

PA7) 울산지역 가을철 미세먼지(PM₁₀)의 금속 농도 특성 분석

Analysis of Characteristics of Metals in Particulate Matter(PM₁₀) from Ulsan in Fall

김지태 · 이병규 · Mai Tra Ny
울산대학교 건설환경공학부

1. 서 론

최근 건강과 삶의 질에 대한 관심이 높아지면서 환경오염에 대한 인식 또한 매우 높아지고 있다. 대기오염물질에는 기체상 물질들로서 일산화탄소, 질소산화물, 황산화물, 탄화수소 등이 있으며, 입자상 물질로써 먼지, 매연, 연무 등이 있다. 이러한 대기오염물질 중 미세먼지는 도심의 시정장애를 일으키며, 여러 독성 물질을 흡착함으로써 미세먼지 그 자체가 인체에 매우 유해한 물질로 대기 중에 존재한다고 알려져 있다. 특히 미세먼지 중에서도 입자의 크기가 10 μm 이하인 미세먼지(PM₁₀)는 인체 깊숙이 침투하여 호흡기질환을 일으키는 등 인체에 매우 유해하다고 알려져 있다(문지용 등, 2001).

울산시는 1960년대부터 이어진 국내 최대의 국가산업단지로의 발전과 더불어 많은 공장들이 위치하게 됨으로써 수많은 대기오염물질을 배출하고 있다. 석유화학, 비철금속, 제조업 등 여러 종류의 산업이 집약된 여러 국가산업단지의 영향으로 대기 중 배출되는 대기오염물질이 매우 다양할 것으로 판단된다. 이러한 대기오염물질을 흡착한 미세먼지의 유해성 또한 고려되어야 할 것이다.

본 연구에서는 울산지역에서 발생하는 미세먼지(PM₁₀) 특성을 고려한 포집을 위하여 포집 지역을 주거 지역과 공업 지역으로 나누는 후, 각 지역별 미세먼지에 포함된 중금속 농도를 비교분석 하여보았다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 울산지역에서 발생하는 미세먼지(PM₁₀)의 특성에 대한 대표성을 위하여 포집 장소를 주거 밀집 지역 및 산업 지역으로 구분하여 미세먼지 포집을 실시하였다. 포집 시기는 2009년 10월부터 11월로 각 장소별로 7개의 샘플을 포집하였으며, 샘플당 포집 시간은 24 \pm 4시간 이었다. 포집기기는 Tisch Environmental, Inc.의 PM₁₀용 High-volume sampler를 사용하였다. 포집 필터는 20.3 \times 25.4 cm Whatman Quartz Microfiber Filter를 사용하였으며, 1,130 l/min의 흡입유량으로 미세먼지를 포집하였다. 포집된 총 미세먼지 농도는 흡입 유량, 포집 시간, 필터의 미세먼지 포집 전과 후 무게의 차이를 사용하여 계산하였다.

중금속 성분 분석을 위하여 미세먼지가 포집된 필터를 데시게이터 내에서 항량 시키고 적당한 크기로 자른 후에 염산과 질산의 혼합용액(1:1, 30 ml)과 혼합시킨 후 Ultrasonic Bath로 90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 120분간 용출하였다. 용출된 용액을 필터링을 통해 입자상 물질을 제거하고 초순수를 사용하여 50 ml로 표준한 후에 유도결합플라즈마 발광광도법(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry, ICP)으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1과 그림 1 및 2에는 울산지역의 주거 밀집 지역 및 산업 지역에서 가을철에 포집된 PM₁₀에 포함된 전체 금속에 대한 각각의 금속 성분의 분포를 나타내었다. 두 지역 모두에서 Fe와 함께 Ca, Na, K, Mg, Al 등 주로 Crustal origin metal 성분들의 농도가 가장 크게 나타났다. 울산지역에서 발생하는 미세먼지는 특히 산업 배출 및 이동오염원 등에서 기원된 먼지가 대부분이라고 보고되었다(이병규, 2009). 이동오염원에 의한 미세먼지는 도로 등에서 재비산된 미세먼지가 매우 높은 비중을 차지하고 있다. 주거 밀집 지역의 경우 포집 장소 주변 아파트 단지과 함께 차량 및 인구의 유동에 의해 재비산된 미세먼지에 의한 금속 성분이 많이 포함된 것으로 판단된다. 산업 지역에서는 황을 포함하는 연료의 연소와

산업 지역 내로 이동하는 트럭 등 많은 특수 차량의 이동에 의해 재비산된 미세먼지에 금속 성분이 많이 포함 되었다.

그림 1과 그림 2에서 확인할 수 있듯이 경금속 성분에 비하여 중금속 성분들은 아주 미량이 검출되었다. 하지만 이들 중금속은 미량일지라도 지속적으로 노출된다면 인체에 해를 미칠 수 있을 것이다. 특히 그림 4에서 볼 수 있듯이 암을 유발하거나 독성이 강하고 인체에 유해한 금속인 Pb, Ni, Bi, Cd 등이 검출되고 있으므로, 이에 대한 원인 분석과 방지 대책이 필요할 것으로 판단된다.

각 미세먼지 포집 장소별 농도를 보면, Bi를 제외한 모든 금속 성분의 농도가 산업 지역에서 높게 나타났다. 이는 주거 지역보다 미세먼지의 발생량이 높고(표 1 참고), 여러 종류의 산업이 집약된 산업단지로부터의 복합적 대량 배출에 의한 영향을 크게 받는다고 판단된다. 향후 지속적인 연구를 바탕으로 이들 금속 성분의 배출원을 파악하고 적절한 저감 방안이 제시되어야 할 것이다.

Table 1. Concentrations of metals in PM₁₀ in Ulsan(Average value).

(Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | Residential site | | | | Industrial site | | | |
|------------------------|------------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|
| | Mean | Max | Min | STD | Mean | Max | Min | STD |
| Al | 0.8559 | 2.0466 | 0.6236 | 0.6199 | 1.6155 | 2.4139 | 0.5225 | 0.7916 |
| Ca | 3.3504 | 4.9554 | 2.5062 | 0.7706 | 7.9197 | 22.2274 | 3.4546 | 6.6014 |
| Cu | 0.2416 | 0.3288 | 0.1571 | 0.0617 | 0.4629 | 0.6135 | 0.2550 | 0.1533 |
| Fe | 1.7622 | 3.4160 | 0.6638 | 0.8467 | 4.6562 | 7.7468 | 1.5128 | 2.8461 |
| K | 1.3684 | 2.0740 | 0.8401 | 0.4858 | 2.3543 | 3.5749 | 1.5313 | 0.8173 |
| Mg | 0.5422 | 0.8431 | 0.2525 | 0.2581 | 0.9372 | 1.4611 | 0.4185 | 0.4346 |
| Na | 4.9689 | 5.2395 | 4.6566 | 0.2093 | 5.9610 | 7.7233 | 4.6789 | 1.0683 |
| Bi | 0.0375 | 0.1452 | 0.0019 | 0.0553 | 0.0135 | 0.0275 | 0.0015 | 0.0095 |
| Cd | 0.0035 | 0.0063 | 0.0007 | 0.0020 | 0.0137 | 0.0253 | 0.0052 | 0.0079 |
| Co | 0.0015 | 0.0035 | 0.0003 | 0.0011 | 0.0042 | 0.0073 | 0.0010 | 0.0028 |
| Mn | 0.1194 | 0.2155 | 0.0447 | 0.0563 | 0.4785 | 0.9643 | 0.1560 | 0.3077 |
| Ni | 0.0081 | 0.0157 | 0.0031 | 0.0050 | 0.0435 | 0.0838 | 0.0147 | 0.0272 |
| Pb | 0.1472 | 0.2176 | 0.0581 | 0.0572 | 0.3201 | 0.5678 | 0.1492 | 0.1616 |
| Sr | 0.0023 | 0.0110 | 0.0016 | 0.0048 | 0.0217 | 0.0559 | 0.0018 | 0.0199 |
| Zn | 0.3651 | 0.7470 | 0.0998 | 0.2202 | 1.2611 | 2.2634 | 0.4265 | 0.7736 |
| Others | 29.2596 | - | - | - | 37.2628 | - | - | - |
| PM ₁₀ Conc. | 43.0336 | 68.6090 | 24.4204 | 14.7726 | 63.3258 | 88.6536 | 44.6650 | 20.0692 |

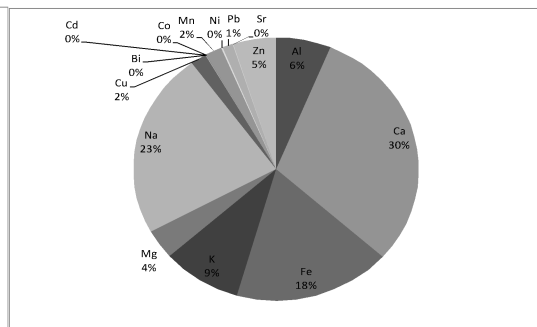
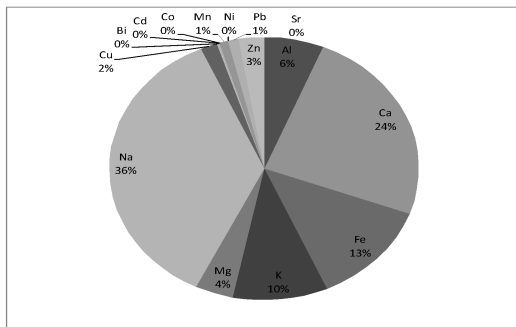


Fig. 1. Distribution of metals from the residential site. Fig. 2. Distribution of metals from the industrial site.

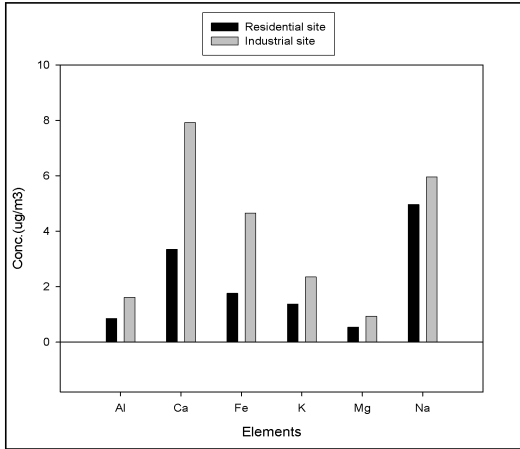


Fig. 3. Concentration of iron and light metals in PM₁₀.

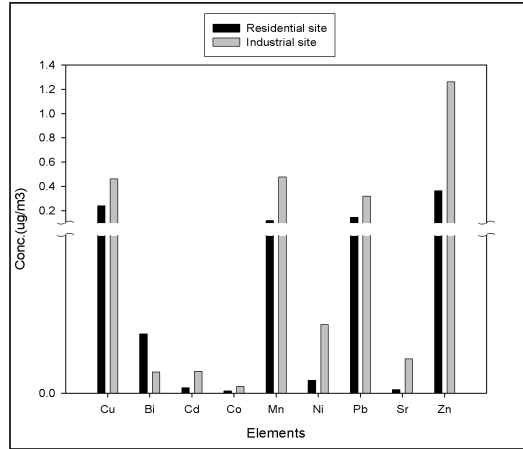


Fig. 4. Concentration of heavy metals in PM₁₀.

사 사

본 연구는 울산지역환경기술개발센터 2009년도 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 문지용, 김영복, 이지영, 정기호 (2001) 울산 대기 중 중금속 분포특성, 한국분석과학회 분석과학, 14(5), 442-450.
- 이병규 (2009), 울산지역 미세먼지 배출원 조사 및 저감방안 연구, 울산지역환경기술개발센터 2009년도 최종 보고서, 123-124.
- 임종명, 이진호, 서만철 (2004) 시화·반월 산단지역 대기 중 미세먼지내 금속 및 이온성분의 특성 연구, 한국대기환경학회 2004 춘계학술대회 논문집, 208-209.
- Lee, B.-K., M.T. Ny, and S.-H. Byeon (2009) Source Identification of Heavy Metals in Airborne Particulate Matter with Different Size, 한국대기환경학회 2009 춘계학술대회 논문집, 368-370.