

2A4) PMF를 이용한 대기 중 입자상 물질의 입경별 발생원 추정

Source Identification of Ambient Aerosol by Positive Matrix Factorization

문광주 · 한진석 · 홍유덕 · 류성윤¹⁾ · 김영준¹⁾ · 이승욱²⁾

국립환경연구원 대기연구부, ¹⁾광주과학기술원, ²⁾서울대학교 보건대학원

1. 서 론

대기 중 미세입자에 대한 관리가 성공적으로 이루어지기 위해서는 이러한 입자상 오염물질의 배출원을 보다 정확히 추정하는 것이 매우 중요하다. 이러한 입자의 발생원 추정방법으로는 화학질량수지법(chemical mass balance, CMB)과 다변량분석법(multivariate analysis)을 이용한 수용모델들이 있는데, 이 중 다변량 수용모델(multivariate receptor model)은 오염원에 대한 자료(Source profiles)가 충분하지 않아도 인자분석법(factor analysis)을 이용하여 중요 배출원의 기여도를 산출할 수 있어 많이 이용되고 있다. 그러나 기존의 연구에서는 주로 PM_{2.5}나 PM₁₀ 측정결과에 대한 인자분석을 수행하였고, 주로 정성적인 오염원 추정만이 가능한 PCA (principal component analysis)를 사용하여, 인자들이 여러 가지 오염원이 혼합된 형태로 나타나 세부적인 오염원 추정이 어렵고, 또한 정량적으로 각 오염원의 영향을 파악하지 못하는 문제가 있었다. 그러나 최근에는 이러한 다변량 수용모델의 단점을 보완한 PMF (Positive Matrix Factorization)법이 개발됨에 따라 각 오염원의 성분조성(Source profile)과 정량적 영향 정도까지도 추정할 수 있게 되었고, 또한 샘플링 기술의 발달로 세부 입경별 성분의 연속측정이 가능해짐에 따라 보다 구체적인 오염원 추적과 함께 오염원에 대한 새로운 정보를 제공할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 기존의 입경분포 측정과는 달리 8-stage DRUM (Davis Rotating Unit for Monitoring) impactor를 사용하여, 총 19종의 원소에 대해 3시간 간격 연속 측정을 실시하였다. 측정은 한반도 지역의 배경 농도와 동북아시아 지역에서의 대기오염물질의 이동을 연구하는데 좋은 조건을 갖추고 있는 고산 측정소에서 2002년 3월 29일부터 5월 30일까지 이루어졌다. 이러한 대기 중 입자상 물질 내 원소성분의 입경별 연속측정 결과는, 1)PMF 수용모델에 적용하여 우선 오염원을 정성적으로 추정하고, 2)각 오염원의 성분특성 파악 및 3)입경별 인위적 오염성분들의 영향정도를 정량적으로 평가하였다.

2. 연구 방법

입경별 원소성분의 측정을 위해 8-Stage Drum Impactor를 사용하여 2002년 3월말에서 5월 말까지 대기 중 입자상 물질을 3시간 간격으로 연속 채취하였다. 이때 Drum impactor의 각 단별 절단입경은 0.09, 0.26, 0.34, 0.56, 0.75, 1.15, 2.5, 5.0, 12 μ m이다. 시료를 채취한 필터는 California Davis 대학의 DELTA 그룹에서 SXRF(Synchrotron X-ray fluorescence)를 사용하여 분석되었다. S-XRF 데이터는 4-18kV 에너지를 가지는 백광을 사용하여 Lawrence Berkeley National Laboratory에서 ALS(Advanced Light Source) Line 10.3.1으로 분석하였다. Drum 필터의 S-XRF를 이용한 분석방법은 다른 연구들(Reid et al., 1994)에서와 같다. 분석은 S, Si, Al, Fe, Ca, Cl, Cu, Zn, Ti, K, Mn, Pb, Ni, V, Se, As, Rb, Cr, Br의 19종의 원소를 대상으로 하였다.

3. 결 과

19종의 원소성분에 대한 입경별 연속측정자료를 PMF 방법을 사용하여 분석한 결과, 토양과 해염입자와 같은 자연발생원을 가지는 입자상 물질 외에도, 오일 및 석탄 연소 배출원, 가솔린 및 디젤 자동차 배출원, 생체연소 (Biomass burning), 철강산업 및 비철금속 관련 배출원과 같은 다양한 인위적 오염원의 영향이 관찰되었다. 이때 이러한 오염원들의 성분특성은 입자의 입경범위와 상관없이 전반적으로 비

교적 기준의 연구에서 발표된 오염원 특성과 유사하게 나타났으나, 각 오염원의 영향은 입경별로 다르게 나타났다. 이러한 경향은 대표적인 입자상 물질 발생원인 토양과 해염, 오일연소 배출원에 대해 아래의 Fig. 1과 같이 관찰되었다.

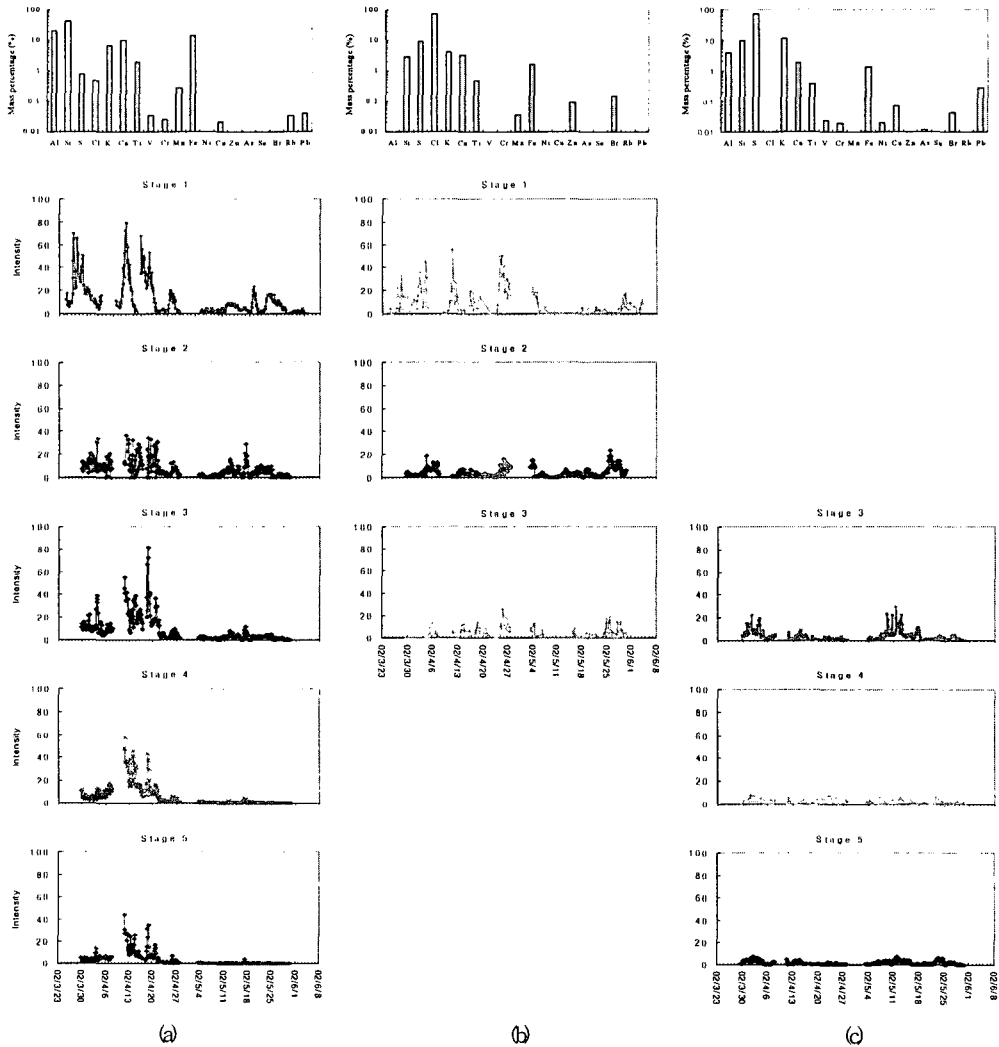


Fig. 1. Source profiles (log scale) and time series of estimated source intensities to the ambient aerosol ((a) soil, (b) sea-salt, (c) oil combustion).

참고 문헌

Reid, J. S., Cahill, T. A., and Dunlap, M. R., 1994, Geometric/Aerodynamic Equivalent Diameter Ratios of Ash Aggregate Aerosols Collected in Burning Kuwaiti Well Fields, Atmospheric Environment, 28(13), 2227-2234.