

根からの吸水による土壌水分の応答と吸水量の時間的変化の推定

八代高専 学生員 村田 博昭

八代高専 正 員 藤野 和徳

1. はじめに

水循環を検討する場合、土壌、植生、大気を相互に関連する1連続体としたモデル (SPAC) が構築され始めている。本研究は土壌と植生間の関係に着目したもので、土壌水分、土中温度、樹液流速などの観測データを解析し、樹木の吸水に対する土壌中の水分および温度の変動を明らかにすることを目的に、基礎方程式を立て、シミュレーションにより現象を明らかにしようとするものである。また、遺伝的アルゴリズムを用いて根からの吸水量の時間的変化を求め、根の吸水時間帯を検討している。

2. 基礎方程式

$$F \frac{\partial \psi}{\partial t} + G \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial \bar{K}}{\partial z} - S(\psi, z, t) \quad (1)$$

$$J_\psi \frac{\partial \psi}{\partial t} + C_a \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{\psi v} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) - (c_v q_v + c_l q_l) \cdot \nabla T \quad (2)$$

ここに、 ψ : 間隙水圧, T : 土中温度, F : 比水分容量, $G = \partial \theta / \partial T$, D_T : 熱水分拡散係数, D_ψ : 間隙水圧の勾配による水分拡散係数, $D_{\psi v}$: 間隙水圧の勾配による熱量変化の係数, $\bar{K}$: 透水係数, J_ψ : 間隙水圧の変化による熱量変化の係数, C_a : 温度変化による熱量変化の係数, λ : 熱伝導率, c_l : 水の比熱, c_v : 水蒸気の比熱, q_l : 液状水フラックス密度, q_v : 水蒸気フラックス密度, S : 吸い込み量

3. 観測値

観測地は九州大学農学部演習林で、マテバシイというブナ科の常緑高木林中で、気象観測および土壌水分、土壌温度、樹液流を観測している。図-1は98年7月27日から8月2日の降水量と土壌内の間隙水圧 (土壌吸引圧) の変化である。7月27日に降雨があり、したがって間隙水圧が深さ20cm程度まではどこもほぼ0cm程度で飽和状態となっているが、時間が経過するとまず地表面に近くで水分の蒸発が起これ、間隙水圧が低下し始め、さらに時間が経過すると深さ12.5cmの位置の間隙水圧の方が地表面のそれより低下している。これはこの近傍に樹木の根が多く分布し吸水により間隙水圧を低下させているものと思われる。降雨が無く蒸発が進むと、根の吸水は深部に深部に移行し

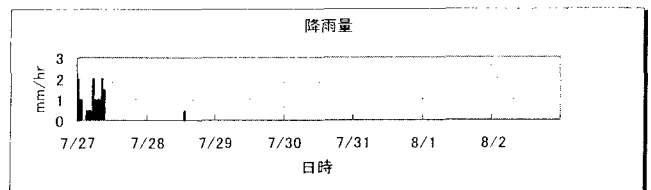


図-1 降雨量

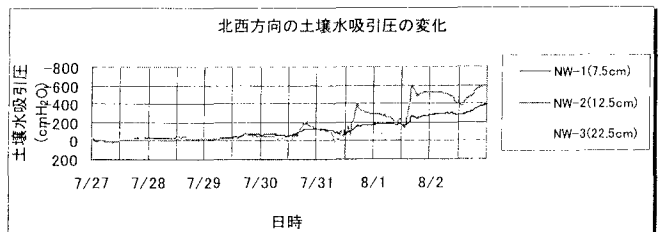


図-2 間隙水圧

ていくものと考えられる。

4. 吸水量の時間的変化

根からの吸水による間隙水圧の変化、土中温度の変化を式(1)、(2)でシミュレーション可能かどうかを検討するため、また、根からの吸水の時間的変化を検討するため、ここでは、シミュレーション領域としては深さ 60cm、z 方向の格子間隔を 1cm、時間間隔を 0.5sec とし、地表面から 13cm の位置に根があるとして、次の適応関数を最小にする吸水率と最大吸水量を遺伝的アルゴリズムを用いて求めた。

$$f = \sum_{i=1}^N (\psi_i - \psi'_i)^2 \quad N=72 \text{ (1 日分)}$$

ここに、 ψ : 計算値、 ψ' : 観測値で、観測値は 7 月 30 日のデータを用いた。

図-3 に吸水変化を示す。また、最大吸水量は $1.29 \times 10^{-5} / \text{sec}$ となった。図-4 に間隙水圧から van genuchten の式を用いて体積含水率を求め、その時間的変化を示す。明け方 4 時くらいから土壤内に水分が供給され始めるが、12 時前になると蒸発、蒸散により水分が土壤から奪われている。

図-5 は図-3 の吸水率を与えて求めた 7 月 30 日の間隙水圧であり、図-6 は土中温度である。両図よりほぼ現象を表していると考える。

5. むすび

現象を概ね表すことができたと思う。今後は観測データをさらに検討し、吸水、蒸散と気象条件の関係を明らかにしていきたい。また、2 次元の現象を明らかにしていきたい。

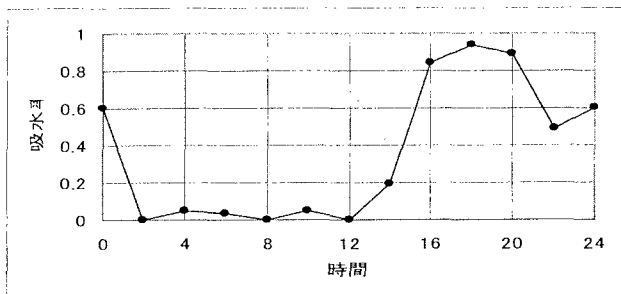


図-3 吸水率

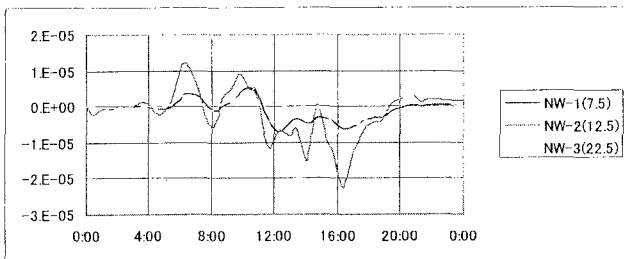


図-4 体積含水率の時間的変化

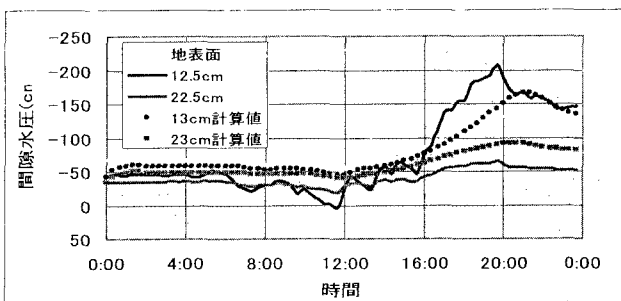


図-4 間隙水圧

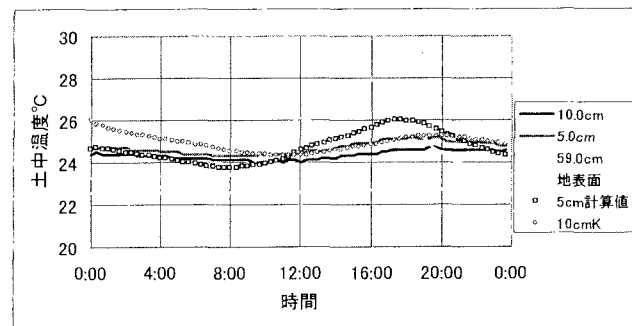


図-5 土壌内温度