

静電容量型土壤水分計の試作

A Prototype of a Capacitance Probe for Measuring Soil Water Content

登尾浩助¹・田澤潤一²・森忠保³

K. Noborio, J. Tazawa, and T. Mori

1. はじめに

土壤水分量は、農業や環境を始めとする様々な分野で測定を要求される基本的な物理量の一つである。これまで土壤水分量を非破壊的にしかも経時的に測定する様々な方法が提案されてきた。電気的性質を利用した方法、熱的性質を利用した方法、あるいは放射線を利用した方法においても一長一短があり、安全に高精度でしかも短時間で測定できる方法は 1980 年代にいたるまで実用化されなかった。1980 年に Topp らが電磁波を利用して比誘電率(ϵ)を測定して水分量を推定する時間領域反射(time domain reflectometry, TDR)法を紹介して以来、特に研究分野では TDR 法が広く用いられるようになった。TDR 法による土壤水分量測定は、測定環境(温度、塩分濃度、土性)の影響をほとんど受けることなく高精度に測定可能であるが、測定器本体が高価であるために農家への普及が妨げられている。一方、静電容量を利用した土壤水分センサーは構造が簡単なので、比較的安価なものが多数市販されている。しかし、静電容量センサーは、一般的に温度と塩分の影響を受ける欠点がある。最近、齋藤ら(2005)は、市販の静電容量型土壤水分センサーと 4 電極電気伝導度センサーを組み合わせて使うことで、土壤水分量測定への塩分の影響を取り除くことに成功した。また、Polyakov ら(2005)は、温度の影響を考慮した土壤水分量補正式と土性の影響を考慮した土壤水分量補正式を提案した。本研究では、彼らが提案する補正法を利用すると極めて安価に作成できる静電容量型土壤水分計を高精度の水分計として使用することができるのではないかと考えて、静電容量型土壤水分計を試作して性能を調査した。

2. 実験方法と材料

Ruth(1999)が発表した CR 発振回路を参考にして、静電容量型水分計を試作した(図-1)。使われている SN74 は、広く流通している論理回路用 IC なので、容易に入手できる。静電容量型土壤水分計では、測定対象となる土壌をコンデンサ

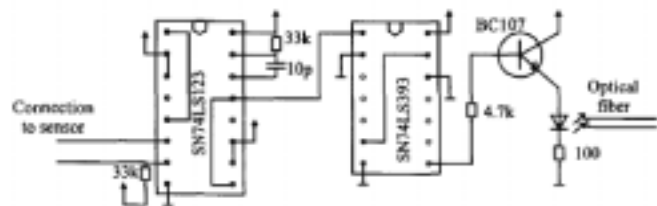


図-1. 静電容量型土壤水分計の試作時に参考にした電気回路図で、Ruth(1999) Fig. 2 から転載した。

(静電容量, C)と抵抗(R)の集合体として考える。この C と R の値に依存して発振周波数(f)が変化する。 C の値は、土壤水分量、即ち、比誘電率(ϵ)の関数として、また R の値は、土壤水分・塩分

¹明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University, ²元明治大学農学部 Formerly School of Agriculture, Meiji University, ³株式会社ウイジン Uizin Co., Ltd.

キーワード：静電容量、土壤水分、塩分依存性 capacitance, soil water, salinity dependency

量の関数として表されるので、土壌水分量の変化は発振周波数の変化としてとらえることができる。センシング部は、直径 1.6mm、長さ 74mm のステンレス鋼棒 2 本を 15mm 間隔でエポキシ系接着剤を使って平行に固定した。ステンレス鋼棒は、Nadler と Lapid(1996)に倣って熱収縮チューブで被覆して絶縁した。この 2 本の鋼棒を長さ約 1,200mm の同軸ケーブルを介して、CR 発振回路に接続した。周波数カウンターを使って土壌水分量によって変化する発振周波数を測定した。密閉式プラスチック袋の中で豊浦砂を様々な水分量（風乾～飽和付近）に調整した後に、一定の乾燥密度（ $=1.57\text{Mg/m}^3$ ）になるように容器に充填した。充填した供試土に地表面から鉛直方向に水分計のセンシング部を挿入して、発振周波数(f)を測定した。その後、供試土の一部を炉乾燥して水分量を求めた。また、様々な電気伝導度に調整した NaCl 溶液中にセンシング部を浸して、塩分への依存性を調べた。

3. 実験結果

体積含水率(θ)が増えるに従って発振周波数(f)が低くなった(図-2A)。乾燥領域($\theta < 0.1\text{m}^3/\text{m}^3$)では、 θ の変化に対して f の変化が小さかった。作物栽培の際には、乾燥領域よりも湿潤領域の感度が大きいことが望まれるので、この性質はそれほど問題にならないと思われる。発振周波数の塩分への依存性が図-2B に示される。電気伝導度(EC)が高くなるにつれて発振周波数(f)が低くなった。特に、 $\text{EC} < 300\text{mS/m}$ での発振周波数変化が大きかった。不飽和土壌中では溶液中での測定より EC が小さいと考えられるので、通常の土壌では θ の測定に対して EC の影響が無視できないと考えられる。しかし、塩類土壌中では θ 測定への影響は小さいと考えられる。

センシング部のステンレス鋼棒を絶縁しないで使用した場合、 $\theta > 0.1\text{m}^3/\text{m}^3$ の豊浦砂中と

$\text{EC} > 35\text{mS/m}$ の NaCl 溶液中で発振が止まった。また、同軸ケーブルに手が触れることによって周波数が変動することが分かったので、センシング部と発振回路の距離は短いことが望まれる。

4. 引用文献

- Nadler, A., and Y. Lapid. 1996. An improved capacitance sensor for in situ monitoring of soil moisture. *Aust. J. Soil Res.* 34:361-368.
- Polyakov, V., A. Fares, and M.H. Ryder. 2005. Calibration of a capacitance system for measuring water content of tropical soil. *Vadose Zone J.* 4:1004-1010.
- Ruth, B. 1999. A capacitance sensor with planar sensitivity for monitoring soil water content. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:48-54.
- 齊藤忠臣・藤巻晴行・井上光弘. 2005. ECH2O 水分プローブと 4 極センサーを用いた土壌水分・塩分の同時測定法. 平成 17 年度農業土木学会講演要旨集 808-809.
- Topp, G. C., J.L. Davis, and A.P. Annan. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.* 16:574-582.

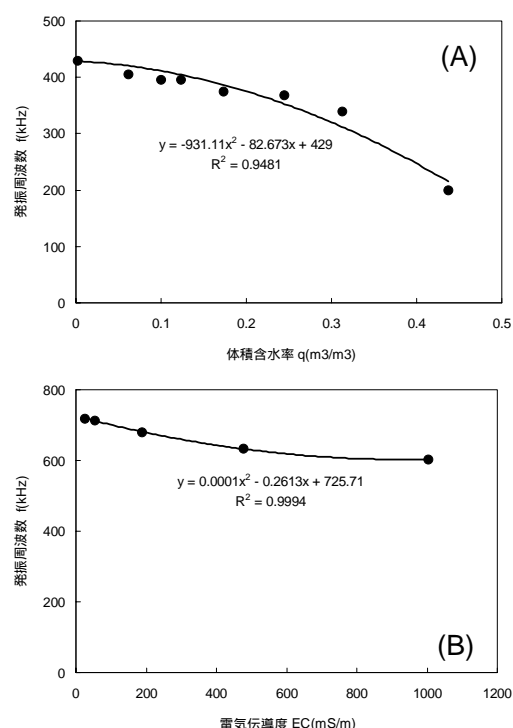


図-2. 豊浦砂の体積含水率に依存して変化する発振周波数(A)と NaCl 溶液中で電気伝導度に依存して変化する発振周波数(B)。