

## PA9) 황사시 대기 에어로졸 금속원소의 조성 변화: 2000-2006년 제주도 고산지역 측정 결과

### Composition Variation of Metal Elements in Atmospheric Aerosols at Gosan Site of Jeju for Asian Dust Periods during 2000-2006

이순봉 · 강창희 · 김원형 · 강희곤 · 조은경 · 강혜림  
제주대학교 화학과

#### 1. 서 론

최근에 지구 온난화로 인한 토양 수분 증발과 표토층 건조, 사막화에 의한 생태계 파괴, 중국 서북과 화북 지역의 삼림 벌채, 과도한 자원 개발과 방목 등으로 황사의 발생이 심화되고 있다. 황사현상은 주로 봄철, 특히 4월에 1/3~1/2 정도로 집중되어 왔지만 1990년대 말 이후에는 12월과 1월에도 황사가 자주 관측되고 있다. 황사의 주성분은 장석, 석영 등으로  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$  등을 함유하고 있고, 이 중 가장 많이 분포되어 있는 원소는  $\text{Si} > \text{Ca} > \text{Al} > \text{Fe}$ 의 순인 것으로 알려져 있다 (Ikuko et al., 2002). 일반적으로 황사 에어로졸에는 토양입자 및 조대입자의 함유율이 높지만, 비황사시에는 연소 입자와 미세 입자의 비율이 높게 나타나는 특징을 나타낸다. 이는 발원지의 토양성분 이외에도 이동과정 중에서 가스상 물질인 이산화황이나 질소산화물이 입자표면에 흡착되어 황산염이나 질산염이 생성되기 때문이다. 본 연구는 이러한 황사의 영향을 조사하기 위하여, 국내 천정지역에서 대기 에어로졸을 채취하고 황, 금속원소 성분을 분석한 결과이다. 그리고 황사와 비황사 시에 이들 성분들의 조성을 비교함으로써 황사가 제주 지역 대기질에 영향을 평가하기 위한 목적으로 수행되었다.

#### 2. 연구 방법

제주도 고산측정소(33°28' N, 127°17' E)에 high volume tape sampler(KIMOTO, model 195A)를 설치하여, 2000년 1월부터 2006년 12월까지 총 904개의 TSP 에어로졸 시료를 채취하였다. 시료는 3일 간격, 24시간 단위로 채취하였으며, 일부 집중측정 기간에는 매일 채취하였다. 총 시료 중 황사 시료는 전부 49개이며, 나머지 비황사 시료는 총 855개이다. 이러한 대기 에어로졸의 황 및 19종 금속원소 성분들은 ICP/AES(Thermo Jarrell Ash, Model IRIS-DUO)로 분석하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

연구기간에 대기 에어로졸의 황, 금속 성분들은  $\text{S} > \text{Na} > \text{Al} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Ti} > \text{Mn} > \text{V} > \text{Ba} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Sr} > \text{Cr} > \text{Mo} > \text{Cd} > \text{Co}$ 의 순으로 높은 농도를 보였다. 이 중 S의 농도가  $1.84\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 다음으로는 Na이  $1.30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다른 성분들에 비해 비교적 높은 농도를 보였다. 그리고 Al, Ca, Fe 성분의 농도는 각각 0.60, 0.52,  $0.47\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높은 농도를 나타내었다. 금속 성분들의 발생기원을 보면, 일반적으로 Al, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg 등은 주로 토양의 비산에 의해 대기 에어로졸에 유입된다. 그리고 Ni, V 등은 연료의 연소 과정, Pb는 자동차의 배출가스, Cu, Cd, Zn, Cr 등은 소각 과정, Na, K, Mg 등은 해염에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다(Fang et al., 2005; Oraviisjiarvi et al., 2003; Huang et al., 1994). 이를 기준으로 발생기원별 조성을 보면 인위적 기원 성분(S, Pb, Zn) 34%, 해염 기원(Na, Mg) 29%, 토양기원(Al, Fe, Ca) 28% 정도의 상대 조성비를 나타내었다. 또한 황사 시 S의 농도는  $3.09\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 비황사시의  $1.77\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 1.8배 더 높은 것으로 조사되었다. 그리고 토양 기원의 Al, Ca, Fe는 황사시 각각 4.13, 3.56,  $3.40\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 비황사시에는 각각 0.54, 0.50,  $0.42\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 황사시에 각각 10.4, 10.4, 11.5배 더 높은 농도를 보였다. 그리고 절대 농도는 낮지만 주로 토양으로부터 유래되는 것으로 알려진 Ti, Mn, Ba, Sr 등은 황사시에 각각 5.8, 6.5, 7.0, 5.9

배 더 농도가 증가한 것으로 확인되었다(그림 1). 그러나 해양과 토양의 동시 기원을 나타내는 Na과 Mg는 황사시 2.74, 1.69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 비황사시에는 1.21, 0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 각각 2.3, 6.6배, 앞의 순수한 토양기원의 성분들보다는 다소 낮은 상승률을 나타내었다.

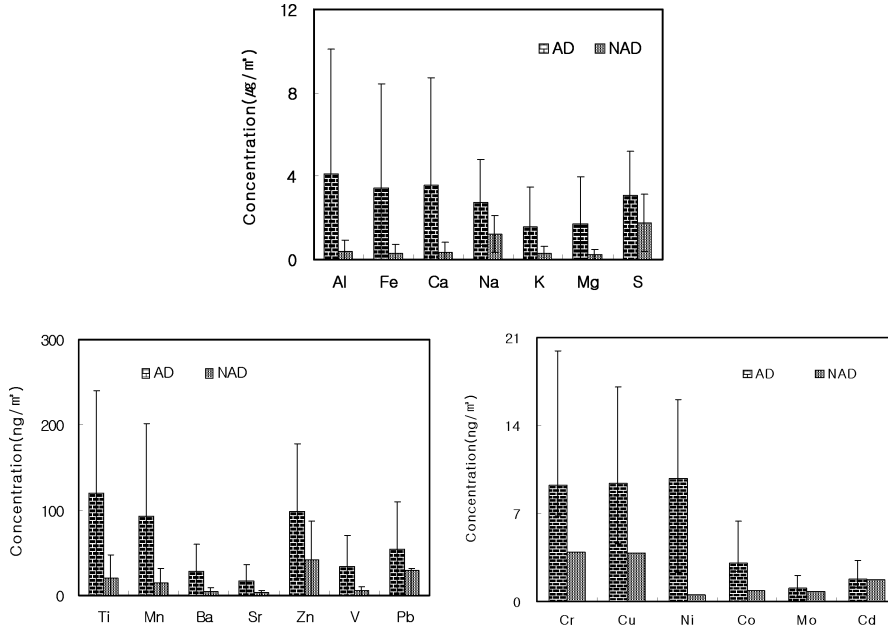


Fig. 1. Comparison of concentrations of sulfur and metal elements between Asian Dust(AD) and Non-Asian Dust(NAD) periods.

### 참고 문헌

- 강창희, 고희정, Wlodek Zahorowski (2007) 제주도 고산지역의 라돈 및 TSP 에어로졸 농도 특성: 2001-2004년 측정, 한국대기환경학회지, 23(5), 612-624.
- Huang, X., I. Olmez, N.K. Aras, and G.E. Gordon (1994) Emissions of trace elements from motor vehicles: potential marker elements and source composition profile, Atmos. Environ., 28(8), 1385-1391.
- Ikuko M., M. Nishikawa, H. Quan, and M. Morita (2002) Estimation of the concentration and chemical composition of kosa aerosol at their origin, Atmospheric Environment, 36, 4569-4575.
- Oravisjärvi, K., K.L. Timonen, T. Wiikinkoski, A.R. Ruuskanen, K. Heinänen, and J. Ruuskanen (2003) Source contributions to PM<sub>2.5</sub> particles in the urban air of a town situated close to a steel works, Atmospheric Environment, 31(8), 1013-1022.