

AC5) 2001년 황사기간 중 서울과 제주고산지역 중금속성분의 분포특성에 대한 비교연구

Comparison of metal distribution characteristics between Seoul and Cheju during the Asian Dust 2001

최규훈¹ · 김기현¹ · 최여진¹ · 김미경² · 강창희² · 김민영³ · 이진홍⁴ · 김지영⁵

세종대학교 지구정보과학과 대기환경연구실, ²제주대학교 화학과,

³서울시 보건환경연구원, ⁴충남대학교 환경공학과 ⁵기상연구실

1. 서 론

산업활동의 발달로 인한 화석연료의 사용 등과 같은 인위적 오염원의 증가는 이들을 통해 배출되는 오염물질들의 이동·확산·침적이 국지적인 규모를 초월하여 광역적인 규모로 진행되는 현상을 촉진하는 것으로 나타나고 있다. 궁극적으로 이러한 현상의 확대는 동·식물 생태계의 파괴를 초래할 뿐만 아니라 인간생존을 위협할 수 있는 요소로 대두되는 실정이다. 특히 우리가 속해있는 동북아시아 지역은 황사와 같은 대기오염물질의 장거리 이동현상이 주기적인 형태로 발생하는데, 이러한 현상의 발생은 중국과 몽고의 사막지대인 타클라마칸, 바다인자단, 텐겔, 오르도스, 고비지역, 만주지역과 황하중류의 황토지대인 황토고원 등이 그 기원지로 알려져 있다.

도시 대기 중 분진의 입경별 농도분포는 크게 다음과 같이 공기역학적 직경 2.5 μm 을 기준으로 양분적인 분류를 하는 것이 가능하다. 직경기준을 초과하는 조대입자 (coarse particle)들은 주로 도로표면, 노천광, 불특정 오염원, 농업활동 등을 위시한 여러 유형의 자연적인 오염원을 통해 방출된다. 반면 그 크기이하에 속하는 미세입자 (fine particle)들은 주로 자동차, 트럭, 버스와 같은 이동 오염원과 화학적 공정 등과 같은 고정 오염원을 포함한 여러 가지 인위적 배출원으로부터 방출된다.

본 연구진은 다양한 오염원에 의해 발생하는 중금속 성분들을 시·공간적인 다양한 방법을 토대로 연구대상지역에서 이루어지는 성분들의 분포양상과 진행경향성을 살펴보는 데 그 목적을 두었다. 또한 연구기간 동안 황사가 발생하는 시기인 점을 감안하여 이같은 현상이 이 지역에서 어느 정도의 영향을 미치는가에 대한 평가를 동시에 수행하였다.

2. 연구방법

입자상 물질 및 이들과 결합된 중금속성분들의 채취는 서울시의 북동지역에 위치한 광진구 군자동의 세종대학교 내 5층 건물 영실관 옥상에서 이루어졌다. 연구대상지역인 세종대학교는 동쪽으로 어린이대공원, 서쪽과 북쪽은 주거지역, 남쪽에는 상업지역이 위치해 있다. 학교 밖에는 큰 규모의 도로가 어느 정도 인접한 거리에 있어 대중교통수단에 주로 사용되는 연료의 영향 및 여러 가지 인위적 요소의 일정 수준 노출되어 있다.

시료채취는 2001년 3월 19일부터 같은 해의 5월 1일까지 봄철 황사현상이 빈번하게 발생한 총 47일의 기간 중 주중 33일을 택하여 수행하였다. 본 실험은 24시간 연속측정을 기준으로 High Volume Air Sampler를 이용하여 총 29회를 채취하였다. 시료채취에 사용된 필터는 비교적 금속의 불순물이 적고 여과효율이 99.95%로 알려진 테플론 필터를 사용하였다. 필터를 시료채취 전후에 데시케이터 내에 48시간 이상 항량으로 한 다음, 사용 전후에 칭량을 실시한 후 여지에 채취된 입자상 물질과 중금속 성분들을 동시에 분석하였다.

에어로졸의 금속 및 황 성분은 EPA Method 3051A의 방법에 따라 마이크로파 분해장치(CEM microwave digestion system, Model MARS-5)를 사용하여 산용액으로 용출 시켰다. 시료가 채취된 필터를 테플론 용기에 넣고 진한 질산 9mL와 진한 염산 3mL를 가한 후 마이크로파를 조사하여 10분 동

안 온도를 175°C로 올리고, 다시 이 온도에서 5분간 유지시켜 총 15분간 시료를 분해하였다. 마이크로파 분해를 거친 용액은 불용물질을 거른(Whatman, 0.45 μ m PVDF syringe filter) 후 최종적으로 50mL가 되도록 초순수로 표충하고, 이 용액을 분석용 시료로 사용하였다. 각종 금속 및 황(S) 성분들은 ICP-AES(ThermoJarrellAsh, Model IRIS-DUO)법으로 분석하였다. ICP-AES의 분석은 분석 성분들의 농도가 비교적 높은 고농도 성분들(Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, S)과 농도가 낮은 저농도 성분들(Ti, Mn, Ba, Sr, Zn, V, Cr, Pb, Cu, Ni, Co, Mo, Cd)로 분리하여 고농도 성분들은 Radial Plasma Torch법, 저농도 성분들은 Axial Plasma Torch법으로 분석하였고, Simultaneous Mode를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

관측기간 동안 서울지점에서 발견된 부유분진의 평균 농도치와 중금속 성분들의 평균농도는 다음과 같다. PM 2.5의 경우는 49.3 ± 29.2 (N=29) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM 10은 95.5 ± 46.1 (N=28) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Coarse particle에서는 50.5 ± 35.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (N=28)으로 나타나 PM 10의 농도가 PM 2.5의 평균농도보다 2배 정도 높은 수준을 유지하였으나, 변이계수의 경우 PM 10과 Coarse particle에서 높게 측정되어 농도의 변폭이 크게 나타나고 있음을 확인되어 이들 입자들이 외부환경에 의한 변화에 민감하게 작용되는 것으로 파악된다.

각각의 부유분진들에 포함된 중금속 성분들의 평균농도에 대한 통계치는 다음과 같이 확인되었다. Fe의 경우 암석의 풍화와 같은 토양에 기인하여 자연적으로 발생하는 것과 석탄, 중유의 연소, 산화철의 비산 등과 같은 인위적인 오염원으로부터 발생하는 것으로 구분할 수 있다. 이 지역에서는 PM 2.5내에서 $743 \text{ ng}/\text{m}^3$, PM 10에서는 $2321 \text{ ng}/\text{m}^3$, Coarse particle은 $1615 \text{ ng}/\text{m}^3$ 의 농도로 PM 10에서 PM 2.5보다 3배 정도의 고농도를 나타냈다. Na은 해염, 농작물 소각, 유리 제조업 등에 의해 주로 발생하는 성분으로, 연구대상 지역인 세종대에서는 PM 2.5, PM 10과 Coarse particle 내에서 각각 309, 699, 399 ng/m^3 으로 확인되었다. K의 주요 오염원으로는 토양, 노천 소각, 유리 제조업, 석탄의 연소, 알루미늄 생산, 해염 등으로, 연구지점에서는 각각 435, 1038, 610 ng/m^3 이었다. Zn는 기름연료의 사용, 자동차 타이어 마모, 브레이크 라이닝 마모 및 윤활유와 같은 자동차에 의한 영향을 크게 받는데, 각기 163, 302, 146 ng/m^3 의 농도를 확인할 수 있었다. 또한 Cr은 혈압, 점토, 다른 종류의 진흙 등이 바람에 의해 침식되면서 생성되며, 이에 더불어 크롬산과 중크롬산 제조업, 건축자재, 철관련 금속산업, 자동차 브레이크 라이닝 마모에 의한 영향을 동시에 받는 것으로 알려져 있다. 이들 농도는 각각 13.7, 18.8, 9.93 ng/m^3 의 농도를 보였다. Pb의 경우, 96.4, 124, 129 ng/m^3 으로 자동차의 배기가스, 석탄의 연소, 인쇄소, 페인트 제조, 유연휘발유 연소와 같은 오염원의 영향이 중요한 것으로 간주되고 있다. 철강, 전기도금, 유리제조, 석탄 및 기름연료의 사용, 쓰레기 소각과 같은 인위적 오염원에 의해 주로 발생하는 Cd은 각각 4.62, 7.66, 3.28 ng/m^3 으로 나타났다. 이와 같은 분석의 결과에 따르면, 토양과 같은 자연적인 오염원에 발생하는 것으로 알려진 Al, Fe, Ca, Na, K와 같은 고농도를 유지하는 중금속 성분들은 PM 2.5와 PM 10의 농도차이에 있어서 3, 4배 정도 현격한 차이를 확인할 수 있다. 이에 반해, 자동차를 위시한 여러 가지 인위적인 오염원에 영향을 받는 것으로 알려진 V, Cr, Pb, Cd 등과 같은 저농도 중금속 성분들은 상대적으로 큰 농도차이를 보이지 않고 있다. 이처럼 각 분진 내에 포함된 동일한 중금속 성분이라든지, 각각의 중금속 성분들의 농도분포가 다양하게 큰 농도차이를 보였다. 이들 자료는 제주지역과의 심층적인 비교분석에 활용되었다.