

鉛直浸透場における分散現象と飽和度の関係

岐阜大学工学部 学生員○祖父江 崇
 岐阜大学工学部 学生員 棚橋 秀行
 岐阜大学工学部 正会員 佐藤 健

1. 目的

本研究は、地盤内鉛直浸透場における溶質の分散現象に影響を与える要因（飽和度、流速、土の粒径など）のうち、飽和度に着目する。従来より低飽和度になるほど分散係数が大きくなる傾向が報告されている¹⁾が、本研究ではこの点について踏み込み、従来より精度の良い実験を行って分散係数と飽和度の明確な関連性を求めるとともに、この関連性を力学的に説明することを目的とする。

2. 方法

空気吸引不飽和カラム実験装置²⁾（図-1）に、試料土として豊浦標準砂（乾燥密度 $\rho=1.55\text{g/cm}^3$ ）を充填し、真空ポンプで負圧をかけることによって空気を砂層内に貫通させ、カラム内の飽和度を均一な状態にした。そして汚染物質として NH_4Cl 溶液を流し（ダルシー流速 $q=0.0708\text{cm/min}$ ）、流出水中の非吸着性物質である Cl^- の破過曲線と移流拡散方程式

$$\theta \frac{\partial C}{\partial t} + q \frac{\partial C}{\partial x} = \theta D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (1)$$

（ここで、 C : 間隙液相における溶質濃度、 q : ダルシー流速、 D : 分散係数、 θ : 体積含水率、 t : 時間、 x : 距離）を比較し分散係数を求めた。この一連の作業を様々な飽和度で行い、各飽和度における分散係数を求めた。

3. 結果

実験から得られた実測破過曲線を図-2に白丸で示す。移流拡散方程式（(1)式）によって計算した破過曲線を実線で重ね、両者がもっとも一致する際の分散係数を求めた。こうして求めた飽和度と分散係数の関係を図-3に黒丸で示す。飽和度が低くなるにつれ分散係数が大きくなるが見て取れる。

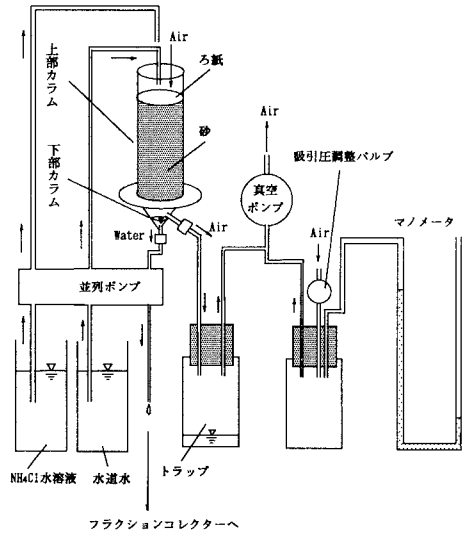


図-1 空気吸引不飽和カラム実験装置

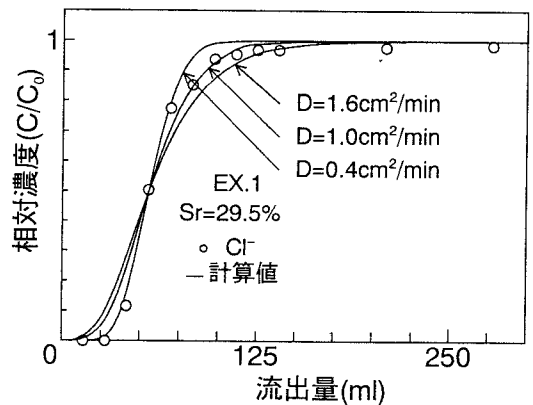


図-2 破過曲線

4. 考察

無作為に飽和度100%, 59.3%, 29.5%の点を取り、カラム内での濃度分布が飽和度が違うことによって、どう異なるのか調べた(図-4)。図-4はカラムに上から溶液を流し分散の中心(相対濃度0.5)が同位置まで到達したときの濃度分布である。横軸の相対濃度を飽和度の比率で表示することによって、実際の溶質の質量を視覚的にわかりやすく表している。そして平均流速より早く降下してくる部分を斜線部で示した。斜線部の面積は、分散した実際の溶質の質量を意味することになる。この面積が各飽和度ともほぼ等しいことが確認できた。分散する溶質の質量が等しくなるような飽和度と分散係数の関係を実線で図-3に書いてみると、実測点はこの線に非常に近いことが見て取れる。よって、飽和度が変わっても分散する溶質の質量が同じになるメカニズムを明らかにできれば、飽和度と分散係数の関連性の力学的説明が可能になるのではないかと考えられる。

現在のところ、このメカニズムを明らかにするには至っていないが、図-4の3つのケースの間では、充填されている砂の密度、粒径だけが共通であり、飽和度、流速は異なることから、分散現象は主に土の密度、粒径といったものに支配されているのではないかと考えている。

5. 結論

- ①ダルシー流速一定条件下における飽和度と分散係数の間には、図-3のような関係があることがわかった。
- ②カラム内の同位置における分散した溶質の質量が、飽和度によらず等しくなることがわかった。
- ③分散現象は、流速、飽和度といったものよりむしろ土の粒径、密度などの土の間隙構造に大きく左右されるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) De Smedt, F. and Wierenga, P. J.: Solute transfer through columns of glass beads, Water Resour. Res., Vol. 20, No. 2, pp. 225-232, Feb., 1984
- 2) 棚橋秀行・佐藤健・湯浅晶・宇野尚雄: Two-Regionモデルによる砂層中の溶質の輸送構造とパラメータの評価, 土木学会論文集No. 499/Ⅲ-28, pp. 107-116, 1994. 9

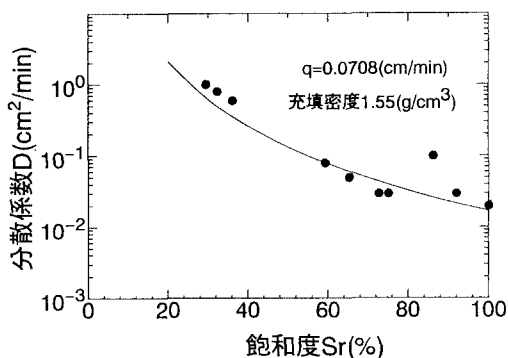


図-3 飽和度と分散係数の関係

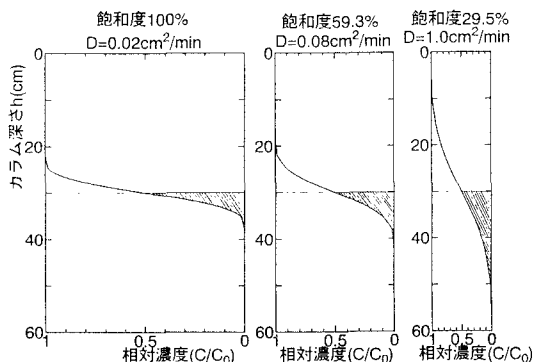


図-4 飽和度の違いによる濃度分布の比較