

非界面活性剤系洗浄剤のセシウム除去メカニズムの解明 Cs removal Mechanism by Using Non-surface-activating Cleaning Agent

徳田 陽明^a, 上田 義勝^a, 後藤 裕^b
Yomei Tokuda^a, Yoshikatsu Ueda^a, Hiroshi Goto^b

^a京都大学, ^b(株)クレハトレーディング
^aKyoto University, ^bKureha Trading Co., Ltd.

非界面活性剤系洗浄剤を用いると不織布や砂礫から放射性セシウムを除去することができる。泡立ちが無く廃液の減容化も可能という特長を有している。この洗浄剤により汚染物のどのようなサイトからセシウムが除去されているかを検討し、より高機能性の洗浄剤を開発するために、粘土や土壌、不織布についての XAFS 解析を行った。その結果、自然環境レベルのセシウムについての解析は難しいが、セシウム浸漬した粘土等の解析が可能であることがわかった。Cs K 端で解析を行ったため多重電子励起によるゴーストピークが現れた。今後、Cs L_{III} 端での検討を行い、固体 NMR 解析を併用したメカニズム解明を行っていく。

キーワード： セシウム, 除染, 洗浄剤, XAFS

背景と研究目的：

福島原発事故由来の放射性セシウムは半減期が比較的長く、土壌から農作物へと移行してしまうと、食物連鎖により上位の生物の内部被曝につながる。現状の除染方法は表面(表土や草木)の剥ぎ取りであるが、全ての被洗浄物に対して最適というわけではない。そのため洗浄方法の多様化が必要である。我々はこれまでにケイ酸塩系洗浄剤が除染に有効であることを見いだしてきた[1]。この洗浄剤を用いることにより、不織布や砂礫からの放射性セシウムの除染が可能である。また、この洗浄剤の廃液を酸またはアルコールで中和することによって固液分離が可能であること、放射性セシウムは固体に含まれることを既に見いだしており、しばしば問題となる廃棄物の減容化という課題もクリアできる。また泡立ちが無いという特長も有しており、実際の現場で使う際の優位性がある。

しかしながら、このケイ酸塩系の洗浄剤の洗浄メカニズムについては不明な点が多く、これを明らかにすることにより、高効率な洗浄法の考案が可能となると考えた。具体的には付着したセシウムの構造解析を行うことにより、どのようなサイトのセシウムを除去できるのかということについての解析を行う。本研究では付着したセシウムの濃度が数 ppm 程度と低いため、特定の核に着目した情報を得ることのできる XAFS 測定を用いて解析する。また、XAFS と同じく特定の核種の情報を得ることのできる固体 NMR(核磁気共鳴)から得られた知見と総合して解析を行う。

実験：

測定試料

試料は参照物質となるセシウムケイ酸塩結晶・セシウムケイ酸塩ガラス、セシウムを吸着させた粘土鉱物・土壌、福島県下で採取した土壌、不織布を用いた。セシウムの付着した粉じんが飛散することのないように試料を予め真空シールしたものを持ち込んで測定を行った。セシウム吸着にあたっては 0.01 M の塩化セシウム水溶液 50 mL に対してイライトまたはカオリナイトの粘土鉱物を 5 g ずつ浸漬した。期間は 10 日から 2 年間とした。また、セシウム吸着させた後に塩化カリウム水溶液で洗ったものについての検討も行った。

実験条件

BL14B2 において Cs K 端での XAFS 測定を行った。モノクロの結晶方位は Si311 面を用いた。環境中のセシウムの濃度が低いことから全ての試料について蛍光法で測定を行った。検出器として 19SSD を用いた。

結果および考察：

今回の測定では、セシウムケイ酸塩、セシウムを吸着させた粘土鉱物・土壌について十分な感度で測定できることを見いだしたものの、環境中の土壌や不織布については試料中のセシウム量が少なく、十分な感度を得ることができなかった。また、多重電子励起由来のゴーストピークが 1.8 Å 以下に現れることがわかった。

イライトを 2 年間 CsCl に浸漬したものを、この試料を KCl で再イオン交換したものの K 端の EXAFS を図 1 に示す。その結果、両者の構造に違いがあることを見いだした。また、フーリエ変換した RDF における第一ピーク、第二ピーク、第三ピークが Cs-O, Cs-Si, Cs-Cs に帰属できると報告されているが、S/N 比が十分でなく、またゴーストピークも存在するため、詳細な解析を今回は行わない。

また、これらの試料の固体 NMR 解析を行ったところ、粘土に吸着したセシウムの NMR スペクトルには 2 つのピークが現れた。2 つのピークは粘土の表面のセシウムと層間へ吸着したものであると示唆され、両者を区別できることが明らかになった。

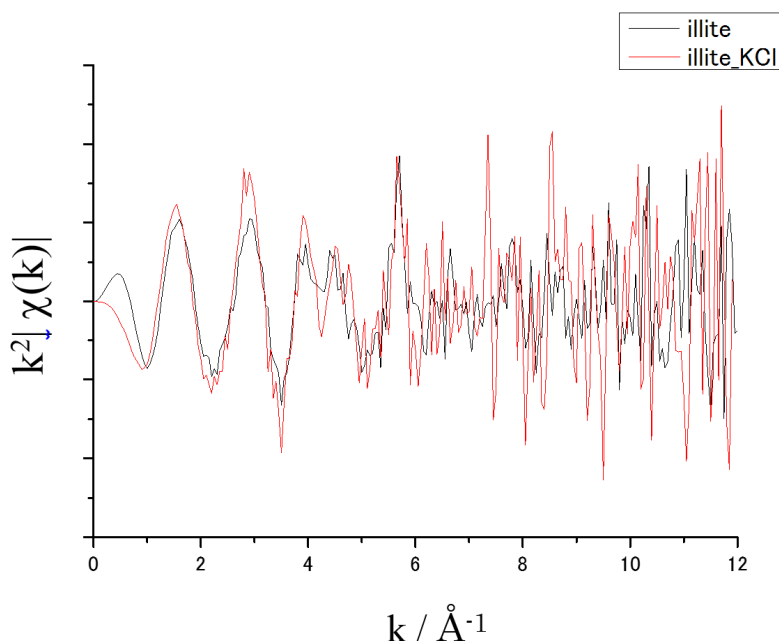


図 1. illite_2y, illite_2y_KCl2h の K 端の EXAFS

今後の課題：

今後は多重電子励起を避けるために Cs L_{III} 端励起での XAFS 解析を行うと共に、固体 NMR からの知見を併用した解析を行っていく。また、セシウムを吸着させた土壌からの逐次抽出を行って同様の解析を行い、どのようなサイトに吸着しやすいのかについての知見を得るとともに、非界面活性剤系洗浄剤で除去されるサイトとの相関を明らかにする。さらに実際に作物を育て、吸収前後の土壌中のセシウムの状態について調べ、どのようなサイトから作物に移行するのかについての知見を得る。これらの知識を総合してより高性能な洗浄剤の開発へとつなげていく。

謝辞：

固体 NMR 測定にあたっては、京都大学化学研究所共同利用・共同研究拠点の設備を利用した。また、研究費の一部を京都大学化学研究所・京都大学生存圏研究所より援助頂いた。また、XAFS 測定にあたっては東京工科大学の原賢二先生、JASRI の大淵博宣先生にご指導頂いた。

参考文献：

[1] Ueda Y. et al., *J. Soc. Remed. Radioact. Contam. Environ.*, Vol1. No.3, pp.191-195, 2013.