

8. 河川生態系の保全・再生のための効果的な河道設計・河道管理技術の開発

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：水環境研究グループ グループ長 池田茂

研究担当グループ：水環境研究グループ（河川生態、自然共生研究センター）、
寒地水圏研究グループ（寒地河川、水環境保全）

1. 研究の必要性

近年、河川環境の保全・再生に対する社会的要請が高まる一方で、頻発する洪水に対する河道設計のあり方が模索されている。また、限られた予算の中で効率的に維持管理を行う管理方法の確立も急がれている。今後は、環境、治水、維持管理を一体的に捉え、河道設計・管理技術を確立していくことが必要と言える。しかし、これを実現するための技術的課題は数多く残されている。ここでは、課題を大きく 3 つに整理して概説する。①基礎的知見の不足：流域内における様々な人為的インパクトは河床材料、流量、水質・土砂などの様々な影響を改変し、生物群集に影響を及ぼすが、このプロセスには未解明なものも多く、河道設計・河道管理技術に反映するだけの知見が不足している。②環境評価・目標設定に関する知見の不足：保全・再生を行うには既存の知見を最大限に活用し、現況の河川環境の健全度評価、この結果に基づく目標設定が必要である。しかし、これらの知見は不足しており、適切に環境評価・目標設定を行うことができない。③河道設計・河道管理技術の不足：環境・治水・維持管理を統合化する要素技術の開発は始まったばかりであり、現場に適用できる技術が不足している。以上から、本プロジェクトでは、「2. 研究の範囲と達成目標」に示す研究を実施し、これらの課題の解決と河川生態系の保全と再生に資する効果的な河道設計・河道管理技術の開発に資する。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、河川等が人為的インパクトにより変化し、物理環境変化を介して河川生態系に影響を及ぼすプロセスの解明を行う。また、現象が社会的に顕在化し、解決すべき課題と認識されているものについては、具体的な対策技術の提案を行う。一方、これらの研究は、河川における個別の場所を対象とした現象の理解と対応に留まる可能性が高い。そこで、本プロジェクトでは、流域スケールで河川を俯瞰した際に保全すべき箇所、再生すべき箇所を明確にすることを目的として、河川環境を広域情報から評価し、保全・再生箇所を抽出する技術の提案を行う。また、具体的に河道を設計・管理する際の技術も併せて開発し、具体的な川づくりを視野に入れた研究を実施する。本研究における研究の達成目標を以下に示す。

- (1) 物理環境変化による河川生態系への影響解明
- (2) 河川環境の評価技術の開発
- (3) 生物生息場を考慮した河道設計・河道管理技術の開発

3. 個別課題の構成

本プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 物理環境等を指標とする河川環境評価技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 寒冷地汽水域における底質及び生物生息環境改善に関する研究（平成 23～27 年度）
- (3) 冷水性魚類の産卵床を考慮した自律的河道整備に関する研究（平成 23～27 年度）
- (4) 河川生態系と河川流況からみた樹林管理技術に関する研究（平成 23～25 年度）
- (5) 河川地形変化に伴う氾濫原環境の再生手法に関する研究（平成 23～27 年度）
- (6) 積雪寒冷地河川における河岸耐性及び浸食メカニズムと多自然河岸保護工の機能評価技術に関する研究（平成 23～27 年度）

このうち、平成 26 年度は(1)、(2)、(3)、(5)、(6)の 4 課題を実施している。

4. 研究の成果

本プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 26 年度に実施してきた研究と今後の課題について要約すると以下のとおりである。

(1) 物理環境変化による河川生態系への影響

① 汽水域の底質・濁質環境が生物生息環境に及ぼすインパクトとその機構解明（個別課題(2)）

網走湖において懸濁浮遊物質を採集・分析した。採集した濁質成分の粒度組成や化学成分量などを分析し、底泥との比較を行うことで、捕集した濁質成分中の底質由来比率及び自生成由来比率を見積もった。これにより濁質成分を底泥の巻き上げと自生成に分離が可能となった。その結果、河川流入点において流入濁質が卓越し、栄養塩が過剰となることがわかった。さらに浅水域において濁質成分は底質の巻き上げによって供給されることが示された。これより濁質供給要因や拡散範囲が推定可能となった。また、一方で河川流入点の沖合側では浮遊懸濁物はほぼプランクトンで構成され、底質の細粒化も抑制されていることが確認された。シジミの生息範囲を比較すると、沖合側が好適環境であることが推察され、濁質を指標とし、そのインパクトによって、底質・水質が汚濁され、生物生息環境が悪化していることが推察された。また、天塩川下流域の汽水沼において水収支を把握するため、連続的な流量観測を実施した結果、河川流量の増加によって塩水遡上が抑制され、淡水化が進行することが明らかとなった。

さらに超音波流速計（ADCP）を用い、取得される音波の反射強度を利用して、水中の濁度空間分布推定手法を開発した。平成 26 年度は、より簡便な手法とすべく、推定式の改良を行った。その結果、設定が必要な係数を 4 個から 2 個に減らし、濁度の経時的な連続推定及び空間的な濁度分布推定を可能とした。

なお、本研究は個別課題(5)や個別課題(6)の成果と相互的に用いることで河川上流から下流までの濁質挙動に関する知見を得られると考えられる。

② サケ科魚類の産卵場の視点からの河床材料の分級作用を評価（個別課題(3)）

シロザケの産卵が確認される豊平川中流部の砂州周辺において、横断測量、浸透流調査、浸透流計算を行い、砂州地形に起因する浸透流と産卵床分布との関係性を検討した。その結果、浸透流調査により、砂州の頂部付近で浸透傾向、前縁部付近で湧出傾向であることが確認された。また、浸透流計算による流線を確認した結果、砂州頂部で浸透した河川水が前縁線で湧出していることが明らかとなった。砂州の頂部と前縁部には局所的に急な水位差が生じており、これが起因し、浸透流が発生したものと考えられる。産卵床が確認された個所のほとんどは、浸透流計算によると湧出傾向の前縁部であり、砂州地形に起因する浸透流が産卵環境に寄与していることが考えられた。また、現地における浸透流調査は、河床面下ら概ね 20、40、60cm の深度で調査を行ったが、鉛直方向で湧出・浸透の傾向に違いが確認される個所もあった。これは、現地の河床内では砂州内部の河床材料が分級され、空間的に異なることが影響したと考えられる。

河床変動計算、浸透流計算により取得した流速、水深、平均粒径、浸透流の物理環境値を用いた PHABSIM により、産卵適地の推定を試みた。河床変動計算は混合粒径条件とし、平成 18 年度に豊平川で実施された河川定期横断測量、河床材料調査結果から初期条件を設定した。そして、産卵環境の詳細な現地調査を行った平成 23 年 9 月までの計算を行った。浸透流計算は河床変動計算で得られた河床地形、平水時の河川内の水位分布を用いて、均一の透水係数の条件で行った。その結果、計算区間の上下流端付近や、現地植生が計算対象期間内に変化した個所以外は、河床変動計算により現地の河床高と粒径分布の傾向を概ね再現できた。また、浸透流計算についても、河床地形に起因した浸透、湧出の傾向を概ね再現できた。これらの物理環境値を用いた PHABSIM により産卵適地を推定した結果、砂州前縁部で合成適性値（CSI）が高くなり、実際の産卵床分布と一致した。

(2) 河川環境の評価手法の開発

① 河川環境の評価技術の提案（個別課題(1)）

平成 26 年度は、河川水辺の国勢調査データを用いて、全国の河川を対象に約 25 年間の魚類生息状況の長期的

8. 河川生態系の保全・再生のための効果的な 河道設計・河道管理技術の開発

変化を把握し、魚類生息状況の変化を分析した。その結果、ヒガイ類は7代表河川群、カジカは6代表河川群で消失が確認された。キンブナ、サクラマス、スジシマドジョウ種群、ゼゼラ等も複数の代表河川群で消失が確認された。また、近年、空間情報取得の手段として急速に普及が進む空中写真、高解像度衛星画像、無人飛行機画像を、信濃川水系千曲川において比較し、個別技術の適性を検討した。その結果、UAVは、景観から種レベルまで高い適用性を示した。また、中小河川を含む流域の景観管理に高解像度衛星画像を、空中写真を直轄区間の景観から群落までの管理に適用することにより、総合的な河川生態系管理の基礎となる空間情報取得が可能になることが示唆された。

(3) 生物生息場を考慮した河道設計・河道管理技術の開発

① 汽水域の生物生息環境の保全・改善に資する底質環境改善手法の構築（個別課題(2)）

本研究は、汽水域の代表的生物であり、漁業価値の高いヤマトシジミの生息環境を評価・管理することを目的としている。湖沼域においてシジミの生息環境は濁質動態と関連性があることが示唆され、湖内の濁質拡散や水質影響を把握することで、有効な評価手法を構築できると考えられる。そこで、濁質拡散や水質影響を加味した数値流動モデルも構築を行った。なお、本研究で対象とした網走湖は積雪寒冷地に位置し、冬期には全面結氷するため、結氷影響を反映することが重要である。平成26年度は暫定流動モデルを構築し、平成27年度に完成させる予定である。

次に河川域において、前年までの研究から、天塩川においてシジミの生息には底質環境の影響が小さいことが示唆されていた。平成26年度は塩分環境に注目して、現地観測を実施した。その結果、天塩川の塩水遡上は弱混合の2相流を形成して河口から20km上流まで到達することがわかった。そのためシジミの生息環境としては塩水との接触頻度が重要となることが示された。塩水接触頻度を推定するため、塩淡境界標高の時間変化を把握する必要がある。ADCPを用いて塩淡境界付近の流速差より、塩淡境界標高の時間変化を把握する手法を開発した。本手法によって、現状の天塩川のシジミはほぼ塩水が接触しない標高に分布しており、再生産が抑制されていることがわかった。さらに塩淡境界標高と河川流量の関係性を検討し、河川流量によって塩淡境界標高を推定する手法を開発した。この手法により塩水環境を河川流量によって管理可能であることを示した。

なお、本研究は個別課題(5)の成果と相互的な知見を得られると考えられる。

② 産卵環境の保全・再生のための河川整備手法（河道掘削形状、護岸形状等）の提案（個別課題(3)）

岩河床における産卵環境の復元に繋がる覆礫対策の移動床水理模型実験を行った。実験水路は延長43m、幅0.9m、勾配1/200とし、岩河床を想定し水路底部に平滑な塩ビ板を設置した。そして、水路内には覆礫を想定した平均粒径0.77mmのほぼ均一な粒径の珪砂を敷均した。水路底板は覆礫河床よりも小さなマニング粗度となっている。実験ケースは、覆礫厚が十分発達した砂州波高と同程度のケース、その半分程度のケースとした。各ケースの通水時間は10時間とし、通水中に30分間隔で水路内に発生した砂州波高、砂州先端位置の計測、水路全延長を対象とした上空からの写真撮影、平面流況把握のためのPIV解析用トレーサー散布を行った。上空から撮影した写真からは、時系列の露出率（水路全体面積に対する岩河床が露出した割合）を算出した。

実験の結果、覆礫厚が十分発達した砂州波高と同程度のケースでは、砂州前縁部の深掘れが露岩するが拡大せず、安定した状態で推移してした（通水終了時の露出率7%）。しかし、覆礫厚が十分発達した砂州波高の半分程度のケースでは、砂州前縁部の深掘れの露岩部が延びて拡大した（通水終了時の露出率16%）。PIV解析結果から、砂州が十分に発達したケースでは主流部の蛇行は明確であった。一方で、覆礫が薄く砂州波高が十分発達できないケースでは、時間の経過と共に蛇行流が直線的に変化していた。砂州の移動は流砂が前縁部に堆積することで起きるが、蛇行流れの直線化により、砂州内の流動状態も変化し、砂州の移動バランスに影響したことが考えられる。これらのことから、持続的な覆礫対策には、覆礫厚も重要であり、その厚さを十分発達した砂州波高程度確保することの重要性が確認された。

③ ワンド・タマリ等の氾濫原環境再生手法の開発（個別課題(5)）

ワンドやたまりといった氾濫原水域において、樹冠の張出し幅、堆積有機物量、イシガイ類の水域内分布の関係を検討した結果、樹冠から直接供給された堆積有機物がイシガイ類の生息制限要因になっていた。このことから、イシガイ類が生息するためには、河畔林が成長しても樹冠に覆い尽くされない水域幅（少なくとも約10m

8. 河川生態系の保全・再生のための効果的な 河道設計・河道管理技術の開発

以上)が必要であると考えられた。具体的な掘削手法として、過年度成果とあわせ、掘削高さ、掘削面の微地形、水域形状を提案した。また、揖斐川において、特に掘削後の河床変動が大きい場所を対象にして、土砂堆積に寄与する流量を検討した結果、年換算では平水流量の数倍～10倍程度(130～500m³/s)の寄与も大きいことが分かり、土砂堆積が必ずしも大きな洪水に依らないことが理解された。

開発した氾濫原環境の評価手法と提案した掘削手法を木曾川に適用した。同時に、攪乱頻度のみを考慮した昨年度までの評価モデルに攪乱強度を組み込むことで、異なる特性を持つ河川にも適用可能な評価モデルを構築した。

④ 多自然河岸保護工の機能評価及び設計技術の開発(個別課題(6))

多自然河岸保護工の環境改善効果を適切に評価しその効果を持続的に維持するためには、中長期的な河道変化をある程度予測し、各種護岸工法の選定プロセス、配置計画等の妥当性を検証する必要がある。平成26年度は河道変化の予測精度向上に向け、平成25年度に開発した植生の根系がもたらす土砂緊縛効果に関する数値解析モデルの実河川への適用を検討した。

まず、北海道の十勝川水系札内川において河道内に繁茂するヤナギの現地調査を実施し、ヤナギの地上部及び地下部の各部位の総生長量(樹高、根の重量や深さ等)並びに樹幹密度等が、樹齢から精度良く推定できることを示すとともに、樹齢から推定した根の土中体積比と根系がもたらす土砂移動抑制効果(流砂量低減率)との関係を定量的に推定した。

次に、植生地上部の流水に対する抵抗及び植生地下部の根系の土砂輸送に対する抵抗を考慮し、かつ植生の有無やその生長の程度に応じて流水や流砂に対する植生の抵抗を時間的に変化させる河床変動解析モデルの「植生被覆・消長モデル」を構築した。また、当該モデルの現地適用性を確認するために、当該モデルで札内川における経年的な植生動態を計算したところ、良好な再現結果を得ることができた。さらに、札内川の河道内植生の樹林化要因を分析して、毎年生起する年最大規模の洪水流量の減少が河道内植生の拡大に与える影響を定量的に評価するとともに、当該洪水流量による河床の攪乱が河道内で維持され得る礫河原の面積に対して支配的な影響を及ぼしていることを示した。

DEVELOPMENT OF CHANNEL DESIGN AND MAINTENANCE TECHNIQUES FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF RIVER ECOSYSTEMS

Research Period: FY2011-2015

Project Leader: Director of Water Environment Research Group

IKEDA Shigeru

Research Group: Water Environment Research Group

(River Restoration, and Aqua Restoration Research Center)

Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group

(River Engineering Research Team

and Watershed Environment Engineering Research Team)

Abstract : It is highly necessary to evaluate, conserve, and restore healthy ecological functions of rivers and lakes to maintain local wildlife community and its ecosystem function. On the other hand, flood protection and channel maintenance have been important social issue. Thus we must incorporate ecological aspect into channel design and maintain. In this project, three achievement goals are set to satisfy this necessity for the development of channel design and maintenance method harmonious with river ecosystem and its community ; 1) Fundamental recognition between anthropogenic impacts and the response of aquatic organisms, which will be applied for the development of channel design and maintenance. 2) Proposal of new aquatic techniques of systematic conservation planning method for rivers, 3) Development of channel design and maintenance method that can be applied for the segments for alluvial fan, natural levee and brackish water.

Key words : river ecosystem, anthropogenic impacts, systematic conservation planning, channel design and maintenance