

II-30

熱電対サイクロメーターによる高吸引圧領域の水分保持特性の測定

東京大学生産技術研究所 正 員○弘中 貞之

正 員 虫明 功臣

1. はじめに

土中水分移動の解析には、1)水分保持特性($\theta - \phi$ 関係)、2)透水特性($k - \phi$ 関係)の評価が必要である。わが国の夏期の連続晴天時に裸地面の表層数cmは非常に乾燥し、pF6を越えることもあり、蒸発の評価には高吸引圧領域の水分保持特性が必要になる。この高吸引圧領域での水分保持特性の測定には、サイクロメーターが適用可能である。本稿では、熱電対サイクロメーターにより高吸引圧領域の水分保持曲線を測定することにより、浸透から蒸発まで評価できる水分保持特性の測定を試み、低吸引圧領域の測定結果とサイクロメーターによる結果の接合性を議論する。

2. 熱電対サイクロメーター原理と温度補正

今回使用したサイクロメーターは、米国DECAGON社製SC-10A熱電対サイクロメーターサンプルチェンジャーとNT-3ナノボルトメーター温度計である。測定方法は、Psychrometric techniqueとRichards methodの組み合わせである。測定原理を簡単に説明すると、土壤試料を密閉容器に入れ一定温度下に置くと、土中水と容器中の水蒸気間で脱・吸着交換が行われ、平衡に達する。その平衡に達した時の相対湿度を測定することにより土の吸引圧を知るという原理である。図1に熱電対サイクロメーターの概略図を示す。図2に2つの温度に対する出力電圧-吸引圧の関係を示す。図2より、吸引圧は温度依存することがわかる。その原因は、飽和水蒸気圧が温度依存するためである。そこで、Savageのモデル(式(1))を用いて温度補正を行った。

$$\phi w = \frac{k \cdot V}{a + b T} \quad (1)$$

ここで、 a (無次元)、 b ($1/^\circ\text{C}$):係数、 k :較正曲線の逆勾配($\text{bar}/\mu\text{v}$)、 V :出力電圧(μv)、 T :温度($^\circ\text{C}$)。係数 a 、 b は、図2の2つの温度(T_1 、 T_2)と k の値(k_1 、 k_2)の直線より求めることができる。その値は各サイクロメーターに固有の定数とされ、本装置の場合、 $a = 0.3661$ 、 $b = 0.0319$ 、 $k = -2.309$ が得られた。

3. 測定手順と結果および考察

測定手順は、1)サンプルカップに試料を入れる、2)サンプルカップをサンプルチェンジャーに入れる、3)温度が平衡に達するまで待つ(この平衡時間は試料の乾燥状態により変化する)、4)熱電対を蒸留水で湿らせた後、試料の所まで廻しチャンパーを密閉する、5)読みが安定したらその時の出力電圧と温度を測定する。6)サンプルをカップのまま炉乾燥し、含水比を求める。この手順を試料を自然乾燥させながら行う。また出力電圧の安定は、ペンレコーダーを用いると判断が容易である。

測定に使用した試料は(1)成田砂、(2)まさ土、(3)関東ローム、の3種類である。その測定結果を図3に示す。なおこれらの図には、吸引法による試験結果(pF3以下の部分)も併記している。図より、pF3.5付近以下の吸引圧になると急に曲線の勾配が緩くなることがわかる。そしてpF3以下の測定曲線とスムーズにつながらず、もうひとつ変曲点が存在するような形になる。pF3.5付近から曲線の勾配が緩くなる原因としては、吸引圧が小さくなると相対湿度が1に近くなり、平衡状態に達するのに時間がかかり安定点が判断しにくいことと、湿球降下が非常に小さくなるので測定精度が悪くなることが考えられる。このことについては、今後サイクロメーターの測定限界が吸引圧でどの程度の値なのかをはっきりさせる必要がある。

＜謝辞＞サイクロメーターの使用法について助言をいただいた神戸大学工学部軽部研究室、および実験に協力していただいた千葉工業大学学生羽生健君（当時）にはここに記し、謝意を表する。

参考文献

M. J. Savage, A. Cass, and J. M. De Jager : Calibration of Thermocouple Hygrometer, Irrigation Sci. Vol.2, 113-125, 1981.

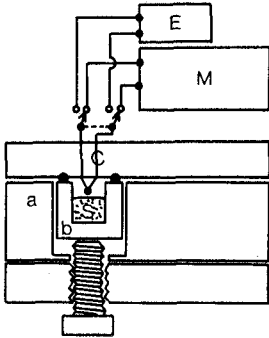


図1 熱電対サイクロメーター概念図

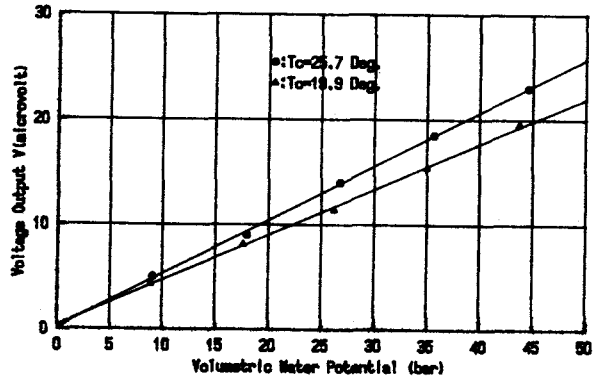
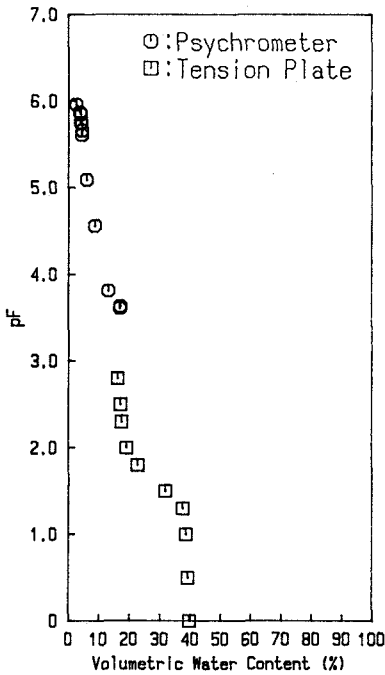
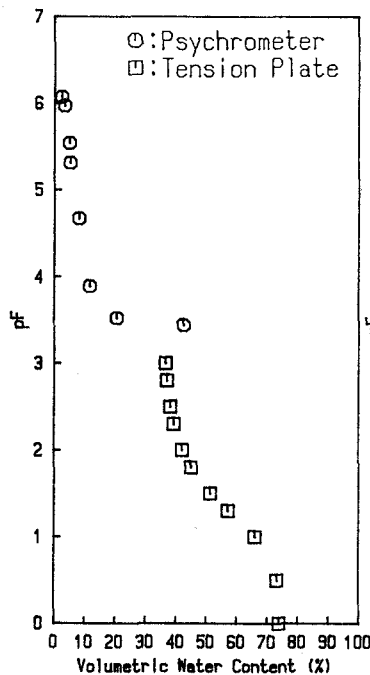


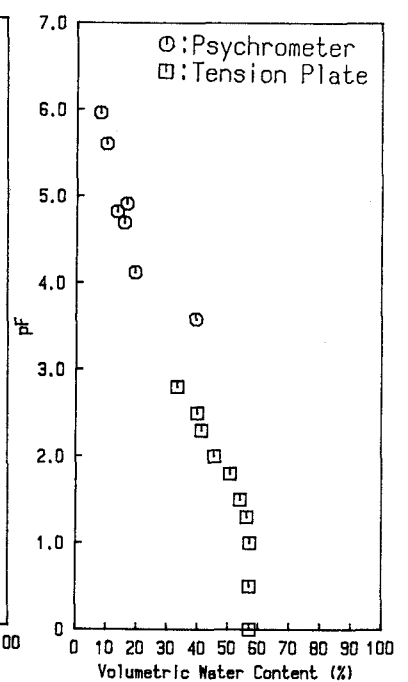
図2. サイクロメーター較正曲線



(1)成田砂



(2)まさ土



(3)関東ローム

図3. 水分保持特性の測定結果