

# バッチ試験から求めた遅延係数による土の重金属吸着能の評価

(株)宇部三菱セメント研究所	正会員	岸本幸尚
建設省土木研究所	正会員	古田光弘
(株)フジタ	フェロー	阪本廣行
西松建設(株)	正会員	佐藤靖彦
(財)土木研究センター		山本親志

## 1. はじめに

建設省官民連帯共同研究「地盤環境の性状保全型建設技術の開発」では、建設用地で遭遇する土壌・地下水汚染に対する予測・調査・モニタリング技術、影響防止対策技術の開発に取り組んでいる。その一環として著者らのグループは、汚染拡散の影響予測や、敷土等の上に汚染土を保管する場合の対策効果を評価する際に用いる遅延係数の求め方（試験法および決定法）を検討している。この場合、建設実務には採取試料を用いて短期間に多数のデータが得られるバッチ（ビーカー）試験が有望と考えられる。

本研究ではこれまで、幾つかの土質と重金属物質の組み合わせによってバッチ試験を行い、平衡液相濃度と吸着量との関係を把握した<sup>1)</sup>。これらから分配係数、さらに遅延係数を求めたのでその結果を報告する。

## 2. 試験概要

### 2.1 バッチ試験から遅延係数を求めるための手順

図-1 にバッチ試験から遅延係数を求めるための手順を示す。

(1) バッチ試験から、平衡液相濃度および吸着量を求める。3～5ポイントの所定濃度（初期液相濃度）に調整した重金属含有溶液に土質材料を投入し、重金属が土質材料に吸着し平衡状態に達した後の液相濃度（平衡液相濃度）を測定する。さらに(a)式を用いて吸着量を算出する。

$$\text{吸着量 (mg/kg-dry)} = \frac{(\text{初期液相濃度mg/l} - \text{平衡液相濃度mg/l}) \times \text{溶液量 l} \times 1000\text{g/kg}}{\text{試料土量g} \times \text{試料土乾燥質量比}} \quad \text{(a)}$$

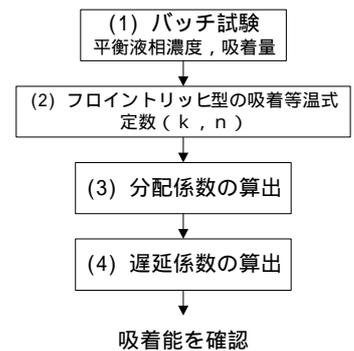


図-1 遅延係数の求め方

(2) 平衡液相濃度と吸着量との関係を図示し、この結果をフロイントリッヒ型の吸着等温式 ( $Q = kC^n$ ) に近似させ定数  $k$  および  $n$  を求める。なお、 $Q$  は土（乾燥）への吸着量、 $C$  は平衡液相濃度を示す。

(3) 吸着量と平衡液相濃度との比で表される分配係数を (b) 式から算出する。

$$\text{分配係数 ; } K_d \text{ (1/kg)} = Q / C = kC^n / C = kC^{n-1} \quad \text{(b)}$$

(4) 遅延係数は線形吸着反応の場合において (c) 式から求められる<sup>2)</sup>。

$$\text{遅延係数 ; } R = 1 + \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} \right) K_d \quad \text{(c) かつ } \rho_w \text{ は乾燥密度、 } \rho_s \text{ は間隙率、 } K_d \text{ は分配係数を示す。}$$

(c) 式は土粒子の密度  $\rho_s$  を用いて表すと、(d) 式のようになる。

$$R = 1 + \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} \right) \left( \frac{1 - \rho_w}{\rho_s} \right) K_d = 1 + \left( \frac{1 - \rho_w}{\rho_w} \right) kC^{n-1} \quad \text{(d)}$$

### 2.2 試験条件

土質材料は砂、有機質土、関東ローム、シルトおよび砂改良土とし、対象重金属は鉛、カドミウム、水銀、銅、亜鉛、砒素、六価クロム、セレンおよびホウ素とした。

## 3. 結果および考察

表-1 にフロイントリッヒ型の吸着等温式に近似した場合の定数 ( $k, n$ )、表-2 に各試料土の土粒子密度

キーワード：バッチ試験、遅延係数、吸着能、汚染土、重金属、分配係数

連絡先：〒330-0835 埼玉県大宮市北袋町 1-297、TEL 048-647-2011、FAX 048-643-5146

および間隙率を示す。

表-1 フロイントリッヒ型の吸着等温式 ( $Q = kC^n$ ) に近似した場合の定数 (k, n)

土質材料 重金属	砂		有機質土		関東ローム		シルト		砂改良土	
	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n
鉛	347	0.45	1249	0.30	6462	0.25	581	0.64	3991	0.73
カドミウム	15	0.88	1756	0.43	667	0.64	340	0.60	8394	0.26
水銀	30	0.42	1796	0.50	282	0.71	444	0.93	42	0.58
銅	52	0.57	1321	0.24	-	-	-	-	-	-
亜鉛	186	0.75	1740	0.45	-	-	-	-	-	-
砒素	118	0.34	593	0.56	191	0.65	25	0.86	148	0.73
六価クロム	8.4	0.64	21	0.71	8.2	0.75	3.4	0.75	1.4	1.02
セレン	137	0.43	538	0.52	-	-	-	-	-	-
ホウ素	0.72	1.38	8.2	1.11	-	-	-	-	-	-

表-2 各試料土の土粒子密度 s および間隙率

	砂	有機質土	関東ローム	シルト	砂改良土
土粒子密度 s(g/cm <sup>3</sup> )	2.671	2.280	2.758	2.681	2.551
間隙率	0.41	0.80	0.73	0.52	0.41

$= 1 - (d / s)$ , d: 乾燥密度

遅延係数は、吸着などに伴う汚染物質の動きの妨害に関する蓄積作用を意味するもので、(d)式のように間隙率と平衡液相濃度Cとの関数として表される。これより、 $n < 1$ の場合は間隙率および平衡液相濃度Cが低いほど遅延係数は大きい、すなわち、汚染物質の動きは遅くなる。

各土質材料の平衡液相濃度と遅延係数との関係を図-2～図-6に示す。土質材料ごとに遅延係数の値を比較すると以下のような関係にある。

- 砂 : 鉛>亜鉛=砒素=セレン>銅>水銀>カドミウム>六価クロム>ホウ素
- 有機質土 : 鉛>水銀>カドミウム=亜鉛>銅>砒素=セレン>六価クロム>ホウ素
- 関東ローム : 鉛>カドミウム>水銀=砒素>六価クロム
- シルト : 鉛>カドミウム>水銀>砒素>六価クロム
- 砂改良土 : カドミウム>鉛>砒素>水銀>六価クロム

概ねカチオン系の鉛、カドミウム、水銀、銅および亜鉛はアニオン系の砒素、六価クロム、セレンおよびホウ素と比較すると遅延係数は大きく濃度依存性が顕著である。

#### 4. まとめ

以上のような手法により比較的簡便に遅延係数を求められることが明らかになったが、この数値の妥当性および敷土等の対策・評価の解析への適用に関しては、今後カラム試験等で求めた値と比較検討して行きたい。

#### 参考文献

- 1) 岸本他：バッチ試験による土の重金属吸着能の評価、第35回地盤工学研究発表会、2000.6(投稿中)
- 2) 福江他：地盤と地下水汚染の原理、東海大学出版会、1995

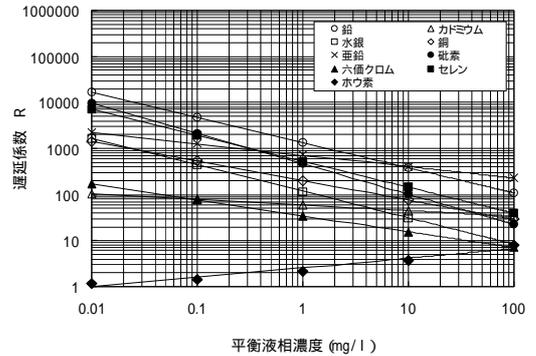


図-2 平衡液相濃度と遅延係数との関係(砂)

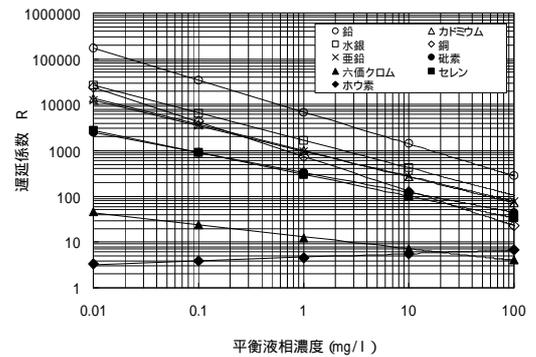


図-3 平衡液相濃度と遅延係数との関係(有機質土)

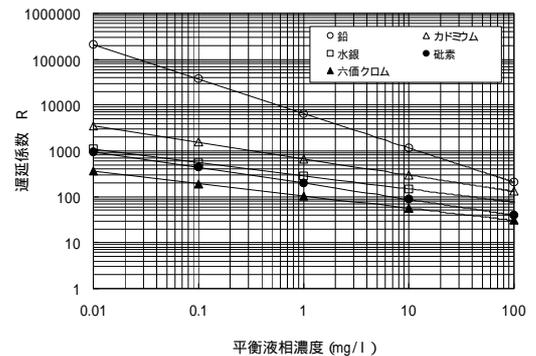


図-4 平衡液相濃度と遅延係数との関係(関東ローム)

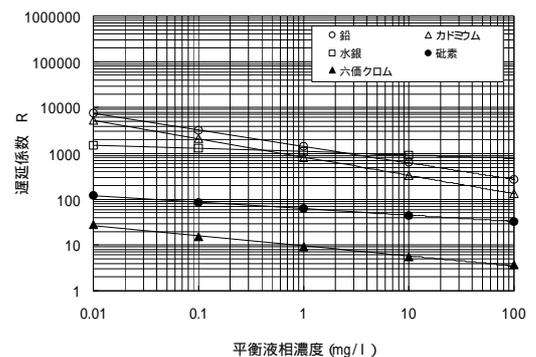


図-5 平衡液相濃度と遅延係数との関係(シルト)

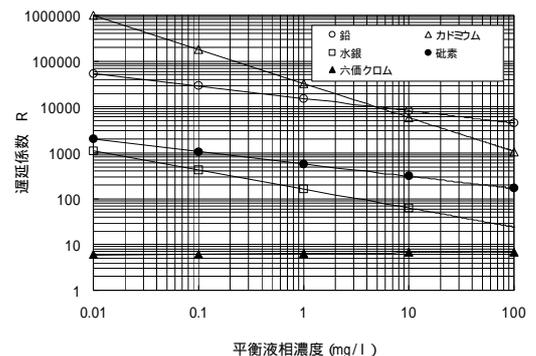


図-6 平衡液相濃度と遅延係数との関係(砂改良土)