

## 3A2) 2007년 3월 황사사례시 관측된 PM<sub>10</sub>의 물리·화학적 특성 Physicochemical Characteristics of PM<sub>10</sub> Aerosol Observed during Asian Dust Period, March 2007

박인지·임세희·이미혜·이영재·이강웅<sup>1)</sup>·한진석<sup>2)</sup>

고려대학교 지구환경과학과, <sup>1)</sup>한국의국어대학교 환경학과,

<sup>2)</sup>국립환경과학원 대기환경과

### 1. 서 론

해마다 봄철 우리나라 대기 질에 영향을 미치는 황사 현상은 최근 들어 몽골 및 중국대륙 황사 발원지의 기온 상승과 강수 부족, 산림개발에 의한 급속한 사막화 현상 등으로 인하여 발생 빈도 및 강도가 증가하는 추세이다. 황사 현상 시 관측되는 입자상물질의 특성은 황사 발생지역 토양의 성분과 입자 크기, 황사와 함께 장거리 이동되어오는 오염물질의 영향, 황사의 장거리 수송과정에서 대기 중에서 발생하는 물리·화학적 변화에 의해 결정된다. 본 연구에서는 황사 현상 시 우리나라 대기 질에 영향을 미치는 입자상 물질의 물리·화학적 특성을 이해하기 위하여 2007년 3월 26일~4월 2일 황사관측기간 동안 시료를 채취하여 황사입자의 질량농도 및 화학조성을 파악하고, 개별 입자의 크기, 모양 및 원소성분을 분석하였다. 또한 황사에 대한 보다 다각적인 접근을 위하여 황사의 발생 및 이동경로, 가스상 농도 및 기상요소의 변화를 함께 고려하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구는 서울시 성북구 안암동에 위치한 고려대학교 아산이화관 옥상에서 2007년 3월 26일부터 4월 2일까지 수행되었다. 전체 측정기간 동안 우리나라에 두 번의 황사현상이 보고되었는데, 그 중 하나는 3월 27일에서 28일 사이에 관측된 약한 황사이고 다른 하나는 3월 31일부터 4월 1일 사이에 관측된 짙은 황사이다. Cyclone을 이용하여 공기 역학적 직경이 10 $\mu$ m 이하인 입자상 물질(PM<sub>10</sub>)을 각 24시간 5회, 12시간 3회, 6시간 2회 총 10회를 16.7LPM의 유량으로 37mm Teflon filter를 사용하여 채취하였고, Ion Chromatography를 이용하여 teflon filter의 양이온 5종(Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)과 음이온 3종(Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)의 수용성 무기염 성분을 분석하였다. 또한 High Volume Air Sampler를 이용하여 공기역학적 직경이 0.1~100 $\mu$ m인 총입자상물질(TSP)를 포집하였는데, 이때 사용한 Glass fiber filter는 SEM-EDX 분석을 하였다. 이때 분석 가능한 원소는 C, O, Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Br, Pb 등 총 21개이다.

### 3. 결과 및 고찰

측정기간 동안 PM<sub>10</sub> 질량농도는 그림 1과 같이 변화였다. 짙은 황사가 관측된 3월 31일~4월 1일 중 4월 1일 9~15시에 측정된 PM<sub>10</sub> 질량 농도는 약 637.1 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 전체 측정 기간 중 최대를 기록하였고, 이때를 전 후로 하여 3월 31일 21시~4월 1일 9시 와 4월 1일 15~21시에 관측된 농도는 각각 412.0 $\mu$ g/m<sup>3</sup>와 199.6 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 시간에 따른 질량 농도의 변화가 분명하게 나타났다. 3월 27일~28일 옅은 황사 시 PM<sub>10</sub> 질량 농도는 165.5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 관측되었다. 따라서 입자상 농도를 기준으로 3월 27~28일을 약한 황사 사례(Weak AD), 3월 31일 21시~4월 1일 9시를 상대적으로 강한 황사 사례(Relatively strong AD) 그리고 4월 1일 9~15시를 강한 황사 사례(Strongest AD)로 구분할 수 있다.

황사 사례 기간 동안 개별 이온 종들의 농도 분포는 매우 다양하기 때문에 시간에 따른 농도 변화 양상이 유사한 이온 종들을 함께 고려할 수 있다. 짙은 황사 기간에 가장 두드러진 농도 상승을 보인 이온 종은 Ca<sup>2+</sup>와 Mg<sup>2+</sup>로써 Strongest AD에 각각 6.02 $\mu$ g/m<sup>3</sup>와 0.81 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 가장 높았고 Relatively strong AD에 각각 4.92 $\mu$ g/m<sup>3</sup>와 0.70 $\mu$ g/m<sup>3</sup>를 기록하였으며, 입자상 질량 농도와 매우 유사한 농도 변화를 나타냈다. 일

반적으로 해수성분 이온으로 알려진  $Cl^-$ ,  $Na^+$ 와  $K^+$ 는 질은 황사 기간 중 Relatively strong AD에  $Cl^-$  4.59  $\mu g/m^3$ ,  $Na^+$  2.22 $\mu g/m^3$ ,  $K^+$  3.20 $\mu g/m^3$ 까지 급격히 증가하여 전체 측정 기간 중 최대 농도를 기록하였는데, 이때 우리나라로 이동해온 공기덩어리는 바다의 영향을 거의 받지 않았기 때문에 토양 기원 물질에 의한 영향으로 판단된다. 이와는 대조적으로 약한 황사 기간 동안에는  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ 의 농도 상승이 뚜렷하게 관측되었다. 그림 2는  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$ 의 상대적 기여도를 알아보기 위하여  $SO_4^{2-}/NO_3^-$ 와  $SO_2/NO_2$ 를 나타낸 것으로  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$ 는 주로 대기 중의 화학반응에 의해 생성되는 이차생성이온이기 때문에 이들 이온의 전구물질인  $SO_2$ 와  $NO_2$ 도 함께 고려하였으며,  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$ ,  $SO_2$ 와  $NO_2$ 의 농도비가 매우 유사한 양상을 보이는 것이 분명하게 나타났다.

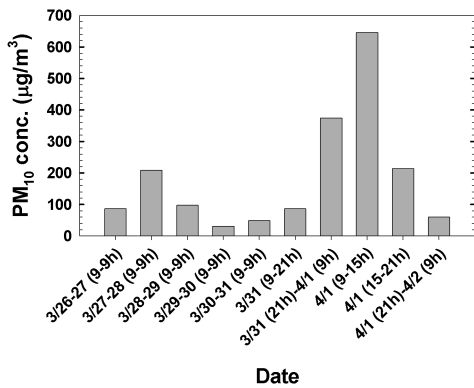


Fig. 1. Temporal variations of PM<sub>10</sub> mass concentrations from 26 March to 2 April.

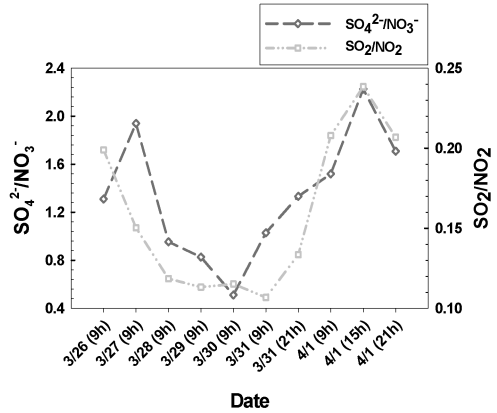


Fig. 2. The ratio of  $SO_4^{2-}$  to  $NO_3^-$  and  $SO_2$  to  $NO_2$ .

## 사 사

본 연구는 국립환경과학원의 “황사·미세먼지 중 유해물질 등 대기오염물질 실시간 측정”의 지원으로 수행되었습니다.