

# 粘土ライナー材の鉛吸着に及ぼす塩分の影響 Influence of the salinity on lead adsorption of clay liner material

山岡伸也\* 大坪政美\*\* 東孝寛\*\*  
Shinya Yamaoka\*, Masami Ohtsubo\*\*, Takahiro Higashi\*\*

## 1. はじめに

焼却灰からの浸出水は、有害な重金属や多量の塩分を含むことが知られている。<sup>1)</sup>これらの塩分は、粘土ライナーの吸着能を低下させる可能性がある。今回は(1)塩分濃度を変化させて吸着試験を行い、吸着能への影響を調べる、(2)吸着試験から得られたパラメーターを用いて、数値計算による鉛の浸出予測を行う、という観点から試験を行った。

## 2. 試料と試験方法

おんじゃく(玄武岩風化土)とクロボク、それらに Na ベントナイトを5%添加した混合土の4種を用いて、塩分濃度を変化させバッチ平衡試験を行った。鉛溶液は 10~1000mg/L の pH3 の硝酸鉛に 0~5000mg/L の塩分を添加したものをを用いた。塩分は塩化物を用いて作成し、Na:K:Mg = 6:3:1 に設定した。

乾土重で 4g の試料土と 40mL の鉛溶液を遠沈管に封入し、振とう機を用いて 24 時間攪拌し、遠心分離した上澄み液の平衡濃度と pH を測定し、吸着能と平衡能への塩分の影響を調べた。

## 3. 試験の結果と考察

図1に塩分濃度で分類した吸着等温線を示す。同じ初期濃度で試験をしたが、クロボクの平衡濃度はおんじゃくの平衡濃度よりも一桁小さい値を示した。つまり鉛の吸着において、クロボクはおんじゃくよりも高い吸着能を有する。また、全ての試料土において塩分濃度の上昇とともに鉛の平衡濃度が上昇した。つまり、塩は鉛の吸着を阻害する。試料土別で見ると、おんじゃくは塩分濃度の上昇とともに吸着量が低下したが、クロボクではほぼ一定値を示した。また、おんじゃく、クロボクのどちらも Na ベントナイトを添加すると平衡濃度が低下した。つまり、Na ベントナイトには重金属に対して高い吸着能が期待できる。

図2に pH の変化を示す。平衡 pH は鉛の吸着量と逆関係にあり、吸着量が増加するにつれて平衡 pH

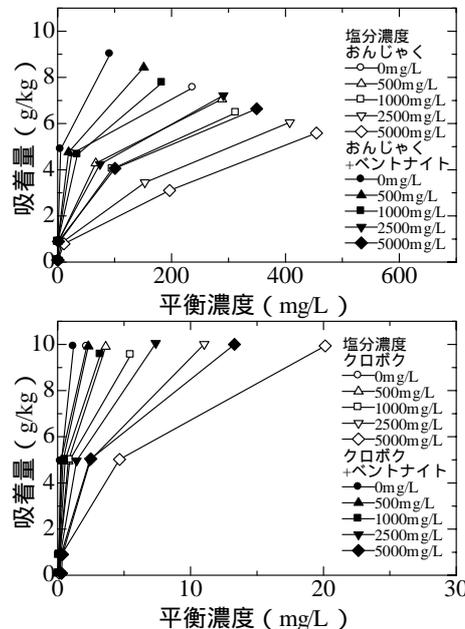


図1 塩分濃度で分類した吸着等温線

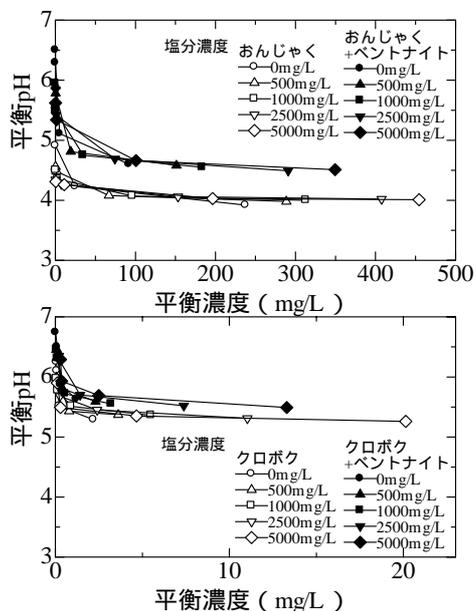


図2 バッチ平衡試験による pH の変化

\* 九州大学大学院生物資源環境科学府 Kyushu University

\*\* 九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門 Kyushu University

キーワード：鉛 塩分 吸着

が低下した。また、Na ベントナイトを加えることで平衡pHが上昇した。つまり、Na ベントナイトはおんじゃくやクロボクよりも高い緩衝能を持っている。

#### 4. 吸着の近似式

吸着量  $S$  (g/kg) を平衡濃度  $C$  (mg/L) の関数として  $S = aC^b$  で近似したときの塩分濃度と実験定数の関係を図3に示す。定数  $a$  の値は塩分濃度の上昇とともに明らかな低下を示した。つまり、鉛以外の共存イオンの濃度に依存した定数である。定数  $b$  の値は同じ試料土ではあまり変化せず、土の種類に依存する。

#### 5. 数値計算による鉛の浸出予測

地下水の実流速を  $v$  (m/s)、対象とする物質の濃度を  $C$  (mg/L)、拡散係数を  $D$  ( $10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$ )、時間を  $t$  (sec)、距離を  $x$  (m) とすると、土中の物質移動方程式は次式で表現される。

$$R \frac{C}{t} + v \frac{C}{x} = - \frac{d}{dx} \left( D \frac{C}{x} \right) \quad \dots(1)$$

$R$  は遅延係数で、先ほどの近似式 ( $S = aC^b$ ) より以下のように定義する。

$$R = \left( 1 + \frac{K_d}{n} \right) \quad \dots(2)$$

$$\begin{aligned} K_d &= \frac{dS}{dC} \\ &= \frac{d(1000aC^b)}{dC} \\ &= 1000abC^{(b-1)} \end{aligned} \quad \dots(3)$$

$\rho_s$ : 土の乾燥密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )、 $n$ : 間隙率、 $K_d$ : 分配係数 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )、 $S$ : 吸着量 ( $\text{g}/\text{kg}$ ) である。

(1) 式を適当な差分に変形し、おんじゃく-Na ベントナイト混合土の粘土ライナーを想定した数値計算を行う。条件は以下の通りである。

- $C_0 = 20 \text{mg/L}$ ,  $\rho_s = 1.24 \text{g}/\text{cm}^3$ ,  $n = 0.57$
- $H = 0.5 \text{m}$ ,  $v = 10^{-7} \text{m}/\text{sec}$ ,  $dx = 0.001 \text{m}$
- $K_d$ :  $C = 20 \text{mg/L}$  のときの (3) 式での値
- $dt$ : 解が発散しない程度の適当な値

数値計算の結果を図4に示す。塩分濃度の上昇とともに浸出に要する時間が短くなることが明らかになった。今回は流速を一定として計算したが、実際の粘土ライナーでは塩分によって透水性が上昇することも考えられるので、実際はより早い段階で浸出が始まると思われる。

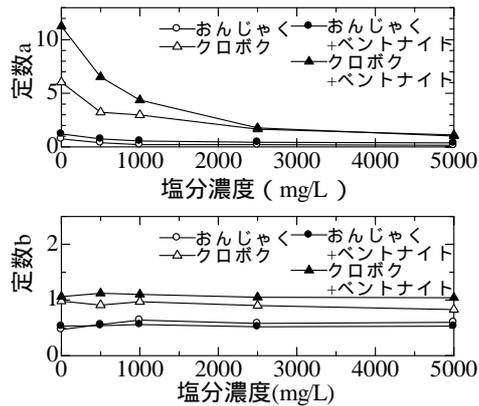


図3 実験定数と塩分の関係

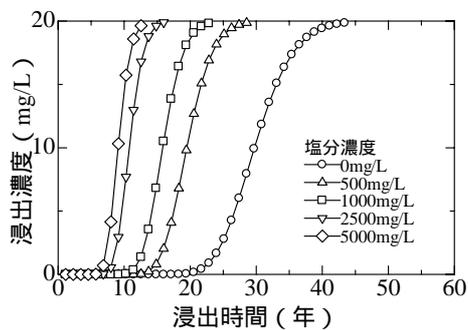


図4 浸出の予測の一例

#### 6. まとめ

得られた結論を以下に述べる。

- (1) クロボクはおんじゃくよりも高い鉛の吸着能を有するので、粘土ライナー材として有効である。
- (2) Na ベントナイトは透水性の低下を目的に用いられているが、鉛の吸着能も高い。
- (3) 塩分が存在する環境下では、鉛の吸着が阻害される。
- (4) おんじゃくやクロボクと Na ベントナイトの混合土は、粘土ライナー材として十分な吸着能を有している。

#### 参考文献

- 1) 大坪政美 Li,L 東孝寛 肥山浩樹 小林孝洋 (2003) : 締固めた焼却灰からの浸出水の塩類組成, 第 38 回地盤工学研究発表会講演集, pp.2425-2426