

池産系および遡上系サクラマスから生産されたスモルトの 河川回帰率の比較

青山 智哉*・大森 始・飯嶋 亜内・村上 豊
伊澤 敏穂・卜部 浩一・宮腰 靖之

北海道立水産孵化場

Comparison of adults return rates of hatchery-reared smolts originating from captive-brood and wild masu salmon

TOMOYA AOYAMA*, HAJIME OMORI, ANAI IJIMA, YUTAKA MURAKAMI
TOSHIO IZAWA, HIROKAZU URABE and YASUYUKI MIYAKOSHI

Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

Abstract A total of 53,511 and 27,261 age-1 hatchery-reared smolts originating from first generation captive-brood and wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*) were marked with a fin clip and released into the Ken-ichi River of southwestern Hokkaido in 2007. Some of them returned to the Ken-ichi River for spawning in 2008, and we estimated the number of fish using mark-recapture. As the number of adult masu salmon from captive-brood and wild age-1 smolts was estimated to be 537 ± 103 and 746 ± 155 respectively, each return rate into the river was calculated as 1.00 and 2.74%.

Key words : サクラマス, 親魚, 池産系, 遡上系, 回帰率

北海道に生息するサクラマスは、夏から秋にかけて道東地方を中心に漁獲されるサケ（シロザケ）やカラフトマスとは異なり、冬から春にかけて主に道南地方で漁獲される。サケやカラフトマスの漁獲量は近年増加傾向にあるのに対して、サクラマスの漁獲量は減少傾向にあり、1981年以降において1,000トンを超えたのは2ヵ年のみで、2001年には400トン以下にまで減少した（北海道立水産孵化場, 2008）。

サクラマスの増殖事業はサケ同様に河川へ遡上した親魚をウライなどで捕獲、採卵する方法（以下遡上系）で行なわれてきたが、捕獲後の成熟期間が長いなど卵の安定的な確保が困難なことから、稚魚を放流せずに飼育池で養殖し、親魚まで育てて採卵する方法（以下池産系）も併用されている（阿刀田, 1974）。また、放

流方法については従来、サケと同様に1g前後の稚魚放流が主体であったが（田中ら, 1971；坂本ら, 1984など）、釣りや河川環境の影響を受けない降海型幼魚（スモルト）にまで飼育して、放流する方法も増えている（真山ら, 1985；太田ら, 1986など）。

最近、継代回数が多い池産系サクラマスについてはスモルトの降海時期の遅れ（Koyama *et al.*, 2007）や起源河川の遺伝集団とは異なる特性（Edpalina *et al.*, 2004）が明らかになるなど、種苗性として課題のあることが指摘されている。その対策として、現在の生産は継代回数を1代（以下F1）から2代（以下F2）にとどめる方式が採用されている。

今後とも回帰効果の高い池産系サクラマスの種苗生産を維持するためには、遺伝的変化や放流効果をモニ

* E-mail: aoyamat@fishexp.pref.hokkaido.jp. Tel: 0123-32-2135. Fax: 0123-34-7233

タリングして、問題が確認された場合は改善するといった順応的管理が必要である。これまでも放流効果を評価するために標識放流が行なわれており、池産サクラマスにおいても沿岸漁獲物を対象とした広範囲な調査が行なわれている (Miyakoshi *et al.*, 2002)。しかし、モニタリング調査としては規模が大きく、継続性において困難な面が多い。一方、河川に遡上した親魚をウライによる捕獲や標識再捕により推定し、放流効果や野生魚の評価に用いられている事例も報告されている (宮本ら, 1994; 真山ら, 1985, 1989; 宮腰ら, 2007)。

本研究では、遡上系モルトと継代回数が少ない F1 池産系モルトを同一河川に放流し、河川回帰した親魚数を標識再捕法で推定し、河川回帰率の比較結果から放流効果について検討したので報告する。

材料および方法

調査場所

調査を行なった見市川は、北海道南西部の日本海側に注ぐ流路延長 15.4 km、流域面積 70.3 km² の小規模河川である (Fig. 1)。河口から約 8 km 上流の本流には砂防ダムがあり、魚道が設置されていないためそれより上流へサクラマスは遡上できない。また、河口から約 7 km 上流にも発電用のダムがあり、魚道は設置されているが調査を行なった年はほとんど通水していなかったため、それより上流へのサクラマスの遡上は困難と思われる。サクラマスの遡上が例年観察される支流は 2 本あり、河口から 4.5 km 上流の右岸側に冷水川が、5 km 上流の左岸側に二股川がそれぞれ本流と合流する。冷水川は本流との合流点から 800 m 上流にある魚

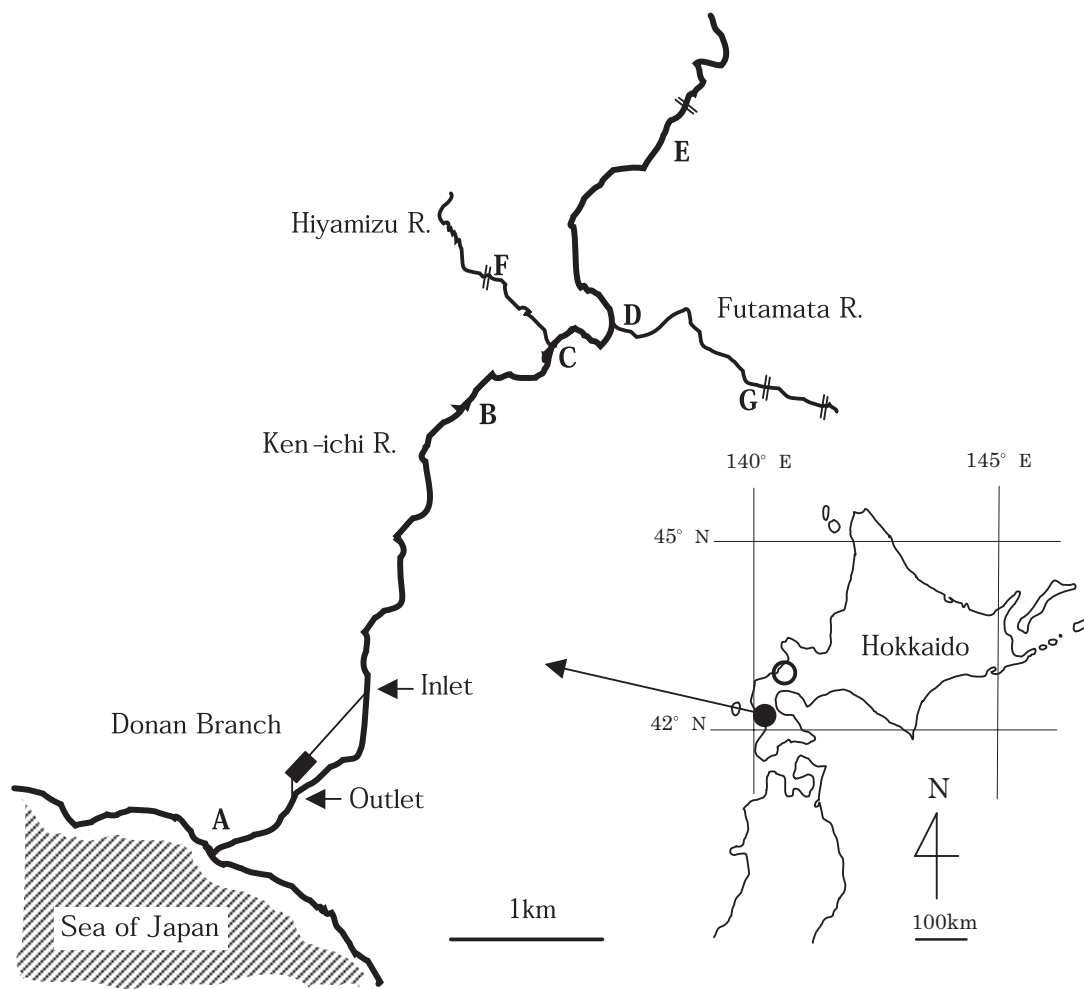


Fig. 1 Area map of study sites of Ken-ichi River (●), and Shiribetsu River (○) as an origin of the captive-brood. A-B: Tagging and release site. A-E, C-F, D-G: Recapture sites.

Table 1 Number of hatchery-reared masu salmon smolts into Ken-ichi River

Strain	Date	Number of fish	Fork length (cm)	Body weight (g)	Parts of fin clipped
Shiribetsu (captive-brood F1)	14. May. 2007	19,460	14.4	30.2	-
		53,511	14.7	31.3	adipose + left pelvic or dorsal
Ken-ichi (wild)		96,358	14.4-14.7	30.2-31.5	-
		27,261	14.2	28.7	adipose + right pelvic
Total		196,590			

道の無い治山ダムまで、二股川は本流との合流点から約 1.5 km 上流にある魚道が設置されているが機能していない治山ダムまでがそれぞれサクラマスの遡上可能な区間である。したがって、サクラマスの遡上可能範囲をほぼ網羅する見市川本流の河口から 6.1 km、冷水川の本流合流点から 800 m および二股川の本流合流点から 1.1 km の区間で調査を行なった。なお、調査を行なった区間は、保護水面に指定されており、特別な許可が無ければすべての水産動物が採捕できない。

スモルトの起源と標識放流

調査対象とした池産系サクラマスは北海道南西部日本海側の尻別川 (Fig. 1) に遡上した親魚から採卵した種苗を、北海道立水産孵化場道南支場内の飼育池で親魚まで育て、その親魚から採卵した卵から生産された尻別川を起源とする池産系 (以下、尻別川池産系) F1 の 1 + スモルトである。一方、遡上系サクラマスは見市川に遡上した親魚から採卵した卵から生産された 1 + スモルトである。なお、見市川には過去 20 年以上に亘り尻別川池産系サクラマスが放流されている。

池産系スモルトは 72,971 尾が生産され、そのうち 53,511 尾 (73%) に脂鰭と背鰭あるいは脂鰭と左腹鰭の二箇所を切除した (Table 1)。また、遡上系スモルトは 123,619 尾が生産され、うち 27,261 尾 (22%) に脂鰭と右腹鰭の二箇所を切除した。2007 年 5 月 14 日にこれら標識スモルトを、無標識魚とともに見市川の河口から 600 m 上流にある道南支場の池尻から見市川へ放流した。放流時の標識スモルトの平均体重は、池産系および遡上系でそれぞれ 31.28 および 28.68 g であった。なお、スモルト以外に 1 g 前後の尻別川池産系稚魚が 2004 年を除き毎年 5 万尾程度放流されている。

標識再捕による回帰親魚調査

2008 年 8 月 22, 25, 26 日および 9 月 9, 10 日にそれぞれ見市川本流の河口から 4 km 上流までの区間において、口径 60 cm のたも網 4 本と目合い 6 cm の投

網 2 反を用いて親魚を採捕し、採捕場所および、雌雄、鰭の切除部位を確認した後、通し番号を記したダーツ型タグを背鰭基底後部付近に付けて採捕場所に放流した。また、調査時にダーツ型タグが付いている個体が採捕された場合は、タグ番号を記録した。

2008 年 9 月 24 日に前述の支流を含めた調査区間において、たも網を用いて斃死個体を含む親魚を採捕し、採捕場所、雌雄、鰭の切除部位およびダーツ型タグの番号を記録した後、鰓蓋にパンチで穴を空け、採捕した場所に放流した。また、9 月 11 日から 10 月 7 日にかけて道南支場の取水口から入ってきた親魚および排水口に遡上してきた親魚をたも網、ひき網を用いて採捕し、採捕場所、雌雄、鰭の切除部位、ダーツ型タグの番号および 9 月 24 日以降は鰓蓋のパンチ穴の有無についても記録した。

遡上尾数および池産系、遡上系スモルトの回帰率推定

サクラマス親魚の遡上尾数の推定は、鰭切除標識魚を含めた全体の遡上尾数と、鰭切除標識魚の遡上尾数については池産系と遡上系別に、それぞれ Petersen 法を用いて以下の式により算出した。また、スモルトの回帰率については推定された回帰尾数を放流尾数で除して算出した。

$$\hat{N} = \frac{N_2 N_1}{M}$$

(N : 推定尾数, N_1 : ダーツ型タグ標識放流数, N_2 : 9 月 11 日以降の採捕数, M : 9 月 11 日以降のダーツ型タグ標識再捕数)

また、標準誤差 (SE) を次の式により計算した。

$$SE = \sqrt{\frac{N(N_1 - M)(N_2 - M)}{M^2}}$$

結 果

標識放流および再捕

河川へ遡上したサクラマス親魚へダーツ型タグを付けて放流した尾数は1,027尾であり、そのうち258尾が再捕された。再捕率は25.1%であった。池産系および遡上系スマルトの回帰親魚はタグを付けて放流した中に171および148尾が、再捕された中に50および48尾がそれぞれ含まれていた (Table 2)。再捕時にダーツ型タグが脱落した形跡が認められた個体は僅か3尾 (1.2%) であり、脱落したとしても形跡は明瞭に確認できた。

遡上尾数および池産系、遡上系スマルトの回帰率推定

ダーツ型タグを用いた標識再捕の結果 (Table 2)、見市川に遡上した親魚の総数 (±標準誤差) は5,521 (±268) 尾と推定され、鱭切除標識された池産系スマルトの回帰親魚は537 (±53) 尾、遡上系スマルトの回帰親魚は746 (±79) 尾と推定された。また、河川回帰率 (±標準誤差) は池産系および遡上系でそれぞれ1.00 (±0.10) および2.74 (±0.29)% と計算され、遡上系の回帰率が有意に ($P < 0.05$) 高かった (Table 3)。

考 察

河川のサクラマスの遡上親魚尾数を調べた例は少なく、多くはウライ等の捕獲装置での捕獲データを集計したものである (真山ら, 1985, 1989; 宮本ら, 1994)。

唯一、宮腰ら (2007) は北海道日本海側の小規模河川である厚田川において標識再捕法を用いて自然繁殖のサクラマスの遡上親魚尾数を調べた。ただ、母集団そのものが400尾前後と小さいため、年、性別によって推定精度が低いこともあったと報告している。本報告では同様に標識再捕法を用いて、見市川に遡上したスマルト放流由来の回帰親魚を含むサクラマスの親魚尾数の推定を試みたが、母集団が5,000尾を超える大きさであること、見市川は厚田川に比べさらに河川規模が小さいため、標識時には深い淵では投網を、瀬ではたも網を用いた採捕で十分な漁獲効率が得られ、9月下旬の再捕時には瀬を中心としたたも網のみを用いた採捕と、道南支場の取排水口での採捕とで効率よく十分な再捕率 (25% 前後) が得られたことが精度の高い推定に繋がったと考えられる。したがって、見市川においては標識再捕法により放流効果をモニタリングすることは可能であると考えられた。

この方法で推定された池産系親魚の尾数は537尾、遡上系は746尾であったが、これらは鱭切除標識されたスマルトに由来するものである。鱭切除標識スマルトと無標識スマルトとの放流比率から、無標識魚を含めた両系の遡上尾数を計算してみると、池産系が732尾、遡上系が3,383尾となり、全体尾数である5,521尾から差し引いた残りの尾数は1,406尾 (25%) となる。毎年5万尾程度の稚魚放流も実施しているが、過去に

Table 2 Numbers of masu salmon adults captured, and Petersen estimates in Ken-ichi River in 2008

	All returned fish	Fin clipped fish	
		Captive-brood	Wild
Number of fish tagged (N_1)	1,027	171	148
Number of fish recovered (N_2)	1,387	157	242
Number of tagged fish recaptured (M)	258	50	48
Estimated number of fish returned (N)	5,521	537	746
Standard error (SE)	268	53	79

Table 3 Estimated adults return rates of hatchery-reared smolts originating from captive-brood and wild masu salmon

	Strain	
	Captive-bred	Wild
Number of fish released (A)	53,511	27,261
Estimated number of fish returned (B)	537	746
Standard error (C)	53	79
Return rate (%) (B/A)	1.00	2.74
Standard error (%) (C/A)	0.10	0.29

見市川で行なった稚魚放流の沿岸回帰率 (0.22 ~ 0.53%) は、スモルト放流 (2.84 ~ 4.05%) の 1 割程度と低いことから (宮腰, 2006), 1,406 尾の多くが自然産卵由来のサクラマスと考えられる。

池産系および遡上系の河川回帰率は、それぞれ 1.00 および 2.74% と計算された。これまで報告されている河川回帰率は、北海道日本海側の信砂川放流の暑寒別川池産系で 0.31 ~ 0.46% (宮本ら, 1994), 尻別川放流の尻別川遡上系で 0.138 ~ 0.7% (真山ら, 1985; 1989), 斜里川遡上系で 0.004 ~ 0.011% (真山ら, 1989), また斜里川放流の尻別川遡上系では 0.023 ~ 0.039% (真山ら, 1989), 斜里川遡上系では 0.500 ~ 0.821% (真山ら, 1989) となっている。これら既知の結果と比較すると本報告で得られた河川回帰率は、池産系、遡上系ともに高い割合であった。

河川回帰率を比較すると池産系サクラマスは遡上系に比べて低いことが明らかとなった。これまでの報告によると、継代回数が多い池産系 (F3 ~ F5) では、河川起源が同じ遡上系に比べて、遺伝的組成の違い、多様性の低下 (Edpalina *et al.*, 2004), さらにはスモルトの降海時期の遅れ (Koyama *et al.*, 2007) が報告されているが、継代回数が少ない池産系においては、少なくとも遺伝組成の違いや降海時期の遅れは認められていない (Edpalina *et al.*, 2004; Koyama *et al.*, 2007)。

ところで、河川遡上数のデータを用いて遡上系と池産系の回帰率を比較する場合には、継代の有無以外の要因で生ずる影響も考慮することが必要である。たとえば、放流サイズの違いなど放流条件の違いも強く回帰率に影響することが報告されている (Miyakoshi *et al.*, 2001)。見市川に放流された両系のスモルトサイズは、若干池産系の方が大きかったことから、過去のスモルトサイズと回帰率との関係から判断して (Miyakoshi *et al.*, 2001), この差が池産系の回帰率の低下を引き起こす要因とは考えにくい。

一方、池産系と遡上系の起源が同じ集団であることも重要な条件である。たとえば、遺伝的に異なる集団であるサクラマスを交換移殖放流すると、河川回帰率が地元集団の 1/20 以下になるとの報告が尻別川と北海道オホーツク海側の斜里川の遡上系サクラマスで報告されている (真山ら, 1989)。見市川には 20 年間以上に亘り尻別川池産系種苗を放流し続けているため、見市川に回帰した親魚由来の遡上系スモルトも尻別川系サクラマスの血を強く受け継いでいるものと考えられる。ただし、先に考察したように、見市川には自然

産卵し、それから河川回帰したサクラマスも比較的多く見られることから、もともとの見市川起源に加えて、尻別川池産系を起源として放流されてきたサクラマスの中にも見市川に適合した集団が存在している可能性も考えられる。このような見市川遡上系サクラマスと、尻別川を起源として生産され、見市川への回帰を過去に一度も経験していない池産系サクラマスとでは、単純に起源が同じであると考えすることはできず、このことが、本調査結果で示された池産系と遡上系の河川回帰率の違いに影響している可能性は否定できない。

したがって、今後、これらの問題を考慮して、継代回数の少ない池産系と遡上系との放流効果を検証するに当たっては、見市川に回帰した遡上系サクラマスと、一代前に見市川に遡上し、その遡上親魚から生産された同一年級の見市川池産系サクラマスを同一サイズで放流するといった試験設定が必要であろう。

要 約

1. 2008 年の 8 月下旬および 9 月上旬に見市川へ遡上したサクラマス親魚 1,027 尾にダーツ型タグを付けて放流し、そのうちの 258 尾を 9 月中旬から 10 月上旬に再捕した。
2. Petersen 法により見市川に遡上したサクラマスは 5,521 (± 268) 尾と高い精度で推定された。
3. 2007 年春に見市川へ放流された池産系と遡上系スモルトの河川回帰率は、それぞれ 1.00 および 2.74% と推定され、遡上系の方が有意に高かった。
4. 本試験で使用した池産系と遡上系は、必ずしも同一河川を起源とした集団とは認められないことから、今後は同一河川に遡上した親魚に由来する種苗をもとに試験放流をすることが必要である。

謝 辞

ダーツ型タグの使用方法をご教唆いただきました日高管内さけ・ます増殖事業協会の鷹見達也氏、道南支場の排水口での採捕の際にご協力いただきました北海道立水産孵化場の小出展久氏、畑山 誠氏、小林美樹氏、宮本真人氏、杉村とし子氏、手塚弘子氏、紅谷節子氏、坂本広江氏、中山幸子氏に深謝いたします。

文 献

- 阿刀田光紹(1974). 池中養成サクラマス¹の生態に関する知見. I. 種苗の初期生残率, 性比, 0年魚の分化及び親魚の孕卵数について. 北海道立水産孵化場研究報告, **29**, 97-113.
- Edpalina, R. R., Yoon, M., Urawa, S., Kusuda, S., Urano, A. and Abe, S. (2004). Genetic variation in wild and hatchery populations of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) inferred from mitochondrial DNA sequence analysis. *Fish Genetics and Breeding Science*, **34**, 37-44.
- 北海道立水産孵化場 (2008). 平成18年度事業事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭.
- 春日井潔・藤原 真・小林美樹 (2004). 池産系サクラマスの継代回数と放流後の回帰率の関係. 魚と水, **40**, 64-65.
- Koyama, T., Nagata, M., Miyakoshi, Y., Hayano, H. and Irvine, J. R. (2007). Altered smolt timing for masu salmon *Oncorhynchus masou* resulting from domestication. *Aquaculture*, **273**, 246-249.
- 真山 紘・大熊一正・野村哲一・松村幸三郎 (1985). 尻別川におけるサクラマスのスマルト放流試験 - 1981年春放流標識魚の回帰 -. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, **39**, 1-16.
- 真山 紘・野村哲一・大熊一正 (1989). サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の交換移殖試験 2. 地場産魚と移殖魚の降海移動と親魚回帰の比較. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, **43**, 99-113.
- Miyakoshi, Y., Nagata, M. and Kitada, S. (2001). Effect of smolt size on postrelease survival of hatchery-reared masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Fisheries Science*, **67**, 134-137.
- Miyakoshi, Y., Nagata, M., Shimoda, K., Sugiwaka, K. and Kitada, S. (2002). Assessment of stocking effectiveness of hatchery-reared age-0 and age-1 masu salmon smolts through a fish market survey in Hokkaido. *Fisheries Science*, **68 (Supplement I)**, 908-911.
- 宮腰靖之(2006). 北海道におけるサクラマスの放流効果および資源評価に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報告, **60**, 1-64.
- 宮腰靖之・鷹見達也・春日井 潔・大森 始・竹内勝巳・永田光博 (2007). 小河川での標識再捕によるサクラマスの遡上尾数の推定. 北海道立水産孵化場研究報告, **61**, 11-18.
- 宮本真人・平野和夫・大久保進一・浅見大樹 (1994). 信砂川および風連別川に放流したサクラマスの回遊と回帰. 魚と水, **31**, 227-231.
- 太田博巳・神力義仁・西村 明・本間正男・松原敏幸・佐藤長蔵 (1986). 突符川に放流された池産1+スマルトサクラマスの降海行動. 北海道立水産孵化場研究報告, **41**, 47-54.
- 坂本博幸・河村 博・田中寿雄 (1984). 池産サクラマス標識魚の回帰(予報). 北海道立水産孵化場研究報告, **39**, 105-111.
- 田中哲彦・石田昭夫・松川 洋・石川嘉郎・薫田道雄 (1971). 人工ふ化サクラマス稚魚の河川放流に関する研究 - 1報 目名川とその支流における分散と定着についての観察. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, **25**, 1-17.