

北九州における表層土の不飽和特性について

九州東海大学 学員○鑑廣 真滋

九州東海大学 正員 市川 勉・星田 義治

九州大学 正員 神野 健二

1. はじめに

近年、砂漠化や気候変動が大きな問題となってきた。大規模な森林開発が周辺の環境にどのような影響を及ぼすかを予測するために、熱収支や蒸発量の推定方法の開発が進められている。そのなかでも、蒸発散過程は環境問題と密接な関係を持っている。蒸発散は地層と大気境界層との相互作用によるもので、その地層中の不飽和帯における水分と熱の挙動の解明は不可欠のものとなっている。本研究では、不飽和帯における水分と熱の挙動を把握する上で不可欠な土壌の不飽和水分特性について、北九州における表層土を対象として不攪乱試料を採取し、実験・検討を行った。

2. サンプリング現場と不攪乱土壌の採取法

2.1 サンプリング現場概要：現地は地山の頂上付近の森林を宅地開発のために伐採し、その後に残ったため池近くの山の裾野付近の雑木林の中で、北向きの斜面（傾斜角約20°、斜面長約60m）である。

2.2 不攪乱土壌の採取法：地表から深さ約20cmが腐葉土のため取り除き、その表面から深さ130cm、一辺が約30cmの土柱魂になるように掘削した。土柱が直径100mmの円柱になるように周りから丁寧に削りながら準備しておいたアクリル製の円筒カラム（内径100mm、5cmに切断した14個をビニールテープでつなげたもの）を差し込み、土壌を不飽和状態のまま保持するためにカラム上部より溶かしたパラフィンを流し込んだ。パラフィンが固化した後にカラム底部を金属ヘラで切断してビニール袋に密封した。この方法で長さ65cmのカラムと80cmのカラムを採取した。これとは別に1mを3層に分け一辺約50cmの土柱魂を3本採取し、表土は金属製のカラム（内径80mm）に2本採取した。

3. 土柱法による不飽和特性曲線の推定

3.1 実験方法：作成した土柱において、1本のカラムは水中にひたし、1本のカラムは室内に一週間放置しておいた後、最下部のカラム上端まで水をひたして一週間以上放置し、水分状態が平衡状態に達した時点で各カラム毎に体積含水率を測定し水分特性曲線を得る。残留体積含水率 θ_r は、円筒カラムに不攪乱試料を入れパラフィンを充填し固化した後試料が露出するようにはみ出したパラフィンを削り3週間放置・自然乾燥させ、その体積含水率を測定した。ここでの残留体積含水率とは、最小含水量であり重力に抵抗して土が保持している水分量と定義する（図-1参照）。

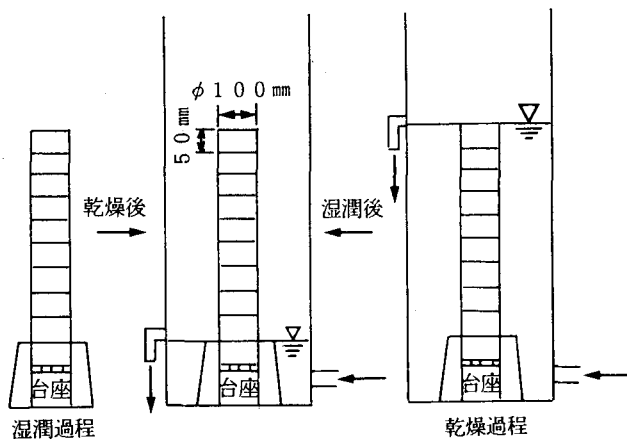


図-1 土柱法による不飽和特性試験

3.2 水分特性曲線の回帰：土柱法によって得た高さ（吸引圧に相当する）と体積含水率のデータより、乾燥過程・湿潤過程の不飽和特性曲線をvan Genuchtenの式より回帰した。この結果を図-2に示す。また、回帰するにあたって推定すべき未知パラメータは図-2に示した通りである。

図-2において、 ϕ_{cr} は限界毛管水頭でありこの値は、地盤内の圧力水頭が ϕ_{cr} 以下になると土中水の排水が開始されることを示す。本実験値では限界毛管水頭 ϕ_{cr} は10cmである。破線、点線の部分は回帰した予測される部分

で1 m以下の実線部分は、回帰された値であり水分特性曲線の特徴のヒステリシス（任意の圧力水頭における含水量は、排水過程における方が湿潤過程におけるよりも常に高くなる）が見られる。回帰予測した値に実測データが付随していることは言い替えば、van Genuchtenのモデルが十分な精度で推定していると考えられる。

4. 土壌組成

3層に分けて採取した不攪乱試料で物理試験を行い粒度試験の結果を図-3に示す。粒径加積曲線より3層ともよく似た粒度分布状態であり、均等係数が1.0以上であり粒度分布が良いといえる。深くなるにつれて密度は小さくなっているが土層深度(50cm-80cm)が、れき・砂の割合が一番大きく有効粒径(10%粒径)が大きく、残り2つの土層では74 μ m以下のシルト・粘土・コロイド部分の粒度分布はほとんど同じである土質である。不攪乱試料での透水係数の実測結果でも土層深度(50cm-80cm)が 1.98×10^{-2} と一番大きく、シルト・粘土・コロイドの割合が少ない順に透水係数 2.88×10^{-3} （土層深度80cm-100cm）、 2.13×10^{-4} （土層深度100cm-150cm）と小さくなり水が浸透しにくくなっている。また、土壌中の有機物質の割合は土層深度(100cm-150cm)で5.2

％、土層深さ(50cm-80cm)で4.0％、土層深さ(80cm-100cm)では2.5％と深くなるにつれて割合が小さくなっている。これは有機物質がほとんど樹木の根であるためである。樹木の根は、土壌中の熱の移動の妨げになる。

5. 結 論

本研究では土柱法の解析方法として、不飽和浸透特性を関数モデルを用いて表現し、それらに含まれる未知定数を非定常計測データより同定することにより不飽和浸

透特性を算定したため、従来の方法に比較して算定に要する試験時間が大幅に短縮できている。土柱法での問題点として水分平衡状態の正確な判定が困難であることである。水分平衡状態に達するには長時間を要するが、その値は試料の状態や負の圧力水頭値によっても異なる。したがって本研究では、試料状態からみて水分平衡状態に十分達するように14日間湿潤・吸水させた。本資料を用いることにより、土中の熱及び水分移動の計算、予測が可能となる。参考文献 H.F.M. ten Berge; "Heat and water transfer in bear topsoil and the lower atmosphere", Prdoc Wageningen 1990.

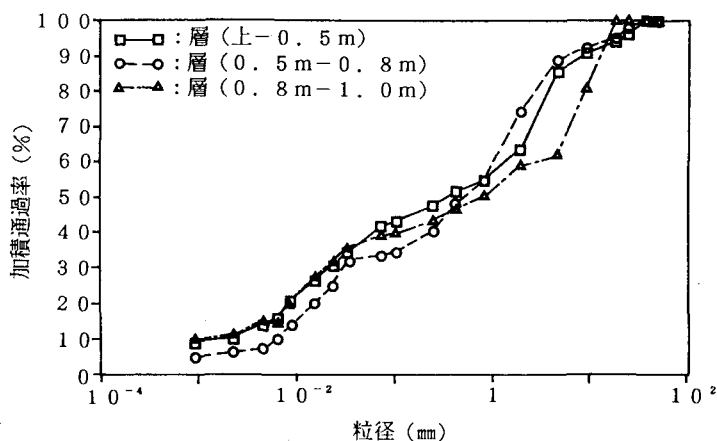
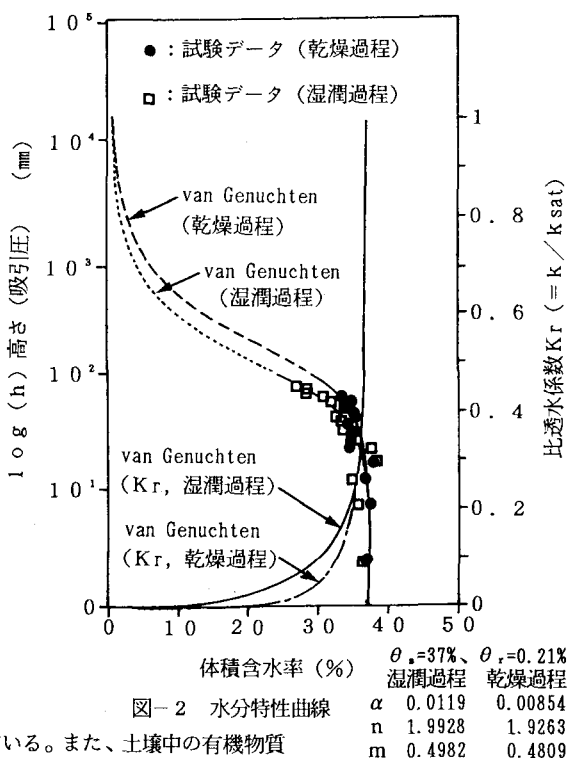


図-3 粒径加積曲線