

1A3) 대기 중 중금속 입자의 실시간 분석을 위한 레이저 유도 플라즈마 분광 분석 장치의 개발

Development of Laser-induced Breakdown Spectroscopy for Detection of Metal Aerosols in Real Time

조강남 · 박지현 · 박기홍

광주과학기술원 환경공학과

1. 대기 중금속 입자의 실시간 분석

우리가 숨 쉬고 있는 대기 중에는 다양한 오염원들로 인한 많은 입자상 물질들이 존재한다. 이러한 대기 중 입자상 물질은 대기복사열평형, 구름형성 등에 영향을 미치며, 시정장애와 같은 표면적 문제를 일으키는 한편, 인체 유입에 의한 질병유발의 유해성을 가지고 있다. 이 중 가장 큰 문제점은 이렇게 오염된 대기를 통해 호흡해야 하는 국민 건강에 관련된 사항이라고 할 수 있는데, 한 순간도 숨을 쉬지 않고 살 수 없는 인간 특성과 시간에 따라 빠르게 변화하는 대기 중 입자상 물질의 특성을 고려할 때, 대기 오염에 대한 측정은 그 분석이 실시간으로 이루어 져야 할 필요성이 있다.

현재 우리나라의 대기 중 중금속에 대한 측정은 필터포집 후의 원자흡광광도법 등을 기초로 하고 있는데, 이는 필터포집과 해당 분석법에 의한 많은 측정오차의 가능성과 분석을 위한 시료 전처리, 고급의 분석 전문지식 등이 필요하며, 또한 24시간 포집한 후의 측정이라 할 수 있어 실시간 측정의 필요성에 충분히 부합하고 있지 못하다고 할 수 있다.

레이저 유도 플라즈마 분광분석(Laser Induced Breakdown Spectroscopy: LIBS)기술이 하나의 대안이 될 수 있다. LIBS란 레이저를 고·액·기체상의 시료에 조사하여, 시료성분을 포함한 마이크로 크기의 플라즈마를 형성시키고, 그로 인해 시료 중 여기된 원소들의 바닥상태로 환원되는 과정에서 발생하는 원소 고유 파장의 빛을 분석함으로써 그 시료의 원소성분을 측정하는 분석법이다. 이는 필터포집, 시료 전처리과정 등의 분석절차를 필요로 하지 않아 분석자의 작위 등에 의한 측정오차의 가능성을 줄이고 그 분석시간 또한 짧아, 실시간으로 대기 중의 중금속을 측정할 수 있다.

2. 레이저 유도 플라즈마 분광분석장치(LIBS)의 구성 및 성능평가

본 연구실에 개발한 LIBS 장치는 크게 세 부분으로 이루어져 있다. 시료의 플라즈마형성에 의한 전도 에너지원으로 사용되는 레이저(Continuum Inc. Surelite II-10, 1064nm, 10Hz)와 대기 중의 입자상 물질을 레이저로 형성시킨 마이크로플라즈마로 집속시켜 주는 inlet part, 그리고 플라즈마로부터 발생하는 200~980nm의 광대역의 빛을 분석하는 spectrometer(Ocean Optics. LIBS2000+)로 구성된다. 위 시스템의 특기할만한 사항은 광대역의 파장을 포괄하는 spectrometer를 이용함으로써 다원소의 동시분석이 가능한 점과, sheathed aerosol focusing nozzle(Cheng, 2003)과 aerodynamic focusing lens system(Wang and McMurry, 2006)의 두 가지 형식의 inlet을 도입할 수 있는 sampling chamber를 사용함으로써 마이크로입자는 물론 나노입자의 분석에도 적용할 수 있다는 것이다. 그림 1은 sheathed aerosol focusing nozzle이 적용된 sampling chamber를 포함하는 전체 시스템의 구성을 나타낸 것이다.

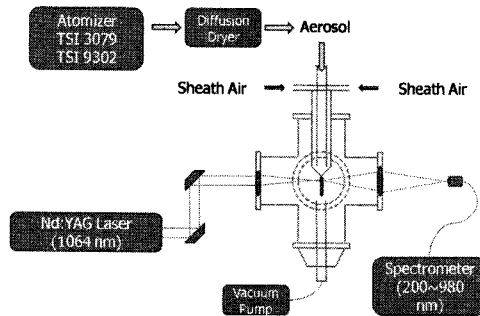


Fig. 1. Schematic of LIBS system with sheathed aerosol focusing nozzle.

3. LIBS 장치의 성능 평가 및 고찰

구성된 장치의 성능을 분석 성능을 평가하기 위하여 Dust feeder(SIBATA MF-2), VOAG (TSI 3450), atomizer(TSI 3079 및 TSI 9302) 등을 이용하여, SiC powder, NaCl, DOP, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , CdCl_2 등의 입자를 발생시켜 그 스펙트럼을 관찰하였다. 특히, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 용액의 경우, 그 Cu의 wt%를 달리하여, 농도에 따른 스펙트럼의 변화를 관찰하였다.

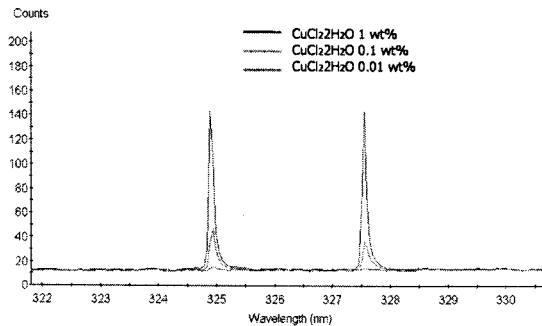


Fig. 2. Spectra of Cu(324.754nm, 347.396nm) from different Cu concentrations.

그림 2는 200mJ/pulse의 레이저를 사용하여, gate delay time 2 μ s의 조건에서 얻은 100회 평균 스펙트럼으로, 농도에 따른 Cu peak(324.754nm, 327.396nm)의 변화를 보여준다. 그 peak intensity와 peak area 값은 각 시료로부터 생성된 에어로졸의 기하평균 입경에 선형적으로 비례하는 것으로 나타났다. 하지만 이는 다분산 에어로졸로부터 얻은 결과로서, 단분산 에어로졸을 이용한 실험을 통해 좀 더 명확한 입자의 입경과 peak intensity 등과의 관계를 알아 볼 것이며, 추가적인 농도의 용액을 이용한 결과도 조사 될 것이다.

사 사

본 연구는 한국표준과학연구원의 연·학 협동연구사업과 과학기술부 특정기초연구(우수신진)사업의 일환으로 진행되었습니다.

참 고 문 헌

- Meng-Dawn Cheng (2003) Field measurement comparison of aerosol metals using aerosol beam focused laser-induced plasma spectrometer and reference methods, *Talanta*, 61, 127-137.
- Xiaoling Wang and Peter H. McMurry (2006) Instruction manual for the aerodynamic lens calculator, *Aerosol Science & Technology*, 40, 1-10.