レーザー共鳴イオン化を用いた迅速同位体分析法の開発

Development of Multi-isotope Analysis with Resonance Ionization Mass Spectrometry

*富田 英生[1]、加藤 弘太郎[1]、Volker Sonnenschein[1]、寺林 稜平[1]、井口 哲夫[1]、河合 利秀[2]、
趙 越[3]、森田 真人[3]、坂本 哲夫[3]、奥村 丈夫[2]、若井田 育夫[4]、宮部 昌文[4]、佐藤 志彦[4]
[1]名古屋大学，[2]日本中性子工学，[3]工学院大学，[4]日本原子力研究開発機構

レーザーによる元素選択的イオン化と質量分析を組み合わせたレーザー共鳴イオン化質量分析を用いた同位体分析の開発を念頭に、元素毎に異なる共鳴波長に短時間でチューニングすることができる回折格子型 Ti:Sapphire レーザーを用いて、共鳴イオン化の対象元素の迅速な切り替えを実現した。

キーワード：質量分析、レーザー、同位体分析、廃炉措置

1. はじめに 福島第一原子力発電所の廃炉作業などにおいて多種多様な放射性核種の分析が求められるが、従来の放射線計測では分析が困難な核種（長半減期放射性核種、純 α 線放出核種など）に対しては、核種の原子数を直接計数する質量分析やレーザー分光に基づく手法が有用である。質量分析により同位体分析を行う場合、質量スペクトル上の同重体干渉を防ぐために元素分離などが必要であるが、その由来や元素・核種組成が不明な物質・微粒子のような微量試料などに対しては、適切な化学的前処理を適用することが難しい。そこで、元素選択的な共鳴イオン化を用いて同位体分析における同重体干渉を抑制できるレーザー共鳴イオン化質量分析法の開発を進めている。本手法では、波長可変レーザーを共鳴波長に合わせることで単一の元素のイオンを生成するため、従来は複数の元素の同位体分析を迅速に実現することは困難であった。そこでこれまでに、元素毎に異なる共鳴波長に短時間でチューニングするため、高繰り返しで、連続波長掃引が可能な回折格子型 Ti:Sapphire レーザーを開発してきた[1]。本研究では、この波長可変光源を活用し、複数の共鳴イオン化対象元素に対する迅速な切り替え操作による質量分析への適用性を検証した。

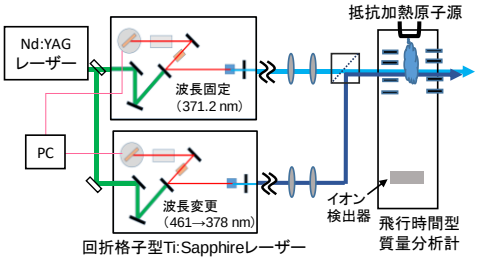

Fig.1 共鳴イオン化質量分析実験体系

2. 多種類の元素を対象としたレーザー共鳴イオン化質量分析

Ta 箔上に Sr, Ba, Zr を含む混合溶液を滴下・乾燥させた試料を抵抗加熱することで原子源とし、Sr と Ba に関しては 1 波長共鳴＋非共鳴電離、Zr に関しては共鳴＋共鳴電離による 2 波長共鳴電離法によりイオン化し、これらの元素について飛行時間型質量分析計で分析した（Fig.1 参照）。一方のレーザーの波長は 371.2 nm で固定のまま、1 段目の共鳴波長を約 150 s 毎に 460.862 nm（Sr 共鳴）→413.360 nm（Ba 共鳴）→378.247 nm（Zr 共鳴）と順次切り替えることで、Sr、Ba、Zr が混在した試料においても、各元素が順次独立に共鳴イオン化されることを確認した（Fig.2 参照）。今後、レーザー強度などの最適な共鳴電離条件の検討を行い、多種類の元素を対象とした同位体分析を実証する予定である。

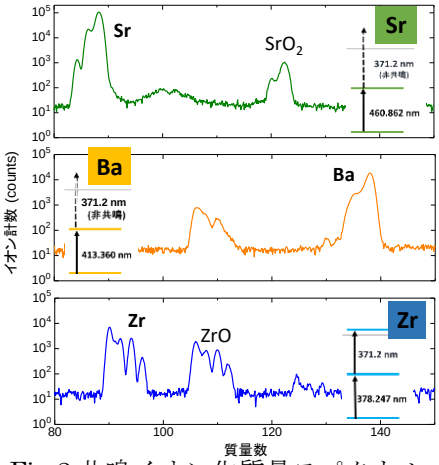

Fig.2 共鳴イオン化質量スペクトル

参考文献[1] H. Tomita, *et al.*, Progress in Nucl. Sci. Tech. **5**, 97-99, (2018).

謝辞 本研究の一部は、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラムの助成を受けて実施されました。

*Hideki Tomita[1], Kotaro Kato[1], Volker Sonnenschein[1], Ryohei Terabayashi[1], Tetsuo Iguchi[1], Toshihide Kawai[2], Yue Zhao[3], Masato Morita[3], Tetsuo Sakamoto[3], Takeo Okumura[2], Ikuo Wakaida[4], Masabumi Miyabe[4], and Yukihiko Satou[4]
[1]Nagoya Univ., [2]Japan Neutron Optics Inc., [3]Kogakuin Univ., [4]JAEA