

15.1 蛇行復元等による多様性に富んだ河川環境の創出と維持の手法開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：寒地河川チーム、道央支所、道東支所

研究担当者：高橋一浩、安田浩保、永多朋紀、市原哲也

【要旨】

流下能力確保のための直線化された河道と流れの多様性確保のための湾曲河道を接続した 2way 河道を維持管理する場合の課題について、現在進められている標津川の蛇行復元プロジェクトをフィールドとして、現地調査および水理模型実験を実施して明らかにし、その対策手法の開発を行うことを目的としている。現地調査では、平成 18 年 8 月に切り欠いた堰を平成 20 年 8 月に復元した結果、堰切り欠き後堆積が顕著になった蛇行部が、切り欠き前の河道に戻りつつあることが確認された。さらに、現地の 1/25 の移動床侵食性河岸の水理模型実験を実施し、洪水時に分岐部に堆積した土砂が、融雪規模の出水の際に除去されることで、蛇行部の河道維持が可能になることが明らかになった。

キーワード：蛇行復元，2way 河道，標津川，現地調査，水理模型実験

1. はじめに

近年，河川環境に配慮した河川整備の必要性が高まる一方，集中豪雨等による河川の氾濫も頻発しており，治水安全度を維持した良好で多様性に富んだ河川環境の復元，増進が求められている．

河道を蛇行させ多様性に富んだ河川環境を創出しようとする場合，相対的に河道の勾配が緩くなるとともに流水への抵抗が増すため，治水安全度確保のための対策が必要となる．さらに，河岸の浸食や局所洗掘等への配慮として護岸等の敷設により，河川環境に反する対策が必要になる場合が存在する．このため現在，河川環境と治水安全度の両立を図る河道の設計および維持手法の確立が必要となっている．

多様性に富んだ河川整備には，施設整備などを含め，河道の流速，水深を変化させて瀬や淵を創出する様々な手法，対策の開発が考えられるが，本研究課題では特に治水安全度を低下させない観点から，これまでの直線河道を維持した上で旧河道を利用した蛇行河道を整備する手法を明らかにするとともに，蛇行河道に安定した流水の分岐をうながす仕組みが直線河道（現河道）や蛇行河道（旧河道）の維持に及ぼす影響を検証し，安定した河道維持が可能となる手法を提案，開発することを目的としている．検討にあたっては，日本で最初の蛇行復元プロジェクトが実施された標津川をモデルケースとした．

標津川は，標津岳にその源を發し，支川の武佐川等を合わせオホーック海に注ぐ二級河川である．流路延長は 77.9 km，流域面積が 671 km²である．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 年から開始され，1953 年には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」の試みが全国初のケースとして進められることになった．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，2002 年 3 月 18 日に通水が行われた．本研究では，試験施工箇所における追跡調査と水理模型実験等を実施し，検討を進めている．

2. 試験区間の追跡調査による課題の抽出

2.1 試験区間の概要

標津川の位置図を図 15.1.1 に，試験区間の概要を図 15.1.2 にそれぞれ示す．試験は，河口から上流 8.4 km の地点から 8.6 km 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

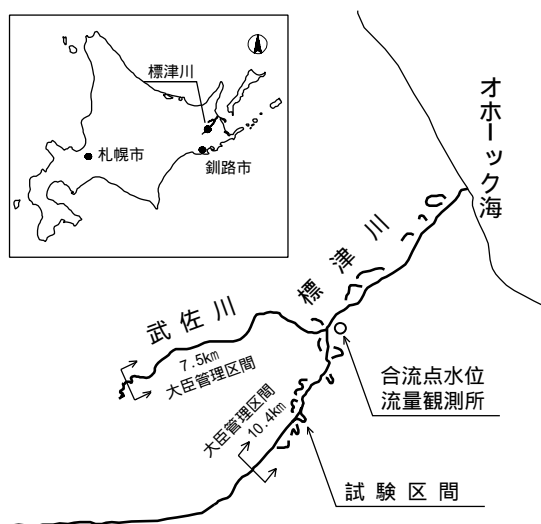


図 15.1.1 標津川概要図

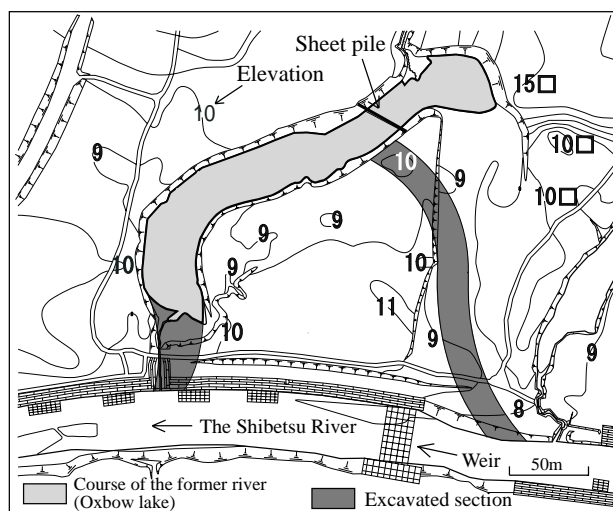


図 15.1.2 試験区間平面図

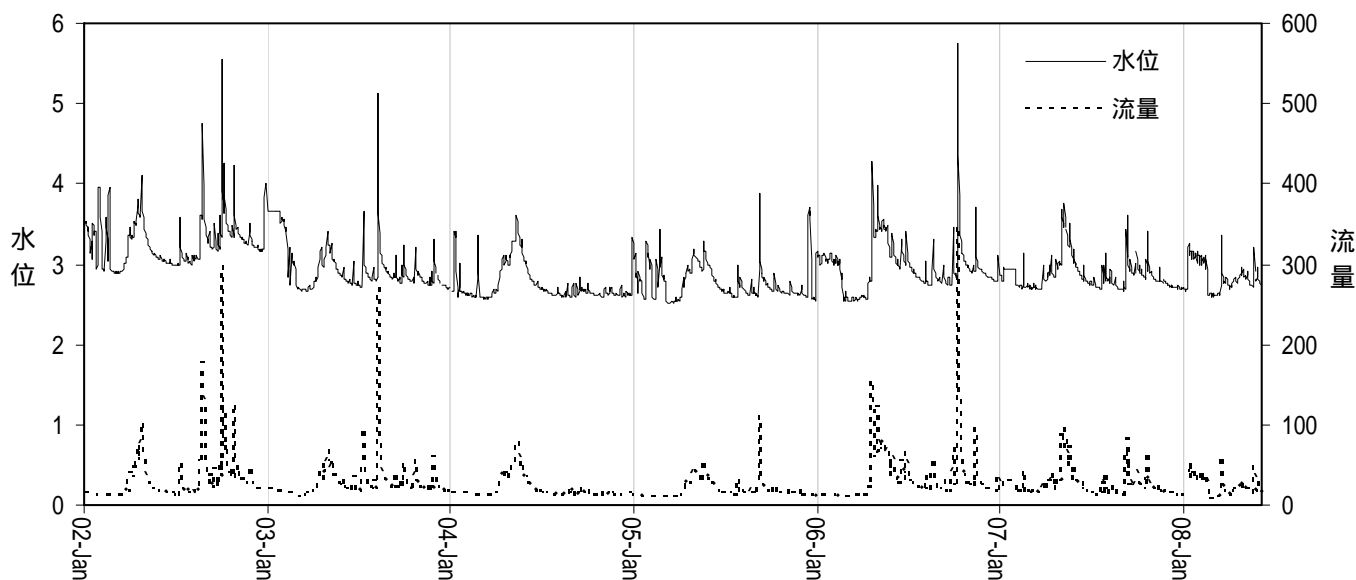


図 15.1.3 試験区間通水後の標津川合流点観測所における観測水位・流量

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)が設置されている。また、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された。なお、この部分は、旧河道(蛇行河道)部の通水前の環境を一部保存することを目的として、法線を若干下流に移動されてい

る。このため、図 - 15.1.2 に示されているように矢板が設置された。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、これをそのまま用いられている。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 2008 年 6 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 - 15.1.3 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。

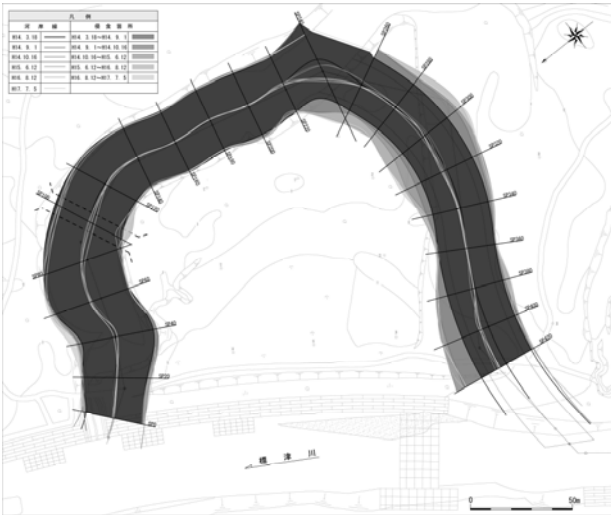


図 15.1.4 試験区間の河岸線の変化

2.2 試験区間の河岸線の変遷

試験区間における河岸線の変遷を図-15.1.4 に示した。直線河道と旧川を接続するために新たに掘削された個所の浸食が大きく、特に分流部湾曲河道左岸側の浸食が著しいことがわかる。経年的には、通水初期の変化が最も大きく徐々に浸食の規模が減少してきている。

2.3 直線河道と湾曲河道の接続における課題

試験区間の河道変化から、接続における課題として以下の項目が挙げられる。

- ・ 分流部における河岸浸食の防御
- ・ 新規掘削個所の浸食防止対策
- ・ 旧川河岸の保全

分流部における河岸浸食対策は、きわめて強い2次流の発達に伴う局所洗掘が生じていることから、護岸等の敷設に際しては、局所洗掘対策も合わせて実施する必要がある。また、新規掘削個所の浸食については、旧川河岸において浸食の規模が極めて小さいことから、植生の回復を待って通水するなどの対策が有効と考えられる。

2.4 蛇行区間の河道変遷と埋没可能性

2.4.1 平面形状

当試験地でみられるような2Way河道では、その分岐部において、流量が配分されることによる掃流力の低下が土砂堆積を引き起こし蛇行区間の埋没傾向を招くことが明らかになっている。

通水が開始されてから約4年半後の2006年8月、蛇行区間の流速緩和を目的として分流堰の一部が50cm切下げられたことにより、蛇行区間における配分流量の大幅な減少と大規模洪水による土砂堆積の進行によって河道閉塞の可能性が生じた。図-15.1.5に示す垂直写真と河床高平面図はこの間の河道状況を時系列で比較したもので、堰高の部分的な切下げを契機に河床高が全体的に上昇し、川幅・流量ともに大幅に減少したことがわかる。

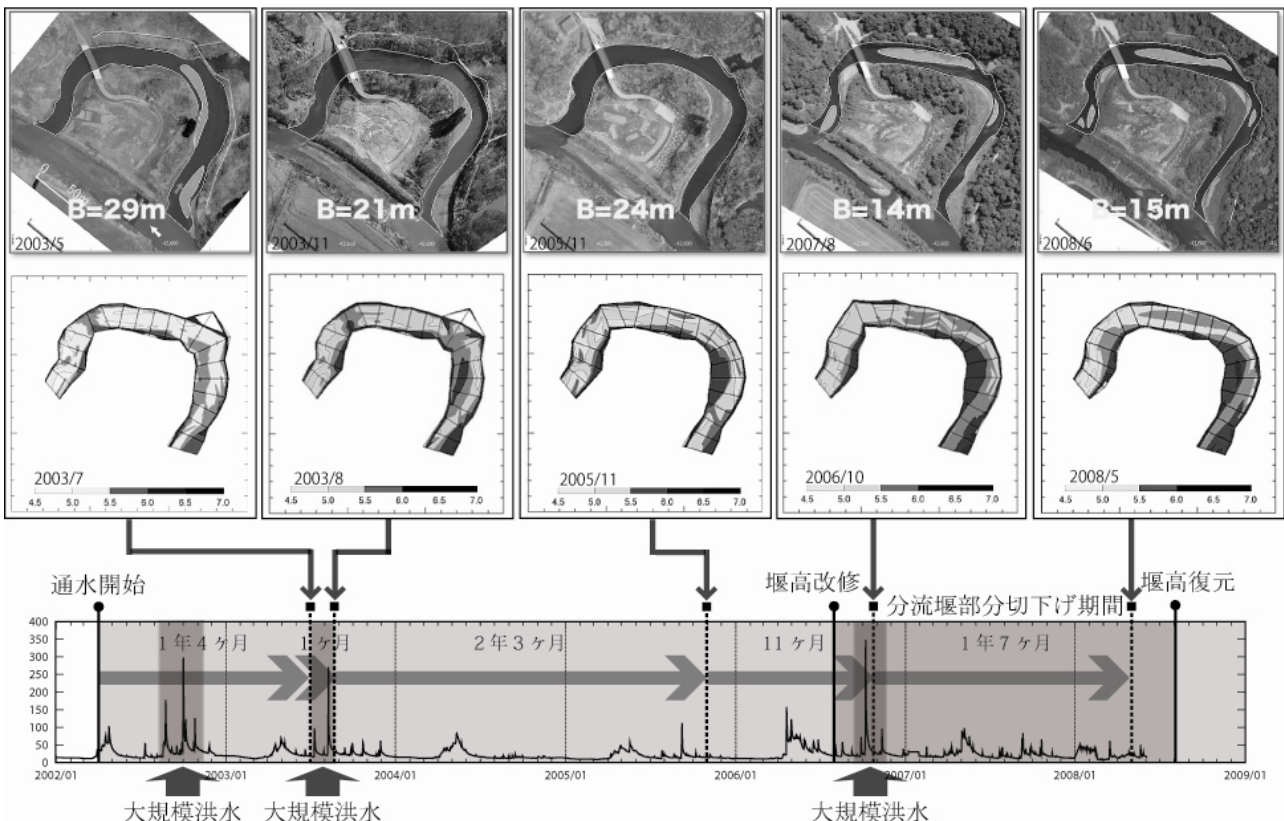


図 15.1.5 試験区間の河道変遷（平面形状）

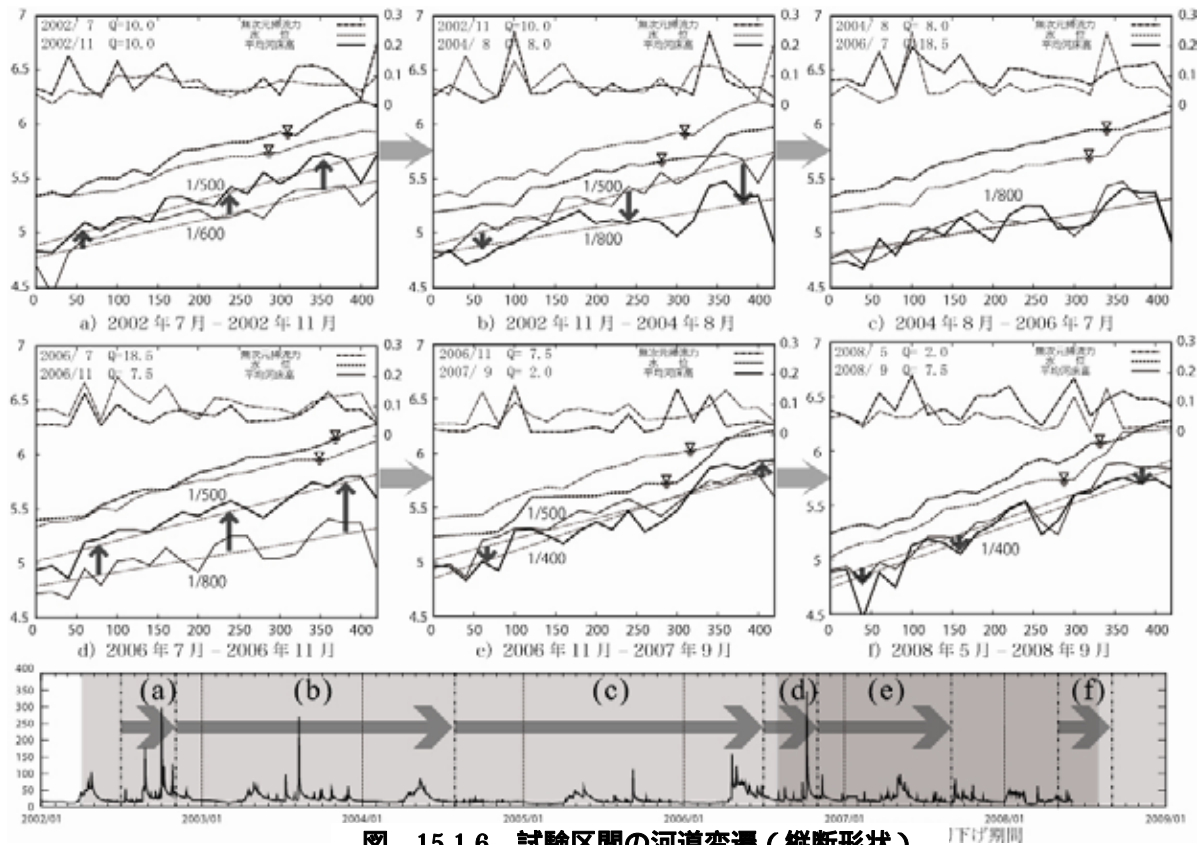


図 15.1.6 試験区間の河道変遷（縦断形状）

2.4.2 縦断形状

また、この間の河道変遷を平均河床高および水位・無次元掃流力の縦断形状について同じく時系列で比較したものを図-15.1.6 に示した。

この結果から、蛇行区間における流量変動に誘発された河道変遷は概ね以下のようなものであったことがわかった。

まず 2002 年や 2006 年に発生した大規模洪水は、分流堰の形状に係わらず蛇行区間全体への土砂堆積をもたらし河床高を上昇させる。またこの時、特に蛇行部流入口付近の土砂堆積が顕著となるが、堰形状が設置当初の全幅堰であった場合、平常流量時において流入口付近での掃流力が上昇、堆積した土砂は下流へと流送され、河床高は徐々に平衡状態に遷移する。一方、堰形状が部分的に切下げられた状態では、平常流量時において十分な流量が蛇行区間へ配分されないために掃流力は上昇せず、流入口付近での土砂堆積傾向とそれに起因したさらなる配分流量の減少が循環的に繰り返されることとなり、それは蛇行区間の埋没の可能性を増大させることがわかった。

このことは図-15.1.7 および図 15.1.8 に示した堰高復元前後を対象とした 1 次元河床変動計算を用いた解析結果からも裏付けられた。

現在、2008 年 8 月に堰形状が元の全幅堰に復元され 1 ヶ月が経過した 9 月時点の観測結果からは、

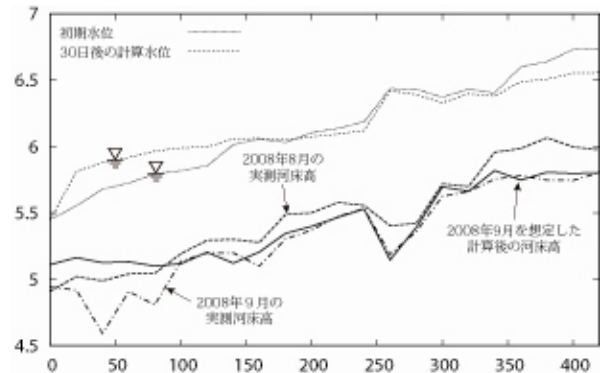


図 15.1.7 1次元河床変動計算結果 (Q=10t)

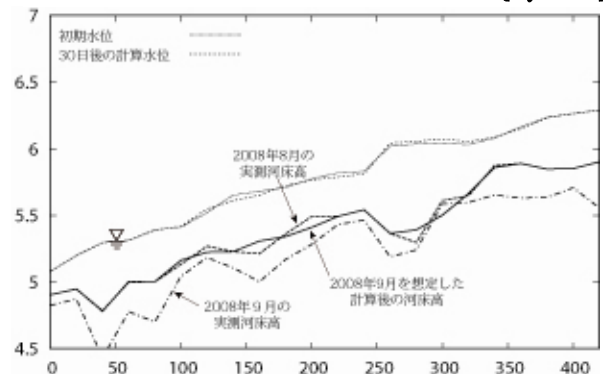


図 15.1.8 1次元河床変動計算結果 (Q=3t)

蛇行区間への配分流量の増加と、それに伴う全体的な河床高の低下傾向が明らかになっており、この傾向は今後 1~2 年程度継続し、やがて堰高改修前の安

定河床へと遷移していくものと推測される。

以上より、当試験地において、河道閉塞を避け、このような2Way河道を自律的に維持させていくためには、分流堰の高さを設置当初の1mとし、その形状変化に十分留意した維持管理を行っていく必要がある。

また、今後この蛇行区間の河道形状が、上記の推測通り、堰形状の部分切下げ前の状況にまで復元されるかについて追跡調査を行っていく必要がある。

さらに、今後復元が予定されている旧川H・Jについても、当試験地で得られたこれらの知見を元に、その適正な堰高を検討することが2Way河道の設計にあたって非常に重要な要素となる。

3. 水理模型実験による接続手法の検討

3.1 予備実験

今後復元が予定されている箇所は、河道特性として中規模河床波および河道平面形状の湾曲の影響が支配的であるため、無歪み模型とする必要がある。この条件で河床材料をそのままの縮尺で実験を行うと、実験に大きな支障となるRippleの発生領域に入ることとなり、現地を再現できない。このため、一般の砂粒子よりも比重の小さな河床材料を用いる必要が生じ、現地の現象を表現することができる新たな実験用河床材料の検討、選定を行うこととした。選定は以下の観点より行った。

- ・実験に適合した比重(珪砂よりも軽い)
 - ・入手の可否(量、価格面も含め)
 - ・その他、実験に関する性状(扱い易さ、メンテナンスなど)
- 以上の観点から試行錯誤で適材を選定したところ、細粒分等を除去した下水汚泥焼却灰が最も優位である材料であることが判明した。この材料の移動床実験への適合性を確認するために1/25の試験地抽出模型(室内)

を用いた検証実験を行った。試験の結果、現地試験地の河岸侵食状況、河道変化状況を比較的良好に再現できており、蛇行復元河道の検証に問題ないことが明らかとなった。

3.2 大型模型実験(大規模流量連続通水)

蛇行復元が予定されている旧河道H、Jを接続した場合についての移動床水理模型実験を前項で決定された材料を用いて実施した。また、河岸侵食が課題となることから護岸の敷設されていない河岸についても河岸侵食が生じるよう河床材料と同じもので構成することとした。河道平面形状の再現区間は、河口から7.5kmより下流とし、対象区間の直上流に武佐川が合流していることから、武佐川についても合流点から1kmの区間を再現している。直線化された河道と旧川との接続法線形状は、試験区間の結果を基に、標津川技術検討委員会で議論された形状を基本として行うこととした。図-15.1.9に接続箇所の平面図を示す。図中のアルファベットは、旧川名を示している。実験条件については、分流堰の有り無し2パターンの河道条件で、ほぼ低水路満杯状態となった平成14年10月2日洪水(合流点観測所ピーク流量436(m³/s))のピーク流量を連続通水(模型での流量は、フルード則にしたがって流量縮率(1/25)^{5/2}で140(L/s))とした。通水は、24時間とし、流況の変化を観察しつつ6時間ごとに河床形状を測定した。なお分流堰は、平均河床高から現地のスケールで1mの高さで、分流部直下流の直線河道に設置された。図-15.1.10は、分流堰の有り無しによる分岐部の流況の違いを見たものである。今回設定した流量では、堰が存在しない場合、旧川への流入はかなり小さいものとなることが示されている。

堰の有り無しによって、河道の変化がどのように異なるかを見たものが、図-15.1.11から図-15.1.12である。

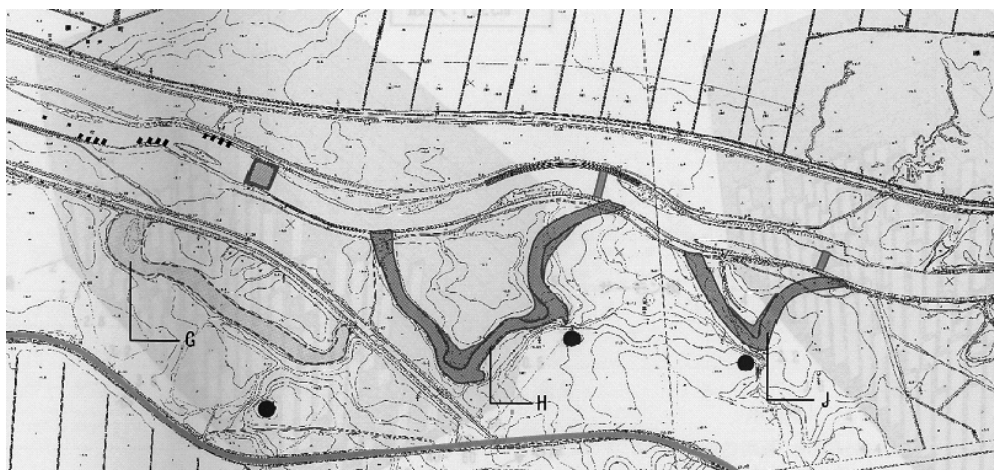
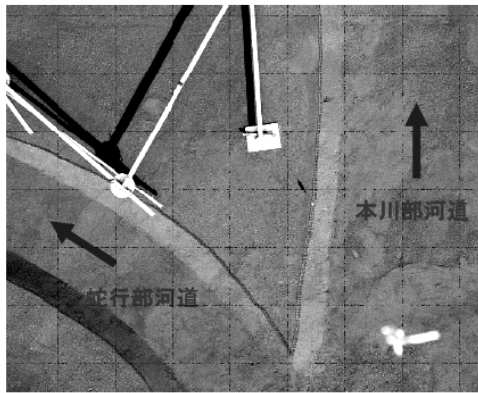
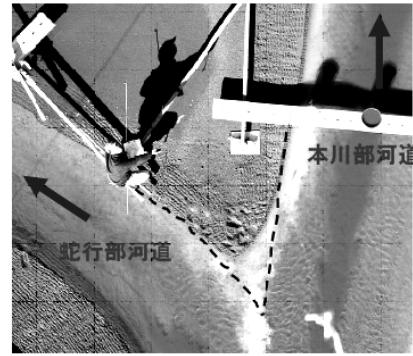


図 15.1.9 直線河道と旧川の接続箇所の平面図

初期形状



堰なし



堰有り

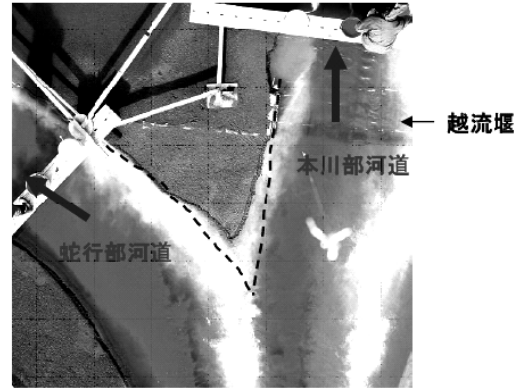


図 15.1.10 旧川 J 接続個所における分枝部の流れの状況

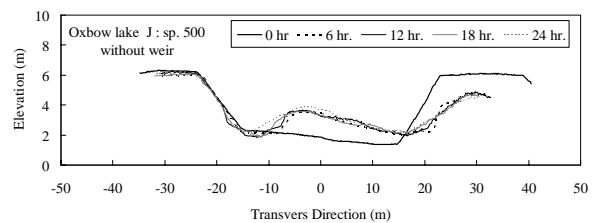
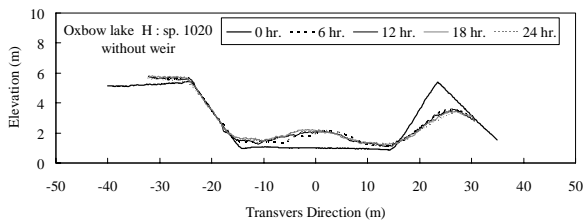


図 15.1.11 堰なし時の分流部旧川河道の河道変化

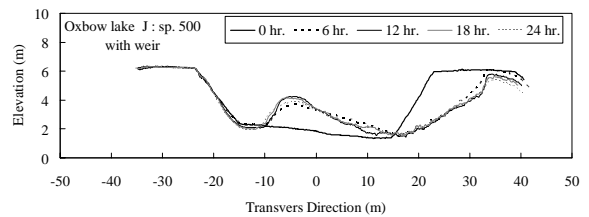
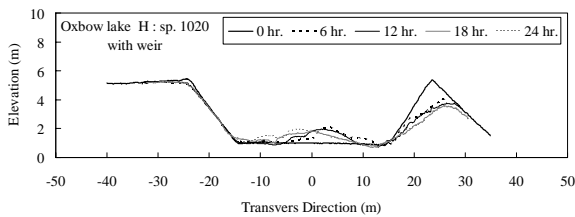


図 15.1.12 堰有り時の分流部旧川河道の変化

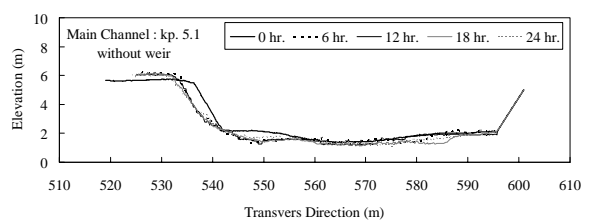
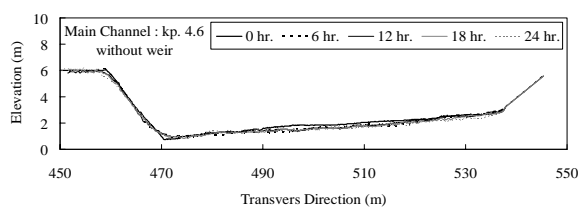


図 15.1.13 堰なし時の分流部直上流直線河道の変化

15.1 蛇行復元等による多様性に富んだ河川環境の
創出と維持の手法開発

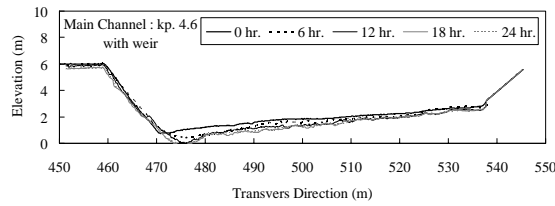


図 15.1.14 堰有り時の分流部直上流直線河道の変化

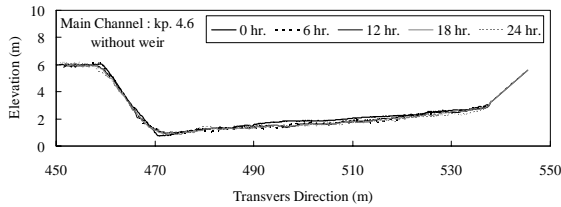
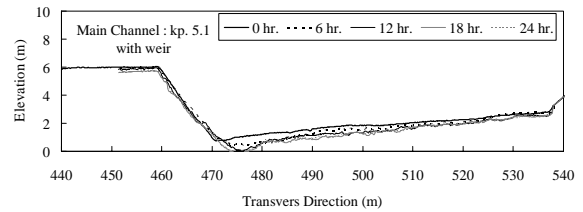


図 15.1.15 堰なし時の合流部直下流直線河道の変化

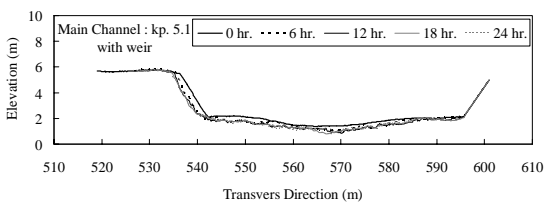
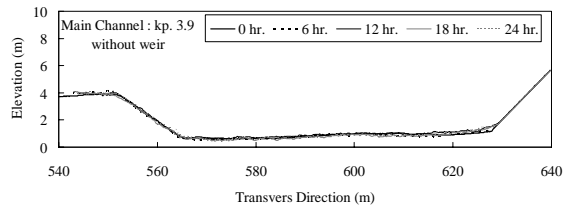
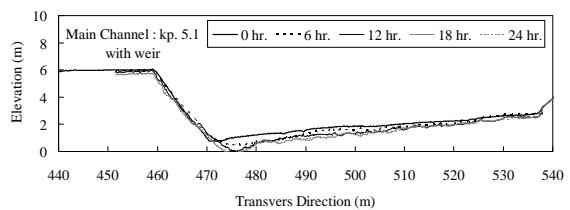


図 15.1.16 堰有り時の合流直下流直線河道の変化



旧川 J 流量配分比の変化

通水回数	H18年度		H19年度	
	J堰無	J堰有	J堰無	J堰有
1 (10時間)	0.27	0.36	0.24	0.70
2 (20時間)	0.26	0.38	0.26	0.83
3 (26時間)	0.26	0.37	0.19	0.88
4 (32時間)	0.25	0.35	-	0.90
5 (38時間)	-	-	-	0.86

本川流量を1.00とする

旧川 H 流量配分比の変化

通水回数	H18年度		H19年度	
	H堰無	H堰有	H堰無	H堰有
1 (10時間)	0.28	0.38	0.30	0.93
2 (20時間)	0.28	0.34	0.29	0.73
3 (26時間)	0.27	0.33	0.36	0.82
4 (32時間)	0.29	0.33	-	0.83
5 (38時間)	-	-	-	0.95

本川流量を1.00とする

試験区間の調査結果から、課題となる箇所は、
a) 分岐部旧川の右岸における浸食 (図-15. 1. 11 および 12)
b) 分岐部直上流直線河道の堆積 (図-15. 1. 13 および 14)
c) 合流部直下流直線河道の河床洗掘 (図-15. 1. 15 および 16)
と予想される。また、一般的に、
d) 堰がない場合の旧川河道内への土砂の堆積 (図-15. 1. 11 および 12)
が懸念される。なお、旧川 H における分岐部直上流は旧川 J における合流部直下流と同じ箇所となる。これらの箇所について各図を比較すると、

- a) 堰の有無に因らず、護岸により問題となる浸食は抑えられている。
- b) 堰の有無に因らず、問題となる堆積は生じていない。堰有の場合むしろ洗掘傾向を示している。
- c) 堰なしの場合は洗掘が生じていないが、堰有の場合はやや洗掘傾向がうかがえる。
- d) 堰無しの場合、分岐後河道（蛇行部）の河床が上昇傾向がみられる。

3.3 大型模型実験(融雪～平水流量通水)

前節に引き続き、本格的な復元予定箇所である H、J 区間と呼ばれる箇所についての河道維持に関する模型実験を行った。この実験は、融雪規模流量およ

び平水規模流量により生じる河床変動および河岸侵食の把握、分流堰の設置に伴う直線部と蛇行流路との流量配分比を把握することを目的としている。

実験条件については前節と同一とするものの、与える流量規模を融雪規模流量から平水規模流量に段階的に流量を低減させた点のみが異なる。ここで、融雪規模流量は実スケールで 50 と 75m³/s、平水規模流量は 17m³/s である。移動床範囲についても昨年と同一である。また、実験可能期間（野外での実験であることから降雪や凍結等の制限）の時間的制約も勘案して、分流堰の有り無し 2 パターンについて実施した。主要箇所での河岸変動や流速等を計測した。

本節において実施した実験では、通水開始直後のわずかな時間の間だけ分流部や旧川の蛇行曲頂部分で河岸侵食が生じるものの、それ以降は融雪規模流量においてさえ河岸侵食のみならず河床変動さえほとんど発生しなかった。この傾向は分流堰の有無にかかわらず同じであった。

分流堰の有無による直線化本川と蛇行旧川への流量配分比については、旧川 J に関しては堰なしの場合、融雪・平水時ともに 20%程度、堰ありの場合は概ね 80%程度となる。一方で、旧川 H については堰なしの場合、融雪・平水時ともに 30%程度、堰ありの場合は概ね 80%程度となることが示された。

3.4 大型模型実験（複数パターン混合通水）

前々節及び前節までの実験を踏まえ、旧川 H・J の通水に際しては、1.0m（旧川 J）及び 0.8m（旧川 H）の分流堰を設置することにした。

本節では上記堰高のもと、大規模流量時、融雪時、平水時、湧水時の通水パターンを組み合わせた実験を実施することで、この区間を施行した際の河道変化予測を検証することとした。

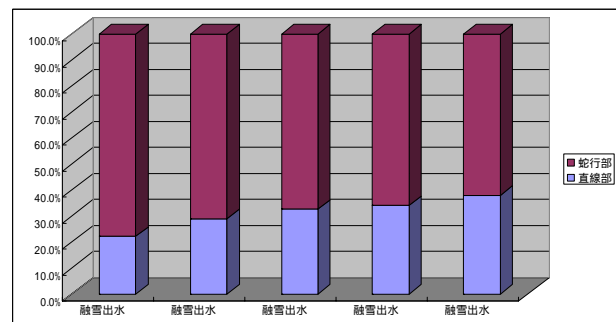
通水パターンは以下の通りである。

St	流量規模	実験流量 (L / s)	通水時間 (h)	実流量 (m ³ / s)
1	平水	5.4	10.0	17
	低水路満杯	140.0	6.0	438
	平水	5.4	10.0	17
	融雪出水	16.0	6.0	50
	融雪出水	24.0	6.0	75
	融雪出水	16.0	6.0	50
	平水	5.4	10.0	17
2	低水路満杯	140.0	6.0	438
	平水	5.4	6.0	17

	融雪出水	16.0	9.0	50
	融雪出水	16.0	9.0	50
	湧水	3.0	6.0	9
3	融雪出水	16.0	9.0	50
	湧水	3.0	6.0	9

実験の結果、特徴的な点は、

- 低水路満杯流量時に、分岐部に大規模な堆積が確認されたが、その後の融雪出水によって掘削されることで解消された。
- 旧川内に流れ込んだ土砂により、分岐部直下の湾曲部内岸側に大規模な砂州が形成された。
- 旧川 J 内の水衝部において、低水路満杯時にショートカットする流れが見られ、ショートカットした流れが通常の流路に流れ込む箇所でも河岸浸食が発生した。
- 2way 河道では、時間の経過に伴い蛇行部への流入量が減るということがわかっているが、本実験においても、下の図のように時系列が進むにつれて、蛇行部への分流量が減少するのが確認された。



4.1 試験区間における河道内への植生の侵入

試験区間において、図-15.1.17 に示されるように、2003年8月以降2006年10月まで、比較的大きな出水が生じなかった。このため、浮き州となった砂州上にヤナギが侵入した。2006年10月の大規模な出水においても河床の攪乱によるヤナギの破壊は生じなかった。砂州の変化とヤナギの生育状況について時系列で見たものが図-15.1.17である。このまま、ヤナギの生育が継続すれば、流水の阻害が懸念される。今後、ヤナギの生育と砂州の形成との関係を明確にするとともに、河道の維持管理について検討を進める必要がある。

4.2 試験区間における河畔林調査

図 15.1.17 に示した区間を含む、試験区間の 4 箇所において、河畔林の調査を実施した。調査委下内容は、樹種、樹高、植生密度などを調べる植生調査、樹木年輪調査、洪水による影響等を調べるための樹木根系調査（倒伏や埋没により発生する不定根の調査）を実施した。

調査結果から、前節に示した、比較的大きな出水がなかった時期に一齐に生えたヤナギ類と、2006 年に堰を切り下げたことで、蛇行部内に新たに発生した堆積箇所が生えたヤナギ類に大別されることがわかった。前者は既に樹齢が 5 歳程度に達しており、大規模な出水に対しても十分な抵抗力を有している。そのため、流下能力を確保するなどのために除去する場合は、人為的に伐採する必要がある。

一方、後者は 2008 年 8 月に切り欠いた堰を元に戻したことにより、蛇行部への分配流量が増加しており、砂州の消滅や水没等により大きなストレスを受ける可能性があり、追跡調査によりその変化を観察する必要がある。

5. まとめ

試験区間及び大型模型実験の結果から、2way 河道の維持に関しては、

- 1) 蛇行部の河道維持に関しては、分流部に適切な高さの堰を設置し、蛇行部に対して融雪洪水規模流量の時に、土砂が流される掃流力を確保できるだけ流量を分配する必要がある。
- 2) 低水路満杯規模以上のような大規模出水時に堆積した土砂は、融雪出水のような小・中規模な出水時に除去されることで、蛇行部の河道維持が可能である。
- 3) 河道内に形成された砂州に、ヤナギ等の植物が進出した場合、3 年程度の間で大規模な出水等により被圧されないと、その後は人為的な伐採等が必要となる。

今後の検討課題としては、

- 1) 堰の高さを元に戻した試験区間において、想定通りに、堰切り下げ前の河床高に戻るかの追跡調査。
- 2) 旧川 H・J において、直線河道への植物の進入を防止するための管理手法の検討。例えば、堰高を下げ、平水時等における直線河道への流量を増やすなどの検討。



図 15.1.17 試験区間における
砂州へのヤナギの侵入過程

4)

CREATE DIVERSE RIVER ENVIRONMENTS THROUGH MEANDER RESTRATION AND IMPROVEMENTS IN MAINTENANCE METHODS

Abstract : The project of re-meandering channel is advanced at the Shibetsu river.

The straighten channel at the re-meandering section is remained for keep flow capacity at this part. One is a straighten channel and another is a meandering channel. The flow pattern becomes complicated at this section and it is difficult to maintain the river channel. The aims of this research are to clarify the maintenance of the 2way channels. We conducted field measurements and hydraulic experiments every year from the beginning of this project. The results of the past research are as follows;

If the period, when large flood does not occur, will continue for a some years, vegetation invades on sandbars and the problems on river improvement and river environment will be generated. The condition of flow and bank erosion is influenced by the existence of a weir which is set at bifurcation point of 2 channels.

In this research, the behavior of meandering channel change with discharge change were clarified by categorizing temporal changes based on the results of cross section measurements and orthogonalized aerial photographs at the re-meandering section . It was found from the results of this study that, a dependence of the weir under summer flood discharge condition is smaller than usual discharge condition. It is important to keep discharge to generate satisfying tractive force in order to maintain the re-meandering section at the way to meandering channel in usual period.

Key words : re-meandering channel, 2way channels, Shibetsu river, field measurements, hydraulic experiments,