

대전공단지역의 독성 금속의 장기간 농도 Long-term Airborne Concentrations of Toxic Metals in Taejon Industrial Complex

윤미정·남병현·이여훈·장미숙·이진홍

충남대학교 환경공학과

1. 서 론

본 연구는 대전 1, 2 공단 지역을 대상으로 발암 중금속 6종(As, Be, Cd, Cr, Ni, 및 Pb)을 포함한 약 20종의 금속을 선정하여 검출한계와 재현성이 매우 뛰어난 유도결합 플라즈마 분광법(ICP-MS)을 이용하여 월별 2회씩, 2년간 분석하고자 한다. 도시 대기중 극미량으로 존재하지만 발암 위험도가 큰 As, Cd, Cr, Ni, Pb 등의 분석을 위하여, 기존 국내 연구에서 사용된 XRF, ICP-AES, PIXE 분석법 대신 검출 한계가 매우 낮은 ICP-MS 분석법을 이용하여 분석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구 대상 지역은 소규모의 금속, 기계, 고무/플라스틱, 화학제품관련 업체를 비롯하여 대규모의 비누, 화장품 등의 생산업체 등 100여개 이상의 생산업체가 밀집되어 있는 지역으로 대전시내 대기중 중금속의 오염이 가장 심하리라 예상되는 지역이다. 대기중 부유분진은 대전시 대화동(대전 1, 2 공단내 대화동 동사무소 건물 옥상)에 high-volume air sampler (Graseby Andersen : SAUB-1H Model, USA)를 약 0.85 m³/min으로 운전하여 시료당 공기량이 약 2,400 m³가 유지되도록 포집하였다. 여지는 석영섬유여지(Quartz Microfibre Filter, Watman QM-A, 8"×10")를 사용하였고, 1997년 4월부터 1998년 12월까지 월 2주, 매주 주중에 각 여지당 48시간씩 2회에 걸쳐 포집하였다. 보통 대기중 분진은 여지당 24시간 포집을 기준으로 하지만 위험도 평가의 정밀성을 고려하여 본 연구는 가급적 주중의 평균 농도를 대표하기 위하여 48시간씩 포집하였다.

High volume air sampler의 유속 변화에 따른 공기 흡입량은 시료채취 시작시와 종료시의 유량을 측정하여 보정하였고, 500시간 경과하여 motor brush를 교환할 때마다 orifice calibrator(GMW-25)를 이용하여 유속을 보정하였다. 분진을 채취한 여지는 실험실에서 건조시켜 평량하고 무게를 잰 후, 시료 분석 전까지 대기케이터에 보관하였다. 1997년에는 1차적으로 총 부유분진내 중금속 성분을 분석하였는데, 그 이유는 중금속의 입경별 농도 분포가 질량 평균 직경(MMD: mass median diameter)은 2.5 μ m 이하의 미세분진 영역이지만 중금속에 따라서는 10 μ m 이상의 분진내에도 얼마간 분포하고 있기 때문이다 (Schroeder et al., 1987). 이 보다 더 큰 이유는 역학 조사(epidemiological study)에 근거하여 평가된 발암 중금속의 발암력(cancer potency)이 입경 구별없이 총 부유분진내 중금속의 농도에 기초하고 있다는 점이다. 그리고 1998년에는 2차적으로 PM-10내 중금속 성분을 분석하였고 위험도 평가 자료로 사용하였다.

시료의 전처리 방법으로 마이크로파 시료용해방법(Greenberg et al., 1992)을 적용하였고, 기기는 충남대학교 공동실습관이 보유하고 있는 MLS-MEGA model을 이용하였다. 전처리 방법은 세척과정을 마친 각 용기에 분진 시료를 1/10로 잘라 혼합산(질산:과염소산 = 4:1)을 넣고 장치를 세팅한 후 프로그램을 입력하여 20여분 동안 산분해를 한다. 이렇게 산분해한 시료를 꺼내어 식힌 후 1% 질산 용액으로 수회 씻어 폴리에틸렌 용기에 옮기고 저울에서 적당량(본 연구의 경우 20g)으로 맞추어 ICP 분석용으로 보관한다. 산분해한 시료는 대덕연구단지 내의 한국표준과학연구소 부설, 기초과학지원센터가 보유한 유도결합 플라즈마 분광분석기(ICP-AES; SHIMAZ ICPS-IV Model) 및 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS; VG PQII + Model)를 이용하여 약 20종의 중금속 성분을 분석한 후 대기중 농도로 환산하였다.

3. 결과 및 고찰

약 2년 간의 농도는 인체 발암물질인 As, Cr(6), Ni(subsulfide)의 농도가 각각 산술 평균으로 5.53, 2.16, 3.46ng/m³이며 인체에 유력한 발암물질인 Be, Cd, Pb의 평균 농도는 각각 0.08, 2.35, 293.29ng/m³로 나타났다. 그리고 비발암 물질인 Mn의 평균 농도는 55.91ng/m³이다. 한편, 1997년의 총 부유분진의 계절 평균 농도는 봄, 여름, 가을, 겨울이 각각 116.2, 90.5, 136.2, 136.3 μg/m³로 여름에 최소 농도를 보이고 겨울 및 가을에 최대 농도를 보였다. 1998년의 PM-10의 계절 평균 농도는 봄, 여름, 가을, 겨울이 각각 98.1, 76.1, 98.9, 81.2 μg/m³로 여름에 역시 최소 농도를 보이고 가을 및 봄에 최대 농도를 보였다. 2년에 걸쳐 여름철에 총 부유분진과 PM-10의 농도가 최소인 이유는 집중적인 강우로 부유분진이 대기로 부터 씻겨 내려오는(wash out) 효과 때문인 것으로 판단된다. 약 2년간의 기타 금속 성분의 산술 평균 농도는 일반적으로 대기중에 많이 존재하는 Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Si의 농도가 역시 높게 나타났는데, Al이 1,730n/m³로 최대 농도를 보였고 Mg가 435n/m³로 최소 농도를 보였다. 비발암 독성 중금속인 Ba, Co, Cu, Sb, Se, Ti, V, Zn 중에서는 Zn이 6월에 271 ng/m³로 가장 높게 나타났다. 1997~1998년의 중금속의 산술 평균 농도와 표준오차는 Fig. 1에 나타나 있다.

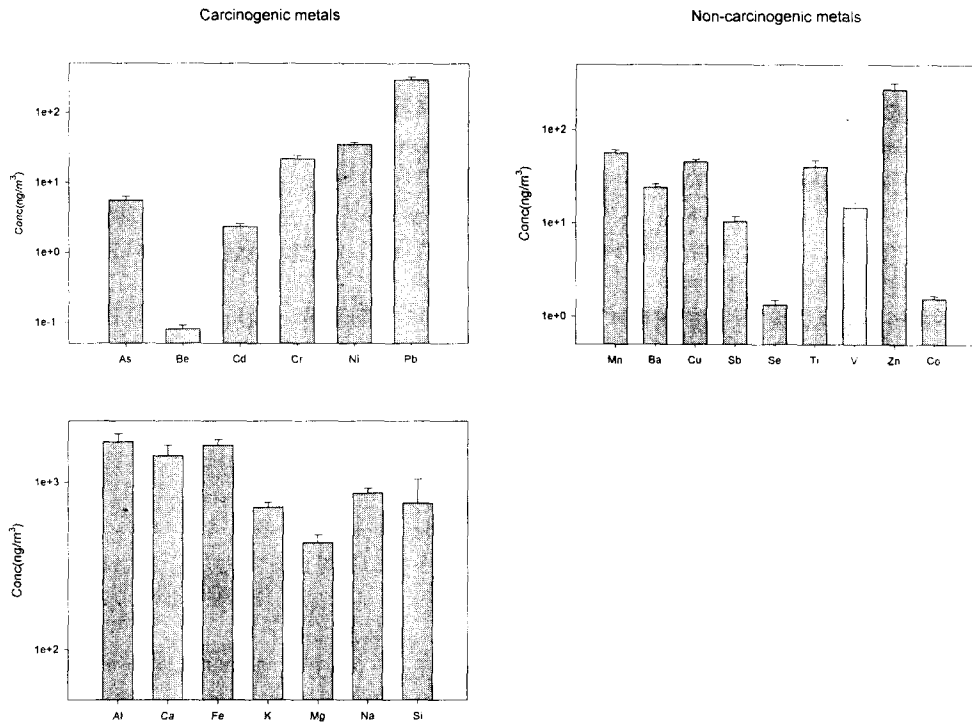


Fig. 1. Two year average airborne concentration of heavy metal in Taejeon industrial complex