

PB22) 대전 3·4 공단의 PM 2.5/PM 10내 미량원소의 특성 Characteristics of Trace Elements in PM 2.5/PM 10 in Daejeon 3·4 Industrial Complex

이현석·임종명·이진홍·문종화¹⁾·정용삼¹⁾
충남대학교 환경공학과, ¹⁾한국원자력연구소

1. 서 론

미세입자는 오염된 도심지역 분진수의 90~99%에 이르는 높은 비율을 보이고 있고, 폐 깊숙이 침투하여 폐암을 비롯한 폐질환을 일으킬 수 있다. 더욱이 동일 질량의 분진인 경우 입자의 크기가 감소함에 따라 미세 입자의 표면적은 급증하기 때문에 As, Cr(VI), Cd등과 같은 발암 중금속을 쉽게 흡착하여 미세 입자가 인체에 미치는 영향은 거대입자에 비하여 매우 크다. 따라서 미국은 1990년대부터 미세 분진의 입경별 위해성을 집중적으로 연구하여 공기 역학적 직경이 10 μ m이하인 PM 10 기준과 더불어 PM 2.5 기준을 신설하였다. 이러한 추세에 부응하여 국내 대기환경기준도 기존의 PM 10 기준에 추가하여 PM 2.5기준의 도입을 모색할 필요성이 크고 이를 위한 선행연구가 필수적이다. 또한, 국내 대기중 PM 2.5 내 독성 금속을 포함한 30여종의 중금속을 분석하는 일은 시급한 연구 중의 하나라 할 수 있겠다.

본 연구는 Gent SFU air sampler를 이용하여 대전 3·4 공단 지역에서 60개의 시료를 채취하여 기기중성자 방사화분석법을 이용하여 분석하고 PM2.5(fine fraction)와 PM2.5~10(coarse fraction) 내의 27종의 미량원소들의 농도를 정량하고 함량을 비교하였다.

2. 연구 방법

2. 1 시료의 채취

대전 3·4 공단인근에 위치한 목상초등학교 건물 옥상에서 Gent SFU(stack filter unit) air sampler를 이용하여 2002년 5월부터 2002년 12월까지 24시간씩 총 60개의 시료를 채취하였으며 운전유량을 약 18 l/min으로 하여 시료당 공기량이 약 26m³이 되도록 유지하였다. 유량은 Gillian Gilibrator 2 Calibration System(Sensidine Inc.)를 사용하여 보정하였다. 여지는 기계적 강도가 강하여 기기중성자방사화분석에 적합한 polycarbonate membrane filter(Φ 47mm, nuclepore)를 사용하였으며, 이 여지는 미량금속에 대해 화학적으로 매우 적은 바탕농도를 갖고 있어 미량금속의 분석에 효율적인 것으로 판단된다. 채취된 시료는 실험실에서 건조시켜 평량하고 무게를 잰 후, 시료 분석 전까지 데시케이터에 보관하였다.

2. 2 INAA

채취된 시료의 원소분석을 위해 한국원자력연구소의 연구용원자로(HANARO)에 설치된 공압이송조사공(PTS)을 사용하여 조사(Φ_{th} : 2.95×10^{13} n/cm²·sec)하였다. 조사된 시료의 방사능계측에는 고순도 게르마늄 반도체 검출기(EG&G ORTEC, 25% relative efficiency, 1.85 keV FWHM at 1332 keV ⁶⁰Co, Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K Multichannel Analyzer(Gamma Vision, EG&G, ORTEC)를 사용하였다. 또한 에너지 및 검출효율의 교정은 디스크형 표준선원(GF-ML 7500, Isotope Products Lab.)을 사용하였다. 표준물질(NIST SRM 1648, 2074, 2079)을 동일한 조건으로 분석하여 원소의 농도를 보정하였다. 통계적 오차를 줄이기 위해 계측시간을 알맞게 조절하였으며, 불감시간은 5%이하로 유지하였다. 계측된 데이터로부터 원소의 농도를 계산하기 위하여 Labview로 작성한 중성자 방사화분석용 함량 계산프로그램을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

채취된 시료의 coarse fraction의 최소, 평균, 최대 농도는 6.4 μ g/m³, 19.9 μ g/m³, 47.6 μ g/m³이었으며 fine fraction의 최소, 평균, 최대농도는 2.5 μ g/m³, 11.3 μ g/m³, 26.8 μ g/m³이었다. PM2.5의 경우 미국의 24시간 평균 기준치인 65 μ g/m³을 넘지 않는 것으로 나타났다.

일차적으로 각각의 원소들이 지닌 검출특성이 매우 다양하다는 점을 감안하여, 이들 자료에 대한 분석의 불확실성을 어느 정도 국한하기위해 현장시료로부터 관측된 농도가 실험실에서 측정된 바탕농도의

2배 이하인 자료는 제외하였다. 이러한 방법에 의해 coarse fraction과 fine fraction의 약 4.5%, 7.3%의 자료가 제외되었고, 2단계 선별과정에서는 각각 7.5%, 1.1%의 자료가 추가로 제외되었다.

분석된 각각의 원소농도의 coarse fraction과 fine fraction의 비율을 살펴보면 자연적인 오염원에서 주로 발생하는 원소들(Al, Fe, Mg, Na등)의 경우 coarse fraction의 비가 상대적으로 높았으며 인위적인 오염원에서 발생하는 원소들(As, Br, Sb, Zn등)의 경우에는 fine fraction의 비가 높게 나타났다.

직경이 2.5~10 μ m인 입자들은 호흡기질환을 가진 사람이 입을 통해 호흡할 경우 심각한 영향을 미칠 수 있지만 정상적으로 코로 호흡하는 경우 비강경로에서 여과되기 때문에 문제가 되지 않는다. 반면 미세입자는 인간 및 동물이 호흡할 때 흡입되어 폐 깊숙이 침투한다. 특히 입자 크기가 0.1~1.0 μ m일 때, 폐 속으로의 침투도는 최대가 되어 폐질환을 일으킬수도 있고, 빛의 산란도 역시 최대가 되어 가시도 감소에 큰 영향을 미친다. 분석결과에서 인위적 오염원에서 발생하는 원소들 중 인체 발암물질인 As, Cr의 fine fraction의 비율이 상당히 높다는 것은 대기 중 미세입자 분석의 중요성을 말해주고 있다.

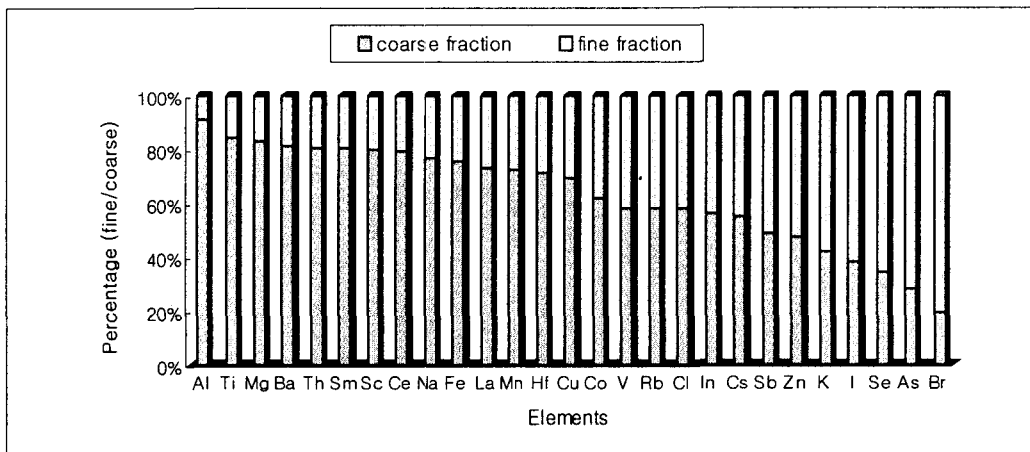


Fig. 1. Ratio percent of size fraction in trace elements

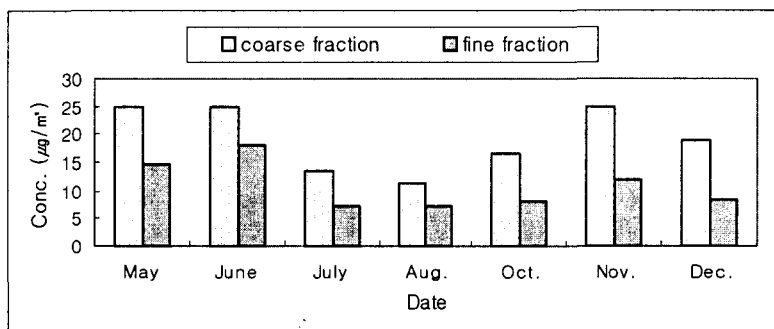


Fig. 2. Monthly concentration of coarse and fine fraction

참 고 문 헌

- Alian, A. and Sansoni, B. (1985) A Review on Activation Analysis of Airborne Particulate Matter, J. Radioanal. and Nucl. Chem., Articles, 89, 191.
- 정용삼 등 (1997) 방사화분석 이용연구, KAERI/RR/-1745/96.
- Landsberger, S. and Creatchman, M. (1999) *Elemental Analysis of Airborne Particles*, Gordon and Breach Science Publishers, U.S.A., 323 pp.