

九州シンクロトン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：145-2402132P

B L 番号：BL11

(様式第 5 号)

BWR 一次冷却水中の除染対象元素とイオン交換樹脂との相互作用に関する研究

Interaction between ion exchange resins and decontamination target elements in the BWR reactor primary cooling water

渡部 創、荒井陽一、新井 剛、伊與木 健太、脇原 徹
Sou Watanabe¹, Yoichi Arai¹, Tsuyoshi Arai², Kenta Ioki³, Toru Wakihara³

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Shibaura Institute of Technology, ³Tokyo University

- ※ 1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※ 2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後 2 年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です（トライアル利用を除く）。
- ※ 3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※ 4 共著者には実験参加者をご記載ください（各実験参加機関より 1 人以上）。

1. 概要（注：結論を含めて下さい）

BWR の一次冷却水に含まれる溶解性の不純物元素及びクラッドを効率的に分離するため、無機イオン交換体への吸着を利用した革新的な水処理システムを開発している。本研究の一環として、代表的な除去対象イオンの吸着材への吸着機構を調査するため EXAFS 測定を実施した。 γ 線照射前後の吸着材について分析を行い、照射の影響を調査した。

(English)

A novel water treatment system for the primary cooling water of BWR employing adsorption onto an inorganic ion exchanger is developed in our research project. As a part of the project, EXAFS analysis on decontamination target ions in the ion exchanger was carried out to elucidate the adsorption mechanism. In this study, the influence of gamma-ray irradiation on the local structure around the target ions was investigated.

2. 背景と目的

沸騰水型原子炉(BWR)では、水が 1 次冷却材と減速材を兼ねており、冷却系機器及び原子炉出力の健全性を確保するため、高い純度を維持する必要がある。復水器で冷却した 1 次冷却水は再度炉心に給水する前に、複数のカラムに通すなどの処理が行われる。これに伴い使用済吸着材等の放射性廃棄物が多量に発生し、経済性のみならず安全性の観点でも改善が必要である。本研究は、無機イオン交換体への吸着反応と多段式濾過膜回転型クロスフローフィルター（MRCFF）を組み合わせた、革新的な水処理システムを開発することを目的としている。当該研究の一環として、沸騰水型原子炉(BWR)の一次冷却水に含まれる管理対象種（ Cl^- , SO_4^{2-} ）を対象として、無機イオン交換体に吸着させ、吸着させたイオンの安定性を評価することを目的として、吸着イオンの XAFS 測定を行った。得られた結果をもとに、イオン交換体の耐久性を評価して、無機イオン交換体の交換頻度などのプロセス条件設定に反映させる。

3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

Al 及び Mg の混合酸化物を基本骨格とする陰イオン交換用無機吸着材に対して、金属イオン（ Cl^- , SO_4^{2-} ）をバッチ処理によって吸着させ、自然乾燥させた。これら吸着材を純水に浸漬させて、 ^{60}Co 線源の γ 線を 0.1 kGy/h にて約 1 か月間外部照射した。照射済み吸着材を固液分離し、自然乾燥させた。

乾燥させた吸着材を均一に粉砕したものを測定試料とした。これらの試料について、ClまたはSのK吸収端XAFS測定をSAGA-LS BL11にて実施した。試料粉末はカーボンテープに塗布し、蛍光法を用いて測定した。比較のため、純水に浸漬して γ 線を照射していない試料についても測定を行った。

4. 実験結果と考察

吸着材に保持した Cl^- 、 SO_4^{2-} について得られた XANES スペクトルは、標準試料として測定した Al や Mg 化合物のものとは異なっており、吸着材特有の結合状態を有していることが示唆された。 γ 線を照射した試料及び純水に浸漬した試料について得られた、Cl-K 及び S-K 吸収端の蛍光 X 線の発光強度を Fig. 1 および Fig. 2 にそれぞれ示す。両試料とも純水への浸漬、および γ 線の照射に伴って蛍光強度が低下した。Cl については γ 線照射により、純水に浸漬しただけのものよりも大幅に強度が低下した。水への γ 線の照射によって、水分子の分解したラジカルが発生する。このラジカルとの相互作用によって吸着材からの溶出が促進されたものと考えられる。一方、S については、純水浸漬した試料と、 γ 線を照射した試料で蛍光強度の低下の度合いはほぼ同じであった。本系については、水分子そのものとの相互作用が支配的であり、ラジカルの影響は小さいものと考えられる。何れの系についても純水への浸漬で吸着種の溶出が無視できないことから、運転上は吸着材を速やかに交換するのが望ましいことが分かった。

5. 今後の課題

陰イオンの吸着状態及びその溶出メカニズムについてより詳細に考察するため、XANES スペクトルのシミュレーションを組み合わせた評価を実施する。

6. 参考文献

なし

7. 論文発表・特許（注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果）

なし

8. キーワード（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

無機吸着材、EXAFS

9. 研究成果公開について（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください（2018年度実施課題は2020年度末が期限となります）。長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文（査読付）発表の報告

（提出時期：2025年 9月）

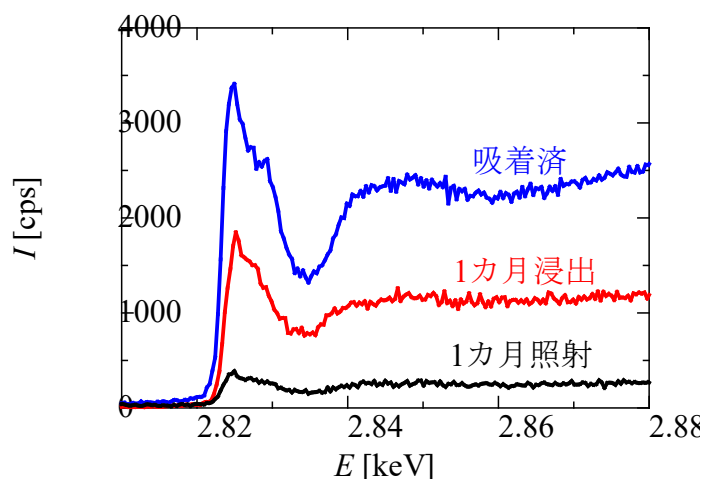


Fig. 1 Cl-K 吸収端蛍光 X 線発光強度

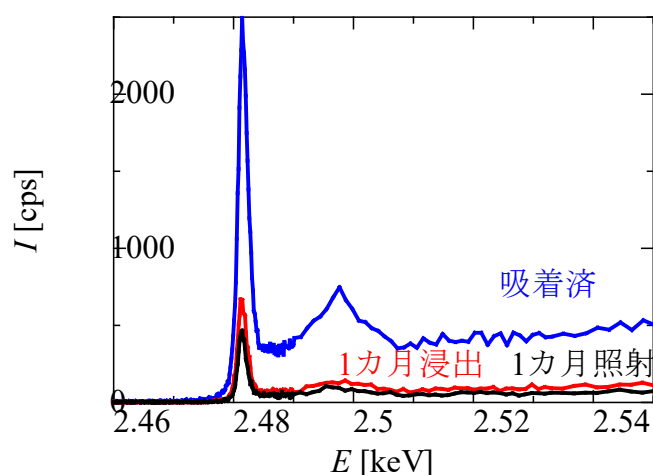


Fig. 2 S-K 吸収端蛍光 X 線発光強度