

標津川蛇行復元における 2way 河道の 通水直後の変化

CHANGING OF TWO-WAY RIVER COURSES IN
RESTORATION PROJECT AT THE SHIBETSU RIVER

鈴木 優一¹・渡邊 康玄²・長谷川 和義³・森 明巨⁴・空閑 健⁵
Yuichi SUZUKI, Yasuharu WATANABE, Kazuyoshi HASEGAWA, Akio MORI and Takeshi KUGA

- ¹ 正会員 (独)北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)
² 正会員 工博 (独)北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)
³ 正会員 工博 北海道大学教授 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市中央区北13条8丁目)
⁴ 正会員 工博 北海道大学助手 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市中央区北13条8丁目)
⁵ 国土交通省北海道開発局釧路開発建設部 (〒085-8551 釧路市幸町10丁目3)

The Shibetsu River originally had a number of meander bends, and wetland spread in its lower reaches. Cut-off works to straighten the meandering river course began in 1953. As a result, safety level against flooding was much improved, the wetland disappeared and farmland development progressed in the river basin. In recent years, however, there have been increasing demands from local resident for creation of a river environment taking into consideration. Restoration of the natural river environment has therefore been promoted since 2000. Because it was considered difficult to ensure safety against flooding if only the old meandering river course was restored, it was decided to adopt a method of restoring the old river while maintaining the present straightened river course. Water was reflowed into the restored meandering river course on the March 18 2002. The conditions of the straight river course and the restored meandering course connected to it in the five months after reintroduction of water were observed.

Key Words : restoration project, the Shibetsu river, bank erosions, sandbar

1. はじめに

標津川は、標津岳にその源を発し、支川の武佐川等を合わせオホーツク海に注ぐ流路延長 77.9 km、流域面積 671 km²の二級河川であるが、指定河川と定められており、本川下流側 10.4 kmとこれに続く武佐川 7.5 kmが大臣管理となっている(図-1 参照)。

標津川の戦前までの姿は、幾多の蛇行を繰り返しており、上流側の山地は自然林、下流側は未開の大規模な湿地帯が広がっていた。改修工事は 1932 年から着手され、1953 年から蛇行河道を直線化させるショートカット工事が本格化された。1980 年代後半には下流部の湿地帯のほとんどが農地となるとともに、治水安全度が飛躍的に向上した。

しかし、時代の変化とともに、標津川を取り巻く状況も変わり、地域の主力産業である漁業(サケ・マス)と

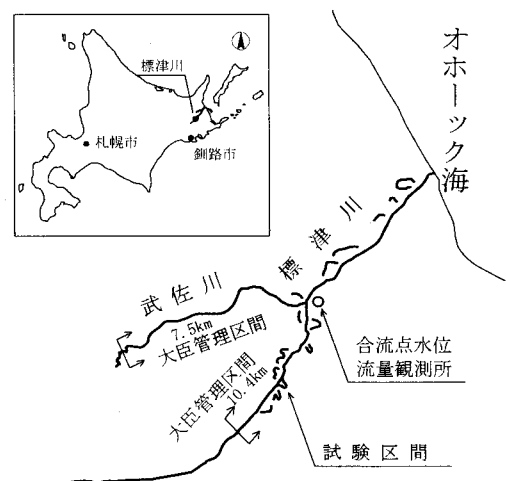


図-1 標津川概要図

農業を結ぶ河川環境の創出や自然に配慮した環境の創出が地域の要望として高まった。この様な中で、1997 年の河川法改正が契機となり、2000 年から「自然復元型川づくり」の試みが全国初の事例として進められるこ



図-2 試験区間の概要(6月20日撮影)

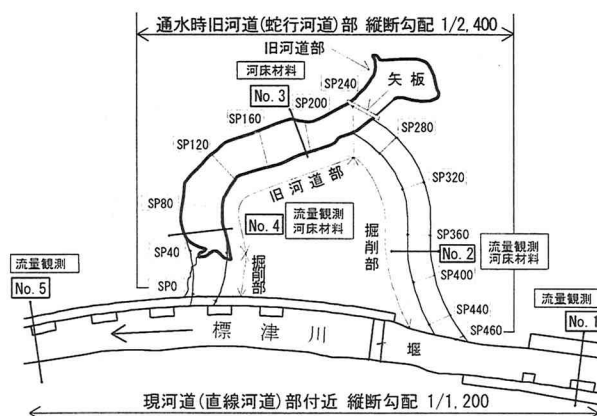


図-4 現地調査箇所図

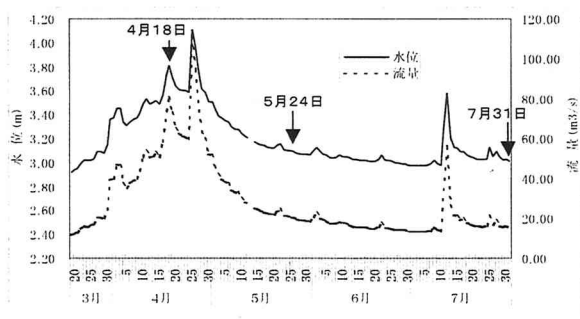


図-3 合流点観測所の水位、流量変化図

とになった。

自然復元にあたり、技術的な課題の把握と解決に向け、実際の標津川旧河道(蛇行河道)を利用した試験施工を行うこととなり、今年3月18日に通水が行われた。本報告は、通水後5ヶ月を経過した試験区間の河道状況を速報するものである。

2. 試験区間の概要

試験区間の概要を図-2に示す。試験は、河口から上流8.4kmの地点から8.6kmの地点の右岸に位置する三日月湖の旧河道(蛇行河道)を現河道(直線河道)と接続して行われた。治水安全度を確保するため、現河道(直線河道)を残したまま旧河道(蛇行河道)を継続させたことから、この部分は、2way河道となった。蛇行している旧河道が直線河道である現河道よりも河床勾配が緩やかであるため、土砂による旧河道(蛇行河道)の埋没が懸念されたことから、平常時の流れは、そのほとんどを旧河道(蛇行河道)側に流れるよう現河道(直線河道)と旧河道(蛇行河道)の分岐部から約30m下流の現河道(直線河道)に落差1mの透過性の堰(ネット状の袋に砂利を詰めたもの)を設置した。

旧河道(蛇行河道)部の上流側は、ショートカットされた際に埋め戻されていたため河床幅20m、河岸勾配2割の単断面で掘削した。掘削面には砂質土が露出することとな

ったが、植生等を施さず裸岸のままとした。なお、この部分は、旧河道(蛇行河道)部の生態系を一部保存することを目的として、掘削部の取り付け位置を旧河道(蛇行河道)部上流側先端から下流寄りとし、矢板によって分離して旧河道(蛇行河道)部の一部を残存させた。このため、図-4のSP240からSP260右岸側に矢板を設置している。下流側の半分は旧河道(蛇行河道)が残されていたことから、厚さ約50cmの底泥を除去した後これをそのまま用いた。

旧河道(蛇行河道)部の延長は約470m、河床縦断勾配1/2,500で、現河道(直線河道)延長は約220mである。

試験区間の周辺は、ヤナギ・ハンノキ等の木々が繁茂しており、残されていた旧河道(蛇行河道)部下流側は河岸付近まで植生で覆われている。

通水から7月までの標津川と武佐川の合流点下流に位置する合流点水位流量観測所における流量と水位の変化を図-3に示す。

なお、試験区間の流量は、通水以降の流量観測の資料から武佐川合流後の合流点観測所流量の概ね6割程度である。また、融雪出水と7月中旬に約80mm(中標津町)のまとまった降雨による出水が発生した以外、出水は発生していない。

3. 現地調査

通水日の3月18日から融雪出水時の4月19日までの1ヶ月に実施された調査項目と調査箇所を図-4に示す。

(1) 流量観測

表-1に通水直後と融雪時の観測結果を示す。各地点の観測はほぼ同時刻に行われている。3月18日には、堰を透過性としたため堰高よりも低い水位であったが、本川流量(No.1地点流量)の約3割が現河道(直線河道)へ流れ込んでいた。しかし、翌日からはほぼ全ての流れが旧河道(蛇行河道)の方へ流れることとなった。これ

表-1 流量観測結果表

調査月日	流 量 (m ³ /s)			
	No.1	No.2	No.4	No.5
3月18日	7.2	5.0	5.4	
3月19日	7.0	6.9	7.3	
3月20日	7.9	7.0	7.2	
3月22日	8.6	8.3	8.3	
3月25日	9.6	9.1	9.2	
4月19日	44.2	26.1	27.6	45.3

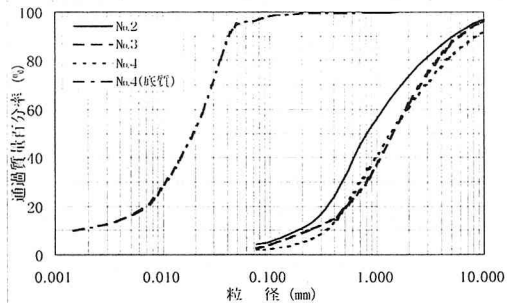


図-5 粒径加積曲線図

は、現河道(直線河道)の分岐点直下流に設けられた堰が、玉石を柵につめたものであることから、通水当初は、間隙から流量の3割程度が現河道(直線河道)の方へ落下していたが、堰直上流に敷設されていた砂利により間隙が埋まり3月19日以降は、現河道(直線河道)への流れがほぼ停止したものと考えられる。また、融雪出水ピーク(4月25日)に近い4月19日においては堰から現河道(直線河道)へ越流する流れとなったが、旧河道(蛇行河道)へ約6割の流れ込みがあったことが確認できる。

(2) 河床材料調査

河床材料調査は、通水前の3月15日に図-4で示すNo.2, No.3及びNo.4の3地点で行われ、河床材料は河道中央部から採取した。また、No.4地点では底質調査も合わせて実施した。底質材料は、通水後の下流域への環境に対する配慮から、旧河道(蛇行河道)部の底質除去を行った後の、一部窪地に残ったものを採取した。この底質は、旧河道(蛇行河道)部が閉鎖性水域となった以降に堆積したと考えられる。粒径加積曲線を図-5に示す。旧河道(蛇行河道)部では河床材料の6割以上が砂質分で構成されており、底質ではそのほとんどがシルト分である。この結果は、地質分類図(昭和54年、北海道Ⅷ)¹⁾で標津川沿いが未固結堆積物の砂・礫・粘土で示されているのと良く符号している。通水後には、この底質は全て流出したものと考えられる。

4. 河道の状況

通水後、4月から7月までの旧河道(蛇行河道)と現河道(直線河道)の状況を目視調査と撮影した写真を基に

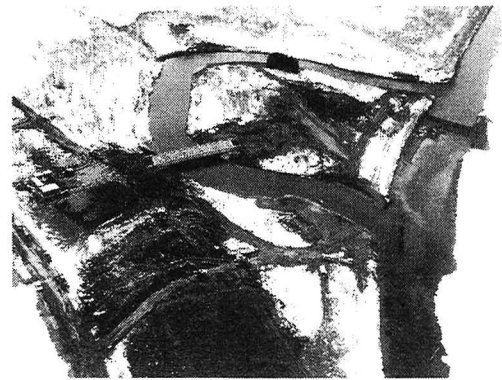


図-6 3月18日通水直後の状況

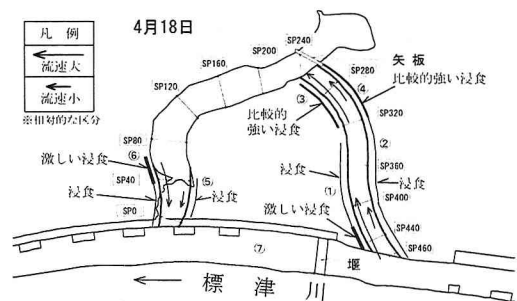


図-7 4月18日試験区間状況図



図-8 4月18日流入部左岸側の状況
(SP440 右岸から左岸を望む)

次に述べる。

旧河道(蛇行河道)部では、通水約1ヶ月後にピークを迎えた融雪出水により、人工的に形成された裸地斜面で様々な規模の侵食が生じた。融雪出水の終了と共に、水位は低下したが、わん曲部の外岸側で後背地の木々が転倒するほどの河岸侵食が継続して生じた。水位の低下に伴い、河床に形成された単列交互砂州が目視により確認された。これらの状況を、旧河道(蛇行河道)部と現河道(直線河道)について、目視調査日ごとに上流側から整理した。なお、文中の丸数字は、調査日ごとの図面中の丸数字と合致している。

通水直後の状況を図-6に示す。

(1) 4月18日

4月18日は図-3に示すように、融雪出水のピーク水位(合流点水位流量観測所地点水位 4.41m)の発生した4月25日に次ぐ高い水位(合流点水位流量観測所地点水位 3.91m)が発生した日である。このため、試験区間においてもほぼ融雪出水のピーク時に近い流況である。

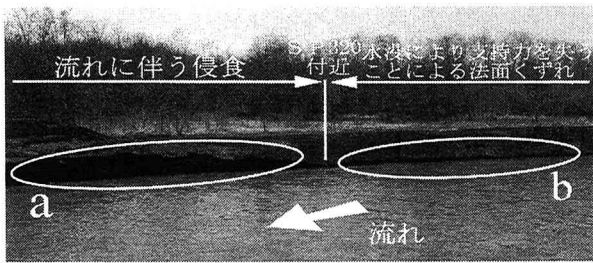


図-9 4月18日右岸 SP320 付近の状況
(SP300 付近左岸から右岸を望む)

流入部左岸側①は、現河道(直線河道)からの流入主流線が流入先端部付近から左岸沿いに生じており流れの曲がりに伴うらせん流を伴って、激しい侵食が発生している。特に、先端部でその傾向が著しく、立木の根元部分の土砂が流出している。

流入部右岸側②は、融雪出水時の水位まで河岸侵食が発生しているが、規模は小さい。これは、通水開始前に人工的に形成された斜面が通水と同時に支持力を失うことから生じたものと考えられ、流れによって引き起こされた侵食とは異なる。通水に伴う流れの侵食作用による侵食と融雪出水に伴う裸地斜面の支持力を失うことによる変化を図-9に示す。SP320より下流では、流れの作用で掘削時の法面での水位線より後背地側へと侵食が拡大している(図-9のa参照)。一方、SP320より上流では、水没することにより支持力を失って法面がくずれている(図-9のb参照)。

中間部左岸側の③では、内岸と外岸での流下物の流れの差から、わん曲部内岸側であるが、流速の大きな流れが生じ、比較的強い侵食が発生している。これは、通水初期において河床が横断方向に一樣に近い形状をしており、いわゆる自由渦型の流速分布を示し、流水が内岸側を流下したためである。

中間部右岸側の④では、わん曲部外岸側のため、流速は大きくないが比較的強い侵食が発生している。

流出部左岸側⑤では、わん曲部外岸側であるが、流入部右岸側②と同様の小規模な侵食が発生している。

流出部右岸側⑥は、流下物の流れの状況から判断すると、上流からの流れが SP60 付近の河岸に直接当たっており、激しい侵食が発生している。また、先端部付近は③と同様な流速の大きな流れが発生しているが、侵食の規模は小さい。

現河道(直線河道)部⑦の流れは、比較的ゆるやかであるが出水で水没しており、河床の侵食や堆積の状況はうかがえない。

(2) 5月24日

融雪出水のピークから1ヶ月を経過し、水位も低下しこの日の合流点水位流量観測所での水位(3.10m)は平水位に近い状況であった。なお、4月18日から5月24日の間に融雪のピークを経験している。

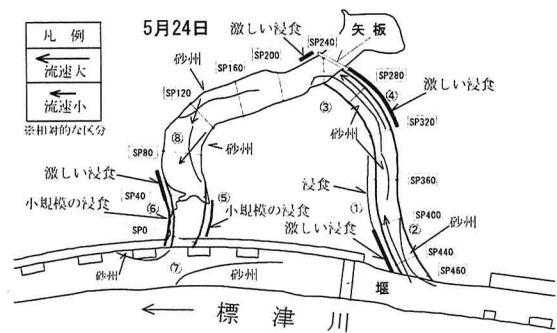


図-10 5月24日試験区間状況図

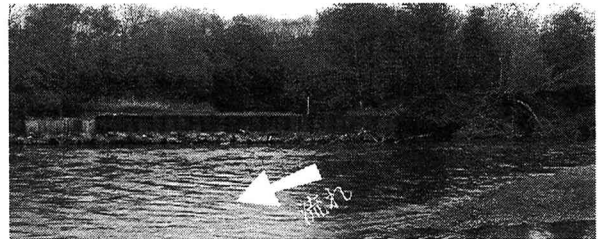


図-11 5月24日中間部右岸側の状況
(SP280 左岸から右岸を望む)

流入部左岸側①では4月18日の状況と変わりなく、らせん流を伴う左岸沿いの流れにより侵食が下流側や後背地へ進行している。先端部では、河岸の流出により立木の転倒が発生している。

流入部右岸側②は、河岸侵食について4月18日以降生じていないと判断される。わん曲部内岸側であり出水中に形成されたと思われる右岸付きの砂州が確認された。河岸侵食は、融雪出水時の水位から下部にほぼ垂直に近い侵食面が見られる。

中間部左岸側③は、②と同様な状況で、垂直に近い侵食面が見られる。また、河床には左岸付きの砂州が形成されている。

中間部右岸側④の矢板を挟む SP220-320 にかけての区間は、外岸側となり激しい侵食が発生している。特に、矢板の直上下流付近で著しく、立木の転倒が発生している。4月18日時点では、流れや侵食の程度が弱かった現象とは対照的である。この区間での流下物の状況からは、強制渦型の流速分布となっていることから、外岸側河床が大きく洗掘を受けていることが想定される。

右岸側 SP100-170 と左岸側 SP40-120 にかけての区間⑧には、それぞれ右岸付きの及び左岸付きの砂州の形成が見られる。右岸側 SP100-170 の砂州はわん曲部の外岸側付きとなっているため、右岸側に寄った流れを左岸側へと向けている。流下した流れは、内岸側付きに形成された SP40-120 の砂州の存在で、左岸河岸に寄ることなく、SP60 付近の右岸に直接当たっている。また、SP40-120 の左岸付きの砂州は、一部中州となって現れている。

流出部左岸側⑤では、小規模な侵食が見られるが、前

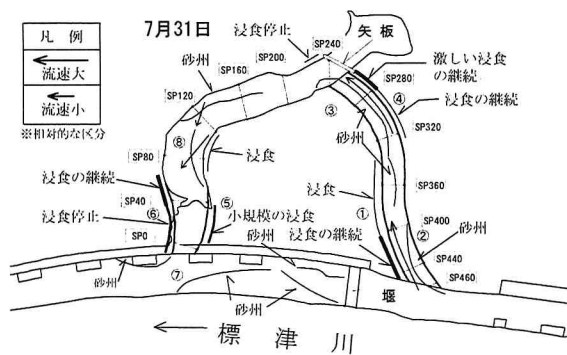


図-12 7月31日試験区間状況図



図-13 7月31日流出部の状況
(SP80から下流を望む)

回調査(4月18日)からの進行は少ない。

流出部右岸側⑥は、SP60 付近の侵食が後背地に激しく進行している。これは、⑧区間の砂州の影響によるものである。また、先端部付近も斜面部の侵食が進行し、垂直に近い侵食形状となっているが、小規模である。

現河道(直線河道)部は右岸側に水制工があるため、全体的に左岸寄りの流れとなっているが、旧河道(蛇行河道)流出部付近⑦では左岸付きの砂州が形成されている。現河道(直線河道)下流側では、旧河道(蛇行河道)から続く右岸付き砂州が形成しており、その直上流側は、左岸付き砂州が形成している。

(3) 7月31日

5月の調査以降、図-3に示すように7月中旬に小規模な出水が発生したが、調査日の7月31日は5月24日の調査時より若干水位の低い状況である。

流入部左岸側①における、5月に確認された立木の転倒はそのままの状況であり、ほぼ垂直な侵食面の下部が侵食されるに伴い後背地の植生が徐々に落下している。侵食はこの時点では停止することなく継続している。

流入部右岸側②の砂州は、拡大している様子は見られないが、融雪出水に匹敵する規模の出水が発生していないためか、砂州上には部分的に植生が発生している。

中間部左岸側③も砂州が拡大している様子は見られず、砂州上には部分的に植生が発生している。

中間部右岸側④では、矢板上流部における後背地への侵食が依然として激しく続いており、矢板上流端周

辺の土砂が流出する勢いである。矢板下流部の侵食はこの時点では停止した模様である。

⑧区間の左岸付き砂州は、拡大している様子は見られないが、依然として流れを下流 SP60 付近の右岸側へ向けている。

流出部左岸側⑤では、斜面の侵食の進行が見られるが、小規模である。これは、右岸⑥の侵食形状が流れを左岸へと向け、それによる侵食である。

流出部右岸側⑥は、SP60 付近では上流からの流れが河岸に当たっているため、侵食が後背地へと進んでいる。しかし、先端部付近の侵食はこの時点では停止した模様で、侵食面には植生が見られる。

現河道(直線河道)部は、堰下流に右岸付きの砂州が形成され、砂州上には植生が見られる。また、旧河道(蛇行河道)流出部付近⑦では、現河道(直線河道)左岸付きの砂州が発達している。

5. 偏倚流速と河岸侵食の関係

河岸侵食の発生は、河床の縦断勾配、偏倚流速や河床の洗掘深等の要因が複雑に関係しているが、ここでは、一般的に河岸侵食と関係付けられている偏倚流速を用いて、目視調査による河岸侵食の発生状況の結果との関係を調べることとした。なお、検討では、砂州の発生状況も目視により観察されたことから、砂州との関係も合わせて見ることとした。

偏倚流速の算出は、(1)式に示す長谷川の線形理論²⁾を用い、融雪出水のピークに近かった4月18日と平水位程度であった5月24日に分けて行った。

$$u = -\chi C_* (s) + \int_{-\infty}^s C_f \left\{ (A+2)\chi^2 + F^2\chi^5 \right\} C_* (s') \exp \left\{ -2\chi C_f (s-s') \right\} ds' \quad (1)$$

ここで、 u ; 偏倚流速、 χ^3 ; 谷軸方向勾配と流路勾配の比、 $C_{*(s)}$; s の位置における半川幅で無次元化した河道の曲率、 C_f ; 摩擦係数、 A ; 河床横断面の傾きの程度を表す係数(洗掘係数)、 F ; 谷軸方向の想定河川のフルード数である。

(1) 4月18日

偏倚流速の算出に用いる流量を、表-2のNo.2やNo.4地点の流量を参考に $30\text{m}^3/\text{s}$ とした。計算結果を図-14に示す。図には、4月18日の河道状況も合わせて示してある。ここで偏倚流速は、河道が下流に向かって時計回りに回る場合(左岸側が侵食される)を正の値としてあり、河岸侵食は目視調査の結果を左右岸別に示した

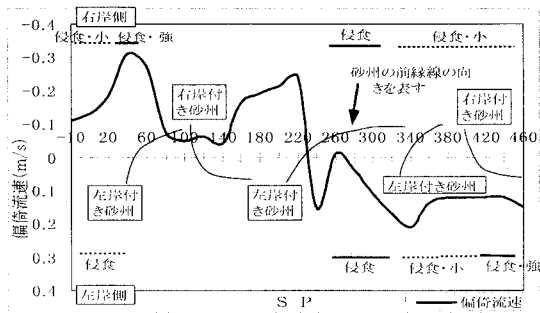


図-14 偏倚流速と河岸侵食の関係図(1)

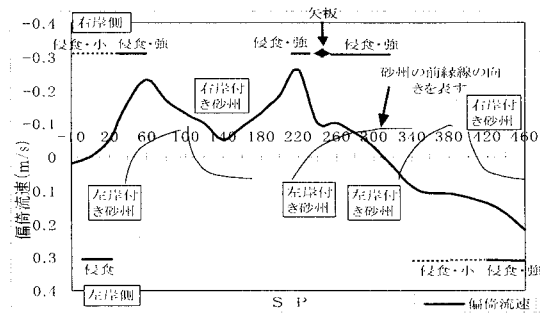


図-15 偏倚流速と河岸侵食の関係図(2)

ものである。また、砂州の向きも合わせて示してある。

偏倚流速の傾向は、SP230 付近を境として、下流側右岸侵食、上流側は左岸侵食を示している。

偏倚流速と河岸侵食の傾向が合致していないのは、左岸側 SP0-20 付近、右岸側 SP260-300、SP320-460 付近の侵食である。この3箇所内、SP0-20 と SP320-460 は、掘削河岸が侵水することにより安定形状へ変化の際の侵食であり流水によるものでない。また、SP0-20 付近は、川幅が狭くなっている箇所であり、このために侵食が発生しているものと考えられ、偏倚流速では表現できていない。SP260-300 の侵食は、図に示される融雪出水中に発生したと想定される砂州の影響で生じたものと考えられる。他の侵食箇所は、偏倚流速で示される侵食傾向と良く一致している。一方、SP60-220 の区間では偏倚流速が右岸側侵食の傾向を示しているが、この区間は旧河道(蛇行河道)をそのまま利用しており河岸は植生で覆われている。このため、侵食が発生しなかったものと推定される。

(2) 5月24日

5月24日は平水位程度の水位であるため、表-2のNo.2やNo.4地点の流量を参考に、流量を、 $10\text{m}^3/\text{s}$ とし偏倚流速を算出した。

計算結果を図-15に示す。図中には、5月24日の河道状況と砂州の向きも合わせて示してある。

偏倚流速の傾向は、4月18日と比較すると平面形状の曲率とはほぼ一致する形となっている。

偏倚流速と河岸侵食の関係を見ると、激しい侵食の発生している右岸側のSP60、SP220と左岸側のSP440で

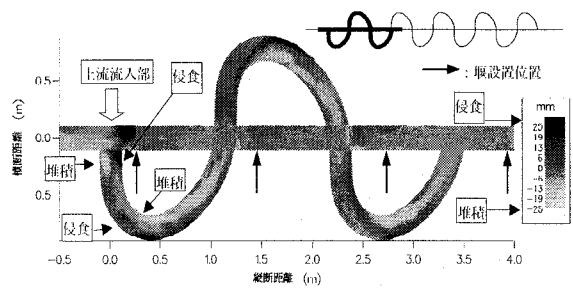


図-16 通水終了後の河床コンター図³⁾(加筆)

は偏倚流速の値も大きく、実際の現象とよく一致している。左岸側 SP20 付近の侵食のみ偏倚流速で示される侵食の傾向と一致しない侵食が発生している。この区間の侵食は、4月18日の結果と同様川幅がこの箇所でも局所的に狭くなっていたためである。また、矢板の上下流で発生している激しい侵食は、偏倚流速で示される侵食のみならず SP300、SP360 付近に形成されている左岸付きの砂州の影響も加わっているものと理解できる。

6. まとめ

蛇行復元の手法の一つとして、現河道(直線河道)と旧河道(蛇行河道)の双方に通水する2way 河道の通水後5ヶ月間の河道状況を取りまとめた。

河道の現地調査結果から得られた流入部付近での①と④での河岸侵食、②と③での砂州の発生等は、図-16に示す佐藤³⁾らが分岐合流水路を用いて行った室内実験水路の結果と一致しており、ほぼ想定し得た状況であった。

偏倚流速によって示される侵食の傾向と河岸侵食箇所が概ね合致しているため、現地調査の蓄積により、将来における平面変動予測もある程度可能であると判断できる。

しかし、現河道(直線河道)の冠水頻度の低下による植生の侵入やそれに伴う流下能力の低下の問題も残されている。

今回の試みは緒についたばかりであり、今後、長期間に亘って河道変動を把握し、河道の維持方法等について検討を行って行く必要がある。

参考文献

- 1) (財)日本地図センター: 土地分類図(北海道Ⅷ), 昭和54年.
- 2) Hasegawa, K.: Universal Bank Erosion Coefficient for Meandering Rivers, J. Hydr. Eng., ASCE, 115, pp.744-765, 1989.
- 3) 佐藤耕治, 渡邊康玄, 横山洋, 中津川誠: 分岐合流部を含む河道における砂州の影響, 土木学会水工学論文集第46巻, pp.719-703, 2002.

(2002. 9. 30受付)