

改良型 HYCY モデルを用いた山地源流域における降雨流出に対する地形や地質の影響の解析

京都大学大学院農学研究科 ○稲岡諄*、小杉賢一朗、正岡直也

*現 中電技術コンサルタント株式会社

1. 背景・目的

降雨流出特性には地形や地質など様々な要因が影響する(e.g., Tani *et al.*, 2012)。従来、降雨流出特性に対する地質の影響は地質別に整理して考察されてきており、同一地質の流域における流出特性の違いはあまり検討されてこなかった。また、その違いは水文モデルにおいてはパラメータの違いに表れるが、水文モデルの計算に対する地質の影響を検討した事例は非常に少ない (e.g., 稲岡ら, 2022)。本研究は基岩浸透を考慮した改良型 HYCY モデル(Wakahara *et al.*, 2012)を用いてその計算に地形や地質が与える影響の解明を目的とした。

2. 方法

滋賀県南部に位置する 12 個の堆積岩流域と 7 個の花崗岩流域の計 19 流域における観測ハイドログラフ(Inaoka *et al.*, 2022)を基に最小二乗法により改良型 HYCY モデルを流域ごとに最適化した。得られたパラメータから復帰流の発生確率として計算され、流出寄与域面積率に相当する m パラメータと土層内貯留量の関係を整理し、観測データの解析結果(Inaoka *et al.*, 2022)と比較した。また、HYCY モデルのパラメータと流域形状比や地質との関係を調べ、各パラメータに大きな影響を与えているのは地形と地質のいずれであるのかを明らかにした。

3. 結果と考察

改良型 HYCY モデルは全 19 流域の流出を良好に再現した。1 イベントの総降水量が 200 mm を超えると、 m は堆積岩流域では 1 に近いのに対し、花崗岩流域では 0.3-0.4 程度に留まった。 m が大きくなるほど直接流出量は増加すると考えられ、観測結果の解析と調和的な地質の影響が見られた。

HYCY モデルパラメータに地形と地質が与える影響は以下の通りであった。まず、 m パラメータは花崗岩流域においては地形と強い相関があったが、土層内貯留量によってその相関は変化した(表)。堆積岩流域においては地形との相関が見られなかったため、 m パラメータと地形の相関はほとんどないと判断した(表)。河道降雨の流出波形を決める K_c は全流域において地形と弱い正の相関を示した(表)。流域の発達が流域の地形を決めており、これが河道降雨の流出に影響するためだと考えられる。一方、 K_c への地質の影響は見られなかった(図 d)。復帰流の流出波形を決める K_h は地形との相関はなかった(表)が、地質によって値の範囲に違いが見られた(図 e)。土層内の浸透に関わるパラメータ K_m は地形と地質いずれとも相関が見られなかった(表、図 f)。斜面深部タンクのパラメータ K_b は地形との相関がないように思われた(表)が、外れ値を取った、地表流域界を越える地下水移動によって湿潤となった流域を除くと相関が見られた。これは流域形状比が大きいと基底流の波形が急になるからだと考えられる。また、地質によって値の大きさに違いがあった(図 g)。これは地表流域界を超えた地下水移動により一部の流域で非常に湿った溪畔域が形成され、より緩やかな基底流を形成することで説明できる。従って、地形の影響は河道降雨の流出において優勢である一方、復帰流やその発生確率、基底流には地質がより大きく影響することが明らかになった。

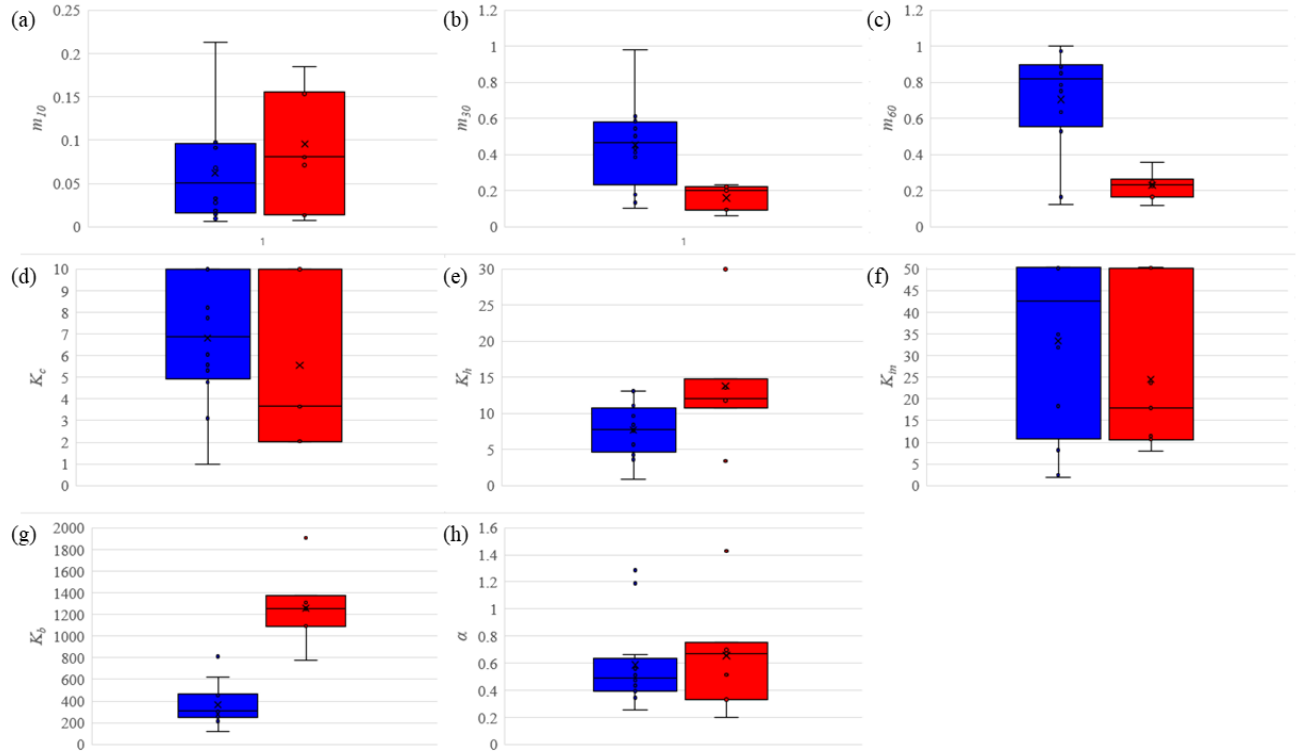


図 地質別の各 HYCY モデルパラメータの分布。青が堆積岩流域、赤が花崗岩流域を表し、(a) m_{10} 、(b) m_{30} 、(c) m_{60} 、(d) K_c 、(e) K_h 、(f) K_{in} 、(g) K_b 、(h) α の結果をそれぞれ示す。なお、 m_{10} は土層内貯留量が 10 mm のときの m の値を意味する。

表 流域形状比と各パラメータの相関係数。全流域、堆積岩流域、花崗岩流域に分けた集計結果。

パラメータ	全流域	堆積岩流域	花崗岩流域
m_{10}	-0.30	-0.22	-0.58
m_{30}	-0.23	-0.40	-0.15
m_{60}	0.018	-0.14	0.49
m_{100}	0.16	0.039	0.84
K_c	0.44	0.39	0.86
K_h	0.11	0.070	0.56
K_{in}	0.25	0.12	0.75
K_b	-0.063	0.13	0.058
α	-0.35	-0.3	-0.56

参考文献 Inaoka J, Kosugi K, Masaoka N. 2022. Effects of geological differences on rainfall-runoff characteristics based on field measurements. *Hydrological Research Letters* 16 pp.80-86. DOI: 10.3178/hrl.16.80.

稲岡諄・小杉賢一朗・正岡直也・糸数哲・中村公人・藤本光光. 2022. 改良型 HYCY モデルを用いた山地源流域における降雨流出特性の解明. 令和4年度砂防学会研究発表会概要集. pp.11-12.

Tani M, Fujimoto M, Katsuyama M, Kojima N, Hosoda I, Kosugi K, ... Nakamura S. 2012. Predicting the dependencies of rainfall-runoff responses on human forest disturbances with soil loss based on the runoff mechanisms in granite and sedimentary rock mountains. *Hydrological Processes* 26 pp.809-826. DOI: 10.1002/hyp.8295.

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* 28 pp.509-520. DOI: 10.1002/hyp.9602.

謝辞 使用した地形図は国土交通省にご提供いただきました。また、本研究は JST CREST、JST SPRING (JPMJSP2110)、科研費 (JP20H00434)を利用して行われました。ここに記して感謝いたします。