

## 1B1) 2006년 봄 익산에서 관측된 황사의 특성 -수용성 이온성분을 중심으로-

### Characteristics of Atmospheric Particles Associated with Asian Dust in the Iksan Area in Spring, 2006

강공언<sup>1,2)</sup> · 김남승<sup>2)</sup> · 오경재<sup>2)</sup> · 전선복<sup>2)</sup> · 김신도<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>원광보건대학 보건계열, <sup>2)</sup>원광대학교 의과대학 예방의학교실,

<sup>3)</sup>서울시립대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

환경대기 중의 미세한 입자상 물질은 대기 중에 부유하면서 사람의 건강뿐만 아니라 동식물의 생육에도 악영향을 준다. 또한 시정을 악화시키고, 지구의 복사에너지 수지에도 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 재산상으로도 건축물과 문화재 등에 부식을 일으켜 피해를 초래한다. 따라서 많은 국가에서 미세먼지를 대기환경기준물질로 설정하여 자동측정망을 운영하고 있으며, 미세먼지의 물리적 특성에서부터 화학조성과 발생원 해석, 영향평가 및 저감대책 수립을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 우리나라는 1983년부터 환경대기중 총부유먼지(total suspended particulate, TSP)를 대기환경기준(24시간 기준 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 연평균기준 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 설정하였으며 1995년부터는 공기동력학적인 직경이 10 $\mu\text{m}$  이하인 PM<sub>10</sub>의 환경기준(24시간 기준 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 연평균기준 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이 추가되었다. TSP의 경우 정부의 에너지 정책과 배출시설의 규제강화로 농도가 크게 개선되어 2001년에는 대기환경기준 항목에서 삭제되었으며, PM<sub>10</sub>의 24시간 기준은 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 강화되었다. PM<sub>10</sub>은 인체에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있어 보다 효율적인 관리 및 저감대책이 요구되고 있으나 일부 대도시 지역의 경우 증가 추세에 있거나 장·단기기준을 초과하는 사례도 점차 증가하고 있다. 더욱이 우리나라는 지리적으로 동북아시아 지역에 위치하고 있어 중국대륙에서 발생하는 황사(Asian dust)의 직접적인 영향권에 놓여 있으며, 특히 봄철에 고농도 미세먼지가 관측되면서 황사현상은 사회적으로 커다란 이슈가 되고 있을 뿐만 아니라 미세먼지의 정성 및 정량적인 오염도 평가에 있어 매우 중요한 의미를 갖는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 2006년 봄철 익산지역 대기 중 입자상 물질을 측정하여 공기동력학적인 직경이 2.5 $\mu\text{m}$  이하인 미세먼지, 2.5~10 $\mu\text{m}$  영역의 초대입자, 그리고 10 $\mu\text{m}$  이상인 먼지의 입도별 수용성 이온성분의 화학적 조성을 비교 분석하였으며 수용성 이온성분을 중심으로 봄에 관측된 황사의 사례별 특성을 파악하고자 하였다. 또한 강수와 황사발생시 그리고 이들 시료를 제외한 입자상 물질에 대하여 입도분포에 따른 수용성 이온성분의 화학적 특성을 살펴보고자 한다.

#### 2. 연구 방법

시료채취는 지리적으로 한반도 남서부의 내륙에 위치한 익산지역의 원광보건대학 캠퍼스(학림관 건물 3층, 지상 약 9m)에서 이루어졌다. 시료는 MCI 샘플러(Multi Nozzle Cascade Impactor Sampler, Tokyo Dylec Corp. in Japan)를 사용하여 20  $\ell/\text{min}$ 의 유량으로 채취하였으며, 하루를 주기로 측정하는 것을 원칙으로 하였으나 고농도의 먼지농도가 예상된 경우 낮과 밤으로 나누어 1일 2회 측정이 이루어졌다. MCI 샘플러는 3개의 여지가 장착될 수 있도록 3단으로 구성된 필터홀더(filter holder)로 이루어져 있는데 위쪽의 1단과 2단의 시료 포집판(collection plate)에는 관성충돌에 의해 공기동력학적인 직경이 10 $\mu\text{m}$  이상인 먼지와 2.5~10 $\mu\text{m}$ 의 초대입자가 20  $\ell/\text{min}$  유량으로 각각 분리되어 포집될 수 있도록 설계되어 있으며, 여기에는 47mm Nuclepore 여지(Whatman, USA)가 장착되었다. 3단에는 47mm Quartz 필터(Whatman, USA)가 장착되어 2.5 $\mu\text{m}$  이하인 미세먼지 영역의 입자가 포집되었다. 여지는 시료 포집 전후에 항량으로 한 후 검출한계가 10 $\mu\text{g}$ 인 전자저울(Satorius CP225D, Japan)로 칭량하였으며, 포집유량을 고려하여 각각의 먼지시료에 대한 중량농도를 산출하였다. 측정기간 동안 각 단별로 32개의 시료가 포

집되었는데, 입자의 크기별 특성을 해석하기 위하여 공기동력학적인 직경이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 미세입자의 시료를 "Fine"으로  $2.5\sim 10\mu\text{m}$  영역의 조대입자가 포함된 시료를 "Coarse"로 그리고  $10\mu\text{m}$  이상인 먼지시료에 대해서는 " $>PM_{10}$ "으로 각각 분류하였다. 여기에서  $PM_{10}$ 은 Fine과 Coarse의 합으로부터 구하였으며, 이 값과  $10\mu\text{m}$  이상의 측정치인  $>PM_{10}$ 의 합을 "TSP"로 계산하였다. 시료가 포집된 여지는 무게칭량을 하고 나서 적당량의 탈이온교환수를 가해 초음파 추출한 후 공극이  $0.45\mu\text{m}$ 인 필터를 사용하여 여과하였다. 이들 시료용액은 분석시까지  $4^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에 보관하였으며, 수용성 이온성분의 농도는 이온크로마토그래프(DX-100 ion chromatograph, Dionex Inc.)를 사용하여 분석하였다. 분석자료의 불확실도(uncertainties) 평가를 위하여 IC 분석시 일정한 주기로 재주입한 시료의 농도 측정치를 사용하여 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)를 산출하였다. 본 연구에서 재주입한 시료의 평균농도는 양이온의 경우  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 가 각각 2.60, 0.84, 0.39, 0.72, 2.48 ppm이었으며, 이들의 이온성분의 RSD는 각각 5.44, 7.95, 2.50, 3.17, 4.07%이었다. 음이온인  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 경우 평균농도는 각각 1.83, 9.96, 13.50 ppm이었으며, 이들 이온성분들의 RSD는 각각 5.03, 5.58, 6.43%인 것으로 나타났다.

### 3. 결과 및 고찰

측정기간 동안 공기동력학적인 직경이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 미세먼지(Fine)의 평균농도는  $57.9 \pm 44.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 중앙값과 기하평균은 각각 47.2와  $49.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 공기동력학적인 직경이  $10\mu\text{m}$  이하인  $PM_{10}$ 의 경우  $96.6 \pm 89.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 중앙값과 기하평균은 각각 70.3과  $77.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 본 연구에서 측정된  $PM_{10}$ 의 평균농도는 국내 연평균 환경기준치인  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 24시간 환경기준치인  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 비교했을 때 측정기간 동안 4회가 이를 초과하였다. 또한 인체에 보다 직접적인 영향을 주는 것으로 알려진  $2.5\mu\text{m}$  이하의 미세입자(Fine)의 경우 아직 국내 대기질 기준이 설정되어 있지 않아 미국 EPA의 환경기준으로 설정된  $PM_{2.5}$ 의 24시간 평균치인  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 비교해 보면 10회가 이를 초과하였으며, 연평균기준( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 약 3.9배 높은 것으로 나타났다. 이러한 농도 차이는  $PM_{10}$ 보다 미세입자에서 큰 것으로 나타났으며, 기준치 초과횟수도 미세입자에서 높게 나타났다. 이러한 사실은 인체에 보다 유해한 것으로 알려진  $2.5\mu\text{m}$  이하의 미세먼지의 오염이 조대입자의 먼지에 비해 심각한 수준임을 의미한다. 그림 1은 측정기간 동안 미세입자와 조대입자 그리고  $10\mu\text{m}$  이상의 먼지농도를 강수량과 함께 나타낸 것이다. 여기에서 시료포집일별 막대의 총길이는 TSP를 의미하고 화살표는 황사발생일을 나타낸다. 또한 3월 13일의 경우 황사와 함께 적설량이 3.7cm인 강설과 소량의 강수가 관측되었다.

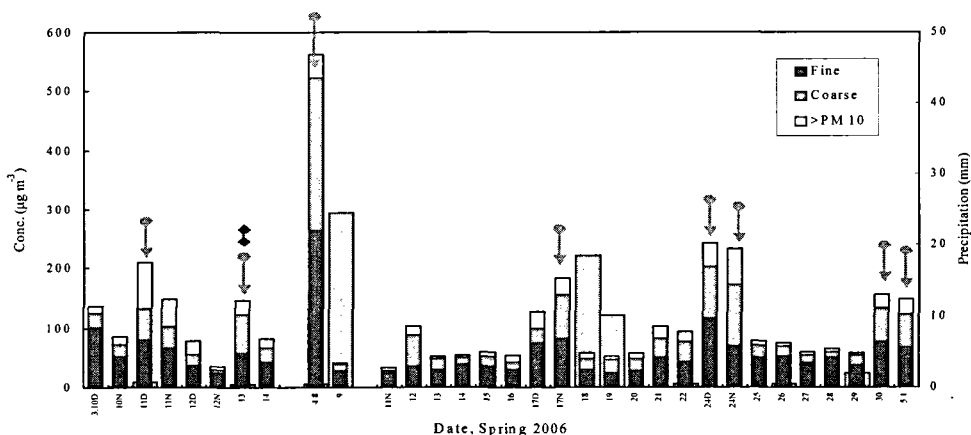


Fig. 1. Temporal variation of fine and coarse particulate matter concentrations as well as  $PM_{10}$  and TSP mass concentrations with the amount of precipitation.

#### 참 고 문 헌

- Kang, G.U. and Lee, J.H. (2005) Comparison of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in a suburban area in Korea during April, 2003, *Water, Air, and Soil Pollution*, 5, 71-87.
- O'Neill, M.S., Jerrett, M., Kawachi, I., Levy, J.I., Cohen, A.J., Gouveia, N., Wilkinson, P., Fletcher, T., Cifuentes, L. and Schwartz, J. (2003) Health, wealth, and air pollution: Advancing theory and methods, *Environ. Health Perspectives*, 111(6), 1861-1870.