

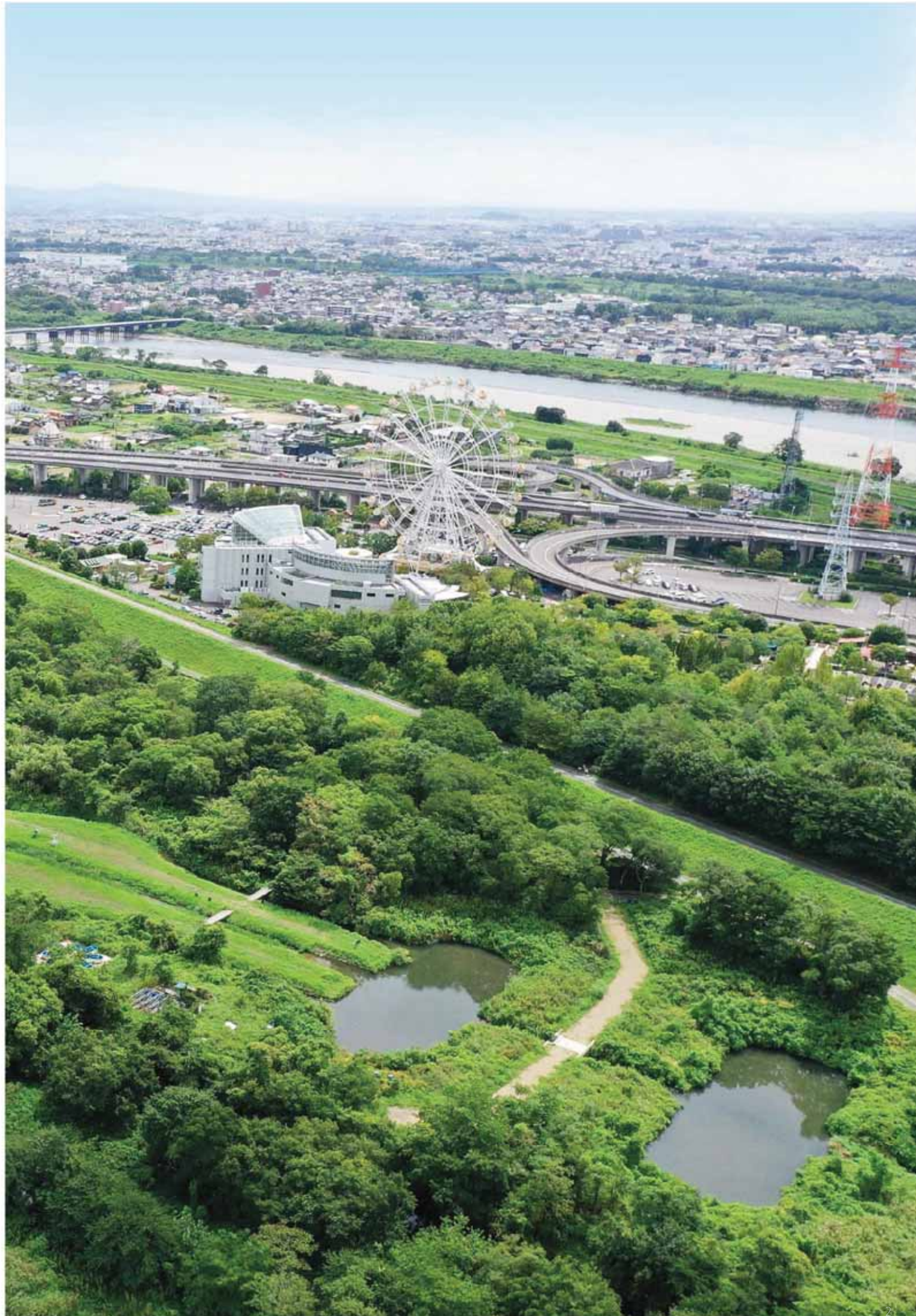
ARRC Activity Report

vol.2 中小河川

自然共生研究センター
活動レポート 1999 - 2022









「いい川を、未来へ。」

河川環境分野でNeeds とSeeds を意識した研究を進める

自然共生研究センターについて

人口減少や社会インフラの老朽化、激甚災害の多発により、河川をとりまく状況は変化しています。その中で、流域治水やグリーンインフラ、BIM/CIM といった新しい考えや技術革新が出てきました。こうした時代の変化をとらえつつ、河川環境の「今」を支援できる「Needs」を意識した研究を進めています。

カーボンニュートラルのような社会の大きな変革は、50 年以上も前から続けられてきた研究の成果といえます。研究は時間がかかるため、社会が求める成果をすぐに出せないもどかしさもあります。しかし、続けるからこそ深く理解することができ、社会をより良い方向へ導く礎となります。過去の積み重ねを大切に「将来」を支えられる「Seeds」としての研究を進めています。

自然環境と人間の共生のためには、生態学や土木工学といった異なる研究分野の融合が必要です。異分野の研究者が協同して、河川環境に関する研究を進め、成果を広く普及することを目指しています。

自然共生研究センター長 森 照貴

中小河川



河川や湖沼での自然環境の保全・復元には、生態学や土木工学などの幅広い分野での共同研究が必要であり、知見蓄積や手法の確立が十分とはいえませんでした。

そこで、1998年11月、建設省土木研究所（現：国立研究開発法人土木研究所）は、河川・湖沼等の自然環境と人間の共生のための基礎的・応用的研究を行い、その成果を広く普及することを目的に、自然共生研究センターを設立しました。

本レポートは開所1998年から2023年迄の25年間に発行された「活動レポート」を分野ごとにまとめたものです。

目次



中小河川 「Q & A」

中小河川における多自然川づくりに関する研究

平成11年(1999)-平成15年(2003)

頁

■瀬や淵のある区間とない区間では、魚類の生育状況はどの程度異なるのでしょうか？	…09
■河道の植生が水位に影響する？	…11
■単調な環境の河川で復元工法を実施すると魚類の生息状況はどのように変化するのでしょうか？	…13
■洪水が起きた時、増えた水は川のどの部分にどれくらい貯められるのでしょうか？	…15
■河岸の植物は、川底にどのような影響を及ぼすのでしょうか？	…17
■季節によって、魚類のすみかはどのように変わるのでしょうか？	…19
■植物で覆われた川岸がコンクリート護岸になると、水生生物はどのように反応するのでしょうか？	…21
■水際植物は水中部と水上部に分かれます。水上の植物は魚にとって必要でしょうか？	…23
■コイ科魚類の子供達の恒常的な成育場所はどのような場所でしょうか？	…25

平成16年(2004)-平成20年(2008)

■水際の明るさの違いにより、魚類の生息状況には変化が見られるのでしょうか？	…29
■自然河岸と護岸では、水際の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？	…31
■出水時、魚類はどのような行動をとっているのですか？	…33
■水際タイプが異なると、魚類の生息状況に違いはあるのでしょうか？	…35
■石の大きさが違うと、その隙間を利用する魚類は異なるのでしょうか？	…37
■増水時、水際植生は魚類の定位場所として機能するのでしょうか？	…39
■希少性二枚貝はどのような生息環境を必要とするのでしょうか？	…41
■魚種によって石の隙間の好みは異なるのでしょうか？	…43
■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？	…45
■木杭群の配置パターンが異なると魚類生息量に違いが見られるのでしょうか？	…47
■水際域を修復するための効果的な木杭群の配置パターンは？	…49
■川の水が増えたとき、遊泳魚は石の隙間に避難するのでしょうか？	…51
■自然河岸と護岸された河岸では、河岸の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？	…53

平成21年(2009)-平成25年(2013)	頁
■河岸を利用する生物にとって、どのような河岸法面が登坂しやすいでしょうか？	…57
■タナゴ類が棲める水路はどのような環境でしょうか？	…59
■護岸はどのような色や形状であれば、周囲の景観と調和するでしょうか？	…61
■維持管理が容易となる中小河川の工夫を教えてください。	…63
■護岸表面のテクスチャーは、どのように評価すればよいのでしょうか？	…65
■帯工や落差工よりも水生生物の移動や生息に配慮した工法はありませんか？	…67
■中小河川の河床地形は何によって決まりますか？	…69
■護岸に使用されるコンクリートブロックの表面形状は河川景観に影響しますか？	…71
■川幅の変化は何に影響を与えますか？	…73
■護岸の景観パターンを選ぶ際の留意点を教えてください。	…75
平成26年(2014)-平成30年(2018)	
■河川環境を定量的に評価するツールはありますか？	…79
■環境が劣化した中小河川で瀬・淵を創出するにはどうすればよいですか？	…81
■河川景観保全のために必要な緑化ブロックの植被率について教えてください。	…83
■治水・環境・維持管理計画のサポートするための具体的な指標ツールはありますか？	…85
■大型コンクリートブロックにおける景観上の配慮のポイントは何か？	…87
■河川景観に馴染みやすい護岸ブロックのテクスチャーの評価方法はありますか？	…89
■急勾配区間で河道の部分拡幅を行うときの留意点は何か？	…91
■深いために調査が困難となりやすい淵の状況を簡単に知る方法はありますか？	…93
■災害復旧での多自然川づくりを支援するツールはありますか？	…95
令和元年(2019)-令和4年(2022)	
■河川の景観に馴染みやすい護岸ブロックの特徴について教えてください。	…99
■湾曲部や拡幅部では直線部に比べて環境や生物相にどのような違いがありますか？	…101
■3次元データを活用して治水と環境を同時に評価できるツールはありますか？	…103
■河川横断工作物において魚類などを低コストで遡上させる方法がありますか？	…105
■中小河川において、様々な魚の遡上に配慮できる魚道はありますか？	…107
■水田水路において多様な淡水魚が生息するために重要な環境は何ですか？	…109
■明度とテクスチャー以外に護岸ブロックを評価する方法はありますか？	…111
■自然共生研究センターの概要・実験施設の特徴	…115

中小河川「Q & A」



平成11年(1999)－平成15年(2003)

- 瀬や淵のある区間とない区間では、魚類の生育状況はどの程度異なるのでしょうか？
- 河道の植生が水位に影響する？
- 単調な環境の河川で復元工法を実施すると
魚類の生息状況はどのように変化するのでしょうか？
- 洪水が起きた時、増えた水は川のどの部分にどれくらい貯められるのでしょうか？
- 河岸の植物は、川底にどのような影響を及ぼすのでしょうか？
- 季節によって、魚類のすみかはどのように変わるのでしょうか？
- 植物で覆われた川岸がコンクリート護岸になると、
水生生物はどのように反応するのでしょうか？
- 水際植物は水中部と水上部に分かれます。水上の植物は魚にとって必要でしょうか？
- 代替工作物で水際植物の機能は再現できるのでしょうか？
- コイ科魚類の子供達の恒常的な成育場所はどのような場所でしょうか？



**瀬や淵のある区間とない区間では、
魚類の生息状況はどの程度異なるのでしょうか？**



春から夏にかけて調査を行った結果、
瀬や淵がある区間では、
魚の数も種類も多いことがわかりました。

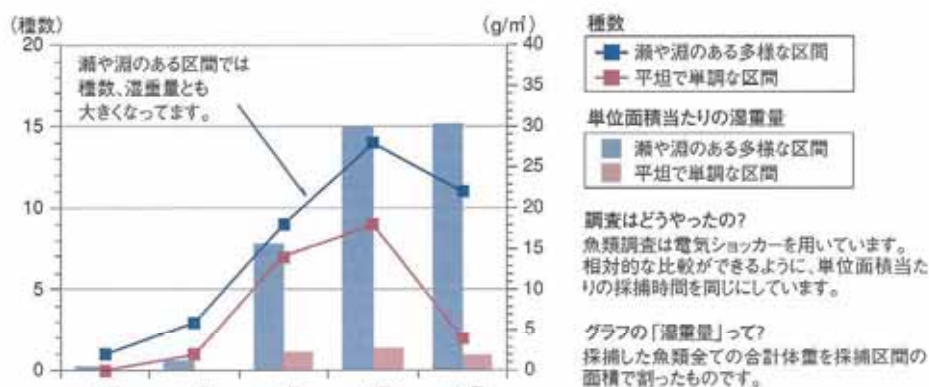
実験河川には、瀬や淵や河岸植物がある多様な区間と、河道を直線にし、川幅を広げた単調な区間があります。それぞれ、中小河川の昔の姿と、改修後の姿をモデルにしています。建設省では平成2年より、「多自然型川づくり」が始まりましたが、それ以前に改修され、そのまま放置されている河川も少なくありません。ここでは、2つの区間における魚類の生息状況を比較し、今後の復元のあり方について考えてみましょう。



A. 未改修区間をイメージ
(瀬や淵のあるハビタット研究ゾーン)



B. 従来型の改修区間をイメージ
(平坦で単調な自然河岸形成研究ゾーン)



■瀬や淵がある多様な区間と平坦で単調な区間における採捕種数、湿重量の違い

科名	種名	3月	5月	7月	8月	10月
コイ	オイカワ	66	23	20	1	25
	ウグイ				1	
	タモロコ			14	1	34
	モツゴ				1	
	カマツカ				3	1
	フナ				1	
	セゼラ				3	
	ニゴイ					
	スゴモロコ					1
コイ	コイ			11	2	9
	フナ			25	8	39
ドジョウ	ドジョウ				2	
	シマドジョウ		1	1	4	3
ナマズ	ナマズ		3	4	1	1
キュウリウオ	アユ			3	3	4
	オオクチバス			1	1	1
ハビ	ヨシノボリ			1	1	1
タイワナジ	カムルチー		1		3	4
不明魚種		1	1	1		

青文字が多様な区間、
赤文字が単調な区間です。

◀生息魚類の季節変化

多様な区間では、春～夏にかけて、優占種に変化が見られました。特に、フナ類やタモロコ類が多くなっています。また、この2種とナマズ、シマドジョウ等は実験河川で産卵が確認できました。

■各月の採捕魚種

多様な区間では単調な区間と比べて、魚類の生息状況が大きく異なることが解ります。今後は、このような環境が悪化した河川の復元が必要となります。センターでは効果的な復元方法についても研究を行っています。

担当：萱場祐一

河道の植生が水位に影響する？



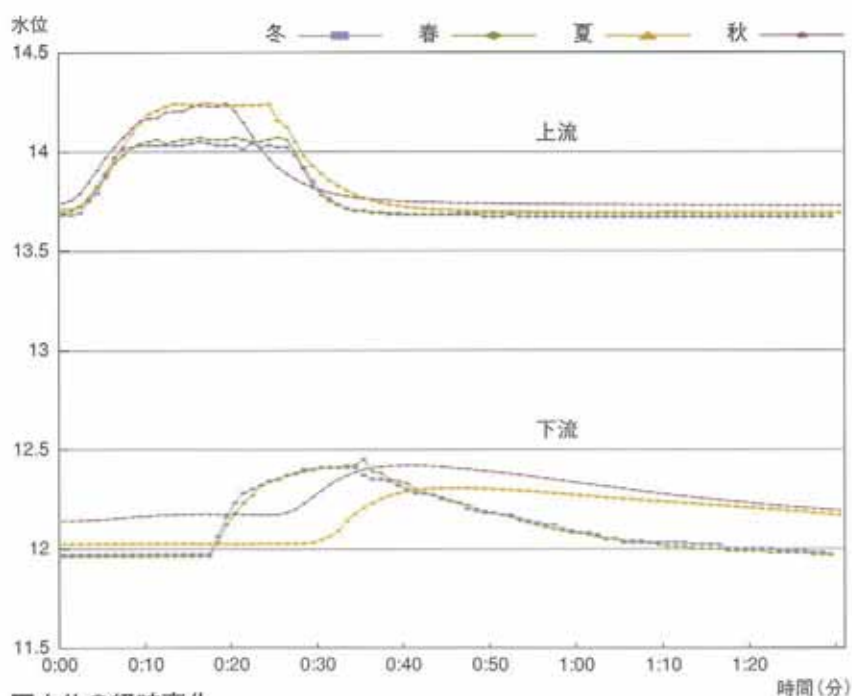
四季を通して洪水実験を行ったところ、
植物が繁茂する夏には、
上流で水位が上昇し水量が維持され、
下流では到達時間が遅れるといったことが
確かめられました。

多自然型川づくりの観点から植生が河道の流れに及ぼす影響の把握と水理計算、手法の評価・改善を目的として研究を行っています。

開所以来十数回の洪水実験を行い収集したデータのうち、四季を通して水位について比較しました。最初の洪水実験時を実施した冬期及び春期においては、河道内の植物の生育がほとんどないため各断面での水位差はありませんでした。夏期になり植物が生育した状態での洪水実験時には、その植生の影響によって上中流部ではかなりの水位上昇が確認されました。また下流部においては、植生の生育していないときよりも水位が上昇せず、ワンド部などの地形による影響の他に、植生の繁茂に伴う貯留の流出の影響により平常時の水位に戻るまでにかなりの時間を要しました。秋期になると夏期より水位上昇は低くなるとともに、貯留の流出時間も短くなりました。このように植生の生育状況が河川へ大きく影響することが実際に確認されました。



■河道の植生の変化



■水位の経時変化

担当：戸谷三知郎

単調な環境の河川で復元工法を実施すると
魚類の生息状況はどのように変化するでしょうか？



復元工法の実施前後で魚類調査を行った結果
魚の数・種類ともに増えていることがわかりました。

平成2年から「多自然型川づくり」が始まり、生態系に配慮した川づくりが行われるようになりましたが、それ以前に改修工事が行われ、単調な環境となっている中小河川も少なくありません。

今後は、こうした河川の環境を復元することも必要になると考えられます。ここでは、単調な環境の区間に様々な復元工法を実施した場合に、魚類の生息状況がどのように変化したかを比較してみましょう。

復元工法を実施した区間は河道が直線で川幅が他の標準的な区間よりも広がっていましたが（標準的な区間は川幅がおおよそ3mに対し、復元工法実施区間はおよそ6m）。また、河床が平坦なため、瀬や淵の見られない単調な区間でした。

復元工法は、ディフレクターという水制工を河岸から突き出し、平水時のみお筋を蛇行させるとともに、所々に淵を人為的に形成し、ここにベーン工等の構造物を設置することにより瀬における土砂の埋没を防止しています。更に、早瀬工を設置することにより、河道内に瀬・淵構造を再現しました。また、河岸沿いの土砂堆積促進と河岸植生の早期回復を目的として、木杭やマウンドを河岸沿いに設置しました。

復元工法を実施した区間では魚の個体数・種類数ともに実施前よりも増えていることがわかります。復元工法により水深・流速が多様な環境が創出されたためだと考えられます。

これらの復元工法は施工した時点で完成するのではなく、浸食・堆積といった河川の自然作用により、最終的に右のイラストのような姿になることを目標としています。

センターでは今後も継続的に調査を行い、復元工法の効果を検証する予定です。



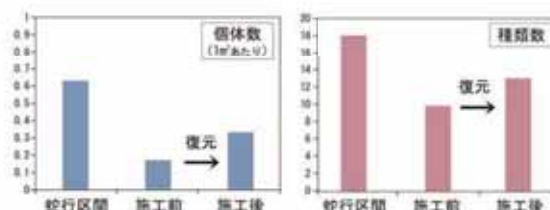
復元工法実施前の写真



復元工法実施後の写真

工 法	効 果			概 要
	流阻	堆積	流向・流速・水深	
ディフレクター (L=40)	○		○	河岸から突き出した構造物で、流向・流速・水深を制御することにより蛇行流の形成や流速・水深の確保が図れます。また、下流側には淀みが形成されます。
ベーン工	○			流れに対して20〜30度程度の傾角を持たせた垂直なパネル状の構造物で、流れ場を変えることで流速を促進することができます。
木杭		○		群で設置して流速の低減と土砂の堆積を促進させます。
マウンド		○		人工的な水深のことで、流速を低減させ浮遊物の沈降・堆積を促進させます。
早瀬工			○	石や樹、木杭を組み合わせてつくる櫛状の構造物で、上流側により、下流側に早瀬を形成します。

■実験河川で用いられている復元工法



■復元工法による魚類の生息状況の回復程度 (8月の調査結果より)



■将来予想イラスト

洪水が起きた時、増えた水は川のどの部分に
どれくらい貯められるのでしょうか？



洪水の一部はワンドや河原に貯留され、下流への流れを抑えます。
また地下への浸透量も多いことがわかりました。

流域に降った雨は、さまざまな箇所で貯留されながら河川へ到達し、河道内でも同様に貯留され流下していきます。この効果を治水に利用するものとして流出抑制対策があり、河道外においては遊水池等が整備されることがあります。これは「流域内に降った雨を一時的に貯留することにより下流への流水の到達を遅れさせ流水の集中による氾濫を防ぐ」治水対策の一手法です。

今回は河道内の治水と環境という観点から、動植物にとって重要なハビタットであるワンドや河原（ポケット部）の流出抑制について着目し、河道内でのその状況と活用の可能性について調べました。

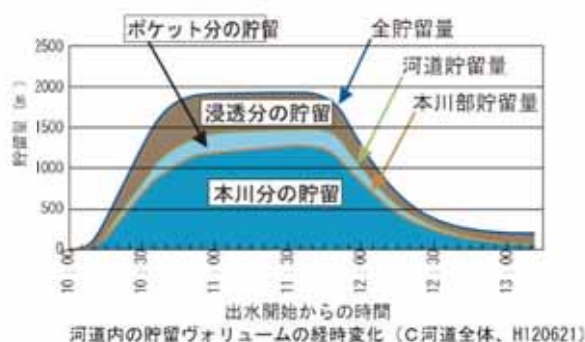
実験河川で出水実験を行い水位・流量の計測結果から、貯留の状況を本川部、ポケット部、浸透分について把握しました。それぞれの貯留量は、全体の貯留量に対して本川部が約60%、ポケット部が約10%、浸透分が約30%でした。

浸透による貯留量が予想以上に大きく、また洪水初期に貯留量が増大していることが確認されました。これは初期の流出の著しい出水ほど、下流への流量の低減が大きいことを示しており、流出の早い都市河川等では、これらの貯留を治水対策として利用する可能性も考えられます。

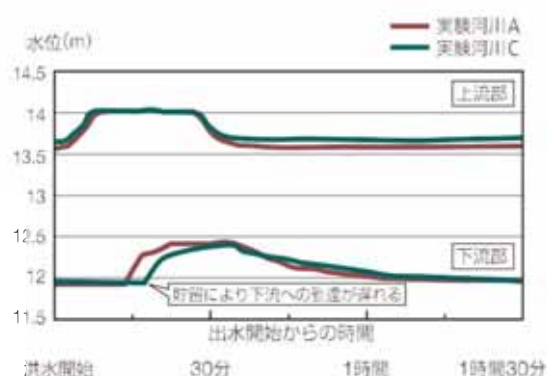
今後、浸透による貯留について地下水位等の計測により、さらに定量的に把握するとともに、植生の状況による貯留についても調査する予定です。



■実験河川イメージ



■全貯留量の内訳



■貯留変化量の経時変化



Q

河岸の植物は、
川底にどのような影響を
及ぼすのでしょうか。

A

実験河川の河岸に生える植物は、洪水時の水の流れを弱め、川底の砂や石の動きに影響を及ぼします。

洪水時の水の流れは、川底に摩擦力を及ぼして河床材料を動かし、生物の生息に影響を及ぼすことが知られています。

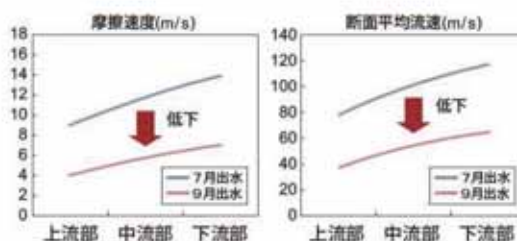
一般に、洪水時の流量が増加し水深が大きくなると川底の摩擦力が増加します。しかし、川幅が小さい実験河川では河岸に植物が繁茂するとちょっと違った現象が起こります。植物が抵抗となり同一流量でも、流速の低下、川底の摩擦力の低下が生じ(写真1・図1)、河床材料が活発に動かなくなるのです。

ここでは、河岸の植物を刈り取った直後(7月)と植物が成長した後(9月)における摩擦力(ここでは、摩擦速度の2乗という指標を使いました)と河床材料の移動状態との関係を推定してみましょう。河床材料の移動状態を「Ⅰ：移動しない」、「Ⅱ：川底を転がりながら移動する」、「Ⅲ：川底から浮上してまた沈降する」、そして、「Ⅳ：浮上したまま移動する」の4つに分類します。植物がない場合に比べ、植物のある場合は、河床に働く摩擦速度が大きく低下し、河床材料の移動状態が大きく変化することが解ります。例えば、実験河川によく見られる1mmの粒径の砂は、洪水時(2m³/s)植物がない場合は、Ⅲの状態(浮上と沈降を繰り返して下流に移動する)ですが、植物があるとⅡの状態(川底を転がりながら移動する)へと変化します。また、10mmの礫の場合は、Ⅱ(川底を転がる)からⅠ(移動しない)となることがわかります。(粒径を固定して、摩擦速度が低下したときに図中の線を超えるか、超えないかが移動状態の変化を知る目安です)

このように、川幅の小さい河川における河岸の植物は、河床材料の移動を通じて川の生態系に深く関わっていると考えられます。川幅、水深、摩擦速度、河床材料の粒径等工学で使用される尺度が川の生態系の理解を助ける場合があります。

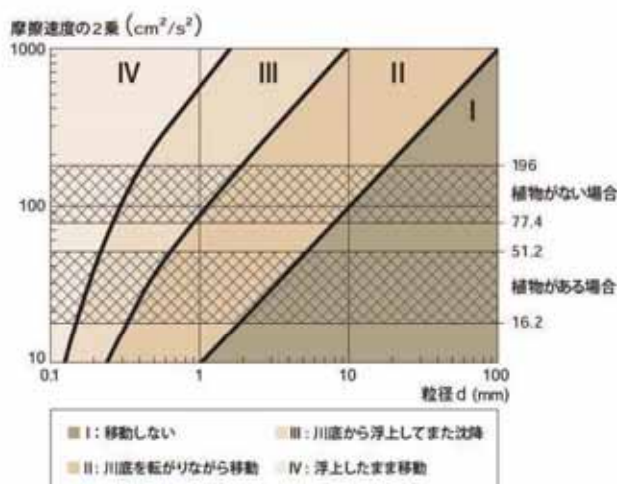


■写真1 河岸に繁茂する植物の状況



■図1 実験河川に2m³/sを流下させた時の「摩擦速度と断面平均流速」

実験河川では、河岸の植物を刈り取った直後(7月)と植物の成長した後(9月)に、洪水実験時の水流量を測定しました。図1は流量2m³/sを流したときの、流速、摩擦力(ここでは、摩擦速度という指標を使いました)を示します。植物があると、流速、摩擦速度とも低下することが分かります。

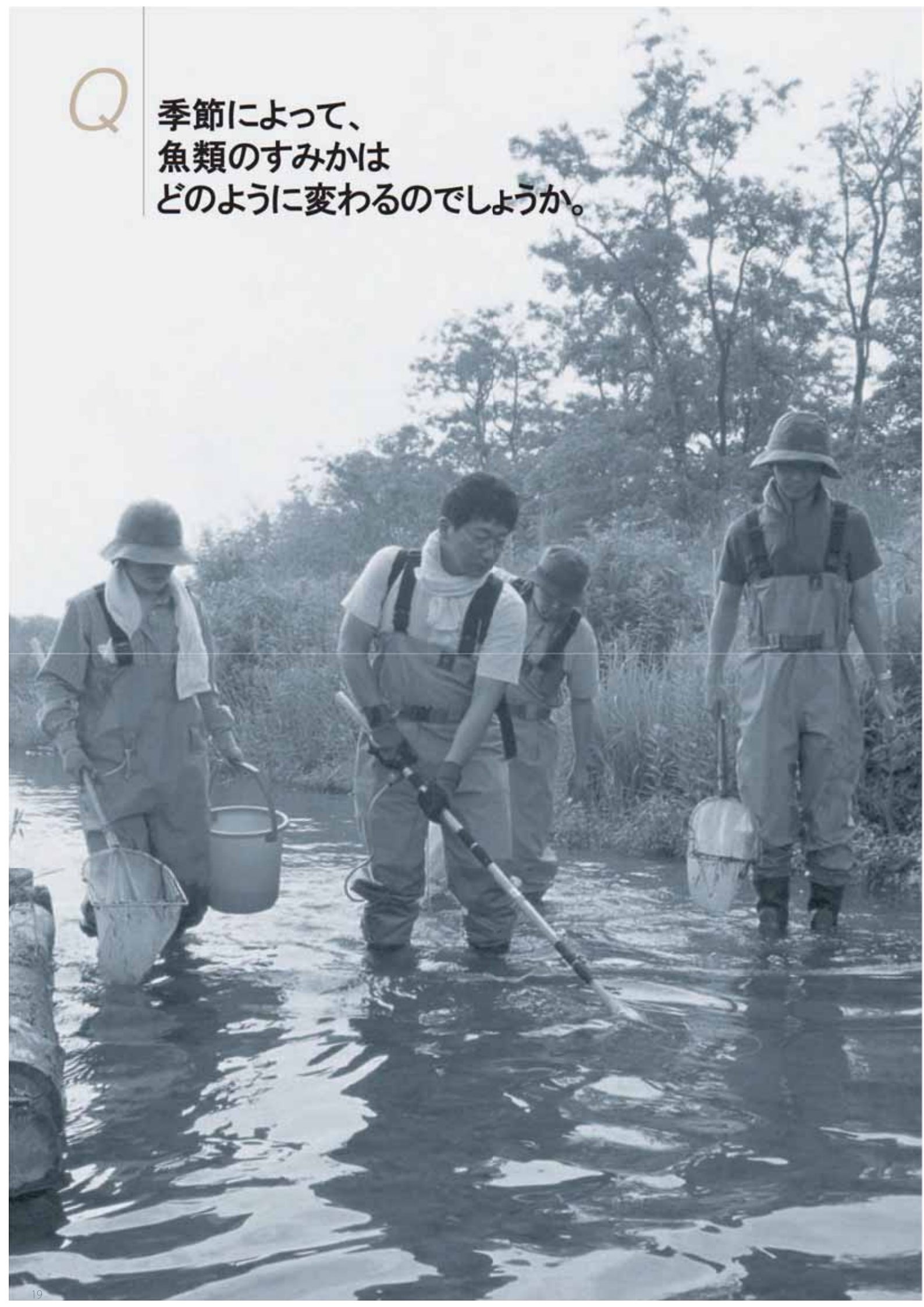


■図2 植生の繁茂による河床材料の移動形態の変化

上が植物のない場合(7月)、下が植物のある場合(9月)の摩擦力(摩擦速度の2乗)の値を示します。実験河川は勾配や川幅が変化するためその値に幅がありますが、全体的に植物のない場合の摩擦力が大きく、河床材料の移動形態が異なります。

Q

季節によって、
魚類のすみかは
どのように変わるのでしょうか。



A

ワンドと本川の魚類生息個体数を比較した結果、水温の低下とともにワンドの生息数が多くなることがわかりました。

ワンドとは、河道内にある池状の水域で、本川の水位変動により接続状況が変化します。本川に比べ流れの緩やかなワンドは、魚類にとって本川の水質汚濁時や洪水時の避難場所になるとともに、仔稚魚の生育の場としての機能もあります。このように本川と異なる自然環境を創出するワンドは、河川の生物多様性に寄与しています。

平成13年度は、実験河川における魚類の生息状況をモニタリングする目的で、実験河川のワンド及び本川において毎月1回の魚類調査を行いました。その結果をもとに、ワンドと本川の関係について考えてみましょう。

一般に魚類は、水温の低い冬季において、流れが緩やかで水深の大きい淵などに多く生息していることが知られています。そこで、実験河川のワンドと本川で、魚類の個体数と水温の関係について、それぞれを比較してみました。その結果、ワンドでは水温が低下するにつれて魚類の個体数が増加しました。反対に、本川では水温の低下とともに個体数が減少しました。これは、水温の低下する冬季においては、魚類の採餌量、運動量が減少するため、流速が小さく、水深が大きいことにより外敵からも比較的安全なワンドなどへ魚類が移動するためだと考えられます。

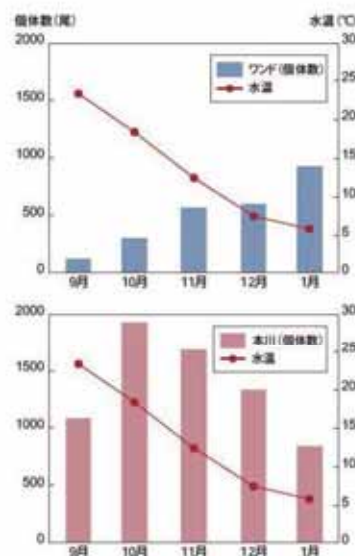
このように、ワンドは多くの魚類にとって重要なハビタットになっています。当センターでは、今後もワンドの調査・研究を継続的に行い、ワンドと生物の関係について明らかにしていく予定です。



実験河川のワンド



調査風景



■ワンドと本川の水温と魚類個体数の関係

Q

植物で覆われた川岸が
コンクリート護岸になると、
水生生物はどのように
反応するでしょうか？



A

多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。

研究目的

- ・自然植生からコンクリート護岸に変わった際に失った機能を把握することは、コンクリート護岸河川において、生物の生息環境改善を考える場合非常に重要になります。
- ・植生護岸の機能を、植物のカバー効果（陸上部・水中部）に注目し、それぞれの植物カバーがもつ機能を検証する実験を、
右記のように各処理区を設定して行いました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、9月中旬に各処理区の設定を行い、10月中旬にエレクトリックショッカーによる魚類そして甲殻類の生息量調査を行いました。

法面タイプによる魚類の生息量比較

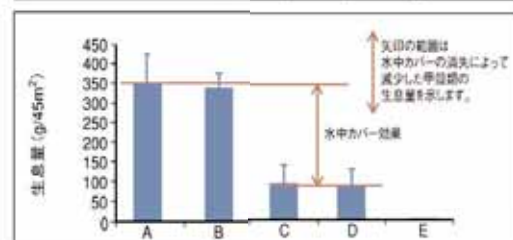
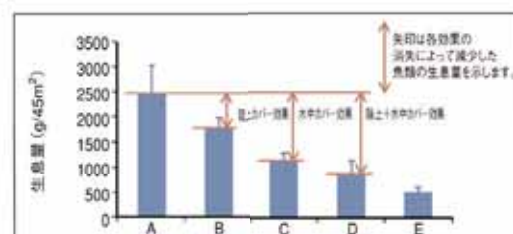
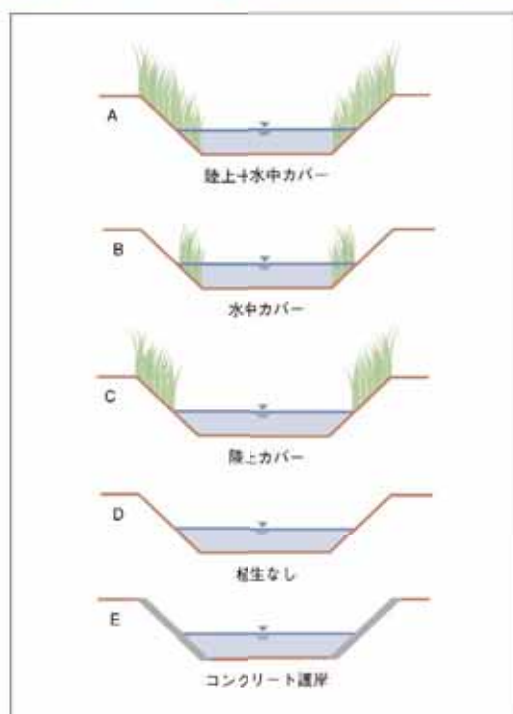
- ・魚類の分布にとって、陸上カバーより水中カバーの方が重要でした。また、コンクリート護岸の魚類生息量が最も小さくなりました。

法面タイプによる甲殻類の生息量比較

- ・甲殻類の分布には、水中カバーの存在が非常に重要でした。また、コンクリート護岸では甲殻類はほとんど生息していませんでした。
- ・水際の機能・・・
水際に植物があると流速が低減し、横断面の流速分布が複雑になります。さらに水生生物にとっての避難場である水中カバーを提供します。
- ・水際にある水中カバーの存在が、水生生物の分布に強く影響を与えることが実験によって示されました。

今後の課題

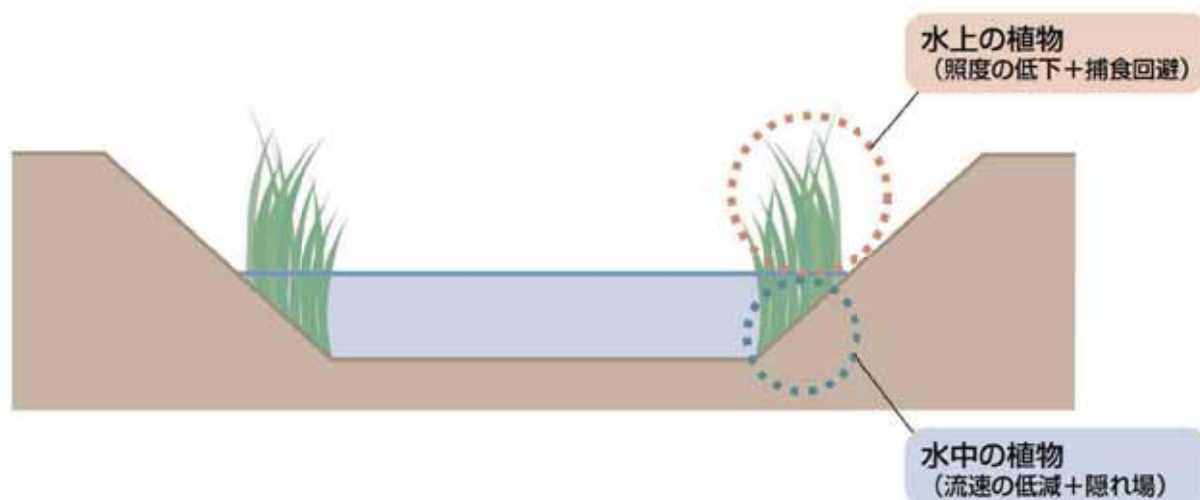
今後はコンクリート護岸河川を対象に、どのような水中カバーが生物の生息環境改善に効果があるのか、実験的に検証することを検討しています。



担当：河口洋一・水野 徹

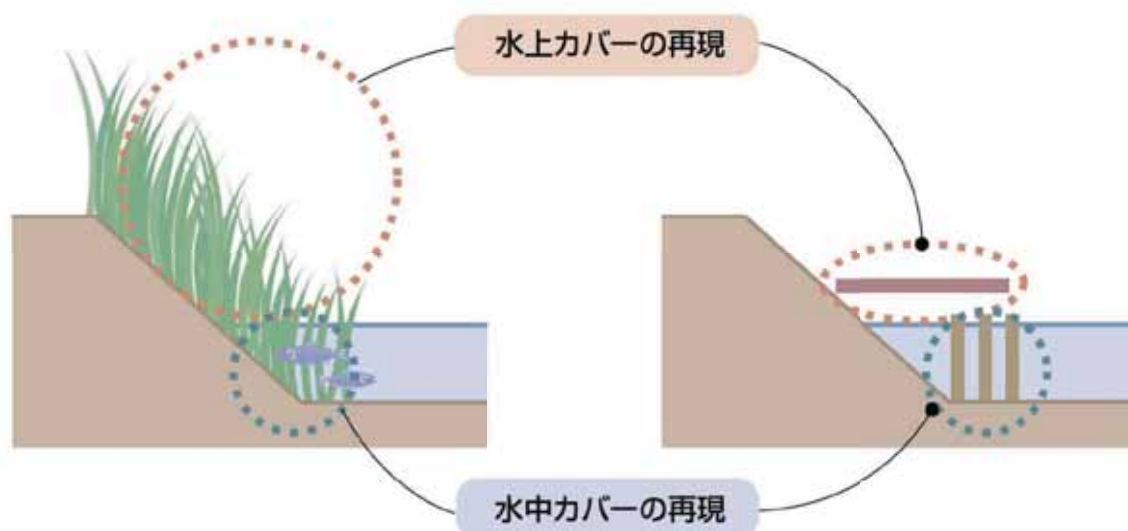
Q

水際植物は水中部と水上部に
分かれます。水上の植物は魚にとって
必要でしょうか？



Q

代替工作物で水際植物の
機能は再現できるでしょうか？



A 水上の植物を取り除くと、多くの魚類や甲殻類はその区間から移動し、水生生物全体の生息量が小さくなります。

研究目的

- ・平成14年度に実験河川で行った研究から、左図で示されるような水際植物の存在が魚類や甲殻類の生息環境にとって重要であることが明らかになりました。
- ・水際植物も水中カバーと水上カバーに分かれます。それぞれのカバーと水生生物の生息量との関係を明らかにするため、図1のように処理区を設定し実験を行いました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、9月上旬に各処理区の設定を行い、10月上旬にエレクトリックショッカーによる水生生物の生息量調査を行いました。

結果と考察

- ・水上の植物を取り除くことによって、魚類そして甲殻類の生息量は小さくなりました。水中に植物があることによって水際の流速は減少し、魚の隠れ場が提供されます。しかし、単に水中の植物で作られる環境だけでなく、水上の植物によって作られる環境も水生生物にとって重要であることが示されました。

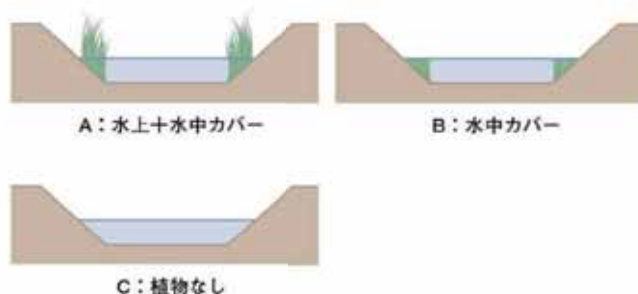


図1 処理区の設定

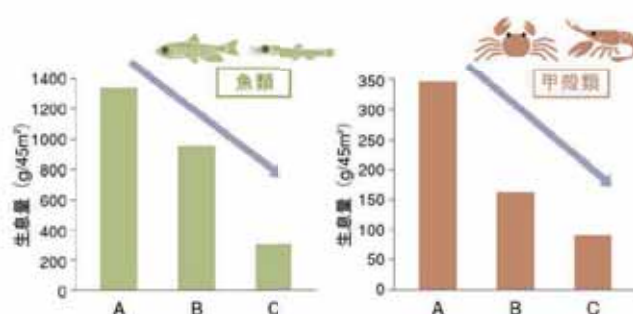


図2 植物の処理と魚類・甲殻類の生息量の関係

A 水中カバーの効果は見られたものの、水上カバーの効果は見られませんでした。

研究目的

- ・水際植物は水生生物にとって重要な生息場を提供します。しかしながら、河川の整備等で水際の植物が取り除かれ、場所によっては植生の回復が見込めない所もあります。そのような場所では、代替工作物による水際植物の機能復元が求められます。
- ・これまで明らかになった水際植物の機能を、水中カバーを木杭（間伐材）で、水上カバーをベニヤ板で再現させ、図3のような処理区を設定して水生生物の応答をみてみました。

調査方法

- ・実験は自然共生研究センター内にある実験河川Aで、10月中旬に各処理区の設定を行い、11月上旬にエレクトリックショッカーによる水生生物の生息量調査を行いました。

結果と考察

- ・木杭によって再現された水中カバーの効果は認められましたが、ベニヤ板によって再現された水上カバーの効果は認められませんでした。
- ・水際植物がどのような機能を持っているのか水中と水上で明らかにし、機能に注目した環境の復元を試みました。水上カバーの復元はうまくいきませんでした。このような機能に注目した生息環境の改善について、今後も検討したいと考えています。

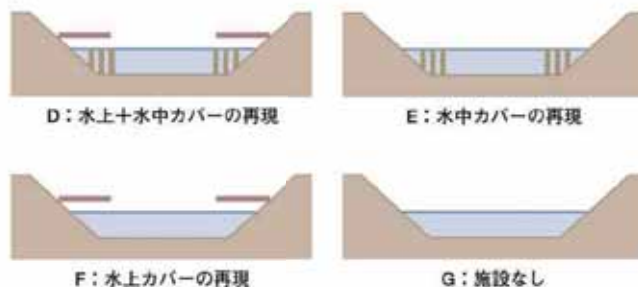


図3 処理区の設定

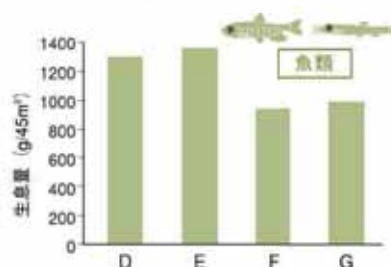


図4 水際機能の再現区と魚類生息量の関係

担当：河口 洋一・齊木 雅邦

A background image of a pond with reeds and water lilies. The water is calm, reflecting the sky and the surrounding vegetation. The reeds are tall and thin, with some leaves showing signs of aging or damage. The overall scene is peaceful and natural.

Q

コイ科魚類の子供達の
恒常的な成育場所は
どのような場所でしょうか？

A

平水時、増水時でも流れが遅く保たれる 「水際のくぼみ」でした。

川の魚のすみかとして、水際の植物や深みなどが大切だといわれていますが、そういった報告の多くは、成魚（大人）や未成魚（ほぼ大人）についてのものです。では、仔魚（新生児）や稚魚（幼児）は、どんな場所に棲むのでしょうか。これを明らかにするために、実験

河川では、オイカワ、タモロコといった本河川で産卵しているコイ科魚類を対象として、通常流している流量時（基底流量時）と人工的に増量して流した流量時（増水時）（写真1）に水深や流速等の物理環境調査と稚仔魚の捕獲調査を行いました。

その結果、稚仔魚は基底流量時には流れの遅いワンドと水際部のみで確認され、流れの速い流心部では確認されませんでした（図1）。一方、増水時にはワンドに生息が限定されただけではなく、仔魚の個体数が増水に伴い増加していきました（図2）。この理由としては、増水時には、流心部や水際部の流れが早くなるに対して、ワンド部はならないこと（図3）が関係しています。すなわち、水際部の流れが早くなり定位できなくなった仔魚が流れの遅いワンド内に流入してきたことが考えられました。従って、増水時でも流れが遅く保たれるくぼみは、稚仔魚の恒常的な生息場所として重要であるといえます。

しかし、こういったくぼみは、河岸の地形をまっすぐにする改修工事により失われ易い環境です。成魚や未成魚が棲み産卵できる環境も重要ですが、魚類が生活史をまっとうするためには、生まれた子供らの保育器やゆりかごとしての環境にも目を配ることが大切です。少子高齢化が問題視されている我々人間社会だけではなく、魚社会でも子供達が安心して生育できる川のバリアフリー化を進める必要があります。



写真1 基底流量時（左）および増水時（中、右）の状況



図1 基底流量時における稚仔魚の確認状況

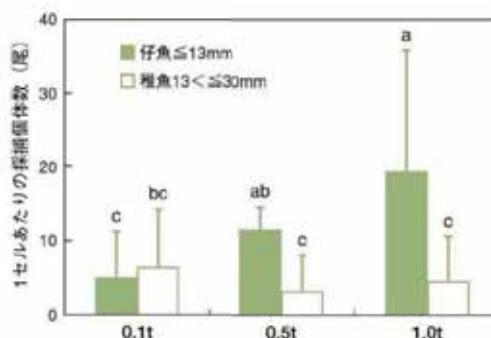


図2 増水時におけるワンド部での稚仔魚の確認状況

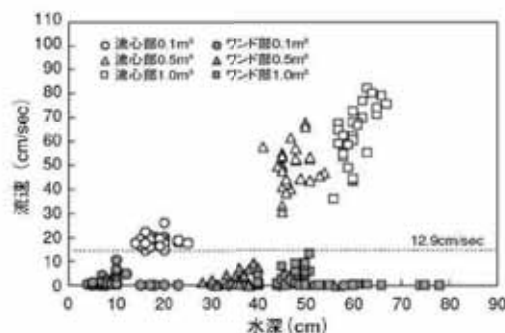


図3 増水に伴う水深および流速の変化

中小河川「Q & A」



平成16年(2004)－平成20年(2008)

- 水際の明るさの違いにより、魚類の生息状況には変化が見られるのでしょうか？
- 自然河岸と護岸では、水際の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？
- 出水時、魚類はどのような行動をとっているのですか？
- 水際タイプが異なると、魚類の生息状況に違いはあるのでしょうか？
- 石の大きさが違うと、その隙間を利用する魚類は異なるのでしょうか？
- 増水時、水際植生は魚類の定位場所として機能するのでしょうか？
- 希少性二枚貝はどのような生息環境を必要とするのでしょうか？
- 魚種によって石の隙間の好みは異なるのでしょうか？
- 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？
- 木杭群の配置パターンが異なると魚類生息量に違いが見られるのでしょうか？
- 水際域を修復するための効果的な木杭群の配置パターンは？
- 川の水が増えたとき、遊泳魚は石の隙間に避難するのでしょうか？
- 自然河岸と護岸された河岸では、河岸の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？



Q

水際の明るさの違いにより、
魚類の生息状況には変化が見られる
のでしょうか？



図1-2-1. 水際が下がっている様子

A

明るすぎず、また暗すぎない水際を
魚類は好む傾向にあります。

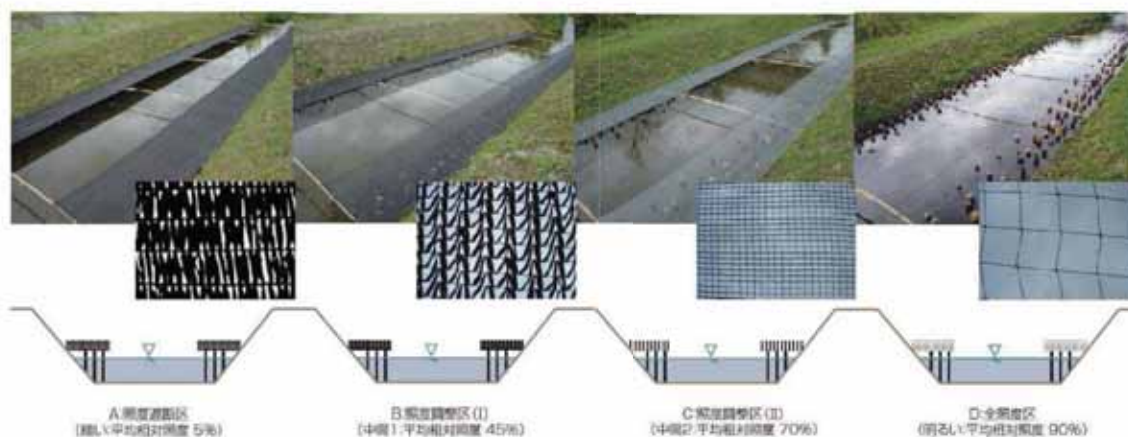
●目 的

代替工作物による水際植生の機能回復の可能性については、成魚を対象にしたこれまでの調査で、水際植生の水中カバー効果（流速の低減、休息場所・産卵気質の提供、捕食圧の低減）の機能を木杭（間伐材）により再現できる可能性があることが明らかになっています。

本年度は、成魚を対象に水際植生の水上カバー効果（捕食圧の低減、日陰の創出）の機能を遮光シートで覆うことにより再現し、成魚の応答を調査しました。

●調査方法

実験河川Aの水際に木杭と遮光性の異なる4種の遮光シート（A（暗い）～D（明るい））を設置し、魚類の生息量について調査しました。調査期間は8月～9月。



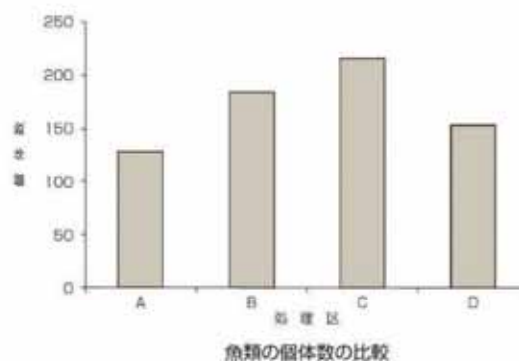
処理区の設定イメージ図

●結果と考察

その結果、水際の明るさの違いにより魚類の生息状況に差が現れ、明るすぎず、暗すぎない状態（中間的な相対照度）を魚類は好む傾向があることが明らかになりました。

処理区C（中間2）の個体数が最も多く、BからAへと次第に暗くなるに従い個体数も減り、また最も明るいDはCより少ないという状況でした。

こうしたことから、代替工作物により水際植生の水上カバー効果を還元するためには、遮光して単に暗くするだけではなく、明るさの調節という点が重要であることが明らかになりました。



担当：新田 良彦・河口 洋一・齋木 雅邦

Q

自然河岸と護岸では、
水際の構造や機能は
どのように異なるのでしょうか？



A

自然河岸には魚の生息に必要な環境を形成する重要な機能がありました。

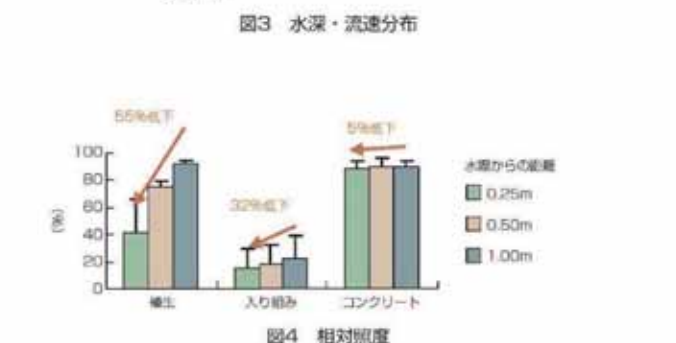
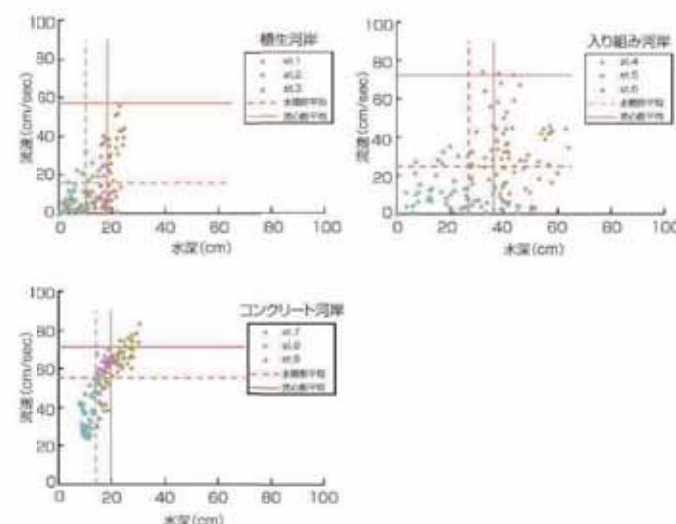
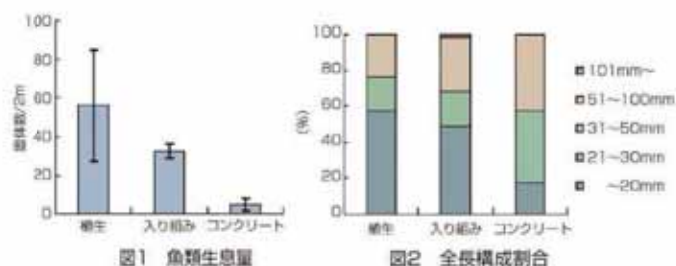
一般に水際域は河道の直線化や拡幅など人為的な影響を受けやすい領域といえます。

現在広く用いられている環境保全型護岸については、自然状態の水際が持つ機能のどの部分が護岸構造によって創出できるのかを考えていくことが重要です。そのためにはまず、自然状態の河岸形状や、それぞれの河岸を特徴付ける物理環境要素、魚類による利用形態を理解する必要があります。

そこで岐阜県の牧田川において、写真1のようにツルヨシの繁茂する河岸（植生河岸）と水際に凹凸のある河岸（入り組み河岸）およびコンクリート護岸（コンクリート河岸）の3タイプの水際を取り上げ、潜水観察による魚類調査と物理環境調査を行いました。

その結果、魚類の生息量は植生河岸で最も多く確認され、コンクリート河岸ではごく僅かしか確認されませんでした（図1）。また、各水際タイプで確認された魚類の多くは稚魚や仔魚でした（図2）。物理環境としては、植生河岸と入り組み河岸には、流速が0に近い遅い領域があるのに対し（図3）、コンクリート河岸にはそのような領域がなかったことが大きな特徴と言えます。

したがって、流れの緩やかな水際域はとくに遊泳力の弱い稚仔魚にとって重要な空間であり、コンクリート河岸に見られた流れの速い場所は利用しにくい環境だったと考えられます。さらに、植生河岸のように植物が水面を覆い水際周辺の照度を低下させる環境は（図4）、捕食圧を低下させるなど生息環境を改善させていることが考えられます。このようなことから、実際の川づくりにおいても、水中では低流速域をつくる工夫や陸上では水面の照度を低下させる工夫といった、自然の水際に見られる事象を参考にした水際処理が望まれます。



植生河岸



入り組み河岸



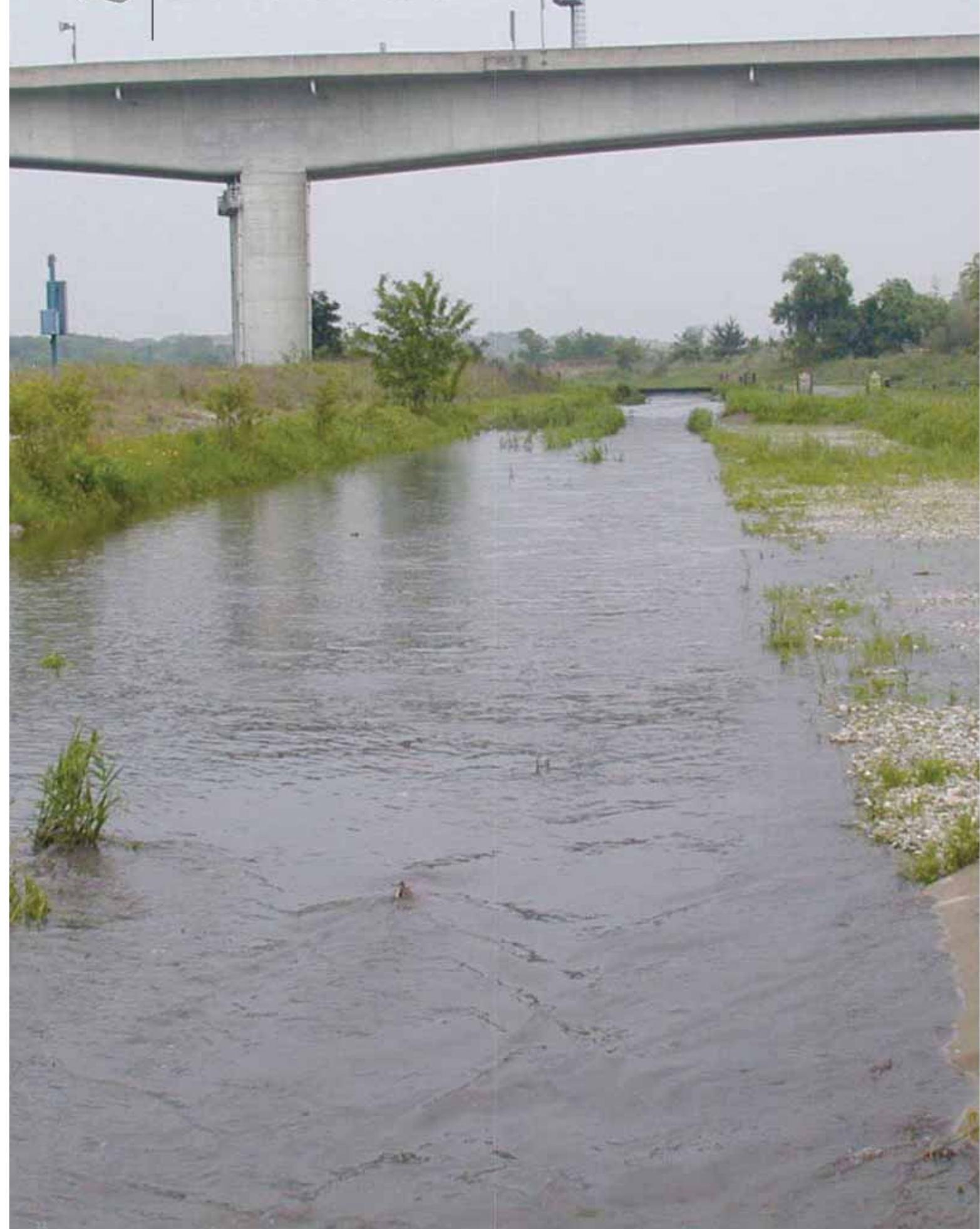
コンクリート河岸

写真1 調査サイト

担当：長谷川 浩二、河口 洋一

Q

出水時、魚類はどのような行動をとっているのですか？



A

出水時の流速等に機敏に反応し 下流への流下を回避しています。

●研究の背景と目的

河川は常に流量を変動させ、時には極端な出水によって生物に大きな影響を与えます。特に水中に生息する魚類は河川の流量変動に大きく影響を受けながら河川内に生息すると考えられます。出水時の魚類行動特性、特に水理特性（流量、流速、加速度（流速の時間変化）、以下、水理特性）との関連を深く理解することは魚類にとって良好な河川環境を保全・復元する上で重要です。このような背景から、自然共生研究センターの実験河川を利用し、出水時の魚類行動と水理特性の関係を把握する研究を行っています。

●研究の方法

自然共生研究センターの実験河川で、人工出水（流量 $0.4\text{m}^3/\text{s} \sim 2\text{m}^3/\text{s}$ ）を複数パターン発生させ実験河川内に魚類（コイ及びギンブナ、以下、供試魚）を離しその行動を追跡しました。魚類行動の追跡は実験河川周辺に生息する供試魚に電波発信機を装着して魚類行動を追跡し魚類が利用した場所を記録しました。

人工出水発生時の水理特性を算定するため、1次元不等流計算を行い魚類が定位した場所の水理特性を算定し、魚類行動との関係性を把握しました。

●結果と考察

出水時、供試魚は流速と加速度に対応した行動をとりました。

魚類の流速に対する遊泳能力は体長に関係することが知られ体長の2～3倍程度の流速が移動できる限界といわれます。図-1に示す供試魚の体長は約0.2mのため0.4～0.6m/sが移動限界であると考えられます。供試魚が上流への移動する間の流速は約0.5～0.6m/sで供試魚の移動限界の流速と概ね一致しています。このことから、供試魚は移動限界以下の流速になったタイミングで上流へ移動し下流への移動を回避している可能性が高いと考えられます。

では、流速減少のタイミングはどのように把握するのでしょうか？図-2に加速度（流速の時間変化）と魚類移動の関係を示します。供試魚は、加速度が0以下、減少傾向になった時に上流へ移動していることが分かります。加速度の増減は将来的な流速の増減をある程度正確に予測する指

標と考えることができます。魚類は、加速度を指標に今後流速が増加するかしないかを評価し上流への移動をタイミングを把握している可能性が高いと考えています。

このことから、魚類は加速度で上流への移動のタイミングを判断しながら、自分の移動限界の流速以下になった時に上流へ移動している可能性が高いと考えられます。

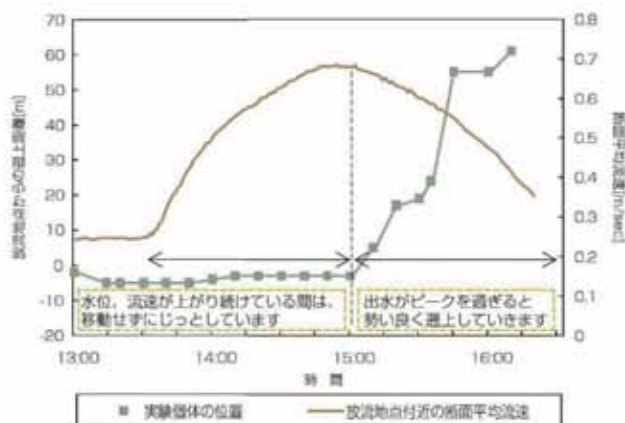


図-1 流速－遡上距離

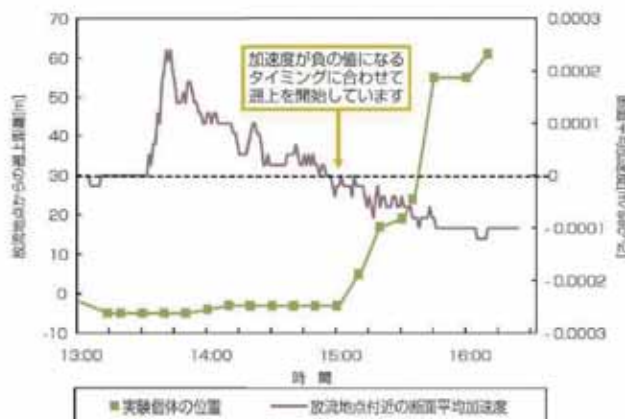


図-2 加速度－遡上距離

担当：傳田 正利

Q

水際タイプが異なると、魚類の生息状況に違いはあるのでしょうか？



A

違いがあります。また、流速や川底の状況によっても異なります。

◆ 背景と目的

自然共生研究センターでは、実験河川や実河川において、水際域を対象とした調査を行っています。これはより良い川づくりを効果的に進めていくためには、一つでも多くの水際環境の調査を行い、その機能を明らかにしていくことが重要だと考えているからです。

今回は水際植物の繁茂状況に注目し、それが異なる水際のタイプについて現地調査を行いましたので、その結果について報告します。

◆ 方 法

岐阜県の牧田川において、水際植物の繁茂状態が異なる4箇所を選定し、Type1～Type4に区分しました(図1)。それぞれのType毎に縦断方向6m、水際からの横断方向2mの調査区を5箇所設置し、それぞれの調査区を縦断方向2mのセルに3分割しました。その各セルについて、潜水観察による魚類調査と、物理環境調査として水深や流速、河床材料等を測定しました。

◆ 結果と考察

図2は1セル当たりの平均個体数を示しています。Type1(山付部カバー有)で最も多く、Type3(水中と陸上に植生有)が続きます。一方、最も少なかったのはType4(陸上のみ植生有)でした。次に、遊泳魚と底生魚の割合は、個体数の多いType1とType3では遊泳魚が80%程度を占めたのに対し、Type4では底生魚が80%程度を占めました(図3)。個体数別グループと各水際タイプのセル数では、同じType内の15セル(5調査区×3セル)における個体数が同数程度ではなく、ばらつきがあることが判りました(表1)。

なぜ同じ調査区でも各セルによって個体数にばらつきが見られたのでしょうか?物理環境調査の結果から、遊泳魚では個体数が多いセルは流速が抑えられていることが判りました。底生魚では礫の隙間といった極めて小さな空間の環境が重要であると考えられます。

したがって、川づくりにおいて水際処理を検討する際には、水際付近の工夫だけではなく、流速を抑える工夫や程良い河底の状況を作り出すことが望まれます。

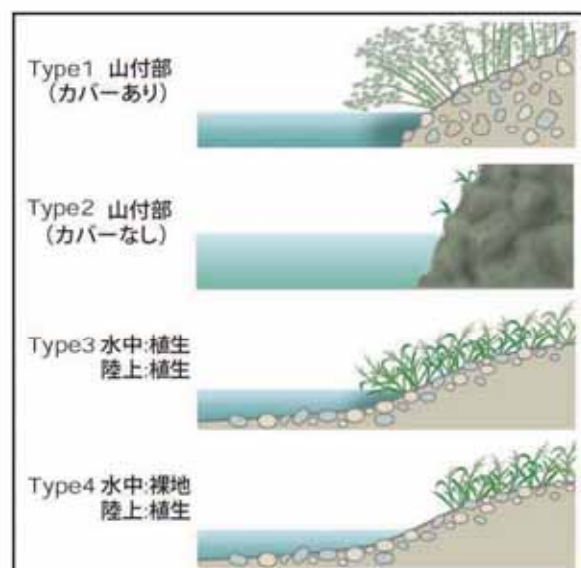


図1 水際タイプ区分

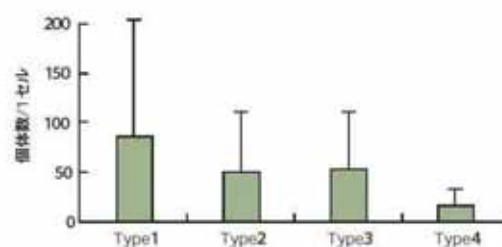


図2 魚類個体数(平均)

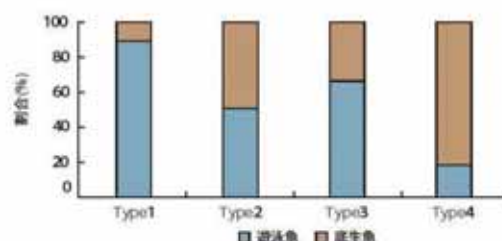


図3 遊泳魚と底生魚の割合

表1 個体数別グループと各水際タイプのセル数

	個体数		セル数				
	I	II~IV	Type1	Type2	Type3	Type4	
Group1	30~200	15~132	9	4	1	4	0
Group2	30~150	0~6	5	0	3	2	0
Group3	0~15	10~31	10	8	0	2	0
Group4	0~20	0~8	36	3	11	7	15

	個体数		セル数				
	I	II~IV	Type1	Type2	Type3	Type4	
Group1	10~50	9~30	12	1	6	3	2
Group2	10~25	0~6	4	0	0	0	4
Group3	0~8	7~24	10	5	1	4	0
Group4	0~5	0~6	34	9	8	8	9

全長(I:<3cm II:3~5cm III:5~10cm IV:10~20cm)

担当: 新田 良彦・秋野 淳一

Q

石の大きさが違うと、
その隙間を利用する魚類は異なるのでしょうか？



A

定着する魚類は 群集レベルで異なってきます。

■ 背景と目的

我が国では古来より、様々な方法で川に石を配置することによる治水対策が行われてきました。一方で石により形成される間隙は、魚類をはじめとする水生生物の隠れ場所としても機能してきました。近年ではこれらの機能を併せ持つ護岸（環境）ブロックが日本全国の河川工事に使用されています。しかし、これらの生物の隠れ場所としての設計基準は、生物の隠れ場所の好みは厳密には反映されておらず、設置後の科学的評価もなされていません。従って、環境ブロックを生物の棲み場所として機能させるには、生物にとっての石の隙間の好みを明確に評価して、護岸ブロック開発に反映させる必要があります。

■ 方法

2005年12月に実験河川Aに巨礫（径35cm）、大礫（径20cm）および中礫（径4cm）の3種類の礫を水辺に敷き積み、各礫に対する調査地を3箇所ずつ造成しました。そしてそのまま半年間河川に残置させてから、2006年の6月下旬に各調査地において魚類の捕獲調査を行いました。捕獲は、各調査地の礫部を覆うように網で仕切り、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いました。また、取り除いた礫を一定容器内に積めて、水を充満させることにより、各礫で形成された間隙の容積を算出しました。

■ 結果と考察

礫を水辺に設置することにより、どの礫サイズにおいても40-50%の間隙が形成されることがわかりました（図1）。また、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と大きく異なりました（図2）。

各調査地で捕獲された魚類群集は図3のように区分されました。グループAは中礫の3つの調査地が含まれ、底生魚であるシマドジョウ属とヨシノボリ属が代表種でした。また、グループBは、大礫の2つの調査地と巨礫の3つの調査地（大礫の1つの調査地を含む）に区分され、前者はウナギとウキゴリが、後者はタモロコ、モツゴおよびフナ属が代表種でした。以上より、礫により形成される水中の間隙は様々な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魚類の群集構造が異なることが示されました。

このような違いがみられる要因として、間隙の大きさ、形、流速、暗さ、水深などが影響していると考えられ、平成19年度には発展的研究として、以上の因子をコントロールして想定した魚類を定着させる実験を行っています（写真1）。

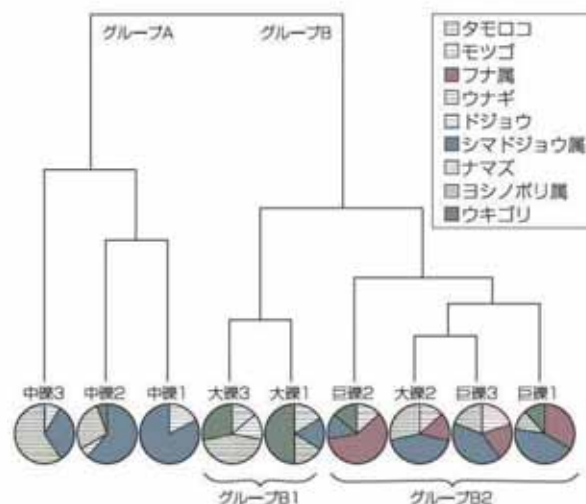
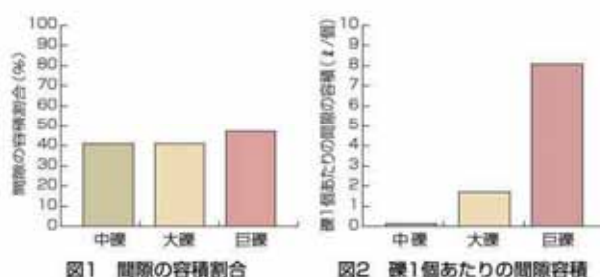


写真1 間隙実験の様子

担当：佐川 志朗、矢崎 博芳、秋野 淳一、大森 徹治

Q

増水時、水際植生は
魚類の定位場所として機能するのでしょうか？

0.2m³/s

0.8m³/s

A

機能します。
しかし、流量の違いにより程度は異なります。

■ 研究の背景と目的

当センターで過去に行った研究から、河川の水際植生域には流速や照度の低減効果があるため、平常時には魚類の生息に良好な環境になっていることが確認されています。では、増水時にも同様に機能するのでしょうか？その結果について報告します。

■ 方法

調査は実験河川Aで行いました。流量は $0.2\text{m}^3/\text{s}$ から $0.35\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ と2時間毎に変化させました（左写真）。左岸の草をすべて刈り取り、各流量で水際から1mを「裸地区」としました。右岸の草はそのまま残し、各流量で同様に「植生区」としました。各流量において植生区4地点と裸地区4地点を対象とし、電気ショッカーを用いた魚類調査を実施しました。

■ 結果

魚類調査の結果、増水時にも植生区は魚類の巡航速度以下に流速が保たれ、裸地区と比べ魚類の定位場として機能していることと、魚類個体数は $0.2\text{m}^3/\text{s}$ ～ $0.5\text{m}^3/\text{s}$ までは流量が増加すると減少傾向を示しますが、 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ になると、増加することが明らかとなりました（図1）。

■ 考察

$0.2\text{m}^3/\text{s}$ ～ $0.5\text{m}^3/\text{s}$ にかけて個体数が減少した理由は、増水による水位変動が起こり、水が濁りはじめ、流速が大きくなることから、魚類はこれを避ける場所を探して上流へ移動したためと考えられます。 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ で個体数が増加した理由は、流心の流速が突進速度を超え耐えられなくなった魚類は流速が巡航速度以下の植生区に寄ったためと考えられます（表1、図2）。

以上より、増水時には水際植生は魚類の定位場所として機能しているが、流量によって程度が異なることが明らかとなりました。

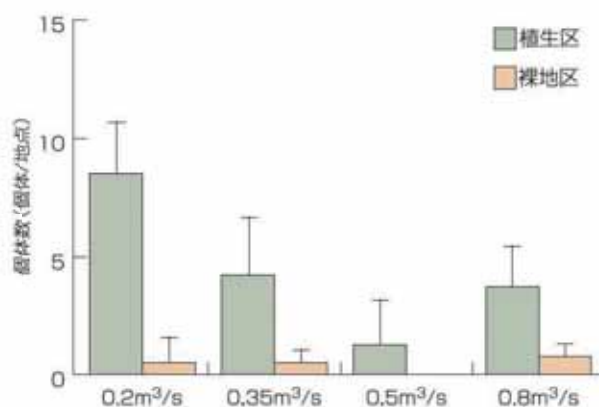


図1 魚類個体数推移

表1 突進速度と巡航速度

	維持時間	速度の目安	本調査での目安 (平均体長6.5cm)
突進速度	数時間	体長の10倍	65cm/s
巡航速度	数秒間	体長の2～3倍	19.5cm/s

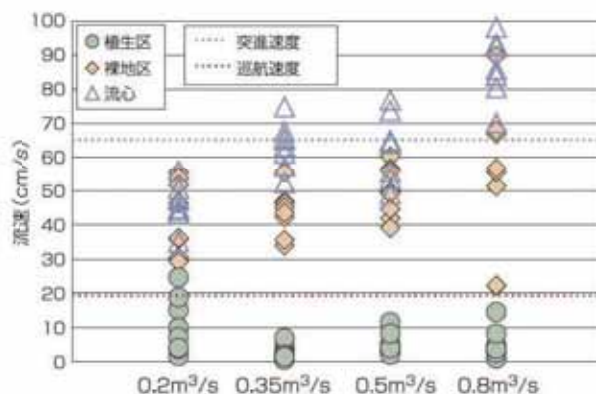


図2 流速推移

担当：秋野 淳一、佐川 志朗、矢崎 博芳

Q

希少性二枚貝は
どのような生息環境を必要とするのでしょうか？



A

流れの変化に富み、
幼生が寄生する魚も多く生息できる環境が必要です。

■ 研究の背景

希少性二枚貝とはイシガイ目に属する仲間(イシガイ類)を指しており、日本には18種類が確認されています。イシガイ類は、魚類を交えた複雑な共生関係で知られており、タナゴという魚の仲間はその卵を生きたイシガイ類の中に産み付けなければなりません(図1)。また、イシガイ類の幼生(子供)はしばらくの間はヨシノボリやオイカワなどの魚に寄生しなければ生きていけません(図1)。したがって、イシガイ類の数や種類が減ることは、魚を含む水生生物の数や種類に大きな変化が生じていることを間接的に示しています。以前は平野部の小河川やため池、そして水量が比較的安定した森林河川などに数多く生息していたようですが、河川改修や圃場整備によりイシガイ類の生息数・生息範囲ともに激減しています。イシガイ類の生息環境を残そうという試みは各地で行われていますが、その生態などに関して多くのことが未解明であるため、効果的な対策を講じることが困難です。

■ 結果

ここで紹介する研究成果は、岐阜県関市の農業用排水路において得られた結果に基づいています。イシガイ類4種が同所に生息する自然度の高い水路(左ページ写真参照)では、4種それぞれが異なる生息環境を好んでいることが分かりました(図2)。特に、オバエボシガイとカタハガイは、それぞれ流心部と水際部に非常に多く見られました。このことは、横断方向の環境多様性(例えば流速の違い)が、イシガイ類の種多様性の維持に重要であることを示しています。また、マツカサガイに注目した研究では、隣接した、底がコンクリートで覆われている水路(三面区)と底が砂や礫で構成される水路(二面区)を比較しています(図3)。ここでは、三面区では二面区に比べて、マツカサガイの生息密度が約4分の1と極端に小さいことがわかりました(図3)。これには、三面区には宿主となる魚(オイカワやメダカなど)がほとんど生息していないことがその理由として挙げられます(図4)。一見、同じように見える二つの区間ですが、二面区では夏から秋にかけて水生植物が繁茂し、魚の好む生息環境を作り出していました。これらの結果から、イシガイ類は、流れの緩急と砂や礫等に富み、また多くの魚類に生息場を提供できるような環境を必要とすると考えられます。

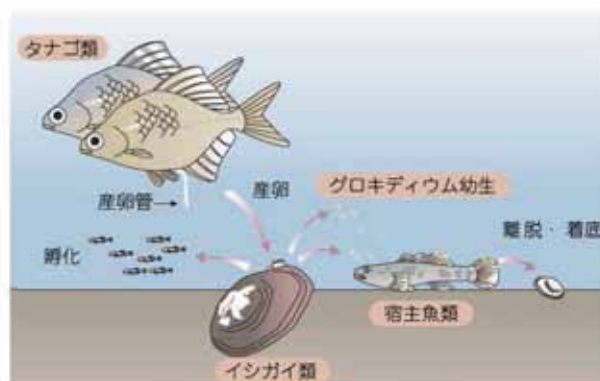


図1 魚類とイシガイ類の共生関係

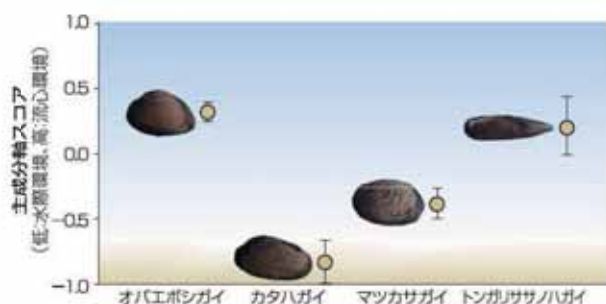


図2 二枚貝と生息環境の関係

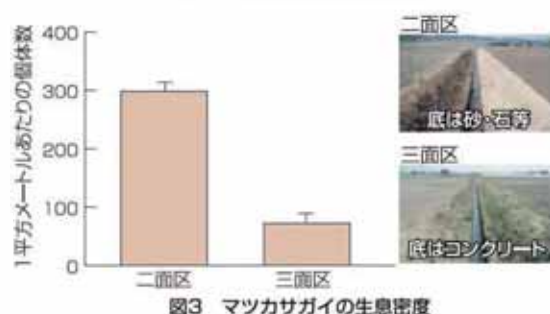


図3 マツカサガイの生息密度

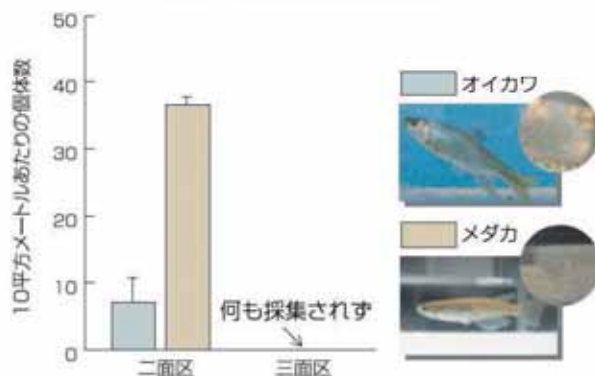
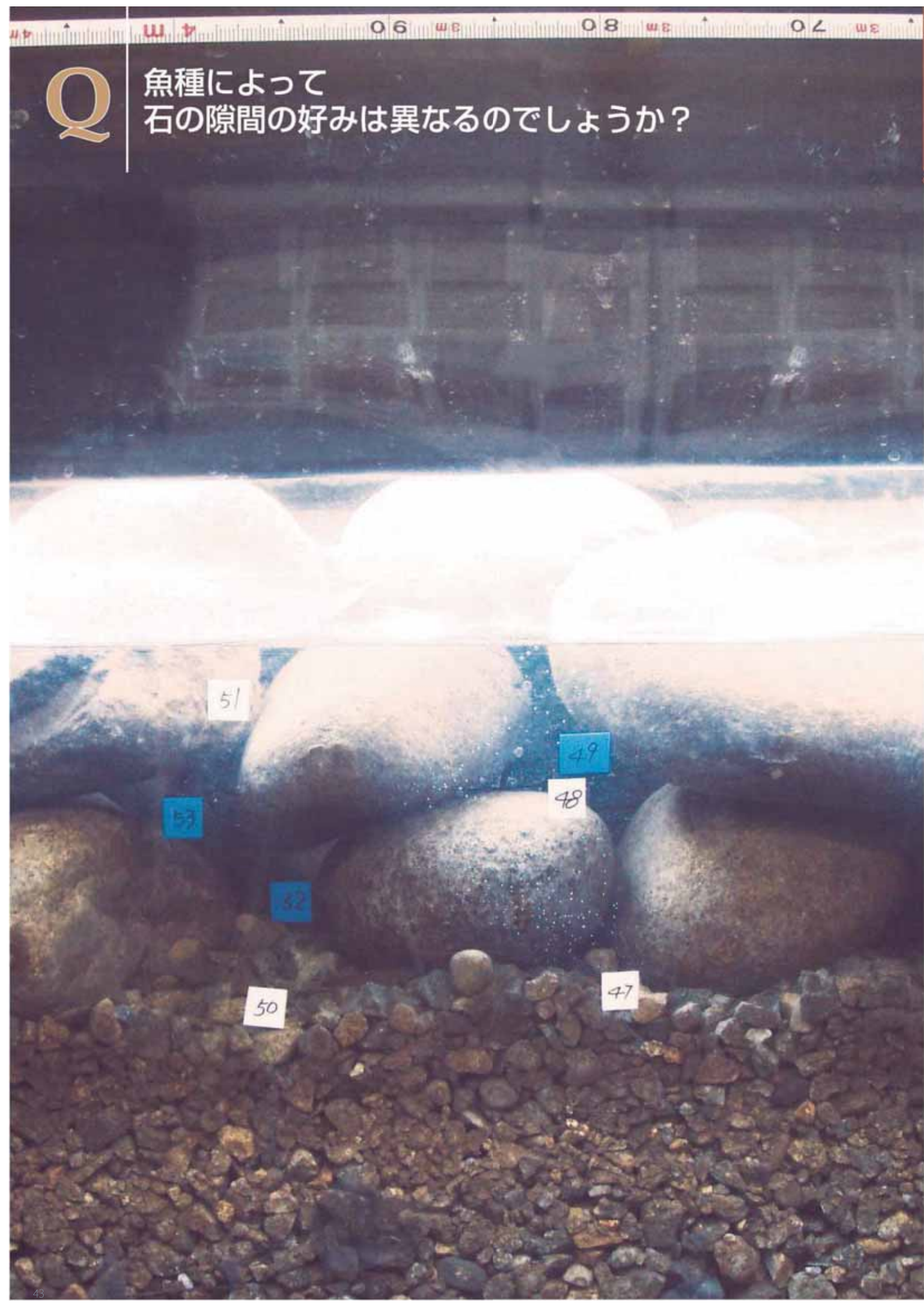


図4 宿主魚類の生息密度

担当：根岸 淳二郎

Q

魚種によって
石の隙間の好みは異なるのでしょうか？



A

魚種により、また、昼夜でも異なります。

■ 背景と目的

河川に堆積する石により形成される隙間（間隙）は魚類の生息場所として機能しています。我が国では、間隙機能を付加した環境保全型の護岸ブロックや根固工（捨石工）等が河川改修に導入されてきました。しかし、魚類の生息を満たすための設計方法は、魚類の間隙の利用特性に関する知見が乏しいため確立されていません。本研究は、石の間隙スケール（隙間一つ一つ）での魚類の利用特性を把握することを目的としました。

■ 方法

我が国に優占分布するオイカワ、タモロコおよびフナ属の昼夜における間隙の利用特性について、実験水路を用いて調査を行いました。実験水路は延長25m幅5mの環流式の水路であり、左岸側の側壁が透明アクリル板となっており地下からの水中の目視が可能な構造となっています（左写真参照）。実験に先立ち、水路幅を1.6mに縮小させて左岸側の0.8m幅に大礫および巨礫を層状に敷き詰める改修を行いました。魚類調査は0.1tの流量下（流速0~0.84m/sec）で連続4日間の日中8時および日没後18時にアクリル面からの目視観察が可能な全

355箇所の間隙を対象に実施しました。また、間隙内の物理環境として容積、間隙までの水深、流速、照度の計測を行いました。

■ 結果と考察

解析の結果、各種の間隙利用割合は昼間（30~70%）が夜間（30%以下）よりも大きく、特にタモロコの利用が多いことが明らかになりました。また、各種ともある定位置間隙への経時的な定着性はほとんどみられませんでした。利用する間隙の位置には種特異性がみられました。すなわち、オイカワは昼には流心側の流れのある間隙を利用し、夜には表層の開放間隙に移動しました。タモロコは昼には底層の暗い閉鎖間隙を利用し、夜には水際の表層の流れのない間隙に移動しました。フナ属は昼間には流心側の深く流れのない暗い閉鎖間隙を利用しました（表1、図1）。

以上のように、魚種ごとに利用する間隙の位置には特徴がみられ、昼夜によっても利用場所が異なることが明らかとなりました。従って、多自然川づくりにおける環境ブロックや根固工は、多様な間隙環境が創出されるように設計、配置する必要があります。

表1 石の間隙を利用する魚類の行動

	昼 	夜 
オイカワ 	流心側の流れのある間隙	表層の開放間隙
タモロコ 	底層の暗い閉鎖間隙	水際の表層の流れのない間隙
フナ属 	流心側の深く流れのない暗い閉鎖間隙	夜には確認数が少なく好みの間隙が不明

間隙の定義

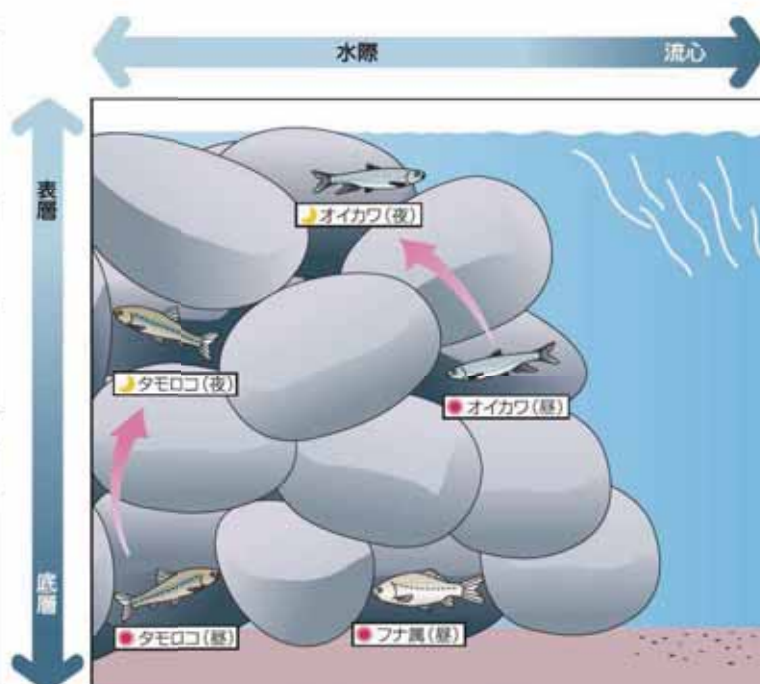
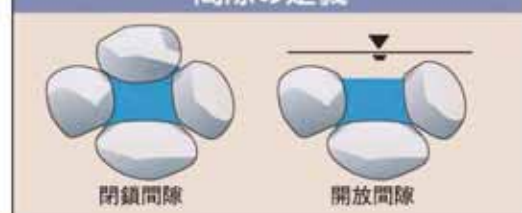


図1 魚種ごとの間隙利用状況

担当：佐川 志朗、矢崎 博芳、秋野 淳一

Q

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？



A

河岸に積まれた石と石の隙間が 越冬場として機能しています。

■ 背景と目的

昨年実施した礫実験から、礫間の隙間（以下、間隙）が生息場所として機能し礫径によって魚類の生息が異なることが明らかになりました。しかし、1）電気ショッカーを用いた昨年度の実験では生息個体の多くが間隙に逃げ込み採捕率が低い、2）生息状況の季節変化を把握していない、ことに問題がありました。そこで、今年度は間隙に生息する個体数を全量把握し、その季節変化を明らかにすることを目的として実験を行いました。

■ 間隙実験の方法

間隙に生息する個体を全量採捕するために以下の手順で実験を行いました。①陸上にて鎖で石礫を連結する（以下、石礫群）、②実験河川の水際に沿った河床に魚類採捕用の網（3.0m×2.6m）を敷設する、③敷設した網上に石礫群を重機を使って吊り降ろし実験区（2.0m×1.6m）を設置する、④魚類が定着する目安となる3週間この状態を維持する、⑤魚類調査を実施する。⑤では、石礫群の下に敷設した網で石礫群を囲い魚類が逃避できない状態とした後、重機で石礫群を吊り上げて、石礫内の魚類を全て網で採捕しました（写真1）。

実験に用いた礫径は3種類（φ100、200、350mm）、礫径それぞれについて実験区を3つ設け、生息量の平均値とばらつきを明らかにしました。

■ 結果と考察

1）期待通り石礫群内の魚類を全量採捕することができました。その結果、礫径毎の変化として夏季には礫径が大きくなると遊泳魚が増える傾向がありました（図1）。2）季節毎の変化では、夏、秋、冬で、それぞれ58m²当たり150～300個体の魚類が確認され、夏季、秋季よりも冬季における生息個体数が多いことが確認されました（図2）。特に、遊泳魚（タモロコ、オイカワ、モツゴ）は冬季に個体数の増加が確認されました。

過去に実施した水際植生に関する調査結果を見ると、植物帯での魚類の生息量は秋季に多く冬季に減少する傾向が認められましたが、間隙では逆の傾向を示し、実験河川のような浅い水域でも間隙は越冬場として機能することがわかりました。今後、得られた結果を工法開発等具体的な水際域の保全・修復手法に結び付けていくことが必要となります。



写真1 房状の「石礫群」

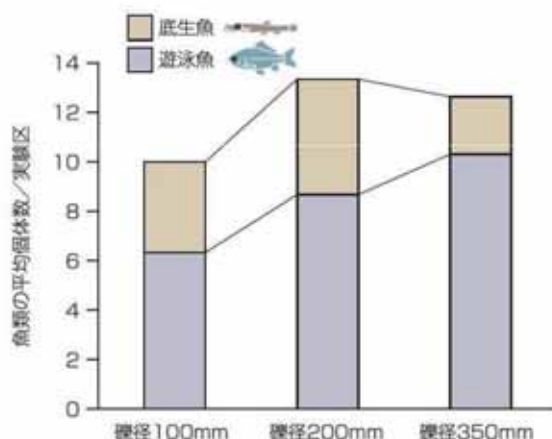


図1 夏季における礫径毎の魚類の平均個体数

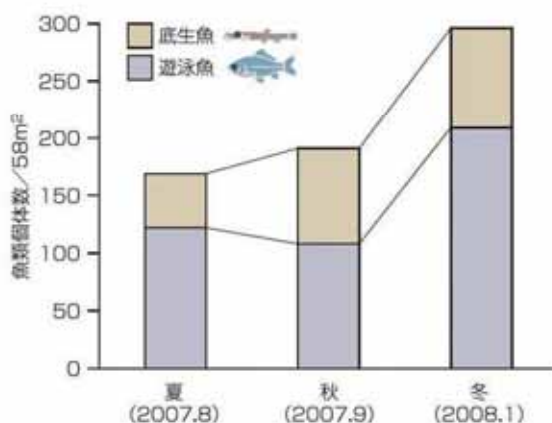


図2 調査時期別の魚類個体数

担当：大森 徹治、佐川 志朗、萱場 祐一

Q

木杭群の配置パターンが異なると
魚類生息量に違いが見られるでしょうか？



A

小流量時には断続配置より 連続配置の方が魚類生息量は大きくなります。

背景と目的

河川の水際域は魚類の生息場として重要な領域で、多様な水際域が有する流速低減や遮蔽といった機能が魚類の定着に寄与していることが明らかになっています。こうした水際域が、河川の整備等で取り除かれ、場所によってはその機能の回復が見込めないところもあります。こうした場所では代替施設等により水際域の機能を復元するといった選択肢が考えられます。代替施設による水際域修復手法の一つである木杭群に着目し、木杭群の配置パターンと魚類（遊泳魚）生息量との関係を調査しました。

方法

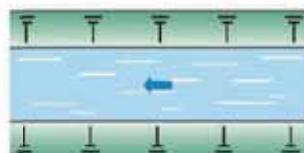
実験河川Aの水際に、木杭群を設置しないケースA、断続的に配置するケースB、C、連続的に配置するケースDの計4ケース（図1）を各2調査区、同じケースが隣り合わないようランダムに配置し、計8調査区設定しました。調査区毎にエレクトリックショッカーを用いて魚類（遊泳魚）の生息量調査を実施しました。2回の反復採捕を行い、その結果から各調査区の生息個体数を推定しました。また水深、流速、河床材料を計測しました。

結果と考察

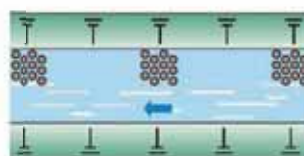
各ケースの推定生息個体数は連続配置のケースDで多く、木杭群の配置パターンの違いが魚類（遊泳魚）生息量に影響していることが示されました。この傾向は優占するオイカワ、タモロコでも同様の傾向がみられました（図2）。これまでの研究で、低流速域の存在が魚類の生息に寄与していることが報告されていますが、本研究においても、木杭群の占める面積割合が大きい連続配置の方が低流速域（0.1 m/s以下）の占める割合が大きく、魚類の生息量も大きくなることが示されました。

ただし、本実験は小流量時に限定された結果であるため、今後流量の幅を拡げて検討したいと考えています。

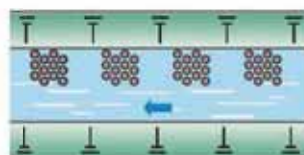
A：木杭群設置なし



B：断続的に配置〔粗〕



C：断続的に配置〔密〕



D：連続的に配置

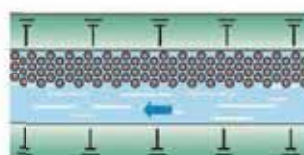


図1 木杭群の設置パターン

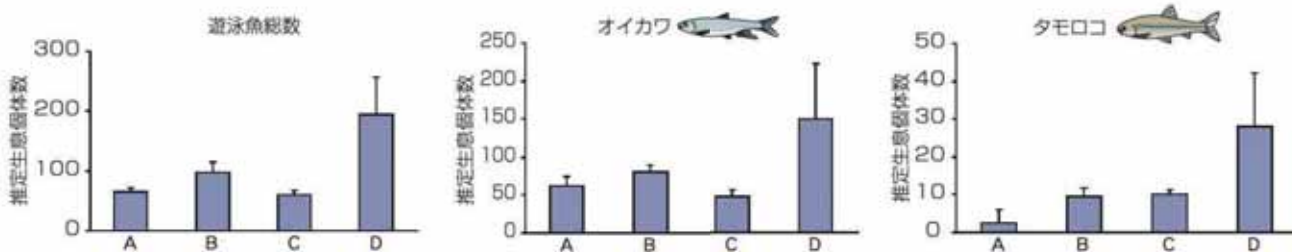


図2 個体数比較

担当：青木 繁幸、佐川 志朗、秋野 淳一

Q

水際域を修復するための
効果的な木杭群の配置パターンは？



A

同じ量の木杭群を配置するのであれば、断続配置の方が効果的です。

■ 背景と目的

過去の河川改修等により失われた水際域の機能を修復する手法の一つとして、木杭群の設置が考えられます。昨年、我々が実施した実験では、調査区内に占める木杭群の面積割合が大きいほど遊泳魚類の生息量が多いことが明らかとなりました。本研究では、木杭群の配置を実験的に操作して、効果的な配置方法を検討することを目的に調査を行いました。

■ 方法

実験河川Aの右岸水際域に、木杭群を設置しない(ケースA)、断続的に配置する(ケースB)、ケースBと同じ量の木杭群を連続的に配置する(ケースC)、および調査区右岸全体に設置する(ケースD)の4ケース(図1)をランダムに各3調査区、計12調査区を設定しました。0.25m³/s(低流量時)および0.50m³/s(高流量時)の条件下で、それぞれの調査区毎にエレクトリックショッカーを用いて遊泳魚類の生息量調査を実施しました。2回の反復採捕を行い、その結果から各調査区の生息個体数を推定しました。また各調査区的环境要因(水深、流速、河床材料)を計測しました。

■ 結果と考察

いずれの流量下においても、ケースD(木杭群の面積が他ケースの倍以上)の推定数が多い結果となり(図2)、木杭群の面積割合が大きいほど遊泳魚類の生息量が多いという昨年度の結果を支持しました。低流量時には、ケースA、B、C、Dの順で推定数が増える傾向がみられましたが、これらの間には有意差は確認されませんでした(図2上段)。一方、高流量時には、ケースCの推定数が少なく(図2下段)、ケースBの推定数はケースDと同程度に多く保たれました。各環境要因と魚類の推定数との相関分析の結果、高流量時にのみ有意な相関が確認され、右岸(木杭群側)平均流速とは負の、低流速域(各調査区におけるオイカワの巡航速度以下の面積割合)とは正の相関がみられました。さらに、高流量時にはケースBはケースDと同程度の広い低流速面積が維持されていました。

以上より、低流量時には木杭群の効果の差異は明確ではないものの高流量時には差異が生じること、そして、同一面積の木杭群を設置するのであれば、低流速域の面積が大きくなる断続的な配置方法が適切であると考えられました。

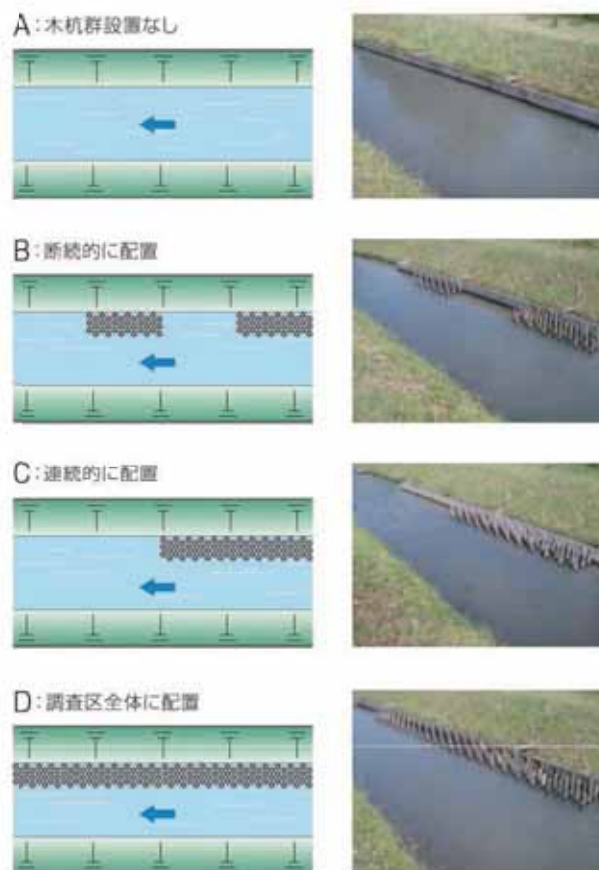
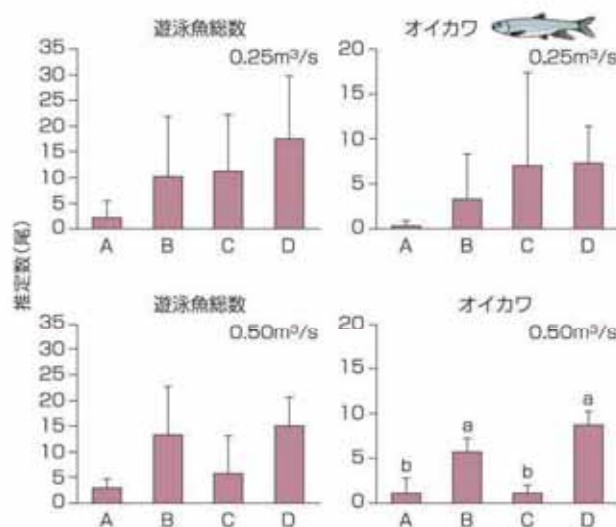


図1 木杭群の設置パターン



注) バーは標準偏差を表す。グラフ上に付けたアルファベットが異なる場合、有意に差があることを示す。

図2 個体数比較(上:0.25m³/s 下:0.50m³/s)

担当: 青木 繁幸、佐川 志朗、宮下 哲也

Q

川の水が増えたとき、
遊泳魚は石の隙間に避難するのでしょうか？



A

河岸に積まれた石礫群が、
オイカワの増水時の避難場所として機能しています。

■ 背景と目的

昨年度までに実施した実験から、礫間のすきま（以下、間隙）が冬期を含めた平水時の生息場所として機能していること、および礫サイズによって魚・甲殻類の選好性が異なることが明らかになりました。しかし、増水時に魚・甲殻類がどのように間隙を利用するかについては明らかになっていません。

実験河川では人工的に洪水を発生させることは可能ですが、増水時に河道内で魚類等を採捕することは、技術的に難しく、採捕方法に工夫が必要です。そこで、今年度は、昨年度の敷網による採捕方法を応用して、増水時の間隙に生息する個体を全量採捕することで、増水時の魚等の利用状況、間隙の機能を明らかにすることを試みました。

■ 間隙実験の方法

増水時に間隙を利用する個体を全量採捕するために以下の手順で実験を行いました。①昨年度の実験に使用したものと同一房状に連結した石礫群を用意する（以下、石礫群）、②実験河川の河岸に木材で作った凹状の平面形の箇所に魚類採捕用の巾着袋状の網（2.0m×2.0m）を敷設する、③敷設した網の上に石礫群を重機で吊り降ろし実験区（1.5m×1.0m）を設置する、④この状態を魚類定着の目安となる2週間維持する、⑤魚類調査を実施する。⑤では、石礫群の下に敷設した網を使って瞬間的に石礫群を包み、魚類が逃避できない状態とし（写真1）、続いて、巾着袋状の網を開口し、重機で石礫群を吊り上げて、石礫群内の魚類を全て採捕しました。

実験に用いた礫径は、遊泳魚の利用が多かった350mm径とし、平水時（0.1m³/s）と増水時（2.0m³/s）の両方で各4つの実験区を設け、採捕数を比較しました。

■ 結果と考察

6m²当たり、平水時に32個体、増水時に29個体、計9種61個体（優占種はタモロコ、オイカワ、フナ属、ナマズの4種）の魚類が確認され、増水時も平水時と同様、1実験区当たり平均で7個体以上の魚類が生息していることを確認できました。さらにオイカワでは、平水時の全ての実験区で生息数0であったのに対し、増水時には全ての実験区で個体を確認できました（図1）。オイカワは実験河川の優占種の一つであり、平水時は流心部を遊泳しています。従って、本結果は平水時流心を遊泳するオイ

カワが、増水によって石礫群内へ避難したことを示すものと考えられます。

昨年度実施した実験では、石礫群が越冬場所として機能していることが分かりましたが、本年度は、石礫群が増水時の避難場所としても機能していることが分かりました。

このように間隙は生息場所として様々な機能も有しています。今後は、得られた結果を工法開発等、具体的な河岸・水際域の保全・修復手法に結び付けて行くことが必要となります。



写真1 増水時における石礫群内の魚類採捕方法

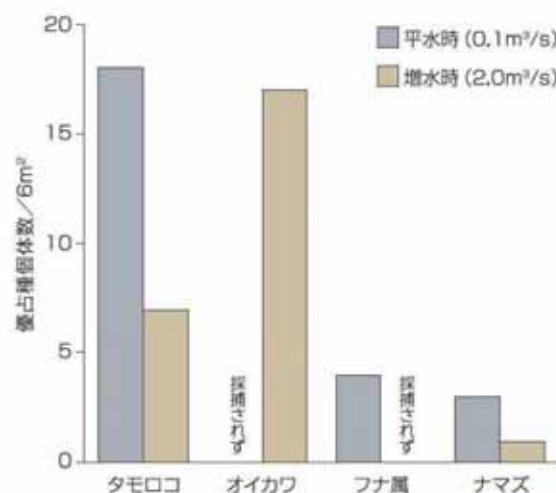
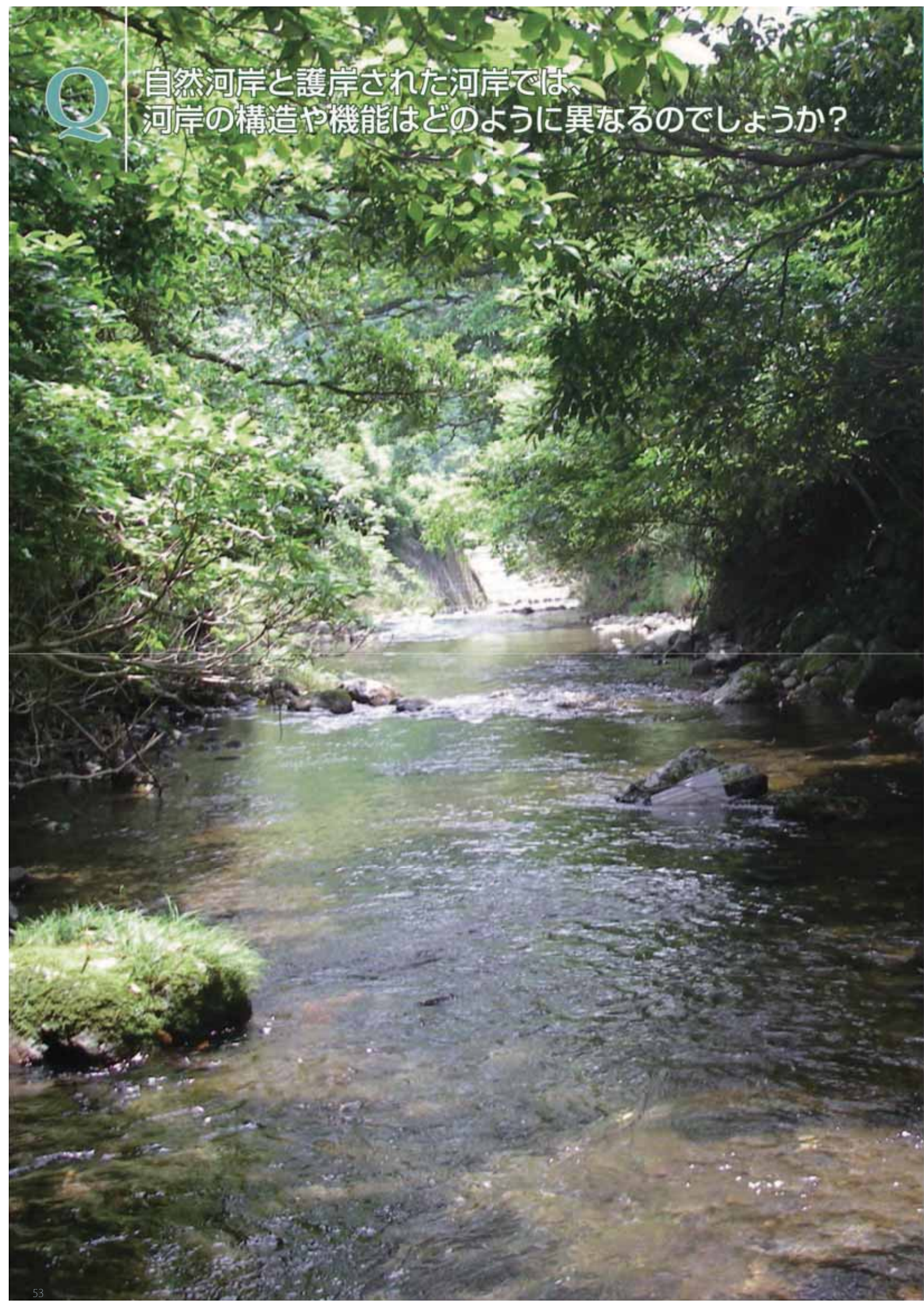


図1 平水時と増水時の石礫群内の優占種個体数

担当：大森 徹治、佐川 志朗、豊嶋 祐一

Q

自然河岸と護岸された河岸では、
河岸の構造や機能はどのように異なるのでしょうか？



A

異なる形式の河岸では、
生息・利用している生物相に違いが見られました。

■ 背景と目的

河川などの水域と陸域との境界を形成する水辺域は、出水による攪乱などの影響を受け、水辺域の環境に応じた多様な植物・動物相が育まれています。河岸（水面より上の範囲）について両生類などの水中と陸上にまたがって生活する生物の生息場所や移動経路として機能していることが知られています。しかしながら、河岸における生息場所や移動経路としての機能と物理環境との関連性に関する知見は乏しく、河川改修や災害復旧において河岸を人為的に改変したことによる生物相への影響を軽減する手法は確立されていません。ここでは、異なる形式の河岸を対象として、物理環境特性と動物の生息・利用状況との関連性を把握することを目的として行った調査の成果を報告します。

■ 方法

調査は、三重県の注連小路川にて、コンクリート護岸（A・Bタイプ）と自然河岸（C・Dタイプ）の計4タイプを調査区とし（写真1）、河岸の生物調査と物理環境調査を行いました。調査により採集した生物は、飛行により移動する飛翔性（ハエ目、ハチ目など）と陸上を歩いて移動する非飛翔性（クモ目、エビ目など）に分類しました。また、物理環境は、河岸を構成する土壤材料や河岸表面の湿度、緑被率、表面温度、開空率などを計測しました。

■ 結果と考察

飛翔性および非飛翔性生物の個体数はともに、河岸形式間で有意に異なりました。飛翔性生物はコンクリート護岸で多く確認され（図1）、非飛翔性生物は自然河岸で多く確認されました（図2）。また、物理環境は、コンクリート護岸では、開空率が大きく、表面温度上昇を抑制できる緑被率や湿度が小さいことが確認され、河岸の表面温度上昇が促進されました。自然河岸では、河岸表面が保水性のある砂やシルト・粘土で構成され、緑被率や湿度が大きく、開空率が小さく、表面温度の上昇が抑制されていました。それぞれの個体数と物理環境の関係をみてみると、飛翔性生物は表面温度や開空率と有意な正の相関があり、非飛翔性生物は、緑被率や湿度、砂などと有意な正の相関がありました（表1）。今回の調査結果から形式の異なる河岸の物理環境と生息・利用する生物に影響している物理環境との関係が示唆されました。今後は物理環境要因間の因果関係を解明していくとともに、異なる季節や河川における物理環境と生物との関連性についても検討していく必要があります。

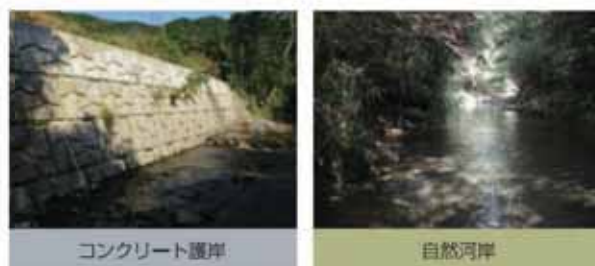


写真1 調査区の様子（コンクリート護岸と自然河岸）

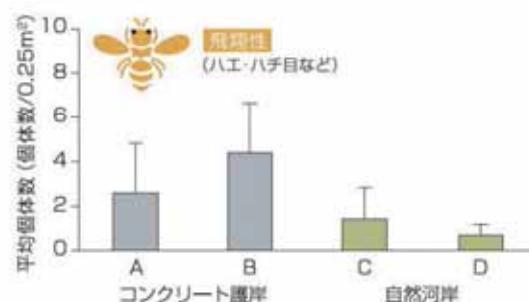


図1 平均個体数（飛翔性）

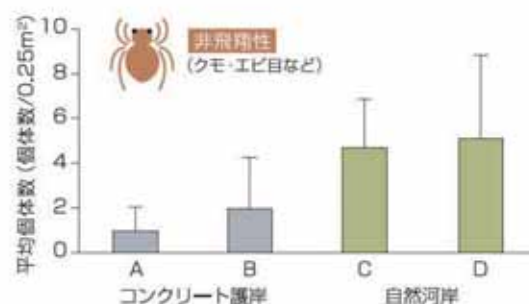


図2 平均個体数（非飛翔性）

表1 相関分析結果

物理環境因子	飛翔性		非飛翔性	
	相関係数	検定	相関係数	検定
土壌割合：巨礫・大礫	-0.30		0.36	*
土壌割合：中礫・細礫	-0.25		0.44	**
土壌割合：砂	-0.64	**	0.52	**
土壌割合：シルト・粘土	-0.37	*	0.26	
土壌割合：岩盤	-0.32	*	0.44	*
土壌割合：コンクリート	-0.58	**	-0.67	**
土壌硬度	-0.49	**	-0.39	**
起伏量(変動係数)	-0.20		0.21	
有機物量	-0.45	**	0.56	**
緑被率	-0.51	**	0.61	**
湿度	-0.48	**	0.66	**
法面勾配	0.05		-0.32	*
表面温度(変動係数)	0.45	**	-0.61	**
開空率	0.38	*	-0.63	**

(*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

担当：宮下 哲也、萱場 祐一、佐川 志朗

中小河川「Q & A」



平成21年(2009)－平成25年(2013)

- 河岸を利用する生物にとって、どのような河岸法面が登坂しやすいでしょうか？
- タナゴ類が棲める水路はどのような環境でしょうか？
- 護岸はどのような色や形状であれば、周囲の景観と調和するでしょうか？
- 維持管理が容易となる中小河川の工夫を教えてください。
- 護岸表面のテクスチャーは、どのように評価すればよいのでしょうか？
- 帯工や落差工よりも水生生物の移動や生息に配慮した工法はありませんか？
- 中小河川の河床地形は何によって決まりますか？
- 護岸に使用されるコンクリートブロックの表面形状は河川景観に影響しますか？
- 川幅の変化は何に影響を与えますか？
- 護岸の景観パターンを選ぶ際の留意点を教えてください。



Q

河岸を利用する生物にとって、
どのような河岸法面が登坂しやすいでしょうか？



A

凹凸があって、
緩い勾配の河岸法面が登坂しやすいようです。

■ 背景と目的

両生類、爬虫類および甲殻類の多くは、水域および陸域の両方を生息場所としています。このため、水域と陸域をつなぐ河岸は、これらの生物が移動しやすい形状である必要があります。そこで、河岸を利用する生物にとって、どのような河岸法面が登坂しやすいか明らかにするために、ヌマガエル、クサガメおよびサワガニを用いた登坂実験を行いました。

■ 方法

河川で採取した砂利を、礫径 $75\mu\text{m}\sim 2\text{mm}$ (砂)、 $2\sim 4.75\text{mm}$ (細礫)、 $4.75\sim 53\text{mm}$ (中礫)、 $53\sim 256\text{mm}$ (大礫)に選別し、単一礫径をパネルの表面に埋め込み、凹凸の大きさが異なる4種類のパネルを作成しました。これらにコンクリート滑面を加えた5種類のパネルを河岸に見立てて本実験に用いました(図1)。

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ケースに変化させて、計20パターンについて登坂実験を行いました。実験は、1パターンにつき各生物5個体ずつ行い、各パターンについて登坂成功率(%: $100\times\text{成功個体数}/5$)を求めました。なお、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に達した場合としました。

■ 結果と考察

ヌマガエルは砂・細礫・中礫による凹凸が登坂しやすく、勾配は登坂の可否には、影響しないことが分かりました(表1)。また、クサガメは細礫による凹凸と緩い勾配が登坂しやすく(表2)、サワガニでは中礫による凹凸と緩い勾配が登坂しやすいこと(表3)が分かりました。

以上により、河岸を利用する生物の種によって登坂しやすい河岸法面の条件は異なりますが、概ね、表面に凹凸があって、緩い勾配の河岸法面が登坂しやすいようです。このため、護岸を設計する際は、表面に凹凸を設けるとともに勾配を小さくすることが望ましいと考えられます。

また、生物によって登坂しやすい河岸の条件が異なる要因としては、各生物の登坂の方法(跳躍・匍匐等)や外部形態(爪や足のつくり)の違いが関係している可能性があります。このため、今後はこれらに着目し、実験方法を工夫して、生物が移動しやすい河岸の指標づくりを進めていきたいと考えています。

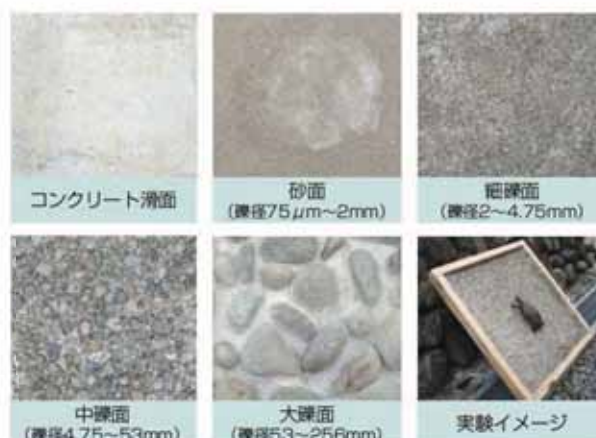


図1 登坂実験用パネルおよび実験イメージ

	2割	1割5分	1割	5分
コンクリート	0	20	0	0
砂	80	100	80	80
細 礫	80	100	100	100
中 礫	100	80	60	100
大 礫	20	0	40	40

表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	20	40	0	0
砂	80	40	40	0
細 礫	60	80	40	20
中 礫	60	40	40	20
大 礫	20	20	20	0

表2 クサガメの登坂成功率(%)

	2割	1割5分	1割	5分
コンクリート	60	20	0	0
砂	80	80	20	0
細 礫	80	80	60	40
中 礫	80	60	100	80
大 礫	100	100	80	0

表3 サワガニの登坂成功率(%)

担当：上野 公彦、佐川 志朗、萱場 祐一

Q

タナゴ類が棲める水路は
どのような環境でしょうか？



A

二枚貝と植物を育むことのできる
水路環境が大切です。

■ 背景と目的

人間活動の中心である平野部のほとんどは、本来、川が増水すると水に浸かる氾濫原でした。そこには幾筋もの小川や池などがあり、流れの急な大きな川とは異なる生物相が形成されていたと考えられます。しかし、私達が家や道路を作ったり、それを守るために堤防を築いたりして川の水が溢れないようにしてきたため、氾濫原生物の棲み場所は縮小してきました。それでも、水田や農業用の水路が氾濫原生物の棲み場所として機能していましたが、それさえも現在では、水路のコンクリート化などにより機能を失いつつあります(写真1)。ここでは、氾濫原生物の代表としてタナゴ類に着目し、彼らの生息条件から望ましい水路環境について考察します。

■ 方法

岐阜県関市の4地域13水路を調査対象としました(写真1)。各水路に6~16mの調査サイトを2つずつ設定し、魚類と二枚貝の採捕、物理環境(水深、流速、河床材料、河岸・水中植生の被覆率)の測定を行いました。タナゴ類は、二枚貝の中に卵を産み付けるため、二枚貝への依存度が強い魚類です。そこで、二枚貝の採捕も行い、検討材料としました。また一般に、魚類は季節的(特に冬)に生息場の好みを変えます。そのため、特定の季節だけを見ても、その魚類が生活し続けるために必要な環境を知るには不十分です。そこで、調査は秋(9月)と冬(2月)にわたって行いました。

■ 結果とまとめ

秋のタナゴ類の生息量は、どの物理環境よりも二枚貝の生息量と強い正の関係をもち(図2)、それに加えて冬には、岸際や水中の植生による被覆率とより強い正の関係を持つことが分かりました(図3)。これらの結果は、タナゴ類の生息条件として、二枚貝が生息できる環境が重要であること、そして、特に冬においては、身を隠すための“カバー”となる水中や岸際の植物が重要であることを意味しています。私達の以前の研究からは、二枚貝の生息条件として、水路河床の土砂の重要性も示されています。以上のことから、タナゴ類が季節を通して生活していくためには、①水路河床をコンクリートで固めず土砂を維持し、二枚貝の生息条件を整えること、②特に岸際の植生が繁茂できるよう、水路側壁の構造または水路幅に格別の配慮を払うことが必要であると提言できます。また、本研究からは、タナゴ類が二枚貝に直接依存する産卵期(一般に春)以外の秋において、タナゴ

類の生息量が二枚貝の生息量によって説明されたことから、ほぼ1年を通して、二枚貝がタナゴ類の生息を示す指標となることが分かりました。



写真1 調査地に含まれるタイプの異なる水路

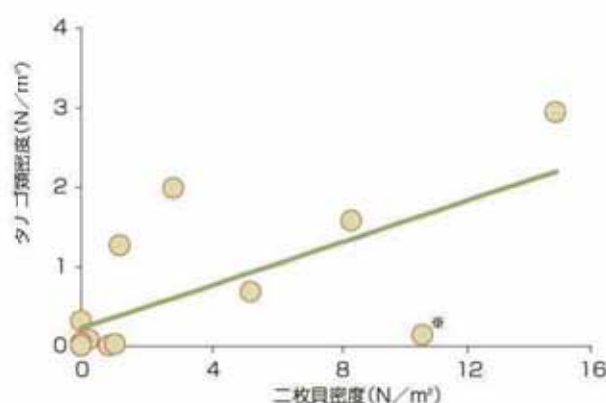
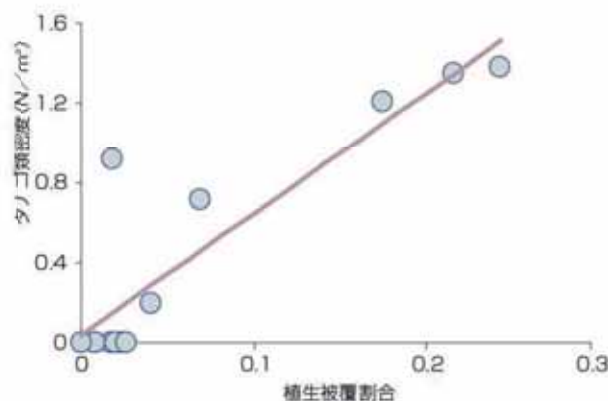
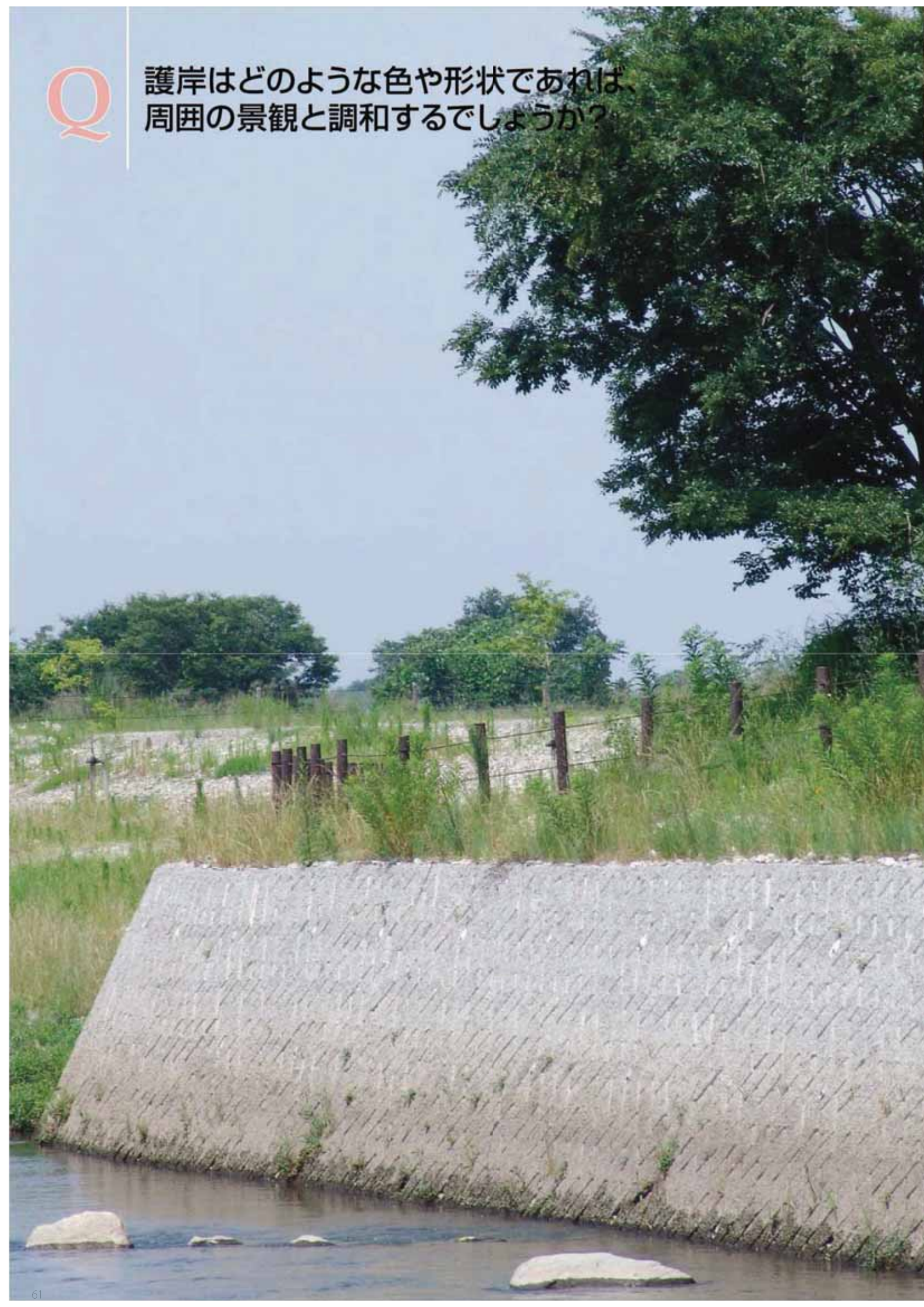


図2 秋におけるタナゴ類と二枚貝の生息量の関係
※非かんがい期に入り、植帯に水量が減少し、それに伴いタナゴ類も移出した水路



Q

護岸はどのような色や形状であれば、
周囲の景観と調和するでしょうか？



A

灰色や黒色のような暗い色で、表面に凹凸があれば、周囲の景観と調和するようです。

■ 背景と目的

河川改修において、護岸にはコンクリートブロックがよく用いられてきました。その結果、自然河岸ではあまり見られない素材が表面に広く露出し、河川景観を悪化させています。このため、護岸を設置する際は、周囲の景観と調和させる必要があります。そこで、護岸がどのような色であれば、人は護岸が周囲の景観と調和していると感じるのかを知るために、アンケート調査を行いました。

■ 方法

アンケート調査には、色が異なる往復石積を模したコンクリートブロック積擁壁を用いました。護岸の玉石の色を白色（明度8）、灰色（明度5.5）とした2タイプの護岸（写真1および2）について、周辺の景観に馴染んでいるかどうか、下記の内容で、114名に5段階評価していただきました。

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

参考：明度の数値は、色の明るさを示しており、数値が大きいほど明るく、黒は明度0、白は明度10です。

■ 結果と考察

5段階評価での回答の割合を図に示しました（図1）。白色（明度8）と灰色（明度5.5）を比較すると、白色は「全く馴染んでいない」「あまり馴染んでいない」とする答えが7割に達していたのに対し、灰色は「よく馴染んでいる」「まあまあ馴染んでいる」とする答えは7割程度でした。本アンケートは2種類の明度しか対象としていないため、この結果から適切な明度の値を設定することは難しいですが、灰色や黒色といった暗い色（明度6程度以下）であれば、概ね周囲の景観に馴染むと考えられます。

また、護岸の表面に凹凸を付けると、護岸の人工的な印象を緩和する効果に加え、陰影により護岸全体の明度を下げる効果もあり、周囲の景観に、より馴染みやすくなると考えられます。

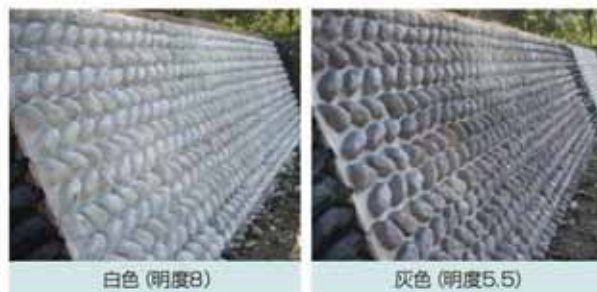


写真1 アンケートに用いた護岸（近景）



写真2 アンケートに用いた護岸（遠景）

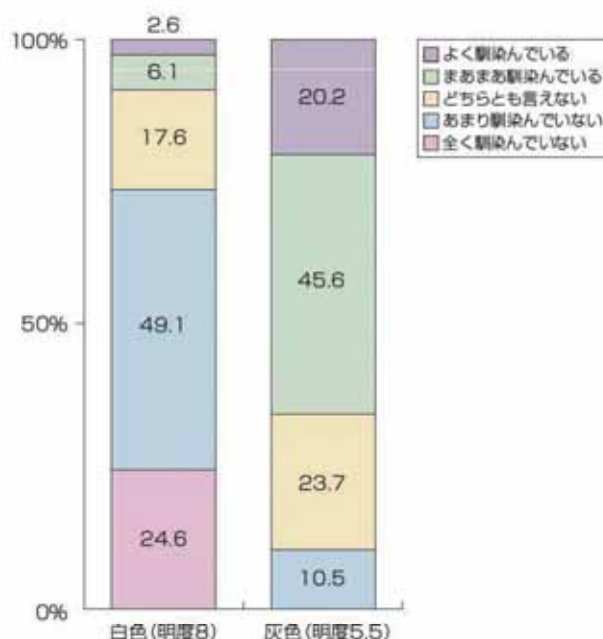


図1 明度の違いが護岸景観に与える影響

担当：上野 公彦、久米 学、萱場 祐一

Q

維持管理が容易となる中小河川の
工夫を教えてください。



■ 背景と目的

方法

■ 結果と考察

図1 調査地点一覽図



図2 河道タイプ

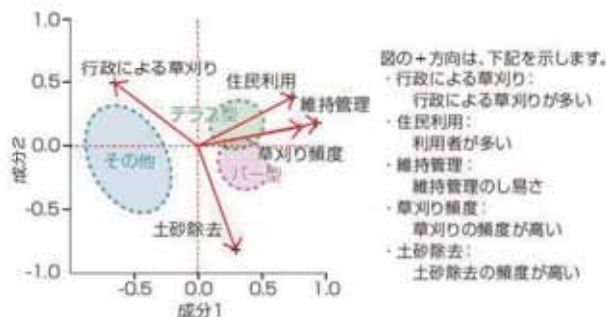


図3 全調査項目に関する主成分分析

担当：大石 哲也、高田 広樹

Q

護岸表面のテクスチャーは、
どのように評価すればよいのでしょうか？



A

護岸表面の細かいギザギザや大きなデコボコなどの物理特性を用いて評価できそうです。

■ 背景と目的

護岸が露出する場合の景観上の条件として、「低明度であること」、「適度に粗く、凹凸（陰影）のあるテクスチャーを付加すること」が求められています。しかし、具体的な数値目標が設定されている明度に対して、テクスチャー（素材の持つ質感、肌理）は概念的な目標にとどまっており、既存の護岸ブロックの評価方法や新しい護岸ブロックを開発する上で課題となっています。そこで、既存の護岸ブロックに使用されている代表的なテクスチャーについて、印象の把握と詳細な物理形状の測定を行い、テクスチャーの特性に関する分析を行いました。そして、人が受ける印象と物理特性の関連性を調べることで、テクスチャーを具体的に評価するための方法を提案します。

■ 方法

既存の護岸ブロックとして主に用いられているテクスチャー8種について供試体を作成しました（写真1）。次に、人が感覚的にテクスチャーをどう捉えているのかを調べるために、被験者を対象に「触った感じ」と「見た感じ」について「ざらつき」、「凹凸」、「粗さ」の3つの評価尺度に関する印象調査を行いました。ここで、3つの評価尺度の間にどのような傾向があるか、テクスチャーの間に回答の傾向に違いがあるかについて解析を行いました。また、供試体表面の物理形状を1mmピッチで測定し、各テクスチャーの物理特性を調べて、3つの評価尺度との関連性を分析しました。

■ 結果と考察

テクスチャーの評価に用いた印象に関する3つの尺度は、評価軸として異なる特性を示し、それらの違いに基づいてテクスチャーの種類が分類される傾向が見られました（図1）。例えば各テクスチャーの中で半割が一番粗い印象を持たれ、砂面が一番ざらついている印象をもたれているといった結果でした。

また、印象に関する凹凸の有無の評価尺度はテクスチャーの物理特性と関連していることが分かりました。「ざらつき」という印象は、細かいギザギザした凹凸の有無と関連があり、「凹凸」は、高低差の大きいデコボコした凹凸の有無と関連がありました。そして、「粗さ」は、その両方と関連があることが示唆されました（図2）。

以上より、細かいギザギザした凹凸の有無と高低差の大きいデコボコした凹凸の有無という2つの物理特性を測定することでテクスチャーを評価できると考えられま

す。今後は、細かくギザギザした凹凸と大きくデコボコした凹凸の高低差に注目して、様々な凹凸を持つ模型（ベンチマーク）を作製し、現場にてこれらの模型と護岸ブロックのテクスチャーを比較することで護岸ブロックが有するテクスチャーを評価していく予定です。

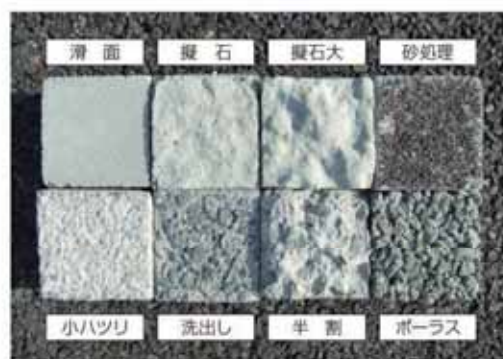


写真1 調査に用いた供試体

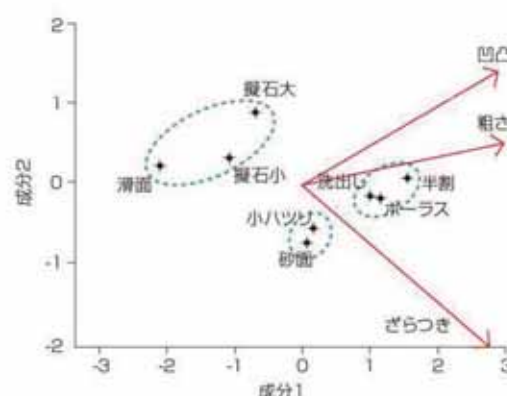


図1 主成分分析結果の平均値及び標準偏差

矢印がそれぞれの方向に向かうほど、テクスチャーがざらついている、凹凸の高低差が大きい、粗い印象であることを表しています。また、点線で囲った各テクスチャーが近い印象を持たれている事を示しています。

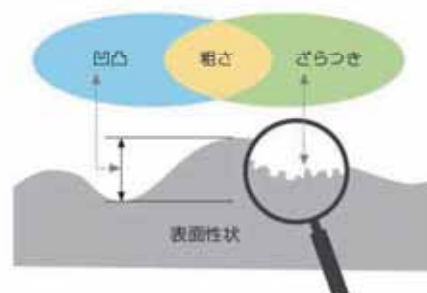


図2 評価尺度と物理特性の関連性

担当：尾崎 正樹、大石 哲也、森 照貴

Q

帯工や落差工よりも水生生物の移動や
生息に配慮した工法はありませんか？



A

水生生物が移動しやすく、瀬と淵を形づくることのできる新しい工法を研究しています。

背景と目的

帯工は、中小河川で河床低下を防止するために多用されている工法ですが、下流区間で河床低下した際には露出し、帯工直下流に落差が生じて、河川景観・生物の移動に対して好ましくない影響を及ぼしている状況がよく見られます(写真1)。また、帯工の上下流区間は河床形状が平坦となって、多様性に乏しい状態になります。このような、従来型の帯工の課題を克服した新しい工法の研究を進めています。



写真1 下流側の河床が低下して落差を生じた帯工

方法

小規模な実験水路での検討により、上流側の河床高を維持しながら、下流側に淵を形成し、左右岸に寄り淵を形成することができる構造物の形状を見出しました(図1)。さらに、より実河川に近い条件で検討するために、自然共生研究センター実験河川に、基本的な形状は同じで、素材が異なる3種の大型模型を設置し、水理実験を実施しました。材料のスケールは、想定される実物の1/5程度に揃えて模型を作成し、捨石で作ったタイプ、捨石をネットで被覆したタイプ、捨石をコンクリートブロックで被覆したタイプの計3タイプを設置しました。

結果と考察

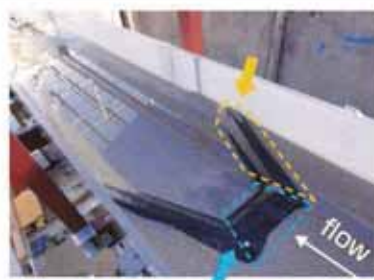
人工洪水を発生させて、構造物周りの河床変動量と流速分布を計測した結果、小規模な水理実験と同様に、下流側に淵が形成されましたが、表面を被覆する素材の粗度の違いが、流速の大きさや分布、下流側が掘れてできる淵の深さに影響を及ぼしていることが分かりました。

表面がゴツゴツした捨石タイプでは、底面に近い場所の流速が低く抑えられ、淵の中の流れは安定していました(図2(a))。一方、表面が滑らかなブロック被覆タイプでは、速い流れが底面に沿って流れ、淵の中の流れも安定していないことが分かりました(図2(b))。捨石をネットで被覆したタイプは、捨石タイプとほぼ同様の結果でした。

水生生物が利用しやすい淵を形成するためには、構造物の形状だけでなく、表面の素材や粗度も検討すべき要素であることが分かりました。

斜め部材

- ・河岸直角に対して上流側に60~70°の角度
- ・横断方向に勾配(流量に応じて水厚部を確保)
- ・局所洗掘の原因となる縦渦を防ぐスロープ

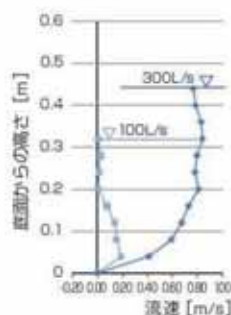


直線部

- ・直線部の比率を増やすことで従来の帯工に
- ・越流部の形状を工夫して生物移動性を確保

図1 瀬淵工の基本形状

(a) 捨石タイプ



(b) ブロック被覆タイプ

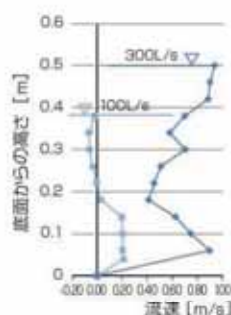
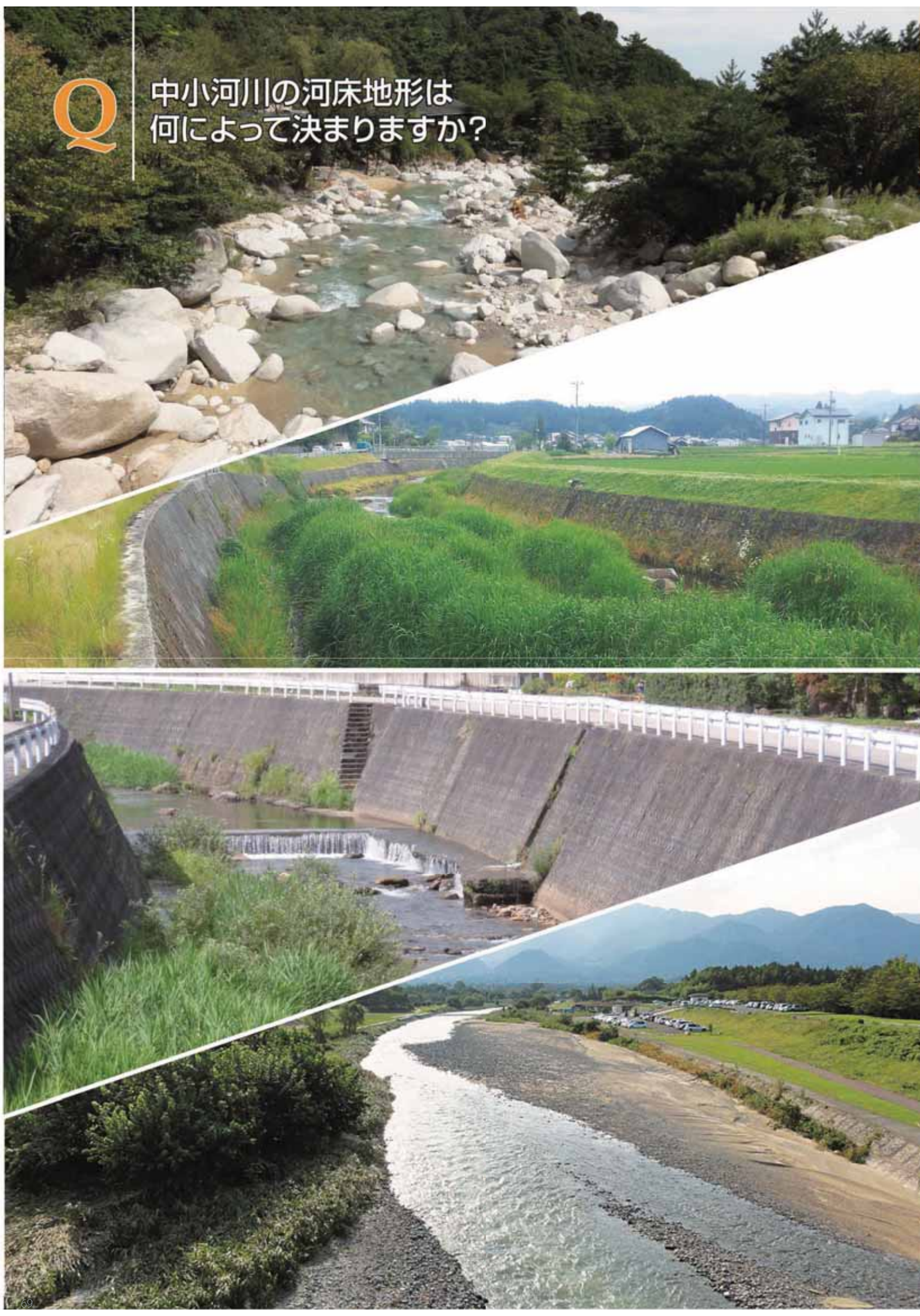


図2 被覆材料の違いによる下流側の洗掘形状(赤:河床上昇、青:河床低下)と淵中央の流速分布の違い

担当: 原田 守啓

Q

中小河川の河床地形は
何によって決まりますか？



A

改修時に設定した断面の川幅と水深の比によって河床地形が異なります。

背景と目的

中小河川では、河川断面を単断面とし、川幅を固定し、河床を掘下げ、兩岸を立ち護岸とする改修が多く行われています。しかしながら、改修後に生じた出水によって極度に河床洗掘が生じる例も見られます。このような状況に鑑み、川幅を拡げ、洪水を安全に流下させるとともに、河床が洪水流から受ける力（せん断力）を下げる改修が基本方針の1つとなっています。

そこで、本研究では、中小河川を対象に、洪水時に河床に働くせん断力と川幅、水深について整理し、河床に形成される地形との対応について検討しました。

方法

まず、岐阜県と三重県の中小河川のうち82河川104地点について、現地調査を行い、川幅（B）を測定するとともに河川景観の写真撮影を行いました。次いで、標高データからGISを用いて調査地点の流域面積、勾配（I）などを算出し、1年確率のピーク流量を計算し、ピーク流量時の水深（H）やせん断力（ τ^* ）について整理しました。最後に、 $BI^{0.2}/H$ （ここでは、川幅水深比と呼ぶ）と河床地形との対応について考察しました。

結果と考察

図1は、調査地点におけるせん断力と川幅水深比との関係を示しています。図中の実線は従来の研究成果による砂州の発生領域区分を表しています。調査地点の約6割は砂州非発生領域に位置していました。図2は、様々な川幅水深比における典型的な河川景観を示しており、1～8の数字は、図1中の番号と対応しています。川幅水深比が5程度以下の河川の中で、せん断力が相対的に大きな河川は、殿川、明智川、妻木川にみられるように、河床に土砂や植物が少なく、瀬・淵もなく、水域が薄く広がっている傾向が見られました。一方、せん断力が相対的に小さくなると、千旦林川のように、河床に土砂や植物が目立つ河川が多くなりました。

川幅水深比が7以上になると単列砂州領域となり、辛沢川や藤川のような河床に砂州が発達し、瀬・淵の形成が見られるようになりました。川幅水深比が25以上になると、鳥井戸川、三滝川のように砂州の発達、瀬・淵の形成もみられますが、徐々に木本も見られる河川が多くなっていました。このように、洪水時に作用するせん断力と川幅水深比によって典型的な河床地形が異なることが分かりました。

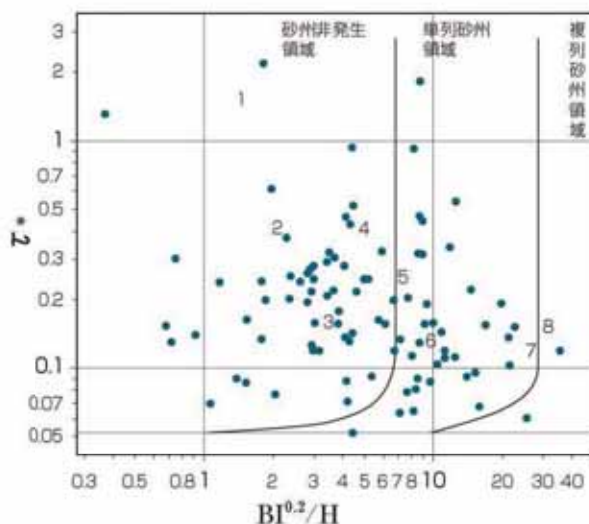


図1 調査地点におけるせん断力と川幅水深比との関係



図2 川幅水深比と典型的な河川景観と河床地形

担当：高岡 広樹、大石 哲也、原田 守啓

Q

護岸に使用されるコンクリートブロックの
表面形状は河川景観に影響しますか？



A

護岸表面の凸凹が極端に少ない「滑面」が河川景観を悪化させます。

■ 背景と目的

「中小河川に関する河道計画の技術基準」では、護岸が露出する場合の景観上の条件の一つとして、テクスチャー（質感、肌理）には「凹凸や陰影、ざらざらとした質感を持たせること」が求められています。しかし、この記述は概念的な内容にとどまっており、護岸ブロックの評価や開発をする上での課題となっています。そこで、既存の護岸ブロックに使用されている代表的なテクスチャーを使用し、実物大の護岸を作成することで、どのようなテクスチャーが周囲の景観に調和せず、河川景観に悪い影響を与えるかについて検証を行いました。

■ 方法

既存の護岸ブロックとして主に用いられている8種のテクスチャー（図1）について実物大の護岸（横3.5m×高さ約1.8m）を作成しました（左頁写真）。各護岸に対する人の印象を調べるために、アンケートに基づいた印象調査を行いました。アンケートの被験者には、その護岸から15m程度離れた所から、各護岸が「周辺環境に調和しない」（以下、「調和しない」）かどうか、について回答してもらいました。さらに、その理由について、「凹凸だから」、「明るいから」などといった16種の形容詞の中から選択してもらいました。また、各テクスチャー表面の形状を測定する事と護岸ブロックの明度を測定する事で、計測した凹凸量や明度と各テクスチャーに対する人の持つ印象との関係性を分析しました。

■ 結果と考察

印象調査の結果、「調和しない」と多く回答された護岸ブロックは滑面、小擬石、大擬石の3種類でした（表1）。その理由は、1位「人工的」、2位「明るい」、3位「平らな」でした（図2）。次に、実際に測定した明度と印象調査の結果を比較したところ、実際に明度が高い（明るい）ブロックに対して、被験者の多くは「明るい」を選択していました（図3）。また、護岸表面にある凹凸量と印象調査との結果を比較すると、凹凸量の極端に小さい滑面に対して、被験者の多くは「平らな」という印象を受けていました（図3）。

実物大の護岸を使用して判断される印象調査の結果、「人工的である」と「明るい」の他に、「平らである」と感じられる護岸は、「調和しない」と感じられることが明らかとなりました。つまり、護岸の表面にある凹凸や起伏といったテクスチャーが判断材料の一つとなっている事が示されました。したがって、明度が高い（明るい）事に加え、凹凸量が極端に小さい（平らな）「滑面」は「調和しない」と感

じる代表的なブロックとして挙げられ、護岸ブロックとしての利用を控えるべき素材であると考えられます。

表1 印象調査の結果、各テクスチャーに対し、「調和しない」を選択した被験者の割合とその理由

順位	テクスチャー	% (選択人数 / 回答人数)	選択理由 (複数回答可)				
			a	b	c	d	e
1	滑面	97 (36/37)	25	20	16	21	10
2	小擬石	91 (40/44)	16	30	10	7	14
3	大擬石	85 (35/41)	22	26	4	0	13
4	はつり	67 (29/43)	19	10	14	6	6
5	洗い出し	38 (13/36)	7	0	1	1	0
6	ポーラス	27 (11/41)	3	0	0	0	0
7	砂面	29 (11/38)	5	1	0	0	0
8	半割	16 (6/38)	1	3	2	1	1

a: 人工的だから b: 明るいから c: 平らだから
d: つるつるしているから e: 新しくさだから

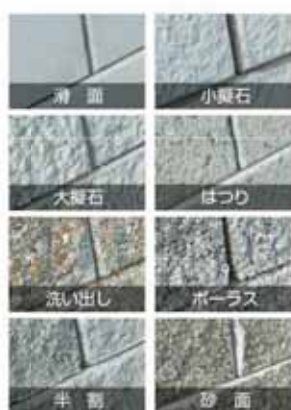


図1 本研究で用いた8種類のテクスチャー

周辺環境に調和する・しないの理由 (アンケート結果)



図2 決定木による、テクスチャーに関係なく、「調和しない」と感じられる主な理由

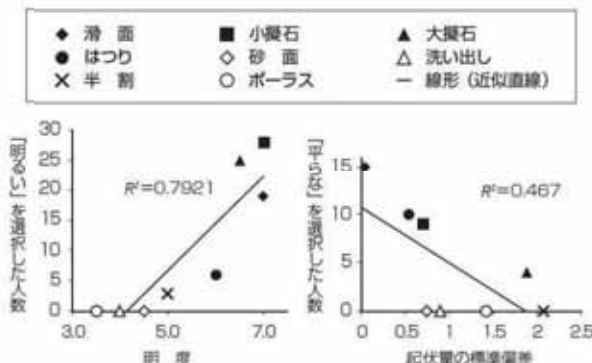


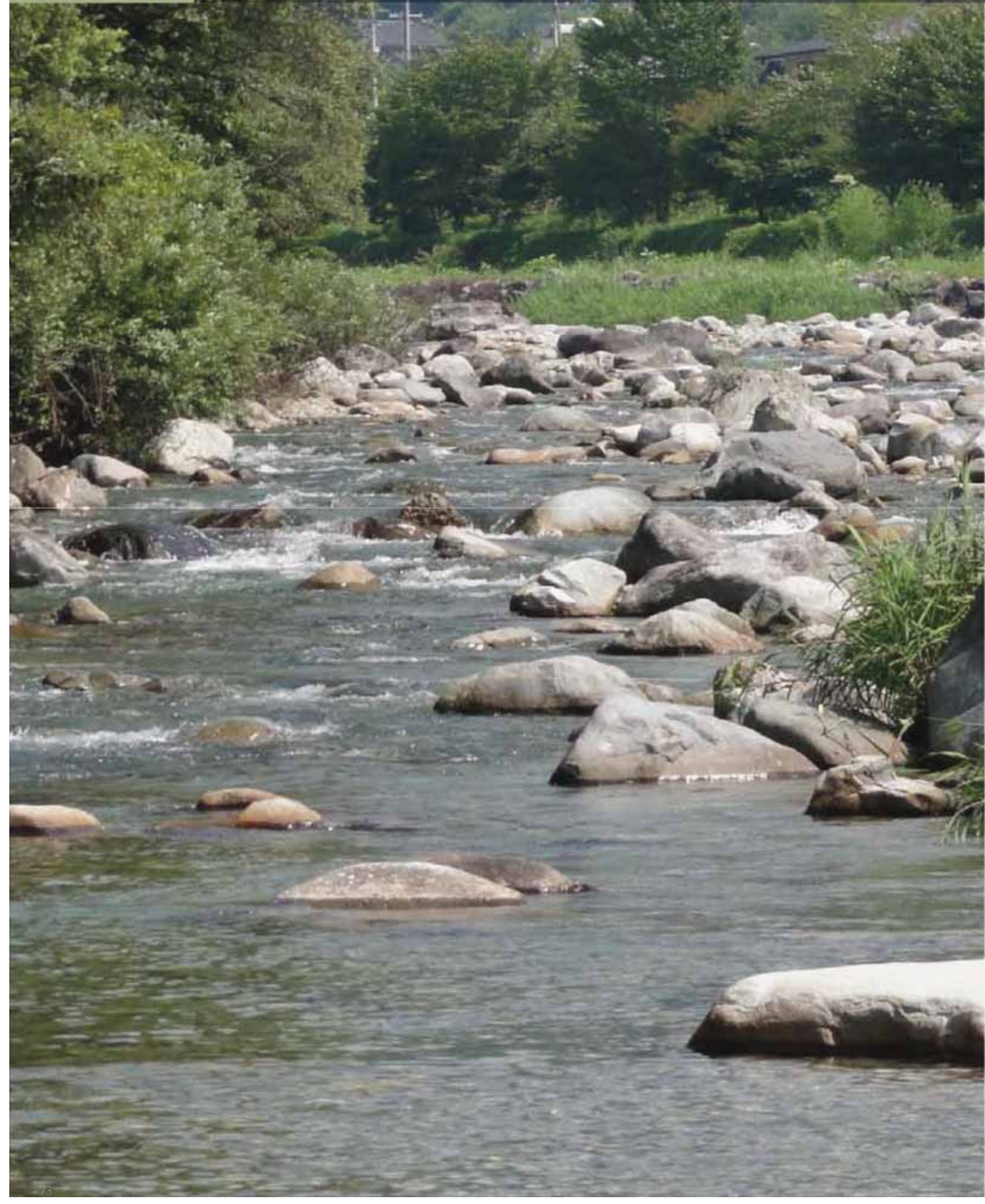
図3 「調和しない」を選択した被験者の中で、「明るい」を理由として選択した被験者数と明度との関係 (左) と「平らな」を理由として選択した被験者数と起伏量の標準偏差との関係 (右)

担当: 櫻井 玄紀



Q

川幅の変化は何に影響を与えますか？



A

洪水時には河床地形の変化に、
平水時には生物の住处である瀬・淵に影響を与えます。

■ 背景と目的

中小河川における川幅の設定は、治水や河川環境を考える上で本質的で重要なテーマの1つです。治水面でみれば、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、川幅拡張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が原則となりました。また、環境面でみれば、瀬・淵の有無が生物の生息にとって重要な要素の1つですが、瀬・淵の形成は、川幅の設定から大きな影響を受けます。川幅の変化は、洪水時に河床地形を変化させ、それが瀬や淵といった平水時の河道の景観に現れます(図1)。そこで、本研究では、改修後の中小河川を対象に現地調査を行うとともに、川幅や流量などの河道特性量と瀬や淵といった河道の景観との関係性を分析し、川幅設定が河道の景観に与える影響について検討を行いました。

■ 方法

岐阜県と三重県の中小河川のうち74河川95箇所の地点について、川幅(B)の測定とともに標高データからGISを用いて調査地点の流域面積、勾配(1)などを算出し、1年確率のピーク流量時の水深(H)やフルード数(Fr)を計算しました。河道の景観については、現地で写真を撮影し、河床形態(河床波)や生物の生息場の物理的な要素を考慮し、【ステップ・プール(S&P)または礫列】、【岩盤】、【砂州】、【平坦な河床】の4つに分けました。

■ 結果と考察

図2は、調査地点における河道特性量($BI^{0.2}/H$ 、フルード数)と河道景観との関係性を示しています。横軸の $BI^{0.2}/H$ は、中規模河床形態の領域区分の指標に用いられています。具体的には、 $BI^{0.2}/H$ が7を上回ると砂州が発生し、平常時にみられる瀬・淵が現れやすく、7を下回ると砂州が発生せず、瀬や淵が現れ難くなります。また、縦軸のFrは、河床形態の違い(砂堆や反砂堆などがあります)を表現するために用いられる指標です。この河床形態区分の境界値は、Frが0.8で河床形態の違いが現れ、流砂に寄与する力に差が現れる1つの指標とされています。

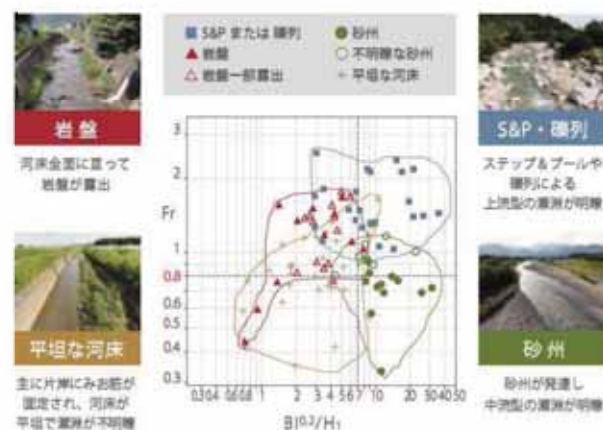
まず、 $BI^{0.2}/H > 7$ の領域では、 $Fr < 0.8$ で「砂州」が多く見られ、川の蛇行にともなって平面的に瀬・淵構造が発達しているのが特徴的です。一方、 $Fr > 0.8$ では、「S&Pおよび礫列」が多くを占めています。この河道景観は、山間地の河川で多くみられ、巨礫によって段落ちができ、縦断的に瀬淵構造が発達しているのが特徴的です。

一方、 $BI^{0.2}/H < 7$ の領域では、上記と異なり瀬・淵の発達が見られる川が非常に少なくなります。また、 $Fr > 0.8$ では、「岩盤」や「平坦な河床」が多くを占めています。例えば、 $Fr > 0.8$ では、 $Fr < 0.8$ に比べて、河床の形状の抵抗が小さくなり、流砂に寄与する力が増加し易い傾向にあります。このため、流砂が相対的に増加します。したがって、上流から供給される土砂が少ないと河床が低下し、岩盤が露出しやすくなり、供給土砂がある程度確保できると平坦な河床が多いのではないかと考えられます。これは、流域の地質や地形の構造にも影響していると考えられます。また、 $Fr < 0.8$ になると、先の現象とは逆に流砂量が小さくなり、土砂が流出しづらいため、平坦な河床が広く形成されていると推察されます。

以上から、河道特性量($Fr \cdot BI^{0.2}/H$)と河道の景観との間に関係性が見られました。川幅の設定は、洪水時の河道の安定性や平水時の生物の生息場に影響を与えることがわかります。



図1 川幅の変化による影響

図2 河道特性量($Fr \cdot BI^{0.2}/H$)と河道の景観との関係

担当 / 大石 哲也 高岡 広樹 原田 守啓



Q

護岸の景観パターンを選ぶ際の
留意点を教えてください。



A

穴が目立つ景観パターンを選ぶ際には注意が必要です。

■ 背景と目的

護岸ブロックは形状、サイズ、積み方等の条件により、護岸表面に模様が形成されます(以下、景観パターン)。既存の護岸ブロックを見ると谷積み、布積みなど伝統的な積み方に見られる景観パターンだけでなく、千鳥配置、階段状、穴が目立つタイプなど近年見られるようになった景観パターンもあります。これらの護岸ブロックの景観パターンは、河川景観に対して様々な印象を与えると考えられます。

しかし、これまで、護岸ブロックの景観パターンは感覚的な評価に留まっており、定量的な評価がありませんでした。そこで、既存の代表的な護岸ブロックの景観パターンへの影響評価を行い、河川景観への選好性について検証を行いました。ここで、選好性については、河川景観に調和するかどうかを表しています。

■ 方法

まず、既存の護岸ブロック 110 種類程度の景観パターンを類似した 10 個のグループに分類しました(表 1)。

次に、河川景観に対する評価を行うため、周辺の風景を同じにした上で印象を比較できるように、同一の風景写真(都市部、郊外部)に護岸ブロックの景観パターンを当てはめたフォトモンタージュを作成しました(図 1)。作成したフォトモンタージュを用いて、個々の景観パターンに対して、どのような印象を持つのかをアンケート調査を行いました。

■ 結果と考察

アンケート調査を基に分析した結果、景観パターンは「調和性」(好き、親しみやすい)と「形状性」(規則的な、表情が乏しい)で特徴づけられることが分かりました。また、調和性が低い護岸ブロックの景観パターンは、都市部、郊外部の背景の違いによらず、特に「穴が目立つグループ」(C のグループ)である傾向が示されました(図 1)。

C のグループに分類される種類の護岸ブロックは主に植物の繁茂を目的としているブロックに多く見られます。表面に開口部や緑化スペースがあると、植物の繁茂に寄与しますが、穴が目立つことで河川景観に調和しない問題点があるようです。護岸の表面を被う植物は景観上、自然環境の面から重要とされています。今後は、植物の繁茂を目的としているブロックに着目し、どの位植物が護岸ブロックを被えば景観に調和し、自然環境が良好となるかについて調べていきたいと考えています。

表 1 分類した護岸ブロックのグループ

	パターン
①	A1 一般的な間知積み
	A2 間知石積み風
	A3 玉石積み風
②	B1 野面石積み風
	B2 縦横の目地と模様の両方が強いグループ
	B3 縦横の目地が目立ち、表面の模様があまり見えないグループ
	B4 階段上で横の線が目立つグループ(布積み)
③	C1 千鳥模様で飛び出して見えるグループ
	C2 千鳥模様で穴が開いているように見えるグループ
	C3 穴が目立つグループ

① 主に小型の護岸ブロックの谷積みに見られるパターン

② 主に大型の積みブロックに見られるパターン

③ 主に植物の繁茂を目的としているパターン

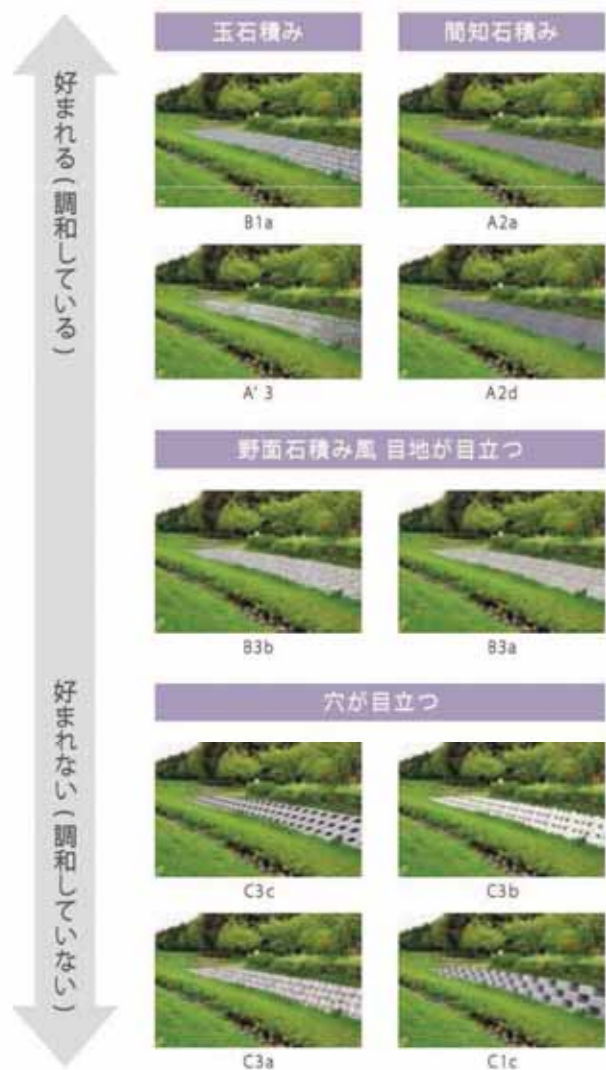


図 1 要因の分析結果(郊外)

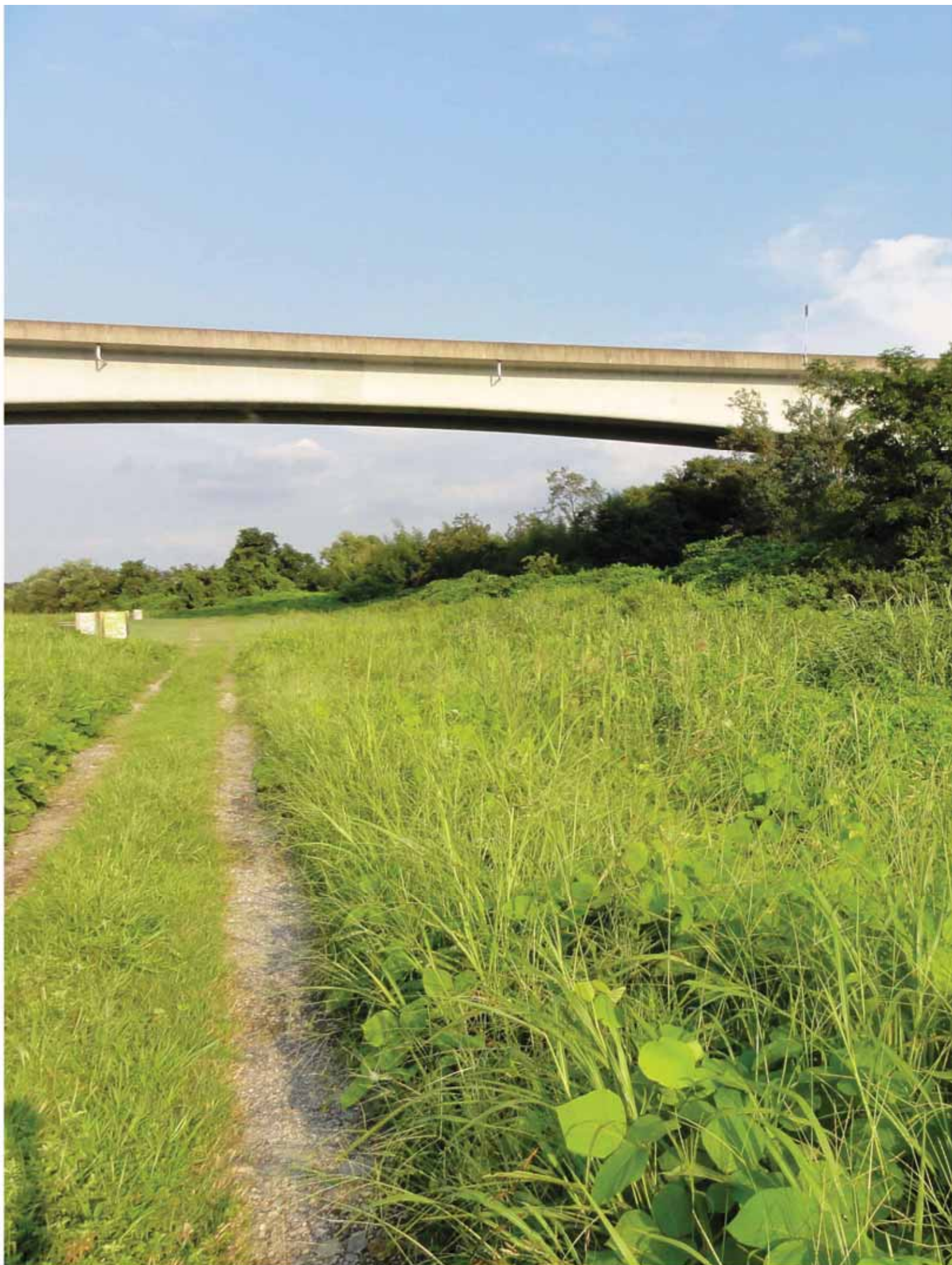
担当 / 藤森 琢 横井 玄紀 尾崎 正樹

中小河川「Q & A」



平成26年(2014)－平成30年(2018)

- 河川環境を定量的に評価するツールはありますか？
- 環境が劣化した中小河川で瀬・淵を創出するにはどうすればよいですか？
- 河川景観保全のために必要な緑化ブロックの植被率について教えてください。
- 治水・環境・維持管理計画のサポートするための具体的な指標ツールはありますか？
- 大型コンクリートブロックにおける景観上の配慮のポイントは何か？
- 河川景観に馴染みやすい護岸ブロックのテクスチャーの評価方法はありますか？
- 急勾配区間で河道の部分拡幅を行うときの留意点は何か？
- 深いために調査が困難となりやすい淵の状況を簡単に知る方法はありますか？
- 災害復旧での多自然川づくりを支援するツールはありますか？

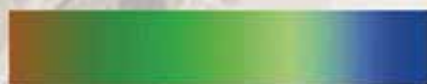




Q

河川環境を定量的に評価する
ツールはありますか？

植物生育の可能性



可能

やや可能

やや困難

困難

A

流況計算ソフト(iRIC)と連携した 生物の生息場を評価できるツールがあります。

■ 背景と目的

川の地形変化やそれに対応する生物の応答など、学術分野における知見の集積は進んでいますが、これを河道計画や設計に取り込むツールの開発や仕組みづくりは遅れています。ここでは、河道計画・設計段階での活用を視野に入れ、簡便に生物の生息場の評価を行うツールを開発したので紹介します。

■ 評価ツールの概要

開発したツールでは、流れの計算が可能なソフトウェア(iRIC ver.2.3)を活用しました。このツールでは、主に平常時の流量に対して、流れの計算で得られる水深や流速といった物理指標を用いて、生物生息環境の評価が行えます(図1)。また、算定された結果は、画面上で視覚的に図示することが可能です。これにより、河川改修等における地形変更に対する生物の生息場の変化を評価することができます。現況の評価ツールには、魚類の生息環境の評価に加えて維持管理で問題となる陸生植物の生育可否の判定ツールも搭載されています。魚類の生息環境評価では、対象種に対する生息場の適正値(0(不適)から1(最適))を流速・水深などから評価することができます。また、陸生植物の生育可能性は、水深によって判別を行うことが可能です。

■ 適用事例

本ツールの適用事例として、川幅が約20mのモデル(現況(B))、川幅を2倍に拡げたモデル(拡幅(2B))と川幅を半分に狭めたモデル(減幅(1/2B))を作成しました。ここでは、単純な比較検討としたいため、いずれのモデルも河床の著しい凹凸を少なくし滑らかな断面にすると共に、平常時の流況では河床の変化も少ないので固定床としました。結果の一例として、水深での結果(図2)をみると、オイカワについては、成長段階に係らず川幅変化に比例して、生息適地が増加しています。一方、カワムツについては、オイカワよりも適地が少ないことや、川幅が2倍になると成魚・産卵期の生息適地が減少していることが分かります。これらの結果は、オイカワが水深の浅い瀬を好むのに対して、カワムツが水深の深い淵を好むと言われるように、両魚種の生態的な特性を表した結果といえるでしょう。また、陸生植物の生育可否(図3)については、平常時の水深が拡幅(2B)で現況(B)、減幅(1/2B)に比較的小さくなるため、植物によって河道が覆われる可能性が高くなることが分かります。本検討では、固定床として計算を行いました。河床変動を踏まえた評価を行うことも可能です。本ツールを活用すれば、生物に配慮した川づくりや維持管理を容易にする川づくりの検討も可能となるでしょう。

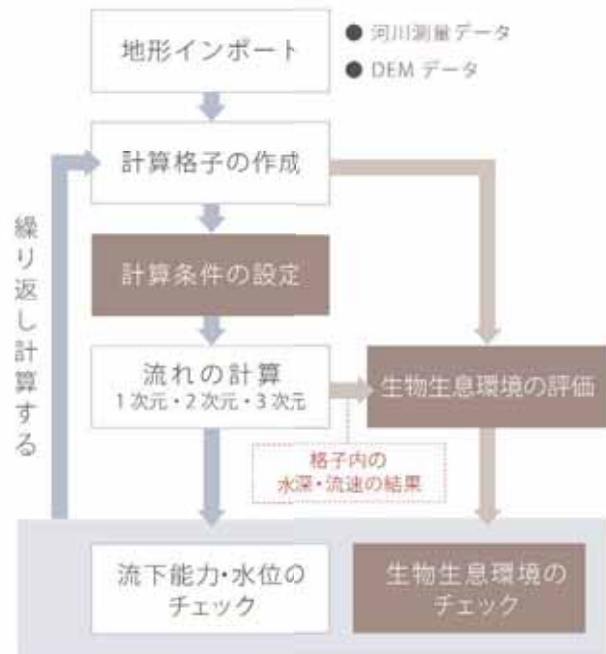


図1 評価モデルの計算フロー

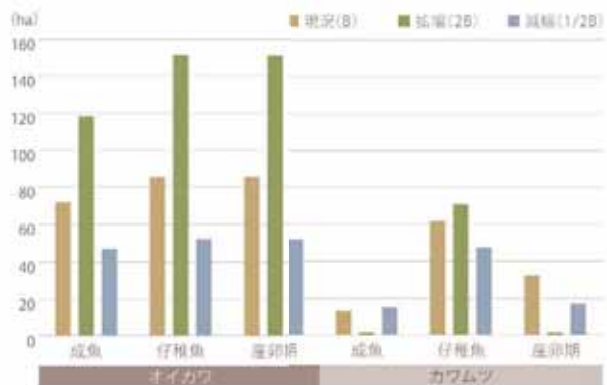


図2 水深による評価結果

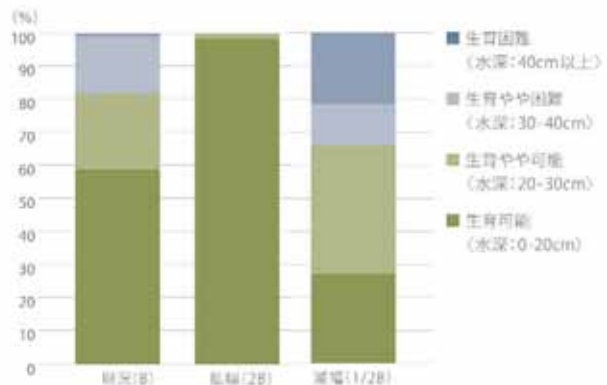


図3 植物生育可否に関する評価



Q

環境が劣化した中小河川で
瀬・淵を創出するにはどうすればよいですか？



A

早瀬工や瀬淵工により河道の安定を確保しつつ、
瀬・淵構造を創出する方法があります。

■ 背景と目的

多くの中小河川では、過去に行われた改修で、河床が平坦となり、生物にとって重要な瀬・淵構造の消失を始めとした環境の劣化が生じています。特に、市街地を流れる中小河川では、その後の改修においても川幅の拡幅は困難な場合が多く、瀬・淵構造を創出する方法の開発が必要でした。

自然共生研究センターでは、河道の安定を確保するとともに、瀬・淵構造を創出することができる新しい河道安定工法について研究を進めています(写真1)。ここでは、実際の河川(福岡県樋井川)に導入した早瀬工、瀬淵工について報告します。

■ 方法

二級河川樋井川は、福岡市の市街地を流れる都市河川であり、平成21年の豪雨災害を契機に、改修事業が行われました。樋井川では、従来の帯工、護床工に代わって、早瀬工、瀬淵工を導入することにより、河道の安定だけでなく、瀬淵の復元が図られました。

早瀬工は、上流側の河床高を維持し、不連続な落差を生じさせず、早瀬状の流れを創出する構造物です。また、瀬淵工は、河床高を維持しながら縦断的な瀬・淵構造を形成する新しい河道安定工法であり、直線化した河道の安定を確保しつつ、瀬・淵を創出することを目的としています。早瀬工、瀬淵工については、石組と石張を組み合わせた構造としました。

■ 結果と考察

早瀬工の状況を写真2に示します。早瀬工では早瀬状の流れが生じていることが分かります。また、下流側には淵が形成されています。写真3に瀬淵工の状況を示します。直線化した河道の中に、瀬淵が交互に形成されていることが分かります。早瀬工や瀬淵工により、良好な環境が創出されていることが分かります。今後は、早瀬工、瀬淵工周辺の流れの状況や河床変動について調査を行う予定です。

本事例は、河道の安定、河床高の維持だけでなく、瀬淵の保全と創出まで踏み込んだ事例であり、都市部の中小河川における多自然川づくりの一事例として、参考になるものと考えています。



写真1 瀬淵工の大型模型実験



写真2 施工後の早瀬工の状況



写真3 瀬淵工の状況



Q

河川景観保全のために必要な
緑化ブロックの植被率について教えてください。



A

植物が護岸部を7割程度被うことで、
周囲の景観と調和しやすい傾向があるようです。

■ 背景と目的

護岸ブロックの形状、サイズ、積み方、目地などの組合せによって表現される意匠を景観パターンと呼びます。既往の研究から護岸の表面に穴あきが目立つ景観パターンは周囲の景観と調和しにくいことが明らかになっています。

このような景観パターンは、主に植物の繁茂を目的としているブロック(以下、緑化ブロック)で多く見られます(写真1)。緑化ブロックには、植物を繁茂させるために開口部や緑化スペースを設けます。しかし、植物が十分に繁茂していない状態では、穴が目立ちやすくなり、周囲の景観と調和しにくくなるようです。

そこで、植物が護岸ブロックをどの程度被えば、景観パターンが隠れ、周囲の景観と調和するかを明らかにするため、検討を行いました。

■ 方法

まず、周辺の風景を同じにした上で印象を比較できるように、同一の風景写真に、3要素(植被率、景観パターン、草丈)を変化させた緑化ブロックを当てはめたフォトモンタージュを作成しました(写真2)。次に、作成したフォトモンタージュに対して、周囲の景観と調和しているかどうか、景観パターンが目立つかどうかの設問について、アンケート調査を行いました。

最後に、緑化ブロックが周囲の景観と調和するためには、どの程度の植被率が必要かについて分析を行いました。

■ 結果と考察

アンケート調査を基に分析を行った結果、植被率が70%以上の場合で、護岸周囲の景観と調和しやすい傾向がありました。これは、植被率が高くなることで、穴あき等の景観パターンが目立ちにくくなったためだと考えられます(図1)。また、植物が繁茂することで、護岸から背後地への自然景観の連続性が確保でき、周辺の明度と差がなくなったからだとも考えられます。

景観パターンの違いによって評価が変わりました。護岸正面から見た時に穴が目立たない階段タイプでは評価が高く、植被率が60%の場合でも、周囲の景観と調和すると判断されました(図2)。

今後、緑化ブロックを使用する際は、緑化ブロックのタイプを認識し、周囲の景観と調和する植被率の確保を念頭に置く必要があります。



写真1 検討対象とした景観パターン

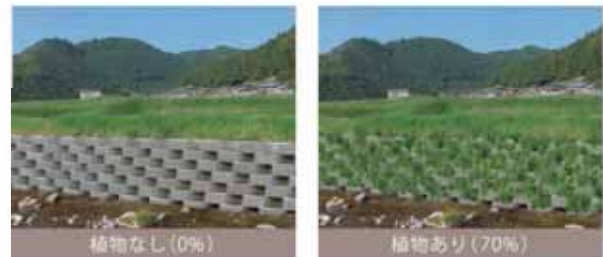


写真2 フォトモンタージュの例

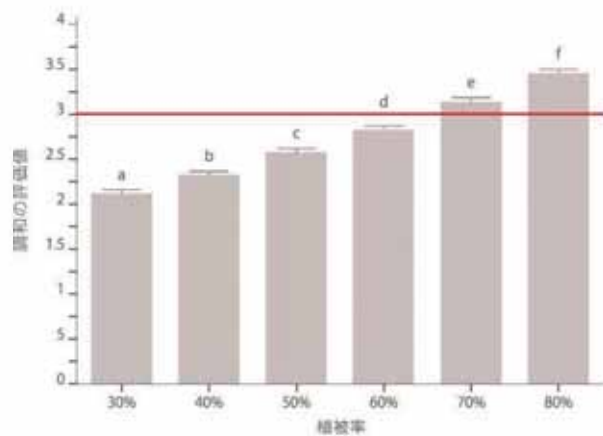


図1 植被率に対する調和の評価値

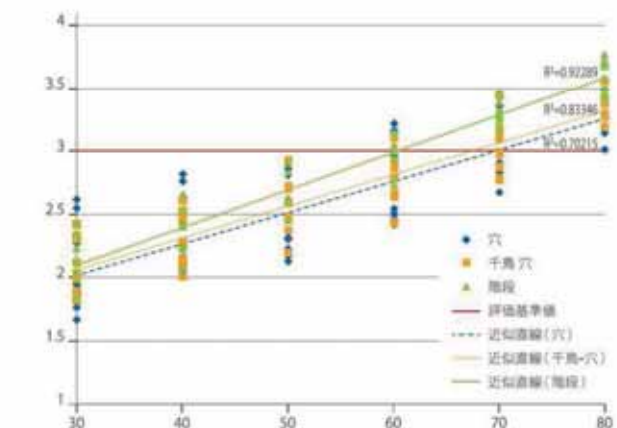


図2 植被率と調和の評価値の関係 (景観パターン別)

担当 / 藤森 輝



Q

治水・環境・維持管理計画のサポートする
ための具体的な指標ツールはありますか？



A

川幅の設定や環境・維持管理の課題を 数量的に評価するツールなどがあります。

■ 背景と目的

治水・環境・維持管理に配慮した川づくりを行うためには、改修後に各々の項目でどのようなリスクが生じるかを事前に予測し管理計画を立案することが有益と考えられます。過去2カ年の活動レポートでは、川幅の設定が洪水時の河道の安定性や平常時の生物生息場に影響を与えていることや、河道計画時に生物生息場のポテンシャルを数量的に評価することの有用性について報告してきました。本年度は、過去の成果を組み合わせ、実際に川幅の異なる2つの河川を検討例に取り上げ、今後の川づくりにおける治水・環境・維持管理に配慮するための河道改修や管理計画の考え方について検討しました。

■ 方法

同一河川で川幅の異なるサイト1（幅10m：左頁上）とサイト2（幅30m：左頁下）の2区間（1区間 200mで河床勾配 1/100-1/200）の河道特性を把握するため、まず、改修計画時の川幅と対象サイト近傍の降雨量データからFr（フルード数）と $BI^{0.2}/H$ を求め、図1にプロットし、河道景観のタイプを予測しました。次に、現地河道の地味状態、流れのタイプなどを調査し、各サイトの河道景観を把握しました。最後に、環境・維持管理の課題が2つの河川でどのように異なるのかをシミュレーション解析（IRIC Nays2DH および EvaTriP）にて検討しました。なお、流量は約2カ年の実測データから洪水時 35m³/s、平常時 0.5m³/s を与えています。

■ 結果と考察

図1から、サイト1は平坦な河床が岩盤が生じ易い景観、サイト2は砂州を有する景観の分布に位置していることが分かります。現地で確かめると、サイト1は地形凹凸の変化の乏しい河床を有し、水域に平瀬が多く見られたため、平坦な河床の景観と考えられます（図2）。サイト2は、単列砂州の発達により陸域には裸地や植生域が多く、水域に早瀬、平瀬、M型の淵など多様な流れのタイプが見られ、砂州景観と考えられます。次に解析結果のうち洪水時における河床に働くせん断力の違いを図3に示します。両サイトを比較するとサイト1では、120（N/m²）前後の大きなせん断力が上流から下流にわたって分布しており、サイト2と比較すると河床低下が生じ易い河川と考えられます。図4には、両サイトでの魚類生息ポテンシャルについて検討した例を示します。この例ではオイカワの成魚を対象に流速・水深・底質環境から推察される生息場ポテンシャルの適地が分かります。両サイトで水面幅に大きな違いはありませんが、サイト2の方が洪水時に河床の凹凸が生じ、平常時に瀬・淵を伴う特性を有したため、最適値（1.0）付近の場所が多いと予測されました。このように、指標やツールを利用することは、治水・環境・維持管理で課題となりそうな項目や箇所の予測に繋がります。具体的な河道改修計画や管理計画を考える手助けになると考えられます。

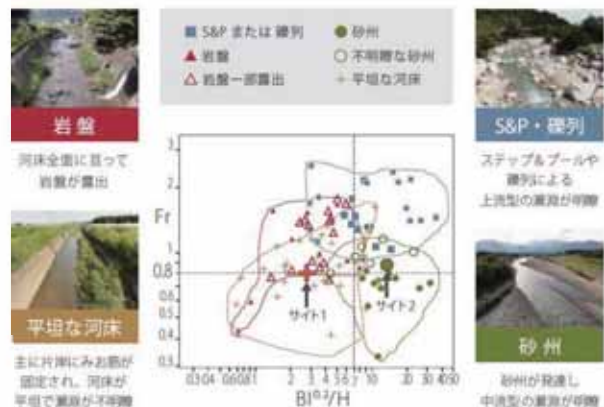


図1 川幅から予想される河道景観（プロットは他河川で行ったデータを示す）
（サイト1は平坦な河床が岩盤、サイト2は砂州と予想）

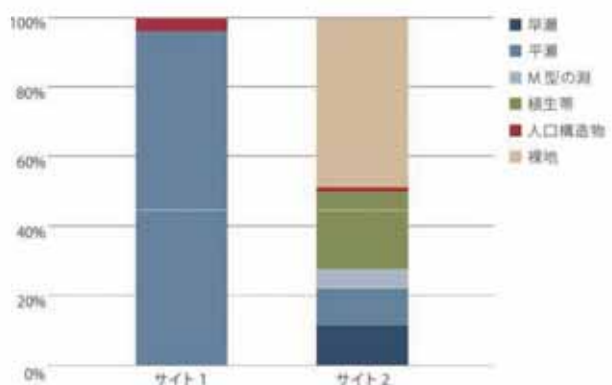


図2 平常流量時における地味状態と流れのタイプの違い

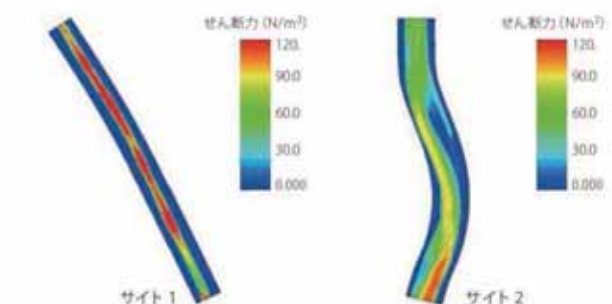


図3 河床に働くせん断力の違い（ $Q=35\text{m}^3/\text{s}$ ）

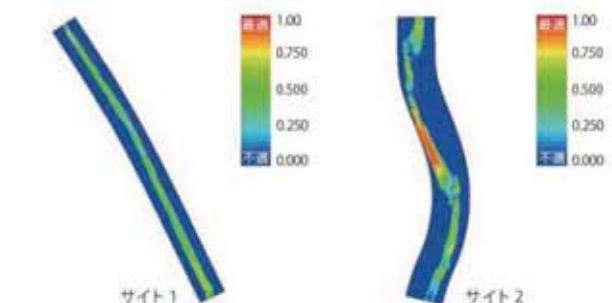


図4 魚類生息適地ポテンシャルの違い（オイカワ成魚、 $Q=0.5\text{m}^3/\text{s}$ ）

担当 / 大石 哲也



Q

大型コンクリートブロックにおける
景観上の配慮のポイントは何ですか？



A

見かけの大きさを緩和するために、
石の模様を描かないことが大切です。

■ 背景と目的

大型のコンクリートブロック（例えば、縦50cm×横100cm、縦100cm×横200cm）は素材が大きいため、ブロックに石積み模した模様を付けて素材を小さく見せる試みが行われてきました（写真1）。しかし、方形の構造を持つ目地の中に丸みを帯びた模様を描くと、奇異な印象を与えるため、自然共生研究センターで設置した検討会においても、「この工夫には課題があり、具体的な配慮の方法を提案すべき」との意見をいただきました。そこで、自然共生研究センターでは、公益社団法人全国コンクリートブロック協会（以下、全協）と共同で、配慮の方法について議論を重ね、実際のブロックを改良・試作を行いましたので報告します。

■ 方法

河川景観に着目した既往の調査、研究、実験結果、共同研究の成果の既往の知見に加え、河川景観に関する専門家に対するヒアリング、「護岸ブロックの性能評価手法に関する委員会」における議論の結果を踏まえ、護岸の景観にとって必要な要素を抽出しました。この中で、上述した大型コンクリートブロック特有の課題も整理しました。次に、既存の護岸ブロックの改善の方向性について全協と議論を重ねながら、既存の護岸ブロックの改良版を試作し、これを自然共生研究センターに展示しました。

■ 結果と考察

ブロック1個1個の視覚が過度に大きすぎると大味で親みにくい印象を与えます。例えば、対象の物理的な大きさ S 、対象までの距離 d とし、見えの大きさ（視覚 θ ）を定義した場合（図1）、視覚 θ が 2° 以上になると、素材が大き過ぎる感じようになります（図2）。また、方形の規則的なブロック目地の中に、丸みを帯びた石のように異なる模様が繰り返し出現すると、見かけ上の素材の大きさは緩和されるものの、人工的な印象が強調されます（写真1、写真2（左））。そこで、本試作では、小型の方形の模様を繰り返すことにより大型ブロックを見かけ上分割し、また、小型の方形のサイズを少しずつ変化させることにより、人工的な印象の緩和を試みました。

改善前と改善後のブロックを比べて見ると、改善後は見かけの大きさが緩和されているだけでなく、従前の石積み模倣したかのような人工的な印象が消失しています（写真2）。共生センターでは、ここで紹介した大型ブロックに加えて小型ブロックについても改良を加え、展示を行っています。詳細はHPをご覧ください（URL:http://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/about/m2_02_KW/KW_link/05_cyusyokasen_gogan/gogan_01.htm）。

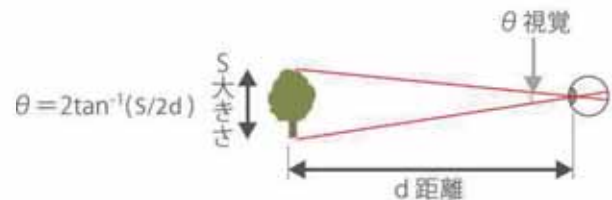


図1 視覚の概念

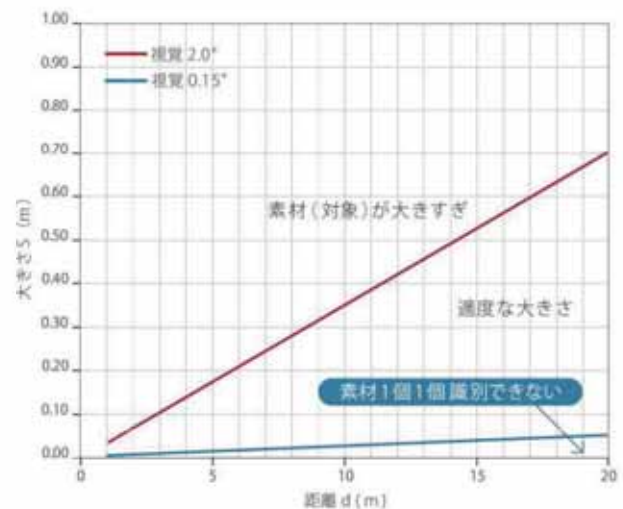
図2 距離 d と視覚の大きさ θ の関係

写真1 規則的な目地(赤)。異なる模様(青)



写真2 比較して展示を行ったブロック



Q

河川景観に馴染みやすい護岸ブロックの
テクスチャーの評価方法がありますか？



陰影がない



陰影がある



A

景観に調和しやすいテクスチャーは 護岸ブロック表面の陰影で評価できます。

■ 背景と目的

河川整備に多く用いられる護岸ブロックには、治水上の機能を担保しつつ、河川景観や自然環境の機能も保持することが求められます。そのため、景観に馴染む護岸ブロックの機能の1つとして、「素材にはテクスチャーを付ける」ことが求められています。既往の研究では、風景に調和しない印象を多く持たれるテクスチャーは「滑面」であり、「人工的である」「明るい」「平らである」が理由として上げられます。そのため、風景への調和を損ねる「滑面」を規制するとともに現場への普及のための汎用性のあるテクスチャーの評価手法を開発する必要があります。

■ 方法

護岸の「テクスチャー」とは、素材表面が持つ質感や肌理(きめ)を表します。護岸ブロックのテクスチャーの評価範囲については、図1に示すように、護岸ブロックの目地(破線)により区切られる面的な部分(実線)に限定しました。護岸ブロック表面の肌理や凹凸の存在は、光源の影響を受けることにより明暗、すなわち輝度のばらつきとして量的に表現できます。具体的には、護岸ブロック表面の肌理が細かく平らであれば陰影が乏しく輝度のばらつきは小さく、肌理が粗く凹凸があれば陰影に富み輝度のばらつきは大きくなります(図2)。そこで、この輝度のばらつきを標準偏差で評価できると考え、デジタルカメラの画像データから抽出できる輝度信号を用い、その有効性について検討しました。

■ 結果と考察

画像データを取得する撮影条件(表1、図3)を定めることで、輝度の標準偏差(σ_L)を安定して求めることができました。計125の護岸ブロック(滑面35、滑面以外90)から輝度の標準偏差を求めた結果が図4です。この結果から滑面と滑面以外とを分ける閾値(σ_{Lth})を11に設定しました。統計的にはこの範囲内に滑面の95%が含まれます。このように得られた閾値を用いることで、護岸ブロックの滑面と滑面以外を概ね判別できることが示されました。

滑面以外でも、一部、閾値を下回るブロックがありますが、このテクスチャーは陰影が乏しく、見た目でも滑面と同程度に滑らかなテクスチャーでした。なお、油泡、気泡および色ムラが含まれると、適切な評価値が得られないので、留意して護岸ブロックを製造する必要があります。今後、この手法を通じて、河川景観に馴染みやすい護岸ブロックの普及に努めていきたいと考えています。

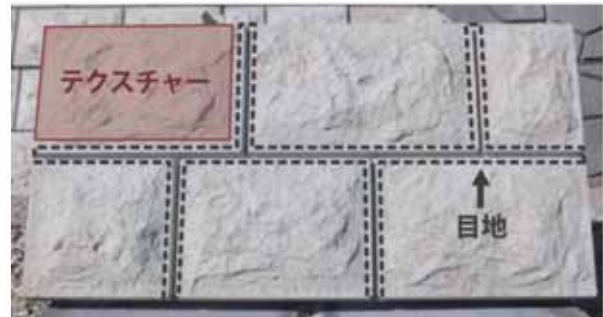


図1 護岸ブロックのテクスチャーの評価範囲

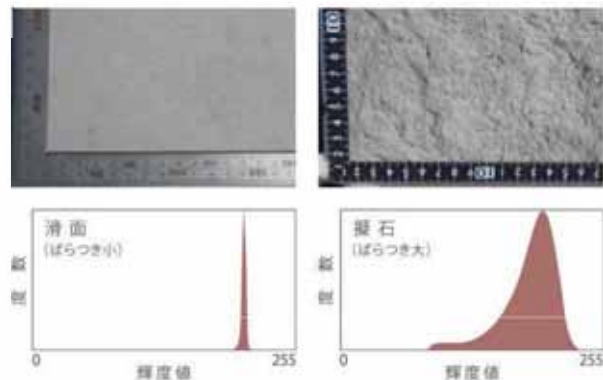


図2 テクスチャーの異なる護岸ブロックと輝度の分布の例

表1 テクスチャーの撮影条件

項目	条件
解像度	0.24 [mm/pixel] 以下
撮影位置	対象ブロックに正対
光の入射角度	45 or 135[°]
照度	40,000 [lux] 以上



図3 写真撮影の位置(側面図)

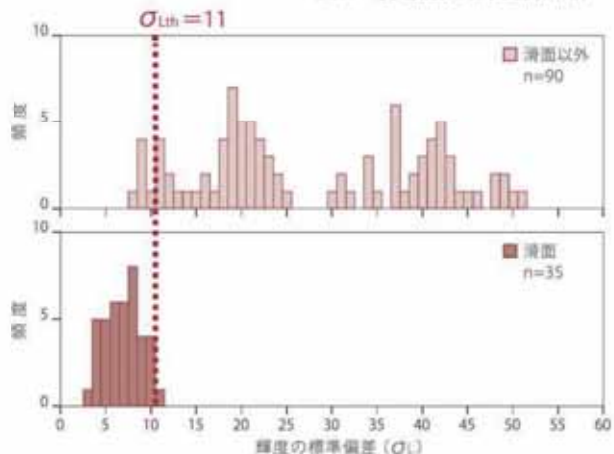
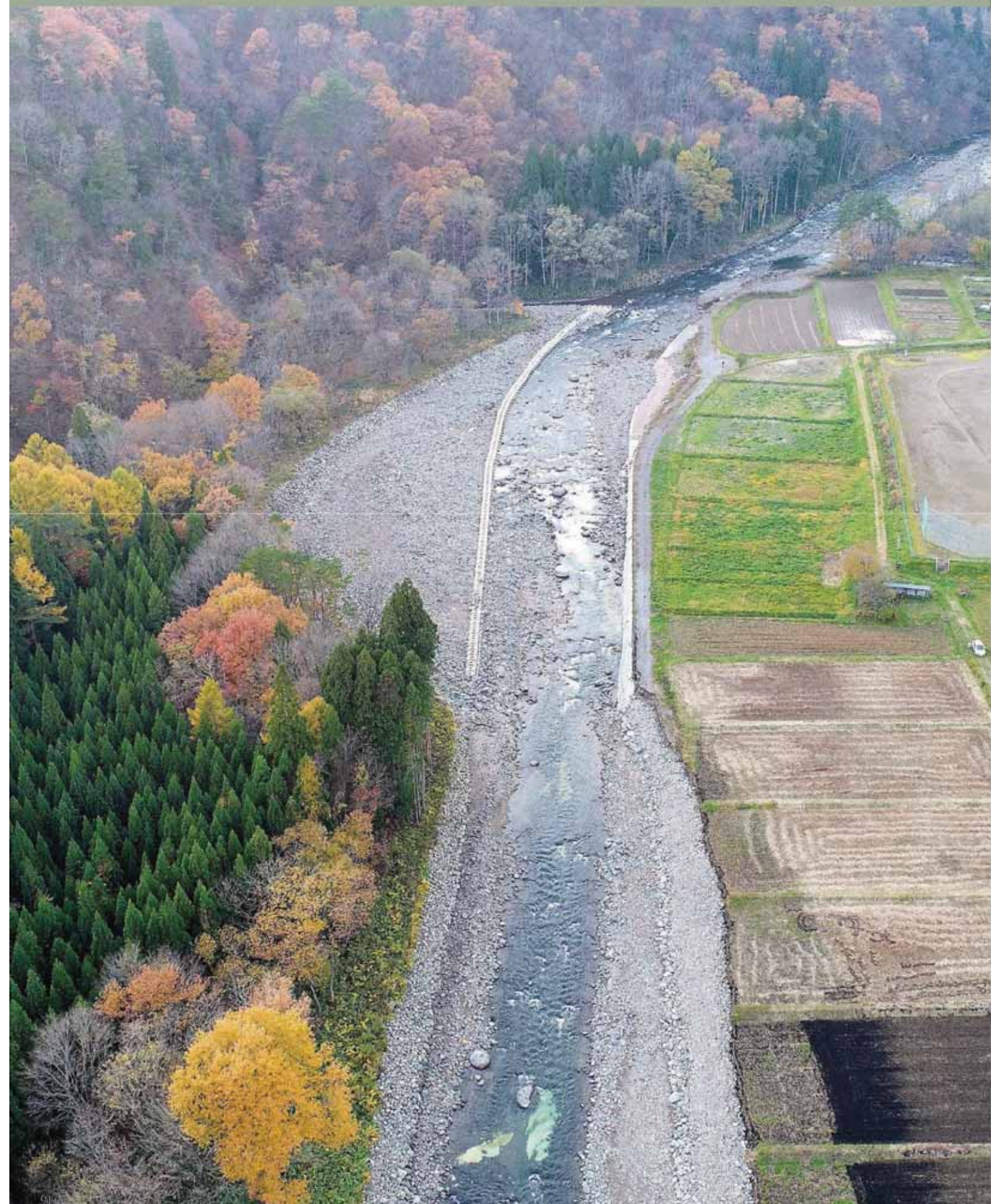


図4 滑面と滑面以外の輝度の標準偏差のヒストグラム



Q

急勾配区間で河道の部分拡幅を行うときの留意点は何ですか？



■ 背景と目的

■ 方法

■ 結果と考察

【計算条件】
 流量：450m³/s
 勾配：1/70
 河床材料：100mm

【断面】 部分拡幅部 それ以外

Figure 1 consists of two vertically stacked line graphs sharing a common x-axis representing distance x in meters, ranging from -300 to 100.

The top graph displays two y-axes: the left axis is '水位' (Water Level) in meters, ranging from -3 to 6; the right axis is '河床高' (Bed Elevation) in meters, ranging from -3 to 6. A solid black line represents the '初期' (Initial) bed elevation, which is a straight line from $(-300, 4.5)$ to $(100, -1.5)$. Other lines represent bed elevations after the 1998 and 2004 floods, categorized by '急縮' (Rapid Contraction, solid red), '漸縮' (Gradual Contraction, dashed black), '急膨' (Rapid Expansion, dotted red), and '漸膨' (Gradual Expansion, dashed black). A shaded gray region labeled '部分振幅部' (Partial Amplitude Zone) is located between $x = -200$ and $x = 0$. Labels '跳水' (Waterfall) and '侵食' (Erosion) are placed near the 0 m mark on the right side of the graph.

The bottom graph displays the 'フルード数' (Froude Number) on the y-axis, ranging from 0.5 to 2.0. It shows two sets of curves: '射流' (Jet, solid red) and '常流' (Normal Flow, dashed black). The '射流' curves show a peak around $x = -150$ and a sharp drop near $x = 0$. The '常流' curves are relatively flat. A shaded gray region labeled '部分振幅部' (Partial Amplitude Zone) is located between $x = -200$ and $x = 0$. Labels '射流' and '常流' are placed near the 0 m mark on the right side of the graph.

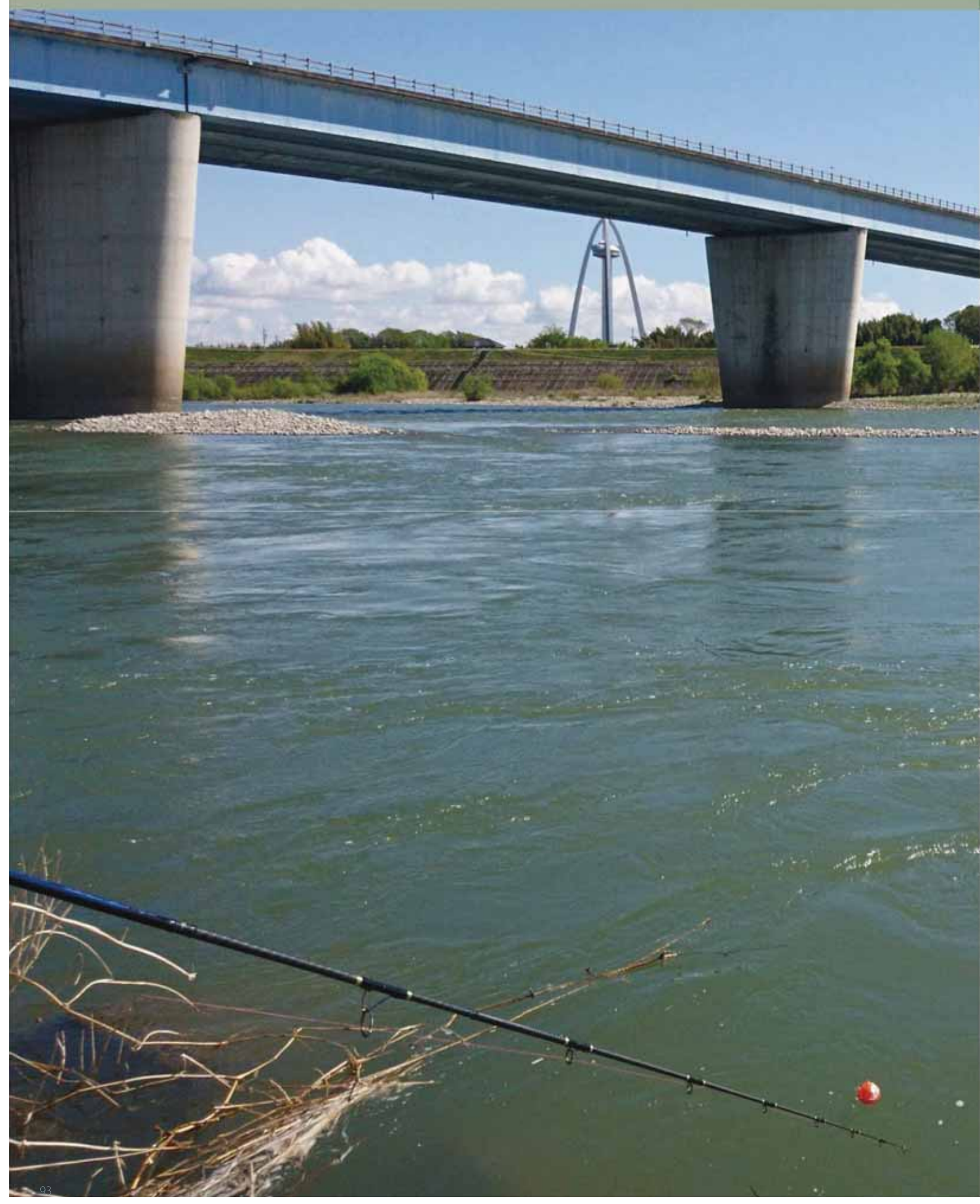
図3 水位・河床高・フルード数の縦断分布

92



Q

深いために調査が困難となりやすい
淵の状況を簡単に知る方法がありますか？



A 携帯型ソナー（魚群探知機）や小型カメラを使うことで水深や魚類の生息状況を把握することが出来ます。

■ 背景と目的

瀬に比べて水深の大きな淵には多数の魚が生息するとともに大型の個体が定着しやすいことが報告されています。また、多くの魚が越冬や渇水時に淵を利用するのではないかとされており、河川環境の中でも重要な場の一つであることが指摘されています。しかし、水深が1mを超え、歩いて渡ることが困難となるような場所では、淵の形状や魚類の生息状況を調査することが難しく、ボートを用いた調査や潜水による調査が必要となってしまいます。このような、調査の難易度が上がることは、淵を対象にした研究の妨げとなっているのが現状です。そこで、本研究では技術の発展により小型化された携帯型ソナー（魚群探知機）と360度カメラを用いることで、簡易に淵の状況を調査できるのかどうかについて検討を行いました。

■ 方法

水面に浮かぶ携帯型ソナーは、水中に音波を発し、その音波が川底に反射して戻ってくるまでの時間からその間の距離（水深）を測定します。測定結果はスマートフォンに無線通信で送られ、画面上に水深に関する情報が表示されます。そのため、釣り竿などを活用することで、調査者から離れた位置の水深を安全に測定することが可能です（図1）。そこで、得られる水深の精度を検証するため、実際の河川において携帯型ソナーと実測した水深との比較を行いました（図2）。また、360度撮影できるカメラを淵に設置し、1時間の動画を撮影することで、どのような魚種を確認できるのかについて調査を行いました。

■ 結果と考察

携帯型ソナーは流れのある環境でも水深を正確に測定することができました。釣り竿を用いて投げる際には携帯型ソナーが着水時に沈むため、一旦、無線通信が途切れることもありましたが、速やかに通信が戻ることで測定結果をスマートフォン上で確認することができました。胴付き長靴を履いて水深を測定する際、深い淵の調査が困難な場所もあります。このような場所に対し、携帯型ソナーを活用することで安全かつ簡易に水深を測れることが確かめられました。また、淵に設置したカメラの映像から魚種を判別することはできましたが、透明度が低い淵では不明瞭なことが多く判別が困難となる場合もありました。サイズの測定手法については検討中ですが、大型と思われるナマズやコイなども映っており（図3）、個体数が少ないために普段の調査では見つけにくい体サイズの大きな魚を観察する手法としても使える可能性が示唆されました。



図1 携帯型ソナーと受信機となるスマートフォン

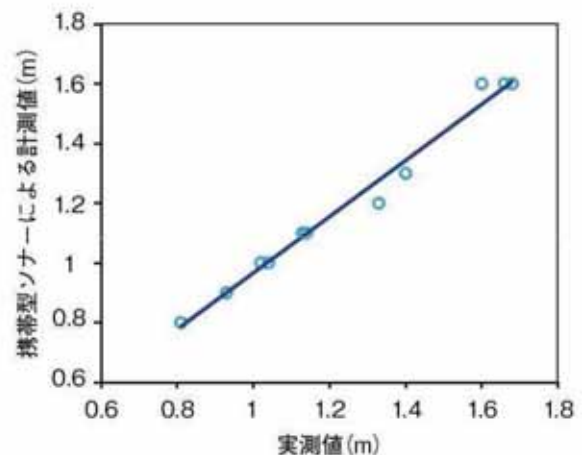


図2 携帯型ソナーと実測による水深の比較
(図中の実線は回帰直線を表す)

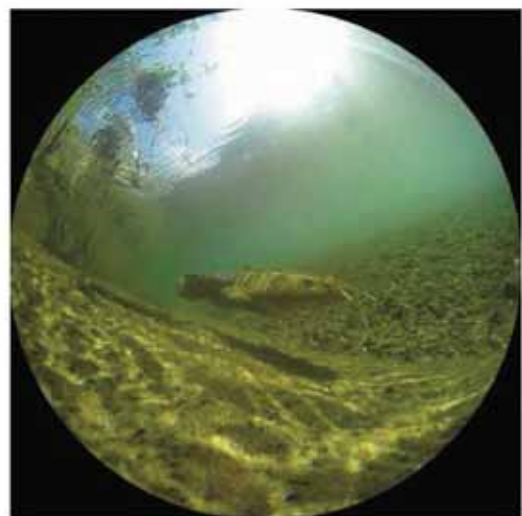
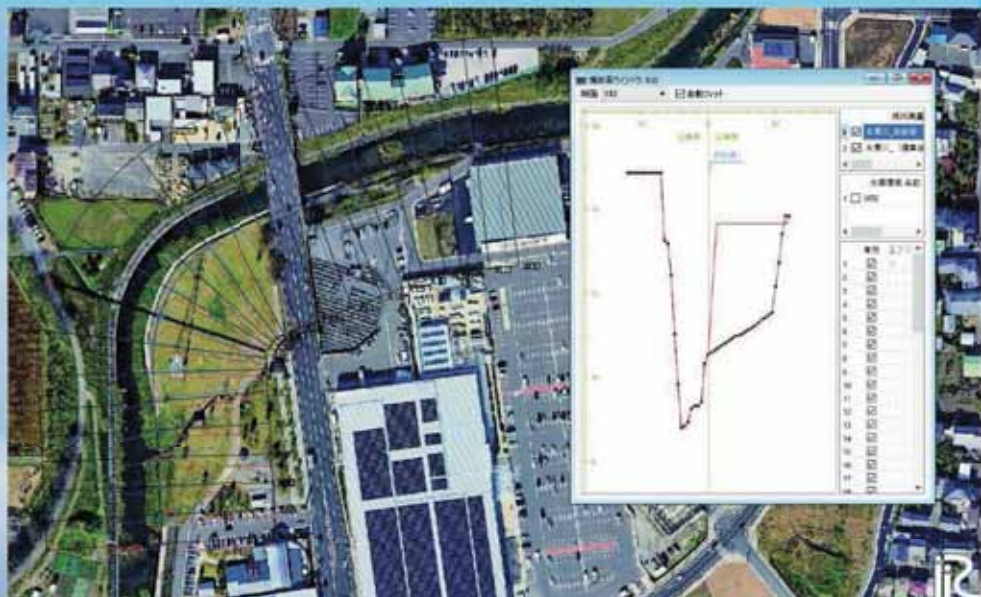


図3 360度カメラに記録されたナマズ



Q

災害復旧での多自然川づくりを支援する
ツールはありますか？



A

RiTERなどの“多自然川づくり支援ツール”を活用ください。

■ 背景と目的

中小河川では災害復旧の際に充実した計画にできるか、その後の川の姿を大きく左右します。しかし、事業の性格上、時間的制約が厳しく、自然環境や人の利用に十分な配慮が行き届かない場合があることが課題となっており(図1)、川づくりのレベルアップのために必要な環境評価機能やきめ細やかな地形処理機能を有するツールが必要となっています。最近では、UAVやグリーンレーザー等の3次元地形測量技術や、それを活用したCIMやICT施工、VR(仮想現実)技術といった新技術も広まりを見せており、新しい時代の多自然川づくりの設計技術として一般的になっていくと思われます。自然共生研究センターではこうしたニーズにも応える「多自然川づくり支援ツール」の開発を行っています(図2)。ここでは、柔軟な地形処理を可能とするRiTER(River Terrain Editor)について紹介します。

■ 地形編集ツール(RiTER)

多自然川づくりのレベルアップには河道の形状に一層の配慮や工夫が必要です。RiTERは河川地形の設計を柔軟に行うためのツールです。横断面ベースで編集を行うRiTER Xsec(cross-section、断面の意味)と3次元地形を直接編集するRiTER 3Dの開発を進めています。RiTER Xsecは、「多自然川づくり支援ツール」での中心的ソフトウェアである、2次元水理・河床変動ソフトウェア「iRICソフトウェア」(<http://i-ric.org/ja/>、無料でダウンロード可能)の機能の一部として実装されています。RiTER Xsecには、平面図上で境界をなぞることで横断面にも境界が表示される機能(図3)などが含まれており、用地の幅を最大限に活かした水辺づくりがソフトウェア上で検討可能になっています。編集した地形は水理計算の入力条件としてそのまま利用できるため、治水評価や河床の変化、さらに自然共生研究センターで開発を行った環境評価ツール(EvaTRiP)を用いてこれまで難しかった高度な検討をスムーズに行うことができます。

■ 今後の展開

最近の3次元施工拡大の動きを見据え、測量から設計→評価→施工→維持管理までをシームレスにつなぐことを多自然川づくり支援ツールの開発の狙いとしています。それぞれの場面で活用でき計画のレベルアップと施工の高度化・生産性向上するためさらに開発を進めます。

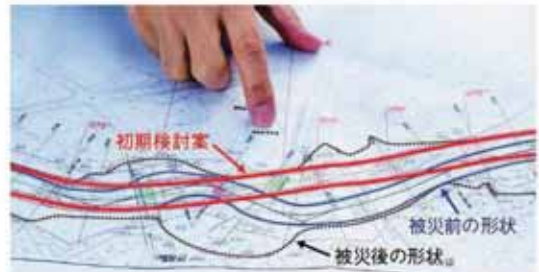


図1 被災河道に対する初期検討案(赤線)の例
直線的な形状が修正されずにそのまま施工される場合もある



図2 新技術を念頭に置いた新しい時代の多自然川づくりフローと多自然川づくり支援ツールの位置づけ

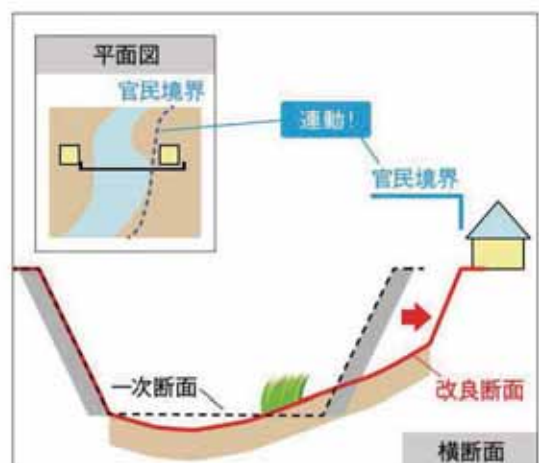


図3 RiTER Xsecによる断面編集のイメージ図

担当/林田 寿文 大槻 順朗

中小河川「Q & A」



令和元年(2019)－令和4年(2022)

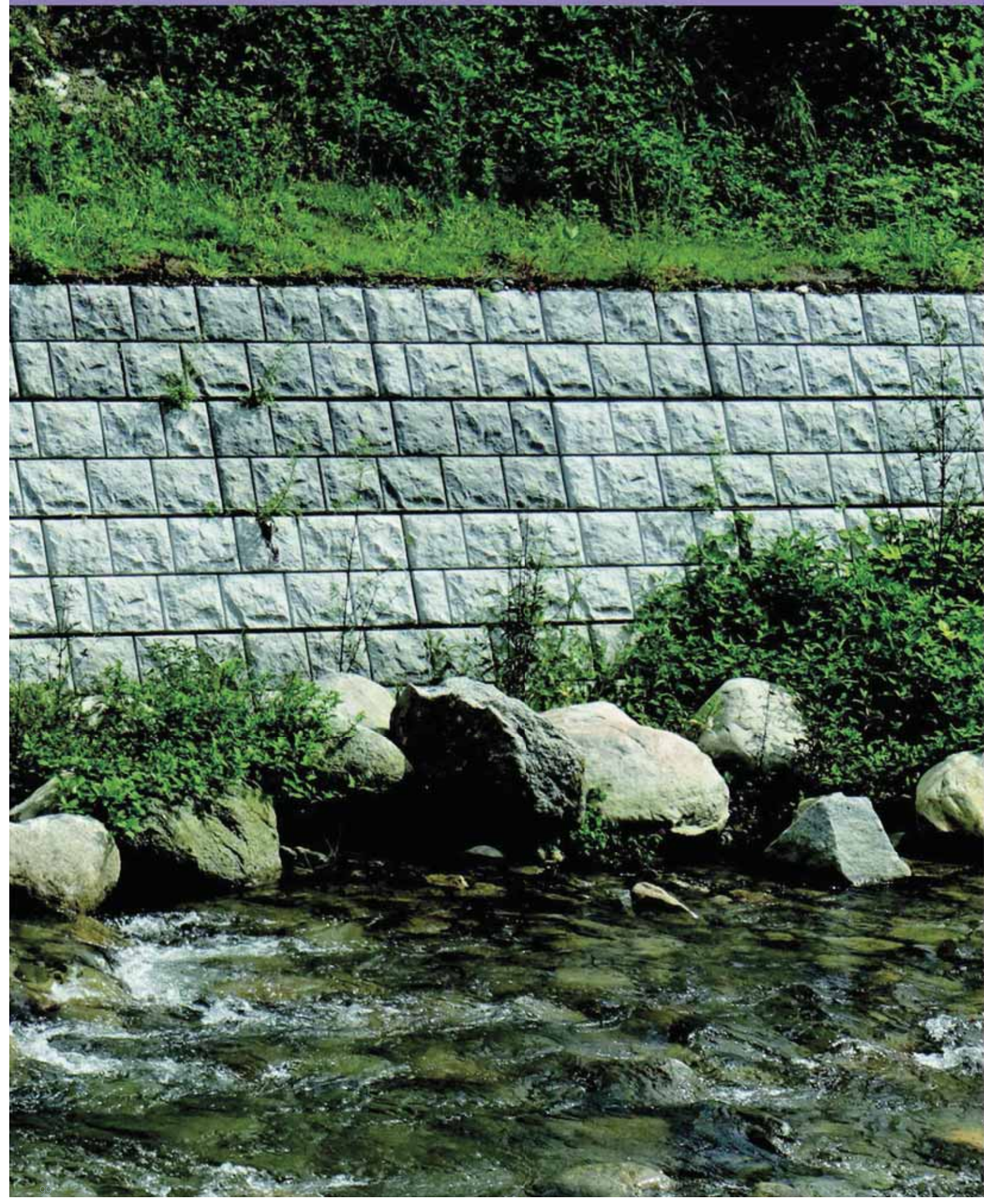
- 河川の景観に馴染みやすい護岸ブロックの特徴について教えてください。
- 湾曲部や拡幅部では直線部に比べて環境や生物相にどのような違いがありますか？
- 3次元データを活用して治水と環境を同時に評価できるツールはありますか？
- 河川横断工作物において魚類などを低コストで遡上させる方法がありますか？
- 中小河川において、様々な魚の遡上に配慮できる魚道はありますか？
- 水田水路において多様な淡水魚が生息するために重要な環境は何ですか？
- 明度とテクスチャー以外に護岸ブロックを評価する方法はありますか？





Q

河川の景観に馴染みやすい護岸ブロックの
特徴について教えてください。



A

古くから用いられてきた石積み(布積・谷積)を参考とすることで馴染みやすい印象となります。

■ 背景と目的

中小河川は規模が小さいために、河川空間に占める護岸の割合は大きくなります。そのため、護岸ブロックは景観の良し悪しを大きく左右する要因といえます。護岸ブロックは、大きさ、表面模様(表面に刻まれる機械的な模様や目地を模した模様)、積み方(布積、谷積など)により、全体としての見え方(景観パターン)が変化します(図1)。既往研究では、護岸ブロックの景観パターンを10グループに分類し、景観面での嗜好性を評価しています。しかし、既存のブロックには、この10グループに分類されないパターンが多数あり、既往研究の成果だけでは網羅できていないことが課題でした。そこで、本研究では、より多種類の護岸ブロックを対象に、景観パターンのグループ化を行い、それらに対する嗜好性を調査しました。

■ 方法

現存する約420種類の護岸ブロックを、「大きさ」、「表面模様」、「積み方」の3要素の組み合わせに基づいてグループ化し(図1)、製品として組合せが確認できた36グループを抽出しました。各グループの景観としての良し悪しを評価するために専門家(景観工学)へのヒアリングと、一般市民(297名)へのアンケートを行いました。アンケートでは、「穴が目立つ」など既往研究により忌避傾向が示されているグループは除き、残る25グループを対象としました。そして、河川景観として具体的なイメージが出来るように護岸ブロックを設置した合成写真を用い(図1)、グループごとに「景観に馴染んでいるか否か」を答えてもらいました。回答は5段階に設定し、「馴染んでいる」を5点、「馴染んでいない」を1点とし、グループごとに求めた平均を景観に対する「評価値」として整理しました。専門家へのヒアリングにより、景観面での問題が少なく、及第点が付けられた「小型・粗面・布積」のグループを評価値の基準とし、各グループとの差異を統計的に求めました。

■ 結果と考察

専門家へのヒアリングの結果、大きさが小型で、積み方を布積もしくは谷積としたグループは高評価とされ、スリットなどの人工的な表面模様や野面石乱積風などの複雑な表面模様(様々な目地の模様が混在)は低評価となりました。専門家が及第点とした「大きさ・表面模様・積み方」が「小型・粗面・布積」のグループは、アンケートにより評価値が3.03となり、「小型・粗面・谷積」や「大型・谷積風・特殊積」、「大型・野面石乱積風・特殊積」は3.3～3.4と基準よりも高い評価となりました。「小型・額縁・谷積」と「大型・布積風・布積」、「大型・切石乱積風・布積」、「大型・切石乱積風・芋目地積」は基準と同程度となり、その他は1.8～2.7と低い値でした(図2)。古くから用いられている護岸は、石材を使用し布積や谷積といった積み方で作られています。アンケートで評価の高いグループは、この伝統的な護岸に類似しており、市民にとって見慣れたパターンとして馴染みやすいと評価されたと考えられます(図3)。一方、低評価となったグループには、スリット模様のような直線が目立つ人工的なパターンや、ブロックの輪郭(ブロック同士を接合するための目地で作られる線)と、表面模様が調和していないパターンが多く含まれていました(図4)。護岸ブロックの景観パターンを考える際、伝統的な石積みを参考にするとともに、輪郭と表面模様の調和に配慮することで、河川景観に馴染みやすくなることが明らかになりました。

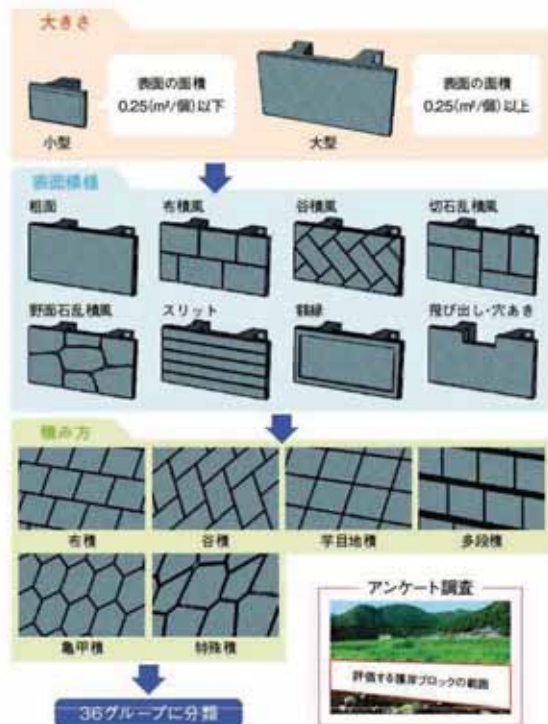


図1 3要素の模式図とアンケート調査に用いた写真

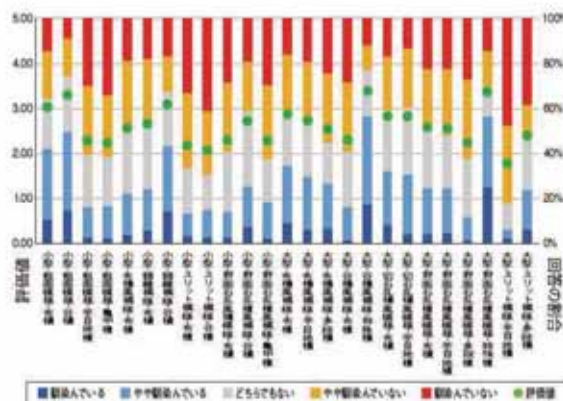


図2 各グループの評価値と5段階の回答の割合



図3 伝統的な石積みの景観パターン例



図4 ブロックの輪郭と表面模様の組合せ例

担当/盛田 達朗



Q

湾曲部や拡幅部では直線部に比べて
環境や生物相にどのような違いがありますか？



A

湾曲部では瀬淵など河川の基盤となる環境が、
拡幅部では特異的な生物種が出現する環境が生じます。

■ 背景と目的

頻発する豪雨災害からの災害復旧事業が数多く実施されています。元の河川の通水能力を大幅に上回る流量を安全に流すためには、多くの場合、大規模な流路の拡幅や直線化などの河道の整成が必要であり、また、拡幅によって河川にスペースを与えることも良好な河川環境の創出に向けて重要です。これまで技術書などでは、「河道の平面形」は良好な自然環境を形成している場合には現況の線形を基本とする、一定の川幅にしない、被災した部分はその幅をできるだけ維持することなどの概念的な指針は示されてきましたが(図1)、曲がりや拡幅といった河道の平面形の変化によって、その場の環境の特性がどのように変わり、こういった効果が期待できるのか、十分な理解には至っていません。そこで本研究では、中小河川での多数の現地調査結果から平面形の変化がもたらす環境上の効果について検討しました。

■ 方法

岐阜県および岩手県における12の中小河川の直線部と近隣の湾曲部・拡幅部(部分的に広い場所)について、水深・流速の物理環境と生息魚類の調査を行い、その調査結果を直線部との相对比较で分析しました。

■ 結果と考察

物理環境の視点では(図2)、湾曲部には水深が大きく流速の小さな淵ができやすく、拡幅部では土砂や植物の影響を受け、形成される環境は様々でした。瀬淵のような基盤的な環境ができやすい湾曲部に対し、形成される環境に多様性がある拡幅部という関係がありそうです。

魚類相を見ると(図3)、湾曲部では、その河川の魚種数が少ないほど湾曲部だけに見られるものの割合が高い、という傾向が見られました。これは、魚類の基盤的な生息場である淵との関係性から、種数の乏しい川では淵ができやすい湾曲部への依存度が高まるのだと思われます。拡幅部は逆に、種数が豊富であるほど拡幅部だけに見られるものが増えます。拡幅部にできる環境は様々であることが特徴で、局所的にできるよみや砂地などの特異的な環境が形成されやすいことで、それに対応して特異的な種が見られる傾向にあるようです。

近年、河川を3次元空間で捉える設計・施工技術が進展しています。これらの技術を最大限に活かすためにも、平面形が環境にもたらす効果をより深く理解し、河川整備に応用できるようにすることが必要だと考えています。

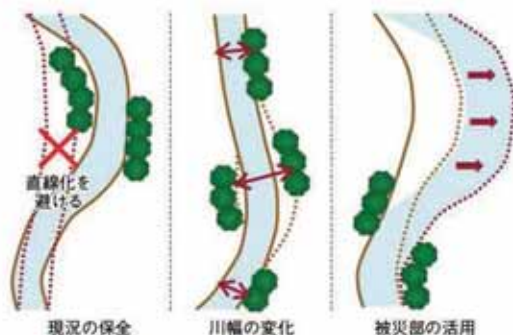


図1 河道平面形に関する技術指針(多自然川づくりポイントブックⅢ等)

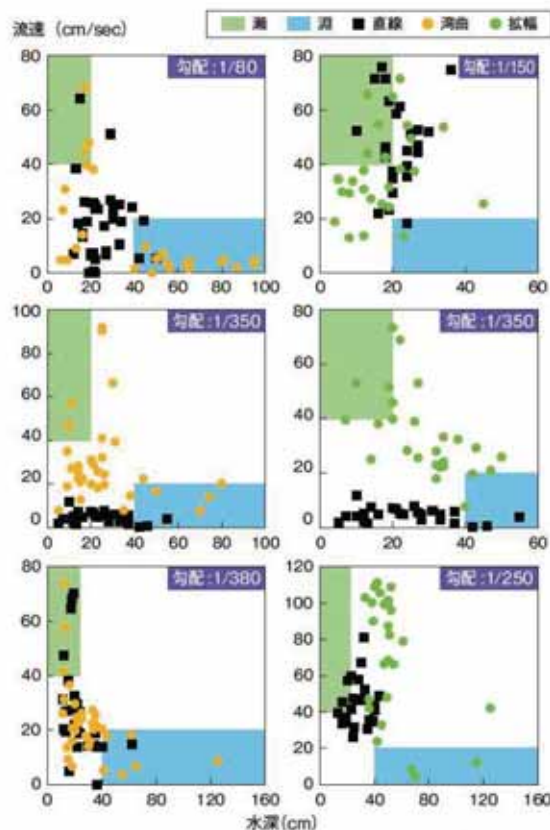


図2 河川ごとの直線・湾曲・拡幅部における水深・流速分布の比較(一部)

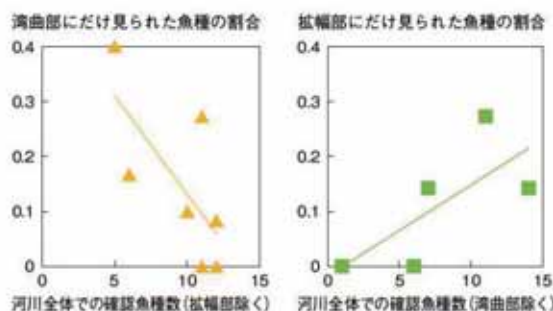


図3 対象河川の確認魚種数と種数の湾曲部・拡幅部に占める割合の関係

担当/林田 寿文 森 照貴 大槻 順朗



Q

3次元データを活用して治水と環境を
同時に評価できるツールはありますか？



A EvaTRiP Pro などの “多自然川づくり支援ツール”があります。

■ 背景と目的

近年グリーンレーザー(ALB)等を用いた河川測量が可能になり、広い範囲で地上・水中を含めた精密な3次元地形データ(点群データ)を取得できるようになりました。3次元地形データは横断面形状の抽出をはじめ、河川の蛇行や瀬淵分布といった面的な情報を取り扱えるため、2次元の水理解析を用いた治水検討や生物の生息場評価等の環境検討がより正確に行えるようになります。当センターでは、3次元地形データを用いた河川設計を支援する「多自然川づくり支援ツール」の開発を行っています(図1)。無償の水理解析ソフトウェアであるiRICソフトウェア(以下、iRIC)に、地形編集と河川環境評価の機能を持たせることで、治水と環境を同時に評価することを可能にしました。ここでは、河川環境評価ツールEvaTRiP Pro(Evaluation Tools for River environmental Planning)について紹介します。

■ 河川環境評価ツール(EvaTRiP Pro)

EvaTRiP Proは水理解析で得られた流速等の計算結果を取り込んで様々な評価指標を算出するもので、専門家から管理者まで様々なユーザーのニーズを満たす高度な河川環境評価が可能です。図2に瀬淵分析機能による結果を示します。この機能ではフルード数(流れの状態を表す指標)による自動分類と、河川の状況に応じて水深・流速の閾値をマニュアルで設定する2つの方法が使えます。その他にも統計分析や変数の合成機能等があり、ユーザーが自由に式を入力して分析する機能もあります。EvaTRiP ProはPython(プログラム言語の一つ)で動作するiRIC初の機能で、ソースコードが公開されています。これにより、EvaTRiP Proを改良して、様々な機能を独自に開発できます。

■ 今後の展開

EvaTRiP Proは環境評価のみならず、水理解析とAIや深層学習を組み合わせた新しい河川の評価技術のプラットフォームとして、幅広い活用が期待されます。また、河川設計を行う際は、治水や環境の評価に加えて景観の評価も同時に行うことが求められています。景観評価を行うツールとしてCG等によるリアルな表現が可能なゲームエンジンが注目されています。iRICでは、ゲームエンジンとiRICで地形データのやり取りを円滑に行うためのI/O(入出力)の整備も実施済みであり(図3)、治水、環境、景観に配慮した3次元川づくりの実現を可能としつつあります。最後に、自然共生研究センターのYouTubeチャンネルでは、EvaTRiP Proの解説動画(<https://www.youtube.com/watch?v=2xCdC9DmVLA&t=2s>)を公開しています。本ツールが活用されることで、多自然川づくりが益々発展することを期待しています。



図1 多自然川づくり支援ツールの全体像

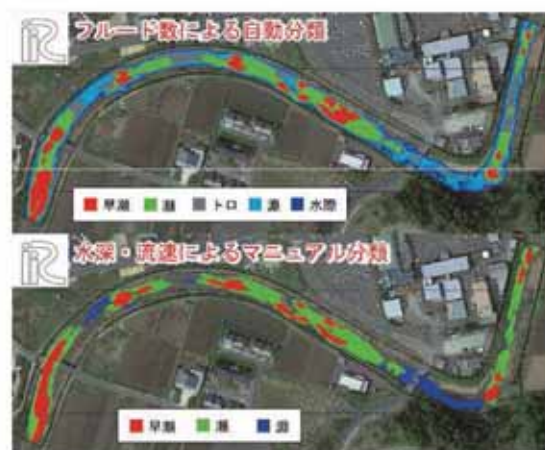


図2 フルード数による自動分類(上)とマニュアル分類(下)による瀬淵等の区分

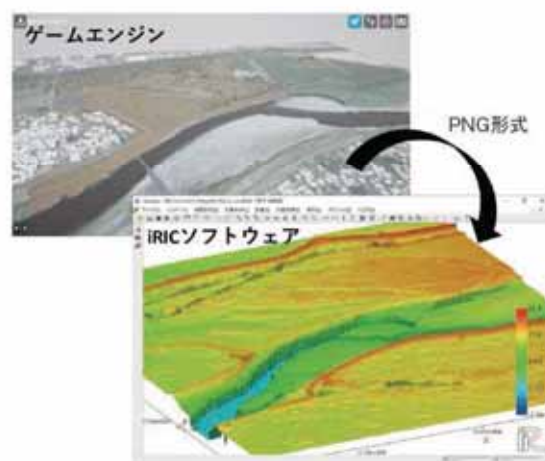
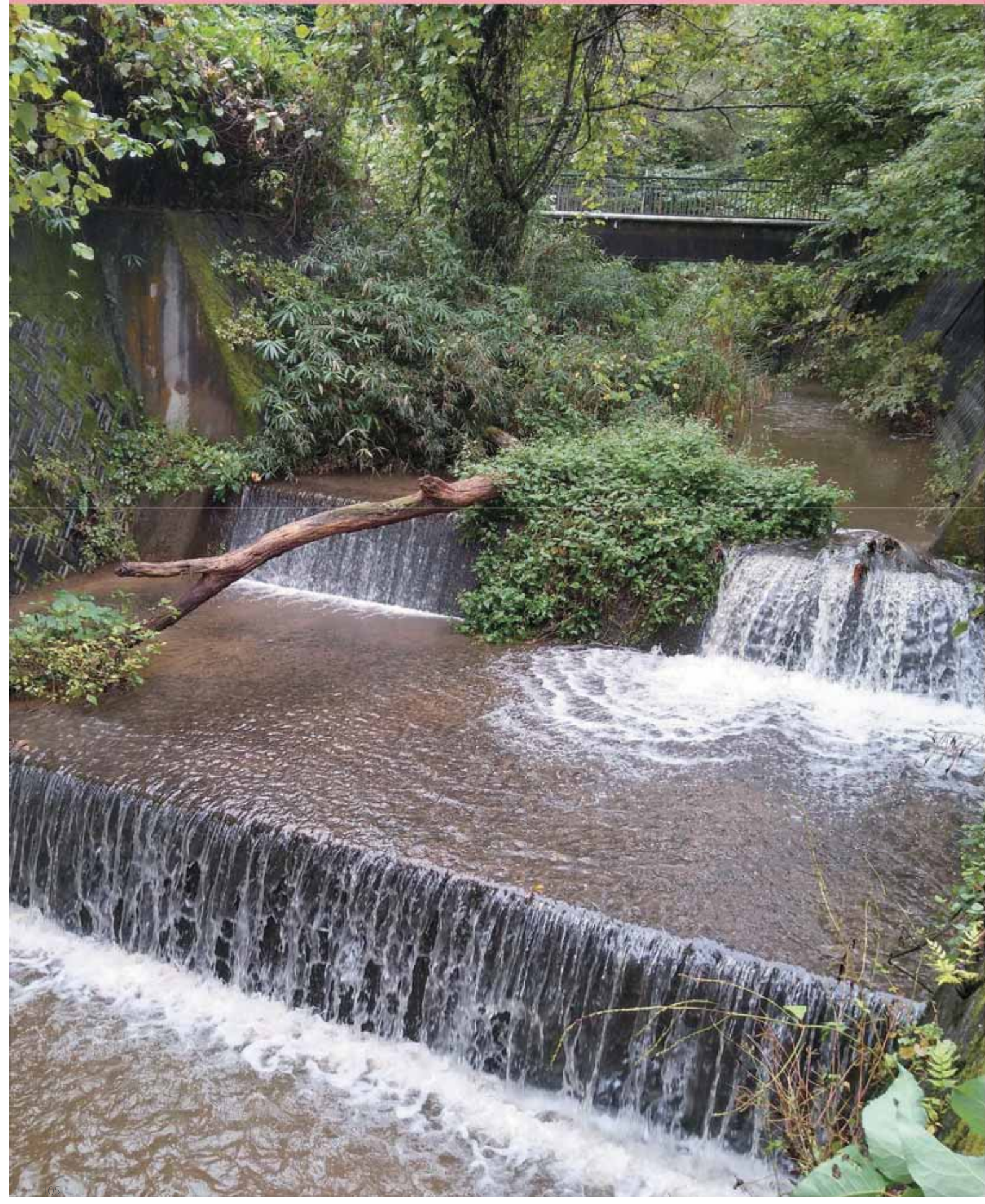


図3 ゲームエンジンの地形をiRICへ入力



Q

河川横断工作物において魚類などを
低コストで遡上させる方法がありますか？



A 河川横断工作物自体を掘削する “切欠き魚道”があります。

■ 背景と目的

河川に設置された横断工作物において魚類などが遡上出来るようにするには、魚道の設置や工作物の撤去などを行う必要があります。しかし、水面の落差が大きくなるほど金銭的なコストは膨大になります。より低コスト・メンテナンスフリーで魚類などの水生生物の遡上を実現するには、横断工作物自体の安全性を十分確保した上で、工作物自体への簡易な掘削を行う方法も有効だと考えられます。ここでは、魚類などの遡上環境を安価に創出可能な切欠き魚道の開発を目的に、既設堰堤に切欠き（スリット）を入れる方法の案出に加え、広瀬川（仙台市）の支川である竜の口（たつのくち）溪谷の堰堤（図1）で実施した事例を紹介します。

■ 方法

河川横断工作物に切欠きを作り、魚類などの遡上をうながす工夫を“切欠き魚道”と呼びます。設計にあたっての注意点は、切欠きを行う際にコンクリートを大きく掘削しすぎると、工作物本体が損壊してしまうことがあります。そのため、工作物のコンクリート厚に留意し本体が損壊しない切欠き形状にする必要があります。竜の口の堰堤は2段構造で、水面落差が合計約2.4mありました（図1）。そこで、水深0.1~0.2mの水路、および、床止め部の中央部を削り、それぞれを連結させ、切欠き魚道としました（図2,3）。コンクリートを薄く削るだけなので、施工費用は魚道設置に比べ大幅に抑えることが出来ます。切欠き魚道により水面落差1.2mは解消できましたが、残り1.2mの解消も必要でした。そこで、堰堤下流側10m地点にふとんかごを設置して、切欠き魚道の下流に土砂を堆積させることで1.0mの水面落差の解消を行いました。その結果、水面落差は0.2mとなり、魚類などは遡上可能となりました。また、魚道内には、遊泳力の弱い魚類などがより効率的に遡上できる工夫として、a)水路側面部のオーバーハング、b)水路床面の粗削り仕上げ、c)水路内への粗石設置、d)水脈落下部分の曲面仕上げを施工しました（図4）。

■ 結果と考察

現在、竜の口溪谷では今まで確認されていなかったオオヨシノボリや大型のアブラハヤが上流部で確認されています。また、今後は魚類のみならずモクズカニなどの様々な水生生物が遡上してくることも期待されています。河川横断工作物は全国の河川に無数にあり、その多くは水生生物の遡上を妨げています。しかしながら、下流側の水位がある程度確保できる河川横断工作物であれば、切欠き魚道を設置するだけで、水生生物の遡上を実現させることが出来ます。安価に施工できる切欠き魚道を設置することにより、生物多様性の回復へ貢献することが可能となります。



図1 竜の口溪谷堰堤縦断面図（下流の地盤高は工事直前の状況）

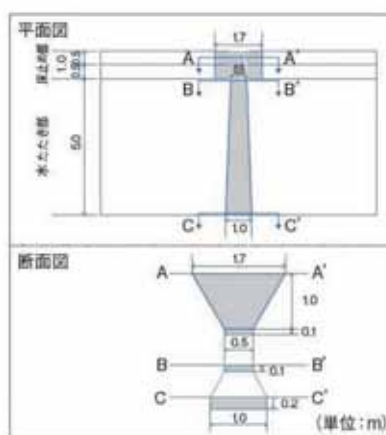


図2 切欠き魚道の平面・断面図



図3 施行前（上）、完成した切欠き魚道（下）

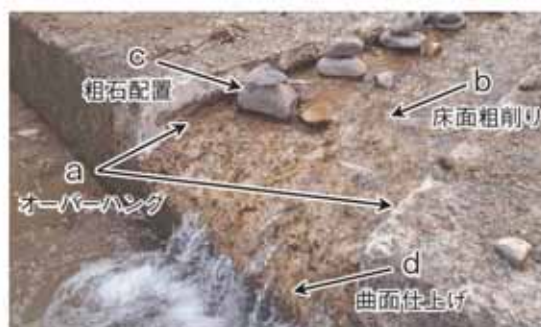


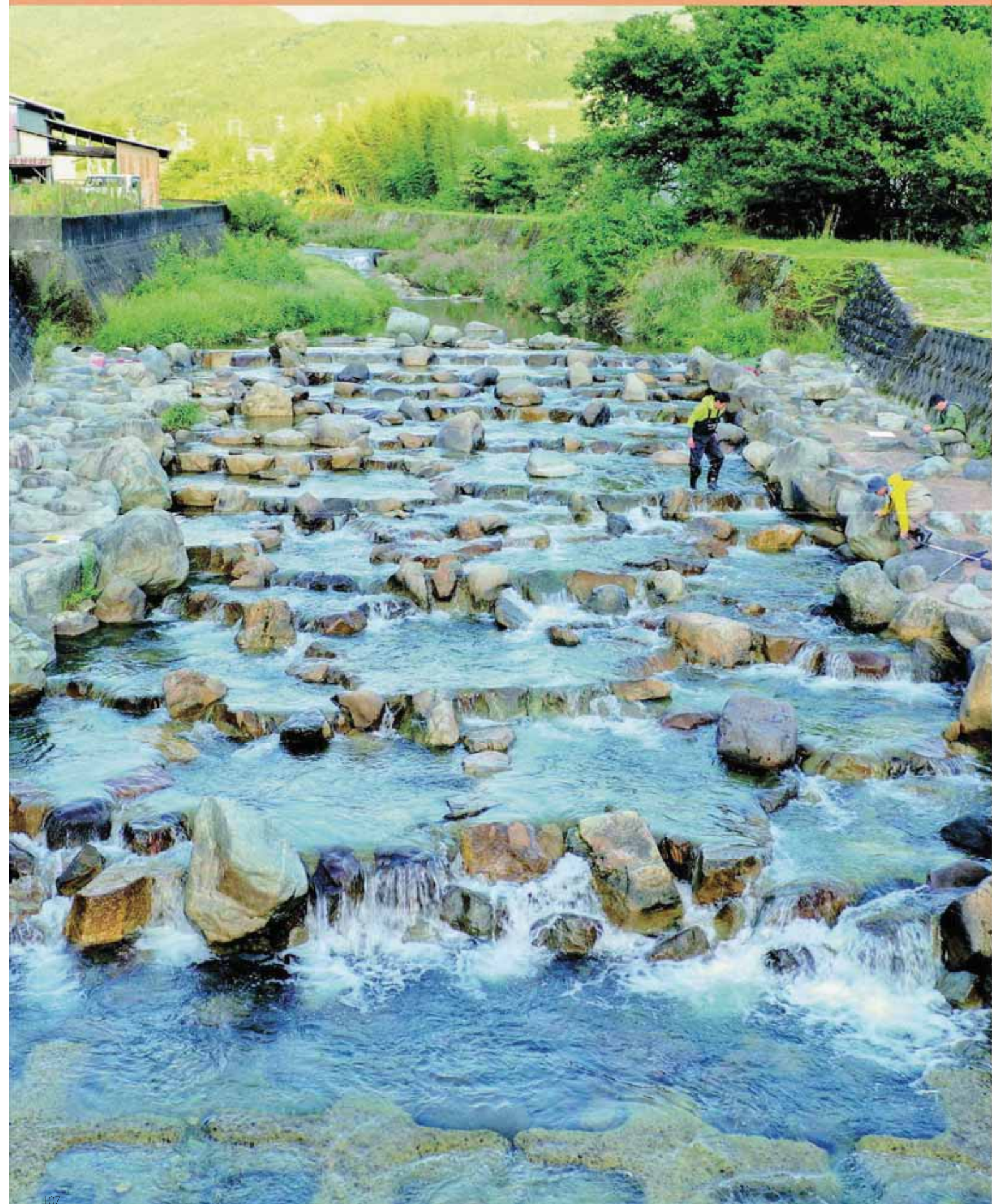
図4 水生生物の遡上を補助する様々な工夫

担当/林田 寿文



Q

中小河川において、様々な魚の遡上に
配慮できる魚道はありますか？



A

選択肢の1つとして、ウロコタイプの全面魚道があります。

■ 背景と目的

中小河川に作られてきた落差工では、魚を始めとする水生生物の遡上を可能とするために、階段式などの水路タイプ魚道が整備されています。しかし、水路タイプ魚道では水面幅の一部でしか遡上できないことや、生物が魚道の入口を見つけられないなどの問題があり、水面幅全体が魚道となる「全面魚道」の施工事例が増えています。全面魚道にも幾つかタイプがありますが、プールができるように石を組み、プール間で落差を設けたウロコタイプは、魚道内での流速や水深が多様になります。これにより、様々な種類やサイズの魚が遡上に適した物理環境を選ぶことが可能となり、魚道としての高い機能が期待されています。しかし、構造上の特徴と流れの多様さについて、知見が整理されていません。そこで、本研究ではウロコタイプ魚道で設けられるプールの特徴をブロックで再現し、流れの多様さへの影響について実験を行いました。

■ 方法

実験には、直下へ水が流れやすい「越流タイプ」と流れにくい「非越流タイプ」を作成し、ブロックを並べた魚道模型(スケール1/7.5、幅1.0m、勾配1/10)を用意しました(図1)。越流タイプの水の流れは左右2方向に加え、下流側の突起の一部を低くすることで、直下と直下から左右30度方向を加えた計5方向に分岐されます。非越流タイプでは下流側の突起を越流タイプに比べ大きくすることで下流3方向へ流れにくい形状としています(図2)。作成した魚道模型では、3列目のみに非越流タイプを設置し(図3)、非越流タイプの数と配置を変えた20パターンで実験をしました。魚道模型に一定流量を流し、各ブロックの中心点で流速を測り、非越流タイプを設置した3列目とその上下流の列を対象に、流速の平均と標準偏差を求め、非越流タイプの設置数との関係性を解析しました。

■ 結果と考察

魚道模型を用いた実験の結果、3列目に設置した非越流タイプの個数が多くなるほど、2から4列目の平均流速が遅くなっていました(図4)。プールから下流方向に流れにくい構造を有することで、上下流の列も含めた流速の低下をもたらすことが示唆されます。一方、魚道内での流速のばらつきを示す流速の標準偏差については、非越流タイプを3個設置した時に最大となりました(図4)。そのため、ウロコタイプ魚道として流速を低減させつつ、多様な流速とするには、プールから下流方向に流れにくい構造が横断面の半分程度であることが効果的とわかりました。今回は、一定の流量条件下での計測ですが、流量が変化した場合にも、その流量に応じた流速の多様さが魚道内で生じることが想定されます。今後も実験を続け、ウロコタイプ魚道の設計に資する知見を蓄積していきます。



図1 実験に用いた魚道模型



図2 越流タイプ及び非越流タイプのブロック

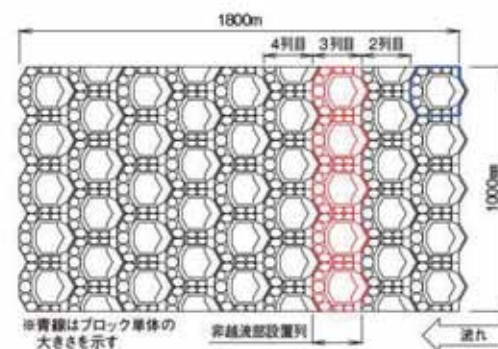


図3 ブロック配置と非越流タイプ(赤線)の位置

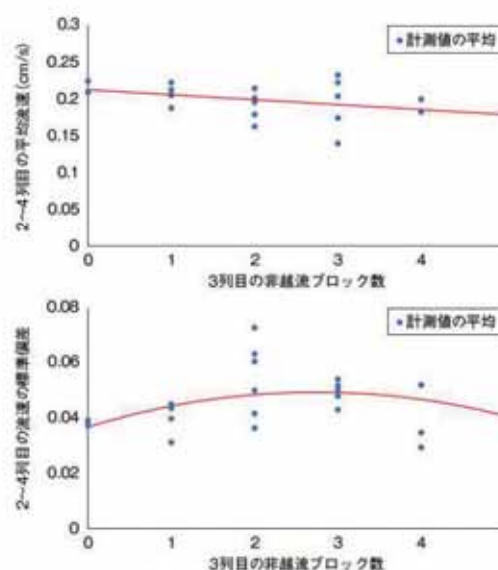


図4 非越流タイプの設置数と2から4列目で計測された流速の平均(上)と標準偏差(下)との関係 赤線は有意な関係性を示す

担当/阿部 謙三



Q

水田水路において多様な淡水魚が
生息するために重要な環境は何ですか？



A

大きな水路では川とのつながりが、小さな水路では
落差が少ないことや十分な水深の確保が重要です。

■ 背景と目的

かつて河川の周辺に広がっていた湿地は、農地化や宅地化などにより、世界で最も劣化が著しい自然環境となっています。湿地には多種多様な淡水生物が生息しており、河川と湿地を行き来することで生活史を全うする種も多くいます。淡水生物に重要でありながら、劣化が著しい湿地を代替する土地として、日本で古くから維持されてきた水田水路が挙げられます。しかし、近年の圃場および河川整備などによって、水田水路の環境も劣化しつつあり、さらなる種の消失が懸念されます。本研究では、日本有数の水田地帯である濃尾平野で魚類調査を行い、その種数の豊富さがどのような環境要因によって決まるのかを、「①水路の生息環境」「②河川と水路のつながり」に注目して明らかにしました。

■ 方法

濃尾平野を対象に636地点の水田水路で魚類調査を行い(図1)、「①水路の生息環境」として、水路幅、水深、河床タイプ(コンクリート、砂礫)などを計測しました。また、「②河川と水路のつながり」として、調査地から河川までの間に堰などの落差がある場合は、その高さの合計値と落差で挟まれた区間の水路長を算出しました(図2)。調査地で出現した淡水魚種数の多寡が、どの環境要因に影響されているのかを明らかにするために、Conditional Inference Tree(CTREE)という解析を行いました。CTREEは、ある環境要因を基に調査データを二つのグループに分けた際、種数の違いが最大となる要因を階層的に選ぶ手法です。この手法の利点は、種数を決める要因とその閾値がわかりやすいこと、階層となることで上層の条件下で他の要因の影響を理解できることです。

■ 結果と考察

水路の種数に影響する要因として、水路の大きさ(水路幅)が最も上層に位置づけられました。大きな水路で種数は多く、その中でも河川との間に大きな落差がない水路ほど種数がより多くなりました。幹線水路のように河川と直接つながり、水量も多い水路では河川との間を行き来する種が多く、移動阻害となる落差がないことが重要とわかりました。一方、小さな水路では、水深が確保されており、落差も少なく水路の底がコンクリートで固められていないことが重要な生息条件であると示されました。水田内を網目状に流れる小さな水路(支川水路)では、水田との間を行き来する種や水路で一生を過ごす種も多くいます。そのため、水路そのものが良好な環境であることが重要と考えられます。以上の結果より、淡水の生物多様性を守るためには、水路の規模や位置に応じた保全策が求められます。



図1 水田水路でみられる様々な淡水魚



①河川合流部の落差 ②水路内の落差 ③落差に挟まれた水路長
図2 落差による水路の分断

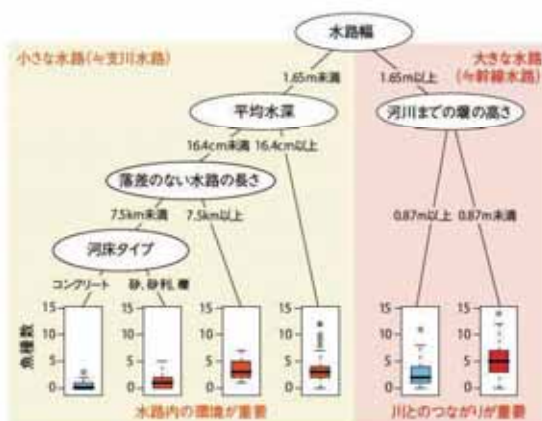


図3 魚種数を決定づける水路環境の分枝木 横円で示された要因によって種数の多寡が決まる



A 「素材の大きさ」と「目地の角度」に着目することで、 景観パターンから評価できる可能性があります。

■ 背景と目的

河川護岸に用いるコンクリートブロックについて、景観面での留意事項に景観パターンと素材の大きさに気を付けることが「美しい山河を守る災害復旧基本方針」等に記されていますが、具体的な基準は示されていません。そこで、景観パターンと大きさに関する目安を定めることを目的に、コンクリートブロックを用いたブロック積み護岸と、河川景観において評価の高い石積み護岸を対象として、素材の大きさと景観パターンの要素となる目地の角度に着目した検討を行いました。

■ 方法

解析した画像は、正面方向から撮影された45箇所の現場の石積み護岸の写真と、既往の調査で用いられた36種のブロックの標準割付図(CADデータ)を用いました。素材の大きさは、画像からランダムに30個の素材を選び、長径とその直角方向の径(短径)を求め、平均値を算出しました。次に、画像上で目地を直線で描き単純化させて、1.0m×1.0mの方形枠をランダムに5箇所設定(写真1)し、枠内に存在する目地の角度を全て計測しました。

■ 結果と考察

石積みとブロック積み護岸を対象に、素材の大きさの調査を行ったところ、それぞれの平均径は約30cmでした(図1)。この約30cmの石材の大きさ(重さ)は、人が運べる・積める大きさのスケール感(ヒューマンスケール)に近い数値ということもわかりました。さらに、平均径が15cm～45cmの範囲が全体の90%以上を占めることから、15cm以下は小さすぎであり、45cm以上は大きすぎる素材となる可能性があります。

目地の角度に関する石積みの特徴として、野石乱積みの目地の角度は全角度で連続的に存在し(①)、間知石積みの目地の角度は10°の範囲に集中している(②)ことがわかりました(図2)。この10°程度という値が自然物を加工する際にできる微妙なバラツキを表していると思われます。一方、ブロック積み護岸の目地の角度は、0°と90°のみの角度で構成されたもの(③)と、バラバラの角度＝離散的な分布で構成されたもの(④)が多くみられました。④のような離散的な分布を示す景観パターンは、ブロック本体の目地(構造目地)とブロック表面の模様(模様目地)とが調和していないブロックに多くみられることから、景観面でも調和していないことを示している可能性があります。

ここで②の間知石積みの特徴を参考に、③のブロックに10°程度のバラツキをもたせた景観パターンを作成したところ、ブロック一つ一つが識別されにくくなることから、石積みに似せた景観パターンへと改善できる可能性が示されました(図3)。

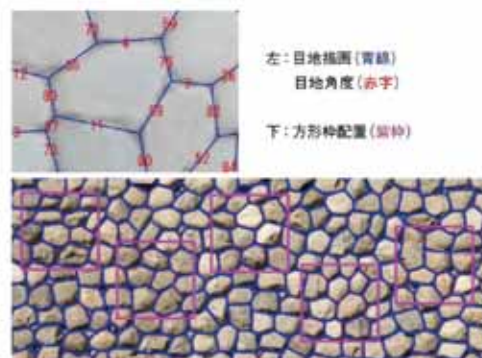


写真1 目地描画および目地角度の測定イメージ

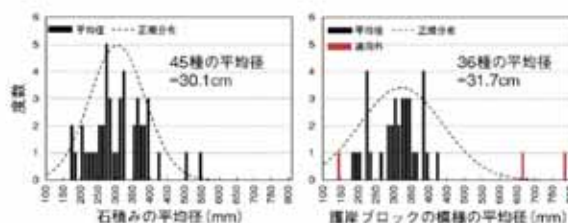


図1 石積みと護岸ブロックの平均径

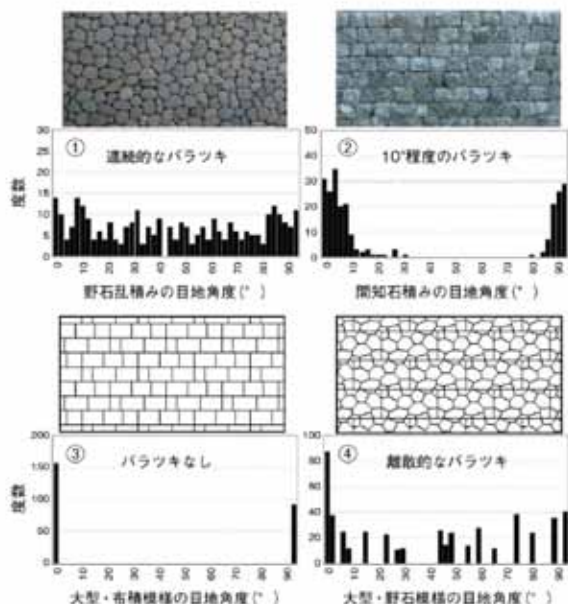


図2 石積みと護岸ブロックの目地角度

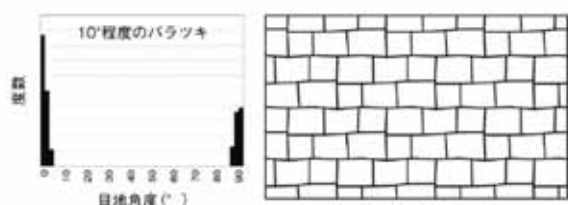


図3 景観パターンの改善例

自然共生研究センター メモリーフォト

-河川環境の未来を考えて活動する-

【1998年11月 自然共生研究センター開設】

旧建設省土木研究所の実験施設として
岐阜県各務原市に開所

■開設記念式典



【1～10年】

開所から10年間では、主に中小河川、ダム、情報発信を中心に基礎的な研究を行ってきました。

■10周年記念施設見学 1998年



【11～20年】

開所11年～20年間では、大河川、中小河川、ダム、情報発信の4つの領域について
更なる研究を進めて来ました。

■20周年記念シンポジウム 2018年





自然共生研究センター実験河川の特徴



実験河川では、河道形状や流量など様々な要因をコントロールすることができ、自然の川では検証が困難な現象を再現して効率的に調査研究を行うことができます。

3本の川があります

1本の真っ直ぐな川と2本の曲がった川があります。
それぞれの条件を変えて比較実験を行うことができます。

様々なしかけが作ってあります

瀬や淵、ワンドなどがつくられ、生き物が空間を
どのように利用しているのかを調べるができます。

洪水と渇水を起こすことができます

自然の川からの水を上流に貯め、流量をコントロールしながら
実験河川や実験池に水を流すことができます。



配水池・配水ゲート

新境川の水はこの配水池から制水槽を経由して実験河川・実験池に配水されます。また配水池のゲートを倒すことによって、各河川に約4m³/sの人工的な出水を起こすことができます。



実験池

2つある実験池では水位を操作できることから、水深のある池だけでなく湿地として研究することが出来ます。さらに、普段は水を貯めない窪地では、重機を用いた試験施工のフィールドとしても活用できます。



下流ゾーン

最下流にあるこのゾーンでは、川を蛇行させて流れに変化を与え、生き物が川の空間をどのように使うのか、またそれらの環境を保全するための研究をしています。(河床勾配: 1/300)



上流ゾーン

河岸をコンクリートで覆い、かつ直線形状にすることで、流れの速い区間ができます。ここでは、川底の石についた藻の洪水による剥離に関する実験や、流れが川底を動かす力について研究を行っています。(河床勾配: 1/200)



研究棟

研究棟には、研究室、水質実験室、図書室、展示エリアなどがあります。展示エリアは一般公開しています。



中流ゾーン(ワンド)

半止水的環境であるワンドは、生物多様性の高い領域として知られています。流量を操作し河川との接続状況を変化させ、ワンドの生態的機能を研究しています。(河床勾配: 1/800)



中流ゾーン(氾濫原)

本川の横に幅の狭い高水敷が設置されています。出水時の冠水により生物相がどのように変化するのか、氾濫原の基本的特性を研究しています。(河床勾配: 1/800)



中流ゾーン(遊水地)

越流堤の嵩さなどを変えられる遊水地では、実験河川の転倒ゲートを用いた人工洪水と併せることで、環境機能の高い遊水地のあり方を検討することができます。(河床勾配: 1/800)



編集後記

自然共生研究センターの25年間の研究活動にご理解とご協力をいただきありがとうございます。

自然共生研究センター開所25周年を記念して、これまで毎年発行してきた活動レポートで掲載されたQ&Aを「vol.1大河川・河川全般」、「vol.2中小河川」、「vol.3ダム・情報発信」の3つに分類して、取りまとめました。

今後も研究分野の発展を通じて社会へ貢献できるよう、一層努力し、研究活動に精進してまいります。

自然共生研究センター25周年記念
v o l . 2 中 小 河 川
活動レポート記念誌(1999-2022)
編集者 林田寿文 横山明美
荘加百々代 岩田絵理奈

