

若手育成プログラムレポート

「放射光 EXAFS 実験による土壌・堆積物のセシウム吸着特性の解明」

富山大学大学院 理工学教育部 生物圏環境科学専攻
修士課程 神林 翔太

1. 初めに

科学研究費新学術領域研究「福島原発由来の放射性核種の環境動態に関する学際研究 (ISET-R)」では多くの若手育成プログラムが行われている。本報告書では、A04-7 (化学形態) 班の若手育成として茨城県つくば市に位置する高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory において行われた「放射光 EXAFS 実験による土壌・堆積物のセシウム吸着特性の解明」について概説する。

2. 参加者

講師：高橋嘉夫 教授 (東京大)，田中万也 講師 (広島大)，Fan Qiaohui さん，渡辺勇輔 さん (東京大)

参加者：古川純 准教授，蓑田歩 助教，山本剛史 さん，野田祐作 さん，本多真紀 さん (筑波大)，三角和弘 さん (電中研)，上村宙輝 さん，川村皓一 さん (金沢大)，寺阪祐太 さん (名古屋大)，越智康太郎 さん (明治大)，神林 翔太 (富山大)

3. 内容

- ①高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory 到着後，教育訓練 (放射線安全管理対策の要点等) を受けた。
- ②会議室に移動し，自己紹介 (所属，氏名，研究テーマ等) を行った。その後，高橋先生から若手育成プログラムのスケジュール説明や XAFS 法の概要と地球化学への応用に関する説明を受けた。
- ③実験室に移動し，各試料の調整及び Cs の吸着操作を行った (詳細は 4. 分析手順に記載)。
- ④再度会議室に移動し，高橋先生より，XAFS の測定法の概要に関する説明を受けた。
- ⑤昼食後，実験ホールに移動し，ビームラインの説明を受けた後 (写真 1)，



写真 1. 実験装置の説明

BL-9A において測定機器の調整及び試料の測定を行った（写真 2）。

- ⑥会議室に移動し、測定した試料の生データを用いて、EXAFS 振動の抽出と k 空間への変換を行い、EXAFS 関数のフーリエ変換を行い、動径構造関数を求めた。

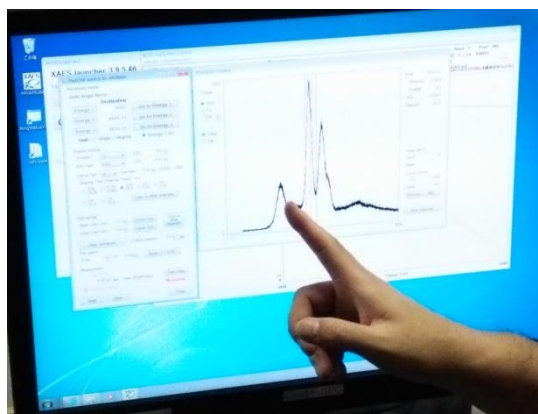


写真 2. 実験で得られたスペクトル

4. 実験手順

今回用いた試料は塩化セシウム (CsCl) ペレット（講師 準備試料）、 1M CsCl 溶液（講師 準備試料）、土壌試料（明治大 越智さん持参試料）、針鉄鉱（筑波大 本多さん持参試料）、堆積物試料（神林持参試料）、植物試料（筑波大 古川先生ら持参試料）の 6 種類である。実験操作に関しては主に筆者が行ったものを記す。

高エネルギー加速器研究機構内にある実験室において、堆積物試料 50mg を電子天秤にて秤量し、スピッツ管に移した。その後、 1.0M CsCl 溶液 10ml を加え攪拌することで堆積物試料にセシウムを吸着させ、セシウム吸着試料を作成した。 1.0M CsCl 溶液とセシウム吸着試料を吸引ろ過し、固液分離させ、メンブレンフィルター上にセシウム吸着試料を捕集した。フィルター上に捕集した吸着試料をスパチュラによってポリエチレン袋へ移してシーラーで封をし、測定用試料とした。



写真 3. 測定用試料

実験ホールに移動した後、測定用試料を試料台に装着した（写真 3）。その後、BL-9A において蛍光法を用いて X 線吸収微細構造（XAFS）の測定を行った。

再度会議室に移動し、得られた XAFS を専用ソフトによって EXAFS の解析を行った。

5. 結果及び考察

Cs の X 線吸収スペクトルを取得した結果を図 1 に記す。 CsCl 溶液、 Cs を吸着させた土壌試料、針鉄鉱、沈降粒子試料は 5010 eV 付近に Cs L_{III} 吸収端が見えるのに対し、植物試料は目立った吸収端を得ることができなかった。これは、植物には Cs を吸着させていないことから植物中に含まれる Cs 濃度が低かったことに原因があると考えられる。また、土壌試料、針鉄鉱、沈降粒子試料には

4985 eV 付近に Ti K 吸収端を得た。Ti 及び Cs の吸収端を比較すると、沈降粒子に比べ、針鉄鉱、土壌では Ti の吸収が相対的に大きいことが分かる。CsCl 溶液、Cs を吸着させた土壌試料及び沈降粒子試料に対して、バックグラウンドを除去し、規格化したものを図 2 に記す。土壌試料のスペクトルは振動が不規則であることから Ti の振動の影響を受けている可能性が高いと考えられる。針鉄鉱、CsCl 溶液、沈降粒子に関して EXAFS 振動の抽出と k 空間への変換し、さらに CsCl 溶液と沈降粒子試料については EXAFS 関数のフーリエ変換で得られる動径構造関数 (radial structural function: RSF) を得た。フーリエ変換で得られた RSF を図 3 に記す。なお、土壌試料は Ti による妨害が大きいことから、植物試料は Cs 濃度が低いことから適切な振動の抽出ができなかったため解析を断念した。また、針鉄鉱においては EXAFS 振動の抽出と k 空間への変換した際に他の試料とは異なる結果を示したため、フーリエ変換を断念した。沈降粒子に吸着された Cs では、 $R + \Delta R = 3.8 (\text{\AA})$ 付近に強いピークが見られる。このピークは CsCl 溶液 (水和イオン) では弱いことから、層状ケイ酸塩中のケイ酸 4 面

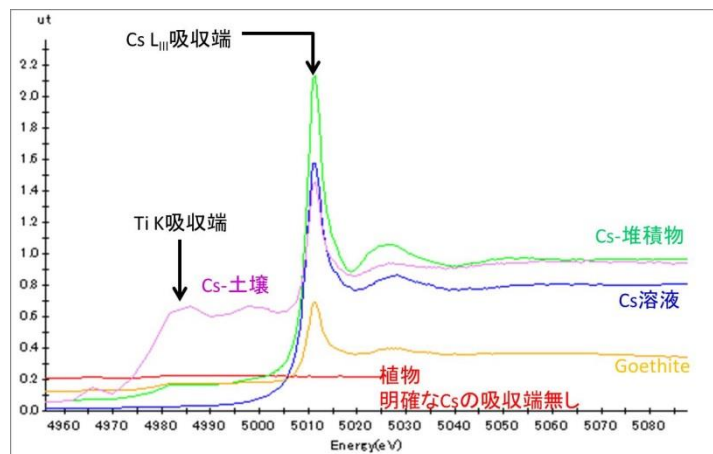


図 1. Cs の X 線吸収スペクトル

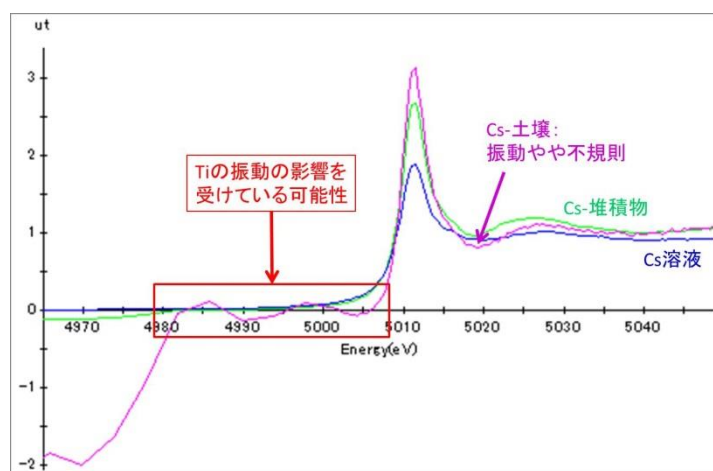


図 2. Xバックグラウンド除去，規格化をした吸収スペクトル

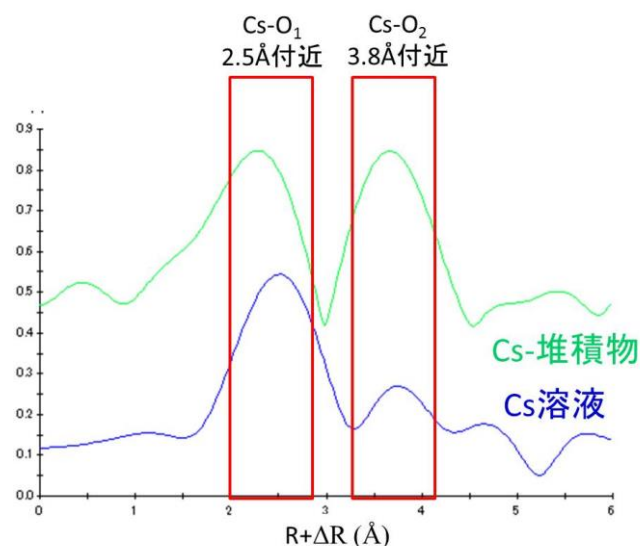


図 3. フーリエ変換で得られた動径構造関数

に吸着された Cs では、 $R + \Delta R = 3.8 (\text{\AA})$ 付近に強いピークが見られる。このピークは CsCl 溶液 (水和イオン) では弱いことから、層状ケイ酸塩中のケイ酸 4 面

体層と Cs の直接結合に由来すると推測できる。

6. 終わりに（感想及び謝辞）

筆者の専門は地球化学及び沿岸海洋学であり，主に現場にて観測及び試料採取を行い，堆積物試料や水試料中に含まれる放射性Csの定量や水試料中に含まれる化学成分等の分析を行っている。ISET-R全体会議や論文等でXAFSの存在は知っていたが，筆者が所属する研究室では使う機会のない「縁のない装置」だと考えていた。しかし，若手育成プログラムにおいてXAFS法の概要と地球化学への応用に関する説明を受け，さらに試料の分析を通じてXAFSは決して「縁のない装置」ではなく，研究の幅を広げることが可能な装置であることを強く認識することができた。また，他大学の学生や研究員の方と交流できたことで自分自身もさらに頑張らなければという良い刺激を受けることもできた。このことから，若手育成プログラムへの参加はとても有意義なものであったと感じている。

最後に，人数が超過していたにも関わらず，若手育成プログラムへの参加を快く引き受けてくださり，測定から解析までしてくださいました東京大学大学院理学研究科 高橋嘉夫教授に深く感謝申し上げます。また，指導，解説，補助をしてくださいました広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター 田中万也講師，東京大学大学院理学研究科 Fan Qiaohuiさん及び渡辺勇輔さん，高エネルギー加速器研究機構職員の皆様に感謝申し上げます。