

山地河川における確率的な河床変動予測

京都大学大学院農学研究科 正会員 ○藤田正治
 京都大学大学院農学研究科 正会員 水山高久
 国土交通省 星野久史

1. はじめに

流域の土砂管理を進めるにあたり、将来の河床高の確率分布特性は重要な情報である。河床高の確率分布を求めるためには、河床変動計算に流量および土砂供給量の確率的特性を考慮する必要がある。本研究では、図1に示す静岡県安倍川の上流域を対象として将来の河床高を確率評価する手法を提示し、その適用を試みる。

2. 降雨の規模と土砂供給量

様々な発生確率の流量と土砂供給量を考慮して河床変動を確率的に行うことは困難である。そこで、ここでは小、中、大規模の3つのイベントを考え、それぞれのイベントにおける流量と土砂供給量を以下のように求めて解析する。

いま、流域 i における小、中、大規模イベントの土砂供給量を x_i, y_i, z_i とし、期間 k 内にそれらが $a_{i,k}, b_{i,k}, c_{i,k}$ 回発生したとすると、期間 k 内の流域 i における生産土砂量 $V_{i,k}$ は式(1)であらわされる。式(2)の制約条件の下に $V_{i,k}, a_{i,k}, b_{i,k}, c_{i,k}$ の実測データを使って最小自乗法により x_i, y_i, z_i を求める。

$$V_{i,k} = a_{i,k}x_i + b_{i,k}y_i + c_{i,k}z_i \quad (1)$$

$$0 \leq x_i \leq y_i \leq z_i \quad (2)$$

解析に使ったデータは以下のものである。図2は昭和30～39、39～41、41～50、56～57年の4期間における大谷川、三河内川、日影沢、立沢流域への土砂供給量を示したものである。図3は梅が島地点における過去42年間の日雨量150mm以上の降雨イベントにおける日雨量と時間雨量を示したものである。この図をもとに降雨規模の区分をいくつかのケース行なった結果、図2に示すような分類のとき最も残差が小さかったので、ここではこの区分を採用する。小、中、大規模イベントの発生確率年は、1、8、50年である。この分類に従うと、各流域、各降雨規模での単位流域面積当りの土砂供給量は図4のようである。流量ハイドログラフは図3の●を各規模の代表降雨と仮定し、貯留関数法によって求めた。孫佐島堰堤地点におけるハイドログラフを図5に示す。

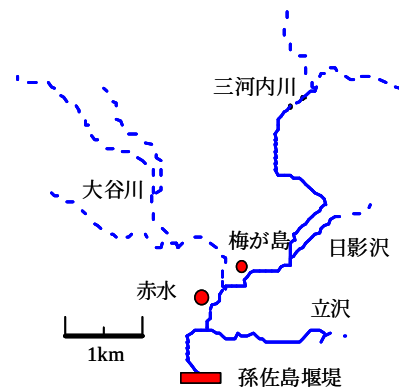


図1 対象流域

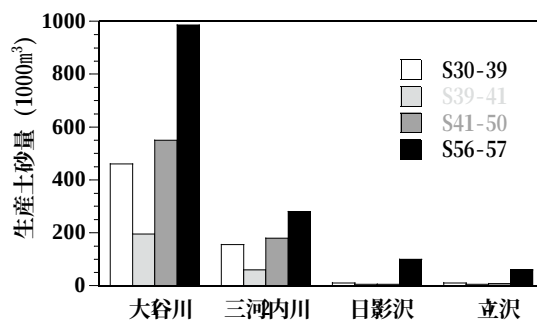


図2 実績供給土砂量

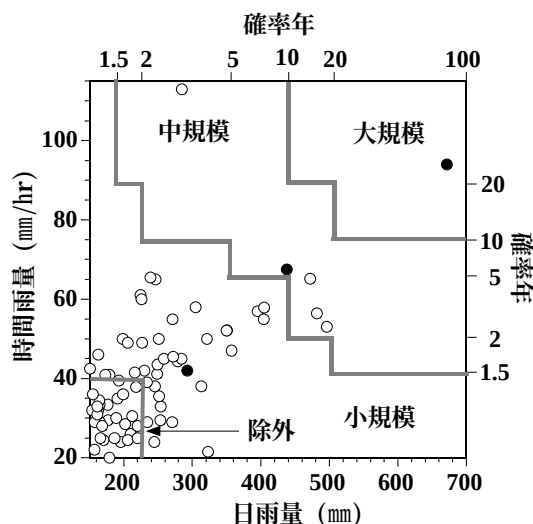


図3 既往豪雨(過去42年間)
●は抽出豪雨

キーワード：流域土砂管理、河床変動、土砂生産、河床変動計算、砂防計画

〒606-8502 京都市左京区北白川京都大学農学研究科森林科学専攻 電話 075-753-6092, FAX 075-753-6088

3. 河床変動計算モデル

河床変動計算は河床勾配5度以下の河道を対象とする。まず、下流端を堰堤などの河床固定点、上流端を勾配が5度になる点または河床固定点とする単位河道網で全流域を分割し、それぞれの単位河道網での河床変動計算結果から全流域の河床変動を求める。単位河道網の河床変動は、一つ一つの河道の河床変動を支川の合流を考慮した式(3)～(5)に示す流れの連続式、運動方程式、流砂の連続式をマコーマック法¹⁾で計算することによって得られる。ただし、支川は本川に直角に合流するとし、一様粒径を対象にする。また、下流で他の川に合流する場合、合流点では水位が両者で一致するものとし、上流端からの土砂供給量は流量に比例配分して供給した。

$$\frac{\partial bh}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (3)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{gbh^2}{2} + \frac{Q^2}{bh} \right) = gbh(I_B - I_e) - q_l w \quad (4)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left(\frac{\partial q_B}{\partial x} - \frac{q_{Bl}}{b} \right) = 0 \quad (5)$$

ここに、 x ：流れ方向の座標、 z ：河床高、 Q ：本川流量、 h ：本川水深、 b ：本川川幅、 q_l ：支川からの単位幅流入流量、 w ：支川の流速、 I_B ：河床勾配、 I_e ：エネルギー勾配、 q_B ：本川単位幅流砂量、 q_{Bl} ：支川からの単位幅流入土砂量、 g ：重力加速度、 λ ：空隙率である。

4. 適用例

各降雨イベントの10年間の時系列を乱数により発生させて、赤水地点における河床高を計算した。試行は100回行った。10年間の最大河床変動高および最小河床変動高の確率密度分布を図6に示す。最小河床変動高の分布は-1から1mの間に集中するのに対し、最大河床変動高は0～5m程度である。これは長期的に見てこの地点の河床が侵食傾向というより堆積傾向にあることを示唆している。また、この図から、たとえば「河床上昇量が3m以上になる危険度が10%程度である」というような砂防計画上有用な情報も得ることができる。

5. 終わりに

以上、将来の河床変動の確率的解析法について検討した。さらに検討を必要とする部分はあるが、このような解析からより効率的な砂防計画が策定できるものと思われる。なお、雨量、生産土砂量、測量結果等の資料をご提供いただいた国土交通省静岡河川工事事務所に謝意を表します。

参考文献

1) 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。

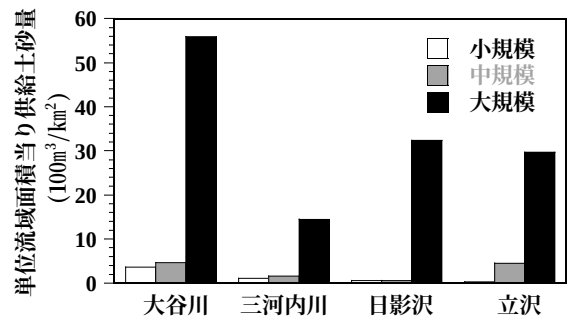


図4 供給土砂量の推定結果

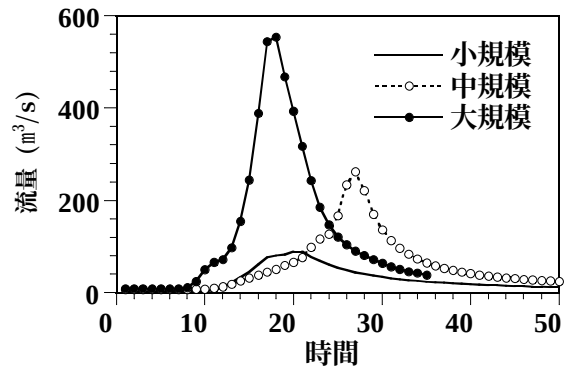


図5 ハイドログラフ

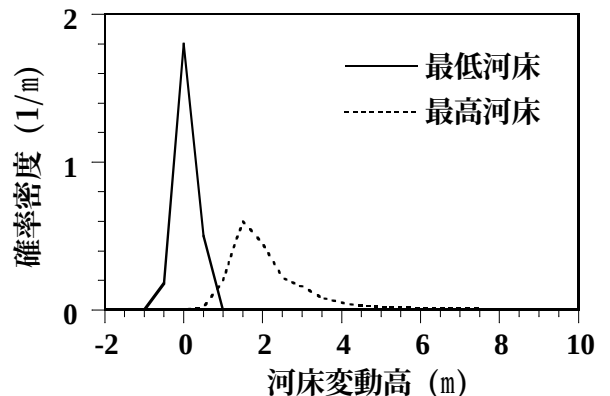


図6 河床変動高の確率密度分布