

十勝川千代田新水路における河道内植生の消長について

Study on growth and disappearance of vegetation in the Chiyoda new channel

(独) 土木研究所寒地土木研究所 ○正員 横山 洋 (Hiroshi Yokoyama)
 正員 矢野雅昭 (Masaaki Yano)
 正員 稲垣達弘 (Tatsuhiko Inagaki)
 正員 林田寿文 (Kazufumi Hayashida)

1. はじめに

十勝川千代田新水路（以下十勝川千代田新水路（以下、「千代田新水路」または単に「新水路」と称す）は、1935年に完成した十勝川千代田堰堤の計画高水流量に対する洪水流下能力の不足を解消することを目的として、新たに開削された分流水路である¹⁾。洪水流下能力向上のため、現低水路の右岸高水敷に新たに分水路が掘削され、2007年に完成した。

なお新水路の開削により、新たに延長約2km、平均幅約120～160mの広大な礫床の裸地河道が出現した。新水路運用開始直後は、新水路の低水路内にはほとんど植生は見られなかったが、ヤナギ類を中心に植生が次第に侵入した。一方比較的規模の大きい出水後には、新水路内の植生流失や河床変動も確認されている²⁾。

近年、礫床河川では洪水擾乱の減少に伴った河道植生の繁茂と固定化が進み、それらが治水及び河川環境に及ぼす影響が問題となっている。礫床河川の河道内植生の消長に関する研究は現在まで数多く行われ、洪水擾乱と植生侵入、樹林化との関係解明も進められてきた²⁾。

千代田新水路では、植生モニタリング調査が継続して行われており、植生消長の重要なパラメータである流量・水位等の水理データも連続的に蓄積されている。本研究ではこれらの調査データから、洪水擾乱と植生変遷の特徴を整理している。また出水時の流況を再現計算で予測し、出水が河道に及ぼす影響を考察している。本研究の調査データ及び考察の蓄積は、今後植生変遷過程のモデル化を行う上で重要な基礎資料となるものである。

2. 千代田新水路の概要

図-1に千代田新水路平面図を示す。新水路側への流入を制御する分流堰には、ゲート（幅30m）が4門設置されている。低水路最右岸が第1ゲート、最左岸が第4ゲートである。第4ゲート下流は水理実験水路として使用されており、新水路内に設けられた背割堤で実験水路部と通常時の通水路に分けられている。

分流堰直下流から合流点までの区間における新水路の平均縦断河床勾配は概ね1/700、河床材料の平均粒径は11mmである。新水路の低水路幅は背割堤により水理実験水路と分かれている区間は概ね120m、実験水路末端から下流は概ね160mである。

分流堰ゲートから新水路内への流入については、概ね以下のとおりである。

平水時

- 4月1日から8月31日の平水時は、最も右岸にあ



図-1 十勝川千代田新水路概況
(2007年7月、帯広開発建設部撮影)

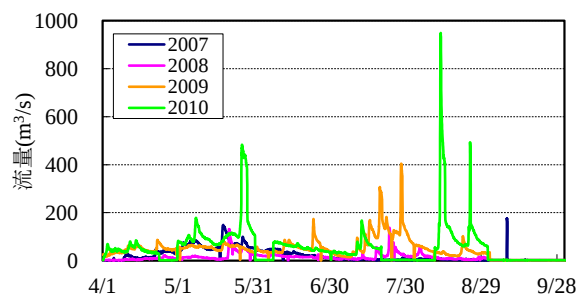


図-2 分流堰からの流入量(4～10月)
(帯広開発建設部 分流堰管理日報(暫定値)より作成)

る第1ゲートからのみ通水する（点検時等は除く）。

- 9月1日から3月31日の平水時は、全ゲートから流入はない。分流堰横の魚道を通じ、魚道機能維持に必要な流量（概ね2m³/s）が流入している。

出水時

- 出水時は河道流量増加に応じて、最初は第1ゲート、次いで第2、第3ゲートの順に倒伏させ、右岸側から順次通水していく。
- 第1～第3のゲート3門を倒伏させてもなお新水路側への流入量を増加させる必要が生じた場合は、第4ゲートを倒伏させ、実験水路部に通水させることになる。なお運用開始後、水理実験以外で第4ゲートを倒伏・通水させる必要がある出水は現在のところ発生していない。

図-2は分流堰管理日報から算定した、新水路への流入量である。実験水路部分に当る第4ゲートからの流入

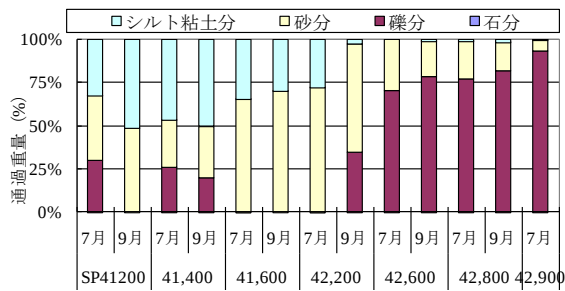


図-3 新水路右岸水際部の河床材料粒度分布 (2010 年)



図-4 新水路調査区間の分類

量は除外してある。2007 年及び 2008 年は、第 1 ゲート以外のゲートまで通水させる規模の出水は発生しておらず、河道内にも目立った擾乱は確認できていない。低水路河道内の擾乱が顕著に確認された洪水は 2009 年 7 月、2010 年 5 月及び同年 8 月の出水である。特に 2010 年 8 月上旬には分流堰運用開始後、ピーク流量、洪水継続時間ともに最大となる流量が新水路に流入し、分流堰直下流を中心に新水路全体で植生の消失及び河床形状の変化がみられた。

図-3 は新水路側に既往最大流量が流下した 2010 年 8 月出水の前後 (7 月及び 9 月) に行った新水路右岸 (水際部) の河床材料粒度分布の縦断変化である。

まず新水路全体での河床材料粒度分布であるが、既往各調査では全体的に砂及び礫が卓越していることが確認されている。分流堰直下流部に当たる SP42900～42600 は礫が占める割合が高い。一方、新水路中流部 (SP41200～41800 付近) の一部区間では、砂分が占める割合が高くなっている。分流堰直下流では砂分が流失する一方、新水路中流部では合流部からの背水の影響もあり、砂・シルト分が表層に堆積したことによる結果と考えられる。

また出水前後の河床材料粒度分布の変化をみると、分流堰直下流にあたる SP42600～42800 では、出水後に礫分がやや増加している。一方、新水路下流部にあたる SP41200～41600 では、出水後にシルト及び粘土がやや増加している。大規模な出水により分流堰直下流は粒径の小さい成分が流出し、一方中～下流部に砂以下の成分が堆積する傾向と考えられる。

3. 出水と新水路植生環境の変化

新水路内植生の変遷と、影響を及ぼす主たる因子である洪水擾乱との関係について整理を行う。新水路運用開始 1 年経過後の 2008 年春季から行ってきた河道内植生変遷追跡調査での目視結果より、新水路低水路部の河道と植生の状況は、縦断方向に大きく以下の 3 つの領域に



(a) 2009 年 7 月

※左側から順に第 1 (通水中)・第 2・第 3 ゲート



(b) 2009 年 9 月 (同年 7 月出水後)



(c) 2010 年 10 月 (同年 8 月出水後)

図-5 領域①分流堰直下流の植生変化

分けることができる (図-4 参照)。以下に各領域の植生状況の概況を述べる。

領域①：分流堰直下流

分流堰から下流方向に概ね 200m の区間 (図-4 において SP42900～42700) である。第 1 ゲート下流側は常時流水が存在する。一方第 2・第 3 ゲート下流は、通常時は冠水しないが、ゲート開放時にはフラッシュされる。この区間には、運用開始後第 2・第 3 ゲート下流水際部から草本類が侵入を開始し、その後ヤナギ類が著しく成長した。流路内の河床材料は砂・礫が主体であるが、植生が繁茂していた第 2・第 3 ゲート下流はシルトが堆積した箇所もみられた。

分流堰直下流での植生変遷を図-5 に示す。この領域は分流堰からの放流のため、河床変動や流量変化の影響を最も強く受ける。分流堰直下流は堰運用開始直後の 2007 年春季には裸地であったが、その後ヤナギ類が侵入、優占種となった (図-5(a))。2009 年 8 月

の出水により第2ゲートが倒伏したため、ゲート下流部のヤナギは全て消失した(図-5(b))。第3ゲート下流のヤナギ等の植生は2009年冬季に伐開された後、回復傾向にあったが、2010年8月の出水により左岸水際の一部を除いてほぼ消失した(図-5(c))。

領域②新水路上流側

分流堰下流から新水路中流部にかけての区間(図-4において概ねSP42700～SP41800)である。流路内の河床材料は、礫が主体である。流路内はクサヨシをはじめとした草本類の侵入が見られるが、ヤナギ類はほとんど侵入していない(図-6)。河床は礫が主体であること、ヤナギ類種子散布が盛んといわれる融雪期には全体が冠水して発芽が抑制されるためと考えられる。水際部は、護岸ブロックが施工されている区間以外では、ヤナギ類が最大高さ3m程度まで密集して成長した。その後2009年冬季に植生は伐開されたものの、現在は護岸ブロック施工区間以外の水際部でヤナギ類が回復傾向にある。なお2010年春季以降はこの領域付近で越流破堤実験が行われ、植生環境にもその影響が部分的にだみられる。

領域③新水路下流側

新水路中流部から合流部にかけての区間(図-4においてSP41800～41200)である。河道内には砂州が形成されており、水面上に現れる箇所を中心に、植生の侵入・成長が顕著に見られた。砂州部の河床材料表層部には、上流側から輸送されたと思われる砂・シルトが堆積している。運用開始1年後には、侵入したヤナギ類の定着が確認でき、その後も成長を続けた(図-7)。水際部は運用開始当初からヤナギ侵入・成長が顕著であり、最大で高さ3m程度まで成長した。その後2009年冬季に植生は伐開されたものの、現在は河道内・水際部ともにヤナギ類は回復傾向にある。

4. 出水時の水理状況再現

新水路河道内では、出水による河床低下や堆積等、様々な変化が生じている。そこで、出水時の水理状況を河床変動モデルで推定し、出水によるインパクトとの関連を考察する。ここでは以下の2ケースを対象とした。

- Case1: $Q=150\text{m}^3/\text{s}$, 定常流, 洪水継続時間10日
2009年7月の流入量から、出水による流量増加を除外した場合の値を参考に設定。第1ゲートのみ通水。
- Case2: $Q=950\text{m}^3/\text{s}$, 非定常流, 洪水継続時間4日
2010年8月12～14日の分流堰から新水路側への流入量をもとに設定。各ゲートの通水状況を図-8に示す。

河床変動計算には、清水による2次元平面流モデルを用いた⁴⁾。計算条件設定は既報³⁾と同じく、河床材料は単一粒径とし、代表粒径は平均粒径(11mm)、土砂移動形態は掃流砂、浮遊砂双方を考慮している。粗度係数は植生繁茂等の影響は考慮せず、Manning-Stricklerの式から算定した値を水路内で一様に与えた。初期河床に平均粒径規模のランダムな変化を計算領域の河床全体に与えている。河床変動領域は、分流堰から下流側とした。

計算実施に先立ち、各流量での中規模河床形状の概況を推定する。ここでは岸・黒木らによる中規模河床形態



図-6 領域②新水路上流側の河道内植生(2009年9月)



図-7 領域③新水路下流側の河道内植生(2009年9月)

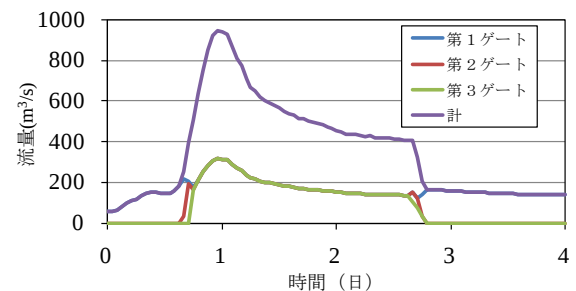


図-8 Case2のハイドログラフ

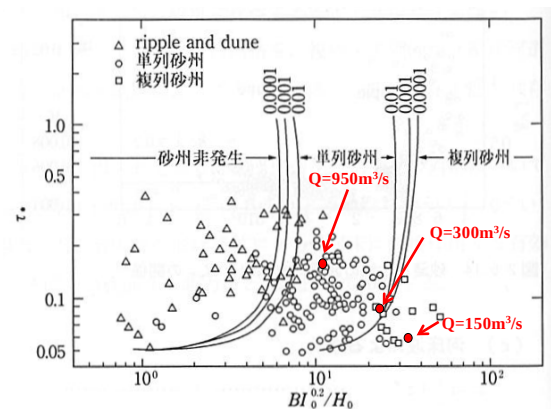


図-9 中規模河床形態区分図(岸・黒木らによる)

区分⁵⁾による結果を図-9に示す。河床勾配 i は $1/700$ 、河床材料粒径 d は平均値である 11mm 、川幅 B は第1～第3ゲートまでの流路幅に当たる 105m とした。流量 Q

が $300\text{m}^3/\text{s}$ 以下では複列砂州領域、それ以上では単列砂州領域となる。これに従うと、Case1 は複列砂州形成、Case2 は複列～単列～複列砂州領域に変遷することとなる。なおこの場合、河床材料が移動する最小流量は概ね $100\text{m}^3/\text{s}$ となる。

続いて計算結果を以下に示す。図-10 は Case1 における計算終了時（通水 10 日後）の河床変動と無次元掃流力である。計算では複列砂州が形成されている。分流堰からの目視でも、現地河道でも同程度の出水後に、複列砂州とみられる河床波が発生していた。その他、計算で通水している分流堰第 1 ゲート直下流の主流部周縁部に土砂堆積がみられるが、現地河道でも土砂堆積が確認できている。その左岸側に広がる限界無次元掃流力以下の領域における植生へのダメージはほとんど見られないこと等、計算結果が現地河道状況を再現した部分は他にもみられている。

図-11 及び図-12 は Case2 の流量ピーク時（通水 1 日後）と計算終了時（通水 4 日後）の河床変動と無次元掃流力である。河床形状は、流量ピーク時に単列砂州が形成されはじめ、洪水継続とともに発達する。計算終了時の河床波も単列砂州であるが、計算終了時の流量は図-9 によると複列砂州発生領域である。非定常流下での砂州発生は水理条件の履歴が影響することが知られている⁶⁾、Case2 は単列砂州発生領域に当たる流量が 2 日間続いた後、流量減少により複列砂州発生域に遷移したことの影響と推測される。無次元掃流力は、流量ピーク時には全領域で限界無次元掃流力を超えており、新水路全体で土砂移動は顕著であったことが示唆される。分流堰直下流では無次元掃流力は比較的小さいが、堰直下流での高速流のため河床低下が著しい。現地河道でも同様の現象が生じており、予測計算である程度現地状況を再現できた。

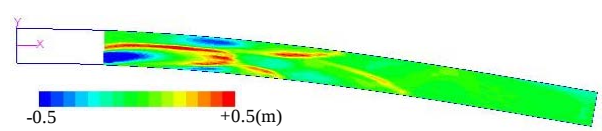
5. まとめ

本研究で得られた成果と課題を以下にまとめる。

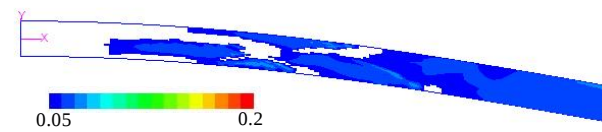
- (1) 分流堰下流の河道及び植生状況は、植生の侵入・成長過程、通常時の冠水状況、出水時の流況などから、①分流堰直下流、②新水路の上流側、③新水路の下流側の 3 領域に分類された。
- (2) 河床変動計算により、各出水時の流況予測を行い、中規模河床形態の変遷等について検証した。計算は分流堰直下流での河床変動や下流部での砂州発達等、水理現象を部分的に再現した。
- (3) 今後植生侵入や繁茂に係る重要な要素である河床材料の粒度分布変化、冠水頻度の把握、検証が必要である。これらの条件変化と植生の成長や流失と水理条件の関係整理を行っていく予定である。

謝辞：本研究の実施に当たり、国土交通省北海道開発局帯広開発建設部より各種現地データを提供いただいた。また計算の前処理及び計算結果の図化は、(財)北海道河川防災研究センターによる河川シミュレーション支援ソフト Ric-Nays を用いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

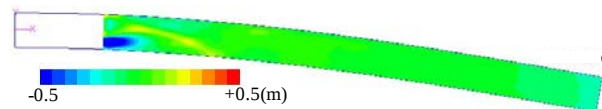


(a) 河床変動（+は堆積，-は低下。以下同じ）

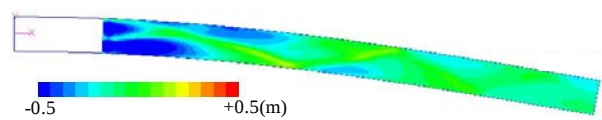


(b) 無次元掃流力

図-10 Case1 計算結果（計算終了時）

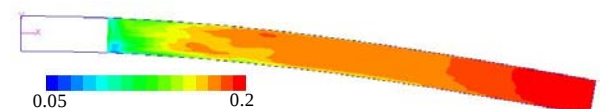


(a) 流量ピーク時（通水 1 日後）

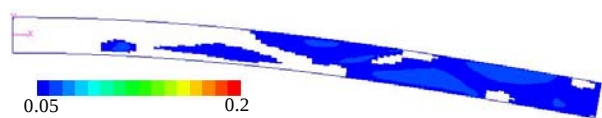


(b) 計算終了時（通水 4 日後）

図-11 Case2 計算結果（河床変動）



(a) 流量ピーク時（通水 1 日後）



(b) 計算終了時（通水 4 日後）

図-12 Case2 計算結果（無次元掃流力）

- 1) 千代田新水路 HP, 国土交通省北海道開発局帯広開発建設部(<http://www.ob.hkd.mlit.go.jp/hp/riveroffice/chiyoda/index.html>)
- 2) 横山洋, 市原哲也, 矢野雅昭, 林田寿文, 桑原誠: 植生流失を伴う礫床河川の洪水擾乱の流況再現計算, 流体力学会年会 2010 拡張概要集 (CD-ROM), 日本流体力学会, 2010
- 3) 例えば末次忠司, 藤田光一, 服部敦, 瀬崎智之, 伊藤政彦, 榎本真二: 礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答, 遷移および群落拡大の特性 - 多摩川と千曲川の礫河原を対象として -, 国土総合政策技術研究所資料 第 161 号, 2004
- 4) 清水康行: 沖積河川の流れと河床変動の予測手法に関する研究, 北海道大学学位論文, 1990
- 5) 黒木幹男, 岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する研究, 土木学会論文報告集 第 342 号, pp.87-96, 1984
- 6) 桑村貴志, 渡邊康玄: 砂州形態が変化する水理条件下の砂州の挙動, 北海道開発土木研究所月報 602 号, pp.3-14, 2003