



Q

実験河川の上流・中流・下流区間
では生産・呼吸速度は
異なるのでしょうか？

A

勾配の緩やかな中流区間では生産・呼吸速度が小さくなりました。

■研究の背景と目的

付着藻類は河川における有機物の供給源、すなわち一次生産者としての役割を担っていて、河川に生息する底生動物やアユ等の魚に餌を供給します。付着藻類がどの程度の有機物を生産するのか、という問いは、生態系が依存しているエネルギーの由来を知る上で非常に重要であり、河川の自然環境の保全や再生事業を行う上で今後必要な情報となっていくでしょう。今まで河川における生産速度の測定は技術的に難しかったため、この実態はあまり明らかになっていませんでした。このため、平成15年度は、河川において生産速度を簡易に推定する方法を開発し、これを実験河川に適用して生産・呼吸速度の実態を明らかにしました。

■生産速度の推定方法と実験方法

生産速度は2地点間の溶存酸素濃度差から推定しました。2地点間の溶存酸素濃度差は、夜間は大気からの再曝気と水中の生物群集による呼吸により、昼間はこれに光合成による酸素供給が加わり、決まります。夜間光合成の影響がない時間帯において2地点において溶存酸素濃度を測定し、ここから単位時間当たりの再曝気量と呼吸量を推定し、この推定値から昼間の光合成速度を算出するというのが推定の原理です。実験は2003年6月4日～10日に実験河川BとCを用いて行いました。両実験河川とも流量を $0.1\text{m}^3/\text{s}$ とし、両実験河川の上流区間、中流区間、下流区間の上流・下流地点それぞれ合計8箇所に連続観測できる溶存酸素濃度計を設置しました(図1)。

■結果と考察

実験河川Bの上流区間で測定した溶存酸素濃度の日周変化を代表例として示します(図2)。上流地点と中上流地点の溶存酸素濃度を比較すると、光合成によって酸素が供給される早朝から夕方までは中上流地点が、光合成の影響がなくなる夕方から翌日早朝までは上流地点で、それぞれ溶存酸素濃度が高くなりました。この結果を基に各測定日(零時～翌日零時)における日総生産速度と日呼吸速度を推定し、6月4日から9日までの平均値を算出しました(図3)。上流区間と下流区間で

は相対的に日総生産速度・日呼吸速度とも大きく、中流区間で小さくなりました。中流区間は河床勾配が緩やかなため水深が相対的に大きく、河床まで到達する日射量が減少すること、また、中流区間は河床材料に砂分が多く付着藻類を始めとした生物群集の生息量が減少すること等が理由として考えられますが、原因の特定は今後の課題として残されました。今回適用した手法は比較的汎用性が高く、実際の河川でも適用が可能です。生態系におけるエネルギーの流れを知る上で今後有効なツールとなりそうです。

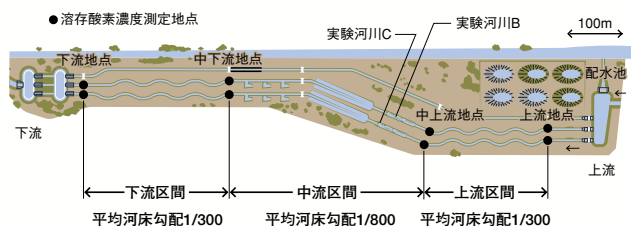


図1 溶存酸素濃度測定位置

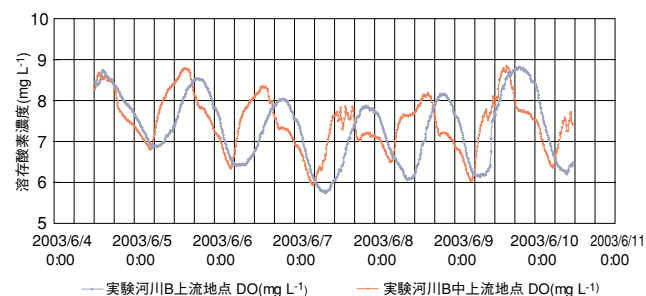


図2 実験河川の上流、中上流地点における溶存酸素濃度の日周変化

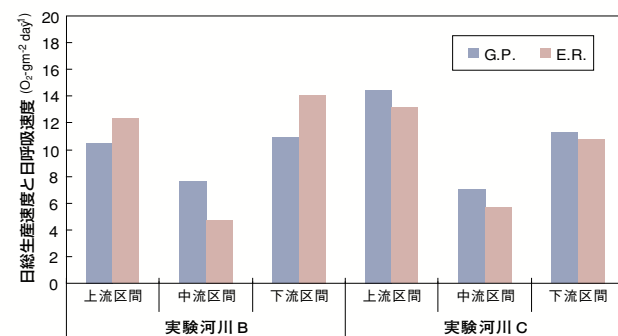


図3 実験河川B及びCの日総生産速度(G.P.)と日呼吸速度(E.R.)の平均値

担当：萱場 祐一

Q

アユの餌としての付着膜の維持にも
川底の攪乱は必要なのでしょうか？

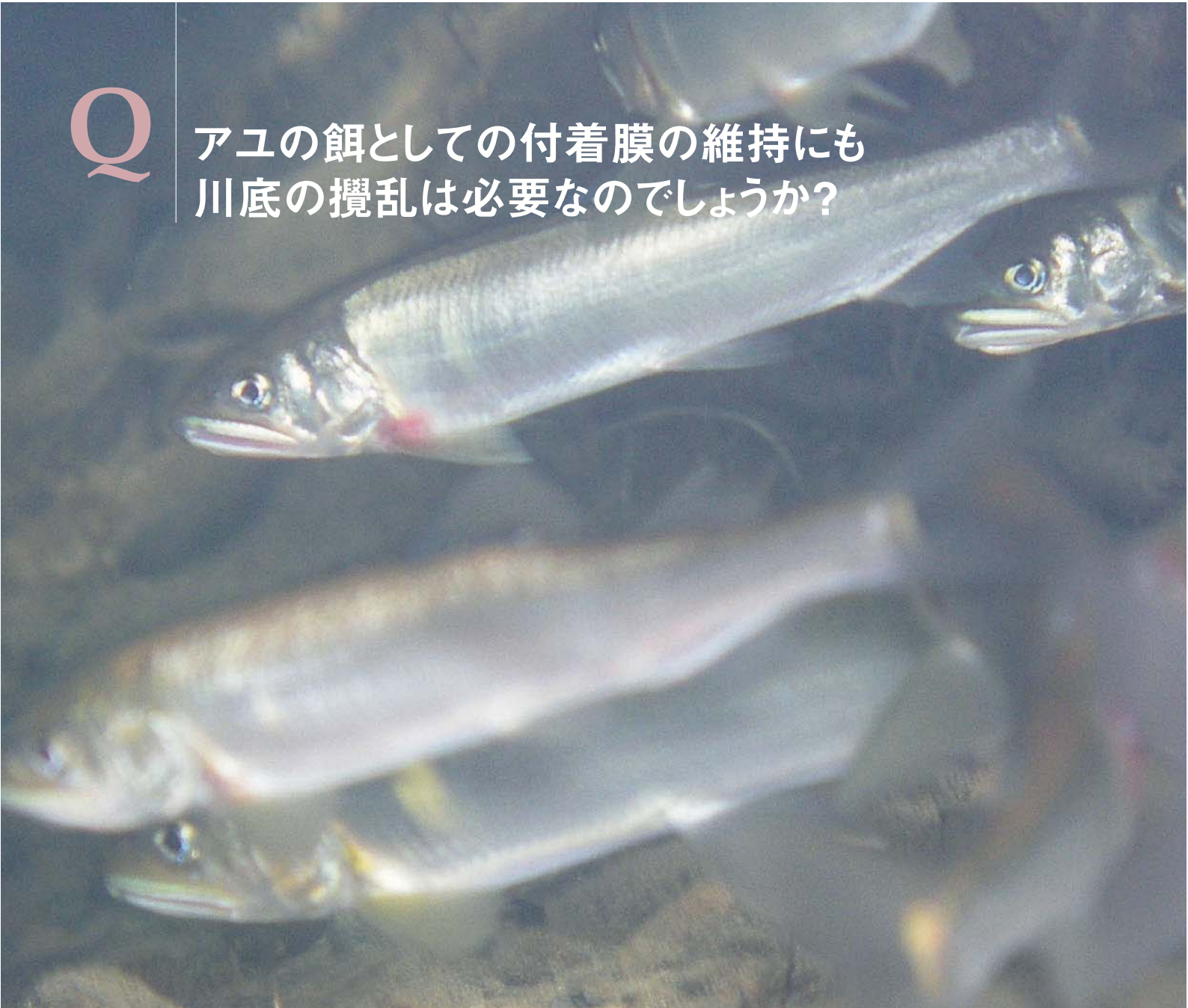


写真1 アユのハミ跡

A

川底の攪乱の必要性や付着膜に占める有機物の割合との関係性が定量的に明らかになりました。

洪水後、川底の石が移動し、石の表面にはほとんど付着物が無い状態がみられます。このような川底の“攪乱”は、河川生物の生息、河川生態系の維持に大きな役割を果たしています。

時間の経過に伴って石の表面には、ぬるぬるとした付着藻類を主体とした膜が形成されます。この膜は、アユをはじめとする多くの魚類や底生動物の餌として利用されます。春から秋にかけて、比較的流れの速い川底の石には多くのアユのはみ跡（口で付着膜を擦りつけた跡、写真1）をみることができます。アユの餌としての付着膜の維持にも川底の攪乱は必要なのでしょうか？ここでは、アユが利用可能な付着膜の状態と“攪乱”との関係についてみてみましょう。

実験河川の川底に、攪乱後の状態と1年間攪乱されていない状態を想定した石（10×20×10cmに加工された自然石）を設置し（写真2）、週2回の頻度で石の上面から、付着膜をナイロンブラシで採取し、生きている藻類現存量を示すクロロフィルa、死んでいる藻類量を示すフェオ色素、有機物量を示す強熱減量、土粒子等無機物量を示す強熱残留物を分析し、付着膜の状態とアユのハミ跡の関係について検討しました。調査期間は平成15年6月から10月です。

調査の結果、ハミ跡は攪乱後の状態を想定した新しい石からのみ確認されました（写真3①）。確認された期間は、6月中旬から7月中旬まででした。この間、両者に顕著な違いがみられた項目は、付着物量に占める有機物の割合（＝強熱減量／（強熱減量＋強熱残留物量））でした（図1）。ハミ跡が確認された新しい石の有機物の割合は、概ね0.4～0.7の範囲にあり、1年前から設置していた石と比較すると高い値を示していました。しかしその後は1年前から設置していた石と同様の値に低下していき、この要因は、無機物（シルト等の土粒子）の増加によるもので、時間の経過に伴い水中の細かい土粒子が沈降し、付着膜に取り込まれたものと考えられます。その他、調査期間を通して、藻類の現存量や有機物量は1年前から設置していた石の方が高く、一方、生きている藻類の割合や有機物に占める藻類の割合は、新しい石の方が高い傾向がありました。このことから、アユの餌としての付着膜の維持には、出水により“攪乱され”、川底の石が更新されることが必要であること、これには有機物の割合や無機物量が関与していることがわかりました。なお、有機物の割合については実河川における調査でも同様な値が得られます。

また、藻類群落の組成にも大きな違いがありました。ハミ跡があった新しい石では *Homoeothrix janthina*（写真4）が高い割合で優占していました。*Homoeothrix janthina* は、糸状体性の

藍藻で、春から秋にかけて、日本の多くの河川で見られる種で、近年の研究¹⁾²⁾によって、ハミ跡のある石に優占してみられること、高い生産力があること、栄養化が高いこと等、アユとの関係性が明らかにされてきています。

- 1) Shin-ichiro Abe, Osamu Katano et al. (2000) Grazing effects of ayu, *Plecoglossus altivelis* on the species composition of benthic algal communities in the Kiso River., *Diatom*16, pp.37-43.
- 2) 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所 (2004) アユが自ら創る付着藻類群のえさ環境、*養殖*41(7):86-89.

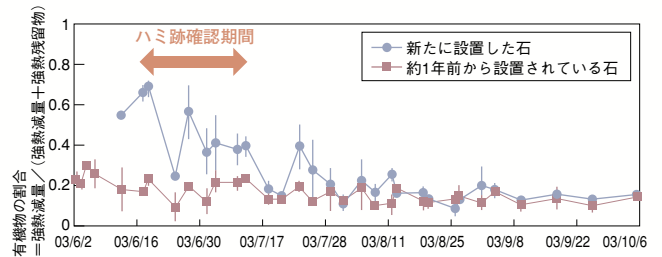


図1 有機物の割合（平均値±標準偏差、N=3）とハミ跡確認期間



写真2 実験河川の川底に設置した2タイプの石



写真3 石表面の状態
①攪乱後として想定した新しい石
→ハミ跡が見られる
②1年前から設置されている石
→シルトなどの細粒土砂や糸状緑藻が見られる

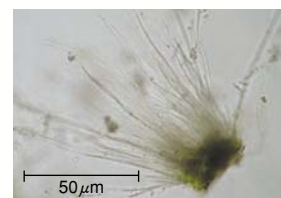
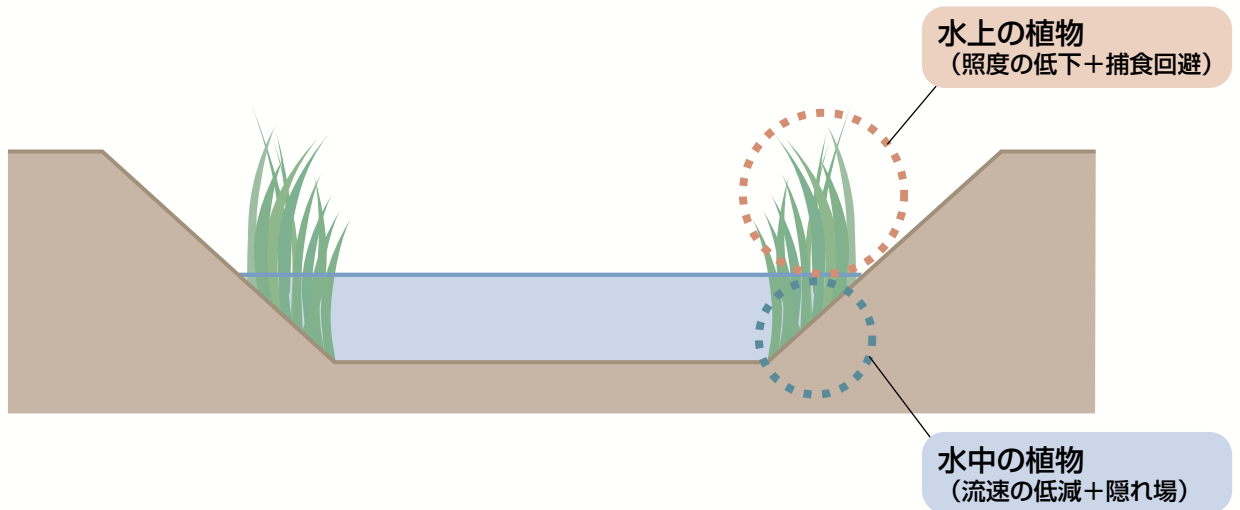


写真4 *Homoeothrix janthina*

担当：皆川 朋子

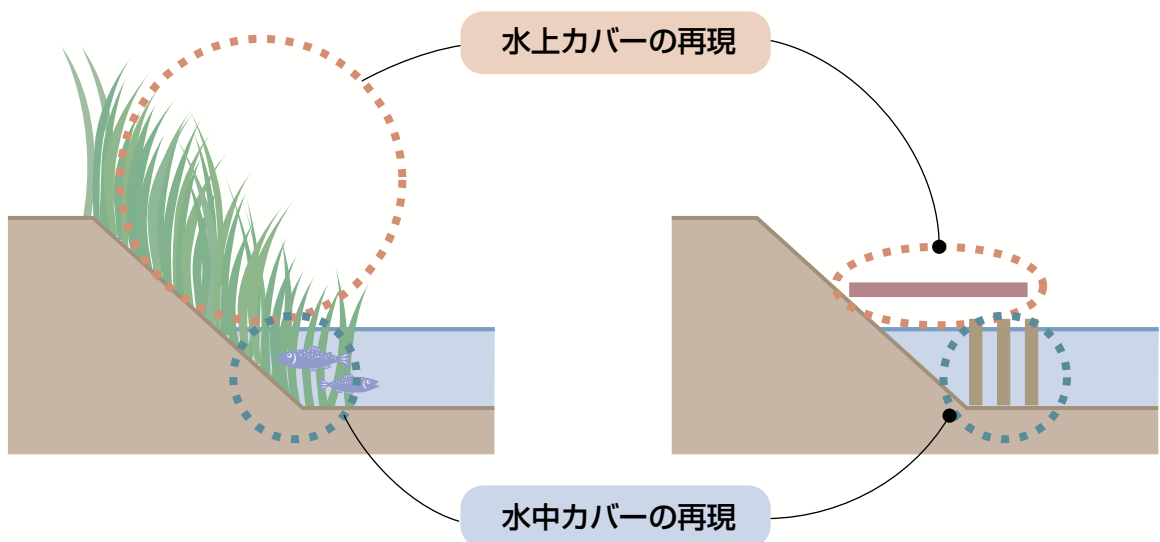
Q

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月上旬に電気ショック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。

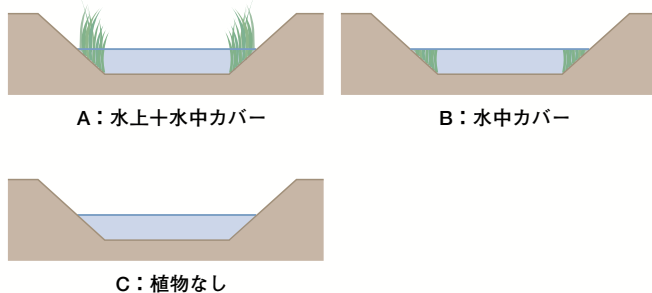


図1 処理区の設定

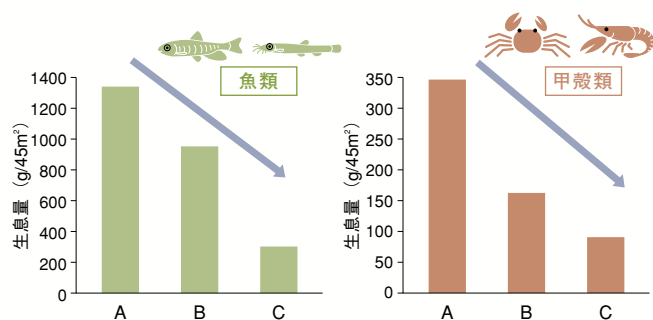


図2 植物の処理と魚類・甲殻類の生息量の関係

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月上旬に電気ショック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。

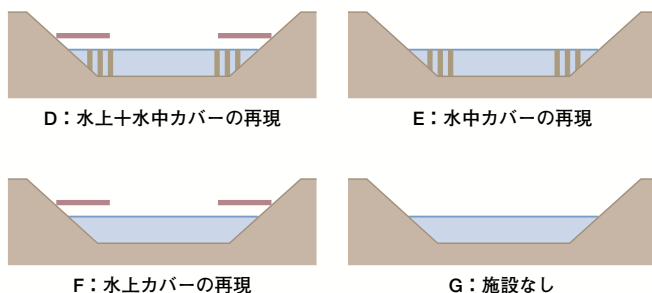


図3 処理区の設定

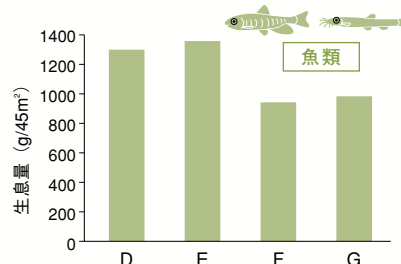


図4 水際機能の再現区と魚類生息量の関係

担当：河口 洋一・齊木 雅邦



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、仔魚（新生児）や稚魚（幼児）は、どんな場所に

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やすい環境です。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

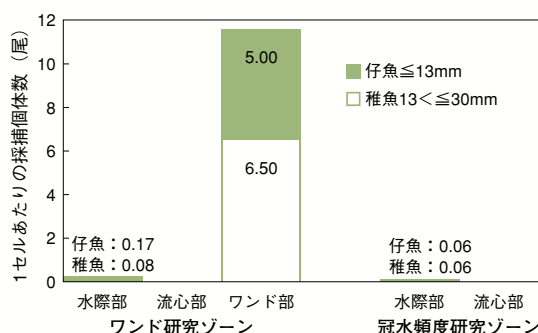


図1 基底流量時における稚仔魚の確認状況

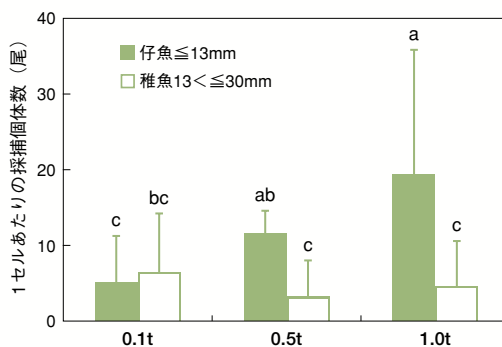


図2 増水時におけるワンド部での稚仔魚の確認状況

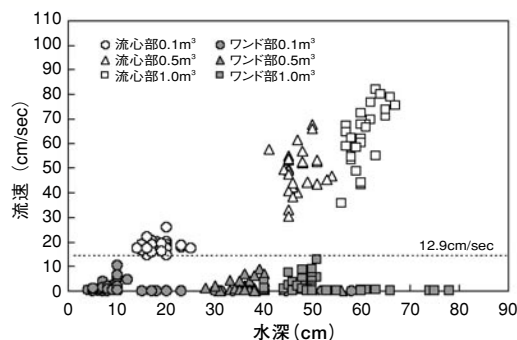


図3 増水に伴う水深および流速の変化

Q

河川流量の増減は
魚類にどのような変化を
もたらすでしょうか？



A

流量の増加に伴い遊泳魚（オイカワ）の構成割合、数およびサイズが増加しました。

河川の流量を増減させると、それに伴い流速や水深が変化するため、魚類の群集構造にも変化が生じることが考えられます。しかし、これらに関する研究は、流量の変化が予測できない自然の河川では実施することが困難です。良好な河川環境の保全には適正な流量が必要であり、河川の維持流量は、動植物、景観、水質等の必要流量から算定されています。しかし、河川流量と動植物の生息との関係に関する科学的な研究はほとんどみられないことから、維持流量決定の際の基礎資料として、以上に関する知見を収集していくことは大変有意義であるといえます。実験河川では、直線河道部の瀬を用い、河川流量を時間的に変化させ（図1）、それに対する魚類の反応様式を把握する実験を行いました。

その結果、遊泳魚の割合、個体数、サイズに流量の変化に追従した反応がみられ、流量の増加に伴い、大きな遊泳魚が増えるといった現象が認められました（図2、3、4）。一方、底生魚には流量変化との連動は認められず、魚類の遊泳形態によって流量変化による影響が異なってくることを示唆されました。

また、流量変化との連動が認められた遊泳魚の反応様式を魚種別にみても、オイカワは顕著に反応しているのに対して、その他の遊泳魚には流量との関連性は認められませんでした（図5）。従って、遊泳魚の中でも種によっては流量変化に敏感に反応する種とそうでない種が存在することが示唆されました。

以上より、ある魚種を保全の対象として維持流量を決定する際には、対象種の反応様式を実験等で把握した上での検討が必要であると考えられます。

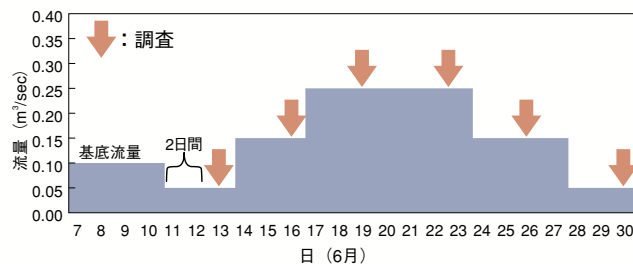


図1 流量調査および調査日

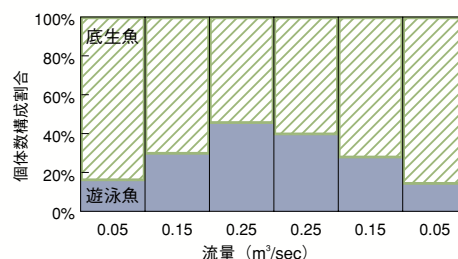


図2 遊泳魚と底生魚の流量別個体数割合

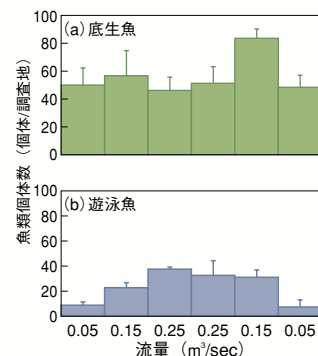


図3 魚類個体数の流量別変化

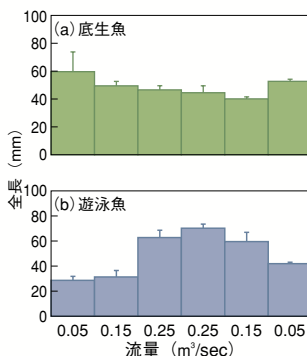


図4 魚類全長の流量別変化

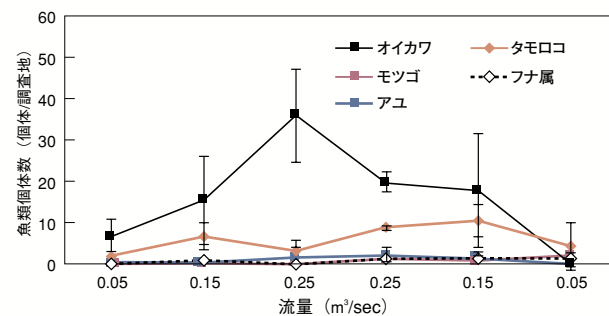


図5 魚類別個体数の流量別変化

担当：荒井 浩昭・佐川 志朗

Q

植物の種子は
水中でどのような
挙動を示すでしょうか？



A

外来種シナダレスズメガヤの種子は砂と同様の速さで沈降します。

植物には様々な種子散布の形式があります。例えばタンポポの種子には冠毛があり風によって散布されますが、その他にも水や動物、重力といった様々な方法で種子は移動し、分布の拡大を図ります。

河川環境は出水の影響を受けやすいという特徴があるため、河川には水散布型の植物も多く存在します。実際、河辺の土壌の中には、多くの種子が蓄積されている事があります(土壌シードバンク)。しかし、種子が流水によってどのような挙動を示すかということは、これまであまり調べられた例はありませんでした。

そこで、当センターでは流水中での種子の挙動の把握を試みました。そのために実験河川において現象の観察を行い、室内で種子の沈降速度の測定を行いました。対象種は、最近河道内での分布拡大が全国的な問題となっている外来種のシナダレスズメガヤ(イネ科)です。シナダレスズメガヤの種子は、浮いたり水をはじいたりといった特別な性質はありませんが、出水時の流水によって広範囲に散布されると考えられています。

実験河川の氾濫源ゾーンにおいて一定量の種子(熱処理済み)を流した結果、流速の大きい(約70cm/s)地点ではそのまま流下し、流速の小さい(約15cm/s)地点ではほとんどの種子が沈降することが確認されました。そこで、種子100粒を用いて沈降速度を測定した結果、平均で約3.28cm/sであることが確認できました。この値を土砂の沈降速度と比較したのが図3です。ここでは、粒径0.25mm程度の砂とほぼ同様の値を示すことがわかりました。

今回の結果から、出水時に種子が流出した場合、種子は細かい砂が沈降する様な流速が遅い箇所で沈降・定着する可能性が示唆されました。過去の研究によりシナダレスズメガヤは砂礫地の環境と結びつきが深いことが指摘されていますが、出水する種子散布もその一つの要因であると考えられます。

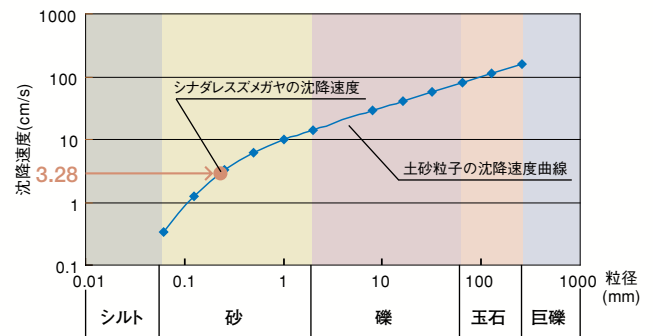
今後も、種子散布をはじめ河川の植生に関する調査・分析を行い、河川の植生管理や自然再生に活かしていきたいと考えています。



図1 シナダレスズメガヤ



図2 シナダレスズメガヤの種子(ほぼ原寸大)



※土砂粒子の沈降速度：Rubeyの式から土砂粒子の比重2.65、水温20℃として算出
シナダレスズメガヤの沈降速度：20cm通過時間(100粒)から算出した値の平均値

図3 種子と土砂粒子の沈降速度の比較

担当：松間 充