

裸地斜面における土壌水分の消長と水収支

京都大学防災研究所 正 員 岡 太 郎

京都大学大学院・工 学 生 員 ○熊谷幸樹

1. まえがき 丘陵地の雨水流出機構には、関与する要素が多く、しかも相互関係が複雑であるため、未解明な問題を残している。本研究では、大型・小型のライシメータの流出現象を不飽和浸透流理論を適用して解析し、この問題に基礎的にアプローチする。

2. 傾斜ライシメータ 本研究で用いたライシメータの構造を図1, 2に示す。図3にはライシメータ充填土の土壌水分特性曲線と不飽和透水係数を示してある。大型・小型傾斜ライシメータの充填土壌はそれぞれ砂質土、砂質ロームであり、飽和透水係数は 10^{-3} , 10^{-6} cm/sである。観測項目は、降雨量、計器蒸発量および表面・地下水流出量である。

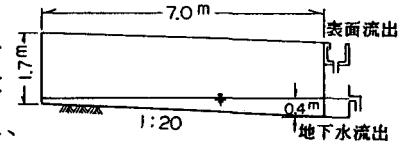


図1 大型ライシメータの構造

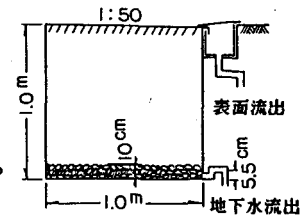


図2 小型ライシメータの構造

3. 雨水浸透解析 傾斜ライシメータの流出過程には土壌水分の消長が大きく影響している。ここでは不飽和帯における土壌水流動を、鉛直一次元のRichardsの式(1)を用いて解析する。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial z} \right) - \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} \quad \dots (1)$$

ここに、 θ :体積含水率表示の土壌水分量、 Ψ :圧力水頭、 $K(\theta)$:不飽和透水係数、 t :時間、 z :鉛直座標(下向きを正とする)

(1)式は、不飽和領域にまで拡張されたDarcy則と連続式より誘導されるが、本研究ではこれらを差分展開し、解析領域を不等距離で分割して数値的に解く方法を採用した。¹⁾

降雨条件として時間雨量、蒸発条件として計器蒸発量を用いた。ただし、蒸発量は日単位で得られているので、これをフローティングライシメータで観測された蒸発量の時間的変化を参考にして²⁾、時間蒸発量に配分して用いた。なお、降雨時には蒸発しないものとした。

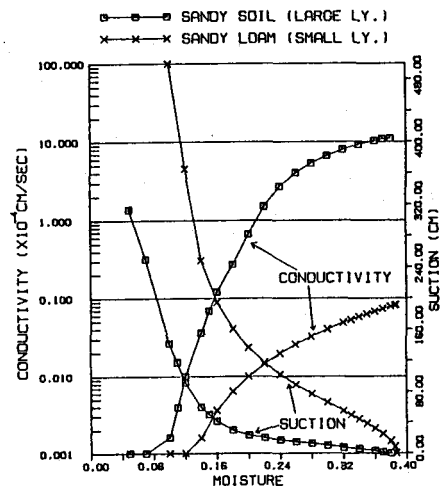


図3 土壌水分特性曲線と不飽和透水係数

数値解析に当たっては、第1層の土壌水分量(θ_1)が飽和土壌水分量(θ_{sat})以上になった場合は、 $\theta_1 = \theta_{sat}$ とした。この場合に表面流が発生する。また、 θ_1 が気乾状態の土壌水分量(θ_{air})より減少した場合は、 $\theta_1 = \theta_{air}$ とした。蒸発量は第2層から第1層への土壌水分移動量である。

Taro OKA, Kouki KUMAGAI

1985年9月1日より1986年2月17日の170日間について解析を行ったが、この期間の水収支を表1に示す。図4(a),(b)は、大型・小型ライシメータにおける1985年9月11日の降雨、浸透能曲線、地下水流出ハイドログラフおよび土壌水分分布の時間変化である。

表1 水収支(1985年9月1日～1986年2月17日)

		大型ライシメータ		小型ライシメータ	
		観測値(mm)	計算値(mm)	観測値(mm)	計算値(mm)
流出	表面流出	22.3	13.8	257.7	197.6
	地下水流出	318.0	300.7	38.3	100.1
高	蒸発損失	85.7	111.5	173.5	172.8
	全流出量	340.3	314.5	294.0	297.7
降雨量		426.0		467.5	
計器蒸発量		277.8		225.4	

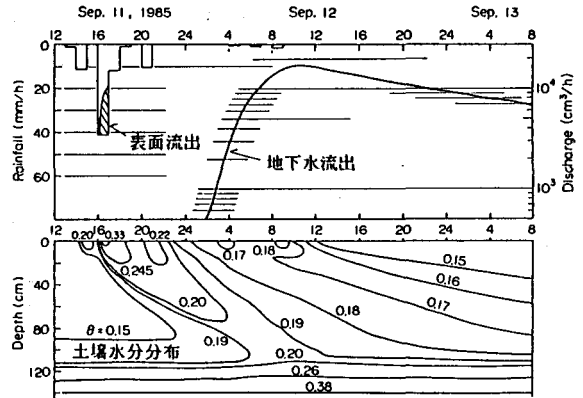
4. 水収支と雨水流出特性 表1より、大型ライシメータでは地下水流出が多く、表面流出・蒸発損失は少ない。小型ライシメータでは、表面流出・蒸発損失が多く、地下水流出は少ない。このような差は、図3に示すように土壌の透水性の差によってもたらされるものである。

図4より、土壌水分の消長と雨水流出過程の関連性が更に明らかになる。すなわち、大型ライシメータの充填土は透水性が大きいいため、降雨の大部分が浸透し、強雨時にのみ表面流が発生する。また、地表面より浸透した雨水は早い速度で深部へ流下し、まもなく地下水流出として流出する。小型ライシメータの充填土は透水性が小さいため、降雨の大部分が表面流となり、浸透成分はわずかである。しかも、浸透速度は小さく、地表面付近に滞留する時間も長い。したがって、蒸発量が多く、地下水流出量は少ない。

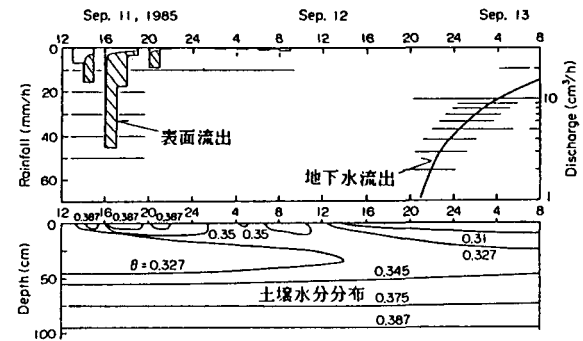
これらを総合すると、裸地斜面では土壌の透水性によって雨水流出特性が大きく影響を受けることが明らかになる。透水性の大きい斜面では、地下水流出が多く、表面流出と蒸発損失は少ない。透水性の小さい斜面では、表面流出と蒸発損失が多く、地下水流出は少ない。

6. あとがき 本研究では、裸地斜面の雨水流出過程を不飽和浸透流モデルを用いて再現することを試みた。その結果はかなり良好であった。この基礎的研究結果は、自然丘陵地の雨水流出機構の解明とそのモデル化などに役立てられるであろう。

(参考文献) 1)岡太郎・角屋睦：裸地斜面域における雨水の浸入と地下水流出(2) — 流出モデルへのアプローチ — 京都大学防災研究所年報第17号B, 1974. 2)中川慎治：蒸発散の概念とその適用性について, 筑波大学水理実験センター報告, NO.6, 1982.



(a) 大型ライシメータ



(b) 小型ライシメータ

図4 雨水流出量と土壌水分の時間変化