

山腹斜面の特性が雨水流出に及ぼす影響について

名古屋大学工学部 学生員○小原 裕博

名古屋大学工学部 正 員 松林宇一郎

名古屋大学工学部 正 員 高木 不折

1. はじめに

近年、環境問題に関連して水循環や物質循環の重要性が指摘されているが、そのためには流出水量を表すだけでなく雨水の流出経路を表現できるモデルを構築し、各経路で現象を考慮する必要があると考えられる。著者らは、こうした観点から図1の犬山流域（愛知県犬山市，流域面積6400m²）において山腹斜面系における種々の解析を行ってきた。その中で、牧らはRichardsの飽和・不飽和浸透式を用いた数値解析及び比電気伝導度や¹⁸Oを利用した水質解析を行ったが、その結果、飽和・不飽和浸透モデルでは、流域下流端でのハイドログラフを再現することはできるが、流出水の水質変化を再現できないことがわかった。その原因として、流出経路が浸透流のみではなく何らかの別の経路が存在すると考えられる。本研究では種々の水文観測を通じてその経路を検討した。

2. 現地観測の概要

従来の解析ではいずれも降雨条件、土壌条件を一様として取り扱ってきた。しかし、現地で降雨時の斜面を観察すると、降雨は樹冠により樹幹流と樹冠通過降雨に分離される。樹幹流は根元付近に雨水を集中化させ主根付近の空隙が多い部分から浸透してゆく。そこでは従来考えていた不飽和浸透とは異なった水分移動が起きていると考えられる。この集中化による影響を考察するために、流域内の9本の木に集水器を取り付け流量計測を行った。同時に実際の斜面降水である樹冠通過降雨についても測定を行った。

また、浸透域である土壌内部には、樹冠による降水の分離による影響以外に、根茎・れき層・パイプといった局所的流れを起こす要因が存在していると思われる。これらの水の動きを知るために、斜面内6箇所にテンシオメーターを埋設し土壌ポテンシャルの変化を測定した。特に、土壌についてはその特性を詳しく求めるために現地での散水試験を行いポテンシャル変化を測定するとともに山腹のトレンチ断面の観察も行った。

3. 観測結果と考察

降水の分離：雨水流出は山腹斜面への着水から始まるが、これは、樹木の存在により樹幹流、樹冠通過降雨という性質の異なる着水形態に分けられる。図3.1は7月17日（総降雨量38mm）の降雨と各々の樹幹流の時間変化を対数軸で表したものであるが、各時刻での降雨量と樹幹流の増減がよく対応している。次に、図3.2は樹木 No.1について降雨ごとの累加降雨量と累加集水量の関係を示したもので、降雨に関係なく累加降雨に対する累加流量は一定と見ることができる。他の樹木についても同様の結果が得られたことから、集中化にもっとも寄与するのは各樹木

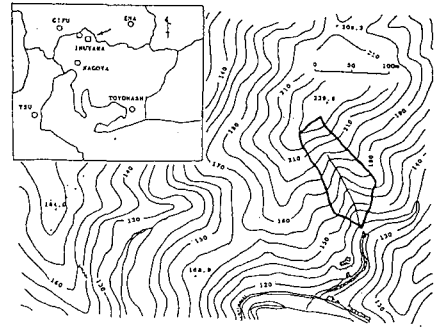


図1 犬山流域の概図

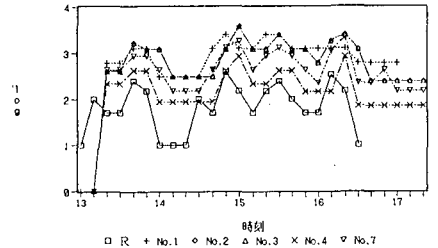


図3.1 降雨と樹幹流の時間変化（7月17日）

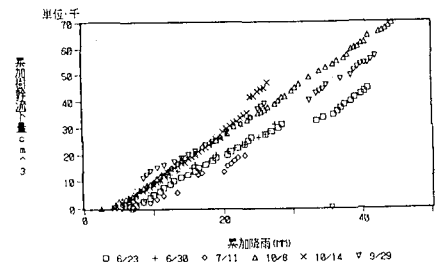


図3.2 樹木No.1の累加集水量

の集水面積であると考えられ、次式が得られる。

$$R_s = \alpha \cdot A_T \cdot R \quad R_s: \text{各時刻の樹幹流量 (cm}^3/\text{min)}, A_T: \text{各樹木の集水面積 (cm}^2), R: \text{各時刻の林外降雨 (mm/min)}$$

ここで α は図 3.1及び図 3.2で見られる樹幹流と降雨の時間的ズレに関する係数で降水強度がある値以上(観測では5 mm/10min)では降雨がそのまま樹幹流にならないことを表現する。具体的な与え方については検討中である。 A_T については樹木の断面積にほぼ比例するという観測結果が得られている。よって上式により降水量から集中量を分離できると考えられる。

流路の推定：図3.3に11月20日の降雨(総降雨量45mm)による犬山試験流域でのポテンシャル変化の様子を示す。また、11月26日に同流域でおこなった散水実験時(総散水量30mm)のトレンチの様子を図3.5に示す。

図3.3においてNo. 3, 6は極浅いためすぐに飽和するとして、No. 1, 5は深い位置にも関わらずある時点を超えて急激にポテンシャルが上昇し、その後も高いポテンシャル(飽和状態)を維持している。また、降雨に対する反応も敏感である。これに対し、No.2は比較的浅い位置にも関わらず深部のNo.4と同様にポテンシャルの変化が時間的にも遅く上昇も緩やかである。これらのことから、No.2,4に到達した水分量はマトリクス部分をゆっくり浸透してきたものであり、No.1,5は水分量をすばやく通過させる経路(パス)を通過したと考えられる。

次に、図 3.4でトレンチ断面では濡れ前線のようなものは断面上部10~15cm以深では確認できず、出水地点は図中の細根周りのA点、マトリクス部のB点のみであったことから、パスは断面の層構造によるものというより、局所的な根茎やれき群によるものと推測される。また、より多量の散水を行った現地実験では、A, B点以外に基岩上部のC点から浸出が確認されており、基岩上面で飽和浸透流が形成される場合はそこから多量の流出があることも推測される。

以上から山腹斜面の流出経路を図3.5のようにモデル化する。

4. おわりに

本研究では現地水文観測及び現地実験の結果から、樹冠による降水の分離をはじめとする山腹斜面の流出経路の分類を行った。今後は残る流路のモデル化を行い山腹斜面系の流出モデルを完成させ、水文・物質循環を考察できるモデルへと発展させたいと考えている。

参考文献

牧 昌志: トレーサーの拡散解析による山腹斜面の雨水流出過程に関する研究, 名古屋大学卒業論文

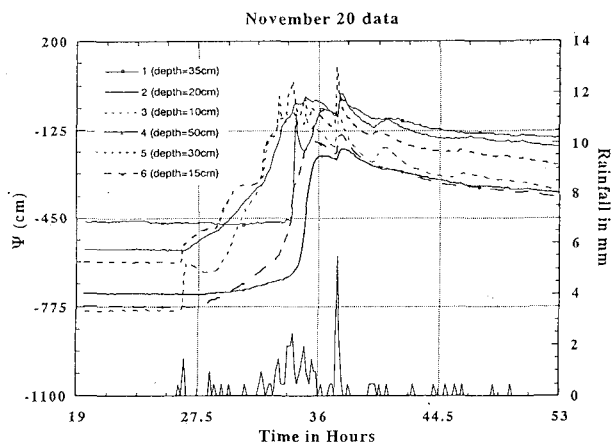


図3.3 降雨時のポテンシャル変化 (11月20日)

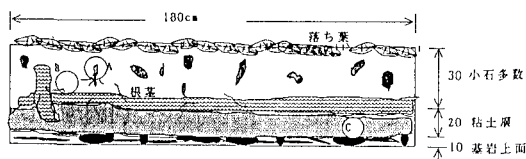


図3.4 観測トレンチ断面の概図

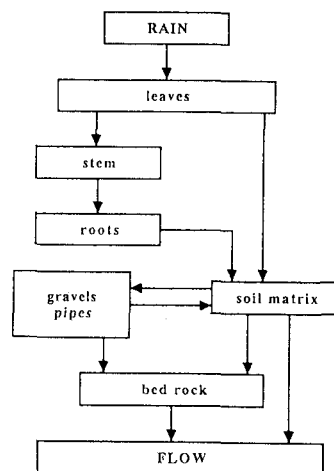


図3.5 山腹斜面の流出経路の概図