

# 自然林地と都市化域における不飽和帯水分の挙動の相違(5)

## —現地観測値に基づく降雨後の挙動の考察—

Differences in the Behavior of Soil Moisture between Natural Forest Basin and Urbanized Basin (5)

—Considerations of Soil Moisture Behavior after Rain Ceases, Based on the Observation Data—

虫 明 功 臣\*・岡 泰 道\*・小 池 雅 洋\*

Katumi MUSIAKE, Yasumiti OKA and Masahiro KOIKE

### 1. ま え が き

前報<sup>1)</sup>では自然林地表層の pF-水分曲線に見られるヒステリシス効果を考慮し、独立領域理論に基づく Mualem の方法を適用して、降雨期間中の不飽和帯水分変動量の解析を行った。その結果、テンシオメータが不飽和帯水分を定量的に把握するうえでかなり有用であることが明らかになった。

本研究では、無降雨期間を対象とし、テンシオメータ

の実測記録から得られる表層不飽和帯内の水理ポテンシャル・プロファイルを用いて、自然林地および都市化域の不飽和帯水分の挙動について考察する。さらに、pF-水分曲線を用いてプロファイルの変化幅から日蒸発散量を推定し、その値の妥当性を検討する。

### 2. 表層不飽和帯吸引圧の日変化

図 1、図 2 にテンシオメータの観測記録に基づく表層不飽和帯吸引圧の日変化を示す。図 1 の (a)~(c) は自然

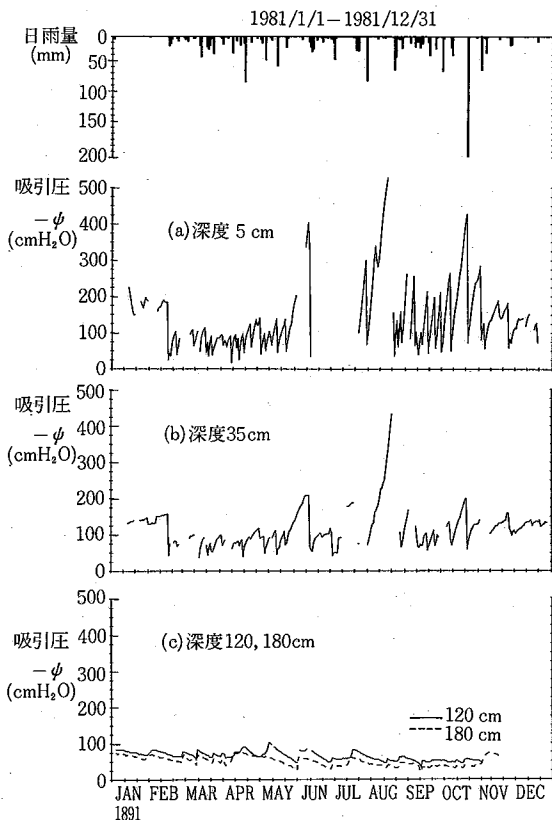


図 1 不飽和帯吸引圧の年間変動 (自然林地)

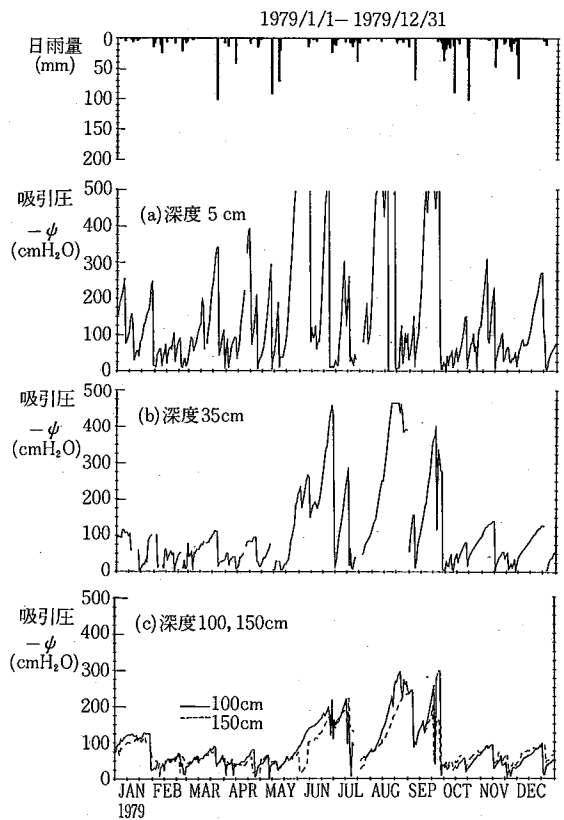


図 2 不飽和帯吸引圧の年間変動 (都市化域)

\* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

## 研 究 速 報

林地の深度 5, 35, 120, 180 cm, 図 2 の (a)~(c) は都市化地域の深度 5, 35, 100, 150 cm のものを表す。

自然林地表面層, 特に 50 cm 以浅 (図 1 (a)(b)) では, 土層が間隙に富む腐葉土となっているため, 小さい降雨に対しても敏感に反応し, また乾燥期には地表面の条件に左右され易いうえに, 植物の活動に伴う蒸散を大きく受ける。一方比較的深い層では, 降雨に対しても, 中小降雨については一雨ごとの反応はみられない。吸引圧の変動は豪雨に伴う水分増加と重力による下方への排水に支配されている。

都市化域では, 林内に比べて湿度が低い, 特に表面層の乾燥の程度が自然林地よりも大きい。これは, 両流域に設置した簡易蒸発計による観測記録において, 都市化域の可能蒸発強度が自然林地に比して大きいことと符合している。深層についてみると, 変動幅が自然林地よりもかなり大きい値を示している。これは 1979 年の夏期が特に異常乾燥期であったという特殊性もあり, 他年度のデータを含めて検討する必要があると考えられる。

### 3. 水理ポテンシャル・プロファイルの経日変化

水理ポテンシャルとは圧力ポテンシャルと位置ポテンシャルの和であり, 基準を地表面にとった場合, テンシオメータで測定している吸引圧が圧力ポテンシャル, テンシオメータ埋設深度が位置ポテンシャルとなっている。

#### 3.1 自然林地

自然林地における水理ポテンシャル・プロファイルの経日変化を図 3 (a) に示す。図の右から左に日の経過が示されており, 降雨後 5 日目からの変化を表す。テンシオメータの記録は午前 9 時の値を読みとった。図中, 水理ポテンシャル 0 から 45° の実線は飽和 ( $pF=0$ ) に, 破線は  $pF=1.8$  に相当する。また, 左上がりのポテンシャル勾配は上方への水分移動を, 左下がりは下方への水分移動をそれぞれ表す。

図 3 を詳細に見ると, 深度 25, 65 cm の一部にプロファイルが < 型になっている箇所 (たとえば b, d 点) がみられる。この図から判断すると b, d 点にそれぞれ上下層からの水分が集中することを意味するが, 日変化で見れば両点とも脱水しているという矛盾を含んでいる。こうした矛盾は, 観測深度の特殊性によるのか, 器機の不備によるのか現状では明らかでないが, 本稿では b, d 点のような観測値は無視して図 3 (b) の ace のように修正した。図 3 (c) は他の期間の修正後の観測記録である。

経日変化に着目すると, 各深度とも徐々に水理ポテンシャルが減少し脱水が進んでいる。この変化を深度別にみると, 120 cm 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, 深度 5~35 cm 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。深度 50~100 cm では水理ポテン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徐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下方に進んでいる。自然林地についてはこの影響が深度 120 cm 付近まで及ぶ。また, 蒸発散の影響を受けない下層ではポテンシャル勾配がほぼ -1 を示し, 等吸引圧下で, 言い換えれば重力勾配により不飽和鉛直浸透が進行しているとみなせる。

#### 3.2 都市化域

都市化域における深度別の水理ポテンシャル・プロファイルの経日変化を図 4 (a) に示す。この図でもやはり図 3 と同様にプロファイル中に < 型の部分がみられるため, 図 4 (b) のように修正した。図 4 (c) は他の修正後の記録である。

都市化域においても日の経過とともに全深度でポテンシャルが減少し, 脱水が進んでいることがわかる。深度別にみると, 深度 5~35 cm で変化が大きく, 降雨後早い時点でフラックスが下向きから上向きに転ずる。また蒸発散の影響が徐々に下方に進んでいく様子もうかがえるが, 深度 35 cm 付近で有効間隙に著しい差があり,<sup>2)</sup> その下層へは影響が及びにくい。蒸発散の影響を受けない深層では, 自然林地と同様にポテンシャル勾配がほぼ -1 を示している。

#### 3.3 自然林地と都市化域の比較

降雨後の不飽和帯内の水理ポテンシャル・プロファイルの変化の特徴について自然林地と都市化域を比較すると以下のようにまとめられる。

(1) 両者とも日の経過とともに全深度でポテンシャルが減少し, 脱水が進んでいる。

(2) 両者とも深度 5~35 cm で変化が大きく, 降雨後早い時点でフラックスが下向きから上向きに転ずる。また蒸発散の影響は, 自然林地では深度 120 cm 付近まで及ぶが, 都市化域では 35 cm 以深へは及びにくい。

(4) 蒸発散の影響を受けない下層ではポテンシャル勾配がほぼ -1 を示し, 重力勾配により不飽和鉛直浸透が進行していると考えられる。

## 4. 日蒸発散量の推定

$pF$ -水分曲線を介して水理ポテンシャル・プロファイルの修正前と後の上向フラックス部分の吸引圧変化を水

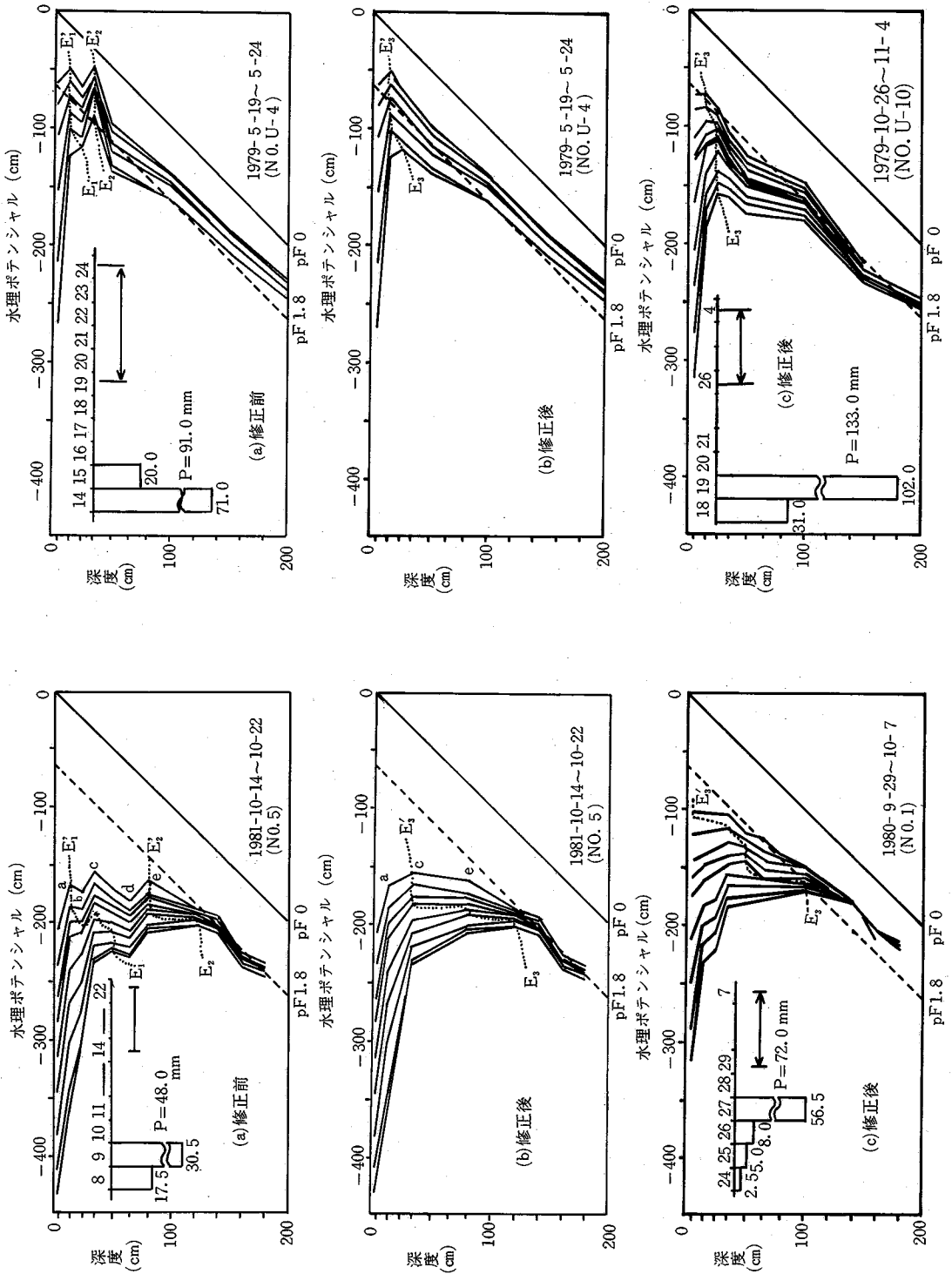


図4 水理ポテンシヤル・プロファイルの経日変化(都市化域)

図3 水理ポテンシヤル・プロファイルの経日変化(自然林地)

研 究 速 報

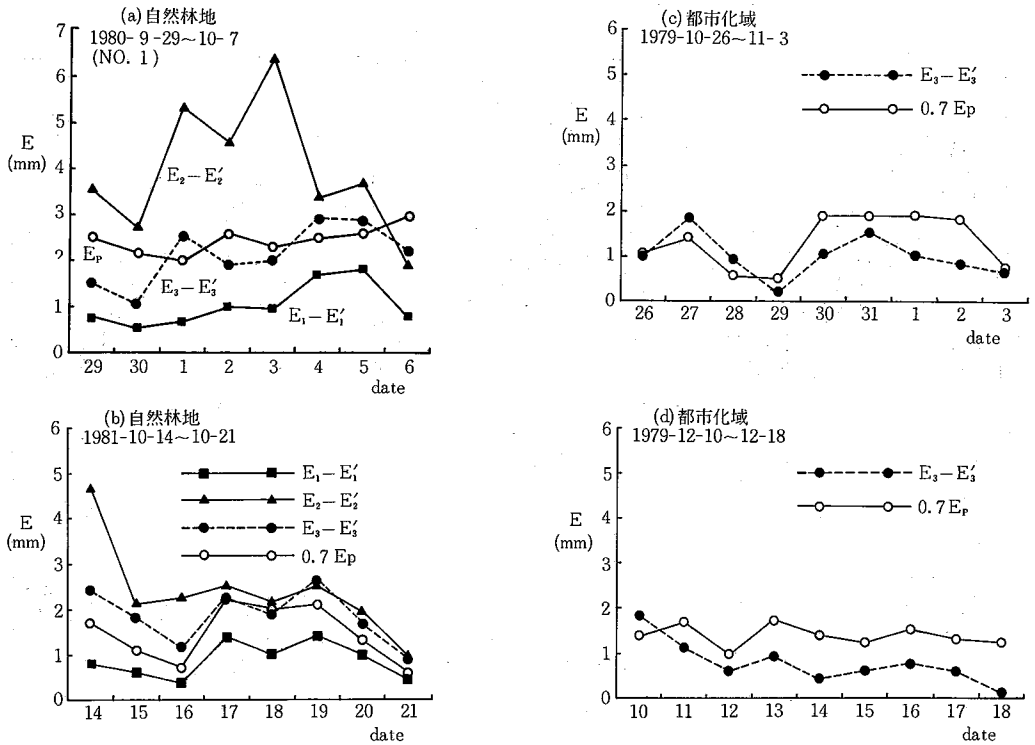


図5 推定蒸発量とパン蒸発量との比較

分変化量に換算することにより、日蒸発量を推定する。なお前節で述べた、水理ポテンシャル・プロファイルのく部を無視するという修正法にも問題がある。そこで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が複数ある場合には、それぞれの境界の上部の水分減少量を蒸発量として修正後の値と比較した。たとえば、図3(a)の  $E_1-E_1'$ 、 $E_2-E_2'$  が修正前の蒸発散に関する深度を、図3(b)(c)の  $E_3-E_3'$  が修正後の蒸発散に関する深度を表す。

図5には、それらの推定値および近接する東京農工大波丘地利用実験実習施設のパン蒸発量に0.7を乗じた値(0.7  $E_p$ )を示す。(a)(b)が自然林地の、(c)(d)が都市化域の結果である。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推定値を量的に直接比較、議論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  $E_3-E_3'$  はパン蒸発量と類似の傾向を示している。したがって、降雨後についてもテンシオメータの観測記録により不飽和帯水分の量的な議論が可能であると判断される。

5. おわりに

本研究では、降雨後の不飽和帯水分の挙動に着目し、テンシオメータ記録から得られた蒸発散量とパン蒸発量との定量的な対応を試みた。今後は有限要素法によるシミュレーションにより降雨期間中および降雨後の不飽和帯水分の挙動について実測記録との比較検討を進めていく予定である。

なお、本研究は文部省科学研究費一般研究(B)の補助を受けている。(1985年2月8日受理)

参 考 文 献

- 1) 虫明・岡・小池：自然林地と都市化域における不飽和帯水分の挙動の相違(4)，生産研究，Vol.36，No.1，pp.21~24，1984. 1.
- 2) 虫明・岡・小池：自然林地と都市化域における不飽和帯水分の挙動の相違(1)，生産研究，Vol.34，No.10，p.447，1982. 10.