

## 豊平川におけるサケの産卵環境改善の取り組み ～河川管理者、施工業者、研究機関の協力を得て～

有賀 望<sup>1,2</sup>・森田健太郎<sup>1,3</sup>・植田和俊<sup>1,4</sup>・藤井和也<sup>1,5</sup>・渡辺恵三<sup>1,6</sup>・向井徹<sup>1,7</sup>・岡本康寿<sup>1,2</sup>・佐々木北斗<sup>1,2</sup>・有賀 誠<sup>1,8</sup>・荒木仁志<sup>1,9</sup>・大熊一正<sup>1,3</sup>

### 要旨

近年日本の河川においても自然産卵により生まれた野生サケ (*Oncorhynchus keta*) の価値が再確認されつつある。2017年、豊平川では野生サケの自然再生産を増やすため、河川管理者、施工業者、研究機関の協力を得て産卵環境改善の取り組みが実施された。湧水が豊富で以前は後期群の産卵場となっていたワンドにシルトが堆積し、産卵数が減少していたため、このワンドへ流入する水量を増やすことを目的とした水路掘削を行った。その結果、上流部ではシルトの堆積量が減少し、水路掘削から約1ヶ月後にはサケの産卵が確認された。改善された産卵環境では、産卵床数が増加し、後期群のサケのみならず、前期群の産卵も確認された。さらに、発眼卵の生存率は対照区と比べて遜色なく、卵の生育に適した環境であったことが確認された。

### はじめに

札幌市内を流れる豊平川では、1979年にカムバックサーモン運動によって稚魚の放流が再開され、サケの遡上が回復した。札幌市豊平川さけ科学館（以下、さけ科学館）では、1984年開館以降、毎年稚魚を放流している。豊平川に回帰するサケは年間1000～2000尾にのぼり、捕獲施設がないため、全て自然産卵している。近年の調査で、自然産卵由来の野生魚が放流魚より多く、回帰親魚の半数以上を占めていることが明らかとなった(有賀ほか 2014)。これを受けて、今後は自然産卵で世代交代する野生魚を増やすことを目的に、2014年に札幌ワイルドサーモンプロジェクト（以下、SWSP）が始まった(有賀 2015)。

豊平川では野生魚の割合を高めるため、人工ふ化による稚魚の放流数を減らし、親魚の遡上数に合わせて放流数を変動させる順応的管理を2016年から進めている(森田・有賀 2017)。豊平川は1994年以降、魚の遡上を阻害する落差(床止工)に魚道が設置され産卵域が拡大したが(岡本 2000)、上流域では河床低下による岩盤化が起り(根岸 2015)、下流域では河床高の二極化が進み、サケの産卵に適した河川環境が減少している(有賀未発表)。サケの産卵環境の改善を目指し、SWSPでは2015年より環境整備の試行を始めた。2015年は目詰まりした分流の河床をクワやスコップを用いて人力で河床耕起した(渡辺・角田 2016)。

<sup>1</sup>札幌ワイルドサーモンプロジェクト 〒005-0017 北海道札幌市南区真駒内公園 2-1 札幌市豊平川さけ科学館内 <sup>2</sup>札幌市豊平川さけ科学館 <sup>3</sup>水産研究・教育機構北海道区水産研究所 <sup>4</sup>パブリックコンサルタント株式会社 <sup>5</sup>株式会社福田水文センター <sup>6</sup>株式会社北海道技術コンサルタント <sup>7</sup>北海道魚類映画社 <sup>8</sup>明治コンサルタント株式会社 <sup>9</sup>北海道大学大学院・農学研究院

2016年には、護岸工事現場において施工業者の協力を受け、河床耕起を行ったが、いずれの年も改善場所に新たな産卵を確認できなかった。2017年は、サケの産卵が集中する下流域でより効果的な産卵環境の改善に取り組むことができた。本報告では、河川管理者、施工業者、研究機関の協力を得て実施した、新しい形の産卵環境改善試験を紹介する。

## 調査地

豊平川における現在のサケの産卵範囲は、真駒内川のさけ科学館横から、環状北大橋までの約11km区間である(図1)。産卵環境改善試験が実施された場所(以下、試験地)は、豊平川においてサケの自然産卵が多く見られる、

石狩川との合流点から上流に12.2km付近のJR鉄橋上流の左岸側である(図1)。試験地は、1985年時点では主流路が右岸を流れており、陸地であった。1993年には主流路が左岸に移動し、試験地は主流路内であった。2008年には主流路は再び右岸に寄り、左岸側には寄り州が作られた。現在は、平水時には水が流れない流路跡がある。流路跡の下流には、湧水起源のワンドがあり、後期群のサケの産卵場所となっている(図2)。しかし、2009年以降、ワンドはサケの産卵数が減少し(図2)、河床には礫層の上に砂やシルト(粒径0.074~0.005mm)の堆積が見られる(片岡ほか2018)。



図1 豊平川におけるサケの産卵範囲。赤点は2017年度のサケの産卵床。A: さけ科学館 B: 産卵環境改善試験地。国土地理院発行地図使用。

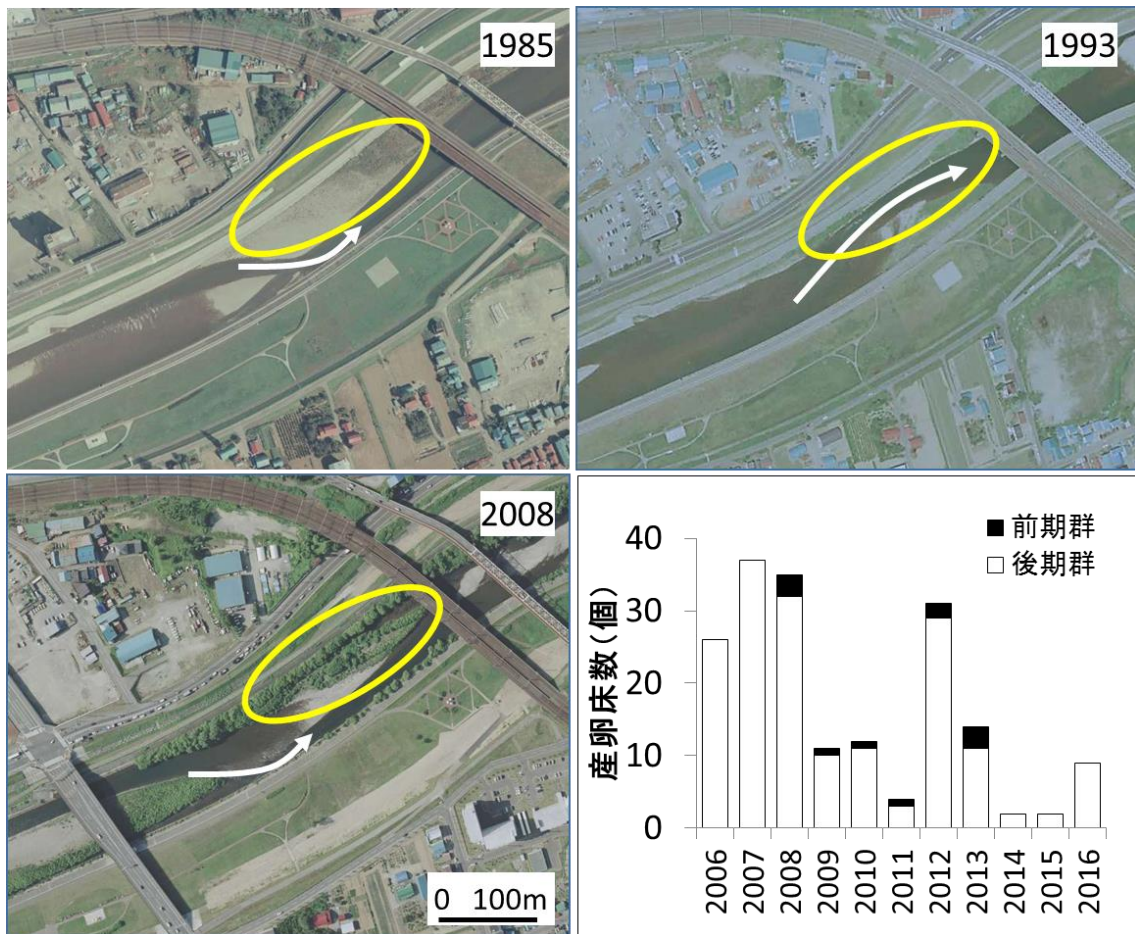


図2 産卵環境改善試験地の地形変化。1985年は主流路が右岸側を流れ、試験地(円内)は砂州上であった。1993年には主流路が左岸に変化し、試験地は主流路内となった。2008年には再び主流路は右岸に寄り、左岸には大きな中州が作られ、試験地にはワンドが形成された。右下のグラフは、ワンド地形が形成されてからの産卵床数の推移。黒が前期群、白色が後期群の産卵床数を示す。

### 産卵環境改善試験方法

サケの卵の生存率は、Fredle 指数が 2.5 以下の細粒物質が多いと低下することが知られており(鈴木 2008)、試験地のワンドに堆積した細粒物質がサケの生存率を低下させ、産卵場所として適さなくなると考えられる。そこで、上流側に水路を掘削して水を流し、ワンド内のシルトを排出させ、砂利を露出することを目的とした。掘削は、かつての流路跡(延長約 120m)を幅 1~2m で掘った。掘削作業は、サケの本格的な産卵が始まる前の 2017 年 9 月 25 日~26 日に実施した。掘削路造成試験の効果検証については、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(以下、寒地土木研究所)が実施した(片岡ほか 2018)。



## 調査方法

サケの産卵床の確認は、さけ科学館が豊平川の産卵域で実施している産卵床調査に合わせ、9月下旬から翌年1月上旬にかけて約2週間おきに実施した。また、改善された産卵環境での卵の生存率を調べるため、産卵床のうち数箇所に目印を付けた。

卵の生存率調査は、掘り返しによる卵の減耗を防ぐため、卵が発眼する時期（産卵床内の積算温度  $240^{\circ}\text{C}\sim 480^{\circ}\text{C}$ ）を目安に実施した。産卵床を素手で掘りながら卵を採集し、生存卵数と死卵数を記録し、確認後は産卵床内に戻した。また、卵を掘った産卵床については、長径、短径、水深、流速、産室の深さ、河川水温、産卵床内水温を記録した。対照区として、試験地の対岸に形成された産卵床について、同様の項目を計測し比較した（図3）。

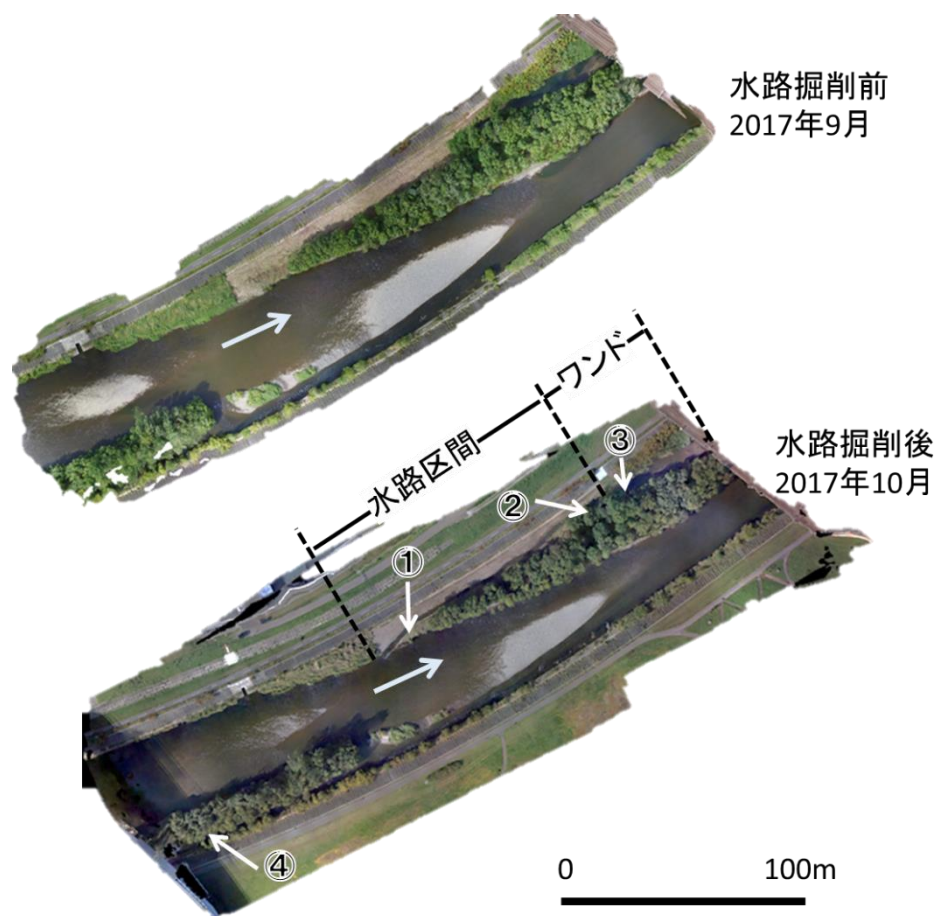


図3 水路掘削前後の空中写真。①～④は発眼卵の生存率を確認した産卵床。①水路区間1、②水路区間2、③ワンド、④対照区

## 結果

### 水路掘削

水路掘削により、水深が比較的浅く、流れの速い水路区間が新たに作られた（図3）。水路区間の川底は砂利で、掘削直後は砂礫が緩み、柔らかい河床となった。ワンド内では最大32cm

堆積していたシルト層が、およそ2週間で5cm以下に減少した(片岡ほか2018)。掘削後の流路は、側方侵食が進み、流路幅が広がった。2018年3月現在、流路が閉塞する兆しは見られていない。

### 産卵床数と産卵環境

豊平川(真駒内川含む)において、2017年9月26日より2018年1月11日まで約2週間おきに計8回サケの産卵床調査を行った。その結果、2017年度の推定遡上数は1250尾で、順応的管理の基準としている1000尾を上回り、平年並みの回帰数であった。2017年度の遡上ピークは後期群の12月にあり、例年ピークがある10月~11月ではなかった(図4)。

水路掘削の約1ヶ月後から、水路区間およびワンドで産卵床が確認された。水路区間には10月下旬から11月上旬に5箇所の産卵床が確認された。ワンド内には、10月下旬から11月上旬に6箇所、12月から1月に13箇所の産卵床が作られた(図4)。試験地内の産卵床数は合計24箇所、2016年の9箇所より多かった。また、前期群の産卵も確認され、試験地は産卵場所として2016年より長い期間利用された(図4)。

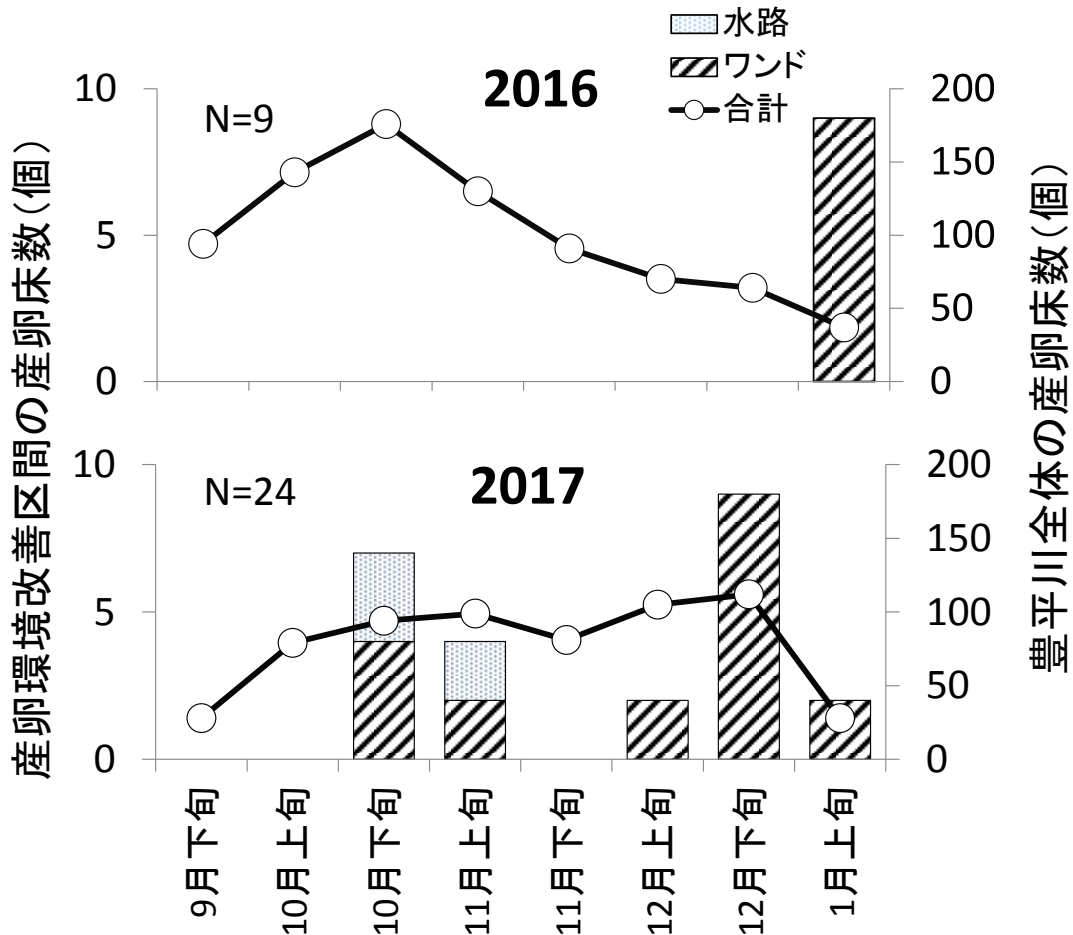


図4 豊平川で旬ごとに確認したサケ産卵床数。豊平川全体の数(折れ線グラフ、右軸)と、産卵環境改善試験地における数(棒グラフ、左軸)。Nは試験地の産卵床合計数。上は2016年、下は2017年の結果。

## 卵の生存率

水路区間は10月25日(①水路区間1)と11月10日(②水路区間2)に確認した産卵床を、ワンドは10月28日(③ワンド)、対照区は11月7日(④対照区)に確認した産卵床を対象に、12月23日に卵の生存率調査を実施した(図3)。産卵床の環境は、水路区間とワンドで異なっていた(表1)。水路区間は表面流速が76~77cm/s、河床流速が32~73cm/sで、ワンドの流速(それぞれ36.5cm/s、13.7cm/s)より速かった。水深は、水路区間が15~49cm、ワンドが62cmでワンドの方が深かった。12月下旬の河川水温は2.8~3.2℃であったが、産室内の水温は、水路区間が4.5~5.5℃、ワンドが7.1℃で、いずれの河床でも河川水より温かく、産卵床内の水温はワンドの方が高かった。産卵床の長径は、短径よりもバラつきがあり、流速が速いところほど長かった。なお、①水路区間1の産卵床の大きさは、形状が崩れていたためサイズは不明であった。

各産卵床からは、24~81粒の卵を採集することができた。水路区間と対照区では、掘り出したすべての卵が発眼卵であったが、ワンドでは受精直後の卵も掘り出された。この産卵床は、衝撃による死亡を避けるために、採集を途中で中止した。水路区間は流速が速く、発眼卵の確認が難しかった。特に産室水深が64cmと深かった①水路区間1では、卵を網で捕獲することが難しく、確認数が少なかった。卵の生存率は、水路区間が95~100%、ワンドは88.5%で、対照区(生存率80.2%)と比較しても遜色がなかった。

表1 産卵床の環境測定結果と卵の生存率。

地点名	①水路区間1	②水路区間2	③ワンド	④対照区
産卵床確認日	2017/10/25	2017/11/10	2017/10/28	2017/11/7
産卵床長径(cm)	—	220	190	130
産卵床短径(cm)	—	110	100	100
水深(cm)	49	15	62	40
流速(cm/s)	水面	77	76	36.5
	河床	73	32	13.7
産室水深(cm)	64	45	64	66
河川水温(℃)	2.8	3.2	3.1	3.2
産卵床水温(℃)	4.5	5.5	7.1	3.9
生存卵数(個)	23	35	46	65
生存率(%)	95.8	100.0	88.5	80.2
死卵数(個)	1	0	6	16

## 考察

### 産卵環境改善試験の効果

産卵環境の改善により、試験地では合計24箇所産卵床が確認され、2014~2016年の平均4.3箇所よりも多かった。また、卵の生存率も高かったことから、産卵環境を改善させる

目的は、一定の成果が見られたと評価できる。計画時は、ワンドの産卵環境改善が目的であったが、新たに作られた水路区間も良好な産卵環境となった。さらに、後期群の産卵環境の改善に留まらず、前期群の新たな産卵場の役割も果たし、予想以上の成果が得られたと言える。また、流入する水量が増えたことにより、ワンド内の湧水環境（たとえば、表流水の河床内への浸透量増加に伴う産卵床内の水温低下）に影響が出ないか懸念されていたが、ワンド内では水路掘削後も湧水環境が維持されていることが確認できた（表1）。

一方で、ワンドでは、一度作られた産卵床に、別のメスが後から掘り返して産卵した形跡があった。これは、砂利が露出した範囲が、ワンドの上流端から40m程度のみである上、河床には根固めブロックが並び、産卵できる場所がブロックとブロックの間の限られたスペースであるため、産卵床が重なりやすかったと考えられる。

今回の水路掘削は、ワンドの産卵環境を改善させただけではなく、側方侵食による砂州からの土砂供給など、河床の攪乱頻度を高める効果が出ることも期待している。幅1~2m程度の水路は、大きな出水で土砂や流木により閉塞する可能性は高く、この水路が長期間維持されることは難しいと考えている。しかし、自然産卵の卵から稚魚までの生存率を12%と仮定すると（有賀ほか2014）、24箇所の産卵床から約9000尾の稚魚が浮上すると見積もられ、この環境が数年間維持されたら、数万尾の野生稚魚の誕生に貢献する可能性がある。

#### 産卵環境改善試験実施の経緯

本試験が実施されたきっかけは、石狩川改修工事の内豊平川右岸上流築堤河岸保護外工事を受注した道興建設株式会社が、地域貢献の一環としてサケの産卵環境改善試験への協力を表明されたことによる。寒地土木研究所が環境改善試験の効果を調査研究することとなり、河川管理者への連絡調整を含めて実施した。また、試験が漁業へ影響を及ぼさないよう配慮することを石狩湾漁協に説明し、理解を得ることもできた。さらに、さけ科学館、北海道区水産研究所、SWSPがサケの産卵床調査や卵の生存調査をすることで、成果を確認する役割を担った。河川管理者である国土交通省北海道開発局札幌開発建設部札幌河川事務所（以下、札幌河川事務所）は、サケの生息に配慮した管理を継続し、SWSPにも参加しており、本試験は札幌河川事務所の協力の下、実施することができた。

道興建設株式会社は、地域貢献として初めて河川生物の環境保全に協力したが、大きな関心を持ち、積極的に参加していた。また、河川管理者や漁協など多くの関係者とサケの産卵適地について協議し、協力できたことは、とても意義深い。このような環境改善事例が増えていくよう、さけ科学館およびSWSPとしては、今後も活動を続けていきたい。

#### 謝辞

本試験を行うにあたり、札幌河川事務所久野俊一副所長、桃枝英幸係長、佐藤裕介係長には、多くの支援をしていただいた。また、道興建設株式会社佐藤寿一社長には、地域貢献として河川環境整備に協力する決断をしていただいた。大江晴雄部長、伊藤善和課長には、草刈りや測量、掘削工事の指示を丁寧にしていただき、多大な協力をいただいた。産卵環境改善試験を通じて、工事会社にも豊平川のサケに関心を持ってもらえたことは、SWSPにとっては大きな喜びである。そして、寒地土木研究所片岡朋子研究員、布川雅典研究員には、研

究テーマとして取り組んでいただいたおかげで、本試験が実現できた。そのほかにも、日本放送協会や株式会社北海道新聞社には、ニュースで取り上げていただいたことで、周知され、市民の関心も高まった。株式会社北海道新聞社西野正史カメラマンには、SWSP 活動写真展にご協力いただいた。多くの方々の協力のもと、環境改善試験が実施できたことを改めて感謝したい。

## 文献

- 有賀望・森田健太郎・鈴木俊哉・佐藤信洋・岡本康寿・大熊一正 2014. 大都市を流れる豊平川におけるサケ *Oncorhynchus keta* の野生個体群存続可能性の評価. 日本水産学会誌, 80: 946-955.
- 有賀望 2015. 札幌ワイルドサーモンプロジェクトの立ち上げ. 札幌市豊平川さけ科学館開館 30 周年記念誌, 24-25.
- 片岡朋子・布川雅典・谷瀬敦 2018. 豊平川中流部における小規模掘削によるサケ産卵環境の創出. 第 61 回 (平成 29 年度) 北海道開発技術研究発表会要旨.
- 森田健太郎・有賀望 2017 オペレーティングモデルを用いた豊平川のサケ放流数を決める管理方式の検討—野生魚保全と個体数維持の両立を目指して—. 保全生態学研究, 22: 275-287.
- 根岸淳二郎 2015. 河床から考える豊平川の今とこれから. 札幌市豊平川さけ科学館開館 30 周年記念誌, 21-23.
- 岡本康寿 2000. 豊平川におけるシロザケ産卵床の分布(1998,1999 年度)— 魚道の設置による分布状況の変化 —. 札幌市豊平川さけ科学館館報, 12 : 20-31
- 鈴木俊哉 2008. 自然再生産を利用したサケ資源保全への取り組み. 水研センター研究開発情報 SALMON 情報, 2: 3-5.
- 渡辺恵三・角田武 2016. 僕たちはサケの産卵場をつくれるのか?. 札幌ワイルドサーモンプロジェクトニュースレター, 3 : 10-11.



活動写真

	<p>2017年8月2日 札幌河川事務所、寒地土木研究所、道興建設株式会社、さけ科学館、北水研、SWSPの現地打ち合わせ。</p>
	<p>2017年8月2日 水路掘削前のワンドの様子。河床は礫の上に細粒物が堆積している。</p>
	<p>2017年9月6日 ワンド表層の細粒堆積物。</p>
	<p>2017年9月19日 水路掘削前のワンド上流部の流路跡。9月18日の増水後。</p>

	<p>2017年9月25日 道興建設株式会社による水路掘削作業。</p>
	<p>2017年9月27日 水路掘削後の様子。</p>
	<p>2017年10月25日 水路掘削後、ワンドで初めて確認した産卵床とメスザケ（破線）。</p>
	<p>2017年10月25日 水路区間で確認した産卵床（破線）。</p>





2017年11月7日

産卵環境改善試験地で実施した小学校のサケ観察会。ワンドの上流部で産卵床を守るメスを観察する。



2017年12月23日

発眼卵生存調査

① 水路区間1



2017年12月23日

発眼卵生存調査

② 水路区間2



2017年12月23日

発眼卵生存調査

③ ワンド



2017年12月23日  
発眼卵生存調査  
④ 対照区



2017年12月23日  
産卵床から卵を掘り出している様子。一人が潜り、川底を手で掘る。卵を確認したら、吸引や下流の網で採取する。

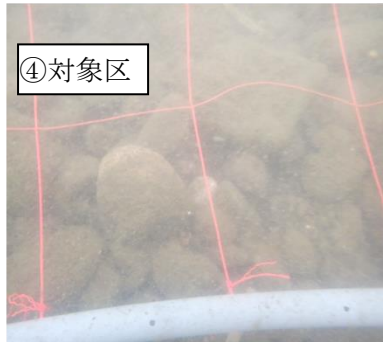
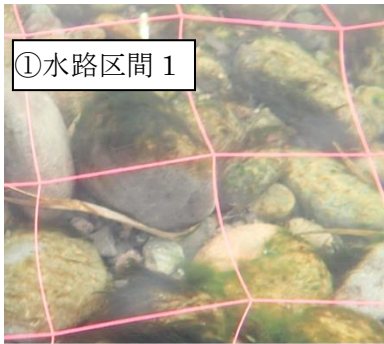


2017年12月23日  
卵の生存確認と計測。



2017年12月23日  
卵を産卵床内に戻す。





2017年12月23日  
各調査区の河床材料  
メッシュサイズは10cm

2017年12月23日 発眼卵生存調査を実施したSWSPメンバー

