



Title	苫小牧シルトの不飽和透水係数の測定
Author(s)	福田, 正己; FUKUDA, Masami
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 193-195
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18406
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p193-195.pdf



苫小牧シルトの不飽和透水係数の測定*

福田 正 己

(低温科学研究所)

(昭和54年10月受理)

凍上過程で、未凍結層中を水が移動する場合に、土の水分条件はかならずしも飽和となっていない。苫小牧における凍上観測においても、水位がかなり低くなり、凍結面との深さが1 m以上となっても、凍上が進行することが知られている¹⁾。すなわち不飽和状態で、水は凍結面へ移動している。凍上過程での水と熱の流れを考える場合、水流については土中の水分張力分布と不飽和透水係数が、重要な因子である。水分張力分布は、テンションメーターによる実測がなされている²⁾。もう一方の重要な性質である不飽和透水係数を、苫小牧シルトを用いて測定によって得た。また、この透水係数を、土中水の毛管ポテンシャルの関数として表わす実験式を得た。

Klute³⁾によれば、飽和及び不飽和の透水係数は、土壌の間隙の構造、及び水の間隙の充てん度に依存する。間隙の構造はさらに間隙の量、大きさ、屈曲度といった因子で決まる。水が不飽和になるにつれて、まずはじめに大きな間隙中の水が排出される。それは、大きな間隙程、水の毛管ポテンシャルが小さく、土-水の保持力が小さいからである。水の流れる経路も入りこんで、屈曲度が増加してくる。その結果として、一定の水頭勾配では、単位時間の流量は、不飽和透水係数の減少に応じて少なくなる。水の流れる経路が残されている状態までの不飽和状態を、一様不飽和と呼ぶ。Richards⁴⁾は、こうした一様不飽和では、土の全体を通じての水の経路が残されていれば、土中の2点間の水頭ポテンシャル差があれば、間隙水はポテンシャル勾配に従って流動するとした。これは飽和水流におけるダルシー則を、不飽和領域に拡張したことを意味する。この場合、透水係数は飽和状態では一定であるのと異なり、間隙水の毛管ポテンシャルの関数、あるいは体積含水率の関数となる。これを連続式で示せば次式のようになる。

$$Q = -K(\psi) \nabla H$$

Q : 流 量

H : 水頭ポテンシャル

$K(\psi)$: 不飽和透水係数毛管ポテンシャルの関数

以上の考え方に従って、不飽和透水係数を室内実験で得る装置を作成した。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2165号

第1図に測定装置の概要を示す。直径7.51 cm、高さ15 cmの亚克力円筒を試料容器とした。円筒の外側に、さらに大きい円筒を取り付けて二重円筒とする。内側円筒には、孔径1 mmの細孔を多数あけておく。二重円筒間の空隙に空気圧(正圧)を加えると、細孔を通じて、土試料の間隙空気部分に圧力が伝えられる。加えた圧力下で、土粒子がささえきれない水は、下方端のポーラスプレートを通じて排出される。土中の空気は、上下両端のポーラスプレートを通じて流出することはない。使用したポーラスプレートでは、空気流入限界圧力は、5気圧差であった。

適時経過後、土中水は、加えた圧力と平衡の間隙水圧*を示す。上端は、マリオット管に接続されている。従って試料の上下端の高さに応じた重力ポテンシャル差が生じて、水が土試料を通過して流下する。このときの流出量を、下方端でビュレットで測定する。

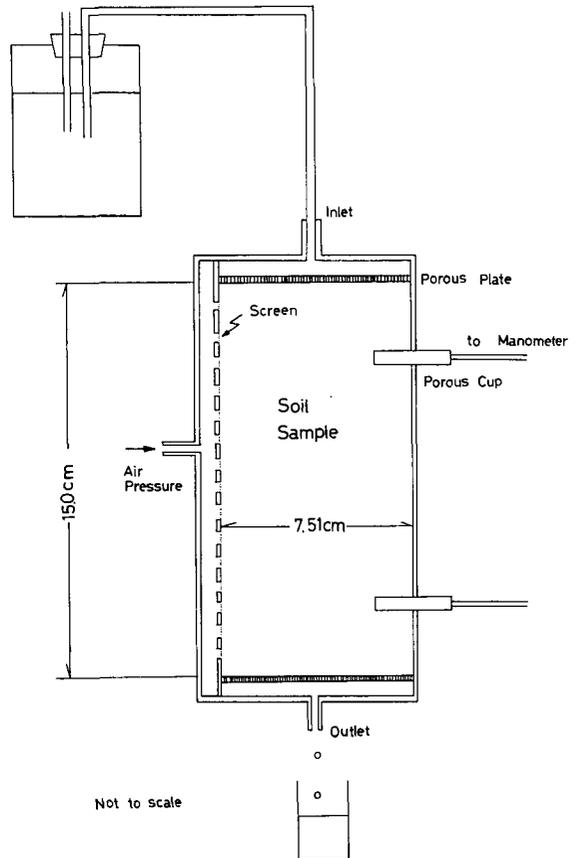
上下端から各々2.5 cm離れた位置にポーラスカップを挿入しておく。このポーラスカップの直径は1 cmで長さ2 cmである。また空気流入限界圧力は、3気圧であった。10 cmの間隔で測定される間隙水圧差を、ポーラスカップに接いだ水銀柱から読みとる。土試料内部の間隙水圧分布が平衡に達すると、2点間の水頭圧差は10 cmとなる。このときの ΔT 時間に流出した量を Q_i とする。ポーラスプレートの断面積を A とし、2点のテンションメーターによる間隙水圧を ψ_u, ψ_l とすれば、次式から不飽和透水係数が得られる。

$$K \left(\frac{\psi_u + \psi_l}{2} \right) = Q_i / A \Delta T \cdot L / \psi_u - \psi_l$$

L : 2点間の距離

従来の測定例では、試料長を5 cm程度としていた。上下端のポーラスプレートの直径を大きくすることで、流出量を増加させて、流量の読み取り端度を良くする。試料長を短くすると、加えた圧力に対して平衡に達する時間を短縮できるが、平均間隙水圧の読み取り精度が低

* 不飽和状態では負圧となっている、これを毛管ポテンシャルと規定することもある。



第1図 不飽和透水係数測定装置の概要図

下する。今回は、これらの点を考慮して、ポラスプレート直径を7.51 cmと従来の事例よりも50%大きいものを用い、また試料長も15 cmとした。空気圧を1回あたり2 cm Hg ずつ増加させた場合、間隙水圧分布が平衡状態を示し、流出量が一定となるのに約20日を要した。飽和からPF 2.6までの測定には、約11カ月を要した。測定結果を第2図に示す。

不飽和透水係数を毛管ポテンシャルの関数で表わす実験式として、次の式を得た。

$$-\log_{10}(K) = A + B/\psi$$

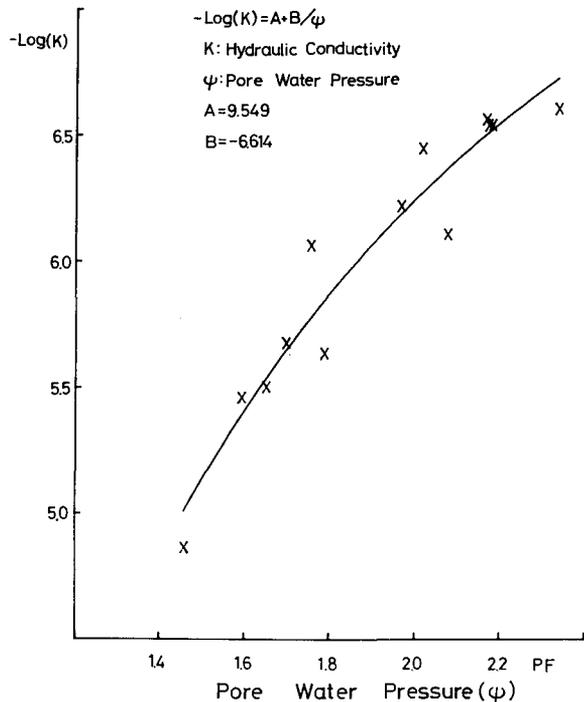
K : 不飽和透水係数 (cm/sec)

ψ : 毛管ポテンシャル (PF)

A, B : 係数

Richards⁴⁾ は $K = \frac{a}{b + \psi^m}$ の型の実験式を提案している。

不飽和状態での、土中の水の流れをRichardsによる拡張されたダルシー則に適用した。その原理に従った測定装置を作成し、苫小牧シルトの不飽和透水係数を測定した。この透水係数を、間隙水の毛管ポテンシャルの関数として表わす実験式を得た。今後の問題として、この実験式とRichardsらの提案式との相違点が何によるのかを検討する予定である。また、テンションメーターの読み取りを水銀柱から、圧力変換器による方法に変えて、より高精度の測定法についても、今後開発する予定である。



第2図 苫小牧シルトの不飽和透水係数と毛管ポテンシャルの関係

文 献

- 1) 木下誠一・鈴木義男・堀口 薫・福田正己・井上正則・武田一夫 1977 苫小牧における凍上観測 (昭和51~52年冬期) 一初期地下水位の影響. 低温科学, 物理篇, **35**, 307-319.
- 2) 武田一夫・鈴木義男 1977 土の凍結時の未凍結土中の水分移動. 低温科学, 物理篇, **35**, 287-293.
- 3) Klute, A. 1965 Laboratory measurement of hydraulic conductivity of unsaturated soil. In Methods of Soil Analyses (Black, C. A. ed.) Amer. Soc. Agronomy, 253-261.
- 4) Richards, L. A. 1949 Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci., **68**, 95-112.