

## 1E2) 열차풍이 지하철역 미세먼지 농도에 미치는 영향 조사 A Study on the Characteristics of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Behavior by Tunnel Wind in the Subway Stations

김민열 · 이민환 · 여인학 · 조석주 · 이상열  
서울특별시 보건환경연구원 대기부

### 1. 서 론

서울지하철역사내의 미세먼지농도는 환기에 의한 외부대기오염의 영향이 크다는 그간의 주장과 연구 조사내용과는 달리 금번 이와 관련한 일련의 조사연구에서 그의 대부분이 내부 source에 의하여 결정되는 것을 확인하였다. 그의 중요한 source로서는 운행회수 1일 4226회에 의한 레일과 바퀴, 팬도그래프와 급전시설의 마찰, 1일 이용인원 5,481,000명에 의한 바닥과 신발의 마찰에 의한 마모와 발진현상과 사람들간의 접촉에 의한 섬유상 먼지의 비산, 그리고 역사내부의 서어비스업체등에서 음식조리시 부적절한 환기시설로 인한 것 등이 주요한 요인으로 생각되나 열차의 빈번한 출입으로 인하여 발생하는 열차풍에 의한 먼지발생은 source의 큰 부분을 차지할 것이라는 전제하에 본 조사를 실시하게 되었으며 그의 영향정도를 파악하였다.

### 2. 연구 방법

시청역(1호선) 그리고 강남구청역(7호선)의 지하철역 승강장에서 열차 진출입시를 포함 1분 단위로 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>과 PM<sub>1.0</sub> 그리고 기류, 온도, 습도 등을 측정하였다. 조사기간은 2003년 7월22일~8월21일까지 약 30일간이며 독일이 Grimm사의 Portable Aerosol Spectrometer(Model 1108)와 일본의 카노막사사의 Climomaster(Model 6521)를 이용하여 측정하였다.

역사내부의 플랫폼에서의 먼지측정은 아침 열차운행 개시경부터 24시간 내내 실시하였으나 Climomaster의 데이터 저장용량은 820개의 매 1분 데이터이기 때문에 1일중 13시간 40분간의 측정이 가능하였다.

### 3. 결과 및 고찰

열차의 진출입은 1기(1~4호선)의 경우 러쉬아워시 2.5~3분에 1회, 통상시는 4~6분에 1회씩이며 2기 지하철(5~8호선)은 러쉬아워시 2.5~6분에 1회, 통상시는 5~10분에 1회씩 운행되나 진입과 출입이 동시에 일어나는 경우와 각각 이루어 지는 경우 등이 있어 일정한 패턴으로 발생되지는 않는다. 모든 관측항목이 매 1분마다 1개씩 수집되므로 데이터의 수가 너무 많아 모든 자료를 다 이용하기가 어려우며 따라서 시청역(1호선)과 강남구청역(7호선)의 대표 시간대를 1시간씩 random 추출하여 각각 열차풍에 의한 최고농도와 열차풍의 영향이 없는 상태의 최저농도를 각각 12개씩을 발췌하여 각 항목의 각 측정시간대를 대응토록 한 후 통계처리에 이용하였다. 표1과 표2는 시청역과 강남구청역에서의 각각의 관측자료이며 표3과 표4는 각 측정항목간의 상관성을 구한 것이다. 시청역(1호선)과 강남구청역(7호선) 모두에서 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 그리고 PM<sub>1.0</sub>과의 사이에서 고도로 유의한 상관성이 확인되었으며 양역 모두 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 그리고 PM<sub>1.0</sub> 간에서 보다 PM<sub>2.5</sub> 와 PM<sub>1.0</sub> 간에서 더욱 큰 상관성이 있음이 밝혀졌다. PM<sub>10</sub> 과 같이 입경이 비교적 큰 먼지는 열차풍에 의해 비산이 되는 부분이 크지만, PM<sub>2.5</sub> 와 PM<sub>1.0</sub> 과 같이 비교적 작은 입자의 먼지는 공기중에서의 체류시간이 상대적으로 오래기 때문에 열차풍에 의하여 추가로 발전되는 부분이 상대적으로 적을 수 밖에 없어 그의 영향이 적은 것으로 사료된다. 이는 열차풍에 의하여 발생된 기류와의 상관계수를 보더라도 PM<sub>10</sub> 과는 고도로 유의한 상관성을 갖는데 비하여 PM<sub>2.5</sub> 와 PM<sub>1.0</sub> 과는 각 조사대상역 모두 상관성이 없는 것으로 나타난 것으로 보더라도 알 수 있다. 또 하나의 특이한 사항은 시청역에서 PM<sub>2.5</sub> 과 PM<sub>1.0</sub> 농도와 상대습도와와의 사이에서 유의한 상관성이 확인된 것이다. 공기중의 상대습도가 높을수록 PM<sub>2.5</sub> 이하의 미세입자농도는 줄어드는 것이다. 반면에 강남구청역에서는 상관성이 확인되지 않았다. 이는 역내의 시설의 노후화도의 차이와 역사의 시설과 환기장치 및

가동상태, 그리고 먼지오염과 청소상태등 청정도의 차이에 의한 요인으로 사료된다.

시청역의 경우에는 열차의 진출입이 없는 평상시의 PM<sub>10</sub> 농도는 188.2±35.3μg/m<sup>3</sup>였으나 열차풍에 의하여 242±48.3μg/m<sup>3</sup>까지 28.6% 높아지는 결과로 나타났다. 반면에 PM<sub>2.5</sub> 는 6.4%, PM<sub>1.0</sub> 은 6.0% 증가하는데 그쳤다.

강남구청역은 열차의 진출입이 없는 평상시의 PM<sub>10</sub> 농도는 136.5±2.8μg/m<sup>3</sup>였으나 열차풍에 의하여 153.6±9.4μg/m<sup>3</sup>까지 12.5% 높아지는 결과로 나타났다. 반면에 PM<sub>2.5</sub> 는 3.1%, PM<sub>1.0</sub> 은 2.8% 증가하는데 그쳤다.

### 참고 문헌

김민열 · 이민환 · 조석주(2004) 지하철역사내의 미세먼지의 변동특성과 동태에 관한 연구, 한국대기환경학회 춘계학술대회 발표예정

김동술 · 김신도 · 김윤신 · 신응배 · 이태정(1994) 서울시 지하철역내 분진 오염원의 정량적 기여도의 결정, 대한환경공학회지, 제16권 3호, 309~319

이명화 · 김종호 · 김신도(1998) 지하철역사내에서 열차의 유출입에 의한 환기특성과악에 관한 연구, 한국대기환경학회 추계학술대회 발표논문집, 169~170

Table 1. Results of measuring data in the Kangnamku station. (unit:μg/m<sup>3</sup>)

item classification	2003. Aug. 1 4:40pm~5:39pm					
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>1.0</sub>	velocity(m/s)	temp(℃)	RH(%)
maximum level by tunnel wind	164.4	125.8	107.8	0.45	25.1	77.5
	176	151.8	128.6	0.38	24.7	80.2
	153.6	134.2	113.8	0.40	24.8	78.1
	147.2	135	113.4	0.35	24.8	80.3
	147.8	134.6	112.8	0.32	24.9	80.4
	159.2	128	108	0.66	24.7	80.9
	146	130.4	109	0.29	25	82.8
	145.4	131.4	109.4	0.28	25.1	78.8
	148.6	137.2	113.2	0.29	25.2	80.3
	150.2	131.2	110	0.30	25.1	78.2
	151.6	140.2	116.8	0.39	25.1	79.6
minimum level not is affected by tunnel wind	135	122.2	105	0.1	24.8	78.2
	140.2	136.2	114.8	0.13	25	79
	139	134.4	114.4	0.11	24.7	78.2
	138.2	130.6	110.6	0.08	24.7	79.6
	136	131.2	109.8	0.09	25.2	80.5
	136.4	130.8	109.4	0.11	24.8	80.6
	133.2	128.4	107.4	0.1	25.6	80.9
	137.4	131.6	110.6	0.09	24.9	78.9
	130.6	126.2	106	0.05	25.1	78.7
	136	129.2	107.8	0.1	25.1	80
	139	134.8	113.4	0.12	25.2	82.1

**Table 3.** Relative coefficients between high and low level by tunnel wind(City Hall Station)

	PM-10	PM-2.5	PM-1.0	V(m/s)	T(℃)	Hum(%RH)
PM-10	1					
PM-2.5	0.8816**	1				
PM-1.0	0.8822**	0.9990**	1			
V(m/s)	0.5968**	0.3617	0.3642	1		
T(℃)	0.0311	0.0801	0.0695	-0.3441	1	
Hum(%RH)	-0.3719	-0.4776*	-0.4708*	-0.0125	-0.3721	1

\*\* : p<0.01, \* : p<0.05

**Table 4.** Relative coefficients between high and low level by tunnel wind(Kangnamku Station)

	PM-10	PM-2.5	PM-1.0	V(m/s)	T(℃)	Hum(%RH)
PM-10	1					
PM-2.5	0.5497**	1				
PM-1.0	0.6049**	0.9778**	1			
V(m/s)	0.8413**	0.2430	0.2586	1		
T(℃)	-0.3073	-0.1915	-0.3025	-0.2499	1	
Hum(%RH)	-0.0636	0.1862	0.0870	0.0260	0.1974	1

\*\* : P<0.01