

鏡面冷却式水ポテンシャル計を用いた乾燥領域の土の水分保持の評価

Estimation of water retention for dry soil using chilled mirror water potential meter

○石井 麻友・渡辺 晋生
Mayu Ishii and Kunio WATANABE

はじめに 非膨潤性の土のマトリックポテンシャルは、比較的湿潤な場合を除き、実質的には土の乾燥密度に依存しないと見なされる。それゆえ、含水比に乾燥密度を乗じることで、任意の乾燥密度の土の含水比－マトリックポテンシャル関係から様々な乾燥密度の土の含水率－マトリックポテンシャル関係が推定できるとされる。ところで近年、鏡面冷却式の水ポテンシャル計が普及し、乾燥領域の土のマトリックポテンシャルを迅速に精度よく測定できるようになった。装置の性能向上にともない測定範囲も伸張しており、マイナス数百 cm のマトリックポテンシャルも測定できるとの報告もある。そこで本研究では、鏡面冷却式水ポテンシャル計を用いた土のマトリックポテンシャル測定の留意点を確認するとともに、乾燥領域の土の水分特性曲線の乾燥密度依存性とヒステリシスを検証した。

試料と方法 岩手県および熊本県で採取した黒ボク土の 2 mm 篩通過分を試料とした。両土の電気伝導度は 0.02 S/m 以下であった。湿潤過程の土のマトリックポテンシャル測定に用いる試料には「試料と水をよく混合し静置」、「試料底面より毛管吸水」、「試料を攪拌しながら霧吹き注水」「デシケーター内で塩溶液と平衡」などで給水しうが、ここではマトリックポテンシャルを比較的再現良く測定できる霧吹き注水により風乾土に給水した。また、乾燥過程の土のマトリックポテンシャル測定においては、乾燥の主曲線を得られるよう、水分飽和後徐々に脱水した試料を用いた。これらの試料を内径 3.7 cm の試料セルに数 mm 高まで任意の乾燥密度で詰めた。この際、測定時間の延長や測定精度の低下を避けるため、試料表面と内部の乾燥密度に差が生じないように留意した。また、試料セルには試料の温度ムラを抑えるため熱伝導率の良いステンレス製を用いることが推奨されるが、ステンレス製セルではマトリックポテンシャルを過小評価する傾向が見られたため、ここではテフロン製のセルを採用した。試料のマトリックポテンシャルは鏡面冷却式水ポテンシャル計 WP4C (Decagon) で測定した。WP4C は試料と平衡する小空間内におかれた鏡面を冷却し、結露時の鏡面温度をサーミスタで計測するとともに試料の表面温度を赤外温度計で計測する。そして、露点と地温に相当する飽和水蒸気圧から求めた相対湿度に基づき水ポテンシャルを算出する。ここでは、浸透ポテンシャルを無視できると見なし、この水ポテンシャルをマトリックポテンシャルとした。ところで、

Table 1 Matric potential h and dew point

h -cm	相対湿度 %	25°Cにおける露点 °C
100	99.992	24.9988
300	99.978	24.9964
500	99.964	24.9900
1000	99.928	24.9880
10000	99.291	24.8806

三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University

キーワード：マトリックポテンシャル、乾燥密度、水分特性曲線、ヒステリシス

結果と考察 Fig. 1 に岩手黒ぼく土について乾燥過程で測定した含水率－マトリックポテンシャル関係(水分特性曲線)を示す. WP4C の測定値は吸引法や加圧板法の測定値とよく結合した. -1000 cm 以下の領域においては測定の再現性も高かった. また, いずれの黒ボク土についても試料がスラリー状にならない場合はマイナス数百 cm までのマトリックポテンシャルを測定できた. しかし, 湿潤過程, あるいは砂やシルト質土では -1000 cm 以上の湿潤領域のマトリックポテンシャル測定は難しかった. 任意のマトリックポテンシャルの土の含水率は乾燥密度が大きいほど高くなった. Fig. 2 に岩手黒ボク土の含水比－マトリックポテンシャル関係を示す. -10000 cm 以下であっても, 岩手黒ボク土には若干の, 熊本黒ボク土には明瞭なヒステリシスが見られた. また, 乾燥密度が異なると, 土の含水比はマトリックポテンシャルが等しくても完全には一致しなかった. そこで, 含水比と乾燥密度の関係をマトリックポテンシャル毎に比較した(Fig. 3). Fig. 4 に各土の含水比－乾燥密度の関係を直線近似した時の傾きとマトリックポテンシャルの関係を示す. 湿潤過程においては, -500 cm の熊本黒ボク土をのぞき, いずれの土についても含水比は乾燥密度に依存しなかった. 一方, 乾燥過程においては, 乾燥密度が大きいほど含水比が高くなった. また, こうした傾向はマトリックポテンシャルが高いほど顕著になった. 湿潤過程で含水比－マトリックポテンシャル関係が乾燥密度に依存しなかったのは, -1000 cm 以下では土中水の保水機構が主として土粒子の表面力によるためと考えられる. 一方, 乾燥過程でマトリックポテンシャルが等しくても土の保水量が異なったのは, 乾燥時の土粒子表面の構造変化が乾燥密度により異なったためと考えられる. こうした違いは水分特性曲線のヒステリシスの一因になりうる. また, 乾燥過程の水分特性曲線を評価する場合は, 比較的乾いた領域であっても乾燥密度に注意が必要といえる.

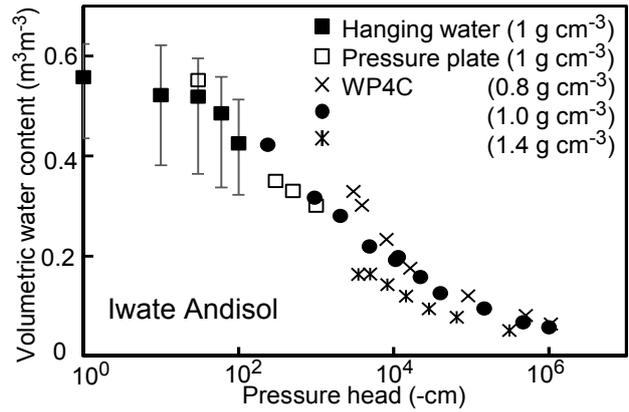


Fig. 1 Soil water retention curve (drying process)

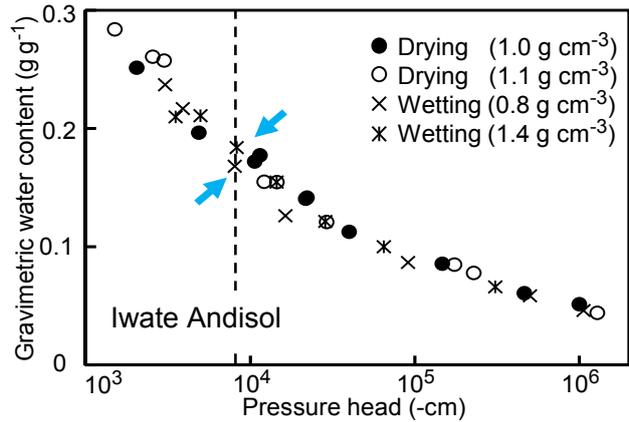


Fig. 2 Gravimetric water content vs matric potential

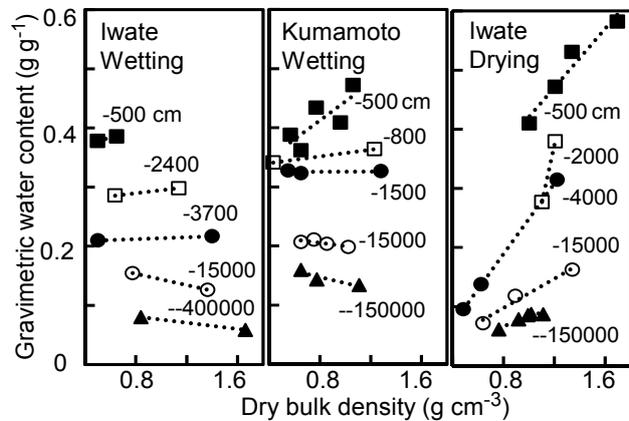


Fig. 3 Soil water content with same matric potential

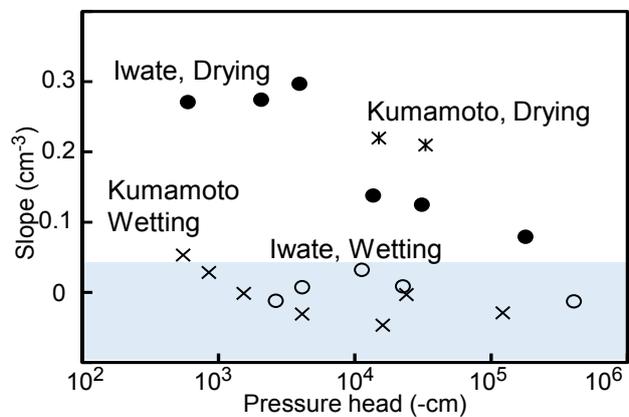


Fig. 4 Slope of liner relationship between soil water content and dry bulk density