

河川横断工作物改修がサクラマス産卵床分布および幼魚生息密度に及ぼす長期的影響（資料）

虎尾 充^{*1}, 下田和孝¹, 竹内勝巳², 津田（山口）文², 大磯毅晃¹, ト部浩一¹

¹ 北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場,

² 元北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Long-term effect of instream structure improvement on distribution of spawning redds and juvenile density of masu salmon *Oncorhynchus masou* (Note)

MITSURU TORAO^{1*}, KAZUTAKA SHIMODA¹, KATSUMI TAKEUCHI², FUMI TSUDA-YAMAGUCHI²,
TAKEAKI OISO¹ and HIROKAZU URABE¹

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

² Formerly: Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization,
Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan

キーワード：河川横断工作物，環境修復，魚道，サクラマス，産卵床，スリット化，遡上障害

サクラマス *Oncorhynchus masou* は遡河回遊性のサケ属魚類で、北海道においても重要な水産資源として利用されてきた。北海道におけるサクラマスは、河川で孵化・浮上し1～2年間の河川生活期を経て、ほぼ全ての雌と雄の半数がスモルト化し降海する（隼野, 2003）。降海後は約1年間の海洋生活を経て、降海翌年の春～夏に母川に回帰・遡上し、夏～秋に成熟・繁殖する（真山, 1992）。サクラマスはサケ属魚類の中でも母川回帰性が強く、支流単位で母川回帰する傾向が明らかにされている（宮腰ら, 2012）。長い河川生活期と高い母川回帰性を持つことから、河川生息環境と、海域・河川の生息地間の連続性が保たれていることが、本種の繁殖にとっては重要である。

北海道におけるサクラマス漁獲量は1970年代以前には毎年1,500トン以上であったと推定されているが（玉手, 2008）、1970年代以降急激に減少した。サクラマスでは人工孵化放流も積極的に行われてきたが、北海道で漁獲されるサクラマスの多くは自然産卵に由来すると推定されている（宮腰, 2006）。資源減少の要因の1つとして、砂防ダムや頭首工などの河川横断工作物（以下、河川工作物）の設置による遡上障害が自然再生産を妨げた

可能性が指摘されている（福島・亀山, 2006; Fukushima *et al.*, 2007; 玉手・早尻, 2008）。北海道後志管内の河川を調査した結果では、自然再生産個体群が確認されなかったほぼ全ての地点で遡上障害となる河川工作物が確認され、河川工作物が再生産を妨げた可能性が高い（ト部ら, 2013）。また、ダムによる上流の生息地の喪失と下流域の生息環境の劣化が、幼魚生息数を減少させることも示唆されている（Urabe *et al.*, 2014）。このため、サクラマス資源の増殖には、放流だけでなく河川環境の修復を含む野生資源の保全が重要であり、近年では河川工作物への魚道整備やダムのスリット化が進められている（馬谷・奥田, 2017; 下田ら, 2019）。実際に、河川工作物改修による生息環境の修復が、野生サクラマス個体群の回復に有効であった事例も報告され（下田・川村, 2014; 下田ら, 2019; 佐藤ら, 2021）、遡上障害の解消による産卵域拡大が、幼魚の分布域拡大と生息密度の緩和を通じて、サクラマス資源の増加につながる資源回復過程が示唆された（下田ら, 2019）。

このように、河川工作物改修によるサクラマス資源回復過程が明らかとなってきたが、その回復過程は、サクラマス現存量や河川規模、種苗放流の有無などの条件に

よって異なることが予想され, より多くの事例の蓄積が必要である。また, 環境修復に伴うサクラマス資源の回復過程は 10 年以上の長期間にわたることが予想され, 調査データの記録が重要である。本資料では, 河川工作物の改修が行われた河川において改修前後のサクラマスの産卵床分布, 幼魚密度の変化を記載し報告する。

試料及び方法

調査河川と河川工作物の概要 調査は, 北海道南西部の尻別川水系ペンケ目国内川の支流白井川, 千走川水系の支流九助川, および折川で行った(図 1a)。各河川の河川工作物を付図 1 に示した。白井川は流路延長 8.5 km, 流域面積 13.4 km² の河川で, ペンケ目国内川との合流点から 2 km 上流で支流黒井川が合流する(図 1b)。白井川には 11 基の落差工と 2 基の頭首工が設置されており, 落差工は 1952~1963 年にかけて建設された。最上部にある第 11 号落差工を除く 10 基に 2007 年末から 2009 年末にかけて, 下流側から順次魚道が設置された。また, 白井川

頭首工は 1987~1989 年にかけて設置され, 2008 年末に魚道が設置された。支流黒井川には吉国頭首工があるが, サクラマス産卵期には河道堰が倒されており, 遡上可能となっている(下田ら, 2019)。白井川における遡上障害による産卵床の分布上限は, 魚道設置前の 2007 年には第 5 号落差工の直下, 2008 年秋には第 6 号落差工の直下, 2008 年末から 2009 年末にかけて第 6~10 号落差工に魚道が設置されると, 2010 年秋以降は白井川本流では落差 2.8 m の第 11 号落差工の直下であった(下田ら, 2019)。

九助川は島牧村を流れる千走川の支流で, 流路延長 8.3 km, 流域面積 12.0 km² の河川である(図 1c)。1964 年に治山ダムが設置され, 後に魚道も設置されたが頻繁に土砂で閉塞し機能不全となっていた。地元の要望を受けて, 2011 年 6 月にスリット化が行われた(大串, 2014)。

折川は, 島牧村にある流域面積 43.9 km², 流路延長 18.2 km の河川である(図 1d)。河口から約 5.5 km 上流に 1968 年に完成した折川第 1 砂防ダムがあり, 2014~2016 年にかけて段階的にスリット化が行われた。また, 下流には 2 基の頭首工があるが, 2018~2019 年にスリット化工事

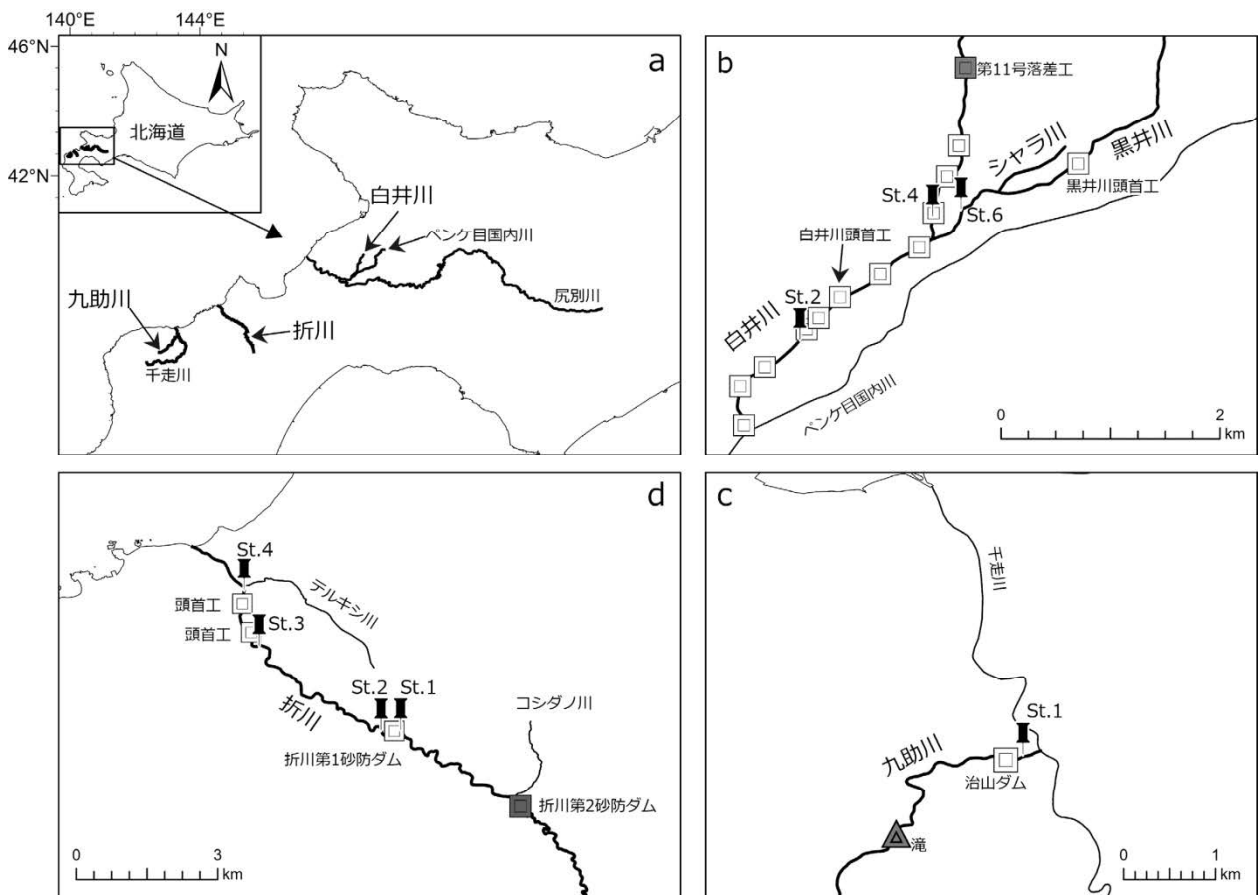


図 1 調査河川の位置 (a) と白井川 (b), 九助川 (c) および折川 (d) の河川横断工作物の位置と調査区。白抜き四角: 2025 年時点で遡上可能な河川工作物。灰色四角: 遡上不可能な河川工作物。ピン: 幼魚調査区。灰色三角: 遡上不可能な自然の滝。

が完了し（島牧漁業協同組合，私信），現在サクラマスの遡上限界となっているのは，上流部の折川第2砂防ダムである。

産卵床調査 サクラマスの産卵期直後の9月下旬～10月上旬に，各河川の調査範囲を踏査し，発見した産卵床の位置をGPS（eTrex，GPSMAP 6sSCJと64s，すべてGARMIN社製）で記録した。記録した産卵床の位置は，ArcGIS pro（Esri Japan Corporation，東京）で地図上に表示し産卵床数の計数と分布を記載した。白井川における調査範囲は，ペンケ目国内川との合流点から第11号落差工までの白井川本流と，支流黒井川および黒井川の支流シャラ川とした（図1b）。白井川における産卵床調査は2017～2022年に実施し，下田ら（2019）の2007～2016年のデータと合わせて記載した。九助川の産卵床調査は2018～2022年に実施し，これに加えて「遡上系種苗の導入と天然資源の回復によるサクラマス資源増殖研究（経常研究，2013～2017年）」および事前の予備調査で得られた2010～2017年のデータも使用した。調査範囲は，九助川と千走川との合流点から遡上限界と考えられる滝までとした（図1c）。折川の産卵床調査は2018～2022年に実施し，スリット化工事前の2013年と2014年の予備調査で得られたデータも使用した。折川の調査範囲は，テルキシ川との合流地点から，遡上限界となっている折川第2砂防ダムまでとした。

幼魚の生息密度および成長率 サクラマスの再生産の指標として，幼魚生息密度と夏季の成長率を調査した。幼魚採集調査を各年2回，春季（6月上～中旬）と秋季（10月中～下旬）に実施した。白井川では，2007～2022年に調査を行い，白井川と支流黒井川の合流点より下流のSt.2，黒井川との合流点より上流の白井川本流に設定したSt.4，および黒井川のSt.6の3調査区で実施した。なお，調査区名は7地点で調査を実施していた下田ら（2019）を踏襲した（図1b）。九助川における幼魚調査は2018～2022年に実施し，九助川治山ダムの下流に設定したSt.1で調査を実施した（図1c）。折川では2018～2022年に幼魚調査を実施し，スリット化した第1砂防ダムの上流側に設定したSt.1，下流側のSt.2，頭首工の上流のSt.3，および頭首工下流のSt.4の4つの調査区を設定して採集調査を行った。幼魚は，電気漁具（Electrofischer Model 12，Smith-Root社製）を用いて2回の繰り返し採集を行い，2回除去法（Seber and Le Cren, 1967）により生息密度を推定した。採集された個体は現地でFA100（DSファーマアニマルヘルス株式会社，大坂）で麻酔後，尾叉長を0.1 cm単位で測定した。測定した個体は麻酔から覚醒後に現地で放流した。6月の調査時には幼魚の尾叉長分布が明瞭な二峰型に分離していたことから，小型群を年

齢0+，大型群を年齢1+以上とした。10月の採集では0+個体と1+個体の尾叉長範囲が重複していたため，尾叉長10 cm以上の個体は体側から鱗を採取し実体顕微鏡下で休止帯数を確認し年齢を判定した。年齢0+と判定された個体について，生息個体数を推定した。各調査区の流路長と平均流路幅（各調査区で10点以上を測定）を測定し，これらの積を調査区の面積とした。推定された0+幼魚生息数を調査区面積で除してサクラマス0+個体の生息密度を算出した。また，6月から10月にかけての夏季の0+幼魚の日間成長率（GR：mm day⁻¹）を次式で求めた。

$$GR = (FL_2 - FL_1) / D$$

ただし， FL_1 ：6月の0+幼魚の平均尾叉長， FL_2 ：10月に採集された0+幼魚の平均尾叉長， D ：6月の調査日から10月の調査日までの経過日数である。

結 果

産卵床分布 白井川における魚道設置前の2007年の産卵床数は34床で（図2），すべて遡上障害となっていた河川工作物の下流側で確認された（図3）。2008年以降，下流側から魚道の設置が開始され2010年までに段階的に産卵可能域が拡大した。これにともない，産卵床数が段階的に増加するとともに，魚止めとなっていた河川工作物の上流側に形成された産卵床数が増加した。2016年には全体で114床の産卵床が確認され，そのうち76床は上流側で観察された。これまで利用が少なかった黒井川，シュラ川でも産卵床が多く確認された。その後，2017年には産卵床数は29床に急激に減少したが，産卵床は支流を含む調査範囲全域で確認された。2018年にはこれまでで最大となる167床が確認され，調査区間の下流域から上流域まで全域で産卵床が確認された。その後，白井川全体における産卵床数は2019年に79床，2020年に54床，2021年46床，2022年には22床と減少傾向にあるが，比較的上流域に形成された産卵床の割合が高く推移した。2022年には産卵床が黒井川で多く確認された。

九助川では治山ダムのスリット化工事以前の2010年には，産卵床は9床で，全てダム下流側で確認された（図2，4）。スリット化工事直後の2011年にはダム下流側で11床，ダム上流側に22床の産卵床が確認された。2013年には観察された産卵床89床のうち，82床が上流側で確認された。その後は，2014年には24床，2015年15床，2016年には94床，2017年には8床と九助川における産卵床数は大きく変動した。調査期間中に最も多くの産卵床が確認された2016年は，調査区間の全域に広く分散して産卵床が分布していた。2017年の産卵床は8床

に留まったが、いずれもダムの上流側で確認された。2021年と2022年は20床程度で推移しているが、いずれも砂防ダム上流側でも産卵床が確認された。

折川では、スリット化工事前の2013年、2014年に第1砂防ダムの下流側でそれぞれ7床、21床の産卵床が確認された(図2)。スリット化工事完了後の2018年の調査では、第1砂防ダム下流側で24床が確認されたが、上流側では産卵床は確認されず、下流域に多く分布していた(図5)。特に最も下流の頭首工の下に分布が集中していた。2019年以降、少数ではあるがダム上流での産卵床が確認された(2018年3床;2020年1床;2021年5床)。2022年には36床のサクラマス産卵床が確認され、そのうち22床がダムの上流で確認された。

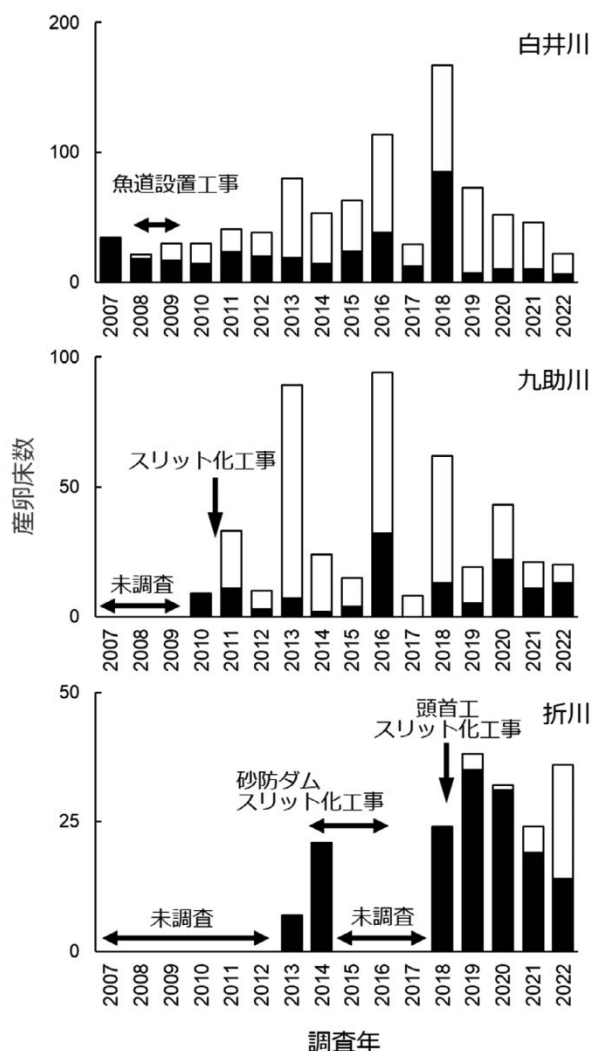


図2 白井川、九助川および折川における河川横断工作物改修前後のサクラマス産卵床数の推移。■は魚止めとなっていた河川工作物の下流側、□は上流側で観察された産卵床を示す。

幼魚生息密度と成長率 白井川では、白井川本流と黒井川の合流点より下にあるSt.2においてサクラマス幼魚の生息密度が比較的高く推移した(図6)。St.2の生息密度は2007年には0.02個体/m²と極めて低密度であったが、2008年以降は2016年まで0.22~1.11個体/m²で推移した。2017年から2019年の幼魚生息密度は、前年の産卵床数の増減に対応して大きく変動し、2017年には2.70個体/m²、2018年には0.16個体/m²、2019年には3.29個体/m²であった。この3年間の日間成長率は2017年0.17mm/日、2018年には0.40mm/日、2019年には0.16mm/日と生息密度と相反的に変動した。2020年以降、生息密度は0.99個体/m²、0.82個体/m²、0.55個体/m²と徐々に低下傾向にある。これに対して成長率は0.3~0.4mm/日で推移している。St.4および6でも2017年から2019年の生息密度と成長率には顕著な相反的対応が見られた。

九助川における幼魚の生息密度はスリット化後の2018年に0.54個体/m²と比較的高かったが(図7)、2019年0.46個体/m²、2020年0.32個体/m²と徐々に低下した。2021年、2022年は0.007個体/m²、0.068個体/m²と低密度となった。この間、日間成長率は、2018年に0.53mm/日、2019年0.31mm/日、2020年0.27mm/日と低下した後、2021年と2022年には上昇した。

折川は他の2河川に比べて全体的に幼魚の生息密度が低いが(図8)、2022年のSt.2で3.1個体/m²、2020年のSt.3で16.9個体/m²と極めて高い生息密度が記録された。これは、調査直前にサクラマス幼魚放流が行われたためである。それ以外では、いずれの調査区間・調査年でも生息密度は低く、0.5個体/m²以下であった。成長率は0.2~0.4mm/日で、他の調査河川と比べて高くはなかった。スリット化された第1砂防ダムの上流側のSt.1では2019~2021年に尾数は少ないものの、稚魚が採集されたが、2022年には稚魚が採集されず、飼育密度と成長率の対応関係も不明瞭であった。

考 察

本研究では、北海道南西部の3河川を対象に、河川工作物の魚道整備やスリット化が、サクラマスの産卵床分布および幼魚生息密度に及ぼす影響を長期的に記載した。その結果、いずれの河川においても河川工作物の改修後には産卵床の分布域が上流側へと拡大し、産卵床数の増加が認められた。しかし、その後の幼魚生息密度の変化は河川ごとに異なり、河川の特長や工作物の規模、改修前の個体群状態などがサクラマスの資源増加過程を左右する可能性がある。

白井川では、2007~2010年にかけて下流側から順次魚

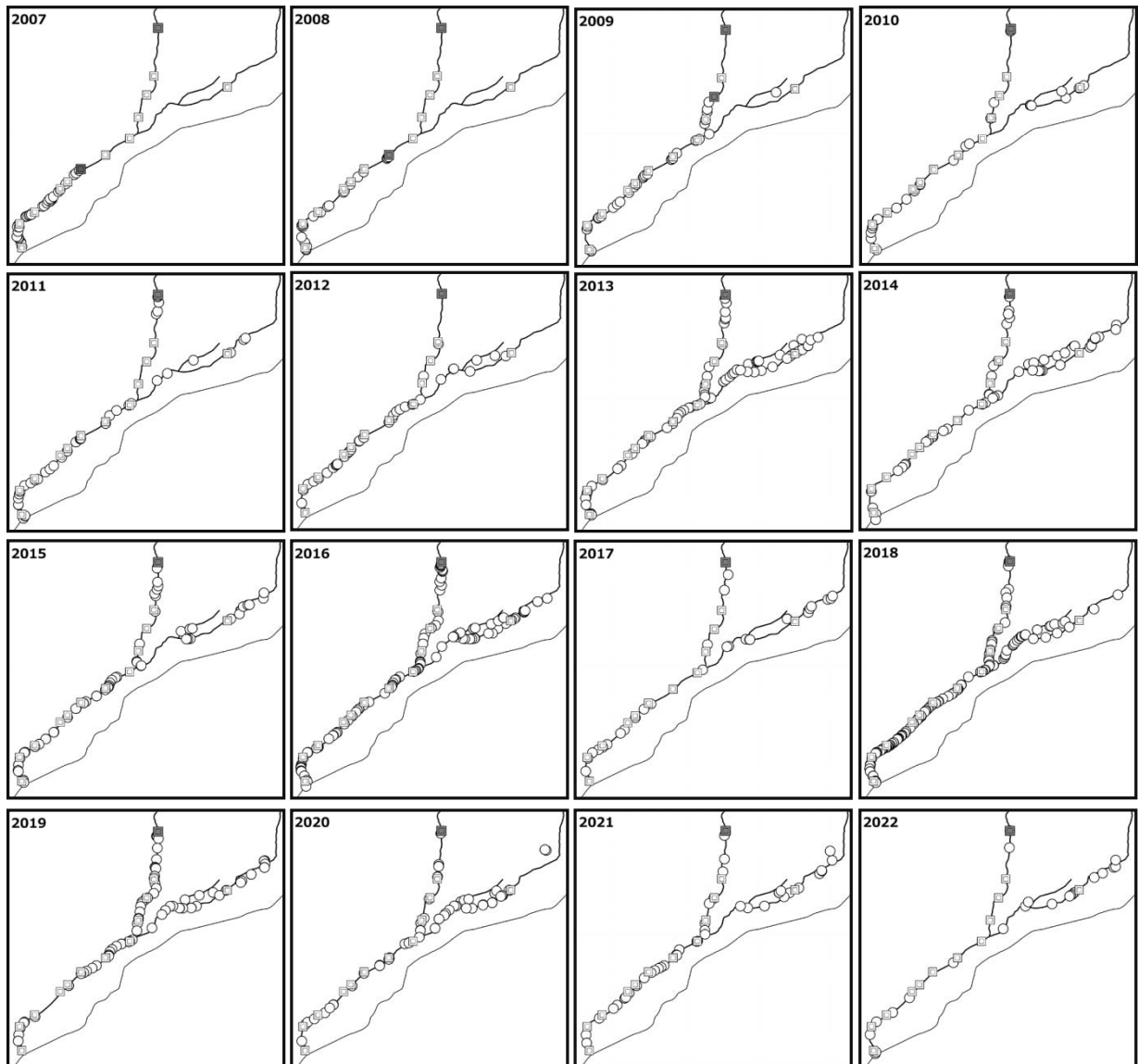


図3 白井川におけるサクラマス産卵床の分布の年変化。白四角は河川構造物、白丸は産卵床を示す。灰色四角はサクラマス親魚が通過不可能な河川構造物を示す。

道が整備された結果、産卵床数は増加し、産卵床の分布場所は魚止めとなっていた落差工直下から上流側へと段階的に拡大した。2017年には産卵床数自体は減少したものの、産卵床は上流域まで確認され、産卵可能域の回復した状態が維持されていると考えられる。九助川では、魚道が機能していなかった治山ダムのスリット化により、改修直後の2011年からダムの上流側で多数の産卵床が確認された。年度間変動は大きいものの、上流側で産卵が継続して確認されていることは、スリット化が長期的にサクラマスの産卵域拡大に有効であることを示している。折川では、第1砂防ダムがスリット化された後の2018年には上流側では産卵床がほとんど確認されなかったが、2019年以降徐々に上流域でも産卵床が確認され、2022年には上流側での産卵床が全体の6割以上を占

めた。これは、砂防ダムのスリット化後も、下流にある2つの頭首工が遡上の障害となっており、2019年にこれらの頭首工のスリット化工事が完了したことで遡上障害が解消され、産卵床分布域の拡大につながったと考えられる。また、折川は降雨による増水が頻発する河川のため、砂防ダム下流に流木が堆積し、親魚の遡上障害になっていた可能性があり（付図1f）、地元漁業協同組合による流木の撤去が上流域での産卵床増加に寄与したと考えられる。以上のように、遡上障害が解消されれば、サクラマスは速やかに上流に遡上して産卵域を拡大し、その産卵域は遡上数が少ない場合でも広く利用されることが示された。

白井川では、環境修復によって産卵床分布域が拡大後、数世代を経て産卵床数が増加した。この間、遡上障害よ

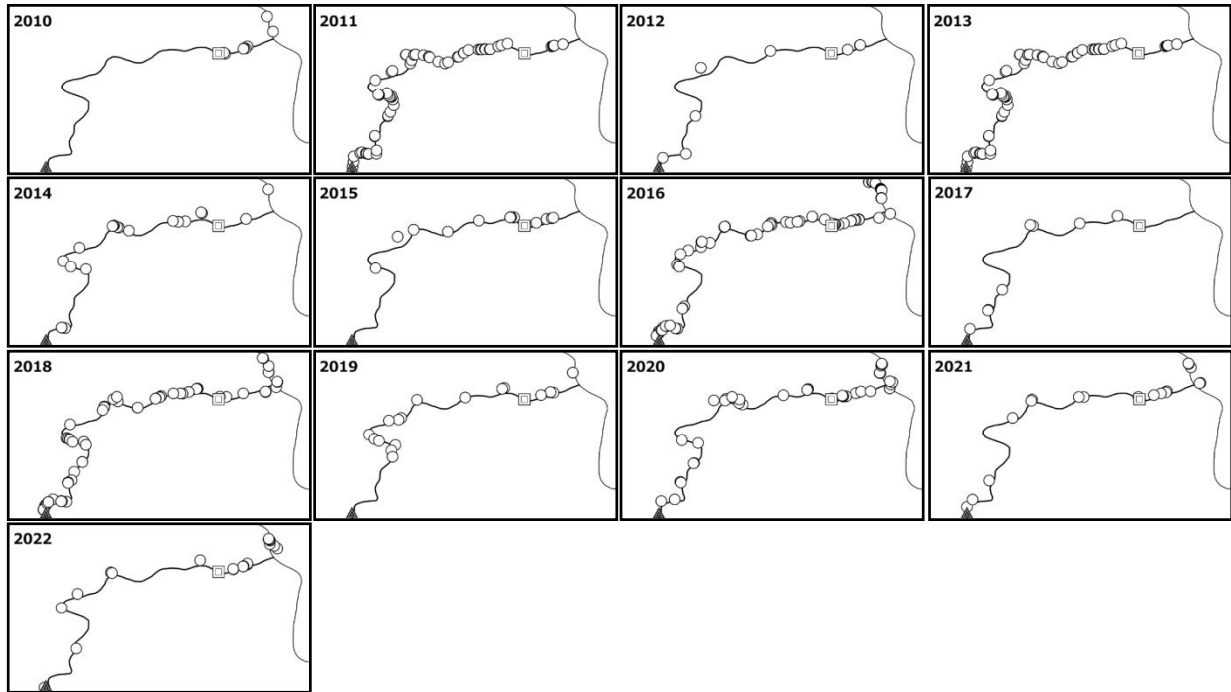


図4 九助川におけるサクラマス産卵床の分布の年変化. 四角は河川構造物, 三角は滝, 白丸は産卵床を示す.

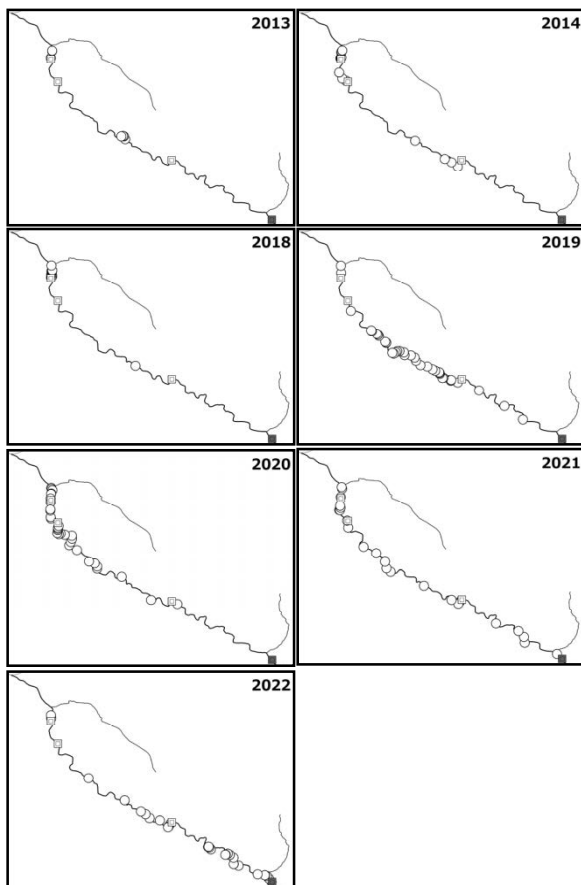


図5 折川におけるサクラマス産卵床の分布の年変化. 四角は河川構造物, 白丸は産卵床を示す.

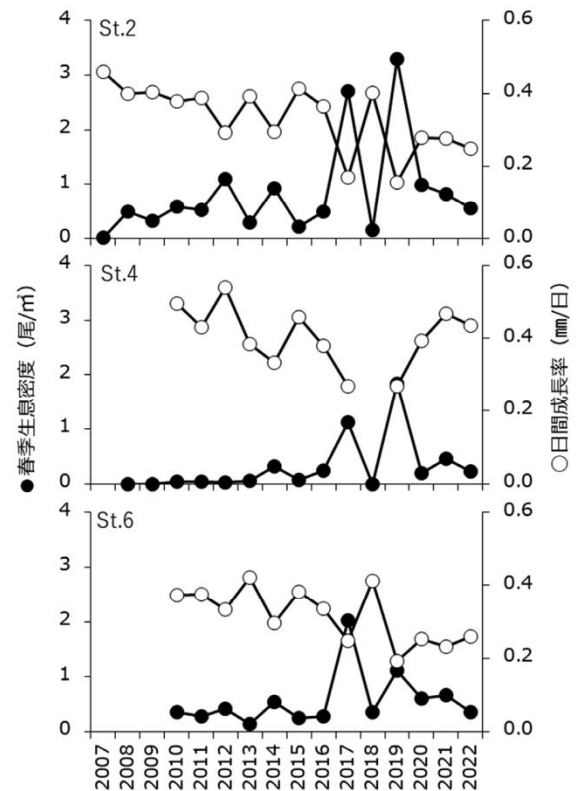


図6 白井川におけるサクラマス幼魚の生息密度と成長率. 黒丸は生息密度, 白丸は日間成長率を示す.

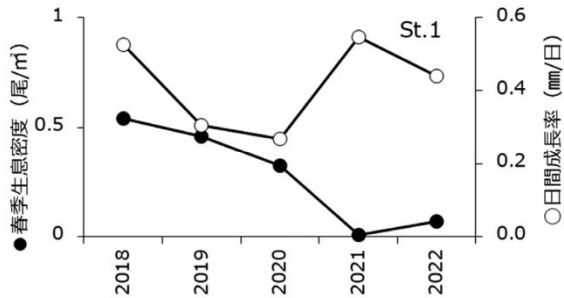


図7 九助川におけるサクラマス幼魚の生息密度と成長率。黒丸は生息密度、白丸は日間成長率を示す。

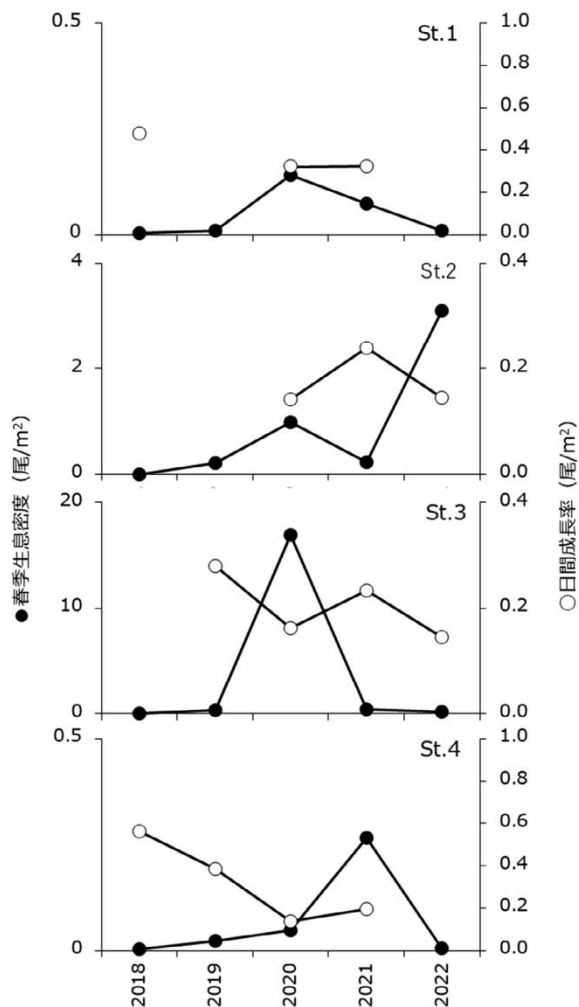


図8 折川におけるサクラマス幼魚の生息密度と成長率。黒丸は生息密度、白丸は日間成長率を示す。

りも下流域の調査区では幼魚密度の低下と成長率の向上が観察された(下田ら, 2019)。夏季の成長率が高いと秋季に体サイズが大きくなり、越冬期の生残率の向上につながる可能性がある。さらに、秋季の体サイズが大きいと翌春の降海時期のスモルトサイズが大きい傾向があり、降海サイズの大形化は海洋生活期の生残率向上につながる

る(下田ら, 2003)。このように、白井川の調査事例では、魚道設置による産卵域と幼魚分布の分散化が幼魚期の生息密度と成長率を変化させ、資源増加の契機となった可能性がある。しかし、産卵床数が増加した結果、2017年と2019年には高い生息密度が観察され、これと相反して成長率が低下した。これ以降、産卵床数は減少傾向にある。下田ら(2019)は産卵床数が増加して幼魚密度が上昇すると資源増加を抑制する方向で密度効果が働く可能性を指摘し、長期的には産卵床数や幼魚個体数が産卵場や生息場などの空間的制限、餌の量などの河川的环境条件に見合う数量の上限に達し、その後は海洋環境などの影響も受けながらある程度の範囲で変動すると予想している。白井川のサクラマス個体群では下田らが予想したような生態的過程を経て環境収容力に達した可能性があり、今後の個体群動態を長期的に観察する必要がある。九助川では幼魚の生息密度は白井川に比べると低い傾向にあるが、生息密度が大きく減少した2021年には日間成長率の増加がみられ、密度がやや上昇した2022年には成長率が低下する相反的な応答が見られた。一方、折川では全体的に成長率が低く、産卵床数と幼魚分布密度、成長率の関係性も明瞭ではなかった。なお、2022年のSt.2と2020年のSt.3で著しく密度が高かったのは稚魚放流が行われた直後の状況を捉えたためである。一方で、その他のほとんどの調査年で0.5尾/m²以下の低密度が観測されており、稚魚放流が必ずしもその後の稚魚の定着につながっていないと考えられる。環境収容力を超える過密な稚魚放流は放流魚だけでなく天然魚の生残も低下させる可能性が指摘されており(杉若ら, 1994)、適正な放流数の検討が必要かもしれない。また、改修後の稚魚の生息密度の増加過程が異なる一つの要因として、改修前の現存個体数の違いが影響すると思われる。白井川のようにもともと河川遡上数が多く、遡上障害により、産卵域が制限されていた河川では、遡上障害の解消効果が早期に顕在化しやすい一方で、折川のように遡上数が少ない河川では遡上障害解消の効果が現れるのに長期間を要するのかもしれない。むしろ、稚魚・幼魚の生息環境が資源増加の制限要因になっている可能性があり、上流域での産卵が幼魚の増加につながるかどうか、資源回復の指標になると考えられる。

これまでの調査結果から河川構造物の改修に伴うサクラマス資源の回復過程の解明には相当な長期間の調査が必要であることが示唆された。特に九助川や折川のように幼魚の増加過程が緩やかな河川では、環境修復効果の評価にはより長期的なモニタリング調査が必要である。

謝 辞

本研究は「サクラマス資源の持続的利用に向けた環境修復効果の評価と資源評価手法の開発に関する研究」(経常研究, 2018~2022年度)の成果の一部であり, 調査に参加した道総研さけます内水試さけます資源部の石田良太郎研究主幹(当時), 渡辺智治主査(当時), 神力義仁専門研究員(当時), 小亀友也研究職員に感謝する。また2017年以前の産卵床と幼魚のデータは先行課題と予備調査で得られたデータであり, 調査を行った関係者に感謝する。また, 島牧村漁業協同組合の佐々木義英部長には, 九助川と折川の河川工作物スリット化の経緯についてご教示頂いた。ここに記して感謝申し上げる。

引用文献

福島路生, 亀山 哲. サクラマスとイトウの生息適地モデルに基づいたダムの影響と保全地域の評価. 応用生態工学 2006; 8: 233-244.

Fukushima M, Kameyama S, Kaneko M, Nakao K, Steel A. Modelling the effects of dams on freshwater fish distributions in Hokkaido, Japan. *Freshwater Biology* 2007; 52: 1511-1524.

隼野寛史. サクラマス(ヤマメ) *Oncorhynchus masou masou* (Brevoort). 「新 北のさかなたち(上田吉幸, 前田圭司, 嶋田 宏, 鷹見達也編)」北海道新聞社, 札幌. 2003; 148-153.

真山 紘. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. さけ・ますふ化場研究報告 1992; 46: 1-156.

宮腰靖之. 北海道におけるサクラマスの放流効果および資源評価に関する研究. 北海道立水産孵化場研究報告 2006; 60: 1-64.

宮腰靖之, 高橋昌也, 大熊一正, ト部浩一, 下田和孝, 川村洋司. 標識魚の遡上状況からみた北海道尻別川水系内でのサクラマスの母川回帰. 北海道水産試験場研究報告 2012; 81: 125-129.

大串伸吾. 北海道におけるサクラマス資源の利用と保全に関する多角的研究: 複合的資源利用の構造と河川

環境修復による資源保全の関係. 博士論文, 北海道大学, 札幌. 2014.

佐藤正人, 湊屋啓二, 坪井潤一. サクラマスの遡上範囲拡大を目的とした簡易魚道の開発. 日本水産学会誌 2021; 87: 160-162.

Seber GAF, Le Cren ED. Estimating Population Parameters from Catches Large Relative to the Population. *Journal of Animal Ecology* 1967; 36: 631-643.

下田和孝, 川村洋司. 網走川支流ドードロマップ川における魚道設置前後のサクラマス産卵床の分布. 北海道水産試験場研究報告 2014; 85: 41-46.

下田和孝, 内藤一明, 中島美由紀, 佐々木義隆, 三坂尚行, 今田和史. サクラマスのスモルトサイズと関連した海洋生活期の生残および成長. 日本水産学会誌 2003; 69: 926-932.

下田和孝, ト部浩一, 川村洋司. 魚道設置後のサクラマス資源の増加過程. 日本水産学会誌 2019; 85: 305-313.

杉若圭一, 鈴木研一, 竹内勝巳, 大久保進一, 河村博, 永田光博. 余別川 0+ 稚魚放流における生息密度と成長, 生残率の関係. 魚と水 1994; 31: 171-178.

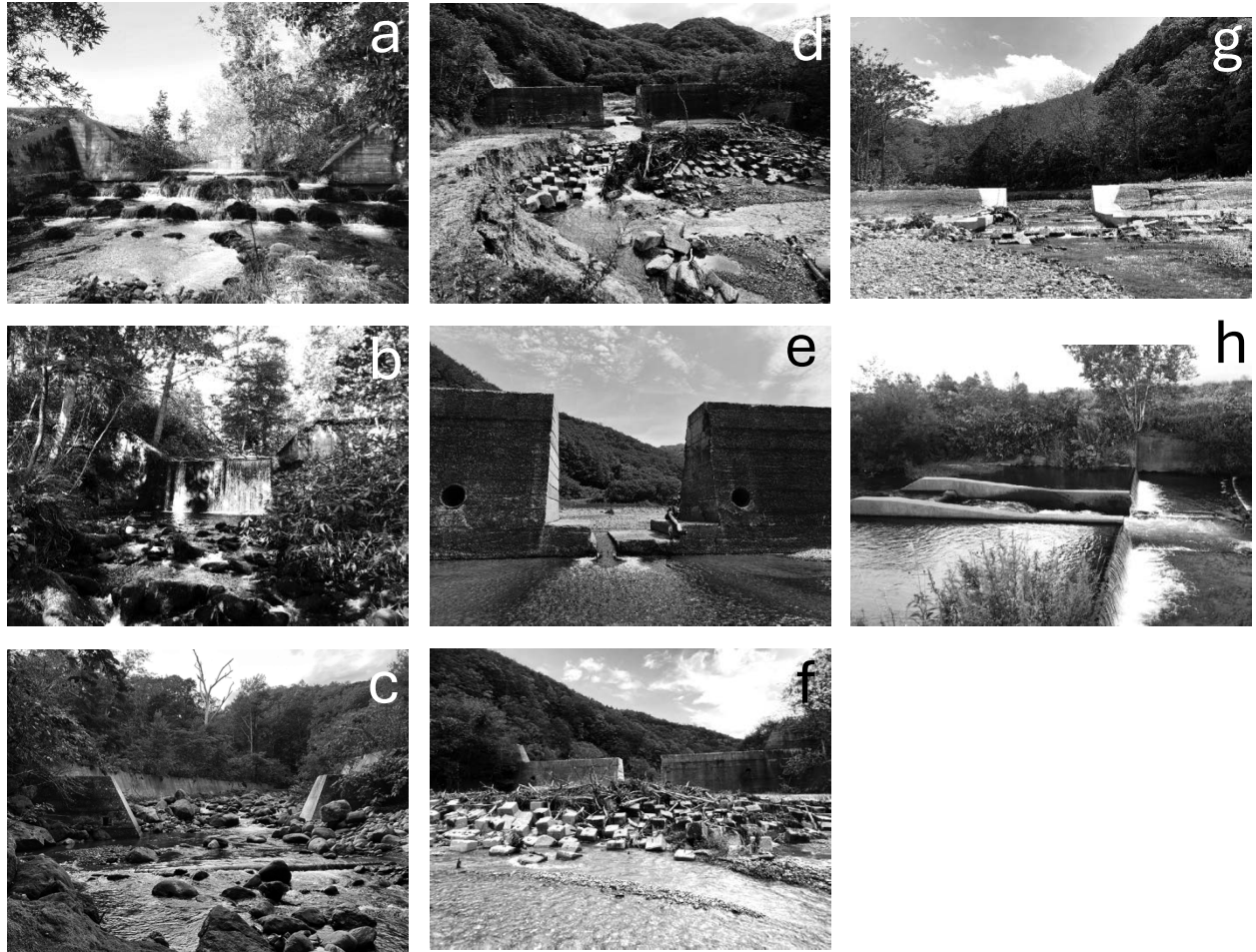
玉手 剛. 1980年以前の北海道沿岸におけるサクラマス漁獲量の推定. 水産増殖 2008; 56: 137-138.

玉手 剛, 早尻正宏. 北海道における河川横断工作物基数とサクラマス沿岸漁獲量の関係. 水利科学 2008; 52: 72-84.

馬谷佳幸, 奥田篤志. 天塩川水系琴平川における治山ダムのスリット化にともなう魚類相の変化. 北方森林保全技術 2017; 34: 10-20.

Urabe H, Nakajima M, Torao M, Aoyama T. Application of a bioenergetics model to estimate the influence of habitat degradation by check dams and potential recovery of masu salmon populations. *Environmental Biology of Fishes* 2014; 97: 587-598.

ト部浩一, 藤原 真, 宮腰靖之, 神力義仁, 下田和孝, 川村洋司, 佐々木義隆, 隼野寛史. 後志管内におけるサクラマス自然再生産個体群の現状について. 北海道水産試験場研究報告 2013; 84: 39-45.



付図1 調査対象河川における河川構造物. a 2008年に魚道が設置された白井川の落差工. b 現在, 魚止めとなっている白井川の第11号落差工. c 2010年にスリット化された九助川の治山ダム. d 2014~2016年にスリット化された折川第1砂防ダム. e 折川第1砂防ダムのスリットの近影. f スリット化された砂防ダムの下流側に堆積した流木 (2022年撮影). g 2018年にスリット化された折川の下流側の頭首工. h 2018年に魚道が設置された折川の上流側頭首工.