

アンモニウムイオン共存状態におけるベントナイト吸着特性

鹿島建設(株) 正会員 ○田中 真弓 鹿島建設(株) 正会員 川端 淳一

除染工事で発生した放射性セシウムを含む土壌の一時保管施設である中間貯蔵施設では、底部に難透水土壌層等の設置が計画されている施設がある。この難透水土壌層等にはベントナイト等の使用が考えられる。本報では、室内試験に基づいたアンモニウムイオン共存時のベントナイトのセシウム吸着特性を報告する。

1. はじめに

除染作業によって集められ、中間貯蔵施設で一時保管される放射性物質を含む廃棄物のうち、水田、畑、庭、グラウンド等から発生する汚染土壌は、環境省の中間貯蔵施設安全対策検討会及び環境保全対策検討会の検討結果取りまとめ(2013年)によると、除去土壌等の減容化後の推計発生量 1601~2197 万 m^3 のうち、

1535~2043 万 m^3 と予測されており、その割合は 93~96% と非常に高い。水田や畑の土壌からは、アンモニウムイオン(以下、 NH_4^+)、カリウムイオン(以下、 K^+)、放射性セシウム(以下、 Cs)などが溶出すると考えられる。同取りまとめでは、土壌の Cs 溶出・吸着特性に最も影響を与える共存イオンとして NH_4^+ が挙げられており、実環境で想定される上限側の濃度は 0.001mol/L (18mg/L) というデータが示されている。除去土壌等のうち、

8000Bq/kg 超の土壌等は、II型と呼ばれる底面及び側面に遮水工等を設置する施設構造が考えられている。さらにAタイプ(丘陵地、台地)は遮水シート等、Bタイプ(台地、低地)は難透水土壌層等(図1)を使用する構造となっており、この難透水土壌層等にはベントナイトが使用される可能性が高い。ベントナイトには Cs の吸着能力があることが知られているが NH_4^+ などの他の陽イオンが共存している状況でのその能力がどのように変化するかといった検討は、土壌溶出水を用いた検討例¹⁾はあるが、あまり行われていない。

8000Bq/kg 超の土壌等は、II型と呼ばれる底面及び側面に遮水工等を設置する施設構造が考えられている。さらにAタイプ(丘陵地、台地)は遮水シート等、Bタイプ(台地、低地)は難透水土壌層等(図1)を使用する構造となっており、この難透水土壌層等にはベントナイトが使用される可能性が高い。ベントナイトには Cs の吸着能力があることが知られているが NH_4^+ などの他の陽イオンが共存している状況でのその能力がどのように変化するかといった検討は、土壌溶出水を用いた検討例¹⁾はあるが、あまり行われていない。

2. 試験目的

本検討では、中間貯蔵施設で設置される難透水土壌層等にベントナイトを使用する場合を想定し、共存陽イオンとして NH_4^+ が存在する時のベントナイトの Cs 吸着特性を把握することを目的とする。

3. 試験概要

バッチ試験により、放射性 Cs 濃度が 36.5Bq/kg の溶液に、 NH_4^+ を添加していないケース (0mg/L)、添加したケース 2つ (18mg/L, 180mg/L) を用い、種類の異なるベントナイトの吸着特性の傾向を確認した。 NH_4^+ 18mg/L は実現象と近い条件、180mg/L は溶出の多い条件として位置付けている。

3-1 試験材料(固体)

ベントナイトは、A, B, C の 3 種類を用いた。ベントナイト A はカルシウム(以下、Ca)型ベントナイトをナトリウム(以下、Na)交換ベントナイトにしたもの、ベントナイト B, C は Na 型ベントナイトで、いずれも粉末状である(表1)。ベントナイト B と C は産地が異なる。

3-2 試験方法

液固比 1000 とし、液相 100g と固相 0.1g をポリ瓶に封入した後、1 時間振とう (200rpm, 4~5cm 幅) した。その後、試験後の溶液を遠心分離 (8000rpm, 15~20 分) と吸引ろ過 (0.45 μm のメンブレンフィルターを使用) によって液相と固相に分けた。この試験後液相の Cs

表1 ベントナイトの種類

試料名	交換性陽イオンに基づく分類
A	Na 交換
B	Na 型
C	Na 型

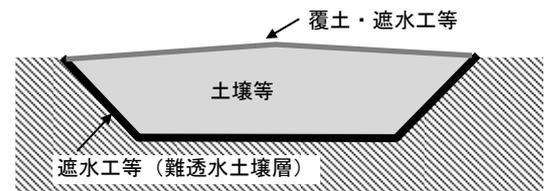


図1 中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設の構造等のイメージ (II型 Bタイプ)

キーワード 放射性セシウム, 中間貯蔵施設, ベントナイト

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-485-1111

濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。NH₄⁺には塩化アンモニウムを用い、濃度の測定はイオンクロマトグラフ法にて行った。

4. 試験結果

作製した NH₄⁺溶液の濃度は 18mg/L のケースで 17.0mg/L, 180mg/L のケースで 172.6mg/L であった。バッチ試験後の液相の放射性 Cs 濃度は、NH₄⁺の濃度が低いほど低くなり、いずれのケースでもベントナイト A < B < C の傾向が見られた (図 2)。

この結果から吸着率 (液相の Cs が固相に初期濃度の何%吸着したか)、分配係数 (平衡時における Cs の固相と液相の濃度比 (値が大きい方が固相へ移行しやすい)) を算出した。算出方法は以下の通りである。

$$\text{吸着率} [\%] = (\text{初期 Cs 濃度} - \text{吸着後 Cs 濃度}) / \text{初期 Cs 濃度} \times 100$$

$$\text{分配係数} [\text{mL/g}] = (\text{初期 Cs 濃度} - \text{吸着後 Cs 濃度}) / \text{吸着後 Cs 濃度} \times \text{液固比}$$

吸着率は NH₄⁺濃度が高いほど低下し、0mg/L と 180mg/L を比較するとベントナイト A は 95%から 60%、ベントナイト B は 85%から 45%、ベントナイト C は 80%から 22%となった (図 3)。吸着率が高い順に並べると、ベントナイト A > B > C である。

分配係数についても吸着率と同様、NH₄⁺濃度が高いほど低下し、0mg/L と 180mg/L を比較すると、ベントナイト A は 1.8E+4 mL/g から 1.5E+3 mL/g、ベントナイト B は 5.7E+3 mL/g から 8.1E+2 mL/g、ベントナイト C は 3.8E+3 mL/g から 2.9E+2 mL/g となった (図 4)。分配係数が高い順に並べると、ベントナイト A > B > C である。

5. 考察

以上の結果から、共存イオンとして NH₄⁺がある場合は、いずれのベントナイトでも吸着能力が低下することが分かった。しかし、どのケースも固相中の Cs 濃度は液相中の Cs 濃度より卓越しており、高い吸着能力を示している。ベントナイトの吸着能力としては、NH₄⁺の有無に関わらず、ベントナイト A (Na 交換) > ベントナイト B (Na 型) > ベントナイト C (Na 型) の順に高いことが分かった。ベントナイトの吸着能力は、組成鉱物などにも影響を受けるといわれている。今後、本試験で得られた知見と併せて鉱物組成の検討も行い、各種の水質において高い吸着能力と遮水性能を有する難透水層土壌層に適した材料の検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 田中真弓・川端淳一：除染工事発生土からの浸出水中 Cs に対するベントナイト吸着特性，第 49 回地盤工学会研究発表会，印刷中，2014

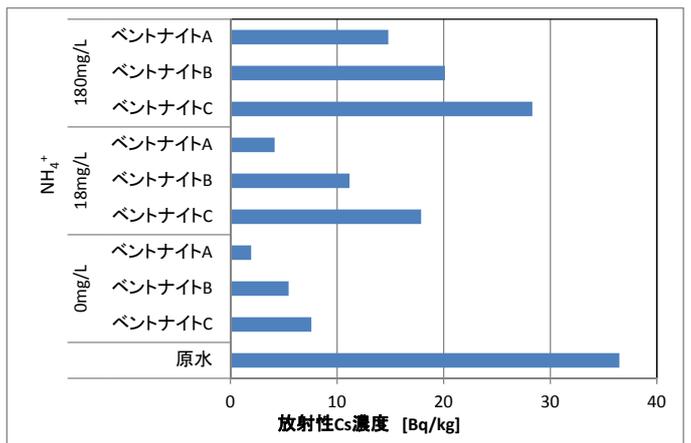


図 2 試験後溶液中の放射性 Cs 濃度

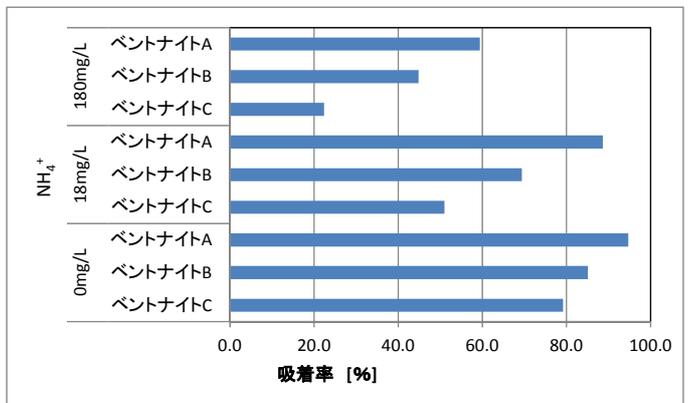


図 3 ベントナイトの放射性 Cs 吸着率

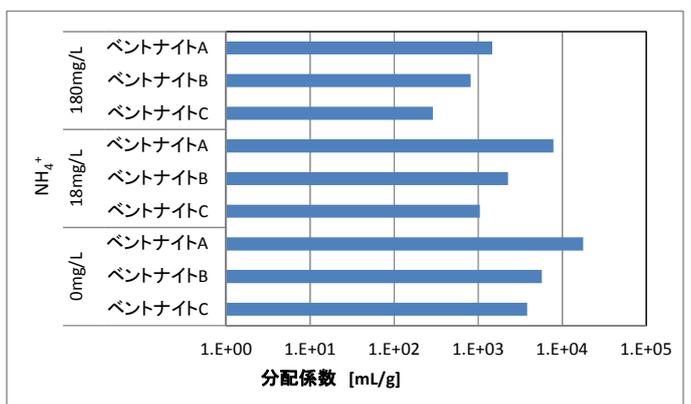


図 4 ベントナイトの分配係数