

5TE センサーで土壌水分量と電気伝導率を推定するための簡易的利用法 Simple and easy methods for the examination of soil water content and electrical conductivity by using 5TE sensor

武藤由子¹・窪田有真¹・渡辺晋生²

¹岩手大学農学部・²三重大学大学院生物資源学研究科

要旨

Decagon 社の土壌水分計 5TE とデータロガー Em50 を使い、豊浦砂と岩手大学の畑土壌について体積含水率 θ と土壌水の電気伝導率 EC_p の簡易的な推定を試みた。 θ は生長有効水分の範囲で出力値の Topp 式による θ を補正できた。 EC_p については、簡単な検量作業で Hilhorst モデルによる推定が可能なことを確認した。ただし、土壌の比誘電率とされる出力値が溶質濃度の影響を受け θ と EC_p の推定の精度が低下すること、低 θ では土壌の電気伝導率が測定できないことがわかった。

テーマ：土壌物理研究の最前線

キーワード：土壌水分計，静電容量型センサー，溶質濃度，モニタリング，検量

Key words: Soil moisture sensor, Capacitance sensor, Solute concentration, Monitoring, Calibration

1. はじめに

土壌の水分量や電気伝導率，温度は，作物の生育に影響し，また相互に関連して変化する。そのため，農地でこれらの相対的な変化を連続測定することの意義は大きく，土壌センサーを利用することによる圃場管理にかかる労力の軽減が期待される。近年，Decagon 社の 5TE センサーなど，水分量と同時に温度と電気伝導率を測定できる比較的安価な静電容量型土壌水分計が開発された。しかし，日本の農地について 5TE で測定される土壌の比誘電率 ϵ_a ，電気伝導率 EC_a とされる出力値を検証した例は少ない¹⁾。また，体積含水率 θ と土壌水の電気伝導率 EC_p ，1:5 水浸出法による電気伝導率 $EC1:5$ を推定するための検量作業の煩雑さから農地での利用の普及には至っていない。そこで本研究では，5TE で θ と EC_p ， $EC1:5$ を推定するための簡易法を提案し，その妥当性を検証することを目的とした実験を行った。

2. 試料と方法

実験には，蒸留水で洗った豊浦砂と岩手大学圃場休耕畑の表層土の 2mm フルイ通過分(岩大土)を用いた。これらに蒸留水又は NaCl

溶液 (0.05~0.15 mol/L, 0.54~1.49 S/m) を添加し， θ と溶質濃度の異なる試料を作った。試料を円筒カラム (内径 11cm, 高さ 12cm) に充填し，5TE を上端から下端方向に挿入した。乾燥密度 g/cm^3 は豊浦砂 1.37, 岩大土 0.90 とした。5TE と Em50 の組合せで，土壌の比誘電率 ϵ_a と電気伝導率 EC_a として出力される値を 3 分間隔で 15 分間測定した。実験は 20°C の恒温室で行った。測定終了後，円筒カラムから取り出した試料をよく混合し，炉乾法により試料の θ を測定した。また， $EC1:5$ と EC_p も測定した (HORIBA B-771)。 EC_p は遠心分離機で試料の土壌水を抽出して測定した。

3. 結果と考察

ここでは，岩大土の結果について示す。

(1) 体積含水率 θ の推定

Fig.1 は ϵ_a と θ の関係である。蒸留水を添加して θ を調整した結果 (黒丸) を最小二乗法で三次式に近似し実線で示した。 ϵ_a は θ が高いほど大きかったが，溶質濃度の影響も受けており，近似式の作成や θ の推定時には ϵ_a の溶質濃度依存を考慮する必要がある。次に， ϵ_a と共に出力される Topp 式で換算された θ_{Topp} の補正を試

みた。近似式の θ_{mes} と θ_{Topp} の比を求め、その中央値Cを θ_{Topp} に乗じたところ、生長有効水分の範囲(0.23~0.47)で θ_{mes} と概ね一致した(Fig.2 実線太)。Cの標準偏差は小さく、 ϵ_a の溶質濃度依存が小さい条件では、 θ が既知の1点~数点の試料で θ_{Topp} を測定して比を得ることで θ の簡易補正が可能であるといえる。

(2) 土壌水の電気伝導率 EC_p と $EC_{1:5}$ の推定

Fig.3 は θ と EC_a の関係である。 EC_a は θ が0.275以下で測定できなかった。5TEが EC_a を2極法で測定しているためと考えられる。 EC_a から EC_p を推定するモデルに Hilhorst モデル²⁾がある。必要な係数は EC_a が0のとき(乾土)の比誘電率 ϵ_0 と水の比誘電率 ϵ_w で、 $\epsilon_a = 2.8$, $\epsilon_w = 82$ の測定値を得た。算出した $EC_{p,Hilhorst}$ は、溶質濃度が最も高い場合を除き実測した EC_p と概ね一致した(Fig.4)。他に Rhoades モデル³⁾による推定も試みた。モデル係数を得るための検量作業は Hilhorst モデルと比べ容易でないが、 ϵ_a が溶質の影響を受けず θ の推定精度が高い場合には Hilhorst モデルよりも良好な結果が得られた。 EC_a と $EC_{1:5}$ は、 $EC_a \approx 0$ を除き比例関係で示された(Fig.5)。5TE で EC_a が測定できる θ の範囲が狭いために θ の影響が表れなかったと考えられる。

4. おわりに

土壌ごとに利用できる θ 範囲と溶質濃度の影響を確認すれば、5TEでの θ と EC_p , $EC_{1:5}$ の比較的簡単な推定が可能であった。

参考文献等

- 1) 三石正一, 溝口勝(2014): 静電容量型 ECH_2O 土壌水分センサーのキャリブレーション. 土壌の物理性, 126: 63-70.
- 2) Hilhorst, M.A. (2000): A pore water conductivity sensor, Soil Sci. Soc. Am. J., 64, 1922-1925.
- 3) Rhoades, J.D., Raats, P.A. and Pratsjer, R.J. (1976): Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity, Soil Sci. Soc. Am. J., 40, 651-655.

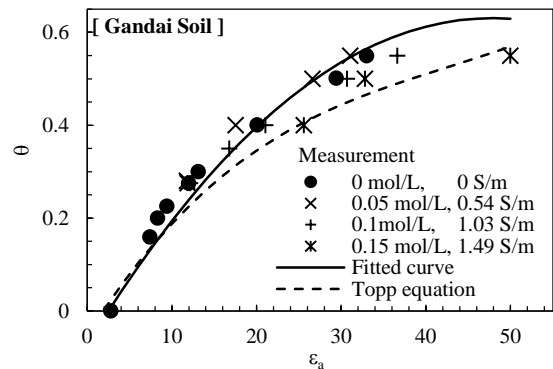


Fig.1 5TEの比誘電率と炉乾法の体積含水率の関係
 $\theta = -7.3 \times 10^{-2} + 3.0 \times 10^{-2} \epsilon_a - 3.3 \times 10^{-4} \epsilon_a^2 + 2.5 \times 10^{-7} \epsilon_a^3$

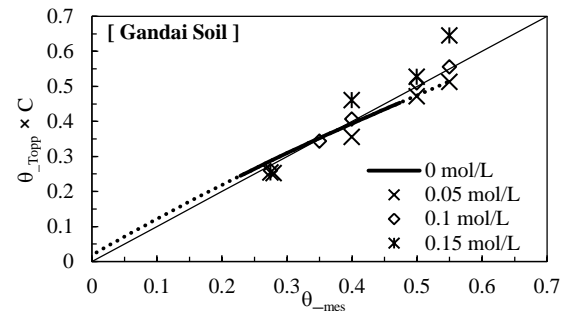


Fig.2 Topp式から求めた体積含水率の簡易補正

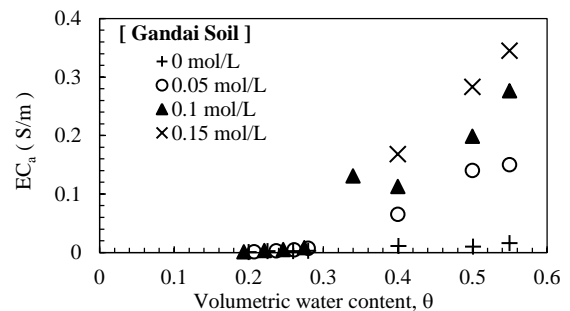


Fig.3 炉乾法の体積含水率と土壌の電気伝導率の関係

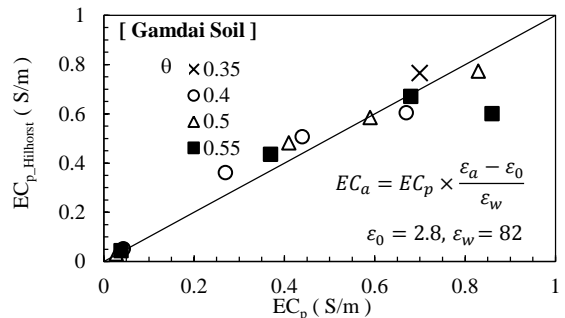


Fig.4 Hilhorstモデルによる EC_p の推定

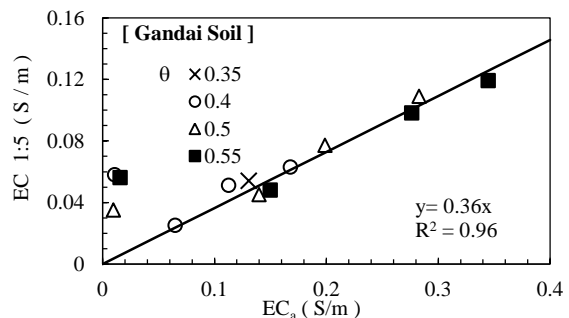


Fig.5 EC_a と $EC_{1:5}$ の関係