

# 網走川河道掘削工事における多自然川づくり

## —伝統工法を用いた瀬・淵の創出—

網走開発建設部 北見河川事務所 ○村椿 健治  
羽石 功  
旭川開発建設部 旭川河川事務所 阪本 秀樹

はじめに

多自然川づくりとは、「河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している生物の生息・成育・繁殖環境及び多様な河川景観を保全・創出するために、河川管理を行うこと」と定義され、単に自然のものや自然に近いものを多く寄せ集めるのではなく、可能な限り自然の特性やメカニズムを活用することを川づくりの基本として河川環境を回復させることを目的としている。そこで、そのような川づくりを進めていく目的として、北海道網走上流津別町で流下能力不足で河道掘削を行う工事で試みた。今後の川づくりに資するものである。

### 1. 工事内容

#### 1-1. 工事箇所と概要

網走川はサケ・マスのふ化事業が盛んであり、流域の主要な産業である漁業においても、河遊性のサケ・マスは大きなウェイトを占めている。また、上流地区は山林に囲まれた林業が盛んな地域である。近年大規模な出水が頻発おり、平成4年度の洪水を契機に抜本的対策を行い地域の治水安全度を高めてきた。この事業における達美地区の事例紹介を行うものである。この地区は天然河岸が多くみられ、河岸保護は災害工事のみで行われてきた箇所である。(図-1,2 参照)



図-2 河岸現況



図-1 位置図

H19年度工事実施概要としては工事延長2,900m、河道掘削量(河道拡幅箇所も含めて)約350,000m<sup>3</sup>、淵造成4箇所、水制工17基、根固水制工6基、分散型落差工など29基である。(図-3 参照)

#### 1-2. 問題点の整理

今回の工事箇所は、北海道所管の上流区間と連携し戦後第2位の流量を確保するために、河道を拡幅し掘り下げることになる。掘削前から河床は約2.0m掘り下げ、河道幅は約40mから約60mにもなる。元来川とは瀬と淵が一体となって多様な生物の生息域を創造している。現河道のほとんどが平瀬でその原因は河床の軟岩(泥岩)であり、河床材料の堆積(瀬の形成)が見込めず、貧弱な生物の生息域がより悪化すると考えられる。また、風化して粉々になる岩質であるため水衝部には河岸保護が必要となる。(図-4 参照)

### 2. 河川特性の把握と整備方針

#### 2-1. 河川特性の把握

網走川上流の特性を把握するために既往の測量成果(縦断図、横断図)は勿論のこと河岸形状=照り起り

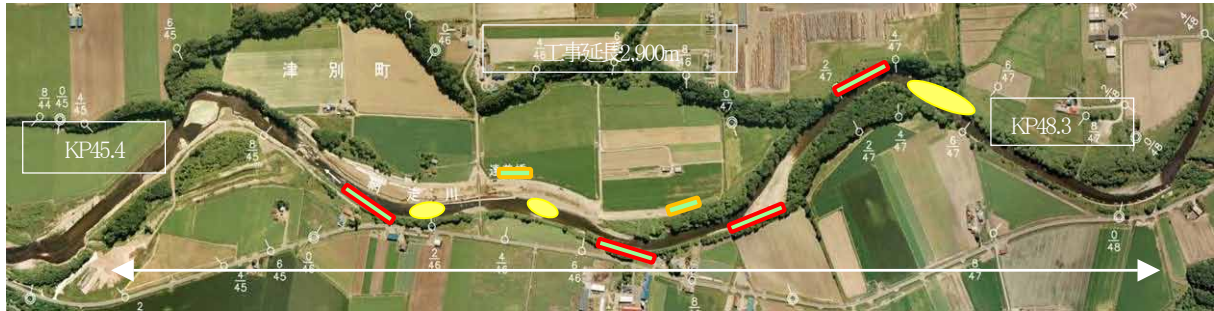


図-3 工事区間



図-4 河床状況

(rib and groin) (図-5 参照)、淵の水深・小規模な落差等を計測した。昭和 20 年代の米軍航空写真を収集し河道変遷についても確認を行った。また魚類・樹木・近自然工法等の有識者の意見を取り入れ、目指す河川環境の検討を行った。

着目事項として、

- ① 新たに河道が創造するため、新河道における瀬と淵を設定する。
- ② 軟岩河床から砂礫河床へと移行させる。
- ③ 土砂や風化岩の流出防止対策。
- ④ 環境対策として魚類の産卵場、河畔林の回復等動植物の生息域を拡充していく。

ことが共通認識とされた。

## 2-2. 決定事項

- ① 河岸保護及び淵の創造・維持→水制工、淵造成、rib and groin(河岸形状)
- ② 砂礫の堆積を促進→分散型落差工、rib and groin(河岸形状) コンター掘削(滞筋形成)

以上 2 点について 5 つの施策で網走川中流独自の川づくりを実施した。

## 3. 多自然川づくり

### 3-1. 滞筋の設定



図-5 rib and groin

河川敷地を最大限に活用し、河道掘削後の河道幅を広げ「川」に自由度を持たせた。また、現在の河道法線をそのままに蛇行角度を活かし、河道法線とは別に滞筋を設定した。滞筋を設定することで「川」本来の性質(浸食・堆積)が生きる川づくりを行った。(図-6 参照)



図-6 現河道と滞筋設定

### 3-2. 淵の位置設定

上記で設定された滞筋を基に、水衝部となる箇所が推定される。その水衝(湾曲)部が淵になる。湾曲部に発生する淵をモデルに、湾曲部に Meander 型の淵を設置した。淵の位置(範囲)は、内岸の接線を延長して対岸と交わる点Qと、曲線の始点との間の距離をL1、とするときのL1/2の位置付近を淵頭としL1の位置(Q点)付近を淵の最深部とした。また、Q点から、L1の位置を淵尻とした。各蛇行箇所には当てはめて、淵造成箇所を設定した。(図-7 参照)

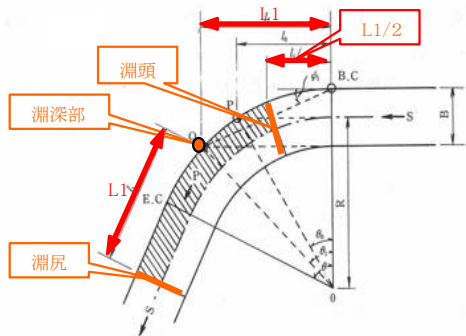


図-7 淵造成設定図

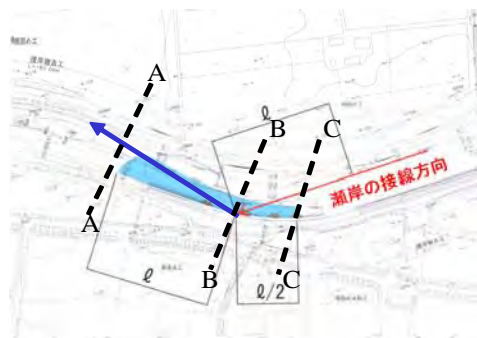


図-8 淵の形状

### 3-3. 淵の形状

網走川の近接区間で大きい淵の水深（平水位と最深河床高との差）が1.8mで維持している。

施工区間についても大きな蛇行部については、1.8mの高さの淵を設定した。

内岸側は緩勾配、外岸側は急勾配C断面からB断面にかけて緩やかに落ち込む。B断面からA断面にかけて内岸に向かう接線方向に広がりながら浅くなる形状である。（図-8参照）

### 3-4. 淵の維持(水制工配置)

水衝部の河岸保護（軟岩露出）対策と掘削した淵を維持するために、水刎ねタイプの水制工を設置した。そのため水制間距離は、水制頭部から洪水流を河心側にはねる方向を、水制の設置場所の接線方向と仮定して、その岸側への偏位流を考慮した。偏位流は水制タイプを水刎ねとしたため、Winkelの理論から、主流（刎ねた水の流れ）に対して $6^\circ$ の角度で水制を回り込むとすると、水制長（突き出し長）の約10倍の距離で河岸に達する。そこで、湾曲部においては水制工間を密に（水制長の約2～4倍の距離）配置するのが一般的であるが、本設計では軟岩河岸でもあるため風化対策として水制工間の軟岩を残し、河岸が水制工の役割を果たすことを期待した。そして、設置する水制間隔を通常の設計よりも長く水制長 $\times 10$ とした。水制長＝現況河道幅（平水時）の $1/10$ 以下とした。水制工の配置範囲は既設護岸と掘削法面の

保護と淵を維持する目的から濡筋が河岸にあたり、対岸へ離れていくまでの区間とした。また、最上流の水制は洪水時の $1/4$ 程度の流水があたり対岸へ跳ねことで残り $3/4$ の流水を減勢させるための水制です。（図-9参照）

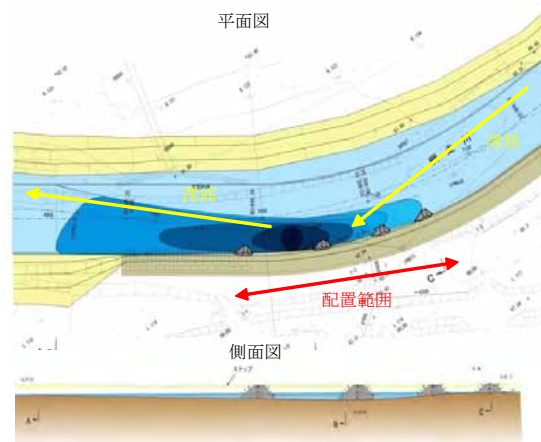


図-9 水制工配置図

### 3-5. 水制工の高さ

水制の高さは、河岸法尻を保護する低水水制として平水位程度（+30cm）を基本とした。

常に水制先端部付近の水深を維持するため、水制頭部

前面の勾配を $1:1.0$ として水刎ね機能を持たせた。本設計区間においては、「最上流部の淵造成箇所」がその高さを適用した。水制工の構造上の安定計算は、「護岸・水制の計画・設計」に従い示力線方程式を用いて検討を行った。

水制の横断形状はできるだけ流れの抵抗を受けないような形状とする。上流側の勾配は $1:1.0 \sim 1:2.0$ とする。水流を上へ跳ねて減勢させるため、できるだけ急勾配とするべきであるが、水制基礎部前面の深掘れ、空積みの場合は安定性を保つために $1:2.0$ とする。

下流側は $1:3.0$ より緩い勾配とする。水流を緩やかに流し、下流側の洗堀を防止するために緩勾配とする。

本設計は基礎部が軟岩（泥岩）であることから最低根入れ深さ50cmに設定した。水中部ではスレーキングしにくい岩質であるため安定した状態であると判断し、上流側は $1:1.0$ の勾配を採用した。また、上記の理由とともに施工高が4m程度となり、なめらかな擦り付けは困難であるため、下流側は $1:1.5$ の勾配を採用した。

既設護岸がある区間は堤内側に民家が存在するため、既設護岸まで水制工の高さをあげ、一体性を与えることで河岸防護としての機能を高めた。嵩上げされた部分は洪水時にも水の流れに変化が与えることができるので、魚の避難場所を形成されと思われる。また生物に対して

多様な生息環境を提供することができる。(図-10, 11 参照)

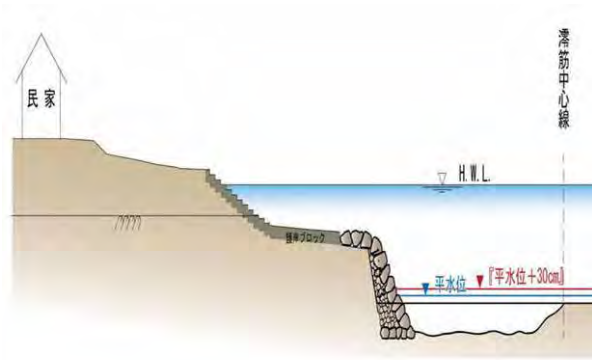


図-10 最下流水制工横断面図



図-11 最下流水制工

### 3-6. 水制工の施工

#### ① 石材の選定

河道内の石材を使用することが多自然川づくりの一般的な手法である。しかし河道内にはもちろん近隣で生産される石材は数量、品質、規格に乏しく、近傍の阿寒産に頼らざるおえませんでした。それは人工物をなるべく使用せずに自然界に存在するものの形を利用するという観点から資材を選定しました。

#### ② 安定計算

安定計算は有識者として参加された福留脩文氏から提供された「掃流力の安定計算式」を使用しました。水制工に対して重要な役割(支点となる石)が与えられた石材を力石と言います。その他の周辺の石材との噛み合わせを考慮した場合1辺が1m程度必要であり単体でも安定するものとされています。そのため力石としてはφ1000の野角石(破砕石)を使用しました。根入れは計算上30cmあれば、安定条件を満足するが、先端部の深掘れを考慮し50cm程度の根入れを確保した。また、力石とをむすぶ石、力石を支点として組む石を輪石と言います。輪石は群体として設置し、根入れ無しで安定条件を満足する石

材としてφ600の野角石を使用しました。力石との噛み合わせやスレーキングする泥岩対策として条件を群体設置および根入れ無しとした。

#### ③ 施工

水制工に流水を透過させないために、裏込材を層状に投入後目潰し砂利による水固めを行った。再度裏込材に「ゆるみ」があるか確認を行った。また水制根部は石材を岩盤に切り込み密着性を高めた。根石を設置することで先端部深掘れ対策を行った。

石積みには古来から不適切な積み方が存在する。それを禁手といい、石積みの弱点部となる。排除方法として、石材の控え長の確認、合端と目地のあわせ方があります。

古式土佐積石垣石工頭小松氏を招き、石積みの施工方法(丁張り・施工手順・玉掛け)、品質管理(石の重心のとり方、禁手防止方法・段階確認)、安全管理(重機と作業員の配置)等を学びながら発注者及び請負者一体となって施工していきました。

### 3-7. 分散型落差工

分散型落差工は石の天端を流れる水に跳水現象を発生させ、白波を立たせる。水の流れを逆向きになることで掃流力が減少し、前面に土砂が堆積するものである。

流速と水深を多様にする事で、生物の生息環境改善を計り、砂礫の堆積を促し河床を安定させることができる。また分散型落差工の直下流にスプーン状の掘削を施し、産卵床となるような河床材料が堆積することを期待する。(図-12 参照)

アーチ状に配置することで流水に耐える効果を高めた構造にした。石材据付のポイントとして石材の控え長の確認、合端と目地のあわせ方は水制工と同様にあります。石材と石材の間に胴飼材を配置し力石とをむすぶ輪石の結合力を強化させた。また、流水の力と力石と輪石の石材重量を地盤に伝え安定させるために、魚鱗のように上流側を下げて据付けた。

力石を「正」「副」「従」に配置し5cm程度の高低差をつけることで湧筋をコントロールし、多様な水の流れをつくりだした。

水制工と同様に石材はφ1000とφ600を使用しました。泥岩のスレーキング対策、湧筋水深45cm程度での跳水現象発現、前面掘削深30cmより深い根入れを考慮し、70cm~80cm程度の根入れ深を確保した。(図-13 参照)

### 3-8. 河岸形状の工夫

土砂掘削(河道拡幅箇所)においてコンター(等高線)を利用して行いました。自然な形であり、風景と溶け込みやすいものづくりとして行いました。法面には表土を敷き均し早期植生回復を促し土砂流失対策を行いました。

河岸掘削においてrib and groin(河岸形状)を利用して行いました。土砂堆積を促し、水際植物の生育環境を

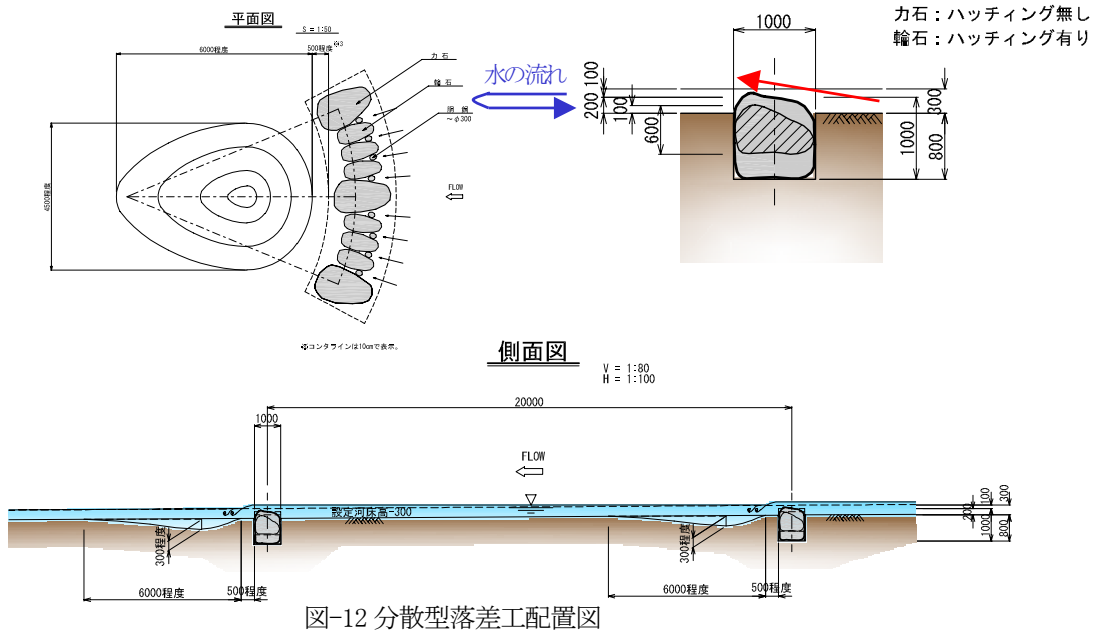


図-12 分散型落差工配置図

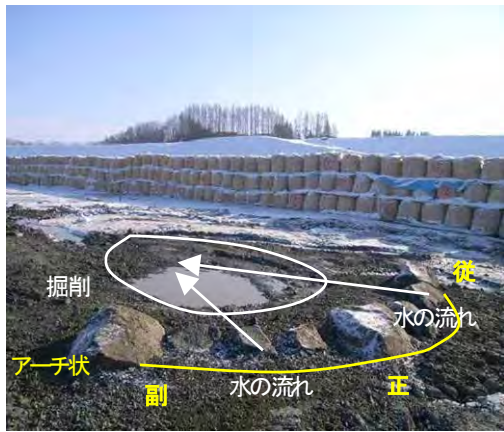


図-13 分散型落差工施工

定着させ、風化岩の河岸保護対策として行った。軟岩であるため硬さによって河岸形状は様々になり、その流況も変化している。(図-14 参照)



図-14 河岸掘削前後

### 3-9. コンターラインでの河床形状

滞筋を形成するために施工区間下流部では当初 20cm 間隔の設計コンターラインを現場にて表現した。泥岩の硬質に応じたコンターラインに修正し、コンターライン前面を掘削することで河床に起伏を持たせ砂礫の堆積を促した。

上流部ではコンターラインで滞筋の地形、堆積地形、浸食地形、緩急勾配を表す横断面図及び平面図を作成した。その図面を基に GPS 測量で正確な「位置・高さ」を計測し 10cm 間隔のコンターラインを現場にて表現した。下流部と同様にコンターライン前面を掘削した。(図-15 参照)

### 3-10. 砂洲発達の促進するために

内岸側の水裏部やコンター図で想定された堆積地形に現場で発生した河床材料を敷き均した。砂洲の形成は淵の形成と表裏一体であることも考慮して実施した。(図-16 参照)



図-15 コンターライン掘削

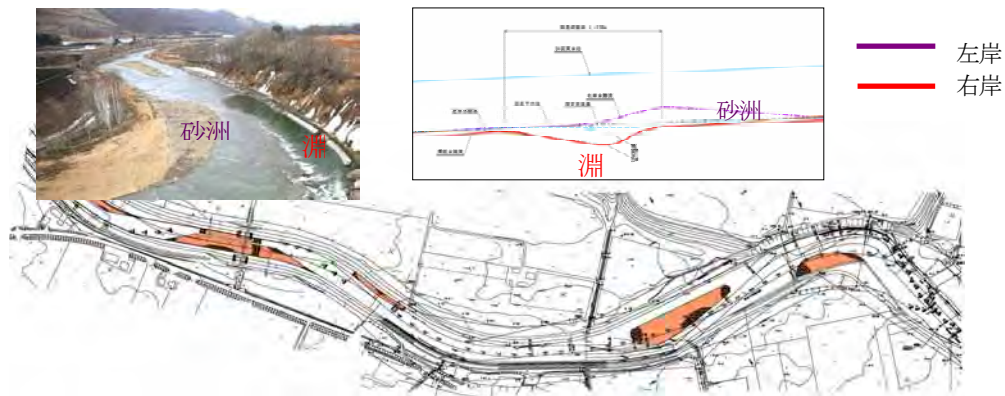


図-25 河床材料敷き均し配置図

#### 4. 現状の河道状況

平成20年7月段階で、淵の前面に敷き均した河床材料が浸食・運搬・堆積を繰り返して砂洲も形成された。漣筋が形成され、白波が立つ瀬がつくられ、風景を映し出す鏡のような淵がつくられた。淵頭、淵尻が非常に明確な形であり、瀬頭、瀬尻（早瀬・平瀬）も同様である。

水制工の間に「よどみ」がつくられ、水鳥の休息場が形成された。（図-17 参照）



図-17 河道状況

#### 5. 問題点

多自然川づくりを技術的に支援できるエキスパートや石積み技術者の育成制度を導入し計画的な人材発掘を行う必要性があります。

多自然川づくりの評価手法・評価体制の構築するためには多自然川づくりを考慮したモニタリング調査手法が策定されることが重視されます。また評価を踏まえての川づくりの目標設定が確立されます。確立された目標を基に計画、設計、施工、維持管理と一環した実施体制の仕組みづくりが必要であります。

#### 6. 終わりに

局所的な多自然型川づくりから河川全体の自然の営みを視野に入れて、目指す目標を基に多自然川づくりを行う必要があります。また、自然の営みとは生物の生息環境のみならず、人間生活の営み、歴史文化と結びつく川づくりを行う必要があります。その川づくりを推進し今後の多自然川づくりを網走から発信していきたいと思っています。また今工事区間で特有の軟岩河床における「多自然川づくり」のフォローアップの確立には追跡調査項目の検討、流速等の物理的環境、砂礫の堆積状況、生物の生息状況、河床変動調査、水制工の効果調査等を継続的に実施し検証していきたいと思っております。

工事実施にあたり助言を頂いた妹尾氏、小宮山氏、斎藤氏、福留氏、小松氏、施工業者の皆さんにはご指導ご協力をいただきましてありがとうございました。

#### 参考文献

- 1) 護岸・水制の計画・設計（山本晃一）：山海堂
- 2) 洪水の水利と河道の設計法（福岡捷二）：森北出版
- 3) 自然的河道計画（千田稔）：理工図書
- 4) 水制に関する研究（秋草勲他）：建設省土木研究所報告
- 5) 改訂水産土木学（中村充）：工業時事通信社
- 6) 美しい山河を守る災害復旧基本方針：（社）全国防災協会
- 7) 護岸力学設計法：（財）国土開発技術センター
- 8) 河川砂防技術基準(案)同解説(国土交通省河川局監修)：（社）日本河川協会
- 9) 環境土木実践講座テキスト「石組み・基本編」（福留脩文監修）：（社）高知建設技術公社
- 10) 近自然工法の石組み技術（福留脩文監修）：自然工法研究会
- 11) 多自然型用川づくりのための低水水制の設計参考資料(二次案)（福留脩文監修）：建設省九州地方整備局河川部
- 12) 現場技術指導—福留脩文ふくどめしゅうぶん：（株）西日本科学技術研究所長、「近自然工法の思想と技術」の研究・実践者であり、全国的な普及活動を行っている。
- 13) (掃流力の安定計算式は護岸の力学設計法—(財)国土開発技術センターを基本に、遮蔽係数等は福留氏考案によるものである。現在、論文申請中である。)