

1B5) 황사시 덕적도와 고산의 입자상 물질의 화학적 특성

Chemical Characteristics of Aerosol at Deokjeok Island and Gosan during Asian Dust

김유정 · 마영일 · 남중식 · 김수향 · 김혜민 · 성하경 · 김재혁 · 차준석¹⁾ · 김조천 · 선우영
건국대학교 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원 지구환경연구소

1. 서 론

덕적도와 고산은 배경농도지역으로 알려져 있으며, 한국의 서쪽에 위치한 지리적 특성으로 인하여 주로 중국에서 장거리 이동되어오는 대기오염물질의 특성을 연구하는데 적합한 측정지점이다. 두 측정지점에서 2005년 가을부터 2006년 여름까지 계절별로 10일 또는 15일간 입자상물질에 대한 집중측정을 수행하였다. PM_{2.5}, PM₁₀와 더불어 입경별 입자상물질을 포집하였으며, 포집된 입자상 물질은 이온성분, 탄소성분, 금속 및 황성분 등에 대하여 다양한 화학적 특성이 분석되었다.

지난 2006년 4월 초 강한 황사가 한반도에 영향을 미쳤고 황사 발생일에 집중측정기간을 수행할 수 있었다. 집중측정이 황사 기간과 비황사기간이 대비될 수 있도록 수행되었기에 일반적인 배경농도지역에서의 에어로졸 특성과 황사시 나타나는 특성에 대한 비교연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

본 연구를 위해 덕적도와 고산에서 2005년 10월 15일~24일(10일간), 2006년 1월 5일~14일(15일), 4월 1일~14일(15일)에 측정을 수행하였다. 이 중 황사기간은 덕적도는 4월 7일~4월 9일이며, 고산은 4월 8일이었다. PM_{2.5}, PM₁₀은 1일, 입경별 입자상물질 측정은 3일 또는 2일 단위로 포집하였고, 필터교체는 오전 10시에 하였다. 측정기간 중 사용된 입자상 물질 포집장치는 테플론 필터팩과 절단입경이 2.5 μ m와 10 μ m인 사이클론(URG, 16.7 lpm)을 진공펌프(Dayton, Max, 100 lpm)에 연결하여 사용하였고, 입경별 입자상 물질의 포집에는 MOUDI를 사용하였다. 질량분석, 이온분석, 금속 및 황 분석을 위한 입자 채취에는 테플론필터(Zefluor, pore size 2.0 μ m, 47mm ϕ , Gelman社)를 탄소분석은 석영섬유필터(QMA, 47mm ϕ , Whatman社)를 사용하였다. 이 측정장치는 자체 제작한 상자안에 장착하여 눈이나, 비, 강풍과 같은 기후변화로부터의 영향을 최소화하도록 하였다. 질량농도는 측정전후의 무게차를 이용한 중량분석법을 사용하였으며 이온성분은 Ion Chromatography 분석법, 탄소성분은 TOT 분석법, 금속 및 황 성분은 ICP 분석법을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

황사발생 때 질량은 덕적도와 고산이 서로 차이를 보이기는 하였지만 대체적으로 PM_{2.5}, PM₁₀ 모두 두드러지게 증가하였다. 그러나 수용성 이온성분과 탄소성분은 질량이 증가한 만큼 크게 증가하지는 않은 반면, 알려지지 않거나 분석되지 않은 물질의 증가가 두드러졌다.

각 성분의 황사 때와 비황사 때의 농도를 비교한 결과 토양입자인 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺가 황사 때 가장 많이 증가하였던 것을 알 수 있었다. 그러나 해염입자인 Na⁺와 Cl⁻는 거의 증가하지 않았으며 고산은 오히려 황사 때 농도가 줄었다.

입경분포에도 비황사 때는 뚜렷하게 나타나지 않았던 조대입자 영역의 피크가 황사 때 보였다. 일반적으로 황사가 발생되면 토양입자와 더불어 중국에서 같이 넘어오는 2차 오염물질의 농도도 증가하나 이번 봄철 측정 중 발생한 황사는 유래가 없는 강한 황사발생으로 인해 주로 토양 성분의 증가가 두드러진 것으로 보인다.

그림 1에 황사와 비황사기간 중 각 측정지점별 PM_{2.5}의 수용성 이온성분을 양이온과 음이온으로 구분하여 그 구성비를 나타내었다. Ca²⁺, K⁺는 덕적도와 고산 모두 비황사기간 보다 황사기간에 비율이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 Na⁺의 경우 두 측정소에서 황사기간 동안 비율이 감소하는 것을 볼 수 있었다. 덕적도의 경우 황사기간에 NH₄⁺이온의 비율은 감소한 반면 고산에서는 반대로 비율이 증가한

것을 알 수 있었다. 양이온의 구성 순서를 보면 황사기간 동안 덕적도에서는 $\text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 로 고산에서는 $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 로 나타났으며 비황사기간에는 덕적도와 고산 모두 $\text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 의 순서로 나타났다. 음이온의 경우 덕적도와 고산 모두에서 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ 순으로 나타났으며 황사기간 동안 SO_4^{2-} 이온의 비율이 증가 하는 것을 볼 수 있었으나 NO_3^- 이온의 비율은 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 1. Mass Concentration of PM_{2.5} and PM₁₀ during AD and NAD.

	Deokjeok Island ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Gosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		F/C ratio	
	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	Deokjeok Island	Gosan
AD*	102.10	161.27	50.46	52.84	1.73	21.16
NAD**	20.44	30.97	16.33	21.21	1.94	3.34
AD/NAD	4.99	5.21	3.09	2.49	0.89	6.33

* AD : Asian Dust, ** NAD : Non Asian Dust

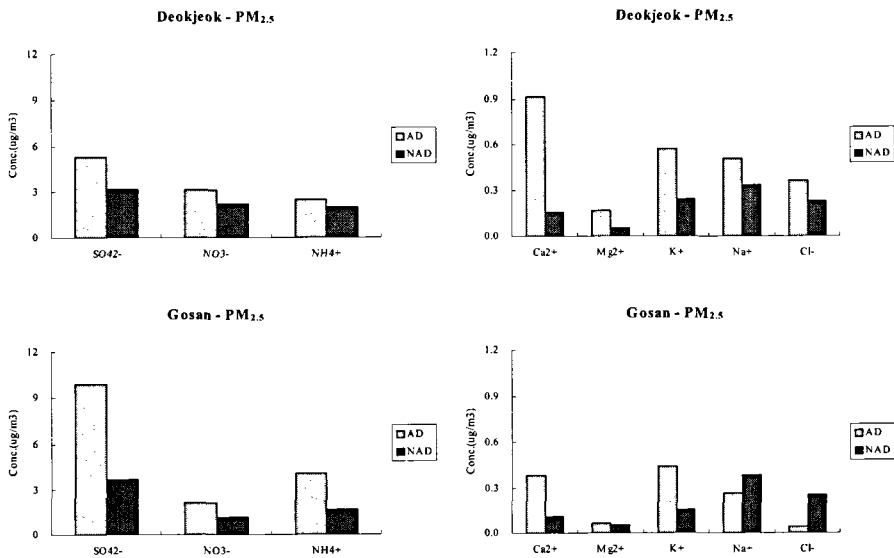


Fig. 1. Ion concentration of PM_{2.5} during AD and NAD.

사 사

본 연구는 국립환경과학원 “장거리이동 입자상물질의 화학적 특성과 거동에 관한 연구”의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2004) 황사 발생 및 수송과정에 관한 연구, 최종보고서.
- 국립환경과학원 (2005) 배경농도지역 장거리이동 오염물질 집중조사 V, 최종보고서.
- 이승복, 배귀남, 김용표, 진형철, 윤용석, 문길주 (2002) 황해상 덕적도 PM_{2.5} 오염원 확인, 한국대기환경학회지, 18(4), 317-325.
- 이종훈, 김용표, 문길주, 김희강, 정용승, 이종범 (1997) 우리나라 청정지역에서 측정된 PM_{2.5} 입자의 특성, 한국대기환경학회지, 19(6), 439-450.