

## 土質遮閉層の設計に用いるバッチ試験方法の条件について

|               |       |     |    |
|---------------|-------|-----|----|
| 佐賀大学大学院       | ○ 学生員 | 佐々木 | 綾  |
| 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 |
| 佐賀大学低平地研究センター | 正会員   | 日野  | 剛徳 |

## 1. はじめに

近年、埋立処分場から出る浸出水による地下水汚染、土壌汚染が危惧されている。本研究センターでは遮水シートの下層に汚染物質を吸着する土層を設けた土質遮閉型埋立処分場システムの開発を行っており、九州の特殊土を用いたこれまでの実験によって有明粘土が土質遮閉層として有望であるというデータを得ている<sup>1)</sup>。現在、汚染物質を吸着する土粒子の能力を評価するためのバッチ試験の基準としては、US EPA 法(1997)、ISO 法(案)、ASTM 法(1993)がある。これらの基準は土と溶液の割合、攪拌時間等がそれぞれ異なっており、評価する土粒子の吸着能力に影響すると考えられる。

そこで今回は、埋立処分場の土質遮閉層を設計する際に、どのような条件でバッチ試験を行うのが適当かを検討する。

## 2. 有明粘土の諸特性

今回使用した有明粘土の物理化学的特性を表-1 に示す。

### 3. 試験条件および実験手順

今回の実験では、土と溶液の割合が 1 : 2、1 : 4、1 : 10、1 : 20 の 4 通りで実験を行った。1 : 4 については US EPA、1 : 10 については ISO、1 : 20 については ASTM に準拠して実験を行っている。表-2 にそれぞれの基準の違いを示す。

これらの基準では、乾燥試料を用いて実験を行うようになっているが、実際の現場では湿潤試料を用いること、並びにこれまでの実験から乾燥試料と湿潤試料の吸着量が大きく異なる結果を得ているため<sup>2)</sup>、今回の実験では湿潤試料を用いて実験を行った。表-3に今回行ったバッチ試験の条件を示す。

実験手順は、まず自然含水比の有明粘土を三角フラスコに分取する。200、400、600、800、1000mg/L の模擬汚染物質（KCl）を含んだ溶液を、土と溶液の割合がそれぞれ 1：2、1：4、1：10、1：20 となるように三角フラスコに満たす。

このあと、室温 25℃、回転速度 29rpm で、1:2、1:4 については 48 時間、1:10 については 6 時間、1:20 については 24 時間攪拌する。

攪拌終了後、三角フラスコを静置し、上澄み液を採取する。上澄み液を 3000rpm で 30 分間遠心分離し、原子吸光分析装置を用いて陽

また、吸着量と攪拌時間の関係を調べるために、土と溶液の割合が 1:4 で 100mg/L の KCl 溶液を用いて、6 時間、12 時間、24 時間、48 時間後の吸着量を比較した。

表-1 有明粘土の物理化学的特性

| 試料土                                 | 有明粘土  |
|-------------------------------------|-------|
| 土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.594 |
| 含水比 $w$ (%)                         | 117   |
| 液性限界 $w_L$ (%)                      | 122.4 |
| 塑性指数 $I_p$                          | 78.7  |
| 粒度組成                                |       |
| 粘土分 (%)                             | 55    |
| シルト分 (%)                            | 43    |
| 砂分 (%)                              | 2     |
| pH                                  | 6.6   |
| 陽イオン交換容量CEC (meq/100g)              | 29.5  |
| 交換性陽イオン (meq/100g)                  |       |
| Na <sup>+</sup>                     | 6.25  |
| K <sup>+</sup>                      | 5.01  |
| Ca <sup>2+</sup>                    | 7.93  |
| Mg <sup>+</sup>                     | 9.79  |

表-2 それぞれの基準の違い

| 基準     | 土と溶液の割合 | 攪拌時間 | 試料の状態 |
|--------|---------|------|-------|
| US EPA | 1:4     | 48h  | 乾燥    |
| ISO(案) | 1:10    | 6h   | 乾燥    |
| ASTM   | 1:20    | 24h  | 乾燥    |

表-3 今回行ったバッチ試験の条件

| 土と溶液の割合 | 攪拌時間 | 試料の状態 |
|---------|------|-------|
| 1:2     | 48h  | 湿润    |
| 1:4     | 48h  | 湿润    |
| 1:10    | 6h   | 湿润    |
| 1:20    | 24h  | 湿润    |

キーワード： 土と溶液の割合、攪拌時間、吸着定数

連絡先 : 〒840-8502 佐賀市本庄町 1 番地 佐賀大学低平地研究センター TEL : 0952-28-8582

4. 吸着定数の算定式

バッチ試験の結果から吸着等温線が得られ、これから吸着定数  $K_f, n$  を算定する。土 1g あたりの吸着量  $S$  は (1) 式で表される。

$$S = \frac{(c_0 - c_e)V_{sol}}{m_s} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $S$  : 吸着量 (mg/g)       $c_0$  : 初期濃度 (mg/L)  
 $c_e$  : 平衡濃度 (mg/L)     $V_{sol}$  : 吸着質溶液の体積 (L)  
 $m_s$  : 試料土の乾燥質量 (g)

乾燥試料を用いた実験では、(1)式を用いて吸着量を求める。今回は、湿潤試料を用いて実験を行っているため、含水量を考慮して吸着量を補正する必要がある。そこで、(2)式より吸着量を求めた。

$$S = \frac{C_0V_{sol} - C_e(V_{sol} + V_w)}{m_s} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $V_w$  : 含水量の体積 (L)  
吸着モデルには、Freundlich 型吸着等温線を用いた。Freundlich 式は (3) 式で表される。

$$S = K_f \cdot c_e^n \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $K_f, n$  : 吸着定数

5. 実験結果

1 : 2 の  $K^+$  の吸着等温線を図-1 に、1 : 4、1 : 10、1 : 20 の吸着等温線の比較を図-2 に、吸着定数の比較を表-4 に示す。吸着量と攪拌時間の関係を図-3 に示す。

実験結果として、図-1 より 1 : 2 においても  $K^+$  の吸着等温線を得る事ができたが、この場合土と溶液の割合が小さいため、上澄み液が採取しにくく、正確なデータを得るのが難しい。また、図-2 より 1 : 4 と 1 : 10、1 : 20 を比較すると、1 : 4 の吸着量が最も小さくなっている。よって、より安全側で設計をするためのバッチ試験の方法としては、土と溶液の比が 1 : 4 の場合が適していると考えられる。

また、図-3 より吸着量は 6 時間、12 時間、24 時間、48 においてほとんど変化がない。従って、実験の利便性を考えて 6 時間を提案する。

6. まとめ

これまでの実験結果をまとめると次の通りである。バッチ試験において、1) 湿潤試料を用いて実験を行う。2) 土と溶液の割合は 1 : 4 で行う。3) 吸着量は(2)式を用いて求める。4) 攪拌時間については、6 時間を提案する。

【参考文献】1) 佐々木綾：土質遮閉型埋立処分場に用いる土質材料の吸着および拡散に関する研究、平成十三年度土木学会第 56 回年次学術講演会 2) 樋口大輔：土質遮閉層としての有明粘土における汚染物質の輸送に関する研究、平成十三年度修士論文

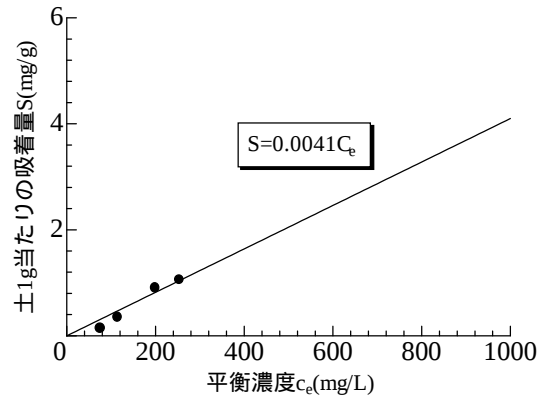


図-1  $K^+$  の吸着等温線 (1 : 2)

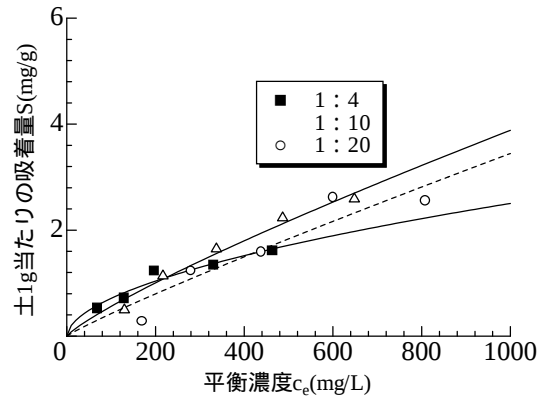


図-2  $K^+$  の吸着等温線の比較

表-4  $K^+$  の吸着定数の比較

| 土と溶液の割合 | $K_f$  | $n$    |
|---------|--------|--------|
| 1:2     | 0.0041 | 1.0000 |
| 1:4     | 0.0575 | 0.5462 |
| 1:10    | 0.0117 | 0.8401 |
| 1:20    | 0.0064 | 0.9098 |

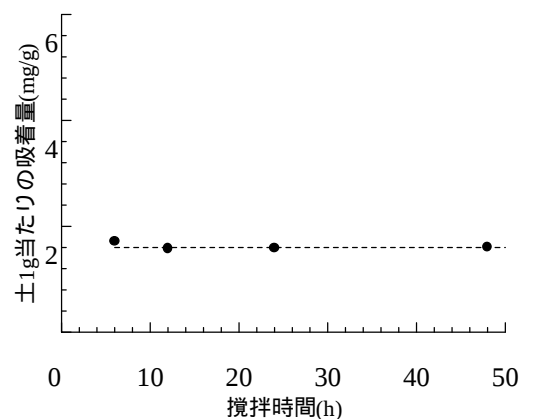


図-3 吸着量と攪拌時間の関係