

河床勾配が異なる河川における河川地形とサクラマス産卵環境との関係

Relationship between river topography and spawning environment of masu salmon in the rivers of the different riverbed incline

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 ○正員 森田茂雄 (Shigeo Morita)
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正員 畠 秀樹 (Hideki Hata)

1. はじめに

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¹⁾。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・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、産卵にとって必要な物理環境やこれを制限する要因を把握し、これを河川整備に応用するべく研究を推進することが望まれる。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²⁾。

産卵にとって必要な物理環境に関しては、粒径 2mm 通過質量百分率が 20%以下の微環境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^{3) 4)}、視覚的に見た淵尻地形の領域に産卵床が多く分布することが知られている⁵⁾。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^{6) 7)}。さらに、近年、産卵環境の研究を河川整備に応用する技術として、流域の土地利用形態が異なる河川において、河川の自然作用によって形成される砂州地形に焦点をあて、砂州地形の中でも特に勾配が平均よりも緩やかな領域に産卵床が集中することが示されている⁸⁾。しかしながら、河床勾配が異なる河川における河川地形と産卵床との関係や産卵を制限する要因については知見が不足している。

このような背景を踏まえ、本研究ではサクラマスの産卵環境に関する研究を河川整備に応用すべく、河床勾

配が異なる河川における河川地形と産卵床との関係や産卵を制限する地形要因について検討した。

2. 研究手法

2.1 調査河川および調査区間の設定

本研究は、サクラマスの産卵環境に関する研究を河川整備に応用させることを目指している。このため、河川整備と産卵床が重複しやすい渓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 3 つの支川（上ハカイマップ川、左股川、メップ川）で行い、各河川において異なる河川地形区分（砂州地形、非砂州地形）を併せ持つ領域を調査区間として設定した（表-1）。上ハカイマップ川は後志利別川水系の上流域に位置し、調査区間の河床勾配は 1/210 である（写真-1a）。この区間は渓流河川の下流域でも比較的緩い勾配の領域として位置づけた。左股川は後志利別川水系の中流域に位置し、調査区間の河床勾配は 1/109 である（写真-1b）。この区間は渓流河川の下流域で標準的な勾配の領域として位置づけた。メップ川は後志利別川水系の中流域に位置し、調査区間の河床勾配は 1/74 である（写真-1c）。この区間は渓流河川の下流域でも比較的急な勾配の領域として位置づけた。

2.2 調査手法

河川地形と産卵床との関係を把握するにあたっては、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

表-1 調査河川の概要

	上ハカイマップ川	左股川	メップ川
調査延長	700m	350m	375m
平均河床勾配 (i _a)	1/210	1/109	1/74
川幅	5-19m	4-18m	7-22m
地形区分延長	砂州地形 512.5m 非砂州地形 187.5m	砂州地形 175m 非砂州地形 175m	砂州地形 225m 非砂州地形 150m
調査区間	SP0-700 SP0:後志利別川との合流点上流 2.0km	SP125-475 SP0:メップ川との合流点	SP0-375 SP0:左股川との合流点



写真-1 調査河川の様子

みられている^{9) 10)}。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^{11) 12)}。さらに、既往研究において、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、砂州地形の中でも特に勾配が平均よりも緩やかな領域（流路単位スケール）に産卵床が集中することが示されている⁸⁾。本調査においても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調査を行う。

調査区間において、はじめに横断測量を川幅程度の12.5m 毎に実施し、12.5m 毎の横断測線によって囲まれる調査方形区を設定した（図-1）。次に、すべての調査方形区において産卵床確認調査を実施した。横断測量および産卵床確認調査はサクラマス産卵期にあたる2010年9月22日から10月16日、2010年9月29日から10月6日にかけて実施した。

2.3 分析手法

はじめに、河川地形が産卵環境に及ぼす影響を把握するため、リーチスケールに焦点をあて河川地形区分（砂州地形、非砂州地形）毎の産卵床数を整理した。

次に、地形区分の中でも特にどの領域をサクラマスが産卵場として選択的に利用するのかを把握するため、流路単位スケールに焦点をあて産卵床出現頻度を整理した。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ることが知られている⁸⁾。また、調査区間毎に河床勾配が大きく異なる。このため、方形区における河床勾配 i を算出し、各調査区間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 を環境変数として用いた。調査方形区における河床勾配 i については、調査方形区の上下流の横断測線における最深河床高を用い算出した。

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

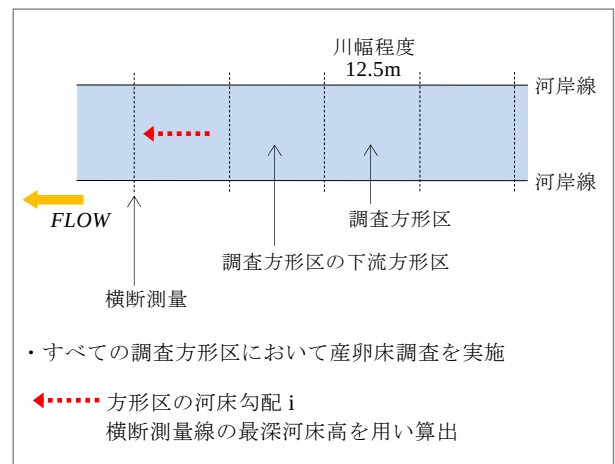


図-1 調査手法概略図

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。

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

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（図-2 参照：例えば左股川の場合は $m=2$ ）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。

さらに、サクラマスの産卵床は渾尻地形に多く見られ、その下流には河床が急勾配となる瀬地形が隣接することが知られている¹³⁾。このことより、調査方形区の下流方形区に焦点をあて産卵床が分布しやすい地形条件を整理し、産卵を制限する地形要因について評価した。

3. 結果

3.1 河川地形区分と産卵床数

産卵床調査の結果、15 床（上ハカイマップ川 9 床、左股川 2 床、メップ川 4 床）の産卵床が確認された。特

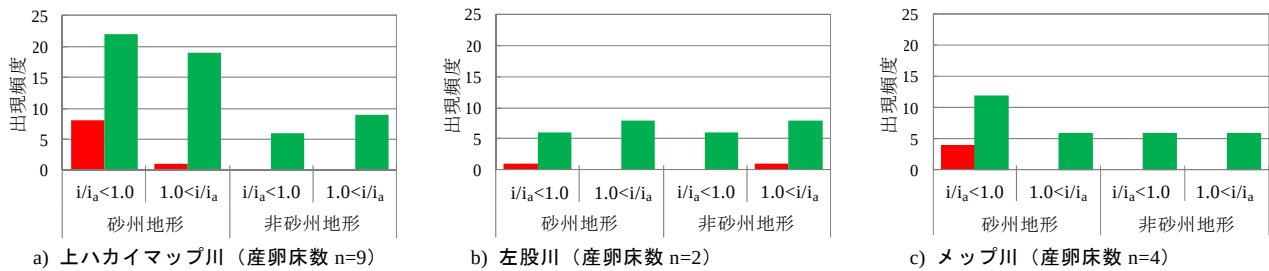


図-2 産卵床出現頻度 (■：産卵床確認方形区数 ■：調査方形区数)

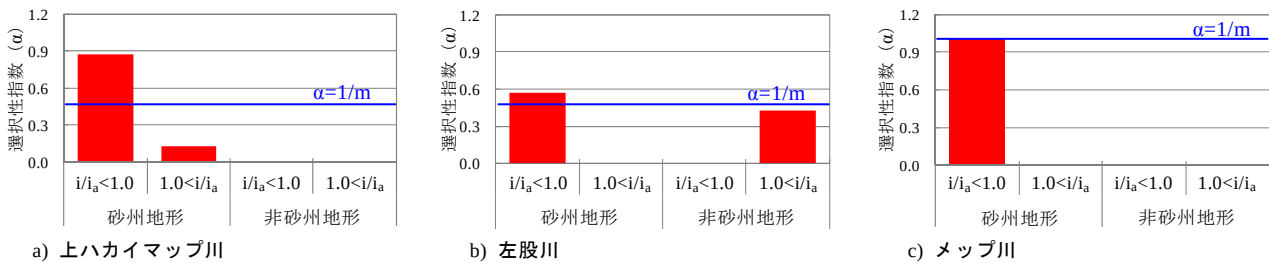


図-3 産卵床の選択性指数

に、上ハカイマップ川およびメップ川において、すべての産卵床は砂州地形で確認された (図-2)。

3.2 相対河床勾配と産卵床出現頻度

河床勾配が異なる河川において、相対河床勾配 i/i_a を環境変量とし、産卵床出現頻度を整理した結果、砂州地形における $i/i_a < 1.0$ の階級に産卵床の約 87% (13 床：上ハカイマップ 8 床、左股川 1 床、メップ川 4 床) が集中し (図-2)、これを Manly の選択性指数で整理した結果、すべての河川において砂州地形における $i/i_a < 1.0$ の階級で選択性が認められ (図-3)、既往の知見と同様の成果が得られた⁸⁾。

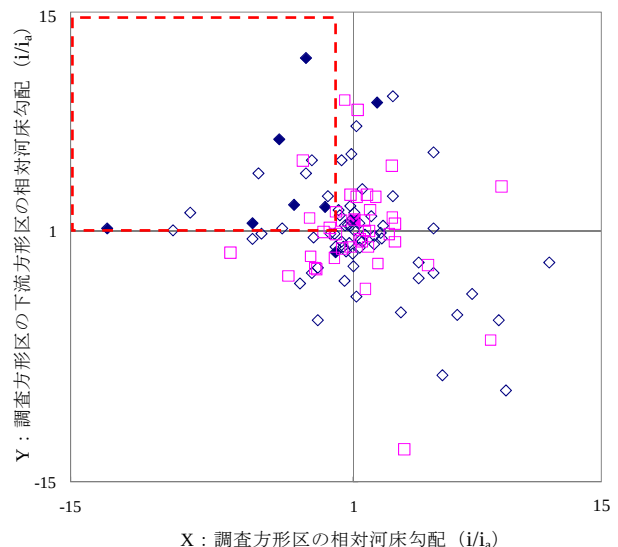
4. 考察

4.1 河川地形と産卵床との関係

河床勾配が異なる河川において、調査区間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、砂州地形における $i/i_a < 1.0$ の階級において選択性が認められた (図-3)。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が認められなかった (図-3)。産卵床は淵尻地形に多く見られ、その特徴として河床勾配が比較的緩やかであることが示されている⁸⁾。また、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¹⁴⁾。この内、①砂州型、②蛇行型については本調査で対象としたような交互砂州や固定砂州が形成される¹⁵⁾。このことより、砂州地形のなかでも特に $i/i_a < 1.0$ の階級に産卵床が集中したと考えられる。

4.2 産卵に対する地形的制限要因の評価

本節では産卵床が分布しやすい地形条件を整理し、



赤点線の範囲は X 軸で $i/i_a < 0$ 、Y 軸で $1.0 < i/i_a$ を示し産卵床が集中した範囲である (確認された産卵床 15 床のうち 12 床が集中)。

図-4 調査方形区とその下流方形区の相対河床勾配

非砂州地形に産卵床がほとんど見られない要因について評価する。

図-4 において、すべての河川における調査方形区とその下流方形区の相対河床勾配を示した結果、方形区の相対河床勾配が $i/i_a < 0$ でその下流の相対河床勾配が $i/i_a > 1.0$ の条件の下で多くの産卵床が確認された (80% : 15 床の内 12 床)。また、こうした条件は砂州地形に多く見られ、非砂州地形ではほとんど見られなかった。既往の文献において⁸⁾、砂州地形は非砂州地形に比べ河床の起伏が大きくなり、こうした地形はサクラ

マスにとって良好な産卵環境を提供することが示されている。このことより、非砂州地形において河床の起伏が小さいこと（ここでは、非砂州地形において調査方形区の相対河床勾配が $i/i_a < 0$ でその下流の方形区の相対河床勾配が $i/i_a > 1.0$ の条件がほとんど見られないこと）がサクラマスの産卵を制限する要因の一つとなっていると考えられる。

5. まとめ

本研究ではサクラマスの産卵環境に関する研究を河川整備に応用すべく、河床勾配が異なる河川における河川地形と産卵環境との関係について検討した。

本研究の特徴は、河床勾配が異なる河川において、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道内を砂州地形と非砂州地形に区分した上で、相対河床勾配 i/i_a を環境変量とすることにより、サクラマスが産卵場として選択的に利用する領域やその地形条件、産卵を制限する要因を示したことである。

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 河床勾配が異なる河川において、相対河床勾配 i/i_a を環境変量とすることにより、既往の知見と同様に砂州地形における $i/i_a < 1.0$ の領域、すなわち砂州地形の中でも特に河床勾配が相対的に緩い領域をサクラマスが産卵場として選択的に利用することを確認した。
- (2) サクラマスの産卵床は方形区の相対河床勾配が $i/i_a < 0$ で、なおかつその下流の方形区の相対河床勾配が $i/i_a > 1.0$ の条件の下で集中することを示し、こうした条件は砂州地形に多く見られ、非砂州地形ではほとんど見られないことを明らかにした。加えて、これが非砂州地形に産卵床が出現しない要因の一つとなっていることを示した。

以上のことより、河床勾配が異なる河川において、河川の自律作用によって形成される砂州地形に着目し、これを川幅程度の区間長で区分し相対河床勾配を用い地形条件を区分する手法は、サクラマスが産卵場所として選択的に利用する領域や産卵を制限する地形要因を把握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に関する研究を河川整備に応用する上で有効な知見を提供するものと考えられる。また、本研究で着目した砂州地形は、上流域からの土砂の供給に大きく影響を受ける。これに伴い、砂州地形の上に形成されるサクラマスの産卵床の地形条件も影響を受けると考えられる。このことを踏まえ、今後は土砂供給が砂州地形に与える影響とこれがサクラマスの産卵床形成の地形条件に及ぼす影響について検討する予定である。

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) 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) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 森田茂雄，桑原誠，山下彰司，永山滋也：河床溪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
- 8) 森田茂雄，桑原誠，山下彰司，永山滋也：溪流河川での河川地形の違いがサクラマスの産卵環境に与える影響，水工学論文集，Vol.54, pp.1279-1284, 2010
- 9) 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
- 10) 島谷幸宏：自然環境に関する技術，河川 2004-1, pp.72-74, 2004
- 11) 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
- 12) 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
- 13) 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
- 14) 知花武佳：瀬-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
- 15) 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