

改良型 HCYC モデルを用いた山地源流域の降雨流出特性に関する考察

京都大学大学院農学研究科 ○稲岡諄、小杉賢一朗、正岡直也
 沖縄大学経法商学部 糸数哲
 京都大学大学院農学研究科 中村公人
 立命館大学理工学部 藤本将光

1. はじめに

近年、土砂災害が頻発しているが、土砂災害による被害を減らすにはその発生機構の解明が必要である。これまでの研究により、地形や地質、植生など様々な要因の影響で地下水の挙動が変化し、土砂移動現象につながるものが明らかにされてきた。このうち、地質に着目すると、花崗岩山地における研究例は比較的多いが、堆積岩山地における研究例は少ない。そこで、本研究では、観測ハイドログラフから流域ごとに直接流出量と逓減の特徴を明らかにし、各流域の流出特性と地質の影響を明らかにする。また、HCYC モデルを用いて各流域の流出を再現し、モデルパラメータから各流域の特性を解析することを目的とした。

2. 方法

滋賀県甲賀市に位置する信楽試験地（以下、信楽）の 12 流域（S01～S12；図 1）と滋賀県大津市に位置する不動寺試験地（以下、不動寺）の 7 流域（F0～F6；図 2）、合わせて 19 流域を研究対象とした。信楽の地質は中生代に形成された付加体堆積岩であり、不動寺の地質は後期白亜紀に形成された花崗岩である（脇田ら、2013）。各流域で約 3 年間にわたって流量を観測した。また、各試験地近傍の開けた場所で雨量も計測した。

観測データをもとに、山地源流域にも適用可能な改良型 HCYC モデル(Wakahara *et al.*, 2012)を最小二乗法によってそれぞれの流域に最適化した。この際、変化させたパラメータは 4 つのタンクの水深を表すパラメータ 4 つと有効降雨の計算に必要な 2 つのパラメータの合計 6 つのみとし、他のパラメータは Fukushima (1988)で示された桐生試験地（滋賀県大津市）の値で固定した。

有効降雨の計算式から、林地系上部タンクの水の量と有効降雨発生率 m の関係は土層内貯留量と流出寄与域面積率の関係とみなすことができ、これが HCYC モデルで計算される波形を決める最も重要な部分であると考え、この関係に基づいて対象となる流域を分類した。

また、観測ハイドログラフから、降水量と直接流出量(Hewlett & Hibbert, 1967)の関係および逓減について解析を行い、HCYC モデルによる計算から得られる結果と比較した。

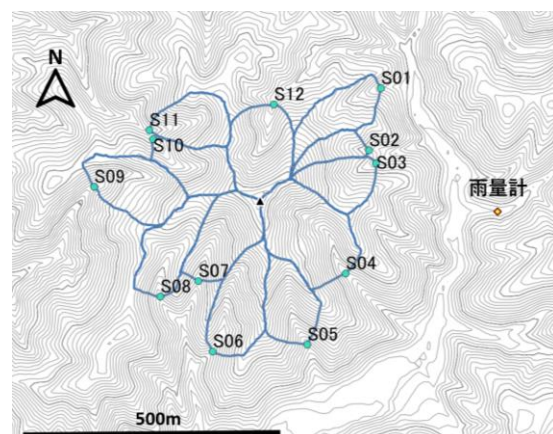


図 1 信楽試験地の地形図
等高線は 5m 間隔、50m ごとに太線で記載。

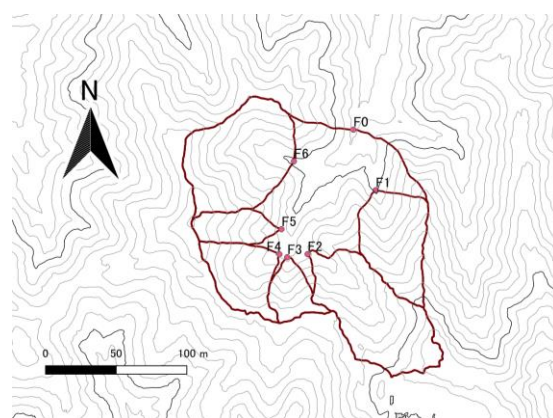


図 2 不動寺試験地の地形図
等高線は 5m 間隔、50m ごとに太線で記載。
雨量計は試験地北側に設置した。

3. 結果と考察

降水量と直接流出量の関係からは、対象とした19流域を大きく2分できると考えられた(図3)。すなわち、①花崗岩流域の大部分と基底流の多い堆積岩流域(S03・S09流域; Inaoka *et al.*, 2020)と②堆積岩流域の大部分とF2流域に分類できた。また、HYCYモデルの林地系上部タンクの水量と有効降雨発生率 m の関係からも同様に①と②に分けられ、水の量が少ないときは①で流出が発生しやすく、多いときは②で流出が発生しやすいという傾向も一致した(図4)。このことから、観測データの特徴はHYCYモデルのパラメータの違いとして表すことができたと考えられる。

さらに、Millares *et al.* (2009)が用いた upwards concatenation による Master Recession Curve を作成し(図5)、各流域の逓減特性を解析すると、不動寺の流域やS03・S09流域(図5の紫線・緑線)では比較的緩やかな逓減が、S03・S09流域を除く信楽の流域やF1流域(図5の水色線・黄緑線)では比較的急な逓減が発生することが分かった。HYCYモデルのパラメータではF1流域が他の不動寺の流域と大きく異なることは表現できておらず、この解析では極めて大きなイベント(総降水量328mm、F1流域以外は欠測)があった際の逓減波形に影響された可能性がある。これを除けば逓減波形には地質が大きく影響していると考えられる。

謝辞 本研究の実施に当たり、国土交通省より地形データを提供いただいた。

参考文献

脇田浩二・竹内圭史・水野清秀・小松原琢・中野聡志・武村恵二・田口雄作(2013):5万分の1地質図幅「京都東南部」. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.

Fukushima Y. 1988. Model of river flow forecasting for a small forested mountain catchment. *Hydrological Processes* **2** pp.167-185.
 Hewlett J & Hibbert A, 1967. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. *International Symposium on Forest Hydrology* pp.275-290.
 Inaoka J, Kosugi K, Masaoka N, Itokazu T, & Nakamura K. 2020. Effects of geological structures on rainfall-runoff responses in headwater catchments in a sedimentary rock mountain. *Hydrological Processes* **34** pp.5567-5579.
 Millares A, Polo M, & Losada M. 2009. The hydrological response of baseflow in fractured mountain areas. *Hydrology and Earth System Sciences* **13** pp.1261-1271.
 Wakahara T, Shiraki K, & Suzuki M, 2012. Comparison of runoff characteristics of two adjacent basins in a tropical rainforest using a modified hydrologic cycle model with outflow. *Hydrological Processes* doi: 10.1002/hyp.9602

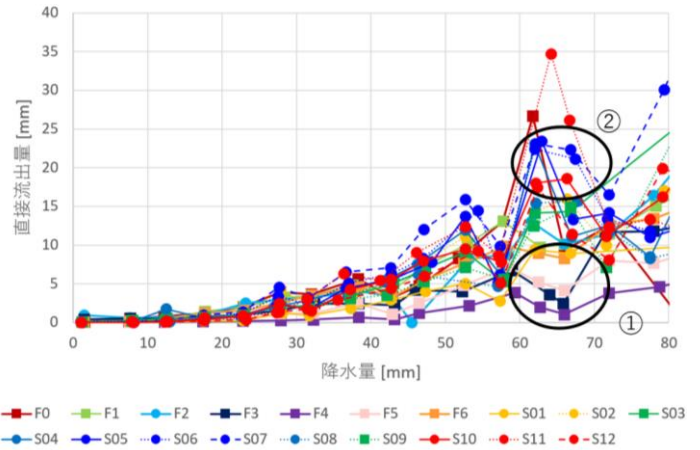


図3 降水量と直接流出量の関係

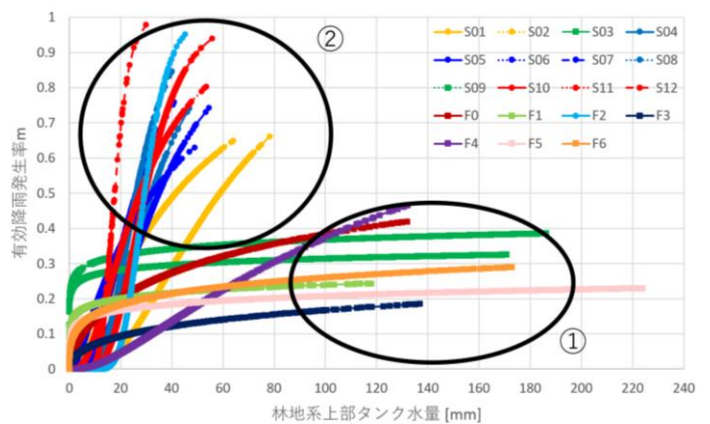


図4 林地系上部タンクの水量と有効降雨発生率 m の関係

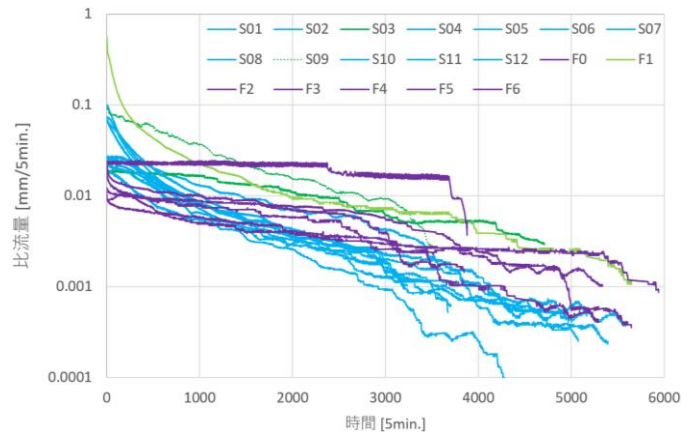


図5 各流域で upwards concatenation による Master Recession Curve (Millares *et al.*, 2009)を作成した結果