

PS25(MA28) Gent Air Sampler 와 중성자방사화분석을 이용한 대전지역의 대기분진중 미량금속 측정연구 Monitoring of Trace Elements and Airborne Particulates in Taejon Areas using Neutron Activation Analysis and Gent Air Sampler

정용삼·문종화·김선하·백성열·박광원
한국원자력연구소

1. 서론

삶의 질 향상을 위한 쾌적한 대기환경의 관리 유지는 우리 모두의 관심사중의 하나이다. 호흡기관을 통해 인체내로 흡입되는 PM₁₀ 대기분진은 자연적이고 인위적인 발생원에 의해 다양한 미량원소들을 함유하고 있기 때문에 흔히 환경영향 평가를 위한 대기관측시료로 이용되고 있으며, 특히 PM_{2.5} 분진의 질량농도(TSPM)나 원소의 농도가 높을 때 장·단기적으로 인체 보건에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 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. 따라서 대기분진중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되어 있으며[1, 2], 일찌기 Dams 등 [3] 과 Zoller 등[4]이 대기분진중의 원소분석에 이용하였으며 지금까지 많은 연구보고가 있다. 분석결과들은 역학연구, 발생원 규명, 장거리 이동현상의 연구, 인체보건 연구 등에 이용되었으며, 대기오염을 관리하기 위한 저비용 분석기술로 평가되고 있다.

본 연구는 중성자방사화분석을 환경시료의 미량원소분석에 응용하기 위하여 대기분진중 원소의 농도 및 발생원이 다를것으로 예상되는 대전의 두 지역을 선정후 수집된 시료를 정량하여 각 원소들의 농도준위를 정량하였으며 간단한 통계처리로 발생원을 추정하고 상관성을 고찰하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 시료수집 및 처리

대기먼지의 수집을 위하여 대전지역의 대화동공단과 연구단지내 한곳을 선정하였고, 1998년 11월부터 1999년 10월까지 저유량 Gent SFU 분진수집기로 미세입자(<2.5 μm)와 조대입자(2.5-10 μm)로 구분하여 Polycarbonate Membrane Filter(47mm ϕ , Nuclepore)상에 수집하였다. 시료 수집시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18 ℓ/min 로 조정하여 24시간동안 주 2회, 주중 및 주말(근무일과 휴무일로 분류) 수집하였다. 수집 전후의 필터시료는 일정한 환경조건(향온, 향습)을 맞추기 위하여 시료보관함에 약 1-2일간 보관한 후 전기적 하전을 중화시키기 위해 ²¹⁰Po 선원을 넣어둔 Mettler사의 저울(측정능력: 1 μg)로 칭량하였다. 수집된 필터는 분석을 하기전에 Smoke Stain Reflectometer(Model 43D)를 이용하여 반사율을 측정하여 Black Carbon의 농도를 계산하는데 이용하였다.

2.2 중성자방사화 분석

분석시료의 방사화를 위하여 한국원자력연구소의 연구용원자로, HANARO의 공암이송관($\Phi_{\text{th}} = 1.7 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$) 조사장치를 이용하였다. 모든 시료는 동일한 기하학적 조건에서 조사하여 조사시간 동안의 중성자속의 변화등에 영향을 받지 않게 하여 분석오차를 최소화시켰으며, 정확한 중성자속을 측정하기 위하여 activation wire(Au, Cu, Mn, Fe : Reactor Exp. 회사의 순도 99.99%)를 사용하였다.

조사된 시료의 특정 방사성 핵종으로부터 방출되는 특성 감마선을 반감기에 따라 구분된 일정시간

동안 계측하여 각 검출해종의 방사능 계수율을 측정하였다. 방사능 계측기는 고순도의 게르마늄 반도체 검출기(EG&G ORTEC, 25% relative efficiency, 1.9 keV FWHM at 1332 keV ^{60}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 계산프로그램을 사용하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 대기분진 및 원소의 농도측정

대기분진시료는 1998년 11월부터 1999년 10월까지 수집하였다. 월평균 TSPM농도의 변화와 25종 원소의 년평균농도를 구하였고, 측정결과를 그림 1과 그림 2에 나타냈다. 두 지역을 비교하면 일반적으로 조대입자의 TSPM이 대화공단에서 높게 나타났으며 미세입자의 경우에는 연구단지가 높게 관측되었다. 또한 3월에서 5월 사이에 조대입자의 TSPM이 다른 달에 비해 두 지역 모두에서 크게 나타났다. 이것은 대륙으로부터 날라오는 황사의 영향에 대한 가능성을 배제할수 없음을 예시한다. 조대입자와 미세입자의 TSPM을 비교하면 대화공단의 경우에는 조대입자의 농도가 크게 나타났으나 연구단지의 경우에는 2월에서 5월을 제외하고는 미세입자가 높게 관측되었다.

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.

대기분진시료중의 black carbon의 농도는 미세입자에 대해 적용할 수 있는 IAEA의 국제협동연구에서 제안된 방법으로 구하였으며, 대부분 대화공단이 연구단지보다 높았으며 두 지역 모두 미세입자에서 높은 농도를 보였다.

3.2 발생원의 확인 및 상관성 고찰

오염발생원을 분류하는 간단한 방법중의 하나는 Enrichment Factor, EF를 구하는 것이다[5]. 각 원소의 EF값은 시료중의 목적원소와 기준원소의 비를 기준물질(e.g. 암석, 토양, 해수 등)중의 목적원소와 기준원소의 비로 나눈 값이다. 일반적으로 대기분진에서 EF를 계산할 때 기준원소는 토양이나 암석에서 일정한 양으로 존재하는 Al 이나 Sc를 이용한다. EF값이 10 이상일때는 인위적인 발생원으로 간주한다. 본 연구에서는 Mason의 데이터[6]와 기준원소로 Sc를 이용하여 EF를 계산하였다. 그림 3에는 두 지역의 각 원소 및 입자크기에 따른 EF값을 나타냈으며 두 부류의 방출원으로 분류됨을 알수 있었으며 두 지역 모두 중금속 원소의 EF값이 크게 나타났고 인위적인 요인으로 추정할 수 있다. 이러한 경향은 대기오염원이나 오염수준을 평가하는데 이용할수 있음을 가르킨다. 입자별 EF값의 비교에서 중금속 원소와 같은 인위적 원소는 미세입자의 경우가 조대입자보다 더 크게 나타났다.

상관성 분석을 위하여 EF값에 의한 오염발생원을 분류한 두 집단에서 각각 대표적인 4원소를 선정하여 TSPM과 원소별 상관계수를 구하여 상관성을 고찰하였다.

4. 참고문헌

- [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] IAEA, 'Sampling and Analytical Methodologies for Instrumental Neutron Activation Analysis of Airborne Particulate Matter', Training Course Series No.4, IAEA-TCS-4, Vienna, 1992.
- [6] B. Mason ; *Principles of Geochemistry*, 3rd ed. 1966.

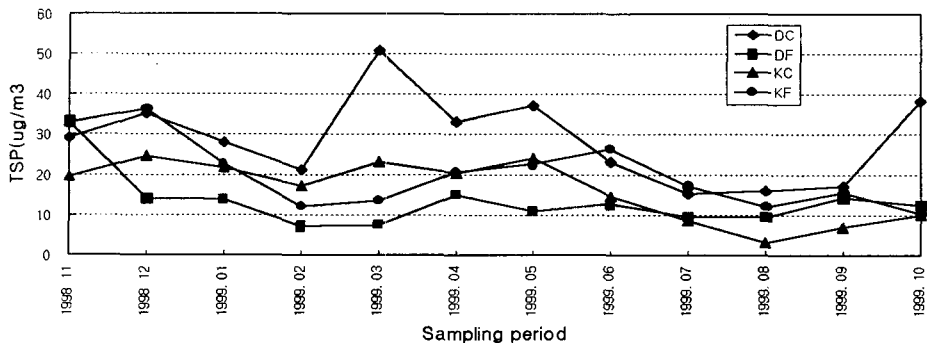


Fig 1. Mass concentration of sampling date for DC(Daehwa Coarse), DF(Daehwa Fine), KC(Duckjin Coarse) and KF(Duckjin Fine)

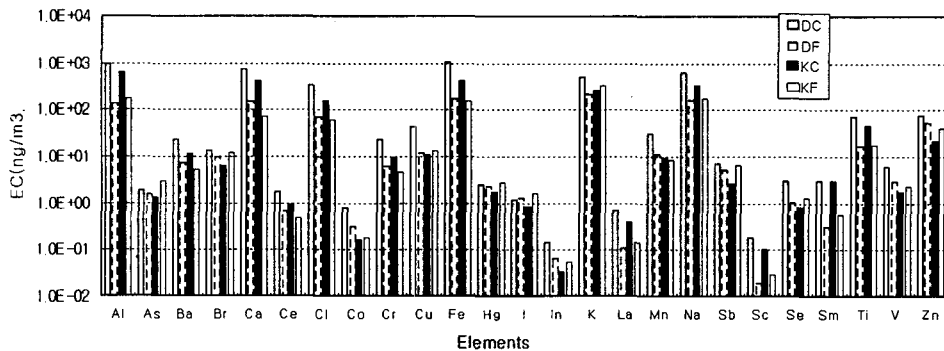


Fig 2. Elemental Concentration of elements for DC(Daehwa Coarse), DF(Daehwa Fine), KC(Duckjin Coarse) and KF(Duckjin Fine)

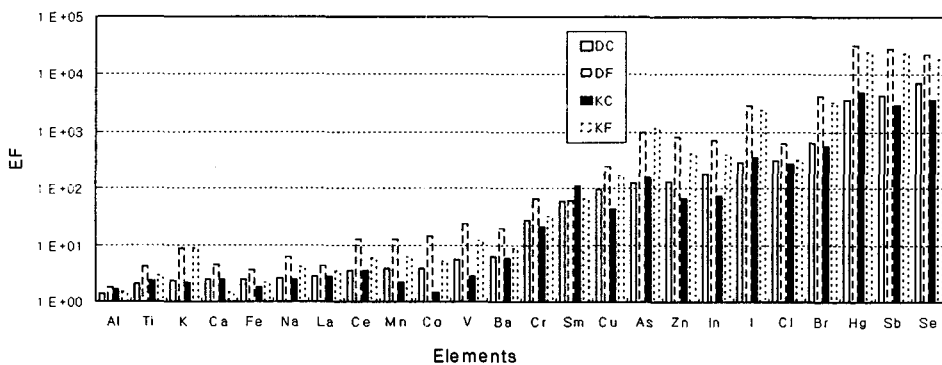


Fig 3. Enrichment Factor of elements for DC(Daehwa Coarse), DF (Daehwa Fine), KC(Duckjin Coarse) and KF(duckjin Fine)