

中小河川における洪水時の河床形態と河道景観との関係について

国立研究開発法人 土木研究所 自然共生研究センター 正会員 ○高岡広樹・大石哲也
 岐阜大学 流域圏科学研究センター 正会員 原田守啓
 国立研究開発法人 土木研究所 河川生態チーム 正会員 萱場祐一

1. はじめに

平成22年8月、「中小河川に関する河道計画の技術基準」が通知され、川幅拡幅による改修が基本方針の1つとなっている。中小河川では、人工的に設定された川幅により河道景観が異なることが示唆¹⁾されている。著者ら²⁾は、東海地方の中小河川94箇所について現地調査を行い、河道景観を6タイプに分類した。さらに、年最大雨量時のピーク流量を算出し、川幅や水深などの水理量と河道景観との関係について検討した。その結果、河道景観は、砂州発生条件とフルード数との関係図によりうまく説明することができた。そこで、本研究では、洪水時の河床形態（河床波）を考慮した解析を行い、河床形態と河道景観との関係について検討した。

2. 河床形態を考慮した解析

前報²⁾と同様、74河川94箇所を対象とし、流量についても同じ値（1年確率降雨量から合理式により算出）を使用した。前報²⁾では、マンニングの粗度係数を用いて水深、流速を計算したが、本研究では、各河床形態に対応する抵抗則を用いた。河床波を伴う流れでは、全掃流力 τ_* は、流砂に寄与する有効掃流力 τ_*' と河床波の形状抵抗による掃流力 τ_*'' の和（ $\tau_* = \tau_*' + \tau_*''$ ）で表される。岸・黒木³⁾は、河床形態を砂堆河床ⅠおよびⅡ、遷移河床ⅠおよびⅡ、平坦河床、反砂堆河床、Shoot & Pool河床の7種に分類し、抵抗則として指数形式の次式を提案した。

$$\phi = \frac{v}{u_*} = 7.66 \left(\frac{R}{2d} \right)^{1/6} \left(\frac{\tau_*'}{\tau_*} \right)^{2/3} \tag{1}$$

ここに、 v ：平均流速、 u_* ：摩擦速度、 R ：径深、 d ：平均粒径であり、 s ：水中比重として、 $\tau_* = u_*^2 / sgd$ である。以下に各河床形態に関する $\tau_* \sim \tau_*'$ 関係を示す。

砂堆Ⅰ： $\tau_*' = 0.21\tau_*^{1/2}$ (2) 砂堆Ⅱ： $\tau_*' = 1.49(R/d)^{-1/4}\tau_*$ (3)

平坦河床： $\tau_*' = \tau_*$ (4) 反砂堆河床： $\tau_*' = 0.264(R/d)^{1/5}\tau_*^{1/2}$ (5)

遷移河床Ⅰ： $\tau_*' = 6.5 \times 10^7 (R/d)^{-5/2} \tau_*^{11/2}$ (6)

図-1に $R/d=500$ における $\tau_* \sim \tau_*'$ 関係を示す。砂堆から平坦河床、反砂堆河床へと遷移する過程では、 τ_* と τ_*' の間に二価の関係が存在していることが分かる。ここでは、増水時における遷移過程（砂堆Ⅰ⇒砂堆Ⅱ⇒遷移河床Ⅱ⇒平坦河床・反砂堆河床）を対象とする。なお、遷移河床Ⅱについては、式(3)で得られる有効掃流力より砂堆Ⅱの形状抵抗 τ_*'' を計算し、一定の割合で形状抵抗が減少し、平坦河床に移行すると計算している。また、Shoot & Pool河床については考慮していない。

河道断面については、中小河川で多く見られる5分勾配(1:2)河岸の台形断面とした。

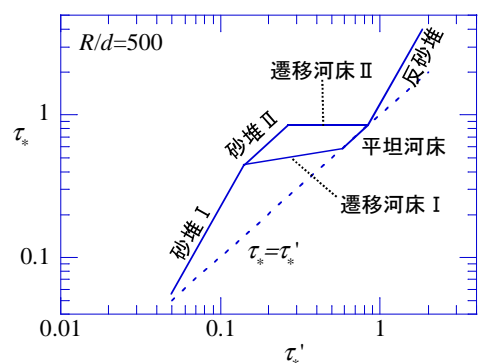


図-1 全掃流力と有効掃流力との関係

キーワード 中小河川, 河床形態, 河道景観, 有効掃流力

連絡先 〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地 自然共生研究センター TEL 0586-89-6036

3. 解析結果

著者ら²⁾は、砂州発生条件の指標となる $Bl^{0.2}/H$ とフルード数 Fr に着目し、河道景観との間に関係性が見られることを発見した。そこで、 $Bl^{0.2}/H$ と Fr との関係性を河道景観、河床形態別にプロットしたものを図-2 に示す。河道景観としては、「S&P または礫列」、「岩盤」、「岩盤一部露出」、「砂州」、「不明瞭な砂州」、「平坦な河床」の6種類とした。また、砂州発生条件である $Bl^{0.2}/H=7$ 、および Upper regime, Lower regime の目安である $Fr=0.8$ を境界に、領域 I ~ IV の4つに区分した。

図-2 を見ると、砂堆 I は Fr の小さい領域 I, IV で発生し、平坦河床や反砂堆河床は領域 II, III でのみ発生していることが分かる。一方、砂堆 II はすべての領域で見られている。

河道景観との対応を見ると、砂堆 I では、領域 I で「砂州」、領域 IV で「岩盤」、「岩盤一部露出」、「平坦な河床」であることが分かる。砂堆 I では、それほど流砂が活発な状態ではないが、砂州が発達するほどの川幅がない場合、「平坦な河床」が形成され、さらに、供給土砂量が減少すると「岩盤」化がゆっくりと進行していくものと考えられる。

また、砂堆 II は、広範囲に分布しており、すべての河道景観が見られている。砂州発生領域である領域 I, II では、 Fr の上昇に伴い、「砂州」、「不明瞭な砂州」、「S&P または礫列」と変化していることが分かる。一方、領域 III, IV では、ほとんど「平坦な河床」であることが分かる。前述したように τ_b と τ_b' の間に二価の関係が存在し、砂堆 II では、増水時と減水時で河床形態が異なる場合があり、減水時には平坦河床や遷移河床 I の河床形態が発生していると考えられる。

反砂堆河床では、領域 II で「S&P または礫列」、領域 III で「岩盤」が主であることが分かる。反砂堆河床は、流砂が非常に活発な状態であり、Step & Pool や礫列の形成に大きく関係していると言われている。反砂堆河床において、砂州発生条件を満たす程の川幅が確保されている場合、「S&P または礫列」が形成されるが、川幅が狭い場合は土砂が流出しやすく、岩盤化が進行すると考えられる。

河床形態と河道景観との関係をまとめると、表-1 のようであり、河道景観は河床形態と砂州発生条件が大きく関係していることが分かる。

4. おわりに

本研究では、河床形態を考慮した解析を行い、河床形態と河道景観との関係性について検討した。その結果、砂州発生領域において、砂堆 I が生じる場合は「砂州」が形成され、反砂堆河床の場合は「S&P または礫列」が形成される。砂堆 II の場合は、 Fr 数が大きくなるに従い、「砂州」から「S&P または礫列」に変化することが分かった。一方、砂州発生条件を満たさない場合、「平坦な河床」や「岩盤」がほとんどである。

「S&P または礫列」や「砂州」の河道景観は、生物の生息場として重要な瀬・淵が形成され、比較的良好な環境であると考えられる。従って、中小河川において河道改修を行う場合、川幅の設定や洪水時の河床形態についてよく検討する必要がある。

参考文献

- 1) 高岡・大石・原田・萱場：土砂流出に関わる流域特性による河川の類型化と形成される河道タイプについて、第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集、2012。
- 2) 大石・高岡・原田・萱場：中小河川改修時の川幅設定が河道の景観に与える影響、土木学会論文集 B1 (水工学)、2014。
- 3) 岸・黒木：移動床流における河床形状と流体抵抗 (I)、北海道大学工学部研究報告、1972。

	移動なし	砂堆 I	砂堆 II	遷移河床 II	平坦河床	反砂堆河床
S&P または礫列			◆		△	●
岩盤		■	◇			●
岩盤一部露出		□	◇	+	△	○
砂州	x	■	◆	+		●
不明瞭な砂州			◇			
平坦な河床	x	■	◇		△	●

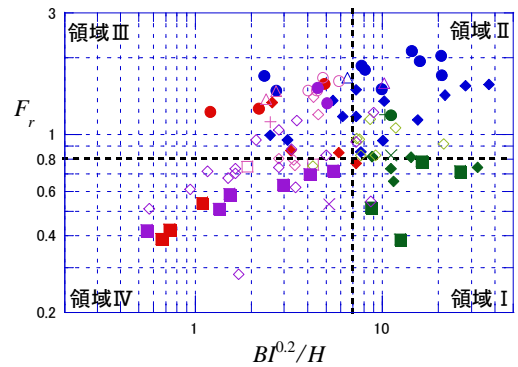


図-2 $Bl^{0.2}/H$ とフルード数との関係

表-1 河床形態と河道景観との関係

	砂州非発生領域	砂州発生領域
砂堆 I	岩盤 平坦な河床	砂州
砂堆 II	平坦な河床	砂州 (Fr 小) 不明瞭な砂州 S&P または礫列 (Fr 大)
反砂堆河床	岩盤	S&P または礫列