

山体基岩の透水性分布が河川流出に及ぼす影響の検討

京都大学大学院農学研究科 ○正岡直也・小杉賢一郎

1. 研究背景

山地河川の流出特性は基岩地質によって大きく異なることがよく知られている。しかし、流出特性には地形や植生、土壌や基岩の透水性など様々なファクターが影響し合うため、地質の違いのみに注目して定量的評価を行った例は少ない。

本研究では、基岩地質以外の条件が類似した二流域の流出特性を比較し、基岩風化度の違いによる透水性分布の差が流出特性に及ぼす影響を数値シミュレーションによって検討した。

2. 研究手法

2.1 観測サイト

観測は滋賀県不動寺水文試験地 F1 流域（花崗岩）と同県甲賀市信楽水文試験地 SB 流域（堆積岩）の二流域で行った。流域面積はそれぞれ 0.29 ha と 0.28 ha、平均勾配はそれぞれ 31.1° と 31.0° で非常に類似した地形条件である。植生はいずれもスギ・ヒノキ人工林で、両流域は約 5.5 km の距離にあり気象条件的にも近く、基岩地質の違いを除けばほぼ同一条件といえる。

両流域の谷筋に沿った縦断面図を図1に示す。図中には基岩内ボーリングから得られた風化区分と、年平均地下水位（破線）が示されている。風化区分に着目すると、F1 流域では風化の進んだ基岩である D・CL 層が流域全体に厚く分布している。一方、SB 流域では上流端部を除いて D・CL 層が非常に薄く、風化の進んでいない CM・CH 層が大部分を占めていることがわかる。

両流域の末端で三角堰を用いて流出量を、また堰の近傍で林外雨量を観測している。

2.2 数値シミュレーション

HYDRUS-2D を用いて浸透流出シミュレーションを行った。計算モデルは実スケールを基に単純化し、両流域共通で水平 80 m、鉛直上流側 51 m、下流側 1 m の台形とした（図2）。計算要素のうち、土壌（Soil）は両流域とも厚さ上流側 1 m、下流側 0.5 m の台形とし、基岩の D・CL・CM 層を図1の風化区分図に基づき異なる厚さで設定し

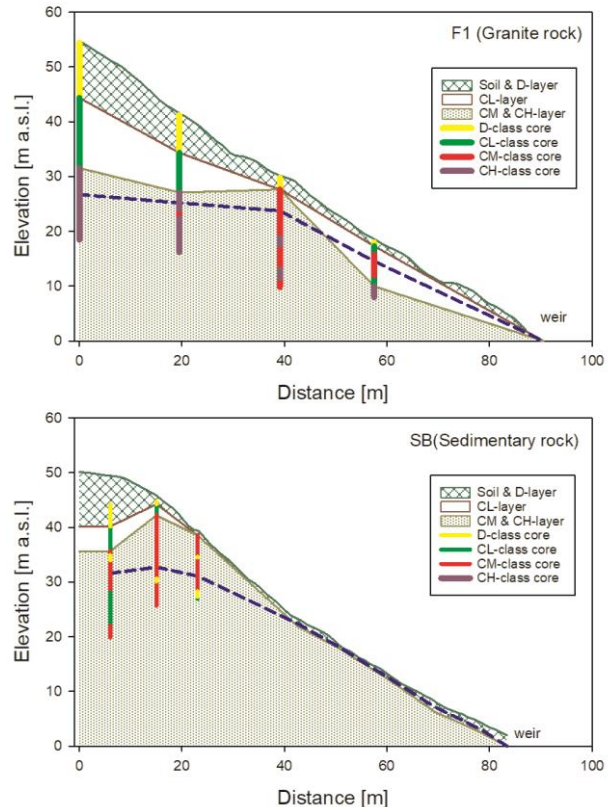


図1 (上) F1 流域 (下) SB 流域の断面図

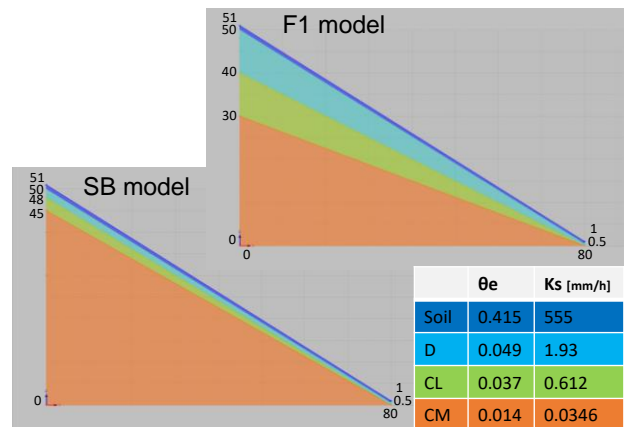


図2 計算モデルの要素とパラメーター覧

た。水文パラメータは花崗岩流域で計測された値を参考に設定した（図2中の表；詳細は省略）。F1, SB 流域のモデルはそれぞれ 2812, 2747 個の三角要素メッシュに分割し計算を行った。境界条件として地表を降雨入力+表面流出面、下流端を浸出面とし、それ以外は不透水面とした。計算時間ステップ (Δt) は 0.00024~6 時間とした。

F1 流域の年間流出量を平均化した値 (0.1 mm/h) を先行降雨として連続的に供給し、流出と圧力水頭分布が定常化した時点から初期条件として本計算を開始した。本計算では 960 時間の間に 2 度の降雨イベント (合計 12 mm, 90 mm) を設定し、無降雨時は平均的な損失量 (0.08 mm/h) を蒸発散量として与えた。流出量に加え、各計算要素内の水分貯留量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 観測結果

図 3 に F1, SB 両流域の 40 日間 (960 時間) の流出量と林外雨量 [mm/h] を示す。全体として F1 よりも SB の方が基底流量は少ないが、大降雨時のイベント流量は多い傾向がみられた。

3.2 シミュレーション結果

3.2.1 流出量

図 4 に流出量 [mm/h] の計算結果を示す。降雨前は F1 の流出量が多いものの、90 mm の降雨直後は SB が多くなった。降雨後 100 時間程度で再び F1 の流出量が多くなり、以後は同じだった。観測結果 (図 3) と比べると減速度や基底値が異なるものの、大まかな傾向はよく一致していた。

3.2.2 水分貯留量

図 5 に各要素内の水分貯留量 [mm] の時系列変化を示す。貯留量は計算終了時 (960 時間) の値に対する差分で示してある。なお、CM 層は全期間で飽和しており貯留量変化がないため図から省略した。Soil は両流域でほとんど差がないが、D 層では F1 流域で貯留量変化が多かった。これは D 層が基岩の中でも比較的高い空隙率 θ_s と透水性 K_s を有しており、これが厚く分布している F1 流域で多量の水が貯留されているためと考えられる。CL 層では逆に F1 流域の貯留が少ないが、これは厚い D 層中の不飽和浸透に時間を要し、計算時間中の貯留量変化が少ないためである。

3.3 貯留と流出に関する考察

水貯留の合計 (図 5 の all) は 2 度目の降雨後 F1 流域で常に多く、F1 流域の基底流量が多い (図 3) 理由であると考えられる。降雨直後に SB 流域で流出量が多いのは、D・CL 層が薄く飽和に達するのが早いため、土層から基岩層に浸透せずに素早く流出する成分が多いためと考えられる。

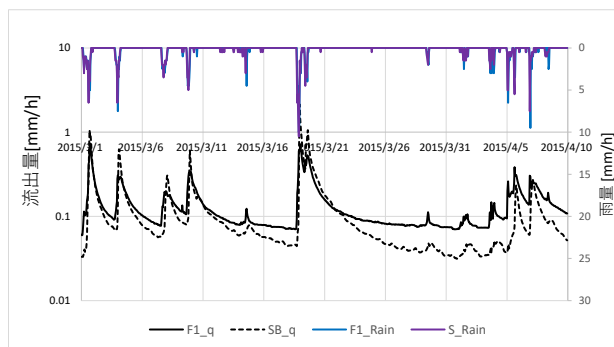


図 3 流出量 (実測)

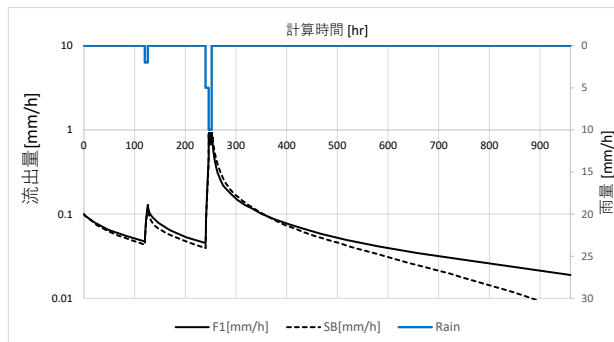


図 4 流出量 (シミュレーション)

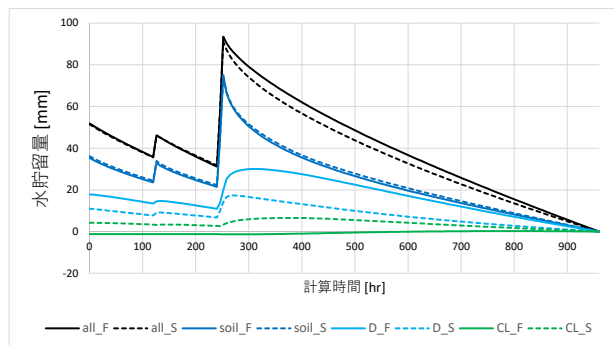


図 5 水分貯留量 (シミュレーション)

4. 結論

本研究では基岩の透水性分布の違いを再現した数値シミュレーションにより、実測の流出特性の傾向をある程度良好に再現できた。堆積岩コアの水文パラメータの計測や、亀裂を含んだ実際の透水係数の推定が今後の検討課題である。

引用文献

- 1). Šimůnek et al. (1999). The HYDRUS-2D software package for simulating two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0, IGWMC - TPS - 53, International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- 2). Katsura et al. (2009). Hydraulic properties of variously weathered granitic bedrock in headwater catchments. Vadose Zone J., 8(3), 557. doi: 10.2136/vzj2008.0142

(連絡先: masaoka.naoya.7e@kyoto-u.ac.jp)