

# 低水分領域における砂質土壌の水分および塩分測定

## Measurement of soil water content and salt concentration in low moisture sandy soil

坂口義英 山本太平 井上光弘 清水知樹

Sakaguchi Yoshihide Yamamoto Tahei Inoue Mitsuhiro Shimizu Tomoki

### 1. はじめに

乾燥地において塩害による作物収量の減少を最小限に抑えるためには、土壌中の体積含水率と土壌溶液の電気伝導度を的確に把握することが重要である。体積含水率 $\theta(\text{m}^3/\text{m}^3)$ と土壌溶液の電気伝導度  $EC_w(\text{dS}/\text{m})$ を測定する方法として種々のセンサがあげられる。2001年、秤量型大型ライシメータ3基(A, B, C区)を用いて行った塩水灌漑の実験では、 $\theta$ の測定にADR土壌水分センサ(以下水分センサと称す)、 $EC_w$ の測定に4極塩分センサ(以下塩分センサと称す)を使用した(坂口ら, 2002)。土壌中の塩類濃度が増加するのに伴って両センサとも測定値と土壌サンプルより得られた実測値との間に大きな誤差が生じた。

本研究では、低水分領域において精度よく測定できる両センサの校正式について検討し、ライシメータ土層の根群域における水収支、塩収支の評価を試みた。

### 2. 実験装置および実験方法

実験には鳥取大学乾燥地研究センター・ビニルハウス内における3基の秤量型大型ライシメータのうちC区を使用した。水分、塩分センサはライシメータで使用したそれぞれ18本のセンサから3本ずつ選んだ。水分センサと塩分センサの電氣的な干渉を避けるため、Campbell社のデータロガーCR10xとマルチプレクサAM416を使用し、独立に土壌水分を計測した。供試土壌として鳥取砂丘砂(乾燥密度 $\rho_d=1.53\sim 1.77(\text{Mg}/\text{m}^3)$ )を用いた。脱イオン水にNaClを溶解させて濃度Cが2000, 10000, 15000, 20000, 30000(mg/L)となる塩水を調合した。各塩濃度で含水比 $\omega$ が1, 2, 3, 4%となるように砂丘砂と塩水をよく混合し、小型カラムを作成した。塩を含まない同じ含水比のカラムも作成し、カラムの合計は24個となった。小型カラムに、水分センサを垂直に差し込み出力電圧V(V)を計測した。水分センサの計測後に同一試料に対して塩分センサの出力値 $L_t(-)$ を計測した。 $L_t$ は温度補正を行い、 $L_{\text{ref}}(-)$ とした。

### 3. 水分センサの校正式

水分センサの出力値Vと $\theta(\omega \times \rho_d)$ の関係を6種類の濃度ごとに求めた。両者の間には濃度ごとに式(1)の関係が得られた。

$$q = aV + b \quad (1)$$

ここでa, bは実験定数である。このうち10000~30000(mg/L)の範囲に対して近似した値を有する4組のa, bを平均し、以下に示す式を体積含水率の校正式として用いた。

$$q = 0.240V - 0.0204 \quad (2)$$

次に、3基の秤量型大型ライシメータ(A, B, C)で得られた実測値と(2)式の値について比較検討した(Fig.1参照)。計算値の多くは実測値よりも若干大きい値を示しているが、平

均相対誤差は それぞれについて 19.6, 16.4, 26.3% であった。従来の校正式の平均相対誤差は 59.8 ~ 124.8% であったので(2)式を用いることによって誤差を大幅に改善できた。

#### 4. 塩分センサの校正式

次に体積含水率 $\theta$ ごとの塩分センサの出力値  $L_{ref}$  と  $EC_w$  について検討した。それぞれの $\theta$ について直線関係が認められ、4組の式(3)を得た。実験定数  $c$  および  $d$  は $\theta$ の関数とする。任意の $\theta(=\theta_i)$ に対する実験定数は、 $\theta_i$ の近傍となる2実験式の  $c$  および  $d$  を用い内挿法によ

$$EC_w = c(L_{ref}) + d \quad (3)$$

式(3)を用いた計算による  $EC_w$  と秤量型ライシメータにおける実測値について比較を行った (Fig.2 参照)。平均相対誤差は A, B, C それぞれ 30.1, 14.4, 22.6% であった。従来法の誤差は 48.2 ~ 63.5% であったので、式(3)により誤差が改善された。深さ 5cm で誤差が大きかった原因として土壌が乾燥し、塩分センサとの密着性が低下することでセンサの感度が低下した可能性が推測される。

#### 5. 根群域における水収支, 塩収支

2001年、秤量型大型ライシメータにソルガムを栽培し、塩水灌漑実験を行った。本研究で検討した校正式(2), (3)によって水収支および塩収支を検討した。このうち9月2日から9月19日におけるA区についての水収支, 塩収支の計算結果をTable 1に示す。W, Sは水分, 塩分センサの計測値より求められた土壌中の水分量, 塩分量であり添え字  $i, f$  は期間の始まりと終わりを示す。 $\Delta W, \Delta S$  は計測期間中の水分, 塩分の貯留量の変化量である。水収支について誤差は灌漑水量の10%以下, 塩収支について誤差は灌漑水に含まれる全塩分の20%以下であった。水収支は精度よく計測できたが塩収支の精度は水収支より劣った。原因として  $EC_w$  を求める校正式の定数  $c, d$  が水分センサより計算された体積含水率に依存していることから、体積含水率の誤差が  $EC_w$  に大きく影響するためであると推測された。

以上の結果より本研究によって低水分領域の水分および塩分を精度よく計測できる新しい校正式を推定することができた。実測値と比較したところ、従来法より水分, 塩分ともに誤差が改善された。これらの校正式を用いて水収支, 塩収支について検討したところ水収支は比較的高い精度で得られた。塩収支については水収支よりも若干精度が低下した。

Table1 A区における水収支, 塩収支 (2001年9月2日から9月19日の場合)

水分量 単位 mm	水収支							絶対誤差	誤差/Irr*100(%)
期間	Irrigation	Drainage	ET	$W_{(wf-wi)}$	$W_f$ (水分)	$W_i$ (水分)			
9/2-9/19	97.9	1.8	93.8	7.3	66.0	58.7		5.0	5.1
塩分量 単位 g	塩収支							絶対誤差	誤差/Irr*100(%)
期間	Irrigation	Drainage		$S_{(sf-si)}$	$S_f$ (塩分)	$S_i$ (塩分)			
9/2-9/19	177.1	0.4		146.1	283.6	137.6		30.6	17.3

参考文献: 坂口ら(2002) リーチング水量の相違がもたらすソルガムの生長への影響, 農業土木学会講演要旨集

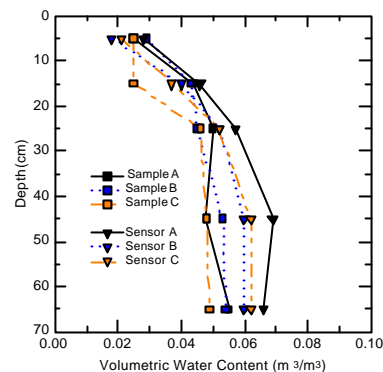


Fig.1 センサとサンプルの $\theta$ の比較

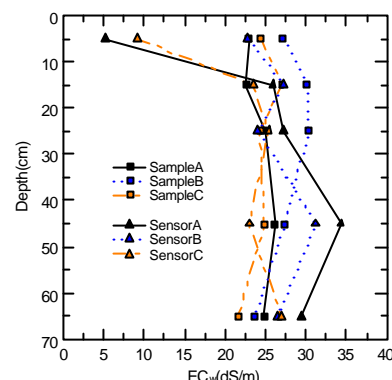


Fig.2 センサとサンプルの  $EC_w$  の比較