

II-79

植物の根による吸水が土壌水分分布に及ぼす影響について

九州大学工学部 正員 舩井 和朗

九州大学工学部 正員 神野 健二

フジタ工業

成松 忠仁

1. はじめに 雨水の不飽和浸透による地下水かん養過程について検討する場合、植生の効果についてはあまり考慮されていないようである。本研究では、植物の根による吸水が不飽和土壌の水分分布に及ぼす影響についての基礎的知見を得るために、室内実験と数値解析による検討を加えるものである。

2. 室内実験による検討

2.1 実験方法 図-1には、カラム実験の概略を示している。ここでは植物の根による吸水が土壌水分分布に及ぼす影響についての実験的知見を得るために、裸地の場合(Case1)と植物がある場合(Case2)の2つの実験カラムを室内に設置し、土壌の圧力水頭の変化をテンシオメータにより測定し、両者の比較を行う。測定位置は地表面から、 $z=9\text{cm}$, 15cm , 32cm の3ヶ所である。蒸発散量は、カラム全体の重量の変化を電子天秤(精度 0.1g)により実測して求めている。

2.2 結果と考察 図-2には、圧力水頭、気温、蒸発散量の時間変化を示している。まず裸地の場合(図の実線)の圧力水頭は時間的に変化せず、ほぼ定常状態にあると考えられる。一方、植物のある場合(図の点線)には、 $z=32\text{cm}$ の圧力水頭はほぼ一定であるのに対し、根の存在する $z=9\text{cm}$, 15cm の圧力水頭は、まずAM8:00頃、太陽光の照射と共に減少し、次いでPM1:00頃気温が上昇し蒸散量が増大すると共に減少している。このことから、植物の根による吸水が土壌水分分布に及ぼす影響は大きいものと考えられる。

3. 数値解析による検討

3.1 基礎式 植物の根による吸水を考慮した不飽和浸透流の基礎式¹⁾として、ここでは次式を用いる。

$$c(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k(h) \frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right\} - S(h, z) \quad (1)$$

ここに、 t :時間、 z :鉛直下向きを正とする位置座標、 h :圧力水頭、 c :比水分容量、 k :不飽和透水係数である。また式(1)の右辺の最後の項 $S(h, z)$ が、根による吸い込み項である。

3.2 不飽和土壌の水理学的特性 式(1)により圧力水頭 h の数値解を求めるには、不飽和土壌の水理学的特性である $k(h)$ 、 $c(h)=d\theta/dh$ の分布を予め与える必要がある。ここでは、ほぼ定常状態にあると考えられ

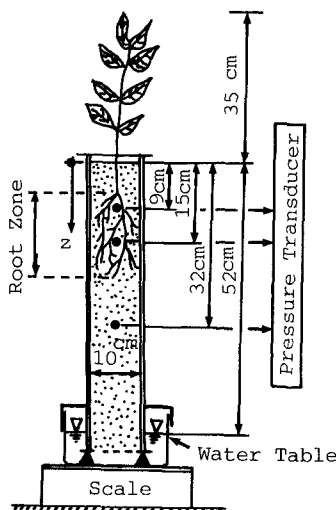


図-1 実験装置の概略(Case2)

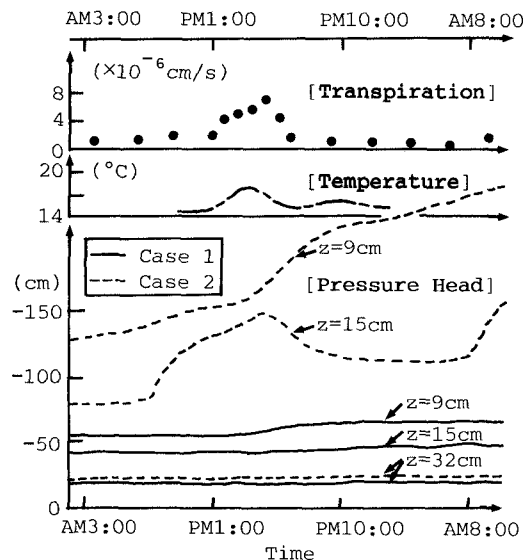


図-2 蒸散量、気温、圧力水頭の時間変化

る裸地における圧力水頭の実測値に、定常状態における式(1)の数値解が一致するように、van Genuchtenの式:

$$\theta(h) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / \{1 + (\alpha h)^n\}^m$$

$$k_r(h) = \{1 - (\alpha h)^{n-1} [1 + (\alpha h)^n]^{-m}\}^2 / \{1 + (\alpha h)^n\}^{m/2} \quad (2)$$

の未定数 α, n を推定し、これを不飽和土壌の水理学的特性として用いる。ここに、 θ :体積含水率、 $k_r = k/k_0$:透水係数比、 k_0 :飽和透水係数(1.32×10^{-3} cm/s)、 θ_r :残留体積含水率(0.1)、 θ_s :飽和体積含水率(0.44)、 $m = 1 - 1/n$ である。本実験で用いた土壌の場合、 $\alpha = 0.10$ 、 $n = 1.53$ である。

3.3 吸い込み項のモデル化 式(1)の吸い込み項 $S(h, z)$ を、本研究では、鉛直方向の根の分布関数 $g(z)$ と、周囲土壌の圧力水頭に対応した吸い込み強度関数 $S_{max} \beta(h)$ との積として、次式で与える。

$$S(h, z) = S_{max} \beta(h) g(z) \quad (3)$$

ここで、 $S_{max} = 2E_p/L$ 、 E_p :実際の蒸散量、 L :根の長さである。図-3には、 $\beta(h)$ と圧力水頭 h との関係を示している。すなわち、土壌の圧力水頭が $0 > h > h_a$ では酸素不足による吸水不可の領域、 $h_a > h > h_b$ では最大吸水可能領域、および $h = h_c$ は植物が永久にしておってしまう点でこれ以下の圧力水頭では吸水不可の領域として表している。

根の分布関数 $g(z)$ としては、種々のモデル²⁾があるが、ここでは根の鉛直方向の重量分布に基づいて与えることにする。図-4には、鉛直方向に2cm毎に根を切断して測定した根の重量(●印)と、根の鉛直方向への分布を近似した関数(実線)を示している。なお図-4の横軸は、根の最大重量(0.6g/2cm)で正規化している。

3.4 結果と考察

図-5には前述の吸い込み項のモデルを用いて式(1)を差分陰解法により数値計算して求めた $z = 15$ cmにおける圧力水頭の数値解と実測値との比較を示している。両者はほぼよい一致を示している。すなわち、根の鉛直方向の重量分布と、周囲の土壌の圧力水頭に対応した吸い込み強度分布との積を用いて根による吸い込み項を表すことにより、ほぼ妥当な土壌水分分布の変化を算定することができる。

4. おわりに

本研究で得られた結論は次のようである。

- (1) 植物の根がある場合とない場合の両者に対して、不飽和土壌の圧力水頭を実測した結果、植物の根による吸水が不飽和土壌の水分分布に及ぼす影響は大きいことを示した。
- (2) 根の鉛直方向分布と土壌の圧力水頭に対応した吸い込み強度分布との積を用いて、根による吸い込み項をモデル化することにより、ほぼ妥当な不飽和土壌の水分の変化を算定することができることを示した。

参考文献 1) R. A. Feddes, Kowalik, P. J. and Zaradny, H.: Simulation of Field Water Use and Crop Yield, Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1978. 2) A. L. Protopapas and R. L. Bras: A Model of Plant Growth and its Relation to Moisture and Solute Transport in the Soil, R. M. Parsons Laboratory Hydrology and Water Resource Systems, MIT Report No. 309, 1986.

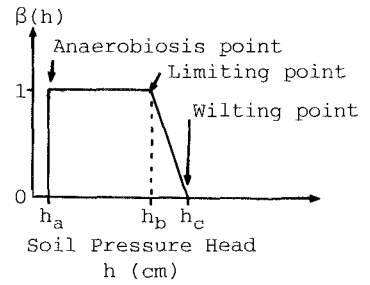


図-3 根による吸い込み項のモデル

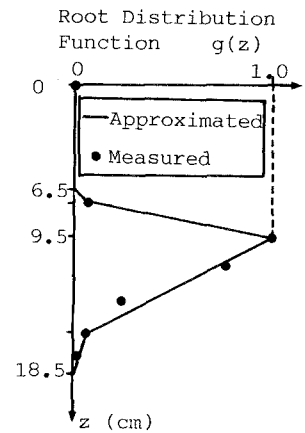


図-4 根の分布関数

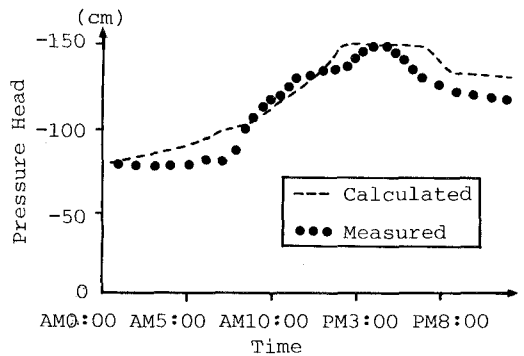


図-5 圧力水頭($z = 15$ cm)の実測値と数値解の比較