

핵물질 계량 관리를 위한 레이저 분광 원소 분석 장치 특성연구

조운호, 하장호, 이상윤, 이태훈, 고원일, 송대용, 김호동, 정정환
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

현재 개발되어 적용되고 있는 핵물질 계량관리 기술들에는 크게 화학분석법, 비파괴적 측정법, 열량계법 등이 있다. 화학분석법은 공정 물질의 일부를 화학적으로 처리하여 방사성 원소를 제거한 후 ICP-MS, ID-MS 등의 고차 장비를 통해 민감 핵물질을 정량 분석하는 기법으로 가장 정확한 분석법으로 인정되고 있다. 그러나 이 기법은 고 방사선 환경에서는 용매 화학분석을 위한 전처리 과정이 복잡하고 시간이 많이 소요되며 spectrometer가 오염될 가능성이 있는 단점이 있다. 이러한 기존의 핵물질 측정 개념들은 차세대 사용후 핵연료 관리·이용 기술 개발에서의 핵물질 안전 조치에 적용하기에 부적합하며, 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 고 방사선, 고온 환경에서 적용 가능하고 측정 장비의 오염이 없으며 화학 분석법 정도의 정확도를 가질 수 있는 측정 기법의 개발이 필요하다. 이러한 요구 조건을 만족시킬 수 있는 새로운 측정 기법으로 레이저 유도 파열 분광(Laser Induced Breakdown Spectroscopy : LIBS)기술이 대안으로 제시되고 있다. LIBS기술은 레이저를 직접 시료에 조사하여 시료가 플라즈마 화학 상태의 스펙트럼을 측정하여 분광분석을 하는 기술로서, 시료의 전처리 단계가 필요 없어 실시간으로 분석이 가능하고, 분석을 위해서는 극소량의 시료만 필요하다. 또한 측정 장비를 간소화 하여 휴대와 이동이 가능한 제품으로 제작이 가능하기 때문에 물질 분석분야에 있어서 새로운 대안으로 떠오르고 있다.

본 실험에서 사용한 LIBS 시스템은 Big Sky 사의 Fiber Optic Launch Adapter available for the Ultra(FOLA) 시스템을 적용한 Ultra CFR series Nd:YAG laser를 사용하였고, 시료고정용 홀더, 수광렌즈, OceanOptics사의 HR2000 series의 Spectrometer 등을 사용하여 시스템을 구성하였다.

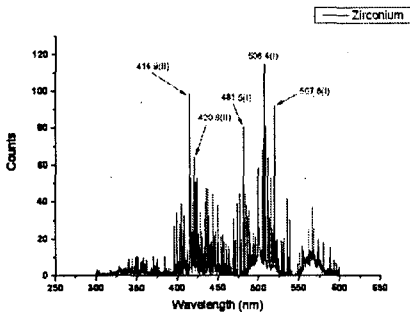


그림 1. Zirconium spectrum

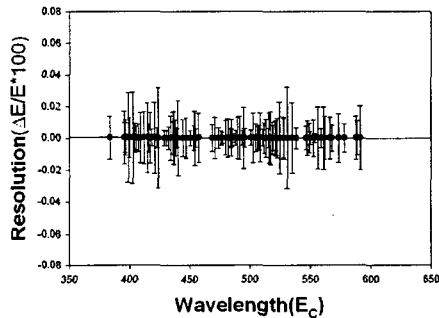


그림 2. Spectrometer의 분해능

그림 2.에 나타나 있는 분해능은 가장 많은 peak가 측정된 zirconium spectrum을 사용하여 분석하였고, 분해능의 오차가 4% 이내인 것을 확인하였다.

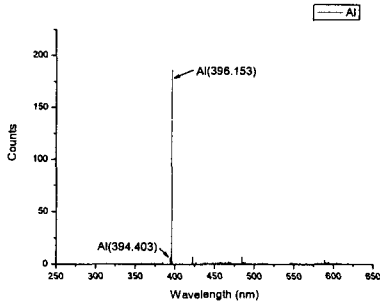


그림 3. Aluminum spectrum

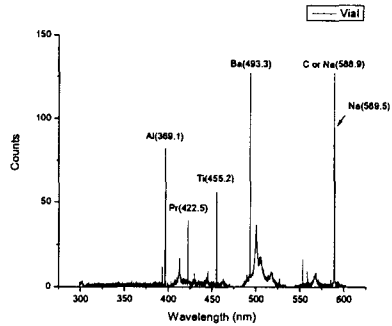


그림 4. Vial spectrum

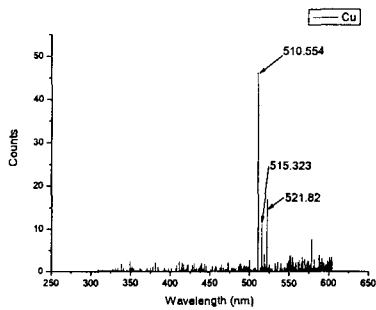


그림 5. Copper spectrum

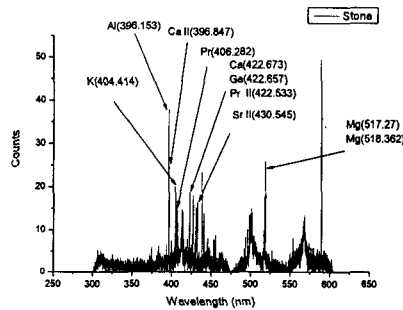


그림 6. 지층굴착 시료 spectrum

그림 3.과 그림 5.에 aluminum과 copper의 spectrum을 나타내었다. Copper 시편의 경우 진공용 부품으로 제작된 순도 99%의 제품을 사용하여 측정하였다. 위 그림에 표시된 대로 각각의 원소에 대한 peak가 정확하게 확인되었고, 이를 National Instituted of Standards and Technology(NIST)의 측정데이터와 비교하여 정확하게 일치하는 것을 확인하였다. 그림 4.는 vial의 유리벽을 LIBS 시스템을 사용하여 측정한 결과이다. 이는 유리의 성분과 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다. 그림 6.은 지층을 굴착하여 얻은 시편을 LIBS 시스템을 사용하여 측정한 결과이다. 이 시료에서 측정된 원소들은 우리나라의 토양에서 가장 많이 포함된 성분들과 일치하였다.

* 본 연구는 과학기술부 원자력중장기 과제의 지원으로 수행되었음.