

千歳川のサケ河川回帰率に与える回遊経路の海面水温の影響（短報）

品田晃良^{*1}, 實吉隼人²

¹北海道立総合研究機構中央水産試験場,

²北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場道東センター

Effect of sea surface temperature on migration pathways and return rates of salmon to the Chitose River, Hokkaido, Japan (short paper)

AKIYOSHI SHINADA^{*1} and HAYATO SANEYOSHI²

¹ Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046-8555*,

² Doto Research Branch, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Nakashibetsu, Hokkaido 086-1164, Japan*

The contribution of sea surface temperature (SST) to variations in salmon return rates was investigated for the Chitose River, located in the northern Sea of Japan, Hokkaido, Japan. Spearman's correlation coefficients between SST and salmon return rates were not significant in April in the Ishikari River off. This suggests that the variation in return rates was less affected by sea entry. In contrast, on the Sea of Okhotsk side, a positive correlation was observed in May and a negative correlation in late June, when SSTs were above the lower habitat limit (5°C) in May and reached the upper habitat limit (13°C) in late June. These results indicate that the variation in return rates may be related to the SST for the length of possible residence time on the Sea of Okhotsk side, which is a migratory pathway.

キーワード：オホーツク海, 海面水温, 河川回帰率, サケ, 千歳川, 日本海

サケ *Oncorhynchus keta* は、2021年における北海道の魚種別生産額で18% (456億円) を占めており、2019年に北海道漁業協同組合連合会が「北海道秋鮭定置網漁業」としてマリン・エコラベル・ジャパン認証を取得するなど、国際的な競争力の強化が進んでいる重要魚種である (北海道水産林務部総務課, <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/suisan-group/sugata.html>, 2023.12.20)。北海道のサケはふ化放流事業で資源が維持されており、受精卵から育てた約10億尾のサケ稚魚が北海道各地のふ化場から放流されている。一方、2004年には6,000万尾を超えたサケの来遊数は、近年2,000万尾を下回る年が散見されるなど不安定な状況が続いている (北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場, <https://www.hro.or.jp/fisheries/research/hatch/sakema-information.html>, 2023.12.20)。サケの生活史においては、降海直後の減耗が最も多く、海洋生活1年目の冬季における減耗がそれに

次ぐと考えられている (Beamish and Mahnken, 2001)。降海直後の減耗要因として、低水温によるサケ稚魚の成長率と遊泳力の低下が考えられており (春日井, 2018; 虎尾, 2020)、水温5°C以上で放流することが望ましいとされている (関, 2013)。

Nagata *et al.* (2016) は、北海道全域でサケの回帰率の変動傾向を解析して、日本海、オホーツク海、根室海峡および太平洋海区で各海区の経年変動傾向が類似していることを明らかにした。このうち、オホーツク海、根室海峡および太平洋海区では、降海海域の海面水温と正の相関があることを示したが、日本海区については降海海域の海面水温だけでは経年変動要因を特定することは難しいとしている。日本海区におけるサケの資源変動要因については、河川水温の影響 (Morita *et al.* 2015)、海流によるオホーツク海への輸送状況の影響 (小山ら, 2018)、回遊経路であるオホーツク海沿岸域の海面水温変動の影響

報文番号A637 (2024年6月17日受理)

*Tel: 0135-23-4020. Fax: 0135-23-8721. E-mail: shinada-akiyoshi@hro.or.jp

響 (品田・實吉, 2023) がこれまでに報告されている。

本研究は, 日本海区におけるサケ資源の変動要因を解明するため, 石狩川水系千歳川から放流されたサケ稚魚が辿ると想定される降海海域と回遊経路の海面水温に着目して, それらの変動が河川回帰率に与える影響を明らかにすることを目的とした。品田・實吉 (2023) は日本海北部地区の天塩川から放流されたサケ稚魚について日本沿岸域の海面水温情報 (気象庁, <https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/series/engan/engan.html>, 2024.1.10) を用いて同様な解析を行っているが, これらの値はサケが回遊する岸寄りから50~150 km離れた格子までの海面水温を加重平均したものであり, サケ稚魚が移動する岸寄りの海面水温とは異なる可能性があった。そこで本研究ではサケが回遊する岸寄りの格子の海面水温データを抽出することによってより詳細な解析を行うことにした。

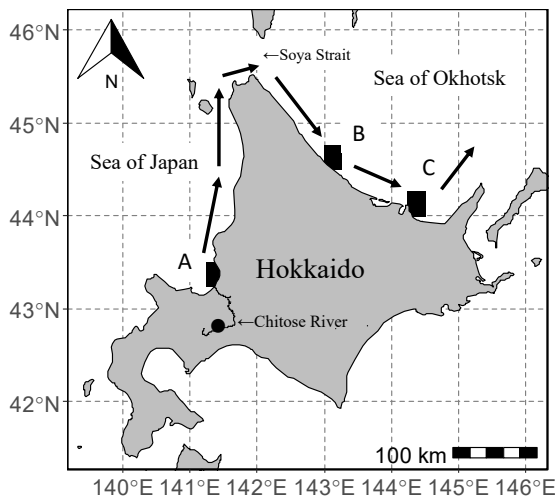


Fig.1 Location of the survey areas. Arrows indicate the migratory pathways of salmon estimated by Irie (1990). Black rectangles show the sea surface temperature area in A) Ishikari river off, B) Oumu coastal area, and C) Abashiri coastal area. The circle represents a sampling point. The location data for the Chitose River was obtained from digital national land information presented by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html>, 2024.1.9).

試料及び方法

本研究は, 千歳川から放流された2000年級から2017年級のサケを解析の対象とした。千歳川では, 毎年秋に20万尾前後のサケが遡上して, 翌年の春に河口から約80 km上流の水産資源研究所千歳さけます事業所から約3,000万尾のサケ稚魚を放流している (Fig. 1)。旬別の放流尾数は, 「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, 2001~2018)」に掲載されている値を用いた。サケ親魚の捕獲は9~11月の遡上時期を通じて (一社) 日本海さけ・ます増殖事業協会で行い, 旬毎に雌雄別の捕獲数を集計した。また, 捕獲旬毎に雌雄それぞれ50尾から採取した鱗のレプリカを用いて年齢査定を行った。旬別雌雄別の年齢組成に同旬の雌雄別の捕獲尾数を乗じて合算し, 各年の年齢別捕獲尾数を推定した。年齢別回帰尾数は, 各年の年齢別捕獲尾数を年齢別にとりまとめて算出した。河川回帰率は, 各年級の回帰親魚のうち3~5年魚の回帰尾数をその年級の放流尾数で除すことで算出した。

北海道日本海区の河川に放流したサケ稚魚は北上して, 宗谷海峡から北海道オホーツク海側の陸地に沿って網走湾まで回遊した後, 最終的にはオホーツク海の沖合へ向かうと考えられている (入江, 1990; 浦和, 2000)。本研究では千歳川から放流されたサケ稚魚の回遊経路の海面水温として格子の大きさが25 km四方のMergental sea surface temperature (MGDSST) を用いた (気象庁, https://www.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rtrdb/jma-pro/mgd_sst_glb_D.html, 2024.1.9)。MGDSSTは人工衛星や観測データを元に欠測のないデータを作成した再解析データである。本研究では, 降海海域である石狩川河口, 回遊経路であるオホーツク海側における雄武沿岸と網走沿岸の4~6月までの海面水温を用いた。河川回帰率と各変数間との関係はSpearmanの順位相関係数で評価した。

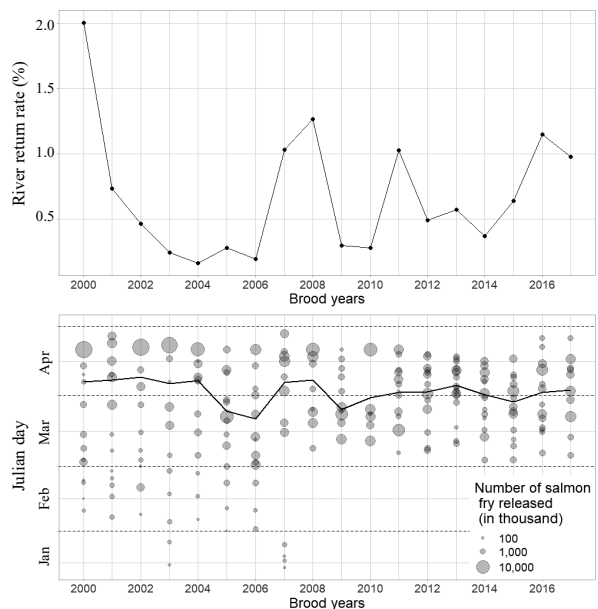


Fig.2 Annual changes in the salmon return rates in the Chitose River (upper) and release days from Chitose Station (lower). Circle size indicates the number of salmon fry released, and solid line indicates the release date weighted by the number of releases.

結果と考察

2000年級から2017年級における河川回帰率の経年変化を見ると、2000年級が約2.0%と突出して高い値を示した (Fig. 2)。その後、2003年級から2006年級まで0.25%以下の低い値を示した。2007年級以降は0.25~1.25%の間で増減を繰り返した。年級別で加重平均した放流日は、3月下旬から4月上旬の間で推移した (Fig. 2)。また、2000年級から2007年級には2月以前の放流が確認されたが、2008年級以降は3月以降に放流されていた。

降海海域である石狩川河口の海面水温は、3月には5℃を下回る年もあったが、4月以降は概ね5℃を上回って推移した (Fig. 3)。3月以降に放流されたサケ稚魚が石狩川河口に降海する時期は4月上旬から5月上旬と推定されている (真山ら, 1983)。そこで、4月上旬から下旬における石狩川河口の海面水温と河川回帰率についてSpearmanの順位相関係数を計算した。その結果、すべての旬で有意な相関関係は認められなかった (Fig. 4)。なお、河川回帰率が顕著に高い2000年級を除いた場合でも同様の結果であった (Early April: $r_s=0.36$, $p=0.14$, Mid April: $r_s=0.30$, $p=0.26$, Late April: $r_s=0.40$, $p=0.12$)。サケ稚魚は5℃以下の水温では、遊泳能力が落ちて餌を獲得できないことや捕食者を回避できないことが考えられている (春日井, 2018; 虎尾, 2020)。前述の通り千歳川に放流されたサケ

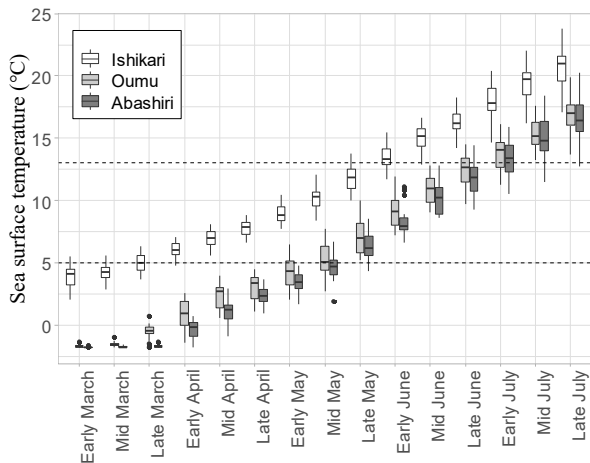


Fig. 3 Seasonal changes in the sea surface temperatures in the Ishikari river off (Ishikari), Oumu coastal area (Oumu), and Abashiri coastal areas (Abashiri). The box represents the interquartile range (IQR), which is the range of values between the first quartile and the third quartile. The median is represented by a horizontal line inside the box. The whiskers represent the range of data outside the IQR, and the outliers are plotted as individual points beyond the whiskers. Data from 2001 to 2018.

稚魚が降海するのは4月以降で、この時期の海面水温はほぼ5℃を上回っていることから、河川回帰率の変動に降海海域の海面水温変動は大きな影響を与えていないと考えられる。この結果は、Nagata *et al.* (2016) の結果と同様である。品田・實吉 (2023) は日本海北部の天塩川から放流されたサケ稚魚は降海海域の海面水温と有意な正の相関があることを報告しているが、これは石狩川河口より200 kmほど北に位置する天塩川河口における降海時期の海面水温は5℃以下の年も散見することが関与していると考えられる。

回遊経路であるオホーツク海側の海面水温が5℃を上回るのは雄武沿岸で5月上旬、網走沿岸で5月中旬であった (Fig. 3)。千歳川から放流されたサケ稚魚がオホーツク海側の雄武沿岸や網走沿岸に回遊する時期は不明であるが、北海道稚内市の宗谷港で夜間に行っている「たも網」を使ったサケ稚魚の採捕調査によると5月中旬からサケ稚魚が出現することが報告されており (今井, 2023)、少なくとも5月中旬以降にはサケ稚魚が、オホーツク海側に回遊している可能性があると考えられる。そこで、5月上旬から下旬における雄武沿岸の海面水温と河川回帰率についてSpearmanの順位相関係数を計算した。その結果すべての旬で有意な正の相関関係が認められた (Fig. 4)。

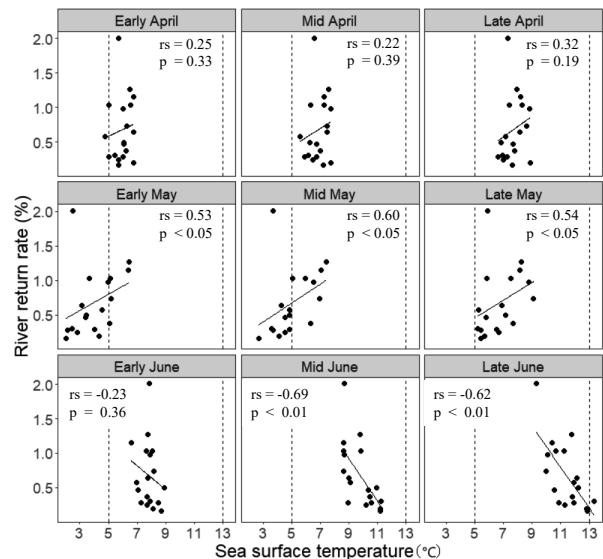


Fig. 4 Scatter diagram between sea surface temperature and the salmon return rate in the Chitose River. Lines indicate simple linear regression line. Correlation coefficients and p-values are shown in the graph. Upper x-values represent the sea surface temperature off the Ishikari River from early April to late April. Middle x-values indicate the sea surface temperature along the Oumu coastal from early May to late May. Bottom x-values reflect the sea surface temperature along the Abashiri coastal from early June to late June.

なお、河川回帰率が顕著に高い2000年級を除いた場合でも同様の結果であった (Early May: $rs=0.71$, $p<0.01$, Mid May: $rs=0.82$, $p<0.01$, Late May: $rs=0.63$, $p<0.01$)。5月中旬の石狩川河口と雄武沿岸の海面水温の差は約5℃となっており (Fig.3), オホーツク海側へ回遊することによって海面水温が5℃以下の水塊に遭遇することはサケ稚魚の生残にとって不利に働くと考えられる。

千歳川から放流されたサケ稚魚は、石狩湾から北上して宗谷海峡を通過後、オホーツク海を網走沿岸まで南下して、最終的にはオホーツク海に向かうと考えられている (入江, 1990; 浦和, 2000)。網走沿岸では6月下旬に離岸の目安である13℃を超える年が観測されている (Fig.3)。そこで、6月上旬から下旬における網走沿岸の海面水温と河川回帰率についてSpearmanの順位相関係数を計算した。その結果、6月中旬と6月下旬で有意な負の相関が認められた (Fig.4)。なお、河川回帰率が顕著に高い2000年級を除いた場合でも同様の結果であった (Early June: $rs=-0.26$, $p=0.31$, Mid June: $rs=-0.68$, $p<0.01$, Late June: $rs=-0.55$, $p<0.05$)。13℃はサケ稚魚が沿岸域を離れる時期の水温の目安と考えられている (春日井, 2018)。よって、6月下旬における網走沿岸の海面水温が高い場合は、稚魚が強制的に沖合へ移動させられる現象が生じているのかもしれない。この際に、成長が十分でないサケ稚魚は沖合の環境に適応出来ずに減耗する可能性があると考えられる。これらオホーツク海側の海面水温変動の影響は、日本海北部の天塩川から放流されたサケ稚魚でも報告されている (品田・實吉, 2023)。

以上より、千歳川から放流されたサケ稚魚は、降海する石狩川河口付近の海面水温よりも、回遊経路であるオホーツク海側での滞在可能期間がサケの河川回帰率に関係していると考えられた。海洋温暖化により、オホーツク海沿岸域の海面水温が上昇することが考えられるが、今回示した海面水温との関係を基礎的資料として放流手法の改善を行うことが望まれる。

謝 辞

年齢査定解析にあたっては、(一社)日本海さけ・ます増殖事業協会にて採取された鱗を活用させて頂きました。この場をお借りし厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Beamish, R.J, Mahnken, C. A critical size and period hypothesis to explain natural regulation of salmon abundance and the linkage to climate and climate change. *Prog. Oceanogr.* 2001; 49: 423-437.
- 今井謙吾. 本州日本海由来サケ稚魚の移動経路～山形県から放流されたサケ稚魚を宗谷海峡で初確認～. *SALMON情報* 2023; 17: 30-31.
- 入江隆彦. 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. *西海区水産研究所研究報告* 1990; 68: 1-142.
- 春日井 潔. 北海道沿岸における環境変動がサケ幼稚魚の生残に及ぼす影響. *海洋と生物* 2018; 40: 335-341.
- 公益社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会. 平成13年度～平成28年度さけ・ます増殖事業成績書. 札幌. 2001-2018.
- 小山達也, 品田晃良, 黒田 寛, 宮越靖之. 粒子追跡実験を用いた北海道日本海におけるサケ幼稚魚の北上移動に関する考察(短報). *北海道立水産試験場研究報告* 2018; 93: 93-98.
- 真山 敏, 関 二郎, 清水幾太郎. 石狩川産サケの生態調査-II. 1980年及び1981年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. *北海道さけ・ますふ化場研究報告* 1983; 37: 1-22.
- Morita, K, Nakashima, A, Kikuchi M. River temperature drives salmon survivorship: is it determined prior to ocean entry? *R. Soc. Open sci.* 2: 140312.
- Nagata M, Miyakoshi Y, Fujiwara M, Kasugai K, Ando D, Torao M, Saneyoshi H, Irvine JR. Adapting Hokkaido hatchery strategies to regional ocean conditions can improve chum salmon survival and reduce mortality. *N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull.* 2016; 6: 73-85.
- 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.
- 品田晃良, 實吉隼人. 回遊経路における海面水温の変動が天塩川のサケ河川回帰率に与える影響(短報). *北海道立水産試験場報告* 2023; 104: 33-36.
- 虎尾 充. 北海道におけるサケ初期減耗過程の解明と資源回復にむけて ～降海後のサケ稚魚に何が起きているのか?～. *北水試だより* 2020; 101: 7-10.
- 浦和茂彦. 日本系サケの回遊経路と今後の研究課題. *さけ・ます資源管理センターニュース* 2000; 5: 3-9.