

BB1) 도로변 미세분진중 중금속의 농도특성과 오염원확인 에 관한 연구

A Study on Heavy Metal Levels of PM 2.5 and Source Identification in Roadside Area

임종명 · 이현석 · 장미숙 · 이진홍 · 문종화 · 정용삼*

충남대학교 환경공학과, *한국원자력연구소 방사화분석연구실

1. 서 론

도시대기중의 분진은 입경 분포에 따라 공기 역학적 직경 $2.5\mu\text{m}$ 를 기준으로 미세 입자(fine particles)와 거대 입자(coarse particles)로 나누어지는 쌍극분포를 보인다. 미세 입자는 주로 화석연료의 연소, 자동차의 배기가스 등과 같은 인위적 발생원에 의한 것이며, 거대입자는 토사의 재 비산, 해염 등과 같은 자연적 발생원에 의한 것이다. 미세 입자는 오염된 도심지역 분진수의 90~99%에 이르는 높은 비율을 보이고 있고, 폐 깊숙히 침투하여 폐 질환을 일으킬 수 있다. 더욱이, 동일 질량의 분진인 경우 입자의 크기가 감소함에 따라 미세 입자의 표면적은 급증하기 때문에 As, Mn, Se, V, Zn 등과 같은 중금속을 쉽게 흡착하여 미세 입자가 인체에 미치는 영향은 거대입자에 비해 매우 크다.

본 연구에서는 미량원소의 다원소 분석 방법 중 INAA(Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용하여 미세 분진내 총 30여종의 중금속 농도를 정량 하였으며 각 중금속의 농도 분포를 파악하고, 그 오염원을 확인하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1) 시료의 채취

본 연구에서는 대기중 미세분진을 2000년 12월 29일부터 2001년 5월 19일까지 교통량이 많은 10차선 도로에 인접한 충남대학교 정문 옥상(지상 4m)에서 PM 2.5 mini-volume air sampler(Version 4.2, Airmetrics, USA)를 이용하여 유량을 약 5.0 l/min , 시료당 공기량이 약 $14,400\text{ l}$ 가 유지되도록 48시간씩 총 59개의 시료를 채취하였다. 여지는 불순물이 적고 작은 크기의 입자를 채취하는데 효율적인 pore 형태의 폴리카보네이트 멤브레인 ($\phi 47\text{mm}$, $0.4\mu\text{m}$ pore size, nuclepore) 여지를 사용하였고 유속변화에 따른 공기 흡입량은 시료의 채취 시작시와 종료시의 유량을 측정하여 보정하였다.

2.2) INAA

분석시료의 방사화를 위하여 한국원자력연구소의 연구용 원자로인 HANARO의 공압이송관 ($\phi_{th} = 1.75 \times 10^{13}\text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$) 조사장치를 이용하였다. 모든 시료는 동일한 기하학적 조건에서 조사하여 조사시간 동안의 중성자속의 변화등에 영향을 받지 않게 하여 분석오차를 최소화시켰다. 방사능계측기는 고순도 게르마늄 반도체 검출기(EG&G ORTEC)와 16K-Multichannel Analyzer (Gamma Vision, EG&G ORTEC)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

연구대상지역의 PM 2.5내 중금속 성분들의 농도는 자연적 발생원에 의한 Al, Ca, Cl, Fe, K, Mg, Na가 높게 나타났으며, 특히 K와 Fe가 가장 높은 $671, 653\text{ ng/m}^3$ 을 나타내었다. 반면에 Lu, Dy는 가장 낮은 농도인 0.01 과 0.04 ng/m^3 으로 존재하여 최대농도와 최소농도간에는 10^4 이상으로 차이가 벌어져 있음을 알 수 있었다.

연구대상지역의 농도분포에 대한 평가를 여러 가지 관점에서 시도하는 것은 중요한 의미를 지닐 것으로 판단된다. 금속성분의 분포특성을 비교한 과거의 연구들에서 많이 사용된 부화계수(enrichment factor : EF)를 사용하여 오염의 정도를 비교하였고, 그림 1에 비교결과를 제시하였다. 일반적으로 EF값이 수십 또는 수백을 초과할 때 부화의 정도가 심하다고 인정할 수 있는데, 결과에서 EF값이 100을 초과하는 원소는 Zn, As, Cl, I, Br, Se, Sb이고 이러한 금속성분은 주로 인위적인 오염원에서 배출된 것

로 판단된다. 도로변 중금속의 발생원을 분류하기 위해 인자분석을 사용하였는데, 이 방법은 매우 간편하고 그 결과의 유용성으로 인해 널리 사용되는 것으로서 연구대상지역의 미세 분진의 오염원을 잘 확인한 것으로 판단된다. 그러나 이러한 해석은 marker element를 사용해야 하므로 대상지역에 대한 충분한 정보를 필요로 하며 오염원 분류시 주관적인 관점이 많이 포함되기 때문에 정확하고 신뢰성 있는 해석을 위해서는 부화계수와 금속들 상호간의 상관분석을 통해 해석을 보완하여야 한다. 부화계수와 상관분석 결과를 바탕으로 인자분석을 수행한 결과 미세분진의 발생원은 resuspended soil dust, burning of coal and fuel oil, vehicular emission, REEs(3-way catalyst), sea-salt 등의 5개로 확인되었고, 이 5개의 오염원이 총 분산의 82.6%를 설명하였다.

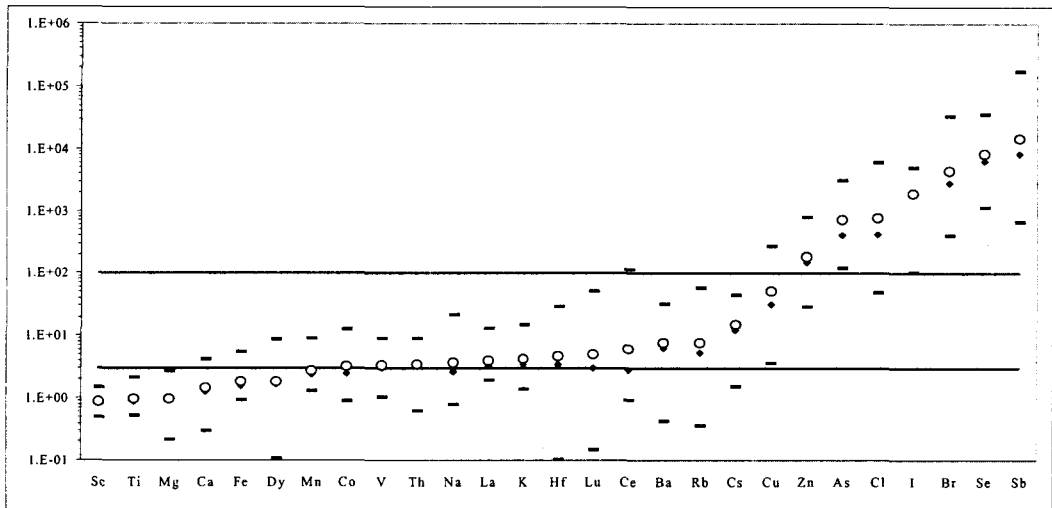


Fig. 1. Calculated enrichment factor.

참 고 문 헌

- Stern, A. C. (1986) Air Pollution, 3rd Vol., Academic Press, Inc.
- 정용삼 등 (1997) 방사화분석 이용연구, KAERI/RR/-1745/96.
- Hopke, P. K (1985) Receptor Modeling in Environmental Chemistry, John Wiley & Sons, New York, 319 pp.
- Hopke, P. K. (1976) The Use of Multivariate Analysis to Identify Sources of Selected Elements in Boston Urban Aerosol, Atmos. Environ., 10(11), 1015-1025.