

AC7) 황사/비황사의 입자 조성 변화: 1993-1996년 봄철 고산 측정자료

Aerosol Composition Change due to Yellow Dust: Springtime Measurement Data between 1993 and 1996 at Kosan

박민하 · 김용표 · 강창희¹⁾

이화여자대학교 환경학과, ¹⁾제주대학교 화학과

1. 서 론

황사의 발생과 이동은 대기미량물질의 장거리이동 현상 가운데 우리에게 가장 익숙한 것일 것이다. 우리나라는 동북아시아의 동쪽에 위치한 지역으로, 사계절 중 여름을 제외한 때의 주풍향이 서풍인 지역이다. 특히, 봄철에는 편서풍의 영향이 크다. 따라서 우리나라는 봄에 몽골이나 중국북부의 사막이나 황토지대에서 불어오는 황사의 영향을 불가피하게 받게 된다.

황사현상과 관련하여 황사와 함께 여러 대기오염물질이 우리나라나 일본, 태평양, 아메리카 대륙까지도 이동할 가능성에 대한 논의가 활발하다. 그러나 이들 논의의 대부분은 몇 개 사례에 대한 해석으로, 일반적인 경향을 파악하기에는 측정자료가 부족하다.

이 연구에서는 1993년부터 1996년 사이에 제주도 고산에서 4월과 5월 사이에 측정된 금속 성분과 무기이온 성분의 농도를 황사가 발생하였을 때와 발생하지 않았을 때로 나누어, 황사가 발생하였을 때 입자의 조성에 어떤 변화가 일어났는가를 통계적으로 보이고, 그러한 변화가 실제 현상일 가능성에 대해 검토하였다. 여기서는 황사현상에 의한 입자성분의 농도가 증가할 가능성이 있는지 알아보고자 한다.

2. 연구 방법

측정자료는 1993년부터 1996년 사이에 4월과 5월에 고산 측정소에서 고유량측정기로 채취한 입자의 금속 성분과 무기이온 성분 자료이다. 시료의 분석은 금속 성분과 무기이온 성분으로 나누어 수행하였다. 황사일 자료는 본 연구의 측정장소인 고산의 제주 고층레이더 기상대에서 기록된 자료를 이용했다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 1993년 봄에 측정된 금속성분과 무기이온 성분의 일평균 농도변화를 보였다. 그림에서 검은색 화살표는 황사 발생이 보고된 날을 나타내며, 하얀색 화살표는 황사가 보고되지는 않았으나 토양 성분의 농도가 높은 날이다.

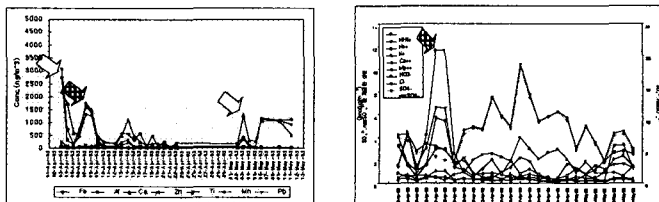


Fig. 1. Diurnal variations of the metal elements and inorganic ionic concentration at Kosan in Spring, 1993

입자 측정 자료가 있는 1993년부터 1996년까지 4월과 5월에 고산에 있는 제주 고층레이더 기상대에서 황사가 기록된 날 가운데 고산에서 금속 성분과 무기이온 성분을 함께 분석한 날이 일치하는 경우는 총 9일이다. 따라서 입자 성분을 측정된 총 144일의 자료 가운데, 황사가 기록된 날의 고산 자료의 개수는 9개이며 황사가 기록되지 않은 날은 135개이다.

통계 분석에 사용한 금속 성분은 Fe, Al, Ca, Zn, Ti, Mn, Pb, V, Ni, Cu, Cd, Cr의 12가지이고, 무기 이온 성분은 NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , 비해염 황산염 (nss SO_4^{2-})의 9가지 성분이었다. 황사, 비황사일에 따른 각 성분의 평균과 표준편차를 살펴보면 표 1, 2와 같다.

Table 1. Comparison of metal elements' concentrations in Yellow Dust and Non Yellow Dust (unit : ng/m^3)

		Fe	Al	Ca	Zn	Ti	Mn	Pb	V	Ni	Cu	Cd	Cr
황사시 (N=9)	평균	1640	1360	1550	79.1	50.7	36.7	45.5	6.28	25.1	11.2	1.56	4.02
	표준편차	1220	1030	875	63.4	28.8	37.7	36.8	2.53	34.2	17.3	0.979	5.27
비황사시 (N=135)	평균	453	393	502	58.3	15.2	13.6	21.5	5.49	7.97	5.92	1.73	3.43
	표준편차	472	466	471	72.5	13.5	13.5	21.6	4.03	12.5	8.84	1.40	4.32

Table 2. Comparison of inorganic ionic compounds' concentrations in Yellow Dust and Non Yellow Dust (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	nss SO_4^{2-}
황사시 (N=9)	평균	1.22	3.43	0.888	2.71	0.587	10.6	2.93	4.46	9.75
	표준편차	1.10	2.48	0.542	1.95	0.322	5.98	1.53	4.91	6.13
비황사시 (N=135)	평균	1.53	1.45	0.365	0.626	0.266	8.27	1.50	1.41	7.90
	표준편차	1.31	1.08	0.316	0.627	0.213	4.41	1.23	1.73	4.45

황사가 있을 때와 황사가 없을 때의 금속 성분 평균 농도의 비를 비교해보면 금속성분 중에서는 Cd과 무기이온성분 중에서는 NH_4^+ 를 제외하고는 황사시 더 높은 농도를 보였다.

이 차이가 통계적으로 유의한 것인지를 확인하기 위해 황사시와 비황사시의 각 성분 농도를 각각 독립된 집단으로 보고 통계적 검정을 수행하였다. 통계분석 과정은 우선 F 검정을 통해 두 통계 집단의 분산 형태를 검정하고, 그 결과에 따라 independent t검정을 수행하였다. 표 3에 유의성 여부 검정결과를 나타내었다.

Table 3. Results of t-test on the aerosol compositions between the Yellow Dust and Non Yellow Dust period

	유의한 성분	유의하지 않은 성분
금속 성분	Fe, Al, Ca, Zn, Ti	Mn, Pb, V, Ni, Cu, Cd, Cr
이온 성분	Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , Cl^-	NH_4^+ , SO_4^{2-} , nss SO_4^{2-}

이 결과는 황사가 발생하였을 때 채취한 입자의 성분은 황사가 발생하지 않았을 때 채취한 입자의 성분에 비해 토양 성분의 농도가 통계적으로 유의할 정도로 증가하였음을 보여주고 있다. 인위적 성분으로 알려진 화학 성분 가운데 황사에 의해 유의할 정도로 증가한 성분은 질산염 (NO_3^-)이 유일하다.

참 고 문 헌

- 김용표, 박세욱, 김진영, 심상규, 문길주, 이호근, 장광미, 박경윤, 강창희, 고산에서의 1994년 3월 - 4월 측정연구: (I) 입자상 오염물질의 이동, 한국대기보전학회지, 12:91-100, 1996.
- 이중훈, 김용표, 문길주, 김희강, 정용승, 이중범, 우리 나라 청정지역에서 측정된 $\text{PM}_{2.5}$ 입자의 특성, 한국대기보전학회지, 13:439-450, 1997.
- 전홍석, 이재준, 고팡백 공역, 환경통계학, 동화기술, 31-33, 1998.
- Yates D., Moore D. and McCabe G., The Practice of Statistics, W. H. Freeman and Company, New York, U.S.A., 1998.