

滋賀県内の安曇川中流部における河川整備計画河道の検討

中央コンサルタンツ株式会社 大阪支店 ○万代 純
平川 裕也
佐藤 雅洋
植原 敏

論文要旨

滋賀県淀川水系一級河川安曇川では中流部の常安橋～合同井堰区間において河床低下傾向が指摘されている。本業務は、湖西圏域河川整備計画(平成28年3月策定)において琵琶湖～合同井堰の河道改修メニュー(主に河床掘削)を見直すとともに、進行している河床低下への対策工について検討した業務である。

本稿は、準二次元不等流計算により目標流量に対して計算水位がHWLを下回る河道を作成し、痕跡水位や断面形状の再現計算を経て構築した平面二次元河床変動計算モデルによる予測結果から、洗掘や堆積が生じる箇所への対策を反映することで、河川整備計画河道案を作成した内容について紹介するものである。

キーワード：河川整備計画，河道計画，準二次元不等流計算，河床低下，二次元河床変動計算

1. はじめに

安曇川の位置する滋賀県の湖西圏域では、昭和25年9月(ジェーン台風)、昭和28年9月(台風13号)、昭和34年9月(伊勢湾台風)、昭和36年9月(第2室戸台風)、昭和46年8月(台風)、平成7年5月(低気圧)、平成10年9月(台風7・8号)などこれまでに多くの洪水に見舞われてきた。近年では特に平成25年9月(台風18号)時、整備計画流量2,100m³/s(常安橋)を超過する2,500m³/sを記録し、死者1名、全壊10戸、半壊279戸、床上浸水49戸、床下浸水497戸の大規模な被害が発生した。

これらの水害を受けて安曇川では、湖西圏域河川整備計画(平成28年3月策定)に準じた河川改修を着実に進めており、現在は河口部(琵琶湖流入部)から新安曇川大橋(国道161号)まで区間で河川改修工事が進められている。

一方で、上流区間では河床堆積傾向にあるものの、さらにその上流部では河床低下傾向で河川構造物の安定性の低下など治水機能の維持が懸念されている。

本報告は、現存する平成11年以降の測量成果および河床材料調査結果を用いて安曇川の河川特性について整理するとともに、不等流計算により作成した計画河道に対して河床変動予測結果による見直しを加え、河床変動対策した計画河道の作成について検討を行ったものである。

対象区間を図-1に示す。

2. 現況河道特性

本節は、資料収集及び現地踏査より、安曇川対象区間における現況河道特性を、経年的な観点から考察したものである。

(1) 平面的な情報から読み取れる河道特性

航空写真の比較(図-2)より、以下のような経年変化がわかる。

- ・6k～8kでは1960年代から2004年にかけて、多列砂州から複列砂州、交互砂州へと変化している。
- ・11k周辺において、1960年代は土砂流出が多いことがうかがえるが1970年代では土砂の供給量が減少しており、交互砂州が形成されている。



図-1 対象区間

・2004年から2021年にかけて、8k~9kで砂州が全体的に移動、波長も小さくなっている。

次に、みお筋の位置を正確に把握するために、過年度測量データより横断的な最深河床位置の平面的な経年変化を表したグラフを図-3に示す。

図-3より、勾配が急となる区間(11kより上流)、急縮部(11.8k付近)やわん曲部(9k, 11k, 11.9k付近)ではみお筋位置が固定されており、上記以外の区間ではみお筋位置が経年的に移動していることがわかる。特に7k~9kでは、河道内の洲の部分の土砂も合わせて移動している。

(2) 断面情報から読み取れる河道特性

過年度測量データより、横断図を経年的に比較し、平均河床高及び最深河床高の経年変化をそれぞれ図-4及び図-5に整理した。

a) 平均河床高の経年比較

12.3kより上流では、床止工の設置により土砂がせき止められ、下流側と比べて平均河床高が急激に高くなっている。12.3kより下流(~9.5k付近)では、床止工の設置とそれに伴う土砂供給量の低下、また河床勾配が急であることから河床が洗掘され、床止工上流とは逆に河床低下傾向が見られる。

5.0k~9.5kでは、上流で洗掘された土砂が広範囲にわたって堆積していると考えられる。

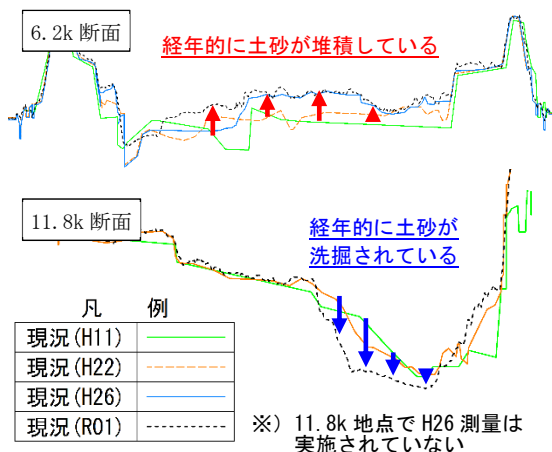


図-4 5k~12kにおける代表横断面図

b) 最深河床高の経年比較

総じて平均河床高と同様の傾向があり、9kあたりより上流では最深部がより深くなり、下流では高くなっている。特に上流部では、交互砂州が固定化・肥大化しみお筋がさらに深くなる“河道の二極化”が進行することで、護岸崩壊を引き起こす危険がある。

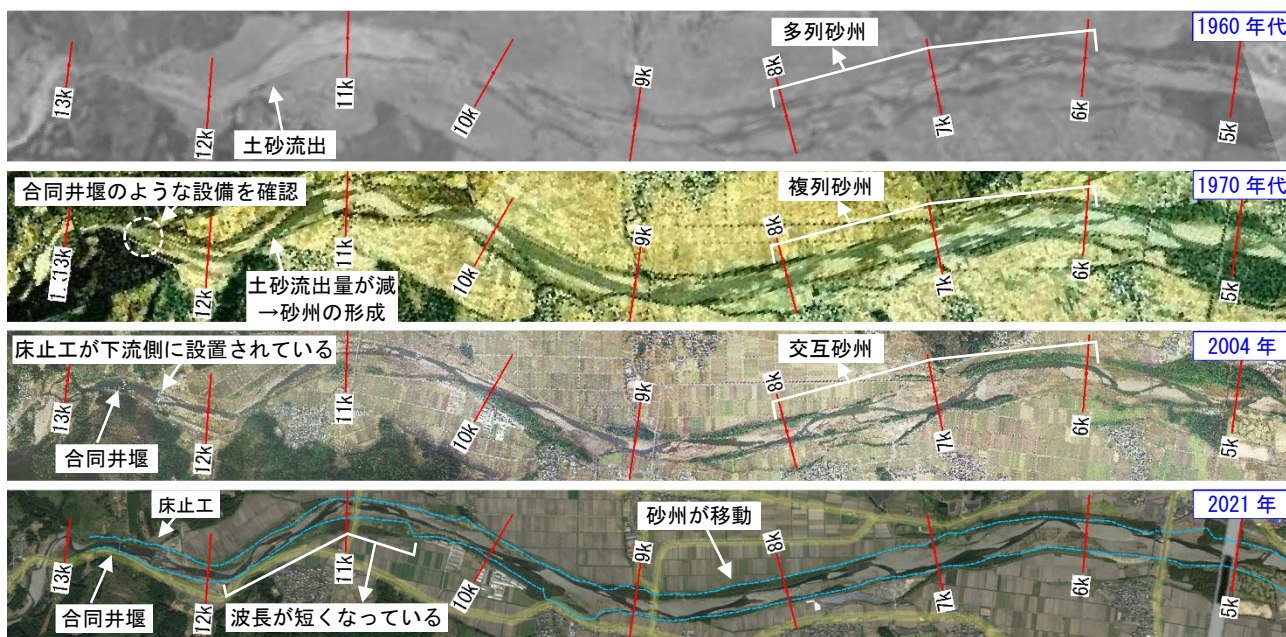


図-2 現存する航空写真の経年比較

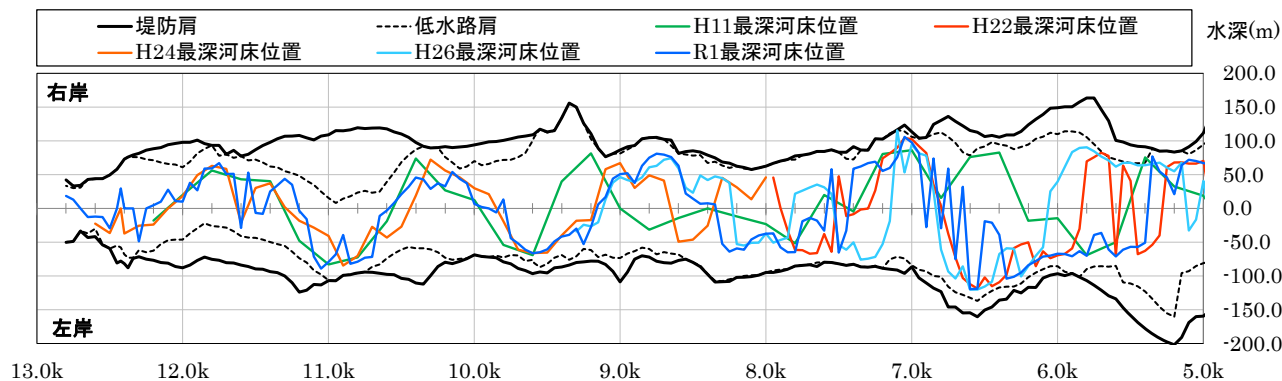


図-3 最深河床位置の経年変化

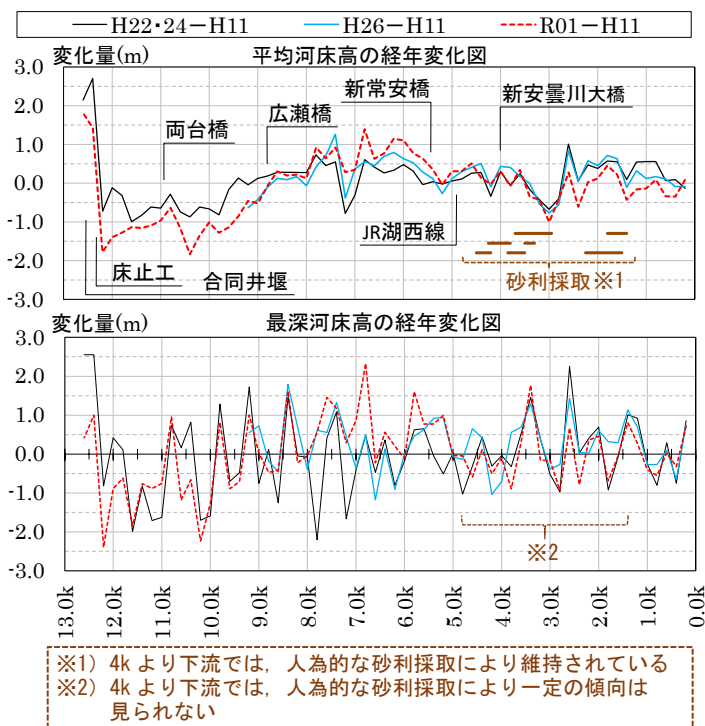


図-5 河床高の経年比較図

3. 整備計画河道案の作成

平成 28 年策定の河川整備計画（以下「H28 整備計画」と称する）では、平成 22 年及び 24 年の測量データをベースに検討されている。その後実施された令和元年の測量データに基づき、H28 整備計画の方針で計画河道を作成したが、以下のような問題が生じたため、それぞれの問題に対応した整備計画河道案（以下「R04河道」と称する）を新たに作成した。

表-1 H28 整備計画の問題点

問題点	内容
①	土砂堆積傾向である 5k~9k 付近で流下能力不足となる。
②	河積不足の区間では、平水位掘削を行うものの、特に 9k より上流で河道の二極化への対応ができていない。

(1) 土砂堆積区間における整備計画

河積を確保するため、以下の手順で掘削を行った。

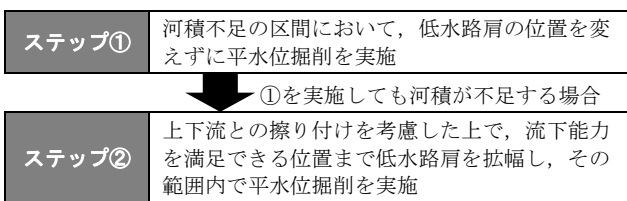


図-6 土砂堆積区間における整備計画方針

(2) 河床低下区間における整備計画

令和元年測量断面で既に流下能力が満足している場合は、基本的に掘削を行わない。しかし、11k~12k では射流が発生しており、且つみお筋の位置も固定されているため、河道の二極化が進行している。対策として、掃流力の増大を抑制するため、上記区間では横断方向の横掘削を行い、低水路部の流速の緩和を図った。（図-7）

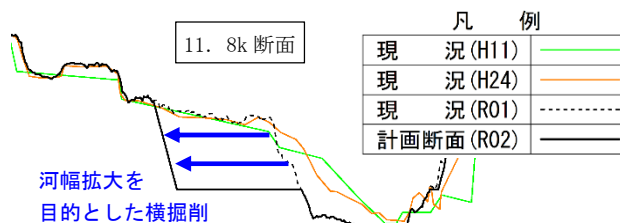


図-7 河床低下傾向箇所における横掘削の実施例

4. 河床変動計算モデルの構築および概要

対象区間である安曇川の常安橋～合同井堰までを対象に平面二次元河床変動解析モデルを構築するとともに、近年の著名で大規模な洪水である平成 25 年 9 月洪水に対して検証計算を行い解析モデルの妥当性を確認した。

(1) 流れの基礎方程式

平面二次元河床変動解析には iRIC (International River Interface Cooperative) の Nays2DH を用いる。iRIC ソフトウェアは、水工学に係る数値シミュレーションのプラットフォームで、無償で利用することができる。iRIC ソフトウェアの一つである Nays2DH は、河川における流れ、河床変動、河岸侵食の計算を行うために開発された、一般曲線座標で境界適合座標を用いた非定常平面二次元流れと河床変動計算の解析用ソルバーである。

(2) 計算モデルの作成

a) 河道モデルの作成

安曇川中流域ではかすみ堤が多数存在しているため、それらを考慮した河道モデルの作成を行った。対象区間の諸元および施設を以下に示す。

表-2 河道モデルの設定（諸元および施設）

項目	設定	備考欄
上流端	12.5k	合同井堰
下流端	5.6k	新常安橋
総延長	6.9km	
施設	かすみ堤：11.0k 右岸、10.25k 右岸、9.0k 左岸、7.1k 右岸、7.0k 左岸	かすみ堤は越水敷高を考慮し、氾濫域を含めてモデル化

なお、計算対象領域内の地盤高は、河道内は令和元年のレーザプロファイラから 50m ピッチで抽出した横断座標、かすみ堤背後地については、レーザプロファイラまたは基盤地図情報数値標高モデル (5m) による地盤高データにより設定した。

以上より、かすみ堤による越水区域（背後地）を加えた対象河道区間について境界適合格子法を用いてメッシュ分割を行った。分割にあたって、河道内とかすみ堤からの越水を考慮できる左右岸の堤内地について、それぞれ横断方向に 15 メッシュで計 45 メッシュ、縦断方向には 685 メッシュの合計 30,825 メッシュに分割した。作成したメッシュ図（図-9）を以下に示す。

b) 粗度係数の設定

低水路および高水敷、樹木群ともに河道計画で採用されている値を設定した。

c) 粒度分布の設定

平成 11 年度河床材料調査結果から、平面的な粒度分布を以下のような処理を施した上で設定を行った。

- ① 当該区間は同じセグメントであると考えられるため、平成 11 年の河床材料調査による 4k から 13k までの粒度分布を左右岸あわせて平均を算出する
- ② 急勾配河川では粒径 2mm 未満の粒径は河床変動に寄与せずそのまま下流へ流送されることが考えられるため、ポピュレーションブレイクにより粒度分布から除去する(分布1:結果として上記の平均値①と同じ粒度分布)
- ③ 当該区間はほぼ単断面であるため、河道内を砂州と流路部に分けてそれぞれに粒度分布を与えるものとし、砂州については冠水する程度の中小洪水で作用する河床せん断力でも流送されない粒径 19mm 以上のものでも粒度分布を再構成(分布2)し、上流から下流まで一様に与える
- ④ 流路部についてはさらに河岸高相当水位(平均年最大流量相当水位)において作用する河床せん断力でも流送されない粒径 75mm 以上のものでも粒度分布を再構成(分布3)し、全区間の流路部に一様に与えて上書きした。
- ⑤ この条件によって河床変動計算の試算した結果、12.3k~11.6k 区間で著しい河床洗堀が発生したため、当該区間の代表断面(12.2k)における水理量から、160mm 程度でさらに再構成(分布4)して上書きした。

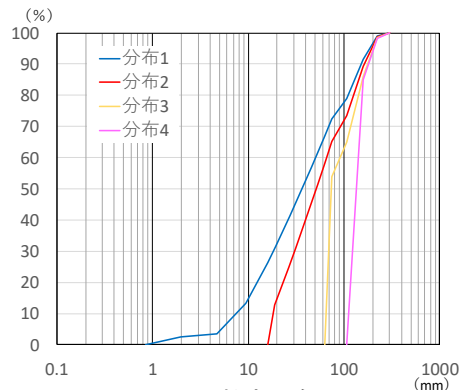


図-10 粒度分布

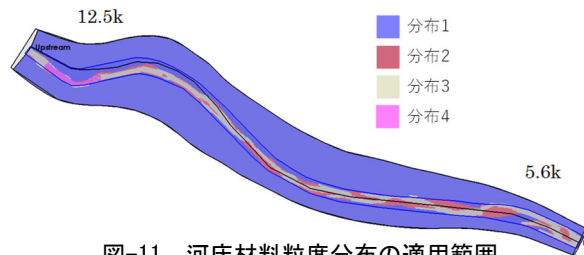


図-11 河床材料粒度分布の適用範囲

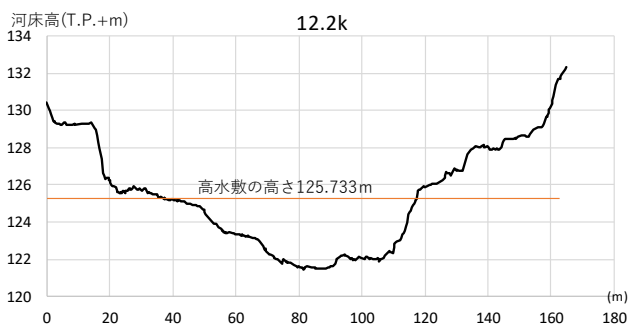


図-8 代表断面(12.2k)

(3) 検証計算

a) 河道モデル条件の設定

初期断面として平成 22 年および平成 24 年測量断面を設定し、平成 25 年 9 月台風 18 号後の河道内部の変化を反映した平成 26 年測量断面に着目し、河床変動計算結果との比較を行った。

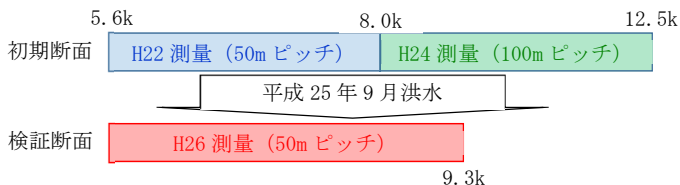


図-12 検証計算のイメージ図

b) 境界条件の設定

本検証では、上流端では滋賀県高島土木事務所より入手した平成 25 年 9 月洪水の流量波形、下流端では常安橋の水位波形(観測値)を設定した。なお、上流端に与える給砂量としては流量波形に合わせて計算される上流端断面の平衡流砂量を設定した。

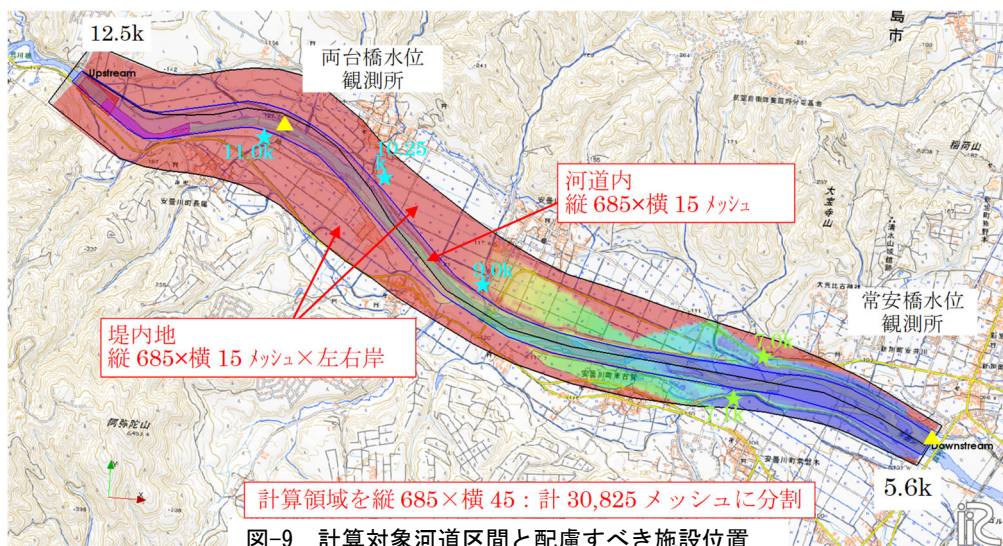


図-9 計算対象河道区間と配慮すべき施設位置

c) 検証計算結果

横断的な整合状況については、砂州は下流に向かって移動しているため、初期河道におけるみお筋位置が検証河道で対岸に移動している箇所が存在する。河床形状が概ね一致する断面もあれば、一致しない断面もあるものの、河積としては同程度であるとみられる断面も多く、傾向を捉えていると考える。

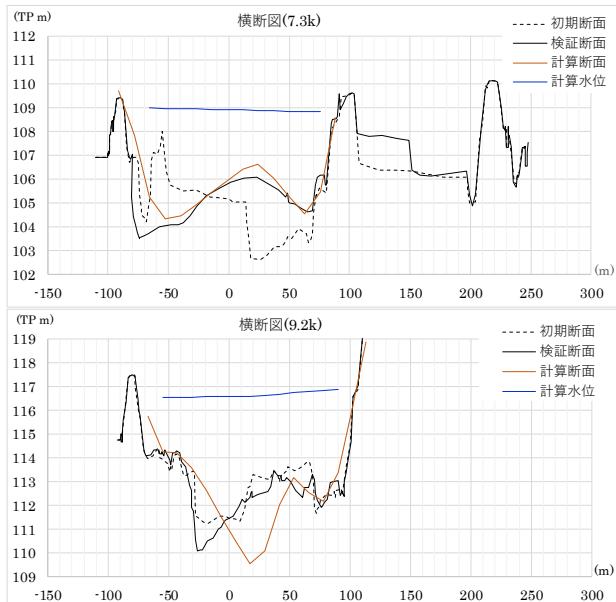


図-13 河床変動計算結果の代表断面

縦断的な整合状況については、ピーク水位と痕跡水位は概ね一致している。また河床縦断形については、7.5kから測量の存在する9.3kまでは概ね整合している。それより下流は計算結果は平成26年測量よりやや高いものの河床上昇区間であり、この下流区間で砂利採取が継続的に行われている区間でもあるため、計算の方が高くなることに矛盾はないと考える。

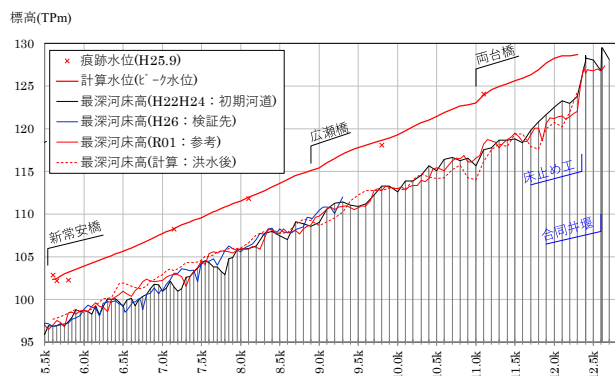


図-14 河床高・痕跡水位の検証結果

以上の検討の結果、平成25年9月台風18号の実績のデータに比較的良く適合した平面二次元河床変動計算モデルを構築することができた。

5. 河床低下対策

構築した平面二次元河床変動計算モデルを用いて、安曇川現況河道およびR04河道を対象に、長期的な河床変動予測を行い、河床変動の傾向を把握することで河床低下対策工の検討を行った。

(1) 河床変動計算モデルの作成

a) 河道モデル

構築した河床変動計算モデルのうち、河道断面を最新の現況河道およびR04河道に差し替える。

b) 流量波形の作成

2001年6月から2021年12月末の20ヶ年強の期間の実績降雨(平成25年9月の実績洪水を含む)を対象とし、河川整備計画に基づく流出計算モデルを用いて、流量波形(図-15参照)を作成した。河床変動に影響を及ぼさないと考えられる流量以下は計算をスキップさせた。

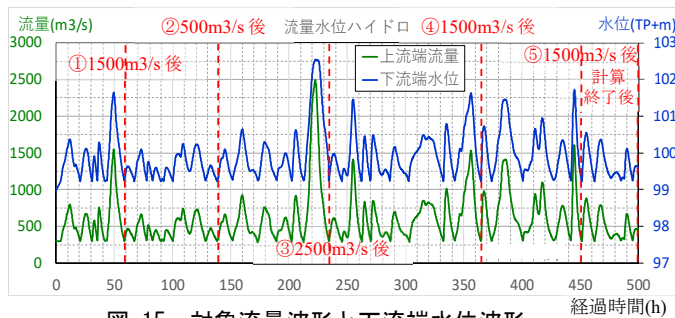


図-15 対象流量波形と下流端水位波形

c) 境界条件

上流端の給砂量は作成した流量波形にあわせて計算される上流端断面での平衡流砂量を与えた。下流端水位波形については等流水位を与えた。

(2) 河床変動解析(平面的な分布)

現況河道、R04河道ともに、洪水時はピーク時よりも洪水後の方が洗堀・堆積ともに河床変動量は多い。ピーク時ではR04河道の方が現況河道より洗堀・堆積ともに河床変動は緩和されているが、洪水後は逆に計画河道の方が河床は変動している箇所もあった。しかし、図-14における①1,500m³/s後と②500m³/s後の時点ではあまり河床は変動していないが、③2,500m³/s後の時点になると大きく変動し、その後④1,500m³/s後も⑤1,500m³/s後の時点も⑥20ヶ年終了後もあまり変わりはない。(図-16参照)

(3) 河床低下対策案

a) 対策メニュー案の選定

安曇川の河床低下区間を対象に対策メニュー案の評価を行った結果、前述の低水路拡幅とそれに伴う護岸改修(図-7参照)、根固め工を選定した。

b) 河床変動対策案

抽出したメニュー案ならびにみお筋位置の経年変化、さらにはR04河道による長期ハイドロを用いた河床変動計算結果から、メニュー案の適用方法を検討した(図-17参照)。

6. まとめ

(1) 現況河道特性

航空写真の比較から、9kから床止工の区間では、勾配が急であることやわん曲部の影響で、砂州及びみお筋が固定されている区間が多い。9k付近より下流では、経年的に瀬と淵の移動が確認でき、また砂州の形状も多列から複列、交互砂州へと変化していることがわかった。

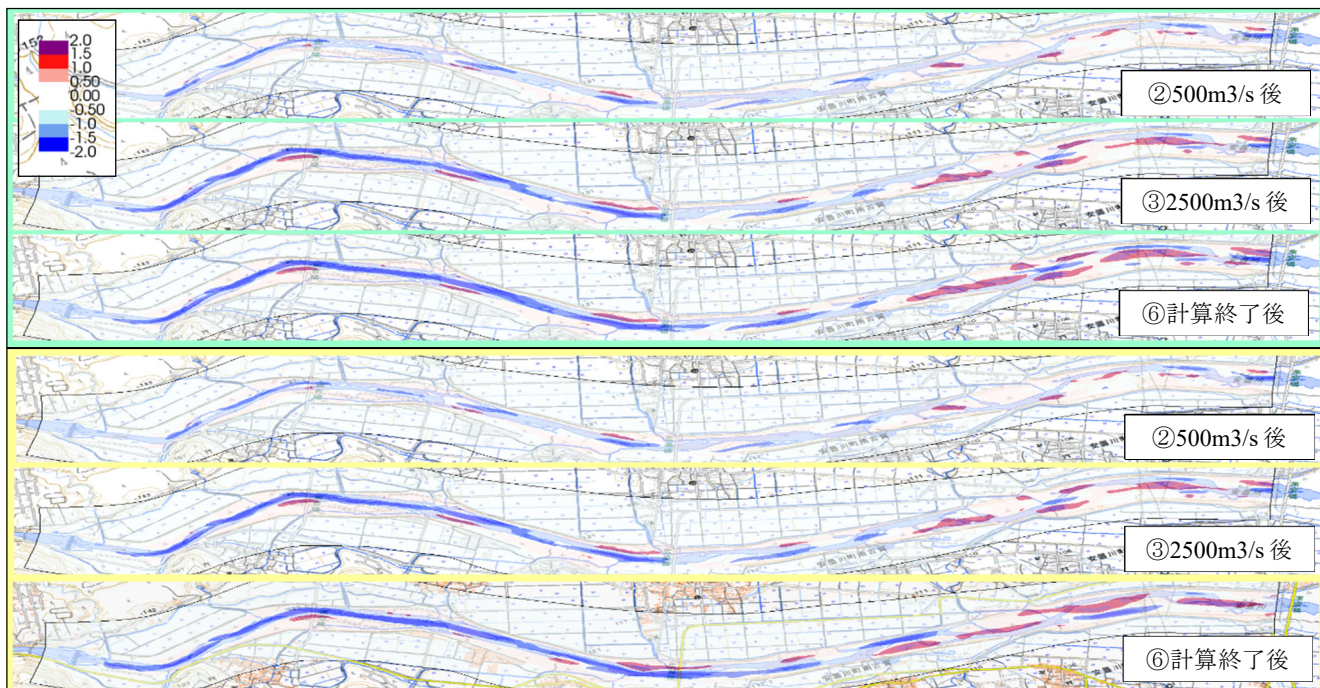


図-16 河床変動量の分布 (上：現況河道, 下：R04 河道)

経年的な測量データから、横断面及び平均河床高・最深河床高を比較することで、9k から床止工の区間では河床低下傾向、9k 付近より下流では河床上昇傾向が見られた。急勾配である上流部から流出した土砂が、勾配が比較的緩やかになる 9k 付近より下流に堆積していることがわかる。

また、航空写真及び測量データより、上流部では固定されたみお筋が洗掘されて対岸側の砂州にさらに堆積することで“河道の二極化”が進行しており、護岸崩壊等が懸念される。

(2) 河床低下対策

平面二次元河床変動解析モデルを構築し、近年の著名で大規模な平成 25 年 9 月洪水に対して検証計算を行い作成した解析モデルの妥当性を確認した。

構築した河床変動計算モデルを用いて、現況およびR04河道を対象に、長期的な河床変動予測を行い、河床変動の傾向を把握することで河床低下対策工の検討を行った。

河床変動対策案については、抽出したメニュー案ならびに現況河道特性、さらには計画河道による長期ハイドロを用いた河床変動計算結果から、河床低下対策案を検討した。

しかし結果として、低下対策として低水路拡幅（横掘削）を実施した箇所であり河床低下が緩和されていない箇所もあり、今後の課題である。

7. おわりに

「現況河道特性」「河床低下対策」により、河道特性を十分に把握したうえで河川整備を計画するとともに将来的な河床変動予測結果を踏まえた計画河道を作成する必要があると感じた。そうすることで、経年的に河床が安定した河道の作成が可能となり、河川構造物や周辺環境への影響を極力低減させた河川整備を実現し、維持管理の労力低減が図れると考える。

参考文献

- 1) 淀川水系・北川水系 湖西圏域河川整備計画, 平成 28 年 3 月, 滋賀県

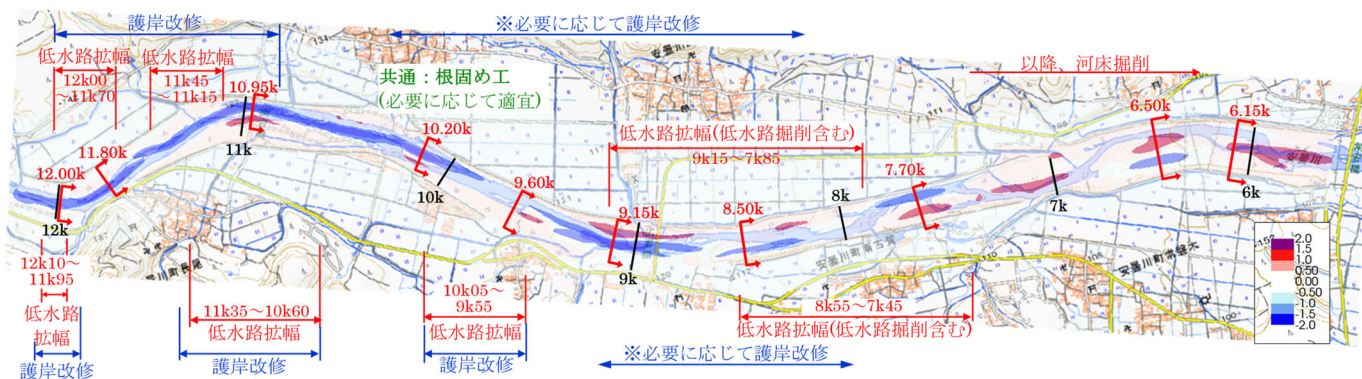


図-17 R04 河道による長期河床変動計算結果と河床低下対策案