

9.2 ダムからの土砂供給に伴う河床環境の変化が水生生物に及ぼす影響に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水環境研究グループ

（自然共生研究センター）

研究担当者：萱場祐一、宮川幸雄、小野田幸生

【要旨】

ダム下流における粗粒化河床および土砂供給に伴う河床環境の変化による水生生物への影響を評価するために、河床物理環境と水生生物との関連性について検討した。付着藻類については、現存量モデルをダム下流において利用できるように、変量の変換や剥離効果の組み込みなどの改良を加え、実験河川へ適用を試みた。その結果、モデルで得られた予測値と実測値との差はそれほど大きく無く、モデルの適合性が確認された。底生動物については、群集構造と環境要因との関係の一般性を検証すべく複数ダムを対象としたメタ解析を行った。その結果、ダム下流の粗粒化と細粒成分を有する支流の合流による粗粒化解消が共通して見られ、底質粗度が 3.81 以上であるとダム下流的な環境であることが示唆された。魚類については、底質の凹凸に対する魚類の遊泳行動の観察と流れ場の計測より、河床の凹凸が空間の多寡だけでなく流れ場の変化を通じて魚類に影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード：付着藻類現存量モデル、底生動物、群集構造、底質粗度、流れ場

1. はじめに

ダムは土砂をせき止め、下流への土砂供給量を減少させるため、細粒土砂成分が選択的に流され、粗粒化が顕在化している場合もみられる¹⁾。粗粒化した河床では、本来供給されるべき土砂が欠乏した状態であるため、河床物理環境の変化を通じた水生生物への影響が懸念されている²⁾。

その解決策として、ダム下流への土砂供給が検討されている。土砂供給は、土砂輸送の連続性を回復させる一助となるため、粗粒化による水生生物への影響を緩和することが期待される。ただし、人為的な土砂供給であるため、場合によっては砂などが大量に堆積する等の自然状態の土砂動態とは異なる状態になる可能性もある³⁾。

したがって、土砂供給の円滑な実施に向けて、土砂供給による河床環境の変化が水生生物に及ぼす影響についても評価し、土砂供給による効果の確認やインパクトの少ない手法の選択につなげていく必要がある。それと同時に、粗粒化した河床が水生生物に及ぼす影響を評価し、土砂供給の必要性の判断材料の一つとして利用する必要もある。このように、粗粒化河床および土砂供給後の河床のどちらの影響評価の場合にとっても、河床物理環境の変化に対する水生生物の応答特性を体系的に解明することが重要となる。

河床物理環境の構成要素である、水深、流速、底質は土砂モデルで扱うことが可能であり、土砂供給前後の変化を予測することができる。また、これら3つの要素は、水生生物の代表的な生息場所要因でもある。したがって、水深、流速、底質を軸とした水生生物の応答を整理できれば、土砂水理モデルによる生息場所要因の変化の推定と水生生物の応答を組み合わせることが可能となる。これが実現されれば、土砂供給の計画段階での影響・効果についての予測が可能となり、ダムからの土砂供給技術の高度化に資することができる。

これまで、粗粒化の影響として付着藻類、底生動物、魚類といった広範にわたる水生生物への影響が報告されてきた¹⁾²⁾。例えば、付着藻類では、流砂フラックスの減少による藻類の更新障害や糸状藻類の異常繁茂などが知られている⁴⁾⁵⁾。また、底生動物では、ダム下流において造網型の割合が高くなるなど群集構造の変化が生じる場合が多い⁶⁾。さらに、岩盤化によるサケ科魚類の繁殖への影響なども知られている⁶⁾。一方、土砂供給の影響評価では、付着藻類の剥離効果に着目したものが多く、事例的知見が集積されている⁷⁾。

しかしながら、付着藻類の現存量に対しては底質以外の影響も混在しているため、土砂供給前後の条件に対する現存量を予測することが困難である。その解決には、

付着藻類の現存量に影響しうる要因の影響を分離して整理することが必要となる。また、底生動物群集と河床物理環境との関連性についてはある程度の知見があるものの^{5) 8)}、その一般性を検証し他のダムにも適用可能かを検討する必要がある。魚類に対する影響は、アユの餌資源としての付着藻類の変化として評価されることが多く、河床間隙の多寡やカバーなどの生息場所の変化として評価される事例は多くない⁹⁾。

以上の研究背景を踏まえて、前年度の研究では、粗粒化したダム下流の現地調査を基にした付着藻類現存量モデルの改良を行うとともに、覆砂実験による魚類の応答について取り組んだ。しかしながら、付着藻類現存量モデルで用いる変数がダム下流で計測されていない場合もあり、変数を変換する必要がある。また、土砂供給に伴う付着藻類の剥離効果についても組み込む必要がある。魚類の応答についても、礫が砂に埋まった場合の底質に対する選好性は自然河川では十分検討できないことを示唆するものであった。したがって、土砂供給による河床状態を反映させた生息場所の選好性の検討が必要とされる。

そこで、平成24年度は以下のことに取り組んだ。まず、付着藻類の現存量モデルをダム下流において利用できるように、変数の変換や剥離効果の組み込みなどの改良を加えた(2章)。また、底生動物の群集構造と環境要因との関係について、その一般性を検証すべく複数ダムを対象としたメタ解析を行った(3章)。さらに、魚類の底質に対する選好性として、礫が砂に埋没した状態に対する影響について、底質粗度の変化による流れ場の変化に着目して検討した(4章)。以下にその詳細を記述する。

2. 付着藻類の現存量予測モデルの改良

2.1 背景

ダム下流における粗粒化および土砂供給に伴う付着藻類の変化は、河床環境の変化に伴う影響だけでなく、栄養塩による付着藻類の成長や、洪水などの攪乱の影響等も含まれている。そのため、河床環境の変化による付着藻類への影響を評価するためには、河床環境の変化以外の要因の区別が必要となる。付着藻類に作用する要因とその経路はおおよそ把握されているため、それを考慮したモデルを構築することで、河床環境の変化を分けて評価することが可能となる。さらに、モデルの構築は、水理モデルの出力となる物理変数から付着藻類への影響を予測できるようになり、適用範囲が広いという長所もある。

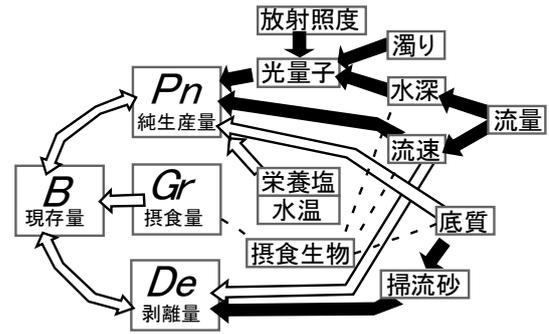


図1：付着藻類の現存量モデルの概念図

矢印は、作用する方向を示す。太い矢印(白・黒)は現存量モデルで組み込んだ作用経路で、黒矢印は、改良を加えた経路を示す。

これらを踏まえて、これまで粗粒化河床を対象とした野外データを基に付着藻類現存量モデルを構築・改良してきた。モデルによる評価指標として、付着藻類の現存量を利用した理由は、ダム下流で顕在化している付着藻類の更新阻害による糸状藻類の異常繁茂などの現象を簡単に評価できると考えたためである。

ただし、実際にダム下流の粗粒化河床や土砂供給に伴う河床環境の変化を通じた付着藻類の現存量を予測するためには、モデルの改良が必要となる。例えば、土砂供給に伴う変化が大きい濁りによる光量子の減衰の効果や掃流砂による剥離効果などを追加して組み込む必要がある。また、モデルに用いられた変数が直接計測されていない場合もあるため、変数の変換なども克服すべき課題である。さらに、実際の河川に適用し、その適合性を検証する必要もある。そこで、付着藻類現存量モデルのさらなる改良と実験河川への適用を試み、ダム下流への適用にむけた検討・検証をおこなった。

2.2 モデルの改良

本モデルは図1に示すように、付着藻類の現存量 (Biomass, B) を成長 (純生産量: Net Production, Pn) と剥離 (Detachment, De) の結果として算出するものである。純生産量に関わる変数として、光量子密度、栄養塩、水温、流速が挙げられ、水の濁りと水深は光量子密度の変化を通じて間接的に影響を及ぼす。剥離は、流速および掃流砂による影響を受ける。本年度は、上記モデルの経路のうち、以下の点について改良を行った。

まず、通常計測されることの多い放射照度を、文献¹⁰⁾を参照にして、光量子量へと近似的に変換した。さらに、光が水中に入った際の減衰率および、濁りに応じた光量子量の検討を行った。また、実際に記録されることのも

表1：全剥離量（上）と現存量（下）の実測値とモデル値

	25L/s		150L/s		250L/s		
全剥離chl.a量 (g-chl.a/3day)	実測値	2.31	2.21	4.91			
	モデル値	5.62	0.91	6.28			
	差分	-3.31	1.30	-1.37			
chl.a現存量(mg/m ²)		25L/s		150L/s		250L/s	
		前	後	前	後	前	後
	実測値	37.32	46.56	43.40	54.73	74.01	148.70
	モデル値	38.37	67.87	45.66	65.24	80.61	105.04
	差分	-1.05	-21.31	-2.26	-10.51	-6.60	43.66

※ Chl. a 現存量は各流量に対し、2回（前・後）分の実測値とモデル値がある。

い流量データから、等流計算などを用いて流速および水深に変換し、モデルに組み込めるようにした。また、河床の粒度分布から掃流砂量を割り出し、計算式から付着藻類の剥離量を予測した。

2.3 モデルの実験河川への適用

これらの改良を経たモデルを実験河川に適用し、現存量付着モデルと実測値を比較し、その整合性について検討を行った。実験河川を対象とした検証を実施した理由は、現存量予測モデルの適用と検証に必要なデータが揃っているためである。また、ダム下流のような大規模な環境を対象とする前に、実験河川のような小規模な環境を対象に適用し、モデルの適合性を検証するためである。

対象としたのは、自然共生研究センターの実験河川A上流の200m区間で実測された付着藻類データで、3つの流量パターン（25、150、250L/s）で3日間計測された。剥離量や流量など付着藻類現存量モデルに必要な物理データも合わせて計測されている。このデータを現存量モデルに当てはめた結果を表1および図2に示す。なお、付着藻類現存量モデル上での付着藻類の初期値は実測値に基づいて設定した。

まず、本年度改良を加えた剥離量に着目すると、実測値とモデル値との差は-3.31~1.30 (g·chl.a/3days) の範囲であった（表1）。差の絶対値が最大だった25 L/sの時でも、実測値とモデル値は、それぞれ2.31、5.62 (g·chl.a/3days) であり、オーダー的な違いは見られなかった。これらの結果より、剥離量の予測精度はある程度実現象を表現しうることが確認された。

つぎに、付着藻類のchl.a現存量に着目すると、現存量の実測値とモデル値との差は、-21.31~43.66 (mg/m²) の範囲であった（表1）。実測値が大きい時にモデル値との差が大きくなる傾向がみられたが、この差分もオーダ

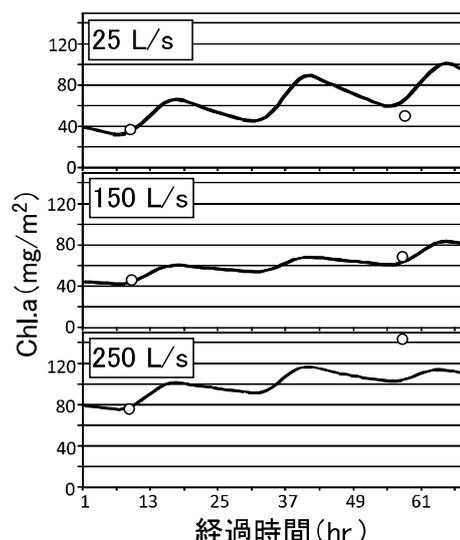


図2：chl.a 現存量のモデル値（曲線）と実測値（点）

一的な違いでは無かった。また、変化を予測したモデル値の曲線は実測値の近くを通っている（図2）。特に、150L/sの条件では予測値と実測値との差がほとんど無く、予測精度が高かった。このように、実験河川の平常状態を対象としてモデルを走らせた結果、モデルで得られた予測値と実測値との差はそれほど大きくなく、ある程度の適合性があることが確認された。今後は、ダム下流への適用を視野に、検討を重ねていく必要があると考えられる。

3. 河床物理環境と底生動物群集との関連解析

3.1 背景

粗粒化による底生動物への影響や、土砂供給による底生動物の応答を把握するためには、河床物理環境と底生動物群集の関連性について解析する必要がある。底生動物は、狭い範囲に多種が生息し群集構造を用いた評価が可能であるうえ、移動能力が低いため採集場所と生息場所要求との関連性が高いという利点がある⁵⁾。そのため、底生動物群集と底質等の物理環境を同時に評価できる正準対応分析 (Canonical Correspondence Analysis, CCA) などを用いて、両者の対応関係が解明されてきた⁸⁾。

ただし、ダム下流における粗粒化の影響や土砂供給による効果について、他のダムに対しても適用を考える際には、河床物理環境と底生動物群集との関連性の一般性について検証しておく必要がある。その際、ダム下流の粗粒化区間に加え、砂の供給源となる支流とその合流後も合わせて解析できれば、砂等の土砂供給による底生動物群集の応答解明にも寄与できる。

以上の背景に鑑み、ダム下流に加え、ダム上流、支流、支流合流後において、河床物理環境と底生動物群集データを有する複数のダムを対象としたメタ解析を行い、両者の対応関係についての一般的な傾向を把握した。これにより、ダム下流における粗粒化や土砂供給の影響評価に資する知見を得ることを目的とした。

3.2 方法

対象として、阿木川ダム、坂本ダム、矢作ダムの3ダムを選定した。これらのダムでは、本研究課題が対象とするダム下流に加え、ダム上流(矢作ダムを除く)、支流および支流合流後における、河床物理環境データと底生動物群集データが揃っている。ダム上流はダムの影響を受けていない環境、支流は砂供給源、支流合流後は支流からの砂供給の影響区とみなすことができる。したがって、これらのダムの各地点におけるデータ(合計125地点)を対象とし、河床物理環境と底生動物群集との関連性についてメタ解析を行った。

河床物理環境として、代表的な物理生息場所要因である水深・流速・底質を利用した。この中で、底質については粒径別被度割合のように粒径区分とその粒径区分の量(被度や重量)という2次元の情報を持っており、そのままでは多変量解析を複雑化したり、結果の解釈を困難にしたりする恐れがある¹¹⁾。そのため、底質データから底質粗度(substrate roughness)¹²⁾を算出し、1次元の情報に変換することで説明変数の数を減らした。底質粗度は粒径区分にスコアを与えその被度をかけたものである。本研究では、Wentworthの粒度階級¹³⁾を参考に、砂(<2mm)に1、砂利(2-16mm)に2、礫(17-64mm)に3、石(65-256mm)に4、巨石(257-1024mm)に5のスコアを割り振った。そのため、底質粗度は河床表面が全て砂だった場合に最小値1を、全て巨石だった場合に最大値5をとることになる。

対象ダムの各地点における河床物理環境(水質・流速・底質粗度)と底生動物群集(各分類群の密度)の対応関係を明らかにするために、CCAによる情報集約を行った。さらに、どのような底質粗度の場合にダム下流的であるかを調べるために、底質粗度とCCAスコアとの回帰分析を行った。解析には統計ソフトRを用いた。

3.3 結果と考察

底質粗度の流程変化は、対象ダム間で似たパターンを示した(図3)。底質粗度はダム上流で小さく、ダム下流で大きくなり、底質粗度の小さい支流が合流した後に、再度小さくなった。これは、ダム下流における粗粒化と細粒成分に富む支流の合流による粗粒化の緩和⁸⁾を反映

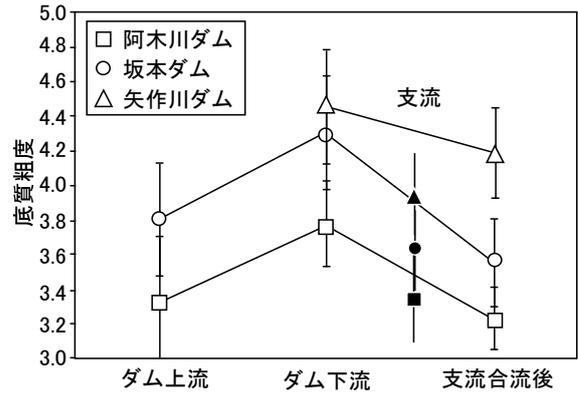


図3 対象ダムの底質粗度の流程変化
図形は平均値、バーは標準偏差を表す。塗りつぶした図形は支流を表す

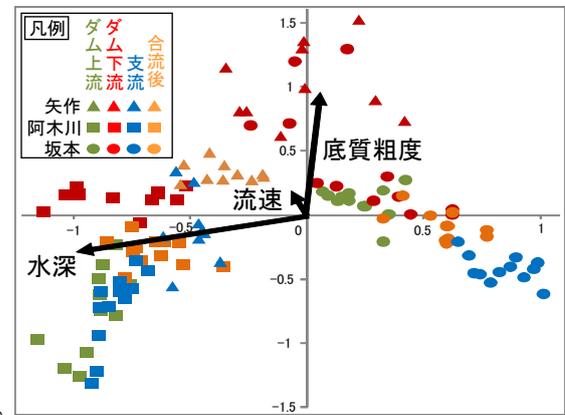


図4: CCA 解析の結果

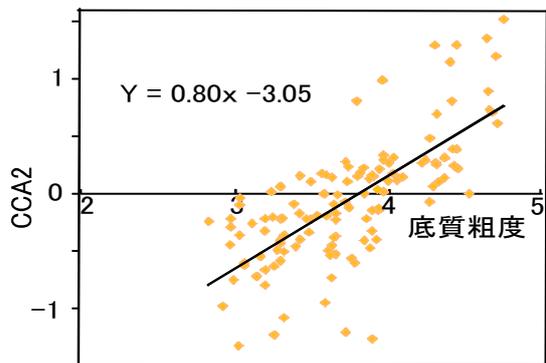


図5: 底質粗度と CCA2 との関係
直線は回帰直線を表す

したものであると考えられる。

CCAの結果を図4に示す。河床物理環境のうち、水深はCCA1、底質粗度はCCA2に対する寄与が大きく、流速はCCA1、CCA2のどちらにも大きく寄与しなかった。ダム間のプロットに着目すると、ダムの違いはCCA1軸によって区別され、坂本ダム、矢作ダム、阿木川ダムの順でCCA1

の値が大きかった。一方、ダム内のプロットに着目するとCCA2に沿った分布傾向がダム間で似ており、ダム下流でCCA2の値が大きく、支流はCCA2が小さく、支流合流後がその中間的な値をとった。CCA2と底質粗度との関連が非常に高いことをあわせて考えると、ダム下流における粗粒化と（細粒成分を有する）支流の合流後の粗粒化の緩和は、ダム間で共通した現象であることが示唆される。

さらに、今回対象とした3つのダムでは、ダム下流の調査地点のほとんどが第1、第2象限にプロットされたことから、CCA2スコア>0がダム下流的な河床物理環境と底生動物群集を有する一つの目安であることが示唆される。底質粗度とCCA2の散布図（図5）から得られる回帰式は（CCA2スコア） $=0.80 \times$ （底質粗度） -3.05 となり、CCA2=0の時、底質粗度 $=3.81$ が導かれる。したがって、底質粗度が3.81以上であることが、河床環境および底生動物群集の視点からダム下流的と判断する一つの目安として利用できる可能性が示唆された。また、この底質粗度の閾値は、粗粒化河床に土砂供給をした際の堆砂量の目標としても利用できると考えられる。

4. 河床物理環境と魚類群集との関連解析

4.1 背景

ダム下流における粗粒化および土砂供給に対する魚類の応答を予測しようとする際には、着目する河床物理環境の変化が魚類に及ぼす影響を調べ、予測に役立てる必要がある。魚類など相対的に移動能力が高い生物種群では利用する範囲が広がるため、利用している空間だけでなくその周辺も含めた影響評価が必要となる。その点で、生息場所の選好性から利用可能な生息場所量を推定できるPHABSIM（Physical Habitat Simulation Model）は、魚類に対する影響評価として現実的な手段の一つであると考えられる。

PHABSIMは、生物にとって適切な流量を探索するための一手法であるIFIM（Instream Flow Incremental Methodology）の一部となる方法である¹⁴。IFIMは与えられた流量に対して、水深、流速、底質などの変量を推測し、選好性などから得られた適性値（suitability index, SI）をあてはめ、対象区間の生息場所量を定量化することで、対象とした流量の評価を行うものである。このうち、適性値のあてはめによる生息場所量の定量化がPHABSIMによる部分である。このIFIMの評価枠組みにおいて、流量を供給土砂量などに置き換えれば、そのまま土砂供給による影響を予測することが可能となる。その

場合、従来PHABSIM用に研究されてきたSIを利用することができ、評価に必要な調査コストを低下できるだけでなく、高い予測精度も期待できる。

これまでの魚類の底質SIに関する知見を概観すると、底生魚の底質SIとして、カジカ、カワヨシノボリ、ヨシノボリ属、アジメドジョウ、ニゴイなどを対象とした研究知見がある^{14,15}。底生魚は河床表面を徘徊していることが多いため、観察場所の底質と底質選好性との高い関連性が期待される。事実、底生魚と底質の粒径や存在様式（浮き石・はまり石；間隙）等との高い関連性も知られている^{16,17,18}。したがって、底生魚に関しては、従来の底質SIを粗粒化した河床や土砂供給後の河床に適用できる可能性は比較的高いと考えられる。

一方、遊泳魚に関してはそれほど単純ではない可能性がある。遊泳魚の底質SIとしては、アユ、アマゴ、オイカワ、カワムツなどを対象とした研究知見がある¹⁵。これらは、水深、流速と一緒に底質も計測されているために遊泳魚の底質SIが提示されているものの、遊泳魚の行動様式は主に遊泳であることを考慮すると積極的に底質を選択しているとは考えにくい。さらに、遊泳魚は底生魚よりも移動能力が高く、場所利用も一時的であることが多い。そのため、瞬間的に観察された場所の底質と生息場所の選好性との関連性の適用については注意を要する。ただし、遊泳魚が石礫の間の空隙を隠れ場所や流速からの忌避場所として利用するという報告もある^{19,20,21}。そのため、河床物理環境の変化に伴う影響評価対象から遊泳魚を外すことは、粗粒化や土砂供給による影響予測の精度を著しく低下させる恐れがある。また、遊泳魚については、土砂供給による底質粗度の変化が流れ場を変化させることを通じた影響についても指摘されている。土砂供給では、河床表面の石礫が埋没することが予測されるため、河床空隙の変化および流れ場の変化が遊泳魚類などに影響を及ぼすかどうかについて検証する必要がある。

以上の背景により、本研究では、河床空隙の豊富な凹凸がある河床条件を主な対象として、遊泳魚の遊泳行動を観察し河床空隙の利用の有無を確認するとともに、流れ場（流速の垂直分布）と魚類の利用空間との関連を調べた。これにより、河床の底質粗度が間隙空間だけでなく、流れ場の変化も介して遊泳魚に影響を及ぼすかどうかを検討した。

4.2 方法

本研究の実験対象魚種として、カワムツ

（*Nipponocypris temminckii*）を選定した。カワムツは、

本研究プロジェクトが対象とするダム下流における出現頻度が遊泳魚の中で、ウグイ、オイカワについて、3番目に高かった（河川水辺の国勢調査[ダム版]4順目：対象ダム93ダムに対して出現頻度34）。また底質SIがあるなど^{14),15)}、SIの知見が充実しておりダム下流において利用可能性が高い魚種でもある。

遊泳行動の観察と流速との関連性把握のために、大型実験水路（長さ10m、幅1.5m）を用いた。実験水路の河床に主に巨石や石などを一面に敷き詰め河床の凹凸が多い状態を用意した。一面にわたって底質を操作することで、忌避行動によって底質の影響が過小評価されないようにした。また、この大型実験水路には観察棟が併設されており、アクリルガラスから水中で遊泳する魚類を驚かせることなく観察できる利点もある²¹⁾。この実験水路に30個体のカワムツ（体長：3.37～7.71cm）を放流し、その遊泳行動を観察した。なお、遊泳行動の観察にあたって、実験水路の上を市販の黒色の寒冷紗（遮光率50%）で覆い、水面より上の景色などの刺激が遊泳行動に及ぼす影響を排除した。

さらに、遊泳行動と流速との関連性を把握するために、実験水路の中央で河床表面からの流速の垂直分布を調査した。また、底質が流速に及ぼす影響の参考として、河床表面が平らな条件においても、流速の垂直分布を調査した。

4.3 結果と考察

放流したカワムツのほとんどが石礫の間などに入り込み（写真1）、アクリルガラスの手前以外では直接目視することができなかった。一部のカワムツが河床表面の直上にみられることがあったが、河床表面から約10cm以上浮上することはなく、河床から浮上してもすぐ下を向き、石礫の背後や間に入り込もうとする行動が観察された

（写真2）。これらの観察結果は、遊泳魚にとっても河床の空隙が流速からの忌避場所として重要であることを示唆している。

カワムツの浮上範囲が10cm程度だったことは、供試魚の巡航速度と関連したものであると考えられる。巡航速度とは、60分程度耐えられる流速の最大値として定義されるもので、平常時の流速耐性の目安として利用される²²⁾。さらに、この巡航速度は、紡錘型の一般的な遊泳魚に対して、2～3倍の体長/sとして推測できるとされている²²⁾。これを参照して供試魚の最大個体（体長：7.71cm）の巡航速度を推定すると15.4～23.1cm/sとなる。ここで、河床に凹凸がある条件における流速の垂直分布（図6青線）を参照すると河床表面から約10cmあたりに巡航速度



写真1： 石礫の間に入り込むカワムツ



写真2： 河床から浮上したカワムツ

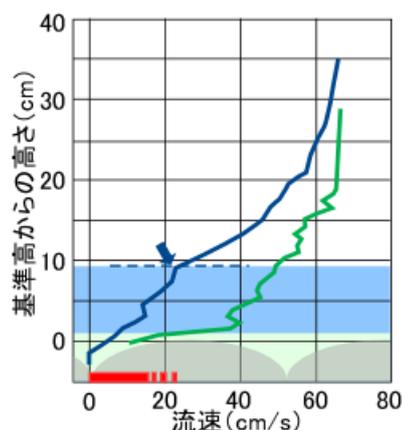


図6： 河床表面を基準高とした流速の垂直分布
青線、緑線はそれぞれ凹凸がある河床と平らな河床に対する流速分布を表す。赤いバーは供試魚の巡航速度（推定値）を基にした利用可能な流速範囲を示す。薄い青色と緑色の範囲はそれぞれ各河床の状態に対する利用可能な空間を示している。青矢印は、凹凸がある河床で見られた流速の急変点を示す。

にあたる流速がみられることがわかる。実際、河床表面から巻き上げられたように約20cm以上浮上した個体が一度観察されたが、その個体は流下して観察区間からいなくなった。このことも、上下に浮上する範囲が利用可能な流速条件によって規定されているという推察を支持するものである。

また、流速の垂直分布に再度着目すると、河床表面から約10cm上方に流速分布の急変点があり(図6 青矢印)、河床の上方からその範囲にわたって低流速域が形成されていた。この低流速域は、roughness sublayer として知られており、河床粗度によって生じた乱れが剥離し流速を減少させることで形成される²³⁾。河床が平らな条件では乱れが生じにくいため上記の屈曲点がみられず、河床直上まで20cm/sを超える流速がみられた(図6 緑線)。巡航速度と合わせて考えると、河床が平らな条件では供試魚が利用可能な空間は河床直上のごくわずかな層に限定されることが予想される。事実、礫床に対する土砂の堆積は、サケ科稚魚のカバーを減少させることで生残率を低下させることが知られている。本章の遊泳行動と河床の凹凸による流速分布との関連は、カワムツにおいても同様の影響が生じることを示唆するものである。

これらの結果から、河床の凹凸は魚類に対して石礫空間の空隙の量を通じた直接的な影響だけでなく、流れ場の変化を通じた間接的な影響も及ぼしうることが確認された。本研究によって、底質とは関連が低いと考えられてきた遊泳魚に対しても土砂供給による影響評価が必要であること、さらに土砂供給による魚類への影響経路として流れ場を介した経路も無視できないことが示唆された。

5. まとめ

本年度実施した研究によって以下のことが明らかとなった。

- 付着藻類の現存量モデルに用いる変数変換を検討するとともに、土砂による剥離効果を組みこむ改良を行い、実験河川への適用を試みた。その結果、モデルで得られた予測値は、実測値とそれほど乖離しておらず、モデルの適合性が確認された。
- ダム下流を含む底生動物の群集構造と環境要因に関して、3ダム(矢作、阿木川、坂本)を対象としたメタ解析を行い、底生動物群集と河床物理環境との関連性を明らかにした。また、底質粗度が3.81以上であるとダム下流的な環境であることが示唆された。
- 粗粒化河床の底質を模した実験水路において遊泳魚の遊泳行動の観察と流速計測を行った。凹凸のある河床はその上に低流速域を形成し、遊泳魚の利用可能な空間を増加させることが示唆された。平らな河床では、ほとんど低流速域が形成されなかったことと併せて考えると、土砂供給による河床粗度の減少は、空隙空間と流れ場の相互作用として遊泳魚に影響を及ぼすことが示唆された。

今後、粗粒化に伴う水生生物の応答についてさらに知見を集積するとともに、土砂供給として礫を供給した際の水生生物の応答についても研究を実施し、河床環境の評価技術の検討や土砂供給シナリオに役立てていきたい。

参考文献

- 1) 池淵周一(編著):ダムと環境の科学I ダム下流生態系, 京都大学出版会, 2009
- 2) 藤田光一, 富田陽子, 大沼克弘, 原野崇, 小路剛志, 伊藤嘉奈子, 山原康嗣, 萱場祐一:ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方—下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて—, 国土技術政策総合研究所資料 521 号, 土木研究所資料 第4140号, 2009
- 3) 清原正道, 高柳淳二:排砂の影響検討における置き土実験と覆砂実験の活用, ダム水源地技術研究所所報, 12-20, 2010
- 4) 辻本哲郎, 北村忠紀, 加藤万貴, 田代喬:底撈乱礫床での大型糸状藻類の異常繁茂のシナリオ, 河川技術論文集 8:67-71, 2002
- 5) 波多野圭亮, 竹門康弘, 池淵周一:貯水ダム下流の環境変化と底生動物群集の様式, 京都大学防災研究所年報 48B, 2005
- 6) Kondolf GM: Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental Management 21:533-551
- 7) 坂本博文, 谷崎保, 角哲也:河川土砂還元を組み合わせた真名川ダム弾力的管理試験「フラッシュ放流」, 河川技術論文集 11: 273-278, 2005
- 8) Katano I, Negishi NJ, Minagawa T, Doi H, Kawaguchi Y, Kayaba Y: Longitudinal macroinvertebrate organization over contrasting discontinuities: effects of a dam and a tributary. Journal of North American Benthological Society 28:331-351, 2009
- 9) 小野田幸生, 遊磨正秀:魚類生息環境としての河川河床の動態, 土と基礎 55:33-40, 2007
- 10) Thimijan RW, Heins RD: Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. HortScience 18:818-822, 1983
- 11) 山中武彦, 浜崎健児, 嶺田拓也:生物・社会調査のための統計解析入門:調査・研究の現場から(その9) —序列化化する(対応分析, 除歪対応分析, 正準対応分析) —, 農業土木学会誌 74:319-324, 2005
- 12) Bain MB, Finn JT, Booke HE: Quantifying stream

9.2 ダムからの土砂供給に伴う河床環境の変化が水生生物に及ぼす影響に関する研究

- substrate for habitat analysis studies. *North American Journal of Fisheries Management* 5:499-500, 1985
- 13) Wentworth CK: A scale of grade and class terms for clastic sediment. *The Journal of Geology* 30:377-392, 1922
- 14) アメリカ合衆国内務省・国立生物研究所原著作, 中村俊六・テリー・ワドゥル訳: IFIM 入門, 財団法人リバーフロント整備センター, 1999
- 15) 河村三郎: 魚類生息環境の水理学. 財団法人リバーフロント整備センター, 2003
- 16) 渡辺恵三, 中村太士, 加村邦茂, 山田浩之, 渡邊康玄, 土屋進: 河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響. *応用生態工学* 4:133-146, 2001
- 17) 石山信雄, 渡辺恵三, 永山滋也, 中村太士, 剣持浩高, 高橋浩揮, 丸岡登る, 岩瀬晴夫: 河床の岩盤化が河川性魚類の生息環境に及ぼす影響と磯河床の復元に向けた現地実験の評価. *応用生態工学* 12:57-66, 2009
- 18) Onoda Y, Maruyama A, Kohmatsu Y, Yuma M: The relative importance of substrate conditions as microhabitat determinants of a riverine benthic goby, *Rhinogobius* sp. OR (orange form) in runs. *Limnology* 10: 57-61, 2009
- 19) 矢崎博芳, 萱場祐一, 佐川志朗, 秋野淳一: 魚類の生息場としての石の隙間—石の大きさによる違い—. *多自然研究* 144:10-13
- 20) 佐川志朗, 萱場祐一, 大森徹治: 魚類と甲殻類による石の隙間の季節利用. *土木技術資料* 51-8:10-13, 2009
- 21) 小野田幸生, 佐川志朗, 上野公彦, 尾崎正樹, 久米学, 相川隆生, 森照貴, 萱場祐一: 流速の増大がオイカワによる水際の緩流域利用頻度に及ぼす影響. *河川技術論文集* 17:197-202, 2011
- 22) 塚本勝巳: 17.遊泳生理 in 板沢靖男, 羽生功 (編) 魚類生理学, 恒星社厚生閣, pp.539-584, 1991
- 23) 中川博次, 辻本哲郎, 清水義彦: 相対水深の小さな流れの構造に関する実験的研究. *土木学会論文集* 423/II-14: 73-81, 1990

A STUDY ON THE EFFECTS OF CHANGES IN RIVERBED ENVIRONMENT ON AQUATIC ORGANISMS ASSOCIATED WITH SEDIMENT SUPPLY FROM DAMS

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

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

Author : KAYABA Yuichi

MIYAGAWA Yukio

ONODA Yukio

Abstract : To apply a predictive model of biomass of attached algae to downstream of dams, we made some improvements and applied it to experimental stream as the first step. The measured and expected values were not so different, supporting the fitness of the model. We also performed meta-analysis of relationships between community structures of benthic macroinvertebrates and environmental factors using data from three dams to examine generality of the relationship. Substrate roughness was in common large at downstream of the dams and decreased after confluence of the tributaries with small substrate roughness, suggesting that large substrate roughness (>3.81) would be an indicator of environment at downstream of dams. Additionally we observed swimming behavior of fish and measured vertical velocity profiles in an experimental canal. The fish used low velocity zone as refuge formed on the rough substrate, suggesting that riverbed roughness should influence fishes not only by changes in space between stones but also by changes in vertical velocity profile.

Key words : Biomass model, Attached algae, Macroinvertebrates, Community structure, Substrate roughness