

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：111-2412104P

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
Sou Watanabe, Yoichi Arai

Japan Atomic Energy Agency

- ※ 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、代表的な核分裂生成物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。本吸着材に Nd が優先的に吸着することが明らかになった。

(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 representative fission product elements in the ion exchanger was carried out to elucidate the adsorption mechanism. In this study, Nd was revealed to form a strong complex in the ion exchanger.

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核種以外の代表的な核分裂生成物が混入した際の挙動を評価することを目的として、Cs, Sr, Nd を無機陽イオン交換体に吸着させたものを対象として、Cs, Nd の L_{III} 吸収端および Sr の K 吸収端 XAFS 実験を行った。得られた構造解析結果をもとに、管理対象元素の結果と比較し、錯体の安定性等を評価する。

3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

金属酸化物系吸着材に対して、金属イオン（ Cs^+ , Sr^{2+} , Nd^{3+} ）塩化物を共存させて溶解した水溶液を対象に、カラム処理によって破過吸着させた後、自然乾燥させた。乾燥させた吸着材を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、Cs および Nd の L_{III} 吸収端及び Sr 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

カラムに溶液を通じた際、全ての元素の吸着が確認されたが、Cs, Sr の破過が Nd と比較して早く、また一部の吸着した Cs 及び Sr がカラムから排出されている様子が観察された。カラム試験から算出した、吸着材に対して吸着量は Nd、Sr、Cs の順となり、Cs の吸着量ほとんどなかった。この傾向はイオンのサイズおよび価数の差によるものと考えられる。これらの金属の共存系においては、選択的に Nd が吸着するものと考えられる。Cs、Sr については蛍光強度も十分得られなかったため、今回の解析においては対象外とした。吸着材中の Nd について得られた EXAFS 振動を Fig. 1 に示す。ここで比較のため、塩化物のデータについても示す。吸着材中の Nd は塩化物のものとは異なる構造を有することが示唆される。

EXAFS 振動をフーリエ変換して得られた動径構造関数を Fig. 2 に示す。吸着材系において、Nd 周りの最近接ピークは Nd-Cl のものと比較して大幅に短距離側にシフトしており、Nd は吸着材構成元素の周辺に配位していることが考えられる。吸着材が金属酸化物であることを考慮すると、Nd の最近接元素は酸素であると推定できる。最近接ピークについて、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。Fe や Co と比較して、Nd 周りの配位数が大きく、より安定に存在する可能性が考えられた。冷却水中に Nd 等の希土類元素が混入した場合、吸着材の吸着サイトを希土類元素が占める可能性がある。したがって、冷却水組成を調査した上で、組成に合わせて吸着材の添加量を調整する必要がある。

5. 今後の課題

今後、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。

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)

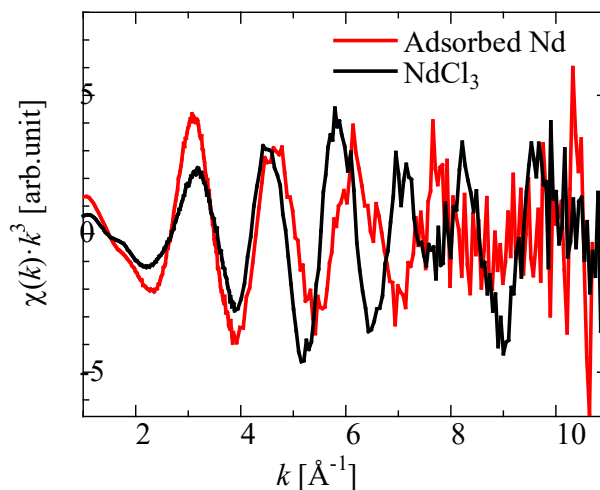


Fig. 1 Nd の XAFS 振動

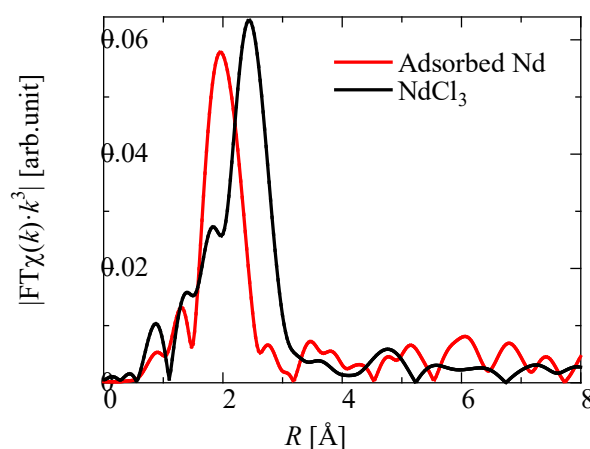


Fig. 2 Nd の動径構造関数