

5C4) 대형 고정오염원의 중금속류 및 이온성분 배출 특성

Emission Characteristics of Heavy Metals and Ionic Components from Large Stationary Sources

이명훈 · 신원근 · 정성현 · 이상구

한국환경공단 대기관리처

1. 서 론

입자상 물질 중 입자의 크기가 10 μm 이하인 PM_{10} 과 2.5 μm 이하인 $\text{PM}_{2.5}$ 는 악성천식 등 심각한 호흡기 장애를 유발시킨다. 일반적으로 대기 중의 부유먼지에는 토사의 비산먼지, 해염입자 등과 같은 자연적인 발생원이나 산업시설, 가정의 난방과 관련된 인위적인 배출원으로부터 발생한 각종 유기물과 무기물을 함유하고 있으며, 각종 산업시설 및 대형 디젤 자동차 수의 급격한 증가는 대기 중 부유먼지의 농도를 증가시키는 중요한 요인이 되고 있다(Tomatis, 1990). 입자상 물질이 인체 및 동물에 악영향을 가져오는 이유는 입자의 크기와 이의 화학적 특성에 기인한다. 특히 미세먼지는 연료 연소시 휘발되는 유해중금속의 집합체이며, 폐에 이를 전달하는 매개체 역할을 하기에 미세먼지의 화학적 특성에 주목해야 한다(서용철 등, 2006). 우리나라의 경우, 이동배출원에서 배출되는 입자상 물질에 관련된 연구는 진행된 바 있으나, 고정배출원에서 배출되는 입자상 물질의 PM_{10} 농도 및 비율, 중금속 분배특성, 입도분포, 배기가스 중의 무기물질 함량 등과 같은 입자상 물질의 배출특성과 관련된 변수에 대한 연구는 매우 미비하다(유종의 등, 2002). 이에 본 연구에서는 일정 규모 이상의 대기오염물질을 배출하는 대형 고정오염원에 대하여 시설별 실측을 통하여 미세먼지($\text{PM}_{2.5}$) 중 중금속과 수용성 이온성분의 배출 특성을 분석하였으며, 분석된 자료를 토대로 향후 수도권 대기관리 정책의 수립을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 수도권에 소재하면서 먼지 발생량이 80톤 이상인 대형 고정오염원(발전시설, 소각시설, 보일러 등)을 대상으로 수행되었다. 미세먼지의 시료 채취는 미국 EPA의 OTM 27 Method에서 규정한 Auto Sampler와 사이클론 결합장치를 이용하여 총 부유먼지 중 공기역학적 직경이 2.5 μm 이하인 미세먼지를 분리하여 회수하였으며, 미세먼지 여지(Teflon Filter)의 특성상 배출가스 온도가 200 $^{\circ}\text{C}$ 이상인 배출시설과 수분 응축이 많은 배출시설은 제외하였다. 미세먼지 중 중금속의 농도는 전처리 과정을 통한 시료 추출 후 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP/MS, Elan DRC-e)를 이용하여 Cu, Pb, Cd 등 14종류의 중금속류를 분석하였다. 음이온 성분(NO_3^- , SO_4^{2-} 등)은 이온크로마토그래프(ICS-3000)를 이용하여 분석하였으며, 양이온 성분 중 암모니아 성분은 연속자동흡광광도계(SmartChem140)로 분석하였으며, 나머지 양이온 성분(Na^+ , K^+ 등)은 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP/MS, Elan DRC-e)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

발전시설에서 배출된 $\text{PM}_{2.5}$ 중 수용성 이온 성분은 그림 1에 나타난 바와 같이 SO_4^{2-} 의 농도가 가장 높게 나타났다. B-C유를 연료로 사용하는 발전시설의 이온성분 농도 분포는 SO_4^{2-} 가 98% 이상을 차지하였으며, 유연탄을 연료로 사용하는 발전시설의 이온 성분 기여율은 SO_4^{2-} (54%), Ca^{2+} (18%), Mg^{2+} (16%), Na^+ (8%), NO_3^- (1%), K^+ (1%), NH_4^+ (1%), Cl^- (1%) 순으로 나타나 연료 중 황성분의 연소에 의한 것으로 판단된다. 소각시설의 수용성 이온 성분의 농도 기여율을 소각 폐기물의 성상에 따라 그림 2에 나타내었다. 생활폐기물 소각시설에서는 SO_4^{2-} (78%), Cl^- (7%), NH_4^+ (6%), Ca^{2+} (4%), NO_3^- (3%), K^+ (2%) 순으로 나타났다. 사업장폐기물 소각시설은 Cl^- (72%)과 SO_4^{2-} (26%)이 대부분을 차지하였다. 보일러 시설과 유리용해시설에서의 이온 성분 기여율은 SO_4^{2-} 가 각각 85%, 90%로 대부분을 차지하였다.

B-C유를 연료로 사용하는 발전시설과 보일러 시설의 중금속 성분은 그림 3에 나타난 바와 같다. 주로

V과 Ni과 같은 전이금속이 주로 분포하였는데, 이는 원유에 황성분이 많고 비중이 높을수록 V과 Ni 함량이 높아지는 것에 기인된다.

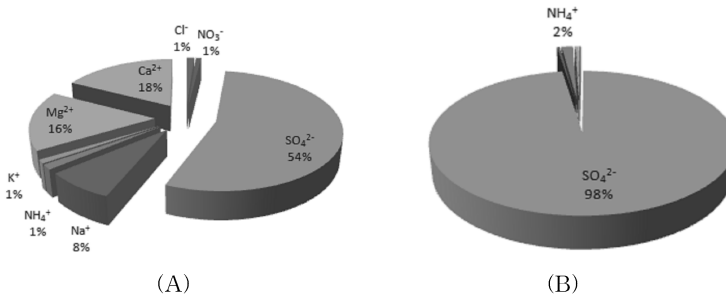


Fig. 1. Contribution of water-soluble ionic components in PM_{2.5} from Power Plants using Fuel Bituminous Coal (A) and B-C Oil (B).

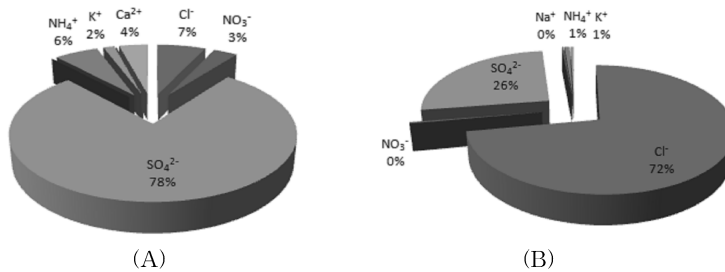


Fig. 2. Contribution of water-soluble ionic components in PM_{2.5} from Residential Waste Incinerators (A) and Industrial Waste Incinerators (B).

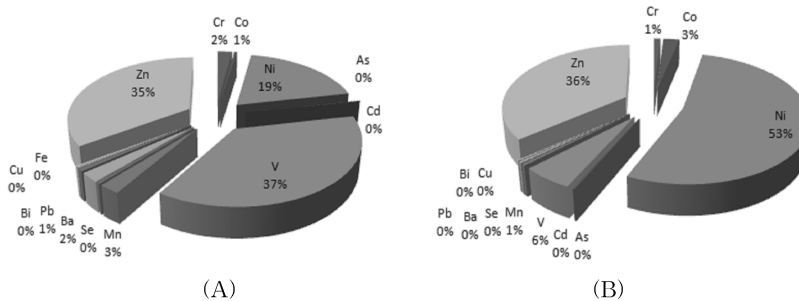


Fig. 3. Contribution of Heavy metals in PM_{2.5} from Power Plants (A) and Boilers (B) using fuel B-C Oil.

참고 문헌

- 서용칠, 장하나, 김성현, 이주형, 황규원, 유종익, 석정희 (2006) 중유 연소 시 발생하는 니켈과 바나듐의 대기 중 배출특성, 한국대기환경학회지, 22(3), 353-360.
- 유종익, 이성중, 김기현, 장하나, 석정희, 석광설, 홍지형, 김병화, 서용칠 (2002) 산업폐기물 소각시설의 입자상 물질 및 중금속의 배출특성, 한국대기환경학회지, 18(3), 213-221.
- Tomatis, L. Ed. (1990) Air pollution and human cancer, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 9-34.