

過酷事故炉を対象とした迅速遠隔分析技術開発

(1) レーザーを用いた迅速遠隔分析技術

Development of Quick and Remote Analysis for Severe Accident Reactor

(1) Laser remote analysis under severe environment

*若井田 育夫¹, 大場 弘則¹, 赤岡 克昭¹, 大場 正規¹,
ルアス アレクサンドル¹, 佐伯 盛久¹, 宮部 昌文¹, 池田 裕二², 作花 哲夫³

¹原子力機構, ²イマジニアリング(株), ³京都大学

廃止措置に求められる基盤技術として、光ファイバを組み合わせたレーザー誘起ブレイクダウン発光分光法(LIBS)による炉内デブリ・不明物等の元素その場遠隔・迅速分析手法や溶存元素の迅速分析手法の開発を実施している。また、文科省科学技術試験研究委託事業により、光ファイバ利用 LIBS 計測の高度化研究を開始した。

キーワード：福島第一原子力発電所、デブリ分析、廃止措置、レーザー誘起ブレイクダウン分光、その場遠隔・迅速分析

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃止措置においては、損傷炉内外の高放射線、水中又は高湿度、狭隘という過酷な環境条件下で燃料デブリや不明物などを遠隔・その場で簡便に分析する手法の開発が求められている。高い放射線環境下では、ICを多用した精密電子機器は動作が困難であり、電気信号に代わって光信号を用いた観察プローブの開発が求められることから、LIBSを中心としたレーザーモニタリング分析手法の開発を実施している。ここでは、その一連の取り組みと、最近の成果について報告する。

2. 研究開発の概要

2-1) 光ファイバを活用した LIBS 計測プローブ

耐放射線性光ファイバを活用し、レーザー光及びプラズマ発光を同一のファイバに通す簡便な分析機構を構築した。線量率 10kGy/h、積算線量 数 MGy の環境に光ファイバを通し、水中ではガスバブルを利用することで LIBS 計測が可能であることを確認した。強い放射線によるプラズマ発光への影響についても調べている。廃炉作業では、炉内外の表面付着物(汚染)にも関心が高まっていることから、表面付着物試料による分析感度の簡易評価も試みた結果、100 μ Sv/h オーダーが検出できる可能性があることも示唆された。

2-2) マイクロ波支援 LIBS

核燃料物質を明確に分離検出するためには、波長分解能が 1/50,000 以上の高分解能分光器が必要となり、検出効率の低下が問題となる。そこで、レーザー入射に加えて外部エネルギーとしてマイクロ波を入射し、発光信号の増強特性を取得した。マイクロ波の遠隔伝送が可能な範囲で本手法の有効性が示された。

2-3) LIBS の溶液試料への直接適用

溶存液体試料への LIBS 法の直接適用は、感度、再現性の問題から活用が不十分であった。溶液試料を液体薄膜化して LIBS 計測に適用し、Zr 水溶液への計測を試みた。重元素でも成分検出の可能性が示唆されたことから、最適観測条件の探索と多数元素が混入した複雑系溶液へ適用を図っていく。

2-4) スペクトル解析技術

LIBS 分析では、得られたスペクトルから対象の組成を評価する手法の確立も重要である。各構成元素のスペクトルデータを取得するとともにこれに関連化し、これらの重ね合わせから混合物のスペクトル全体を推測評価して実験値と比較し、重ね合わせ係数から存在比を評価する手法を検討した。この手法では、元素固有のスペクトル評価を必要とせず、観測・評価者の個性も排除できることから、導入意義が高い。

2-5) 文科省廃炉加速化プログラム「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高度化研究」

光ファイバ LIBS でのレーザー照射エネルギーの拡大を図るため、ロングパルスレーザー(約 100ns)を活用し、発光強度の増大を狙う。外部エネルギーとしてマイクロ波を活用したプローブ設計を進めるとともに、バブルを利用した水中 LIBS プローブでは原理的に計測不可能な液体懸濁微粒子の分析の可能性について検討する。

本報告は、文部科学省原子力基礎基盤戦略研究廃炉加速化研究プログラムにより実施した平成 27 年度「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高度化研究」の内容を含みます。

*Ikuo Wakaida¹, Hironori Ohba¹, Katsuaki Akaoka¹, Masaki Ohba¹, Alexandre Ruas¹, Morihisa Saeki¹, Masabumi Miyabe¹, Yuji Ikeda², and Tetsuo Sakka³,

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Imagineering Inc., ³Kyoto Univ.