

土砂管理上の多くの課題を有する海部川の実態 解明と掘削事業効果を高める河川管理策の検討 ～簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法の活用～

STUDY OF CLARIFICATION AND IMPROVEMENT PLAN
FOR THE FLOOD CONTROL ISSUES IN THE KAIFU RIVER

長田健吾¹・披田 毅²・山下 礎³

Kengo OSADA, Tsuyoshi HIDA and Motoi YAMASHITA

¹正会員 博士(工学) 国立高専機構阿南高専准教授 創造技術工学科建設コース
(〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木265)

²非会員 徳島県 県土整備部河川整備課 課長補佐
(〒770-8570 徳島県徳島市万代町1-1)

³非会員 徳島県 県土整備部河川整備課 主任(同上)

In the Kaifu River, Tokushima Prefecture, many problems of flood control have been occurred due to sediment deposition over time. To improve channel management, it is important to clarify the phenomena of flow and sediment transport during a flood. In this study, we clarified flow and sediment transport during a flood by using the easy two-dimensional flood flow and riverbed variation analysis method. And, we proposed improvement plan of longitudinal and cross-sectional form by considering the effective use of the existing channel dredging works for reducing the water level and sediment deposition in the Kaifu River.

Key Words : *medium and small size rivers, flood flow, sediment deposition, river management, channel dredging, easy 2-D riverbed variation analysis*

1. はじめに

徳島県が管理する海部川では、経年的な土砂堆積が発生し、これが本川水位の上昇および支川流域の浸水被害の一要因となっており、土砂管理が喫緊の課題となっている。また、1.6k～6k区間は、砂州高上昇と砂州上樹林化による河道二極化が進行し、滞筋への流量集中による河岸際河床洗掘・堤防侵食が懸念されている。県は、この是正策として砂利掘削・砂利利活用事業をH27年度に立ち上げ、堆積箇所の砂利掘削を進めている。しかし、県管理の中小河川のため、流況と土砂動態の一体的な現象解明はこれまで十分に行われていないことから、堆積箇所の切り下げが縦断的な水位低下にどの程度効果を持つのか分かっていない。海部川現河道の流況、土砂動態の実態を解明し、洪水・土砂の流下を阻害する要因を分析することで、砂利掘削事業の効果を高められる河川管理策について検討することが重要である。

洪水時の流れと土砂動態を把握する手法として準二次元洪水流解析法¹⁾、²⁾と平面二次元洪水流－河床変動解析

法³⁾が一般に広く用いられている。海部川においても準二次元解析法を用いた計画規模の水面形検討が行われているが、土砂動態に関しては準二次元解析による検討が難しいため実施されていない。平面二次元解析法による検討を実施できれば、流況・土砂動態に関して多くの情報を得ることが出来るが、計算準備に時間・労力を要すること、計算時間が大幅に増大することなど、準二次元解析に比べると解析の実施が困難であり、県管理中小河川ではほとんど行われていない。長田ら⁴⁾は、中小河川の洪水流・土砂動態把握への利用を目的として、準二次元解析法の枠組みの中で流線を活用することで、平面二次元解析に近い流れと土砂動態の情報を得ることが出来る簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法を開発した。本解析法を那賀川の平成26年8月洪水データに適用し、準二次元解析では説明できない蛇行・屈曲を有する河道における左右岸水面形状の時間変化を再現できること、また、平面二次元解析に近い平面的な流速ベクトル、河床変動量を算定できることを明らかにした。

本研究では、簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法を海部川の既往洪水データに適用し、現河道における洪



図-1 海部川検討区間の概要

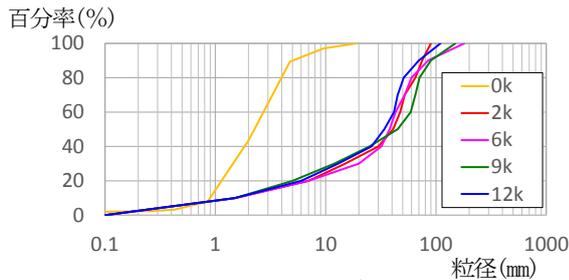


図-2 河床材料粒度分布

水流・土砂動態の実態を明らかにした上で、洪水・土砂の流下を妨げる要因について分析する。抽出された要因を参考に、水位上昇・土砂堆積および河道二極化といった課題を軽減するための断面形状は正案を設定し、その水位低減効果などについて解析により明らかにする。この断面形状は正案を砂利掘削の目標断面として活用することで砂利掘削・砂利活用事業の効果を向上することができる効率的な河川管理策について検討する。

2. 海部川の流況・土砂動態の実態解明

2.1 海部川概要と解析条件

海部川の検討対象区間（河口～12k）を図-1に示す。河口付近では、河口砂州による閉塞とそれに伴う河口～1k付近までの土砂堆積が課題となっている。1kに合流する母川は、本川河床勾配約1/300に対し、勾配1/500～1/2900程度と緩く、中規模出水でも浸水被害が発生するなど、洪水被害が深刻な状況となっている。また、上流部では8.6k～9.4kにかけての土砂堆積が顕著であり、相

川流域（8.4k合流）の土砂堆積、浸水被害も問題となっている。中流域（1.6k～6k）では、砂州高上昇と樹林化による河道二極化が進行し、滞筋への流量集中による河岸際河床洗掘・堤防侵食の危険性が高まっている。

本区間を対象として簡易平面二次元洪水流—河床変動解析法⁴⁾を用いた流況・土砂動態の実態解明を行う。検討区間には、既設水位計の神野（11.3k）と多良（2.1k）に加えて、平成28年3月に新設簡易水位計が5箇所設置された。対象洪水は、新設水位計の観測開始後、最も大きな洪水である平成28年9月20日洪水で、ピーク流量920m³/s程度（平均年最大流量規模）である。境界条件として、上流端は神野観測所の観測水位を、下流端は由岐の観測潮位を与えた。また、支川からの流入量は、合流部より下流に設置された観測所水位（相川：8.4k観測水位、笹無谷川：6.9kと6.3k観測水位、母川：0.66k観測水位）を境界条件として解析水位との差が小さくなるように調整して与えた。土砂流入条件は、本川上流端は平衡土砂量を与え、支川は、合流点の本川水位が高く、支川土砂がほとんど支川内に留まっている状況であるため土砂流入は考慮していない。河床形状は、0k～12.6kまで一貫して測量が行われたH27年度測量成果を用いた。

8.4k断面は、図-1に示すように相川の断面が含まれることから、横断形状の中で相川部分の標高を高くして、本川断面を設定した。河床抵抗は、低水路粗度係数0.025、高水敷粗度係数0.04を与え、樹木抵抗は、航空写真から植生位置を判読し、密度0.03として抵抗を与えた。図-2に測定された粒度分布を示す。0k（河口砂州）の材料は、隣接する砂浜から供給されるため平均粒径が3mm程度の細かな材料となっている。その他の箇所は、平均粒径50mm程度の材料である。解析は、150mm、80mm、40mm、15mm、6mm、2mmの6粒径を用い、この粒度分布を表現できるように与えた。

河口砂州が洪水により侵食を受ける過程は、特別な処理が必要となる。本研究では、佐川ら⁵⁾の考えを参考に、侵食を算定する式として以下を与えた。

$$E = -\alpha_1 \frac{\partial Z}{\partial t} + \alpha_2 \frac{q_{bs}}{h} \quad (1)$$

ここに、 α_1 、 α_2 は、侵食速度を規定する計算パラメータで、海部川河口砂州の侵食を表現する値として0.3を与えた。Zは水際格子点の地盤高、 q_{bs} 、 h は水際格子点の流砂量および水深である。上式により算定される侵食速度に応じて水際格子点に隣接する河岸格子点の河床高を低下させ、侵食を表現した。

2.2 解析結果

水位ハイドログラフの観測値と計算値の比較を図-3に示す。多良の解析水位が観測水位より全体的に低めとなったが、その他の解析水位は観測値を概ね再現している。図-4に、水面形の時間変化の観測値と解析値の比較を示す。河口砂州の閉塞により、0.2k～1.0k付近の水面

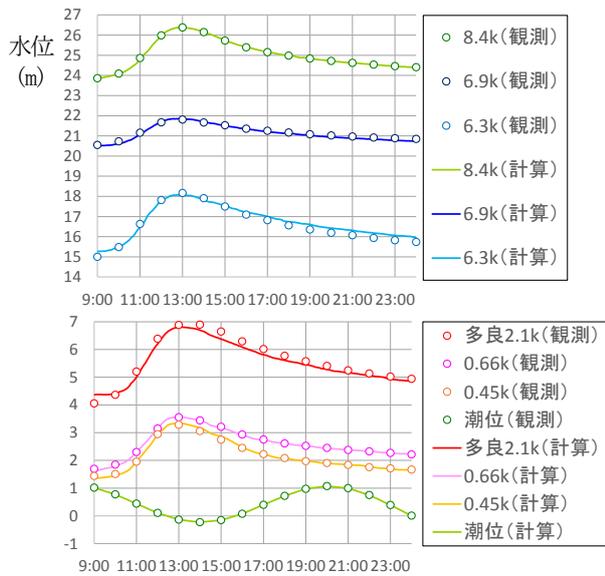


図-3 水位ハイドログラフの観測値と解析結果の比較

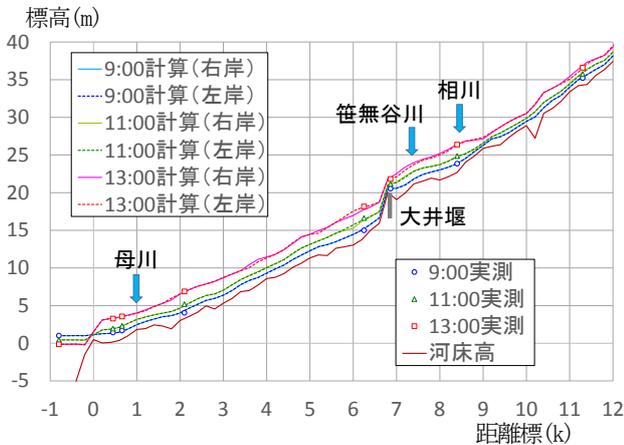


図-4 水面形の時間変化の観測値と解析結果の比較

勾配がその上流側に比べ緩やかになっていることが分かる。また、相川合流点(8.4k)～9.0k付近の水面勾配も、その上下流に比べ緩やかになっている。相川合流点直下流に狭窄部があり、それによる水位上昇が影響していることが分かる。図-5に本川の各地点および支川の流量ハイドログラフを示す。多良地点の解析流量は、H-Q換算で求めた流量を再現できている。本川流量がピークとなる13:00～14:00の間、母川から本川に流出する流量が0に近い状況であることが分かる。平均年最大流量規模の洪水でも本川水位の影響で流出が抑制されることが示されている。

図-6に水深・流速分布と河床変動量の解析結果を示す。河口付近では、河口砂州の影響により0.2kの流速値が上下流と比べ小さく、0.2k～1kにかけて堆積傾向であることが分かる。図-7に、0k断面(河口砂州断面)の流量ピーク時と解析終了時の横断形状変化を示す。時間の経過とともに河口砂州が侵食を受け、広がる状況が示されているが、平均年最大流量規模では左岸側まで完全に開かないことが分かる。上流側8.6k～9.2k付近では、8.4k狭窄部の影響で堆積傾向であることが示されている。ま

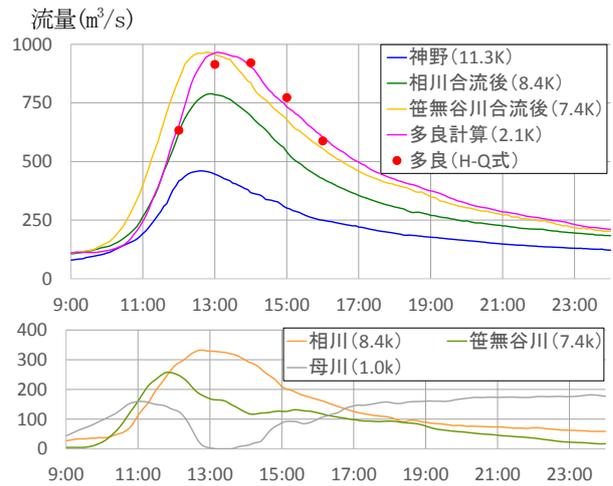


図-5 本川(上)と支川(下)の流量ハイドログラフ

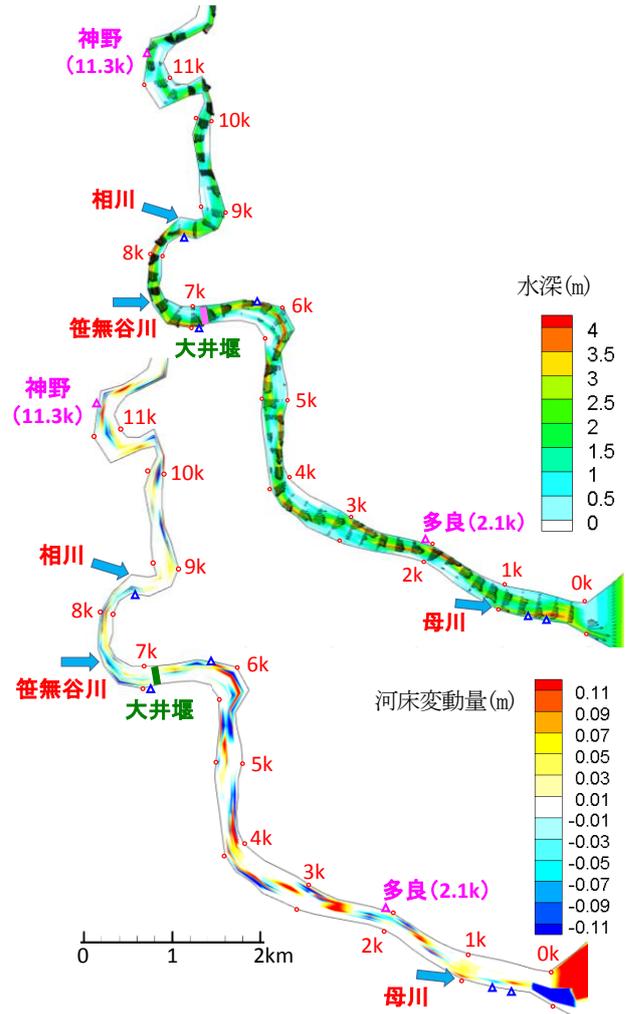


図-6 水深・流速分布と河床変動量

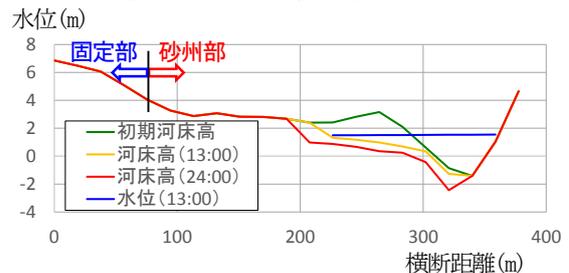


図-7 0k断面(河口砂州)の侵食状況

た、1.6k～6k区間では、滞筋に流れが集中することが分かり、河岸際河床の洗掘と砂州への堆積が生じ、今後さらに河道二極化が進行する恐れがあることが分かる。

3. 砂利掘削事業の効率化に向けた断面形状是正案の検討とその活用策

3.1 現状の砂利掘削事業とその課題

上述の土砂管理上の課題に対し、県はH27年度に砂利掘削・砂利活用事業を立ち上げた。母川流域の浸水被害軽減のため0.6k～1.4k左岸砂州の掘削（年間約13,000m³）、上流側9k～9.4kの堆積土砂の除去（年間約30,000m³）を実施している。また、中流域に関しては、砂利を利用したいという住民を公募し、その分の掘削を行い、譲渡する取り組みを実施し、H28年度は約5,000m³の譲渡を行った。河口砂州に関しては、本事業と関係なく、毎年掘削を実施しているが、明確な目標がなく、毎年、掘削量、掘削断面が異なり、水位低減に対する効果も十分に分かっていない状況である。砂利掘削事業の効果を高めるためには、明確な目標が必要であり、2章で明らかとなった実態も踏まえ、縦断的に見てどの断面を重点的に掘削管理すれば水位低減に対し効果が高いか検討する必要がある。

3.2 断面形状是正案の設定

洪水・土砂の流下に影響を与える河口砂州および8.4k狭窄部、また中流域の二極化対策としてそれぞれ断面形状是正案を設定し、その効果を確認する。図-8に設定した断面形状是正案を示す。まず、河口断面（0.0k）に関しては、平均潮位程度となる標高0.5mまでカットする案とした。8.4k狭窄部は、右岸側を大きく切り下げ、8.2k断面と河幅を同程度に是正するとともに、8.2kも河床の切り下げを行う案とした。二極化対策としては、図-6の河床変動結果から、山付き部および高水敷を有する箇所を除き、堤防に近い河岸際の河床洗掘が懸念される1.8kと4.4k～4.8kを選定した。4.4k～4.8k区間では、特に低水路幅が狭く河岸際洗掘量が大きい4.6kを是正することとした。1.8k、4.6kともに前後断面の形状も鑑み、砂州の切り下げを行う案とした。

3.3 断面形状是正案の効果検証と河川管理への活用策

設定した断面形状是正案および現河道に対し、図-9に示す直近10年の流量ハイドログラフ（河床変動がほとんど生じない350m³/s以下の洪水は除外。H19年は該当洪水なし）を通水し、現河道との比較から是正案の効果を検証する。H26年に大きな洪水が2回あり、1波目が海部川の既往最大洪水である。多良地点の流量ハイドログラフ（図-9）を再現するように、上流端流入量および各支川の流入量を流域面積に応じて分配した。河口砂州断面は、毎年砂州高が回復するため、現河道の検討では年終わりに砂州形状を戻すようにした。一方、是正案の検討では、0k、8.2k、8.4kは、年終わりに是正断面形状となるように設定した。また、1.8k、4.6kの是正案は、H20年の解析開始時のみ掘削を行うものとし、その後は掘削無しで検討を行った。

図-10に縦断的な水面形状を、図-11には、図-10に示す最高水位の差を示す。河口付近では、河口砂州の掘削

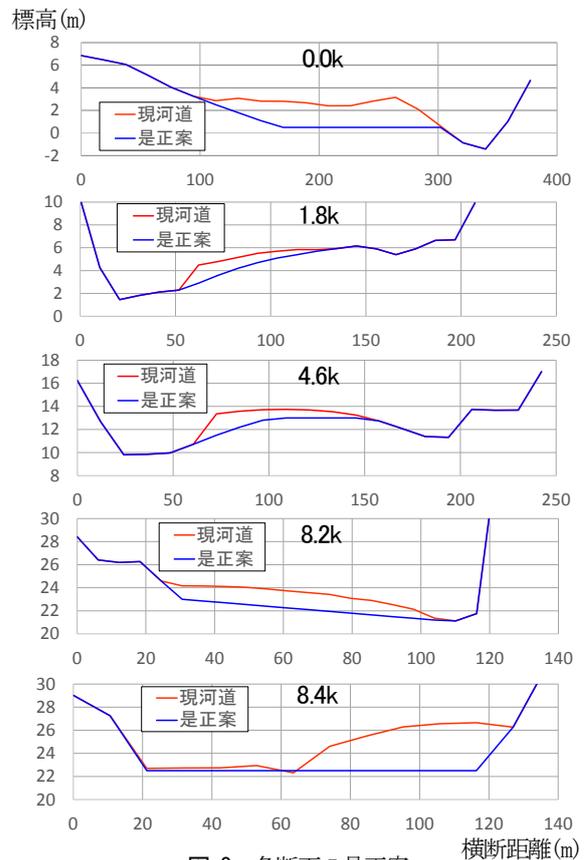


図-8 各断面の是正案

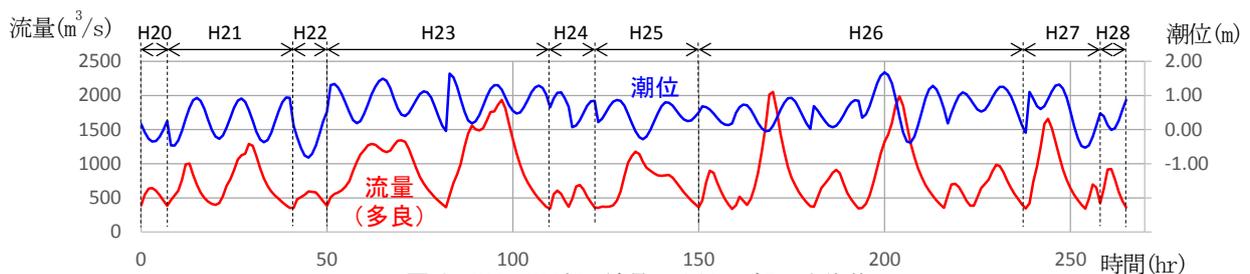


図-9 H20～H28年の流量ハイドログラフと潮位

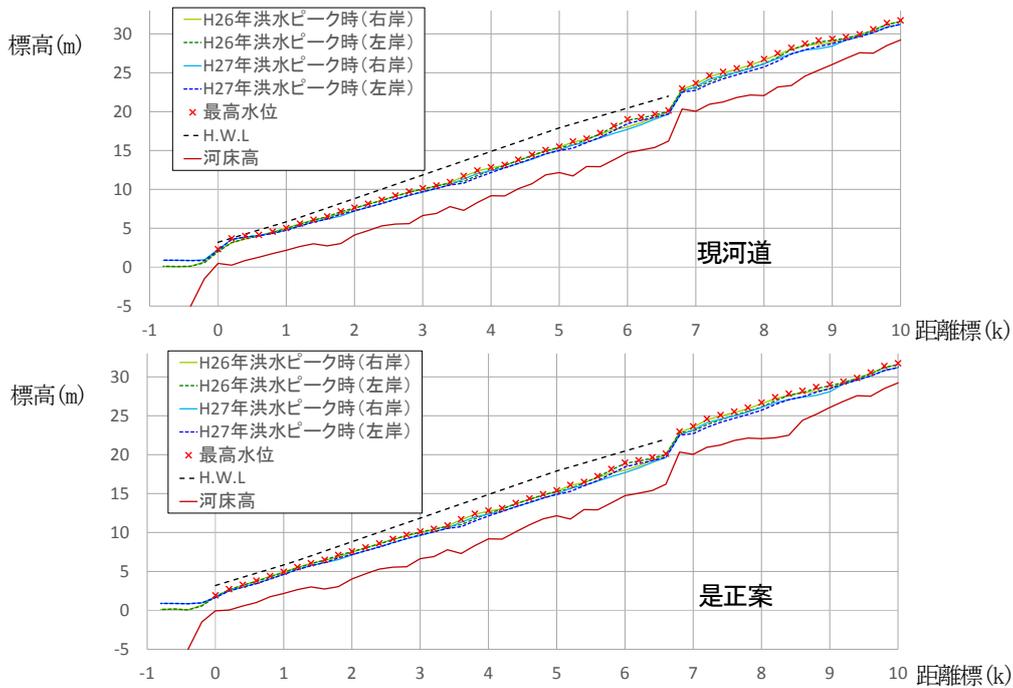


図-10 現河道と是正案の水面形比較

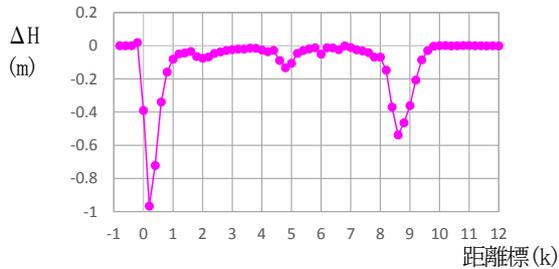


図-11 現河道と是正案の最高水位の差

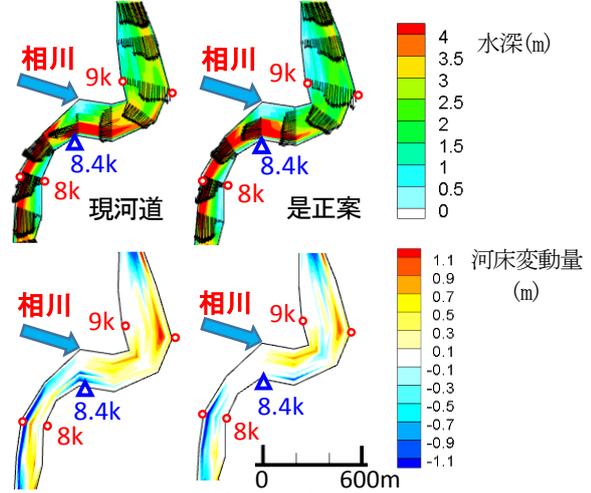


図-12 現河道と改修案の水深・流速分布と河床変動量の比較 (相川合流点付近)

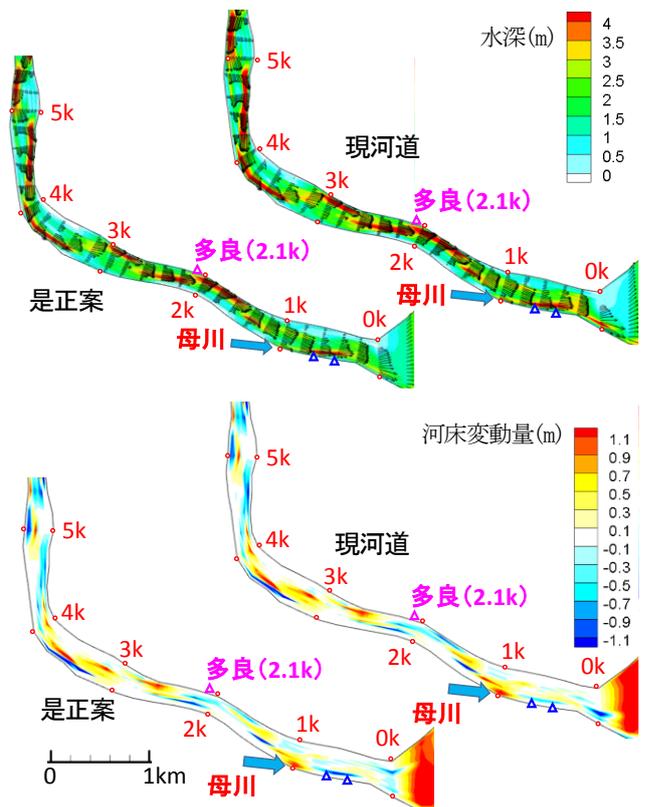


図-13 現河道と改修案の水深・流速分布と河床変動量の比較 (河口~5k)

を行うことで是正案の水位が最大1m程度低下し、その影響は1k付近にまで及ぶことが分かる。また、8.4k狭窄部を是正することで、8.6kで0.5m程度の水位低減が生じ、その効果は9.4k付近にまで影響することが分かる。図-12、図-13に水深・流速分布と河床変動量の結果を示す。0.2k~1.0kおよび8.6k~9.4kでは、是正案により堆積量を軽減することが出来ている。また、二極化対策を行った

1.8k、4.6k付近では、是正策は現河道に比べて河岸際洗掘を軽減でき、二極化の進行を遅らせる効果があることが示された。図-14には、二極化対策を実施した区間の現河道および是正案における各断面の無次元流量-無次元河幅・水深関係の時間変化と福岡の式⁶⁾との比較を示す。図にはH26年の既往最大洪水波形の中で洪水初期から流量ピークまでの時間帯の動きを表示した。無次元河

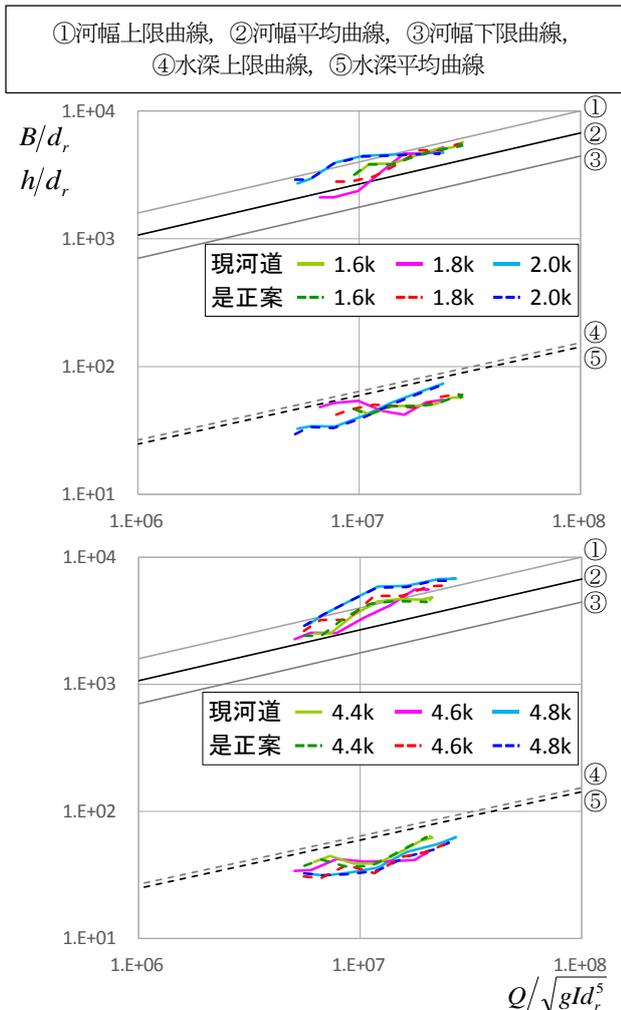


図-14 各断面の無次元流量－無次元河幅・水深関係の時間変化と福岡の式との比較

幅に着目すると、1.6k～2.0k区間では、現河道において1.6kと2.0kは河幅平均曲線とほぼ平行に移動するのに対し、1.8kは狭い低水路に集中する段階から砂州上に洪水が乗る段階へシフトする動きとなっている。是正案では、河幅平均曲線に対し平行に移動する状況には至らなかったが、1.6k、2.0kの動きに近づいたことが分かる。また、4.4k～4.8kの現河道では、4.6kが他と異なる傾向となっているが、是正案では他地点の動きに近づいた。河道管理上問題となるような洗掘や堆積が生じない治水上安定な河道の形成には、無次元流量－無次元河幅・水深関係の時間変化が縦断的に概ね同じ動きをすることが望ましく⁹⁾、是正案はその点を満たしていることが分かる。

上述の検討で是正案の水位低減・土砂堆積軽減効果と二極化抑制効果が示された。この是正断面を目標に砂利掘削を実施すれば、治水事業としての砂利掘削効果が高まり縦断的な河川管理の効率化を図れると考えられる。検討した断面は是正案での掘削量を算定すると、河口砂州では年間約10,000m³（幅170m×高さ2m×区間30m）、二極化対策の初期掘削量は約13,600m³（1.8k、4.6k合計）、8.2k～8.4kでは初期掘削量約38,000m³+各年維持掘削量約3,000m³である。河口部に関しては、現在1.0k付

近で実施している掘削が年間約13,000m³であるため、この掘削の一部を0k断面で実施し、河口砂州の是正断面形状を維持できるようにすれば良い。二極化対策断面は、数年掛けて是正断面に近づけ、その後断面を維持すれば良く、住民への譲渡に伴う掘削（年間5,000m³程度）を活用して是正断面に徐々に近づければよいと考えられる。また、8.4k狭窄部の是正に関しては、9.0k付近の掘削規模が30,000m³程度であり、初期掘削量はこれを上回るため、数年掛けて狭窄部の是正（掘削）を行い、その後は是正断面形状で維持すればよい。

簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法を用いた検討により、治水上望ましい是正断面形状を見出し、砂利掘削事業に活用する案を示した。海部川のように流況・土砂動態の実態を十分に把握できていない県管理中小河川は多くあり、本解析法はこのような中小河川において粗々の流況・土砂動態を把握し河川管理を効率的に進める上で、また、砂利掘削事業などの実施においてその目標断面を検討する上で有用な手法となることが示された。

4. 結論

本研究では、土砂管理上の多くの課題を有する海部川に対し、簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法を活用した洪水・土砂動態の実態解明を実施した。河口砂州と河道狭窄部が、水位上昇・土砂堆積に影響を与えていること、河道二極化が今後も進行する懸念があることを明らかにした。

問題となる水位上昇・土砂堆積に対し、実態解明の結果を考慮した断面形状は正案を設定し、その効果検証を行った。その結果、現河道に比べ水位を縦断的に低下させ、土砂堆積軽減に効果を持つこと、また二極化対策に有効であることが確認された。現在実施されている砂利掘削事業において、この是正断面を目標に掘削を実施することで、より効果の高い河川管理を進められることを示した。

参考文献

- 1) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，森北出版，2005。
- 2) 福岡捷二，佐藤宏明，出口桂輔：洪水流の非定常準二次元解析法の研究，土木学会論文集B，Vol.65 No.2，p.95-105，2009。
- 3) 長田信寿，細田 尚，村本嘉雄：河岸侵食を伴う河床変動の特性とその数値解析法に関する研究，土木学会論文集，No.621，II-47，p.23-39，1999。
- 4) 長田健吾，清水敦司，赤松 薫：流線を活用した簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法の開発，河川技術論文集，第22巻，pp.121-126，2016。
- 5) 佐川拓也，大谷靖郎，市川真吾，武内慶了，山下武宣：河口砂州フラッシュの再現計算と要因分析，水工学論文集，第51巻，pp.955-960，2007。
- 6) 福岡捷二：札内川の河道変遷を考慮した治水と環境の調和した安定な河道縦・横断形状に関する研究，研究紀要(XXIV)，北海道河川財団，pp.123-164，2013。

(2017. 4. 3受付)