

過酷事故炉を対象とした迅速遠隔分析技術開発-4

(1) ファイバー伝送 LIBS による混合酸化物中 Gd の遠隔分析

Development of Quick and Remote Analysis for Severe Accident Reactor-4

(1) Remote Analysis of Gadolinium in Mixed Oxide by Fiber-Optic Probe LIBS

*大場 弘則^{1,2}, 田村 浩司^{1,2}, 佐伯 盛久^{1,2}, 松本 歩², 赤岡 克昭², 若井田 育夫²

¹ 量研機構, ² 原子力機構

燃料デブリを模擬した混合酸化物(Ce, Zr, Fe)中にガドリニウムを少量添加させてファイバーLIBSを行った。放射線環境下でも検出可能な候補波長を選定し、検出下限および定量性について検討した。

キーワード：廃炉措置，レーザー誘起ブレイクダウン分光，レーザーアブレーション，模擬燃料デブリ

1. 緒言

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、ファイバー伝送レーザー誘起ブレイクダウン分光（LIBS）による遠隔その場分析が期待されている[1]。燃料デブリの構成は核燃料物質、構造材および被覆管等が主であるが、中性子吸収材である酸化ガドリニウム(Gd_2O_3)も含まれており、燃料デブリ中の Gd 存在有無の情報は事故進展解析や臨界管理上非常に重要である。本研究では、燃料デブリを模擬した混合酸化物(Ce, Zr, Fe)中にガドリニウムを少量添加させて検出下限および定量性について調べた結果を報告する。

2. 実験方法

燃料デブリ試料の構成元素割合は、Ce(U 模擬): Fe: Zr = 60 %: 35 %: 5 %とし[2]、これら酸化物粉末に Gd_2O_3 粉末を 0~5 wt%混合させて圧縮成形後、1375 °Cで5時間焼成した。5 m 長ファイバーを有する LIBS 装置を用いて、波長 1064 nm、エネルギー10 mJ、スポット径 0.35 mm のレーザー光をターゲットに照射してプラズマを生成した。光ファイバーケーブルは強い放射線環境下では紫外可視波長領域の光透過量が大幅に減少するが、放射線の影響を受けながらも光を透過する波長域（430~540 nm）が存在する。この波長域に着目し、EMCCD 付き高波長分解能エシエル型分光器を用いてレーザー照射から 1.0 μ s 後の発光スペクトルを測定した。

3. 結果および考察

定性分析の結果、5 wt% Gd_2O_3 において、690 nm よりも長波長側では Gd 発光線は観測できなかったが、500 nm 近傍では他の元素発光線との干渉の無い識別可能な3本の Gd I 発光線(476.7, 501.5, 510.3 nm)が確認できた。これらの波長では 0.1 wt%の Gd_2O_3 も検出可能であった。4つの元素の互いの上位準位が近い波長において Ce I(474.5, 516.4 nm)を選定し、定量性評価として Gd I と Ce I のピーク強度比と Gd 濃度の関係を調べた。その結果、Fig. 1 に示すように、相関係数 $R^2 > 0.99$ となり優れた直線性が得られることがわかった。また、この強度比では 0.04 %の検出下限が得られ、遠隔その場分析におけるファイバーLIBS の有用性が示された。

参考文献

[1] M. Saeki, et al., J. Nucl. Sci. Technol. **51** (2014) 930. [2] T. Nagatani, et al., INMM57, (2016)

* Hironori Ohba^{1,2}, Koji Tamura^{1,2}, Morihisa Saeki^{1,2}, Ayumu Matsumoto², Katsuaki Akaoka² and Ikuo Wakaida² ¹QST, ²JAEA

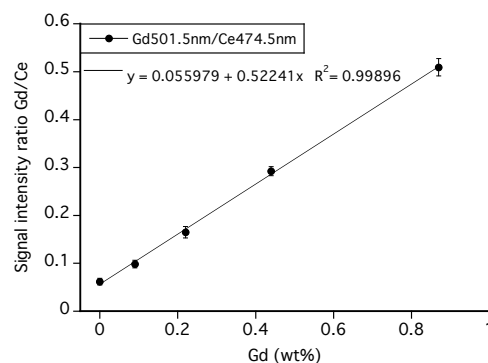


Fig.1 Calibration curve using intensity ratio of gadolinium and cerium.