

PA38) 황사 시 대기 에어로졸의 금속과 황 조성 변화 : 1998-2001년 측정 결과

Composition Variation of Metals and Sulfur in Atmospheric Aerosols during Yellow-Sand : Measurements between 1998 and 2001

현진욱 · 강창희 · 김원형 · 양경희 · 김기현¹⁾ · 김조천²⁾

제주대학교 화학과, ¹⁾세종대학교 지구환경과학과, ²⁾건국대학교 환경공학과

1. 서 론

매년 3~5월에 주로 발생되고 있는 황사는 평상시 $10\sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 먼지농도를 $100\sim 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 증가시키고 있으며, 황사의 주성분인 Si, Al, Ca, K, Na 등의 농도를 크게 상승시킨다. 우리나라에서 관측되어지는 봄철 황사 자체는 자연 발생적인 현상이지만, 이 시기에 측정된 여러 대기 오염물질의 농도 변화는 중국으로부터 장거리 이동되는 대기오염물질의 영향을 좀 더 가시적이고 구체적으로 확인할 수 있는 근거 자료로 이용될 수 있다. 중국으로부터 한반도로 유입되는 오염물질을 지상측정과 항공관측 자료 등을 종합, 분석한 바에 의하면, 봄철과 겨울철에 우리나라에서 배출되는 양의 최고 150%를 넘는 막대한 양의 아황산 가스가 중국으로부터 유입되고 있으며, 그 중 80% 정도까지 한반도에 침적되는 것으로 추정되고 있다. 본 연구는 1998년부터 2001년까지 4년 동안 제주도 서쪽에 위치한 고산 측정소에서 대기 에어로졸을 채취하여 금속 및 황 성분들을 분석하고 농도 변화와 아울러 성분들의 특성을 조사하기 위해 행해졌으며, 특히 황사와 비황사 기간동안의 특성 차이를 비교하여 제주 지역 대기 에어로졸에 미치는 황사의 영향을 알아보는데 그 목적을 두었다.

2. 연구 방법

대기 에어로졸 시료는 제주도 고산측정소(33°28'N, 127°17'E)에서 설치된 측정소에서, Kimoto Electric사의 high volume tape sampler(model 195A)와 roll type PTFE 필터(Sumitomo Electric, 100mm×10m)를 사용하여 채취하였다. 에어로졸의 금속 및 황 성분은 에어로졸 필터를 혼산 용액에 침적시키고 마이크로파 분해장치(미국 CEM사, model MAR-5)를 사용하여 용출시킨 후 ICP-AES(Thermo Jarrell Ash, model IRIS-DUO)를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 금속 및 황 성분 분석결과

연구기간 동안 채취한 총 488개의 시료에 대해 19개 금속과 황 성분의 농도를 분석한 결과, 1998년부터 2001년까지 4년간 평균농도는 $S > Na > Al > Ca > Fe > K > Mg > Zn > Pb > Ti > Mn > V > Ba > Sr > Cu > Ni > Cr > Mo > Cd > Co$ 의 순으로 나타나 주로 인위적 발생기원을 갖는 S의 농도가 가장 높았고, 다음으로 Na, Al, Ca, Fe, K, Mg 등의 토양 및 해염 성분들이 대체적으로 높은 농도를 보였다. 4년간의 농도변화를 살펴본 결과 제주 지역 에어로졸에 포함된 토양성분과 해염성분은 둘 다 1999년에 가장 낮은 농도를 보였고, 2000년과 2001년 두 해를 비교하면 토양성분은 2000년에 비해서 2001년에 농도가 증가한 반면 해염성분은 반대의 경향을 나타냈다. 이들 성분 중에서 주로 인위적 기원을 나타내는 Zn, Pb, V, Cu, Cr, Ni 등의 금속 성분들은 연도별로 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나, 토양기원의 Al, Ca, Fe, K를 비롯한 Mn, Ba 성분은 1998년에 이어 2001년, 2000년, 1999년의 순서로 농도의 변화를 보였다.

3.2 황사와 비황사 시의 농도 비교

황사 기간과 비황사 기간의 금속과 황 성분들의 농도를 비교한 결과(표 1), 주로 토양성분인 Al, Fe,

Ca, K이 비황사시에 비해 황사시에 각각 10.5배, 10.3배, 9.9배, 5.6배 정도 크게 증가함을 확인할 수 있었다. 또한 미량의 토양성분들인 Ti, Ba, Sr 농도는 비황사시에 비해 황사시 각각 5.1배, 6.5배, 5.6배 증가하였다. 반면에 인위적 기원의 금속 성분들인 Pb, Zn, V, Cd, Cr 농도는 황사시에 각각 2.1배, 2.5배, 5.1배, 2.2배, 4.3배 증가하였고, 비교적 해양의 기여도가 큰 Na, Mg 성분은 그 농도가 황사시에 각각 2.4배, 5.9배 증가하여, 인위적 기원과 해양 기원의 성분들에 비해 토양 기원의 금속 성분들이 상대적으로 높은 농도 증가 경향을 보였다. 인위적 오염 기원의 S 성분인 경우 황사와 비황사시에 그 농도가 각각 3.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 비황사시에 비해 황사시에 1.9배 정도 더 높은 것으로 조사되었다.

Table 1. Comparison of metal and sulfur concentrations between Yellow Sand (Y) and Non-Yellow Sand (NY) periods in 1998-2001

Component	Y		NY		Y/NY	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Al	4.93	3.96	0.47	0.59	10.49
	Fe	4.10	3.11	0.40	0.50	10.25
	Ca	4.57	3.56	0.46	0.57	9.93
	Na	3.06	2.01	1.30	0.95	2.35
	K	2.09	1.56	0.37	0.51	5.64
	Mg	2.06	1.38	0.35	0.32	5.89
	S	3.46	1.87	1.79	1.41	1.93
(ng/m ³)	Ba	30.5	21.0	4.7	5.8	6.48
	Cd	1.9	1.2	0.9	0.7	2.16
	Co	2.4	1.8	0.5	0.5	4.80
	Cr	10.3	6.2	2.4	3.3	4.28
	Cu	9.2	6.6	3.7	3.2	2.49
	Mn	93.6	47.2	16.0	18.2	6.85
	Mo	1.6	1.1	0.9	0.7	1.78
	Ni	12.7	4.2	3.5	3.3	3.65
	Pb	77.1	59.7	36.5	42.0	2.11
	Sr	22.4	12.8	4.0	3.6	5.59
	Ti	150.5	82.6	29.3	38.0	5.13
	V	33.8	20.6	6.6	5.8	5.10
	Zn	94.8	79.8	38.5	41.7	2.47

참 고 문 헌

- 박민하, 김용표, 강창희 (2001) 황사/비황사의 입자 조성 변화: 1993-1996년 봄철 고산 측정자료, 한국대기 환경학회지, 17(6), 487-492.
- 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.
- Kim Ki-Hyun et al. (2003) The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events, Atmospheric Environment, 37(6), 753-765.
- 최규훈, 김기현, 강창희, 이진홍 (2003) 황사와 비황사기간의 중금속 농도분포 특성: 2001년 황사기간에 대한 비교연구, 한국대기환경학회지, 19(1), 45-56.