

PB4) 용인·수원 경계지역에서 부유분진의 크기에 따른 오염원 기여도의 정량적 추정

Quantitative Source Apportionment of Size-resolved Atmospheric Aerosols on the Area of Yongin-Suwon Border

오미석 · 양성수 · 이태정 · 김동술

경희대학교 대학원 환경응용과학과 및 환경연구센터

1. 서 론

대기 중 부유분진은 여러 대기오염물질 가운데에서 인체위해성이 가장 높고, 시정에 영향을 주어 체감 오염도를 증가시킬 뿐만 아니라 스모그 현상을 유발한다. 미세먼지의 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 일별 사망률이 0.5~1.5% 증가하는 것으로 보고되었으며(Pope et al., 1995), 호흡기 질환으로 인한 사망이 대기분진과 가장 강한 상관관계를 보였다(Schwartz and Dockery, 1992). 이처럼 대기환경이나 인체에 지대한 영향을 미치는 분진은 대기오염 문제를 해결하고 대기질을 개선하는데 있어 중요한 저감 및 관리 대상물질이다.

분진의 인체 및 환경에 대한 영향을 평가할 때, 분진의 입경은 화학조성과 함께 중요한 변수가 된다. 특히 분진의 저감 및 관리방안을 모색하기 위해서는 분진의 입경에 따른 화학성분 조성을 우선적으로 파악하여야 한다. 본 연구는 수용방법론을 이용하여 분진의 입경별 발생원의 확인과 발생원별 기여도를 평가하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 국제캠퍼스 공과대학 옥상에서 2005년 9월부터 2007년 9월까지 cascade impactor(Anderson사 Series 20-800)를 이용하여 입경범위를 8단계로 분류하여 입경에 따른 분진을 측정하였다. 충돌판의 필터는 직경 80mm, pore size $0.43\mu\text{m}$ 의 멤브레인 필터(USA, Gelman Science Co. Model GN-6), backup 필터로는 유리섬유필터(Japan, Advantec Co. Model GB 100R)를 사용하였다. 분진의 무기원소 분석을 위해 microwave를 이용한 질산-염산 전처리법을 시행하였으며, 전처리가 끝난 시료는 ICP-AES법을 이용하여 Ba, Mn, Cr, Cd, Zn, Fe, Ni, Cu, Al, V, Si, Pb의 12가지 무기원소 성분을 분석하였다. 또한 이온성분의 분석을 위해 초음파 추출기로 초순수에 추출시킨 후 IC를 사용하여 수용성 이온성분 Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 의 농도를 분석하였다(황인조, 2003; 김병화, 2000). 입경별로 분석된 자료들은 PMF 모델에 적용시켜 분진의 발생원을 추정하고 그 기여도를 평가하였다. PMF 모델은 오염원 분류표(source profile)가 존재하지 않는 우리나라의 실정에 적합한 방법으로, 개별 자료에 대한 오차추정 정보에 의존하여 목적함수 Q가 최소가 되는 해를 계산하는 것이다. 이는 측정자료 중 결측치나 검출한계 이하의 자료에 의한 가중치를 줄일 수 있는 유용한 방법이다.

3. 결과 및 고찰

분진의 오염원을 평가하기 위해 입경별로 분석된 자료들을 토대로 PMF 모델을 수행하였다. PMF 모델링의 반복수행을 통해 각각의 입경범위에서 인자수를 결정하였으며, 인자의 구성원소의 농도 및 각 원소간의 분율, 인자들의 시계열변화 패턴을 기준으로 결정된 인자를 오염원으로 확인하는 과정을 수행하였다. 각 단에서 추출된 인자의 오염원 확인을 통해 표 1에서와 같이 총 10개의 오염원을 분류하였으며, 분진에 대한 각 오염원의 평균 기여도를 그림 1에 나타내었다. 0단에서 4단까지 거대입자 영역에서는 해염, 토양, 장거리 이동 오염원, 질산암모늄 관련 오염원이 확인되었으며, 5단에서 backup 단까지의

미세입자 영역에서는 자동차오염원, 석탄연소 오염원, 쓰레기 소각오염원, 생체소각 오염원이 추정되었다. 그리고 전 입경 영역에 걸쳐 오일연소 오염원을 확인할 수 있었다. 분진 오염원의 기여도는 해염 9.2%, 장거리이동오염원 16.3%, 토양오염원 3.0%, 질산암모늄 관련오염원 8.7%, 기름연소 오염원 4.7%, 자동차 오염원 12.4%, 석탄연소 오염원 14.0%, 2차 생성입자 오염원 15.9%, 소각 오염원 7.8%, 생체소각 오염원 8.0%로 나타났다. 본 연구지역에서는 거대입자 영역에서 분류된 질산암모늄 관련 오염원을 포함한 이차적으로 생성되는 입자 오염원의 영향이 24.6%로 가장 크게 기여하고 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Sources identified in each size range.

Source	Stages								
	0	1	2	3	4	5	6	7	Back
Seasalt	+	+							
Long range transport	+	+	+	+	+				
Soil		+	+	+	+				
NH ₄ NO ₃ related	+		+	+					
Oil combustion	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Auto			+	+	+	+	+		
Coal combustion					+			+	+
Secondary aerosol						+	+	+	+
Incineration						+	+	+	
Biomass burning							+	+	+

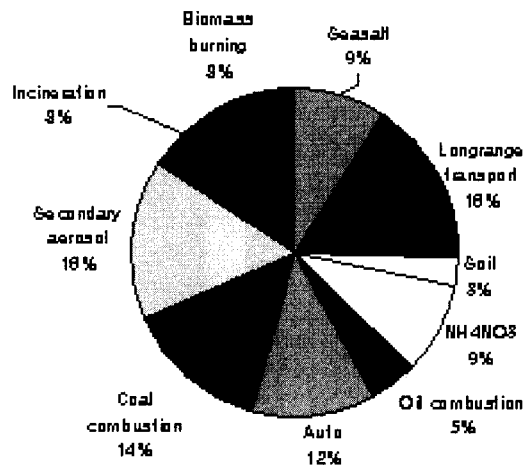


Fig. 1. Average source contribution for the whole period of sampling using the PMF model in Suwon area.

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

- 김병화, 김동술 (2000) 수원지역 대기 중 $PM_{2.5}$ 와 PM_{10} 의 환경거동에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 89-101.
- 황인조, 김동술 (2003) PMF 모델을 이용한 대기 중 PM-10 오염원의 확인, 한국대기환경학회지, 19(6), 701-717.
- Pope, C.A., D.V. Bates, and M.E. Raizenne (1995) Health effects of particulate air pollution: time for reassessment Environmental Health Perspectives, 103, 472-480.
- Schwartz, J. and D.W. Dockery (1992) Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations, The American Review of Respiratory Disease, 145, 600-604.