

PA57) 에어로졸-집속 레이저유도플라즈마 분광분석법을 이용한 대기중 Carbonaceous aerosol의 준실시간 분석

Semi-real Time Measurements of Carbonaceous Aerosols in Ambient Air by using the Aerosol Focusing-LIBS

김기백 · 광지현 · 박기홍

광주과학기술원 환경공학과 대기입자공학 연구실

1. 서 론

Carbonaceous aerosol은 크게 black carbon(BC)과 organic carbon(OC)으로 나뉘며(Penner, 1997) solar radiation을 흡수, 산란시키고 구름형성 응축핵의 수농도에 변화를 주어 결과적으로 지구 기후변화에 직/간접적인 영향을 미친다(Novakov and Penner, 1993). 이 밖에도 시정장애를 일으키며 인체에 유해한 영향을 주는 carbonaceous aerosol은 thermal-optical method를 이용하여 분석이 이루어지는데 이러한 기존의 분석 방법으로는 광산화물의 존재와 heating protocol, optical correction에 따라서 분석 결과가 영향을 받게 된다(Quincey et al., 2009). ICP-MS와 같은 기존의 비실시간 원소분석기의 경우 시료의 전처리 과정과 복잡한 실험절차가 필요함에 따라 고비용과 많은 시간이 소모되게 된다. 이와 같이 carbonaceous aerosol이 인체 및 지구 기후변화에 미치는 영향에도 불구하고 실제 지구 기후변화에 미치는 영향에 대한 정량적인 평가의 불확실성과(Hansen et al., 2000) 실험의 어려움 및 다양한 형태로 존재하는 organic compounds로 인하여 더욱 더 활발한 연구가 수행되어야 하는 과제를 안고 있다. 본 연구에서는 시료의 전처리 과정 없이 신속하게 multi-elemental analysis가 가능한 레이저유도 플라즈마 분광분석법(Laser Induced Breakdown Spectroscopy)을 이용하여(Harmon et al., 2006) carbonaceous aerosol의 주성분인 C, H, O의 시간별 temporal variation을 분석하였다.

2. 연구 방법

레이저 유도플라즈마 분광분석 시스템은 크게 레이저, delay generator, 스펙트로미터로 구성되어 있다. 대기 중의 에어로졸을 PM₁₀ inlet과 diffusion dryer를 차례로 통과한 뒤 에어로졸 챔버로 유도하여 포집하였다. 포집시간은 낮 동안에는 1시간으로 하였고 야간 및 새벽에는(22:00~08:00) 2시간으로 하였다. 대기입자 포집의 자동화를 위하여 collection substrate을 z-stage와 서보모터에 연결하여 제어 프로그램에 입력된 샘플링 시간에 따라 일정 거리를 수평방향으로 이동하며 aerosol sample이 포집되도록 하였다(그림 1). 본 연구에서는 90 mJ/pulse의 Q-switching된 펄스 Laser(Pulsed Nd : YAG, 1064 nm-wavelength, 7 ns-pulse width, 10 Hz-repetition rate, Continuum Inc., USA)를 excitation source로

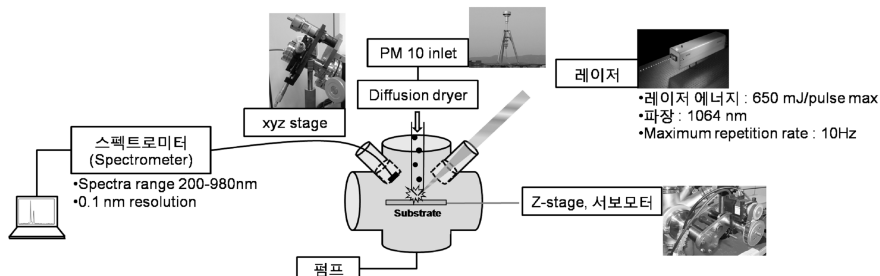


Fig. 1. Schematic of Aerosol Focusing-LIBS system equipped with z-stage and a servo motor for detection of atmospheric aerosols.

써 사용하였고 collection substrate에 포집 된 대기입자에 laser beam을 조사하여 플라즈마 상태로 유도해 여기 시킨 후 이온, 원자가 낮은 에너지 준위로 떨어질 때 발산하는 빛을 broadband spectrometer (LIBS+2000, Ocean Optics Inc., USA)를 이용하여 C, H, O의 스펙트럼을 분석하였다. 레이저 빔 입사각과 스펙트로미터와 연결된 fiber optic lens 간의 각도는 고정하고 xyz stage를 이용하여 fiber optic lens를 높은 LIBS intensity를 얻을 수 있도록 최적 위치로 이동하여 실험을 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

2009년 10월 10일부터 31일까지 LIBS를 이용하여 C, H, O 스펙트럼을 얻었고(그림 2) 시간별로 평균을 내어 그림 3에서 보이는 것과 같이 N peak area 값에 의해 normalization된 C/O 및 C/H peak area ratio의 diurnal variation을 구하였다. 추후 Lab-generated aerosol을 이용하여 C, H, O의 원소분석을 진행할 예정이다.

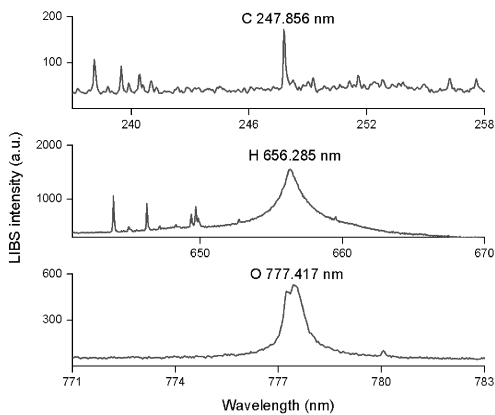


Fig. 2. LIBS spectrum of carbon, hydrogen and oxygen.

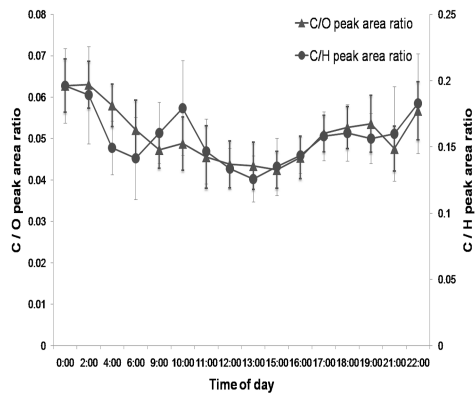


Fig. 3. Time series plots showing variation of LIBS signal relevant to C, H and O.

참고 문헌

- Hansen, J. et al. (2000) Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(18), 9875-9880.
- Harmon, R.S. et al. (2006) Laser-induced breakdown spectroscopy-An emerging chemical sensor technology for real-time field-portable, geochemical, mineralogical, and environmental applications. *Applied Geochemistry*, 21(5), 730-747.
- Novakov, T. and J.E. Penner. (1993) Large contribution of organic aerosols to cloud-condensation-nuclei concentrations. *Nature*, 365(6449), 823-826.
- Penner, J.E. (1997) Carbonaceous Aerosols Influencing Atmospheric Radiation: Black and Organic Carbon, Dahlen Conference Berlin, Germany.
- Quincey, P. et al. (2009) An evaluation of measurement methods for organic, elemental and black carbon in ambient air monitoring sites, *Atmospheric Environment*, 43(32), 5085-5091.