

TDR 法による水田湛水深の経時測定

Measuring temporal changes in ponding depth in a rice paddy field using time domain reflectometry

○ 庄子侑希* 矢崎友嗣** 登尾浩助**

Yuki SHOJI, Tomotsugu YAZAKI, and Kosuke NOBORIO

1. はじめに

近年、地球温暖化の進行に伴い、温室効果ガスの発生量を削減する必要性が高まっている。温室効果ガスであるメタンと亜酸化窒素は、水田が主な発生源となっている。水田におけるこれらのガスの発生は、水田土壌の酸化還元電位や基質の量などに依存する (Houら, 2000)。水田土壌の酸化還元電位は水田の湛水状態や土壌水分量の影響を受けるので、湛水深及び土壌水分量の変化を測定する必要がある。土壌水分測定に関しては、TDR法とマルチプレクサ等を用いた多点自動計測が普及している。TDR法によって湛水深が測定可能であれば、土壌水分測定の際、マルチプレクサの余っているチャンネルを用いて湛水深を測定することが出来るので、野外測定には好都合である。本研究では、まず、TDR法によって湛水深が測定可能であるかを室内実験により確認した。その後、水田で測定を行い、一般的に普及している圧力式水位計の測定値と比較した。

2. 実験方法

(1) 室内実験：実験には直径 3.2mm、長さがそれぞれ 10cm、15cm、20cm のステンレスロッド 3 本ずつで作成した 3 本の TDR プローブを用いた。プローブをたてよこ 15cm×21cm、深さ 12cm の発泡スチロールケースの底面中央に、ロッドを上向きにしてはめ込み、TDR100 と接続した。水深を 0.3cm から 10cm の範囲で 0.1cm ずつ変化させ、水深、TDR100 の出力値である La/L 、水温を測定した。なお、 La/L の測定は 5 回反復して行い、平均値をその水深における La/L とした。さらに、次式によって水深 L_w を求めた。

$$L_w = \left(\frac{La}{L} \right) \frac{L}{\sqrt{\epsilon_w}} \cdots (1)$$

ここで、 L はロッド長、 La は見かけのロッド長、 ϵ_w は水温 T_w (°C) における水の比誘電率である。水の比誘電率の温度依存性は次式で求めた (Weast, 1986; Pepin ら, 1995)。

$$\epsilon_w = 78.54 \left[1 - 4.579 \times 10^{-3} (T_w - 25) + 1.19 \times 10^{-5} (T_w - 25)^2 - 2.8 \times 10^{-8} (T_w - 25)^3 \right] \cdots (2)$$

(2) 野外実験：測定は神奈川県平塚市内の営農条件下の水田で行った。TDR プローブを上向きにして内径 7.5cm、長さ 33cm の塩ビ管内に硬化パテで取り付け、ロッド基部が水田地表面と同じ高さになるように設置した (図 1：以下、TDR 水位計とする)。また、圧力式水位計 (KADEC-MIZU、コーナシステム社製) を塩ビ製の水位観測管内 (内径 4.0cm、長さ 100cm、地上部分約 45cm) に取り付け TDR 水位計の近傍に設置し、湛水

* 明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

** 明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード：TDR 法、電磁波、水田、湛水深、連続測定

を測定した。なお、それぞれの塩ビ管内外の水位が同じになるように、四方から全長にわたって 5cm 間隔で直径 6mm の穴を開けた。ある時刻の湛水深 WD_T (cm) は、そのときの TDR 水位計から得られた水深 L_w から次式によって求めた。

$$WD_T = (L_w - L_{w,ref}) + WD_{ref} \dots (3)$$

ここで、 $L_{w,ref}$ と WD_{ref} はそれぞれある時刻の L_w と水深の実測値である。

3. 結果と考察

(1) 室内実験：水深の実測値と TDR で得られた水深 L_w の関係を図 2 に示す。全ての長さで、 L_w は、水深が大きいつては実測値と近い値を示したが、水深が小さくなるにつれて実測値より大きくなった。これは、水深が小さくなるほど、測定の際に空気の影響を受けやすくなるためだと考えられる。しかし、 L_w と水深実測値の散布図の傾きは 0.92~0.98 であり 1 に近かった。従って、TDR 法で水深を測定できることが確認された。

(2) 野外実験：圧力式水位計と TDR 水位計で測定した湛水深 WD_P と WD_T の関係を図 3 に示す。水深が 1.0cm 以下のとき、 WD_T は水深を過大評価した。本研究で用いた TDR100 はプローブのロッド部分が水に接していない場合、波形の誤った位置を読んでしまうことがある。本研究では、TDR プローブの基部と水田の地表面の高さが同じになるように設置したが、TDR 水位計の設置後、湛水深の変化により水田地表面がわずかに沈下してしまっただけのため、ロッドが水に接していない状態になり過大評価が起こったと考えられる。従って、地表面の沈下を考慮に入れて TDR 水位計を設置する必要がある。

4. まとめ

室内実験、野外実験ともに、湛水深が 1cm 以上であれば、TDR 法によってその変化を測定できることが確認された。また、湛水深が小さいときであっても、プローブ基部を地表面よりも低い位置に設置すれば、ロッドが十分に水に接するため測定が可能であると考えられる。さらに、そのように設置することで地表面沈下による湛水深の過大評価の問題も解決できる。TDR 法は、プローブの形状が単純で既往の組み込みソフトが利用可能という利点がある。この方法で湛水深が測定可能であれば、新たな水位計の準備の必要がなくなり、安価で簡便かつ効率的な湛水深モニタリングが可能となる。

引用文献：Hou, A.X., Chen, G.X., Wang, Z.P., van Cleemput, O. and Patric, W.H. Jr. (2000): Methane and nitrous oxide emissions from a rice field in relation to soil redox and microbiological processes. Soil Science Society of America Journal, 64: 2180-2186.

Pepin S., Livingston N. J., and Hook W. R. (1995): Temperature-dependent measurement error in time domain reflectometry determination of soil water. Soil Science Society of America Journal, 59: 38-43

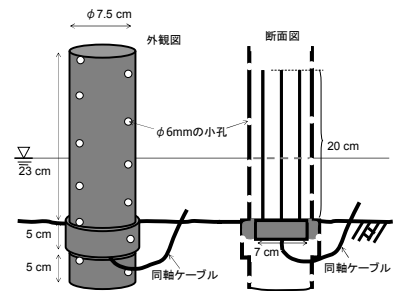


図 1. TDR 水位計の模式図
The design for a TDR water depth meter

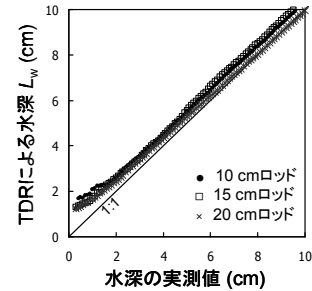


図 2. 水深の実測値と TDR で得られた L_w の関係

The relationship between manually observed and TDR-measured water depths, L_w

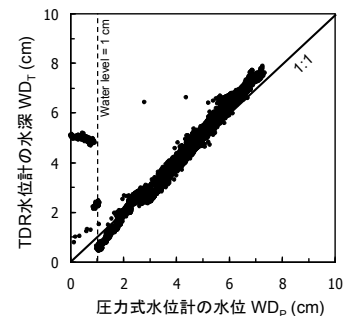


図 3. 水田において測定された水深 WD_P と WD_T の関係
The relationship between WD_P and WD_T in a rice paddy field