

## PA31)

### 2005-2006년 제주도 고산지역 TSP, PM<sub>2.5</sub> 에어로졸 성분의 발생기원 조사

### Emission Sources of TSP and PM<sub>2.5</sub> Aerosol Components at Gosan Site, Jeju during 2005-2006

이순불 · 강창희 · 홍상범 · 강희곤 · 선우영<sup>1)</sup> · 김정수<sup>2)</sup>

제주대학교 화학과, <sup>1)</sup>건국대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>국립환경과학원 지구환경연구소

#### 1. 서 론

대기 중의 입자상 오염물질은 100  $\mu\text{m}$  이하의 직경을 가진 입자들을 구성되어 있고, 대략 0.001~10 $\mu\text{m}$  직경을 갖는 입자들의 영향이 크게 나타난다. 이들 입자들은 먼지, 매연, 검댕, 액적 등의 고체상 또는 액체상 물질로 구성되어 있고, 성분·조성이나 입자 크기에 따라 인간의 건강이나 식물의 생육에 크게 영향을 미친다. 또 발생기원에 따라 입자의 크기, 밀도, 흡습성 등 물리적 특성이 다르고, 중금속이나 수용성 성분의 함량 등 화학적 조성이 다른 특징을 나타낸다. 최근 환경부에서 발표한 자료를 보면 우리나라 수도권 지역과 대도시 지역의 미세먼지 오염도가 아주 심각한 것으로 조사되고 있다. 이 자료에 의하면 우리 국민의 85%가 유럽연합(EU)의 미세먼지 허용기준치(40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하는 오염지역에서 거주하고 있고, 70%가 미국의 미세먼지 허용기준치(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하는 오염지역에서 살고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 대기 미세먼지는 기류를 타고 장거리 이동할 수 있기 때문에 주변국의 영향도 크게 나타난다. 특히 중국의 대기오염물질 배출량은 매년 증가하고 있기 때문에 우리나라의 청정지역에서 에어로졸에 대한 측정은 이러한 영향을 평가하기 위해 지속적인 측정이 필요하다(Akimoto and Narita, 1994). 본 연구는 제주도고산 측정소에서 2005~2006년에 대기 에어로졸을 채취하여, 주요 수용성 성분과 금속 성분들을 분석하고, 이로부터 각 성분들의 농도 변화와 발생기원을 조사한 결과이다.

#### 2. 연구 방법

대기 에어로졸 시료는 제주도 고산지역(33°28' N, 127°17' E)에 high volume tape sampler(Kimoto, model 195A)와 PM<sub>2.5</sub> air sampler를 설치하여, TSP는 2005년 1월부터 2006년 12월까지 총 201개, PM<sub>2.5</sub>는 2005년 1월부터 2006년 7월까지 총 111개를 채취하였다. 채취 시간은 24시간 단위로 TSP는 3일 간격, PM<sub>2.5</sub>는 6일 간격으로 각각 채취하였다. 또 에어로졸의 양이온 및 음이온 성분 8종은 IC Metrohm Modula IC와 Metrohm Metrosep Cation 1-2-6 column 및 Metrohm Metrosep A-SUPP-4 column을 사용하여 분석하였고, 금속원소 성분 20종은 ICP/AES(Thermo Jarrell Ash, Model IRIS-DUO)로 분석하였다(Kang et al., 2003a, 2003b).

#### 3. 결과 및 고찰

고산지역 TPS 성분의 농도는 수용성의 경우  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ (6.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{NO}_3^-$ (2.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Na}^+$ (2.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{NH}_4^+$ (1.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Cl}^-$ (1.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{K}^+$ (0.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{nss-Ca}^{2+}$ (0.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Mg}^{2+}$ (0.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 높은 농도를 보였고, 황과 금속 성분은  $\text{S}$ (1.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Na}$ (0.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{K}$ (0.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Al}$ (0.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Ca}$ (0.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Fe}$ (0.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Mg}$ (0.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > others(0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 순으로 높은 농도를 나타내었다. 또 PM<sub>2.5</sub> 성분의 농도는  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ (3.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{NH}_4^+$ (1.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{NO}_3^-$ (1.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Na}^+$ (0.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Cl}^-$ (0.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{K}^+$ (0.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{nss-Ca}^{2+}$ (0.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) >  $\text{Mg}^{2+}$ (0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 순으로 높은 농도를 나타내었다. TSP 수용성 성분의 경우, 인위적 기원( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ), 해양기원( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), 토양기원( $\text{nss-Ca}^{2+}$ ) 성분의 농도가 각각 이 70, 26, 2%의 조성을 보였고, PM<sub>2.5</sub>에서는 이들 성분들이 각각 86, 10, 2%의 조성을 나타내어, 대체적으로 TSP는 해양 성분, PM<sub>2.5</sub>는 인위적 기원 성분들이 상대적으로 높은 농도를 나타내었다. 또한 TSP 에어로졸 성분들을 대상으로 요인분석을 실시하여 오염

물질의 발생기원을 조사한 결과, 첫 번째 인자에는  $nss-Ca^{2+}$ , Al, Fe, Ca, K, Mg, Ti, Mn, Ba, Sr, V, Cr, Co, 두 번째 인자에는  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $nss-SO_4^{2-}$ , S, Zn, Pb, 세 번째 인자에는  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ , Na 성분들이 높은 적재값을 나타내어, 고산지역 TSP 에어로졸은 토양의 영향을 가장 많이 받고, 다음으로 인위적 및 해양의 영향을 많이 받는 것으로 조사되었다. 그리고 대기 에어로졸 성분의 유입 경로를 역궤적 분석(NOAA HYSPLIT4, 5일)으로 추적하였다.  $SO_4^{2-}$  과 Pb 성분을 대상으로 농도가 높은 10% (20개)와 낮은 10%(20개) 시료들에 대해 이 시점의 공기 흐름을 역궤적 분석을 통하여 조사한 결과(그림 1 및 그림 2),  $SO_4^{2-}$  과 Pb 성분이 고농도일 때 대체적으로 중국대륙으로부터 공기덩어리가 이동하였고, 농도가 낮을 때 북태평양에서 제주지역으로 공기가 유입된 것으로 확인되었다.

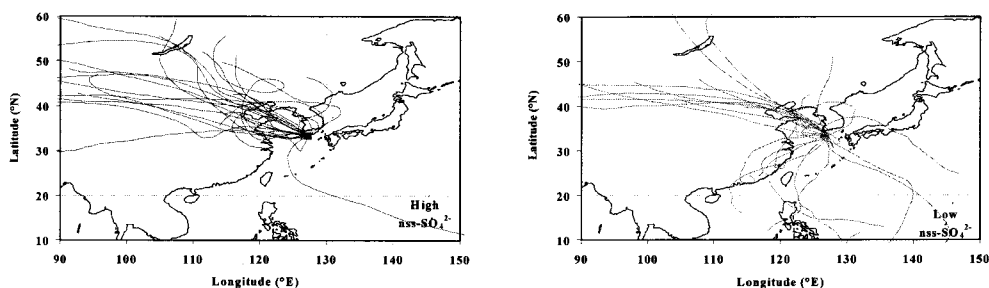


Fig. 1. Five-day backward trajectories corresponding to high & low 10% of sulfate concentrations.

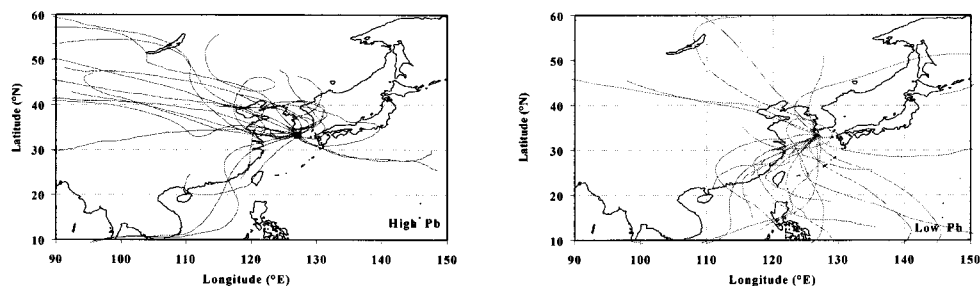


Fig. 2. Five-day backward trajectories corresponding to high & low 10% of Pb concentrations.

## 사 사

이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-311-C00614).

## 참 고 문 헌

- Akimoto, H. and H. Narita (1994) Distribution of  $SO_2$ ,  $NO_x$  and  $CO_2$  Emissions from Fuel Combustion and Industrial Activities in Asia With  $1^\circ \times 1^\circ$  Resolution, *Atmos. Environ.*, 28(2), 213-225.
- Kang, C.H., W.H. Kim, and W. Lee (2003a) Chemical Composition Characteristics of Precipitation at Two Sites in Jeju Island, *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 24(3), 363-368.
- Kang, C.H., W.H. Kim, C.G. Hu, Y.P. Kim, S.G. Shim, M.S. Hong, and K.H. Kim (2003b) Composition and Characteristics of Ionic Components of Aerosols Collected at Gosan Site in Jeju Island, Korea, *J. KOSAE*, 19(E4), 177-186.