

革新的分光画像解析による燃料デブリの可視化への挑戦と LIBS による検証

(3) 遠隔操作 LIBS による元素マッピング

Challenge for screening of nuclear fuel debris by innovative spectral imaging
and its verification by LIBS mapping

(3) Elemental mapping by remotely operated LIBS

*大場 弘則¹, Batsaikhan Munkhbat¹, 赤岡 克昭¹, 狩野 貴宏¹, 岩田 圭弘¹, 若井田 育夫¹,
坂口 知聡², 坂本 寛², 牟田 浩明³

¹原子力機構 (JAEA), ²NFD, ³大阪大学

1F 炉内物質の分析手法として、ハイパースペクトルイメージング (HSI) とレーザー誘起ブレイクダウン分光 (LIBS) を組み合わせることを提案し、それぞれの技術の適用性を検証している。今回はマイクロチップ LIBS 測定系を整備して模擬燃料デブリ試料の 2 次元元素分布計測を試みた結果を報告する。
キーワード: 燃料デブリ, LIBS, 2 次元元素分布, レーザー誘起音響波, 形状認識

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉措置における燃料デブリ取出しに向けた位置・性状把握のための手段の一つとして、ファイバーLIBS による遠隔その場分析が期待されている[1]。しかしながら、LIBS 技術において、対象物試料の元素分析を正しく行うためには、試料に対してパルスレーザー光を複数回照射して、プラズマ発光したときの信号強度を確認しながらレーザー光の焦点位置を調整する必要がある。そのため、焦点位置の調整の度に試料の表面が破壊されることや、本測定に至るまでの時間を要することなどが懸念される。今回、レーザー誘起音響波を利用して LIBS 焦点位置の最適化を行い、同時に試料の 2 次元元素分布測定を試みた結果を報告する。

LIBS 測定ではマイクロチップを適用したファイバー伝送方式とした[2]。測定体系の概略図を図 1 に示す。測定系は、発光分光分析が可能なマイクロチップ LIBS プロブ (L)、音響波センサ (M) から構成される。L から出射されたレーザー光が XYZ ステージ上の試料に照射され、レーザー照射により生じた音響波をコンデンサ型マイクロフォンにより取得し、オシロスコープ上に波形信号を表示させた。集光レンズから試料までの距離 (LTSD) に対して波形振幅およびプラズマ発光強度の関係を調べることで、焦点位置合わせを行う。分析に係る焦点位置合わせが完了した後に、パルスレーザーを試料に再照射し、生じたプラズマ発光を L 内でレーザー光と分離して分光分析することで、当該試料の元素組成が分析可能となる。なお、XY ステージにより試料を移動することで 2 次元元素分布が取得できる。

図 2 は試料に Al を使用し、縦軸左に M で取得した時間に対する音響波形 (振幅) を、縦軸右に波長 (Al(I):394 nm) に対する発光スペクトル強度を示している。それぞれに対して LTSD で表現した。M の音波振幅値は LTSD : 20mm または 21mm において、LIBS 強度もまた LTSD : 20mm または 21mm において値が高いという関係性にあり、分析に最適な LTSD がこの間にあることを指している。この結果に基づいて 2 次元元素分布測定を行った。講演では、模擬燃料デブリとして調製した Ce-Zr-Fe-Gd の多元素混合酸化物試料の測定結果や音響波を利用した表面形状認識について議論する。

参考文献

[1] M. Saeiki, *et al.*, J. Nucl. Sci. Technol. **51** (2014) 930,

[2] 大場ら, 日本原子力学会2023 年秋の大会, 1B14

本研究は、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA23F23830470 の成果の一部です。

*Hironori Ohba¹, Batsaikhan Munkhbat¹, Katsuaki Akaoka¹, Takahiro Karino¹, Yoshihiro Iwata¹, Ikuo Wakaida¹, Chisato Sakaguchi², Kan Sakamoto², Hiroaki Muta³, ¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ²NFD, ³Osaka Univ.

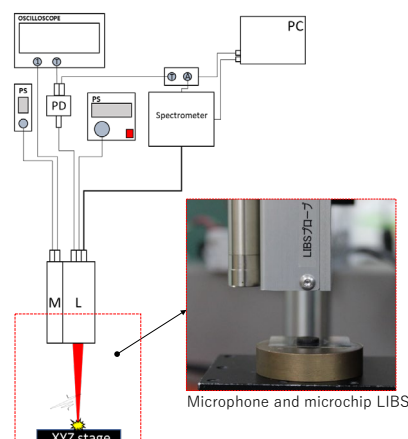


図1 測定体系の概略

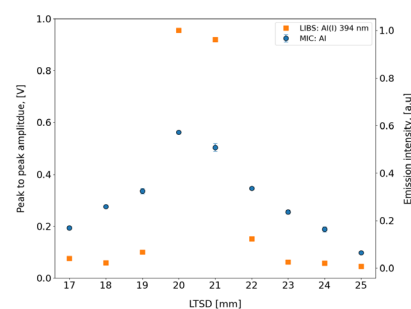


図2 音波振幅強度及び LIBS 強度と LTSD の関係