

天然鉱物系凝集固化剤による凝集沈殿性能と砒素の溶出特性

大成建設株式会社 正会員 ○川又 睦 赤塚 真依子 忠野 祐介
高畑 陽 片倉 徳男

1. 背景および目的

泥水シールド工事等において自然由来重金属を含む土壌（泥水）の分級処理過程で発生する二次処理土は細粒分比率が高くなるため重金属の溶出量が高くなる傾向が見られる¹⁾。一方、凝集剤を利用した二次処理土（泥水）の凝集沈殿処理において、上澄み水は再利用または下水などに放流されるために、重金属濃度を基準値以下まで低減することが求められている。

そこで、自然由来の砒素を含む泥水を凝集沈殿するに当たり、数種類の凝集剤を用いた比較実験を行った結果について報告する。

2. 方法

掘削工事現場で発生した土壌試料に水を加えて比重約 1.4 に調整し、74 μ m のふるいを通過した泥水（振とう 200rpm, 5 分間で攪拌・解砕）を 5 倍希釈した模擬濁水を試料として用いて、各種凝集剤による凝集沈殿性能および凝集沈殿処理後の上澄みの重金属（砒素）濃度を比較評価した。

まず、土壌汚染対策法に準じて模擬濁水の重金属溶出量、土壌含有量について分析した結果、砒素以外の重金属溶出量（ホウ素、クロム、セレン、鉛）は基準値を下回っており、含有量はいずれの重金属も基準値を大きく下回っていた。したがって、以下、本試験では砒素を対象として検討した。

2.1 凝集剤による凝集沈殿性能試験

凝集沈殿性能試験法の手順を図-1 に示す。

本試験では、試料（模擬濁水）に対して 4 種類の薬剤（市販の凝集剤：ポリ塩化アルミニウム（PAC）、ポリシリカ鉄、キトサン凝集剤、および弊社開発の天然鉱物系凝集固化剤：F13-①）を用いて検討した。凝集沈殿性能試験は、模擬濁水 500ml をビーカーに調製し、ジャーテスターで均一に攪拌後、前記の各種薬剤を添加して 3 分間、130rpm で攪拌した。攪拌停止後、5 分後の上澄みの濁度を濁度計にて測定し、写真を撮影後、目視にて凝集性能を 4 段階（◎非常に良い、○良い、△普通、×悪い）で判定した。また、砒素溶出抑制効果は凝集沈殿処理後の上澄みの重金属濃度を測定して比較評価した。本試験における溶液中の重金属濃度は、ICP-MS（Agilent 製 7700x）で測定した。

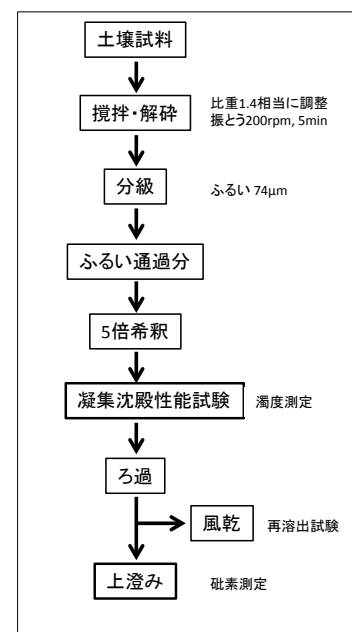


図-1 凝集沈殿性能試験法の手順

2.2 凝集沈殿物の溶出試験

凝集沈殿処理後の沈殿物（固形分）の砒素溶出特性を確認するため、前節 2.1 にて得られた土壌試料をドラフト内で風乾して回収し、風乾した土壌の全量に対して 10 倍量の溶出液を加えて溶出試験に行い、土壌溶出量を測定した。溶出試験条件は、pH の異なる溶出液（比較対照とした蒸留水（pH6.7）、酸性雨を想定した硫酸（pH4.0）、工事アルカリ排水を想定した NaOH（pH11.0）、塩酸（12N））の 4 条件とした。

3. 結果および考察

3.1 凝集剤による凝集沈殿性能

凝集性能および凝集沈殿後における上澄みの砒素濃度の測定結果を表-1 に示す。凝集沈殿性能評価として

キーワード 泥水シールド, 自然由来, 重金属, 砒素, 凝集剤, 土壌溶出量

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7226

は凝集反応 5 分後の濁度で評価した。また、コントロールとして蒸留水で溶出した砒素濃度に対する各溶出条件で得られた砒素濃度の比率と濁度の関係を図-2 に示す。

表-1 に示すように、天然鉱物系凝集固化剤 F13-①やキトサン凝集剤は凝集性能が比較的良かった。一方、凝集処理後の上澄みの砒素濃度は、F13-①、ポリシリカ鉄で非常に低い値となった。これらの薬剤を添加することで砒素の溶出が抑制されることが分かった。

表-1 凝集剤による凝集沈殿性能と砒素の溶出抑制効果

凝集剤	コントロール (無添加)	PAC	キトサン		天然鉱物 系F13-①	ポリシリカ鉄		
添加濃度	mg/L	—	200	5	10	400	400	600
濁度	度	over	662	412	138	81	over	643
pH(反応前)		10.4						
pH(反応後)		10.4	8.8	10	9.9	7.5	9.0	8.1
凝集性能		×	△	△	○	◎	△	△
砒素(上澄み)	mg/L	0.052	0.028	0.052	0.052	0.006	0.011	0.002

over: 1,000度以上

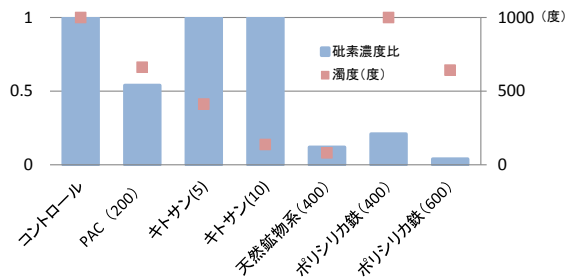


図-2 コントロールに対する砒素濃度比と濁度

3.2 凝集沈殿物の砒素溶出特性

溶出試験において pH の異なる溶液で溶出した場合の砒素の溶出特性を表-2 に示す。ここで砒素の値は、土壤乾燥重量 1g あたりの液相側に溶出した砒素の量 (μg) である。溶出試験に用いた溶出液 pH の違いによって砒素の溶出特性は異なり、酸性およびアルカリ性が極端に高くなると砒素の溶出量も予想通り高くなる傾向を示した。また、総体的に凝集剤を使用して凝集沈殿処理した試料からの砒素溶出量が未処理 (コントロール) に比べて促進される傾向を示したが、この原因として凝集沈殿物中に砒素が相対的に多く残留していた影響が考えられた。そこで、凝集沈殿処理における上澄みへの溶出量と溶出試験における溶出量を加算することで初期状態からの総溶出量を比較検討したが、PAC、F13-①、ポリシリカ鉄ではコントロールに比べて砒素が溶出しやすいという同様の傾向が見られた。

表-2 pH の異なる溶出液で処理した場合の砒素の溶出特性

凝集剤		コントロール (無添加)		PAC		キトサン		天然鉱物系F13-①		ポリシリカ鉄	
添加濃度	mg/L	—		200		10		400		600	
砒素溶出量とpH		砒素	pH	砒素	pH	砒素	pH	砒素	pH	砒素	pH
凝集沈殿処理後(上澄み)	$\mu\text{g/g-dry}$	0.4	10.4	0.2	8.8	0.4	9.9	0	7.5	0	8.1
蒸留水	$\mu\text{g/g-dry}$	0.4	8.5	1.2	7.7	1.3	7.8	1.2	8.3	0.7	8.5
硫酸(pH4)		0.3	8.2	0.8	7.4	1.0	6.9	1	7.4	0.6	7.5
水酸化ナトリウム(pH11)		1.7	10.3	3.7	10.7	4.2	10.5	2.8	10.7	2.1	10.6
塩酸(12N)		1.4	0.1	3.3	0.1	3.7	0.1	3.6	0.1	2.3	0.1

4. まとめ

本試験により、弊社開発の天然鉱物系凝集固化剤の凝集沈殿性能は市販品と比べて同等以上であり、泥水中の砒素の溶出を抑制する効果を有することが分かった。一方、凝集剤で砒素を一旦凝集沈殿させた土壌についても、その後に置かれた環境下によっては砒素が再溶出されることも分かった。今後はさらに効率良く凝集沈殿を促進させ、かつ重金属が溶出されにくい処理方法について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 赤塚真依子ら：自然由来重金属汚染土の分級後における土壤溶出量の検討, 土木学会第 69 回年次講演会, pp749-750, 2014.
- 2) 赤塚真依子ら：自然由来砒素汚染土の分級点の違いによる土壤溶出量の比較, 土木学会第 70 回年次講演会, 投稿中, 2015.