

河道攪乱のためのフラッシュ放流による 旧流路の維持に関する研究

STUDY ON THE MAINTENANCE OF FORMER WATERCOURSES BY
THE ARTIFICIAL FLOOD FOR RIVER CHANNEL DISTURBANCE

住友慶三¹・渡邊康玄²・泉典洋³・山口里実⁴・横濱秀明⁵
Keizo SUMITOMO, Yasuharu WATANABE, Norihiro IZUMI,
Satomi YAMAGUCHI and Hideaki YOKOHAMA

- ¹正会員 株式会社ドーコン 河川環境部 (〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1)
²正会員 工博 北見工業大学教授 工学部社会環境工学科 (〒090-8507 北見市公園町165)
³正会員 工博 北海道大学教授 工学研究科 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)
⁴正会員 工博 土木研究所 寒地土木研究所 (〒060-8602 札幌市豊平区平岸1条3-1-34)
⁵国土交通省 北海道開発局 帯広開発建設部 治水課 (〒080-8585 帯広市西4条南8丁目)

The effect of the artificial flood to river channel disturbance is clarified quantitatively using the results of field observations and numerical simulations (iRIC Nays2D 4.2). The 1st viewpoint is maintenance of distributary leading to former watercourses which induces river channel disturbance at the time of a large flood. The 2nd viewpoint is a scale of river channel disturbance at the time of a large flood. The difference between the existence and non-existence of the artificial flood has been discussed. It was evaluated quantitatively that artificial flood is effective in maintenance of distributaries. Moreover, it was found quantitatively that the effect of mainstream alternation at bifurcations during a large flood which is expected by the maintenance of distributaries.

Key Words : The Satsunai River, artificial flood, distributary, river channel disturbance

1. はじめに

一級水系十勝川の一次支川である札内川は、かつては複列流路と広い礫河原が特徴の河川であったが、2006～2010年の年最大流量の大幅な減少等が影響し、河道内が著しく樹林化した¹⁾²⁾。これにより、流路は固定化し、礫河原の面積は急速に減少した。図-1に樹林・礫河原面積の経年変化を、写真-1に樹林化の様子をそれぞれ示した。

この状況を踏まえ、札内川では、礫河原の再生を目的として2012年より6月末に札内川ダムから最大放流量110～120m³/sのフラッシュ放流を実施している¹⁾²⁾。この放流は、確率規模1/1の出水に相当するが、2012年の放流では礫河原の再生はほとんど見られなかった²⁾。

一方、山口ら³⁾は、2011年に発生した確率規模約1/20の出水において、樹林内に旧流路がみられる箇所のうち、主流路と旧流路の分岐部の河床高が同程度の箇所では大規模な攪乱が発生し、土砂堆積により旧流路流入部が閉塞した箇所は攪乱が小規模だったことを確認した。この

ことから、流路固定化の解消には旧流路の維持が重要との観点で検討を行い、既に閉塞した旧流路を回復するためには、淵下流の河床勾配が急になる箇所を選定して旧流路へ接続掘削することが効率的であることを示した。

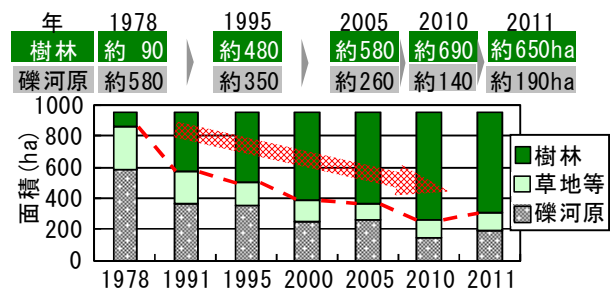


図-1 札内川の樹林等の面積変化 (上流区間)



写真-1 札内川の樹林化の状況 (上流区間)

他方、清水ら^{4,5)}は、渡良瀬川の固定化した中州に掘削路を設け、出水を導いて中州内で洪水攪乱を誘発させることにより、樹林化抑制等の効果が得られることを明らかにしている。

以上のことを踏まえ、今後の他河川への適用を考慮して、効率的に旧流路を回復できる箇所を選定方法について河道変遷を考慮した考察を加えるとともに、旧流路の回復に必要な掘削規模及び旧流路の維持により期待される効果について検討を行った。

本論文は、フラッシュ放流による旧流路の維持、そのことによる礫河原再生への寄与の検証を目的としている。

2. 効率的に旧流路の回復を図る方法

主流路の固定化には分岐流の消失が大きく影響していると考えられる⁶⁾ため、2013年及び2014年に実施したフラッシュ放流では、直前に旧流路流入部の堆積土砂を平水位程度で掘削して主流路から旧流路へ分岐接続した工区を6箇所設けた上で実施された。工区の位置図、工区設置区間の河道特性、年最大流量及び工区の掘削図を図-2～図-4に示す。6工区の掘削条件は同様としたが、D下流工区だけはフラッシュ放流時の旧流路への分岐流入が緩やかで、変化は最も小さかった。他の5工区は旧流路への流入により河床攪乱や植物の倒伏等が確認された。

複列砂州河道では、河岸侵食を伴って川幅の広い部分（腹）と狭い部分（節）が流下方向に交互に現れる⁷⁾。この流路形状に着目し、旧流路への流入量が多く2014年

8月出水（確率規模約1/3、暫定値）で流路変動のきっかけとなったE工区と、変化が小さかったD下流工区の流路平面形の変遷及び河床縦断形を、既往航空写真及び2013年計測のレーザープロファイラデータ（以下、LP）により確認した。図-5に、それぞれの箇所の流路変遷と河床縦断形を示す。

図-5の流路平面形の変遷を見ると、節は横断方向の流路変動が小さく、腹は節の下流側に位置し、大きく流路変動している。流路変遷から読み取ることが出来る節と腹を瀬・淵で分類すると、節は河床勾配が水平に近い淵、腹は淵下流の勾配1/110程度の瀬にあたる。他の4工区も同様に節と淵、腹と瀬の対応関係がみられた。図-5の河床縦断図を見ると、E工区は節の直下流、D下流工区は節の位置で旧流路に引き込まれていたことが読み取れる。河床勾配が緩やかな場合は急な場合に比べて分岐流量配分比が著しく低下する³⁾ため、D下流工区は河床勾配の影響で旧流路への流入量が少なくなったと考えられる。

効率的に旧流路を回復するためには、詳細な河床縦断形を把握し、節の直下流の急勾配部で旧流路へ引き込むことが重要と考えられる。しかし、約200mピッチで実施されている定期横断測量結果のみで縦断的な瀬・淵特性を把握することは困難であり、詳細な河床縦断形を把握するための調査を全川で実施することも容易ではない。そこで、複列流路を回復しようとする場合は、旧流路の分布と節・腹の位置を既往航空写真により確認し、節の上下流区間に着目して詳細な河床縦断形の調査を行い、旧流路接続掘削の位置を選定することがより効率的と考えられる。

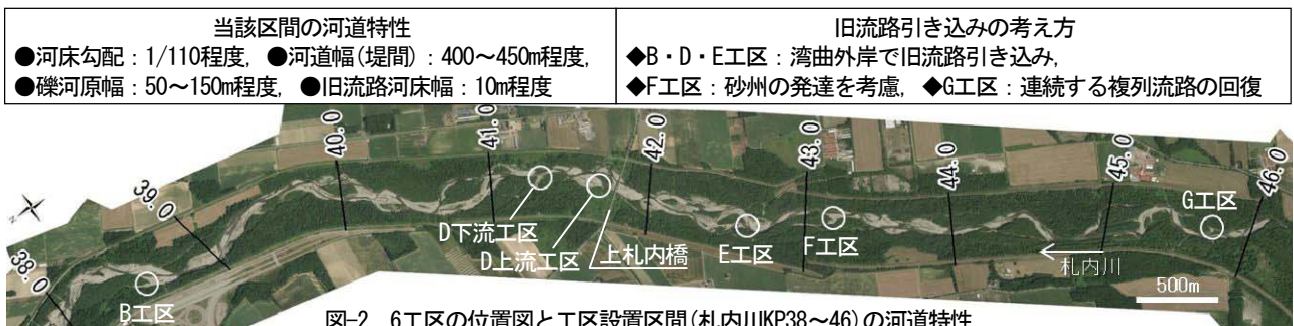


図-2 6工区の位置図と工区設置区間（札内川IKP38～46）の河道特性

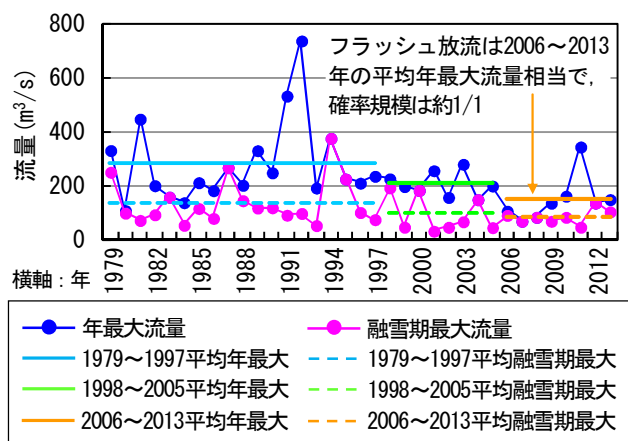


図-3 年最大・融雪期最大流量の変遷（上札内橋観測所）

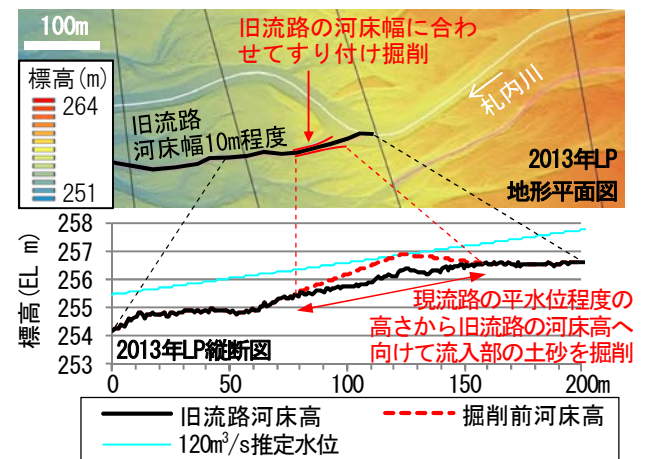


図-4 E工区を例にした工区の標準掘削イメージ

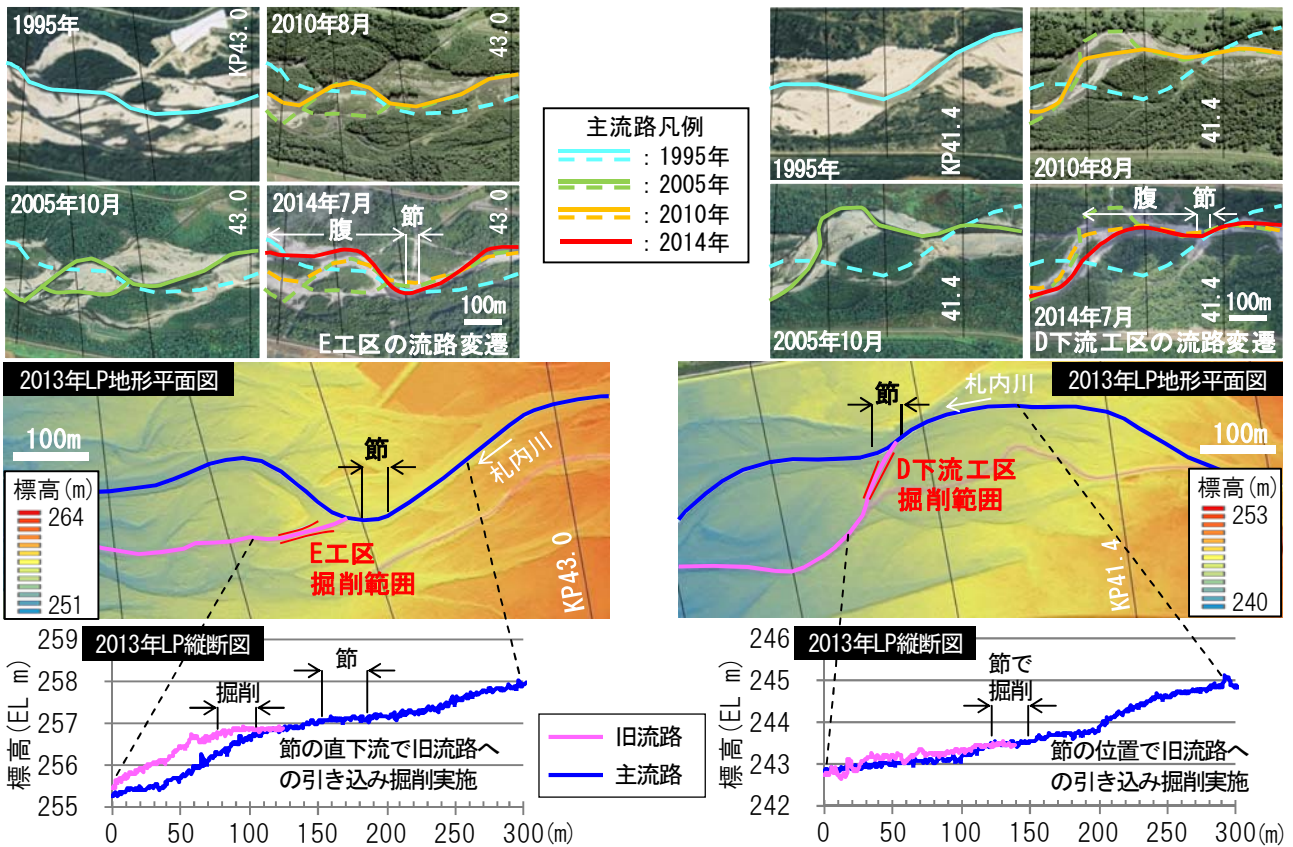


図-5 流路変動が発生したE工区(左)と旧流路への流入が緩やかなD下流工区(右)の流路変遷と平面・縦断面形

3. フラッシュ放流による旧流路維持効果の検証

2011年出水による変化状況³⁾から、大規模な河道攪乱には、出水が生じる際に旧流路が維持されていることが必要と考えられる。このため、旧流路引き込み掘削後の維持管理におけるフラッシュ放流の効果について、iRIC Nays2D 4.2⁸⁾を用いた河床変動計算により検討を行った。

(1) フラッシュ放流による河床変動状況の再現計算

予測計算の実施にあたり、2013年のフラッシュ放流前後の河床変動を再現し、放流前後に測定されたLPデータとの比較により再現性の確認を行った。計算条件の一覧を表-1に、計算に用いた流量ハイドロを図-6に示す。河床材料の粒径は均一粒径とし、KP41, 42, 43における2012年の60%粒径の調査結果である59.2mm, 70.9mm, 112.4mmの3ケースを設定した。3ケースの計算では、粒径59.2mmとした場合の再現性が最も高い結果となった。

図-7に、河床材料の粒径を59.2mmとした場合のフラッシュ放流前後での河床変動量図を示す。この結果を見ると、図-7の1の区域は実際より大きく侵食され、2の区域は実際と異なり堆積傾向となった。これは、引き込み掘削により流入するようになった旧流路では掃流力が増加して1の区域で侵食が進行し、引き込み前の主流路は掃流力が低下して2の区域で堆積傾向になったものと考えられる。このように、計算結果は実測値を完全には

表-1 河床変動計算 (iRIC Nays2D 4.2) の条件

項目	設定条件
流量 (図-6)	2013年フラッシュ放流実績ハイドロ
地形	2013年6月フラッシュ放流前計測LP
計算格子サイズ	5m×5m (旧流路横断方向に1メッシュ以上入るサイズ)
計算区間	札内川KP41～43区間
樹木生育範囲	2013年6月航空写真を判読して設定
樹木の抵抗係数	0.07
河床材料の粒径	KP41, 42, 43での2012年調査結果(d60)から次の均一粒径を設定 59.2mm, 70.9mm, 112.4mm ⇒再現検証の結果59.2mmを採用
マンニングの粗度係数	河床材料粒径からManning-Stricklerの式により算出
流砂量式	芦田・道上式

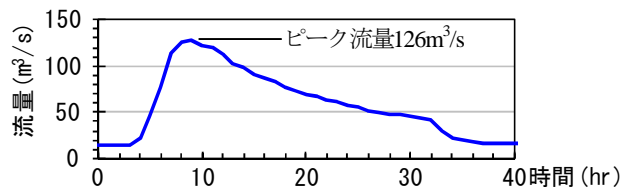


図-6 2013年フラッシュ放流実績ハイドロ

再現していないものの、水衝部における侵食傾向及びその近傍で見られる堆積の傾向は概ね再現されている。河床幅10m程度の旧流路についても、河床変動規模は小さいものの、N～Q及びj～kの区域は、侵食と堆積の傾向が概ね再現されていることが確認される。本検討では粒径59.2mmを採用して予測計算を行う。

凡例 A~Q: 侵食傾向類似区域, a~k: 堆積傾向類似区域, 1~2: 侵食・堆積傾向が異なる区域



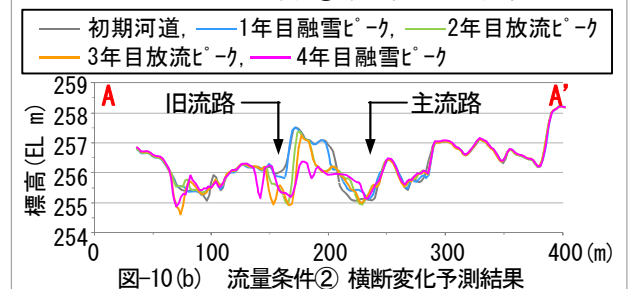
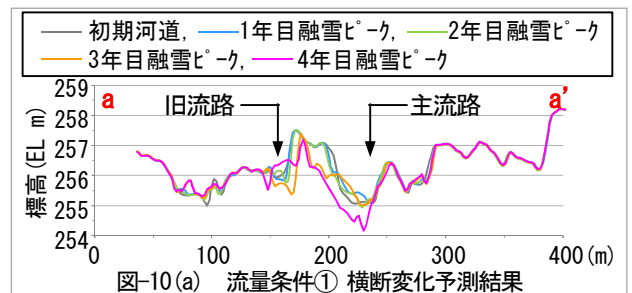
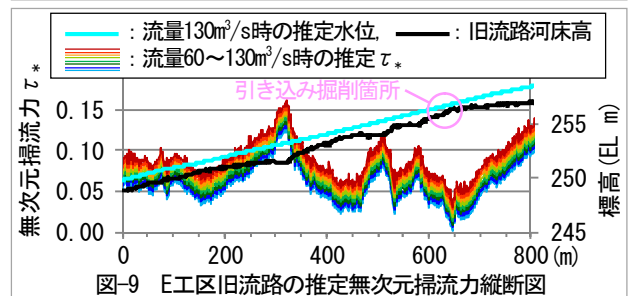
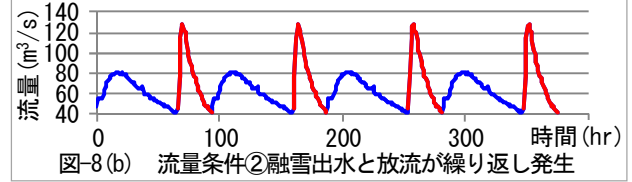
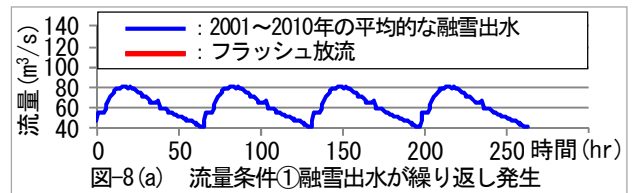
図-7 河床変動計算結果と実測LPに基づく河床変動量図との比較による再現検証結果

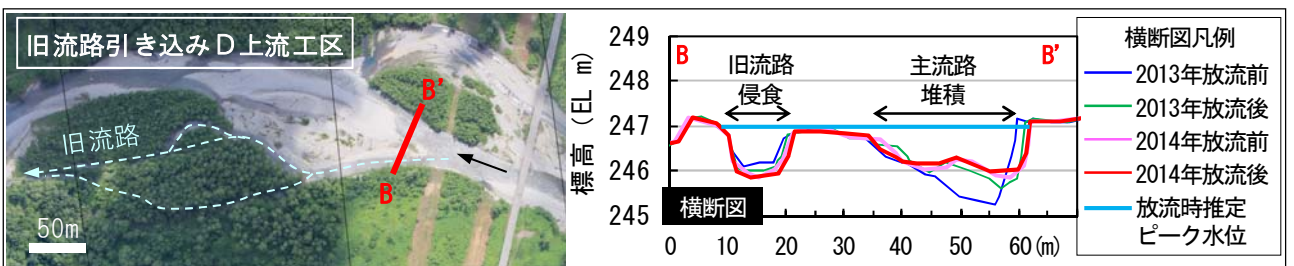
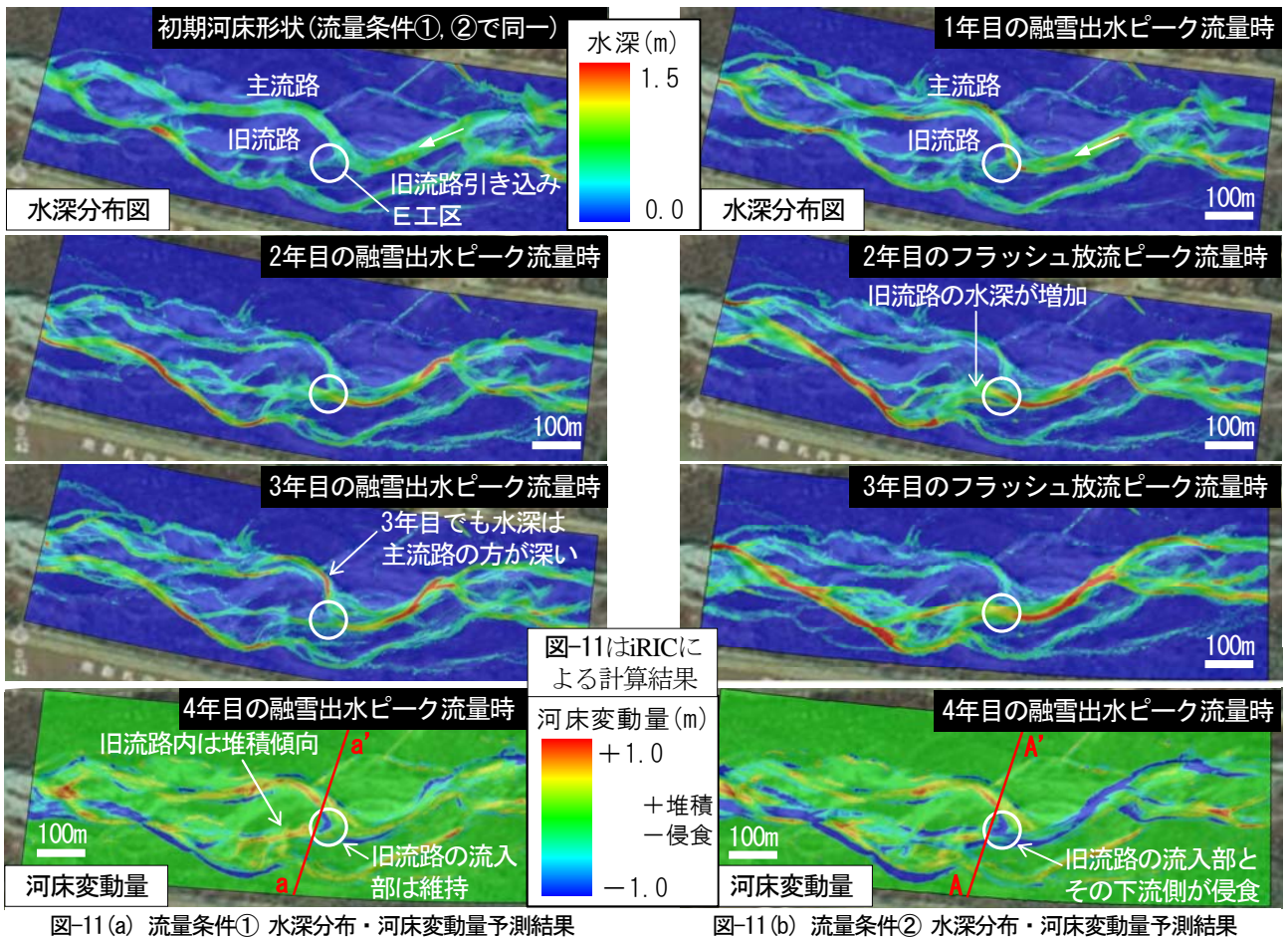
(2) フラッシュ放流による旧流路維持の予測

予測計算は、旧流路引き込み掘削後の地形で、流量条件をフラッシュ放流実施の有無のみ変更して実施した。それぞれの流量条件を図-8(a)及び図-8(b)に示す。旧流路内における河床変動の予測にあたり、旧流路の河床幅が10m程度と狭いことを考慮し、旧流路内を横断方向に5メッシュ程度で分割することとし、計算格子サイズは2m×2mとした。ただし、格子の微細化により計算時間上の問題が生じたため、計算区間をKP42~43と短くした。流量、計算の格子サイズ及び区間以外の条件は表-1と同じとした。E工区の引き込み掘削直後の河床縦断面図と流量毎の推定無次元掃流力 τ_* を図-9に示す。 τ_* 算出のための河川水位とエネルギー勾配は計算値、河床材料の代表粒径は再現性の最も良かった59.2mmを用いた。この結果から、一般に河床材料が動き出すと言われる τ_* が0.05以上となる流量条件は、引き込み掘削箇所は120m³/s程度、その下流の旧流路では80m³/s程度と推定された。

フラッシュ放流を実施しないケースでは、図-10(a)及び図-11(a)に示されるように、旧流路流入部は維持されたものの、旧流路内は堆積傾向を示した。これに対し、放流を実施したケースは、図-10(b)及び図-11(b)に示されるように、旧流路の流入部とその下流側が侵食され、旧流路への流入が明瞭な複列流路が形成された。融雪出水は流量の緩やかな減少の過程で低流速・低水深となった区域において土砂堆積が生じやすく、融雪出水に比べピーク流量が大きく流量の増減が鋭敏なフラッシュ放流は、短時間の河床変動により旧流路では堆積量より侵食量の方が大きくなり旧流路が維持されたと考えられる。

また、単列流路の場合と比べて旧流路への分岐により掃流力が低下する主流路は堆積傾向となるため、図-12に示すKP41.7付近における実際の地形の時系列変化に見られるように、河道内の比高差が縮小し、交番現象⁹⁾が生じやすい複列流路を形成する効果も期待できる。

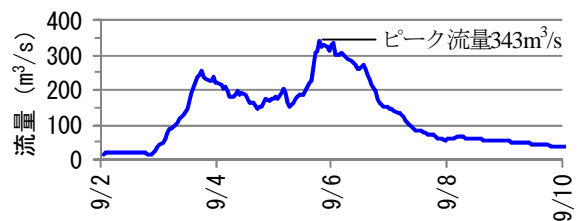




(3) 旧流路維持により期待される効果の予測

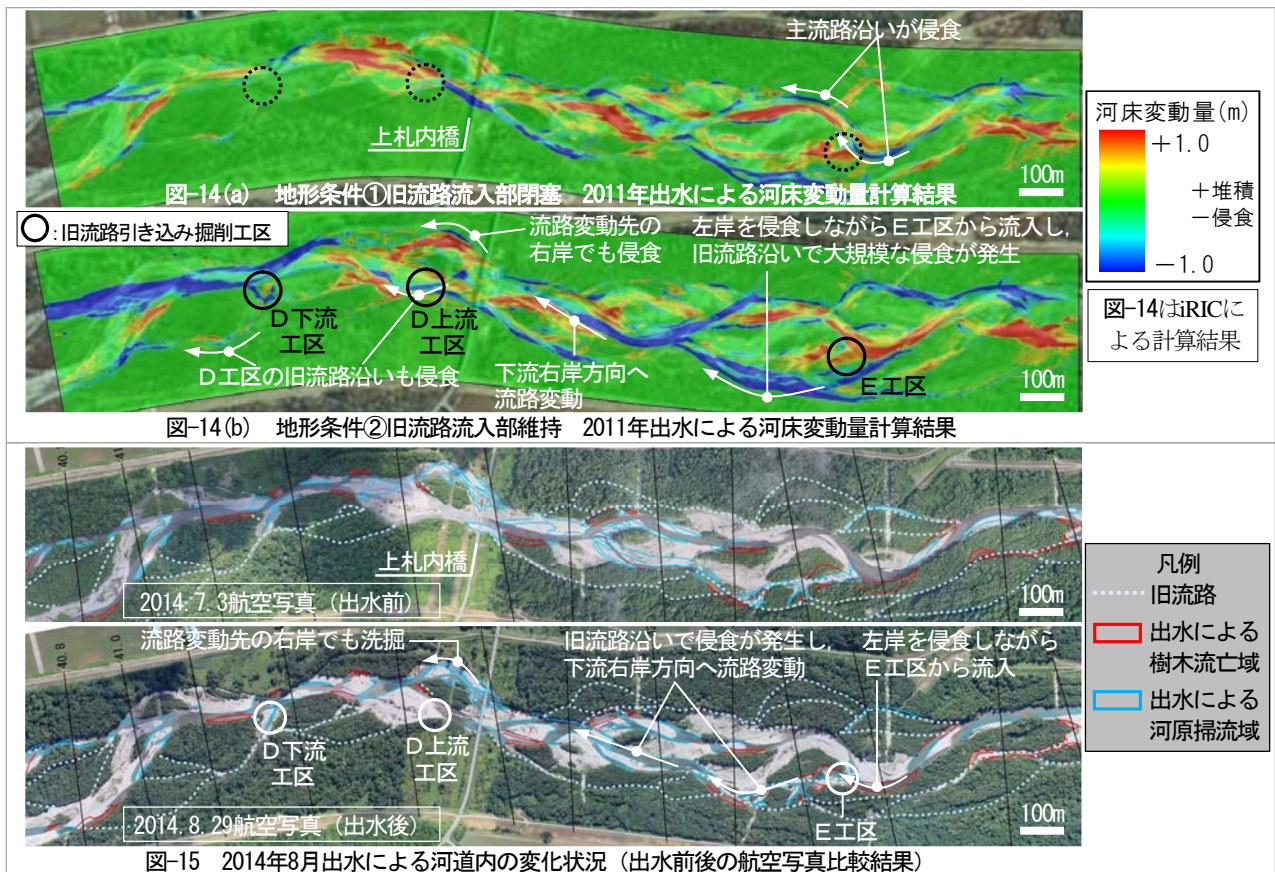
フラッシュ放流による旧流路の維持が、大規模出水時における河道攪乱に与える効果を把握するため、旧流路流入部が閉塞した河道 (地形条件①) と旧流路引き込み掘削後河道 (地形条件②) の流路変動状況の違いを予測した。この予測計算の流量は、図-13に示す確率規模約1/20の2011年出水実績ハイドロを用いた。流量と旧流路流入部の地形条件以外の条件は表-1と同じとした。

旧流路流入部が閉塞したケースの河床変動範囲は、図-14(a)に示されるように限定的であった。これに対し、旧流路引き込み掘削により複列流路を形成したケースでは、図-14(b)に示されるように、主流路沿いに加えて、E工区下流側の旧流路沿いでも大規模な侵食が発生し、下流右岸方向へ流路変動している。また、水衝部にあたるE工区掘削箇所が河岸侵食を伴って左岸上流側に移動するなど、大きな流路変動も見られた。



2014年8月に発生した確率規模約1/3 (ピーク流量約200m³/s, 暫定値) の出水前後の航空写真を比較したところ、図-15に示されるように、E工区では実際の出水においても旧流路流入部左岸側とその下流側の旧流路沿いを侵食して下流右岸方向へ流路変動する図-14(b)と類似した流路変動が確認された。

これらの結果は、フラッシュ放流による旧流路の維持が出水時の流路変動の促進に効果的であることを示唆している。



4. おわりに

本検討により次のことが示された。

- ・節腹連続河道では、節と淵、腹と瀬が対応する。旧流路の分布と節・腹の位置を既往航空写真により確認し、節上下流区間の河床縦断形の詳細調査により縦断的な瀬・淵特性を把握した上で、節直下流の瀬頭の位置で旧流路へ引き込むことが複列流路回復のための調査及び工事の効率化に資することが示された。
- ・札内川において礫河原の再生を目的として実施しているフラッシュ放流は、引き込み掘削により回復を図った旧流路の維持及び河道内の比高差縮小の効果がある。これにより、交番現象⁹⁾が生じやすい複列流路を形成する効果が期待される。
- ・旧流路の維持は、出水時の流路変動の促進に効果的であることが示唆された。樹木流亡を伴う流路変動の発生を促すことにより、礫河原の再生が期待される。

謝辞： 札内川の礫河原再生は、『札内川技術検討会』の委員をはじめ多くの方々からの助言や協力を得て取り組みが進められている。また、国土交通省河川砂防技術研究開発公募地域課題分野「河川景観ネットワークの連続性と時空間変化（代表：中村太士）」及び科研費「節腹連続河道の形成機構の解明（代表：渡邊康玄）」の助成を受けて行われた。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 高橋輝好, 法村賢一, 武田淳史: 札内川における礫河原再生の取り組みについて, 北海道開発局技術研究発表会, 2015.
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部: 札内川技術検討会資料, http://www.ob.hkd.mlit.go.jp/hp/kakusyu/satsunai_kentoukai/
- 3) 山口里実, 渡邊康玄, 武田淳史, 住友慶三: 流路の固定化が進行した河道における効率的な旧流路回復手法に関する検討, 河川技術論文集, 第21巻, pp.217-222, 2015.
- 4) 清水義彦, 岩見収二, 石川陽介, 佐藤文泰, 磯田忠生, 遠藤武志: 洪水攪乱の誘発を目的とした中州掘削工事の効果評価とその考察, 河川技術論文集, 第14巻, pp.169-174, 2008.
- 5) 松田浩一, 須藤達美, 内堀寿美男, 大島秀則, 清水義彦, 藤堂正樹: 固定化砂州での掘削路開削による洪水攪乱の誘発と樹林化抑制対策に関する研究 (その2), 河川技術論文集, 第17巻, pp.233-238, 2011.
- 6) 渡邊康玄, 武田淳史, 川岸秀敏, 住友慶三: 札内川人工放流における派川復元手法の検討, 応用生態工学会第18回研究発表講演集, pp.275-278, 2014.
- 7) 渡邊康玄, 長谷川和義, 吉川泰弘, 早川博: 節腹連続河道の形成に関する線形安定解析, 土木学会論文集B1 (水工学) Vol.70, No.4, I_991-I_996, 2014.
- 8) <http://i-ric.org/ja/>
- 9) 長谷川和義, 広瀬健治, 目黒嗣樹: 山地河川における分岐部流路交番現象に関する抽出実験とその解析, 水工学論文集, 第47巻, pp.679-684, 2003.

(2015. 9. 30受付)