

係をまとめ、一次式で回帰した。回帰直線の傾きが分散長となる。分散長は、マサ土で 0.39cm、豊浦砂で 0.17cm となった。

バリアの厚さと Cd 捕捉能力

Fig.4 に、カラムからの排水に含まれる Cd 濃度の変化を示す。また、図に示した各カラムのイオン保持可能量(CEC × 乾土重)を表-2 に示す。

浸透させた模擬汚染水(Cd: 42ppm)は、電荷当量に換算すると 0.747mmol_c/L に相当する。図に示した各カラムのイオン保持能力は 6.2 ~ 7.5 mmol_c で大差ないが、排水中の Cd 濃度はバリアの層厚に対して大きく異なった。すなわち、層厚(d) 2.0cm の R107 混合マサ土は、カラム内土壌の吸着可能量としては 7.23mmol_c あるにも関わらず、負荷量 0.1 mmol_c でバリアを通過する Cd が検出された。それに対して層厚 2.5cm、5cm のマサ土のみのカラム、R107 混合豊浦砂のカラムでは各々 0.6、0.9 mmol_c までは排水に Cd がほとんど検出されなかった。カラム内の吸着可能量はほぼ同等であるにも関わらず、排水の Cd 濃度が大きく異なることは、単にイオン交換容量でバリアの能力を評価してはいけないことを示唆している。

本実験に用いたマサ土、豊浦砂の分散長はそれぞれ 0.39cm、0.17cm であった。ゼオライト R107 を 2.5%混合した場合に分散長が変化する可能性はあるが、別途測定した飽和透水係数の値から 2.5%程度のゼオライト混合では透水性には影響が現れないことがわかっており、近似的に混合前の分散長を用いて議論しても大きな誤差は生じないものと考えた。

本実験において、薄いバリアが厚いバリアと同等のイオン吸着能力を持っているにも関わらず、少ない負荷量に対して薄いバリアからのみ Cd の漏出が見られた原因は、薄いバリア層内において十分な混合が生じず、土やゼオライトに吸着されず濃度の高いままの Cd 溶液が部分流のようにバリアを通過してしまったのではないかと考えている。完全混合セルのようなモデルを想定し、分散長を混合が生じる単位長さと考えると 2.0cm のバリアを通過する間にマサ土では約 5 回の混合が生じ、これに対して 5.0cm 長の豊浦砂カラムでは約 30 回の混合が生じる。この混合頻度の違いが十分にバリアに吸着されないままに排水中に漏出してしまふ Cd 発生の原因だと考えられる。したがって、効率的なバリア厚さを決めるためには陽イオン交換容量のような静的な性質だけではなく分散長のような化学物質移動特性も考慮する必要がある。

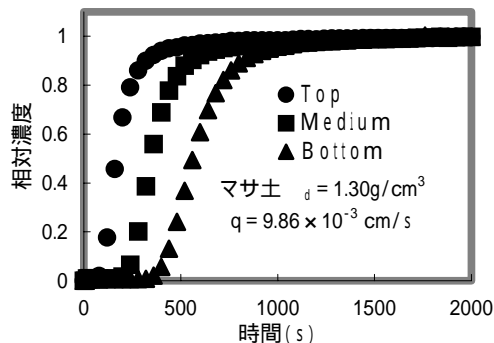


Fig. 2 ブレークスルーカーブの例

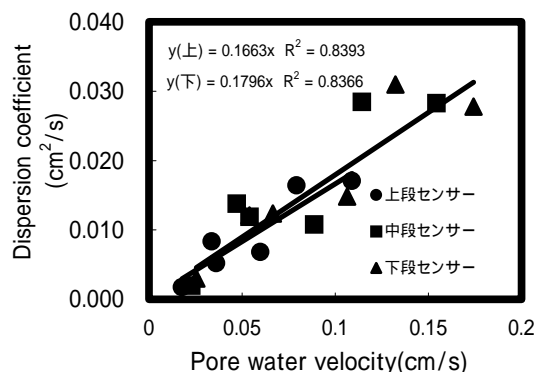


Fig. 3 間隙流速と分散係数の例(豊浦砂)

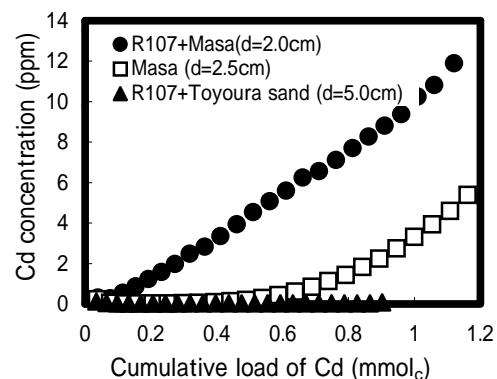


Fig. 4 バリア厚さと排水中の Cd 濃度

表-2 カラム中のイオン保持可能量

	マサ土+R107 (2.0cm)	マサ土 (2.5cm)	豊浦砂+R107 (5.0cm)
イオン保持可能量 (mmol _c)	7.23	6.21	7.54

謝辞: 人工ゼオライト R107 は共同研究の際に(株)プラントックより提供されました。ここに記して感謝します。

土壌中の溶質移動特性とゼオライトバリアの有効性に関する研究 Dispersivity and performance of the zeolite soil mixture barrier

林みゆき、西村 拓、加藤 誠

Miyuki Hayashi, Taku Nishimura and Makoto Kato

はじめに

近年、土壌汚染の修復ならびに防止は急務の課題とされている。汚染の防止にあたって、粘土やゼオライトなどの吸着剤を混入したバリアが用いられることが多い。バリアは厚いほど遮蔽機能が増すが、他方、コストの面で施工量にはおのずから限界がある。また、どの程度の厚さのバリアを設定すれば汚染物質を十分に封じ込められるかということは十分には明らかになっていない。本研究では、バリアを多孔体と考え、その分散長とバリアの有効性について検討した。

実験方法

試料: 土壌試料は、福島県田村郡三春町で採取したマサ土(SCL)と豊浦砂(平均粒径 0.125mm)を用いた。また、ゼオライトは、人工ゼオライト(P 型ゼオライト、以下 R107、(株)プランテック製)を用いた。R107 は、粒径が 10 μm 以下であった。

表-1 試料の CEC($\text{mmol}_c/100\text{g}$)と比表面積* (m^2/g)

	マサ土	天然 zeolite	R-107
CEC	15	150	300
比表面積	39.0	165.6	211

+:EGME 吸着法

分散係数と分散長の測定

土壌中の溶質の移動は、分散係数と呼ばれるパラメータにより特徴付けられ、分散係数は移流分散方程式を用いて土壌溶液の濃度変化から推定できる。本実験では、内径 4 cm、全長 19 cm の 4 極 EC センサー(上段:4.5cm、中段 9.5cm、下段 14.5cm) 付アクリルカラムに供試土を乾燥密度 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ で充填し、0.01M の CaCl_2 溶液で初期飽和させた後、0.1M の CaCl_2 溶液を流し、カラム内の濃度変化についてセンサーより得られた EC データからブレー

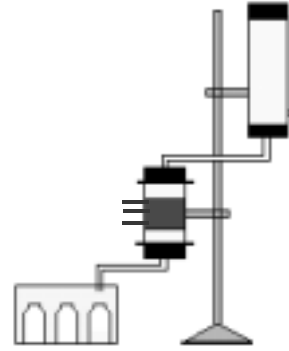


Fig.1 実験装置模式図

クスルーカーブ(BTC)を作成し、移流分散方程式の解析解とのフィッティングから分散係数と分散長を求めた。なお分散長は、分散係数を間隙流速で除して得た。

バリア実験

試料は、マサ土、豊浦砂と各々について R107 を質量比で 2.5%の混合させた混合試料の 4 種類とした。内径 4cm のアクリルカラムを組み合わせ、マサ土と R107 混合マサ土、豊浦砂と R107 混合豊浦砂を各々乾燥密度 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ で充填し、厚さ 5cm、2.5cm、2cm、0.5cm のバリアを作成した。 CaCl_2 溶液 (0.1mM) で飽和した後にカラム上端よりマリオート管を使用して、汚染水モデルとして硝酸 Cd 溶液 (42ppm) を流した。カラム下端にはフラクションコレクターを設置し、排水の分画採取を行い、その排水中の Cd 濃度を原子吸光光度計によって測定した。

結果と考察

分散係数と分散長

Fig.2 にマサ土カラム内の土壌溶液の EC の変化から得たブレークスルーカーブの例を示す。また、Fig.3 に豊浦砂について間隙流速と分散係数の関