

15.2 冷水性魚類の自然再生産に良好な河道設計技術の開発

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

研究担当者：山下彰司、新目竜一、森田茂雄

【要旨】

寒冷地を代表する指標生物としてサクラマスを対象とし、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、現地調査によりサクラマスの産卵床と河床地形の関係を明らかにした。越冬環境については河川形態区分が異なる区間における越冬場の状況を把握し、越冬場の生息密度と流速の関係を明らかにした。また、遡上環境については溪流河川の堰堤工作物上流部に着目し、堰堤工作物に魚道が設置され、魚道上流部周辺の土砂堆積防止として水制工を設置した場合の出水時の流況特性を明らかにした。

キーワード：サクラマス、産卵環境、越冬環境、溪流河川、魚道上流部の流況

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、寒冷地を代表する指標生物としてサクラマスを対象とし、その物理的生息環境の評価手法を確立する。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を解明し、寒冷地域生物の生息全体につながる河川環境の創出・復元のための河道設計技術の開発を行う。

産卵期、幼魚期、越冬期、の各生活期、成長度に応じたサクラマスの生息生育評価が可能となる手法を提案、開発するため、後志利別川水系において現地調査によるデータ収集、解析を実施する。また降海期、遡上期については溪流河川の堰堤工作物周辺において河川の連続性が常時良好に確保されるよう出水時の魚道上流部の流況特性を模型実験により解明する。

2. サクラマスの産卵床と河床地形の関係

2.1 調査目的

サクラマスの産卵床と河床地形との関連性をみると、淵尻から瀬に移行する部分に分布が集中することが報告されている¹⁾。しかしながら、サクラマスの産卵床と河床地形の関係は定量的に明らかにされていない。

本研究では、サクラマスの産卵床と河床勾配の関係を定量的に明らかにし、河床勾配、河床材料を変量とし、サクラマスの産卵床分布特性を考察した。

2.2 調査手法

2.2.1 調査地点概要

調査は、後志利別川水系メップ川の支川である左股川で行った。なお、メップ川は保護水面に指定されており、全ての水産動植物の採捕が禁止され、サクラマスの産卵密度は非常に高い水準にある。

調査区間は河川横断工作物などを考慮し、メップ川合流点より上流 4.0km までとした（図-1）。調査区間の特徴は表-1 及び写真-1,2,3 に示すとおりで、上流区間（1800-4000m）では巨石多く、瀬と淵が繰り返し見られ、淵への流れ込みはステッププールを形成する区間、中流区間（550-1800m）では巨石は見られるが浮石が多く、小規模なステッププールを形成する区間、下流区間（0-550m）では巨石は見られず、淵への流れ込みが平瀬状となる区間である。



図-1 調査位置図



写真-1 下流区間



写真-2 中流区間

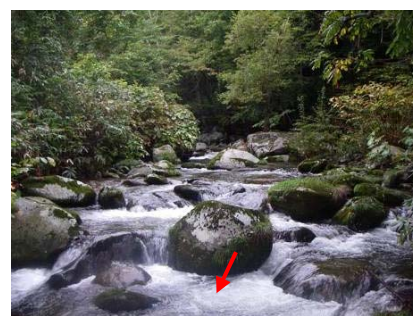


写真-3 上流区間

表-1 調査区間の特徴

調査区間	下流区間	中流区間	上流区間
延長 (m)	0-550	550-1800	1800-4000
河川形態	Bb	Aa-Bb	Aa
河床勾配	ia=1/103	ia=1/48	ia=1/22
特徴	淵への流れ込みが平瀬状	巨石が見られ浮石が多い	巨石が見られステッププールを形成

下流 ←		上流	
	0	25	50
右岸	●	●	●
左岸	●	●	●
	←	←	←

● 河床材料調査 - - - 横断測量
 ← 河床勾配*i* (平均水面幅以下の平均河床高さを対象)

図-2 調査方法の概要

れた下流区間、中流区間（表-1 参照）におい横断測線を左右岸に区分し、平均水面幅以下の平均河床高さの勾配 i を算出する（図-2）。産卵床と河床勾配の関係を検討する場合、下流区間、中流区間の河床勾配 ia が大きく異なる（表-1）ため、相対河床勾配 i/ia で整理し、 i/ia と産卵床の関係を Manly の選択性指数を用いて検討する。この指数の計算式は次のとおりである。

$$\alpha_i = (r_i / n_i) / \sum_{i=1}^m (r_i / n_i), \quad i = 1, \dots, m$$

ここで、 r_i は階級 i に属する地点で採集された産卵床数が全ての地点で採集された産卵床数に占める割合（相対度数）を、 n_i は調査区間内の階級 i に属する度数が分析に用いた全ての試料の階級度数合計値に占める割合を示している。ランダム選択の値（1/産卵床データが属する階級数 m ）と比較して、選択性指数が大きい場合、その階級 i は積極的に選択された環境条件であると判定される。

サクラマスの産卵床は下流区間、中流区間で 16 床確認され、選択性指数で整理すると $i/ia < 1.0$ の階級でランダム選択の値以上となった（図-3）。以上から、河床勾配が大きく変化する河川渓流域において河床勾配を相対河床勾配で評価することによりサクラマスの産卵環境と河床勾配の関係を定量的に明らかにした。

河床材料については過去の知見より産卵床直上流部における粒径分布において 5mm 以上の礫分が占める割合が高いことが報告されている¹⁾。ここでは、25m 間隔で実施した河床材料調査における、粒径 4.75mm 以上の質量百分率と産卵床との関係を整理する。サクラマスの産卵床は下流区間、中流区間で 16 床確認され、選択性指数で整理すると粒径 4.75mm 以上の質量百分率が 70~90% の階級でランダム選択の値以上となった（図-4）。以上から、サクラマスの産卵環境は産卵床周辺の河床材料にも影響を受けることを確認し、粒径 4.75mm 以上の質量百分率との関係を定量的に明らかにした。

次に、 i/ia と粒径 4.75mm 以上の質量百分率を変量とした産卵床の分布特性を図-5 に示す。 $i/ia < 1.0$ 、粒径 4.75mm 以上の質量百分率が 75~90% の狭い領域

2.2.2 現地調査

産卵床調査は、サクラマスが産卵期の 2007 年 9 月下旬に実施した。また、同時期に河川縦横断測量を 25m 間隔で 161 本実施した。河床材料調査は 25m 間隔で左右岸各 1 箇所（図-2）で実施した。また、調査時の流量は 0.59m³/s である。

2.3 調査結果

2.3.1 河川縦断地形の特徴

調査区間を 25m 間隔で測量した結果の河川縦断地形の特徴としては中下流区間（0-1800m）においては最深河床高が上下する凹凸地形が明瞭に示された。上流区間（1800-4000m）においては最深河床高の上下が少なく凹凸地形が明瞭には示されなかった。これは測量間隔が 25m と広かったため生じたものと考えられる。

2.3.2 サクラマスの産卵床と河床勾配及び河床材料の関係

淵尻から瀬に移行する部分を河床高さに着目し視覚的に考えると、周辺地盤より高い部分すなわち、河床高さの勾配が緩い部分と考え、25m 間隔の測量結果で最深河床高が上下する凹凸地形が明瞭に示さ

に産卵床の大部分が分布する。また $i/ia > 1.0$ で産卵床が分布する領域は、粒径 4.75mm 以上の質量百分率が 75~90%であり、粒径 4.75mm 以上の質量百分率が 75~90%以外の領域で産卵床が分布する領域は、 $i/ia < 1.0$ であることが確認された。

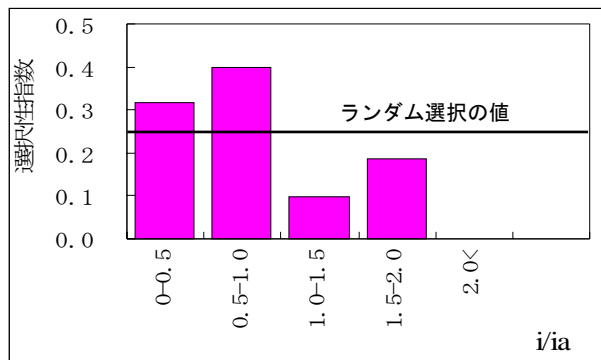


図-3 i/ia における産卵床の選択性指数

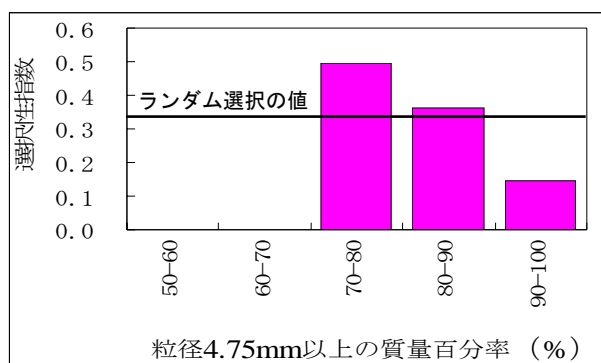


図-4 粒径 4.75mm 以上の質量百分率における産卵床の選択性指数

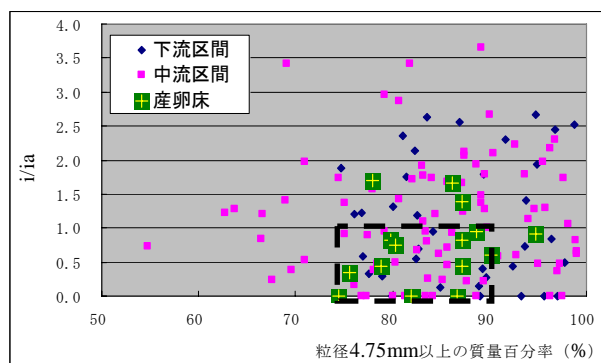


図-5 i/ia と粒径 4.75mm 以上の質量百分率を変量とした産卵床分布特性

2.4 考察

河床勾配が大きく変化する河川流域において、河床勾配を相対河床勾配で表現することでサクラマスの産卵環境と河床勾配の関係を定量的に明らかにした。25m 間隔で実施した河床材料調査において粒径 4.75mm 以上の質量百分率とサクラマスの産卵環境との関係を明らかにした。 $i/ia < 1.0$ 、粒径 4.75mm 以上の質量百分率が 75~90%の狭い領域に産卵床

の大部分が分布することを明らかにした。

今後は、河床勾配、粒径 4.75mm 以上の質量百分率などを環境変量とし、サクラマスの産卵環境を評価する手法を提案する。

3. サクラマスの越冬場の状況と生息密度の違いについて

3.1 調査目的

サクラマスの越冬に適した環境としては河岸の植生が水面に覆いかぶさるところ、倒木や巨石の背後で流れがほとんどない場所に潜むことが報告されている²⁾。また、サクラマスの越冬に関する研究は、越冬場所と越冬場所の流速等河川の物理環境との関係を検討している場合が多い。

本研究では、越冬期の河川空間における生息密度が低い区間に着目し、生息密度が高い区間との違い、生息密度が低い区間において越冬場所として利用されている場所の特徴、越冬場所の流速と生息数の関係について調査、考察を行った。

3.2 調査手法

調査箇所、区間はサクラマス産卵床調査と同様で、後志利別川水系メップ川の支川である左股川で行った(図-1)。

調査手法は、表-1 に示される各区間(下流区間、中流区間、上流区間)より緩やかな曲線が含まれる延長 75m~100m を 2 箇所選定し、それぞれを縦断方向には 25m 間隔、横断方向には 2 等分し、ユニット分割した(図-6)。河床材料区分は中礫(4mm<粒径<64mm)、大礫(64mm<粒径<256mm)、巨礫(256mm超)に分類し、各ユニットごとの代表の礫とした。水中カバー率は平面スケッチにより各ユニットの面積におけるカバーの比率とした。なおカバーについては水面上で約 50cm までの範囲にあるものをカバーとした。各ユニットの概要については表-2 に示すとおりである。



○ 1ユニット — 横断方向区分(2等分)
 縦断方向区分(25m間隔)

図-6 ユニット分割図

表-2 ユニットの概要

区 間	ユニット		河川形態 区分	河床材料 区分	巨石の 有無	水中 カバー率				
	区間 (m)	左右岸								
下 流 区 間	100-200m	0100-0125	L	中礫	無	0.0				
			R	大礫		0.0				
		0125-0150	L	中礫		0.0				
			R	中礫		0.0				
		0150-0175	L	コンクリート		0.0				
			R	中礫		0.0				
	275-375m	0175-0200	L	コンクリート		0.0				
			R	大礫		0.0				
		0275-0300	L	中礫		0.0				
			R	大礫		0.0				
		0300-0325	L	中礫		0.0				
			R	中礫		6.3 倒木				
		0325-0350	L	中礫		0.0				
			R	中礫		42.6 倒木				
0350-0375	L	大礫	0.0							
	R	中礫	0.0							
中 流 区 間	800-875m	0800-0825	L	大礫	点在する が段差は ない	17.8 倒木				
			R	中礫		0.0				
		0825-0850	L	大礫		0.0				
			R	中礫		0.0				
		0850-0875	L	巨礫		0.0				
			R	大礫		0.0				
	1500-1575m	1500-1525	L	中礫		9.0 笹				
			R	大礫		0.0				
		1525-1550	L	大礫		0.0				
			R	中礫		0.0				
		1550-1575	L	中礫		0.0				
			R	大礫		0.0				
		上 流 区 間	2725-2800m	2725-2750		L	大礫	点在する が段差は 小さい	10.0 笹	
						R	大礫		0.0	
2750-2775	L			大礫	19.5 笹					
	R			中礫	0.0					
2775-2800	L			大礫	0.0					
	R			中礫	0.0					
3700-3775m	3700-3725		L	中礫	0.0					
			R	中礫	0.0					
	3725-3750		L	大礫	0.0					
			R	大礫	0.0					
	3750-3775		L	巨礫	0.0					
			R	大礫	0.0					

*河床材料区分におけるコンクリートについては河岸が護岸ブロックの箇所である

3.3 調査結果

3.3.1 各区間の特徴

下流区間 (100-200m 及び 275-375m) におけるサクラマス越冬環境の特徴は、巨石がないため倒木の背後 (写真-4)、護岸工の下流部分で護岸ブロックがもたれかかっている部分 (写真-5) などの流速が緩い部分に限定され (表-3)、越冬場所が少なく、越冬場所 1箇所当たりの平均生息尾数が多いことである (図-7)。これは越冬場所が限定されているため、サクラマスが集まるため起こっていると考えられる。また、100-200m 及び 275-375m 区間を比べると生息密度が異なる (図-8)。これは100-200m 区間に比べ 275-375m 区間に倒木箇所が多かったため起こっている。このことより、巨石がなくサクラマスの越冬環境が限定される区間においては、越冬場所を増やすことで生息密度を大きく増加させることができると考えられる。また、護岸工の下流端部などを工夫することで新しい越冬環境を創出できることが確認された。

中流区間 (800-875m 及び 1500-1575m) におけるサクラマスの越冬環境の特徴は、巨石が点在 (写真-6) しているため巨石の背後の流速の緩い部分が河道内に点在し、越冬場所が多く、越冬場所 1箇所当たりの生息尾数が下流区間と比べ少ないことである (図-7)。これは越冬場所が多いため起こっていると考えられる。なお、下流区間の 100-200m と比べると生息密度は大きい (図-8)。また、上流区間 (2725-2800m 及び 3700-3775m) におけるサクラマスの越冬環境の特徴については、中流区間とほぼ同様である。

3.3.2 越冬場所と流速の関係

調査区間でサクラマスが越冬していた場所は 33 箇所であった。越冬場所と河川の流速の関係について整理したものを図-9 に示す。越冬場所の流速は大部分が流速 10cm/s 以下であり、過去の知見と比較して同程度の値であった³⁾。また、生息数の多い越冬場所 (5尾以上) の流速はほとんどない。

次に、下流区間の越冬場所 NO3 において流速が極端に高くなっている (表-3)。これは上流側の越冬場所 NO4 において非常に高い密度の越冬場所があり、周辺に適切な越冬場所が見つからないため、越冬場所 NO4 が飽和状態となり、不適切な場所で越冬せざるを得なくなった可能性がある (図-10)。

表-3 越冬場所の概要

区 間	ユニット		箇所 (No)	巨石の 有無	水中 カバー率		流速 (cm/s)
	区間 (m)	左右岸					
下 流 区 間	100-200m	0125-0150	L 1	無	0.0		0.1
			R 2		0.0		1.1
	275-375m	0275-0300	R 3		0.0		25.1
			R 4		6.3 倒木		1.8
		0325-0350	R 5		42.6 倒木		1.4
			L 6		0.0		2.3
中 流 区 間	800-875m	0800-0825	L 7	点在する が段差は ない	17.8 倒木		1.7
			R 8		0.0		4.2
		0825-0850	R 9		0.0		3.8
			L 10		0.0		1.5
		0850-0875	L 11		0.0		2.3
			1500-1575m		1500-1525	L 12	9.0 笹
	R 13	0.0					6.1
	1525-1550	R 14			0.0		1.2
		R 15			0.0		1.7
	1550-1575	R 16			0.0		5.3
		L 17			0.0		4.3
	1550-1575	R 18			0.0		0.6
		R 19			0.0		1.0
	上 流 区 間	2725-2800m	2725-2750		L 20	点在する が段差は 小さい	10.0 笹
L 21				0.0			5.0
L 22				0.0			6.1
L 23				0.0			6.3
2750-2775			L 24	0.0			2.0
			R 25	0.0			3.1
2775-2800		L 26	0.0		6.3		
		3700-3775m	3700-3725	L 27	0.0		
R 28				0.0			5.4
3725-3750			R 29	0.0			16.8
			R 30	0.0			6.1
3725-3750			L 31	0.0			2.5
			L 32	0.0			2.3
3750-3775		R 33	0.0		8.7		



写真-4 倒木の背後の越冬場所 NO4 (表-3 参照)



写真-5 護岸の背後の越冬場所 NO1 (表-3 参照)



写真-6 巨石が点在した背後の越冬場所 NO14 (表-3 参照)

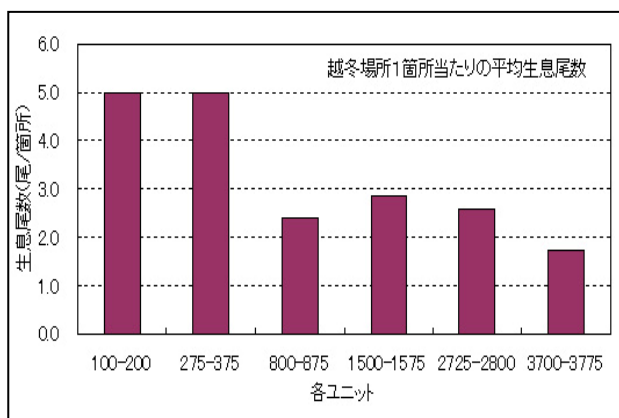


図-7 越冬場所1箇所当たりの平均生息尾数

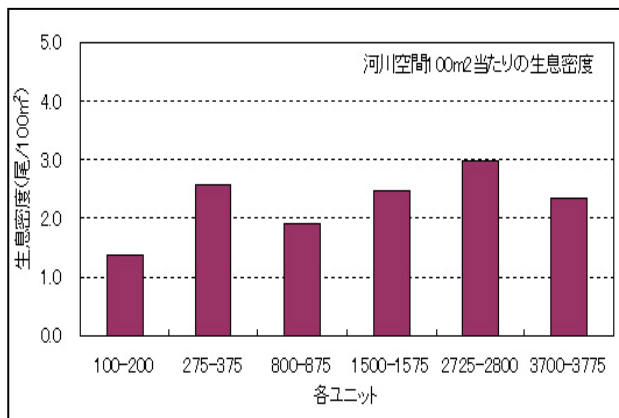


図-8 各ユニットの生息密度

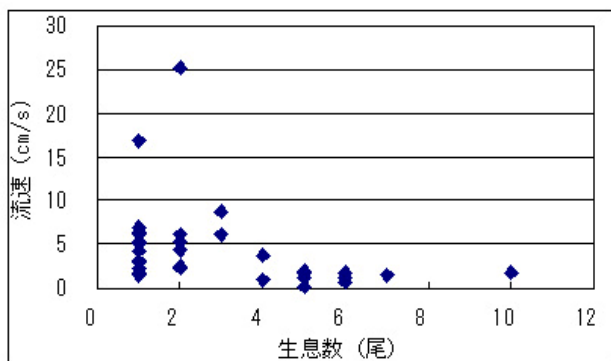


図-9 越冬場所1箇所当たりの生息数と流速の関係

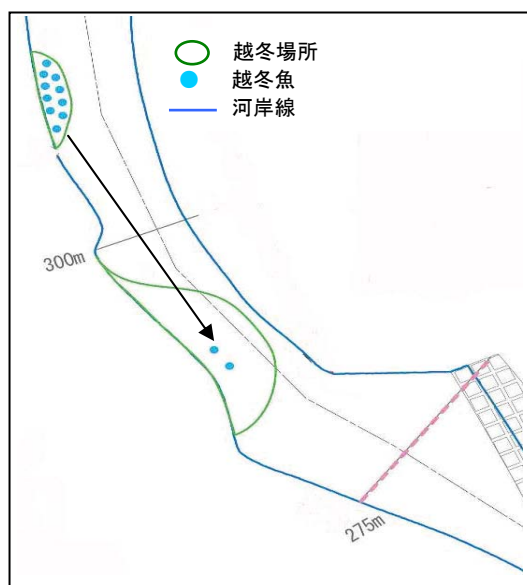


図-10 越冬箇所平面図

3.4 考察

流れの形態が異なる各区分においてサクラマス
の越冬場の特徴と生息密度の関係、越冬場所と流速の
関係を調査した結果、得られたことを以下に要約して示
す。

越冬期において生息密度が低い区分の越冬場所は、
河道内に巨石がないため倒木の背後、護岸工の下流部
分で護岸ブロックがもたれかかっている部分などの
流速が緩やかな部分に限定され、越冬場所数が少なく、
越冬場所1箇所当たりの平均生息尾数が多くなる。
また、このような区分においては護岸工の下流端部な
どを工夫することで新しい越冬環境を創出できること
が確認された。生息密度が高い区分の越冬場所は、
巨石の背後などで流速が緩い部分が河道内に点在し、
越冬場所1箇所当たりの生息尾数は生息密度が低い区
間に比べ少ないことが確認された。

越冬場所の流速は大部分が流速 10cm/s 以下であり、
越冬場所1箇所当たりの生息数の多い箇所では流速が
ほとんどなく、越冬環境は流速に大きく影響されるこ
とが確認された。

4. 出水時における溪流河川の魚道上流部の流況特性について

4.1 調査目的

魚が生活を全うするためには河川の連続性が確保されなければならない⁴⁾。河川横断工作物は河川の連続性を阻害し、魚の生息に重要な影響を及ぼす。魚道はその影響を改善する手法の一つとして実施されている。

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⁵⁾。洪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排出されやすいことは見いだされている⁶⁾。しかしながら、洪水時における魚道の流入・流出周辺の水理特性が明らかにされていないため、溪流河川においては出水時に土砂の生産などにより魚道上流部に土砂が堆積し、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水制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場合がある（写真-7）。

本研究では、溪流河川の魚道上流部において出水時の土砂堆積の対策として水制工を施工した場合の魚道上流部の流況特性について明らかにした。

4.2 実験

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、の直線水路にモルタルを敷均し、図-11 に示す半断面の堰堤工作物魚道模型を設置し実験を行った。

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。

水制及び堰堤工作物魚道周辺の流況は次元解析的な考察より、以下に示す無次元量により支配されるものと考え、表-4 に示す実験条件及び水理量で実験を行った。

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

4.3 実験結果

4.3.1 水制設置による魚道流入量の変化特性

各魚道構造において魚道通過流量を Q_f 、全断面の流量を Q とし、 $Q_f/Q = f(L/b, (l-ba)/b, (H-s)/h, s/h, b/B, hc/b)$ の関係で整理したものを図-12 に示す。

水制がない場合 ($L/b=0$ の場合)、 hc/b の値が 0.76 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、魚道上流部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 0.45 以下の場合、魚道流入部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。

水制工が設置された場合 ($L/b > 0$ の場合)、 $(l-ba)/b=2.0$ の場合と 0.2 の場合を比較すると、 $(l-ba)/b=2.0$ の場合、与えられた $L/b, hc/b$ に対して

Q_f/Q は大幅に減少する。このことは hc/b が大きくなるほど顕著である。なお Q_f/Q に対する $(H-s)/h$ の影響は少ない。また L/b が小さいほど Q_f/Q は減少する。これは、水制設置位置が魚道流入口に近づくにつれ、魚道に直接向かう流れが遮られるため魚道直上流部の水位が低下し、 Q_f/Q の値が減少したものと考えられる。

$(l-ba)/b=0.2$ の場合、水制設置に伴い Q_f/Q は多少減少するが、水制がない場合と同程度の値を示す。これは水制先端が魚道流入口より突出していないため魚道に直接向かう流れを遮ることなく魚道に流入したためと考えられる。ただし、 L/b の値が大きいほど Q_f/Q の値は減少する傾向が見られる。これは、水制設置位置が遠ざかるほど、水制から剥離する流れの影響が大きいため生じたものと考えられる。



写真-7 魚道上流部土砂堆積状況

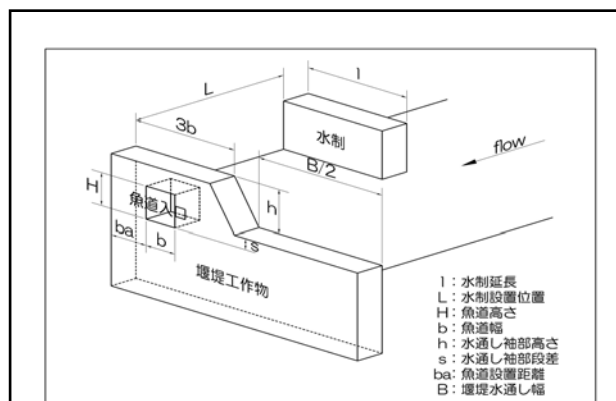


図-11 堰堤工作物魚道模型

表-4 実験条件及び水理量

水制設置位置	水制長	魚道断面			流量
		$(H-s)/h$	s/h	b/B	
L/b	$(l-ba)/b$				hc/b
1.5	0.2	0.33	0	0.134	0.37-1.12
3.0	2.0	0.67	0.1		
4.5		1.00			

hc : 魚道及び水通しから流出する全流量から算定される限界水深
 B : 堰堤の水通し幅

4.3.2 水制設置による魚道直上流部での流況の変化特性

(1-ba)/b=2.0 の場合、与えられた L/b, (H-s)/h, s/h, b/B, hc/b の条件に対して、剥離した水流は魚道流入部側に回り込み、堰堤水通し袖部に衝突後、流脈が乱される流況となる。(図-13)。1.5 ≤ L/b ≤ 4.5 (本実験の範囲) でこのような流況が認められる。

(1-ba)/b=0.2 の場合、与えられた L/b, (H-s)/h, s/h, b/B, hc/b の条件に対して、剥離した水流は流脈があまり乱されない流況となる。すなわち、水制を横切る流れは大きく偏向されることなく魚道流入部に流下する(図-14)。

4.4 考察

堰堤工作物の水通し袖部を貫通させて魚道が設置された場合を対象に、魚道上流部側での水制設置の

有無による出水時の流況特性の変化について、表-4 に示す実験条件のもとで検討した結果、得られたことを以下に要約して示す。

水制が設置されていない場合、魚道流入流量 Qf と魚道及び水通しから流出する全流量 Q との比 Qf/Q が (H-s)/h, hc/b によってどのように変化するかを明らかにし、水制が設置された場合に L/b, (1-ba)/b, (H-s)/h, hc/b によって流量比 Qf/Q がどのように変化するかを実験的に明らかにした(図-12 参照)。水制設置による魚道直上流部での流況の変化特性を流況の撮影記録および水制周辺の平面流速ベクトルから示した。特に、(1-ba)/b の値が 2.0 の場合と 0.2 の場合とでは魚道に接近する流況が大きく異なる(図-13,14 参照)ことを示し、それぞれの流況の変化特性を明らかにすることができた。

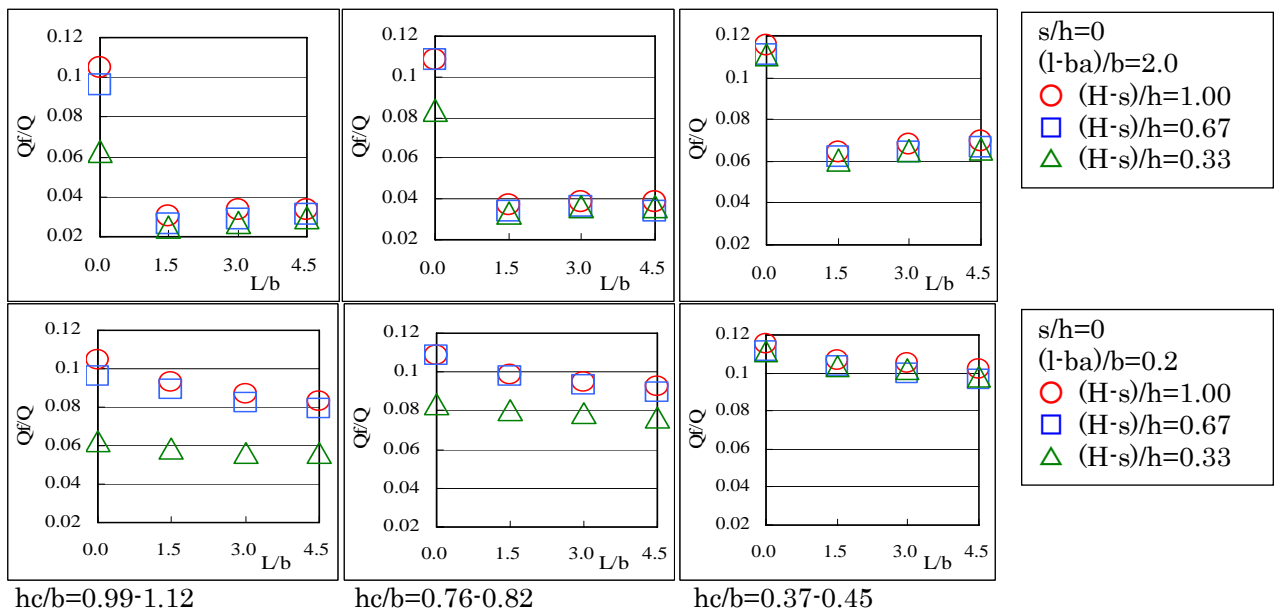


図-12 魚道通過流量特性 (L/b=0 は水制がない場合である)

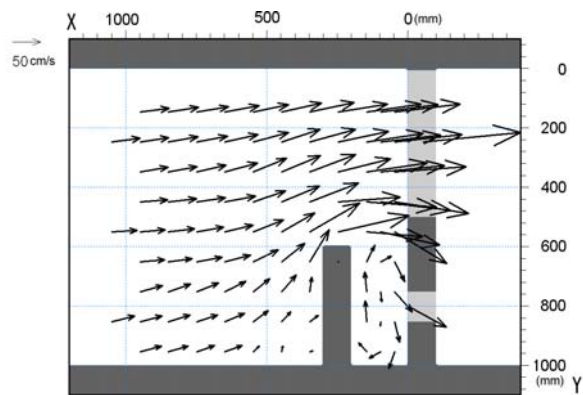


図-13 剥離した水流は堰堤水通し袖部に衝突後、流脈が乱される流況となる (L/b=1.5, (H-s)/h=1.0, s/h=0, b/B=0.134, hc/b=1.10)

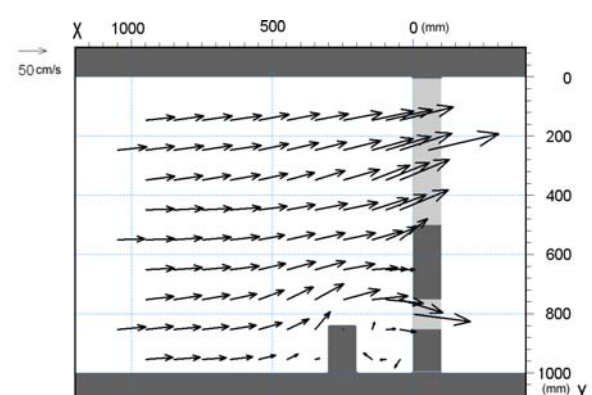


図-14 剥離した水流は流脈があまり乱されない流況となる (L/b=1.5, (H-s)/h=1.0, s/h=0, b/B=0.134, hc/b=1.06)

4. まとめ

第2節では河床勾配が大きく変化する河川渓流域において、河床勾配を相対河床勾配で表現することでサクラマス産卵環境と河床勾配の関係を定量的に明らかにした。また河床勾配、河床材料を変量とした場合、狭い領域に産卵床の分布が集中することを確認した。

第3節では越冬期の生息密度が異なる区間における越冬場の特徴を把握し、生息密度が低い区間においては、護岸工の下流端部などを工夫することで新しい越冬環境を創出できることが確認された。越冬場所の流速は大部分が流速 10cm/s 以下であり、越冬場所 1箇所当たりの生息数の多い箇所では流速がほとんどなく、越冬環境は流速に大きく影響されることが確認された。

第4節では溪流河川の魚道上流部において魚道流入流量 Q_f と魚道及び水通しから流出する全流量 Q との比 Q_f/Q が魚道断面、水制構造によってどのように変化するかを実験的に明らかにした。また水制設置による魚道直上流部での流況の変化特性を流況の撮影記録および水制周辺の平面流速ベクトルから示した。特に、水制長の違いにより魚道に接近する流況が大きく異なることを示し、それぞれの流況の変化特性を明らかにした。

今後は、現地調査及び模型実験を継続的に実施し、寒冷地域生物の生息全体につながる河川環境の創出・復元のための知見を得て、河道設計技術の開発を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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, 1998
- 6) 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, 11, pp. 435-440, 2005

DEVELOP TECHNIQUES FOR THE DESIGN OF RIVER CHANNELS THAT PROMOTE INHABITATION BY COLD-WATER FISHES

Abstract : With cherry 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, i.e. the spawning, juvenile and wintering periods. 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.

This research used field surveys to clarify the relationships between cherry salmon spawning beds and bed morphology. For the wintering environment, the conditions of wintering grounds in different sections of river morphology were ascertained, and the relationships between habitat density and flow rates in wintering grounds were clarified. With regard to the environment in which cherry salmon return to rivers, focus was placed on areas upstream of dams in torrents. Fishways were installed at the dams, and the flow characteristics during flood were clarified after spur dikes were constructed to prevent sediment near the areas upstream of the fishways

Key words : cherry salmon, spawning environment, wintering environment, torrents, flow regime upstream of fishway