

PA19) SEM/EDX를 이용한 서울시 지하철 역사 내 개별입자의 질량분율에 관한 연구 A Study on Mass Fractions of Individual Particles by SEM/EDX in Seoul Subway Stations

한근혁 · 김동술

경희대학교 환경응용화학부 대기오염연구실 및 환경연구센터

1. 서 론

입자상 물질은 호흡에 의해 폐 깊숙이 침착되어 인체에 피해를 줄 수 있다. 같은 질량의 거대 및 미세 입자가 있을 경우, 입자의 크기가 작아짐에 따라 비표면적이 급속히 커지기 때문에 입자가 유해 중금속 성분을 함유하고 있을 경우 그 중금속의 농축 정도가 크다.

지하철 역사는 사람들이 가장 많이 생활하는 지하 공간중의 하나이며, 유동인구가 많아 입자상 물질의 발생이 심한 지역으로 외기에 비해 희석, 확산 공간이 크지 않기 때문에 역사 내 유해 환경 오염 물질의 영향과 관리 대책에 대한 연구가 진행되고 있다.

입자상 물질의 분석은 전량 분석 (bulk analysis)과 개별입자분석 (individual particle analysis, or Particle by Particle Analysis)으로 나눌 수가 있다. 전량 분석은 평균적 화학성분만을 주대상으로 하기 때문에 유사한 화학성분을 갖는 오염원을 분리·추정할 수 없는 반면, 개별입자분석은 입자의 오염원을 확인할 수 있다(강승우, 2000).

2. 연구 방법

본 연구는 2000년 2월 15일 미아역 외기, 대합실, 승강장에서 채집한 여지를 SEM/EDX로 분석하여 입자의 질량 분율을 구하였다. 미아역사는 역사의 구조가 간단하여 외기와 대합실, 승강장의 데이터를 비교하는데 용이하다.

시료 채집에 사용된 장치는 Mini-volume portable sampler (Air Metrics Co., Model 4.1)로서, SEM/EDX 분석 시 분진의 과다한 부하를 받지 않고, 크기가 작고 가벼워 이동하여 설치하기 손쉬운 장치이다 (Air Metrics, 1995). 유량은 5 l/min으로 3시간 채집하였고, 여지는 입자에서 분석하려고 하는 화학성분을 거의 포함하고 있지 않아야 한다. 본 연구에서는 Membra-Fil Cellulose Membrane Filters (diameter 47mm, pore size 0.45 μ m, Corning Co.)를 사용하였다.

개별입자분석에 사용된 SEM은 경희대학교 연구실험센터에 있는 영국 Leica사의 Cambridge StereoScan 440 으로 작동 조건은 가속 전압 15 kV, 초점 거리 25 mm 이고, 배율은 5,000 배로 고정하였다.

분석할 입자의 대표성을 확보하기 위해 대기공정시험법의 원형굴뚝측정점 선정법을 응용하여, 직경 47 mm의 여지 위에 측정점을 선정하였다. 본 연구에서는 시료당 약 150개의 입자를 분석하였으며 EDX 분석으로 화학적 정보를 얻었다. 분석에 사용한 원소는 Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Pb 등 총 19개이다.

질량분율을 계산하기 위한 첫 과정으로 균집분석을 응용하였다. 균집 분석은 응집위계균집분석법을 이용하였고, 변수들의 유사도 측정은 Euclidian 거리법을 이용하였다. 질량분율을 구하기 위해서는 개별 입자의 밀도를 구해야 한다. 분류된 입자군의 밀도는 입자군으로 분류된 개별입자의 원소분율에 각 원소의 고유 밀도를 곱하여 개별입자의 밀도를 산출한 후 이들의 평균을 입자군의 평균밀도로 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

군집분석의 결과, 외기에서는 분류된 입자군의 대부분에 토양 성분의 주성분인 Al-Si가 포함되어 있는 입자군이 많이 존재하고 있고, 승강장에서는 분류된 입자군의 대부분에서는 Fe이 포함되어 있어서 레일의 마모에 의해 비산된 Fe이 입자에 흡착하였음을 알 수 있었다. 외기와 승강장은 분류된 입자군이 확연히 다르게 분류되었으며 대합실은 외기와 승강장 보다 2배에 가까운 입자군으로 분류되었고 외기와 승강장과 공통적인 입자군도 많은 것으로 보아 외기와 승강장 모두의 영향을 받는 것으로 생각된다.

Table 1. Mass fraction for each sample.

Class	Outdoor	Concourse	Platform
Al-Si	0.051	0.022	
Al-Si-Ca		0.023	
Al-Si-Ca-Fe		0.019	0.053
Al-Si-K	0.102	0.023	
Al-Si-K-Ca	0.019		
Al-Si-K-Ca-Fe		0.024	
Al-Si-K-Fe		0.050	
Ca-Fe		0.031	
Fe		0.093	0.111
Mg-Al-Si-Ca-Fe		0.021	
Mg-Al-Si-K	0.020		
Mg-Al-Si-K-Ca-Fe	0.268	0.017	0.267
Mg-Al-Si-K-Fe		0.019	0.045
Na-Al-Si	0.042		
Na-Al-Si-Ca	0.039		
Na-Al-Si-Ca-Fe	0.062		
Na-Al-Si-K		0.018	
Na-Al-Si-K-Ca-Fe			0.037
Na-Al-Si-K-Fe			0.061
Na-Mg-Al-Si-K-Ca-Fe		0.031	0.055
Si	0.120	0.014	
Si-Ca-Fe		0.265	0.090
Si-Fe		0.081	
others	0.277	0.187	0.281
Class number	9	18	8

참고 문헌

- Airmetrics (1995) Mini-vol portable sampler operation manual, Airmetrics.
 강승우 (2000) 황사의 오염원분류포 개발을 위한 개별입자분석, 한국대기환경학회지 16(6), 565-572.