放射性核種分析のための高分解能共鳴イオン化分光法の開発

Development of High resolution Resonance Ionization Spectroscopy

for trace radioactive isotopes

名古屋大学¹, 理化学研究所², ヨハネスグーテンベルク大学マインツ³, ユバスキュラ大学⁴ ⁰富田 英生^{1,2}, 高松 峻英¹, 古田 雄仁¹, 能任 琢真^{1,2}, クラウス ベント³, フォルカ ゾネンシャイン⁴, 中村 敦¹, 井口 哲夫¹, トビアス コロン³, 園田 哲², 和田 道治² Nagoya Univ.¹, RIKEN², Johannes Gutenberg-University Mainz³, University of Jyväskylä⁴, ^oHideki Tomita^{1, 2}, Takahide Takamatsu¹, Yujin Furuta¹, Takuma Noto^{1, 2}, Klaus Wendt³, Volker Sonennschein⁴, Atsushi Nakamura¹, Tetsuo Iguchi¹, Tobias Kron³, Tetsu Sonoda² and Michiharu Wada² E-mail: tomita@nagoya-u.jp

1. はじめに レーザー共鳴イオン化は、元素ごとに異なる固有のエネルギー準位に相当する波長のレ ーザーを照射することで対象元素を選択的に共鳴励起・イオン化する手法であり、長・短半減期放射 性核種の分光分析への応用が期待されている^[1]。共鳴イオン化用レーザー光源としては、高繰り返し率 かつ高光子密度で高安定なナノ秒 Ti:Sapphire(Ti:Sa)パルスレーザーが適しており、その適用が進められ ている。さらに、注入同期により Ti:Sa レーザーの発振線幅を狭帯域化^[2]すれば、エネルギー準位にお ける超微細分裂や同位体シフト(数 GHz 程度)を区別でき、特定の核種を選択的に励起・イオン化す ることができる。本研究では、レーザー共鳴イオン化を用いた微量放射性核種分析を念頭に、注入同 期 Ti:Sa レーザーと飛行時間型質量分析計を用いた基礎実験装置を構築し、Ti 安定同位体の高分解能共 鳴イオン化分光を行った。

2. Ti 安定同位体の高分解能共鳴イオン化分光 実験体系を Fig. 1 に示す。高分解能共鳴イオン化分光 を実現するために、外部共振器型半導体レーザー(ECDL)を用いて注入同期 Ti:Sa レーザーを構築し、 発振線幅をおよそ 20 MHz に狭帯域化した。Fig. 2 に用いた Ti 共鳴イオン化スキームを示す。 注入同期 Ti:Sa レーザーの第二高調波(SHG)を励起準位への励起(1段目)に、標準型Ti:Sa レーザー(発振線幅 数 GHz)の SHG を自動イオン化準位(A.I.)への共鳴イオン化(2段目)に用いた。ここで、これら2つ の Ti:Sa レーザーは繰り返し率 1 kHz の Nd:YAG レーザー(波長 532 nm)によって励起され、励起パ ワーを調整することで発振タイミングを同期した。飛行時間型質量分析計内に設置した Ti フィラメン トを抵抗加熱することによって得た Ti 原子に対し、2 つのレーザーを重ねあわせて照射し、共鳴励起・ イオン化した。生成されたイオンは加速電極により引き出され、自由飛行したのち、マイクロチャン ネルプレート (MCP) により検出された。MCP 出力はディジタイザーにより記録され、飛行時間毎の イオン計数を得た。このようにして測定された飛行時間スペクトルにより 5 つの Ti 安定同位体 (46.47,48.49.50Ti) が区別できた。46.47,48.49.50Tiの飛行時間に対応するイオン計数の注入同期 Ti:Sa レーザー (1段目)の発振周波数に対する依存性を Fig.3 に示す。スペクトル線幅約160 MHz の高分解能共鳴 イオン化分光スペクトルが得られ、レーザー波長による同位体選択的共鳴イオン化を実現できた。 3. まとめと今後の課題 注入同期 Ti:Sa レーザーと飛行時間型質量分析計を用いた基礎実験装置を構 築し、Ti 安定同位体の同位体選択的共鳴イオン化を実現した。今後、極微量放射性核種(⁹⁰Sr、⁹³mNb、

^{235/238}U など)の分析への応用を進めるとともに、短半減期核種の共鳴イオン化分光への適用を検討す る予定である。



謝辞 本研究は JSPS 科研費 若手(B)20760592、基盤(C)26420868の助成を受けたものです。 参考文献 [1] T. Takatsuka *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. B **317**, 586-589, (2013). [2] T. Kessler *et al.*, Laser Physics **18**, 842-849, (2008).