

PA18)

중성자방사화분석을 이용한 대전지역 입경별 미량원소농도의 분포특성: 1998-2006년 측정자료

Determination of Trace Elements with Particle Size in Daejeon Region using INAA: Measurement Data between 1998 and 2006

김선하 · 임종명 · 문종화 · 백성렬 · 정용삼
한국원자력연구소 원자력기초화학연구본부

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, 토양 등의 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, 동시 다원소 분석이 가능하고 분석감도($10^{-3} \sim 10^{-7} \mu\text{g}$)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 2006년까지 원소의 농도 및 발생원이 다를 것으로 예상되는 대전의 공단지역과 시외곽 지역에서 입경별($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$)로 구분하여 대기 중 미세분진을 채취하였다. 연구대상지역의 금속원소 농도 분포를 정량하기 위해 채취된 시료로부터 중성자 방사화분석법을 이용하여 24종의 미량원소의 농도를 분석하였으며, Reflectometer를 이용하여 미세입자에 대한 Black Carbon 농도를 측정하였다.

2. 실험 및 방법

대기 중 미세먼지의 채취를 위하여 공단지역인 대전 1, 2공단과 대전시 외곽지역인 대덕 연구단지내 한 곳을 선정하였고, 1998년 11월부터 2006년 12월까지 low volume Gent SFU sampler를 사용하여 미세입자($<2.5 \mu\text{m}$)와 조대입자($2.5-10 \mu\text{m}$)로 구분하여 총 2,600개의 시료를 채취하였다. 시료채취는 기계적 강도가 크고 바탕원소의 농도가 낮아 방사화 분석에 적합한 Polycarbonate Membrane Filter($47\text{mm } \Phi$, Nuclepore)를 사용하였다. 시료채취 시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 $18\text{L}/\text{min}$ 으로 조정하여 24시간 동안 26m^3 되게 유지하였다. 원소분석을 위한 시료조사는 한국원자력연구소의 연구용원자로(HANARO)에 설치된 공압이송관($\phi_{in}=2.95 \times 10^{13} \text{ n}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$) 조사장치를 사용하였고, 감마선 검출은 고순도의 게르마늄 반도체 검출기(EG & G, ORTEC, 25% relative efficiency, 1.85keV FWHM at $1,332\text{keV } ^{60}\text{Co}$, Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K-Multichannel Analyzer(Gamma Vision, EG & G, ORTEC)을 사용하였다. 또한 중성자방사화분석법의 분석품질관리를 위하여 인증표준물질을 이용하였다.

3. 결과 및 토의

대기분진 중의 원소분석에 대한 중성자 방사화분석법의 정확도를 NIST SRM 2783(Air particulate filter media)과 NIST SRM 1648(urban particulate matter)를 사용하여 동일한 조건에서 분석하였다. NIST SRM 2783의 분석 결과값을 보면 상대 표준편차값이 10% 미만으로 안정적인 결과를 나타내었고, Ca, Co, K, Mn, Na, Sb, Sm, Ti, V, Zn는 상대 오차 5% 내의 매우 정확한 분석결과를 보였으며 Al, Ba, Ce, Cr, Cu, Fe는 10% 내, As(14%), Sc(11%)은 10% 이상의 상대 오차값을 보였다. NIST SRM 1648(urban particulate matter)의 분석결과값 또한 상대 표준편차값이 10% 미만으로 안정적인 결과를

나타내었고, Al, Ba, Br, Cl, Co, Cr, In, K, Mn, Na, Ti, V은 상대 오차 5%내의 매우 정확한 분석결과를 보였으며 Fe과 Zn는 10% 내의 상대 오차값을 보였다. 또한 보증값과 측정값의 평균과 표준편차를 이용하여 구한 z-score는 2 이하로서 수용기준 이하이었다.

그림 2에는 1998년부터 2006년까지 장기간 동안 관측한 대전 지역에서의 입경별 원소의 농도분포를 나타내었다. 공단지역의 모든 원소에서 조대입자 중의 농도가 연구단지보다 높게 나타났으며 미세입자의 경우에는 원소에 따라 각기 다른 결과를 보여주었다. 입자크기에 따른 비교하면, 공단지역에서 조대입자의 모든 원소농도가 미세입자보다 높았으나 연구단지의 경우에는 원소에 따라 다르게 관측되었다. 한편, 중성자방사화분석법을 이용하여 분석된 금속 원소 농도의 시공간 분포 특성을 일원배치 분산분석 기법을 이용하여 분석한 결과 공간적인 분포 특성에 특히 영향을 주는 요인을 명확히 구별할 수는 없었으나 월별 농도 분포특성은 분류된 발생원의 계절적 특성 요인에 따라 유의한 차이를 나타내는 것으로 판단된다.

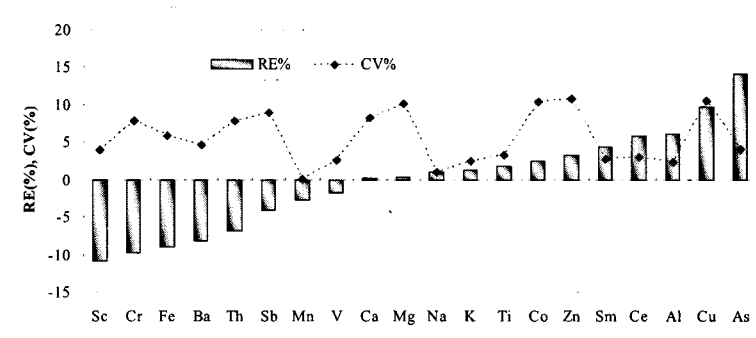


Fig. 1. Analytical results of certified reference material NIST SRM 2783 (urban dust on filter media) by Instrumental neutron activation analysis.

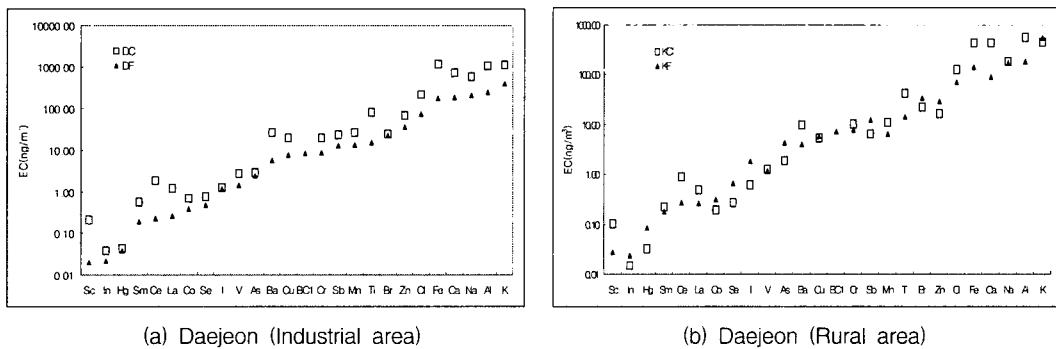


Fig. 2. Elemental concentration of elements in the monitoring areas from 1998 to 2006.

참 고 문 헌

정용삼 등 (2000) 중성자 방사화분석법과 Gent SFU 샘플러를 이용한 도시의 농촌지역의 대기분진 (PM₁₀)관측 연구, 한국대기환경학회지, 16, 453.
 Chung, Y.S., J.H. Moon, S.H. Kim, K.W. Park, J.H. Lee, and K.Y. Lee (2002) J. Radioanal. and Nucl. Chem., 254, 1.