

3E1) 대기 중 PM-10 오염원의 정량적 기여도 추정을 위한 진보된 수용방법론의 응용 Application of Advanced Receptor Methodology for Estimating of Quantitative Source Contribution of Ambient PM-10 in Suwon

황인조, 김동술

경희대학교 환경응용화학대학 대기오염연구실 및 환경연구센터

1. 서론

다양한 오염원에서 배출된 오염물질은 가시광선 산란에 의한 시정악화 (visibility impairment), 산성 침착 (acidic deposition) 등과 같은 지역규모 (regional scale)의 대기오염문제와 오존층 파괴, 온실효과 등과 같은 지구규모 (global scale)의 대기오염문제를 야기시켰으며, 더 나아가 인간의 건강과 복지에도 심각한 악영향을 미치고 있다. 이와 같은 문제는 환경에 대한 관심을 고조시켰으며 이러한 대기오염문제를 해결하기 위한 기술적, 경제적, 행정적 투자와 많은 연구들을 증대시키는 결과를 초래하였을 뿐만 아니라 대기오염 피해로 인한 건강 및 복지손실을 최소화하고 산업체의 경제적 손실을 최소화하기 위해 합리적인 각종 대기환경 관리기술이 도입되고 개발될 필요성 또한 대두되었다. 이에 따라, 대기 중 오염물질의 물리화학적 특성을 장기간 측정하여 인근 오염발생원이 지역대기에 어느 정도 영향을 미치는지를 정량적으로 파악하려는 연구들이 국내외에서 활발하게 수행되고 있다 (Hwang *et al.*, 2002). 이러한 연구들은 수용방법론을 이용하게 되는데, 오염원의 효율적 제어, 방지대책, 관리방안 등의 수립을 위해서, 개별 오염원 중심의 규제를 가능하게 하고 합리적인 환경정책 수립을 위해서는 보다 정확하고 현실적이며 우리나라의 실정에 맞는 수용방법론의 개발이 시급하다고 할 수 있다 (황인조 등, 2001).

본 연구에서는 1999년 3월부터 2001년 12월까지 high-volume air sampler를 이용하여 총 157개의 PM-10 시료를 채취하였다. 시료의 분진농도 및 PM-10 입자의 무기원소, 이온성분 및 탄소성분을 분석하여 월별, 계절별 농도경향을 조사하여 본 연구지역의 일반 대기질 현황을 파악하고자 하였다. 또한 수용방법론 중에서 오염원에 대한 정보가 거의 전무하다고 할 수 있는 우리나라의 실정에 적합한 즉, 오염원 분류표 (source profile)의 부재시에 적용할 수 있는 수용방법론을 이용하여 본 연구지역 주변 오염원의 정량적 기여도를 파악하고자 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 각 수용방법론에 따른 오염원의 정량적 기여도를 각각 비교, 보완함으로써 정확하고 현실적이며 우리나라의 실정에 맞는 새로운 수용방법론을 개발하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

시료의 채취기간은 1999년 3월부터 2001년 12월까지이며, 시료의 채취장소는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 자연과학대학 옥상 (5층)에서 시료를 채취하였다. 대기 중 PM-10의 채취는 고용량 시료채취 장치인 high-volume air sampler (USA, General Metal Works, Model IP10)를 사용하여 평균 1.13 m³/min의 유량으로 평균 24시간동안 시료를 채취하였다. 시료의 채취에 사용된 여지는 수정섬유여지 (quartz microfiber filter, QM-A, 8"×10", Whatman)를 사용하였다. 여지는 시료채취 전후로 3일간 항온, 항습상태의 전자 데시게이터 (Sanplatec Corp., Model Oyin 09678BN) 내에 보관하여 항량시킨 후 0.01 mg의 감도를 갖는 전자저울 (A&D Co., Model HM-202)로 칭량하였다. 칭량 전후의 무게차를 분진의 무게로 간주하였으며 이를 유량으로 나누어 분진농도를 계산하였다. 전처리가 끝난 시료는 ICP-AES 분석법 (DRE ICP, Leeman Labs Inc.)을 이용하여 Al, Mn, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Ba, Pb, Si 등 13개 항목을 분석하였으며, 수용성 이온성분은 이온 크로마토그래피 (Dionex사, Model DX-400)를 사용하여 Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ 등 8개 항목을 분석하였다. 또한

PM-10 중 입자상 탄소성분은 원소 분석기 (EA, Elemental Analyzer; Model Flash EA 1112, ThermoQuest CO.)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구지역에서 1999년 3월부터 2001년 12월까지 (시료의 개수: 99년 51개, 2000년 55개, 2001년 51개) 3년동안 측정된 PM-10의 분진농도를 PM-10 24시간 기준과 비교하여 그림 1에 나타내었다. 측정기간동안 PM-10 24시간 기준을 초과한 횟수는 총 20회로서, 전체 시료 중 약 13 %정도에 해당한다. 연도별로는 1999년도에 1회, 2000년에 6회, 2001년에 13회 초과한 것으로 조사되었다. 계절별로는 봄철에 12회, 여름철 2회, 가을철 2회, 겨울철 4회로 주로 봄철에 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 13개 무기원소 항목 중에서 Al, Mn, Ti, V, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Si 등은 측정기간 중 2001년도에 가장 높은 농도값을 나타내었다. 반면에 Cr과 Ba는 1999년에 가장 높은 농도값을 나타내었다. 특히, 무기원소의 농도 중에서 Fe의 경우는 연구기간동안의 평균농도가 1439.0 ng/m³으로 무기원소 항목 중에서 가장 높은 값을 나타내었다. 그 외에도 Al, Ni, Cu, Zn, Pb, Si 등과 같은 원소들이 비교적 높은 농도값을 나타내는 것으로 조사되었다. 반면에 Mn, Ti, V, Cr, As, Ba 등과 같은 원소들은 비교적 낮은 농도값을 나타내었다. 이온성분들의 연구기간동안 전체 평균농도 중에서 SO₄²⁻가 10,507.9 ng/m³으로 가장 높은 농도를 나타내는 것으로 조사되었다. NO₃⁻와 NH₄⁺의 경우도 각각 9,804 ng/m³, 4818.1 ng/m³으로 비교적 높은 농도값을 나타내고 있다. Mg²⁺의 경우는 연구기간동안의 평균농도가 261.3 ng/m³으로 이온성분 중에서 가장 낮은 농도를 보이고 있었다. 연구기간동안의 입자상 탄소성분 전체 평균농도는 14.8 μg/m³으로 조사되었으며, 최소 농도값은 2.1 μg/m³ (2000년 5월 3일), 최대 농도값은 49.2 μg/m³ (2001년 12월 29일)으로 나타났다.

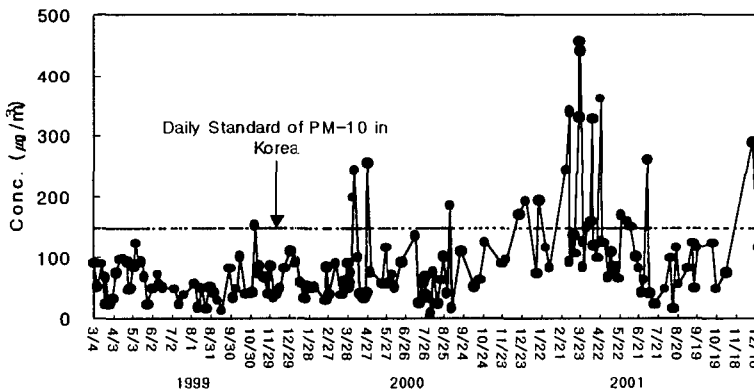


Fig. 1. The trend of PM-10 concentration in Suwon area during the sampling period.

감사의 글

본 연구의 일부는 2002년도 포항산업과학연구원의 포항지역 강하분진과 부유분진의 상관관계 조사 연구의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 황인조, 김태오, 김동술 (2001) PMF 방법론을 이용한 수원지역 PM-10의 오염원 확인, 한국대기환경학회지, 17(2), 133-145.
- Hwang, I.J., C.K. Bong, T.J. Lee, and D.S. Kim (2002) Source identification and quantification of coarse and fine particles by TTFA and PMF, Proceeding of the 95th Annual Conference and Exhibition, Baltimore, MD, Paper No 43292.