

過酷事故炉を対象とした迅速遠隔分析技術開発 (5) 最小二乗法を用いたスペクトル解析技術

Development of Quick and Remote Analysis for Severe Accident Reactor

(5) Analysis of 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

レーザーブレイクダウン発光分光法 (LIBS) で取得したスペクトル解析法として、スペクトルを固有スペクトルの線形和で最小二乗近似する手法を導入し、その線形係数から組成成分の定量化を試みた。その結果、個別のスペクトル解析を要することなく、得られた線形係数から直線性の高い検量線が得られること、未知濃度のスペクトル推定も可能であることを明らかにした。

キーワード: レーザー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、プルトニウム

1. 緒言

レーザーブレイクダウン発光分光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、過酷事故炉で発生した燃料デブリ等の分析では核燃料物質や核分裂生成物の他に、鉄やジルコニウム等の構造材が含まれることから、より複雑な解析が求められる。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「最小二乗法を用いたスペクトル解析法」を導入し、解析を試みた。

2. 解析方法

測定されたスペクトルの強度 I を波長 λ の関数として考え、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。更に、この線形係数の比から検量線を作成することが可能である。

3. 結果

Pu と U の混合物に対して上の「最小二乗法によるスペクトル解析」を適用した結果、Fig.1 に示すように再現されたスペクトルは測定スペクトルと良く一致することが判った。また、Fig.2 に示す線形係数の比から得た検量線は R^2 が 0.999 以上の非常に良い直線性を示した。以上のことから「最小二乗法を用いたスペクトル解析法」は LIBS による定量分析を簡便化できる可能性があることが判った。

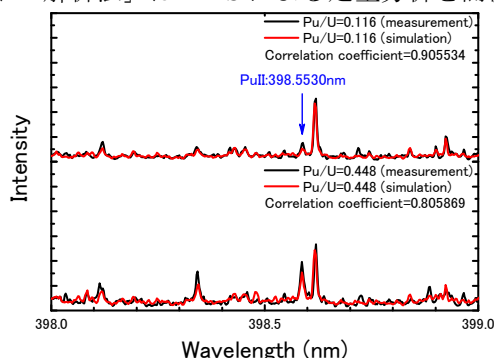


Fig.1 Measured and simulated spectra.

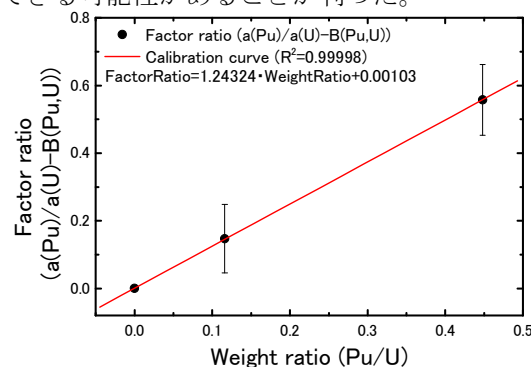


Fig.2 Calibration curve for simulated spectra.

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