

火山灰土層斜面における雨水の浸透と土壌水分変化

熊本大学工学部 学生員 福元 一也
熊本大学工学部 正員 下津 昌司

1. まえがき 流域における降雨流出機構を究明する場合、雨水の土中への浸透現象と斜面方向の流れが主な現象として考えられよう。本研究は、阿蘇火山灰土層斜面を対象として、条件の異なる2つの試験地の実測をもとに、流域表層部における雨水の挙動を把握し、流出解析における有効降雨の合理的な分離法に結びつけることを目的とするものである。

2. 雨水浸透の解析 既報⁽¹⁾で述べた不飽和域で拡張されたDarcy則⁽²⁾と、連続の式⁽³⁾から⁽³⁾の基礎式が導き出される。

$$\theta = -K \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad (\theta = z + \psi) \quad \text{----- ①} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial \theta}{\partial z} \quad \text{----- ②}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} - K(\theta) \right\} \quad \text{----- ③} \quad \text{③式を変形して④式とする。}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \left(\frac{\partial K}{\partial \theta} + \frac{\partial D}{\partial \theta} \right) \frac{\partial \theta}{\partial z} + D(\theta) \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad \text{----- ④} \quad \text{ただし } D(\theta) = K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial \theta}$$

ここで θ は土壌水分量 (cm^3/cm^3)、 z は鉛直下向きを正とした座標、 $D(\theta)$ は水分拡散係数 (cm^2/sec)、 $K(\theta)$ は不飽和透水係数 (cm/sec)、 ψ は土壌水分吸引水頭 (cm)、 θ は単位断面積当りの流量フラックス (cm^3/cm^2)。数値解析で差分近似を行なう場合の安定条件として次の2式が満たされれば良いことがわかってる。⁽²⁾ $D(\theta) \leq \nu$, $\frac{\partial K(\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial D(\theta)}{\partial \theta} \leq \frac{\nu}{\Delta z}$ とおくと、 $\frac{2\nu \Delta t}{(\Delta z)^2} \leq 1$ ----- ⑤ $\nu \geq \frac{1}{2} c^2 \Delta t$ ----- ⑥

⑤、⑥式の必要十分条件を満たすように、 Δz 、 Δt を選ばなければならない訳であるが、④での計算では、モデルの層の分割数を12層、時間増分 Δt を60secとし、水分変化の小さい時には、 $\Delta t = 120 \text{ sec}$ として計算を行なったが、今回、層の分割数を24層に増やしたモデルを新たに考え、 Δz の値を前モデルよりも細かくして同様の計算を行なってみた結果、層の分割数が12層で、 $\Delta t = 120 \text{ sec}$ のモデルを使って十分な値を出すことが判明したので、以後は12層、 $\Delta t = 120 \text{ sec}$ で統一して計算を行なうことにした。

7-9降雨の場合で、12層、 $\Delta t = 120 \text{ sec}$ の場合と、24層、 $\Delta t = 120 \text{ sec}$ の場合の計算値を比較してみると、図1のようになる。15cm層以下の層では同時に実測値を書き込んである。図からわかるように、両者にそれほどの大差は見られなく、層の数を増やして、 Δz を小さくする必要はないと考えてよい。又、実測値との比較をみると、80cm層の計算値が実測値より数時間遅れている他は、かなり良い値が出ているといえる。

(1)で述べた解析手順に従って今回は、前モデルの試験地

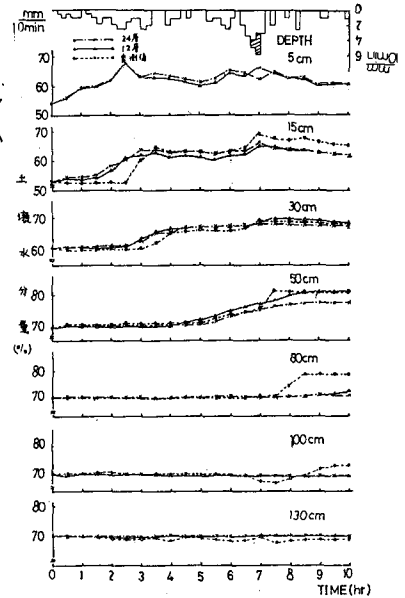


図-1 土壌水分時間変化

深さ cm	間隙率	自然含水率 %	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec	透水性係数 cm/sec
0		50	100						
10	72-80	•	•	実験地	76	(78)	1.0	実験地	黒
30	78-83	•	•	実験地	76	(76)	1.0	実験地	黒
60	80-85	•	•	実験地	79	(80)	2.5	実験地	ク
80	76-79	•	•	実験地	78	(76)	1.4	実験地	ク
100	74-78	•	•	実験地	78	(76)	2.3	実験地	ク
120	76-75	•	•	実験地	80	(72)	2.0	実験地	ク

図-2 試験地表層土の物理的性質

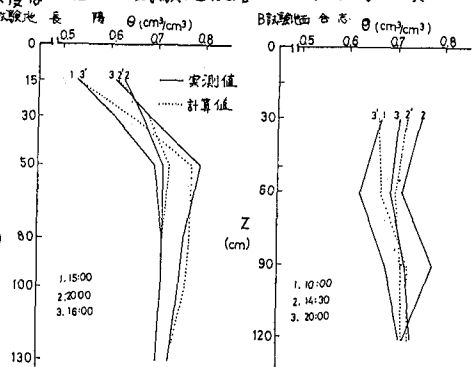


図-3 水分鉛直分布

(以下A試験地)とは異なった試験地(以下B試験地)のモデルを新たに考え同様の解析を行なった。両試験地の相違を述べると、A試験地が斜面の牧草地であるのに対して、B試験地は台地上の畑地で、地被条件が全く異なっている。図-2からわかるように、地層の状態や間隙率、透水係数に違いが見られる。又、土壌水分分布も図-3のようになっており、A試験地では、60cm付近に水分の高い部分が見られるのが特徴になっているのに対して、B試験地の場合、均一な水分分布になっている。B試験地のモデルの層の分割と、各層の飽和透水係数 K_s (cm/s)、毛管飽和水分量 θ_N 、有効体積含水率 θ_e を図-4に示した。又、各深さごとの $K \sim \theta$ 、 $\varphi \sim \theta$ 曲線を図-5、6に、A試験地の曲線と併記して示した。これらの初期値をもとにして、すでに行なわれている降雨実験の

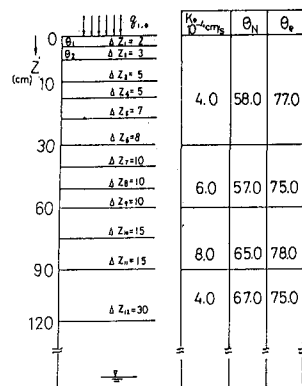


図-4 浸透モデル

今回のまず、降雨強度 40 mm/hr 、降雨継続時間260分のケースの計算を行ない、実験で得られている土壌水分量の実測値(水分計埋設箇所は、地表から30, 60, 90, 120 cmの4ヶ所)と計算値との比較を行なった。その結果を図-7に降雨開始後10時間まで示した。

3. 結果と考察 今回、土壌水分の実測値が、地表面下30cm以下しかなく、現在のところ30cmまでの初期水分量を、30cmの値で統一して計算を行っているのですが、層の上層部の計算値があいまいになることが考えられる。又、表面流の発生も、実測値と一致していない部分があり、これも上層部の初期値に問題があると考えられる。一般に降雨の中休期間の後の再現性が良くないが、これは $\varphi \sim \theta$ を1価関数とし、排水過程を無視している点にも原因があると考えられる。

以上のようなミクロな数値解析をもとに、流域規模の流出解析のための有効降雨の分離法を導くことを図-5 $K \sim \theta$ 目的としており、その合理的な1方法として浸透能曲線による方法がある。したがって、多様な浸透性をもつ流域の平均的な浸透能と、これらのミクロな地点の浸透能の関係の究明を含め、なお残された問題点が多いが、多様な浸透能の組合せを考え、流域へ拡張していくことを今後の課題としたい。

参考文献

- ① 下津他「火山灰土層斜面における土壌水分と流出について」第37回年次学術講演会講演概要集第2部 1982-10 p675
- ② 土木学会編「土木工学における数値解析/基礎編」サイエンス社 49年p73
- ③ ①に同じ

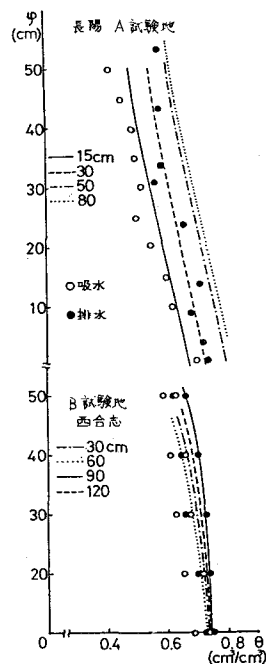


図-6 $\varphi \sim \theta$

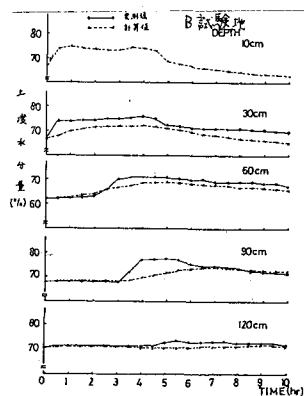


図-7 土壌水分時間変化