

# 節腹連続河道の形成と床固工群の設置に関する数値実験

Numerical experiments on the formation process of a gourd shaped channel and influence of groundills to its shape

北見工業大学大学院 ○学生員 伊藤朱花 (Ayaka Ito)  
北見工業大学 正 員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

## 1. はじめに

十勝川水系札内川流域戸蔭別川では不安定土砂が多く存在することから、土砂流出に伴う流路変動が繰り返されてきた。周辺地域の土地利用推進を目的に、1988年から2010年までに全15基の床固工群が中流の扇状地区間に施工された<sup>1)</sup>。床固工群が施工されている6.3kmの区間では樹林帯と合わせた土砂輸送と流路変動を抑制し、床固工群が施工された後は河道幅に大きな変化はなく安定していたが、床固工群の大規模出水時の効果は検証されて来なかった。そのような中、2016年の北海道豪雨が生じた際には札内川合流点付近で河岸浸食により土砂移動を伴う甚大な被害が発生したものの、床固工群が施工されている区間では同様の被害は起こっていない<sup>2)</sup>。このことから大規模出水時にも床固工群による土砂移動および流路変動の抑制効果があると考えられた。また、伊藤ら<sup>3)</sup>は、数値シミュレーションにより、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効果を検証している。また、節腹連続河道の河道変動に対し床固工の間隔は、施設が存在しない場合の節腹の形成間隔に依存することを明らかにした<sup>4)</sup>。この時の床固工は、河道の狭窄部を人工的に形成させているものとも考えられ、節腹連続河道の形成は狭窄部により影響を強く受けることも考えられる。一方で、鈴木ら<sup>5)</sup>は、節腹連続河道の形成において上流端の河道条件について検討を行い、節腹連続河道の形成に対して、上流端の狭窄条件は大きくないことを示している。そこで、本研究では、強制的な狭窄部の存在が節腹連続河道の形成に与える影響を詳細に検討することを目的に、現実の河道条件を参考にした河道形状ならびに水理条件を用いて、数値シミュレーションソフトiRIC Nays 2DHにより、水路上流部の狭窄部が節腹連続河道の形成に与える影響と床固工群の設置間隔について検討を行うこととした。

## 2. 水路形状と水理緒元の設定

### 2.1 河道形状と水理緒元

本研究では節腹連続河道の特性と床固工群の設置間隔

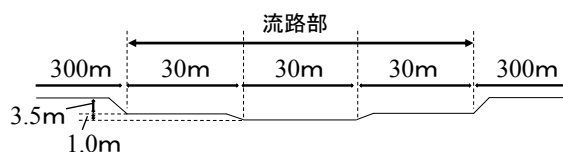


図-1 計画標準断面図

の違いによる影響の変化を把握することを目的としていることから一定勾配の単純河道形状を採用することとしたが、より実際の河道に近づけるため、計算条件を設定するにあたり、戸蔭別川の床固工群が設置されている区間の河道形状と水理諸元を参考にした。河道形状は、図-1に示した戸蔭別川の計画標準断面図<sup>1)</sup>をもとに、河道幅90mとしてその中央に30mの低水路を設け、その左右岸には河道の移動特性を把握する目的で河岸浸食の状況をみるための氾濫原をそれぞれ300mの幅で付した。低水路床から氾濫原までの高さは4.5mであり、低水路床から氾濫原の高さは3.5mである。初期河道勾配は、戸蔭別川床固工群の施設配置計画<sup>1)</sup>をもとに1/100に設定した。

また、水路長は後述する節腹形状の波長に大きな影響を与えない4.8kmとした。河床材料は、戸蔭別川の粒度分布をもとに試行計算を行い現地河道の出水時の変動を的確に再現することが可能であった50mmとした。なお、氾濫原も同一の材料としている。マニングの粗度係数は戸蔭別川床固工群の計画粗度係数である $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ とした。流量は実際の河道の応答を見るためには実際のハイドログラフを使用するべきであるが、ここでは、簡単化のため、2016年8月出水で戸蔭別川の河道変化を一定流量で再現可能であった(参考文献)、 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量を7日間通水することとした。

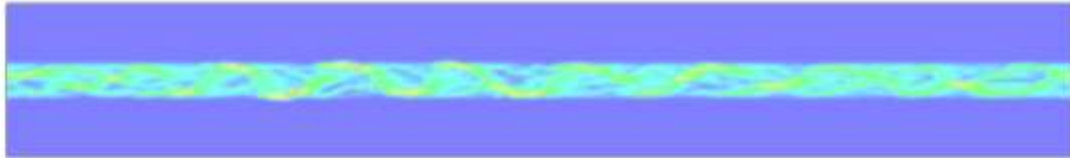
### 2.2 境界条件の設定

節腹連続河道における河道の安定に最適な床固工群の設置間隔の検討を行った伊藤ら<sup>4)</sup>の数値計算では、節腹連続河道の形成過程を把握することも目的であったため、節腹連続河道のきっかけとなる狭窄部を上流端に設けず、下流端の水理量が上流に繰り返される周期境界条件としていたが、本研究では節腹連続河道や床固工群の上流からの土砂の捕捉機能をより正確に把握することを目的として、水路上流端に節腹連続河道のきっかけとなる狭窄部をあえて設置して、上流端から前述の流量と平衡流砂量を供給し、下流端は等流水深を与えることとした。なお、比較のため、水理条件は同一として境界条件のみ周期境界とした場合についても計算を行っている。

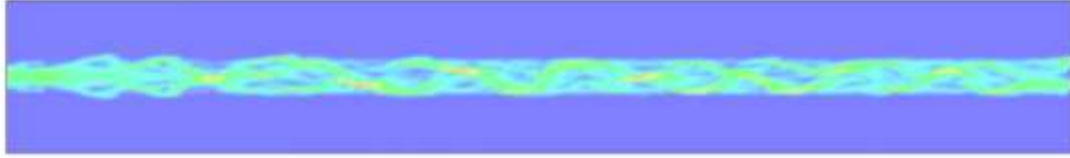
### 2.3 床固工の設置間隔の設定

戸蔭別川の河川形状が節腹連続河道であり床固工群が設置されていることを踏まえ、単純河道において床固工群が存在しない場合の節腹連続河道の波長に合わせて床固工を設置した数値計算を行うこととした。なお、数値計算における床固工の取り扱い、床固工設置位置の河

周期境界条件



非周期境界条件

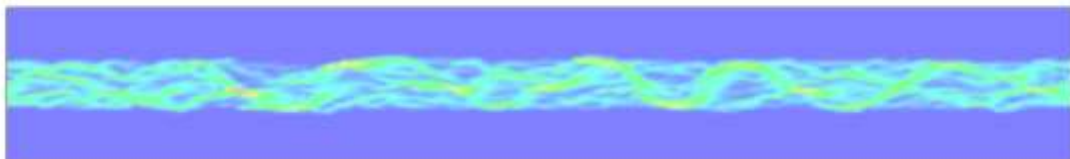


Depth(m)  
0.0000 0.571 1.14 1.71 2.29 2.86 3.43 4.00

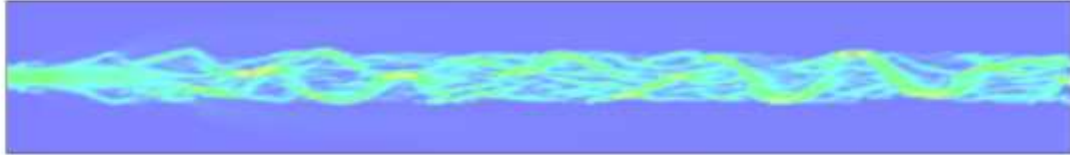


図-2 通水後 2 日経過した場合の水深

非周期境界条件



周期境界条件

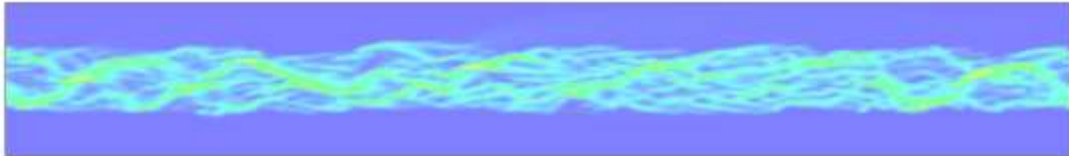


Depth(m)  
0.0000 0.571 1.14 1.71 2.29 2.86 3.43 4.00

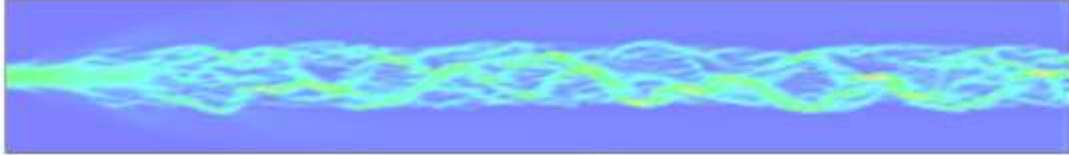


図-3 通水後 4 日経過した場合の水深

周期境界条件



非周期境界条件



Depth(m)  
0.0000 0.571 1.14 1.71 2.29 2.86 3.43 4.00



図-4 通水後 7 日間経過した場合の水深

床が初期河床高から洗掘されず，初期河床高より高く堆積することは許す条件とした。

### 3. 狭窄部が節腹の形成に与える影響

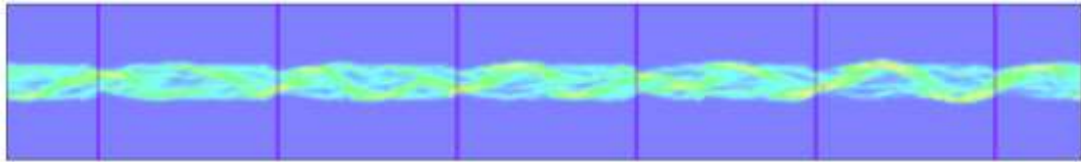
最初に，節腹連続河道の形成に与える河道狭窄部の影響を確認するため，狭窄部を設置しない周期境界条件での計算結果と，上流端に狭窄部を設けて周期境界条件と

しなかった場合の河道変化についてみることにする．図-2，3 および 4 は，それぞれ通水後 2 日，4 日および 7 日経過した時点での水深コンター図である．

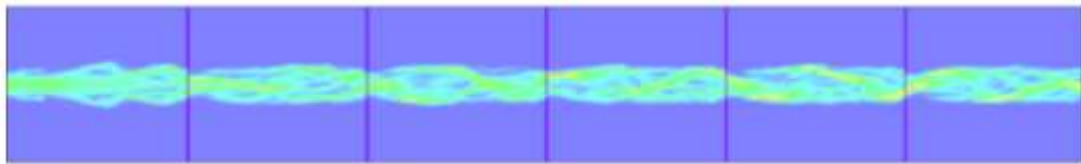
#### 3.1 狭窄部がない場合の河道変化

狭窄部がない場合には，節腹連続河道の形成は通水後 2 日の時点ではみられず蛇行した水みちが形成されてい

## 周期境界条件



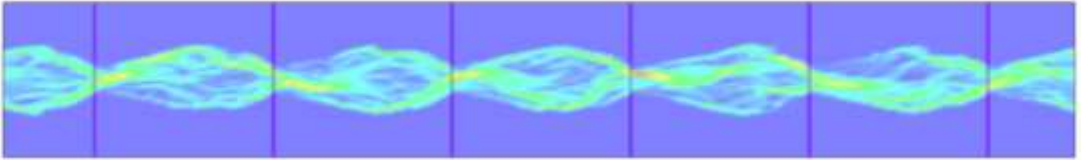
## 非周期境界条件



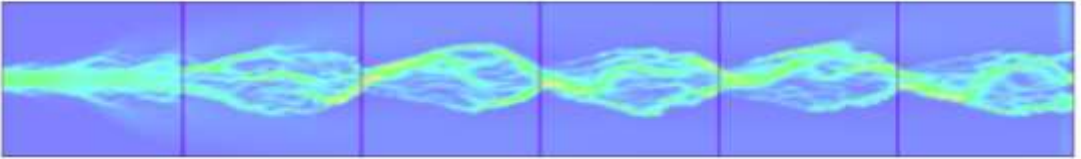
Depth(m)  
0.0000 0.571 1.14 1.71 2.29 2.86 3.43 4.00

図-5 床固工群がある場合に2日経過したときの水深

## 周期境界条件



## 非周期境界条件



Depth(m)  
0.0000 0.571 1.14 1.71 2.29 2.86 3.43 4.00

図-6 床固工群がある場合に7日経過したときの水深

る。通水後4日経過した時点には蛇行が強く明瞭ではないが、約800m間隔で水みちが横断方向に収束し周囲よりも洗掘された「節」と横断方向に水みちが分散する傾向のある「腹」が縦断方向に交互に現れている。なお、この時点で確認される「節」は、2日経過時点において出現していた蛇行した水みちの周囲に比べて特に洗掘が生じていた箇所が基となっている。通水開始から7日後には4日経過時点で見られた節腹連続河道がやや不明瞭になり、全体的に水みちが網状になっている。なお、不明瞭になった節腹の平均的な周期は、約800mである。

## 3.2 狭窄部がある場合の河道変化

狭窄部がある場合には、狭窄部がない場合と比較すると節腹がより明確に形成される傾向であった。狭窄部がある場合には通水後2日時点で明瞭な節腹連続河道が形成されたがその平均的な周期は狭窄部がない場合に形成された波長の1/2にあたる400mであった。通水から4日が経過すると水路下流では節腹が崩れ蛇行流路となりその平均周期は約600mである。その後、節腹の周期を伸ばしながら明確な蛇行した水みちを形成しつつ節腹が繰り返して形成され7日が経過したときの節腹の平均的な周期は狭窄部がない場合よりやや短い約700

mとなった。

鈴木ら<sup>5)</sup>は水理実験および数値計算にて上流端の狭窄部は節腹連続河道が形成されやすくなる効果はあっても狭窄部自体が節腹連続河道形状の必要条件ではないと述べておりこれと一致する。

## 4. 床固工を設置した場合

## 4.1 河道変化

床固工は水路上流端に狭窄部がある場合には、水路上流部の「節」は400m間隔で形成され、時間とともに間隔が伸びていき通水開始後6日が経過すると床固工が設置されている約800m間隔に落ち着いた。一方、水路下流部では床固工下流に「節」が形成され、上流部と下流部では節腹の形成過程に異なる点が見られた。水路上流部では狭窄部の影響を受け、節腹の形成が下流側と比較し早い段階でみられる一方、水路下流部では蛇行河川が時間経過とともに節腹連続河道へと変化していることから、狭窄部の影響は縦断的に影響範囲が存在するようである。

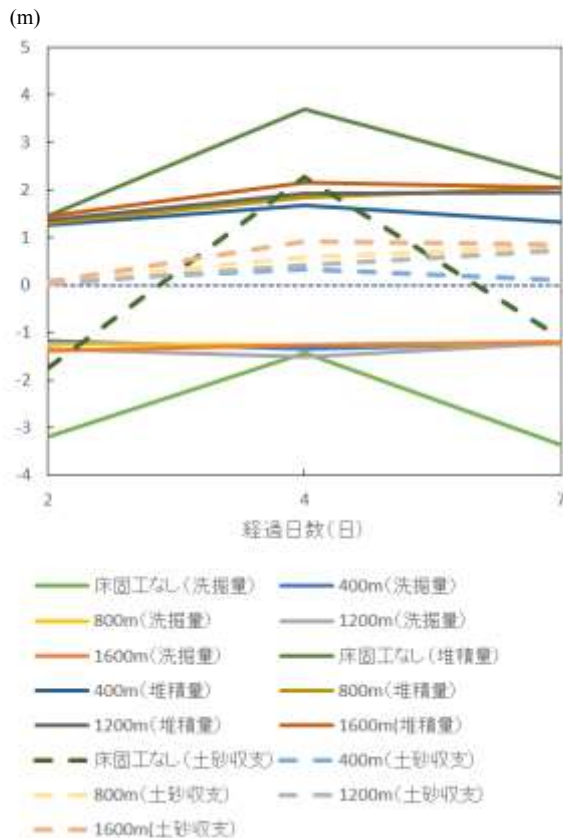


図-7 洗掘深と堆積厚

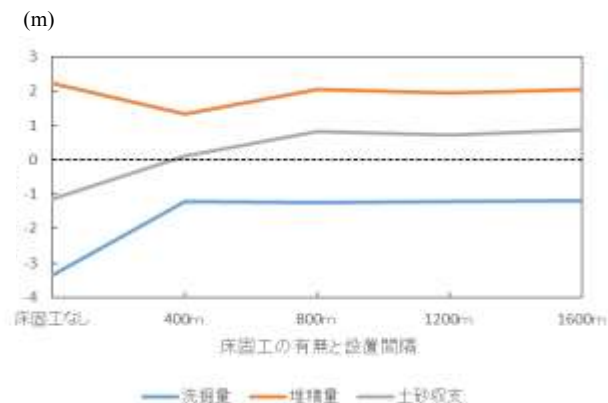


図-8 床固工の有無および設置間隔による土砂量の比較

#### 4.2 土砂移動

河道の安定性を考える場合には河床高の変動についても考える必要がある。土砂の堆積という観点から見れば最大堆積厚が大きく最大洗掘深が小さいことに加え、河床高が小さいことが有利となる。図-7 には最終的な床固工有無および設置間隔の違いによる洗掘深、堆積厚およびそれらの差し引きである土砂収支の時間変化を示した。また図-8 には最終的な床固工有無および設置間隔の違いによる洗掘深、堆積厚およびそれらの差し引きである土砂収支水路中央部に形成された「腹」一波長分における初期河床からの洗掘深と堆積厚の比較およびその変化量を示した。なお、比較のため床固工がない場合の値もそれぞれ示している。

床固工の設置間隔が 400 m の場合に堆積量および洗

掘量が最も少ない結果を得たが最大洗掘量と比較すると床固工の設置間隔が 400 m の場合に最も局所洗掘が大きくなることを確認した。

床固工は「節」の位置を固定させ流路変動を抑制する機能を有するものの間隔が短すぎると局所洗掘が大きくなる。土砂の移動は初期流路形状に関係なく「節」を形成する流路部の河床洗掘や「腹」における河岸浸食で供給される土砂が「腹」の河道中央部に堆積する特徴を有している。節腹連続河道はある範囲で発生した流砂がその箇所でも堆積する傾向を持つと考えられる。

床固工を 800 m, 1200 m, および 1600 m 間隔で設置する場合には時間的に大きな変動が生じておらず 1200 m の場合最大堆積量が最も大きくなった。

#### 4. おわりに

本研究では、節腹連続河道における狭窄部および床固工群の影響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。その結果、節腹連続河道の形成過程において水路上流の狭窄部の有無は非常に影響が強いことが明らかになった。また、床固工群がある場合には上流側では狭窄部の影響を受けたものの下流側では狭窄部の影響はあまり見られなかった。これは床固工により土砂移動および流路変動が抑制されていたことによるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 佐川弘明, 吉井厚志, 大石松夫: 戸蔭別川床固工群計画検討業務, 流出解析検討, 中間報告, 1962.
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部: 札内川技術検討会資料, 2016..
- 3) 伊藤朱花, 渡邊康玄, 池島剛, 松岡暁, 伊藤隆郭, 谷昭彦: 戸蔭別川における床固工群と樹林帯の出水時の効果, 河川技術論文集, 第 24 巻, 2018.
- 4) 伊藤朱花, 渡邊康玄: 節腹連続河道における床固工群の設置間隔が河道に与える影響, 平成 30 年度年次技術研究発表会, 2019
- 5) 鈴木順也, 渡邊康玄: 節腹連続河道の形成に関する数値実験, 平成 29 年度土木学会北海道支部論文報告集, 第 74 号, 2018.