

PF3) 서울시 지하철 객실 내 미세먼지 농도와 화학적 구성 성분에 관한 연구

The Study on PM₁₀ and Chemical Composition in Seoul Subway Cabin

양성수 · 박덕신 · 조영민 · 권순박 · 박은영¹⁾

한국철도기술연구원, ¹⁾과학기술연합대학원대학교

1. 서 론

지하철은 공기질 측면에서 밀폐된 실내공간에 다양한 오염원이 존재하므로 지상 건물과는 다른 특성을 보이며, 이용 승객에 의해 운반되거나 내부에서 발생된 오염물질이 외부로 배출되지 못하고 축적될 가능성이 높다. 따라서 승객 및 작업자들과 지하철에 인접한 주변 지하 공간을 이용하는 사람들이 유해 물질에 장시간 노출시 건강상의 위해도가 높아질 가능성이 크다(Kim et al., 2008).

일반적으로 미세먼지는 공기 역학적 직경이 10 μm 이하의 분진을 뜻하며, 대기 중의 미세먼지 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 일별 사망률이 0.5~1.5% 증가하는 것으로 보고된 바 있다(Pope et al., 1995). 또한 많은 역학적 연구결과 대기 중 분진의 농도 증가가 인간의 질병률과 사망률에 영향을 준다고 밝힌 바 있다(Dockery and Pope, 1994).

현재까지 베이징, 베를린, 런던, 뉴욕과 같은 세계 대도시에서 운영되고 있는 지하철 객실 내 미세먼지 농도를 측정하는 수준의 연구가 다수 진행된 바 있으나 국내 대다수의 연구는 지하철역사에 집중되어 있다. 따라서 본 연구에서는 전동차 객실 내부의 미세먼지 농도를 조사하고 그 화학적 특성을 분석하였다. 객실에서 포집한 미세먼지 샘플을 이용하여 오염원분석에 많이 이용되고 있는 수용모델을 수행하여 객실의 미세먼지 오염원을 분석하여 향후 전동차 공기질 관리를 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

2. 연구 방법

PM₁₀ 시료는 지하철 2호선에서 2010년 1월 26일부터 2월 11일까지 포집하였다. PM₁₀의 샘플링에는 mini-volume air sampler(USA., Air Metrics, Model PAS201)를 사용하여 평균 5 ℓ/min 의 유량으로 6 시간가량 채취하였다. 여지는 유리 석영 필터 (PTFE Membrane Filter 0.2 μm 47 mm, Whatman)를 사용하였다. 시료채취 전후로 3일간 항온, 항습상태에서 보관하여 항량시킨 후 0.01 mg의 감도를 갖는 전자저울(Mettler Toledo사, Model XP Excellence Plus)로 칭량하여 미세먼지농도를 계산하였다.

PM₁₀을 채취한 여지는 무기원소 및 이온성분의 분석을 위하여 마그네틱 가위를 이용하여 필터를 1/2 크기로 절취하여 각각의 분석목적에 맞게 전처리를 하였다. PM₁₀ 무기원소 분석을 위한 전처리 방법은 미국 EPA가 고시한 CWA(Clean Water Act)의 마이크로웨이브 전처리법을 준용하여 마이크로웨이브(CEM사, Model Mars Xpress)를 이용한 질산-염산 전처리 방법을 사용하였다. PM₁₀의 수용성 이온성분을 분석하기 위하여 절취한 여지를 초순수 증류수에 침적시켜 초음파 추출기로 추출하는 전처리 방법을 이용하였다. 위의 두 가지 전처리 과정을 통해 획득한 시료를 분석 전까지 4°C의 냉장고에 보관하였다(황인조와 김동술, 1998).

산을 이용한 전처리가 끝난 시료는 ICP-OES(720-ES ICP, Varian Inc.)을 이용하여 Ba, Mn, Cr, Cd, Zn, Si, Fe, Ni, Al, Pb, V 등 11개 항목을 선택하여 분석하였다. 그리고 수용성 이온성분은 이온 크로마토그래피 (Metrohm사, Model Mic-7-Compact)를 이용하여 분석하였다. 위의 장비를 사용하여 양이온 Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ 등 5개 항목을, 음이온 Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 등 3개 항목을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

연구결과 10일간 측정된 지하철 객실 내 미세먼지의 평균농도는 168.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. 이 결과는

환경부에서 고시한 ‘대중교통실내공기질가이드라인’의 침투시간 평균농도인 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 다소 낮은 수준이지만 측정된 PM_{10} 의 일별 변화량을 조사한 결과 2009년 2월 1일에 환경부 기준 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 $258.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타났다. 이는 2009년 2월 1일에 서울 대기 중 미세먼지의 농도가 $97.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연구 기간 중 가장 높은 농도를 나타낸 것으로서 지하철 객실 내 미세먼지 농도가 실외 대기에 의해 영향을 받은 결과로 사료된다.

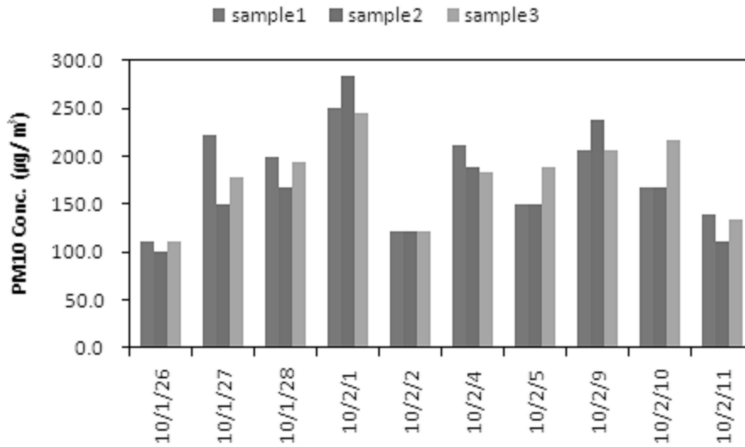


Fig. 1. Daily PM_{10} variation of subway in cabins.

참 고 문 헌

- 황인조, 김동술 (1998) Submicron 부유분진의 화학적 조성 및 분포에 관한 연구, 한국대기환경학회, 한국대기보전학회지, 14(1), 11-23.
- Dockery, Pope (1994) Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health*, 15, 107-132.
- Kim, K.Y., Y.S. Kim, Y.M. Roh, C.M. Lee, and C.N. Kim (2008) Spatial distribution of particulate matter(PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$) in Seoul Metropolitan Subway stations, *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), 440-443.
- Pope, C.A., D.V. Bates, and M.E. Raizenne (1995) Health effects of particulate air pollution: time for reassessment *Environmental Health Perspectives*, 103, 472-480.