

土壤水分測定のための電気抵抗法について

岐 部 利 幸

(関東々山農試)

はしがき

石膏、ナイロン等の吸湿体の内部に電極を埋設し、これを目的とする圃場やポットに所定の深さに埋めて周りの土壤水分と平衡せしめた後にその電気抵抗を測定する方法は、土壤水分を速やかに且つ同一地点の土壤水分の変化を連続的に測定できると云つた点で非常に有利である。その上、土壤水分含量を知るだけでなく、土壤水分張力を直接測定することができる。

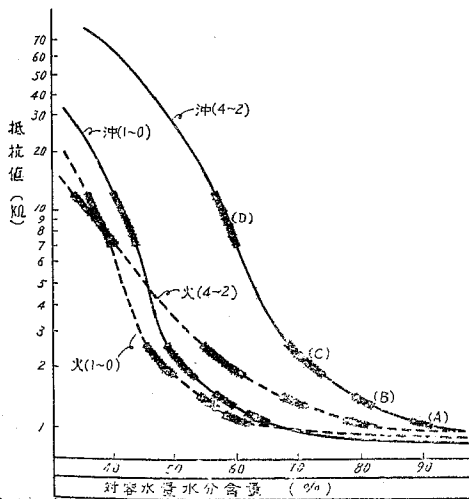
この方法は、1940年に Bouyoucos 及び Mick 両氏¹⁰⁾によつて考案され、その後測定計器や吸湿体等についても多くの人により種々研究されてきており、これら海外の研究事情については小田氏⁸⁾⁹⁾により詳細に報告されている。

一方我が国でも近年漸やくこの方法が取り上げられ、私共もその測定方法のシステム)について1部を報告してきたが、では其後実際に試験に利用してみた結果から考えられる2, 3の点について触れてみることにする。

1. 土壤の種類や物理性をかえた場合の抵抗値と土壤水分含量との関係

石膏ブロックをポットに充填された土壤に埋設し、土

第 1 図



壤水分とその電気抵抗値を測定した結果をキャリブレーションカーブで示せば第1図のようになる。これからみれば、沖積土と火山灰土と云つたように土壤の種類をかえた場合や同一土壤でも粒子を4~2mmのものと1~0mmのものに物理性を变化させること等により、水分含量と抵抗値との関係は夫々異なつてくることがわかる。即ち、図にみられるように抵抗値は明らかに各土壤の水分張力所謂水分の自由エネルギーを示している。

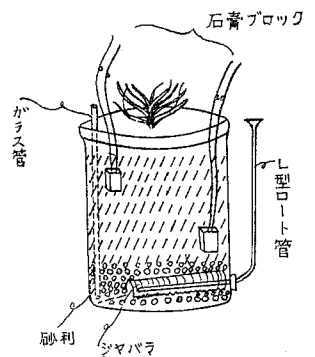
いま、ポットに作物を栽培し、水分段階を湿潤から乾燥までA, B, C, Dの4段階にわける場合、水分張力で表わされる抵抗値で一定に調節した試験結果と、従来から行われてきている対容水量水分含量で一定にした結果とでは自から意味が異なつてくることが第1図からも推察されよう。

2. ポット試験における土壤水分調節の方法

ポットを用いて土壤水分の種々の段階を作つて試験を行なう場合、その水分調節方法として電気抵抗法により筆者が試みてきた方法を示せば次の通りである。

2万分の1ワグナーポットを用い、第2図に示されるように、L型ロート管をポット下の吸水口より挿入してジャバラにてこれを覆う。その上を1cm位の厚さになる程度に砂利を充填する。一方直径1cm程度のガラス管をポット上面より挿入した後に必要量の土壤を充填する。吸湿体は(例えば石膏ブロック)最少限土壤の上層と下層に埋設し、その後種子を播種すればよい。この場合、ガラス管とロート管はお互にポットの下部より吸水させるための吸水孔となり一つはその時の空気の排出口となる。ジャバラはロート管の保護の役を行ない、砂

第 2 図



利は吸水、排水を容易にする効果がある。

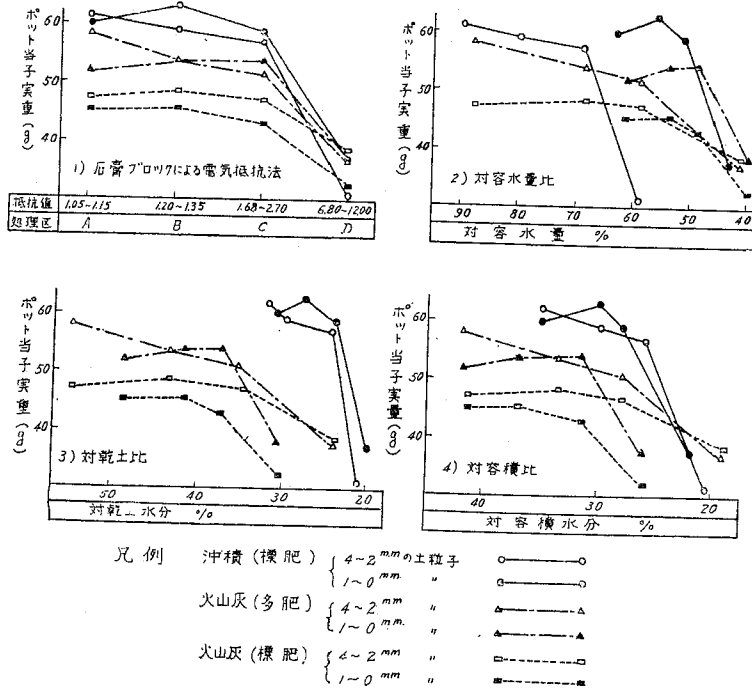
水分を調節するには、予めキャリプレートして決定しておいた土壌水分抵抗値になるように上部からは如露で下部からガラス管またわL型ロート管を用いて吸水させる。一昼夜放置した上、下の吸湿体の抵抗値を測定して所定の抵抗値（土壌水分）にポット全体が均一になるように上部またわ下部より補水して調節する。

しかして、作物の初期生育は蒸散も少ないが漸次生育旺盛になるに従って蒸散量も多くなり調節の回数も頻繁となる。例えば大麦の場合には初期生育期間中は週2回、3月以降茎立を始め気温も上昇してくるにつれて週3回または1日1回と回数を多くすることにより大体所定の水分条件に保持することができた。

この方法の特徴として

- 1) 予め吸湿体の抵抗値と使用する土壌の水分含量とのキャリプレーションを行っておくことにより、調節に際しては所定の抵抗値になるように吸水すればよい。
 - 2) 上、下の吸湿体の抵抗値を測定することにより、上層及び下層の水分が略均一になるように注水することが可能である。
 - 3) ポット全重量を調節のたび毎に秤量する必要がなく、植物体の成長に伴う重量法の不便な点がない。
- この方法によって、筆者等は一時に120ケの2万分の

第3図

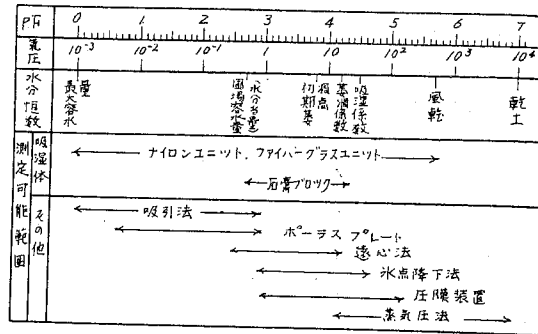


1ワグナーポットの水分を調節し、大麦で数年容易に試験を行うことができた。ちなみに、ポット内での土壌水分の減少の盛んな場所は作物の根の伸長に伴なって深い方に移動し、生育初期は土壌の上層部が乾きやすいが生育後期には下層部の土壌水分の減少が甚だしくなる傾向を各土層に埋設した吸湿体の抵抗値によつて知ることができた。

3. 土壌水分の表示方法と作物収量との関係

前述のように電気抵抗法によつて示される土壌水分の抵抗値は、水分張力即ちPFと密接な関係のある指標で作物の吸収し得る水分を抵抗値で示すものである。

いま第1図から吸湿体として石膏ブロックを用いて

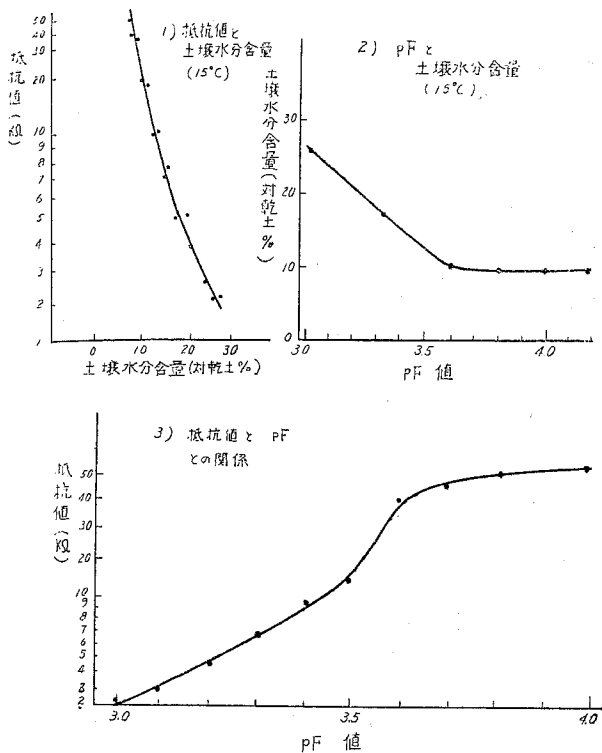


A, B, C, Dの4段階に抵抗値をわけ、夫々の抵抗値に合致するように土壌水分を調節して大麦の栽培試験を行なった。一方、各抵抗値における土壌水分の対容水量比、対乾土比、対容積比を測定しこれら四者の収量との関係を比較してみると第3図（その1, 2, 3, 4）の通りとなつた。

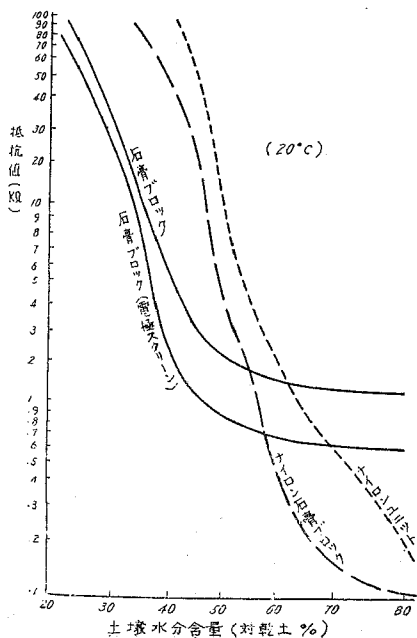
これによれば、対容水量比や対乾土比と収量との関係は土壌の種類や粒子の大小により著しく異なり、一定の傾向がみられない。対容積比はこれにくらべ大麦の減収しはじめる値の土壌による差はかなり少なくなるが、しかし同一土壌内での粒子の大きさによるふれはなお大きい。

これに対し電気抵抗法によれば土壌水分を表わす抵抗値が略一定

第 4 図



値以上になれば土壌の種類、粒子の大きさに関係なく減少となり、抵抗値は大麥の収量と密接な関係があることがわかる。



第 5 図

以上のように、電気抵抗法は測定器具の整備、試験開始までの準備には若干の経費と手間を要するが、測定を開始すれば他の方法にくらべて簡単でしかも作物と水分張力の関係を直接知ることができる点で有益であらう。

4. 抵抗値と pF との関係

電気抵抗法では土壤水分を抵抗値 (kΩ) で表わされるが、抵抗値では吸湿体の種類やタイプによつて一定しない場合が多い。このため不偏的な数値として表わされる pF との間にキャリブレーションが必要となつてくる。

ところで抵抗値と pF との関係のキャリブレーションの方法は、第 1 表に示されるように種々の方法がある。しかし、pF 2.7 から 5.2 附近までの所謂作物生育と密接な関係のある水分範囲は、大体において圧膜装置 (Pressure-membrane apparatus) または氷点降下法、遠心法などによつて測定されるのが普通である。それ以下の低圧の方になれば吸引法またはポーラスプレート (Porous plate) の方法によつて測定できる。

いま 1 例として石膏ブロックを用いて抵抗値と pF との関係のキャリブレーションの方法を示せば第 4 図の 1, 2, 3, の順序によつて間接的に測定することができる。なお抵抗値と pF との関係を測定する方法に関しては種々の方法が考えられるが、容易にしかも正確に測定できることが大切である。

5. 電気抵抗法による測定範囲と吸湿体との関係

電気抵抗法による土壤水分測定可能範囲は、用いられる吸湿体の種類をかえることにより、第 1 表に示されるように広範囲を測定することができる。即ち石膏ブロック (Gypsum block) を用うれば略 pF 2.25~4.3、ナイロン等の纖維性吸湿体を用うれば pF 0~5.7 あたりまで測定できる。

吸湿体についてもアメリカで種々考案されているが、いま代表的な吸湿体について火山灰土壌を用いてキャリブレーションした結果を示せば第 5 図のようである。

石膏ブロックは Bouyoucos 及び Mick²⁾ によつて考案され "Plaster of Paris" と呼ばれるもので、石膏の中に 2 本の電極を埋設されており、実験室においても容易に作製できそのうえ安価である。また土壌溶液に石

膏が徐々に溶けることにより緩衝作用を起して塩類濃度による抵抗値のフレの影響を受けることが少ない。しかし、このため湿潤条件下では1年位で石膏が溶けて電極が露出してしまふ。また圃場容水量付近では感度が鈍る欠点がある。

電極スクリーン型石膏ブロック

石膏ブロックの利点を生かし、且つ土壌水分の多い条件下でも鋭敏に働かせるために Bouyoucos 氏³⁾により20メツシユのステンレス綱スクリーンを電極に用いて作製されたものである。

ナイロンユニット

Bouyoucos 及び Mick 両氏⁵⁾により考案されたもので、電極に2枚の細いモネルスクリーンを用い、これに銀メツキしたリード線が接続されている。電極はナイロン繊維によつて包まれ、全体を有孔ニツケルケースに入れ一定の圧で扁平に圧縮してある。このユニットは緩衝作用がないので、石膏ブロックに比らべて塩類の影響を大きく受けやすい。しかし、可測水分範囲が極めて広くキャパシタンスが小さいので抵抗値の誤差が少ないうえに耐久力が大きい等の特色を有していると云われている。

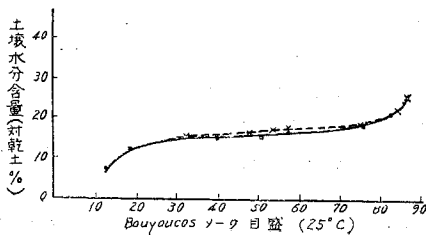
ナイロン石膏ブロック

石膏ブロックの塩類に対する緩衝作用の利点と、ナイロンユニットの湿潤条件下でも鋭敏に働くことと云つた両者の長所を兼ね備えたものを目的に Bouyoucos 氏⁶⁾によつて考案されたものである。即ちナイロンユニットを石膏に埋蔵してブロックを作製したものである。

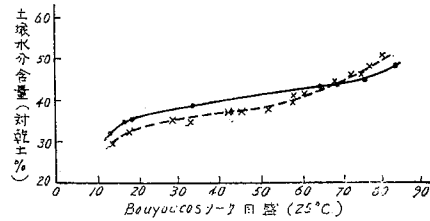
以上4つの吸湿体について第5図から、石膏ブロックは圃場容水量付近でカーブが平行になり鈍感になることを示しているが、スクリーン型ブロックの方はやや鋭敏である。ナイロンユニット及びナイロン石膏ブロックは圃場容水量以下相当な湿潤状態のところまで極めて鋭敏に作用していることがみられた。

以上のことから、水分当量までの測定であるならば石

第6図



第7図



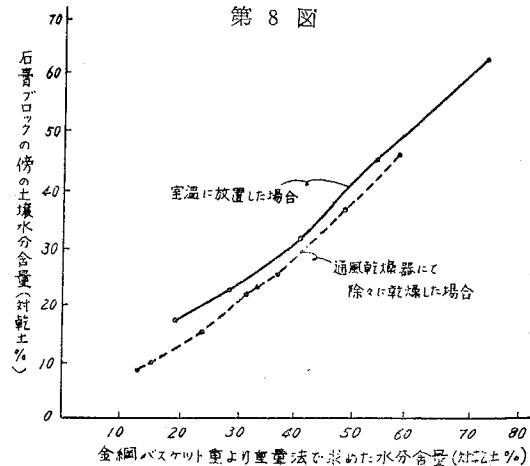
膏ブロックで充分測定が可能でありキャリプレートもやり易い上に実験室でも作製できる有利さがある。反対に広範囲に亘つて測定するか、あるいは水分変化をより精密に知る必要がある場合にはキャパシタンスの小さいナイロンユニットまたはナイロン石膏ブロックがよい。しかし、ナイロンユニットは薄いためキャリプレーションがやりにくい上に高価である点が不便である。

6. 抵抗値と土壌水分とのキャリプレーションの問題点

電気抵抗法においては、抵抗値と土壌水分との関係を知るために予め試験に用いる土壌によつて両者の関係をキャリブートしておく必要がある。

第6図は圃場とポットとでこの関係を測定し比較したものであるが、2者の間はよく一致している。この方法は圃場及び2尺角ポットに同じ土壌を充填した後石膏ブロックを埋蔵する。その後電気抵抗法により抵抗値を測定し、その都度乾土法によりブロック埋蔵附近の土壌水分含量を測定して両者の関係を求めたものである。この

第8図



方法は、土壌の自然乾燥を待つため乾燥から湿潤までの点を測定するには可成りの日数を要する。

そこで、著者等は Kelly 氏⁷⁾の方法にヒントを得て2mm 目の金網でバスケットを作り、内に桜紙を帖つて

土壌を充填し、そのバスケットの中央にブロックを埋設した。しかし下から蒸溜水を毛管上昇により吸水させブロックが飽和した後に各種段階に乾燥し、恒温槽内で一定温度のもとにその抵抗値を測定し同時にバスケット全重量を測定して次式からバスケット内の土壌水分含量を求めた。

$$\frac{\text{全重} - (\text{バスケット重} + \text{乾土重} + \text{ブロック重} + \text{ブロック内水分重})}{\text{乾土重}} \times 100$$

(ブロック内水分量は、抵抗値とブロック内水分重とのキャリブレーションにより別に求めておく)

この方法で求めた抵抗値と土壌水分含量との関係を、ポット法により求めたものと比較すると第7図のようでは若干の差を生じたが、土壌のおよその性質を比較検討するには利用できるものと思われる。

バスケットによるこの方法は、乾燥が早や一定温度で常に測定できるため時間や労力が少なくすむ利点がある。反面、土壌が少量であることや乾燥過程に土壌が均一に乾燥しない等により誤差を生ずる可能性も大きい。そのため、バスケットを大きくして土壌の量を増加し乾燥を逐々に行う等の方法を考えれば一層精密に測定することも可能と思われる。しかし、このため乾燥に時間を要し測定その他に不便となることが予想され、バスケットの利点が消される心配がある。これらの事から、キャリブレーションの方法については試験の目的をも考慮して適当なやり方を更に今後研究する必要がある。

いま、バスケット方法により、石膏ブロックのすぐそばの土壌水分含量と、バスケット全重量から計算して出

した水分含量との関係を乾燥方法の違いとも関連させて測定してみた結果は第8図の通りで、若干異なつてきている。

むすび

以上電気抵抗法による土壌水分測定について、実際に応用してみた結果から2, 3の問題を捨てて触れてみた。この方法の研究は我が国ではなお日が浅く、未解決の問題が甚だ多いが、これについては今後大いに研究されて行かなければならない。

なお、本稿記述中に個人的意見となつた点が多いと思われるが、これらの点については各位の御指導を心からお願いする次第である。

文 献

- 1) 安間正虎, 小田桂三郎, 岐部利率: 関東々山農試研報告, 9(1956), 日作紀. 25(2)(1956)
- 2) Bouyoucos, G. J. : Soil Sci., 64(1947)
- 3) Bouyoucos, G. J. : ibid., 78(1954)
- 4) Bouyoucos, G. J. and Mick, A. H. : Teck. Bull. Mick. Agri. Exp. Sta. (1940)
- 5) Bouyoucos, G. J. and Mick, A. H. : Soil Sci., 66(1948)
- 6) Bouyoucos, G. J. and Mick, A. H. : Quart. Bull. 37(1954)
- 7) Kelly, O. J. : Soil. Sci., 61(1946)
- 8) 小田桂三郎: 農及円30(11), 31(6). (1955, 56)
- 9) 小田桂三郎: 農業技術 11(5, 6). (1956)
- 10) Palpat, E. H. and Lull, H. W. : Forest Serv, U. S. D. A. Occ. Paper (1953)

実容積法による圃場水分の測定法

美 園 繁

(農業技術研究所化学部)

1. ま え が き

圃場水分の測定法には、測定の方法や測定対象によつて、また研究の歴史的な位置によつて、種々の方法が採用されている。土壌試料を直接乾熱して、その重量の減少分を水分とする方法、土壌水分と平衡状態にある吸湿体の電気抵抗値を測定し、土壌水分を知る方法、テンシヨメーターの読みから求める方法、熱拡散速度を測定しそのときの土壌水分を知る方法、試料の電気容量を測定しその水分を求める方法などが採用されている。どの方

法も、それぞれの長所と短所をもっている。

この報告は、前述の方法をみとめながら、実容積法による圃場水分の測定法の概要、その長所、歴史的な位置などについて述べるとともに、容積法の採用を提唱しようとするものであり、1959年4月の第1回土壌物理研究討論会における講演に加筆したものである。

2. 実容積法の概要

実容積法は、通常全容積100ccの試料を圃場状態のまま採取し、その全重量W, 実容積Vを測定し、前もつて