

釜無川中流部における河床の管理に関する検討

RIVERBED MANAGEMENT IN MIDDLE REACH OF THE KAMANASHI RIVER

宮沢直季¹・砂田憲吾²・大石 哲³・平田 学⁴・廣瀬昌由⁵
Naoki MIYAZAWA, Kengo SUNADA Satoru OISHI, Manabu HIRATA and Masayoshi HIROSE

- ¹正会員 工修 山梨大学大学院助手 医学工学総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
²フェロー会員 工博 山梨大学大学院教授 医学工学総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
³正会員 博(工) 山梨大学大学院助教授 医学工学総合研究部 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)
⁴大成ロテック株式会社 (〒104-0031 東京都中央区京橋3-13-1)
⁵工修 国土交通省甲府河川国道事務所所長 (〒400-8578 山梨県甲府市緑ヶ丘1-10-1)

In the middle reach of Kamanashi River, riverbed has a tendency of aggregation. In this study, some development scenarios for maintaining the riverbed elevation in view of the sedimentation trends were examined. The riverbed variations were calculated by using a MIKE21C curvilinear model. First, by comparing calculated results with the actual riverbed variation obtained between 1998 and 2003, the model was calibrated and validated. In addition, plane properties of changes of flow during that period were explained. Next, by using the model, the future riverbed variations starting from 2004 onward under the flow conditions of the 20-year flood return period and under 2 different development scenarios were forecasted. The study result shows that the development scenario 1 where some well planned dredging works are undertaken would be more suitable for riverbed management of this reach.

Key Words: Kamanashi River, MIKE21C, riverbed management, developing scenarios, dredging

1. 序論

扇状地河川の河床変動は大きい。これまで、安倍川、重信川などで河床変動の特性把握を目指して流砂量・河川地形変化のモニタリング・河床変動計算技術の向上が検討されている¹⁾。多くの成果が得られているが、一般的な手法はなく、個別の河川で流況に応じた詳細な検討が進められるのが着実である。

富士川流域では、流域の西側を東西に分断する大断層、糸魚川～静岡構造線が走っているため、流域は極めて脆い地質構造になっており、崩壊地も多く、豪雨とともに崩壊土砂が河道に流出し、流れの緩やかな所に堆積している。土砂生産活動の活発な釜無川上流域、早川流域を有していることから、河道区間では、出水による河床変動が大きい。

現在の河道計画においては、河川の適正な利用と河川環境の保全を図りながら、洪水を安全に流下させる流下断面を確保するという機能目標型の計画を策定していくことを基本的な考え方としており、直轄河川改修計画書において設定していた形状で規定する計画河床高は設けていないが、流域の土砂生産が盛んで、河床変動も大き

い富士川では、流下能力の確保及び河川管理施設などの機能の維持を目的とする河床(管理河床)の設定およびそれを実現するための方策案の策定が求められている。

本研究では、河床管理の視点から、土砂移動を考慮した維持すべき河床高の設定を実現するための方策案の検討を行うことを目的とする。富士川において維持管理が必要とされる区間のうち、平面的な河床変動特性の把握が望ましい釜無川中流部の河道区間に対して、土砂移動に係わる各種の最新調査データをもとに二次元河床変動計算による予測検討を行う。

研究内容は以下の通りである。まず、釜無川中流部の最新データを入手する。次に、この河道区間に対して1998年1月～2003年12月の二次元河床変動計算を行い、2004年の実績調査(横断測量結果)により検証する。計算モデルはMIKE21C曲線モデルを利用する。計算結果より、この区間の流れや土砂移動の平面的な変動特性を把握する。検討項目は、流れの洪水時の平面的な変動特性及び砂州の発達に伴う洪水時の偏流形成である。次に、河床上昇傾向にあるこの区間に対して、現況河道(2004年)及び河床掘削による方策を想定し、20年確率相当の大規模出水(1989年8月)による河床変動予測を行い、方策案の適用性及び効果について検討する。



写真-1 釜無川中流部航空写真（浅原橋～開国橋）

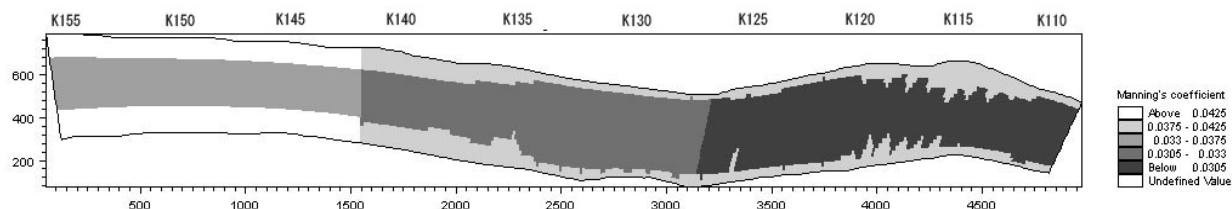


図-1 粗度係数

2. 解析対象区間

解析対象区間は釜無川中流部の開国橋～浅原橋区間である（写真-1）。この区間の平均川幅は442mである。この区間については、現状では流下能力は確保されているが、堆積傾向にあるため将来的な流下能力の確保と河川砂利の供給という観点も考慮して、砂利採取を実施しているが、既設の河川管理施設等への影響を考慮して、掘削高を改修計画書において設定した計画河床+1.0m（以下、「掘削河床」という）に設定している区間であり、平均的に3.5m程度の河床の掘削になる。

釜無川中流部においては、砂州の形成に伴う流路変化、洪水時の顕著な河床変動特性を把握し、河床上昇に対する維持管理方策について検討することが望ましい。とりわけ、洪水時の偏流形成や小流量時の滞筋の固定化等を勘案して、水衝部の有無、砂州の形成発達など方策案の面的な効果や影響を把握するために、二次元河床変動計算による汎用的な検討を行う必要がある。この区間における河川横断構造物は、下流より浅原橋（K109）、一本杉頭首工（K130）、鏡中条橋（K130）、開国橋（K155）である。

3. MIKE21C曲線モデル

本研究では、既往の計算モデルのMIKE21C曲線モデル²⁾を利用した。MIKE21C曲線モデルは、鉛直方向に均質な流れ場の流体力学シミュレーションと土砂移動シミュレーションのための数学モデリングシステムである。Danish Hydraulic InstituteのMIKE21ソフトウェアパッケージの一部であるこのモデリングシステムは、河川における土砂輸送及びその形態に関連した多くのモジュールから構成されている。

ルから構成されている。

4. 二次元河床変動計算による検討

ここでは、1998年～2003年（6年間）を計算期間とし、計算結果と2004年横断測量データ（実績値）を比較し、計算結果について検証する。この期間の低水路を中心とする流れ場の計算と河床変動計算を通じ、流れと土砂移動の面的な変動特性と再現性を把握する。

(1) 計算条件

計算範囲は、釜無川中流部K109～K155（約5.0km）である。下流端に783mの助走区間を設けた。グリッド分割数は、縦断方向に436、横断方向に22である。初期河床高は1998年横断測量に基づいて、計算格子点内の河床高を内挿して設定した。マンニングの粗度係数は、河道計画検討打ち合わせ資料に基づいて、低水路粗度係数をK109～K126に対して0.030、K127～K145に対して0.031、K146～K155に対して0.036とし、高水敷粗度係数をK109～K145に対して0.040、K146～K155に対して0.045とした。図-1に粗度係数を示す。河床材料の粒径は、1998年の粒度分布の調査データに基づいて、区間の粒度を一律に設定した（中央粒径8.0mm）。

計算に用いた流砂量式は、浮遊砂、掃流砂ともにMeyer-Peter & Muller³⁾の式を使用した。時間ステップは、流れ場の計算に対して1秒、河床変動の計算に対して20秒である。渦動粘性係数は $0.5\text{m}^2/\text{s}$ 、河床の空隙率は0.35、限界shields数は0.05とした。

(2) 境界条件

流れの境界条件について、上流端に浅原橋観測所の流量時系列を与え、下流端に浅原橋観測所の水位時系列を与える。二次元解析では計算時間等の制約により、長期

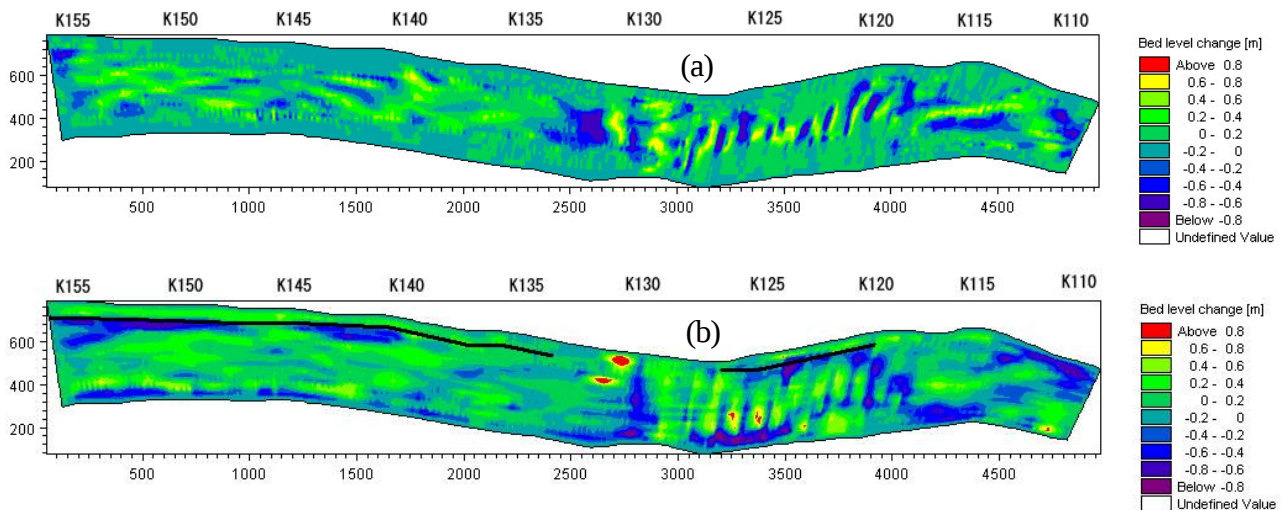


図-4 河床変動量 (a)計算 (b)実績 (1998年横断測量と2004年横断測量)，太線は1998年以前の低水路護岸を表す。

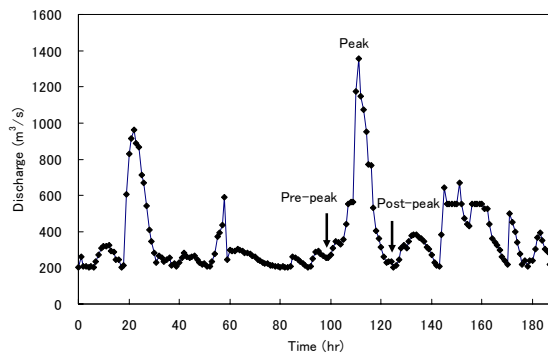


図-2 計算対象流量 (Pre-peak:2000/9/11 21:00 Peak:2000/9/12 9:00 Post-peak:2000/9/17 9:00)

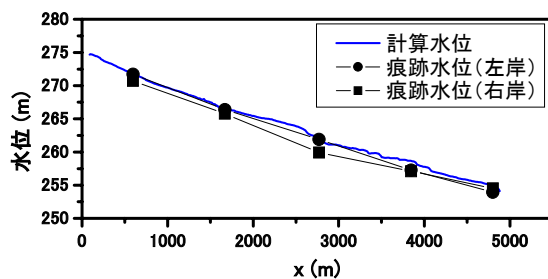


図-3 ピーク流量時の計算水位と痕跡水位の比較

間の流況・河床変動解析は困難である。そこで、1998年1月～2003年12月の流量時系列から流量何 m^3/s 以上を計算対象とするかについて、次の考えに基づいて決定した。平均粒径 d_m の河床材料の限界摩擦速度 u_{*c} を岩垣⁴⁾の式より計算する。計算区間の平均勾配 I で、摩擦速度 $u_*=(gh_b I)^{1/2}$ を計算する。ここに、 h_b は水深である。土砂が動き出す条件としては、摩擦速度 $\geq$ 限界摩擦速度である。それによって、必要な水深 h_b が求められる。Manning公式より、その水深に対応する断面平均流速が求められる。水深、流速、平均川幅より計算対象最小流量が求められる。以上の方法により算出した計算対象最

小流量は $202.48\text{m}^3/\text{s}$ と算出された。よって、抽出されたデータは188時間分となった。図-2に計算対象流量の時系列を示す。河床変動計算の境界条件は上流端で河床変動が起きない動的平衡状態を仮定した。

(3) 計算結果及び検証

(a) 検証

計算結果の妥当性を評価するために、まずピーク流量時の計算水位と痕跡水位の比較を行った(図-3)。その結果、計算水位は痕跡水位と良く一致する。後述するように、計算では水が高水敷をほとんど流れないことから、実際検証期間では高水敷に乗るような洪水は起こらなかったと言える。次に、計算河床変動量と実績河床変動量を平面的に比較した(図-4)。同図に1998年以前の低水路護岸位置を示した。高水敷に見られる侵食は洪水によって生じたものでなく、1998年以降の堤防護岸工事等の人的作用に因る。

低水路内を細かく見ると、2500m～2900mの区間では計算河床変動、実績河床変動ともに侵食し、最大侵食量は、計算が2600m地点で -0.78m であるのに対し、実績は2800m地点で -0.68m と近い値を示している。3050m～3900mの区間では堆積・侵食が交互に起きている。最大堆積量は、計算は $+0.77\text{m}$ 、実績は $+0.83\text{m}$ と近い値を示している。最大侵食量は、計算は -0.78m 、実績は -0.39m と大きな開きがある。しかし、堆積・侵食の位置は類似していることがわかる。計算では低水路護岸を考慮していないため、50m～450mの区間における低水路護岸前面の侵食傾向が再現されていない。以上より、計算結果は実際の現象を概ね表現できたと言える。

(b) 流れ・土砂移動の平面的な変動特性の把握

図-5にピーク流量時の水深・流速ベクトルを示す。計算対象流量の内最大流量はピーク流量時の $1355\text{m}^3/\text{s}$ である。このとき流線は、概ね低水路に沿った形となっており、所々高水敷にも流れがある。しかし、 $1300\text{m}^3/\text{s}$ 程度

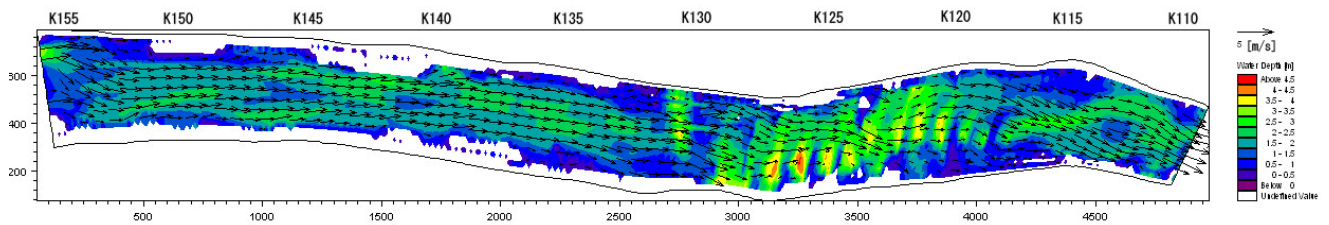


図-5 ピーク流量時の水深・流速ベクトル (2000年9月12日9時, 1355m³/s)

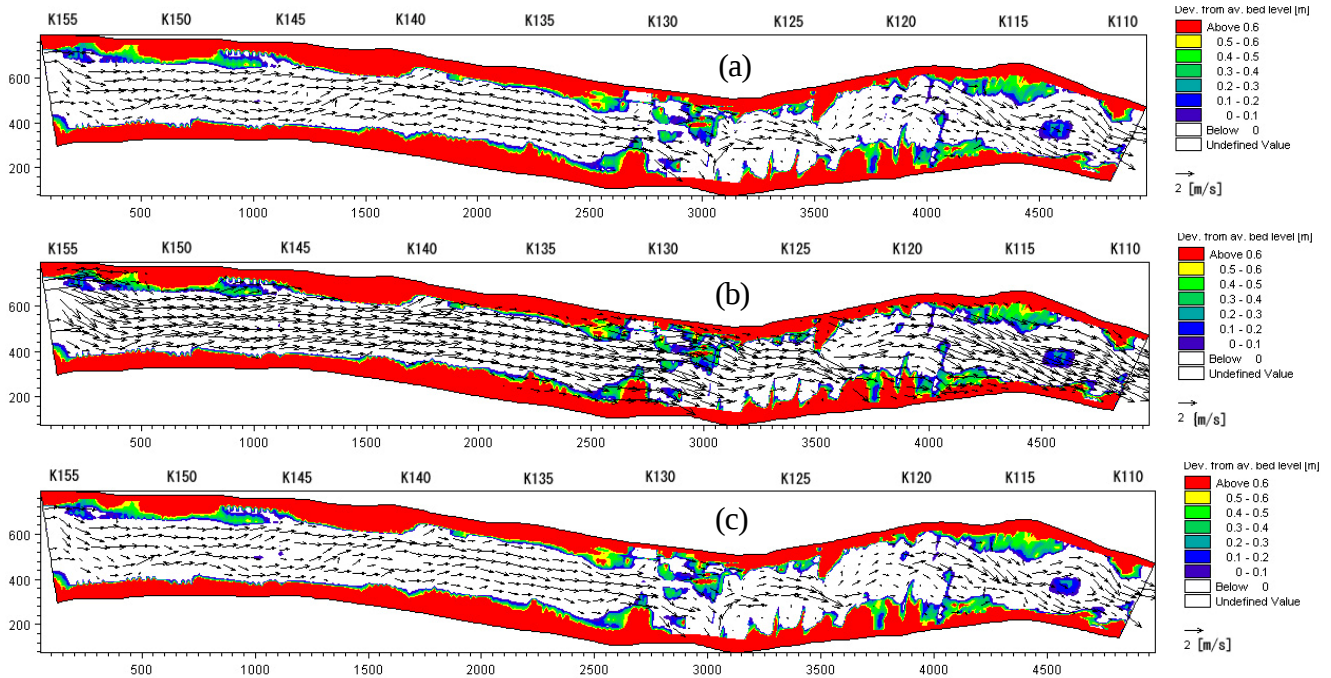


図-6 河床高, 流速ベクトル及び砂州 (a)ピーク前 (b)ピーク時 (c)ピーク後

では、高水敷ではほとんど水が流れず、また、水衝部となっている所は見受けられないことがわかる。

次に、砂州の発達に伴う洪水時の偏流形成について考察する。図-6に平均河床高からの偏差河床高と流速ベクトルを合わせた図をピーク前時点（2000年9月11日21時、流量255m³/s）、ピーク流量時点（9月12日9時、流量1355m³/s）、ピーク後時点（9月17日9時、流量203m³/s）で示す。ピーク前とピーク後で比較すると、砂州の移動・発達は顕著に見られず、今回の1300m³/s程度の洪水では、滞筋の変化、偏流の形成はないと考えられる。

5. 河床管理方策案の検討

釜無川中流部では、1982年出水後、年間約250～300千m³程度の掘削を行っている。また、近年の砂利採取は、上流側のセグメント1区間で実施され、この区間では、特定砂利採取の方法で年ごと1km区間ごとに、年平均で160千m³～300千m³程度の砂利採取が行われている。だが、維持すべき河床高の設定を実施するための方策案の策定には、上下流及び面的な変動特性を把握した上で評価することが望ましい。

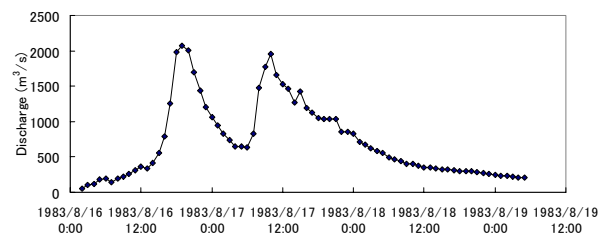


図-7 流量（浅原橋観測所,20年確率相当出水）

ここでは、現況河道（2004年横断測量に基づいた河床）及び河床掘削による方策を想定し、20年確率相当の大規模出水（1983年8月）による河床変動予測を行い、方策案の適用性及び効果について検討する。1983年8月の洪水を解析の対象とした理由は、この洪水がピーク時には十分なbankfullの状態であり、砂州の移動が明瞭に認められた⁵⁾からである。ここで、現況河道を対策シナリオ0、K130～K140の河床掘削による方策想定を対策シナリオ1とする。

(1) 対策シナリオ0

計算範囲及びグリッド数は検証と同様に、釜無川中流部K109～K155、縦断グリッド分割数382、横断グリッド分割数22である。初期河床高は2004年横断測量に基づい

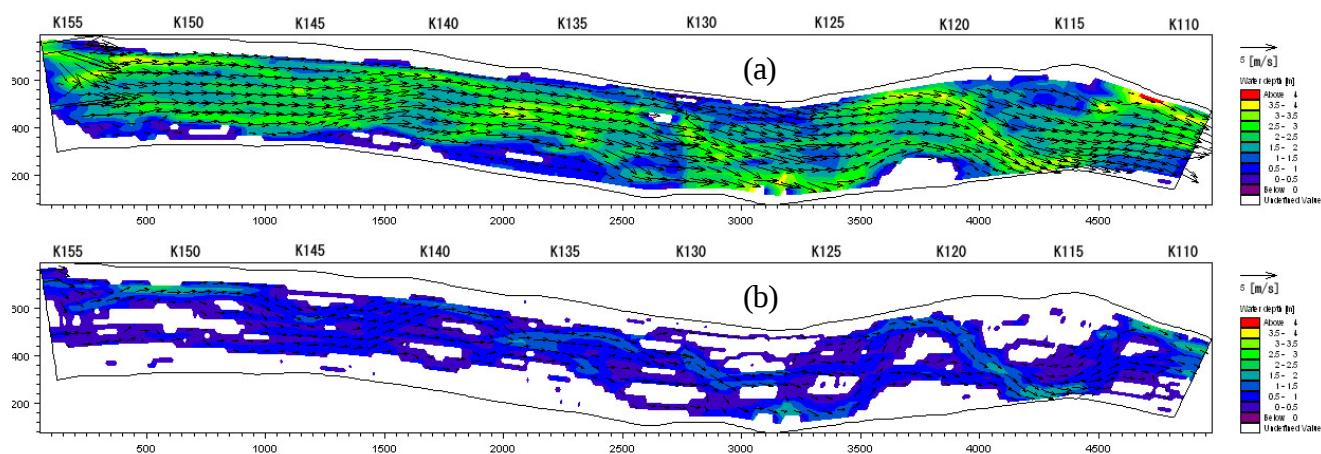


図-8 水深・流速ベクトル (対策シナリオ0: 現況河道) (a)ピーク時 (b)計算終了時

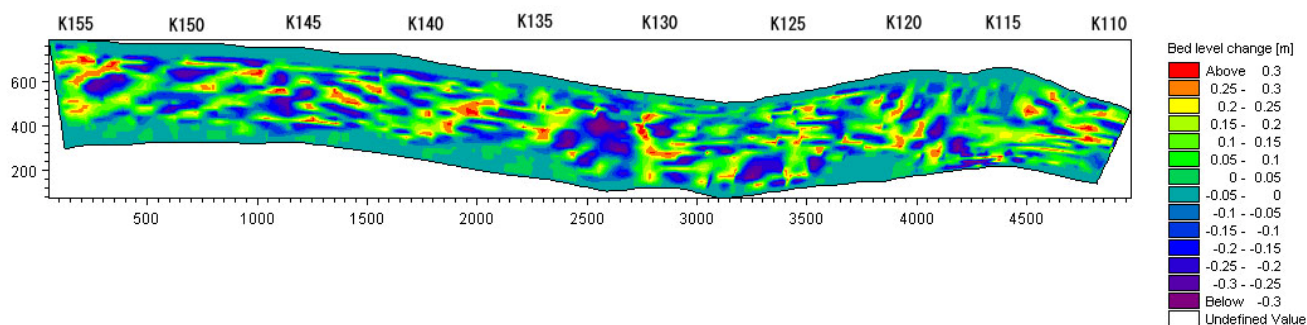


図-9 河床変動量 (計算終了後, 対策シナリオ0)

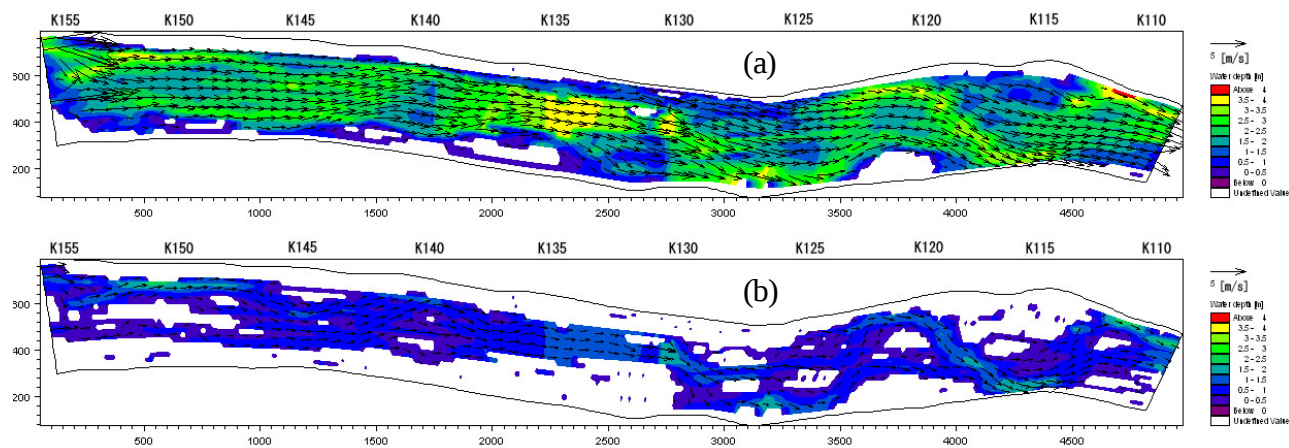


図-10 水深・流速ベクトル (対策シナリオ1) (a)ピーク時 (b)計算終了時

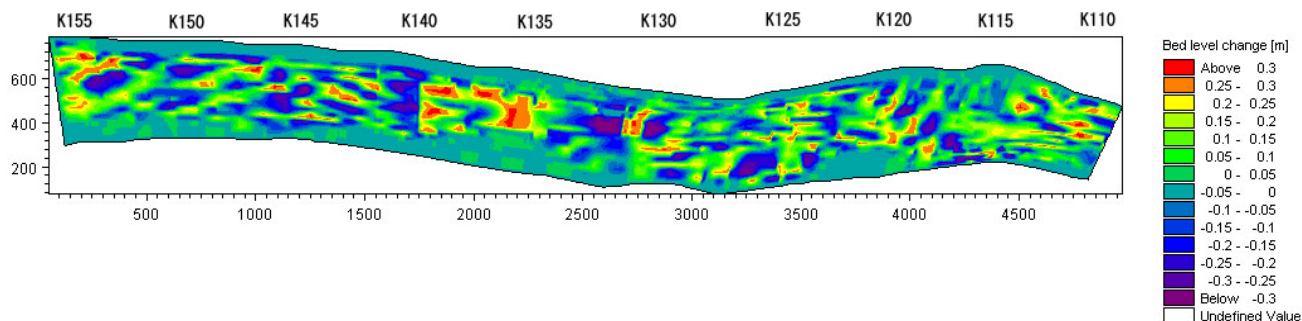


図-11 河床変動量 (計算終了後, 対策シナリオ1)

て、計算格子点内の河床高を内挿して設定した。粗度係数は検証と同様である。河床材料の粒径は、検証と同様に1998年調査データに基づいて、区間内の粒度を一律に

設定した。

流れの境界条件について、上流端に流量を与え、下流端に水位を与える。予測期間は、20年確率相当の大規模

出水1983年8月16日2時～19日5時までの76時間とした。
図-7に流量時系列を示す。

図-8にピーク流量時（8月16日19時、流量 $2070\text{m}^3/\text{s}$ ）と計算終了時の水深・流速ベクトルを示す。K115右岸側（浅原橋上流右岸）が水衝部となっている。図-9に計算終了時の河床変動量を示す。K140～K134とK130付近に堆積傾向、K133～K131に侵食傾向が見られる。

（2）対策シナリオ1

基本的には、対策シナリオ0と同様であるが、現況河道（対策シナリオ0）での結果で堆積傾向にあるK130～K140に対して、低水路を掘削河床高まで掘削した河床高を与えた。ここで高水敷は現況河道とし、低水路で管理河床を下回る箇所も現況河道とした。境界条件は対策シナリオ0と同様である。

図-10にピーク流量時と計算終了時の水深・流速ベクトルを示す。図-11に計算終了時の河床変動量を示す。現況河道に対する20年確率相当の大規模出水による河床変動予測と現況河道で堆積傾向であるK130～K140に対する方策として、現行の砂利採取をする形で、低水路河床を掘削河床高とした場合に対する20年確率相当の大規模出水による河床変動予測を行った。

水深・流速ベクトルを比べると、大きく異なった所がないことが分かる。そこで、計算終了時の掘削したところを見てみると、対策シナリオ0はK130上流側付近（2550～2800m）にかけて滞筋が分岐しているのに対し、対策シナリオ1は分岐が見られず一つの滞筋になり、ある程度滞筋が固定されていると思われる。これは、掘削して流れが低い方に行ったと考えられる。しかし、掘削部分に流れの集中が見られず、流れの集中は対策シナリオ0と変わらないことがわかる。

次に河床変動量を比べると、対策シナリオ1の変動量は±30cm内で急激な変動はないことが分かる。掘削した部分は堆積傾向であるが、これは掘削したことにより勾配が変わり、堆積が起きやすくなったと考えられる。掘削したことにより20年確率相当の大規模出水では、期間が短く土砂移動は下流まで及ばないことがわかる。

以上より、K130～K140にかけて掘削河床高まで掘削した場合20年確率相当の大規模出水に対して、急激な滞筋変化、河床変動量がないことがわかる。

従って、K130～K140にかけて掘削河床高まで掘削するという方策に対しては、河道に対する影響は小さい。

但し、現況河道、またK130～K140にかけて掘削する場合K115右岸側（浅原橋上流右岸）が水衝部になっていると考えられるため、護岸等の河岸保護工を設置する等の適切な管理が望まれる。

6. 結論

研究結果を要約すると、以下のようになる。

- 1) 既往計算モデルのMIKE21C曲線モデルを使用し、1998年～2003年を対象に検証計算を行った。その結果、河床変動量と河床等高線の計算結果と実績が類似していることがわかり、計算結果の妥当性及びMIKE21C計算モデルの適用性が評価できた。
- 2) 計算結果より、 $1300\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水（1998年～2003年における最大流量）では、洪水は高水敷をほとんど流れず、また水衝部になっているところは見受けられないことがわかった。
- 3) $1300\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水では、急激な砂州の発達はなく、砂州の移動に対する偏流形成、滞筋の変化はないと考えられる。
- 4) 現況河道（2004年横断測量に基づいた河道）による20年確率相当出水による河床変動予測を行った。その結果、K130～K140にかけて堆積傾向にあることがわかった。また、K115右岸側（浅原橋上流右岸）が水衝部になる恐れがあると考えられる。
- 5) 釜無川中流部の河床管理の方策案の検討をし、研究対象区間の中流部K130～K140の低水路を掘削河床（計画河床+1.0m）まで掘削し、20年確率相当出水による河床変動予測を行った。その結果、現況河道の場合と比較し、河床変動、滞筋等の違いは少ないことがわかった。従って、現在の計画河床+1.0mとしている砂利採取の高さは概ね適切であると考えられる。今回用いた方策を用いて、今後の管理河床の設定を進めていく必要がある。
- 6) 20年確率相当の出水が起きた場合、現況河道及びK130～K140にかけて掘削する方策案に対してK115右岸側（浅原橋上流右岸）が水衝部になっていると考えられるため、護岸等の河岸保護工を設置する等の適切な管理が望ましい。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、科学技術振興機構（JST）より援助を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所河川研究室：河床変動の特性把握と予測に関する研究，平成16年度国土交通省国土技術研究会，2004。
- 2) DHI Water & Environment: MIKE21C River Hydrodynamics and Morphology, User Guide, pp.1-91, 2003.
- 3) Mayer-Peter, E. and Muller, R.: Formulas for bed load transport, Proc. 2nd Congr. IAHR, Stockholm, Vol.2, paper2, 1948.
- 4) 岩垣雄一：限界掃流力の流体力学的研究，土木学会論文集，第41号，pp.1-21，1956.
- 5) 砂田憲吾：釜無川（富士川）における一洪水による河床変動，土木学会論文集，第363号/II-4，pp.235-243.

（2005. 9. 30受付）