

篠栗演習林不撓乱土壌の不飽和パラメータの推定と土壌水分変動特性について

九州大学工学部 学生員 吉村喜一郎
九州大学工学部 学生員 井村 洋三
九州産業大学工学部 正会員 細川土佐男
九州大学工学部 正会員 神野 健二

1. はじめに 森林では、蒸発散、降雨などの様々な現象が相互に関連しながら水が輸送される。その中で、土壌水分移動に植生が及ぼす影響は大きいと考えられている。本研究では、土壌-植物-大気をひとつの連続体と捉え、森林における水循環モデルを組み立てることを目的として、対象とする樹木周辺での観測値より不撓乱土壌の不飽和パラメータの推定と土壌水分変動特性について検討をおこなった。

2. 観測内容 九州大学農学部福岡演習林（篠栗演習林と略記）内のブナ科の常緑高木マテバシイ群落の中から、直径約25cm、高さ約10mのものを対象樹木とし、大気温度、大気湿度、風速、雨量、日射量、さらにヒートパルスによる蒸散量を測定した。また、土壌の間隙水圧および温度の観測には土壌水吸引圧計および、土中温度計を用いた。これら測定装置の平面上の位置関係を図-1に示す。

3. 不飽和パラメータの推定 1998年に実施した湛水試験に対して、土壌の不飽和パラメータ n 、 α (1/cm)、透水係数 K_s (cm/sec) を評価した。鉛直一次元の不飽和浸透流の基礎式(1)を用いて求めた間隙水圧の値 HC (cm) と観測値 HO (cm) との差から、式(2)の標準偏差 J (cm) が最小となるパラメータを最適値とした。解析は図-2に示すように、地表面から深度25cmまでを第Ⅰ層、深度25cm以深の粘土層を第Ⅱ層とした。計算には樹木に対して北方向の間隙水圧計のうち、深さ10、29cmの位置(N-1, 3)の観測値を用いた。

数値解析の結果、深度10cmの地点においては、 $K_s=0.015$ (cm/sec)、 $\alpha=0.004$ (1/cm)、 $n=1.05$ 、また、深度29cmの地点においては、 $K_s=0.00003$ (cm/sec)、 $\alpha=0.005$ (1/cm)、 $n=4.29$ となった。これらの解析により、第Ⅰ層は透水性が高く保水性が乏しいこと、一方第Ⅱ層は透水性が低く保水能が高いことが分かる。これは次に述べる土壌水分の変動特性にも関連する。

4. 土壌水分変動特性の検討 間隙水圧については、NW-1、NW-2、NW-3、EW-1、EW-2、N-4での計測器が土中埋設型ではないために、気温の影響を受ける可能性がある。そこで土中温度 T_s と大気温度 T_a の差 $\Delta T (=T_a - T_s)$ が測定値に及ぼす影響を考慮して温度補正を行った。温度補正は、まず、地表面に最も近い NW-1 の地点において、土壌水吸引圧の二次の近似曲線を求め、観測値からその値を引いた値を ΔH とし、 ΔT との回帰式を求めて他の地点の温度補正に用いた。観測を行った期間1998年9月1日～7日の間は、降雨がなく日射量もあり変化していないほぼ同じ気象であった。土壌水吸引圧と蒸散量の関係を位相空間上にプロットした図-3からは、土壌水分の違いに応じて蒸散量に対する間隙水圧の変動が異なることが分かる。水分が多い第

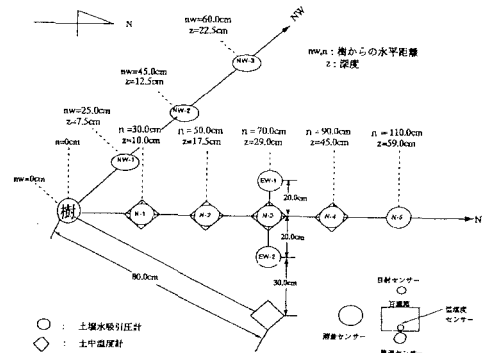


図-1. 測定装置配置図

$$C(0) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K(h) \frac{\partial h}{\partial z} \right\} - \frac{\partial K(h)}{\partial z} \quad (1)$$

$$J = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{ HC(10, t) - HO(10, t) \}^2} \quad (2)$$

表-1. 鉛直一次元不飽和浸透流基礎式と標準偏差計算式

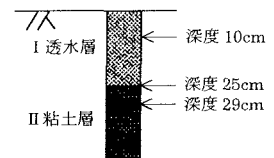


図-2. 地質構成

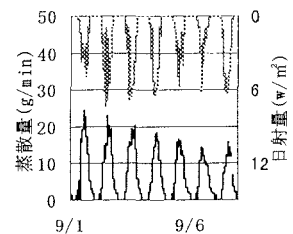


図-3. 日射量と蒸発量

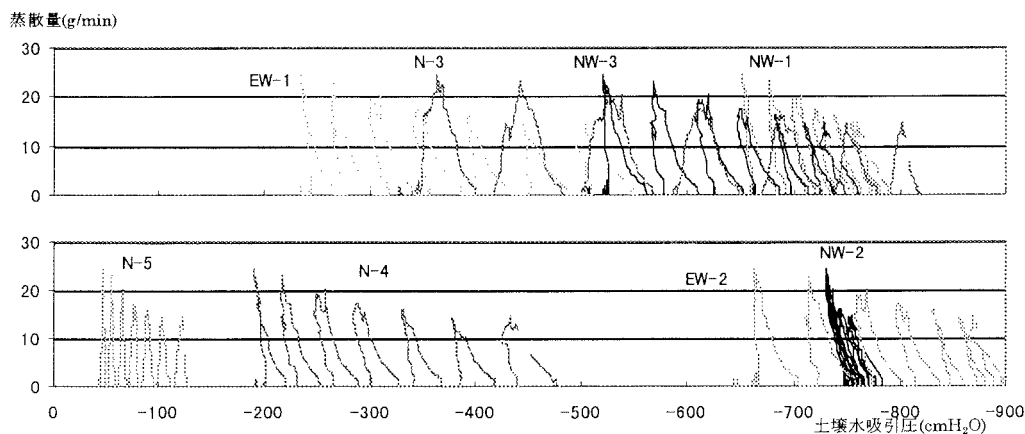


図-4. 土壌水吸引圧と蒸散量の関係

Ⅱ層のN-5地点では、間隙水圧の変動はあまり大きくない。しかし僅かながらも時間の経過とともに乾燥していく速度が大きくなっている。一方、既に土壌水分が少ないEW-2地点では、乾燥する速度が徐々に低下している。N-3地点は第Ⅱ層にあるが、間隙水圧は前の2地点の中間的な値を取っている。その結果、乾燥速度は初めに速く、後に遅くなっている。このように土壌水分や透水性に応じて間隙水圧の変動パターンが異なる。次に、NW-1、NW-3、EW-1、N-4、EW-2、NW-2地点の変動は、N-3、N-5に対して遅れて変動している。これは蒸散が始まって直ちに間隙水圧が低下するのではなく、遅れを伴っている。このように土壌水吸引圧と蒸散量を位相空間上に図示すると、蒸散に対する土壌水分の変動パターンが設置位置に応じて異なることが分かる。次に、蒸散に対する間隙水圧の応答を定量的に評価するために図-6に示すような吸水影響率として次式を提案する。

$$\text{吸水影響率} = |\Delta h| / \Delta ET$$

これは土壌水分に樹木の吸水が及ぼす影響を表すものである。各地点の吸水影響率を求めた結果をグラフに示したものが図-7である。これを見ると、深度が深いN-4(45.0cm)、N-5(59.0cm)では、樹木の根の吸収による影響を直接受けずに変動することがわかる。それに対し、樹木に近く浅い部分では直接の影響を受けているといえる。

5. おわりに 本報では、地層や不飽和浸透特性が異なる土壌中に設置した間隙水圧が樹木の蒸散によってどのように応答するかを調べたものである。根系の発達している場所に近いか遠いかによって応答特性が異なることが分かった。このことは、森林土壌の水分としてどのような基準で代表点として用いるべきかの検討が必要であることを意味する。今後は数値計算を実行し、定量的な解析を行いたい。

謝辞：本研究は平成10年度科学研究費補助金「森林における水（量と質）・エネルギー循環の素過程の定量化と総合モデルの構築（研究代表者九州大学小川滋教授）」の助成を受けた。研究の遂行に当たり小川滋教授及び同研究室の方々、また鹿児島大学農学部粕井先生、九州共立大学竹内先生にはご助力下さいました。ここに記して感謝いたします。

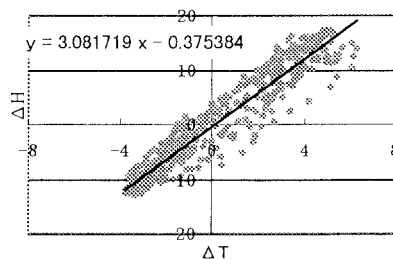


図-5. ΔT と ΔH の関係図

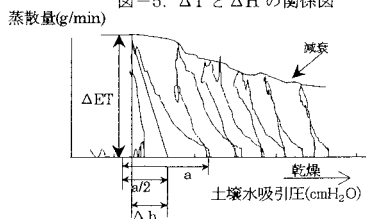


図-6. Δh と ΔET の定義

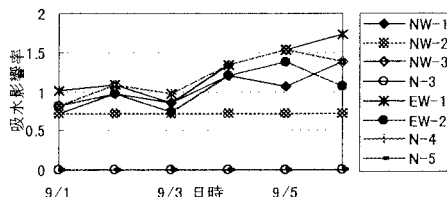


図-7. 吸水影響率