

# ハイブリッドモデルを用いた岩盤内地下水の流動に関する検討

信州大学大学院 ○佐竹 寅次郎  
信州大学 堤 大三, 福山 泰治郎

## 1. はじめに

斜面が基盤層を含めて崩壊する深層崩壊現象の発生には、岩盤内地下水の挙動が関わっていると考えられる。本研究では、山地小流域で岩盤内地下水位と湧水量の観測を行っている。それらを再現するモデルとして、これまでタンクモデル等の概念モデルが汎用されてきたが、本研究では岩盤内地下水の流動の物理的な過程を考慮したハイブリッドモデルを構築した。モデルの計算条件を様々に変化させて得られた岩盤内地下水位および湧水量の再現値と実測値を比較することで、岩盤内地下水の流動に関して検討を行った。

## 2. 現地観測

対象流域は、長野県上伊那郡飯島町に位置する天竜川右支川与田切川流域内の小流域（Y-2 流域：図-1）であり、流域内の中流部 2 地点（Y-2Gw1, Y-2Gw2 地点）のボーリング孔内で岩盤内地下水位を、中流部 1 地点で降雨量を、下流部 3 地点（Y-2Sw1～Sw3 地点）で湧水量をそれぞれ観測した。

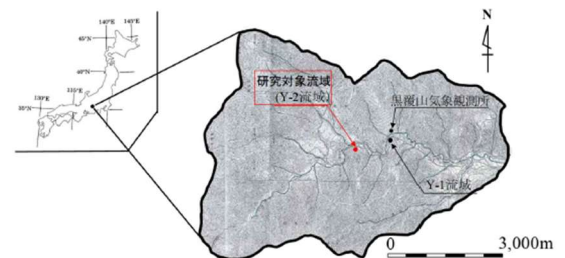


図-1 研究対象流域（Y-2 流域）

## 3. 岩盤内地下水位と湧水量の降雨応答特性

2009 年 7 月 16 日～2023 年 10 月 31 日における降雨イベントの総降雨量と、岩盤内地下水位および湧水量のピーク値の関係を図-2 に示す。図-2 から、岩盤内地下水位や湧水量のピーク値は、総降雨量と正の相関関係がある一方で、同等の総降雨量に対してピーク値の差が大きく異なる場合があることがわかる。この一因として、先行降雨に起因する岩盤内の水分状態の相違が考えられる。よって、岩盤内に浸透した雨水は即座に排出されず、岩盤内の亀裂を長時間かけて流下していると推察される。

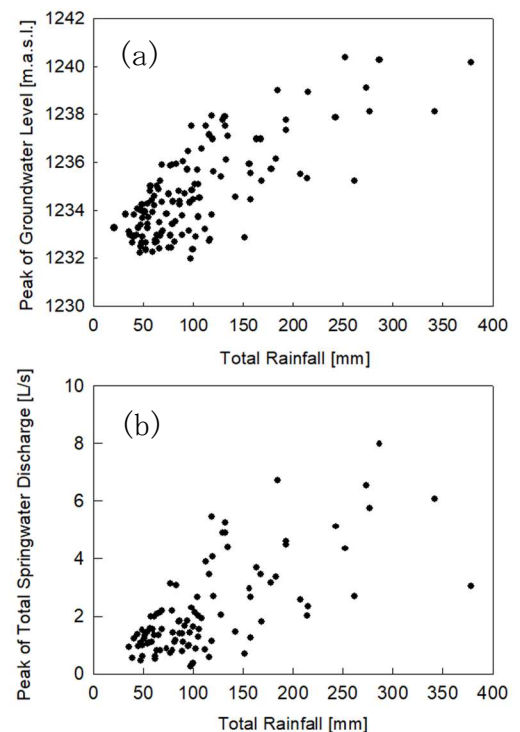


図-2

総降雨量に対する  
岩盤内地下水位 (a) と  
湧水量 (b) のピーク値

## 4. ハイブリッドモデルの構築

「斜面に降った雨水は、土層や岩盤の亀裂を浸透し、飽和帯に到達した後、大きな亀裂等の水みちを流下する」と仮定し、タンクモデルと水理モデル（堤ら, 2005）を組み合わせたハイブリッドモデルを構築した（図-3）。上部のタンクモデルでは岩盤内の地下水面に供給される雨水の量とその供給速度が計算される。下部の水理モデル部では傾斜した流下パイプに鉛直方向の滞留パイプが接続し

ており、飽和水の挙動が計算される。上部タンクモデルからの雨水の供給を入力値として、流下パイプの各セグメントでマニング則を支配方程式とした収束計算を行う。流下パイプが管路流になった場合に、発生する圧力水頭に相当する水位が滞留パイプに与えられる。流下・滞留パイプの本数や傾斜角などの計算条件を変化させ、岩盤内地下水位と湧水量の挙動の再現を試みた。

## 5. 岩盤内地下水の流動に関する検討

計算条件を変化させて岩盤内地下水位および湧水量の再現計算を行い、その出力結果を比較して岩盤内地下水の流動について検討した。結果を以下にまとめる。

①本モデルを用いた計算により、岩盤内地下水位と湧水量の両方で実測値に近似的な波形を得ることができた（図-4）。このことから、開発したハイブリッドモデルで想定している地下水挙動が現実性を持っていることが示された。

②流下パイプの勾配を  $0^\circ$  にした結果、無降雨期間であっても管路流状態が保たれ、低水時の湧水量の再現精度が著しく向上した。このことから、岩盤内には亀裂が常に水で満たされている部分があり、基底流はその部分を水源としていると考えられる。この結果は、本モデルを用いることで岩盤内地下水位や湧水量から岩盤内の亀裂の状態を推測できる可能性を示唆している。

③岩盤内地下水位の上昇による新たな流下経路の形成を考慮していない本モデルでは、大出水時の湧水量のピーク値の再現が困難であった（図-4）。このことから、大出水時の湧水量の挙動には、岩盤内地下水位の上昇により形成される新たな流下経路が影響を及ぼしていると思われる。

④滞留パイプの本数を多くすると、岩盤内地下水位や湧水量の再現値の変動が穏やかになり、再現精度が向上した。このことから、岩盤内の亀裂の量は岩盤内地下水位や湧水量の変動に直接影響を及ぼしていると考えられる。

## 6. おわりに

本研究により、岩盤内地下水の流動には岩盤内の亀裂の状態が影響していることが示されるとともに、本モデルを用いることで岩盤内地下水位や湧水量から岩盤内の亀裂の状態を推測できる可能性が示唆された。今後は、本モデルを用いて岩盤内の亀裂の状態を定量的に把握する試みを行う予定である。

## 参考文献

堤 大三・宮寄 俊彦・藤田 正治・Roy C. SIDLE (2005)：パイプ流に関する数値計算モデルと人工斜面実験による検証，砂防学会誌，Vol. 58，No. 1，p. 20-30

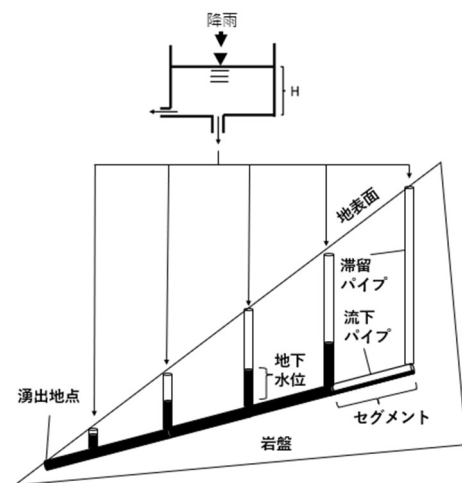


図-3 ハイブリッドモデルの模式図

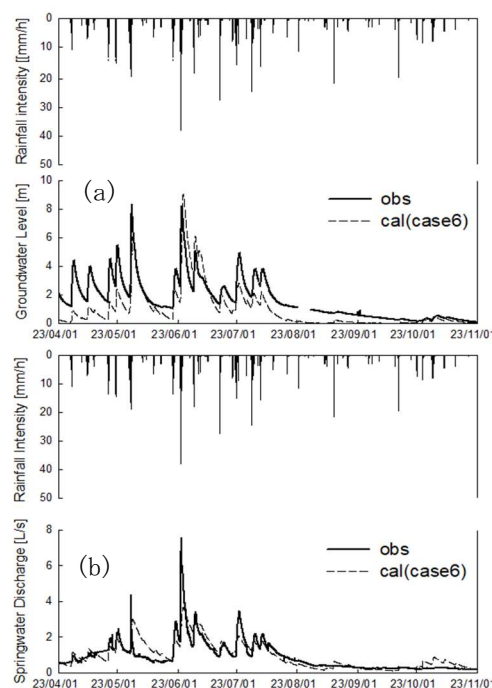


図-4 岩盤内地下水位(a)および湧水量(b)の再現計算結果 (2023/4/1～2023/10/31)

図中の obs は実測値，  
cal (case6) は再現値を表す