

# 自分の畑は自分で診断する

これなら分かる「土と肥料」の実践講座

第7回



農業技術コンサルタント「プリティローズ」主幹 関 祐二  
1953年静岡県生まれ。東京農業大学において実際に即した土壌学にふれる。75年より農業を営む。営農を続ける中で、実際の現場に、いかに土壌・肥料の知識が普及していないかを知る。現場の実際に即した農業技術を民間からも普及する必要性を痛感し84年から土壌・肥料を中心とした農業コンサルティングを開始する。  
〒421-03 静岡県榛原郡吉田町川尻304616 ☎0548322758 FAX0548329229

# 土の中の水 PFFを知り、PFFを生かす

## 不得手な乾燥下の水管理

今回は「水」の話です。「節水」の標語が、生活の中に深く入り込んだ今年の夏は、さぞ、水の問題に関心を持たれ、また悩まされたことでしょう。

しかし世界には、たいへんな乾燥気候のなかでも、豊かな農業生産を上げ、農産物の輸出国になつていける国もあります。なかでも、イスラエル農業の節水技術は、大いに学ぶものがあります。

イスラエルの年間雨量は二〇〇mmといえますから、日本の二〇〇mmとは比較になりません。しかも、死海からかんがい水を引いているのですが、この水は高い塩類濃度を示すことで有名です。

最近、我が国の施設園芸に導入され始めた点滴かん水チューブの大半は、このイスラエルで考案されたものです。水の絶対的な不足という乾燥地帯の制約を乗り越えるための、必要性の中から生まれたい技術といえます。

日本人は、このような乾燥条件下での水の動きや、その手綱さばきに関しては、たいへん苦手のようです。難しい表現をすれば、「不飽和の水管理・土壌管理」が

たいへん不得手といえます。

これに対して、「飽和の水管理」、例えば水田の代かきやあぜ塗りなどについては、たいへん得意です。それぞれの作業をどのくらいの水かげんで行えばよいか、経験から身につけた精緻ともいえる技術を私たちは持っています。これは、多雨気候下の民族として当然かもしれせん。

## 孔隙に存在する水

さて、土の数ある機能、例えば塩基の吸着とか交換のような化学的性質も、実は土壌の中に水があることで、はじめて発揮されるのです。水が適量存在しなかつたら、どんなに優秀な土もその機能を出せません。

ですから、水が土の中でどのように存在し、動くのかについて、科学的に正しい知識が必要となります。これは、土の物理性を知るものとして、たいへん大事なことです。

まず、土の中の水はどんなところに存在するかを考えてみましょう。

答から先にいうと、土と土の粒子の間で作られるすき間に、水は存在します。この土の粒子間のすき間のことを、とく

に「孔隙」といいます。

この孔隙には二種類あります。一つは、比較的大きなすき間で、重力に逆らつて水を保持することができないすき間で、これを「粗孔隙」といいます。

もう一つは、この粗孔隙に比べて小さいすき間で、重力に逆らつて水を保持することのできるすき間です。これを「毛管孔隙」といいます。当然、同じ毛管孔隙でも、より小さい孔隙はより強く水を保持することになります。

この二種類の孔隙が存在することを頭において、次に土の中の水を物理的に分類すると三種類になると説明をします。これは、土で考えると分かりにくいので、タオルのような布に水を含ませてみる実験で示してみます。

## 三種類の水ぬれたタオルの実験

まず、水を入れた洗面器に、よく乾いたタオルをひたします。そして、そのタオルをそのまま洗面器からそつと引き上げると、タオルに含まれた水の一部は、重力の作用でポタポタと下に落ちます。

最初は、勢いよく落ちてきますが、時間がたつにつれて、次第に落ちる水の量は減ってきます。そして、重力の作用のみ

では、一滴の水も落ちなくなります。

これが、まず第一段階の変化です。さらに、この状態のタオルから水を取り出そうとすると、外部から別の力を加えてやるほかにありません。この場合、日常生活の中では、私たちは手でしぼっていますね。

最初は、少し力を加えるだけで簡単にしぼれてきます。しかし、段々より大きな力を加えないと水が出てこなくなります。そして最後には、いくら力を加えてしぼろうとしても、一滴の水もしぼれない状態になります。

これが第二段階の変化となります。この状態でも、タオルは湿っています。つまり、まだ水分を含んでいます。この水を取り出すには、もう太陽に乾かすとか、アイロンをかけるなどの方法をとらないと、取り出すことはできません。

つまり、熱を加えて水蒸気にして移動させるしかありません。この一連の変化を図1に示してみます。

この実験で分かったように、物理的に三種類の水があることが分かります。

(1)重力水  
重力の作用のみでポタポタ落ちてきた

図1 ぬれたタオルの水

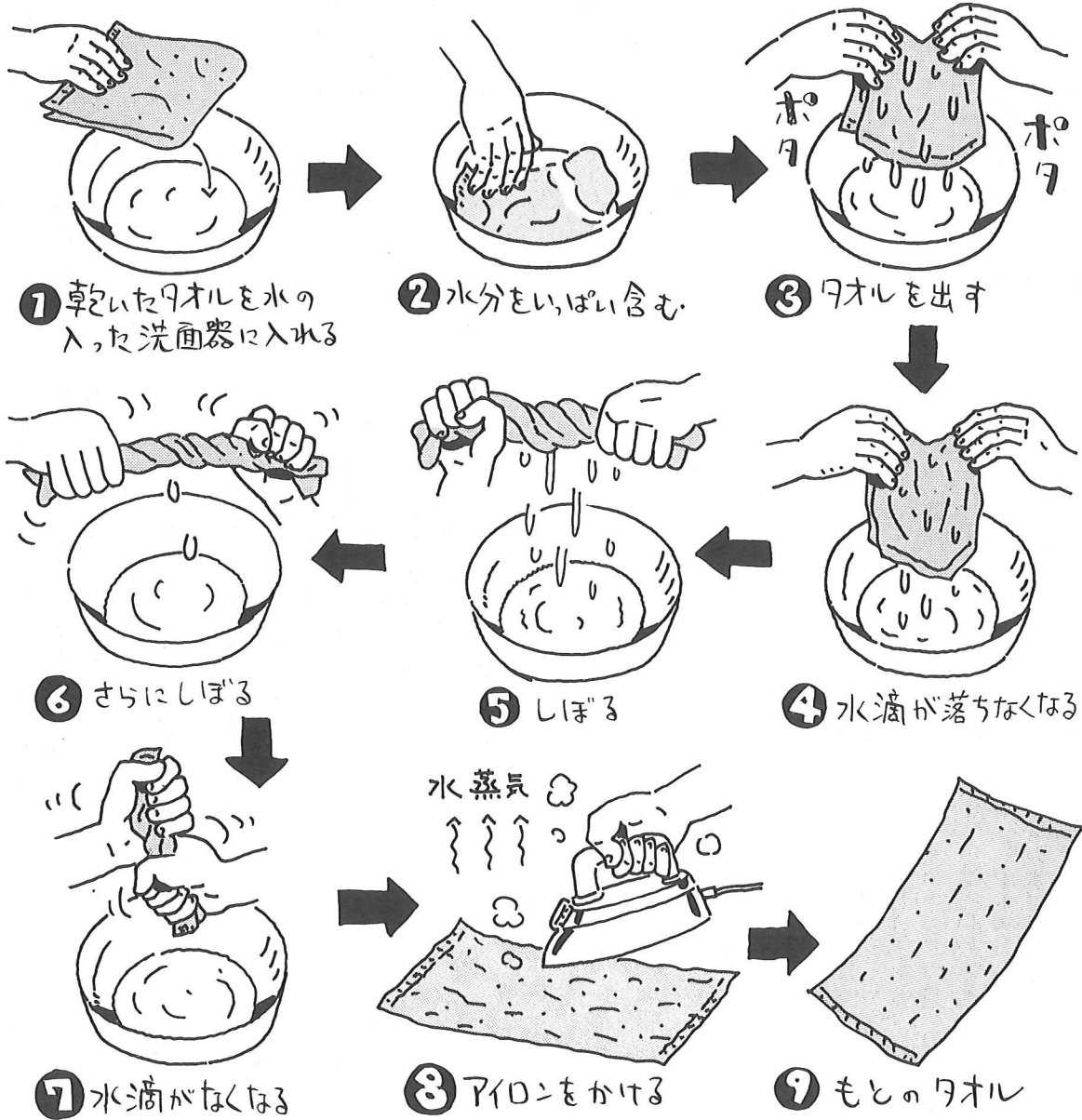
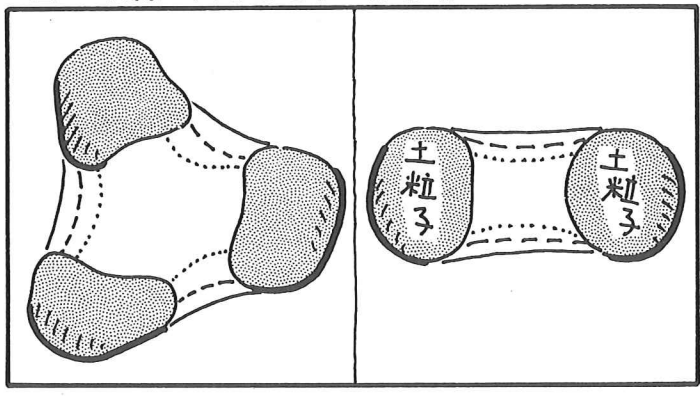


イラスト はやし ひろ

図2 孔隙の大きさと水の分布域



水(図1では③、④)  
 (2)毛管水  
 手でしぼることで出てきた水(同⑤、⑥)  
 (3)結合水  
 熱を加えて水蒸気にしないと出てこない水(同⑧)  
 この三種類の水を分かりやすくタオルの実験例で示しましたが、土に含まれる水でも同様のことがいえます。孔隙の大きさと、三種類の水の分布域の関係を図2に示しておきます。

PFという考え方

孔隙が水を保持している力を表す

次に、この連続する水分変化を、何か簡単な数値で表せないか、ということを考えてみましょう。

土の中の水は、もちろん水分%でも表  
 せません。ところが、この%という単位で  
 は、作物生育との関連までは示すことが  
 できません。  
 そこで、この作物生育との関連性を考  
 えるために、まず粒子間の水が減ってい  
 く様子を詳しく模式的に示してみます  
 (図3)。

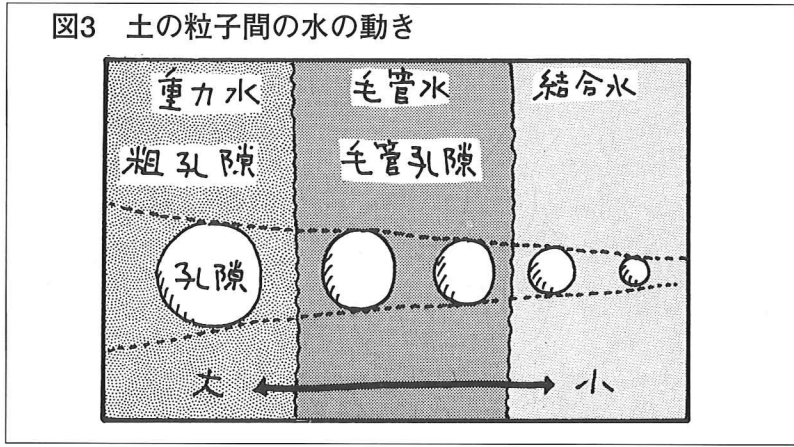


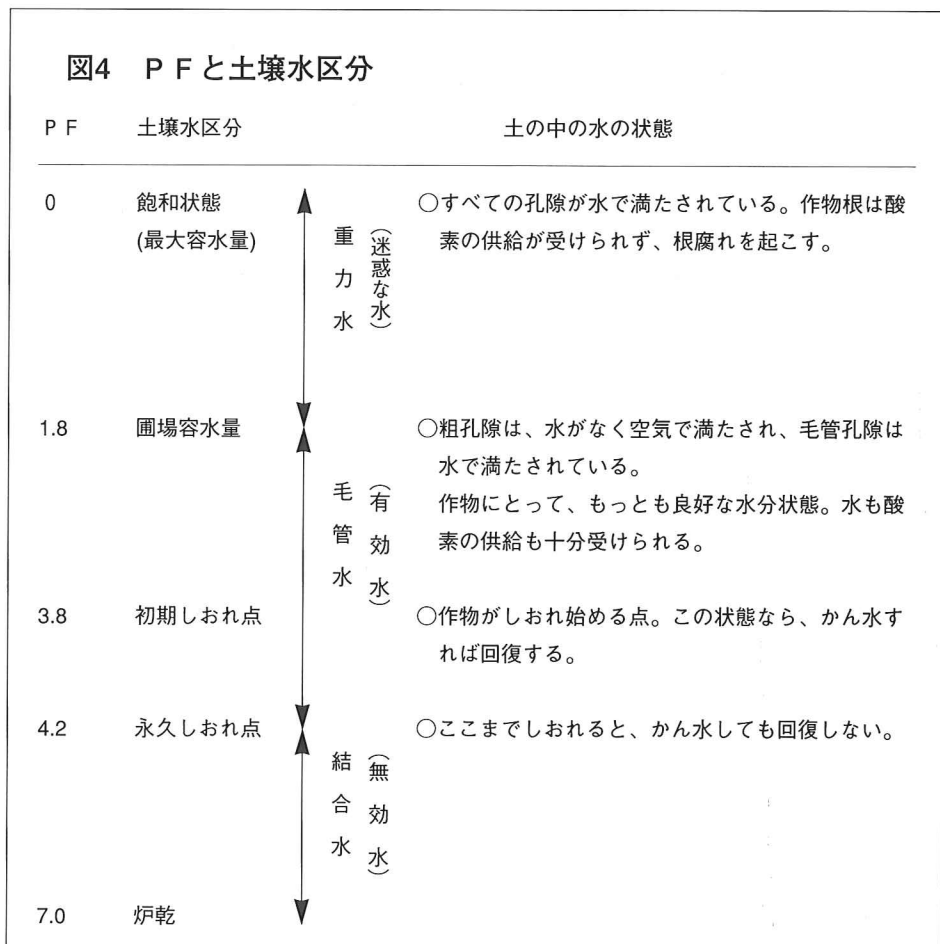
図3 土の粒子間の水の動き

図のように、土壌粒子間、つまり孔隙  
 に含まれる水は凹型に減少していきま  
 す。この場合に生じる圧力を、負圧とい  
 います。私たちが日常、水の圧力と称し  
 ているのは、正圧です。例えば、噴霧機  
 の噴口圧がそうです。それに対して負圧

は噴霧機の吸水部に生じる圧力と考えら  
 ば理解しやすいでしょう。つまり、吸引  
 圧です。  
 一これが分かったら次は、この負圧を数  
 値に置き換えます。まず圧力ですので、  
 水柱の高さ、cmで表してみます。  
 土粒子間のすき間(孔隙)が完全に水  
 で満たされた状態、このときの負圧はゼ  
 ロです。つまり水柱0cmです。そして、  
 土が乾いていくとそれにつれて負圧は高  
 くなっていきます。最高に乾いたとされ  
 る状態の負圧は、水柱一〇〇〇万cmとさ  
 れ、その中間の連続変化はそれぞれ水柱  
 何cmというように表現するわけですが、  
 これでは、たいへんは複雑な数字となっ  
 てしまい、実用性はありません。  
 そこで、対数を使ってこの水柱の高さ  
 を、簡単な数字に置き換えます。

水柱の高さ	対数で表す(P F)
10cm → 10 <sup>1</sup> なので log10 <sup>1</sup> = 1	1
100cm → 10 <sup>2</sup> なので log10 <sup>2</sup> = 2	2
1,000cm → 10 <sup>3</sup> なので log10 <sup>3</sup> = 3	3
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
10,000,000cm → 10 <sup>7</sup> なので log10 <sup>7</sup> = 7	7

図4 P F と土壤水区分



このように水柱の高さcmを、対数を用  
 いて表すと、分かりやすい実用性のある  
 ものに変わります。この対数を用いて、  
 土の中の水の負圧の変化を表したものを  
 P F といいます。

図4に示してみます。

リアルタイムに水分を計る

P Fメーター

このP F値は、作物が変わっても同様  
 です。また土壌が変わっても、P F値が  
 同じなら、同様の意味をもちます。

水分%の考えでは、このような作物栽  
 培上の関連性を持ちえず、参考にはなり  
 ません。それともう一つ、水分%は土を  
 採取して調べないと測定できないという

問題もあります。

車のスピードメーターと同じように、私たちは、土に含まれる水分量(容水量)の、そのときの数値をその場で知りたいのです。この要求に対して、PFはPFメーターという簡単な器具を、測定したい場所に埋設するだけで、そのときのPF値をその場でリアルタイムに知ることができます。

PFメーターの受感部はセラミックでできており、水分は自由に出入りできる仕組みになっています。そして、この筒状の本体に水を満たし、空気が入らないような状態で栓をします。これを土の構造をなるべく壊さないように太いドリル(二〇mmくらいの径)のようなもので所定の深さに穴をあけ、埋設します。

PFメーターには、その埋設するセンサー部を地表から何cmの深さにするかによって、二〇cm、三〇cm、四〇cmというようにいくつかの種類があります。これは、作物根が地表面より何cmくらい下にもしっかり分布しているかによって選定します。通常は二〇cmタイプのもが適切です。

PFメーターを埋設した後、もし筒内に気泡が入っていたら、栓を取り、水をいっぱいに加えてやり直す。

このPFメーターは、いくつかのメーカーから製造販売されていますが、なかでも大起理化学工業のPFメーターは、土の測定機器専門メーカーらしく、現場で使いやすく作られています。メーター先端部もネジ式で交換が可能です。破損しても対応がきき、またメーター部もワントッチで交換できます。そして、埋設用のドリルも別売で用意されています。

ぜひ、自分の圃場に設置して、PFの変化を観察してみてください。とくに施設園芸においては、PFメーターは必需品といえます。かん水作業の自動化と適正化のためには、PFメーターの考え方とそれに基づいたかん水が絶対に必要です。

つまり、PF値がいくつになったら水を与えるのか、その量とタイミングを知るのに、もつとも有効な道具なのです。一般には、PF二・五くらいがかん水開始点とされていますが、砂質土ではPF二・一くらいで開始する方がよいようです。

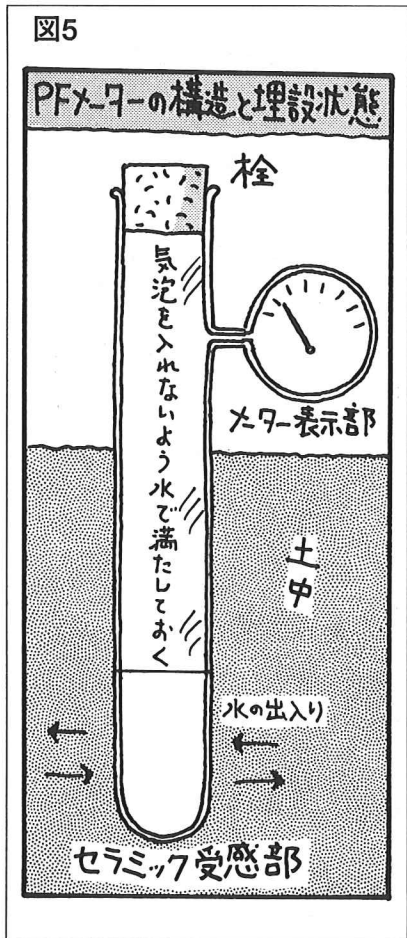
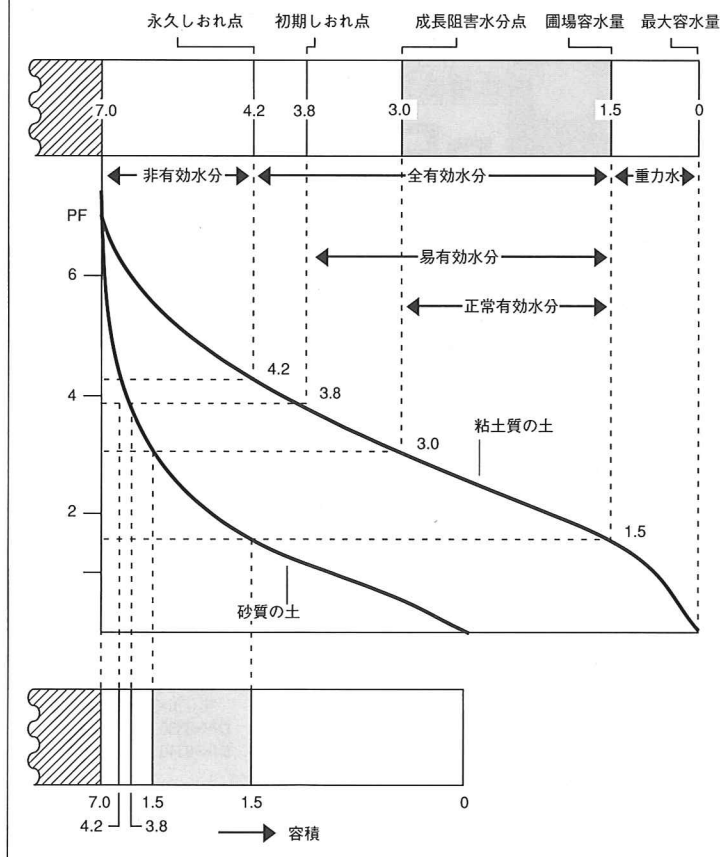


図6 土の中の水分特性曲線



す。そして砂質土ほど、かん水時間を短くして、ひんぱんな水かけをすることに なります。

この理由を図6で示して説明します。図6には、砂質の土と粘質の土の二種類を、その水分特性曲線と帯グラフで表してあります。

まず、帯グラフの長さから、粘質な土に比べて砂質土は、最大容水量が小さいことが分かります。そして、正常有効水分という範囲がたいへん狭いことも砂質土の特徴といえます。また、二本の曲線を比べても、砂質土は、急に立ち上がっていく感じを示しており、かん水のタイミングが遅れると、一気に永久しおれ点にいつてしまうことが分かります。

今回はPFの紹介で終わってしまいました。このPFの概念は、土の耕起方法や排水の取り方、また砕土や鎮圧の作業の際に応用されていくはずですが。

つまり、土の粒子のすき間をいかに管理していくかという点に、水分管理の技術があるわけですが、その点では、PFの考え方は、単にかん水という水管理技術にとどまらず、適正な水分を保つ土壌孔隙を確保するための耕起などの場面でも生かされていくはずですが。

これまで、干ばつや湿害に何度も悩まされ続けてきました。私たちは、土の化学性と同時に物理性を知り、それを積極的に生かしていく方法と技術に、もっと大きな関心を持つ必要がありそうです。