

団粒構造を持つ黒ボク土における溶質分散について

505111 大石 雅人 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに わが国に広く分布する団粒構造が発達している黒ボク土は、団粒内と団粒間隙による階段状の水分保持曲線を持つのが特徴である(Fig.1)。本研究では、団粒構造が水分や溶質移動に及ぼす影響を調べるため、水分飽和流れの濃度変化から移流分散式(CDE)の分散係数を推定し、動相・不動相モデル(Mobile-immobile model, MIM)を用いて解析した。

実験 用いた試料は、熊本、茨城、長野の3種類の黒ボク土である。内径4.5cm、高さ23-36cmのカラムに攪乱土を充填後、CaCl₂溶液で毛管飽和させ、マリオット管で一定水頭を与えて飽和定常流れを作成した。カラム内部の土中水濃度として電気伝導度 EC を4極塩分センサー、また排水量を電子天秤により自動計測した。浸透溶液濃度を変化させ、ECの経時変化(BTC)を測定した。

溶質移動モデル 均一な土中の溶質移動は、移流分散式(CDE)が用いられる。

$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - v \frac{\partial c}{\partial z}$ 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。分散係数 D は溶質の広がりを表し, D/v である分散長 λ (cm)は、溶質の混合スケールを与える。団粒土中の水分と溶質の移動に対して、団粒内部を不動相と見なすと、CDEを修正した動相・不動相モデル(Mobile-immobile model, MIM)が適用できる。

$$\theta_m \frac{\partial c_m}{\partial t} + \theta_{im} \frac{\partial c_{im}}{\partial t} = \theta_m D_m \frac{\partial^2 c_m}{\partial z^2} - \theta_m v_m \frac{\partial c_m}{\partial z}$$

$$\theta_{im} \frac{\partial c_{im}}{\partial t} = \alpha(c_m - c_{im})$$

ここで下添え字 m と im は動相と不動相を示し, α は物質移動係数(d⁻¹)である。ここで CDE の分散長 λ は, $\lambda = \lambda_m + (\theta_{im}^2 v)/(\alpha \theta)$, $\lambda_m = D_m/v_m$ であることが知られている。CDEの解に基づき, v と D を非線形最小二乗法より推定した。また、水分保持曲線から θ_{im} を決定し(Fig.1), 求めた λ と v の直線回帰式から, λ_m と α を決定した(Fig.2)。

結果 3種類の黒ボク土とも, λ が一定の単粒構造である鳥取砂丘砂とは異なり, λ は v に比例して増加した。回帰式から求めた λ_m は砂丘砂と比較的近く, また溶質混合時間を与える $1/\alpha$ から団粒間の交換速度が速いことが明らかになった。また, 黒ボク土の構造の違いが溶質移動特性に影響を及ぼすことがわかった。

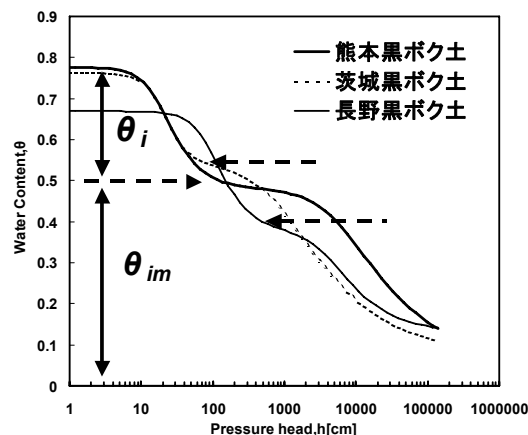


Fig.1 黒ボク土の水分保持曲線

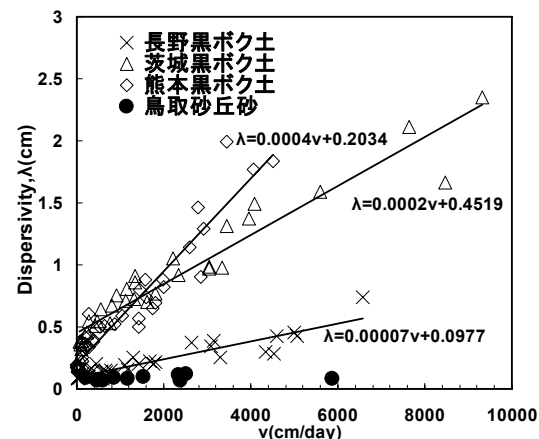


Fig.2. 飽和流れの黒ボク土の v と λ の関係

Table.1. 黒ボク土の MIM パラメーター値

	θ	θ_m	θ_{im}	λ_m (cm)	$1/\alpha$ (sec)
Kumamoto	0.78	0.28	0.5	0.203	108
Ibaraki	0.76	0.21	0.55	0.452	43.4
Nagano	0.67	0.28	0.39	0.098	26.6