

PA32) 제주도 고산지역과 한라산 1100 고지 대기 에어로졸의 특성 비교

Comparison of Characteristics for Atmospheric Aerosols between Gosan Site and 1100 Site in Mt. Halla, Jeju Island

고희철 · 강창희 · 고선영 · 고수연 · 김용표¹⁾ · 한진석²⁾

제주대학교 화학과, ¹⁾이화여자대학교 환경학과, ²⁾국립환경연구원 대기화학과

1. 서 론

산업화에 따른 화석 연료의 연소, 기타 오염원에 의하여 생성되는 대류권의 에어로졸은 전 지구적인 평균값으로 볼 때, 약 -0.5 W/m^2 의 복사강제력(radiative forcing)을 갖는 것으로 보고되고 있다. 이러한 음의 복사강제력은 일산화탄소, 염화불화탄소, 메탄 등과 같은 온실기체에 의한 양의 복사강제력을 상쇄시키는 정도보다 더 클 수 있다고 추측되고 있어 지속적으로 관리가 필요한 것으로 보인다. 본 연구는 국내에서 청정지역으로 꼽히고 있는 제주도 고산 측정소와 한라산 1100 고지 지역에서 에어로졸 시료를 채취하고, 고도에 따라 에어로졸 조성이 어느 정도 차이를 보이는지, 그리고 고도에 따라 에어로졸 성분의 특성이 어떻게 다른지를 비교하기 위한 목적으로 수행되었다. 이러한 연구 결과는 국내 대기 에어로졸의 배경농도 측정은 물론, 장거리 이동에 의해 주변국으로부터 유입되는 오염물질의 영향을 평가하는 데도 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

2. 연구 방법

대기 에어로졸 시료는 제주도 고산측정소(33°28'N, 127°17'E)와 한라산 1100 고지(33°21'N, 126°27'E)에 동일한 기종의 high volume tape sampler(Kimoto Electric Co., model 195A)를 설치하고 roll type PTFE 필터(Sumitomo Electric, 100 mm × 10 m)를 사용하여 채취하였다. 시료는 2000년을 제외한 1997년부터 2002년까지 동일한 시기에 채취하였고, 고산 측정소와 1100 고지 측정소에서 각각 453개, 451개를 채취하였다. 에어로졸의 수용성 성분 분석은 1997 ~ 1999년에는 원자흡수분광광도법, indophenol법 및 ion chromatography법(Dionex, DX-500)으로 분석하였고, 2001년초 이후에는 모든 양이온과 음이온을 ion chromatography법(Metrohm, Modula IC)으로 동시에 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 지역 간 농도 비교

연구기간 동안 두 지역에서 채취한 총 904개의 시료에 대해 수용성 성분을 분석한 결과(표 1), 평균농도는 고산에서 $\text{nss-SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{NH}_4^+ > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$, 1100 고지에서 $\text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ 의 순위를 보였다. 또 표에서 보듯이 고산지역의 경우 해염 성분인 Na^+ 와 Cl^- 가 상대적으로 높은 농도를 보인 반면, 고도가 높은 한라산 1100 고지 지역에서는 상대적으로 인위적 및 토양 발생 기원의 성분들(NH_4^+ , NO_3^- , nss-Ca^{2+})이 높은 농도를 보이는 것으로 조사되었다. 그러나 절대농도는 100 고지보다 고산지역에서 훨씬 더 높은 값을 나타내었고, 1.18 ~ 11.25배의 차이를 보였다. 성분들 중 가장 큰 농도차를 보인 Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} 의 경우 각각 5.89, 11.25, 3.51배 높은 것으로 조사되었다. 이는 고산 측정소가 해안가 저지대(78 m)에 위치하고 있는 반면, 1100 측정소는 한라산 중턱의 1100 m 고지대에 위치하고 있어서 해양 영향을 적게 받기 때문이다. 이에 비해 NO_3^- 성분은 고산 지역이 2.23배 높고, 상대적으로 차이가 적은 NH_4^+ , K^+ , nss-Ca^{2+} , nss-SO_4^{2-} 은 고산이 각각 1.22, 1.58, 1.18, 1.38배의 높은 농도차를 보였다.

Table 1. Concentrations of water-soluble ion components in aerosols at Gosan and 1100 sites

Component	Gosan Site						1100 Site					
	1997	1998	1999	2001	2002	Mean	1997	1998	1999	2001	2002	Mean
NH ₄ ⁺	1.40	1.50	1.26	1.17	1.67	1.41	1.36	1.11	1.00	1.13	1.18	1.15
Na ⁺	1.41	1.82	1.76	2.39	1.81	1.79	0.21	0.39	0.25	0.26	0.39	0.30
K ⁺	0.51	0.44	0.37	0.24	0.36	0.40	0.33	0.28	0.22	0.14	0.26	0.25
nss-Ca ²⁺	0.38	0.55	0.37	0.18	0.63	0.44	0.30	0.49	0.36	0.16	0.43	0.37
Mg ²⁺	0.21	0.26	0.27	0.25	0.31	0.26	0.07	0.09	0.07	0.05	0.08	0.07
nss-SO ₄ ²⁻	6.46	6.53	5.86	4.73	6.47	6.12	5.17	4.57	4.28	3.51	4.21	4.46
NO ₃ ⁻	1.21	1.88	1.90	1.35	2.08	1.69	0.83	0.84	0.56	0.46	1.04	0.76
Cl ⁻	1.27	1.61	1.77	1.85	1.84	1.64	0.21	0.13	0.08	0.12	0.19	0.15

3. 2 에어로졸의 조성 특성 비교

두 지역 대기 에어로졸 조성을 계절별로 비교해 본 결과 대부분의 성분들이 봄철에 가장 높은 농도를 나타내었다. 특히 NO₃⁻, nss-Ca²⁺, nss-SO₄²⁻ 성분의 경우 두 지역에서 모두 봄철에 가장 높고, 여름철에 가장 낮은 농도를 보인 반면, Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺ 성분은 고산 측정소에서는 겨울철에 최대, 여름철에 최소 농도를 나타내었으나 1100 고지에서는 별다른 계절별 특성을 보이지 않은 것으로 확인되었다. 또한 에어로졸 성분의 발생기원 및 특성을 알아보기 위하여 인자분석을 실시한 결과, 고산 지역의 TSP 분진 조성은 해양의 영향(41%)이 가장 크고, 다음으로 인위적 요인, 토양 요인 순으로 영향을 받고 있는 것으로 확인되었다. 반면에 한라산 1100 고지의 대기 분진은 인위적 발생 기원의 성분들의 영향(56%)이 가장 크고, 다음으로 토양 영향, 해양 영향의 순을 나타내어 대기 에어로졸 성분들의 유입 기원이 서로 상이한 결과를 나타내었다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초(R05-2001-000-00247-0) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Kim Y.P., K.-C. Moon, S.-G. Shim, J.H. Lee, J.Y. Kim, K. Fung, G.R. Carmichael, C.H. Song, C.H. Kang, H.-K. Kim, J.B. Lee (2000) Carbonaceous species in fine particles at the background sites in Korea between 1994 and 1999, *Atmospheric Environment*, 34(29), 5053-5060.
- Chul-Un Ro, et al. (2001) Single-Particle Analysis of Aerosols at Cheju Island, Korea, Using Low-Z Electron Probe X-ray Microanalysis: A Direct Proof of Nitrate Formation from Sea Salts, *Environmental Science and Technology*, 35(22), 4487-4494.
- 김원형, 강창희, 신찬성, 고선영, 홍민선 (2003) 제주도 한라산 1100 고지 대기 에어로졸의 조성 및 특성, *한국대기환경학회지*, 19(2), 145-156.
- Park M.H., Y.P. Kim, and C.H. Kang (2003) Aerosol composition change due to dust storm: Measurements between 1992 and 1999 at Gosan, Korea, *Water, Air, & Soil Pollution : Focus* 3(2), 117-128.