

## PF7) 스크린도어 설치 후 지하철역 미세먼지의 시·공간적 변화 Temporal and Spatial Variations of Fine Particle in a Subway Station by Installing PSDs

전재식 · 한규문 · 전명진 · 이호찬 · 박영만 · 김민영  
서울특별시 보건환경연구원

### 1. 서 론

서울시에서는 지하철 이용승객의 안전사고와 실내공기질 개선을 위하여 2004년 처음으로 2호선 사당역에 승강장스크린도어(Platform Screen Door, PSD) 설치를 도입하였다. 서울지하철 PSD는 2009년 상반기 현재 전체 역사의 약 60%가 완공되었으며 나머지 역사에 대해서도 설치 공사가 진행 중으로 금년 말까지 243개 전 역사에 PSD 설치 완료율 목표로 하고 있다.

지하철이 운행하고 있는 지하공간의 대표적인 대기오염물질은 외부로부터 유입 또는 내부에서 발생하여 축적된 미세먼지로, 오래전부터 지하철 이용승객의 건강 위해 요인으로 부각되어 왔으며 지하철 실내 공기질 관리주체의 시급한 현안 해결 과제이기도 하다. 지하철 PSD 설치로 승강장 공기질 개선이 확인되고 있으나(전재식 등, 2009), 이로 인해 외기와 더욱 단절된 터널 등 내부공간의 공기오염이 전동차 객실내부 공기질에 직접적인 영향을 미칠 것이라는 우려가 증대되고 있다.

본 연구는 지하철 PSD 설치 후 미세먼지 농도의 시·공간별 분포 및 변화를 분석·고찰하여 향후 전동차가 운행하는 PSD 내부공간의 공기질 개선을 위한 자료 제공에 목적이 있다.

### 2. 연구 방법

연구 대상으로 선정한 지하철역은 2007년 12월에 PSD 설치가 완공된 3호선 Y역으로 승강장은 지상으로부터 약 25m 심도의 지하 2층에 위치하고 있다. PSD 설치 내·외부 공간의 PM<sub>10</sub> 농도의 시간적 변화를 관찰하기 위하여 전동차가 진입하는 방향의 터널입구와 승강장에 베타선 먼지측정기(Thermo electron corp., USA)를 2009년 7월 28일부터 2009년 9월 1일까지 동일기간 동안 각각 설치하였다. 또한, 베타선 측정법에 의한 PM<sub>10</sub> 데이터의 신뢰성 확보 및 측정 장비별 분석 자료의 비교를 위해서 미니볼륨에어샘플러(Airmetrics, USA)를 베타선 먼지측정기와 인접한 위치에 일정기간 동안 설치하였다. 이와 더불어 대합실과 역사 인접 외부에도 미니볼륨에어샘플러를 동시에 설치하여 Y역 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 농도의 공간적 분포 확인을 시도하였다. 본 연구에서는 PSD 설치 이전인 2005년과 2007년의 동일역사 측정 자료를 이용하여 PM<sub>10</sub> 농도변화를 함께 비교하였다. 모든 실험은 실내공기질공정시험기준(환경부, 2008)에 준하여 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

조사기간 동안 Y지하철역의 PSD 설치 내·외부 공간의 PM<sub>10</sub> 농도의 시간적 변동을 터널과 승강장으로 비교 구분하여 그림 1에 나타내었다. 터널의 경우, 이른 새벽 전동차가 첫 운행을 시작하면서 PM<sub>10</sub> 농도가 서서히 증가하기 시작하여 전동차 이용승객이 가장 많은 출퇴근 시간대인 오전 10시와 오후 8시에 각각 219.1 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 211.4 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 높은 농도를 보였으며, 열차의 운행이 종료되는 시점부터 급감하여 오전 4시에 44.6 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 가장 낮은 농도의 일변화 주기를 나타내었다. 승강장의 PM<sub>10</sub>은 오전 9시부터 급증하여 하루 중 큰 농도 변동 없이 오후 11시까지 유사한 수준이 지속되었다.

승강장의 일평균 PM<sub>10</sub> 농도는 42.3 $\pm$ 12.5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 터널의 154.5 $\pm$ 52.3 $\mu$ g/m<sup>3</sup>에 비해 약 27% 수준의 낮은 농도를 보였다(그림 2). 이는 PSD 설치 이전인 2005년과 2007년에 본 연구팀에서 조사한 112.7 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 115.8 $\mu$ g/m<sup>3</sup>와 비교하여도 매우 낮은 농도임을 확인할 수 있었다. 승강장 PM<sub>10</sub> 농도가 예년에 비해 현저히 저감된 현상은, 현재의 환기시스템이 PSD 설치 이전의 운영과 큰 변화 없이 기존의 환기방식을 유

지하면서 외부공기를 역사 내부로 유입시키고 있어, 승강장 전체 공간 대비 환기용량의 증대에 따른 공기질 개선효과에 기인한 것으로 추정된다.

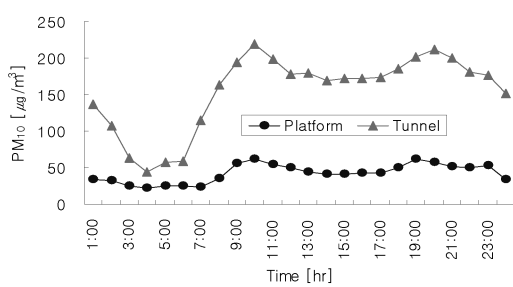


Fig. 1. Diurnal variation of PM<sub>10</sub> concentration at tunnel and platform by  $\beta$ -Ray method.

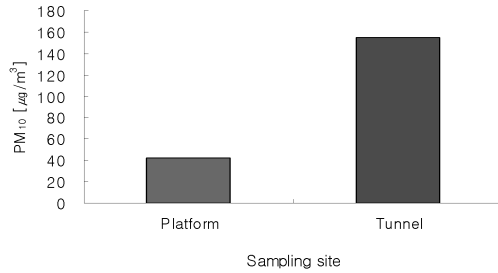


Fig. 2. Comparison of average PM<sub>10</sub> concentration of tunnel and platform by  $\beta$ -Ray method.

Y역사 터널, 승강장, 대합실 그리고 역사와 인접한 외기에서 2009. 8. 22부터 9. 1까지 동일기간 동안 측정된 입경별 미세먼지의 농도분포를 표 1에 비교하여 나타내었다. 미니볼륨에어샘플러에 의해 측정된 일평균 PM<sub>10</sub> 농도는 터널, 승강장, 대합실과 외기에서 각각 105.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 28.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 46.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 승강장과 대합실의 농도는 PM<sub>2.5</sub>와 마찬가지로 큰 차이 없이 나타났으며, 터널의 PM<sub>10</sub>은 외기의 농도가 낮았음에도 불구하고 상대적으로 높게 나타났다. 승강장과 대합실 PM<sub>10</sub>은 PSD 설치 이전의 농도(2005; 112.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 70.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2007; 115.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 75.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 비교하면 낮은 수준임을 확인할 수 있다. 대합실의 PM<sub>10</sub> 저감효과는 승강장에 공급된 환기량이 PSD 설치로 터널방향으로의 공급이 억제되고 대합실로 유입됨에 기인한 것으로 추정된다. 승강장과 대합실의 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>은 각각 61%, 63%를 보였다. 미니볼륨에어샘플러법이 베타레이법에 비해 18~23% 정도 낮은 수준의 측정값을 나타내었다.

Table 1. Spatial distribution of fine particles in the subway station by installing PSD (unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Analysis method	Particle	Sampling site				
		Tunnel	Platform	Concourse	Outdoor	
Mini volume air sampling	PM <sub>10</sub>	Mean $\pm$ SD	105.4 $\pm$ 25.6	28.2 $\pm$ 8.8	24.7 $\pm$ 8.9	46.1 $\pm$ 21.6
		Range	53.9~142.3	16.9~45.2	12.2~40.7	26.8~81.0
	PM <sub>2.5</sub>	Mean $\pm$ SD	-	17.2 $\pm$ 5.6	15.5 $\pm$ 5.6	-
		Range	-	9.9~27.8	7.9~26.1	-
$\beta$ -Ray	PM <sub>10</sub>	Mean $\pm$ SD	136.5 $\pm$ 13.6	34.2 $\pm$ 8.2	-	-
		Range	114.2~155.5	23.3~50.5	-	-

승강장 및 대합실의 미세먼지 농도 수준이 PSD 설치 전에 비해서 상당히 저감된 본 연구의 결과는 PSD 설치 전·후 승강장 PM<sub>10</sub> 농도의 저감효과 연구(전재식 등, 2009)와 일치하는 경향을 보이고 있다. PSD가 일부 역사에만 설치 완공된 2008년 서울지하철 전체 노선을 대상으로 본 연구팀에서 수행한 전동차 객실내부에 서의 PM<sub>10</sub> 농도 조사결과, 서울메트로와 도시철도공사의 평균 농도는 각각 86.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 74.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 양호한 농도 수준을 나타내었다. 그러나 PSD 설치가 전체 역사에 완료되는 2010년에는 승강장과 대합실로 이어지는 자연 통풍구가 차단되어 더욱 고립된 터널공간의 미세먼지 농도는 상당 수준 증가할 것으로 예상되며, 이는 전동차 객실 공기질과 직결되어 일평균 2시간을 전동차에서 보내는 지하철 이용승객의 건강에 심각한 위해가 우려된다. 따라서 PSD설치 내부공간의 미세먼지 저감을 위한 환

기시스템 운영방법 개선 등 새로운 지하철 공기질 관리 방안 모색이 요구되고 있다.

### 참 고 문 헌

전재식, 김동술, 박덕신, 김주형 (2009) 스크린도어 설치에 의한 지하철역 공기질 변화, 한국대기환경학회  
추계학술대회 논문집. 환경부 (2008) 실내공기질공정시험기준.