

「さかな」の変化 I サケ

—サケを取り巻く環境変化と対応策—

永沢 亨（水産総合研究センター）

1. はじめに

日本のサケ（シロザケ）は北日本を代表する魚であり、定置網を中心とした沿岸漁業にとって大変重要な資源です。また、海で成長した後に生まれた川に戻ってくる母川回帰性もあり生物としても大変人気があります。現在、サケは年による変動はあるものの日本の沿岸に 5,000 万尾以上来遊していますが、冷たい水を好むサケは温暖化が進み海水温の上昇がどんどん続くと、極端な場合には日本の沿岸には来遊しなくなってしまうのでは？と心配になってきます。ここでは日本のサケの生き物としての特徴を紹介するとともに、温暖化がサケに与える影響について考えてみたいと思います。

2. 日本のサケの特徴

サケは海と川を行き来する通し回遊魚で、全てが川で生まれ海で成長する降海型で一生に一度の繁殖後、死亡します。サケは海から川に上ってくる溯上期の異なる 2 群に大別されており、溯上期の中心が 7 月～8 月のものが夏ザケ、9 月以降に溯上期の中心があるものが秋サケと呼ばれ、成長、孕卵数、卵サイズなどに差があります（Lovestikaia, 1948; 佐野, 1966; Salo, 1991; Gritsenko, 2002）。

日本のサケは基本的に秋サケに含まれ、多くは 4～10℃の水温が

安定した湧水域で産卵します。しかし、溯上時期の早い群では冬期に水温が 1℃前後まで低下する礫域で行われるという、夏ザケに近いような産卵生態を示す例もあります。サケ卵のふ化までの所要日数は水温によって異なりますが、8℃では約 60 日要し、さらにふ化後も卵黄吸収まで約 60 日を礫の間隙で過ごし、その後、浮上して川に出てきます。

浮上したサケ稚魚は河川の中でも流れの緩い場所に分布し、成長した後に川を下って海に入ります。しかし、日本ではサケの多くが採卵から人間の手で育てられるため、体重約 1g 程度に成長した稚魚が川に放され、その後、すぐに川を下ることになります。

日本の沿岸で海に降りたサケは、主に渚帯を含む離岸 2km 以内の沿岸を中心に広く分布し、かいあし類を中心とするプランクトンを餌料として成長し、沿岸の表面水温が 13℃を

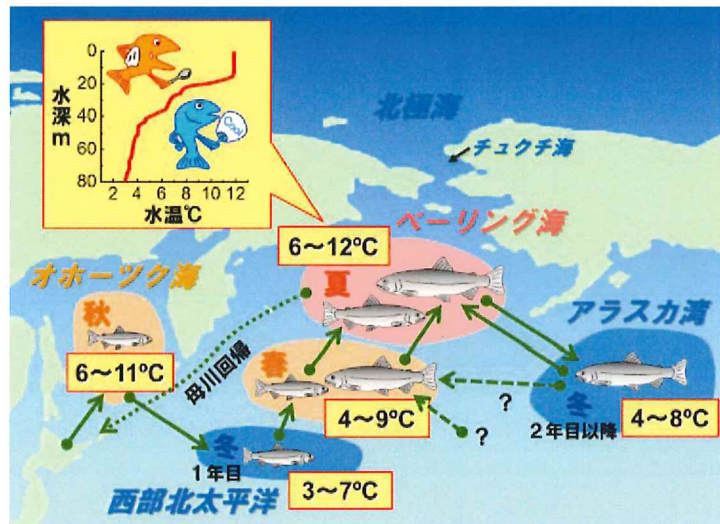


図1 日本のサケ（シロザケ）の回遊経路と生息水温（森田健太郎原図）

越える頃になると沿岸域を離れていきます。そのため、現在ふ化放流魚もこのタイミングに合わせて、沿岸の水温が5~13℃の時期に放流されているのです。

日本生まれのサケ稚魚はその後列島にそって北上し、ほとんどの個体が最初の夏をオホーツク海で過ごすと考えられています(浦和, 2000)。10月になると、オホーツク海に広く分布していたサケ稚魚は択捉海峡やウルップ海峡等を通り、北西太平洋に移動していきます(Shuntov and Temnykh, 2008)。日本のサケは、海での最初の冬を北西太平洋の亜寒帯前線周辺の狭い水域で過ごし、春の水温の上昇と共に北方に移動します(図1)。その後、夏季~秋季には主にベーリング海で餌を食べて成長し、秋の水温低下とともにベーリング海からアラスカ湾に移動し北米起源のサケといっしょに2回目の冬を越します。この「夏はベーリング海で索餌、冬はアラスカ湾で越冬」という様式を数度繰り返し、最後の夏をベーリング海で過ごした後に、カムチャッカ半島~千島列島に沿って日本沿岸に戻ってきます(母川回帰)。

日本のサケで最も多いのは、3冬を海で過ごした後に回帰する4年魚で、5年魚や3年魚がこれに次ぎ、数は少ないものの、2年魚や6年魚もいます。このように日本のサケは海に降りた後に北太平洋全体を広く利用しているため、様々な海域で環境変化の影響を受けるのです。

3. 現在の高水温はサケにどのような影響を与えているか?

サケは冷たい水を好むため、一般的に、高水温はサケに悪影響を与えます。近年、サケが日本沿岸に戻ってくる秋季の水温がこれまでよりも高くなる年が多く出現するようになりました。北海道におけるサケ稚魚の放流数は約10億尾で、ほぼ一定なのに対し、沿岸に回帰するサケの数は年によって変動します。回帰するサケの数が変動する要因として、千島列島の南側の秋の水温変動が考えられています(図2)。長年のデータから、産卵回遊期以外のサケが分布する海域の表面水温は3~15℃であり(Azumaya and Nagasawa,

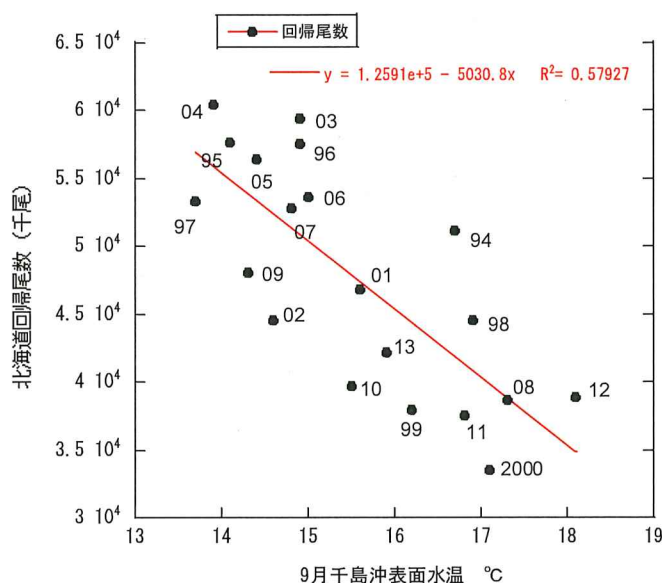


図2 千島列島南側における秋季(9月)の平均海面水温と北海道のサケ来遊数の関係(永沢2010を改変)

2007)、産卵回遊期でも15℃以上の水域はできるだけ避けるよう行動します。そのため、高水温の影響は回帰尾数の減少だけではなく、回帰サケの日本沿岸域への来遊の遅れ(漁期の遅れ)も引き起こします。では、水温の上昇は現在のサケ資源に常に悪影響をあたえているのでしょうか? 実は、必ずしもそうとは言えないようです。

オホーツク海沿岸や北海道太平洋沿岸など春の水温上昇が遅い地域では、春の沿岸水温が高い年のほうが海に降りたサケの生残りが良いということが知られています(良い影響)。その一方で、冬から春にかけての水温の急な上昇は、沿岸でのサケ稚魚の好適

水温期間の短縮化につながり、サケ稚魚の生残りに悪い影響を与えているという考え方も出てきました。現在のところ、高水温は日本のサケにとって功罪が混在する複雑な影響を与えているようです。

4. 将来の温暖化はどのような影響を与えるか？

私達の研究グループでは、温暖化による将来のさらなる高水温の影響と、その対応策を探るため、IPCCのA1Bシナリオに基づき、2050年と2095年のサケの分布可能水域の変化と生態系モデルを利用したサケの最適放流量の試算を行いました。

冬季について見ると、2050年、2095年とも分布可能域は現在よりも広くなると想定されました。夏季（7～9月）では、2050年、2095年とも水温が分布の南限を規定するようになり、分布可能域が北偏するとともに、面積も縮小すると予測されました。つまり、A1Bシナリオによる温暖化では、夏季の分布可能面積の縮小につながるものの、日本系サケが初回越冬する西部北太平洋における分布可能域が拡大することになります。初回越冬期はサケの減耗が大きな時期と考えられていることから、この時期の分布可能域の拡大は日本系サケの生残率の向上に繋がる可能性もあります。一方、夏季は摂餌・成長の時期であり、分布域の縮小は分布密度の増加によって成長が停滞する可能性が強いと予想されました。

サケの最適放流量について、以上の予測結果と、生態系レベルでの生態系機能を管理するEcosystem Based Management(EBM)という考え方にに基づき、北海道のサケ漁業者の収入を最大にするシロザケの北海道内のふ化場からの放流量（最適放流量）を推定しまし

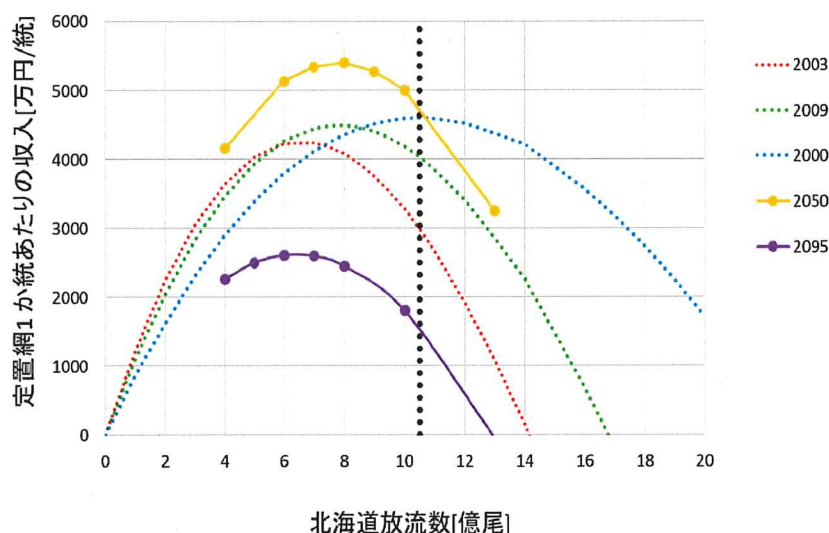


図3 A1Bシナリオに基づいて推定した北海道におけるサケ最適放流量の推定値 2010を改変)

た。現在の北海道内のサケ放流量は約10億ですが、A1Bシナリオに基づいた最適放流量の計算結果では、2050年は放流尾数8億で現在よりも定置網1ヶ続あたりの収入がやや増加します。しかし、2095年には最適放流量尾数は7億前後となり、1ヶ続あたりの漁獲収入も大幅な減少が予想されました。つまり、2050年、2095年とも

現在の放流量より低い値が最適放流量と推定されたのです。

また、温暖化が進むと、飼育用水の水温が低いふ化場では、春季の水温の上昇によって飼育魚の成長が間に合わず、稚魚を適期に放流することが困難になる場合が生じることが予想されています。その一方で、飼育用水の水温が高いふ化場では、沿岸での水温適期に合わせた放流が現在よりも容易になることがわかってきました。

5. 温暖化に備えてどのような対応策がとれるか

ふ化放流を中心として維持されてきている日本のサケに対する温暖化の影響は、進行の程度によって大きくことなることが想定されます。これまでみてきたように、A1B シナリオに沿ったシミュレーションによると、2050 年ごろまでの温暖化は日本のサケ資源にとってマイナス面が大きいものの、プラスの面も想定されます。たとえば、水温から見た適期放流のため、飼育用水の温度が高く、かつ沿岸の水温上昇が遅いふ化場では、現在用水を冷却して卵の発生を抑えるなどの措置を行っていますが、温暖化によって春季の昇温が早まればこのような措置は不要になります。一方、飼育用水の温度が低めで、沿岸水温の上昇がさらに進むふ化場では、適期放流のためには高水温飼育による種苗の成長促進を行う必要が出てきます。ただし、これまで適サイズ・適期放流の目安としてはほぼ画一的に「体重 1 g 以上の稚魚を、沿岸の水温 5~13℃の期間に放流する」ことを基本に考えてきましたが、地域によっては現状よりも小さめのサイズで放流しても良いと考えられる結果も出てきており、今後の温暖化に向けた適応策の検討につながるかも知れません。

最後に、これからの温暖化に対するサケのふ化放流工程の改良を通じた対応策として、下記が想定されます。今後、これらの対応策の具体化にも取り組んでいきたいと思えます。

- ・地域に見合った放流サイズ、放流時期を見直すとともに、適正数の種苗生産を行う。
- ・早期回帰群の多い地域では、秋季の高水温化対策として産卵回遊時期の遅い群の比率を増やしていく
- ・温暖化に伴う四季の 2 極化と水温の上昇・降下の激化に備え、一極集中ではない放流体制を整える。
- ・ふ化放流資源にはない環境変動への耐性を有する可能性のある野生魚資源を増やす。

参考文献

- Azumaya T. and T. Nagasawa (2007) Regional and seasonal differences in temperature and salinity limitation of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). NPAFC Bulletin. 4: 179-187.
- Gritsenko, O.F (2002) Diadromous fishes of Sakhalin (systematic, ecology, and fisheries). 248pp, VNIRO publishing, Moscow.
- Lovestikaiya, E. A (1948) Data on the biology of the Amur chum salmon. *Izvestiya TINRO*, 27: 115-137 (in Russian).
- 永沢 亨 (2010)日本の秋サケ資源に見られる来遊不順. ていち. (117):70-80
- Salo E.O (1991) Life history of chum salmon. p233-309.in Groot C, Margolith L. (eds). Pacific Salmon Life Histories. UBC Press, Vancouver.
- 佐野誠三 (1966) 北太平洋のさけます—第 3 部, 北太平洋さけますの生活史の検討 3. 極東産しろぎけ. 北太平洋漁業国際委員会研報. 18: 33-45.
- Shuntov. V.P. and O. S. Temnykh (2008) Pacific salmon in the costal marine and ocean ecosystem. Vol 1.479pp. TINRO Center, Vladivostok (in Russian).
- 浦和茂彦(2000) 日本系サケの回遊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. 5:3-9.