

PB5) 용인·수원 경계지역에서 PM₁₀ 오염원의 확인과 기여도의 추정

Identifying Atmospheric PM₁₀ Sources and Estimating their Contributions on the Area of Yongin-Suwon Border

이형우 · 이태정 · 김동술

경희대학교 국제캠퍼스 환경·응용화학대학 대기오염연구실

1. 서 론

20세기에 이르러 급속한 도시화 및 산업화가 진행되면서 세계 여러나라들은 환경오염이라는 피할 수 없는 환경문제에 직면하였다. 다양한 오염원에서 배출된 오염물질은 시정악화 및 산성침착 등과 같은 지역규모의 대기오염문제와 오존층 파괴, 온실효과 등과 같은 지구규모의 대기오염문제를 유발하였으며, 더 나아가 인간의 건강에도 심각한 악영향을 미치고 있는 실정이다(황인조, 2003). 특히, 대기중에 존재하는 미세먼지(PM₁₀)는 인간의 건강에 큰 영향을 미치며 그 농도와 밀접한 관계를 가진다는 사실은 이미 여러 연구를 통해 밝혀진 바 있다(Gauderman *et al.*, 2000; Dockery *et al.*, 1993).

우리나라의 경우 1990년대 이후 집중적으로 추진되고 있는 대기오염 규제정책에도 불구하고, 수도권 지역의 대기오염도 수준은 시정거리의 경우 일평균 수 km에 불과하여 시민들이 느끼는 체감 대기오염도는 매우 높아졌고, 대기오염에 대한 우려는 더욱 심각해졌다. 이는 수도권 지역의 급속한 인구증가와 도시 집중화에 따른 대기질이 지속적으로 악화된 결과이다. 그러나 도시의 체감오염도는 개선될 여지를 보이고 있지 않으며, 대기환경을 개선하기 위한 사회적 비용은 해마다 증대되고 있다. 따라서 인간의 건강, 오염원, 대기중 농도와와의 관계를 파악하기 위하여 PM₁₀의 오염원을 확인하고 그에 대한 기여도를 추정하는 것은 매우 중요한 과정이다.

본 연구에서는 PM₁₀ 오염도가 빠르게 악화되고 있는 수원시와 용인시 경계지역에 위치한 경희대학교 국제캠퍼스에서 PM₁₀을 채취하고 화학적 분석을 실시하였으며 각 원소별 상관관계를 분석하여 PM₁₀에 대한 오염원의 기여도를 추정하였다. 특히, 수용모델 중에서 오염원 분류표(source profile)가 확보되어 있지 않은 우리나라 실정에 적합한 양행렬인자분석법(Positive Matrix Factorization; PMF)을 이용하여 PM₁₀의 오염원을 확인하고 기여도를 추정하여 그에 대한 효과적인 관리방안을 마련하고자 하였다.

2. 연구 방법

시료의 채취는 2007년 5월부터 동년 11월까지 수행하였으며, 시료는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 공과대학 옥상(6층)에서 채취되었다. PM₁₀의 측정은 고용량 시료채취 장치인 high-volume air sampler(USA, General Metal Works, Model IP10)를 사용하여 평균 1.28m³/min의 유량으로 약 24시간 동안 시료를 채취하였다(이태정, 1997). 시료의 채취에 사용된 여지는 수정섬유여지(quartz microfiber filter, QM-A, 8"×10", Whatman)를 사용하였다. PM₁₀의 특성성분을 위하여 분진 중 무기원소, 이온, 탄소성분을 분석하였다. 무기원소의 분석을 위하여 전처리기가 끝난 시료는 ICP-AES 분석법(DRE ICP, Leeman Labs Inc.)을 이용하여 Al, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Si, Ti, Ba, Ag 14개 항목을 분석하였다. 수용성 이온성분의 농도를 분석하기 위하여 이온 크로마토그래피(Dionex사, Model DX-400)를 이용하였으며, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 8개 항목을 분석하였다. 시료 중에 포함되어 있는 탄소성분은 DRI/OGC 분석기를 사용하여 TOR/IMPROVED(Thermal Optical Reflectance/Interagency Monitoring of Protected Visual Environments) protocol 법에 의해 분석하였다. 이 방법을 통해 OC(OC1, OC2, OC3, OC4)와 OP, 그리고 EC(EC1, EC2, EC3)의 8가지 항목으로 탄소성분을 측정할 수 있다. 이렇게 분석된 자료를 PMF 모델에 적용시켜 PM₁₀의 발생원을 추정하고 그 기여도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 PM₁₀의 오염원을 추정·평가하기 위해 총 53개의 시료와 30종의 화학성분을 이용하여 PMF 모델을 수행하였다. 모델의 반복수행을 통해 적절한 오염원을 추정하였으며, 그림 1과 같은 결과를 도출하였다. 추정된 오염원은 기름연소/산업관련 오염원(14%), 토양관련 오염원(25%), secondary sulfate 오염원(22%), secondary nitrate 오염원(12%), gasoline vehicle 오염원(6%), aged sea-salt 오염원(6%), diesel vehicle 오염원(12%), waste incineration 오염원(3%)으로 총 8개의 오염원으로 분석되었다. 주로 겨울철에 높은 농도가 나타나는 것으로 알려져 있는 secondary nitrate 오염원은 그림 2에서도 알 수 있듯이 유사한 경향임을 확인할 수 있었으며, 측정된 PM₁₀의 농도와 추정된 PM₁₀의 농도 사이의 R²은 0.96으로 높은 상관성을 보였다. 추후보다 많은 시료를 지속적으로 확보하고 PMF 모델을 수행하여 오염원에 대한 더욱 정밀한 결과를 도출하고, 최종적으로 경기 남부지역의 미세먼지 개선 방안을 마련하고자 한다.

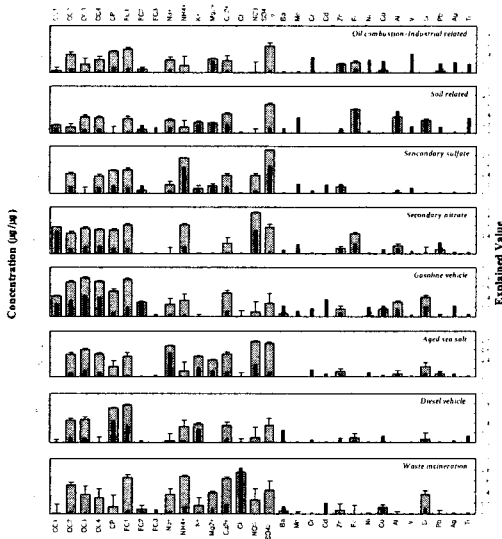


Fig. 1. Source profiles resolved from PM₁₀ samples.

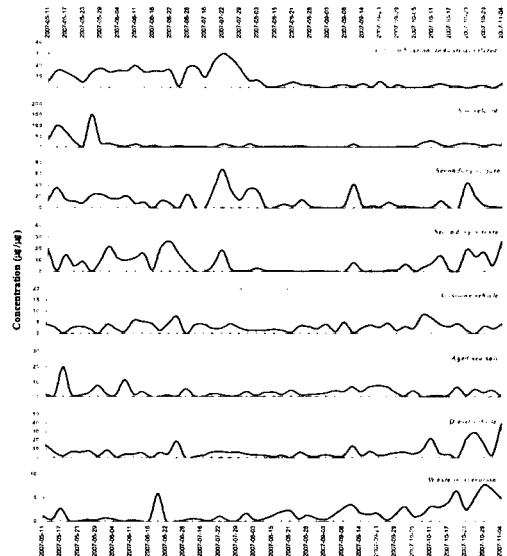


Fig. 2. Time series plot of source contributions.

사 사

본 연구는 2007년 서울지역 환경기술개발센터 『서울 남서지역 외부에서 유입되는 미세먼지량 추정을 위한 프로토콜 개발』과 경기지역 환경기술개발센터 『경기남부지역 미세먼지 배출특성 분석 및 효과적인 관리 방안 연구』의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 이태정, 김동술 (1997) 수원지역 입자상 오염물질 중 화학원소의 농도경향 및 오염원 기여도 추정에 관한 연구, 경희대학교 대학원 환경학과 박사논문.
- 황인조, 김동술 (2003) PMF 모델을 이용한 대기 중 PM₁₀ 오염원의 정량적 기여도 추정, 경희대학교 대학원 환경학과 박사논문.
- Dockery D.W., C.A. Pope, X.P. Xu, J.D. Spengler, J.H. Ware, M.e. Fay, B. Ferris, and F.e. Speizer, (1993) An association between air-pollution and mortality in 6 United States cities. New England Journal of Medicine, 329, 1753-1759.
- Gauderman, W.j., R. McConnell, F. Gilliland, S. London, D. Thomas, E. Avol, H. Vora, K. Berhane,

E.B. Rappaport, F. Lurmann, H.G. Margolis, and J. Peter (2000) Association between air pollution and lung function growth in southern California children, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 162, 1383-1390.

Weixiang Zhao and Philip K. Hopke (2004) Source apportionment for ambient particles in the San Gorgonio wilderness, Atmospheric Environment, 38, 5901-5910.