

河道計画・河道設計に係る 数値解析技術に関する技術資料（案） v1.0

令和7年6月

河道計画・河道設計に係る数値解析技術の
高度化と有効活用の好循環形成研究会

本資料の使い方・解説

想定する本資料の利用者、使用場面

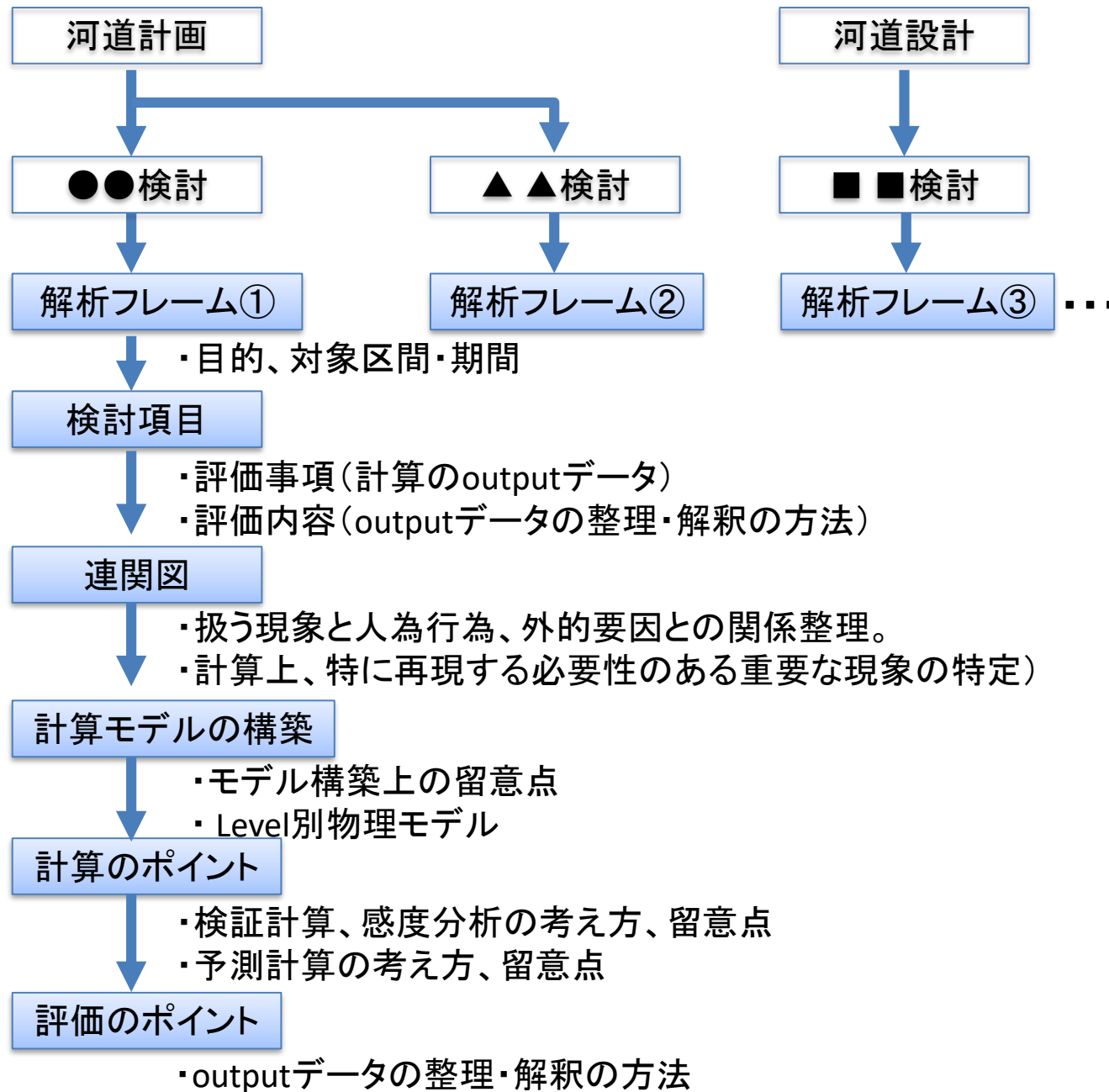
受注者:

- 技術資料原案を参考に、適切な計算条件の設定、検証・予測計算手法を踏まえて、技術検討を実施（根拠の薄い条件設定やパラメータ調整の回避、現地の河道・水文特性、計算モデルの能力や特性を踏まえた予測の実施 等）
- 河道設計の照査項目に組み込まれる可能性の高い「2D以上のモデルによる中長期予測」を実施する上での条件設定、検証・予測計算手法の参考にする。

発注者:

- 河道計画、設計業務発注時の仕様書作成の参考にする。（〇〇の答えを出すために、どんな解析が必要か、計算区間や期間の概略を把握）
- プロポーザルの技術提案で何を求めるべきかを考える際に参考にする。（単純に「高度モデルの導入」でなく、「そのモデルをどうやって使うことで、判断に資する情報を得るのか」を提案してもらえるようにシフトするイメージ）

資料の構成



検討すべき内容が多岐に亘る場合(例:水制工整備を伴う河道掘削形状の設計 等)、該当する複数フレームを組み合わせで検討するイメージ。

技術資料案

フレーム毎に解析技術の適用手法を整理

解析フレームごとの検討項目例(1/2)

フレーム番号		河道計画・河道設計における業務用途	検討項目
G1 計画 流れ	①	河道計画のための 洪水流解析	1. 特定区間、1洪水での流況予測 (Q2Dの補間として行う、Q2Dによる評価では不十分な区間(顕著な湾曲・蛇行・狭窄区間、非定常現象が有意な区間(湖沼や潮汐影響区間)等)の現況河道あるいは将来河道の治水機能評価(流下能力、水衝部発生箇所等)、遊水地の越流堤高や越流堤長等の一次案、砂礫河原創出の可能性評価 等) (1) 2. 全川、代表洪水での流況予測 (全川での現況河道あるいは将来河道の治水機能評価(流下能力、高流速・水衝部発生箇所等)、遊水地等のピークカット効果がある施設等の配置計画 等) (2)
	②	リスク評価のための 洪水流解析	1. 全川、代表洪水、氾濫ありでの流況予測 (河道計画で必要なリスク評価のための溢水の影響を考慮した河道の洪水流解析 等) (1)
	③	適切な分合流処理	1. 分合流点区間、1洪水での流況予測 (合流部、分流部の平面形状や導流堤等施設の一次案等) (1) 2. 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 (合流部、分流部の安定性評価、河床変動を踏まえた維持管理の容易性検討 等) (2)
G2 計画 土砂	①	河道計画、土砂管理のための河床変動解析	1. 全川、長期間での河床変動予測 (河道計画のための検討、現況/低水路拡幅後の川幅・河床高の持続性の概略評価、川幅・河床高の維持に必要な土砂供給条件 等) (2) 2. 特定区間、長期間での河床変動予測 (土砂管理のための検討、土砂還元による下流の物理環境の変化予測、土砂を下流に流しやすくするための適切な低水路幅検討、1D河床変動モデルによる評価では不十分な区間の河道土砂管理目標、土砂管理指標・基準設定のための土砂動態把握、床止め工・堰(分派堰含む)等の整備が河床縦断形状・土砂動態に及ぼす影響の評価等) (2)
G3 構造物 設計	①	水制の設計	1. 水制周辺部、1洪水での流況予測 (水撥ね、流速減少等の効果を発揮させるために必要な水制工諸元の設計) (3) 2. 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 (洗掘防止、環境創出等の効果を発揮させるために必要な水制工諸元の設計) (2)(3)
	②	床止め工・堰の設計	1. 床止・堰周辺部、1洪水での流況予測 (床止め工・堰の整備が流下能力、平水位等に与える影響の評価) (1) 2. 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 (水叩き・護床工敷設範囲の検討(床止め工敷設箇所下流の洗掘深及び洗掘範囲)) (2)
	③	橋脚等周辺の河床低下・局所洗掘予測と対策	1. 橋脚周辺部、1洪水(小規模洪水含む)あるいは長期間での河床変動予測 (橋脚基礎および護床工の安定性評価、橋脚周辺の洗掘深及び洗掘孔・洗掘範囲の評価) (2)(3)

※全川:主に直轄区間を想定、必要に応じて指定区間も対象
 ※特定区間:著しい湾曲・蛇行区間等で、数km程度の区間をイメージ
 (G2では中規模河床形態発達区間やダム下流区間等も想定)
 ※長期間:数年～数十年程度をイメージ

- (1)現状でも信頼性が高いもの
 (2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの
 (3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

解析フレームごとの検討項目例(2/2)

フレーム番号		河道計画・河道設計における業務用途	検討項目
G4 河道設計	①	定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測	1. 長区間、小流量時の流況予測 (流程分布図作成に必要なパラメータ(平水時の水深、川幅水深比や水際の複雑さ、ワンド・たまり等)の算出 等) (2)
	②	治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計	1. 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測 (掘削形状一次案における再堆積のリスク評価、瀬淵やワンド・たまり等ハビタットの持続可能性、掘削形状の見直し、河道整備後の治水機能の持続可能性 等) (2) 2. 短区間、長期間の河床変動、植生消長予測 (事業実施区間の再堆積・再繁茂のリスク評価、瀬淵やワンド・たまり、礫河原等ハビタットの持続可能性、掘削形状の見直し、維持掘削量・範囲・頻度等の検討、河道整備後の治水機能等) (2) 3. 短区間、小流量時の流況予測 (瀬・淵の範囲及び面積の評価、ワンド・たまりの評価、魚類避難場所の評価 等) (1)(2)
	③	河口、感潮域、汽水域における治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計	1. 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測 (掘削形状の一次案における再堆積のリスク評価、干潟等ハビタットの持続可能性、掘削形状等の見直し 等) (2)
G5 河口	①	河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測	1. 河口部、1洪水での河床変動予測 (洪水時の河口砂州のフラッシュ予測(出発水位検討、流下能力評価等)とフラッシュ促進対策(河口砂州掘削等)の設計 等) (2) 2. 河口部、長期間での河床変動予測 (河口砂州による航路閉塞、波浪や河川流の集中による河岸侵食、河口閉塞による湛水等に対する安全度評価と対策(導流堤、維持掘削等)の設計 等) (2)(3)
	②	塩水遡上区間の水質予測(鉛直構造あり)	1. 感潮区間、年間の塩水遡上・水質予測 (現状や河道掘削後の利水、ハビタット評価 等) (1)(2) 2. 感潮区間、短期間の塩水遡上・水質予測 (洪水時の塩水楔の挙動予測 等) (2)

※長期間: 数年～数十年程度をイメージ

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

解析フレームに関する参照スライド

フレーム		河道計画・河道設計における業務用途	参照スライド
G1 計画 流れ	①	河道計画のための洪水流解析	<u>16</u>
	②	リスク評価のための洪水流解析	<u>33</u>
	③	適切な分合流処理	<u>43</u>
G2 計画 河床	①	河道計画、土砂管理のための河床変動解析	<u>59</u>
G3 構造物 設計	①	水制の設計	<u>76</u>
	②	床止め工・堰の設計	<u>92</u>
	③	橋脚等周辺の河床低下・局所洗掘予測と対策	<u>108</u>
G4 河道 設計	①	定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測	<u>118</u>
	②	治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状の設計	<u>128</u>
	③	河口、感潮域、汽水域における治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状の設計	<u>153</u>
G5 河口	①	河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測	<u>163</u>
	②	塩水遡上区間の水質予測（鉛直構造あり）	<u>179</u>

要素モデル一覧(流れ)

モデル項目		内容(例)	参考文献例
流れの次元、モデル	1D	a. 一次元不等流 b. 一次元不定流	a. Strelkoff, T.:One-dimensional equations of open-channel flow, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol.95, HY3, pp.861~876, 1969.
	Q2D	c. 準二次元不等流 d. 準二次元不定流	c. 福岡捷二, 藤田光一, 新井田浩:樹木群を有する河道の洪水水位予測, 土木学会論文集, No.447/II-19, pp.17~24, 1992. d. 福岡捷二, 佐藤宏明, 出口桂輔:洪水流の非定常準二次元解析法の研究, 土木学会論文集 B, Vol.65 No.2, pp. 95-105, 2009.
	2D	e. 浅水流方程式	e. 清水康行, 平野道夫, 渡邊康玄:河岸侵食と自由蛇行の数値計算, 水工学論文集, 第40巻, pp.921-926, 1992. e. Toro E.F.:Shock-capturing methods for free-surface shallow flows, John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England, 2001. e. 秋山壽一郎, 重枝未玲, 浦勝:非構造格子を用いた有限体積法に基づく1次および2次精度平面2次元洪水流数値モデル, 土木学会論文集, No.705/II-59, pp.31~43, 2002.
	Q3D	f. 重付け残差法を用いた手法 g. 湾曲・蛇行部の二次流モデルを用いた手法 h. BVC法(内田) i. Q3D-FEBS(竹村)	f. 福岡捷二, 渡辺明英, 西村達也:水制工の配置法の研究, 土木学会論文集, 第443巻, pp.27-36, 1992 石川忠晴, 鈴木研司, 田中昌宏:開水路流の準三次元法に関する基礎的研究土木学会論文集, No.375/II-6, pp.181~189, 1986. g. Engelund, F.:Flow and bed topography in channel bends, Jownal of Hydraulics Division, Proc.of ASCE, Vol.100, HY11, pp.1631~1648, 1974. h. 内田龍彦, 福岡捷二:底面流速解法による連続する水没水制群を有する流れと河床変動の解析, 土木学会論文集, BI, Vol.67, No.1, pp.16~29, 2011. i. 竹村吉晴, 福岡捷二:波状跳水・完全跳水及びその減勢区間における境界面(水面・底面)上の流れの方程式を用いた非静水圧準三次元解析(Q3D-FEBS), 土木学会論文集BI, Vol.75, No.1, pp.61~80, 2019.
	3D	j. 3次元運動方程式、連続式	j. 数値流体力学【第2版】, 2011.

要素モデル一覧(流れ)

モデル項目	内容(例)	参考文献例
圧力仮定	a. 静水圧モデル b. 非静水圧モデル(Q3D、3Dに対してのみ適用可)	a. 特になし b. 内田龍彦, 福岡捷二: 浅水流方程式と渦度方程式を連立した準三次元モデルの提案と開水路合流部への適用, 水工学論文集, 第53巻pp.1081~1086, 2009. b. 内田龍彦, 福岡捷二: 構造物を越流する流れの解析法の開発, 河川技術論文集, 第18巻, pp.351~356, 2012
樹木等抵抗モデル	a. 樹木群透過係数を用いる方法 b. せん断力項のマニング粗度として扱う方法 c. 死水域として扱う方法	a. 福岡捷二, 佐藤宏明, 藤澤寛, 大沼史佳: 洪水流と河道の樹木繁茂形態に基づく樹木群透過係数と粗度係数の算定法, 水工学論文集第51巻土木学会, pp.607~612, 2007. b. 財団法人国土技術センター編・河道計画検討の手引き作成ワーキンググループ: 河道計画検討の手引き, 山海堂, pp.114~117, 2002. c. 福岡捷二, 藤田光一, 新井田浩: 樹木群を有する河道の洪水位予測, 土木学会論文集, No.447/II-19, pp.17~24, 1992.
乱流モデル	a. ゼロ方程式モデル b. 1方程式モデル c. K- ϵ モデル d. SDS & 2DHモデル e. LESモデル	a. Haque, S.M.A.: The effect of eddy viscosity on the velocity profile of steady flow in a uniform rough channel, Journal of Fluid Mechanics, Vol.5, Part2, pp.310~316, 1959. b. 灘岡和夫, 八木宏: 浅い水域の乱流場に関する数値解析モデルの開発と沿岸流場への適用, 土木学会論文集, No.473/II-24, pp.25~34, 1993. c. 清水義彦, 辻本哲郎, 中川博次: 直立性植生層を伴う流れ場の数値計算に関する研究, 土木学会論文集, No.447/II-19, pp.35~44, 1992 d. 灘岡和夫, 八木宏: SDS & 2DHモデルを用いた開水路水平せん断乱流の数値シミュレーション, 土木学会論文集, No.273 II-24, pp.35-44, 1993. e. 数値流体力学【第2版】, 2011.
橋脚抵抗モデル	a. 橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮する方法 b. 橋脚断面を解像できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとする方法	a. 調査中 b. 福岡捷二, 富田邦裕, 堀田哲夫, 宮川朝浩: 橋脚まわりの局所洗掘推定のための実用的数値シミュレーションの開発, 土木学会論文集, No.497/I-28, pp.71~79, 1994.

※参考文献は例示であり、本文献以外の要素モデルを制限するものではありません。

要素モデル一覧(土砂)

モデル項目		内容(例)	参考文献例
無次元限界掃流力	単一粒径	a. 岩垣の式	a. 岩垣雄一: 限界掃流力に関する基礎的研究, (I) 限界掃流力の流体力学的研究, 土木学会論文集, 第41号, pp.1~21, 1956.
	混合粒径	b. 修正Egiazaroffの式 c. 浅田の式	b. 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp.59~69, 1972. c. 浅田宏・石川晴雄: 水流による河床砂礫の分級機構に関する研究(III), 電力中央研究所報告, 第71015号, 1972.
	軟岩河床	c. 軟岩河床上の無次元掃流力	c. 井上卓也, 泉典洋, 米元光明, 旭一岳: 軟岩上の限界掃流力と軟岩の洗掘速度に関する実験, 河川技術論文集, 第17巻, pp.77~82, 2011.
	コンクリート等	d. 調査中	d. 調査中
粒度分布モデル(表層および下層)		a. 平野の交換層モデル b. 岩見・藤田モデル c. semi-activeの考え方に基づいた改良交換層モデル d. 芦田・江頭・劉モデル	a. 平野宗夫: Armoringをとまなう河床低下について, 土木学会論文報告集, 第195号, pp.55-65, 1971. b. 岩見収二, 藤田正治: 遮蔽効果と空隙率変化を考慮した河床変動モデルの改良, 土木学会論文集(水工学), 80巻16号, p.不明, 2024. c. 田端幸輔, 福島雅紀, 服部敦: 礫粗粒成分が停止する水理条件下での礫床表層への砂・礫細粒分の充填～流出過程に関する研究, 河川技術論文集, 第28巻, pp.283~288, 2022. d. 芦田和男, 江頭進治, 劉炳義: 蛇行流路における流砂の分級および河床変動に関する数値解析, 水工学論文集, 第35巻, pp.383-390, 1991.
掃流砂モデル	掃流砂量	a. 平衡流砂量式(芦田・道上式) b. 平衡流砂量式(MPM式) c. 非平衡流砂量式(粒子速度を別途近似) d. 非平衡流砂量式(粒子速度saltation解析により算定)	a. 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp.59~69, 1972. b. Mayer – Peter, E and Müller, R: Formulas for bed-load transport, Proc. 2 nd Cong. ITAH, Stockholm, Sweden, pp.39~64, 1948. c. 内田龍彦, 福岡捷二: 一般底面流速解析法と非平衡粗面抵抗則に基づく水深積分型二相流解析法の適合性の検討, 土木学会論文集BI(水工学), Vol.73, No.4, pp.I_937-I_942, 2017. d. Nakagawa, Hand Tsujimoto, T: Sand bed instability due to bed load motion, Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol. 106, pp.2029~2051, 1980.
	横断勾配を考慮した流砂量	e. 長谷川の式(二次流の影響を考慮) f. 福岡・山坂の式	e. 長谷川和義: 蛇曲流路における流れと平衡底面形状に関する研究, 土木学会論文報告集, 第338号, pp.105~114, 1983. e. 清水康行, 板倉忠興, 山口甲: 2次元モデルを用いた河床形態変化のシミュレーション, 水理講演会論文集, 第31巻, pp.689~694, 1987. f. 福岡捷二, 山坂昌成, 竹内聡, 古屋晃, 永納栄一: 湾曲流路の側岸浸食, 第27回水理講演会論文集, pp.721-726, 1983.

要素モデル一覧(土砂)

モデル項目		内容(例)	参考文献例
浮遊砂モデル	浮上量	a. Lane-Kalinskeの式 b. 板倉・岸の式 c. 芦田・道上の式	a. Lane, E.and Kalinske, A.A.: Engineering calculations of susupended sediment, Trans. AGU, Vol. 22, pp.603~607, 1941. b. Itakura, T and Kishi, T: Open channel flow with suspended sediments, Jour of Hyd. Div., ASCE, Vol. 106, HY8, pp.1325~1343, 1980. b. 板倉忠興: 河川における乱流拡散現象に関する研究, 北海道開発局土木試験所報告, 第83号, 1984. a. 芦田和男, 道上正規: 浮遊砂に関する研究(1)—河床付近の濃度—, 京大防災研年報, 第13号B, pp.233~242, 1970.
	沈降量算定に用いる底面濃度	d. Lane-Kalinske型分布を仮定して求める方法 e. Rouse型分布を仮定して求める方法	d. Lane, E.and Kalinske, A.A.: Engineering calculations of susupended sediment, Trans. AGU, Vol.22, pp.603~607, 1941. e. Rouse, H.: Modern conceptions of fluid turbulence. Trans. ASCE, Vol.102, pp.463~543, 1937.
	輸送方程式	f. 2D浮遊砂輸送 g. 3D浮遊砂輸送	f. 伊東祐一郎, 清水康行: 浮遊砂を含む平面2次元一般座標河床変動モデル, 土木学会北海道支部論文報告集, 第58号, 442-445 g. 岡村誠司, 岡部和憲, 福岡捷二: 洪水流の縦断水面形変化と準三次元流解析法を用いた石狩川河口部の洪水時の河床変動解析, 河川技術論文集, 第16巻, 125-130, 2010.6.
	沈降速度式	h. Rubeyの式	h. Rubey, W.W.: Settling Velocities of Gravel, Sand and Silt Particles, Amer.Jour.Sci., Vol.25, pp.325~338, 1933.
斜面崩落モデル		a. 関根モデル b. 長谷川の式(側岸侵食モデル)	a. 関根正人: 斜面崩落モデルを用いた網状流路の形状過程のシミュレーション, 水工学論文集, 第47巻, pp.637~642, 2003. b. 長谷川和義: 非平衡性を考慮した側岸浸食量式に関する研究, 土木学会論文報告集, 第316号, pp.37~50, 1981.
軟岩侵食モデル		a. 摩耗モデル b. 摩耗モデル+スレーキングモデル	a. 吉武央気, 浜口憲一郎, 旭一岳, 土倉泰, 奥山和彦, 霞真一: 砂礫による摩耗とスレーキングによる岩盤侵食を考慮した平面2次元河床変動モデルの開発と実河川への適用性検証, 河川技術論文集, 第28巻, pp.307-312, 2022. b. 同上
粘性土侵食モデル		a. 浸食速度式	a. 西森研一郎, 関根正人: 粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究, 土木学会論文集B, 第65巻, No.2, pp.127~104, 2009.

要素モデル一覧(漂砂)

モデル項目	内容(例)	参考文献例
沿岸漂砂モデル	a. CERC公式 b. 小笹・Brampton式	a. Komar, P.D. and Inman, D.L.: Longshore sand transport on beaches, J. Geophys. Res., Vol.75, No.30, pp.5514~5527, 1970. a. Coastal Engineering Research Center: Shore Protection Manual, Vols. I & II, 1984 b. 小笹博昭, A.H. Brampton: 護岸のある海浜のてい線変化数値計算, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp.77~103, 1979.
岸沖漂砂モデル	a. 渡辺の式 b. Deanの式	a. 渡辺晃, 丸山康樹, 清水隆夫, 榊山勉: 構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.406~410, 1984. a. 大中晋, 渡辺晃: 波・流れ相互干渉を考慮した波動場・海浜流場・地形変化の数値計算, 海岸工学論文集, 第36巻, pp.399~403, 1989. b. Dean, R.G.: Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and the Gulf Coasts, Dept.Civil Eng., Ocean Eng. Rep., 12, Univ. Delaware, 1977. b. Kriebel, D.L. and Dean, R.G.: Numerical simulation of time-dependent beach and dune erosion, Coastal Eng., Vol.9, pp.221~245, 1985.
飛砂モデル	a. Bagnold・河村の式	a. Bagnold, R.A.: The physics of blow sand and desert dune, Methuen & Co. Ltd., London, 1954. a. 河村竜馬: 飛砂の研究, 東京大学理工学研究所報告5, pp.95~112, 1951.

要素モデル一覧(植生消長)

モデル項目	内容(例)	参考文献例
植生消失モデル	a. 摩擦速度・せん断力を指標とした流失(WOI等) b. 倒伏モーメントを考慮した流失(BOI等) c. 河床低下量を指標とした流失 d. 立地条件モデル(地下水涵養、栄養塩、日射等)を考慮した流失	a. 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, 土木学会水工学論文集, 第44巻, pp.825~830, 2000. - a.b 田中規夫, 八木澤順治, 福岡捷二: 樹木の洪水破壊指標と流出指標を考慮した砂礫州上樹林地の胴体評価手法の提案, 土木学会水工学論文集, 第66巻, pp.359~370, 2010. a. 末次忠司, 藤田光一, 服部敦, 瀬崎智之, 伊藤政彦, 榎本真二: 礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答, 繊維および群落拡大の特性 一多摩川と千曲川の礫河原を対象として一, 国総研資料第161号, pp.49~51, 2004. b. 渡邊康玄, 市川嘉輝, 井出康郎: 洪水時における河道内樹木の倒伏限界, 土木学会水工学論文集第40号, pp.169~174, 1996. (財)リバーフロント整備センター編集: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, pp.147~171, 1999. c. 平生昭二, 浅枝隆, 坂本健太郎: 植物を介した土壌栄養塩動態モデルを付加した河道地形変動予測モデルの開発, 河川技術論文集, 第18巻, pp.11-16, 2012. d. 黒田直樹, 浅枝隆, 渡邊敬史, 大石三之, 金山拓広: 土砂動態と栄養塩循環を考慮した新たな植生消長モデルの開発, 河川技術論文集, 第22巻, pp.451-456, 2016.
植生成長・侵入モデル	a. 比高に応じた植生の入植 b. 河床非攪乱期間に応じた各種植生の入植 c. 植生高、密生度の成長(Richards成長速度式等) d. 生物モデル(地下水涵養、栄養塩、日射等)を考慮した入植	a. 井上敏也, 吉武央気, 周月霞, 南まさし, 旭一岳, 浜口憲一郎, 松田浩一, 宮本仁志: 河道植生の中長期消長過程を簡易に考慮した平面二次元河床変動解析モデルの開発・検証, 河川技術論文集, 第28巻, pp.109-114, 2022. b. 同上 c. 松下晃生, 井上敏也, 南まさし, 吉武央気, 松田浩一, 旭一岳, 宮本仁志: 実用的に植生消長過程を考慮した平面二次元河床変動解析モデルの改良および実河川での効果検証, 河川技術論文集, 第30巻, pp.275-208, 2024. d. 黒田直樹, 浅枝隆, 渡邊敬史, 大石三之, 金山拓広: 土砂動態と栄養塩循環を考慮した新たな植生消長モデルの開発, 河川技術論文集, 第22巻, pp.451-456, 2016. d. 平生昭二, 浅枝隆, 坂本健太郎: 植物を介した土壌栄養塩動態モデルを付加した河道地形変動予測モデルの開発, 河川技術論文集, 第18巻, pp.11-16, 2012.

流況モデルの構築に際して使用する調査データ一覧

計算対象	項目	内容(例)
流れ	初期地形	- 三次元点群(LP、ALB、ナローマルチなど)データを用いて内挿補間(TIN補間等)を行い、設定 - 定期横断測量データを用いて内挿補間(3次スプライン補間、TIN補間等)を行い、設定(◆)(★) - 河口部では、等深線図等を用いて設定
	粗度係数	- 低水路:河床材料調査結果を用いて一次設定(◆) - 高水敷:土地利用、植生諸元に応じて一次設定(◆)
	樹木抵抗	河川水辺の国勢調査や河川環境基図、航空写真、ALBデータやLPデータを基に一次設定(◆)
	境界条件	- 上流端:流量・水位観測所で計測された流量／水位を設定 - 下流端:水位観測所や危機管理水位計で計測された水位を設定
検証用データ		- 痕跡水位 - 水位観測(時空間分布) - 流量観測から得られる流量、流速分布、 - 洪水調節施設や排水機場等による分流、合流流量、排水量

河床変動モデルの構築に際して使用する調査データ一覧

計算対象	項目	内容(例)
流れ	初期地形	- 三次元点群(LP、ALB、ナローマルチなど)データを用いて内挿補間(TIN補間等)を行い、設定 - 定期横断測量データを用いて内挿補間(3次スプライン補間、TIN補間等)を行い、設定(◆)(★) - 河口部では、等深線図等を用いて設定
	粗度係数	- 低水路: 河床材料調査結果を用いて一次設定(◆) - 高水敷: 土地利用、植生諸元に応じて一次設定(◆)
	樹木抵抗	河川水辺の国勢調査や河川環境基図、航空写真、ALBデータやLPデータを基に一次設定(◆)
	境界条件	- 上流端: 流量・水位観測所で計測された流量／水位を設定 - 下流端: 水位観測所や危機管理水位計で計測された水位を設定
河床変動	初期粒度	- 河床材料調査結果を用いて、セグメント区間で一様に設定／砂州(高比高部)、滞筋等で区分して設定 - 鉛直分布は、ボーリング等の調査結果を用いて、下層部の地質構造や鉛直方向の粒度分布の変化を把握して、設定
	足切り流量	河床材料調査結果を用いて、平均粒径／代表粒径／最小粒径等の掃流限界／浮遊限界流量を等流計算／不等流計算などにより試算し、足きり流量を設定(◆)
	粒径区分	河床材料調査結果を用いて設定
	境界条件	上流端: Q-Qs等の観測結果(採水調査や濁度調査、あるいは近隣ダムにおける比生産土砂量からの類推等)を踏まえて粒径別流砂量を設定
漂砂	境界条件	- 海域: 波浪観測所で計測された波浪を基にモデル境界でのエネルギー平均波などを局地統計解析等により算定し、設定 - 河川区域(流れ): 流量・水位観測所で計測された流量／水位を設定 - 河川区域(土砂): Q-Qs等の観測結果を踏まえて供給土砂量を設定
	初期粒度	底質調査結果を用いて、一様に設定
検証用データ		- 痕跡水位 - 水位観測(時空間分布) - 流量観測から得られる流量、流速分布、 - 洪水調節施設や排水機場等による分流、合流流量、排水量 - 洪水後の河床高、洪水前後における河床変動量 - 洪水後の河床材料 - 洪水後の航空写真

植生消長モデルの構築に際して使用する調査データ一覧

計算対象	項目	内容(例)
流れ	初期地形	- 三次元点群(LP、ALB、ナローマルチなど)データを用いて内挿補間(TIN補間等)を行い、設定 - 定期横断測量データを用いて内挿補間(3次スプライン補間、TIN補間等)を行い、設定(◆)(★) - 河口部では、等深線図等を用いて設定
	粗度係数	- 低水路:河床材料調査結果を用いて一次設定(◆) - 高水敷:土地利用、植生諸元に応じて一次設定(◆)
	樹木抵抗	河川水辺の国勢調査や河川環境基図、航空写真、ALBデータやLPデータを基に一次設定(◆)
	境界条件	- 上流端:流量・水位観測所で計測された流量／水位を設定 - 下流端:水位観測所や危機管理水位計で計測された水位を設定
河床変動	初期粒度	- 河床材料調査結果を用いて、セグメント区間で一様に設定／砂州(高比高部)、滞筋等で区分して設定 - 鉛直分布は、ボーリング等の調査結果を用いて、下層部の地質構造や鉛直方向の粒度分布の変化を把握して、設定
	足切り流量	河床材料調査結果を用いて、平均粒径／代表粒径／最小粒径等の掃流限界／浮遊限界流量を等流計算／不等流計算などにより試算し、足きり流量を設定(◆)
	粒径区分	河床材料調査結果を用いて設定
	境界条件	上流端:Q-Qs等の観測結果(採水調査や濁度調査、あるいは近隣ダムにおける比生産土砂量からの類推等)を踏まえて粒径別流砂量を設定
植生消長	流失・成長特性	植生高、根幹胸高直径、洪水前後の航空写真・現地写真、現地調査結果などを基に一次設定
検証用データ		- 痕跡水位 - 水位観測(時空間分布) - 流量観測から得られる流量、流速分布、 - 洪水調節施設や排水機場等による分流、合流流量、排水量 - 洪水後の河床高、洪水前後における河床変動量 - 洪水後の河床材料 - 洪水後の航空写真 - 洪水後の植生調査結果

※流れ、河床変動に関する数値解析のベンチマークデータ整備は検討課題(◆)

G1-① 河道計画のための洪水流解析

G1-① 河道計画のための洪水流解析

内容			参照スライド
(1) 検討項目			18
(2) 連関図			19
検討項目 G1-①-1	1) 参考資料・参考文献一覧		20,21
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	22
		b) Level別物理モデル等一覧	23
		c) 検証計算や感度分析の方法	24
		d) 予測計算の方法	25
	3) 評価のポイント		26
検討項目 G1-①-2	1) 参考資料・参考文献一覧		27
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	28
		b) Level別物理モデル等一覧	29
		c) 検証計算や感度分析の方法	30
		d) 予測計算の方法	31
	3) 評価のポイント		32

G1-① 河道計画のための洪水流解析

(1) 検討項目

検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測 (Q2Dの補間として行う、Q2Dによる評価では不十分な区間(顕著な湾曲・蛇行・狭窄区間、非定常現象が有意な区間(湖沼や潮汐影響区間)等)の現況河道あるいは将来河道の治水機能評価(流下能力、水衝部発生箇所等)、遊水地の越流堤高や越流堤長の一次案、砂礫河原創出の可能性評価 等) (1)	• HWLや現況堤防高、橋桁等許可工作物との高低関係 • 侵食限界流速との大小関係 • 偏流や水衝部が発生していないか • 遊水地越流堤の一次案 • 事業実施前後の水位変化 • 掘削形状が維持可能な掃流力が掘削面で作用するか • 現況河道での自然営力による砂礫河原の創出の可能性(植生消失、砂州攪乱をもたらす掃流力が作用するか)や干潟の冠水頻度の確認	• 水位(平面分布、堤防近傍水位縦断図) • 流下能力 • 河岸、堤防近傍での鉛直平均流速 • 流況(流速ベクトル、掃流力平面分布)
G1-①-2 全川、代表洪水での流況予測 (全川での現況河道あるいは将来河道の治水機能評価(流下能力、高流速・水衝部発生箇所等)、遊水地等のピークカット効果がある施設等の配置計画 等) (2)	• HWLや現況堤防高、橋桁等許可工作物との高低関係 • 侵食限界流速との大小関係 • 事業実施前後の水位変化(河道貯留や洪水流伝播特性の変化による影響含む) • 偏流や水衝部が発生していないか • 遊水地の配置計画	• 水位(平面分布、堤防近傍水位縦断図) • 流下能力 • 河岸、堤防近傍での鉛直平均流速 • 流況(流速ベクトル)

※2Dを使うべき特定区間の定量的抽出方法: 検討課題 **(◆)**

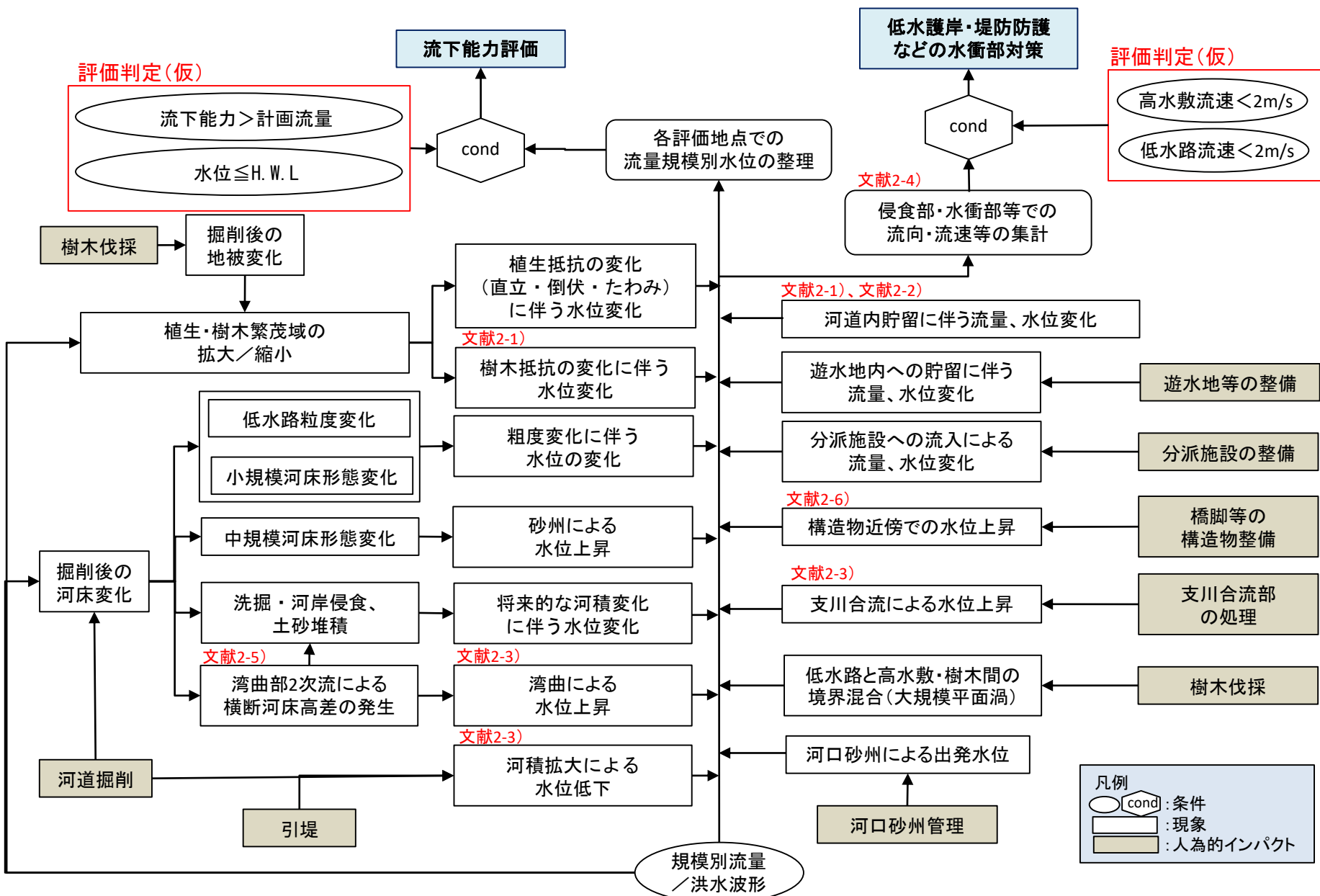
(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G1-① 河道計画のための洪水流解析

(2) 連関図 (現象の整理)



G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	H20久慈川河道計画検討業務	常陸河川国道事務所	H21年3月
資料2)	R2那珂川大場遊水地越流堤詳細設計業務	常陸河川国道事務所	R5年3月
資料3)	円山川河道掘削影響検討業務(H19.3)	豊岡河川国道事務所	H19年3月
資料4)	R4利根川上流管内河川氾濫解析検討業務	利根川上流河川事務所	—
資料5)	令和4年度物部川流域治水検討業務報告書	高知河川国道事務所	R5年3月
資料6)	R2荒川第二・三調節池整備効果検討業務	荒川調節池工事事務所	R4年4月

G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	洪水流の流量と水位ハイドログラフの変形・伝播に及ぼす河道構造の影響―山間狭隘河道を対象として	竹村吉晴, 福岡捷二	2012
文献2-2)	平成27年9月洪水における鬼怒川下流区間の流下能力, 河道貯留及び河道安定性の検討	福岡捷二, 田端幸輔, 出口桂輔	2016
文献2-3)	数値解析と大規模水理模型実験を組合せた九州北部豪雨の河道計画立案と合意形成	福岡泰斗, 古賀満, 坂井靖幸, 上杉幸輔, 平生昭二, 釜瀬明日香, 木梨行宏, 関谷明, 土屋大輔, 加藤翔吾	2020
文献2-4)	礫床河川における河川改修後の流況改善効果の評価法-根谷川を対象にして-	永井秀和, 内田龍彦, 河原能久, 八木郁哉, 中野光隆	2020
文献2-5)	蛇行する低水路を有する複断面河道における洪水流の流下機構と河道内被災の分析と対策―令和2年7月球磨川洪水を例として―	後藤岳久, 長谷部夏希, 向田清峻, 福岡捷二	2023
文献2-6)	超過洪水流の時空間三次元エネルギー分布に基づく河道計画・設計法	福岡捷二, 加藤宏季	2024
文献2-7)	固定化砂州での掘削路開削による洪水攪乱の誘発と樹林化抑制対策に関する研究	松田浩一, 内堀寿美男, 清水義彦, 石原正義, 藤堂正樹	2010
文献2-8)	固定砂州の掘削による中小洪水営力を用いた樹林化抑制と水衝部対策について	清水義彦, 岩見収二, 大山修	2015
文献2-9)	旧流路部を活用した水路掘削と平面掘削の併用による砂礫河原再生手法の提案	岩井久, 傳田正利, 窪宗昭, 平林亮, 本多信二, 小川明宏, 萱場祐一	2017
文献2-10)	令和元年台風19号出水における樹木流出メカニズムの評価および再樹林化リスク評価手法の提案と戦略的河道管理の立案	柏田仁, 本多信二, 永原慎一郎, 田端泰三, 三浦義則, 浮田博文, 徐冰潔, 奥村直人	2021
文献2-11)	阿賀川における礫河原再生に向けた河道整備	仲村学, 増田孝幸, 高橋昭一, 山邊満, 渡辺国昭, 澤井雄介	2013
文献2-12)	適正な分流量を維持するための百間川分流部の固定堰周辺における植生管理方策の検討	平井康隆, 前野詩朗, 吉田圭介, 岩城智大, 小川修平, 赤穂良輔	2017
文献2-13)	河道の経年変化から見た樹林化の要因分析と持続的な河川管理のための方策	阿河一穂, 道奥康治, 神田佳一, 魚谷拓矢	2012
文献2-14)	平成15年台風10号による北海道厚別川の洪水氾濫とその再現計算	長谷川善彦, 清水康行	2005
文献2-15)	北川の大規模河川改修が川坂地区の砂州地形と流況に及ぼす影響	平川隆一, 渡邊訓甫, 杉尾哲, 中田哲二, 小南考輝	2011
文献2-16)	平成23年7月新潟・福島豪雨を教訓とした五十嵐川等における今後の治水対策	酒井公生, 眞間修一, 加藤敢士, 竹村仁志, 橋口泰三, 清治雅泰, 関基	2012
文献2-17)	交互砂州河道における効率的な植生管理策に関する研究	長田健吾, 濱井宣明, 青木朋也, 藤本雅信, 嘉田功, 川田健人	2014

G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
洪水伝播		メッシュ、河床高: - 特定区間の計算では、全川の計算と比べてメッシュサイズを小さく設定できるため、地形、粗度・植生、Q2Dで考慮されているΔhに関する現象等がより精緻に設定できる。それらの現象を再現するのに必要となるメッシュサイズを適切に設定することを標準とする。また、滞筋(低水路)の線形や河道掘削実施前後の砂州形状や河道横断形状が表現でき、かつ、掘削面上の流速や掃流力分布等が計算できるように適切なメッシュサイズを設定することを標準とする。 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 合流がある場合は、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★)
遊水地や河道線形に伴う河道内貯留、分派施設での水位変化		遊水地(越流堤)や河道線形、分派施設で生じる水理現象を再現するためには、それらの平面形状、標高をメッシュ、初期地形として適切に設定することを標準とする。特に遊水地(越流堤)や分派施設では、構造に応じた複雑な流況が生じるため、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現したり、非静水圧成分を考慮したモデルを構築することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
低水路と高水敷・樹木間の境界混合		- 低水路と高水敷・樹木間の境界位置が表現できるように横断方向のメッシュを設定することを標準とする。 - ただし、一般曲線座標系や非構造格子を用いる場合、メッシュ形状の歪が解析結果に不具合を与えるため、解の安定性に配慮したメッシュ作成を行わなければならない。(◆)
Q2Dで考慮されている Δh に関する現象	$\Delta h01$ (合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間を確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h02$ (橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	$\Delta h03$ (湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h04$ (砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧

レベル	①-1-Lev.1	①-1-Lev.2	①-1-Lev.3	①-1-Lev.4
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)	曲率半径の小さい湾曲流れなど、水位の空間分布の再現を重視する際に適用	二次流による運動量輸送が卓越する流れなどの水位の空間分布の再現を重視する際に適用	床止め工や橋脚、越流堤等の構造物近傍の局所的な流れの再現を重視する際に適用
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	—	—	—	—
粒度分布モデル	—	—	—	—
掃流砂モデル	—	—	—	—
浮遊砂モデル	—	—	—	—
斜面崩落モデル	—	—	—	—
軟岩侵食モデル	—	—	—	—
粘性土侵食モデル	—	—	—	—
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。 23

G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ 流量観測結果の信頼性が疑わしい場合には、上流端で設定する流量を再精査したり、上流端に水位を設定する解析法を選定することを推奨する。(2)(◆)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 定常での評価を行う解析モデルを構築する場合、洪水ピーク流量を対象とし、観測水面形(痕跡水位、観測水位(最大値))を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 河道内貯留等に伴う洪水流量の縦断変化など非定常の水理現象を再現対象とする場合、過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 境界混合(大規模平面渦)の再現も重視する。大規模平面渦が河岸付近での低水路流速の低減・高水敷流速の増加を生じさせ、縦断水面形にも寄与している。Q2Dでは、境界混合係数によってこの効果が考慮されるが、一方、2Dでは、メッシュサイズやレイノルズ応力項の扱い方によってはこの効果を過小評価する場合がありますため、適切な設定を検討することが望ましい。(2)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いるのか、変更するのかを判断する(例:検証計算で求めた逆算粗度を使うか、推定粗度(河道計画検討の手引き参照)を使うか)。(1) - 定常で評価する場合、流量については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 非定常で評価する場合、流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合、その特性を考慮できるモデルとする。(2) - 高流速や水衝部発生箇所の抽出検討、河道制御施設配置計画検討では、計画高水流量あるいは整備計画目標流量を主としつつも、より小さい流量規模であっても、流速が十分大きくなったり、水衝部位置が異なる箇所に発生したりする場合があるため、対象洪水規模を適宜追加することが望ましい。(1) - 遊水地越流堤の検討では、流量規模、遊水地水位に応じて越流量が変化する。そのため、遊水地効果を評価する際には、複数の流量波形を設定して評価することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)。(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	対象流量1洪水での応答をそれぞれ予測し、代替案の妥当性を判断する。(1)	
④感度分析	必要に応じて、植生消長含む粗度の変化や土砂堆積の進行が、流下能力、水衝部発生箇所に及ぼす影響を感度分析的に把握する。ただし、粗度変化や土砂堆積は、初期条件として設定すればよい。これにより、樹木伐採や河道掘削等の河道管理をすべき時期、状態の目安を把握する。(2)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G1-①-1 特定区間、1洪水での流況予測

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
HWLや現況堤防高、橋桁等許可工作物との高低関係	- 流況予測モデルより、ピーク流量時の水位縦断分布を解析上の水際境界部の影響を受けないよう、堤防から河道側へ数メッシュ内側（例えば、法尻より内側になるような位置）で出力し、現場における現況堤防高、橋桁等許可工作物の高さ等を比較して、評価する。(◆) - 橋桁等、構造物との高さ関係を評価する場合には、当該構造物地点での水位横断図を作成し、構造物の高さや設置範囲との重ね図を作成することで評価すると良い。
侵食限界流速との大小関係	2DやQ3D流況予測モデルより評価する場合は、河岸、堤防近傍メッシュでの流速を整理し、侵食限界流速（例えば、2m/s）と比較する（2Dを用いた護岸設計の事例や有用性を調査◆）。 - 鉛直平均流速は、湾曲・狭窄等の河道線形によっては必ずしも流量ピーク時に最大値をとるとは限らないため、対象とする1洪水の流下の際に最大となる値を出力する必要がある。
偏流や水衝部が発生していないか	流況予測モデルで出力した流速ベクトル図より、堤防法線や低水路法線、主流部等と著しく異なる流向となっていないかを確認する。
遊水地越流堤の一次案	遊水地越流堤や遊水地内を設定した流況予測モデルより、遊水地への越流量の時間変化、遊水地で貯留される水量の時間変化、下流河道での通過流量を確認し、越流堤の高さ、幅、長さの妥当性を評価する。
事業実施前後の水位変化	- 流況予測結果から、事業実施前後の水位や河道内貯留、洪水流伝播特性の時空間分布を整理し、事業実施による水位低減効果や、事業実施箇所の上下流において水位上昇が発生していないか評価する。 - G1を適用した区間については、流下能力(HQ式)も2D定常で設定することを基本とする。設定方法の詳細については要議論(例:Hはどの値を用いるか(左右岸水位、断面内最大水位の3パターンで作成とする等)) (◆)
掘削形状が維持可能な掃流力が掘削面で作用するか	- 流況予測結果から、増水期、ピーク時、減水期それぞれの流速、掃流力の空間分布を掘削面上などで整理し、主要な河床材料の移動限界値や植生抵抗(耐力)を上回っているかを評価する。 - 植生抵抗について、直径10cm程度の樹木が生育すると流出しない。直径5cm程度ぐらいの樹木が出水を受けても流出しない状況であると樹林化が加速するといった知見も参考にする。
現況河道での自然営力による砂礫河原の創出の可能性(植生消失、砂州攪乱をもたらす掃流力が作用するか)や干潟の冠水頻度の確認	流況予測結果から、現況河道での自然営力による砂礫河原上における掃流力の時空間分布の変化、周辺水位の時空間分布を出力し、主要な河床材料の移動限界値と比較することにより、砂礫河原の維持、ワンド・たまりや瀬淵における堆積の可能性や事業実施箇所の冠水頻度を整理・評価する。

G1-①-2 全川、代表洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	H29江戸川河道整備検討業務	江戸川河川事務所	H30年2月
資料2)	R2荒川上流水理解析検討業務	荒川上流河川事務所	—
資料3)	令和2年度紀の川水系 紀の川藤崎狭窄部対策調査設計業務	和歌山河川国道事務所	R2年4月
資料4)	令和3年度旭川水系河川整備計画他検討業務	岡山河川事務所	R4年9月
資料5)	R4名取川計画検討業務	仙台河川国道事務所	R5年6月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)			
文献1-2)			
文献1-3)			
文献1-4)			
文献1-5)			

G1-①-2 全川、代表洪水での流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
洪水伝播		メッシュ、河床高: - メッシュサイズは、Q2Dで考慮されているΔhに関する現象が表現できるように設定することを標準とする。ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と全川流況把握に必要な精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。現象を十分に説明できるメッシュ設定ができない場合は、粗度係数や植生・樹木抵抗のパラメータに依存させて、洪水を再現できるモデルを構築することを標準とする。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 合流がある場合は、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★)
遊水地や河道線形に伴う河道内貯留、分派施設での水位変化		遊水地(越流堤)や河道線形、分派施設で生じる水理現象を再現するためには、それらの平面形状、標高をメッシュ、初期地形として適切に設定することを標準とする。特に遊水地(越流堤)や分派施設では、構造に応じた複雑な流況が生じるため、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現したり、非静水圧成分を考慮したモデルを構築することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密生度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
低水路と高水敷・樹木間の境界混合		- 低水路と高水敷・樹木間の境界位置が表現できるように横断方向のメッシュを設定することを標準とする。 - ただし、一般曲線座標系や非構造格子を用いる場合、メッシュ形状の歪が解析結果に不具合を与えるため、解の安定性に配慮したメッシュ作成を行わなければならない。(◆)
Q2Dで考慮されている Δh に関する現象	$\Delta h01$ (合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h02$ (橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	$\Delta h03$ (湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h04$ (砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-2-Lev.1
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)
流れの次元、モデル	e; 浅水流
圧力仮定	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—
粒度分布モデル	—
掃流砂モデル	—
浮遊砂モデル	—
斜面崩落モデル	—
軟岩侵食モデル	—
粘性土侵食モデル	—
植生消失モデル	—
植生成長・侵入モデル	—

G1-①-2 全川、代表洪水での流況予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ 流量観測結果の信頼性が疑わしい場合には、上流端で設定する流量を再精査したり、上流端に水位を設定する解析法を選定することを推奨する。(2)(◆)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 定常での評価を行う解析モデルを構築する場合、洪水ピーク流量を対象とし、観測水面形(痕跡水位、観測水位(最大値))を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 河道内貯留等に伴う洪水流量の縦断変化など非定常の水理現象を再現対象とする場合、過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 境界混合(大規模平面渦)の再現も重視する。大規模平面渦が河岸付近での低水路流速の低減・高水敷流速の増加を生じさせ、縦断水面形にも寄与している。Q2Dでは、境界混合係数によってこの効果が考慮されるが、一方、2Dでは、メッシュサイズやレイノルズ応力項の扱い方によってはこの効果を過小評価する場合があるため、適切な設定を検討することが望ましい。(2)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いるのか、変更するのかを判断する(例: 検証計算で求めた逆算粗度を使うか、推定粗度(河道計画検討の手引き参照)を使うか)。(1) - 定常で評価する場合、流量については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 非定常で評価する場合、流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合、その特性を考慮できるモデルとする。(2) - 高流速や水衝部発生箇所の抽出検討、河道制御施設配置計画検討では、計画高水流量あるいは整備計画目標流量を主としつつも、より小さい流量規模であっても、流速が十分大きくなったり、水衝部位置が異なる箇所に発生したりする場合があるため、対象洪水規模を適宜追加することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)。(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	対象流量1洪水での応答をそれぞれ予測し、代替案の妥当性を判断する。(1)	
④感度分析	必要に応じて、植生消長含む粗度の変化や土砂堆積の進行が、流下能力、水衝部発生箇所に及ぼす影響を感度分析的に把握する。ただし、粗度変化や土砂堆積は、初期条件として設定すればよい。これにより、樹木伐採や河道掘削等の河道管理をすべき時期、状態の目安を把握する。(2)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
HWLや現況堤防高、橋桁等許可工作物との高低関係	- 流況予測モデルより、ピーク流量時の水位縦断分布を解析上の水際境界部の影響を受けないよう、堤防から河道側へ数メッシュ内側(例えば、法尻より内側になるような位置)で出力し、現場における現況堤防高、橋桁等許可工作物の高さ等を比較して、評価する。(◆) - 橋桁等、構造物との高さ関係を評価する場合には、当該構造物地点での水位横断図を作成し、構造物の高さや設置範囲との重ね図を作成することで評価すると良い。
侵食限界流速との大小関係	2DやQ3D流況予測モデルより評価する場合は、河岸、堤防近傍メッシュでの流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。(2Dを用いた護岸設計の事例や有用性を調査◆) - 鉛直平均流速は、湾曲・狭窄等の河道線形によっては必ずしも流量ピーク時に最大値をとるとは限らないため、対象とする1洪水の流下に際して最大となる値を出力する必要がある。
事業実施前後の水位変化(河道貯留や洪水流伝播特性の変化による影響含む)	- 流況予測結果から、事業実施前後の水位や河道内貯留、洪水流伝播特性の時空間分布を整理し、事業実施による水位低減効果や、事業実施箇所の上下流において水位上昇が発生していないか評価する。 - G1を適用した区間については、流下能力(HQ式)も2Dで設定することを基本とする。設定方法の詳細については要議論(例:Hはどの値を用いるか(左右岸水位、断面内最大水位の3パターンで作成とする等))(◆)
偏流や水衝部が発生していないか	流況予測モデルで出力した流速ベクトル図より、堤防法線や低水路法線、主流部等と著しく異なる流向となっていないかを確認する。
遊水地の配置計画	遊水地越流堤や遊水地内を設定した流況予測モデルより、遊水地への越流量の時間変化、遊水地で貯留される水量の時間変化、下流河道での通過流量を確認し、遊水地設置候補箇所において適切にピークカット(水位低減・流量低減)が可能な遊水地かを確認する。

G1-② リスク評価のための洪水流解析

G1-② リスク評価のための洪水流解析

内容		参照スライド
(1) 検討項目		35
(2) 連関図		36
検討項目 G1-②-1	1) 参考資料・参考文献一覧	37
	2) 計算のポイント	a) Level別物理モデル等一覧
		b) モデル構築上の留意点
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	42

G1-② リスク評価のための洪水流解析

(1)検討項目

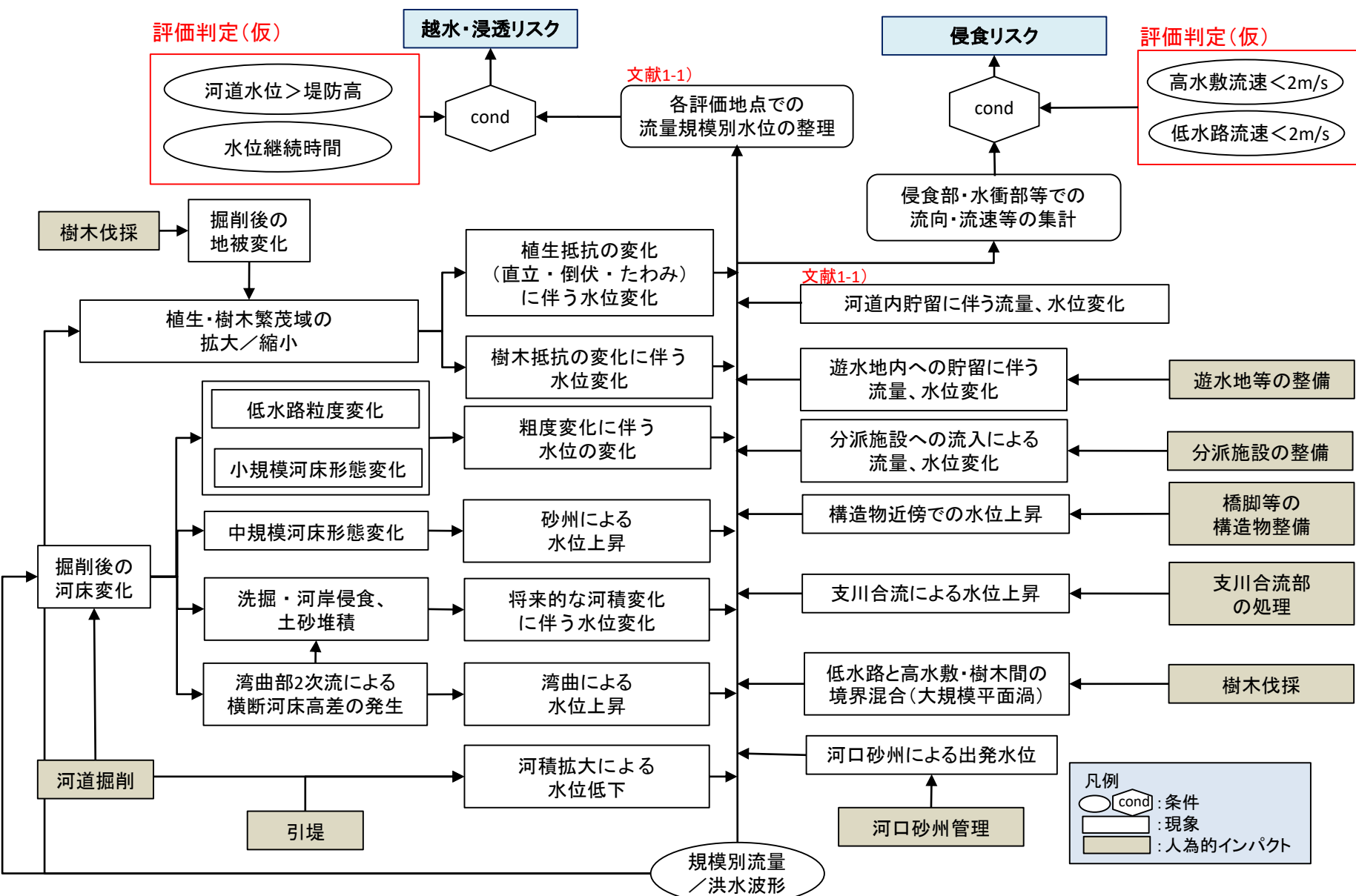
検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G1-②-1 全川、代表洪水、氾濫ありでの 流況予測(河道計画で必要なリ スク評価のための溢水の影響を 考慮した河道の洪水流解析 等) (1) ※本解析フレームの対象は河道 であり、氾濫原は対象外	• HWLや現況堤防高、橋桁等許可 工作物との高低関係 • 越水・溢水が生じる危険箇所の把 握、破堤条件に達する箇所の把 握、及びそれらの危険度の順位 • 侵食限界流速との大小関係 • 浸透破壊につながる水位継続時 間、水位上昇・低下速度の大小関 係 • 洪水波形の違いによる河道水位・ 流況の変化(氾濫前・後)	• 水位(平面分布、堤防近傍水位縦 断図、越流部) • 越流部水位・水深 • 河岸、堤防近傍での鉛直平均流 速 • 流況(流速ベクトル、河道内・越 流・溢水部・決壊口) • 堤防近傍での水位継続時間、水 位上昇・低下時間 • 氾濫量(越水・溢水) • 氾濫が生じた場合の河道の通過 流量

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2) 連関図 (現象の整理)



G1-②-1 全川、代表洪水、氾濫ありでの流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R4鬼怒川・小貝川流況解析検討業務	下館河川事務所	R5年3月
資料2)	大和川洪水時水面形モニタリング調査解析業務	大和川河川事務所	H24年3月
資料3)	平成31年度 雲出川河道計画検討業務	三重河川国道事務所	R2年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	洪水流の水位と流量の今日的考え方ー多点で観測された洪水水位と水面形から河道の水理システムを見える化するー	福岡捷二	2017
文献1-2)	平成29年九州北部豪雨災害時の花月川の平面2次元洪水流解析と護岸・河岸の被災要因の検討	重枝未玲, 秋山壽一郎, 鬼束幸樹, 中島晴紀, 勝原亮, 桂佑樹	2018
文献1-3)			
文献1-4)			
文献1-5)			

G1-②-1 全川、代表洪水、氾濫ありでの流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
洪水伝播		メッシュ、河床高: - メッシュサイズは、Q2Dで考慮されているΔhに関する現象が表現できるように設定することを標準とする。ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と全川流況把握に必要な精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。現象を十分に説明できるメッシュ設定ができない場合は、粗度係数や植生・樹木抵抗のパラメータに依存させて、洪水を再現できるモデルを構築することを標準とする。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 合流がある場合は、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★)
氾濫		堤防地形をモデル化し越流する流れを直接解くことで越流による流量低減を表現することを標準とする。または、壁立て条件+横越流式で流量低減を表現してもよい。
遊水地や河道線形に伴う河道内貯留、分派施設での水位変化		遊水地(越流堤)や河道線形、分派施設で生じる水理現象を再現するためには、それらの平面形状、標高をメッシュ、初期地形として適切に設定することを標準とする。特に遊水地(越流堤)や分派施設では、構造に応じた複雑な流況が生じるため、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現するようにモデルを構築することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
低水路と高水敷・樹木間の境界混合		- 低水路と高水敷・樹木間の境界位置が表現できるように横断方向のメッシュを設定することを標準とする。 - ただし、一般曲線座標系や非構造格子を用いる場合、メッシュ形状の歪が解析結果に不具合を与えるため、解の安定性に配慮したメッシュ作成を行わなければならない。(◆)
Q2Dで考慮されている Δh に関する現象	$\Delta h01$ (合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h02$ (橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	$\Delta h03$ (湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	$\Delta h04$ (砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-1-Lev.1
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)
流れの次元、モデル	e; 浅水流
圧力仮定	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—
粒度分布モデル	—
掃流砂モデル	—
浮遊砂モデル	—
斜面崩落モデル	—
軟岩侵食モデル	—
粘性土侵食モデル	—
植生消失モデル	—
植生成長・侵入モデル	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ 流量観測結果の信頼性が疑わしい場合には、上流端で設定する流量を再精査したり、上流端に水位を設定する解析法を選定することを推奨する。(2)(◆)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 境界混合(大規模平面渦)の再現も重視する。大規模平面渦が河岸付近での低水路流速の低減・高水敷流速の増加を生じさせ、縦断水面形にも寄与している。Q2Dでは、境界混合係数によってこの効果が考慮されるが、一方、2Dでは、メッシュサイズやレイノルズ応力項の扱い方によってはこの効果を過小評価する場合があるため、適切な設定を検討することが望ましい。(2)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いるのか、変更するのかを判断する(例:検証計算で求めた逆算粗度を使うか、推定粗度(河道計画検討の手引き参照)を使うか)。(1) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合、その特性を考慮できるモデルとする。(2) - リスク評価では、対象とする洪水波形、規模(超過洪水含む)を設定しなければならない。同一の生起確率であっても波形の特徴が異なるもの(シャープなもの(ピーク流量大)、継続時間の長いもの(ピーク流量小)、二山波形等)をどこまで考慮するか等を検討することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)。(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	リスク評価では、対象とする洪水波形、規模(超過洪水含む)での応答をそれぞれ予測、分析し、代替案の妥当性を判断する。(1)	
④感度分析	必要に応じて、植生消長含む粗度の変化や土砂堆積の進行が、流下能力、水衝部発生箇所にあぼす影響を感度分析的に把握する。ただし、粗度変化や土砂堆積は、初期条件として設定すればよい。これにより、樹木伐採や河道掘削等の河道管理をすべき時期、状態の目安を把握する。(2)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
HWLや現況堤防高、橋桁等許可工作物との高低関係	流況予測モデルより、ピーク流量時の水位縦断分布を堤防から河道側へ数メッシュ内側で出力し、現場における現況堤防高、橋桁等許可工作物の高さ等を比較して、評価する。
越水・溢水が生じる危険箇所の把握、破堤条件に達する箇所の把握、及びそれらの危険度の順位	- 流況予測モデルより、水位縦断分布の最大値を堤防から河道側へ数メッシュ内側で出力し、現場における現況堤防高の高さを比較して、越水・溢水の可能性を評価する。 - 上記出力した最大水位縦断分布と、堤防の破堤条件水位とを比較して、破堤の可能性を評価する。 - 上記評価を時系列で整理し、縦断的に越水・溢水や破堤条件に達する順位をとりまとめる。
侵食限界流速との大小関係	2DやQ3D流況予測モデルより評価する場合は、河岸、堤防近傍メッシュでの流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。(2Dを用いた護岸設計の事例や有用性を調査◆) - 鉛直平均流速は、湾曲・狭窄等の河道線形によっては必ずしも流量ピーク時に最大値をとるとは限らないため、対象とする1洪水の流下に際して最大となる値を出力する必要がある。
浸透破壊につながる水位継続時間、水位上昇・低下速度の大小関係	流況予測モデルより、堤防近傍の高水位の継続時間・水位の上昇・低下速度を整理し、堤防の浸透破壊(パイピング、裏法すべり、表法すべり)の可能性について、堤防点検等から得られる各種指標(すべり破壊安全率、局所動水勾配、G/W等)を鑑みて評価することが望ましい。
洪水波形の違いによる河道水位・流況の変化(氾濫前・後)	流況予測モデルより、複数波形による氾濫前後での通過流量を算出し、波形の違いによる氾濫量・下流河道通過流量、及び水位縦断変化を比較する。

G1-③ 適切な分合流処理

G1-③ 適切な分合流処理

内容			参照スライド
(1) 検討項目			45
(2) 連関図			46
検討項目 G1-③-1	1) 参考資料・参考文献一覧		47
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	48
		b) Level別物理モデル等一覧	49
		c) 検証計算や感度分析の方法	50
		d) 予測計算の方法	51
	3) 評価のポイント		52
検討項目 G1-③-2	1) 参考資料・参考文献一覧		53
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	54
		b) Level別物理モデル等一覧	55
		c) 検証計算や感度分析の方法	56
		d) 予測計算の方法	57
	3) 評価のポイント		58

G1-③ 適切な分合流処理

(1)検討項目

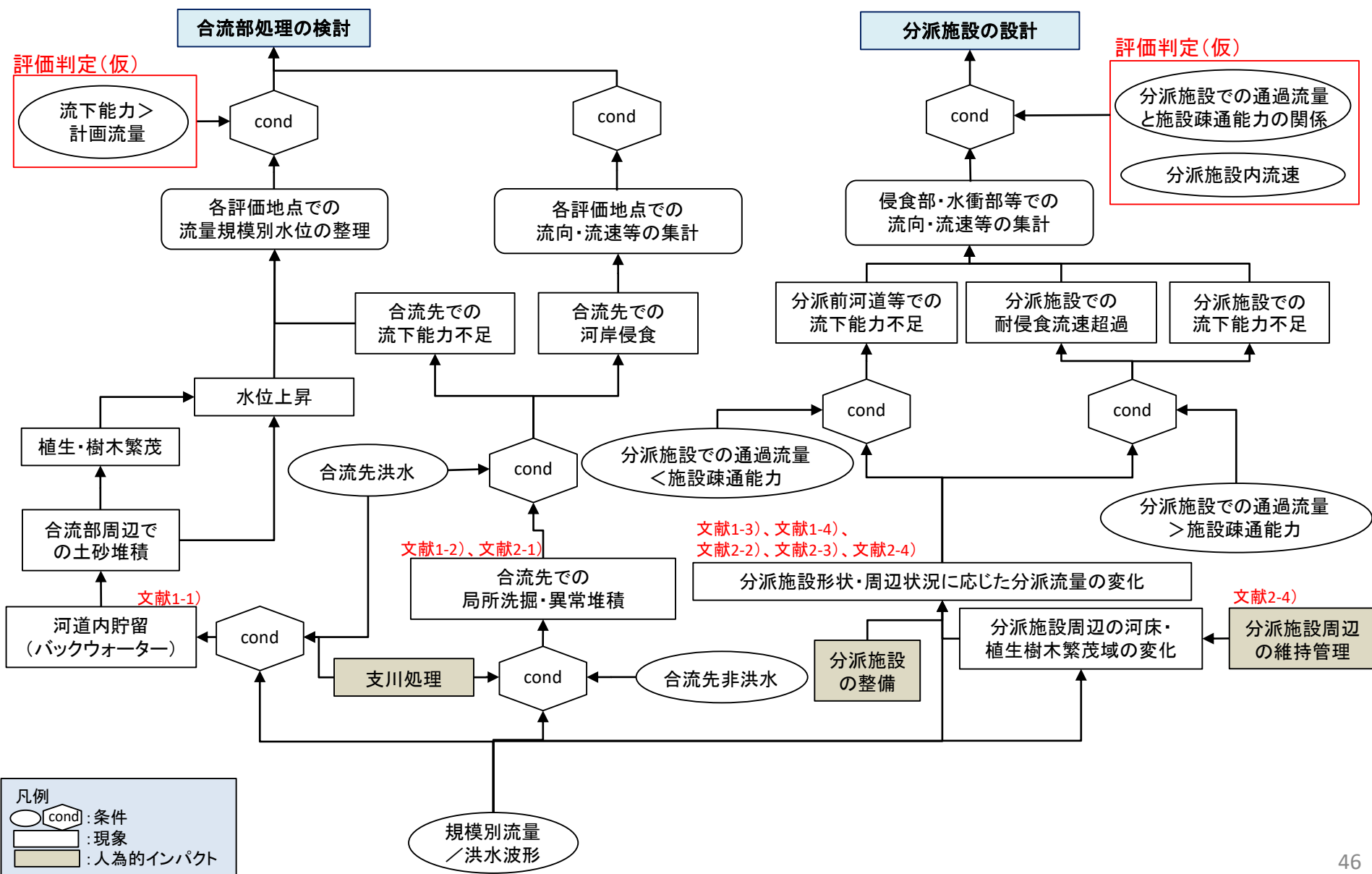
検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G1-③-1 分合流点区間、1洪水での流況予測 (合流部、分流部の平面形状や導流堤等施設の一次案等) (1)	- 目標とする分派となっているか(適切な分派率、上下流水位とHWLとの関係、分派施設形状の妥当性) - 目標とする合流となっているか(適切な合流量、上下流水位とHWL関係、導流堤延長の妥当性) - 合流・分派により河岸侵食が発生していないか	- 水位(平面分布、堤防近傍水位縦断図) - 河岸、堤防近傍での鉛直平均流速 - 分派流況(流速ベクトル・分流量(分派前・後)) - 合流流況(流速ベクトル・合流量(合流前・後))
G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 (合流部、分流部の安定性評価、河床変動を踏まえた維持管理の容易性検討 等) (2)	- 合流部、分派前後の河道に異常堆積が生じていないか - 分派施設・合流施設周辺の河床は安定しているか	- 河床高及び河床変動量の時空間分布 - 最深河床高

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2) 連関図（現象の整理）



G1-③-1 分合流点区間、1洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	H29江戸川河道整備検討業務	江戸川河川事務所	H30年2月
資料2)	令和4年度信濃川下流河道計画検討外業務	信濃川下流河川事務所	R5年10月
資料3)	R4肝属川水系河川整備計画検討業務	大隅河川国道事務所	R5年7月
資料4)	六角川分水路詳細検討業務	武雄河川事務所	R3年3月
資料5)	令和3年度 狩野川洪水被害軽減対策検討業務	沼津河川国道事務所	R5年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	平成23年7月豪雨による信濃川下流域の洪水流下特性とその解析法—五十嵐川・刈谷田川の合流と中ノ口川の分派を含む河道区間を対象として—	田端幸輔, 福岡捷二, 内藤和久	2013
文献1-2)	複断面河道合流部における洪水流の現地研究—利根川・渡良瀬川合流部を例として—	石川忠晴, 赤穂良輔, 新井奈々絵, 田潤	2016
文献1-3)	水理模型実験と準3次元洪水流解析に基づく五ヶ瀬川の適正な分派対策の検討	坂本洋, 重枝未玲, 秋山壽一郎, 志賀三智, 小野富生, 荒武宗人, 村越重紀, 平生昭二, 岩佐隆広, 多田裕治	2017
文献1-4)	平成30年7月豪雨時の旭川分流堰周辺の植生分布を考慮した3次元洪水流解析	吉田圭介, 梶川勇樹, 永田貴美久, 西山哲, 間野耕司, 堺浩一, Md.Touhidul ISLAM, 児子真也	2020
文献1-5)			

G1-③-1 分合流点区間、1洪水での流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
洪水伝播 ・河道内貯留		メッシュ、河床高: - 合流部周辺で生じる複雑な水理現象、バックウォーターなどが計算できるように適切なメッシュで河道線形を表現しなければならない。 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滯筋等が上下流に連続するように努める。初期地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滯筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 合流では、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★)
分派施設での通過流量		- 分派施設に構造物がある場合は、その構造物の天端形状等が反映できるメッシュを設定しなければならない。また、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現したり、粗度係数や乱流モデル等を調整し、越流時に生じるエネルギー損失を考慮したり、非静水圧成分を考慮したモデルを構築して、分派流量を再現することを標準とする。(◆) - 水門等の施設がある場合は、施設上下流の水位からゲート流出式や水門から受ける抵抗を考慮して分派流量を設定することができる。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G1-③-1 分合流点区間、1洪水での流況予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	③-1-Lev.1	③-1-Lev.2	③-1-Lev.3	③-1-Lev.4
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)	曲率半径の小さい湾曲流れなど、水位の空間分布の再現を重視する際に適用	二次流による運動量輸送が卓越する流れなどの水位の空間分布の再現を重視する際に適用	床止め工や橋脚、越流堤等の構造物近傍の局所的な流れの再現を重視する際に適用
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	—	—	—	—
粒度分布モデル	—	—	—	—
掃流砂モデル	—	—	—	—
浮遊砂モデル	—	—	—	—
斜面崩落モデル	—	—	—	—
軟岩侵食モデル	—	—	—	—
粘性土侵食モデル	—	—	—	—
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。 49

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 分派施設が整備されている際には、分派量を再現する様にパラメータを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する可能性がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 分合流形状を整備する場合は、水理模型実験等により流況、流量配分を計測し、実験結果を参考に検証することが望ましい。(2)(◆)※文献1-3)参照
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いるのか、変更するのかを判断する(例:検証計算で求めた逆算粗度を使うか、推定粗度(河道計画検討の手引き参照)を使うか)。(1) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合、その特性を考慮できるモデルとする。(2) - 分合流施設の設計では、各流入流量、流出流量の組み合わせで分合流付近の流況が変わるため、検討目的を踏まえて想定される流量の組み合わせを設定することを標準とする。(1) ※文献1-4)参照
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)。(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と代替案の比較から、最適案を判断する。(1)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
目標とする分派となっているか(適切な分派率、上下流水位とHWLとの関係、分派施設形状の妥当性)	- 流況予測モデルから計画規模における本川と分派の通過流量を算出し、計画分派量と比較して問題ないかを確認する。 - 本川、分派の影響を受ける区間を対象として、計画分派量が流下する際の水位縦断を出力し、HWLと比較する。
目標とする合流となっているか(適切な合流量、上下流水位とHWL関係、導流堤延長の妥当性)	流況予測モデルで出力した本川と支川、それぞれの水位縦断分布から、支川側で問題となるバックウォーターが生じていないか、本川側で支川合流に伴う異常な水位上昇が生じていないか評価する。
合流・分派により河岸侵食が発生していないか	- 流況予測モデルで出力した河岸、堤防近傍での鉛直平均流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。 - 鉛直平均流速は、湾曲・狭窄等の河道線形によっては必ずしも流量ピーク時に最大値をとるとは限らないため、対象とする1洪水の流下に際して最大となる値を出力する必要がある。

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	令和4年～5年度 北上川水系河川計画等検討業務	北上川下流河川事務所	R5年10月
資料2)	平成31年度 梯川河川整備効果検討業務	金沢河川国道事務所	R2年10月
資料3)	令和3年度 鈴鹿川河道計画検討業務	三重河川国道事務所	R4年2月
資料4)	淀川水系河道特性調査業務	淀川河川事務所	R5年3月
資料5)	R2斐伊川河床変動対策等検討業務	出雲河川事務所	R3年6月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	河川合流点における非定常乱流モデルを用いた河床変動計算	舩屋繁和, 清水康行, 舩甚甲介	2010
文献2-2)	大きな流量を有する支川が直角合流する河道区間の三次元流れと河床変動の解析	田端幸輔, 福岡捷二, 内藤和久	2013
文献2-3)	江戸川流頭部の河道計画の策定—先導的な数値解析を中心とした新しい河道設計技術—	小淵康正, 吉村綾子, 宮川勇二, 岡村誠司, 天野光歩, 福岡捷二	2015
文献2-4)	大量の土砂を伴う洪水流の斐伊川放水路への分流と土砂流入抑制に関する研究	後藤岳久, 福岡捷二, 柴田亮	2017
文献2-5)	洪水流の適正分派と土砂環境の変化に配慮した放水路分派形状の検討	島田立季, 桑原正人, 片山直哉, 柏田仁, 竹林洋史	2018
文献2-6)	地形解像度と流況モデルの違いが河川合流部の流れおよび河床変動解析に及ぼす影響	梶川勇樹, 加芽田百合子, 茨木琉汰, 和田孝志, 黒岩正光, 三輪浩	2023

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
洪水伝播 ・河道内貯留		メッシュ、河床高： - 合流部周辺で生じる複雑な水理現象、バックウォーターなどが計算できるように適切なメッシュで河道線形を表現しなければならない。 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件： - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 合流では、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★) - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
分派施設での通過流量		- 分派施設に構造物がある場合は、その構造物の天端形状等が反映できるメッシュを設定しなければならない。また、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現したり、粗度係数や乱流モデル等を調整し、越流時に生じるエネルギー損失を考慮したり、非静水圧成分を考慮したモデルを構築して、分派流量を再現することを標準とする。(◆) - 水門等の施設がある場合は、施設上下流の水位からゲート流出式や水門から受ける抵抗を考慮して分派流量を設定することができる。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整設定する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
分合流周辺の河床変動		モデル： - 分合流周辺の河床変動は、流れの3次元性が卓越するため、準3次元モデル・3次元モデルで評価することが望ましい。 境界条件： - 土砂の上流端境界条件として、本川、支川における土砂供給量をそれぞれ適切に設定する必要がある。例えば、掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見だせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) 初期条件： - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階： - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い： - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧

レベル	③-2-Lev.1	③-2-Lev.2	③-2-Lev.3	③-2-Lev.4
適用例	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮 遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	鉛直方向に抵抗等が変化する 構造物周りの局所洗掘の再 現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	- 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) - その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) - 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	- 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) - 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) - 分派施設が整備されている際には、分派量を再現する様にパラメータを調整する。(2) - 分合流施設を整備する場合は、水理模型実験等により流況、流量配分、河床変動を計測し、実験結果を参考に検証する。(2)※文献1-3)、文献2-3)参照 - 更に、実績の河床変動(特に合流部)の傾向を再現するように、パラメータ(特に、上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆)※例えば文献2-1では、流れの三次元性考慮が河床変化プロセスを再現すると説明 ※例えば文献2-3)では、流砂量係数を変更 ※例えば文献2-5)では、2Dが変動量を過小評価 - その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	- 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) - 分合流形状を整備する場合は、水理模型実験等により流況、流量配分を計測し、実験結果を参考に検証することが望ましい。(2)(◆)※文献1-3)参照
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) - これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いるのか、変更するのかを判断する(例:検証計算で求めた逆算粗度を使うか、推定粗度(河道計画検討の手引き参照)を使うか)。(1) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合、その特性を考慮できるモデルとする。(2) - 分合流施設の設計では、各流入流量、流出流量の組み合わせで分合流付近の流況が変わるため、検討目的を踏まえて想定される流量の組み合わせを設定することを標準とする。(1)※文献1-4)参照 - 計算期間は、維持管理期間や構造物と周辺河道の変化が想定される期間を考慮して設定するのが望ましい。(2)(◆) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することに努める。(例:土砂堆積を助長させる洪水規模・連続回数、土砂流送に寄与する洪水規模等の特性を、実態把握(長期検証計算)において予め把握)。(2)(★)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と代替案の比較から、最適案を判断する。(1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G1-③-2 分合流点区間、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
合流部、分派前後の河道に異常堆積が生じていないか	• 河床変動予測結果から河床高の空間分布を出力し、合流部または分流部の上下流において異常堆積が発生していないかを評価する。
分派施設・合流施設周辺の河床は安定しているか	• 河床変動予測結果から河床高の空間分布を出力し、平均河床高や最深河床高の経年変化を整理し、合流部または分流部の上下流において河床が安定している(平均河床高・最深河床高が安定的)かを評価する。

G2-① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析

G2-① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析

内容			参照スライド
(1) 検討項目			61,62
(2) 連関図			63
検討項目 G2-①-1	1) 参考資料・参考文献一覧		64
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	65
		b) Level別物理モデル等一覧	66
		c) 検証計算や感度分析の方法	67
		d) 予測計算の方法	68
	3) 評価のポイント		69
検討項目 G2-①-2	1) 参考資料・参考文献一覧		70
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	71
		b) Level別物理モデル等一覧	72
		c) 検証計算や感度分析の方法	73
		d) 予測計算の方法	74
	3) 評価のポイント		75

G2-① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析

(1)検討項目

検討項目（解析フレームの細分化）	評価内容	評価事項
G2-①-1 全川、長期間での河床変動予測 ※1 （河道計画のための検討、現況／低水路拡幅後の川幅※2・河床高の持続性の概略評価、川幅・河床高の維持に必要な土砂供給条件 等） (2)	- 低水路幅・高さの将来的な持続性 (★) - 低水路幅・高さの維持に必要な土砂供給条件 - 上記についての洪水規模・履歴との関係性、小セグメント毎に分類 - 河道計画で検討した一次設定河道（Q2DまたはG1①で設定した河道）の見直し	- 大中小規模流量※3に対する摩擦速度（低水路平均）縦断（現況河道の摩擦速度・移動限界摩擦速度等との比較） - 低水路平均河床高、低水路幅、比高等の縦断分布、動的安定状態となるまでの時間（定期的に攪乱・移動を生じ、動的安定状態） (◆)(★) - 低水路平均粒度構成比率縦断分布 - 最深河床高縦断（構造物管理高との比較）（洪水中）

※1長区間、長期間の計算を現実的な時間で実施するためのモデル化、高速化手法 **(★)**

※2一次設定河道の安定性予測（特に、川幅縮小傾向予測） **(◆)(★)(3)**

※3対象流量の設定方法 **(◆)**

※植生周りの堆積現象、アーマコート河道での予測手法 **(★)**

※縦断的な浮遊砂濃度の観測に関しては知見が不足 **(◆)(★)**

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G2-① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析

(1) 検討項目

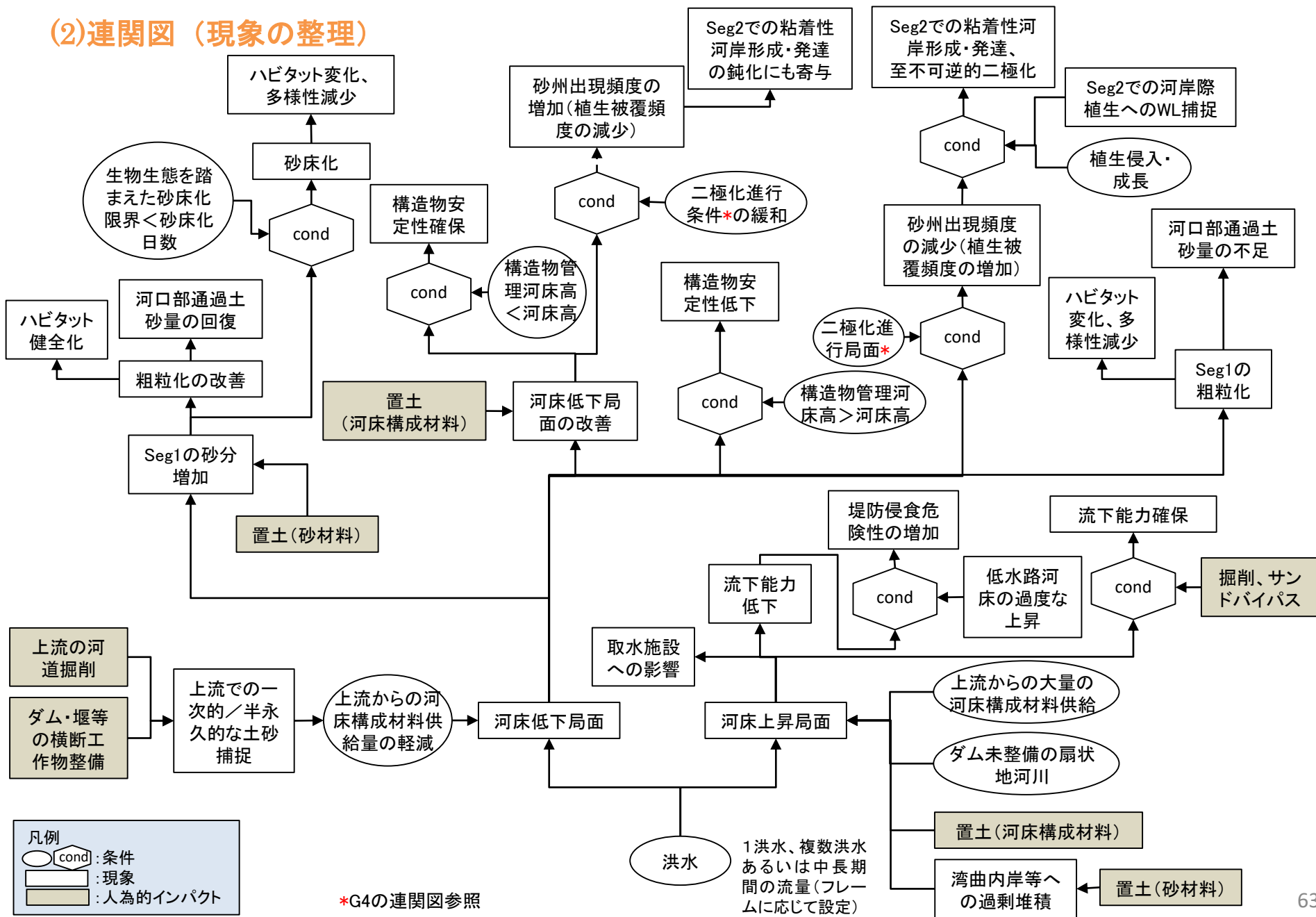
検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G2-①-2 特定区間、長期間での河床変動予測 (土砂管理のための検討、土砂還元による下流の物理環境の変化予測、土砂を下流に流しやすくするための適切な低水路幅検討、1D河床変動モデルによる評価では不十分な区間※の河道土砂管理目標、土砂管理指標・基準設定のための土砂動態把握、床止め工・堰(分派堰含む)等の整備が河床縦断形状・土砂動態に及ぼす影響の評価等) (2)	- 必要箇所(河口等)に砂がどの程度到達するか(川幅の広い区間、内岸・水裏部への堆積との対比)、低水路幅は適切か - 還元土砂の到達・堆積に伴う物理環境変化の程度(土砂管理目標・指標・基準の設定に活用、魚類産卵床としての質的評価、ダム下流における大礫間の浮遊砂充填(砂床化)等) - 洪水規模・履歴と直線部の砂州形成・移動、蛇行・湾曲部の内岸砂州の形成・拡大等の特性(土砂管理目標・指標・基準の設定に活用) - 床止め・堰による縦断的な河床形状・粒度分布、通過土砂量への影響 - 河岸、堤防近傍の局所洗掘 発生状況を踏まえた護岸整備必要性	- 低水路平均河床高、低水路幅、低水路と高水敷の比高等、低水路平均粒度構成比率の縦断(洪水前後、数年単位等) - 通過土砂量の縦断分布(粒径集団別) - 床止め・堰上流の堆積厚・粒度特性 - 最深河床高縦断(構造物管理高との比較)(洪水中) - 砂州移動特性、内岸砂州高変化特性

※2Dを使うべき特定区間の定量的抽出方法: 検討課題(◆)

- (1) 現状でも信頼性が高いもの
- (2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの
- (3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G2-① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析

(2) 連関図 (現象の整理)



G2-①-1 全川、長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	平成30年度 那賀川水系洪水処理方策検討業務	那賀川河川事務所	R元年6月
資料2)	令和2年度 那賀川水系河道計画検討業務	那賀川河川事務所	R3年5月
資料3)	令和4年度 那賀川水系河道計画検討業務	那賀川河川事務所	R5年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献3-1)	大規模洪水時の河床変動を考慮した治水計画に向けた一考察	青木健太郎, 藤田正治	2018
文献3-2)	黒部川流砂系における土砂動態と管理上の課題	福濱方哉, 村田文人, 池田敏男, 寺崎賢一, 岩見収二	2011
文献3-3)			
文献3-4)			
文献3-5)			

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河床変動		メッシュ、： - メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件： - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) また、地質が同様の近隣ダム流域での比生産土砂量を参考に浮遊砂流入条件の妥当性を確認しておくことが望ましい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。 初期条件： - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階： - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い： - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする。(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-1-Lev.1
モデル適用の場面	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)
流れの次元、モデル	e; 浅水流
圧力仮定	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	a; 岩垣～b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上～b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式～c; 芦田道上 + d; LK式～e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ～b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—
植生成長・侵入モデル	—

・川幅縮小機構の再現性向上に資するモデルはあるか？(★)

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。 66

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ パラメータ調整には膨大な時間を要することになるため、①を如何に適切に設定できるかが重要となる。河道領域の土砂管理において河川管理者が判断すべき事項(例:海岸領域はもちろん、河道領域にとっても種々の課題が改善に向くような適切な土砂還元の量・質の設定 等)の意思決定材料を提供するにあたり、再現性を確保しておくべき事象の見極め、それを現実的にどの程度まで再現可能かを判断しながら、②を進めていくことを推奨する。(2)(◆)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 浮遊砂濃度が高濃度の場合は、浮遊砂輸送形態が通常時と異なると考えられ、浮上量などが異なる可能性がある。そのため、対象区間の対象現象に応じた浮遊砂浮上量式を選定することに努める。(2)(★) ・ 複数時期の面的地形データを活用し、河床変動計算の再現計算を実施する。(2)(◆)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 通常、礫の移動速度は砂に比べて遅いため、長期間(数10年、最大100年程度)の予測計算を実施するのが望ましい。(2) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が高い。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することに努める。(例:土砂堆積を助長させる洪水規模・連続回数、土砂流送に寄与する洪水規模等の特性を、実態把握(長期検証計算)において予め把握)(2)(★)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と土砂管理対策実施の比較から、代替案(対策案)の適否を判断する。(1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産増)については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
低水路幅・高さの将来的な持続性	河床変動解析モデルによって低水路幅、平均河床高、最深河床高の縦断分布を出力し、経年的な変化傾向を確認する。
低水路幅・高さの維持に必要な土砂供給条件	- 河床変動解析モデルによって低水路幅、平均河床高、最深河床高の縦断分布を出力し、経年的な変化傾向を確認する。 - 変化が確認された場合には、土砂還元等やマクロ的に縦断掃流力分布が一様となる掘削対策等を河床変動解析モデルに設定し、低水路幅、平均河床高、最深河床高の縦断分布の維持傾向を確認する。
上記についての洪水規模・履歴との関係性、小セグメント毎に分類	上記結果を小セグメント単位で平均するなどの統計処理をして、小セグメント毎に洪水規模や履歴との関係性を整理する。
河道計画で検討した一次設定河道(Q2DまたはG1①で設定した河道)の見直し	Q2DまたはG1①等の流況解析で設定された河道を対象とした河床変動解析モデルによって、河床高の時間変化、流況の時間変化を算出し、設定河道の問題点を整理する。

G2-①-2 特定区間、長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R2荒川下流河川整備方針検討業務	荒川下流河川事務所	R3年3月
資料2)	令和1年度 太田川河道計画外検討業務	太田川河川事務所	R2年10月
資料3)	令和3年度 矢作川河川整備検討業務	豊橋河川事務所	R4年6月
資料4)	令和1年度 由良川河川整備計画関係資料作成業務	福知山河川国道事務所	R2年3月
資料5)	令和2年度 天竜川上流総合土砂管理検討業務	天竜川上流河川事務所	R3年3月
資料6)	令和2年度 物部川治水計画検討業務	高知河川国道事務所	R3年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	斐伊川の降雨流出・洪水流・土砂移動の一体解析法の開発と流域治水に向けた活用	小谷哲也, 後藤岳久, 福岡捷二	2024
文献1-2)	大規模洪水時に大量の土砂流入を伴う石礫河川釜無川の洪水流・河床変動解析法に関する研究	岡山士朗, 内藤ゆう子, 森僚多, 後藤岳久, 福岡捷二	2020
文献1-3)	水理量縦断分布に基づく礫床河道掘削後の河道変化要因分析と事前察知の可能性	佐藤慶太, 武内慶了, 服部敦	2010
文献1-4)	佐波川における堰の統廃合後の河床変動についての検討	高村紀彰, 赤松良久, 永野博之	2014
文献1-5)	2016年度小本川災害における流路・河床変動を伴う洪水流の解析	原田大輔, 江頭進治, 萬矢敦啓, 岩見洋一	2017
文献1-6)	土砂管理上の多くの課題を有する海部川の実態解明と掘削事業効果を高める河川管理策の検討～簡易平面二次元洪水流－河床変動解析法の活用～	長田健吾, 披田毅, 山下礎	2017
文献1-7)	河道の安定性と河床変動解析に基づく整備計画河道横断形の設定法	秋山壽一郎, 重枝未玲, 内野雅文, 小野英一, 長船建太郎	2018
文献1-8)	急流河川における将来洪水流量を考慮した河岸侵食特性と河道計画に関する考察	岡部和憲, 久加朋子, 山口里実, 清水康行, 新庄興, 長谷川和義	2019
文献1-9)	石礫床河川の砂州掘削後の河床変動予測における平面二次元計算の活用方法	北野陽資, 原田守啓	2024

G2-①-2 特定区間、長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河床変動		メッシュ: - メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。1D河床変動モデルが別途構築されている場合は、その結果を与え整合を図ることを基本とするが、過度な堆積・河床低下が生じてしまう場合や、1D河床変動モデルが存在しない場合は、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) また、地質が同様の近隣ダム流域での比生産土砂量を参考に浮遊砂流入条件の妥当性を確認しておくことが望ましい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚・粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G2-①-2 特定区間、長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

・非平衡土砂モデルが決定的に有効となる場面(★)

レベル	①-2-Lev.1	①-2-Lev.2	①-2-Lev.3	①-2-Lev.4
モデル適用の場面	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、 浮遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	礫河床上の砂分の流下、粒 度変化の再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	e; 浅水流
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	b; 岩見・藤田モデル~c; Semi-activeモデル
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。

G2-①-2 特定区間、長期間での河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ パラメータ調整には膨大な時間を要することになるため、①を如何に適切に設定できるかが重要となる。河道領域の土砂管理において河川管理者が判断すべき事項(例:海岸領域はもちろん、河道領域にとっても種々の課題が改善に向くような適切な土砂還元の量・質の設定 等)の意思決定材料を提供するにあたり、再現性を確保しておくべき事象の見極め、それを現実的にどの程度まで再現可能かを判断しながら、②を進めていくことを推奨する。(2)(◆)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 浮遊砂濃度が高濃度の場合は、浮遊砂輸送形態が通常時と異なると考えられ、浮上量などが異なる可能性がある。そのため、対象区間の対象現象に応じた浮遊砂浮上量式を選定することに努める。(2)(★) ・ 複数時期の面的地形データを活用し、河床変動計算の再現計算を実施する。(◆)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することに努める。(例:土砂堆積を助長させる洪水規模・連続回数、土砂流送に寄与する洪水規模 等の特性を、実態把握(長期検証計算)において予め把握)(2)(★)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と土砂管理対策実施の比較から、代替案(対策案)の適否を判断する。(1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産増)については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
必要箇所(河口等)に砂がどの程度到達するか(川幅の広い区間、内岸・水裏部への堆積との対比)、低水路幅は適切か	- 河床変動計算により縦断的な土砂通過量を算定し、土砂動態マップ等と比較する。 - 河床変動計算により低水路幅の時間変化を出力し、低水路幅の安定性を確認する。
還元土砂の到達・堆積に伴う物理環境変化の程度(土砂管理目標・指標・基準の設定に活用、魚類産卵床としての質的評価、ダム下流における大礫間の浮遊砂充填(砂床化)等)	- 土砂還元を行った際の河床変動計算により、縦断的な土砂通過量、河床高、河床材料の時空間変化を出力確認する。 - 瀬淵形状変化に与える影響などを評価する。
洪水規模・履歴と直線部の砂州形成・移動、蛇行・湾曲部の内岸砂州の形成・拡大等の特性(土砂管理目標・指標・基準の設定に活用)	河床変動予測結果から河床高を出力し、洪水規模・履歴と直線部の砂州形成・移動、蛇行・湾曲部の内岸砂州の形成・拡大等の関係性を評価する。
床止め・堰による縦断的な河床形状・粒度分布、通過土砂量への影響	河床変動予測結果から堰・床止めの影響が縦断形状や土砂動態(土砂収支)に与える影響を予測する。例えば、下流側に流送される土砂が減少した結果、下流側で平均河床、最深河床が低下する影響を予測し、河岸防護等の可能性を評価する。
河岸、堤防近傍の局所洗掘発生状況を踏まえた護岸整備必要性	- 河床変動解析結果から出力した河岸、堤防近傍での鉛直平均流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。 - 河床変動解析結果から低水路河岸前面の最深河床高を整理し、既設護岸の健全度や、護岸新設時の基礎高について評価する。

G3-① 水制の設計

G3-① 水制の設計

内容		参照スライド
(1) 検討項目		78
(2) 連関図		79
検討項目 G3-①-1	1) 参考資料・参考文献一覧	80
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点
		b) Level別物理モデル等一覧
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	85
検討項目 G3-①-2	1) 参考資料・参考文献一覧	86
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点
		b) Level別物理モデル等一覧
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	91

G3-① 水制の設計

(1)検討項目

検討項目（解析フレームの細分化）	評価内容	評価事項
G3-①-1 水制周辺部、1洪水での流況予測 （水撥ね、流速減少等の効果を発揮させるために必要な水制工諸元の設計） (3)	• HWLや現況堤防高などとの高低関係 • 水衝部における流速・掃流力の低減効果（水撥ね効果）が発揮され、水制の設置箇所、設置範囲は妥当か • 新たな水衝部の発生など、水制設置により悪影響が生じていないか	• 水位分布 • 流速分布、掃流力分布
G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 （洗掘防止、環境創出等の効果を発揮させるために必要な水制工諸元の設計） (2)(3)	• 水衝部の洗掘軽減効果が発揮されているか • 水制が損傷する規模の洗掘が生じていないか • 水制周辺の土砂堆積効果が確認できるか • 水制周辺の細粒土砂の堆積等により、魚類やその他の水生生物の生息環境の改善が確認できるか • 低水路において航路維持や河川環境の保全・創出などの目的を満たす効果を発揮しているか	• 河床高及び河床変動量、河床材料の時空間分布 • 最深河床高

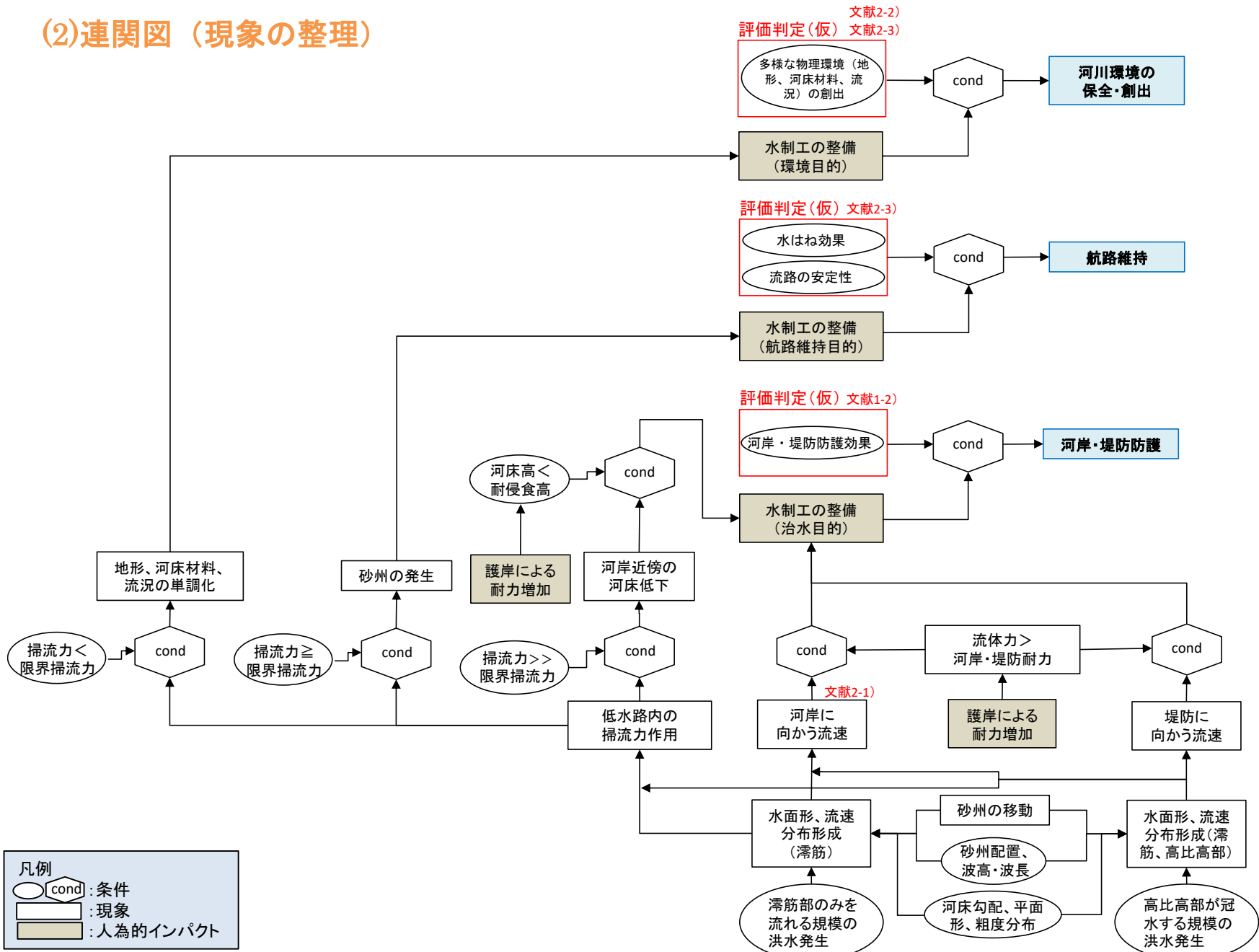
※水制工は、水制種に応じたモデルでの設定方法、水制種に応じた設計法自体が課題(★)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2) 連関図 (現象の整理)



G3-①-1 水制周辺部、1洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R4-5年度 最上川下流河道計画等検討業務	酒田河川国道事務所	R6年1月
資料2)	平成31年度多摩川河道整備基礎資料調査業務	京浜河川事務所	R2年3月
資料3)	淀川左岸線堤防構造照査他業務	淀川河川事務所	R2年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	WENO法を用いた3次元モデルの構築と越流型不透過水制周辺の流況解析	梶川勇樹, 檜谷治	2014
文献1-2)	大規模水制下流に発生する洗掘の発生機構に関する考察	伊藤猛, 富永晃宏	2015
文献1-3)	潮汐の影響を受ける大規模水制周辺の流れによる洗掘の発生に関する研究	伊藤猛, 富永晃宏	2016
文献1-4)	不透過水制群を有する流れの水理特性に関する研究	池田駿介, 杉本高, 吉池智明	2000
文献1-5)	市川の歴史的河川施設機能を考慮した河川整備	保坂幸一, 眞間修一, 寺谷毅, 熊田登宇, 高橋伸明, 竹村仁志, 松浦祐樹, 小林優一, 田中俊介	2019

G3-①-1 水制周辺部、1洪水での流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
水制周辺での流れ		モデル: - 水制周辺で生じる複雑な水理現象は、三次元的な流れであるため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。(★) メッシュ、河床高: - 洪水流が水制に衝突することによって生じる偏流等の複雑な水理現象などが計算できるように適切なメッシュで河道線形を表現することを標準とする。 (★)※例えば文献1-1)では、水制幅を2メッシュ以上で表現し、流況の再現性を確認 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。
水制域内での流れ		- 水制は、河床高で表現している事例、樹木抵抗として表現している事例がある。※文献1-2)参照 - 種々の形状・構造(透過タイプ・不透過タイプ等)の水制に対する流れを数値解析モデルで表現する手法は未だ確立されていない。そのため、水制が流れに与える影響に関して、粗度係数等のパラメータを実験等により求めることが望ましい。(★)
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値をせせないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G3-①-1 水制周辺部、1洪水での流況予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-1-Lev.1	①-1-Lev.2	①-1-Lev.3	①-1-Lev.4
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)	曲率半径の小さい湾曲流れなど、水位の空間分布の再現を重視する際に適用	二次流による運動量輸送が卓越する流れなどの水位の空間分布の再現を重視する際に適用	水制周りの複雑な水理現象の再現を重視する際に適用
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元 + j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	—	—	—	—
粒度分布モデル	—	—	—	—
掃流砂モデル	—	—	—	—
浮遊砂モデル	—	—	—	—
斜面崩落モデル	—	—	—	—
軟岩侵食モデル	—	—	—	—
粘性土侵食モデル	—	—	—	—
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	- 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) - その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) - 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	- 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) - 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) - 水制周りの観測流況を再現する様に水制のモデル化やパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(2)(3)(★)※例えば文献1-2)では、ADCPで流速を観測し、検証	- 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する可能性がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) - 水制を新設する際に、水制周りの流況を検証する場合は、類似河川や近隣区間にある水制周辺の流況を参考に再現性を確認することが望ましい。類似河川や近隣区間に適当な水制工が存在しない場合は、模型実験結果を用いて、再現性を確認することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) - これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	水制域内と主流部との境界付近の流速の評価方法が不明確であるため、必要に応じて感度分析対象を行う。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。 (1)(◆) - 流量については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量規模によって有意な粗度変化が生じる場合には、その特性を考慮できるモデルとする。 (2) - 流量は、中小規模であっても水制に向かう流れが卓越し、流速、掃流力等が計画規模のそれより大きい可能性がある。そのため、流量波形は、計画規模に加え、中小規模も設定することが望ましい。(2) - 地形(粗度)や樹木等の変化が想定される場合には、検証計算時の条件設定に加え、安全側の条件設定も考慮して検討することが望ましい。 (1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と水制設置時の比較から、最適な設置案を判断する。(1)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの**(2)** 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの**(3)** 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
HWLや現況堤防高などとの高低関係	流況予測結果から計画規模等の水位縦断を出力し、HWLや現況堤防高などとの高低関係を評価する。
水衝部における流速・掃流力の低減効果(水撥ね効果)が発揮され、水制の設置箇所、設置範囲は妥当か	流況予測モデルで出力した水衝部・水制周辺での流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。
新たな水衝部の発生など、水制設置により悪影響が生じていないか	水制を設定した流況予測モデルで計算をした結果、水衝部から生じる偏流等で新たな水衝部発生箇所がないかを流速・流向の空間分布を出力して、整理・評価する。

G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R2十勝川水系治水効果検討他業務	帯広開発建設部	R3年3月
資料2)	平成31年度 安倍川治水利水計画検討業務	静岡河川事務所	R2年4月
資料3)	令和2年度 安倍川治水計画検討業務	静岡河川事務所	R3年3月
資料4)	令和4年度 大井川治水計画検討業務	静岡河川事務所	R5年3月
資料5)	平成31年度木曽川水系河床変動特性検討業務	木曽川上流河川事務所	R2年7月
資料6)	令和3年度大野川水系事業計画検討業務	大分河川国道事務所	R5年2月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	急流河川水衝部護岸のための水制の効果に関する研究	河端知佳, 門田章宏, 重松和恵	2012
文献2-2)	手取川における水制群設置による礫河原再生効果の検討	悴熊公子, 前野詩朗, 瀬島美香, 山村明	2012
文献2-3)	砂州河川における土砂の堆積抑制を目的としたT型・L型水制の設置と物理環境の変化	鷲見崇, 竹林洋史, 佐久間維美, 森川一郎, 長谷川稔, 伊藤嘉奈子, 山本誠二, 柴田研	2013
文献2-4)	ハイドロバリヤー水制を用いた河川横断形状の二極化の低減に関する研究	中村創, 竹林洋史	2017
文献2-5)	杭列水制による河川合流部における河床変動制御に関する研究	藤原太輝, 栄翔太, 渡部守義, 神田佳一	2024
文献2-6)	越流型および非越流型水制がもたらす局所洗掘と粒度変化に関する研究	水谷英朗	2011

G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
水制周辺での流れ		メッシュ、河床高: - 洪水流が水制に衝突することによって生じる偏流等の複雑な水理現象などが計算できるように適切なメッシュで河道線形を表現することを標準とする。(★)※例えば文献1-1)では、水制幅を2メッシュ以上で表現し、流況の再現性を確認 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 水制周辺で生じる複雑な水理現象は、三次元的な流れであるため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。(★) - 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 流れの下流端境界条件には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
水制域内での流れ		- 水制は、河床高で表現している事例、樹木抵抗として表現している事例がある。※文献1-2)、文献2-2)、文献2-5)参照 - 種々の形状・構造(透過タイプ・不透透タイプ等)の水制に対する流れを数値解析モデルで表現する手法は未だ確立されていない。そのため、水制が流れに与える影響に関して、粗度係数等のパラメータを実験等により求めることが望ましい。(★)
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透透メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
水制周辺での河床変動		モデル: - 水制周辺部の河床変動は、流れの3次元性が卓越するため、準3次元モデル・3次元モデルで評価することが望ましい。 境界条件: - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 水制周辺部による護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。

G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-2-Lev.1	①-2-Lev.2	①-2-Lev.3	①-2-Lev.4
適用例	汎用モデル (混合粒径・掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮 遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	鉛直方向に抵抗等が変化する 構造物周りの局所洗掘の再 現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 水制周りの観測流況を再現する様に水制のモデル化やパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(2)(3)(★)※例えば文献1-2)では、ADCPで流速を観測し、検証 ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 水制を新設する際に、水制周りの河床変動を検証する場合は、類似河川や近隣区間にある水制周辺の河床変動を参考に再現性を確認することが望ましい。類似河川や近隣区間に適当な水制工が存在しない場合は、模型実験結果を用いて、再現性を確認することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 水制域内と主流部との境界付近の流速の評価方法が不明確であるため、必要に応じて感度分析対象を行う。(2)(★) ・ 感度分析対象として、調査データが乏しい粒径階の設定が挙げられる。(2)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G3-①-2 水制周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。 (1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。 (1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。 (1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。 (2)	- 流量は、中小規模であっても水制に向かう流れが卓越し、流速、掃流力等が計画規模のそれより大きい可能性がある。そのため、流量波形は、計画規模に加え、中小規模も設定することが望ましい。 (2) - 計算期間は、維持管理期間や構造物と周辺河道の変化が想定される期間を考慮して設定するのが望ましい。 (2)(◆) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が高い。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、構造物周辺の土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することが望ましい。 (2)(★) - 地形(粗度)や樹木等の変化が想定される場合には、検証計算時の条件設定に加え、安全側の条件設定も考慮して検討することが望ましい。 (1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む) (1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。 (1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と水制設置時の比較から、最適な設置案を判断する。 (1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。 (2)(★)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
水衝部の洗掘軽減効果が発揮されているか	河床変動計算結果より、水衝部・水制周辺での流速を出力・整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する。また、河床変動計算結果より水衝部・水制周辺での洗掘深を確認する。
水制が損傷する規模の洗掘が生じていないか	河床変動計算結果より水衝部・水制周辺での洗掘深を確認し、水製の根石等の設置深との関係を分析する。
水制周辺の土砂堆積効果が確認できるか	河床変動計算結果より水衝部・水制周辺での土砂堆積を確認する。
水制周辺の細粒土砂の堆積等により、魚類やその他の水生生物の生息環境の改善が確認できるか	河床変動計算結果より水衝部・水制周辺での河床変動を確認する。そして、平水時の流況解析等で流速、水深を出力し、魚類やその他生物にとって適した環境条件となっているかをEvaTripなどで確認する。
低水路において航路維持や河川環境の保全・創出などの目的を満たす効果を発揮しているか	河床変動計算結果より水制周辺の滞筋部、砂州等の河床変化を確認し、航路維持に必要な水深となっているか、多様な物理環境(地形、河床材料、流況)が創出されているかを確認する。

G3-② 床止め工・堰の設計

G3-② 床止め工・堰の設計

内容		参照スライド
(1) 検討項目		94
(2) 連関図		95
検討項目 G3-②-1	1) 参考資料・参考文献一覧	96
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点
		b) Level別物理モデル等一覧
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	101
検討項目 G3-②-2	1) 参考資料・参考文献一覧	102
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点
		b) Level別物理モデル等一覧
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	107

G3-② 床止め工・堰の設計

(1)検討項目

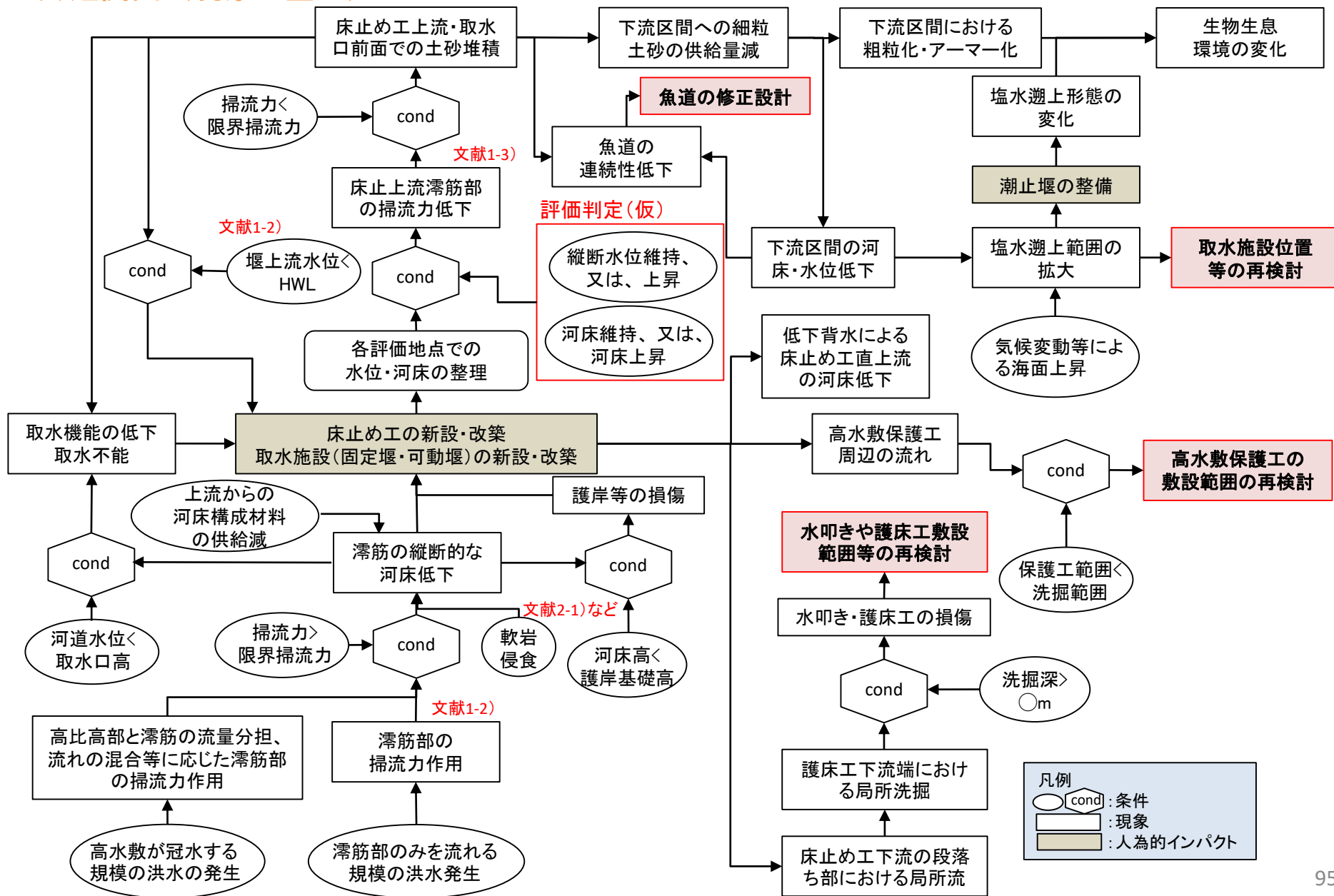
検討項目（解析フレームの細分化）	評価内容	評価事項
G3-②-1 床止・堰周辺部、1洪水での流況予測 （床止め工・堰の整備が流下能力、平水位等に与える影響の評価） (1)	• HWLや現況堤防高、取水口高などとの高低関係 • 取水口や床止め工上下流等に偏流や水衝部が生じていないか。 • 高水敷保護工の設置範囲は十分か。 • 流量規模に応じた可動堰の操作ルールの妥当性	• 流量規模別の水位分布 • 流速分布、掃流力分布
G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測 （水叩き・護床工敷設範囲の検討（床止め工敷設箇所下流の洗掘深及び洗掘範囲）） (2)	• 床止め工の設置や改築により、砂州の規模等がどの程度変化するか。 • 床止め工上下流に異常洗掘が生じていないか。 • 取水口や床止め工上流、魚道入口等に異常堆積が生じていないか。 • 水叩きが不安定、損傷する規模の洗掘が生じていないか。	• 河床高及び河床変動量、河床材料の時空間分布 • 最深河床高

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2)連関図（現象の整理）



G3-②-1 床止・堰周辺部、1洪水での流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	令和4年～5年度 北上川水系河川計画等検討業務	北上川下流河川事務所	R5年10月
資料2)	平成30年度阿賀野川河道計画検討業務(水衝部対策)	阿賀野川河川事務所	—
資料3)	平成30年度信濃川河道計画検討業務	信濃川河川事務所	R元年5月
資料4)	令和3年度小田狹窄部対策予備設計業務	和歌山河川国道事務所	R3年12月
資料5)	日野川水系治水対策検討他業務	日野川河川事務所	R2年9月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	平山床固改築及びその下流部の河道整正による河川整備効果	平塚真理子, 佐々木智之, 福島陽介, 福岡捷二	2013
文献1-2)	一級水系白川の馬場楠堰における部分可動堰が水位および流速場に与える影響	大本照憲, 宇根拓孝, 坂田洋一, 林田祐一	2024
文献1-3)	大河津分水路新第二床固の段階施工計画の数値解析技術(Q3D-FEBS)による改善	竹村吉晴, 福岡捷二, 福島雅紀	2024
文献1-4)			
文献1-5)			

G3-②-1 床止・堰周辺部、1洪水での流況予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
床止・堰周辺での流れ		メッシュ、河床高： - 床止め工形状が表現でき、波状跳水などの水理現象が計算できるように適切なメッシュサイズを設定することを標準とする。※例えば文献1-3)では、越流部天端を3分割して設定 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件： - 床止め工周辺の流れは、三次元的な非静水圧流れが発生するため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。 - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密生度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G3-②-1 床止・堰周辺部、1洪水での流況予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-1-Lev.1	②-1-Lev.2	②-1-Lev.3	②-1-Lev.4
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)	曲率半径の小さい湾曲流れなど、水位の空間分布の再現を重視する際に適用	二次流による運動量輸送が卓越する流れなどの水位の空間分布の再現を重視する際に適用	床止め工や橋脚、越流堤等の構造物近傍の局所的な流れの再現を重視する際に適用
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	—	—	—	—
粒度分布モデル	—	—	—	—
掃流砂モデル	—	—	—	—
浮遊砂モデル	—	—	—	—
斜面崩落モデル	—	—	—	—
軟岩侵食モデル	—	—	—	—
粘性土侵食モデル	—	—	—	—
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ※文献1-3参照	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 床止め工を新設する際、床止め工周りの流況を検証する場合は、類似河川や近隣区間にある床止め工周辺の流況を参考に再現性を確認することが望ましい。(2) ・ 二次元解析で評価困難な跳水等は既往の文献や水理模型実験、高次元の解析を組み合わせる検討することが望ましい。(2)※文献1-3参照
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 流量は、跳水状態の流れや河岸近傍の落ち込み等の流れが発生するように、計画規模のみではなく、中小規模の出水も対象とすることを標準とする。また、可動堰の場合、流量規模と堰操作によっては、低流量時に単位幅流量が多く、堰上下流の水位差が増大している場合もある。このような条件も対象とすることが望ましい。(2) - 地形(粗度)や樹木等の変化が想定される場合には、検証計算時の条件設定に加え、安全側の条件設定も考慮して検討することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と床止め工・堰設置時の比較から、最適な設置案を判断する。(1)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
HWLや現況堤防高、取水口高などとの高低関係	- 流況予測結果から計画規模等の水位縦断を出力し、HWLや現況堤防高などとの高低関係进行评估する。 - 流況予測結果から平水流量等の水位縦断を出力し、取水口などとの高低関係进行评估する。
取水口や床止め工上下流等に偏流や水衝部が生じていないか。	流況予測結果から流速分布、掃流力分布を出力し、取水口や床止め工上下流等に異常流速が生じていないかを評価する。
高水敷保護工の設置範囲は十分か。	流況予測結果から流速分布、掃流力分布を出力し、床止め工周辺河岸(高水敷保護工)等に生じる流速が耐侵食流速以下となっているかを評価する。
流量規模に応じた可動堰の操作ルールの妥当性	流量規模に応じた可動堰の開度設定をモデル化した流況解析を実施し、可動堰の運用が水位分布に与える影響等进行评估する。

G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	平成31年度多摩川河道整備基礎資料調査業務	京浜河川事務所	R2年3月
資料2)	令和2年度阿賀野川河道計画検討業務(水衝部対策)	阿賀野川河川事務所	—
資料3)	R4野洲川改修事業整備計画他業務	琵琶湖河川事務所	R5年3月
資料4)	H29-30加古川平荘地区堰改築予備設計業務	姫路河川国道事務所	H31年3月
資料5)	令和4年度新六箇井堰対策設計業務	和歌山河川国道事務所	R5年3月
資料6)	令和3年度新六ヶ井堰調査検討業務	和歌山河川国道事務所	R4年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	洪水流による土丹河床高さの経年変化と堰周辺の砂州変形に伴う洗掘深の増大について	忠津哲也, 鈴木研司, 内田龍彦, 福岡捷二	2009
文献2-2)	連続帯工群を敷設した直線河道における交互砂州の挙動	早川博, 後藤悠和, 水上雄樹	2016
文献2-3)	砂河川斐伊川の河床低下, 低水路幅の縮小化と是正のための今後の対応	廣野太志, 柴田亮, 福岡捷二, 後藤岳久	2017
文献2-4)	多摩川中流部における河道の長期変遷(1947年～2020年)から見た低水路河道の安定・不安定と河川植生の相互関係の分析	後藤勝洋, 寺西浩三郎, 後藤岳久, 福岡捷二	2022
文献2-5)	床止め下流における局所洗掘現象の進行に伴う護床工の破壊過程に関する数値計算	梶川勇樹, 阿波根慧	2021

G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
床止・堰周辺部での流れ		メッシュ、河床高: - 床止め工形状が表現でき、波状跳水などの水理現象が計算できるように適切なメッシュサイズを設定することを標準とする。※例えば文献1-3)では、越流部天端を3分割して設定 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 床止め工周辺の流れは、三次元的な非静水圧流れが発生するため、準3次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。 - 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 流れの下流端境界条件には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
床止・堰周辺部での河床変動		モデル: - 床止・堰周辺部の河床変動は、流れの3次元性が卓越するため、準3次元モデル・3次元モデルで評価することが望ましい。 境界条件: - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 橋脚周辺部に存在する護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。

G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧 ※現象に応じたモデルの使い分けを明らかにすることが課題(◆)

レベル	②-2-Lev.1	②-2-Lev.2	②-2-Lev.3	②-2-Lev.4
適用例	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流砂 量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮遊 砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	鉛直方向に抵抗等が変化する 構造物周りの局所洗掘の再現 性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響 を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。104

G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する可能性がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 床止め工を新設する際、床止め工周りの河床変動を検証する場合は、類似河川や近隣区間にある床止め工周辺の河床変動状況を参考に再現性を確認することが望ましい。(2) ・ 床止め工の破壊は河床低下や局所洗掘による影響が大きいので、その現象を定量評価できるモデルが望ましい。また、二次元解析で評価困難な跳水等は既往の文献や水理模型実験、高次元の解析を組み合わせ検証することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、調査データが乏しい粒径階の設定が挙げられる。(2)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G3-②-2 床止・堰周辺部、1洪水あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 流量波形には、跳水状態の流れや河岸近傍の落ち込み等の流れが発生するように計画規模に加え、中小規模の出水も対象とすることを標準とする。また、可動堰の場合、流量規模と堰操作によっては、低流量時に単位幅流量が多く、堰上下流の水位差が増大している場合もある。このような条件も対象とすることが望ましい。(2) - 計算期間は、維持管理期間や構造物と周辺河道の変化が想定される期間を考慮して設定するのが望ましい。(2)(◆) - 初期地形は、河道全体が低下傾向にある場合、堰上下流の水位差が拡大し、段落ち流れが増幅する可能性がある。そのため、初期地形は、経年的な河道変動状況を踏まえて設定することが望ましい。(2)(◆) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、構造物周辺の土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★) - 樹木等の変化が想定される場合には、検証計算時の条件設定に加え、安全側の条件設定も考慮して検討することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と床止め工・堰設置時の比較から、最適な設置案を判断する。(1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
床止め工の設置や改築により、砂州の規模等がどの程度変化するか。	- 河床変動計算結果から床止め工の設置時、改築時における周辺河道（砂州高や砂州幅）の変化を確認し、河道管理、床止め工・堰（可動堰含む）の管理上の支障がないかを確認する。 - 解析フレームG2-①との組み合わせにより、床止め工・堰（分派堰含む）等の整備が河床縦断形状・土砂動態に及ぼす影響に関しても評価する。
床止め工上下流に異常洗掘が生じていないか。	- 河床変動計算結果から床止め工の設置時、改築時における周辺河道（砂州高や砂州幅）の変化を確認し、水衝部等で異常洗掘が生じる流れとなっていないかを確認する。 - 河床変動計算結果から床止め工周辺の流速、河床変化を出力し、河岸侵食に与える影響を評価する。なお、従来設計法で必要とされる防護範囲と計算結果から得られる洗掘範囲等を比較して、水理現象や各種法の適用条件を適切に評価した上で施設管理にとって安全側の設計を行うことを標準とする。
取水口や床止め工上流、魚道入口等に異常堆積が生じていないか。	河床変動計算結果から床止め工の設置時、改築時における周辺河道（砂州高や砂州幅）の変化を確認し、HWLなどと解析水位を比較して流下能力不足となる異常堆積が生じていないかを確認する。
水叩きが不安定、損傷する規模の洗掘が生じていないか。	河床変動計算結果から床止め工下流の水叩き部や護床工下流の洗掘深を出力し、構造物が損傷するほどの洗掘が生じていないかを確認する。

G3-③ 橋脚等周辺の河床低下・局所洗掘予測と対策

G3-③ 橋脚等周辺の河床低下・局所洗掘予測と対策

内容			参照スライド
(1) 検討項目			110
(2) 関連図			111
検討項目 G3-③-1	1) 参考資料・参考文献一覧		112
	2) 計算のポイント	a) Level別物理モデル等一覧	113
		b) モデル構築上の留意点	114
		c) 検証計算や感度分析の方法	115
		d) 予測計算の方法	116
	3) 評価のポイント		117

G3-③ 橋脚等周辺の河床低下・局所洗掘予測と対策

(1)検討項目

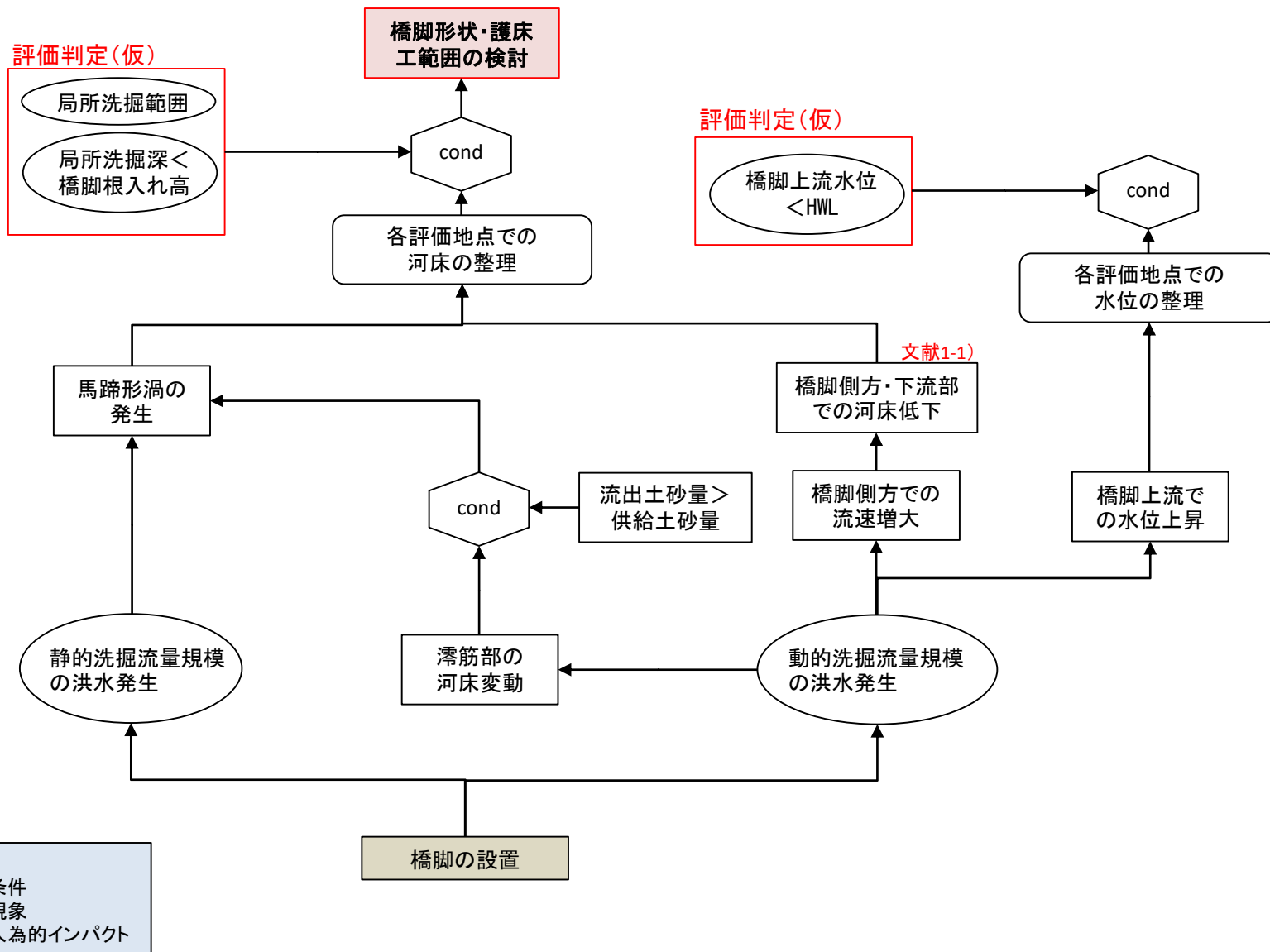
検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G3-③-1 橋脚周辺部、1洪水(小規模洪水含む)あるいは長期間での河床変動予測(橋脚基礎および護床工の安定性評価、橋脚周辺の洗掘深及び洗掘孔・洗掘範囲の評価) (2)(3)	- 橋梁上流側で流下能力を満足しているか - 橋脚基礎(護床工含む)の安定性評価 - 橋脚周辺の河岸において護岸が不安定となる洗掘が生じていないか	- 水位分布 - 流速分布、掃流力分布 - 河床高及び河床変動量、河床材料の時空間分布 - 最深河床高

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2) 連関図 (現象の整理)



G3-③-1 橋脚周辺部、1洪水（小規模洪水含む）あるいは長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	平成30年度 手取川河川整備効果検討業務	金沢河川国道事務所	H31年3月
資料2)	平成30年度 梯川河川整備効果検討業務	金沢河川国道事務所	H31年3月
資料3)	R4多摩川河床安定化基礎資料調査業務	京浜河川事務所	R5年3月
資料4)	R3烏川・神流川整備効果他検討業務	高崎河川国道事務所	R5年3月
資料5)	平成31年度姫川モニタリング調査検討業務	高田河川国道事務所	R2年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	中規模出水中の洗掘により被災した橋脚周辺の流況評価	竹崎奏詠, 小関博司, 猪股広典, 工藤俊	2024
文献1-2)			
文献1-3)			
文献1-4)			
文献1-5)			

G3-③-1 橋脚周辺部、1洪水（小規模洪水含む）あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
橋脚周辺での流れ		メッシュ、河床高： - 橋脚形状が表現でき、橋脚前面の下降流などの複雑な水理現象が計算できるように適切なメッシュサイズを設定することを標準とする。(★)※例えば文献1-1)では、橋脚幅と同程度のメッシュを設定 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 - 橋脚部周辺の流れは、三次元的な非静水圧流れが発生するため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。 境界条件： - 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 流れの下流端境界条件には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水（非定常）の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数（植生密度）の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01（合流）	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02（橋脚）	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透透メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03（湾曲）	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04（砂州）	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下（位相の変化）を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
橋脚周辺部での河床変動		モデル： - 橋脚周辺部の河床変動は、流れの3次元性が卓越するため、二次流の影響を考慮した平面2次元モデル・準3次元モデル・3次元モデルで評価することが望ましい。 境界条件： - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。（河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照） 初期条件： - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする（ただし異常値等は棄却）。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造（粘土層、洪積層、岩）等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階： - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。（各粒径階の粒径◆） 固定床等取り扱い： - 橋脚周辺部に存在する護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする（堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定）。

G3-③-1 橋脚周辺部、1洪水（小規模洪水含む）あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	③-1-Lev.1	③-1-Lev.2	③-1-Lev.3	③-1-Lev.4	③-1-Lev.5
適用例	流れの計算結果と土研式を基に橋脚周りの洗掘深を予測	汎用モデル（混合粒径、掃流砂・浮遊砂、平衡状態二次流による掃流砂量ベクトル補正）	蛇行・湾曲部の河床変動、浮遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	鉛直方向に抵抗等が変化する構造物周りの局所洗掘の再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	—	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	—	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	—	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)
浮遊砂モデル	—	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	—	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	—	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	—	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動(特に橋脚周り)の傾向を再現するように、パラメータ(特に、橋脚が流れに及ぼす影響、上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 橋脚を新設する際に、橋脚周りの局所洗掘を検証する場合は、類似河川や近隣区間にある水制周辺の局所洗掘を参考に再現性を確認することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、調査データが乏しい粒径階の設定が挙げられる。(2)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G3-③-1 橋脚周辺部、1洪水（小規模洪水含む）あるいは長期間での河床変動予測

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 中小規模の静的洗掘流量であっても橋脚付近の局所洗掘が増大する可能性があるため、流量は、計画規模に加え、中小規模も設定することを標準とする。(2) - 計算期間は、維持管理期間や構造物と周辺河道の変化が想定される期間を考慮して設定するのが望ましい。(2)(◆) - 初期地形は、河道全体が低下傾向にある場合、橋脚周辺にある護床工が露出し、偏流が生じ、局所洗掘を拡大させる場合がある。そのため、初期地形は、経年的な河道変動状況を踏まえて設定することが望ましい。(2)(◆) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が高い。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、構造物周辺の土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★) - 樹木等の変化が想定される場合には、検証計算時の条件設定に加え、安全側の条件設定も考慮して検討することが望ましい。(1)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と橋脚設置時の比較から、最適な設置案を判断する。(1)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
橋梁上流側で流下能力を満足している	河床変動計算結果より橋梁上流側での水位上昇度合いを出力し、HWLとの高低関係を評価する。
橋脚基礎（護床工含む）の安定性評価	- 流況解析により橋脚前面での流速、水深を算定し、洗掘深を土研式によって推算する。 - 河床変動計算結果より橋脚周りの洗掘深、洗掘範囲を確認し、橋脚の根入れ高と比較して問題ないか、護床工範囲は適切かを確認する。
橋脚周辺の河岸において護岸が不安定となる洗掘が生じていないか	河床変動計算結果より橋脚周辺の河岸において局所洗掘や偏流が発生し、護岸根入れ高より洗掘が生じていないか、耐侵食流速以内であるかを確認する。

G4-① 定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測

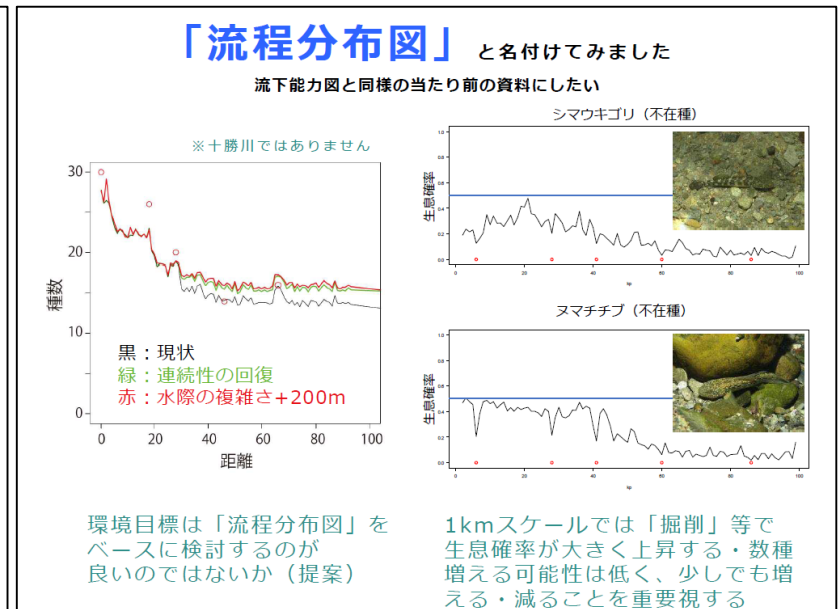
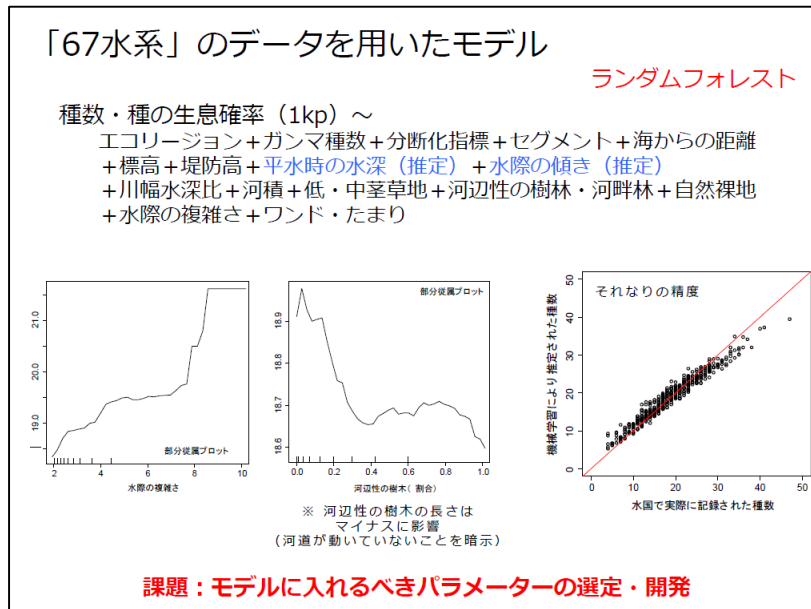
G4-① 定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測

内容		参照スライド
(1) 検討項目		120
(2) 連関図		121
検討項目 G4-①-1	1) 参考資料・参考文献一覧	122
	2) 計算のポイント	a) Level別物理モデル等一覧
		b) モデル構築上の留意点
		c) 検証計算や感度分析の方法
		d) 予測計算の方法
	3) 評価のポイント	127

G4-① 定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測

(1)検討項目

検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G4-①-1 長区間、小流量時の流況予測 (流程分布図作成に必要なパラメータ(平水時の水深、川幅水深比や水際の複雑さ、ワンド・たまり等)の算出 等) (2)	• 流程分布図(1km毎の水深や川幅水深比等パラメータ群から推定される魚類種数縦断分布)に基づいた環境面からの河道縦横断形状の適否 • 水際の複雑さ(水際線延長／区間距離等)の現状または将来河道の比較(★) • 一連区間(1km程度)でのワンド・たまりの現状個所数の確認(★)	• 平水時の水深分布

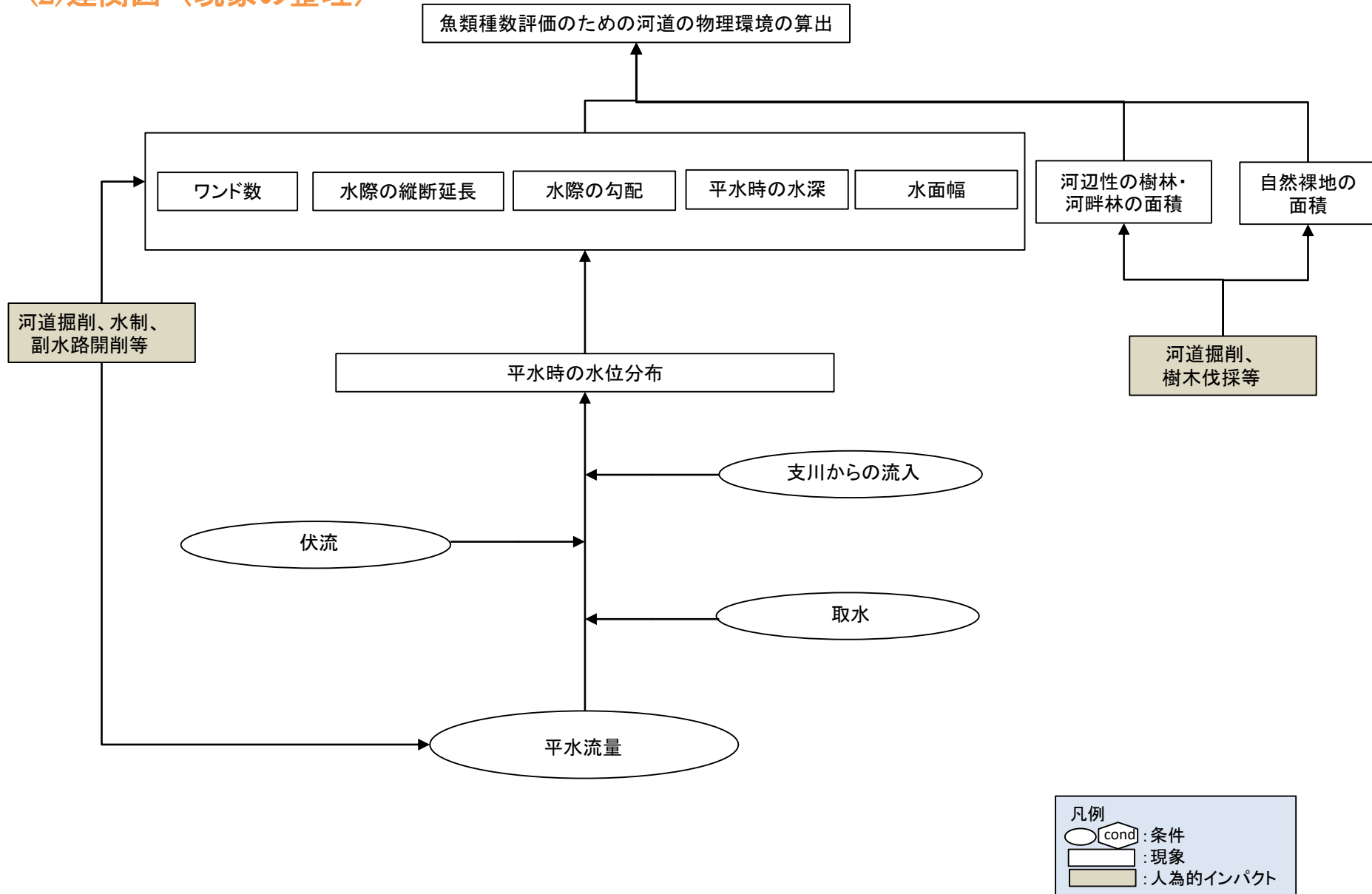


※出典:河道計画・河道設計に係る数値解析技術の高度化と有効活用的好循環形成研究会(第1回研究会)

- (1)現状でも信頼性が高いもの
- (2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの
- (3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G4-① 定量的な環境目標設定に資する魚類種数評価のための河道の物理環境予測

(2) 連関図 (現象の整理)



G4-①-1 長区間、小流量時の流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	令和3年度 木曽三川下流部自然再生計画検討業務	木曽川下流河川事務所	R5年2月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)			
文献1-2)			
文献1-3)			
文献1-4)			
文献1-5)			

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象	留意点
滞筋(低水路)・砂州上の流れ	メッシュ、河床高: ・ 滞筋(低水路)の線形、瀬淵構造やワンド形状が表現できるメッシュサイズを設定することを標準とする。 ・ 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。また、ワンドの設定などは、航空写真やワンド付近の測量結果を基に表現することを標準とする。 境界条件: ・ 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果(RRIなどの平常時流量算出モデル)、水位データを境界として設定してもよい。 ・ 流れの下流端境界条件には、水位観測所で観測された水位を設定することを標準とする。水位観測所が存在しない場合は、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。
粗度係数で表現する抵抗	・ 粗度係数は、平水時の流れを対象に再現計算を行い観測水位を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で設定することを標準とする。

G4-①-1 長区間、小流量時の流況予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-1-Lev.1
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断分布の再現を重視する際に適用)
流れの次元、モデル	e; 浅水流
圧力仮定	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—
粒度分布変化	—
掃流砂モデル	—
浮遊砂モデル	—
斜面崩落モデル	—
軟岩侵食モデル	—
粘性土侵食モデル	—
植生消失モデル	—
植生成長・侵入モデル	—

※小流量時の水位、流速の再現精度を高める上で必要な要素モデル(★)

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。124

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	- 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) - その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) - 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	- 平水時の小流量での水面形を精度よく表現できることが必要となるが、農業用取水量によって平水流量、平水位の変動が大きい河川では、流量設定に注意が必要(3)(★) - 縦断水位観測結果が得られない場合が多いため、検証データをどのように効率的に取得するかについても課題(★)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	- 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) - その上で、小流量時の水位を再現するようにパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(1)	小流量時の水位再現では、必要に応じて、流量の縦断分布が変化することにも配慮する。(3)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) - これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量については、平水流量等を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、水際の複雑さや平均水深等の応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、河道の物理環境の変化傾向分析し、代替案の妥当性を判断する。(2)	平水位の変動が大きい河川では、流量を変えた場合の計算を感度分析的に実施しておくことが望ましい。(1)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
流程分布図(1km毎の水深や川幅水深比等パラメータ群から推定される魚類種数縦断分布)に基づいた環境面からの河道縦横断形状の適否	現状や将来河道縦横断形状を用いて流程分布図を作成し、魚類等の生息環境変化を評価する。
水際部における河床高の変化(水際線延長／区間距離 等)の経年変化	現状や将来河道縦横断形状を用いて平水時の流況解析によって水面分布を出力し、左右岸それぞれの河岸線の長さを評価する。
一連区間(1km程度)でのワンド・たまりの現状個所数の確認	- 現状や将来河道縦横断形状を用いて、ワンド・たまりの空間分布を整理し、評価する。 - 環境評価は①定量的に評価するか、②傾向評価するかに分類し再検討。水際の複雑さやワンド・たまりは定量評価が現状困難であるため、②傾向評価とする方針である。

G4-② 治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計

G4-② 治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計

内容			参照スライド
(1) 検討項目			130
(2) 連関図			131,132
検討項目 G4-②-1	1) 参考資料・参考文献一覧		134,135
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	136
		b) Level別物理モデル等一覧	137
		c) 検証計算や感度分析の方法	138
		d) 予測計算の方法	139
	3) 評価のポイント		140
検討項目 G4-②-2	1) 参考資料・参考文献一覧		141
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	142
		b) Level別物理モデル等一覧	143
		c) 検証計算や感度分析の方法	144
		d) 予測計算の方法	145
	3) 評価のポイント		146
検討項目 G4-②-3	1) 参考資料・参考文献一覧		147
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	148
		b) Level別物理モデル等一覧	149
		c) 検証計算や感度分析の方法	150
		d) 予測計算の方法	151
	3) 評価のポイント		152

G4-② 治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計

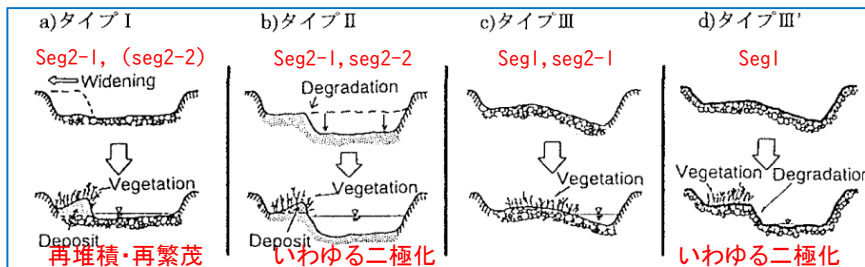
(1)検討項目

検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測 (掘削形状一次案における再堆積のリスク評価、瀬淵やワンド・たまり等ハビタットの持続可能性、掘削形状の見直し、河道整備後の治水機能の持続可能性 等) (2)	- 事業実施前後の水位変化 - 事業実施箇所(河道掘削箇所、ワンド整備箇所等)における再堆積の可能性(何年程度持続できるか(◆))、それに伴う下流への礫供給量減の程度 - 事業実施による上下流のハビタット(ワンド・たまり(判定基準★)、瀬淵)消失・劣化の可能性、一連区間(1km程度)で見た場合のハビタット箇所数維持の見込み(何年程度持続できるか(◆))	- 洪水時の水位 - 流速・掃流力平面分布 - 事業実施箇所における河床高変動量 - 実施箇所上下流の河床高変動量 - 粒径別通過土砂量 - 粒度分布変化
G4-②-2 短区間、長期間の河床変動、植生消長予測 (事業実施区間の再堆積・再繁茂のリスク評価、瀬淵やワンド・たまり、礫河原等ハビタットの持続可能性、掘削形状の見直し、維持掘削量・範囲・頻度等の検討、河道整備後の治水機能等) (2)	- 事業実施前後の水位変化 - 事業実施箇所(河道掘削箇所、ワンド整備箇所等)における再堆積、植生域侵入・形成の可能性、それが下流への土砂供給量に及ぼす影響(何年程度持続できるか(◆)) - 事業実施による上下流のハビタット(ワンド・たまり(判定基準★)、瀬淵)消失・劣化の可能性、一連区間(1km程度)で見た場合のハビタット箇所数維持の見込み(何年程度持続できるか(◆)) - 礫河原維持可能性、二極化進行危険性の評価(安定植生域存在期間割合、安定植生(礫床裸地)出現周期等から判断)	- 洪水時の水位 - 流速・掃流力平面分布 - 事業実施箇所における河床高変動量 - 実施箇所上下流の河床高変動量 - 粒径別通過土砂量 - 粒度分布変化 - 裸地、植生侵入・形成域の面積率 - 河床高変動量 - 植生消長予測による植生・草本分布
G4-②-3 短区間、小流量時の流況予測 (瀬・淵の範囲及び面積の評価、ワンド・たまりの評価、魚類避難場所の評価 等) (1)(2)	- 小流量時に瀬淵が維持される水深・流速が確保されているか。 - 生息環境創出後は瀬淵面積が増加しているか。 - ワンドたまり部の水深・流速が対象魚種が生息可能な水深・流速となっているか。 - 魚類避難場所の流速が避難可能な流速となっているか。 - 流程分布図(1km毎の水深や川幅水深比等パラメータ群から推定される魚類種数縦断分布)に基づいた環境面からの河道縦横断形状の適否 - 河道縦横断形の将来変化に伴う流程分布図の悪化、非悪化の確認 - 水際の複雑さ(水際線延長／区間距離 等)の経年変化(★) - 水際部における河畔林分布の変化	- 水深平面分布 - 流速平面分布

※G4-②-1,2について、河道設計の要件としての整備後河道の機能発現期間(◆)

G4-② 治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計

(2) 連関図 (現象の整理)

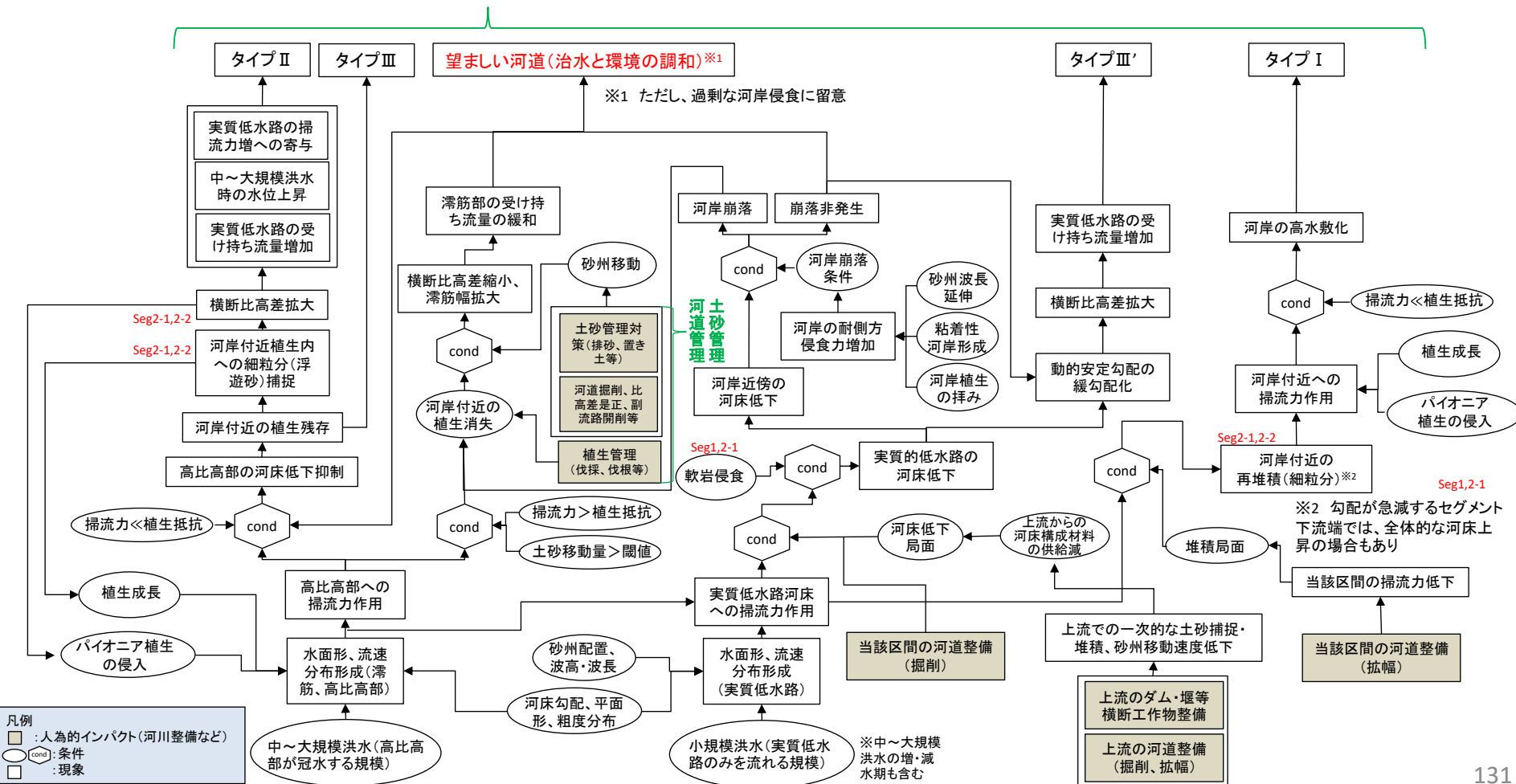


以下を引き起こす恐れあり。

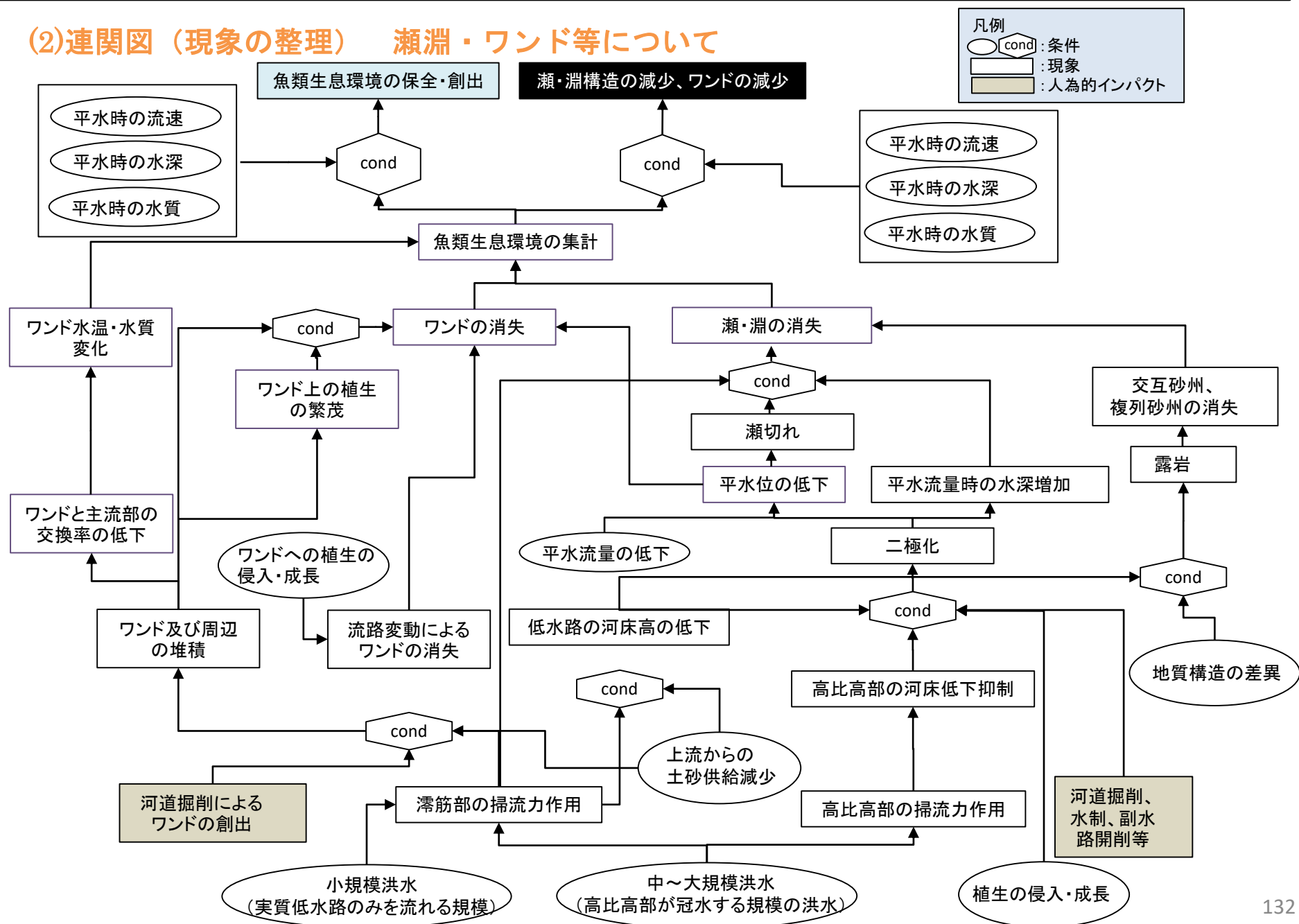
- ・治水能力の低下(流下能力低下、護岸・橋脚基礎の不安定化等)
- ・環境機能の低下(ハビタットの単調化等)
- ・維持管理機能の低下

藤田光一：河道計画が目指すべき方向と技術的課題、水工学に關する夏期研修会講演集、A-2, ppA. 2. 1-A. 2. 20, 1998.

治水と環境、維持管理のバランスを見据えた河道形状の設計



(2) 連関図（現象の整理） 瀬・淵・ワンド等について



G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧 (seg1)

Seg.	資料No.	資料名	発行機関	発行年月
Seg.1	資料1)	令和元年～令和2年度雄物川上流河道評価検討業務	湯沢河川国道事務所	R2年12月
Seg.1	資料4)	平成30年度 手取川河川整備効果検討業務	金沢河川国道事務所	H31年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	日野川河道における土砂管理方策の効果	川本洋次郎, 片寄秀樹, 長谷川勇, 堀江克也, 川津幸治	2012
文献2-2)	流れの横断・平面特性を指標とした持続可能な樹木管理方策に関する検討	吉武央気, 清原正道, 本多信二, 横路朋子, 川口滋, 星淳一, 菅原誠人	2016
文献2-3)	河道内のクリーク掘削及び導流堤による土砂流下促進効果の実証実験	多東慶太郎, 内堀伸吾, 加藤千恵, 後藤岳久	2020
文献2-4)	石礫床河川の砂州掘削後の河床変動予測における平面二次元計算の活用方法	北野陽資, 原田守啓	2024
文献2-5)	阿賀川における礫河原再生に向けた河道整備	仲村学, 増田孝幸, 高橋昭一, 山邊満, 渡辺国昭, 澤井雄介	2013

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧 (seg2-1)

Seg.	資料No.	資料名	発行機関	発行年月
Seg.2-1	資料5)	令和元年度信濃川河道計画検討業務	信濃川河川事務所	R2年8月
Seg.2-1	資料6)	平成30年度～令和元年度雄物川上流河道分析・評価検討業務	湯沢河川国道事務所	R元年12月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	水理量縦断分布に基づく礫床河道掘削後の河道変化要因分析と事前察知の可能性	佐藤慶太, 武内慶了, 服部敦	2010
文献2-2)	旭川玉柏試験区における自律的礫河原再生に関する研究	赤堀遼介, 前野詩朗, 堀博幸, 藤井勲	2011
文献2-3)	中小河川の土砂堆積軽減に向けた効率的維持管理手法に関する一提案	長田健吾, 徳永雅彦, 永田賢志, 披田毅, 庄野智, 湯城豊勝	2015
文献2-4)			
文献2-5)			

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧 (seg2-2)

Seg.	資料No.	資料名	発行機関	発行年月
Seg.2-2	資料2)	平成30年度鶴見川河道整備影響評価検討業務	京浜河川事務所	H31年3月
Seg.2-2	資料3)	令和3年度阿賀野川自然再生計画検討業務(沢海浅場再生)	阿賀野川河川事務所	—

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	利根川下流域における洪水の非定常性を考慮した河道掘削計画	川島文夫, 田所百年裕, 梅田佳宏, 郷原龍二, 岡村誠司	2020
文献2-2)	セグメント2河道を対象とした河道掘削後の河道変化予測に基づく治水・環境機能の一体的評価に向けた試み	大沼克弘, 藤田光一, 佐藤泰夫, 西本直史, 松木洋忠, 井上優	2007
文献2-3)	セグメント2河道を対象とした河道掘削後の戦略的河道管理に関する研究	大沼克弘, 武内慶了, 今村能之, 藤田光一, 西本直史, 平井新太郎, 宮内信	2009
文献2-4)			
文献2-5)			

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河床変動		メッシュ、河床高: - メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 - 解析対象区間の設定(特に、上下流の助走区間)に関しては、今後の研究課題である。(◆) 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。1D河床変動モデルが別途構築されている場合は、その結果を与え整合を図ることを基本とするが、過度な堆積・河床低下が生じてしまう場合や、1D河床変動モデルが存在しない場合は、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) また、地質が同様の近隣ダム流域での比生産土砂量を参考に浮遊砂流入条件の妥当性を確認しておくことが望ましい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密生度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-1-Lev.1	②-1-Lev.2	②-1-Lev.3
適用例	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、平衡状態二次流による掃流砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。137

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ 検証期間は、検討対象区間において、顕著な河床変動が生じている期間を対象として再現することが望ましい。(2)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G4-②-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 通常、礫の移動速度は砂に比べて遅いため、長期間(数10年)の予測計算を実施するのが望ましい。(2) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、どのような応答をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★) - 設計した河道に求められる要件を明確化し、それを満たすかどうかのチェックが必要。洪水波形、規模、期間(何波形か)、洪水順序などについて一定のルールを設け、それに従ってチェックできる合理的な仕組みが必要(◆)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、礫河原再生の可能性について分析し、代替案の妥当性を判断する。(2)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
事業実施前後の水位変化	河床変動予測結果から、事業実施前後の水位や河道内貯留、洪水流伝播特性の時空間分布を整理し、事業実施による水位低減効果や、事業実施箇所の上下流において水位上昇が発生していないか評価する。
事業実施箇所(河道掘削箇所、ワンド整備箇所等)における再堆積の可能性、それに伴う下流への礫供給量減の程度	河床変動予測結果から、河道掘削箇所、または、ワンド整備箇所における河床高及び河床高変動量の時空間分布を整理し、施工時点の河床高や整備計画河道との比較により、再堆積の有無、または、再堆積量を評価する。
事業実施による上下流のハビタット(ワンド・たまり、瀬淵)消失・劣化の可能性、一連区間(1km程度)で見た場合のハビタット箇所数維持の見込み	河床変動予測結果から、事業実施箇所の上下流を含めた河床高及び河床高変動量の時空間分布の変化を整理し、ワンド・たまりでの堆積や瀬淵構造の変化を評価し、ハビタットの持続可能性を確認する。

G4-②-2 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動、植生消長予測

1)参考資料・参考文献一覧 (seg1)

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	平成30年度相模川河川管理方策検討業務	京浜河川事務所	H31年3月
資料2)	H19 Seg2区間における河道掘削後の治水環境機能の持続性に関する一体的評価手法検討業務	国土技術政策総合研究所	H20年3月
資料3)	Seg2河道を対象とした河道維持管理シナリオ作成のための資料整理業務	国土技術政策総合研究所	H23年3月
資料4)	平成30年度～令和元年度 赤川河道計画等検討業務	酒田河川国道事務所	R1年10月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献3-1)	荒川熊谷地区を対象とした河道内の樹林化予測モデルの開発	黒田直樹, 西村達也, 関根秀明, 浅枝隆, 石井豊昭	2010
文献3-2)	旭川大原試験区における植生消長シミュレーションモデルの構築と検証	前野詩朗, 吉田圭介, 松山悟, 藤田駿佑	2014
文献3-3)	礫床河川における河道変化と植生動態に関する研究	永多朋紀, 渡邊康玄, 清水康行, 井上卓也, 船木淳悟	2016
文献3-4)	土砂動態と栄養塩循環を考慮した新たな植生消長モデルの開発	黒田直樹, 浅枝隆, 渡邊敬史, 大石三之, 金山拓広	2016
文献3-5)	河道植生の中長期消長過程を簡易に考慮した平面二次元河床変動解析モデルの開発・検証	井上敏也, 吉武央気, 周月霞, 南まさし, 旭一岳, 浜口憲一郎, 松田浩一, 宮本仁志	2022
文献3-6)	実用的に植生消長過程を考慮した平面二次元河床変動解析モデルの改良および実河川での効果検証	松下晃生, 井上敏也, 南まさし, 吉武央気, 松田浩一, 旭一岳, 宮本仁志	2024

G4-②-2 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動、植生消長予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河床変動		メッシュ: - メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。1D河床変動モデルが別途構築されている場合は、その結果を与え整合を図ることを基本とするが、過度な堆積・河床低下が生じてしまう場合や、1D河床変動モデルが存在しない場合は、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) また、地質が同様の近隣ダム流域での比生産土砂量を参考に浮遊砂流入条件の妥当性を確認しておくことが望ましい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 交換層厚・貯留層厚、粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。 - 長期計算では植生域変化、樹木成長も考慮することが望ましい。(◆)(★)
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G4-②-2 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動、植生消長予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-2-Lev.1	②-2-Lev.2	②-2-Lev.3
適用例	汎用モデル (混合粒径、掃流砂・浮遊砂、平衡状態 二次流による掃流砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮遊砂挙動 の再現性向上	局所洗掘の再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性
植生成長・侵入モデル	a; 比高~d; 生物モデル	a; 比高~d; 生物モデル	a; 比高~d; 生物モデル

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。143

G4-②-2 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動、植生消長予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 検証期間は、二極化や礫河原消失前後の期間を対象とすることが望ましい。また、洪水規模毎に着目すべき物理現象(砂州の堆積、植生侵入)の発生と非発生の両方を再現することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 通常、礫の移動速度は砂に比べて遅いため、長期間(数10年)の予測計算を実施するのが望ましい。(2) - 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、どのような応答をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★) - 設計した河道に求められる要件を明確化し、それを満たすかどうかのチェックが必要。洪水波形、規模、期間(何波形か)、洪水順序などについて一定のルールを設け、それに従ってチェックできる合理的な仕組みが必要(◆)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、礫河原再生の可能性について分析し、代替案の妥当性を判断する。(2)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G4-②-2 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動、植生消長予測

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
事業実施前後の水位変化	植生消長を考慮した河床変動計算結果から、事業実施前後の水位や河道内貯留、洪水流伝播特性の時空間分布を整理し、事業実施による水位低減効果や、事業実施箇所の上下流において水位上昇が発生していないか評価する。
事業実施箇所(河道掘削箇所、ワンド整備箇所等)における再堆積、植生域侵入・形成の可能性、それが下流への土砂供給量に及ぼす影響	- 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、河道掘削箇所、または、ワンド整備箇所における河床高及び河床高変動量の時空間分布を整理し、施工時点の河床高や整備計画河道との比較により、再堆積の有無、または、再堆積量を評価する。 - 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、事業実施箇所における植生分布の時空間変化を整理し、新たな植生の侵入の有無を評価する。
事業実施による上下流のハビタット(ワンド・たまり、瀬淵)消失・劣化の可能性、一連区間(1km程度)で見た場合のハビタット箇所数維持の見込み)	- 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、事業実施箇所の上下流を含めた河床高及び河床高変動量の時空間分布の変化を整理し、ワンド・たまりでの堆積や瀬淵構造の変化を評価する。 - 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、ワンド・たまり周辺における植生分布の時空間変化を整理し、ワンド・たまり周辺における新たな植生の侵入の有無を評価する。また、ワンド・たまり周辺における河床高及び河床高変動量の時空間分布を整理し、植生侵入に伴う、堆積が発生していないか評価する。
礫河原維持可能性、二極化進行危険性の評価(安定植生域存在期間割合、安定植生(礫床裸地)出現周期、実質低水路の受け持ち流量分担率、流程分布図に基づくハビタット単調化傾向の有無 等から判断)	- 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、事業実施箇所における河床構成材料や河床高の時空間分布の変化を整理し、堆積が生じていないか、細粒分の割合が増加していないか評価する。 - 植生消長を考慮した河床変動計算結果から、事業実施箇所における植生分布の時空間変化を整理し、新たな植生の侵入の有無を評価する。

G4-②-3 短区間、小流量時の流況予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	令和4年度 阿武隈川下流・名取川河道等評価分析業務	仙台河川国道事務所	R5年10月
資料2)	令和4年度 天竜川下流整備検討業務	浜松河川国道事務所	R5年3月
資料3)	令和4年度 木曽川水系河川整備検討業務	木曽川上流河川事務所	R5年10月
資料4)	令和2・3高津川水系河川整備計画他検討業務	浜田河川国道事務所	R4年3月
資料5)	令和4年度仁淀川治水計画検討業務	高知河川国道事務所	R5年3月
文献No.2.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	アユ産卵場の保全と創出を目指した河道掘削断面の選択手法の提案	永矢貴之, 釜瀬明日香, 白石芳樹, 鬼束幸樹, 東野誠, 高見徹, 東均, 秋山壽一郎	2009
文献1-2)	淀川における異なる流れ場におけるワンド造成に関する研究	中西史尚, 綾史郎, 野地貴弘	2012
文献1-3)	中小河川における河川環境に配慮した河道設計支援ツールの開発	大石哲也, 原田守啓, 高岡広樹, 萱場祐一	2015
文献1-4)	DHABSIMを用いた島田川における河川浚渫が魚類生息場に与える影響予測評価	松永晋平, 関根雅彦, 加藤琢己	2020
文献1-5)	3次元河道設計ツールを用いた治水・環境の一体的検討の試行～雲出川直轄区間を例として～	周月霞, 吉武央気, 東海林太郎, 森下祐, 小河健一郎, 堀江隆生, 関谷雄大, 中村洋平, 河野誉仁, 林田寿文	2022
文献1-6)	旭川感潮域におけるアユ産卵場面積の拡大を目的とした砂州の横断掘削とその効果の検証	吉田圭介, 足立真綾, 矢島啓, 山下泰司, 安達森, 藤井陽	2022

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象	留意点
滞筋(低水路)・砂州上の流れ	メッシュ、河床高: ・ 滞筋(低水路)の線形、瀬淵構造やワンド形状が表現できるメッシュサイズを設定することを標準とする。 ・ 地形は、ALB等の点群データを用いて設定を標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。また、ワンドの設定などは、航空写真やワンド付近の測量結果を基に表現することを標準とする。 境界条件: ・ 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果(RRIなどの平常時流量算出モデル)、水位データを境界として設定してもよい。 ・ 流れの下流端境界条件には、水位観測所で観測された水位を設定することを標準とする。水位観測所が存在しない場合は、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。
粗度係数で表現する抵抗	・ 粗度係数は、平水時の流れを対象に再現計算を行い観測水位を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で設定することを標準とする。

G4-②-3 短区間、小流量時の流況予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-3-Lev.1	②-3-Lev.2
適用例	汎用モデル (横断平均した水位縦断 分布の再現を重視する 際に適用)	微地形に応じた三次元 流況を再現する際に適 用
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—	—
粒度分布モデル	—	—
掃流砂モデル	—	—
浮遊砂モデル	—	—
斜面崩落モデル	—	—
軟岩侵食モデル	—	—
粘性土侵食モデル	—	—
植生消失モデル	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—

※小流量時の水位、流速の再現精度を高める上で必要な要素モデル(★)

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	・ 平水時の小流量での水面形を精度よく表現できることが必要となるが、農業用取水量によって平水流量、平水位の変動が大きい河川では、流量設定に注意して設定することを推奨する。(3)(★) ・ 縦断水位観測結果が得られない場合が多いため、検証データをどのように効率的に取得するかについても課題(★) ・ 樋門や樋管がある場合は、その場からの水の出入りや周辺の微地形を考慮することが望ましい。(3)
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例、文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ その上で、小流量時の水位、流速を再現するようにパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(1)	
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

※縦断水位観測結果が得られない場合、検証データをどのように効率的に取得するかについても課題(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。 (1)(◆) - 流量については、平水流量等を基に設定する。(1) - 地形は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、瀬淵等の維持可能性について分析し、代替案の妥当性を判断する。(2)	平水位の変動が大きい河川では、流量を変えた場合の計算を感度分析的に実施しておくことが望ましい。 (1)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
小流量時に瀬淵が維持される水深・流速が確保されているか。	流況予測結果から、小流量流下時の水深及び流速の空間分布を整理し、瀬淵が維持される水深・流速が確保できているかEvaTripなどで評価する。
生息環境創出後は瀬淵面積が増加しているか。	流況予測結果から、生息環境創出前後の小流量流下時の水深及び流速の空間分布を出力し、瀬淵が維持される水深・流速が確保できている領域の面積の比較から、瀬淵面積の増加の有無について評価する。
ワンドたまり部の水深・流速が対象魚種が生息可能な水深・流速となっているか。	流況予測結果から、小流量流下時のワンド・たまり部における水深及び流速の空間分布を出力し、対象魚種が生息可能な水深や流速となっているかEvaTripなどで評価する。
魚類避難場所の流速が避難可能な流速となっているか。	流況予測結果から、小流量流下時の魚類避難場所における流速の空間分布を出力し、対象魚種が避難可能な流速となっているかEvaTripなどで評価する。
流程分布図(1km毎の水深や川幅水深比等パラメータ群から推定される魚類種数縦断分布)に基づいた環境面からの河道縦横断形状の適否 河道縦横断形の将来変化に伴う流程分布図の悪化、非悪化の確認 水際の複雑さ(水際線延長／区間距離 等)の経年変化(★) 水際部における河畔林分布の変化	流況予測結果から流程分布図作成に用いる物理量を出力し、流程分布図を作成する。

G4-③ 河口、感潮域、汽水域における治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道掘削形状等の設計

内容			参照スライド
(1) 検討項目			155
(2) 関連図			156
検討項目G4-③-1	1) 参考資料・参考文献一覧		157
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	158
		b) Level別物理モデル等一覧	159
		c) 検証計算や感度分析の方法	160
		d) 予測計算の方法	161
	3) 評価のポイント		162

(1)検討項目

検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G4-③-1 短区間、1洪水あるいは長期間 の河床変動予測 (掘削形状の一次案における再堆積のリスク評価、干潟等ハビタットの持続可能性、掘削形状等の見直し 等) (2)	- 事業実施前後の水位変化 - 事業実施箇所における再堆積はないか。 - 事業実施による上下流のハビタット(干潟)での堆積や掃流力の大きな変化はないか。 - 事業実施箇所及び上下流ハビタット(干潟)の冠水頻度の変化 - 事業実施箇所及び上下流ハビタット(干潟)の面積の変化	- 流量ごとの水位 - 流速・掃流力平面分布 - 事業実施箇所における河床高変動量 - 実施箇所上下流の河床高変動量

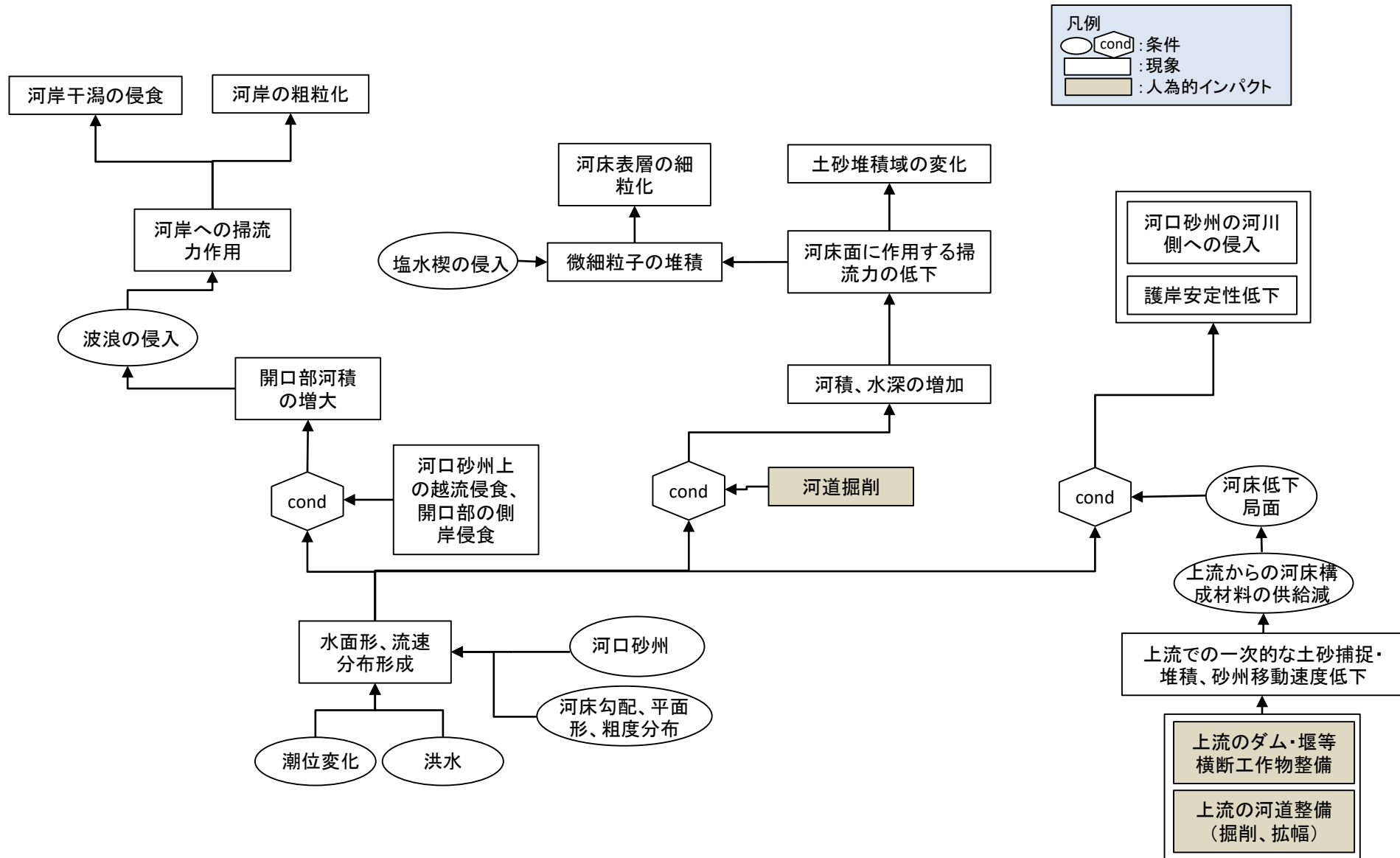
※ 浮遊砂濃度、フロック化、粘着性土(固質含む)、ウォッシュロードに関する観測・予測に関しては知見が不足(◆)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

(2) 連関図（現象の整理）



G4-③-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R2利根川下流部河道掘削検討業務	利根川下流河川事務所	R3年3月
資料2)	天塩川治水対策検討外業務	留萌開発建設部	—

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	利根川下流域における洪水の非定常性を考慮した河道掘削計画	川島文夫, 田所百年裕, 梅田佳宏, 郷原龍二, 岡村誠司	2020
文献2-2)			
文献2-3)			
文献2-4)			
文献2-5)			

G4-③-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河床変動		メッシュ: - メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆) - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。また、下流端に河口砂州が存在する場合は、海浜変形モデル等で漂砂の影響を踏まえた初期地形を設定することが望ましい。 境界条件: - 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。1D河床変動モデルが別途構築されている場合は、その結果を与え整合を図ることを基本とするが、過度な堆積・河床低下が生じてしまう場合や、1D河床変動モデルが存在しない場合は、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) また、地質が同様の近隣ダム流域での比生産土砂量を参考に浮遊砂流入条件の妥当性を確認しておくことが望ましい。また、境界断面は、洪水時に潮汐の影響を受けない断面に設定することが望ましい。 - 流れの下流端境界条件には、潮位観測所で観測された潮位を基に設定することを標準とする。潮位観測所が下流端近傍に存在しない場合は、遠方2箇所の潮位データを按分するなど推定することが望ましい。また、下流端境界を海域にも十分確保しなければならない。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、必要に応じて掘れ止まり高を設定することが望ましい。 - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安とする場合、Duneの波高を目安とする場合がある。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように設定する。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。 - 粘性土が卓越するような区域では、侵食速度式等により侵食を表現する。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - ただし、河口部では潮位の影響で粗度係数を変更しても水位が変わりにくく、河床変動が大きく変わる可能性があるため、適切な設定方法は今後の研究課題である。(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)

G4-③-1 短区間、1洪水あるいは長期間の河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	③-1-Lev.1	③-1-Lev.2	③-1-Lev.3
適用の場面	汎用モデル (混合粒径・掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮 遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性	a; WOI~c; 河床低下 必要に応じてd; 生物特性
植生成長・侵入モデル	a; 比高~d; 生物モデル	a; 比高~d; 生物モデル	a; 比高~d; 生物モデル

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。159

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整。(2)(◆) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する場合があります。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★) ・ 砂の土砂動態を再現性を検証する際には、浮遊砂モデルの選定や浮遊限界流量などを踏まえた足きり流量の設定を重視することを推奨する。(2)(★)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点で該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、どのような応答をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★) - 設計した河道に求められる要件を明確化し、それを満たすかどうかのチェックが必要。洪水波形、規模、期間(何波形か)、洪水順序などについて一定のルールを設け、それに従ってチェックできる合理的な仕組みが必要(◆)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、流下能力評価、河口砂州の変化等を分析し、代替案の妥当性を判断する。(2)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
事業実施前後の水位変化	河床変動予測結果から、事業実施前後の水位の時空間分布を整理し、事業実施による水位低減効果や、事業実施箇所の上下流において水位上昇が発生していないか評価する。
事業実施箇所における再堆積はないか。	河床変動予測結果から、事業実施箇所周辺における河床高及び河床高変動量の時空間分布を整理し、施工時点の河床高や整備計画河道との比較により、再堆積の有無、または、再堆積量を評価する。
事業実施による上下流のハビタット(干潟)での堆積や掃流力の大きな変化はないか。	河床変動予測結果から、干潟周辺の河床高や掃流力の時空間分布の変化を整理し、事業実施前後での干潟上での堆積量や掃流力の変化、結果として形成される干潟等の面積変化を分析する。
事業実施箇所及び上下流ハビタット(干潟)の冠水頻度の変化	河床変動予測結果から、事業実施箇所周辺の水位の時空間分布を出力し、事業実施箇所の冠水頻度を整理・評価する。
事業実施箇所及び上下流ハビタット(干潟)の面積の変化	河床変動予測結果から、事業実施箇所周辺の干潮時・満潮時の水位の空間分布を出力し、干潟等の面積を整理・評価する。

G5-① 河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測

G5-① 河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測

内容			参照スライド
(1) 検討項目			165
(2) 連関図			166
検討項目 G5-①-1	1) 参考資料・参考文献一覧		167
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	168
		b) Level別物理モデル等一覧	169
		c) 検証計算や感度分析の方法	170
		d) 予測計算の方法	171
	3) 評価のポイント		172
検討項目 G5-①-2	1) 参考資料・参考文献一覧		173
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	174
		b) Level別物理モデル等一覧	175
		c) 検証計算や感度分析の方法	176
		d) 予測計算の方法	177
	3) 評価のポイント		178

G5-① 河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測

(1)検討項目

検討項目(解析フレームの細分化)	評価内容	評価事項
G5-①-1 河口部、1洪水での河床変動予測 (洪水時の河口砂州のフラッシュ予測(出発水位検討、流下能力評価等)とフラッシュ促進対策(河口砂州掘削等)の設計等) (2)	- 河道計画の出発水位検討 - 洪水時の河口砂州フラッシュプロセスや対策の有効性評価	- 洪水時の最大水位 - 水位、河口砂州高、開口部河床高、開口幅、砂州上の水深、流速、掃流力等の時間変化
G5-①-2 河口部、長期間での河床変動予測 (河口砂州による航路閉塞、波浪や河川流の集中による河岸侵食、河口閉塞による湛水等に対する安全度評価と対策(導流堤、維持掘削等)の設計等) (2)(3)	- 魚類等水生生物の移動や航路、洪水流流下への支障検討 - 河道計画の出発水位に活用 - 現状護岸構造の照査 - 河口砂州の維持掘削など、計画検討に活用	- 開口部の位置・幅・高さ - 河口砂州の位置・高さ - 閉塞する時期 - 局所洗掘箇所 - 河口砂州の変化速度

※洪水時の河口砂州の状態については、検証データが乏しいため、観測技術・解析技術で検証データを増やすための研究開発が必要(★)

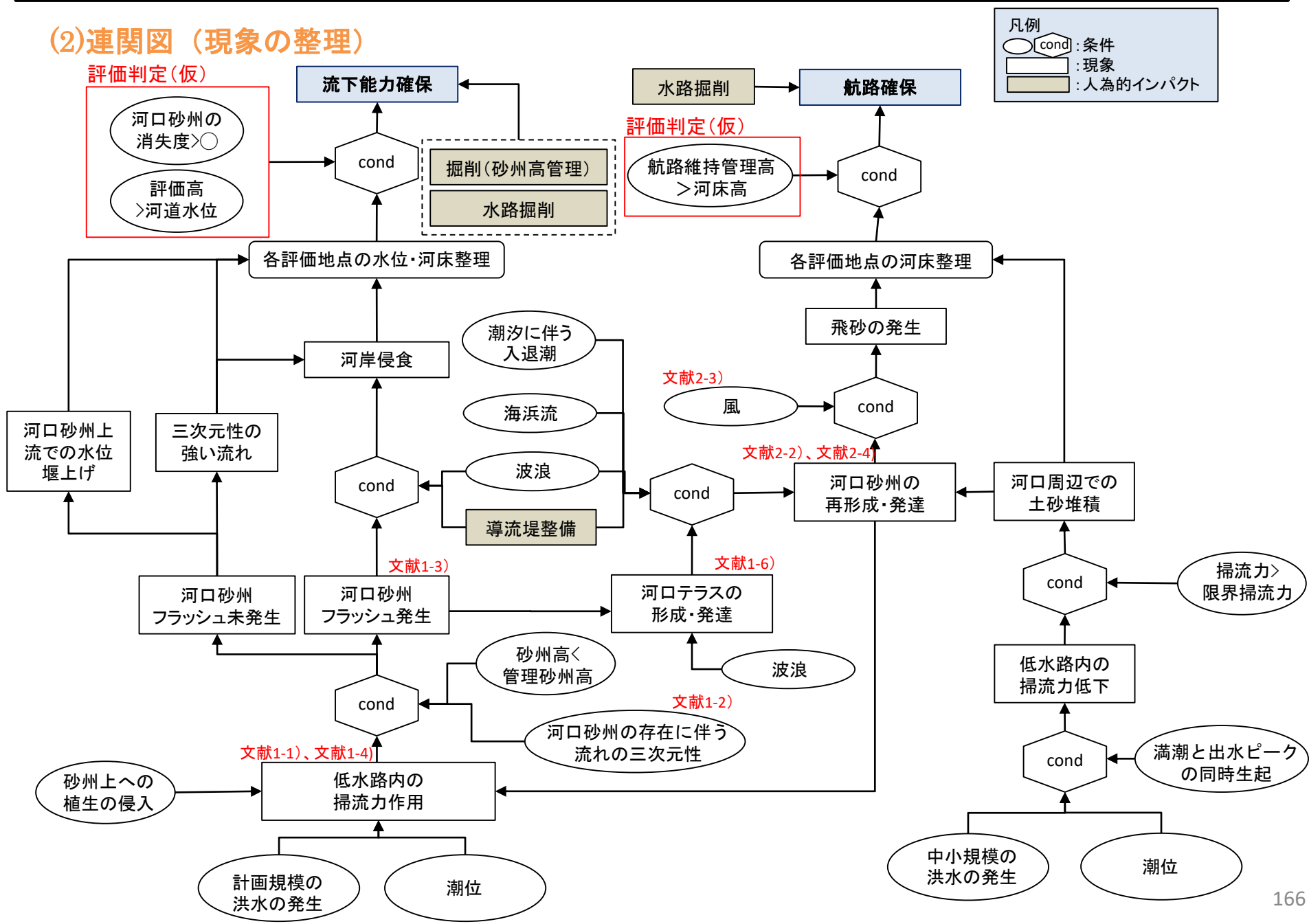
(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G5-① 河口砂州や河口テラスのある河口部の地形の予測

(2) 連関図 (現象の整理)



G5-①-1 河口部、1洪水での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R3-4尻別川河道計画検討外業務	小樽開発建設部	—
資料2)	H30-31_最上川下流河道計画等検討業務	酒田河川国道事務所	R1年10月
資料3)	令和3年度 天竜川整備検討業務	浜松河川国道事務所	R4年3月
資料4)	平成30年度相模川河川管理方策検討業務	京浜河川事務所	H31年3月
資料5)	R4名取川計画検討業務	仙台河川国道事務所	R5年6月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	河幅及び断面形状を考慮した掃流砂量式を用いた河床変動解析—石狩川河口部昭和56年8月洪水を例として—	岡村誠司, 岡部和憲, 福岡捷二	2011
文献1-2)	洪水流による河口砂州フラッシュの新しい解析法に関する研究	立山政樹, 山崎友子, 田部成幸, 内田龍彦, 福岡捷二	2013
文献1-3)	大規模洪水による河口砂州の開口機構に関する研究	立山政樹, 福岡捷二, 石川俊之	2018
文献1-4)	河口感潮域における土砂動態モニタリングおよびモデルによる河床変動の把握	中辻崇浩, 橋本将明, 川嶋康彦, 中道誠, 兼頭淳, 長坂健	2016
文献1-5)	相模川河口砂州フラッシュ特性の分析と総合的な土砂管理の推進に向けた展望	兵藤誠, 平下慎也, 森友佑, 岡村誠司	2020
文献1-6)	相模川河口砂州周辺のフラッシュ及び再形成過程の動的な土砂移動現象の分析と河口砂州管理	兵藤誠, 中平歩, 口石孝幸	2021

G5-①-1 河口部、1洪水での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象		留意点
河口部周辺での流れ		モデル: - 河口部の流れは、三次元的な非静水圧流れが発生するため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。 メッシュ、河床高: - メッシュサイズは、3次元性の流れ、河口砂州形状、導流堤等の構造物が表現できる程度で設定することを標準とする。※文献1-1)参照、※例えば文献1-2)では、3次元性の流れを精度よく解析するため、水深スケール以下の縦横断メッシュを設定 - 初期地形は、ALB、ナローマルチ等の点群データを活用して設定することが望ましい。初期地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。また、海浜変形モデル等で漂砂の影響を踏まえた初期地形を設定することが望ましい。※文献1-6)参照 境界条件: - 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。また、境界断面は、洪水時に潮汐の影響を受けない断面に設定することが望ましい。 - 流れの下流端境界条件には、潮位観測所で観測された潮位を基に設定することを標準とする。潮位観測所が下流端近傍に存在しない場合は、遠方2箇所の潮位データを按分するなどで推定することが望ましい。また、下流端境界を海域にも十分確保しなければならない。また、高波の同時生起の場合は、高波によって生じる水位上昇量(Wave-setup)も考慮した水位を設定することが望ましい。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗		- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗		- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
Q2Dで考慮されているΔhに関する現象	Δh01(合流)	- 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆) - 合流点の平面形を適切に表現し、計算が安定するメッシュを作成しなければならない。
	Δh02(橋脚)	- 橋脚周辺の偏流や水位堰上げを表現する場合は、橋脚を表現できるメッシュサイズとして橋脚部分を不透過メッシュとすることを標準とする。あるいは橋脚を内包するサイズのメッシュとして橋脚によるメッシュ占有率、抗力を考慮することを標準とする。 2Dで橋脚間の流況を再現できない場合は、痕跡水位や橋脚前後の水位計測結果、ドビッソン公式で求めた堰上げ量を参考にしつつ、水位を再現できるよう透過係数や粗度係数、メッシュ形状・標高を調整する方法がある。
	Δh03(湾曲)	河道線形を適切に考慮したメッシュを作成しなければならない。
	Δh04(砂州)	- 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) - 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
河口部周辺部での河床変動		モデル: - 砂州が大規模に発達するなど、流れの3次元性が卓越することが予測される場合は準3次元モデル・3次元モデルでの評価が望ましい。また、浮遊砂を考慮することが望ましい。 境界条件: - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。また、下層部の地質構造(粘土層、洪積層、岩)等を踏まえて、掘れ止まり高を設定することが望ましい。 - 砂州が大規模に発達し開口部を再現する必要がある場合には、斜面崩落モデルを適切に設定することを標準とする。 交換層厚・貯留層厚、粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 河口部に存在する護岸、護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。 - 粘性土が卓越するような区域では、侵食速度式等により侵食を表現する。

G5-①-1 河口部、1洪水での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

※砂州の高さと水位の関係で適用場面が変わると考えられるため、モデルの使い分けに関する研究が必要(★)

レベル	⑤-1-Lev.1	⑤-1-Lev.2	⑤-1-Lev.3	⑤-1-Lev.4
適用の場面	汎用モデル (混合粒径・掃流砂・浮遊砂、 平衡状態二次流による掃流 砂量ベクトル補正)	蛇行・湾曲部の河床変動、浮 遊砂挙動の再現性向上	局所洗掘の再現性向上	鉛直方向に抵抗等が変化する 構造物周りの局所洗掘の 再現性向上
流れの次元、モデル	e; 浅水流	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元	j; 三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + g; 福岡・山坂 (必要に応じて非平衡)	c; 非平衡(粒子速度近似) ~d; 非平衡(saltation)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影 響を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + g; 3D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
植生消失モデル	—	—	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—	—	—

※レベル別要素モデル等一覧は例示であり、他要素モデルの適用を制限するものではない。

G5-①-1 河口部、1洪水での河床変動予測

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 過去洪水等の流量波形を対象とし、観測水面形(痕跡水位、時系列観測水位)を再現するようにパラメータ(特に粗度、透過係数、メッシュ(サイズや縦列の配置))を調整する。(1) ・ 更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆)※例えば文献1-4)では、流砂量係数を調整 ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 河口部の洪水痕跡は、潮位の関係で流量ピーク時に生じていない可能性があることに留意が必要し、検証時の流量設定を行うものとする。(1)※文献1-6)参照 ・ 洪水規模(ピーク流量の大きさ)や洪水波形の違いにより、河口砂州のフラッシュの程度が変化することが想定されるため、複数の洪水波形に対して検証をすることが望ましい。(2) ・ 河口部の河床変動は複雑であるため、河口特性と掃流砂量の関係が明らかではないと考えられる。そのため、河床変動を適切に説明できる掃流砂量式などを設定することに努める。(2)(★)※文献1-1)参照 必要に応じて、河口砂州における粒度の鉛直分布や、粘着性の影響などに関する調査研究を行い、河口砂州フラッシュの再現性向上に努める。(2)(★) ・ 河口部の河床は、フラッシュ直後であっても波浪の影響で再堆積するため、フラッシュ直後の検証データが乏しい場合がある。よって、検証には、河口部のCCTVカメラや衛星写真等を活用することが望ましい。(2)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。海域、河口砂州の下層部の河床材料などについては、調査データが限られているため、感度分析によって河床材料の設定が解析結果に与える影響を評価することが望ましい。(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として粒度分布の空間分布を与えられない場合は、与えた初期粒度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 河口部でのピーク水位(出発水位)、河口砂州のフラッシュは、流量規模・波形に左右されるため、中小規模・計画規模等のあらゆる規模の出水を対象としなければならない。(1) - 初期地形は、海浜漂砂の影響で河口砂州形状が変化するため、航空写真、海浜変形モデルの予測結果等を参考に複数案設定することが望ましい。(2) - 将来の洪水・波浪イベント、潮位、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて未知であり、不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、河口部の土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、河口砂州の変動について分析し、維持管理案の妥当性を判断する。(2)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)・波浪イベント、供給土砂量(漂砂含む)については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
河道計画の出発水位検討	計画規模の洪水波形を与えた河口砂州のフラッシュ計算により、出発水位を確認する。河口部の最高水位は、潮位変動のタイミングによっては流量ピーク時に水位ピークとはならない可能性もあるため、下流端に与える潮位と上流端に与える流量の与え方についても留意することが望ましい。
洪水時の砂州フラッシュプロセスや対策の有効性評価	- 河口砂州のフラッシュ計算結果から、河口砂州のフラッシュ状況、河口砂州周辺の河床高及び河床高変動量および砂州背後の水位分布、水位変動量の時空間分布を出力し、外力条件や砂州高の違いなどによる河口砂州フラッシュの違いを評価する。 - 上記の砂州高を変えた河床変動予測結果から、河口砂州の維持管理方法（管理高）を分析する。 - なお、検証データが乏しく、河口砂州のフラッシュ計算結果の信頼性が十分でない場合は、航空写真や衛星写真、地形測量データ、打ち上げ高算定手法等から推定した砂州高等を活用し河口砂州の変動を推測し、補足検討する。

G5-①-2 河口部、長期間での河床変動予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	H30利根川下流部河道掘削検討業務	利根川下流河川事務所	R2年3月
資料2)	H30年度 荒川河道計画検討業務	羽越河川国道事務所	H31年3月
資料3)	R4荒川河道計画他検討業務	羽越河川国道事務所	R5年3月
資料4)	H26年度 馬淵川河道計画・事業効果検討業務	青森河川国道事務所	R5年3月
資料5)	R4阿賀野川河道計画外検討業務(河口砂州)	阿賀野川河川事務所	—

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	沿岸漂砂と地盤沈下に起因する南九十九里浜の海浜変形の再現計算	宇多高明, 大谷靖郎, 五十嵐竜行, 大木康弘	2015
文献2-2)	波と流れの相互干渉を考慮した3次元河口砂州形成シミュレーション	黒岩正光, 阿南亮平, 澁谷容子, 間瀬肇, 松原雄平	2016
文献2-3)	波による漂砂と飛砂を同時に考慮した混合粒径海浜の変化予測モデル	横田拓也, 小林昭男, 宇多高明, 野志保仁, 芹沢真澄	2021
文献2-4)	現地調査に基づく河口砂州の再生とその数値解析モデルに関する研究	片山崇, 石井和希, 小島亨, 黒岩正光, 梶川勇樹	2023
文献2-5)	洪水流と波浪による阿賀野川河口テラスの形成と消失過程の考察	竹村吉晴, 福岡捷二, 渡辺洋	2023
文献2-6)	山内健二・田中仁,河口水位に及ぼす河口砂州の効果	山内健二, 田中仁	1997

G5-①-2 河口部、長期間での河床変動予測

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象	留意点
河口部周辺での流れ	モデル: - 河口部の流れは、三次元的な非静水圧流れが発生するため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。 メッシュ、河床高: - メッシュサイズは、3次元性の流れ、河口砂州形状、導流堤等の構造物が表現できる程度で設定することを標準とする。※文献1-1)参照、※例えば文献1-2)では、3次元性の流れを精度よく解析するため、水深スケール以下の縦横断メッシュを設定 - 初期地形は、ALB、ナローマルチ等の点群データを活用して設定することが望ましい。初期地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。また、海浜変形モデル等で漂砂の影響を踏まえた初期地形を設定することが望ましい。※文献1-6)参照 境界条件: - 流れの上流端境界条件には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 流れの下流端境界条件には、潮位観測所で観測された潮位を基に設定することを標準とする。潮位観測所が下流端近傍に存在しない場合は、遠方2箇所の潮位データを按分するなどで推定することが望ましい。また、波浪変形モデルにより波浪場を予測する。また、河口部の水位、漂砂を適切に評価するためには、下流端境界を海域にも十分確保しなければならない。 - 足切り流量は、掃流砂成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する移動限界流量を目安に設定することが望ましい。浮遊砂が卓越する場合は、成分の最小粒径あるいは平均粒径に対する浮上限界流量を目安に設定することが望ましい。
粗度係数で表現する抵抗	- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★) - 対象とする過去洪水は、予測計算で評価対象とする流量規模と同一規模、類似波形を設定することを標準とする。
植生・樹木抵抗	- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。
河口部周辺部での河床変動	モデル: - 砂州が大規模に発達するなど、流れの3次元性が卓越することが予測される場合は準3次元モデル・3次元モデルでの評価することが望ましい。また、浮遊砂を考慮することが望ましい。 境界条件: - 土砂の上流端境界条件として、土砂供給量を適切に設定する必要がある。掃流力分布が縦断的に一様とみなせて土砂流送と土砂供給がマクロに平衡状態と見なせる場合、掃流力が縦断的に変化してマクロに平衡状態と見いだせない場合、土砂供給状況の変化を反映させた供給条件設定を行う場合のいずれに該当するかを踏まえた上で、適切に設定することを標準とする。(河川砂防技術基準、調査編、4.6.1参照) 初期条件: - 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)また、堆積層・交換層の粒度分布を基に粒度の鉛直分布を設定することが望ましい。 - 砂州が大規模に発達しの開口部を再現する必要がある場合ためには、斜面崩落モデルを適切に設定することを標準とする。 交換層厚・貯留層厚・粒径階: - 交換層厚は最大粒径程度、D90程度を目安に設定することを標準とする。貯留層厚は、交換層厚と同程度とすることを標準とする。 - 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆) 固定床等取り扱い: - 河口部に存在する護岸、床止め、護床工の設置箇所や岩河床は、固定床として表現することを標準とする(堆積はするが、それ以上下がることは許容しない設定)。

G5-①-2 河口部、長期間での河床変動予測

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	①-2-Lev.1	①-2-Lev.2	①-2-Lev.3
適用例	岸沖方向の漂砂再現を重視する際に適用	三次元性が卓越する際に岸沖方向の漂砂再現を重視する際に適用	三次元性が卓越する際に岸沖方向の漂砂再現を重視する際に適用
流れの次元、モデル	e; 平面二次元(浅水長波)	f~i; 準三次元	f~i; 準三次元
圧力仮定	a; 静水圧	a; 静水圧	a; 静水圧
樹木等抵抗モデル	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数	a; 樹木透過係数
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式	B; 1方程式 ~c; 2方程式(k-εなど)
無次元限界掃流力	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)	a; 岩垣~b; Egiazoroff (必要に応じて軟岩など)
粒度分布変化	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど	a; 平野モデルなど
掃流砂モデル	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)	a; 芦田道上~b; MPM + e; 長谷川の式(二次流の影響を考慮)
浮遊砂モデル	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式	a; LK式~c; 芦田道上 + d; LK式~e; Rouse + f; 2D + h; Rubeyの式
斜面崩落モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル	必要に応じてa; 関根モデル
軟岩侵食モデル	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング	必要に応じてa; 摩耗 ~b; 摩耗+スレーキング
粘性土侵食モデル	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式	必要に応じてa; 侵食速度式
海浜漂砂モデル	a; 渡辺~b; Dean	a; 渡辺~b; Dean	a; 渡辺~b; Dean

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例: 計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例、文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ 実績の河床変動の傾向を再現するように、パラメータ(特に岸沖給砂条件、初期粒度分布、漂砂量式、漂砂量係数、波浪条件、流量条件)を調整する。(2)(★)※例えば文献1-4)および文献2-2)では、流砂量係数を調整 ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 波浪条件の違いにより、海浜漂砂が変化することが想定されるため、複数の波浪条件(季節)に対して検証をすることを標準とする。(1) ・ 季節性を持つ波浪条件は、季節ごとに平均して設定するのが望ましい。また、海浜漂砂の変動に応じて波浪条件も変わるため、エネルギー平均波を算定する際の地形条件も季節等に応じて更新することが望ましい。(2)※文献2-2)参照 ・ 砂州の再生過程における形成位置、砂州幅、砂州高の詳細地形再現手法は、未だ確立されているとは言い難い。そのため、現地データや経験式を基に河口砂州の発達を確認しなければならない。(2)(3)(★)※文献2-4)参照 ・ 強い風に伴う飛砂が生じると考えられる場合は、飛砂輸送量を別途考慮して評価する。(3)
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。海域、河口砂州の下層部の河床材料などについては、調査データが限られているため、感度分析によって河床材料の設定が解析結果に与える影響を評価することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - エネルギー平均波については、過去実績波浪を基に設定する。また、供給土砂量については、再現計算での設定方法を踏襲することを標準とする。(1) - 初期地形、粒度分布、樹木群抵抗は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1)	- 河口砂州の再発達は、波浪条件に左右されるため、季節性を考慮した波浪条件を対象としなければならない。(2) - 初期地形は、洪水に伴う河床変動、海浜漂砂の影響で河口砂州形状が変化するため、河口砂州フラッシュモデルや航空写真等を参考に複数案設定することが望ましい。(2) - 将来の洪水・波浪イベント、潮位、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、河口部の土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することが望ましい。(2)(★)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、応答をそれぞれ予測する。(1) - 上記結果を踏まえ、河口砂州の変動について分析し、維持管理案の妥当性を判断する。(2)	不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)・波浪イベント、供給土砂量(漂砂含む)については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
魚類等水生生物の移動や航路や洪水流流下への支障検討	- 海浜漂砂での計算結果を踏まえ、河口砂州の再形成状況を確認する。これにより、開口部の幅や高さ、河口砂州の規模の時間変化を分析し、航路に支障がないかを評価する。洪水流流下への影響は、海浜漂砂での計算結果を基に洪水流計算を行い、洪水時の縦断水位分布を出力して、流下能力を評価することが望ましい。 - なお、検証データが乏しく、海浜漂砂計算結果の信頼性が十分でない場合は、航空写真や衛星写真、地形測量データを活用して河口砂州の変動を推測し、補足検討する。
河道計画の出発水位に評価	- 海浜漂砂での計算結果を踏まえ、河口砂州の再形成状況を確認する。 - 河口砂州が再形成された地形を初期地形として、計画規模の洪水波形を与えた河口砂州のフラッシュ計算により、出発水位を算定する。河口部の最高水位は、潮位変動のタイミングによっては流量ピーク時に水位ピークとはならない可能性もあるため、下流端に与える潮位と上流端に与える流量の与え方についても留意することが望ましい。 - なお、検証データが乏しく、海浜漂砂計算結果の信頼性が十分でない場合は、航空写真や衛星写真、地形測量データ、打ち上げ高算定手法等から推定した砂州高等を活用して河口砂州の変動を推測し、補足検討する。
現状護岸構造の照査	海浜漂砂での計算結果により、河口砂州の変化予測、波浪(エネルギー平均波)を設定した際の流速分布を出力し、現状の河川護岸に与える影響を評価する。
河口砂州の維持掘削など、計画検討に活用	- 海浜漂砂での計算結果を踏まえ、河口砂州の再形成状況を確認する。また、計画規模の流量が流下する際の洪水時縦断水位分布を河床変動フラッシュ計算により出力する。これにより、河口砂州を管理する維持掘削高などを分析する。 - なお、検証データが乏しく、海浜漂砂計算結果の信頼性が十分でない場合は、航空写真や衛星写真、地形測量データ、打ち上げ高算定手法等から推定した砂州高等を活用して河口砂州の変動を推測し、補足検討する。

G5-② 塩水遡上区間の水質予測(鉛直構造あり)

G5-② 塩水遡上区間の水質予測（鉛直構造あり）

内容			参照スライド
(1) 検討項目			181
(2) 連関図			182
検討項目 G5-②-1	1) 参考資料・参考文献一覧		183
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	184
		b) Level別物理モデル等一覧	185
		c) 検証計算や感度分析の方法	186
		d) 予測計算の方法	187
	3) 評価のポイント		188
検討項目 G5-②-2	1) 参考資料・参考文献一覧		189
	2) 計算のポイント	a) モデル構築上の留意点	190
		b) Level別物理モデル等一覧	191
		c) 検証計算や感度分析の方法	192
		d) 予測計算の方法	193
	3) 評価のポイント		194

G5-② 塩水遡上区間の水質予測（鉛直構造あり）

(1)検討項目

検討項目（解析フレームの細分化）	評価内容	評価事項
G5-②-1 感潮区間、年間の塩水遡上・水質予測 （現状や河道掘削後の利水、ハビタット評価 等） (1)(2)	- 取水口と塩分濃度の比較から取水に与える影響を評価 - 塩水濃度の変化が生物生息環境やその創出に与える影響の評価 - 底質環境の変化	- 塩水遡上距離 - 塩分濃度の時空間分布 - COD、BOD、水温、DO、SSの時空間分布
G5-②-2 感潮区間、短期間の塩水遡上・水質予測 （洪水時の塩水楔の挙動予測 等） (2)	洪水（塩分濃度の低下）が感潮区域の生物生息環境に与える影響の評価	塩分濃度の空間分布

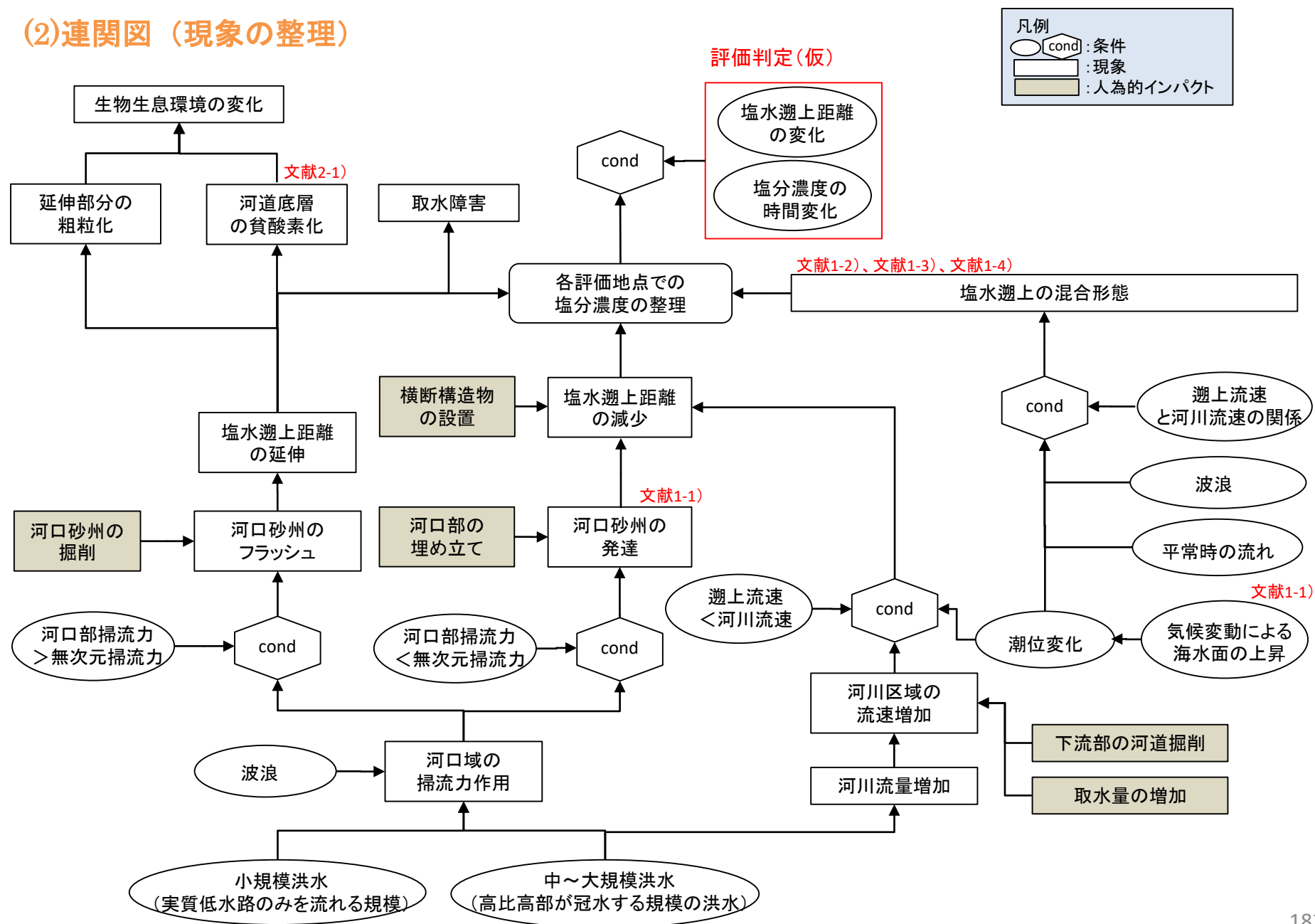
(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

G5-② 塩水遡上区間の水質予測（鉛直構造あり）

(2) 連関図（現象の整理）



G5-②-1 感潮区間、年間の塩水遡上・水質予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	R2～3年度 最上川下流河道計画等検討業務	酒田河川国道事務所	R3年11月
資料2)	H29-30加古川平荘地区堰改築予備設計業務	姫路河川国道事務所	H31年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献1-1)	海面上昇を考慮した釧路湿原への塩水遡上の影響評価	中本篤嗣, 新谷哲也, 中山恵介, 丸谷靖幸, 石田哲也, 法村賢一	2011
文献1-2)	利根川感潮域における塩水流動の現地観測および数値シミュレーション	小林侑, 佐々木努, 石川忠晴	2011
文献1-3)	CIP-Soroban三次元流動モデルによる利根川感潮域塩水流動解析	許曉飛, 中村恭志, 小林侑, 小島崇, 石川忠晴	2012
文献1-4)	網走川河口域で発生する塩水遡上に関する数値的検討	新谷哲也, 中山恵介	2013
文献1-5)	分岐合流を有する感潮河道における塩水遡上運動の三次元流動シミュレーション	松村健史, 守村融, 新谷哲也, 横山勝英	2017
文献1-6)	筑後川河口域における塩水遡上特性と汽水環境について	横山勝英, 大村拓, 鈴木伴征, 高島創太郎	2011

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象	留意点
感潮域での流れ	メッシュ、河床高： • 水平方向のメッシュサイズは、塩水遡上の混合形態や塩水遡上に影響を与える施設を反映して設定することを標準とする。※例えば文献1-1)では、河口砂州地形の縦断形状再現のために河口砂州を最低5メッシュで表現 • 鉛直方向のメッシュサイズは、塩分躍層などの鉛直方向の急激な濃度変化が表現できるように設定する。※文献1-1)、文献1-3)では、鉛直方向を0.1mメッシュで分割 • 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 境界条件： • 下流端境界は、塩分濃度が海水と同等となる区間や潮位観測所が存在する区間で設定することを標準とする。ただし、潮位観測所と解析対象区間が離れている場合は、下流端境界における潮位を推算することが望ましい。※例えば文献1-4)では、河口に位置する港湾施設で流れが乱れるため、河口から沖合へ空間解像度の粗い計算領域を追加して、流れ・塩分濃度が一様となると考えられる断面を下流端に設定 初期条件： • 塩分濃度の初期設定は、全域に海水などの塩分濃度を設定し、河川流量や潮位変化を設定して助走計算を実施すること事例もある。※文献1-4)参照 また、観測された塩分濃度を目標値として、内挿補間や助走計算によって空間分布を設定する事例もある。※文献1-5)参照
粗度係数で表現する抵抗	• 粗度係数は、非洪水時の流れを対象に再現計算を行い、観測水位を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で設定することを標準とする。なお、一般的な粗度を考慮すると塩水の遡上が観測データよりも抑えられる傾向を踏まえ、底面をスリップ条件として設定する事例もある。※文献1-4)参照

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-1-Lev.1	②-1-Lev.2
適用例	塩分濃度の鉛直分布の再現を重視	塩分濃度の鉛直分布の再現を重視
流れの次元、モデル	j; 準三次元 (平面二次元多層モデル)	j; 三次元
圧力仮定	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	—	—
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—	—
粒度分布モデル	—	—
掃流砂モデル	—	—
浮遊砂モデル	—	—
斜面崩落モデル	—	—
軟岩侵食モデル	—	—
粘性土侵食モデル	—	—
植生消失モデル	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	・ 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) ・ その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) ・ 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	・ 現地データ、一般的な値、過去事例、文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) ・ その上で、過去の非洪水時における流れを対象とし、観測水位ハイドログラフを再現するようにパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(1) ・ 更に、塩水遡上の塩水遡上の混合形態傾向を再現するように、パラメータ(特に初期塩分、メッシュ)を調整する。(2) ・ その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	・ 塩水遡上の混合形態は、前期降雨や河川流量に加え、大潮・小潮等の海域条件によっても変化する。そのため、検証データとしての塩分濃度を対象河川で計測して、検証することを標準とする。(2)※文献1-3)参照 ・ 検証期間は、多様な降雨・河川流量条件、潮位条件を取り込めるように数か月程度を対象とすることが望ましい。(2)※文献1-3)参照
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	・ ②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) ・ これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1) (◆) - 流量波形・潮位波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形・初期塩分は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として塩分濃度の空間分布を与えられない場合は、与えた塩分濃度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 流量波形・潮位波形は、生じうる塩水遡上の混合形態を想定して、複数パターンの組み合わせを設定することを標準とする。(1) - 気候変動の影響により平常時の流量、潮位が変化すると想定されるため、検討目的を踏まえた条件設定を適切に実施することを推奨する。(2)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と代替案の比較から、最適案を判断する。(1)	

(1) 現状でも信頼性が高いもの

(2) 挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3) 数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
取水口と塩分濃度の比較から取水に与える影響を評価	非洪水時の塩水遡上解析結果より塩水遡上距離、遡上高等を算出し、取水口の前面における塩分濃度の時間変化を評価する。評価基準は、取水の用途（生活用水、工業用水）により設定される。
塩水濃度の変化が生物生息環境に与える影響の評価	非洪水時の塩水遡上解析結果より塩水遡上距離、遡上高等を算出し、汽水環境を好む生物の生息環境への影響を評価する。例えば、工事による影響で河口域の流れが変化が想定される場合の影響評価などがある。
底質環境の変化	塩水遡上解析結果や水質(DO)解析結果より、貧酸素水塊の発生可能性を予測し、底質環境の変化を評価する。

G5-②-2 感潮区間、短期の塩水遡上・水質予測

1)参考資料・参考文献一覧

資料No.	資料名	発行機関	発行年月
資料1)	H25那珂川水環境調査検討業務	常陸河川国道事務所	H26年3月
資料2)	H26年度 馬淵川河道計画・事業効果検討業務	青森河川国道事務所	H28年3月

文献No.	論文名	著者	発行年度
文献2-1)	東北地方太平洋沖地震に伴う河床地形変化が北上川塩水挙動に及ぼす影響の数値流動解析による検討	中村恭志, 菊池喬, 石川忠晴	2013
文献2-2)			
文献2-3)			
文献2-4)			
文献2-5)			

2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点

現象	留意点
感潮域での流れ	メッシュ、河床高: - 水平方向のメッシュサイズは、塩水遡上の混合形態や塩水遡上に影響を与える施設を反映して設定することを標準とする。 ※例えば文献1-1)では、河口砂州地形の縦断形状再現のために河口砂州を最低5メッシュで表現 - 鉛直方向のメッシュサイズは、塩分躍層などの鉛直方向の急激な濃度変化が表現できるように設定する。※例えば文献1-1)、文献1-3)では、鉛直方向を0.1mメッシュで分割 - 地形は、ALB等の点群データを用いて設定することを標準とする。地形を定期横断から内挿補間で作成する場合、滞筋等が上下流に連続するように努める。 - 境界条件: 上流端には、流量観測所で観測された流量を設定することを標準とする。ただし、流量データが不足する場合は、近傍観測所での流量あるいは水位観測データからの推算、流出計算結果、水位データを境界として設定してもよい。 - 下流端には、水位観測所で観測された水位や河口砂州の維持可能な砂州高+0.5mを設定することを標準とする。上記に該当しない場合は、痕跡水位、HQ式、等流水深、別モデル等で算出した解析水位等を用いて設定してもよい。 - 下流端境界は、塩分濃度が海水と同等となる区間や潮位観測所が存在する区間で設定することを標準とする。ただし、潮位観測所と解析対象区間が離れている場合は、下流端境界における潮位を推算することが望ましい。※例えば文献1-4)では、河口に位置する港湾施設で流れが乱れるため、河口から沖合へ空間解像度の粗い計算領域を追加して、流れ・塩分濃度が一様となると考えられる断面を下流端に設定。 初期条件: - 塩分濃度の初期設定は、全域に海水などの塩分濃度を設定し、河川流量や潮位変化を設定して助走計算を実施すること事例もある。※文献1-4)参照 また、観測された塩分濃度を目標値として、内挿補間や助走計算によって空間分布を設定する事例もある。※文献1-5)参照
粗度係数で表現する抵抗	- 低水路粗度係数は、「河道計画検討の手引き」に従い、対象洪水のピーク流量規模での推定粗度係数を一次設定することを標準とする。高水敷粗度係数は、高水敷上の水深と地被状況から設定する。 - 粗度係数は、非洪水時の流れを対象に再現計算を行い、観測水位を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で設定することを標準とする。なお、一般的な粗度を考慮すると塩水の遡上が観測データよりも抑えられる傾向を踏まえ、底面をスリップ条件として設定する事例もある。※文献1-4)参照
植生・樹木抵抗	- 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密生度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★) - 同定では、出水時における植生の直立、倒伏、たわみ、樹木の流失等の状態変化を流量規模、出水前後の航空写真や現地写真等から推測し、植生・樹木抵抗に反映することが望ましい。

2)計算のポイント b) Level別物理モデル等一覧

レベル	②-2-Lev.1	②-2-Lev.2
適用例	塩分濃度の鉛直分布の再現を重視	塩分濃度の鉛直分布の再現を重視
流れの次元、モデル	j; 準三次元 (平面二次元多層モデル)	j; 三次元
圧力仮定	b; 非静水圧	b; 非静水圧
樹木等抵抗モデル	—	—
乱流モデル	a; ゼロ方程式	a; ゼロ方程式
無次元限界掃流力	—	—
粒度分布モデル	—	—
掃流砂モデル	—	—
浮遊砂モデル	—	—
斜面崩落モデル	—	—
軟岩侵食モデル	—	—
粘性土侵食モデル	—	—
植生消失モデル	—	—
植生成長・侵入モデル	—	—

2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法

手順	方法	留意点
①検証計算で特に再現すべき事項の設定	- 連関図に示す現象から特に再現すべき現象を整理する。(1) - その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆) - 必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)	
②パラメータの同定、要素モデルの選定	- 現地データ、一般的な値、過去事例・文献等を参考に、各種パラメータ、要素モデルを一次設定する。(1) - その上で、過去の洪水時における流れを対象とし、観測水位ハイドログラフを再現するようにパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(1) - 更に、塩水遡上の塩水遡上の混合形態傾向を再現するように、パラメータ(特に初期塩分、メッシュ)を調整する。(2) - その上で、①に示した現象の再現性を検証し、必要に応じて要素モデルを調整する。(2)	塩水遡上の混合形態は、前期降雨や河川流量に加え、大潮・小潮等の海域条件によっても変化する。そのため、検証データとしての塩分濃度を対象河川で計測して、検証することを標準とする。(2) ※文献1-3)、文献2-1)参照
③パラメータや要素モデルの感度分析(再現性への寄与度の把握)	②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆) - これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

2)計算のポイント d)予測計算の方法

手順	方法	留意点
①予測計算で用いるパラメータ、境界条件の設定	- パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆) - 流量波形・潮位波形については、過去実績流量や流出計算結果を基に設定する。(1) - 地形・初期塩分は、予測開始時点に該当するデータを与える。(1) - 初期値として塩分濃度の空間分布を与えられない場合は、与えた塩分濃度が馴染むまで十分な期間の助走計算を実施する。(2)	- 流量波形・潮位波形は、生じうる塩水遡上の混合形態を想定して、複数パターンの組み合わせを設定することを標準とする。(1) - 気候変動の影響により平常時の流量、潮位が変化すると想定されるため、検討目的を踏まえた条件設定を適切に実施することを推奨する。(2)
②代替案の設定、予測計算対象とする案の選定	- 候補となる代替案(数パターン)を設定する。(現状放置パターンも含む)(1) - 検証計算で構築したモデルを用いて、予測計算の対象とする案の絞り込み。(1)	
③予測計算	①②を踏まえて予測計算を実施し、現状放置と代替案の比較から、最適案を判断する。(1)	

(1)現状でも信頼性が高いもの

(2)挑戦的にやっているもの、または恵まれた条件の場合にやれるもの

(3)数値解析を用いなくても検討可能なもの、数値解析によらない手法の方が確実性が高い可能性のあるもの

3)評価のポイント

評価内容	評価ポイント
洪水(塩分濃度の低下)が感潮区域の生物生息環境に与える影響の評価	洪水時に伴う塩水遡上距離、塩分濃度の低下等を算出し、その後、塩水が通常時に戻るまでの時間等を確認する。これにより、汽水環境を好む生物の生息環境への影響を評価する。

数値解析モデルに求める基本的な性能

1. 想定していない水・土砂（粒径別）の消失、湧き出しが生じず、それぞれの連続条件を十分な精度で満足している。
 2. 数値的に安定した計算結果を得ることができる。（振動等の排除）
 3. 所与の初期条件（例：粒度分布の空間分布や、下層と表層での分布の違い等）、境界条件（例：上流端からの土砂供給量、粒度分布等）を適切に与えることができる。
 4. 任意地点の計算結果の時間変化を出力できる（例：水位、流速、粒径別の流砂量、粒度構成比率）
 5. 縦断的な計算結果の時間変化を出力できる（例：水面形（断面平均、低水路中央、左右岸水際）」、流量、流速（断面平均、護岸前面、滞筋）、粒径別通過土砂量、平均粒径、粒度構成比率（低水路平均、滞筋）
 6. 実務に支障を来さない期間（1ケースにつき1週間程度）で検討を終えることができる。
- 必要に応じて、モデル検証（verification）を実施し、モデルの有効性を提示すること。
 - 差分法（移流項、時間積分等）についても適切な手法を設定すること。

今後、産学官で研究・検討が必要な事柄リスト

No.	項目	内容
1	データー一覧	・ 定期横断測量データを用いて内挿補間(3次スプライン補間、TIN補間等)を行い、設定(◆)(★)
2	(1)検討項目	・ G2-①-1;長区間、長期間の計算を現実的な時間で実施するための高速化手法(★)
3	(1)検討項目	・ G2-①-1;一次設定河道の安定性予測(特に、川幅縮小傾向予測)(◆)(★)(3)
4	(1)検討項目	・ G2-①-1;植生周りの堆積現象、アーマコート河道での予測手法(★)
5	(1)検討項目	・ G2-①-2;低水路幅・高さの将来的な持続性(★)
6	(1)検討項目	・ G2-①-2;低水路平均河床高、低水路幅、比高等の縦断分布、動的安定状態となるまでの時間(定期的に攪乱・移動を生じ、動的安定状態)(◆)(★)
7	(1)検討項目	・ G2-①-2;縦断的な浮遊砂濃度の観測に関しては知見が不足(◆)(★)
8	(1)検討項目	・ G3-①;水制工は、水制種に応じたモデルでの設定方法、水制種に応じた設計法自体が課題(★)
9	(1)検討項目	・ G4-①;水際の複雑さ(水際線延長／区間距離 等)の現状または将来河道の比較(★)
10	(1)検討項目	・ G4-①;一連区間(1km程度)でのワンド・たまりの現状個所数の確認(★)
11	(1)検討項目	・ G4-②;事業実施による上下流のハビタット(ワンド・たまり(判定基準★)、瀬淵)消失・劣化の可能性
12	(1)検討項目	・ G4-②;水際の複雑さ(水際線延長／区間距離 等)の経年変化(★)
13	(1)検討項目	・ G4-③-1;浮遊砂濃度、フロック化、粘着性土(固質含む)、ウォッシュロードに関する観測・予測に関しては知見が不足(◆)(★)
14	(1)検討項目	・ G5-1;洪水時の河口砂州の状態については、検証データが乏しいため、観測技術・解析技術で検証データを増やすための研究開発が必要(★)
15	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	モデル: ・ 水制周辺で生じる複雑な水理現象は、三次元的な流れであるため、準三次元以上の数値解析モデルを構築することが望ましい。(★)
16	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ、河床高: ・ メッシュサイズは、水面形、河床変動が適切に表現できるように設定することを標準とする。(★)
17	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ、河床高: ・ 合流がある場合は、支川もメッシュ等を作成し、支川からの流量も実績流量や流出計算結果を設定することが望ましい。ただし、小支川の場合は、本川メッシュへ直接的に流量設定してもよい。(★)
18	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ、河床高: ・ 洪水流が水制に衝突することによって生じる偏流等の複雑な水理現象などが計算できるように適切なメッシュで河道線形を表現することを標準とする。(★)

今後、産学官で研究・検討が必要な事柄リスト

No.	項目	内容
19	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ、河床高: ・ 橋脚形状が表現でき、橋脚前面の下降流などの複雑な水理現象が計算できるように適切なメッシュサイズを設定することを標準とする。(★)
20	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	・ 粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★)
21	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	・ 種々の形状・構造(透過タイプ・不透透タイプ等)の水制に対する流れを数値解析モデルで表現する手法は未だ確立されていない。そのため、水制が流れに与える影響に関して、粗度係数等のパラメータを実験等により求めることが望ましい。(★)
22	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	・ 繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメータとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★)
23	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	・ 長期計算では植生域変化、樹木成長も考慮することが望ましい。(◆)(★)
24	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	・ 砂州形状を解像したメッシュを作成し、砂州の存在が水位上昇に与える影響が考慮されるようにしなければならない。(★) ・ 砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込む Δh 。(◆)(★)
25	2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧	・ 非平衡土砂モデルが決定的に有効となる場面(★)
26	2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧	・ 川幅縮小機構の再現性向上に資するモデルはあるか?(★)
27	2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧	・ 小流量時の水位、流速の再現精度を高める上で必要な要素モデル(★)
28	2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧	・ 砂州の高さと水位の関係で適用場面が変わると考えられるため、モデルの使い分けに関する研究が必要(★)
29	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 境界混合(大規模平面渦)の再現も重視する。大規模平面渦が河岸付近での低水路流速の低減・高水敷流速の増加を生じさせ、縦断水面形にも寄与している。Q2Dでは、境界混合係数によってこの効果が考慮されるが、一方、2Dでは、メッシュサイズやレイノルズ応力項の扱い方によってはこの効果を過小評価する場合があるため、適切な設定を検討することが望ましい。(2)(★)
30	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 小規模河床波の消長、植生のたわみ・倒伏により粗度係数(低水路、高水敷)が流量規模に応じて変化する可能性がある。流量規模に応じた粗度変化の特性を把握し、必要に応じてモデルに反映する。(2)(★)
31	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 水制周りの観測流況を再現する様に水制のモデル化やパラメータ(特に粗度、メッシュ)を調整する。(2)(3)(★)

今後、産学官で研究・検討が必要な事柄リスト

No.	項目	内容
32	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 水制域内と主流部との境界付近の流速の評価方法が不明確であるため、必要に応じて感度分析対象を行う。(2)(★)
33	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 平水時の小流量での水面形を精度よく表現できることが必要となるが、農業用取水量によって平水流量、平水位の変動が大きい河川では、流量設定に注意して設定することを推奨する。(★)
34	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 小流量時の水位再現では、必要に応じて、流量の縦断分布が変化することにも配慮する。(3)(★)
35	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 縦断水位観測結果が得られない場合が多いため、検証データをどのように効率的に取得するかについても課題(★) ・ 縦断水位観測結果が得られない場合、検証データをどのように効率的に取得するかについても課題(★)
36	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 砂の土砂動態を再現性を検証する際には、浮遊砂モデルの選定や浮遊限界流量などを踏まえた足きり流量の設定を重視することを推奨する。(2)(★)
37	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 浮遊砂濃度が高濃度の場合は、浮遊砂輸送形態が通常時と異なると考えられ、浮上量などが異なる可能性がある。そのため、対象区間の対象現象に応じた浮遊砂浮上量式を選定することに努める。(2)(★)
38	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 河口部の河床変動は複雑であるため、河口特性と掃流砂量の関係が明らかではないと考えられる。そのため、河床変動を適切に説明できる掃流砂量式などを設定することに努める。(2)(★) 必要に応じて、河口砂州における粒度の鉛直分布や、粘着性の影響などに関する調査研究を行い、河口砂州フラッシュの再現性向上に努める。(2)(★)
39	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 実績の河床変動の傾向を再現するように、パラメータ(特に岸沖給砂条件、初期粒度分布、漂砂量式、漂砂量係数、波浪条件、流量条件)を調整する。(2)(★)
40	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 砂州の再生過程における形成位置、砂州幅、砂州高の詳細地形再現手法は、未だ確立されているとは言い難い。そのため、現地データや経験式を基に河口砂州の発達を確認しなければならない。(2)(3)(★)
41	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。海域、河口砂州の下層部の河床材料などについては、調査データが限られているため、感度分析によって河床材料の設定が解析結果に与える影響を評価することが望ましい。(★)
42	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	・ 平水時の小流量での水面形を精度よく表現できることが必要となるが、農業用取水量によって平水流量、平水位の変動が大きい河川では、流量設定に注意が必要(3)(★)
43	2)計算のポイント d)予測計算の方法	・ 将来の洪水イベント、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産)は、気候変動の影響も含めて不確実性が大きい。そのような中で予測計算結果を解釈し、種々の判断に繋げるには、対象期間中の洪水の規模・頻度が、土砂動態にとってどのような特徴をもたらすのか把握することに努める。(例:土砂堆積を助長させる洪水規模・連続回数、土砂流送に寄与する洪水規模等の特性を、実態把握(長期検証計算)において予め把握)(2)(★)
44	2)計算のポイント d)予測計算の方法	・ 不確実性の大きい将来の洪水イベント(洪水規模・波形・洪水順序)、供給土砂量(斜面崩落地からの土砂生産増)については、必要に応じて感度分析を実施し、結果への影響度合いを把握し、③の予測計算結果で概ね代表できるかどうかを確認することが望ましい。(2)(★)

今後、産学官で研究・検討が必要な事柄リスト

No.	項目	内容
45	全般	・ Q3Dや3Dがオープンソフトウェアとなるような研究(★)

今後、事例検討をもとに事務局が詰める事柄リスト

No.	項目	内容
1	データー一覧	・ 定期横断測量データを用いて内挿補間(3次スプライン補間、TIN補間等)を行い、設定(◆)(★)
2	データー一覧	・ 低水路:河床材料調査結果を用いて一次設定(◆)
3	データー一覧	・ 高水敷:土地利用、植生諸元に応じて一次設定(◆)
4	データー一覧	・ 河川水辺の国勢調査や河川環境基図、航空写真、ALBデータやLPデータを基に一次設定(◆)
5	データー一覧	・ 河床材料調査結果を用いて、平均粒径／代表粒径／最小粒径等の掃流限界／浮遊限界流量を等流計算／不等流計算などにより試算し、足きり流量を設定(◆)
6	検証データ	・ 流れ、河床変動に関する数値解析のベンチマークデータ整備は検討課題(◆)
7	(1)検討項目	・ G2-①-1、G2-①-2;2Dを使うべき特定区間の定量的抽出方法:検討課題(◆)
8	(1)検討項目	・ G2-①-2;縦断的な浮遊砂濃度の観測に関しては知見が不足(◆)(★)
9	(1)検討項目	・ G2-①-2;対象流量の設定方法(◆)
10	(1)検討項目	・ G2-①-2;一次設定河道の安定性予測(特に、川幅縮小傾向予測)(◆)(★)(3)
11	(1)検討項目	・ G2-①-2;低水路平均河床高、低水路幅、比高等の縦断分布、動的安定状態となるまでの時間(定期的に攪乱・移動を生じ、動的安定状態)(◆)(★)
12	(1)検討項目	・ G4-②-1,2:河道設計の要件としての整備後河道の機能発現期間(◆)
13	(1)検討項目	・ G4-②-1,2:事業実施箇所(河道掘削箇所、ワンド整備箇所等)における再堆積の可能性(何年程度持続できるか(◆))、それに伴う下流への礫供給量減の程度
14	(1)検討項目	・ G4-②-1,2:一連区間(1km程度)で見た場合のハビタット箇所数維持の見込み(何年程度持続できるか(◆))
15	(1)検討項目	・ G4-③-1:浮遊砂濃度、フロック化、粘着性土(固質含む)、ウォッシュロードに関する観測・予測に関しては知見が不足(◆)(★)
16	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ、河床高: ・ メッシュサイズは、Q2Dで考慮されている Δh に関する現象が表現できるように設定することを標準とする。ただし、メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と全川流況把握に必要な精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。現象を十分に説明できるメッシュ設定ができない場合は、粗度係数や植生・樹木抵抗のパラメータに依存させて、洪水を再現できるモデルを構築することを標準とする。(◆)
17	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	メッシュ ・ メッシュ数と計算時間は、トレードオフの関係であるため、検討可能時間と必要とする精度の両者を踏まえ、合理的なメッシュサイズを設定することに努める。(◆)

今後、事例検討をもとに事務局が詰める事柄リスト

No.	項目	内容
18	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	分派施設に構造物がある場合は、その構造物の天端形状等が反映できるメッシュを設定しなければならない。また、水理模型実験などにより流況を把握し、その流況を再現したり、粗度係数や乱流モデル等を調整し、越流時に生じるエネルギー損失を考慮したり、非静水圧成分を考慮したモデルを構築して、分派流量を再現することを標準とする。(◆)
19	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	ただし、一般曲線座標系や非構造格子を用いる場合、メッシュ形状の歪が解析結果に不具合を与えるため、解の安定性に配慮したメッシュ作成を行わなければならない。(◆)
20	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	粗度係数は、過去洪水(非定常)の再現計算を行い観測水位や流量を良好に説明する値を物理的に妥当な範囲で調整する。(◆)(★)
21	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	繁茂域、生息する樹木種に応じた植生高、透過係数(植生密度)の一次設定を対象河川における調査結果や「河川における樹木管理の手引き」も参考としつつ行い、検証計算により同定することを標準とする。樹木透過係数の一次設定の参考値を示せないか、また、調査により設定するか、パラメーターとしてある範囲内で調整するものとするかは今後検討が必要である。(◆)(★)
22	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	長期計算では植生域変化、樹木成長も考慮することが望ましい。(◆)(★)
23	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	Δh01(合流) 境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間を確保しなければならない。(◆)
24	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	砂州の流下(位相の変化)を想定して、計画上で安全率として見込むΔh。(◆)(★)
25	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	境界断面の設定が本川に不具合を与えず、支川からの流入流量が適切に本川合流部へ流下するよう、計算区間は合流点から上流に向かって必要区間確保しなければならない。(◆)
26	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	初期条件 初期粒度には、ポピュレーションブレイク実施前の河床材料調査データを用いることを基本とする(ただし異常値等は棄却)。予備通水により分級を再現し、これを初期値として用いることが望ましい。(◆)
27	2)計算のポイント a)モデル構築上の留意点	交換層厚・貯留層厚、粒径階: 粒径階は対象区間の粒度分布、有効粒径集団等を適切に表現できるように10粒径階程度を目安に設定することを標準とする。(各粒径階の粒径◆)
28	2)計算のポイント b)Level別物理モデル等一覧	現象に応じたモデルの使い分けを明らかにすることが課題(◆)

今後、事例検討をもとに事務局が詰める事柄リスト

No.	項目	内容
29	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	その上で、事業目的、予算規模、検討期間(工期)、モデル構築に使用するデータ、検証対象とする実測データ、使用する解析モデルに応じて、現象の再現目標を設定する。(2)(◆)
30	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	必要に応じて再現性判断のための閾値(例:計算と観測との差異の最大許容値)を設定する。(2)(◆)
31	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	②で同定したモデルをベースとして、パラメータ、要素モデルの違いが、計算結果と観測結果の差異に及ぼす影響を分析する。(2)(◆)
32	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	これにより、モデルの特性(クセ)を理解し、結果を評価・判断する上でどの程度モデルを信頼できるのかを整理する。(2)(◆)
33	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	流量観測結果の信頼性が疑わしい場合には、上流端で設定する流量を再精査したり、上流端に水位を設定する解析法を選定することを推奨する。(◆)
34	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	複数時期の面的地形データを活用し、河床変動計算の再現計算を実施する。(2)(◆)
35	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	更に、実績の河床変動、粒度変化の傾向を再現するように、パラメータ(特に上流端給砂条件、初期粒度分布、流砂量式、流砂量係数)を調整する。(2)(◆)
36	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	分合流形状を整備する場合は、水理模型実験等により流況、流量配分を計測し、実験結果を参考に検証することが望ましい。(2)(◆)
37	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	パラメータ調整には膨大な時間を要することになるため、①を如何に適切に設定できるかが重要となる。河道領域の土砂管理において河川管理者が判断すべき事項(例:海岸領域はもちろん、河道領域にとっても種々の課題が改善に向くような適切な土砂還元の量・質の設定等)の意思決定材料を提供するにあたり、再現性を確保しておくべき事象の見極め、それを現実的にどの程度まで再現可能かを判断しながら、②を進めていくことを推奨する。(2)(◆)
38	2)計算のポイント c)検証計算や感度分析の方法	感度分析対象として、粒径階の設定が挙げられる。特に細粒分については、粒径階の区分の方法によって、通過土砂量の算定結果に大きな差異をもたらすことも予想されることから、細粒分土砂動態が重要になる区間では必要に応じて感度分析を実施し、その影響度合いを確認しておくことが望ましい。(2)(◆)
39	2)計算のポイント d)予測計算の方法	パラメータについては、検証段階で同定した値を直接用いることを標準とする。(1)(◆)
40	2)計算のポイント d)予測計算の方法	計算期間は、維持管理期間や構造物と周辺河道の変化が想定される期間を考慮して設定するのが望ましい。(2)(◆)
41	2)計算のポイント d)予測計算の方法	初期地形は、河道全体が低下傾向にある場合、堰上下流の水位差が拡大し、段落ち流れが増幅する可能性がある。そのため、初期地形は、経年的な河道変動状況を踏まえて設定することが望ましい。(2)(◆)

今後、事例検討をもとに事務局が詰める事柄リスト

No.	項目	内容
42	2)計算のポイント d)予測計算の方法	初期地形は、河道全体が低下傾向にある場合、橋脚周辺にある護床工が露出し、偏流が生じ、局所洗掘を拡大させる場合がある。そのため、初期地形は、経年的な河道変動状況を踏まえて設定することが望ましい。(2)(◆)
43	3)評価のポイント	流況予測モデルより、ピーク流量時の水位縦断分布を解析上の水際境界部の影響を受けないよう、堤防から河道側へ数メッシュ内側(例えば、法尻より内側になるような位置)で出力し、現場における現況堤防高、橋桁等許可工作物の高さ等を比較して、評価する。(◆)
44	3)評価のポイント	2DやQ3D流況予測モデルより評価する場合は、河岸、堤防近傍メッシュでの流速を整理し、侵食限界流速(例えば、2m/s)と比較する(2Dを用いた護岸設計の事例や有用性を調査◆)。
45	3)評価のポイント	G1を適用した区間については、流下能力(HQ式)も2Dで設定することを基本とする。設定方法の詳細については要議論(例:Hはどの値を用いるか(左右岸水位、断面内最大水位の3パターンで作成とする等))(◆)

今後、観測が必要な事柄リスト

通番	大区分	小区分	リクワイヤメント	計画や設計(その手法改善に関する研究を含む)における用途
1	流量	洪水流量	洪水流量観測結果の信頼性に関する情報の追加(幅をもった流量観測値)	・逆算粗度を算出するために、痕跡合わせの計算を行うことがあるが、流量値を修正する方がどう考えても合理的な場合もあって、その場合、流量観測値が幅を持って示され、その幅内に入っていればOKとするような解析の検証方法が指定されると良い。
2	流量	洪水流量、低水流量	堰・床止め等の横断工作物のある箇所映像から、簡易に流量観測を行う手法の開発	・流量観測にコストを要し、人材確保が困難な中、CCTV画像から簡易に流量観測を行うことが出来る手法があると、解析モデルの検証等において、役に立つ。低水観測でも同様。 ・適用できる水理条件や横断工作物の構造上の条件が示されると良い。
3	流量	洪水流量、低水流量	流量の縦断分布を簡易に計測するための技術の開発	・洪水時の河道内貯留、平常時は取水や伏流等により流量が縦断分布に変化するため、解析における流量の縦断変化を検証するためのデータとして使用 ・流量の算定にあたっては、多く設置されている危機管理型水位計のデータを活用できると良い。
4	流量	低水流量	水位観測所のH-Q換算で求めている流量観測値を高精度に観測する手法の開発	低水流量観測は、極めて小さい観測流速値と水位の相関からH-Q関係を求めているが、正常流量検討等においては、断面内の死水域を設定する等の計算上の補正が必要となる。今後、ダム of 低水管理の高度化等に資するためにもより高精度な観測手法等が求められると想定。
5	水位	観測所水位	危機管理型水位計の誤差に関する情報の整理	・危機管理型水位計が多く設置されて、有効活用されているが、一方で、固定観測所や洪水痕跡と整合しない場合も多い。 ・危機管理型水位計の特徴から、値の解釈についての留意点が整理されると良い。
6	水位	構造物周辺の水位	構造物周辺の水面が乱れている箇所の水位を時空間的に取得できる方法の開発	・構造物設置・撤去における河道設計のための数値解析の検証に活用。
7	水位	水位の空間分布	洪水流のいくつかの時点で、全川の水位縦断分布	・不定流計算等の検証等において、有力な材料になる。
8	水位	水位の面的空間分布	CCTV画像等で撮影できる一連の範囲あるいは、UAVで撮影できる範囲内での水位の面的分布	・湾曲部・分合流部等の計算結果の検証、樹林・高水敷/低水路、構造物周辺の流れ、巨礫区間や岩区間等の粗度が推定しにくい区間の水位の数値解析の検証において、有力な材料になる。
9	水位	トンネル河川の水位分布	洪水痕跡が残りにくいトンネル河川での水位位の縦断形(入り口や出口の水面形を含む)	・トンネル河川は、通常の洪水痕跡調査が出来ず、UAV飛行も困難な場合も多く、電波式水位計なども試行的に設置されているが、面的に水位分布がわかる技術があれば良い。
10	痕跡水位	痕跡水位の面的空間分布	現在、ポイント的にゴミ堆積箇所等で測量している洪水痕跡について、UAV等を活用して、面的に低コストで沢山のデータをとれるような手法を開発	・逆算粗度等を推定する中で、洪水痕跡の信頼性がなくて棄却することも多く、沢山のデータあると良い。 ・湾曲部や分合流点など、水位の空間分布がある箇所の検証にも有用。
11	流速	表面流速	CCTVで撮影している画角内の表面流速(ベクトル)分布の計測手法の開発	・湾曲部や分合流点など、流況の複雑な箇所の数値解析の検証に活用。 ・複断面河道や地被状態が分布している箇所の粗度係数や抵抗の設定方法の研究にも活用。

今後、観測が必要な事柄リスト

通番	大区分	小区分	リクワイヤメント	計画や設計(その手法改善に関する研究を含む)における用途
12	流速	底面流速	底面流速の横断分布を計測できる技術の開発	・二次流が卓越する湾曲区間や分合流部などでは、表面流速と底面流速のベクトルのズレがある。 ・そのズレを把握することにより、流況、河床変動解析モデルの精度向上に活用できる。
13	流砂	掃流砂量	掃流砂量を多地点で簡易(安価)に計測できる技術の開発	・河床変動モデルでは、掃流砂境界条件として平衡給砂を設定する機会が多いが、上流からの土砂流出、洪水特性に応じて供給土砂量は異なると考えられる。 ・河床変動モデルにおける掃流砂境界条件の設定や通過土砂量の検証に活用。
14	流砂	浮遊砂濃度	河床付近の浮遊砂濃度を計測する手法の開発(濃度鉛直分布の把握が望ましい)	・河床変動モデルにおける浮遊砂境界条件の設定や通過土砂量の検証に活用。 ・実験での観測が困難な浮遊砂フラックスに関する現地の実態把握(10の砂パッチ把握とセットで)および浮遊砂計算上の留意点を整理し、モデル構築に反映することを想定(例:2D以上モデルにおける水裏部等への浮遊砂過剰堆積による縦断的な浮遊砂フラックス低減現象の改善)
15	河床材料	河床材料の空間分布	地表部を中心に、粒度分布(構成)の面的な分布を把握する手法	・河床材料調査がピンポイントで行われているので、場所の選定が恣意的になり、データの棄却を行うことも多い。 ・経年変化の解釈にも誤解を与えている場合もある。 ・セグメント1～2-1では、植生繁茂に繋がる高比高部の砂パッチ(浮遊砂堆積箇所)の形成・消失・残存状況の追跡・把握にも活用。
16	河床材料	水面下の河床材料	滞筋部や深ぼれ部の河床材料の粒径を効率的に調査する手法の開発	・主流部の粗度係数設定や局所洗掘深の評価に活用
17	河床材料	鉛直方向の河床材料の分布	鉛直方向の河床材料の粒径を効率的に調査する手法の開発	・河床の粒度分布は、鉛直方向に異なると考えられる。 ・河床変動モデルにおいて、鉛直方向(交換層と堆積層)の粒度分布のや掘れ止まり(固定床高)を設定する際に活用
18	地形	水面下の地形	ALBでは計測できない水が濁った区間の地形を面的に計測できる技術の効率化	・ALBで計測できない箇所については、定期横断側測線での深淺測量で補測される場合が多く、面的な地形データがない。平面2次元解析では、検証において重要なデータとなる。
19	地形	洪水時の地形	河道の洪水中の地形変化を把握する技術の開発(直接計測、水面+河床変動計算等で逆算する技術?)	・洪水中の地形変化は、ADCPやリング法等によって観測される試みがあるものの、面的な把握には至っていない。 ・洪水上昇期、ピーク、減水期における地形変化を把握できれば、河床変動計算の検証に置いて有力な材料となる。
20	地形	河口部の地形	河口砂州や河口部の河道の洪水中の地形変化を把握する技術の開発	・リング法等による出水中の河床高の把握、河口砂州のレーダ観測によるフラッシュ観測等が行われているが、より効率的に把握する技術があると、フラッシュ計算の検証に有用。
21	樹木	樹木の密生度や樹木内の流速	樹木密生度や樹木内流速の簡易計測方法の開発(樹木透過係数の一次設定としての参考値を整理)	・数値計算で樹木抵抗を評価する際に活用。 ・現状の実務では、樹林部を疎、密、死水域の2～3段階程度に分けて、透過係数として固定値を使い数値解析を行うことが多い。 ・痕跡がうまく再現できない場合等において、現地の透過係数を低コストで評価できる技術があると、活用できる。

第1期（R6年10月～R7年9月）

委員名簿

	氏名	所属等	部会		担当
			治水	環境	
委員	堀江克也	いであ株式会社 社会基盤本部 国土保全事業部副事業部長	○		G1
委員	兵藤 誠	いであ株式会社 大阪支社 河川部 部長		○	G5
委員	北村 聡	株式会社エイト日本技術開発 水管理インフラ事業部 河川・砂防分野 グループサブマネージャー	○		G1
委員	岩見収二	株式会社建設技術研究所 大阪本社河川部 部長	○	○	G2,G4
委員	平生昭二	株式会社建設技術研究所 九州支社河川部 部長	○		G3
委員	黒田直樹	株式会社建設技術研究所 東京本社河川部 グループ長		○	G4
委員	中嶋洋平	株式会社建設技術研究所 東北支社河川部 グループ長	○		G2,G4
委員	丹内道哉	株式会社ドーコン 水工事業本部 河川部 グループ長	○		G1
委員	阿部 格	株式会社ドーコン 水工事業本部 河川部 副主幹	○		G1
委員	石田憲生	株式会社ドーコン 水工事業本部 河川環境部 グループ長		○	G4
委員	傳甫潤也	株式会社ドーコン 水工事業本部 河川環境部 グループ長		○	G4
委員	野口哲史	株式会社日水コン 流域水管理事業部 東部河川部 副部長	○	○	G3,G5
委員	川添昌紀	セントラルコンサルタント(株) 中部支社 環境水工部 主任技師	○		G1
委員	江尻雄三郎	中電技術コンサルタント株式会社 河川砂防部 河川計画課 主査	○		G1
委員	大澤範一	(株)東京建設コンサルタント 河川計画本部 本部長	○		G1
委員	田村和広	(株)東京建設コンサルタント 流域環境事業本部 川づくり部 部長		○	G5
委員	秋田麗子	日本工営株式会社 河川水資源事業部 シニアスペシャリスト	○		G3
委員	西口亮太	日本工営株式会社 河川計画部 チーフスペシャリスト	○		G2
委員	清水隆博	日本工営株式会社 河川計画部 次長		○	G4

	氏名	所属等	部会		担当
			治水	環境	
委員	出口 恭	株式会社ニュージェック 河川部門 河川グループ マネジャー	○	○	G2,G4
委員	守田克成	株式会社ニュージェック 河川部門 河川グループ 河川計画第二チーム チームマネジャー	○	○	G2,G5
委員	浅野寿雄	パシフィックコンサルタンツ(株) 中部支社 国土基盤事業部 河川室 チーフコンサルタント	○		G1
委員	樋口敬芳	パシフィックコンサルタンツ(株) 東北支社 国土基盤事業部 河川室 技術課長	○		G3
委員	水田圭亮	パシフィックコンサルタンツ(株) 国土基盤事業本部 河川部・流域計画室 室長		○	G4
委員	松浦祐樹	八千代エンジニアリング株式会社 大阪支店 河川・水工部 シニアコンサルタント		○	G5
委員	保坂幸一	八千代エンジニアリング株式会社 事業統括本部国内事業部河川部 専門課長	○		G3
委員 兼事務局	森 照貴	国立研究開発法人土木研究所 自然共生研究センター センター長		○	G4
委員 兼事務局	溝口裕太	国立研究開発法人土木研究所 自然共生研究センター 専門研究員		○	G5
委員 兼事務局	瀬崎智之	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 室長	○	○	G1,G5
委員 兼事務局	田端幸輔	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 主任研究官	○	○	G2,G4
委員 兼事務局 (R6.12～)	松井大生	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 主任研究官 (～R7.3 建設専門官)		○	G4
	氏名	所属等			
事務局 (～R6.12)	新保友啓	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 研究官			
事務局	小橋力也	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 交流研究員			
事務局 (R7.4～)	小嶋 宝	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室 研究員			

事務局：
国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室
国立研究開発法人土木研究所 自然共生研究センター
パシフィックコンサルタンツ(株) (～R7.3)

第1期（R6年10月～R7年9月） 活動状況

日程		会議	目標
R6年	10月15日	第一回全体会議	- 解析フレームラインナップへの意見集約 - 目標とする成果イメージの合意形成
	10月29日	第一回治水部会	- 解析フレーム（治水系）の確定 - 技術資料原案（解析フレーム（治水系））に対する意見集約
	11月1日	第一回環境部会	- 解析フレーム（環境系）の確定 - 技術資料原案（解析フレーム（環境系））に対する意見集約
	11月26日	第二回治水、環境部会	- 技術資料原案（解析フレーム（治水系））に対する意見集約 - 技術資料原案（解析フレーム（環境系））に対する意見集約
R7年	1月22日	第二回全体会議	技術資料原案（全体）の提示
	6月4日	第三回全体会議	- 技術資料の活用方法について - 研究会の今後の取り組みについて