

天塩川中流部における河道掘削後の分流のサケ産卵床内の水温変化

Changes in water temperature within chum salmon spawning beds
along a branched alcove formed after the channel scouring work in the Teshio River

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 片岡朋子 (Tomoko Kataoka)
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正 員 布川雅典 (Masanori Nunokawa)
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正 員 谷瀬 敦 (Atsushi Tanise)

1. はじめに

砂礫堆周辺に形成される分流は、主流路と異なる物理的、化学的および生物学的環境特性を有していることが知られている¹⁾。特に、主流路と比べて流速が緩やかで、湧水があり、水温の変化も緩やかである。そのため、分流はサケ (*Oncorhynchus keta*) の初期生残にとって重要である¹⁾。

魚類の卵発育は水温により決定される。産卵床内部の河床間隙水の一日の平均水温の総和である積算水温²⁾が卵の発育速度を決める³⁾。サケは、産卵後からの積算水温 240 °C で発眼する²⁾。北海道における厳冬期の河川水温は、0 °C 近くまで低下し、発眼、ふ化および浮上に十分な積算水温に到達することが難しい。そのため、卵の発育には河川より水温の高い湧水の存在が重要である。このことから、前述の分流は産卵場としても重要だと言える。ここで言う湧水とは、河床間隙水域に浸透する伏流水であり、冬期間は河床間隙水域内の浸透路長が長いほど水温が高い⁴⁾と指摘されている。

これまで治水の安全性を向上させるために河道掘削が全国の河川で行われてきた。このような河川整備によって河道内の多様な生息環境が失われたことが指摘されていたが⁵⁾、2006 年に策定された「多自然川づくり基本指針」によりすべての川において生物の生息・生育・繁殖環境に配慮する河川管理を求められるようになった⁶⁾。このような環境に配慮した河川管理を考える上で、分流の産卵環境を明らかにしておくことも重要と考える。

北海道の北部を流れる天塩川において 2009 年と 2010 年に河道掘削が実施され、砂州状地形が発達しその中に分流が形成されるようになった。その後、2014 年と 2015 年にサケがこの分流を含む河道に産卵していたことが観察されている⁷⁾。

一方で、このような分流は河川水位が低下すると干出することが知られている¹⁾。前述の河道掘削後にできた分流においても、河川水位が低下する冬期間に干出しているのが認められた。しかし、分流が卵の生育環境として適当であるかについて、河床の干出状況を考慮した河床間隙水温の変化は検討されていない。

そこで本研究では、掘削後の河道に形成された分流において、サケの産卵環境としての河床間隙水温の変化を明らかにして、分流の産卵環境について考察した。

2. 方法

2.1 調査概要

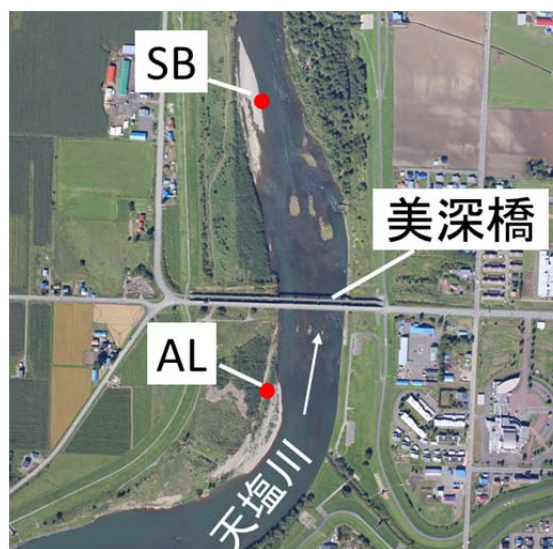


図-1 美深橋上流の分流下流部(AL) と美深橋下流の砂州前縁部(SB) における水温測定箇所

調査は北海道の北部を流れる天塩川流域（流域面積 5,590 km²、幹川流路延長 256 km）の中流部に位置する美深町において行った（図-1）。天塩川にかかる美深橋の上下流において、2016 年 11 月 4 日と 2017 年 3 月 8 日に調査を行った。美深橋周辺ではサケが付近のふ化場へ向けて遡上しており、産卵行動を見ることができる。

河道掘削後に発生した分流の河床間隙水（以下、間隙水）温を明らかにするために、美深橋上流左岸にある砂州内部を流れる分流下流部（以下、AL とする）を調査地点とした。また、この分流との比較を行うために美深橋下流左岸の砂州前縁部（以下、SB とする）にも調査地点を設けた（図-1）。これらのいずれの箇所にも伏流水があることを確認した。

2.2 水温測定

AL と SB における間隙水温および、AL における河川水温を連続計測した。自記式水温計（Tidbit v2, Onset 社製）を使用し、間隙水温は、河床から深さ 20 cm の位置で計測した。河床深さは、サケ卵が埋められている産室の深さを参考とした⁸⁾。

河川水温の計測場所は、水位低下により干出することや、積雪状態となる場合もあった。この時期や状況を推測するために、美深アメダス観測所（北海道中川郡美深町西町、北緯 44 度 28.8 分、東経 142 度 20.5 分）におけ

る降雪量、日平均気温データを参照した⁹⁾。また、AL の水深を把握するために、美深橋水位流量観測所の時刻水位データを使用した。AL の水位と河床高を 2016 年 12 月 20 日に計測し、AL と美深橋水位流量観測所地点の同時時刻水位との水位差を算出した。水位差を一定と仮定して、AL の時刻水位と河床高との差を水深とした。

3. 結果

3.1 間隙水温と河川水温

AL および SB 両地点ともに、間隙水温は河川水温に比べて日変動が小さいことが観察された(図-2)。また、間隙水温は、河川水温と同調して変動している傾向が認められ、この傾向は AL において顕著であった。AL の間隙水温は、ほとんどの期間で河川水より 1℃ から 2℃ 高いが、SD のそれは河川水より低かった。特に、AL では 12 月中旬から 1 月中旬までと、2 月下旬以降は 2℃ から 3℃ を示していた。

3.2 河川水温と水深

河川水温を計測した AL では、河床が水面下にある期間は河川水温が 1℃ から 7℃ を示していた(図-3a)。12 月中旬から 1 月中旬には、水位が下がり河床が干出する状態が続いていた。またこの時期には降雪が認めら

れ(図 3b)、設置した自記水温計は水位低下後、積雪下だったことが考えられた。この期間は、河川水温が 0℃ 付近を示していた。降雪があった場合にも積雪深が 1 cm から 2 cm とわずかで水温計が積雪下でない場合や、河川水により雪が流出した直後に水位が低下し、水温計が氷点下の外気に露出した場合には、河川水温が 0℃ より下回っていた。

3.3 間隙水温と水深

AL では 12 月中旬から 1 月中旬の河床が干出していた。また、この時期には間隙水温が 2℃ から 3℃ を示していた(図-4)。SB では、12 月上旬頃に間隙水温が 0℃ となり、その後 2 月頃までほとんど変動がみられなかった。

4. 考察

4.1 水温変化

調査の結果から、両調査地点で間隙水温は河川水温に比べて日変動が小さく、間隙水温は河川水温に同調して変動する傾向がみられた(図-2)。これは、河床内に河川水が浸透している可能性が高いためと考えられる。また、両調査地点において伏流水が確認されていた。これらのことから、掘削後の河道においても河床間隙水域で

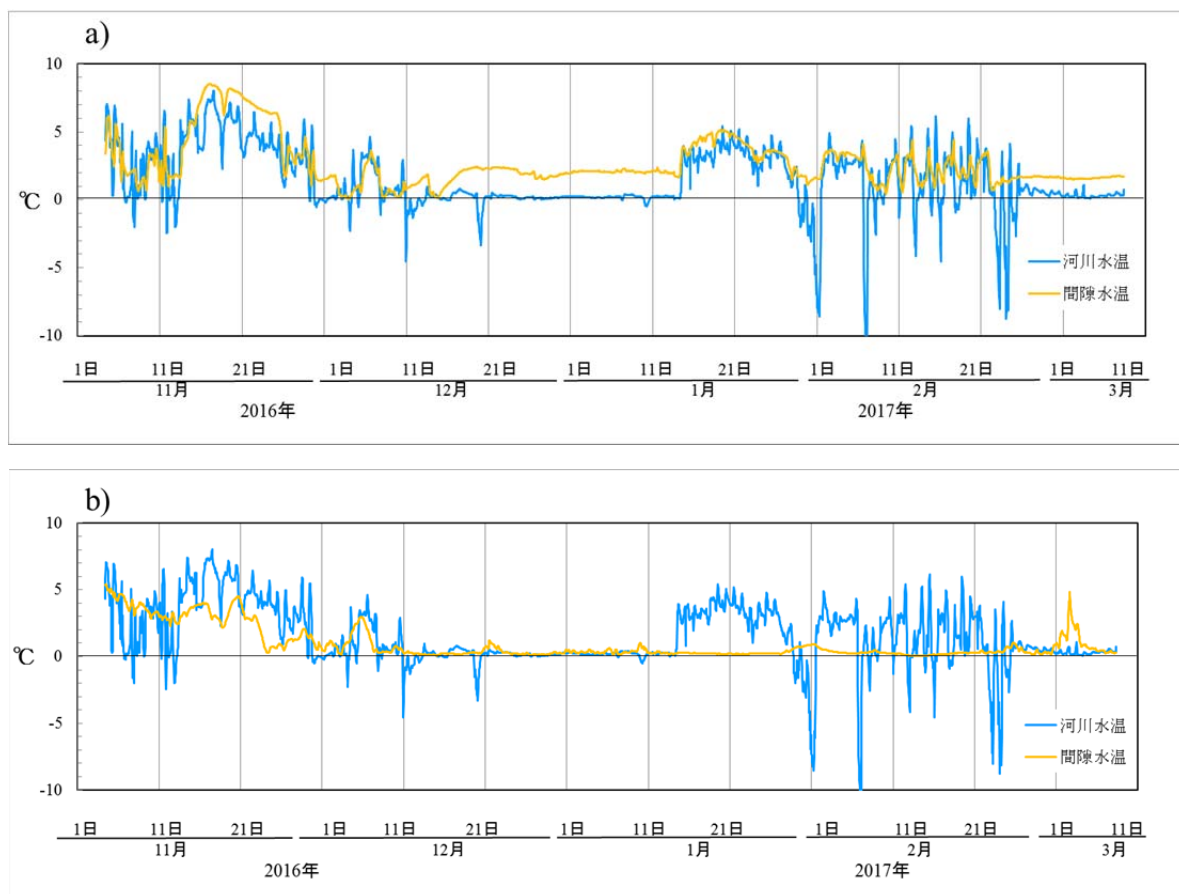
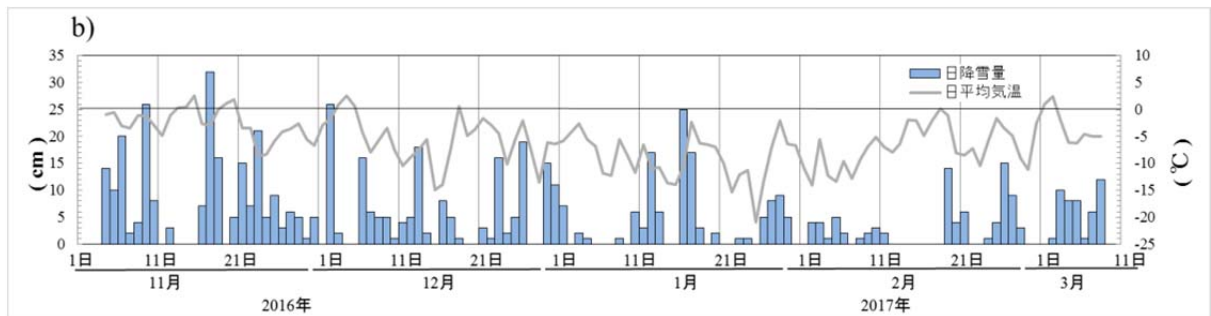
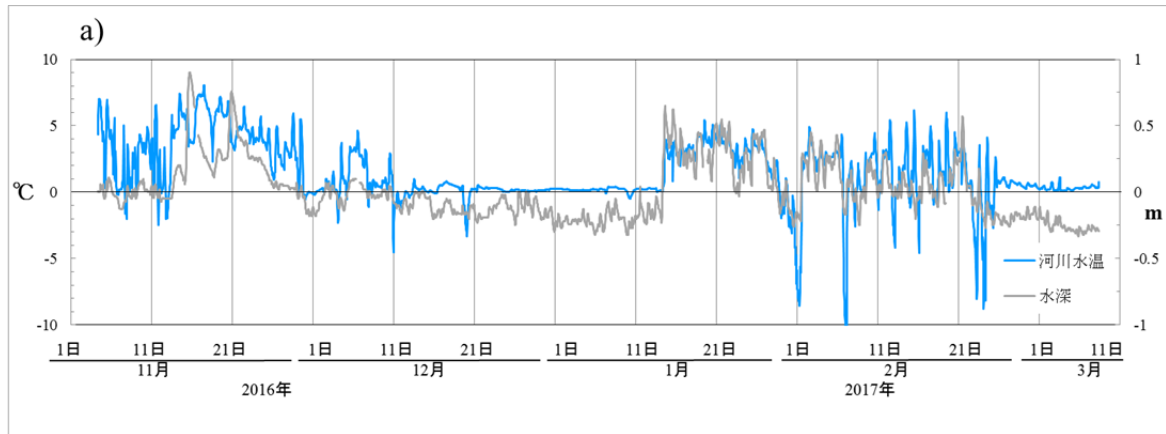


図-2 a) 美深橋上流の分流下流部(AL) と b) 美深橋下流の砂州前縁部(SD) における河川水温と間隙水温
 橙色実線は間隙水温、青色実線は河川水温を示す。水温観測期間は 2016 年 11 月 4 日から 2017 年 3 月 8 日。河川水温は両地点ともに AL 付近の河床に設置した水温計の値を用いた。



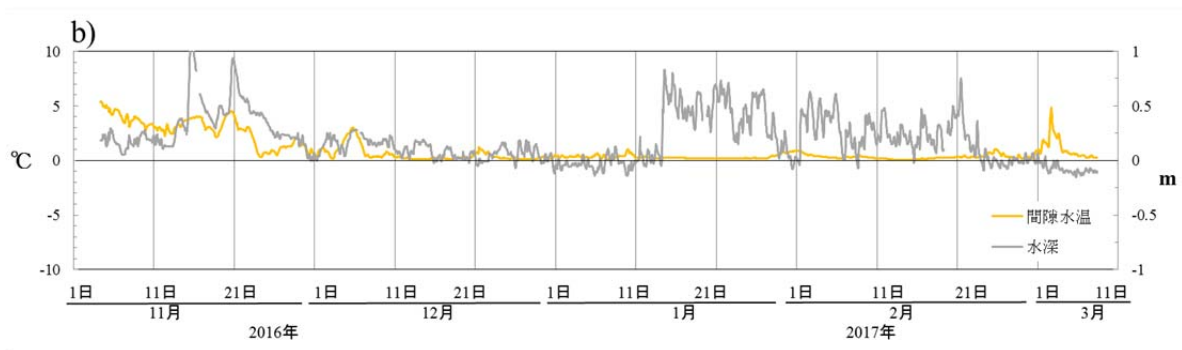
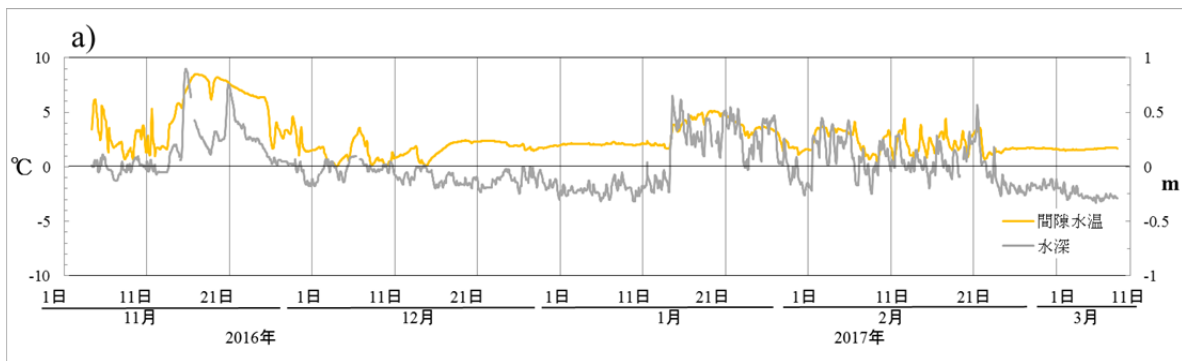
図－3 a) 美深橋上流の分流下流部(AL)における河川水温と水深の変化

灰色実線は AL 地点の水深、青色実線は河川水温を示す。水深は美深橋水位流量観測所と AL 地点の同時水位の差分と AL 地点河床高から算出した。河川水温は両地点ともに AL 付近の河床に設置した水温計の値を用いた。

b) 美深アメダス観測所の日降雪量と日平均気温

青色棒線は日降雪量、灰色折れ線は日平均気温を示す。

a)、b) どちらも 2016 年 11 月 4 日から 2017 年 3 月 8 日までの観測値を用いた。



図－4 a) 美深橋上流の分流下流部(AL)と b) 美深橋下流の砂州前縁部(SD) における間隙水温と水深の変化

橙色実線は間隙水温、灰色実線は水深を示す。観測期間は 2016 年 11 月 4 日から 2017 年 3 月 8 日。水深は美深橋水位流量観測所と AL 地点の同時水位の差分と AL 地点河床高から算出した。

河川水と地下水との交換がある¹⁰⁾ことが示唆される。

12 月中旬から 1 月中旬の期間の AL における間隙水温は 2℃ から 3℃ で安定していた (図-2a)。またこの時期は干出している時期であったが、積雪下になっている河川水の水温計は約 0℃ を示していた (図-3)。つまり、この時期は河床面で溶けた雪からの水が河床へ浸透するくらいで、河川水はほとんどなく、浸透水が少なかったと推測される。そのため、河床間隙水域は水温の高い伏流水が多くをしめており、それにより約 2℃ という高い水温が維持されていたと考えられた。

サケの生育には湧水が必要であり¹¹⁾、受精後からの積算水温が 480℃ で卵がふ化し、900℃ から 1,000℃ で稚魚が浮上し泳ぎ出す²⁾。こうして浮上した稚魚は融雪増水期に合わせて海へ降下すると言われており¹²⁾、それまでに、浮上に必要な積算水温に達する必要がある。この点から考えると、水温が低下する 1 月から 2 月の間に卵の周辺の水温が約 2℃ を維持しているこの AL は、卵の生育環境として適した水温環境を有しているといえる。

SB の間隙水温は、12 月中旬まで AL と同様に河川水温に比べて日変動が小さく、河川水温に同調して変動する傾向があったが、その後は 0℃ 付近で変化が見られなかった (図-2b)。これは AL と異なり、浸透路長の長い伏流水がこの付近の河床間隙水域を涵養していないことを意味している。

SB の間隙水温は 12 月には 0℃ 付近で推移していた。一方で、サケの卵は受精から発眼までの期間に 0.6℃ 以下となると発育が進行しない³⁾。12 月中旬から間隙水温が 0℃ となった SB においては、この時期に産卵が行われた場合、卵の生育が進行しないことが考えられる。仮に 10 月下旬に産卵されれば発眼までは生育するだろう。しかし、11 月に 100℃ から 150℃ の積算水温となった後には、間隙水温が約 0℃ となることから、積算水温を上昇させることができない。そのため、発眼卵からふ化には至らない可能性が高い。このような水温環境であるため、SB は卵の生育環境としては適当ではないと考えられる。

5. おわりに

本研究では、掘削後の河道に形成された河川の分流において水温を計測し、サケの産卵環境としての河床間隙水温の変化を明らかにし、分流の産卵環境について考察した。今回の調査で、水温という点では、分流である AL はサケの産卵環境に適している可能性が示唆された。

砂礫堆前縁には、サケの産卵環境に必要と言われている伏流水が生じることが知られており、砂州内に形成される分流にも伏流水が確認されている¹⁾。分流は、北アメリカで alcove として、安定した水温と小さな流速等の物理環境がサケ科稚魚の成育に適している場として知られている。北海道の豊平川にできた分流では、冬期に水温が高い伏流水があり、産卵後期に遡上するサケに適した産卵場所であることが知られている。本調査地の分流も間隙水温という観点でサケの産卵環境として適し

た環境が作られていた可能性が考えられる。一方で、掘削工事により低水路を拡張した後に、土砂が堆積して川幅が縮小する現象はよく知られている¹³⁾。そのため、掘削後にできた砂礫堆や分流地形の地形変化の速度は速く、長期的に維持することは困難である¹³⁾。今回調査した分流も、土砂堆積により分流流入口が閉塞し、その機能を失いつつある。また、美深橋上流にはヤナギが繁茂しており、好適なサケの産卵環境の劣化が懸念されている⁷⁾。豊平川における分流においては、本川から湛水部への流入部が閉塞し、シルト等の細粒分が堆積して産卵環境の質が低下している箇所があった。このような箇所、閉塞した分流を一部開削し、河床の細粒成分を減少させることで産卵環境が再生した事例がある (片岡・布川、未発表)。分流を維持し、産卵環境を保全していくためには、この再生事例のように、その一部を再度掘削することも有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 卜部浩一：十勝川水系札内川における二次流路の環境特性、北水試研報、no. 88、pp. 33-42、2015。
- 2) 野川秀樹：さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史 (序説)、水産技術、vol. 3、no. 1、pp. 1-8、2010。
- 3) 帰山雅秀：サケ属魚類の発育と成長、魚と卵、no. 158、pp. 23-29、1989。
- 4) Poole, G. C., O'Daniel, S. J., Jones, K. L., Bernhardt, E. S., Helton, A. M., Stanford, J. A., Woessner, W. W., Boer, B. R. and Beechie, T. J.: Hydrologic spirals: The role of multiple interactive flow paths in stream ecosystems, *River Research and Applications*, vol. 24, no. 7, pp. 1018-1031, 2008。
- 5) 帰山雅秀、眞山紘：野生産サケの復活をめざして：魚と卵、no. 165、pp. 41-52、1996。
- 6) 国土交通省：多自然川づくり基本方針、http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/pdf/kihon.pdf (2017 年 11 月 27 日確認)
- 7) 大串正紀、佐々木猛、幸田学：天塩川上流河道掘削におけるサケ産卵床形成への配慮について、第 59 回北海道開発技術研究発表会論文、2015。
- 8) 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、SALMON 情報、no. 3、pp. 3-5、2009。
- 9) 国土交通省：気象庁過去の気象データ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2017 年 11 月 27 日確認)
- 10) 笠原玉青：河川間隙水域、河川生態学 (中村太士編)、講談社、pp. 198-205、2013。
- 11) 鈴木俊哉：自然再生産を利用したサケ資源保全への取り組み、SALMON 情報、no. 2、pp. 3-5、2008。
- 12) 関二郎：北海道太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚の摂餌特性と餌料環境に関する研究、さけ・ます資源管理センター研究報告、no. 7、pp. 1-104、2005。
- 13) 永山滋也、原田守啓、萱場祐一：高水敷掘削による氾濫原の再生は可能か？～自然堤防帯を例として～、応用生態学会、vol. 17、no. 2、pp. 67-77、2015。