

北海道南部小溪流河川におけるシシャモの産卵場所選択

佐川志朗^{1,4} · 三沢勝也¹ · 妹尾優二² · 中村太士³

¹〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目 株式会社ドーコン環境保全部

²〒067-0023 江別市東光町102番地 流域生態研究所

³〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目 北海道大学大学院農学研究科

⁴現住所 〒501-6021 岐阜県羽島郡川島町官有地無番地 独立行政法人土木研究所自然共生研究センター

(2002年5月23日受付；2002年9月27日改訂；2002年10月6日受理)

キーワード：日本固有種，産卵場所選択，シシャモ，遡河回遊魚，絶滅

Shirou Sagawa*, Katsuya Misawa, Yuji Seo and Futoshi Nakamura. 2003. Spawning habitat selectivity of shishamo smelt *Spirinchus lanceolatus* in a small mountain stream in southern Hokkaido, Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 50(1): 63–66.

Abstract We examined the selectivity of spawning habitat for shishamo smelt (*Spirinchus lanceolatus*) in December 2001 at pools and riffles of the Pon-warui stream, located in southern Hokkaido, Japan. We analyzed the sampling sites of fertilized shishamo smelt eggs in relation to environmental variables using principal component analysis and ANOVA. The results showed that the eggs were distributed to the pools with shallow (2–22 cm), slow moving water (−0.07–0.10 m/sec) and fine substrate (sand: particle size <2 mm). The eggs are normally dispersed downstream from the spawning ground (riffle or glide) by the stream current and should settle down against the bank of pools, highlighting the importance of preserving the pool-riffle sequence throughout the river system.

*Corresponding author: Aqua Restoration Research Center, Public Works Research Institute, Mubanchi, Kanyuuchi, Kawashima-cho, Hashima-gun, Gifu 501-6021, Japan

秋の特産物として全国的に有名なシシャモ (*Spirinchus lanceolatus*) は日本固有種であり、産卵遡上河川の分布は、世界的にも北海道だけに限定される（後藤, 1991）。さらに、日高地方以西の個体群は、北海道で「絶滅の恐れのある地域個体群」に指定されている（北海道, 2001）。本種は、形態形質（疋田, 1913, 1930; 伊藤, 1958a, 1958b, 1963; 岡田ほか, 1981）、遺伝形質（大久保, 1989; 鈴木ほか, 2000）、卵発生・発育（疋田, 1958）、資源動態（小林ほか, 1985）に関して数多く報告されている。産卵生態については、伊藤（1964）が北海道太平洋側の沙流川と十勝川におけるシシャモの産卵期、産卵遡上要因、産卵場所および卵の分布密度等を報告している。また、岡田ほか（1975, 1976）は、水槽内でのシシャモの

産卵行動を明らかにしている。しかし、自然河川における物理環境特性と受精卵の着床場所を明らかにした研究はみられない。さらに、北海道（2001）が「絶滅の恐れのある地域個体群」に指定した日高地方以西の個体群の中でも、小河川の産卵遡上に関する研究はみられない。

以上のことから、本研究では、シシャモ卵の着床場所を河川の微環境スケール (Frissel et al. 1986) としてとらえ、物理環境特性から、産卵場所および着床場所の相互関係を明らかにすること目的とした。

調査場所と方法

調査河川の概要 調査河川は、北海道渡島支庁管内を流れ噴火湾に注ぐポンワルイ川である (Fig.

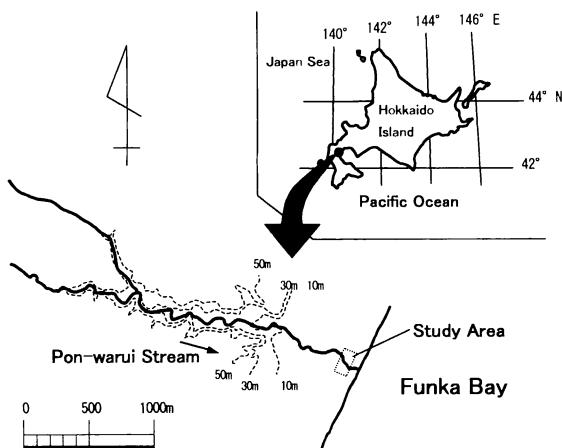


Fig. 1. Location of the study area in the Pon-warui stream. The small solid arrow and dashed lines indicate direction of stream flow and contour lines, respectively.

1). 流域面積は550 haであり、下流域の水面幅は、2 mから4 m程度の小溪流である。流域の大部分は、ブナ (*Fagus crenata*)、ミズナラ (*Quercus mongolica crispula*) およびトドマツ (*Abies sachalinensis*) 等からなる針広混交林によって占められているが、下流域にはヨシ (*Phragmites australis*) およびクマイザサ (*Sasa senanensis*) 等からなる海岸草原も分布する。調査区間は、河口から約150 m上流に位置する瀬および淵が2回連続する河道区間で (Fig. 2), 可見 (1944)による河川形態区分では、瀬・淵が比較的明瞭なAa-Bb移行型を呈する。調査区間には、ヨシおよびクマイザサからなる草本植生の他、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) からなる河畔林が成立している。河床は、小礫 (礫径2–16 mm) および中礫 (礫径17–64 mm) により構成されている。

着床卵採集および物理環境測定 着床卵は、口径20 cm、目合い0.5 mmの方形のタモ網を用い、2001年の12月中旬に採集した。採集地点は、調査区間より無作為に抽出し (瀬: 12地点、淵: 15地点; Fig. 2), 河床にタモ網を設置し、設置した個所から上流20 cmまで、深さ10 cmまでに存在する砂礫を採集した ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 0.004\text{ m}^3$)。砂礫中から採集された着床卵の確認は、採取した砂礫をホルマリン固定した後、実験室に持ち込み、実体顕微鏡下で行うことが適している。しかし、本調査河川で採取した卵の発生ステージは、外部からの振動および衝撃に強い発眼卵であったため、現地にて採取した砂礫からその場で目視により卵の有無を確認し、計数した後、速やかに採取箇所に戻す方法をとった。

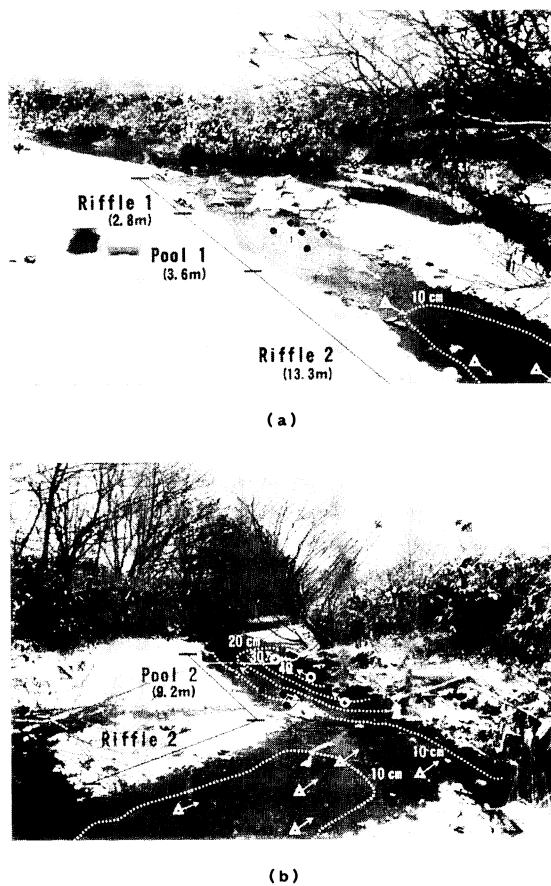


Fig. 2. Photographs of the study reach in the Pon-warui stream (a: upstream, b: downstream from the middle of reach). Sampling sites in pools and riffles where no eggs were found are denoted by open circles (○) and open triangles (△), respectively. Sampling sites in pools where eggs were found are indicated by solid circles (●). Arrows and broken lines indicate the current direction and isopleths of water depth, respectively.

砂礫を採取する前に、全採集地点で、河川の物理環境因子として、水深、流速および河床基質を明らかにした。水深は、計測棒を用い最小単位を1 cmで計測した。流速は、河床の直上で電気流速計 CM-ISX 型 (東邦電探株式会社、最小単位 0.01 m/sec) を用いて測定した。河床基質は、Bain et al. (1985) を参考とし、以下の6段階に目視区分した。1: 岩盤, 2: 砂 (礫径<2 mm), 3: 小礫 (礫径2–16 mm), 4: 中礫 (礫径17–64 mm), 5: 大礫 (礫径65–256 mm), 6: 巨礫 (礫径>256 mm)。

統計解析 本調査では、採集された卵数が1地点あたり5–7個と少なく、採集地点間の変異も小さかった。従って、各環境因子と卵数との相関関係を検討することはせず、卵が確認された箇所と

確認されなかった箇所の相互関係を、視覚的かつ総合的に把握することを目的に、主成分分析(PCA)を用いた。解析には、水深、流速、河床基質の3つの環境因子を標準化した値を用いた。序列軸は2軸まで採用し、各採集地点を平面図に配置させた。配置の際には、受精卵の確認・未確認および瀬・淵の区分が認知できるカテゴリーで図示した。さらに、各カテゴリー間において、各物理環境因子に対してノンパラメトリックの一元配置分散分析(ANOVA)を行った。分散分析により有意な差が認められた場合には、マンホイットニのU検定により、各群間の多重比較を行った。多重比較の際には、ボンフェローニの不等式に従い、有意水準は1.7%($=0.05/3 \times 100$)とした。

結果と考察

主成分分析の結果、3次元（水深、流速および河床基質）で表現される全採集地点のデータに対して、2軸までで88.72%の変異が説明された(Table 1)。その内、1軸の寄与率は55.64%と大きく、流速および河床基質と負の有意な相関を示した。2軸は水深と負の有意な相関を示した(Table 1)。各河道特性を反映し、淵は1軸の正の方向に、瀬は負の方向に位置した(Fig. 3)。受精卵が確認された箇所は、すべてが淵であり、瀬では確認されなかった(Fig. 2, 3)。さらに、確認箇所は、淵の中でも流速が遅く河床基質が細粒で、水深が浅いという特徴を示した(Fig. 3)。分散分析の結果からも、受精卵が確認された淵は、確認されなかった

Table 1. The result of principal component analysis for the environmental variables at each sampling site of fertilized eggs of shishamo smelt in the Pon-warui stream. Factor loading indicates the correlation coefficient of the environmental variables to each axis. Axis 1 was negatively correlated with the current velocity and dominant substrate, whereas axis 2 was negatively correlated with water depth

Variables	Factor loading	
	Axis 1	Axis 2
Water depth	0.38	-0.91*
Current velocity	-0.91*	-0.01
Dominant substrate	-0.83*	-0.40
Percent of variance (cumulative %)	55.64	88.72

* $P < 0.05$.

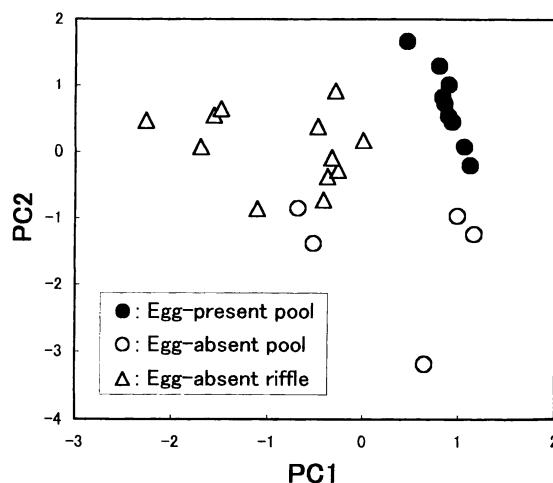


Fig. 3. The ordination of principal component analysis for the environmental variables (water depth, current velocity and dominant substrate) at each sampling site (riffle: 12, pool: 15) of shishamo smelt in the Pon-warui stream. Solid, open circles and open triangles indicate egg-present, egg-absent pools and egg-absent riffles, respectively.

淵より水深が浅く(2–22 cm)、流速が遅い(-0.07–0.10 m/sec)環境特性を持つことが明らかとなった(Table 2)。また、受精卵が確認された淵は、一様に細粒(砂: 磯径>2 mm)から成る河床基質を示した(Table 2)。シシャモの水槽内での産卵行動では、産卵の際に営巣または産卵床を掘る行為はみとめられず、雄の臀鰭が雌の排卵孔付近を巻き込み、わずかな空間で受精を行い、その後放出された受精卵が水中に広がることが報告されている(岡田ほか, 1975, 1976)。また、大河川におけるシシャモの産卵は、主に夜間、瀬および平瀬で行われる(妹尾, 未発表)。さらに、シシャモと同じくキュウリウオ科魚類に属し、遡河回遊魚に分類されるキュウリウオ(*Osmerus eperlanus mordax*)の着床卵は瀬、淵、平瀬のいずれにも分布し、瀬もしくは平瀬で放出された受精卵が川の流れに乗って様々な環境下に分散着床することが報告されている(佐川ほか, 2002)。以上のことを考慮すると、シシャモの産卵も瀬もしくは平瀬で行われるが、産卵した受精卵の大半は川の流れに乗って受動的に流下し、淵の中でも流れが滞留した箇所に沈降する可能性が高いと考えられる。従って、シシャモの受精卵をバランスよく広範囲に分散させるためには、それらを分散させるための流れのある瀬と平瀬、さらには着床させるための流れが滞留する淵が不可欠であり、それは、自然河川が本来有

する蛇行河道により涵養される瀬・淵の連続構造により維持されると考えられる。

シシャモは近年減少傾向にあり、特に日高地方以西の個体群は「絶滅の恐れのある地域個体群」に指定されている（北海道、2001）。本調査では、従来産卵が確認されていた大河川のみならず小河川も本種の産卵河川として機能していることが明らかとなった。本研究河川が流下する噴火湾沿いには同規模の小河川が多数分布し、これらの河川もシシャモの産卵河川として機能していることが想定される。従って、今後も小河川での産卵状況および生態知見を収集し、本種の保護、育成に資することが望まれる。

引用文献

- Bain, M. B., J. T. Finn and H. E. Booke. 1985. Quantifying stream substrate for habitat analysis studies. N. Am. J. Fish. Manag., 5: 499–500.
- Frissell, 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. Env. Manag., 10: 199–214.
- 後藤 晃. 1991. キュウリウオおよびシシャモの分布. 前田一歩園財団(編), pp. 281. 北海道自然環境図譜. 前田一歩園財団, 阿寒.
- 疋田豊治. 1913. 本邦産 Argentinidae の一新種に就いて. 動物学雑誌, 25: 127–129.
- 疋田豊治. 1930. 北海道及び樺太産シシャモの形態・習性及び分布について. 動物学雑誌, 42: 358–360.
- 疋田豊治. 1958. 柳葉魚(シシャモ) *Spirinchus lanceolatus* (Hikita) の発生について. 北海道立水産孵化場研報, 13: 39–49.
- 北海道自然環境課. 2001. 魚類. pp. 196–209. 北海道の希少野生動物－北海道レッドデータブック2001. 北海道自然環境課, 札幌.
- 伊藤小四郎. 1958a. 日高沿岸のシシャモの計測値について. 北海道立水産孵化場研報, 13: 51–57.
- 伊藤小四郎. 1958b. 柳葉(シシャモ)の生殖巣並びに孕卵数について. 魚類学雑誌, 7: 57–60.
- 伊藤小四郎. 1963. シシャモの生態調査 II, 地域性について. 北海道立水産孵化場研報, 18: 27–40.
- 伊藤小四郎. 1964. シシャモの生態調査 III, 天然産卵について. 北海道立水産孵化場研報, 19: 17–26.
- 可児篠吉. 1944. 渓流棲昆虫の生態. pp. 3–91. 可児篠吉全集. 思索社, 東京.
- 小林美樹・杉若圭一・岡田鳳二. 1985. 鶴川および沙流川におけるシシャモ資源の動態に関する考察. 北海道立水産孵化場研報, 40: 95–101.
- 岡田鳳二・工藤智・林和明. 1975. シシャモ *Spirinchus lanceolatus* (Hikita) の産卵生態—I, 水槽内での産卵行動について. 北海道立水産孵化場研報, 30: 31–38.
- 岡田鳳二・工藤 智・林 和明. 1976. シシャモ, *Spirinchus lanceolatus* (Hikita) の産卵における臀鰭の働きについて. 北海道立水産孵化場研報, 31: 155–156.
- 岡田鳳二・工藤 智・杉若圭一. 1981. シシャモの性成熟に伴う鰭の形態変化とその生殖行動における役割. 北海道立水産孵化場研報, 36: 1–10.
- 大久保進一. 1989. シシャモの遺伝的変異と集団構造. 北海道立水産孵化場研報, 44: 63–68.
- 佐川志朗・中村太士・妹尾優二・木村明彦・三沢勝也・入江潔・藤田真人・渡辺敏也. 2002. 北海道渡島地方小溪流河川における魚類の春季生息場所選択—実験的管理における作業仮説の提示—. 応用生態工学研究会誌, 5: 85–02.
- 鈴木研一・小林敬典・松石隆・沼知健一. 2000. ミトコンドリアDNAの制限酵素切断型多型解析から見たシシャモの遺伝的変異性. 日本国水学会誌, 66: 269–274.

Table 2. Comparison of environmental variables (above: minimum-maximum; below: median) among the three categories using the Kruskal-Wallis one-way ANOVA

Variables	Pool		Egg-absent (n=12)	Kruskal-Wallis one-way ANOVA	
	Egg-absent (n=5)	Egg-present (n=10)		H	P
Water depth (cm)	21–46 30 ^a	2–22 13 ^b	3–21 12 ^b	11.35	0.003
Current velocity (m/sec)	0.06–0.54 0.18 ^a	–0.07–0.10 –0.01 ^b	0.02–1.03 0.32 ^a	19.07	0.001
Dominant substrate*	2–5 4 ^{ab}	2–2 2 ^b	3–5 4 ^a	17.51	0.0002

Among categories, medians followed by the same superscript letter in a column are not significantly different from each other using the Mann-Whitney U-test ($P < 0.05$), conservatively adjusted with a Bonferroni procedure ($P < 0.017$). *1: bed rock, 2: sand (<2 mm), 3: gravel (2–16 mm), 4: pebble (17–64 mm), 5: cobble (65–256 mm), 6: boulder (>256 mm).