

レーザーを用いたキャニスタ付着塩分計測技術の開発

—計測装置開発および使用済燃料貯蔵中を想定した付着塩分濃度計測—

キーワード：レーザー誘起ブレイクダウン分光法, 定量計測, 離隔計測,
使用済燃料, 塩化物濃度

報告書番号：H14004

背景

使用済燃料の中間貯蔵方式の一つとして、ステンレス鋼製キャニスタとコンクリート容器から構成されるコンクリートキャスク方式は米国で導入実績がある。本方式は自然換気によりキャニスタの除熱を行うため、沿岸部での立地を想定した場合、塩化物による応力腐食割れ (SCC) の発生に対する対策を考慮することが重要となる。当所では、離隔計測を特長とするレーザー誘起ブレイクダウン分光法 (LIBS)^{注1)}を用いて、SCC の発生環境条件^{注2)}の一つである付着塩分中の塩化物 (Cl) 濃度計測方法を開発してきた^[1-3]。一方、貯蔵中の実機での計測を想定した条件下では、コンクリートキャスク下部より冷却用の空気が流入することを考慮すると、コンクリート容器とキャニスタとの隙間においてキャニスタ上下方向の塩分の定量計測を遠隔で行う必要がある。

目的

キャニスタが貯蔵された状況を想定した狭隘空間での付着塩分計測を上下方向に行い、LIBSにより Cl の定量が可能であることを実験的に検証する。

主な成果

1. 貯蔵中の計測を想定した装置の開発と動作検証

コンクリート容器とキャニスタの隙間に機器を挿入して、塩分を計測することを想定した実験系を構築した。離隔計測が行えるように、計測感度の高い LIBS 装置の開発を行った。また、狭隘部挿入用機器の光学系において、レーザー光と受光の光軸が一致する設計を行い、挿入用機器とキャニスタ表面との間隔ずれに対して安定して計測が行えるように改良した。その結果、光路長に沿った離隔距離 5 m、隙間約 50 mm の条件で、隙間側面に設置した試験片の付着塩分を計測することが可能となった (図 1)。

2. 付着塩分の定量計測

模型の上下方向 660 mm の間に付着した塩分中の Cl 濃度が異なる試験片を設置し、計測機器を上下方向に移動させながらそれぞれの試験片より発光スペクトルを計測した。Cl 濃度 0 ~ 100 mg/m² の範囲では、塩素と酸素の発光強度比より算定した値がイオンクロマトグラフィにより求めた値とおおむね一致した (図 2)。

以上より、LIBS を用いた本方式により、キャニスタが貯蔵された状況において、キャニスタ表面の Cl を定量かつ離隔計測できる可能性を示した。

¹ パルスレーザー光を計測対象物に照射し、その際に生じるプラズマを分光計測することにより対象物に含まれる各元素の濃度を計測する方法。

² 例えば、800 mg/m²以上の条件で SUS304L 表面にて SCC が発生することが報告されている。(K. Shirai, et al, Proceedings of PSAM 11 & ESREL, 2012, 16BS-We2-3)

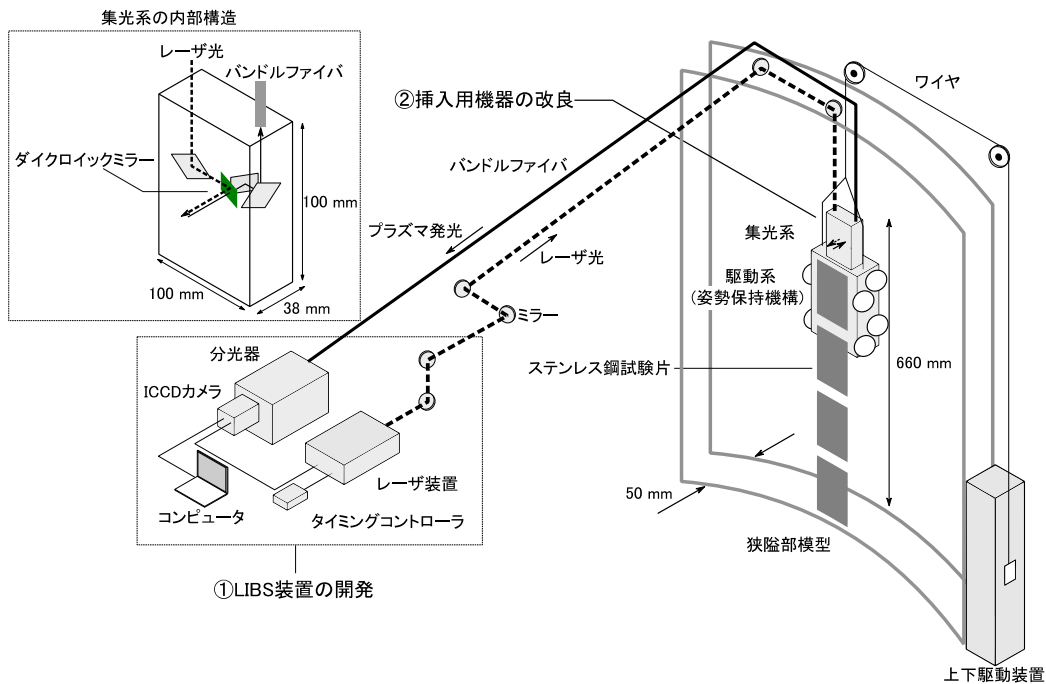


図1 キャニスタ貯蔵中を想定した付着塩分計測実験概要

①付着塩分計測に適したLIBS装置の開発や、②LIBSを行うのに必要な光学系部品が搭載された狭隘部挿入用機器（集光系）の改良を行った。実験では、キャニスタとコンクリート容器の曲率や間隔を模擬した狭隘部模型を用いて、その側面に人工海水が噴霧されたCl濃度の異なるステンレス鋼試験片を設置して、付着塩分を計測した。離隔計測を行うために、ミラーを用いてレーザー光を伝送した。

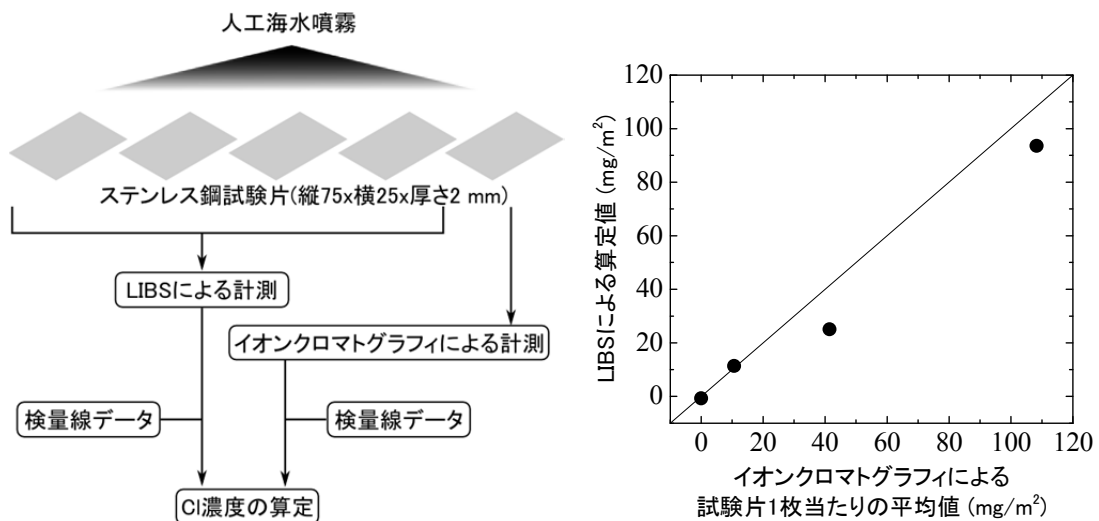


図2 付着塩分の定量化

検量線を用いて付着塩分の定量化を行い、イオンクロマトグラフィの結果と比較した。

関連研究報告書	[1]「レーザーを用いたキャニスタ付着塩分計測技術の開発—同軸照射方式の適用—」H11020 (2012.6) [2]「レーザーを用いたキャニスタ付着塩分計測技術の開発—SCC発生に及ぼすパルスレーザー照射の影響—」H12003 (2013.4) [3]「レーザーを用いたキャニスタ付着塩分計測技術の開発—使用済燃料貯蔵中での適用に向けた狭隘部における遠隔計測—」H13004 (2014.4)
研究担当者	江藤 修三 (電力技術研究所 高エネルギー領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 電力技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 046-856-2121(代) E-mail : eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

[非売品・無断転載を禁じる] ©2015 CRIEPI 平成27年5月発行