

地盤環境—根系成長モデルにおける根の生長に関する基礎的検討

その(2) 根長密度について

九州大学 学 ○藤澤 朱音 正 古川 全太郎 正 笠間 清伸 正 八尋 裕一

1. 目的

現在、砂漠化、地盤の重金属汚染などの様々な地球環境問題が起きている．これらの問題に対する有効な対策の一つとして、植生を用いることが挙げられる．効率的かつ効果的に対策を講じるためには、根の成長と地盤環境の変動の関係性の把握、気象環境の変動に依存する根の生長の将来予測が必要であるが、地盤内水分・栄養分としての化学物質の移動現象と根系の吸収・生長を同時に考慮した研究は少なく¹⁾²⁾、その予測手法は確立されていない．本文は、根の吸収項を考慮した移流分散方程式を用いて、植物根の生長や地盤環境を数値解析的に予測するモデルを提案し、二次元場において解析を行い、根長密度に着目し検証を行った．

2-1. 解析概要

本研究では、根系による溶質吸収を考慮した二次元の移流分散方程式を用いた．式(1)に用いた移流分散方程式を示す．

$$\frac{\partial C_l}{\partial t} + V_x \frac{\partial C_l}{\partial x} + V_z \frac{\partial C_l}{\partial z} = D \frac{\partial^2 C_l}{\partial x^2} + D \frac{\partial^2 C_l}{\partial z^2} - 2\pi q_{c0} L_{v2} / \theta \quad (1)$$

ここに、 C_l は溶質の濃度、 V_x, V_z は水平方向および鉛直方向の移流速度、 D は分散係数、 r は根の半径、 L_{v2} は根長密度、 θ は体積含水率を表す．根の吸収項は、根の表面積に根の吸収フラックスを乗じることで、根の単位時間、単位体積当たりの吸収量を表す．また、式(1)より根による吸収は溶質の濃度量に依存する．本文では、体積含水率をパラメーターとして、水分とそれに付随する化学物質の移動に関して、

飽和・不飽和浸透流解析を行った．また、植物体内ポテンシャルと土壌ポテンシャルの連動による水の吸収、それに伴う溶質の吸収を SPAC 経路により表現した．

不飽和地盤については、Van genuchten の式を用いて体積含水率から不飽和透水係数を求め、動水勾配を乗じてダ

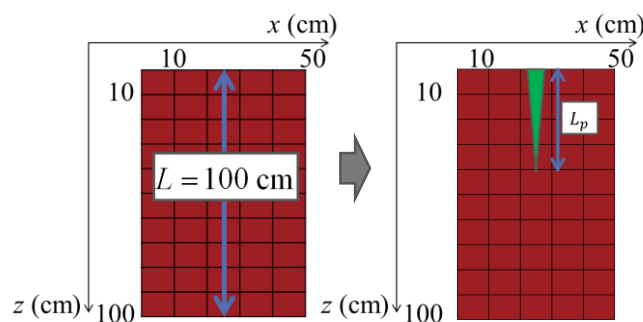


図-1. 解析イメージ図

表-1. 地盤条件

飽和透水係数 k_s	最大体積含水率 θ_s	最大体積含水率 θ_r
cm/day	%	%
15	47.00	8.00

表-2. 根の生育条件

根の伸長速度	根の半径 r
cm/day	cm
0.5	$0.5(1-z/L)$

表-3. 解析ケース

	case1	case2	case3	case4
根長密度(cm/cm ³)	$10^{1-z/L}$	$5^{1-z/L}$	$10^{1-z/L}$	$5^{1-z/L}$
初期体積含水率(cm ³ /cm ³)	$0.4+0.005z$	$0.4+0.005z$	$0.45-0.005z$	$0.45-0.005z$

ルシー則により流速を算出した．解析のイメージ図を図-1 に示す．今回の解析では、解析範囲を 1 マス 10 cm、 x 方向 5 マス× z 方向 10 マスの範囲(幅 50 cm、深さ 100 cm)とし、地盤の物理特性は表-1 の値を用いた．植物根が存在する範囲では、水分、栄養塩分の吸収があるものとした．また、蒸発は起きないものとした．解析場底面においてのみ排水が行われるものとした．今回の検討では、根長密度の違いによる解析結果の差を見るために、根の伸長速度、半径は一定とし、表-2 の値を用いた．根長密度は $5^{1-z/L}$ (cm/cm³)、 $10^{1-z/L}$ (cm/cm³) の 2 通りとし、28 日後の体積含水率、栄養塩濃度分布の比較を行った．また、図-1 のように L_p は植物根の長さ (cm) である．このとき、初期体積含水率を $0.4+0.005z$ (cm³/cm³) とし、地表面から徐々に体積含水率が増加する

キーワード 不飽和浸透流解析、植物根、根長密度、移流分散方程式

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1110 TEL 092-802-3384

と仮定した．初期体積含水率を $0.45 - 0.005z$ (cm^3/cm^3) と仮定したケースでの比較も行った．今回，比較した解析ケースをそれぞれ case1, case2, case3, case4 とし，表-3 に示す．

2-2. 根長密度の違いにおける地盤内水分，化学物質濃度の比較

解析結果は解析場の中心線から左の部分を示す．図-2 は case1 と case2 の 28 日後の栄養塩濃度分布，図-3 は 28 日後の体積含水率の分布を示す．図から，根長密度の違いによる栄養塩濃度分布，体積含水率の差は視認できなかった．しかし，根長密度が増加すると，解析場底面中央の栄養塩濃度分布は，0.2 % 程度ではあるものの栄養塩の集積量の増加がみられた．また，地表面付近では，栄養塩濃度の減少量も 0.2 % 程度増加した．このことから，根長密度は，栄養塩濃度分布に軽微ではあるものの，影響を及ぼすことが分かった．

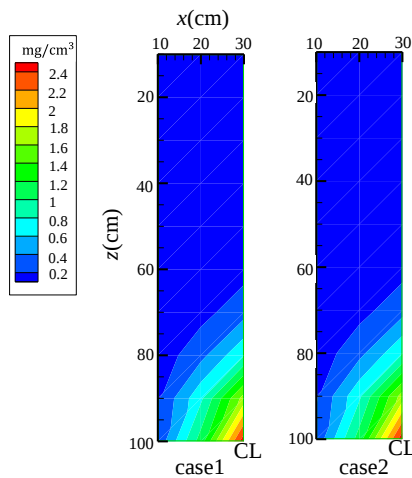


図-2. 28 日後の栄養塩濃度分布の比較

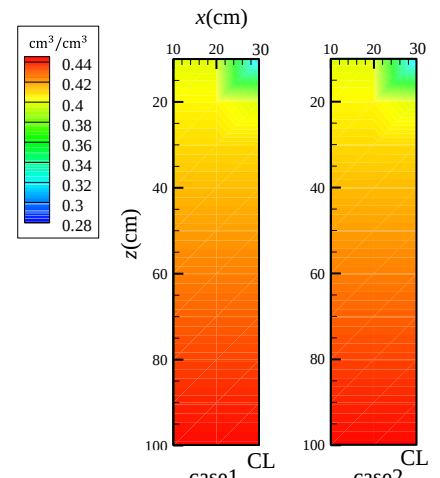


図-3. 28 日後の体積含水率分布の比較

2-3. 初期体積含水率の違いにおける地盤内水分，化学物質濃度の比較

図-4 は case3 と case4 の 28 日後の栄養塩濃度分布，図-5 は 28 日後の体積含水率の分布を示す．図から，根長密度の違いによる栄養塩濃度分布，体積含水率の差は視認できなかった．しかし，根長密度が増加すると，解析場底面中央の栄養塩濃度分布は，0.6 % 程度の栄養塩の集積量の増加がみられた．また，地表面付近においては，case1 と case2 では初期状態からの栄養塩濃度の減少が見られたが，case3, case4 は栄養塩濃度の増加がみられた．また，

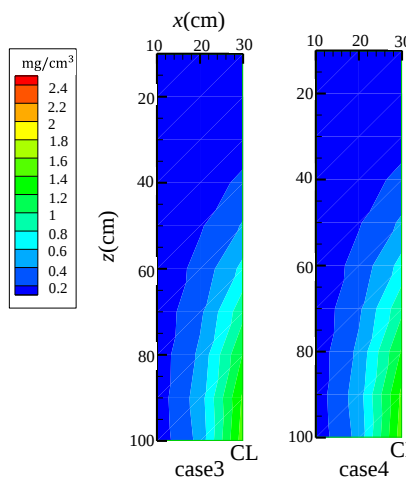


図-4. 28 日後の栄養塩濃度分布の比較

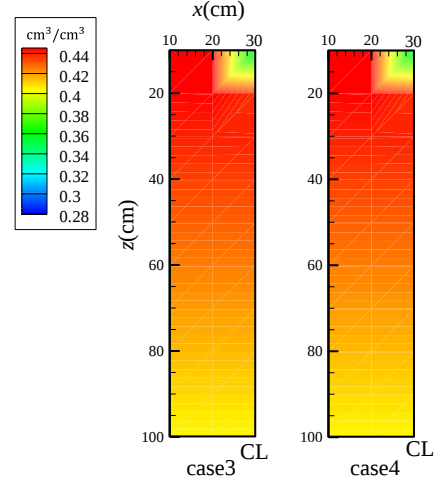


図-5. 28 日後の体積含水率分布の比較

根長密度が増加した場合，この増加量は約 5 割になった．これは，まず，初期体積含水率が地表面と底面で差がある場合，体積含水率が均一化しようと水の流れが生じ，その結果，栄養塩も移動するためと考えられる．これらから，栄養塩濃度分布の変化は初期体積含水率の状態に影響を受けることが分かった．

3. まとめ

本検討で得られた成果を以下にまとめる．

- 1) 本解析モデルにおいて，根長密度の増加は，根周辺の栄養塩濃度分布に影響を与える．例えば，根長密度が 2 倍になると，地表面では集積量が 0.2 % 増加した．
- 2) 根長密度や初期体積含水率によらず，根の生長に伴う地盤内の体積含水率の変化は，ほぼ同様の傾向を示す．
- 3) 初期体積含水率の変化は，栄養塩濃度分布に影響を与えるが，これは水分の移流現象の影響を受けるためである．

参考文献 1) 直塚彦太郎，古川全太郎，笠間清伸：地盤環境と栄養塩濃度を考慮した根系成長モデルに関する数値解析的検討，平成 26 年度九州大学卒業論文，2015 2) 藤澤朱音，古川全太郎，笠間清伸：地盤内水分と化学物質の移動を考慮した根系成長モデルに関する数値解析的検討，平成 27 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.397-398，2016．