

## PB3) 대전지역 대기분진의 입경별 원소분포와 통계적 오염원 분류(III)

### Elemental Distribution and Source Identification with Particle Size(Fine and Coarse) of Air Particles in Daejeon Region(III)

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

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

#### 1. 서 론

최근 환경오염에 대한 인식과 규제가 증가하고 쾌적한 주변환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 대기, 물, 토양, 생물 등과 같은 여러가지 환경시료의 분석을 통하여 오염의 정도를 파악하고 오염원을 규명하여 환경관리정책에 반영하려는 노력이 추진되고 있다. 여러 가지 환경시료중 대기분진은 자연적 또는 인위적 발생원에 따라 다양한 원소들을 함유하고 있기 때문에 대기환경시료시료로 이용되고 있다. 오염원의 규명을 위한 소량의 필터상 분진시료로부터 원소의 정확한 분석은 필수적이고 중요한 선행작업이며 적합한 측정분석법의 이용이 요구된다. 중성자방사화분석법(Neutron Activation Analysis, NAA)은 소량의 시료로부터 미소량원소의 비파괴, 동시다원소분석이 가능한 분석기술이며, 대기분진중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되었으며, 오래전부터 대기먼지중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되어, Dams, Zoller 등이 대기먼지중의 원소분석에 이용하였으며 지금까지 많은 분석법 적용에 관한 연구보고가 있다. 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 선택한 후, 수집된 시료로부터 각 원소들의 농도를 중성자방사화분석법을 이용하여 25종의 미량원소를 분석하고 발생원의 추정을 위하여 최근에 환경오염 연구에서 도입되고 있는 양의 인자분석법(Positive Matrix Factorization)을 사용하였다.

#### 2. 실험 및 방법

대기먼지의 수집을 위하여 공단지역인 대전대화공단과 대전시 외곽지역인 대덕 연구단지내 한곳을 선정하였고, 2000년 1월부터 2002년 12월까지 low volume Gent SFU sampler를 사용하여 미세입자(<2.5  $\mu\text{m}$ )와 조대입자(2.5-10  $\mu\text{m}$ )로 구분하여 시료를 채취하였다. 시료채취는 기계적 강도가 크고 바탕원소의 농도가 낮아 방사화 분석에 적합한 Polycarbonate Membrane Filter(47 mm  $\Phi$ , Nuclepore)를 사용하였다. 시료채취 시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18  $\ell/\text{min}$ 으로 조정하여 24시간동안 약 26 $\text{m}^3$  되게 유지 하였다. Low volume Gent SFU sampler의 유량은 Gillian Gilibrator2 Calibration System(Sensidyne Inc.)를 사용하여 보정하였다.

원소분석을 위한 시료조사는 한국원자력연구소의 연구용원자로(HANARO)에 설치된 공압이송관( $\Phi_{\text{th}} = 2.95 \times 10^{13} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ ) 조사장치를 사용하였고, 감마선 검출은 고순도의 게르마늄 반도체 검출기(EG&G, ORTEC, 25% relative efficiency, 1.85 keV FWHM at 1332 keV  $^{60}\text{Co}$ , Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K-Multichannel Analyzer(Gamma Vision, EG&G, ORTEC)을 사용하였다. 에너지 및 검출효율의 교정은 디스크형 복합표준선원(GF-ML 7500, Isotope Products Lab.)을 사용하였다. 계측된 데이터로부터 원소의 농도를 계산하기 위하여 Labview로 작성한 중성자방사화분석용 합량 계산프로그램을 사용하였다. 측정 분석 자료의 발생원 추정을 위해 PMF를 이용하였는데, 이 모델은 요인의 부하량이 음의 값을 갖을 수 없게 함으로써 정량적인 오염원의 해석이 가능하게 한 특징을 갖고 있다.

### 3. 결과 및 토의

조대입자의 경우 전체의 평균으로 비교하면 대화공단에서는  $27.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대덕연구단지지역에서는  $9.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대화공단이 연구단지 지역보다 약 3배 정도 높은 농도를 보이고 있고 미세입자의 경우는 대화공단과 대덕연구단지의 농도가  $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $10.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비슷한 수준인 것으로 나타났다. 또한 입경별 원소농도 비(C/F ratio)를 보면 자연발생의 오염원을 갖고 있는 Al, Sc, Fe, Ce, La, Ti, Cl 등의 농도는 조대입자에서 더 높은 농도를 보이고, 인위적인 오염원을 갖고 있는 In, I, Br, Sb, As, Zn 등의 원소는 미세입자에서 더 높은 농도를 보이고 있는 것으로 나타났다. 또한 인위적인 오염원을 갖는 원소들은 대화공단에서보다 대덕연구단지 지역에서 C/F ratio값이 더 낮게 나타나 대덕연구단지 지역에서 인위적인 오염원이 더 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났고, 분진 농도의 C/F ratio는 대화공단지역에서 2.56, 대덕연구단지지역에서 0.9를 나타내고 있었다.

PMF2 수용모델을 이용하여 대화공단지역과 대덕연구단지 지역의 오염원을 분류하여 Fig.1에 나타내었다. 대화공단지역에서 미세입자의 오염원은 Soil dust 16%, Coal burning 12%, Oil fired emission 11%, steel and ferro alloy 9%, Cr-related 9%, Incinerator 6%, sea-salt 6%, Sm-factor 5%, motor vehicle exhaust 5% 순으로 나타났고 총 79%가 설명되었다. 대덕연구단지지역에서는 Soil-dust 16%, Oil fired emission 13%, Steel and ferro alloy 11%, Cr-related 10%, Diesel engine exhaust 9%, Incinerator 6%, Biomass burning 6%, motor vehicle exhaust 6%, Sea-salt 6% 순으로 나타났고 총 83%가 설명되었다.

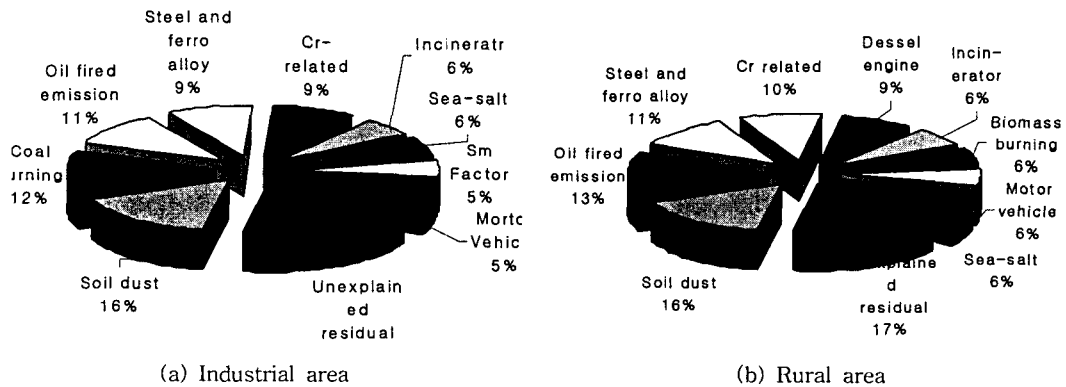


Fig. 1. Source identification for fine fraction mass.

### 참고 문헌

- Zoller, W. H. and Gordon, G. E.(1970) Anal. Chem., 42, 257.  
 Landsberger, S. and Creatchman, M. (1999) Elemental Analysis of Airborne Particles, Gordon and Breach Science Publishers, 323 pp.  
 Paatero, P. (1998) User's guide for positive matrix factorization program PMF2 and PMF3, part 1:tutorial, University of Helsinki.