

pF 吸引法装置の改良について (I)

徳 永 光 一*・古 賀 潔*

On the Improvement of Suction Plate Apparatus for Measuring Matric Suction

Koichi TOKUNAGA, Kiyoshi KOGA

Faculty of Agriculture, Iwate University

Summary This report is a study on the improvement of the filter which is in contact with the soil sample in suction plate apparatus. Good permeability and high babble point are desirable for this filter.¹⁾

These two properties are satisfied when the membrane filters are applied for the suction method. The membrane filters are used for the filtering of microbe, micro particles and others. These membranes are made of cellulose derivative or other plastics.

The results of experiments are as follows.

(1) The membrane filters laid on glass filter (G2) have permeability of 10^{-3} cm/sec order. (2) The babble point is approximately pF 2.8. (3) Obviously it is recognized that drainage speed of soil water through membrane filter is greater than that of the glass filter (G4) or the gypsum filter (Fig. 2, 3)

The most important merit of this membrane filter application is the matric suction experiment being carried out speedy by one filter from low suction to high.

1. はじめに

吸引法装置の改良について、筆者の一人は本誌第4号¹⁾において総括的論議を行った。しかし、そこで問題点の一つとして指摘したフィルターの精能については、当時の状況では十分な改良を得られずにいた。試料土に接触して吸引圧を伝えるフィルターには、高 pF までの通気耐圧(フィルターを通し外気が連続的に透過する吸引圧)と良好な透水性が必要である。現実にはこの両者が背反するので、²⁾「良いフィルターがないか」という研究者の声になる。

本稿では近年、微生物、微粒子ろ過などのために、広く研究用から工業用まで用いられつゝあるメンブランフィルターに着目し、これを吸引法装置のフィルターとして利用する実験を行ったので報告する。

前記の文献においても、メンブランフィルターの可能性を検討しておいたが、当時のメンブランはその機械的強度がきわめて低く、損傷しやすく実用化に至らなかった。本報告で用いたメンブランも、後述するように破損しやすいが、それでも昔日の比ではなく、孔径なども多種多様で、国産製も豊富になっている。

2. 装置の改良の要点

(1) メンブランフィルターについて

厚さ0.12~0.15mmのプラスチックの膜である。メーカーにより材質が異なるが、各種セルローズ誘導体、ナイロン、テフロンなどが用いられている。非常に均一な微細孔径をもつ多孔質膜で、孔隙量は60~80%に達する。平均孔径は用途に応じ、0.025~14 ミクロンの各種がある。筆者らが用いたメンブランは、国産2社(A, B)と外国製1社(C)の3種であり、その孔径は1.0~1.2 ミクロン、膜寸法は直径 90~100ミリ、材質はセルローズ系の標準品質のものである。

これら使用したメンブランのカタログからバブルポイント(通気耐圧に相当する)の圧力を見ると 0.8~0.95 kg/cm² で、pF 値に換算すると 2.9 以上である。同じくカタログに示されたメンブランの透水能力は 70cmHg の差圧、25°C の条件で 270~300 cc/min・cm² である。この透水能力を図1に示す吸引法装置により調べるとグラスフィルターのG3に相当する。透水係数を測定すると表1に示すようにメンブランそのものは 10^{-5} cm/sec 級であるが、前記のように膜厚が0.15ミリと薄いことが大きな透水能力を示す所以であろう。メンブランは薄く破れやすいため、これを支えるベースが必要であり、筆者らはG2グラスフィルターをベースとした。両者を一体と

* 岩手大学農学部

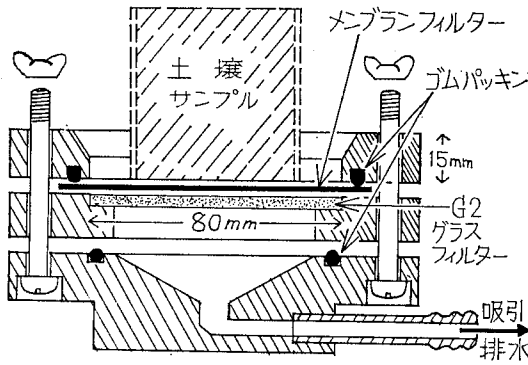


図1 pF吸引装置 (フィルターホルダー部)

表1 フィルターの透水係数及び通気耐圧試験結果

フィルターの種類	厚さ (mm)	透水係数 (cm/sec)	通気耐圧**
石膏フィルター	4	4.8×10^{-7}	2.83
G 4 グラスフィルター	5	2.0×10^{-4}	2.15
G 3 グラスフィルター	6	6.2×10^{-3}	1.75
G 2 グラスフィルター	6	1.7×10^{-2}	1.47
G 2 + メンブラン A	6.1	2.5×10^{-3}	2.90
G 2 + メンブラン B	6.2	2.0×10^{-3}	2.88
G 2 + メンブラン C	6.1	2.4×10^{-3}	2.87
メンブラン A	0.14	6.7×10^{-5} *	
メンブラン B	0.15	5.5×10^{-5} *	
メンブラン C	0.14	6.3×10^{-5} *	

* $\bar{k} = (l_1 + l_2) / \left(\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} \right)$ より計算

** 吸引圧 (cmH₂O) の常用対数で表示

見なした透水係数は 10^{-3} cm/sec 級であり、G 4 グラスフィルターの 10^{-4} cm/sec 級よりも 1 桁大きい。

従来のフィルターは低 pF 領域 (およそ pF 2.0 以下) では G 4 グラスフィルター、高 pF 領域 (pF 2.0 ~ 2.8) では石膏や素焼板フィルターが用いられていた。しかし上記のメンブランフィルターは低 pF から高 pF まで一貫して使用され得る可能性があり、その透水能力も G 4 グラスフィルター以上に改善される予想をもったので、次のような吸引法装置を試作した。

(2) 改良装置

図1のように、透明アクリル円盤3枚を重ねて組立てるフィルターホルダーである。メンブランとガラスフィルターは交換可能なようにパッキンを介して円盤に挟み

こむ。

このホルダーに対する吸引負荷装置、量水装置などは従来のものを用いた。

3. 実験結果

(1) メンブランの通気耐圧

図1のホルダーに前記したA, B, Cのメンブランをセットし、試料土は乗せずメンブランを大気に露出したまま、負荷圧を次第に増大させ通気耐圧のテストを行った。負荷圧は一吸引圧に対し約15分間作用した。通気の判定はガラスフィルター底面中央部から、連続的に小気泡が流入する状態をもってした。

初めメンブラン周辺の円盤に対する密着が不十分のため、パッキンを締めつけてもこまからの空気もそれが生じた。そこで、真空グリスを円盤に塗布してからメンブランを貼りつけるようにして組立てた結果、問題は解決した。

こまでメンブランは薄いので裂けたり破れたりしやすい。使用したものの中では、A社の製品が腰が強く取扱いが楽であった。

こうして、メンブランの通気耐圧をテストした結果は表1に示すとおり、水柱負圧で650~800cmであり、70cm台のものが多かった。この点ではA, B, Cとも差が認められなかった。したがって、以上の実験からは pF 2.8 以上の通気耐圧を有するものと見られた。

しかし、およそ pF 2.5 以上の負圧を数時間もかけると、メンブランフィルターはホルダー内に気泡を発生し成長が始る。この原因を追求した結果、G 2 グラスフィルター表面の凹凸にしたがってメンブランも凹凸となり、長時間後には次第に白点状の引張り劣化現象が全面に生ずる。この現象を防止するため、図1のメンブランとガラスフィルターの間にもろ紙1枚を挟んだ。ろ紙の直径はガラスフィルターと同一寸法である。その結果、この現象は解消し長時間放置しても気泡の発生は、ほとんど見られなくなった。以後、高pFを長時間かける場合はろ紙を挟むことにしたが、本稿に示した諸実験値には、ろ紙は使われていない。

(2) G 4 フィルターとの比較

図2に示す実験は、岩手県一方井地区内の同一採土地点からとった3個の火山灰ローム不攪乱土を、3連同時に測定した脱水曲線である。土の間隙状態が類似していると思われる(イ)と(ロ)の試料を比較すると、明らかにメンブランを使った(イ)の方が脱水が速い。(イ)、(ロ)それぞれの終局脱水量に対して、96%脱水時間は(イ)1時間20分、(ロ)3時間20分、98%では(イ)2時間30分、(ロ)4時間50分である。

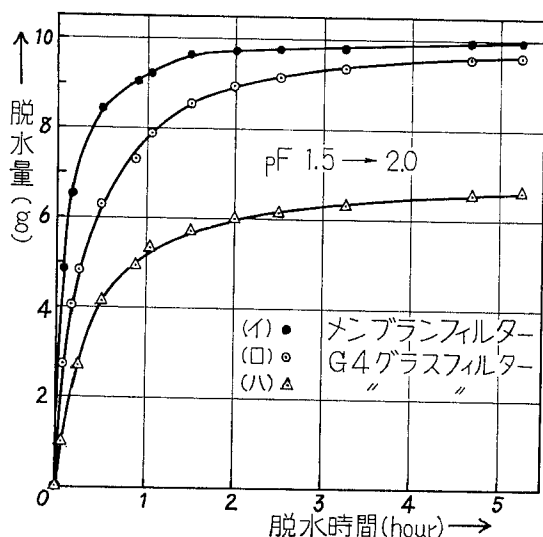


図2 火山灰ローム土の脱水量時間曲線

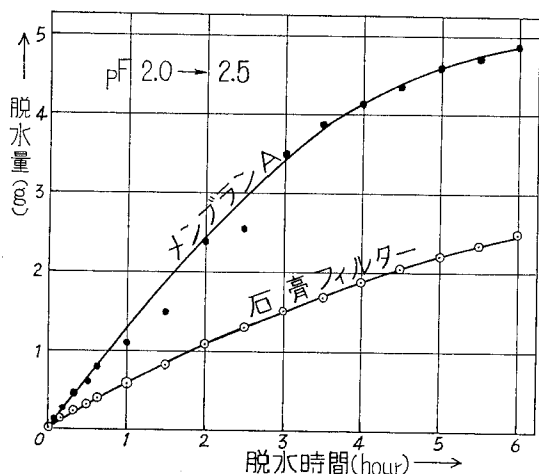


図3 火山灰ローム土の脱水量時間曲線

(3) 石膏フィルターとの比較

図3は図2と同じ火山灰ローム試料についての脱水曲線であるが、同一個体試料をメンブランで測定後に真空飽和し、再び石膏フィルター上で pF 2.0から2.5に脱水した曲線である。G 4 フィルターは pF 2.2 で通気耐圧に達したので、石膏フィルターに切換えたわけである。

この石膏フィルターは表1に示すように 10^{-7} cm/sec 級の透水係数で、厚さ4ミリ、通気耐圧は pF 2.8である。

6時間で観測を打切ったが、両フィルターの差は、ここでも明らかである。6時間目の脱水量は 4.9ccと 2.5ccで、メンブランが約2倍である。曲線の勾配低下も前者の方が早く始まっている。

4. まとめ

プラスチック・メンブランフィルターを筆者らの研究室で使い始めてから、まだ日が浅い。したがって、今後さらにデータを集積して第II報を報告する予定である。

しかし、上述したように、従来のフィルターに比べれば、かなり精能がアップされるようである。

今までの使用状況から判断すると、このメンブランは一度ホルダーからはずせば、パッキンの直下部などが弱っており、1~2回の使用が限度であろう。時価で1枚400円くらいであるから、安価ではないが、従来のフィルターは紙で保護しても反復使用しているうちに目詰まりを起して、透水性が劣化する。使い捨てのメンブランは常に新品を用いるから、精能の低下が無いという利点がある。また、何よりのメリットは、低 pF から高 pF まで G 4 フィルター以上の透水能力で、一貫して測定できることである。さらに pF 2.8前後を遠心法で無理する必要も解除されるし、逆に遠心法の領域である pF 3.0 を吸引法により、外挿して求めることも可能となる。

本報告を作成するにあたって、本学の学生高橋嘉雄、猿田春一、三瓶昭弘、高橋寿、十枝内秀明、門間哲夫の諸君の協力を得た。記して、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 石川武男, 徳永光一, 月館光三 土壌水分吸引測定装置の改良について, 土壌の物理性第4号 (1961)