

## PB25)

# PMF를 이용한 대전지역 미세먼지(PM2.5)의 오염원 기여도 분석: 1998~2004년 측정자료

## Source Identification of Fine Particulate Matter (PM2.5) Using PMF in Daejeon Region: Measurement Data between 1998 and 2004

임종명 · 김선하 · 문중화 · 정용삼 · 이진홍<sup>1)</sup>

한국원자력연구소 하나로이용기술개발부, <sup>1)</sup>충남대학교 환경공학과

### 1. 서론

최근 환경오염에 대한 인식과 규제가 증가하고 쾌적한 주변 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 대기, 물, 토양, 생물 등과 같은 여러 가지 환경시료의 분석을 통하여 오염의 정도를 파악하고 오염원을 규명하여 환경관리정책에 반영하려는 노력이 추진되고 있다. 여러 가지 환경시료 중 대기분진은 자연적 또는 인위적 발생원에 따라 다양한 원소들을 함유하고 있기 때문에 대기환경 지표시료로 이용되고 있다. 오염원의 규명을 위한 소량의 필터상 분진시료로부터 원소의 정확한 분석은 필수적이고 중요한 선행 작업이며 적합한 측정분석법의 이용이 요구된다. 중성자방사화분석법(Neutron Activation Analysis, NAA)은 소량의 시료로부터 미소량 원소의 비파괴, 동시 다원소분석이 가능한 분석기술이며, 대기분진중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되었으며, 분석결과들은 역학연구, 발생원 규명, 장거리 이동현상의 연구, 인체보건 연구 등에 이용되고 있으며, 대기오염을 관리하기 위한 저비용 분석기술로 평가되고 있다. 본 연구는 원소의 농도 및 발생원이 다를 것으로 예상되는 대전의 두 지역을 선정한 후, 1998년부터 2004년 9월까지 수집된 시료로부터 각 원소들의 농도를 중성자방사화분석법을 이용하여 25종의 미량 원소를 분석하고 발생원의 추정과 오염원의 기여도를 정량화하기 위하여 미국 EPA에서 윈도우버전으로 개량한 EPA PMF 1.1을 사용하였다.

### 2. 실험 및 방법

대기분진의 수집을 위하여 공단지역인 대전시 대화공단과 시외곽 지역인 대덕 연구단지 내 한곳을 선정하였고, 1998년 11월부터 2004년 9월까지 low volume Gent stacked filter unit(SFU) sampler를 사용하여 미세먼지(PM2.5) 시료를 채취하였다. 시료채취는 기계적 강도가 크고 바탕원소의 농도가 낮아 방사화 분석에 적합한 polycarbonate membrane filter(47 mm  $\Phi$ , 0.4  $\mu$ m pore size, Nuclepore)를 사용하였다. 시료채취 시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18 L/min으로 조정하여 24시간동안 26 m<sup>3</sup> 정도의 유량을 유지하였다. 채취된 시료는 중성자방사화분석법을 이용하여 25종의 성분원소를 분석하였고, 또한 채취 전후의 필터 표면 반사량의 차를 이용하여 black carbon의 농도를 측정하였다. 대전지역의 오염원 분석을 위해 EPA PMF 1.1 프로그램을 이용하였는데, 이 프로그램은 이전에 사용해 오던 도스버전을 미국 환경청에서 matlab에 기초하여 윈도우 버전으로 개량하여 사용이 편리한 장점이 있다. 이 프로그램은 요인부하량을 양수로 제한함으로써 정량적인 오염원의 해석이 가능하게 한 특징을 갖고 있으며 사용된 원소들의 분석 감도 및 불확도에 따라 가중치를 설정하여 모델 결과치의 정확성을 높일 수 있다. 또한 모델링 결과의 검증 및 불확도의 계산을 위해 Bootstrapping을 이용한 300회의 반복 모사 기능을 이용하였다.

### 3. 결과 및 토의

그림 1에는 1998년 11월부터 2004년 9월까지의 측정기간 동안 대전 공단 지역과 교외지역에서의 미세먼지(PM2.5)의 분진농도와 중성자방사화분석법으로 분석된 25종의 금속원소를 나타내었다. 공단지역에서의 미세먼지 농도는 13.3 $\pm$ 9.6  $\mu$ g/m<sup>3</sup>으로 교외 지역에서의 평균농도 11.5 $\pm$ 6.0  $\mu$ g/m<sup>3</sup>과 큰 차이를 보이지

는 낮았으며 반사율의 차이로 측정된 black carbon의 농도는 공단지역과 교외지역에서 각각  $2.7 \pm 3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $2.5 \pm 2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

중성자방사화분석법으로 분석한 금속원소 농도와 black carbon 농도를 바탕으로 EPA PMF 1.1을 이용하여 미세먼지(PM2.5)의 오염원 프로파일과 기여도를 정량할 수 있었다. 대전의 공단 지역에서의 오염원은 기여도에 따라 metal alloy, oil combustion, diesel engine emission, coal combustion, gasoline engine emission, incinerator, Cu-smelter, bio-mass burning, sea-salt, soil dust였으며, 연구단지 지역에서는 incinerator, bio-mass burning, diesel engine emission, oil combustion, gasoline engine emission, soil dust, sea-salt의 오염원이 추정, 정량계산 되었다. 그림 2에는 정량 계산된 오염원 기여도의 월별 변화량을 나타내었다.

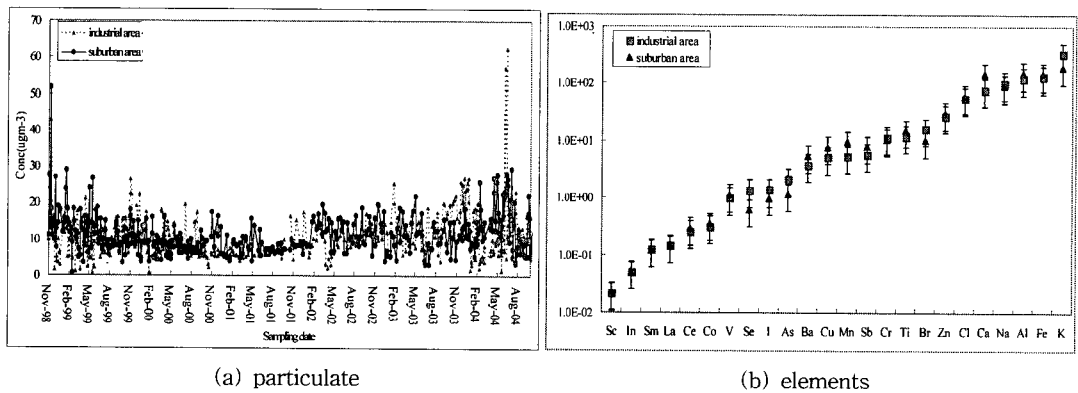


Fig. 1. Variation of fine mass concentration and the distribution of elemental concentrations in two regions.

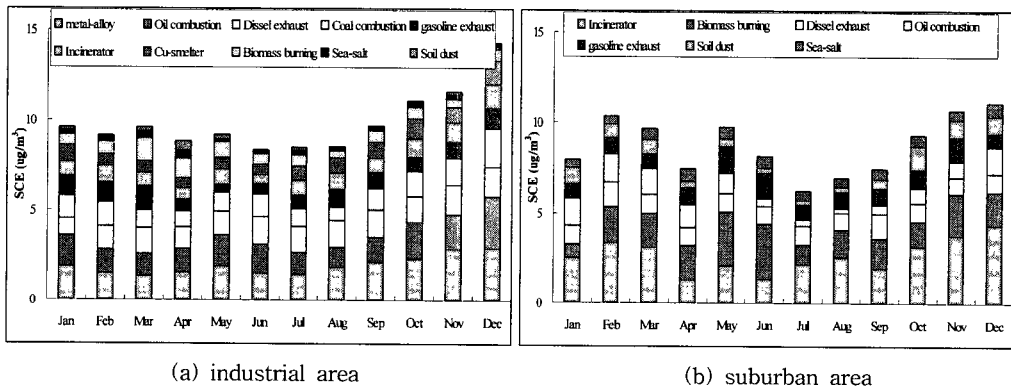


Fig. 2. Monthly variation of source contribution (SCE) resulted using PMF in two regions.

### 참 고 문 헌

- Kim, E., and Hopke, P.K. (2003) Comparison between Conditional Probability Function and Nonparametric Regression for Fine Particle Source Directions, Atmos. Environ., 35, 4667.
- Song, X.H., Polissar, A.V., and Hopke, P.K. (2001) Source of Fine Particle Composition in the Northeastern US., Atmos. Environ., 35, 5277.