

9.3 流域からの流出土砂に着目した河川維持管理の軽減技術に関する研究

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：自然共生研究センター

研究担当者：萱場祐一、大石哲也、高岡広樹（専）

【要旨】

本研究では、流出土砂の質・量－河道特性を背景に、河道改修・維持掘削に伴う河道変化の関係を解明し、治水、環境、維持管理を統合するための流出土砂制御、河道断面設定技術を提案することを目的とする。平成 24 年度は、中小の実河川を対象に行った調査データをもとに、水工学的な見知から河道特性の把握を行い、これと生物生息場の確保を可能とする最低限の川幅の設定をどのように考えればよいかについて検討を行った。その結果、 B/H が 15 以上 ($B^{0.2}/H$ が 7 以上) とすることが必要であることを示した。

キーワード：河川管理、中小河川、瀬・淵、川幅水深比

1. はじめに

日本の河川延長は一級、二級河川をあわせて約 124,000km で、この半数以上(約 77,000km)の河川延長が、都道府県が管理する河川(以下、「中小河川」という)である。しかしながら、中小河川では、その立地条件が多様であるのに対して、河道特性を体系的に検討した例は少なく、河道計画・設計を行うための基本的な情報(河道縦横断測量、水位・流量観測等)が乏しい¹⁾。

河道特性の把握には、自然河川の場合、例えば、セグメントという概念により河川形態を区分²⁾したものや、地形の類似性から河川形態を区分³⁾したものなどがあり、これにより対象河川の変化の程度をある程度予測することが可能である。一方、中小河川の場合、上記のような自然河川に近い挙動を示すものから、河岸を人為的に拘束したものまで様々であり、とくに後者については、出水によって極度の河床洗掘が生じる例も見られ、改修後の補修に要する維持管理が不可欠となる川づくりとなっている。このような事象を事前に防ぐためにも、改修後の変化をモニタリングするとともに、河道特性の把握が欠かせない。

一方で、川は、日常から生物の生息場としての貴重な空間となっている。生物の生息場は、対象とする生物の生息スケールによって確保すべき要素が異なるが、例えば、Frissell ら⁴⁾の示すハビタット・スケールでみると瀬・淵の有無が生物多様性を高めるのに重要な要素とされる。瀬・淵の形成は、出水時の流水と流砂の相互作用によるもので、水工学での研究成果をもとに生物生息場に配慮した川づくりへと発展できる可能性がある。平成 22 年に改訂された「中小河川に関する河道計画の技術基準」で



図 1 調査地点の位置図(岐阜県および三重県)

は、川幅拡幅によって流下能力を確保し、河床にかかる掃流力をあげない改修を基本方針の 1 つとしているが、この中でも拡幅を前提とすることで、川本来の自然環境を取り戻す貴重な機会となると明記されている。さらに、良好な河川景観を実現するためには、出水等の河道変化を踏まえ、河川改修後の工作物等の改善だけでなく自然環境を含めた維持管理が重要とされている。

維持管理の内容も多岐に渡っており、例えば、河道内に繁茂した植物の除去や堆積土砂の除去といった数ヶ月から数年単位で行われているようなものや、出水等の外力による構造物の破損、河床洗掘といった不定期に発生する河道災害に対応した災害復旧事業まで、管理対象を捉える際の時間スケールや難易度も異なっている。

このように河川は、土砂が河道地形を決める 1 つの大きな外力となっており、この量の多寡により治水や生物生息場の維持に係わる管理に影響を与えるものと考えられる。

そこで、平成 24 年度は、中小の実河川を対象に行った調査データをもとに、工学的な見知から河道特性の把握を行い、これと生物生息場の確保を可能とする最小限の川幅をどのような根拠をもとに設定すれば良いかについて検討を行った。

2. 検討方法

2.1 現地調査の方法

本研究では、流域に花崗岩が多く占め砂河川の多い三重県、流域に堆積岩や火成岩が多く占め礫河川や岩盤河川の多い岐阜県内を流下する中小河川を対象とした。現地調査では、下流あるいは上流から順に、1 河川において典型的な河道断面のうち 2-5 地点で座標 (X,Y,Z)、川幅 (B)、代表粒径(d_r)について調査を行った。調査データは、両県下約 100 河川 300 箇所となった。

2.2 流域情報の分析による河道特性量の把握

同一河川で河道特性量が同じようなデータの重複を避けるため、以下の処理を実施した。まず、GIS を利用し、標高 DEM データ (10m メッシュ) から、調査地点の縦断勾配 (I_b)、流域面積(A)を求めた。次に、1 河川の調査地点の中で、「セグメントが異なる」、「代表粒径(d_r)が 1 オーダー以上離れている」、「流域面積が 200km²以下 (技術基準で示される流域面積を対象)」である場合にのみ複数地点のデータを利用することとした。また、礫や砂により河道地形が変形するような区間について検討するため、ここでは I_b が 1/1,200 以上の河川とした。以上から、最終的に 82 河川 104 箇所のデータ (以下、対象地点という) を取り扱った。

対象地点の河道特性量の把握のため、既存資料を用いて外挿計算を行った。これらの結果をもとに、まず、①大河川 (自然河川) と比較し、中小河川の河道特性にどのような特徴があるかを、平均粒径と無次元掃流力との関係から検討した。次に、②「川幅水深比」を説明変数とし、「河床形態」と「河川景観」との関係性について検討した。なお、各変数を算出するために使用した計算式や定義を以下に示す。

a. 流域面積 A(km²)

地形データより、GIS 上 (ArcGIS10) で調査地点の流域界の抽出を行い、流域面積を算出した。地形データは、国土地理院の 10m メッシュ DEM データを用いた。

b. 縦断勾配 I_b

DEM データを用いて対象河川の縦断図を作成し、調査地点前後約 100m 区間の縦断勾配の平均を抽出した。

c. 底面幅 B(m)

現地調査により、対象地点の河道の底面幅を把握した。

d. 流出係数 f

国土数値情報土地利用細分メッシュデータを用い、土地利用種別に応じた流出係数を面積割合で加重平均した合成流出係数を算出した。

e. 洪水到達時間 T_p (h)

洪水到達時間を以下の土研式⁵⁾より算出した。

$$T_p = 1.67 \times 10^{-3} (L / \sqrt{S})^{0.7} \quad (1)$$

ここに、 L :流域最遠点から調査地点までの流路長(m)、 S :平均流路勾配。

f. 1 年確率 1 時間雨量(mm/h)

洪水到達時間を用い、アメダス確率雨量計算プログラム (独) 土木研究所水理水文チーム) から、調査地点の最寄りのアメダス観測地点における降雨強度を fair 式により算定した。

g. 1 年確率ピーク流量(m³/s)

1 年確率のピーク流量を、合理式⁶⁾により算出した。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} frA \quad (2)$$

ここに、 Q_p : 1 年確率ピーク流量(m³/s)、 f : 流出係数、 r : 1 年確率 1 時間雨量 (mm/h)、 A : 流域面積(km²)

h. 等流水深 h (m)

1 年確率のピーク流量流下時における水位と河床面に作用する摩擦速度を算定するため、Manning の等流公式により、等流流下時の水深を算出した。Manning の粗度係数は実測が困難なため、現地調査時の河道の状況の外観から河川砂防技術基準 (案) 計画編等を参考に、 $n=0.03, 0.035$ の 2 段階の値を仮定した。エネルギー勾配は、DEM データから算出した縦断勾配 I_b を適用した。

i. 摩擦速度 u_* (m/s)

河床面に作用する外力の指標として、1 年確率のピーク流量流下時における摩擦速度を算出した。

3 結果と考察

3.1 平均粒径と無次元掃流力との関係

図2に u_*^2 と dr との関係を示す。大河川（自然河川）については山本ら⁷⁾の成果によるもので、図中の青線付近が u_*^2 と dr との平均的な関係にあることが知られている。同図から、代表粒径が同じであったとしても、大河川と比較して中小河川の方が u_*^2 が大きい傾向にあることが分かった。また、 u_*^2 で示される指標は摩擦速度で示されており、河床勾配が変化しない限り、水深の変化によって摩擦速度の大小が決まる。したがって、中小河川では、川幅が狭いことを起因とし、これによって摩擦速度が大きくなりがちになっていると言えそうである。

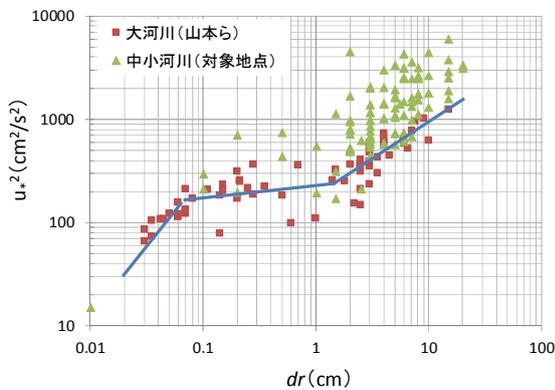


図2 U_*^2 と dr との関係

3.2 河床形態と河川景観との関係

対象地点と中規模河床形態の形成領域区分⁸⁾との関係を図3に、調査河川のうち代表的な河川での川幅水深比 (B/H) と河川景観との関係を図4に示す。図3中の1-8の数字は、図4中の河川名の番号と対応しており、同じ

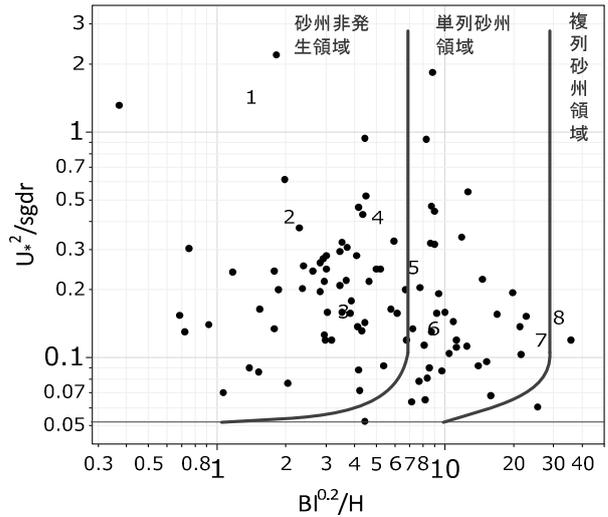


図3 対象河川データにみられる中規模河床形態の形成領域区分との関係

ような川幅水深比をもつ川での典型的な河川景観を示している。なお、 $BI^{0.2}/H$ と B/H には、ほぼ線形の関係（図5）があり、河床勾配が大きい方が B/H にたいして $BI^{0.2}/H$ が大きくなっているが、両者には約2.2倍の差があることが分かる。

対象河川データのうち約6割は、砂州非発生領域に区分された。図4の中で1-4は砂州非発生区間にあたるが、川幅水深比が5前後までの川は、殿川や明智川にみられるように河床に土砂や植物が占める面積が小さく、瀬・淵もなく、水域が薄く広く河床に広がっていた。さらに、護岸の根継ぎや明智川のように河床面がコンクリートで被われている川もみられた。このような状況下では、必然的に河床低下が進行し、護岸被災を防ぐため根継ぎなどの補修にかかる維持管理費が増大することになる。



1.殿川 $B=6, B/H=3$ 2.明智川 $B=7, B/H=5$ 3.千旦林川 $B=10, B/H=9$ 4.妻木川 $B=10, B/H=10$



5.辛沢川 $B=11, B/H=17$ 6.藤川 $B=17, B/H=23$ 7.鳥井戸川 $B=23, B/H=52$ 8.三滝川 $B=59, B/H=85$

図4 川幅 (B) および川幅水深比 (B/H) と河川景観との関係

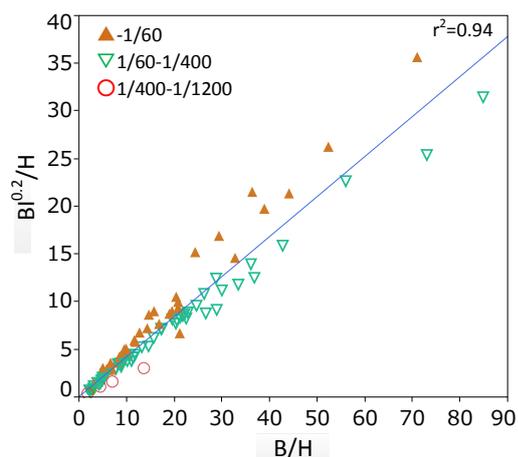


図5 B/H と $BI^{0.2}/H$ との関係

川幅水深比が10前後の川は、妻木川のように上記の特徴が見られる河川から、千旦林川のように明瞭な瀬・淵の形成は見られないものの、河床に土砂や植物が占める面積が増える河川も多くあった。

一方、川幅水深比が15以上になると、辛沢川や藤川のような河床に砂州の発達や瀬・淵の形成が見られる河川が多くなった。また、川幅水深比が50以上になると、鳥井戸川、三滝川のように砂州の発達、瀬・淵の形成もみられたが、河床に徐々に木本が見られる川も多くなった。これらから、黒木ら⁸⁾の理論研究での結果と実河川での河川景観の対応関係も良いことが分かり、出水時の河床形態は、その後形成される生物生息場の基盤となる地形条件との関係性が高いことが示された。

4. 河川環境に配慮した最小川幅設定の考え方

最小川幅の設定には、生物生息場にとって重要な瀬・淵が形成される川幅とし、その指標には B/H が15以上($BI^{0.2}/H$ が7以上)とすることが第一の基準となるものと考えられる。しかし、土地制約から B/H が15を下回る場合には、少なくとも以下の配慮が必要と考えられる。

また、本検討から、 B/H が15未満($BI^{0.2}/H$ が7未満)の砂州非発生区間では、河床面に土砂が見られず、生物生息場として機能に乏しい河川から、瀬・淵が不明瞭であるものの稚仔魚にとって有用な流速の遅い水際域などのエコトーンが形成され、生物生息場としての機能がある程度有する河川の2つのケースがみられた。前者は、殿川、明智川、妻木川のような河川であり、いずれもアップーレジーム($Fr > 1$)となっていた。アップーレジームになると、全掃流力に対して形状抵抗が見込めなくな

るため、出水中の土砂移動や河床面への浸食作用が大きくなり、出水後の河床に土砂堆積が少なくなっているのではないかと推察される。

したがって、 B/H が15未満($BI^{0.2}/H$ が7未満)河川で、生物生息場としての機能がある程度有するためには、アップーレジームを避けるように最低川幅を設定することが第二の基準になるものと考えられる。

5. まとめ

平成22年に改訂された技術基準で、川幅幅を前提とすることで、治水・環境と維持管理に配慮した川づくりが求められるようになった。この社会的背景をもとに、本研究では、流出土砂の質・量—河道特性を背景に、河道改修・維持掘削に伴う河道変化の関係を解明し、治水、環境、維持管理を統合するための流出土砂制御、河道断面設定技術を提案することを目的としている。

平成24年度は、中小の実河川を対象に行った調査データをもとに、工学的な見知から河道特性の把握を行い、これと生物生息場の確保を可能とする最低限の川幅の設定をどのように考えればよいかについて検討を行った。82河川104箇所データを分析した結果、 B/H が15以上($BI^{0.2}/H$ が7以上)とすることが必要であることを示した。

参考文献

- 1) 藤田光一：中小河川の治水安全度を早急に把握せよ(特集1 今までにない自然災害に立ち向かう)，国土技術政策総合研究所，国総研アニュアルレポート，vol.5，pp.12-15，2006。
- 2) 山本晃一：構造沖積河川学，山海堂，690p.，2004。
- 3) Dave Rosgen: APPLIED RIVER ORPHOLOGY, 1996.
- 4) Frissell, C. A., Liss, W. J., Warren, C. E., and Hurley, M. D.: A hierarchical framework for stream habitat classification-Viewing streams in a watershed context. Environmental Management, Vol. 10(2), 1986.
- 5) 土木学会編：水理公式集[平成11年版]，p.37，1999。
- 6) 土木学会編：水理公式集[平成11年版]，p.36，1999。
- 7) 山本晃一：河道特性論，土木研究所資料第2662号，pp.37-50，1988
- 8) 黒木幹男・岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，vol.342，pp.87~96，1984。

STUDY ON TECHNIQUE IMPROVING RIVER MAINTENANCE COST WITH CONSIDERING OF SEDIMENT FROM BASIN AREA.

Budget : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY. 2011-2015

Research Team : Aqua Restoration Research
Center.

Authors : KAYABA Yuichi, OISHI Tetsuya,
TAKAOKA Hiroki,

Abstract : The purpose of this research is to suggest how to optimize river form design to reduce river maintenance efficiently and improve sediment management. In 2012 fiscal year, we studied to suggest progress of the middle and small river channels and revealed how to determine minimum river width of ensuring river habitats by river types. Firstly, we surveyed river width(B) and took some pictures about 100 rivers in Gifu and Mie prefecture. Secondly, we calculated some parameters relating to river channel morphology, basin area, friction velocity, bed slope(S), water depth(H) and so on, with GIS data and survey data and then determined river types. Finally, we indicated how to set minimum river width of ensuring river habitats from some parameters.

As a result, we indicated that minimum width of ensuring habitats is defined as the width of a river that can make riffle and pool, and it requires that the $BI^{0.2}/H$ of some parameters is more than 7.

Key words : *river maintenance and river management, middle and small river, riffle and pool, river width/depth ratio*