

15. 寒地河川をフィールドとする環境と共存する流域、河道設計技術の開発

研究期間：平成18年度～22年度

プロジェクトリーダー：寒地水圏研究グループ長 吉井厚志

研究担当グループ：寒地水圏研究グループ（寒地河川チーム、水環境チーム、流域負荷抑制ユニット）
技術開発調整監付（寒地技術推進室）

1. 研究の必要性

寒冷地域である北海道は年間降水量の半分程度を降雪が占めており、融雪時の流出機構や結氷現象が河川環境に与える影響は大きく、旧川河道が多く残されている等の固有の河川環境を有する。また、北海道は日本の食糧基地であり、他県に類を見ない広大な農地等の土地利用形態も有している。さらに、近年北海道の主要な産業として北海道の自然環境を生かした観光が注目を集めており、自然環境の一端を形成する良好な河川及びその周辺の環境の多様性の確保やそれらの保持、再生と農業の持続的発展との共存が重要な課題となっている。以上を踏まえ、国民の安全と流域の土地利用を踏まえた良好な河川環境創出のための河道設計技術の開発が望まれている。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、治水と環境が並立する流域の河道設計技術を開発するために、寒冷地フィールドを対象範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 治水安全度を向上させつつ河川環境の再生を試みる技術の開発
- (2) 魚類の生活史を通じた生息環境における物理環境を定量的に評価する技術開発
- (3) 河川下流域の生態系を支配する塩水遡上の結氷時における挙動が解明
- (4) 大規模農地を中心とする流域から流出する環境負荷抑制技術の確立
- (5) 河道の形成機構を解明し、河道内等から発生する流木による橋梁閉塞対策の確立

3. 個別課題の構成

本重点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) 蛇行復元等による多様性に富んだ河川環境の創出と維持の手法の開発（平成18年度～22年度）
- (2) 冷水性魚類の自然再生産のための良好な河道設計技術の開発（平成18年度～22年度）
- (3) 結氷時の塩水遡上の現象解明と流量観測手法の開発（平成18年度～22年度）
- (4) 大規模農地から河川への環境負荷流出抑制技術の開発（平成18年度～22年度）
- (5) 河道形成機構の解明と流木による橋梁閉塞対策等への応用に関する研究（平成20年度～22年度）

このうち、平成18,19年度は(1)、(2)、(3)、(4)、(5)の5課題を実施している。

4. 研究の成果

本重点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18～20年度に実施してきた研究と今後の課題について要

約すると以下の通りである。

(1) 蛇行復元等による多様性に富んだ河川環境の創出と維持の手法開発

本報告では、蛇行復元試験区間における、河道変化等の追跡調査及び植生調査の結果、今後施工が予定されている旧川 H・J 区間における大型模型実験による河道維持手法の検討結果について示した。試験地での調査及び大型模型実験によって明きからになったことは以下の通りである。

- 1) 試験区間で、蛇行部内の流速低下を目的に、堰の一部を 50cm 切り下げた結果、その後の大規模な出水等により、蛇行部内の河床上昇や砂州の発達などが見られ、分流量も減少した。しかし、堰を復元することで、河床低下が進行するとともに、分流量が増加し、1～2 年位で、堰切り下げ前の河道レベルに戻ることが期待される。一方で、旧川 H・J の大型模型実験の結果においても、分岐部に堰を設置することで、大規模な出水により堆積した土砂が融雪出水規模の流量時において、堆積した土砂が除去されることが明らかになった。従って、蛇行部の河道維持に関しては、分流部に適切な高さの堰を設置し、蛇行部において融雪洪水規模流量の時に、土砂が流される掃流力を確保できるだけの流量が分配される必要がある。
- 2) 試験区間において、3 年程度大規模な出水が発生しなかったことから、その間に試験区間の砂州に進入したヤナギ等の植生は、その後の大規模な出水に対しても十分な抵抗力を有しており、これらを除去する必要がある場合は、人為的な伐採が必要であると考えられる。
一方で、堰切り下げによって発生した砂州上に進入した、樹齢の若いヤナギ類については、堰を戻したことにより、水没期間の増加や砂州の後退等により、どのように変化していくかは、植生の管理を検討する上でも着目すべきと考える。

(2) 冷水性魚類の自然再生産に良好な河道設計技術の開発

本報告では、産卵期、越冬期、降海期に着目した現地調査および検討の結果を示した。本報告の主な知見は以下の通りである。

- 1) 産卵期における調査については、河道を川幅程度（本研究では 12.5m）で区分した場合、産卵床が高密度に分布する河川（左股川）や、産卵床の分布密度があまり高くない一般的な河川（利別目名川）において、周辺よりも勾配が緩い場所を産卵場所として利用していることを定量的に示した。このことは、河川整備事業において、サクラマスの産卵環境を把握・保全するために有効な知見を提供するものと考えられる。
- 2) 越冬期における調査については、越冬場の特徴を踏まえ、護岸区間において、現地巨礫材を複数組み合わせた巨礫構造物を設置した場合、この区間の生息密度が大きく増加することを確認した。このことより、積雪寒冷地域における越冬場の保全・創出を考える場合、河川工事で発生する巨礫は河道外に持ち出さず、河岸部に組み合わせて配置することにより河川工事の影響を緩和できると考えられる。
- 3) 降海期における調査については、現地実験によりプール水深、落下速度の違いがサクラマスの生態に及ぼす影響について明らかにした。また、模型実験により、この原因の一因が河床への衝突であることを示し、この影響を軽減するための必要プール水深を明らかにした。このことは、河川渓流域における堰堤工作物周辺での良好な降下環境を創出するために有効な知見を提供するものと考えられる。

(3) 結氷時の塩水遡上の現象解明と流量観測手法の開発

本報告では、結氷時の塩水遡上の現象解明および結氷時の流量観測手法の開発のために、結氷時の感潮域における流量観測に関する研究、塩水遡上抑制対策に関する研究、氷の形成過程に関する研究の3項目に区分して段階的に研究を進め、得られた主な知見は以下の3点である。

- 1) 結氷時の感潮域において ADCP の測定時間を長くしても、その観測期間の横断面流量の精度は向上しない。非定常流れである結氷時の感潮域において ADCP の測定時間を1測定当たり10秒とすれば、ある瞬間の横断面内の平均流速に近づき、その観測期間の横断面流量の精度が向上する事が分かった。
- 2) 従来から用いられている1次元2層流モデルに界面の形状抵抗を考慮した数値計算モデルを構築した。このモデルによる計算結果は、強混合型の塩水楔を形成する網走川においてさえ水位および流速が観測値と一致することが確認された。透過性構造物の塩水遡上抑制効果について、1ヶ月間の数値計算の結果から、小潮から大潮にかけては効果が大きく、大潮から小潮にかけては効果が小さいと分かった。本研究で構築した数値計算モデルは、一部簡便化が施された1次元計算であるものの、現地における塩水流速を十分な精度で再現可能であり、透過性構造物の透過率を選定する際の検討に資すると言える。
- 3) 結氷時の現地観測結果から、氷板と晶氷の経時変化を5つに分類してその挙動を把握した。また、河川管理上問題となるアイスジャミングの原因である氷板の形成過程において、晶氷が流下する河川では“晶氷の氷化”が氷板の増加に寄与する可能性が、氷底の摩擦速度と水温を判定基準とした氷板厚変動計算により示唆された。

(4) 大規模農地から河川への環境負荷流出抑制技術の開発

本報告では、大規模農地を貫流する河川における環境負荷物質の流出形態について、以下のことが明らかになった。

- 1) 大規模酪農地域を貫流する調査対象河川本川に縦断的に観測箇所3点を設置し、流量データ、水質データを収集した。収集したデータより、水質負荷物質としてSS、リン、窒素に着目して、出水時におけるその挙動を把握し、準2次元不定流計算で再現を図った。結果として、水質負荷物質が最大となるピーク時刻は流量のピーク時刻より早く、下流に行くに従いそのずれは大きくなっていくことがわかった。
- 2) 酪農地帯における河川等に対する水質負荷を抑制するためには、草地表面から排水路へ流出する負荷物質を低減させる必要がある。土壌浸透能が小さい傾斜草地において、ふん尿スラリー散布に伴う圃場面からの肥料成分流出を抑制する対策方法の一つとして、散布したふん尿スラリーを速やかに地中に浸透させることが考えられる。そこで、傾斜草地を模擬した室内試験装置を構築し、ふん尿スラリーを表面散布した試験区と切り込みを入れて地中に散布することを想定した試験区を設け、人工的に散水する試験を実施した。その結果、降雨を土中へ速やかに浸透させ、表面流出水の量を少なくすることが重要であることがわかった。
- 3) 草地酪農流域に整備された浄化池の機能調査においては、平水時と降雨出水時の浄化池の効果を検証した。結果として、平水時には、すべての浄化池で流入より流出濃度の方が低い「浄化型」となった。濃度低下率 $(1 - \text{流出濃度} \div \text{流入濃度}) \times 100$ の平均は18%と算出された。また、降雨出水時には水質浄化池内での滞留により流入側と流出側で流量と水質にピークのズレが生じ、観測期間(24時間)を通しての負荷量による削減率を算出すると、平均でSSは53%、T-Nでは29%、T-Pでは43%と高い削減効果を示した。これは、水質浄化池の持つ沈砂機能により土砂成分が沈降し、これに吸着した状態で流下してくる窒素やリン

も沈降したためと推察される。

- 4) 草地酪農地域における緩衝帯の機能については、草地からの表面流出水が緩衝林帯土壤に浸入した時の水質浄化効果として、草地表面水と緩衝林帯 0m 地点の地下水に含まれる T-P および T-N 濃度を比較すると、T-P で 95%、T-N で 60%濃度低下していた。このことは、草地からの表面流出水を緩衝林帯土壤に浸入させることで汚濁負荷の大幅な削減が可能であることを示唆している。また、土壤の物理性調査結果として浸入能（ベーシックインテークレート）をみると、草地と比較して林帯は大きな値を示したことから、草地で表面水が発生した場合に林帯での浸透が期待できることがわかった。
- 5) 閉鎖性海域の水質変動を再現・予測する手法として、3次元の密度流モデルや溶存酸素収支モデルに加え、近年では低次生態系をモデル化した計算が広く用いられているが、本州以南で実施されている低次生態系計算を北海道のような寒冷沿岸域に適用する際には、実際に現地に生息している低温域を好む生物に合わせてパラメータを適切に設定し直す必要があることがわかった。

今後、さらにデータを蓄積するとともに、環境負荷物質の流出対策事業の効果について検証を深めていく事が肝要と思われる。

(5) 河道形成機構の解明と流木による橋梁閉塞対策等への応用に関する研究

本報告では、河道を流下する流木が、橋梁等の河川横断工作物及び河道内砂州にどのような状況で捕捉されるかについて、現地調査及び水路実験等により、その現象解明を進めてきた。これまでに明らかになったことは以下の通りである。

- 1) 沙流川平和橋において、水位は H19 年 9 月 16 日 9 時にピークを示したが、流木流下本数のピークはその前の H19 年 9 月 16 日 5 時にきていることがわかる。H19 年 5 月のパンケシュル川更生橋の融雪出水時においても、水位が H19 年 5 月 2 日 16 時にピークを示しているが、流木流下本数はその前の H19 年 5 月 2 日 13 時に最も多くなっている。このことから、流木は洪水初期に最も多く発生する傾向があると考えられる。これは、過去洪水で発生し河道内に堆積していた流木が洪水初期に再移動することによるものと推察できる。
- 2) 砂州の形状や砂州上に生える河畔林により、大量の流木が捕捉される現象が確認されている。今回、砂州上の勾配を変化させる等により、流木の堆積傾向の変化を把握する実験を実施した結果、砂州の縦断勾配を変化させることで、堆積傾向に違いがあることが明らかになった。
今後は、砂州上の流況を解明することで、堆積傾向の違いの要因を明らかにしていくとともに、砂州上に存在する河畔林による捕捉機能についても明らかにしていく。

DEVELOPMENT OF DESIGN TECHNIQUES FOR ENVIRONMENTALLY SOUND RIVER BASINS AND CHANNELS IN COLD REGIONS

Abstract : This research will address 1) the development of technology for river environment restoration, such as the current meander restoration, 2) river channel design for restoration of sound river environments by quantitatively understanding the physical habitat of organisms, and 3) clarification of the mechanism of saltwater intrusion in ice covered rivers, which strongly influences the ecosystem at the lower reaches. 4) Techniques for reducing the environmental load from large-scale farmland in the basin will be established. Additionally, 5) Mechanical analysis of woody debris accumulation around bridges and on sandbars.

Key words : river environment restoration, river channel design, saltwater, environmental load, large-scale farmland, woody debris ,accumulation