

札内川における水制工法を主とした河道安定化対策と河道変遷

River Training Mainly by Spur Dikes and Transition of River Channel in Satsunai River

北海道大学工学部

北海道大学大学院工学研究院

北海道大学大学院工学研究院

○学生員

正会員

フェロー

藤田康介 (Kosuke FUJITA)

山口里実 (Satomi YAMAGUCHI)

鈴木英一 (Eiichi SUZUKI)

1.はじめに

北海道の帯広にある十勝川水系の札内川は、その源を札内岳に発し、河床勾配が 1/250 以上の急流河川である。昭和 23 年より水制による河道安定化工法がとられてきた¹⁾。札内川は網状河川であり、水衝部の変化が激しく、多くの河道災害を引き起こしてきた。図-1 は昭和 22 年の札内川の航空写真である。図-1 中の赤の線は現在の堤防のラインを示しており、青の線は昭和 22 年時の札内川の水みちである。この図から大きく広がっていた札内川が築堤によって河道幅が制限されている様子がわかる。札内川では築堤が昭和 25 年に下流側から始まり昭和 40 年代にはほぼ連続した²⁾。築堤後も昭和 35 年～昭和 50 年の間に 148 箇所の河道内災害が発生し、この災害状況をもとにそれまで昭和 28 年に三島ピッチの概念に基づいて計画された低水路計画の見直しが行われた。図-2 と図-3 はそれぞれ三島ピッチによる低水路計画とその後見直しされた低水路改修計画の一部(KP10~16)を示したものである。図中の赤の線が堤防であり、緑の線が計画の低水路である。その後現在では、低水路計画は持たずに河道を堤防から 70m 以上離すことが計画されている。このように流路の安定していなかった札内川を築堤や水制工によって治めてきた当時の経緯を示すものはあまりない。

一般的に水制は、水衝部を岸から遠ざけ保護することと土砂を堆積させ、寄洲を固定し乱さないようにすることを主な 2 つの目的として用いられ、日本においては水衝部保護のために使用される例が多い³⁾。対して札内川では水衝部以外に設置された水制も見られる。水衝部における洗掘、浸食の防止、さらに網状の河道を解消し安定した流路を形成すべく努力がなされてきた⁴⁾。

本研究では航空写真を用い堤防や水制などの配置に注目しながら札内川の河道変遷を追い、配置された水制に見られる効果について検討すること、また、低水路計画の見直しが必要であった昭和 50 年代の背景や札内川が潜在的に有する網状河川としての特性を河床変動数値モデルを用いて示すことを目的とする。

2. 昭和 20 年代から現在までの札内川の河道変遷

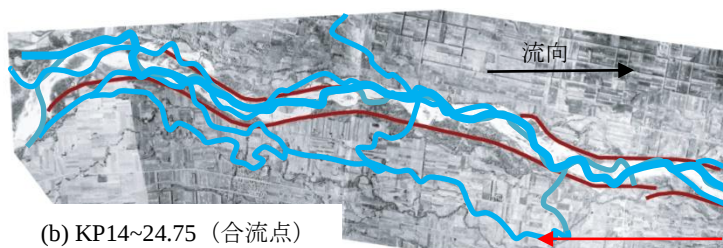
網状化し広がっていた札内川を治めてきた経緯について以下の範囲を対象に堤防や水制等の構造物に注目し、河道変遷の様子を年代毎の航空写真を比較することで追った。

2.1 研究対象範囲

本研究では研究対象範囲を札内川の支川である蔦戸別



(a) KP3~14



(b) KP14~24.75 (合流点)

図-1 S22 年札内川航空写真⁵⁾

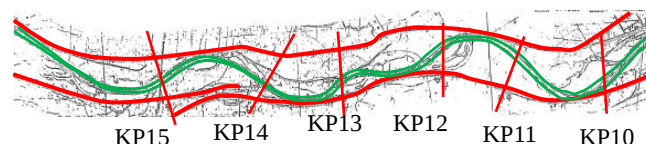


図-2 三島ピッチによる低水路計画

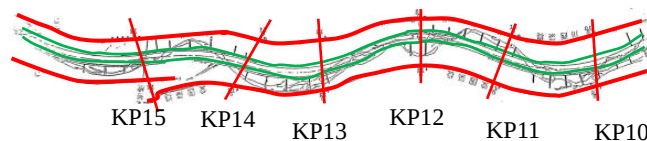


図-3 見直し後の低水路計画

川との合流点である KP24.75 より下流側の KP11~18 とした。図-1 下部に赤矢印で示した範囲である。蔦戸別川との合流点(KP24.75)より下流の方が上流部よりも流量が大きく河道変遷の様子がより顕著であるため合流点より下流側を選んだ。

2.2 札内川における水制の配置

図-4 に対象区間の航空写真(a)昭和 38 年、(b)昭和 53 年、(c)平成 3 年、(d)平成 12 年、(e)平成 22 年を示す。図中に黄色で示すのは低水路護岸である。前の航空写真から新たに設置された水制を赤、既設の水制は白で示してある。図-4(a)昭和 38 年の写真に示した赤のラインは完成して間もなくの堤防である。(a)S38 年の写真では水衝部になっている箇所に低水路護岸が施してあるのがわかる。(a)昭和 38

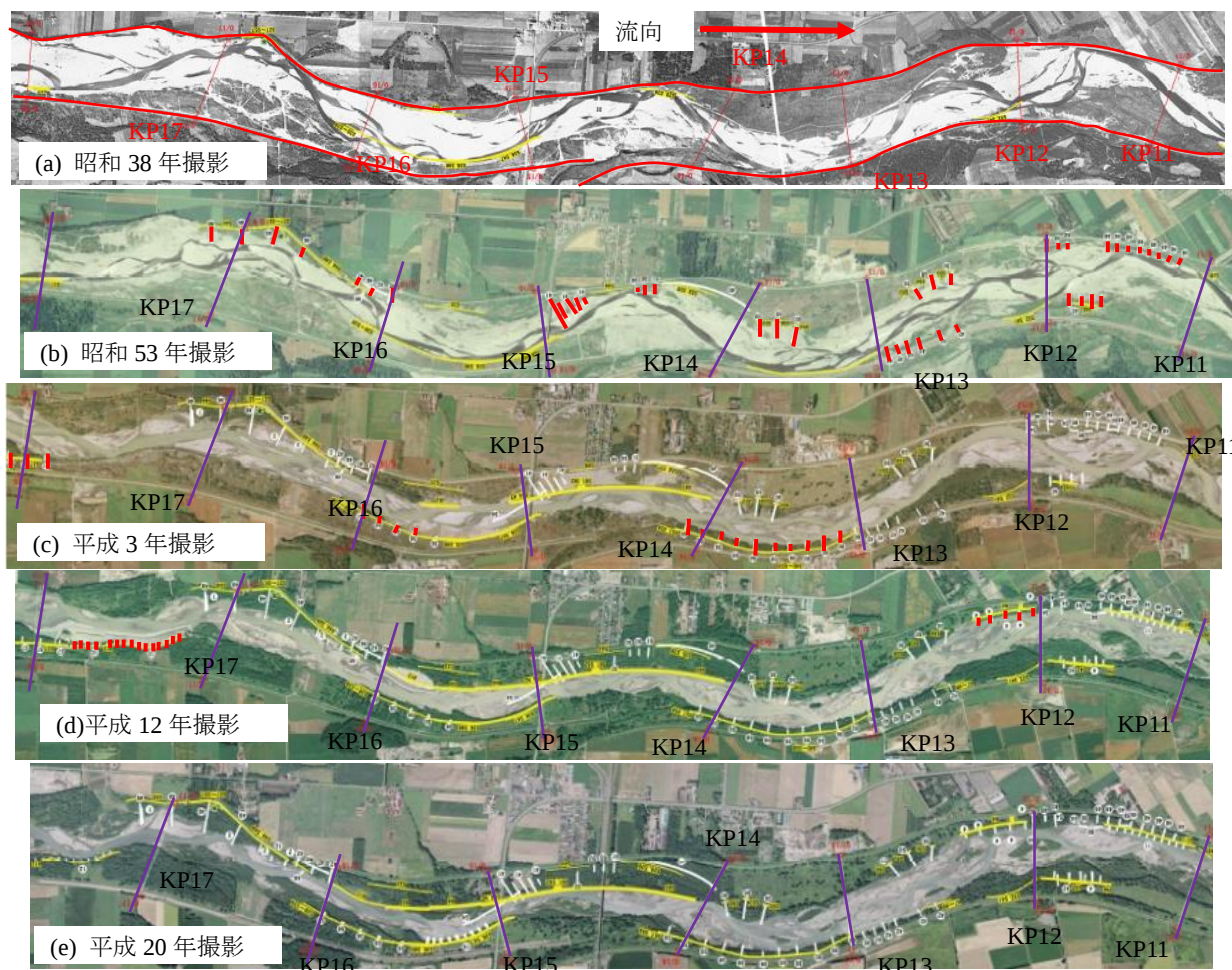


図-4 札内川航空写真変遷図⁵⁾

年から(b)昭和53年にかけては水衝部の低水路護岸の延長が見られると共に、水制が水衝部だけではなく凸岸部にも配置されている。(b)昭和53年から(c)平成3年にかけては更なる低水路護岸の延長が見られ、護岸の前面に水制を設置し水衝部を保護しようとしている様子がみられる。(c)平成3年から(d)平成12年にかけても同様に護岸の延長とその前面に設置した水制が見られる。(d)平成12年から(e)平成22年にかけては新たな水制の設置は見られない。このように札内川の河道変遷の様子を見てみると、(a)昭和22年から(b)昭和53年にかけては水制が水衝部に設置されているものと水衝部ではない内岸側に配置されたものが見られるが、平成になって水衝部の前面に水制を設置する形でみ新たな水制が設置されている。

2.3 約60年の間に見られる札内川の変化

昭和22年から現在まで約60年の間に、札内川は図-1のように網状に広がっていた状態から図-4(e)のように堤防を有する低水路幅約100mの河道へと変化した。図-1中の赤の線は現在の堤防のラインを示し、青の線は昭和22年の航空写真撮影時の水みちを航空写真から推定したものである。この図から網状化し大きく広がっていた札内川が築堤によって広がり制限されている様子がわかる。札内川の堤防は昭和25年に下流側から築造され昭和40年代にはほぼ連続した²⁾。堤防の幅は400~450mに設計されている。堤防の線形は当時の札内川の流下能力、水衝部の位置、崖などの周辺地形、土地利用などに配慮して決定さ

れた。築堤によって旧河道が締め切られる区間が全区間の約1/3を占める。築堤によって広がりを制限されることとなった札内川では、その後、昭和35年~昭和50年の15年間に148箇所の河道災害が発生している。

昭和50年代には、昭和28年に三島ピッチの概念に基づいて計画されたそれまでの低水路計画が見直されている。図-2と図-3はそれぞれ三島ピッチによる低水路計画とその後見直された低水路改修計画の一部(KP10~16)を示したものである。図中の赤の線が堤防であり、緑の線が計画低水路である。三島ピッチは数年毎に平水時の航空写真を重ね合わせ、常に動く事のない不動点と呼ばれる点を見つけ出し、その不動点を念頭において低水路を計画するものであった。これに対して、低水路改修計画では砂州や滞筋、平面形の変化や前出の過去15年間の河道災害箇所や状況を調査し、砂州形態と河道平面形について検討がなされ、平水時だけではなく洪水時の流れが重視された。複列砂州が発達した当時の札内川の河道では図-5に見られるように同一断面上でも左右岸に2筋に分かれていたり、洪水の度に水衝部が移動するなど不安定なため、計画では単列砂州の低水路となるように設定された。

この低水路改修計画(図-3)と三島ピッチに基づく旧低水路計画(図-2)とを比べると、旧低水路計画では蛇行している低水路の水衝部がかなり堤防に接近しているのに対して、低水路改修計画ではいわゆるセンターライン方式がとられ、凸岸部において低水路は堤防から離れた位置に計画されている。また、三島ピッチによる旧低水路計画より

長い波長スパンをもって計画されている。水制の配置を見ると、凸岸部において低水路を堤防から離すために配置されているだけでなく、計画の高水敷を補うように低水路に向かって兩岸から配置することで流れの安定化が図られている。水制の配置は計画の高水敷上に当時の高水敷の足りない（欠けている）箇所を補うように計画されていることから、水制だけの効果を期待したのではなく、水制間に土砂を補足することによって水制と堆積土砂による安定した高水敷を形成し、長期にわたって低水路に安定した流れを導くといった当時の思想が窺える。このような計画の下、設置され河道全体の変化の様子を見ながら水制は段階的に設置されていった。図-4(b)中に赤で示した水制の箇所は約30年後の状態である図-4(e)では植生の状況等からみて高水敷が形成されており、水制の効果の一例を見ることができる。

図-6は昭和56年の洪水時の航空写真である。図中に赤で示してあるのが水制であり、黄色で示してあるのが低水路護岸である。洪水流が水制の先端に沿って流れており、河道の兩岸の水制が洪水流の安定化に有効に機能している様子がわかる。このように河道の兩岸に水制を配置する例は国内ではあまりなく、札内川の特徴の一つである。図-7はKP13.6の昭和43年～平成19年までの経年毎の横断測量図を重ねて示したものである。横軸は左岸からの距離、縦軸は標高を表す。図中の赤矢印は兩岸に設置された水制の先端の位置を示す。左岸側の水制は昭和50年に右岸側の水制は昭和59年に設置された。図を見ると兩岸に水制が設置されて以降は、主な河床変動は水制に挟まれた区間だけに見られる。水制施工後、水制の前面が洗掘を受け低水路を安定化させているようにみえる。

現在では、平成13年の洪水時に70mの側方浸食が生じたため堤防から河道を70m離すように計画されている。最近では、水制間に堆積した土砂の上に植生が繁茂するなど札内川の河川環境に更なる変化が見られる。

3. 数値解析による複列砂州河道における流れの検討

前述のように複列砂州が発達した当時の札内川の河道では、多くの箇所で開催災害が発生し、災害発生箇所の予測が極めて困難であったとされる。本研究では、築堤により広がり制限された札内川において、堤間を流れる洪水流がどのような状況だったのか、また、どのような課題を解消すべく低水路改修計画が制定されたのかを考察するために、平面2次元河床変動計算を行い、当時の洪水流の潜在的な特性について検討する。計算にはiRIC2.0⁷⁾のNays2Dソルバーを用いた。

3.1 計算条件

計算対象区間はKP11～17間とし、計算格子は左右岸の堤防の線形に合わせて作成した。格子サイズは約12m、格子数は流下方向601×横断方向34とした。河床材料は対象区間の平均粒径30mmの均一とし、掃流砂のみで計算した。図-8に南帯橋地点(KP15)における昭和40年～平成21年の年最大流量を示す。この間の最大は平成13年の1014 m³/sであり、平均は488 m³/sとなる。流量の違いによる洪水流の特性を検討するために次の2種類の流量を与えて



図-5 昭和53年の札内川（KP22付近から上流側を望む）⁶⁾

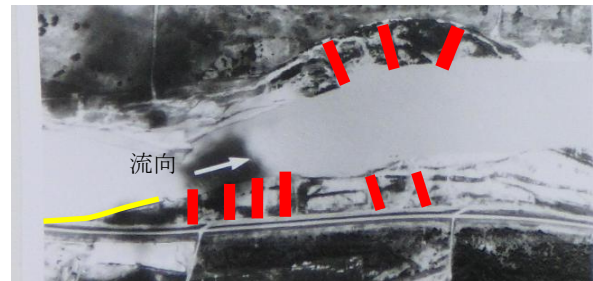


図-6 昭和56年洪水時の航空写真（KP12～13）

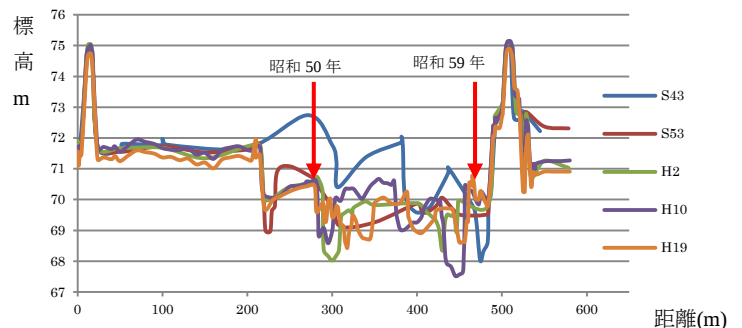


図-7 横断図の変化(KP13.6)⁵⁾ (単位: m)

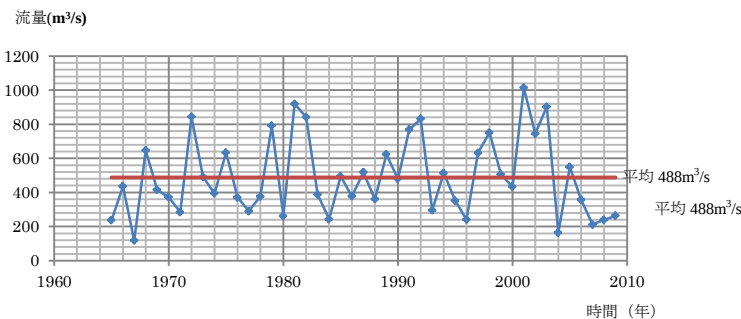


図-8 南帯橋地点の年最大流量⁵⁾

定常流量下で計算を行った。

Run1: $Q=500\text{ m}^3/\text{s}$

(昭和40年～平成21年の年最大流の平均規模)

Run2: $Q=1000\text{ m}^3/\text{s}$ (平成13年洪水時最大流量規模)

初期地形は現在の平均縦断勾配1/210を与え平坦床から計算を開始した。そのため河床変動の応答に実際よりも時間を要することから48時間以上計算を行い、ある程度定常になった状態を計算結果とした。

3.2 解析結果および考察

数値解析の結果を図-9、図-10に示す。図-9に流速コンターおよび流速ベクトルを示し、図-10に河床変動量を示す。Run1は計算開始後48時間後の計算結果であり、Run2は96時間後の計算結果である。図-9をみると、いずれのケースも複列砂州状の河道となっており、網状の水みちが

見られる。特に Run2 では、流れが集中して高速流が生じている水みちが同一断面上にいくつも現れている。また、いずれのケースも主な水衝部が堤防線形の凸岸部に現れる傾向にあるが、その水衝部の箇所も流量によって大きく異なっていることがわかる。図-10 に示した河床変動コンター図を見ると、Run1 では堤防線形の凸岸部が主な洗掘箇所となっているのに対して、Run2 では凸岸部に限らず凹岸部や河道中央にも激しい洗掘箇所がいくつも見られる。これは複列砂州の発達によって流れの集中がいたる個所で生じるためである。このように、洪水時の被災個所の予測が極めて困難であった当時の札内川の様子が理解できる。

図-11 および図-12 はそれぞれ築堤後間もない昭和 38 年当時の航空写真と三島ピッチによる低水路計画の計算対象範囲を示したものである。図-11 の航空写真に見られる平水時の水みちと図-10 の河床変動量を比べると、凸岸部を通るように蛇行流路が形成されている点で Run1 は平水時の水みちと類似していることがわかる。これに対して、Run2 は異なる結果を示している。これは、平水時の流路が洪水の減水期に形成されることや年最大流量に応じて形成されると言われていることから、航空写真に見られる水みちは比較的小さい規模の流量に応じたものであるためだと考えられる。図-12 の三島ピッチによる計画の低水路を見ると、写真の水みちにほぼ沿うように設定されている。よって三島ピッチの概念に基づいた低水路は当時の現状の低水路を重視して、これを固定化して河岸を防御する計画と考えられる。また、図-9(b)を見ると、KP12 付近に見られるように堤防に向かってほぼ直角に高速流（横流）が発生している箇所があり、非常に危険な状態であることがわかる。実際に低水路改修計画以前は、このような横流が河岸の被災を招いたこともあったという。

平水時の航空写真だけでは洪水時に Run2 のような非常に危険な状況になることは想像できない。低水路改修計画では洪水流が重要視され、外岸側の水衝部だけでなく砂州由来の水衝部による侵食や横流の発生等を解消すべく、低水路護岸と水制の組み合わせによる河道安定化対策が取られた。その結果、現在は比較的安定した札内川ではあるが、潜在的に Run2 のような網状河川の性質を有しており、今後も維持管理していく上で当時の思想は貴重な網状河川の河道設計手法の一つとして重要視すべきである。

4 おわりに

本研究では航空写真を用い堤防や水制などに伴う札内川の河道変遷を追い、また河床変動モデルを用いて昭和 50 年代の低水路改修計画に至る背景を考察した。札内川は現在水制や護岸により低水路は比較的安定しているが、依然として複列化する河道の特性は失われておらず更なる安定化のためには大きな流量を想定した河道安定化対策が必要であると考えられる。

謝辞

本論文の作成にあたって、北開水工コンサルタント(株)の新庄氏と北海道開発局帯広開発建設部の方から貴重なご助言と資料を提供いただいた。ここに感謝の意を示す。

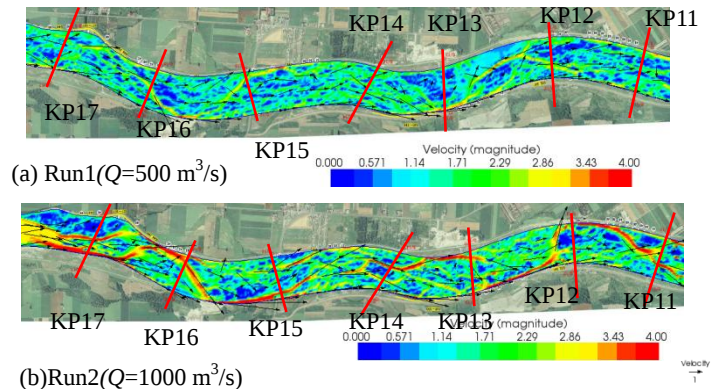


図-9 流速コンター（単位は m/s）

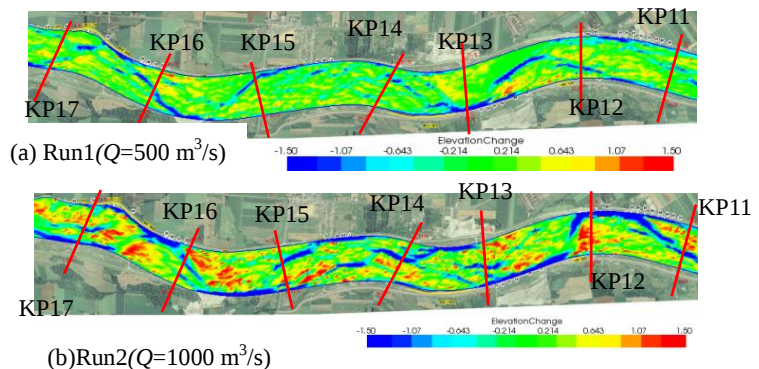


図-10 河床変動量コンター（単位は m）

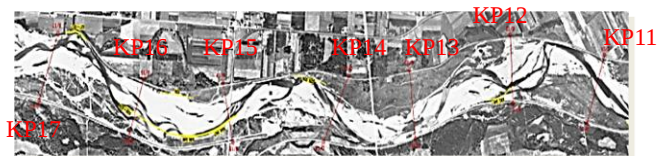


図-11 S38 年航空写真⁵⁾

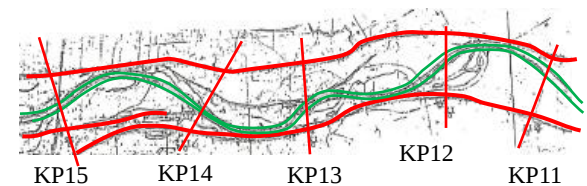


図-12 三島ピッチによる低水路路計画

参考文献

- 1) 十勝川流域委員会、札内川について、第 2 回、2008.
- 2) 北海道開発局、十勝川水系河道整備計画（原案）、2009.
- 3) 山本晃一著、日本の水制、pp.197、山海堂出版
北海道開発局帯広開発建設部提供
- 4) 加治昌秀・竹本成之・福田義昭・北條紘次、効果的な水制の配置に関する研究、土木学会北海道支部、論文報告集、1991.
- 5) 北海道開発局帯広開発建設部提供
- 6) 北海道開発局帯広開発建設部、十勝川写真集
- 7) iRIC ホームページ: <http://i-ric.org/introduction>