

### 3D3) 춘천 대기 중 기체상, 입자상 물질 중 주요 성분 농도의 장기적 추세와 황사에 의한 영향 Long term trends of atmospheric gaseous and particulate matter and Effect of yellowsand at Chunchon

홍영민, 윤나라, 김현진, 이보경<sup>1)</sup>, 김만구  
강원대학교 환경과학과, <sup>1)</sup>연세대학교 학부대학

#### 1. 서 론

대기를 통해 물질과 에너지가 순환한다는 것은 이미 잘 알려진 지구화학적 과정이다. 즉, 대기를 통해 자연적 혹은 인위적인 원인으로부터 배출되는 여러 가지 물질들이 인근지역이나 때로는 광범위한 지역으로 이동되고, 태양으로부터 오는 빛을 가스나 입자상 물질들이 흡수, 산란시키거나, 일부 미세한 입자상 물질들은 구름의 응결핵으로 작용함으로써 지구의 에너지 균형에도 관여한다. 에너지나 물질의 순환이라는 측면에 더하여 가스나 입자상 물질들은 대기 중에 머무는 동안 인체나 주변 생태계에도 영향을 미치게 된다. 따라서 이들의 대기 중 농도와 거동을 이해하는 것은 지구화학적인 측면에서 뿐 아니라 환경오염과 공중보건의 측면에서도 매우 중요하다고 하겠다.

특히 우리나라를 비롯한 동북아시아역과 멀리 태평양에 이르기까지 봄철이면 어김없이 찾아오는 황사는 발원지인 고비사막이나 테클라마칸 사막으로부터 우리나라로 이동하면서, 사막 먼지뿐 아니라 몽고, 중국 등 통과하는 지역으로부터 발생한 다양한 물질들과 반응하거나 흡착하여 오염물질을 함께 운반하는 역할도 한다. 이에 따라 그동안 우리나라와 일본 등 황사의 영향권에 있는 지역에서 황사에 의한 대기 오염물을 증가와 인체에 미치는 영향에 대한 연구 결과들이 발표되고 있다. 본 연구의 목적은 지난 1996년부터 2002년까지 7년 동안 강원도 춘천에서 관측한 기체상 물질( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ )과 입자상 물질 중의 주요 수용성성분들의 농도의 장기적 추세를 알아보고, 이 자료를 토대로 황사가 이들 농도에 미치는 영향과 그 원인을 설명하는데 있다.

#### 2. 연구 방법

시료는 1996년 1월부터 2002년 12월까지 7년 동안 강원도 춘천시 강원대학교 자연대 2호관 옥상에서, 매주 수요일 오전 10시부터 다음날 오전 10시까지 필터팩( $\phi=47\text{mm}$ , Savillex, MN, USA)을 이용하여 채취하였다. 필터팩은 입자상 물질을 채취하기 위한 PTFE필터( $1\mu\text{m}$ , Savillex), 기체상  $\text{HNO}_3$  채취를 위한 nylon필터(Gelman Science, MI, USA),  $\text{SO}_2$  채취를 위한 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 2% glycerin에 침윤시킨 셀룰로오스 필터, 그리고 기체상  $\text{NH}_3$  채취를 위한 25% citric acid와 2% glycerin 용액에 침윤시킨 셀룰로오스 필터 등 4단으로 구성되었다. 채취한 필터는 곧바로 실험실로 옮겨 반을 잘라 보관하고, 나머지 반은 10ml 탈이온수에 담가 초음파를 이용하여 추출하고, 여과한 후 이온크로마토그래프를 이용하여 이온성분( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ )을 분석하였다. 1999년부터 2002년 시료에 대해서는 입자상 물질 중 주요 양이온과 음이온 성분을 모두 분석하였다.

시료채취와 분석에 대한 자세한 내용과 분석결과 및 채취방법에 대한 비교와 평가는 이전에 발표한 논문에서 기록하였다(Hong, et. al, 2002; 김만구 등, 1999; Kim et al., 2001).

#### 3. 결과 및 고찰

대기 중 기체상  $\text{HNO}_3$ 와  $\text{SO}_2$ 의 농도를 그림 1에 표시하였다. 그림에서 보이는 것처럼 지난 7년 동안 기체상  $\text{SO}_2$ 의 농도는 계속하여 줄어들고 있는 추세를 반면  $\text{HNO}_3$ 의 농도는 줄어들지 않고 오히려 증가하였다. 입자상 물질의 농도에서도  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 감소하는 경향을 보이는데 반해  $\text{NO}_3^-$ 의 감소경향은 미미할 뿐 아니라 통계적인 의미도 없어서 기체상 물질의 장기적 추세와 일치하는 경향을 보였다. 이는 우리나라

라도 대기 오염물질이 황 산화물위주에서 질소산화물의 중요성이 점차 커져간다는 것을 나타내며, 자동차에 의한 대기오염을 억제하는 것이 중요하다는 것을 시사한다. 이와 같이 대기오염물질이 황산화물 위주에서 질소 산화물이나 암모니아 등 질소를 함유한 물질로 급격히 변화하고 있다는 것은 강우나 다른 지역의 기체와 입자상 물질에 대한 연구에서도 확인 할 수 있으나(Lee et al., 2001; Hong et al., 2002), 국내에서 이처럼 장기적으로 기체와 입자상 물질을 관측한 결과를 토대로 제시한 것은 거의 없었다.

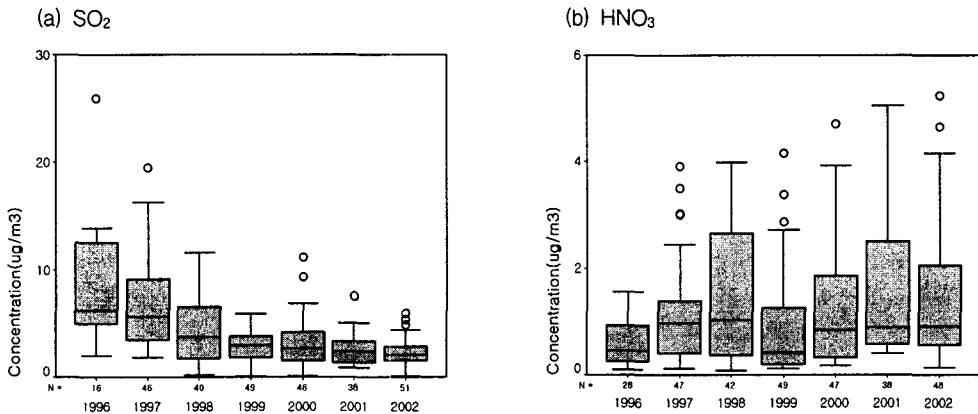


Figure 1. Annual trends of atmospheric gaseous HNO<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> at Chuncheon, Korea. (Box plots are the 10th, 25th, 50th, 75th, 90th percentiles of individual samples.)

황사에 의한 영향을 나타내기 위해 연구기간 중 모든 이온성분을 분석한 1999년부터 2002년까지의 시료를 분석한 결과를 황사기간과 비 황사기간으로 나누어 그림 2에 표시하였다. 이 기간 중 기상청에서 발표한 황사 일 수는 모두 69일 이었고 그중 시료를 채취해 분석한 날은 모두 23일 이었다. 그림에서 보이는 것처럼 황사 기간 중에는 대기 중 입자상 물질의 농도가 다른 기간에 비해 매우 증가함을 알 수 있다. 이는 황사 시 대기 중에 먼지의 양이 급격히 증가하는 경험에 비취 예상되었던 것이고, 황사로 인해 사막의 먼지뿐 아니라 다양한 오염물질이 유입되어 한반도의 대기환경에 나쁜 영향을 준다는 것을 나타낸다. 비록 이 연구가 황사기간 중 집중적으로 이루어지지 않아 모든 황사기간 동안을 시료채취를 하지 않아 대표성에 한계가 있기는 하지만 장기적인 관측 결과를 토대로 황사기간과 비황사 기간 중 대기 중 입자상 성분과 기체상 성분의 농도 변화를 개괄적으로 서술하는 데는 문제가 없다고 할 수 있다. 입자상 물질에 포함된 이온성분들 특히 강우나 대기 산성화의 지표인 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도는 2-4배 정도 증가하였으며, 이를 중화시키는 염기성물질의 지표인 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>는 1.2배정도 증가하였다. 한편, Ca<sup>2+</sup>의 농도는 6 배 이상 증가하여, 그 증가폭이 다른 성분에 비해 매우 컸는데, 이는 발원지 황사의 주성분이 CaCO<sub>3</sub>인 데서 기인한다.

입자상 물질의 두드러진 증가와는 달리 기체상 물질의 농도는 변화가 매우 적었다. 그림에서 보여 지는 것처럼 SO<sub>2</sub>는 약간 증가하였지만 HNO<sub>3</sub>와 NH<sub>3</sub>는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 입자상 물질은 life time이 길고 크기와 질량 때문에 기류를 타고 멀리 이동 할 수 있지만, 기체상 물질은 확산에 의해 이동하므로 멀리 이동하지 못하고, 다른 물질과 반응하거나 deposition에 의해 주로 오염원 근처에서 쉽게 제거되기 때문이다. 즉, 춘천에서 황사기간 중 채취된 입자상 물질은 황사와 함께 대륙을 지나 우리나라로 이동해 온 물질들이 상당부분 포함되어 있지만, 기체상 물질들은 거의 모두가 춘천과 인근지역 내에서 배출된 것이라고 볼 수 있다. 기체상 물질 중 상대적으로 반응성이 큰 HNO<sub>3</sub>와 NH<sub>3</sub>, 특히 광화학 반응에 의해 생성되는 HNO<sub>3</sub>는 황사기간 중 태양광의 감소로 황사기간 중 농도가 현저히

줄어들었다. 이에 비해 SO<sub>2</sub>는 황사기간 농도가 늘어났는데, 이는 HNO<sub>3</sub>에 비해 주생성원이 광화학 과정에 크게 의존하지 않는다는 것으로 설명할 수 있다.

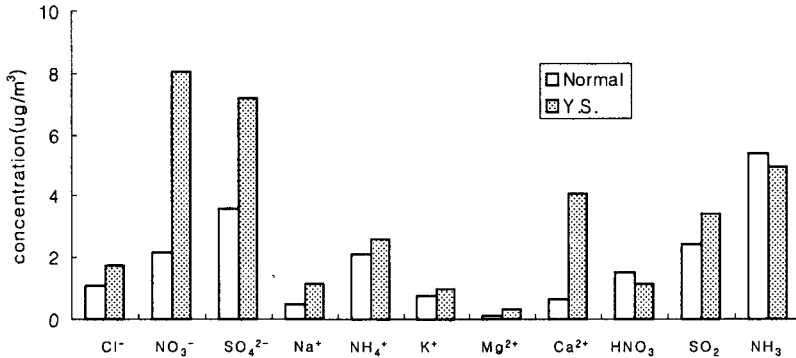


Figure 2. Average concentrations of gaseous HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> and major water soluble ions in atmospheric particulate during the yellow sand period and normal period.

#### 참고 문헌

1. Hong, Y. M., Lee, B. K., Park, K. J., Kang, M. H., Jung, Y. R., Lee, D. S. Kim, M. G. 2002, Atmospheric nitrogen and sulfur containing compounds in Three Sites of South Korea. Atmospheric Environment, 36, 3485-3494.
2. Kim, M.G., Kang, M.H., Hong, Y.M., Park, K.J., Lee, B.K., Lee, D.S., Kim, S., 1999. Measurement of dry deposition at Seoul, Chunchon and Anmyon-do by using filter pack method. Journal of Korean Society for Atmospheric Environment 17, 19-29.
3. Kim, M.G., Hong, Y. M., Kang, M.H., ee, B.K., Lee, D.S., 2001. Estimation of dry deposition using a filter pack method at Chunchon, Korea. Water, Air, and Soil Pollution, 130, 565-570.
4. Lee, B. K., Lee, D. S., Kim, M. G., 2001, Rapid time variations in chemical composition of precipitation in South Korea, Water, Air, and Soil Pollution, 130, 427-432.