

水文地質特性と気象条件の分離—火山岩流域の低水流況への影響—  
**Decoupling internal and external properties:  
 significance on hydrological signatures in volcanic catchments**  
 ○吉田武郎\*・Peter A. Troch\*\*  
 Takeo Yoshida, and Peter A. Troch

1. はじめに

山地からの低水流出特性の理解は水資源の評価とともに、融雪の早期化等による水資源の脆弱性の把握に重要である。低水流出特性の指標として良く用いられる基底流指標 (BFI; 年間総流出量に占める基底流出の割合) や流況曲線の中央部の傾き (SFDC) は、流域間の流出特性の分類に有効である。しかし、これらの水文指標は気象条件 (外的要因) の影響も受けるため、水文地質的な特性 (内的要因) との関係性の把握を難しくしている。例えば、日米の火山岩流域における BFI は基盤岩の形成年代 (流域年齢) と強い負の相関を持ち、内的要因の時間的発達の影響を示唆する (Yoshida and Troch, 2016)。一方で、SFDC と流域年齢は有意な相関を示すものの ( $p=0.02$ )、サンプル中の最も若い流域を除くとその関係は明瞭でない (図 1)。本研究では水文モデルを利用して水文指標への気象の影響 (外的要因) を取り除き、低水流出特性と水文地質特性 (内的要因) の関係を明らかにする。

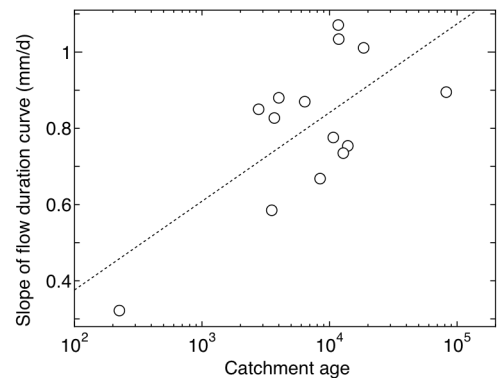


図 1 流況曲線の傾きと流域年齢の関係

2. 解析資料と方法

本研究ではダム諸量データベース (<http://mudam.nilim.go.jp/home>) から選択した、年齢の異なる 8 つの火山岩流域 (流域面積の 50%以上が火山岩) を対象とする。表層地質およびその年齢は 20 万分の 1 日本シームレス地質図から抽出した。水文モデル hsB-SM (Carrillo et al., 2011) を用い、年流出率、通減特性および SFDC の十分な再現性を各流域で確認した後、以下の数値実験を行って流域の内的要因と外的要因を切り分ける。

ここで、ある流域のモデルに他の流域の気象データを適用することを考える。もし流出特性を決定する要因が内的要因のみであれば、計算された指標 (ここでは SFDC) はモデル流域の値と同じ値になる (図 2 (a) の線 A 上)。

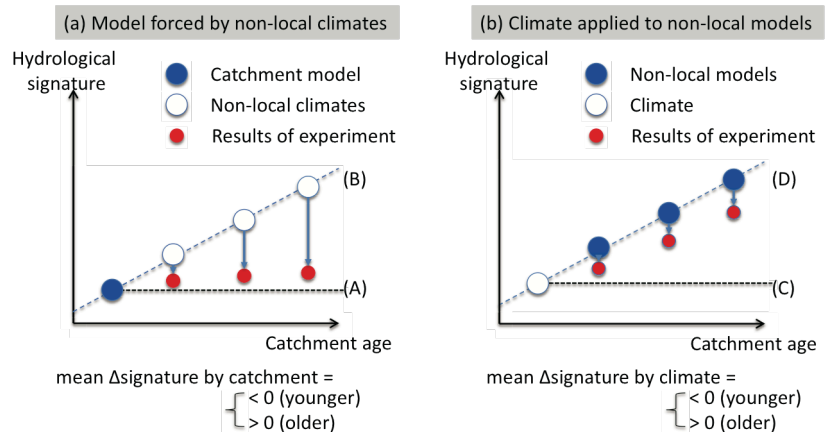


図 2 数値実験の概要：線 B, D は水文指標と年齢の経験的な関係

一方、外的要因のみが流出特性を支配する場合、水文指標は適用した気象データの流域と同じ値になる (図 2 (a) の線 B 上)。実際の水文指標は両者の影響を受けて線

\* 農研機構, National Agriculture and Food Research Organization, \*\*University of Arizona  
 キーワード: 低水, 火山岩流域, Catchment Coevolution

AB の間にプロットされる。ある流域に他の 7 流域の気象データを与え、得られた水文指標の線 B からの偏差の平均 (mean  $\Delta$ SFDC by catchment) は、内的要因の水文指標への影響を表す。同様の解析を気象ごとに行って得られる線 D からの偏差の平均 (mean  $\Delta$ SFDC by climate) は、水文指標への外的要因の影響を表す (図 2 (b))。mean  $\Delta$ SFDC by catchment を横軸に、mean  $\Delta$ SFDC by climate を縦軸にプロットすると、その回帰線は内的要因のみが水文指標を支配する場合には水平線、外的要因のみが支配する場合には鉛直線になり、その傾きから両者の相対的な影響度を推察できる。

### 3. 結果

流域および気象ごとの平均  $\Delta$ SFDC は強い正の相関 ( $p=0.003$ ) を示し、その回帰直線の傾きは 0.395 であった (図 3)。この傾きは水平に近く、SFDC に流域の内的要因がより強く影響していることを示唆する。mean  $\Delta$ SFDC by catchment (流域の内的要因) と流域年齢の間の極めて強い正の相関 ( $p<0.001$ ) は、地質的な時間スケールでの流域の発達過程が、低水の流出特性に寄与することを支持する強い根拠である。流域年齢に加え、mean  $\Delta$ SFDC by catchment と高い相関を示したモデルの特性値 (パラメータおよび時間スケール) として、不飽和帯および土層全体の厚さ ( $p=0.017$ , 図 4)、基盤岩への浸透量 ( $p=0.011$ )、基盤岩からの流出係数 ( $p=0.032$ )、不飽和帯の平均的な到達時間スケール ( $p=0.003$ ) 等があげられた。Yoshida and Troch (2016) は、化学風化によって生じた粘土成分の蓄積により、地質的な時間の経過とともに鉛直的な流れが卓越するシステムから側方流が卓越したシステムに推移すると仮説を立てた。基盤岩への浸透量やその流出速度の低下というモデル推定結果はこの仮説を支持する。一方で、時間の経過に伴う土層の厚さの減少は、風化による土層の増大という観測的事実と反する (Lohse and Dietrich, 2005)。これは、若い火山岩では間隙の多い基盤岩の一部やサプロライトが透水層として働き、モデルで水文的に「厚い」システムと同定したためと考えられる。

### 4. おわりに

この研究では、数値モデルを利用して気象条件の影響を取り除き、火山岩流域の水文指標と水文地質特性の関係を調べた。その結果、基盤岩への涵養量、不飽和帯の到達時間等の流域の内的な特性と流況の間に強い相関が見られることや、その特性に地質的な時間スケールでの流域の発達過程が支配的な影響をもつことを示した。

引用文献 : Yoshida and Troch (2016): *Hydro. Earth Sys. Sci.*; Carrillo et al. (2011): *Hydro. Earth Sys. Sci.*; Lohse and Dietrich (2005), *Water Resour. Research*

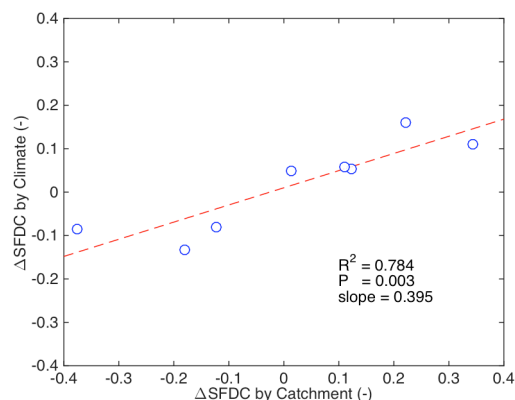


図 3 SFDC に対する内的・外的な要因の影響 : 回帰線の勾配は内的要因の卓越を示唆

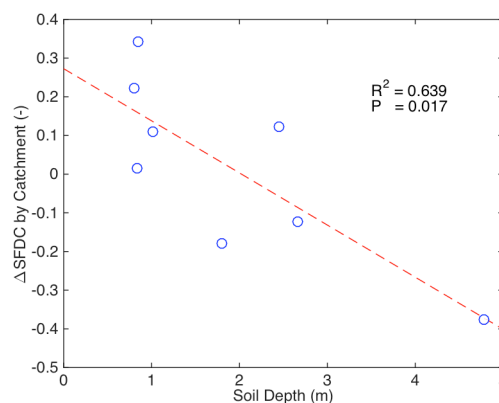


図 4 土層厚の推定値と流域の特性