

土壌溶液の電気伝導度モニタリングのための Rhoades パラメータ決定手法 Determination of Rhoades parameters for monitoring EC of soil solution

○関勝寿* 宮本輝仁** 岩田幸良**

○Katsutoshi Seki*, Teruhito Miyamoto** and Yoshiyuki Iwata**

1. はじめに

TDR センサーなどを用いて連続的に測定された体積含水率 (θ) と土壌のみかけの電気伝導度 (EC_a) から、土壌溶液の電気伝導度 (EC_w) のモニタリングデータを得るためには、 θ と EC_a と EC_w の間の関係をモデル化する必要がある。Rhoades モデルは推定精度が高いが、従来はパラメータ決定のための実験が大変であった。本研究では、現場の測定データ (TDR データと採水管から採取された土壌溶液の EC_w) から、直接 Rhoades モデルのパラメータを決定する手法を開発した。

2. 方法

農研機構農村工学研究部門の黒ボク土畑圃場において、3 つの深さ (0.2, 0.4, 0.6m) に TDR センサーを 3 本ずつ埋設して 8 ヶ月間 θ と EC_a をモニタリングした。それぞれの深さに採水管を 2 個ずつ埋設し、測定期間中に 17 回土壌溶液を採取し、EC 計によって EC_w を測定した。TDR により測定された θ と EC_a ならびに採取された土壌溶液の EC_w から、開発した Rhoades パラメータ決定法¹⁾ (特願 2018-080205) により Rhoades モデル

$$EC_a = (a\theta + b)\theta EC_w + EC_s$$

の 3 つのパラメータ (a, b, EC_s) を決定し、そのパラメータから EC_w の連続的な変化を推定した。

従来法²⁾は、数種類の θ に対してそれぞれ EC_w と EC_a の関係を線形回帰して、直線の傾き $S = (a\theta + b)\theta$ と切片 EC_s を決定してから θ と $S/\theta = a\theta + b$ を直線回帰するという「2段階線型回帰法」であるため、1 段階目の線型回帰には θ が同じで EC_a が異なる試料が必要となり、実験室で試料を調整する必要があったが、本研究で開発した手法では現場のばらついた θ のデータから直接パラメータを決定できるところに強みがある。

3. 結果

詳細な結果はすでに論文¹⁾で発表しているため、本講演要旨では主要な結果のみ示す。図 1 は EC_w の推定値 (実線、破線、鎖線それぞれが 1 本の TDR プローブをあらわす) と採水管から採取した土壌溶液の EC_w の実測値 (黒丸と白丸がそれぞれの採水管をあらわす) である。ここで、土壌溶液の EC_w は、17 組のデータの中から 8 組 (8 日分) をパラメータ決定のためのキャリブレーションデータセットとして選んだ。深さ 0.2 m において水分量が低い期間については、採水管で土壌溶液が抽出できなかったため、外挿によって EC_w がマイナスの非現実的な値として計算された。そのため、深さ 0.2m のみ実験室で測定された (低 θ 、低 EC) と (高 θ 、高 EC) の 2 組のデータをキャリブレーションデータに追加した。

*東洋大学経営学部 (Toyo University), **農研機構農村工学研究部門 (NARO)

キーワード: 溶質移動、電気伝導度、TDR

図 1 のように、推定された EC_w は実測値を概ね再現した。従来法（実験室データからの 2 段階線形回帰法）で決定されたパラメータからの EC_w の推定結果²⁾と比較すると、深さ 0.2m では同程度の推定精度が得られ、深さ 0.4m と 0.6m については本手法の方がより実測値に近い推定値が得られていることがグラフから容易に読み取れた。実測値と推定値との平均二乗誤差 (RMSE) は、深さ 0.4m では従来法ではそれぞれのプローブで 0.42, 0.29, 0.42 dSm^{-1} であるのに対して、図 1 では 0.27, 0.25, 0.23 dSm^{-1} と推定精度が向上した。深さ 0.6m においては、従来法の 0.38, 0.33, 0.21 dSm^{-1} に対して図 1 では 0.09, 0.12, 0.09 dSm^{-1} とさらに推定精度の向上は著しかった。ここで、図 1 の RMSE 計算に際しては、 EC_w の 17 組の実測値の中で、8 組のキャリブレーションデータセットを除いた 9 組の検証データセットを用いた。

このように、現場の EC_w の測定値を直接キャリブレーションに用いることで、実験室のキャリブレーションから得られたパラメータよりも現場の状況に応じた、より適切なパラメータを得ることができた。その理由は、現場のデータから得られたパラメータは、その地点の土壌の状態及び水分移動状況に応じた値となっているためであると考えられる。このことから、今回開発された手法を用いて現場における測定値から得られたパラメータは、その地点に埋設された TDR センサーにおいてのみ有効であり、ある種類の土壌を代表するパラメータではないことに注意が必要であることが示唆される。

4. おわりに

従来法では実験室でモデルのパラメータを決定するために大変な手間がかかっていたところを、本手法によって現場から数回採水をする手間によって代替できるため、センサーベースの EC_w 連続測定が容易となる。本手法を成功させるためには、十分に広い水分領域のキャリブレーションデータを得ることが重要である。

ウェブサイトのフォームに (θ , EC_a , EC_w) の測定データを入力すれば、ワンクリックで Rhoades モデルのパラメータ (a , b , EC_s) が得られるプログラム EC Fit を公開準備中である。

文献: 1) Seki et al. (2019) Int. Agroph. 33(1):113-119. [doi:10.31545/intagr/104413](https://doi.org/10.31545/intagr/104413)

2) Miyamoto et al. (2015) J. Agr. Res. Quart. 49 (3):261-267. [doi:10.6090/jarq.49.261](https://doi.org/10.6090/jarq.49.261)

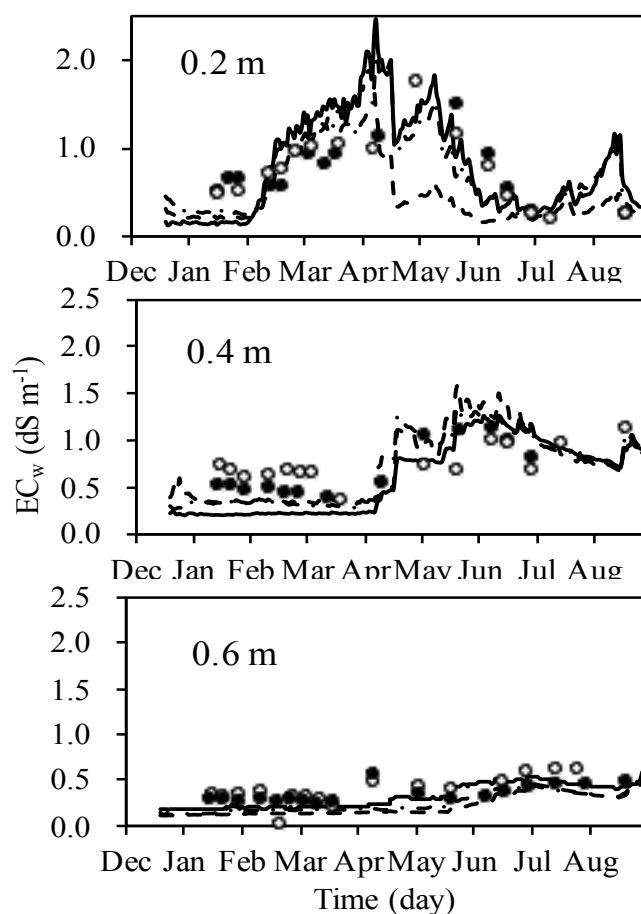


図 1 EC_w の推定・測定値¹⁾。凡例は本文に記載。

Fig.1 Estimated and measured EC_w .