

## IA2)

# 대전 3,4 공단지역의 독성 금속에 대한 위해도 평가 Risk Assessment of Toxic Metals in Taejon 3,4 Industrial Complex

장 미숙 · 임 종명 · 구 부미 · 이 진홍  
충남대학교 환경공학과

### 1. 서 론

본 연구는 대전 3, 4 공단 지역을 대상으로 발암 금속 6종(As, Be, Cd, Cr, Ni, 및 Pb)을 포함한 15종의 독성 금속을 선정하여 3, 4 공단과 주변 지역내 5개 지점에서 유도결합 플라즈마 분광법(ICP-MS)을 이용하여 계절별 3회씩 1년간 분석하고 이 농도 자료에 근거하여 위해도 평가를 하고자 한다. 대전 3, 4 공단 지역은 110여개의 생산업체가 밀집되어 있는 지역으로 대전 1, 2 공단 지역과 더불어 대전 시내 대기중 독성 금속의 오염이 가장 심하리라 예상되는 지역이다.

### 2. 재료 및 방법

대기중 총부유분진은 대량공기채취기(Kimoto Model - 121 FT, Sierra Andersen : SAUB-1H Model, Tripod GMWT 2200)를 이용하여 유량을 약  $0.85 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로 하여 시료당 공기량이 약  $1,200 \text{ m}^3$ 가 유지되도록 하고 유리섬유여지(Whatman EPM 2000)에 포집하였다. 총부유분진내 독성 금속 성분을 분석한 이유는 독성 금속의 입경별 농도 분포가 질량 평균 직경(MMD: mass median diameter)은  $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 미세분진 영역이지만 금속에 따라서는  $10 \mu\text{m}$  이상의 분진내에도 얼마간 분포하고 있기 때문이다(Schroeder et al., 1987). 이 보다 더 큰 이유는 역학 조사(epidemiological study)에 근거하여 평가된 발암 금속의 발암력(cancer potency)이 입경 구별없이 총부유분진내 금속의 농도에 기초하고 있다는 점이다. 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. 시료의 전처리 방법으로 마이크로파 시료용해방법(Greenberg et al., 1992)을 적용하였고, 산분해한 시료는 대덕연구단지 내의 한국표준과학연구소 부설, 기초과학지원센터가 보유한 유도결합 플라즈마 분광분석기(ICP-AES; SHIMAZ ICPS-IV Model), 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS; VG PQII+ Model)와 충남대학교 공동실험관이 보유한 ICP-MS (Perkins Elmer ELAN-6000 Model)를 이용하여 분석하였다.

발암위해도 평가시 노출경로는 호흡경로만 가정하였고 확률론적 위해도는 몬테카를로(Monte Carlo) 방법을 사용하여 평가되었으며 각 금속의 농도 분포는 Lognormal 분포로 가정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

독성 금속으로 인한 단일 위해도 평가 결과, 발암 위해도는  $1.5 \times 10^{-4}$ 인데, 이는 허용 위해도 기준(U. S. EPA, 1987)인  $10^{-5}$ 을 초과하고 있고 따라서, 적절한 관리가 요청된다. 인체 발암물질인 As, Cr(6), Ni(subsulfide)로 인한 위해도가  $1.4 \times 10^{-4}$ 이고 유력한 발암물질인 Be, Cd로 인한 위해도는  $7.2 \times 10^{-6}$ 이다. 울산 공단지역과 여천 공단지역의 독성 금속의 호흡으로 인한 발암 위해도는 각각  $3.0 \times 10^{-4}$ 과  $5.0 \times 10^{-5}$ 인데, 이를 대전 3, 4 공단지역과 비교하면 대전 3, 4 공단지역의 발암 위해도는 울산 공단지역의 약 1/2이지만, 여천 공단지역보다는 높은 위해도임을 알 수 있다. 한편, 대기중 호흡 경로를 통한 발암 위해도에 크게 기여하는 물질군인 휘발성 유기화합물(volatile organic compounds)을 포함한 여천 공단지역의 발암 위해도는  $2.4 \times 10^{-3}$ 나 되는데, 휘발성 유기화합물과 독성 금속으로 인한 위해도가 각각 98%와 2%로 휘발성 유기화합물로 인한 위해도가 독성 금속으로 인한 위해도의 49배나 되는 점을 주목해야 할 것이다. 그리고 울산 공단지역 또한 휘발성 유기화합물(volatile organic compounds)을 포함한 발암 위해도는  $1.4 \times 10^{-3}$ 으로 휘발성 유기화합물과 독성 금속으로 인한 위해도가 각각 80%와 20%를 점유한다.

대전 3, 4 공단지역의 대기중 발암 금속에 대한 확률론적 위해도는 50th~95th percentiles가 남성의 경우  $5.5 \times 10^{-5} \sim 3.8 \times 10^{-4}$ , 여성의 경우  $4.8 \times 10^{-5} \sim 3.5 \times 10^{-4}$ 으로 나타났다. 이러한 위해도는 de minimis 위해도 준위(규제를 고려할 필요가 없는 허용 위해도 : acceptable risk)를 95th percentile기준으로  $10^{-4}$ 으로 할 경우에도 각각 남성과 여성의 약 29%와 25%가 이를 초과하는 것으로 나타났다. 여천과 울산공단지역의 독성 금속 위해도와 비교해 보면, 여천공단은 50th~95th percentiles가 남성의 경우  $2.7 \times 10^{-5} \sim 5.1 \times 10^{-5}$ , 여성의 경우  $2.4 \times 10^{-5} \sim 5.4 \times 10^{-5}$ 으로 나타나 de minimis 위해도 준위를 95th percentile기준으로  $10^{-4}$ 으로 할 경우에도(이진홍 등, 1999) 이를 초과하지 않고 있다. 그러나 울산공단은 50th~95th percentiles가 남성의 경우  $9.2 \times 10^{-5} \sim 4.1 \times 10^{-4}$ , 여성의 경우  $8.2 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-4}$ 으로 나타나고 이 준위는 각각 남성과 여성의 55th와 60th percentile 위해도에 대응되어 남성의 45%와 여성의 40%가 이를 초과하고 있다. 대전 3, 4 공단지역의 대기중 인체 발암 금속(Group A)인 As, Cr(6), Ni(subsulfide)에 의한 남성과 여성의 50th와 95th percentile 위해도는 각각 전체 위해도의 약 92%와 97%로 나타나 이 세 오염물질에 대한 적극적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

이러한 위해도 평가는 주변 주민의 평생에 걸친 노출에 대한 것이기 때문에 장기간의 대기질 자료의 확보가 필수적이다. 특히, 유해 대기 오염물로 인한 인체 위해도를 평가하기 위해서는 1년이라는 단기적인 농도조사는 제한적이고 적어도 3년 이상의 장기적인 조사가 부득이하다. 따라서 대전 3, 4공단지역의 대기중 독성 금속으로 인한 본 위해도 평가는 그 결과의 의미가 현재로서는 제한적이다. 그리고 울산 공단지역과 여천 공단지역에서 보듯이 발암 위해도가 큰 10여종의 발암 휘발성 유기 화합물에 대한 정밀한 농도조사 및 위해도 평가가 향후, 수행되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 이진홍, 남병현, 윤미정, 김윤신 (1999) 공단지역의 De Minimis와 De Manifestis Risk 에 대한 논의, 한국 대기환경학회 춘계학술대회, 용인
- Greenberg, A.E., Clesceri L.S., Eaton A.D. (1995) Standard Method, 19th edition, American Public Health Association, 3.6