

遊楽部川におけるサケの自然産卵環境調査

すずき としや
鈴木 俊哉 (調査課生物環境研究室)

はじめに

わが国におけるサケ資源は人工孵化放流の成功により増大し、近年では7千万尾を超える水準に達しています。しかし、同時に海外からの輸入サケ・マスも増加したため、水揚げ金額の減少等漁家経営上の問題も起こり始め、増殖事業はコスト低減を目指し更なる効率化を求められています。

一方、生物の多様性の保全に対する関心も年々高まり、サケの遺伝的多様性を保全する努力も必要な時代となってきました。人工孵化放流がサケ資源に与える遺伝的影響としては、1) 長期間の小集団による選別に起因する近交弱勢、2) 移殖や孵化場魚の迷い込みによる集団の固有性の喪失および 3) 集団の有効な大きさの減少と移殖や人為選抜による集団内の遺伝的変異性の低下などがあげられています(帰山 1999)。これらの影響が現在のわが国のサケ集団に全て当てはまるわけではありませんが、人工増殖が過度に効率化を追求した場合、これらが顕在化する可能性は大きいと考えられます。したがって、日本系サケにおける種の多様性と独立性を保全するためにも、漁業資源とは別に、野生資源を維持することが必要であると考えます。

サケ・マスが自然再生産可能な河川環境が河川改修等により減少している現状において野生資源を回復するためには、繁殖に適した河川環境の保全や造成のための技術開発が不可欠です。しかし、サケに関するこの分野の研究は、産卵床の環境条件を検討するにとどまっておき、その分布を河川環境との関連で調べた例はほとんどありません。ここでは、「サケが河川内のどのような場所に産卵しているのか？」について北海道南部の遊楽部川で調査した結果を御紹介します。

遊楽部川は道南の八雲町を流れる、流程約28 kmの河川です。ここでは、孵化場が比較的上流(河口から約17 km)に位置すること、親魚捕獲施設の能力が低いこと、および捕獲施設以外に親魚遡上の障害となる河川構造物(堰堤等)がないこと等の理由により、河口近くから孵化場までの広い範囲でサケの自然産卵が毎年認められています。

サケ産卵床の環境

サケ・マス類の産卵場所を規定する要因として、水深、流速、底質および河床からの湧昇流等の重要性が指摘されています(Bjornn and Reiser 1991)。そこで遊楽部川におけるサケの産卵床についてもこれらの環境要因を測定してみました。

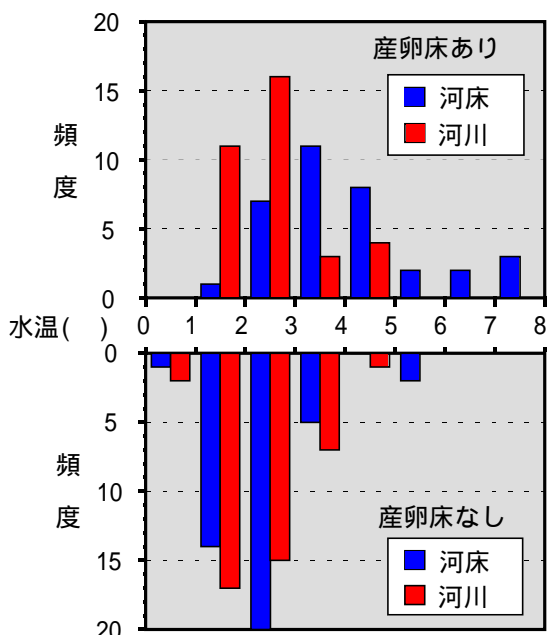


図 1. 産卵床のある場所とない場所における河床内水温と河川水温の比較。

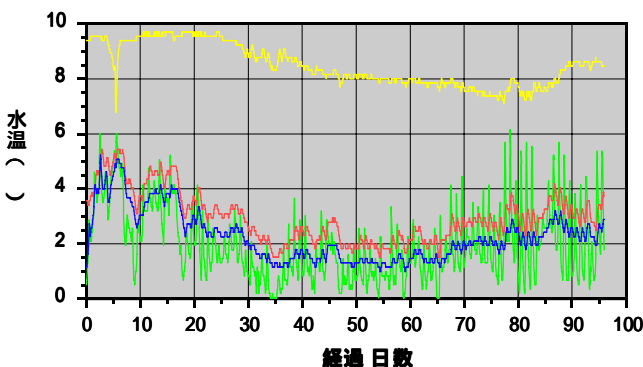


図 2. 産卵床(黄:地下水,赤:伏流水),河床(青)および河川水(緑)の水温の経時変化。経過日数は測定開始日(12月4日)を起算とする。

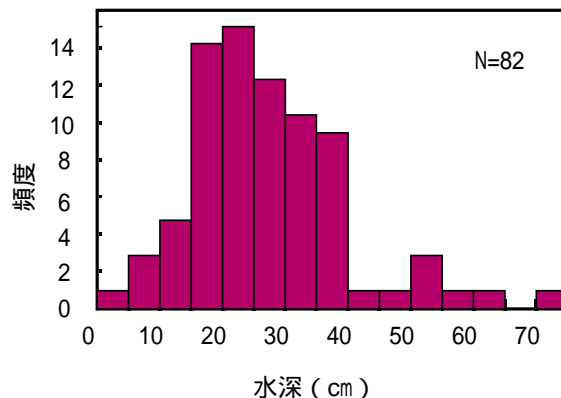


図 3. 産卵床分布場所における水深の頻度分布。

河床からの湧昇流の有無については、サケが「河床から地下水が湧き出ている所」に産卵するという報告（小林 1968）に従い、冬季に河床内の水温と河川水温を比較することにより検討しました。なぜなら、北海道において河川水温は冬季間0 近くまで低下しますが、地下水は年間を通じてほぼ一定の水温（一般に6-10 ）を保っているからです。したがって、河床内の水温が河川水温よりも高い場所には地下水が湧出し、河床内水温が河川水温と同じ場所には河川水が浸透していると考えられます。

調査の結果、産卵床内の水温は河川水温に比べ高く、産卵床のない河床の水温と河川水温の間には差がないことがわかりました（図 1）。また、産卵床内の水温は平均4.2 （範囲1.9-8.0 ）を示し、地下水温に比べ低い値を示しました。水温が地下水よりも低く河川水よりも高い産卵床を流れている水は、地下水に比べ水温の日変動や季節変動が大きいという特徴を示すことから（図 2）、河川の伏流水に由来すると考えられます。これらの結果からサケの産卵場所選択において河床からの湧昇流の存在が重要な要因の一つであることが示唆されました。

産卵床が形成された場所の水深と流速は、それぞれ27.7±12.1 cm/s（平均値±標準偏差）と27.2±18.2 cm/sを示しました（図 3, 4）。北米の野生サケを対象にした研究によると、産卵場所の条件として水深が18 cm以上で流速が46-101 cm/sの範囲が適当であるとの指摘があります（Bjorn and Reiser 1991）。これと比較すると遊樂部川における産卵床は、水深はほぼ同様ですが、流速が明らかに低い場所に形成されていました。このような違いが生じた原因について、今後検討する必要があります。

産卵床の粒度組成を、砂泥（粒径2 mm以下）の重量組成を指標として調べました（図 5）。砂泥の増加は産卵床内の通水性を低下させ、その比率が30%を超えるとサケの産卵床内での生残率は著しく低下することが知られています（Koski 1975）。遊樂部川における産卵床の砂泥組成は11.6±8.83%を示し、産卵床内の通水性が比較的良好であったことがうかがわれました。

産卵場所の分布パターン

これまでにサケ産卵床の環境について説明してきましたが、このような条件を満たす場所は河川内の何処にあるのでしょうか？産卵床が形成される場所の分布パターンをいくつかの空間スケールにおいて検討してみました。なぜなら、河川は空間スケールの異なるいくつかの階層に区分可能であり（例えば Frissel et al. 1986）、我々が産卵場所の位置に関して得られる情報はそのスケールに

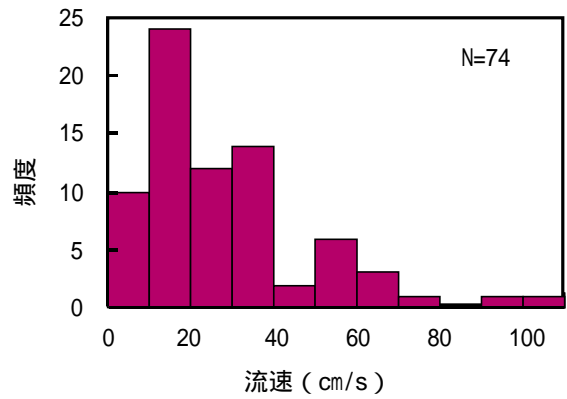


図 4. 産卵床分布場所における流速の頻度分布。

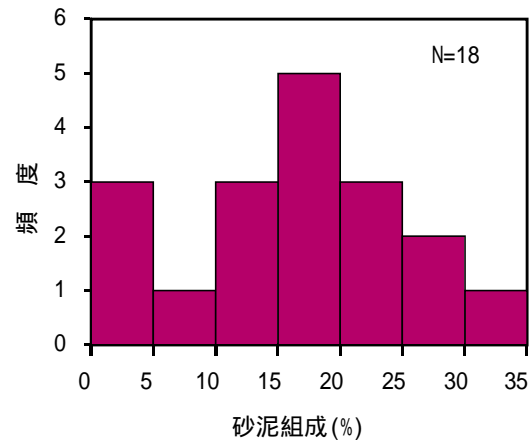


図 5. サケ産卵床における底質中の砂泥（粒径2 mm以下）重量組成（%）。

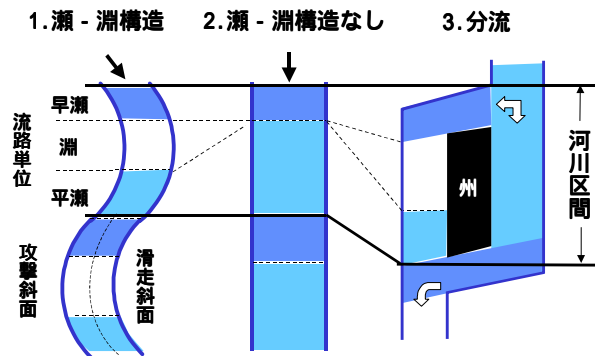


図 6. 河川における流路単位と河川区間の模式図。

じて異なるからです。

自然河川では相対的に水深が浅く流速の速い場所（瀨）と、水深が深く流速の遅い場所（淵）が流路に沿って繰り返り現れます。これは河川流路の基本的な構造として広く認められており、地形学的には「瀨 - 淵の連続構造」とよばれています（Keller and Melhorn 1978）。さらに可児（1944）は、河川の中流域を早瀨（水面が白く波立つ瀨）、平瀨（白波の立たない瀨、早瀨と淵の移行部）および淵の3つに区分しました（図 6）。これらは河川流路を構成する基本的な要素として

「流路単位」とよばれています (Bisson et al. 1982) . これらの流路単位を複数含む単位が「河川区間」であり (図 6) , さらに広く本支流の河川区間までも含む単位が「水系」とよばれます .

流路単位スケールにおける分布 ここでは早瀬, 淵および平瀬の流路単位をそれぞれ攻撃斜面側 (流れがぶつかる岸側) とその反対の滑走斜面側に分けて, 産卵場所の分布を調べました . 産卵床の出現頻度 (ある流路単位の総数に対する産卵に利用された流路単位数の割合) は, 淵の滑走斜面側で最も高く, 次いで平瀬の滑走斜面側, 平瀬の攻撃斜面側の順に多く認められました (表 1) . 早瀬および淵の攻撃斜面側には産卵床が認められませんでした . この結果は, 淵頭は河床の起伏により河床からの湧昇が起きやすい場所であること (Cooper 1965) および早瀬や淵の攻撃斜面側には産卵に適した礫が存在しないことによると考えられました .

河川区間スケールにおける分布 はじめに瀬 - 淵構造を1単位とした河川区間を対象に産卵床の出現頻度を調べました . 河川区間はその地形的特徴から, 瀬 - 淵構造あり (早瀬 - 淵 - 平瀬の連続構造が認められるもの) , 瀬 - 淵構造なし (早瀬と平瀬から構成される区間) および分流 (河道が州によって二分された区間) の3タイプに区分されました (図 6) . 産卵床の出現頻度は瀬 - 淵構造のある区間と分流で高いのに対し, 瀬 - 淵構造のない区間では低い値を示しました (図 7) .

次に, 流路単位に関係なく河道を250 m単位で区切った河川区間における河道の屈曲度と産卵床の出現頻度との関係について検討してみました (図 8) . その結果, 屈曲度の高い河道ほど産卵床の出現頻度が高いことがわかりました . しかし, 産卵床内水温が6-8 を示し地下水が湧出していると考えられる産卵床は, 屈曲度の低い河川区間に多く分布する傾向が認められました .

河道が屈曲したり分流している場所では, 河道内に形成された州を通じて河川水が伏流し, 州の下流側で湧出することが知られています (Leman 1993) . したがって河川区間スケールにおける河道形態は, 伏流水が湧出する産卵床の分布に大きく影響することが示唆されました .

水系スケールにおける分布 産卵床が観察された河川区間を産卵床内の水温により区分し, その分布パターンを水系スケールで示しました (図 9) . 伏流水由来と考えられる水温6 未満の産卵床は水系内に広く分布するのに対し, 地下水が湧出すると考えられる水温6-8 の産卵床は最下流に位置する支流の合流点付近に分布が集中する傾向が認められました . 等高線から流域の地形を調べると, この支流は扇状地を形成していることがわかりました . このことは, 扇状地ではその扇端

表 1 . 流路単位スケールにおけるサケ産卵床の出現頻度

流路単位	産卵床出現頻度 (%)		N
	滑走斜面側	攻撃斜面側	
早瀬	0	0	50
淵	50	0	30
平瀬	30	12	50

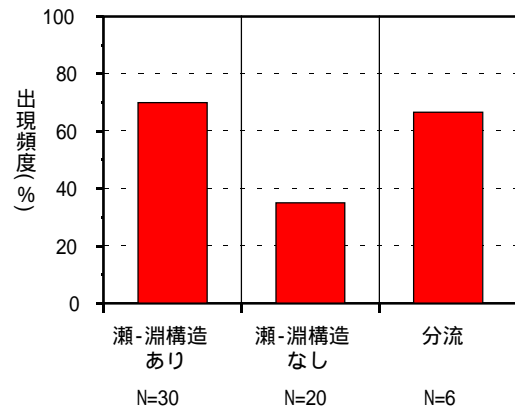


図 7 . 河川区間スケールにおける河川地形と産卵床出現頻度との関係 .

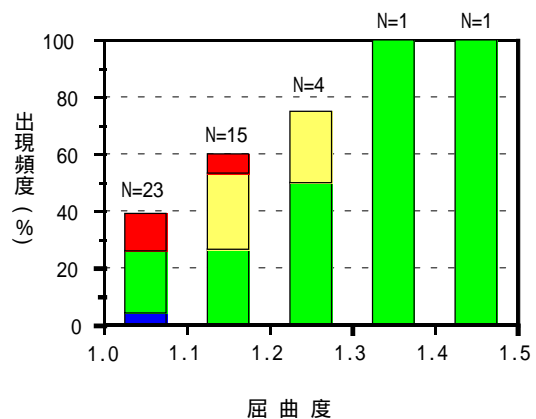


図 8 . 河川区間スケールにおけるの屈曲度 (250 m区間) と産卵場の出現頻度との関係 . 棒の色は産卵床内水温を示す (青: 0 以上2 未満, 緑: 2 以上4 未満, 黄色: 4 以上6 未満, 赤: 6 以上8 未満) .

付近で地下水が湧出する現象がよく認めらるという事実ともよく一致します . したがって, 遊楽部川において地下水が湧出する産卵床の分布は, 水系スケールの地形により規定されていると考えられました .

以上のことから, サケ産卵床の分布は, 空間スケールの異なる地形的要因により重層的に決定されることおよび分布を支配する地形的特徴は, 何れの空間スケールにおいても, 湧昇の起こりやすい場所として位置づけることが可能であると考えられました .

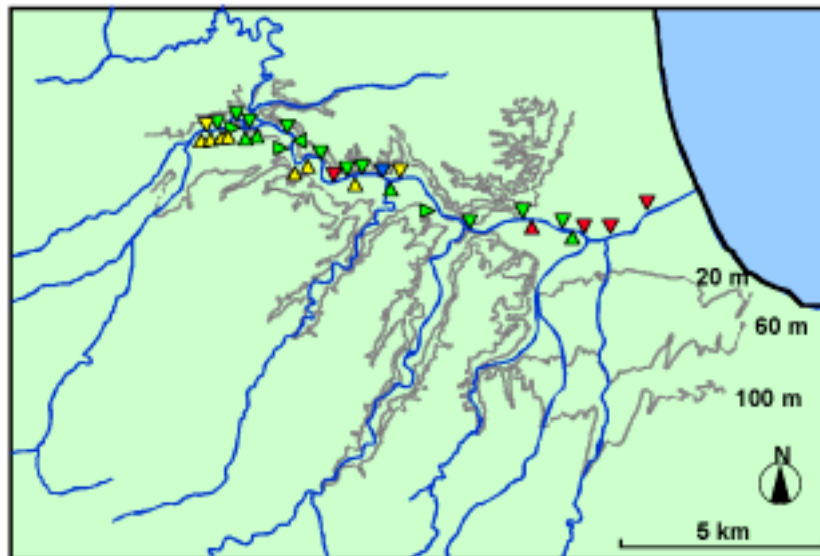


図 9. 遊楽部川水系におけるサケ産卵床(三角印)の分布。印の色は産卵床内の水温を示す(青:0 以上2 未満, 緑:2 以上4 未満, 黄:4 以上6 未満, 赤:6 以上8 未満)。灰色の線は等高線を表す。

今後の課題

これまで述べてきたように、サケ産卵床の環境と分布パターンについては、その一端を明らかにすることができました。しかし、それらの産卵床の質、すなわち自然産卵されたサケがどの程度生き残るか?については未解明な部分が多く残されています。このことは野生魚を復元するための場所(河川)の評価や人工的に産卵場を造成する際の基礎的知見として重要です。現在、産卵床の礫組成とサケ卵・仔魚の生残率との関係を解明するための研究が進行中です。

また、遊楽部川のように孵化場産魚が大量に放流されている河川において自然産卵するサケは本当に野生魚なのでしょうか?あるいは回帰遡上した孵化場産魚が偶然河川内で産卵しているだけなのでしょうか?このことが明らかになれば、孵化場産魚と野生魚がどの程度の空間スケールで共存可能か(例えば同一河川内、支流規模、水系規模等)という課題を解決する手がかりとなるでしょう。このためには、近年当センターに導入された耳石温度標識による大量標識技術が、孵化場産魚と野生魚の識別に役立つと考えられます。

参考文献

Bisson, P. A., J. L. Nielsen, R. A. Palmason, and L. E. Grove. 1982. A system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low stream flow. In *Acquisition and Utilization of Aquatic Habitat Inventory Information* (edited by N. B. Armantrout). West. Div., Am. Fish. Soc., Portland, Oregon. pp. 62-73.

Bjornn, T. C., and D. W. Reiser. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. In *Influence of Forest and Rangeland Management* (edited by W. R. Meehan). Am. Fish. Soc., Portland, Oregon. pp. 83-138.

Cooper, A. C. 1965. The effect of transported stream sediments on the survival of sockeye and pink salmon eggs and alevin. *Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Bull.*, 18: 71 p.

Frissel, C. A., W. J. Liss, C. E. Warren, and M. D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification -viewing streams in a watershed context-. *Envir. Manage.*, 10: 199-214.

帰山雅秀. 1999. サケ属魚類における野生魚と孵化場魚の生物学的相互作用. *水産育種*, 27: 33-44.

可児藤吉. 1944. 溪流棲昆虫の生態. *日本生物誌*, 昆虫, 上. 研究社, 東京. pp. 117-317.

Keller E. A. and W. N. Melhorn. 1978. Rhythmic spacing and origin of pools and riffles. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89: 731-743.

小林哲夫. 1968. サケとカラフトマスの産卵環境. *北海道さけ・ますふ化場研究報告* (22): 7-13.

Koski, K. V. 1975. The survival and fitness of two stocks of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from egg deposition to emergence in a controlled-stream environment at Big Beef Creek. Ph. D. thesis. University of Washington, Seattle, WA. 212 p.

Leman, V. N. 1993. Spawning sites of chum salmon, *Oncorhynchus keta*: microhydrological regime and variability of progeny in redds (Kamchatka River basin). *J. Ichthyol.*, 33: 104-117.