

## 4B6) Cascade Impactor를 이용한 수원지역의 미세분진 오염원의 정량적 추정에 관한 연구

### Quantitative Source Apportionment of Fine Particles Using a Cascade Impactor in Suwon

오미석 · 양성수 · 이태정 · 김동술

경희대학교 대학원 환경응용과학과 및 환경연구센터

#### 1. 서 론

분진은 발생기원에 따라 입자의 크기, 밀도, 흡습성 등의 물리적 특성과 증급속, 수용성, 성분의 함량 등 화학적으로 다양한 특성을 보인다. 분진은 자연발생원에서 직접 대기 중으로 방출되는 1차 분진(primary aerosol)과 인위적으로 생성된 가스상 물질이 대기중에서 물리화학적인 입자화 전환과정에 의해 생성되는 2차 분진(secondary aerosol)으로 나눌 수 있다. 입경에 따른 분진의 크기는 대기질 및 인체의 건강 측면에서 중요하게 고려되어지며 호흡기내 침착 및 가시도와 밀접한 관련이 있다(John *et al.*, 1990; Appel *et al.*, 1985). 분진의 거대입자는 토양입자의 비산, 해염 등과 같은 물리적, 기계적 분쇄 과정을 거쳐 생성되며 대기 중에서의 체류시간이 짧고 호흡시 비강에 걸러지기 때문에 인체에 대한 피해는 상대적으로 작다. 하지만 입자크기가  $2.5\mu\text{m}$  이하의 미세입자는 화석연료의 연소, 자동차 배출가스, 화학물질 제조과정 등 인위적인 발생원으로부터 기원하며 기체상 오염물질이 입자상으로 전환된 2차 입자로 구성되어 있다. 이런 미세입자는 중금속, 황산염, 질산염, 유기화합물 등을 포함하고 있으며 호흡시 폐 속 깊숙이 침투되기 때문에 인간의 건강에 지대한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Parmar *et al.*, 2000). 대기 중 분진의 인체 및 환경에 대한 영향을 평가하기 위해선 기본적으로 대기 중에서 분진의 물리적 크기분포를 연구하며 더불어 분진의 입경별 화학성분 조성을 파악하고 입경별 분진의 발생원과 각 발생원별 기여도를 평가하여야 한다.

#### 2. 연구 방법

시료의 채취는 2005년 10월부터 2007년 8월까지로 총 36회에 걸쳐 수행하였으며, 시료는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 공과대학 옥상(6층)에서 채취되었다. 대기 중 부유분진의 공기역학적경에 따른 입경별 채취는 8단의 cascade impactor(Anderson사 Series 20-800)를 통해 수행되었다. 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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 농도를 분석하였다(황인조, 2003; 김병화, 2000). 입경별로 분석된 자료를 입경 크기에 따라 크게 거대입자( $d_p > 2.1\mu\text{m}$ ), 미세입자( $d_p < 2.1\mu\text{m}$ )로 나누어 PMF 모델에 적용시켜 분진의 발생원을 추정하고 그 기여도를 평가하였다. PMF 모델은 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. PMF 입력자료 중 오차추정치는 각 성분의 분석적 불확실도(analytical uncertainties)에 검출한계 1/3값의 합을 이용하였다. 측정값 중 검출한계 이하의 자료는 각 성분의 검출한계의 1/2값으로 교체하였으며, 오차추정치는 검출한계의 5/6값을 사용하였다(Polissar *et al.*, 1998).

#### 3. 결과 및 고찰

미세먼지의 오염원을 평가하기 위해 36개 세트에서의 5단에서 7단까지의 미세입자 시료 90개와 20가

지 화학종으로 PMF 모델을 수행하였고, 반복수행을 통해 오염원의 수와 형태를 결정하였다. 그림 1은 PMF 모델링을 통해 산출된 오염원 분류표를 나타낸다. 미세입자 영역에서 석유연소관련/자동차관련(7.4%), 토양/도로비산먼지(13.3%), 산업관련(2.6%), 마그네슘관련(17.4%), 쓰레기소각/생체소각(15.6%), 이차 에어로졸(43.7%)의 6가지 오염원을 확인할 수 있었다. 측정된 미세입자의 농도 값과 MLR을 이용하여 계산된 미세입자의 농도 값 사이의 결정계수는  $r^2=0.74$ 로 설명되었다. 추후 각 단별로 모델링을 실시하여 입경별로 구체적인 오염원의 종류와 기여도를 평가하고자 한다.

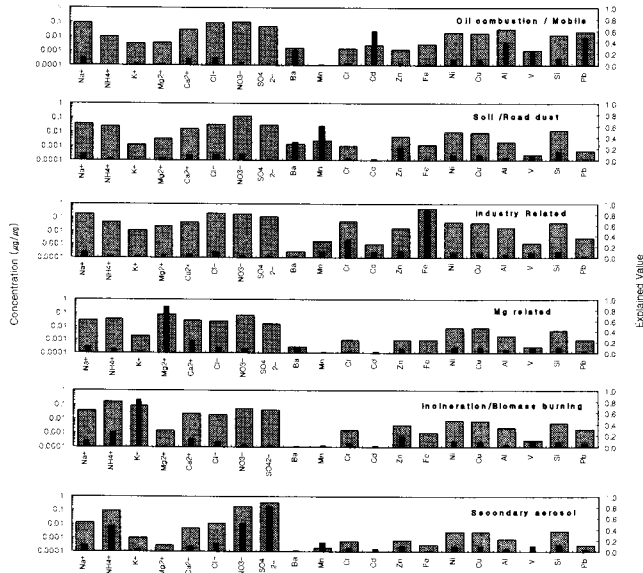


Fig. 1. Source profiles resolved from fine particle( $dp < 2.1 \mu m$ ) in Suwon constructed using by PMF.

## 사 사

본 연구는 서울지역 환경기술개발센터 『서울 남서지역 외부에서 유입되는 미세먼지량 추정을 위한 프로토콜 개발』 연구의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 김병화, 김동술 (2000) 수원지역 대기중  $PM_{2.5}$ 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.
- Appel, B.R., Y. Tokiwa, J. Hsu, E.L. Kothny, and E. Hann (1985) Visibility as related to atmospheric aerosol constituents, Atmospheric Environment, 20, 1969-1977.
- John, W., S.M. Wall, J.L. Ondo, and W. Winklmayr (1990) Modes in the size distribution of atmospheric inorganic aerosol, Atmospheric Environment, 24A, 2349-2359.
- Parmar, R.S., G.S. Satsangi, M. Kumary, A. Lakhani, S.S. Shivastava, and S. Prakash (2002) Study of size distribution of atmospheric aerosol at Agra, Atmospheric Environment, 35, 693-702.
- Polissar, A.V., P.K. Hopke, P. Paatero, W.C. Malm, and J.F. Sisler (1998) Atmospheric aerosol over Alaska 2. Elemental composition and source, Journal of Geophysical Research, 103(D15), 19045-19057.