

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：57-2408056P

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。2 種類の吸着材の適用性を調査し、酸化物系吸着材が有望であることが分かった。

(English)

A novel water treatment system for the primary cooling water of BWR employing adsorption onto 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 adsorption mechanism. In this study, two kinds of ion changers were used as the samples, and oxide type ion exchanger was revealed to be promising.

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（Fe, Co, Ni, Cu, Cr）を対象として、無機イオン交換体へ吸着させ、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。得られた構造解析結果をもとに、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）

リン酸塩系吸着材（吸着材A）及び酸化物系吸着材（吸着材B）に対して、金属イオン（Fe²⁺, Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Cr³⁺）をバッチ処理によって吸着させ、自然乾燥させた。乾燥させた吸着材を均一に粉砕し、スコッチテープに塗布したものを測定試料とした。これらの試料について、それぞれの金属元

素のK吸収端XAFS測定をSAGA-LS BL11にて蛍光法を用いて実施した。

4. 実験結果と考察

吸着材 A, B にイオンを吸着させた吸着材について得られた EXAFS 振動を Fig. 1 に示す。ここで、 Fe^{2+} 及び Fe^{3+} について吸着させたものは、吸着後はどちらも Fe^{3+} となっていたことから、1 種類のみの結果を示している。どの試料についても吸着材 A と吸着材 B との間でわずかに振動が異なっている様子が確認された。これらの振動をフーリエ変換して得られたピークフィッティング操作を行い、吸着イオン周りの最近接原子に関する構造パラメータを評価した。ここで、最近接原子は酸素と仮定してフィッティングを実施した。Ni については吸着量が少なく、フィッティング解析が上手くいかなかったため、引き続き吸着条件の選定を行っていく。

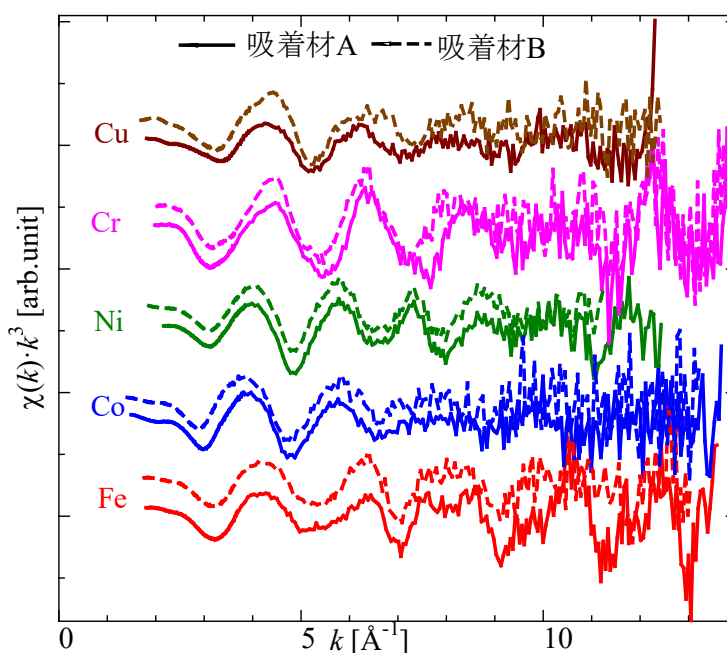


Fig. 1 カチオン系の XAFS 振動

吸着材間で最近接原子間距離に大きな変化はなかったものの、吸着材 A と比較して吸着材 B の方が配位数が大きい傾向を示した。各イオン周りの酸素原子配位数は約 2~4 であるが、吸着材 A よりも吸着材 B の方が 4 配位となっている率が高いと言える。吸着材 A と比較して、吸着材 B の方が吸着状態が安定していると考えられる。最近接原子間距離に違いが無いことから、吸着材 A と吸着材 B との間で吸着メカニズムに大きな違いは無く、酸素原子のわずかな電荷の偏りに静電的に吸着しているものと考えられる。配位数の違いは吸着材の結晶構造の違いに起因していると考えられ、吸着材 B の方がより吸着可能な酸素原子のサイトが多いと推定される。

5. 今後の課題

本実験を通じて無機系吸着材における金属イオンの吸着状態について、一部イオンを除いて確認することが出来た。今後、Ni に関する吸着条件の最適化及び吸着状態の確認を進める必要がある。また、吸着材の放射線耐性を調査するため、 γ 線照射による吸着イオンの漏洩挙動やそれに伴う構造の変化を調査する必要がある。

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)