

京都大学防災研究所 正会員 嘉門 雅史
 京都大学防災研究所 正会員 勝見 武
 京都大学大学院 学生会員 澤 直樹
 京都大学 学生会員 ○伊藤圭二郎

1. 研究の目的

現在、膨大な量の浚渫土が発生しており、その効率的な処理処分・有効利用が求められている。浚渫土には有害重金属が含まれている場合があるが、そのような汚染浚渫土を埋立処分または有効利用する際には、周辺水域・地盤等に高濃度の重金属が溶出する可能性がある。このため、浚渫土の主要成分であるシルト・粘土に対する重金属の吸着・溶出特性を明らかにすることが必要となる。そこで本研究では、粘性土の重金属吸着特性・溶出特性を実験的に把握するとともに、実験結果を用いて重金属汚染浚渫土を脱水処理・埋立した際に生じうる環境インパクトの評価を行った。

2. 実験方法

実験には、表1に示す深草粘土の75 μ m通過分を使用した。pHは3～3.5の酸性を呈した。対象重金属として亜鉛(Zn^{2+})を選定した。亜鉛は、硝酸亜鉛6水和物($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)として混入した。

亜鉛濃度を变化させた場合の粘性土への亜鉛吸着特性を検討するため、粘性土と混合する溶液の亜鉛濃度を約100, 500, 1000ppmとしてバッチ試験と圧密溶出試験を行った。

表1 粘土(75 μ m以下)の主な土質性状

種類	深草粘土
液性限界	47.4%
塑性限界	26.0%
シルト分	38.2%
粘土分	61.8%
陽イオン交換容量	23.6 meq/100g
Na	0.01 meq/100g
Mg	13.5 meq/100g
Al	1.4 meq/100g
K	0.06 meq/100g
Ca	8.7 meq/100g
亜鉛含有量	95mg/kg

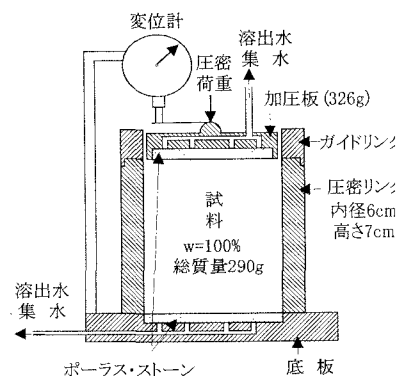


図1 圧密溶出試験の概要

バッチ試験は環境庁告示46号を準用し、ただし浚渫時の液固比の変化に伴う粘性土への亜鉛吸着特性を検討するため、液固比を1, 3, 5, 10, 50と変化させバッチ試験を行った。振とう幅4～5cm、6時間振とう後の溶液濃度を平衡濃度とし、添加した亜鉛濃度と平衡濃度の差から亜鉛吸着量を計算した。圧密溶出試験は、圧密・脱水に伴う粘性土の吸着量の変化を図1に示したような実験装置を用いて検討した。含水比100%の模擬汚染浚渫土を圧密させ、排出水に溶出した亜鉛濃度を測定した。測定にはICP発光分析機を用いた。

3. 実験結果と考察

バッチ試験の結果を平衡濃度、液固比、土に対する亜鉛添加質量に対する吸着量を表したものを図2、図3、図4に示す。図2に示すように濃度の増加に伴って吸着量が増加することが確認され、Freundlichの式に帰着した。また、図3に示したように液固比により吸着量が異なることが分かる。しかし、土に対して添加した質量で考えると、図4のように一意的に吸着量が決まる傾向がみられ、累乗の回帰曲線に帰着させることができた。この結果から、吸着量は土に対して添加した重金属の質量で決定されるといえる。

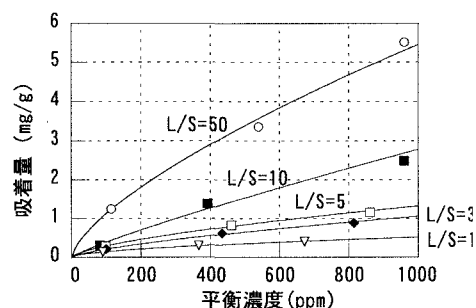


図-2 バッチ試験結果のFreundlich式への帰着

圧密溶出試験の結果を表2に示す。

表2のように圧密沈下初期の溶出濃度と沈下後期の溶出亜鉛濃度に変化がなかった。このことから圧密脱水の進行に伴う溶出亜鉛濃度の変化はないことがいえる。また図5のように、圧密後の吸着量は液固比1のバッチ試験の吸着量と一致した。

表 2 圧密脱水による
溶出濃度の変化

沈下量 (mm)	含水比 (%)	流出濃度 (ppm)
17	65.7	376.6
33	33.4	376.1

4. ケーススタディ

実験結果から、吸着量は土に対して添加した重金属の質量によること、また圧密・脱水時に溶出濃度・吸着量ともに変化しないことが分かった。この結果を浚渫土の処理過程に適用すると、図6に示すように吸着量 S 、浚渫土間隙水の濃度 C 、重金属の質量 M が変化する。この一連の処理過程において、溶出濃度については浚渫時の含水比のみで決定され、多量の海水等とともに浚渫すれば濃度は低くなる。浚渫時の含水比を高くすることで、濃度で定められている環境基準は遵守できるが、薄めて放流しても有害な重金属が流出する質量自体は変化しない。また、浚渫時の含水比を高くすることには限界がある。そのため、できるかぎり重金属が流出ないように溶出質量を抑制することが必要である。溶出質量は浚渫時の含水比と脱水後の含水比によって決まる。この関係を図7に示す。この図から、浚渫時の含水比が低いとき傾きが大きくなり脱水による重金属減少効果は高くなり、浚渫時の含水比が高いとき傾きが緩やかになり重金属減少効果は低くなる。つまり、浚渫時の含水比が低い場合は脱水を低い含水比まで行う必要があり、浚渫時の含水比が高い場合は多量の脱水を行わなければ、二次汚染の危険性が高くなる。

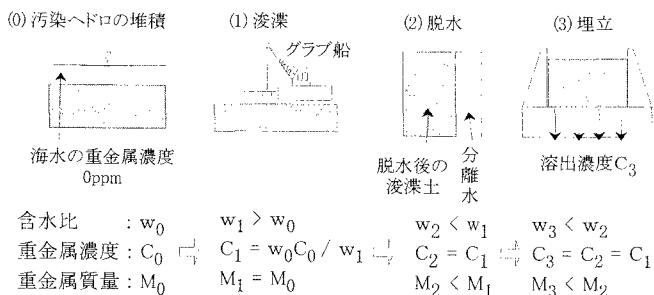


図6 浚渫土の処理フロー

5. 結論

土粒子への重金属の吸着量は濃度・液固比に影響を受けるが、これは土に対して添加した重金属の質量によって一意的に決まる傾向がみられ、また圧密・脱水に伴う溶出濃度の変化はみられないことが分かった。重金属汚染浚渫土に対しては、浚渫時の含水比と脱水レベルを管理することで重金属の溶出質量を低減させる必要がある。なお、脱水時の分離水に対しては必ず重金属除去処理する必要がある。

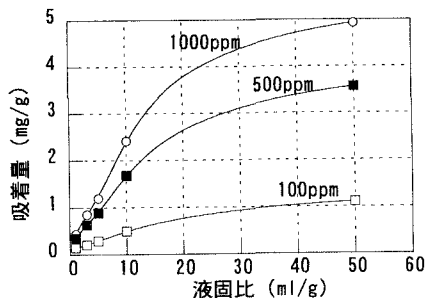


図-3 液固比と吸着量の関係

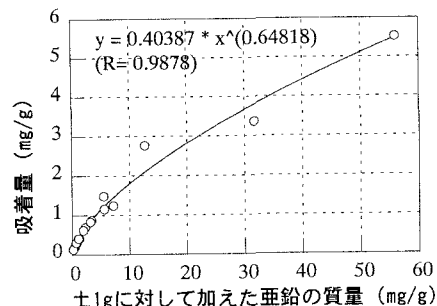


図-4 土に対する亜鉛の添加量と吸着量

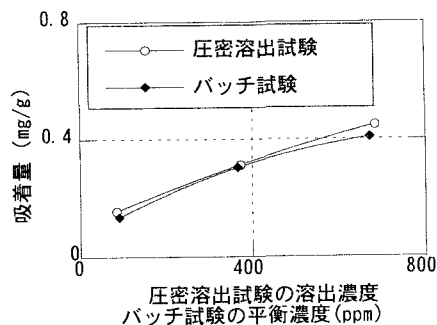


図-5 圧密試験とバッチ試験

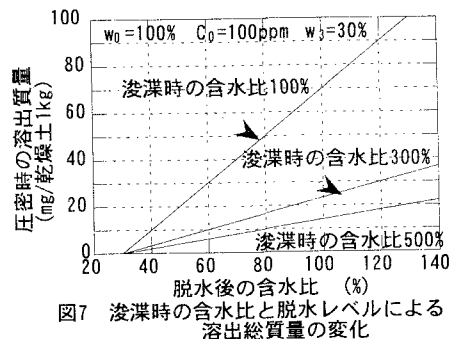


図7 浚渫時の含水比と脱水レベルによる溶出総質量の変化