

乾燥密度の異なる黒ボク土中における溶質分散について

Solute Hydrodynamic Dispersion for Andisols with Different Bulk Densities

○大石 雅人
Masato Oishi

取出 伸夫
Nobuo Toride

1. はじめに 我が国の畑地の 40%程度を占める黒ボク土は、団粒構造が発達しやすく、階段状の水分特性曲線を持つ。これまでの溶質分散実験により、黒ボク土中の溶質移動においては、団粒内外の溶質交換により分散長 λ は間隙流速 v に比例して増加すること、比較的速やかに十分な溶質交換が生じて移流分散式(CDE)の適合が良いことが明らかになった。一方、黒ボク土は乾燥密度が低いいため、圧密されやすい。そこ本研究では、より密に充填した黒ボク土に対して同様な水分飽和流れの溶質分散実験を行い、乾燥密度の異なる黒ボク土中の溶質移動特性を検討した。

2. 実験方法 試料は、熊本県九州沖縄農業研究センター、茨城県岩瀬町ヒノキ林、長野県畜産草地研究所の牧草地、三重県野菜茶業研究所の 4 種類の黒ボク土を 2mm 篩いした攪乱土を用いた。乾燥密度 ρ_b はそれぞれ 0.48, 0.48, 0.77 g cm⁻³, 三重黒ボク土は 0.76, 0.86, 0.91 g cm⁻³ でカラムに充填した。それぞれの試料の水分保持曲線を Fig. 1 に示す。CaCl₂ 溶液で毛管飽和させ、マリOTT管または定送流ポンプを用いて水分フラックスを調整し、数種類の水分フラックスの飽和定常流れを作製した。浸透溶液濃度を変化させ、異なる深さに挿入した 4 極塩分センサーによりカラム内部の電気伝導度(EC)を測定し、土中水濃度の経時変化(BTC)を求めた。土中の溶質移動は移流分散式(CDE)により解析した。

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

ここで c は溶質濃度, v は平均間隙流速 ($=J_w/\theta$,

水分フラックス J_w , 体積含水率 θ), z は位置, t は時間である。測定した BTC に対して CDE の解析解に基づき, v と D を非線形最小二乗法より推定した。そして, D/v である分散長 λ (cm) と間隙流速 v の関係を求めた。

3. 結果と考察 Fig. 2 は、現場乾燥密度に近い緩い充填をした 4 種類の黒ボク土の λ と対数軸の v との関係である。図中、BTC のデータは深さ順に実線で結んである。いずれの土の BTC も CDE はよく適合し, λ は v にほぼ比例して増加した。しかし、三重と茨城は, λ が深さ方向に増加するスケール依存の傾向が観察された。

乾燥密度 $\rho_b=0.86$ g cm⁻³と 0.91 g cm⁻³の三重黒ボク土について、濃度変化曲線(BTC)と λ と v との関係を、それぞれ Fig. 3 と Fig. 4, Fig. 5 と Fig. 6 に示す。 $\rho_b=0.86$ g cm⁻³では、BTCは階段状の形状を示し、CDEの適合は悪い。また、すべての v において λ は深さ方向に増加するスケール依存が見られた。さらに密に充填した $\rho_b=0.91$ g cm⁻³では、測定濃度のばらつきは大きくなり、14.1cmのBTCは、浅い位置のBTCと交差した。また、 λ はより大きなスケール依存を示すが、14.1cm以上の深さで減少した。

乾燥密度の小さい黒ボク土は、団粒間の流速が団粒内の流速に比べて相対的に大きく、また団粒内外の溶質がよく混合した状態である。乾燥密度の増加により、団粒内の流速が相対的に大きくなる。さらに乾燥密度が高い状態では、団粒構造が壊れるが、圧密が均一でないため、内部に局所的な亀裂が生じ、BTCの交差や λ の大きなスケール依存と不規則な変化をもたらしたと考えられる。

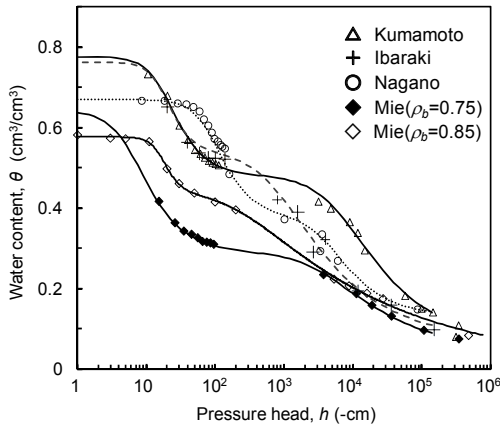


図1 4種類の黒ボク土の水分保持曲線
Fig. 1 Water retention curves for four different Andisols

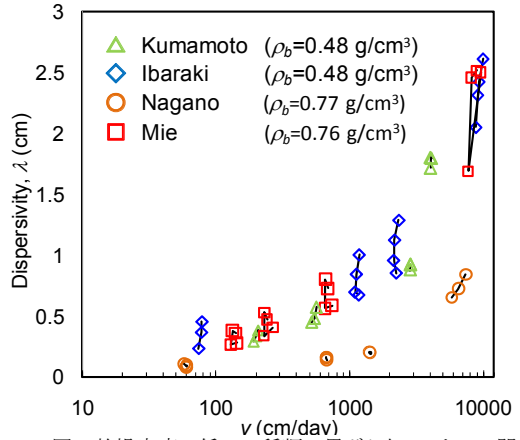


図2 乾燥密度の低い4種類の黒ボク土のνとλの関係
Fig. 2 ν vs. λ for four Andisols having low bulk density.

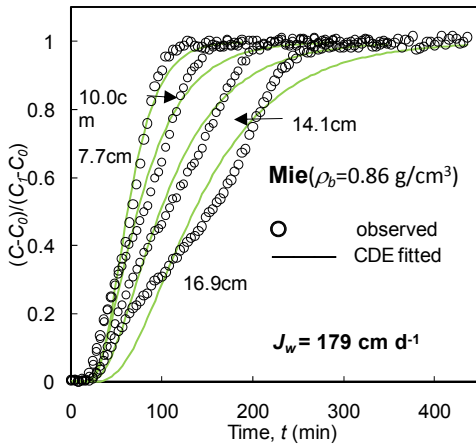


図3 $\rho_b = 0.86 \text{ g cm}^{-3}$ の三重黒ボク土の濃度変化曲線(BTC)
Fig. 3 BTCs for Mie Andisil with $\rho_b = 0.86 \text{ g cm}^{-3}$.

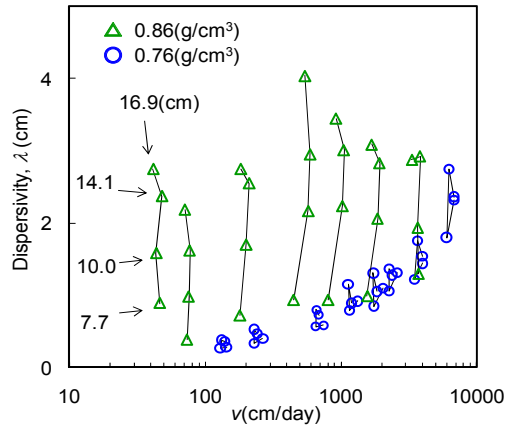


図4 $\rho_b = 0.86 \text{ g cm}^{-3}$ の三重黒ボク土のνとλの関係
Fig. 4 ν vs. λ for Mie Andisil with $\rho_b = 0.86 \text{ g cm}^{-3}$.

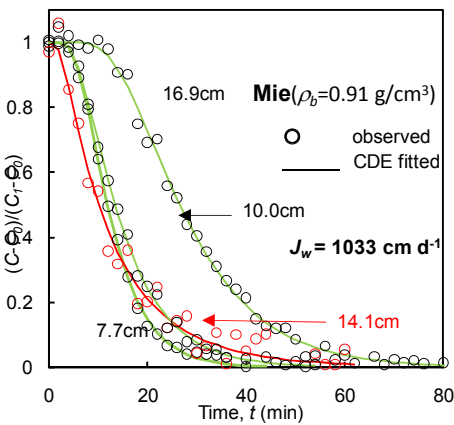


図5 $\rho_b = 0.91 \text{ g cm}^{-3}$ の三重黒ボク土の濃度変化曲線(BTC)
Fig. 5 BTCs for Mie Andisil with $\rho_b = 0.91 \text{ g cm}^{-3}$.

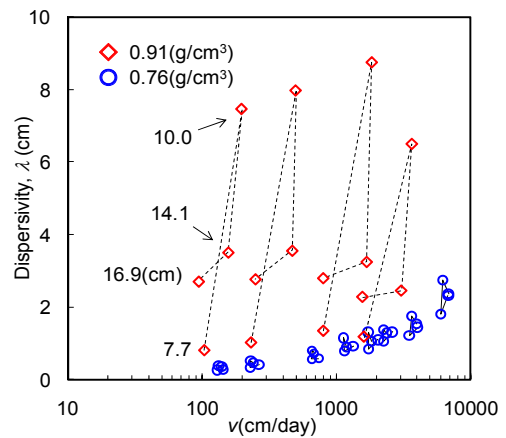


図6 $\rho_b = 0.91 \text{ g cm}^{-3}$ の三重黒ボク土のνとλの関係
Fig. 6 ν vs. λ for Mie Andisil with $\rho_b = 0.91 \text{ g cm}^{-3}$.