

北海道日本海側の河川に遡上したサケの年齢組成

宮腰靖之*, 青山智哉, 藤原 真, 實吉隼人, 楠田 聡, 川村洋司, 小山達也, 卜部浩一, 安藤大成

さけます・内水面水産試験場

Age composition of chum salmon returning to rivers on the Sea of Japan side of Hokkaido

YASUYUKI MIYAKOSHI*, TOMOYA AOYAMA, MAKOTO FUJIWARA, HAYATO SANEYOSHI,
SATOSHI KUSUDA, HILOSHI KAWAMURA, TATSUYA KOYAMA, HIROKAZU URABE, AND DAISEI ANDO

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

Numbers of chum salmon *Oncorhynchus keta* returning to Hokkaido have been at a historically high level since the 1990s; however, recent return rates in the Sea of Japan area fluctuated within a low level. To assess the difference in the return rates of juveniles released in each river, we began to assess the age compositions of chum salmon returning to rivers in the Sea of Japan area. Scales of chum salmon in 10 rivers and 14 rivers were sampled in 2009 and 2010, respectively, and ages were determined. Similar trends were generally observed among the age compositions of chum salmon captured in rivers in the same regions in both years. In 2009, rivers in the same regions generally clustered together in the cluster analysis. Post-release survivals of hatchery-reared juveniles are different among rivers, hatcheries, and fish quality. This study indicates environmental factors, e.g. coastal sea water temperature, would affect the survivals of hatchery-reared chum salmon commonly within each region of the Sea of Japan area.

キーワード：サケ，日本海，年齢組成，ふ化放流

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。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。現在北海道に回帰するサケの多くは放流魚であるとされ，北海道のサケのふ化放流事業は資源増殖の世界的な成功例とされる（Kaeriyama, 1999）。現在，北海道内の140河川および海中に設置された80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，秋には約5,000万尾（2001～2010年の10ヵ年平均5,014万尾）の成魚が回帰する。北海道のサケ増殖では全道を5海区（オホーツク，根室，えりも以東太平洋，えりも以西太平洋，日本海）14地区（それぞれの海区を2～4地区に区分）に分けて親魚捕獲やふ化放流計画が策定され，ふ化放流事業

が行われている。各地区での放流効果を検証あるいは資源評価をするため，北海道立水産孵化場（現さけます・内水面水産試験場）では各地区で捕獲尾数の多い1～3河川を調査河川として抽出し，捕獲されたサケの年齢組成を毎年調べている（北海道立水産孵化場，2001～2010）。調査河川の年齢組成を基に地区内の河川に遡上したサケの年齢組成が推定され，さらに，その年齢組成を各地区の沿岸漁獲尾数にも乗じることにより，各地区の年齢別回帰数が推定される。

このようにして各地区の年齢別回帰尾数が評価されるため，調査河川の年齢組成が当該地区に回帰するサケの年齢組成に強く反映されることとなる。ふ化放流を主体とする現在のサケの増殖では，放流河川ごと，放流群ごとに稚魚の生き残りは異なるものと考えられる。そのため，同一地区内の河川間でも年齢組成は異なる可能性がある。しかし実際には，鱗を採取して年齢組成を調べる

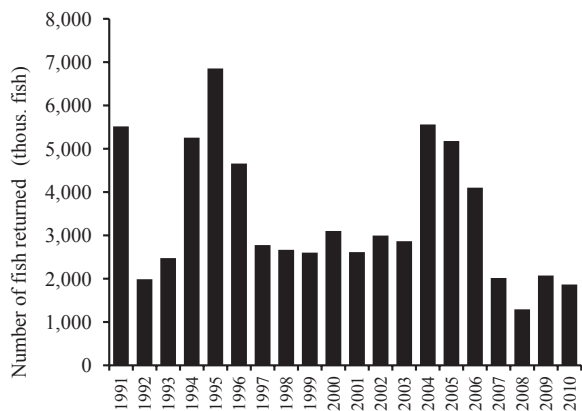


Fig. 1 Recent number of chum salmon returned to the Sea of Japan area of Hokkaido

ことには労力的にも限界があり、地区内の多くの河川間で年齢組成を比較した研究例はみられない。

近年、資源水準が以前と比べて低く推移している日本海区でも (Fig. 1) (Miyakoshi *et al.*, 2007), 5~6河川で年齢組成が調べられてきた。日本海区では資源回復に向けた方策の検討が急がれており、これらの調査河川以外に遡上したサケの年齢組成も調べてそれぞれの河川の放流魚の回帰率を調べることで、資源回復に向けた方策を検討することが重要であるものと考えられる。そこで、著者らは2009年から日本海側の複数の河川で年齢組成調査を開始した。調査は各河川からの放流魚の生き残りを評価することを目的としており数年間のデータの蓄積が必要であるが、本報告では2009年および2010年の2年分の調査結果から日本海区の各河川でのサケの年齢組成の特徴について報告する。

方 法

調査河川 北海道日本海側でのサケの増殖は、北部（宗谷岬～雄冬岬）、中部（雄冬岬～神威岬）、南部（神威岬～白神岬）の3地区に分けて事業が行われている (Fig. 2)。北海道立水産孵化場による日本海区におけるサケの年齢組成の調査は、2000～2001年は天塩川、暑寒別川、千歳川、野東川、利別川の5河川、2002～2003年は天塩川、暑寒別川、千歳川、野東川、利別川、厚沢部川の6河川、2004年以降は天塩川、暑寒別川、千歳川、尻別川、利別川、厚沢部川の6河川で実施されている（北海道立水産孵化場, 2002-2011）。これらの河川ではウライ（河川を横断して設置される捕獲施設）で捕獲された採卵用親魚のうち、毎旬1回、雌雄各50尾から鱗を採取し、年齢を査定している。

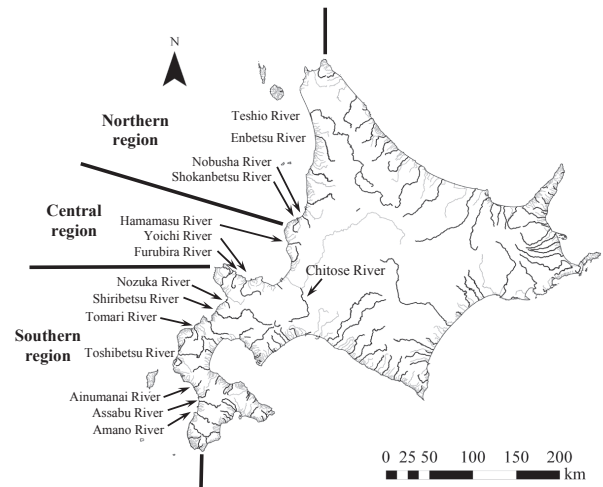


Fig. 2 Locations of rivers where scales of chum salmon were sampled to examine the age composition.

本研究ではこれらの河川に加え、2009年は余市川、古平川、野東川、泊川の4河川、2010年は遠別川、信砂川、浜益川、余市川、古平川、野東川、相沼内川、天の川の8河川でも鱗を採取し、年齢組成を調査した (Table 1)。これらの河川のうち、浜益川、古平川、泊川の3河川を除く河川ではウライを設置し、遡上した親魚の大部分を捕獲した。一方、浜益川、古平川、泊川の3河川では曳網により数回の捕獲が行われた。これらの各河川では、2000年以降毎年調査を実施している河川と同様に、原則として毎旬、雌雄各50尾から年齢査定用の鱗を採取するようにしたが、実際には親魚の蓄養の際に捕獲した親魚を区分できない場合や毎旬捕獲を行わない場合もあり、旬ごとの採鱗ができない河川もあった (Table 1, *印)。

年齢査定 各河川で採取した鱗は、実験室で採鱗用紙から剥してシャーレに移して蒸留水に浸し、表面の粘膜、ゴミなどを取り除いた後、ガム（水貼り）テープに貼り付けた。室温で乾燥後、ガムテープの鱗を添付した面と透明塩化ビニル板（60×120×0.5 mm）を重ね合わせて、ヒーター付プレス機を用いて鱗のレプリカ標本作製した。レプリカ標本作成時のプレス機のプレートの温度は約70℃に設定し、圧力8トンで3分間加圧した後、圧力を10トンに増してさらに2分間加圧した。出来上がった鱗のレプリカを万能投影機で50倍に拡大して年齢を査定した。年齢査定の基準は小林（1961）に従った。年齢査定は2者が独立して行い、結果を照合して査定ミスを防いだ。

年齢別捕獲数の推定と分析 得られた年齢組成をそれぞれ河川ごとに、旬別、雌雄別に捕獲尾数に乗じた。それらを合計することにより、河川ごとの年齢別捕獲尾数を推定した。

推定された各河川の年齢組成や年齢別捕獲尾数を用い

Table 1 List of rivers where chum salmon were sampled for scale to determine age composition in 2009 and 2010

Region	No.	River	Gear to collect broodstock	2009			2010		
				Duration of broodstock collection	Number of fish captured	Number of days scale sampled	Duration of broodstock collection	Number of fish captured	Number of days scale sampled
Northern region	1	Teshio River	Weir	26 Aug.- 4 Nov.	51,935	7	26 Aug.- 5 Nov.	101,625	6
	2	Enbetsu River	Weir	11 Sep.- 30 Oct.	18,103	-	14 Sep.- 31 Oct.	32,177	3
	3	Nobusha River	Weir	10 Sep.- 23 Oct.	17,366	-	13 Sep.- 25 Oct.	13,988	5
	4	Shokanbetsu River	Weir	13 Sep.- 24 Oct.	25,048	4	15 Sep.- 27 Oct.	16,286	5
Central region	5	Hamamasu River	Seine	4 Oct.- 20 Oct.	108	-	14 Sep.- 25 Oct.	3,164	4
	6	Chitose River	Weir	21 Aug.- 18 Dec.	78,735	9	21 Aug.- 18 Dec.	113,422	12
	7	Yoichi River	Weir	10 Sep.- 7 Nov.	12,775	2 *	6 Sep.- 13 Nov.	22,876	6
	8	Furubira River	Seine	19 Sep.- 24 Oct.	2,910	2	17 Oct.- 7 Nov.	2,009	1
Southern region	9	Nozuka River	Weir	9 Sep.- 23 Oct.	12,136	2 *	21 Sep.- 31 Oct.	6,736	3
	10	Shiribetsu River	Weir	21 Aug.- 27 Oct.	20,511	6	23 Aug.- 2 Nov.	9,348	6
	11	Tomari River	Seine	17 Sep.	393	1	-	-	-
	12	Toshibetsu River	Weir	3 Sep.- 5 Nov.	33,786	5	7 Sep.- 6 Nov.	19,642	6
	13	Ainumanai River	Weir	8 Sep.- 31 Oct.	7,804	-	18 Sep.- 31 Oct.	5,343	2 *
	14	Assabu River	Weir	5 Sep.- 31 Oct.	9,613	5	11 Sep.- 31 Oct.	7,387	4
	15	Amano River	Weir	30 Aug.- 31 Oct.	7,247	-	7 Sep.- 31 Oct.	5,233	2 *

* Asterisks indicate scales were not sample every 10 days

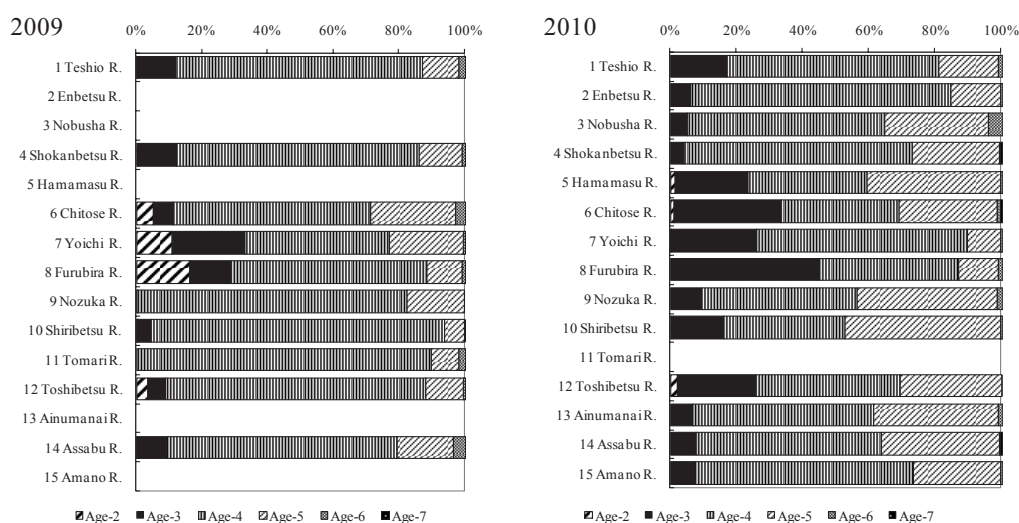


Fig. 3 Age composition of chum salmon returning to rivers in the Sea of Japan area in 2009 and 2010.

て、次の二つの解析を行った。はじめに、各河川の年齢組成を用いてWard法によるクラスター分析を行った。2009年と2010年では調査河川が異なることから分析は年毎に行った。次に、各河川での年齢別捕獲尾数について2009年と2010年との間の数的な関係を調べるため、2009年の2年魚と3年魚の捕獲尾数の比と翌2010年の3年魚と4年魚の捕獲尾数の比の関係、2009年の3年魚と4年魚の捕獲尾数の比と翌2010年の4年魚と5年魚の捕獲尾数の比の関係について線形回帰分析を行った。ここで、2009年と2010年の2 ヶ年とも調査を実施した9河川のうち、曳網で捕獲をした古平川では、2 ヶ年で捕獲回数が異なることから捕獲数の量的な比較は適当ではない可能性があるため分析から除外した。

結 果

地理的に近い河川間では似通った年齢組成を示すことが多く見られた (Fig. 3)。2009年に調査した北部の2河川 (天塩川および暑寒別川) は3年魚が11.7%および12.0%、4年魚が75.5%および73.7%、5年魚が10.9%および13.4%と極めて近い値を示した。一方、中部の3河川では2年魚の比率 (5.1~16.4%) が高く、4年魚の比率が低い (44.2~60.1%) 傾向が見られた。南部の4河川 (野東川、尻別川、泊川、利別川) では4年魚の比率が極めて高く (79.3~90.0%)、3年魚の比率が低い (0~5.5%) 傾向が見られた。

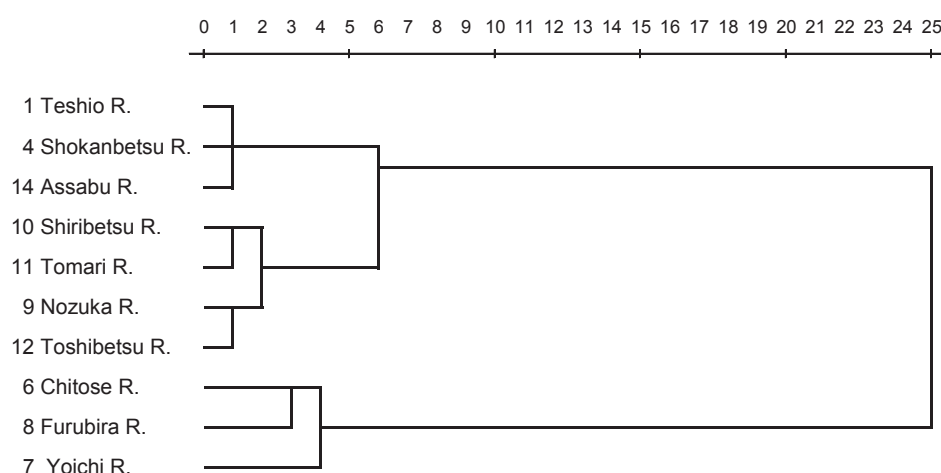
調査河川の中で最南部に位置する厚沢部川は南部の他の4河川と比べて4年魚の比率がやや低めで（70.3%）、3年魚の比率が高い（9.0%）傾向が見られた。

2010年は前年とは大きく異なる結果となった。北部の3河川（遠別川、信砂川、暑寒別川）は3年魚の比率が低く（4.2～6.2%）、4年魚の比率が高めであった（59.7～78.7%）。ただし、最北部に位置する天塩川は3年魚の比率が高く、他の3河川とはやや異なる年齢組成を示した。中部の4河川は3年魚の比率が高い（22.0～44.7%）傾向が見られた。南部の河川では3年魚の比率が低く、5年魚の比率が高い傾向が見られた。ただし南部の中でも利別川のみ3年魚の比率が高く、他の河川とはやや異なる年齢組成であった。

このように地理的に近い河川間では年齢組成も近い値を示すことが多く、クラスター分析でも2009年は中部の千歳川、余市川、古平川が一つのクラスターを形成し、北部の2河川や南部の河川もほぼ同一のクラスターに含まれた（Fig. 4）。この年の調査河川のうち最南部に位置する厚沢部川のみ、北部の河川とクラスターを形成したのが唯一の例外であった。2010年も地区内では似通った年齢組成がみられたが、クラスター分析では2009年のように明確な地区ごとのクラスターは形成されなかった。

次に、年齢別捕獲尾数について2009年と2010年との間の数的な関係を見てみると、2009年の2年魚と3年魚の捕獲尾数の比と翌2010年の3年魚と4年魚の捕獲尾数の比の関係、2009年の3年魚と4年魚の捕獲尾数の比と翌2010年

2009



2010

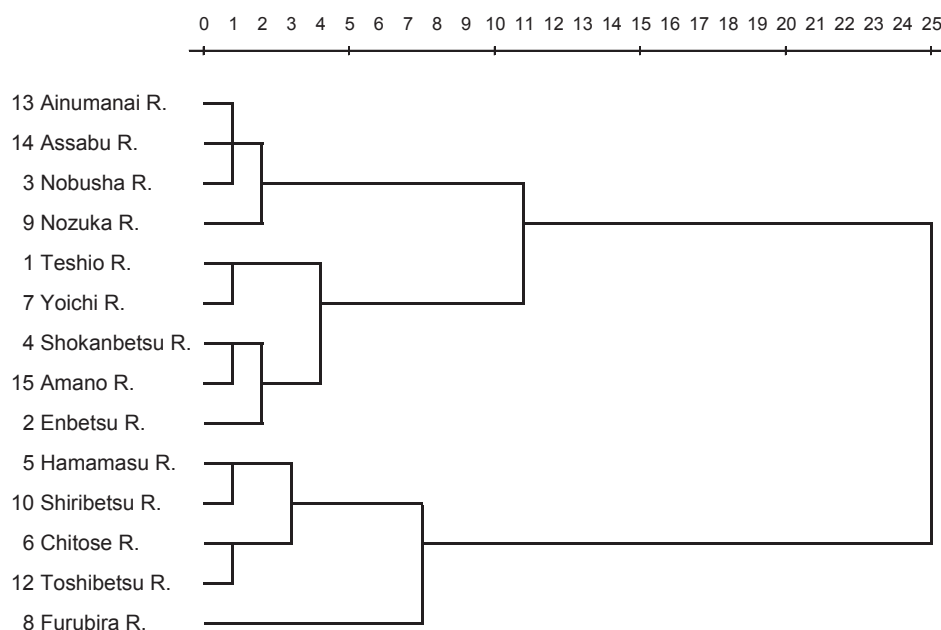


Fig. 4 Dendrogram for rivers surveyed for age composition of chum salmon in 2009 and 2010.

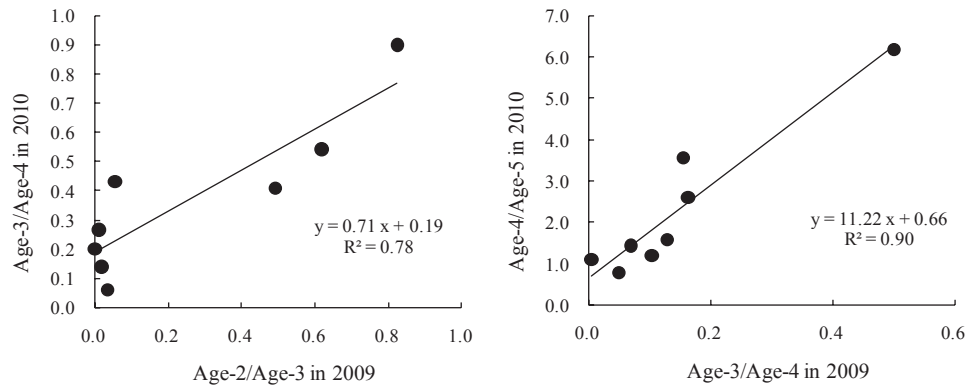


Fig. 5 Relationships between the ratio of number of age-2 chum salmon to number of age-3 fish in 2009 and that of number of age-3 fish to number of age-4 fish in 2010 in each river (left panel) and the ratio of number of age-3 fish to number of age-4 fish in 2009 and that of number of age-4 fish to number of age-5 fish in 2010 in each river (right panel).

の4年魚と5年魚の捕獲尾数の比の関係を見ると有意な正の相関がみられ、連続する2つの年級群の捕獲尾数の比は翌年の捕獲尾数の比に反映することが示された (Fig. 5)。

考 察

本研究では北海道日本海側に位置する河川のうち、2009年には10河川、2010年には14河川に遡上するサケの年齢組成を調べた。現在、北海道日本海側で増殖用のサケ親魚を毎年捕獲している河川は14河川あるが、漁期前に不漁が予測されたため、それら14河川に加えて2009年は6河川、2010年には3河川で補完的に親魚捕獲を実施した。ただしそれらの河川での捕獲数は少なく、本研究では、すべてではないものの日本海側の捕獲河川の多く、特に2010年はほとんどの河川で調査を実施し、河川間および地区間のサケの年齢組成を調べたこととなる。

調査を実施した河川はいずれも毎年放流が行われている河川であり、自然産卵由来のサケの遡上尾数が多くなるとすれば、各河川のサケの年齢組成は各年級の放流魚の生き残りの相対的な比により変動する。本研究では2ヵ年の調査結果しかないため各河川での年級間の生存率に関して多くの議論はできないが、3年魚に対する2年魚の比が高い年の翌年は4年魚に対する3年魚の比も高く、同様に4年魚に対する3年魚の比が高い年の翌年には5年魚に対する4年魚の比が高い結果が得られた (Fig. 5)。このことは海洋生活初期の生き残りが高く、若齢魚の回帰が相対的に良好な年級群は翌年以降の回帰も良好である傾向を示すものと言える。

各河川から放流される稚魚はそれぞれ異なる施設で飼育され、放流月日、場所、サイズ、種苗性など様々な条件が異なる。そのため、各河川の年齢組成からサケの資源評価をする際には飼育ならびに放流の実施状況を詳し

く精査することが不可欠と言える。本研究で年齢組成を調べた河川における放流の実施状況の分析は今後の課題であるが、本研究において、地理的に近い河川が似通った年齢組成を示したことから (Fig. 3)、種苗性の違いはあるにせよ、放流後の沿岸環境などの環境要因が同一地区の異なる河川から放流された稚魚に同じように作用している可能性を示唆するものと推測される。

また、2ヵ年とも積丹半島を境に年齢組成が大きく異なったことに代表されるように、年齢組成の違いが見られる境界が現在のサケの増殖地区の境界とも概ね一致していた。現在のサケのふ化放流事業では、日本海中部と南部のように地区間の種卵の移殖が毎年行われる事業計画となっている地区もあり、サケの増殖に用いる種卵の系群が必ずしも地区ごとに厳格に管理されているわけではない。同じ河川で採卵した種卵の移殖放流なども行われているため、そのような措置が地区間あるいは地区内の河川間の年齢組成の類似度に影響している可能性もある。本研究では2ヵ年分のデータしかなく深い議論はできないが、今後、回帰資源の年齢組成のデータを蓄積し、ふ化放流事業の実施状況 (放流時期、種苗性など)、さらには沿岸環境などのデータも蓄積して、地区間、河川間での放流効果、資源評価を詳しく行うことによって、近年低迷している日本海側のサケの資源回復に向けた方策が検討可能となるものと考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、社団法人日本海さけ・ます増殖事業協会の安藤雅規業務課長、佐藤献二郎場長、留萌管内さけ・ます増殖事業協会の小笠原寛事業部長ならびに両協会の職員の皆様に便宜を図っていただいた。遠別、増毛、石狩湾、余市郡、東しゃこたん、古宇郡、

岩内郡, 寿都町, 島牧村, ひやまの各漁業協同組合の職員の皆様には採鱗にあたりご協力いただいた。調査の一部は独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター（現 北海道区水産研究所）天塩事業所および千歳事業所と共同で実施した。年齢査定では林祐子氏, 富長啓伸氏, 高嶋春子氏にご協力いただいた。社団法人北海道栽培漁業振興公社の真山 紘博士には本原稿に対し有益なコメントをいただいた。これらの皆様に厚くお礼申し上げる。なお, 本調査の一部は社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会からの受託研究として実施した。

引用文献

- 平成12年度～平成21年度事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2002～2011.
- 帰山雅秀. 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.
- Kaeriyama M. Hatchery programmes and stock management of salmonid populations in Japan. In: Howell BR, Moksness E, Svåsand T (eds). *Stock Enhancement and Sea Ranching*, Blackwell Science, Oxford, 1999; 153-167.
- 小林哲夫. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の年齢, 成長並びに系統に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1961 ; 16 : 1-102.
- Kobayashi T. Salmon ranching in Japan. In: Thorpe JE (ed). *Salmon Ranching*, Academic Press, London, 1980; 91-107.
- 小林哲夫.「日本サケ・マス増殖史」北海道大学出版会, 札幌. 2009.
- Miyakoshi Y, Saitoh S, Matsuoka A, Takada M, Asami H, Fujiwara M, Nagata M. Comparison of release timing of hatchery-reared juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to spring coastal sea surface temperature during high and low survival period. In: Nishida T, KailolaPJ, Caton AE (eds). *GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Volume 3)*, 2007; 227-239.