

4B7) PMF와 TTFA를 이용한 PM₁₀의 오염원 기여도 평가

Estimation of Source Contributions of PM₁₀ by PMF and TTFA

양성수 · 오미석 · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경·응용화학대학 및 환경연구센터

1. 서 론

대기 중 분진은 대표적인 대기오염물질로서 공기역학적직경 10 μ m 이하인 PM₁₀은 장거리 이동 중 물리 화학적인 반응에 관여하고 시정감소, 산성비와 같은 대기오염현상을 일으킨다(Chow et al., 1996). 또한, 미세먼지는 호흡기질환 및 폐손상의 원인물질로서 사망률 증가와 직접적인 관련이 있으며(Harrison and Yin, 2000; Samet et al., 2000), 대기 중 PM₁₀ 농도가 10 μ g/m³ 증가 시 일일 사망자 수는 약 1% 증가한다고 보고된 바 있다(Lippmann, 1998). 이러한 미세먼지는 직접 대기 중으로 배출되거나 대기화학 반응에 의해 2차적으로 생성되는 오염물질이다. 따라서 도시 대기환경의 미세먼지 저감을 위한 효율적인 관리 방안을 마련하기 위해서는 직접적으로 배출되는 1차 먼지에 대한 평가뿐만 아니라, 대기 중 입자상 물질의 농도에 크게 기여하는 2차 입자의 영향을 파악하여야 한다.

수용모델은 수용체 위치에서 분석된 입자상오염물질의 자료를 이용하여 오염원을 확인하고 그 기여도를 평가하기에 적합한 모델이다. 수용모델은 오염물질의 배출자료나 기상자료를 사용하지 않고 오염원 기여도 정량화하기 위한 수학적 혹은 통계적 과정이다. 미국 EPA에서는 대기질에 영향을 미치는 오염원을 관리하기 위해 주정부실천계획의 한 분야로서 수용모델을 사용하며, 다양한 수용모델을 발전시키고 있다(EPA).

본 연구에서는 1997년 이후 양적 질적 도시팽창을 이루고 있는 수원지역 미세먼지의 농도변화 특성을 파악하고 오염원의 기여도를 평가하기 위하여 수용모델을 사용하였다. 적용모델은 수용모델 중 대표적인 다변량분석방법인 PMF와 TTFA 모델을 사용하였으며, 두 모델간의 비교를 통해서 모델들 간의 차이를 분석하고자 했다.

2. 연구 방법

시료의 채취기간은 2006년 3월부터 2007년 7월까지로서 총 57개의 시료를 채취하였다. 시료는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 환경응용화학대학 옥상(5층)에서 채취되었다. 대기 중 PM₁₀의 채취는 high-volume air sampler(USA, General Metal Works, Model IP10, GV2630-70)를 사용하여 평균 24시간 동안 측정하였다. 시료채취에 사용된 여지는 수정 섬유여지(quartz microfiber filter, QM-A, 8"×10", Whatman)를 사용하였다. 칭량 전후의 무게차를 분진의 무게로 간주하였으며 이를 유량으로 나누어 분진농도를 계산하였다. 수정섬유여지에 채취된 대기 중 PM₁₀의 수용성 이온성분 분석을 위해 여지를 초순수에 침적시켜 초음파 추출기로 추출한 후 이온 크로마토그래피(Dionex사, Model DX-400)를 이용하여 분석하였다. 분석된 이온항목은 각각 음이온 3개 항목(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)과 양이온 5개 항목(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)을 분석했다. 또한 대기 중 분진이 채취된 수정섬유여지를 microwave을 이용한 질산-염산 전처리 한 후 ICP-AES 분석법(DRE ICP, Leeman Lab Inc.)을 이용하여 무기원소 성분을 분석하였다(황인조, 2003). 분석된 무기원소 항목은 총 12개 항목(Ba, Mn, Cr, Cd, Zn, Si, Fe, Ni, Al, Cu, Pb, V)을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에서 보는 바와 같이 수원지역에서 측정된 PM₁₀ 자료를 바탕으로 최적의 모델링 변수를 이용하여 PMF 모델링을 수행한 결과 총 6개의 오염원이 분류되었다. 본 연구에서는 회전 자유도(FPEAK)

을 -1.0, -0.8, -0.6, -0.4, -0.2, 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 등으로 변화시키면서 최적의 해를 구하고자 하였다. 그 결과 FPEAK 값 -0.4에서 최적의 결과를 얻었으며, R^2 값은 0.78이었다. 본 연구에서 분류된 6개의 오염원 각각의 평균 기여도는 생체연소 관련 오염원 18%, 산업관련 오염원 19%, 해양관련 오염원 11%, 토양 및 도로비산먼지관련 오염원 24%, 이차 에어로졸관련 오염원 16% 그리고 석유 연소/ 자동차 관련 오염원 9%로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 본 연구지역의 PM₁₀은 토양 및 도로비산먼지관련 오염원의 가장 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구는 추후 동일한 자료를 이용하여 TTFA를 수행할 것이며 본 연구의 결과는 도시지역 PM₁₀ 오염원의 기여도를 정량적으로 평가함으로써 향후 대기오염물질 저감에 필요한 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

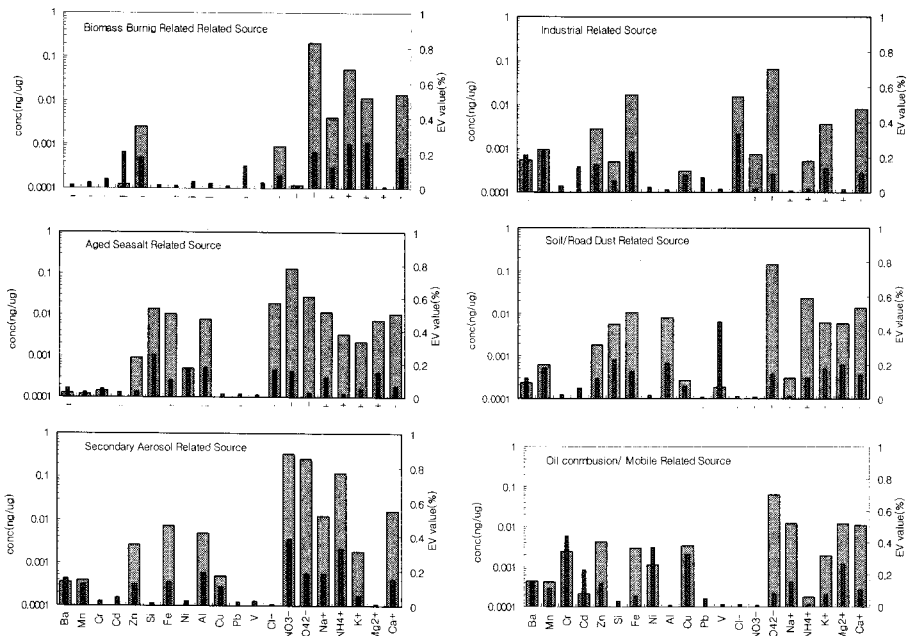


Fig. 1. Chemical compositions of factors(source profiles) for Suwon PM₁₀ samples constructed using the PMF Model.

참 고 문 헌

- 황인조 (2003) PMF 모델을 이용한 대기 중 PM-10 오염원의 정량적 기여도 추정, 경희대학교 대학원 환경학과 박사학위 논문.
- Chow, J.C., J.G. Watson, Z. Lu, D.H. Lowenthal, C.A. Frazier, P.A. Solomon, and R.H. Thuillier (1996) Descriptive analysis of PM_{2.5} and PM₁₀ at regional representative locations during SJVAQS/AUSPEX, Atmospheric Environment, 20(12), 2079-2112.
- Harrison, R. and J. Yin (2000) Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effect on health?, Sci. Total Environ, 249, 85-101.
- Lippmann, M. (1998) The 1997 US EPA standards for particulate matter and ozone. In: Hester, R.E., Harrison R.M. (Eds.), Issues in Environmental Science and Technology, 10, Royal Society of Chemistry, UK, 75-99.
- Samet, J., F. Dominici, F. Curriero, I. Coursac, and S. Zeger (2000) Fine particulate air pollution and mortality in 20 us cites, 1987-1994. Enviro. J. Med., 343, 1742-1749.

www.epa.gov