

分岐合流部を含む河道における砂州の影響

INFLUENCE OF BARS IN RIVER CHANNELS WITH DIVISION AND MERGENCE

佐藤耕治¹・渡邊康玄²・横山洋³・中津川誠⁴

Koji SATO, Yasuharu WATANABE, Hiroshi YOKOYAMA and Makoto NAKATSUGAWA

- ¹正会員 北海道開発土木研究所 環境研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)
²正会員 工博 北海道開発土木研究所 河川研究室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)
³正会員 工修 北海道開発土木研究所 河川研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)
⁴正会員 工博 北海道開発土木研究所 環境研究室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

In recent years circumstances surrounding river sciences have been greatly changing. It is noted that a river not only safely discharges water particularly during flood, but it plays an important role in creating an environment that is beneficial to people and a larger ecosystem. Therefore, new attempts to restore regulated rivers to their original, natural forms are underway.

In this study, restoration of a river that had been straightened to its original meandering course was conducted in simulation. To obtain basic data for understanding the flow regime and behavior of sandbars at the completion of restoration works, a model experiment was carried out.

Key Words: Alternate sandbars, meandering channels, restoration and bed forms

1. はじめに

北海道における河川改修の歴史は、石狩川をはじめとして、明治維新後の開拓期から本格的に始まり、戦前、戦後の高度経済成長を経て、現在までに至っている。開拓初期の北海道は、至る所に湿地が広がり、定住するためには、まず土地の開拓を行う必要があった。このため、道内各地で蛇行河川のショートカットや洪水時の氾濫を防ぐための堤防の築造など、数多くの河川改修が行われてきた。しかし、近年の河川を取り巻く状況は大きく変化している。河川は、洪水時に流水を安全に流すだけの場ではなく、人や自然にやさしい環境を創出する場としての重要な役割を担っていることが指摘されている。このため、かつて改修した河川を改修以前の自然河川に復元しようという試みが行われようとしている。

本研究では、かつて河川改修を施工した区間のうち、蛇行河川をショートカットした区間において、蛇行河川を復元する場合を想定して、復元時における流況や砂州の挙動を把握するための基礎資料を得ることを目的とし

ている。

蛇行河川を復元する場合の最重要課題としては、従前通りの治水安全度を確保することが可能かどうかということが挙げられる。通常、ショートカットを施工する場合、下流から順次施工していき、下流域の治水安全度を高めながら上流に向かって施工する。しかし、蛇行を復元する場合は必ずしも上流から施工されるわけではなく、社会的要因などから、一部のみを施工する場合はほとんどであると考えられる。だが、単純に河道の一部分だけを旧河道に切り替えただけでは流下疎通能力に限界が生じる怖れがある。また、これにともなって直線河道を残しつつ、蛇行水路を復元した場合においても、縦断勾配が蛇行水路区間で急激に緩くなるために掃流力の低下を招き、蛇行水路区間で土砂堆積が発生して水路が維持できなくなるなどの怖れも懸念される。

このようなことから、本研究では蛇行復元時における流下疎通能力を確保しなければならないことを想定して、旧河道を復元する際に、現河道であるショートカットされた直線河道も流下断面に含めた分岐合流水路で洪水を流下させる場合について実験を行った。

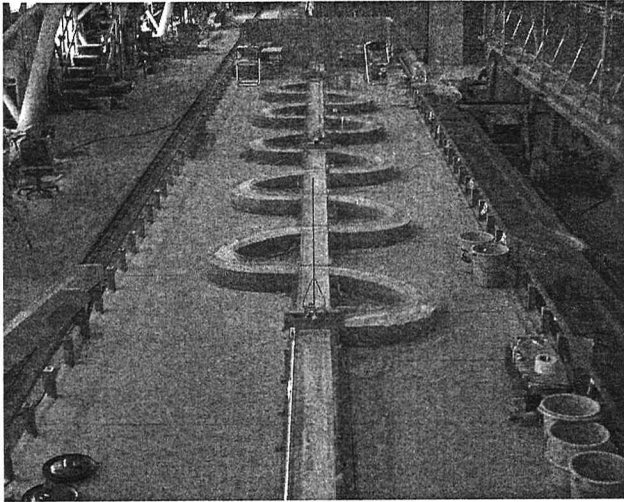


写真 - 1 実験水路全景（下流方向を望む）

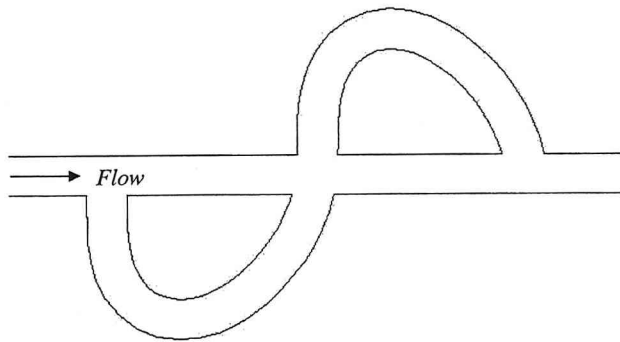


図 - 1 蛇行水路の平面形状模式図（1波長）

2. 蛇行実験

(1) 実験水路の概要

本研究で使用した分岐合流を含む蛇行水路を写真 - 1 に示す。平面形状は、現河道を想定した直線水路と、旧河道を想定した蛇行水路の分岐合流水路で構成されている。また、移動床の実験であるため、分岐合流水路区間の前後には助走区間を設けている。実験水路の平面形状の1波長を図 - 1 に示す。実験水路は、図 - 1 の平面形状が縦断的に5波長連なった構造である。なお、図 - 1 において流れの方向は左から右である。

蛇行水路の蛇行法線形は、石狩川の蛇行形状を基にした(1)式で表される渡邊¹⁾のSine-generated curveを使用した。分岐合流水路部の直線水路は、図 - 1 のように蛇行水路の蛇行変曲点を連結させた水路形状である。

$$\theta = 1.466 \cos \frac{2\pi}{L}(S - 1.39) + 0.2 \sin 3 \cdot \frac{2\pi}{L}(S - 1.39) \quad (1)$$

ここで、 θ ：蛇行水路偏角、 L ：蛇行水路波長(=4.322m)、 S ：蛇行水路の変曲点を原点とした蛇行水

路法線の長さである。(1)式は、右辺第1項がSine-generated curveであり、右辺第2項にはその3倍の波が加えられている。一般に、この形状は水路1波長に砂州が2対以上形成される迂曲形状となっており、十分発達した蛇行河川に見られる形状である。

実験水路の諸元は表 - 1 に示すとおりである。なお、実験水路の壁面材料はアクリルであり、河床材料には4号珪砂($d_m=0.76\text{mm}$)を使用している。

表 - 1 実験水路諸元

水路幅	22cm
水路総延長	29.3m
実験区間延長	11.4m
助走区間延長	12.0m（上流側）
	5.9m（下流側）

(2) 実験条件

実験条件は平面形状、流量、砂州形状、勾配など様々なケースが想定されとともに、目的とする現象によって相似則も変化する。ここでは、砂州による影響を考えていることから、砂州の形成パラメータ²⁾である $BI^{0.2}/h$ と無次元掃流力を相似の対象とすることとした。ここで、 B ：川幅、 I ：河床勾配、 h ：水深である。蛇行復元は大河川より、中小河川において行われることから、ここでは対象として、川幅20～30m、平均年最大流量が20～30m³/sec程度の河川を想定することとした。以上のことを踏まえ、表 - 2 に示す条件で実験を行った。流量は847cm³/sec、スケールは1/100程度である。

表 - 2 実験条件

B-41	蛇行部のみの通水 (蛇行1/200)
B-42	蛇行のみで通水後、分岐合流水路で通水 (蛇行1/200, 直線1/105)
B-43	蛇行のみで通水後、分岐合流水路で通水 (蛇行1/381, 直線1/200)
B-44	分岐合流水路で通水 (蛇行1/381, 直線1/200)
B-45	分岐合流水路で通水 <分岐部下流に堰を設置> (蛇行1/381, 直線1/200)

() 内は勾配を示す

(3) 実験結果

それぞれの実験条件における結果に関して、河床コンター図を図 - 2(1)～(6)に示す。各図における河床の高低差は初期標高に対して、白色部分は河床が上昇していることを意味し、逆に黒色部分は河床が低下していることを表している。

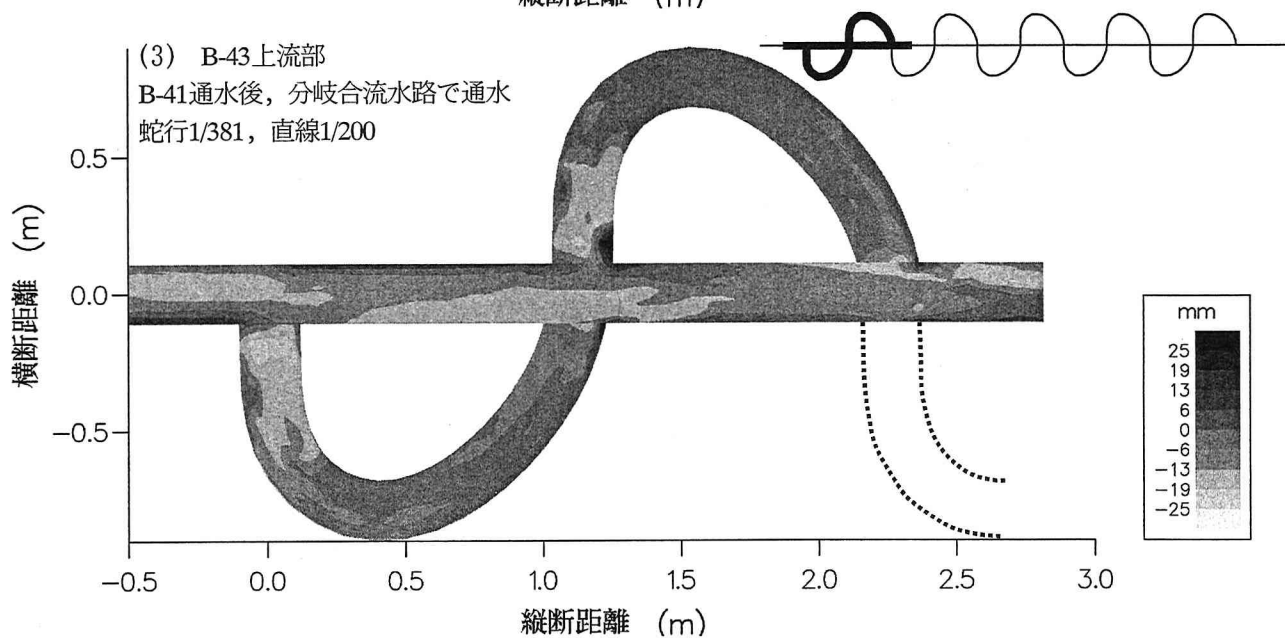
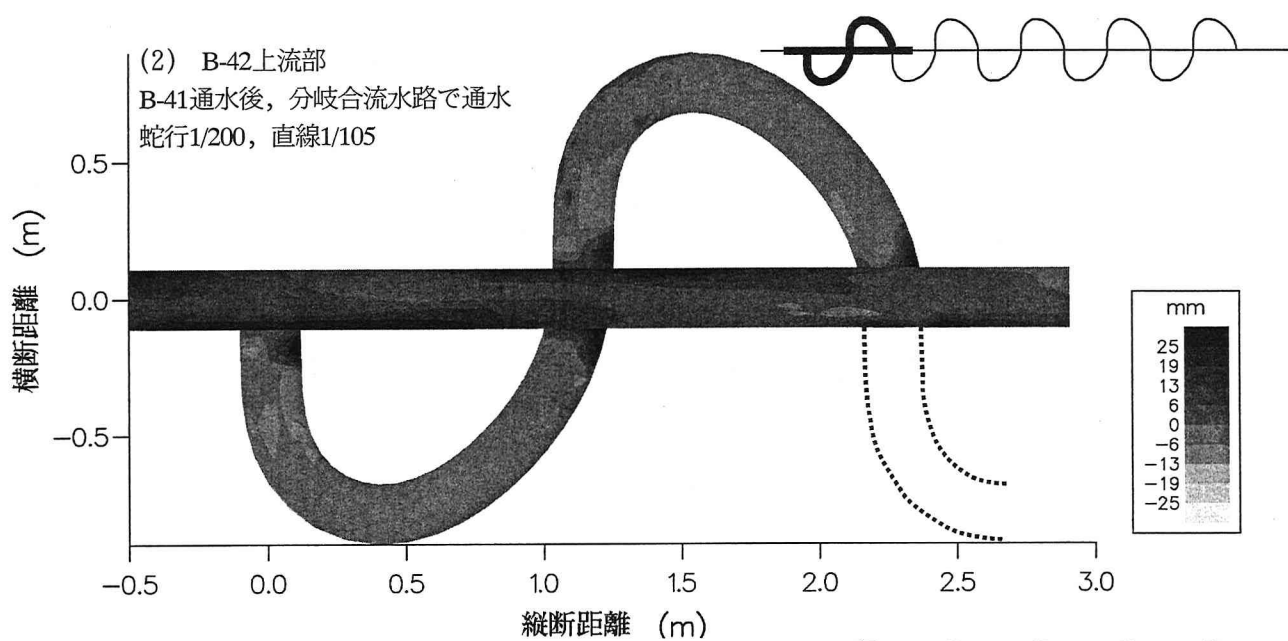
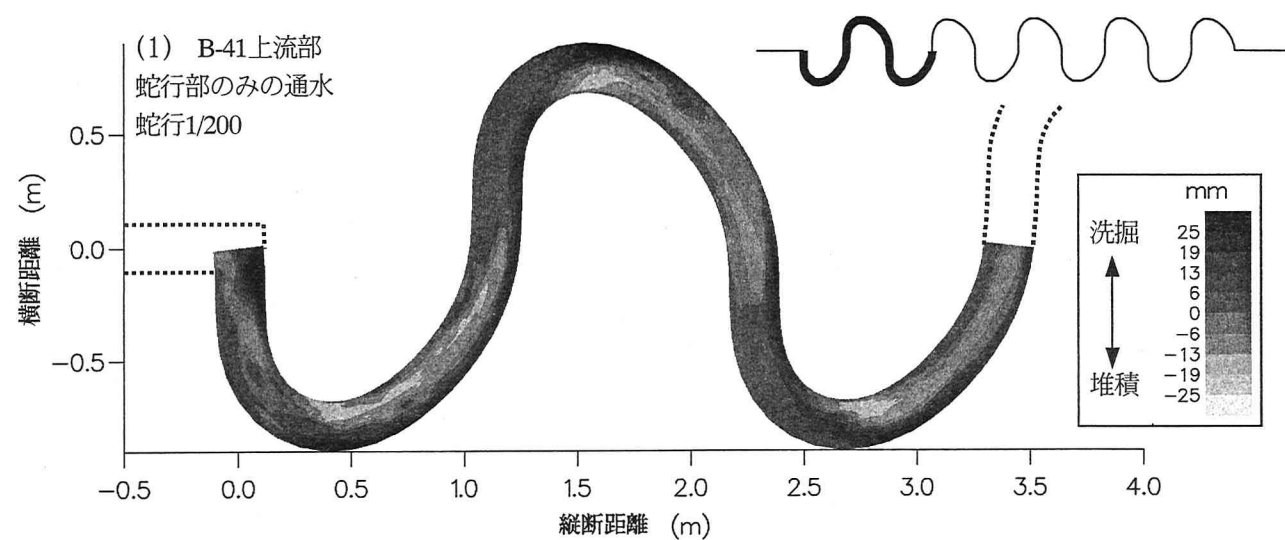


図 - 2 各条件における通水終了後の河床コンター図

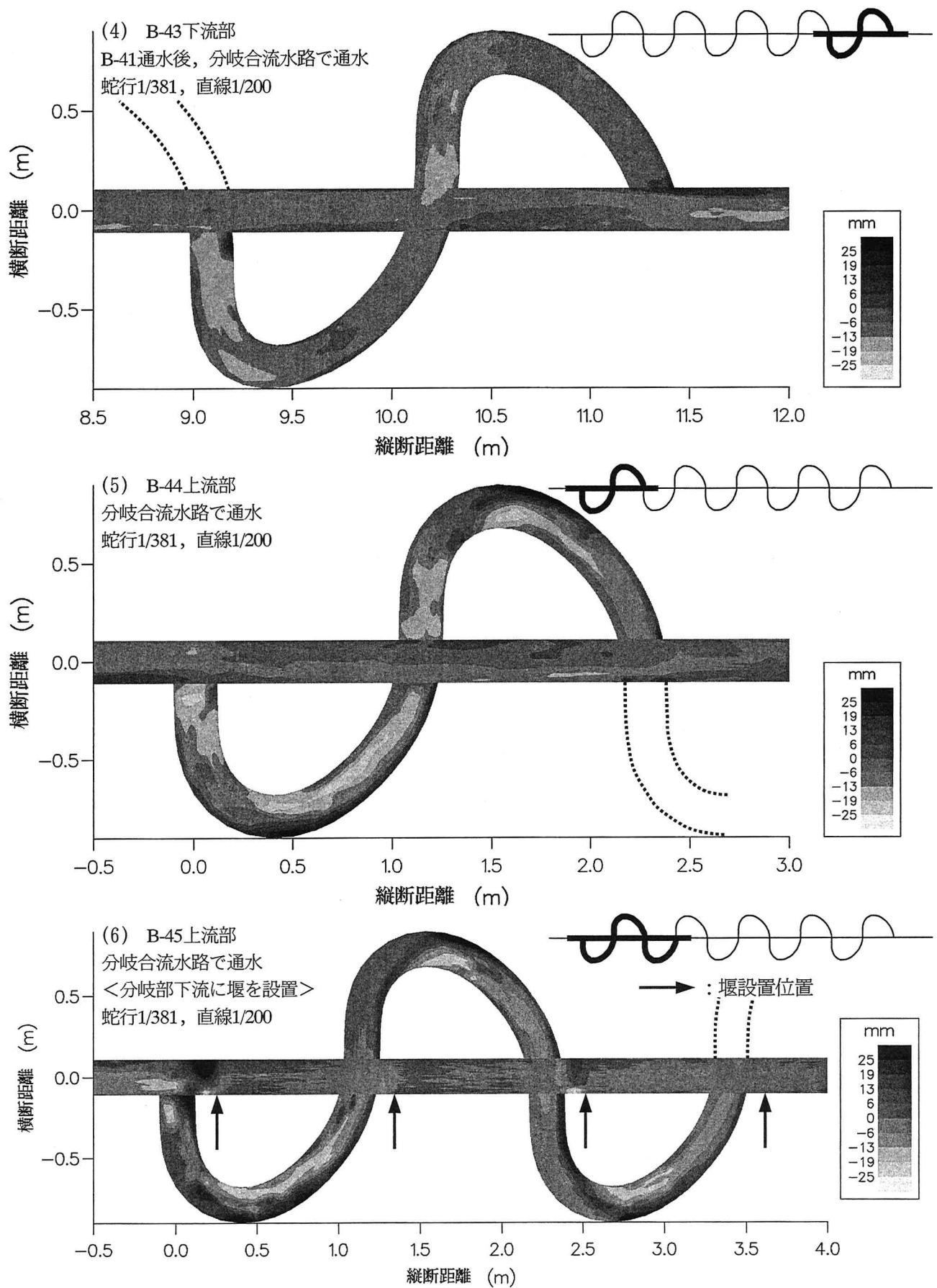


図 - 2 各条件における通水終了後の河床コンター図 (つづき)

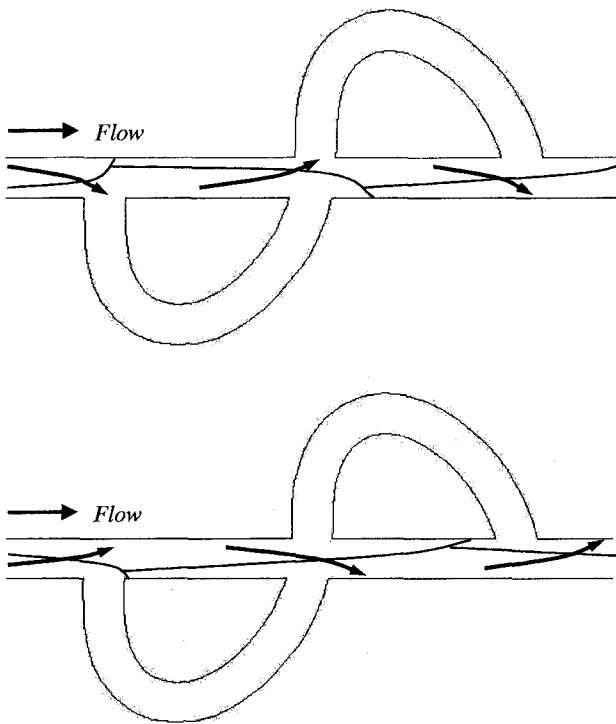


図 - 3 B-43上流部の砂州模式図 (上図)
B-43下流部の砂州模式図 (下図)

河床コンター図から特に現象が顕著であった以下の3項目に関して考察する。

a) 直線水路における砂州の位相の違いによる分岐部近傍での流れの変化

実験水路における砂州は、分岐合流水路区間上流の助走区間においては、実験開始後まもなく発生していることが確認できた。しかし、この上流部で形成された砂州が分岐合流水路区間に前進して来ると、水路が分岐する影響で直線水路部の流量が低下し、砂州の前進速度が極端に低下する。さらに、分岐合流水路区間内において、通過する砂州の向きの違いにより流向が大きく異なり、蛇行水路への流入する流れが大きく変化した。その結果の模式図を図-3に示す。

図-3において、上流部は砂州の形状により、分岐部から蛇行水路に流れが導かれ易く、図-2(3)において蛇行水路内の河床コンターが黒色を呈していることからわかるように流入量が多いと判断できる。

しかし、それとは逆に下流部では、砂州の形状から分岐部附近では蛇行水路とは反対方向の流れが卓越しているために、図-2(4)に示される蛇行水路内の河床コンターが、上流部と比較して白色に近い様相を呈していることがわかる。

このように、分岐部においては砂州の位相に応じて横断的に正反対の流れが発生する。このことから、直線水路を前進する交互砂州は、分岐部以降の蛇行水路内部の流況に大きな影響を与えることがわかった。

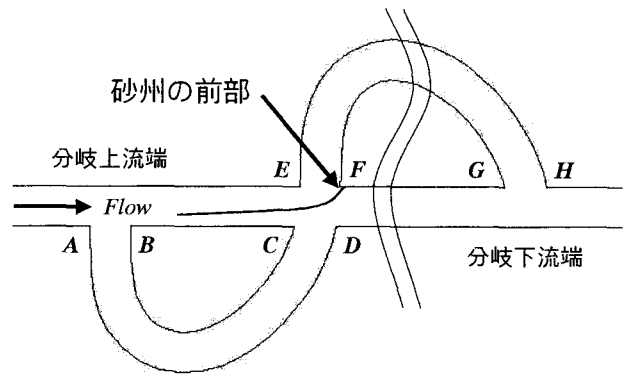


図 - 4 上下流分岐合流部模式図

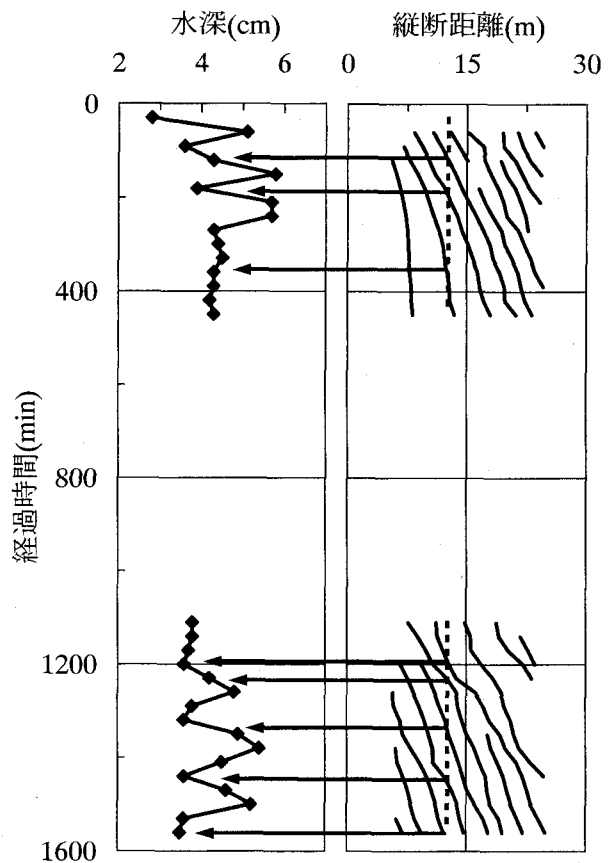


図 - 5 分岐部洗掘と砂州前進の時間変化

b) 分岐合流部を通過する直線水路の砂州形状変化による分岐合流部附近における河床洗掘

分岐合流部を通過する砂州の位相は時々刻々と変化する。この現象を上下流分岐合流部それぞれの上縁下縁に図-4のような記号を付して述べることにする。

図-4において、最初に分岐部であるA及びB地点では上流端であり、分岐の影響が他の箇所比べて少ないため、上流から直線水路に沿った流れが支配的となっている。B地点は水制の先端部と同様の流況となり、洗掘深が大きくなっている。一方、対岸のA地点では、B地点とは逆に堆積傾向を示している。

一方、下流端の合流部であるG及びH地点においては分岐合流水路区間末端であるために上流端と同様に流れ

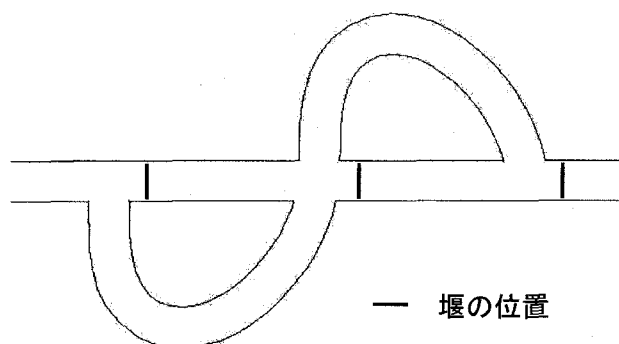


図-6 堰を設置した場合の模式図

が集中し、H地点において河床が著しく低下している様子が確認された。最下流の波長の蛇行水路においても河床が低下している様子が図-2(4)に示されている。

それ以外の中間部に位置する分岐合流部であるC～F地点においては、上縁側(C,E)は直線水路の川幅から分岐合流部に差しかかるために掃流力が低下し、堆積の傾向が見られる。一方、下縁側(D,F)においては、分岐部Fでは直線水路の流れが分派するためにB地点と同様の水当たりとなって洗掘する。合流部Dでは、下流側の川幅が再び元の直線水路の川幅に狭まるために掃流力が増加し、河床低下を引き起こしていることが図-2(2)などで顕著に現れている。

砂州の前縁の先端部が到達した様子の顕著な例として、図-4の分岐部Fにおける洗掘と砂州前進の時間変化の関係を図-5に示す。図-5の右図において、点線はF地点の縦断的な位置を表し、実線は砂州の前縁の先端部が縦断方向に移動している様子をダイアグラムで表している。左図は同時刻における分岐部Fの水深の変化を表している。図-5から、砂州の前部が分岐部Fに近づくに連れて水深が深くなり、分岐部Fに砂州の前部が到達すると河床が大きく上昇して、水深が浅くなっていることがわかる。

c) 分岐下流側に堰を設置した場合の砂州の影響

すべての実験を通して特徴的に現れたことは、通水時間が長くなるに連れ、直線水路部の流れが卓越し、分岐部において自然堤防のような砂州が発達したことである。これにともない、次第に蛇行水路への流入量が減少していく現象が見られた。このような現象は、蛇行水路部の延長が直線水路部の延長より長く、河床勾配が緩やかなことから生ずる河床材料に対する掃流力の低下と、そもそも蛇行水路が直線水路部の流れの向きに対して垂直に接合されていることにも起因している。

このことから、実際に蛇行復元を試みる場合を想定して、復元時に河川管理を行う上で最も重要となる蛇行水路部の維持のための安定した河床形状が得られるような流れを創出する実験を行った。

蛇行水路への流れの誘導は、図-6のように各分岐・各合流部の直下流に流れに対して堰を垂直に設置して実験することとした。ただし、堰の設置に関しては洪水時の流下疎通能力に支障を来さない程度の堰高となるよう配慮した。結果を図-2(6)に示す。

図-2(6)から、直線水路に堰を設置したことによって、蛇行水路に濃い黒色のコンターが現れ、流れが直線水路から蛇行水路に遷移している様子がわかる。また、蛇行水路の流れによる洗掘箇所が、図-2(1)における蛇行水路のみで通水した場合の河床形状に近い様相を呈しており、堰を設置することで、蛇行水路の流れを創出することができた。

3. おわりに

本研究では、かつて河川改修を施工した区間のうち、蛇行河川をショートカットした区間において、蛇行河川を復元する場合を想定して、復元時における流況や砂州の挙動を把握するための基礎資料を得ることを目的とした実験を行った。

実験結果から、分岐合流水路施工においては直線水路の砂州の位相によって、蛇行水路の流れに大きな影響を及ぼすことが示唆された。また、堰の設置について他に課題はあるものの、長時間通水した場合に蛇行水路への流入量が減少し、蛇行水路が維持できなくなる状況に対して、分岐部下流の直線水路に堰を設置することで、蛇行水路へ流れを誘導することが出来、結果として蛇行水路のみで通水した場合とほぼ同様な結果を得ることが出来た。

今後は、分岐合流部の平面形状や直線水路に設置する堰の諸課題についてさらに検討する必要がある。

謝辞：本研究を行うに当たり、北海道開発局標津川技術検討委員会における資料を活用した。また、本研究は国土交通省北海道開発局の受託業務による補助を受けて行ったものである。併せて記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡邊康玄：蛇行流路における流れ・底面形状および横断面内2次流に関する研究，北海道大学修士論文，1983。
- 2) 岸力，黒木幹男：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，第342号，土木学会pp.87～96，1984。

(2001. 10. 1受付)