

重金属に関する有明粘土の吸着特性

佐賀大学理工学部	学生会員	○小薄 秀亮
佐賀大学低平地研究センター	F 会員	林 重徳
佐賀大学低平地研究センター	正会員	杜 延軍

1. はじめに

近年、埋立処分場の浸出水に含まれている有害物質によって、地下水や土壌が汚染される地盤環境問題が浮上している。本研究センターでは、汚染物質を吸着する土質遮閉層と浸出水による溶出を封じ込めるための水封ドレーン層を設けた土質遮閉-水封型埋立処分場システムを提案している。そこで本研究では、浸出水に含まれている有害汚染物質である重金属に着目し、これまでの実験データ^{1) 2)} から土質遮閉層の材料として有望である有明粘土を用いて、吸着に影響する要因に関してパッチ試験を行った。これらの実験結果の比較検討により、土質遮閉材料としての有明粘土の適応性を評価する。

2. 試料土の諸特性およびパッチ試験の概要

今回使用した有明粘土の物理化学的特性を表-1 に示す。試験に用いた試料土は全て空気乾燥させ、均質化を図るため 2 mmふるいにかけた。パッチ試験について、まず重金属に対する吸着量がどのくらいの攪拌時間で一定になるのかを検討するため攪拌時間を変えて実験を行い、実験においての攪拌時間を提案した。次に、土と溶液の質量が吸着量におよぼす影響を比較するためその割合を変えて行い、それぞれの吸着等温線を求めた。また、重金属を含んだ溶液の pH を変化させた実験も行い、pH の変化が吸着量に及ぼす影響を検討した。

表-1 有明粘土の物理化学的特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.68
含水比 w (%)	173
液性限界 w_L (%)	115
塑性指数 I_p	60
pH	7.87
強熱減量 (%)	10.2
比表面積 (m ² /g)	69.14
CEC (meq/100g)	34.2
粒度組成 (%)	
砂分	5
シルト分	49
粘土分 (<2 μ m)	46
粘土鉱物 (%)	
Smectite	84
Illite	9
Kaolinite	7

3. 実験方法

実験手順は、まず空気乾燥試料を密封瓶(材質: Plexi glass、容量: 1.0L)に分取する。一方、模擬汚染物質として CdCl₂ と PbCl₂ および KCl を含んだ混合溶液を作成。Cd²⁺が 75 (mg/L)、Pb²⁺が 50 (mg/L)、K⁺と Cl⁻は 2500 (mg/L) の濃度の混合溶液を土と溶液の質量の割合が 1 : 20 となるように瓶に分取する。攪拌時間を 1, 2, 4, 6, 9, 24, 48 (h) と変えて、室温 25℃、回転速度 29rpm で攪拌する。攪拌終了後、瓶を静置させ上澄み液を採取する。採取した上澄み液を 2000rpm で 30 分間遠心分離させて、供試液を得る。以上のようにして得られた供試液内の陽イオン濃度を、原子吸光装置を用いて測定する。次に、Cd²⁺は 15~75 (mg/L)、Pb²⁺は 10~50 (mg/L)、K⁺と Cl⁻はともに 500~2500 (mg/L) の 5 段階の濃度に調整した混合溶液を準備する。また、Cd²⁺が 75 (mg/L)、Pb²⁺が 50 (mg/L)、K⁺と Cl⁻は 2500 (mg/L) の濃度の混合溶液については pH を 5~8 の 4 段階に調整する。これらの溶液を土と溶液の質量の割合が 1 : 1.3、1 : 4、1 : 10、1 : 20 となるように密封瓶に分取する。室温 25℃、回転速度 29rpm で 24 時間攪拌する。攪拌終了後、同様の手順でそれぞれの濃度を測定する。

4. 吸着定数の算定式

攪拌終了後、イオン類の移動が平衡状態になったときの平衡濃度 C_e から、吸着量 S を算出する。土 1g 当たりの吸着量 S は、式 (1) で表される。

$$S = \frac{1000(C_o - C_e)V_{sol}}{m_s} \quad (1)$$

ここに、
 S : 吸着量 (μ g/g) C_o : 初期濃度 (mg/L) C_e : 平衡濃度 (mg/g)
 V_{sol} : 吸着質溶液の体積 (L) m_s : 試料土の乾燥質量 (g)

吸着量 S と平衡濃度 C_e の関係から吸着等温線が得られ、これから吸着定数 K_f , n を算出する。吸着モデルには、式 (2) で表される Freundlich 型吸着等温線を用いた。

$$S = K_f \cdot C_e^n \quad (2)$$

ここに、 K_f , n : 吸着定数

5. 実験結果と考察

Cd^{2+} と Pb^{2+} における攪拌時間と土 1g 当たりの吸着量の関係を図-1 に示す。 Pb^{2+} については約 6 時間以降で、 Cd^{2+} については約 9 時間以降で吸着量がほぼ一定となった。今後、有明粘土に関して重金属を用いてパッチ試験を行う際の指標として、上澄み液の採取や濃度測定などを考慮し、平衡濃度に達するまでの攪拌時間を 18~24 時間と提案する。

図-2 は土と溶液の各割合における Cd^{2+} の吸着等温線の比較を示す。土と溶液の割合が 1 : 1.3 の場合において土 1g 当たりの吸着量が最も低い値を示している。ここで求められた吸着定数 K_f , n は、実際の処分場を設計する際に重要なパラメータとなり、図-3 に示す割合に対する吸着定数の関係から、割合が低くなれば吸着定数は収束していくことがわかる。これを考慮して、処分場を設計する際には、より安全側の吸着定数を用いる必要がある。また Pb^{2+} に関しては、攪拌終了後の平衡濃度が全て 0 (mg/L) であったため、吸着等温線を求めることができなかった。これは Pb^{2+} のイオン半径が Cd^{2+} のそれに比べ大きく、交換のしやすさなどから選択性の順位が $Pb^{2+} > Cd^{2+}$ であり、また水酸化物の形成などの影響により土に対する Pb^{2+} の保持量が高いためであると思われる³⁾。

図-4 は Cd^{2+} の場合の pH の変化と吸着量の関係である。この結果より、pH の上昇に伴って土 1g 当たりの吸着量は高くなる傾向にあるが、土と溶液の割合が低くなるにつれ、pH が変化しても吸着量に影響を及ぼさなくなっている。実際の処分場において、土質遮閉層の土と浸出水との割合は 1 : 4 よりも低く、この割合以下に関しては pH の変化は吸着量にそれほど影響はしないと考えられる。

6. おわりに

今回の実験結果より、有明粘土における重金属の吸着量は非常に高い。また有明粘土を用いて土質遮閉層を設計する場合、遮閉層内においての重金属の吸着に、この範囲の pH の影響は少ないものと考えられる。このことから有明粘土は遮閉材料として十分に期待できる。

【参考文献】

- 1) 佐々木綾：埋立処分場システムにおける土質遮閉層の材料選定と設計 佐賀大学修士論文,2002.2
- 2) 藤田泰弘：有明粘土の吸着特性における地域的差異について 佐賀大学卒業論文,2002.2
- 3) Yong, Mohamed and Warkentin. 著, 福江正治, 加藤義久, 小松田清吉, 訳：地盤と地下水汚染の原理 東海出版会, 1995

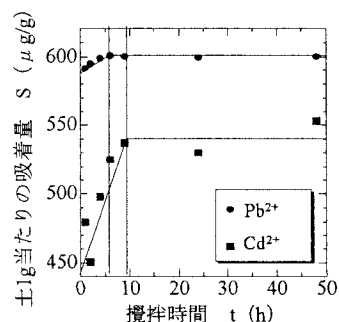


図-1 攪拌時間と吸着量の関係

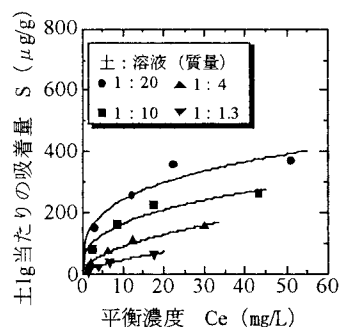


図-2 各割合における吸着等温線の比較

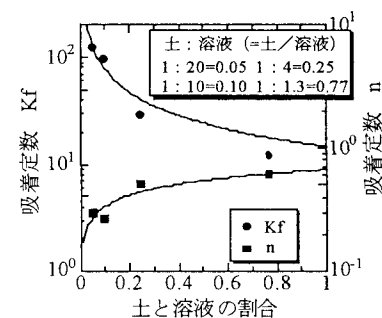


図-3 割合の変化と吸着定数の関係

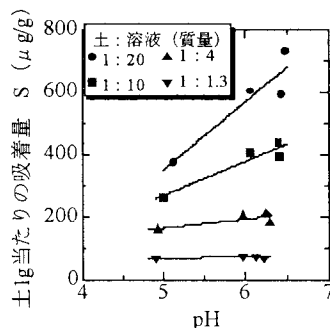


図-4 pH の変化と吸着量の関係