撥水性を持つ森林黒ボク土の溶質分散について

Solute dispersion for forest water-repellent Andisols

野口淳平^{*} 取出伸夫^{*} 井上光弘^{**} Junpei Noguchi Nobuo Toride Mitsuhiro Inoue

1. はじめに ヒノキ林のような森林の表層土では,落葉・落枝などの有機物由来により撥水性を示 す場合がある。特に乾燥履歴により撥水性が強まることが知られている。しかし,撥水性が溶質移動 に及ぼす影響を調べた研究例はみられない。そこで本研究では,ヒノキ林黒ボク土の撹乱土中に溶 質分散の形態を観察して,土の構造や撥水性が溶質移動に与える影響について考察を行った。 2.実験方法 用いた試料は茨城県岩瀬町のヒノキ人工林の森林黒ボク土である。表面から 15cm までの表層土と 15cm 以下の下層土を採取した。表層土は乾燥履歴を与えると撥水性を示す。表 層土と下層土に対して,乾燥履歴の有無の条件を与えた4種類の土を内径44mm,高さ22-36cm のカラムに充填した。カラム下端から毛管飽和させ,マリオット管により一定水頭を与え,飽和定常 流れを水分フラックス J_w = 65 ~ 6652 cm/d の範囲で与えた。そして,浸透溶液濃度を変化させたとき の各深さのブレークスルーカーブ(BTC)として,4 極塩分センサーを用いて電気伝導度を測定した。 そして,(1)式の移流分散式(CDE)の解析解に基づき,R=1 として平均間隙流速 v(cm/d)と分散係 数 D(cm/d)を推定し,分散長 λ (=D/v)を求めた。

$$R\frac{\partial c}{\partial t} = D\frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - v\frac{\partial c}{\partial z}$$
(1)

また, v が対数正規分布 f(v)で与えられ, 各流管の c (x, t; v)は(1)式の CDE の解であり, 流管同士の混合が生じない流管モデル(stream tube model, STM)は, 次式で与えられる。

$$\left\langle c\left(x,t\right)\right\rangle = \int_{0}^{\infty} c\left(x,t;v\right) f\left(v\right) dv = \int_{0}^{\infty} c\left(x,t;v\right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{v}v}} \left(-\frac{\left[\ln\left(v\right)-\mu_{v}\right]^{2}}{2\sigma_{v}^{2}}\right) dv$$
(2)

ここで, $\sigma_v \ge \mu_v$ は vの対数値の平均と標準偏差であり, vの平均は < v. >= exp($\mu_v + \sigma_v^2/2$)である。本研究では各流管内において *D*≈0 としてピストン流を仮定して<v>と σ_v を推定した。

3. 結果と考察 Fig.1 は,それぞれの水分フラックスの各深さの BTC に対して CDE を適合して求め た平均間隙流速 ν と分散長 λ の関係である。図には同一条件の異なる深さの λ を線で結んで示し た。乾燥履歴を与えない湿潤土の場合,表層と下層の結果はほぼ等しく, λ は ν が大きいほど増加 した。これは,団粒構造を持つ黒ボク土の特徴で,団粒間の速い流れと団粒内の遅い流れが存在 して,流速 ν が大きいほど溶質の広がりが増加するためである。下層土に乾燥履歴を与えると,全体 的な速度依存性の傾向は変わらないが, λ は測定位置が深いほど増加する傾向が見られた。一方, 乾燥履歴を与えた表層土では,どの流速においても,ほぼ深さに比例して λ が増加した。また, ν に 関わらず λ は各深さにおいてほぼ一定の値を示した。これは,断面方向の溶質混合のない流管モ デル(STM)の特性である。Fig.2 は,z = 4.3cm の BTC に対して CDE と STM を適合して,その推定 パラメータ値を用いた3地点深さにおける両モデルの計算値と実測値である。z = 4.3cm においては 両モデルともよく適合するが,CDE は深い位置の実測値を表現できず, σ_ν = 0.58 の流速分布を持

*三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University, **鳥取大学乾燥地研究センター

キーワード 黒ボク土,撥水性,溶質分散,移流分散式,分散長,流管モデル

つ STM が実測値をよく再現した。乾燥履歴を与えた表層土では,乾燥により生じた土の撥水性が 団粒内部の流れを遮断し,互いに混合しない連続した水みちを形成したことが原因と考えられる。



Fig.1 Dispersivity λ vs. pore water velocity v under saturated steady-state flow conditions for wetted and dried Andisols: (a) sublayer (15 cm depth) (b) surface (0-15 cm depth).



Fig.2 Breakthrough curves (BTCs) of the convection dispersion equation (CDE) and the stream tube model (STM) after calibration at z = 4.5 cm.