

泥水中のベントナイト回収における凝集剤の効果の予備的検討

早稲田大学 学生会員 ○原崎 智, 吉川 絵麻, 宮路 将人
早稲田大学 正会員 小峯 秀雄, フェロー会員 後藤 茂
NB 研究所 正会員 氏家 伸介

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃止措置において、燃料デブリ取り出しは重要な課題である。作業員の被ばく、放射性物質飛散の防止の観点から、充填型放射線遮蔽材料の超重泥水^{1),2)}が開発されている。超重泥水の構成材料の一つであるベントナイトはセシウム吸着特性を有するため、廃止措置での使用により超重泥水が燃料デブリに接触し、ベントナイトが放射性物質を吸着することが予想される。そのため燃料デブリ取り出しでの使用後の超重泥水は放射性廃棄物として処理する必要があるが、その方法は未確立である。著者らは放射性廃棄物処分の観点から、遠心分離を用いた分級により、超重泥水中の放射性物質を吸着したベントナイトの回収を目指している。本研究では、水処理に広く使用される凝集剤に着目し、ベントナイトの回収における凝集剤の効果の予備的に調査した。

2. 使用した試料および凝集剤

本研究では、超重泥水の構成材料の一つであるベントナイト SC (株式会社ホーゲン製 スーパークレイ) を使用して泥水を作製した。表 1 は、使用したベントナイト SC の基本的な性質を示したものである。超重泥水はベントナイト SC, バライト粉末等から構成される。後述の炉乾燥により乾燥質量を測定する方法では、超重泥水中のベントナイト SC の乾燥質量のみを選択的に評価することが困難と考えられる。そこで、ベントナイト SC のみを分散させた泥水を用いて予備的に実験を行なった。

また本研究では、ベントナイト SC 回収を促進させる可能性を有する凝集剤として、水処理等で広く使用されている無機系の凝集剤である硫酸アルミニウム (大明化学工業株式会社製) を用いた。図 1 は凝集剤によるフロックの形成の様子を示したものである。水中に存在する粒子は表面に負の電荷を帯びているため、互いに反発して分散している。凝集剤を添加することにより表面電荷が中和され、互いに反発していた粒子はフロックを形成して凝集する^{3),4)}。ここで、凝集剤の添加率が適正でない場合、電気的中和が不完全となり沈降が適切に促進されない。そのため凝集剤を使用する際、事前に pH を測定することで適切な添加率を算出する必要がある⁵⁾。硫酸アルミニウムの最適な pH 域は 6.0~8.5 である⁶⁾。

3. 泥水中のベントナイト回収における凝集剤の効果の予備的に検討する実験の手順

本研究では、先述した凝集剤の添加量を変化させ、分離処理後におけるベントナイトの鉛直方向の存在割合を調査した。図 2 は実験手順を、表 2 は実験条件を示したものである。蒸留水 100 g にピロリン酸ナトリウムを 0.2 g 添加

表 1 ベントナイト SC の基本的性質

土粒子の密度(g/cm ³)	2.672
モンモリロナイト含有率(%)	57.8
液性限界(%)	647.5
塑性限界(%)	41.7

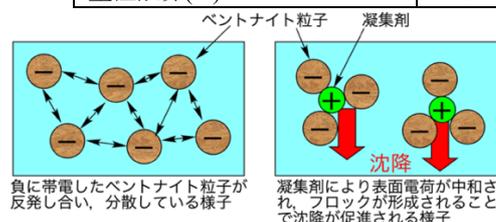


図 1 凝集剤によるフロックの形成の模式図

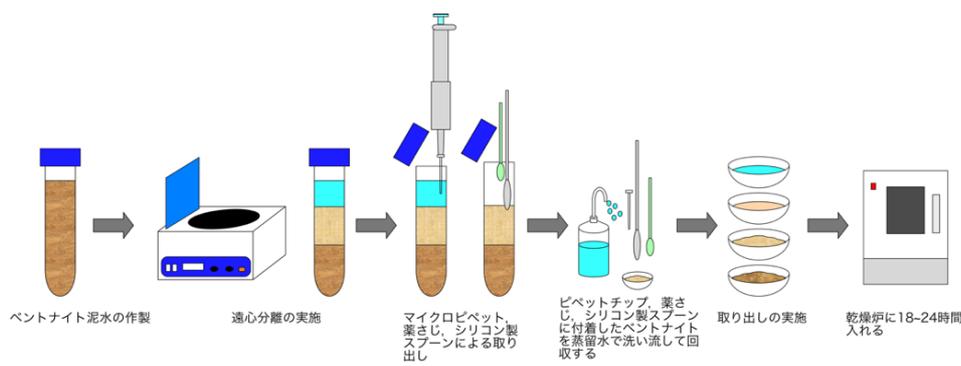


図 2 実験手順

キーワード ベントナイト, 凝集剤, 廃止措置

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 号室 早稲田大学 地盤工学研究室 TEL03-5286-2940

して2分間攪拌し、ベントナイト SC を 5 g を添加してさらに2分間攪拌した。2分間の攪拌後ベントナイト SC が十分に分散せずに継粉となって存在したため、葉さじを用いて潰した。遠沈管に作製した泥水を 30 mL、硫酸アルミニウムを所定量入れ、3000 rpm で 120 分間遠心分離を実施した。遠心分離後、遠沈管の目盛りを利用して採取範囲を鉛直方向に底部から 5 mL 毎 6 層に設定して取り出し、各層に対して $110 \pm 5^\circ\text{C}$ に設定した恒温乾燥炉にて 24 時間炉乾燥を行うことで乾燥質量を測定した。

4. 泥水中のベントナイト回収における凝集剤の有する効果

図3は遠心分離後の泥水を示したものである。また図4は各層について測定した乾燥質量を示したものである。図3より、分離処理後の泥水の色に差異が認められた。凝集剤添加量が 0 g (凝集剤なし) または 0.1 g の場合、遠沈管底部に濃い灰色の随伴鉱物を主とすると考えられる層、その他の部分にモンモリロナイトが主として分散していると考えられる層が認められた。これはモンモリロナイトと随伴鉱物に比重差があるためと考えられる。一方、凝集剤添加量が 0.5 g または 1.0 g の場合、上部の無色透明な部分を除き、灰色の層が認められた。採取範囲 5 mL から 10 mL における乾燥質量は、採取範囲 0 mL から 5 mL における乾燥質量より小さくなった。これは、凝集剤が最適添加量を上回って存在したため、随伴鉱物が沈降せずに分散していると考えられる。

また、遠心分離を実施した場合、遠心分離を実施していない場合に比べ、採取範囲 0 mL から 10 mL では大きい乾燥質量が、採取範囲 10 mL から 30 mL では小さい乾燥質量が得られた。遠心分離によるベントナイト SC の沈降の促進が認められた。凝集剤添加量が 0 g (凝集剤なし) および 0.1 g では、同程度の乾燥質量が測定された。ゆえに凝集剤の効果を得るためには、適切な添加量を算出する必要があることが確認された。また、凝集剤添加量が大きい場合、凝集剤添加量が小さい場合に比べ、遠沈管上部におけるベントナイト SC の存在割合が小さくなる結果が得られ、沈降の促進が認められた。

5. まとめ

本研究では、泥水中のベントナイト回収における凝集剤の効果を予備的に検討するため、凝集剤の添加量を変化させ、遠心分離後の遠沈管内におけるベントナイト SC の鉛直方向の存在分布を比較した。今回の結果より、凝集剤の添加によるベントナイトの沈降の促進が認められ、泥水中のベントナイトの効率的な回収の可能性が示唆された。また、凝集剤の過剰な添加により、ベントナイト粒子の沈降が妨げられる可能性が確認された。今後は超重泥水に凝集剤を添加し、超重泥水への適用性を検討する。

【謝辞】本研究の一部は文部科学省の「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」の採択課題「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技術開発と人材育成プログラム JPMX 15H15664915 (地盤工学会)」の支援を受けて実施しました。ここに感謝申し上げます。【参考文献】1) 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 新井靖典, 稲元祐二, 水野正之, 佐古田又規, 齋藤祐磨, 小峯秀雄: 変形追従型放射線遮蔽材の開発, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.471-478, 2015. 2) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村真, 鈴木聡彦, 成島誠一, 新井靖典, 氏家伸介, 佐古田又規, 長江泰史: 土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価, 土木学会論文集C (地盤工学), Vol.73, No.4, pp.342-354, 2017. 3) 野田道宏: 水処理における凝集剤の利用と選択, 九州水質分析研究会会報, 第4号, pp.1-25, 1971. 4) 東京都下水道局: 水質管理責任者資格講習テキスト, http://www.gesui.metro.tokyo.jp/contractor/information/pdf/suishitsukanri_text.pdf (2020年1月25日閲覧) 5) 日本粘土学会編: 粘土ハンドブック第三版, 技報堂出版, pp.714-716, 2009. 6) 大明化学工業株式会社: 硫酸アルミニウム 製品カタログ, https://www.taimei-chem.co.jp/pdf/PNF_AluminumSlufate.pdf (2020年1月25日閲覧)

表2 実験条件

水(g)	硫酸アルミニウム(g)	遠心分離
100	0	なし
100	0	あり
100	0.1	あり
100	0.5	あり
100	1.0	あり



図3 遠心分離後の泥水 (左から凝集剤添加量 0g, 0.1g, 0.5g, 1.0g/水 100g (回転数: 3000 rpm, 遠心分離時間: 120 分))

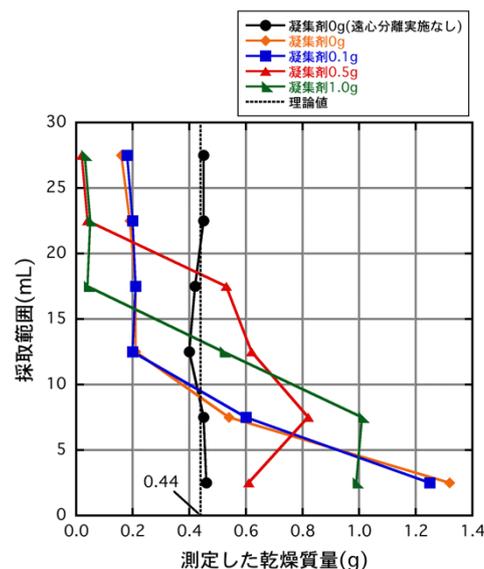


図4 各層について測定した乾燥質量