多自然川づくりの高度化に向けた河道の３次元設計導入の手引き

（案）

令和6年3月

多自然川づくり高度化ワーキンググループ

公益財団法人　リバーフロント研究所

・本手引きは、３次元地形データ（点群データ）を活用した河道設計を主な対象とする。
・本手引きにおいて、河道設計とは、河川整備計画の策定・変更の際に定めた河道計画（河道形状）を、河道掘削等を行う際に更に詳細に定めることをいう。

多自然川づくりの高度化に向けた河道の３次元設計導入の手引き
（案）

【　目　次　】

1. はじめに 1

1.1 本手引きの目的 1

1.2 ３次元データを活用した河道の３次元設計を推進する意義 2

1.2.1 河道の設計上の課題と今後目指すべき姿 2

1.2.2 ３次元データを活用した河道の３次元設計を推進する意義 3

1.3 本手引きの位置づけ 4

2. 河道の３次元設計に用いる解析・評価手法 5

2.1 解析手法の選定 5

2.2 評価項目の整理 8

2.2.1 評価項目（治水） 9

2.2.2 評価項目（維持管理） 9

2.2.3 評価項目（環境） 9

3. 河道の３次元設計における検討プロセス 16

3.1 ①3 次元データを活用した河道の３次元設計に必要なデータの入手 17

3.2 ② 河川整備の目標及び課題整理 18

3.3 ③モデル化対象範囲及び計算条件の設定 19

3.4 ④解析モデルの再現性の確認 21

3.5 ⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成 22

3.6 ⑥将来の河道の予測 22

3.7 ⑦作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価 22

3.8 ⑧必要に応じて有識者の意見聴取 23

3.9 ⑨河道の決定 23

3.10 ⑩ICT 施工に向けての図面の微修正 23

3.11 ⑫設計時に期待していた効果が発現しているかモニタリング・評価 23

4. 今後に向けて 25

（参考資料）

1. はじめに

1.1 本手引きの目的

国土交通省は令和５年度までに小規模を除く全ての公共工事においてBIM/CIM※1原則適用の方針を示し、建設現場の生産性向上や働き方改革が進められている。こうした取組は、川本来の形状を考慮した多自然川づくりを推進する良い機会でもある。

河川分野においては、新技術を活用することで河川の３次元データを効率的に得ることが可能となってきている。こうした３次元データを活用することにより、これまで、樋門、樋管、堤防、護岸をはじめとする河川の構造物でBIM/CIMの活用が進められてきた。河道においても、３次元データやBIM/CIM等の活用により、調査・計画・設計・施工・維持管理段階で、川本来の複雑な形状を考慮した多自然川づくりを検討できる環境が整ってきているといえる。

従来、河道の設計を行う場合に、実務的には治水面の評価を実施した後で環境（景観を含む。以降同じ。）面の評価が行われることが多く、環境が治水の配慮事項として付加的に設定され、治水と環境が一体化した川づくりがなされていないことが課題として認識されてきた。

今後、BIM/CIMの推進と併せて、河川環境情報図と三次元管内図※2との連携が進むと、各河川の水深や流速等の物理環境とそこに生息する生物との関係が分析できるようになるなど、治水と環境が一体化した川づくりの一層の進展が期待できる。従来の定期横断測量（200m間隔程度）データからモデル化される河道では評価が難しかった生物の生息場や生育場についても、３次元地形データを活用することで評価が可能となっていくことから、３次元データを活用した多自然川づくりの一層の推進が期待される。

また、維持管理の面からも、従来、河道形状は定期横断測量（200m間隔程度）データにより取得されてきたことから、測点間の地形を十分に把握出来ず、土砂の再堆積や植生繁茂抑制に関して詳細な状況を踏まえた検討を行うことは難しかった。しかしながら、近年では、将来の河道形状を予測し、維持管理上効率的な河道を設計することが可能となりつつある。

以上より、BIM/CIMを活用した治水・環境・維持管理※3の観点を兼ね備えた川づくりを実現するとともに、調査・計画・設計・施工・維持管理段階における生産性向上や働き方改革の促進のため、「多自然川づくりの高度化に向けた河道の３次元設計導入の手引き（案）（以下「手引き」という。）」を作成するに至った。なお、本手引きは、「多自然川づくり高度化ワーキンググループ」における令和５年度までの検討をとりまとめたものであり、適宜修正・更新を行う。本ワーキンググループのメンバーについては巻末に示す。

※1　BIM/CIMは計画・調査、設計段階から３次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても３次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図ること（国土交通省　BIM/CIMポータルサイトから）をいうが、本手引きでは設計段階に３次元モデルを導入することを指す（以降同じ）。

※2　河川管理業務の効率化・高度化を目的として、水系や管理区間の三次元地形データを基礎資料として表示されたもの。「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）（令和２年２月）」に記載されている「三次元管内図」と同義。

※3　本手引きにおいて維持管理とは再堆積による河道掘削（維持掘削）及び植生繁茂抑制を指す。

1.2　３次元データを活用した河道の３次元設計を推進する意義

1.2.1　河道の設計上の課題と今後目指すべき姿

従来、河道の設計が行われる場合、「河川環境」は治水の配慮事項として設定されることが多かった（図 1-1）。そうした場合、すべの川づくりの基本である「多自然川づくり」が十分に行われているとは言い難い等の課題がある。３次元データの活用により、従来であれば設計段階での評価が難しかった動植物の生息場等の面的な環境評価等が可能となることから、設計案に対する平面二次元解析等の面的な解析結果に基づき治水と環境及び維持管理の観点から同時に評価し河道形状を決定していくことにより、治水・環境・維持管理の観点を兼ね備えた川づくりを実現していくことが重要である。

＜従来の河道設計上の課題＞

①河道の設計を行う場合に、治水面の評価を実施した後で、環境面の評価を行うことが多く、河川環境が治水の配慮事項として付加的に設定され、治水と環境が一体化した川づくりとなっていない。

②定期横断測量（200m 間隔程度）データをもとに河道の設計を行うため、測量断面間の面的な地形が十分に設定されず、河川環境情報図等に面的な情報としてまとめられている環境要素を考慮した設計がなされていない。

③将来的な河床変動等の地形の変化を考慮した設計がなされていない。

④地域住民等が完成をイメージしやすい設計となっていない（パース等により１視点での確認となることが多い）。

＜今後目指すべき姿＞

①河道の設計を行う場合に、３次元データを活用した面的な解析結果に基づき治水面と環境面の評価を同時に行うことにより、環境への影響を十分に検討した多くの代替案から最適なものを選定。

②面的な地形データと面的な環境要素を統合することにより、瀬淵等の生物の生物場を考慮したきめ細やかな設計を実施。

③将来的な河床変動等の地形変化を予測することにより、以下の点等を考慮した設計を実施。
- 生物の生息・生育環境が整った整備（既存生物に配慮）
- 維持管理（再堆積による河道掘削、植物繁茂抑制）を考慮した整備

④立体的な完成イメージを示し（多視点での確認）、地域住民等の利用者の観点を考慮する等河川景観（デザイン）を意識した設計を実施。

図 1-1　河道の設計上の課題と目指すべき姿

1.2.2　３次元データを活用した河道の３次元設計を推進する意義

BIM/CIM を活用した以下の「３次元データを活用した河道の３次元設計（以下「河道の３次元設計」という。）」を推進することにより、「1.2.1　河道の設計上の課題と今後目指すべき姿」に示した課題が解決に向かい、目指すべき姿に近づけることが可能となる。

＜３次元データを活用した河道の３次元設計の考え方＞

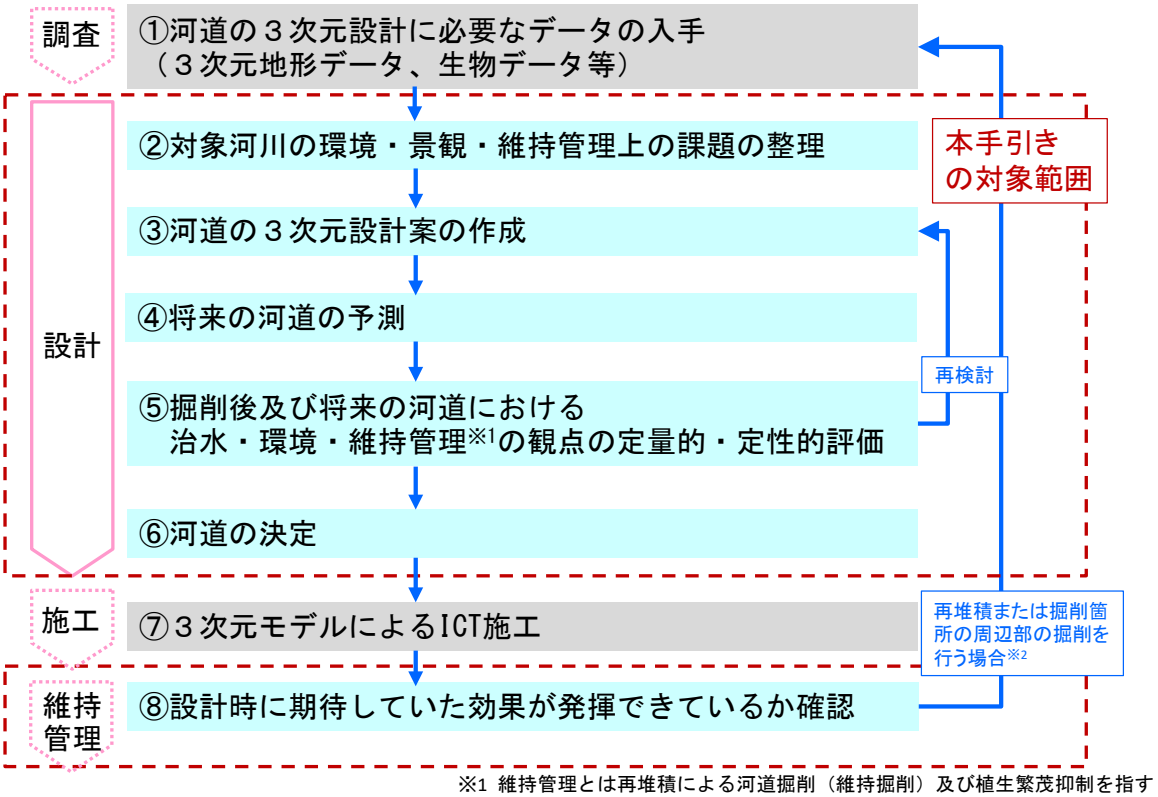
３次元地形データ（点群データ）や生物分布、河床材料、流速等の面的データを活用することにより、これまでよりも精度よく将来の河道の状況を予測・評価し、現在及び将来において次の項目が両立可能な河道を設計するものである。

●河道の３次元設計を行う上で重要となる考え方

- 治水上必要な河積を確保し、維持管理しやすい河道（堆積しにくい、流下阻害となる樹木等が繁茂しにくい等）
- 該当水域における生物にとって適切な生息場・生育場となる河道
- 景観に配慮した河道

施工・維持管理を通じて、設計時に期待する効果が発現しているか確認し、設計にフィーバックする。

河道の３次元設計を行うための検討フローを図 1-2 に示す。なお、本手引きは既に策定された河川整備計画（河道計画）を前提とした活用を想定しているため、フローにおいて計画段階の表記を割愛している。（以降、同様。）



※1 維持管理とは再堆積による河道掘削（維持掘削）及び植生繁茂抑制を指す
※2 河道掘削の判断は、このフローとは別に維持管理段階で調査を実施

図 1-2　河道の３次元設計を行うための検討フロー

1.3　本手引きの位置づけ

本手引きは、河道掘削等のための河道設計を行う際に活用されることを想定している。「河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書」(令和３年７月，社会基盤情報標準化委員会河川 CIM 標準化検討小委員会)を受け、現場の実務者が汎用的に活用できるものとして作成したものである。データの取扱等に関しては、当該成果報告書を参照するものとする。

３次元データを活用した河道の３次元設計を行うことにより、治水・環境・維持管理の観点を兼ね備えた川づくりの推進を目指すものであり、本手引きでは治水・環境・維持管理において評価すべき項目及び評価方法、河道の３次元設計を行う場合の検討プロセス及びポイントをまとめている。河道の３次元設計を進める上で有用なツール※1（以下「河道の３次元設計ツール」という。）の開発及び普及も進んでおり、こうしたツールの活用は、多自然川づくりの高度化の一助となるものである。河道の３次元設計ツールを活用した設計を行う場合は、本手引きの参考資料に概要や留意点を記載しているため、予め一読するものとする。

なお、本手引きは、試行河川※2 を通じて把握した内容や作成時点における技術的知見をもとに作成しているため、治水面・環境面・維持管理面での総合的な判断のあり方等、実務での活用において十分でない部分が含まれている。河道の３次元設計“導入”の手引きとして、本手引きを参考にした検討事例が蓄積されていくことで、より実務に役立つ手引きに向けた更新を行っていくことを想定している。

※1 iRIC ソフトウェア（RiTER Xsec、EvaTRiP、EvaTRiP Pro、Nays2DH）（以下「iRIC」という。）、ゲームエンジン、3D CAD 等の河道の 3 次元設計（河川環境評価含む）を行うことができるツール。

※2 試行河川については参考資料を参照。

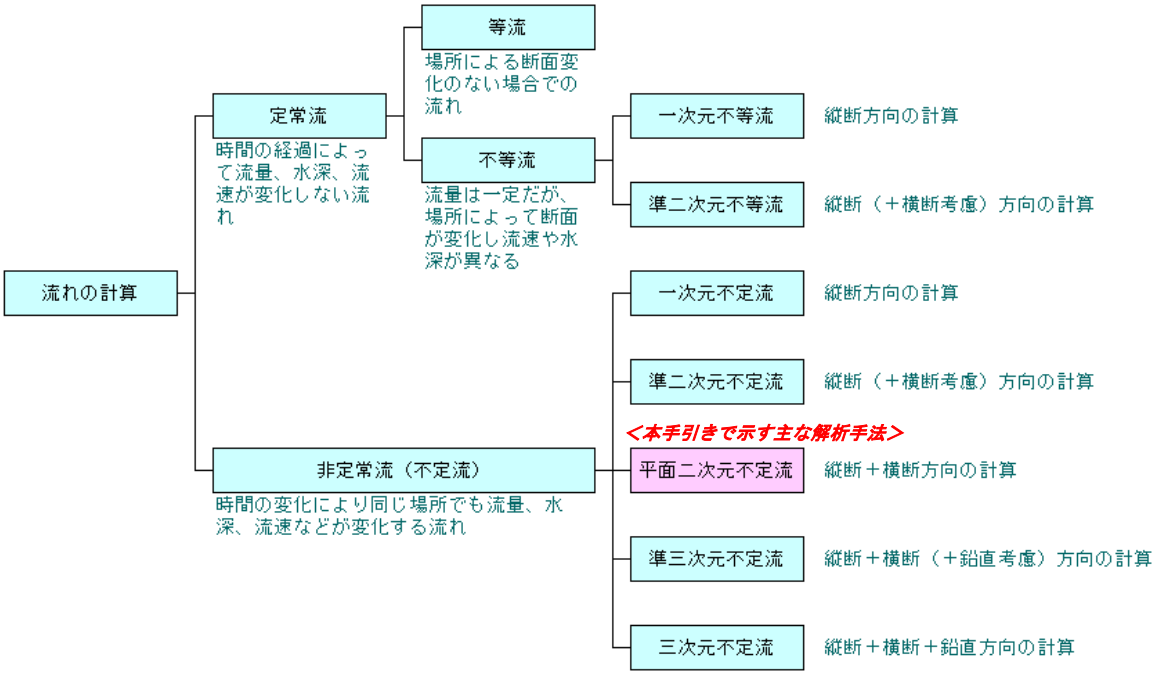
2.　河道の３次元設計に用いる解析・評価手法

解析・評価手法の選定においては、各手法の原理と特徴、その適用限界などを理解した上で、目的を達成するための手法を設定することが重要である。また、計算を行う場合には、必要な初期条件、境界条件を適切に設定することが重要である。

なお、「河川における洪水流の水理解析」及び「河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析」については「河川砂防技術基準 調査編（第５章及び第６章）」（平成 26 年４月，国土交通省水管理・国土保全局）を参照するものとする。

2.1　解析手法の選定

流況や河床変動等の解析手法は目的に応じて決定するが、面的データを活用する河道の３次元設計のメリットを活かすためには、高次元の解析手法を選定することが望ましい。一方、低次の解析手法の方が、計算時間や条件設定の煩雑さによるエラーを回避することができるため、目的に応じて、図 2-1、図 2-2 に示す解析手法及び考え方を適用するものとする。本手引きにおいては、汎用性等を踏まえ、主に平面二次元解析の解析手法を事例とした評価方法を示すこととする（表 2-3 赤枠内参照）。



出典）「水理公式集 2018 年度版，土木学会」をもとに作成

図 2-1　流況・河床変動解析に用いる手法

表 2-1　水理解析手法の分類（時間的・空間的な分類）

分類		概要
定常流	等流	断面形及び勾配が縦断的に変化しないと考えられる水路に、時間的に一定の流量が流れる場合に水位や流速を計算するものである。
	不等流	断面形及び勾配が断面的におだやかに変化する水路に、時間的に一定の流量が流れる場合に水位や流速の縦断変化を計算するものである。
非定常流	不定流	流量の時間的変化が無視できない場合に、水位や流速の縦断的、時間的変化を計算するものである。

出典）国土交通省四国地方整備局ウェブサイト

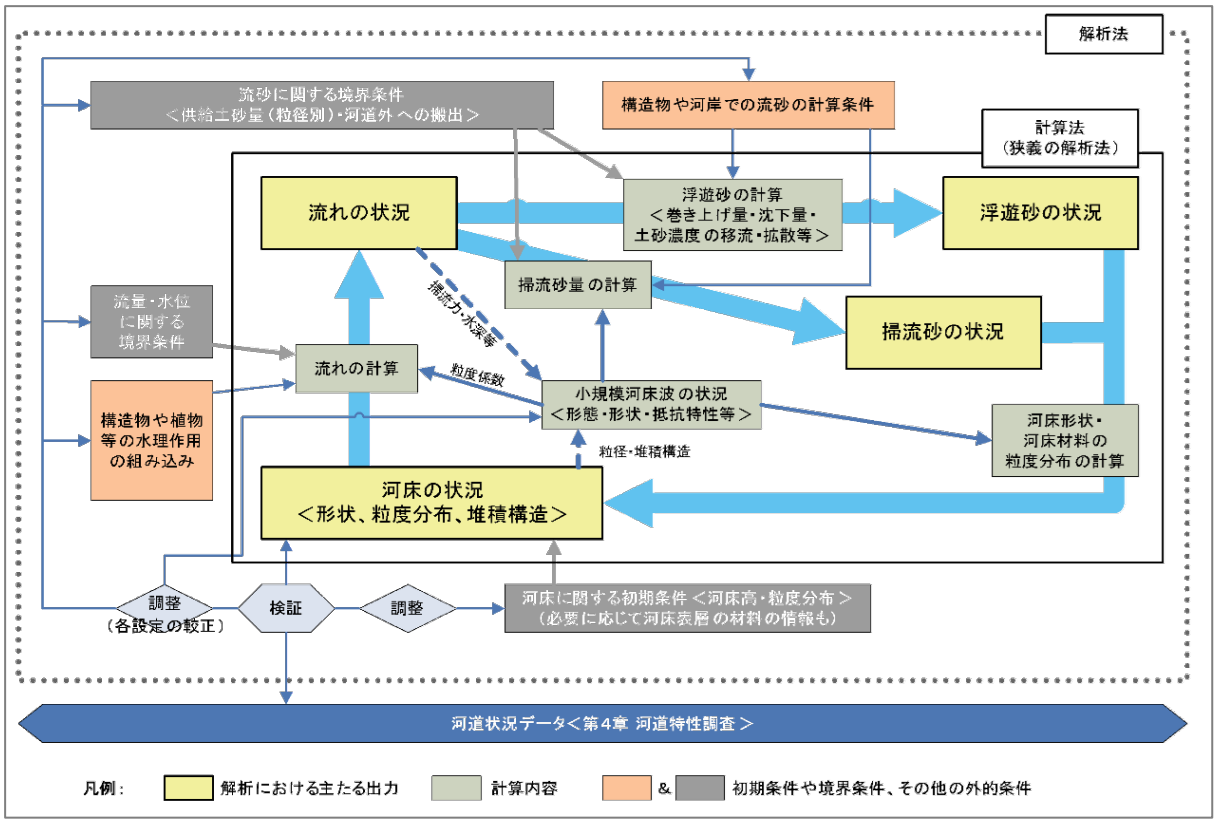
https://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/event/yoshikouza/no16/text16-2.pdf

表 2-2　水理解析手法の分類（空間的な分類）

分類	概要
1 次元	流れを一次元方向（川の流れ方向）について計算する手法であり、横断方向の流れはないものとみなしているため、川の断面積が緩やかに変化し、流れが一方向に卓越している場合に、実用的な手法である。
2 次元	川の流れを二次元方向（川の流れ方向と横断方向）について計算する手法であり、深さ方向の流れはないものとみなしているため、川の幅方向に対して水深が浅い流れに対して適用する。
3 次元	川の流れを三次元方向（川の流れ方向、横断方向、深さ方向）について解析する計算手法である。

出典）国土交通省四国地方整備局ウェブサイト

https://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/event/yoshikouza/no16/text16-2.pdf



【出典】河川砂防技術基準 調査編 平成 26 年 4 月 国土交通省 水管理・国土保全局

図 2-2 流況・河床変動解析法の基本フレーム

表 2-3 解析レベルに応じた計算手法の選定

解析レベル				計算法の設定（標準：()内は推奨）				
河床高	粒径	流送形態	流れ場	河床形状	粒度分布	掃流砂	巻き上げ量または基準面濃度	濃度分布
1DB	U	BL	1DF	1B	—	BaBL	—	—
		BSL		1BS	—		BaE	1DC
	M	BL		1B	1fB	BaBLM	—	—
		BSL		1BS	1fBS		BaEM	1DCM
	U	BL	2DF'	1B	—	BaBL	—	—
		BSL		1BS	—		BaE	1DC
	M	BL		1B	1fB	BaBLM	—	—
		BSL		1BS	1fBS		BaEM	1DCM
	U	BL	2DF 2DF+	2B	—	2'BL	—	—
		BSL		2BS	—		BaE	2DC
	M	BL		2B	2fB	2'BLM	—	—
		BSL		2BS	2fBS		BaEM	2DCM
2DB	U	BL	3DF'	2B	—	2'BL (2BL)	—	—
		BSL		2BS	—		BaE	2DC (3DC)
	M	BL		2B	2fB	2'BLM (2BLM)	—	—
		BSL		2BS	2fBS		BaEM	2DCM (3DCM)

河床高の解析レベル	
1次元	2次元
1DB	2DB

粒径の解析レベル	
一様粒径	混合粒径
U	M

流砂の解析レベル	
掃流砂のみ	掃流砂と浮遊砂（混合型・通過型）
BL	BSL

流れ場の解析レベル					
1次元	準2次元	2次元	2次元 2次流付加	準3次元	3次元
1DF	2DF'	2DF	2DF+	3DF'	3DF

※凡例の詳細ついては河川砂防技術基準 調査編（6 章）参照

本手引きの主な対象範囲

【出典】河川砂防技術基準 調査編 平成 26 年 4 月 国土交通省 水管理・国土保全局

2.2　評価項目の整理

河道の 3 次元設計を行う際、対象河川の特性を踏まえた上で、治水上の評価項目を満足し、かつ環境・維持管理上の評価項目を満足することが望ましい。河道の 3 次元設計を行う上での評価項目（案）を表 2-4 に示す。

表 2-4　河道の 3 次元設計における評価項目（案）

分類	評価項目	評価指標
治水	流下能力	計画高水位
		土砂堆積
		草本・樹木繁茂（WOI）
維持管理	流下能力	土砂堆積
		草本・樹木繁茂（WOI）
	河川堤防・護岸	水衝部における流速・河床変動量
	構造物	構造物（橋梁、堰等の横断工作物、樋門・樋管）付近での安定性（流速、流向、河床変動量）
環境	自然環境	裸地（WOI）
		草本（流速・水深による水際評価）
		草本・樹木（WOI）
		魚類の生息場（瀬・淵（水深・流速、フルード数））
		魚類の生息場（PHABSIM）
		ワンド
		外来種（WOI or 摩擦速度）
		河床の状態（粒径分布）
		潮汐を考慮した比高と植生群落・底生動物の生息域（相対潮汐地盤高）
	河川景観	場のデザイン（定性評価）

2.2.1　評価項目（治水）

掘削河道又は将来予測河道において、対象とする河道断面に検討流量が流下した際に、河道水位が計画高水位以下となることが必須である。

2.2.2　評価項目（維持管理）

河床変動解析による予測結果をもとに、将来的な土砂堆積（掘削箇所への再堆積）や局所洗掘（護岸や橋梁基礎への影響）、流下能力への影響などについて評価する。必要に応じて、断面設定の段階にフィードバックし、これらの状況を考慮していくことが重要である。

2.2.3　評価項目（環境）

「2.1　解析手法の選定」で述べた平面二次元不定流解析による解析結果をもとに、環境面（陸生植物の生育場、魚類の生息場、景観）について定量的又は定性的な評価を行う。主な評価方法を以下に示す。

(1)　河道内の陸生植物の生育場に関する評価

草本の定着性の評価については、水深・流速による河道内植物の定着可能性を評価する方法と、掃流力と粒径の関係による植物の流失可能性を評価する方法がある。

水深・流速による河道内植物の定着可能性を評価する方法は、現地での実態調査により水深及び水深・流速と草本の定着性の関係性があることが報告されており、これを閾値として評価することが可能である。また、掃流力と粒径の関係による植物の流失可能性を評価する方法は、生育基盤である河床材料の 90%粒径が移動するか否かを示す「流失評価指標：WOI (Wash-Out Index)」により、流失する可能性を評価することが可能である。

＜水深・流速による草本植物（特に、ツルヨシ）の定着可能性の評価方法＞

現地の実態調査結果から、草本植物の定着の閾値を解明したものであり、水深と流速による閾値水深の評価方法は以下に示すとおりである。

●水深(h)による評価

$h \leq 20cm$　：3（**可能性大**）

$20cm < h \leq 30cm$　：2

$30cm < h \leq 40cm$　：1

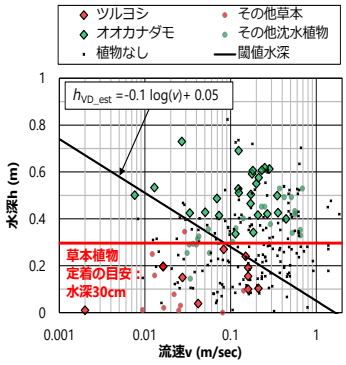
$40cm < h$　：0（**可能性小**）

●水深と流速による閾値水深(h_{VD_est})評価

$$h_{VD_est} = -0.1log(v) + 0.05$$

$h < h_{VD_est}$　：1（**可能性大**）

$h_{VD_est} < h$　：0（**可能性小**）



【出典】国立開発研究法人 土木研究所 自然共生研究センター資料

＜掃流力と粒径の関係による植物の流出可能性の評価方法＞

洪水による草本等の流出は、育成基盤である河床材料の 90%粒径が移動するか否かを示す「流失評価指標：WOI(Wash-Out Index)」により、その可能性を評価できる。

●流失評価指標 WOI

$$WOI = \frac{\tau_{*90}}{\tau_{*c90}}$$

$$\tau_{*90} = \frac{hI_e}{sd_{90}}, \quad \frac{\tau_{*c90}}{\tau_{*c50}} = \left[\frac{log_{10}19}{log_{10}19(d_{90}/d_{50})}\right]^2$$

WOIにより、以下の植生流出評価を行うことができる。

$WOI < 1$　：**植物の流出の可能性低**

$WOI \geq 1$　：**植物の流出の可能性高**

【出典】田中規夫，八木澤順治，福岡捷二：樹木の洪水破壊指標と流失指標を考慮した砂礫州上樹林地の動態評価手法の提案、土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 4, 359-370, 2010

(2)　魚類生息場に関する評価

魚類の生息場の評価については、生物の生息場としての環境を評価する方法と、特定の魚類の生息場を評価する方法がある。

生物の生息場としての環境を評価する方法としては、図 2-3 に示すとおり、実際の瀬淵分布と予測した瀬淵分布が合うように、河川ごとに水深・流速の閾値を設定して瀬、淵、早瀬を分類する方法や、水深、流速から計算されるフルード数を基準に、Pool, Glide など 5 種類に分類する方法（表 2-5、Entwistle et al,2018）等がある。特定の魚類の生息場を評価する方法としては、PHABSIM があり（図 2-4）、河川の評価対象区間における水深、流速、底質、植生カバー等の物理特性と、魚種や成長段階ごとに求められた生息場適性指数（Habitat Suitability Index : HSI）を組み合わせることにより、対象とする区域の生息場を評価することができる。

＜水深・流速による分類＞

実際の瀬淵分布と予測した瀬淵分布が合うように、河川ごとに水深・流速の閾値を設定して瀬、淵、早瀬を分類する。

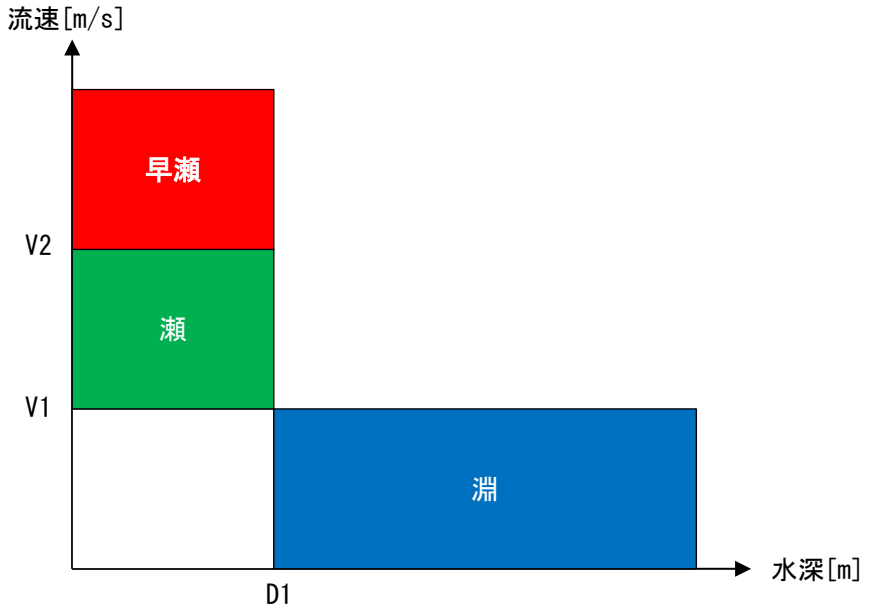


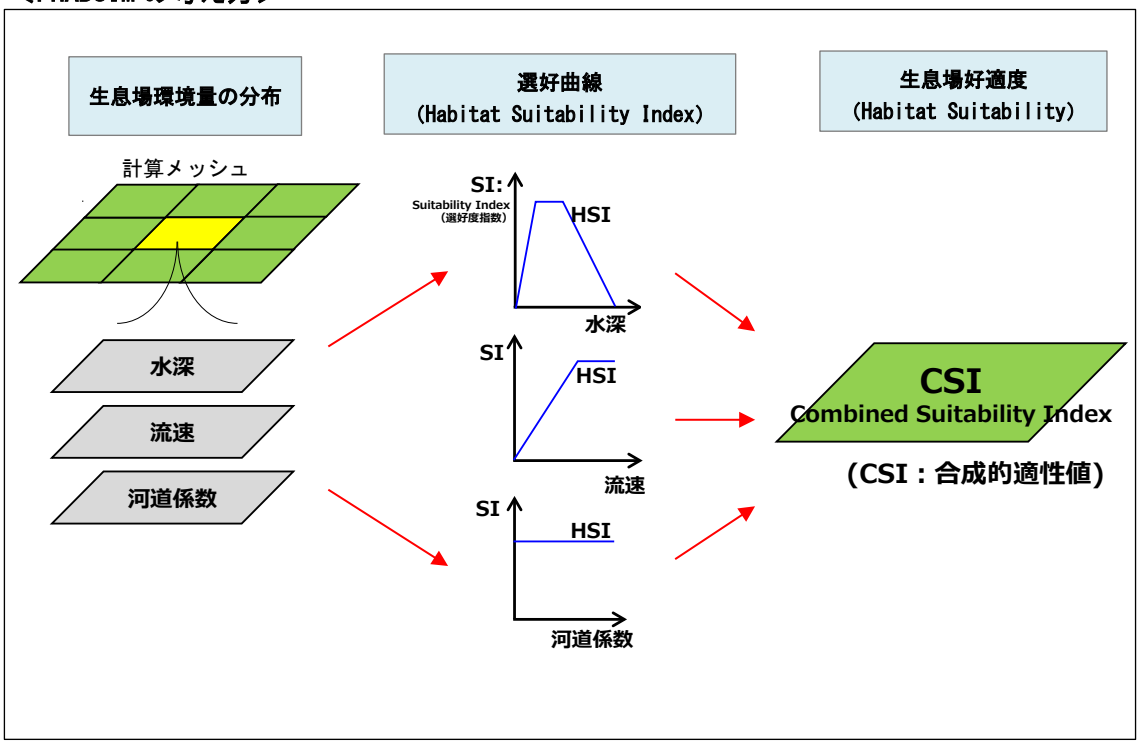
図 2-3　水深・流速による分類

表 2-5　フルード数による分類

分類	フルード数の範囲
Pool	$F_r < 0.04$
Glide	$0.04 \leqq F_r < 0.15$
Run	$0.15 \leqq F_r < 0.245$
Riffle	$0.245 \leqq F_r < 0.49$
Cascade/rapid	$0.49 \leqq F_r$

【出典】https://i-ric.org/download/evatrip-pro/

＜PHABSIM の考え方＞



【出典】国立開発研究法人 土木研究所 自然共生研究センター資料に一部加筆

※生息場適性指数（HSI）は野生生物の生息環境を定量的に評価するための指標として、アメリカ合衆国内務省で開発されたものである。
United States Department of the Interior: Habitat evaluation procedures handbook, (1980)

図 2-4　PHABSIM の考え方

(3) 河口域における植物や底生動物の生息域に関する評価

下流の感潮区間における植物や底生動物の生息域を評価する方法としては、以下に示す相対潮汐地盤高の考え方が提案されている。

■コラム－相対潮汐地盤高 [16),17)]

河川改修などによる地形改変は、河川汽水域生物の生息環境に影響を与えるが、その定量的関係はあまり明らかではなかった、そこで国土技術政策総合研究所では、河川水辺の国勢調査結果の底生生物の調査結果を用いて、主だった河川汽水域生物が選好する比高を明らかにした（図-13 に一例を示す）。

ここでは比高は潮汐との相対的な地盤高で表現し、満潮が１、干潮が０となる「相対潮汐地盤高」を用いている。この関係を活用して河川改修断面を検討することにより、保全すべき生物への影響を最小化することなどが期待できる。

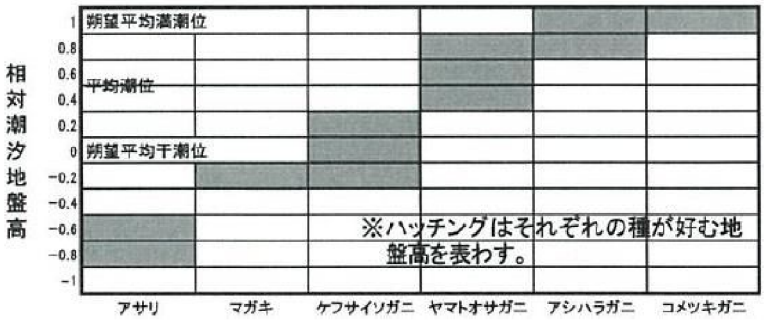


図- 13　相対潮汐地盤高の選好性の一例

例えばある河川の事例では、河口部の代表的な底生動物・植生群落の相対潮汐地盤高は図-14 のようになる。

この河道の掘削に対して、河道案Ａ（一次設定）と河道案Ｂ（環境配慮）を比較したところ、各相対潮汐地盤高で河道案Ｂの方が多様な生物の生息・生育場がより広く形成されることが確認できた。（図-15）

このように、相対潮汐地盤高を活用して河川改修断面を複数案の比較検討することで、保全すべき生物への影響を最小化すること、ひいては生息環境の向上を図ることが期待できる。

【出典】大河川における多自然川づくり―Q&A 形式で理解を深める―
（https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/qa.html）

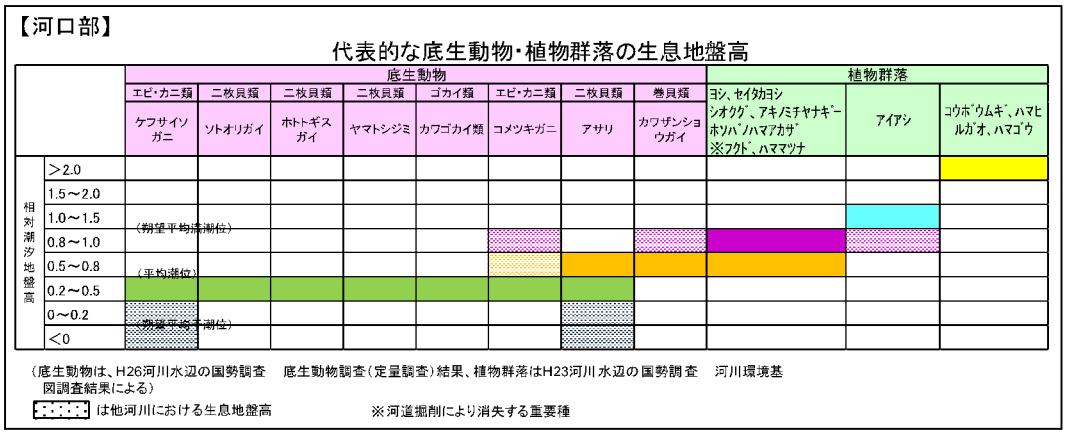


図- 14　　相対潮汐地盤高の選好性の一例

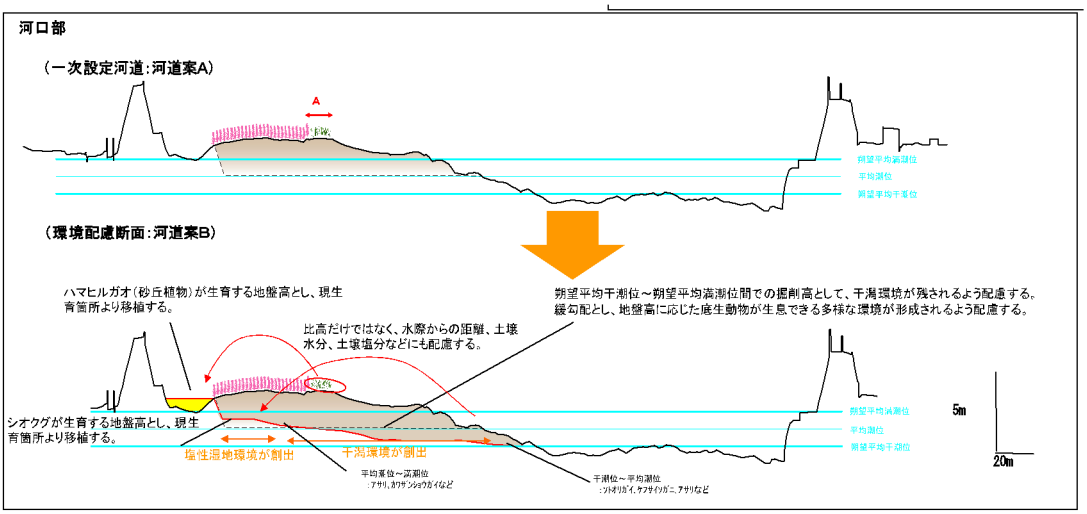


図- 15　　複数案の比較の例

表- 4　複数案（予測した生育・生息地面積の比較）

単位：m2

	底生動物								植物群落		
	エビ・カニ類	二枚貝類	二枚貝類	二枚貝類	ゴカイ類	エビ・カニ類	二枚貝類	巻貝類	ヨシ,セイタカヨシ,シオクグ アキノミチヤナギ-ホソバノハマアカザ ※フクド、ハママツナ	アイアシ	コウボウムギ、ハマヒルガオ、ハマゴウ
	ケフサイソガニ	ソトオリガイ	ホトトギスガイ	ヤマトシジミ	カワゴカイ類	コメツキガニ	アサリ	カワザンショウガイ			
現況	250,000	120,000	120,000	120,000	120,000	370,000	450,000	250,000	250,000	90,000	170,000
河道案A	430,000	140,000	140,000	140,000	140,000	330,000	550,000	190,000	190,000	130,000	80,000
河道案B	450,000	150,000	150,000	150,000	150,000	350,000	550,000	200,000	200,000	130,000	80,000

【出典】大河川における多自然川づくり―Q&A 形式で理解を深める―
（https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/qa.html）

(4)　河川景観に関する評価

河川景観の評価については、ゲームエンジン等による視覚化による方法がある。

ゲームエンジンで作成した改修後の状況をバーチャルツアーにした河川景観評価手法の考え方が提案されている。空間を再現することで、固定された視点ではなく、視点を変えながら河川景観を確認できるため、関係者の理解の増進やコミュニケーションの円滑化につながる手法である。

図-4　VT（パノラマ）による現状の状況

（位置図内（左上）：赤点が撮影・移動可能地点）

図-5　VT（VR）による改修後の状況

VT：バーチャルツアー

VR：仮想現実（virtual realiy）

【出典】林田寿文ら：バーチャルツアーと仮想空間を活用した 河川改修時における河川景観評価手法の提案,

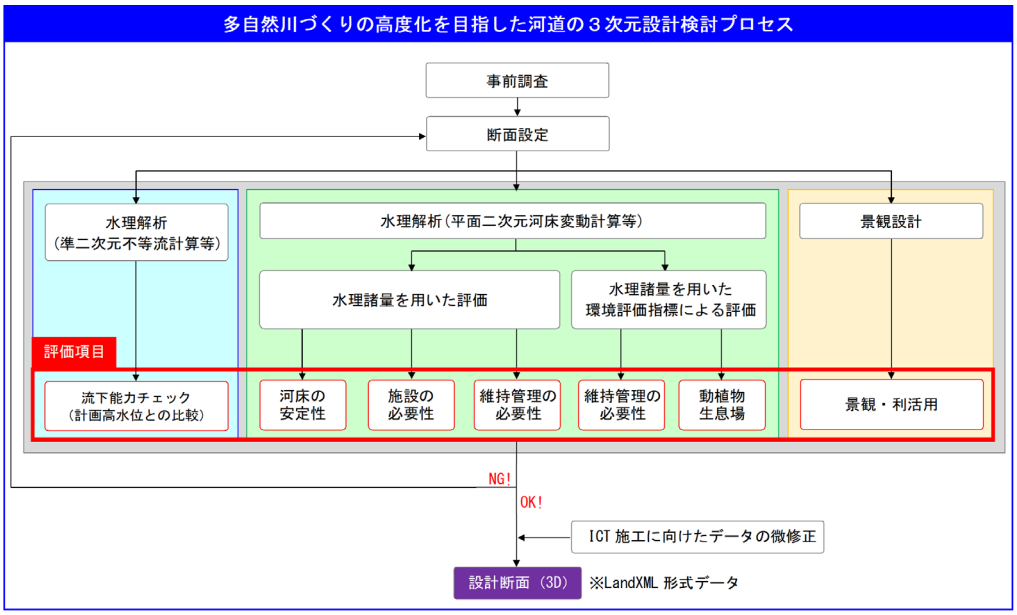
河川技術論文集,第 28 巻,2022 年 6 月

3.　河道の３次元設計における検討プロセス

３次元地形データを活用した河道の３次元設計を行う際の検討プロセスを図 3-1、地形編集ツール（ここでは、一般的に３次元地形データを編集する際に利用されている３つの地形編集ツール（RiTER Xsec、ゲームエンジン、3DCAD））の連携イメージを図 3-2 に示す。また、図 1-2 を実務的な検討フローとしたものを図 3-3 に示す。

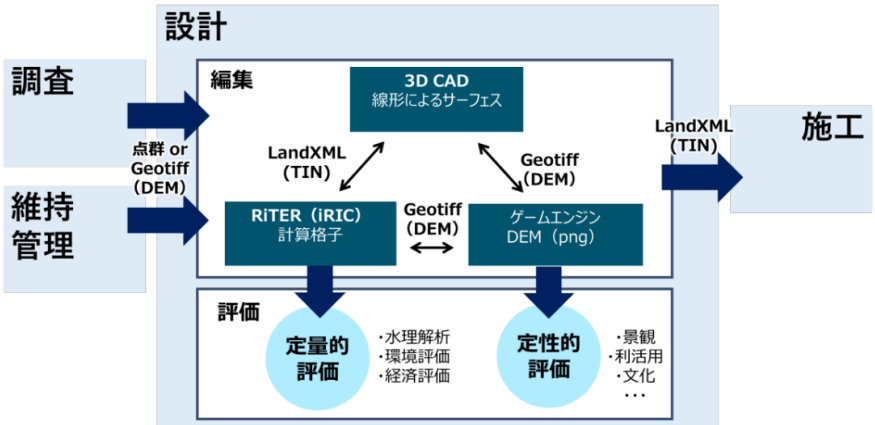
図 3-2 に示す３つの地形編集ツールはそれぞれが異なる特徴や利点を有しており、扱えるデータ形式やフォーマットも異なるが、これらツール間でのデータ互換性はある程度担保されており、最終的には LandXML 形式の TIN として出力することで、ICT 施工に求められる最低限のデータを受け渡すことが可能である。

本手引きでは、図 3-3 に示す河道の３次元設計における実務的なフローに基づき解説する。



【出典】国立開発研究法人 土木研究所 自然共生研究センター提供資料をもとに作成

図 3-1　河道の３次元設計における検討プロセス



【出典】河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書(R3.7)

図 3-2　３つの地形編集ツールの相互連携

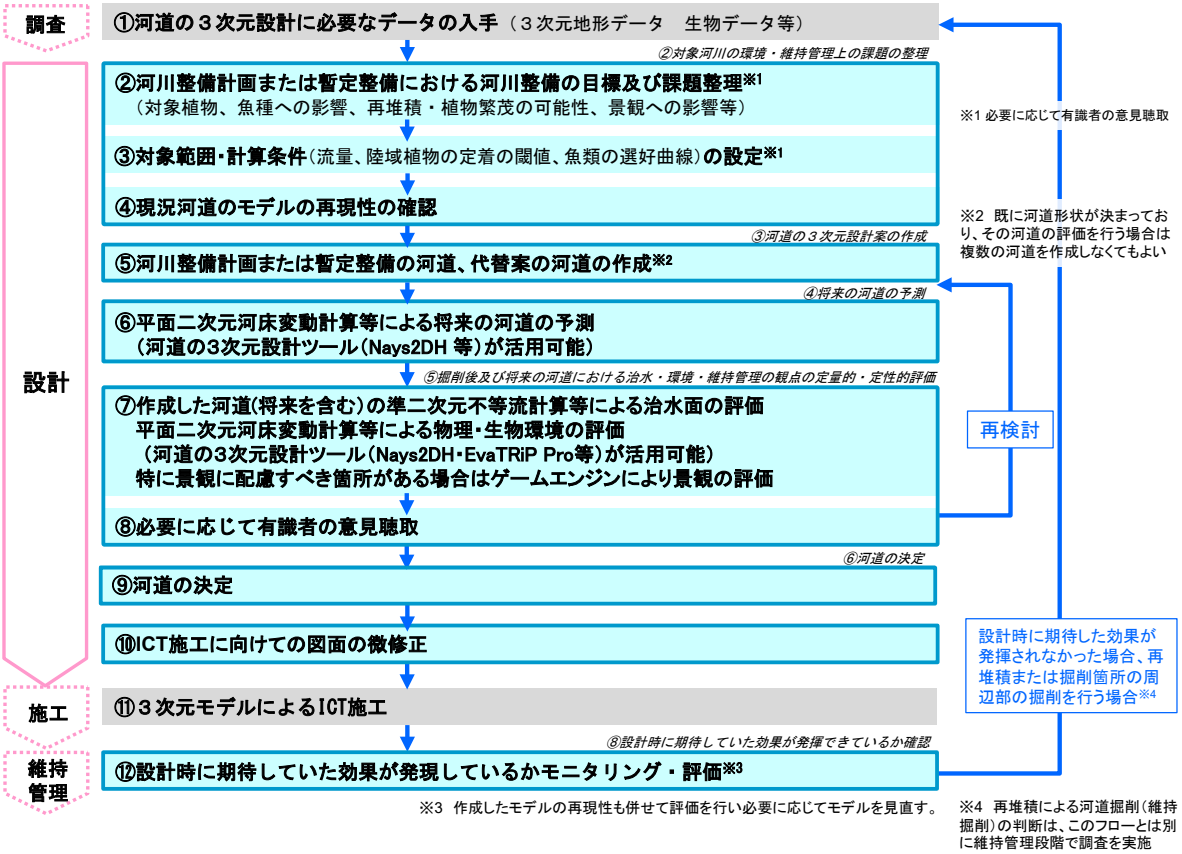


図 3-3　河道の３次元設計を行う実務的なフロー
（図 1-2 との関係を斜体黒字で示す）

なお、設計に当たっては、設計対象区間においてどのような河道を整備しようとしているのか（例えば、自然環境であればどのような環境を保全・創出しようとしているのか等）、河道の3次元設計によってどこまで河道形状に反映できるのか、どのような評価項目が必要となるか等について確認検討した上で、フローに沿った検討が進められることが望ましい。

河道の3次元設計を進める上で「河道の3次元設計ツール」の活用も想定されるが、ツールの適用範囲や適用条件については十分に留意することが重要である。河道の3次元設計ツールの概要及びツールの活用により評価可能な項目は参考資料のとおりである。

河道の３次元設計を行う実務的なフロー（図 3-3 ①～⑩及び⑫）における検討内容及び留意事項を以降に示す。

3.1　①3 次元データを活用した河道の３次元設計に必要なデータの入手

３次元データを活用して詳細な河道の設計や河川環境の評価を行う観点から、ALB（Airborne Lidar Bathymetry：航空レーザ測深）や LP（Laser Profiler：航空レーザ測量）等の河道内の点群データや河川環境情報図のデータが整備されている河川を対象とすることが望ましい。

生物データについては、河川水辺の国勢調査による生物種情報や生息場・生育場情報を活用する。

3.2　② 河川整備の目標及び課題整理

河川整備計画又は暫定整備における河川整備の目標及び課題を確認整理した上で、設計対象区間において多自然川づくりを行うための整備の目標を設定する（例えば、現況の河川環境の保全や自然裸地面積の増加等）。

自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している自然環境及び多様な河川景観の保全・創出が図られるように河道の設計を行うため、現況の河川環境や変遷について整理することが必要である。環境の要素としては自然環境、景観及び利活用の三要素あり、特に自然環境について、留意すべき事項は以下のとおりである。

河川環境管理シート及び河川環境情報図、河川水辺の国勢調査等から、河床形態や植生の状況、生物の確認状況、生物の生息・生育環境、河川環境の特徴、注目すべき生物種、外来種の生育状況等を確認する。なお、樹木群の密生度は、水位上昇や河床変動に及ぼす重要な要素であるため、現地確認することが望ましい。また、航空写真、横断図、縦断図、ALB データ、河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等により、環境特性（河床の変化、植生の変化等）の経年的な変遷等を洪水の発生状況や改修履歴と合わせて整理する（河道の変遷として整理済みの資料があれば活用する）。

注目すべき生物種の生息場・産卵場が調査により明確に把握できない場合は、有識者や漁協等へのヒアリングにより、生息場・産卵場の概ねの位置を把握することが望ましい。

また、各河川の自然生態系が持つポテンシャルの利活用状況を把握することも必要となる（例えば、当該河川の自然生態系が地元住民にとって重要な種の生息場・生育場となっている、又は景勝地等で河川利用されている場合等）。

3.3　③モデル化対象範囲及び計算条件の設定

図 3-4 に示すとおり、評価したい事象を表現可能な解析モデルを構築する必要があるため、モデル化の対象範囲や計算条件の設定に当たっては、「表 3-1　解析モデルの精度（案）」や「表 3-2 モデル構築における留意事項」を十分に把握しておく必要がある。

なお、解析モデルの精度については、簡易な解析モデルの方が計算時間や条件設定の煩雑さによるエラーを回避することができることから、目的に応じて適切に選択することが重要である。

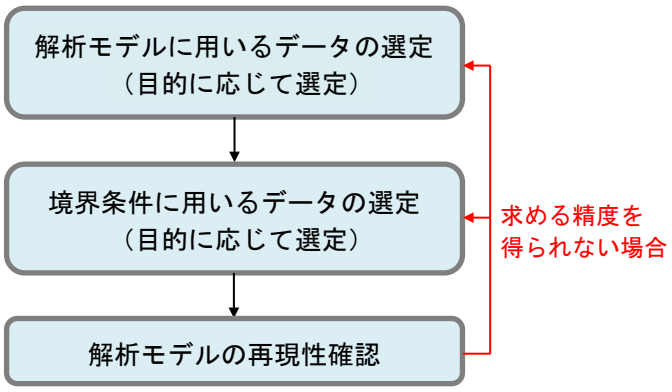


図 3-4　解析モデルにおける再現性の確認（フロー）

表 3-1　解析モデルの精度（案）

項目	手法	必要なデータ	精度
地形	横断測量データから地形データを作成	定期横断測量データ（200m 間隔程度）	低
	陸上部のみ 3 次元データを活用し、水中部は横断測量データから地形データを作成	LP データ＋定期横断測量データ（200m 間隔程度）	中
	陸上部を UAV による写真測量（SfM）、水中部は ADCP 等による深浅測量から地形データを作成	写真測量データ（SfM）＋深浅測量データ	中
	3 次元データから地形データを作成	ALB データ	高
植生	全ての植生で同じ植生密度・植生高・抵抗係数を設定	河川水辺の国勢調査、河川環境情報図	低
	植生の種類の違いにより植生密度・植生高・抗力係数を設定	河川水辺の国勢調査、河川環境情報図	中
	現地の植生密度・植生高・抗力係数を考慮	河川水辺の国勢調査、河川環境情報図＋現地確認	高
河床材料	代表粒径で設定	代表粒径（D_{60} 等）	低
	混合粒径で設定	粒径加積曲線（粒度分布）	中
	浮遊砂、ウォッシュロードの考慮	流砂量観測調査結果等	高
	河床材料の粒度分布の平面分布の設定	粒径加積曲線（粒度分布）	高
支川合流	支川影響の考慮（支川の影響が大きい場合）	支川のハイドログラフ、粒径加積曲線（粒度分布）	中
魚類の生息場	過去の論文等から SI 設定	対象種の SI 設定に関する論文	中
	現地調査から SI 設定	現地調査	高
	河床の粒度分布の変化を考慮（産卵床の評価を行う場合）	粒径加積曲線（粒度分布）	高

表 3-2　モデル構築における主な留意事項

<table>
<tr><th>項目</th><th colspan="2">留意事項</th></tr>
<tr><td rowspan="2">対象区間</td><td colspan="2">セグメント区分や河床勾配、河床材料、横断工作物の有無及び助走区間を踏まえた上で対象区間を設定</td></tr>
<tr><td colspan="2">供給土砂が動的平衡状態となっている箇所を上流端に設定
※ 直上流のダムの存在など動的平衡供給土砂を与えることが適切でない河川もあることに留意</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ハイドログラフ</td><td colspan="2">助走計算時間の適正についての検証</td></tr>
<tr><td colspan="2">将来河道の予測計算におけるハイドログラフ（短期・中長期等）の妥当性の確認（平均年最大流量を与える回数・波形等）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">メッシュ</td><td rowspan="3">計算破綻の確認
（流速ベクトルと速度コンター図等）</td><td>メッシュサイズ</td></tr>
<tr><td>格子幅の比</td></tr>
<tr><td>湾曲部のメッシュ設定</td></tr>
<tr><td colspan="2">設定した助走区間（上下流のモデル延伸、堰上流端（湛水区間）を含む等）の検証</td></tr>
</table>

モデルを構築する際に、計算メッシュサイズを細かくしすぎると、ICT 建機のバケットサイズとの不整合により ICT 建機による施工ができない場合があるので、設計段階において留意する必要がある。

3.4　④解析モデルの再現性の確認

対象とする事象を十分に表現できることを確認するため、構築した解析モデルの妥当性（再現性）を検証する。解析モデルの再現性の確認にあたり、主な確認事項を表 3-3 に示す。洪水時の河床と平水時の河床では粗度係数が変わる可能性があるため、再現性確認時の粗度係数を適切に設定する必要がある。

なお、河床変動計算を行う場合は、2 時期の ALB データ又は既往の定期横断測量データとその間の代表的な流れから再現性を確認することが望ましいが、簡易的な方法として、河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等から得られる現況の瀬淵の位置や植生分布からモデルの再現性を確認する方法等がある。

最新の地形データの取得時期と河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等から得られる現況の瀬淵の調査時期が異なることも想定され、計算結果の再現性が低い場合等には、現地調査等によって確認すると良い。また、植生に関する解析モデルの再現性を確認する場合は、河道掘削・樹木伐採の状況も踏まえつつ確認することが必要である。河岸侵食については再現性を確保しにくい等、使用する解析モデルの限界を踏まえた上で検証することが必要である。

今後、ALB データの整備が進展し、2 時期の ALB データが得られれば、その間の地形変化量や河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等から得られる植生の変化量等とその間の洪水から、更なるモデルの精度向上の検討が可能となる。

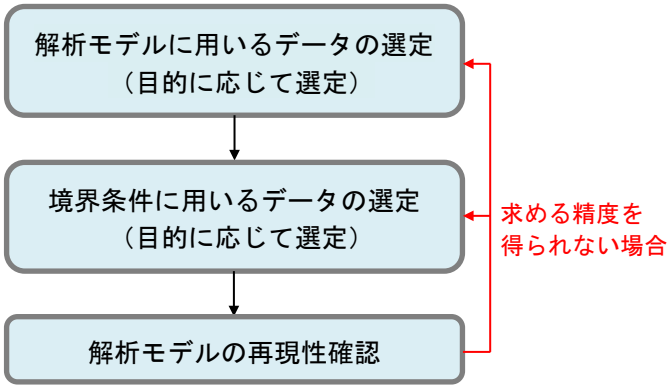


図 3-5　解析モデルにおける再現性の確認（フロー）（再掲）

表 3-3　解析モデルの再現性の確認

項目	確認事項	必要なデータ	必要性
水位	洪水時の水位	痕跡水位	高
	平常時の水位	水文・水質データベース又は LP や ALB データ取得時の水面データ、定期横断測量（200m 間隔程度）時の水位等	高※
土砂動態	侵食・堆積が顕著な箇所でのチェック	2 時期の ALB データ又は定期横断測量（200m 間隔程度）＋実績ハイドログラフ	中
	河岸洗掘被災の実施個所と計算の深掘れ箇所との比較		低
	実績と計算結果の粒度分布比較	2 時期の粒度分布データ	低
生息場等	瀬淵の範囲	現地確認、河川水辺の国勢調査、河川環境情報図	高
	裸地、樹木の範囲	現地確認、河川水辺の国勢調査、河川環境情報図	高
	生息場・産卵場の範囲	現地確認、河川水辺の国勢調査、河川環境情報図	高
		漁業者等へのヒアリング	中

※　平常時における再現性を確認する際に粗度係数を適切に設定する

3.5　⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成

河川整備計画又は暫定整備の河道を作成する場合には、代替案となる河道を検討し、比較検討を行うことが望ましい。その際、河道の 3 次元設計ツール（RiTER Xsec 等）の活用も有用である。なお、河道を作成する場合には、治水・環境・維持管理に留意して作成する必要がある。

3.6　⑥将来の河道の予測

将来の河道の予測として、河道特性を踏まえ適切なハイドログラフ（短期・中長期等）を設定し、河道の応答を把握する。その際、河道の 3 次元設計ツール（Nays2DH 等）の活用も有用である。再堆積等が顕著な場合には、維持管理計画や計画の見直し等が必要となる。

3.7　⑦作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価

作成した河道（将来を含む）の準二次元不等流計算等による治水面の評価、平面二次元河床変動計算等による物理・生物環境の評価を行う。「② 河川整備の目標及び課題整理」で整理した設計対象区間における整備の目標に対して必要な評価項目を対象とする。その際、評価項目によっては河道の 3 次元設計ツール（Nays2DH・EvaTRiP Pro 等）の活用も有用である。また、特に景観に配慮すべき箇所がある場合はゲームエンジン等を活用し、景観の評価を行うことが望ましい。

出力された結果については、当初設定した目標が達成されているのかの確認を行う。例えば、現況の河川環境を保全できているか確認する場合には、現況河道を対象流量により河床変化させた場合の評価と、整備後河道を対象流量により河床変化させた場合の評価を行い、現況河道よりも物理・生物環境（瀬淵の増加、樹林化の抑制（流出評価指標（WOI 値）の増加）、外来種の抑制等）が保全又は好転するのか確認を行うなどである。

同じ波形の洪水を複数回与えて河床変動計算を行う場合は、与えた洪水の回数ごとに評価を行うことが望ましい。

3.8　⑧必要に応じて有識者の意見聴取

「⑦ 作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価」で作成した河道の 3 次元設計データを基に、必要に応じて有識者の意見聴収を実施する。再検討が必要と判断された場合には、「⑤ 河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成」にフィードバックする。

3.9　⑨河道の決定

複数案の中から最適案を選定し、河道を決定する。複数案から最適案を選定するには、治水面・環境面・維持管理面等の評価を比較する必要がある。河道の３次元設計では、３次元データを活用することにより掘削量の算定精度が向上することや生息場・生育場への影響把握が可能になることなどを踏まえ、設計対象区間の状況に応じて総合的に判断する必要がある。

河道の決定に当たっては平面形、横断形、縦断形がわかるように 3 次元地形モデルを活用して示すことが望ましい。

3.10　⑩ICT 施工に向けての図面の微修正

作成した 3 次元地形モデルに対してゲームエンジンや 3DCAD（CIVIL 3D）等で３次元イメージのコンセプトに応じた地形の微修正を行う。なお、施工者に設計意図が伝わるように図面に留意事項を記載しておくことが望ましい。

③～⑨の検討において、解析のために計算メッシュを設定しているが、河岸の微地形などを十分に再現することは困難である。水際の複雑さなどについては、必要に応じて、施工上別途留意が必要になることを併せて記載していくことが望ましい。

3.11　⑫設計時に期待していた効果が発現しているかモニタリング・評価

施工後、「⑦ 作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価」で評価対象とした項目、すなわち設計時に期待していた効果が発現しているかどうかを可能な限り定量的（場合によっては定性的）にモニタリング・評価し、河道の状況によって維持管理の実施の必要

性について判断する。また、想定された効果が得られていな場合は、その要因について分析し、設計方法の改善へとフィードバックしていくことが望ましい。

定期横断測量や河川水辺の国勢調査は 5 年ごとの実施となっていることから、衛星データ・航空測量・UAV などの観測技術と AI による機械学習等の新技術を活用し、対象箇所を効果的・効率的にモニタリングしていく必要がある。衛星データは範囲及び頻度、航空測量は範囲及び分解能、UAV は頻度及び分解能で優位性が高いなど、各技術の特徴を踏まえた活用が必要である。

4.　今後に向けて

本手引きは、３次元データを活用した河道の３次元設計の検討プロセス及びポイントについて、多自然川づくりに直結する環境面の評価・活用方法を主な対象として、試行河川の事例を踏まえとりまとめたものである。３次元データの活用により、従来であれば設計段階での評価が難しかった動植物の生息場等の面的な環境評価等が可能となり、多自然川づくりの一層の推進に寄与するものと考えられる。

既に策定された河川整備計画（河道計画）を前提とした活用を想定しているため、治水面への影響は限定的であると考えられる。しかし、図 1-2、図 3-3 で示したフローに基づき、より良い河道を選定するためには、更に事例を積み重ね、河道の３次元設計ツール（EvaTRiP Pro 等）による評価結果以外の評価や知見も踏まえ、治水・環境・維持管理の観点から総合的に判断して、河道を決定する手法の検討やセグメントごと等の体系的な整理が求められる。あわせて、設計・施工後のモニタリング・評価を通じて、設計方法（主に、将来河道の予測や環境評価）を改善していくことが必要である。また、河道の３次元設計の普及については、災害復旧の現場での活用も見据えると、設計・評価の更なる効率化が必要となっている。

なお、試行河川の設計区間は、３次元モデルによる ICT 施工も進みつつある。今後、設計から施工へと手戻りなくスムーズに設計思想が引き継がれていくためには、設計段階から施工者も参画するなどの仕組み作りも求められる。

本手引きを参考にした検討事例が蓄積され、より実務に役立つ手引きに向けた更新が行われることや、継続的な人材育成が行われることにより、BIM/CIM を活用した治水・環境・維持管理の観点を兼ね備えた川づくりを実現するとともに、調査・計画・設計・施工・維持管理段階における生産性向上や働き方改革の促進につながることが期待される。

参 考 資 料

令和６年４月時点

（参考資料）

1. 試行河川の概要 1

2. 河道の３次元設計検討の事例 10

2.1 ②河川整備の目標及び課題整理 13

2.1.1 最上川での事例 13

2.1.2 雲出川での事例 14

2.1.3 川内川での事例 18

2.2 ③モデル化対象範囲及び計算条件の設定 19

2.2.1 雲出川での事例 19

2.2.2 川内川での事例 22

2.3 ④解析モデルの再現性の確認 23

2.3.1 最上川での事例 23

2.3.2 雲出川での事例 26

2.3.3 川内川での事例 28

2.4 ⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成 29

2.4.1 阿武隈川での事例 29

2.5 ⑥将来の河道の予測 30

2.5.1 荒川（北陸）での事例 30

2.5.2 川内川での事例 32

2.6 ⑦作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価 33

2.6.1 最上川での事例 33

2.6.2 荒川（関東）での事例 35

2.6.3 荒川（北陸）での事例 37

2.6.4 雲出川での事例 39

2.6.5 熊野川での事例 40

2.6.6 川内川での事例 45

2.7 ⑧必要に応じて有識者の意見聴取 46

2.7.1 日野川での事例 46

2.8 ⑨河道の決定 47

2.8.1 阿武隈川での事例 47

2.9 ⑩ICT 施工に向けての図面の微修正 48

2.9.1 日野川での事例 48

3. 河道の３次元設計ツール 49

3.1 河道の 3 次元設計ツールの概要 49

3.1.1 水理・環境解析ソフトウェア 50
3.1.2 ゲームエンジン 53
3.1.3 3DCAD 54
3.2 河道の 3 次元設計ツールの対象範囲・計算条件を設定する際の留意点 55
3.2.1 iRIC 55
3.3 河道の 3 次元設計ツールを用いて河道を作成する際の留意点 58

1.　試行河川の概要

手引き（案）の作成にあたり試行河川９河川において、３次元地形データを活用した河道の３次元設計を試行的に実施した。試行河川の概要を表 1-1 に示す

上記９河川において河道の３次元設計を試行的に実施したが、現時点で実施可能な範囲のものに限定されているため、更に検討を要する内容も含まれている。本手引きを参考に、各河川における設計を実施する場合には、これらの点に留意されたい。試行９河川における検討条件を表 1-2 に示す。

表 1-1(1)　試行河川一覧

水系名	荒川	天神川	阿武隈川	最上川	雲出川
河川名	荒川	小鴨川	阿武隈川	最上川	雲出川
地域	北陸	中国	東北	東北	中部
対象地区	10.0kp～11.25kp	11.4+60～12.2k	92.8k～97.0k	55.5～57.5k	5.2～12.0k
	貝附地区	生竹地区	滑川地区	清水地区 白須賀地区	牧地区、其村地区、赤川等
セグメント	1	1	1,2-1	2-1	2-1
河床勾配	1/475	1/84	1/320～1/4830	1/1300	1/1100～1/630
河川整備計画目標流量（m^3/s）	6,500(花立)	変更前：1,000 (河原町) 変更後：1,200 (河原町)	2,100	4,100	3,500
平水流量（m^3/s）	85.56 (2020 水水 DB)	5.51 (2002-2021 水水 DB)	21.0～22.0 (2010-2019 水水 DB)	220.6 (清水地点 2010-2020 平均)	7.9 (2010～2019 平均)
代表粒径(D_{60})	56mm(花立)	50mm	14mm	30mm	23mm
ALB 実施有無	○	○	-	○	○
実施年度	R3.10/R4.8	R5.4-R5.5	-	R2.10	H29/R3
環境情報図	R3	R2	H31	R2	R3
設計上の課題	❶掘削箇所で合流する女川と本川上流からの流下土砂が当該区間（荒川頭首工湛水区域の上流部）に堆積し、洪水時に荒川頭首工の全開によって土砂が流下するが一部の土砂が残る。 ❷今後は３D ツールにより、様々な切り下げ形状での流下能力の予測等も加えながら、治水、環境、維持管理を考慮した高度な設計を行うことができるのではないかと期待している。	❶コガタノゲンゴロウの生息が確認されているため、河道掘削によって生息環境が喪失されないよう、掘削形状の工夫や生息環境の復元により生態系に配慮した掘削計画を立てる必要がある。 ❷当該計画区間では現流路の河床部分が低下し、計画河床高よりも低下しているため、堤防や護岸の安定性といった治水上の懸念を引き起こす恐れがある。	❶溶結凝灰岩が分布しているので効果的な掘削手法の検討が必要 ❷小型鳥類の生息場となっているオギ等の草地環境の保全 ❸河道掘削により消失する樹木群（マダケ、ヤナギ類、ハリエンジュ等）の再樹林化対策 ❹河道掘削により新たに形成される移行帯（エコトーン）、たまり、ワンド等の湿地及び河岸の多様性の保全 ❺掘削後の裸地への侵入が懸念されるハリエンジュ、アレチウリ等の外来種対策。	❶重要種の生息場となっているため、その保全のための掘削範囲 ❷必要河積確保のため、水中掘削が必要となった場合の効果的な断面 ❸再堆積・樹木再繁茂の抑制	❶維持管理上効果的な断面（土砂管理） ❷掘削後の断面における、鮎の産卵場の維持 ❸樹木の繁茂の抑制
設計実施年度	R5	R5	R4	R4	R3
設計（検討）概要	複数の掘削断面案を治水・環境面・維持管理面の観点から評価したほか、事業費、施工性等も総合的に評価し河道掘削の最適案を選定 また、TREND POINT Navisworks 視覚化による現況河道と掘削後の景観比較を実施	複数の掘削断面案を治水・環境面・維持管理面の観点から評価したほか、ゲームエンジンを用いた淵の評価(景観比較)を実施	複数の掘削断面案を治水・環境面・維持管理面の観点から評価したほか、事業費、施工性等も総合的に評価し河道掘削の最適案を選定	令和２年７月豪雨を受け、複数の掘削断面案を治水・環境面・維持管理・施工の観点から評価したほか、ゲームエンジンによる現況河道と掘削後の景観比較を実施	現況河道と暫定対応河道・整備計画河道の比較を行うことにより、瀬淵やアユの産卵場の適合エリアの変化傾向や樹林化抑制の可能性、侵食・堆積の傾向を評価

*赤字：河道の３次元設計を活用したことにより、これまでよりも向上した内容
*セグメント区分毎に整理

表 1-1(2)　試行河川一覧

水系名	沙流川	熊野川	川内川	荒川
河川名	沙流川	熊野川	川内川	荒川
地域	北海道	近畿	九州	関東
対象地区	14.0-16.0k 平取地区	0.2～3.4k (整備計画区間)	70.0-71.0k 菱刈地区	8.25-8.75k 四つ木地区
セグメント	2-2	2-2	2-2	3
河床勾配	1/687	1/1000	1/1760	1/5000～1/10000
河川整備計画目標流量 (m^3/s)	4,500	23,000(河口)	2,200	6,200(岩淵) (6,800(小名木))
平水流量 (m^3/s)	26.5 (2019 水水 DB)	87.68 (1989～2019 水水 DB)	32.7 (1988-2020 水水 DB)	15 (秋ヶ瀬取水堰放流量 H30-R4 平均値)
代表粒径 (D_{60})	32mm	38mm	5mm	0.09mm
ALB 実施有無	○	○	○	○
実施年度	R2.10~R2.11	R3	R2	R1.10～R2.1
環境情報図	R2	R3	R2	R3
設計上の課題	❶土砂が堆積しやすいので維持管理上効果的な断面 ❷魚類の生息場となっているため、掘削断面においてもその維持 ❸樹木繁茂の抑制	❶再堆積の発生状況、持続可能な河道維持管理（再堆積抑制）方策（土砂管理） ❷河口干潟の維持	・従来は施工時の工夫で行っていたワンド等の創出を設計段階で、生物の専門家等（コンサルの環境部門）の意見を反映した河道を設計	・河岸掘削後のヨシ原の再生・創出範囲が河岸掘削前と同程度以上のヨシ原になることを期待。
設計実施年度	R3	R5	R4	R5
設計（検討）概要	現況河道と整備計画河道の比較を行うことにより、瀬淵の変化傾向や樹林化抑制の可能性、侵食・堆積の傾向等を評価	掘削断面案に対して治水・環境面・維持管理面の観点から評価したほか、ゲームエンジンを用いた景観比較を実施 感潮域での環境評価手法として、相対潮汐地盤高を用いた検討を実施	従来は施工時の工夫で行っていたワンド等の創出を設計段階で実施のほか、植生繁茂の違いによるワンドの維持を評価（生物の専門家等（コンサルの環境部門）の意見を反映した河道の設計にゲームエンジンを活用）	掘削断面案に対して治水・環境面・維持管理面の観点から評価 感潮域での環境評価手法として、相対潮汐地盤高を用いた検討を実施

*赤字：河道の３次元設計を活用したことにより、これまでよりも向上した内容
*セグメント区分毎に整理

表 1-2(1)　試行河川における検討条件一覧

水系名	荒川	天神川	阿武隈川	最上川	雲出川
河川名	荒川	小鴨川	阿武隈川	最上川	雲出川
地域	北陸	中国	東北	東北	中部
解析方法	平面二次元 河床変動解析 （自社モデル）	平面二次元 河床変動解析 （iRIC Nays2DH）	平面二次元 河床変動解析 （iRIC Nays2DH）	平面二次元 河床変動解析 （自社モデル 植生消長を考慮）	平面二次元 河床変動解析 （iRIC Nays2DH）
解析対象範囲	荒　川： 4.50～11.75k 鍬江沢： 0.00～0.90k 女　川： 0.00～0.95k	小鴨川： 1.4+60～12.2k	阿武隈川： 92.2～98.6k 釈迦堂川： 0.0～1.4k ※支川を考慮	最上川： 26.0～31.2k 銅山川： 0.0～1.0k ※支川を考慮	約 5.2～12.0k （セグメント区分、河床勾配、河床材料及び解析助走よりを設定）
計算格子 格子サイズ	・一般座標系構造格子 ・格子サイズ 縦断方向：50m 横断方向：8～9m	・一般座標系構造格子 ・計算格子:200 ×40 メッシュ ・格子サイズ:3～7m ・支川合流点の流況、解析安定性を考慮し、河道の地形変化の把握が可能なメッシュ	・一般座標系構造格子 ・縦断方向：1 メッシュ概ね 10m ・横断方向：1 メッシュ概ね 4～7m （計算範囲を 40 分割）	・一般座標系非構造格子 ・格子面積：約 20～1,100m^2 ・格子辺：約 8～40m	・一般座標系構造格子 ・10m×10m ・解析安定性及び澪筋を十分分割することを基本に全体のグリッド数や解析時間を考慮して設定
固定床の設定	荒川頭首工を固定床として設定	河床の露岩箇所や堰・床固工等の人工構造物を固定床として設定	岩河床区間 91.2k～94.2k）は 1 岩盤の侵食されやすさ評価結果となったことや横断重ね図から河床低下が生じていないことから、固定床として計算	－	頭首工・護岸等の人口構造物を固定床として設定
河床材料 （粒径）設定	混合粒径として設定（H28 河床材料調査から平均的な粒度構成を設定）	単一粒径として設定(H19 年調査結果)	単一粒径として設定(14.34mm)(R2 年調査結果)	混合粒径として設定	混合粒径として設定(低水路・高水敷：計画粗度係数 0.033)
粗度係数	低水路：R4.8 洪水痕跡水位見合いの粗度係数を設定 高水敷：河道計画による地被状況に応じた粗度係数を設定 樹木群抵抗：現況樹木群及び R3.10 航空写真より設定（n=0.100） 粒度構成：H28 年河床材料調査から平均的な粒度構成を設定	・計画粗度 ・低水路：0.034 ・植生域：0.060 ※草丈水深比より設定した値 ※河道掘削後は植生消失と想定	阿武隈川：計画粗度 ・低水路：0.031 (92.8～94.2k) 0.033 (94.2～98.6k) ・高水敷：0.037 (92.8～94.2k) 0.039 (94.2～98.6k) ※草丈水深比より設定した値 釈迦堂川：計画粗度 ・低水路：0.022 ・高水敷：0.037 (92.8～94.2k) 0.039 (94.2～98.6k) ※草丈水深比より設定した値	・計画粗度 ・植生抵抗 ・植生消長を考慮	・計画粗度： 0.033 ・植生抵抗 ・植生密度：0.01 ・植生高さ：草本 1m、樹木 5m ・抵抗係数：0.7

表 1-2(2)　試行河川における検討条件一覧

水系名	沙流川	熊野川	川内川	荒川
河川名	沙流川	熊野川	川内川	荒川
地域	北海道	近畿	九州	関東
解析方法	平面二次元 河床変動解析 (iRIC Nays2DH)	平面二次元 河床変動解析 (自社モデル/但し、iRIC Nays2DHでの検証も実施)	平面二次元 河床変動解析 (iRIC Nays2DH)	平面二次元 河床変動解析 (自社モデル)
解析対象範囲	セグメント区分、河床勾配、河床材料及び解析助走より 11.0～二風谷ダム 21.0k を設定	・熊野川：河口～7.0k ・相野谷川：1km	下目樋門付近 (70.0～71.4k) 助走計算区間を考慮し設定	計算範囲（対象区間 500m+上下流）とする(荒川下流区間全体ではなく、掘削箇所周辺に絞る)
計算格子 格子サイズ	・一般座標系構造格子 ・解析安定性及び澪筋を十分分割することを基本に全体のグリッド数や解析時間を考慮して設定	・一般座標系非構造格子 ・格子辺：20m 程度(一部掘削予定部や橋梁付近 2～5m)	・一般座標系構造格子 ・0.5m～15.0m ・環境配慮河道におけるワンド水路（想定水面幅 1.5m 程度）の地形を再現できるメッシュサイズを設定。 ※計算時間を考慮し、ワンド部から距離が離れるに従いメッシュサイズは徐々に大きくなるように設定	・一般座標系構造格子 ・格子サイズ 縦断方向：50m 25m（予測） 横断方向：低水路 25 分割 5～15m 高水敷 12 分割 5～15m
固定床の設定	護岸を固定床として設定	護岸・水制、高水敷の舗装区間等、露岩している箇所、亀島と御船島も固定床として設定	低水護岸を固定床として設定	-
河床材料 （粒径）設定	混合粒径として設定(H26 年調査結果)	混合粒径として設定（H19、H23 河床材料調査）	混合粒径として設定(H20.12,H26.11 河床材料調査結果)	混合粒径として設定（H27 河床材料調査）
粗度係数	・全区間 0.035 を設定(マニングの粗度係数) ・植生抵抗 ・植生密生度：0.01 ・植生高さ：草本 1m、樹木 5m ・抵抗係数：0.7	計画粗度を参考とした。 ・粗度係数：0.0～3.5k：0.028 3.5k～：0.039 相野谷川：0.03 礫河原：0.08	・計画粗度 ・低水路：0.032 ・高水敷：草丈水深比より設定した値 ・植生抵抗 ・既往論文及び洪水時の摩擦速度を参考とし、前項で設定を行った植生群落毎にパラメータの設定を行った。	低水路：R1.10 洪水の逆算粗度係数 高水敷：現況の地被状況を基に設定

表 1-2(3)　試行河川における検討条件一覧

水系名			荒川	天神川	阿武隈川	最上川	雲出川
河川名			荒川	小鴨川	阿武隈川	最上川	雲出川
地域			北陸	中国	東北	東北	中部
再現	河道条件（初期河道）		荒川：R3.10ALB データ 鍬江沢：荒川 H21 年度測量 9.75k(断面より推定) 女川：H16 年度測量 LP データより推定	R2LP データ	H27 横断測量成果 ※検証：H27 と R1 の比較	❶長期計算(10ヵ年検証)水中部：H18H19 横断測量、陸上部：H20LP ❷短期計算(R2.7 洪水検証)水中部：H29 横断測量陸上部：H25LP ※検証：❶H18 H19 と H29 の比較、❷H29 と R2.7 出水後比較	H24LP データ ※検証：H24 と H29 の比較
	外力設定	上流端条件（流量）	R4.8 洪水（葛篭山流量観測所の実績流量より比流量換算して算出した 11.75k 地点のハイドログラフ）	1/10 確率流量 ※過年度検討モデルと同様	❶R1.10 洪水 ❷H28～R1 に発生した洪水 ※阿武隈川：須賀川観測所 98.1k 釈迦堂川：西川観測所 3.4k	R2.7 洪水 ※清水水位流量観測所	❶H25 洪水 ❷H29 洪水 ※須賀瀬地区通過相当流量
		下流端条件（水位）	R4.8 洪水（葛籠山観測水位ハイドログラフ）	－	御代田観測所(92.3k)	最上川 26.0k(H-Q 換算水位)	雲出川 6.0k(H-Q 換算水位)
	モデルの妥当性の確認（評価項目）		❶痕跡水位 ❷水位ハイドログラフ ❸河床変動量	1/10 確率流量流下時の ❶流速分布 ❷河床変動傾向 ※過年度検討モデルと比較	❶計算水位 ❷河床変動傾向(変動高)	❶計算水位 ❷河床変動傾向(変動高)	植生流出(WOI)
	平水流量相当での再現精度の確認有無		無	無	無	有	無
予測	河道条件（初期河道）		❶設定河道① ❷設定河道②	❶現況河道 ❷水平掘削河道 ❸1/50 勾配斜め掘削河道	❶現況河道*) ❷掘削案①:河道掘削 ❸掘削案②:平水位掘削 ❹掘削案③:平水位+緩傾斜掘削 ❺掘削案④:岩掘削回避 *)陸上部は GNSS 搭載型 UAV による写真測量 SfM、 水中部は ADCP 深浅測量	❶現況河道 ❷短期予測 ❸大規模災害関連事業 ❹掘削案①:平水位掘削 ❺掘削案②:緩傾斜掘削	❶現況河道(H29ALB) ❷整備計画河道 ❸暫定河道*) *)斜面掘削及び整備計画を考慮した上で設定
	外力設定	上流端条件（流量）	・河道掘削後 20 年間の河床変動を評価するため、直近 20 年のうち、河床変動が生じると考えられる 1,000 m^3/s を超える洪水のハイドログラフ	❶平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル ❷平均年最大流量 ❸平均年 30 位流量：若土: 7.8m^3/s, 矢送川: 3.3m^3/s	❶平均年最大流量 ❷河川整備計画目標流量 ❸令和元年 10 月洪水 ❹平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル ※阿武隈川：須賀川観測所(98.1k) 釈迦堂川：西川観測所(3.4k)	❶平水流量 ❷平均年最大流量 ❸長期計算:平均年最大流量前後の実績洪水を 11 波形つなぎ合わせ ❹短期計算:令和 2 年 7 月洪水	❶平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル ❷河川整備計画目標流量＋平水流量
		下流端条件（水位）	H-Q 換算水位	－	御代田観測所 H-Q 式(R2 年) ※御代田観測所の適用範囲外の場合 92.2kH-Q 式	最上川 26.0k(H-Q 換算水位)	雲出川 6.0k(H-Q 換算水位)

表 1-2(4)　試行河川における検討条件一覧

水系名			沙流川	熊野川	川内川	荒川
河川名			沙流川	熊野川	川内川	荒川
地域			北海道	近畿	九州	関東
再現	河道条件 （初期河道）		現況河道 (R2LP)	❶流況解析（洪水位検証） 水中部：H27 定期横断測量成果 陸上部：H25LP データ ❷河床変動計算（H25～H27 の 3 か年） 水中部：0～3.6k_H25 横断測量(40m) 3.6～5.2k_H23 定期横断測量 陸上部：H25LP ※河口砂州の流失考慮	H24 横断測量成果 低水路:H24 測量成果 高水敷:H24 測量成果	H26 横断測量成果 低水路：H26 測量成果 高水敷：H26LP 測量成果
	外力設定	上流端条件（流量）	❶平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル（2010 年～2019 年の平均） ❷河川整備計画目標流量＋平水流量	❶H27 台風 11 号 ❷H25 台風 18 号、H26 台風 11 号、H27 台風 11 号 ※相賀水位流量観測所	H25.5～H30.8（無次元掃流力が概ね 0.05 以上となる流量（400m3/s）以上を対象）	R1.10 洪水実績流量
		下流端条件（水位）	等流計算	河口潮位（浦神：気象庁）	70k000 水位（現況河道 HQ 式換算）	中川水門実績水位
	モデルの妥当性の確認（評価項目）		水深・流速による瀬淵の評価	❶計算水位の検証（痕跡水位） ❷河床変動傾向（H25～H27 洪水後の河床変動量）	❶河床変動傾向（変動高） ※過年度検討モデルとの比較	❶河床変動傾向（変動高）
	平水流量相当での再現精度の確認有無		有	無 感潮区間のため	無	無 感潮区間のため
予測	河道条件 （初期河道）		・整備計画河道	❶現況河道(R3ALB) ❷河川整備計画掘削河道 ❸河川整備計画の河道断面評価後、対応方針を検討(設定)	❶現況河道(R2ALB) ❷整備計画河道*) *)3 次元設計データより設定	❶現況河道 ❷掘削後河道
	外力設定	上流端条件（流量）	❶平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル（2010 年～2019 年の平均） ❷河川整備計画目標流量＋平水流量	❶長期計算として、近 10 ヵ年の上位 10 洪水波形をつなぎ合わせ ❷整備計画流量	❶平均年最大流量＋平水流量を 10 サイクル ❷河川整備計画目標流量＋平水流量 ❸実績洪水（H24～R3）	❶大規模洪水流量（R1.10 洪水流量） ❷過去 10 年間の実績
		下流端条件（水位）	等流計算	河口潮位（浦神：気象庁）	70k000 水位（整備計画河道 HQ 式換算）	❶中川水門実績水位 ❷下流端(7.0k)H-Q 式

表 1-3(1)　試行河川における検討条件一覧（環境評価）

水系名				荒川	天神川	阿武隈川	最上川	雲出川
河川名				荒川	小鴨川	阿武隈川	最上川	雲出川
地域				北陸	中国	東北	東北	中部
解析方法（環境評価）				治水評価と同じモデル	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)
瀬淵の評価	水深・流速※1			平水流量規模の水深･流速分布図を作成	平水時の評価	平水時の評価	平水時の評価	平水時の評価
瀬淵の評価	Fr 数※2			平水流量規模の Fr 分布図を作成	平水時の評価	－	平水時の評価	平水時の評価
瀬淵の評価	移動限界粒径(岩垣の式)			－	－	－	－	平水時の評価/洪水ピーク時の評価
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	対象魚種			対象魚類なし	－	－	ウグイ	アユ
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	流速	産卵場の適正評価		対象魚類なし	－	－	－	平水時の評価
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	水深			対象魚類なし	－	－	－	平水時の評価
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	河道係数			対象魚類なし	－	－	－	平水時の評価
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	流速・水深の SI 値の積			対象魚類なし	－	－	平水時の評価	平水時の評価
陸生植物生育可否の評価	育成	水深※4		水深と流速の分布図を作成（陸域に冠水する平均年最大流量程度）	平水時の評価	－	平水時の評価	平水時の評価
陸生植物生育可否の評価	育成	水深-流速関係式※5		水深と流速の分布図を作成（陸域に冠水する平均年最大流量程度）	平水時の評価	平水時の評価	平水時の評価	平水時の評価
陸生植物生育可否の評価	流出	WOI※6		10 年程度の実績洪水を与えた河床変動予測より洗掘･堆積箇所を評価	洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価
陸生植物生育可否の評価	再樹林化評価	摩擦速度	大規模災害関連計画流量、平均年最大流量流下時の摩擦速度の閾値(U_*^2=230cm^2/s^2)を設定※7	平均年最大流量規模の摩擦速度分布図作成	－	－	洪水ピーク時の評価	－
陸生植物生育可否の評価	再樹林化評価	摩擦速度	平均年最大流量流下時の摩擦速度の閾値(U_*^2=150cm^2/s^2)を設定※7	同上	－	洪水ピーク時の評価	－	－
その他の評価方法				湧水箇所の堆積･洗掘を評価	－	－	－	－
視覚化方法				TREND POINT Navisworks	ゲームエンジン	－	ゲームエンジン	－

※1）デフォルト値は、淵：h>0.5m、瀬：h<0.5m かつ 0.5m/s<V<0.9m/s、早瀬：h<0.5m かつ V>0.9m/s となっており、河川に合わせて設定する必要がある。

※2）淵(Fr＜0.04)、瀬(0.245≦Fr＜0.49)、早瀬(0.49≦Fr)

※3）自然共生研究センターが公表している適正値（SI）は、国内で公表されている図書・文献を収集し、SI 曲線から値を読み取り、SI データとして表形式にまとめたものであるため、データを加工する場合や参考とする場合には、必ずオリジナルの文献を参考にし、再現性を確認することが必要である。

※4）生育の可能性が高い(h＜0.2m)、生育の可能性がやや高い(0.2m＜h≦0.3m)、生育の可能性がやや低い(0.3m＜h＜0.4m)、整備幾の可能性が低い(0.4m＜h)

※5）生育の可能性が低い($h<h_{VD_set}$)、生育の可能性が高い($h>h_{VD_set}$)

※6）流出の可能性が低い(WOI＜1)、流出の可能性が高い(WOI≧1)

※7）樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン（案）を参考に設定。

表 1-3(1)　試行河川における検討条件一覧（環境評価）

水系名			沙流川	熊野川	川内川	荒川
河川名			沙流川	熊野川	川内川	荒川
地域			北海道	近畿	九州	関東
解析方法（環境評価）			iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)	iRIC (Eva TRiP, Eva Trip Pro)
瀬淵の評価	水深・流速※1		平水時の評価	平水時の評価（平均潮位時で評価）	平水時の評価	－
瀬淵の評価	Fr 数※2		平水時の評価	平水時の評価（平均潮位時で評価）	平水時の評価	－
瀬淵の評価	移動限界粒径(岩垣の式)		平水時の評価/洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価	－	－
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	対象魚種		ウグイ	対象外	オイカワ	－
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	流速	産卵場の適正評価	平水時の評価	同上	平水時の評価	－
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	水深		平水時の評価	同上	平水時の評価	－
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	河道係数		平水時の評価	同上	－	－
魚類生息場評価(自然共生センターで紹介している文献を参照したもの※3	流速・水深の SI 値の積		平水時の評価	対象外	平水時の評価	－
陸生植物生育可否の評価	育成	水深※4	平水時の評価	平水時の評価（平均潮位時で評価）	平水時の評価	－
陸生植物生育可否の評価	育成	水深-流速関係式※5	平水時の評価	平水時の評価（平均潮位時で評価）	平水時の評価	－
陸生植物生育可否の評価	流出	WOI※6	洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価	洪水ピーク時の評価	－
陸生植物生育可否の評価	再樹林化評価	摩擦速度	大規模災害関連計画流量、平均年最大流量流下時の摩擦速度の閾値 (U_*^2=230cm^2/s^2) を設定※7	－	平均年最大流量時の評価	－	－
陸生植物生育可否の評価	再樹林化評価	摩擦速度	平均年最大流量流下時の摩擦速度の閾値 (U_*^2=150cm^2/s^2) を設定※7	－	平均年最大流量時の評価	－	－
その他の評価方法			－	感潮域での評価(相対潮汐地盤高)	－	感潮域での評価(相対潮汐地盤高)
視覚化方法			－	ゲームエンジン	ゲームエンジン	－

※1）デフォルト値は、淵：h>0.5m、瀬：h<0.5m かつ 0.5m/s<V<0.9m/s、早瀬：h<0.5m かつ V>0.9m/s となっており、河川に合わせて設定する必要がある。
※2）淵(Fr＜0.04)、瀬(0.245≦Fr＜0.49)、早瀬(0.49≦Fr)
※3）自然共生研究センターが公表している適正値（SI）は、国内で公表されている図書・文献を収集し、SI 曲線から値を読み取り、SI データとして表形式にまとめたものであるため、データを加工する場合や参考とする場合には、必ずオリジナルの文献を参考にし、再現性を確認することが必要である。
※4）生育の可能性が高い(h＜0.2m)、生育の可能性がやや高い(0.2m＜h≦0.3m)、生育の可能性がやや低い(0.3m＜h＜0.4m)、整備幾の可能性が低い(0.4m＜h)
※5）生育の可能性が低い($h<h_{VD_set}$)、生育の可能性が高い($h>h_{VD_set}$)
※6）流出の可能性が低い(WOI＜1)、流出の可能性が高い(WOI≧1)
※7）樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン（案）を参考に設定。

2. 河道の 3 次元設計検討の事例

手引き（本編）に示した河道の 3 次元設計のための検討フローに示した検討段階毎に各河川における検討事例を以下に示す。

表 2-1(1) 検討事例一覧

検討段階	事例河川	概要
②河川整備の目標 及び課題整理	最上川	・河川環境管理シートの経年変化、過去の空中写真から砂州の経年変化、近年の河道内の樹林化を確認し、あるべき姿として砂州・水生植物帯等で形成される湿地環境を目標に設定
	雲出川	・平成 19 年以降の河床の変動、平成 20 年以降の草本、木本の変化傾向とその間の年最大流量との関係を分析し、河川管理上の課題を整理
	川内川	・河川環境管理シートから環境改善が望まれる区間を抽出 ・河川環境情報図より、ワンド・たまり、礫地・河原、湿生植物等（ツルヨシ）を利用する生物が多いことから、当該区間においてワンド・たまりの緩流・細流環境を創出することを検討
③モデル化対象範囲 及び計算条件の設定	雲出川	・段階的に河川整備を実施するため、現況河道、暫定対応河道、整備計画河道の 3 ケースで検討 ・解析対象範囲はセグメント区分、河床勾配、河床材料を整理し、助走区間を含め下流端を約 5.2k からモデルを構築
	川内川	・植生がワンドの維持に及ぼす影響を把握するため、流量規模に応じて密生度、抗力係数、植生高を設定
④解析モデルの 再現性の確認	最上川	・洪水痕跡水位と深浅測量時の水位をもとに、令和 2 年 7 月洪水と平水時の水位の再現性を確認し、概ね水位を再現できており、モデルの精度を担保できている。 ・短期ハイドログラフ（R2.7 洪水）、中長期ハイドログラフ（実績 11 洪水）による河床変動計算で現況河道のモデルの再現性の確認
	雲出川	・瀬淵については計算により算出される位置と河川水辺の国勢調査から得られる現況の瀬淵の位置を比較 ・植生分布については計算により算出される流出評価指標（WOI）と河川水辺の国勢調査から得られる植生状況を比較 ・河川環境評価で設定する閾値の妥当性を検証
	川内川	・ALB データと直近の定期横断測量を地形データとし、その間の無次元掃流力が 0.05 以上となる流量規模の洪水（400m^3/s）を用いて流速、河床変動量の再現性を確認 ・過去に再現性を確認したモデルと河床変動量、流速分布、通過土砂量を比較

表 2-1(2)　検討事例一覧

討段階	事例河川	概要
⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成	阿武隈川	・河川整備計画目標流量規模（約 2,100 ㎥/s）に対して計算水位が HWL 以下を満足することを目標としている。 ・令和元年度東日本台風規模流量（約 3,000 ㎥/s）については、計算水位が堤防高以下（無堤区間では HWL+余裕高）を満足することを条件に、あらかじめ 4 つの河道案を作成し、比較検討した。
⑥将来の河道の予測	荒川（北陸）	・河道断面の違いによる再堆積量や再堆積箇所、再堆積後の水位上昇について確認
	川内川	・植生繁茂の違いによる堆積状況を確認
⑦作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価	最上川	・検討した 3 つの河道掘削案を準二次元不等流計算により評価し、大規模災害関連の計画流量（R2.7 洪水）流下時に計画高水位を下回ることを確認した。 ・ゲームエンジンを活用して検討した河道掘削案を作成することにより、様々な視点場からの景観を現況河道と比較検討した。
	荒川（関東）	・現況河道及び河床変動後河道における汽水域の動植物が選好する相対潮汐地盤高の変化について評価
	荒川（北陸）	・設定河道掘削時の初期掘削土量と再堆積土砂量の観点から最適河道案を選定し、さらに、たんぽ（湧水箇所）における将来的な堆積・洗掘について評価
	雲出川	・平均年最大流量及び河川整備計画目標流量を対象に瀬淵（水深・流速）、アユの産卵場（水深・流速）、植生流失（流出評価指標(WOI)）による治水、物理・生物環境を評価
	熊野川	・検討区間が感潮域に位置していることから、整備計画河道と 10 年後予測河道における汽水域の生物が選好する相対潮汐地盤高の変化について比較
	川内川	・ゲームエンジンを用いて 3 次元イメージのコンセプトに応じた細やかな地形を作成し、景観を確認した。
⑧必要に応じて有識者の意見聴取	日野川 ※手引き（案）作成のため、別途検討	・九頭竜川水系日野川片粕地区では、測量・設計・施工の一連の段階において BIM/CIM を活用しており、設計条件を整理した上で、BIM/CIM モデル（1 次案）を作成し、有識者会議において有識者から意見を聴取し、基本設計条件に反映している。

表 2-1(3)　検討事例一覧

討段階	事例河川	概要
⑨河道の決定	阿武隈川	・治水・環境面・維持管理面の評価のほか、事業費、施工性等を総合的に評価し、河道掘削案の最適案を選定している。
⑩ICT 施工に向けての図面の微修正	日野川 ※手引き(案)作成のため、別途検討	・九頭竜川水系日野川片粕地区では、BIM/CIM モデルで作成された TIN サーフェスより、ICT 施工用 LandXML を出力し、施工者に受け渡している。施工者は LandXML の照査を行い、受注者との数回のやり取りにより図面を微修正し、ICT 施工を実施している。

2.1　②河川整備の目標及び課題整理

2.1.1　最上川での事例

最上川では、河川環境管理シートの経年変化、過去の空中写真から砂州の経年変化、近年の河道内の樹林化を確認（図 2-1 参照）し、あるべき姿として砂州・水生植物帯等で形成される湿地環境を目標に設定している（図 2-2 参照）。

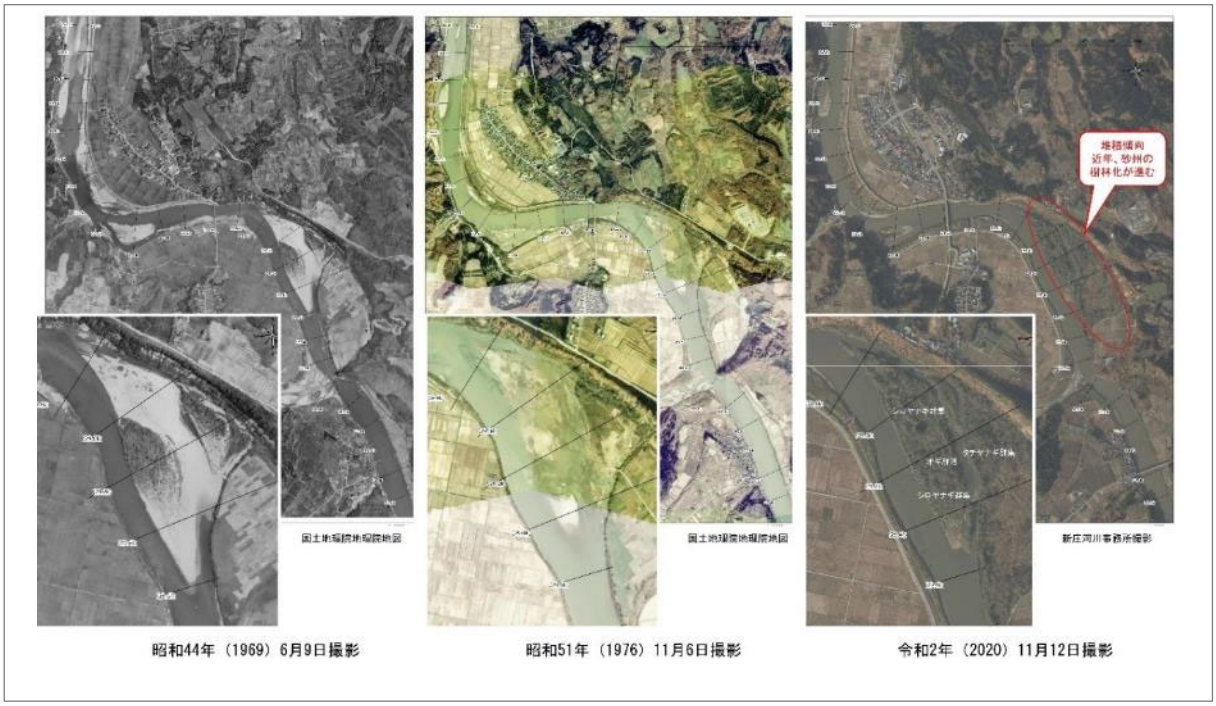


図 2-1　航空写真による河道の経年変化

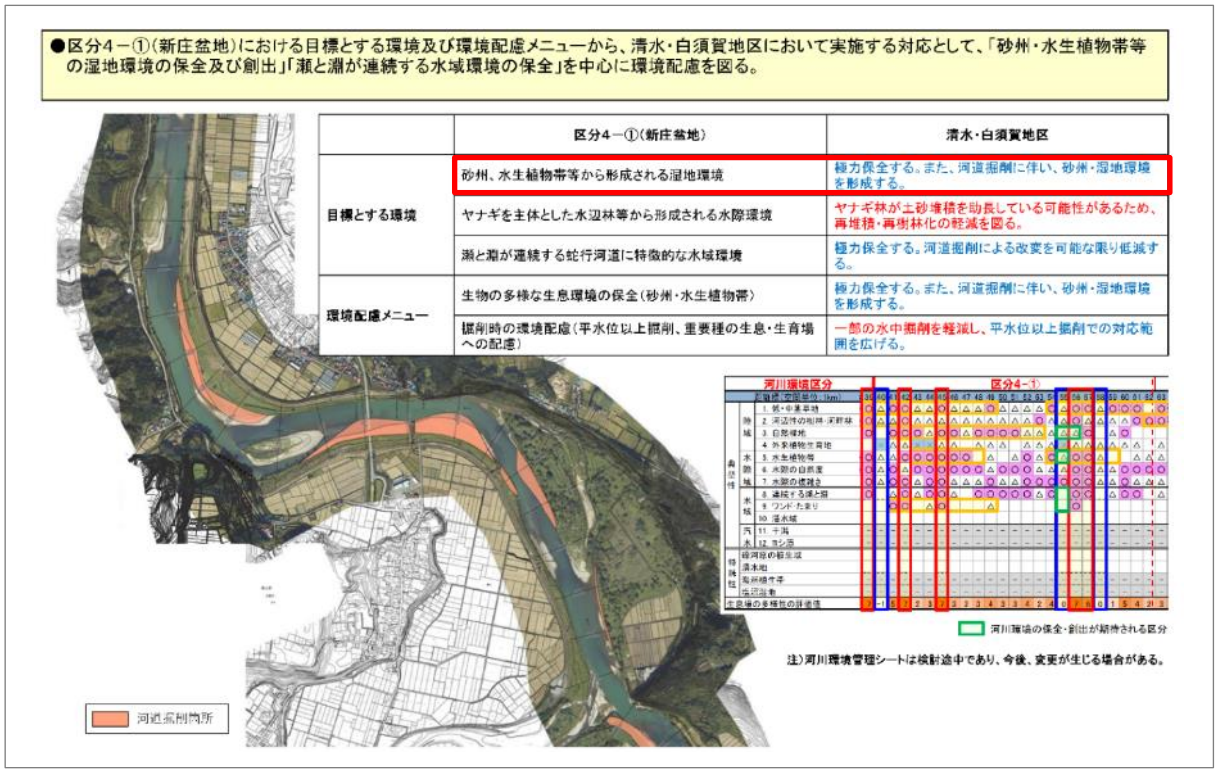


図 2-2　現状の河川の課題整理

2.1.2　雲出川での事例

雲出川では、平成 19 年以降の河床の変動（図 2-4 参照）、平成 20 年以降の草本、木本の変化傾向（図 2-5、図 2-6 参照）とその間の年最大流量との関係（図 2-7 参照）を分析など河川管理上の課題を整理している（図 2-3、図 2-8 参照）。

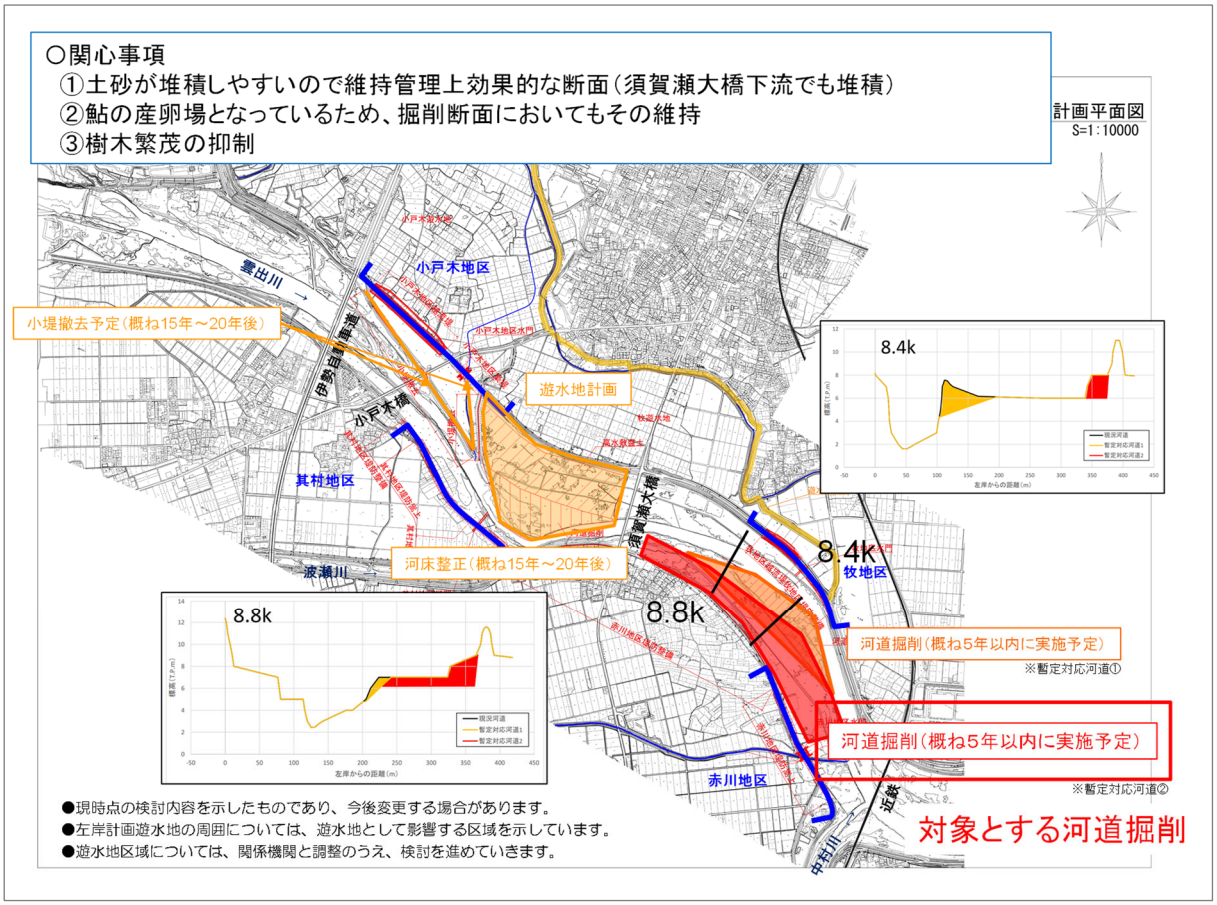


図 2-3　現状の河川の課題整理

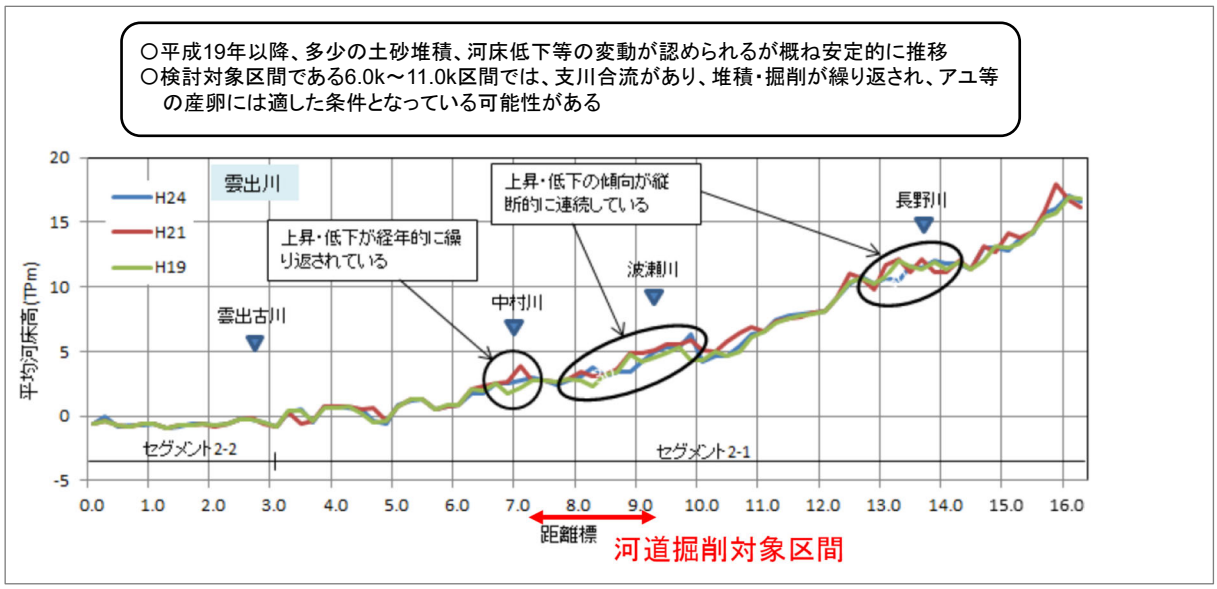


図 2-4　現状の河川の課題整理（河床変化）

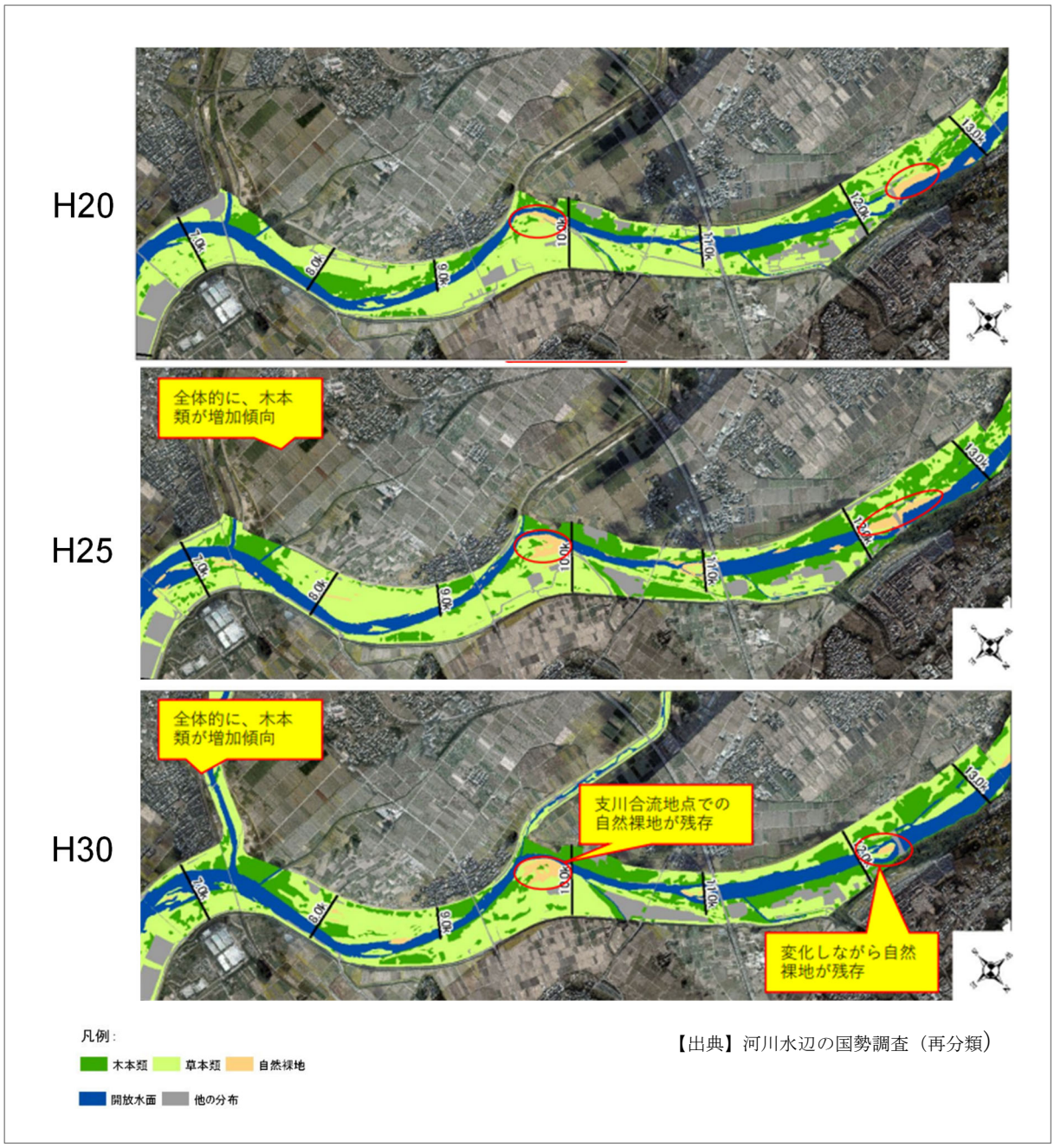


図 2-5　現状の河川の課題整理（植生分布の変化）

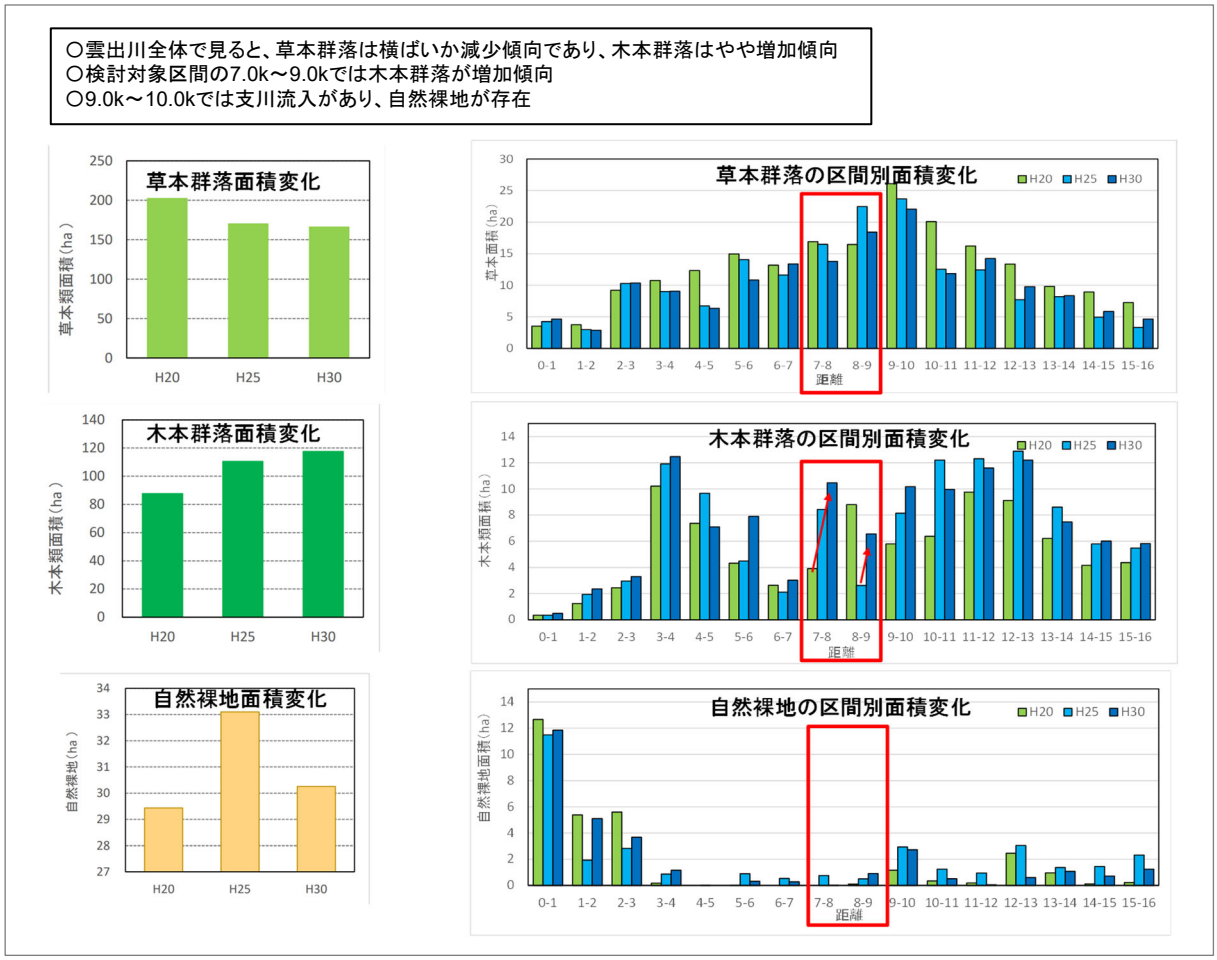


図 2-6　現状の河川の課題整理（植生分布の変化）

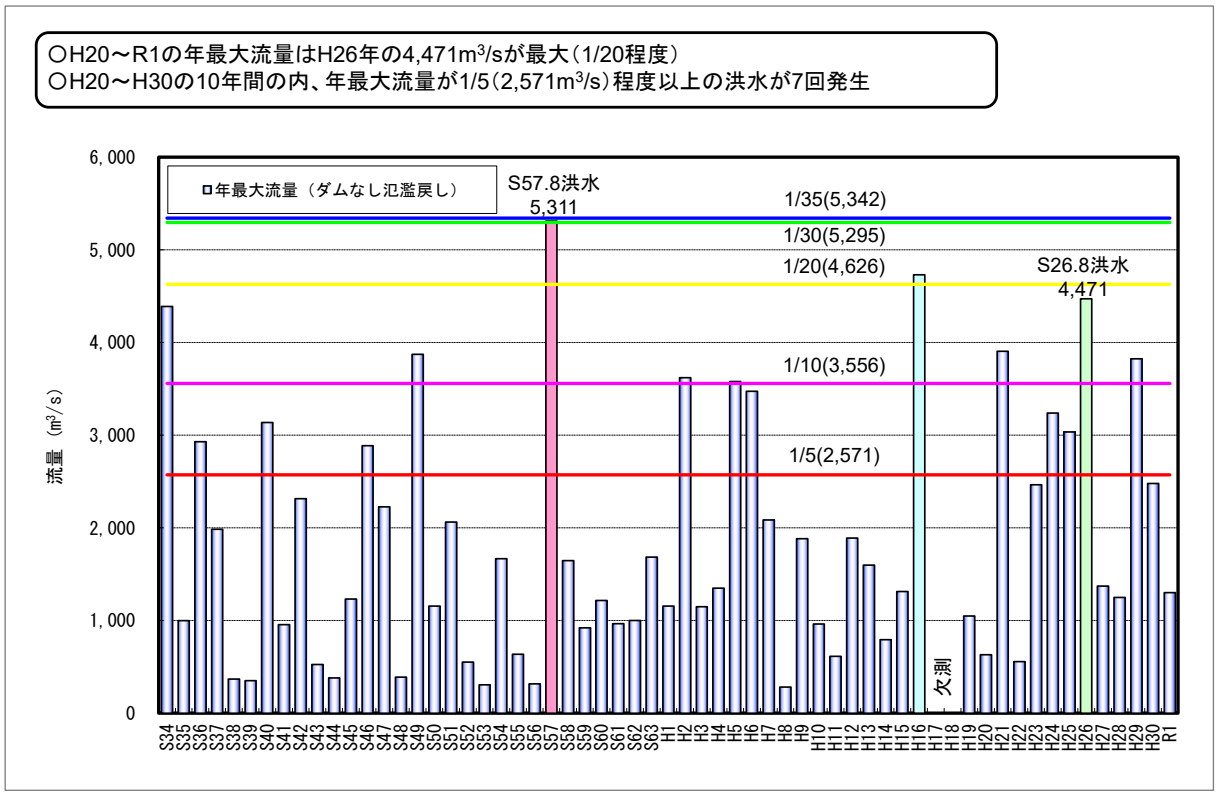


図 2-7　雲出橋地点における年最大流量

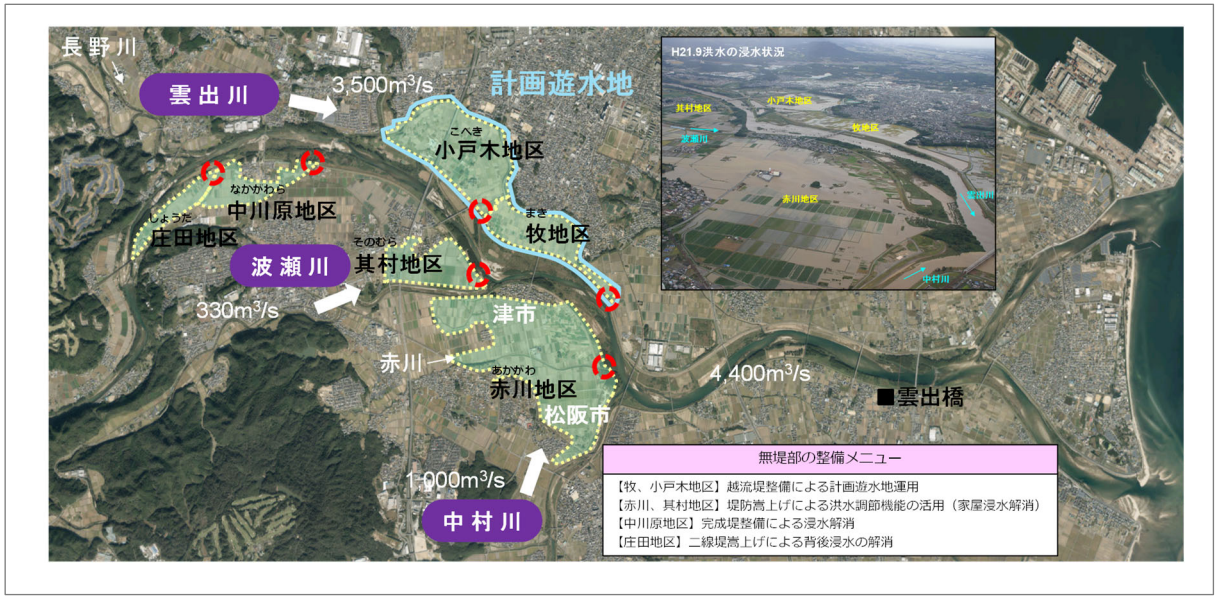


図 2-8　空中写真

2.1.3　川内川での事例

川内川では、河川環境管理シートから環境改善が望まれる区間を抽出し、河川環境情報図からワンド・たまり、礫地・河原、湿生植物等（ツルヨシ）を利用する生物が多い（図 2-9 参照）ことから当該区間においてワンド・たまりの緩流・細流環境を創出することを検討している。

○ワンド・たまり、礫地・河原、湿生植物帯（ツルヨシ）を利用する生物が多い
⇒**創出することが望ましい環境（ワンド・たまり、礫地・河原、湿生植物帯（ツルヨシ））**

生物生息場	生息場を利用する生物（一部抜粋）
連続する瀬淵	魚類・植物
ワンド・たまり ※氾濫原的水域 （細流等も含む）	両生類・爬虫類 魚類・底生動物 利用する生物群が多い
礫地・河原	鳥類・爬虫類 陸上昆虫類・植物 利用する生物群が多い
沈水・浮葉植物帯	底生動物
抽水植物帯	魚類・底生動物
湿生植物帯（ツルヨシ）	哺乳類・魚類 底生動物・陸上昆虫類 利用する生物群が多い
河畔林・その他樹林	陸上昆虫類

★河川環境情報図

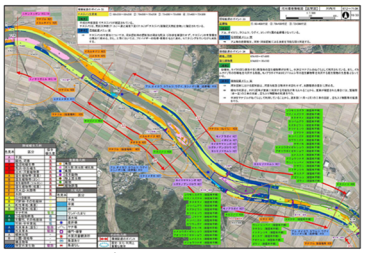


図 2-9　現状の河川の課題整理

2.2　③モデル化対象範囲及び計算条件の設定

2.2.1　雲出川での事例

雲出川では、段階的に河川整備を実施するため、現況河道、暫定対応河道、整備計画河道の 3 ケースで検討を行っている（図 2-10、表 2-2 参照）。解析対象範囲はセグメント区分、河床勾配、河床材料を整理し、助走区間を含め下流端を約 5.2k からモデルの構築をしている。計算条件を図 2-11、図 2-12、表 2-3、表 2-4 に示す。

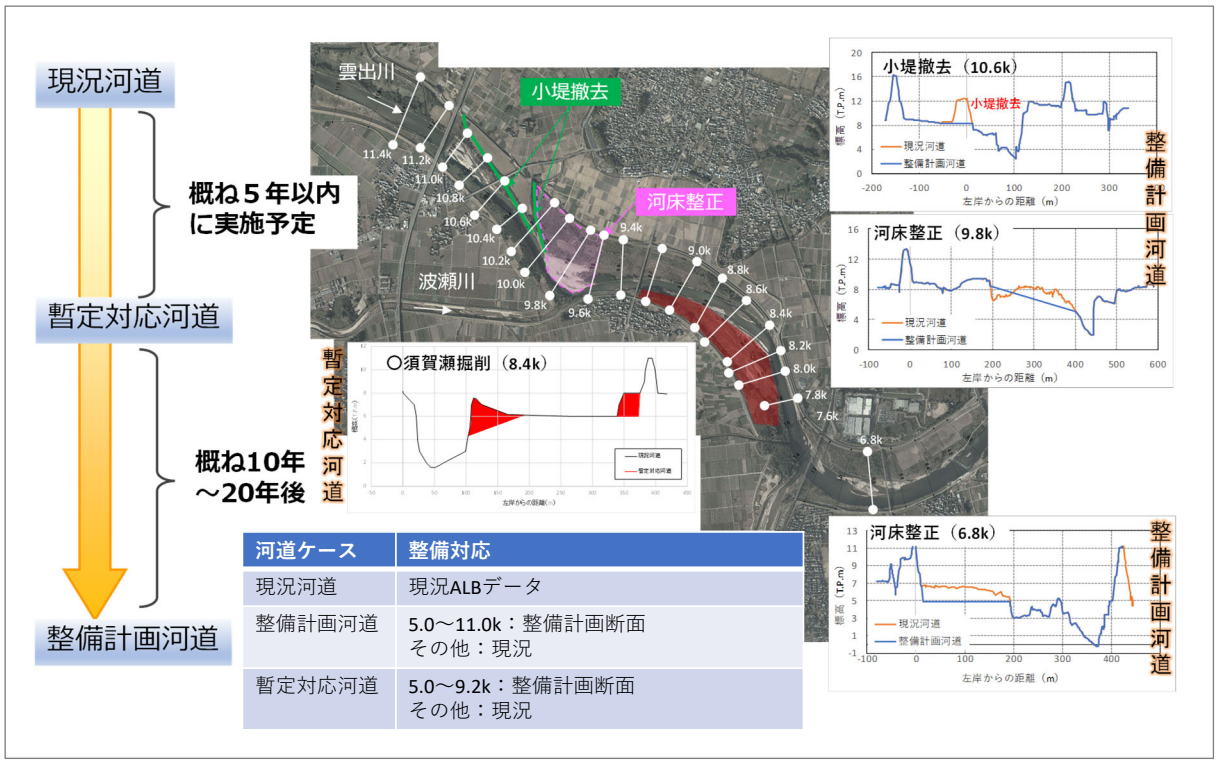
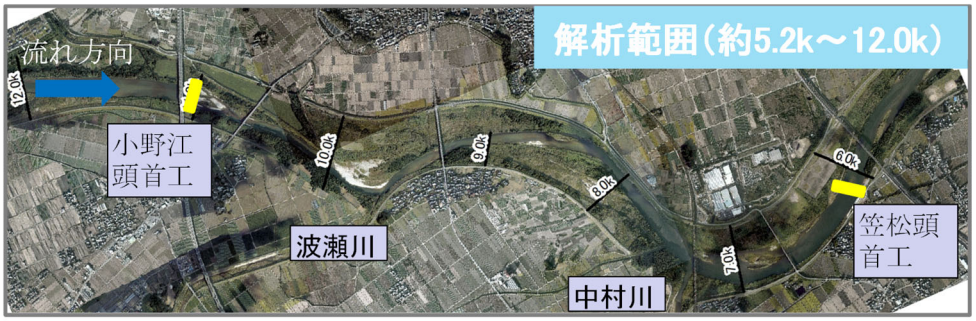


図 2-10　対象範囲・計算条件（河道断面設定）

表 2-2　解析ケース

ケース	河道ケース		流量ケース	
1-1	1	現況河道	1	平均年最大流量
1-2			2	整備計画流量
2-1	2	整備計画河道	1	平均年最大流量
2-2			2	整備計画流量
3-1	3	暫定対応河道	1	平均年最大流量
3-2			2	整備計画流量



Mesh size: 約10m*10m(縦*横)

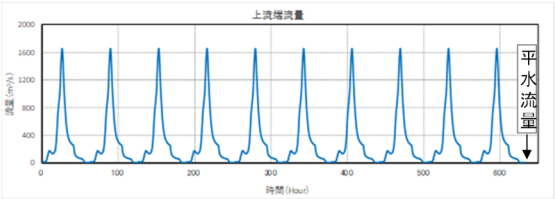
図 2-11　解析対象範囲

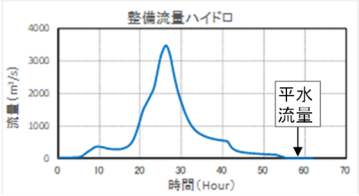
表 2-3　計算条件一覧表（Nays2DH）

2次元水理河床変動計算（Nay2DH）			
設定項目			モデル化方針
モデル条件	地形データ（解析用）	河道ケース1_現況河道	H29 LP.B データより作成
		河道ケース2_整備計画河道	整備計画河道データ（横断図・平面図）から設定
		河道ケース3_暫定対応河道	斜面掘削及び整備計画状況を考慮した上で設定
	解析対象区間	中流域全体	セグメント区分、河床勾配、河床材料及び解析助走より約5.2～12kと設定
	メッシュサイズ		解析安定性及び澪筋を十分分割することを基本に全体のグリッド数や解析時間を考慮して設定
	固定河床	頭首工・護岸の設定	固定河床として設定（模型実験や既往検討と同条件）
パラメータ	粗度係数	—	・計画粗度係数と合わせて設定し、全区間0.033を設定 ・植生抵抗 植生密生度：0.01、植生高さ：草本1m・樹木5m 抵抗係数：0.7
	河床材料	—	混合粒径として設定
計算条件	流量の設定	流量ケース１（中長期の河道維持管理）：平均年最大流量+出水間の平水流量	平均年最大流量＋平水流量を10サイクルで設定
		流量ケース２（大洪水時における治水評価）:整備計画流量＋平水流量（安定するまで）	整備計画流量＋平水流量で設定

- 流量の設定：平均年最大流量：平均年最大流量×１０回＋平水流量
  整備計画流量　：整備計画ハイドロ＋平水流量
- パラメータの設定
  - 粗度係数（低水路・高水敷）：計画粗度係数　0.033
    （植生による抵抗力）：植生密生度は0.01、植生高さは草本類1m、木本類は5m
  - 粒径の設定：混合粒径（ 6.1k～11.1kの粒径分布より）

流量ケース（平均年最大流量、整備計画流量）





※平均年最大流量及び平水流量：雲出川（雲出橋）の2008年～2017年間の平均年最大流量の平均値及び平水流量の平均値とした。

パラメータの設定

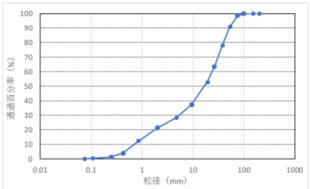
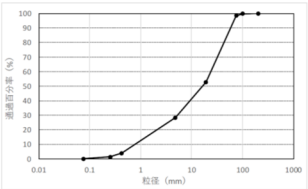
粗度係数	粒径
・マニング粗度係数 低水路及び高水敷：0.033 ・植生抵抗 植生（草本類・木本類）密生度：0.01 植生高さ（草本類：1m・木本類：5m）	 6.1-11.1k 河床材料調査データ  解析粒度分布

図 2-12　パラメータの設定（流量、粗度等）

表 2-4　計算条件一覧表（EvaTRiP・EvaTRiP Pro）

河川環境評価（EvaTrip及びEvaTrip Pro）							
ケース	評価項目		評価方法	評価用しきい値		評価時期 平水時	評価時期 ピーク時
A	瀬淵の評価(EvaTrip Pro)		水深・流速	淵	水深h>0.5m	○	
				瀬	水深h<0.5m、0.5m/s<流速V<0.9m/s		
				早瀬	水深h<0.5m、0.9m/s<流速V		
			フルード数	淵	Fr<0.04	○	
				瀬	0.245<=Fr<0.49		
				早瀬	0.49<=Fr		
			移動限界粒径		岩垣の式	○	○
B	アユ産卵場の評価(EvaTrip)		流速	産卵場の適合性評価	自然共生研究センターで紹介している文献を参照	○	
			水深			○	
			河道係数			○	
			流速・水深のSI値の積			○	
C1	陸生植物生育可否の評価(EvaTrip)	生育	水深	生育の可能性が高い	h<0.2(m)	○	
				生育の可能性がやや高い	0.2(m)<h<=0.3(m)		
				生育の可能性がやや低い	0.3(m)<h<=0.4(m)		
				生育の可能性が低い	0.4(m)<h		
			水深-流速関係式	h_{VD_est}= -0.1log(V)+0.05	—	○	
				生育の可能性が高い	$h<h_{VD_est}$		
				生育の可能性が高い	$h>h_{VD_est}$		
C2		流失	WOI	流失の可能性が低い	WOI<1		○
				流失の可能性が高い	WOI>=1		

2.2.2　川内川での事例

川内川では、植生がワンドの維持に及ぼす影響を把握するため、流量規模に応じて密生度、抗力係数、植生高を設定している（図 2-13 参照）。

対象流量	群落名	密生度 λ_{veg} (m^{-1})	抗力係数 C_D	植生高 ℓ (cm)
平均年最大流量	メヒシバ－エノコログサ群落	0.31	0.6	25.0
	ツルヨシ群落	0.31	1.0	150.0
整備計画流量	メヒシバ－エノコログサ群落	0.31	0.3	12.5
	ツルヨシ群落	0.31	0.6	75.0

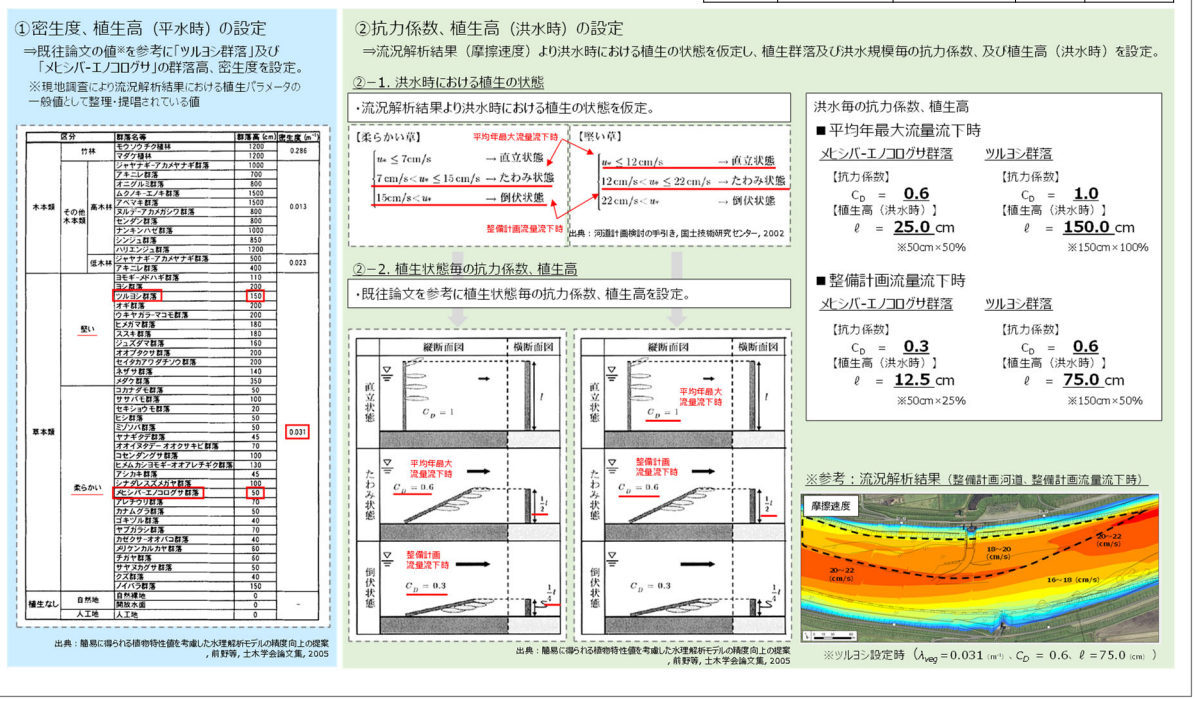


図 2-13　植生パラメータの設定

2.3　④解析モデルの再現性の確認

2.3.1　最上川での事例

最上川では、洪水痕跡水位と深浅測量時の水位をもとに、令和 2 年 7 月洪水と平水時の水位の再現性を確認している。概ね水位を再現できており、モデルの精度を担保できている（図 2-14、図 2-15 参照）。また、短期ハイドロ（令和 2 年 7 月洪水）、中長期ハイドロ（実績 11 洪水）による河床変動計算で現況河道のモデルの再現性の確認を行っている（図 2-16～図 2-19 参照）。

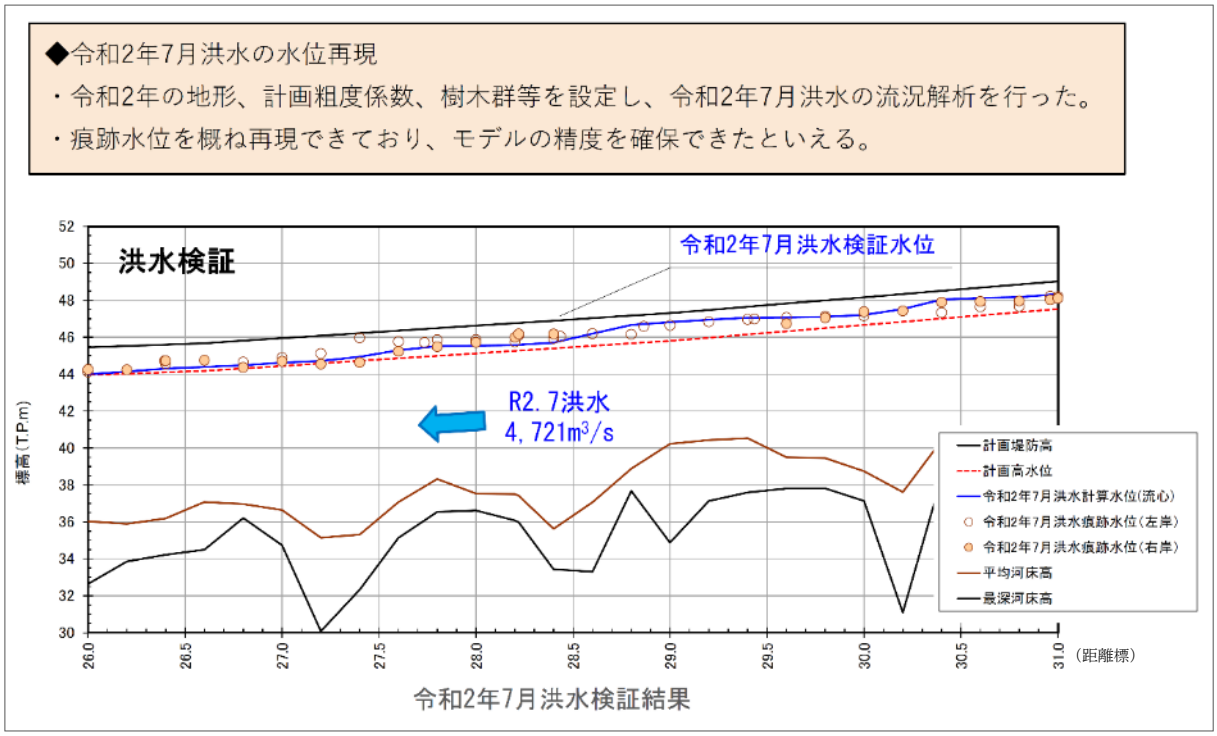


図 2-14　令和 2 年 7 月洪水の水位再現（縦断図）

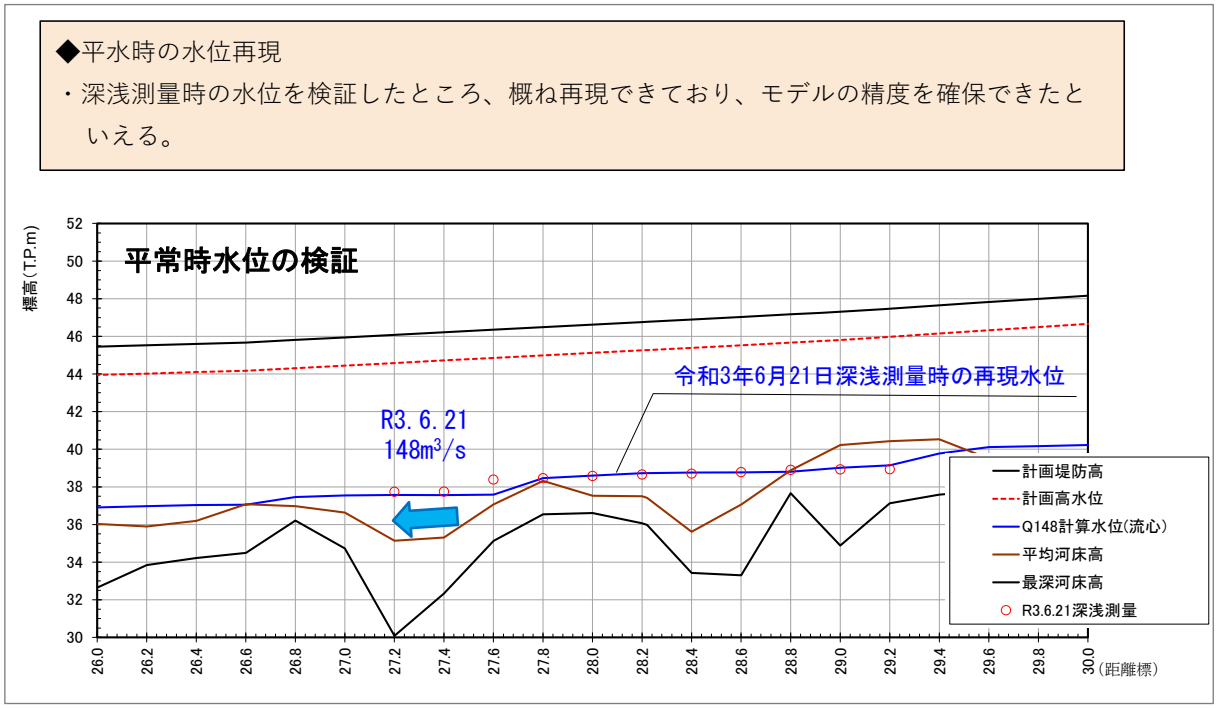


図 2-15　平水位時の水位再現（縦断図）

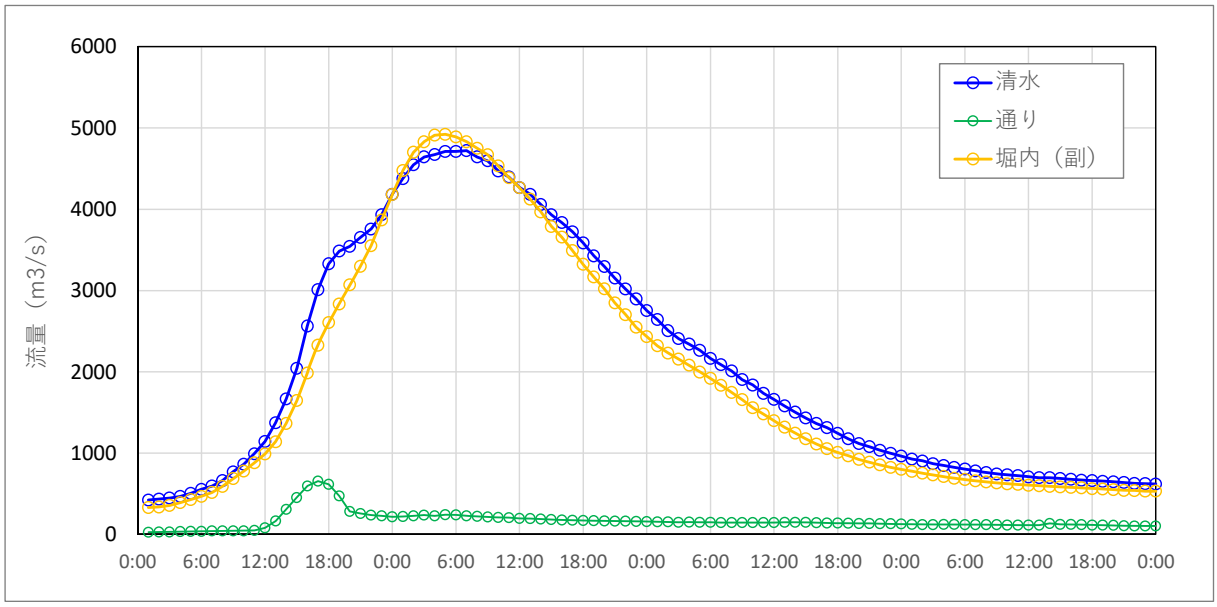


図 2-16　短期ハイドロの設定（令和２年７月洪水）

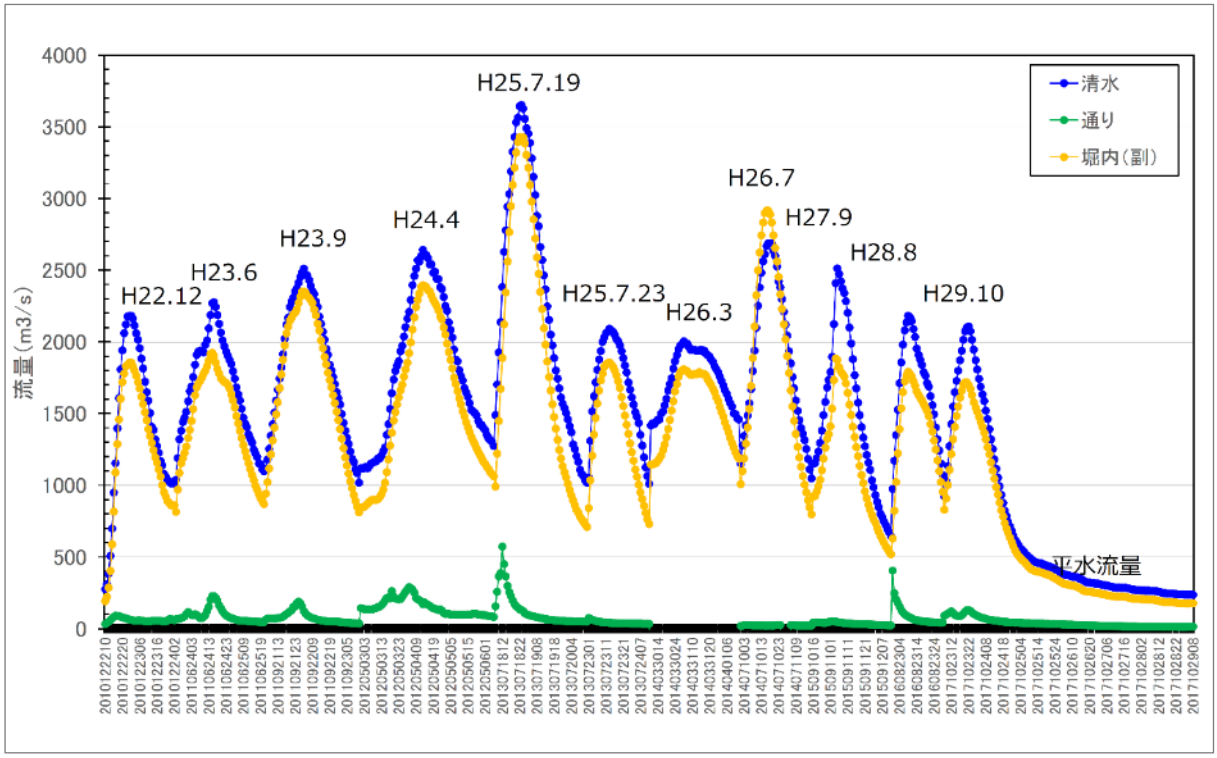


図 2-17　中長期ハイドロの設定（実績 11 洪水）

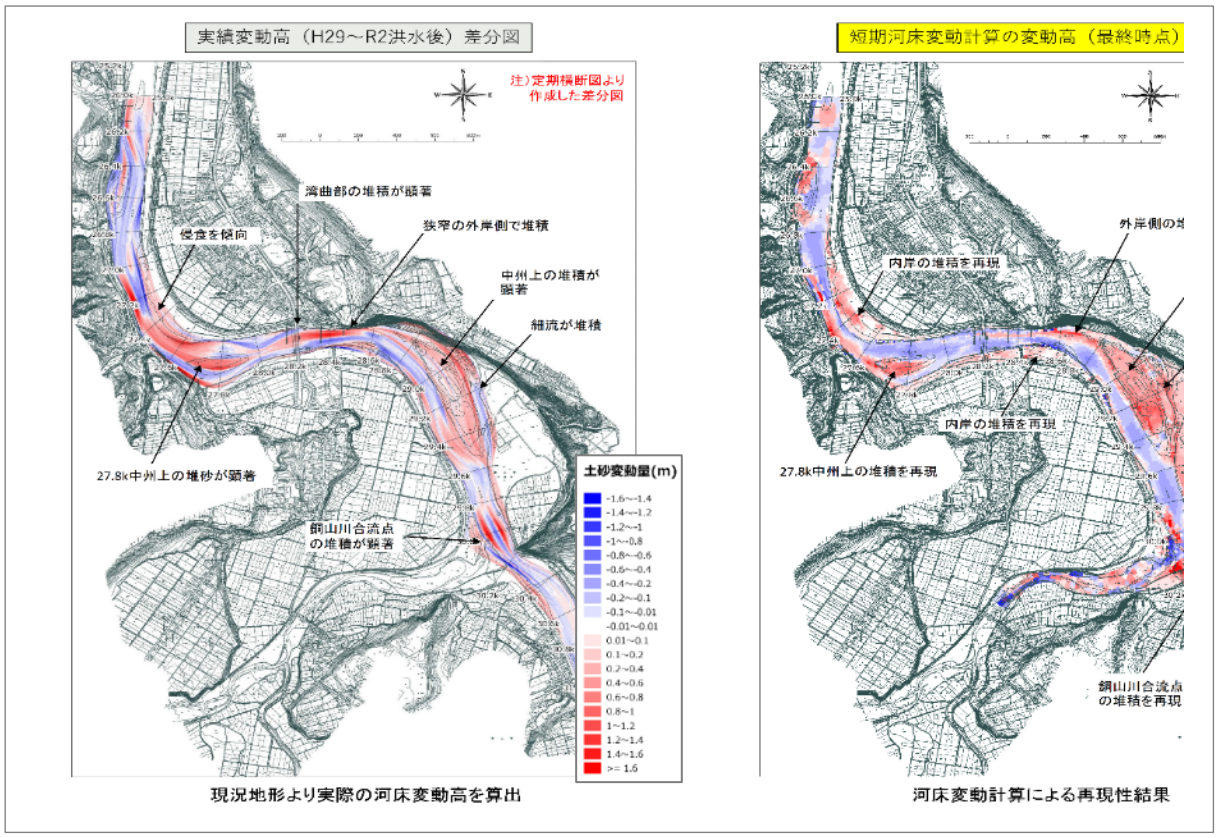


図 2-18　短期ハイドロ（令和２年７月洪水）による再現計算結果

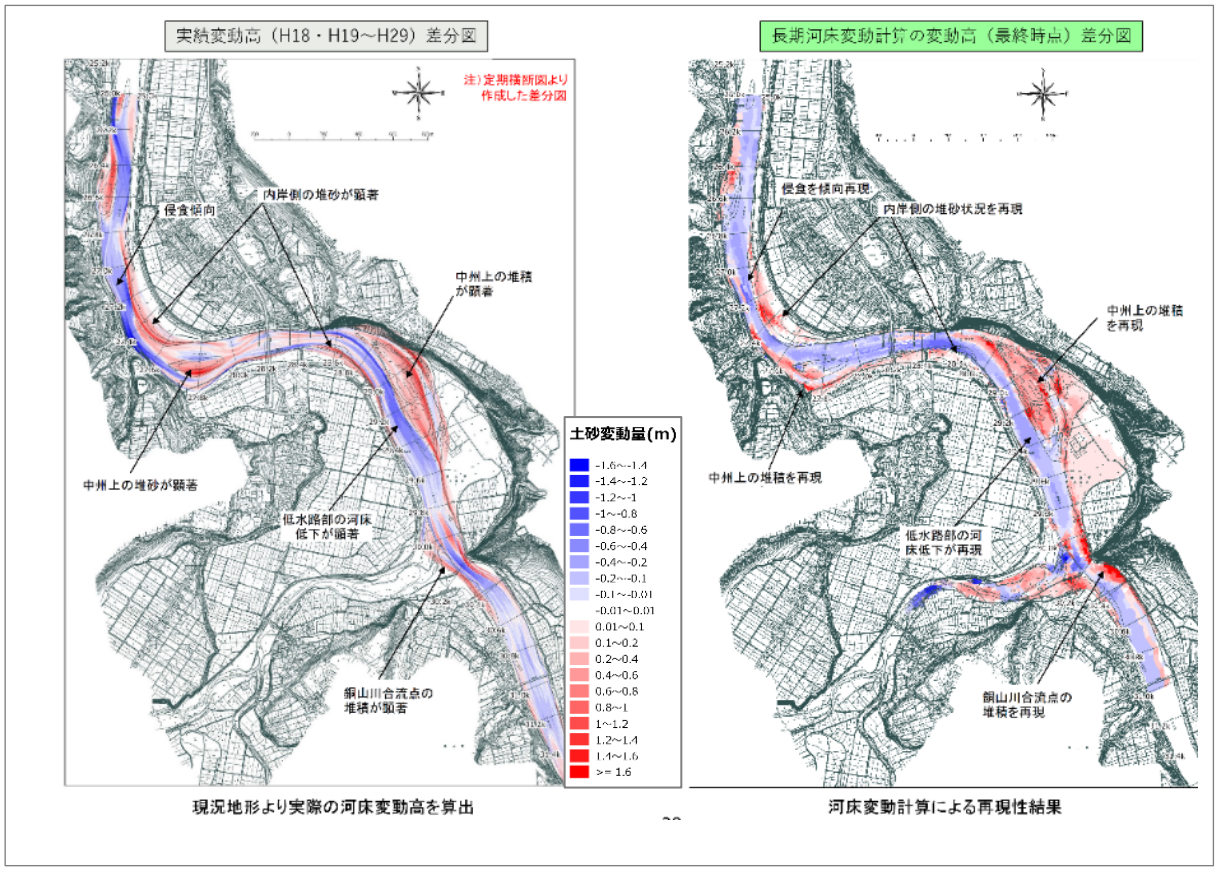


図 2-19　中長期ハイドロ（実績 11 洪水）による再現計算結果

2.3.2　雲出川での事例

雲出川では、瀬淵については計算により算出される位置と河川水辺の国勢調査から得られる現況の瀬淵の位置を比較し、植生分布については計算により算出される流出評価指標(WOI)と河川水辺の国勢調査から得られる植生状況を比較し、河川環境評価で設定する閾値の妥当性を検証している（図 2-20、図 2-21 参照）。

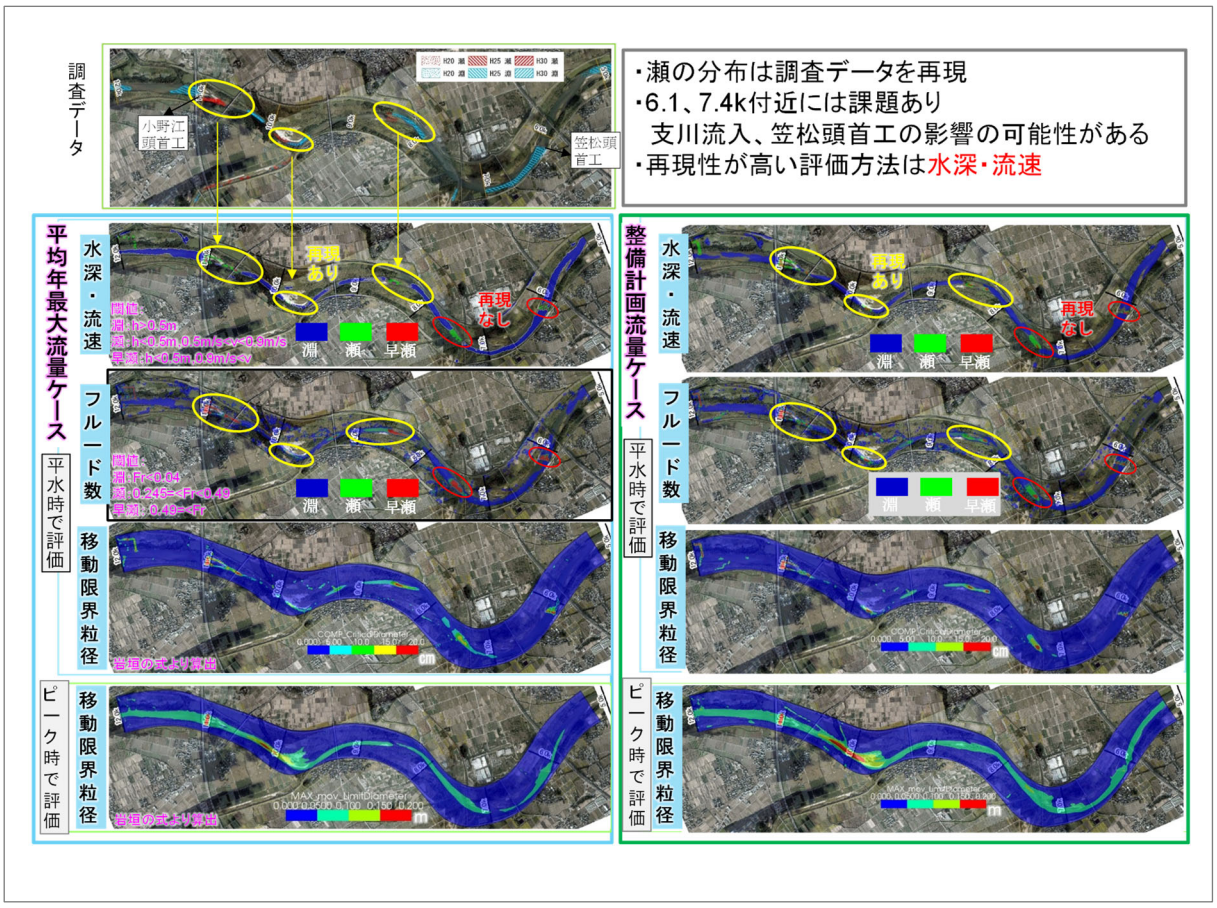


図 2-20　河川環境評価の閾値の妥当性の検証（瀬淵）

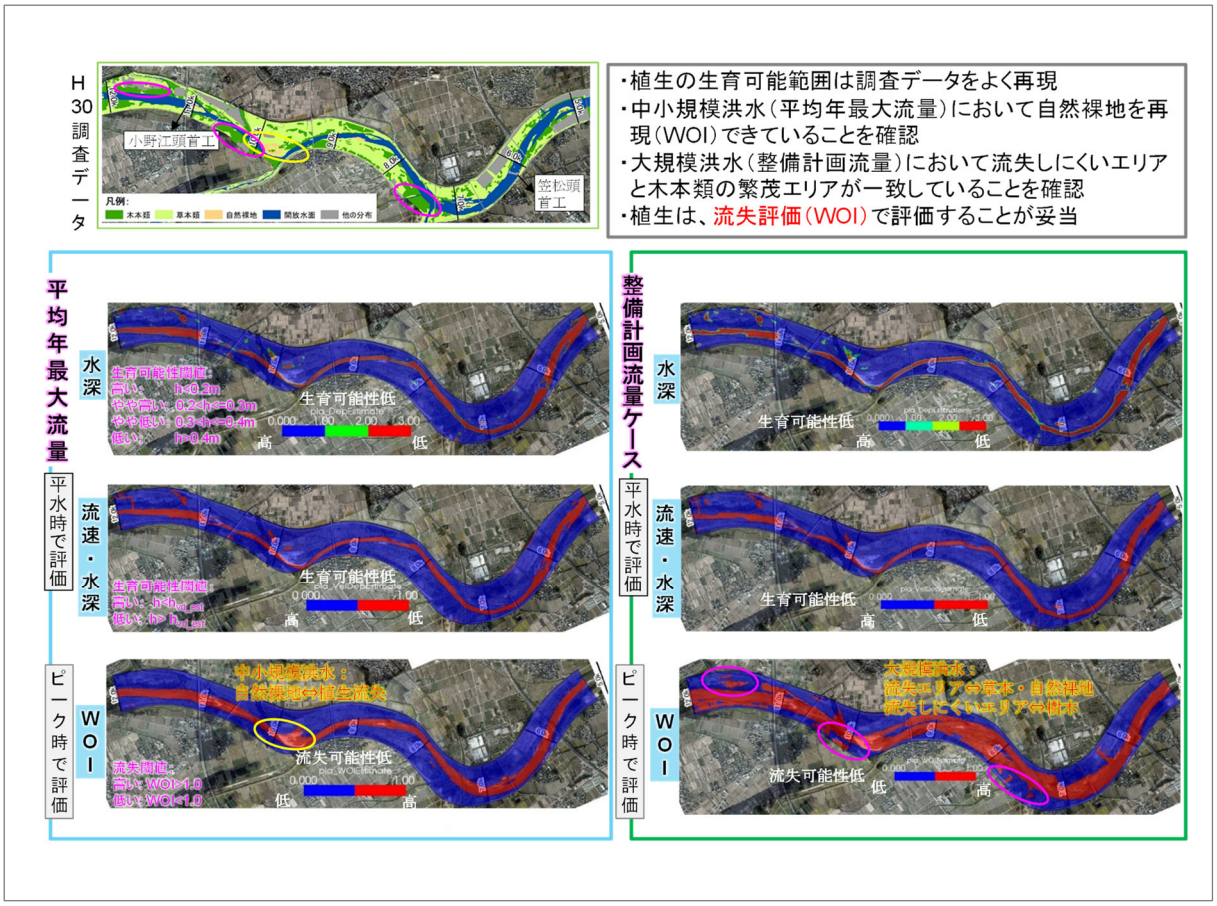


図 2-21　河川環境評価の評価閾値の妥当性の検証（植生）

2.3.3　川内川での事例

川内川では、ALB データと直近の定期横断測量を地形データとし、その間の無次元掃流力が 0.05 以上※1 となる流量規模の洪水（400 m³/s）※2 を用いて流速、河床変動量の再現性を確認するとともに、過去に再現性を確認したモデルと河床変動量、流速分布、通過土砂量の比較を行っている（図 2-22、図 2-23 参照）。

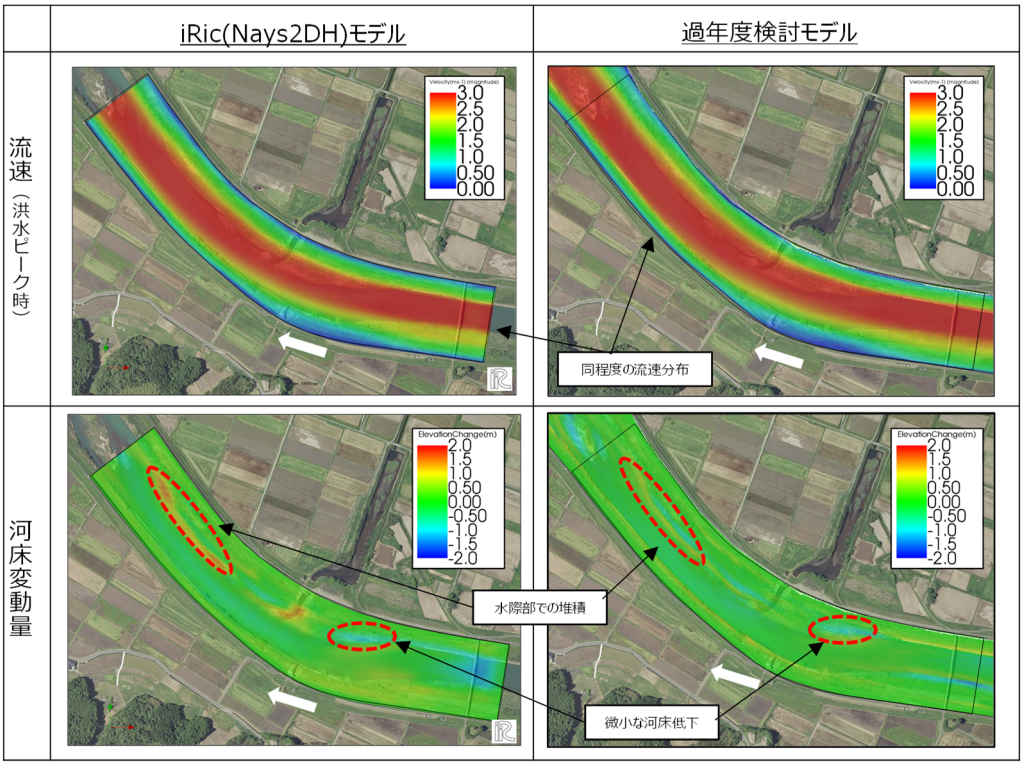


図 2-22　既往検討モデルとの比較（流速、河床変動量）

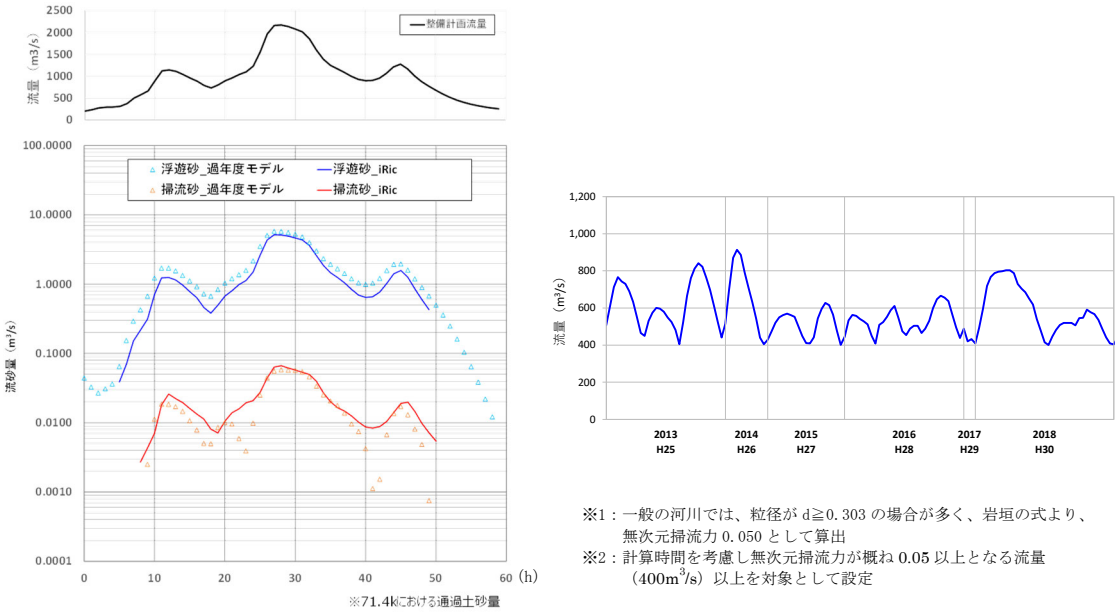


図 2-23　左図:既往検討モデルとの比較（通過土砂量）、右図:与えたハイドログラフ

2.4　⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成

2.4.1　阿武隈川での事例

阿武隈川では、整備計画流量規模（約 2,100 ㎥/s）に対して計算水位が HWL 以下を満足することを目標としている。また、令和元年度東日本台風規模流量（約 3,000 ㎥/s）については、計算水位が堤防高以下（無堤区間では HWL+余裕高）を満足することを条件に、あらかじめ 4 つの河道案を作成し、比較検討を行っている（図 2-24、図 2-25 参照）。

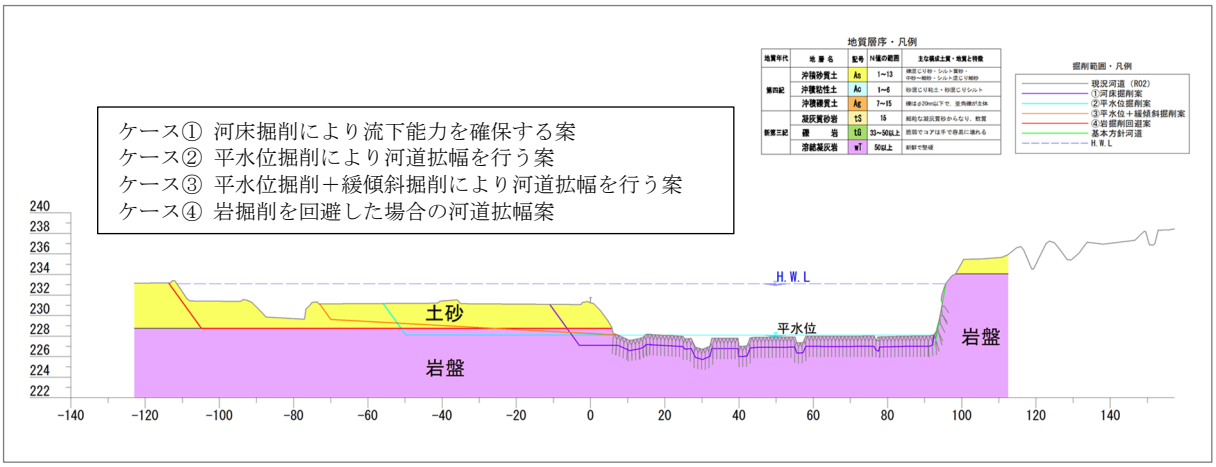


図 2-24　掘削方針

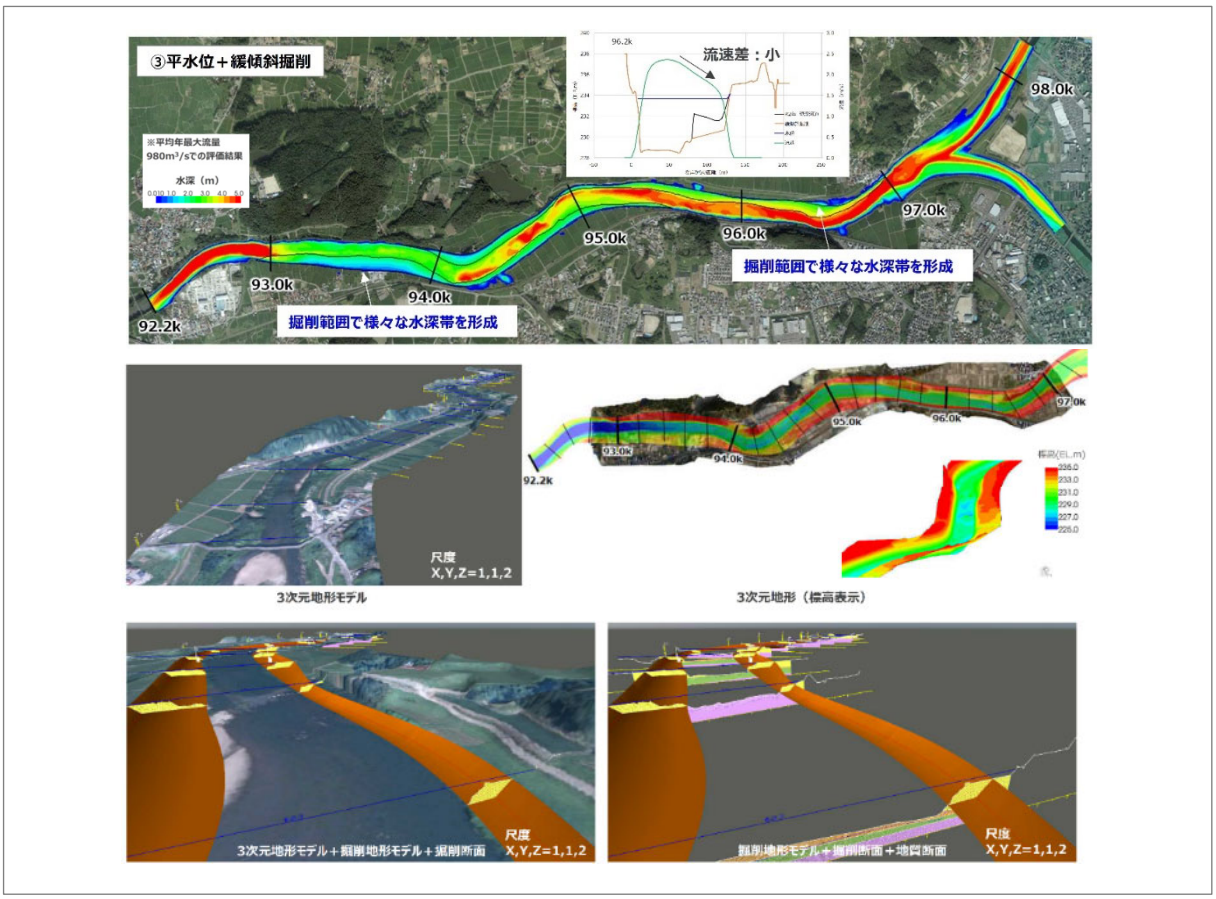
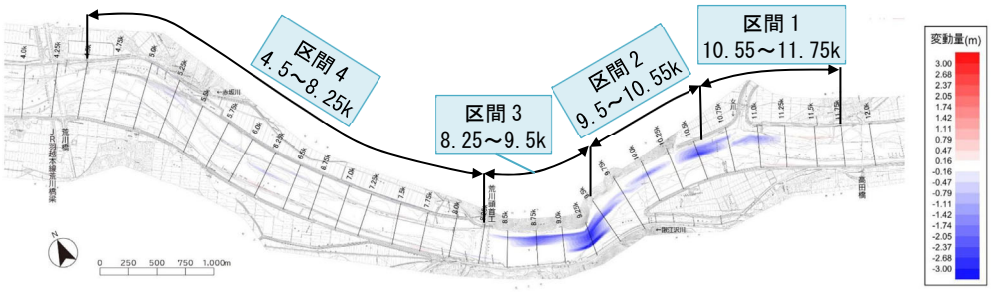
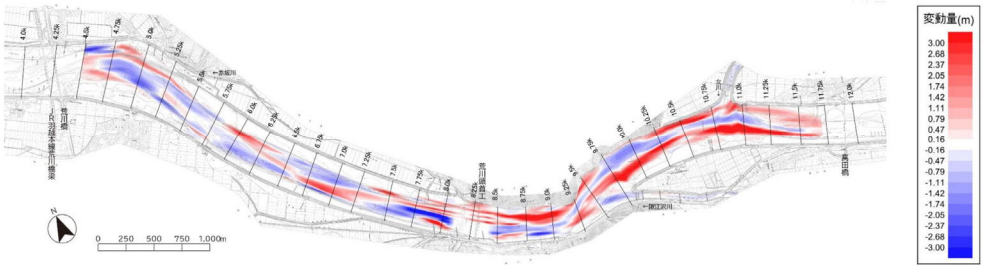
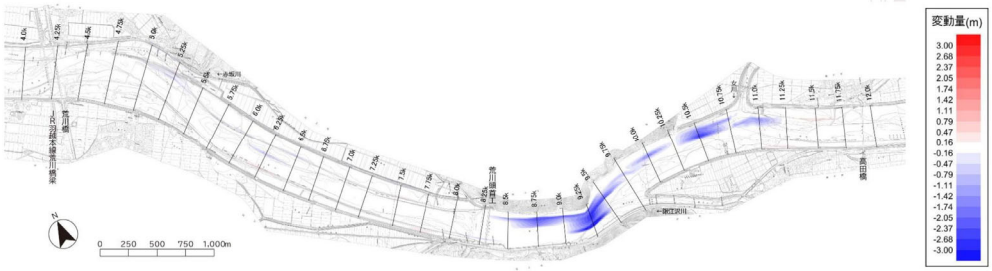
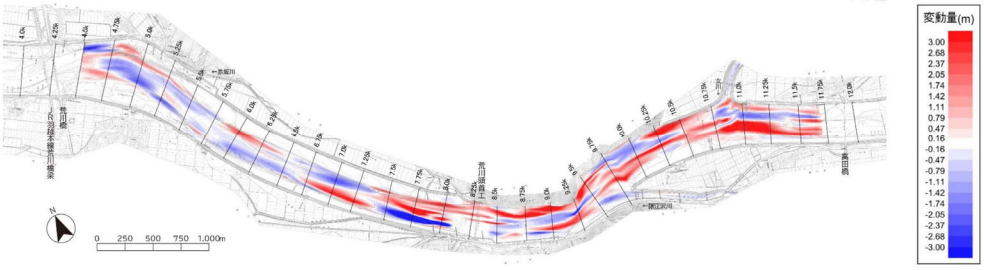


図 2-25　河道の作成

2.5　⑥将来の河道の予測

2.5.1　荒川（北陸）での事例

荒川では、河道断面の違いによる再堆積量や再堆積箇所、再堆積後の水位上昇について確認している（図 2-26、図 2-27 参照）。

	河床変動量コンター（差分）
設定河道① と 現況河道 の比較	
設定河道① と 設定河道① 20 年後 の比較	
設定河道② と 現況河道 の比較	
設定河道② と 設定河道② 20 年後 の比較	

※現況河道：R4.9 測量（洪水後地上測量成果）を基に作成
※設定河道①：R4.9 測量ベースに設定した掘削河道
※設定河道②：設定河道①に対して、区間２の流速の低下を図るため、より大きく低水路を拡幅し、区間３の流速低下を避けるため、低水路拡幅を最小限に抑えて、高水敷掘削により流下能力を確保する河道

図 2-26　設定河道の予測結果（再堆積量・再堆積箇所の確認）

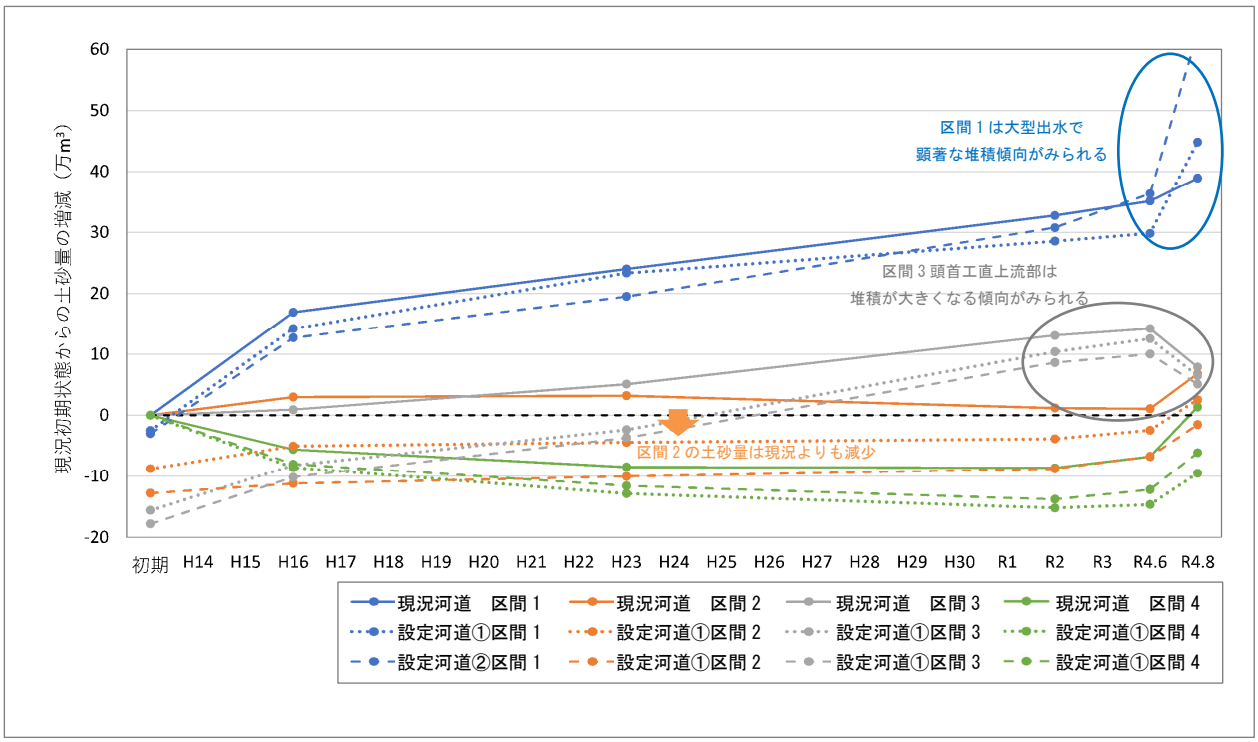
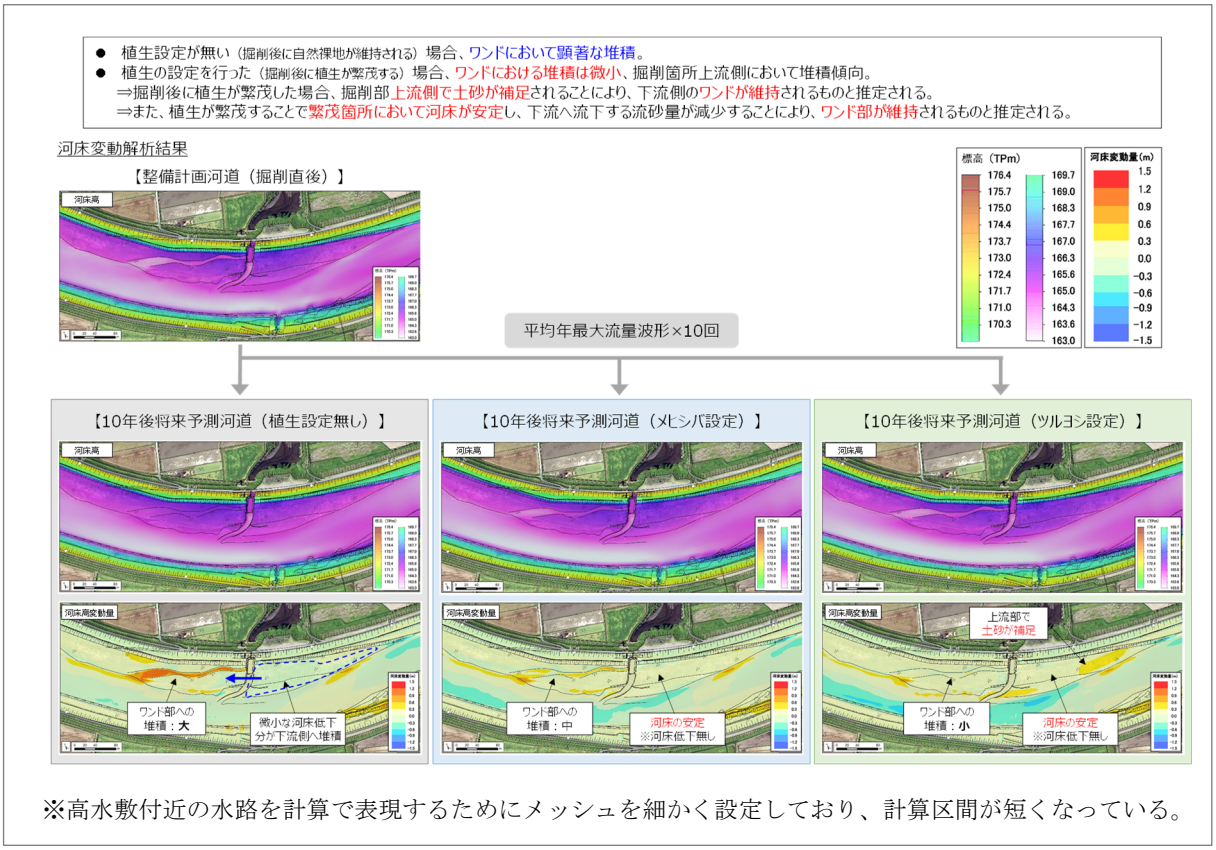


図 2-27　区間ごとの土砂収支の時系列変化

2.5.2　川内川での事例

川内川では、植生繁茂の違いによる堆積状況の確認を行っている（図 2-28 参照）。



※高水敷付近の水路を計算で表現するためにメッシュを細かく設定しており、計算区間が短くなっている。

図 2-28　整備計画河道を対象とした河床変動解析（平均年最大流量）

2.6　⑦作成した河道（将来を含む）の治水、物理・生物環境、景観の評価

2.6.1　最上川での事例

最上川では、検討した 3 つの河道掘削案を準二次元不等流計算により評価し、大規模災害関連の計画流量（令和 2 年 7 月洪水）流下時に計画高水位を下回ることを確認している（図 2-29 参照）。また、ゲームエンジンで検討した河道掘削案を作成することで様々な視点場からの景観を現況河道と比較検討している（図 2-30 参照）。

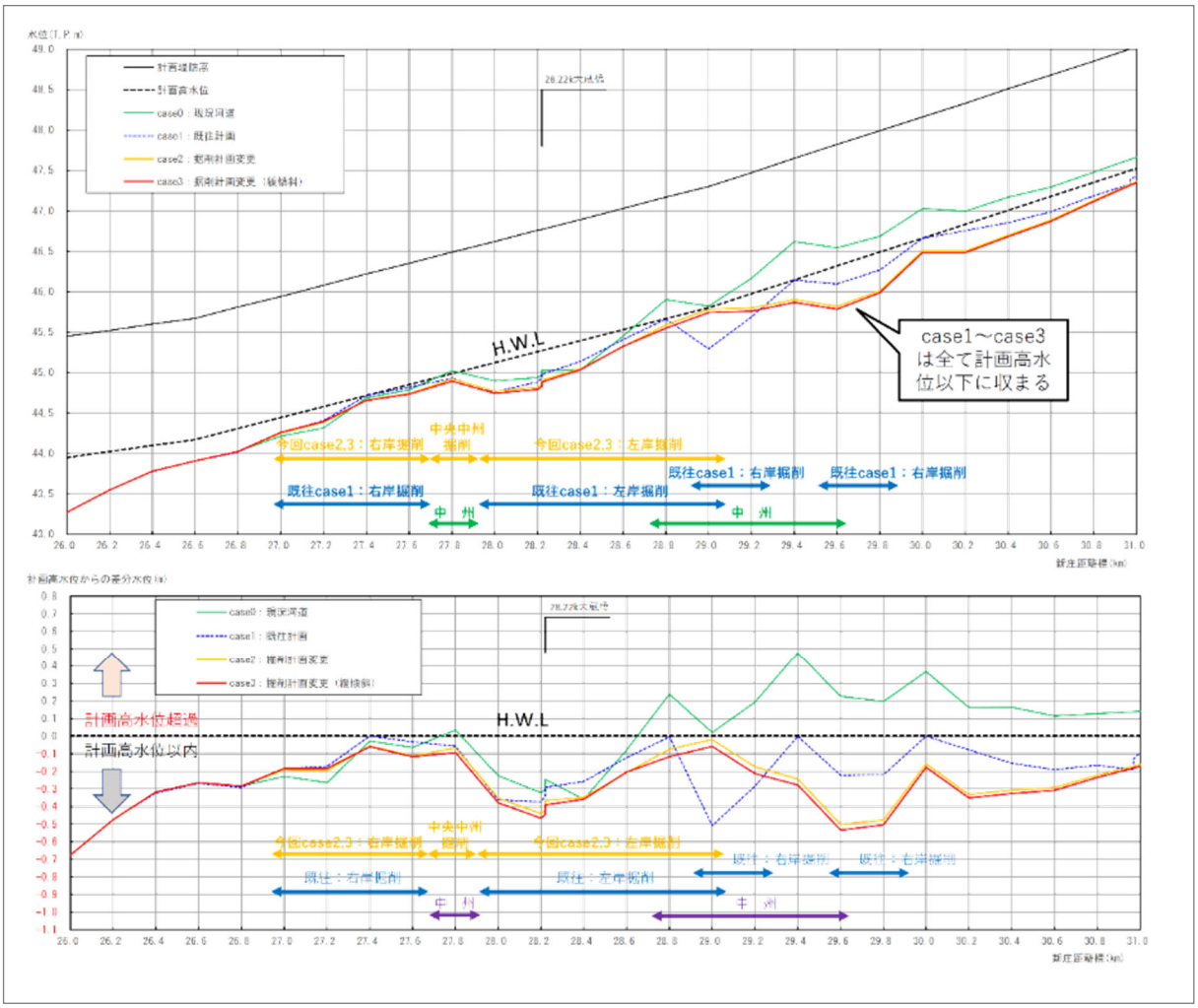


図 2-29　準二次元不等流計算による治水面の評価

【ゲームエンジンによる現況河道と大規模災害関連事業整備後の河道の比較】

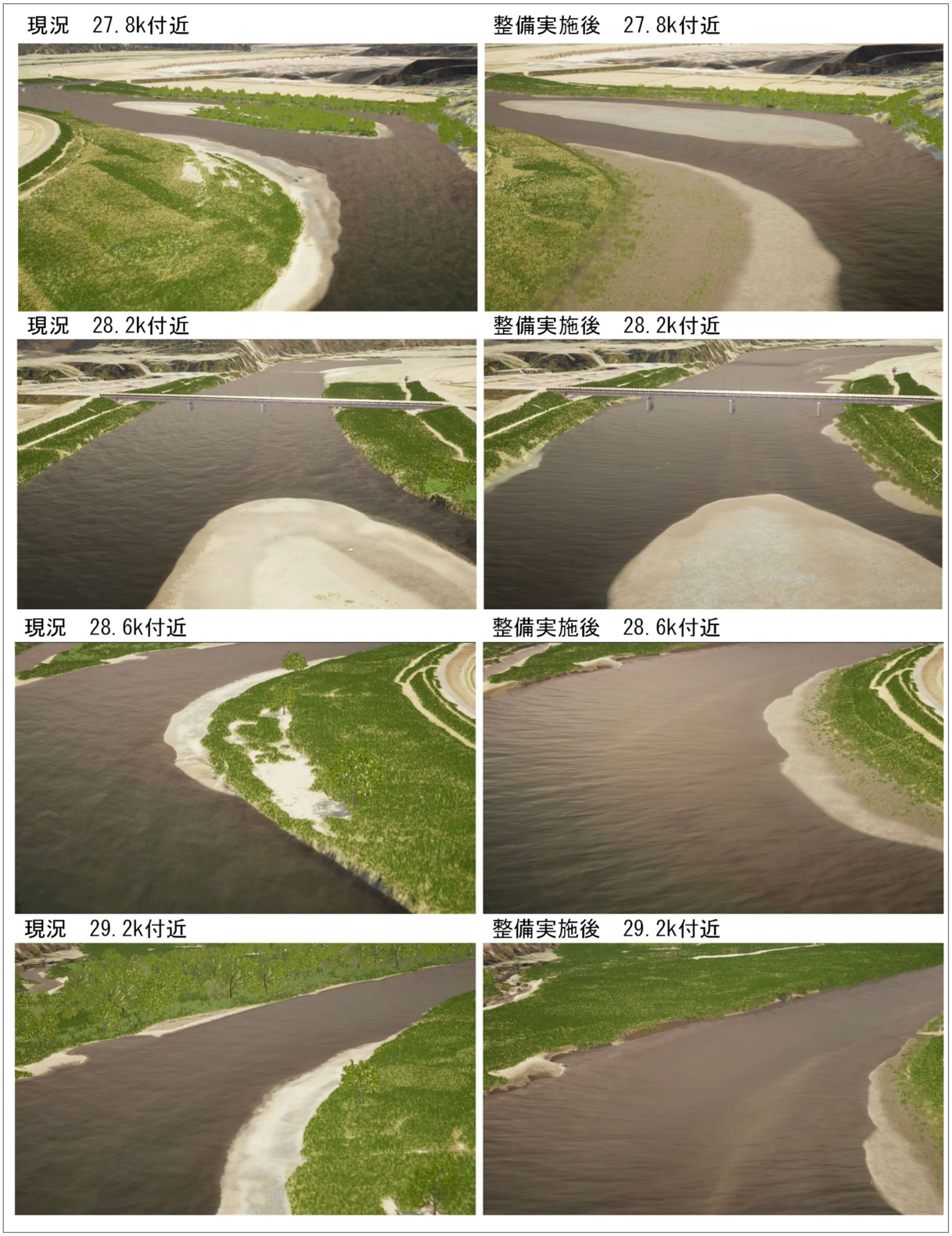


図 2-30　ゲームエンジンによる現況河道と河道掘削案との景観比較

2.6.2　荒川（関東）での事例

荒川では、現況河道及び河床変動後河道における汽水域の動植物が選好する相対潮汐地盤高の変化について評価している。

●対象生物（ヨシ、干潟生物：カニ類）と相対潮汐地盤高の関係を評価し、生物の選好性に係る計算条件を設定

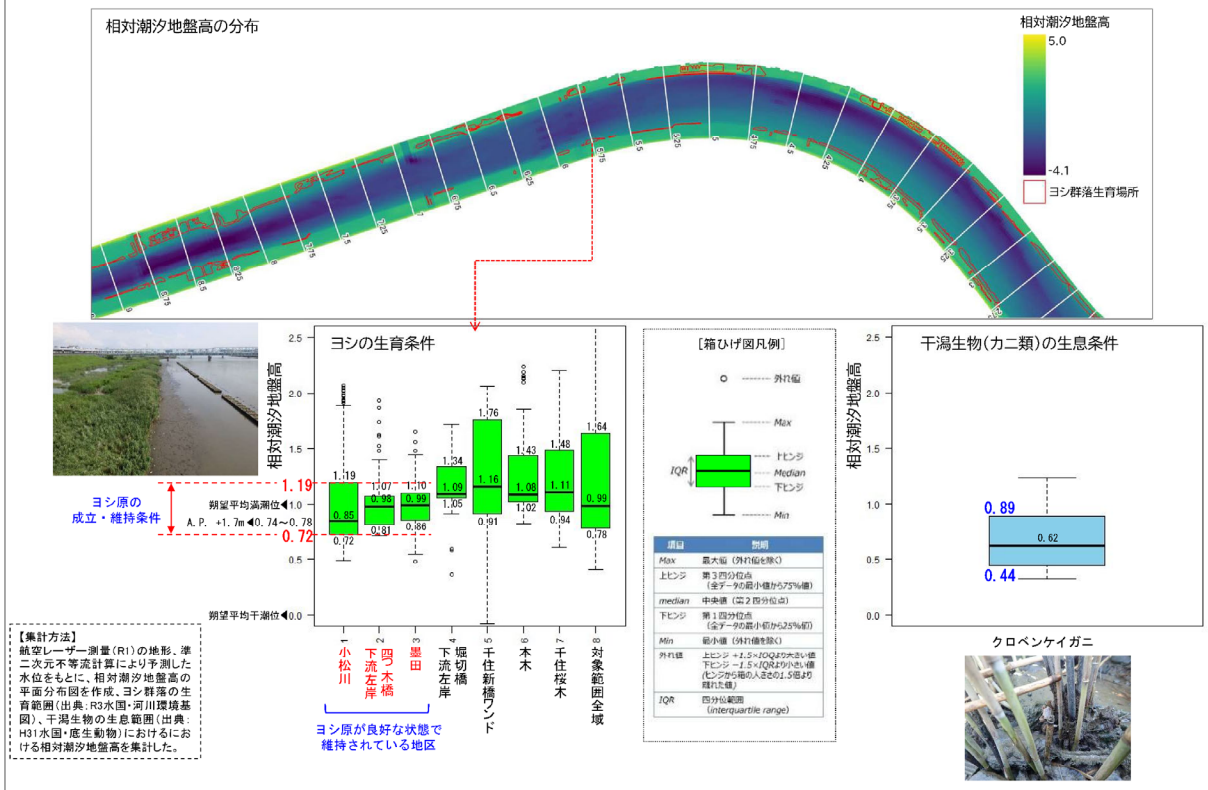
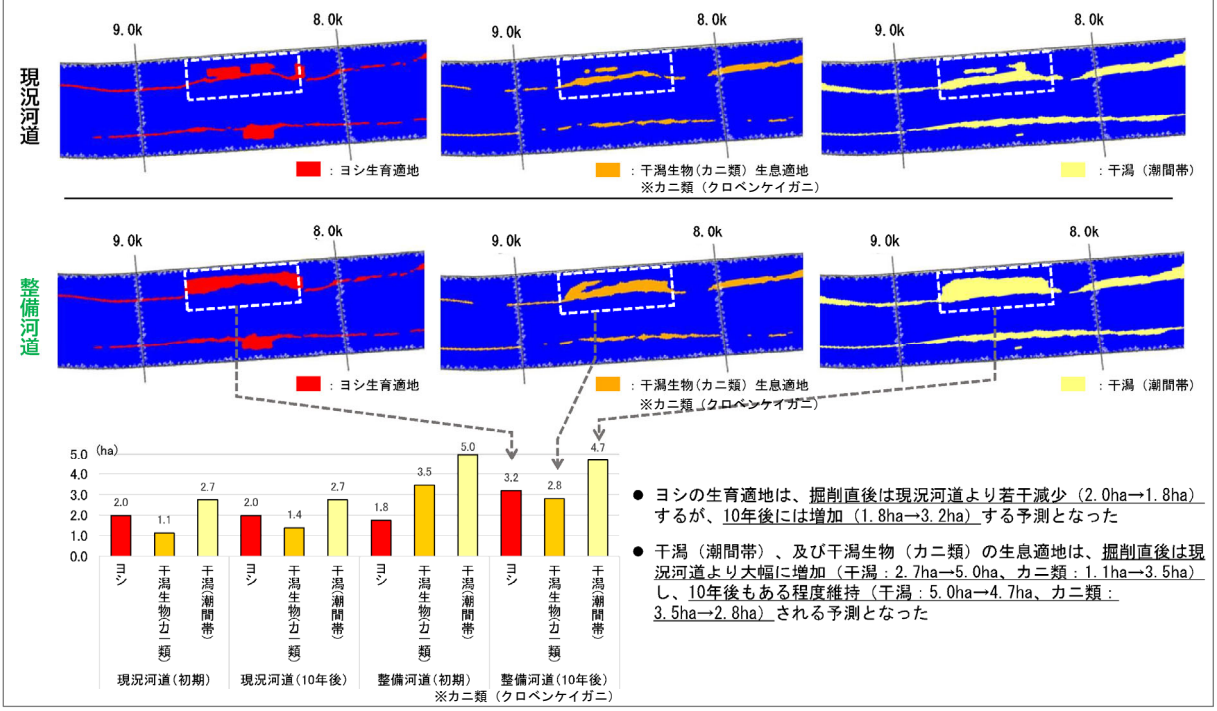


図 2-31　汽水性生物の選好性の設定

●現況河道及び河床変動後の将来河道に対して、ヨシ生育適地、干潟生物（カニ類（クロベンケイガニ））生息適地、干潟（潮間帯）の分布を予測・評価

●掘削後の整備河道では、掘削直後はヨシ生育適地が若干減少するが、干潟、干潟生物の生息適地は大幅に増加、中期的にはヨシの生息適地も増加するとの予測結果を得た。

【10 年後予測（過去 10 年間の実績洪水による河床変動）】



● ヨシの生育適地は、掘削直後は現況河道より若干減少（2.0ha→1.8ha）するが、10年後には増加（1.8ha→3.2ha）する予測となった

● 干潟（潮間帯）、及び干潟生物（カニ類）の生息適地は、掘削直後は現況河道より大幅に増加（干潟：2.7ha→5.0ha、カニ類：1.1ha→3.5ha）し、10年後もある程度維持（干潟：5.0ha→4.7ha、カニ類：3.5ha→2.8ha）される予測となった

図 2-32　物理・生物環境の評価

2.6.3　荒川（北陸）での事例

荒川では、設定河道掘削時の初期掘削土量と再堆積土砂量の観点から最適河道案を選定し、さらに、たんぽ（湧水箇所）における将来的な堆積・洗掘について評価している。

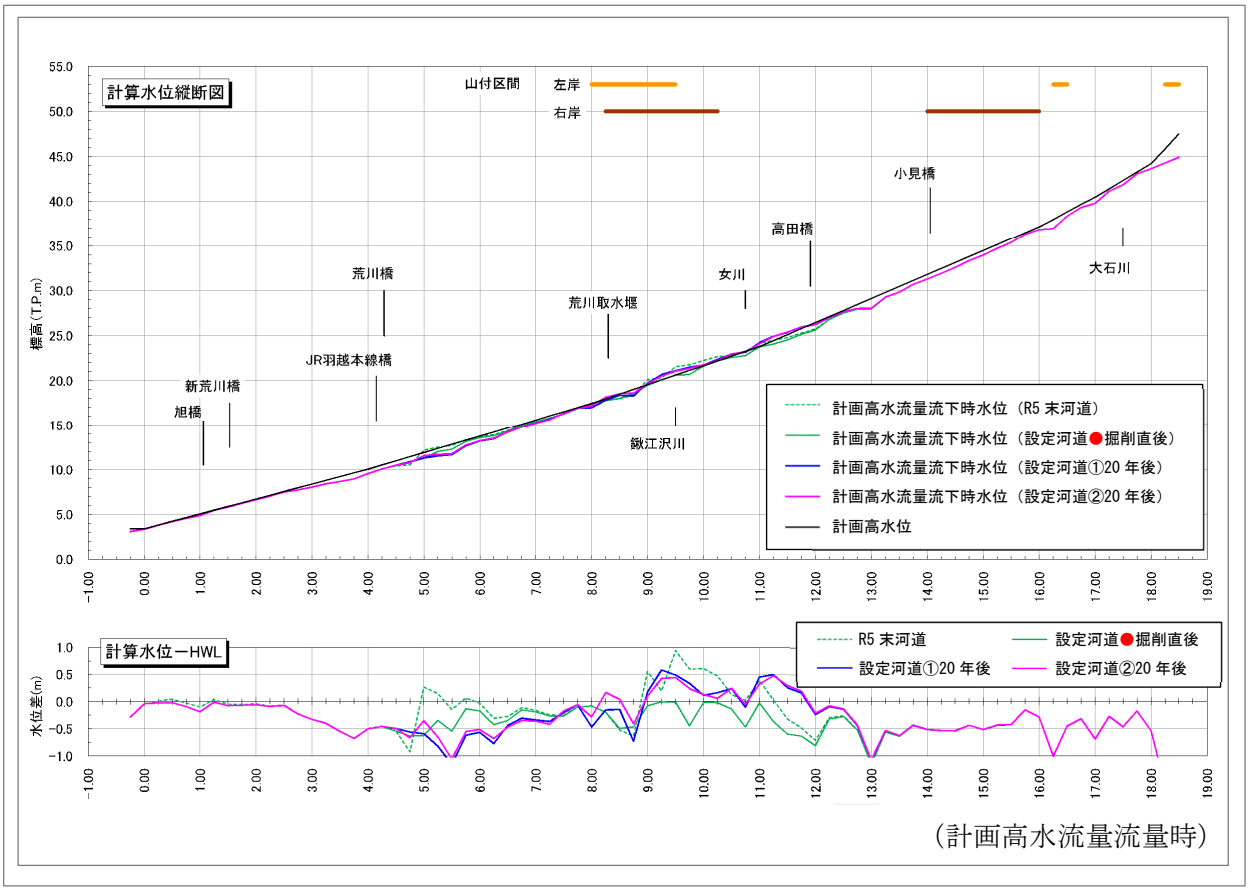


図 2-33　掘削直後の設定河道と予測計算による 20 年後の予測河道との計算水位の比較

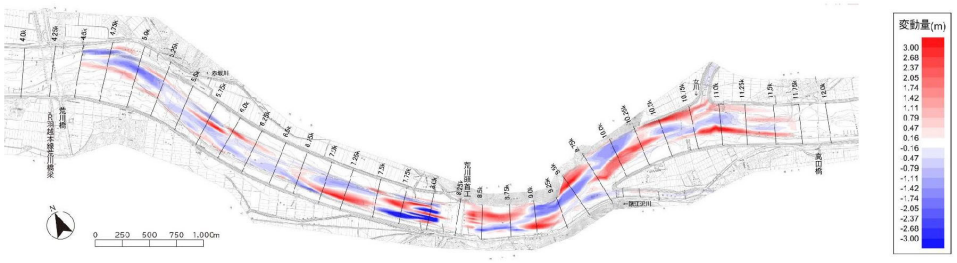
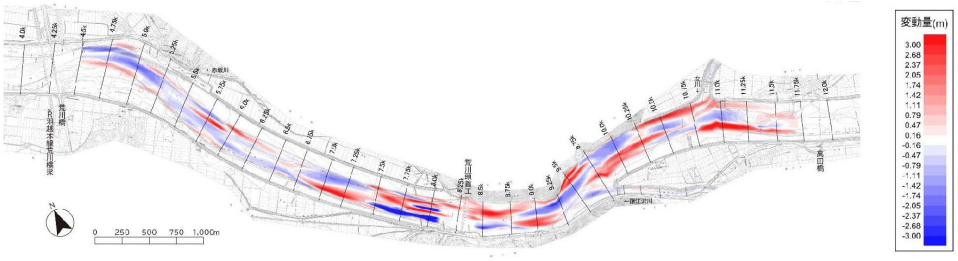
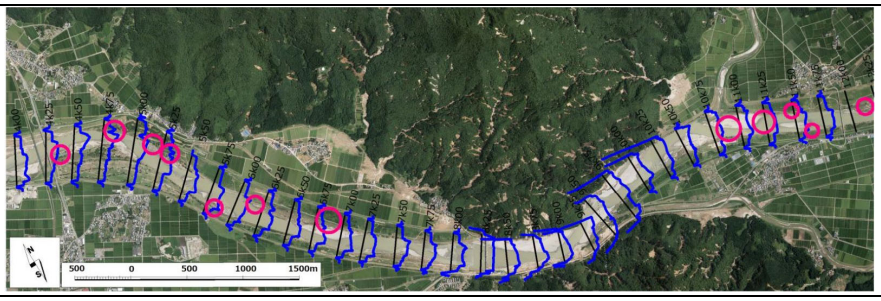
設定河道① 河床変動高 （10 年後）	
設定河道① 河床変動高 （20 年後）	
たんぽ 位置図	

図 2-34　10 年後・20 年後の河床変動高（たんぽ確認位置）

2.6.4　雲出川での事例

雲出川では、平均年最大流量及び整備計画流量を対象に瀬淵（水深・流速）、アユの産卵場（水深・流速）、植生流失（流出評価指標(WOI)）による治水、物理・生物環境の評価を行っている（図 2-35、図 2-36 参照）。

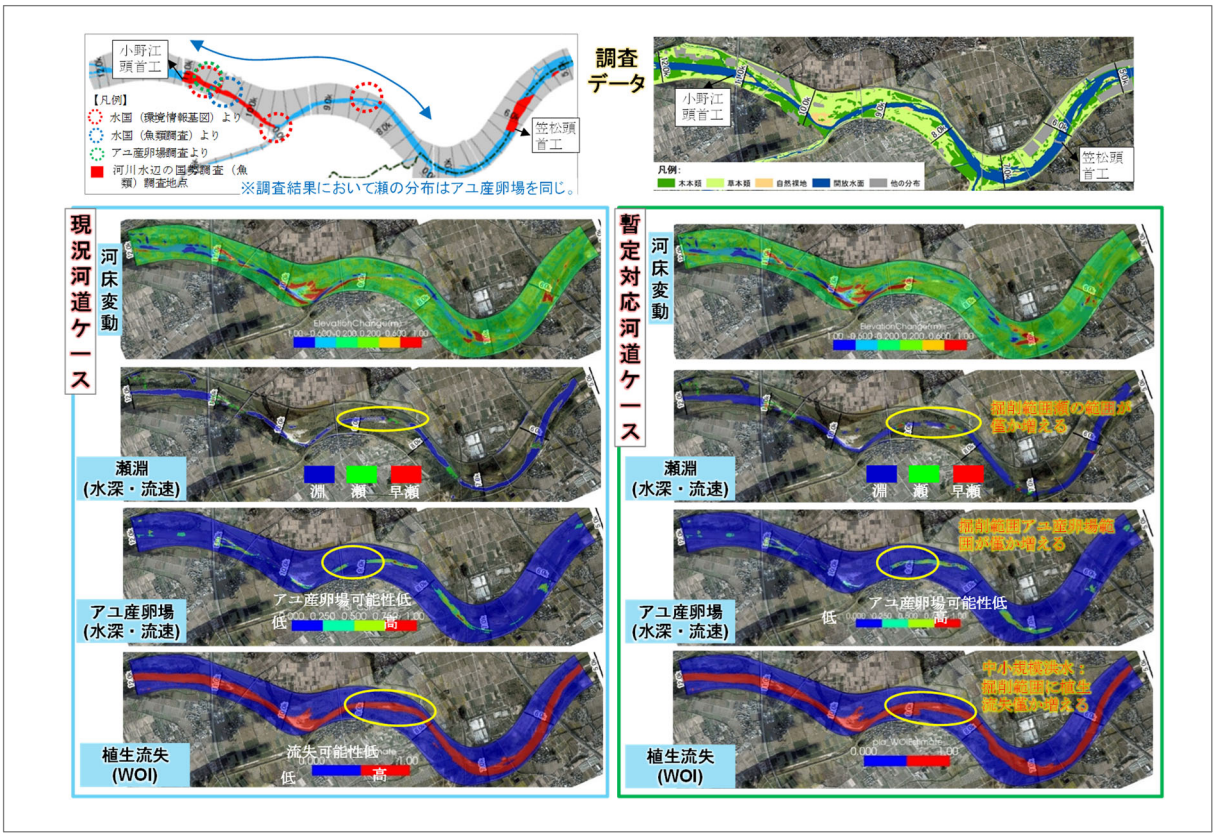


図 2-35　現況河道と暫定対応河道環境比較（平均年最大流量）

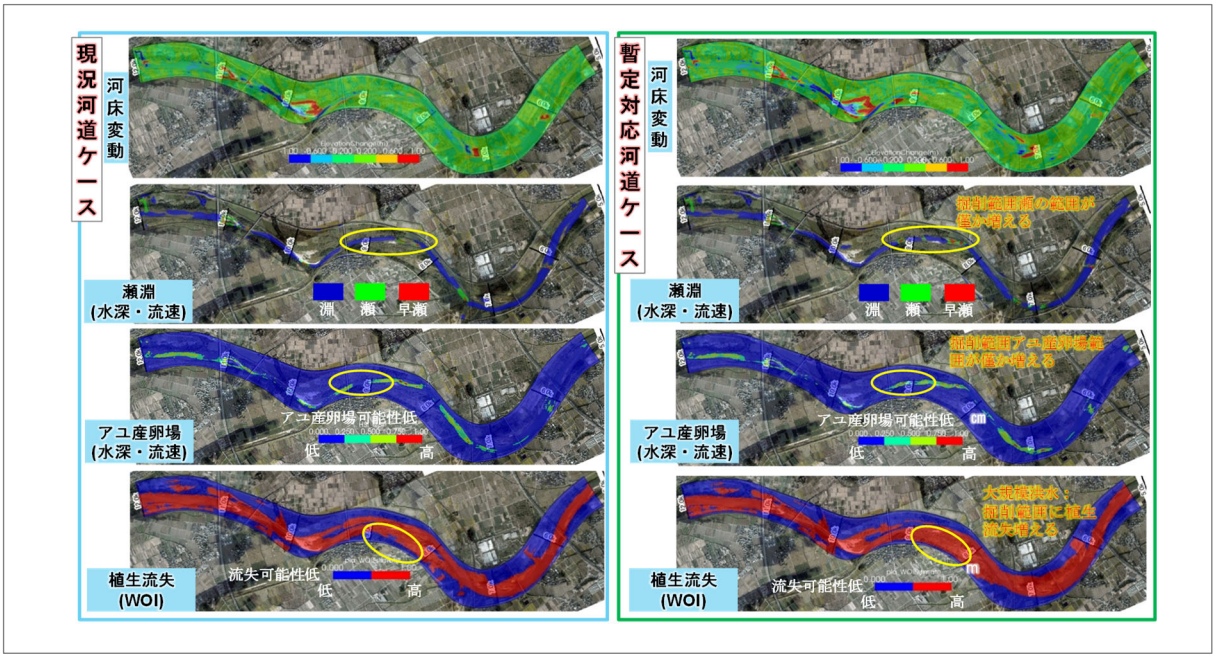


図 2-36　現況河道と暫定対応河道環境比較（整備計画流量）

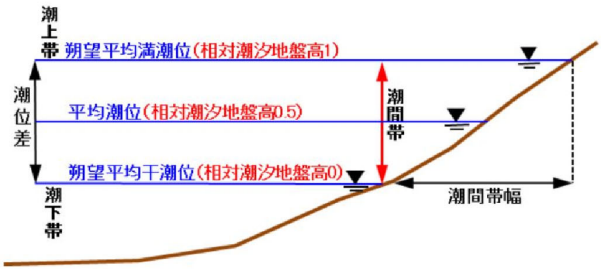
2.6.5　熊野川での事例

熊野川では、検討区間が感潮域に位置していることから、整備計画河道と 10 年後予測河道における汽水域の生物が選好する相対潮汐地盤高の変化について比較している。

●相対潮汐地盤高による評価

(1) 相対潮汐地盤高の考え方

対潮汐地盤高は、感潮域における比高の指標である。相対潮汐地盤高の値は、朔望平均満潮位が1、平均潮位が0.5、朔望平均干潮位が0に相当する。この関係を活用して、河川改修工事断面を検討することにより、保全すべき生物への影響を最小化することなどが期待されている。（出典：国土交通省 水管理・国土保全局 河川管理課(2019)，大河川における多自然川づくり －Q&A形式で理解を深める－）



【相対潮汐地盤高の算出方法】

$$相対潮汐地盤高 = \frac{標高 - 朔望平均干潮位}{朔望平均満潮位 - 朔望平均干潮位}$$

出典:前田義志・中村圭吾・鈴木宏幸・甲斐崇・服部敦(2016),環境管理を目的とした河川汽水気における底生動物と生息場の定量的関係の把握

【朔望平均満潮位・朔望平均干潮位の基準】

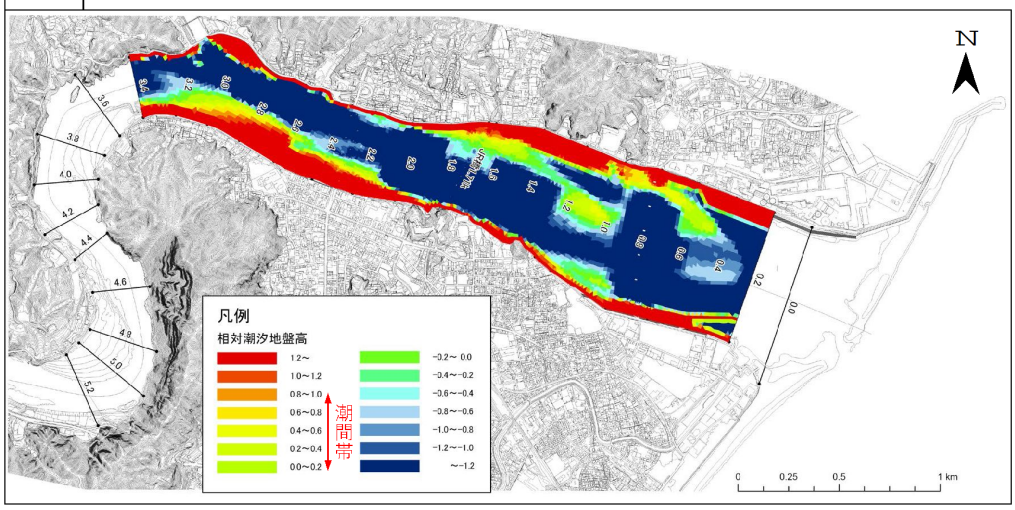
・朔望平均満潮位 T.P.： 1.019m（浦神：2018－2022）

・朔望平均干潮位 T.P.：-0.754m（浦神：2018－2022）

(2) 熊野川の相対潮汐地盤高

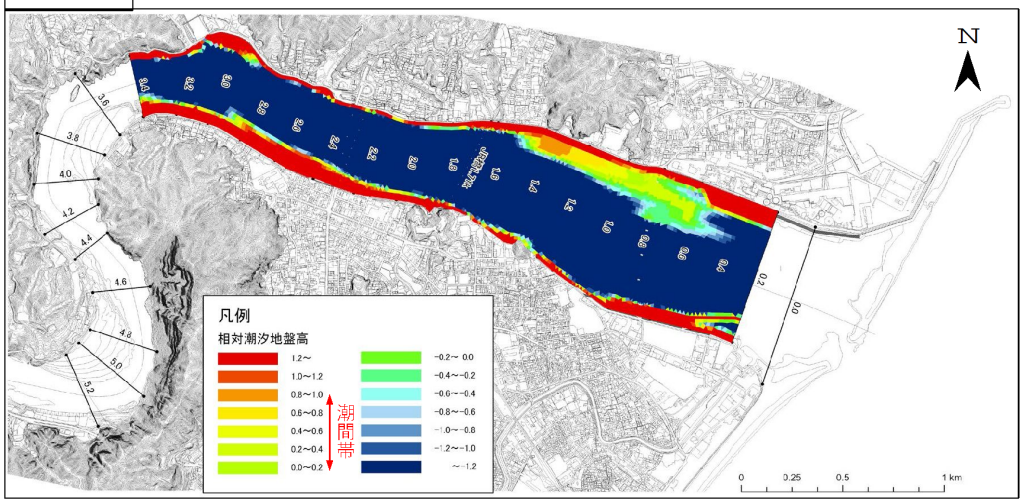
河川汽水域における環境管理を考えた場合、何が重要で、その重要な環境がどれくらい存在するのかを把握する必要がある。そこで、相対潮汐地盤高の分布を「R3測量データ、河川整備計画完成河道、河川整備計画完成河道＋10年後予測」の３つに分けて図化した。なお、この図では生物の生息に重要な相対潮汐地盤高である0.0～1.0（潮間帯に相当するため、潮間帯幅も明示される）を薄黄色～薄赤で示している。

R3



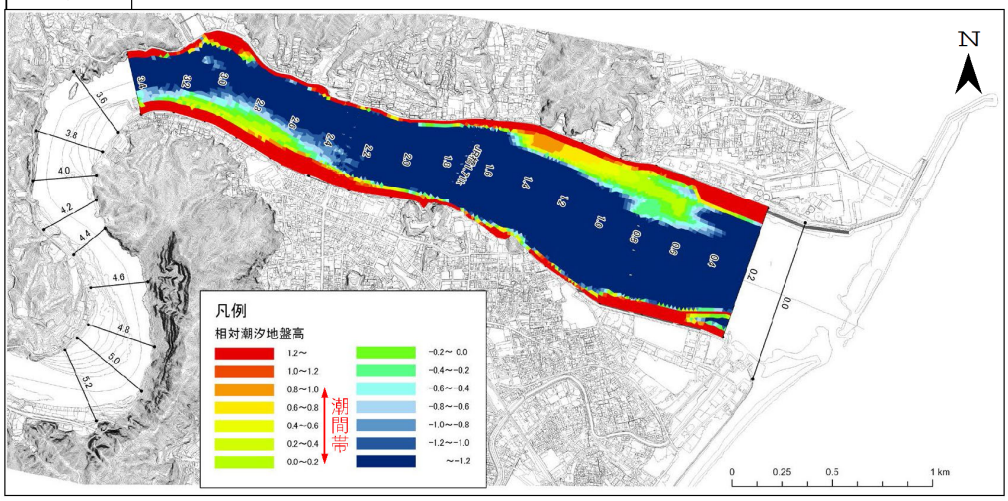
相対潮汐地盤高の表示例（R3 年度測量データ）

完成直後



相対潮汐地盤高の表示例（河川整備計画完成河道）

10年後



相対潮汐地盤高の表示例（河川整備計画完成河道＋10 年後予測）

※注）河口部は砂州の影響を考慮し、海域までモデルを延伸して計算している。

図 2-37　相対潮汐地盤高の作成

(3) 相対潮汐地盤高の選好性の検討結果

令和元年度に実施された底生動物と魚類の調査結果を用いて、熊野川の汽水域の生物（底生動物、魚類）が選好する相対潮汐地盤高を調べた。

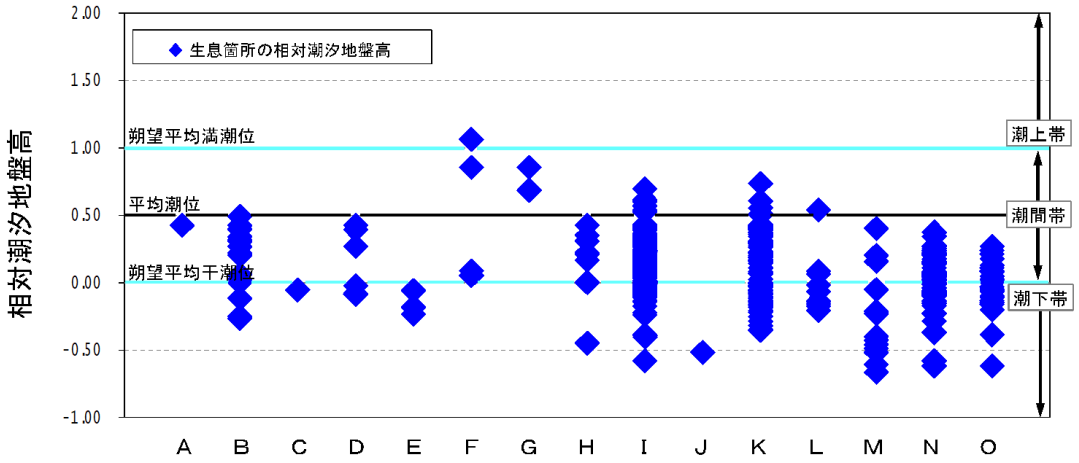


図 2-38　相対潮汐地盤高の選好性の検討結果（図はイメージ）

(4) 相対潮汐地盤高の将来予測

河川整備計画の河道掘削工事完成時を初期河道条件として、10ヵ年後の将来河道との相対潮汐地盤高を比較した。

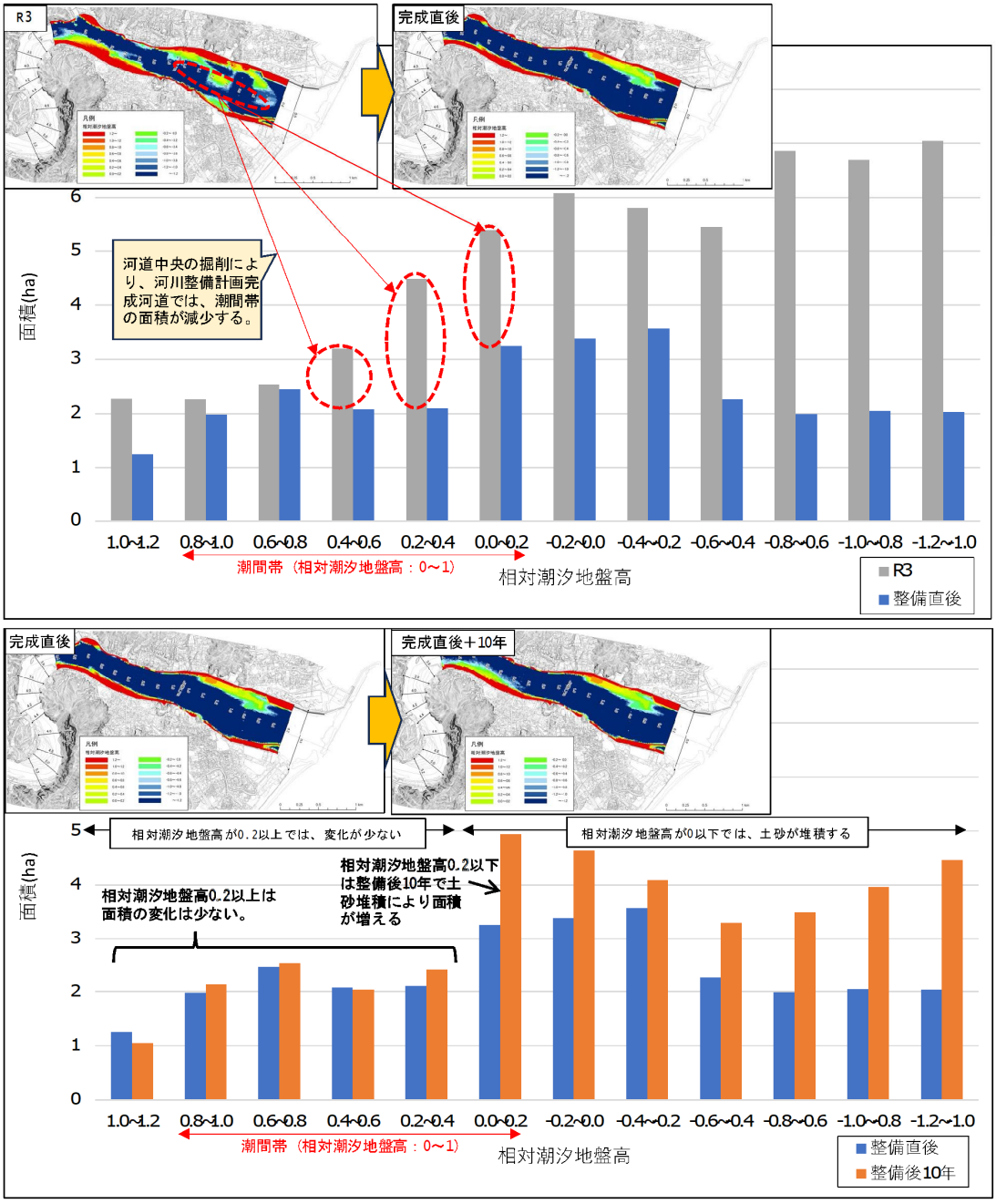
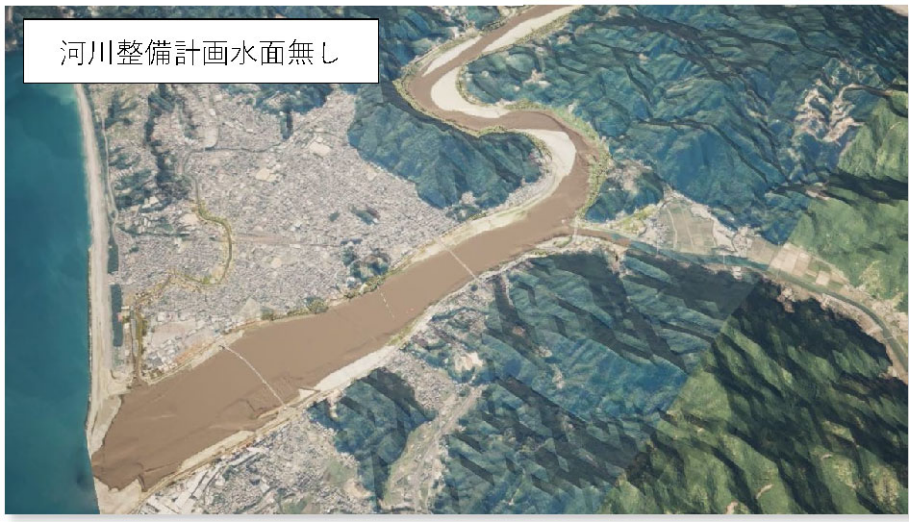


図 2-39　相対潮汐地盤高の経年変化予測

●ゲームエンジンによる視覚化



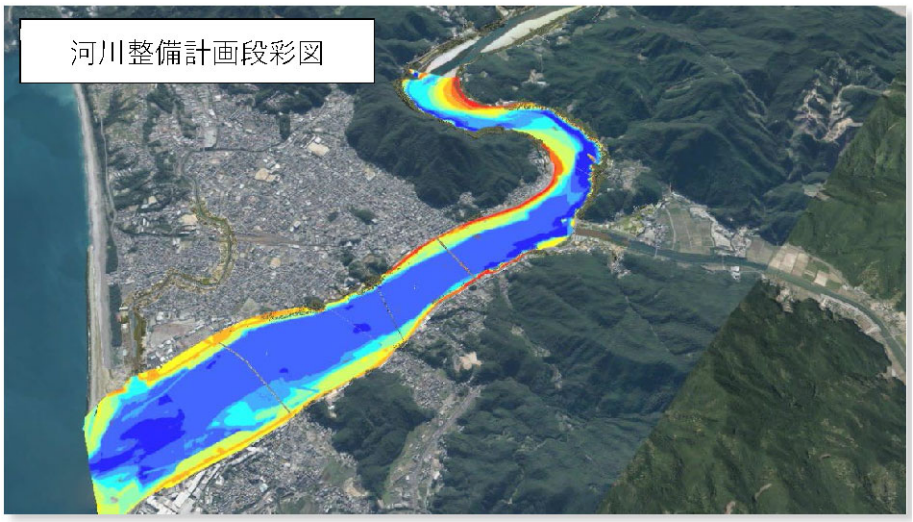


図 2-40　ゲームエンジンによる河川整備計画河道の再現

2.6.6　川内川での事例

川内川では、ゲームエンジンを用いて 3 次元イメージのコンセプトに応じた細やかな地形を作成し、景観を確認している（図 2-41 参照）。

※「⑤河川整備計画又は暫定整備の河道の作成、代替案の河道の作成」にも該当

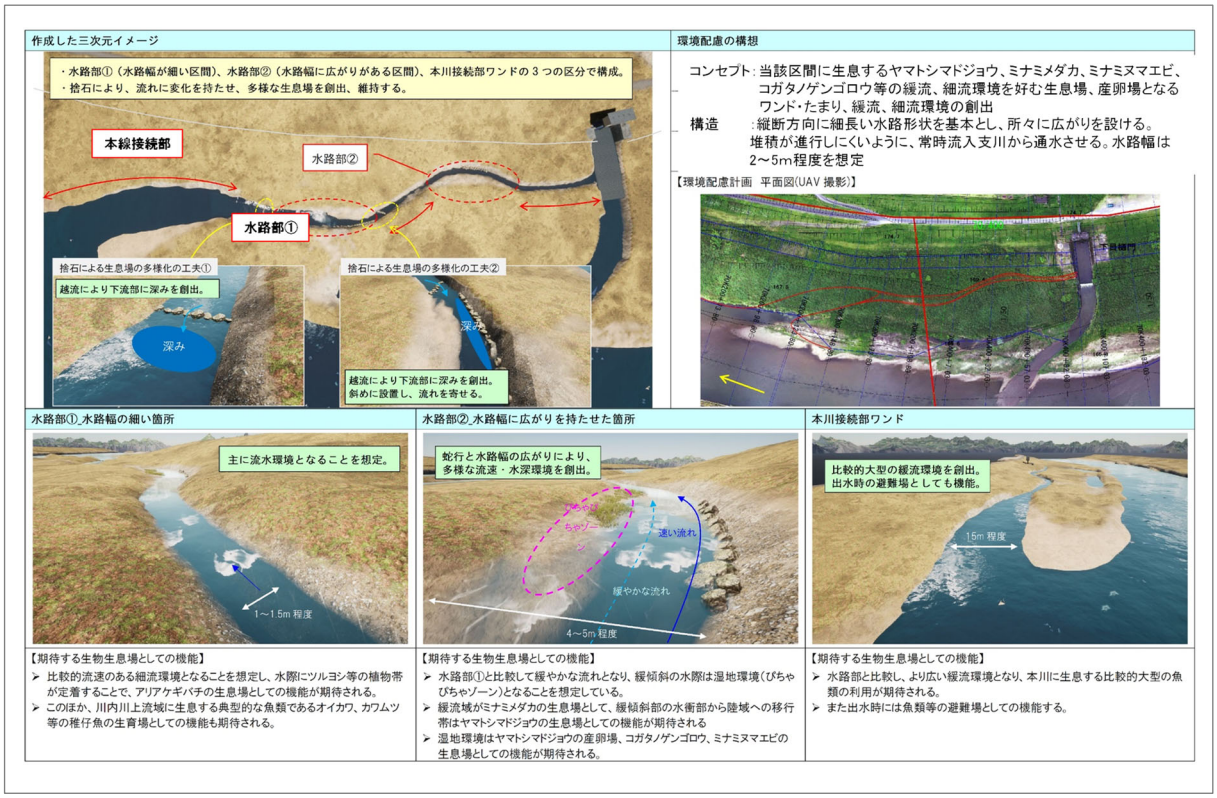
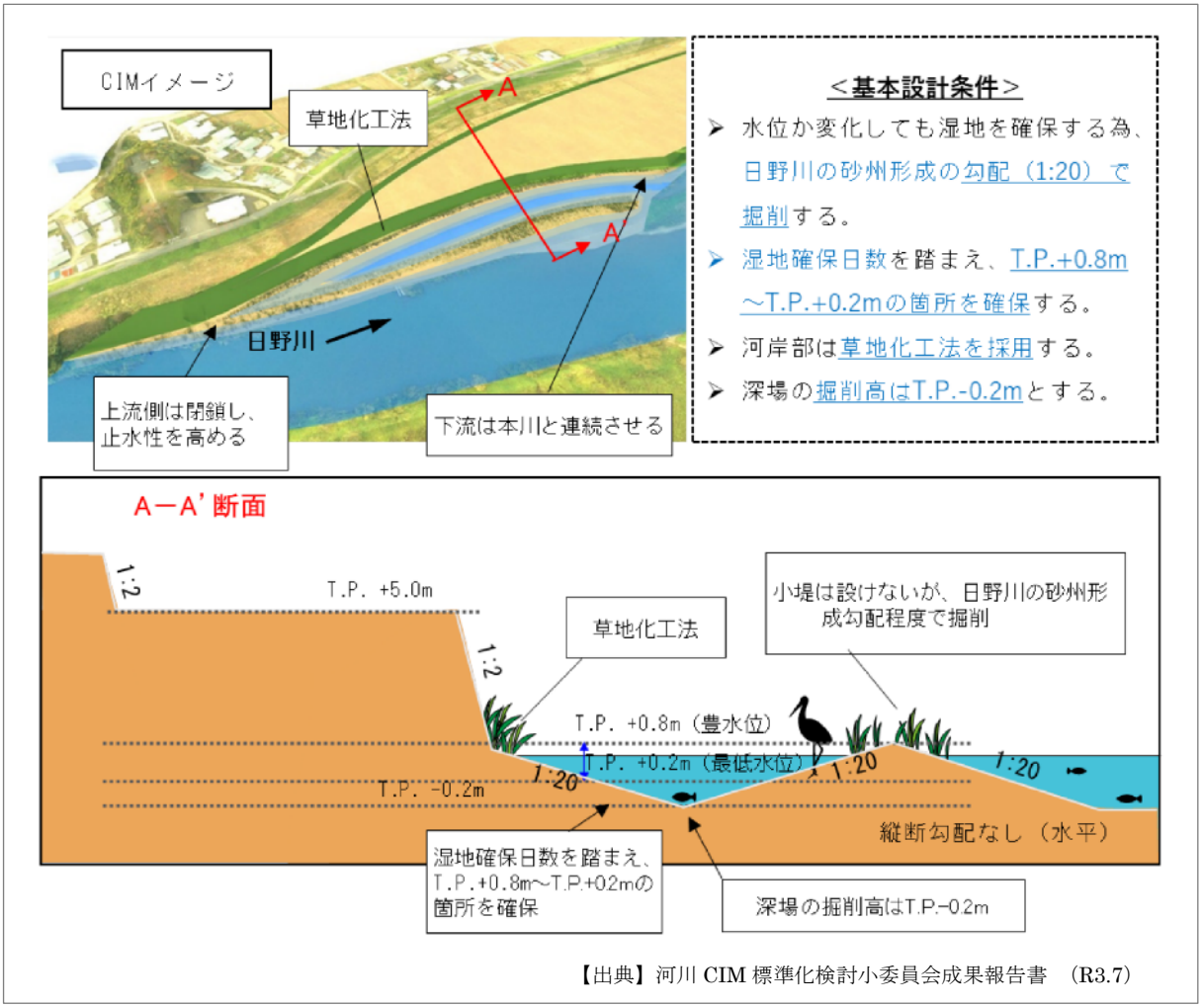


図 2-41　ゲームエンジンを用いた多自然川づくりの 3 次元イメージ

2.7　⑧必要に応じて有識者の意見聴取

2.7.1　日野川での事例

九頭竜川水系日野川片粕地区では、測量・設計・施工の一連の段階において BIM/CIM を活用しており、設計条件を整理したうえで、BIM/CIM モデル（1 次案）を作成し、有識者会議において有識者から意見を聴取し、基本設計条件に反映している（図 2-42 参照）。詳しくは「河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書　(R3.7)」を参照されたい。



【出典】河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書　(R3.7)

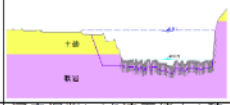
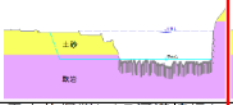
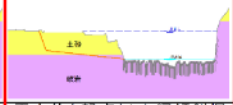
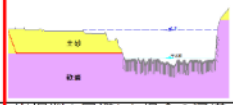
図 2-42　有識者の意見を踏まえた湿地形状の条件

2.8　⑨河道の決定

2.8.1　阿武隈川での事例

阿武隈川では、治水・環境面・維持管理面の評価のほか、事業費、施工性等を総合的に評価し河道掘削案の最適案を選定している（表 2-5 参照）。

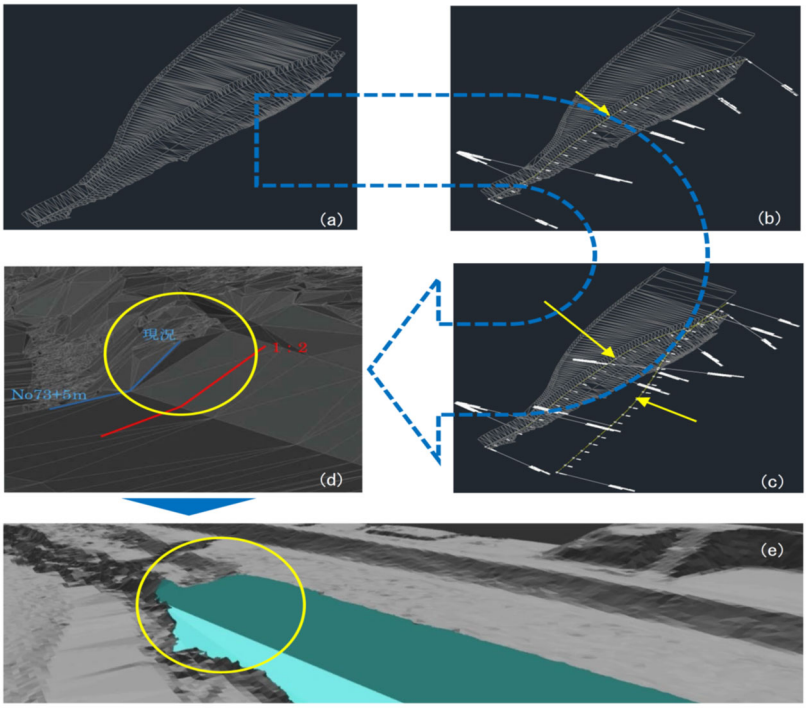
表 2-5　複数案の検討比較

項目		①案：河床掘削	②案：平水位掘削	③案：平水位＋緩傾斜掘削	④案：岩掘削回避
掘削形状					
掘削方針		河床掘削により流下能力を確保する案	平水位掘削による河道拡幅を行う案	平水位を起点とした緩傾斜掘削による河道拡幅を行う案	岩掘削を回避した場合の河道拡幅案
掘削量	土砂	346,000 m3	600,000 m3	640,000 m3	862,000 m3
	軟岩	135,000 m3	33,000 m3	18,000 m3	0 m3
	合計	481,000 m3	633,000 m3	658,000 m3	862,000 m3
概算事業費（用地費含む）		2,240 百万円（仮締切含む） ◎	2,770 百万円（仮締切無し） ○	2,980 百万円（仮締切無し） △	4,040 百万円（仮締切無し） ×
事前に実施した評価項目	河道の安定性	・低水路の川幅が広がり、河床を掘り下げるため、平水時の水深や流速が小さくなり、現況河道に対して土砂堆積等の発生の可能性が高くなる ・摩擦速度は 94.4k 付近と 97.0k 付近で現況よりも小さくなるが、堆積傾向まで低下しておらず、洗掘～安定傾向となっている △	・平水位以下の河道断面は変わらないため、平常時の河道は現況と変わらず安定する ・摩擦速度は滑川地区全区間を通して変動量が小さいため、洗掘や堆積等が生じにくく、安定した河道になると考えられる ○	・平水位以下の河道断面は変わらないため、平常時の河道は現況と変わらず安定する ・摩擦速度は滑川地区全区間を通して変動量が小さいため、洗掘や堆積等が生じにくく、安定した河道になると考えられる ○	・平水位以下の河道断面は変わらないため、平常時の河道は現況と変わらず安定する ・摩擦速度は現況からの変動量が最も大きく、特に 97.0k から 96.0k にかけて急激に摩擦速度が小さくなるため、97.0k 付近では河床低下、95.2k 付近では土砂堆積の可能性がある △
	取水施設への影響	・平水位が最大で 1.6m 程度下がるため、取水施設への影響が大きいと考えられる ×	・平水位が現況と変わらないため、取水施設への影響は小さいと考えられる ○	・平水位が現況と変わらないため、取水施設への影響は小さいと考えられる ○	・平水位が現況と変わらないため、取水施設への影響は小さいと考えられる ○
	施工性（作業日数：施工機械 1 セットの場合）	・平水位以下の掘削となるため、仮締切や水替え、濁水処理等の仮設が必要であり施工性に劣る ・全体の掘削量は少ないが、岩掘削が最も多く、仮締切工の設置手間を含めると、施工工期が最も長くなる（作業日数：1200 日） ・仮締切等の仮設手間及び岩掘削量を考慮すると、3 案の中で最も施工が困難である ×	・平水位以上の掘削であるため、仮締切や水替え等の仮設が不要であり施工性に優れる ・岩掘削が 3 番目に少なく、土砂掘削も比較的少ないため、施工工期が比較的短くなる（作業日数：940 日） ・仮締切工が不要であり、岩掘削量が①案よりも少なく、土砂掘削量が③案よりも少ないため施工が容易である ○	・平水位以上の掘削であるため、仮締切や水替え等の仮設が不要であり施工性に優れる ・岩掘削が 2 番目に少なく、土砂掘削も比較的少ないため、施工工期が比較的短くなる（作業日数：950 日） ・仮締切工が不要であり、岩掘削量が①案よりも少なく、土砂掘削量が③案よりも少ないため施工が容易である ○	・平水位以上の掘削であるため、仮締切や水替え等の仮設が不要であり施工性に優れる ・岩掘削が無いが、土砂掘削量が非常に多くなるため、施工工期が比較的長くなる（作業日数：1210 日） ・土砂掘削量が最も多いが、仮締切工が不要であり、岩掘削が不要であるため施工が容易である △
	環境	・水域の生物の生息環境への影響が懸念される △	・平水位の掘削面がフラットなため土砂堆積による再樹林化が懸念される △	・水域から陸域への移行帯が確保される ・ﾔﾅｷﾞ等の定着面積が少なく樹林化の進行が抑制される ・平水位以下の水域の生物の生息環境は保全される ・鳥類の生息環境の改変範囲は④に比較し抑制される ○	・広範囲を掘削するため、草地に生息する草原性鳥類への影響や高水敷の裸地化による外来種の侵入が懸念される △
河道3次元設計ツールを用いて追加した評価項目	河床変更傾向	・現況河道と比較して、平均年最大流量では上流側で変動が大きい箇所が見受けられる ・流量規模が増すと現況の変動との差は大きくなる △	・現況河道と概ね同様な河床変動傾向を示す ・流量規模が増すと現況の変動との差は大きくなる ○	・現況河道と概ね同様な河床変動傾向を示す ・流量規模が増すと現況の変動との差は大きくなる ○	・現況河道と比較して、平均年最大流量では下流側で変動が小さい箇所が見受けられる ・流量規模が増すと現況の変動との差は大きくなる △
	陸生植物の生育可否	・掘削範囲の WOI は 1 以上であり、陸生植物の流失の可能性は高いと考えられる ○	・掘削範囲の WOI は 1 以上であり、陸生植物の流失の可能性は高いと考えられる ○	・掘削範囲の WOI は 1 以上であり、陸生植物の流失の可能性は高いと考えられる ○	・掘削範囲の WOI は 1 以上であり、陸生植物の流失の可能性は高いと考えられる ○
	再樹林化	・掘削範囲の U_*^2 は閾値（$150cm^2/s^2$）以上であり、ヤナギの種子は流失すると考えられる ○	・掘削範囲の U_*^2 は閾値（$150cm^2/s^2$）以上であり、ヤナギの種子は流失すると考えられる ○	・掘削範囲の U_*^2 は閾値（$150cm^2/s^2$）以上であり、ヤナギの種子は流失すると考えられる ○	・掘削範囲の U_*^2 は閾値（$150cm^2/s^2$）以上であり、ヤナギの種子は流失すると考えられる ○
	河道内の多様性	・上流側で瀬・早瀬が増加、淵が減少し、全体的に単調な環境となると考えられる ×	・現況河道と大きな違いは見られない ○	・現況河道と大きな違いは見られない ○	・現況河道と大きな違いは見られない ○
	河岸の多様性	・掘削箇所は、水深が一様で単調であり、低水路との間で大きな流速差が生じる △	・掘削箇所は、水深が一様で単調であり、低水路との間で大きな流速差が生じる △	・掘削箇所は、様々な水深帯を有し、低水路との間の流速差は小さく、移行帯を形成 ○	・掘削箇所は、水深が一様で単調であり、低水路との間で大きな流速差が生じる △
	草本の定着可能性	・掘削範囲の大部分で草本の定着が難しい ×	・掘削範囲の大部分で草本の定着が難しい ×	・掘削範囲の一部では草本が定着 △	・掘削範囲の大部分で草本の定着が難しい ×
総合評価		×	○	◎	△

2.9　⑩ICT 施工に向けての図面の微修正

2.9.1　日野川での事例

九頭竜川水系日野川片粕地区では、BIM/CIM モデルで作成された TIN サーフェスより、ICT 施工用 LandXML を出力し、施工者に受け渡している。施工者は LandXML の照査を行い、受注者との数回のやり取りにより図面を微修正し、ICT 施工を実施している（図 2-43、図 2-44 参照）。詳しくは「河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書（R3.7）」を参照されたい。



【出典】河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書　（R3.7）

図 2-43　施工前の照査と対応

【出典】河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書　（R3.7）

図 2-44　ICT 施工状況と完成写真

3.　河道の３次元設計ツール

3.1　河道の３次元設計ツールの概要

河道の 3 次元設計ツールの活用により評価可能な項目として整理したものを表 3-1 に示す。また、各ツールの概要について以降に示す。

表 3-1　河道の３次元設計ツールの活用により評価可能な項目

		評価項目	具体的な活用事例
治水・維持管理	流下能力	計画高水位	流下能力の確認
		土砂堆積	河道掘削等の対策検討 維持管理しやすい河道の検討
		草本・樹木繁茂 （WOI(整備計画流量 等)）	樹木伐採計画検討、維持管理しやすい河道の検討
	局所的な 流速・流向・抵抗	水衝部（流速・河床変動量）	洗掘状況の定量把握
		河川横断工作物設置個所の 安定性（流速、河床変動量）	洗掘状況の定量把握
	構造物	許可工作物（橋梁）の安定性 （周辺の流速・河床変動量）	橋脚部洗掘状況把握
環境	自然環境	裸地 （WOI（整備計画流量等））	自然裸地の確保
		草本 （流速・水深による水際評価）	草本の定着の可能性
		草本・樹木 （WOI(平均年最大流量、整備計画流量 等)）	草本の育成環境（樹木が繁茂しにくい環境）、対象とする樹木の存知できる環境の確認
		魚類の生息場（瀬・淵（水深・流速、フルード数））	生物の生息環境確保
		魚類の生息場（PHABSIM）	特定の魚類の生息場確保
		ワンド	ワンド形状・維持等の確認
		外来種（WOI or 摩擦速度）	外来種の侵入のしやすさ
		河床の状態	洪水を受けた時の河床の物理環境（移動のしやすさ、河床の安定性）
	河川景観	場のデザイン（統合モデル・ゲームエンジン等の活用）	水辺の空間整備方針

3.1.1　水理・環境解析ソフトウェア

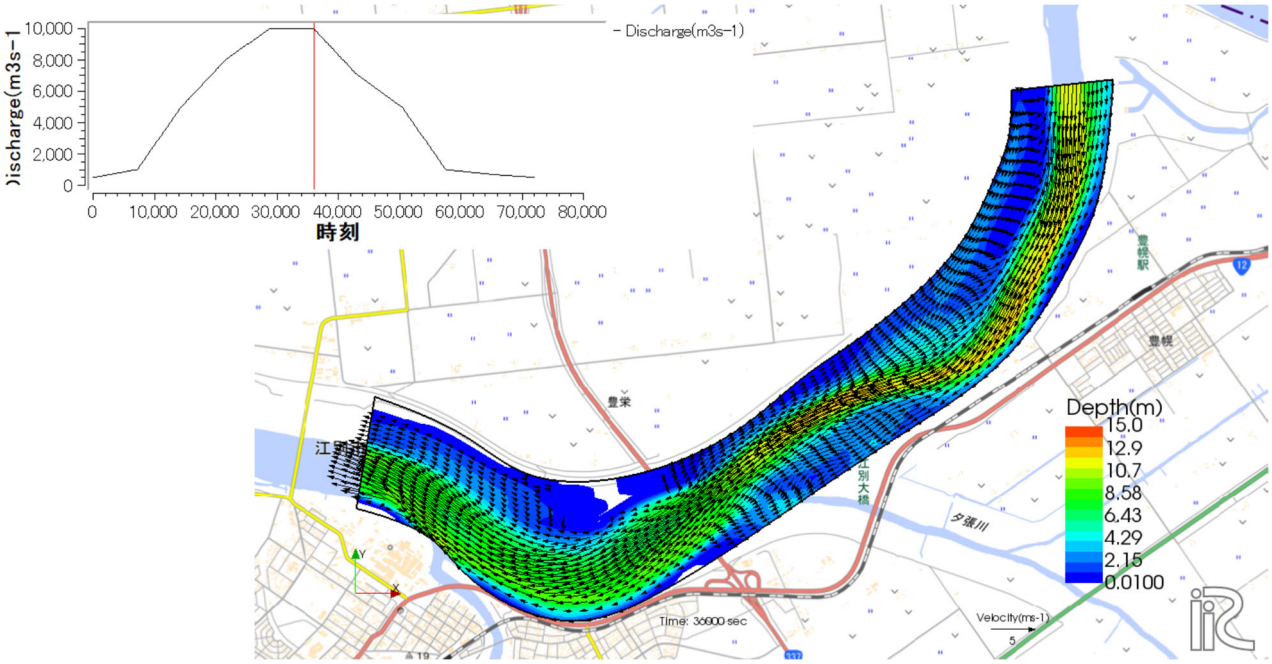
ここでは汎用的なソフトウェアである iRIC を紹介する。

【iRIC HP】
https://i-ric.org/
【土木研究所 自然共生研究センターHP】
https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/research/m3_05.htm

(1)　Nays2DH

iRIC のソルバーの 1 つであり、平面二次元計算により、河川における流れ、河床変動、河岸侵食などの計算が可能である（図 3-1 参照）。

【マニュアル】
https://i-ric.org/download-file/?dlkey=5203b4256ede574e8808ee2df04ac404
【事例集】
https://i-ric.org/download-file/?dlkey=5048f318b0032bf695a0b980a6dabea9
【サンプルデータ】
https://i-ric.org/download-file/?dlkey=118ea455a32910c168000519efef951c



【出典】https://i-ric.org/download-file/?dlkey=5048f318b0032bf695a0b980a6dabea9

図 3-1　Nays2DH の編集画面（コンター図（水深）とハイドログラフ）

(2)　EvaTRiP　EvaTRiP Pro

iRIC のソルバーの１つであり、Nays2DH 等を用いて得た水深や流速の計算結果を入力値として、環境に関する評価値を算出することが可能である。

①護岸要否の評価（流速に対して護岸の要否箇所の評価）、②移動限界粒径の評価（砂礫が移動を開始する限界粒径の評価）、③陸生植物生育可否の評価（河道内の陸生植物の生育の有無についての評価）、④魚類生息場の評価（PHABSIM 法）、⑤瀬淵分析といった機能が備わっている（図 3-2、図 3-3）。

＜EvaTRiP＞

【マニュアル】 https://i-ric.org/download/evatrip-solver-manual-v3/

【事例集】 https://i-ric.org/download/evatrip-solver-example-v3/

【事例データ】 https://i-ric.org/download/evatrip-example-data/

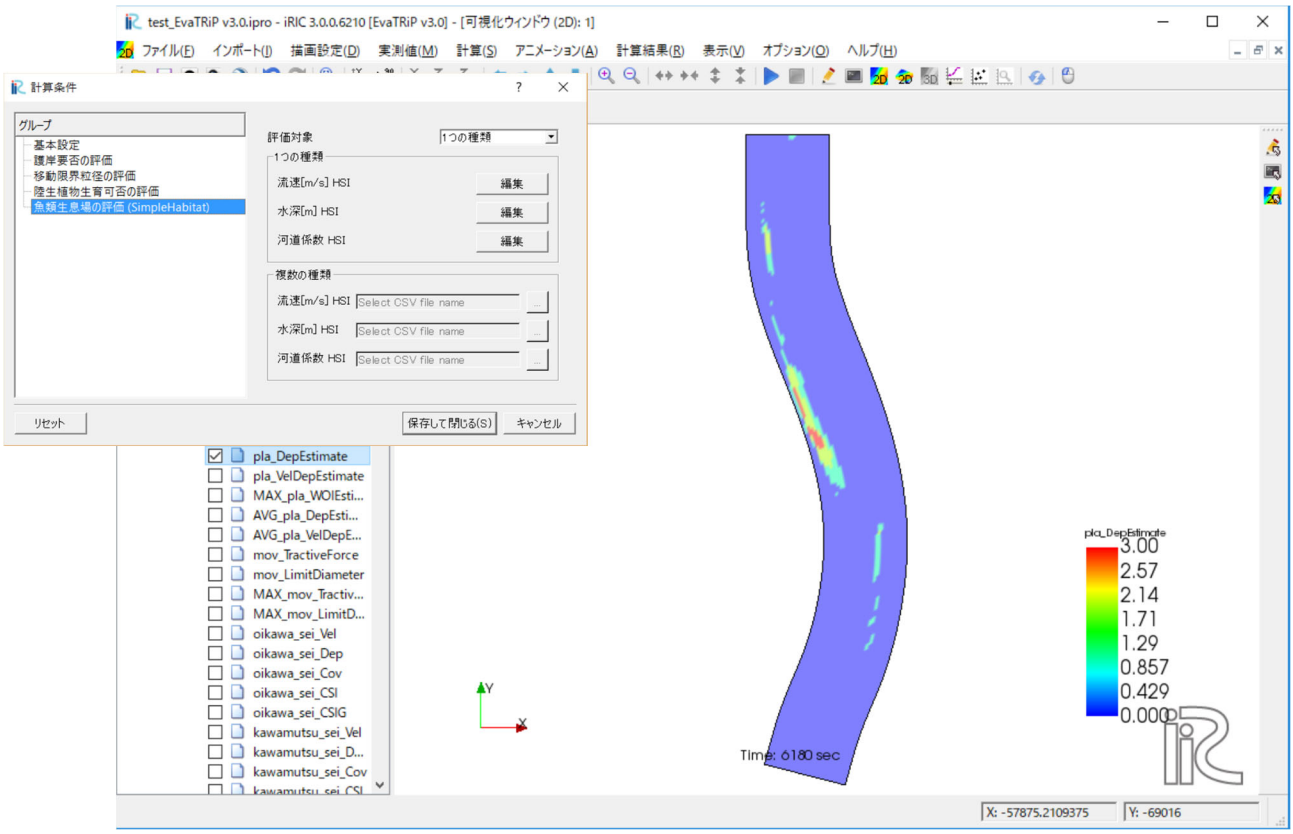
【使用方法】 https://i-ric.org/download/evatrip-how-to-use/

＜EvaTRiP Pro＞

【マニュアル】 https://i-ric.org/webadmin/wp-content/uploads/2021/04/manual-2.pdf

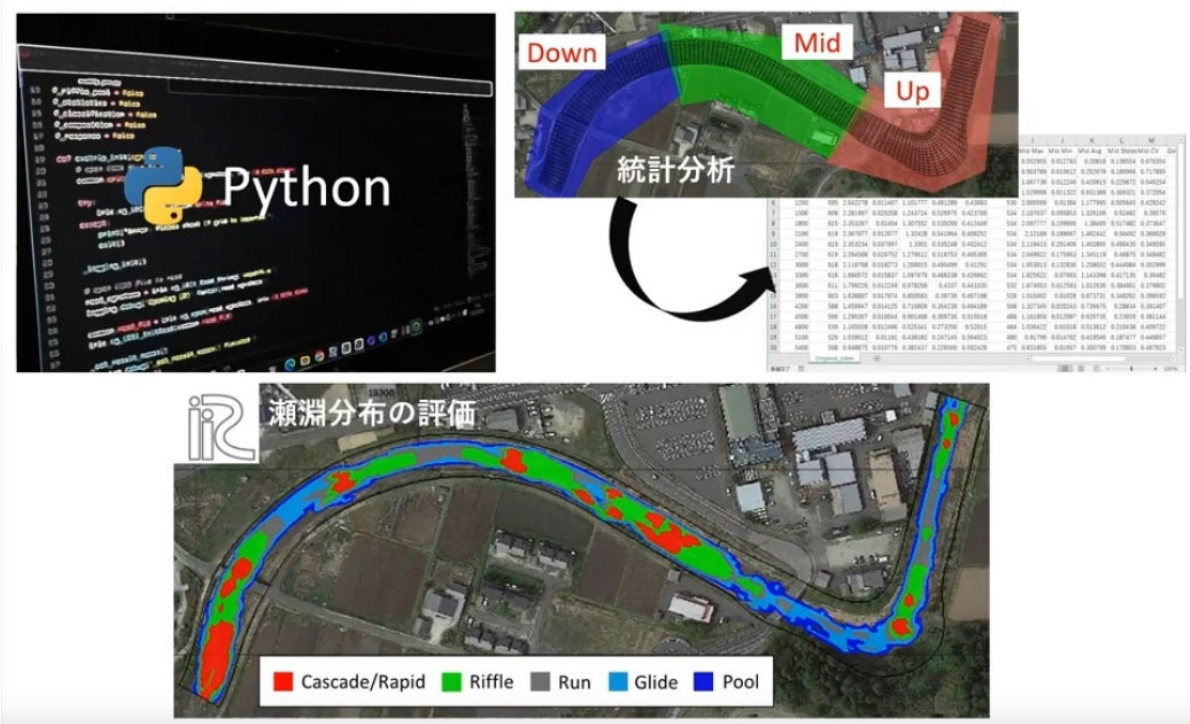
【動画】 https://www.youtube.com/watch?v=2xCdC9DmVLA

【サンプルデータ】 https://forms.gle/TM9mzMcPWh1ZQzDC8



【出典】https://i-ric.org/download/evatrip-solver-example-v3/

図 3-2　EvaTRiP による魚類生息場の評価モデルによる計算



【出典】https://i-ric.org/solvers/evatrip-pro/

図 3-3　EvaTRiP Pro による瀬淵分布の評価等

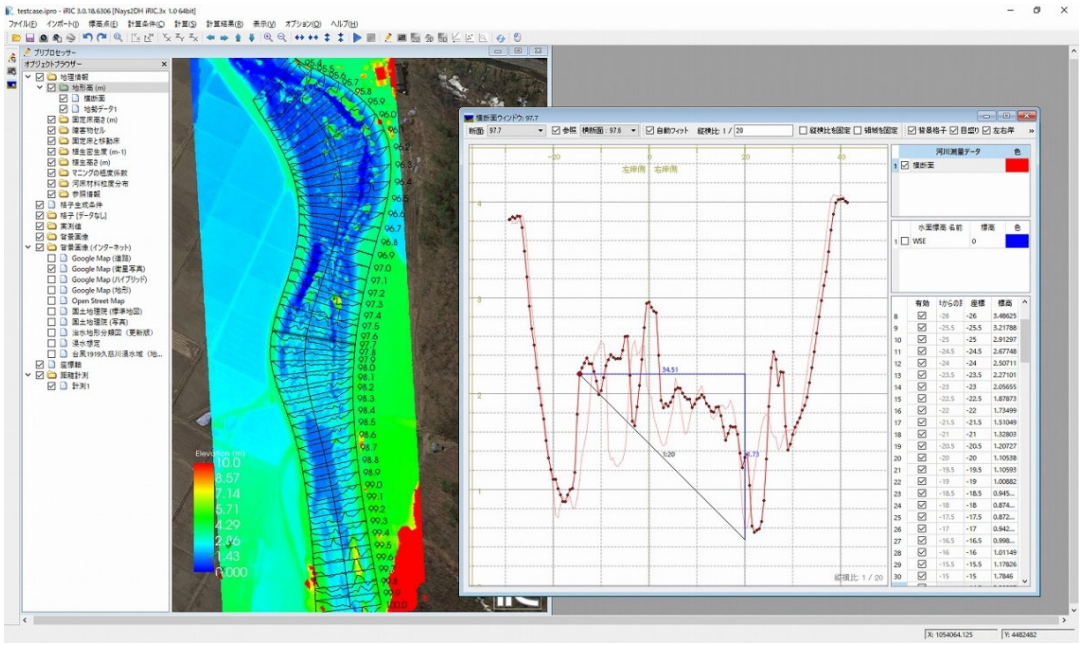
(3)　RiTER Xsec

iRIC に実装されている機能であり、横断面ベースでの地形編集でありながら、3 次元地形モデルの編集を行うことが可能である（図 3-4 参照）。

＜RiTER Xsec＞

【動画①基礎知識編】 https://www.youtube.com/watch?v=OUx-DwpVOXo

【動画②実践編】 https://www.youtube.com/watch?v=UXg89DKhaI0



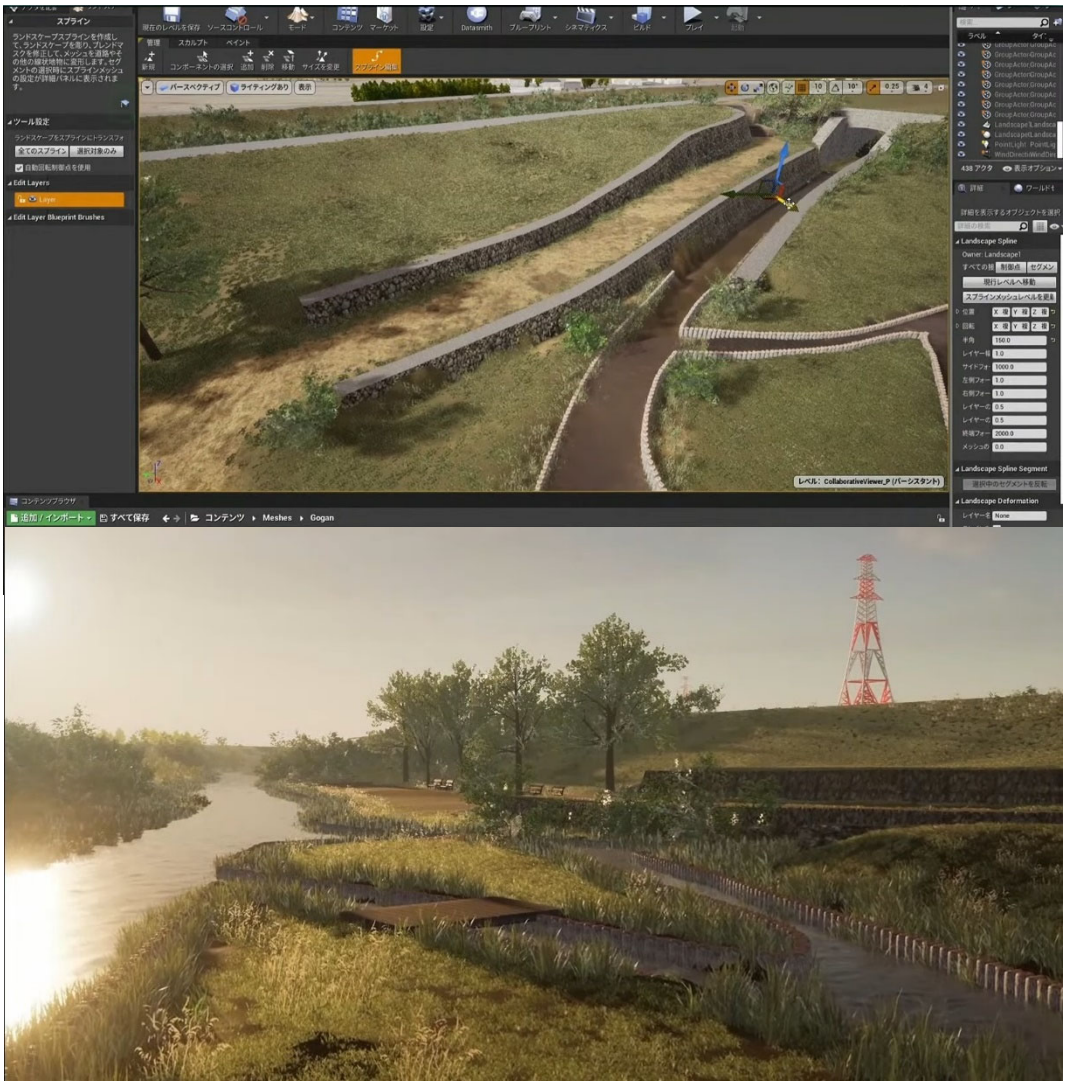
【出典】国立開発研究法人 土木研究所 自然共生研究センターHP

図 3-4　RiTER Xsec で編集した地形

3.1.2　ゲームエンジン

ゲーム制作に必要な機能を提供するソフトウェアパッケージの総称である。粘土を加工するようなイメージで地形編集ができ、自然な形状を作ることが可能である。また、検討初期などの構造物の詳細形状が定まっていない段階でも、質感を表現するテクスチャを用いることで完成時に近い表現が可能である（図 3-5 参照）。ネットワークゲームなどに代表される、多人数での仮想空間共有により、離れた拠点間でも同じ仮想空間に入って確認ができる。

【UNREAL FEST EXTREME 2021 WINTER 公式サイト】
https://unrealengine.jp/unrealfest/extreme2021winter/
【動画】
https://www.youtube.com/watch?v=yR5AhFqaVVY
【ゲームエンジンを用いた川づくりツールの操作マニュアル(案)(九州地方整備局　令和 4 年 10 月)】
http://www.qsr.mlit.go.jp/infradx/indexgettool.html



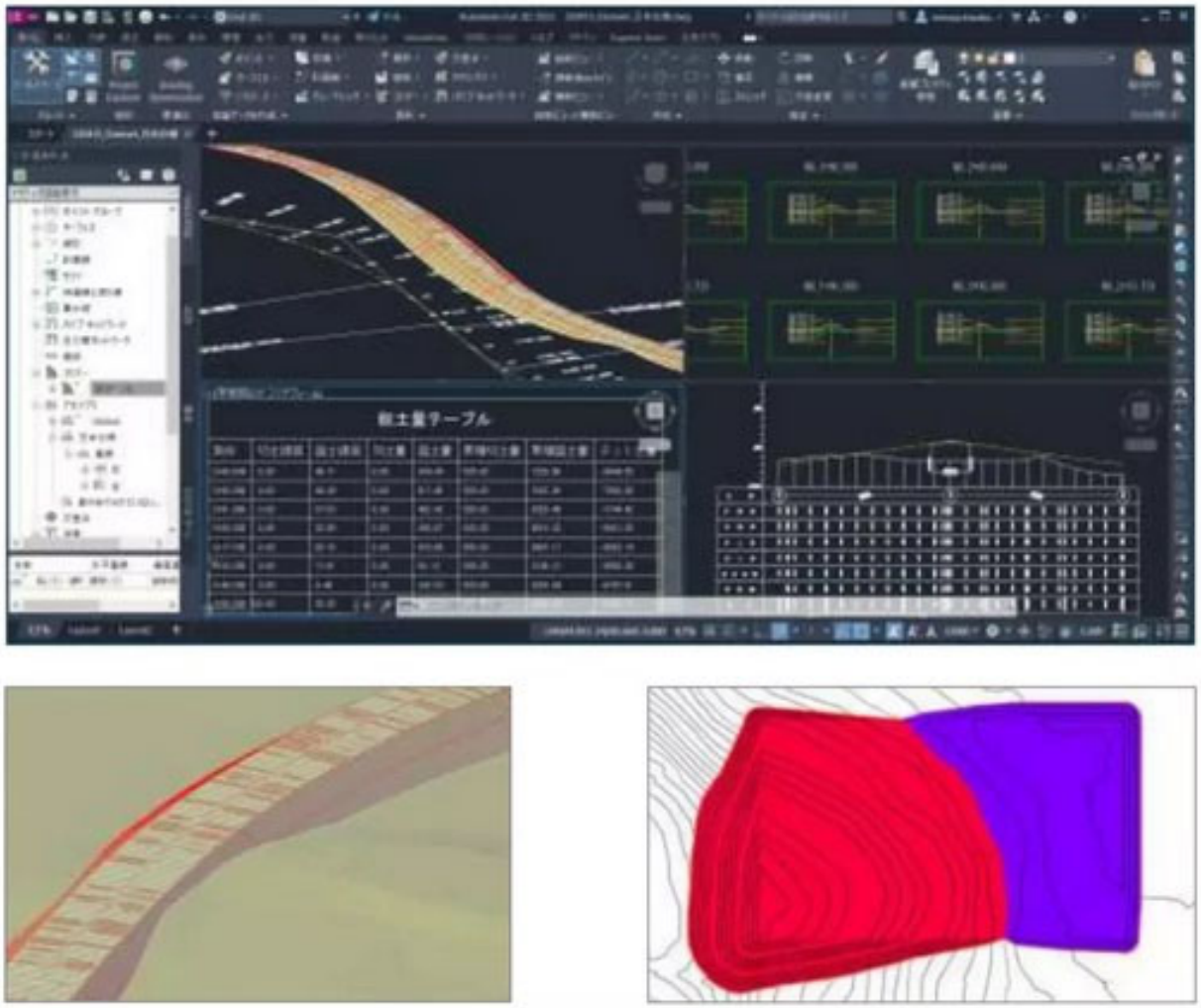
【出典】https://www.youtube.com/watch?v=yR5AhFqaVVY

図 3-5　ゲームエンジンによる可視化の例

3.1.3　3DCAD

設計や技術ドキュメントの作成に伴う手作業での作図を自動化する技術である。設計を立体化し、正確に視覚化して共有することが可能である。地形の見え方の確認が容易であり、施工側へのデータの受渡しや調整が容易になる（図 3-6 参照）。

【AUTODESK® CIVIL 3D®】
http://bim-design.com/infra/product/civil3d/



【出典】http://bim-design.com/infra/product/civil3d/

図 3-6　AUTODESK® CIVIL 3D の例

3.2　河道の 3 次元設計ツールの対象範囲・計算条件を設定する際の留意点

詳細な検討を実施する場合に必要な留意点を下線で示している（概況を把握する場合は下線で示した留意点以外の項目を参考にするとよい）。

3.2.1　iRIC

(1)　Nays2DH

＜モデル自体の精度＞

粗度係数については、対象流量に対応する粗度係数を設定する方法があるが、概況を把握する場合は計画粗度係数を用いる方法がある。洪水時の河床と平水時の河床では、粗度係数が変わる可能性があるので、対象流量や河床の変動を踏まえて粗度係数を変化させることが望ましい。ただし、粗度係数を変化させる場合は再現性の確認等、別途研究・分析が必要である。（河川砂防技術基準　調査編　第５章河川における洪水流の水理解析を参考にするとよい）

河川環境を検討する上で、粒径の細かい砂等の影響を分析する場合は、浮遊砂の影響も考慮することが望ましい。ただし、浮遊砂の影響を考慮する場合は再現性の確認等、別途研究・分析が必要である。さらに、詳細に土砂動態を再現する場合は、植生による細粒土砂の堆積の再現を考慮する植生消長シミュレーション等を作成するモデルに組み込むとよい。植生抵抗については現地調査等により目視による粗密、樹木群の高さから設定することが望ましい。

支川の影響が大きい場合には、支川の影響を踏まえて計算することが望ましい。

＜モデル構築の際の確認事項＞

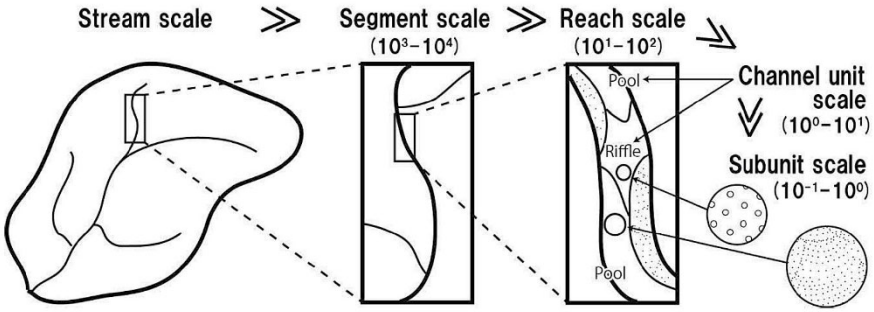
解析対象区間については、セグメント区分、河床勾配、河床材料を踏まえ、解析範囲の上流端と下流端は再現性が低くなることを考慮して、ある程度解析区間を広く設定し、解析範囲としては治水評価、環境評価同様に、最低限 1 リーチ（図 3-7、図 3-8 参照）含む必要がある。また、解析対象区間に堰等の横断工作物がある場合は、堰の湛水区間まで対象区間を含め、下流端は出発水位が安定するような箇所等（湛水域や河床勾配が一定で等流となる箇所）から適切に設定する。

メッシュサイズについては、検討する内容に応じて適切なサイズに設定する。例えば、支川の合流点の土砂堆積を見る場合は、当該区間のメッシュサイズを部分的に細かくするとよい。メッシュサイズを変更した場合、計算水位等を感度分析し、検証することが望ましい。なお、平面二次元解析では、設定したメッシュごとに水深・流速が算出され、評価として理解や整理がしやすいが、メッシュで算出された値は 1 メッシュ内の平均値となるため、評価する際は十分注意が必要である。

＜計算条件の設定＞

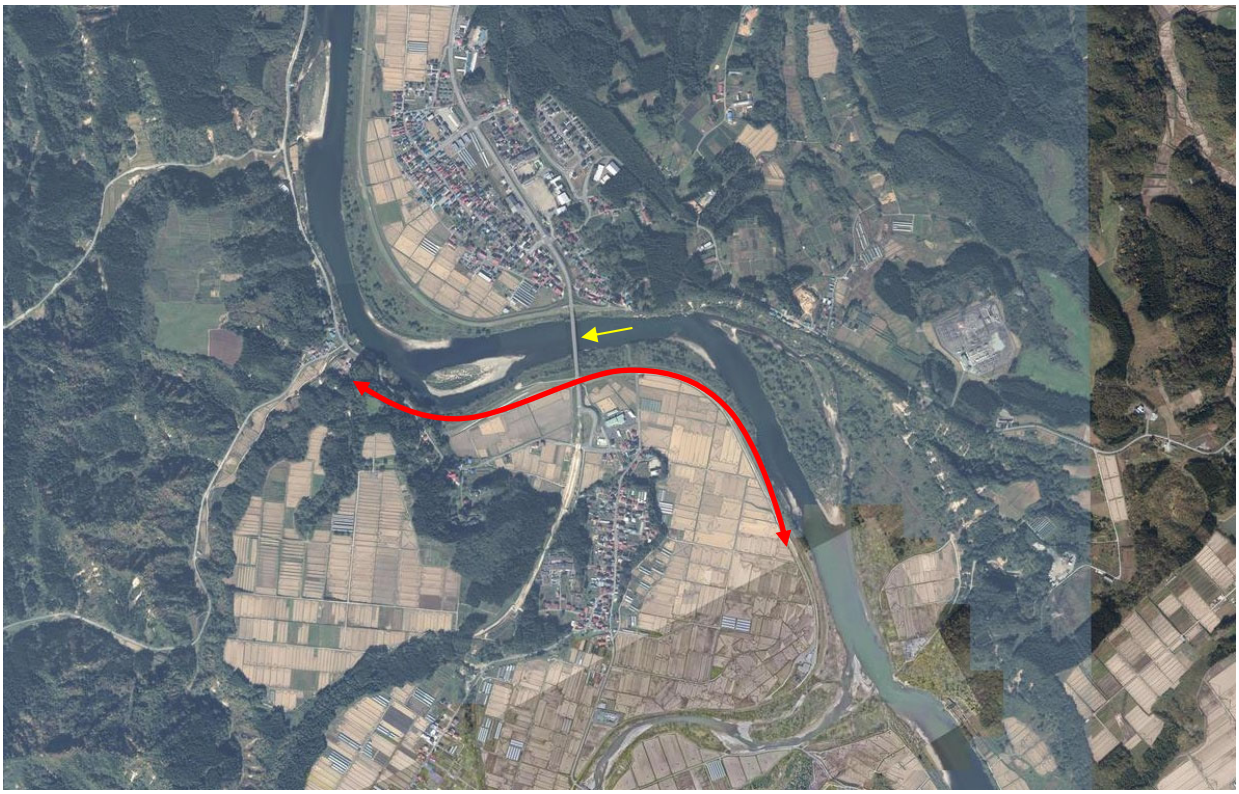
比較検討する河道については、一連区間を一度に河川整備計画河道まで整備しない場合は、暫定河道及び河川整備計画河道等の複数の河道を比較検討し、最適案を選定するとよい。

流量の設定については、各河川の特性を踏まえ中長期及び短期洪水（大洪水後）での河川環境の変化等を把握できるように設定する。例えば、中長期洪水の評価として（平均年最大流量＋平水流量）を 10 サイクル、もしくは（代表的な実績洪水 10 波形＋平水流量）、大洪水後の評価として（整備計画流量＋平水流量）を設定する方法がある。特に、中長期外力の設定では、複数年の代表的な実績洪水と同じ洪水を複数年与える 2 パターンの評価方法が考えられるが、一長一短があるので十分検証したうえで設定することが望ましい。



瀬淵等は 1 つの蛇行区間にセットで見られることから、
1 つの空間単位（リーチ）として捉えることができる。
【出典】Grant et al.(1990)、Gregory et al.(1990)に基づき Frissell et al.(1986)を一部改変

図 3-7　河川における空間スケールの階層構造



【出典】国土地理院地図（全国最新写真(シームレス)撮影期間:2018 年 10 月撮影）

図 3-8　1 リーチの例（最上川）

(2)　EvaTRiP　EvaTRiP Pro

＜モデル自体の精度＞

特定の魚類の生息場等の評価を行う際に、詳細な検討を実施する場合は、河床の粒度分布の変化を考慮することが望ましい。

＜モデルの再現性の確認＞

モデルの再現性を瀬淵の評価で行う場合は、Fr 数で分類した瀬淵分類と河川環境情報図及び水辺の国勢調査等での瀬淵の位置を比較することで再現性を確認できる。Fr 数で再現性を確認できない場合は、流速・水深の閾値を河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等の瀬淵の位置を踏まえて設定する。

モデルの再現性を流出評価指標（WOI）で行う場合は、中規模洪水で流出評価指標（WOI）が 1 以上の箇所が自然裸地、または大規模洪水で流出評価指標（WOI）が 1 より小さい箇所が木本類となっている等、現場の状況に照らし合わせ、パラメータの調整が必要になる。

＜計算条件の設定＞

瀬淵の評価に用いる流量については、平水時の流量とする。

移動限界粒径の評価に用いる流量については、平水時及びピーク時の流量とする。

魚類の生息場の評価に用いる閾値については、適正値（SI）を他の論文から引用する場合、当該河川と似たような物理環境や生態系背景が似通った環境で評価を行っている論文から引用する。なお、自然共生研究センターが公表している適正値（SI）は、国内で公表されている図書・文献を収集し、SI 曲線から値を読み取り、SI データとして表形式にまとめたものであるため、データを加工する場合や参考とする場合には、必ずオリジナルの文献を参考にし、再現性を確認することが必要である。流量については、平水時の流量で評価を行う。

陸生植物定着性の評価の閾値については、中小河川用なので大河川に適応する際には再現性を確認することが必要である。具体的には、河川環境情報図及び河川水辺の国勢調査等の植生の位置を踏まえて平水時評価に用いる閾値を設定する。なお、融雪期間等、河川流量が一定期間増水する期間がある河川では、通年の位況を用いて平水位を設定した場合、高めの平水位となる場合があるため、評価内容に応じて平水流量を適切に設定する。

流出評価指標(WOI)の評価に用いる流量ついては、ピーク時の流量とする。

3.3　河道の 3 次元設計ツールを用いて河道を作成する際の留意点

詳細な地形を設計する場合は、RiTER Xsec やゲームエンジン、3DCAD 等を活用するとよいが、GIS 等その他のソフトウェアでも代用可能である。河川整備計画河道または暫定河道の河道を作成する場合は、iRIC 上で 2 次元断面を内挿し、3 次元データを作成することが可能である。ただし、各断面間の河道については ALB データや航空写真で確認することが必要である。ゲームエンジンで河道を作成する場合は、3DCAD 等により縦断面及び横断面を確認し、必要に応じて修正等を行う必要がある。大幅に修正する場合は、再度ゲームエンジンで景観等の変化を確認するとよい。RiTER Xsec やゲームエンジン、3DCAD の特徴・長所・短所は「河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書（R3.7）」の 3 章に記載されているが、概要は表 3-2 に示すとおりである。

表 3-2　3 つの地形編集手法の比較

実装	水理解析ソフトの応用 （ex iRIC Software GUI (RiTER Xsec)）	3 次元 CAD （ex Autodesk Civil3D）	ゲームエンジン （ex Epic games Unreal Engine）
入力	縦断線＋横断形（riv ファイル） 粗い点群、Geotiff、TIN でも可	中心線＋横断形	高解像度のラスタ（png）
出力	縦断線＋横断形（riv ファイル） 2 次元一般座標系計算格子	サーフェス（LandXML）	高解像度のラスタ（png）
特徴	横断形を 2 次元の計算格子に拡張することで面的に地形を表現	線形（縦断形状と断面の組み合わせ）でサーフェス（面）として表現	地盤高ラスタを画像編集の要領でブラシを用いて盛る、掘る、ならすように地形を表現
長所	管理者が長年親しんだ図面を用いた検討と乖離せずに3次元形状を扱うことが可能。 水理検討へ即座に移行可能。	土木設計の標準的手法。 明示的な面の取扱が可能。 様々な視点から形状を確認できる。 施工側へのデータの受渡しや調整が容易。	即座に地形編集でき、なめらかな地形が作られる。 高度な可視化技術により、その場で施工しているかのように景観変化を確認しながら作業ができる。
短所	地形の解像度（LOD）が低下する。 断面ごと変更する必要があり、やや手間がかかる。 局所的あるいは縦横断方向に対して斜めの形状を表現するのは不得手。 3 次元での形状の変化を都度、確認する必要がある。	取り扱いには一定の熟練度を要する。 扱いが容易な分、多自然川づくりに求められない画一的な設計に陥りがちになる。	明示的な面の構築は不可能。 データ形式がやや特殊でコンバータが必要。

【出典】河川 CIM 標準化検討小委員会成果報告書　（R3.7）

なお、モデルを構築する際に、計算メッシュサイズを細かくしすぎると、計算メッシュと ICT 建機のバケットサイズの不整合により ICT 建機による施工ができない場合があるので、設計段階において留意する必要がある。また、施工業者に設計コンセプトが伝わるように、コンセプト資料とともに仮想空間において共有できることが望ましい（図 3-9 参照）。

図 3-9　3 次元モデルによる ICT 施工（川内川の事例）

多自然川づくり高度化ワーキンググループ

座　　長	中村　圭吾	(公財)リバーフロント研究所 主席研究員
メンバー	大槻　順朗	山梨大学大学院 総合研究部 工学域 土木環境工学系 准教授
	河野　誉仁	鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科 助教
	田端　幸輔	国土技術政策総合研究所 河川研究室 主任研究官
	林田　寿文	土木研究所 自然共生研究センター 主任研究員
	荒木　隆	(株)建設環境研究所 環境部門 環境部門長
	黒田　直樹	(株)建設技術研究所 東京本社河川部 グループリーダー
	佐藤　隆洋	日本工営(株) 中央研究所技術開発センター 副センター長
	田村　和広	(株)東京建設コンサルタント 本社流域環境事業本部 川づくり部 部長
	堀江　克也	いであ(株) 社会基盤本部国土保全事業部 河川部 部長
	山本　一浩	八千代エンジニヤリング(株)技術管理本部 CIM 推進室 専門室長
オブザーバー		国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課
		国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 河川保全企画室
		国土交通省 水管理・国土保全局 治水課
事 務 局		(公財) リバーフロント研究所

（役職は令和６年２月現在）