

## PA27) 2001 - 2004년 한라산 1100 고지와 고산지역 TSP 에어로졸의 조성 및 특성 비교

### Comparison of Compositions and Characteristics of TSP Aerosols at 1100 Site of Mt. Halla and Gosan Site during 2001 - 2004

한종현 · 강창희 · 김원형 · 정덕상 · 한진석<sup>1)</sup>

제주대학교 화학과, <sup>1)</sup>국립환경과학원 대기화학과

#### 1. 서 론

제주도 고산 측정소와 한라산 1100 고지 측정소는 모두 국내에서는 아주 청정한 지역으로 알려져 있으나, 고도와 주변 환경은 큰 차이를 보이고 있다. 고산 측정소는 제주도 서쪽 끝 지점에 위치하고 있고, 해발 70m의 해안가에 접해 있다. 반면에 한라산 1100 고지 측정소는 해발 1100m의 한라산 중턱에 위치하고 있고, 주변에는 수목으로 둘러 싸여 있다. 두 지점 모두 월경성 대기오염물질의 장거리 이동 연구에는 비교적 적합한 곳으로 사료되나 이러한 고도와 주변 환경의 차이로 대기오염물질의 농도나 특성은 비교적 큰 차이를 보일 것으로 추정된다. 특히 고산 측정소는 제주도 서쪽 끝에 위치하기 때문에 북서풍에 의해 중국으로부터 이동하는 오염물질의 영향을 효과적으로 평가할 수 있는 장점이 있는 반면, 한라산 1100 고지는 대기 경계층에 위치하여 대기 상층부를 통해 이동되는 대기오염물질의 거동을 효과적으로 관찰할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 두 지점에서 동시에 대기 에어로졸을 채취, 분석하고, 그 결과로부터 대기오염물질의 조성 및 특성을 비교, 평가하였다.

#### 2. 연구 방법

제주도 한라산 1100 고지 측정소(33°21' N, 126°27' E)와 제주도 고산 측정소(33°28' N, 127°17' E)에 동종의 high volume tape sampler(KIMOTO, Model 195A)를 설치하여, 2001년 4월부터 2004년 6월까지 동시에 두 지점에서 각 208개씩 모두 416개의 TSP 에어로졸 시료를 채취하였다. TSP 에어로졸의 양이온 및 음이온 성분 8종은 Metrohm Modula IC와 Metrohm Metrosep Cation 1-2-6 column 및 Metrohm Metrosep A-SUPP-4 column을 사용하여 분석하였다. 또 에어로졸의 금속 및 황 성분 20종은 ICP-AES 방법으로 분석하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 에어로졸의 수용성 성분 조성 비교

한라산 1100 고지 지역에서 TSP 에어로졸의 이온 성분은  $nss-SO_4^{2-} > NH_4^+ > NO_3^- > Na^+ > nss-Ca^{2+} > K^+ > Cl^- > Mg^{2+}$ 의 순으로, 고산 지역에서는  $nss-SO_4^{2-} > Na^+ > NO_3^- > Cl^- > NH_4^+ > nss-Ca^{2+} > K^+ > Mg^{2+}$ 의 순으로 높은 농도를 나타내었다. 두 지역에서 동일하게  $nss-SO_4^{2-}$ 이 가장 높은 농도를 보였으나 나머지 성분들은 차이를 보였고, 해염성분인 경우 고산지역에서 더 높게 나타난 반면에 인위적 오염 성분은 오히려 한라산 1100 고지에서 상대적으로 더 높은 순위를 나타내었다. 그러나 절대농도는 한라산 1100 고지지역에 비해 고산지역에서 높고,  $nss-SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ 에서 각각 1.3, 2.2, 1.2배,  $nss-Ca^{2+}$ 에서 1.3 배,  $Na^+$ 과  $Cl^-$ 에서 각각 5.0, 9.9배 더 높게 나타났다. 한라산 1100 고지에서 중금속 및 황 성분의 농도는  $S > Ca > Al > Fe > K > Na > Mg > Zn > Pb > Mn > Ti > Ni > Sr > Ba > Mo > V > Cr > Cu > Co > Cd$ , 고산에서  $S > Na > Al > Mg > Ca > Fe > K > Zn > Pb > Ti > Mn > V > Ba > Cu > Ni > Sr > Cr > Mo > Cd > Co$ 의 순으로 나타났다. 또한 각 성분의 절대농도는 고산지역이 한라산 1100 고지에 비해, 토양 기원의 Al, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg는 각각 2.1, 1.4, 1.5, 1.4, 1.4, 4.1배 더 높고, 인위적 기원의 Ni, V, Pb은 각각 0.8, 2.5, 1.1배 정도의 차이를 보였다.

### 3.2 요인분석 결과

요인분석법에 의해 한라산 1100 고지와 고산 지역 대기 에어로졸 성분의 발생기원을 조사해 본 결과, 두 지역 모두에서 첫 번째 인자에 nss-Ca<sup>2+</sup>, Al, Fe, Ca을 비롯한 토양 기원의 성분들이 큰 적재값을 나타내었고, 둘째 인자에서는 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, S, Zn, Pb, Cu 등 비교적 인위적 발생기원이 큰 성분들이 높은 적재값을 나타내었다. 또 셋째 인자에서는 Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> 등 해양기원의 성분들이 높은 적재값을 나타내었다. 이러한 결과로부터 제주지역의 대기 에어로졸은 토양입자의 기여도가 가장 크고, 다음으로 인위적 기원, 그 다음으로 해양 성분이 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

Table 1. Concentrations of TSP aerosol components at 1100 site and Gosan site.

Component	1100 Site			Gosan Site			
	Mean±SD	Max	Min	Mean±SD	Max	Min	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.22±1.19	6.46	0.00 <sub>0</sub>	1.42±1.13	5.86	0.00 <sub>0</sub>	
Na <sup>+</sup>	0.37±0.40	2.11	0.00 <sub>0</sub>	1.92±1.32	7.47	0.19 <sub>7</sub>	
K <sup>+</sup>	0.21±0.28	1.52	0.00 <sub>0</sub>	0.31±0.28	1.96	0.00 <sub>0</sub>	
Mg <sup>2+</sup>	0.09±0.12	0.69	0.00 <sub>0</sub>	0.29±0.26	1.57	0.01 <sub>3</sub>	
nss-Ca <sup>2+</sup>	0.27±0.56	3.40	0.00 <sub>0</sub>	0.34±0.62	5.40	0.00 <sub>0</sub>	
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.02±3.66	17.63	0.02 <sub>4</sub>	5.41±3.98	19.92	0.32 <sub>1</sub>	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.76±1.08	5.87	0.00 <sub>0</sub>	1.71±1.24	8.79	0.05 <sub>6</sub>	
μg/m <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup>	0.17±0.28	1.84	0.00 <sub>0</sub>	1.69±1.87	9.81	0.03 <sub>6</sub>
	Al	0.27±0.78	9.08	0.00 <sub>0</sub>	0.58±1.21	11.07	0.01 <sub>7</sub>
	Fe	0.26±0.73	8.07	0.00 <sub>0</sub>	0.39±0.83	8.17	0.00 <sub>9</sub>
	Ca	0.34±0.73	6.89	0.00 <sub>0</sub>	0.49±0.96	8.69	0.01 <sub>4</sub>
	Na	0.22±0.26	1.66	0.00 <sub>0</sub>	1.06±0.95	4.76	0.00 <sub>0</sub>
	K	0.23±0.31	2.14	0.00 <sub>0</sub>	0.32±0.41	3.63	0.00 <sub>0</sub>
	Mg	0.14±0.35	3.83	0.00 <sub>0</sub>	0.57±0.61	3.42	0.00 <sub>3</sub>
	S	0.98±1.02	7.42	0.00 <sub>0</sub>	1.79±1.45	11.73	0.01 <sub>7</sub>
	Ti	10.36±20.67	172.45	0.00 <sub>0</sub>	21.38±29.06	254.42	0.50 <sub>9</sub>
	Mn	11.60±23.00	208.01	0.04 <sub>4</sub>	16.43±26.36	242.21	0.41 <sub>7</sub>
	Ba	3.49±6.97	62.13	0.00 <sub>0</sub>	4.86±8.50	72.99	0.00 <sub>0</sub>
	Sr	3.51±5.59	34.72	0.00 <sub>0</sub>	3.22±3.86	29.34	0.00 <sub>0</sub>
	Zn	31.52±28.00	151.19	0.00 <sub>0</sub>	42.65±39.20	185.09	0.00 <sub>0</sub>
	V	2.24±3.42	31.76	0.05 <sub>3</sub>	5.57±7.68	82.01	0.19 <sub>2</sub>
ng/m <sup>3</sup>	Cr	1.96±2.44	13.53	0.00 <sub>0</sub>	1.99±2.57	22.28	0.00 <sub>0</sub>
	Pb	29.87±34.32	260.47	0.00 <sub>0</sub>	31.42±35.09	218.73	0.18 <sub>8</sub>
	Cu	1.93±1.75	9.08	0.00 <sub>0</sub>	3.73±3.05	17.54	0.00 <sub>0</sub>
	Ni	4.40±4.45	24.45	0.09 <sub>0</sub>	3.65±3.01	15.37	0.00 <sub>0</sub>
	Co	0.87±0.76	3.94	0.00 <sub>0</sub>	0.48±0.66	5.57	0.00 <sub>0</sub>
	Mo	2.81±2.64	15.83	0.00 <sub>0</sub>	0.86±0.68	3.06	0.00 <sub>0</sub>
	Cd	0.73±0.62	6.22	0.00 <sub>0</sub>	0.77±0.60	3.30	0.00 <sub>0</sub>

### 사 사

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

### 참 고 문 헌

- Park M.H., Y.P. Kim, C.H. Kang and S.G. Shim (2004) Aerosol Composition Change between 1992 and 2002 at Gosan, Korea, *Journal of Geophysical Research*, 109(D19S13), 1-7.
- Arimoto R., X. Zhang, B.J. Huebert, C.H. Kang, D.L. Savoie, J.M. Prospero, S.K. Sage, C.A. Schloesslin, H.M. Khaing, and S.N. Oh (2004) Chemical composition of atmospheric aerosols from Zhenbeitai, China, and Gosan, South Korea, during ACE-Asia, *Journal of Geophysical Research*, 109(D19S04), 1-15.