

II-29

裸地斜面域における蒸発と雨水流出

京都大学防災研究所 正員 岡 太郎・学生員 熊谷 幸樹

1. まえがき 地表面よりの蒸発と土壌水分の消長は雨水流出機構に深く係っている。ここでは、傾斜ライシメータにおける観測資料に基づいて、裸地斜面域の水収支・蒸発及び雨水流出過程について基礎的な検討を行った。

2. 傾斜ライシメータ 本研究で用いた傾斜ライシメータの構造を図1に示してある。ここでは、降雨量、計器蒸発量及び表面・地下水流出量が連続観測されている。なお、充填土壌は砂質土であり、その土壌水分特性曲線と不飽和透水係数は図2のようである¹⁾。

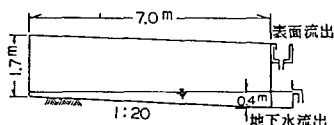


図1 傾斜ライシメータ

3. 蒸発量の測定 これまで、直径 120cm の蒸発計を用いて計器蒸発量 E_{pan} を測定してきたが、1985年9月より熱収支法による蒸発量測定装置を用いて地表面よりの蒸発量 E の測定を追加した。この装置では、図3に示すように、放射収支計を用いて純放射量 R と60分間の積算値、地中熱流板を用いて地中熱流量 G 、通風筒付き乾湿球温度計を用いて乾湿球温度 T 、 T_w とそれぞれの温度差 ΔT 、 ΔT_w が測定されている。ここで、蒸発量は地表面付近の熱収支式より導かれる次式により算出することができる²⁾。

$$E = \frac{R - G}{L} \left\{ 1 - \frac{\gamma}{k + \gamma} \frac{\Delta T}{\Delta T_w} \right\}$$

k : 湿球温度に対する飽和水蒸気圧曲線の勾配、 γ : 乾湿球定数、 L : 蒸発潜熱、 H : 顕熱伝達量 図4と5に観測結果より得られた熱収支項と蒸発量の時間変化を示す。夜間には ΔT 、 ΔT_w が精度よく測定できないうえ、蒸発量は日中のものよりかなり小さいと考えられるので、夜間の蒸発量は無視することにする。

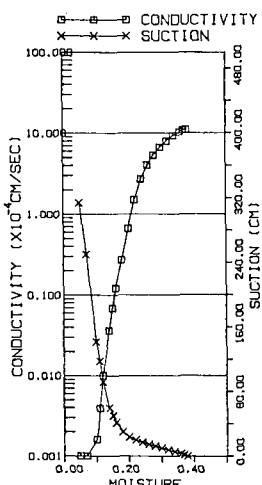


図2 土壌特性

4. 雨水流出量の測定 1985年9月1日から1986年2月に観測された雨水流出量を

図6に示してある。同図より、夏の終りには流出が止っていたが、9月11日の雨により流出が始り、1月の渇水期まで続いたことがわかる。

表1にこの流出期間の水収支を示す。これらより、このライシメータでは、地表面に到達した雨水はほとんどが地中に浸透し、不飽和帯を流下して地下水流出するといえる。また、表面流出はごく限られた条件でのみ発生し、その量はきわめて少ない。

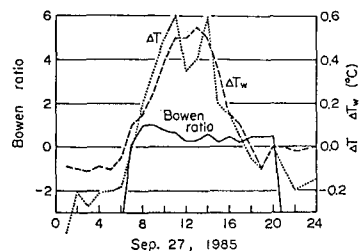
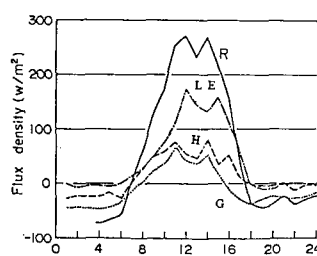
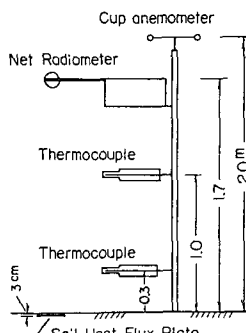


図4 熱収支項の日変化

5. 雨水浸透の解析 傾斜ライシメータの土壌 図3 蒸発量測定装置 水流动を鉛直1次元の Richards の式を用いて数値的に解析し、上述の流出過程を再現する。この種の解析では、地表面の境界条件とくに蒸発条件の導入が問題になるが、ここでは地表面蒸発量が得られているので、

その値を用いることができる。なお、降雨条件については、観測降雨量を地表面供給量とするが、地表面の土壌水分量 θ_1 が飽和土壌水分量 θ_s になった場合には $\theta_1 = \theta_s$ とし、表面流が発生するものとした³⁾。

このようにして得られた地下水流出ハイドログラフを図6に Calculated(1)として、また水収支を表1に併示してある。これらより、計算値と実測値、とくに流出量の測定結果より得られた損失量と地表面蒸発量とがかなり良い精度で一致しているのが認められる。このことは熱収支法による測定値の検証が行えたことにもなる。図7は、地表面蒸発量と計器蒸発量との比 $[E/E_{pan}]$ と数値解析で得られた表層10cmの土壌水分量との関係をプロットしたものである。表層部の土壌水分が多いときは E は E_{pan} と同値であるが、水分量が0.12になると E は急に減少し、0.09でほとんど蒸発しなくなる。すなわち、表層部の水分量が0.10付近で乾燥被膜が形成され始めるといえる。また砂質土では、図7に示すように $E/E_{pan} \sim \theta$ 曲線の勾配は急であり、

E が減少し始めるとすぐに $E=0$ となる。

6. 蒸発条件の簡単化 土壌水流動の解析に際して、地表面蒸発量を準備することは容易でないので、蒸発に関する境界条件の簡単化が望まれる。ここでは、これまでの検討結果に基づき、乾燥被膜が形成される水分量 θ_d を0.10と仮定するとともに $\theta_1 > \theta_d$ では $E = E_{pan}$ 、 $\theta_1 < \theta_d$ では $E = 0$ とする単純化を試みた。なお、日単位の計器蒸発量は、図5の蒸発時間変化を参考にして、あらかじめ時間蒸発量になおしておく必要がある。この場合の計算結果を図6に Calculated(2)として併示してある。計算結果は観測結果をうまく再現しており、ここで示した蒸発条件の簡単化の妥当性・有用性が認められたことになる。

7. あとがき 本報告では、地表面よりの蒸発量を熱収支法を用いて測定するとともに、土壌水流動解析を行い、主として蒸発と土壌水分量との関係、蒸発条件の簡単化についての検討結果について述べた。対象土壌が砂質土であるため、土壌水は、速い速度で深部に浸透し、表層部にあまり長くどまらない。したがって、湿潤から乾燥までの熱収支と蒸発過程の全容を明らかにするためには更にデータの蓄積が必要である。

考文献 1)岡・角屋：京大防災研年報、第17号、1974、pp.511-522。 2)農林省：農業気象ハンドブック、養聖堂、1969、pp.46-51。 3)岡・角屋：防災研年報、第17号、1974、pp.523-533。

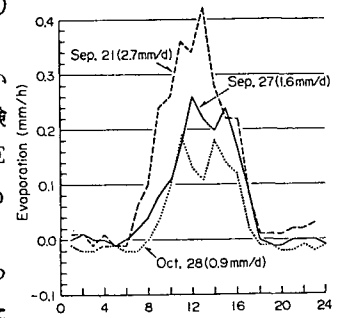


図5 蒸発量の測定例

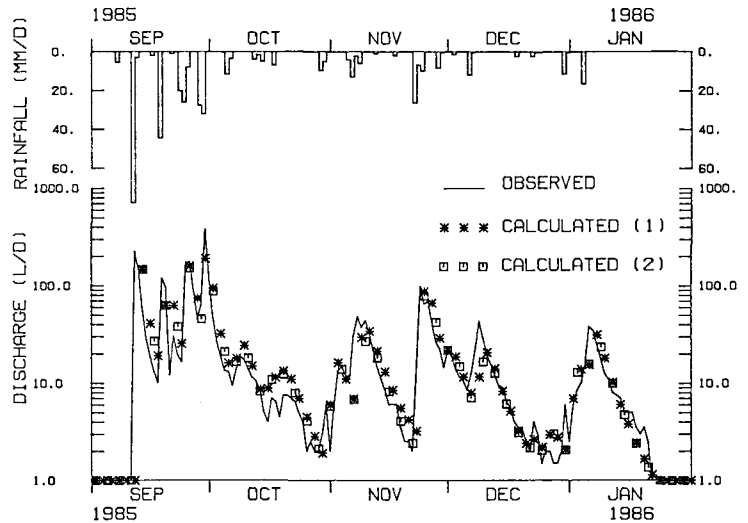


図6 地下水流出量

表1 水収支(1985年9月1日～1986年2月17日)

	観測値(mm)	計算値(mm)
表面流出	22.3	28.6
地下水流出	318.0	307.9
蒸発損失	85.7	89.5
全流出量	340.3	336.5
降雨量	426.0	
計器蒸発量	277.5	
地表面蒸発量	89.5	

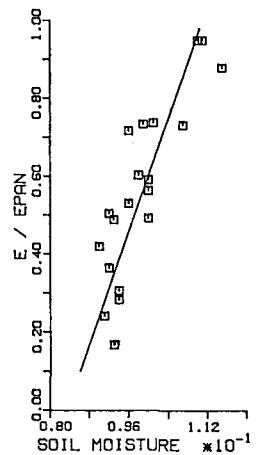


図7 蒸発量と土壌水分量との関係