

PA33)

중성자 방사화분석에 의한 대전지역 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>의  
미량원소농도의 측정(V)

Determination of Trace Elements in PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> of  
Daejeon Region Using Neutron Activation Analysis(V)

김선하 · 문중화 · 임종명 · 백성렬 · 정용삼

한국원자력연구소 하나로이용기술개발부

1. 서 론

대기환경에 대한 정보의 파악은 환경연구의 기본이 된다. 유해원소 및 미량원소에 의한 환경오염과 그로 인한 인체건강에 대한 영향은 인간생활에 심각한 문제가 되므로 대기, 수질, 토양등의 환경시료 중의 농도를 정확히 측정하는 것은 매우 중요한 일이다. 중성자 방사화분석법은 핵반응을 통해 생성시킨 방사성동위원소로부터 방출되는 방사선을 검색하여 절대적으로 성분원소를 정량하는 핵분석기술(Nuclear Analytical Techniques)중의 하나로서 소량의 시료로부터 미소량원소의 비파괴, 동시다원소분석이 가능하고 분석감도( $10^{-3} - 10^{-7} \mu\text{g}$ )가 탁월한 분석기술이다. 오래전부터 대기중 먼지의 극미량 원소 분석에 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 1998년부터 시작되었으며, 원소의 농도 및 발생원이 다를 것으로 예상되는 대전의 두 지역을 선정 한 후, 수집된 시료로부터 각 원소들의 농도를 중성자 방사화분석법을 이용하여 25종의 미량원소를 분석하고 있으며, Reflectometer를 이용하여 미세입자에 대한 Black Carbon 농도를 측정하고 있다.

2. 실험 및 방법

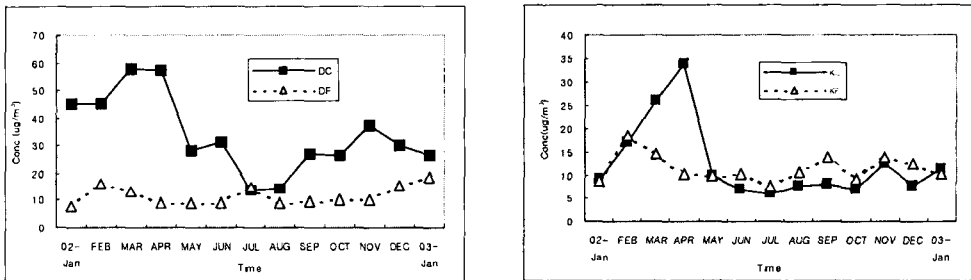
대기먼지의 수집을 위하여 공단지역인 대전대화공단과 대전시 외곽지역인 대덕 연구단지내 한곳을 선정하였고, 2002년 1월부터 2003년 1월까지 low volume Gent SFU sampler를 사용하여 미세입자(<2.5  $\mu\text{m}$ )와 조대입자(2.5-10  $\mu\text{m}$ )로 구분하여 시료를 채취하였다. 시료채취는 기계적 강도가 크고 바탕원소의 농도가 낮아 방사화 분석에 적합한 Polycarbonate Membrane Filter(47 mm  $\Phi$ , Nuclepore)를 사용하였다. 시료채취 시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18  $\ell/\text{min}$ 으로 조정하여 24시간동안 26  $\text{m}^3$  되게 유지하였다. 시료채취는 격주로 주중 및 주말(근무일과 휴무일)로 분류하여 2회 채취하여 총 56개의 시료를 채취하여 중성자 방사화분석법을 이용하여 분석하였다. Low volume Gent SFU sampler의 유량은 Gillian Gilibrator2 Calibration System(Sensidyne Inc.)를 사용하여 보정하였다. 여지의 채취 전과 후의 반사율을 Smoke Stain Reflectometer(Model 43D, UK)로 측정하고 미세입자에 대해 적용할 수 있는 IAEA의 국제협동연구에서 제안된 방법으로 elemental black carbon의 농도를 계산하였다. 중성자 방사화분석에 의한 필터상 원소의 분석은 전과 동일한 방법으로 수행하였으며, 분석품질관리를 위하여 인증 표준물질(Air particulate Filter Media, NIST SRM 2783)을 이용하였다.

3. 결과 및 토의

대전시의 공단지역과 청정지역에서 측정된 부유 분진중 조대입자와 미세입자의 농도는 Fig.1에서 나타난 것과 같이 조대입자의 농도는 대화공단에서 평균 33.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연구단지 지역에서의 평균농도 12.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 2.5배 정도 높게 나타났으나 미세입자의 경우에는 대화공단과 연구단지가 각각 11.7, 11.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비슷한 농도를 보이고 있다. 또한, 미세입자는 대화공단과 연구단지 지역 모두에서 계절에 따른 분진농도가 큰 변동을 보이지 않고 있지만, 조대 입자는 공단지역이 연구단지 지역보다 더 큰 변동을 나타내고 있다.

대기분진 중의 원소분석에 대한 중성자 방사화분석법의 정확도를 채취한 시료와 시료 매질이 거의 같은 NIST SRM 2783(Air particulate filter media)를 사용하여 동일한 조건에서 분석하였다. 인증값이 있는 20개의 분석원소에서 상대 표준편차값이 10% 미만으로 안정적인 결과를 나타내었고, Sb, Mn, V, Ca, Mg, Na, K, Ti, Co, Zn, Sm은 상대 오차 5%내의 매우 정확한 분석결과를 보였다. 또한, Cr, Fe, Ba, Th, Ce, Al, Cu는 10%내, Sc, As은 12%정도의 상대 오차값을 보였다.

다음의 Fig.2에서 대화공단 지역에서의 미세입자내 원소 농도에 대한 계절적 변화를 나타내었다. 대화공단지역에서의 미세입자내 Br, Cu는 겨울에 크게 부유되었고, 화석연료의 사용, 특히 난방연료의 연소에 의해 많이 발생되는 As, I, Cl, Co, Se은 겨울과 봄에 크게 부유되었다. 또한, Black carbon, Zn, Sb은 가을철에 더 높은 농도를 보이고 있다. 자연발생의 기원을 갖는 Al, Fe, Na, La, Sm, Ti는 봄에 더 큰 농도를 보이고 계절적으로 그 정도가 매우 큰 차이를 보이고 있었다. 대덕연구단지내 미세분진에서의 계절변화를 보면 As, Br, Cr, Hg, K, Sb, Zn, Black carbon의 농도가 가을철에 크게 부유되고 있는데 이는 주변의 농촌지역에서 가을철에 활발한 경작활동을 함에 따라 농업용 중장비의 사용과 bio-mass의 소각이 많이 이루어지기 때문인 것으로 판단된다.



(a) Industrial area

(b) Rural area

Fig. 1. Monthly distribution of particulate matter in daejon site.

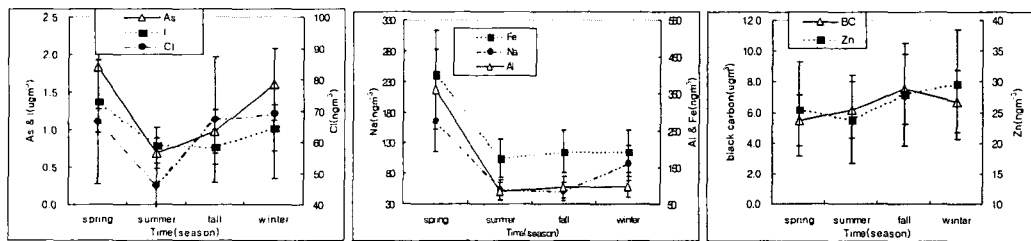


Fig. 2. Seasonal distribution of elements for the fine fraction, industrial area

### 참고 문헌

- 정용삼 등 (2000) 중성자 방사화분석법과 Gent SFU 샘플러를 이용한 도시의 농촌지역의 대기분진 (PM<sub>10</sub>)관측 연구, 대기환경학회지, 16, 453.
- Chung, Y. S., Moon, J., H., Kim, S., H., Park, K., W., Lee, J., H., Lee, K., Y. (2002) J. Radioanal. and Nucl. Chem., 254, 1.
- Zoller, W. H. and Gordon, G. E.(1970) Anal. Chem., 42, 257.
- Hopke, P. K (1985) Receptor Modeling in Environmental Chemistry, John Wiley & Sons, New York, 319 pp.