

法政大学大学院 学生会員 山下 毅

法政大学大学院 学生会員 松井 準

法政大学工学部 正会員 岡 泰 道

1. はじめに

不飽和帯土壤中の溶質移動に関する従来の研究には、分散係数と土壤中の水分量との関係に着目した研究もある¹⁾。本研究では、不飽和土壤中の溶質移動にかかわる種々の要因について把握することを目的として、鉛直カラム装置を用いた実験を行なった。また、得られた測定データから分散係数を推定した。

2. 実験装置と方法

実験装置を図-1に示す。この装置は鉛直カラム(内径 20cm, 全長 150cm)、降雨供給装置および排水装置からなる。降雨供給装置は定常降雨(50~500mm/hr)の供給が可能、カラムには TDR 計と EC 計の2種のセンサを取り付けてある。TDR 計は試料上面から 10~100cm の深度に 18cm 間隔で 6 本、EC 計は 20cm~82cm の間に 4 本設置し、各深度の体積含水率と EC を 10 分間隔で測定する。試料は豊浦標準砂(比重 1.45、平均粒径 0.23mm)を使用した。

実験手順は以下の通りである。降雨装置から一定量の水を供給し、カラム内の体積含水率を測定する。十分に時間が経過したところで供給水を NaCl 溶液に切り替え、浸透水中ならびに排出水の EC を測定する。供給量を維持したまま塩分濃度のみ 3~4 回変化させる実験を、供給量を 3 回変えて行った。

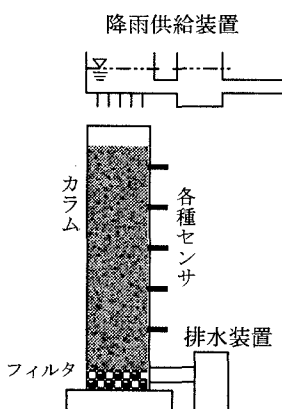


図-1 カラム実験装置

3. 実験結果

図 2 は、降雨強度 181mm/hr、塩分濃度 0.012% の実験結果の例を示している。時間が経過するにつれてカラム内の塩分濃度が、供給された濃度に漸近していく。しかし、深度 82cm における EC 計は他のものよりも過大な値を示している。この原因としてセンサの精度の問題もあるが、直前に行なった実験による若干の残留塩分が影響を及ぼした可能性もある。

次に、実験開始直後からのカラム内の体積含水率(θ)のプロファイル(図-3)と水理ポテンシャル(ϕ)のプロファイル(図-4)をみると、深度 80cm より下方では、実験開始前から毛管飽和帯が形成されている。一方、それより上方では時間の経過とともに不飽和状態で一定の水分量($\theta=0.17$)に漸近する傾向がみられる。

4. 水分特性曲線

豊浦標準砂の θ - ϕ 関係を調べるために室内吸引試験を行い、水分特性曲線を求めた。この結果に次の van Genuchten の式をあてはめ、最適パラメータを

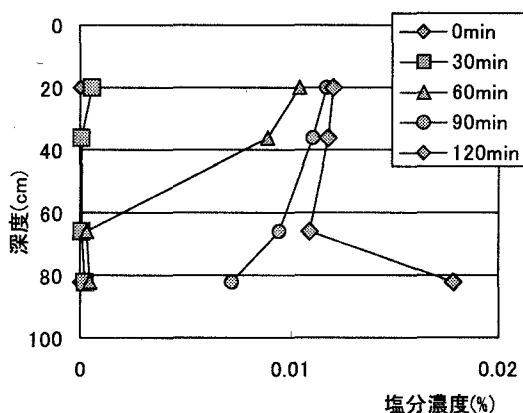


図-2 濃度プロファイル

キーワード：鉛直カラム、不飽和浸透、水分特性曲線、溶質移動

〒184-8584 東京都 小金井市 梶野町 3-7-2 法政大学工学部

TEL 042-387-6114 FAX 042-387-6124

決定した。

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_{sat} - \theta_r} = \left(\frac{1}{1 + |\alpha \psi|^n} \right)^{1 - \frac{1}{n}}$$

ここに、 θ_r は残留含水率、 θ_{sat} は飽和含水率、 α 、 n はパラメータである。得られた曲線を図-5 に、決定したパラメータを表-1 に示す。従来の研究で得られている値とほぼ符合する結果が得られた²⁾。

5. 分散係数の推定

次に実験結果に対して、次式を用いた数値シミュレーションを行い、最適化による分散係数の推定を試みた。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

ここに、 u はカラム内の流速(cm/min)、 D は分散係数(cm²/min)である。比濃度の時間的変化とシミュレーション結果を図-6 に示す。分散係数 $D=0.05\text{cm}^2/\text{min}$ 付近で最も適合度のよい結果が得られている。しかし、現段階では土壌水分移動が定量的に評価されておらず、流速を任意に与えて推定したため更なる検討を要する。

6. まとめ

本研究では鉛直カラム実験装置を用いて、砂層中における溶質移動実験を行なった。さらに、試算的に移流分散方程式から分散係数を推定した結果、文献にみられる値に見合う推定値を得た。しかし、最適化方法の妥当性を検証する必要がある。さらに、不飽和土壌水分挙動と移流分散との関連性を量的に把握するためには、実験装置の改良が不可欠と考えられる。

【参考文献】

1) 棚橋秀行, 佐藤健, 湯浅昌, 宇野尚雄(1995): 空気吸引カラムを用いた不飽和砂層中の溶質の分散現象, 土木学会論文集, No.511, III-30, pp.127-134.
2) 青木一男, 福田護, 壺内昌浩, 橋本達明(1998): 不飽和帯における分散パラメータの推定手法, 第 33 回地盤工学研究発表会, pp.1811-1812.

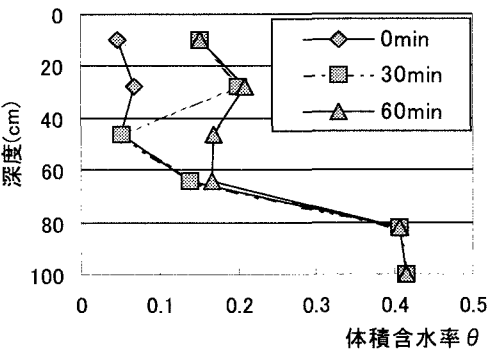


図-3 体積含水率プロファイル

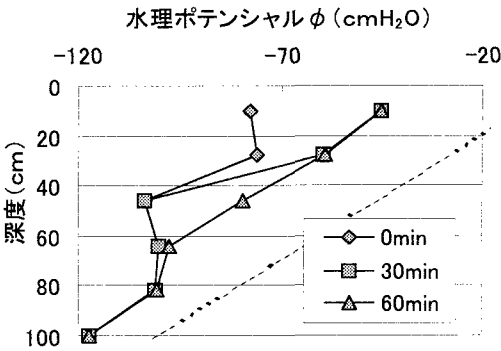


図-4 水理ポテンシャル・プロファイル

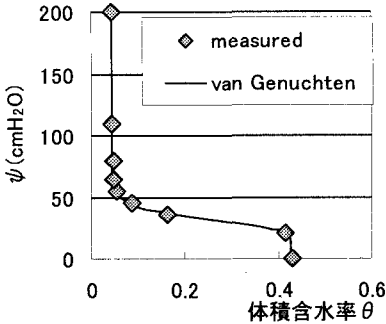


図-5 水分特性曲線

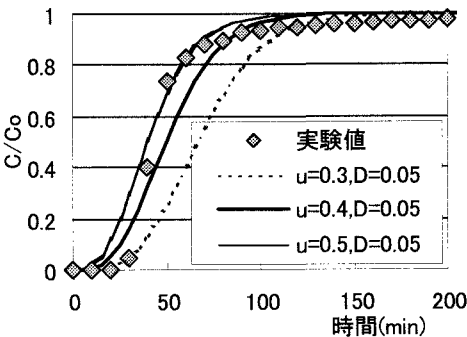


図-6 比濃度の時間的変化