

# 熊本県黒ボク土における溶質分散特性の解明-大型カラム実験による検証-

## Investigation of Solute Dispersion Characteristics in Andisol from Kumamoto Prefecture: Verification through Large Column Experiments

崎村健大<sup>1</sup>・松尾美羽<sup>2</sup>・徳本家康<sup>2</sup>  
 佐賀大学大学院農学研究科<sup>1</sup>・佐賀大学農学部<sup>2</sup>

### 要旨(Abstract) :

大型カラムを用いて、黒ボク土の飽和定常流れにおける溶質分散係数を求めた。小型カラムにおける $\nu$ - $\lambda$ 関係と比較して、大型カラムの飽和分散長は観測深さの増加に伴う増加傾向が観察された。

キーワード 黒ボク土・溶質移動・大型カラム

Key words Andisol, Solute Transport, Large Column

### 1. はじめに

熊本県では生活用水の約 80%を地下水に依存するなど、地下水が重要な水資源であるため、黒ボク畑地土壌からの肥料の溶脱による硝酸性窒素の地下水汚染は今もなお関心が高い。これまで黒ボク土の溶質移動予測には移流分散式(CDE)が広く利用されてきた。

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

ここで R は土粒子との吸着による遅延因子、D は分散係数( $\text{cm}^2 \text{d}^{-1}$ )、 $\nu$  は平均間隙流速( $=J_w/\theta$ )( $\text{cm d}^{-1}$ )、 $J_w$  はフラックス( $\text{cm d}^{-1}$ )、c は溶質濃度( $\text{mol L}^{-1}$ )、 $\theta$  は体積含水率( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )、z は位置( $\text{cm}$ )、t は時間( $\text{d}$ )である。溶質分散を特徴づける分散長  $\lambda(=D/\nu)$ は、溶質の混合スケールを与え、 $\theta$  に依存することが知られている。既往研究では、カラム長が 20cm 程度で溶質移動実験による解析が行われてきたが、圃場の耕盤層や根域の影響を考慮するには、より大きなカラムを用いた溶質移動実験も必要と考えられる。本研究では、不攪乱土による溶質移動の予備実験として、大型カラムを用いた攪乱黒ボク土における $\lambda$ の $\nu$ 依存性の解明を目的とした。

### 2. 実験方法

供試土は、熊本県合志市の九州・沖縄農業研究センターの畑地圃場から採取した黒ボク土である。大型カラム(内径 30 cm, 高さ 90 cm)

に、2 mm ふるいを通過した試料を乾燥密度( $\rho_b$ )  $0.75 \text{ g cm}^{-3}$  で均一に充填した (Fig. 2)。0.01M  $\text{CaCl}_2$ 溶液を用いて、4 週間ほどかけて下端から毛管飽和させた。カラム内には、テンシオメータと TDR プローブを挿入し、深さ 5, 25, 45, 85 cm における土中水圧力( $h$ )および $\theta$ と電気伝導度(EC)を測定した。毛管飽和後、マリオート管を使用して試料表面に一定圧力条件で水分フラックスを与え、下端に任意の  $h$  を与えることで飽和定常流れを作成した。そして、下端の圧力位置を変化させることにより、フラックスの速度を変化させた。溶液濃度を 0.01M ( $C_0$ ) から 0.03M ( $C_1$ ) に切り替えた時の EC 経時変化から相対濃度変化(BTC)を求めた。STANMOD を用いて、実測した濃度変化を  $R=1$  として、非線形最小二乗法により CDE の  $\nu$  と D を推定した。

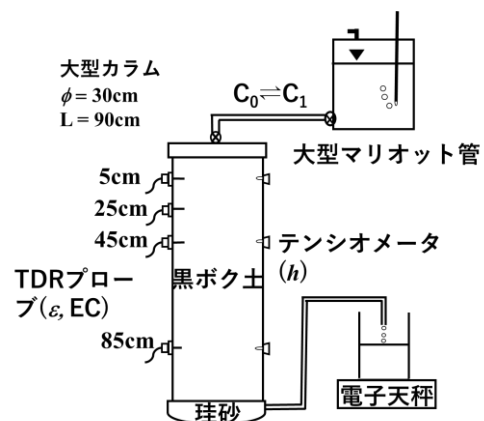


Fig.1 飽和溶質分散実験の概略図

### 3. 結果および考察

Fig. 2 は、対象圃場の作土層( $\rho_b = 0.75 \text{ g cm}^{-3}$ )および下層土( $\rho_b = 0.48 \text{ g cm}^{-3}$ )の水分特性曲線である。作土層の黒ボク土は、農作業の影響などにより、下層土とは異なる水分保持特性を示した。

Fig. 3 は、実験期間中の全水頭  $H (=h+z)$  および  $\theta$  の鉛直分布である。 $H$  は上端および下端境界の圧力条件に対応した全水頭勾配であった。また、 $\theta$  は鉛直方向に  $0.64\text{--}0.68 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  でほぼ一定であり、実験期間中には飽和定常流れを作成できた。ここでは、 $J_w$  が  $21 \text{ cm d}^{-1}$  における各深さの BTC の測定例を示す (Fig. 4)。土壌表層の BTC は、CDE の解析解に良く適合

するような滑らかな S 字曲線となったが、観測位置が深くなるほど、決定係数は若干減少した。

Fig. 5 は、推定した  $v$ - $\lambda$  の関係である。図中には、20cm 長の小型カラムで取得した黒ボク土の  $v$ - $\lambda$  関係も併記した。大型カラムでは、 $v$  がおよそ  $4\text{--}40 \text{ cm d}^{-1}$  の範囲において  $\lambda$  を推定した場合、観測深さに伴って  $\lambda$  が増加する傾向がみられた。 $\lambda$  は、 $0.2$  から  $1.4 \text{ cm}$  において変動した。小型カラムを用いた溶質分散実験では、 $v$  がおよそ  $200\text{--}4000 \text{ cm d}^{-1}$  の範囲において、推定した  $\lambda$  の最大値は  $0.6 \text{ cm}$  であった。

[謝辞] 本研究は、JSPS (課題番号: 20K15623 および 20H03098) の助成を受けたものである。ここに感謝申し上げます。

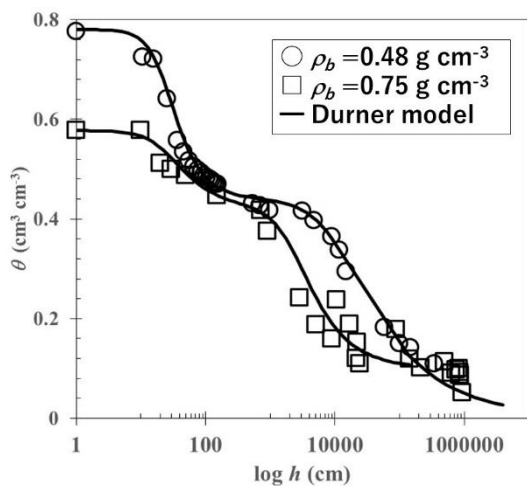


Fig. 2 乾燥密度が異なるときの水分特性曲

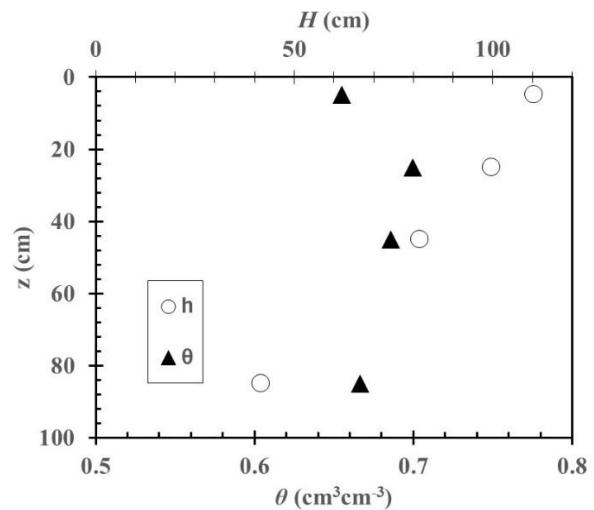


Fig. 3  $H$  および  $\theta$  の鉛直分布

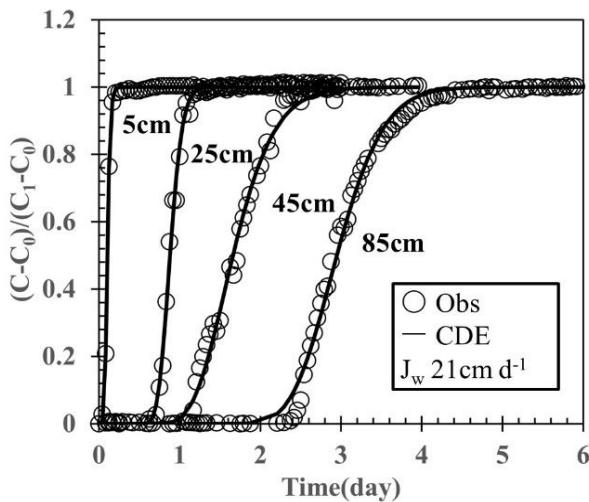


Fig. 4  $\rho_b = 0.75$  における BTC 測定例

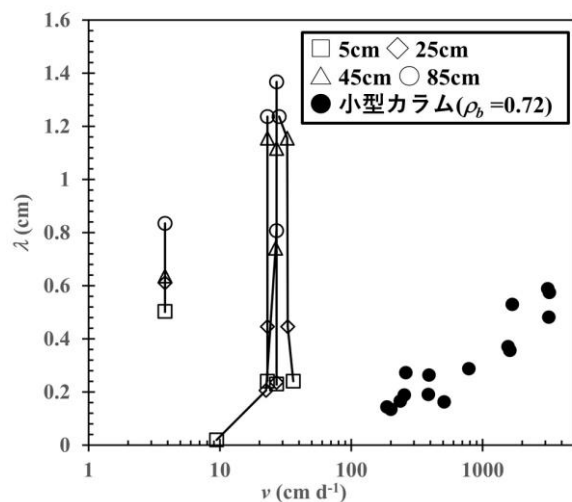


Fig. 5  $v$ - $\lambda$  関係