

II-17

土壌の低水分測定法に関する一考察

東京大学農学部

松本 聡 石川祐一

佐藤工業

○正員 金子典由 石橋 稔

正員 稲田広文

1. はじめに

乾燥地や人工地盤などの水環境ストレスの大きい土壌において健全な植物の育成を得ようとした際に、水が土壌中においてどの程度供給され蒸発し消滅しているのか、その水収支を把握することは重要な関心事である。これら水収支の問題は乾燥条件下に限定されたものではなく、過度の湿潤状態もまた、根腐され等の生育疎外条件となる。健全な植物の育成にとっては水はけが良く、かつ適度な水分が必要となる。植物の育成に適した水分量は土壌にとっては不飽和な水分量であり、土壌の種類にもよるが、およそ含水比で20%以下の低水分域である。また、対象となる土壌は植物の根圏が発達する地表面から数cm～1m程度の浅い部分であり、大気中との水分の移動が絶えず変化している部位である。

こうした、植物の育成条件として土壌の水分の測定は、フィールドにおいて行うことが必要である。その際の測定法には、テンシオメーター法、電気抵抗法、誘電恒数法、中性子線法、熱伝導度法などがあるが、実用においていずれも長所短所がある¹⁾。これらの中で、比較的安価でかつ装置が小型であり持ち運びの容易な点などより電気抵抗法がしばしば用いられるが、その適用において幾つかの問題点が残されている。今回、この電気抵抗法についてフィールドにおける汎用性を向上させることを目的に、吸収体が土壌水分と平衡状態に到達する時間(反応時間)の確認(測定値の試験体への追従性)、測定センサーのバラツキ、温度による抵抗値の変化の3点について実験的に検討したので報告する。

2. 水分測定センサー

電気抵抗法による水分センサーは、2極の電極を多孔質物質の土壌水分吸収体(ここでは石膏を使用)に包埋したものである。この吸収体の吸湿水分と土壌水分が平衡状態に達したときの電気抵抗を測定する。土壌中の水分を直接知ることが出来ないため、電気抵抗値と土壌水分に関してあらかじめキャリブレーションを行っておく必要がある。なお、電気抵抗は吸収体のボリュームや電極間の距離など吸収体の水分吸収特性等によって異なる。そのため、今回は3社のセンサーを入手して比較実験を実施した。それぞれのセンサーの形状は、H社製:30×30×10(以下単位mm)、K社製:35×52×12、C社製:r10×30(円筒形)である。これらのセンサーを同一条件下においた場合の水分測定値を比較してバラツキを検討することとする。なお、電気抵抗値の測定にはキャンベル社のデータロガーを用いた。

3. 平衡到達時間

電気抵抗法によって測定する抵抗値は、吸収体が土壌水分と平衡状態となった時点の値である。この平衡状態への到達状況を把握するために、吸収体の純水への投入とデシケータ中での乾燥という極端な状況下で

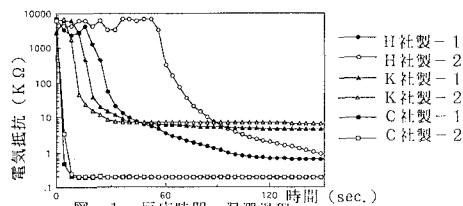


図-1 反応時間-湿潤過程

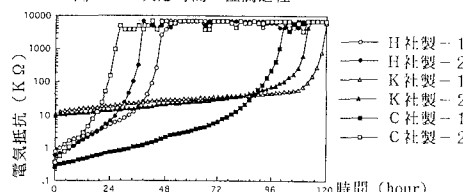


図-2 反応時間-乾燥過程

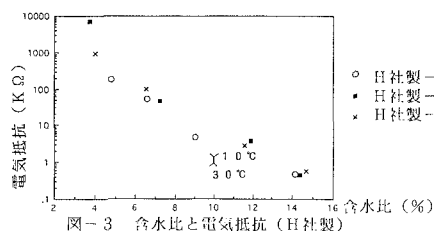


図-3 含水比と電気抵抗(H社製)

の計測を実施して、その反応時間を比較した。純水中に水分センサーを同時に投入し、抵抗値の経時変化を測定した結果を図-1に示す。各社の製品により飽和状態の抵抗値は異なるが、同一メーカーでの個体のバラツキは小さく、飽和状態の抵抗値も同一メーカーではほぼ一致している。全てのセンサーは1～2分の間に平衡状態に達し反応時間は良好である。飽和状態の測定限界は0.2～10 k Ω であると考えられる。次に、水から取り出し表面の水をふき取った後にデシケータに保管して、乾燥状態に到るまでの水分変化を測定した（図-2）。反応時間は吸収体の乾燥時間に起因してバラツキが大きい。早いものは24時間程で遅いものでは120時間も乾燥に要している。また、デシケータの中の乾燥状態で測定した抵抗値は4000～7000 k Ω であり、乾燥状態の測定限界であると考えられる。

4. 測定センサーのバラツキ

1000ccビーカーに一定の含水比に調整した砂を入れ、この水分を測定してセンサーによるバラツキを確認した。含水比は4、7、11、15%の4ケースについて測定した。水分測定は一定時間経過後に平衡状態になったことを確認して行った。その際にビーカーからの蒸発を考慮するため、再度砂の含水比を測定し直した。図-3, 4, 5に各々のセンサーの含水比-抵抗値のグラフを示す。なお、すべてのセンサーをまとめたものを図-6に示す。計測は30℃の恒温室で実施した。同一メーカー同士の個体のバラツキは小さく含水比と抵抗値の相関は十分に認められた。メーカーによるバラツキが認められるのでメーカーごとにキャリブレーションが必要であることが確認できる。

5. 温度による影響

温度による影響を検討するため、約10%に調整した砂のビーカーを30℃の恒温室に放置して水分を測定した。つぎにこのビーカーを10℃の恒温室に移し、平衡状態に達するまで放置した後に抵抗値を測定した。結果を図-3～5に棒範囲で示す。温度が低下すると抵抗値が増加する傾向が認められる。しかし、図中のプロット点と比較した場合、温度による影響はあまり大きくないと判断される。

6. まとめ

低水分を測定する石膏を吸収体とした電気抵抗法のセンサーの反応時間とバラツキおよび温度の影響について検討した。センサーはメーカーによって含水比-抵抗値の傾向が異なるため、使用は同一メーカーに統一する必要がある。飽和状態に向かう濡れる場合の反応時間は1～2分と短い、乾燥状態に向かう乾く場合には24時間以上かかる場合がある。そのため、石膏ブロックによる電気抵抗で水分を測定する場合は、例えば日較差を追跡する計測には向かないものと考えられる。1週間後の同時刻の水分を測定して水分の推移を測定するなどの使用法に限られるものと考えられる。なお、同一メーカーでの個体のバラツキは小さく、また温度による影響があまり大きくないと判断され、実用上の支障はないと考える。

参考文献

1. 矢部勝彦：土壌水分の測定法，SPCPG pp. 90-94 1980
2. Satoshi Matsumoto, Yuichi Ishikawa, Noriyoshi Kaneko：A Non-irrigation system using the dew condensation caused by diurnal range of air temperature in sanddune area, DESERT TECHNOLOGY II
3. 松本聡、金子典由等：温度差による土壌水の移動について，土木学会第48回年次講演会，1993. 9 ↑1993

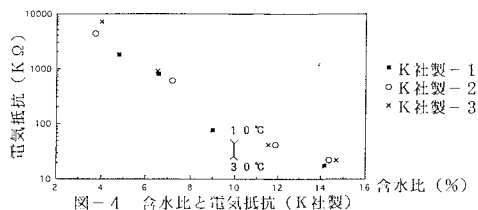


図-4 含水比と電気抵抗 (K社製)

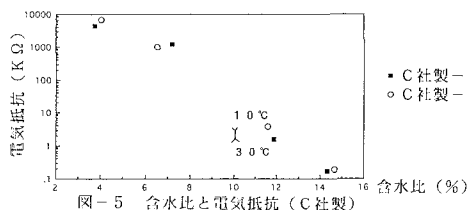


図-5 含水比と電気抵抗 (C社製)

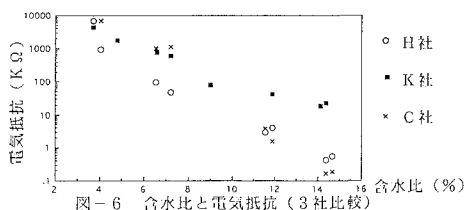


図-6 含水比と電気抵抗 (3社比較)