

# 那智川支川・金山谷での多点地下水計測データに着目した 地下水上昇時の降雨応答解析

日本工営株式会社 ○早川智也、山崎祐介、長山孝彦、伊藤隆郭、伊東直哉  
紀伊山系砂防事務所 山田啄也、青野友哉  
大規模土砂災害対策技術センター 高原晃宙  
京都大学名誉教授 藤田正治  
京都大学 宮田秀介、山野井一輝

## 1. はじめに

和歌山県那智勝浦町那智川流域では、平成 23 年 9 月出水を受けて荒廃溪流の水文・土砂移動の過程を把握し土砂災害の防止軽減につなげることを目的に、雨量、水位、孔内水位などの水文観測が継続的に実施されている。

とりわけ花崗斑岩分布域（図-1）では崩壊の発生が相対的に多く、崩壊に伴う土砂供給が那智川本川の河床上昇を招き、土砂・洪水氾濫被害を増幅させている。金山谷川では比較的大規模な花崗斑岩の崩壊が発生しており、当該崩壊地周辺では 2016 年から孔内水位計による地下水位観測が継続されている。これらの観測データを活用し、斜面内地下水挙動に着目した崩壊リスク評価が求められている。

竹下ほか（2022）は EC 等の水質分析から花崗斑岩分布域の降雨は浸透が主体であり、浸透した地下水は堆積岩類と花崗斑岩との地質境界から湧水し、堆積に供給しているとしている。そこで本研究では、堆積岩類と花崗斑岩の地質構成を想定した二層モデルによる降雨流出解析を実施し、孔内水位観測データの整理と合わせて、地下水上昇時の降雨応答特性および崩壊リスク評価に関する考察を行った。

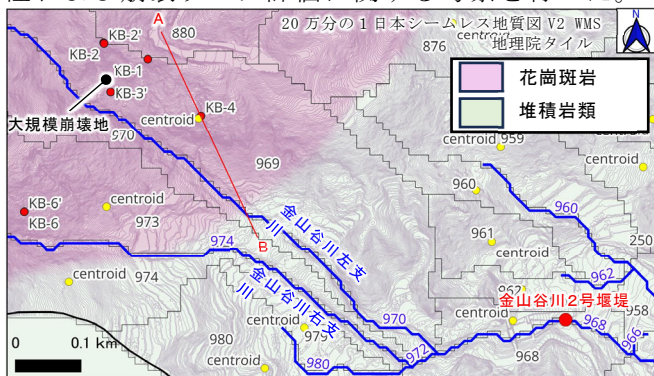


図-1 金山谷川の観測点・単位斜面

## 2. 溪流洪水流量および雨天時浸入水量の成分分離

溪流洪水流量は図-2 に示すように降雨による流出であり、地中浅く浸透した「速い流出」と比較的深く浸透した「遅い流出」に区分けしている。モデルの設定としてここでは浅い層を花崗斑岩、深い層を堆積岩類と想定している。なお花崗斑岩分布域では表面流が発生した痕跡が現地を確認されていない。

最近の降雨の中で比較的規模の大きい令和 5 年台風第 7 号 (CaseR5-2) は、近傍のスカイライン地上雨量計で連続雨量 431 mm、最大時間雨量 52.5 mm の集中豪雨型の降雨である（図-3）。

金山谷川の解析点である金山谷川 2 号堰堤地点の水位観測に基づく流量を図-4 に示した。洪水ハイドログラフの減水側を見ると勾配の変曲点を見出すことができ、P-G1 間を「速い流出」、G2-G3 間を「遅い流出」、G1-G2 間を両者が混合した浸透水の流出として成分分離すると、二層モデルによる流出解析の再現計算が可能となる。

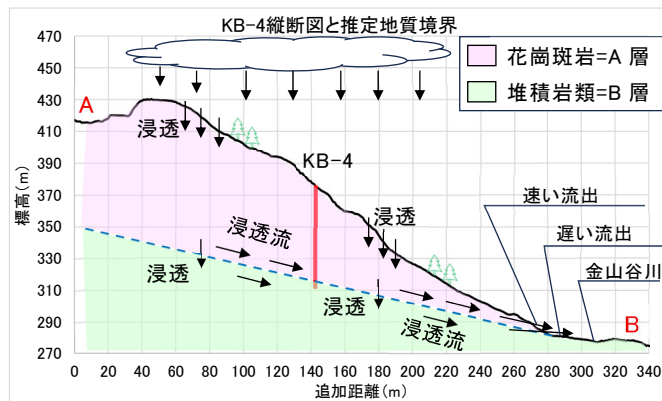


図-2 花崗斑岩分布域の降雨から渓流水への変換

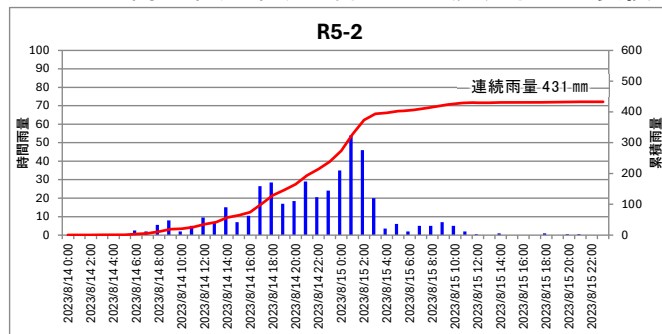


図-3 2023/8/14-15 (CaseR5-2) のハイトグラフ

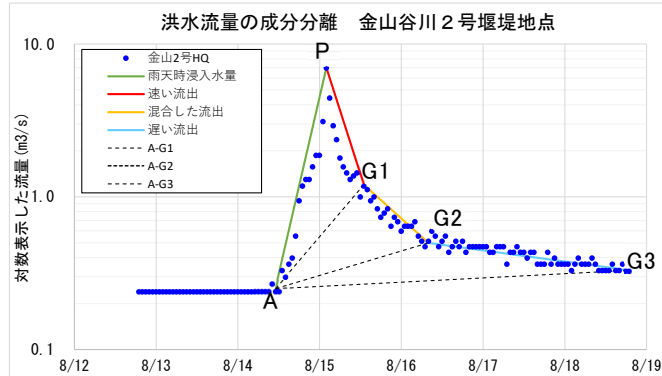


図-4 CaseR5-2 金山谷川 2 号堰堤地点観測流量

表-1 金山谷川降雨流出解析の諸条件

項目	図-5	図-7
斜面 A 層の透水係数	0.030m/s	0.030m/s
斜面 B 層の透水係数	0.001m/s	0.001m/s
斜面 A 層厚	1m 以上	1m 以上
斜面 B 層厚	0.22m	0.39m
斜面の損失水頭	0mm/h	0mm/h
斜面等価粗度	0.5m <sup>-1/3</sup> s	0.5m <sup>-1/3</sup> s
河道マニング係数	0.04m <sup>-1/3</sup> s	0.04m <sup>-1/3</sup> s

## 3. 二層モデルによる再現計算

降雨流出解析モデルは山野井・藤田（2014）をベー

スにしたもので、流域を単位河道、単位斜面、斜面要素に分割し、斜面要素ごとに表面流・中間流統合型 Kinematic wave 法を採用している。土層厚と透水係数の感度分析を実施し、成分分離した減水期の傾向が同じになるように計算条件のフィッティングを検討した。その計算条件を表-1 に結果を図-5 下に示した。

#### 4. 孔内水位計と単位斜面の水位(Hr)との比較

孔内水位計 KB-4 は花崗斑岩と堆積岩類との地層境界付近を孔底としており、その地下水変動をみることができる。また流出解析過程で単位斜面の斜面部の水位を算出しており、単位斜面の重心が KB-4 と同位置に設定した 969 単位斜面の解析上の斜面部水位(Hr)と KB-4 観測値を図-6 に示した。

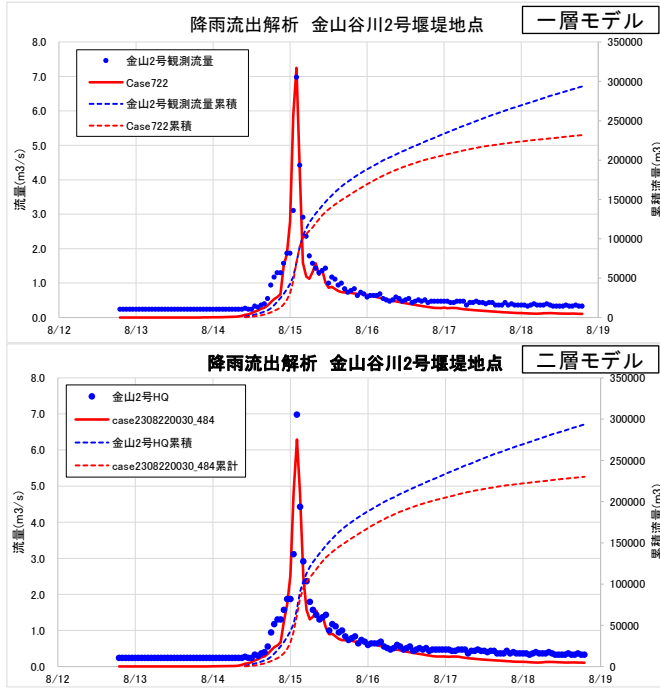


図-5 CaseR5-金山谷川2号堰堤地点流出解析結果

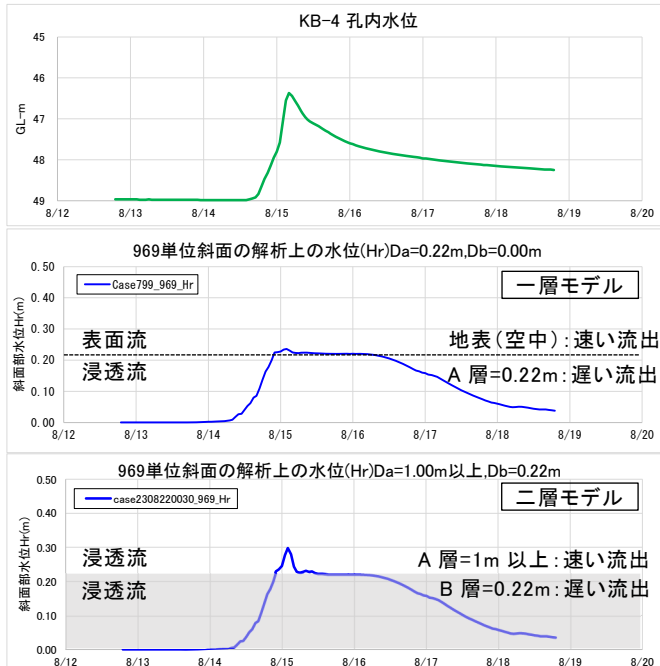


図-6 上:KB-4、中:一層モデル、下:二層モデル

早川ほか (2025) で CaseR5-2 降雨について一層モデルの降雨流出解析を用いた再現計算により、計算条件を確定させ、金山谷川で土層を A 層のみ設定し、土層厚 0.22m、透水係数 0.001m/s を導いている (図 5

上)。ところが一層モデルの場合図-6 中で示すように解析上は表面流が発生し、洪水流量の成分分離で「速い流出」と対比することとなる。二層モデルでは B 層=0.22m とすることで一層モデルと同程度の再現性を確保でき、解析上表面流の発生もない。

#### 5. 考察

二層モデルにおいて B 層=0.22m のケースでは、解析上の A 層の斜面水位の波形が孔内水位と似通っている (図-6 下)。感度分析的に B 層厚さを 0.22m から 0.01m ずつ増やした時 B 層=0.39m とすると、解析上 A 層に達する水位上昇がほとんど見られなくなる (図-7 上)。その場合の流出解析結果 (図-7 下) は減水期に解析値が観測値を上回っており、再現性が低下してくる。減水期の「上に凸」のハイドロは成分分離で定義した「速い流出」の寄与が相対的に小さく、「遅い流出」が卓越する波形といえる。これは、解析上 A 層への水位上昇が抑制される (図-7 上) ことと整合している。このように A 層 (花崗斑岩相当) への地下水到達のしやすさが、減水特性を通じて減水期のハイドロに反映される可能性を示している。すなわち、減水期に「上に凸」のハイドロが現れる場合、成分分離の観点から「遅い流出」の寄与が相対的に卓越していると解釈できる。さらに、A 層 (花崗斑岩相当) を崩壊に関与し得る層と仮定し、A 層の水位上昇が斜面不安定化に影響すると考えると、当該条件では A 層の水位上昇が抑制されるため、崩壊リスクが相対的に低下する可能性が示唆される。

地層構造を詳細に表現するモデルではなく、溪流流域レベルで再現性を確保するモデルをベースとした検討を行った。それにより減水期に現れるハイドロの違いを手掛かりに水位観測だけで当該流域の花崗斑岩の崩壊リスクの相対評価につながる可能性がある。

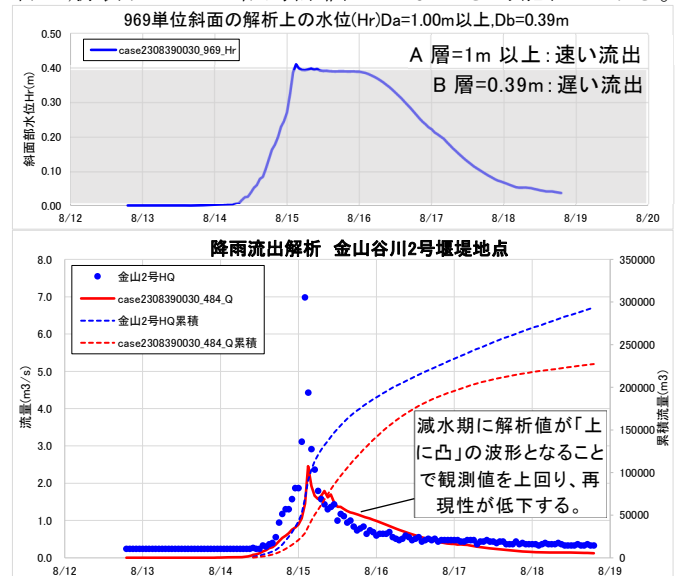


図-7 B 層=0.39m 上:解析斜面水位、下:流出解析

#### 引用文献

- 1) 竹下ほか (2022) 地層境界が存在する那智川支流流域における渓流水の水質形成機構と表層崩壊発生検知への応用に向けた予察; 第 11 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2022 年 8 月
- 2) 山野井・藤田 (2014) 土砂生産・土砂供給・土砂輸送堆積統合型モデルの開発と山地流域への適用; 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.70, No.4, I\_925-I\_930, 2014.
- 3) 早川ほか (2025) 那智川流域における降雨, 表面流, 地下水観測値を用いた降雨応答について; 2025 年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 159-160