

## ◆特集：国土交通省国土技術研究会◆

## 河床変動の特性把握と予測に関する研究

国土交通省河川局治水課国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室  
 北海道開発局建設部河川計画課 東北地方整備局河川部河川計画課  
 関東地方整備局河川部河川計画課 北陸地方整備局河川部河川計画課  
 中部地方整備局河川部河川計画課 近畿地方整備局河川部河川計画課  
 中国地方整備局河川部河川計画課 四国地方整備局河川部河川計画課  
 九州地方整備局河川部河川計画課

## 1. 研究の目的

「河床変動の特性把握と予測に関する研究」は平成14年度に始まり、今年度で最終年度を迎える。平成11～13年の国土技術研究会では、全国の21河川を対象に流砂量・河川地形変化のモニタリング及び水系土砂動態マップの作成を実施し、粒径集団別土砂動態の概念を現場に定着させるという点で一定の成果を得た。本研究では、その研究成果を河道管理に活かすために土砂動態変化と河床変動特性との関係解明を目指すとともに、河床変動特性を表現するツールとして河床変動計算手法の精度向上について検討し、上記検討によって明らかになった特性との比較検討を実施した。

## 2. 研究成果

## 2.1 対象河川の研究成果の概要

平成16年度の研究成果のうち、「土砂動態の変化と河床変動特性の関係解明」に関する研究としては、沙流川における平成15年8月洪水を対象とした検討が挙げられる。この洪水は既往最大洪水で、さらに二風谷ダムが運用を開始してからはじめて迎えた大規模な出水であったが、出水に伴う河床変動は比較的小規模であったため粒径の変化に着目して河床変動計算の再現性の検討を行い、その計算を用いて今後の長期的な河床高および粒径の変化を予測した。

重信川では、従来の一次元河床変動計算による上流の直轄砂防区域からの土砂供給と河床変動の

感度分析に加えて二次元河床変動計算を実施し、河道改修に対する河道の応答を予測したが、実際の堆砂量データ等を用いた土砂供給量の評価についてはまだ検討していない。

「河床変動の特性把握と予測手法の確立」のうち、洪水分派点の河床変動特性については雨竜川、利根川、斐伊川で検討を継続したが、雨竜川、利根川については一次元河床変動計算による分析にとどまった。局所洗掘及び砂州移動に伴う側方侵食などの河床変動特性把握と予測に関しては多くの河川においてモニタリングと河床変動計算を実施した。そのうち、富士川については砂面計によるモニタリング結果と河床変動計算結果についての比較検討を実施したほか、安倍川については砂面計によるモニタリング結果と航空写真から読みとった砂州の変動特性の比較を行った。

この3年間の各対象河川の研究成果の概要をまとめると表-2.1.1のようになる。

本稿では、これらの対象河川における研究成果のうち、土砂動態モニタリングと河床変動計算を有機的に組み合わせて「土砂動態の変化と河床変動特性の関係」の解明に取り組んだ事例として重信川の事例を、河床変動モニタリングと河床変動計算を有機的に組み合わせて「河床変動の特性把握と予測手法の確立」に取り組んだ事例として富士川の事例をそれぞれ取りあげる。

## 3. 調査対象河川の主な研究成果

## 3.1 重信川

## 3.1.1 河床変動に関する課題

重信川(図-3.1.1)では平成11年9月の記録

表-2.11 研究成果の概要

対象河川	研究成果の概要
石狩川 (雨竜川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂面計等による洪水分派点の河床変動特性把握 (出水時の堆積傾向、旧川分派点堆積の平面特性)</li> <li>・一次元河床変動計算による分派条件の変化予測</li> </ul>
沙流川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・横断構造物(ダム建設・堰撤去)が土砂動態・河床変動におよぼす影響の解明</li> <li>・粒度分布(シシャモの産卵条件に関係)に着目した1次元河床変動再現計算の精度向上(平成15年8月洪水による再現+長期予測)</li> </ul>
阿武隈川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元および二次元河床変動計算による局所洗掘などの河床変動特性把握と予測</li> <li>・丸森地点の洪水時の河床変動状況把握による流量観測精度の向上(洗掘センサー・レンガ法)</li> </ul>
利根川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水分派点の河床変動特性把握と一次元河床変動計算による予測</li> </ul>
富士川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・局所洗掘などのモニタリングによる河床変動特性把握と二次元河床変動計算による予測(局所洗掘・砂州移動に伴う側方侵食)</li> </ul>
姫川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算技術の向上</li> <li>・地下レーダーを用いた河床変動特性把握</li> </ul>
黒部川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算技術の向上</li> <li>・土砂動態の変化(連携排砂)が河床変動におよぼす影響の解明</li> </ul>
安倍川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングによる局所洗掘・砂州移動に伴う側方侵食などの河床変動特性把握</li> </ul>
木曽川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算技術の向上</li> </ul>
淀川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・干潟・ワンドの河床変動特性把握</li> <li>・一次元河床変動計算(セディメントトラップ結果を反映)</li> <li>・二次元河床変動計算技術の向上(干潟・ワンドを含む)</li> </ul>
斐伊川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放水路分派点での砂面計によるモニタリング</li> <li>・一次元・二次元河床変動計算技術の向上</li> <li>・放水路通水が河床変動におよぼす影響の解明</li> <li>・洪水分派点の河床変動特性把握と予測</li> <li>・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測</li> </ul>
天神川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高水敷の河床変動と樹木の関係</li> <li>・樹木伐採による流況変化が河床変動に与える影響の把握</li> </ul>
那賀川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・横断構造物(堰撤去)が河床変動におよぼす影響の解明</li> <li>・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測</li> <li>・砂州移動に伴う側方侵食・河床変動特性把握と予測</li> <li>・二次元河床変動計算技術の向上</li> </ul>
重信川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂動態の変化(砂防ダム)が河床変動におよぼす影響の解明</li> <li>・一次元・二次元河床変動計算技術の向上</li> </ul>
川内川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・局所洗掘などの河床変動特性把握と予測</li> <li>・準三次元河床変動計算</li> <li>・新たなモニタリング機器の導入</li> </ul>

的豪雨により砂防区域で多量の土砂流出が発生し、施工後長年未満砂の砂防ダムが、一洪水でほとんど満砂になった。砂防区域の河道にも多量の土砂が堆積したことから、今後、下流河川区間への土砂流入が想定され、河床上昇が危惧される。

一方、将来的に砂防施設の整備が進捗した場合、直轄区間上流では更なる河床低下も想定され、過去の当該区間の低下要因解明、今後の動向予測が

必要である。また、下流河道の不安定化及び河床材料の細粒化も懸念されている(図-3.1.2)。

### 3.1.2 河床変動計算結果

#### 1) 1次元河床変動計算

土砂動態モニタリング結果を利用して一次元河床変動計算の精度向上を図る予定であったが、十分な土砂動態モニタリング結果が得られなかったため、河積確保、高水敷造成後河道を想定し上流砂

防区域の流出土砂量を再現計算の精度が最も良かったケース (1.7万 $m^3$ /年) の0.4倍~2.0倍に変化させ、河床高の変化を予測した (図-3.1.3)。その結果、供給土砂量の違いによって30年後の河床高が変わるのは12.0k上流の区間であり、それより下流の区間はほとんど変化しないことが明らかになった。今後の長期的な河床低下を少なくするためには、2.0倍程度の土砂量 (3.4万 $m^3$ /年) 及び適正な粒径の土砂が上流から供給されるように砂防施設の整備を行うことが望まれる。

2) 平面二次元河床変動計算

今後河道整備が予定されている区間について、河道整備による河床変動傾向を明らかにするために平面二次元河床変動計算モデルを作成した。計算時間を考慮し計算対象範囲を2区間 (下流部、中流部) に分けて計算を実施した。メッシュ分割を縦断方向に約50m間隔としているため小規模な河床変動については十分な再現を行うことができなかったが、河床洗掘状況など概ね再現することができた。また各種対策毎の計画高水流量流下前



図-3.1.1 重信川位置図

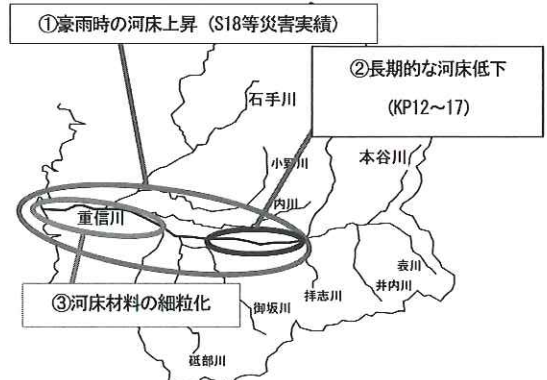


図-3.1.2 河床変動上の問題点

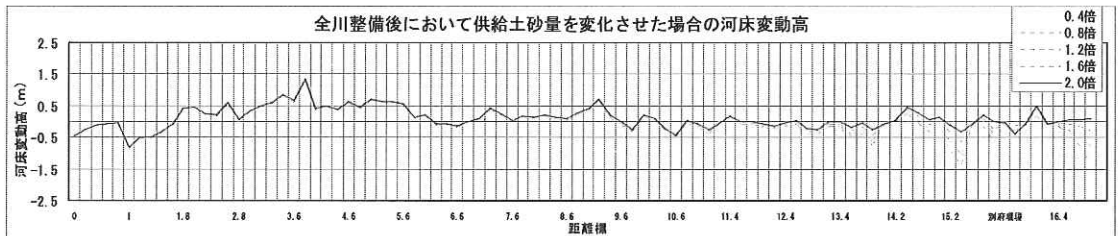


図-3.1.3 河床高縦断面図 (一次元河床変動計算)

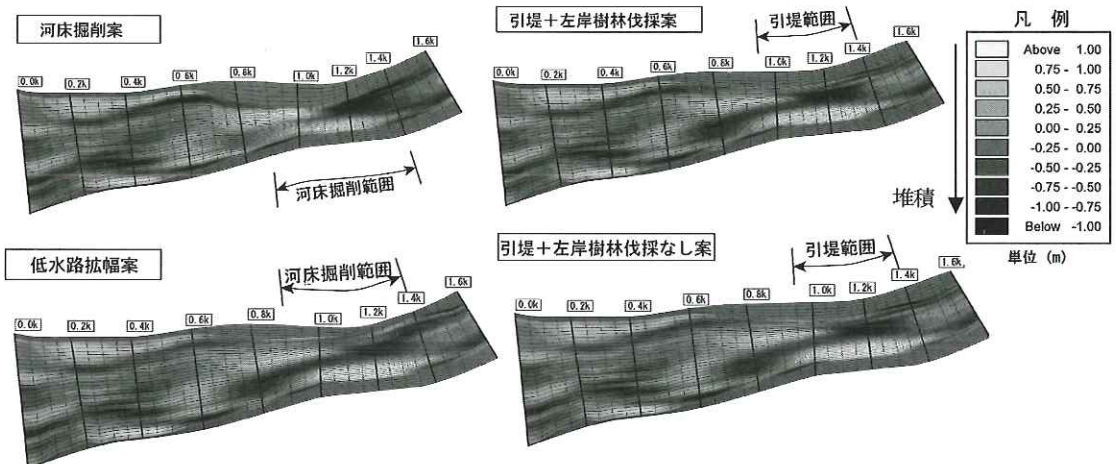


図-3.1.4 河床変動量平面図 (二次元河床変動計算)

後の河床変動予測を行った。図-3. 1. 4に代表区間の河床変動量計算結果を示す。

・河積確保対策として0.9～1.4k区間の河床掘削を行うと、流れが低水路内に集中するため、川幅が狭い1.0k付近より下流では河床が低下したが、1.0k上流右岸では河床掘削箇所が埋め戻される傾向になった。

・低水路拡幅案の場合、低水路内への流れの集中が緩和されるため、河床掘削の場合に比べ1.0k付近の河床低下量は小さくなる。また1.3k右岸付近の堆積位置についても河床掘削案に比べやや右岸よりに移動している。

・引堤案の場合についても低水路拡幅案と同様に低水路内への流れの集中が緩和されるため、河床掘削の場合に比べ1.0k付近の河床低下量は小さくなる。また1.4k右岸付近の堆積はほとんどみられない。

・河口部においては計画出発水位 (TP1.61m) で一定としているため、流量ハイドロ低減時に河口部の流速が減少し、上流から流れてきた土砂が堆積する箇所が見られる。

・0.9～1.4k区間は河積確保対策を行っても、0.4k下流の河床変動に影響しない。

### 3. 1. 3 研究成果のまとめ

河川区間上流部 (セグメント1) の長期的な河床低下については、1次元河床変動計算により平成13年から30年間の河床変動予測結果等から、長期的な土砂移動量、河床変動の将来予測結果等の成果を得た。また下流河道については二次元河床変動計算により河道整備メニューとして考えられる各種対策に対する河道の変化についての成果を得た。

土砂動態モニタリングについては、従来の表面採水に加えて浮遊砂採取装置を設置し観測を開始しているが、モニタリング結果の河床変動計算への反映はまだ行っていない。今後は砂防施設計画との調整を図り、河道整備に対する河床変動状況を予測しながら、河床変動計算に与える土砂の量・質を設定する必要がある。

## 3. 2 富士川

### 3. 2. 1 河床変動に関する課題

富士川流域 (図-3. 2. 1) は約90%が山地であり、

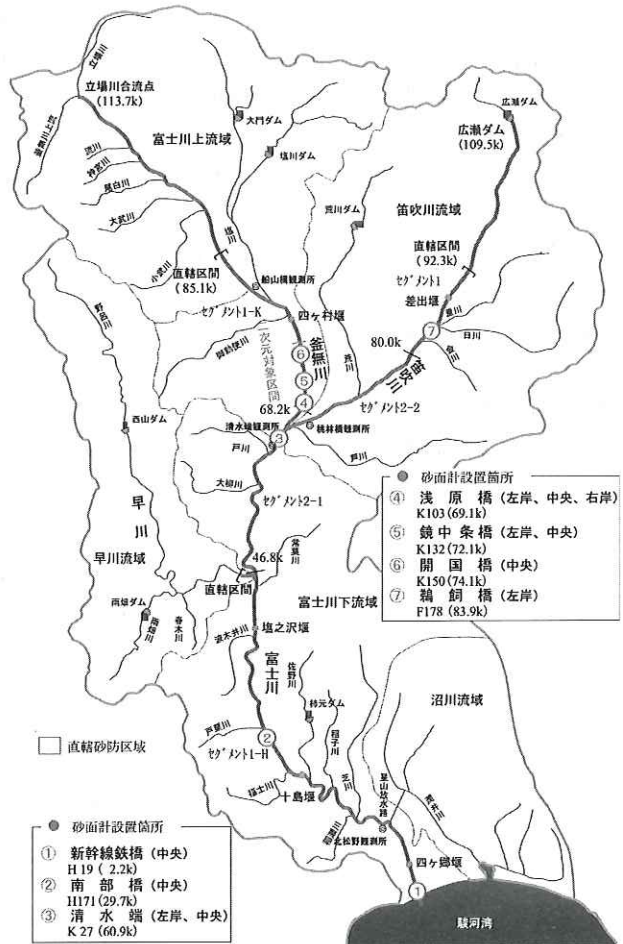


図-3. 2. 1 富士川流域図

流域内の地質は複雑かつ脆弱であるため崩壊地が多い。崩壊した土砂は流れの緩やかな所に堆積して扇状地を作り天井川を形成している。近年、釜無川・富士川本川では、砂防事業による土砂流出抑制の効果、砂利採取等の様々な要因により河床低下傾向が見られる。

### 3. 2. 2 モニタリング結果と河床変動計算結果の比較

二次元河床変動計算の精度向上を目的に釜無川中流部における砂面計、河川横断測量による河床変動モニタリング結果と河床変動計算結果の比較を行った。二次元河床変動再現計算は釜無川中流部 (K92～K170、約8.3km；格子間隔約20×20m) を対象とし、横断測量調査や砂利採取等の人為的要素の状況を勘案して、次表に示す2時期を選定した。

検証①では、開国橋（中央）（74.1k）に設置された砂面計による洪水時の河床変動と二次元河床変動計算による同地点の河床高の再現計算結果を比較した。図-3.2.2のとおり9/12の8～9時にかけて顕著な河床変動が生じ、9/12の11時以降は概ね平衡状態となっている傾向が一致している。また洪水後の計算河床高は最深値が砂面計による実測値に匹敵していることが分かる。検証②では砂利採取が実施されていないS55.3～S57.3を対象として土砂移動が活発と考えられる流量（200m<sup>3</sup>/s）以上を抽出し再現計算を行った。再現結果の検証にあたっては、砂州の発生する河川における二次

元河床変動計算の再現精度の検証指標として、最深河床の平面的な発生位置、最深河床・平均河床の縦断形に着目した。図-3.2.3は最深河床の平面的な発生位置の比較であり、図-3.2.4及び図-3.2.5は最深河床及び平均河床の縦断的な変化の比較である。

2年間の平面河床変動高の結果（図-3.2.6）を

表-3.2.1 検証計算条件

項目	検証①	検証②
対象期間	H12.9出水	S55.3～S57.3
最大流量	1,355m <sup>3</sup> /s	1,186m <sup>3</sup> /s
河床高	平成10年度測量	昭和54年度測量
河床材料	平成10, 12年度調査	昭和53年度調査

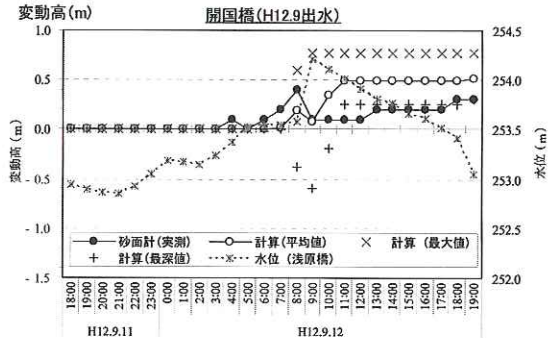


図-3.2.2 河床変動高（砂面計及び計算）

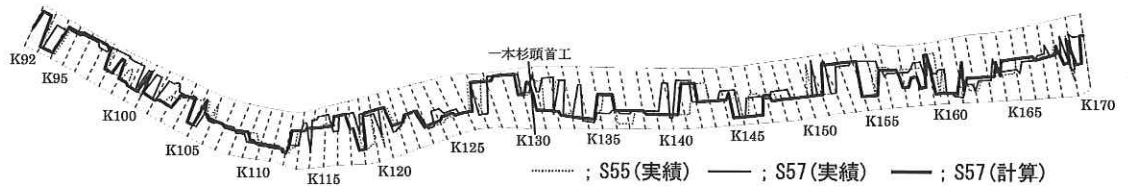


図-3.2.3 最深河床位置の比較

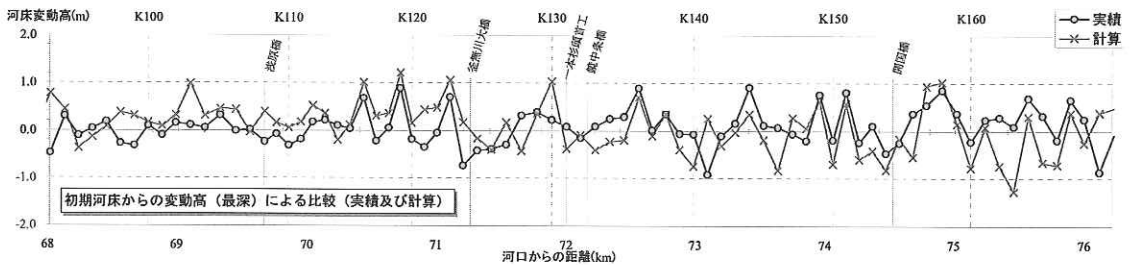


図-3.2.4 最深河床の比較

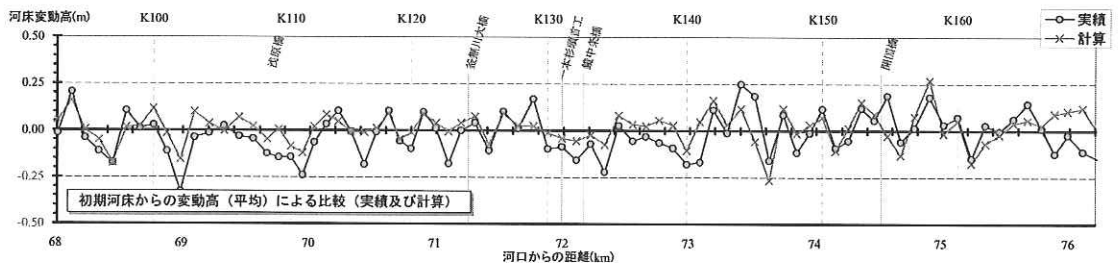


図-3.2.5 平均河床の比較

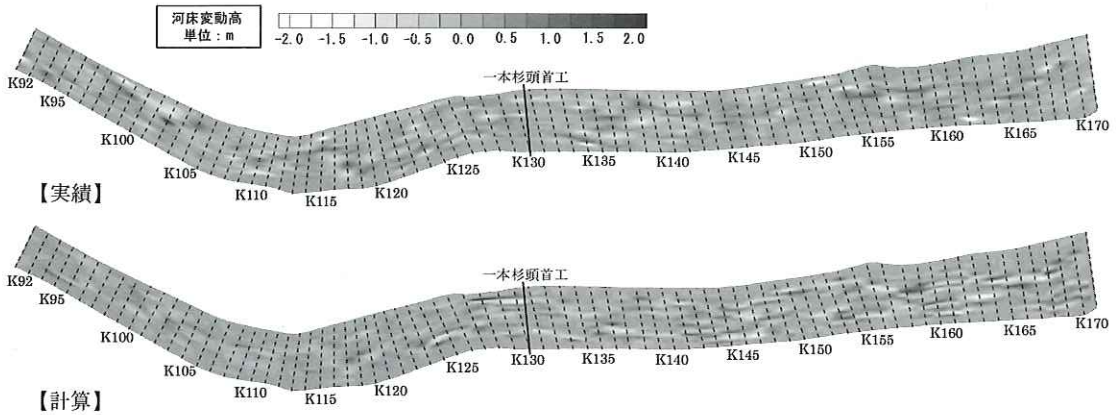


図-3.2.6 河床変動高の比較

比較すると計算の方が局所的な洗掘量、堆積量が大きいですが、平均河床高の変化については実測値と計算値が概ね傾向が一致している。

図-3.2.3によると最深河床位置(主流路)についてはそれほど大きな変化はないが、図-3.2.4で明らかのように、最深河床高については頭首工上流部で実績よりも計算値がやや低下する傾向、下流部でやや上昇する傾向がみられる。

一本杉頭首工から下流部の緩やかな蛇行区間に着目すると、滯筋は頭首工直下で右岸に位置し、蛇行部の出口付近(浅原橋付近)で対岸に移っている。頭首工直下や浅原橋周辺での滯筋は河床変動計算においても期間前後で動いていないが、水衝部以外の区間では複雑な河床形状を有し、小規模な砂州の形成・移動が認められる。

### 3.2.3 研究成果の取りまとめ

検討対象とした釜無川中流部は、セグメント1及び2-1に属する河道であり、河道特性から単列あるいは多列砂州が形成される領域にある。当該区間では増水期からピーク流量時にかけて河床が洗掘され、その後、埋め戻しによって低下前と同程度までに河床高が回復する様子が砂面計により確認された。一方、二次元河床変動計算による土砂移動の再現により、水衝部の発生位置や最深河床の位置及び深さが実態と概ね一致した結果を得ることができ、概略的な土砂移動を表現することができた。

## 4. おわりに

3年間における本研究について総括すると、「土

砂動態の変化と河床変動特性の解明」については運用開始後間もないダムを有する河川や、直轄河川区間と直轄砂防区域が接続している河川を対象に検討を行うことができたが、研究期間内に土砂動態の変化による河床変動の明確な変化を捉えることができなかった。今後は、本研究で構築した予測計算と実績との比較を継続する必要がある。

「河床変動の特性把握と予測手法の確立」については、砂面計の横断方向の複数設置による砂州を有する河川の河床変動特性把握を実施することができた。また、二次元河床変動計算により砂州を有する河川の河床変動特性を再現できることが確認された。本研究で構築したモニタリング体制および本研究で構築した河床変動計算モデルを両者の連携を図りつつ有効に活用するために、河床変動モニタリング結果と河床変動計算結果の関係について今後とも検討を継続する必要がある。