

13.4 多自然川づくりにおける河岸処理手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水環境研究グループ（自然共生）

研究担当者：萱場祐一、佐川志朗

【要旨】

本研究は、様々な河岸－水際タイプの生態的機能に関する既往研究結果の整理と新たな実験・調査を行い、その生態的機能を明らかにし、多自然川づくりにおいて河岸－水際域を保全する際の留意点の取りまとめ、河岸処理手法の提案を行うことを目的としている。本報告では平成 20 年度に実施した現地調査のうち、増水時の石の隙間（間隙）の機能評価実験について報告すると共に、いままでの成果を取り込み作成した「河岸・水際域の保全手法に関する資料集（案）」の内容説明を行った。実験では、平水時および出水時の間隙内の魚類群集構造は異なり、間隙はオイカワの出水時の避難場所として機能している一方で、フナ属やカネヒラは間隙から逃避することを示した。また、資料集では、その目次を提示するとともに、河岸・水際域の定義、景観上、自然環境上の機能を解説し、更に、河岸・水際域を保全する際の考え方、具体的方法等について解説した。

キーワード：河岸処理、河川景観、護岸、自然環境、多自然川づくり、保全方法、水際域

1. はじめに

近年、多自然川づくりに関する留意事項や工法の工夫等が整理され、共有されるようになってきている。しかしながら、画一的な標準断面での施工により河床や水際が単調になり、河川環境が劣化しているなど、課題の残る川づくりもまだ多く見られる。河川の河岸－水際域（以下、水際域）は生物の生息空間として重要な領域であり、複雑な地形や物理環境特性が魚類の定着に関与していることが知られている。しかし、水際域の生息場所としての機能や修復手法（護岸工法）の効果について定量的に評価した研究は少なく、水際域の効果的な保全手法は未確立の状態にある。

平成 20 年度は、いくつかの補足的な現地実験を実施し、さらに、いままでの研究成果を取り込み「河岸・水際域の保全手法に関する資料集（案）」の作成を行った。本報告では、現地実験のひとつについて報告するとともに、読本の内容について紹介する。

2. 間隙環境の出水時の避難場所機能評価実験

石礫がつくる間隙は水生生物の生息場所として機能しており、礫のサイズにより創出される物理環境や定着する魚類群集の構造は異なる¹⁾。また、生息場所の選択性は微生息空間スケールで種特異性がみられ²⁾、魚類の定着は、間隙の物理環境特性にあわせて礫設置箇所の河道の流況にも影響を受けることが示唆されている^{3) 4)}。平成 20 年度は、流況や礫量を変化させた

いくつかの実験を行ったが、本項では出水時の間隙機能実験についての報告を行う。

2. 1 方法

調査地は（独）土木研究所自然共生研究センターの施設である実験河川 B の中流ゾーンである。本ゾーンの河床勾配は 1/800、水面幅は約 3m、河床材料は砂が卓越する。調査区間は下流側の直線河道の約 40m とし、その右岸側に縦断距離 1.5m、横断距離 1.0m の石礫設置区を 8 箇所設けると共に、各設置区の流況を統一するために、設置区の間には縦断距離 3.0m、横断距離 1.0m の調整区を儲けた（写真 1）。まず、右岸側の水際ラインを仕切り板でクランク状に成形し、8 箇所の凹部を石礫設置区、凸部を調整区とした。石礫設置区には、4mm 目合いの袋網（2m×2m×2m）を敷いて、その上にパワーショベルで礫群を設置した。礫群は中間径 350mm の自然石が房状にワイヤーで連結されており、重機での吊り上げが可能となっている⁴⁾。袋網の端にはロープが通してあり、ロープを水面上に引き上げることによって礫群と生息魚類を一瞬にして網内に封じ込めることができる構造に工夫した。石礫群の設置は平成 20 年 9 月 25 日に行った。

設定流量は、平水流量を 0.1m³/sec（水深 20cm、流速 25cm/sec）、出水流量を 2.0m³/sec（水深 61cm、流速 71cm/sec）とし、石礫群設置以降は平水流量を継続した。

魚類の捕獲調査は、平成 20 年 11 月 4 日に実施し、まず、平水流量下で 4 箇所を設置区の袋網を引き上げた。その直後に出水を起し、出水流況が安定してから残りの 4 箇所を設置区の袋網を引き上げた。そして流量を平水流量に戻して、引き上げた網内から礫群を吊り除き、網内に残った魚類の種ごとの個体数を計数した。

8 箇所を確認された魚種ごとの個体数を用いて類似度 (Similarity) を算出し、クラスター分析により設置区の類型化を行った。また ANOSIM (Analysis of Similarity) を用いて、平水時(base) と出水時 (flood) の間隙利用魚類の群集構造の差異の有意性を判定した。



写真 1 調査区 凹部に礫群を設置

2. 2 結果

魚類調査の結果、オイカワ *Zacco platypus*、タモロコ *Gnathopogon elongatus*、モツゴ *Pseudorasbora parva*、フナ属 *Carassius* sp.、カネヒラ *Acheilognathus rhombeus*、シマドジョウ属 *Cobitis* sp.、ナマス *Silurus asotus*、カムルチー *Channa argus argus* およびヨシノボリ属 *Rhinogobius* sp. の 9 種類の魚類が確認された。クラスター分析の結果、平水時と出水時の設置区は 2 つの大クラスターに流量ごとにまとまって区分され、平水時のクラスターは 20% 以上の、出水時は約 40% 以上の平均群集類似度を示した (図 1)。また ANOSIM の結果、これらの群集構造は有意に異なった ($R=0.677$, $P=0.029$)。この解析結果に寄与する群集構造の大きな相違点としては、出水時にはどの設置区にもオイカワの定着が確認されたのに対して、平水時には全く確認されていないこと、フナ属とカネヒラは平水時にのみ確認されており、出水時には全く確認されなかったことがあげられる (図 2)。

2. 3 考察

本研究では石礫により創出される間隙環境はオイカ

ワの避難場所として機能していることが明らかとなった。間隙は様々な魚類や甲殻類の平水時の生息場所として周年機能しており¹⁾、特に草本が枯死する冬期には越冬環境として重要である⁵⁾。以上より、間隙環境は流況や季節の変化に対応して生態的機能を有している重要な環境要素であることが示唆される。従って水際域の整備に際しては間隙機能が創出されるような工法を採用して、出水位レベルまで考慮した施設設計が望ましい。また一方でフナ属やカネヒラは出水時に間隙で確認されず、増水時には間隙から逃避する可能性が示唆された。フナ属については実験水路を用いた研究でも増水により間隙から逃避したことが観察されており²⁾、この現象を支持する。これら逃避した 2 種の避難場所特性については、他の遊泳魚よりも体高が高い外部形態の特徴を勘案して、石や草本によって創出される局所的な小さな避難場所空間に併せて、ワンドや二次流路等の深い水深が広く保たれる大きな空間要素も視野に入れて研究を行う必要があると考える。

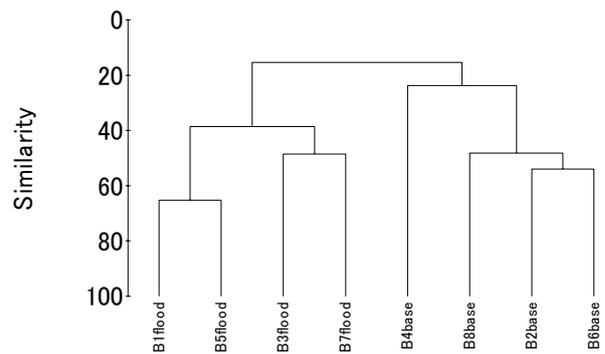


図 1 クラスター分析の結果

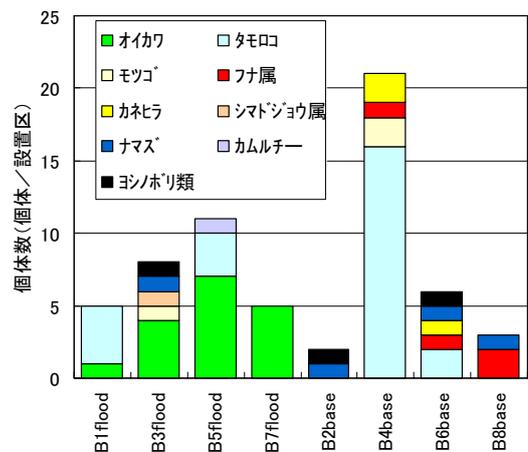


図 2 設置区ごとの魚類捕獲数

3. 河岸・水際域の保全手法に関する資料集について

3. 1 整理の考え方

本研究では、主として河岸・水際域の生物生息空間

としての機能を明らかにし、また、生物生息空間としての機能するための環境要因の解明、可能な場合にはその閾値を解明し、河岸・水際域の保全を実施する上での基礎的な知見を集積してきた。しかし、河岸・水際域を河川事業において保全するためには、自然環境に関する基礎的な知見だけでなく、河岸・水際域が有する景観上の機能、そして、保全を実施する際の考え方、具体的方法等についても言及する必要がある。

以上から、平成20年度は、本研究で実施した自然環境に関する調査・研究成果、河岸・水際域の河川景観に関する知見、そして、保全を図る上での留意点等について関係機関、関係者が行ってきた議論を整理し、「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方ー基礎知識から護岸工法の工夫までー」を作成したので、その内容について報告する。なお、本資料は、平成20年度までに実施する「水際域保全の留意点取りまとめ」、 「新たな多自然型河岸処理手法の提案」に対応する成果となっている。

3.2 資料集の内容

本資料集は、4章からなる。各章、各節の内容は以下のとおりである（図3）。

1章「はじめに」では、多自然川づくりにおける河岸・水際域の保全の重要性を述べ、自然環境、河川景観の2つの観点が重要であること、また、質の高い河岸に手を付けずに法線形状の変更等によって保全を図る“回避”の考え方が重要である点に触れた。

2章「本資料の用い方」では、本資料が単断面河道の中小河川を意識したものであること、また、本資料が計画・設計の段階で活用できること、活用できる対象者が河川管理者等の実務所であることを記述した。

具体的内容は3章以降に記述している。3章は河岸・水際域の概念と定義、そして、河岸・水際域の基本的な見方を自然環境、河川景観の双方の観点から記述した。また、河岸・水際域の特性が流程によって異なることから、流程別に典型的に見られる河岸・水際域を示した。本資料の特徴の一つは、河岸を河岸と水際域に分離し、それぞれについて機能を明確にした点がある。「河岸・水際域の概念と定義」では、河岸の機能を水面上の河岸法面部、水際域を水面下の部分と定義した。また、河岸前面に堆積域が形成されるか否かで河岸と水際域が同所的になる場合とならない場合を区別し、同所的となる場合は河岸処理をより慎重にすべきことを説明した（図4）。

自然環境の見方については河岸（水面上の法面部）、

水際域（水面下の部分）のそれぞれについて説明し、

1	はじめに
2	本資料の用い方
3	河岸と水際域に関する基本的事項
3.1	河岸・水際域の概念と定義
3.1.1	河岸と水際域を区別する
3.1.2	河岸と水際域の位置関係と形成要因
3.2	知っておくべき自然環境要素の基礎知識
3.2.1	河岸・水際の役割を整理する
3.2.2	河岸の役割と見方
3.2.3	水際域の役割と見方
3.2.4	河岸・水際域における環境要素の特徴と役割
3.3	知っておくべき景観の基礎知識
3.3.1	基本的な知識
3.3.2	まとまりを強調する、抑制する要素
3.4	流程別に見た河岸と水際域の特徴
3.4.1	山間地区間（主にセグメントM）
3.4.2	谷底平野区間
3.4.3	扇状地区間（セグメント1）
3.4.4	自然堤防帯その1（セグメント2-1）
3.4.5	自然堤防帯その2（セグメント2-2）
3.4.6	感潮域～汽水域
3.5	まとめ
3.5.1	流程別に見た河岸ー水際域の重要度
3.5.2	流程別に見た横断方向の景観の変化
4	河岸・水際域の計画・設計に関する基本的事項
4.1	3つの基本原則
4.1.1	影響の回避を基本とする
4.1.2	自然作用を活用する
4.1.3	河川風景全体を捉える
4.2	影響の回避・低減と、機能の代替について
4.2.1	影響を回避する
4.2.2	影響を回避できない場合その1 ー 護岸を設置しない
4.2.3	影響を回避ができない場合その2 ー 護岸を設置する
5	護岸を設置する場合の留意事項
5.1	護岸工法の捉え方
5.2	露出させない工法について
5.2.1	概要
5.2.1	代表的工法の特徴
5.2.2	留意事項
5.2.3	適用範囲
5.3	露出させる工法について
5.3.1	概要
5.3.2	使用材料と景観上の配慮事項との関係
5.4	護岸工法の配慮事項
5.4.1	法面での配慮
5.4.2	法肩での配慮
5.4.3	水際域での配慮
6	おわりに

図3 資料集目次(案)

前者については河畔林、法面への浸透水、法面の空隙の機能について、後者については水際植物帯、水際域の石礫がつくる間隙、水際線の凹部に形成されるポケ

ット状の水域、そして、淵の機能について今までの研
 表1 護岸を露出させないタイプ、露出させるタイプで
 の法肩、法面、法面下部～法尻での配慮事項

方法	法肩 配慮	法面 配慮	水際(法面下部～法尻)の配慮	
			河岸前面の 堆積域形成の有無	水際域での 配慮事項
①露出 させない	-	△	有	-
			無	△
②露出 させる	▲	▲	有	-
			無	▲

-:工夫しなくて良い, △:必要に応じて工夫する, ▲:工夫の必要がある

究成果、既往の知見を整理した。河川景観については、基本的知識として横断方向の変化、明度・彩度、テクスチャー、みかけの大きさに関する知識を概説し、河川景観の中にあつて河岸は全体の風景の中に溶け込むべきであること、また、このためには、河岸の景観としての「まとまりを強調しない」、「まとまりを抑制する」ことの必要性を説明した。

4章では河岸・水際域の計画・設計に関する基本的事項について説明した。今までの河岸・水際域の計画・設計手法が護岸の選定手法と同義であったこと、多自然川づくりポイントブックⅡ⁶⁾において法線形状の変更、片岸拡幅により質の高い河岸の保全を図ることが最善の手法として提案されていることに鑑み、ここでは、河川事業に伴う影響を回避し、河岸・水際域の保全を図ることを優先させた。また、次善の手法として、河岸に手を入れた場合には護岸の設置・非設置の判定を行い、護岸の設置範囲を最小化する試みを行うこと、護岸を設置する場合には河岸が本来有している機能を見極め、河川景観にも配慮した上で機能の代替を行う必要性を述べた(図5)。

5章では、護岸を設置する場合の留意点を記載した。記載に当たっては、護岸を覆土等により法面に露出させないタイプ、露出させるタイプに分けた。これは、人工構造物である護岸の露出の有無により自然環境、河川景観に対する影響の程度が異なり、結果として配慮すべき事項に差が生じるからである(表1)。具体的には露出させないタイプは法肩、法面においての配慮すべき項目はないか、もしくは、必要に応じて工夫する程度であるが、露出タイプの場合は両方の部位において河川景観、自然環境の保全上の工夫が必要となる。また、法面下部から法尻(水際域に相当)においては河岸前面の堆積域の形成を判定し、堆積域が形成される場合は配慮の必要がなく、形成されない場合には工夫を行うことを標準的な手法として示した。行うべき工夫として水際域に流失しない植生基盤を設置する、

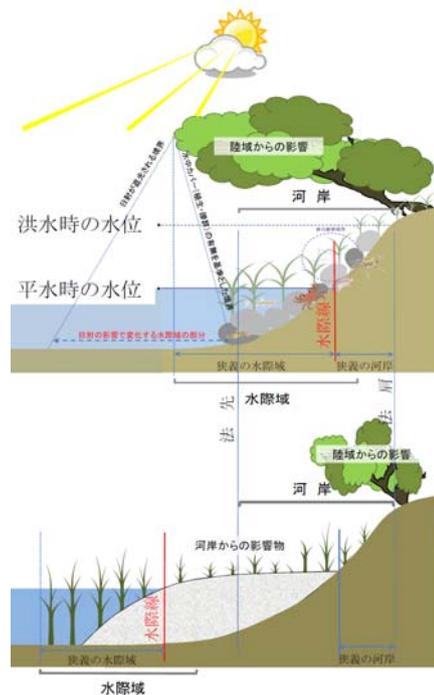


図4 河岸と水際域が同所の場合(上)、河岸水際域が同所的でない場合(下)の河岸・水際域の定義

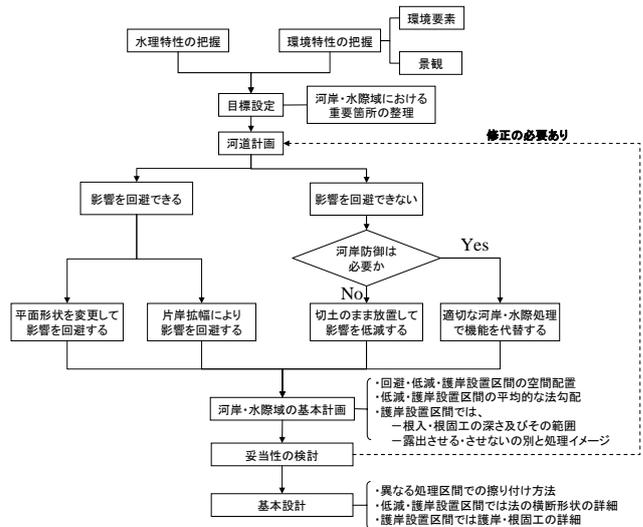


図5 河岸・水際域に関する影響軽減の考え方
 ここで、基本計画、基本設計を含む計画のフローはポイントブックⅡ⁶⁾47～49頁を参照のこと

木杭工や水制工等の人工構造物を設置する等の方法等を示したが、これらの工夫に関する具体的な設計論を示すには至らず、今後の課題として残された。

3.3 既存資料集との違い

河岸・水際域の保全に関する代表的な資料集としては「美しい山河を守る災害復旧基本方針」⁷⁾、「多自然型川づくり 河岸を守る工法ガイドブック」⁸⁾があり、

現在でも河川事業等において活用されている。前者は災害復旧時(主として単災)に使用されるものであり、被災した河岸の環境特性、外力評価に基づき被災箇所における適切な護岸工法を選択することとしている。後者は、既存の護岸工法についてその留意点を取りまとめたものであり、護岸工法を選択した後に配慮すべき事項等を知ることが可能となっている。

今回作成した資料集は、これら既存資料と比較して以下の点に特徴がある。①河岸・水際域に見られる環境要素の生息場としての機能を実験・調査に基づき「データは語る」として示した。②自然環境だけでなく河川景観に関する基礎知識、保全上の留意点を充実させ、自然環境と景観が一体となった保全が図られるよう工夫した。③「影響の回避」を最善の策とし、護岸設置が河岸・水際域の計画・設計の一手法であることを強調した。④護岸を「露出させないタイプ」、「露出させるタイプ」の2つに区分し、自然環境への影響が大きい「露出タイプ」についての留意事項を充実させた。

一方、内容の中心が自然環境と河川景観の保全にあるため、既存資料に見られるような設計方法に関する記述、力学的、維持・管理上の観点からの記述は行っていない。実務において河岸・水際域の計画・設計を行う場合には、必要に応じて既存資料を併用すると共に、これらの既存資料に加え「河川砂防技術基準(案)」⁹⁾、「護岸の力学設計法」¹⁰⁾を参照することが必要となる。

N. まとめ

本報告では、石礫により形成される間隙の出水時の生態的機能評価実験と、今までの研究成果および既存研究を踏まえて作成した「河岸・水際域の保全手法に関する資料集(案)」¹⁾についての内容説明を行った。以下に主要な研究成果を示す。

1. 実験河川に調査ユニットを設置して、平水時および出水時に間隙内の魚類をすべて捕獲する方法を考案した。得られたデータからそれぞれの魚類群集構造が異なることを示し、間隙はオイカワの避難場所として機能しているが、フナ属やカネヒラは出水時に間隙から逃避することを示した。

2. 「河岸・水際域の保全手法に関する資料集(案)」では、河岸・水際域の定義、景観上、自然環境上の機能を解説し、更に、河岸・水際域を保全する際の考え方、具体的方法等について解説した。なお、「河岸・水際域の保全手法に関する資料集(案)」のタイトル、目次については今後修正される可能性があることをお断

りしておく。

参考文献

- 1) 自然共生研究センター：「石の間隙を利用する魚たち、知られざる間隙の世界—石の間隙のサイエンス—」、ARRC NEWS、9、pp.2-4、2007.
- 2) 佐川志朗、秋野淳一、萱場祐一、矢崎博芳：「石の間隙の微環境特性および魚類利用形態の変化様式—実験水路を用いた個々の間隙レベルでの定位置観察—」、応用生態工学会第11回研究発表会講演集、pp.89-92、2007.
- 3) 佐川志朗：「石礫のつくる間隙は魚類生息場所として重要か?」、自然共生研究センター10周年記念研究報告会講演集、pp.2、2008.
- 4) 大森徹治、佐川志朗、萱場祐一、宇野利幸、菌田顯彦：「捨石工における魚類および甲殻類の季節利用—礫径を変えた比較実験—」、ELR 福岡講演要旨集、pp.188、2008.
- 5) 大森徹治：「水温の下がる冬、魚類はどんな場所で越冬しているのでしょうか?」、自然共生研究センター活動レポート2007、pp.6-7、2008.
- 6) 多自然川づくり研究会：多自然川づくりポイントブックⅡ、川の営みを活かした川づくり【中小河川に関する河道計画の技術基準；解説】、(財)リバーフロント整備センター、2008.
- 7) (社)全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、2006.
- 8) (財)リバーフロント整備センター：多自然型川づくり河岸を守る工法ガイドブック、2002.
- 9) (社)日本河川協会：河川砂防技術基準(案)同解説・設計編〔I〕(建設省河川局監修)、山海堂、2001.
- 10) (財)国土技術研究センター：護岸の力学設計法、山海堂、2001.

A STUDY OF RIVER BANK PROTECTION METHODS APPLIED TO RIVER RESTORATION PROJECT

Abstract : On the year 2008, we conducted experimental survey of functions of ISR (Interstitial spaces between rocks) during flooding, and described river conservation manuals name as "report of conservation and restoration methods for RESA (River edge and shore area)". The major findings of this survey are ISR functioned as flow refugia for Oikawa (*Zacco platypus*) during floods, but not for Funa (*Carassius* sp.) and Kanehira (*Acheilognathus rhombeus*). In the manual, we emphatically described for RESA definitions, RESA functions for river landscape and ecosystems, and concepts and methods of RESA conservation.

Key words : Conservation method, edge, lateral rehabilitation, natural environment, restoration, river landscape, shore