

### 13.3 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を明らかにし、河川中流域において河岸－水際域を保全する際の留意点をマニュアルとして取りまとめ、効果・効率的な河岸処理および護岸の性能評価手法の開発を行うことを目的として実施した。各年度の研究成果は以下のとおりである。

平成 18 年度には、水際のタイプを大きく「石（礫）」および「植物」の 2 タイプに類型化し、前者については「石の間隙の魚類の利用状況」、後者については「流量変化に伴う水際植物の魚類生息場としての機能」に関する調査を、実験河川を用いて実施した。また、実河川（砂鉄川）における河岸修復工法の魚類生息場所としての評価を実施した。その結果、礫により形成される水中の間隙は魚類の棲家として機能しており、礫の大きさにより棲息する種類組成が異なることが明らかとなった。また、水際法面に植物が生育していると、増水時でも水際部の流速が抑えられ、魚類の生息場（避難場）として機能することが確認され、その効果は植生が密であるほど大きくなることが明らかになった。さらに、修復工法の導入により魚類の生息に効果が認められ、その効果はとろ区間よりも瀬区間の方が大きいことを示した。

平成 19 年度には、河岸－水際域の生息場所として石礫がつくる間隙の機能解明、河岸－水際域に設置した木杭群の生息場所修復手法としての評価、環境護岸を中心とした既存護岸の生息場所評価の 3 点について検討を行った。その結果、魚種・昼夜間によって利用する間隙の特性が異なることを示した。次に、魚類の定着には、木杭群の断続配置よりも連続配置の方が有効であることを示した。さらに既存護岸においては、大礫－巨礫がつくる間隙が越冬場所として機能していることを示した。

平成 20 年度には、増水時の石の間隙（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の構成内容を提示し、その内容を説明した。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。

平成 21 年度には、河岸（水面より上の陸上域）に着目した調査実験を行った。自然河岸や練積み護岸等の異なる河岸形式で行った現地調査では、形式の違いにより生物の群集構造が異なり、特に湿潤度や温度変動などの物理環境要因が生息に寄与していることが示唆された。河岸粗度や傾斜を操作要因として行った生物の登坂実験では、生物種ごとに登坂条件に特異性を有することが明らかになり、それには生物種の外部形態や登坂様式（跳躍、匍匐等）が寄与していることが考えられた。さらに当年度は、資料集「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方」を発刊した。

平成 22 年度には、明度、彩度を離れた 3 タイプの実寸護岸を実験河川に設置し、アンケート調査と自然素材の色相との比較から、人間から見た景観評価を実施した。その結果、水辺の自然素材と同様の 6 以下の低明度に対して高い評価を得ることが示唆された。河岸部の生物群集に対する湿潤度や温度変動を離れた操作実験では、一次的に護岸に飛来する飛翔性生物の多様性に対しては、温度変動が小さく湿潤度が高い護岸で高い傾向がみられたが、恒常的に護岸に生息する非飛翔性生物に対しては前記 2 要因の重要性は確認されず、それを基盤に生育する植物に生息を依存していることが考えられた。さらに当年度は、上記および過年度の成果を踏まえて、護岸工法の性能評価手法について景観および自然環境の 2 側面から評価軸および評価基準の提案を行った。

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



## 1. はじめに

日本の中小河川は河岸浸食を許容できないため、硬い構造物による河岸防御が不可欠である。このため、水際域が本来有する水生生物の生息場としての機能が消失することが懸念されている。一方、従来のコンクリート護岸に代わる護岸を水際域に設置し生態的機能を保全する試みが図られているが、その効果を適切に検証した事例は少なく、水際域の保全手法としての妥当性はコスト増となるにも拘わらず、未解明のまま放置されている。

本課題研究は、様々な水際タイプの生態的機能に関する既往研究結果等の取りまとめと新たな実験・調査を行い、河川中流域において水際域を保全する際の留意点を取りまとめ、効果・効率的な河岸処理および護岸の性能評価手法の開発を行うことを目的とした。

平成 18 年度は、河川水際域を大きく「石（礫）タイプ」および「植物タイプ」に類型化し、前者については「石の間隙の魚類の利用状況」、後者については、「流量変化に伴う水際植物の魚類生息場としての機能」に関する調査を、実験河川を用いて実施した。また、実河川（砂鉄川）における護岸工法の魚類生息場所としての評価を実施した。

平成 19 年度は、1)として、石礫がつくる間隙の生態的機能に関する実験、2)として、木杭群による水際域修復方法に関する実験、3)として実河川の 21 タイプの護岸部における魚類の経時利用変化（多自然型河岸処理手法の類型化と問題点の抽出）を行った。

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資料集「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方—基礎知識から護岸工法の工夫まで—」の作成を行った。

平成 21 年度は、河岸に着目した現地調査および実験を実施し、また、平成 20 年度に作成した資料集「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方—基礎知識から護岸工法の工夫まで—」をもとにして、本年度の研究成果を追加した資料を「土木研究所資料第 4159 号 多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方」として発刊した。

平成 22 年度は河岸部を利用する生物の定着に寄与する物理環境要因のさらなる絞込みのための操作実験と、アメニティ的観点から、人間からみた河岸部の景観評価を行った。さらに、中小河川に関する河道計画の技術基準<sup>1)</sup>(平成 22 年 8 月改定)にも参考とされた、護岸工法の性能評価手法について報告した。

## 2. 石の間隙の魚類の利用状況

### 2.1 方法

#### 2.1.1 調査地造成

土木研究所の自然共生研究センターの施設である実験河川 A（下流区間の左岸側：図 2-1）を利用して、2005 年 12 月に巨礫（径 35 cm）、大礫（径 20 cm）および中礫（径 4 cm）の 3 種類の礫を敷き積んだ調査地を（3×1.2m/調査地）を各礫につき 3 箇所ずつ造成した（計 9 調査地、写真 2-1）。創出される間隙の特性としては、どの礫サイズでも全容積に対して 40-50%の間隙が形成されるものの（図 2-2(a)、礫 1 個あたりの間隙の容積は、巨礫が 8.06L、大礫が 1.69L、中礫が 0.01L と顕著に異なる（図 2-2(b)）。

なお、実験河川 A は河床幅が 3m、法面勾配が 2 割の自然（植生）河岸となっている。

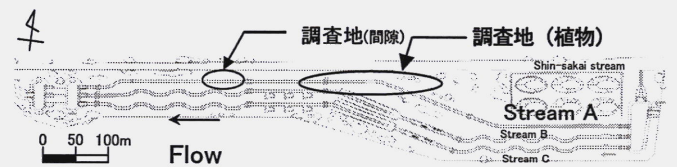


図 2-1 調査地位置図

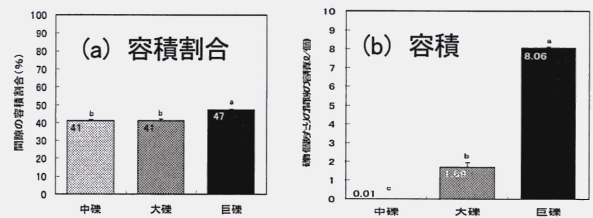


図 2-2 間隙の容積

#### 2.1.2 魚類捕獲調査

上記の調査地において、2006 年 6 月 20-22 日に魚類の捕獲調査を実施した。捕獲調査は、各調査地を網で仕切りすべての礫を取り除いた上でエレクトリックショッカーを用いて行った。採集した個体は魚種ごとに全長を計測した。

## 2.2 結果

調査の結果、全体で 9 種、中礫で 5 種、大礫で 7 種、巨礫で 6 種の魚類が確認された（表 2-1）。魚類の遊泳形態区分からみた確認個体数の構成割合は、各礫とも底生魚が優占した。遊泳魚の構成割合は巨礫で 48%、大礫で 10%と礫が小さくなるにつれ減少し、中礫では



確認されなかった(図2-3)。各調査地で捕獲された魚類の個体数を用いて、クラスター分析を行った結果、9調査地は大きく2つのグループに区分された(図2-4)。グループAには、中礫の3調査地が該当し、シマドジョウ属およびヨシノボリ属が優占した。グループBは2つの大グループによって構成され、グループB1は大礫の2調査地が該当し、ウキゴリおよびヨシノボリ属が優占し、両調査地ともウナギが確認された。グループB2は巨礫の3調査地と大礫の1調査地が該当し、遊泳魚のフナ属およびタモロコが多く確認された。

表 2-1 確認種一覧

	中礫	大礫	巨礫
タモロコ		○	○
モツゴ	遊泳魚		○
フナ属		○	○
ウナギ		○	
ドジョウ	底生魚	○	
シマドジョウ属	○	○	○
ナマズ	○		
ヨシノボリ属	○	○	○
ウキゴリ	○	○	○
9種	5種	7種	6種

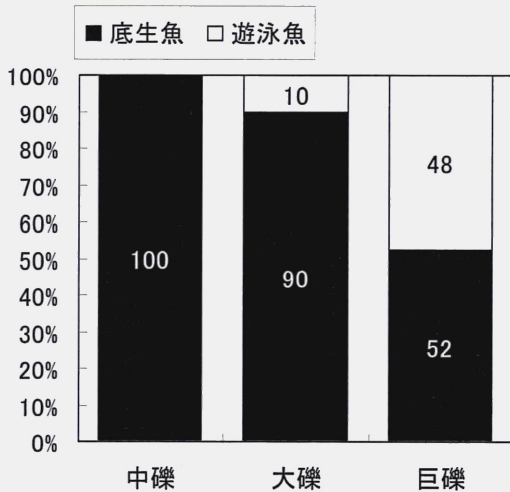


図 2-3 礫サイズ別の魚類構成割合

2.3 考察

本研究の結果から、礫により形成される水中の間隙は魚類の棲家として機能しており、礫の大きさにより棲息する種類組成が異なることが示唆された。従って、護岸に用いられる礫のサイズはその場の生息魚類相を考慮して選定する必要があると考えられる。また本研究の結果からは、種によっては、同じ礫サイズでも棲息しない(できない)河岸も存在したため、今後は間隙内の微環境を考慮した発展的研究が必要と考える。

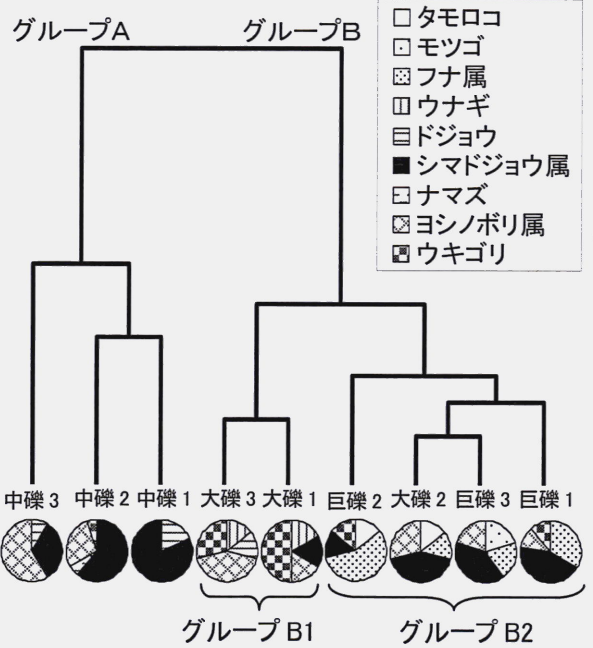


図 2-4 魚類群集構造の類型化

3. 流量変化に伴う水際植物の魚類生息場としての機能

3.1 方法

3.1.1 調査地造成

実験河川 A (中流区間: 図 2-1) を利用して、左岸側の法面全体は除草して(裸地区) 右岸側は残す(植生区) 処理を行った。

3.1.2 魚類捕獲調査

上記の2つの調査区において、植生の生育状況を勘案して、2006年の8/25(植生疎) および9/12(植生密) にエレクトリックショッカーを用いた魚類の捕獲調査を行った。調査は流量を4段階に変化させ(図3-1)、それぞれの流量で水際部に設けた8地点(裸地区4地点、植生区4地点、1地点 = 縦断方向10m、横断方向1m)で行った。

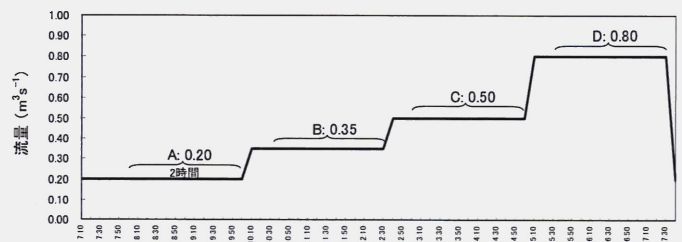


図 3-1 調査流量と4捕獲調査回 (A-D)

3.1.3 物理環境調査

魚類捕獲調査の後に1地点あたり2本の横断測線を



設け、水際から流心まで 20 cm 間隔で水深、流速および河床材料を計測、記録した。

### 3.2 結果

魚類調査の結果、遊泳魚の個体数において 8 月および 9 月の調査とも、拉致区よりも植生区の捕獲個体数が多かった (図 3-2)。また、流量の増加により植生区の捕獲個体数は減少するものの、9 月の植生密では、減少傾向が小さかった。

物理環境調査の結果、裸地区よりも植生区の流速が小さかった (図 3-3)。また、水際部に形成される 10cm/sec 未満の低流速域の幅は、8 月 (植生疎) よりも 9 月 (植生密) 方が広がった (図 3-4)。

### 3.3 考察

本研究の結果から、植生河岸では増水時にも魚類の定着を可能にしていることが示唆される。また、その定着効果は植生が密なほど高まること示唆された。この理由としては、10 cm/sec 未満の低流速域の幅が、どんな流量時にも植生密の方が広く確保されていたことが考えられる。今後の課題としては、両調査時期にみられた同様の現象 (流量の増加にともない、魚類の捕獲個体数が減少してものの、 $0.8\text{m}^3\text{s}^{-1}$  で再び増加する現象) について、魚類の移入・移出も加味した研究が必要と考える。

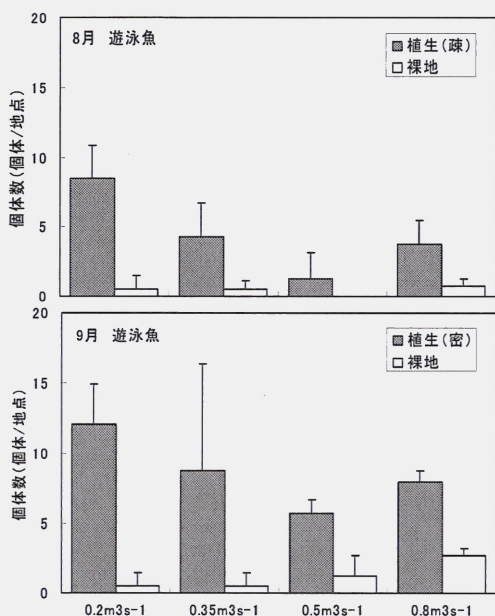


図 3-2 流量増加に伴う捕獲個体数の変化

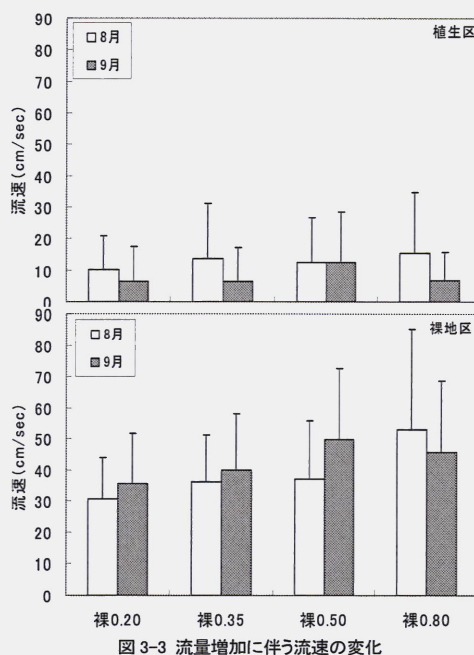


図 3-3 流量増加に伴う流速の変化

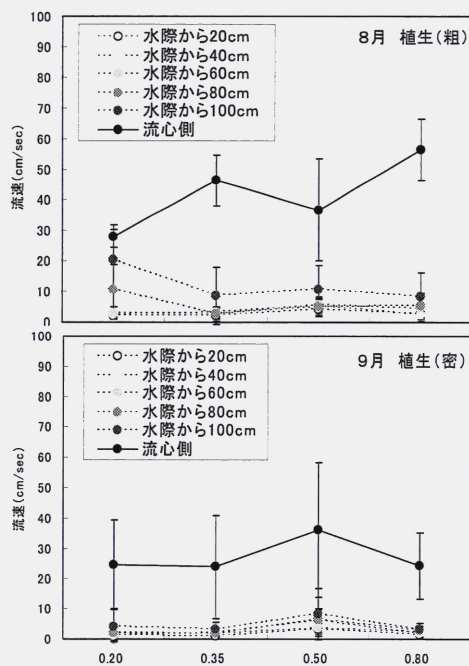


図 3-4 流量増加に伴う水際部の流速変化の詳細

## 4. 実河川 (砂鉄川) における護岸工法の魚類生息場所としての評価

北上川水系の支川である砂鉄川は流域面積 375.1  $\text{km}^2$  を有し、流路延長 46 km の 1 級河川である。北上川合流部に近い門崎地区では、平成 2002 年 7 月に台風 6 号による甚大な洪水被害が発生したため、砂鉄川緊急治水対策事業がすすみ、2003 年 8 月に概成した。この事業により、蛇行区間 1km (河床勾配 1/885) は直線化され、600m の新たなショートカット区間 (河床勾配 1/500) が出現した。このショートカットによる



影響を把握するために 2004 年に魚類調査と物理環境調査が行われ、ショートカット区間では自然状態の保持された区間（対照区）に比べ魚類の種数、生息密度ともに少ないことが明らかとなった<sup>2)</sup>。

#### 4. 1 方法

##### 4.1.1 調査地

上述の結果を踏まえ、砂鉄川ショートカット区間の瀬およびトロの各河道区間に、水際の流速を低下させる工法および間隙を創出する工法（復元区）を導入し、従来工法を考慮して隣接設置した 2 区間を含めた以下の 3 区間（写真 4-1）について比較を行った。

- ①復元区：木杭による流速低減と、石積みによる間隙環境の創出を行った
- ②カゴ区：蛇カゴによる従来護岸、
- ③カゴ+覆土区：蛇カゴの上に表土を覆土

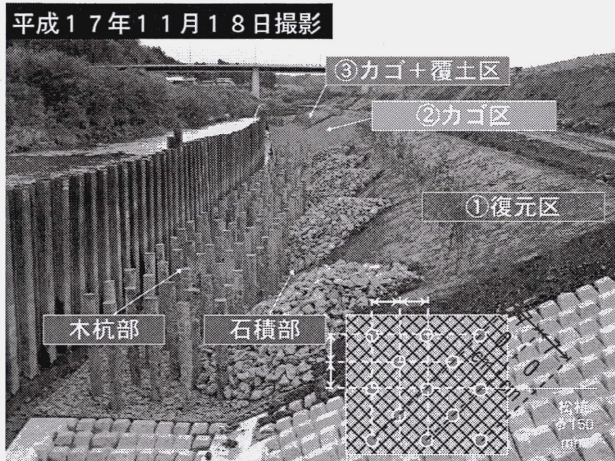


写真 4-1 砂鉄川の 3 調査区間

##### 4.1.2 魚類捕獲調査

2006 年の 8/4-7 にエレクトリックショッカーを用いて魚類の捕獲調査を行った。なお、復元区は木杭部と石積み部に 2 分して調査を行った。従って、総調査地点は 8 地点（瀬木杭部、瀬石積み部、瀬カゴ区、瀬カゴ+覆土区、トロ木杭部、トロ石積み部、トロカゴ区、トロカゴ+覆土区）である。

#### 4. 2 結果

調査地の優占種であるアブラハヤの個体数を比較した結果、瀬に設置した修復区の値が大きかった（図 4-1）。しかし、とろでは調査地点間の違いはみられなかった。

#### 4. 3 考察

調査の結果、復元区の効果は河道特性の違いにより異なってくることが示唆された。トロよりも瀬で個体

数が多かった理由としては、河岸域への餌供給の違い等が関係している可能性があり、次年度からの追跡調査において、新たな視点での調査および解析が必要と考えている。

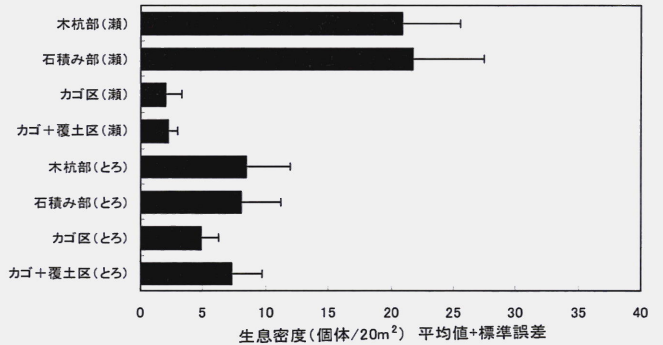


図 4-1 調査地点別のアブラハヤの捕獲個体数

### 5. 実験水路における石礫間隙の魚類の利用特性

#### 5. 1 方法

地下室から水中部の目視が可能で国土交通省水辺共生体験館の実験水路を用い（<http://www.taikenkan.go.jp/experi.html>）、実験水路を幅 1.6m 延長 25m に改修すると共に、水路の左岸側半分に連続して径 20-35cm の礫を敷き詰めた（写真 5-1）

調査は、実河川から導入した魚類を実験水路に 3 ヶ月間放置し、9 種 159 尾の魚類が安定定着した 2007 年 1 月に、地下室からの目視観察が可能で全 355 箇所の間隙を対象に実施した。魚類調査は、日中 9 時と日没後 18 時に 4 日間連続して、各間隙に生息するオイカワ、タモロコおよびフナ属の個体数を観察室より目視記録した。物理環境調査は全間隙の、a: 水際からの横断距離、b: 相対照度、c: 容積、d: 間隙までの水深、e: 流速、を計測した。設定流量は  $0.1\text{m}^3\text{s}^{-1}$  とした。

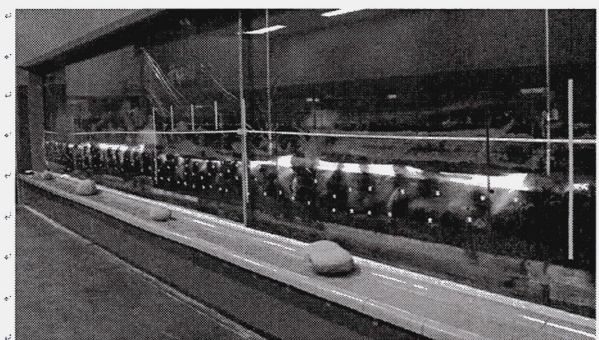


写真 5-1 実験水路の状況（地下左岸観察室の状況） □ は間隙の位置

#### 5. 2 結果

目的変数を「魚類の確認、未確認」、説明変数を「上述 a-e の環境因子」とし、ランダムエフェクトを調査回（観測日）として一般化線形混合モデル（GLMM）



のベストモデル (AIC: Akaike Information Criterion が最小になるモデル)を抽出した(表 5-1)。GLMMは個体差、場所差、観測日差などの効果 (変量効果: ランダムエフェクト) を考慮した統計モデルである<sup>3)</sup>。ベストモデルはどれも AUC 値 (ROC 曲線下面積値) が 0.7-0.9 であり、良い予測モデルであることを示している。種間および日中、日没後において、統計モデルに選択されたパラメータの効果 (+) および変数の重要性 (IOV 値) には違いがみられた(表 5-1)。すなわちモデルは、次の現象を支持する。オイカワは、昼には流心側の低層の流れのある間隙を利用し、夜には流心側の表層部付近に移動した。タモロコは昼には暗い間隙を利用し、夜には水際の表層の流れのない間隙に移動した。フナ属は、昼には流心側の低層の流れがなく暗い間隙を利用した。

表 5-1 各種、昼夜別の GLMM のベストモデルの抽出パラメータの効果

		AUC*	距離	水深	流速	照度	容積	AIC***
オイカワ	日中	0.7	(+)0.9**	(+)0.8	(+)0.5			274.5 (272.3)
	日没後	0.7	(+)0.8	(-)0.9				262.3 (259.6)
タモロコ	日中	0.7				(-)1.0		219.3 (212.4)
	日没後	0.8	(-)0.8	(-)0.7	(-)0.5			93.66 (93.22)
フナ属	日中	0.9	(+)0.9	(+)0.9	(-)0.5	(-)0.6		86.94 (86.17)
	日没後	エラー						error

\*: AUC: Area Under the Curve (ROC曲線下面積)  
 \*\*: ()の右肩に付いている数字はIOV値: relative Importance Of Variable (説明変数の相対的な重要性)  
 \*\*\*: AIC: Akaike Information Criterion (赤池情報量基準); 上段がフルモデルの値で、()内がベストモデルの値。

5. 3 考察

本研究の結果から、魚種ごとに選択する間隙の位置や環境は異なり、さらに、昼夜では利用する間隙を変化させることが明らかとなった。従って、様々な魚種の昼夜の生息場所を保全するためには、多様な間隙環境が必要となる。本研究で抽出された統計モデルを用いれば、石礫の設置幅、設置水深、間隙流速および間隙内の照度をコントロールすることによる各種の生息確率が予測できる。従って、以上の環境因子を操作して実証実験を行い、モデルの検証を行う必要がある。また、礫のサイズによっても群集構造レベルで定着する魚類が異なること<sup>4)</sup>、魚種によっては流量の増減少時に間隙を避難場所として利用すること<sup>5)</sup>が示されている。今後、これらの知見を統合し、多自然川づくりにおける河岸処理手法の評価手法の開発が必要である。

6. 実験河川における木杭配置と魚類の関係

6. 1 方法

自然共生研究センターの施設である実験河川 A (<http://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/index.htm>) に、2007年6月に4ケースの調査地(縦断距離20m、横断

距離2.5m)を2箇所ずつ造成した(図6-1、写真6-1)。木杭群は70cm×70cm四方内に直径60mm、長さ50cmの木杭が12本千鳥配置したものを基本単位とした。木杭群を配置しない調査地をケースA、木杭群を連続配置した調査地をケースDとした。また、木杭群の断続配置は1.4m間隔のものをケースB、0.7m間隔のものをケースCとした。流量は河川中流域の実河川の低流量時の流量を勘案し(自然共生研究センター未発表データ)、0.25m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>(単位幅流量0.1m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>)とした。

2007年10月に、物理環境調査と遊泳魚類の捕獲調査を実施した。前者は各調査地に等間隔に設定した84測点において、水深、河床部と6割深度部の流速、優占河床材料(直径区分:1.泥、2.砂:<2mm、3.小礫:2-16mm、4.中礫:17-64mm、5.大礫:65-256mm)を計測した。後者は、各調査地を網で仕切りエレクトリックショッカーを用いて2回の反復採捕を行い(除去法)、各調査地の生息個体数を推定した。

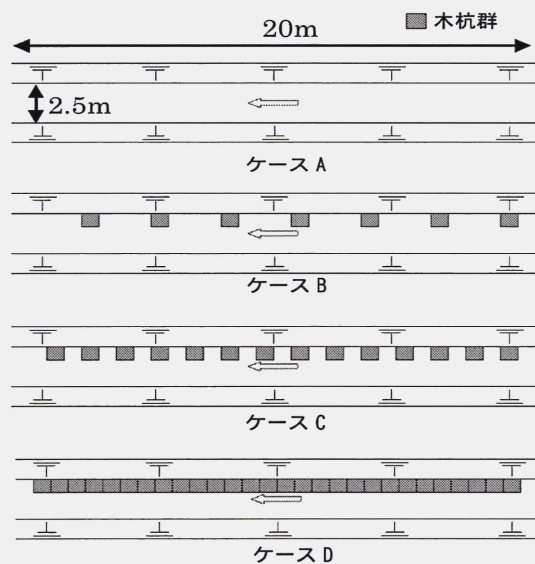


図 6-1 木杭群の設置ケース(平面図)

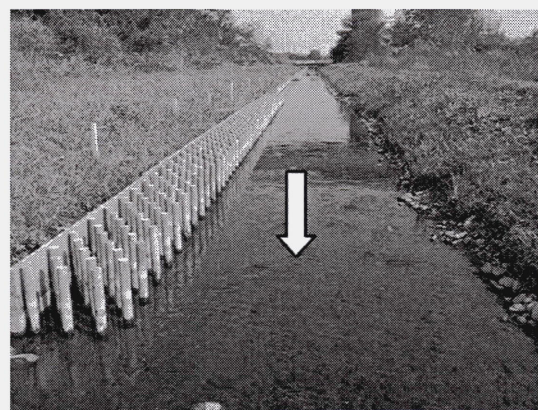


写真 6-1 連続配置(ケースD)



## 6.2 結果

確認遊泳魚類の推定個体数は、オイカワ 684、ウグイ 3、タモロコ 100、モツゴ 31、ニゴイ 16、カネヒラ 2 となり、オイカワおよびタモロコが優占種であった。各ケースの推定生息個体数は連続配置のケース D で多く (図 6-2)、この傾向は優占種ごとにみても同様であった。取得した物理環境から算出される環境要因と遊泳魚の生息個体数との間には木杭群面積と 6 割深度部の低流速地点が占める割合に関して有意な正の相関が認められた (表 6-1)。

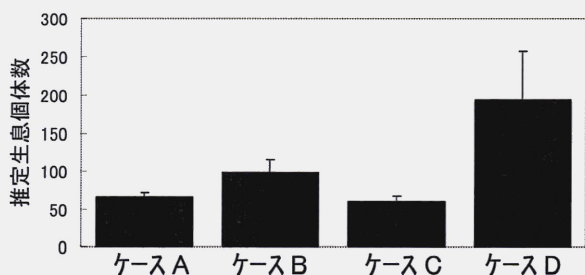


図 6-2 遊泳魚のケース別平均個体数 (バーは標準偏差)

表 6-1 遊泳魚個体数と物理環境要因の相関係数

因子	遊泳魚
平均水深	0.521
河床流速 (平均)	-0.668
6割深度部流速 (平均)	-0.388
河床材料 (砂)	0.512
河床材料 (小礫)	-0.263
河床材料 (中礫)	-0.255
河床材料 (大礫)	0.180
木杭群が占める面積割合	0.755 *
低流速地点が占める割合 (河床流速)	0.569
低流速地点が占める割合 (6割深度部流速)	0.711 *

\* $P < 0.05$

## 6.3 考察

本研究の結果から、断続配置よりも連続配置の方が木杭群および低流速域の面積が大きく、魚類の生息数も多くなることが示された。また、断続配置ではケース間の個体数の差異が小さく、杭群の面的な連続性の消失が魚類の定着を減少させている可能性がある。

木杭群を断続配置させて魚類の遊泳行動を観察した結果では、木杭群内では流速の乱れが生じ魚類の定着は困難であり、断続的に配置した木杭群の前縁部 (直上流) および後部 (下流) に創出される局所的な安定した低流速部にオイカワが定着したことが報告されている<sup>6)</sup>。本研究では、木杭群内部における平均流速は相対的に遅く、既存研究と比較して木杭群内部の乱れが小さかった可能性がある。

従って、本研究における木杭群の存在は魚類の定位場所として機能し、面積の広い連続配置が選好された

可能性がある。今後、実験流量、木杭群の配置を系統的に変化させて、木杭群内部の流速及び乱れと魚類の生息との関係を明らかにし、水際域の修復工法開発に関する基礎的知見とする必要がある。

## 7. 実河川護岸部における魚類生息場所の機能評価

### 7.1 方法

様々な護岸を近接して展示している新境川の自然共生工法展示場 (<http://www2.crcr.or.jp/shizenkyousei/>) (木曾川合流点から 300m 直線区間) の水際域を調査地とした。調査地は河床勾配の緩やかなトロ部 (調査区 A、B) および河床勾配の急な瀬部 (調査区 C、D) に大別され、調査区 A のみが自然河岸となっている (写真 7-1)。調査区 B、C、D からは形式の異なる 7 タイプの護岸 (計 21 箇所) を、調査区 A からは 4 箇所の自然河岸を選定し、計 25 箇所の水際部 (水際から横断幅 1m、縦断距離 10m の範囲) を調査地点とした。

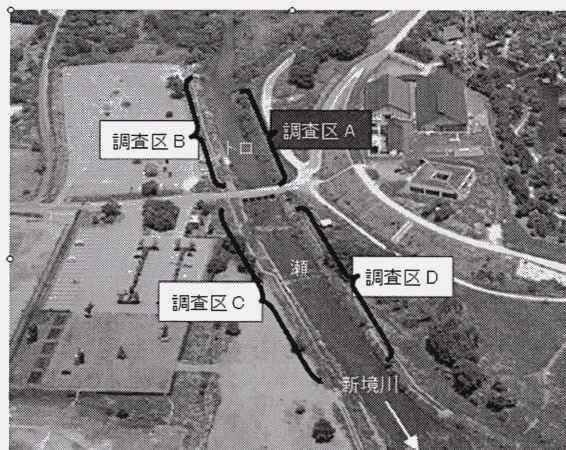


写真 7-1 新境川における調査区の配置 (航空写真)

2007 年の 5 月 (春季)、8 月 (夏季)、11 月 (秋季) および 2008 年 2 月 (冬季) に、魚類捕獲調査と物理環境調査を行った。魚類捕獲調査では遊泳魚を対象に電気ショッカーを用いて 1 調査地点あたり 10 分間の捕獲を行った。物理環境調査では 1 調査地点あたり定期的に配置した 18 測点 (6 横断線×3 点) において、水深および流速を計測した。また、河床材料 (泥-砂:礫径 < 2mm、小礫-中礫:礫径 2-64mm、大礫-巨礫:礫径 > 64mm) およびカバー (水中および水上部の植生の有無) を記録し、全測点に対する該当測点の割合 (被覆割合) を算出した。また、水際の複雑さを表す指標として、河岸基線 (流路と平行の直線を陸域側から水際に接したライン) から水際までの張り出し長を 6 横断測線ごとに計測し、その標準偏差を「水際複雑度」とした。なお本論では、越冬場所の物理環境特性に着目



して、冬期の物理環境データを用いて解析を行った。

### 7.2 結果

遊泳魚の平均個体数は、秋季および冬季に多かった(図7-1)。両時季ともトコ護岸の調査区Bが突出し、瀬護岸の調査区CもしくはDが次に続いた。冬季には自然河岸の調査区Aでは魚類の定着はほとんど確認されなかった。冬季の物理環境を調査区間で比較した結果、流速および水際複雑度について有意な差が確認され、調査区Aでは流速が極端に小さく、水際ラインが単調(直線)であった(表7-1)。

冬季の遊泳魚の個体数を調査地点間で比較すると、トコ護岸区のB-1およびB-2、瀬護岸区のC-7およびD-4の個体数が突出した(図7-2)。個体数と物理因子(表3の8因子)との間でピアソンの相関分析を行った結果、小礫-中礫の被度との間に有意な負の相関が確認され、大礫-巨礫の被度との間には有意な相関は認められなかったものの有意確立は $P=0.0501$ と小さく、正の相関が認められた。

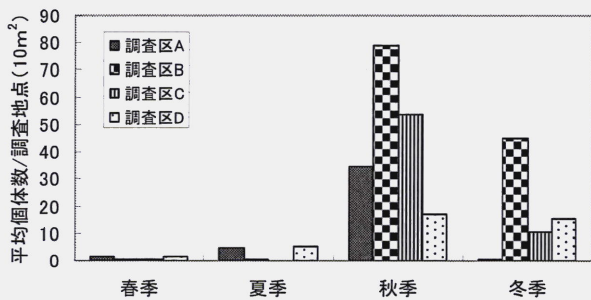


図7-1 遊泳魚の捕獲個体数の経時変化

表7-1 冬季の物理因子の調査地区間の多重比較結果(平均値±標準偏差)

	調査区A (N=4)	調査区B (N=7)	調査区C (N=7)	調査区D (N=7)
水深(cm)	8.6±2.0	16.9±2.3	17.5±16.2	6.8±0.9
流速(cm/s)	1.8±0.8 <sup>b</sup>	3.6±1.6 <sup>b</sup>	9.2±4.8 <sup>a</sup>	5.2±2.4 <sup>ab</sup>
泥-砂の被覆割合(%)	0±0	6.4±8.1	1.6±4.2	5.6±12.4
小礫-中礫の被覆割合(%)	51.7±28.0	44.4±36.4	41.3±24.6	27.0±24.3
大礫-巨礫の被覆割合(%)	48.3±28.0	49.2±39.0	57.1±24.8	67.4±29.9
水中カバーの被覆割合(%)	5.6±7.9	9.5±4.2	4.8±8.1	17.5±16.2
水上カバーの被覆割合(%)	32.5±13.1	22.2±13.9	14.3±13.6	31.0±10.1
水際複雑度	0±0 <sup>b</sup>	9.6±12.5 <sup>b</sup>	1.7±4.6 <sup>b</sup>	52.5±31.8 <sup>a</sup>

数値の右肩に付けたアルファベットが異なる(含まれない)場合は有意に差がある(P<0.05)ことを示す。

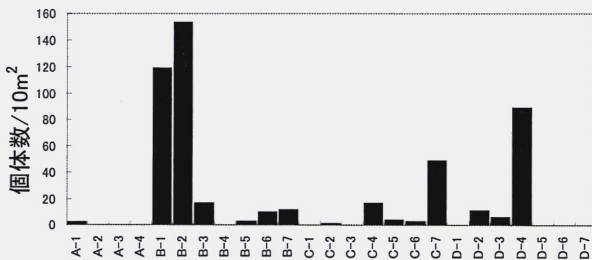


図7-2 調査地点別の冬季の遊泳魚の個体数

### 7.3 考察

冬季におけるトコの自然河岸(調査区A)は捕獲個体数が少なく、越冬場所としてほとんど機能していないと判断された。これは調査区Aが他の調査区B、C、Dと比較して、水際複雑度が小さかったこと、大礫および巨礫の被覆が小さかったこと等が複合的に影響(水辺環境が単調化)していることが要因として考えられる。特に、大礫-巨礫がつくる間隙は冬季の生息量を上昇させる要因として働くことが示されており、水辺域における間隙の多寡は遊泳魚類の越冬場としての機能を評価するための有効な指標になると考えられる。以上の結果は、自然河岸か人工河岸かといった差異で水際環境を評価すべきではなく、適切な物理指標を用いて生息場を評価すべきこと、そして、環境保全型護岸を物理指標に沿って効率的に開発できる可能性を示唆している。

今回は冬季における生息場の評価を中心に行ったが、今後は各季において同様の検討を行い、水際域の生息場としての機能を物理指標と関連付けていくことが必要である。

## 8. 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<sup>4)</sup>。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<sup>5)</sup>、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への河道の流況にも影響を受けることが示唆されている<sup>7,8)</sup>。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。

### 8.1 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として、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の調整区を備えた(写真8-1)。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  $0.1\text{m}^3/\text{sec}$  (水深20cm、流速25cm/sec)、出水流量を  $2.0\text{m}^3/\text{sec}$  (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(設置区)の袋網を引き上げた。その直後に出水を起こし、出水流況が安定してから残りの4箇所(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(設置区)で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 8-1 調査区 凹部に礫群を設置

## 8.2 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.、ナマズ *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8-1)。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8-2)。

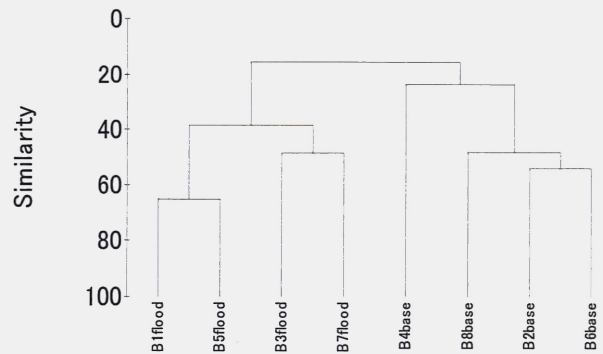


図 8-1 クラスター分析の結果

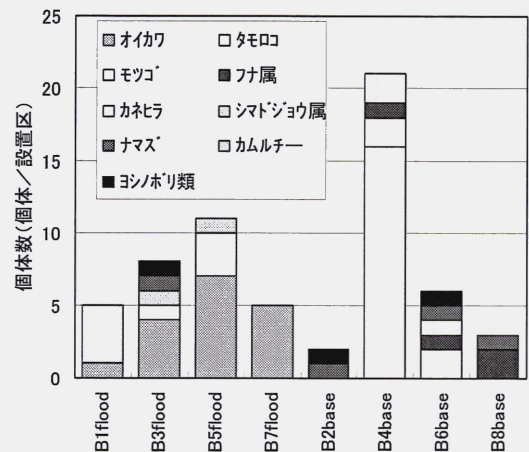


図 8-2 設置区ごとの魚類捕獲

## 8.3 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<sup>7)</sup>、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<sup>9)</sup>。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<sup>2)</sup>、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。

## 9. 河岸・水際域の保全手法に関する資料集について

### 9.1 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踏まえ、「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方 — 基礎知識から護岸工法の工夫まで—」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。

### 9.2 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9-1）。

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9-2）。

#### はじめに

- 1 本資料の用い方
- 2 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—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
      - 護岸を設置しない
    - 4.2.3 影響を回避できない場合その2
      - 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9-1 資料集目次(案)



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、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、河川景観の中であっ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Ⅱ<sup>10)</sup>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9-3）。

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9-1）。具体的には露出させないタイプは法肩、法面における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、木杭工や水制工等の人工構造物を設置する等の方法を示したが、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。

### 9.3 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」<sup>11)</sup>、「多自然型川づくり 河岸を守る工法ガイドブック」<sup>12)</sup>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）」<sup>13)</sup>、「護岸の力学設計法」<sup>14)</sup>を参照することが必要となる。

表 9-1 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



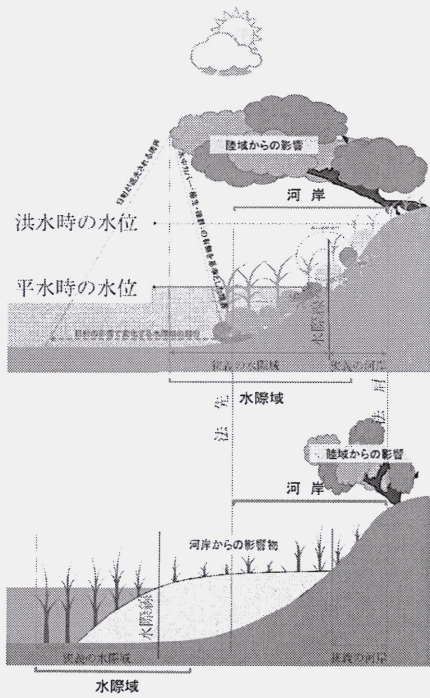


図 9-2 河岸と水際域が同所的な場合(上)、河岸水際域が同所的でない場合(下)の河岸・水際域の定義

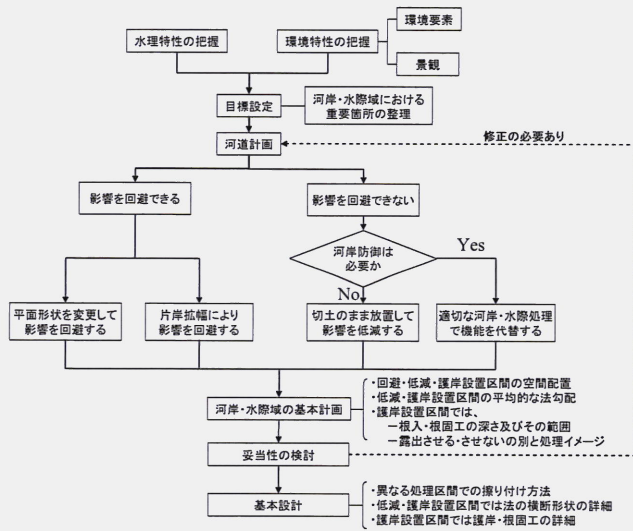


図 9-3 河岸・水際域に関する影響軽減の考え方  
ここで、基本計画、基本設計を含む計画のフローはポイントブックⅡ<sup>④</sup>47~49 頁を参照のこと

## 10. 形式が異なる河岸における調査

現状の川づくりでは、河岸の生息生物と物理環境との関連性に関する知見が乏しいため、「空隙や植生の確保」といった不確かな機能に着目した護岸ブロックが多用され、河川環境が劣化するようなケースがみられる。本研究では、自然河川における異なる形式の河岸を対象として、物理環境特性と生物の生息状況との関連性の把握を行った。

### 10.1 方法

現地調査は、三重県中南部の大紀町を西へ流れ大内川に合流する1級河川宮川水系の2次支川である注連小路(しめこうじ)川で行った。調査区として、空積ブロックと練積ブロックの2タイプのコンクリート護岸と自然河岸の計3地区を設定した。1調査区につき任意に5本設定したトランセクト(調査横断線)上に、50cm×50cmの方形区を河岸上部と下部に設置した(写真10-1)。調査は、5月上旬および10月中旬の2回、生物調査と物理環境調査をそれぞれ2日間かけて行った。

生物調査は、粘着トラップ設置による採集と見つけ採りおよび石起こし採集を併用した。採集した生物のうち、陸上を歩いて移動する非飛翔性の生物(クモ目、エビ目、ハチ目、トビムシ目ほか)を対象とし、調査区ごとに、目区分に同定分類して個体数を計数した。

物理環境として、河岸を構成する土壌材料や湿度度(河岸表面の湿り具合を5段階で評価)、緑被率(方形区内の植物の割合を面積算出)や硬度、河岸表面の温度変動などを計測した。

生物については、分類した生物構成と個体数から季節、河岸形式(調査区)および方形区設置位置(河岸上部・下部)間それぞれの構造の類似性を検討した。2回の調査にて採集した生物のうち、優占度が1%以上となる目のみを解析に用いた。各調査区の物理環境因子については、調査時期ごとに、河岸形式と方形区設置位置を要因とした二元配置分散分析を行い、有意差が確認された場合には Tukey-Kramer 法の多重比較検定を行った。すべての解析の有意水準は5%とした。



写真 10-1 調査区および調査区概要



10.2 結果

10.2.1 生物調査

群集構造の特性を季節、形式、方形区設置位置間の構造類似度からクラスター解析をした結果、群集構造は季節、方形区設置位置の違いではなく、河岸形式の違いにより類型化され、自然河岸とコンクリート護岸で明確に区分された(図10-1)。

2回の調査において、優占度が1%以上となる非飛翔性生物は6目であった(表10-1)。確認された生物のうち、トビムシ目はコンクリート護岸に比べ、自然河岸の上部と下部の両方で多数確認された、エビ目(サワガニ)は5月に1個体、10月に3個体と少数ではあるが自然河岸のみで確認された。

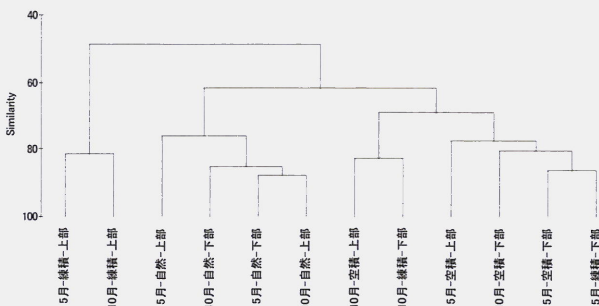


図 10-1 各調査区間における生物の類似度

表 10-1 各調査区間における生物の個体

目名	5月						10月					
	空積		緑積		自然		空積		緑積		自然	
	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部
トビムシ目	0	0	0	0	51	25	1	2	5	0	88	44
エビ目	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1
クモ目	11	6	10	0	12	11	18	12	17	2	5	6
カメムシ目	0	0	2	0	0	4	1	0	1	0	0	0
コウチュウ目	2	1	2	0	2	1	4	0	0	0	0	0
ハチ目	16	5	8	10	7	6	6	5	3	10	6	12

10.2.2 物理環境調査

各物理環境特性のうち土壤材料の割合は5月、10月ともに、自然河岸の下部では、優占材料として岩盤が6割以上確認され、次いで砂、中礫-細礫、巨礫-大礫の順で多く確認された。一方、河岸上部では、シルト・粘土が6割以上確認された。両時期とも河岸上部では砂が確認されず、砂以外の材料の割合については、両時期で同様の傾向が見られた。コンクリート護岸では、5月、10月ともにコンクリートが構成材料として9割以上を占めた(図10-2)。

各物理環境因子について行った分散分析の結果、5月の湿潤度および5月、10月の温度変動に河岸形式による有意な差が確認された。自然河岸の方が湿潤度は高く、温度変動は小さかった(表10-2)。

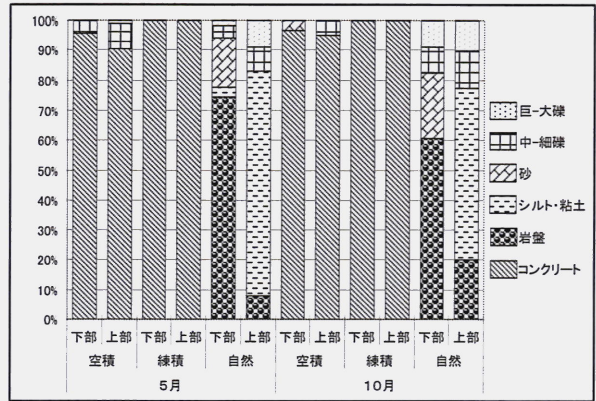


図 10-2 各調査区間における土壤構成材料割合

表 10-2 各調査区間における物理環境因子

物理環境	5月						10月					
	空積		緑積		自然		空積		緑積		自然	
	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部
有機物量	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	0.2	0.0	0.8	1.0	0.2	0.2
緑被率(%)	0.0	1.4	1.3	14.2	45.2	27.9	0.5	1.6	6.9	80.3	51.4	29.6
湿潤度	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	1.1
硬度(mm)	29.0	29.0	29.0	29.0	25.5	13.6	29.0	29.0	29.0	29.0	25.3	20.1
勾配(°)	67.2	70.8	50.0	50.6	39.0	64.6	68.0	69.2	50.4	52.8	36.2	53.2
温度変動(係数)	0.47	0.48	0.44	0.47	0.26	0.28	0.30	0.31	0.25	0.30	0.15	0.15
開空率(%)	50.9		33.0		11.9		47.1		33.9		11.9	

有機物量は、なし:0、少ない:1、多い:2とした順位変数の平均値を示す。  
 湿潤度は、乾:0、半乾:1、湿:2、多湿:3、過湿:4とした順位変数の平均値を示す。  
 開空率は、方形区設置位置ごとの計測は行っていない。

10.3 考察

季節、河岸形式、比高差といった様々な要因を加味して解析を行った結果、河岸部の非飛翔性生物の群集構造の類似性は、河岸形式の違いが寄与していることが示唆された。また、自然河岸とコンクリート護岸との非類似性に影響を与えている生物として、自然河岸で多数確認されたトビムシ目と自然河岸のみで確認されたサワガニがあげられた。トビムシ目は、腐植、藻類などを索餌し、他の土壤動物や地上部の動物の餌として重要である。トビムシ目の生活型は、土壤表層やリター層に分布し、餌を求めて移動力に富む表層性種と土壤中の孔隙に住み、まわりにある餌を食べる地中性種に分けられることが知られている<sup>15)</sup>。従って、湿潤度、緑被率が高く、土壤構成材料としてシルト・粘土や砂が卓越した自然河岸が、トビムシ目の生息に適すると考えられる。一方、サワガニは、流水中の転石の下を隠れ場とする他、周囲の湿った陸域にも穴を掘る<sup>16)</sup>。本研究でも、河岸下部における法面勾配が緩く、巨礫-大礫および中礫-細礫が確認された自然河岸がサワガニの生息場として利用されていた。また、自然河岸の温度変動はコンクリート護岸より有意に小さかったが、昆虫や甲殻類等の変温動物にとっては、時間的な温度の安定化が代謝機能を正常に保つ可能性もある。



以上より、湿潤度、土壤材料および温度変動等の多要因が生物生息の支配要因として重要であることが考えられる。しかしながら、例えば湿潤度と土壤材料といった相互（相関）関係が強い物理環境因子の個別の影響寄与度については明らかではない。今後は、物理環境因子間に存在する因果関係を明らかにして、河岸を利用する生物の生息に影響を与えている因子の抽出を行う必要がある。

## 11. 小動物を用いた登坂実験

小動物の登坂に関する既存研究としては、勾配 30 度以下のコンクリート斜路における両生・爬虫類の登坂可能性が考察された報告があるのみで<sup>17)</sup>、河岸材料粒径および河岸勾配と登坂の可否との関係は明らかになっていない。本研究は、これらの関係を明らかにし、小動物が利用し易い河岸法面の基礎研究とすることを目的とした。

### 11.1 実験方法

実験で用いたパネルは、粗度を変えた 5 種類である（図 11-1）。河川で採取した河岸材料をコンクリート骨材のふるいにかき、粒径 75 $\mu$ m $\sim$ 2mm(砂)、2 $\sim$ 4.75mm(細礫)、4.75 $\sim$ 53mm(中礫)、53 $\sim$ 256mm(大礫)に選別し、砂面はコンクリート滑面にモルタルを塗り、砂を振りかけて付着させた。細礫面、中礫面および大礫面は、練ったコンクリートをパネルに流し込んだのち、それぞれの粒径について材料の約半分が出るように埋め込んだ。

5種類のパネルの勾配をそれぞれ2割（約26.6度）、1割5分（約33.7度）、1割（45度）、5分（約63.4度）の4ケースに変化させ、計20パターンについて登坂実験を行った。実験対象は、ヌマガエル（体長16-24mm）、クサガメ（甲長87-111mm）およびサワガニ（甲幅16-27mm）とし、1個体ずつパネル下端中央部に置き、1パターンにつき5個体登坂させた。各パターンについて登坂成功率（%： $100 \times \text{成功個体数} / 5$ ）を求めた。登坂成功の定義は、実験開始後2分以内に、体の一部が法長40cmに達した場合とし、パネルから脱出、落下した場合には、再実験を行った。また、実験開始後1分経っても動きがない場合、あるいは実験途中で1分間静止した場合は、後ろから木の棒で刺激を与えた。登坂実験は全て録画し、各個体の登坂特性を抽出した。解析は、河岸材料粒径および河岸勾配を二元に配置した分散分析を行い、各要因間に有意差が確認された場合は、Tukey-Kramer法の多重比較検定を行った。水準間の有意差は、表中にアルファベットの違いにより表示した。

すべての解析の有意水準は5%とした。

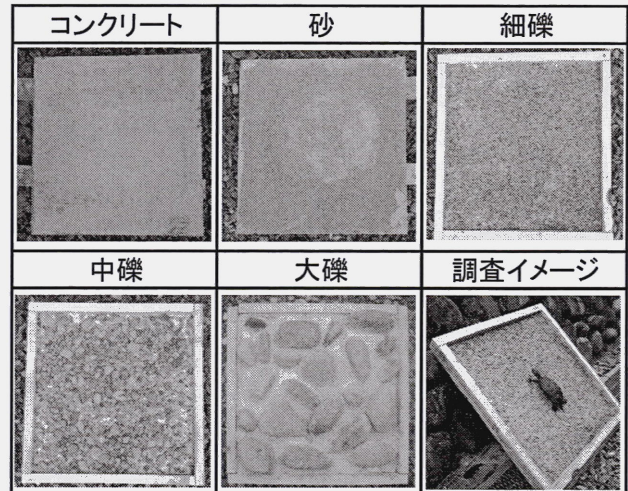


図 11-1 登攀実験用パネルおよび調査イメージ

## 11.2 結果と考察

### 11.2.1 ヌマガエル

分散分析の結果、河岸材料粒径に有意な差が確認され、砂、細礫および中礫はそれ以外より成功率が高かった（表 11-1）。一方、河岸勾配には有意差は確認されなかった。従って、ヌマガエルの登坂条件としては、河岸表面の性状が重要であり、河岸勾配は制御要因とはならないことが示唆される。登坂状況の映像を再見した結果、本種は跳躍により直線的に登坂することが確認された。また、コンクリート面では跳躍行動は行うものの、次の跳躍で蹴り足が滑って次の跳躍に移行できない傾向にあった。一方、大礫面では礫下の影に留まり跳躍行動さえ行わない個体や、横に移動する個体が確認された。本種は直線的に跳躍登坂するために、着地点（目標点）が定まって目に見えていることが重要であり、オーバーハングする大礫下では着地点が確認し辛く、そもそも登坂経路として認識されない可能性がある。また、コンクリート面では着地点が定まり跳躍はするものの、着地点の滑性状と本種の指吸盤の欠如（形態特性）によりコンクリート斜面からの跳躍が困難なことが考えられる。我が国に広く分布するアマガエル類は指に吸盤を持つため、本種よりは登坂能力が高いのかもしれない。他種の登坂能力も明らかにすることが望ましい。

### 11.2.2 クサガメ

分散分析の結果、河岸材料粒径および河岸勾配とも有意な差が確認され、河岸材料粒径では、細礫面がコンクリート滑面と大礫面より、河岸勾配では、2割と1割5分は5分より成功率が高かった（表 11-2）。従ってクサガメの登坂条件としては、細礫による小突



起と緩勾配が必要であることが示唆される。登坂状況の映像を再見した結果、本種は爪を使い匍匐により直線的に登坂することが確認された。登坂できなかった主な理由は、コンクリートや大礫面では爪がかからなかったこと、1割勾配や5分勾配では転倒や落下により匍匐体勢を維持できなかったことがあげられる。実験に用いたクサガメの爪の長さは4~5mmであった。また、細礫のサイズは2.4.75mmであり、爪を掛けるサイズとして適当と考えられる。また河川では本種の産卵は水辺の土にトックリ型の穴を掘って行う<sup>18)</sup>。従って、河岸は本種にとって移動経路と産卵場所としての機能を有しており、河岸に手を加える場合には、緩勾配や細礫に併せて土砂の存在も考慮する必要がある。

表 11-1 ヌマガエルの登坂成功率 (%)

	2割	1割5分	1割	5分
コンクリート <sup>b</sup>	0	20	0	0
砂 <sup>a</sup>	80	100	80	80
細礫 <sup>a</sup>	80	100	100	100
中礫 <sup>a</sup>	100	80	60	100
大礫 <sup>b</sup>	20	0	40	40

表 11-2 クサガメの登坂成功率 (%)

	2割 <sup>A</sup>	1割5分 <sup>A</sup>	1割 <sup>B</sup>	5分 <sup>B</sup>
コンクリート <sup>b</sup>	20	40	0	0
砂 <sup>ab</sup>	80	40	40	0
細礫 <sup>a</sup>	60	80	40	20
中礫 <sup>ab</sup>	60	40	40	20
大礫 <sup>b</sup>	20	20	20	0

11.2.3 サワガニ

分散分析の結果、河岸材料粒径および河岸勾配とも有意な差が確認され、河岸材料粒径では、中礫がコンクリート滑面より、河岸勾配では、2割は5分より成功率が高かった(表 11-3)。従ってクサガメの登坂条件としては、中礫による中起伏と緩勾配が必要であることが示唆される。登坂状況の映像を再見した結果、本種は、コンクリート面・砂面・細礫面・中礫面では直線的、大礫面では礫間を縫うように進んだが、コンクリート面および砂面では爪が掛かり難しく、横に移出した。また、大礫の5分勾配では多くの個体が被覆した礫下に留まった。本種は石の下を主な生息・退避場所とすることから<sup>16)</sup>、オーバーハングした大礫実験下では、身を隠すための習性が出たものと考えられる。中礫(4.75-53mm)が本種の好適な登坂条件となり、そのサイズと共試個体の甲幅(16-27mm)は概ね一致し

ている。以上の因果関係は明らかではないが、本種の登坂形態(横向きにある一定の開口率(=中礫のサイズ)で進む)に起因しているのかもしれない。

表 11-3 サワガニの登坂成功率

	2割 <sup>A</sup>	1割5分 <sup>AB</sup>	1割 <sup>AB</sup>	5分 <sup>B</sup>
コンクリート <sup>b</sup>	60	20	0	0
砂 <sup>ab</sup>	80	80	20	0
細礫 <sup>ab</sup>	80	80	60	40
中礫 <sup>a</sup>	80	60	100	80
大礫 <sup>ab</sup>	100	100	80	0

12. 多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方

本資料集の内容は、河岸・水際部の定義、景観上、自然環境上の機能を解説し、更に、河岸・水際部を保全する際の考え方、具体的方法について解説したものとなっている。平成21年度に行った調査および実験の成果は、特に第5章の「護岸を設置する場合の留意点」に反映させた。具体的には、水生生物に併せて、両生類、爬虫類、陸上動物、昆虫(成虫)等、もカテゴリーに加え、護岸を覆土等により露出させないタイプ、露出させたタイプにおける生物の利用および景観の観点からの配慮事項を整理し、河岸の保全手法として行うべき工夫として、河岸の湿潤度の維持や河岸表面形状、河畔林の保護などについて示した(表 12-1)。平成22年度は、河岸・水際部の具体的な設計論および評価基準値の明示を目的とした実験を追加し、護岸工法の性能評価手法の開発に発展させる計画である。

表 12-1 護岸タイプ別における河岸・水際部への配慮事項

河岸勾配	1:2.0				1:0.5					
	A:控え護岸		B:覆土/客土護岸		C:露出護岸		【客土あり】		【客土なし】	
	水際部	河岸	覆土護岸	客土護岸	覆土あり	客土なし	水際部	河岸	水際部	河岸
境界部の処理(水際・法面等)	○	○	△	×	△	○	×	×	×	×
傾度・彩度	—	○	—	○	—	△	—	×	—	×
肌理(凹凸)	—	○	—	○	—	△	—	×	—	×
(見入)の面積	—	○	—	○	—	△	—	×	—	×
植 物										
河鮮樹木	—	○	—	△	—	△	—	×	—	×
草本類等	○	○	△	×	△	△	○	○	×	×
魚 類										
(遊泳魚・底生魚)	○	—	△	—	△	—	○	—	×	—
甲殻類・両生類	○	○	△	○	△	○	×	×	×	×
爬虫類	○	○	△	○	△	○	×	×	×	×
水生昆虫	○	○	△	○	△	○	×	×	×	×
(水生・成虫時)	—	○	—	○	—	○	—	×	—	—
(陸生・成虫時)	—	○	—	○	—	△	—	×	—	×
陸上動物	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
(土壌・哺乳類)	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
甲殻類・両生類	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
鳥 類	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
哺乳類	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
産卵場	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×
(遊泳魚)	—	○	—	○	—	○	—	×	—	×

○:当該機能を満たす場合が多い、△:当該機能を満たさない場合がある、×:当該機能を満たさないことが多い  
 —:機能として該当しない  
 覆土・客土護岸は水際部での種生蓄積流出の可能性を想定、5分勾配の護岸は特に工夫を行っていない縁石護岸を前提として作成。  
 境界部の処理の内、水際部は法面ラインを、河岸は法面ラインが対応する。  
 注:ここでは、水際部、河岸いずれも狭義の河岸、狭義の水際部のことを示す。

13. 着色が異なる護岸における景観評価



人工構造物である護岸に対し、景観についての研究事例は少ない<sup>19)</sup>。本研究では、異なる3タイプの護岸を実験河川に設置し、アンケート調査により人間からみた景観評価を行い、護岸計画・開発の際の色の基準を抽出することを目的とした。

### 13.1 方法

#### 13.1.1 調査施設

(独)土木研究所自然共生研究センターの実験河川にて、色が異なる3種類の護岸(A:茶・緑・紺の三色が混在、B:黒、C:白)を設置した(写真13-1)。本研究では、護岸工法として一般的に採用されている表面に往復玉石積を模したコンクリートブロック積を用い、色の設定は、JIS Z 8721の三属性(色相、明度(明るさ)、彩度(鮮やかさ))による色の表示方法を用いた<sup>20)</sup>。各コンクリートブロック積みの大きさは、延長7.5mであり、法長1.9mである。また、勾配は5分(約63.4°)であり、模倣玉石の大きさは長径約18cm、短径約9cmの楕円形である。A護岸の色相は茶・緑・紺、明度はそれぞれ5.0、4.0、2.0、彩度はそれぞれ4.0、2.0、0であり、これらをランダムに配置した(平均明度3.7、平均彩度2.0)。B護岸の色相は黒、明度は5.5、彩度は0、C護岸の色相は白、明度が8.0、彩度が0である。

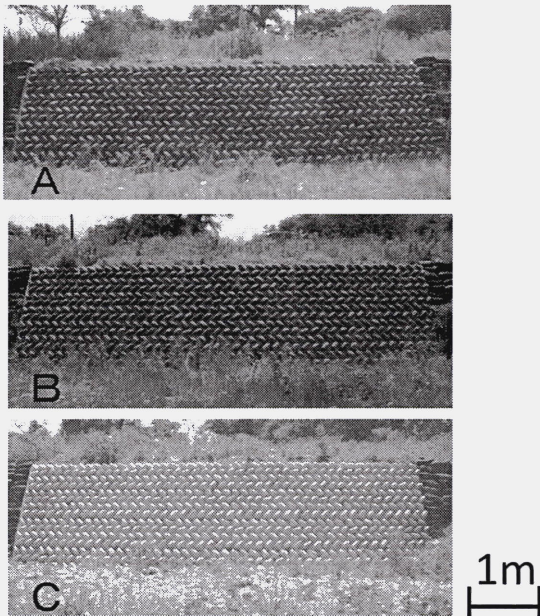


写真13-1 色が異なる3種類の護岸

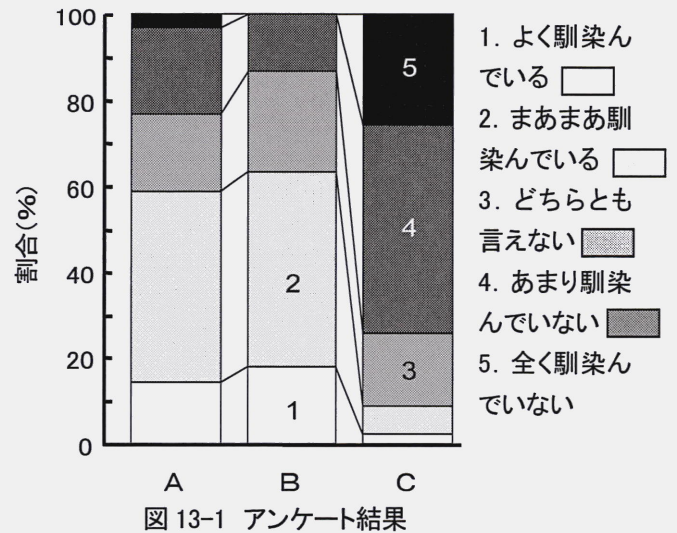
#### 13.1.2 アンケート調査

調査は2010年6月16日から10月15日の植生出現時期に来所した見学者90名を対象とした。アンケートの問いは、「それぞれの護岸は、周辺の景観に馴染んでいるか?」として、回答は5段階評価(1.よく馴染ん

でいる、2.まあまあ馴染んでいる、3.どちらとも言えない、4.あまり馴染んでいない、5.全く馴染んでいない)の選択形式とした。

### 13.2 結果

アンケート調査者の内訳は、行政(41%)、建設業(26%)、教育機関(27%)、その他(6%)であった。データ集計の結果、色の違いによって、護岸における景観評価に違いが見出された(図13-1)。「1.よく馴染んでいる、2.まあまあ馴染んでいる」の肯定的な意見の合計は、AおよびB護岸では、それぞれ58.8%と63.4%であったが、C護岸では8.9%と低かった。一方、「4.あまり馴染んでいない、5.全く馴染んでいない」の否定的な意見の合計は、AおよびB護岸では、それぞれ23.3%と13.3%であったのに対し、C護岸では74.5%であった。



### 13.3 考察

本研究の結果、AおよびB護岸の景観的評価が高く、C護岸が低いことが明らかとなった。AおよびB護岸の明度は岩石や水面といった水辺の構成要素と同様の6以下の明度(A:3.7、B:5.5)を示した(図13-2)。一方C護岸(白)の明度は8.0と、自然素材の花や紅葉といった一時的に明度が高くなる物と同様の高い値を示した。また、3護岸の彩度はいずれも類似して小さい特徴が見とれる。すなわち、C護岸の明度は、水辺の恒常的自然素材やA、B護岸より突出して大きい。これらのことから、護岸の人間からみた景観評価には明度が重要であり、明度を6以下にすることが一つの好ましい指標になると考えられる。



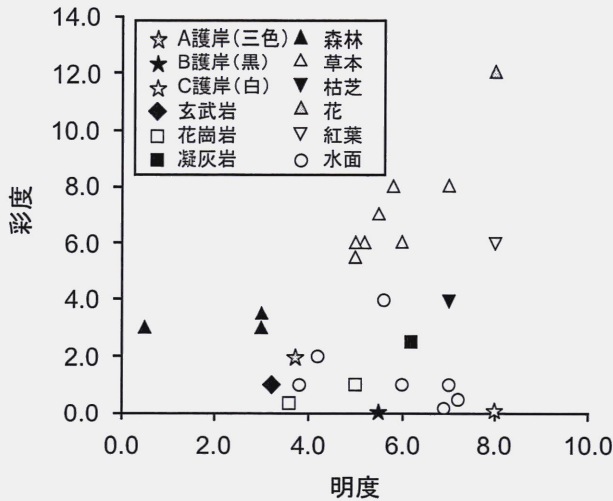


図 13-2 自然素材及び調査施設の明度と彩度

14. 湿潤度及び温度変動の違いと生物との関係

昨年度の自然河川における研究では、湿潤度や土壌材料の有無等の多要因が河岸生物の群集構造に影響を与えている可能性が示唆された<sup>21)</sup>。本研究では、寄与要因のさらなる絞り込みのため、生息量や多様度と因果関係が強かった湿潤度と温度変動と緑被率に着目し、湿潤度と温度変動を操作した野外実験を行った。

14.1 方法

調査地は、(独) 土木研究所自然共生センター内の実験河川 A の下流直線区間である。河川の右岸側に勾配 1 : 0.5、高さ 2.0m のコンクリート護岸を延長 55m 設置し、その表面に長方形のコンクリート部材を用いて横幅 5m、縦幅 0.03m、深さ 0.15m の空隙を 8 段造成した。空隙には、土壌を充填し、散水装置により土壌の体積含水率を 0~10% (湿潤度小)、10~20% (湿潤度中)、20~30% (湿潤度大) の 3 段階に調整した。また、遮光ネット (透光率 10%) と透光性ネット (透光率 90%) により日照を制御して温度変動小 (変動係数 0.08~0.25)、温度変動大 (変動係数 0.19~0.42) の工区を設けた。以上の処理により全 6 調査区を設定した (写真 14-1、図 14-1)。調査は、9 月 21 日から散水装置を稼働させ、10 月 7、19 日、11 月 4、16、30 日の 5 回、生物調査を実施した。各調査区に 1.35m×1.35m の方形区を 3 箇所設定し、1 方形区当たり 1 人 1 分のスウィーピングによる採集を行った後、1 方形区当たり 1 人 15 分の任意採集 (見つけ採り及び吸虫管による採集) を行った。採集した生物は、可能な限り種まで同定・分類して、飛んで移動する飛翔性の生物と地表を徘徊して移動する非飛翔性の生物を対象とし、方形区ごとに個体数を計数した。解析は、個体数、多様度指数、

分類群数、均等度の 4 ケースに対して、湿潤度及び温度変動 (固定効果)、調査日 (変量効果) の 3 要因を混合要因とした (3×2×5) 分散分析を行い、有意差が確認された場合には shaffer の方法にて多重比較検定を行った。なお、本研究デザインでは、調査日についてはあくまでランダム効果 (時間的な反復要因) とし、調査日間の分析結果については着目しなかった。個体数については、正規性を保つため対数変換を行い、すべての解析の有意水準は 5% とした。



写真 14-1 調査区全景

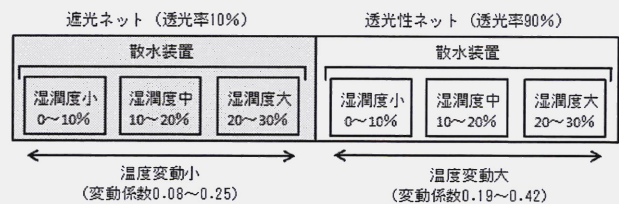


図 14-1 6 調査区の設定

14.2 結果

分散分析の結果を表 14-1 に示す。飛翔性については、2 固定要因について多くのケースで有意差が認められた (表 14-1)。個体数については湿潤度で有意差が認められ、体積含水率 20~30% が他に比べ有意に多かった (図 14-2 (a))。多様度指数、分類群数、均等度については、湿潤度と温度変動に交互作用がみられた。多重比較検定の結果、多様度指数および分類群数については、温度変動小の体積含水率 20~30% が他に比べ有意に高かった (図 14-2 (b), (c))。均等度については、温度変動小の体積含水率 20~30% が温度変動大の体積含水率 20~30% よりも有意に高かった (図 14-2 (d))。非飛翔性生物は、個体数について温度変動に有意差が認められ、温度変動小が温度変動大より有意に多かった (図 14-2 (e))。また、他のケースでは有意差は確認されなかった。



表 14-1 3 要因の混合要因計画の分散分析結果による有意確率 (P 値) 一覧

生物区分	固定要因	ケース			
		個体数	多様度指数	分類群数	均等度
飛翔性	I (湿潤度)	0.0000	0.0070	0.0006	0.8400
	II (温度変動)	0.1352	0.0001	0.0001	0.0236
	I : II	0.1075	0.0003	0.0015	0.0421
非飛翔性	I (湿潤度)	0.1723	0.2466	0.1918	0.2310
	II (温度変動)	0.0064	0.4326	0.0985	0.8212
	I : II	0.6793	0.3871	0.4589	0.4297

太字はP<0.05を示す。

### 14. 3 考察

飛翔性生物については、温度変動が小さく、湿潤度が高い（体積含水率20～30%）場合において生物の多様度指数、分類群数、均等度が高い傾向が確認された。これらの特徴づけているのは、ハエ目（主にユスリカ科）であり、温度変動が小さく、湿潤度が高い調査区ではハモンユスリカ属、ユスリカ亜科、ユスリカ族等平均3.1分類群のハエ目が確認されたのに対して、その他の調査区では平均1.3～2.3分類群と貧弱であった。ユスリカの成虫は、昼間は草木や雑木の陰にとどまっておき、また産卵は垂直で湿った暗色壁面で良く行うことより<sup>22)</sup>、遮光された湿潤度の高い調査区を選択した可能性が考えられる。一方、非飛翔性生物については、温度変動が小さい方が大きい方より生息個体数が多かった。この傾向を特徴づけているのはクモ目であり、温度変動が小さい方は平均2.1個体、温度変動が大きい方は平均1.8個体が確認された（図14-2(e)）。クモ目の生息場所に寄与する環境要素としては、植生、岩や草や落葉層の有無、気候条件（温度、湿度、風、光など）があげられており<sup>23)</sup>、特に高温は回避する傾向がある<sup>24)</sup>。本研究でも温度変動大の方では昼間の最大温度が30度を上回ることが確認され、一時的な高温の出現がクモ目の個体数を抑制した可能性がある。一方、非飛翔性生物においては、飛翔性生物で確認された多様度指数や分類群数、均等度に寄与する要因は確認されなかった。以上より、非飛翔性生物の多様性の維持に対しては、湿潤度および温度変動の寄与度は小さく、今回実験には加えなかった、昨年度の現地調査でスクリーニングされた因果要因である緑被率が寄与している可能性が高い、以上の仮説については平成23年度より実施する研究テーマの中で実験検証することとしてい

るが、現状では、非飛翔性生物の恒常的な生息のためには、護岸本体に対する植生基盤としての土壌の保持や湿潤度、透水性の確保が必要と考えられる。

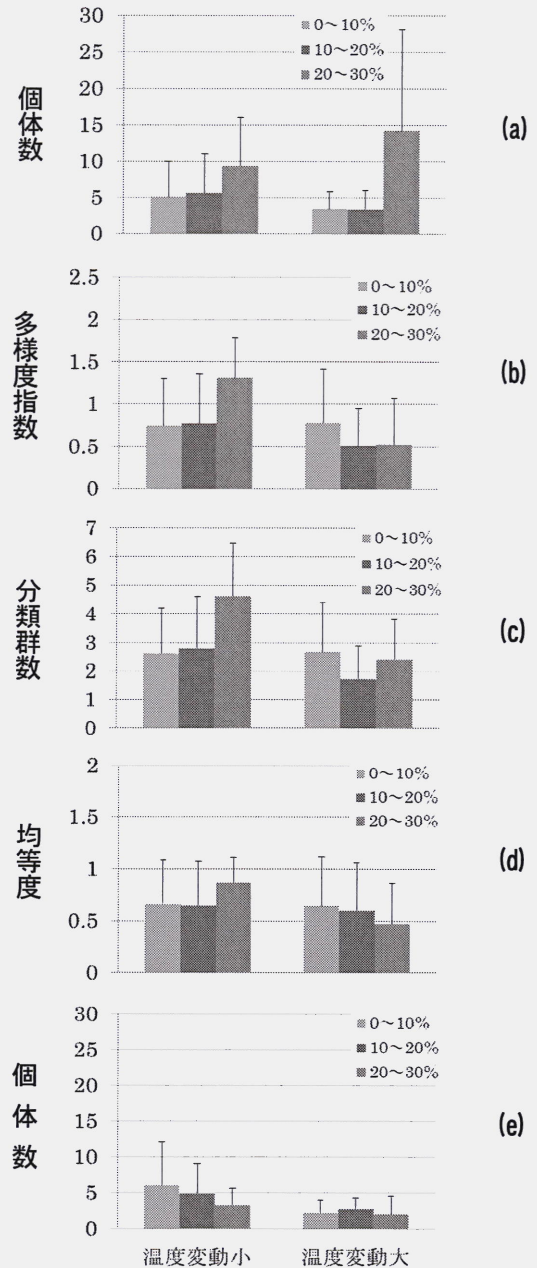


図 14-2 温度変動および湿潤度の違いによる各ケースの平均値と標準偏差、(a) 個体数、(b) 多様度指数、(c) 分類群数、(d) 均等度、(e) 個体数

※ (a)～(d)は飛翔性生物、(e)は非飛翔性生物の結果である。

### 15. 護岸工法の性能評価手法の開発

現在、護岸工法については、環境上の機能についての評価基準が明示されていないため、環境に配慮した計画・設計、工法の開発を行う上で十分な検討ができない状況にある。本研究では、今後の多自然川づくりにおける護岸工法の性能を適切に評価するための指標



軸及び評価基準の設定を行った。護岸を設計する場合は治水機能の確保に加えて、河岸・水際部が本来有する環境上の機能を確保する視点が重要となり、特に「河川景観」、「自然環境」を考慮する必要がある<sup>25)</sup>。本項では、中小河川に関する河道計画の技術基準<sup>26)</sup>（平成22年8月改定）にも適用された、護岸工法の性能評価の評価軸およびその基準について提案を行った。

### 15.1 河川景観に関する評価手法

護岸は自然物の中に存在する人工物であるため、景観的には自然素材に近づけるような配慮が必要となる。明度（明るさ）に関しては、護岸等に使用される自然石の明度レンジは4~6程度であり、実際の護岸に対しても6以下で景観的評価が高いことが明らかとなっている（本報2項「着色が異なる護岸における景観評価」参照）。以上より、護岸が景観的に目立たないようにするためには、明度6以下の低明度の設定が好ましいと判断される（表15-1）。一方、彩度（鮮やかさ）については、自然石も護岸も3以下の低彩度であるため（本報2項）、石材やコンクリートに着色して彩度をあげる配慮は必要ないと判断される。テクスチャー（素材の質感）については、人工的な印象緩和のために、護岸表面に肌理の粗さ（手で触った時のざらざら感）や凹凸を持たせることが好ましい。これらの処理による陰影は、コンクリート素材の明度低下や生物の移動経路としての機能（後述）も期待できる。

表15-1 河川景観に関する性能評価基準

評価軸	基準
明度	低明度（6以下程度）とする。
彩度	無彩色とする。
テクスチャー	肌理の粗さ（ざらざら感）、凹凸（陰影）を有する。

### 15.2 自然環境に関する評価手法

自然環境については、生物の生息場および移動経路について評価基準を設定した（表15-2）。生息場に対しては、過年度および今年度の研究より護岸に恒常的に生息する非飛翔性の生物への寄与が示唆された植物を評価軸とすることを提案した。評価基準としては植生基盤としての土壌、土壌を保持できる空隙、土壌の保水性および透水性の有無があげられ、これらの確保が必須となる。移動経路については過年度の成果より、法勾配よりむしろ法面材料が寄与要素だということが示唆されており<sup>27)</sup>、すべての実験生物群（ヌマガエル、

クサガメ、サワガニ）で登坂成功が確認された表面材料である細礫（径2.475mm）もしくは中礫（径4.75-53.0mm）程度の法表面材料を保持できれば、生物の移動経路として良好に機能することが期待できる。

表15-2 自然環境（生物）に関する性能

評価軸		基準
生息場	植物（植生基盤）	土壌、空隙、保水性、透水性
移動軽度	法表面材料	細礫~中礫

### 16. まとめ

本研究は、様々な河岸-水際タイプの生態的機能を明らかにし、河川中流域において河岸-水際域を保全する際の留意点をマニュアルとして取りまとめ、効果・効率的な河岸処理および護岸の性能評価手法の開発を行うことを目的として実施した。各年度の研究成果は以下のとおりである。

平成18年度には、水際のタイプを大きく「石（礫）」および「植物」の2タイプに類型化し、前者については「石の間隙の魚類の利用状況」、後者については「流量変化に伴う水際植物の魚類生息場としての機能」に関する調査を、実験河川を用いて実施した。また、実河川（砂鉄川）における河岸修復工法の魚類生息場所としての評価を実施した。その結果、礫により形成される水中の間隙は魚類の棲家として機能しており、礫の大きさにより棲息する種類組成が異なることが明らかとなった。また、水際法面に植物が生育していると、増水時でも水際部の流速が抑えられ、魚類の生息場（避難場）として機能することが確認され、その効果は植生が密であるほど大きくなることが明らかになった。さらに、修復工法の導入により魚類の生息に効果が認められ、その効果はとろ区間よりも瀬区間の方が大きいことを示した。

平成19年度には、河岸-水際域の生息場所として石礫がつくる間隙の機能解明、河岸-水際域に設置した木杭群の生息場所修復手法としての評価、環境護岸を中心とした既存護岸の生息場所評価の3点について検討を行った。その結果、魚種・昼夜間によって利用する間隙の特性が異なることを示した。次に、魚類の定着には、木杭群の断続配置よりも連続配置の方が有効であることを示した。さらに既存護岸においては、大礫-巨礫がつくる間隙が越冬場所として機能してい



ることを示した。

平成 20 年度には、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の構成内容を提示し、その内容を説明した。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。

平成 21 年度には、河岸（水面より上の陸上域）に着目した調査実験を行った。自然河岸や練積み護岸等の異なる河岸形式で行った現地調査では、形式の違いにより生物の群集構造が異なり、特に湿潤度や温度変動などの物理環境要因が生息に寄与していることが示唆された。河岸粗度や傾斜を操作要因として行った生物の登坂実験では、生物種ごとに登坂条件に特異性を有することが明らかになり、それには生物種の外部形態や登坂様式（跳躍、匍匐等）が寄与していることが考えられた。さらに当年度は、資料集「多自然川づくりにおける河岸・水際域の捉え方」を発売した。

平成 22 年度には、明度、彩度を違えた 3 タイプの実寸護岸を実験河川に設置し、アンケート調査と自然素材の色相との比較から、人間から見た景観評価を実施した。その結果、水辺の自然素材と同様の 6 以下の低明度に対して高い評価を得ることが示唆された。河岸部の生物群集に対する湿潤度や温度変動を違えた操作実験では、一次的に護岸に飛来する飛翔性生物の多様性に対しては、温度変動が小さく湿潤度が高い護岸で高い傾向がみられたが、恒常的に護岸に生息する非飛翔性生物に対しては前記 2 要因の重要性は確認されず、それを基盤に生育する植物に生息を依存していることが考えられた。さらに当年度は、上記および過年度の成果を踏まえて、護岸工法の性能評価手法について景観および自然環境の 2 側面から評価軸および評価基準の提案を行った。今後は以上の成果の普及に努めるとともに、具体的な護岸工法の開発に関する研究に着手する予定である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：中小河川に関する河道計画の技術基準について、2010。
- 2) 萱場祐一・吉田桂治・田村秀夫・剣持浩高・高木茂知・林尚：水際における生息場所タイプと魚類の生息分布 -

- 砂鉄川における現地調査結果から -、河川技術論文集、第 11 巻、pp.31-34、2005。
- 3) 久保拓弥、粕谷英一：「「個体差」の統計モデリング」、日本生態学会誌、56、pp.181-190、2006。
- 4) 自然共生研究センター：「石の隙間を利用する魚たち、知られざる隙間の世界 - 石の隙間のサイエンス -」、ARRC NEWS、9、pp.2-4、2007。
- 5) 佐川志朗、秋野淳一、萱場祐一、矢崎博芳：「石の隙間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 -」、応用生態工学学会第 11 回研究発表会講演集、pp.89-92、2007。
- 6) 青木繁幸、佐川志朗、秋野淳一、萱場祐一：「木杭群設置によるオイカワの定着場所特性 - 実験水路を用いた個体レベル観察 -」、応用生態工学学会第 11 回研究発表会講演集、pp.97-99、2007。
- 7) 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。
- 8) 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。
- 9) 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。
- 10) 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。
- 11) (社)全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、2006。
- 12) (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。
- 13) (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。
- 14) (財)国土技術研究センター：護岸の力学設計法、山海堂、2001。
- 15) 金子信博：土壌生態学入門 - 土壌生物の多様性と機能、東海大学出版会、2007。
- 16) 小林哲：「河川環境におけるカニ類の分布様式と生態 - 生態系における役割と現状 -」 応用生態工学、No.3、pp.113-130、2006。
- 17) 建設省土木研究所・(株)応用生物：「小動物に配慮した側溝に関する調査業務報告書」、1995。
- 18) (財)リバーフロント整備センター：「川の生物図典」、pp.596-597、1996。
- 19) 島谷幸宏：河川風景デザイン、山海堂、195pp.、1994。
- 20) 篠原修：新体系土木工学 59 土木景観計画、技報堂、326pp.、1982。
- 21) 宮下哲也・萱場祐一・佐川志朗：形式が異なる河岸の物理特性と生物との関係、河川技術論文集、第 16 巻、pp.197-200、2008。
- 22) 藤繁生・平林公男・岩熊敏夫・上野隆平：ユスリカの世界、培風館、306pp.、2001。
- 23) Riechert S. E. & R. G. Gillespie: Habitat choice and utilization in web-building spiders, IN Spiders: Webs, Behavior and Evolution, W. A. Shear ed., Stanford University Press, Stanford, pp.23-48, 1986。
- 24) 宮下直：クモの生物学、東京大学出版会、267pp.、2000。
- 25) (独) 土木研究所自然共生研究センター：多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方、土木研究所資料第 4159 号、2010。
- 26) 国土交通省河川局：中小河川に関する河道計画の技術基準について、2010。
- 27) 上野公彦・萱場祐一・佐川志朗：異なる河岸材料粒径および河岸勾配におけるヌマガエル、クサガメおよびサワガニの登坂実験、日本陸水学会東海支部会 第 12 回研究発表会講演要旨集、pp.16-19、2009。



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

**Budget** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2006-2010

**Research Team** : Water Environment Research Group  
(Aqua Restoration Research Center)

**Author** : YUICHI Kayaba

SHIRO Sagawa

**Abstract** : A study was conducted to clarify various ecological functions at the river edge and shore area (RESA) so as to develop efficient and effective rehabilitation methods. The major findings of this study in 2006 are: 1. Interstitial spaces underneath and between substrate functioned as an important fish habitat with species-specific preferences for each substrate size; 2. Stream-edge vegetation provided fish with refugia from high flows, whose effects were pronounced in September when vegetation density was high; 3. Fish restoration project in the Satetsu River, which aimed to preserve low-velocity edge habitat areas, had greater effects for the riffle reach than glide reach. The major findings of this study in 2007 are: 1. Each interstitial space underneath and between boulders functioned as a fish habitat with species-specific preferences for each environmental characteristics. 2. The wood-stake structure, which aimed to preserve edge habitat diversity by low-flow volume, had more positive effects on fish when placed in a continuous manner than intermittent one. 3. Stream edge with boulders provided overwintering fish habitat, whose effects were pronounced in bank protection edge with boulder cluster. 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 "How to recognize the function and structure of RESA". 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. On the year 2009, we conducted two surveys focused on the terrestrial ecosystem in RESA, which is: (a) the ecological functions target for various bank forms, and (b) the gradability controlled roughness and gradient of the slope. The first study (a) indicates that creature's assemblages are different for each various bank form, which were correlated with substrate wetness and temperature fluctuations. The major findings of the second study (b) are each species has species-specific gradability, which was considered that specific body shapes and climbing patterns (e.g. jumping, slow method of progression) are contributed. These results were imported into the manual named "The considerations of bank and shore areas applied to river restoration project" which was published February 2010. In 2010, two surveys focused on the human amenity for river bank protected landscape and terrestrial ecosystems in RESA were conducted. In the first evaluation using questionnaires, results showed that the brightness of river bank (less than 6) was similar to natural components in the river. On the other hand, based on the second survey in ecological functions, low substrate wetness and high temperature fluctuations significantly affected the species diversity of flying creatures. Vegetated cover was identified as an important habitat of ground creatures. Performance assessment of river bank protection was done targeting two aspects of landscape and natural environment. Through this study, a river rehabilitation manual about conservation efforts at RESA was published.

**Key words**: Bank protection, edge and shore habitat, lateral rehabilitation, river landscape, substrate wetness