

サケ産卵床環境からみた水温上昇の サケ個体群への影響

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム ○布川 雅典
星野 剛
山田 嵩

近年のサケ漁獲数減少は社会問題化している。一方で北海道では、2023年夏季から秋季にかけての記録的な気温上昇に伴って、河川でも高い水温が観察された。サケの卵は、日平均水温の積算温度によって発生ステージが決定されることから、水温上昇は稚魚のふ化時期に大きく影響する。そのため、将来的な水温上昇が稚魚のふ化浮上時期を早期化させ、サケ個体数の減少が予想される。ここではそのメカニズムについて解説する。

キーワード：前期産卵個体群、豊平川、地球温暖化

1. はじめに

サケ(*Oncorhynchus keta*) は晩夏から初冬にかけて、河川を遡上して産卵する。札幌市内を流れる豊平川には例年では8月後半から翌年1月頃に遡上し産卵する個体が見られる。サケは河床下約20 cmのところに作る産室に2500から3000粒を産卵する。産卵後は周辺の土砂をかける行為が見られることから、それはマウンド状の産卵床として確認できる(図-1)。

産卵床には流水が浸透するように礫径数センチの河床材料が使われ、その設置場所は流水にさらされやすい場所(瀬頭や瀬尻)が選ばれる(1, 2)。また、産卵床の水温により、産卵された卵の発生過程が決定されており、日

平均水温の積算値を用いることで卵からの稚魚の出現の指標となる。サケでは積算温度が約500°Cで卵から仔魚が孵化し、約950-960°Cで産卵床内から河川へと稚魚が泳ぎ出る、いわゆる浮上がおこる(2,3)。

サケには遡上及び産卵時期が異なる2つの個体群が存在する。豊平川では11月ころまでに遡上して産卵する前期遡上個体群(以下前期群)とそれ以降1月まで遡上して産卵する後期遡上個体群(以下後期群)がいる(2, 3)。これらのサケは個体群ごとで産卵する場所が異なっていることも知られており、前期群は河川水が浸透して伏流する(浸透流が卓越する)箇所産卵する。一方で後期群は、春季及び冬季の水温が河川水に比べ高い、地下からの湧昇流(湧水)が卓越する箇所産卵することが知られている。このため前期群の産卵床には河川水



図-1 産卵遡上したサケ(左)と産卵床(右)

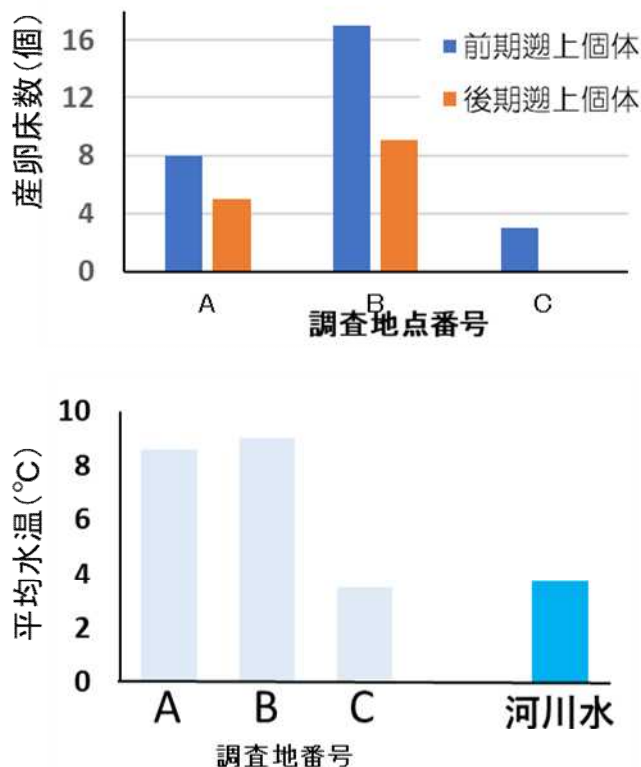


図-2 石狩川中流部における遡上時期の異なるサケ個体群の産卵床数（上）と12月の産卵床水温及び河川表面水温（下）。布川ら2023⁶⁾を改変。

で満たされており、河川水温の変動が卵の発生に影響を与えやすいと考えられる(4)。

近年地球上では気温の上昇の影響が知られるようになった。2023年札幌市でも、8月の日最高気温は近年で最も高い値となった。気温の上昇は今後も続くと考えられ、この現象は河川水温にも影響するだろう。しかし、河川水温の上昇がサケ産卵床への影響を検討した事例は少なく、今後のサケ産卵床の分布を予測した例もほとんどみられない。

そこで、本研究では豊平川においてサケの前期個体群の産卵床の水温を明らかにして、水温上昇があった場合にそれらの産卵床からの稚魚浮上時期の予測とその後生じる産卵床数の変化について考察する。

2. 水温上昇とサケ産卵床水温

札幌市を流れる豊平川には前期群と後期群のサケ個体群が遡上する。そこで豊平川のJR橋直上流付近（調査地A）、東橋から100 m（調査地B）と350 m（調査地C）に作られた産卵床についてみると、調査地AとBは

前期群と後期群の両者が利用していたことが分かった。一方で調査地Cでは前期群だけが利用していた(5)。よって、調査地Cに作られた産卵床は河川水によって涵養されていると推測される。そこで、調査地Cの産卵床水温を見てみると付近の河川水温とほぼ同じであった（図-2）。このデータからも調査地Cの産卵床は河川水が伏流していると思われる。一方で調査地AとBは前期及び後期群ともに産卵していること、産卵床水温が河川水より高いことから（図-2）、河川水伏流水と湧水の両者によって産卵床は涵養されている可能性がある。

このような状況から、温暖化により気温上昇が起こることに伴った河川水温上昇が生じた場合、卵の発生が早まる影響を受けやすいのは前期群であると考えられる。水温の上昇は日積算水温の上昇となり、その上昇は産卵から浮上までの積算水温約950°Cに達する期間を短くする方へ働くことが考えられる。

3. サケ産卵床水温に与える影響モデル：日平均積算水温

豊平川にかかるJR橋から50 m 上流にできた前期個体群の産卵床日平均水温を、産卵床が確認されてから浮上を迎えたと思われる時期（2018年11月8日から2019年3月8日）まで計測した（図-3）。サケ稚魚が産卵床から浮上してくる目安の積算温度は約950°Cであるから(6)、その温度に達する時期はおおよそ3月8日であった（図-3）。豊平川では札幌市豊平川さけ科学館と市民の有志により毎年サケ稚魚の降下数が観測されている。これによると、サケ野生魚稚魚の降下のピークが3月上旬から4月上旬で

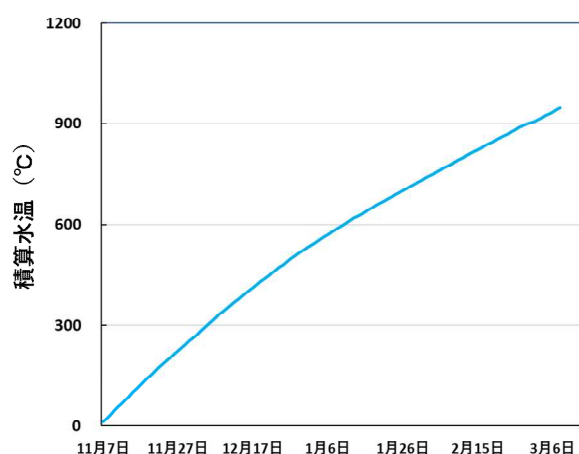


図-3 産卵床が確認できた日（11月7日）からの産卵床R1の2018年の日平均水温の積算温度

ある(7, 8)。よって、本研究の浮上時期の推定はおおよそ現状を反映していると考えられる。

次に現在の産卵床水温が仮に2℃ずつ上昇したときに、サケ稚魚の浮上時期がどの程度早まるのかを推測してみた。サケ稚魚の浮上するときの積算日平均水温を950℃だと仮定すると、現状で3月8日だった浮上時期が早まり、2月6日だと推測された(図4)。これは実際の推定浮上時期よりも一か月早い期日である。サケ稚魚は産卵床から浮上したのちに、下流へ向けての降下行動を行うことから、河口への降下も同様に早まる可能性を示唆している。

4. 産卵床水温の温暖化とサケ稚魚降下行動および

豊平川の産卵床数

産卵床の日平均水温が2℃上昇した場合、稚魚の遡上期が約一か月早くなり、それに伴って降下行動も早まる可能性について上述した。サケ稚魚の降下時期は適切な時期がある。河川を降下した稚魚は河口を経て沖合へ泳ぎ出すが、その時の海水温に適正水温があることが知られている(9)。

北海道東部の網走湾沿岸では海水温が8℃未満の場合、サケ稚魚が沖合へ移動せず浅瀬にとどまり、餌不足により成長が阻害された(10)。気象庁によると2019年から2024年の5か年の石狩湾表面水温の平均値は2月中旬で5℃、4月中旬で約8℃であることから2月から3月に沖合には泳ぎ出ることが出来ず成長が阻害され、生存率が低下することが考えられる。それに伴ってその稚魚が成長した親魚の豊平川への遡上数が減少すると思われる。

札幌市サケ科学館が豊平川水系につくられた産卵床を計数した近年4年間(2019年から2022年および2023年)のデータから、全産卵床数に対する前期個体群の産卵床数の割合は約50%であることが報告されている。このことから、豊平川の水温上昇により、豊平川に遡上するサケの約50%の個体数に影響が及ぶことが示唆される。

5. おわりに

本研究では、札幌市内を流下する豊平川において、河川水温が上昇した場合にサケ特に前期遡上個体群にどのような影響があるのかを稚魚の成長に注目して検討した。産卵期の日平均水温が2℃上昇したとした仮定した場合、稚魚の浮上(泳ぎでる)時期は2月と早まることが推測された。豊平川の現在の稚魚浮上時期のピークは3月下旬から4月上旬である。適性時期より早期に稚魚が降河すると、海水の低水温で個体数が減少するため、その稚魚が成長した親魚の回帰数も少なくなる。その結果とし

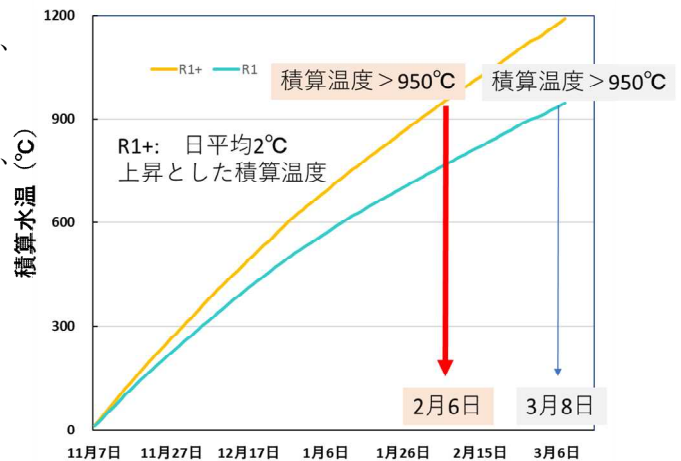


図4 実際の産卵床水温(R1)から2℃上昇したと仮定したときの日平均水温(R1+)の積算温度と稚魚浮上の推定時期の遡上数

て、豊平川にできる産卵床数の約50%に影響がでることが推察された。

今回の研究では、産卵床の水温を産卵後から一律に2℃上げたとした場合に計算された積算水温から、サケ個体群にどのような影響が出るのかを考察した。そのため実際の温暖化により上昇する考えられる豊平川の産卵床の水温とは異なる可能性がある。そこで、産卵床ができてからの日ごとの水温が推定できるモデルを構築し、それらから得られた水温を用いることにより精度の高い稚魚浮上時期の推定が出来ると思われる。

参考文献

- 1) 卜部浩一・三島啓雄・宮腰靖之：十勝川水系におけるサケ・サクラマス産卵環境評価(資料), 北水試研報 84, pp.47-56, 2013.
- 2) 有賀望・鈴木俊哉：豊平川のサケ産卵床における環境条件と浮上までの生残率, サーモン情報, No.3, pp.3-5, 2009.
- 3) 卜部浩一：北海道の野生サケについて, 北水試だより, 84, pp.16-19, 2016.
- 4) 卜部浩一：河川環境変動がサケの再生産に及ぼす影響, 日本水産学会誌, 84(5), pp.926, 2018..
- 5) 布川雅典・野上毅・柿沼孝治：後期産卵個体群の選択するサケ産卵床環境寒地土木研究所月報, 843, pp.40-45, 2023..
- 6) 大本謙一：サケ仔魚の発育と飼育開始時期の地域差について, サーモン情報, 12, pp.16-19, 2018.
- 7) 佐々木北斗：豊平川を降下するサケ *Oncorhynchus keta* 稚魚の捕獲調査について, 札幌市豊平川さけ科学館研究報告(2017年度), pp.14-22, 2018.
- 8) 有賀望・森田健太郎・植田和俊・藤井和也・荒木仁志・水本寛基・渡辺恵三・向井徹・本多健太郎・佐橋玄記・有賀誠・丸山緑・西野正史・山真雅之・大熊一正：豊平川におけるサケ稚魚降下状況の調査について(2018年), 札幌市豊平川さけ科学館研究報告(2018年度), 12, pp.16-19, 2019.
- 9) Mitsuhiro Nagata, Yasuyuki Miyakoshi, Makoto Fujiwara, Kiyoshi

Kasugai, Daisei Ando, Mitsuru Torao, Hayato Saneyoshi, and James R. Irvine: Adapting Hokkaido Hatchery Strategies to Regional Ocean Conditions Can Improve Chum Salmon Survival and Reduce Variability, North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin, No. 6, pp. 73-85, 2016.

10) Nagata Nagata, M., Y. Miyakoshi, D. Ando, M. Fujiwara, M. Sawada, H. Shimada, and H. Asami.: Influence of coastal seawater temperature on the distribution and growth of juvenile chum salmon, with

recommendations for altered release strategies. N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull., 4, 223-235, 2007.