

# P63 山地河川における河床変動の確率的解析

○国土交通省大隈工事事務所 星野久史  
 京都大学大学院農学研究科 藤田正治  
 京都大学大学院農学研究科 水山高久

## 1. はじめに

流砂系一貫した土砂管理を行う上で、対象とする流域の河床が将来どのように変化していくかを知ることは重要である。そのためには対象とする流域で①発生する豪雨の規模と頻度、②そのときの流量と土砂量の時系列、③現象を再現できる計算モデル、④河床高の確率評価が必要である。本研究は過去のデータに基づいて推定した流量と供給土砂量の長期的な時系列を確率的に与え、数値計算を数多く行うことによって河床高を確率評価する手法の確立を目的とするものである。

## 2. 豪雨の分類と規模の推定

解析は図1の静岡県安倍川上流域を対象として行った。はじめに、豪雨の規模と生産土砂量の関係を推定する。この流域において、梅が島地点における過去42年間の日雨量150mm以上の既往豪雨と、各流域における過去4期間(昭和30~39、39~41、41~50、56~57年)の生産土砂量が図2および図3のようにそれぞれわかっている。既往豪雨を小、中、大の3種類に分類し、各豪雨発生時の生産土砂量を $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、ある期間内のそれぞれの発生回数を $a_k$ 、 $b_k$ 、 $c_k$ 、実績生産土砂量を $V_k$ とすると、

$$V_k = a_k x + b_k y + c_k z$$

が成り立つ。 $0 \leq x \leq y \leq z$ の制約条件のもとで最小自乗法により $x$ 、 $y$ 、 $z$ を求める。豪雨の分類法により $a_k$ 、 $b_k$ 、 $c_k$ は変化するが、今回、日雨量と時間雨量の確率水文量を用いて図2に示すように分類したときに最もよい結果が得られた。各流域における流域面積 $1 \text{ km}^2$ 当たりの生産土砂量の推定結果を図4に示す。次に流量については各規模の代表的な豪雨を抽出し、貯留関数法によってハイドログラフを推定した。図2の白抜きが抽出豪雨である。孫佐島堰堤地点におけるハイドログラフを図5に示す。以上求めた豪雨の発生頻度と規模をもとに、豪雨の規模別に乱数を発生させて10年間の豪雨発生パターンを作成、流量と供給土砂量の時系列を作成した。これを以下で述べる河床変動計算の入力データとする。

## 3. 河床変動計算モデル

河床変動計算は一次元、一様粒径モデルで行った。図1に実線で示す勾配5度以下の河道を対象とし、上流端を砂防ダムまたは勾配5度以上の地点、下流端を砂防堰堤とする河道網を計

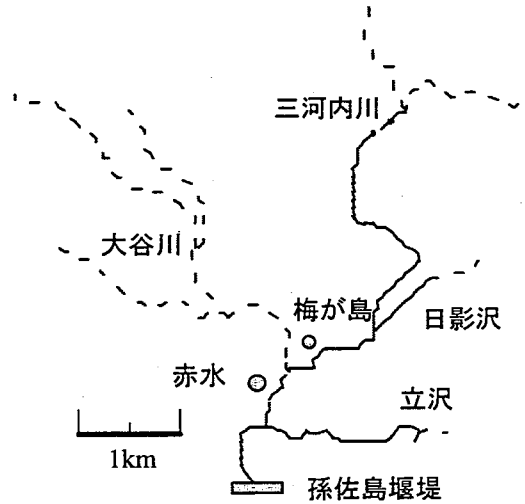


図1：対象流域

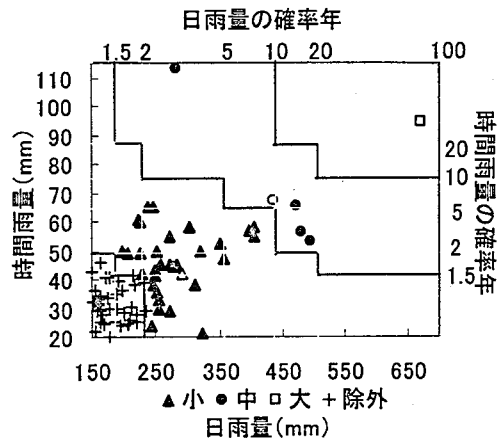


図2：既往豪雨(過去42年間)

\*白抜きは抽出豪雨

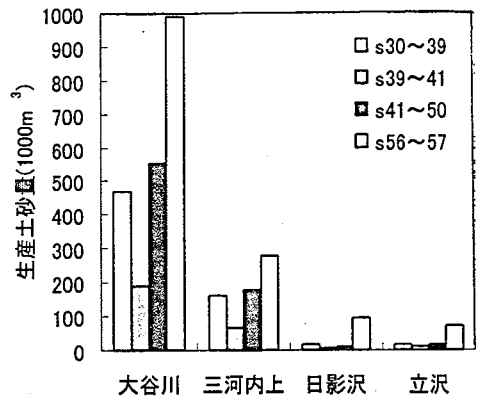


図3：実績生産土砂量

算の単位とした。今回は最上流の区間のみを計算対象としているが、計算を下流に拡大する場合、これを組み合わせて流域を表現することが可能である。土砂および水は上流端から供給する。流量は孫佐島地点のハイドログラフを流域面積比で与え、土砂は推定した生産土砂量を流量に比例配分して供給するものとする。土砂の粒径は河床材料の平均粒径を与えた。支配方程式は支川の合流点を考慮して、以下ようになる。

$$\text{流れの連続式} \quad \frac{\partial bh}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_i}{b_i}$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{gbh^2}{2} + \frac{Q^2}{bh} \right) = gbh(I_B - I_e) + \frac{Q_i}{b_i} w \cos \theta$$

$$\text{土砂の連続式} \quad \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial q_B}{\partial x} = \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{Q_{B_i}}{B}$$

ただし、 $Q$ : 流量、 $h$ : 水深、 $b$ : 川幅、 $Q_i$ : 支川流入流量、 $b_i$ : 支川の川幅、 $w$ : 支川の流速、 $\theta$ : 支川の流入角度、 $x$ : 流れ方向の座標、 $z$ : 河床高、 $I_B$ : 河床勾配、 $I_e$ : エネルギー勾配、 $g$ : 重力加速度、 $\lambda$ : 空隙率、 $Q_B$ : 流砂量、 $Q_{B_i}$ : 支川流入土砂量である。合流点の境界条件として、水位のみ一致させた。

#### 4. 河床変動高の確率評価

今、保全対象を図1の赤水地点とし、この試行を100回行った。保全対象付近の10年後の河床変動高、10年間の最大河床変動高、最低河床変動高の確率密度分布を図6に示す。10年後の河床変動高と最高河床変動高の分布がよく似た形になっている。また、最低河床変動高の分布は0m付近に集中している。これは、長期的に見てこの地点の河床が上昇傾向にあることを示唆している。また、この地点の河床変動高がマイナス1mから10mの範囲に収まることが分かる。10年間の最大河床変動高が6.5m以上になる確率は約4%、最低河床変動高がマイナス0.5m以下になる確率は約5%である。つまり、この地点の河床変動高は約90%の確率でマイナス0.5m~6.5mの間で推移するということになる。このように、将来の河床高について確率的な解析を行うことによって、河床変動の長期的な傾向や変動幅を知ることができる。

#### 5. 終わりに

以上、将来の河床高の確率的解析法について検討した。詳細な観測や測量などにより信頼性の高い条件設定が可能になれば、妥当性のある予測結果が得られるものと考え。雨量、生産土砂量、測量結果等の資料について、静岡河川工事事務所から提供していただいた。ありがとうございました。

#### 参考文献

- 砂防学会編：山地河川における河床変動の数値計算法、山海堂、2000
- 藤田正治ら：流域の土砂管理手法に関する一考察、平成11年度砂防学会研究発表概要集、P66-67、1999
- 星野久史ら：長期的な河床変動の確率的解析法、平成12年度砂防学会研究発表概要集、P378-379、2000

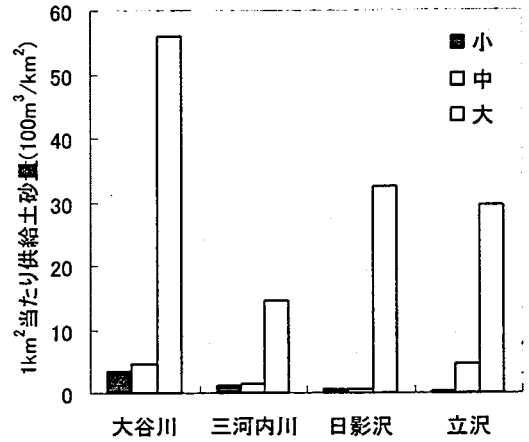


図4：生産土砂量の推定結果

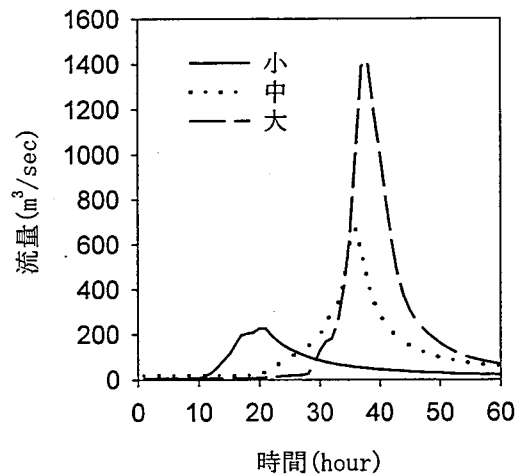


図5：ハイドログラフ

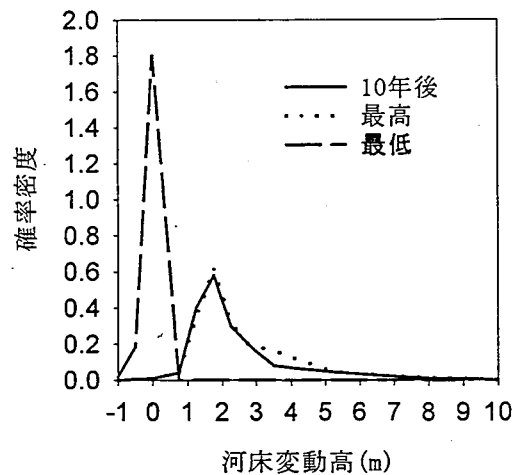


図6：河床変動高の確率密度分布