

HYPROP を用いた砂と黒ボク土の水分移動特性の測定

土壌圏循環学研究室 521346 西村勇佑

(指導教員：坂井 勝)

1. はじめに

土壌中の水分移動は、作物生育や排水設計において重要な要素である。これらを把握するためには、対象土壌の水分移動特性すなわち保水性を表す水分特性曲線と透水性を表す不飽和透水係数を知る必要がある。水分特性曲線は吸引法などで測定可能であるが、不飽和透水係数の測定は一般的には困難である。近年、これら水分移動特性を植物の水利用範囲の $-1000 \leq h \leq -10$ cm で自動測定する装置 HYPROP (METER 社) が開発され、使用されている。HYPROP は、蒸発過程の圧力水頭と蒸発速度の測定に基づき簡易蒸発法で水分移動特性を求めるが、土性毎の適用性は検討する必要があると考えられる。そこで、本研究では HYPROP を用いて、黒ボク土と砂の水分移動特性を測定することを目的とした。

2. 試料と方法

熊本県黒ボク土 (2 mm ふり通過分, 乾燥密度 $\rho_b = 0.51 \text{ g/m}^3$) と鳥取砂丘砂 ($\rho_b = 1.58 \text{ g/m}^3$) を用いて実験を行った。高さ 5 cm, 断面積 50 cm^2 の円筒管に試料を均一に充填し, 封入空気を減らすために下部から水を供給することで飽和した。まず KSAT (METER 社) を用いて変水位透水試験で飽和透水係数を測定した。その後, 試料下端から 1.25, 3.75 cm の 2 点にテンシオメータが挿入される様に, HYPROP センサユニットに装着した。試料を専用の電子天秤上に設置し, 蒸発過程における圧力水頭 h および質量変化を, 一定時間間隔で解析ソフトウェア (SoilView Analysis) を用いて PC に自動記録した (図 1)。測定は, テンシオメータの測定可能範囲 (およそ $h > -1,000 \text{ cm}$) で継続し, 測定終了後に炉乾燥で試料の体積含水率を測定した。そして解析ソフトウェアを用いて, 水分特性曲線および不飽和透水係数を求めた。

3. 結果と考察

図 2 に黒ボク土の圧力水頭 h と積算蒸発量の測定結果を示す。測定終了までにかかった時間はおよそ 3.5 日だった。蒸発の進行に伴い積算蒸発量は時間経過とともに単調に増加した。上部および下部の h は時間経過とともに低下し, 2.5 日目以降に急激な低下が確認された。また, 上下 2 点間の h の差が小さい期間が長く継続し, 比較的大きな差を示した実験終了時でも 115cm 程度であった。黒ボク土の試料内では圧力分布が比較的均一に変化しながら, 一定の蒸発速度で乾燥が進行したことが示された。

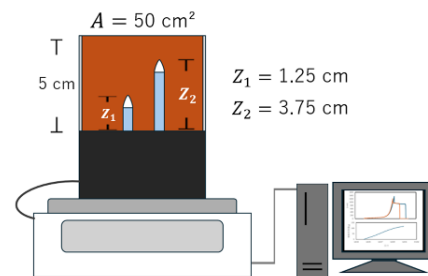


図 1. HYPROP の測定概略図

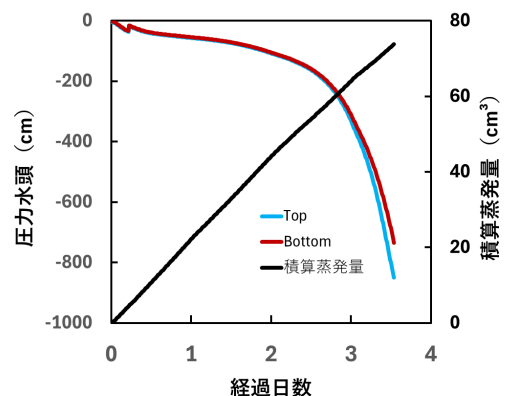


図 2. 黒ボク土の HYPROP 測定結果

図 3 に砂丘砂の圧力水頭 h と積算蒸発量の測定結果を示す。測定終了までにかかった時間はおよそ 6 日だった。蒸発の進行に伴い積算蒸発量は時間経過とともに単調に増加したが、5.5 日以降は蒸発速度が減少した。上下 2 点間の h の差は 5.5 日まで小さかったが、5.5 日以降に上部の h の急激な低下が確認された。実験終了時には上下 2 点間の h の差は 1077 cm だった。これにより蒸発過程が試料により大きく異なることが示された

図 4 に HYPROP で出力された黒ボク土と砂丘砂の水分特性曲線の結果を、慣行法である吸引法と加圧板法で別途測定したデータとともに示す。両試料とも HYPROP の測定値は、吸引法と加圧板法の測定値とおおよそ一致した。HYPROP では、重量変化から求めた試料の平均体積含水率 θ と、試料上下 2 点の h の混合平均の値を用いて水分特性曲線を作成する。そのため、砂丘砂の h の範囲が -200 cm ~ 0 cm に限定された。

図 5 に HYPROP で出力された黒ボク土と砂丘砂の不飽和透水係数と、KSAT で測定した飽和透水係数のデータを加えて解析ソフトでフィッティングしたデータを示す。HYPROP では、測定した 2 点間の h 差と蒸発速度を用いて、ダルシー則の逆算から不飽和透水係数を算出する。HYPROP の実測により出力される不飽和透水係数の値は、蒸発速度と同等の 0.2 cm/s 以下の範囲に制限されている。

砂丘砂は黒ボク土より高い飽和透水係数を示したが、 $h = -100$ cm 付近において黒ボク土は砂丘砂よりも 2 桁程度高い不飽和透水係数を示しており、砂は乾燥に伴い急激に不飽和透水係が低下するという、一般的な傾向を表す結果となった。

これらの結果より HYPROP から求めた水分移動曲線のパラメータを表 1 に示す。HYPROP を使うことで、黒ボク土と砂丘砂の水分移動曲線と不飽和透水係数を表す水分移動特性を推定することができた。

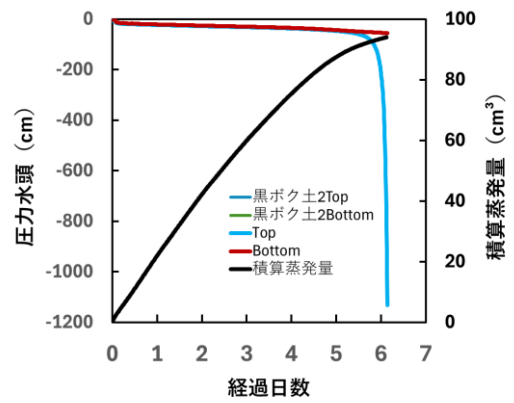


図 3. 砂丘砂の HYPROP 測定結果

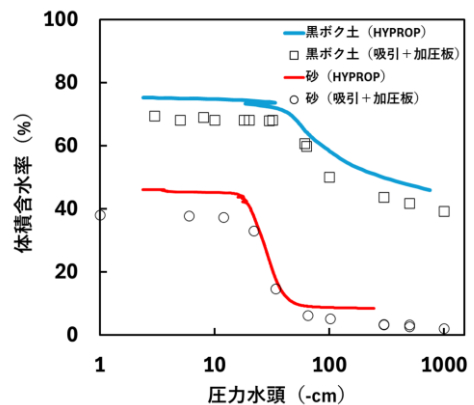


図 4. 水分特性曲線

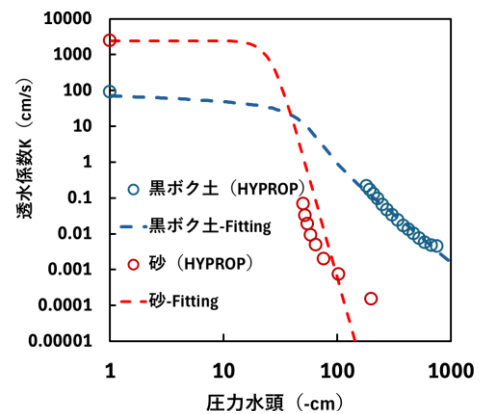


図 5. 不飽和透水係数

表 1. HYPROP で求めた水分移動特性

種類	θ_r (cm³/cm³)	θ_s (cm³/cm³)	α (1/cm)	n	K_s (cm/d)	l
黒ボク土	0.400	0.751	0.0177	1.835	92.5	-0.156
砂丘砂	0.087	0.464	0.0372	5.818	2470.6	-0.067