

土 壤 水 分 計 に つ い て

三 寺 光 雄* 上 利 周 一**

§ 1. は し が き

土壌水分測定方法の近代化は、農業気象だけの問題だけではなく、隣接科学である生理生態ならびに広く農学部門全般からも強く要望されている。土壌水分測定方法の改良すべき点としては、短時間に、しかもより自然の状態において、測定する方法、ならびにそれらの値を連続自記させることである。こうした点についての研究は、今までに幾つかはあったが、まだ未解決な部分が多く残されている。

土壌水分の重要さは、それが養分輸送に主導的な役割を果たすことと、植物をささえている土壌の構造を変化させる要因として、古くから強調されていた。それにもかかわらず、測定方法が前近代的であることは、近代科学はこうした分野を忘れて通りすぎたのではないかとさえ思わせる。だがこうした部門がとり残された理由の一つは、Baverも言うように、生理や化学が進むにしたがって、土壌化学が生産力に大きな関係があるということも強調されたが、土壌の物理的な面は、十分に評価されなかったことにある。しかし、おそまきながらも、土壌水分や、その測定方法について、近年ようやく研究が活発化してきた。1954¹⁾年 Toront で開かれた測器をよび観測法専門委員会などでも、土壌水分の測定方法などが検討された。本邦では農業気象学会が中心となって、土壌水分談話会が設置され、それぞれの専門分野の研究者によって検討され、また、野口、福田によって Soil Physics が邦訳され、こうした問題に関心が集中されてきた。

われわれに課せられた要望課題は、まさにこうした関心事の解決であったが研究予算の貧困さは、われわれの意欲を満してはくれないが、要望の一部にでも役立てばと思つて研究を進めている。研究目標としては、土壌水分の自記装置と、より実用的な土壌水分計の考案にある。今回は今までの研究と、若かんの意見を述べてみたいと思う。

§ 2. 土 壤 水 分 計 そ の 1

現在一般に使用されている土壌水の測定は、2~3grの土を秤量瓶に採って、100~110°C で乾燥秤量して、水分量を求めている。この方法は、水分量を、精密に測定することはできるが、作物の環境を解析するための方法

としては、不便と、不合理な点が含まれている。その理由としては、1) 結果が明らかになるまでに手数と時間がかかること。2) 土壌を採集し乾燥秤量するために、土壌の物理、化学的な組成がくずされ、自然状態を、より正しく把握することができない。また、この方法では連続測定ができないことがあげられる。この乾燥法は、標準方法として長く用いられてきたのであるが、実用性の範囲がせまいことから、幾つかの方法が考案された。まず手数のかからない方法としては、例えば、湿った土に接触させたアルコール (W) の濃度変化を測定するか、濃硫酸中に土を入れて発熱量を測定する方法、その他カーバイト法、燃焼法等をあげることができる。これらの方法は、いずれも極めて大ざっぱな値しか得られないことはいうまでもない。土壌水分の測定は、こうした方法と同時に、より自然状態において、土壌水分を測定するため努力も払われてきた。Gardner (1897)²⁾等は野外の土壌水分測定に電気伝導度の利用を提案したし、Shaw (1939)³⁾等は、土の熱伝導度が、土壌水分の index として、有効であることを報告した。わが国では、福田 (1937)⁴⁾ また山口 (1950)⁵⁾ 等の研究がある。印度の Momin (1950)⁶⁾ は、水銀温度計の球部を加熱線で巻き、これに一定の電流を流して、球部を加熱し温度が5°C 上昇するに要する時間を測定することによって土壌水分を測定できることを報告している。久保 (1952)⁷⁾ は Momin とほぼ同じ原理によって実験を試みた。三寺、上利 (1955)⁸⁾ は炭素線封入寒暖計をもちいて、自記装置を考案し、また熱電対、サーミスターによる水分計の実験を試み、いずれも自記装置が可能であることを認めた。この他に電気的方法としては、Bouyoucos (1940)⁹⁾ による石膏ブロックの電気抵抗を記録させる方法、また Colman (1946)⁹⁾ による "A Soil unit Resistance Method" 等がある。このほかに、Tension meter 法、Richardo (1928)¹⁰⁾ がある。また、わが国では、寺田式 Tension meter. として、市場にでている。また土壌水分測定法として新しいものには、Delcher, Donald, J. (1952)¹¹⁾ の中性子を利用したものがある。これは、fast neutron source を地中に設置して、それから放出される速中性子を土壌中の水素によって遅い中性子に換えることができることを利用する。この方法は、多量の sample が必要であることや、土壌中に含まれるあらゆる水素に反

* 気象研究所応用気象研究室 —1956年1月19日受理—

** 〃 測器研究室

応を示すので、そうした点からの誤差範囲など検討する必要があるがいずれにしても、土壌の種類や組成、温度、塩類などの影響を受けない点、広い範囲についての値を知ることができるなどの点から注目すべきものであると思う。

§ 3. 土壌水分計 その2

次にわれわれの考案した水分計について述べてみたい、この水分計は、電熱による発熱体を土壌中に挿入して、一定時間一定量の電力を供給して、土壌の熱伝導、または温度上昇の仕方を測定することによって、土壌水分を知ろうとするものである。この方法は、温度計の球部に発熱体として、外界と絶縁された細い抵抗線を巻き一定時間に一定量の電力を供給する。そのために、抵抗線から発生するジュール熱によって、温度計の示度は上昇する。球部の温度が上昇すると、球部のまわりの土壌との間に温度差を生じ熱の移動が起る。この移動する熱量が電力によって供給される熱量と等しくなった場合に、温度計の示度は定常となって、土壌の温度と一定の温度差を保持する。一定量の電力を一定時間供給したために生ずる温度計の示度変化の状態は抵抗線の巻いてある球部の形状、大きさ、それを形成する物質、ならびに球部のまわりをとりまく物質の熱伝導率によって定まる。したがって定常状態におけるこの温度差は、一個の温度計については、球部のまわりの土壌の熱伝導率によって定まると考えられる。水分以外の組成が一定である場合には、土壌の熱伝導率は、主として、土壌中に含まれる水分量の増減に大きく左右される。温度示度が定常に達したときの土壌との温度差は、熱伝導に関係する値として考えることができる。そこで炭素線を封入した電気抵抗式の隔測温度計を利用して、温度指度が定常に達したときの土壌温度を記録させることができる。つまり球部に巻いた抵抗線に、時限装置によって、一定の時間

隔をおいて、スイッチを作動させ一定電力を送電して球部を加熱すれば、その時の温度変化の状態を記録させることができる。

この水分計の構造は第1図に示す。原理図における1は水銀温度計の毛細管中に細い炭素線を封入した隔測用の温度計で、その温度は容易に記録計によって指示記録される。炭素線を封入した温度計

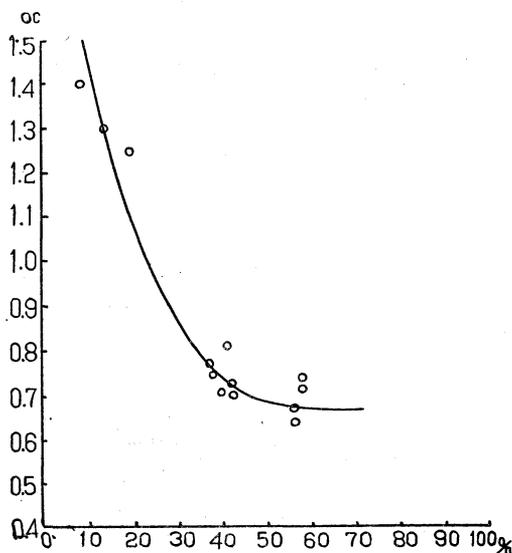
の球部には、発熱体として細い絹巻マンガン線 (0.12 mmφ, 全抵抗 120Ω) を巻き、その上を電気的に外界と絶縁したものである。4は抵抗線を加熱するための時限装置および電源を示す。

以上に述べた方法によって実験した結果、記録用紙が適当に考案されれば、かなりの成果をあげることができると思う。ここでは水分計で、砂と腐植土について実験した結果をあげる。第1表は、茅ヶ崎海岸で深さ 10cm について行ったものである。Xは加熱部に6Vの電池をつないで、

第 1 表

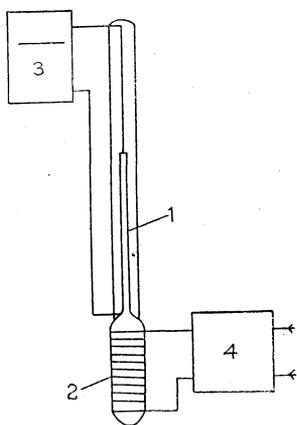
X	W
0.00050	4.47%
0.00040	5.05
0.00038	5.50
0.00054	2.46
0.00044	4.67
0.00054	2.87
0.00024	6.76

30秒ごとに7回読みとった値から、温度の上昇する割合を算出した値である。Wは含水率である。Xの値を log で標示すればWとの関係は、ほぼ直線の関係がえられる。この実験では、相関係数は -0.94 の値を得た。第2図は研究所庁内の腐植土について試みた結果である。

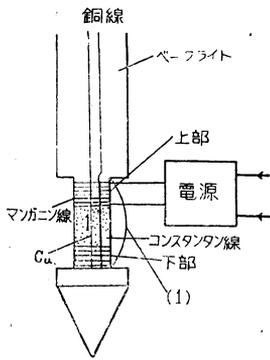


第 2 図

但し縦軸は加熱部を6Vの電池で加熱して2分間後と加熱前の温度差であり、横軸は含水率である。次に熱電対を利用しての水分計について、第3図はその原理図である。棒状のベークライトを適当な形にととのえ1)は水分計の基本部であり、ここでは銅線とコンスタンタン線をつないだ12の熱電対をつくり、その上を上部と下部に等しくマンガン線を巻いて、中間は熱的に絶縁する。上部のマンガン線に電力を供給すると、上部と下部に温度差を生じる(起電力をもつ)。この温度差は、土壌の状態によって異なるが、その大きな要因は、土壌水分



第 1 図



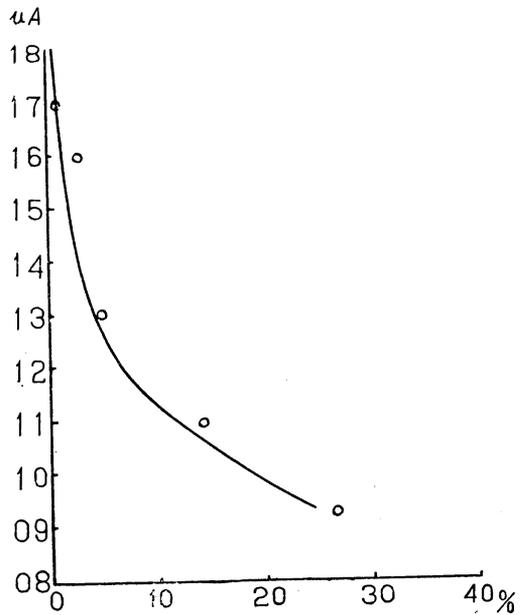
第 3 図

の増減に求めることができる。第4図は、河砂について実験した結果である。この水分計の作動は、1.5Vの乾電池を基本部の上部マンガニ線につないで加熱し、銅線の両端をマイクロアンメーターにつなぐ、第4

図における縦軸の値は、この読み取りで縦軸は含水率である。この他に棒状、サーミスターの一部を加熱して適当な方法で電流の変化を読みとってもよい。

§ 4. む す び

土壤水分計の考案にあたって、各国とも電気的な方法に注目しているようであるが、その理由は、自記装置が可能であること、電流や抵抗を適当にとれば、土壤の物理化学的な組成を、ある程度保ちうること、などに大きな魅力がある。しかしこの方法は、いずれも土壤の種類が変るごとに calibration しなければならない点が不便である。また土壤空隙に大きな変化が生じる場合、こう



第 4 図

した方法は、いずれも部分的な値を示すことと、容積を基にしてあらわされないことによって、水分の推定を行うに不便であるが、これら等はいずれも今後の研究によって、おぎなわれなければならない問題であろう。

参 考 文 献

- 1) 日下部正雄, 1954: 土壤水分観測, 天気 **1**, 3.
- 2) Whitney, Milton, F. D. Gordner and L. J. Briggs, 1897: An Electrical Method of Determining the Moisture Content of arable Soils, U. S. Dept. Agr. Bureau Soils Bull. **6**.
- 3) Shaw, Byron and L. D. Baver, 1939: Heat Conductivity as an Index of Soil Moisture, Tec. Ame. Soc. Agrom. **31**: 886—891.
- 4) 福田仁志, 1937: 耕地における土壤水分の電氣的装置の一設計, 農業土木研究 **9**, 413.
- 5) 山口俊治, 1950: 熱伝導による土壤水分測定法について, 農業気象 **6**, 1, 6.
- 6) A. U. Momin 1950: New Apparatus for the Soil Moisture measurement, (谷訳) 農業気象, **6**, 50
- 7) 新土壤水分測定法, 1952: 産業気象調査報告, **16**, 1, 37—43.
- 8) 三寺, 上利, 1955: 生態測器の考察(土壤水分計と自記装置), 日本生態学会誌, **5**, 2, 54—56.
- 9) Bouyoucos, G. T. and A. H. Mick, 1940: An Electrical Resistance Method for the Continuous Measurement of Soil Moisture under Field Conditions, Michigan, Agr. Exp. Sta. Tech. Bull., 172.
- 10) Colman, E. A., 1946: The Place of Electrical Soil Moistures in Hydrologic Research, Trans. Ame Geophys. Union, **27**, 847—853.
- 11) Richards, L. A., 1928: The Usefulness of Capillary Potential to Soil Moisture and Plant Investigation, T. Agr. Research, **37**, 719—742.
- 12) Belcher, Donald J., 1952: The Measurement of Soil Moisture and Density by Neutron and Gamma-Ray Scattering in Frost Action in Soils, A Symposium High Way Research Board, Special Report, No. 2, National Research Council, Pub. No. 213, 98—110.