

PF9) 2009년 서울지역 PM-2.5 중 중금속 농도 특성

Characteristics of Heavy Metal Elements of PM-2.5 of 2009 in Seoul

오윤희 · 정영림 · 김순근 · 최 원 · 박현희 · 손종렬
고려대학교 보건과학대학 환경보건학과

1. 서 론

PM-2.5의 주요 구성성분은 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , OC(organic carbon), EC(elemental carbon) 및 Pb 등을 포함한 미량원소로 알려져 있으며, 이들은 크기가 작은 대신 상대적으로 표면적이 크기 때문에 각종 중금속과 유해대기 오염물질들과의 흡착이 용이하여 호흡기 계통의 질병을 일으킬 수 있는 확률이 높다. 특히, 호흡기 계통의 질병을 유발하는 물질은 대기 중에 존재하는 에어로졸 상태의 산성오염물질과 관련이 있을 것으로 보고된 바가 있고, 대도시 지역의 시정 장애나 실내 대기질의 악화에 영향을 주어 체감오염도를 증가시키는 주된 요인이기도 하다. 이러한 특성으로 인해 선진국에서는 다양한 연구를 통해 미세입자에 대한 저감대책을 수립하고 있으며 미국 EPA(environment protection agency)에서는 1997년에 PM-2.5기준(24시간 평균 $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 연평균 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$)을 신설하여 PM-10과 함께 사용하고 있으며, 화학적 조성에 대한 정량적인 평가와 오염원 규명을 통한 규제를 마련하고 있다. 그러나 국내에서는 미세입자에 대한 지속적인 연구를 통한 자료 축적이 극히 미비한 실정이다. 따라서 우리나라에서도 PM-2.5에 의한 건강피해를 최소화하고 PM-2.5에 대한 환경기준설정을 계획하고 있으며 대기 중 농도 수준과 약 및 성분분석 등 원인을 규명하고 관리대책을 수립할 기초연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 2009년 6월부터 11월까지 서울시 대기 중 PM-2.5 중 질량 및 중금속 농도를 정량하여 PM-2.5 질량농도 특성과 화학적 조성을 고찰하였다.

2. 연구 방법

시료 채취장소는 서울시 광진구 구의동 38번지 구의 아리수 정수센터 2층 옥상(북위 $34^{\circ}62'$, 동경 $126^{\circ}37'$)으로 PM-2.5 채취장비는 18일간 연속시료채취가 가능한 PMS-103(Sequential PM Sampler, APM ENG., Korea)를 사용하였다. 시료채취시 유속은 $16.7 \text{ L}/\text{min}$ 를 유지하였고, 채취시간은 1일(당일 10시부터 익일 10시까지, 24시간)로 하였다. 측정기간은 2009년 6월 26일부터 11월 29일까지 약 5개월간으로 6월 간격으로 PM-2.5 시료를 채취하였고 여름철, 가을철 계절 특성을 조사하기 위해 여름철에는 2009년 8월 13일부터 8월 22일까지 10일 동안 가을철에는 2009년 10월 13일부터 10월 22일까지 10일 동안 연속적으로 시료를 채취하였다. 질량농도 및 중금속성분 분석을 위해 테프론필터(Pall Co., ZefluorTM PTFE filter, 47 mm, $2.0 \mu\text{m}$)를 사용하였는데 시료 채취 전에 필터를 20°C , RH 40%의 조건으로 24시간 항온, 항습한 후에 10^{-6} g 의 micro balance(Sartorius, Germany)를 이용하여 총 3번의 질량을 정량하여 평균값을 사용하였다. 분석항목은 PM-2.5의 질량농도와 중금속성분(Cr, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, Cd, Tl, Ba, Sr)을 분석하였다. PM-2.5 중 중금속성분 분석은 환경부 대기오염공정시험방법 ES 01450.2 방법에 따라 마이크로파 분해장치(QWAVE 1000, Questron Techn. Corp., Canada)를 사용하여 혼합산 용액(5.55% HNO_3 /16.75% HCl)으로 용출시켜 전처리를 거친 용액은 ICP-OES(PE 2100X, USA)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

측정기간 동안 서울시 구의동에서 측정된 PM-2.5 평균 질량농도는 $27 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 측정기간 동안 강우가 발생했던 날은 총 40일 중 12일로 평균 강수량은 $35.2 \pm 62.3 \text{ mm}$ 로 7월 9일 강수량은 190 mm로 가장 많은 강수량을 나타냈으며, 이 날에 채취한 PM-2.5 질량농도는 $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮은 농도를 나

타났다. 또한 측정기간 총 40일 중에 12일에 박무, 연무가 발생하였다. 이에 대한 영향을 조사해 본 결과, 박무 시에는 PM-2.5 질량농도가 $33 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 반면, 비박무 시에는 PM-2.5 질량농도가 $25 \pm 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 것으로 조사되었다. 박무현상이 발생했을 때의 PM-2.5 질량농도는 비박무시에 비해 $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 높게 약 1.3배 높은 농도를 나타냈다. 표 1에는 측정기간 동안 서울 구의동에서 채취한 PM-2.5의 질량농도 및 중금속성분의 통계값을 정리하여 나타냈다. PM-2.5 중 중금속성분의 평균농도는 Fe($0.2544 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Al($0.1278 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Cu($0.0667 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn($0.0532 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Pb ($0.0212 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Cr($0.0151 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ni ($0.0142 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn, Tl, Cd, Co, V, Sr 순으로 나타났다. V, Mn, Fe, Cu, Sr, Ba를 제외한 나머지 중금속성분의 경우는 여름철이 가을철에 비해 1.1~1.6배 높은 농도를 나타냈으며, Al의 경우는 여름철에 $0.1519 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가을철의 $0.0962 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 1.6배 높은 농도를 나타냈다. PM-2.5 중 중금속성분의 전체비율을 보면 Fe(43%), Al(22%), Cu(11%), Zn(9%)로 이들 금속원소가 차지하는 비율은 전체의 85%로 나타났다.

Table 1. Statical summary of heavy metal elements in PM-2.5 at Guuidong(Concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, N=40).

Element	Mean	Median	SD	Max	Min
Mass	27	24	16	64	5
Cr	0.0151	0.0085	0.0549	0.001	0.0147
V	0.002	0.002	0.01	0.001	0.0016
Mn	0.0181	0.017	0.0626	0.001	0.0117
Fe	0.2544	0.1843	0.9124	0.026	0.2255
Co	0.0019	0.002	0.005	0.0004	0.0012
Ni	0.0142	0.0125	0.055	0.001	0.0116
Cu	0.0667	0.0556	0.2151	0.002	0.0563
Zn	0.0532	0.0296	0.166	0.001	0.0491
Al	0.1278	0.0765	0.594	0.015	0.1167
Tl	0.003	0.002	0.008	0.0008	0.0019
Cd	0.0022	0.002	0.006	0.0005	0.0014
Sr	0.002	0.0012	0.0129	0.0002	0.0024
Pb	0.0212	0.0143	0.1063	0.001	0.0233
Ba	0.0022	0.0023	0.0045	0.0009	0.0008

참 고 문 헌

- Ann E. Wittig, Satoshi Takahama, Andrei Y. Khlystov, Spyros N. Pandis, Susanne Hering, Brent Kirby, and Cliff Davidson (2004) Semi-continuous PM-2.5 inorganic composition measurements during the Pittsburgh Air Quality Study, Atmospheric Environment, 38(20), 3201-3213.
- Roger L. Tanner, William J. Parkhurst, Myra L. Valente, and W. David Phillips(2004), Regional composition of PM-2.5 aerosols measured at urban, rural and "background" sites in the Tennessee valley, Atmospheric Environment, 38(20), 3143-3153.