

課題名	次世代燃料の遠隔分析技術開発と MOX 燃料による実証的研究			
参画機関	イマジニアリング (株)、京都大学、福井大学			
事業規模	期間	平成 22～25 年度	総額	281 百万円

### 【研究代表者】

若井田 育夫 日本原子力研究開発機構 研究主席  
(原子力基礎工学研究部門)



### 【研究概要】

次世代の核燃料物は、再処理工程を簡略化して放射性物質の除去率を下げたり、半減期が極めて長い放射性物質を炉内で短寿命化し、超長期にわたる環境負荷の低減を図ったり、核分裂性資源を有効に利用し、かつ取り扱いの困難性から核不拡散性も高い、といった特長からその導入が期待されています。しかし、燃料製品の分析については、これまでにない困難性があり、特に核保有国ではない我が国においては、核物質利用の透明性の証明が重要なことから、安全で迅速な分析手法の確立が新燃料導入の鍵となっています。

そこで私達は、レーザー光をプローブとした光学的な手法により、核燃料物質に非接触で、化学的な処理を一切要しない直接、迅速な元素組成、同位体組成分析手法の確立を図り、未照射 MOX 燃料（ウラン・プルトニウム酸化物燃料）でその性能を実証しました。元素組成の分析では、パルスレーザー光を集光照射して生成されるプラズマ発光からウラン中のプルトニウム量を、同位体の分析では、パルスレーザー光照射により生成される原子状蒸気に波長可変半導体レーザー光を入射し、同位体による吸収波長の差を利用してウラン同位体やプルトニウム同位体の分析に成功しました。

### 【その後の取り組み】

東日本大震災により、福島第一原子力発電所の原子炉は過酷事故に至りました。各種計測機器も容易に持ち込めない強い放射線の影響で、壊れた原子炉内だけでなくその周辺状況すら把握することが困難となっています。そこで私たちは、本研究で開発した「レーザー光により遠隔操作で核燃料物質の元素組成を分析する技術」を基本とし、レーザー光を 1 本の光ファイバーに通して炉内等に持って行き、素性の明らかでない物、事故炉内の核燃料物質や溶融生成物等を、取り出すことなくその場で分析する方法を提案して、関係各所と検討を始めています。また、この手法の高度化技術については、廃炉加速化プログラムでの研究開発に引き継いでいます。

光で問い合わせ、光で分析する  
遠隔・非接触・直接分析法の確立

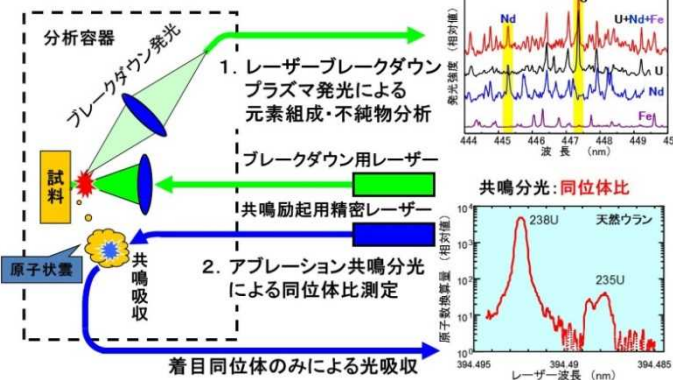


図1 分析方法の概念図

元素組成は、試料にレーザー光を集光照射してプラズマを生成し、プラズマからの原子発光から元素を分析します。

同位体は、レーザー光照射により生成される蒸気状原子に波長可変半導体レーザー光を入射し、その吸収量から同位体組成を評価します。どちらも試料に触れる必要はありません。



図2 レーザー遠隔分析専用グローブボックスの整備

図1に示した装置概念をグローブボックスに適用し、プルトニウムが取り扱えるよう改造整備しました。レーザー発振器や分光器等の計測機器は外部にあり、レーザー光は光学窓から内部に入れ、発光信号は光ファイバーを利用して外部に取り出します。

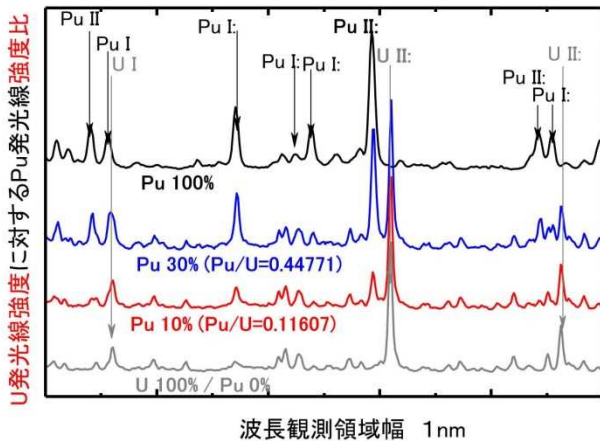


図3 ウラン中のプルトニウム分析例

ウラン中のプルトニウムを区別して観測できます。1000ppm オーダーのプルトニウムを計測時間5分間で検出できました。

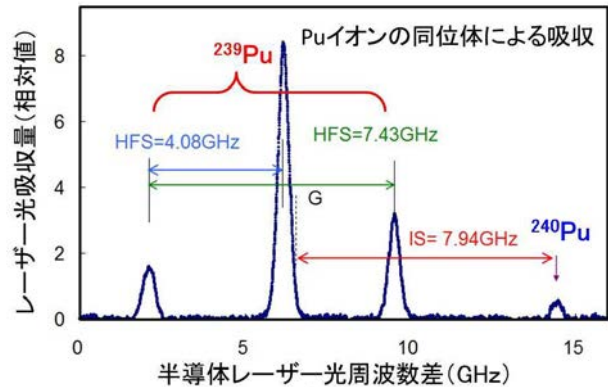


図4 ウラン中のプルトニウム同位体分析例

プルトニウム 240 の信号と3つのプルトニウム 239 の信号がウランと区別して観測されています。10ppm オーダーのプルトニウム同位体を計測時間5分間で検出できました。

【発表論文等】

代表的な特許、論文受賞など

1. M. Miyabe, M. Oba, H. Iimura, K. Akaoka, Y. Maruyama, H. Ohba, M. Tampo, I. Wakaida, "Laser ablation absorption spectroscopy for remote analysis of uranium", *Hyperfine Int.* 216, 71-77 (2013).
2. Ali Khumaeni, M. Tampo, K. Akaoka, M. Miyabe, I. Wakaida, "Enhancement of LIBS emission using antenna-coupled microwave", *Optics Express*. 21, 29755-68 (2013).
3. 赤岡 克昭、宮部昌文、音部治幹、若井田有夫, 「レーザー誘起ブレイクダウン分光の核燃料物質分析への適用」, *レーザー研究*, 42(12), p.918-922, (2014).