

3D4) 서울시 대기 중 미세먼지(PM_{2.5})와 구성성분의 분포특성 Distribution of PM_{2.5} and Component of Atmosphere in Seoul

허중배 · 이용미 · 서용석 · 김현선 · 김승희 · 이승묵
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

1. 서 론

PM_{2.5}의 주요 구성성분은 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, OC (organic carbon), EC (elemental carbon) 및 Pb 등을 포함한 미량원소로 알려져 있으며, 이들은 크기가 작은 대신 상대적으로 표면적이 크기 때문에 각종 중금속과 유해 대기오염물질들과의 흡착이 용이하여 호흡기 계통의 질병을 일으킬 수 있는 확률이 높다. 또한 PM_{2.5}에 포함된 SO₄²⁻, NO₃⁻ 등의 산성오염물질은 대기 중에 에어로졸과 산성가스 형태로 존재하고 있다가 건성강하라는 형태로 지표면에 자연 침강되거나, 눈이나 비 또는 안개와 같은 습성강하 형태로 지표면으로 침적되거나 입자상 또는 가스상 형태로 강하되면서 인간이나 동물의 호흡기나 피부 질환을 유발하기도 하며, 산성눈이나 산성비 등을 유발시켜 토양이나 수질 등 자연을 산성화시켜 유해물질의 이동이나 영양분의 불균형 등을 초래한다. 특히, 호흡기 계통의 질병을 유발하는 물질은 대기 중에 존재하는 에어로졸 상태의 산성오염물질과 관련이 있을 것으로 보고된 바가 있고, 대도시 지역의 시정 장애나 실내 대기질의 악화에 영향을 주어 체감오염도를 증가시키는 주된 요인이기도 하다.

본 연구는 서울 시내(종로구 연건동)를 수용지점으로 채집한 호흡성 미세먼지(PM_{2.5})의 정성/정량적 분석 결과를 토대로 서울시내 미세먼지의 농도 및 물리·화학적 특성을 파악하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구를 위한 시료의 채취는 서울시 종로구 연건동에 소재한 서울대학교 보건대학원 옥상(지상 17m)에서 2003년 3월부터 2004년 8월까지 24시간 동안 1회/3일의 간격으로 총 142회 이루어졌다. 측정된 시료의 분석 항목은 대기 중 호흡성 미세먼지(PM_{2.5})의 질량농도와 탄소성분, 이온성분, 미량원소이며, 시료 채취는 미국 URG(Universal Research Glassware)사의 4-Channel ADS(Annular Denuder System)를 사용하였다. ADS는 먼저 Cyclone에서 조대입자가 제거 되고, Denuder관을 통하여 대기 중 가스상 이온물질들이 선택적으로 채취된 후 PM_{2.5}이하의 입자만 여과지에 모이게 되는 기기로서 입자상과 가스상 물질의 농도를 정확하게 분석 할 수 있다.

시료분석방법은 이온성분의 경우 U.S.EPA방법을 이용하였으며, 이온크로마토그래피(Dionex DX-120)를 사용하였다. 27 mm 테프론 필터를 통하여 PM_{2.5}의 질량농도 및 미량원소를 평가하였다. 질량농도는 테프론 필터를 채취 전·후에 항량시킨 후 무게차를 측정하였으며, 미량원소는 ED-X-ray 형광기(Energy Dispersive X-ray Fluorescence)를 이용하여 분석하였다(Clarkson University, 미국). PM_{2.5}의 원소탄소(Elemental Carbon)와 유기탄소(Organic Carbon)성분은 450°C 로(furnace)내에서 구워진 석영섬유여과지(Quartz microfibre filter)를 이용하여 채취된 시료를 TOT(Thermal/Optical Transmittance, Sunset Lab.사)방법으로 분석하였다(Clarkson University, 미국).

3. 결과 및 고찰

2003년 3월부터 2004년 8월까지 분석된 호흡성 분진의 결과는 PM_{2.5}의 평균 농도가 43.1±23.4 µg/m³이었고, 입자상 이온들의 평균 농도는 NO₃⁻(7.7±7.2 µg/m³), SO₄²⁻(7.6±5.5 µg/m³), NH₄⁺(5.7±4.6 µg/m³)였으며, 탄소성분의 평균 농도는 OC(9.5±4.9 µg/m³), EC(4.35±2.8 µg/m³)이었다. PM_{2.5}의 농도와 이온성 물질, 탄소성 물질들의 분석결과를 계절별로 아래에 그림에 나타내었다. 서울시 대기 중 가스상 이온성 물질의 경우, 계절별로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). HNO₃는 여름철이 겨울철보다 상대적인 농도가 높았

으며, SO₂는 겨울철이 가장 높고 가을철이 가장 낮게 나타났다. NH₃의 경우는 여름철이 가장 높았으며 상대적으로 겨울철의 농도가 낮게 나타났다.

본 연구 기간 동안의 서울시 대기 중 PM_{2.5}의 중량농도는 미국 EPA의 연평균 기준치 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 높았고, 총 샘플(142개) 중 EPA 24시간 평균치 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 날은 총 21번(봄:7, 여름:5, 가을:3, 겨울:6)이었다. PM_{2.5}의 계절별 농도는 겨울>봄>여름>가을 순서였으나 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 스모그가 계절에 상관없이 발생하고, 24시간 평균치를 초과하는 일수가 계절에 상관없이 발생하기 때문인 것으로 사료된다. 탄소성분(OC/EC)의 경우 전체적인 농도 분포 경향은 PM_{2.5}와 같았고, 여름철의 농도가 가장 낮았으며 겨울철로 접어들수록 농도가 높아지는 경향을 보였다. SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ 등의 이온성분 중, SO₄²⁻의 농도는 전반적으로 모든 계절에 비슷한 농도 수준을 보였으나 2004년 여름에 크게 증가하였다. 계절별 입자상 이온성분과 탄소성분의 경향을 알아보기 위하여 통계처리를 하였으며, Nitrate와 Ammonium을 제외한 물질들이 계절별로 유의한 수준에서 차이가 있었다.

건기와 우기시의 호흡성 미세먼지의 특성을 알아보기 위하여 결과를 통계처리(Paired T-test)하였으며, 유의한 차이가 없었다. PM_{2.5}의 발생원과 결합 형태에 대한 자세한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 분석된 서울시 대기시료 중 미국의 EPA의 24시간 PM_{2.5}기준치를 초과한 날은 총 21일이었으며, 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘긴 날도 5회 발생하였다. 스모그가 짙은 날과 그렇지 않은 날의 PM_{2.5}의 성분을 비교하였으며, 그 결과 스모그가 짙은 날은 Sulfate와 Nitrate의 구성비가 높았다. 서울은 스모그가 짙은 날 PM_{2.5}가 높은 도심 지역으로 스모그에 대한 자세한 연구와 규제에 대한 심층적인 논의가 있어야 할 것으로 사료된다.

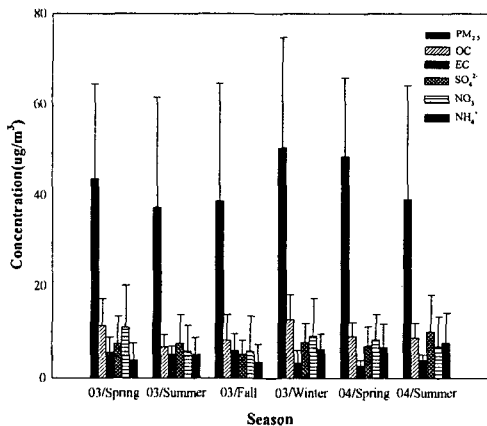


Fig. 1. Seasonal variation of PM_{2.5} and Component.

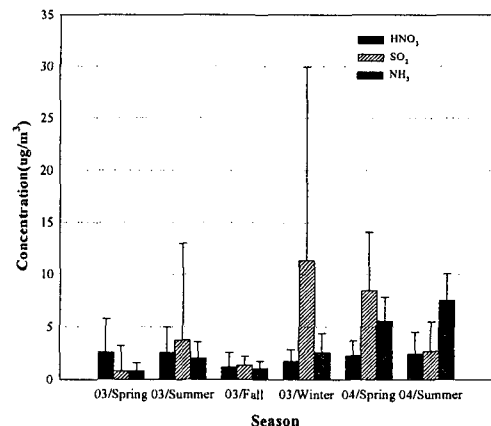


Fig. 2. Seasonal variation of gaseous ionic matter.

사 사

본 연구는 한국 환경기술진흥원의 '차세대 핵심 환경기술개발사업 (과제번호: 091-033-020)'으로 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- U.S.EPA, (1999) Compendium Method IO-4.2.
 Spengler, J. D., Brauer, M., Koutrakis, P., (1990) Acid air and Health. Environ. Sci. Technol., 24(7), 946-956 .
 강충민, 이혁수, 선우영. (2002) 「1997년 겨울철 및 여름철 기간 중 서울시 미세입자의 수용성 이온성분 특성」, 대한환경공학회지 24(7), 1209-1218