷ 조사결과 농도는 0.0012 개/cc ~ 0.0068 개/cc의 범위였으며, 범일동역 승강장(0.0068 개/cc)과 구서동역 대합실(0.0047 개/cc)에서 가장 높은 농도를 나타냄.
 - 범일동 역사는 시료채취 시점에 **상가 조성공사** 중이었으며, 범일동역 대합실의 농도는 0.0043 개/cc 이었음.
- ▷ 68개 조사 지점 중 69.1 %인 47개 지점(대합실 22개, 승강장 25개)에서 분석 정량한계인 0.0025 개/cc 이상의 농도값을 나타냈음.
 - 전년('10년), 금년('11년) 연속 고농도 역사 : 자갈치역, 구서동역, 남포동역
 - 전년은 낮고, 금년에 높아진 역사 : 범일동역, 노포동역, 중앙동역
 - 전년은 높고, 금년에 낮아진 역사 : 하단역, 부산진역

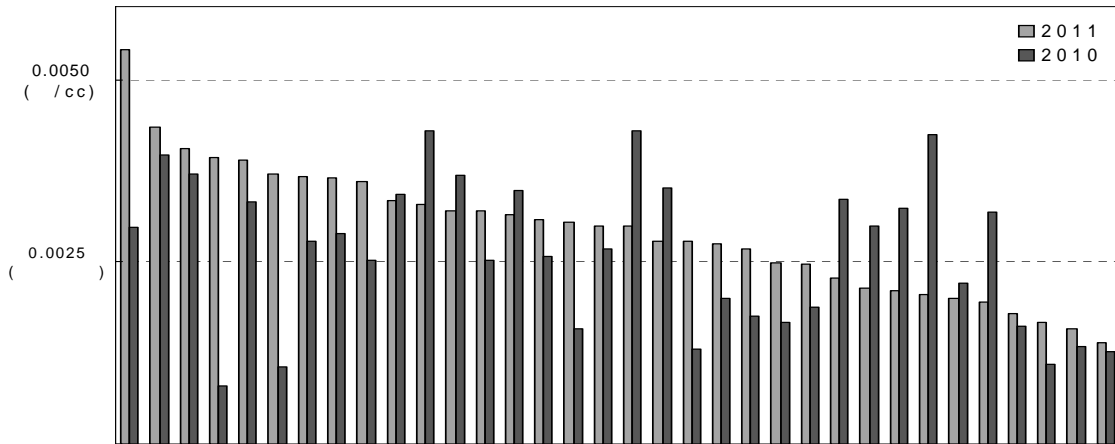


그림 3. 1호선 역사별 농도

○ 2호선 역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

- ▷ 2호선 42개 역사에 대해 2011년 4월 20일부터 7월 28일까지 시료를 채취하였으며, 기하평균 농도는 0.0017 개/cc임.
- ▷ 조사된 결과는 0.0009 개/cc ~ 0.0039 개/cc의 범위였으며, 경성대·부경대역 승강장(0.0039 개/cc)에서 가장 높은 농도를 나타냄.
- ▷ 84개 조사 지점 중 22.6 %인 19개 지점(대합실 7개, 승강장 12개)에서 분석 정량한계인 0.0025 개/cc 이상의 농도값을 나타냈음.
- ▷ 대합실과 승강장의 농도를 평균하여 역사별로 비교해 보면, 0.0010 개/cc ~ 0.0035 개/cc의 범위를 나타내었고, 가장 높은 지점은 경성대·부경대역(0.0035 개/cc)이었음.
 - 전년('10년), 금년('11년) 연속 고농도 역사 : 경성대·부경대역
 - 전년은 낮고, 금년에 높아진 역사 : 수정역, 구남역, 서면역, 화명역
 - 전년은 높고, 금년에 낮아진 역사 : 율리역, 감전역, 모라역, 장산역

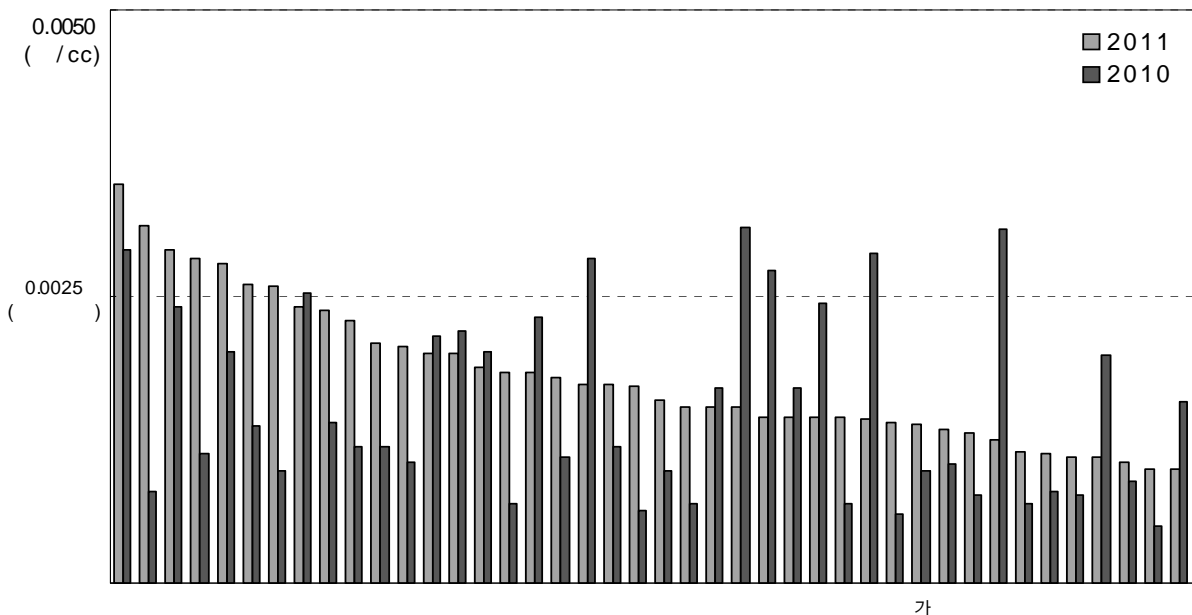


그림 4. 2호선 역사별 농도

○ 3호선 역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

- ▷ 3호선 17개 역사에 대해 2011년 6월 3일부터 7월 15일까지 시료 채취하였으며, 기하평균 농도는 0.0012 개/cc임.
- ▷ 조사된 결과는 0.0006 개/cc ~ 0.0018 개/cc의 범위였으며, 미남역 대합실(0.0018 개/cc)에서 가장 높은 농도를 나타냄.

- ▷ 34개 조사 지점 중 분석 정량한계인 0.0025 개/cc 이상의 농도값을 나타낸 지점은 없었음.
- ▷ 대합실과 승강장의 농도를 평균하여 역사별로 비교해 보면, 0.0006 개/cc ~ 0.0017 개/cc의 범위를 나타내었고, 가장 높은 지점은 미남역(0.0017 개/cc)이었음.
- 전년은 높고, 금년에 낮아진 역사 : 덕천역, 사직역

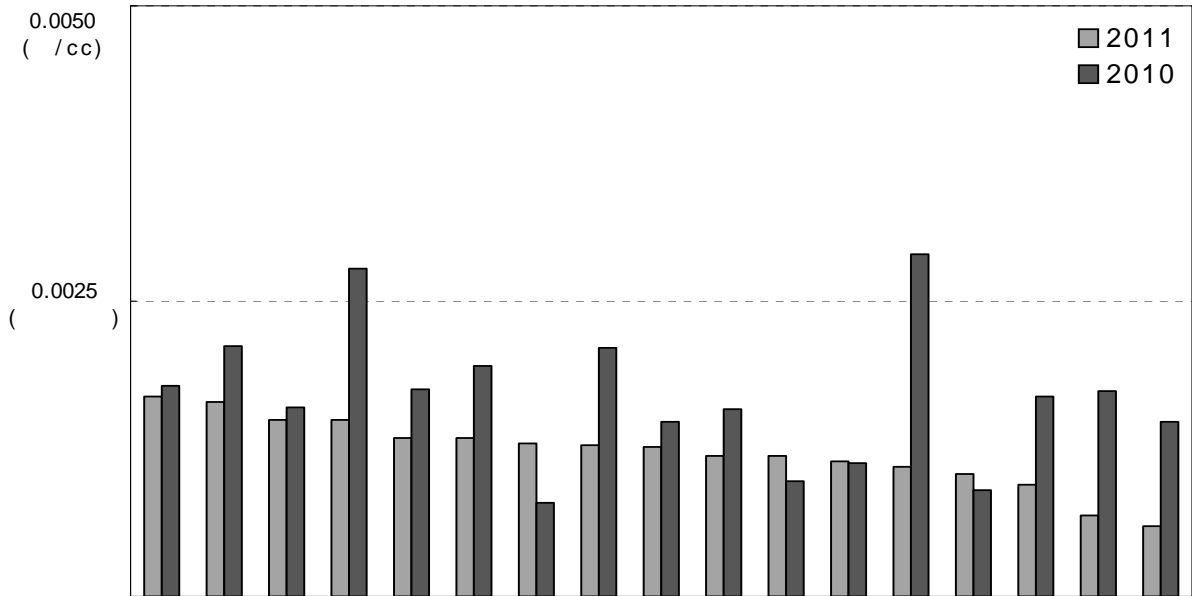
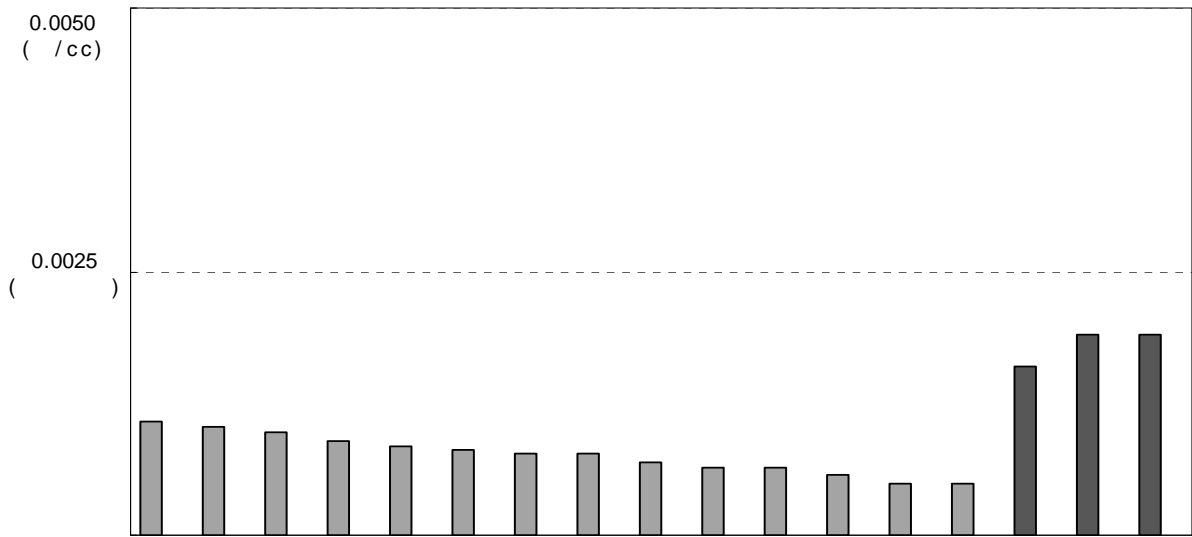


그림 5. 3호선 역사별 농도

- 4호선 역사 및 지하주차장내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
 - ▷ 4호선 14개 역사에 대해 2011년 6월 20일부터 7월 20일까지 시료를 채취하였으며, 기하평균 농도는 0.0007 개/cc임.
 - ▷ 조사된 결과는 0.0004 개/cc ~ 0.0014 개/cc의 범위였으며, 28개 조사 지점 중 분석 정량한계인 0.0025 개/cc 이상의 농도값을 나타낸 지점은 없었음.
 - ▷ 전포 지하주차장, 광안지하주차장 및 수영상가 등에서도 시료채취하였으며, 기하평균 농도는 0.0018 개/cc임.
 - ▷ 조사된 결과는 0.0012 개/cc ~ 0.0023 개/cc의 범위였으며, 분석 정량한계인 0.0025 개/cc 이상의 농도값을 나타낸 지점은 없었음.



가

그림 6. 4호선 역사별 농도

4. 결론 및 향후계획

- 2011년 지하역사 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도는 0.0015 개/cc로 과거('10년 0.0020 개/cc, '09년 0.0023 개/cc)에 비해 지속적으로 낮아 지는 추세를 보임.
- ▷ 부산시 지하철 역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도는 3년간 연속조사 결과, 환경부 실내공기질 권고기준인 0.01 개/cc 이내

표 2. 석면 및 섬유상먼지 농도 연도별 비교

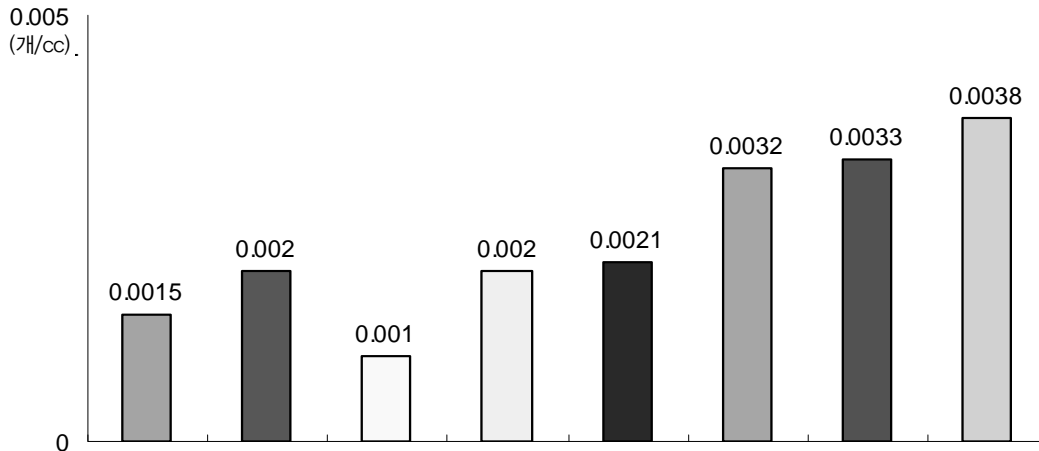
(단위 : 개/cc)

지하철	2011년	2010년	2009년
1호선	0.0028	0.0024	0.0014
2호선	0.0017	0.0018	0.0026*
3호선	0.0012	0.0020	0.0034*
4호선	0.0007	—	—
기하평균	0.0015	0.0020	0.0023

* 2009년도 2,3호선 결과는 부산교통공사 자료임.

- ▷ 1호선은 전년보다 높은 농도분포를 나타냈으며, 2, 3호선은 전년에 비해 낮아짐.

- ▷ 설치년도가 오래되고 이용인구가 많은 1호선에서 석면 및 섬유상 먼지 농도가 가장 높았으며, 그 다음으로 이용객수가 많은 2호선이 3호선보다 다소 높았음.
 - ▷ 1호선 범일동역, 자갈치역, 구서동역, 노포동역, 남포동역 등과 2호선 경성대·부경대역, 수정역, 구남역, 서면역, 화명역 및 3호선의 미남역 등 유동 인구가 많은 중심가와 환승역사에서 고농도 분포를 보임.
 - ▷ 2호선의 호포역, 양산캠퍼스역, 양산역 등은 전년도에 비해 금년에 2배정도 증가한 값을 나타냄.
 - ▷ 석면 및 섬유상먼지 농도는 대형 상가가 인접하여 유동인구가 많거나 지하철 이용 승객이 많은 지점과 유사하게 증가하는 경향을 보임.
 - 건축자재보다는 의류에서 발생하는 섬유상 물질의 영향으로 농도가 증가하는 것으로 판단됨.
- 지하역사 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도는 일반 대기환경 수준
- ▷ 위상차현미경분석법에 의한 분석 결과는 2011년 상반기 대기환경 수준과 비슷하며, 재개발현장 및 지하상가 등 보다 낮게 검출



가

* *

그림 7. 석면 및 섬유상먼지 농도 비교

※ 대기환경농도는 2011년, 그 외는 2009~2010년 자체조사 자료임.

* 백남원, 정문호, 2003

- 전자현미경(SEM-EDX) 확인 결과, 석면 불검출
 - ▷ 고농도 검출 역사에 대해 전자현미경으로 확대 및 성분 분석한 결과, 석면으로 의심되는 물질은 검출되지 않았음.

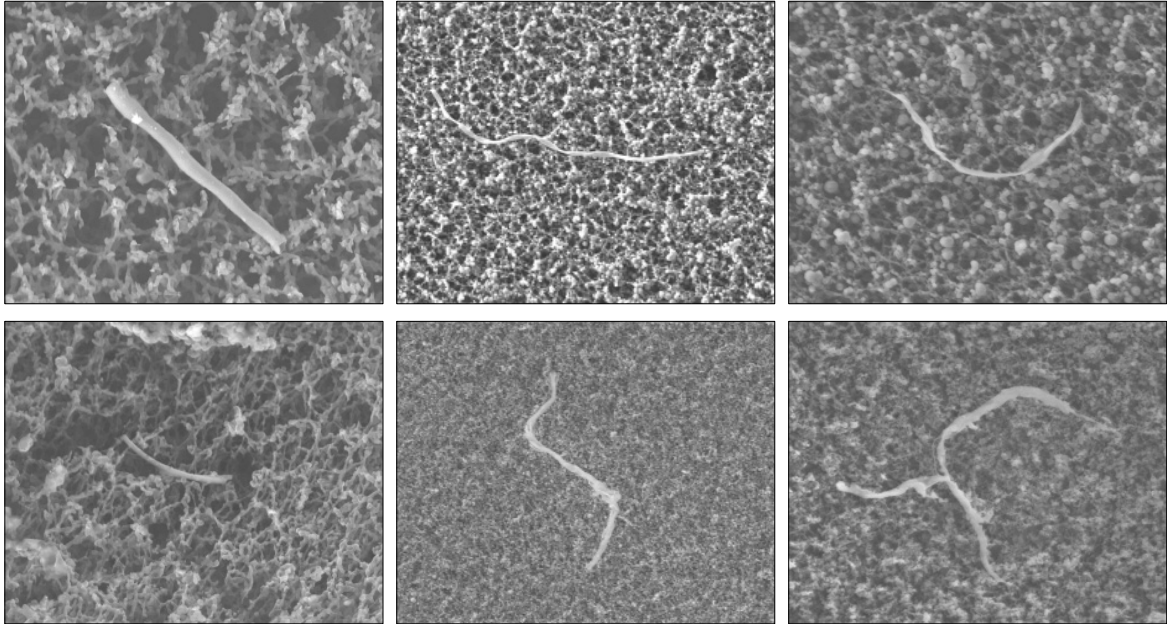


그림 8. 비석면섬유(전자현미경 사진)

- 지하역사에 대한 석면오염도 전수 조사 결과에 따라, 고농도 우려지점에 대한 모니터링 지속
 - ▷ 2012년 이후 조사계획
 - 석면자재가 사용된 1호선의 2년 연속 고농도 분포역사
 - : 범일동역, 자갈치역, 구서동역, 노포동역, 남포동역
 - 2호선 고농도 분포역사 : 경성대·부경대역, 수정역, 구남역, 서면역
 - 조사주기 : 연 2회 (3월, 9월)

- 붙임 1. 1호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
2. 2호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
3. 3호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
4. 4호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도
5. 지하주차장 등 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도. 끝.

붙임 1. 1호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

(단위 : 개/cc)

역사명	대합실	승강장
노포동	0.0043	0.0036
범어사	0.0042	0.0032
남산동	0.0028	0.0033
두실	0.0021	0.0029
구서동	0.0047	0.0035
장전동	0.0027	0.0023
부산대학앞	0.0021	0.0034
온천장	0.0013	0.0029
명륜동	0.0012	0.0021
동래	0.0031	0.0013
교대앞	0.0021	0.0037
연산동	0.0028	0.0040
시청	0.0016	0.0012
양정	0.0029	0.0026
부전동	0.0043	0.0031
서면	0.0036	0.0025
범내골	0.0017	0.0019
범일동	0.0043	0.0068
좌천동	0.0041	0.0019
부산진	0.0015	0.0028
초량동	0.0012	0.0023
부산역	0.0021	0.0021
중앙동	0.0038	0.0036
남포동	0.0040	0.0038
자갈치	0.0045	0.0042
토성동	0.0038	0.0034
동대신동	0.0029	0.0034
서대신동	0.0032	0.0032
대티	0.0031	0.0033
괴정	0.0035	0.0031
사하	0.0014	0.0037
당리	0.0038	0.0025
하단	0.0033	0.0027
신평	0.0024	0.0019

붙임 2. 2호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

(단위 : 개/cc)

역 사 명	대 합 실	승 강 장
양산역	0.0017	0.0014
남양산	0.0023	0.0011
양산캠퍼스	0.0025	0.0017
호포	0.0021	0.0027
금곡	0.0016	0.0021
동원	0.0014	0.0017
율리	0.0012	0.0025
화명	0.0025	0.0031
수정	0.0036	0.0027
덕천	0.0025	0.0027
구명	0.0021	0.0017
구남	0.0029	0.0029
모라	0.0012	0.0017
모덕	0.0016	0.0021
덕포	0.0016	0.0025
사상	0.0020	0.0029
감전	0.0014	0.0017
주례	0.0020	0.0015
냉정	0.0010	0.0013
개금	0.0010	0.0010
동의대	0.0010	0.0011
가야	0.0012	0.0016
부암	0.0010	0.0018
서면	0.0025	0.0032
전포	0.0021	0.0032
문전	0.0023	0.0019
문현	0.0021	0.0014
지계골	0.0020	0.0016
못골	0.0021	0.0025
대연	0.0010	0.0021
경성대부경대	0.0031	0.0039
남천	0.0021	0.0019
금련산	0.0018	0.0011
광안	0.0016	0.0013
수영	0.0010	0.0012
민락	0.0014	0.0015
센텀시티	0.0010	0.0012
시립미술관	0.0010	0.0017
동백	0.0010	0.0010
해운대	0.0014	0.0009
중동	0.0021	0.0010
장산	0.0012	0.0013

붙임 3. 3호선 지하역사내 공기중 석면 및 섬유상먼지 농도

(단위 : 개/cc)

역 사 명	대 합 실	승 강 장
수영	0.0010	0.0014
망미	0.0012	0.0014
배산	0.0013	0.0014
물만골	0.0015	0.0012
연산동	0.0009	0.0012
거제	0.0013	0.0010
종합운동장	0.0010	0.0016
사직	0.0012	0.0010
미남	0.0018	0.0016
만덕	0.0016	0.0017
남산정	0.0014	0.0016
속등	0.0011	0.0013
덕천	0.0013	0.0017
구포	0.0011	0.0015
강서구청	0.0008	0.0011
체육공원	0.0006	0.0006
대저	0.0006	0.0008