

土中水分量計測のためのプロファイル水分計の測定精度の評価

九州大学工学部 学○新開敦 九州大学大学院 学 河野皓治
九州大学大学院 正 安福規之 正 大嶺聖 正 小林泰三

1.はじめに

現在、陸地の全面積の3分の1にあたる4500万km²が砂漠地と言われており、さらに毎年6万km²の速度で砂漠化が進行している。砂漠化は地球環境保全上の深刻な問題となっており、砂漠化への対策は急務となっているが、砂漠化防止対策を講ずるための気象や土壌特性、生態系などのデータが不足している¹⁾。

そこで、筆者らは、葉草の自生する砂漠地の土質・土壌特性及び生態学的特性を把握するための定点・広域的な地盤調査技術の確立に向けた取り組みを行っている。定点地盤調査とは、ある1地点についての定期的なデータを得るための調査であり、土質的要素として土中水分・塩分濃度・土中温度・外気温度・湿度・風向風速・気圧・降雨量等のデータを計測出来る自動観測装置の開発を準備している。広域地盤調査とは、例えば砂漠地の土中水分を広域的に把握するための調査である。本文では、かかる目的のために5～10mの深度までの土中水分計測に用いるプロファイル水分計の基本的な特性を調べたので報告する。

2.プロファイル水分計の特徴

今回用いたプロファイル水分計は、Delta-T Devices社製PR2/4プロファイルプローブである。写真1にプローブの概形を示す。プローブには一対の電極が10cm間隔で計4個設置されており、40cmの深さまで測定することが可能である。測定には専用のアクセスチューブを用いる必要がある。このアクセスチューブをあらかじめ対象とする地盤に挿入しておくことによって、計測にはプローブと計測器だけを持ち運ぶだけでよいので、多点を効率的に計測することができ、1本のセンサーで移動しながら測定できることから、コストの削減にもつながる。このプロファイル水分計は塩分、温度の変動による影響を大きく受けないとされている。またこのプロファイル水分計の測定原理はADR(Amplitude Domain Reflectometry)法に基づいており、土壌水分の変化に非常に敏感でその土壌の密度や成分に余り影響されないという特徴を持つ。ここでADR法について簡潔に述べる。ADR法は二つのステンレスリングから出た約100MHzの高周波の信号が、リング周囲10cmの範囲の土壌を通過して往復する際の電気抵抗を測定するものであり、この電気抵抗が土中の物質の誘電率に依存するという原理を利用している。誘電率は各物質によって異なり、空気を1とすると土は約4、水は約81という値を示す。プロファイル水分計が測定した誘電率の値を電圧(V)に変換して出力し、以下の多項式に代入して土中の体積含水率の値を導き出す。

$$\theta = -0.057 - 0.66V + 8.00V^2 - 27.91V^3 + 49.23V^4 - 42.46V^5 + 14.47V^6 \quad (\text{m}^3/\text{m}^3) \quad (1)$$

この公式は製作会社が無機質土に適合した式として提供しているものである。

3.プロファイル水分計の精度を確認するための模型実験

プロファイル水分計の現地での適用を目指し、まずは写真2のような内径25.7cm、高さ30cmのカラムを用いて測定精度を確認するための試験を行った。

3.1 試験方法

試料は今後土槽実験での使用を検討しているまさ土、硅砂3号(以下 k-3)、

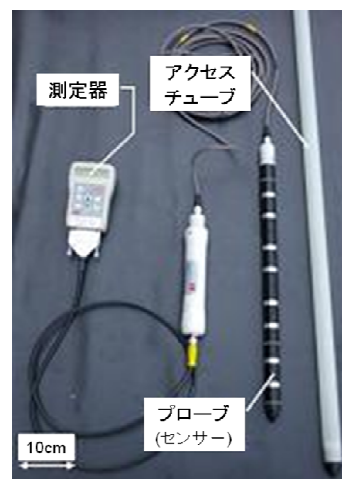


写真1. プロファイル水分計



写真2. 試験装置

硅砂 7 号(以下 k-7)とした。まさ土は玄海町での薬草栽培に用いる試料であり、k-7 は乾燥地を模擬した試料である。図 1 に各試料の粒度分布、表 1 に各試料の試験条件を示す。試験方法はカラムにアクセスチューブを挿入し、含水比を調整した試料を詰めた後、プロファイル水分計の各センサー(写真 1 より上部のセンサーから sensor1, sensor2, sensor3, sensor4 とする)を試料の中心部まで挿入し、出力電圧を測定する。測定後、試料を採取し含水比を計測し、各センサーの出力電圧と体積含水率の関係を定式化する。

3.2 試験結果

図 2 に試験結果の一例として、k-7 における出力電圧と計測後試料を採取して測定した体積含水率の関係を示す。各センサーとも同じような曲線を描いていることがわかる。つまり、各センサーはほぼ同等の精度を有しているということが言える。また、製作会社提供の校正式と比較すると、製作会社提供の校正式の示す曲線は各プロットよりも上方に位置しており、体積含水率を 5~10%程度過大評価している。この結果から、高い精度で測定を行うためには各試料においてキャリブレーションを行うことが必要であると言える。

各センサーが同等の精度を有していることが確認出来たので、次に各センサーの同体積含水率における出力電圧値の平均値をとり、各試料における出力値の比較を行った。図 3 にその結果を示す。図 3 より、若干のばらつきはあるが、各試料の体積含水率と出力電圧との間には一義的な関係があることが確認出来る。また、各プロットは同一曲線上に乗り、その曲線は製作会社提供の校正式が示す曲線と形状が似ていることが予想される。そのため、製作会社提供の校正式を下方へ平行移動させることで以下のような統一の校正式を定めることが出来る。図 3 の新たな校正式が描く曲線は、式(2)で求めた結果である。

$$\theta = -0.1352 - 0.66V + 8.00V^2 - 27.91V^3 + 49.23V^4 - 42.46V^5 + 14.47V^6 \quad (\text{m}^3/\text{m}^3) \quad (2)$$

また図 3 の破線より、このプロファイル水分計は式(2)の定数項から ± 0.03 の範囲において、土中水分量をよく評価していると言える。

4.まとめ

今回乾燥地における土中水分量計測技術の確立に向け、プロファイル水分計の性能評価試験を行った。その結果、製作会社提供の校正式では水分量を過大評価する傾向にあることが分かり、新たに校正式を導出した。この式は、製作会社提供の校正式を下方に平行移動させることで得られるものであり、製作会社提供の校正式の定数項のみを変化させることでより適切に土中水分量を評価出来ることを示した。

【参考文献】1)森北出版 遠藤 勲 著 「沙漠工学」

本研究の一部は九州大学・玄海町薬草プロジェクト研究、九州大学 P&P 研究の支援を得て行われたものである。

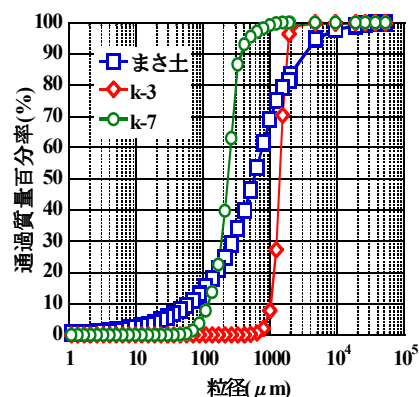


図 1.各試料の粒度分布

表 1.試験条件

試料	気温 (°C)	設定含水比 (%)	試料高 さ(cm)	平均粒 径(mm)	有効径 (mm)	均等 係数	曲率 係数
まさ土	17	0,1,3,5,	30	0.60	0.06	13.3	1.9
k-3	17	7,9,11,13,		1.50	1.00	1.6	1.1
k-7	18	15,17,20,25		0.25	0.13	2.1	1.1

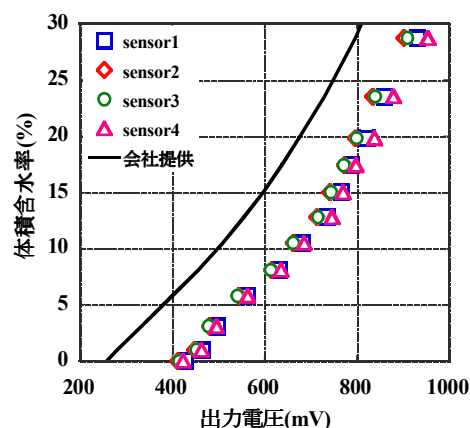


図 2.各センサーの出力電圧(k-7)

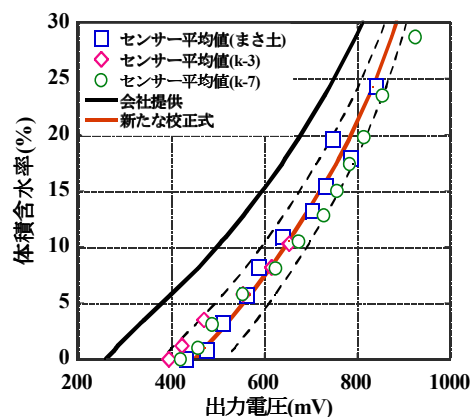


図 3.各試料のセンサー平均値