

戸蔦別川における床固工群と 樹林帯の出水時の効果

FUNCTIONAL EVALUATION OF THE GROUNDSILLS AND THE FOREST ZONE IN THE TOTTABETSU RIVER

伊藤朱花¹・渡邊康玄²・池島剛³・松岡暁³・伊藤隆郭⁴・谷昭彦⁵
Ayaka ITO, Yasuharu WATANABE, Tsuyoshi IKESHIMA, Akira MATSUOKA, Takahiro ITO,
and Akihiko Tani

¹学生会員 北見工業大学博士前期課程1年 工学研究科社会環境工学専攻
(〒090-8507 北海道北見市公園町165番地)

²正会員 博士(工) 北見工業大学教授 社会環境工学領域 (同上)

³正会員 日本工営株式会社 砂防部 (〒102-8539 東京都千代田区九段北1丁目14番6号)

⁴正会員 日本工営株式会社 中央研究所 (〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原2304番地)

⁵正会員 北海道開発局 帯広開発建設部 (〒080-8585 帯広市西4条南8丁目)

The Tottabetsu River had the sharp channel change accompanying sediment discharge in the past. It became clear that the section (“anti-node”) which a river channel moves to a transverse direction greatly, and the section (“node”) where a river channel hardly moves existed periodically (gourd shaped channel). It was decided that main groundsills at the “node” and ancillary groundsills at the “anti-node” would be built. The first groundsills was built in 1988 and 15 sets of groundsill were completed in 2010. However, the sediment transport control effect of these groundsills was not verified until the present. The large-scale flood occurred at this basin in August 2016. In order to verify the effect of the groundsills, the difference of the river channel change at the time of this flood between with and without groundsills was calculated using a numeric simulation model. It was found that the groundsills and forest zone had controlled not only sediment transport but also movement to the transverse direction of channel.

Key Words : *groundsill, sediment transport, gourd shaped channel, channel movement, Tottabettu River, forest zone*

1. はじめに

図-1に示す十勝川水系札内川の上流域は不安定土砂が多く存在するため、土砂移動が著しく流路変動が多いたが治水問題となっていた。なかでも、支川である戸蔦別川では特に不安定土砂が多く存在するため、土砂流出に伴う激しい流路変動が繰り返されてきた。1956年以降の戸蔦別川床固工群が建設された区間における河道平面形状の変遷を図-2に示した。北海道開発局帯広開発建設部は、戸蔦別川周辺の土地利用推進のため、床固工群と樹林帯による土砂輸送と流路変動を制御するための計画を策定した¹⁾。この計画を策定するにあたり、戸蔦別川の流路変動を詳細に調査した結果、横断方向には変化しない節と呼ばれる部分と流路



図-1 流域概要

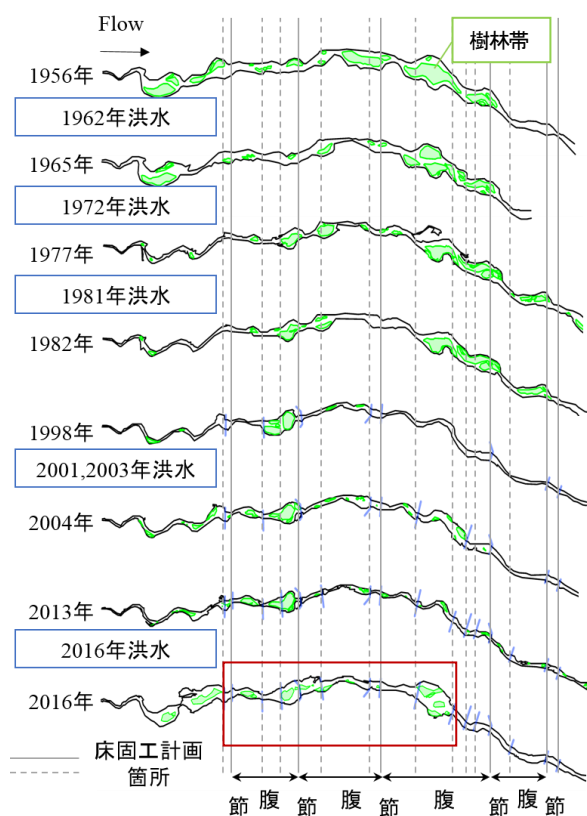


図-2 戸蔭別川の床固工群が建設された区間の河道平面形状の時系列(赤枠は計算対象区間を示した)

変動が激しく横断方向に大きく変動する腹と呼ばれる部分が周期的に存在することが明らかとなった¹⁾。そこで、節の部分には河床低下を抑制するための基幹的な床固工(図-2における実線部)、腹の部分には横断方向の流路変動を抑制するための補助的な床固工(図-2における点線部)が建設されることとなった¹⁾。これらの床固工は、1988年から建設が開始され、2010年に全15基が完成した。これらの床固工は樹林帯と組み合わせて機能させ、河道の拡腹部に送流土砂を氾濫させ、樹林帯域に土砂を堆積させる土砂移動の調節効果が期待されていた。図-2で明瞭に見られるように、床固工群建設前には大きな流路の変動がみられるが、建設後には節腹の位置が固定化され、河道が安定している。しかしながら、大規模出水が施設完成後には発生していなかったため、大量の土砂移動を伴う大規模出水時におけるこれらの機能はこれまで確認されてこなかった。そのような中、2016年8月にこの流域で計画規模を上回る大規模な洪水が発生した。その際、床固工群が施工されている区間では大きな流路変動は発生しなかったことから、床固工群の効果が認められたといわれている²⁾。このことを受け、本論文では、大規模出水時における床固工群と樹林帯による流路変動および土砂輸送の制御効果を検証するために数値シミュレーションiRIC 3.0 Nays2DHを用いて検討を行った。

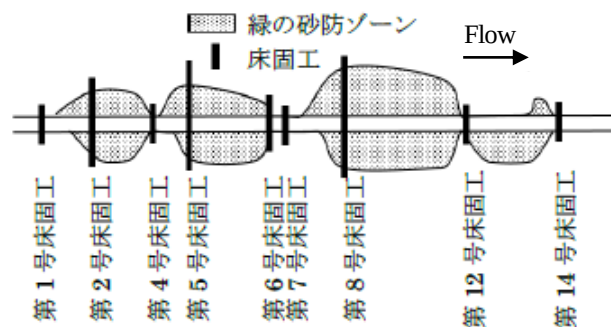


図-3 緑の砂防ゾーンの模式図



図-4 戸蔭別川第5号床固工

2. 戸蔭別川床固工群の概要

戸蔭別川では、河道内に存在する不安定土砂の再移動を防ぎ、上流からの土砂流出を抑制することを目的とした床固工群が施工されている。この床固工群が施工されている区間では、床固工群により大量に堆積している土砂の流出を抑制するとともに、河道の拡幅部には送流土砂を氾濫させ、樹林帯により土砂を堆積させる調節効果(緑の砂防効果)を併せ持つことが期待されている。緑の砂防効果を持つ緑の砂防ゾーンとしては、第4号、第6号、第12号床固工上流域の河道拡幅部に存在する樹林帯が選定されており、その模式図を図-3に示した。また、床固工の形状は、図-4に示したように、下流部の洗掘防止及び魚類保護等環境との調和を考慮し、極力低落差としており流路の偏流を防ぐために通常流路を設けた複断面としている。

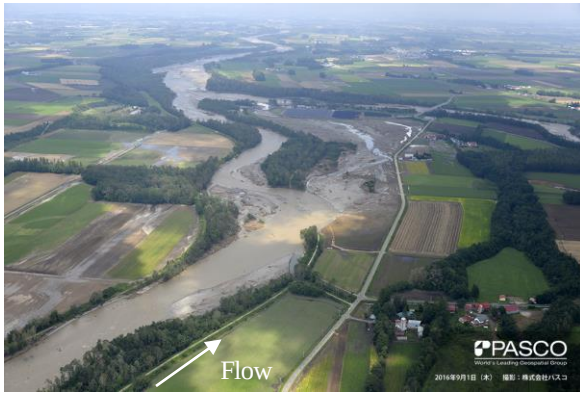


図-5 札内川合流点付近の河床変動による堤防の浸食に伴う氾濫状況(撮影；株式会社PASCO)



図-6 河岸浸食に伴う中島橋右岸における橋梁背面盛土の浸食(撮影；株式会社PASCO)



図-7 2013年と2016年の戸鳶別川滞筋の比較

3. 2016年大規模出水時における河道変化

2016年8月に生じた計画規模を上回る洪水において、床固工群が施工されている区間の下流にある札内川合流点近傍では、図-5、図-6にみられるような流路変動に伴う河岸浸食および堤防浸食による氾濫など大きな被害を生んでいる²⁾。しかしながら、床固工群が施工されている区間では、図-7に示した2013年と2016年の滞筋の比較でもわかるように、第4号、5号、8号、9号床固工付近では流路が拡幅し、その箇所では土砂や流木が堆積したものの、その他の箇所では流路が固定されている。なお、第4号～5号床固工および第8号～9号床固工付近では流路の切り替わりと新たな流路の形成、第4号～第5号床固工および第8号～9号床固工付近では横断方向の浸食、第7号下流においては縦断方向の浸食がみられたものの大きな被害には至らなかった。このとき、戸鳶別川雨量観測所における最大の24時間雨量であり、確率雨量の推定ではおおむね130年～180年確率規模と同等の降雨であったといわれている。図-8には、2016年8月出水時の流域平均雨量と最小2乗法によるフィッティングを行い、観測実績との整合性を図ったハイドログラフを示している³⁾。

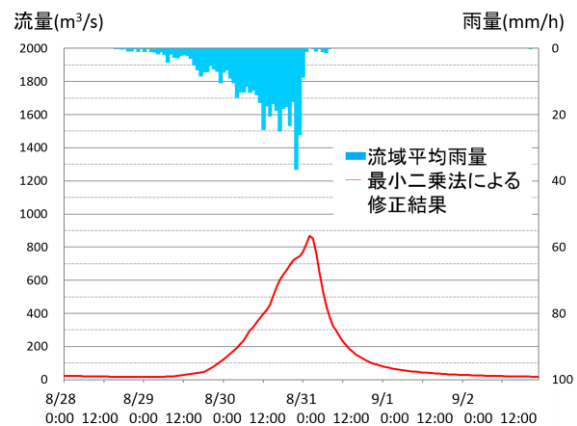


図-8 2016年出水時の流域平均雨量とハイドログラフ
(平成29年度十勝川直轄砂防計画検討業務資料)

4. 計算手法の再現性

(1) 樹林密度の推定

2016年8月出水時の河道変化を計算により再現し、計算手法の再現性を確認する。しかしながら、樹林帯の密度については、洪水後の調査結果しかなく、洪水前の状況が不明であった。そこで、河道変化の再現計算を行う前に、洪水後の河道データ(2016年測量のLPデータ)を使用し、樹林帯密度を種々設定して痕跡水位と計算結果を

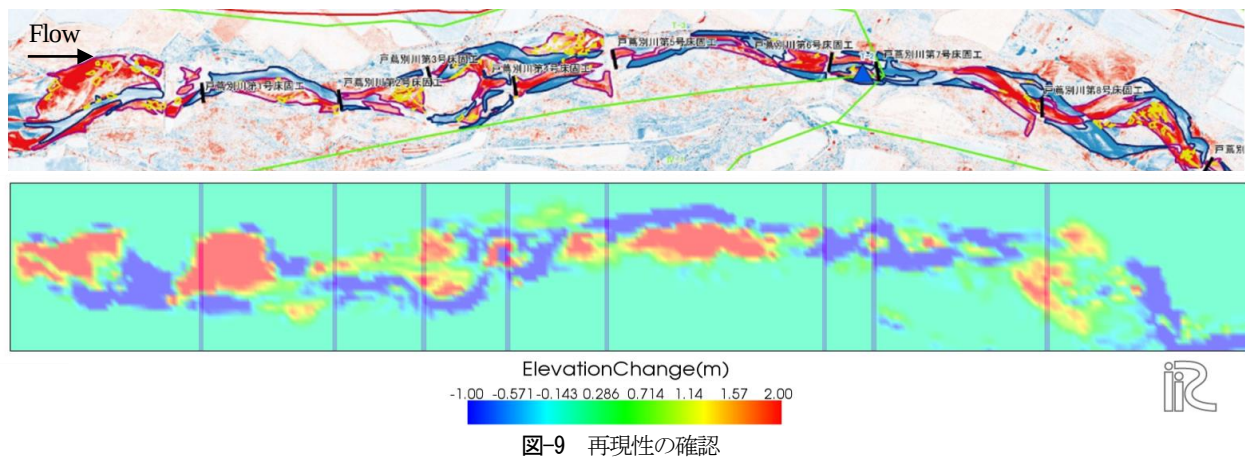


図-9 再現性の確認

比較した。計算モデルには、iRIC 3.0 Nays2DH（二次元河床変動計算；<http://i-ric.org/>）を使用した。なお、以下の計算ではすべてこのモデルを使用している。

a) 計算条件

計算格子サイズは縦断方向 20 m × 横断方向 10 m のメッシュとした。河床に与えるマンニングの粗度係数は計画粗度係数の値である $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ 、流量には2016年8月出水のピーク流量とされる $850 \text{ m}^3/\text{s}$ を与えた。なお、ここでは水位の再現を目的としているため、河床変動はさせていない。

b) 計算結果

樹林密度を変化させ、痕跡水位と計算結果を比較した結果、樹林密度を0.056とした場合に最も再現性が良いことが判明した。なお、洪水後の樹林調査において樹林密度は0.014であった。すなわち、計算結果から判断すると洪水時にかなりの樹木が送流されたと考えられる。

(2) 河道変化の再現

a) 計算条件

計算に用いる格子サイズ、河床に与えるマンニングの粗度係数は樹木密度を推定した際と同じ値を用いた。河床材料の粒径には、戸蔭別川の現地調査結果をもとに 50 mm とし、床固工が設置されている箇所については、河床が床固工より洗掘せず、堆積のみするよう固定床を設定した。以降の河床変動計算における床固工の扱いも同様である。流量について、本来であれば、実績のハイドログラフを使用すべきである。しかしながら、各種流出計算手法によりハイドログラフが推定されているものの、流出計算手法によりばらつきがみられている³⁾。一方、河道の変化は洪水前後で詳細なLPデータ（洪水前；2014年測量のLPデータ、洪水後；2016年測量のLPデータ）が得られていることから本検討では、一定流量を通水し最も洪水前後の河道変化を表現する流量とその継続時間を見つけ出して検討を行うこととした。

b) 計算結果

流量およびその継続時間を種々検討した結果、 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ を7日間通水した場合に、現地の河道変化を最も



図-10 計画標準断面図

よく表現していることが判明した。その結果を図-9に示す。床固工群上流の堆積を含め、洗掘堆積箇所もおおむね現地の傾向を示している。

5. 床固工群の基本特性の把握

実際の河道データを用いると複雑な地形を扱うため、現地の地勢データを用いた検討を行う前に、単純な河道形状を用いて、床固工群の効果の基本的な特性を把握することとした。

(1) 計算条件

河道形状以外の計算条件は計算手法の再現性を確認する際に使用したものと同じものを用いて計算を行った。単純な河道形状として、図-10に示す計画標準断面図⁴⁾をもとに設定し、初期河道勾配は施設配置計画⁴⁾をもとに1/100に設定した。計算は、床固工群がない場合と床固工群がある場合の2ケース行った。両ケースとも平坦床から計算を開始している。

(2) 計算結果

床固工群がないケースと床固工群があるケースの計算結果を図-11に示す。床固工群がない場合は、流路が定まらず大きな流路変動が見られたが、おおむね 500 m 間隔で節が形成された。そこで、床固工群がある場合は、戸蔭別川における基幹的な床固工が節の位置に設置されていることから、床固工群がない場合において形成された節の間隔である 500 m 間隔で設置した。その結果、時間経過に関係なく床固工を設置した位置で節が形成される明確な節腹連続河道が形成され、河道が安定した。このように、床固工群は節の位置を固定化し流路変動を抑制する働きもあるものと推定される。

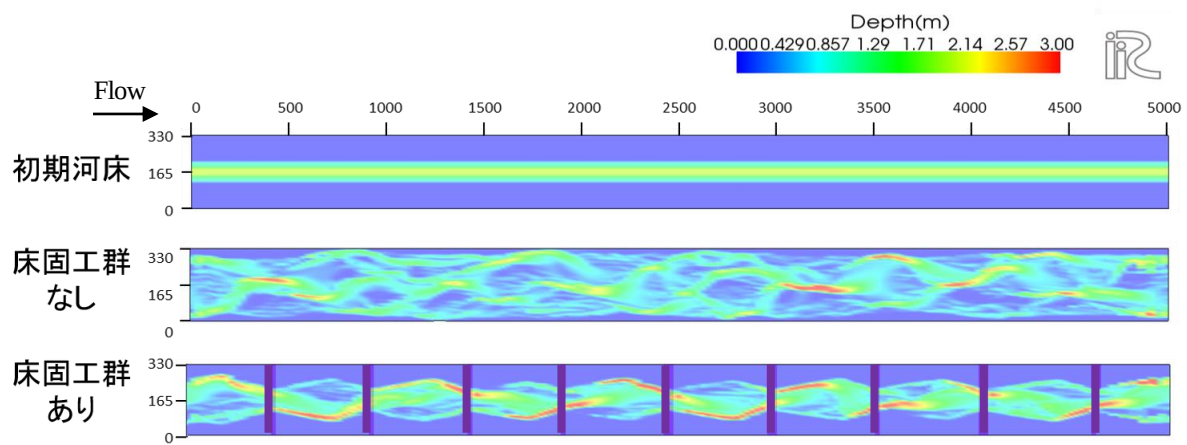


図-11 単純な河道形状における計算結果の水深

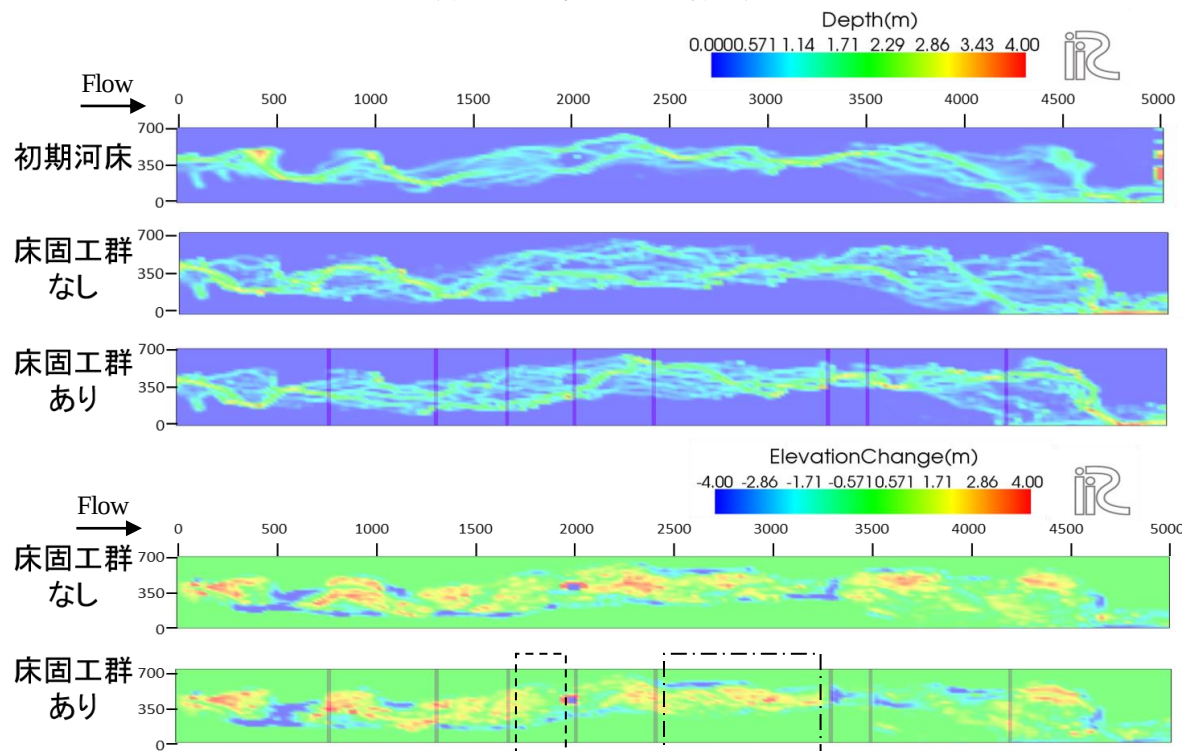


図-12 樹林帯を考慮しない場合の水深および河床高の変動量

6. 現地地形による床固工群の土砂補足効果

(1) 計算条件

計画標準断面図を用いた検討では、床固工群による流路変動の抑制が確認できた。そこで、現地の地形データを用いて、床固工群と樹林帯の有無による河道変化の違いを検討することとした。計算条件は、河道形状以外は計画標準断面図を用いた検討の際に使用したのと同じものとした。計算対象区間は、図-2の赤枠で示される2016年8月洪水で床固工群の効果が大きかったと考えられる第1号～第9号付近の全長 5 km に設定した。

(2) 計算結果

床固工群と樹林帯を組み合わせた計画による土砂捕捉

効果およびこれらが存在しない場合との河道変化の違いを確認するため、計算終了時点の水深と計算前後での河床高の変化をみることにする。樹林帯が存在しない場合の床固工群の有無による違いをみたものが図-12である。床固工群がない場合に比べ床固工群がある場合には、単純な河道形状で検討を行ったときと同様に、主流路が明確化しており、さらに上流から 1.5 km ～ 3 km 区間においては、横断方向の流路変動の抑制効果が顕著である。また、緑の砂防ゾーンに選定されている拡腹部における初期河床からの平均堆積厚を床固工群の有無で比較した結果、床固工群がある場合のほうが図-12の点線で囲まれた第4号上流では 0.364768 m、図-12の一点鎖線で囲まれた第6号上流では 3.934315 m 大きく堆積した。このように、現地の河道データを使用した検討において、床固工群の土砂捕捉効果が確認された。

樹林帯を考慮した場合の床固工群の有無による違いを

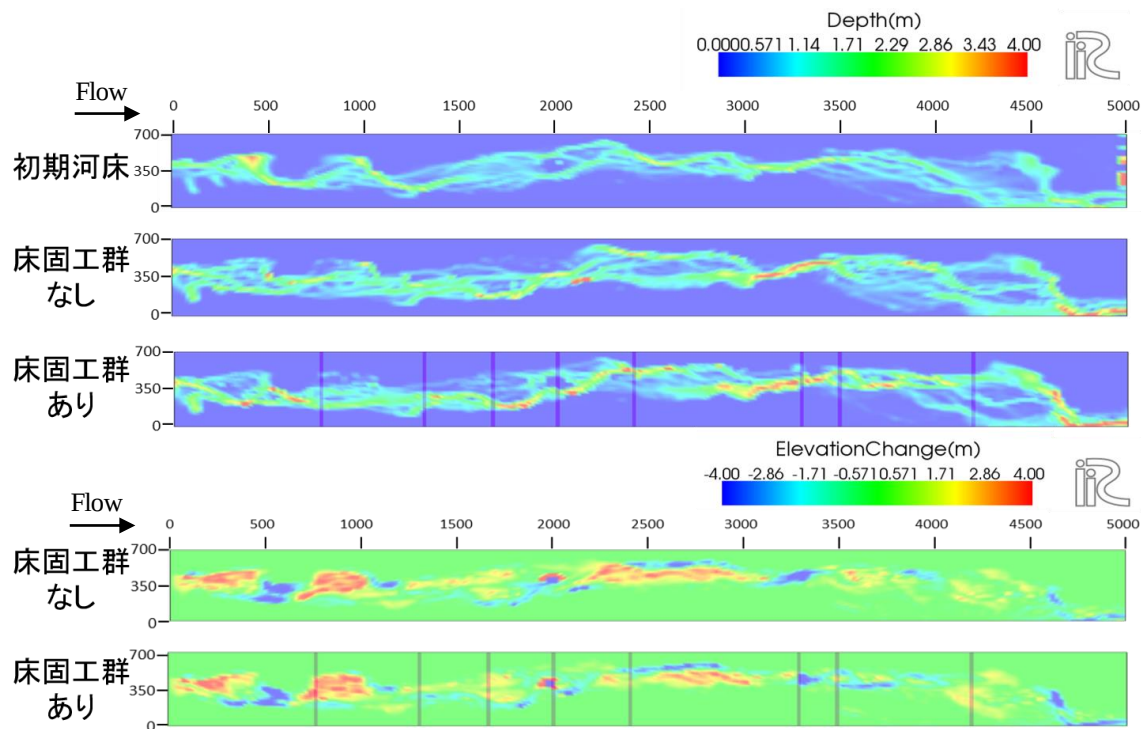


図-13 樹林帯を考慮した場合の水深および河床高の変動量

みたものが図-13である。樹林帯がある場合には樹林帯がない場合と比べ、流路の収束が顕著であり河道が安定することが確認できる。なお、計算範囲の上流域で堆積傾向が大きく見られた。

(3) 考察

床固工群がある場合には、床固工群による河床高の維持により、河床勾配が緩くなることから床固工群上流側に土砂を堆積させるとともに、すでに拡幅部に存在していた不安定土砂の再移動を抑制したと考えられる。また樹林帯が存在する場合には、樹林帯内およびその周辺の流速を減じ、樹林帯外の河道中央部に流路が収束した。このように、流路変動の抑制には樹林帯の存在が効果的であると考えられる。床固工群のみの場合と比較し、樹林帯がある場合の方が流路収束の観点からは効果があることを確認した。しかしながら、樹林帯のみでは土砂捕捉効果が弱いいため両者を組み合わせた計画が有効であると考えられる。

7. おわりに

本研究では、床固工群と樹林帯による流路変動と土砂の捕捉効果について明らかにすることを目的としたシミュレーションを行った。流路の収束の観点からは、床

固工群の効果と樹林帯の効果を比較すると、樹林帯の効果のほうが大きく、土砂捕捉効果の視点からは床固工群の効果のほうが大きい。また、床固工群と樹林帯の両方を考慮した場合には、流路の収束と土砂捕捉効果の両方の視点で効果があることが明らかになった。特に、樹林帯のみを考慮した場合には、局所的な洗掘が生じているものの、床固工群の設置により局所洗掘も抑制されており、両者の組み合わせによる計画は、河川管理上きわめて有効な手段であることが明らかになった。

謝辞：本研究は、国土交通省河川砂防技術研究開発公募地域課題分野(河川生態)「気候変動下における河川生態系のレジリエンス-河川構造、生物多様性、生態系機能に着目して-(中村太)」および科研費「節腹連続河道の形成機構の解明(代表：渡邊康玄)」の助成を受けて実施した。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 北海道開発局帯広開発建設部:札内川技術検討会資料,2016.
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部:十勝川流域砂防検討会資料,2017.
- 3) 日本工営株式会社:平成29年度十勝川直轄砂防事業基本計画検討業務,流出解析検討,中間報告,2018.
- 4) 佐川弘明,吉井厚志,品川守,大石松夫:戸蔭別川床固工群計画について,昭和61年度技術研究発表会,1987.

(2018. 4. 3受付)