

15.2 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

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水環境保全チーム、道央支所、道南支所、道北支所、道東支所

研究担当者：山下彰司、桑原 誠、森田茂雄、山田孝治、畠 秀樹、

出合寿勇、前田 優、市原哲也、煤孫英雄、幸田 勝、矢野雅昭

【要旨】

寒冷地を代表するサクラマスを指標生物とし、自然再生産に良好な河道設計技術を開発するには産卵期、幼魚期、越冬期、のサクラマスの各生活期に応じた物理的生息環境の評価手法を確立することが必要である。また、降海期、遡上期については河川横断工作物周辺においても、河川の連続性が常時良好に確保されることが必要である。

本研究では、サクラマスの産卵場と河川地形や河床材料の関係を明らかにするため、後志利別川水系の左股川および利別目名川における砂州と非砂州地形において現地調査を実施した。越冬環境に関しては、サクラマスの越冬環境の特徴を明らかにするため、後志利別川水系の左股川における異なる3つの河床地形を含む区間において現地調査を実施することに加え、河床巨礫を使用した越冬場の創出試験を実施した。河川横断工作物周辺における連続性の確保に関しては、砂防ダムの魚道直上流部における水制工による砂礫の移動形態を明らかにするため、移動床模型実験を非定常流下で実施した。

現地調査および水理模型実験の結果より以下の知見が得られた。

産卵環境に関しては、砂州地形における河床の起伏は非砂州地形におけるそれらよりも有意に大きく、確認された産卵床の多くは砂州地形に集中した。さらに、河床の起伏はサクラマスが産卵床として使用する微生息場における河床材料の礫分に影響を及ぼすことを明らかにした。次に、越冬環境に関しては、河道内における巨礫の存在は越冬環境にとって重要であることが確認された。さらに、この結果を踏まえ実施した河床巨礫を使用した越冬場の創出試験においては、設置された河床巨礫は長期間サクラマスにとって良好な越冬場を提供することが実証された。次に、河川横断工作物周辺における連続性の確保に関連しては、魚道直上流部に土砂が堆積しない効果的な水制の配置として、魚道の流入幅の1.5倍の距離に水制工を設置した場合、魚道直上流部に土砂が堆積しないことを水理模型実験で確認した。

キーワード：サクラマス、産卵環境、越冬環境、連続性の確保

1. はじめに

河川の生態機能は河道条件などの様々な要因により規定され、複合的に生物の生息に影響を与える。特に、河川流況（流速、水深等）や河道状況（瀬、淵、河川の連続性等）は河川環境に大きな影響を及ぼすものであるが、河川の物理的要因と河川に生息する生物の生息要因との関連は未知なものが多い。

本研究では、これらの要因間の相互作用を明らかにするため、寒冷地を代表するサクラマスを指標生物とし、河川物理環境を指標とした評価手法を確立し、河川環境の創出・復元のための河道設計技術の開発を行う。また、溪流河川の堰堤工作物周辺については、河川の連続性が常時良好に確保されるべく出水時の魚道周辺の流況特性の解明や、水通しより降下する落下魚の生態に及ぼす影響について解明する。

以上のような研究目的を踏まえ、本年度は産卵環境に関連する研究、越冬環境に関連する研究、溪流河川の堰堤工作物周辺における河川の連続性に関連する研究を実施した。

産卵環境に関連する研究においては、サクラマスの産卵場と河川地形の関係を明らかにするため、後志利別川水系の左股川および利別目名川における砂州と非砂州地形において現地調査を実施した。

越冬環境に関連する研究においては、サクラマスの越冬環境の特徴を明らかにするため、後志利別川水系の左股川における異なる3つの河床地形を含む区間において現地調査を実施した。さらに、上記調査結果の状況を踏まえ、河床巨礫を使用した越冬場の創出試験を実施した。

河川横断工作物周辺における連続性の確保に関連する研究においては、溪流河川の魚道直上流部における砂礫の移動形態を明らかにするため、水制工を伴う移動床模型実験を非定常流下で実施した。

2. サクラマス産卵場と河床地形の関係

2.1 調査目的

近年、河川環境への関心の高まりから魚がすみやすい川づくりが進められている。このような状況で、平成17年には、「魚がのぼりやすい川づくりの手引き：国土交通省」が公表された。これによると、魚がすみやすい川づくりを進める上で、魚の生活史（例えば産卵期、生育期）においてどのような環境が必要なのかを把握することが重要であると示されている。

サクラマスは積雪寒冷地域の北海道を代表する希少な魚種で、産卵のために河川流域に遡上し、ふ化後下流域に広く分散する生活史をもつ¹⁾。このため、河川流域における河川環境を考える際、サクラマスの生活史においてどのような環境が必要なのかを把握し、この環境を保全・創出することは重要である。特に、サクラマスの産卵環境に関する研究は、サクラマスの個体群を健全に保つために必要不可欠であり、産卵にとっての制限要因を検出し河川事業に応用していくことが望まれる²⁾。また、この場合においては可能な限り自然の特性やメカニズム（例えば、河川の自律作用によって形成される砂州地形など）を活用することが求められる³⁾。

河川生態学において、河床地形と底生生物や魚類との関係は古くから調査されており、生物の生活史において、河床地形は大きな影響を及ぼすことが知られている⁴⁾。このことより、サクラマスの生活史に関わる既往研究についても河床地形と関連し多くの研究が行われてきた。例えば、生育期に関しては、蛇行区と直線区を比較した場合、蛇行区においては縦横断的に地形が変化することにより魚の餌となる水生昆虫やサクラマスの生息量が増加することが知られている⁵⁾。一方、産卵期に関しては、粒径2mm通過質量百分率が20%以下の場所をサクラマスが産

卵場所として選択的に利用することや^{6) 7)}、視覚的に見た淵尻地形の部分に産卵床が多く分布することが知られている⁸⁾。また、このような地形は川幅程度で区分した河道区間長を用いることで把握できることが報告されている^{9) 10)}。しかしながら、河道内において、異なる河川地形に対応した河床の形状や河床材料がサクラマスの産卵床形成にどのような影響を与えるのかについては知見が不足している。

本研究においては、このような実情を踏まえ、良好な産卵環境を保全・創出するための河川整備手法に関する知見を得ることを目的に、河川の自律作用によって形成される砂州地形を対象とし、異なる河川地形におけるサクラマスの産卵床形成について整理したうえで、産卵環境に影響を及ぼす地形的制限要因について検討した。さらに、上記の検討結果を踏まえ、良好な産卵環境を保全創出するための河川整備手法について考察を加えた。

2.2 研究手法

2.2.1 調査河川

本研究の目的は良好な産卵環境を保全・創出するための河川整備手法に関する知見を得ることである。そこで、河川整備とサクラマスの産卵床が重複しやすい溪流河川の下流域を調査対象とした。

調査は、道南の後志利別川水系の2つの支川で行った(図-1)。左股川は後志利別川水系の2次支川であり、保護水面に指定されすべての水産動植物の採捕が禁止されている。このため、サクラマスの産卵床が高密度に分布する河川である。調査区間は後志利別川水系の1次支川であるメップ川との合流点上流200mを起点とし、区間延長350m、河床勾配1/91であり、河床の状態は浮き石の出現頻度が高い(表-1)。利別目名川は後志利別川水系の1次支川であり、後志利別川との合流点より上流約7kmに頭首工が建設されているが魚道が整備されているためサクラマスの遡上は毎年確認

表-1 調査地点概要

調査河川	左股川				利別目名川			
調査区間累計延長 (m)	350				350			
調査区間の河床勾配	1/91				1/128			
河床の状態	浮き石状態				沈み石状態			
平均河床勾配 i_a	1/83		1/105		1/100		1/182	
砂州の区分	固定砂州	非砂州地	交互砂州	非砂州地	固定砂州	非砂州地	交互砂州	非砂州地
調査地点	H1	H3	H2	H4	T1	T3	T2	T4
調査区間 (起点からの距離:m)	287.5-362.5	200-275	462.5-562.5	362.5-462.5	200-287.5	287.5-362.5	362.5-450	450-550
調査地点延長	75	75	100	100	87.5	75	87.5	100
川幅 (m)	7	5	15	7	7	8	18	8

されている。調査区間はこの頭首工の上流 200m を起点とし、区間延長 350m、河床勾配 1/128 であり、河床の状態は沈み石の出現頻度が高い (表-1)。

2.2.2 調査手法

良好なサクラマス産卵環境を保全・創出するにあたっては、河川における空間スケールの区分が重要となる。河川の生物生息場を把握する調査技術としては、瀬や淵などの流路単位スケールおよび流路単位スケールが複数含まれるリーチスケールにおいて物理環境を調査する手法が試みられている^{11) 12)}。また、急流の礫河川における瀬淵構造などの地形的特長は川幅程度の縦断間隔データを用いることで概ね区分できることが知られている^{13) 14)}。本研究では、急流の礫河川において瀬や淵などの流路単位スケールを川幅程度、流路単位スケールが複数含まれるリーチスケールを砂州地形および非砂州地形と捉えて調査する (図-2、写真-1)。

調査区間において、横断測量を川幅程度の 12.5m 毎に実施した。さらに、調査区間に中心線を設定し、横断測量線を左右岸均等に区分し方形区を設定した。また、12.5m 毎の横断測量線と中心線によって区分された方形区の代表 1 地点および産卵床確認地点において河床材料調査を実施した (図-2)。サクラマスの産卵床の深さは最大で約 15cm 程度であり、これを構成する河床材料は大部分が粒径 75mm 以下である^{6) 7)}。また、粒径 2mm 以下の河床材料の割合が低いことが産卵にとって重要である^{6) 7)}。このことより、河床材料の採取は目合い 345 μ m、口径 25cm \times 25cm のサーバーサンプラーを用い、深さ 15cm までで実施し、採取に際しては粒径 75mm 以上のものは除外した。

現地測量および河床材料採取は、サクラマスの産卵後にあたる 2008 年 10 月 2 日～10 月 30 日に実施した。また、産卵床調査は、サクラマスの産卵時期にあたる 2008 年 9 月 24 日～25 日に実施した。

2.2.3 研究手順

はじめに、河川地形の変化がサクラマスの産卵環境に与える影響を把握するにあたり、砂州地形と非砂州地形を抽出し、それぞれの地形において河床勾配と産卵床の関係を整理する (図-3)。

次に、上記の結果において産卵床が集中した砂州地形を対象とし、産卵床とその周辺の河床材料について整理する (図-3)。

以上の結果を踏まえ、地形の違いに対する産卵床の応答や産卵床形成に関する地形的制限要因について検討し、良好な産卵環境を保全・創出するための

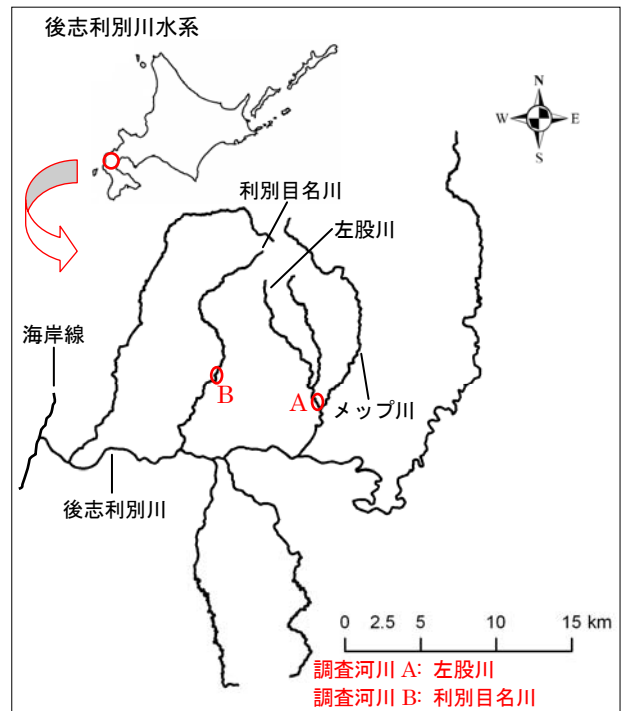


図-1 調査地点位置図

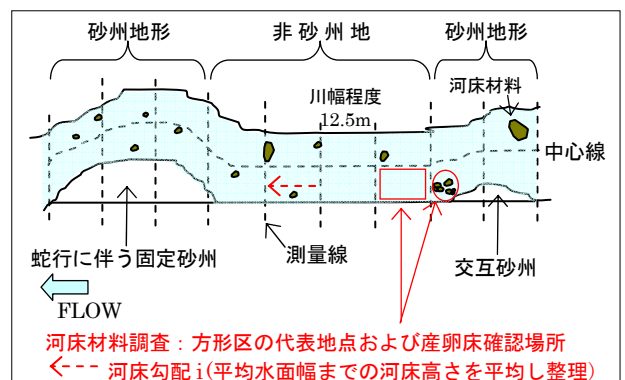


図-2 調査手法概略図



写真-1 調査地点の様子
固定砂州が形成されている調査地点 (H1 地点)

河川整備手法について考察する。

2.2.4 分析手法

サクラマスが産卵場所として選択的に利用する場所の河床勾配は、その周辺の河床勾配と対比することにより概ね把握でき、その場所は平均河床勾配より緩い場所であることが知られている¹⁰⁾。このため、12.5m 毎の各方形区における河床勾配 i を算出し、各調査河川における平均河床勾配 i_a (表-1 参照) と対比した相対河床勾配 i/i_a を用い、確認された産卵床を砂州地形と非砂州地形に区分して分析した。なお、各方形区における河床勾配 i については、調査区間の平均水面幅を各測量線 (図-2) から求め、方形区の上流の測量線における平均水面幅までの河床高さを左右岸ごとに平均し整理することにより算出した (図-2)。

分析は、サクラマスが選択的にその環境を利用し産卵しているかどうかを調べるため Manly の選択性指数を用いた。この指数は、生息場所の頻度分布や動物の餌資源に対する選択性などの分析に一般的に用いられ、利用可能な環境の頻度の割合に対して実際に利用した環境の比率からその環境に対する選択性を算出するものであり(1)式で示される。

ここで、 α_n は階級 n (ここでは i/i_a) に対する選択性指数、 R_n は階級 n に属する産卵床数が全ての地点で確認された産卵床数に占める割合、 S_n は階級 n に属する調査箇所数が全調査箇所数に占める割合、 m は産卵床が確認された階級数 (ここでは $m=4$ 、図-4 参照) を示している。一般的に、 $\alpha > 1/m$ のとき選択性があり、 $\alpha < 1/m$ のとき回避性があると判断される。

次に、産卵床地点の河床材料は、礫分 (礫径 2.0mm 以上) の占める割合が高いことで知られることから^{6) 7)}、上記の分析においてサクラマスの産卵床が集中して分布した砂州地形を対象に、礫分の質量百分率を算出し、これを用いて産卵床との関係について分析した。

$$\alpha_n = (S_n / R_n) / \sum_{n=1}^m (S_n / R_n) \quad n=1, 2 \dots m \quad (1)$$

2.3 調査結果

2.3.1 河床勾配とサクラマスの産卵床との関係

産卵床調査の結果、左股川および利別目名川でそれぞれ 7 床と 6 床の産卵床が確認された (写真-2)。

全体の産卵床を砂州地形と非砂州地形に区分し i/i_a で整理した。砂州地形において確認された産卵床 (12 床) のうち、 $i/i_a < 1.0$ の階級に産卵床の約 83% (10 床) が集中した (図-4)。選択性指数で整理す

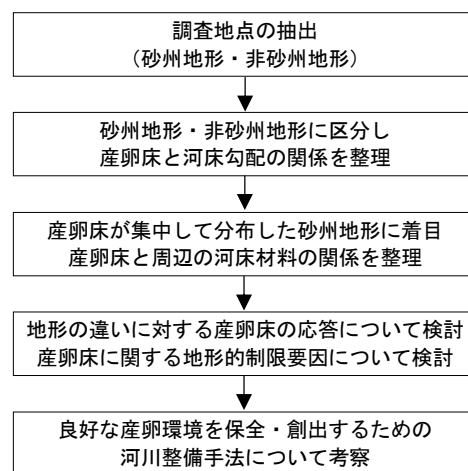


図-3 研究手順



写真-2 確認された産卵床の様子
(周辺でサクラマス親魚も確認)

ると、 $i/i_a < 1.0$ の階級で選択性が示された (図-5)。一方、非砂州地形においては、確認された産卵床数も少なく全ての階級において選択性は示されなかった。

次に、砂州地形と非砂州地形における i/i_a の分布状況について整理した。砂州地形と非砂州地形の i/i_a の分布状況は大きく異なり、砂州地形における i/i_a の分布範囲は、非砂州地形より広範囲であった (図-6)。この結果は砂州地形が非砂州地形に比べ河床の凹凸が大きいことを示している。

2.3.2 河床材料とサクラマスの産卵床との関係

本節では、産卵床が集中的に分布した砂州地形に着目し、産卵床が確認された方形区 (図-2 参照) において、産卵床地点の河床材料組成と産卵床確認方形区の代表地点における河床材料組成について比較した。

砂州地形で確認された産卵床 (12 床) における産卵床地点の礫分の質量百分率の値は、産卵床確認方形区の代表地点における礫分の質量百分率の値に比べ有意

に大きく (Mann-Whitney U-test, $p < 0.05$; 図-7)、既往の研究¹⁰⁾と同様の結果が確認された。

次に、産卵床確認方形区の i/i_a と産卵床が確認された方形区の下流方形区の i/i_a について検討した。産卵床が確認された方形区の大部分は $i/i_a < 1.0$ であった。一方、その下流の方形区については大部分が $i/i_a > 1.0$ であった (図-8)。

2.4 考察

2.4.1 河床勾配とサクラマスの産卵床との関係

産卵床を砂州地形と非砂州地形に区分し i/i_a で整理した結果、産卵床の大部分は砂州地形に集中し、砂州地形の $i/i_a < 1.0$ の階級において選択性が示された。一方、非砂州地形においては、確認された産卵床数は少なく全ての階級において選択性は示されなかった (図-5)。

$i/i_a < 1.0$ の場合、その方形区の河床勾配は平均河床勾配よりも緩く、こうした場所に産卵床が多く分布する^{9) 10)}。また、産卵床は淵尻地形に多く見られ、淵地形の代表的なタイプとしては①砂州型、②蛇行型、③岩型、④基底変化型がある¹⁵⁾。この内、①砂州型、②蛇行型については交互砂州や固定砂州が形成され¹⁶⁾、この砂州地形により河床の凹凸も形成される。本研究の調査地点 (砂州地形) においてもこのような状況が見うけられ、この砂州地形は非砂州地形に比べ河床の凹凸が大きいことが確認された (図-6)。このことより、砂州地形が形成されると、その河床地形は起伏に富み、これに伴い形成される局所的に緩勾配のエリア (ここでは $i/i_a < 1.0$) に産卵床が集中して分布したものと考えられる。また、非砂州地形については砂州地形に比べ河床の凹凸が少なく (図-6)、それがサクラマスの産卵にとって制限要因になっていると考えられる。

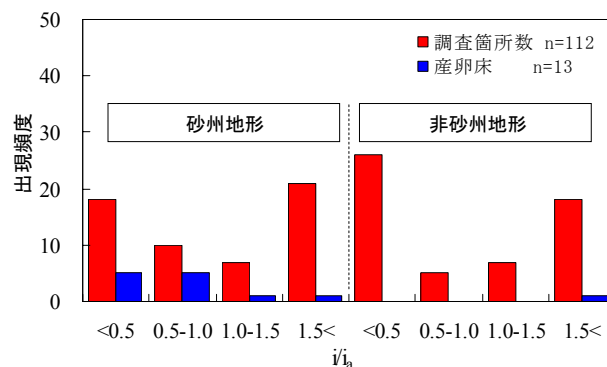


図-4 階級別産卵床出現頻度

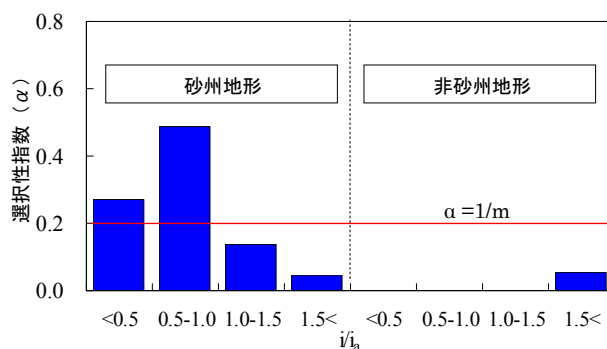


図-5 産卵床の選択性指数

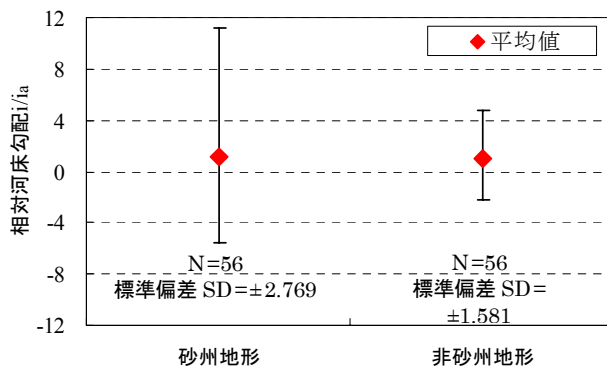


図-6 砂州地形および非砂州地形における i/i_a 散布図

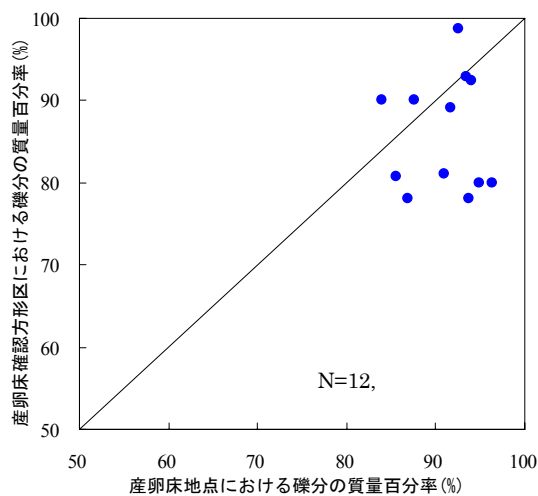


図-7 産卵床地点と産卵床確認方形区における河床材料組成

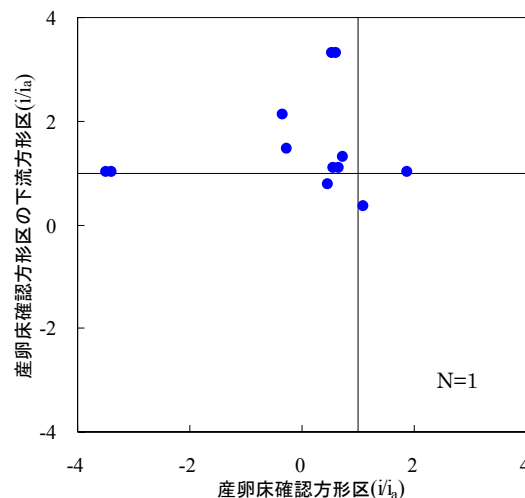


図-8 産卵床確認方形区とその下流方形区の i/i_a

2.4.2 河床材料とサクラマスの産卵床との関係

砂州地形で確認された産卵床地点の礫分の質量百分率の値は、産卵床確認方形区の代表地点における礫分の質量百分率の値に比べ有意に大きかった (図-7)。また、産卵床が確認された方形区の大部分は $i/i_a < 1.0$ であり、その下流の方形区については大部分が $i/i_a > 1.0$ であった (図-8)。淵地形を淵頭 (上流側) と淵尻 (下流側) に区分した場合、淵頭は河床勾配が相対的に急で洪水時や平水時に上流部から砂分が供給されるのに対し¹⁵⁾、淵尻は河床勾配が相対的に緩やかで下流部に河床勾配が相対的に急な瀬が隣接するため⁴⁾、淵尻では洪水時や平水時に下流の瀬に砂分が流出すると考えられる。本研究の調査地点 (砂州地形) における産卵床が確認された方形区周辺においてもこのような河床勾配の状況が確認された (図-8)。

サクラマスの産卵床は微環境 (例えば数 m 程度の範囲) の物理量に影響を受け¹⁰⁾、河床材料の粒径 2mm 通過質量百分率が 20% 以下の場所を産卵場所として選択的に利用する^{6) 7)}。また、本研究ではこのような微環境の河床材料組成は、砂州地形によって形成される河床勾配 (ここでは i/i_a) の変化等、より大きなスケールの環境に影響を受けていることが示唆され、これに伴い砂州地形における産卵床地点の礫分の質量百分率の値は、産卵床確認方形区の代表地点における礫分の質量百分率の値に比べ有意に大きくなったと考えられる。

2.5 河川整備手法に向けて

現地調査の結果から、砂州地形を創出することにより河床地形は起伏に富み、これがサクラマスの産卵場所の微環境に影響を及ぼすことで産卵環境が大きく改善される可能性が示された。本章では、これらの知見を河川整備に反映させるべく調査地点で形成されていた交互砂州地形 (H2, T2; 表-1 参照) と対照用としての非砂州地形 (H4, T4; 表-1 参照) において、川幅、水深、河床材料粒径等の物理量から調査地点の地形を交互砂州の形成領域区分図^{17) 18)} に示して比較した。

その結果、調査地点の H4, T4 は砂州非発生領域に区分された (図-9)。一方、調査地点の H2, T2 は単列砂州領域に区分された (図-9, 写真-3)。なお、各調査地点 (H2, T2, H4, T4) の無次元掃流力 τ^* は(2)式で示される。

$$\tau^* = \frac{h I}{s d} \quad (2)$$

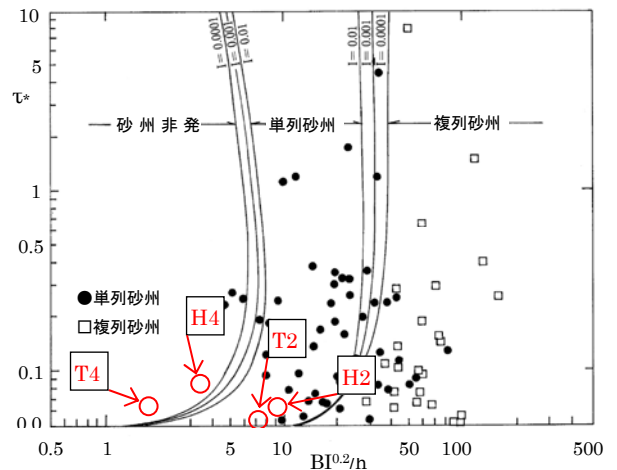


図-9 調査区間の河床形態区分 (文献 18 に加筆)



写真-3 河床形態の状態
(単列砂州の河床形態, H2 地点)

ここで、 d は河床材料の代表粒径 (60% 粒径)、 h は出水時の断面平均水深 (ここでは、調査地点上流に設置した水位計が 2009 年 5 月に記録した過去 2 ヶ年の最高水位時の痕跡や周辺地形より推定した水位より算出)、 I は調査地点の平均河床勾配 (表-1 参照)、 s は河床材料の水中比重 1.65 である。

以上の結果より、河川の蛇行を保全することや川幅を広く確保し、河川整備箇所を交互砂州の形成領域区分図において砂州領域とする手法は、サクラマスの産卵環境を保全・創出する上で有効であると考えられる。

2.6 結論

本研究では、良好な産卵環境を保全・創出するための河川整備手法に関する知見を得ることを目的とし、異なる河道内地形の違いがサクラマスの産卵環境に与える影響について検討した。

本研究の特徴は、河川の自律作用によって形成される砂州地形に着目し産卵環境を評価したこと。良好な産卵環境を保全・創出するための河川整備手法につい

て考察を加えたことである。

本研究で得られた新たな知見を以下に示す。

- (1) 産卵床を砂州地形と非砂州地形に区分し i/i_a で整理した結果、産卵床の大部分は砂州地形に集中し、特に砂州地形の $i/i_a < 1.0$ の階級に対する選択性があることが明らかとなった。一方、非砂州地形においては、確認された産卵床数は少なく全ての階級において選択性は示されなかった。また、非砂州地形は砂州地形に比べ河床の凹凸が少なく、このことがサクラマスの産卵に対して制限要因の一つになっていることが示唆された。
- (2) 産卵床が確認された方形区の大部分は $i/i_a < 1.0$ 、その下流の方形区については大部分が $i/i_a > 1.0$ であり、産卵床が確認された微生息場所の河床材料組成は、砂州地形によって形成される河床勾配（ここでは i/i_a ）の変化等、より大きなスケールの環境に影響を受けていることが示唆された。
- (3) 砂州区分が交互砂州である調査地点（H2, T2）は、交互砂州の形成領域区分図において単列砂州領域に区分された。一方、砂州区分が非砂州地形である調査地点（H4, T4）は、交互砂州の形成領域区分図において砂州非発生領域に区分された。

以上のことより、河川の自律作用によって形成される砂州地形に着目し、河川の蛇行を保全することや川幅を広く確保し、河川整備箇所を交互砂州の形成領域区分図において砂州領域とする手法は、河床の凹凸を発達させ、これがサクラマスの産卵場所の微環境に影響を及ぼし、産卵環境を保全・創出する上で有効であると考えられる。それゆえ、本研究はサクラマスの産卵環境を考慮した河川整備事業を推進する上で、有効な知見を提供するものと考えられる。

参考文献

- 1) 真山 紘：サクラマスの淡水域の生活および資源培養に関する研究，北海道さけ・ますふ化場研究報告，46，pp.1-156，1992
- 2) 中村太士：河川・湿原における自然復元の考え方と調査・研究論，応用生態工学 5(2)，pp.217-232，2003
- 3) 多自然型川づくりレビュー委員会：多自然川づくりへの展開，10p.，2006
- 4) 水野信彦，御勢久右衛門：河川の生態学補訂・新装版，247p.，築地書館，1993
- 5) 釧路開発建設部標津川技術検討委員会事務局：第6回標津川技術検討委員会資料，14p.，2003
- 6) ト部浩一，村上泰啓，中津川誠：サクラマスの産卵環境特性の評価，北海道開発土木研究所月報 No613，pp.32-44，2004
- 7) 矢部浩規，ト部浩一，村上泰啓：サクラマスの産卵環境特性の評価に関する研究，北海道開発局技術研究発表会発表論文集，48，CD-ROM環-43，2005
- 8) 杉若圭一，竹内勝巳，鈴木研一，永田光博，宮本真人，川村洋司：厚田川におけるサクラマス産卵床の分布と構造，北海道水産孵化場研報 53，pp.11-28，1999
- 9) 森田茂雄，桑原誠，山下彰司：河床地形とサクラマスの産卵環境に関する研究，年次技術研究発表会論文報告集，65，CD-ROMb-16，2009
- 10) 森田茂雄，桑原誠，山下彰司，永山滋也：河川流域におけるサクラマスの産卵場所に関する研究，河川技術論文集，Vol.15，pp.85-90，2009
- 11) 河川生態学術研究会：川の自然環境の解明に向けて，14p.，(財)リバーフロント整備センター，1997
- 12) 島谷幸宏：自然環境に関する技術，河川 2004-1，pp.72-74，2004
- 13) 野上毅，渡辺康玄，長谷川和義：急流河川における生息場としての河床地形区分，水工学論文集，第46巻，pp.1127-1132，2002
- 14) 野上毅，渡辺康玄：急流河川におけるハビタットの定量区分，北海道開発局技術研究発表会発表概要集第46回，pp.59-66，2003
- 15) 知花武佳：瀬一淵の地形とその低質構造，水工学に関する夏期研修会講義集(A)，第44回，pp.3.1-3.23，2008
- 16) 渡辺康玄：中規模河床形態の特徴と河川地形，水工学に関する夏期研修会講義集(A)，第44回，pp.2.1-2.17，2008
- 17) 山口甲，黒木幹男：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，第18回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨集，pp.185-66，1999
- 18) 北海道河川防災研究センター：河道設計論（案），221p.，1981

3. サクラマスの越冬環境に及ぼす河床巨礫の効果

3.1 調査目的

従来の河川整備は工事实施基本計画に基づき改修計画断面を整備目標とし、画一的な断面により実施されてきた¹⁾。しかしながら、平成9年には河川法が改正され、河川環境の整備と保全が河川法の目的として明確になるとともに、砂防技術基準(案)において、「河道は多自然川づくりを基本とし計画する」ことが位置づけられ、この場合においては可能な限り自然の特性やメカニズムを活用することが求められている²⁾。

サクラマスは、積雪寒冷地域の北海道を代表する希少な魚種で、産卵のために河川渓流域に遡上し、ふ化後下流域に広く分散する生活史をもつ³⁾。このため、河川渓流域における河川環境を考える際、サクラマスの生活史においてどのような環境が必要なのかを把握し、この環境を保全・修復することは重要である。特に、サクラマスの越冬環境に関する研究は積雪寒冷地域の北海道において、従来から実施してきた画一的な断面による河川整備により劣化しつつある越冬環境を修復する上で必要不可欠であり、越冬環境の劣化を低減させていく技術の開発が望まれる⁴⁾。

劣化したサクラマスの越冬環境の修復を考える場合、重要なことは河川の自然の特性やメカニズムを活用し、生息環境を提供する自律した生態機能を回復させ(例えば、川幅を広げ砂州を形成させたり水衝部を創出するなど)、劣化を進めている制限要因を取り除くことであり、回復力のある生態系はこれだけで元に戻ることができる⁵⁾。しかしながら、実河川においては背後地の制約等により、このような修復手法を実施することができない場合も多く、河川整備において、越冬環境への配慮についてもほとんど実施されていない。

従来のサクラマスの越冬環境に関する研究は、河川の物理環境と関連させ検討されていることが多い⁶⁾⁷⁾⁸⁾。しかしながら、特定の河川物理環境の創出や維持は極めて難しく、河川整備における越冬環境へ

の配慮を考える場合、河川の物理環境との関連よりはむしろ河道内地形と関連させ検討することが重要であると考えられる。

本論では、河道内の巨礫がサクラマスの越冬環境に及ぼす効果ならびに生息環境を提供する自律した生態機能の回復が困難な場合におけるサクラマスの越冬環境の修復手法としての河道内巨礫を用いた越冬場創出試験の結果について報告する。

3.2 研究手法

3.2.1 調査河川

現地調査は、後志利別川水系の2次支川にあたる左股川で実施した。左股川は保護水面に指定されており、すべての水産動植物の採捕が禁止されている。このため、サクラマスが高密度に分布する河川である。調査区間は、河川形態が異なる3区間を併せ持つ範囲とし、それぞれの河川形態ごとに各2箇所調査地点を設定した(表-1)。

各区間の特徴としては、下流区間では流れが一様な平瀬状で河道内に巨礫(礫径25.6cm以上)が点在しない。中流区間では白波が立つ流れで河道内に巨礫が点在しているため、部分的に流れが落ち込んでいる。上流区間では河道内に巨礫が横断方向に点在するため流れがステッププール状である(図-1, 2, 3)。

3.2.2 調査手法

採捕調査は、各調査地点(表-1参照)の全エリアにおいて、サクラマスの越冬時期にあたる2007年12月1日から12月5日にかけて実施した。結果については、各調査地点において河道幅を横断方向に3等分し整理した(図-4)。

次に、上記調査において整理された越冬場の特徴を踏まえ、2008年に調査地点のD-1およびD-2において、礫径25.6cm程度の現地巨礫材料(ここでは河道内の最大粒径程度)を複数組み合わせさせた巨礫構造物(高さ30cm程度)を河岸部に各2箇所(合計4箇所)設置し、サクラマス幼魚の応答について検証した。巨礫構造物の設置は、サクラマスの越冬前にあたる2008年11月14日に実施し、事後検証のための採捕調査は、

表-1 調査区間の概要

調査区間	河川渓流域での下流区間		河川渓流域での中流区間		河川渓流域での上流区間	
平均水面幅 (m)	10		11		8	
平均河床勾配	1/100		1/50		1/22	
河川形態とその特徴	Bb型 流れが平瀬状で河道内に巨礫が存在しない		Aa-Bb移行型 白波が立つ流れで河道内に巨礫が点在		Aa型 ステッププール状の流れで河道内に巨礫が横断方向に点在	
調査地点	D-1	D-2	M-1	M-2	U-1	U-2
調査地点延長 (m)	75	75	75	75	75	75



図-1 河川渓流域での下流区間
(河道内に巨礫がない状態)

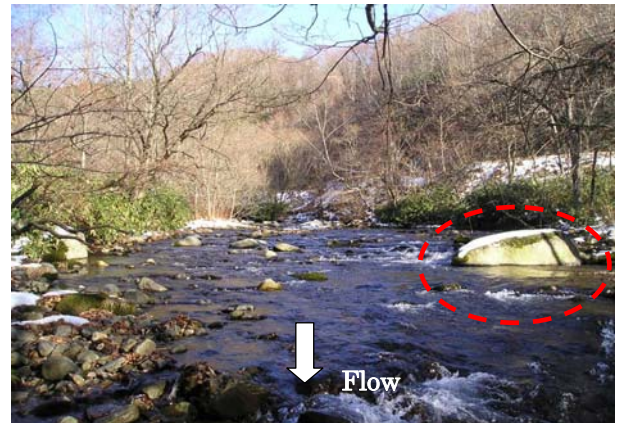


図-2 河川渓流域での中流区間
(河道内に巨礫が点在)

サクラマスの越冬時期にあたる 2008 年 12 月 9 日および 2009 年 1 月 30 日に実施した。

3.3 河道内の巨礫が越冬環境に及ぼす効果

河川渓流域での上流区間においては、調査面積 100m² あたりの越冬箇所数は高い値を示した (図-5)。これは河道内で横断方向に点在した巨礫 (図-3) が、流心部においても越冬場として機能したためであると考えられる。

河川渓流域での中流区間においては、調査面積 100m² あたりの越冬箇所数は上流区間ほどではないが高い値を示した (図-5)。これは河道内に点在した巨礫が (図-2)、流心部においても越冬場として機能したためであると考えられる。

河川渓流域での下流区間においては、調査面積 100m² あたりの越冬箇所数の値は他の区間と比べ低い値を示した (図-5)。これは河道内に巨礫が点在しないため (図-1)、流心部において越冬場が形成されなかったことや、この区間の越冬場が倒木の背後や護岸下流端の淀んだ部分に限定されていたことによるものと考えられる。

以上のことより、河道内の巨礫の存在は、河川渓流域において良好な越冬場の創出にとって重要であると考えられる⁹⁾。

3.4 河道内巨礫を用いた越冬場創出試験

前章の結果を踏まえ、越冬場が少ない河川渓流域での下流区間において、現地巨礫材料を複数組み合わせ合わせた高さ 30cm 程度の巨礫構造物を河岸部に設置し (図-6)、事後調査を行った。

D-2 地点では、1 月調査で確認されたサクラマスの生息量は、12 月調査で確認された生息量に比べ小さい値であった (図-7)。一方、D-1 地点における巨礫構造物以外の越冬場所では、1 月調査で確認され

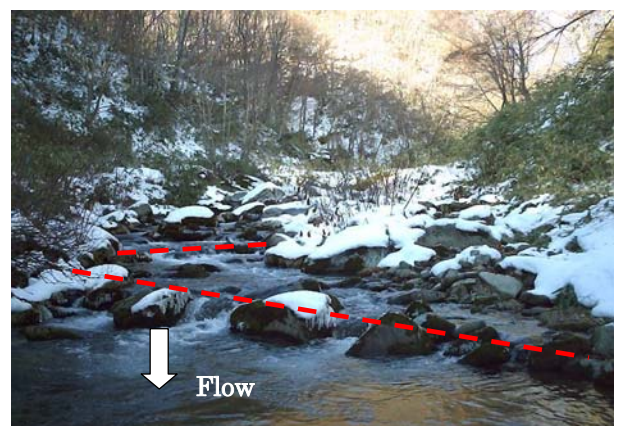


図-3 河川渓流域での上流区間
(河道内に巨礫が横断方向に点在)

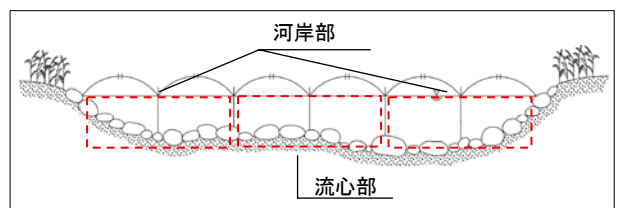


図-4 調査地点区分図

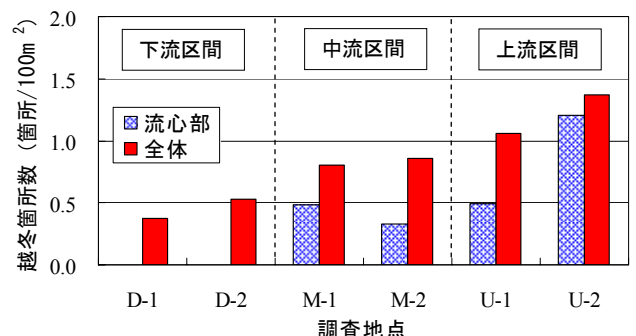


図-5 河道内における越冬場密度
(2007 年 12 月調査)

たサクラマス¹⁰⁾の生息量は、12月調査で確認された生息量に比べ小さい値であったのに対し、巨礫構造物の越冬場所では、1月調査で確認されたサクラマスの生息量は、12月調査で確認された生息量の2.8倍であった(図-7)。このことは、D-2地点において12月に観測された越冬場所が、流況の変化(越冬場所の流速の増大、植生が雪の重みで水没したことによる越冬場所の有効水深の大幅な減少)により消失したため、サクラマスが下流のD-1地点の巨礫構造物に移動したためであると考えられる。この結果は、D-2地点より移動したサクラマスが下流のD-1地点の巨礫構造物を選択的に利用したことを示している¹⁰⁾。また、全体(D-1+D-2)で比べると、越冬時期が進むにつれ巨礫構造物以外の越冬場所ではサクラマスの生息量が大きく減少しているのに対し、巨礫構造物の越冬場所では生息量の値は同程度であった。この結果は、巨礫構造物が12月から1月にかけて、比較的長い期間、安定した越冬場を創出していたことを示している¹⁰⁾。

3.5 巨礫構造物設置後の状態

河岸部に設置した巨礫構造物のその後の状況としては、設置した4箇所の内3箇所は、設置後の2009年9月現在においても正常な状態で現地に存在していた。しかし、1箇所の巨礫構造物については、2009年5月に記録した過去2カ年における最大出水により流出した。流出した巨礫構造物については、直上流部に護岸工が施工されていた(図-8)。

巨礫構造物は河道内の最大粒径程度の河床材料を採取し組み合わせて河岸部に設置したものである。また、これら河床材料等の河床形態は年最大流量程度のイベントにより規定される¹¹⁾。このことより、出水時に流心部に比べ、流速が遅くなる河岸部に河道内の最大粒径程度の河床材料を組み合わせて配置する手法は、年最大流量程度のイベントに対



図-6 設置した巨礫構造物の様子

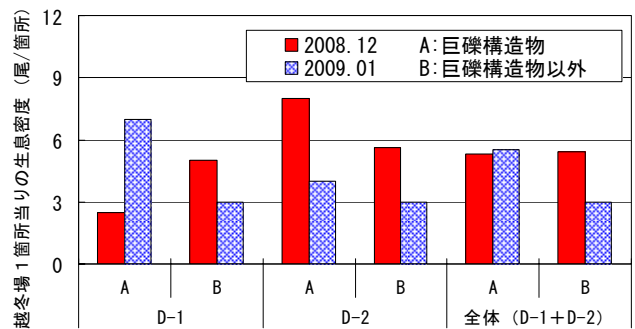


図-7 サクラマスの生息密度



図-8 設置後に流出した巨礫構造物の様子

し構造上安全であると考えられる。このため、設置した4箇所内の3箇所の巨礫構造物が2009年9月現在においても正常な状態で現地に存在していたと考えられる。また、流出した1箇所の巨礫構造物については、出水時に護岸工前面で生じた高流速により流出したものと考えられる。

以上の結果より、今回設置した巨礫構造物は、護岸工周辺での効果については検討の余地が残されているものの、自然河岸に設置する場合、ある程度の期間、サクラマス越冬場として良好に維持されるものと考えられる。

3.6 まとめ

本論では、河道内の巨礫がサクラマスの越冬環境に及ぼす効果ならびに生息環境を提供する自律した生態機能の回復が困難な場合におけるサクラマスの越冬環境の修復手法としての河道内巨礫を用いた越冬場創出試験の結果について紹介した。本論の特徴は河川工事で発生する盛土材に不向きな河道内の最大粒径程度の河床材料を利用したことである。

本論で得られた知見を以下にまとめる。

1. 河川渓流域の上中流区間では、河道内に巨礫が点在することにより多数の越冬場所が創出されていることを確認した。
2. 越冬場が少ない溪流河川の下流域において、河道内の最大粒径程度の河床材料を複数組み合わせ、河岸部に設置する越冬場創出手法（巨礫構造物）は比較的長期間安定した越冬場を提供した。また、設置した巨礫構造物は、護岸工直下流に設置したものを除き、過去2カ年における最大出水後においても正常な状態で現地に存在することを確認した。

以上のことより、河川工事で発生する盛土材に不向きな河道内の最大粒径程度の河床材料を利用し、これを自然河岸部に組み合わせて配置する手法は、従来から実施してきた画一的な断面による河川整備により劣化しつつある越冬環境を修復する上で有効であり、また、その機能は比較的長期間維持するものと考えられる。

本論では河道内の最大粒径程度の河床材料を利用した越冬場の修復手法について述べた。しかしながら、本手法は劣化した越冬場を修復する暫定的な手法であり根本的な越冬場創出手法とはなり得ない。重要なことは河川の自然の特性やメカニズムを活用し、生息環境を提供する自律した生態機能を回復させ劣化を進めている制限要因を取り除くことである。

参考文献

- 1) 北海道開発局建設部河川計画課，河川工事課，河川管理課，各開発建設部，（独）寒地土木研究所：多自然川づくりの取り組みに関する研究，北海道開発技術研究発表会，52，CD-ROM.指定-1，2009
- 2) 多自然型川づくりレビュー委員会：多自然川づくりへの展開，10p.，2006
- 3) 真山 紘：サクラマスの淡水域の生活および資源培養に関する研究，北海道さけ・ますふ化場研究報告，46，pp.1-156，1992
- 4) 真山 紘：越冬時のサクラマス幼魚の生活と河川環境，北海道さけ・ますふ化場魚と卵，164，pp.33-40，1995
- 5) 中村太士：自然再生事業の方向性，土木学会誌，Vol.88 no4，pp.20-24，2003
- 6) 鈴木研一・永田光博・中島美由紀・大森始：北海道北部河川におけるサクラマス幼魚の越冬時の微生物場所とその物理環境，北海道立水産孵化場研究報告，54号，pp.7-14，2003
- 7) 中里享史・巻口範人・渡辺康玄：越冬期におけるサクラマス幼魚の好適物理環境条件，河川技術論文，10，pp.441-446，2004
- 8) 渡辺恵三・中村太士・小林美樹・柳井清治・米田隆夫・渡辺康玄・丸岡昇・北谷啓幸：河川の階層構造に着目したサクラマス幼魚の越冬環境，応用生態工学，9(2)，151-165，2006
- 9) 森田茂雄・山田孝治・桑原誠・山下彰司・永山滋也：越冬期のサクラマスの生息に及ぼす巨礫設置の効果，年次学術講演会講演概要集，64，CD-ROM II-278，2009
- 10) 森田茂雄・桑原誠・山下彰司・永山滋也：河川流域におけるサクラマスの越冬環境特性，寒地技術論文・報告集，Vol25，CD-ROM I -032，2009
- 11) 渡邊康玄：中規模河床形態の特徴と河川地形，水工学に関する夏期研修会講義集(A)，第44回，pp.2.1-2.17，2008

4. 魚道直上流部の流況特性と砂礫の移動形態

4.1 調査目的

魚がその生活を全うするためには河川の連続性が確保されることが必要であり¹⁾、この対策として河川横断工作物に数多くの魚道が整備されている²⁾³⁾。例えば、谷瀬ら⁴⁾が行った調査によると北海道内の魚道の総数は2,300基以上であり、その内の4割以上が砂防・治山関連の施設である。

溪流河川に施工された堰堤工作物に魚道を設置した場合、出水時における砂礫の生産等により魚道上流部にこれが堆積し、魚道としての機能を失う場合がある。現在の対策としては魚道上流部に護岸工を設置するなどしているが、逆に堆積を促進させてしまう事例が多く見受けられる(写真-1)。一方で、魚道上流部の法面対策として擁壁工を設置した場合、これが水制工として機能し、魚道上流部の土砂堆積を抑制している事例も少数ではあるが見受けられる(写真-2)。魚道上流部の維持管理を考える場合、魚道上流部に土砂が堆積しにくい構造とすることが重要であり⁵⁾、このためには出水時の魚道上流部における流況特性や土砂動態を解明し、土砂が堆積しにくい魚道上流部の構造を把握することが必要である⁶⁾。

従来の魚道に関する研究では、通常時の流量を対象に魚道の流況特性が検討されていることが多い⁷⁾。出水時については魚道断面を縦横断に台形断面とすることで砂礫が魚道から排出されやすいことは見いだされている⁸⁾。一方で、魚道上流部に関しては、最近の研究において、土砂堆積防止用として水制工を設置した場合の魚道上流部の流況変化については検討された事例はあるが⁹⁾、魚道上流部での土砂の動態について示されていないため、土砂が堆積しにくい適切な魚道上流部の構造については把握されていない。

このような背景を踏まえ、本研究では水制工に着目し、出水後に土砂が堆積しにくい魚道上流部の構造を把握することを目的とし、堰堤工作物袖部を貫通して設置された魚道において、水制工を設置した場合の水制構造や魚道流入口構造の違いによる魚道上流部での土砂動態を模型実験により検討した。

4.2 模型実験手法

4.2.1 実験設備の概要

実験水路は溪流河川の下流域を想定し勾配 1/150、長さ 24.0m、幅 1.0m、の直線水路を使用し、半断面の堰堤工作物模型を設置した(図-1, 写真-3)。模型実験(1/15縮尺)はフルードの相似則を満足するものである。



写真-1 魚道上流部の状況(護岸工を設置するも土砂が堆積している様子)



写真-2 魚道上流部の状況(擁壁が水制工として機能し土砂堆積が抑制されている様子)

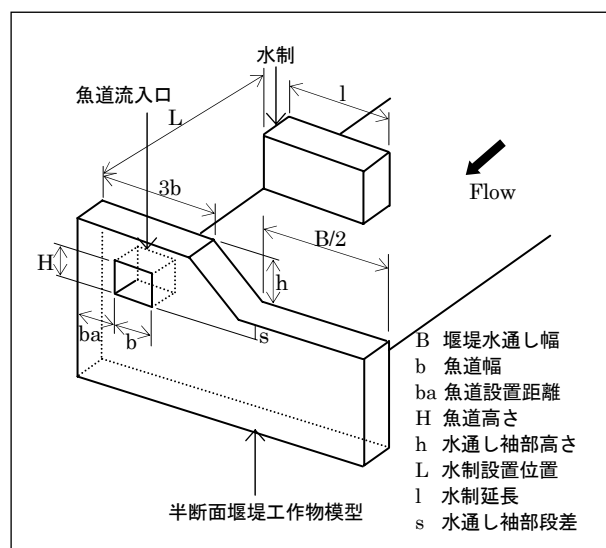


図-1 堰堤工作物魚道模型

4.2.2 模型実験の手順

はじめに、固定床模型実験により、出水時に魚道流入口を通過する流量特性を整理し、土砂が魚道上流部に堆積しにくい流況が形成される魚道流入口構造を抽出した。次に、抽出した魚道流入口構造を用い、移動床模型実験により、水制工設置位置、設置長さの違いによる魚道上流部での土砂の動態について検討した（図-2）。

4.2.3 実験条件

水制および魚道上流部の流況は次元解析的な考察より、式(1)で表される無次元量により支配されるものと考え、表-1 に示す実験条件および水理量で実験を行った（記号については図-1 参照）。

$$\text{流況} = f(L/b, (l-ba)/b, (H-s)/h, s/h, b/B, hc/b) \quad (1)$$

4.2.4 固定床模型実験

直線水路にモルタルを敷均し、魚道流入口構造 6 ケース ((H-s)/h, s/h, b/B を組み合わせさせたケース) と実験流量 3 ケースを組み合わせさせた合計 18 ケースにおいて（表-1）、魚道流入口を通過する流量を測定し、その流量特性を整理した。実験は定常流で実施し、魚道流入口を通過する流量は魚道流入口下流に三角堰を設置し測定した。

4.2.5 移動床模型実験

実験は平均粒径 1.46mm の均一な珪砂を河床材料として使用し、水制設置位置 2 ケース、水制長さ 2 ケースと実験流量 1 ケースを組み合わせさせた合計 4 ケースにおいて（表-2）、魚道上流部での土砂の動態について検討した。実験流量については非定常とし、前節の固定床模型実験で用いた 3 ケースの実験流量の内、中間のものを最大流量とした式(2)で表される無次元水深ハイドログラフ（図-3）を用いた¹⁰⁾。また、ハイドログラフの継続時間は 6 時間とした。

$$D_0 = \left\{ \frac{\delta(\tau + \alpha)^2}{\tau^2 + \beta} - \gamma \right\}^{3/2} \quad (2)$$

なお、 D_0 : 初期水深 h_0 で無次元化した水深 ($D_0 = h/h_0$)、 τ : ハイドログラフの継続時間 T で無次元化した時間 ($\tau = t/T$)、 $\alpha = 0.522$, $\beta = 0.131$, $\gamma = 1.15$, $\delta = 1.796$ である。

魚道流入口構造については、前節の固定床模型実験の結果において、土砂が魚道上流部に堆積しにくい流況が形成された魚道流入口構造（ここでは



写真-3 模型実験水路の様子（固定床）

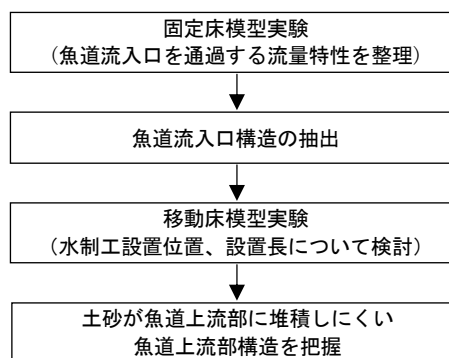


図-2 模型実験の手順

表-1 固定床実験における条件および水理量

水制設置位置	水制長さ	魚道流入口構造			流量
		(H-s)/h	s/h	b/B	
L/b	(l-ba)/b	0.33	0	0.134	0.31-1.04
		0.67	0.1		
		1.00			

・ 実験流量は 3 ケースである
hc: 魚道および水通しから流出する全流量から算定される限界水深

表-2 移動床実験における条件および水理量

水制設置位置	水制長さ	魚道流入口構造			流量
		(H-s)/h	s/h	b/B	
L/b	(l-ba)/b	1.00	0.1	0.134	*1
1.5	0.2				
4.5	2.0				

*1 実験流量は図-3 に示すハイドログラフ 1 ケースである

(H-s)/h=1.00, s/h=0.1) とした。

魚道流入口上流部での土砂の動態については、ハイドログラフ（図-3）に対応した流量を流下させた後、河床コンター図を作成し検討した。河床形状の計測にあたっては、レーザー砂面計（KEYENCE, LB300）

を用いた。

4.3 模型実験結果・考察

4.3.1 魚道流入口を通過する流量特性

固定床模型実験において、各魚道流入口断面を通過する流量を Q_f 、水通し全断面および魚道流入口断面から流出する流量を Q とし、 $Q_f/Q=f((H-s)/h, s/h, b/B, hc/b)$ の関係で整理したものを図-4 に示す。

hc/b の値が 0.69 以上になると $(H-s)/h$ による Q_f/Q の違いが見られる。これは、 $(H-s)/h$ が小さくなるにつれて、魚道流入口の水位が魚道開口高以上になり、オリフィス構造となるため、 Q_f/Q の値が小さくなったものと考えられる。なお、 hc/b の値が 0.31 の場合、魚道流入口においてオリフィス構造にならなかったため $(H-s)/h$ による Q_f/Q の違いはない。また、 $s/h=0.1$ においても同様の状況が確認された。

安田³⁾は、河川横断工作物における遡上・降河経路と河川との接続を良好にするためには、魚道流入口上流部では流れが急変しない工夫が重要であると示している。このことより、出水時に魚道流入口がオリフィス構造とならないよう配慮することは、堰堤工作物の魚道上流部での土砂堆積を抑制する上で有効であると考えられる。

4.3.2 魚道流入口上流部での土砂の動態

移動床模型実験において、非定常の実験流量（図-3）を流下させた後の魚道流入口上流部での河床コンターを図-5 に示す。

$(l-ba)/b=2.0$ (図-5a, b) の場合、 $L/b=1.5$ と $L/b=4.5$ を比較すると、魚道流入口上流部での土砂堆積状況は大きく異なる。 $L/b=4.5$ (図-5a) では、魚道流入口上流部で大きな堆砂が生じた。これは、魚道流入口の幅 b に対し水制工が堰堤工作物袖部から遠ざかっていたため、水制と堰堤工作物袖部の間で形成される滞留域の長さが長くなり、この滞留長に対応した土砂排出機能が魚道流入口で確保されていないために生じたものと考えられる。一方、 $L/b=1.5$ (図-5b) では、魚道流入口上流部で大きな堆砂が生じなかった。これは、魚道流入口の幅 b に対し水制工が堰堤工作物袖部に接近していたため、水制と堰堤工作物袖部の間で形成される滞留域の長さが短くなり、この滞留長に対応した土砂排出機能が魚道流入口で確保されたためと考えられる。また、 $(l-ba)/b=0.2$ の場合 (図-5c, d) における魚道流入口上流部での土砂堆積については、 $(l-ba)/b=2.0$ の場合と同様の状況が確認された。このことより、水制工を堰堤工作物袖部から魚道流入口幅 b の 1.5 倍以下の距離に接近させることは溪流河川の魚道流上流部での土砂堆積を抑制する上で有効であると考えられる。

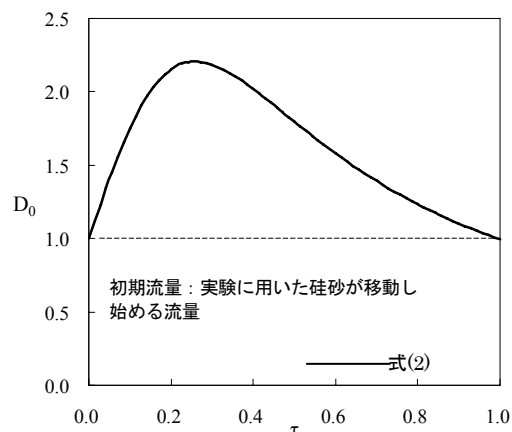


図-3 移動床実験の非定常ハイドログラフ

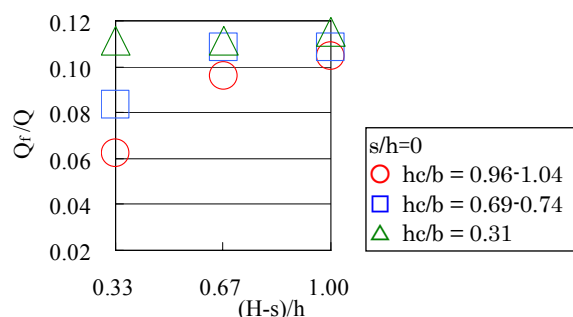


図-4 魚道流入口を通過する流量特性

4.4 まとめ

堰堤工作物袖部を貫通して設置された魚道において、水制工を設置した場合の水制構造や魚道流入口構造の違いによる出水後の魚道流入口上流部での土砂動態を模型実験により検討した。

本研究の特長は、溪流河川における出水後の魚道流入口上流部での土砂堆積防止を図るために水制工に着目したこと。出水時に魚道流入口を通過する流量特性を固定床模型実験で整理した後、水制工設置位置、設置長の違いにより生じる魚道流入口上流部での土砂動態を検討したことである。

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 固定床模型実験において、水制が設置されていない場合の魚道流入口を通過する流量 Q_f と水通し全断面および魚道流入口断面から流出する流量 Q との比 Q_f/Q は $(H-s)/h$, hc/b に影響を受けることを明らかにし、魚道流入口の水位が魚道開口高以上になり、オリフィス構造となる場合、 Q_f/Q の値が小さくなることを示した。
- (2) 移動床模型実験において、魚道流入口構造を $(H-s)/h=1.00$, $s/h=0.1$ とし水制工を設置した場合の水制工設置位置、設置長の違いにより生じる魚

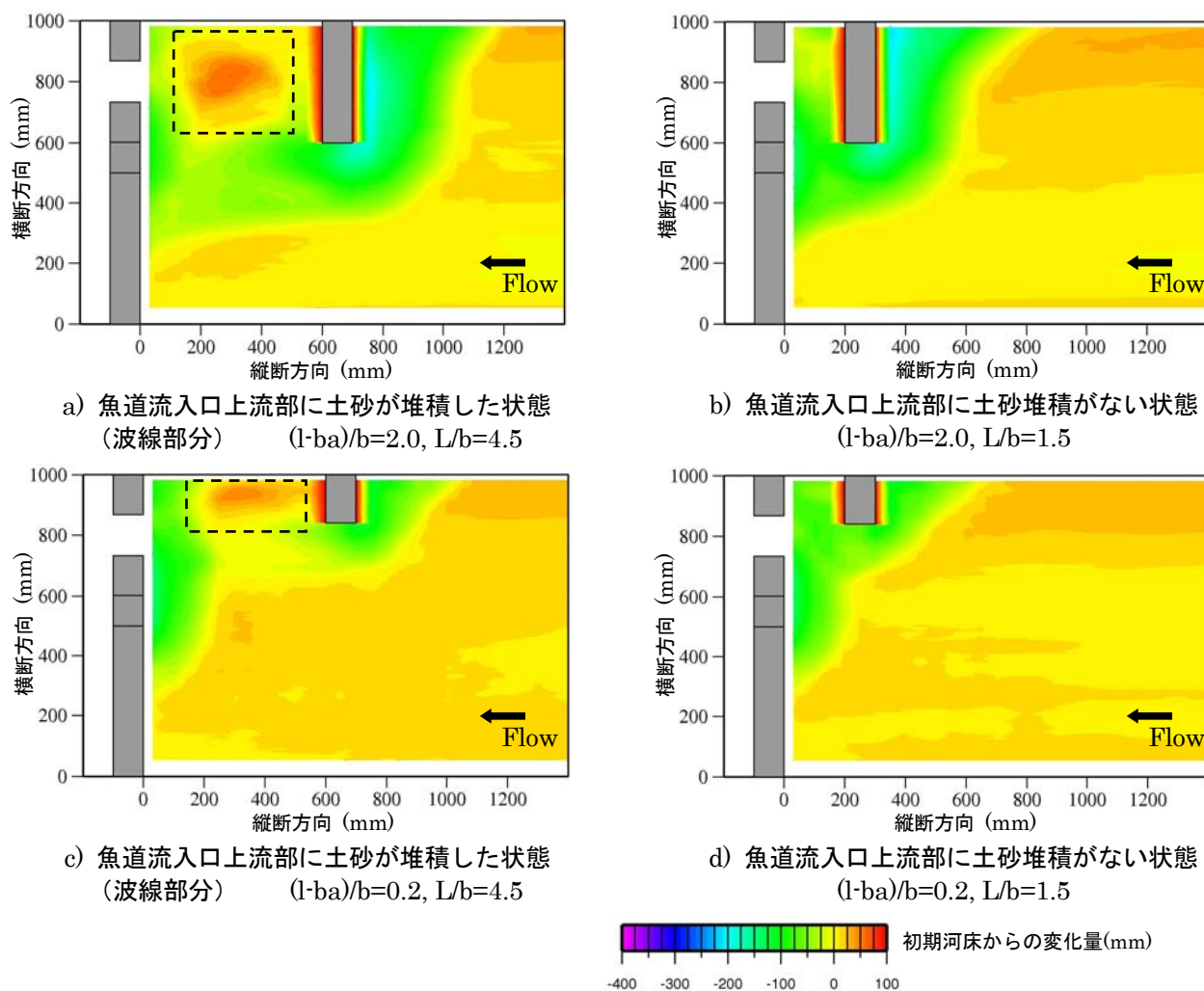


図-5 移動床実験後における河床コンター図

道流入口上流部での土砂動態を明らかにし、水制工設置位置が堰堤工作物袖部に接近し、 $L/b=1.5$ 以下、すなわち水制工を堰堤工作物袖部から魚道流入口幅 b の 1.5 倍以下の距離に接近させた場合、魚道流入口上流部では大きな堆砂が生じないことを示した。また、水制長 $(l-ba)/b=2.0$ による違いはほとんど確認されなかった。

以上のことより、出水時に魚道流入口断面をオリフィス構造としないこと、水制工を堰堤工作物袖部から魚道流入口幅 b の 1.5 倍以下の距離に接近させることは溪流河川の魚道流上流部での土砂堆積を抑制する上で有効であると考えられる。また、今回の模型実験において、水制長の違いによる魚道流入口上流部での土砂動態の差はほとんど確認されなかった。しかしながら、出水時には土砂以外に流木等も流下する。このことを踏まえ、今後は移動床実験において水制長の違いによる出水時に流木が魚道流入

口上流部に接近する状況について検討する予定である。

参考文献

- 1) 魚がのぼりやすい川づくりの手引き：国土交通省河川局, 155pages, 2005
- 2) 今井貴, 四戸孝治：最新魚道の設計—魚道と関連施設—, 信山社サイテック, (財)ダム水源地環境整備センター編集, 581pages, 1998
- 3) 安田陽一：魚道整備における工学と生態学との連携, 日本水産学会誌, Vo73(1), pp.116-119, 2007
- 4) 谷瀬敦, 山下彰司, 矢部浩規：北海道の魚道の特長, 土木学会北海道支部論文報告集, Vo62, CD-ROM. II-10, 2006
- 5) 原義文, 宮園正敏, 加藤英雄：砂防施設に設置する魚道の留意点, 砂防学会研究発表概要集, Vo54, pp.392-393, 2005
- 6) 安田陽一：多様な水生生物の遡上・降河に配慮した魚道の特長, 水利科学, No.288, pp.1-31, 2006

- 7) 安田陽一, 大津岩夫: 洪水時における河川横断耕作物周辺の流況特性に対する魚道設置の影響, 河川技術論文集, Vol.13, pp.113-118, 2007
- 8) 安田陽一, 大津岩夫, 高橋正行, 三村進二, 原口哲幸: 長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の特徴と魚道設置の効果, 河川技術論文集, Vol.11, pp.435-440, 2005
- 9) 森田茂雄, 安田陽一, 新目竜一, 山下彰司: 出水時の溪流河川における魚道直上流部の流況特性に対する水制工設置の影響: 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.64, CD-ROM.B-18, 2008
- 10) 渡辺康玄, Tubino, M., Zollezi G: 掃流砂により形成される交互砂州の非定常下での挙動, 北海道開発土木研究所月報, No576, pp.4-12, 2001

DEVELOP OF TECHNOLOGIES FOR THE DESIGN OF SOUND RIVER CHANNELS TO ENCOURAGE NATURAL REPRODUCTION OF COLD-WATER FISH

Abstract: With masu salmon acting as an index organism in cold regions, the development of a river channel design technique ideal for their natural reproduction requires the establishment of a method to evaluate their physical habitat according to living periods (spawning, juvenile and wintering et al). It is also necessary to secure the continuity of favorable river conditions near river-crossing structures during periods of marine migration and of returning to rivers.

In spawning environments, the relationship between masu salmon spawning habitats and river channel geomorphology was clarified through investigation of areas with bar and non-bar morphology in the Shiribeshi-Toshibetsu River. In particular, riverbed undulations in areas of bar morphology were significantly larger than those of non-bar morphology, and spawning beds were concentrated in bar morphology sections. Furthermore, riverbed undulations worked effectively for microhabitats that masu salmon use as spawning beds.

In wintering environments, the characteristics of masu salmon wintering habitats were clarified through investigation of an area encompassing three different types of river topography. Specifically, the presence of boulders in the river channel was verified as an important factor in wintering environments. Furthermore, an experiment involving the creation of wintering habitat conditions using riverbed boulders was performed, and it was confirmed that the placement of such boulders can provide suitable long-term wintering environments for masu salmon.

In the interests of securing continuity near river-crossing structures, the mechanism behind sediment movement in the area immediately upstream of fishways was clarified through physical model experiments with a super dike under unsteady flow conditions. In particular, when a super dike was installed at a distance 1.5 times the inlet width of the fishway from the side-wall of a sabo dam, no sediment was found in the area immediately upstream of a fishway after a period of unsteady flow.

Key words: masu salmon, spawning environment, wintering environment, securing continuity