

河床地形・河床材料とサクラマスの産卵場所との関係

(独) 土木研究所寒地土木研究所水環境保全チーム ○森田 茂雄
 (独) 土木研究所寒地土木研究所水環境保全チーム 桑原 誠
 (独) 土木研究所寒地土木研究所水環境保全チーム 永山 滋也

河川性サケ科魚類であるサクラマスは、河川渓流域に遡上し産卵する。産卵場所の特徴としては、淵尻地形、流れが河床内に浸透する地形、小礫が多く含まれる河床材料組成であることが報告されている。河床地形・河床材料とサクラマスの産卵場所との関係に関する研究を河川事業に応用する場合、産卵場所の微環境スケールの物理環境だけではなく、通常の河川改修工事で取り扱われるスケール（例えば25m範囲）の物理環境に着目し評価することも重要である。

本研究は、河床地形・河床材料について、サクラマスが産卵場所として選択的に利用する条件を明らかにした。さらに、区分するスケールが異なる場合の結果の違いについても考察した。

キーワード：河床地形、河床材料、サクラマス、産卵場所

1. はじめに

魚が生活史を全うするためには、種々の生態に応じてどのような場が必要なのかを知る必要がある¹⁾。河川性サケ科魚類であるサクラマスは、産卵のため河川渓流域に遡上し、ふ化後下流域に広く降下、分散する生活史をもつ。そのため、河川渓流域における好適な産卵場所特性を明らかにし保全することは重要である。従来のサクラマスの産卵環境に関する研究は、産卵場所の河川物理環境（浸透流量、河床材料組成等）に着目して行なわれている。これによると、浸透流量については0～0.05cm/sで河床にわずかに浸透する場所を、河床材料組成については、2mm通過質量百分率が80%以上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²⁾。一方、杉若ら³⁾は河床地形などに着目し、淵尻から瀬に移行する部分に産卵床が多く分布し、産卵床の河床材料組成については平均値で見ると粒径5mm以上の砂礫の占める割合が高いが、一部の河川においては粒径5mm以下の砂礫の占める割合が高いと述べている。

サクラマスの産卵環境に関する研究は、積雪寒冷地域の河川整備において良好な産卵環境を把握、保全するための河川事業へと応用されることが期待される。この場合、産卵場所の微環境スケール（例えば数メートル範囲）の物理環境だけではなく、通常の河川改修工事で取り扱われるスケール（例えば25m範囲）の物理環境に着目し評価することも重要である。そのためには、河道内をどの程度のスケールで区分するかが重要となる。

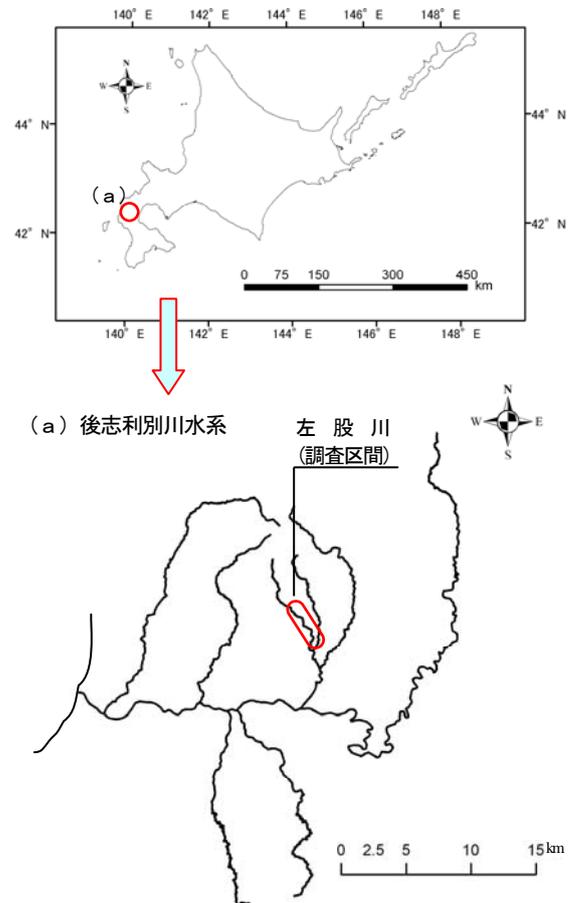


図-1 調査地点位置図

本研究では、サクラマス産卵場所における周辺の河床地形、河床材料組成及び浸透流量について現地の概略調査を実施し、得られた結果をサクラマスの産卵場所と関連付けて検討する。さらに、産卵場所に対して高い選択性が示された河床地形、河床材料組成について測定間隔を狭めて再度現地詳細調査を実施し、調査スケールが異なる概略調査結果との違いについて考察する。

2. 現地概略調査及び分析

調査は、後志利別川水系メップ川の支川である左股川で実施した。メップ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。そのため、サクラマスの産卵床分布密度は高い水準にある。調査区間はメップ川の合流点から上流 0.2km~1.7km までの延長 1.5km とした(図-1)。また、産卵床調査は、サクラマスの産卵時期にあたる 2007 年 9 月下旬に実施した。なお、調査区間の特徴については表-1、写真-1, 2 に示す。

(1) 河川物理環境調査

河床地形調査は、調査区間において横断測量を 25m 毎に 61 本設定し実施した。さらに、調査区間に中心線を設定し河道を左右岸均等に区分し、図-2 に示すように分割された各方形区において、平均水面幅以下の平均河床高さを算出した。調査結果については、平均河床高さの勾配で整理した(図-2)。

次に、河床地形調査において設定された横断測線 61 本と左右岸を均等に区分した中心線を用いて調査区間を 120 個の方形区に区分した(図-2)。さらに、区分された方形区において代表 1 地点を選定して河床材料調査及び浸透流量調査を実施した(図-2)。

河床材料採取は、目合い 345 μ m、口径 25cm \times 25cm のサーバーサンプラーを用いて実施した。また、採取に際しては粒径 75mm 以上のものは除外した。調査結果については、粒径 2.0mm 以上の質量百分率で整理した。

浸透流量調査は、強化型ピエゾメーターを使用し、鞘管付きステンレス杭を河床に 20cm 程度打ち込み、河床表面と河床内の水頭差を計測する手法で実施した。なお、強化型ピエゾメーターを用いた測定は、2003 年に左股川において実施された測定手法であり、本調査においても同一の手法である²⁾。

(2) 分析

河川物理環境調査において整理された河床勾配、粒径 2.0mm 以上の質量百分率、浸透流量に対して、サクラマスが選択的にその環境を利用しているかどうかを調べるため Manly の選択性指数を用いて分析を行なった。この



写真-1 調査区間の様子 (200~550) 一部に護岸工が施工されている



写真-2 調査区間の様子 (550~1700) 巨石が河道内に点在する

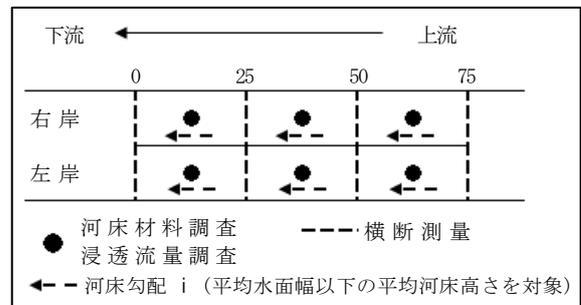


図-2 現地概略調査方法

表-1 調査区間の特徴

調査区間 (合流点からの距離 : m)	200~550	550~1700
延長 (m)	350	1150
平均水面幅 (m)	9.6	10.8
平均河床勾配 (<i>i</i> _a)	1/100	1/47

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次式で示される。

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

ここで、 α_i は階級*i*に対する選択性指数、 r_i は階級*i*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、 n_i は階級*i*に属する調査箇所数が全調査箇所数占める割合を示している。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。

3. 現地概略調査結果及び考察

(1) サクラマスの産卵場所と河床勾配の関係

調査区間の200~550と550~1700では平均河床勾配*i*_aが大きく異なる(表-1)。このため、サクラマスの産卵場所と河床勾配の関係を検討する場合、相対河床勾配*i*/*aを用い頻度分布及びManlyの選択性指数で整理した(図-3)。*

サクラマスの産卵場所は調査区間で16箇所確認され、*i*/*a < 1.0の階級に産卵床の約81%(13箇所)が集中した。選択性指数で整理すると*i*/*a < 1.0の階級で明瞭な選択性が示された。この結果は、周辺よりも勾配が緩い所を産卵場所として利用していることを示している。また、こうした場所は淵尻に多く見られ、既存の知見と一致する⁴⁾。**

(2) サクラマスの産卵場所と河床材料組成の関係

河床材料組成については、粒径2.0mm以上の質量百分率と産卵場所の関係を頻度分布及びManlyの選択性指数で整理した(図-4)。

調査区間で確認された産卵場所(16箇所)のうち、粒径2.0mm以上の質量百分率が80%以上の階級に産卵床のすべてが集中した。選択性指数で整理すると粒径2.0mm以上の質量百分率が80~90%の階級で明瞭な選択性が示された。既存の文献におけるサクラマスの産卵場所周辺の河床材料組成を見ると、卜部ら²⁾は、産卵場所の大部分は粒径2.0mm以上の質量百分率が80%以上の場所であることを示している。また、杉若ら³⁾は、産卵場所の大部分は粒径5.0mm以上の質量百分率が78%以上の場所であることを示している。今回の調査結果は、これら既存の知見と一致する。

(3) サクラマスの産卵場所と浸透流量の関係

浸透流量と産卵場所の関係を頻度分布及びManlyの選択性指数で整理した(図-5)。

調査区間で確認された産卵場所(16箇所)のうち、浸透流量0.05cm/s以下の階級にすべての産卵床が集中し

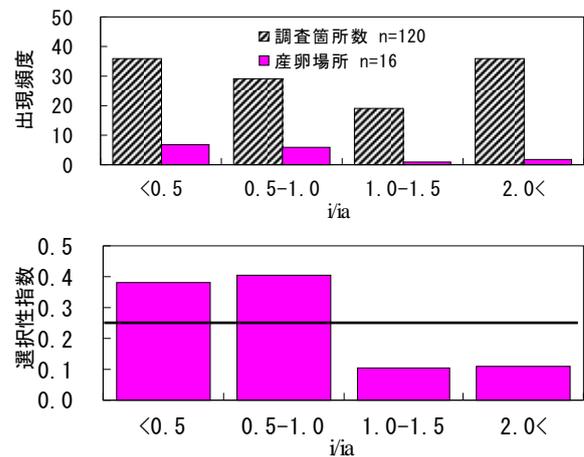


図-3 *i*/*aにおける産卵場所の頻度分布と選択性指数 (一は $\alpha=1/m$ を示す)*

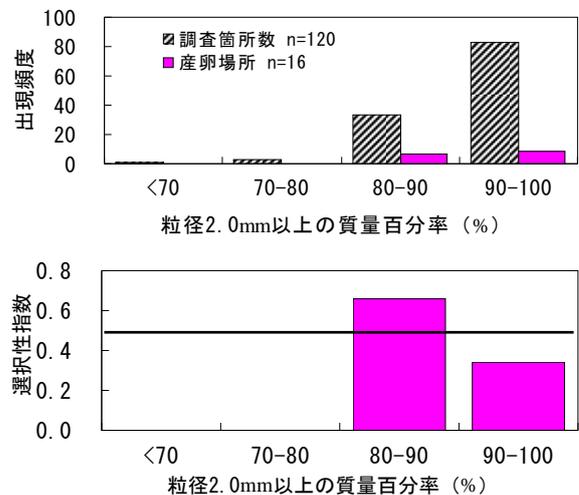


図-4 粒径2.0mm以上の質量百分率における産卵場所の頻度分布と選択性指数 (一は $\alpha=1/m$ を示す)

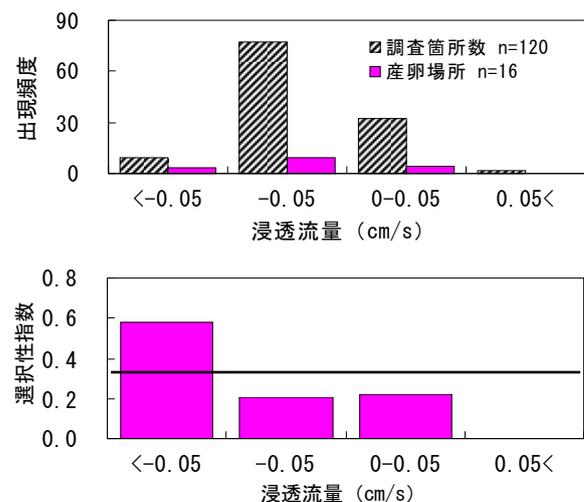


図-5 浸透流量における産卵場所の頻度分布と選択性指数 (一は $\alpha=1/m$ を示す)

た。選択性指数で整理すると浸透流量が -0.05cm/s 以下の階級で明瞭な選択性が示された。既存の文献において、サクラマスの産卵場所周辺の浸透流量を見ると、卜部ら²⁾は、浸透流量が $0\sim-0.05\text{cm/s}$ で河床にわずかに浸透する場所が産卵場所として選択的に利用されていると述べている。今回の調査結果はこの知見と異なる。このことについては、産卵場所の出現頻度が少ない浸透流量が -0.05cm/s 以下の階級に産卵場所が少数ではあるが出現したこと、設定した調査スケール（この場合 25m ）では調査間隔が広すぎて産卵場所周辺の状況を再現していない可能性があることなどが主な要因であると考えられる。

4. 現地詳細調査

(1) 調査手法

本章では、現地概略調査結果において示された結果と既往知見との整合性や産卵場所として高い選択性が示された相対河床勾配 (i/α)、粒径 2.0mm 以上の質量百分率について現地概略調査の次年度に実施した現地詳細調査を示す。あわせて行なった産卵床調査についても示す。産卵床調査はサクラマスの産卵時期にあたる 2008 年 9 月下旬に実施した。調査区間は前年度と同じである。

相対河床勾配 (i/α) や粒径 2.0mm 以上の質量百分率を環境変量とし産卵場所との関係性を評価する場合、河道内における測定区分が重要となる。急流の礫河川において淵、平瀬、早瀬の地形的区分は、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⁵⁾⁶⁾。このため、河床地形調査は現地概略調査における調査間隔の間に横断測線を追加し、河床材料調査については 12.5m 間隔で、左右岸各 1 箇所実施した (図-6)。なお、前年度からの出水がないこと、事前の点検測量で、横断データの変化がほとんどないことを考慮し、前年度の横断データはそのまま使用することとした。調査手法、分析手法は前年度の現地概略調査と同じである。

(2) 調査結果及び考察

相対河床勾配 i/α と産卵場所の関係を頻度分布及び Manly の選択性指数で整理した (図-7)。サクラマスの産卵場所は調査区間で 22 箇所確認され、 $i/\alpha < 1.0$ の階級に約 91% (20 箇所) が集中した。選択性指数で整理すると $i/\alpha < 1.0$ の階級で明瞭な選択性が示された。また、現地概略調査結果における選択性指数 (図-3) と比較した場合、より明瞭な選択性が示された。これは調査間隔を 12.5m とすることで、サクラマスが産卵場所として利用している周辺地形が適切に把握されたことによるものと考えられる。

次に、粒径 2.0mm 以上の質量百分率と産卵場所の関係を頻度分布及び Manly の選択性指数で整理した (図-8

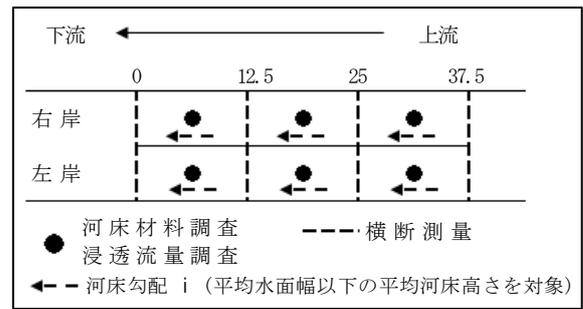


図-6 現地詳細調査方法

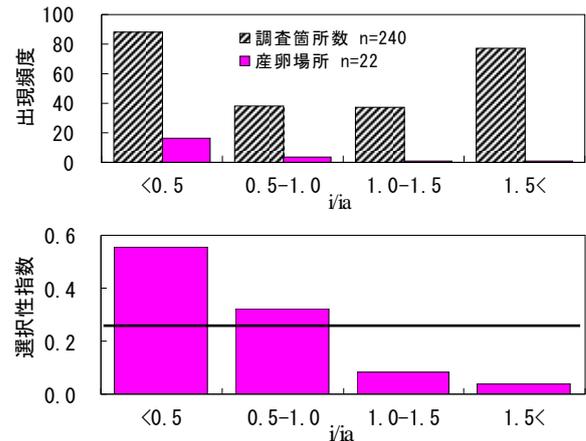


図-7 i/α における産卵場所の頻度分布と選択性指数 (一は $\alpha=1/\text{m}$ を示す)

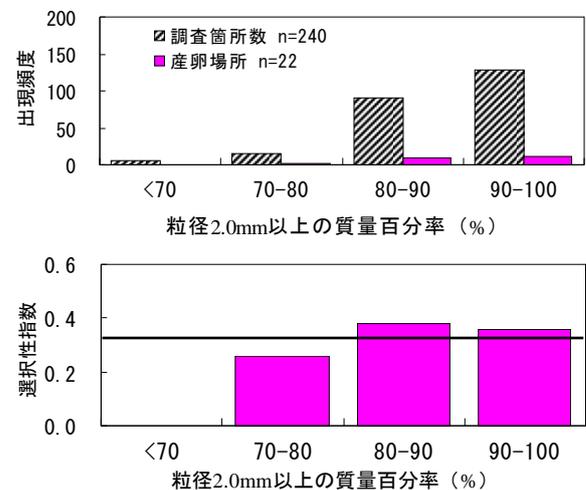


図-8 粒径 2.0mm 以上の質量百分率における産卵場所の頻度分布と選択性指数 (一は $\alpha=1/\text{m}$ を示す)

)。調査区間で 22 箇所確認された産卵床のうち、粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80% 以上の階級に約 95% (21 箇所) が集中した。選択性指数で整理すると粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80% 以上の階級で明瞭な選択性が示された。また、現地概略調査結果における選択性

指数（図-4）と比較した場合、より明瞭な選択性が示された。これは調査間隔を 12.5m とすることで、サクラムスが産卵場所として利用している河床材料組成が適切に把握されたことによるものと考えられる。なお、産卵床が確認された 1 地点において河床材料採取時に産卵床を避けるため産卵床の脇で河床材料を採取した箇所がある。このデータについては、砂分が占める割合が極端に高かったため図-7.8 の評価からは除外してある。

5. まとめ

サクラムスの産卵場所について実施した現地調査の結果を以下に要約して示す。

- (1) 現地調査を 25m 間隔で実施した場合、サクラムスの産卵場所と相対河床勾配 (i/a) の関係については、 $i/a < 1.0$ の階級に産卵床の約 81% が集中し、選択性指数で整理すると $i/a < 1.0$ の階級で明瞭な選択性が示された。また、サクラムスの産卵場所と粒径 2.0mm 以上の質量百分率の関係については、粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80% 以上の階級に産卵床のすべてが集中し、選択性指数で整理すると粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80~90% の階級で明瞭な選択性が示された。
- (2) 現地調査を 12.5m 間隔で実施した場合、サクラムスの産卵場所と相対河床勾配 (i/a) の関係については、 $i/a < 1.0$ の階級に産卵床の約 91% が集中し、選択性指数で整理すると $i/a < 1.0$ の階級で明瞭な選択性が示された。また、サクラムスの産卵場所と粒径 2.0mm 以上の質量百分率の関係については、粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80% 以上の階級に産卵床の約 95% が集中し、選択性指数で整理すると粒径 2.0mm 以上の質量百分率が 80% 以上の階級で明瞭な選択性が示された。

- (3) 現地調査間隔が 25m の場合と 12.5m の場合を比較すると、現地調査間隔が 12.5m の場合においてサクラムスの産卵場所が $i/a < 1.0$ の相対河床勾配に対して示す選択性がより明瞭であった。同様に、粒径 2.0mm 以上の質量百分率に対して示す選択性についてもより明瞭であった。

今回の現地調査は、水産動植物の採捕が禁止されているため、サクラムスの産卵床が高密度に分布する河川で実施した。本研究の成果をサクラムスの良好な産卵環境を把握、保全するための河川整備に適用するためには、サクラムスの産卵床が高密度に分布する河川に加えて、水産動植物の採捕が禁止されていない一般的な河川においても検討し、比較することが重要である。このため、今後は水産動植物の採捕が禁止されていない一般的な河川においても調査を実施する予定である。

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) 卜部浩一，村上泰啓，中津川誠：サクラム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
- 3) 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ム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
- 4) 森田茂雄，新目竜一，山下彰司：溪流河川におけるサクラムスの産卵環境と河床地形，第 63 回年次学術講演会講演概要集 2-250, pp.499-500, 2007
- 5) 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
- 6) 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