

ECH₂O水分プローブと4極センサーを用いた土壌水分・塩分の同時測定法 Simultaneous measurement method of soil moisture and salt concentration using ECH₂O probe and four-electrode sensor

齊藤 忠臣* 藤巻 晴行** 井上 光弘***

SAITO Tadaomi*, FUJIMAKI Haruyuki**, INOUE Mitsuhiro***

1. はじめに

Decagon社の開発したECH₂O土壌水分プローブは、非常に安価な誘電率土壌水分計として注目され、研究・農業分野における多点土壌水分測定に広く用いられている。しかし出力値の強い塩分依存性が報告されており¹⁾、塩類土壌での使用に際し校正が必要となる。さらに施肥や蒸発等により土壌塩濃度の変化する環境下での適用には、経時的な塩濃度の測定を伴う校正が必要となる。そこで本研究では、4極土壌塩濃度センサーをECH₂Oプローブと併用し、両センサーの水分・塩分依存性を表す校正式を作成し、これらを連立して解くことにより、水分・塩分の同時測定を行う手法を示した。両センサーと本校正法の適用により、安価な水分塩分同時測定システムの確立が可能となると考えられる。

2. 実験方法

水分・塩分濃度の異なる砂丘砂を用意し、供試土壌とした。水分は含水比で 0, 0.03, 0.08, 0.12, 0.18, 0.22(飽和)に調整し、それぞれの調整に用いる水の塩分濃度は 0, 500, 2000, 3500, 5000, 10000, 20000ppmと変化させ、その電気伝導度を測定し、これを土壌溶液の塩濃度とした。サンプル毎に両センサーの土壌測定範囲より十分に広い容器を用意し、乾燥密度 1.5(g/cm³)で均一に充填した。各サンプルにつき5回ずつセンサーを埋設し、出力値を読み取り平均値を算出した。作業は25℃の恒温室内で行った。

3. 結果と考察

Fig.1 に塩分濃度EC_w(dS/m)毎の水分とECH₂O出力値y(V)の関係を示す。出力値は塩濃度に大きく影響を受け、水分と共に非線形な関係を有していることが分かる。この出力値の水分・塩分依存性を表現するため、各塩濃度と出力値yの関係に対し、ロジスティック曲線による当てはめを行い、これを元に(1)式を得た¹⁾。なお(1)式のf(θ),g(θ),h(θ)はそれぞれ(2)(3)(4)式で表される。

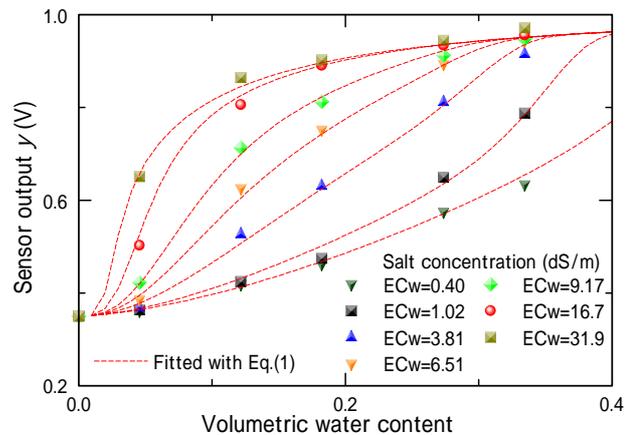


Fig.1 ECH₂Oプローブ出力値の水分変化応答性
Response of output of ECH₂O probe to water content change

$$y(\theta, EC_w) = \frac{g(\theta)h(\theta)}{g(\theta) + \frac{g(\theta)h(\theta) - f(\theta)g(\theta)}{f(\theta)} e^{-g(\theta)h(\theta)EC_w}} + 0.35 \quad (1)$$

$$f(\theta) = 1.62\theta^{1.55} \quad (2) \quad h(\theta) = 0.68 + \frac{-0.029}{(\theta + 0.034)} \quad (4)$$

$$g(\theta) = (7.14 \times 10^{-5})(2.27 \times 10^{12})^\theta + 0.62 \quad (3)$$

* 日本学術振興会(鳥取大学乾燥地研究センター), JSPS (Arid Land Research Center, Tottori Univ.)

** 筑波大学農林工学系, Department of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba

*** 鳥取大学乾燥地研究センター, Arid Land Research Center, Tottori University

ECH₂Oプローブ, 4極センサー, 土壌水分・塩分測定, 校正

Fig.2 には、4 極センサーにより測定された見かけの電気伝導度 EC_a (dS/m) と土壤溶液の塩分濃度 EC_w (dS/m) の関係を示す。両者の間には水分量毎に異なる傾きを持つ線形関係があり、以下の(5)式で表わすことができる。

$$EC_a = aEC_w + b \quad (5)$$

(5)式の a 、 b の各パラメータの水分依存性が関数で表される場合、それぞれの関数を(5)式に代入することにより、 EC_a を水分と塩分の式として表現できることとなる。

Fig.3 には a 、 b の水分依存性を示す。 a 、 b とも水分と非線形な関係を有していることが分かる。そこで各パラメータに対し良好に当てはまる経験式を探索し、それぞれ(6)(7)式のロジスティック曲線にて当てはめを行った。

$$a = 0.295 / (1 + 117.51e^{-17.44\theta}) = I(\theta) \quad (6)$$

$$b = 0.094 / (1 + 39.94e^{-13.85\theta}) = J(\theta) \quad (7)$$

この(6)(7)式を(5)式に代入することにより、4 極センサー出力値の水分塩分依存性 $EC_a(\theta, EC_w)$ を表す式(8)が得られることとなる(Fig.2 破線)。

$$EC_a(\theta, EC_w) = I(\theta)EC_w + J(\theta) \quad (8)$$

以上の過程により、 ECH_2O プローブ、4 極センサーそれぞれの水分・塩分依存性を表す校正式(1)、(8)式が得られた。両式を連立させ、連立式に各センサー出力値 y 、 EC_a を与え、 θ 、 EC_w について解くことにより、出力値に対応する水分量と塩濃度を得ることが可能となる。しかし連立式を代数的に解くことは不可能であるため、本研究では二分法を用いて数値解を求めた。高水分・高塩分領域において式に解が存在しない場合があったが、これを除いた結果、数値解による θ の推定値と実測値の θ は良く適合し、RMSEは 0.018 であった。一方、 EC_w の推定精度は θ の推定精度よりも低くなった。これは特に低水分・高塩分領域において、(8)式による EC_w の推定誤差が大きいことに起因すると考えられる。

4. まとめ

ECH_2O 土壤水分プローブと 4 極センサーの校正試験と校正式の作成を行い、両センサーを用いた水分・塩分の同時測定法を提案した。対象土壤に応じ同様の手法を用いることにより、安価な水分塩分同時測定システムの確立が可能となると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、鳥取大学乾燥地研究センターの東直子氏、倉田寧子氏、山崎真吾氏に協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

引用文献：1) ECH_2O 土壤水分プローブの塩濃度依存性と校正法(2004) 齊藤 忠臣・藤巻 晴行・井上 光弘 第 46 回土壤物理学会講演要旨集, pp48-49.

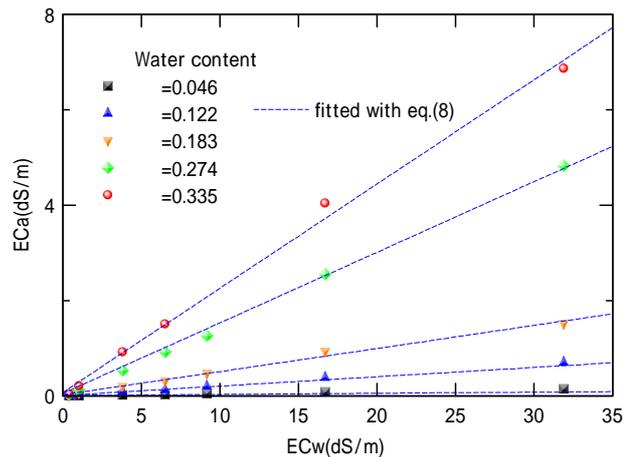


Fig.2 見かけの電気伝導度 EC_a と土壤溶液の電気伝導度 EC_w の関係 Relationship between EC_a and EC_w

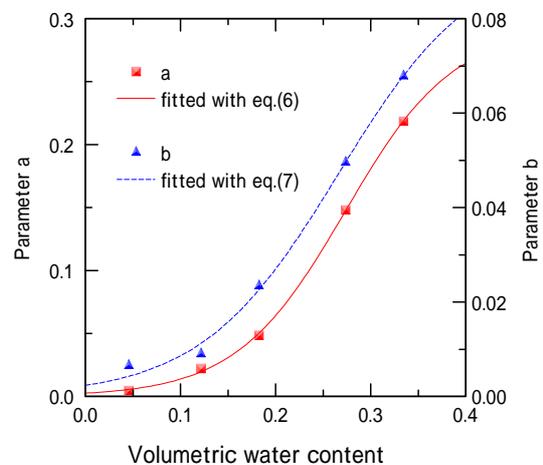


Fig.3 パラメータ a, b の水分依存性 Dependence of fitted parameters a, b on water content