



ECH₂O 5TE による土壌含水率出力への電気伝導度と温度の影響

安中武幸¹・花山 奨¹

Effects of the electrical conductivity and the temperature on the soil water content outputs obtained using ECH₂O 5TE

Takeyuki ANNAKA¹ and Susumu HANAYAMA¹

Abstract: ECH₂O 5TE is an useful dielectric soil moisture sensor for a field soil. However, it is reported that the sensor outputs are affected by the electrical conductivity (EC) of the soil and the soil temperature (T). The objective of this study was to evaluate effects of the EC and T on the sensor outputs based on a laboratory EC calibration and a temperature calibration according to field data measured in a sand dune field. Result of the laboratory experiment showed that a single calibration equation could be adapted to the data for the soil water EC (EC_w) < 10 dS m⁻¹ with the soil bulk EC (EC_b) < 0.50 dS m⁻¹. Assuming a linear relation between the sensor output change (ΔRAW) and the temperature change (ΔT) under a constant soil moisture condition as $\alpha = \Delta RAW / \Delta T$, α values were estimated based on the field data. Whereas estimated α was 0.8 °C⁻¹ ~ 1.2 °C⁻¹ for $EC_w \sim 0.1$ dS m⁻¹, it significantly increased from 1.0 °C⁻¹ to 2.2 °C⁻¹ for $EC_w > 2.5$ dS m⁻¹.

Key Words : sand dune field, ECH₂O 5TE, temperature and electrical conductivity effects on the sensor outputs

1. はじめに

砂は保水力と保肥力が小さいため、砂丘農地におけるかん水と施肥には合理的な管理が不可欠である。かんがい施設が整備されていなければ、干ばつ被害のリスクは高く栽培可能な作物が限定される。一方で、降雨浸透による肥料成分流亡が問題となる。この点では、かんがい施設を備えたハウスやトンネル内での栽培が、雨除けによる肥料成分流亡防止に効果を発揮している(安中・花山, 2014)。これらの栽培条件下では土壌水分の制御はもっぱらかん水に依ることとなるため、作物が必要とする水を土壌に供給し、かつ肥料成分を流亡させないかん水操作が求められる。この様なかん水操作を実現するためには、作物栽培下の土壌水分日変動、すなわち、かん水による浸潤・再分布と根の吸水に伴う土壌水分移動の

実態とメカニズムの把握が必要である。

ECH₂O 5TE (Decagon Devices, Pullman, WA) (以下、5TE) は土壌の誘電率測定を原理とした土壌水分センサー(誘電式センサー)の1つであり、キャパシタンス測定を通じて土壌の誘電率を求め、含水率を推定するものである。5TEはTDR(Time Domain Reflectometry)と比較して相対的に安価であり操作がしやすい上、体積含水率(以下、含水率)・地温・土壌のバルク電気伝導度(以下、 EC_b)の同時測定が可能となっている(Kizito et al., 2008; Parsons and Bandaranayake, 2009)。また、先行したEH₂Oセンサー(EC-20やEC-10)で問題となっていた含水率出力の EC_b および(あるいは)土壌溶液の電気伝導度(以下、 EC_w)に対する依存性が、5TEでは作動周波数を5MHzから70MHzに上げることによって改善された(例えば、齊藤ら, 2008; Saito et al., 2009)。

本センサーを用いて畑地表層土の水分変動を測定する際には、含水率出力に対する温度の影響を知っておく必要がある。一般に、5TEを含む誘電式センサーの含水率出力の温度依存性は、「センサー自体の温度応答」と「土壌の誘電率の温度による変化」の重ね合わせであると考えられる。センサー自体の応答性については、誘電率既知の基準溶液を用いた検定により、「20 °Cより低温側で過小評価し高温側で過大評価する」こと、および電気伝導度の影響として「0 ~ 2.5 dS m⁻¹で過小評価しそれ以上で過大評価する」ことが報告されている(Bogena et al., 2007; Rosenbaum et al., 2011)。一方、土壌の誘電率に温度依存性をもたらす要因として、土壌水の誘電率と電気伝導度(EC_w)が示す温度依存性、粘土粒子表面結合水の温度上昇に伴う自由化(Or and Wraith, 1999)、Maxwell-Wagner効果の温度依存性(Chen and Or, 2006; Seyfried and Grant, 2007)が指摘されている。Maxwell-Wagner効果とは、電気伝導度と誘電率が異なる複数の物質から成る混合物において、その界面に分極を生じ混合物の誘電率を増大させる効果であり、気液界面が卓越する不飽和土壌では顕著な影響をもたらす可能性がある。Chen and Or (2006)は、作動周波数100 MHz以下のセンサーでこの効果が温度依存性の原因となる可能性を指

¹Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-23, Wakaba-machi, Tsu-ruoka 997-8555, Japan. Corresponding author: 安中武幸, 山形大学農学部.

摘しており、70 MHz で作動する 5TE では考慮されるべき効果である。

一方で、実用性を重視した、現地データを用いた含水率測定値の温度校正方法が提案されている (Cobos and Campbell, 2007; Saito et al., 2013). Saito et al. (2013) は、5TE を含む種々の誘電式センサーについて、含水率測定に関わる温度依存誤差を時系列測定値に基づき校正する方法を提案し、現地での時系列測定値を用いて推定された比例係数 (含水率の関数) が室内実験の結果と一致することを示した。しかし、彼らは電気伝導度の比例係数への影響については触れていない。

本研究の目的は、5TE による含水率出力への電気伝導度 (EC_b および EC_w) と温度の影響評価を試みることである。最初に、室内でのキャリブレーション実験により、電気伝導度の影響を確認して、含水率キャリブレーション式を作成した。次に、砂丘畑における測定値を用いて、水分量一定時のセンサー出力変化量 ΔRAW と温度変化量 ΔT の比 α ($= \Delta RAW / \Delta T$) によって温度依存性の評価を試みた。

2. 含水率出力の電気伝導度・温度依存性評価方法

2.1 対象土壌に対する含水率キャリブレーション

5TE を用いた土壌水分変動の測定は、山形県庄内総合支庁産地研究室 (山形県酒田市浜中字八窪: N38° 48' 14", E139° 46' 33") のメロン畑において実施された。圃場と栽培の概要およびセンサー設置等測定方法については、既報の通りである (安中・花山, 2014)。

産地研究室メロン畑の表層土 (0 m ~ 0.15 m) を対象に、蒸留水および EC_w が 1.3, 5.4, 10, 79 $dS m^{-1}$ の NaCl 溶液を用いた水分調整を行い、含水率とセンサー出力の関係を得た。まず、含水比を $0.05 kg kg^{-1}$ に調整した試料を乾燥密度が $1.35 Mg m^{-3}$ (含水率 $0.068 m^3 m^{-3}$) とする様にアクリル容器 ($0.070 m \times 0.19 m \times 0.080 m$) に充填 (充填層厚さ $0.040 m$) しながらセンサーを水平方向に埋設した。データロガーには Em50 (Decagon Devices, Pullman, WA) を用い、出力値が一定となったところで、その値を設定した含水率に対応する出力値とした。この状態から霧吹きで所定量給水することによって含水率を $0.14, 0.20, 0.27, 0.34 m^3 m^{-3}$ に変化させ、その都度出力値が一定になったところで値を読み取った。風乾試料に対しては、これとは別に充填して出力値を得た (含水率は $0.007 m^3 m^{-3}$)。キャリブレーションは 3 反復行った。含水率出力値を読み取った時の地温には $16^\circ C \sim 21^\circ C$ の幅があったが、その多くは $17^\circ C \sim 19^\circ C$ であり、平均は $18^\circ C$ であった。

2.2 含水率出力の温度依存性の評価方法

Saito et al. (2013) は、基準温度と測定温度の時の含水率測定値には温度差に比例する誤差が含まれると仮定した。そして、その比例係数を測定日の含水率 (一定と仮定) の関数として求めた。本研究では、原理的には彼らと同じことになるが、5TE の含水率出力 RAW を直接対

象とした。RAW は誘電率 ϵ と $RAW = 50 \epsilon$ で関係づけられた量である (Decagon Devices, 2010)。本研究では、RAW を含水率 θ と温度 T の関数と仮定し、その温度依存性を次式でモデル化した。

$$RAW(\theta, T) = RAW(\theta, T_r) + \alpha(T - T_r) \quad (1)$$

ここに、 T_r は含水率キャリブレーション式が得られた温度 ($^\circ C$)、 T は測定温度、 $RAW(\theta, T_r)$ 、 $RAW(\theta, T)$ はそれぞれの温度における含水率出力である。 α ($^\circ C^{-1}$) は水分量が一定の時の RAW の T に対する変化率である。なお、水の密度が温度に依存するため θ は T の関数となるが、その影響は小さいので無視できると仮定した。

α 値は、1 日ごとの時系列出力データを用いて次式により推定される。

$$\alpha = \frac{\Delta RAW}{\Delta T} = \frac{(RAW_{max} - RAW_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \quad (2)$$

ここに、 RAW_{max} 、 RAW_{min} は当該日の RAW の最高値および最低値であり、 T_{max} 、 T_{min} は最高地温および最低地温である。 α 値は水分量一定のもとで決定しなければならないが、この様な条件は実験室内では設定できても現地圃場では困難である。そこで、 α 値推定に先だって、用いるべき時系列出力データを選定するために、RAW と T の関係を検討することとした。

また、 α は含水率の関数である (Saito et al., 2013) とともに、 EC_b や EC_w の関数である可能性もある (例えば、Chen and Or, 2006)。 α の EC_w に対する依存性を検討するため、測定値としては得られない EC_w を Hilhorst の変換式 (Hilhorst, 2000) を用い推定した。

$$EC_w = \frac{\epsilon_p \times EC_b}{\epsilon_b - \epsilon_0} \quad (3)$$

ここに、 ϵ_p は土壌水の誘電率であり、温度 T の関数として

$$\epsilon_p = 80.3 - 0.37(T - 20) \quad (4)$$

で与えられる。 ϵ_b は土壌の誘電率であり $\epsilon_b = RAW / 50$ 、 ϵ_0 は $EC_b = 0$ の時の ϵ_b の値である (Decagon Devices, 2010)。安中・花山 (2014) は庄内砂丘砂について $\epsilon_0 = 4.7$ を与えている。なお、電気伝導度は温度に依存するため基準温度 $25^\circ C$ での値が用いられるが、5TE の EC_b 測定値は $25^\circ C$ での値に内部補正されている (Kizito et al., 2008)。

3. 結果と考察

3.1 含水率キャリブレーション式とそれへの電気伝導度の影響

Fig. 1 (a) は、含水率 θ ($m^3 m^{-3}$) とセンサー出力 RAW の関係を、試料の水分調整に用いた NaCl 溶液の EC_w ご

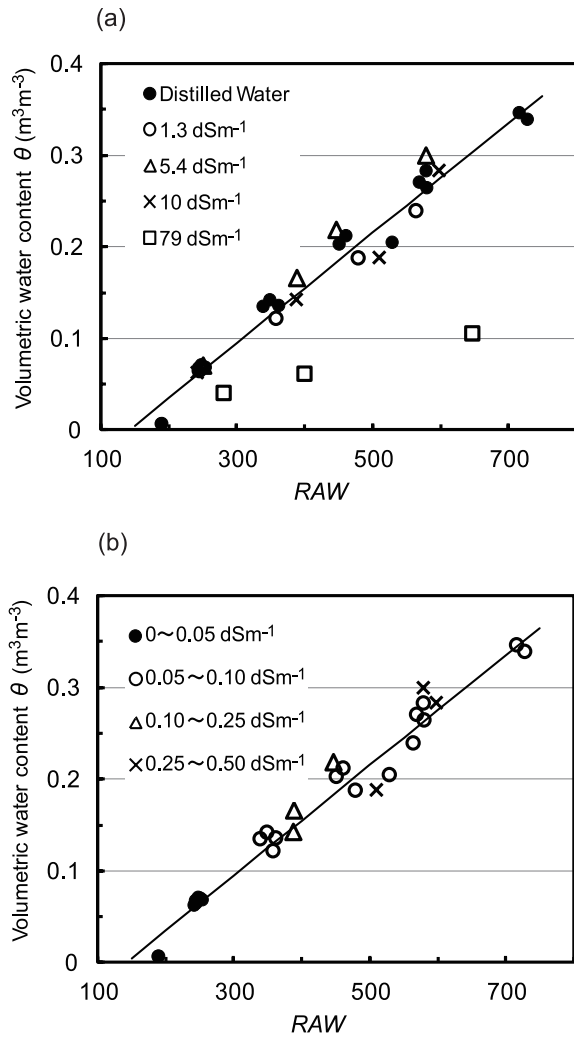


Fig. 1 庄内砂丘農地土壌に対する ECH₂O 5TE のキャリブレーション結果：(a) 溶液 EC (EC_w) ごと、(b) 土壌バルク EC (EC_b) ごと。

Volumetric water content θ and RAW of ECH₂O 5TE for the Shonai sand dune field soil in relation to (a) the solution EC (EC_w) and (b) the bulk soil EC (EC_b).

とにマークを変えて示したものである。 EC_w が 10 dS m^{-1} までは一本の直線上に分布しているが、 79 dS m^{-1} では明らかに異なる関係を示した。図中の直線は EC_w が 10 dS m^{-1} までのデータを用いて作成したキャリブレーション式であり、次式で表される。

$$\theta = 0.00060 \times RAW(\theta, T_r) - 0.085 \quad (5)$$

Fig. 1 (b) は、 EC_w が 10 dS m^{-1} 以下のデータに対して、 EC_b 値によってマークを変えて示したものである。 EC_w と EC_b は独立ではなく、 EC_w が 10 dS m^{-1} 以下では EC_b は 0.50 dS m^{-1} 以下であった。 EC_w が 10 dS m^{-1} 以下で EC_b が 0.50 dS m^{-1} 以下であれば、電気伝導度の含水率測定への影響は無視できるものと判断された。

基準溶液を用いて本センサーの電気伝導度 (EC_b に相当) に対する応答性を検討した Bogena et al. (2007) や Rosenbaum et al. (2011) は $0 \sim 2.5 \text{ dS m}^{-1}$ の範囲で誘電率を過小評価すると報告している。過小評価の程度は

放物線に近い曲線で示されており、 0 から 1 dS m^{-1} くらいにかけては影響が大きくなりそれを超えると小さくなる。本研究では EC_b が 0.50 dS m^{-1} までは含水率出力に影響が認められない結果が得られた (Fig. 1 (b))。これは、「過小評価する」報告とは明らかに食い違っている。5TE が EC_b の影響で誘電率を過小評価するのであれば、測定対象の誘電率がそれを相殺する分だけ増大しない限り一定の出力とはならない。このような誘電率増大をもたらす要因となり得るのが Maxwell-Wagner 効果だと考えられる。本研究で得られた含水率キャリブレーション式は、 EC_w による誘電率の増大効果と EC_b による過小評価が相殺した結果と解釈することができる。と考える。

3.2 α 値推定に用いるべき時系列出力の選定と処理

α 値推定に用いるべき時系列出力を選定するため、1 日を通じた RAW と T の関係をプロットした (Fig. 2)。Fig. 2 (a) はトンネル内中央 0.05 m 深における 5 月 18 日～19 日のものである。両者の関係は地温上昇過程と下降過程で異なる経路をたどりヒステリシスを示すが、地温が最低を示した午前 6 時の RAW および T の値は両日ともほぼ同じであり、そのループは閉じている。RAW が θ と T の関数であり、かつ $\alpha = \Delta RAW / \Delta T$ が当該日については一定であると仮定すれば、同一の T に対して RAW が異なるのは θ が異なっているため、すなわち水分変動があったためと考えられる。次に、同じ日の 0.15 m 深のプロット (Fig. 2 (b)) を見ると、 0.05 m 深に比べて地温の日較差は小さく、RAW と T の変動は極めて良く同期し、ヒステリシスは示さない。この結果を上記と同様に考えれば、1 日を通じて水分変動がほとんどなかったと考えられる。これに対して、トンネル外裸地 0.05 m 深における関係は異なる様相を示していた (Fig. 2 (c))。午前 6 時の地温については両日でほぼ同じであるが、RAW は 24 時間で 15 程度 (5 式によると、含水率で $0.010 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ に相当) 低下しており、排水過程にあることを示している。このため、RAW と T の関係はヒステリシスを示すのみならず、そのループは閉じていない。

α 値推定のために用いる出力として最も適しているのは、1 日を通じて水分変動がなかったと想定できるトンネル中央 0.15 m 深のものである。しかし、ここでは水分状態や EC_b および EC_w と α との関連を検討するため、トンネル中央 0.05 m 深とトンネル外裸地 0.05 m 深の出力も推定に用いた。具体的には、トンネル中央 ($0.05 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}$ 深：5 月 11～31 日) およびトンネル外裸地 (0.05 m 深：5 月 15～20 日および 6 月 7～10 日) のうち、日較差が $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上のものを用いた。その際、トンネル外裸地 0.05 m 深では、排水過程進行による RAW の低下を補正した。これは、RAW の低下を線形と仮定し、時刻ごとにそれまでの低下分 (推定値) を加えることによって、含水率一定の条件に近づけるためである (Cobos and Campbell, 2007)。また、ほとんどの場合時系列出力の最小値 RAW_{\min} と T_{\min} 時の RAW (T_{\min}) 値は一致していたが、 RAW_{\max} と RAW (T_{\max}) については一致しない日が

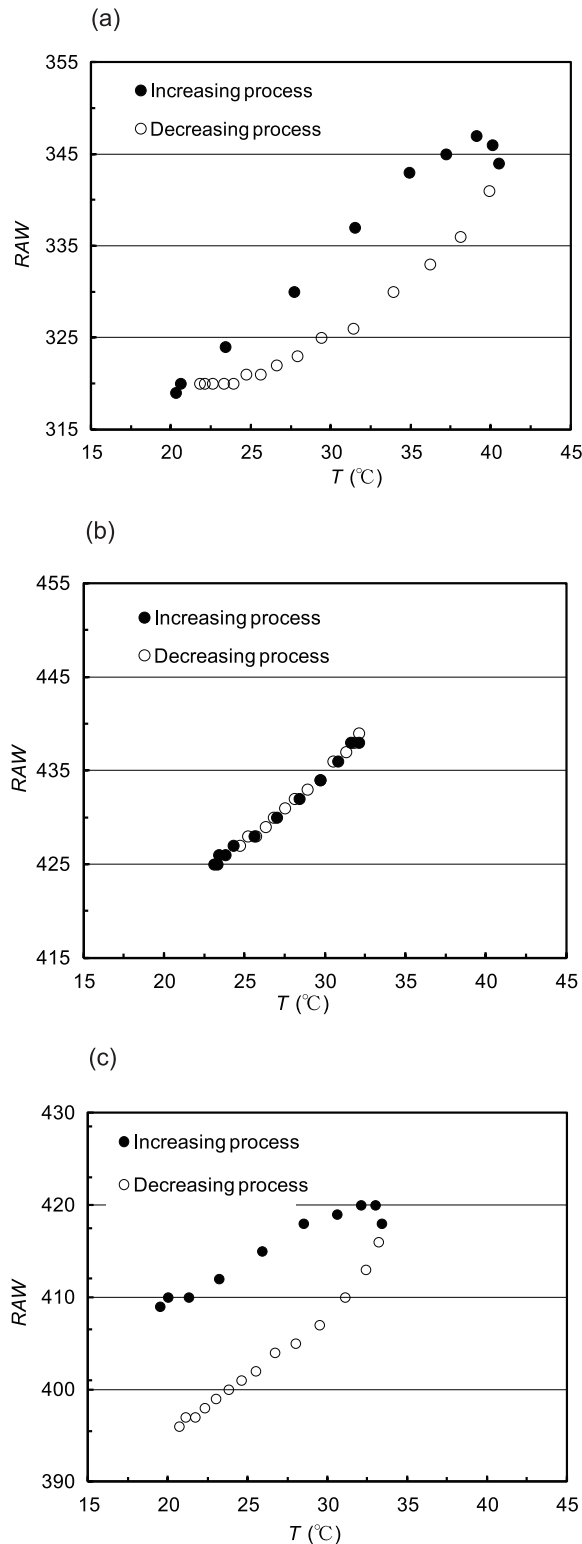


Fig. 2 1日を通じた地温 T と含水率出力 RAW の関係：
 (a) トンネル中央 5 cm 深 (5月 18～19日), (b) トンネル中央 15 cm 深 (5月 18～19日), (c) トンネル外裸地 5 cm 深 (6月 8～9日).

Diurnal variation of the soil temperature (T) and the output for the soil water content (RAW) for (a) 5 cm depth at the center of the plastic tunnel (18th May ~ 19th May), (b) 15 cm depth at the center of the plastic tunnel (18th May ~ 19th May), and (c) 5 cm depth at the outside of the plastic tunnel (8th June ~ 9th June).

多かった. この食い違いの原因は日中に生じた水分変動にあると仮定し, T_{\max} 時の RAW 値ではなく時系列出力の最大値 RAW_{\max} を ΔT の計算に用いた.

3.3 推定された α 値とその特徴

Fig. 3 に, 推定された α 値と θ , EC_b および EC_w との関係を示す. θ との関係 (Fig. 3 (a)) においては, トンネル外裸地 0.05 m 深を除いて相関が認められない. トンネル中央の両深度の θ は 5 月中はほぼ一定であり, 0.15 m 深で $0.18 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度, 0.05 m 深で $0.12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度であった. この様にほぼ一定の θ にも関わらず, α は大きな変動を示した. EC_b との関係 (Fig. 3 (b)) を見ると, 中央 0.05 m 深および 0.15 m 深の測定値から推定された α 値はそれぞれ直線的な関係を示すが, 異なる直線上に分布している. すなわち, α と EC_b は 1 対 1 の対応関係を示さない. 裸地 0.05 m 深の測定値から推定された α 値は, EC_b が 0.01 dS m^{-1} とほぼ一定の条件であったが, $0.8 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \sim 1.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ の変動を示した. この期間の θ は $0.16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \sim 0.22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であり, α は θ が高くなるにつれて小さくなった (Fig. 3 (a)). 次に, α を EC_w との関係 (Fig. 3 (c)) で見ると, 中央 0.05 m 深と 0.15 m 深のプロットが 1 つの領域にまとまっていることが分かる. α 値は EC_w が 0.1 dS m^{-1} 程度の時 $0.8 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \sim 1.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ の変動を示し, 2.5 dS m^{-1} を超えるとその上昇に伴って $1.0 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ から $2.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ まで増大した. なお, $0.1 \text{ dS m}^{-1} \sim 2.5 \text{ dS m}^{-1}$ の時の α 値が得られなかったのは, EC_w がこの範囲にある測定データが無かったためである.

5TE による含水率出力の温度依存性は, 2 つの要因, すなわち, センサー自体の T および EC_b への応答性 (Bogena et al., 2007; Rosenbaum et al., 2011), および土壌の誘電率の温度依存性, 主に水の誘電率および Maxwell-Wagner 効果 (Chen and Or, 2006) の温度依存性の重ね合わせと考えられる. なお, 本研究で対象とした砂丘土壌では, 粘土粒子表面に卓越する結合水自由化の影響 (Or and Wraith, 1999) は無視できると考えられる. EC_w が 0.1 dS m^{-1} 程度と低い時の α 値は平均的にはほぼ $1.0 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ であった. この場合には EC_b による過小評価はほとんどないと考えられるので, この値は主にセンサーの温度応答性によるものと考えられる. 一方, 土壌の誘電率について考えると, 温度上昇に伴って低下する水の誘電率の影響があるはずである. 確かに, EC_w が 0.1 dS m^{-1} でほぼ一定の裸地 5 cm 深データから得られた α 値については, θ の増加に対して低下傾向が認められた (Fig. 3 (a)). しかし, 本研究では θ が比較的低い砂層が対象であったため, その影響は小さかったものと考えられる. 2.5 dS m^{-1} を超える EC_w に対して, α 値は EC_w の上昇に伴って増大した. この顕著な傾向も土壌の誘電率変化とセンサーの T と EC_b に対する応答性の重ね合わせと考えられるが, その詳細については今後の課題となった.

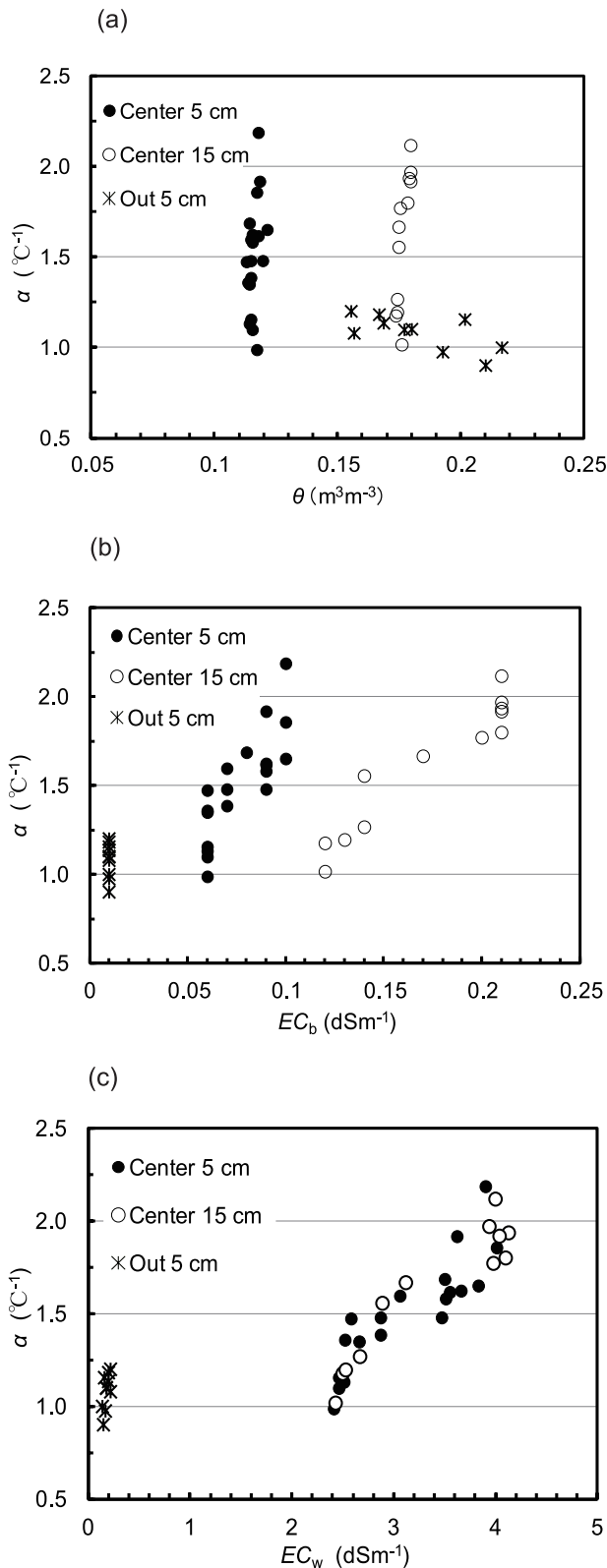


Fig. 3 推定された α 値と (a) 含水率 (θ), (b) バルク EC (EC_b) および (c) 溶液 EC (EC_w) との関係. Relationships between estimated α values and (a) the water content (θ), (b) the soil bulk EC (EC_b) and (c) the soil solution EC (EC_w).

4. まとめ

本研究では、ECH₂O 5TE の含水率出力 (RAW) に対する土壌の電気伝導度 (EC) と温度 (T) の影響を、室内での EC キャリブレーション実験と砂丘畑における測定値を用いた温度キャリブレーションによって評価した。室内キャリブレーション実験の結果、土壌水の EC (EC_w) が 10 dS m^{-1} より低く、かつ土壌のバルク EC (EC_b) が 0.50 dS m^{-1} より低ければ、単一の含水率キャリブレーション式が適合できることが示された。水分量が一定の時のセンサー出力変化量 ΔRAW と温度の変化量 ΔT に $\alpha = \Delta RAW / \Delta T$ という比例関係を仮定し、砂丘畑における測定値を用いて α 値を推定した。得られた α 値は、 EC_w が 0.1 dS m^{-1} 程度の時には $0.8 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \sim 1.2 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ であり、 EC_w が 2.5 dS m^{-1} を超えるとその上昇に伴って $1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ から $2.2 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ まで増大した。

謝辞

調査圃場および栽培記録等の提供等の便宜を図っていただいた山形県庄内総合支庁産地研究室の伊藤聡子氏と古野伸典氏、また修士論文研究として圃場調査の実施からデータの取りまとめをしてくれた湯川由菜さん (現 (株) 小林製薬) に感謝の意を表します。

引用文献

安中武幸, 花山 奨 (2014): メロンがトンネル栽培された砂丘畑における土壌水分・溶質量変動の 5TE センサーを用いた測定. 日本砂丘学会誌, 61(1): 1–9.

Bogena, H.R., Huisman, J.A., Oberdörster, C. and Vereecken, H. (2007): Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications. J. Hydrology, 344: 32–42.

Chen, Y. and Or, D. (2006): Effects of Maxwell-Wagner polarization on soil complex dielectric permittivity under variable temperature and electrical conductivity. Water Resour. Res., 42: W06424, doi:10.1029/2005WR004590.

Cobos, D. and Campbell, C. (2007): Correcting temperature sensitivity of ECH₂O soil moisture sensors. Decagon Devices Application note.

Decagon Devices (2010): 5TE Operator’s Manual ver. 5, Decagon Devices Inc., Pullman, USA.

Hilhorst, M.A. (2000): A pore water conductivity sensor, Soil Sci. Soc. Am. J., 64: 1922–1925.

Kizito, F., Campbell, C.S., Campbell, G.S., Cobos, D.R., Teare, B.L., Carter, B. and Hopmans, J.W. (2008): Frequency, electrical conductivity and temperature analysis of a low-cost capacitance soil moisture sensor. J. Hydrology, 352: 367–378.

Or, D. and Wraith, J.M. (1999): Temperature effects on soil bulk dielectric permittivity measured by time domain reflectometry: A physical model. Water Resour. Res., 35(2): 371–383.

- Parsons, L.R. and Bandaranayake, W.M. (2009): Performance of a new capacitance soil moisture probe in a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73(4): 1378–1385.
- Rosenbaum, U., Huisman, J.A., Vrba, J., Vereecken, H. and Bogena, H.R. (2011): Correction of temperature and electrical conductivity effects on dielectric permittivity measurements with ECH₂O sensors. *Vadose Zone Journal*, 10: 582–593.
- 齊藤忠臣, 藤巻晴行, 安田 裕 (2008): 誘電率水分計の温度依存性の校正. *土壌の物理性*, 109: 15–26.
- Saito, T., Fujimaki, H., Yasuda, H. and Inoue, M. (2009): Empirical temperature calibration of capacitance probes to measure soil water. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73: 1931–1937.
- Saito, T., Fujimaki, H., Yasuda, H., Inosako, K. and Inoue, M. (2013): Calibration of temperature effect on dielectric probes using time series field data. *Vadose Zone Journal*, doi:10.2136/vzj2012.0184.
- Seyfried, M.S. and Grant, L.E. (2007): Temperature effects on soil dielectric properties measured at 50 MHz. *Vadose Zone Journal*, 6: 759–765.

要 旨

ECH₂O 5TE は土壌の誘電率測定を原理とする土壌水分センサーの 1 つであり、圃場における土壌水分変動測定に有効なツールである。しかし、その含水率出力は土壌の電気伝導度 (EC) や地温 (T) に依存することが指摘されている。本研究の目的は、本センサーの含水率出力に対する EC と T の影響を、室内での EC キャリブレーション実験と砂丘畑における測定値を用いた温度キャリブレーションによって評価することである。室内キャリブレーション実験の結果、土壌水の EC (EC_w) が 10 dS m^{-1} より低く、かつ土壌のバルク EC (EC_b) が 0.50 dS m^{-1} より低ければ、単一の含水率キャリブレーション式が適合できることが示された。水分量が一定の時、センサー出力の変化量 ΔRAW と温度の変化量 ΔT に $\alpha = \Delta RAW / \Delta T$ という比例関係を仮定し、砂丘畑における測定値を用いて α 値を推定した。得られた α 値は、 EC_w が 0.1 dS m^{-1} 程度の時には $0.8 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \sim 1.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ であり、 EC_w が 2.5 dS m^{-1} を超えるとその上昇に伴って $1.0 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ から $2.2 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ まで増大した。

キーワード：砂丘畑, ECH₂O 5TE, 含水率出力への温度・電気伝導度の影響