

## 소백산 지역에서의 부유분진중 이온성분의 특성 조사

Characteristics of major ion components of suspended particulate matter in the Mt. Sobaek area

이선기, 최재천, 이민영  
기상청 기상연구소

## I. 서론

부유분진은 통상 입경 0.01-100 $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지며, 20 $\mu\text{m}$  이상의 분진은 대기중 체류시간이 짧기 때문에 장거리 이동이 불가능하지만, 그 이하의 분진은 가능하다. 기원은 토양입자의 비산, 화산 등의 자연적인 발생원과 공장, 자동차 등의 인위적인 오염원으로부터 발생한다.

특히, 우리나라는 봄철에 집중하는 황사의 영향을 심하게 받는 실정이며, 부유분진은 대기오염에 가장 큰 영향을 주는 요인으로 작용하며, 그 자체로도 인체에 해로울 뿐만 아니라 다른 오염 물질의 매개체가 되기 때문에 그 위해가 매우 우려된다. 또한, 황사 현상은 지구 대기의 에너지 수지라든가 강수의 원인이 되는 빙정핵 농도에 크게 영향을 미치는 외에도 대기 에어로졸의 주요 성분이 되는 것으로도 알려져 있다 (이민희 등, 1986).

국내의 부유분진에 관한 연구 동향을 보면, 부유분진의 화학적 조성 분석, 통계 방법을 이용한 해석, 오염원 추적, 황사 등에 관한 연구로 주로 도시 지역에서 행하여진 것들과 해안 지역에서의 연구 등의 다수가 있으나, 도시의 지역 특히, 산악지역에서의 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 산악지역의 특성을 충분히 만족하는 소백산에서 포집한 부유분진중 수용성 이온성분 분석을 행하여 이온성분의 농도 수준 및 분포 특성을 살펴보고, 주성분분석(principal components analysis) 통하여 각 이온간의 상관성과 발생원에 대하여 조사해 보고자 하는 것이다.

## II. 방법

시료의 포집은 충청북도와 경상북도의 도계가 되는 해발고도 1,340m의 소백산국립공원 내에 위치하고 있는 소백산기상관측소(36°56'N, 128°27'E)의 노장에서 실시하였다.

포집기간은 1993년 1월부터 11월까지로 총 22개의 시료를 대상으로 하고, 바람자료는 소백산기상관측소의 관측자료를 이용하였다.

포집기는 PM-10장치를 장착하여 10 $\mu\text{m}$  이하만을 포집할 수 있는 하이 볼륨 에어샘플러(high volume air sampler, W&A Inc., PM-10)를 이용하였다.

24시간정도 포집한 부유분진 필터(cellulose acetate, 20\*25cm) 만을 선정하여 23\*1.5cm 2장을 잘라 40ml의 초순수(deionized water)에 침적시켜 10분간 초음파(ultra sonic wave)로 추출한 후 기포를 제거하고 다시 초음파로 10분간 추출하여 음이온(anion:  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )과 양이온(cation:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )의 10개 이온을 이온 크로마토그래피(ion chromatography: DIONEX 4000i)를 이용하여 분석하였고, blank 시험도 동시에 실시하였다.

또한, 분석된 자료는 SPSS/PC+ (Statistical Package for the Social Science)를 이용하여 각 이온 성분간의 상관분석(correlation analysis)과 주성분의 부하량이 양극화(1과 -1에 접근)되도록 좌표축을 직교 변환해 나가는 방법으로써 일반적으로 가장 많이 이용되고 있는 방법인 varimax 회전 기법을 사용하여 주성분분석을 행하였다(백성욱 등, 1992).

## III. 결과 및 고찰

## 3.1 이온분석

수용성 이온성분의 평균, 최고 및 최저 농도값은 표 1과 같으며, 음이온 중에서  $\text{SO}_4^{2-}$  와  $\text{NO}_3^-$  가 각각 평균 4.325 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , 3.112 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  로 큰 값을 보이며, 양이온 중에서는  $\text{NH}_4^+$  와  $\text{Ca}^{2+}$  이 각각 평균 2.134  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , 0.703 $\mu\text{m}/\text{m}^3$  로 비교적 큰 값을 나타내고 있다. 특히  $\text{NO}_3^-$  의 평균 농도값은 서울에서 조사한 한 등(1993)의 결과와 비교하여 보면 높은 수준임을 알 수 있고,  $\text{Ca}^{2+}$  의 농도값도 비교적 높은 수준임을 알 수 있는데 이것은 시료 포집기간중 평균풍향이 N 또는 NNW로써 시료의 포집지점의 주변이 석회암 지대로 북쪽편 약 15km 반경내에 산재해 있는 시멘트 공장군과 그 곳에서 배출되고 있는  $\text{NO}_x$ 의 영향이 큰 것으로 생각된다. 또한,  $\text{NH}_4^+$ 의 농도도 전반적으로 높은 경향을 보이고 있는데 이것은 남쪽편 지역에 위치하고 있는 과수원을 비롯한 농경지 등의 영향과 북쪽편에 산재해 있는 소규모의 광산과 비료 공장에서의 광물 분쇄시 발생한 분진의 영향으로 생각된다.

시료 포집의 경우별 음이온과 양이온의 농도 변화를 그림 1에 나타내었다. 이중 1993년 4월 20일과 5월 10일이 황사 현상이 관측된 경우로 특히 4월 20일의 시료중 음이온은  $\text{SO}_4^{2-}$  와  $\text{NO}_3^-$  가 타 경우에 비해 많음을 알 수 있으며, 양이온은 4월 20일의 경우는  $\text{NH}_4^+$  이 타 경우에 비해 월등히 많고, 5월 10일의 경우는  $\text{Ca}^{2+}$  이 많이 존재함을 알 수 있다.

전반적으로 시료 포집기간중 평균풍향이 북풍계열의 바람이 불었을 경우가 남풍계열의 바람이 불었을 경우에 비해 부유분진의 총량농도값과 각 이온성분 농도값들이 높음을 알 수 있었다. 또한, total Ca 분석으로 조사 대상 지역의 부유분진중 Ca은 대부분 수용성의 CaCO<sub>3</sub> 로 존재하는 것으로 생각된다.

### 3.2 주성분분석

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>과 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와의 상관 관계는 0.8이상의 높은 상관성을 가지며, K<sup>+</sup>과는 0.6이상의 상관성을 보였다. 또한, Mg<sup>2+</sup>과 Ca<sup>2+</sup>과의 상관 관계도 0.9이상으로 높은 상관성을 보이고 있다. Na<sup>+</sup>의 경우는 Cl<sup>-</sup>와 0.2정도의 낮은 상관성을 가지며, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 0.6이상, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>이온과 0.7이상의 비교적 높은 상관성을 보이고 있다.

최종적으로 3개의 주성분을 선택하였으며, 선택된 3개의 주성분에 의해 총 분산의 82.5%가 설명되고 있다. 첫번째 주성분은 총 분산의 60.8%를 설명할 수 있는데, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 그리고 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>가 높은 인자 부하량(0.668-0.901)을 나타내고 있어 대기중에서 이차적으로 형성되는 입자상 물질과 연관되었고, 두번째 주성분은 총 분산의 13.6%를 설명할 수 있고, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> 그리고 Ca<sup>2+</sup>가 높은 인자부하량(0.798-0.933)을 나타내고 있어 토양에 기원을 두고 있는 입자의 영향으로 연관되었다. 세번째 주성분은 총 분산의 8.2%를 설명할 수 있지만, 고유값이 0.8정도로 설명력은 다소 떨어지지만, F<sup>-</sup>와 Cl<sup>-</sup>에 각각 0.577, 0.884의 인자부하량을 나타내고 있어 소각로 등에 의한 영향과 관련되었다.

### 참고문헌

이민희, 한의정, 원양수, 1986: 황사현상이 우리나라에 미치는 영향, 대기보전학회지, 2(3), 34-44.

백성욱, 황승만, 1992: 주성분/중회귀 분석을 이용한 대구지역 대기중 부유분진의 발생원별 특성평가, 한국대기보전학회, 8(3), 179-190.

한진석, 한의정, 신찬기, 최덕일, 김산도, 1993: 에어로졸 이온성분간의 분포 특성, '93추계환 경종합학술대회요지집, VII-10, 468-471.

Table 1. Concentration of ion components of suspended particulate matter

(Unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Year	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	T-Ca	
1993	AVG.	0.069	0.403	3.112	0.008	4.325	0.108	2.134	0.314	0.077	0.703	0.885
	MAX.	0.145	3.785	6.850	0.044	9.359	0.267	5.767	0.881	0.302	2.759	3.410
	MIN.	-	0.058	0.902	-	1.988	-	0.716	0.033	0.022	0.123	0.190

\* - ; Not detected.

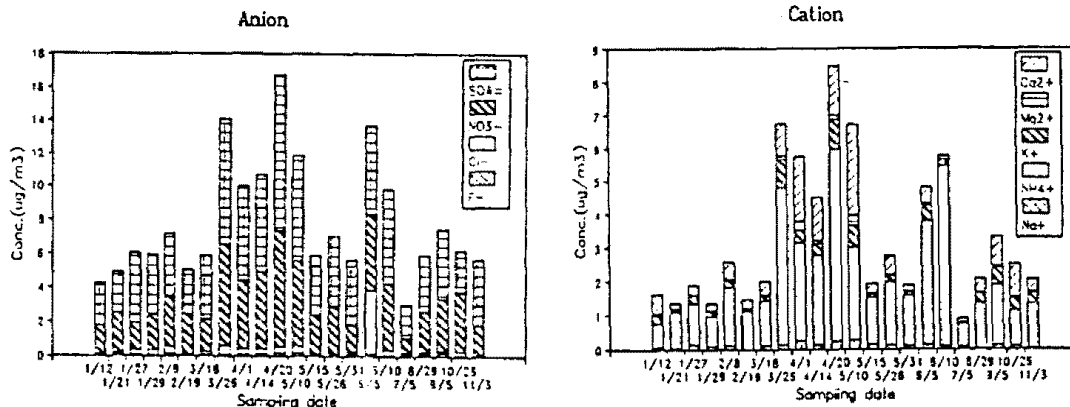


Fig 1. Anion and cation concentration variation for sampling cases.