

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)

品田晃良^{*1}, 實吉隼人²

¹北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場,

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 the migration pathways of salmon river return rates to the Teshio River, Hokkaido, Japan (Short Paper)

AKIYOSHI SHINADA^{*1} and HAYATO SANEYOSHI²

¹ Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido 061-1433*

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 river return rates was investigated in the Teshio River, located in the northern Sea of Japan, Hokkaido, Japan. SST rose faster on the Sea of Japan side than on the Sea of Okhotsk side from April to June, indicating that a temperature gap of 2 to 3°C existed between the two areas. Spearman's correlation coefficients between the SST and salmon river return rates were positive from late April to mid-May in the Sea of Japan side. This suggests that the survival rate increases with higher SST immediately after sea entry. In contrast, on the Sea of Okhotsk side, a positive correlation was observed in early May and a negative correlation in late June, when SSTs were above the lower habitat limit (5°C) in early May and reached the upper habitat limit (13°C) in late June. The above results indicate that the variation in return rates may be related to the SST immediately after sea entry and the length of possible residence time on the Sea of Okhotsk side, which is the migratory pathway.

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

サケ *Oncorhynchus keta* は北海道における重要な漁業対象種の一つであるが, その生産量は近年急激に減少している (水産庁, https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/attach/pdf/furyou_kenntokai-19.pdf, 2023年5月15日閲覧)。このような中, 日本海区における生産量の全道のそれに占める割合は低いものの (2020年: 約18%, 0.9万トン), 他海区に比べると安定して推移している (北海道, <https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/suisan-group/sugata.html>, 2023年5月15日閲覧)。また, 日本海区の各河川の河川回帰率は同調して変動することが知られているが, その要因は解明されていない (Nagata *et al.*, 2017)。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)。北海道系のサケは沿岸域を離れた後, オホーツク海沖合に移動して夏から秋を過ごし, その後, 西部北太平洋やベーリング海へ回遊すると推測されている (浦和, 2000)。オホーツク海沖合に移動したサケ幼魚は北海道各地の個体群が混ざり合っていると考えられるので (浦和, 2015), 1年目の夏季以降に起こる減耗は北海道系のすべてのサケ資源に影響を及ぼす可能性がある。このため, 日本海区のみで同調する河川回帰率の変動は, 放流海域からオホーツク海沖合へ移動する回遊経路の途中で発生していると考えられる。本研究では減耗要因として海面水温に着目して解析を行った。関 (2013) は, サケ稚魚の生息に適する下限水温を5°C, 好適水温を約8°Cと定義した。これは海

報文番号A618 (2023年6月27日受理)

*Tel: 0123-32-2136. Fax: 0123-34-7233. E-mail: shinada-akiyoshi@hro.or.jp

面水温が5℃を下回るとサケ稚魚は摂餌活性が下がり、遊泳力が弱まることで被食リスクが高まるためと考えられている(春日井, 2018)。また、関(2013)は、沿岸域でサケ稚魚の分布が見られなくなる13℃をサケ稚魚が沿岸域を離脱する水温と報告している。

天塩川は、北見山地の天塩岳を水源として士別市から天塩町にかけて流れる長さが北海道第2位(256 km)の河川である(Fig. 1)。日本海区の北部地区で最も北に位置している天塩川の捕獲数と採卵計画数は、同地区の計画数の約50%を占めている(令和3年度計画, 捕獲数: 23千尾, 採卵数: 23,900千粒, 公益社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会, http://www.sake-masu.or.jp/pdf/03_zigyoun_houkoku.pdf, 2023年5月15日閲覧)。また、天塩川では遡上したサケの年齢組成を明らかにするためモニタリングが長期間行われている。以上より、本研究は日本海北部地区の基幹河川である天塩川から放流されたサケ稚魚が辿ると想定される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解明することを目的とした。

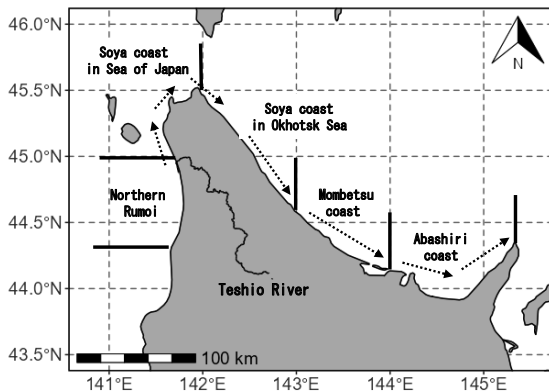


Fig. 1 Location of the survey area. Dotted arrows indicate migratory pathways of salmon estimated by Irie (1990). Bold lines show the borders of the sea surface temperature area. The location data for the Teshio River was obtained from digital national land information presented by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html>, 2022/9/15).

試料及び方法

本研究は、天塩川から放流された2000年級から2016年級のサケを解析の対象とした。天塩川では毎年15,200千尾前後のサケ稚魚が、河口から約50 km上流の留萌管内さけ・ます増殖事業協会中川ふ化場と、約120 km上流の水産資源研究所天塩さけます事業所より放流されている。旬別の放流尾数と放流体重は、「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~

2017)」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天塩川河口の捕獲場, 中川ふ化場および天塩さけます事業所で行い、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(入江, 1990)、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(浦和, 2000)。本研究では天塩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気象庁が公表している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>, 2023年5月15日閲覧)から、留萌地方沿岸北部、宗谷地方日本海沿岸、宗谷地方オホーツク海沿岸、紋別地方沿岸および網走地方沿岸の4~6月までの値を用いた。河川回帰率と各変数間の関係はSpearmanの順位相関係数で評価した。

結果と考察

2000年級から2016年級における河川回帰率の経年変化を見ると、2001年級が約1.0%と突出して高い値を示した(Fig. 2)。他の年級は0.60%以下の値で変動したが、2012年級は0.17%と最も低い値を示した。解析した年級の放流尾数は14,000~16,700千尾(平均15,200千尾)であった。また、放流は1月下旬から5月上旬まで行われ、4月上旬以降に全体の53~90%が放流された。放流体重はいずれの年級も0.76~1.39 g(平均1.1 g)の範囲内であり、河川回帰率との間に有意な相関関係は認められなかった($r_s =$

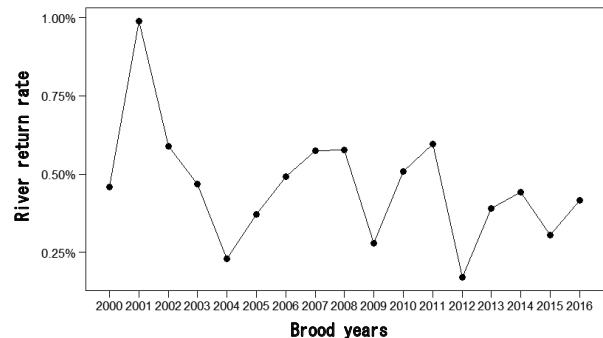


Fig. 2 Annual changes in the salmon river return rates in the Teshio River.

-0.34, $p = 0.18$)。さらに、2001年級の放流体重 (0.94 g) が2012年級 (1.33 g) より少ないなど、河川回帰率と放流体重の関係は不明瞭であった。

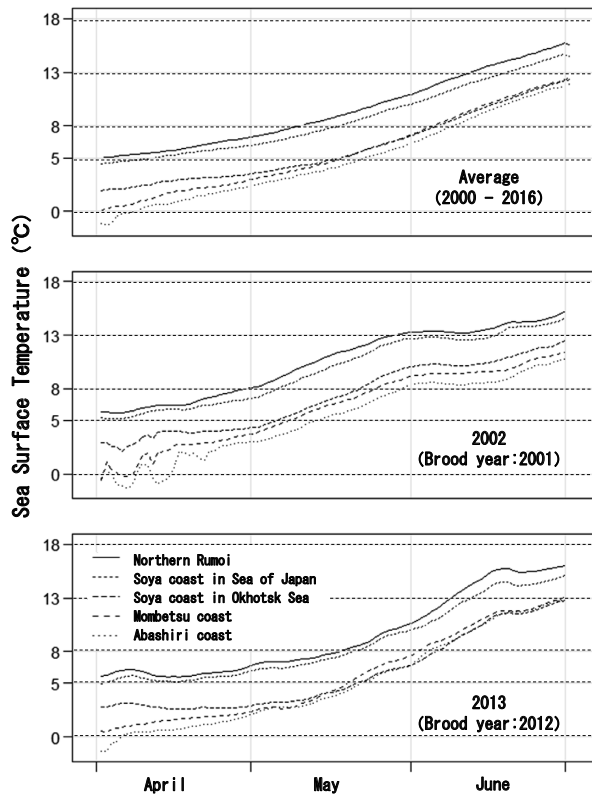


Fig.3 Seasonal changes in sea surface temperature in the migratory pathway of salmon from the Teshio River. The upper graph shows average values from 2000 to 2016, the middle graph shows the best years, and the lower graph shows the worst years of the salmon river return rates.

4~6月にかけての海面水温の平年値 (2001年から2017年の平均値) を見ると日本海側 (留萌地方沿岸北部, 宗谷地方日本海沿岸) では4月上旬の約5℃から徐々に昇温して、5月上旬から中旬に8℃を上回り、6月中旬以降に13℃を超えた。一方、オホーツク海側 (宗谷地方オホーツク海沿岸, 紋別地方沿岸, 網走地方沿岸) では、4月上旬の平年値は-1.2~1.9℃と低く、5月中旬以降にようやく5℃を上回り、その後6月上旬に8℃を超え、6月下旬には12~12.5℃に達した (Fig.3)。また、4~6月における宗谷地方日本海沿岸と宗谷地方オホーツク海沿岸の海面水温の差は約2~3℃で、他の隣接する地区間の差に比べて大きな差 (水温ギャップ) があることが分かった。

関 (2013) は、サケ稚魚の生息に適する下限水温を5℃、好適水温を約8℃と定義している。海面水温が5℃を下回るとサケ稚魚は摂餌活性が下がり、遊泳力が弱まることで被食リスクが高まると考えられている (春日井, 2018)。日本海側の海面水温を見ると放流が本格化する4月には2002年と2013年とも5℃を上回っていたが、好適水温である8℃を上回るのは2002年の方が2013年より1~2旬早かった (Fig.3)。海面水温と河川回帰率との間のSpearmanの順位相関係数は放流海域である留萌地方沿岸北部では4月下旬から5月中旬に、隣接する宗谷地方日本海沿岸では5月中旬に有意な正の相関が認められている (Fig.4)。これらの結果は、天塩川から放流されたサケ稚魚は放流河川の前浜の海面水温が高いほど生残率が高まる可能性を示唆している。Nagata *et al.*, (2017) は日本海区以外の海区で河川回帰率と海面水温に正の相関があることを報告をしているが、本研究は日本海区で河川回帰率と海面水温に正の相関があることを初めて示す結果となった。

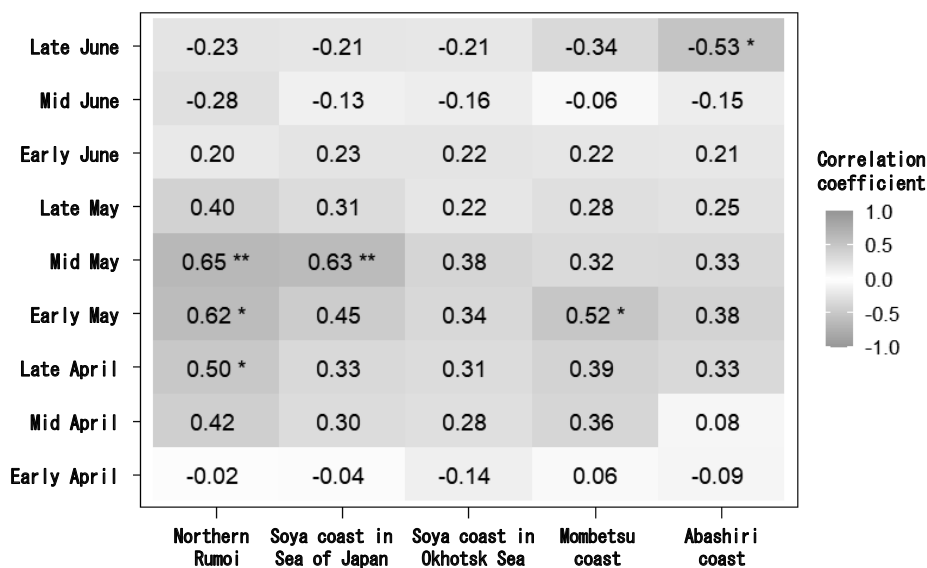


Fig.4 Heat map of Spearman's correlation coefficients between salmon river return rates and sea surface temperature by migration pathways and season. * indicates p -value < 0.05 , ** indicates p -value < 0.01 .

オホーツク海側で生息に適する下限水温の5℃を上回るのは、2002年は5月上旬から中旬と平年（5月中旬）よりも早く、2013年は5月中旬から下旬と平年に比べ遅い傾向を示した。両年に放流されたサケ稚魚が降海する時期や天塩川沿岸からオホーツク海側へ回遊する期間については不明な点が多い。しかし、2002年と2013年の4月以降の放流尾数はそれぞれ11,680千尾（全期間の71%）と9,740千尾（全期間の74%）と同程度であったことから、放流時期の違いが河川回帰率の変動に影響を及ぼした可能性は低いと思われる。また、5月上旬における紋別地方沿岸の海面水温と河川回帰率間のSpearmanの順位相関係数に有意な正の相関が認められていることから（Fig. 4）、オホーツク海側で生息に適する下限水温の5℃を上回るのが早いほど河川回帰率が良いことが考えられる。

関（2013）は、サケ稚魚が沿岸域を離脱する水温を沿岸域で分布が見られなくなる13℃と考えた。平年では日本海側で6月中旬に13℃を上回るのに対し、オホーツク海側では6月下旬に13℃付近まで昇温する（Fig. 3）。よって、天塩川から放流されたサケ稚魚の大半は6月中旬以降にはオホーツク海側に到達していると考えられる。オホーツク海側における6月下旬の海面水温を2002年と2013年で比較すると、2002年は6月下旬になっても13℃以下であるが、2013年は昇温が早く6月下旬に13℃に達していた（Fig. 3）。また、6月下旬の網走地方沿岸の海面水温と河川回帰率のSpearmanの順位相関係数には有意な負の相関があることが示されているが（Fig. 4）、これはオホーツク海側で沿岸に滞在可能な上限水温に達するのが遅いほど河川回帰率が良いことを示している。

本研究では放流海域の海面水温以外にも放流海域に隣接する宗谷地方日本海沿岸、回遊経路であるオホーツク海側の紋別地方沿岸、網走地方沿岸の海面水温とも有意な相関関係が認められた（Fig. 4）。オホーツク海側は、日本海側と比較して栄養塩に富み餌環境が良好であるので（Kobayashi *et al.*, 2015）、オホーツク海側の滞在可能期間が長いほどサケ稚魚の成長と生残に有利に働くと推察される。また、オホーツク海側での滞在可能期間は、オホーツク海側で生息に適する下限水温（5℃）と沿岸域を離脱する水温（13℃）に達する時期によって決まると考えられる。本研究で示された5月上旬における紋別地方沿岸や6月下旬の網走地方沿岸の海面水温との有意な相関はこれらの結果を支持するものである。ただし、本研究で用いた日本沿岸域の海面水温情報は複数の格子の面積に応じて加重平均したものであるため（気象庁、https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyoo/series/engan/eg_info.html, 2023年5月15日閲覧）、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る。今後は、現

場観測や岸に近い格子データを用いた研究が必要である。また、本研究は日本海区北部地区における天塩川のサケ河川回帰率に影響を与える北海道周辺の海洋環境を評価したものである。日本海区における河川回帰率の変動は同調していることが報告されているので（Nagata *et al.* 2017）、日本海区の他の河川についても同様な解析が望まれる。

謝 辞

年齢査定への解析にあたっては、一般社団法人留萌管内さけ・ます増殖事業協会ならびに水産資源研究所天塩さけます事業所で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.
- 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.
- Kobayashi Y, Takatsu T, Yamaguchi H, Joh M. Comparisons of diet and nutritional conditions in *Pseudopleuronectes herzensteini* juveniles between two nursery grounds off northern Hokkaido, Japan. *Fish. Sci.* 2015; 81: 463-472.
- 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. 2001-2017.
- 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.* 2017; 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.
- 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.
- 浦和茂彦. 日本系サケの海洋における分布と回遊. *水産総合研究センター研究報告* 2015; 39: 9-19.