レーザー切断時に生じる原子・微粒子のレーザー分光

Laser spectroscopy for atoms and fine particles generated during laser cutting

*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

廃炉ではレーザー切断技術の利用が期待されているが、切断時に発生するヒューム等による環境汚染が懸念されている。そこでヒューム中の原子や微粒子の生成機構やその特徴を明らかにし、その核種組成を迅速分析するため、レーザーアブレーションに伴う原子発光分光や、発生した微粒子を光フラグメンテーションにより原子化する実験を行なったので報告する。

キーワード： レーザーアブレーション、共鳴吸収分光、フラグメンテーション、微粒子、LIBS

1. はじめに レーザーアブレーションで発生する原子種は、アブレーション後、数 10 μs～数 ms の間に、分子やナノクラスター、微粒子へと成長し、消滅する。アブレーションからある程度時間が経過してから微粒子を分解して原子分光[1]が行えれば、レーザー切断等で生じるヒュームからオンライン分析が可能となるほか、アブレーションで生じる荷電粒子等の影響が減り、分析性能の向上も期待される。そこで、本研究では微粒子に強いパルスレーザー光を照射して再原子化（フラグメンテーション）する方法を用いて、微粒子由来の原子による吸収分光を試みた。また原子から微粒子への成長機構を調べるためにプルームの発光や吸収分光を行った。

2. 実験 Nd:YAG レーザーの 2 倍高調波(532nm, 10Hz)を、減圧 He 雰囲気のチャンバー内に設置した回転ステージ上のセメント圧縮ペレットに照射してプルームを発生させた。また Ca の基底状態原子を励起する 422.792nm の CW 光を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 上方でプルームに照射し、透過光を高速フォトダイオードで計測した。さらに、もう1台の Nd:YAG レーザーの 2 倍高調波を、他の 2 本のレーザーと直交させてプルームに照射して微粒子を再原子化した。2 つのパルス光の時間差はディレイパルサーによって調整した。

3. 結果と考察 半導体レーザーを ^{40}Ca の共鳴吸収波長に同調させ、透過光強度の時間変化をオシロスコープで観測した（図 1）。アブレーション後、数ミリ秒で原子の消滅に伴い透過光強度が回復する様子が観測された。さらに 50 ミリ秒後にフラグメンテーションレーザー光を、試料に当たらないよう注意しながらプルームに照射すると、図 1 のように再び原子吸収による透過光のパルス状の減衰が観測された。アブレーション光を遮断し、フラグメンテーション光のみを照射するとこの減衰パルスは消失することから、この信号が分解された微粒子由来の信号であることを確かめた。これにより、レーザー切断等で発生する微粒子の再原子化によるオンライン分析の可能性が示された。

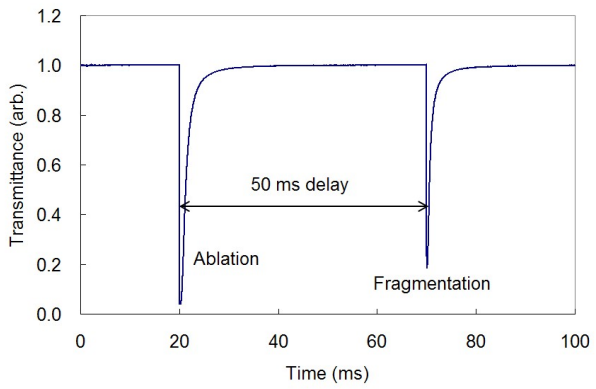

図 1 Ca 原子の吸収信号の時間変化

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）によって得られた成果です。

[1] 宮部他 「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」 日本原子力学会 2021.3.18 2J13 online

*Masabumi Miyabe[1], Tomonori Yamada[1,2], Takuya Shibata[1], Chikara Ito[1], Hiroyuki Daido[3], Shuichi Hasegawa[4]
[1,] JAEA, [2]The Wakasa Wan Energy Research Center, [3]Institute for Laser Technology, [4]The Univ. of Tokyo