

# 熊野川の河口砂州管理の視点と工法・モニタリング手法の展望について

奥野 誠一郎<sup>1</sup>・益本 創志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 流域治水課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 流域治水課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142) .

熊野川ではこれまで、度重なる出水により上流部等からの土砂供給が多く、河口砂州の発達やこれに伴う流下阻害が懸念されている。そのため、これまでUAVを活用した砂州のモニタリング調査や砂州フラッシュに向けた試験施工等を行ってきたが、未だ維持管理方策が確立されていない。そこでこれらを踏まえ、本検討では、河口砂州の適切な維持管理を行うため、新たな維持管理手法とモニタリング手法について検討する。

キーワード 河口砂州, UAV, 事前掘削, フラッシュ促進

## 1. はじめに

熊野川は、紀伊半島南東部に位置し、奈良県、和歌山県および三重県を流れる一級河川である。直轄区間において、熊野川右岸0.1k付近で支川市田川、左岸3.0k付近で支川相野谷川が合流しており、河口砂州の発達に伴う河口閉塞により、熊野川本川や支川市田川における水位上昇が問題となっている。熊野川本川及び各支川の位置関係を図-1に示す。

熊野川流域では、これまでに紀伊半島大水害等の大規模出水が発生しており、上流部等からの土砂供給による河口砂州の発達やこれに伴う流下阻害が問題となっている。そこで、これまでUAVを活用した砂州のモニタリング調査や砂州フラッシュに向けた試験施工等を行い、適切な砂州の維持管理手法について検討してきた。令和4年7月には、砂州フラッシュを促すため、左岸砂州を掘削する試験施工を実施した。試験施工後、7月5日の出水において、掘削箇所を含めた砂州がフラッシュし、河口

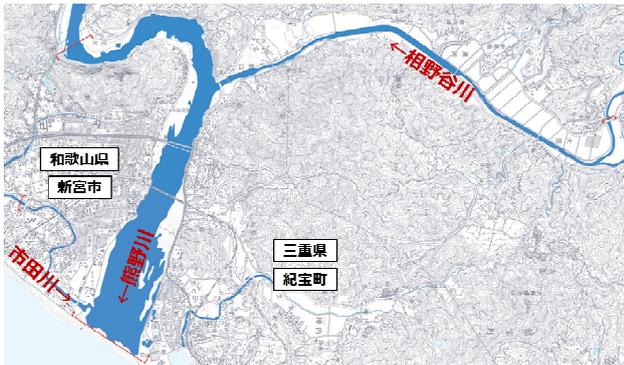


図-1 熊野川本川及び各支川の位置関係

砂州の開口幅を30mから220mまで広げること成功した。しかしながら、開口幅を維持するという観点では、未だ河口砂州に関する土砂動態について十分把握されておらず、適切な維持管理方策が確立できていない。また、後述の2022年3月に策定された新宮川水系(熊野川)河川整備計画において、内水氾濫の軽減を図るため、河口砂州の掘削の実施が必要とされている。さらに、総合的な土砂管理の考え方として、流域全体の土砂動態を分析・予測し、中長期的な土砂動態の変化を把握することが求められており、これまで以上の効率的な河口砂州維持管理方策の確立が急務となっている。そこで、本検討では、これまでUAVを活用した河口砂州のモニタリング調査や、砂州フラッシュに向けた試験施工等を行ってきた結果より、新たな維持管理手法、モニタリング手法について検討した。

## 2. 新宮川水系(熊野川)河川整備計画

2008年6月に、基準地点相賀での計画高水流量を19,000m<sup>3</sup>/sとする新宮川河川整備基本方針(以下、「基本方針」という。)を策定したが、その直後、2011年9月に紀伊半島大水害が発生し、基準地点相賀では、既定計画の目標を上回る24,000m<sup>3</sup>/sの洪水流量を記録した。こうしたこともあり、新宮川水系河川整備基本方針を、全国で初めて気候変動の影響による将来の降雨量の増大を考慮した計画に見直すための審議が行われ、基準地点相賀における基本高水のピーク流量を24,000m<sup>3</sup>/s、このうち流域内の洪水調節施設等により1,000m<sup>3</sup>/sを調節し、

河道の配分流量を23,000m<sup>3</sup>/sとする計画に2021年10月に変更した。その後、2022年3月に新宮川（熊野川）河川整備計画（以下、「河川整備計画」という）を変更した。河川整備計画は、「新宮川水系河川整備基本方針」に基づいた当面の河川整備を目標とするものであり、その対象期間は、概ね30年間としている。

### 3. 河口砂州の試験施工（対策案）について

#### (1) 河口砂州の管理基準

河口砂州は閉塞することにより、洪水の流下能力の低下が懸念されており、砂州掘削により開口幅を維持することや、中小規模の洪水でフラッシュさせることが必要とされている。また、熊野川では、今後の河川整備計画に基づいて長期間にわたる河道浚渫が予定されていることから、工事用の航路（幅、喫水深）を定期的に確保する対策についても検討していく必要がある。そのため、河口砂州に求める要件（管理基準）として、以下の3つを設定した。

- ・洪水時に少ない流量で砂州がフラッシュされること。
- ・出水期前の中小規模の降雨（低流量）で砂州がフラッシュされること。
- ・定期的に工事用台船の航路（幅、喫水深）が確保されること。

#### (2) 河口部の特徴

河口部の特徴は、**図-2**に示すとおりである。熊野川の河口砂州の沖側には、河口テラスと呼ばれる、土砂が堆積してできたテラス状の地形が形成されている。波浪によって河口テラスの土砂が流され、砂州が発達するという特徴がある。河口部に設置された矢板によって、河道中央部の矢板法線間が洪水時にフラッシュされやすく、その沖側にその土砂が堆積して河口テラスが形成されている。左岸部の砂州は、自然に形成されたものではなく掘削土の置土等によって人工的に形成されたものであり、洪水・波浪によって比較的变化しにくい状況にある。

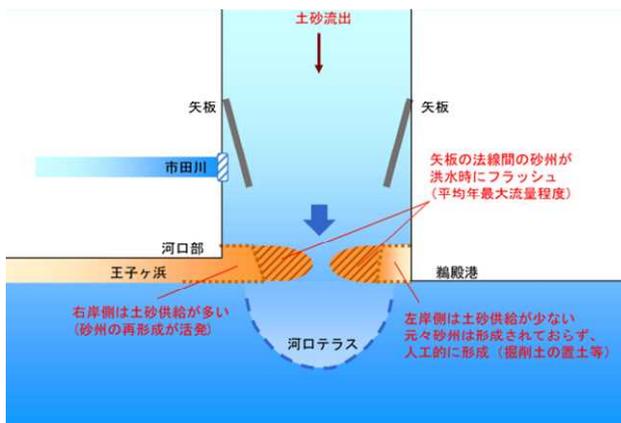


図-2 河口部のイメージ

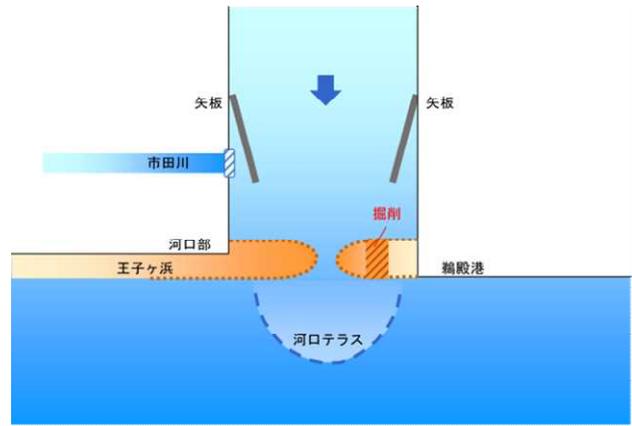


図-3 設定した対策案

#### (3) 試験施工（対策案）

以上を踏まえ、設定した対策案を**図-3**に示す。河口閉塞時等に、小規模出水で左岸側が開口しやすくなるように、左岸側の砂州の一部を掘削することで、砂州フラッシュを促進する。

#### 4. 対策案の効果検討

##### (1) 対策案の効果

2022年7月に左岸砂州を掘削する試験施工を実施した。試験施工後、7月5日の出水において、砂州がフラッシュし、約220m開口した。この試験施工（事前掘削）がフラッシュ促進対策として有効であるか確認するため、準三次元河床変動モデルを用いて検討した。事前掘削箇所、フラッシュの状況について図-4に示す。

##### a) 2022年7月5日出水による河口砂州の概況

2022年7月5日出水による河口砂州の概況として、UAV測量結果から作成した砂州横断面図を図-5、水位・流量を図-6に整理した。整理結果より以下のことが分かった。

- ・同じ水位で比較した場合、2022年7月5日出水（H-Q換算のピーク流量：約1,506m<sup>3</sup>/s）によって、河口砂州の開口幅は約30mから約160mに広がった（130m程度砂州の一部がフラッシュした）ことが確認できた。
- ・流量ピーク1時間前に河川水位が低下し始めており、この時点で顕著な開口部の変動（砂州の一部が大きくフラッシュ）が発生したものと推定される。

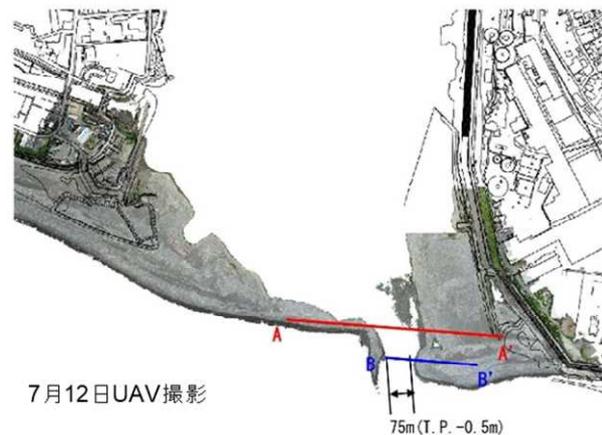


図-4 事前掘削箇所、フラッシュの状況

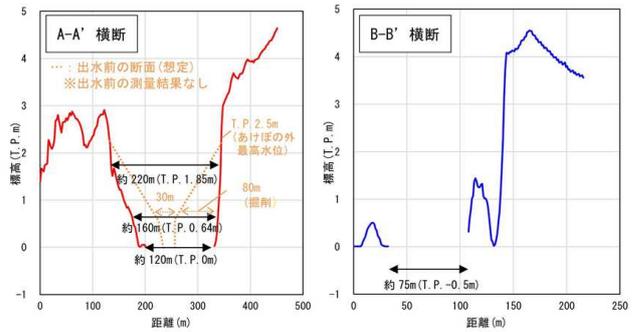


図-5 事前掘削箇所、フラッシュの状況

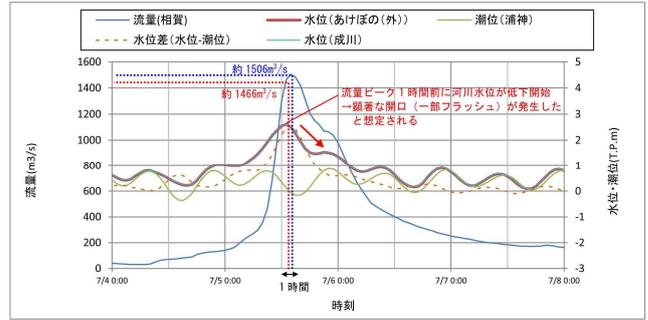


図-6 7.5 出水時の水位の時系列変化

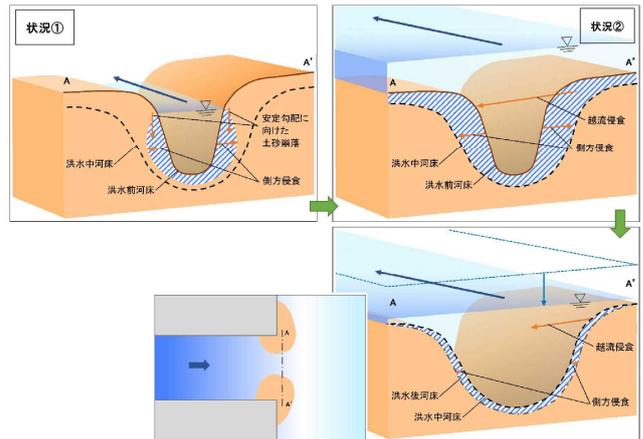


図-7 水位・流量に応じた河床変動メカニズムイメージ

##### b) 2022年7月5日出水による河口砂州変化の状況考察

7月5日出水による河口砂州変化（一部フラッシュ）の要因や状況を、以下のとおり推定した。

要因①：出水前は開口幅（約30m）が狭いことから、背水影響によって出水時の河川水位が大きく上昇（河川水位と外潮位の水位差が大きくなり開口部の流速が増大）した。また、左岸部の開口部に流れが集中（特に右岸側は砂州高が高く今回の出水では先端部を除き砂州は水没していない）した。これらによって、開口部付近の流速・掃流力が増大したと推定。

→状況①：河川水位が砂州高（先端部の比較的低い箇所）よりも低い期間は、開口部の深掘れや側方侵食が進行していたと推定（図-7）。

→状況②：河川水位が砂州高（先端部の比較的低い箇所）を超えた際、顕著な開口部の変動（砂

州の一部が大きくフラッシュ)が発生したと推定(図-7)。

要因②: 左岸砂州の掘削が行われていた(開口部に近い箇所)で実施されていたことから、流れが集中する開口部周辺のフラッシュを促進したと推定。

c) 解析条件

2022年7月5日出水による河口砂州変化の状況考察より、左岸砂州の事前掘削によって河口砂州のフラッシュ促進が推定されたことから、河口砂州の事前掘削による効果(掘削有無によるフラッシュ状況の違い)を準三次元河床変動モデルにより確認を行った。解析条件を表-1に示す。

d) 解析結果

2022年7月5日出水時の水位の再現結果を図-8に示す。あけぼの外水位の実績水位と再現水位を比較した結果、フラッシュ前の水位上昇とフラッシュ後の水位低下を概ね再現できていることが分かる。

そして図-9に左岸砂州の掘削の有無による予測計算の結果を示す。2022年7月5日出水時の事前掘削を行った場合と行わなかった場合の河口砂州の開口幅、侵食量を比較した。図-9の左図より、左岸砂州を事前掘削した場合の方が、事前掘削なしの場合よりも開口幅が拡大していることが分かる。また、図-9の右図より、河口砂州の侵食量に関しても、事前掘削をした場合の方が多量であることが確認できる。表-2では、左岸砂州の事前掘削の有無による出水後の地盤高を比較した。表-2の差分図より、赤い四角で括弧している上部、砂州の左岸側が、掘削なしよりも掘削ありの方が侵食されていることがわかる。

以上のことから、左岸砂州の事前掘削により、開口部周辺の開口幅及び侵食量(土砂流出量)が大きくなり、フラッシュが促進されていることが確認できた。開口部を左岸側に設けるための対策は、有効な対策であるといえる。

表-1 解析条件

項目	設定値
計算区間	河口-2.4k~2.6kの区間
メッシュ数	縦断方向177×横断方向42
メッシュサイズ	河口部で縦断方向25m×横断方向25m
流量	相賀実績流量:2022年7月4日23:00~5日20:00
下流端水位	あけぼの実績水位:2022年7月4日23:00~5日20:00
河床	0.0k~2.6k:令和3年測量断面 -2.4k~-0.2k:内閣府「南海トラフ巨大地震モデル検討会(H24.8)」による公表データ 河口砂州:2022年7月UAV測量結果より出水前の砂州形状や地盤高を仮定 河口テラス:2020年11月深淺測量結果



図-8 7.5出水時の水位の再現結果(あけぼの外水位)

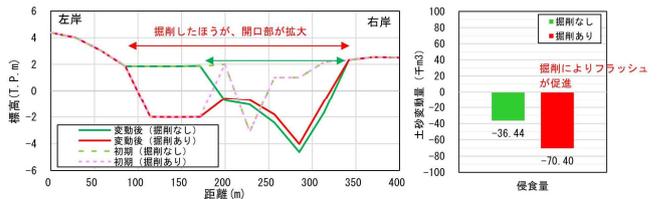
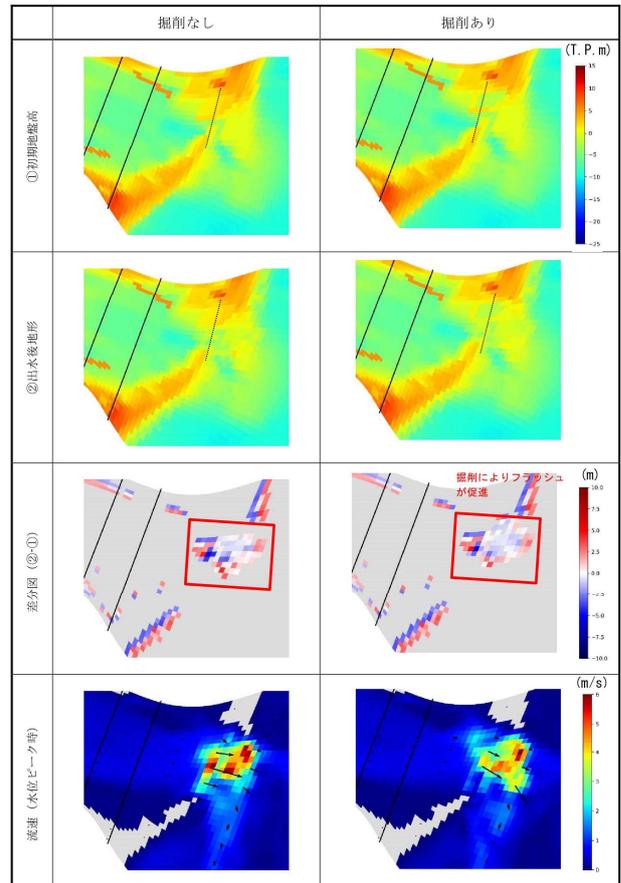


図-9 左岸砂州の掘削の有無による予測計算の結果

表-2 左岸砂州の掘削有無による予測計算の結果



(2) 左岸側に設けた開口部の維持

2022年7月に開口部を左岸部に設けるための対策として上記の事前掘削を行い、フラッシュが促進されたことにより河口砂州を開口させることに成功した。その後、2022年7月から11月初旬にかけて開口部が左岸側に形成されていたが、2022年11月30日のUAV観測により開口



図-10 開口部が移動状況

部が左岸から中央に移動していることが確認された。開口部が移動した状況について図-10に示す。

左岸から中央に開口部が移動した要因として、以下のことが考えられる。

- ・2022年11月初旬までは左岸側に開口部があったが、中央部付近に砂州高が低い箇所が存在していたこと、2022年11月20～21日にかけて河川水位が上昇したことにより、11月21日時点で左岸側と中央部の2箇所が開口する状況となっていたこと。
- ・その後、2022年11月30日において、ESE～S方向の波浪、小規模出水（ピーク流量300m<sup>3</sup>/s程度）が発生したことにより、左岸側は閉塞し、中央部のみ開口することとなったと考えられる。

以上より、現状の砂州状況や外力特性によって、左岸側の開口部は閉塞しやすい状況にあり、開口部が左岸側にある状態を維持しづらいことがわかった。

## 5. 河口砂州管理の今後の展望について

上述のとおり、開口部を左岸側に設けるための対策として、左岸砂州の事前掘削によって、砂州フラッシュを促進することに成功した。しかし、2022年11月に開口部が左岸部から中央部に移動した後、非出水期に入り降雨が少なくなると、少しずつ砂州の開口幅が狭まり、2023年2月20日には砂州が閉塞したことが確認された。図-11に2023年2月20日の河口砂州の閉塞状況を示す。

こうした状況から、未だ河口砂州の適切な維持管理手法について確立することができておらず、新たな維持管理手法、モニタリング手法の検討が必要である。

### (1) これからのモニタリング調査

熊野川の河口砂州は、時期、外力（洪水、波浪）および維持掘削状況等により、形状や開口位置が大きく変化することから、定期的な砂州監視が必要である。今後も河口砂州の定期的な観測をしていく上で、UAV観測による砂州監視の効率化を図る必要がある。



図-11 2023年2月20日の砂州閉塞状況

河口砂州のモニタリング調査はこれまで、観測場所まで出向き、UAVを操作することで観測を行っていた。そのUAV観測の省力化、効率化を図るため、離れた場所から操作する目視外飛行を可能にするための検討を行っていく。

### (2) これからの河口砂州維持管理手法

洪水と波浪の両方の影響を大きく受ける熊野川の河口部では、洪水によってフラッシュするものの、上流からの土砂や波浪によって砂州が回復してしまう。また、河口テラスからの土砂の供給等もあり、河口砂州の開口状況の維持が難しいという特徴がある。河口テラスの発達による砂州閉塞の発生を抑制するため、河口砂州の土砂を海岸へ運ぶバイパス等の設置に向けた検討を行っていく。

## 6. 終わりに

熊野川河口砂州では、上流からの土砂流出、海岸からの波浪等により、今後も熊野川の河口砂州の閉塞が問題となることが予想される。本検討において、河口砂州のフラッシュ促進対策について、有効な結果が得られたが、河口砂州の開口状況の維持の観点では、未だ実績を得られておらず、さらなる検討が必要である。そのため、今後も砂州フラッシュ促進に向けた検討、開口を維持しやすくするための対策について検討を続けていきたい。

### 参考文献

- 1) 令和4年度熊野川河口砂州等維持管理計画資料作成業務 報告