

豊平川における洪水流下能力確保と サケ産卵環境維持・創出の両立に向けた 川づくりの取り組み

やまだ ひろし こにし ちから でんぼ じゅんや¹
山田 博¹・古西 力¹・傳甫 潤也¹

¹ (株) ドーコン河川環境部 (〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西10丁目4-132 南大通ビル東館)

札幌市内を貫流する石狩川水系豊平川の中流部では、近年の土砂堆積と樹林化による流下断面面積の減少により洪水流下能力が不足しているため、河道掘削・樹木伐採を実施することとなった。一方、豊平川はサケ遡上河川であり、地域協働によりサケが産卵しやすい環境づくりが進められていた。しかし、砂州の樹林化により流路が固定化し、サケ産卵適地の浅瀬が減少していた。本稿では、洪水流下能力の確保及びサケ産卵環境の維持・創出の両立を目的とした河道掘削断面形状の設定及び地域関係機関の意見を反映し理解を得た河道計画立案・施工の事例を報告する。

Key Words : 再樹林化抑制, サケ産卵環境の維持・創出, 地域協働, 多自然川づくり

1. 背景及び目的

豊平川は、流域面積902km²、流路延長72.5kmの195万都市・札幌の中心部を流れる日本有数の急流河川である。人々の生命財産を守るため様々な河川整備が進められているが、洪水時には大きな被害が発生する危険性を持ち、近年では平成23年9月に大規模な出水が発生している。

本稿の対象地点となる豊平川の中流部（KP11～KP14、平均河床勾配：1/320程度）では、近年の砂州の堆積・固定化に伴って、砂州上の樹林化が進行したことにより、流下断面面積が減少し、洪水流下能力が不足している。昨今の豪雨災害の頻発・激甚化を踏まえ、全国で洪水氾濫防止を目的とした「防災・減災、国土強靱化のための3ヵ年緊急対策」が求められ、豊平川においても河道掘削・樹木伐採を実施することとなった。

一方で、豊平川はサケ遡上河川であり、地域協働によりサケが産卵しやすい環境づくりが進められているが、砂州の樹林化による流路の固定化によって、サケ産卵適地が減少していると指摘されている。

本稿では、洪水流下能力の確保及びサケ産卵環境の維持・創出の両立を目的とした河道掘削断面形状の設定及び地域協働による河道計画立案・施工の事例を報告する。

2. 川づくりを進める上での課題

洪水流下能力を確保するためには、樹木伐採や河道掘削等の対策が必要である。しかし、豊平川に繁茂するヤナギ類の再生能力が旺盛なため、対策後の再樹林化を抑制しなければ目標の流下能力を維持できない。

また、砂州が樹林化して流路が固定すると、流水の集中による河床低下が発生し、砂州と流路の高低差が拡大する。これにより、サケ産卵に適した水深0.1～0.5m、流速0.1～0.5m/s程の流況で、河床材料粒径10～100mm程の浮石を有することが条件となる産卵環境は減少すると考えられる（図-1）。

このため、河道掘削に際し河道の安定性を確保しながら、以下の両立が可能となる断面設定が課題であった。

- ①河道掘削後に樹林化が進行して流下断面を阻害する再樹林化の抑制
- ②流路固定化の抑制、上記のサケ産卵適地の増加による産卵環境の改善

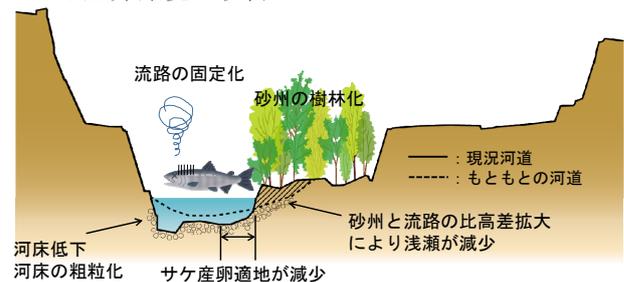


図-1 豊平川の対策前の河道状況

3. 課題に対する対策立案

現状の豊平川で、特に流下能力に問題が生じている箇所として図-2に示す4地点を抽出し、樹木伐採及び河道掘削を実施することとした。(本稿には②平和大橋上下流右岸を代表地点として検討結果を記載した。)

(1) 河道掘削断面形状設定の考え方及び評価方法

前述の課題に対し、河道掘削断面形状の設定にあたり、検討・評価すべき問題点として以下が挙げられた。

a) 再樹林化の抑制

再樹林化は流水による攪乱作用が低下することで、砂州に定着したヤナギ類の種子が流されず繁茂してしまうことに起因する。このため、再樹林化を抑制し得る攪乱作用(摩擦速度)を数値指標化し、河道掘削断面形状を設定した。摩擦速度は水深に起因する指標であるため、必要水深を確保できる河道掘削断面を設定し、平面二次元流況解析によって、出水時の流況を予測した。

b) サケ産卵環境の改善

豊平川のサケ遡上時期に産卵に適した浅場を創出するとともに、掘削後の堆積・侵食が生じず、将来的に維持される河道掘削断面形状を設定した。河道掘削断面は、後述する安定川幅(流路の堆積・侵食が抑制され、河道形状が維持される川幅)の考え方に基づき流路幅を設定し、平面二次元河床変動解析及び水深・流速等の物理指標を基に生物の好適環境を定量的に評価できるPHABSIMの手法を用いて、サケ遡上期の流況がサケ産卵における好適環境となっているかを予測した。

また、a)、b)両方に関係する河道の安定性については、攪乱力低下の要因となる出水による砂州堆積およびサケ産卵場の堆積・侵食が発生しないかどうか検証するため、出水時の河道変化状況を予測した。

(2) 河道掘削断面形状の設定

上述の考え方に基づき、必要な水深・摩擦速度を維持するための掘削敷高と流路幅(安定川幅)に着目し、複断面化した河道掘削断面を立案した(図-3)。なお、洪水流下能力を確保していることを準二次元不等流計算により確認した。

【対策1】再樹林化抑制を目的とした砂州切り下げ
平均年最大流量流下時に、再樹林化を抑制できる摩擦速度を確保した掘削敷高を設定した。

【対策2】サケ産卵環境の創出を目的とした流路拡幅

現況みお筋を安定川幅となる50mまで拡幅し、掘削敷高はサケ産卵に適した浅場となるよう、サケ遡上期(9~12月)の最低水位に設定した。

なお、対策1は再樹林化を抑制可能な攪乱力を考慮して平均年最大流量時(450m³/s)、対策2はサケ産卵遡上期の流況を考慮して流量(370m³/s)を対象とした。後者は全観測年の1/2確率の出水に相当する。

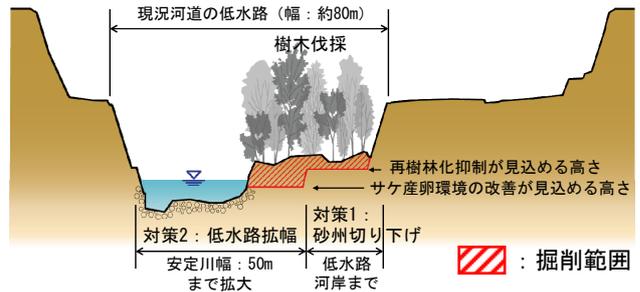


図-3 河道掘削断面形状の設定方針

a) 再樹林化抑制が可能な掘削敷高の設定

再樹林化抑制が可能となる指標値は、現況河道において平面二次元流況解析を行い、砂礫河原が維持されている箇所及び樹林化箇所(作用する平均年最大流量時の摩擦速度を分析し、設定した(図-4))。

その結果、摩擦速度が200cm²/s²未満では樹林化が進行し、300cm²/s²以上で砂礫河原が維持され、中間の200~300cm²/s²の範囲が境界値となることが明らかとなった。これより、平均年最大流量時に砂礫河原維持に必要な摩擦速度300cm²/s²を確保できる水深1.2mを求め、掘削敷高とした。

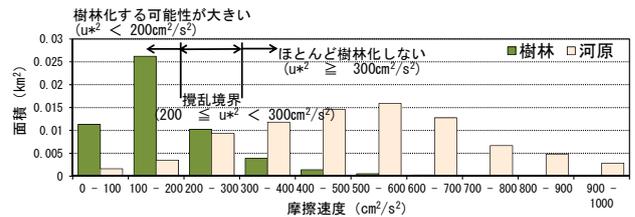


図-4 豊平川における樹林化箇所と礫河原箇所の摩擦速度分布



図-2 対策の実施箇所

b) サケ産卵環境に配慮した流路幅の設定

流路幅は、日本の河川における河床の粒径と摩擦速度の平均ライン¹⁾を用いて、平均ラインに近い流路幅であれば掘削形状を維持可能と考えた。川幅を10m毎に広げた矩形断面の等流計算により、川幅を50mとした時、平均ラインに近い形状であると試算した(図-5)。また、浅場創出のための敷高は、サケ遡上期における最低水位とし、近傍の水位観測結果より設定した(図-6)。

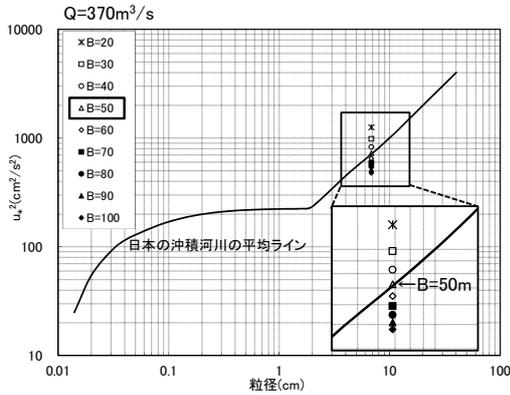


図-5 安定川幅の算出結果

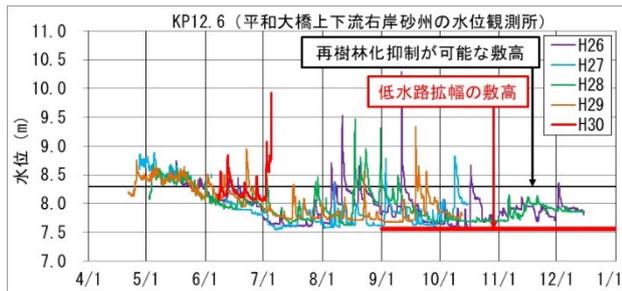


図-6 サケ産卵に配慮した流路幅拡幅の敷高の設定

4. 立案した対策の検証

(1) 河道安定性の予測評価

河道は出水により堆積・侵食の変化を繰り返すため、設定した河道掘削断面形状が維持可能であるかを評価する必要がある。河道変化の予測のため、現況河道と設定した形状で掘削した河道について、平面二次元河床変動解析を行った(表-1)。この結果、1/2確率の出水規模では複数回発生した後でも、過度な堆積・侵食が生じないことを確認した(図-7)。

表-1 計算条件一覧表

解析モデル	iRIC ²⁾ (平面二次元河床変動解析)
解析区間	豊平川KP6.8~KP21.4 (助走区間+500m)
検討区間	豊平川KP11.2~KP19.4
河道形状	H27測量横断データ・LPデータより設定
粗度係数	低水路: 0.034, 高水敷: 0.040
樹木	H27撮影航空写真より設定
流量	整備計画目標流量ハイドロ ($Q_p=1,900\text{m}^3/\text{s}$) H23.9 洪水ハイドロ ($Q_p=1,190\text{m}^3/\text{s}$) 1/2 確率年最大流量×5回 ($Q_p=370\text{m}^3/\text{s}$)

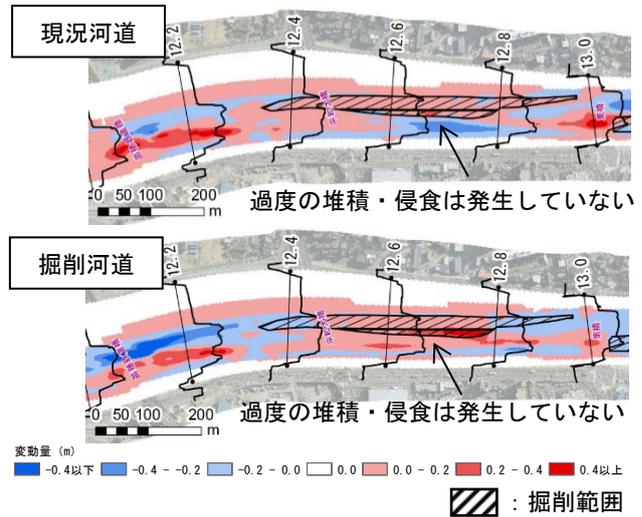


図-7 河道変化の予測結果

(2) 再樹林化抑制の予測評価

将来の掘削河道における再樹林化抑制効果の持続を確認するため、現況河道及び掘削河道(1/2確率流量×5回; 5年後相当による河床変動解析後)について、平均年最大流量時の摩擦速度を算出した。

この結果、現況河道では、摩擦速度が $300\text{cm}^2/\text{s}^2$ 以下で、今後も樹林化が進行する傾向であることが推測された。対して、対策河道では、砂州切り下げ箇所摩擦速度は $300\text{cm}^2/\text{s}^2$ 以上を確保しており、再樹林化を抑制出来ることを確認した(図-8)。

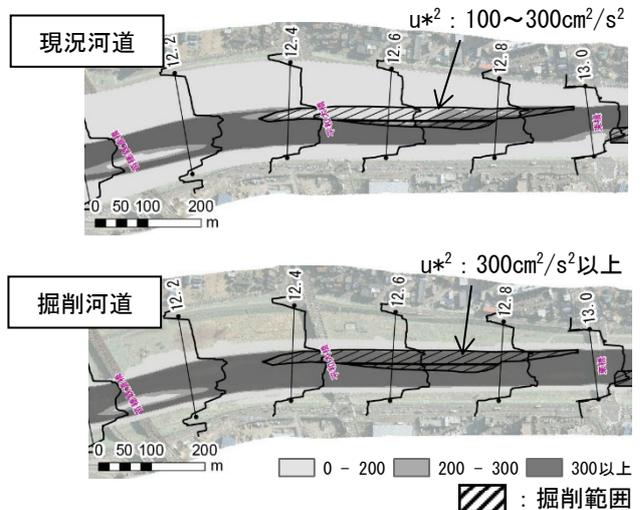


図-8 摩擦速度の算出結果

(3) サケ産卵環境の予測評価

サケ産卵環境の予測評価は、PHABSIM (Physical HABitat SIMulation model: 生息場物理環境評価法)³⁾により行った。評価方法、用語は図-9に示すとおりである。

長期的なサケ産卵環境の持続性を予測するため、河床変動解析後(1/2確率流量×5回; 5年後相当)の河道に対し、サケ遡上時の流量条件による流況解析を行い、評価に必要な水理諸量(水深・流速等)を算定した。

サケ産卵環境の好適な指標値は、豊平川におけるサケ産卵床の調査実績が豊富であることから、既存文献⁴⁾を参考としながら、サケ産卵の実績箇所⁵⁾と水理解析により求める水理諸量を重ね合わせ、最頻値をSI=1とした。各水理諸量のSI値からCSIを算出した結果、水深及び流速のSI値に相関が認められたため、水深、流速を指標値として設定した。

次に現況河道及び掘削河道について流況解析を行い、水深、流速のCSIを比較した。これより、現況河道に比べ、対策河道の流路拡幅箇所では好適環境が増加したことから、河道掘削断面が妥当であると判断した(図-10)。

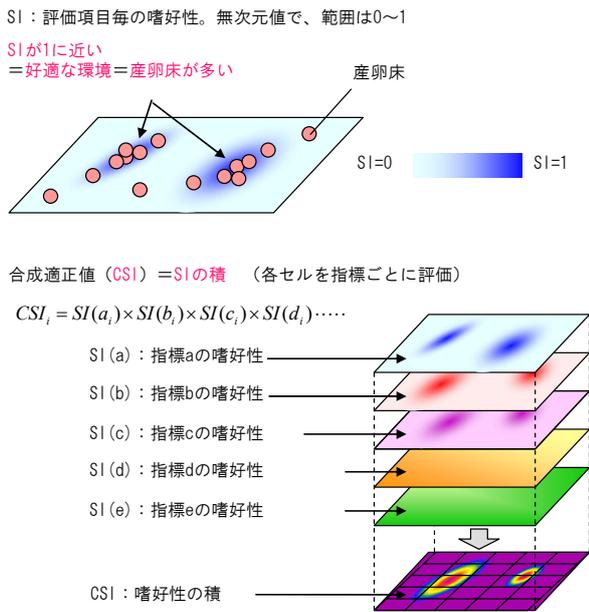


図-9 PHABSIMによるサケ産卵環境の評価方法

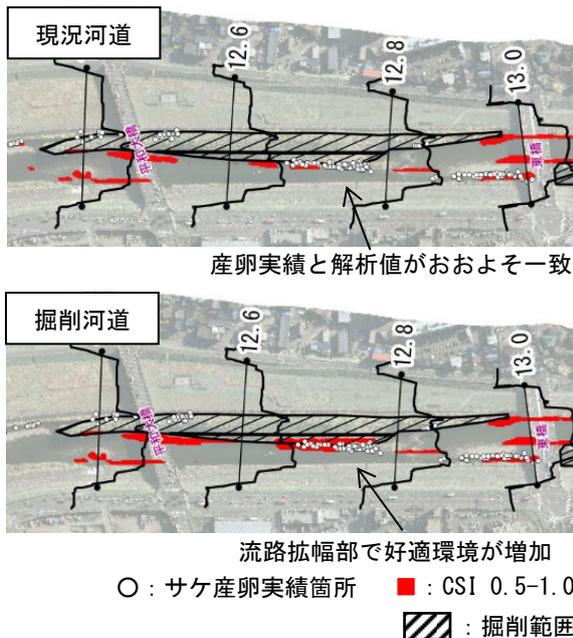


図-10 サケ産卵環境のCSI分布図

5. 検討の成果と今後の課題

(1) 検討の成果

豊平川の現況を踏まえて、洪水流下能力確保(再樹林化抑制)とサケ産卵環境の維持・創出を両立する河道断面設定の手法を提案することが出来、現時点で工事は完了している。施工後のモニタリングでは、砂州切り下げ箇所における融雪出水による再樹林化抑制や、流路拡幅箇所におけるサケの産卵床を確認した。

道内では洪水被害が頻発化する中、河道掘削後の再樹林化抑制は共通の課題であるとともに、水産資源の生息環境保全が求められる河川が多くある。本事例で得た知見は、今後の河川整備の推進に有用であると考えられる。

なお、事業の円滑な推進のため、本検討では地域の関係機関との合意形成を目的とした合同現地視察会や勉強会を行い、河川整備の課題や将来の河道状況の共有を図った上で検討を進めた。

(2) 今後の課題

道内河川では、再樹林化抑制やサケ産卵環境の創出を単独の目的とした施工事例は多い。しかしながら、これらの課題を一体的に川づくりに反映し、効果を確認した事例は少ない。河道掘削後の堆積・侵食状況、再樹林化抑制状況、サケの産卵状況について継続的なモニタリングを行い、本稿の河道断面設定手法の妥当性・改善点等を検証していく。

また、PHABSIMの技術は、多くの検討事例があるが、指標値とする物理要素によって評価が異なる難しさがある。今回の評価結果と実際の産卵行動に基づく豊平川の好適環境を比較検証することによって評価技術を確立することが可能と考えている。

謝辞: 本検討は、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の「R1豊平川河床安定化対策外調査検討業務」の成果の一部である。ここに記して、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 財団法人 国土技術研究センター: 河道計画検討の手引き, 山海堂, 2002.
- 2) iRIC Project, <https://i-ric.org/ja/>
- 3) 玉井信行ら: 河川生態環境評価法, 東京大学出版, 2000.
- 4) 矢野雅昭ら: 物理環境要素の計算結果を用いたPHABSIMによるシロザケ産卵環境の評価について, 寒地土木研究所月報第746号, 2014.
- 5) 札幌市豊平川さけ科学館, <https://salmon-museum.jp/>