

実績に基づく河床材料の粒度分布と土砂流出特性の分析

国土技術政策総合研究所 桜井 亘, 内田太郎, 田中健貴(現 紀伊山地砂防事務所), 井内拓馬  
日本工営(株) 杉山 実, 田方 智, 小笠原 基, 松田 悟, ○ 中村詩穂

1. はじめに

国土交通省では全国86箇所に流砂観測所を設けており、近年では流砂観測データが蓄積されつつある<sup>1),2)</sup>。これらの観測データを用いて現状の土砂動態が把握され、流域の総合的な土砂管理や流域監視に役立てることが流砂量把握の目的である。一方、流砂観測結果に基づき流域の状態を把握することが出来れば、中長期的に効果的な施設の配置や運用方法を検討することが可能になる。本検討では、流砂特性が異なる6つの流域の、観測手引き<sup>3)</sup>に従って得られた濁度計を用いた細粒成分の流砂量観測データ・パイプハイドロフォンを用いた掃流砂観測データ<sup>4)</sup>を用いて、各流域の土砂流出特性の把握を行い、流域状態の推定と河床材料の粒度分布の関係が整理された。

2. 対象流域の抽出と分析方針

対象流域の選定に当たっては、近年(2012~2015年)の流砂水文観測データのある86流域から、観測期間が長く、水位・濁度・ハイドロフォンのデータが揃う出水数が多い流域として、阿武隈川水系松川(松川流路工第2床固)、利根川水系吾妻川(三原)、富士川水系釜無川(大武川第50床固)、信濃川水系芋川(竜光沈砂地)、常願寺川水系常願寺川(上滝床固)、球磨川水系葉木川(葉木川第3砂防堰堤)の6流域を選定した。流砂データのほか、河床材料調査等の粒径データを収集し、各々の流域の流砂特性との関係を分析した。

表1 対象流域の一覧と諸元

	観測所名及び所在地			観測箇所諸元			観測データ	河床材料調査
	水系・山系	河川名	観測所名	流域面積(km <sup>2</sup> )	河床勾配	川幅(m)		
1	利根川	吾妻川	三原	267	1/80	80	2012.4~2013.12	2013.7
2	富士川	釜無川	大武川第50床固	72	1/60	74	2011.1~2013.11	2011.11, 2012.11, 2013.11
3	球磨川	葉木川	葉木川第3砂防堰堤	41	1/72	18	2011.1~2013.12	2006
4	阿武隈川	松川	流路工第2床固	84	1/106	50	2011.4~2013.12	2012.1
5	常願寺川	常願寺川	上滝床固	354	1/64	195	2010.3~2012.12	2009
6	信濃川下流	芋川	竜光沈砂池	38	1/41	17	2010.6~2013.12	2004

3. 分析

整理・分析の手法は、各流域、出水毎の流量-流砂量関係とし、出水毎、月毎、年毎で整理した上で土砂流出特性との関係を整理した。

3.1 6流域の掃流砂流出特性

図1~6に各流域の流量と掃流砂量の関係を示す。なお、流量は各観測所のH-Q式に依り、掃流砂量は国総研式ハイドロフォンの円管長さ0.5m、2.0mのデータを別個に整理した(図1~6には2.0mのデータを示す)。

なお、掃流砂量の整理においては、平衡掃流砂量式(MPM式、芦田・道上式)および流域内の河床材料調査データの60%粒径・90%粒径の移動限界流量との比較を行った。移動限界流量は無次元掃流力 $\tau_{*c}=0.05$ を用いて算出した。

3.2 掃流砂流出特性の分類と粒度分布の関係

分析対象6流域について、流砂特性を3グループに分類した。

- A) 流量に対する掃流砂量のデータが平衡流砂量式とほぼ一致する。(吾妻川・常願寺川・葉木川)
- B) 平衡流砂量式に沿ったデータ分布とはならず、移動限界付近の流量以上になると掃流砂量が流量のべき乗則に従う。(松川・芋川)
- C) 流量・掃流砂量関係が出水ごとに異なり、掃流砂量が平衡流砂量式と異なるべき乗則に従う。(釜無川)

流砂特性がA~Cに分類される要因について、次頁、①、②に考察した。

① 比流出土砂量(掃流砂)に対する土砂輸送能ARI(流域面積×雨量×溪床勾配)

流域により、 $Q_b/A$ とARIの相関が異なり、 $Q_b/A$ とARIが比例関係にある流域(松川・芋川・釜無川)と、ARIが比例関

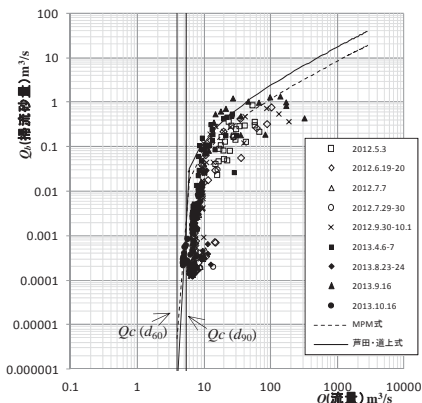


図1 吾妻川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

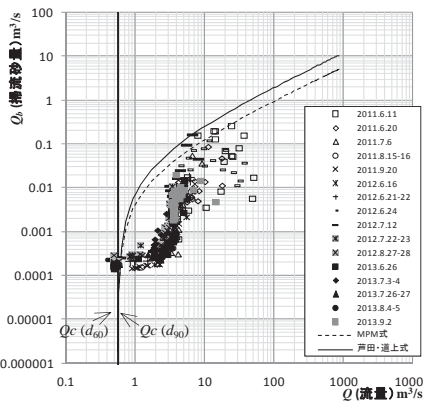


図2 葉木川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

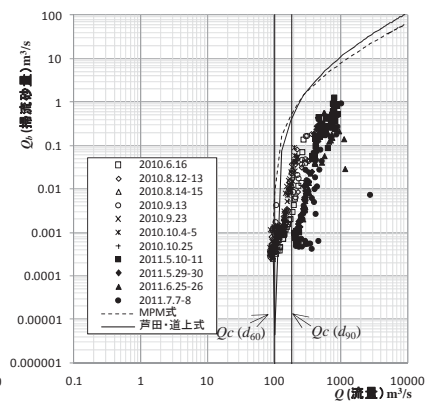


図3 常願寺川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

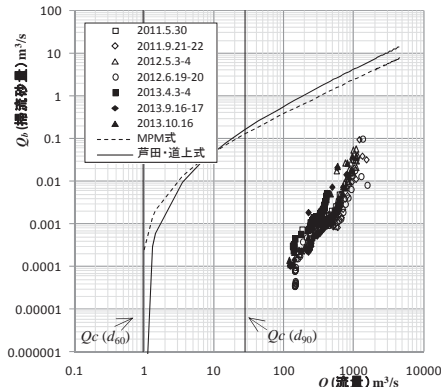


図4 松川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

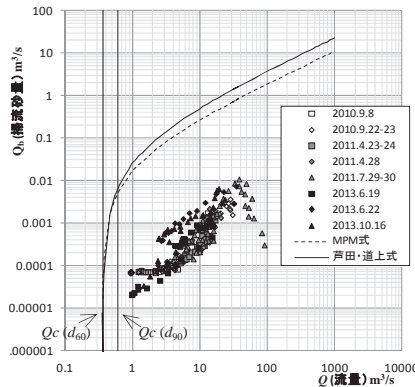


図5 芋川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

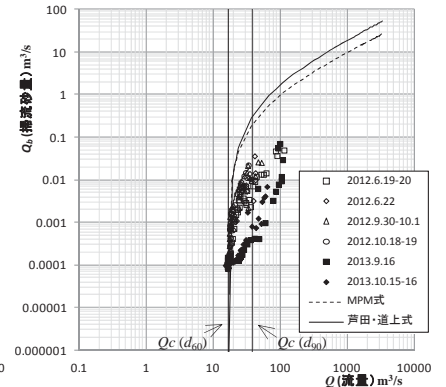


図6 釜無川の流量と掃流砂量関係 (パイプ長 2.0m)

係にある流域(松川・芋川・釜無川)と、ARIがある一定の値を超えると $Q_b/A$ が急増する流域(吾妻川・葉木川・常願寺川)に、凡そ、分類される。  
②粒度分布

6流域の河床材料調査における粒度分布を図9に比較した。通過百分率20~80%の区間に着目すると、粒度分布曲線がA~Cのグループに分類されるようである。

(Aの場合)比較的粒径が一樣である。吾妻川の流量と流砂量の関係(図1)を例とすると、代表粒径として設定した単一粒径に対する平衡流砂量式に良く整合する。

(Bの場合)粒度分布が広く、平衡流砂量式の代表粒径に相当する粒径の設定が粒度分布のみの情報では困難になる。従って、河床材料の粒径を単純に用いた平衡流砂量式の計算値とデータの単純な比較が難しいが、移動限界の制限を受けずに掃流砂が流下する観測データとなっている

(例:芋川、図5)。

(Cの場合)A,Bとも異なる(どちらかと言えばBに近い)。卓越する粒径が2種類(バイモーダル)ある粒度分布であり、それぞれの粒径成分が移動する流量が異なる。各粒径階の掃流砂の移動が活発になる流量が異なり、図6に示すような結果が得られている可能性がある。釜無川の河床材料調査は、ここではデータを示していないが、観測期間中3回実施されており、各々で粒度分布に相違がある。図6に示すような掃流砂量の違いの1つの要因と思われる。

### 3.3 細粒成分の土砂の流出特性

図8に6流域の土砂輸送能力ARIと比流出土砂量(細粒成分の流砂量) $Q_s/A$ の関係を示す。 $Q_s$ が流量 $Q$ の凡そ2乗に比例するため、 $Q_s/A$ はARIの凡そ1乗に比例する。この関係に着目してデータを見ると、明瞭にその関係は見られないデータも散見される。図8は、結果として、土砂生産場の状況を示すものとも言え、図7と比較すると、上記B)、C)の流域は大凡掃流砂量・細粒成分の流砂量共に大きく、A)の流域は掃流砂があるARIの値を超えて増加する際に、細粒成分の流砂量は、B)、C)の流域と同様の規模になるような傾向が見える。

## 4. まとめ

本検討では、流域ごとに流出流砂量(掃流砂・細粒成分の土砂)のパターンを確認することが出来、流域状態の把握に必要な視点を整理した。また、粒径調査データがある流域で掃流砂の流出パターンをみたところ、流域内での粗粒化等の影響や生産場の荒廃度等、流砂環境が変化する様子が伺えた。本検討では流砂データの取得年とは異なる年代の粒径データを用いたが、観測データ取得と同時期の粒径データを用いることでより詳細な流砂特性の把握と流域状態の把握に寄与し得ると考えられる。

【参考文献】 1) 岡本ら:山地流域における流砂観測データの収集及び解析,平成24年度砂防学会研究発表会概要集, p.176-177, 2012、 2) 内田ら:ハイドロフォンによる観測に基づく山地流域の掃流砂の流出特性,平成27年度砂防学会研究発表会概要集 p.B20-B21, 2015、 3) 山地河道における流砂水文観測の手引き(案)、2012 国総研資料、 4) 鈴木ら:音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂量計測手法に関する基礎的研究,新砂防, 62(5), p.18-26, 2010。

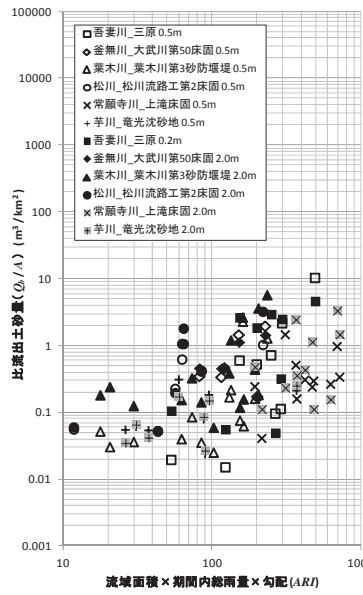


図7 比流出土砂量(掃流砂)と土砂輸送能力の関係

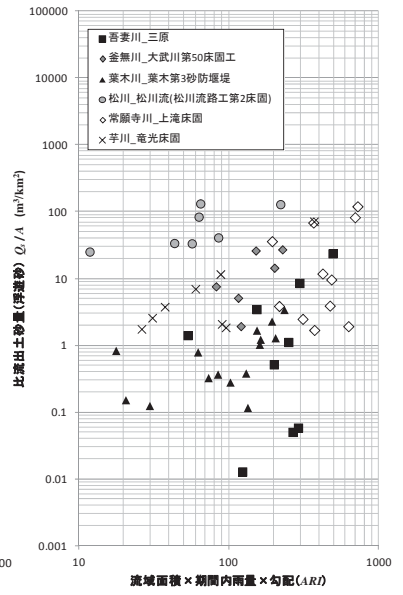


図8 比流出土砂量(細粒分の流砂量)と土砂輸送能力の関係

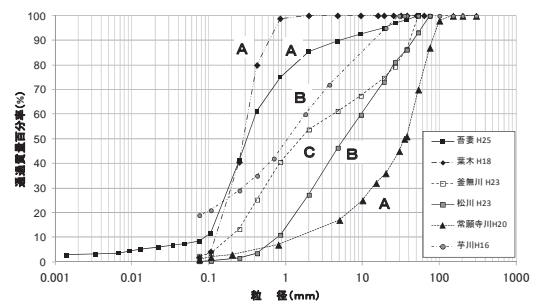


図9 6流域の河床材料の粒度分布