

河川支流の土砂移動量把握に向けた調査と河床変動シミュレーション

九州大学工学部 学生会員 ○中西 隆之介
九州大学大学院 正会員 池見 洋明
九州電力株式会社 正会員 吉武 宏晃

九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
九州大学大学院 非会員 Hendra Pachiri

1. はじめに

近年、我が国では河川への土砂流入に起因する問題が頻発している。過剰に流入した土砂は河床を上昇させ、ダム機能の低下や洪水時の氾濫リスクの増大の原因となる。一方では、河川へ流入した土砂は貯水池内に堆積し、下流への土砂供給量の減少につながる。これにより下流域では河床低下による橋脚の不安定化、砂浜や干潟の減少といった問題等が生じている¹⁾。このような問題を解決するためには河川に流入した土砂の動きを把握し、流域全体で土砂を管理する必要がある¹⁾。土砂移動を把握するためには、河川本流だけでなく支流から本流への土砂流入量を計測しなければならない。しかし、研究対象とする支流は沖積河川とは異なり急勾配で流速が速く、射流が頻発するため、従来から行われている計測技術²⁾で土砂を捕捉することは困難である。

そこで本研究では従来の計測技術と河床変動シミュレーションによる解析的手法を組み合わせ、河川の土砂移動現象を合理的に評価することを試みる。なお、本論文では、河床変動シミュレーションを実施するための現地計測、および河床堆積物の調査を行うとともに、2013年10月に発生した出水（約最大500 m³/s）を対象にシミュレーションを行った結果を示す。

2. 河床変動シミュレーションに必要となるデータ

本研究で使用する一次元貯水池河床変動計算プログラム³⁾は、初期条件として解析区間の断面形状、粒度分布、およびその空間的な位置関係を設定し、上流からの流量と供給土砂量を入力して計算を行う。そのため、(a)断面形状、(b)流量データ、(c)粒径毎の供給土砂量、(d)河床堆積物の粒度構成、(e)越流水深のデータが必要となる。

(a)については、断面毎に河床の平均標高と基盤岩の形状を設定するため、横断測量を行う。また、断面形状をかご状に設定する必要があるため、壁面勾配の計測を行う。(b)については、2013年10月に発生した出水時の流量データを用いる。(c)については、流量デー

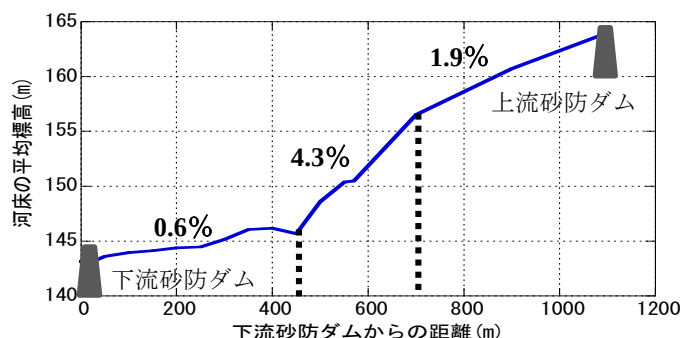


図1 各断面の河床の平均標高と河床勾配(%)

タと堆積物の粒度構成を基に上流端の水理量見合いで決定するため、解析区間の上流端で横断測量、河床材料調査、河床勾配の計測を行う。(d)については、断面毎に河床材料調査を行う。(e)については、流量に対して経過時間毎に本間の越流公式⁴⁾により算出する。

3. 現地計測および河床堆積物調査の結果

解析対象とする区間は本流（881 km²）と支流（91.2 km²）の合流地点の上流 500 m に位置する砂防ダムから上流側砂防ダムまでの 1100 m の区間である（図1）。この区間で9月および10月に現地計測を実施し、解析に必要な情報を収集する。

(1) 現地計測

まず、河川の断面形状を把握するために横断測量を実施する。河床形状を確認しながら河川を横断し、約2 m 間隔でレーザー距離計（トゥルーパルス 360、レーザーテクノロジー社製）を用いて河床の標高を計測する。調査区間では堆積物の分布にばらつきが大きく、基盤岩が露出している部分もあるため、計測した断面内で基盤岩部分と堆積部分の区別を行う。この作業を対象区間の17箇所で実施する。土砂の堆積が多い領域が解析結果に対して影響力があると考え、横断測量を実施する位置を堆積物の多い領域では50 m ピッチ、露岩している領域では200 m ピッチとする。また、700 m 地点より上流域は険しく、踏査できないため道路沿いから河床の標高、河川幅を計測する。この結果を用いて、堆積部分は河床の平均標高を算出し、基盤岩形状がかご状になるようにデータを整備する。図1に横断測量より得た各断面の河床の平均標高と河床勾配を示

す。図 1 より、450 m 地点、700 m 地点が地形変化点となっており、この地点を境に河床勾配が大きく変化することがわかる。

(2) 河床堆積物調査

河床堆積物は礫から砂で、礫の形状は円礫から極円礫で小判状を呈しており、主に砂岩から構成される。粒度構成は状況に応じて線格子法、容積サンプリング法で調査する。各断面内において粒度にばらつきがある場合は、いくつか代表となる材料を採取し、その材料が断面を占める幅をそこに存在する割合として考慮した上で河床材料を評価する。この際、比較的大きな角礫は側壁崩落によるものと考えられるため調査対象から除外する。その結果、下流砂防ダムには比較的小さい土砂が堆積し、上流へ行くほど基盤岩が露出する頻度が高くなる傾向にあった。なお、上流端の砂防ダムにおいて、河床堆積物調査を実施した結果、図 2 の粒度構成が得られ、粒径 20 mm を境に構成比率が大きく異なる傾向が確認できる。

この図から、粒径 20 mm および 2 mm の 2 つのピークを持つ粒度構成は、異なる土砂の流れによるものと示唆される。これは、出水の規模により異なる粒度構成の土砂が移動している、あるいは、図 1 で示したように下流砂防ダムの影響により河床勾配が緩くなることで、流入する土砂の粒度構成が変化し、現在は 10 mm 以下の細かい土砂が主体的に流れていることが考えられる。

4. 河床変動シミュレーション結果

今回、2013 年 10 月に発生した出水を対象に現地調査から得られたデータと表 1 に示すパラメータ及び条件を用いて河床変動シミュレーションを実施する。図 3 に解析より得た支流からの流入土砂の粒度構成と研究対象の支流が本流へ合流する地点の堆積物の粒度構成を示す（ただし、本解析では 2 mm 以上の礫のみに着目している）。図 3 より、解析では流入土砂の内粒径 40 mm 以上の土砂はあまり流動しておらず、粒径 2 mm の土砂が卓越しており、下流の堆積物の粒度構成と異なっている。この結果から、現在、対象支流は砂防ダムにより河床勾配が緩やかであるため、当該出水規模においては比較的小さい土砂が主体で流下していることが推察できる。

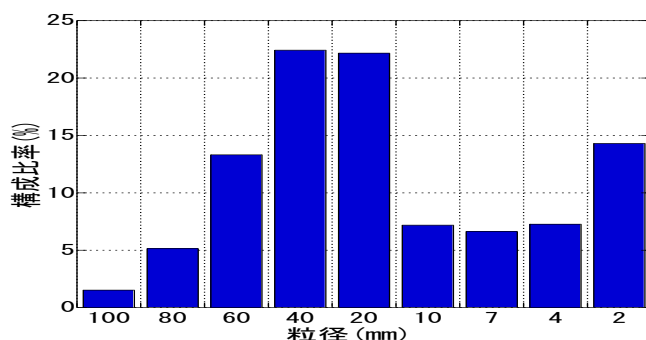


図 2 上流砂防ダムの粒度構成

表 1 解析に用いるパラメータ及び条件

断面設定数	17	解析区間(m)	1100
交換層厚(m)	0.1	土粒子密度(kg/m ³)	2650
間隙率	0.4	水の密度(kg/m ³)	1000
マンニングの粗度係数	0.034		

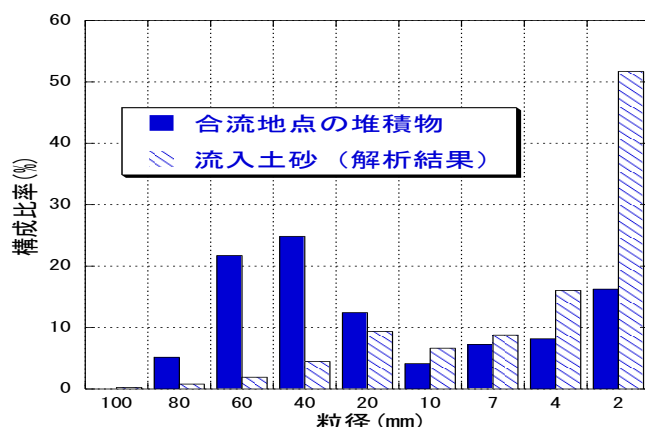


図 3 解析結果と合流地点の堆積物の粒度構成

5. おわりに

本研究では河床変動シミュレーションを行うための準備として現地計測、および河床堆積物の調査を行った。現地計測では、解析区間に 2 つの地形変化点を確認し、解析区間の特徴を捉えた断面形状、およびその位置関係のデータを取得した。また、粒度の空間的なばらつきを考慮して堆積物調査を行い、河床変動シミュレーションに適した粒度構成のデータを取得した。その際、上流砂防ダムでは粒径 20 mm を境に構成比率が大きく異なる傾向を確認した。今回、取得したデータを用いて、2013 年 10 月に発生した出水を例に河床変動シミュレーションを実施した。その結果、今回の出水規模において、比較的小さい土砂が主体で流下していることが推察できた。

参考文献

- 1) 高橋保, 土砂流出現象と土砂害対策, 近未来社, 2006.
- 2) 岡本敦, 内田太郎, 鈴木拓郎, 山地河道における流砂水文観測の手引き (案), 国土技術政策総合研究所資料, 第 686 号, 2012.
- 3) 独立行政法人土木研究所, 水工研究グループ水理チーム, http://www.pwri.go.jp/team/dam_hydraulic/seika.htm
- 4) 土木学会水理委員会, 水理公式集, 土木学会, p.245, 1999.