

レーザー加工により発生する微粒子の解析と核種同定手法の開発 (4)

(2) 高分解能遠隔核種分析法の開発

Analysis of particles generated by laser processing and development of their nuclide identification methodology (4)

(2) Development of high-resolution remote isotopic analysis

*宮部 昌文¹, 山田 知典^{1,2}, 柴田 卓弥¹, 伊藤 主悦¹, 大道 博行³, 長谷川 秀一⁴

¹原子力機構、²若狭湾エネルギー研究センター、³レーザー技術総合研究所、⁴東京大学

固体表面にパルスレーザー光を照射して生じるレーザープラズマに、波長可変レーザー光を吸収させることで共鳴蛍光を発生させ、その蛍光強度比から物質の核種組成を遠隔・非接触で測定する手法を開発している。従来の方法では室温程度のドップラー拡がりによって波長分解能が制限されていたが、2 波長 2 段階ドップラーフリー分光法を採用することで、同位体シフトの小さい核種分析が可能となった。

キーワード： 同位体分析、遠隔分析、レーザー誘起蛍光分光、ドップラーフリー分光

1. はじめに レーザーアブレーションは材料加工や物質創成、分析など、様々な分野でその応用が研究されている。福島の実験でも、強い放射能を有する燃料デブリ等の廃炉関連物質の遠隔分析に、アブレーションで生じる発光を分光するレーザー誘起ブレイクダウン分析法 (LIBS) の利用が望まれている。しかし、元素組成だけでなく核種組成の情報が必要とされる場合も多く、LIBS では十分な核種分解能が得られないことが問題となっている。そこで我々は、減圧ガス中で冷却させたレーザープラズマに、2 本の共鳴レーザー光を対向させて照射し、原子の 2 段階共鳴励起で生じる高励起状態からの共鳴蛍光を分光することで、アブレーション原子源に対する高分解能分光計測を試みた。

2. 実験 Nd:YAG レーザーの 2 倍高調波(532nm, 10Hz)を、真空チャンバー内の回転試料台に乗せたセメントの圧縮ペレットに垂直に照射してプラズマを発生させた。また Ca 原子の 2 段階励起に必要な $\lambda_1=422\text{nm}$ と $\lambda_2=732\text{nm}$ の連続発振光を 2 台の外部共振器半導体レーザーで発生させ、試料表面から約 2mm 上方でプラズマに照射して、Ca 原子の第 2 励起状態から生じる共鳴蛍光を直交方向から光電子増倍管で計測した。

3. 結果と考察 2 段目のレーザー波長を長波長側から連続的にスキャンし、 ^{40}Ca の蛍光ピークを通過した時点で、1 段目のレーザー波長を ^{42}Ca や ^{44}Ca の共鳴波長へと順次切替えることで、Ca 同位体の高分解能蛍光スペクトルを得た(図 1)。従来のアブレーション共鳴分光による Ca の線幅は約 2GHz であり、ドップラーフリー化によって、線幅を 10 分の 1 以下に狭帯化できることが示された。これにより、従来法では計測の難しかった同位体シフトの小さい核種[1]でも、遠隔核種分析の可能性が示された。

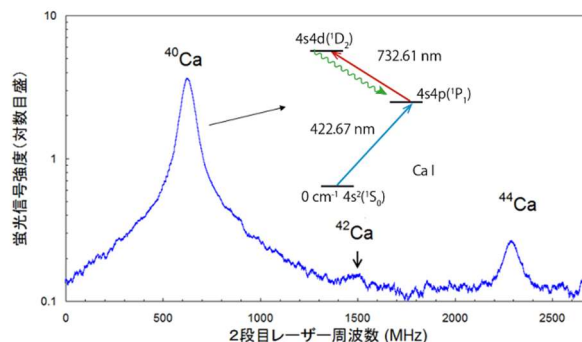


図 1 Ca 同位体の蛍光スペクトル

謝辞 本研究の一部は JAEA「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「レーザー加工により発生する微粒子の解析と核種同定手法の開発」(体系的番号 JPJA18B18072148)及び JSPS 科研費補助金(課題番号 18H01922)の助成によって得られた成果です。

[1] 宮部他 「アブレーション共鳴吸収分光法による同位体組成分析」日本原子力学会 2018.9.7 3J11 岡山大学

*Masabumi Miyabe¹, Tomonori Yamada^{1,2}, Takuya Shibata¹, Chikara Ito¹, Hiroyuki Daido³, Shuichi Hasegawa⁴

¹JAEA, ²The Wakasa Wan Energy Research Center, ³Institute for Laser Technology, ⁴The Univ. of Tokyo