

令和 7 年 4 月 15 日
国立大学法人 三重大学
国立研究開発法人 海洋研究開発機構
学校法人帝塚山学園 帝塚山大学

NEWS RELEASE

福島第一原子力発電所の廃炉に向けて

放射性セシウムをレーザ援用によりその場で固定化

- レーザ援用によるその場固定化により、コンクリート中にセシウム（Cs）を閉じ込めてガラス体を形成することに成功しました。
- 固定化技術で達成されたセシウムの捕捉率は 99% で、従来法のプラズマ溶融における捕捉率である 57%を大幅に上回っています。
- セシウムが固定化されたコンクリートにおける、セシウムの規格化浸出率は 0.06～0.08g/m² で、ASTM インターナショナル※1 による閾値である 2g/m² を大幅に下回っています。

【概要】

三重大学大学院工学研究科の尾崎仁志助教、川上博士准教授、国立研究開発法人海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門の川人洋介上席研究員、森路子臨時研究補助員、中村強臨時研究補助員、堀宗朗部門長、(株)太平洋コンサルタントの柴田真仁氏、帝塚山大学の間瀬辰也教授、東電設計(株)の吉田洋之氏らは、レーザを援用したその場固定化により、コンクリート中にセシウム(Cs)を閉じ込めてガラス体を形成することに成功しました。本技術は、福島第一原子力発電所(1F)の廃炉を支援する優れた可能性を示しており、放射性環境下で放射性廃棄物を管理するための実行可能なその場技術を提供します。放射性物質の処理には、今後数十年かかるため、効率的に減容することが不可欠ですが、廃コンクリートの表面を高輝度レーザでガラス化し、熔融コンクリート内部の放射性物質をガラス体の中に固定化し、その後ガラス体とそれ以外を分離することで、画期的に効率的な減容が可能になります。本研究成果をまとめた論文がMaterials & Design(IF: 7.6)に掲載されました。

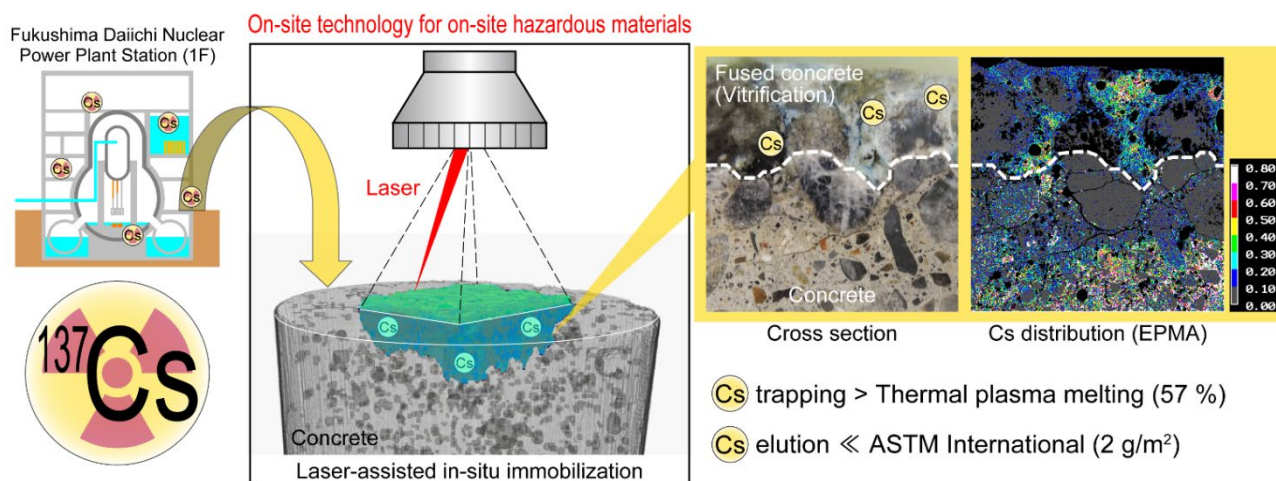


図 放射性セシウムをレーザー援用によりその場でコンクリート中に固定化する技術の概略

【背景】

1Fにおける事故は、放出された放射性物質によって引き起こされる環境問題の中で、今後も続く課題の一つです。1Fの廃炉措置は、依然として重大な環境問題であり続けています。2011年3月、三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生し、1Fプラントにいくつかの損傷が発生しました。この損傷により炉心溶融と水素爆発が発生し、大量の放射性廃棄物が発生しました。

2023年9月時点で、放射性廃棄物として保管されているコンクリートと瓦礫の総量は、表面線量率が0.1~1mSv/hのものが42,600m³、表面線量率が1~30mSv/hのものが16,400m³となっています。これらの量は、現在の保管容量の77%と95%に相当します。将来的には、建物の解体や燃料集合体から生じるコンクリート廃棄物と瓦礫の推定量は、低表面線量率(0.005~1mSv/h)のコンクリート廃棄物で約130,000m³、中表面線量率(>1mSv/h)の廃棄物で約60,000m³となっています。このすべての廃棄物を効果的に管理し、長期保管することが重要であり、効率的な減容の必要性が不可欠となっています。

【研究内容】

このプロセスの重要な目標は、放射性廃棄物の容量を減らすために¹³⁷Csを効果的に固定化することです。この技術は、コンクリートの表面に付着した放射性物質をガラスに埋め込むことで捕捉し、廃炉措置中にガラスだけを取り除くことを可能にします。本研究では、まず、1Fの原子炉建屋と同じ組成の¹³³Csを混ぜたコンクリートに高輝度レーザービームを照射してCsを固定化しました。次に、分布、移動、溶出の観点からCsの原位置固定化の特性を調査しました。

その結果、コンクリート中にCsを閉じ込めてガラス体を形成することに成功しました。X線回折(XRD)の結果、レーザー照射されたコンクリートはガラス化していることが示されました。電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)※2の測定結果から、Csは溶融コンクリートの内部において、骨材の分布に依存する不均一性を持っていることが示されました。Cs捕捉率の実験値は99%で、模擬低レベル雑固体廃棄物※3の従来のプラズマ溶融による捕捉率である57%よりも高い値が得られました。Csの浸出に関し、正規化された浸出率は0.06~0.08g/m²で、ASTM国際標準による閾値である2g/m²を下回りました。したがって、レーザー援用によるセシウムの場合固定化は、周辺のコンクリートを利用して1Fの廃炉を支援する優れた可能性を秘めています。

【今後の展望】

本研究では、その場のコンクリートを活用した1Fの廃炉措置を目的とした、放射性セシウムをレーザー援用によりその場で固定化するという新しい要素技術を、初めて提案しました。この要素技術は、プラズマ溶融法による場合やASTM国際標準の閾値と比較して、セシウムの捕捉・浸出という重要な点において優れた特性を発揮することが示されました。より現実的な条件での検討は必要ですが、画期的に効率的な減容を実現するだけでなく、2051年の廃炉措置完了に向けて環境汚染の拡大を抑止する新たな方法となります。今後は、放射性廃棄物管理におけるより広範な応用に向けてこの技術を最適化することに重点を置く必要があります。

【用語解説】

※1 ASTM国際標準(American Society for Testing and Materials International): 世界最大・民間・非営利の国際標準化・規格設定機関

※2 電子プローブマイクロアナライザー(Electron Probe Micro Analyzer): 真空中で細く絞られた電子線を固体試料表面に照射し、発生する特性X線を分析することで、元素の同定や定量値に関する知見を得る手法

※3 模擬低レベル雑固体廃棄物: 低レベル放射性廃棄物の発生状況を模擬した試料

【論文情報】

掲載誌: Materials & Design

掲載日: 2025 年 2 月 25 日

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113766>論文タイトル: *In-situ* immobilization technique for radioactive cesium using laser technology for Fukushima Daiichi decommissioning著者: 尾崎仁志¹、川人洋介^{2,3}、森路子²、柴田真仁⁴、中村強²、間瀬辰也⁵、吉田洋之⁶、川上博士^{1,2}、堀宗朗²

1. 三重大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. 大阪大学大学院工学研究科、4. (株)太平洋コンサルタント、5. 帝塚山大学、6. 東電設計(株)

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP24K01186 の助成を受けたものです。

<本件に関するお問合せ>

●研究に関すること

三重大学 大学院工学研究科 助教 尾崎仁志

TEL: 059-231-9373 E-mail: ozaki@mach.mie-u.ac.jp

国立研究開発法人海洋研究開発機構

付加価値情報創生部門 上席研究員 川人洋介

TEL: 045-778-5290 E-mail: ykawahito@jamstec.go.jp

●プレスリリースに関すること

三重大学 企画総務部総務チーム 広報・渉外室

TEL: 059-231-9794 FAX: 059-231-9000

E-mail: koho@ab.mie-u.ac.jp

国立研究開発法人海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部報道室

TEL: 045-778-5690 E-mail: press@jamstec.go.jp

帝塚山大学 入試広報課

Tel:0742-48-9149 FAX:0742-48-9021

E-mail:koho@jimmu.tezukayama-u.ac.jp(担当:鈴木)