## 1-12 レーザー分光法により炉内水没固体を検知する



図1-25 可搬型ファイバ伝送 LIBS 装置試作機 レーザー, 光ファイバ, LIBS プローブ, 分光器から構成されます。 大きさ 1.2 × 1.5 × 0.5 m, 重量約 120 kg で、自由に移動でき るようコンパクトに設計しました。

東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故後の1F 廃 炉作業において、その炉内状況を調べることは最重要課 題のひとつです。原子炉内では、溶融落下した燃料デブ リが水中に沈んでおり、その位置や成分等の情報が廃炉 措置を進めるうえで不可欠です。しかし、原子炉近傍は 高放射線環境下にあり、またその内部には付帯設備のパ イプライン等があり多くの狭隘部があるため、限られた 空間で遠隔操作により炉内観察できる技術が必要です。

そこで私たちは、このような炉内観察技術として、光 ファイバ伝送システムを組み込んだレーザー誘起ブレー クダウン分光(LIBS)技術を提案しています。LIBS とは、強力なパルスレーザーで測定対象物を蒸発させ発 生したプラズマの発光スペクトルを分光することにより 元素分析を行う手法です。図1-25は製作した可搬型光 ファイバ伝送LIBS装置試作機の外観で、ナノ秒パル スレーザー、レーザー伝送用光ファイバ、LIBSプロー ブ(分析試料にレーザー光を集光し、発生させたプラズ マ発光を光ファイバへ導入するための光学系),分光器 から構成されています。特に、燃料デブリに接近する光 ファイバ及びLIBSプローブには放射線耐性の高い材 料を使用しており、実使用においては、高放射線量環



図1-26 開発した水中LIBS プローブ
(a) ガスフロー水中LIBS プローブ集光ヘッドの使用例です。
(b) 異なる環境下(大気中/水中/ガスフロー中)における
LIBS プローブのジルカロイの発光スペクトルです。

境下でもこれらの光学特性が変化しないことが要求されま す。そこで、高崎量子応用研究所のガンマ線照射施設にお いて光ファイバの放射線耐性試験を行い、毎時750 Gy のコバルト 60 からの y 線照射環境下に 2180 時間(総 線量 1.6 MGy)放置しても、レーザー光照射及び発光 観測に使用する赤外線領域(730~1100 nm)では光 学特性がほとんど変化しないことを確認しました。

一方、水中に沈んでいると予想される燃料デブリを LIBS 分析するためには、耐放射線仕様に加え、特別な 工夫が必要です。それは、水中では発生させたプラズマ がすぐに冷却されるので、発光観測が難しいからです。そ こで、私たちは LIBS プローブの先端部からガスを噴出 して水中で擬大気環境を作り上げ(図1-26(a))、大気中 と同じ条件で元素分析できるようにしました。図1-26(b) は試料にジルカロイを用いた時の観測例です。

今後、放射線計測技術及びイメージファイバによる観 察技術(大洗研究開発センター及び量子ビーム応用研究 センターで開発中)と核燃料物質の発光スペクトルデー タ(原子力基礎工学研究センターで取得中)と組み合わ せ、原子炉内での燃料デブリのその場観察・分析が可能 な技術に仕上げていく予定です。

## ●参考文献

Saeki, M. et al., Development of a Fiber-Coupled Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Instrument for Analysis of Underwater Debris in a Nuclear Reactor Core, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.51, issues 7-8, 2014, p.930-938.