

PA46) Synchrotron-XRF를 이용한 장거리 이동 대기 에어로졸의 특성 분석 Characterization of Long-Range Transported Aerosols using Synchrotron XRF (X-Ray Fluorescence)

류성운 · 김영준 · Steven S. Cliff¹⁾ · Michael Jimenez-Cruz¹⁾ · Kevin D. Perry¹⁾ ·
Thomas A. Cahill¹⁾
광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링 신기술연구센터 ¹⁾Dept. of Applied
Science, DELTA Group, University of California, Davis, California

1. 서 론

대기 중의 에어로졸은 지구의 복사평형에 직·간접적으로 영향을 끼친다. 직접적인 영향으로는 에어로졸이 가시광선과 자외선 영역의 에너지를 산란 또는 흡수함으로써 기후에 영향을 미치며, 간접적으로는 microphysical process에 의한 구름의 특성을 변화시키거나 불균일적인 화학반응을 통해서 복사특성을 지니는 가스들을 변화시킴으로써 기후에 영향을 미친다. 또한 동북아 지역 및 인접한 태평양 지역은 중국과 인접해 있는 관계로 매년 봄철이면 고비사막이나 중국의 황토고원에서 발생한 황사(Asian Dust) 현상에 의해 많은 고통을 겪고 있다. 중국본토에서 발생된 황사 에어로졸은 수 천 km를 장거리 이동하여 한국 및 일본 등의 대기 에어로졸의 질량 loading에 엄청난 변화를 초래할 뿐 만 아니라, 에어로졸을 구성하고 있는 화학적 조성에도 많은 변화를 가져온다. 하지만 이러한 대기 에어로졸은 일, 공간, 계절, 년에 따른 큰 사이클을 갖기 때문에 단 하나만의 관측자료로 대기를 평가하는 것은 그 의미가 없다. 대기 에어로졸의 사이즈, 형태 및 조성의 관측이 없이 그들의 source, 형성, 이동과 그들의 영향들은 명백하게 규명될 수 없다. 따라서 입자의 포집과 동시에 에어로졸의 사이즈와 시간에 따른 조성의 관측이 필요하다. 하지만 입자의 크기분포는 단일막을 형성하여 사이즈를 파악하기 전에 입자들간의 바운스에 의해 작은 단으로 이동시에 서로 얽히게 되는 문제점을 가지고 있다. 또한 동시에 많은 관측사이트에서 입경과 시간에 따른 에어로졸의 조성을 파악할 수 있는 정밀하고 정확한 샘플링과 분석 기법의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 이런 대기 에어로졸 관측시의 문제점들을 고려하여 University of California at Davis의 DELTA Group에서 개발한 3-stage, 8-stage DRUM Sampler 및 여러 분석 방법, 즉 PIXE, synchrotron XRF (X-Ray Fluorescence), 그리고 Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry (LDI TOF-MS)를 이용한 시간과 입자 사이즈에 따른 대기 조성을 알 수 있는 혁신적인 샘플링 방법과 성분 분석을 시도하였다.

2. 연구 방법

매년 봄철 태평양 지역으로 대량 유입되는 장거리 이동 에어로졸의 특성을 연구하기 위하여 제주 고산 슈퍼사이트 및 광주 도심 지역에서 연속적인 에어로졸의 관측을 실시하였다. 제주 고산 슈퍼사이트에서는 2001년 3월 22일부터 4월 29일까지 4번 트레이러 옥상에서, 광주에서는 2001년 4월 19일부터 5월 25일까지 광주지방 기상청 옥상에서 연속적으로 관측하였다.

시간 및 사이즈에 따른 에어로졸의 포집을 위해 고산 슈퍼사이트에서는 8단 DRUM 샘플러를 이용하였으며, 광주에서는 3단 DRUM 샘플러를 이용하였다. 각각의 size cut은 8단의 경우는 Inlet-5, 5-2.5, 2.5-1.15, 1.15-0.75, 0.75-0.56, 0.56-0.34, 0.34-0.24, 0.24-0.07 μ m이며, 3단 DRUM 샘플러는 2.5-1.15, 1.15-0.34, 0.34-0.07 μ m의 각 단별 size cut을 갖는다. 3단 샘플러의 경우는 두 개의 평행을 이루며 위치한 greased mylar와 알루미늄 substrate을 포집하는 필터로 사용하였다. 알루미늄 substrate은 LDI TOF-MS를 이용하여 유기 물질들의 특성 분석을 실시하였으며, mylar substrate은 측정기간 중의 Beta Gauge를 이용한 질량분포, 파장에 따른 광학적 흡수, Na²²U까지의 원소성분들의 정량분석을 실시하였다. 측정된 샘플들은 synchrotron-XRF를 이용하여 3시간 간격으로 조성을 정량 분석하였다.

s-XRF는 Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL)의 Advanced Light Source(ALS) 빔라인

10.3.1에서 수행하였다. 이 white Beam은 4KeV ~ 20KeV 에너지 범위를 가지며, Si(Li) detector를 사용하여 진공상태에서 원소성분 분석을 위해 아주 미량의 에어로졸까지 셀 수 있는 최적의 빔이다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 매년 봄 태평양 지역으로 유입되는 황, black carbon, As, Cu, Pb, Zn 같은 증가된 금속 원소들을 포함한 인위적인 에어로졸이 매우 높은 농도로 나타남을 보여주었다. 또한 시간 및 사이즈 별 에어로졸 조성과 더불어 제주, 및 광주 지역에서 air mass의 궤적을 isentropic back trajectory 방법으로 계산하였다.

그림 1은 2001년 4월 19일부터 5월 25일까지의 Beta gauge로 측정된 광주지역 PM_{2.5}의 각 사이즈 별 질량 농도를 나타낸 것이다. 본 그림에서 보면 황사기간에 농도가 증가되고 비의 영향으로 다시 감소하고 다시 황사가 나타날 때나 혼합고 높이의 영향, 공단 지역 오염물질의 유입 등 지역적인 오염원의 영향으로 다시 증가하는 것을 볼 수 있다.

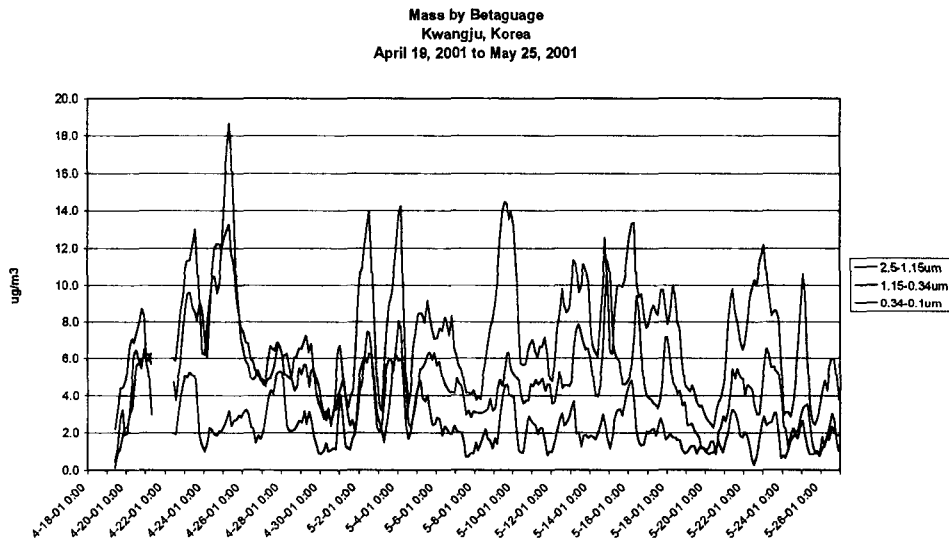


그림 1. Temporal variation of PM_{2.5} mass concentration using 3-stage DRUM sampler at Kwangju, Korea

본 연구에서는 황사 발생시의 s-XRF를 이용하여 분석된 Si, S, Al, Ca 등의 원소 성분의 농도 변화를 관찰하였고 이러한 여러 원소들의 ratio를 비교하여 이동된 황사의 source를 추측하였다.

사 사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금 및 두뇌한국 BK21사업 지원금에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- Kevin D Perry, Thomas A. Cahill, Robert A. Eldred, Dabrina D Dutcher and Thomas E. Gill (1997) Long-range transport of North African dust to the eastern United States, J. of Geophysical Res., Vol. 102, pp11225-11238.
- Kevin D Perry, Thomas A. Cahill, Russell C. Schnell and Joyce M. Harris (1999) Long-range transport of anthropogenic aerosols to the National Oceanic and Administration baseline station at Mauna Loa Observatory, Hawaii J. of Geophysical Res., Vol. 104 , pp18521-18533.