

畑地カンガイ調査計画法（その1）

椎 名 乾 治*

I. 緒 言

最近、わが国の畑地カンガイ事業の将来について否定的見解が出はじめており、その代表的なものは、次のようなものである。

① わが国の自然条件（主として水分環境）からして、畑作物に相当の投資をしてまでカン水をする必要はないのではないか？ 現に畑地カンガイ施設を持ったところでも、100% 計画通りのカン水効果を上げている所は、一部の砂丘地などを除いてないのではないか。

② 果樹などでは、土壤管理さえ適当に行うならば、カン水の必要はなく、むしろ、カン水を必要とするような条件の所に果樹を栽培するのが誤りである。

③ 畑地にカン水する必要はみとめるが、現在のように畑作物の価格が不安定では、とても多額な資本を投下しては、ひき合ない。また安上りなカン水方法では、労力がかかって、これも営農上不適当である。

④ 畑地カンガイはやりたいが、適当な作物の導入計画の目安が立たない。

これらを大別すると、一つは技術的にみて、畑地カン水の意義、効果に疑問をもつものであり、一つは経済的の観点から、その成立の困難性を強調している。そして、いずれも大なり小なり、わが国の畑地カンガイの現状の一端をとらえていることは間違いない。しかし、この場合、湿潤地帯のカンガイの本質的な問題を少し考えてみる必要があろう。いうまでもなく、わが国の自然降雨は年間1,000~2,000 mm 以上あり、湿潤地帯に入る。そして、従来わが国の畑地カンガイの必要性を説く場合、年間降雨量が多いが、まとめて降るため、年に数回以上は相当の連続干天が出現し、これが作物生育に障害を与えるから、この時期の水分補給の必要があるといわれている。これは、もちろん、このとおりで、もっと強調されなければならないが、もう一つ重要な考え方がある。

それは、乾燥地帯の畑地カンガイでは、カンガイ水はそれなしには、作物生産が行われぬという意味をもっているが、湿潤地帯の畑作では、そのような意味はもた

ず、肥料、農薬等と同じく、土地生産力を高めるための役割をになっている。このことは、乾燥地帯では、作物の生育保証をカンガイの直接目標とすればよいのに対し、湿潤地帯では生産力を高めることを直接の目標にしなければ、経済的に成立しないことを示している。

すなわち、湿潤地帯での畑作物は、水分が多ければ多いなりに、水分環境に対しては敏感であり、もっとも高い収量、品質を保証するような水分コントロールの方法を見出すことが大切である。換言すれば、湿潤地帯での畑地カンガイが技術的、経済的に成立するためには、カンガイを含む水分コントロールによって、作物の収量、品質が高められること、そして投下資本に対して、その増加生産量が十分に見合うものであることを証明することが絶対に必要であり、調査、計画の目標も当然ここにおかれなければならない。そして、わが国の畑作物の流通過程の不安定さからして、当面は、1) もっとも高い作物収量を保証する最少の用水量、2) 投下資本が少なく、労力がかからず、しかも効率のよいカンガイシステムの確立の二つが常に考慮される必要がある。この講座で取り扱う畑地カンガイ調査計画法とは、このような考え方から、わが国でも、ある地域のある作物に対する畑地カンガイが成立するであろうことを明らかにするための方法論である。

次に、各論に入る前にいま一つ明らかにしておきたいことは、調査、試験と計画の関係である。

従来、調査、試験と計画の関係について、“調査あつての計画” “計画の前提としての試験” という一般的考え方が広くゆきわたっているが、これは、生物現象を含む技術体系については、一面的見方であり、調査、試験と計画とを切り離す危険を持っているものと思われる。カンガイ工学では現在一応の設計理論と技術体系が存在し、若干の自然的、社会的諸元を定量化すれば、計画は出来ることになる。そして前述の考え方は、“若干の自然的、社会的諸元の定量化” のみが、調査、試験の目的であることを意味している。しかし、カンガイ工学の現状は、複雑な作物—土壤—水—気象系の示す自然現象に対しては、まだ100% 有力ではあり得ず、残念ながら、

* 農業土木試験場土地改良部

計画そのものためてみる必要がある段階である。

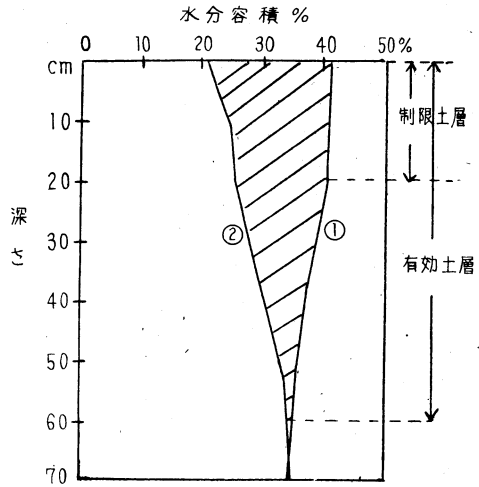
たとえば、土壌試験、消費水量調査、カンガイ効率調査などを行い、各調査、試験から得られた諸量をもとにして、一応のカンガイ計画が出来上ったとしても、はたして、そのカン水計画が、現実のカン水操作の中で、作物の実際の消費水量をカバーして、収量、品質の増大または安定化をもたらし得るかどうかは明確ではない。このことは、自然の物理的現象のみを主対象とする水文学においても、最終的には水理模型実験などが必要とされていることと較べてみても、生物現象を内を含むカンガイ工学ではやむを得ない現状であろう。そこで、筆者は、調査、試験と計画は同列に位置すべきであり、ある計画が成立するかどうかを確かめるのが、畑地カンガイ調査、試験の一つの重要な目標であることを強調したいわけである。そして、いままで多くの場合、調査、試験の成果が計画に生かされていないのは、主として現実計画と切り離された調査方法の採用に原因があり、正しい方法論による調査計画法の確立が当面の課題であると考えている。以上述べたような考え方を基礎にして、この講座では技術学*の体系化という立場で、これまでの研究、調査、試験、経験をまとめる予定である。もちろん、浅学のため、問題意識に比較して、内容の不備な点も多くあるものと思われるが、筆者の意図する所を理解され、現場の実践の中から、さらに発展されてゆけば望外の幸せである。なお、筆者が従来刊行した著書の中で述べた考え方のうち、この講座では否定した事項がいくつかあるが、これは、筆者を含めて一つの発展過程とみなし、読者の比較、検討をお願いする。

II. 1回のカン水量決定のための調査方法

1. 調査の目標

図一で横軸に水分の容積%、縦軸に深さをとって、1回のカン水量決定のためには、何を明らかにしなければならないかをみてみよう。

①は、カン水または降雨後24時間程度で水分の下方移動がほとんどなくなった、いわゆるホ場容量の状態である。②は、そのような水分状態から、何日か干天が続いたときの土壌水分分布である。普通は、表層ほど水分減少量が多く、下方にゆくに従って少なくなり、どこかの深さでほとんど水分の減少しない所がある。ホ場容量から、ほとんど水分の減少しない深さは、土壌、作物によって大変異なるが、わが国では50~150cmぐらいいであり、これを有効土層とよぶことにする*。



図一 水分減少の模式図

②の水分分布の状態より、さらに水分が減少した場合、作物の収量、品質が低下するものとする、これが、カンガイを開始すべき水分状態である。そして、理論的1回のカン水量は、①と②の間の斜線で囲まれた部分の水量であり、これは、ある期間の消費水量に相当する。

また有効土層中で、特に水分減少が速く、その水分状態が作物の収量、品質に直接の影響を与える土層を制限土層とよぶ。そして、この制限土層において、作物の収量、品質の増大、安定を保证するための最少の消費水量を正常生育阻害水分点とよぶ。もちろん、不均一土層、または下層に多くの根群が存在するような場合には、制限土層は必ずしも表層に現れるとは限らない。

制限土層の消費水量と有効土層全体の消費水量との比は消費割合とよべば、1回のカン水量算定に重要な役割をはたす量となる。

1回のカン水量を定めるための調査の目的は、これらの有効土層 (S_E)、制限土層 (S_L)、消費割合 (C_p)、正常生育阻害水分点 (M_L)、ホ場容量 (f_c) などの定量化である。1回のカン水量 (I) は、これらの諸量から次のようにして求められる。

$$I = (f_c - M_L) \frac{DS_L}{10} \cdot \frac{1}{C_p} \dots\dots\dots (1)$$

DS_L : 制限土層の深さ (cm), f_c , M_L は制限土層の

* 従来有効根群域とよばれているが、これは乾燥地帯などで、根群が数m進展しているような場合に適合する概念で、湿潤地帯ではむしろ根群のほとんどないような土層の水分も、毛管上昇して失われ、このような土層も考慮に入れば、有効土層とよぶ方が合理的である。またこのような下層土からの毛管上昇時が大きい場合には、消費水量とつり合い、見かけ上水分減少のみとめられない土層が現われることがあるから注意を要する。このような場合には、斜線の部分のまま消費水量にはならない。

* 山崎、八幡、椎名 “農業土木の技術学、工学および基礎学” 農土研 29巻 6号 288~290 参照

もので容積%, I は mm, $(f_c - M_L)$ の値は, 従来迅速有効水分量, 容易利用水分量, I の値は, 総迅速有効水分量, 全容易利用水分量などと呼ばれているが, すでに述べたような湿潤地帯のカン水の目標から考えて, これらは, 生長有効水分量, 総生長有効水分量などとよぶ方がよいと思われる。

2. 調査項目の意義

現在, わが国で支配的なのは, 主としてアメリカの乾燥地帯で発達した設計理論で, 1回のカン水量決定のために, 明らかにしなければならないのは, 土壌の性質としては, シオレ水分点, ホ場容水量およびこれらから計算される有効水分量, 作物的性質として, 根群域, 水分消費型などであるとされている。これに対して, 湿潤地帯では, やや異なった考え方をしなければならず, そのために必要な調査項目である。ここでは, このようなやや新たな観点から取り上げた調査項目と従来の水分定数などとの関係を述べ, その意義などを明らかにする。

(1) 正常生育阻害水分点

乾燥地帯での設計理論では, 永久シオレ点または初期シオレ点までは, 作物の正常生育に土壌水分量の多少は, 影響しないとの見解が基礎になっている。しかし, カンガイの基礎を作物のシオレ現象におく限り, わが国の実状に合わないことはすでに述べたとおりで, 湿潤地帯のカンガイ目標は, 当然作物の積極的増産または生産の安定におくべきである。このためには, 水分を補給すべき限界の土壌水分は, 作物の高収量, 品質の向上を保証する最少の土壌水分含量とすることが大切で, このような状態の水分量を正常生育阻害水分点とよぶことにする。正常生育阻害水分点は, シオレ水分点などが, 作物, 土壌にかかわらず, 一定の水分張力 (pF 4.2 前後) で示されるのと異なって, 品種改良, 施肥法の改良, 病虫害防除法の改良などによって変化する, 可変量として考えていることに注意されたい。そして, これらについての研究は現在のところ, ほとんど進んでいないといつてよい。このことは, 正常生育阻害水分点を決定する上で非常に困難な条件となっている。しかし, 現実の計画は, 基礎研究が進まなければ出来ないということでは困るし, またそのような立場は誤りである。そこで, 筆者は, 次に述べるような, いままでに行われたいくつかの試験, 研究の成果を参考にして, 正常生育阻害水分点 \approx pF 3.0 水分量 (遠心水分当量) の関係が成立するとの仮定の下に, その定量化を行い, このことの正否は, 他の要因とともに, カン水効果試験で検討する方法をとっている。

[これらに関連して, いままでにわが国で行われた試験の概要]

i) 玉井は主としてポットを用いて, カンショ, タバコ, アマ, ソバ, ダイズなど 8 種類の作物と 9 種類の土壌で実験を行った結果, 作物の成長に対して有効なのは, 在来の有効水 (ホ場容水量から永久シオレ点まで) の上半分であり, 下半分は根の吸水に対しては有効であるが, 作物成長にはほとんど役立たないとしている。そして, その原因を毛管水の移動速度の減少にあるとの推察を行っている*。

ii) 長谷川およびその共同研究者達は, 陸稲に, その干バツに最も弱い幼穂形成期から, 穂パラミ期にかけて, 程度の異なる干バツ処理を与え, 土壌水分と生育収量の関係を求め, おおよそ, 10~15cm の土層が, 在来の有効水の 4 割程度の水分量を失うと, 収量は減ずることを明らかにした**。

iii) 富士岡, 西出は, 陸稲について, 生育期間の土壌水分を大体, ホ場容水量, (ホ場容水量 + 遠心水分当量) / 2, 遠心水分当量の 3 つに保った場合の生育状態を研究し, その収量は, 水分当量区でもっともわるかったとしている。したがって, 彼等は, 陸稲の正常生育における, 最底の限界水分量を遠心水分当量 (pF 3.0) にとるべきだと主張している***。

iv) 筆者の行った実験の結果は次の通りである。

まず, 土壌含水量と作物生育の指標になる蒸発散量の関係について多くの実験を行ったが, その結果, 蒸発散量は, ある限界水分分布までは衰えず, この限界水分分布をこえて乾燥が続くと急速に衰えること, そしてこの限界水分分布は, 根群域の約半分の土層が pF 3.0 付近の水分量に達したときであることを明らかにした****。次に最近, いくつかの現地で, pF 3.0 水分量をこえて乾燥させた試験区と, 常に pF 3.0 水分量付近でカン水を行った試験区, これより湿潤な土壌水分状態で生育期間を経過させた試験区などについて収量, 品質調査を行ったがその結果は, 後述のように, 明らかに, pF 3.0 付近でのカン水の効果を示している*。

(2) ホ場容水量

ホ場容水量については, これまで, 次のような多くの定義, 見解が提出されている。

i) 排水が良好な均一な構造をもった土壌で, 多量の降雨があった後 2~3 日後, 水の下降移動の割合が,

* 玉井虎太郎: 愛媛大学紀要, 農学, 2号 1956

** 関東東山農試畑作物作業体系第1研究室: 畑地カンガイ成績書 (昭35年)

*** 富士岡義一, 西出勤: 農土研, 別冊5号10~16, 1963

**** 椎名乾治: 農土試報告1号83~156, 1963

": 土壌物理研究2号, 印刷中

* 椎名乾治: 農土試報告3号, 印刷中

非常に小さくなったときの土壌水分量 (Veihmeyer & Hendrickson)**

ii) 不飽和透水係数がほぼ0となる水分量 (Richards)***

iii) 裸地状態でかつ土壌面蒸発量が抑制されている条件の下で、植物根が分布する土層から排水される水量が、その時期の植物の蒸発散量以下になるときの水分状態(岩田)****

iv) 下層土のホ場容水量は、主根群域に対して水分移行の開始されるときの水分状態(竹中)*****

そして、このような水分状態に対応する水分張力についても、30~1,000 cm までと非常に巾の広い多くの結果が報告されている。また多量のカン水、降雨後ホ場容水量に達するまでの日数についても、1日から5~6日とさまざまである。

もちろん、これらの関係を明らかにし、正しい圃場容水量の状態を決定することは大切であるが、現在のカンガイ工学的レベルからは、このような水分状態のみをいかに正確に決めても、他の測定諸量の精度がともなわない限り意味がない。そこで、一般的には、多量のカン水または降雨後24時間を経ても根群域に保留されている水分量を、24時間水分量とし、これを、ほぼホ場容水量と考えるのがよい。まだ、いくらかの重力降水水を含んでいる場合が多いが、根毛の吸水も活発なので、その大部分は作物に利用されるものとして、有効水分の下限界として採用する。ただし、土性、土層配列、作物根群の分布状態などによっては、24時間水分量のうち相当量が作物に利用されず、浸透してしまうこともあるので、24時間水分量と、それ以降の水分量の差が、24時間水分量の2割をこえるような場合には、当然修正されなければならない。なお、筆者が、19種類の土壌について、24時間水分量の pF 対応値について調べた結果は、図-2 のようで、いずれも、pF 1.5水分量よりは少なく、ほぼ pF 2.0 水分量までである。

(3) 有効土層

根群域という概念が、従来強調されているが、これは土壌生産力の観点からは大切であるが、カン水による水分管理の観点からは、これにあまりとらわれるのはよくない。湿潤地帯の多くの土壌では 1m 以下の下層土は常

時相当の水分を保持しており、これが表層の乾燥にもなっており、毛管上昇する事実が確められており*、根群の多少、有無と作物の水分利用とは必ずしも比例しない。土中の水分収支を問題にする調査、試験においては、水分がホ場容水量より減少する土層に、より注目しなければならず、このような土層を有効土層とよぶことにする。

なお、干天が連続すればするほど、有効土層もそれだけ深くなってゆくわけで、これも、作物、土壌によって定まる一定量と考えるのは誤りである。しかし、カンガイ工学の立場からは、まず、制限土層が、正常生育阻害水分点に達するまでの期間(適正な間断日数)に、水分減少を示す深さまでの土層を採用すればよい。

(4) 制限土層および水分消費型

現在、わが国で多く採用されている設計理論に、Shrockley によって提案された水分消費型の考え方がある。これは、図-3 に示したように、有効土層を数等分(普通は4等分)して、各土層の消費水量を各々、 $e_1, e_2, \dots, e_n, e_1 + e_2, \dots, e_n = E$ とし、 $e_1/E = u_1, e_2/E = u_2, \dots$ を求めると、 u_1, u_2, \dots, u_n は、作物、土壌によって一定の値を示すというものである。

これから、もっとも早く生長有効水分量のなくなる土層を、制限土層とし、その土層の消費割合を u_e 、生長有効水分量 ($f_c - M_L$) の値を、 M_A とすると、1回のカン水量 \div ホ場の消費水分量 \div 総生長有効水分量 $= I$ は、

$$I = M_A / u_e \dots\dots\dots (2)$$

で計算される。

この考え方に対して、現在多くの批判がある。たとえば、i) はたして、作物、土壌によって、常に一定の水分消費型が成立するかどうか、ii) 根群域ないし、有効土層を数等分したところで、ある土層の限界水分量が、本当に作物の生長に影響を与えるかどうか、iii) わ

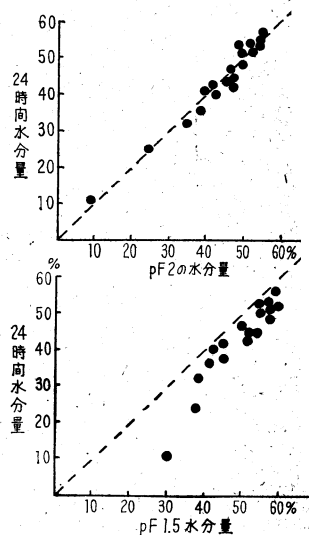


図-2 24時間水分量の pF 対応

** Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.H. : Proc. 1st Inter. Congr. Soil Sci. Washington 3. 498~513, 1927

*** Richards, L.A. and More, D.C. : Trans. Amer Geoph. Us. 33. 531~540, 1952

**** 岩田進午 : 農土研, 30巻, 7号 9~18, 1963

***** 竹中肇 : 農業土木学会講演要旨, 昭39年 106~108

* たとえば、次の論文参照

椎名乾治, 竹中肇 : 農土研, 別冊2号 49~54, 1961

": 農土研, 別冊4号 24~30, 1962

吉良芳夫, 相馬恒一, 竹中肇 : 農土研, 別冊7号 81~86, 1963

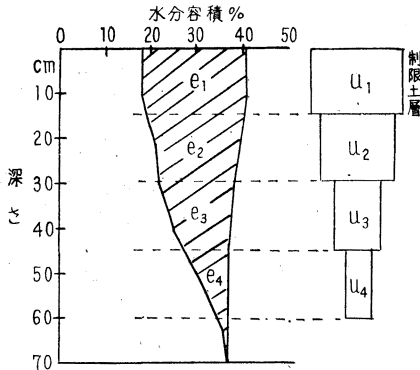


図-3 水分消費型

が国のように、有効土層の浅い所で、このような考え方をしてみても、意味がないのではないかと、等々である。

これらの批判は多くの正しい面をもっているが、水分消費型の理論のすぐれた点は、制限土層というものを定めて、作物生育に対してはたす土壌水分の役割が、有効土層全体で同じでないことを明らかにするとともに、有効土層中の水分収支計算に、このような生産力の関係を正しく持ち込むことのできたことだと思われる。すなわち、わが国でも、この考え方を採用し、未確定の消費型の一般化、有効土層の等分化の問題などは、さしおいても、制限土層を何んらかの方法で決定し、この制限土層における水分消費割合を決定することは、カンガイ工学的立場から、複雑な土壌水分変動を処理するのに、非常に有用な手段となる。

調査、計画には次のような考え方をすればよい。

i) 有効土層を機械的に等分することをやめて、作物の収量、品質に直接影響を及ぼすであろう制限土層を後述のような方法で決める。普通は10~30 cm 程度の深さとなる。

ii) 制限土層の消費水量と、有効土層全体の消費水量の割合を測定する。この消費割合は、カン水が必要とするような時期で、しかも干天が数日続いたときのものを求める。

iii) 制限土層の生長有効水分量は、別途土壌試験で明らかにする。

総生長有効水分量 ÷ 1回のカン水量は、図-1の斜線の部分が正しく測定されれば、このような考え方によらなくてもただちに求めることができる。しかし、現実の測定機構の中では、正常生育阻害水分点が明確でないこと、この水分点になったときの土壌水分分布をうまくとらえることが困難であること、などの理由

から実現不可能に近い。そこで、以上述べたような方法で、明らかにされた諸量から、(2)式ではじめて、1回のカン水量を正しく求めることができる。

3. 調査、試験方法

(1) 基本的考え方

ここでいう、カンガイ計画とは、あくまで相当の面積に対して、資本を投下し、一定の施設を設け、ホ場にカン水することで、このための、調査、試験に当っては、次のような考慮が必要であらう。

測定から得られた諸量は、相当大きなスケールの空間的、時間的平均量として、工学的計算の基礎になるものでなければならない。したがって、どんなに精度のよい測定方法であり、また必要な測定方法であっても、それが現実の観測組織の中で、実行不可能のものであったり、測定精度のバランスがとれないものであれば、問題にならないことになる。このためには、基礎的研究から得られた、自然の法則性の適用限界を誤らず、自然がいろいろな条件の下で示す諸量を、目的にそった平均量として確定してゆくことが大切である。

このような立場から、生長有効水分量、制限土層、消費割合等の測定に当って、筆者は次に述べるように、実験室内の測定量と、実際ホ場での測定量の両方を比較検討することで、大きな誤りのないことを期している。いま具体的試験項目の関連を示すと図-4 のとおりである。

図において、点線は測定値間の比較検討を行うもの、実線は測定値から計算で算出されるものである。

(2) 実験室内での測定方法

カンガイ計画単位*の広さによって異なるが、普通100 ha ぐらいまでは、3~5地点を選ぶ、試孔を掘り、100 cc の定容採土円筒で、各 10 cm 毎土層から、3~6個の試料を採取する。採取深さは、後述の有効土層が求まっていれば、その深さとし、求まっていないときは、安全をみて、1~1.5m とする。このような試料について、

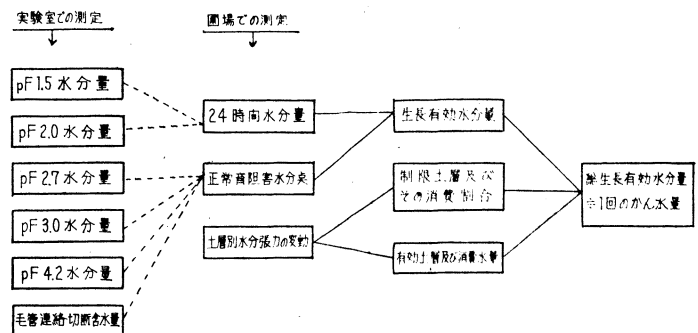


図-4 試験項目の関連

* 同一のカンガイ計画基準を適用できる地域で、決定方法はⅢ章で述べる。

実験室で次のような項目の測定を行う**。

i) pF 1.5, pF 2.0, pF 2.7 水分量: 土柱法および D.I.K 横型 pF-水分測定装置。ただし pF 2.7 水分量については、遠心法でも行う。

ii) pF 3.0, pF 4.2 水分量: 遠心法

iii) 毛管連絡切断含水量: 吸水板 (15×15×1.5cm の素焼板) で、100cc 円筒の一断面から、吸水させたときの残留水量。これは、やや新たな観点から取り上げた水分定数で、ローゼの概念規定によると***、この値より大きい含水量において、懸垂水 (毛管重力水, 毛管附着水などを含む毛管水とほぼ同意語) が水消費の点または面へ連続体として移動できるようになる土壤の含水量である。これは作物根の吸水に対する、迅速な土壤水分供給能の限界を示すものと考えられ、根群の急速な進展がない限り、正常生育阻害水分点に近いものと考えられる。この水分状態の定量化、エネルギー対応値などについての研究は、わが国では、ほとんど行われていないが、吸水板で求めた値は、ほぼ毛管連絡切断含水量に近いものと考えられる。この水分量の pF 対応値について、19 種類の土壤で試験した結果は、図-5 のようである。これをみると、毛管連絡切断含水量 \div pF 3.0 水分量と考えてよく、正常生育阻害水分点を迅速かつ簡単に求めるのに役立つものと思われる。しかし、これはまだ問題が若干残っているので、さらに研究を進めたい。

(3) ホ場での測定方法

実験室内用試料採取場所付近で、次の測定を行う。

i) 24 時間水分量: 100 mm 程度の給水を行った後、24時間目の土壤含水量を、10 cm おきに 1 m まで 100 cc 円筒を使用して測定する。一断面 3~6 個とし、この試料をそのまま実験室内の測定に使用することが多い。次に、この測定値と実験室で求めた、pF 1.5, pF 2.0 水分量の値と比較する。24 時間水分量の大部分が、pF 1.5~pF 2.0 水分量付近であるときは、これらの値からはずれるものを除いて平均化し、保留水分の最大量として、生長有効水分の下限值と定める。もし、24 時間水分量の大部分が、pF 1.5, pF 2.0 水分量の値から離れているときには、カン水量の不足、土層の成層条件の影響、根毛吸水の影響、24時間以後の保留水分等を調査し、原因を明らかにした上で、実測値を基準にして、最大保留量を確定する。

ii) 正常生育阻害水分点: 現地埋設のテンシオメー

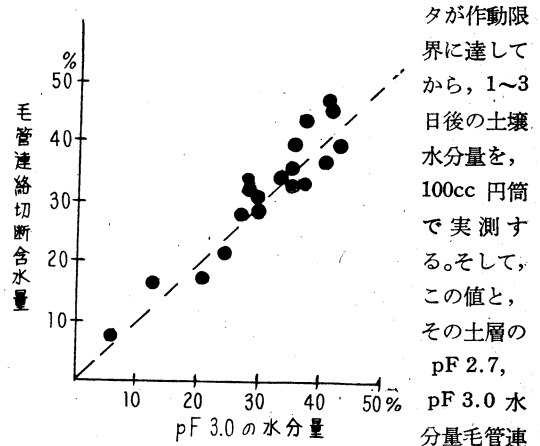


図-5 毛管連絡切断含水量の pF 対応値と比較する。ホ場測定値が、これらの三つの水分量付近であれば、これらの平均量を求め、正常生育阻害水分点として、生長有効水分量の上限界として採用する。ホ場測定値が、これらの値と大きく離れているときは、テンシオメータの作動状況、根群の様相、水分移動の実態、pF-水分曲線などを調査し、その原因を明らかにする。原因が明らかでないとき、またはこのような測定が出来なかったときには、一応、pF 3.0 水分量または毛管連絡切断含水量を正常生育阻害水分点とする。

iii) 土層別水分張力の変動: 現地ホ場で、深さ 10, 20, 30, 40, 50, 70, 90 cm 程度を標準にして、水銀マノメータ付きテンシオメータ (筆者が主に使用しているのは、池田式精密測定用テンシオメータ) を埋設して、土層別の水分張力変動を測定する。これらから、有効土層、制限土層を次のような基準で決定する。

制限土層: 夏季連続干天期にはほぼ 1~3 日前後のずれで水分張力が pF 2.7 をこえる土層を制限土層とする。

有効土層: 制限土層が、pF 2.7 以上に達したとき、水分張力が、pF 2.0 より高くなる深さまでを採用する。

その他、水分張力を、pF-水分曲線から水分量に換算し、乾燥過程 (5 日以上連続干天) における、全消費水量と制限土層の消費水量を求める。なおこれらの測定は、夏季の蒸発散最盛期において行い、直接採土法も併用するとよい。以上の測定結果から、一応、1 回のカン水量 \div 総生長有効水分量は計算で求められ、これには、あくまで正常生育阻害水分点、制限土層の役割等について、仮定的要因を含んでいるので、これらは、すべて他の要因とともに、カン水効果試験によってためさなければならない。

[1965. 2. 1. 受稿]

** これらの、測定方法は、筆者がなるべく不かく乱状態のままの試料で測定するため採用している方法で、もちろん他の測定器具を使用してもよい。

*** A.A.Rodé: 山崎不二 夫 監訳、'土質と水' 第 6 次版会