

過酷事故炉を対象とした迅速遠隔分析技術開発-6

(4) アブレーション共鳴吸収分光法による同位体組成分析

Development of Quick and Remote Analysis for Severe Accident Reactor-6

(4) Isotope Analysis by Laser Ablation Absorption Spectrometry

*宮部 昌文¹, 大場 正規¹, 赤岡 克昭¹, 若井田 育夫¹¹原子力機構

過酷事故炉の廃炉で生じる様々な物質の遠隔核種分析のため、レーザーアブレーションと共鳴吸収を組み合わせた分析法を開発している。分析物として想定される原子炉構造材や核分裂生成物への適用性を探るため Hf や Sr の吸収信号を様々な実験条件で測定し、スペクトル線幅や核種選択性について検討した。

キーワード： レーザーアブレーション, 同位体分析, 核燃料物質, 半導体レーザー, 共鳴吸収分光

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉に伴い、超ウラン元素や核分裂生成物を含み、高い放射能を有する廃棄物の発生が予想される。この廃棄物には様々な α 核種が含まれ、同重体も多数混在することから、その核種組成分析に既存の放射化学的な手法や質量分析法を適用することは難しいと考えられる。また高い放射能のため、分析作業者の被曝低減も重要な課題となる。そのような分析物に対して、我々はレーザーアブレーション共鳴分光法による遠隔分析法を開発している[1]。これまでは核燃料物質自体に注目したが、混在する構造材料や核分裂生成物質が同様に検出できるかどうかや、観測に適した実験条件の違い等を確認することは重要である。本研究では、Hf や Sr のアブレーション共鳴吸収分光について報告する。

2. 実験の概要

図1に装置の概要を示す。Nd:YAG レーザー光(532nm, 8ns, 0.1GW/cm²)を、約 800Pa の He ガスを充填した真空容器に導入し、回転ステージ上の金属酸化物ペレットに垂直に照射した。発生したプルームには、波長安定化半導体レーザーのプローブ光を交差させ、透過光は、バンドパスフィルターを介して、フォトダイオードで検出した。プルームがプローブ光を横切る際に透過率がパルス的に減少する様子を観測するとともに、特定時刻の信号をボックスカー積分器で積算し波長掃引することで吸収スペクトルを測定した。

3. 実験結果

図2は線幅の狭くなる実験条件（アブレーションから 200 μ s 後）での、基底状態の Hf 原子の吸収スペクトルである。天然組成 35%の ¹⁸⁰Hf と 27%の ¹⁷⁸Hf の同位体シフトにより、吸収スペクトルは大きく2本に分裂していることが確認され、その線幅（約 700MHz）は核燃料物質でこれまでに得られた大きさに近いことが分かった。天然組成が 18%の ¹⁷⁷Hf と 14%の ¹⁷⁹Hf の吸収線は、核スピンによる超微細相互作用で広い波長範囲に分裂するため識別は困難であった。また Sr でも天然組成の大きい ⁸⁸Sr 以外の同位体によるピークの識別は困難であった。これらの結果から、線幅に対して同位体シフトの小さい元素で核種分析を行うには、ドップラー幅を抑えられる高分解能分光法の適用が必要となることが分かった。

本報告の一部は、JSPS 科研費補助金（課題番号 18H01922）による助成によって得られた成果です。

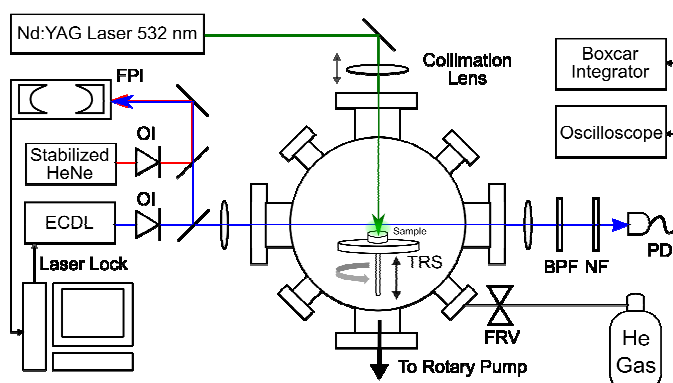


図1 典型的なアブレーション吸収分光装置の構成

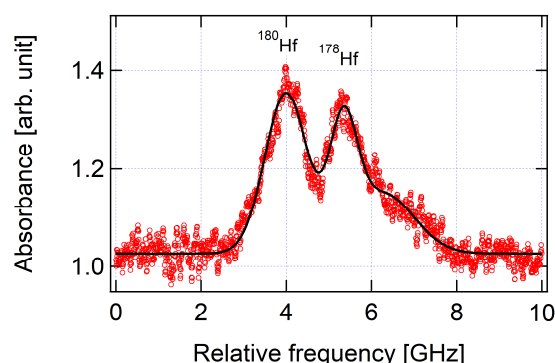


図2 ¹⁸⁰Hf と ¹⁷⁸Hf の吸収ピークのシフト

[1] M. Miyabe *et al* Spectrochimica Acta B **134** (2017) 42-51, Appl. Phys. A **112** (2013) 87-92

* Masabumi Miyabe¹, Masaki Oba¹, Katsuaki Akaoka¹ and Ikuo Wakaida¹

¹JAEA