

大型透水試験器による森林土壌の透水係数の測定(1)

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	太田, 猛彦 片桐, 真
巻/号	70巻8号
掲載ページ	p. 367-370
発行年月	1988年8月

短 報

大型透水試験器による森林土壌の透水係数の測定 (I)*

太田猛彦**・片桐 真**

I. はじめに

土壌中の雨水の移動を把握するためには土壌の透水係数を知る必要がある。現在、飽和透水係数の測定は、一般には 100 cc、森林土壌では 400 cc の採土円筒を用いて行われている (土の理工学性実験ガイド編集委員会, 1983; 真下育久, 1960)。森林土壌には、巨大孔隙、大孔隙、中孔隙、小孔隙、細孔隙といったさまざまな大きさの孔隙が存在する (竹下敬司, 1984) が、通常、巨大孔隙の分布は一様ではない。また、100 cc あるいは 400 cc の採土円筒で採土する場合、どうしても巨大孔隙や礫を避けて採土する傾向がある。そのため、測定された透水係数の値はばらつきがちであり、一定の深さの与えられた面を代表する透水係数の値を求めることは意外に困難である。

そこで本研究では、一般に用いられているものより大きい採土円筒を試作することにより、巨大孔隙をも含んだ、より代表性のある透水係数の値を測定する方法を検討した。

しかし、採土円筒を大きくすると、採土や測定に手間がかかるという欠点が生じる。そこで、どの程度の大きさの採土円筒を用いるのが、先に述べたような測定値の代表性と採土・測定の容易さの両面からみて適当であるかを中心に検討した。

II. 試験器の試作

前述した目的に沿って新たに 3 種類の大型定水位透水試験器を試作した。試作した試験器の構造は、図-1 に示すとおりである。また、表-1 は、従来の試験器および試作した試験器で用いられる採土円筒の寸法を示したものである。A, B は、それぞれ現在用いられている 100 cc および 400 cc の採土円筒であり、C, D, E は新たに試作した採土円筒 (直径の小さい順に C, D, E とする) である。

III. 試験方法

採土地として、東京農工大学付属波丘地利用実験施設内の平均傾斜 20° の北向き林地 (スギ, 28 年生) 斜面下部に、同じ深度ではほぼ一定の土壌物理条件をもつと思われる広さ約 6 m² の採土区画を設定した。採土はこの区画内で、地表面より 20 cm, 40 cm および 70 cm の各深度で、A, B ではそれぞれ 10 個ずつ、C, D, E ではそれぞれ 7 個 (深度 20 cm および 40 cm) あるいは 5 個 (深度 70 cm) ずつランダムに採土した。

透水係数の測定は、従来の飽和定水位透水試験法に準じて行った。ただし A については、飽和変水位透水試験も行った (土の理工学性実験ガイド編集委員会, 1983)。

また比較のため、市販の石英砂 (粒径 0.25 mm, 比重 2.7) を水中でそれぞれの円筒に密につめたものを用いて、同様に透水係数を測定し、採土円筒の大きさが透水係数の値やそのばらつきにどのように影響するかを調べた。

IV. 測定結果

まず石英砂による透水係数の測定結果を図-2 に示す。すべての値が、 2.98×10^{-3} cm/s から 4.58×10^{-3} cm/s の間にあり、平均値、値のばらつきともに採土円筒の大きさに無関係にほぼ一定である。

次に図-3 は、各深度ごとに、採土円筒の大きさ別に、測定されたすべての透水係数の値をプロットしたものである。これによると、どの深度でも A および B の値のばらつきは C, D, E に比べてかなり大きくなっている。そこで、透水係数の値の対数をとって、その標準偏差を求めたものが図-4 である。各深度とも標準偏差は明らかに円筒が大きくなるほど小さくなるが、C, D, E では A, B に比べて大差はない。

一方、透水係数の平均値をとった図-5 をみると、A を除いて深さによる透水係数の差はほとんどなく、 2×10^{-2} cm/s 前後の値である。そして、A では深くなるほ

* Takehiko OHTA and Makoto KATAGIRI: Measurement of the saturated hydraulic conductivity of forest soil with a large-scale sampler (I)

** 東京農工大学農学部 Fac. of Agric., Tokyo Univ. of Agric. and Technol., Fuchu, Tokyo 183

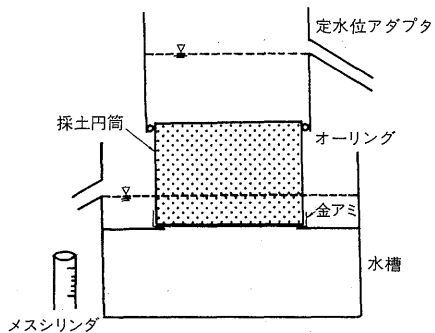


図-1. 試作した定水位透水試験器の構造

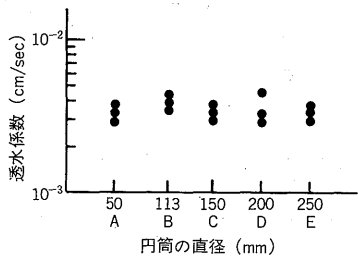


図-2. 透水係数の測定結果 (石英砂)

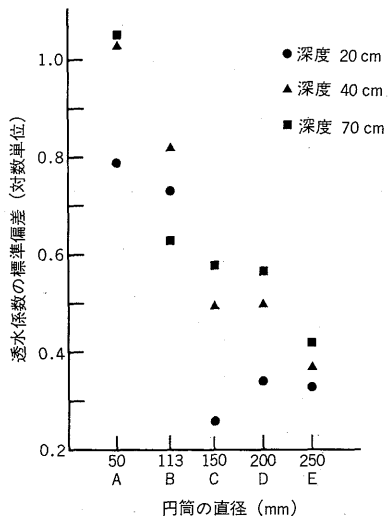
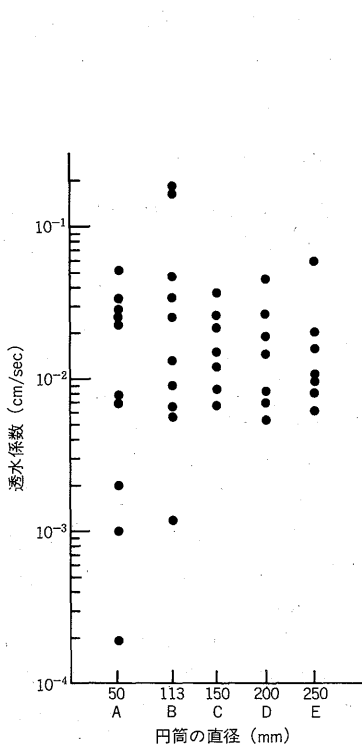
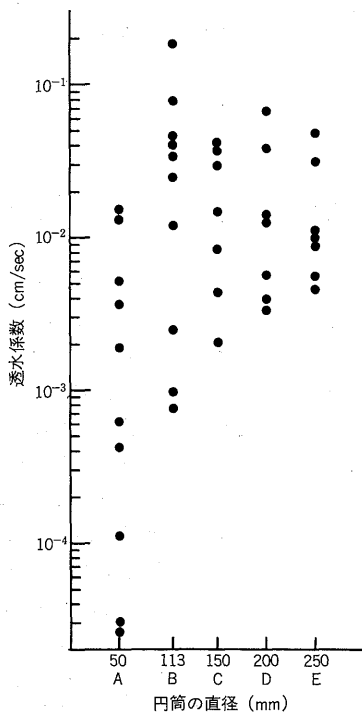


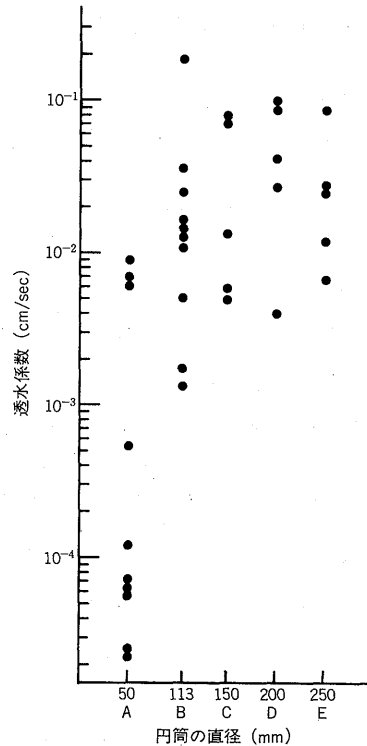
図-4. 透水係数の標準偏差 (透水係数 (cm/s) の常用対数について計算した値)



(a) 深度 20 cm



(b) 深度 40 cm



(c) 深度 70 cm

図-3. 透水係数の測定結果

ど透水係数は明らかに小さくなっている。その結果、深さ別にみれば、深度 20 cm では円筒の大きさに関係なくほぼ一定値であるが、40 cm, 70 cm では A のみ極端に値が小さい。

なお、採土に要する時間は根系の発達状態、礫の有無などによりかなり異なるが、平均的には A, B では約 1.5 時間、C では約 2 時間、D, E では約 2.5 時間程度であった。さらに透水係数測定時間は試験の種類にかかわらずほとんど同じである。

V. 考 察

まず、同一の採土面内で得られた測定値について考察する。

1) 石英砂による測定では採土円筒の大きさに無

表-1. 採土円筒の諸元

円筒の種類	円筒の直径 (mm)	円筒の厚さ (mm)	円筒の容量 (cc)	水頭差 (mm)
A	50	51	100	86
B	113	40	407	55
C	150	70	1,237	87
D	200	100	3,142	117
E	250	150	7,363	167

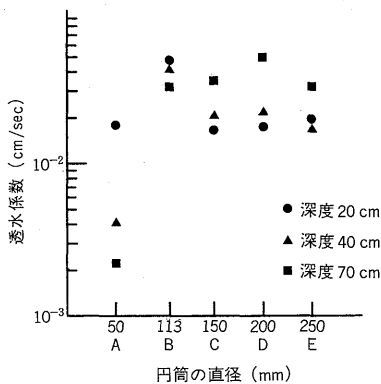


図-5. 透水係数の平均値

関係に、ほぼ一定の透水係数が得られているから、円筒の径が小さい A の測定値がばらつくのは森林土壌の孔隙構成が採土位置によって非常に異なるためである。さらに、A では巨大孔隙が含まれにくい傾向があるものの、これを含まるか否かによって、当然、透水係数の値は大きくばらつく。

2) B, C, D, E と直径が大きくなるにつれて、採土位置による孔隙構成の違いが平均化されるとともに、たいいていの場合巨大孔隙を含むようになり、透水係数の値は安定する (表-2)。しかし、B では円筒の厚さが 40 mm と最も薄いため、含んだ巨大孔隙が採土円筒の上面から下面へ貫通すると、透水係数は大きな値を示す。そのため、巨大孔隙が貫通している試料と、まったく巨大孔隙を含まない試料との間で透水係数に大きな差が生じる。よって、透水係数の値のばらつきはまだかなり大きい。

3) C, D, E については、円筒の厚さが B に比べ大きくなっているため、巨大孔隙を含んでも、それが試料を貫通するとは限らない。結局、B のように透水係数が大きくばらつかず、全体として、安定した値が得られるようである。

4) 平均値についても巨大孔隙を含むか否かが非常に重要である。A による通常の測定では巨大孔隙を避けて採土が行われる傾向が強い。このため、一般的にいえば、同深度では A による測定値は他に比べて小さくなる傾向がある。したがって、この平均値を、ある程度の広がりをもつ与えられた面を代表する透水係数とすることには問題がある。なお、B での平均値がやや大きい値を示すのは円筒の厚さが関係しているようである。

次に、この採土区画において測定された透水係数 (円筒の種類別の平均値) の深さ方向の変化傾向について考察する。

5) すでに述べたように、A では円筒の径が小さいので巨大孔隙をあまり含まない (表-2)。そのため、

表-2. 巨大孔隙の存在状況

試験器	20 cm		40 cm		70 cm	
	孔隙数	試料を貫通した孔隙	孔隙数	試料を貫通した孔隙	孔隙数	試料を貫通した孔隙
A	0	0	0	0	1	0
B	6	1	3	0	2	1
C	4	0	6	0	2	1
D	7	0	5	0	3	1
E	3	0	5	1	3	1

直径約 5 mm 以上のもの

大・中孔隙の量が透水係数に大きく影響する。森林土壌ではこれら大・中孔隙は表層に多く、下層に少ないことがわかっている。そのため、大・中孔隙の多い20 cmの深さでは、透水係数は大きな値を示し、深くなるにつれ大・中孔隙の割合が減少していくため、順次小さな値を示すようになって考えられる。

6) 一方、B以下では巨大孔隙を含んだ透水係数が測定されることが多い。筆者らは最初、この場合もAと同様に深さ方向に透水係数は減少するものと推測していた。しかし、観察によれば、巨大孔隙は深くなるにつれて鉛直方向に連続しやすくなり、しかも長くなって試料を貫通しやすくなっていくようである。透水係数は巨大孔隙が貫通するとそれに大きく影響される。したがって、大・中孔隙の減った分を鉛直方向に長い巨大孔隙が補っていると考えられる。その結果、B以下では深さによる透水係数の変化が少ないと推定された。

以上より、森林土壌のある面を代表する透水係数を測定する場合、Aでは巨大孔隙を含みにくい点、あるいは透水係数の値がばらつき安定しない点などから考え、かなり多くの試料を採取し、かつ、巨大孔隙もまんべんなく含むよう注意深く採土しなければならない。Bでは、巨大孔隙を含むことは可能であるが、すでに述べたような理由でまだ安定した値は得にくい。さらに、C, D, Eでは、直径が大きいほどばらつきは小さくなるが、A, B間の差と比べるとその差はわずかで

ある。結局、採土の手間も考慮してCあるいはDが最も適していると思われる。

VI. おわりに

本研究の結果得られた知見は次のようである。

1) 与えられた面を代表する透水係数を得るためには巨大孔隙や礫を含んで採土しうる大型のものほど適しているが、作業の容易さをも考慮すると直径150 mm~200 mm程度の採土円筒を用いることが妥当である。

2) 透水係数の値には採土円筒の厚さも影響する。

3) 今回測定した深さの範囲内では、孔隙の分布特性には差があるが、透水係数の代表値はほとんど変わらなかった。

今後、大型透水試験器を用いて得られた透水係数の、一定面内での変動を調べ、巨大孔隙の分布特性を考慮しつつ、対象とする面を代表する透水係数を把握する方法について検討していく必要がある。

引用文献

- 真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究。林野土壌調査報告 11：91~182, 1960
 竹下敬司：森林の持つ水土保全機能と今後の課題。林野時報 354：18~23, 1984
 土の理工学性実験ガイド編集委員会：土の理工学性実験ガイド。218pp, 農業土木学会, 1983

(1987年12月14日受理)