

過酷事故炉を対象とした迅速遠隔分析技術開発-2

4. 最小二乗法を用いた LIBS スペクトルの推定

Development of Quick and Remote Analysis for Severe Accident Reactor-2

4. Estimation of LIBS spectra using the least-square method

*赤岡克昭、大場正規、宮部昌文、若井田育夫

日本原子力研究開発機構

レーザー誘起ブレイクダウン発光分光法 (LIBS) により取得した Zr/Fe と Zr/U の混合物スペクトルを「最小二乗法を用いたスペクトル解析法」により評価し、未知の組合せのである Fe/U 混合物スペクトルを推定した。実測値と良い一致を示すことから、混合物スペクトルを推定できる可能性があることが示された。

キーワード: レーザー誘起ブレイクダウン発光分光、最小二乗法、LIBS、燃料デブリ、ウラン

1. 緒言

レーザー誘起ブレイクダウン発光分光 (LIBS) による定量分析では、スペクトルの同定や解析に多くの労力を要する。更に、福島第一で発生した燃料デブリには核燃料物質以外に FP や構造材等、多くの種類の元素が含有される。それら全てを LIBS で分析するためには莫大な数の組合せの混合物データが必要になる。そこで、専門性の高いスペクトルの同定や解析を要しない手法として導入した「最小二乗法を用いたスペクトル解析法」を用いて、測定されていない未知の元素の混合物スペクトルの推定を試みた。

2. 解析手法

測定されたスペクトルの強度 I を波長 λ の関数とし、混合物の測定スペクトルの強度を $I(\lambda)$ 、元素 m の測定スペクトルの強度を $i(m, \lambda)$ とする時、測定スペクトルの強度はこれらの元素スペクトルの線形の重ねあわせと仮定すれば、 $I(\lambda)$ は、その線形係数 $a(m)$ と $b(m)$ とすると以下のように表される。

$$I(\lambda) = \sum_m (a(m) \cdot i(m, \lambda) + b(m))$$

この線形連立方程式を最小二乗法により解くことにより、混合物のスペクトルを再現する線形係数を得ることができる。

3. 結果

単体元素の測定スペクトルを用いて、Zr/Fe 混合元素と Zr/U 混合元素の測定スペクトルの質量比に対する線形係数を、最小二乗法により機械的に求め、Fe/U 混合元素のスペクトルを推定し、実測結果と比較した。その結果、右図に

示すように両者はよく一致し、スペクトルの推定が妥当であることが分かった。この結果から、詳細な測定が比較的困難な U に対する各元素のスペクトルを直接準備することなく、例えば、Zr との混合物を測定することにより、U との混合物のスペクトルを推定できる可能性のあることが示された。

本報告は、文部科学省の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委託業務「先進的光計測技術を駆使した炉内デブリ組成遠隔その場分析法の高度化研究」の成果を含みます。

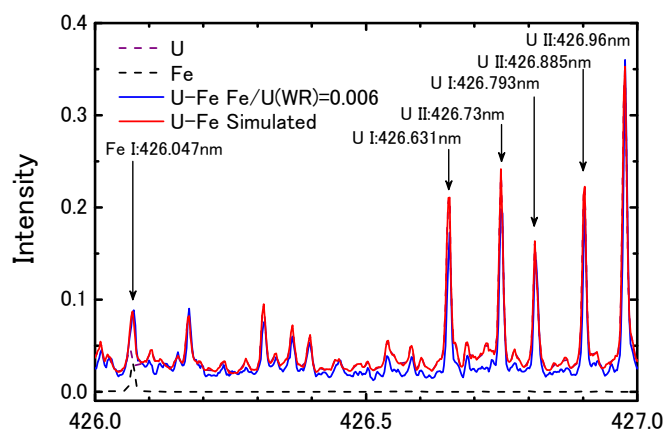


Fig. 1 Simulated spectra of Fe/U

*Katsuaki Akaoka, Masaki Ohba, Masabumi Miyabe, and Ikuo Wakaida