

# 大型多線式 TDR プロープによる面的バルク電気伝導度計測 Measurement of Bulk Electrical Conductivity Using a Multi-Wire TDR Probe

○田川 堅太\* 長 裕幸\*\* 児玉 大輔\*\* 藤巻 晴行\*\*\*  
Kenta Tagawa Hiroyuki Cho Daisuke Kodama Haruyuki Fujimaki

## 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において、取得した衛星データの校正を行うことを目的とし、長らは伊藤ら(2009)<sup>1)</sup>が開発した多線式プローブを改良した、観測面内の面的土壌水分を直接計測できる大型多線式 TDR プロープを開発した。このプローブによる計測実験の結果、面的にばらつきの少ない条件において面的土壌水分量の変化を把握することができた。しかし、同時に計測されるバルク電気伝導度については、その計測値が面的な代表値として適用可能であるか未確認である。本研究では、蒸発過程における面的なバルク電気伝導度計測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 プロープ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( $\theta$ )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 プロープ(P1, P2, P3)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、 $EC=0.08Sm^{-1}$  の NaCl 溶液を溜め、砂(粒径 0.15 ~ 0.6 mm)を高さ 0.10 m まで塩分の均一化のため攪拌しながら沈降充填した。充填過程で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 SDM50 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 0.075m, 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。

地下水面が地表面と等しくなるように余剰水

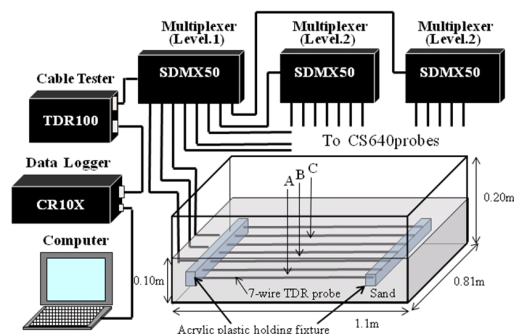


Fig. 1 実験の模式図.  
Schematic diagram of experiment.

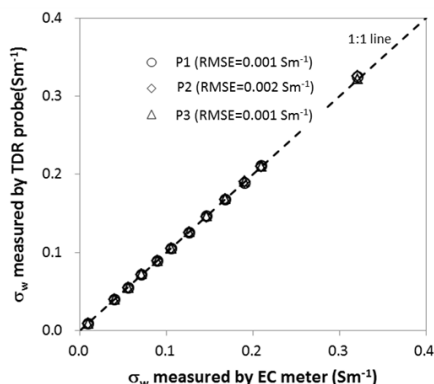


Fig. 2 多線式プローブと EC 計で計測した NaCl 溶液電気伝導度( $\sigma_w$ )の比較.  
Comparison of electrical conductivity measured by multi-wired TDR probe and EC meter.

\*鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima Univ., \*\*佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga 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: 面的バルク電気伝導度, 多線式 TDR プロープ, 土壌水分量

を排水後、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。

CR23X データロガー(Campbell Scientific 社)を利用して、蒸発過程における砂のインピーダンスの逆数( $R^{-1}$ )と比誘電率( $\epsilon$ )を15分間隔で測定した。測定した  $R^{-1}$  値は、別途実施したキャリブレーションの結果得られた式(Fig. 2)に代入し、 $\sigma_b$  値を求めた。また、 $\epsilon$  値については、多線式プローブで測定した値を別途求めたキャリブレーション式に、小型プローブで求めた値を Topp 式<sup>2)</sup>にそれぞれ代入し、 $\theta$  値を求めた。

### 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  $\theta$  分布の経時変化を表す。砂中の  $\theta$  は、時間の経過とともに上層から順に低下し、100~120 h 後にはほぼ一様な低水分分布が形成された。地点 A および C においても、類似した  $\theta$  分布の変化が観察された。

Fig. 4 に、同様に小型プローブで測定した B 地点の  $\sigma_b$  分布の経時変化を表す。 $\sigma_b$  は、 $\theta$  の変化と同じように時間経過に伴い上層からの値の低下、最終的にはほぼ一様な分布を示した。また、 $\theta$  同様地点 A, C において類似の分布の変化が観察された。

Fig. 5 に、多線式プローブで測定した  $\sigma_b$ 、 $\theta$  を示す。また、比較対象として、小型プローブで測定した地点 A, B, C のそれぞれ 5 深度計 15 点の  $\theta$  値の平均値を併記する。 $\theta$  値の比較の結果、多線式プローブの計測値は小型プローブの平均値によく一致し、両者の差は最大で  $0.01\text{m}^3\text{m}^{-3}$  であった。それに対し、 $\sigma_b$  値を比較すると、グラフの形状は類似したが、多線式プローブと小型プローブの差は最大で約  $0.02\text{Sm}^{-1}$  となった。ところで、キャリブレーション時、NaCl 溶液の電気伝導度  $0.1\text{Sm}^{-1}$  以下の場合、多線式プローブ、小型プローブの計測値の差は約  $0.001\text{Sm}^{-1}$  以下であった。このことから、本実験の  $\sigma_b$  の差は、供試土の均一化が不完全であったことによると考える。

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.,

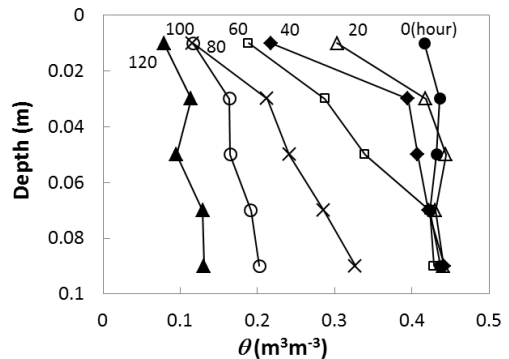


Fig. 3 体積含水率( $\theta$ )分布の経時変化.  
Profile of volumetric water content( $\theta$ ).

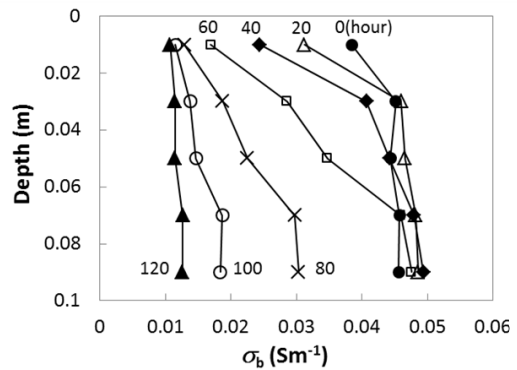


Fig. 4 バルク電気伝導度( $\sigma_b$ )分布の経時変化.  
Profile of bulk electrical conductivity( $\sigma_b$ ).

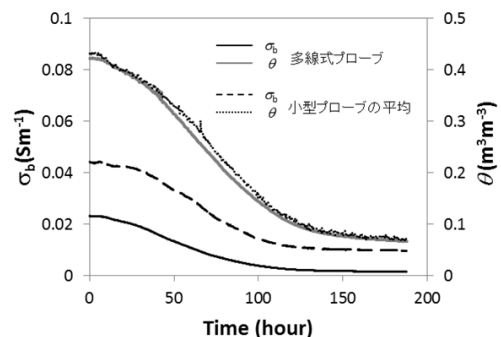


Fig. 5 多線式プローブで測定したバルク電気伝導度( $\sigma_b$ )と体積含水率( $\theta$ )の経時変化.  
Changes in bulk electrical conductivity( $\sigma_b$ ) volumetric water content( $\theta$ ) measured by the multi-wire probe.