

京都大学大学院 ○星野久史
 京都大学大学院農学研究科 水山高久
 京都大学大学院農学研究科 藤田正治

1. はじめに

洪水時の崩壊や土石流によって発生した土砂は、その後の中小洪水によって徐々に下流に流されていく。また、土石流、崩壊及び洪水の発生は確率的であるため、将来の河床高も確率的になる。したがって水系一貫した土砂管理を行うためには、このような土砂の伝播特性と、土砂生産、洪水の確率的特性を考慮すべきである。本研究では、1次元河床変動モデルを用いて土砂伝播を計算し、過去のデータに基づいて流量と流砂量の時系列を確率的にあたえることによって長期的な河床変動を確率的に予測する手法について検討した。

2. モデルの概要

本研究では、図1に示した静岡県安倍川上流域をモデルに解析を行った。図1に実線で示した勾配5度以下の河道を河床変動計算の対象とし、河道を支川合流点で区切る。河床変動計算は各河道で下流端を固定条件として行う。a-b-1、c-3は支川であり、1-2-3-4は本川である。ところで、土砂と水の流入条件は各河道の上流端で与えられ、そこに勾配5度以上の支川が流入する場合には、そこから土砂と水を供給する。図1で点線で示したのが勾配5度以上の支川であり、そこから水と土砂をa、b、c、1、2、3の各地点に供給する。流量及び流入土砂量は過去の資料に基づいて確率的に与え、将来の河床高を計算する。このような試行を数多く行えば、将来の河床高の確率密度分布を求めることが出来る。なお、河床変動計算にはマッコーマック法を用いた。マッコーマック法を用いた河床変動計算については、砂防学会誌 Vol. 50-51の講座「河床変動の数値計算法」に詳しい。

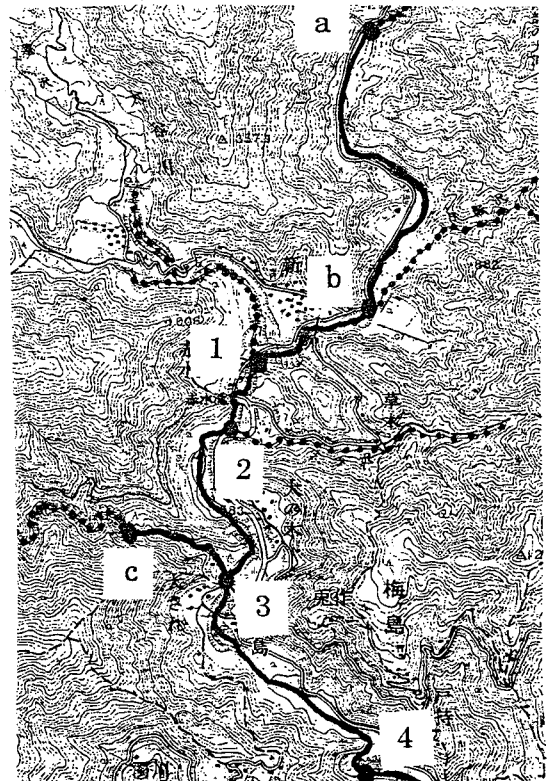


図-1：計算対象流域

3. 計算の再現性

3.1 計算条件

河床変動計算の再現性を確認するため、対象流域において昭和57年8月1日の洪水時の河床変動を計算した。各河道の河道条件を表1に示す。流量については図2に示した地点4における実測値を流域面積比で各河道に与え、土砂供給量については、表2に示した、この洪水において各地点より上流で生産された土砂量の実測値を、土砂生産がこの洪水のピークであるt=18~20時の間に発生したものとして与えた。また河床材料、供給土砂の粒度分布を図3に示す。

表-1：各河道の河道条件

河道名	流域面積(km ²)	長さ(m)	勾配	河床幅(m)
a-b	11.9	2800	0.027	94.3
b-1	17.7	1000	0.035	88.4
1-2	34.0	600	0.042	92.0
2-3	37.5	1400	0.049	116.1
c-3	8.8	900	0.061	24.0
3-4	46.7	2100	0.033	94.0

表-2：各地点における土砂供給量

地点	供給土砂量(m ³)
a	257300
b	117100
1	679300
2	106500
c	299400
3	120500

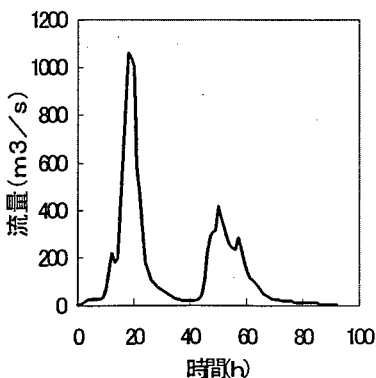


図-2：地点4におけるs.57.8.1洪水時の hidrograph

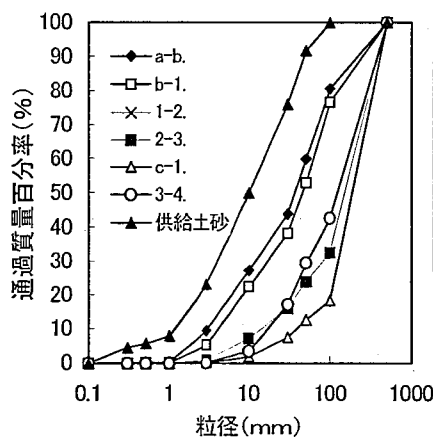


図-3：各河道の河床材料と供給土砂の粒度分布

3.2 結果と考察

図4に各河道の土砂の平均堆積深を示す。実測値を見ると、a-b-1はこの洪水においては土砂の堆積が見られず、流入土砂の殆どが下流に流下していること、1-2、c-3では河床が低下しているということ、2-3、3-4は

逆に土砂の堆積域となっていることなどが分かる。実際の現象と計算結果を比較すると、いずれの河道においても侵食、堆積といった傾向についてはよく再現できている。侵食、堆積の量についての再現性の向上は今後の課題である。

4. 確率的解析

4.1 解析手法

同じ流域において、過去のデータをもとに年最大流量と超過確率の関係について整理した結果を図5に示す。年最大流量と超過確率の間には高い相関が見られた。10年確率、5年確率の2種類を対象として、一様乱数を発生させて10年間の洪水発生パターンを確率的に作成した。そのほかに、2年確率の洪水は毎年発生させた。前述の昭和57年8月1日の洪水を10年確率洪水とし、2、5年確率洪水については、外部からの土砂流入はなかったものと仮定し、図5よりピーク流量を決定してハイドログラフを与えた。このような試行を100回繰り返し、各河道の河床変動高を確率密度分布で表した。

4.2 結果と考察

一例として、河道3-4における洪水発生パターンとそのときの10年後の河床変動高を表3、図6に示す。中小洪水による土砂の再移動の影響は小さく、10年確率洪水の影響が卓越する結果となった。また、下流端を固定したため、上流側に土砂の侵食、堆積が偏っている結果が出たので、河床変動高の評価は、河道全体の平均堆積深で行った。

河道2-3、c-3、3-4における10年後の河床変動高の確率密度分布を図7に示す。図7より、河道3-4において将来の河床変動高にばらつきが最も大きく、土砂の異常堆積が起こる可能性があること、河道c-3では侵食傾向があること、河道2-3では洪水発生パターンに関わらず河床高は安定していることなどが分かる。

このように、将来の河床高を確率的に予測することによって、土砂管理事業を行う上で、とくにどこに、どの程度のものを置くべきかについて、重要な情報を得ることができる。

表-3: 洪水発生パターンの一例

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
発生洪水の超過確率年	2	10	2	5	2	2	2	2	5	2

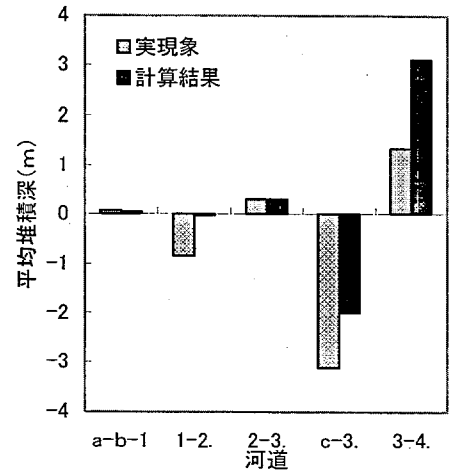


図-4: 各河道の土砂の平均堆積深

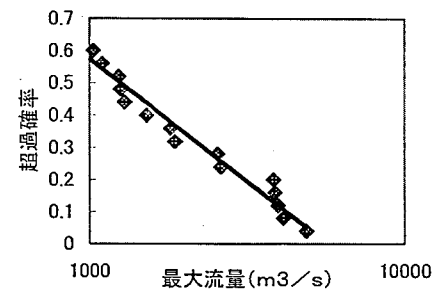


図-5: 安倍川における過去25年間の年最大流量と超過確率の関係

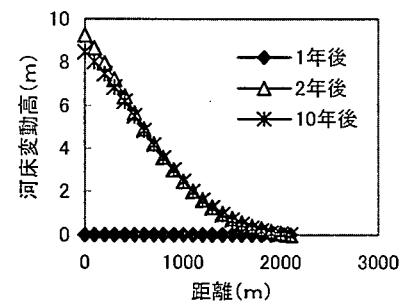


図-6: 10年後の河床変動高の一例

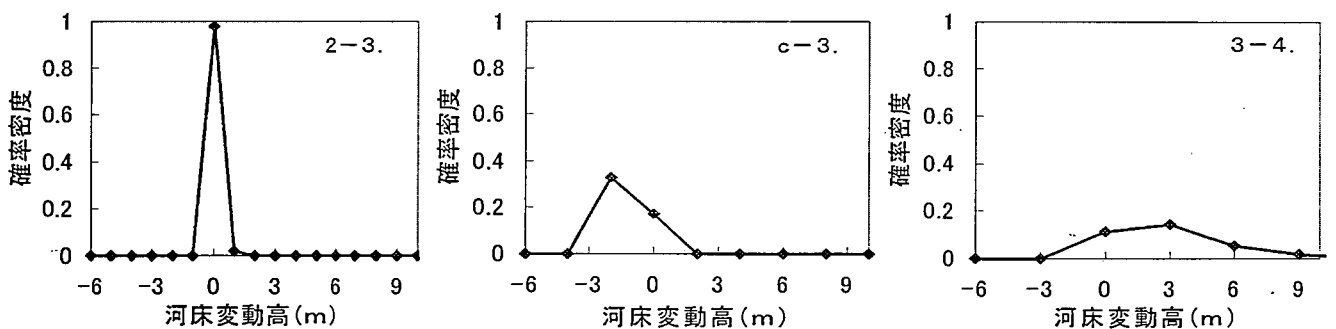


図-7: 河道2-3、c-3、3-4における10年後の河床変動高の確率密度分布

5. おわりに

実用に向けては、計算条件の設定の面でまだ多くの問題がある。しかし、この計算によって得られた情報をもとに、土砂の堆積、侵食対策を検討し、対策後について同様の計算を行えば、対策が流域全体に与える影響、つまり、対策によって現在のトラブルスポットが解消されるか否か、また新たなトラブルスポットが生じるか否かについて確かめることができ、水系一貫した土砂管理を計画するにあたって有効な手法である。

参考文献

藤田他: 流域の土砂管理手法に関する一考察、砂防学会研究発表概要集、P66-67、1999

藤田正治: 講座「河床変動の数値計算法」-7、砂防学会誌、Vol.51、No.1、P72-77、1998