



現地圃場における土壌水分観測について思うこと

中村公人¹

土壌の物理性 134 号に掲載された「畑地用水計画のための HYDRUS-1D を用いた土壌水分移動解析における土壌水分特性パラメータの推定例」に対して学会賞を頂戴した縁で今回執筆のお話をいただいた。この内容と関係することとして、畑地灌漑を対象としたときの土壌水分の現地観測を通して感じているところを述べてみたい。

土壌水分センサの設置

畑地灌漑における計画用水量の決定法は、農林水産省が制定する基準書および技術書に記載されているが、社会情勢の変化や科学技術の進歩を反映して適宜改定される。平成 27 年の改定では、土壌水分測定法として「誘電率水分計法」の詳細が追加された（農林水産省農村振興局, 2016）。これには、TDR などの原理を利用した誘電率測定を介した体積含水率の測定（推定）手法技術が大きく進展し、多くの製品が市販され、利用者が増えていることが背景にある。

これまでの土壌水分測定ではテンシオメータ法が主流であり、マトリックポテンシャル (pF) の測定が行われてきた。テンシオメータを設置する際は、所定の深さまで地表面からその径に合った孔を穿ち挿入するため、比較的現地の土壌構造を攪乱させることはない。ただし、土壌とポーラスカップの接触に十分留意する必要がある。

誘電率水分計の多くはプローブを有しており、表層付近のプローブ長さ分の土層の平均的な体積含水率を測定する場合は鉛直方向に挿入・埋設すればよく、作業は容易である。しかし、所定の深さを中心とした影響範囲内の平均的な体積含水率を測定したい場合は、埋設深さとプローブ長さによるが、設置位置に隣接して人が作業できるほどの大きな穴を掘り、鉛直な掘削断面を作成して、未攪乱部にセンサを水平方向に挿入する必要がある。

このとき、まず問題になるのは、深くなるほど土壌硬度が高くなり、プローブ部が全て未攪乱部に挿入しないことである。土壌硬度がそれほど高くなくても礫や石の存在がプローブの挿入を妨げることもある。また、プ

ローブ長さが 30 cm ほどになると、挿入時にガイドを用いても 2 線式あるいは 3 線式のプローブの間隔が平行を保たないこともある。さらに、もう一つ大きな問題は、掘った穴を果たして原状復帰できるかということである。技術書の中には、「設置後の土の埋戻しは、測定に影響が生じないように掘削前と同等な状態の回復に努めるものとする」とあるが、実際にこれを実現させることは難しい。とくに、樹園地の下層土は塊状になっているため、一度掘削の際にこれを破壊すると、これを原状復帰することは実質不可能である。過去に、センサ設置後の降雨時に、深い位置に設置したセンサから上方のセンサに向かって順番に体積含水率が上昇する傾向が観測された。埋戻部に降雨が速やかに浸透し、ここに水が貯留して、測定値に影響したものと思われる。

また、プロファイルプローブとよばれる直径数 cm の棒状の水分計も近年利用が増えている。深さ約 1 m までの鉛直方向の水分分布をおよそ 10 cm ごとに容易に測定できる利点があるが、これの設置にも注意が必要である。設置にオーガーを用いる場合、およそ 1 m の長さにわたってプローブと土壌の接触を確保することは難しく、空隙が生じてしまうことがある。樹園地に設置した場合には、明らかに異常な低水分量の値が出力された。

いずれにしても、センサ設置後の測定値が妥当なものとして利用できるか、よく確認しなければならない。

誘電率水分計のキャリブレーション

誘電率水分計では得られる誘電率あるいはこれに関係する出力値から体積含水率に変換しなければならない。たいていデフォルトの変換式が用意されているが、技術書では、「現地で土壌をサンプリングし、その時の乾燥密度を室内において再現した土壌試料を作成した後、水分量を変化させつつ機器を挿入した際の電気出力値を読み取る作業」を行って校正曲線を得よう記されている。

これには、はじめにセンサの影響範囲を考慮した大きさの容器に乾燥土壌を入れて水を加える、あるいは飽和状態にした後に徐々に乾燥させる方法がある。しかし、いずれにしても容器内に水分分布が形成され、これが測定に影響する可能性がある。明確な水分量の差が形成されることは、プローブ設置方向が鉛直か水平かに関わら

¹ 京都大学農学研究科
2018 年 1 月 22 日受稿 2018 年 1 月 22 日受理

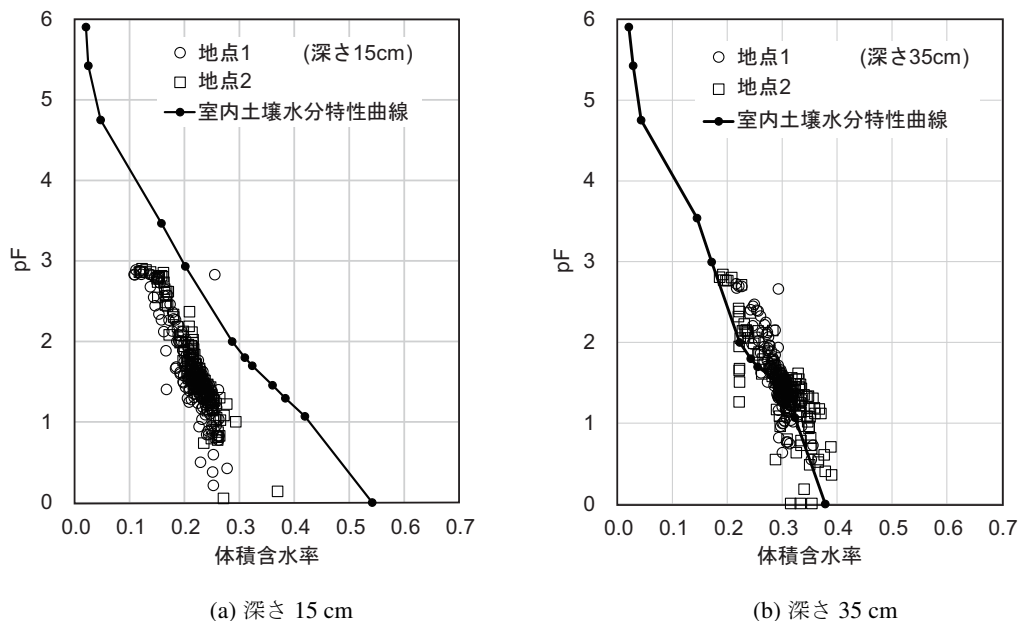


Fig. 1 室内試験による土壌水分特性曲線 (●と実線) と現地観測 (隣接する地点 1, 2) でのテンシオメータによる pF と誘電率水分計による体積含水率の関係 (○, □) (中村ら, 2016)

ず好ましくはない。一方、あらかじめ水分調整した土壌を所定の乾燥密度になるように充填することを異なる水分量について繰り返す方法もあるが、水分量は均一になるものの、常に所定の乾燥密度に充填することは非常に困難であり、水分量が多いときはなおさらである。

さらに、現地圃場において、降雨あるいは灌水後の水分量が多い状態から乾燥過程において、適宜センサ付近の土壌を採取して水分量を測定し、採土時のセンサ出力値との対応をとるという原位置キャリブレーションもできるが、室内校正曲線と一致しないことがある。両者が大きく異なる場合にどちらを信用すべきか。このように適切な校正曲線の一つ得るだけでも悩ましい点が多い。

土壌水分特性曲線

テンシオメータ法の大きな欠点として、用いるポーラスカップによるが、pF 2.7 ~ 2.9 程度以上は測定不可能であることが挙げられる。誘電率水分計は直接 pF を測定できないが、こうした低水分領域での測定限界の問題を回避できる。得られた体積含水率を pF に変換するとき用いられるのが土壌水分特性曲線である。逆にテンシオメータで得られた pF はこれを介して体積含水率に変換できる。理論的には、テンシオメータの測定範囲内であれば、それぞれ変換された値と測定値は一致するはずである。しかし、比較的均質と思われる圃場において、隣接した位置に誘電率水分計とテンシオメータを埋設し、土壌水分特性曲線(脱水過程)は埋設深さごとに採取したコアサンプルの吸引法などによる室内試験から得てこれを検討したところ、両者は一致しなかった。不一致の程度は表層で大きく、深くなると小さかった。その例を Fig. 1 に示す。この違いの主な原因は、ヒステリ

シスの影響もあるが、センサ設置位置とコアサンプルの採土位置が異なること、両センサの設置位置が厳密には異なることといった土壌の空間的不均一性であろう。

この不一致のために、土壌水分減少法によって求められる消費水量、土壌水分消費型、全容易有効水分量は、どちらのセンサを用いるかによって異なる値となる。悩ましいことである。土壌の空間的不均一性および採土時のコアサンプルの代表的大きさの問題が常に存在することを考えると、現地で得られた複数深度の土壌水分の経時変化を再現できる土壌水分特性曲線や透水係数を推定する逆解析手法は、現地圃場の代表的な土壌水分特性を得るという意味において有用である。そのためにも、現地における土壌水分の適切な測定が大切である。

おわりに

土壌水分現地観測での悩みについて恥を忍んで吐露したが、何かよい方法があれば是非お教えいただきたい。こうした悩ましい点は観測者それぞれが他にもお持ちであると思う。ちょっとしたことも積極的に情報共有がなされるとよいのではと感じている。

参考資料

- 中村公人, 大串祥子, 田中宣多, 温 承翰, 青木功介 (2016): 畑地用水量諸元策定のための土壌水分測定方法の検討. 畑地農業, 697: 2-10.
- 農林水産省農村振興局 (2016): 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水(畑)」, pp. 160-168. 公益社団法人農業農村工学会, 東京.