

TDR 法による土壌水分計測値の温度依存性に関する実験研究

長岡技術科学大学 非会員 ○山本寅大
長岡技術科学大学 正会員 陸旻皎

1. はじめに

土壌水分量は蒸発散や地下水涵養プロセス等に関わる重要なものである。そのため、現在に至るまで様々な測定方法が考案されてきた。その中でも TDR(time domain reflectometry)による土壌水分測定は Topp ら¹⁾による提唱以来、広く利用されている。しかし、TDR による土壌水分測定値には温度依存性があるという結果が報告されている²⁾。

本研究では、TDR による土壌水分測定値の温度依存性を確認するため、土粒子の代替としてガラスビーズを充填した土壌模型を用いた室内実験を行い、測定された体積含水率の温度変化による影響を検証する。また、実験装置の問題点の洗い出しも行う。

2. 土壌水分計測システム

システムの概略を図 1 に示す。TDR 土壌水分センサー(C-CS655)に付いている 2 本の平行なステンレス鋼ロッドから得られたデータを、データロガー(C-CR300)に記録する。記録されたデータは、PC にインストールされたデータ回収ソフト(PC200W)にて確認、回収する。

2. 1. 測定原理

TDR 土壌水分センサーを土中に挿入する。そのロッドの根元から先端まで流れる電磁波の伝播速度を読み取り、誘電率を測定し、体積含水率へ変換することで土壌水分量を計測する。

電磁波の伝播速度はロッド周辺の物質に依存する。土壌を構成する三相(水、空気、土粒子)のうち、水の

比誘電率は約 80 なのに対して空気が 1 程度、土粒子は 2~5 となっており、土壌のバルク比誘電率は土壌の体積含水率に支配される。

2. 2. 体積含水率の式

誘電率から体積含水率への変換は、(1)式に示した Topp の式により行う。

$$\theta_v = -5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} K_a - 5.5 \times 10^{-4} K_a^2 + 4.3 \times 10^{-6} K_a^3 \quad (1)$$

ここで、 θ_v は体積含水率、 K_a は土壌のバルク比誘電率である。

2. 3. 体積含水率の温度補正

(1)式に示した Topp の式は土壌の温度を考慮していないため、(2)式により補正を行う。

$$\theta_{corr} = \theta - 0.0044 \times T\theta^3 + 0.0014 \times T\theta^2 + 0.0029 \times T\theta - 0.0002 \times T + 2.4 \times \theta^3 - 1.6 \times \theta^2 + 0.32 \times \theta - 0.0046 \quad (2)$$

ここで、 θ_{corr} は温度補正された体積含水率、 T は土壌温度(°C)、 θ は土壌温度 T における体積含水率である。

3. 実験方法

先述した土壌水分計測システム及びガラスビーズを充填した実験装置を用いて土壌水分を測定する。温度調節環境として恒温室内にて実験を行い、ガラスビーズの温度を変化させ、温度変化による体積含水率の測定値の違いを検証する。

3. 1. 実験装置

実験装置を図 2 に示す。写真左の亚克力製の円筒装置内にはガラスビーズが充填されている。ガラスビーズ内から出ているコードの先に 2 本ロッドが埋設されており、固定されている。得られたデータを写真中央にあるデータロガーに保存し、PC にインストールされたデータ回収ソフトで回収する。

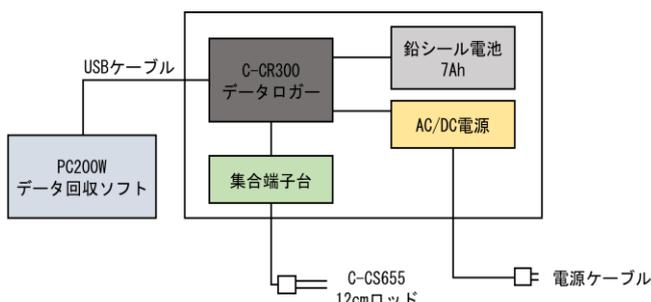


図 1 土壌水分計測システム概略図

3. 2. 実験条件

実験条件を表 1 に示す。

3. 3. 実験手順

- 1) ガラスビーズに含水率 3%を目標として純水を加え、攪拌する。
- 2) 前工程にて用意したガラスビーズを円筒実験装置内へ充填する。
- 3) TDR 土壌水分センサーのロッド先端が装置底面から 10cm の間隔を確保できる高さまで充填出来たら、垂直に挿入し固定する。
- 4) ロッド挿入後、その上から再びガラスビーズを充填し、TDR 土壌水分センサー全体がガラスビーズを十分(今回はセンサー上部から地表面まで 5cm 確保)覆うようにする。
- 5) 装置に蓋をし、恒温室でガラスビーズを 15°Cまで調節し、その後 25°Cまで変化させる。
- 6) 温度が変化する間、土壌水分計測システムにて連続的にデータを記録する。

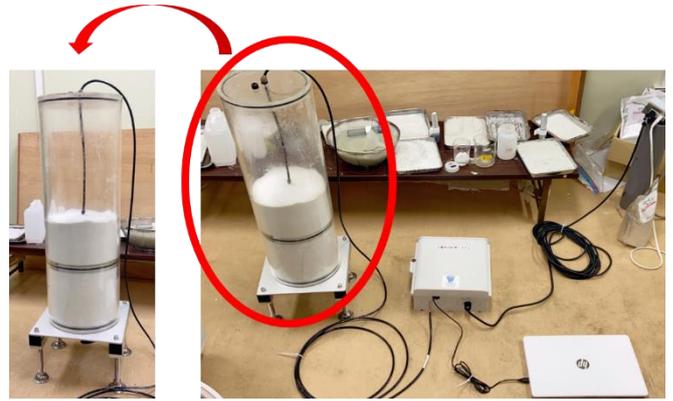


図 2 実験装置

	材質	ソーダガラス
ガラスビーズ	粒径 (ϕ mm)	0.150~0.180
	比重(素材のみ)	2.5
	円筒部高さ (cm)	76.3
実験装置	土台高さ (cm)	20.5
	外径 (cm)	25.0
	内径 (cm)	23.0

4. 実験結果及び考察

土壌温度と体積含水率の測定値及び(2)式から逆算した温度補正前の値をプロットしたグラフを図 3 に示す。補正前は黄色線で示した設定含水率 3%を下回り過小評価されており、補正後は過大評価されている。土壌温度が上がるとともに体積含水率が上がっており正の相関が確認できた。しかし、温度補正を行った場合に増加率が大きくなっており、温度補正式は正常に機能していない可能性がある。

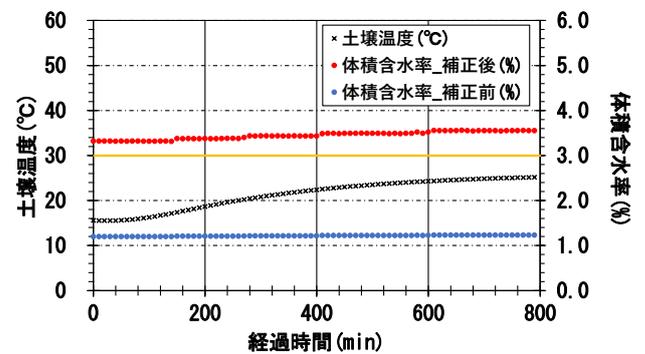


図 3 土壌温度と体積含水率の推移

5. 今後の展望

今回の実験では、装置の試験的な実験でもあり、装置の機能を最大限に活用できていない。例えば装置の底面裏には穴が空いていてバルブを設置しており、底から水を供給しガラスビーズへ浸透させることが可能であるため、次回の実験では利用する予定である。また本実験では温度幅を 15°C~25°Cに設定したが、さらに大きなレンジで連続測定を行うことで各温度帯の温度依存性の傾向、粒径の異なるガラスビーズを用いて粒径の違いによる温度依存性の検証実験も検討したい。そして問題点を改良した新たな実験装置の作成も進める予定である。

6. 参考文献

- 1) Topp, G.C., Davis, J.L. and Annan, A.P. : Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines, *Water Resour. Res.*, Vol 16, pp574-582, 1980.
- 2) 山中勤, 開発一郎, ウウィンバータル・ダムバラヴィア : TDR による土壌水分量測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正, *J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*, Vol 16, No.3, pp.246-254, 2003.