

小試験区における不飽和帯水分の挙動の評価(1)

——千葉実験所林内地区の不飽和帯水分観測成果——

Estimation of the Behavior of Soil Moisture in the Small Experimental Plot (1)

——Some Considerations of the Data Observed at Forest Area in the Chiba Experimental Station——

虫 明 功 臣*・岡 泰 道*・小 池 雅 洋*

Katumi MUSIAKE, Yasumiti OKA and Masahiro KOIKE

1. はじめに

丘陵・台地は近年特に大規模宅地開発の対象とされ、急速に都市化が進行している。このような都市化に伴う流域の水循環機構の変化の評価、さらには都市化域での雨水制御は水文学において現在重要な課題となっている。

こうした観点から当研究室では、多摩ニュータウン内の自然地区・都市化地区それぞれに試験流域を設定し、水循環に沿って一貫した観測を1977年以来継続し、解析を進めている。この種の研究では、地表面下とくに不飽和帯における水分の変動機構を解明することが最大のポイントである。筆者らは試験流域内のテンシオメータ記録を用いた解析を通じて、関東ロームで構成された不飽和帯水分の挙動について検討してきた^{1)~4)}。

また、従来進めてきた一連の研究の中で、自然林地の不飽和帯を中心とする表層付近の水循環機構を把握する目的で、千葉実験所内の一面の林内地区と裸地区に小試験区を設定し、観測体制を整備してきた。この試験区の利点は場所的に機器の維持管理が容易なことであり、また不飽和帯土壌は多摩丘陵の試験流域とは異なる砂質ロームである点にも特色がある。

本研究ではこの二つの小試験区のうち林内地区に埋設してあるテンシオメータ記録に基づき、不飽和帯水分の挙動について検討した。

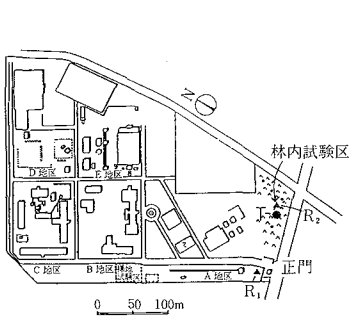
2. 観測地点の概要

観測地点は本研究・千葉実験所の松林内の自然地盤である。下草が繁茂し、土壌は表層30cm程度が腐葉土混じりの砂質ローム、それ以深はほぼ均質な砂質ロームとなっている。

試験区内にはテンシオメータおよび雨量計が設置してある。テンシオメータの埋設深度は5, 15, 25, 35, 50, 65, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300cmの15深度で、そのうち5~180cmの12深度のものが自記記録されており、残りの3深度は目視用となっている。また、雨量計は林内用としてテンシオメータ設置場所付近の松林内に、林外用として守衛棟屋根上に、一台ずつ設置している。これらの機器の配置を図1に示す。

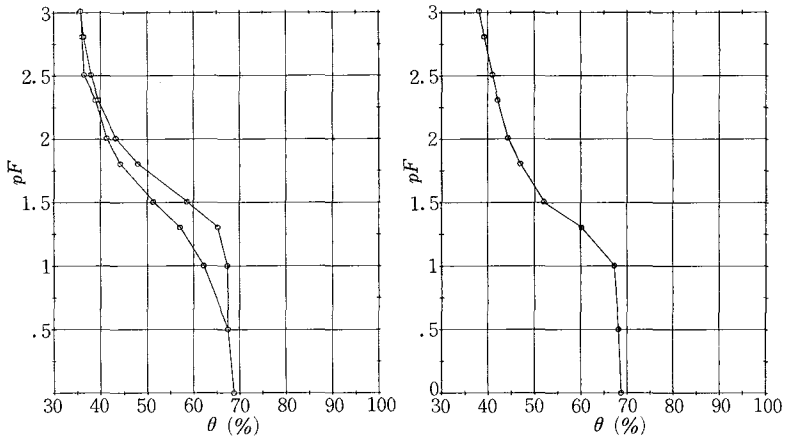
観測は1982年9月から開始され、現在も記録の収集と機器の維持管理が継続されている。本研究では1982年9月から1985年7月までの約3年間の記録を用いた。

3. 水分特性曲線



記号	観測項目	備考
▲R	雨量	1は林外 2は林内
●T	土壌水分	

図1 千葉実験所林内地区の概要



(a) 深度 25 cm

(b) 深度 160 cm

図2 千葉実験所林内地区の水分特性曲線

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

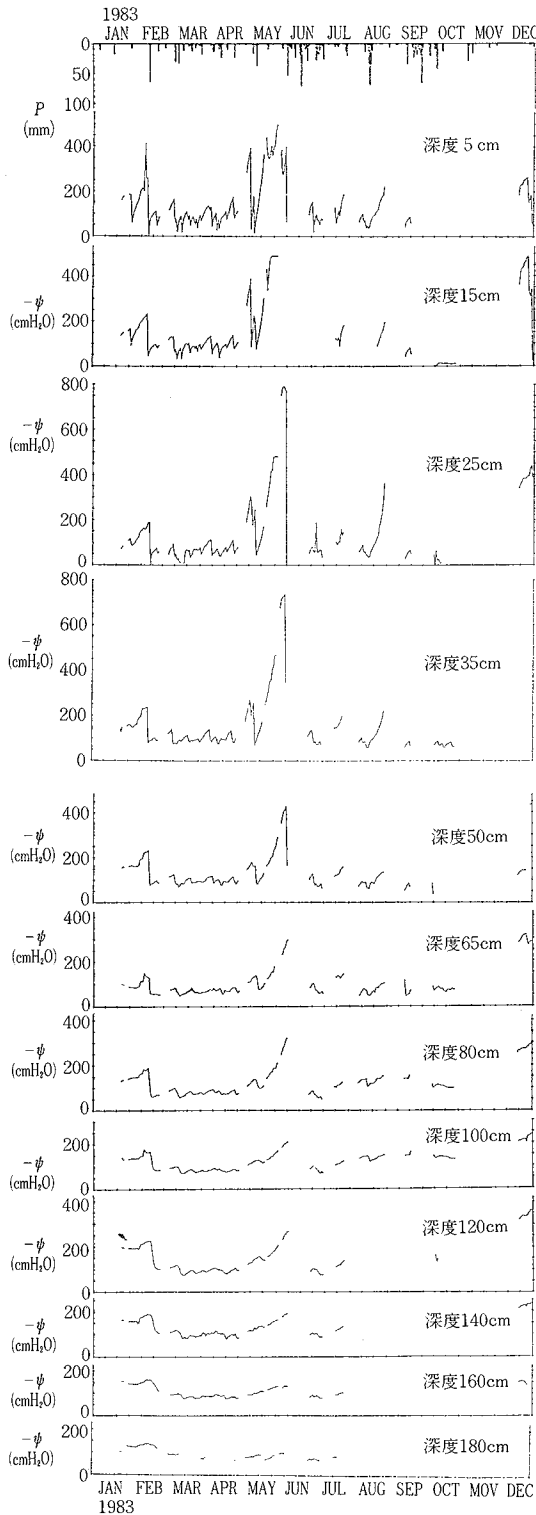


図3 表層不飽和帯吸引圧の日変化

テンシオメータで測定された吸引圧を含水率に変換するための水分特性曲線 (pF -水分曲線) は現地土壌の小サンプルによる室内試験で求められるが、その概要およ

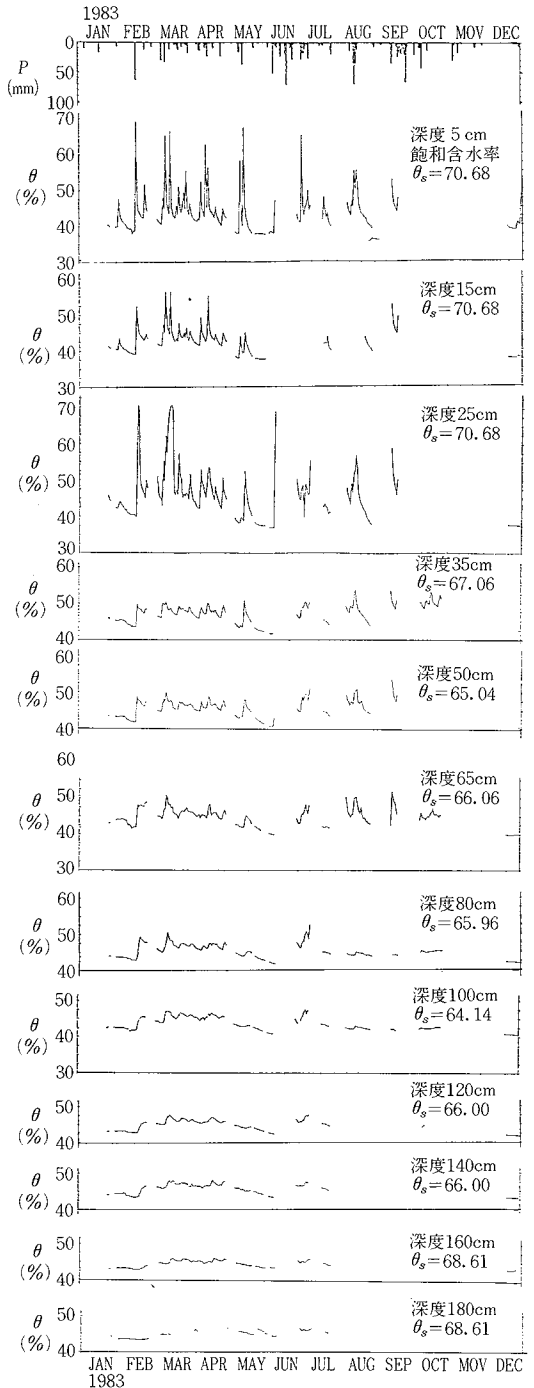


図4 表層不飽和帯含水率の日変化

研 究 速 報

び長池・永山両試験地の結果については前に述べたとおりである²⁾。千葉林内地区の結果のうち深度 25 cm と 160 cm の例を図 2(a), (b) に示す。飽和含水率は各深度とも 70% 前後、試験範囲内での含水率の変化幅は 30% 程度となっている。表層の 25 cm は腐葉土混じりであるため曲線の傾きが小さく、含水率の変化幅もやや大きい。それ以深では全層 (35~160 cm) にわたって曲線の傾きが比較的大きいが、深度による明確な相違は見られない。一方、土壌が砂質であるため、関東ロームと比較すると曲線の勾配がかなり小さくなっている。このことは、水分の伝達速度は遅いが、現地地吸引圧変動幅内での含水率変化、言い換えれば水分保持能力が大きいのを示している。

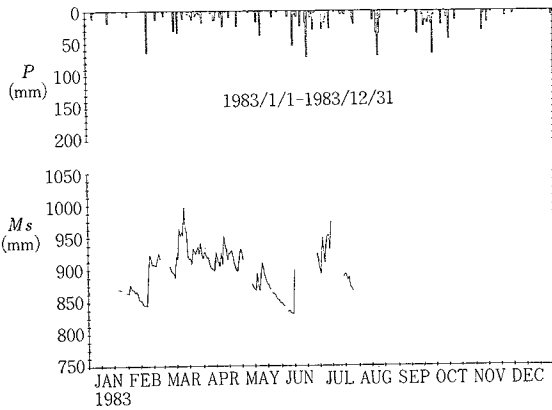


図 5 表層不飽和帯水分量の日変化 (深度 200 cm 以浅)

深度 120 cm 以深のサンプルについては全 pF 値にわたる吸水試験を行っていないので図 2(b) では現れていないが、ヒステリシスは全深度において図 2(a) と同様に存在すると考えられる。

砂質土壌は排水が緩慢で各吸引圧値での安定が見極め難く、試験結果には若干の誤差が含まれてはいるが、実用的には十分と考えられる。

4. 不飽和帯水分の長期変化

図 3 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 4 は水分特性曲線を用いてこの吸引圧を含水率に変換した結果である。深度 5 cm ~ 35 cm のいわゆる A 層では、降雨あるいは蒸発散の影響が特に大きく乾湿の度合いが激しい。それより下層にいくにしたがって変化は小さくなり、深度 180 cm では長期的な変動はややあるものの、中小降雨の影響はほとんど受けていない。また全層とも、図 3 の吸引圧値は 0 を下回ることがない。すなわち図 4 で飽和含水率以下の変動をしていることから、降雨がすべて不飽和の状態で土壌中に浸透していることがわかる。

A 層での吸引圧の変化幅、特に乾燥期の $|\phi|$ の増大幅は深度 5, 15 cm よりも 25, 35 cm のほうが大きい。この逆転現象の原因としては、夏期に密生している下草の根の吸水による影響が考えられる。

次に不飽和帯浅層 (深度 200 cm まで) の水分量の日変化を求めた。方法としては次の二つを考えた。

- (1) 初期値 (初日) を 0 とし、その時点の水分量との差として日々の吸引圧変化を求める。

$$\Delta M_s(t) = \sum a(i) \cdot (\theta_{i,t} - \theta_{i,t-1}) \dots \dots \dots (1)$$

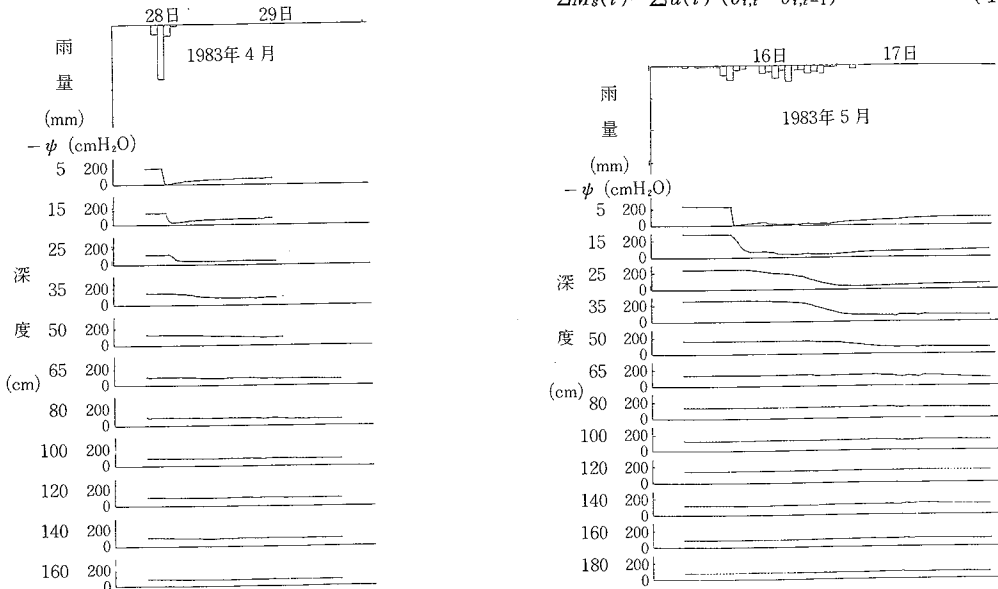


図 6 降雨時の不飽和帯吸引圧の時間変化

研究速報

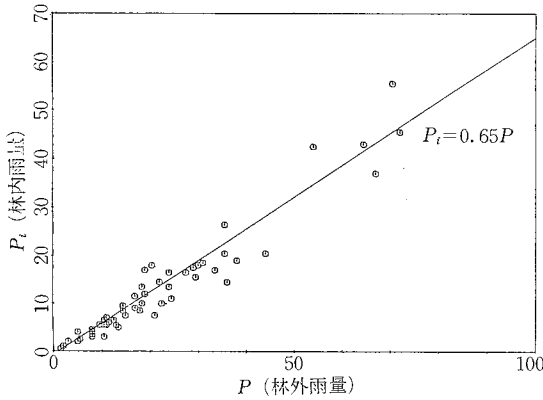


図7 林内雨量と林外雨量の相関

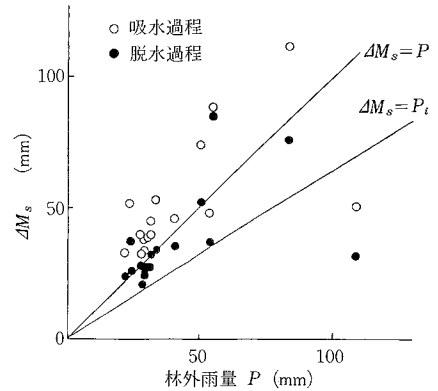


図8 不飽和帯水分変動量と一雨雨量との対応

ただし、 $a(i)$ は各深度の代表土柱である。

(2) 各日の総含水量を求める。

$$M_s(t) = \sum a(i) \cdot (\theta_{i,t}) \dots\dots\dots (2)$$

理論的には $\Delta M_s(t) = M_s(t) - M_s(t-1)$ となるが、実際は各深度の観測記録の欠測がランダムに分布しているため(1)の方法は困難であり、次の基準を設定したうえで(2)の方法を採用せざるをえなかった。

- a) 深度5~65 cmまでの6深度については浅いほうから2深度ずつのブロックに分け、2深度とも欠測の場合は M_s も欠測とする。
- b) 深度80~180 cmの6深度については3深度以上が欠測の場合は M_s も欠測とする。
- c) 上記以外の場合で欠測があるときは欠測深度の上下の深度で代表させる。

得られた結果を図5に示す。水分量は850~1000 mmの範囲で変動しており、年間変動幅は百数十mmとなっている。

5. 降雨時の不飽和帯水分変動量と一雨雨量との対応

5.1 降雨に伴う不飽和帯吸引圧の変化

降雨に伴う各深度の吸引圧変化の例を図6(a)(b)に示す。降雨の浸透に伴って表層から順に吸引圧の低下が起こる。変化パターンは初期土湿条件ならびに降雨強度によって異なるが、深度50 cmより下層では時間遅れを伴いながら浸透が徐々に下方に進んでおり、大降雨ほど影響が深部にまで及んでいる。

5.2 不飽和帯水分変動量と一雨雨量との対応

一雨ごとの不飽和帯水分変動量は(1)式を用いて求めることができる。雨量としては林内雨量をとるべきであるが、本実験区内の林内雨量 P と林外雨量 P_i の相関(図7)をみると $P_i = 0.65P$ となっており、 P_i の捕捉率が過小になっている。これは林内雨量計の設置条件に起因すると考えられるが、現段階では明確でないので、ここで

は両方の雨量との対応をみた。

対象としたのは1982年9月から1984年2月までの20 mm以上の17降雨で、結果を図8に示す。横軸は林外雨量としてとっており、 $\Delta M_s = P_i$ の直線は ΔM_s が林内雨量に等しい場合に相当する。また○印は吸引圧から含水率への変換において脱水曲線を用いた場合を、●印は吸引曲線を用いた場合をそれぞれ表す。いずれにしてもかなりのばらつきがあり、全体的に $P < \Delta M_s$ あるいは $P_i < \Delta M_s$ の傾向にある。この原因としては以下の点が考えられる。

- (1) 水分特性曲線のヒステリシス効果を考慮に入れないため、脱水・吸水曲線のいずれを用いたとしても ΔM_s が過大に評価されている。
 - (2) 砂質ロームよりも腐葉土層に近いと考えられる深度5 cm, 15 cmに対して、試験結果がないため、深度25 cmの水分特性曲線を適用せざるをえなかった。
- これらの点については今後の課題としたい。

謝 辞

本研究は本研究所選定研究ならびに文部省科学研究費一般研究(B)の補助を受けている。記して謝意を表します。

(1985年11月26日受理)

参 考 文 献

- 1) 虫明功臣・小池雅洋・岡泰道：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. 10，1982. 10
- 2) 虫明功臣・岡泰道・小池雅洋：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(2)，生産研究，Vol. 34，No. 11，1982. 11
- 3) 虫明功臣・岡泰道・小池雅洋：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. 1，1984. 1
- 4) 虫明功臣・岡泰道・小池雅洋：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)，生産研究，Vol. 37，No. 4，1985. 4