

PA5) 고산에서 측정된 PM_{2.5} 농도 특성: 1998~2002년 측정자료

Characteristics of PM_{2.5} Concentrations Measured at Gosan: Measurement Data between 1998 and 2002

김나경 · 김용표 · 강창희¹⁾ · 문길주²⁾

이화여자대학교 환경학과, ¹⁾제주대학교 화학과,

²⁾한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서론

동북아시아 지역은 최근 급격한 산업화로 인해 대기오염물질의 배출량이 증가하고 있으며, 그 중에서도 중국은 동북아시아에서 가장 높은 비율로 대기 오염 물질을 배출하고 있다. 따라서 중국의 풍하지역에 위치하고 있는 우리나라는 중국에서 배출되는 대기오염물질의 이동, 강하에 의해 영향을 받을 우려가 있다. 입자상 대기오염물질 중에서 입경이 큰 입자들은 강하에 의하여 이동 중에 제거되고, 결국 미세입자가 장거리를 이동하게 된다. 따라서 주로 직경 2.5 μm 이하의 크기를 갖는 미세입자에 대한 연구가 필요하다. 이 연구에서는 1998년 3월부터 2002년 2월까지 제주도 고산에서 측정된 PM_{2.5}의 무기이온 성분 자료를 분석하고, 같은 장소에서 측정된 TSP 자료와의 비교를 통하여 PM_{2.5}의 농도 특성을 알아보고자 한다.

2. 연구 방법

이 연구에서는 1998년 3월부터 2002년 2월까지 제주도 고산에서 측정된 PM_{2.5}의 무기이온 성분을 분석하여 그 경향 및 특성을 알아보았다. 측정에는 저유량 측정기를 사용하였으며, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ 등의 무기이온성분을 분석하였다. 측정은 상시측정과 집중 측정으로 나뉘어 있는데, 상시 측정은 1998년 3월부터 2002년 2월까지 매 6일에 한번씩 시행되었으며, 집중측정은 1998년 4월부터 2001년 11월까지 총 10회에 걸쳐 수행되었다. 이 연구에서는 상시측정 자료와 집중측정 자료를 함께 평균 내어 분석하였다.

또한 채취와 분석의 정확성을 검증하기 위해 분석한 양이온과 음이온 농도의 합을 비교하여 정도관리를 수행하였다. 고산 지역 입자성분 중 유기산 이온 등을 고려하여 전체 자료에서 음이온 합에 대한 양이온의 합의 당량 농도 비가 30% 이상 차이나는 자료는 제외하였다(Park et al., 2003).

3. 결과 및 고찰

그림 1에 1998년에서 2002년까지 무기이온농도의 연평균 값과 월평균 값의 변화를 차례로 나타내었다. SO₄²⁻와 NH₄⁺가 월등히 높은 농도(약 0.099 μeq/m³, 약 0.085 μeq/m³)를 나타내며, SO₄²⁻의 대부분(95.6%)은 non-sea salt (nss)-SO₄²⁻가 차지하고 있다. NH₄⁺와 nss-SO₄²⁻는 매우 유사한 농도 변화 경향을 보이고 있는데, 이는 NH₄⁺와 nss-SO₄²⁻가 서로를 중화시키는 관계에 있기 때문이다. 이들의 당량비는 약 0.88 이었고, 같은 지역에서의 TSP의 연구결과에서는 이들의 당량비가 0.60 이었다(Park et al.,

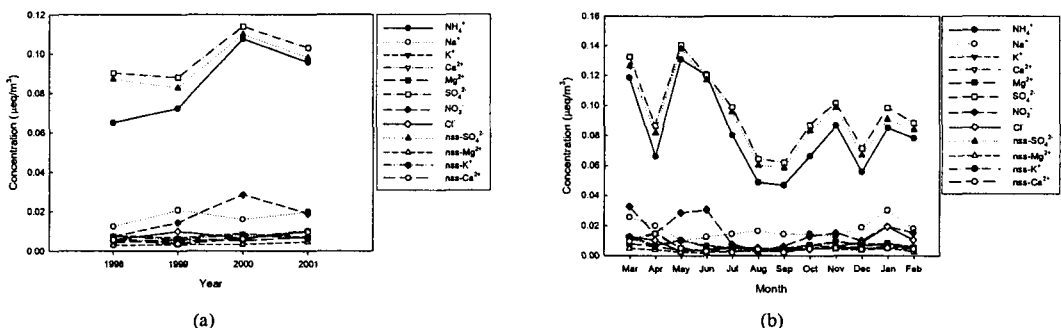


Fig. 1. Variation of (a) the annual mean concentration and (b) the monthly mean concentration of inorganic ion concentrations measured at Gosan (unit : μeq/m³).

2003). 따라서 조대입자 보다 미세입자에 선택적으로 많이 존재하는 NH_4^+ 에 의하여 더 많은 양의 nss-SO_4^{2-} 가 중화되고 있다는 것을 알 수 있다. 대부분의 이온성분들은 봄철에 가장 높은 농도를 나타내며, Na^+ , Cl^- 등의 해염성분은 겨울철에 높은 농도를 나타내었다.

표 1에 각 이온들 간의 상관계수를 나타내었다. 대표적인 해염성분인 Na^+ 와 Cl^- 가 $r=0.854$ 의 높은 상관관계를 나타내었다. nss-K^+ 의 경우 nss-SO_4^{2-} ($r=0.681$)와 높은 상관관계를 나타내므로, 인위적 오염원에서 기원했으리라 짐작된다. 대표적 토양성분인 nss-Ca^{2+} 와 nss-Mg^{2+} 도 $r=0.635$ 의 높은 상관관계를 보이고 있으며, 이러한 결과는 고산지역에서의 TSP에 관한 연구 결과(Park et al., 2003)와도 일치한다.

그러나, nss-Ca^{2+} 와 NO_3^- 는 $r=0.185$ 로 이 지역에서 TSP를 분석하였을 때의 nss-Ca^{2+} 와 NO_3^- 의 상관계수인 $r=0.63$ (Park et al., 2003)에 비교하여 볼 때 매우 낮은 수치를 나타냈다.

또한 요인분석결과, 이 지역에 영향을 미치는 주요 오염원은 해염입자, 인위적 오염물질, 토양 성분의 순서로 나타났다(표 2).

Table 1. Correlation coefficient among major species of $\text{PM}_{2.5}$ at Gosan

	NH_4^+	Na^+	NO_3^-	Cl^-	nss-SO_4^{2-}	nss-Mg^{2+}	nss-K^+	nss-Ca^{2+}	ss-SO_4^{2-}	ss-Mg^{2+}	ss-K^+	ss-Ca^{2+}
NH_4^+	1											
Na^+	-0.097	1										
NO_3^-	0.679	0.010	1									
Cl^-	-0.183	0.854	-0.018	1								
nss-SO_4^{2-}	0.892	-0.041	0.376	-0.198	1							
nss-Mg^{2+}	0.211	0.353	0.195	0.237	0.329	1						
nss-K^+	0.601	0.065	0.407	-0.039	0.681	0.364	1					
nss-Ca^{2+}	0.164	0.226	0.185	0.065	0.310	0.635	0.383	1				
ss-SO_4^{2-}	-0.096	1.000	0.011	0.854	-0.040	0.354	0.065	0.226	1			
ss-Mg^{2+}	-0.079	0.987	0.024	0.844	-0.016	0.398	0.093	0.243	0.987	1		
ss-K^+	-0.096	0.998	0.010	0.852	-0.038	0.357	0.072	0.228	0.998	0.985	1	
ss-Ca^{2+}	-0.070	0.976	0.025	0.830	-0.009	0.356	0.089	0.248	0.976	0.965	0.974	1

Table 2. Result of factor analysis for aerosol components

	Component		
	1	2	3
ss-SO_4^{2-}	0.986	-0.011	0.133
Na^+	0.986	-0.011	0.132
ss-K^+	0.984	-0.009	0.137
ss-Mg^{2+}	0.974	0.007	0.167
ss-Ca^{2+}	0.968	0.015	0.149
Cl^-	0.903	-0.106	-0.021
NH_4^+	-0.093	0.965	0.031
nss-SO_4^{2-}	-0.081	0.852	0.264
NO_3^-	0.042	0.754	-0.036
nss-K^+	0.027	0.722	0.368
nss-Ca^{2+}	0.106	0.148	0.891
nss-Mg^{2+}	0.268	0.197	0.814
Eigen Value	5.944	3.202	1.154
Percent of Variance	49.534	26.684	9.620
Cumulative %	49.534	76.217	85.837

사 사

이 연구는 환경부와 기후 환경 시스템 연구센터(SRC)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Park, M. H., Kim, Y. P., Kang, C. H. (2003) Aerosol composition change between 1992 and 2002 at Gosan, Korea, Journal of Geophysical Research, Submitted.