L-2 위해도 평가를 위한 독성 금속의 농도 분석

An Analysis of Ambient Concentrations of Toxic Metals for Risk Assessment

이 진홍 · 류 영태 · 남 병현

충남대학교 공과대학 환경공학과

1. 서 론

도시 대기중의 중금속의 농도는 낮지만 독성이 크기 때문에 이로 인한 인체 위해도는 그 밖의 유해 대기 오염물질로 인한 것보다 작지가 않다. 특히, 공단지역의 경우 발암 중금속을 포함한 독성 중금속으로 인한 인체 위해도는 더욱 크리라 예상되지만, 공단지역을 대상으로 독성 중금속의 농도분포 및 위해도 평가는 국내에서 거의 연구된 바가 없다. 이는 도시 대기를 대상으로 국내에서 현재까지 진행된 연구의 주요 목적이 인체 위해도 평가에 있지 않고, 도시 대기중 부유분진의 발생원별 특성 평가 또는 분진 오염원의 정량적인 기여도 추정 및 수용 모델의 개발에 있었기 때문이다. 따라서 독성이 강한 As, Be, Cr, Ni, Se, Sb, V등의 농도 조사는 국내에서 거의 수행된 바 없다.

그러므로 본 연구는 대전 1, 2 공단 지역을 대상으로 독성 중금속 11종(As, Be, Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Se, Sb, V, Zn)을 포함한 19종의 금속을 선정하여 검출한계와 재현성이 매우 뛰어난 유도결합 플라스마 질량분석기(ICP-MS) 와 분광분석기(ICP-AES)를 이용하여 월별 2회씩, 2년간 분석하고자 한다. 대전광역시 1, 2 공단 지역은 소규모의 금속, 기계공장을 비롯하여 대규모의 비누, 화장품 등의 생산업체 및 일일 처리 규모 100톤의 도시 쓰레기 소각로등 100여개 이상의 생산업체가 밀집되어 있는, 대전 지역 대기중 중금속의 오염이 가장 심하리라 예상되는 지역이다.

2. 실험 및 방법

2.1 유도결합 플라스마 분광법

유도결합 플라스마 분광법과 같은 분진 시료의 파괴적 측정방법은 시료의 전처리에 많은 시간과 노력이 요구되지만, 30여개 이상의 화학적 원소를 동시에 측정할 수 있으며 특히, ICP-MS의 경우 기기의 검출 한계가 매우 낮아 대기중 극미량으로 존재하는 중금속의 측정이 가능하고, 측정값의 재현성 및 신뢰성 면에서 여타 측정방법과 비교하여 매우 안정된 측정값을 제공하는 유용한 분석방법이다. 비파괴 분석법으로 널리 이용되는 XRF(X-ray Fluorescence), PIXE(Proton Induced X-ray Emission), NAA(Neutron Activation Analysis) 역시 다원소 동시분석을 할 수 있는 분석방법인데, 도시 대기중 극미량으로 존재하지만 발암물질인 Cd, Cr, Ni 및 독성 중금속인 Se, Sb, V에 대한 분석이 거의 불가능하다. 따라서 본 연구의 목적상 가장 적합한 분석방법인 ICP-MS 와 ICP-AES를 이용한 유도결합 플라스마 분광법을 이용하여 독성 중금속을 비롯한 공단지역내 대기중의 중금속 농도를 분석하였다.

2.2 시료 포집 및 농도 분석

대기중 부유분진 시료는 대전 1, 2 공단내 대화동사무소 건물 옥상에서 High-Volume Air Sampler(Graseby Andersen: SAUB-1H Model, USA)를 이용하여 포집되었다. Sampler는 석영필터(Quartz Microfibre Filter, Watman QM-A, 8″×10″)를 사용하여 0.85 m^3/min 정도로 운전하여 시료당 포집된 공기량은 대략 2,400 m^3정도가 유지되도록 하였다. 시료는 4월부터 월 2주, 매주, 주중에 각 여과지당 48시간씩 2회에 걸쳐 포집되었다. High-Volume Air Sampler의 유속 변화에 따른 공기 흡입량은 시료를 채취 시작시와 종료시의 유량을 측정하여 보정하였고, motor brush를교환할 때(교환후 500시간 경과시)에는 Orifice Calibrator(GMW-25)를 이용하여 유속을 보정하였다.

분진을 채취한 여과지는 실험실에서 건조시켜 평량한 후 테플론 용기에 각 시료 여과지를 1/10정도 아크릴 가위로 잘라 60ml 테프론 가압용기 용기에 넣고 혼합산(질산 : 불산 : 과염소산 = 4 : 4 : 1) 5 ㎖로

산분해 하였다. 산분해한 시료는 증발 건조시킨 후 1% 질산 용액으로 용출하여 폴리에틸렌 용기에 옮기 기기분석에 사용하였다.

산분해한 시료의 미량 성분 원소 측정은 대덕연구단지 내의 한국표준과학연구소 부설, 기초과학지원센터가 보유한 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS; VG PQⅡ+ Model) 와 유도결합 플라즈마 분광분석기(ICP-AES; SHIMAZ ICPS-Ⅳ Model)를 이용하여 수행되었다. ICP-MS로는 Be, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu, Sb를, ICP-AES로는 As, V, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Mn, Ti를, 분석한 후 대기중 중금속 농도로 환산하여 위해도 평가를 위한 데이터로 사용한다.

3. 분석 결과

본 연구 대상 지역에서 측정된 중금속의 대기중 농도는 그림 1에 나타나있다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 일반적으로 대기중에 많이 존재하는 Al, Ca, Fe, K, Mg, Na 등이 농도가 높고, 독성 중금속중에는 발암 중금속인 As, Be, Cd, Cr, Ni, Pb 중 Pb가 6월에 0.5012 $\mu g/m^3$로 가장 높게 나타났으며, 4월에서 6월까지의 평균 농도는 As 0.0108 $\mu g/m^3$, Be 0.0002 $\mu g/m^3$, Cd 0.0025 $\mu g/m^3$, Ni 0.0361 $\mu g/m^3$, Pb 0.3178 $\mu g/m^3$였다. 비발암 중금속인 Se, Sb, V, Zn, Cu, Mn 중에서는 Zn이 6월에 0.2790 $\mu g/m^3$으로 가장 높게 나타났으며, 평균 농도는 Se 0.0009 $\mu g/m^3$, Sb 0.0480 $\mu g/m^3$, V 0.0191 $\mu g/m^3$, Zn 0.0705 $\mu g/m^3$, Cu 0.0913 $\mu g/m^3$, Mn 0.0860 $\mu g/m^3$였다. 여기서 Be와 Zn의 몇몇 농도값은 바탕값보다 작아 평가하지 않았다. 본 연구는 향후, 계속적으로 중금속의 농도를 분석할 것이며 장기간 농도 평가에 근거하여 위해도 평가를 수행할 예정이다.

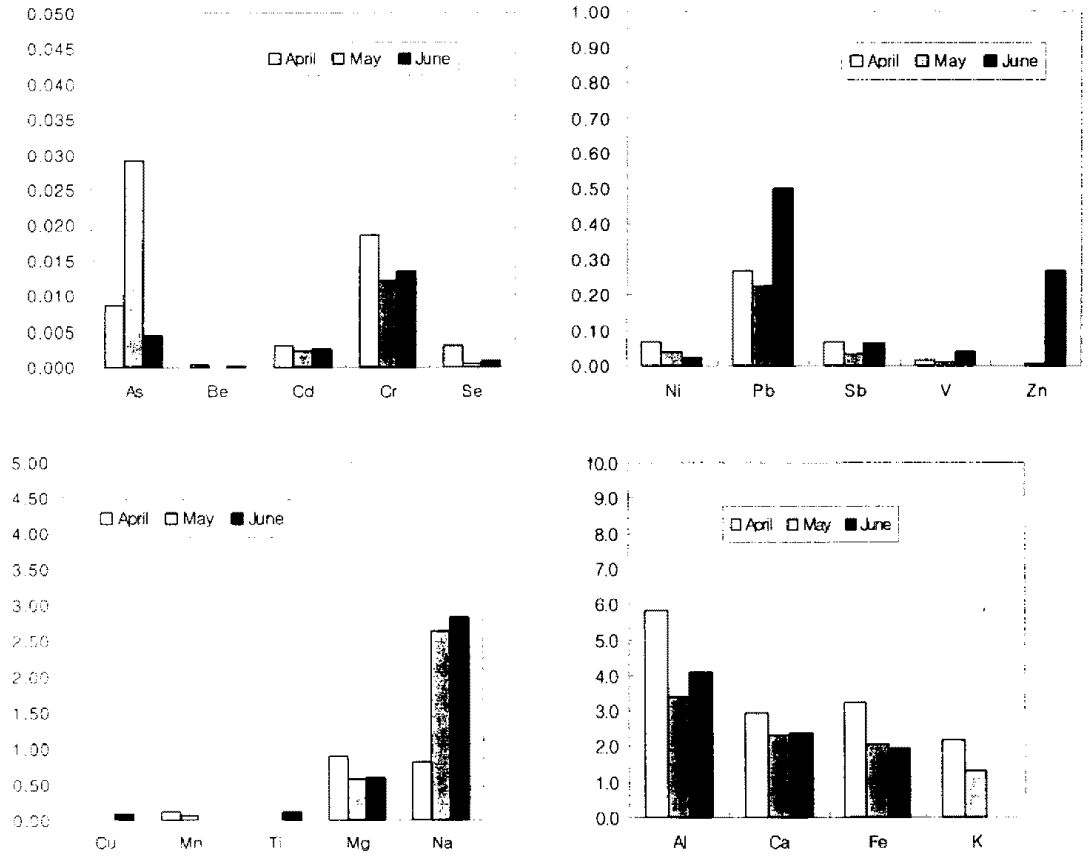

Figure 1. Average concentration of metals in April, May, June (단위 : $\mu g/m^3$)