

Profile Probe による黒ボク土と立川ロームの土壌水分測定

—室内キャリブレーションと現場測定—

井本博美*・鴨下顕彦**・加藤洋一郎**,*・常田岳志*,****・宮崎 毅*

Monitoring Soil Water Content for Kuroboku and Tachikawa-Loam Soils with Profile Probe type PR1 : Laboratory Calibration and Field Tests

Hiromi IMOTO*, Akihiko KAMOSHITA**, Yoichiro KATO**,**,
 Takeshi TOKIDA**,* and Tsuyoshi MIYAZAKI*

* Department of Biological and Environmental Engineering, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

** Field Production Science Center, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

,* JSPS Research Fellow

Abstract

In order to understand the soil moisture conditions in fields, many soil moisture sensors have been developed in recent years. In this study, the range of influence of Profile Probe type PR1 soil moisture sensor (hereafter referred to as “PR1”, Delta-T Devices, Ltd) was measured and specific calibration equations were established for Kuroboku and Tachikawa Loam soils. The range of influence of PR1 was estimated to be 10 cm in both horizontal and vertical directions. Standard calibration equations (“Mineral equation”, proposed for mineral soil and the “Organic equation”, proposed for organic-matter rich soil) provided by the manufacturer were found to be invalid for Kuroboku soil. For Tachikawa Loam soil, the Mineral equation was found to be applicable. For precise water content determinations, however, we found that specific calibrations for each of the PR1 sensor may be required. A long-term field measurement indicates that PR1 may be a useful device for profiling soil water content and measuring changes in water content after rainfall events.

Key words : Profile Probe, soil moisture sensor, calibration, Kuroboku soil, Tachikawa Loam

1. はじめに

近年、圃場内の土壌水分状態を把握するために、多くの土壌水分センサーが新規に開発されている。特に、圃場での長期自動観測、土壌サンプリング時の同時水分測定等を目的としたセンサーが市販されている。たとえば、デカゴン社からは簡易型の ECH₂O Probe が、

Delta-T Devices 社からは一度に多深度での測定ができる Profile Probe が発売されている。徳本ら (2002) は、プローブと計測装置一体型の簡易 TDR センサー CS615 (Campbell 社)、ECH₂O、ケーブルテスター等、異なるセンサーの特性の違いを報告した。井上 (2003) は小型水分計、水分プロファイル計等 7 種類のセンサーを用い、これらのセンサーを用いるときには塩分による影響があ

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

** 東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場 〒188-0002 東京都西東京市緑町 1-1-1

*** 日本学術振興会特別研究員 DC (東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場)

**** 日本学術振興会特別研究員 DC (東京大学大学院農学生命科学研究科)

キーワード: プロファイルプローブ, 土壌水分センサー, キャリブレーション, 黒ボク土, 立川ローム

ることを明らかにした。登尾 (2003) は、土壌中の水分量と塩分量の同時測定を行うことを念頭に、TDR 法と TDR プローブの設計についての詳しい解説を行い、また、長谷川 (2000a) は圃場容水量の実態測定で TDR ケーブルテスタ (テクトロニクス社 1502B) を用い、黒ボク土畑地の現場測定を行っている。

Delta-T 社製の Profile Probe PR1 土壌水分センサー (以下 PR1 と略称する) は、Fig. 1 (a) に示すように直径約 25 mm、長さ 100 cm 以上の円柱プローブでできており、ステンレス製のセンサーリングを 1 対ずつ所定の間隔を隔てて巻きつけ、固定してある。これを、土壌中 (Fig. 1 (a) では水中) に先に埋設しておいたアクセスチューブに挿入し、100 MHz の信号を出して検出された定在波の電圧を測定する (Gaskin and Miller 1996)。このとき、アクセスチューブ周辺の物体の比誘電率に応じた定在波の電圧が出力されるので、これを体積含水率に換算して土壌水分量を求める。各センサーリングは、コードを介して出力電圧読み取り器 (HH2) に接続し、データを読み取るよう構成されている。これによって土壌中の異なる深さごとの土壌水分 (体積含水率) を同時に測ることができる。

一般の TDR や ECH₂O Probe と比較して、PR1 は 1. 土壌断面を出す必要性がなく、そのため不攪乱に近い状

態で設置ができる、2. 同一地点で多深度の水分測定が可能、という長所を持っており、今後広く使われていく可能性が高い水分センサーである。しかし正確なキャリブレーションに基づいた現場測定に関しては今のところ報告例がほとんどない。そこで、本研究では測定影響範囲をモデル実験で確認した後、正確な水分量を測定するために必要な、現地土壌を用いたセンサーのキャリブレーションを室内で行った。さらに、得られたキャリブレーションを用いて現場レベルでの水分測定を行った。なお PR1 には、4 点同時計測型 (4W) と 6 点同時計測型 (6W) とがあるが、本報告では 6W 型を用い、深さ 10, 20, 30, 40, 60, 100 cm の土壌水分を測定した。

2. 試料および試験地

東京大学農学生命科学研究科附属多摩農場内の畑地土壌をサンプリングしてキャリブレーションに供試し、同じ圃場で現地水分測定を行った。キャリブレーションは表土 (黒ボク土)、および心土 (立川ローム土) それぞれについて行った。現場での測定期間は 2002 年 8 月 11 日から 9 月 5 日までとし、その間、1 日 1 回の測定 (ほぼ夕方) を行った。

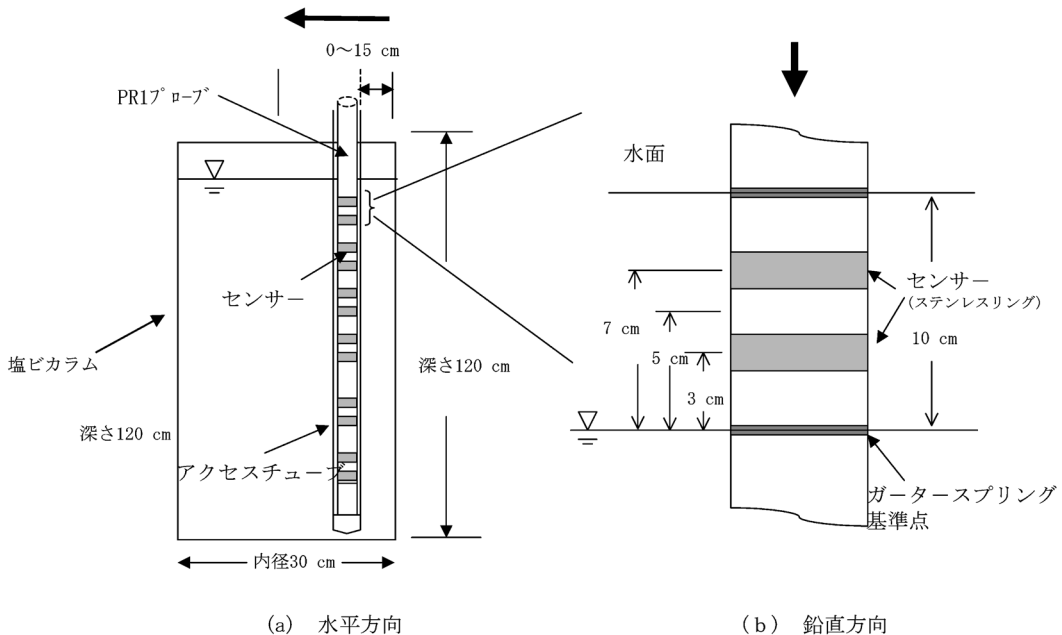


図-1 PR1 センサの影響範囲測定概念図

Fig. 1 Schematic diagram showing how to determine the range of influence of PR1 sensor.

3. PR1 センサーの影響範囲とセンサー間の出力値の違い

3.1 影響範囲の測定手順

PR1 センサーは近傍土壌の平均的な比誘電率を測定する。したがって、キャリブレーションを行う前にまずセンサーの影響範囲を確定させる必要がある。そこで、内径 30 cm、高さ 120 cm、肉厚 1 cm の塩ビ製円筒状容器 (Fig. 1 (a)) を用い、水平方向と鉛直方向の影響範囲を以下に示す方法により調べた。

(a) 水平方向の影響範囲

Fig. 1 (a) に示す容器に水道水を注入し、ほぼ満水としたのち、アクセスチューブを鉛直に下ろし、続いてその中に PR1 プローブを降下させた。アクセスチューブは容器壁面から中心へ向かって段階的に移動させて、様々な壁面からの距離 (7~9 点) において出力を測定した。各測定点三回の読み取りをおこなった。このようにして容器の影響が測定値にどのように現れるかを調べることににより、水平方向のセンサーの影響範囲を検討した。

(b) 鉛直方向の影響範囲

一般に、土壌は成層構造を有することが多く、また土壌水分分布も鉛直方向に変化する。そのため PR1 センサーで体積含水率を測定する場合も、深さ方向の物質変化 (成層構造や水分変化) の影響を強く受ける可能性が高い。したがって水平方向だけでなく、鉛直方向の影響範囲を調べることも重要である。

鉛直方向の影響範囲測定は水面を一定にして PR1 を徐々に水中に沈めることによって調べた。PR1 は、1 対のセンサーを約 10 cm の幅ではさむ形で上下にガータースプリングが埋め込まれている (Fig. 1 (b))。ここでは下側ガータースプリングをそのすぐ上にあるセン

サーの基準点と定義して説明する。まず基準点をちょうど水面と同じ高さにしてセンサーの出力を測定した。この状態ではステンレスリング部は完全に水面より上にある。続いて徐々にセンサーを水中に沈め、基準点の水没深さを 3, 5, 7, 10, 13, 15 cm として、それぞれの水没深さで電圧出力を読み取った。水没深さ 10 cm とは、上部のガータースプリングがちょうど水面と同じ高さとなる状態である。ここでは 6 つあるセンサーのうち、20 cm のセンサーについて調べた結果を示すが、他のセンサーも同様の結果となった。

3.2 影響範囲の測定結果

Fig. 2 (a) に PR1 を水平に移動させた時のすべてのセンサーの出力値を示す。横軸は円筒容器壁面と PR1 の距離である。PR1 が壁面から離れていくに従い、出力電圧は徐々に増加し、約 5 cm 離れるとほぼ安定し、約 10 cm 離れたところでほとんど変化しなくなった (Fig. 2 (a))。したがって、水中であれば、壁面から 10 cm 以上離れば壁面の影響を無視できることがわかる。

Fig. 2 (b) に鉛直方向における影響範囲の測定結果を示す。横軸は基準点の水没深さである。なお常に水面下にある 30 cm のセンサーの出力電圧も比較のため示してある。基準点の水没深が 0 cm であるとき、出力電圧値は 40.0 mV であって、空气中で得られる出力電圧値 34.7~38.0 mV とほぼ同じ値であった (Fig. 2 (b))。そして、PR1 を徐々に下降させ、基準点水没深が 10 cm を超えると、出力電圧値は 484~490 mV となり、変化が見られなくなった。このとき、はじめから水没していた 30 cm のセンサーが示す出力電圧値とも一致した。以上の結果から、鉛直方向の影響範囲はガータースプリングの間隔と同じ 10 cm であることがわかった。

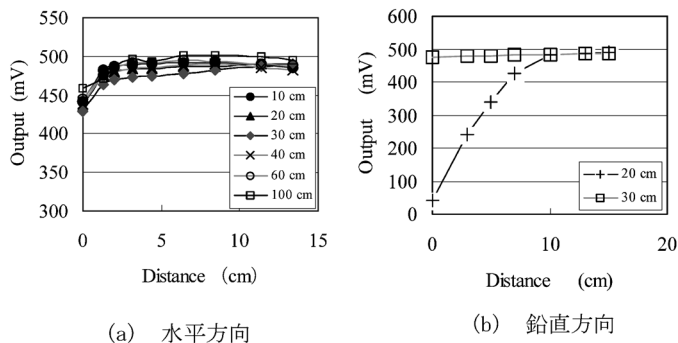


図-2 PR1 センサの影響範囲

Fig. 2 Range of influence of PR1 sensor.

4. 黒ボク土, 立川ローム土に対する PR1 のキャリブレーション

4.1 試料と方法

田無農場における土壌断面と物理性については、Fig. 3 に示す。表層 0~40 cm は黒ボク土, 下層 40~100 cm は赤土の立川ローム土であり、100 cm 深さまでは明瞭な 2 層の成層をなしている。土壌は有機物含有量などが著しく異なるので、各土壌に対して PR1 センサーの

キャリブレーションを行う必要がある。そのため、これら 2 層の土壌試料を攪乱サンプリングし、2 mm 篩を通過した試料をキャリブレーション用土壌として供した。

センサー影響範囲の測定結果より、水平方向では半径 10 cm 以上、鉛直方向では厚さ 10 cm 以上の土壌試料が必要であることがわかったので、Fig. 4 のような、内径 30 cm、深さ 30 cm、肉厚 1 cm の塩ビ製の有底円筒カラムを用いてキャリブレーションを行った。円筒カラムの中心部に外径 2.8 cm のアクセスチューブを固定した。

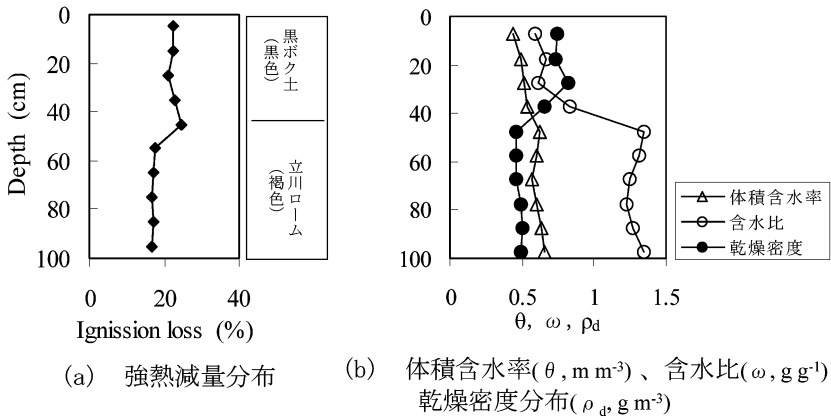


図-3 キャリブレーション用試料の土壌断面と物理性

Fig. 3 Profile of physical properties of soil used for calibration.

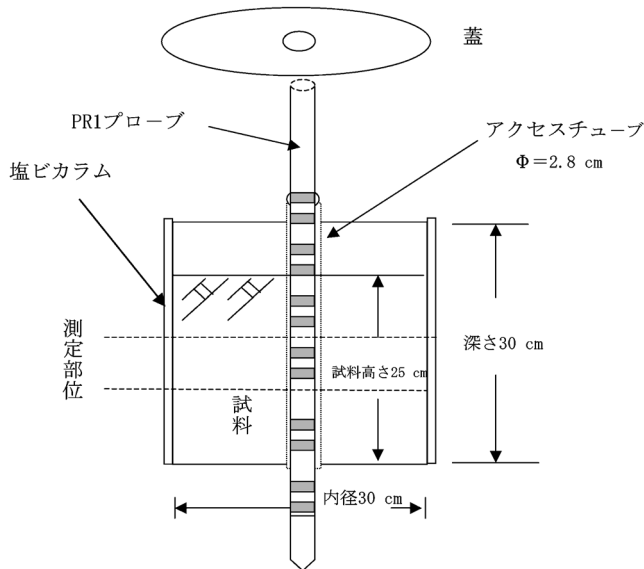


図-4 PR1 キャリブレーション用カラム

Fig. 4 Schematic of calibration box.

カラム上部には PR1 測定時に水分の蒸発を防ぐための蓋をした。円筒カラム底板に直径 5 mm の穴を多数開け排水口とした。現場乾燥密度に合わせて、黒ボク土では 0.60 g cm^{-3} 、立川ロームでは 0.5 g cm^{-3} で充填した。

キャリブレーションは、カラム内土壌を浸潤飽和させ、その後自然蒸発させてその水分減少量を測定し（蒸発法）、同時に PR1 の出力を測定することにより行った。以下に詳細な測定手順を示す。

(1) 黒ボク土と立川ローム土を、それぞれ別のカラムに高さ 25 cm まで所定の密度になるように充填した。カラム底面に土が漏れないように濾紙を敷いた。

(2) 充填後、土壌表面上の湛水深が 5 cm となるような状態を維持しながら表面から注水した。カラム下部より排水が開始したら注水をやめ 1 日間放置した（24 時間圃場容水量とみなす）。この状態を初期条件として、以降容器から水分を蒸発させて土壌水分量を減少させながら PR1 の出力の変化を追った。なお、できるだけ蒸発速度を大きくするために、容器上部に扇風機で風を送った。

(3) 蒸発による土壌水分量の減少は、カラム全体の質量を電子天秤で量ることによって求めた。ただし PR1 出力の測定の約 1 時間前にはカラム上部に蓋をして、土壌表面の乾燥状態を緩和させた。カラム質量および PR1

出力の測定は、1 日 1 回とした。センサーは一つの PR1 に 6 箇所あるので、各センサーがカラム内土壌の中央の深さに位置するように、PR1 を上下に移動させ、センサーごとに測定を行った。その際、120 度ずつプローブを回転させて 3 回出力を読み取った。

(4) 土壌カラム表面に亀裂が生じたら、測定をやめ、カラムより土壌を採りだし、体積含水率、乾燥密度の測定を行った。最終体積含水率から減少したカラム質量を足し合わせることで、各測定時の含水率を求めた。

4.2 キャリブレーション結果

黒ボク土、立川ローム土を用いたキャリブレーション結果を Fig. 5, 6 に示す。プロットの●は黒ボク土、△は立川ロームの実測値である。Delta-T 社から提案されている有機物が少ない鉱質土壌に良く合うといわれる Mineral 式(—)、有機物が多い土壌に良く合うといわれる Organic 式(---)も図に示した。黒ボク土では Delta-T 社の Mineral 式、Organic 式のどちらも実測値と一致しなかったが、立川ローム土では Mineral 式が実測値とかなり近かった。

いずれも体積含水率が高いほど出力電圧値が高かった。しかし、黒ボク土で体積含水率 50% 以上、立川ロームでは 70% 以上になると体積含水率は高くなるのに出

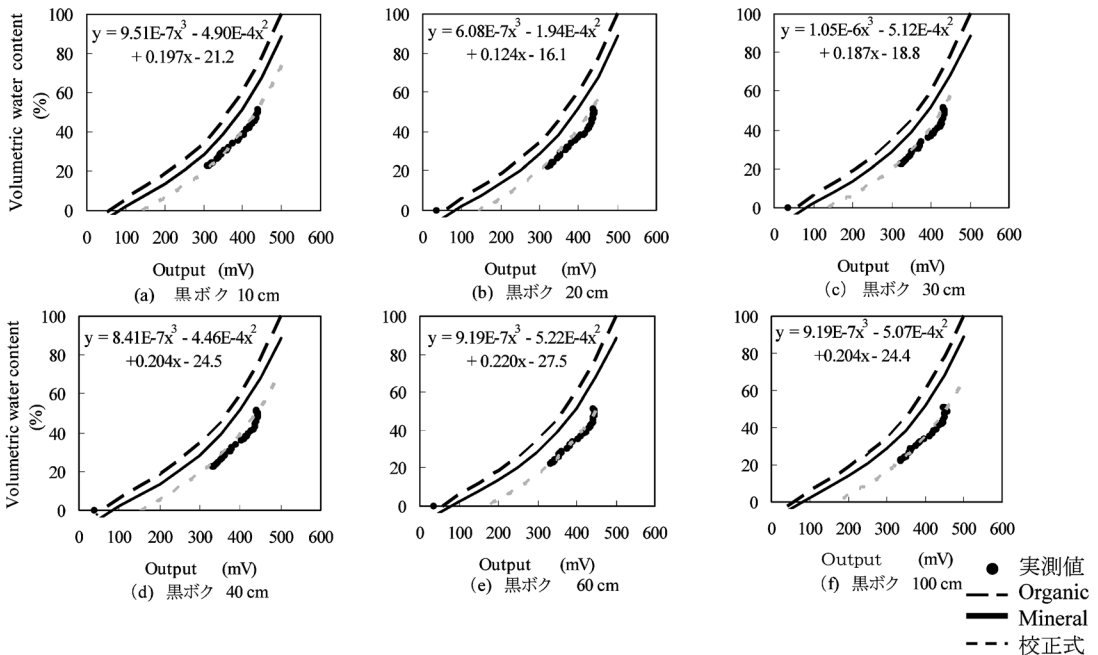


図-5 黒ボク土における各 PR1 センサーの校正曲線

Fig. 5 Calibration curve for PR1 output (mV) vs. volumetric water content (%) for Kuroboku soil.

力電圧値はそれほど変化しなくなった。すなわち、水分の移動が容易な高含水量域ではわずかな出力電圧値の変化で体積含水率が大きく変化するため、どの校正式を用いたとしても誤差を生じやすいと考えられる。また、空気中の電圧値を体積含水率0%とするには問題を生じることがあった。それは、土壌粒子自体が空気よりも高い比誘電率を持つからである(登尾, 2005)。これらを考慮してメーカーの校正式に沿って実測値をフィッティングし校正式とした。図中に各位置センサー毎の校正式を示す。校正式は各センサー毎に異なる結果となった。例えば出力値が約400 mVの時10 cm センサーでは体積含水率は約60%と推定されるが、20 cmのセンサーでは約50%と推定された(Fig. 6)。したがって、水分量を絶対値で正確に測定する必要がある場合には、6対のセンサーそれぞれに対してキャリブレーションを行う必要があることが分かった。

従来、黒ボク土はTDRの経験式(トップの式)とは一致しないと言われてきた(細淵ら(1998), 長谷川(2000b), 宮本(2004))。今回PR1においてもOrganic式は実測値より体積含水率を過大評価していた(Fig. 5)。立川ローム土でMineral式が比較的良く一致したのは、有機物含有量が比較的少なかったためと考えられる。

5. 圃場における土壌水分測定

5.1 土壌水分測定の概略

東京大学農学生命科学研究科附属多摩農場の畑地圃場では、Fig. 7に示すように、4×3mサイズの12区画に陸稲を作付けしている。この中で地表の状態が比較的整備され、作付け品種が明らかな区画A(ゆめのたまち)と区画B(日本晴れ)を選定し、両区画の中心部分においてPR1のアクセスチューブを埋設した。PR1の測定は、1日1回午後におこない、灌漑は基本的には天水とした。2002年8月11日～9月5日の約1ヶ月間測定をおこなった。その後、陸稲の刈り取り期間をおいた約2ヶ月後の11月7日に、再度アクセスチューブにPR1を差し込み土壌水分を測定した。このとき、両区画においてアクセスチューブに隣接した試孔を掘り(Fig. 7(b)), 深さ方向に100 cmまで100 cc コアサンプラーで不攪乱土壌サンプリングを行い、炉乾法で体積含水率を求め、その値とPR1の測定値との比較を行った。両区画における土壌断面と物理性をFig. 7(a)に示した。

5.2 測定結果

Fig. 8に区画A, BのPR1の読み取り値と降雨量を示す。測定期間は約1ヶ月と短期間であったが、降雨によ

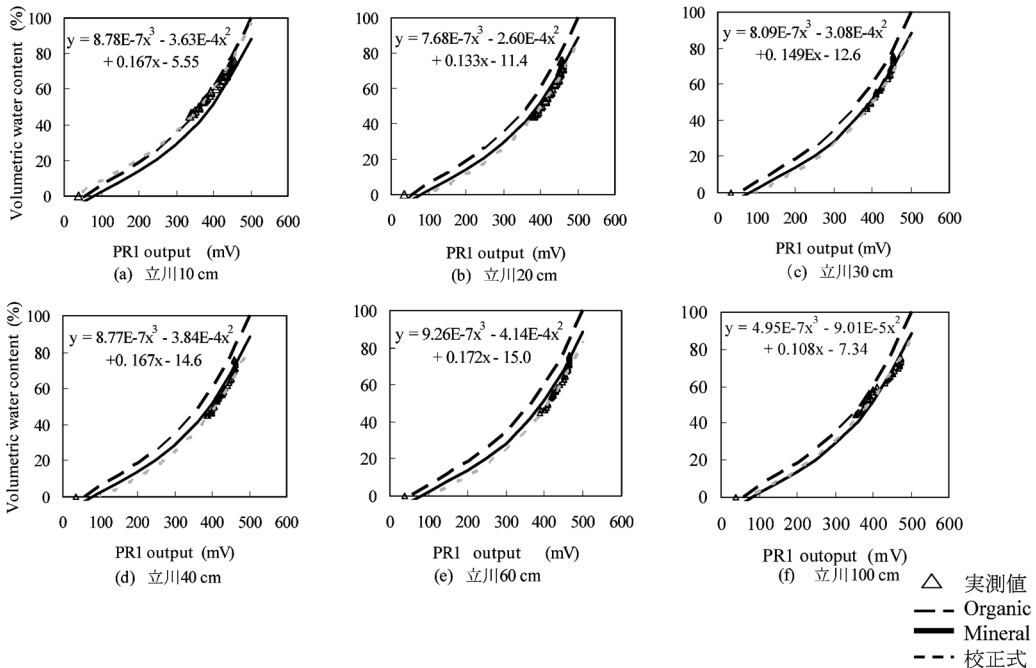


図-6 立川ロームにおける各PR1センサーの校正曲線

Fig. 6 Calibration curve for PR1 output (mV) vs. volumetric water content (%) for Tachikawa Loam.

り深さ 10, 20, 30 cm のセンサーが敏感に反応し、出力電圧値が増加して体積含水率が上昇したことがわかる。降雨のない乾燥状態では徐々に電圧値が低下した。深さ 60 cm~100 cm では降雨の影響はあまり見られなかったが、深さ 40 cm は 10 cm~30 cm ほどではないが降雨の影響を受けて出力値が若干上昇した。

キャリブレーション実験によって得られた校正式で変換した体積含水率分布を、区画 A (Fig. 9 (a)), 区画 B (Fig. 9 (b)) についてそれぞれ示す。黒ボク土、立川ローム土の境界の深さ 40 cm については Organic 式、Mineral 式をあてはめて見たが Organic 式の方が実測

値に近かったので採用した。これは、立川ロームの上部層(黒ボク土の直下)が黒ボク土の水分、溶質等の浸潤の影響を受け遷移層として形成されているためと考えられる。どちらも深さ 0~40 cm で含水率が 20~40% と低く、深さ 40 cm 以深では 60~80% と湿潤になっていた。深さ約 40 cm で上部層と下部層の水分量が著しく変化した。これは上層の黒ボク土と下層の立川ロームの水分状態の違いをよく反映している。また、表層部(深さ 0~40 cm) で含水率の時間的な増減が見られるが、降雨と乾燥による影響で含水率の変動が生じたためと考えられる。このような変動も深さ 40 cm までであり、40 cm 以

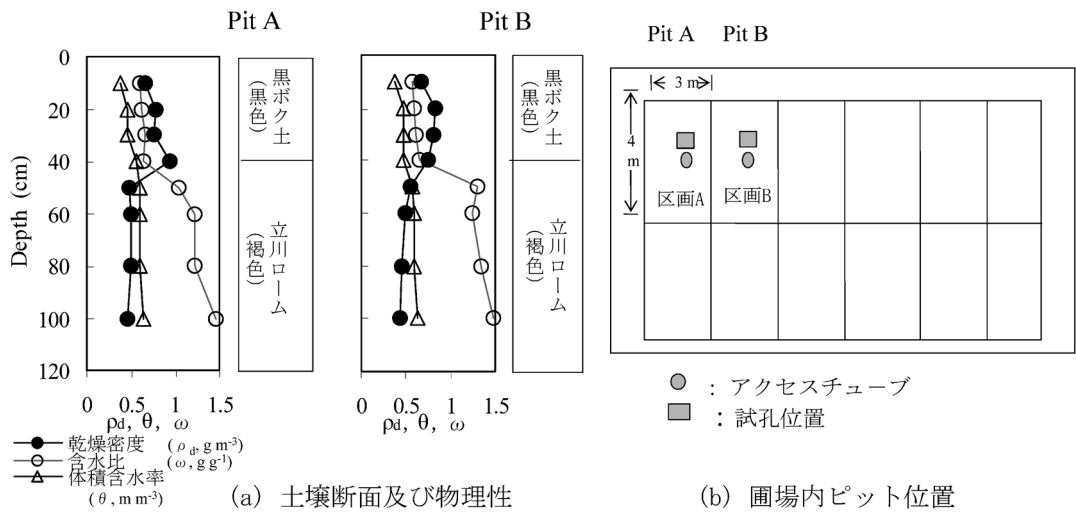


図-7 サンプリング用ピットの配置と土壤の物理性

Fig. 7 Location of sampling pits and soil physical properties.

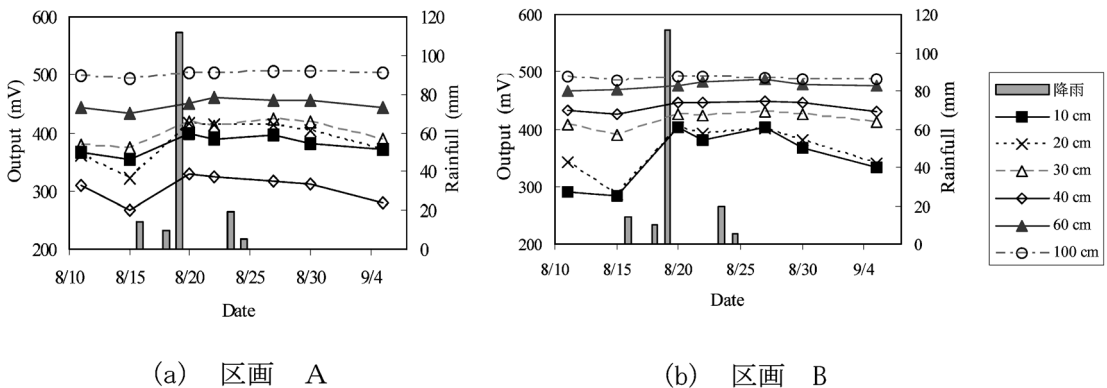


図-8 PR1 出力の経時変化 (2002 年 8 月 11 日~9 月 5 日)

Fig. 8 Changes in PR1 output at various depths (11 August to 5 September, 2002).

深は下層ほど降雨，乾燥の影響を受けていなかった。

PR1 を用いた表層部分の含水率測定値には，誤差が現れやすいといわれている。これはアクセスチューブの埋設時に表層部分が十分土壌と密着せず，隙間が生じて測定電圧が不正確になるためと考えられる。宮本 (2004)，長谷川 (2000b) はいずれも TDR 測定においてプローブの挿入時のぐらつき，土壌の収縮によりこのような隙間が生じ，それが誤差要因となることを指摘している。本測定でもアクセスチューブと土壌との密着性に十分注意したが，区画 A の深さ 30~40 cm において，体積含水率 (θ) が約 18% から約 40% と大きく変動をした (Fig. 9 (a))。40 cm 深さにおいてアクセスチューブと土壌との密着性が十分でなく，出力電圧すなわち体積含水率が過

小に測定されたと考えられる。

陸稲刈り取りから約 2 ヶ月間放置した後，現地圃場の区画 A, B で，PR1 とコアサンプリングによる土壌水分 (炉乾法) の測定を行った (Fig. 10)。●印はコアサンプルの体積含水率，□印は PR1 の組み込み校正曲線 (Mineral 式および Organic 式) による体積含水率 (0~40 cm は Organic 式，60 cm 以深は Mineral 式)，△は各センサーごとに現場土壌を使って求めた校正式 (Fig. 5, 6) に基づいて計算した体積含水率である。今回作成した校正式による換算体積含水率が実測値とほぼ一致した。表層付近および下層 80 cm 以深では若干のずれが見られたが，これは表層付近ではアクセスチューブと土壌の接触が不十分だった可能性が，下層 80 cm 以深では測

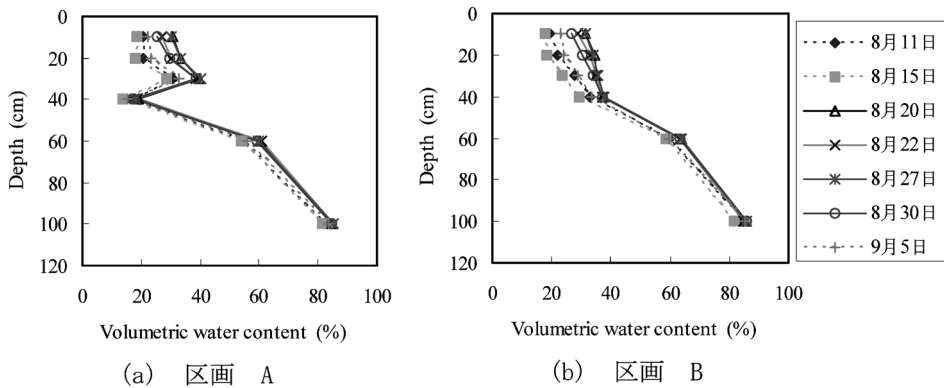


図-9 PR1 センサーから求めた体積含水率分布 (2002.8~2002.9)

Fig. 9 Vertical distribution of soil water content determined by PR1 (11 August to 5 September, 2002).

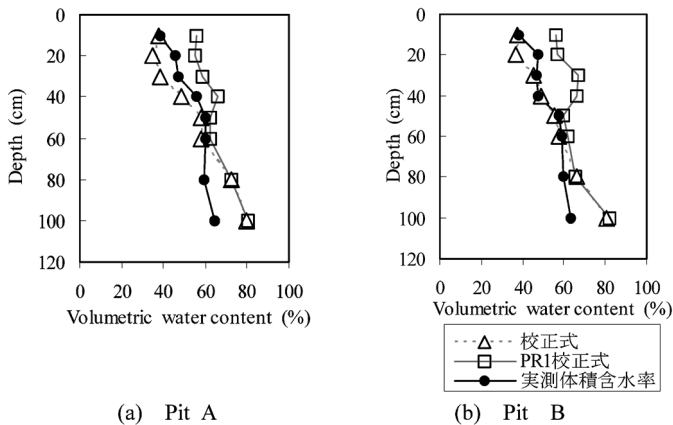


図-10 PR1 および炉乾燥法による畑地土壌の体積含水率実測値 (2002.11.7)

Fig. 10 Depth profile of soil water content as determined by PR1 and the gravimetric method at upland field (7 November 2002).

表-1 アクセスチューブの密着性が PR1 出力に与える影響

Table 1 Effect of void space around the access tube on PR1 outputs

	Output (mV)		Output (mV)
20 cm センサー	397	20 cm センサー	360
雑巾巻き付け	399	雑巾巻き付け	371
(隙間なし)	397	(隙間あり)	369
	—		365
平均	398	平均	366

定値の高含水率部位で含水率上昇にもかかわらず出力値があまり上がらないという Fig. 5, 6 の実測値からも明らかのようにセンサーの高含水量域での誤差によるものと考えられる。

5.3 圃場測定における留意点

PR1 の水分測定で、先に埋設するアクセスチューブと土壌との密着性が問題となったので、簡単な補足実験を行い、その影響を調べた。まず、アクセスチューブ周囲に水を含んだ厚い布をぴったりと巻きつけ、そのときの出力値を求めたところ、平均値 398 mV であった。次に、アクセスチューブの外側に部分的な隙間ができた場合を想定して、布とアクセスチューブの間に中空のチューブ（内径 1.4 mm, 外径 2.8 mm）一本をはさみ出力値をもとめたところ、平均値は 366 mV となった（Table 1）。隙間が生じたときに測定電圧が小さくなったことから、アクセスチューブと土壌との間にわずかなギャップが生じただけでも、出力電圧が小さくなり体積含水率が過小評価されることが示された。このことから、アクセスチューブ埋設時にはかなり慎重に予備穴を開け、土壌とアクセスチューブが十分に密着するように心がける必要があることがわかった。特に、現場では、下層へ穴を掘り下げていくに従い表層部分では穴の口径が大きくなる傾向にあるため、十分に注意を要する。

なお、地表面へ出ているアクセスチューブの上端にはキャップをするが、さらにペットボトル等で覆い被せ、降雨、水の侵入を極力防ぐことが望ましい。

6. ま と め

Delta-T 社製の Profile Probe PR1 土壤水分センサーを用い、水を媒体として測定対象となる空間的サイズを確かめ、土壌を媒体としたキャリブレーションを行った。これらの事前検討を踏まえて現場（畑地）の土壤水分状態を実測した。本研究の結果、以下の事項が明らかになった。

1) PR1 は、各センサー部において、水平方向に半径

10 cm 以内、鉛直方向の厚さ 10 cm 以内に存在する媒体の誘電率を計測していることがわかった。なお各センサーの上下にあるガータースプリングはちょうど 10 cm 間隔で取り付けられているので、ガータースプリングを目安にしてセンサーを設置すればよいことがわかった。

2) PR1 に設置された 6 対のセンサーの個体差は小さいが、全体をひとつの校正曲線で表すより、6 対それぞれの校正曲線を求めて体積含水率に換算することが必要である。

3) 黒ボク土、立川ローム土に対する PR1 の校正式を、各センサーごとに求めた。

4) 現場の畑地土壌での測定の結果、降雨による湿潤、日照りによる乾燥などによる土壤水分変化を測定できた。

5) 現場で PR1 を使用する際、アクセスチューブと周辺土壌との密着など、テクニカルな留意点を指摘した。

謝 辞

東京大学大学院農学生命科学研究科附属多摩農場の鶯頭技術専門職員、市川技術職員、佐々木技術職員には土壌サンプリング、測定に際し大変お世話になった。ここに厚く謝意を表する。

引用文献

- Gaskin, G.J. and Miller, J.D. (1996) : Measurement of soil water content using a simplified impedance measuring technique. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **63** : 153-160.
- 井上光弘 (2003) : 誘電率水分系による土壤水分測定に及ぼす塩分濃度の影響, 土壤物理学会第 45 回シンポジウム要旨, 40-41.
- 徳本家康・長 裕幸・取出伸夫・井上光弘 (2002) : 土壌水分量計測における各種 TDR センサー間の比較, 農業土木学会平成 14 年度大会講演要旨, 274-

275.

登尾浩助 (2003) : 実践 TDR 法活用—土壌中の水分・塩分移動の同時測定, 土壌の物理性, **93** : 57-65.

登尾浩助 (2005) : 20 GHz-TDR 装置を使った比誘電率測定の特徴, 保存科学, **44** : 97-102.

長谷川周一 (2000a) : 黒ボク土畑の圃場容水量の実態, 土壌の物理性, **83** : 41-46.

長谷川周一 (2000b) : TDR 水分計, 圃場と土壌, **32** : 10-

15.

細淵幸雄・波多野隆介・柴田英昭・田中夕美子 (1998) : 火山灰放出物未熟土壌における TDR を使った現場での不飽和透水係数の測定, 日本土壌肥科学雑誌, **69** : 633-635.

宮本輝仁 (2004) : TDR 法による土壌水分計測, 今月の農業, **48** : 17-22.

要 旨

近年, 圃場内の土壌水分状態を把握するために, 多くの土壌水分センサーが開発されている。

本研究では, Profile Probe 土壌水分センサー (PR1) について, そのセンサーの影響範囲の測定をし, 黒ボク土と立川ローム土を用いて PR1 のキャリブレーションを行った。圃場において PR1 を設置し, 長期測定を行った。各センサーの影響範囲は水平方向で 10 cm, 鉛直方向で 10 cm となった。黒ボク土では Delta-T 社の提案している Mineral 式 (有機物の少ない鉱質土壌に適用), Organic 式 (有機質が多い土壌に適用) とともに一致しなかった。立川ローム土では Mineral 式の方が実測値と近かった。PR1 の各センサー毎の校正式の必要性を明らかにした。圃場測定においても, 降雨による水分移動と水分分布が測定された。

受稿年月日 : 2006 年 7 月 24 日

受理年月日 : 2006 年 9 月 19 日