

PA36) 국내 배경지역 PM₁₀, PM_{2.5} 이온성분의 화학 특성

Chemical Characteristics of Ionic Components of PM₁₀ and PM_{2.5} at Background Area of Korea

김행범 · 강창희 · 강혜림 · 고희정 · 윤순창¹⁾ · 장임석²⁾ · 김정수²⁾ · 이석조²⁾

제주대학교 화학과, ¹⁾서울대학교 지구환경과학부, ²⁾국립환경과학원 기후대기연구부

1. 서 론

인도, 중국 등 세계 인구의 60%가 밀집된 아시아지역 국가들은 급속한 산업화로 대기 에어로졸을 비롯한 각종 대기오염물질들을 배출하고 있다. 이렇게 발생한 대기오염물질들은 거대한 갈색구름(ABC, Atmospheric Brown Cloud) 띠를 형성하여 지표면에 도달하는 햇빛을 차단함으로써, 대기의 냉각, 강수량 저하, 농업생산량 감소 등의 효과를 나타내는 것으로 확인되고 있다(UNEP, 2008). 특히 대기 에어로졸은 햇빛을 흡수하거나 산란시켜 지구 온난화 현상에 상당부분 영향을 미치고 있다(Ramanathan et al., 2007). 대기 에어로졸이 태양복사 및 지구기후변화에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 이에 대한 광학적, 물리적 특성은 물론 이들에 대한 화학적 특성을 면밀히 조사해야 한다. 그리고 이러한 변화가 서서히 지속적으로 일어나기 때문에 장기간에 걸친 정확한 관측과 정량적인 영향평가를 위해 다양한 연구가 복합적으로 이루어져야 한다. 본 연구는 월경성 대기오염물질의 화학적 특성과 장거리 이동 현상을 관측하기 위한 목적으로 수행되었다(Nakajima and Yoon, 2005). 이를 위해 제주도 서쪽 끝 지점에 위치한 고산관측소에서 PM₁₀, PM_{2.5} 미세먼지 지속적으로 채취하여 수용성 성분을 분석함으로써 대기 에어로졸을 모니터링하고, 대기 에어로졸의 조성 특성, 유입경로 및 발생기원을 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법

제주도 고산관측소(33°29'N, 126°16'E, 72m ASL)에 Sequential PM₁₀ Sampler(APM Engineering, Model PMS-102)와 Sequential PM_{2.5} Sampler(APM Engineering, Model PMS-111)를 설치하여 2009년 5월 12일부터 7월 8일까지 연속적으로 PM₁₀ 시료 49개와 PM_{2.5} 시료 54개를 채취하였다. 각 시료는 1일 간격(당일 9시~익일 9시)으로 매일 채취하였다. PM₁₀과 PM_{2.5} 에어로졸의 주요 이온성분들은 Metrohm Modula IC 을 이용하여 분석하였고, 양이온 분석에는 Metrosep Cation C2-150 컬럼, 음이온 분석에는 Metrosep A-SUPP-5 컬럼을 사용하였다. 또한 대기 에어로졸 성분의 유입경로는 NOAA의 HYSPLIT4 Model로 역 궤적 분석을 실시하여 추적하였다.

3. 결과 및 고찰

2009년 5월 12일부터 7월 8일까지 채취한 PM₁₀, PM_{2.5}의 질량농도는 각각 33.7±9.6µg/m³, 22.5±9.9µg/m³로 PM_{2.5}의 질량농도가 PM₁₀의 약 66.7%를 차지하였다. 수용성 이온성분의 농도는 PM₁₀에서 nss-SO₄²⁻ (10.67µg/m³) > NH₄⁺ (3.20µg/m³) > NO₃⁻ (2.26µg/m³) > Na⁺ (1.68µg/m³) > Cl⁻ (1.03µg/m³) > K⁺ (0.34µg/m³) > nss-Ca²⁺ (0.32µg/m³) > Mg²⁺ (0.22µg/m³) 순으로 높게 나타났고, PM_{2.5}에서는 nss-SO₄²⁻ (10.14µg/m³) > NH₄⁺ (3.44µg/m³) > NO₃⁻ (1.51µg/m³) > K⁺ (0.35µg/m³) > Na⁺ (0.20µg/m³) > Cl⁻ (0.12µg/m³) > nss-Ca²⁺ (0.07µg/m³) > Mg²⁺ (0.04µg/m³) 순으로 높은 농도를 보였다 (그림 1). 그리고 각 성분들의 입경별 분포를 조사하기 위하여 PM_{2.5}/PM₁₀ 농도비를 비교한 결과, NH₄⁺, K⁺, nss-SO₄²⁻, NO₃⁻, nss-Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻ 는 각각 1.08, 1.02, 0.95, 0.67, 0.21, 0.17, 0.12, 0.12로, 인위적 기원의 성분(NH₄⁺, nss-SO₄²⁻, NO₃⁻)의 농도비가 해양성분(Na⁺, Cl⁻), 토양성분(nss-Ca²⁺)에 비해 PM_{2.5}에서 높은 분포를 나타내었다. 또한 제주지역으로 유입된 월경성 대기오염물질의 영향을 확인하기 위하여 공기 덩어리(air parcel)의 이동경로를 중국대륙(I구간), 한반도 및 시베리아(II구간), 북태평양 및 일본(III구간) 지역으로 분류하여 각 구간별 농도를 비교하였다. 역궤적 분석을 실시하여 대기오염물질의 유입경로를 조사해 본 결과, 빈도는 I 구간 65.3~68.5%, II

구간 18.5~20.4%, Ⅲ구간 13.0~14.3%로, 연구기간 동안 중국대륙으로부터 공기의 유입이 가장 많았던 것으로 조사되었다(그림 2). 그리고 공기의 유입경로별로 주요 성분들의 농도를 비교해 본 결과, PM₁₀, PM_{2.5}에서 nss-SO₄²⁻는 I 구간에서 각각 11.46, 10.48μg/m³, II구간에서 11.75, 11.46μg/m³, III구간에서 5.48, 6.50 μg/m³의 농도를 보였다. NO₃⁻ 성분의 농도는 I 구간에서 각각 2.26, 1.35μg/m³, II구간에서 2.49, 2.13μg/m³, III구간에서 1.91, 1.51μg/m³로 나타났다. 또 토양기원의 nss-Ca²⁺ 농도 역시 I 구간에서 각각 0.36, 0.07μg/m³, II구간에서 0.31, 0.06μg/m³, III구간에서 0.17, 0.05μg/m³로 인위적 성분과 토양 기원의 성분은 I 과 II구간에서 공기가 유입될 때 III구간에 비해 훨씬 더 농도가 상승하는 것으로 확인되었다.

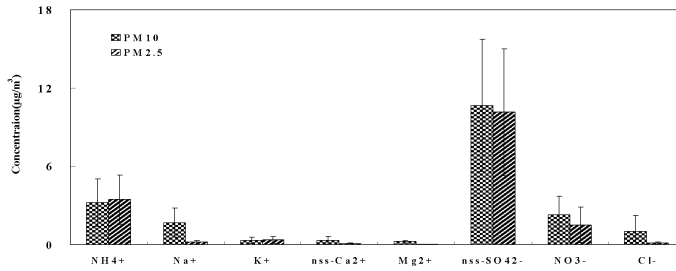


Fig. 1. Concentrations of major ionic components of PM₁₀ and PM_{2.5} during the period of May 12 to July 8, 2009.

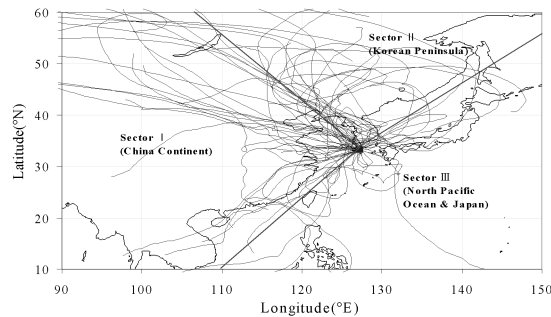


Fig. 2. Three sectional classification of Northeast Asia for backward trajectory analysis starting from Gosan Site, Jeju.

사 사

본 연구는 국립환경과학원 연구용역과제 (월경성 대기 에어로졸 모니터링 및 영향분석 연구; 2009년)의 지원을 받아 수행되었음.

참 고 문 헌

- Nakajima, T. and S.C. Yoon (2005) ABC Gosan Campaign East Asian Regional Experiment 2005 (ABC-EAREX 2005), <http://abc-gosan.snu.ac.kr/prog.html>
- Ramanathan, V. et al. (2007) Atmospheric brown clouds: Hemispherical and regional variations in long-range transport, absorption, and radiative forcing, *J. Geophys. Res.*, 112, D22S21, doi:10.1029/2006JD008124.
- UNEP (2008) Atmospheric Brown Clouds: Regional Assessment Report with Focus on Asia, <http://www.rrcap.unep.org/abc/impact/>