

大型多線式 TDR プローブによる面的土壌水分計測 Measurement of Soil Water Content Using a Multi-Wire TDR Probe

○児玉大輔^{*1} 長 裕幸^{*1} 宮本英揮^{*1} 田川堅太^{*2} 井上光弘^{*3}
Daisuke Kodama Hiroyuki Cho Hideki Miyamoto Kenta Tagawa Mitsuhiro Inoue

1. はじめに

リモートセンシングによる広域スケールの表層土壌水分観測では、観測面内に設置した複数の土壌水分センサーの測定値の平均値を、衛星データの校正に用いる場合が多い。しかし、平均値を観測面代表値として扱うことの是非については、これまでに繰り返し議論されてきたところである。そこで本研究では、観測面を代表する土壌水分量、すなわち面的土壌水分量の測定手法を確立することを目的として、伊藤ら(2009)が開発した多線式プローブを改良した大型多線式 TDR プローブを試作し、蒸発過程における面的土壌水分計測への有効性を検討した。

2. 実験方法

多線式プローブは、隣接する TDR プローブがアース用ロッドを共用することで、プローブ設置面上の体積含水率(θ)を隙間なく測定するものである。本研究では、0.96 m の感知部長(ロッド間隔 0.1 m, 直径 5 mm)を有する 3 組の TDR プローブを配した大型多線式プローブを自作した。電場シミュレーションから推定された同プローブの鉛直方向の影響範囲は、上下 0.05 m 程度であった。

縦 0.81 m, 横 1.10 m, 高さ 0.20 m の木箱に、砂(粒径 0.15 ~ 0.6 mm)を高さ 0.10 m まで充填し、多線式プローブを深さ 0.05 m に水平に埋設した(Fig.1)。また、Campbell Scientific 社(CS 社)の SDMX50 型マルチプレクサー(CS 社)を介して TDR100 ケーブルテスター(CS 社)に接続した CS640 型小型プローブ(ロッド長 0.075 m, 間隔 0.006 m, 直径 0.0016 m, CS 社)を 3 ヶ所(Fig.1 の A, B, C)の深さ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09 m に埋設した。木箱の四隅に設けた縦穴から蒸留水を注入することにより、地下水面を地表面までゆっくりと上昇させた後、2 台の扇風機で砂表面に送風し、砂中の水分の蒸発をうながした。

CR10X データロガー(CS 社)を利用して、蒸発過程における砂の比誘電率(ϵ)を 15 分間隔で測

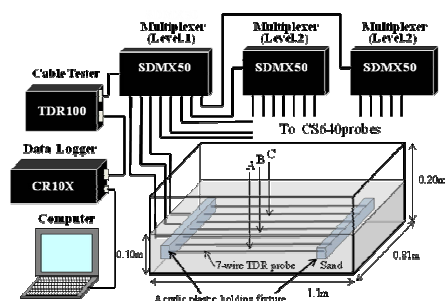


Fig. 1 実験の模式図.

Schematic diagram of experiment.

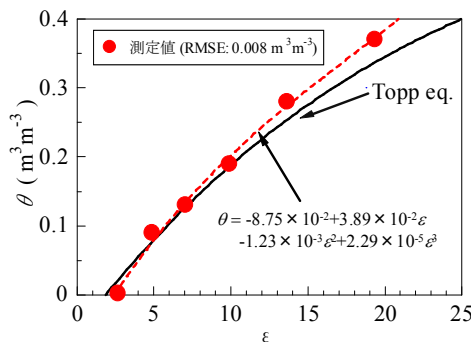


Fig. 2 比誘電率(ϵ)と体積含水率(θ)の関係.
Relative permittivity(ϵ) vs. volumetric water content(θ).

^{*}佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga Univ., ^{**}鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima Univ., ^{***}鳥取大学乾燥地研究センター Arid Land Research Center, Tottori Univ.

キーワード: 面的土壌水分量, 大型多線式 TDR プローブ, 比誘電率, 体積含水率

定した。多線式プローブで測定した ε 値を、別途、求めたキャリブレーション式に、また小型 TDR プローブで測定した ε 値を Topp 式²⁾にそれぞれ代入し、 θ 値を求めた(Fig.2)。アース用ロッドで挟まれたロッド上下の 0.05 m の空間を、多線式プローブを構成する 3 つのプローブの測定領域とみなし、各プローブが示す θ 値にその体積を乗じて得られる水分量の合計値を求めた。そして、その合計値を多線式プローブの影響領域の全体積で除したものを、面的土壌水分量とした。

3. 結果と考察

Fig.3 は、小型プローブで測定した B 地点 (Fig.1)の θ 分布の経時変化を表す。砂中の θ は、時間の経過とともに上層から順に低下し、100～120 h 後にはほぼ様な低水分分布が形成された。他の地点においても、類似した θ 分布の変化が観察された。同一深度で比較すると、各点の θ 値は小幅な変動を伴って急減し、それらの差異は小さい(Fig.4)。砂の充填、給水、土壌表面への送風方法を工夫し、可能な限り面的に均一な水分蒸発条件の創出に努めたことが、ばらつきの小さい θ 変化が形成された要因であると考ええる。

Fig.5 は、多線式プローブで測定した θ の面代表値、すなわち土壌表面から深さ 0.10 m までの面的土壌水分量の経時変化を表す。また、比較対象として、A～C 地点の深さ 0.01, 0.05, 0.09 m の θ 値の算術平均値を併記する。小型プローブで測定した算術平均値と同様に、多線式プローブで測定した面的土壌水分量も時間の経過とともに急減した。面的土壌水分量は、土壌表面に最も近い 0.01 m の θ 値とほぼ同タイミングで低下したことから、初期乾燥期間に生じる上層の急激な乾燥を含む、観測面全体の乾燥現象の態様を的確に反映していると考ええる。

4. おわりに

本研究の蒸発実験は、面的なばらつきの小さい理想的条件下で実施したものであるものの、多線式プローブを活用することにより、面的土壌水分量の変化を効果的に計測できることが判明した。今後は、不均一性の大きい野外圃場において、面的土壌水分量および面的電気伝導度の計測を試み、本法の有効性を検証する予定である。

引用文献: 1) 伊藤ら(2009): 土壌の物理性, 111: 35 - 41, 2) Topp ら(1980): Water Resour. Res., 16: 574 - 582.

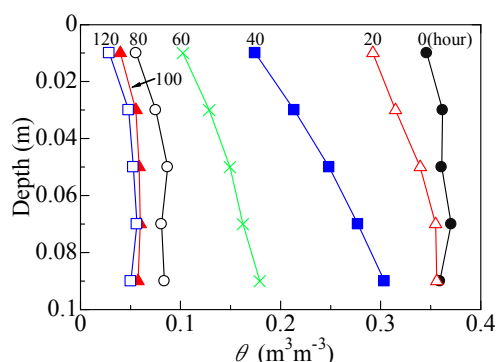


Fig. 3 体積含水率(θ)分布の経時変化。
Profile of volumetric water content(θ).

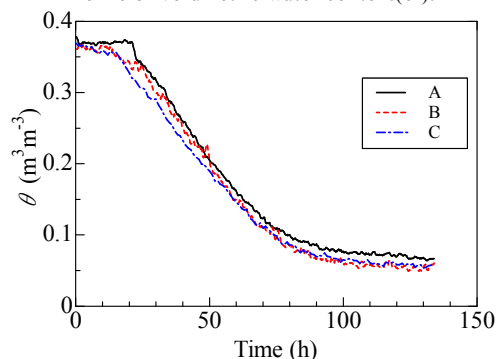


Fig. 4 深さ 0.05m の体積含水率(θ)の経時変化。
Changes in volumetric water content(θ) at 0.05m-deep.

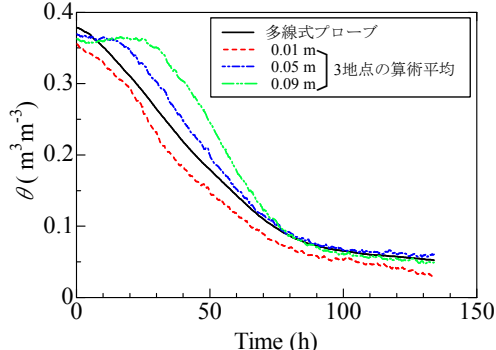


Fig. 5 多線式プローブで測定した体積含水率(θ)の経時変化。
Changes in volumetric water content(θ) measured by the multi-wire probe.