

## PA4) 중성자 방사화분석에 의한 대전지역의 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 농도 및 미량원소의 측정(II)

### Determination of Trace Elements in PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> of Daejeon Region using Neutron Activation Analysis(II)

문중화 · 박광원 · 김선하 · 정용삼  
한국원자력연구소

#### 1. 서론

대기환경에 대한 정보의 과잉은 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. 중성자방사화분석법은 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 대기먼지중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되어 있으며[1, 2], 일찌기 Dams 등[3] 과 Zoller 등[4]이 대기먼지중의 원소분석에 이용하였으며 지금까지 많은 연구보고가 있다. 분석결과들은 역학연구, 발생원 규명, 장거리 이동현상의 연구, 인체보건 연구 등에 이용되고 있으며, 대기오염을 관리하기위한 저비용 분석기술로 평가되고 있다. 본 연구는 원소의 농도 및 발생원이 다를 것으로 예상되는 대전의 두 지역을 선정 한 후, 수집된 시료로부터 각 원소들의 농도를 중성자방사화분석법을 이용하여 25종의 미량원소를 비파괴분석하였다. 측정결과로부터 두 지역간, 입자크기에 따라 연간 대기분진농도 변화를 구하였다. 또한 원소의 농도를 구하여 전 수집기간에 대한 지역별, 입자간의 원소 평균의 농도로 분포그래프를 작성하였다. 대기분진의 입자별 특정원소의 농도비에 따른 원소의 분포를 알아보기 위하여 두지역에 대한 원소농도의 상대적인 비를 구하였다. 추가로 Reflectometer를 이용하여 Black Carbon 농도를 측정하였으며 연간 농도를 두 지역의 미세입자에 대해 그래프로 작성하였다.

#### 2. 실험 및 방법

대기먼지의 수집을 위하여 대전지역의 대화공단과 연구단지내 한곳을 선정하였고, 2000년10월부터 2001년9월까지 저유량 Gent SFU 분진수집기로 미세입자( $<2.5 \mu\text{m}$ )와 조대입자( $2.5 - 10 \mu\text{m}$ )로 구분하여 방사화분석에 적합한 Polycarbonate Membrane Filter(47mm  $\phi$ , Nuclepore)상에 수집하였다. 시료 수집시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18 l/min 로 조정하여 24시간동안 격주 2회, 주중 및 주말(근무일과 휴무일로 분류)에 수집하였다. 수집된 필터는 분석을 하기전에 Smoke Stain Reflectometer(Model 43D)를 이용하여 반사율을 측정하여 미세입자중의 Black Carbon의 농도를 계산하는데 이용하였다.

시료분석을 위하여 한국원자력연구소의 연구용원자로, HANARO의 조사장치 공압이송관( $\Phi_{th} = 1.7 \times 10^{13} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ )과 고순도의 게르마늄 반도체 검출기(EG&G ORTEC, 25% relative efficiency, 1.9 keV FWHM at 1332 keV  $^{60}\text{Co}$ , Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K-Multichannel Analyzer (GammaVision, EG&G ORTEC)을 사용하였다. 에너지 및 검출효율의 교정은 디스크형 복합표준선원(NEN Products)을 사용하였다. 계측된 데이터로부터 원소의 농도를 계산하기 위하여 Labview로 작성한 중성자방사화분석용 합량 계산프로그램을 사용하였다.

#### 3. 결과 및 토의

##### 1 대기먼지 및 원소의 농도측정

수집기간에 대한 대기먼지의 월평균 농도의 변화와 25종 원소의 평균농도를 구하였다. 두 지역을 비

교하면 일반적으로 조대입자의 먼지농도가 대화공단에서 높게 나타났으며 미세입자의 경우에는 연구단지가 높게 관측되었다.

그림 1의 원소농도의 지역간 비교에서, 대화공단이 모든 원소에서 조대입자중의 농도가 연구단지보다 높게 나타났으며 미세입자의 경우에는 원소에 따라 각기 다른 결과를 보여주었다. 입자크기에 따른 비교에서, 대화공단에서 조대입자의 모든 원소농도가 미세입자보다 높았으나 연구단지의 경우에는 원소에 따라 다르게 관측되었다. 대기먼지의 입자별 특정원소의 농도비에 따른 원소의 분포를 알아보기 위하여 두지역에 대한 원소농도의 상대적인비를 구하였으며 대화공단과 연구단지의 농도비는 각각 0.92와 1.0이었다.

## 2. Black carbon의 농도

대기먼지 시료중의 elemental black carbon의 농도는 미세입자에 대해 적용할 수 있는 IAEA의 국제협동연구에서 제안된 방법으로 구하였다. 그림 2는 Black carbon의 농도를 나타내었다. 대화공단에서는 농도변화 거의 없는 반면 연구단지에서는 변화가 크게 나타났다. 그러나 평균농도는 대화공단과 연구단지 같은 농도를 보였다.

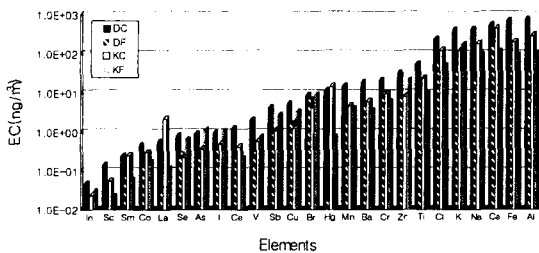


Fig. 1. Elemental Concentration of elements for DC(Daehwa Coarse), DF(Daehwa Fine), KC(Duckjin Coarse) and KF(Duckjin Fine)

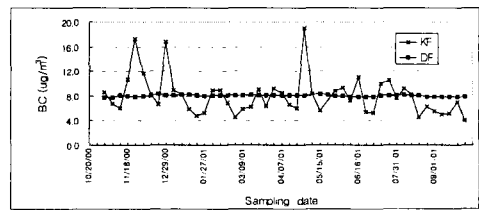


Fig. 2 Variation of Black carbon concentration(PM2.5)

## 참고 문헌

- [1] A. Alian and B. Sansoni, 'A Review on Activation Analysis of Airborne Particulate Matter', *J. Radioanal. and Nucl. Chem., Articles*, **89**, (1985) 191.
- [2] A. Alian and B. Sansoni, 'Activation Analysis of Airborne Particulate Matter', Central Department for Chemical Analysis, Report Jul-Spez-475, ISSN 0343-7639, Kernforschungsanlage Julich GmbH, D-5170 Julich, Federal Republic of Germany, 99 (1988).
- [3] R. Dams, J. A. Robbins, K. A. Rahn and J. W. Winchester, *Anal. Chem.*, **42**, (1970) 861.
- [4] W. H. Zoller and G. E. Gordon, *Anal. Chem.*, **42**, (1970) 257.
- [5] 정용삼, 문종화, 박광원, 김선하, 강상훈, 조승연 대기환경학회지 16, (2000) 453
- [6] Y. S. Chung, J. H. Moon, S. H. Kim, K. W. Park, J. H. Lee and K. Y. Kim *J. Radioanal. and Nucl. Chem.*, **253**, (2001) .