

土砂管理に配慮した多自然川づくり

高比良 光治*

1. はじめに

福岡県内の多くの河川は、流域が崩壊しやすい花崗岩で形成されており、流域で生産された多くの砂が出水のたびに河道内に流下・堆積する。そのため、土砂の堆積や河床洗掘が河川の維持管理上の大きな問題となっており、特に土砂の浚渫費用は財政を圧迫している。

一方、河川環境に目を向けると、治水事業による河道の直線化や護岸工事が進み、農業用の取水堰も多く設置されたことで、瀬・淵の少ない、また水際形状の単調なものが多い。その影響からか、河川淡水域では魚類、河川感潮域では水際に生息する昆虫類や甲殻類などの底生動物で絶滅の危機に瀕している種が多くみられている。

全国的にはこれら脆弱した河川環境の回復のため、多自然型川づくり(2006年の見直しで「型」にはめない川づくりの必要性から「多自然川づくり」に改名された)が1990年頃から始まり、福岡県内でも優れた工事が幾つか行われてきた。しかし、国の補助のない小さな災害復旧や通常の維持管理では、緊急性や財政難から、これまで同様に治水を優先させた護岸工事や浚渫工事となり、河川環境の改善が図られることはほとんどない。

この要因の一つとして、治水と環境を両立した川づくりの研究がまだ始まったばかりで、維持管理までを含めた効果的・効率的技術が未だ確立していないことが挙げられる。すなわち、長期的にみて、維持管理の少ない、しかも生物の生息にも配慮した河川改修法の確立が求められるところである。

しかし、河川管理上重要な土砂管理と水生生物の生息場の保全について併せて研究した事例はほとんどない。そこで、本報告では、福岡県で問題の大きい砂河川における土砂堆積の軽減・遅延対策方法として滞筋の有効性を調査・評価した研究¹⁾、多自然川づくりの要素技術として低水路拡幅、水際の無固定、低水路内の巨石在置の有効性等を評価した研究²⁾の2つの事例を紹介するとともに、その結果を基に土砂管理に配慮した多自然川づくりについて考察・提案する。

なお、本報告は筆者の博士論文「中小河川における土砂管理及び水生生物に配慮した水際処理方法の研究(2013.1月)」から抜粋し、加筆・修正したものである。また、主たる内容は、土木学会河川技術論文集第16号、17号で発表済みである。

2. 砂河川における水際処理方法と河川管理

2-1. 調査対象区間

西郷川は、福岡県福津市を流れて玄界灘に注ぐ長さ10km、流域面積約25km²の2級河川である。本川には農業用の取水堰または床固めが合わせて56基設置され、堤防のほとんどはコンクリートブロックで護岸されている。

河床材料は、全川にわたって砂が主体である。西郷川では出水にともなう土砂の堆積が著しく、市街化された下流域では、氾濫防止のため河道掘削が毎年のように実施されている。

本研究の対象区間は、**図1**に示す滞筋区および平坦河床区の2区間とした。両区間ともに河床勾配

*一般財団法人 九州環境管理協会 環境部

約 500 分の 1, d60 (60% 通過粒径) 約 1.3mm で³⁾, セグメント区分 5) の 2-2 に相当する。計画高水流量 (降雨確率 1/30) は 215m³/s である³⁾。滞筋区および平坦河床区の造成工事は, 2007 年の 1~3 月に福岡県が実施した。掘削直後の河川状況, 掘削前後の横断形状を図 2 に示す。

2-2. 調査方法

各年の出水による土砂の堆積および浸食量を把握するために, 掘削直後の 2007 年 6 月から 2009 年 11 月の期間に 4 回, 図 1 に示した滞筋区および平坦河床区のそれぞれ 4 側線で横断測量を実施した。

調査時期と出水との関係を図 3 に示す。ここで流量は, 増水による河床変動を対象とするため, 気象庁が公表する近傍の宗像観測所降雨量データから合理式⁵⁾により求めたピーク流出量とした。

横断測量の結果を基に, 河道掘削直後の 2007 年 6 月時点を基準にして単位河道長あたりの土砂堆積量 (m³/m) を算出した。

初期断面形状の違いによる土砂流送量との関係

を明らかにするため, 期間中の掃流砂量と浮遊砂量を計算した。流砂量式は芦田・道上の式^{6), 7)}を使用し, 水位, 流速, 摩擦速度などの水理諸量は, 日ピーク流量から Manning の平均流速公式⁶⁾で求めた。

2-3. 調査結果

滞筋区の河川敷は, 2009 年 11 月現在掘削直後の 2007 年 6 月とほぼ同じ形状が維持され, 土砂の堆積はほとんどない。低水路では, 左岸側に土砂が堆積して中洲が徐々に形成され, 右岸側では河床が低

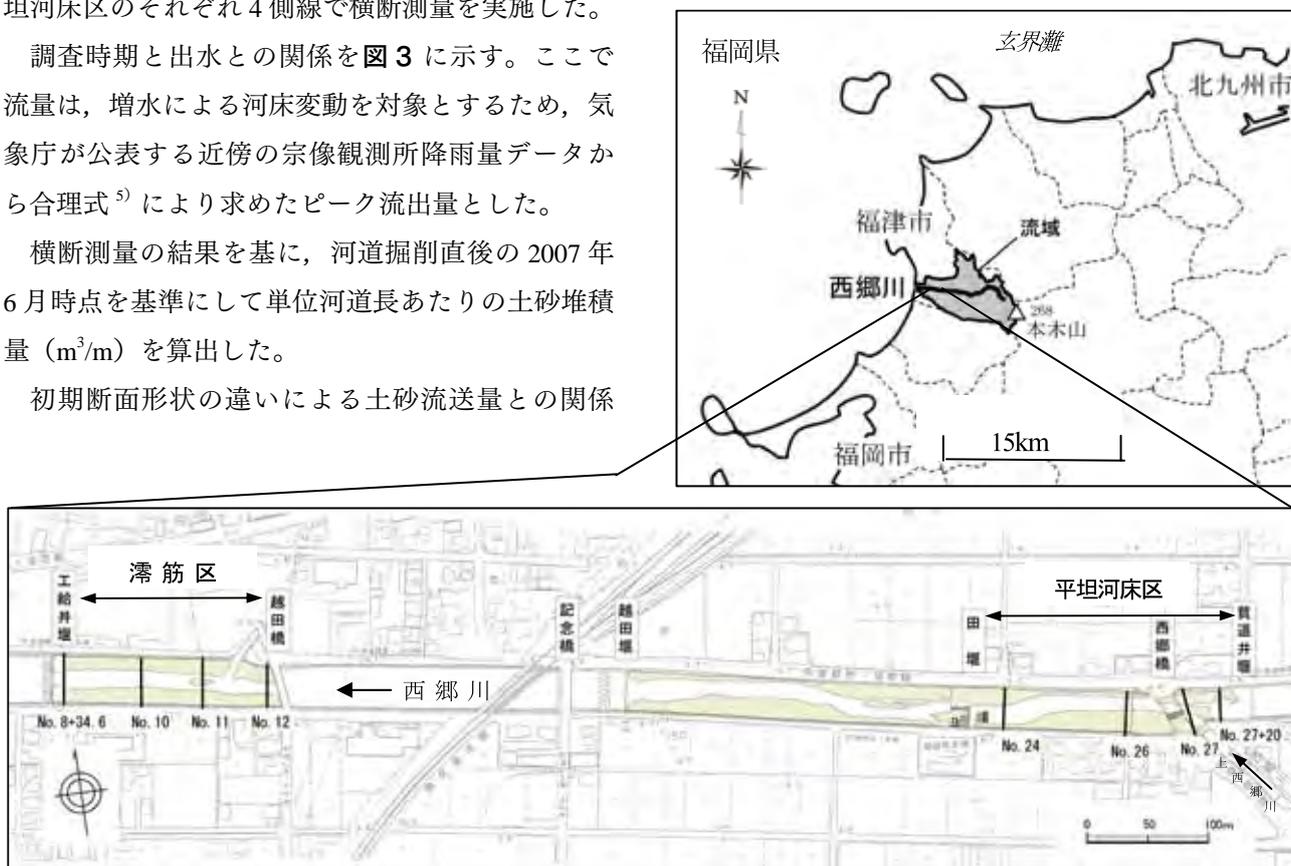


図1 西郷川の位置と研究対象河川区間



図2 河道掘削形状

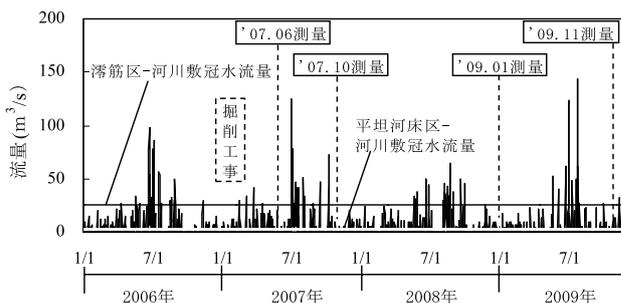


図3 調査対象区間の流量の推移と調査時期

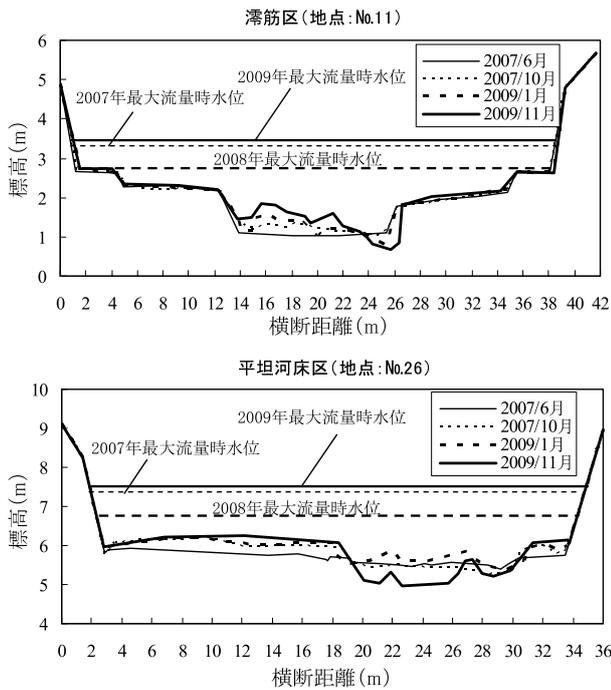


図4 河床横断形状の経年変化

下した(図4)。

平坦河床区の河川敷は、2007年7月の出水により地盤高が上昇したが、同年10月以降は大きな変化はみられなかった。一方、低水路では、2008年の出水で堆積が起これ地盤高が上昇した後、2009年7月の出水で逆に河床が洗掘された。この洗掘によって河川敷と低水路の河床高の差が1m以上となり、明瞭な滯筋が形成された。ただし、低水路幅はほとんど変化していない。

河床材料は、滯筋区では陸上部が粘土・シルトまたは細砂などの細粒土が主体で、経年変化は小さい。水中部では中砂が主体であり、陸上部と同様に経年変化は小さい(図5)。平坦河床区では、2007年10月時にはその前の出水で河川敷に多量の土砂が堆積

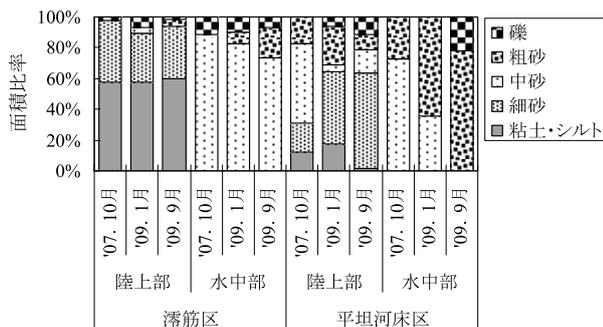


図5 河床材料の経年変化

した。その主体は中砂であった。その後、礫が徐々に増加した。水中部も陸上部と同様に、2007年10月は中砂が主体であったが、粗砂・礫の割合が徐々に増加した。滯筋区の土砂堆積速度は、平坦河床区に比べて緩やかであった。平坦河床区では、調査前の出水流量が約 $64\text{m}^3/\text{s}$ と少なかった2009年1月に堆積量が大幅に増加したが、過去20年間で第2位となる $144\text{m}^3/\text{s}$ の出水があった2009年7月後の11月には逆に洗掘によって堆積量が減少した。なお、降水量から算出した過去20年間の平均年最大流量は $90\text{m}^3/\text{s}$ 、最大は $166\text{m}^3/\text{s}$ 、最小は $46\text{m}^3/\text{s}$ である。

流砂量は、両区とも低水路が河川敷に比べて多かった。また、流砂形態は、ほとんどが掃流砂で、浮遊砂は少なかった。流砂量の区別合計は、滯筋区が平坦河床区の約1.3倍と多かった(図7)。

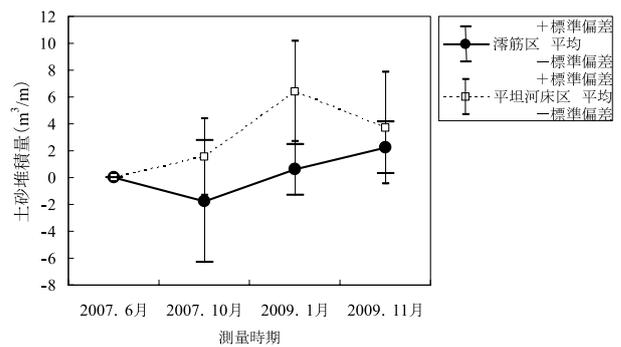


図6 土砂堆積量の経年変化

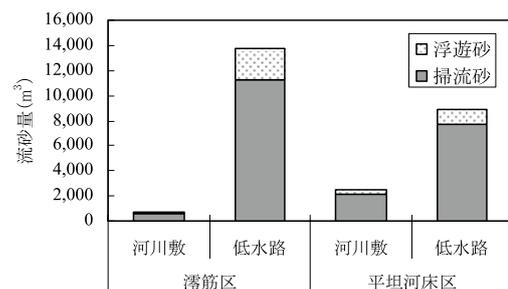


図7 観測期間中の流砂量(計算値)

2-4. 考察

観測期間において、滯筋区は河川敷の地形が維持され、土砂の流送は主として低水路で行われたと考えられる。一方、平坦河床区では河川敷の地形が小出水時に大きく変化し、低水路と同じ河床材料の堆積がみられた。このことから、平坦河床区では河川

敷が土砂の流送に大きく関わり、堆積もより速い段階で起こったものと考えられる。

以上の結果から、砂河川における土砂の堆積を軽減・遅延させる方法として滞筋の造成が有効であり、維持管理コストの低減が図れるものと推察される。ただし、滞筋の幅は各河川の流量に併せて検討する必要がある。

3. 水際処理方法と魚類の分布特性

3-1. 調査対象地区の概要

調査対象地区は、板櫃川の河口から約5kmに位置する高見地区である（図8）。この地区に改修方法別にA～D区の4調査区間を設定した（図9）。最上流のA区は、整備後50年以上が経過しており、低水路内には巨石が在置されていた。護岸は、低水路との間に巨石が配置され草が生える自然な緩傾斜護岸となっていた。低水路内には巨石が在置されていた。

その下流のB区とC区は、改修前は二面張りの護岸で水辺に近づくことができなかったため、自然を生かした川づくりを目指した河川整備が進められた。

B区は調査開始当初の2005年は低水路の改修直後で、低水路幅が広く巨石が点在していた。2007

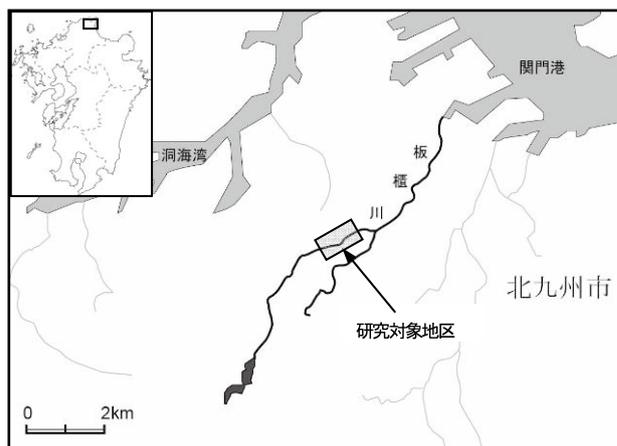


図8 調査対象河川及び対象地区の位置

年に高水敷を含めた工事が概ね終了した。本研究で、低水路拡幅と巨石在置の効果を評価する区間である。

C区間は、調査を開始した2005年の2年前に既に改修を終えており、改修工事の際に河道内から出てきた巨石はすべて取り除かれ、低水護岸として利用された。

最下流のD区は、2005年には改修から50年以上経ち、土砂が堆積し、草木が生い茂り、河道も自然な形で蛇行し、水深や流速も多様であることが目みてわかる区間であった。しかし、2008年の調査時には、それまでの出水で調査区間の下流側の滞筋

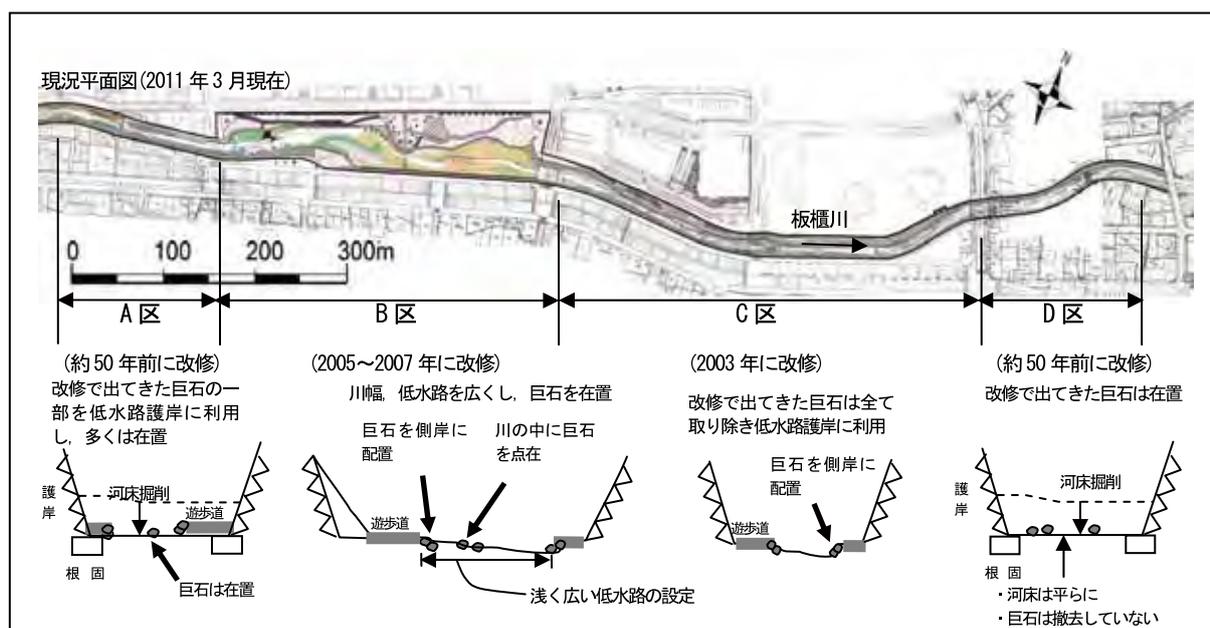


図9 調査対象区間

が左岸側に寄っていた。2009年には、遊歩道工事のため、調査区間のほぼ全域の滞筋が左岸側護岸の護床ブロック沿いに寄せられていた。

3-2. 調査方法

各区に瀬・淵を含む3～4のリーチ（1リーチ：縦断方向の長さ10～20m，以下「地点」と記す）を調査範囲として設定し、物理環境調査及び魚類調査を実施した。

物理環境調査では、各地点に2m間隔の横断測線を設け、さらに測線上の流水部を横断的に均等に分割して、その中央部に測点を設定した。各測線では水面幅、設定した5～10の測点の水深、流速、河床材料を調査した。流速は、各測点の6割水深部を電磁流速計で測定した3回の平均値とした。河床材料は各測点上の礫の長径を砂 (<0.2cm)，小礫 (0.2～1.6cm)，中礫 (1.7～6.4cm)，大礫 (6.5～25.6cm)，巨礫 (>25.7cm)，岩盤に分類し、その出現割合を各測線の粒度分布 (%) とした。また、各地点内の長径50cm以上の巨石を計数した。植生は、各測線の水際水中部と水際陸上部で有無を目視で確認し、各地点での確認割合をそれぞれの植被率 (%) とした。

魚類は電気ショッカーを用いて地点ごとに採捕し、種類別に全長を測定した後、採捕地点に放流した。

物理環境及び魚類調査の時期は、2005年10～11月、2008年12月、2009年12月である。2009年には、調査前の7月に中国・九州北部豪雨が発生し、A区では下流部の遊歩道の被災、B区では滞筋や瀬淵の位置や大きさの変化、C区では一部河床低下などが見てとれた。

3-3. 調査結果

(1) 魚類の分布

低水路幅を広げ、巨石を在置したB区の種数は、**図10**に示すように改修直後の2005年から他区と差がなく、2009年には最上流のA区とともに調査区間の中では最も多かった。

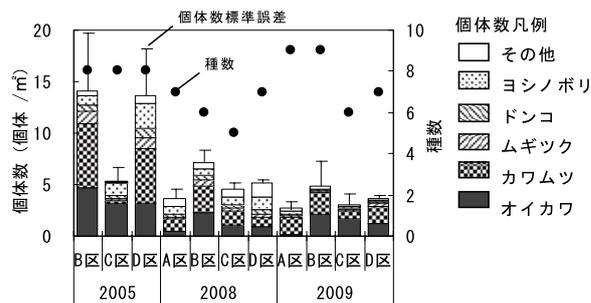


図10 魚類の調査区別分布

魚類の平均個体数は、2005年には改修直後のB区と改修後50年以上経過したD区は同程度で、改修2年後のC区に比べて多かった。そのため、B区は改修工事直後に速やかに魚類生息場としての環境が回復したと考えられる。その後、各区ともに減少傾向を示した。特に個体数の多かったB区とD区で、オイカワ・カワムツ・ヨシノボリが減少した。

(2) 魚類の分布と物理環境との関係

2005年は**図12**に示すようにオイカワ大、カワムツの大・小、ムギツク、ギンブナ、イトモロコ、ドンコと平均水深との相関が高く ($r=0.69$ 以上)、

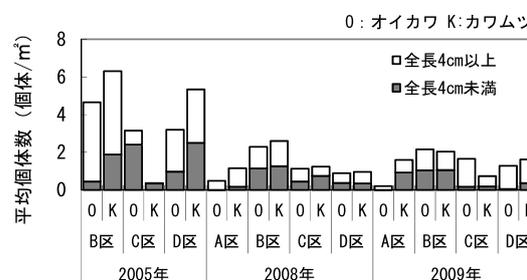


図11 オイカワ・カワムツのサイズ別分布の比較

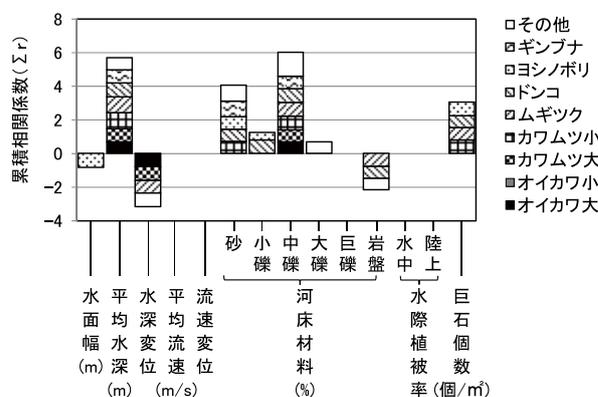


図12 魚類の平均個体数と物理環境との関係 (2005年)

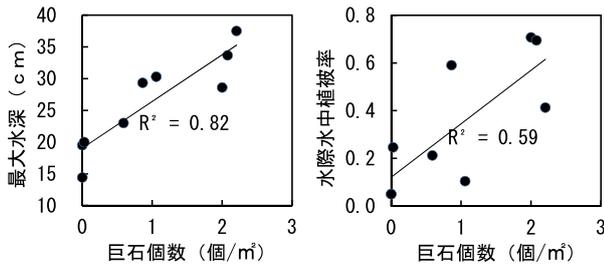


図13 巨石と水深及び水際水中植生との関係 (2005年)

2005年の魚類分布は巨石と相関の高い水深に大きく依存していたと考えられる。このうち、ムギツク・ドンコは岩盤とも負の相関が高く、岩盤が多く水深が他区に比べて有意に浅かったC区で少なくなったと考えられる。

このほかに図11に示したように2005年にC区でカワムツ大が殆ど出現しなかったのも水深が浅かった影響と考えられる。巨石は水深、特に図13に示すように最大水深と正の相関が高かった。これは巨石の存在によってその周辺が掘れて深くなるR型の淵のでき方⁸⁾で説明できる。また、巨石は水際水中の植生被度とも相関があり、水際植生の回復に効果があるものと推察される。

4. 土砂管理に配慮した多自然川づくり

河川における土砂堆積の遅延・軽減手法として、滞筋区の設置を提案する。

滞筋を確保するため低水路幅を狭めると計算上は流速が増加し(図14)、魚類の生息が難しくなる。板櫃川では平均流速20cm/s以下が魚類の生息密度の高い場所であった(図15)。しかし、実際に西郷川で滞筋を作っても瀬・淵の形成に伴い水深・流速が多様になり、流速20cm/s以下の場所も出現している(図14)。このほか、オイカワ小(当歳魚)は水深10~20cmの浅い場所を好み(図15)、コイ、フナ等は産卵付着基盤として水際植生が必要である。したがって、土砂の堆積を遅延・軽減させる方法として滞筋の確保は有効であるが、同時に瀬・淵、浅場、水際植生の形成にも配慮する必要がある。

淵、水際植生の形成には、前述のように巨石の配

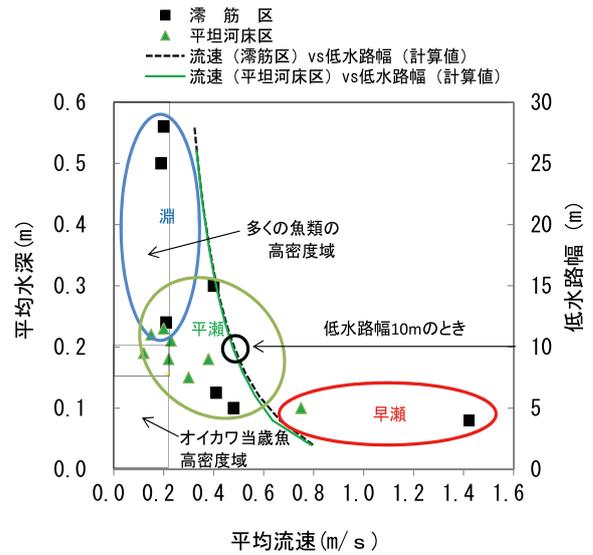


図14 西郷川の流速・水深の実測値と低水路幅からの流速計算値

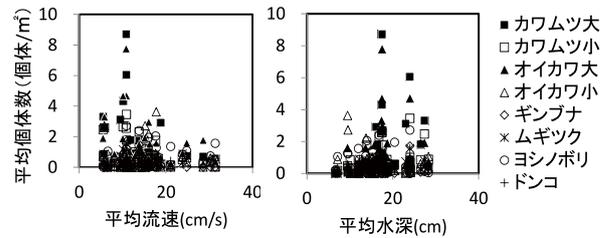


図15 板櫃川の魚類の分布と流速・水深との関係

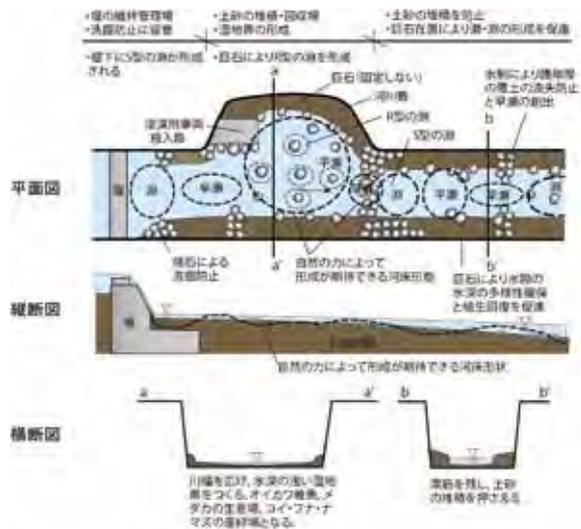


図16 土砂管理に配慮した多自然川づくりのイメージ

置が効果的である。また、巨石は淵と同時に瀬の形成を誘導させることができる。浅場は、川幅を広げると土砂が堆積することで形成される。また、搬入路を設けると堆積した土砂の効率的な排出が可能と

なる。以上の考え方を基本に、土砂管理に配慮した多自然川づくりのイメージを図 16 に示す。すなわち、土砂の堆積しにくい低水路幅を狭めた滞筋区間と土砂の堆積しやすい低水路拡幅区間を適宜配置するものである。この図では、瀬・淵がしやすいように巨石の配置に配慮している。長期的には滞筋の位置が変化する。特に、川幅を広げた区間は土砂が堆積し易いため、いずれ水面幅が狭まることが予想される。この際も魚類の生息場としての価値が低下しないように、各所に巨石を配置し、その周りに深みができるように考えた。

5. おわりに

本報告では、砂河川における土砂管理と多自然川づくりを両立させる手法について提案した。今後、実際の河川でこの提案が採用され実証されること、人と生物が生き生きとする環境が多くの河川で復活することを期待したい。

謝辞

本研究を行うにあたり、指導教官で共同研究者の九州大学大学院島谷幸宏教授、共同研究者の土木研究所自然共生センターの萱場祐一センター長、徳島大学大学院河口洋一准教授、福岡県土整備部の中森健一氏（当時）、福岡県保健環境研究所中島淳博士、オクト環境株式会社奥田哲也氏ほか多数の方々にご助言、ご指導をいただいた。また、福岡県北九州県土整備事務所、北九州市建設局下水道河川部計画課

からは貴重な資料を提供していただいた。心より感謝申し上げます。最後になりましたが、小野勇一九州大学名誉教授ご夫妻には、ご指導・励ましのお言葉を度々いただき、本研究を続けることができました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高比良光治, 萱場祐一, 島谷幸宏, 中森健一, 内田唯史: 福岡県内の砂河川における掘削形状の違いによる土砂堆積の軽減・遅延効果, 河川技術論文集, 第 16 巻, pp.95-100, 2010.
- 2) 高比良光治, 島谷幸宏, 久岡夏樹, 河口洋一, 佐藤辰郎, 池松伸也: 板櫃川で実施された多自然川づくりの魚類生息環境からみた評価, 河川技術論文集, 第 17 巻, pp.395-400, 2011.
- 3) 福岡県宗像土木事務所, 八千代エンジニアリング株式会社: 西郷川浸水想定区域図作成業務委託報告書, 2008.
- 4) 山本晃一: 構造沖積河川学, 山海堂, 2004.
- 5) 川合茂, 和田清, 神田佳一, 鈴木正人: 河川工学, コロナ社, 2002.
- 6) 土木学会水理委員会: 水理公式集, 第 2 編「河川編」土木学会, 1999.
- 7) 芦田和男, 高橋保, 道上正規: 河川の土砂災害と対策, pp.40-42, 森北出版, 1983.
- 8) 水野信彦・御勢久右衛門, 河川の生態学, 築地書館, 1972.