

水制工による砂州のコントロール と新たな環境創出について

長谷川 稔¹・鷲見 崇²

¹近畿地方整備局 姫路河川国道事務所 龍野出張所 (〒679-4167兵庫県たつの市龍野町富永1005-47)

²(株)日水コン 河川事業部 (〒564-0063大阪府吹田市江坂町1丁目23番101号大同生命江坂ビル)

河川における水環境の多様化のためのワンドの創出、航路確保、水利用への寄与を目的として、河床変動解析により水制工配置計画検討を行った。最初に目標を設定した上で、予測精度向上のため解析メッシュを10m×20m程度とし、浅水域での3次元測深技術システムにより1mメッシュの詳細地形把握を実施し、平面2次元河床変動解析により予測を行った。また、予測条件と実現象の違い等の不確実性に対応するため、水制工頭部を増減できる構造とし順応的に管理する方法をとった。さらに、物理環境の予測・評価を行った結果、河床地形や流れ・底質粒径の多様化が予測され、生物生息環境の多様性が期待できる結果となった。本水制工は2013年3月完成し今後、2015年に効果を検証する予定である。

キーワード 水制工、平面2次元河床変動、モニタリング、環境多様性

1. はじめに

淀川には明治時代より舟運機能の維持のため多くの連続水制が設置されるとともに、水制間にワンドと呼ばれている低流速域や水陸移行帯(水域から陸域へと緩やかに移行する河川環境)が形成された。これらの物理環境(水深・流速・底質等)は、主流部あるいは各ワンド毎に異なるといった多様性を形成しており、この多様性が良好な生物環境の創出に寄与していたと考えられている。しかし、流下能力の確保を目的とした低水路拡幅等の河川改修に伴い、このような多様性のある物理環境が減少に転じていた。そこで近年、自然再生事業として良好な生物環境再生を目指したワンド造成の取り組みを実施している。現在、淀川中流部にあたる前島下流地区(図-1参照)にはワンドが存在しないため、当該地区に水制工を設置することにより、水陸移行帯、ワンドなど河川環境の改善が期待できる。

また、阪神淡路大震災以降、大震災などが発生して陸上の交通手段が機能しなくなった場合の代替交通手段として、河川の舟運への期待が高まっている。当該地域周辺では河道内砂州が発達し、航路が確保できていない箇所が存在することから、水制工設置による航路確保が必要である。

さらに当該地域周辺では砂州の形状の変化により水利用が困難となっている箇所があり、早急かつ確実に砂州をコントロールする必要がある。

以上の背景から、ワンドの創出、航路確保、水利用へ

の寄与を目的とした水制工設置を行った(図-2参照)。

本報は、水制工設置の検討概要を報告するものである。まず、各目的を達成するための目標を設定し、土砂移動を促す水制工配置計画検討を平面2次元河床変動解析により行った。検討に際して予測精度向上のため詳細地形把握を行い、予測条件と実現象が異なる(将来流況等)と予測結果と実際の効果が異なるため、この不確実性にも対応し確実に効果を発現させるための順応的管理手法を検討した。また、生物生息環境の多様性再生に関連する物理環境の変化について予測評価を行った。



図-1 水制設置箇所

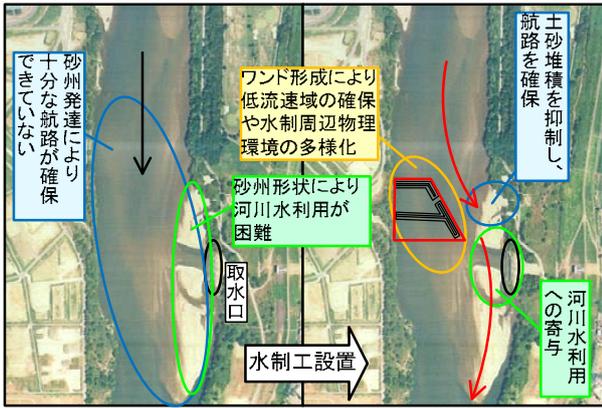


図-2 水制工設置による効果

2. 水制工設置の目標の設定

水制工諸元の検討にあたっては、まず水制工により達成すべき目標を設定した(図-3参照)。

目標は課題として挙げられる舟運・環境・水利用の3つの観点から設定した。舟運に関しては検討箇所周辺は、浅瀬となっているため通航が困難であることから、航路として十分な水深(1.5m)と幅(水面幅100m、水深1.5mが確保できる幅70m)の確保を目標とした。環境に関しては多様な流れ環境や底質環境の形成を目標とした。また、水利用に関しては取水口前面の砂州を減退させ河川水利用が可能な河床形状を確保することを目標とした。水制工の形状検討にあたってはこれらの目標の達成状況を総合的に勘案し形状を設定した。なおこの時、基本的な制約条件として構造物や治水への影響(水位・流速・河床高の予測結果から評価)も検討した。

水制の形状は、図-4・図-5に示す通りであり、上流からの流れをスムーズに左岸に誘導するため、上流側の水制の横断距離は短く、下流側の水制の横断距離は長くした。また、上流側の水制は下流に向けたL型水制、下流側の水制はT型水制とし、両水制間にワンド域が形成されるようにした。構造は、移設可能な大型土のうと安定性に優れた袋詰玉石(周囲に配置)を採用した。また、袋詰玉石に漁礁としての効果を期待するため、袋体内部に魚類が移動しやすいよう袋体の網目を通常(25mm)よりも大きい75mmとした。

また、予測結果を踏まえた形状に加えて、予測の不確実性を考慮し対応するためのモニタリング・順応的管理を検討し、順応的管理が可能な配置計画を検討した。

3. 水制工の配置計画検討

(1) モデル構築に際しての課題

通常の河床変動解析では、縦断的河床高やみお筋の変化を予測し、それらの変化傾向に施策が与える影響等を検討する機会が多い。この場合、比較的大きなスケール

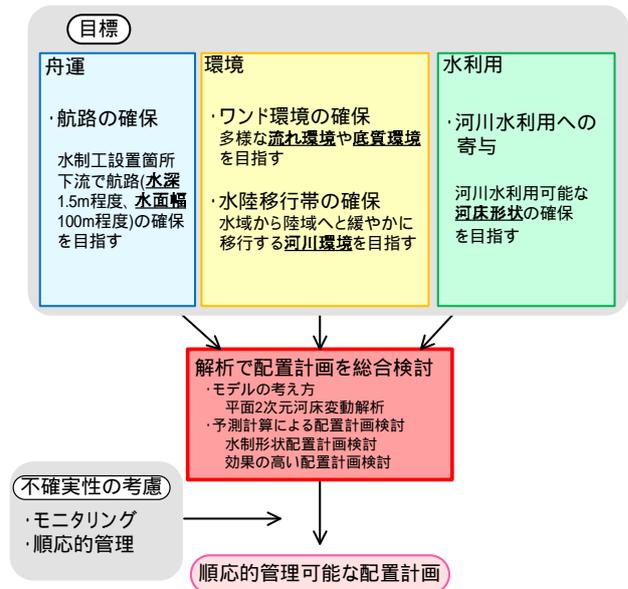


図-3 水制工設置の目標と検討フロー

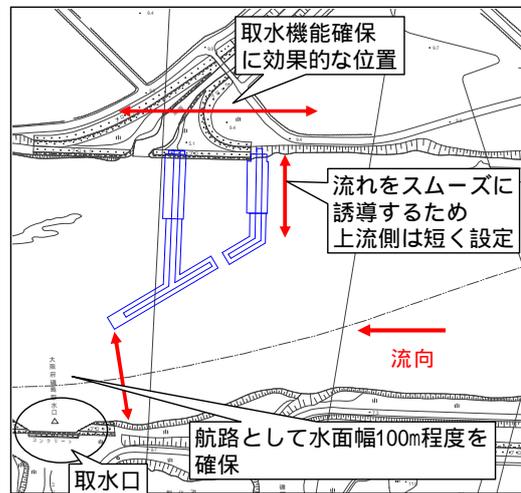


図-4 水制工の形状(平面図)

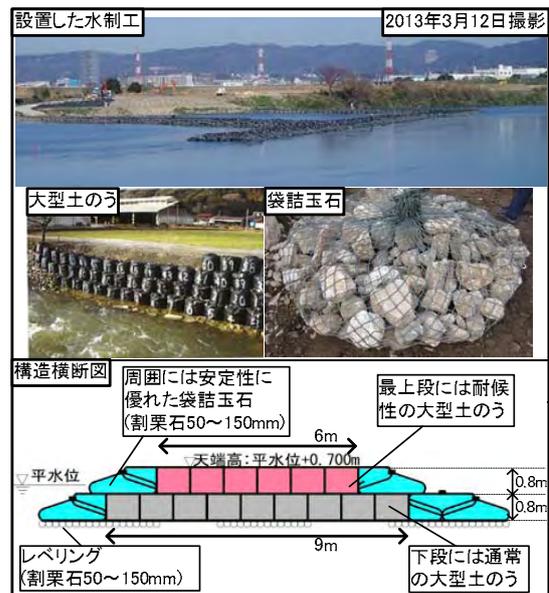


図-5 水制工の構造

での河床変動傾向を予測できる精度があればモデルとして十分といえる。

一方で本検討では取水口周辺の微地形を変化させることも含めた水制工の検討であり、詳細の位置・形状を検討する必要がある。そのためには通常のスケールよりも詳細な精度のモデル構築が必要である。

そこで、以下に示す解析メッシュを20m×10m程度とし、また浅水域での3次元測深技術システムによる1mメッシュの詳細地形把握を行った。

(2)モデルの概要

検討にあたっては水制工設置による流れと土砂動態の変化を平面的に予測・評価できる平面2次元河床変動解析を用いた(様々な粒径を考慮・掃流砂浮遊砂考慮)。詳細な調査データが存在する2010年度末から2012年度までを対象に現況再現を行い、水制工形状を変えた予測計算は2012年度を初期として5年間(2007~2011年の実績流量データを採用)実施し、予測結果に応じて最適な水制工を検討した(図-6参照)。

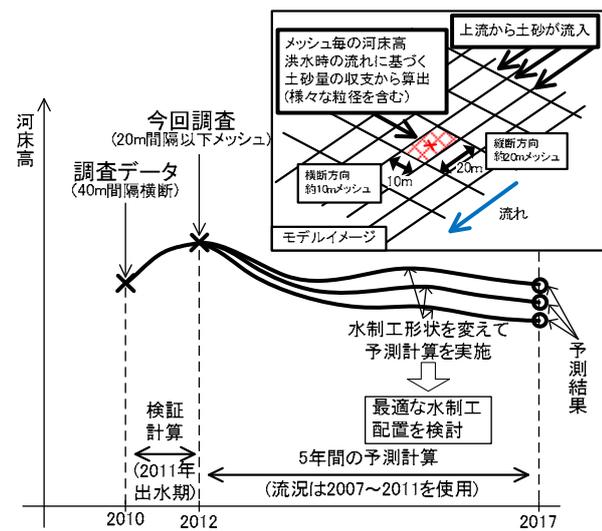


図-6 計算・検討のイメージ

(3) 詳細地形の把握・モデル化

計算範囲は、枚方大橋下流(23km地点)から高浜地点(33km地点)とし、水制工が設置される28km付近の26km~29kmの区間は、取水口周辺の微地形把握のため流下方向に約20m、横断方向に約10mの細かい解析格子を設定している(図-7参照)。モデルの検証は、2011年1月から2011年12月までの1年間の計算により行い、図-8に示すハイドログラフの最後の1年間を用いた。

初期河床形状は、2010年度の河川横断測量の結果に、別途40m間隔の横断測量を行った結果を加えたものを使用した。検証用(かつ予測時の初期値)の河床高データは、本検討時(2012年度)に1mメッシュのマルチビーム測量を実施し用いた。該当箇所は平均水深が約1mの浅水域となっている。通常マルチビーム測量は水深に比例した範

囲を面的に把握できる方法であるため、本検討対象範囲のような浅水域には適していない。しかし、本検討ではソナー部を浅く水平に近い形で配置できる3次元測深技術システムの採用により水深30cmの範囲まで高精度に計測を行うことで、精度の高い地形モデル構築を可能とした(図-9参照)。



図-7 計算メッシュ

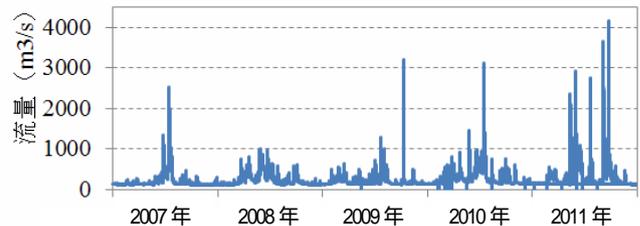


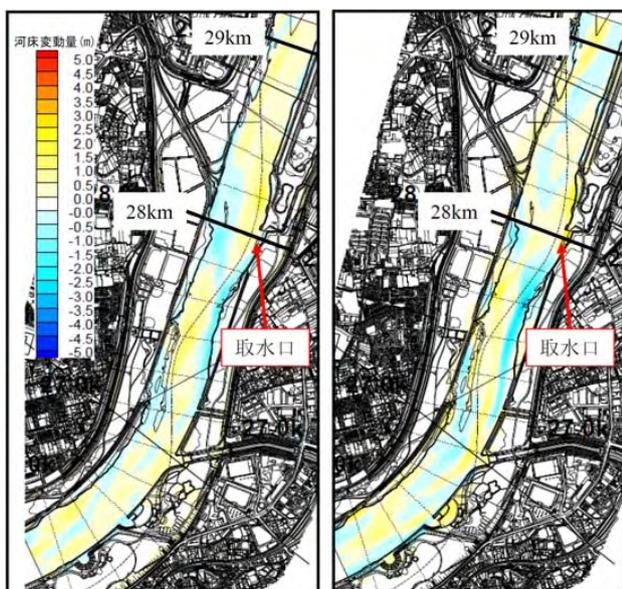
図-8 ハイドログラフ(高浜地点)



図-9 浅水域での3次元測深技術のイメージ

(4) 現況再現

図-10に、2011年度の実績河床変動量と計算によって得られた河床変動量を示す。磯島取水口付近の砂州の形成、28km断面よりも下流域の浸食・堆積傾向と河床変動量も良く再現出来ており、本検討を行うに十分な解析精度を有していると考えられる。



(a) 実測値(2012年) (b) 数値解析(2012年)
 図-10 実測値と数値解析による河床変動量の比較

(5) 水制工形状の設定

構築した平面2次元河床変動解析モデルにより水制工の配置計画検討を行い水制工の位置と形状を設定した。図-11に示す河床変動計算結果から、水制工設置によるワンドの創出、左岸側での航路確保、左岸側流路確保による水利用への寄与について効果が発現していることが確認できた。

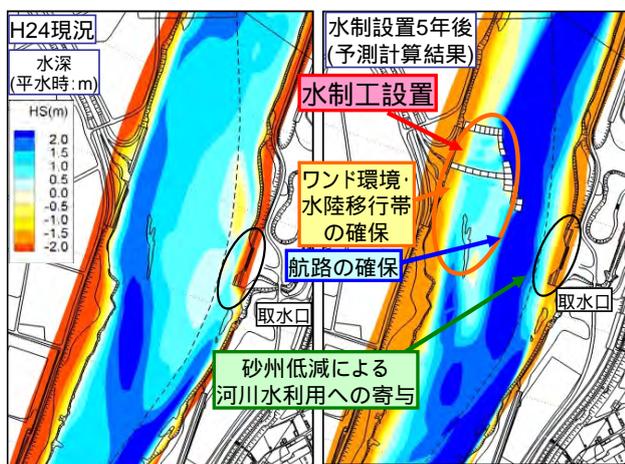


図-11 水制工設置後の河床形状予測結果

4. 不確実性に対応した順応的管理

(1) モニタリング・順応的管理の必要性

目標を達成する水制工を設置しても、様々な不確実性により実際の効果が予測結果と異なる可能性がある。予測評価の際には将来流況は過去の実績水理データを用いるが、将来流況は過去の実績とは異なるため、将来流況の変化により効果にも増減が生じることとなる。

このような不確実性に対応し、より確実に効果を発現させていくためには、モニタリング・順応的管理(調査・再評価・水制工形状の調整)を行っていく必要がある。そこで、水制工設置後河床が安定するまでの間(牧野・前島地区での実績に基づき概ね5年間)を対象にモニタリング計画を作成した。水制による効果の発現状況把握およびモデル検証を行うための調査、及び調査結果を受けたモデル検証・予測再評価、そして再評価結果を踏まえた水制工形状の調整(表-1参照)を行う工程とした。また調整が可能となるよう構造に大型土のうや袋詰玉石を採用したり、水制工本体に運搬路としての機能を持たせたり、後から水制工の延伸が可能となるよう下部工のみの整備を行うといった工夫を行っている。

表-1 モニタリングの実施時期

調査実施箇所		H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度
		設置	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
調査	河床高		-		-		-
	定期横断測線(200m間隔)		-		-		-
	磯島取水口前		-		-		-
底質	詳細調査		-		-		-
	底質	-	-	-	-	-	-
検討	モデルの検証・5年後予測の再評価	-	-	-	-	-	-
	最終評価	-	-	-	-	-	-
管理	水制の調整(必要な場合)	-	-	-	-	-	-

(2) モニタリング調査

調査は舟運・取水機能・構造物の視点から河床高調査・底質調査を行う必要がある。調査の実施は、定期測量を活用するため2年毎に実施する。また、水制設置後2年間で概ね河床が安定するとみられることから、2年後(平成26年度予定)の定期測量と合わせて詳細調査(河床高測量と底質調査)を実施する予定としている。

(3) モデル検証と予測再評価

調査結果に基づきモデルの検証を行い必要に応じてモデルの精度向上を図り、その後再評価を行う予定としている。また水制工形状の調整が必要となる場合は調整方法毎の予測計算を行い、予測結果に基づき望ましい結果となるよう調整を行う(図-12参照)。

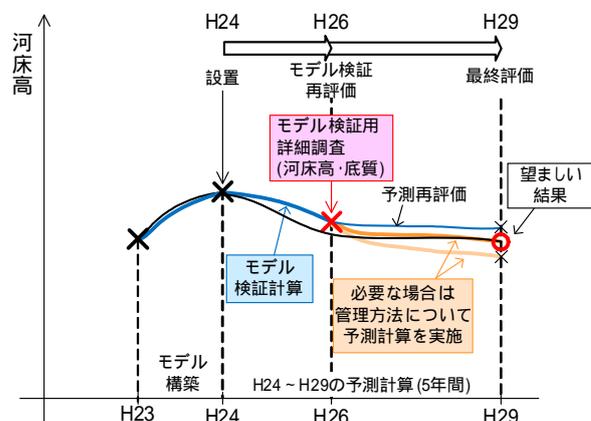


図-12 モデル検証と予測再評価イメージ

(4) 水制工形状の調整

調整方法としては表-2に示す通りである。舟運の観点では、航路が確保できていない場合(河床低下が小さい場合)には下流側水制工の下流型頭部工を延伸する方法をとる。また、水利用の観点では、機能確保が十分でない場合(河床低下が小さい場合)は頭部工を延伸、逆に施設安定性への影響が懸念される場合(河床低下が大きい場合)は頭部工を短縮させるものとする(図-13参照)。また、各効果への影響が大きい水制工頭部工の沈下がみられ、それにより機能が低下しているとみられる場合にはその袋詰玉石を含めて水制工を当初の形状に復元することを想定している。

表-2 水制工形状の調整方針

視点	調査	指標	基準	
舟運	河床高	航路確保	・航路水深1.5m ・横断幅50m以上	
水利用	河床高	取水口周辺の最深河床高	上限値	O.P.+1.598m
			下限値	O.P.-0.402m
構造物(水制)	河床高	水制頭部工の沈下量	0.3m以下	

環境については評価指標や評価の時間軸等現時点では不明な点が多いことから、今後知見の収集および監視を継続していく。

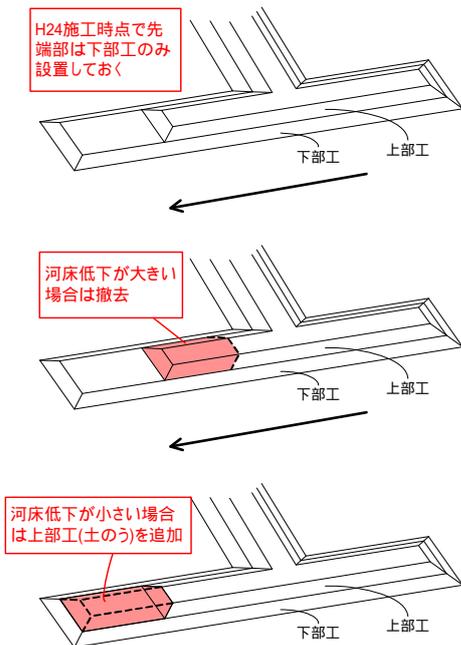


図-13 水制工の延伸・短縮イメージ

5. 物理環境の予測・評価

環境に関して底質、流れ環境、緩やかな水陸移行帯についての評価を行った。底質環境に関して、水制工なしのケースと水制工ありのケース(各々5年後の底質平均粒径)を比較すると、水制工ありのケースでは底質粒径が

1mm以下から5mm以上まで幅広く分布している(図-14参照)。流れ環境に関しても瀬田川洗堰全開放流規模(800m³/s)で水制工周辺の流速は0.7m/s以下から1.5m/s以上と幅広く分布している(図-15左参照)。以上から、水制工設置により周辺の底質環境や流れ環境に多様性が確保されていることが確認できる。また、水制工周辺の河床地形から、水制間、またその周辺に水陸移行帯(緩やかな浅瀬)の形成が確認できる(図-15中央参照)。さらに、水制工周辺の無次元掃流力が草本類かく乱の目安となる0.1¹⁾を上回っていることから、堆積箇所の植生の樹林化等は起こりにくく、このような良好な環境が維持されやすいと考えられる(図-15右参照)。

さらに、効果発現までの時間を評価するため、図-16右のように、水制周辺を6つの領域に分割して、それぞれの領域の物理環境の時間的な変化を整理した。図-16(左上下・中央上下)に水制を設置していない場合と水制を設置した場合の計算で得られた河床材料の平均粒径と流速の領域内平均値の時間変化を示す。なお、流速は平水時におけるものを示している。図-16左上下の河床材料の平均粒径の時間的な変化を見ると、水制無しの場合に比べて、水制有りの方が平均粒径の空間的な分布の幅が水制設置1年後時点からすでに大きくなっていることが分かる。図-16中央上下の平水時流速の時間的な変化を見ると、水制を設置した場合は、水制を設置していない場合と比較して、領域のワンド域において、流速がほぼゼロの水利条件が形成される一方で、領域や領域の左岸域において流速が大きくなっており、流速が空間的に大きく変化していることがわかる。これらの空間的な変化も、設置1年後には既に大きくなっている。このように水制設定により水制周辺の物理環境の多様性が比較的早期の時点で期待できる。

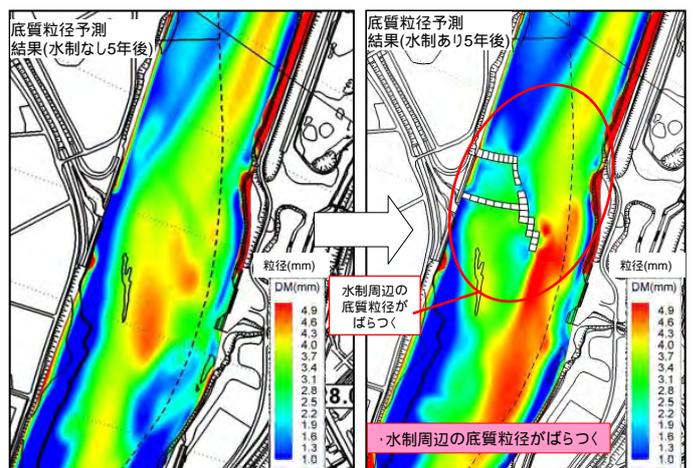


図-14 環境面での評価結果(底質)

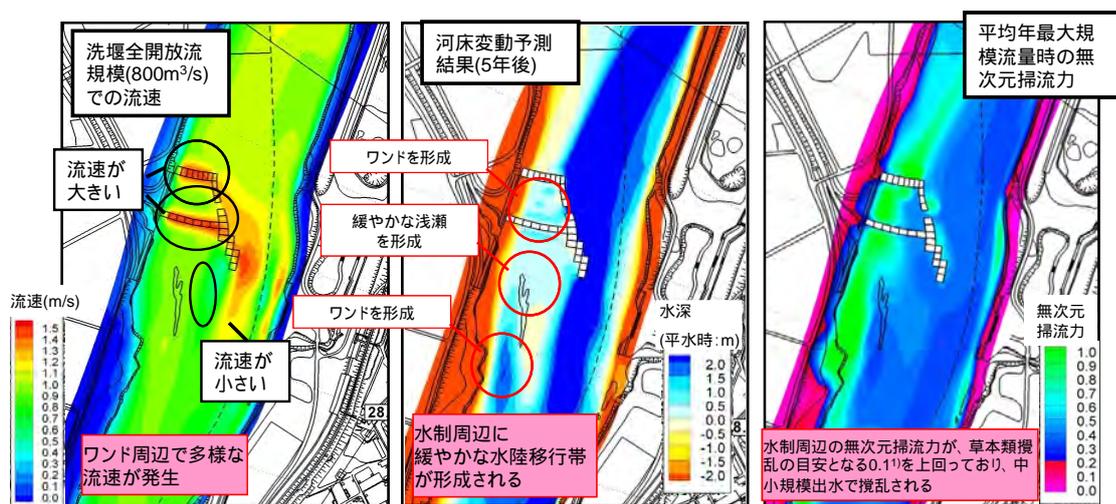


図-15 環境面での評価結果(流れ、河床地形、攪乱)

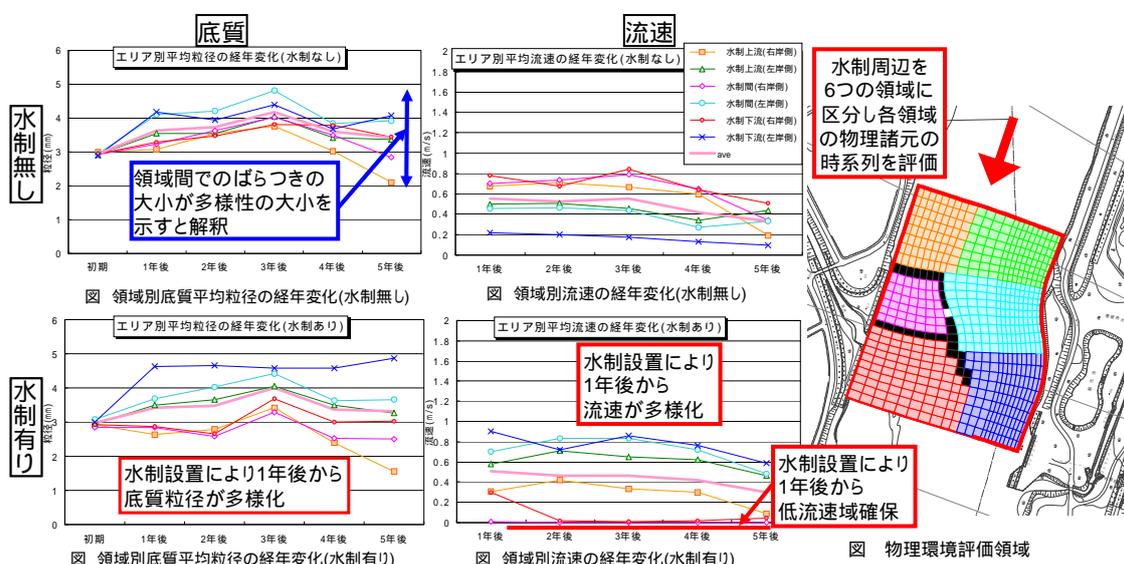


図-16 環境面での評価結果(底質・流れの時間変化)

6. まとめ

本報は、淀川前島下流地区における水制工設置検討事例についての報告であり、主は結論は以下の通りである。

- ・ 水制工の設置により、単純化された土砂環境(地形、流れ底質)の多様化が期待できる。
- ・ 水制工頭部の長さを増減することができる構造とすることで、将来の不確実性にも対応できる。

7. 他河川への適用の際の留意点

本事例は淀川当該地区の特性を把握した上で設置目的に応じたモデル構築・解析・検討を行っている。前述の通り、詳細な精度のモデルを構築する必要があったため当該地区の河道幅・流況等に基づき適切なメッシュ配

置として20m×10mを採用した。また、浅水域での1mメッシュでの詳細地形把握のために3次元測深技術システムを用いた。

他河川への適用の際には、対象河川の水文特性や河道特性といった流域特性を十分に把握した上で設置目的に応じたモデル構築・解析・検討を行い適切に設置する必要がある。

謝辞：本検討にあたって、淀川環境委員会の委員の皆様には様々な観点からご指導を頂きました。特に京都大学竹林洋史准教授には土砂水理学的観点から多大なご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 瀬崎智之, 服部敦, 近藤和仁, 徳田真, 藤田光一, 吉田昌樹: 礫州上草本植生の流失機構に関する現地観測と考察, 水工学論文集, 第44巻, pp.825-830, 2000