

岩手県に回帰したサケ資源の変動

清水勇一^{*1}・岡部聖^{*1}・及川仁^{*1}・瀬川格^{*2}

Stock changes of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) returning to Iwate Prefecture

Yuichi Shimizu^{*1}, Akira Okabe^{*1}, Jin Oikawa^{*1} and Itaru Segawa^{*2}

Abstract

Chum salmon in Iwate Prefecture became an important species supporting the prefecture's fisheries through stock enhancement programs, but recent catches have declined dramatically. This report summarizes long term resource fluctuations based on the age- and year-class-specific return numbers of salmon in Iwate Prefecture, as well as the annual changes in fish body weight and reproductive traits observed in same monitored rivers. As a result, the trend was organized into five distinct phases of gradual change: ① The expansion phase up to the 1979 cohort, ② The high-level phase from the 1980 to 1994 cohorts, ③ The initial low-level phase from the 1995 to 2005 cohorts, ④ The middle low-level phase from the 2006 to 2014 cohorts, ⑤ The late low-level phase from the 2015 cohort onwards. The cause of the decline in resource abundance is unclear, but it is estimated that the survival rate to age 1 has significantly decreased. To enhance future resource recovery, it is considered important to continue monitoring the coastal environment at spring, juvenile release periods. This will enable immediate reinforcement of stock enhancement efforts and whether ocean conditions in future resemble those during resource growth phases should be observed.

Key words : Iwate Prefecture, chum salmon, age composition, stock changes, survival rate to age 1

キーワード : 岩手県, サケ, 年齢組成, 資源変動, 1歳魚生残率

はじめに

サケ (*Oncorhynchus keta*) は北太平洋に広く分布するサケ科の一種で、北太平洋での資源量はカラフトマス (*O. gorbuscha*) について多く¹⁾、産業上きわめて重要な種である。本邦系サケ資源の造成は、官民一体となって取り組んだ給餌飼育や適期放流等の技術により飛躍的に進み¹⁻³⁾、その資源のほとんどが人工ふ化放流技術による増殖事業に依存している。

サケの河川への回帰年齢は鱗によって推定され、寿命はサケ属のなかでも長い2~7歳であり、3~5歳魚を中心

に産卵のために母川に回帰することが知られる³⁻⁵⁾。北太平洋とその近隣海域のサケの漁獲量は、40~50年周期で変動し、人工ふ化放流の効果に加え、長期的な気候変動のなかで海洋環境が好転した1980年代以降に急激に増加した^{1),6)}。それにもなると、母川への回帰年齢すなわち成熟年齢の高齢化と成熟魚体の小型化が進み、とくに成長量の減少がベーリング海で起こったと推定され、資源量増大による密度依存的効果が指摘されている^{1),6)}。成熟魚体は加齢とともに大きくなるが、鱗を用いた成長モデル解析から、成長速度が低下することにより成熟開始年齢が遅くなり、成熟魚体が小さくなることが推定された^{7),8)}。また、

*1 岩手県水産技術センター (Iwate Prefectural Fisheries Technology Center)

*2 一般社団法人岩手県さけ・ます増殖協会 (Iwate Prefectural Salmon and Trout Propagation Association)

回帰の主群となる4,5歳魚の成熟年齢について、魚体、年齢、性別、各年齢の成長量の要因を検討した結果、3年目の成長量が大きいと4歳で成熟に達するというように、成長履歴が成熟に対して重要な要因であることが明らかとされた⁹⁾。さらに、1993年以降北太平洋においてサイズ選択性のある刺網漁業が行われなくなっており、その影響について成長モデル解析を行った結果、漁業が成熟年齢や成熟魚体の変化に影響することが指摘された¹⁰⁾。

このように、サケの成熟年齢や魚体は、海洋環境や漁業の影響を受けて変化する。岩手県では、母川に近い沿岸部において定置網漁業を中心にサケを漁獲しており¹¹⁾、近年、極端に漁獲量が減少している。今後、漁獲量を回復するためには、年齢組成や魚体を継続して調査し、資源変動を的確に把握して増殖事業を展開することが、これまで以上に不可欠となっている。

渡辺(1999)は、北海道系のサケについて、回帰尾数と年齢組成から資源構造を推定し、サケ稚魚の生残率の算定と増殖事業の効果を評価した。その結果、給餌放流、適期放流により1歳魚の生残率が上昇し、増殖効果が上がったと評価している¹²⁾。本報告では、岩手県へのサケの回帰尾数と年齢組成から年級別年齢別の回帰尾数を推定して資源構造を把握し、モニタリング河川における魚体および繁殖形質の年変化を含めて、長期的な資源変動を整理することを目的とした。

材料と方法

年齢査定および年齢別回帰尾数の推定

岩手県沿岸部の29河川と北上川水系の14河川、合計43のサケ増殖河川を対象として調査した。1977年から2024年にかけて、各増殖河川にそ上したサケ親魚から旬毎に雌雄各200尾を目標として鱗を採集した。鱗の採集方法およびレプリカの作製方法、年齢査定方法は、既往の方法⁴⁾に従った。岩手県におけるサケの放流尾数、沿岸および河川への回帰尾数に関する統計データは、さけますに関する資料¹³⁾を用い、2020年から2024年については速報値を用いた。

岩手県全体の年齢別回帰尾数は次の手順により推定した。河川 r の旬 s における年齢 i の組成比率 $P_{r,s,i}$ は、

$$(1) \quad P_{r,s,i} = a_{r,s,i} \div A_{r,s}$$

ここで、 $A_{r,s}$ は年齢査定尾数、 $a_{r,s,i}$ は年齢査定したうち年齢 i の尾数とする。なお、鱗が採集できず、データが欠測する旬があった2005年までは、河川そ上の前期を11月上旬まで、中期を11月中旬から12月上旬、後期を12月中旬以降として、欠測した旬はそれぞれの期別のうち近い旬の比率を代用した。また、2006年以降は、欠測した旬の組成比率 $P_{r,s,i}$ を年齢査定できた前の旬 $s-d$ と後の旬 $s+d$ より計算して、組成比率 $P_{r,s,i}$ の代用とした。

$$(2) \quad P_{r,s,i} = (a_{r,s-d,i} + a_{r,s+d,i}) \div (A_{r,s-d} + A_{r,s+d})$$

式(1)と河川 r の旬 s におけるそ上尾数 $B_{r,s}$ により、旬別の年齢 i のそ上尾数 $B_{r,s,i}$ は、

$$(3) \quad B_{r,s,i} = B_{r,s} \times P_{r,s,i}$$

ただし、 $B_{r,s,i}$ は整数で、端数が生じた場合はもともと組成比率が高い4歳($i=4$)に含めた。河川 r における、年齢 i の年間のそ上尾数 $B_{r,i}$ は、

$$(4) \quad B_{r,i} = \sum_s B_{r,s,i}$$

となり、県全体の年齢 i の河川そ上尾数 B_i は、

$$(5) \quad B_i = \sum_r B_{r,i}$$

県全体の河川そ上尾数を B とすると年齢 i の組成比率 C_i は、

$$(6) \quad C_i = B_i \div B$$

と計算され、岩手県への沿岸漁獲尾数を G として年齢 i の沿岸回帰尾数 G_i を、

$$(7) \quad G_i = G \times C_i$$

と推定した。ここで G_i は整数で、端数が生じた場合は4歳($i=4$)に含めた。

以上の計算は、式(1)から式(5)までを雌雄別に行い、雌雄の B_i を合計して C_i および G_i を求めた。

河川における魚体および繁殖形質のモニタリング

津軽石川、織笠川、片岸川の3河川を調査河川とした。調査は1982年から2024年の10月から12月にそ上のピークを中心として行い、2004年までは各河川3~4回、雌雄200尾ずつを基本として体重(BW)および尾又長(FL)を測定し、鱗の採集と年齢査定⁴⁾を行った。時期により魚体および年齢組成が変化することから、各河川の魚体と年

年齢組成の偏りを少なくするために、2005年以降は、各河川週1回を基本として年間6~13回、雌雄100尾ずつ調査した。

また、3河川において、1996年から2023年の10月から12月にかけて年2回、繁殖形質の調査を行った。なお、その上親魚が不足したため片岸川では2021年以降、織笠川と津軽石川では2024年の調査ができなかった。調査毎に、雌の親魚50尾を目標に体重(BW)および尾叉長(FL)を測定し、鱗の採集と年齢査定を行うとともに1尾ごとに生殖腺重量(Gn)を測定して100粒程度の卵を採集した。卵は実験室に持ち帰り、採集した卵重量(Ew)を測定した後2時間程度吸水した。吸水卵は、個体毎に卵数(En)を数え、メスシリンダーに水を入れて吸水卵を入れて増えた容積を計測することにより、採集した卵全体の容積(Ev)を測定した。これらの計測結果をもとに、間接法により卵数(EN)、生殖腺指数(GSI)、卵容積(EV)を個体毎に計算した。

$$(8) \quad EN = Gn \div Ew \times En$$

$$(9) \quad GSI = Gn \div BW \times 100$$

$$(10) \quad EV = Ev \div En$$

結 果

岩手県におけるサケの放流尾数と回帰尾数の推移を図1に示した。放流尾数は、1971年から増加し、1984年には4億尾を越えて以降、およそ4億3千万尾で推移した。放流尾数の増加にともなって、回帰尾数も増加し、1996年の2,447万尾を最大として、1984~1998年は平均1,454万尾となった。その後、1999~2009年に平均860万尾、2010~2018年に平均380万尾、2019年以降に平均29万尾と段階的に急激に減少した。特に、2023、2024年は4万尾台となり、記録が残る1963年以降で最も少なくなった。また、2011年春までは4億尾以上の放流が継続されたが、2011年3月11日の東日本大震災津波による岩手県のふ化放流事業への甚大な被害¹³⁾により、その後の放流尾数は増減しながら減少し、2019年以降は河川にそ上する親魚が不足したため、放流尾数も急激に減少した。

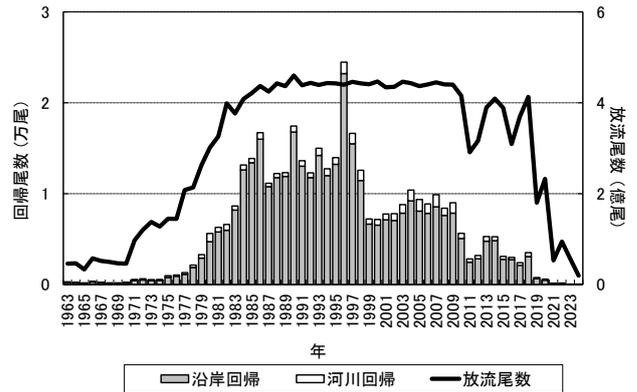


図1. 岩手県に回帰したサケの漁獲尾数と放流尾数の年変化※
※回帰尾数は河川捕獲と沿岸漁獲を色分けした。

年級別年齢別回帰尾数と年級回帰率の推移を図2(a)に示した。1975~1979年級の回帰尾数は、3,4歳魚を中心に779万尾まで増加し、年級回帰率は平均3.0%で安定していた。1980年級に回帰尾数が2,231万尾、年級回帰率が調査期間で最高の7.4%と急激に高くなり、それ以降、1994年級まで4,5歳魚を中心に回帰尾数が820~2,427万尾、年級回帰率が2.2~5.5%の範囲で推移した。その後、1995

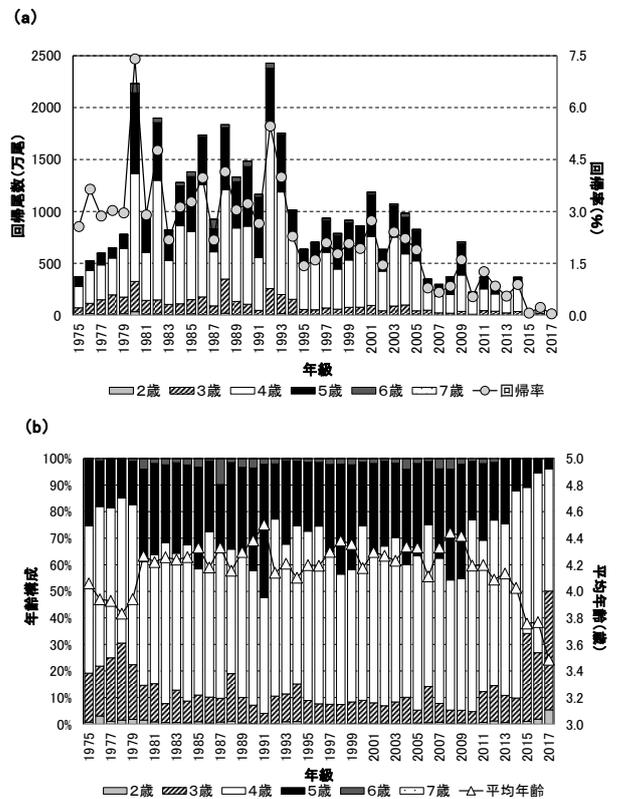


図2. (a)年級別年齢別の回帰尾数と年級回帰率、及び(b)年級別年齢構成と平均年齢の年変化

～2005年級が633～1,185万尾, 1.4～2.7%, 2006～2014年級が216～707万尾, 0.5～1.6%, 2015年級以降が16～71万尾, 0.04～0.2%と段階的に減少した。年級別年齢組成と平均年齢(図2(b))は, 1975～1979年級では3,4歳魚の割合が高く, 平均年齢が3.8～4.1歳であったが, 1980～2014年級では4,5歳魚の割合が高くなり, 平均年齢が4.0～4.5歳と上昇した。2015年級以降は, 3歳魚の割合が著しく上昇し, 平均年齢も3.5～3.8歳と低下した。

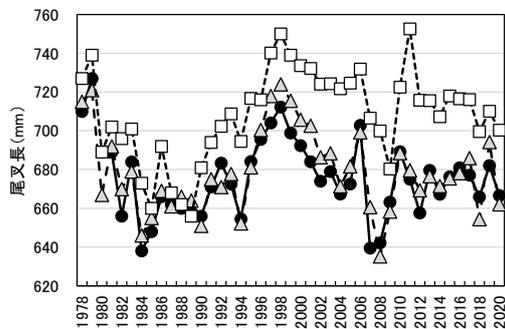
以上のように, 1980年級, 1995年級, 2006年級, 2015年級が回帰尾数の変化点となり, 1984年から1998年までの高位な漁獲量から1999～2009年, 2010～2018年, 2019年以降の段階的な漁獲量の減少につながっていた。

河川にそ上したサケ4歳魚の尾叉長と体重の推移を図3に示した。尾叉長と体重は, 雌雄ともに河川によらず類似した経年変化を示した。すなわち, 1978年級から1990年級にかけて減少傾向を示し, 以降, 1998年級に向けて増加した後, 2008年級にかけて再び減少した。2009年級以降

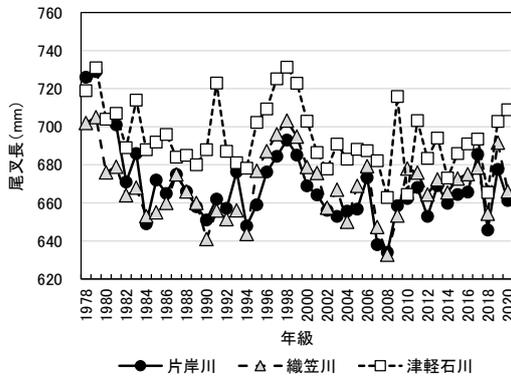
はわずかな増加傾向を示したが, 1990年代前半の小型のサイズにとどまった。河川間を比較すると, 津軽石川が, 片岸川及び織笠川と比べて大きい傾向があり, 特に1998年級以降, 顕著であった。魚体については, 1990年級, 1998年級, 2008年級が変化点となり, 増減を繰り返していた。

一方, 4歳魚の平均孕卵数, 生殖腺指数, 卵容積の推移を図4に示した。孕卵数は, 2017年級のように極端に多くなる年もあったが, 概ね2,400～3,400粒/尾の範囲で変化し, 津軽石川が片岸川や織笠川よりも多い傾向があった。生殖腺指数は, 概ね18～22%の範囲で変化し, 2010年級以降は15%から24%まで年変動が大きい傾向が見られた。また, 卵容積は, 1992年級から2001年級にかけて増加し, それ以降低下傾向を示したが, その変化は河川によらず, 0.24～0.36mL/粒の範囲で緩やかであった。このように, 繁殖形質については, 回帰尾数や魚体の変化ほど明確な変化が見られなかった。

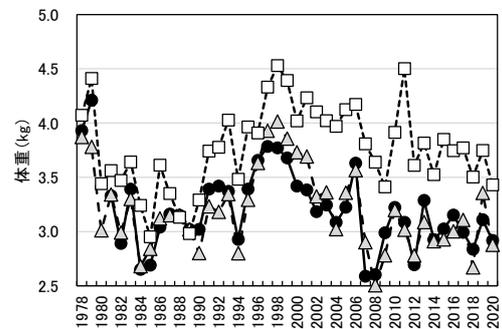
(a) 雄



(b) 雌



(c) 雄



(d) 雌

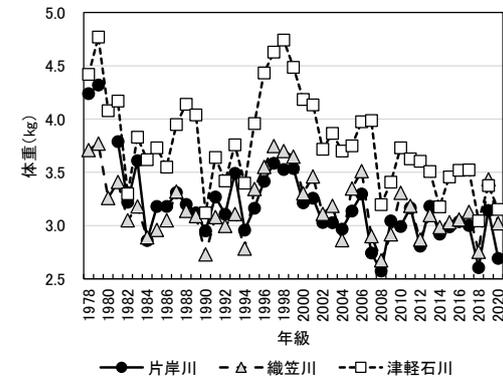


図3. 津軽石川, 織笠川, 片岸川にそ上した4歳魚の雄 (a) と雌 (b) の尾叉長, 及び雄 (c) と雌 (d) の体重の年変化

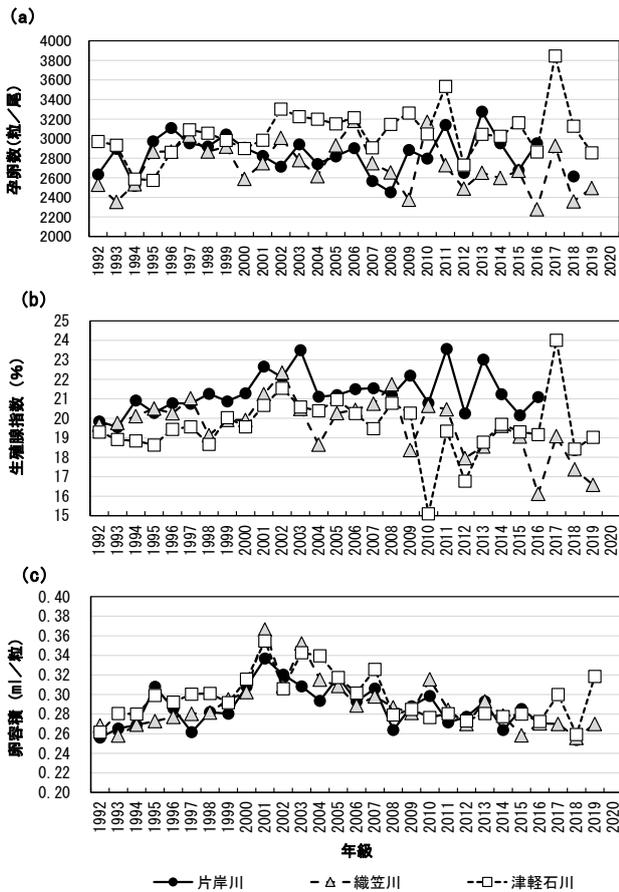


図4. 津軽石川, 織笠川, 片岸川にそ上した雌4歳魚における
(a) 卵数, (b) 生殖腺指数, (c) 卵容積の年変化

考 察

岩手県の資源変動について川島ら(2018)は, 2009年級までの年級別回帰尾数と平均年齢, 魚体の変化から, 岩手県のサケの資源を「増大期」, 「高位期」, 「低下期」の3期に分けた¹⁴⁾。調査を継続した本研究では, 現状の低下期をさらに細分化して次のように再整理した。

- ① 増大期 (1979年級まで) : 年級回帰尾数が年々増加, 平均年級回帰率が3.0%となり, 平均年齢が3.9歳と低く, 魚体が大型の時期
- ② 高位期 (1980~1994年級) : 年級回帰尾数が大きく変動しながらも平均1,482万尾, 平均年級回帰率が3.6%, 平均年齢が4.3歳と高くなり, 魚体が小型化した時期
- ③ 初期低位期 (1995~2005年級) : 年級回帰尾数が平均867万尾, 平均年級回帰率が1.0%まで低下し, 平均年齢は4.3歳と4歳を上回ったままであるが, 魚体

が1998年級に一時的に大型となり, その後小型に転じた時期

- ④ 中期低位期 (2006~2014年級) : 年級回帰尾数が平均351万尾, 平均年級回帰率が0.9%まで低下し, 平均年齢が4.2歳と4歳を上回ったままであるが, 魚体が2008年級に最小となり, 以降は増加傾向にあるものの, 高位期並みに小型の時期
- ⑤ 後期低位期 (2015年級以降) : 年級回帰尾数が平均37万尾, 平均年級回帰率が0.1%まで低下し, 平均年齢が3.7歳まで下がり, 魚体重は増加傾向にあるものの, 高位期並みに小型の時期

このように, 岩手県のサケの資源を年級回帰尾数の段階的な変動として整理した。いずれの時期においても繁殖形質は魚体の変化とは相関が無く, 変化は小さかった。また, 年級回帰尾数と平均年齢及び魚体には明確な関係が無く, 本研究では, ベーリング海の成魚や他地区の回帰親魚で見られるような密度依存効果による小型・高齢化現象^{1), 6)}は認められなかった。

河川に主群として回帰する4歳魚の卵数は2,800粒/尾程度(付表3)であり, この中から雌雄1尾ずつ合計2尾が河川回帰して産卵できれば資源は維持される。近年の河川そ上率は30%程度(付表1), 卵から稚魚までの生残率は85%程度¹⁴⁾であることから, 河川回帰率は, $2 \div (2,800 \times 0.85) \times 100 = 0.084\%$, 年級回帰率では $0.084\% \div 30\% = 0.28\%$ が最低限の資源維持の目安となる。ここで, 河川そ上率は, 資源の高位期では10%程度であり, この場合0.84%が資源維持のための目安である。いずれの場合も, 2015年級以降の年級回帰率は0.28%を大きく下回っており(図2(a)), 資源減少が加速したと考えられた。

岩手県におけるサケ資源は, 稚魚の放流尾数の増加と同期して増加したが, 2011年3月11日に発生した東日本大震災津波によりふ化場が被災し, 種苗生産が困難となった2012年級以降, 放流尾数が急減するとともに資源も激減した(図1, 2)。日本のサケ資源の減少は, 地球温暖化の影響を受けて, 稚魚の沿岸滞泳期における成長不良や生残率の低下, その後のベーリング海における適水温海域の縮小等が原因となっていることが指摘されている¹⁵⁾。

そこで, 本研究で得られたデータを用いて, 渡辺(1999)に従って1歳魚までの生残率を計算した(図5)。1歳魚

までの生残率は、1975～1994年級までは10～35%まで大きく変動しながらも、平均16%にとどまったが、1995～2005年級は平均9%、2006～2014年級は平均4%、2015～2017年級は平均0.5%と段階的に低下した。岩手県のサケ資源の激減について、具体的な原因は本研究からは明らかにできないが、放流された稚魚が1歳に至るまでの初期生残率の低下について、今後、詳細な検討が必要である。

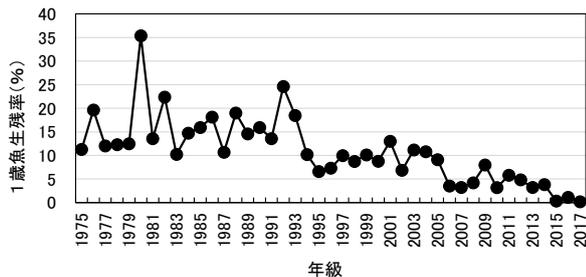


図5. 岩手県におけるサケ資源の1歳までの生残率の推移

※ 渡辺(1999)に従い、加入数を放流尾数、死亡を漁獲数(河川回帰数を含む)と自然死亡数の和とし、自然死亡係数Mは $2.5 \div t \lambda$ (t は各年級の最大年齢、6歳または7歳)として計算した。

岩手県の水産業は、サケ資源の増大期から高位期にかけて、その水揚金額により支えられてきたが、資源の低位期に入ってから20年以上が経過し、近年では増殖事業の維持が難しくなっている。サケ資源の回復には増殖事業が不可欠であることは、これまでの経過から疑う余地もなく、今後、人為的に制御可能な稚魚の適期・適サイズ放流技術の精度を向上させていくことが鍵となる。2022年度から官民一体となり、放流尾数が少ないながら大型で強い稚魚を適期に放流する取り組みが進められている。本報告のように回帰親魚調査を継続して資源動向を的確に把握していくことに加え、稚魚を放流する春季のモニタリングを継続し、資源増大期のような海洋環境を観測した際には、直ちに増殖事業を強化できるように準備しておくことが重要であると考えられた。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、(一社)岩手県さけ・ます増殖協会技術部会には年齢査定に係る鱗採集及び処理にご協力いただいた。また、津軽石川、織笠川、片岸川の回帰親魚調査には、各河川の漁業協同組合の担当者の方々にご

協力をいただいた。北里大学海洋生命科学部の林崎健一博士、(国研)水産研究・教育機構水産技術研究所 宮古庁舎の職員の方々には、それぞれが対象としている調査河川のデータを提供いただいた。心から深く感謝申し上げます。

最後に、本研究は岩手県水産技術センター漁業資源部の職員の支えによって、長期にわたって継続することができた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 帰山雅秀: 最新のサケ学. 成山堂書店, 東京, 128(2002).
- 2) 宇部稔: 岩手県を中心とした本州太平洋沿岸におけるサケの増殖と資源動態. 魚と卵, 161, 17-27(1992).
- 3) 小林哲夫: 日本サケ・マス増殖史. 北海道大学出版会, 札幌, 310(2009).
- 4) 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・ますふ化場研報, 16, 1-102(1961).
- 5) E.O.Salo : Life history of chum salmon., in "Pacific salmon life history" (ed. by C.Groot and L.Margolis), Univ. of British Columbia Press, Vancouver, 231-309(1991).
- 6) 帰山雅秀: サケの個体群生態学. 「サケ・マスの進化と生態」(前川光司編). 文一総合出版, 東京, 137-163(2004).
- 7) K.Morita, S.H.Morita, M.Fukuwaka, and H.Matsuda : Rule of age and size at maturity of chum salmon (*Oncorhynchus keta*): implications of recent trends among *Oncorhynchus* spp. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 62, 2752-59(2005).
- 8) K.Morita, M.Fukuwaka : Why age and size at maturity have changed in Pacific salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 335, 289-294(2007).
- 9) K.Morita, M.Fukuwaka : Does size matter most? The effect of growth history on probabilistic reaction norm for salmon maturation. *Evolution*, 60(7), 1516-1521(2006).
- 10) M.Fukuwaka, K.Morita : Increase in maturation size after the closure of a higy seas gillnet fishery

on hatchery-reared chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Evol.Appl.*, 1, 376-387(2008).

- 11) 岩手県：さけますに関する資料（昭和 40 年度～令和元年度）. 岩手県, 盛岡（1975～2023）.
- 12) 渡辺一俊：北海道系サケ稚魚の生残率の算定と人工孵化放流事業の効果の評価. さけ・ます管理センター研報, 2, 29-37 (1999).
- 13) 小川元, 清水勇一：東日本大震災からの岩手県さけ増殖事業の復興と資源回復の課題. 日水誌, 78 (5), 1040-1043 (2012).
- 14) 川島拓也, 清水勇一, 太田克彦, 山根広大：三陸沿岸におけるサケ幼稚魚の分布, 生息環境と親魚回帰. 海洋と生物, 237, 40 (4), 342-345 (2018).
- 15) K.Kaeriyama : Warming climate impacts on production dynamics of southern populations of Pacific salmon in the North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 32(1), 121-132(2023).

付表1 回帰数量, 放流尾数, 漁獲金額の年推移

年	回帰尾数(尾)			河川その上率 ^{※1} (%)	回帰重量(トン)			平均体重 (kg)	放流尾数(千尾)			単純回帰率 ^{※2} (%)	金額 (千円)
	河川	海面	合計		河川	海面	合計		河川	海中飼育	全体		
1970	52,348	182,285	234,633	22.3	157	638	795	3.39	46,028		46,028		n.d
1971	128,863	431,714	560,577	23.0	387	1,511	1,898	3.39	97,274		97,274		n.d
1972	134,126	501,142	635,268	21.1	402	1,754	2,156	3.39	120,321		120,321		n.d
1973	113,260	417,428	530,688	21.3	340	1,461	1,801	3.39	137,670		137,670		n.d
1974	104,381	451,142	555,523	18.8	313	1,579	1,892	3.41	127,577		127,577	1.21	n.d
1975	188,570	778,858	967,448	19.5	641	2,670	3,311	3.42	144,712		144,712	0.99	n.d
1976	132,290	909,768	1,042,058	12.7	436	3,002	3,438	3.30	135,930	8,500	144,430	0.87	n.d
1977	202,263	1,114,382	1,316,645	15.4	784	4,323	5,107	3.88	192,211	15,699	207,910	0.96	n.d
1978	262,278	1,876,056	2,138,334	12.3	966	6,913	7,879	3.68	197,677	15,936	213,613	1.68	n.d
1979	376,592	2,901,414	3,278,006	11.5	1,318	10,161	11,479	3.50	241,203	22,151	263,354	2.27	n.d
1980	901,248	4,714,878	5,616,126	16.0	3,055	15,983	19,038	3.39	262,184	39,085	301,269	3.89	n.d
1981	522,072	5,777,177	6,299,249	8.3	1,708	18,905	20,613	3.27	278,328	47,890	326,218	3.03	n.d
1982	641,784	5,973,862	6,615,646	9.7	2,158	20,091	22,249	3.36	338,908	59,814	398,722	3.10	14,465,735
1983	456,710	8,188,201	8,644,911	5.3	1,584	28,407	29,991	3.47	309,277	67,060	376,337	3.28	10,624,198
1984	543,881	12,611,859	13,155,740	4.1	1,722	39,664	41,386	3.15	330,857	77,704	408,561	4.37	22,410,157
1985	453,479	13,406,006	13,859,485	3.3	1,647	47,450	49,097	3.54	324,506	96,723	421,229	4.25	19,877,114
1986	708,094	16,000,623	16,708,717	4.2	2,094	47,488	49,582	2.97	330,598	106,363	436,961	4.19	17,678,756
1987	380,504	10,762,648	11,143,152	3.4	1,287	36,110	37,397	3.36	319,348	105,111	424,459	2.96	22,158,109
1988	438,910	11,768,489	12,207,399	3.6	1,288	33,932	35,220	2.89	343,838	98,931	442,769	2.99	22,612,841
1989	418,464	11,895,727	12,314,191	3.4	1,291	36,429	37,720	3.06	355,479	81,237	436,716	2.92	21,938,934
1990	657,246	16,786,857	17,444,103	3.8	2,075	52,308	54,383	3.12	390,361	69,527	459,888	3.99	17,588,589
1991	606,441	13,024,952	13,631,393	4.4	1,919	40,934	42,853	3.14	378,718	59,613	438,331	3.21	18,055,122
1992	532,000	11,758,967	12,290,967	4.3	1,571	34,717	36,288	2.95	390,636	53,250	443,886	2.78	24,127,123
1993	786,013	14,209,390	14,995,403	5.2	2,586	46,742	49,328	3.29	391,755	47,550	439,305	3.43	20,812,094
1994	737,766	11,995,077	12,732,843	5.8	2,078	33,789	35,867	2.82	395,264	48,150	443,414	2.77	12,487,838
1995	728,867	13,227,499	13,956,366	5.2	2,279	41,295	43,574	3.12	410,798	31,950	442,748	3.18	8,760,802
1996	1,258,042	23,212,841	24,470,883	5.1	3,792	69,734	73,526	3.00	416,567	22,950	439,517	5.51	10,746,477
1997	1,140,576	15,483,381	16,623,957	6.9	3,650	49,164	52,814	3.18	428,228	17,900	446,128	3.78	13,815,133
1998	1,133,414	11,443,959	12,577,373	9.0	3,361	33,210	36,571	2.91	426,346	16,400	442,746	2.84	12,120,438
1999	564,959	6,639,312	7,204,271	7.8	1,906	21,858	23,764	3.30	424,320	16,400	440,720	1.63	10,528,480
2000	609,411	6,544,811	7,154,222	8.5	2,042	21,663	23,705	3.31	435,170	11,700	446,870	1.63	10,018,529
2001	633,036	7,116,207	7,749,243	8.2	2,201	24,490	26,691	3.44	415,256	18,700	433,956	1.74	7,486,766
2002	755,686	7,036,816	7,792,502	9.7	2,867	25,977	28,844	3.70	422,112	13,000	435,112	1.76	7,650,837
2003	932,293	7,851,037	8,783,330	10.6	3,378	28,083	31,461	3.58	429,795	16,400	446,195	1.99	5,036,735
2004	1,173,856	9,212,427	10,386,283	11.3	3,930	30,403	34,333	3.31	425,155	17,850	443,005	2.32	5,951,078
2005	1,272,589	8,083,014	9,355,603	13.6	4,324	27,132	31,456	3.36	415,862	20,800	436,662	2.16	7,299,149
2006	1,029,748	7,833,271	8,863,019	11.6	3,275	25,147	28,422	3.21	414,948	25,390	440,338	1.80	9,595,442
2007	1,340,444	8,548,159	9,888,603	13.6	4,180	26,149	30,329	3.07	417,615	27,300	444,915	1.92	9,886,918
2008	796,580	7,609,543	8,406,123	9.5	2,504	24,079	26,582	3.16	409,356	31,100	440,456	1.90	10,146,041
2009	1,150,874	7,843,642	8,994,516	12.8	3,827	25,714	29,541	3.28	389,000	38,500	427,500	2.06	6,992,905
2010 ^{※3}	556,427	5,069,073	5,625,500	9.9	1,885	17,126	19,011	3.38	376,402	39,300	415,702	1.28	7,548,352
2011	353,436	2,459,775	2,813,211	12.6	1,106	7,657	8,763	3.11	269,366	21,900	291,266	0.63	4,629,525
2012	361,211	2,825,479	3,186,690	11.3	961	7,557	8,519	2.67	287,640	28,800	316,440	0.72	4,441,336
2013	519,660	4,763,769	5,283,429	9.8	1,555	14,277	15,833	3.00	358,853	30,900	389,753	1.24	5,728,218
2014	445,254	4,819,105	5,264,359	8.5	1,505	16,077	17,582	3.34	372,781	36,440	409,221	1.27	8,056,057
2015	326,307	2,775,063	3,101,370	10.5	1,022	8,514	9,535	3.07	354,172	34,600	388,772	1.06	5,161,800
2016	235,868	2,738,613	2,974,481	7.9	704	8,041	8,746	2.94	275,575	33,600	309,175	0.94	6,209,989
2017	290,383	2,115,702	2,406,085	12.1	890	6,398	7,288	3.03	331,462	38,100	369,562	0.62	6,395,047
2018	433,565	3,074,146	3,507,711	12.4	1,264	9,005	10,269	2.93	372,758	40,100	412,858	0.86	5,614,624
2019	113,985	652,217	766,202	14.9	346	1,945	2,292	2.99	168,116	12,100	180,216	0.20	1,482,008
2020 ^{※4}	105,397	485,597	590,994	17.8	311	1,423	1,734	2.93	211,507	20,930	232,437	0.19	1,286,494
2021 ^{※4}	39,782	99,621	139,403	28.5	118	296	413	2.97	50,979	2,100	53,079	0.04	373,431
2022 ^{※4}	49,265	119,845	169,110	29.1	130	315	445	2.63	91,394	3,009	94,403	0.04	349,037
2023 ^{※4}	14,933	29,367	44,300	33.7	45	89	134	3.02	55,008	1,644	56,652	0.02	128,941
2024 ^{※4}	19,663	23,419	43,082	45.6	53	64	117	2.72	19,690	100	19,790	0.02	98,650

※1 河川その上率＝河川回帰尾数÷全回帰尾数×100

※3 網掛けは、東日本大震災津波によりふ化場が流失し、その影響を受けた

※2 単純回帰率＝当年の回帰尾数÷4年前の放流尾数×100

※4 2020～2024年は速報値

付表3 津軽石川, 織笠川, 片岸川の尾又長及び繁殖形質の年推移

調査年	年級	尾又長(mm)									孕卵数(粒/尾)			生殖腺指数(GIS, %)			卵容積(ml/粒)		
		雄			雌														
		片岸川	織笠川	津軽石川	片岸川	織笠川	津軽石川	片岸川	織笠川	津軽石川	片岸川	織笠川	津軽石川	片岸川	織笠川	津軽石川			
1996	1992	平均	683	671	702	657	651	687	2,635	2,528	2,972	19.8	19.7	19.3	0.26	0.27	0.26		
		標準偏差	45	53	53	33	40	38	603	618	521	2.0	2.5	2.4	0.03	0.05	0.03		
		調査個体数	425	309	373	371	365	481	71	48	70	71	48	70	71	48	70		
1997	1993	平均	673	678	709	676	656	681	2,895	2,354	2,933	19.5	19.8	18.9	0.27	0.26	0.28		
		標準偏差	53	49	60	41	36	46	568	467	584	2.5	2.4	2.0	0.03	0.03	0.04		
		調査個体数	230	348	286	224	469	378	26	64	57	26	64	57	26	64	57		
1998	1994	平均	654	652	695	648	644	678	2,517	2,535	2,587	20.9	20.1	18.8	0.27	0.27	0.28		
		標準偏差	42	44	43	33	34	34	433	438	506	2.1	2.3	2.4	0.03	0.03	0.04		
		調査個体数	425	146	307	448	263	364	55	45	28	55	45	28	55	45	28		
1999	1995	平均	684	681	717	659	677	702	2,974	2,867	2,575	20.3	20.5	18.6	0.31	0.27	0.30		
		標準偏差	46	46	49	35	36	39	523	501	430	2.6	2.3	3.2	0.03	0.04	0.04		
		調査個体数	147	112	205	179	164	158	5	14	24	5	14	24	5	14	24		
2000	1996	平均	696	700	716	676	687	709	3,110	2,869	2,862	20.8	20.3	19.4	0.29	0.28	0.29		
		標準偏差	44	43	44	37	37	34	707	481	525	2.3	2.2	2.2	0.04	0.04	0.03		
		調査個体数	364	193	293	503	289	295	67	61	38	67	61	38	67	61	38		
2001	1997	平均	704	718	740	684	696	725	2,952	3,031	3,091	20.8	21.0	19.6	0.26	0.28	0.30		
		標準偏差	41	46	43	36	35	30	571	446	514	2.5	1.6	3.3	0.03	0.04	0.05		
		調査個体数	347	374	341	412	478	446	58	72	66	58	72	66	58	72	66		
2002	1998	平均	712	724	750	693	703	731	2,920	2,868	3,056	21.3	19.1	18.7	0.28	0.28	0.30		
		標準偏差	51	47	51	39	38	35	533	522	445	3.1	2.8	1.9	0.03	0.05	0.04		
		調査個体数	187	236	309	253	284	335	34	33	48	34	33	48	34	33	48		
2003	1999	平均	699	716	739	685	695	723	3,043	2,918	2,982	20.9	19.9	20.0	0.28	0.30	0.29		
		標準偏差	51	45	52	40	39	36	494	511	641	2.3	2.1	2.0	0.05	0.04	0.03		
		調査個体数	423	326	194	508	393	160	69	74	18	69	74	18	69	74	18		
2004	2000	平均	692	706	734	669	679	703	2,908	2,589	2,901	21.3	19.9	19.6	0.31	0.30	0.32		
		標準偏差	51	48	50	43	40	41	487	501	635	2.3	2.4	2.5	0.05	0.05	0.06		
		調査個体数	446	303	287	464	315	336	74	46	35	74	46	35	74	46	35		
2005	2001	平均	684	703	732	664	676	686	2,824	2,749	2,985	22.7	21.2	20.7	0.34	0.37	0.35		
		標準偏差	47	49	40	41	38	38	599	456	615	2.7	2.4	2.0	0.04	0.05	0.05		
		調査個体数	350	402	434	390	378	485	48	76	62	48	76	62	48	76	62		
2006	2002	平均	674	686	724	656	657	678	2,714	3,008	3,303	22.1	22.3	21.5	0.32	0.31	0.31		
		標準偏差	49	47	41	37	37	41	581	575	743	3.0	2.7	3.5	0.05	0.04	0.04		
		調査個体数	398	281	161	405	322	187	54	48	25	54	48	25	54	48	25		
2007	2003	平均	679	688	724	653	667	691	2,942	2,780	3,226	23.5	20.5	20.6	0.31	0.35	0.34		
		標準偏差	42	49	43	36	37	41	528	529	567	2.5	2.5	2.2	0.05	0.05	0.04		
		調査個体数	722	329	418	766	337	432	65	56	63	65	56	63	65	56	63		
2008	2004	平均	667	671	722	656	650	683	2,742	2,617	3,199	21.1	18.6	20.4	0.29	0.32	0.34		
		標準偏差	49	49	54	38	42	51	627	804	636	3.6	4.6	3.2	0.04	0.05	0.04		
		調査個体数	587	369	256	566	422	249	47	40	28	47	40	28	47	40	28		
2009	2005	平均	673	682	725	657	669	688	2,820	2,932	3,153	21.2	20.3	21.0	0.32	0.31	0.32		
		標準偏差	43	46	43	35	38	33	586	643	442	2.5	3.2	2.0	0.10	0.04	0.04		
		調査個体数	351	315	459	317	301	413	38	67	56	38	67	56	38	67	56		
2010	2006	平均	703	699	732	673	679	687	2,903	3,181	3,215	21.5	20.4	20.2	0.29	0.29	0.30		
		標準偏差	43	44	48	33	37	37	459	517	559	2.9	2.1	2.2	0.04	0.05	0.03		
		調査個体数	354	424	233	398	388	280	30	54	45	30	54	45	30	54	45		
2011	2007	平均	640	661	707	638	647	682	2,568	2,749	2,908	21.5	20.7	19.5	0.31	0.30	0.33		
		標準偏差	48	53	60	38	40	38	592	668	525	2.3	2.5	2.7	0.05	0.06	0.05		
		調査個体数	496	250	302	493	214	301	53	26	23	53	26	23	53	26	23		
2012	2008	平均	642	635	700	634	633	663	2,453	2,654	3,147	21.2	21.7	20.8	0.26	0.29	0.28		
		標準偏差	40	41	49	34	35	44	437	453	566	2.3	2.2	1.9	0.03	0.04	0.04		
		調査個体数	332	314	297	313	326	332	50	55	37	50	55	37	50	55	37		
2013	2009	平均	663	658	680	658	653	716	2,884	2,376	3,262	22.2	18.4	20.3	0.29	0.28	0.28		
		標準偏差	45	48	42	37	35	46	772	703	502	3.3	4.6	2.1	0.02	0.03	0.04		
		調査個体数	492	328	481	428	387	446	36	58	43	36	58	43	36	58	43		
2014	2010	平均	689	689	723	662	678	664	2,796	3,172	3,049	20.8	20.6	15.1	0.30	0.32	0.28		
		標準偏差	41	45	50	37	38	37	579	506	256	2.8	2.1	1.3	0.06	0.04	0.05		
		調査個体数	175	293	131	154	366	351	14	53	3	14	53	3	14	53	3		
2015	2011	平均	675	680	753	668	676	703	3,141	2,728	3,534	23.6	20.5	19.3	0.27	0.28	0.28		
		標準偏差	46	47	51	34	43	45	625	694	1,493	6.4	5.8	3.1	0.03	0.04	0.05		
		調査個体数	453	165	308	490	222	301	38	44	42	38	44	42	38	44	42		
2016	2012	平均	658	669	716	653	664	683	2,651	2,490	2,731	20.2	18.0	16.8	0.28	0.27	0.27		
		標準偏差	46	49	57	41	42	44	576	594	623	5.3	3.1	3.0	0.04	0.04	0.04		
		調査個体数	305	350	473	289	405	677	44	64	57	44	64	57	44	64	57		
2017	2013	平均	680	677	716	669	672	694	3,277	2,651	3,045	23.0	18.6	18.8	0.29	0.29	0.28		
		標準偏差	47	54	56	32	39	40	426	639	609	2.1	3.1	2.5	0.04	0.05	0.04		
		調査個体数	350	192	359	331	202	359	54	34	45	54	34	45	54	34	45		
2018	2014	平均	667	672	707	660	666	673	2,953	2,598	3,024	21.2	19.6	19.7	0.26	0.28	0.28		
		標準偏差	44	47	52	35	40	48	628	613	558	2.6	3.1	3.0	0.07	0.03	0.03		
		調査個体数	435	646	500	529	664	596	80	92	66	80	92	66	80	92	66		
2019	2015	平均	676	676	718	664	673	686	2,677	2,672	3,162	20.2	19.1	19.3	0.29	0.26	0.28		
		標準偏差	46	45	66	36	36	48	739	557	410	3.6	3.3	1.6	0.02	0.03	0.03		
		調査個体数	81	154	113	50	185	171	15	30	14	15	30	14	15	30	14		
2020	2016	平均	681	678	717	666	675	691	2,954	2,278	2,865	21.1	16.1	19.2	0.27	0.27	0.27		
		標準偏差	43	44	53	37	37	36	690	780	630	3.5	4.2	2.5	0.05	0.05	0.05		
		調査個体数	277	470	624	227	558	664	91	71	80	91	71	80	91	71	80		