

T-TDR センサーを用いた土壌水分特性の計測 ―原位置測定と室内実験の比較―

京都大学農学研究科 ○法利祐香 正岡直也 小杉賢一郎

1. はじめに

降雨の浸透流出過程の予測には水分特性曲線 (θ - ψ 曲線) などの土壌水分パラメータが必要であるが、これらは実験室よりも原位置で測定した方がより実現象に即したパラメータを得ることが出来ると考えられている。しかし、従来の野外計測手法では圧力水頭 ψ と体積含水率 θ を完全な同位置で計測することができず、空間的な不均質さの影響を受けるため正確なパラメータを得ることが難しかった。本発表では、法利 (2023) ¹⁾ で開発した T-TDR センサーを使用して原位置測定を行うとともに、室内実験を実施し、得られる水分特性曲線の違いを検討する。

2. 手法

2. 1. T-TDR センサーについて

法利 (2023) ¹⁾ で開発された T-TDR センサーは、体積含水率 θ と圧力水頭 ψ を完全な同位置で計測する測器である。図 1 に示すように、テンシオメータのポラスカップ部分に、TDR 土壌水分計の電極棒に当たる 2 本のワイヤーを巻き付けた構造となっている。また、あらかじめキャリブレーション実験を行い、TDR から得られる比誘電率と θ の関係式を決定している。

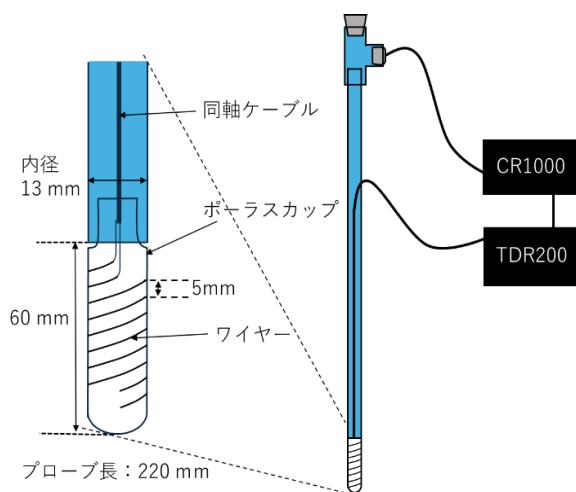


図 1 T-TDR センサーの構造

2. 2. 野外計測の手法

自然降雨に対する θ - ψ の変化を計測するため、T-TDR センサーを用いて野外計測を行った。実施場所は京都大学北白川試験地の林内で、T-TDR センサーは深度 10, 20, 30, 40 cm の 4 深度に設置し、約 24 日間 θ - ψ を継続的に計測した。また、野外計測終了後、センサーを設置していた場所で各深度 4 個ずつ 100cc 土壌コアサンプルを採取して pF 試験を行った。実験には加圧板法を用いて、-5~-500 cm の圧力で θ - ψ の計測を行った。また、Kosugi モデル ²⁾ を用いて野外計測と pF 試験で得られた水分特性曲線に対してフィッティングを行い、パラメータを求めた。

2. 3. 室内散水実験の手法

様々な降雨特性に応じた水分特性曲線の違いを検討するために、室内散水実験を行った。実験には京都大学北白川試験地で採取した土壌を用いた。下面に網を接着し、土壌が流出しないように底に不織布を敷いた内径 14.4cm のコラムに、深さが 10 cm になるように土壌を均一に詰め、T-TDR センサーを上から挿入して上面から散水を行い、散水後 60 時間以上自然排水させて、 θ - ψ を計測した。散水条件は以下の 3 パターンで行った。①157 mm/h の強度で 20 分間、②9.1 mm/h の強度で 169 分間、③9.1 mm/h の強度で 80 分間。

3. 結果

深度 10 cm と 30 cm において野外計測、pF 試験それぞれの計測手法で得られた水分特性曲線を図 2, 3 に示す。深度ごとに計測手法による違いが見られたが、どの深度でも pF 試験に比べて、野外計測で得られる飽和体積含水率が低い傾向が見られた。

また、フィッティングで得られた飽和体積含水率 θ_s 、残留体積含水率 θ_r 、間隙径分布の標準偏差 σ 、有効飽和度 Se が 0.5 の時のマトリックポテンシャルを表す ψ_m の 4 つのパラメータを比較したと

ころ、いずれのパラメータも野外計測と pF 試験では大きく異なっていることが分かった。

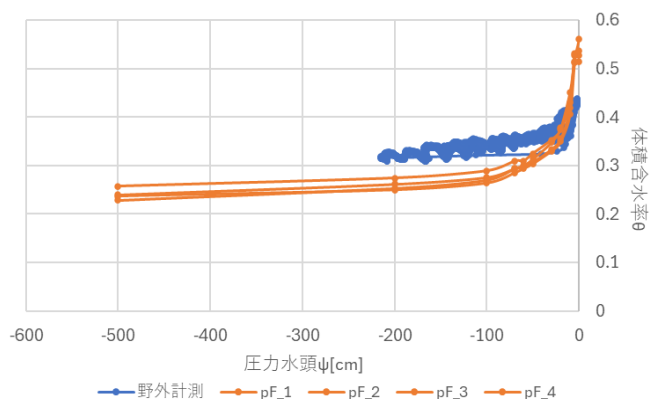


図2 深度 10 cm における水分特性曲線

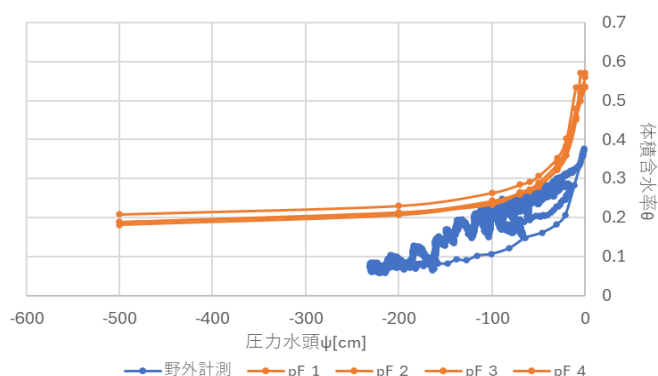


図3 深度 30 cm における水分特性曲線

次に室内散水実験の結果を図4に示す。排水過程と吸水過程の曲線がループを描いており、排水過程の曲線はどの条件でもほとんど同じであるが、散水強度が強い場合や散水の継続時間が長い場合ほど飽和体積含水率が高くなる傾向が見られた。また、圧力水頭と体積含水率の時間変化を見ると、圧力水頭が0付近で定常に達した後も体積含水率は上昇する様子が見られた。

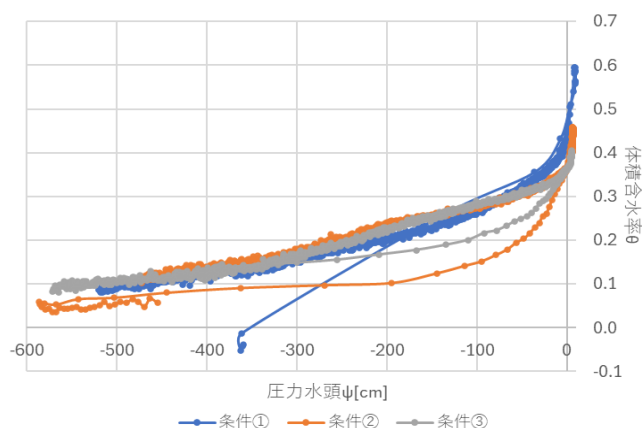


図4 室内散水実験の結果

4. 考察

pF 試験の結果と比較して、野外計測では圧力水頭が0付近でも体積含水率が低いという結果や、室内散水実験で飽和体積含水率が条件によって異なり、圧力水頭が定常に達した後も体積含水率は上昇し続けている結果が得られた。これらの結果から、野外で実際の自然降雨に対して水分特性曲線を計測すると、降雨強度が弱い場合や降雨の継続時間が短い場合には圧力水頭が0付近で見かけ上飽和していても、実際には一部の孔隙には封入空気が残った状態となっており、完全な飽和状態には達していないことが考えられる。また、野外計測と pF 試験で得られた水分特性曲線がフィッティングで求められたパラメータとしても全く異なっているという結果から、T-TDR センサーを用いて原位置で計測することにより、実際の現象に即した水分特性曲線を得ることが可能になると考えられる。

5. おわりに

今回は野外計測と pF 試験によって水分特性曲線を計測し、その違いから実際の降雨時には見かけ上飽和していても、降雨条件によっては飽和していないことがあることが分かった。またこの結果から、T-TDR センサーを用いて原位置で計測を行うことにより、実際の現象に即した水分特性曲線を得られることが示唆された。今後は T-TDR センサーを用いた長期的な観測や、様々な条件での室内散水実験による水分特性曲線の計測に基づき、降雨浸透流出過程の実態を解明していきたい。

参考文献

- 1) 法利ら(2023), 「野外土壌の体積含水率と圧力水頭を同時計測する T-TDR センサーの開発と適用」, R5 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 447-448.
- 2) Ken'ichirou Kosugi (1996), "Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties". Water Resources Research, Vol. 32, No. 9, p. 2697-2703.