

犬上川河口部保全・再生対策検討の紹介

濱口 貴仁¹・前田 善一²

¹湖東土木事務所 河川砂防課

²湖東土木事務所 河川砂防課

犬上川の河口部は、整備計画流量(1,500m³/s)での河川改修を実施しているが、特定植物群落であるタブ林の保全のために設置した分水路上流部では、土砂の堆積および樹林化が進み、分水路の左岸水路上流では流水が阻害され、竹木の繁殖および水質の悪化等が懸念されている。

このことから、河口部の自然環境を保全しつつ、分水路の両水路に流水を確保する必要があるため、現況の河道特性、樹林化の状況等を把握し、平面二次元河床変動解析を用いて現況の流況および土砂堆積特性を把握するとともに、分水路上流の河道改修案を数ケース設定して河床変動解析を実施し、最適な河道形状を検討した。

キーワード 平面二次元河床変動解析、模型実験、タブ林、分水路

1. はじめに

犬上川は、河川整備計画流量1,500m³/sに対し、河口から1.4km区間の整備が概ね完了している。また、犬上川の河口部には特定植物群落であるタブ林の保全を目的として分水路が設置されている。分水路は2006年度に水理模型実験に基づき形状を決定し、現在は完成済みである。しかし、分水路上流部では土砂堆積や植生が繁茂しており、正確な流況を把握できない状況にある。

そこで、定量的に流況や土砂の堆積状況、樹林化の傾向を把握するため、平面二次元河床変動解析を実施するとともに、複数の河道改修案を対象に河床変動解析を実施し、最適な河道形状を検討した。



図-1 犬上川河口部の航空写真

2. 犬上川河口部の概要

(1) 河口部の河道特性

犬上川河口部は、平均年最大流量が450m³/s程度（確率1/2~1/3）、平均河床勾配は約1/300、代表粒径は2cm程度であり、「セグメント1」に分類される。また、不等流計算による無次元掃流力（ $\tau_* = 0.16$ （平均値））と川幅（B）、勾配（ I_b ）、水深（H）の関係から、砂州形成領域は単列砂州に分類される。（図-2）

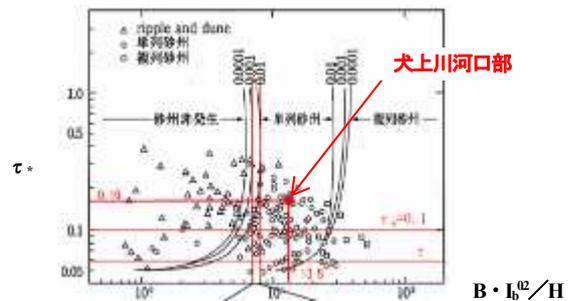


図-2 犬上川河口部の砂州形成領域¹⁾

図-3に河道の変遷を示す。これらを見ると、1995年は河道内に砂州は確認できるが植生は繁茂しておらず、2006年や2011年では植生が繁茂していることがわかる。また分水路上流には土砂が堆積している。

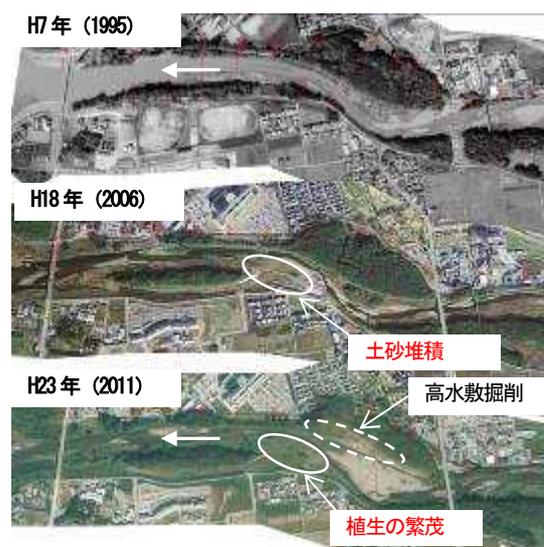


図-3 河道の変遷（航空写真）

なお、図-4に示すように、分水路上流の横断変化（2006年測量と2014年測量の比較）をみても、土砂が堆

積していることが確認できる。

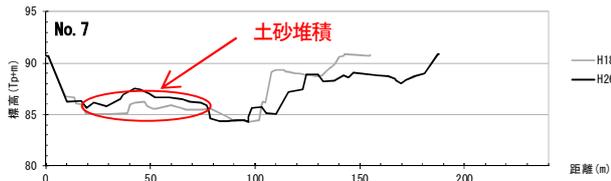


図-4 分水路上流の横断変化

(2) 河道計画検討経緯

犬上川の河道計画は、河川整備計画策定までに以下のフローで検討が行われている。

1979年に全体計画が策定され、その後1990年9月台風19号の洪水により犬上川橋が流失した災害を受け、1993年に河道予備設計、生態系調査を実施し、1996年から1997年で水理模型実験、模型実験を反映した護岸設計が行われ、河川整備計画の策定に至っている。

また、河川整備計画策定後、2006年には横断測量、2008年には河道計画検討業務が実施され、これが現時点で最新の河道計画である。

1996年度に実施した固定床および移動床実験では「中島(タブ林の島)」を残すため、分水路形状や分水路上流の高水敷形状の検討を行っており、1996年度以降の河道計画においては実験を踏襲した河道形状が採用されている。しかし、2008年の河道計画検討業務では、分水路上流の高水敷形成は行わず河道掘削により河積を確保する計画となっている。

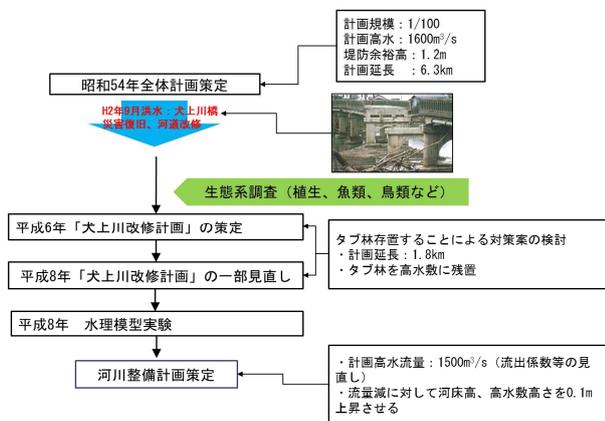


図-5 河道計画の経緯

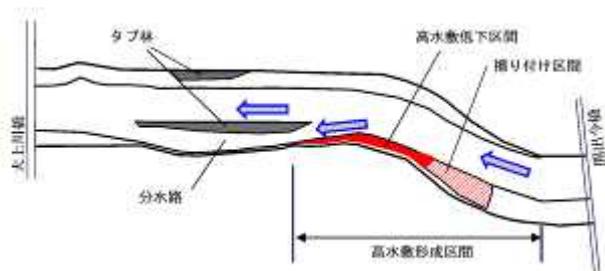


図-6 1996年度模型実験の検討イメージ

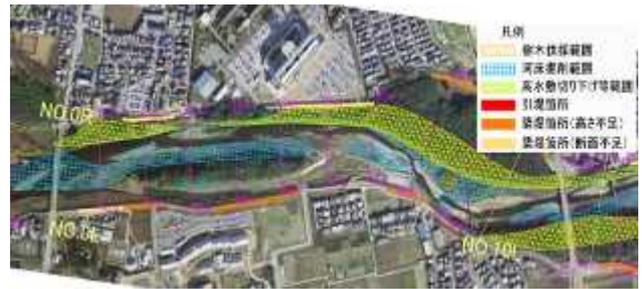


図-7 2008年度河道計画概要

3. 平面二次元河床変動解析モデルの構築

(1) 平面二次元河床変動解析の概要²⁾

河床を構成する砂礫が移動する場合、その移動形式は大別して掃流と浮遊の2つに分けられる。掃流砂は砂礫が流水の流れ方向の抵抗力によって河床付近を移動し、浮遊砂は流水の乱れによる拡散作用によって上方に巻き上げられ、河道断面内を流水とともに移動する。

河床変動は上流側断面を通過して上流から流入する土砂量と、下流断面から流出する土砂量の差で生じる。各断面の流砂量は川幅、河床材料、流量(流速)などで決定され、河床は堆積、侵食作用を受け時々刻々と変化する。

今回の検討では、掃流砂量を芦田・道上式、浮遊砂量をLane・Kalinske式にて求めた。また流況は、長田等に従い、一般曲線座標系の平面二次元浅水流方程式を使用し、河床近傍の流速はEngelundと同様に、水深平均流速の流線の曲率より予測した。なお、混合粒径を対象にし、粒度分布は1991年全体計画書記載の粒度分布を使用した。

河床変動解析は、以下に示すフローに従って行い、解析対象区間は河口から開出今橋区間とした。

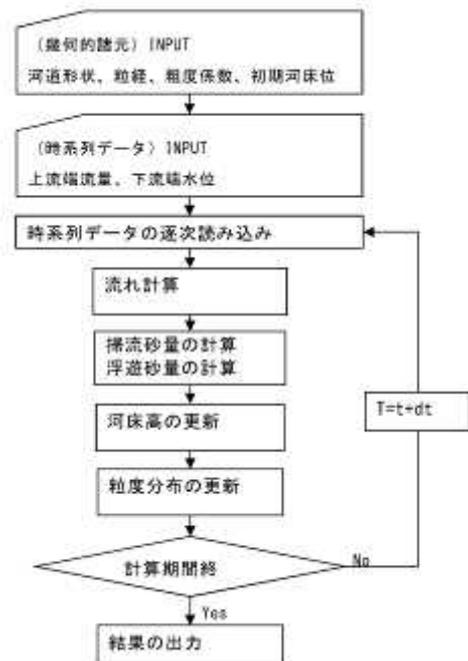


図-8 河床変動解析フロー

(2) 再現性の確認

モデルの妥当性検証のため、1996年度模型実験の最終ケースと同条件下で河床変動解析を実施した。

条件は以下に示す通りである。

表-1 再現計算条件一覧

項目	条件	
地形条件	対象区間	河口～開出今橋
	河床高	模型実験最終ケース (V)
	メッシュ分割	横断方向：約5m 縦断方向：約20m
境界条件	流量	1,600m ³ /s (当時の計画流量)
	下流端水位	Tp+87.023m
解析条件	粗度係数	0.035
	河床材料	1991年全体計画の粒度分布
	流砂量式	掃流砂量：芦田・道上式 浮遊砂量：Lane and Kalinske式
	供給土砂量	動的平衡状態を仮定

図-9に実験結果と解析結果の平面図の比較を、図-10には分水路上流の横断図の比較を示す。

これらを見ると、実験結果、解析結果ともに湾曲内側となる分水路上流右岸で土砂堆積し、湾曲外側である左岸で侵食傾向を示している。特に、分水路上流では実験および解析共に土砂堆積傾向となり、実現象でも土砂堆積している箇所でもあることから、当該区間の河道特性を表現している。

以上のことから、今回の検討で構築した解析モデルは模型実験を再現できるモデルであることを確認できた。また、分水路上流部の土砂堆積は、実際の河道でも生じている現象であり、これについても本モデルは再現可能であることを示した。

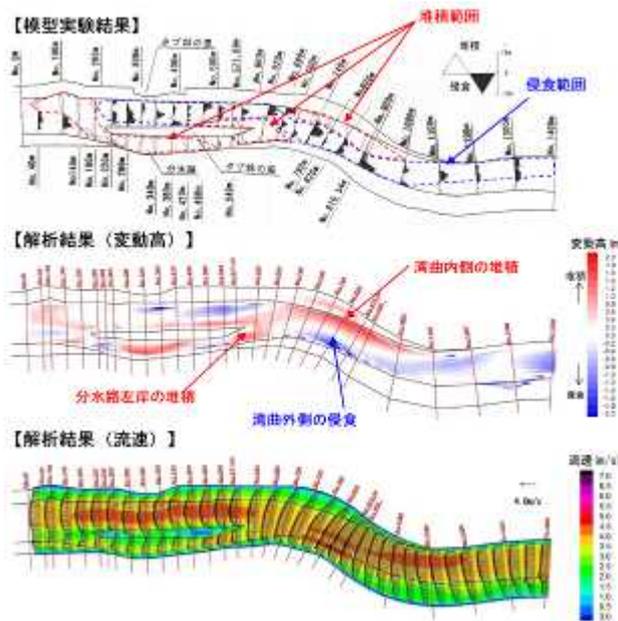


図-9 実験結果と解析結果の比較 (平面)

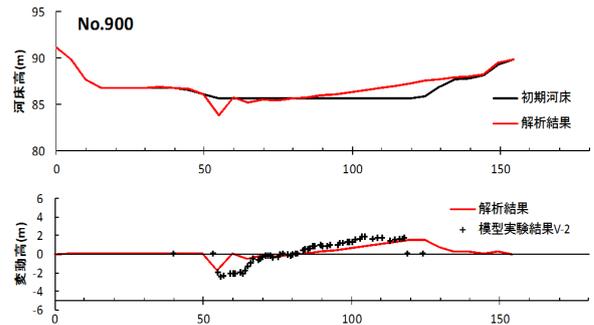


図-10 実験結果と解析結果の比較 (横断)

4. 平面二次元河床変動解析を用いた河道計画の検討

(1) 検討ケースの設定

既往の計画や模型実験河道などを参考に以下に示す検討ケースを設定し解析を実施した。なお対象とした流量は整備計画流量 (1,500m³/s) である。

表-2 検討ケース一覧

ケース名	河道	内容	備考
Case0	現況	現況河道	
Case1	2008年計画	低水路掘削	現時点で最新の計画河道
Case2	高水敷形成	分水路上流部左岸に高水敷形成	分水路より下流はCase1と同様
Case3	水制工設置	分水路上流に水制工を設置	河床はCase1と同様

以下に解析モデルで設定した河床高コンター図を示す。Case2では分水路上流左岸の高水敷が形成されていることがわかる。なお、水制工については分水路上流に設置する案を数ケース設定したが、以降では紙面の関係上、分水路上流右岸の三か所に低水路幅の20%の水制工を設置したケースとする。

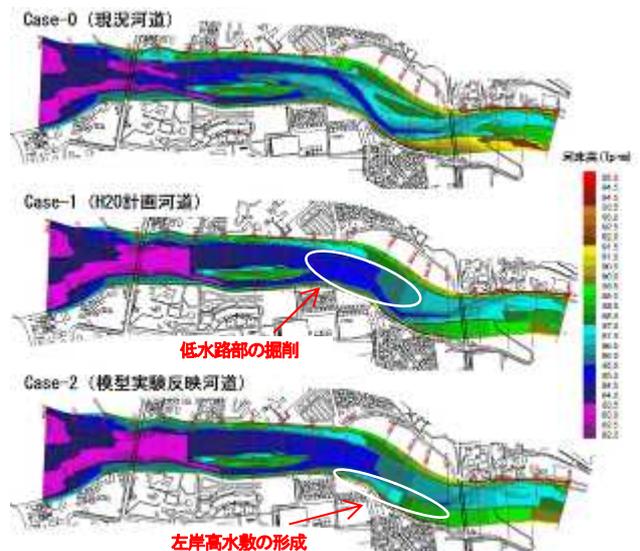


図-11 各ケースの河床高

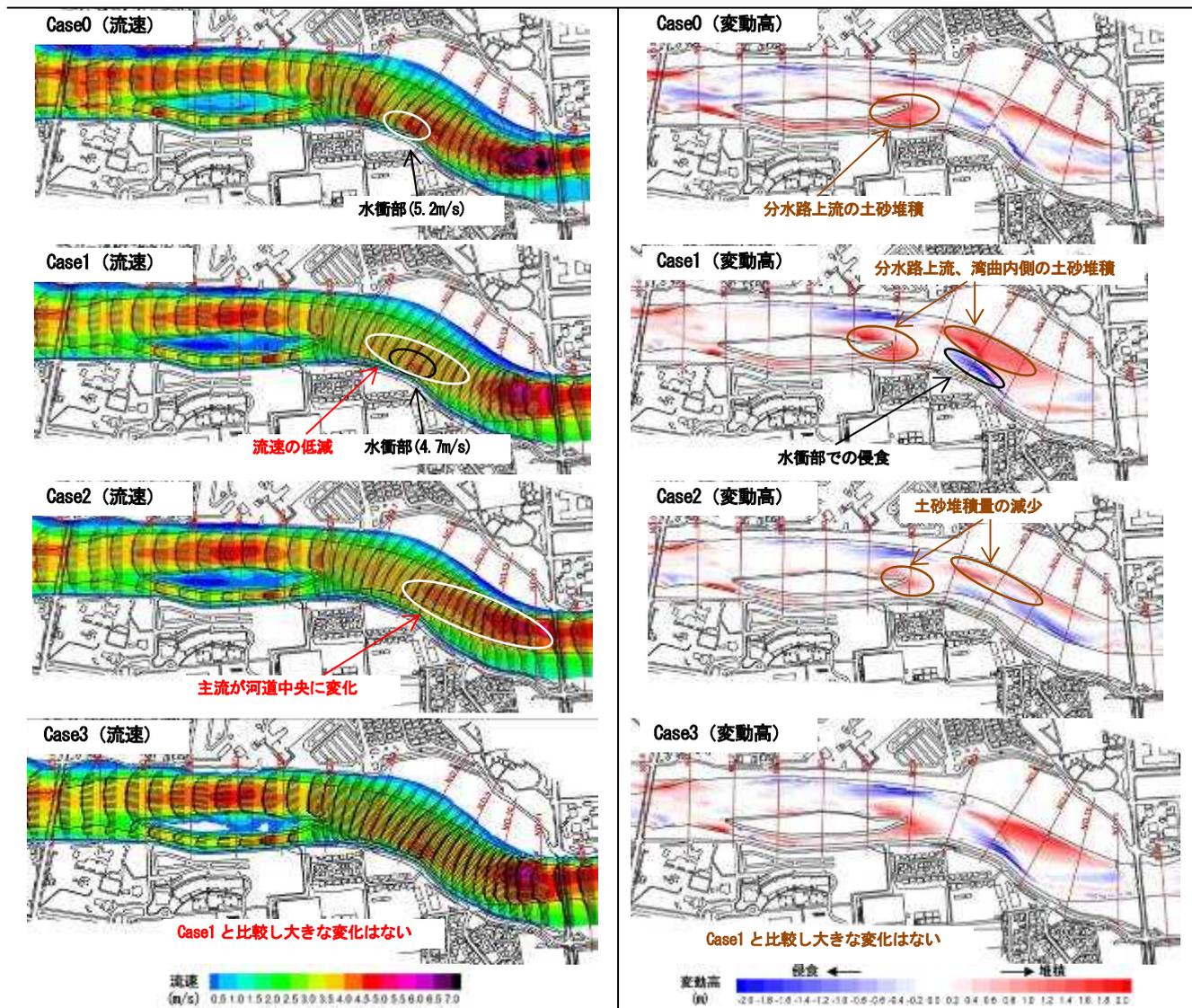


図-12 各ケースの解析結果（左が流速、右が河床の変動高）

(2) 解析結果と考察

図-12にピーク時の流速ベクトルおよびコンターと初期河床からの変動高コンターを示す。これらより以下に示すことがわかった。

1) 流速分布の変化について

- Case0（現況）では、No. 8～No. 12にかけて5m/s以上の流速が発生している。現況では特にNo. 11～12が狭窄部となっており流速が大きいことがわかる。またNo. 8左岸の水衝部の流速は最大で約5.2m/sである。
- Case1（2008年計画）では、分水路上流で流速が低減した。水衝部の位置は現況と同じNo. 8の左岸付近であるが、流速は最大で約4.7m/sとなり現況よりは低減している。
- Case2（高水敷形成）では、高水敷の形成により主流が河道中心となるため、No. 8左岸は水衝部ではなくなる。
- Case3（水制工）では、Case1と比較して大きな変化は見られない。

2) 河床の変動高状況について

- Case0河道（現況）では、水路上流部に土砂堆積する。

またNo. 8左岸の水衝部において侵食される。

- Case1河道（2008年計画）では、No. 8～No. 10右岸付近で土砂堆積が生じる。またNo. 8左岸の水衝部では侵食が生じている。なお、分水路上流でも土砂堆積が生じる。
- Case2河道（高水敷形成）では、Case1河道に比べ土砂堆積、侵食傾向が小さくなる。また分水路上流においても土砂堆積はCase0、Case1に比べ大きいものではない。
- Case3河道（水制工）では、分水路上流の土砂堆積を減少させることはできない。

上述した内容から、Case2（高水敷形成）河道とすれば水衝部が解消され、河床の変動が少なくなることが判明した。したがって、犬上川河口部で安定的な河床を維持するためには、Case2の河道形状とする必要があることが検証できた。

参考文献

- 1) 滋賀県：設計便覧(案)第2編別紙3-2, p15
- 2) 竹林洋史：河川中・下流域の河道地形, ながれ, 第24巻, 第1号, pp. 27-36, 2005.
- 3) 国土交通省中部地方整備局：河川構造物設計要領, p2-4-1