

## 放射性核種の土壌吸着特性を活用した簡易的なセシウム除去システムの開発

その1：ダム貯水池底泥を用いたセシウム吸着基礎試験

西日本技術開発 正会員 ○井芹 寧，九州大学 正会員 久場 隆広  
九州大学 百島 則幸，九州大学 萩 愛民  
太平環境科学センター 坂本 雅俊，岩手大学 正会員 藤代 博之

### 1. はじめに

東日本大地震に伴う福島第一原発事故に起因した放射性核種であるセシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )は揮発性が高く、飛散しやすいため、第一段階として、大気圏の風による移流拡散作用により、発生源から東北地方を中心に広範囲な汚染を招いた。一方、セシウムは土壌粒子に吸着し、残留しやすい特性を有する。この特性により、第二段階として、土壌圏の中で土壌粒子に固定され土壌汚染を引き起こす結果となった。土壌に吸着された $^{137}\text{Cs}$ の一部は、間隙水中に溶脱、地下水流動に伴い移動するが、多くは土壌粒子の動態に準じ移動し、さらに、汚染が広がるものと予想される。すなわち、第三段階として流域圏の中で、河川水等を通じて、土壌粒子の流出、流下、沈積過程を経て、湖沼や海域への広範な汚染を引き起こす可能性がある。あわせて、これらの過程で、土壌から栄養分を吸収する植物や土壌を餌と同時に取り込む動物類を中心に生物体へ移行もしくは濃縮し、食物連鎖を経て、それらを食物として利用する人体への内部被曝として影響を及ぼすことが懸念される。

現在、汚染地域では徐洗による放射能軽減処置が実施されている。徐洗作業においては徐洗された放射性核種を分離回収することが求められるが、費用や設備の面から、対象地区から放射性核種を洗い流す処置のみのケースが多い。このような場合、流域圏において二次的な汚染を引き起こす可能性がある。本報は、セシウムの土壌吸着性に着目し、貯水池底泥を活用したセシウム汚染水浄化技術の適用性について検討し、環境中のセシウム吸着粘土粒子の回収による環境修復技術の提案を行うものである。

### 2. ダム貯水池堆積泥の活用

セシウムイオン( $\text{Cs}^+$ )は土壌粒子に吸着することが知られている。バミキュライト粘土は、 $\text{Mg}^{2+}$ と $\text{Cs}^+$ の陽イオン交換性やイオン半径に適合した層間構造から、 $\text{Cs}^+$ の選択的除去能力が確認されている。

ダム貯水池は流下時間方向に対し流入土砂に対する自然の分級装置として働き、最深部のダムサイト水域には、比較的均一粒径の粘土粒子が堆積している。一方、ダム堆砂・濁水問題の解決策として、沈積泥の活用が求められている。今回は、福岡県北部の貯水池の底泥を浄化材として選定し、 $\text{Cs}$  浄化試験を行った。

### 3. Cs吸着量の計測

塩化セシウム及びイオン交換水を使用し  $\text{Cs}$  として 100mg/L 含有の吸着量試験水を調整した。人工汚染水 100mL に底泥 (30℃乾燥泥) を約 1g 加え、振とう機を用いて 1 時間振とうした。振とう後の試料を 3,000rpm で 20 分遠心分離を行い、上澄みを採取し、さらに、0.45  $\mu\text{m}$  孔径のメンブランフィルターで吸引ろ過したろ液を分析試料とした。 $\text{Cs}$  の分析は ICP-MS を用いて行った。別途、底泥の含水率を求め、底泥未投入試料との水中のセシウム濃度の差から、 $\text{Cs}$ 100mg/L 条件における、底泥乾重量としてのセシウム吸着量を算出した。比較吸着資材として  $\text{Cs}$  吸着能が確認されている粘土鉱物のバミキュライトを用いて同様な試験を実施した。実験結果を表 1 に示す。 $\text{Cs}$  吸着量は貯水池底泥がバミキュライトの吸着量を上回り、貯水池底

表 1 セシウム吸着量

吸着資材	吸着Cs量 (mg/g)
貯水池底泥	11
バミキュライト	9.4

キーワード：放射性核種，セシウム，粘土鉱物，ダム貯水池底質，放射性物質除去

連絡先：810-0004 福岡市中央区渡辺通 1-1-1 西日本技術開発(株),tel:092-781-2625,e-mail:iseri@wjec.co.jp

泥を Cs 吸着材として利用可能と評価した。

#### 4. 貯水池底泥によるCs浄化試験

塩化セシウムを水道水とイオン交換水にそれぞれ Cs1mg/L になるように溶解させ人工汚染水とした。人工汚染水 1L に底泥(湿泥)を 10g 混合し、1 時間振とう攪拌後、1 日静置した。その間 30 分、5 時間、10 時間、24 時間後に上澄みの試料を採取し、Cs の分析を行った。さらにろ過処理を行った処理水についても分析を行った。処理結果を図 1,2 に示す。底泥を投入攪拌直後で 6~7 割のセシウムが底泥に吸着され、静置後の土壌粒子の沈降に伴い、初期 Cs 濃度 1mg/L が 24 時間後の上澄みで、水道水では 0.35mg/L, イオン交換水で 0.26mg/L に減少した。ろ過を行うと、それぞれ 0.29mg/L, 0.18mg/L まで減少した。水道水の方が除去能力がやや劣る結果となったが、共存イオンの影響と考えられる。水道水では静置後も、ろ液中の Cs の減少傾向が認められ、土壌吸着反応が進行していることがうかがえる。

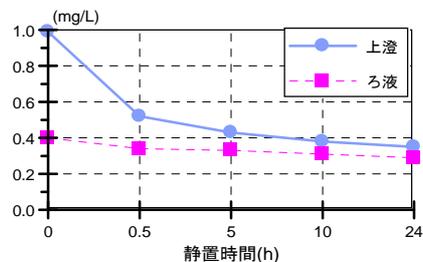


図1 水道水汚染水処理結果

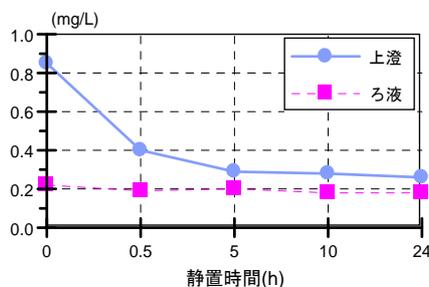


図2 イオン交換水汚染水処理結果

#### 5. 荷電処理によるCs及び粘土粒子回収試験

本研究では沈降しにくい粘土粒子の回収を目的に、チタン電極荷電のみで濁質の沈降作用を有する荷電処理装置を考案し、粘土分離に利用した。

試験は Cs100mg/L を含んだ 16L の水溶液に底泥 160g を混合し、スターラーにより 1 時間攪拌した。攪拌後 4 時間静置し、上澄みを荷電処理装置に移した。100V, 30 分電気的処理を実施し、-, + 荷電槽の Cs 等の分析を行った。

+ 荷電槽で 80 % 程度の Cs 浄化が認められ、- 荷電槽では Cs 濃縮液が得られた(表 2)。

表2 荷電処理結果

項目	単位	原水	control	- 極	+ 極
E C	( $\mu S/cm$ )	275	268	399	733
p H		7.1	7.2	11	2.9
濁度	(度)	149	108	92	71
C s	(mg/L)	84	84	150	18

#### 6. Csモニタリングへの提案

今回の試験により、Cs が粘土粒子の動態と関連性が高いことが明らかとなった。粘土粒子の環境動態研究においては、濁水による環境影響評価の目的から、粘土粒子の起源推定の技術が確立されている。X線回折による粘土鉱物分析、蛍光X線分析等による微量金属類組成の類似分析、無反応性のトレーサー微量物質の元素分析等である。Cs 分析に加え土砂動態評価物質の分析を合わせて解析することにより、対策に有効な Cs の動態に関する情報を得ることができるものと考えられる。また、結果的に、長期にわたって粘土粒子を分離回収している住居や事業所の換気、空調システムのフィルター、水道浄水器の中空糸膜ろ過フィルター(水道浄水が簡易処理の上水道)等の分析も有効なモニタリング対象物としてあげられる。また、地上の水たまり部が放射線量の多いホットスポットとして報告されているが、その原因のひとつとして、Cs を吸着した粘土粒子の混入による影響も明かにする必要があるものと考えられる。

#### 7. おわりに

今回の基礎試験により、再利用が求められ比較的入手が容易な貯水池底泥を用いて、Cs<sup>+</sup>の除去と回収が可能であることが明らかとなった。今後は、Cs 汚染レベル別、吸着材としての粘土鉱物別の Cs<sup>+</sup>浄化能力を確認するとともに、上流流域の地質の異なる貯水池の泥(粘土鉱物組成が異なった泥)を用いた浄化試験を実施し、本手法の汎用性について評価する計画である。また、現地の水質条件に合わせた条件、例えば塩分が高い海水が混入した汚染水の処理効果についても明かにする必要がある。凝集剤を使用せず、回収泥の減容化に優れた荷電による粘土粒子の回収技術は、下水汚泥や水田などの粘土画分のセシウム吸着量が大きいと予想されるケースにも適用可能と考えられる。