

研究成果情報

成長が速いサケ幼稚魚は生き残りやすい

ほんだ けんたろう
本多 健太郎（北海道区水産研究所 さけます資源研究部）

はじめに

一般的に魚類では幼稚仔の時期の死亡率がもっとも高く、その様を「初期減耗」と表現します。サケの仲間も例外ではなく、生活史の初期に大規模な減耗が起こると考えられています。では、サケ (*Oncorhynchus keta*) の幼稚魚期に焦点を当てた場合にどのような特徴を持つ個体が生き残りやすいのか、または死にやすいのでしょうか？ わかりやすい例を挙げれば、小柄で元気のない魚は死にやすそうで、逆に体が大きくて元気な魚は生き残りやすそう、と想像できます。ここで、元気のある・ないは置いておいて、体の大きさが死にやすさに関係すると思われるのは、体が大きい個体の方が小さい個体よりも遊泳能力が高く、その能力が高いほど追跡してくる捕食者や不適な環境から逃避しやすと考えられるからではないでしょうか。他にも、体が大きい個体を食べられる捕食者は相応の口の大きさが必要ですので、そもそも捕食者の数が制限されるとも考えられますし、大きい個体は脂肪などの栄養を蓄積できる絶対量が多いために飢餓耐性にも強そうです (Sogard 1997)。このような体サイズの違いに依存した減耗があることはサケを含むサケ属魚種でも古くから指摘されてきました (例えば, Healey 1982; Beamish et al. 2004; Tucker et al. 2016)。そして、この体サイズ依存の減耗は日本のサケにも当てはまると目されるのですが、これまでにそのことを確認した例は知られていません。本稿では、体サイズ依存の中でも成長する速さの違いによって生じる体サイズの差に依存する減耗(成長依存の減耗)について日本のサケを対象に調べた結果を紹介します。

なお、本稿に関する内容は本多ら (2018) の中でも取り上げられていますので、興味のある方はそちらもご参照下さい。

耳石を調べれば成長の良し悪しがわかる？

サケでは、耳石と言えば飼育水温の差を利用してバーコード状の標識を付ける耳石温度標識 (浦和 2001) が有名です。この標識を使えば生まれた川や採卵時期などが区別できるようになります。実はサケの耳石には別の用途があり、それは幼稚魚期の耳石にみられる日周輪 (図 1) から成長速

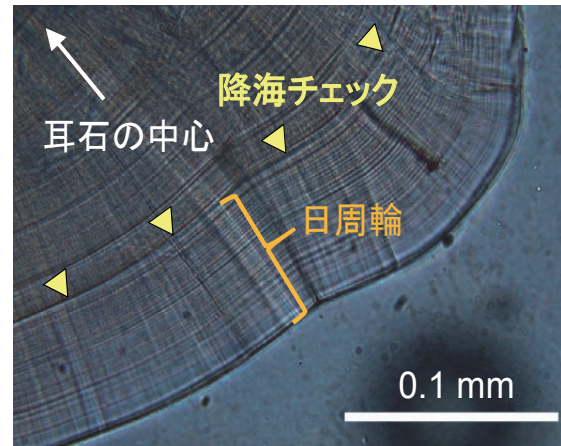


図 1. サケ幼稚魚の耳石の縁辺付近の拡大写真 Saito et al. (2007)を改変

度や降海履歴 (降海日と降海時の体サイズ) を推定することです。日周輪とは毎日一本ずつ樹木の年輪のように耳石中に形成される線のことで、まず、降海時に耳石中に形成される明瞭な境界である降海チェック (図 1) より外側の日周輪の本数と線同士の幅を計測します。そして、それらの値を基にバックカリキュレーション法^{*1}を用いることによって、その個体の降海以降の成長速度が推定できるのです (Saito et al. 2007, 2009)。降海チェックの位置から降海履歴を推定することもできます。この手法のことを耳石の日周輪解析と呼んでいます。

道東昆布森沿岸で採集したサケ幼稚魚の成長特性

北海道区水産研究所が 1997 年から毎年サケ幼稚魚の採集調査を行っている北海道東部の昆布森沿岸 (図 2) は、オホーツク海沖^{*2}を目指す日本の太平洋側の河川起源のサケ幼稚魚の多くが通過する海域であることがわかっています。その昆布森沿岸において、2005–2014 年の 6–7 月に表層トロールなどによって採集したサケ幼稚魚の中から、耳石温度標識によって放流起源を特定した太平洋側河川起源の 369 尾 (尾叉長 56–146 mm) を抽出しました。これらの耳石を使って日周輪解析を行い、個体ごとに降海後の成長速度 (尾叉長の平均日間成長量) と降海履歴を推定しました (Honda et al. 2017)。ただし、本稿では成長速度の結果についてのみ紹介することとし、降海履歴について

はもう少し知見が集まってから改めて報告したい
と思います。

実験に供した 369 尾の成長速度と採捕時の尾叉
長をプロットしてみたところ、図 3 のように正の
相関が見られました。ここで注目して欲しいのは、
採捕時の体サイズが小さい魚の中には比較的成長
速度が速い個体もいたのですが、その逆がいなか
った点です。つまり、ゆっくり成長して大きくな
った魚がおらず、例えば成長速度が 0.4 mm/day 以
下で尾叉長 100 mm まで成長した個体はいません
でした。

続いて、実験魚の「昆布森から生まれた川まで
の距離」と成長速度の関係を見てみると、昆布森
から遠い河川起源の魚は採捕時の体サイズが大き
く且つ成長速度が速い傾向にありました。えりも
岬（図 2）以西以南の河川起源の魚の 90%*³ は採
捕時の尾叉長が 90 mm よりも大きく、成長速度
の中央値は 0.65 mm/day でした（図 4）。続いて、
えりも岬以東の河川起源の魚から成るグループ同
士を比べてみると、採捕時の体サイズが小さいグ
ループほど成長速度が遅く偏る傾向にありました
（図 4）。成長速度の下限側に着目すると、えりも
岬以西以南の河川起源の魚では成長速度が 0.45
mm/day 未満の魚は 3 尾（3.5%）だったのに対し
[地球岬（図 2）以西以南では 46 尾中 0 尾]、え
りも岬以東では 41 尾（14.5%）確認されました。
これらは襟裳岬の以西・以東に関わらず、いずれ
も採捕時の尾叉長が 90 mm に満たない魚でした。
なお、今回の結果では遠方起源のサケの成長速度
が速い値に偏ったため、見方を変えれば岩手県や
北海道南部の河川起源のサケの成長速度は減耗し

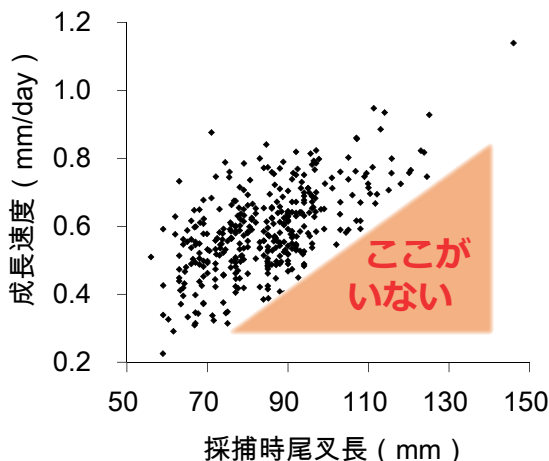


図 3. 昆布森沿岸で採集したサケ幼稚魚 369 尾の採捕時の
尾叉長と降海後の成長速度の関係 Honda et al. (2017)
を改変

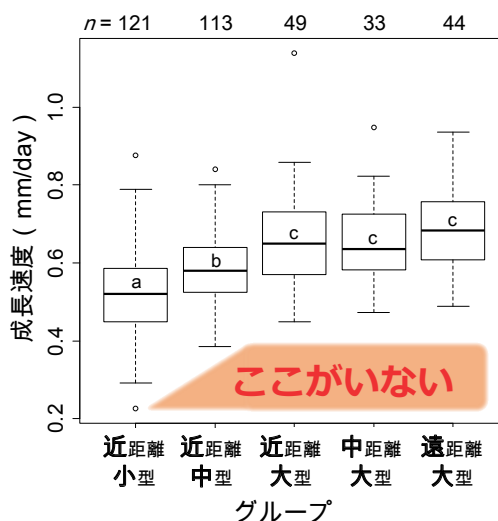


図 4. 昆布森沿岸で採集したサケ幼稚魚の昆布森から起源
の河川までの距離と採捕時の尾叉長によって分類した
各グループの降海後の成長速度 Honda et al. (2017) を
改変
グループ名の近距離、中距離、遠距離は、それぞれ昆布
森・えりも岬間、えりも岬・地球岬間、地球岬以西以南
（図 2 参照）を指し、小型、中型、大型は採捕時の尾叉
長 77 mm 以下（全標本 369 尾の 0-33.3 パーセン
タイル）、77-90 mm（33.3-66.6 パーセン
タイル）、90 mm 以上（66.6-100 パーセン
タイル）と定義した
標本数が 10 未満のグループは比較対象から除外した
各箱ひげの太線は中央値を、上下の境界は 75 および 25
パーセンタイルを示す
ひげの長さは箱の高さの最大 1.5 倍とし、外れ値をプ
ロットした
統計学的な有意差 ($p < 0.05$) があるグループには異なる
アルファベットを付した

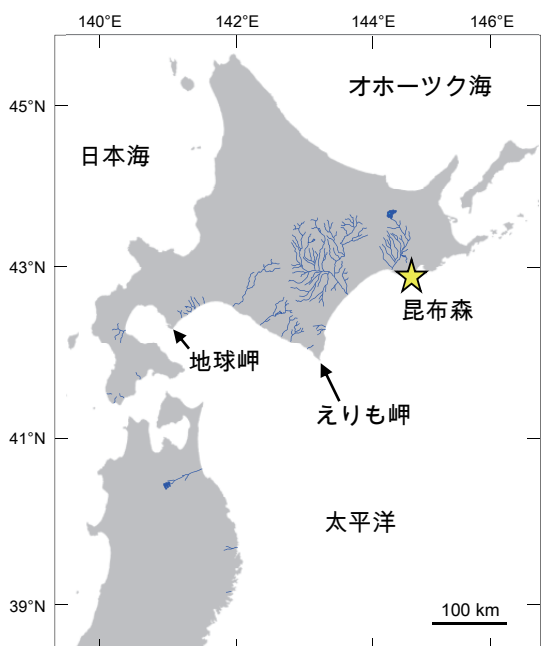


図 2. サケ幼稚魚を採集した昆布森沿岸（☆）と実験魚の
起源（青線で示した河川）

た魚も含めて元々速い値を示すのではないかと思
われるかもしれません。しかし、岩手県沿岸域で
採集した同県田老川起源のサケ幼稚魚の降海後の
成長速度を調べた例では、成長速度が 0.5 mm/day
を下回る個体が多数派でした（斎藤ら 2010）。

以上をまとめると、日本の太平洋側のサケ幼稚魚が尾又長 90 mm 以上になるまで成長し、昆布森に到達するためには起源に関係なく成長速度を一定（今回の結果による指標は中央値で 0.65 mm/day）以上に維持することが条件であると考えられました。より長時間死亡リスクの高い環境中に曝されれば、速い成長速度を維持して大型化した魚が生き残りやすく、逆に成長の遅い個体は淘汰されやすいと推察されます。この成長依存の減耗の存在については、2002年の秋にオホーツク海沖で採集した北海道起源のサケ幼魚 11 尾（尾又長 209–273 mm）の降海後 30 日間^{*4}の成長速度の平均が 1 mm/day を超え、昆布森の結果と比べて高い値に偏ったことから支持される形となっています（Honda et al. 2018）。

おわりに

どうやら日本のサケでも海洋生活初期に速い成長速度を維持できた個体が生き残りやすく、より遠くの海域まで到達できることがわかってきました。厳しい自然界の枠組みの中ではこのことはごく当然のようにも思われます。ですが、そうであるならば、ふ化放流を営む観点からはどのように放流した魚がその後速い成長速度を示すようになるのかを明らかにすることが重要です。

先述のように耳石の日周輪解析では降海履歴（降海日と降海時の体サイズ）を推定することができます。日本の河川は比較的小規模なために降海履歴は放流履歴に近似すると考えられます。したがって、成長の良かった魚の降海履歴をふ化放流の現場にフィードバックすることで放流魚の成長速度の底上げにつなげられるかもしれません。そのためには、例えば特定の河川・年級集団を対象に河口域で定期的に標本採集するなどして母集団の降海履歴の特徴を明らかにした上で、沿岸域やさらに遠くの海域で同集団を追跡採集することが有効と思われます。なぜなら、そこまで生残した魚や成長の良かった魚が示す降海履歴の特徴を母集団のものと比べることで、どのような降海履歴が望ましかったのかがわかるからです。

引用文献

Beamish, R.J., Mahnken, C., and Neville, C. M. 2004. Evidence that reduced early marine growth is

associated with lower marine survival of coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 133: 26–33.

Healey, M. C. 1982. Timing and relative intensity of size-selective mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during early sea life. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 952–957.

Honda, K., Kawakami, T., Suzuki, K., Watanabe, K., and Saito, T. 2017. Growth rate characteristics of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* originating from the Pacific coast of Japan and reaching Konbumori, eastern Hokkaido. *Fish. Sci.* 83: 987–996.

Honda, K., Kawakami, T., Saito, T., and Urawa, S. 2018. First report of growth rate of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* captured in the Sea of Okhotsk offshore. *Ichthyol. Res.* DOI: 10.1007/s10228-018-0643-6.

本多健太郎・川上達也・斎藤寿彦. 2018. サケ幼稚魚の成長特性からみた生残条件. 「海洋と生物」, 生物研究社, 東京. 40: 346–350.

Saito, T., Kaga T., Seki, J., and Otake, T. 2007. Otolith microstructure of chum salmon *Oncorhynchus keta*: Formation of sea entry check and daily deposition of otolith increments in seawater conditions. *Fish. Sci.* 73: 27–37.

Saito, T., Shimizu, I., Seki, J., and Nagasawa, K. 2009. Relationship between zooplankton abundance and the early marine life history of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* in eastern Hokkaido, Japan. *Fish. Sci.* 75: 303–316.

斎藤寿彦・高橋昌也・平澤勝秋・八木澤 功・小軽米成人・戸田修一・千葉 徹. 2010. 海中飼育放流の生残・成長効果, 4. 海中飼育放流魚と陸上飼育放流魚の生残・成長および栄養比較. 「サケ輸出促進のための品質評価システムの開発と放流技術の高度化」, 独立行政法人水産総合研究センターさけますセンター, 札幌. pp 108–116.

Sogard, S. M. 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: A review. *Bull. Mar. Sci.* 60: 1129–1157.

Tucker, S., Hipfner, J. M., and Trudel, M. 2016. Size- and condition-dependent predation: A seabird disproportionately targets substandard individual juvenile salmon. *Ecology* 97: 461–471.

浦和茂彦. 2001. さけ・ます類の耳石標識: 技術と応用. さけ・ます資源管理センターニュース 7: 3–11.

*1 耳石は成長量に応じて大きくなることから、その関係式により過去の体サイズを推定する方法

*2 日本のサケの多くが最初の夏から秋を過ごす海域

*3 残りの 10%は個体数が 10 未満のグループに属し、図 4 に含まれていない

*4 北海道沿岸を滞泳中と想定される期間として設定した