

溶質移動実験における EC 計の検定と分散係数の推定

法政大学大学院 学生会員 ○林 繁樹
法政大学大学院 学生会員 木下 孝介
カテナ株式会社 今井 将洋
法政大学工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

本研究では、EC 計を土壤中で使用するための検定を行うとともに、鉛直カラム実験装置を用いて NaCl 溶液を降雨の形態で供給し、カラム内の濃度変化を経時的に計測した。また、得られた破過曲線に対して、数値シミュレーションによるフィッティングを行うことにより分散係数を推定した。

2. EC 計の検定

EC 計は本来、溶液中において使用される。しかし、本実験では、土壤中の溶液濃度を把握するために、EC 計を土壤中に埋め込んで使用している。土壤中では EC 計を使用した場合、計測される電気伝導度は、体積含水率の影響を受け、溶液中で使用した場合より低い値を示す。したがって、土壤中の溶液電気伝導度を計測するためには、その影響を考慮した検定を行う必要がある。今回行った検定では、ハンディタイプ電気伝導度計による値を基準値とした。

手順は以下の通りである。容器に飽和状態にした試料を入れ、試料内に EC 計を埋め込む。溶液の濃度を変化させ、上澄み液の EC 値をハンディタイプ電気伝導度計にて計測するとともに、EC 計による測定値を記録する。次に、体積含水率による影響を考慮するために、容器に乾燥状態の試料を入れ、あらかじめハンディタイプ電気伝導度計で計測しておいた NaCl 溶液を、試料に加えて体積含水率を徐々に増加させ、それぞれの体積含水率および電気伝導度の計測を行う。以上により測定した値から、次式に基づき、最小 2 乗法により最適パラメータを求めた。

$$EC_w = \frac{EC_m - bq}{aq}$$

ここに、 q : 体積含水率、 EC_w : 溶液電気伝導度(mS/m)、 EC_m : 土壤中の EC 計により計測される値、 a 、 b : 定

数である。今回検定を行った結果、算出した定数は $a = 0.598$ 、 $b = -2.92$ である。

上式を適用した場合の EC_w と、ハンディタイプ電気伝導度計により計測した EC 値の関係(図-1)より、算出した定数が妥当であることがわかる。

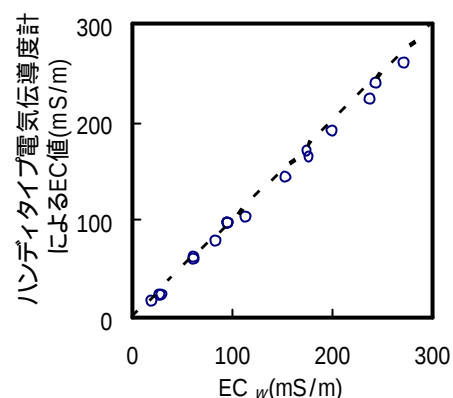


図-1 EC_w と EC 値の関係

3. 実験装置と方法

実験装置を図-2 に示す。この装置は鉛直カラム(内径 20cm、高さ 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(30 ~ 200mm/hr)の供給が可能であり、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 12~102cm の深度に 18cm 間隔で 6 本、EC 計は 25cm~71cm の間に 4 本設置し、各深度の体積含水率と電気伝導度を 1 分間隔で測定する。試料は豊浦標準砂(比重 2.63、平均粒径 0.196mm)を使用した。

実験手順は以下の通りである。降雨装置から一定の強度の降雨を発生させると同時に、カラム内の体積含水率の測定を始める。カラム内の水分移動が定常状態になったことを確認した後、供給水を NaCl 溶液に切り替え、浸透水ならびに流出水の電気伝導度の測定を開始する。流出水の電気伝導度が供給水

キーワード EC 計、鉛直カラム、分散係数、溶質移動

連絡先 〒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 E-mail : i01r5112@k.hosei.ac.jp

の電気伝導度とほぼ等しくなるのを確認した後、供給水を水道水に切り替えて脱塩過程の実験を行う。

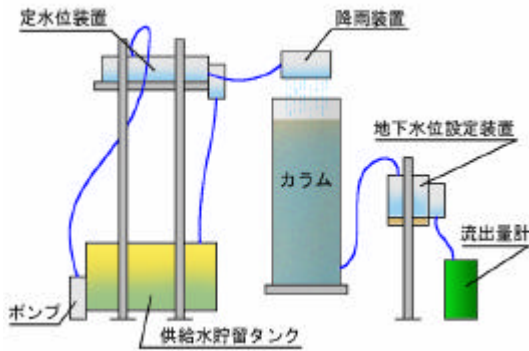


図-2 カラム実験装置

4 . 実験結果

図-3 に、NaCl 濃度 0.041% の溶液を、降雨強度 104.7mm/hr で供給した実験におけるカラム内溶液濃度の推移を示す。時間が経過するにつれ、供給した溶液濃度に漸近し、180 分後にはカラム内の溶液濃度が一定になったるがわかる。図-4 に、降雨強度 28.09mm/hr で NaCl 溶液を供給した実験における、相対濃度の時間的変化を示す。

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、フィッティング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 : カラム内実流速(cm/s)、 D : 分散係数(cm^2/s)である。

図-4 に示した破過曲線(実験結果)と、シミュレーション結果とのフィッティングにより、分散係数を $3 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ と推定した。さらに、降雨強度を変えて行った他の実験結果について同様に推定した分散係数と、カラム内実流速の関係を図-5 に示す。この図から、分散係数と実流速の関係は直線とみなせる。また、一般的に用いられる $D = a u$ の関係式より分散長 $a = 0.301 \text{cm}$ を得た。

6 . まとめ

本研究では、EC 計の検定を行った結果、鉛直カラム土壤中の濃度変化を、時系列的に計測することが可能となった。また、カラム実験装置を用いて砂層における溶質移動実験を行い、得られた測定結果に基づいて、移流分散方程式から試算的に分散係数

を推定した。カラム内実流速と分散係数の関係から分散長を求めた結果、文献 ²⁾に見られる値に見合う値となった。

【引用文献】

- 1)井上光弘, 塩沢昌, (1994) : 4 極法による土壌カラム内の電気伝導度測定とその応用, 土壌の物理性, No.70, pp.23-28.
- 2)百瀬忍, 宮越進, 藤原幸彦, 清水和人, 日比義彦 (1999) : 縦分散長と遅延係数を求めるための室内カラム試験方法について, 土木学会第 54 回年講, pp.576-577.

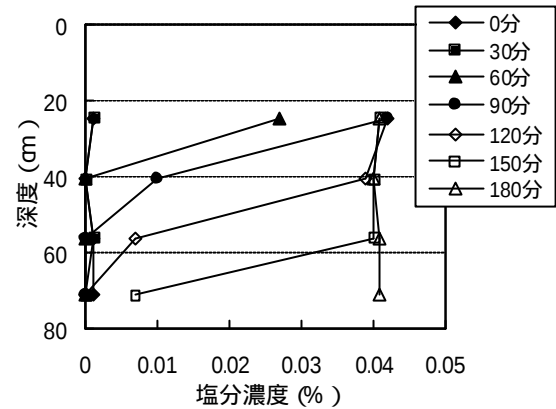


図-3 濃度プロファイル

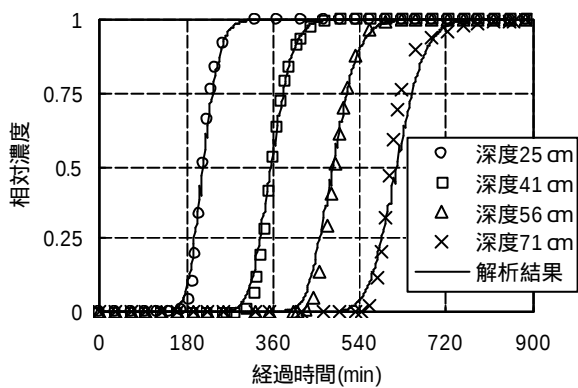


図-4 相対濃度の時間的変化

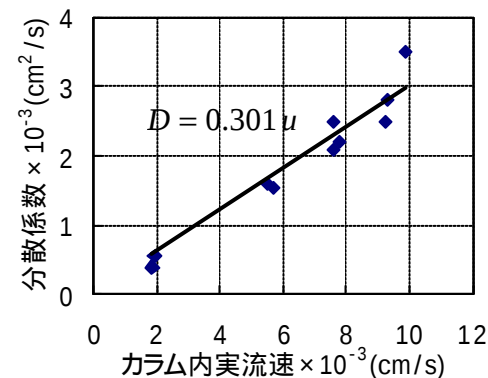


図-5 実流速と分散係数の関係