

北海道東部の河川と海中に放流したサケの回帰と河川遡上率

宮腰靖之*, 藤原 真, 安藤大成, 永田光博

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Return of chum salmon released from a river and a net-pen in eastern Hokkaido

YASUYUKI MIYAKOSHI*, MAKOTO FUJIWARA, DAISEI ANDO and MITSUHIRO NAGATA

Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan*

Marked juvenile chum salmon, *Oncorhynchus keta*, were released from the Abashiri River and a net-pen installed in the fishing port near the river mouth from 2003 to 2005 to compare the numbers of marked fish recovered in coastal commercial fishery and in river catch for broodstock. The number of marked fish recovered in the coastal fishery was higher for net-pen release than for river release for fish stocked in 2003, but lower for fish stocked in 2004 and 2005. The numbers of recovered fish in the river was observed to be lower for net-pen releases than for river releases in all cases when compared to the number of recoveries in the coastal fishery. Although release from a net-pen can be an effective stocking method for chum salmon, it should not be considered for broodstock collection. In addition, return timing and maturity level also differed between fish released from the river and the net-pen.

キーワード：回帰，海中飼育，サケ，北海道

北海道へのサケ *Oncorhynchus keta* の回帰数は1970年代以降，急速に増加し，1990年代以降は変動しながらも歴史的に高い資源水準を維持している (Miyakoshi *et al.*, 2013)。このように北海道のサケが近年高い資源水準を保っていることには北太平洋の良好な海洋環境 (帰山, 2004) とふ化放流技術の向上 (小林, 2009) が大きく寄与しているものと考えられている。

現在，北海道内の145河川および海中に設置された74地点の生簀から毎年春に合わせて約10億尾の稚魚が放流され，秋には4,000万尾前後 (2005～2014年の10ヵ年平均4,432万尾) の成魚が回帰する。北海道のサケのふ化放流事業では，稚魚は河川を中心に放流されてきたが，1970年代後半からは海中に設置した生簀で飼育した後に放流する方法 (海中飼育放流) も行われるようになった (野川・八木沢, 2011; 関, 2013)。最近では海中飼育放流による放流数は増加し，2000年代には4,800万尾であった放流数が，2010年には9,300万尾まで増加した (ただし，2015年には8,605万尾に減少した)。

最近の北海道でサケの海中飼育放流を行う目的はいく

つかあり，1) 稚魚の飼育のためのふ化飼育施設が不足している地区において，飼育密度が過密になる前に稚魚を生簀へ移し陸上施設の飼育密度の緩和を図る，2) 稚魚の放流に適した河川のない地域において漁場間の漁獲量の均衡を図る，3) 大型の稚魚を養成し回帰率を高める，などが挙げられる。サケ科魚類では河川を降河途中の幼稚魚の死亡率の高いことが知られており (Larsson, 1985; Gunnerød *et al.*, 1988; Thedinga *et al.*, 1994)，また，海水移行時に海中馴致することにより生残が高まることを示唆した研究例もあるが (小島ら, 1990)，河川放流に対して海中飼育放流がどの程度サケの回帰率を高めるかは1970年代の岩手県での調査事例 (飯岡, 1982) があるのみで十分な知見は蓄積されていない (関, 2013)。

一方，海中飼育を経たサケは母川回帰率が低いことが指摘されている (関, 2013)。河川放流数を減らしてその分，海中飼育放流数を増やすと，来遊数が少ない時には親魚が不足する懸念があるため，十分な親魚が確保できるよう検討された上で河川ごとあるいは海中飼育する放流数を調整する必要がある。ただし，上述した回帰率と

同様、海中に放流されたサケの母川遡上率についても十分な知見は蓄積されていない。

本研究では北海道オホーツク海東部の網走地区において、河川と海中からサケ稚魚を標識放流し、沿岸への回帰と河川遡上数を比較したので、その調査結果を報告する。

試料および方法

標識放流 本研究での標識放流は北海道オホーツク海側の網走地区で実施した。網走川に遡上したサケから2002～2004年の9月下旬あるいは10月上旬に採卵し (Table 1), 卵を網走川水系に位置する相生ふ化場 (一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会) に収容し, 卵の管理を行った。稚魚が浮上した後は給餌飼育をし, 5月上旬に稚魚を網走ふ化場 (同協会) へ輸送し, 鰭切除による標識を施した。河川放流群は右腹鰭を切除し, 海中放流群は左腹を切除し, 両群を識別できるようにした (Table 1)。放流数は各群およそ10万尾程度とした。

放流は各年級の採卵の翌年にあたる2003～2005年の5月に実施した。2002年級の標識魚は, 2003年5月8～10日に放流場所へ輸送し, 河川放流群は網走川の河口から約8.5 km上流の地点に放流し, 海中放流群は網走川の河口から約2 km東に設置した海中飼育用生簀の外側に放流した。つまり, 2002年級の海中放流群は海中の生簀では飼育しておらず, この年は河川放流と海中への直接放流の比較ということになる。一方, 2003年級および2004

年級では, 稚魚を放流場所へ輸送し, 河川放流群をそのまま網走川へ放流したのに対し, 海中放流群は生簀に収容して8日あるいは12日間, 飼育した後に放流した。放流時の標識魚の魚体サイズをTable 1に示したが, ここで2003年級および2004年級の海中放流群のサイズは生簀に投入時のものであり, 海中飼育後の標識魚の放流時の魚体サイズのデータは得られなかった。

回帰調査 回帰した標識魚の調査は4年魚および5年魚として回帰したサケを対象に実施した。沿岸への回帰は, 網走市沿岸の定置網で漁獲されたサケについて, 9月上旬のサケ定置網の操業開始以降, 岸壁での水揚げ時の銘柄選別作業の際に見つかった標識魚を取り分け, 鱗を採取して年齢査定を行った。その際, 標識魚の成熟度を外観からギンケ, Aブナ, Bブナ, Cブナの4段階 (羽田野, 1985) に区分して記録した。標識魚の発見作業は漁業者に依頼して実施し, その際, 調べた尾数を毎回記録することはできなかった。また, 選別に従事する関係者全員に標識調査が徹底されていたわけではないため, 標識の見落としも相当数あった。

河川への標識魚の回帰は, 網走川捕獲場 (Fig. 1) で捕獲されたサケを対象に標識の有無を調べた。捕獲後, 採卵用に蓄養されたサケについては採卵作業時に標識魚を取り分けて, 鱗を採取し年齢査定を行った。また, 採卵用以外で捕獲作業時に見つかった標識魚も取り分け, 鱗を採取して年齢査定を行った。ただし, この作業でも調査尾数を記録することはできなかった。このように本研

Table 1 Date, site, number, mean weight, and mark of chum salmon released in 2003–2005.

Brood year	Date of egg fertilization	Release date	Release site	Number of fish released	Mean fork length (cm)	Mean weight (g)	Mark (fin clipping)	Number of days reared in net-pen
2002	8 October	8–9 May 2003	Abashiri River	100,200	4.9	0.98	Right pelvic fin	-
		9–10 May 2003	Net-pen	103,100	4.9	0.98	Left pelvic fin	0
2003	29 September	17 May 2004	Abashiri River	100,400	5.1	1.04	Right pelvic fin	-
	1 October	26 May 2004	Net-pen	105,000	5.1	1.04	Left pelvic fin	8
2004	29 September and 2 October	17 May 2005	Abashiri River	109,000	5.3	1.10	Right pelvic fin	-
		31 May 2005	Net-pen	110,000	5.3	1.09	Left pelvic fin	12

究では、沿岸においても河川においても標識魚の発見努力量が年や調査日によって異なり、標本抽出率が評価できないことから、同じ年級の放流群の4年魚と5年魚の回帰尾数を合計し放流数に対する回帰率などを計算することはできなかった。そこで、同じ年級の2群の発見尾数の差から河川放流と海中放流の比較をすることとした。

なお、標識魚の年齢査定は宮腰（2013）と同様に行った。

結果

沿岸および河川での標識魚の発見尾数 4年魚および5年魚で回帰した標識サケの発見尾数を Table 2 に示した。沿岸漁業物中の標識魚の発見尾数は、2002年級は海中放流群が4年魚、5年魚ともに河川放流群を上回ったが、2003年級は4年魚、5年魚ともに河川放流群が海中放流群を上回った。2004年級は4年魚では河川放流群が海中放流群を上回ったが、発見尾数の少なかった5年魚では海中放流群が河川放流群を上回る結果となり、この年級のみ4年魚と5年魚とで放流による発見尾数の多寡が異なる結果となっ

た。

一方、河川捕獲での標識魚の発見尾数は、2002年級は4年魚の調査は実施せず、5年魚だけであるが河川放流群と海中放流群がほぼ同数であった。2003年および2004年級は4年魚、5年魚ともに河川放流群が海中放流群を大きく上回った (Table 2)。

河川遡上率の比較 河川遡上率あるいは河川回帰率を比較するため、沿岸漁獲での標識魚の発見尾数に対する河川捕獲での発見尾数の比率をみると (Table 2; 最右列)、海中放流群は河川放流群と比べてその比率が常に低く、生簀で飼育することなく海中に直接放流した2002年級の5年魚では河川放流の0.69、生簀で8~12日間の飼育をした2003年および2004年級では河川放流の0.04~0.51となっており (Table 2)、海中放流では河川遡上率が河川放流と比べて顕著に低くなっていた。

漁獲時期および成熟度 沿岸では9月中旬を中心に標識魚が水揚げされ、標識魚の採卵月日 (Table 1) である9月下旬あるいは10月上旬を過ぎるとその数はわずかとなった (Fig. 2)。河川放流のほうが海中放流と比べて沿岸での漁獲時期がやや早い傾向がみられ (χ^2 検定 4年魚 $P = 0.07$, 5年魚 $P < 0.05$; ここでは漁獲時期を9月中旬, 9月下旬, 10月上旬以降とし2×3分割表として検定した) (Fig. 3; 上段), さらに放流方法ごと年齢別にみると、5年魚のほうが4年魚よりも漁獲時期が早い傾向もみられた (Fig. 3; 上段)。

一方、河川でも9月下旬を中心に標識魚が捕獲され、標識魚の採卵月日を過ぎた10月に入るとその数はわずかと

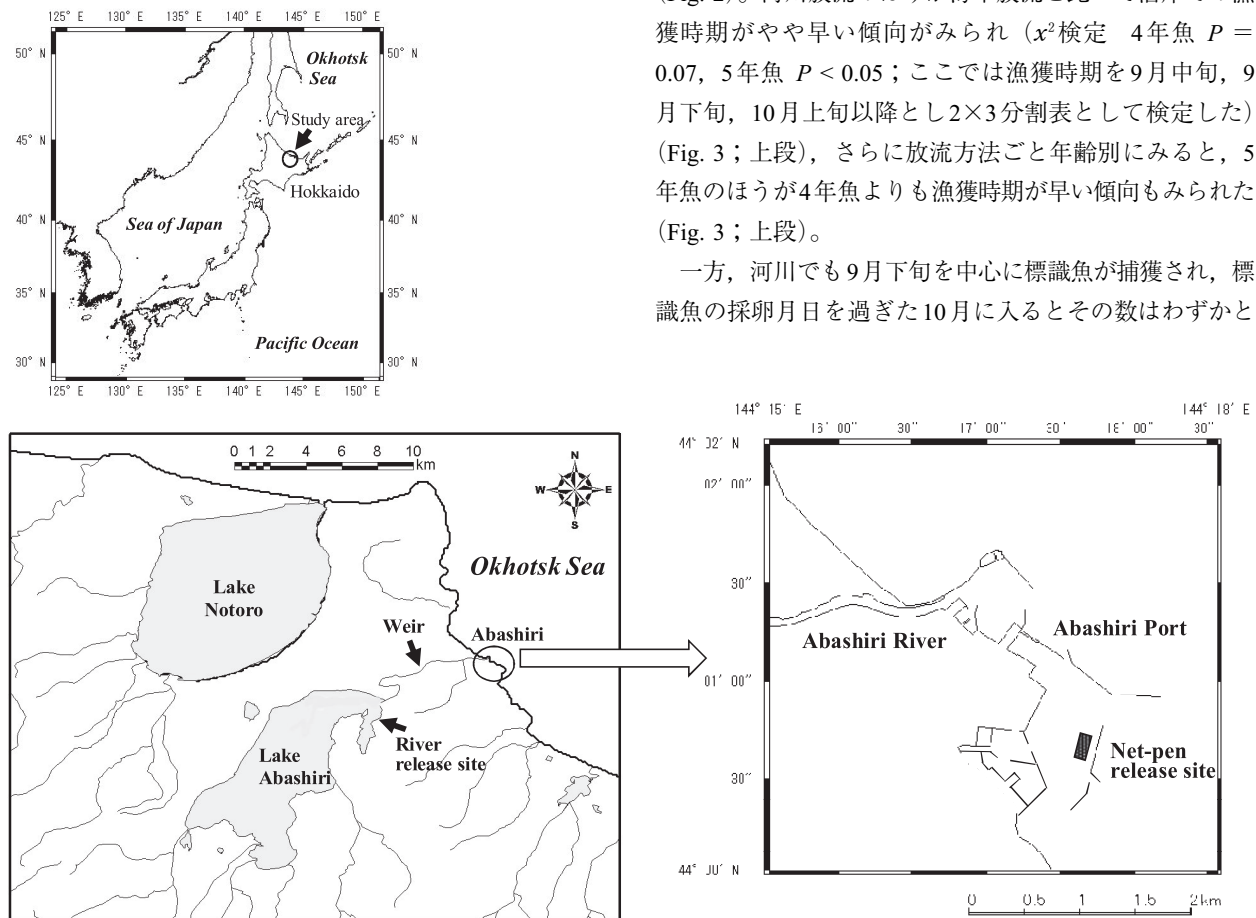


Fig.1 Map of the Abashiri River and Abashiri Port where marked juvenile chum salmon were released. Returning chum salmon were captured by the weir installed in the Abashiri River.

Table 2 Number of marked chum salmon recovered in coastal commercial fishery and in river broodstock collection in the Abashiri River.

Brood year	Age at return	Year of return	Number of mark recoveries in coastal commercial fishery			Number of mark recoveries in river broodstock collection			Return rate to river
			River release (A)	Net-pen release (B)	Ratio (A : B)	River release (C)	Net-pen release (D)	Ratio (C : D)	Ratio of river release to net-pen release (C/A : D/B)
2002	Age-4	2006	9	17	1 : 1.89	-	-	-	-
	Age-5	2007	17	27	1 : 1.59	34	37	1 : 1.09	1 : 0.69
	Total		26	44	1 : 1.69	34	37	1 : 1.09	1 : 0.64
2003	Age-4	2007	15	3	1 : 0.20	49	5	1 : 0.10	1 : 0.51
	Age-5	2008	31	12	1 : 0.39	73	7	1 : 0.10	1 : 0.25
	Total		46	15	1 : 0.33	122	12	1 : 0.10	1 : 0.30
2004	Age-4	2008	23	12	1 : 0.52	68	15	1 : 0.22	1 : 0.42
	Age-5	2009	5	9	1 : 1.80	181	11	1 : 0.06	1 : 0.04
	Total		28	21	1 : 0.75	249	26	1 : 0.10	1 : 0.14

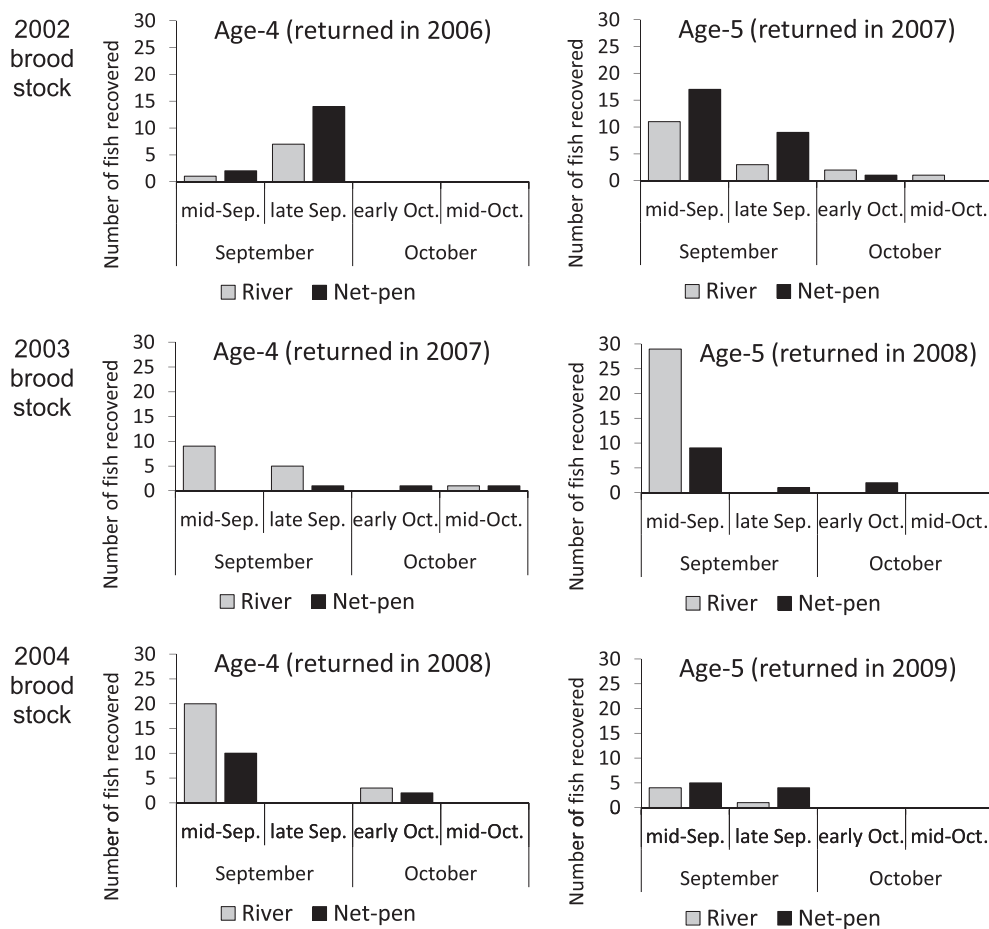
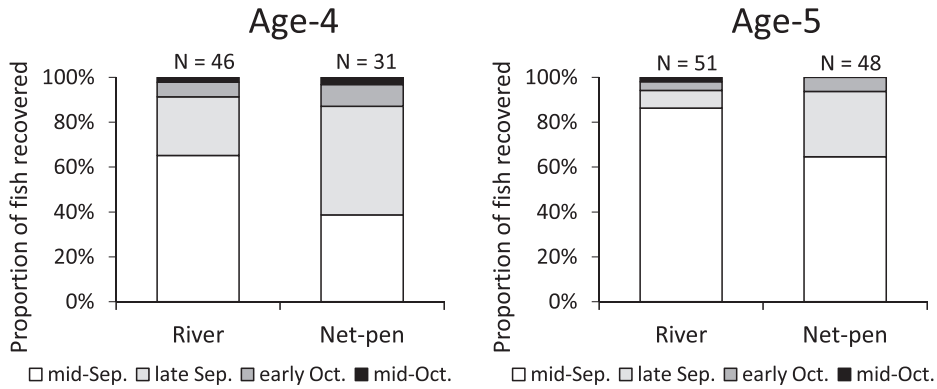


Fig.2 Number and timing of marked chum salmon recovered as age-4 and age-5 fish in the coastal commercial fishery from 2006 to 2009.

Coastal catch



River catch

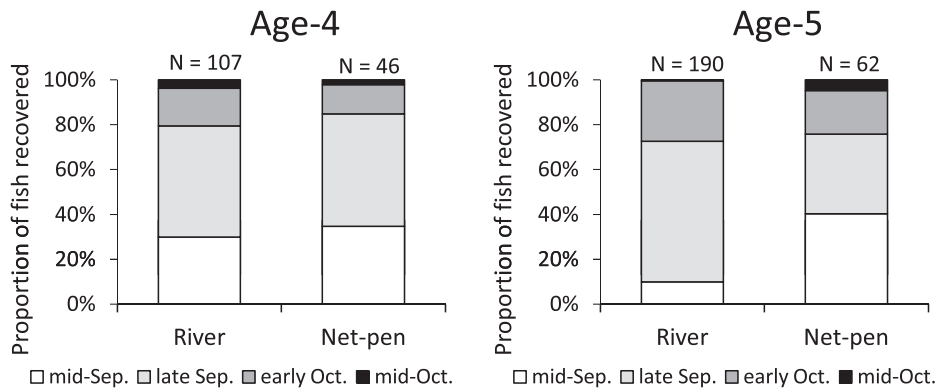


Fig.3 Recovery timing of marked chum salmon in the coastal commercial fishery (upper panels) and in broodstock collection in the Abashiri River (lower panels) from 2006 to 2009.

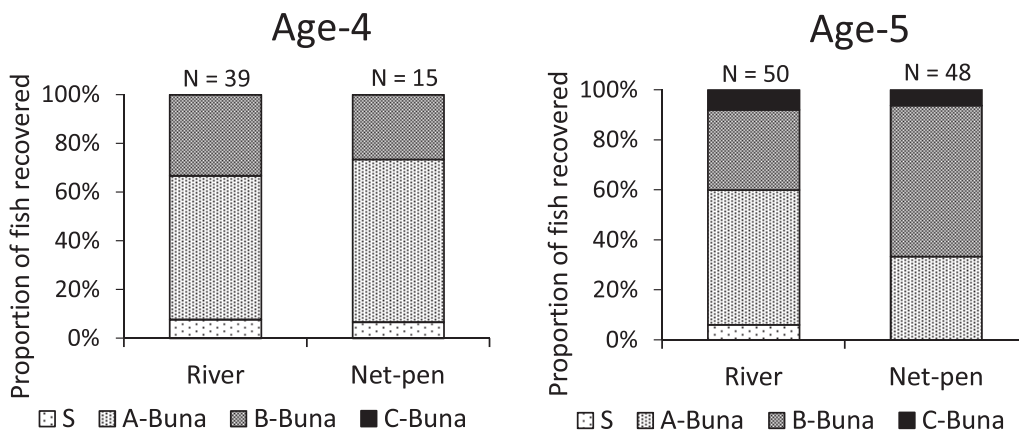


Fig.4 Maturity level of marked chum salmon recovered in the coastal commercial fishery from 2006 to 2009. Chum salmon was classified into four classes of maturity level based on appearance, S (silvery fish called Ginke), A-Buna, B-Buna, and C-Buna (completely matured), as defined by Hatano (1985).

なった (Fig. 3; 下段)。海中放流および河川放流された標識魚の捕獲時期を比べると, 4年魚では違いはみられなかったが (χ^2 検定 $P = 0.69$; ここでは捕獲時期を9月中旬, 9月下旬, 10月上旬以降とし2×3分割表として検定した), 5年魚では有意な差がみられた (χ^2 検定 $P < 0.01$) (Fig. 3; 下段)。

沿岸で漁獲された標識魚の成熟度を比較すると, 4年魚では河川放流と海中放流には違いはみられないものの (χ^2 検定 $P = 0.64$; ここではギンケとAブナを合計し, BブナとCブナを合計して2×2分割表として検定した), 5年魚では海中放流のほうが成熟度が進んだ魚の割合が高い傾向がみられた (χ^2 検定 $P < 0.01$) (Fig. 4)。年齢別にみると5年魚のほうが4年魚よりも成熟度が進んだ魚の割合が高い傾向がみられた。

考 察

本研究では北海道オホーツク海側の網走川および網走沿岸から2002~2004年採卵の3年級を対象として, サケ稚魚を標識放流し, 両群の沿岸および河川への回帰尾数を調べた。沿岸での回帰尾数は海中放流のほうが多い年級 (2002年級) がみられた一方, 河川放流のほうが多い年級 (2003年級) もあり, 一概に海中放流の効果が高いとの結果とはならなかった。これは岩手県における先行研究の結果と同様と言える (飯岡, 1982; 関, 2013)。放流後のサケ稚魚の生残率には年変動があり, 河川と沿岸の環境や飼育管理の仕方も異なることから, 二つの方法による放流効果が変動することは自然な結果とも言える。放流前の海水馴致はサケの回帰率を高めるとの報告もあり (小島ら, 1990), また, 海外の研究事例を見ても河川の河口域や沿岸域から放流したサケ科魚類の種苗の回帰率が高い事例もみられており (Wertheimer *et al.* 1983; Ward and Slaney 1990; Salminen and Erkamo 1998), 海中飼育放流は降海直後のサケ稚魚の生残率を高めるには一定の効果が期待される。河川放流, 海中飼育放流のいずれにせよ, 放流稚魚の種苗性や放流時期が重要であり, 適切な飼育管理が行われることが不可欠と言える。

河川遡上率あるいは河川回帰率を比較するために, 沿岸漁獲での標識魚の発見尾数に対する河川捕獲での発見尾数の比をみると (Table 2; 最右列), 河川放流群が海中放流群を常に上回った。このことは, 河川遡上率あるいは河川回帰率は海中放流では明らかに低下することを意味するものと考えられる。サケの放流事業では放流用種卵の確保が重要であり, この観点からみると, 海中飼育放流した稚魚では河川遡上率が低下するため, 親魚確保には不向きであると言える。北海道におけるサケの放流

尾数と親魚の捕獲尾数は毎年北海道庁が定める「さけ・ますふ化放流計画」で定められ, 最近の各地区の放流数はほぼ一定に保たれている。海中飼育放流数を増やす場合には, 同地区内の河川放流数を減らすなどの調整が必要であるが, その際は放流事業に必要な親魚が十分に確保できることが前提となるものと考えられる。

本研究では具体的なデータの少なかった海中放流による回帰効果と河川遡上率のデータが得られた。さらに, 沿岸での漁獲時期や成熟度にも放流方法間で違いがみられる傾向も示唆された。ただし, 本研究での海中での飼育日数は8~12日間であり, 実際の放流事業での海中飼育の日数と比べ短い (2013年度の全道の海中飼育の平均日数は29日, 範囲は12~67日: 北海道さけ・ます増殖事業協会, 2015)。2002年級では飼育せずに生簀の設置場所の横に放流するなど, 本研究では海中での飼育日数が年によっても異なっており, このことが回帰数や河川遡上率の年級間の違いの要因となっている可能性もある。また, 2003年級および2004年級の海中飼育後の放流サイズのデータも得られておらず, さらに, 回帰調査も標本抽出率が不明であるなど, 本研究は海中飼育放流の回帰率や河川遡上率を定量的に評価できる調査計画にはなっていない。放流効果は実施場所の条件, 飼育管理の仕方, 自然環境要因の年変動によって左右されることが予想されるので, 調査計画もさらに精査した上でさらに海中飼育放流の効果に関する調査データを蓄積していくことが必要であるものと考えられる。

謝 辞

本研究におけるサケの標識放流は, 一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会, 網走漁業協同組合と共同で実施し, 水産総合研究センターさけますセンターのご協力を賜りました。回帰調査では網走合同定置漁業の皆様にご協力をいただきました。これらの皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Gunnerød TB, Hvidsten NA, Heggberget TG. Opensea releases of Atlantic salmon smolts, *Salmo salar*, in central Norway, 1973–83. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1988; **45**: 1340–1345.
- 羽田野六男. ブナ化と成分変化. 水産学シリーズ55「秋サケの資源と利用 (座間宏一・高橋裕哉編)」恒星社厚生閣, 東京. 1985; 68–83.
- 北海道さけ・ます増殖事業協会. 平成25 (2013) 年度さ

- け・ます増殖事業成績書. 公益社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会, 札幌, 2015; 35-36.
- 飯岡主悦. シロザケ稚魚海中飼育放流による沿岸回帰特性. 別枠さけ・海中飼育放流. 昭和56年度報告. 東北区水産研究所, 1982; 35-46.
- Kaeriyama M. Dynamics of chum salmon, *Oncorhynchus keta*, populations released from Hokkaido, Japan. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.* 1998; 1: 90-102.
- 婦山雅秀. サケの個体群生態学. 「サケ・マスの生態と進化 (前川光司編)」文一総合出版, 東京. 2004; 137-161.
- 小林哲夫. 「日本サケ・マス増殖史」北海道大学出版会, 札幌. 2009.
- 小島 博, 新谷康二, 山下幸悦, 佐々木義隆, 宮本真人, 黒川忠英, 松原貞夫, 岩田宗彦. 海水馴致処理を経たサケの回帰. 北海道立水産孵化場研究報告 1992; 46: 17-22.
- Larsson P-O. Predation on migrating smolts as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar* L., populations. *J. Fish Biol.* 1985; 26: 391-397.
- Miyakoshi Y, Nagata M, Kitada S, Kaeriyama M. Historical and current hatchery programs and management of chum salmon in Hokkaido, northern Japan. *Rev. Fish. Sci.* 2013; 21: 469-479.
- 宮腰靖之, 安藤大成, 藤原 真, 虎尾 充, 隼野寛史, 卜部浩一. 北海道オホーツク海側の河川に遡上したサケの魚体サイズの特徴. 北海道水産試験場研究報告 2013; 84: 21-29.
- 野川秀樹・八木沢功. さけます類の人工孵化放流に関する技術小史 (飼育管理編). 水産技術 2011; 3: 67-89.
- Salminen M, Erkamo E. Comparison of coastal and river releases of Atlantic salmon smolts in the river Kokemaenjoki, Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 1998; 55: 1071-1081.
- 関 二郎. さけます類の人工孵化放流に関する技術小史 (放流編). 水産技術 2013; 6: 69-82.
- Thedinga JF, Murphy ML, Johnson SW, Lorenz JM, Koski KV. Determination of salmonid smolt yield with rotary-screw traps in the Situk River, Alaska, to predict effects of glacial flooding. *N. Am. J. Fish. Manage.* 1994; 14: 837-851.
- Ward BR, Slaney PA. Returns of pen-reared steelhead from riverine, estuarine, and marine releases. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1990; 119: 492-499.
- Wertheimer AC, Heard WR, Martin RM. Culture of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts in estuarine net pens and returns of adults from two smolt releases. *Aquaculture* 1983; 32: 373-381.