

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣

〇小池 雅洋

〇岡 泰道

1. まえがき

筆者らは、多摩丘陵長池試験流域の自然林地内に深度別(5, 15, 25, 35, 50, 65, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200cm)にテンシオメータを埋設し不飽和帯の圧力ポテンシャルを継続的に観測している。

本稿ではこれらの観測記録に基づき降雨後の不飽和帯の水理ポテンシャルプロファイルを検討し、更に p -水分曲線を用いて降雨後の毎日の水分減少量(蒸発散量+浸透量)を求め、水理ポテンシャルから蒸発散量の推定の可能性について検討した。

2. 降雨後の不飽和帯水分の挙動

2-1. 水理ポテンシャルの終日変化の特徴

深度別の水理ポテンシャル(圧力ポテンシャル+位置ポテンシャル)の終日変化を図1-(a),(b),(c)に示す。(a)は降雨後2日目、(b)は5日目から、(c)は(b)の最終記録取得後に187.0mmの降雨がありその翌日からの変化を示す。テンシオメータの記録は午前9時の値を読み取った。図中、水理ポテンシャル0から45°の実線は飽和($pF=0$)を示し、破線は吸引圧 $pF=1.8$ に当たる。この間にある水理ポテンシャルはいずれも下方に減少を示し、水分は常に下向きに移動していることから、この範囲の水は重力水である。図1-(b),(c)および他のポテンシャル図から判断して、吸引圧 $pF=1.9$ 前後が重力水の限界と考えられる。(c)については、(b)図で見るように22日9時にはかなり脱水していたにもかかわらず同日から翌日にかけての187mmの豪雨によって、ほとんどすべての深度が重力水の範囲に入っている。しかし、飽和域の発生は見られない。

終日変化に着目すると各深度とも序々に水理ポテンシャルが減少し脱水が進んでいる。その変化を深度別に見ると120cm以深では変化が小さく常に下向きのフラックスであるのに対して、5~35cmでは変化が大きく降雨後早い時点で下向きのフラックスが上向きのフラックスに変わっている。50~100cmでは水理ポテン

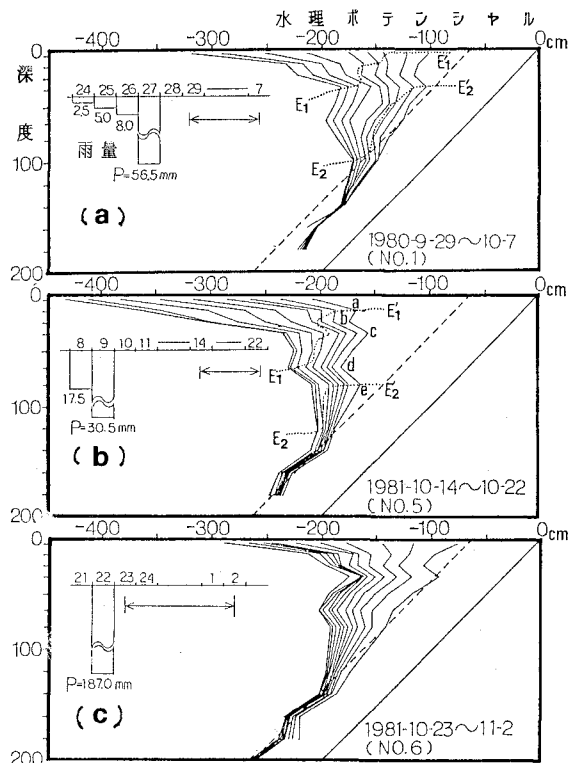


図1. 水理ポテンシャルプロファイル

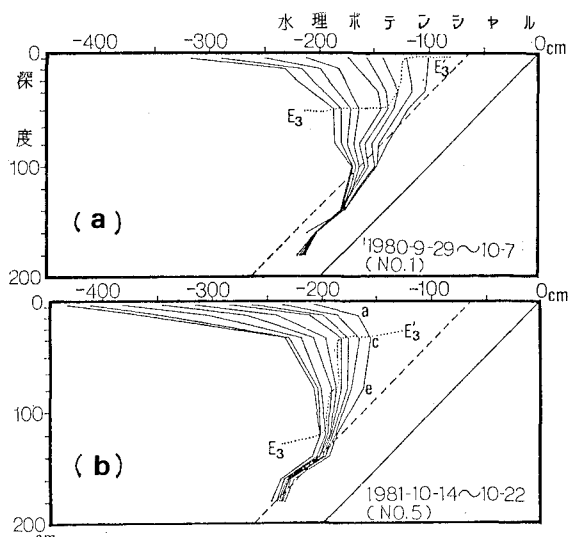


図2. 修正後の水理ポテンシャルプロファイル

シャルは両者の中間的变化を示し、フラックスは上層のポテンシャルの減少に対応して序々に上向きに変化するという特徴がみられる。浅層が上向きフラックスになるのは、地表面からの蒸発散によって不飽和帯水分が減少するためであり、減少した水分が下層から供給されて、蒸発散の影響が時間の経過とともに序々に下方に進んでいる。

2-2. 水分量の経日変化の特徴

観測によって得られる圧力ポテンシャル値はpF-水分曲線によって体積含水率に換算できる。深度50cm以深のpF-水分曲線ではヒステリシスの影響が小さいが、深度5~35cmでは影響が大きいことから含水率の換算にはヒステリシス効果を考慮した方法¹⁾をとった。不飽和帯水分の日変化量(ΔMs)は次式で表わされる。

$$\Delta Ms = \sum a_i (\theta_{i,t} - \theta_{i,t-1})$$

$\theta_{i,t}$: t日における深度i地点の体積含水率

a_i : 深度iのテンシオメータの代表土柱

同一深度の含水率変化は一解析期間でポテンシャル変化の大きい浅層でも3~4%程度である。不飽和帯水分の日変化量は計算する深度によって異なるが0.2~14.8mmである。日変化量は蒸発散と浸透によるものであり、両者を分離するには水理ポテンシャルプロファイルから判断しなければならない。

3. 日蒸発散量の推定

3-1. 水理ポテンシャルプロファイルの修正

図1-(a),(b),(c)を詳細にみると深度25, 35, 80cmの一部に水理ポテンシャル勾配が<型になっている箇所一例は図1-(b)のb層, d層一が見られる。この図から判断するとb, d層にそれぞれ上下層からの水分が集中していることになる。それにもかかわらずb, d層は脱水しているという矛盾が生じる。これは観測誤差によるものと考えられるが、本稿ではb, dの観測値を無視して図2-(b)のa c eのように修正を試みた。なお、現在のところb, dの値だけを単独に無視することにも問題が残るので、比較のため観測記録を忠実に解釈して上向きフラックスと下向きフラックスの境界を見つけ、上向きフラックス部分の ΔMs も計算した。図1-(a),(b)に示す E_1-E_1' , E_2-E_2' が修正前の蒸発散に関する深度、図2-(a),(b)の E_3-E_3' が修正後の蒸発散に関する深度を示す。

3-2. 推定日蒸発散量とパン蒸発量の比較

水理ポテンシャルプロファイルの修正前と後の上向きフラックス部の日変化量(ΔMs)は、日蒸発散量に等しいと考え前述の方法によって推定した。これらの推定値とパン蒸発量に0.7を掛けた値(E_p)を比較したのが図3-(a),(b)である。水面から蒸発しているパン蒸発量と地表面からの蒸発散量とでは直接比較することはできないが、上向きフラックス部を大きくとった E_2-E_2' と小さくとった E_1-E_1' の間に E_p があり、修正後の E_3-E_3' はパン蒸発量の値に近づく傾向を示している。

以上から、テンシオメータにより圧力ポテンシャルを精度よく測定できれば、その記録を基に蒸発散量および浸透量の算定が不可能ではないと考えられる。

参考文献 1) Mualen, Y., A conceptual model of hysteresis. Water Resour. Res., 10(3), 514-520, 1974.

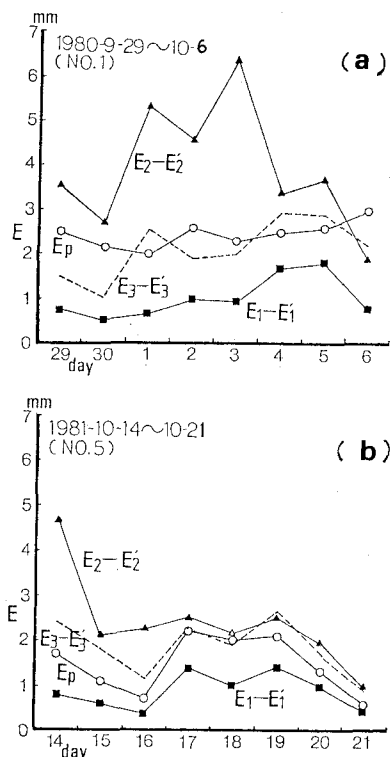


図.3 推定日蒸発散量とパン蒸発量の比較