

## PF3) 겨울철과 여름철의 지하철 터널 내 미세먼지 밀도 추정을 위한 입경분포 특성 연구

### A Study on the Characteristics of Particle Size Distributions for Estimating Fine Particle Density in Subway Tunnel during Winter and Summer

윤상렬<sup>1)</sup> · 김조천<sup>1,2)</sup> · 손윤석<sup>2)</sup> · 김필현<sup>1)</sup> · 강영훈<sup>1)</sup> · 정상귀<sup>2)</sup> · 선우영<sup>1,2)</sup> · 노철언<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 건국대학교 환경공학과, <sup>2)</sup> 건국대학교 신기술융합과, <sup>3)</sup> 인하대학교 화학공학과

#### 1. 서 론

서울시 지하철은 1974년 제 1호선 9개역을 시작으로 제2, 3, 4호선이 1985년 10월에 완전 개통되었으며, 현재는 8개 노선, 총 316역사가 개통운행 중이며 2011년에는 3기 지하철이 완공되어 서울시 교통 부담률의 절반에 가까운 48%를 기록할 것으로 예상하고 있다. 이러한 지하철 노선의 확충으로 인한 지하철 공기질의 악화는 인간의 건강에 위대한 영향을 직·간접적으로 줄 수 있으며 지하공간의 오염이라는 심각성을 내포하고 있다. 특히 지하철에서의 미세먼지 오염원은 지하철 이용 승객들의 이동 중 발생하는 미세먼지, 열차의 운행과정에서 배출되는 미세먼지, 그리고 부적절한 환기 시설 등이 있다. 그 중에서도 열차의 빈번한 출입에 의해 발생하는 열차풍에 의한 먼지 발생과 터널 내에서 빠져나가지 못한 미세먼지가 상당히 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이러한, 터널에서 발생 및 부유하고 있는 미세먼지의 거동을 이해하기 위해서는 입경분포를 미리 이해하고 그에 따른 입자의 비중을 고려할 필요가 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 겨울철과 여름철 지하철터널 내의 미세먼지 농도 및 입경분포를 비교분석하고자 한다.

#### 2. 연구방법

본 연구에서는 서울 지하철 1~4호선 중 J역, C역, Y역, S역의 역사 승강장 진입 지점에서 약 100m 정도 떨어진 터널 내부에서 1.5m 높이에서 미세먼지 시료채취를 수행하였다. 조사기간은 겨울철 2009년 02월 08일~03월 05일 까지 약 30일간, 여름철 2009년 7월 20일~8월 28일 약 40일간 각각 수행하였으며, 미세먼지 시료채취를 위하여 Cascade Impactor, Mini Volume air sampler, High Volume air sampler, 베타선 흡수법 등을 사용하였다. Cascade Impactor의 유량은 28.3L/min이고 채취 시간은 당일 오전 5시부터 익일 1시까지 20시간 연속측정이 이루어졌다. 미세먼지 채취를 위하여 사용된 필터는 47mm 석영필터를 사용하였고, Cascade Impactor를 이용한 연구에서는 각각의 입경범위별 입경분포농도를 비교하였으며, 본 연구에서 사용된 Cascade Impactor의 분리입경은 1, 2.5, 5, 10 $\mu$ m이다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 서울 지하철 1~4호선 중 J역, C역, Y역, S역에서 측정된 TSP, PM<sub>1-10</sub>, PM<sub>1-2.5</sub>의 평균질량 농도비율을 나타내었다. 미세먼지 측정 결과 Y역 터널의 평균질량농도비가 TSP를 기준으로 PM<sub>1-10</sub> 88%, PM<sub>1-2.5</sub> 25%~29%로 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 4개 역사의 PM<sub>1-10</sub> 농도비가 겨울철과 여름철 모두 80% 이상 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. PM<sub>1-10</sub>의 농도비가 가장 높게 나타난 것은 10 $\mu$ m 이하의 입경범위의 물질이 터널 내부 오염원으로 인하여 상당부분 발생되었기 때문일 것으로 추정된다. 또한, 겨울철과 여름철의 농도비율을 확인한 결과 계절적인 농도비율의 변화는 미비한 것으로 판단된다. 이외에 환기구가 도로변에 인접해 있어서 자동차의 주행에 의해 발생된 미세먼지의 외부 유입도 무시할 수 없을 것으로 판단된다.

그림 2는 서울시 도시지하철 4개 역사에서 측정된 미세먼지의 평균입경분포를 보여주고 있다. 미세먼

지의 입경크기는  $5\mu\text{m} \leq dp < 10\mu\text{m}$ 의 입자 크기에서 가장 많은 양의 분포를 나타냈고  $2.5\mu\text{m} \leq dp < 5\mu\text{m}$ ,  $1\mu\text{m} \leq dp < 2.5\mu\text{m}$ ,  $10\mu\text{m} \leq dp$  순으로 평균 입경분포가 나타났다. 열차의 빈번한 출입에 의해 발생하는 열차풍에 의한 먼지 발생과 터널 내에서 상존하는 미세먼지의 입경이  $5\mu\text{m} \leq dp < 10\mu\text{m}$ 의 범위에서 가장 많이 나타난다고 사료된다.

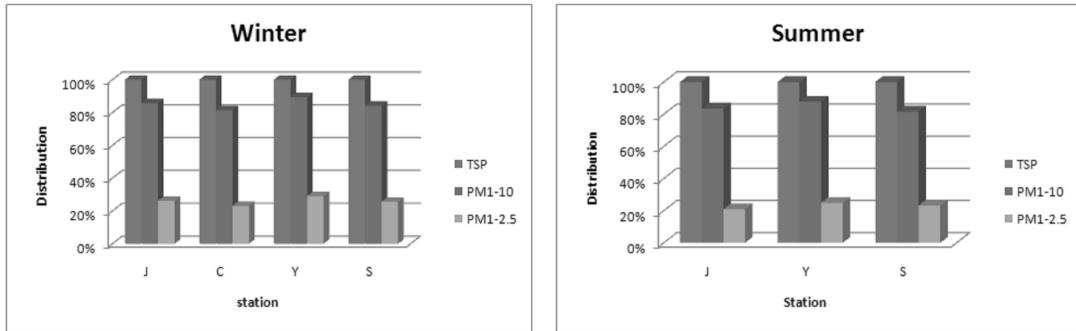


Fig. 1. Distribution of TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> during winter and summer in subway tunnels.

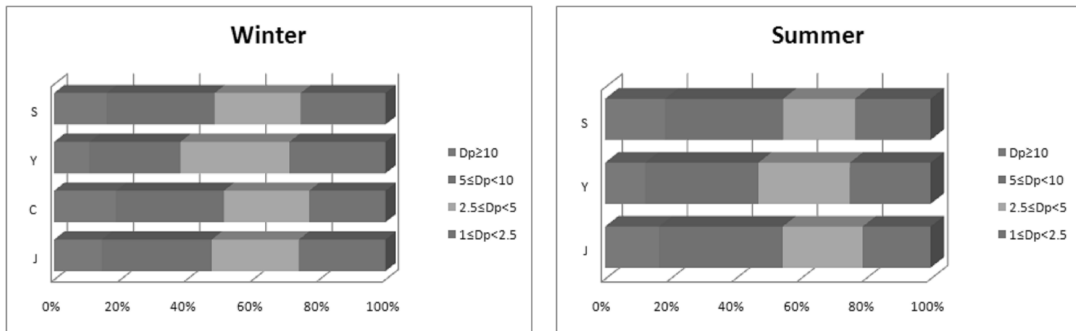


Fig. 2. Distribution of particle size during winter and summer in subway tunnels.

본 연구 결과에서 보는 바와 같이 모든 대상역사의 터널 내의 미세먼지가 다양한 비율로 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 전반적으로 볼 때 PM<sub>1-10</sub>에 속하는 입경분포에서 차지하는 비율이 Dp ≥ 10 $\mu\text{m}$  입자에 비해 높은 것을 알 수 있었고, 이 중 겨울철의 일부역사의 경우에는 입자분포 Dp ≥ 5 $\mu\text{m}$ 가 차지하는 비율이 전체의 50%를 넘는 것으로 나타났다. 반면 여름철의 경우에는 약간 상이한 결과를 보였다. 이는 입경분포의 계절적요인보다 터널내의 내부적 요인이나 외부적 요인에 의한 결과라고 사료된다.

## 사 사

본 연구는 서울시정개발연구원(CS070160) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 김민영, 조석주 (2004) Estimation of parctical use for Portable Aerosol Spectrometer, 대기환경학회 춘계학술대회 논문집.
- 노영만, 박화미, 이철민 (2007) 서울시 지하철 객차내에서의 미세먼지 농도 평가, 한국산업위생학회지.
- 조석주, 김민영, 이민환 (2004) 지하철역사내 미세먼지의 변동특성과 동태에 관한 연구, 대기환경학회 춘계학술대회 논문집.