

3A3) 춘천시 대기 중 미세먼지(PM_{2.5})의 특성에 대한 연구

Study on Fine Particles (PM_{2.5}) and Its Chemical Constituents in Chuncheon

김성락 · 한영지
강원대학교 환경과학과

1. 서론

현재 우리나라는 대기환경 개선대책으로 1차 오염 물질인 이산화황과 총 부유분진 농도는 현저히 감소하고 있지만, 자동차 및 산업시설의 증가 등으로 대기 중 미세먼지 농도는 증가하는 추세이다. 최근 대기 중 미세먼지(PM_{2.5})는 인체에 유해한 다환 방향족 탄화수소, 중금속, 그리고 산성 침착을 유발시키는 각종 수용성 음이온성분 등이 포함되어 폐포에 침착율이 높고 독성이 강하여 인체에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Hong et al., 2002). 또한 미세먼지의 주요 구성성분은 NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺와 같은 무기이온성분과 같은 성분으로 시정의 감소와 산성비 등에 2차적인 영향을 미친다(Ghim et al., 2005). 춘천시의 경우 중-대규모의 대기오염원이 존재하지 않음에 불구하고 대기 중 PM₁₀농도가 서울을 포함한 수도권지역의 PM₁₀농도와 비슷한 수준으로 측정되고 있다. 특히 호흡성분진 또는 미세먼지라고 부르는 PM_{2.5}는 PM₁₀보다 심각한 영향을 미치고 있는 것으로 많은 연구에서 그 위해성이 증명되었다. 따라서 본 연구의 목적은 춘천시의 미세먼지(PM_{2.5}) 농도를 측정하고 시기별·특정적 미세먼지농도 및 구성성분의 변화를 알아보고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 2005년 12월 25일부터 2009년 현재까지 3일에 한번씩 24시간동안 259개의 시료를 채취하였으며, 측정 장소는 춘천시 효자2동에 위치한 강원대학교 자연과학대학 2호관 4층 옥상(경도 127° 44'E, 위도 37° 52'N)에서 채취되었다.

PM_{2.5}와 이온 성분을 채취하기 위해 annular denuders의 channel system (ADS)와 테플론 재질인 필터팩(URG)을 이용하였다. 미량 원소 성분을 채취하기 위해 테플론 필터(Pall Corporation, 37mm)를 이용하였다. PM의 탄소 성분의 측정을 위해서는 FH95 입자상 물질 채취기(Andersen)로 석영 필터를 이용하여 채취하였다.

채취가 끝난 시료 중 PM_{2.5} 질량은 필터에 있어서 발생할 수 있는 수분의 영향을 최소화하기 위해 측정 전·후에 항온·항습 상태를 유지시키는 데시케이터내에서 24시간 이상 보관하여 항량 건조 시킨 후 감도 10⁻⁵g인 화학저울로 정량한 후 질량차이를 기록하였다. 이온 성분은 크로마토그래피(Dionex DX-120)를 사용하여 각 칼럼(음이온: Ionpac AS14A 4×250mm, 양이온: Ionpac CS12A 4×250mm)들을 연결하여 서프레 tm(음이온: ASRS-ULTRA 4mm, 양이온: CSRS-ULTRA 4mm)와 연결한 후 분석하였다. Teflon 필터는 X-ray 형광기를 이용하여 미량원소를 분석하게 된다. PM의 탄소 성분의 측정은 TOT(thermal/ optical transmittance, Sunset Lab. method) 방법으로 분석한다.

3. 결과 및 고찰

연구기간 동안 채취한 시료의 평균농도는 36 μ g/m³로써, 미국 EPA에서 NAAQS(National Ambient Air Quality Standard)의 PM_{2.5} 24시간 기준 농도인 35 μ g/m³(2006년 12월 기준)을 초과하는 날이 전체 시료 중 104개이며 40%정도 차지하였으며, 겨울과 봄에 높은 농도를 보였다. 채취기간의 연평균 농도는 2006년, 2007년, 2008년은 각각 38 μ g/m³, 36 μ g/m³, 32 μ g/m³이었으며 미국 EPA의 연평균 기준농도인 15 μ g/m³을 초과하였다. 연구 결과, 황사가 춘천시 미세먼지의 농도 증가에 영향을 주는 것을 알 수 있었다(그림 1). 겨울에는 기상적인 현상뿐만 아니라 지역적 난방으로 인해 연소과정 직접배출의 영향이 다른 계절에 비해

PM_{2.5}의 농도가 크고, 여름에는 습식 침적으로 인해 PM_{2.5}의 농도가 낮게 나타났을 것이다. 또한 PM_{2.5}의 구성성분은 계절에 따른 차이를 보였다(그림 2). 전체적으로 수용성 이온은 PM_{2.5}에서 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, 여름철에 가장 높은 기여도(38%)를 보였다. 탄소 성분은 겨울철에 높게 측정되었으며, 미량원소는 봄철의 황사현상과 관련하여 높은 농도(6.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났다.

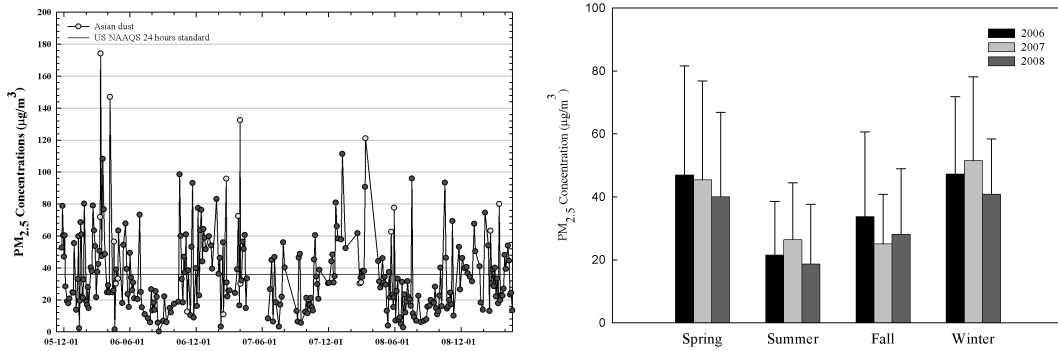


Fig. 1. The daily PM_{2.5} concentrations(left) and seasonal PM_{2.5} concentrations(right).

PM_{2.5}의 주요 이온 성분은 SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ 로써 시료채취 기간 동안 평균 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, PM_{2.5} 성분 중 38%를 차지하고 있었다. 이러한 각 이온 성분들의 PM_{2.5} 중 기여율은 SO_4^{2-} (15%), NH_4^+ (11%), NO_3^- (9%), NO_2^- (3%)의 순으로 나타나고 있었다.

각 계절별로 이온들의 PM_{2.5}에 대한 기여율은 여름철에 50% 이상으로 높았으며, 봄, 가을, 겨울은 30~40% 수준으로 비슷하게 나타났다. 수용성 이온 성분들 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 SO_4^{2-} 는 여름철에 8.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로써 제일 높은 농도를 보였는데, 이는 여름철 광화학 반응으로 인해 SO_2 가 H_2SO_4 로 전환된 후 SO_4^{2-} 을 2차적으로 생성하기 때문으로 파악된다. 2차적으로 생성된 SO_4^{2-} 은 춘천지역의 풍부한 NH_3 가 H_2SO_4 와 반응하여 생긴 황산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)인 것으로 사료된다. NO_3^- 이온은 SO_4^{2-} 와는 반대로 여름철에 낮은 농도(1.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 겨울철에 높은 농도(4.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 나타내었다. 춘천은 자연적 배출원에 의해 배출된 상대적으로 높은 암모니아 농도로 인해, 생성된 NO_3^- 의 주요 형태가 NH_4NO_3 라고 파악된다.

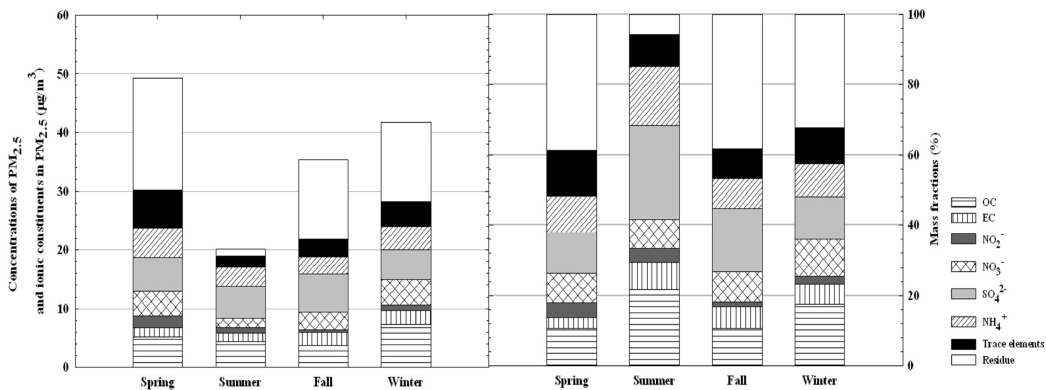


Fig. 2. Seasonal variation of PM_{2.5} components and contributions.

참 고 문 헌

- Ghim, Y.S., K.-C. Moon, S. Lee, and Y.P. Kim (2005) Visibility trends in Korea during the past two decades. J. Air & Waste Manage. Assoc., 55, 73-82.
- Hong, Y.C., J.T. Lee, H. Kim, E.H. Ha, J. Schwartz, and D.C. Christiani (2002) Effects of air pollutions on acute stroke mortality. Environ. Health Persp.