2019年春の年会

総合講演・報告 1　東京大学弥生研究会 —原子・分子の分光分析技術とその応用—

レーザーの特長を利用した研究開発 Ⅲ

Research developments using excellent properties of Lasers III

(3) レーザー共鳴イオン化および吸収分光と用いた微量放射性核種分析法の開発

(3) Development of trace radioactive isotope analysis by resonance ionization and laser absorption spectroscopy

富田 英生[1]

[1]名古屋大学

1. はじめに

従来の放射線計測では分析が困難な核種（例えば、長半減期核種）に対しては、放出される放射線を計数するのではなく、対象核種の原子数を計数する手法で放射能を定量することが有用である。近年のレーザー光源やそれを用いた分光学的手法の進展に伴い、レーザーを用いた高感度放射性核種分析法が注目されている。名古屋大学ではこれまでに、レーザー共鳴イオン化とキャビティーリングダウン分光（Cavity Ring-Down spectroscopy: CRDS）に基づく分析法の開発を進めてきた。本発表では、これらの原理と微量放射性核種分析への適用例について報告する。

2. レーザー共鳴イオン化に基づく放射性核種分析

測定対象核種の原子をイオン化し、質量分析により同位体を分析する場合、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の複雑な化学的前処理が必要とされ、迅速な分析が制限される。そこで、元素選択的なイオン化が可能であるレーザー共鳴イオン化に基づく放射性核種分析法の開発を進めている。共鳴イオン化とは、単原子のエネルギー準位において、2つの準位間の差に相当する波長（共鳴波長）を持ったレーザーを照射することにより、共鳴的に対象原子を励起させ、イオン化を行う方法である（図 1 参照）。各元素の単原子のエネルギー準位は元素固有であることから、複数の共鳴遷移を経ることで、高い元素選択性を有するイオン化が実現できる。

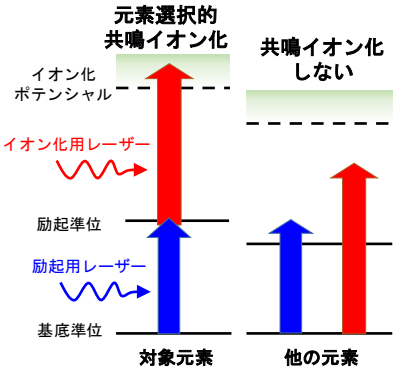

図 1 レーザー共鳴イオン化の原理

共鳴イオン化用レーザー光源として高繰り返し率チタンサファイアレーザーを開発し、集束イオンビームによる分析試料の微小領域スパッタリングで生成した2次中性原子の共鳴イオン化に適用することで、福島第一原子力発電所周辺で採取された放射性 Cs 含有微粒子中の放射性 Cs 同位体マイクロイメージングを実証した[1]。

3. キャビティーリングダウン分光に基づく放射性核種分析

光共振器内での多重反射を用いたレーザー吸収分光である CRDS は、超高感度な分光法として知られている（図 2 参照）。放射性炭素同位体 ^{14}C を対象に、高感度で簡便かつ迅速に分析が可能な CRDS に基づく ^{14}C 分析システムの開発を行っている。気体分子の振動・回転準位は、それを構成する同位体の種類（質量）により僅かに異なるため、^{14}C を含む CO_2（$^{14}CO_2$）による光吸収量を選択的に CRDS にて測定できれば、^{14}C の定量が可能である。中赤外量子カスケードレーザーを用いた CRDS プロトタイプシステムを開発し、その定量性を評価した。また、^{14}C をトレーサーとした動物における薬物動態試験に適用し、その有用性を実証した[2]。

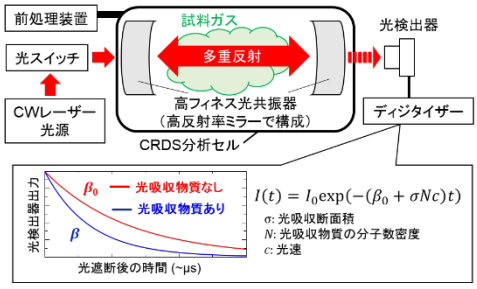

図 2　キャビティーリングダウン分光の原理

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、AMED 先端計測分析技術・機器開発プログラム, JSPS 科研費 18H03469, 中部電力原子力安全技術研究所 公募研究（一般）の支援を受けて実施されました。

参考文献　[1] T. Sakamoto *et al.*, Analytical Sci. **34**, 1265 (2018).　[2] V. Sonnenschein *et al.*, J. Appl. Phys. **124**, 033101 (2018).

*Hideki Tomita[1]

[1]Nagoya Univ.