

圧力伝達に毛細管を用いた pFメーター

林業試験場九州支場 堀田 庸

はじめに

土壌の生成機構や土壌の肥沃度・生産力を解明してゆく上で土壌の水湿状態を明らかにすることは重要なポイントである。土壌の水湿状態を測定する方法は数多くあるが、素焼製の多孔質カップを用いた一般にテンションメーター（以下 pFメーターと呼ぶ）と呼ばれている土壌水分張力測定器は直接に水分張力を測定することが出来、土壌の水湿状態を明らかにしてゆく上で有用な測定器具と考えられる。この pFメーターの短所は理論的にも pF 3以上は測定できないという点以外に、土壌水分張力と pFメーターの圧力が平衡になるのに時間がかかる点もあげられている。著者はこの測定上のタイムラグを小さくする方法を考察するとともに、タイムラグを小さくする目的で圧力伝達に毛細管を用いた pFメーターを試作し、そのテストを試みたので報告する。

1. 考え方と実験方法

pFメーターは土壌の水分張力とポーラスカップ内の圧力が平衡になることにより土壌の水分張力を測定する。平衡になるにはポーラスカップと土壌の間で水の移動が必要である。それ故、平衡までの時間を短くするためには水の移動速度を上げること、すなわち、ポーラスカップの透水性能を良くすることとか、ポーラスカップと土壌の接触面積を大きくすることなどが考えられる。一方、ポーラスカップの透水性能と表面積が一定であると仮定した場合、タイムラグを小さくするためには水の移動量を少なくすることが必要であろう。通常、pFメーター内は水で満たされていることと、水は圧力変化による体積変化はないと考えてもよいのでわずかな水の移動(Hgで圧力を測定している場合にはHg柱の上下に見合う体積のみ)ですみ、水の移動量を特に問題にしななければならないという理由はないと考えられる。しかしながら、水には溶存ガスが含まれていることと、蒸気圧があるため pFメーター内の水の容量が異なると水の移動量はかなり異なってくると推測される。特に高 pF 値の場合には水の容量のちがいにより圧力が平衡になるための水の移動量はかなり異なり、タイムラグも異なるであろう。すなわち、水の容

量が大きいと高 pF 値になるにしたがってポーラスカップより流出する水量が多くなることは容易に推測される。このことは一度高 pF 値になった後降雨などにより土壌の水分張力が低下した場合にも、水の容量の大きい pFメーターほど多くの水がポーラスカップ内に流入しななければならないことを示している。さらに、pF 3以上の乾燥状態になった場合、水の容量が大きい pFメーターではポーラスカップ付近の土壌はポーラスカップより流出する水により湿めるため pFメーターは pF 3以下を表示し続けることが起りうると推測される。以上のような点より、pFメーターの水の容量が小さい程 pFメーターと土壌水分張力が平衡になるのは早いと考えられる。

現在一般によく用いられている Hg で圧力を測定する形式の pFメーターはメーター内に生じた気泡を除くため上部に水タンク（エア溜め）を持っている。また、生じた気泡を上部のエア溜めまでスムーズに移動させるためにかなり内径の大きな管でポーラスカップと接続させる必要がある。(図-1参照)このために、pFメーターの水の容量をある限度以下にはできない。

ここでは、pFメーターの水の容量を小さくすることを目的として、ポーラスカップ内の圧力を毛細管にて Hg柱に伝達する pFメーターを試作し、(図-1参照)1, 2の実験を行なった。ここで用いた毛細管は内径 0.5mm のステンレス管である。土壌の深さ80cmにポーラスカップをセットすると仮定すると、毛細管の延長は約2

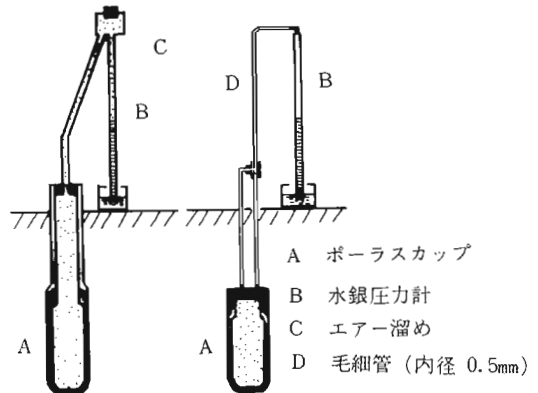


図-1 よく用いられている pFメーターと毛細管を用いた pFメーター

50cmとなり、その容積は約 0.5mℓとなる。また、Hg 柱用のガラス管内径を 1mm とすると両者の容積合計は約 1.2mℓ前後となる。この値は20℃において 100mℓの水に溶存している空気量よりも少ない値である。

この試作した pF メーターを用い、pF メーターの水の容量と pF メーターの応答の速さについて実験を行なった。用いたポーラスカップは径18mm、長さ60mm (日本化学陶業製)、水の容量は15~ 120mℓまで6段階である。実験1は風乾土壌に各 pF メーターをセットし、pF メーターに表示される水分張力の変化を見た。実験2は土壌を十分に湿めさせた後、各 pF メーターをセットし、土壌が乾燥してゆく過程の中で各 pF メーターが表示する水分張力を見た。この場合には適時 (2回) pF メーターを再セットし、それぞれの水分張力の表示の変化を見た。実験1, 2とも約10ℓ容のポリバケツに供試土壌を入れ室内にて行なった。

2. 実験結果と考察

実験1における pF メーターの表示した水分張力の変化を図-2に示す。また、水の容量と表示した水分張力の関係 (pF メーターの応答速度の速さを見ることができると考えられる)を図-3に示す。実験2における同じ関係を図-4, 5に示す。図-2より判明するように pF メーターを風乾土にセットしても直ちには水切れを起さない。これは、風乾土壌であるため水の移動速度が非常に小さく、ポーラスカップ内の水がなかなか流出しないためと思われる。水の容量と表示する水分張力の関係を見ると、変動はあるが容量が大きくなると表示する水分張力が低くなる傾向がみられるようである。実験2の結果よりこの毛細管を用いた pF メーターの応答速度を推定すると、pF 2.4付近では約10時間、pF 2.8付近では約48時間のタイムラグがあるようである。水の容量と表示する水分張力の関係を見ると、実験1と同様に容量が大きくなる程低い水分張力を表示する傾向が見られ、水の容量が大きいと応答速度がおそくなる、タイムラグが大きくなることがうかがわれる。実験2の場合、水の容量が15mℓのものより28mℓのものの方が高い水分張力を表示する (応答速度が速い) という結果が見られるが、この原因の1つには高 pF になるにたがってポーラスカップより水が流出するため、水の容量が少なくとカップ内の水量が不十分となり透水速度が低下することがあげられるであろう。

pF メーターの応答速度・タイムラグは土壌の物理性によっても左右されるので、圧力伝達に毛細管を用いた方法がよいかどうかはさらに検討をする必要があるであろう。しかしながら、pF メーターの水の容量が大きいと表示する水分張力が低くなる、応答速度がおそい傾向が見られたので今後 pF メーターを製作する上で水の容量も考慮に入れる必要があると考える。

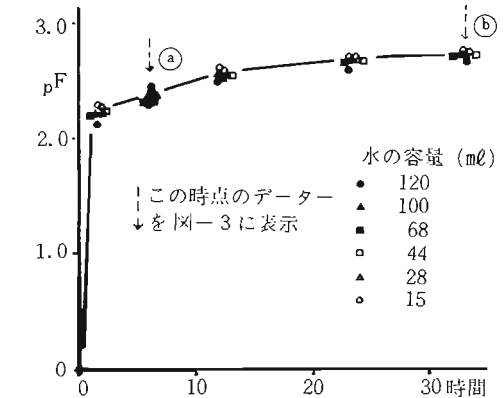


図-2 各 pF メーターが表示した水分張力の変化 (風乾土壌にセット)

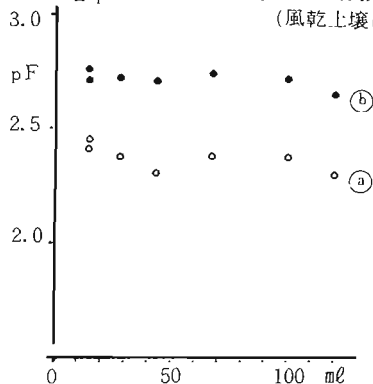


図-3 pF メーターの水の容量と表示した水分張力 (図-2の破線印の時点のデータを表示)

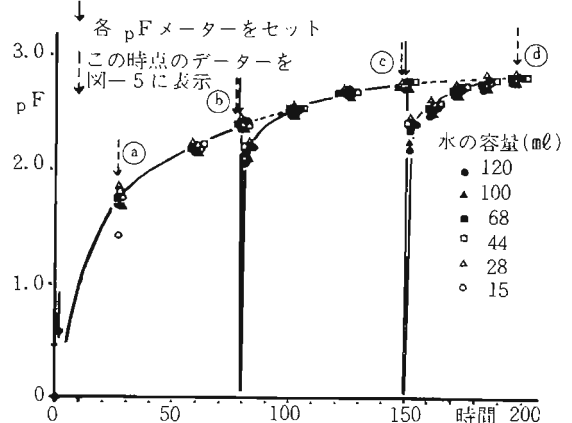


図-4 各 pF メーターが表示した水分張力の変化 (湿った状態にセット)

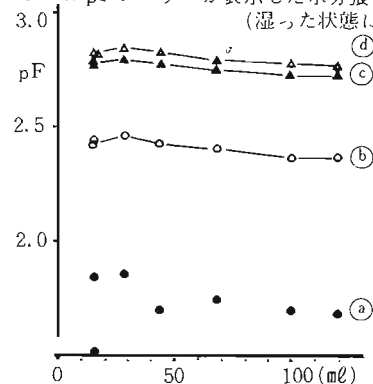


図-5 pF メーターの水の容量と表示した水分張力 (図-4の破線印の時点のデータを表示)