

SM2) 서울시 미세먼자(PM_{2.5})에 포함된 원소농도 특성 Characteristic of Elemental Concentrations for Fine Particles(PM_{2.5}) in Seoul

강병욱 · 강충민¹⁾ · 여현구¹⁾ · 이학성²⁾ · 김희강¹⁾

국립청주과학대학 환경공학과, ¹⁾건국대학교 환경공학과, ²⁾서원대학교 환경과학과

1. 서 론

1997년 EPA는 현재의 대기환경기준(NAAQS: National Ambient Air Quality Standard)인 PM₁₀과 병행하여 PM_{2.5}($d_p < 2.5 \mu m$)에 대한 새로운 기준을 설정하므로써 미세먼자의 중요성에 대한 인식이 증대되고 있다. 특히 조대입자의 배출원이 대부분 자연적인 배출원인데 비하여 미세먼자(fine particle)의 대부분이 자동차 등의 이동배출원과 화학적 공정등과 같은 고정배출원에서 인위적으로 배출되기 때문에 각종 중금속과 유해 대기오염물질을 포함하고 있으며 중금속에는 미량으로도 인체에 심각한 영향을 나타낼 수 있는 중금속이 다수 포함되어 있다(Cr, Cu, Zn, Pb, Hg, Cd and As). 더구나 미세먼자의 경우 호흡기관을 통해 폐까지 침투하기 때문에 인체에 미치는 위해성이 매우 크다. 미세먼자의 화학적 성분에 관한 연구는 입자상물질이 인체에 미치는 영향과 관련하여 실질적인 자료를 제공할 뿐만 아니라 주요한 배출원을 규명하는데 유용하게 이용될 수 있다. 미세먼자의 화학적 성분에 관한 연구는 인체에의 위해성 및 배출원에 관한 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문에 황산염이나 질산염등의 수용성 이온성분과 더불어 원소의 농도를 파악하는 것이 중요하다.

현재까지 미세먼자에 관한 연구는 적절한 미세먼자 포집장비가 소수에 불과하며 미세먼자에 포함된 원소를 분석하기 위해서는 시료의 포집량이 매우 미량이기 때문에 고감도의 장비를 사용하여야 검출이 가능하나 현재 폭넓은 활용이 어렵기 때문에 원소특성에 대한 연구는 서울시이외의 일부 지역에서의 연구를 제외하면 거의 전무한 상태이며(이태정 등, 1992; 손동헌 등, 1993; 김덕경 등, 1994; 최금찬 등, 1996; 강병욱 등, 1998), 대부분의 연구가 수용성 이온성분에 머무르고 있다(천만영 등, 1997; 김용표 등, 1996; 이종훈 등, 1995). 대기입자상물질 중 원소의 분석에 최근에 주로 사용되는 분석방법으로는 NAA(Neutron Activation Analysis), PIXE(Proton Induced X-ray Emission), XRF(X-Ray Fluorescence), ICP(Inductively Coupled Plasma spectrometry) 및 ICP-MS 등이 있다.

본 연구에서는 대기 입자상물질중 미세먼자의 원소농도를 효율적으로 분석하기 위하여 PIXE를 사용하였으며, ADS(Annular Denuder System)을 이용하여 포집한 미세먼자($d_p < 2.5 \mu m$)중 원소의 농도특성에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 시료의 포집

본 연구는 1997년 7월 17일 부터 9월 11일 까지 여름 기간에 대하여 강우기간을 피하여 총 13회 시료를 포집하였다. 측정장소는 성동구 모진동에 위치한 건국대학교 공과대학 옥상(지상에서 약 15m 높이)에 측정기를 설치하여 측정을 실시하였다. 측정시간은 측정 당일 오전 8시부터 다음날 8시까지 24시간 동안 포집하였다.

측정에 사용된 각종 기상자료는 기상대 자료를 이용하였으며 유량에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 시료채취장치에 사용되는 펌프의 유량교정은 Gilibrate(Gilian Instrument Corp.)를 이용하여 교정하였다. 시료의 포집은 ADS(Annular Denuder System, URG사제)를 사용하였으며 시료채취유량은 대략 10 L/min를 유지하였다.

2.2 PIXE 분석

PIXE 분석을 위한 시료는 테프론 여과지(1 μm pore size, Gelman Science)에 의하여 포집하였고 동

일한 필터 3장을 공시료(blank)로 이용하여 시료와 동시에 분석하여 실시료값에 대하여 보정하였다. PIXE 분석은 EAC(Element Analysis Corporation, Kentucky)에서 분석하였으며, 양성자의 조사량이 수 nA ~수십nA를 조사시킬 수 있는 4MV가속기를 이용하여 분석하였다. PIXE분석에 의한 농도($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)는 공시료 분석에 의하여 검출된 원소의 농도를 보정한 후, 필터포집면적(13.2cm^2)을 곱하고 필터를 통과한 공기량으로 나누어 대기 중 농도를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

서울시 여름철 13회에 걸쳐서 포집된 미세먼지의 원소측정결과는 표 1에 나타난 바와 같으며 측정항목 중 검출한계 이상으로 측정된 원소들은 Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb 등 14개 원소들이다.

Table 1. Summary of elemental concentrations

| Element | Concentration($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | N ^b | DL ^c |
|---------|---|-----------------|----------------|-----------------|
| | Mean | SD ^a | | |
| Na | 0.527 | 0.148 | 13 | 1 |
| Mg | 0.229 | 0.051 | 13 | 1 |
| Al | 0.321 | 0.106 | 13 | 0 |
| Si | 0.607 | 0.253 | 13 | 0 |
| S | 3.044 | 1.564 | 13 | 0 |
| Cl | 0.252 | 0.207 | 13 | 3 |
| K | 0.374 | 0.158 | 13 | 0 |
| Ca | 0.359 | 0.326 | 13 | 0 |
| Ti | 0.022 | - | 13 | 12 |
| Mn | 0.029 | 0.010 | 13 | 3 |
| Fe | 0.344 | 0.140 | 13 | 0 |
| Cu | 0.030 | 0.009 | 13 | 5 |
| Zn | 0.143 | 0.068 | 13 | 0 |
| Pb | 0.166 | 0.069 | 13 | 9 |

^a Standard deviation

^b Number of samples

^c Number of samples below analytical detection limit

참 고 문 헌

- 강병욱, 이학성, 김희강(1997) PIXE를 이용한 청주지역 미세먼지 중 원소의 계절 변동 특성, 한국대기보전학회지, 13(4), 307-317.
- 김덕경, 최한우, 우형주, 김영석, 홍 완, 김낙배, 이진홍(1994) PIXE 분석법을 이용한 대기분진 중 함유원소 분석, 한국대기보전학회지, 10(2), 90-97.
- 김용표, 김성주, 진현철, 백남준, 이종훈, 김진영, 심상규, 강창희, 허철구(1996) 제주도 고산에서의 1994년 여름 측정:(1) 입자 이온 조성, 12(3), 297-305.
- 손동헌, 신혜숙, 정성윤, 정원태(1993) ICP법에 의한 도시대기중 중금속 농도 측정-중앙대학교를 중심으로-, 한국대기보전학회, 9(3), 222-229.
- 이종훈, 백남준, 김용표, 문길주(1995) 1993년 8월의 서울지역 서정 연구, 한국대기보전학회지,

11(3), 291-298.

이태정, 김동술(1992) X-선 형광분광법을 이용한 대기부유분진중 중금속의 농도분포에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(1), 20-28.

천만영, 조기철, 여현구(1997) 도시대기 중에 부유하는 미세입자중 음이온의 농도분포 특성, 한국 대기보전학회, 13(1), 1-7.

최금찬, 임경택, 조정구, 김태형(1996) PIXE분석법에 의한 도로변 분진의 원소분석, 한국대기보전학회지, 12(5), 523-528.