

# 石狩川水系忠別川における 砂州環境保全手法に関する研究

Study on sand bar environment conservation methods in the Chubetsu River of the  
Ishikari River System

河川・海岸グループ 研 究 員 伊藤 将文  
水辺・まちづくりグループ グループ長 坂之井和之  
企画グループ サブリーダー 都築 隆禎  
河川・海岸グループ 研 究 員 秋山 和也

本調査研究は、石狩川水系忠別川を研究サイトとし、ダム運用に伴うダム下流域の河川環境の変化に対し、砂州の保全と樹林化の拡大抑制を適切に実施すること及び河川区域内の河畔林の管理手法を確立することを目的として実施した。

具体的には、忠別川では、ダム運用後の出水の減少により多くの裸地河原が樹林に置き換わるという予測に対して、水制等の河道内工法により流水の営力を活用して樹林化の傾向を抑制する手法の検討を行った。

流水の営力を活用した河道内工法として、忠別川で多く実績のある水制に着目し、水制の設置による流れや河床形成への作用について平面二次元河床変動モデルによる数値シミュレーションで解析した。結果として、水制工の設置と現状の砂州の切り下げを併用することにより、切り下げた砂州部を再樹林化させずに維持できる可能性について確認することができた。

キーワード：水制工、ダム、河床変動、砂州、忠別川

This research study was conducted in the Chubetsu River, with the aim of ensuring appropriate conservation of sand bars and controlling the spread of reforestation in response to changes in the river environment in the downstream basin due to operation of the dam, and establishing management methods for riparian forests in the river district.

Specifically, on the assumption that a larger area of bare land would be replaced with forests due to reduction in flooding after the dam is operated, we considered how to restrain the tendency to reforestation by using the power of running water through river channel construction methods, including spur dikes.

With a focus on spur dikes that have achieved many satisfactory results in the Chubetsu River as a river-channel construction method using the power of running water, we analyzed the effect of installation of spur dikes on river flow and riverbed formulation by means of numerical simulation based on two-dimensional surface riverbed fluctuation modeling. As a result, it was confirmed that there is a possibility of maintaining the lowered sand bar areas without reforestation, by combining the installation of spur dikes with the lowering of existing sand bars.

*Key Words: spur dike, dam, riverbed fluctuation, sand bar, Chubetsu River*

## 1. はじめに

近年、河道における樹林化の進行が多く、河川で問題となっているといわれている。この要因としては、ダム等による出水頻度と強度の減少、土砂供給量の変化及び人為的な伐採圧力の減少などが考えられる。

本研究においてはダム運用前に礫河原を有していた河川環境の保全と樹林化の拡大の抑制に資することを目的とした河道内工法について、忠別川を研究サイトとして平面二次元計算により効果等の検討を行った。

## 2. 忠別川の概要と現状

本研究で対象とする石狩川支川の忠別川は旭川市街で石狩川に流入する河床勾配1/100から1/300の扇状地河川である。

### 2-1 河道の状況

平成19年に忠別ダム（石狩川合流点から6.4k）の運用が開始されて約3年が経過した現在も複列砂州がみられる。

しかしながら、ダム運用が開始された平成19年4月以降、出水時の流量が以前に比し、低いレベルで安定した。ダム運用開始以前は、裸地であった礫河原への植生の侵入などの変化が確認されている。（写真-1）

写真は典型的な礫河原地点の変化の様子を表しているが、既に草本類による砂州の被覆等の変化が生じている。現地を詳しく観察するとヤナギ等の樹木が水際に定着しつつあり、今後は、これらの河道が樹林化するなど、環境の変化が予想される。

### 2-2 流況の変化

図-2はダム供用による年最大流量の変化を示したものであるが、忠別川の最大流量はダム運用前に約230m<sup>3</sup>/sであったものが、約130m<sup>3</sup>/sまで減少する結果となっている。

ダム運用以前には洪水に伴い、動的に安定的な変動域が形成されていた河道が、流量の減少に伴い、攪乱域が減少し、草本や樹木の侵入定着が進み、砂州環境などの劣化が予想される。

## 3. 手法の検討

### 3-1 忠別川における課題と対策案

現地調査によるヤナギ林等の成立位置と掃流力の関係を断面ごとに整理し、それらの関係を分析した。

分析の結果、無次元掃流力  $\tau_* \leq 0.07$  以下の箇所ではヤナギ類の占有率が高いことが確認された。 $\tau_*$ が一定値以上確保された場合に河道内の樹林化抑制の効果

が期待される。

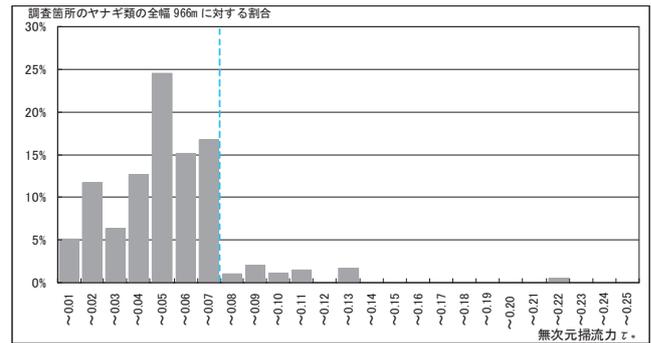


図-1 ヤナギ類の分布箇所の無次元掃流力（平均年最大流量時（約230m<sup>3</sup>/s））

つまり、流れのある箇所では樹林化の抑制が可能であると考え、本研究においてはダム下流部の礫河原を有する河川特性の保全を目的とし、護岸に沿った流れとなっている区間の砂州の切り下げと流れの制御誘導による流路の平面的な位置の調整について検討する。



写真-1 KP6.4付近の河川環境の変化状況（上：2007/5/30、中：2007/10/30、下：2009/9/9）

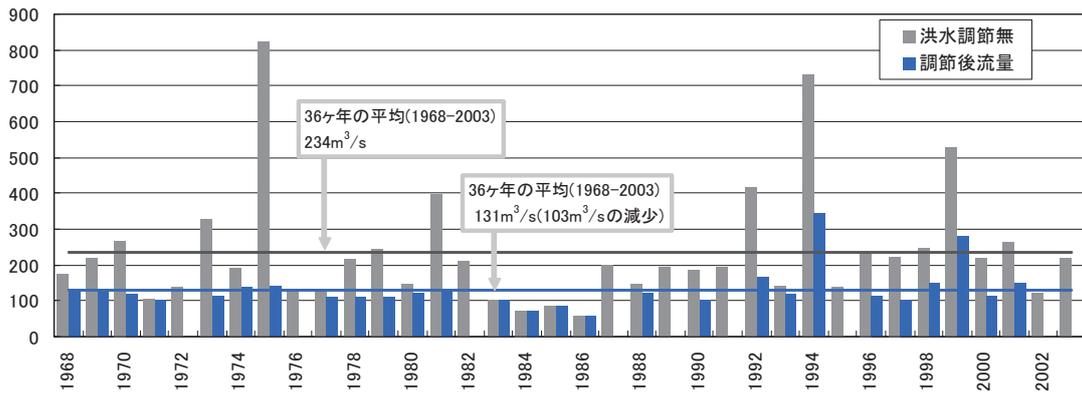


図-2 忠別ダムの供用による流況の変化 (年最大流量)

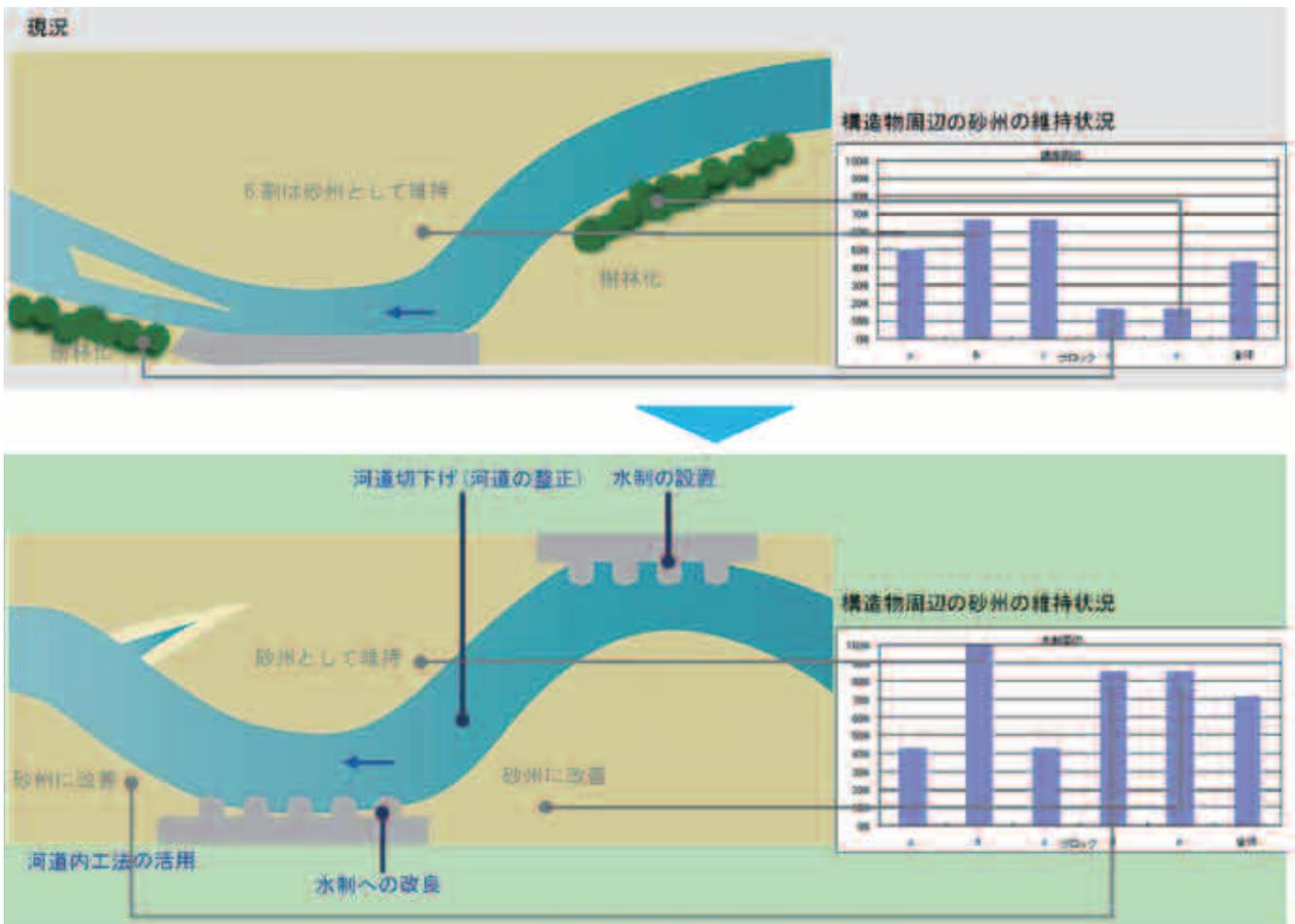


図-3 忠別川における既設水制と砂州、河畔林の状況

### 3-2 河道内工法の選定

忠別川における既設の水制や護岸の設置箇所周辺の状況には、以下の特徴が見られる。(図-3)

- 護岸設置箇所では流路が護岸に張り付き、対岸側に砂州や樹林が続く。
- 水制設置箇所では砂州が水制上流側、下流側及び対岸側に維持されている。

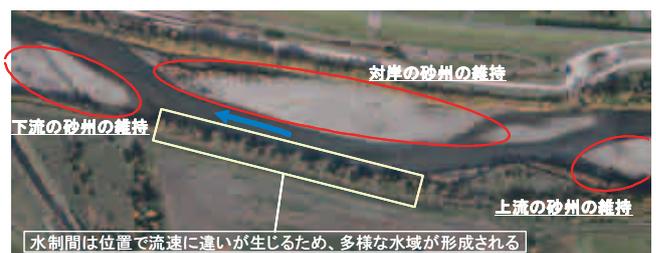


図-4 水制工周辺で維持された河道内砂州の例

これら既設の水制工周辺の砂州の形成状況を参考に、対岸側の砂州の切り下げと水制工の組み合わせによる流路修正法を採用することとした。この手法の効果の確認、水制工の設置位置や高さ設定による効果の検証を目的に平面二次元の河床変動計算を実施した。

### 3-3 計算手法

#### (1) 数値計算ソフトについて

本研究においては、水制工を用いた場合の河道内砂州の保全の可能性を検証するものであり、財団法人北海道河川防災研究センターが公開している「RIC-Nays」<sup>2)</sup>を用いた検討を行った。

「RIC-Nays」では、河床変動計算においては、以下の特徴を有する。

1. 「掃流砂のみ」、「掃流砂と浮遊砂の両方」の計算方法の選択が可能である。
2. 掃流砂は二次元流れ場の流線方向とこれに直交する方向成分が計算され、流線方向は芦田・道上の式<sup>3)</sup>、流線と直交する方向には、Engelund<sup>4)</sup>による2次流の影響と横断方向の斜面(重力)効果を考慮した長谷川の式<sup>5)</sup>を使用する。
3. 河床変動計算は二次元の流砂連続の式により計算される。河床変動計算は計算開始時間を指定可能(初期は固定床、一定時間経過後から移動床の計算が可能)である。

今回の検討では、砂州スケールの河道の変動に注目してメッシュスケール、計算時間を設定し、代表粒径を用いた単粒径で計算を行った。よって、掃流砂のみを対象とした。

#### (2) 計算スケール

今回の検討では、水制工周りの局所洗掘等ではなく、水制等の構造物設置に伴う主流路や砂州の挙動に関する解析を行うものであり、水制工の上下流領域を含めた2,000m程度の範囲を対象とした解析を行った。

表-1 計算スケールの設定

項目	
概要	瀬淵を持つ流路の一定区間や多様な植生を持つ川原・氾濫原、河畔林、湿性草原などの延長でおよそ100m以上の規模の環境を対象とする。
メッシュサイズ	5m程度以上
河川構造物の入れ方	護岸：粗度の小さい侵食のない固定点 水制：粗度の大きい侵食のない固定点 (水制工の扱いについては次項を参照)
再現計算の評価の難易	再現を評価する指標がある。ハビタットスケールに比較し再現性の評価が容易である。 ・経年的な河床高の変化 ・一次元計算等の水位
評価方法	砂州規模の河道形状 流速及び掃流力の分布

### 3-4 再現計算結果

平成14年の測量結果を初期条件に設定し、計算結果が平成19年の河床高の変動の再現を試みた。

#### (1) 再現計算区間

忠別川においては、複数の頭首工が整備されており、河道の固定点となっている。そのため、再現計算の実施区間は、頭首工等により分割された複数の河道区間のうち、工事等の影響を受けている区間を除外した箇所を選定した。

#### (2) 計算条件

##### 1) 河床材料の条件設定

河床材料については、計算の目的が砂州や主流路の形成傾向を把握するものであることを考慮し、各区間のd50の平均値を使用した。

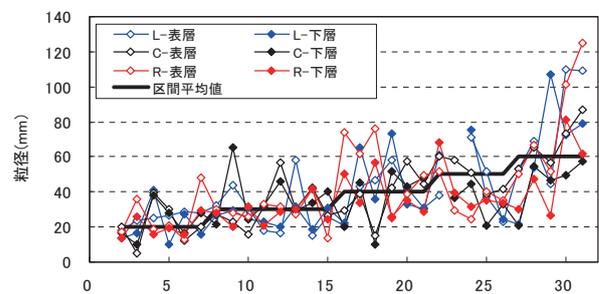


図-5 忠別川の河床材料調査結果  
(平成18年ダム環境プロジェクトに関する調査結果より作成)

##### 2) 流量の条件設定

計算に用いる流量については、d50粒径に対する移動限界掃流力を考慮し、平成14年から平成19年の120m<sup>3</sup>/s以上の実績流量を使用した。

120m<sup>3</sup>/sについては概ね砂州が冠水し始める流量に対応する。

表-2 洪水履歴に基づく計算設定流量

洪水発生日	発生時刻	曉橋流量	洪水発生日	発生時刻	曉橋流量
H15.8.10	2:00	148.84	H17.9.8	4:00	155.34
H15.8.10	3:00	179.25	H17.9.8	5:00	129.28
H15.8.10	4:00	175.03	H17.9.8	12:00	121.93
H15.8.10	5:00	154.70	H17.9.8	13:00	152.63
H17.8.3	13:00	168.75	H17.9.8	14:00	147.27
H17.8.3	14:00	135.55	H17.9.8	15:00	149.94
H17.8.3	15:00	153.97	H17.9.8	16:00	134.30
H17.8.3	16:00	132.01	H18.8.18	24:00	141.43
H17.8.22	6:00	130.25	H18.8.19	1:00	162.35
H17.8.22	7:00	159.73	H18.8.19	2:00	150.22
H17.8.22	8:00	167.57	H18.8.19	3:00	121.95
H17.8.22	9:00	148.32	H18.8.19	4:00	130.12
H17.8.22	10:00	130.25	H18.8.19	5:00	205.04
H17.8.22	11:00	125.06	H18.8.19	6:00	252.71
H17.9.8	2:00	140.95	H18.8.19	7:00	162.35
H17.9.8	3:00	161.67			

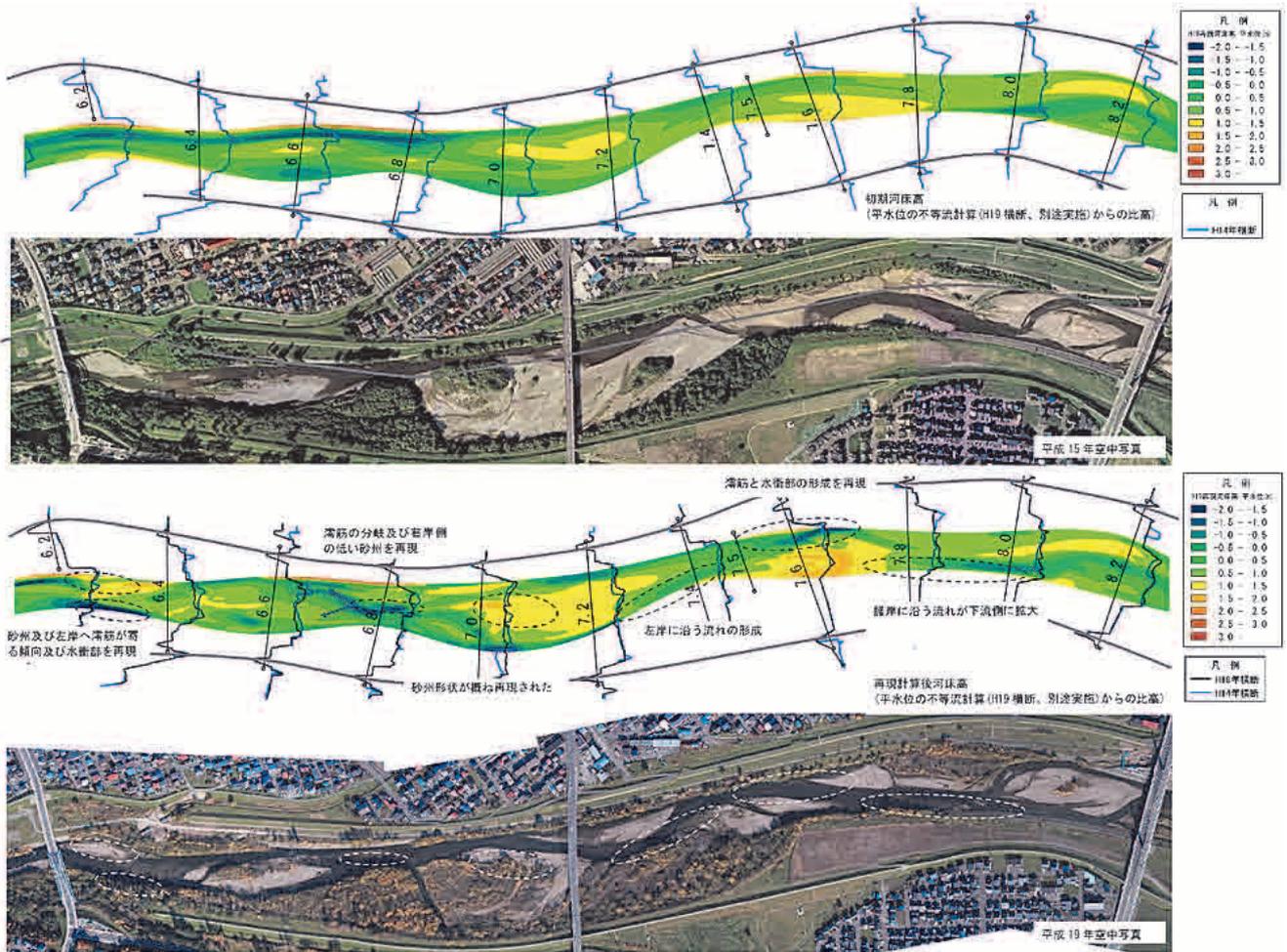


図-6 再現計算結果 (上：計算開始時の平成14年の状況、下：平成19年の再現結果)



図-7 計算設定流量 (平成14年-平成19年)  
(平成14、19年は120m³/sを超える流量が発生していない)

二次元計算の実施にあたっては、以下の表-3に示す計算条件を設定した。

表-3 再現計算の設定条件

項目	再現計算の設定条件
下流端条件	等流計算で水位を与える
上流端条件	上流端の流速分布は等流計算値を与える
粗度係数	低水路は整備計画における設定粗度係数0.034を与える (低水路内のモデル計算とし、基本的には高水敷粗度は設定しない) 護岸部及び水制工の粗度係数は0.015とした
河岸侵食	考慮しない (横方向の変動は考慮しない)
植生	考慮しない

(3) 再現計算結果

図-6の再現計算の結果より、平成14年から平成19年に至る澇筋形状の変化が計算結果の平面形状より概ね再現されていることが確認された。また、KP6.4及びKP6.8の瀬淵構造、KP7.0の砂州、KP7.6付近の洗掘傾向について再現性が確認された。

ただし、本計算においては植生を考慮しおらず、計算で再現した平成14年から平成19年の期間内で繁茂した樹木、草本類による砂州の固定化等影響については再現できない。

前記のとおり、平面で見た河道、砂州の形状は再現性が確認されているが、横断形状より再現性を見た場合、植生を考慮していない関係上再現性が低い箇所も見られる。

図-8は6.9k地点、7.2k地点の平成19年の再現計算結果である。

7.2k地点については、図中黒線で示した平成14年の測量結果を初期値として、赤線で示した平成19年の測量結果に計算結果 (赤いプロット線) があることが分かる。

しかし6.9k地点の計算結果においては、図中横軸の120～140の区間で、計算上砂州高が平成14年に比べわずかに上昇しているのに対し、計算上は約1m低下する結果となっている。この計算結果の理由として、平成14年から平成19年の間に当該箇所が樹林化したことが考えられる。

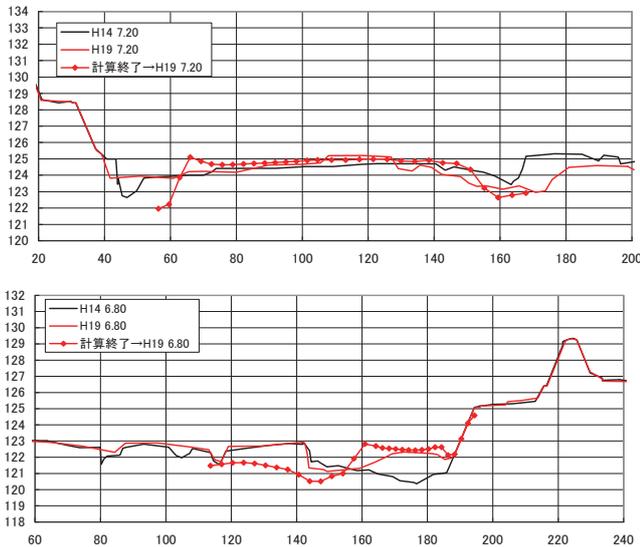


図-8 計算による横断形状の例  
(上：7.2k地点、下：6.9k地点)

## 4. 水制工を適用した水域の改善

### 4-1 計算条件

#### (1) 予測計算対象区間の選定

予測計算による水制工整備による環境改善、保全の検証区間として、以下の条件を満たす区間を選定した。

1. 対応すべき樹林（樹木管理の必要性）がある
2. 低水路に十分な幅がある
3. 堰等の構造物が付近に無い
4. 高水敷の利用状況（高水敷に公園等の利用がない）

上記、4つの条件より、KP16.0から17.2を水制工設置箇所とした。（図-9）

図-9より、水制工設置箇所周辺においては、現状においては、右岸に滞筋が張り付いていること、河道内で樹林化が進行していること、ダム運用後も複列砂州が形成されていることが確認される。

当該区間における今後の忠別川ダム運用に伴い予想



図-9 水制工設置、河床掘削位置図

される環境課題としては、以下の2点である。

- 滞筋の集中に伴う河床の低下（右岸）
- 高水敷の草地化・樹林化（左岸）

このため右岸に沿った滞筋を左岸側へ振り向け流れのポテンシャルに見合った川幅が確保されることをねらいとした。

#### (2) 水制工の諸元

河床の変動を誘導するため、河床材料の移動限界を超える流量（ $120\text{m}^3/\text{s}$ ）時に砂州への流れを誘導する必要があると考えられる。予測計算においては、砂州高と水制工の高さの関係に着目し、水制の高さによる効果を検討することとした。

水制は、①主に水はね効果による流向調整機能に期待する「高い水制」と、②護岸の根固め水制的に設置し、抵抗を付加することで上流の水位を高め、対岸側へ流れを誘導する「低い水制」の2パターンについて検討する。

具体的な高さについては、「高い水制」を平均砂州高+0.5m、「低い水制」を平均砂州高-0.5mとした。

なお、平成13年前後に忠別川に設置された既設の水制はほとんどが「高い水制」に対応する。

計算モデルへの水制の取り込み方法については、次の図のような方法が考えられる。検討の目的、再現性に関する既往の知見、計算時間などを考慮し「高水敷として扱う」手法を採用する。

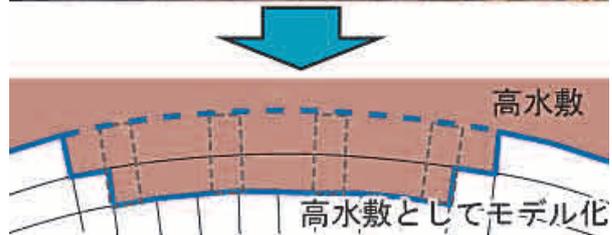


図-10 水制工を高水敷として取り扱うイメージ

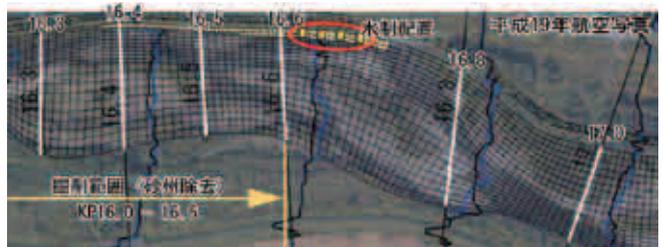


図-11 水制工設置、河床掘削位置図

## 4-2 水制工・河床掘削の効果

### (1) 予測計算条件

水制工をKP16.6から16.7に設置し、左岸砂州(KP16.0から16.6)を切り下げた場合について、2パターンの水制工の高さの条件を設定し、計算を行った。(図-11)

### (2) 予測計算結果

水制工を設置した場合の予測計算結果を図-14に示す。

低い水制工(砂州高-0.5m)については、水制工下流部において、現状の再現計算結果と比較し、滞筋が流心に移動した以外は効果が明瞭には確認されなかった。

高い水制工(砂州高+0.7m)の場合、水制工の上流端付近を支点として主流線が対岸側へ向かう結果となった。そして、水制の前面は洗掘傾向となり、対岸側は堆積傾向となる。これは、いわゆる水制の水跳ね作用が効果的に機能しているためと考えられる。また、図-3に示した忠別川における既設の水制工周辺の水制維持状況と類似した結果であることが確認された。

さらに高い水制工による予測計算結果では、水制工下流の滞筋は大きく左岸側に移動し、左岸に張り付く滞筋が形成されることが確認された。これは、現状で樹林化している左岸の樹林化を抑制する効果も期待できる結果であると考えられる。

結果として、砂州高以上の水制工を設置した場合、低い水制工と比較し流向調整の効果の確実性が確認された。

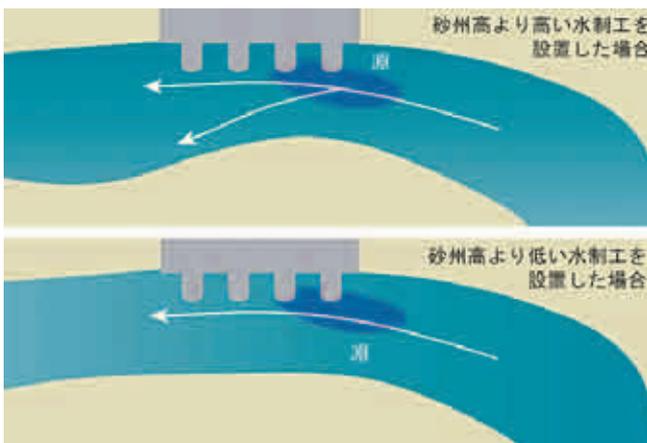


図-12 水制工、河床掘削による滞筋形成のイメージ

## 5. 河道管理への活用

河道管理への活用については、図-13に示すように、砂州の切り下げと併用することとする。水制による流れの方向制御で切り下げ部へ流れを誘導し、これにより切り下げ部に創出された砂州の持続性が期待できる

と考えられる。

予測計算においては、前述の通り高い水制工を設置した場合、滞筋は水制工の対岸に張り付く滞筋が形成される結果となっており、水制工の形状、設置間隔等の検証が今後も必要な検討課題に挙げられる。

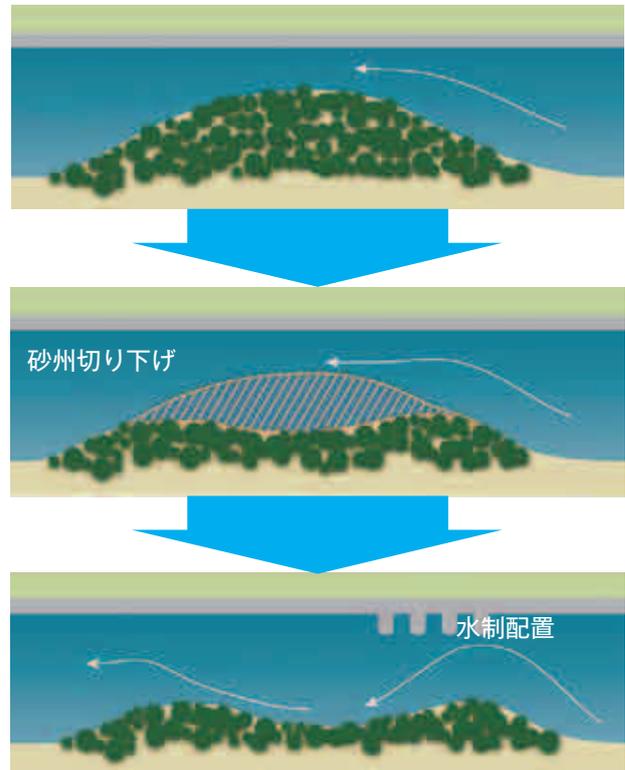


図-13 水制工による河道管理への影響

### <参考文献>

- 1) ダム構造物が水辺林の更新動態に与える影響, 中村太士, 1999, 応用生態工学会誌
- 2) 二次元モデルを用いた水制を含む河道の計算, 崇田, 清水, 板倉, 1996, 開発土木研究所
- 3) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第206号, pp.59-69, 1972.
- 4) Engelund, F.: Flow and bed topography in channel bends. J. Hyd. Div., ASCE, 100 (11), pp.1631-1648., 1974.
- 5) 長谷川和義: 沖積蛇行の平面および河床形状と流れに関する水理学的研究, 北海道大学学位論文, 1983.
- 6) Shimizu, Y. and Itakura, T.: Calculation of flow and bed deformation with a general nonorthogonal coordinate system, Proc. of XXIV IAHR Cong. Madrid, Spain, Vol. C, pp.241-248., 1991.

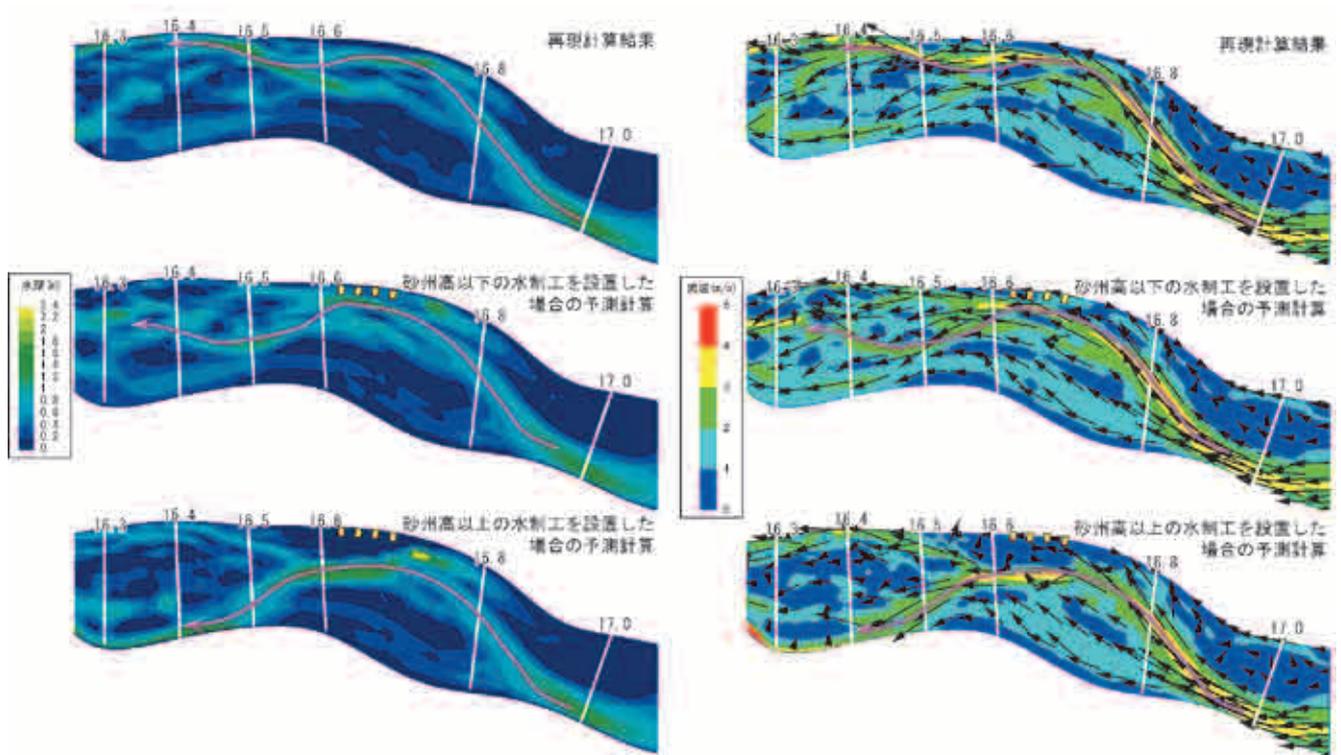


図-14 予測計算による平成19年の滞筋の状況