

II-12 テンシオメータに基づく不飽和帯水分の挙動に関する解析

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣

" 正員 岡 泰道

" 正員 小池 雅洋

1. はじめに

不飽和帯水分は流域内の水循環を支配する重要な因子であり、都市化区域での雨水制御等の問題に対しては、その動態の把握が前提となる。筆者らも不飽和帯水分の挙動に着目し、雨水損失機構を評価する目的で、多摩ニュータウン域内の自然林地と既開発域に自記テンシオメータを設置し、観測を継続している。本稿では自然流域を対象とし、1980年7月に埋設し直した後に得られたデータに基づいて、テンシオメータの利用可能性の検討を行なう意味で、降雨期間中の雨量、損失量についての収支解析を試みた。

2. テンシオメータ記録の取り扱い方法

表1 対象降雨

(1) テンシオメータは、5, 15, 25, 35, 50, 65, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 300 cmの14深度であるが、データの精度を考え、5, 200, 300 cmを除く11深度のものを対象とした。

No.	年月 日	ΣP(mm)
1	'80 9/24~27	72.0
2	10/14~15	54.5
3	11/21~23	70.0
4	'81 3/15	32.5
5	4/19~20	83.0
6	5/17~18	49.0
7	10/22	197.0

(2) 時間単位は1時間とし、吸引圧は $\text{cm H}_2\text{O}$ 単位で表わした。

(3) 吸引圧 ψ から体積含水率 θ の変換は、現地土壌のサンプル実験で決定された ψ - θ 水分曲線によった。

(4) 35 cm以浅の ψ - θ 曲線にはヒステリシスが見られるが、今回は簡単のため、脱水・吸水の平均値を用いた。

(5) 特定深度のものに欠測がある場合は、その上下の深度での記録から補間するか、あるいはそれが不可能な場合はその上下の深度の記録で代表させた。

3. 降雨期間中の不飽和帯内の吸引圧変化

本稿で対象としたのは表1の7降雨であり、そのうちNo. 3とNo. 5についての解析例を図1に示す。いずれの記録についても、ほぼ浅い深度のものから順に吸引圧の低下が起こり、浅い程低下の割合も大きいことが図からわかる。反応の遅れ時間を見ると、全般的に、15~65 cmは降雨の中心に対応して速やかに反応するのにに対し、80~140 mmは概ね数時間以上遅れる場合が多い。さらに、160 cm以深になると、1~2日の遅れ時間をもつが、あるいはかなり大きい降雨に対してもほとんど反応がみられないかのどちらかがである。そういう意味では、No. 5の結果はかなり特殊な例である。

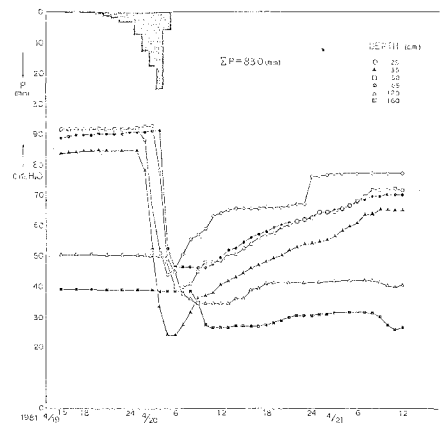
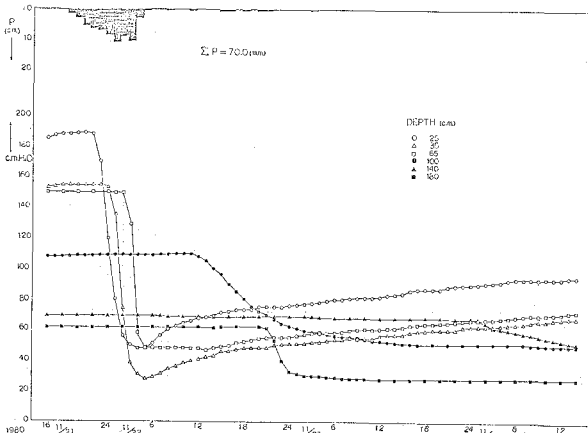


図1 不飽和帯内の吸引圧の変化

4. 一雨毎の浸入量の評価

降雨損失は大きく二つに分けられ、一つは樹冠遮断、窪地貯留のような地表での損失であり、もう一つは地中への浸入である。ここでは、前節の結果を踏まえ、一雨毎の地点損失量を評価する上で以下の仮定を設けた。

- (1) 浸透域では表面流出は起こらない。これは過去の解析・観測から裏付けられている。
- (2) テンシオメータ設置場所は流域内の尾根付近にあることから、鉛直浸透が支配的である。
- (3) 200 cm 以深の水分量の変動は極めて小さく、無視できる。

4.1 地表面での損失量

本流域での樹冠遮断 I_L は、これまでの解析により、降雨の 2.3% に相当すると推定されているのでこれに従う。ただし、数十 mm 以上の降雨についてはデータ数が少ないために必ずしも明確ではなく、また一律 2.3% が樹冠に遮断されるとは考えにくい。この点は、今後の課題としたい。

4.2 不飽和帯への浸入量

不飽和帯の水分量の変化 $\Delta\theta(t)$ は次式によって求められる。

$$\Delta\theta(t) = \sum_{i=1}^n a(i) \{ \theta(i, t) - \theta(i, t-1) \} \quad \text{--- ①}$$

ここに、 $\theta(i, t)$: 時刻 t における i 番目の深度の体積含水率

$a(i)$: i 番目のテンシオメータの代表土柱 (mm)

①式を用いて求めた、各深度の体積含水率、及び 190 cm までの不飽和帯水分量の変化を図2に例示する。しかし、15 cm 以浅の地表付近は、腐蝕土層で、かなりポーラスになっており、テンシオメータ記録が必ずしも水分量の変動を示しているとはいえない。従って、ここでは表層の 15 cm を代表にとり、初期含水量と $pF 2.0$ の含水量との差を表層 (20 cm 以浅) の貯留量 I_u とした。不飽和帯への雨水の浸入量 $I = I_u + I_L$ は $\Delta\theta$ の累加曲線の最大値として求められる。この時刻 T は表層の $\Delta\theta$ が正から負に移行する時刻とほぼ一致し、また深部のテンシオメータの反応遅れ時間内にある。

以上のようにして求めた結果を表2に、また、 $(I_L + I)$ と P との関係を図3に示す。サンプル数が少ないため、現段階では即断はできないが、ヒステリシスの影響を無視したこと等、多くの仮定を設けたにもかかわらず、収束は比較的合っていると考えられる。

《謝辞》この研究を進めるに当たり、武蔵工業大学の砂河、絹川、深沢、藤波、三重野の各氏から協力を得た。

表2 計算結果

	ΣP	ΣI	I_L	I_u	$I_L + I_u$	$I_L + I_u + I_L$
1	72.0	71.5	164	9.7	405	666
2	54.5	54.5	125	11.5	424	664
3	70.0	66.0	152	7.6	559	78.7
4	32.5	32.5	7.5	9.9	272	44.6
5	83.0	83.0	19.1	0.3	522	74.3
6	49.0	48.5	11.2	6.0	416	58.5
7	187.0	187.0	43.0	12.5	648	120.3

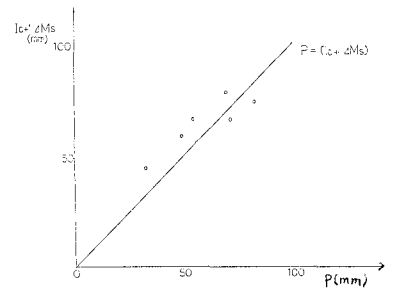


図3 雨量と損失量との関係

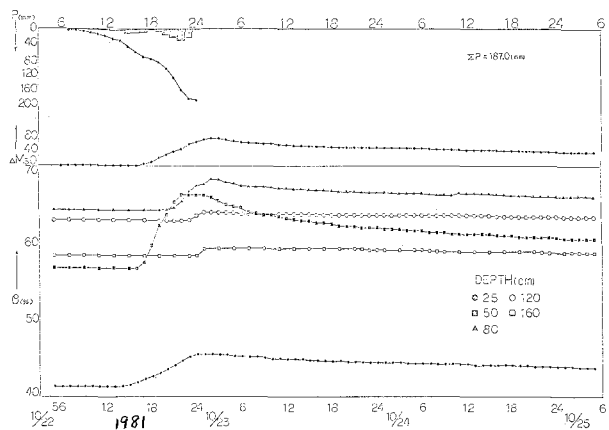
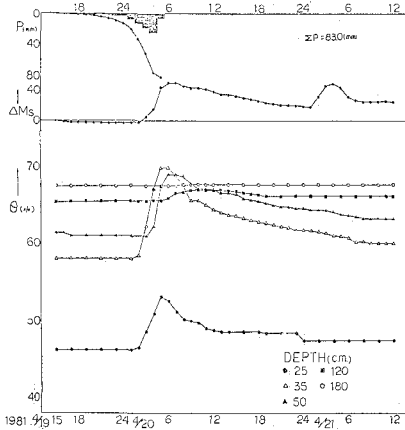


図2 不飽和帯の水分量と、各深度の体積含水率の変化