

福島第一原子力発電所廃炉作業に向けた光による遠隔分析へのチャレンジ

Challenge of In-situ, On-site Laser Remote Analysis

for Decommissioning of “Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”

原子力機構 CLADS¹, 量研機構², 分子研³, 日本核燃料開発⁴, アイラボ⁵

○若井田育夫¹, 大場弘則^{1,2}, 赤岡克昭¹, 狩野貴宏¹, 中西隆造², 平等拓範³, 坂本寛⁴, 池田裕二⁵

CLADS/JAEA¹, QST², IMS³, NFD⁴, i-Lab⁵

Ikuo Wakaida¹, Hironori Ohba^{1,2}, Katsuaki Akaoka¹, Takahiro Karino¹,

Ryuzo Nakanishi², Takunori Taira³, Kan Sakamoto⁴, Yuji Ikeda⁵

E-mail: wakaida.ikuo@jaea.go.jp

【はじめに】

炉心溶融事故を起こした福島第一原子力発電所（1F）の廃炉では、溶け落ちた燃料棒と構造物が溶融一体化した燃料デブリの取り出しが必須となっており、狭隘で極めて高い放射線環境において燃料デブリや大量の放射性廃棄物の迅速な分析手段が求められている。レーザー誘起ブレイクダウン分光法（LIBS）は、非接触・その場・迅速分析が可能な手法の一つであり、光ファイバーによる伝送を組み合わせることで（図1）、遠隔その場分析を可能とする技術として耐放射線性等を含む基礎的な性能実証を重ねてきた。本報告では、1Fへの適用を目指した技術開発の現状と、1F現場での試験的活用例（図3）について紹介する。

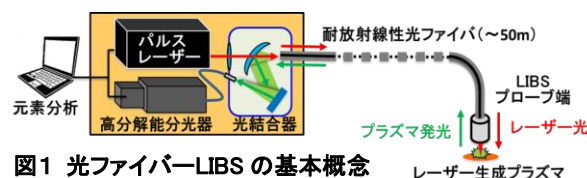


図1 光ファイバーLIBSの基本概念

【取り組み例】

高線量率環境での利用を前提に、耐放射線性光ファイバーを利用した可搬型 LIBS 装置を開発し^[1] 光ファイバー長さ 50 m、線量率 10 kG/h、積算線量数 MG y の耐放射線性を有すること、線量率 0 ～ 10 kGy/h の環境でも検量線に変化がなく、原理的に LIBS 法自体が放射線の影響を受けにくいことを実証した^[2]。LIBS プローブのみをホットセルに導入することにより（図2）、高い線量率を有する使用済み燃料を対象とした試験においても、組成分析が可能であることも実証している。

また、より長尺化を図るため、超小型レーザーであるマイクロチップレーザーをプローブ先端に配したマイクロチップレーザーLIBSを導入し、Nd:YAG 結晶を用いた場合に耐放射線性が保持できること、100 m の光ファイバーでも分析特性に影響がないことを確かめた。超遠隔分析を実現する現実的な手法の一つであると考えられる。さらに、レーザー生成プラズマにマイクロ波（2.45 GHz）を重畳すること



図2 使用済み燃料での試験

で、寿命の短いレーザー誘起プラズマを一定時間維持することを可能とし、時間積分スペクトル強度を数十倍に倍増できる可能性があることを示した。S/N 改善はもとより、超高分解能分光器と組み合わせることで、ウラン同位体比の遠隔その場確認の手段としての応用も期待される。



図3 1F現場での試験的適用の様子

[1] Morihisa Saeki, et.al, J. Nucl. Sci. Technol. 2014, 51, 930–938

[2] Ryuzo Nakanishi, et. al., Appl. Sci. 2020, 10, 8985

本報告には、経済産業省資源エネルギー庁「令和3年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発（燃料デブリの分析精度の向上、熱挙動の推定及び簡易分析のための技術開発）」および文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 JPJA20P20337946 の成果の一部が含まれます。