

PA26) 1992-2005년 국내 배경지역 대기 에어로졸 성분의 장기 변동 조사

Study on Long-term Variation of Atmospheric Aerosol Components in Background Area of Korea between 1992 and 2005

송정민 · 강창희 · 김원형 · 고희정 · 한종현 · 이순봉
제주대학교 화학과

1. 서 론

한국, 중국, 일본 3 국이 참여하고 있는 '동북아 장거리이동 대기오염물질 공동연구(LTP)'는 동북아시아의 대기오염물질 배출 현황과 국가간 이동 및 침적 등에 대한 공동연구를 통해, 장거리이동 대기오염물질에 대한 대응책을 모색하는데 그 목적을 두고 있다. 이 사업은 1995년 이래 지속되고 있으며, 현재 2 단계 연구사업('05 ~ '05)을 진행 중에 있다. 고산측정소는 이러한 LTP 사업의 지상 측정소로 지정되어 있으며, 중국으로부터 이동하는 월경성(transboundary) 오염물질의 영향을 효과적으로 평가할 수 있는 입지적 조건을 갖춘 배경농도 지역에 위치하고 있다. 본 연구는 고산측정소에서 1992년부터 2005년까지 장기간에 걸쳐 대기 에어로졸을 채취하고, 이온성 성분을 분석하여 에어로졸 성분의 장기적 변동 특성을 다각도로 조사한 결과이다.

2. 연구 방법

고산측정소(33°28' N, 127°17' E)에 high volume tape sampler(KIMOTO, Model 195A)를 설치하여, 1992년 3월부터 2005년 12월까지 14년에 걸쳐 총 2043개의 TSP 에어로졸 시료를 채취하였다. 시료는 대부분 3일 간격, 24시간 단위로 채취하였으며, 일부 집중측정 기간에는 매일 채취하였다. 에어로졸의 양이온 및 음이온 성분 8종은 초기에는 IC, AAS, UV-Visible spectrophotometer를 사용하여 분석하였고, 2001년부터는 IC (Metrohm, Modula IC 및 Dionex, DX-500)만을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 에어로졸의 수용성 성분 조성 비교

그림 1에 1992년부터 2005년까지 6가지 주요 에어로졸 성분의 연별 농도변화를 비교하였다. 이 기간 중 에어로졸성분의 전체 평균농도는 $nss-SO_4^{2-}$ ($6.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > Na^+ ($1.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > Cl^- ($1.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > NO_3^- ($1.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > NH_4^+ ($1.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > $nss-Ca^{2+}$ ($0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > K^+ ($0.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > Mg^{2+} ($0.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$)의 순으로, $nss-SO_4^{2-}$ 농도가 가장 높았고, 내륙의 타 지역에 비해 상대적으로 Na^+ 과 Cl^- 농도가 높게 나타나는 경향을 보였다.

각 성분들의 연도별 농도변화를 보면, NO_3^- 은 대체적으로 해가 거듭될수록 약간씩 증가하는 추세를 보였지만, $nss-SO_4^{2-}$ 의 경우 2005년도를 제외하면 오히려 농도가 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 또 토양 기원의 $nss-Ca^{2+}$ 농도는 황사가 가장 길고(총 27일간) 심하게 나타났던 2001년에 가장 높고, 다음으로 2002년에 높았으며, 뚜렷한 연별 변화경향을 보이지 않은 것으로 조사되었다.

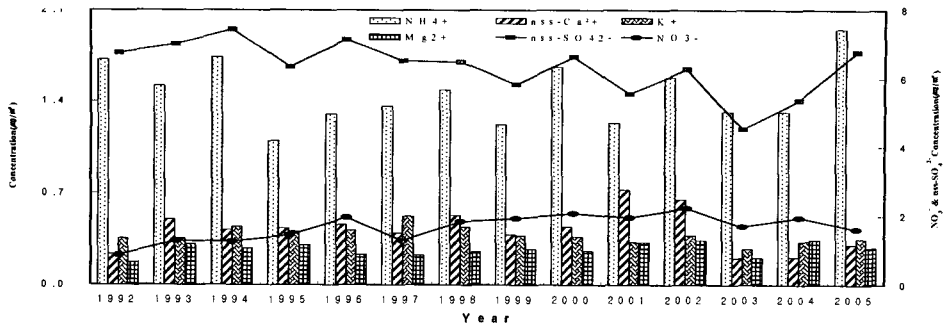


Fig. 1. Comparison of annual mean concentrations of water-soluble components between 1992 and 2005.

3.2 요인분석 결과

표 1에 보인 바와 같이 요인분석법에 의해 고산 지역 에어로졸 이온성분의 발생기원을 조사해 본 결과, 제주도 고산지역 대기 에어로졸 조성은 해염입자의 기여도가 가장 크고, 다음으로 인위적 기원, 그 다음으로 토양 성분이 크게 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 또 발생기원이 전혀 다른 nss-Ca²⁺과 NO₃⁻이 동일 인자에 적재되는 것으로 보아, 인위적 기원의 NO₃⁻ 성분이 토양입자에 흡착되거나 동일한 유입경로로 장거리 이동되었을 가능성이 큰 것으로 추정된다.

Table 1. Result of factor analysis for aerosol components

Component	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NH ₄ ⁺	-0.127	0.934	-0.018
Na ⁺	0.946	0.002	0.113
K ⁺	0.173	0.700	0.455
Mg ²⁺	0.762	0.098	0.394
NO ₃ ⁻	0.228	0.187	0.803
Cl ⁻	0.916	-0.170	0.102
nss-Ca ²⁺	0.144	0.103	0.870
nss-SO ₄ ²⁻	-0.060	0.941	0.188
Eigenvalue	3.3	2.4	0.9
Variance (%)	40.6	30.6	11.2
Cumulative (%)	40.6	71.2	82.4

3.3 풍향별 농도 변화

그림 2에 보인 바와 같이 주요 수용성 성분인 nss-SO₄²⁻, NO₃⁻, nss-Ca²⁺, NH₄⁺의 풍향별 농도 변화를 비교해 본 결과, 대체적으로 210° ~ 360°의 북서풍 계열의 풍향일 때 이들 성분들의 농도가 높은 경향을 나타내었다. 반면에 남동풍 풍향일 때는 상대적으로 낮은 농도를 보여, 대륙에서 발생한 대기오염물질이 편서풍을 타고 제주지역으로 유입되고 있음을 확인할 수 있었다.

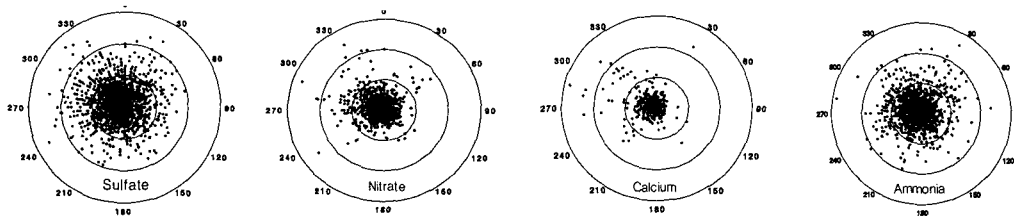


Fig. 2. Rose map of nss-SO_4^{2-} , NO_3^- , nss-Ca^{2+} and NH_4^+ concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) as a function of wind direction.

사 사

이 논문은 2003년도 제주대학교 발전기금 국외과건 연구지원계획에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- Min Ha Park, Yong Pyo Kim, Chang-Hee Kang and Shang-Gyu Shim (2004) Aerosol Composition Change between 1992 and 2002 at Gosan, Korea, *JGR*, 109(D19S13), 1-7.
- Chang-Hee Kang, Won-Hyung Kim, Chul-Goo Hu, Yong-Pyo Kim, Shang-Gyoo Shim, Min-Sun Hong, Ki-Hyun Kim (2003) Composition and Characteristics of Ionic Components of Aerosols Collected at Gosan Site in Jeju Island, Korea, *J. KOSAE*, 19(E4), 177-186.