

第3回阿賀野川河口砂州管理検討委員会

説明資料

北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所

令和2年9月28日

目 次

阿賀野川河口砂州管理検討委員会での討議内容	.....	1
1. 現在の河口砂州の状況	.....	3
令和元年東日本台風による出水概要	.....	4
阿賀野川河口部砂州の変化	.....	7
2. 持続可能な河口砂州管理に向けたロードマップ(案)	.....	12
阿賀野川河口部の課題と対応目標	.....	13
阿賀野川河口砂州 持続可能な河口砂州管理に向けたロードマップ(案)	.....	15
3. 阿賀野川河口部対策検討に用いる解析モデル	.....	17
解析モデルの概要	.....	18
解析モデルの検証	.....	19
平成16年以前の河口砂州の評価	.....	23
現況河道における河口砂州の評価	.....	25
目指すべき姿への回復の可能性	.....	26
数値解析に基づく現状の評価	.....	27
4. 港湾計画による河口砂州に与える影響把握	.....	28
港湾計画による河口砂州に与える影響(現況)	.....	29
港湾計画による河口砂州に与える影響(H16年以前形状)	.....	34
港湾計画による河口砂州に与える影響のまとめ	.....	36
5. 対策工の概略的検討	.....	37
対策工の抽出	.....	38
対策工の検討	.....	39
対策工検討結果の整理と評価	.....	52
6. 阿賀野川河口管理の課題解決に向けた方向性	.....	53
阿賀野川河口管理の課題解決に向けた方向性	.....	54

阿賀野川河口砂州管理検討委員会での討議内容

河口砂州形状 変化要因の整理

- ◆ 河口砂州の動態変化と各種観測記録を整理し、河口砂州形状変化要因を整理
- ◆ 長期的なトレンドの中で、近年の大出水、高波浪等による大規模外力により短期的な変動が生じたことが変化要因であると分析

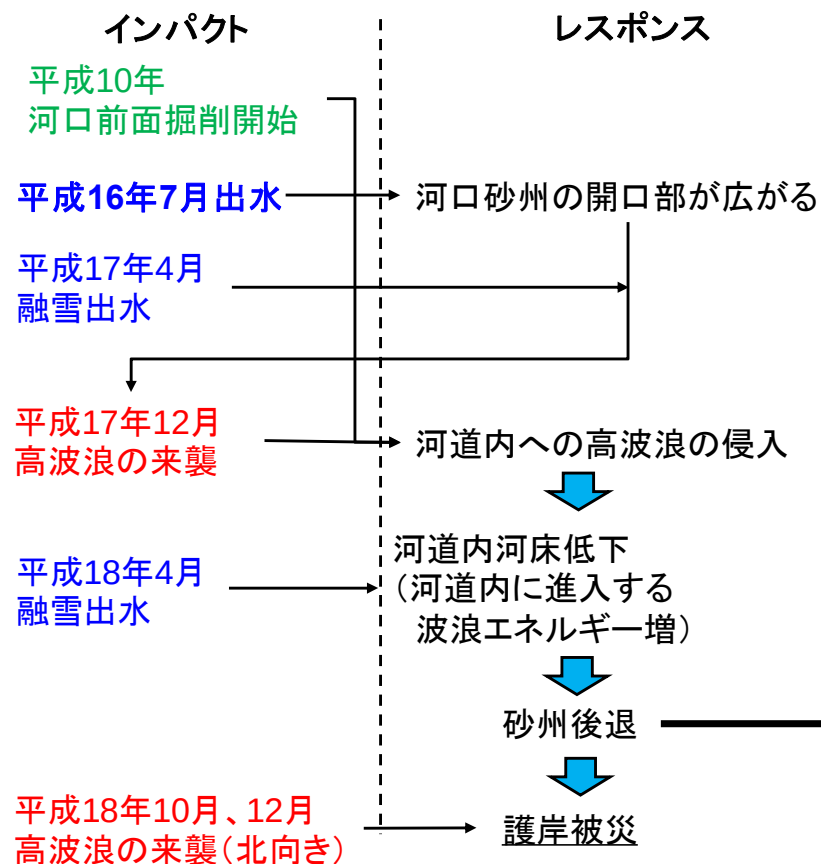
長期的な変化傾向

- 砂州上流の河道における主流路の下流側へのスライドに伴い、砂州開口部位置も移動→現在は主流路が左岸側となっている状況
- 面積に大きな変化はなく、左岸側砂州面積が縮小すると反対側の右岸側砂州面積は拡大

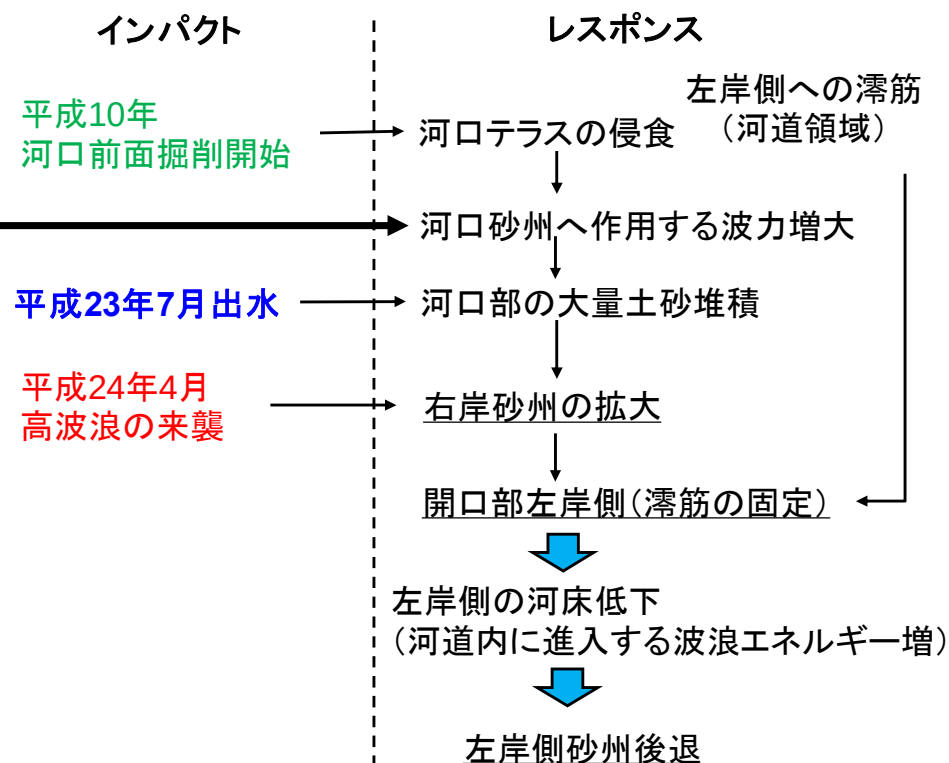
長期的なトレンドの中で、大出水、高波浪等による大規模外力による以下の短期的な変動が発生

短期的な変化要因分析

平成18年の護岸被災に至る過程



現在の右岸砂州の拡大、左岸滞筋の固定化、左岸砂州後退の過程



※赤字は河道領域のインパクト、青字は海岸領域のインパクト、緑字は人為的インパクトを示す

阿賀野川河口砂州管理検討委員会での討議内容 ～今後の対応方針～

課題の認識共有

河口砂州の動態予測から、これまでの問題が解決することではなく、当面、以下の問題が継続する。

①流下能力不足



H31.4撮影 河道中央～右岸砂州方向

②左岸側の護岸被災、 空港の浸水による空港機能の停止



H18年護岸被災状況

③船舶等の利用への影響



目指すべき河口の姿(目標)設定

左右対称に形成され、開口部が河道の中央部に位置することで、出水時には河口砂州のフラッシュにより流下能力の確保がなされ、冬期風浪時には高波から護岸等の河川管理施設への衝撃を和らげる効果(機能)を有していた平成16年以前の河口砂州形状を目指す。



河口部の課題に対する各管理者の今後の対応方針

平成16年以前の河口砂州形状を目指すにあたって、阿賀野川河口砂州は河川側・海域側の様々な要因が複雑に関連していることから、各管理者(河川管理者、国と県の空港、港湾管理者)が連携・協力しながら互いの課題を補完しあう効果的・効率的な対応を行っていくことが重要。

協力可能な事項

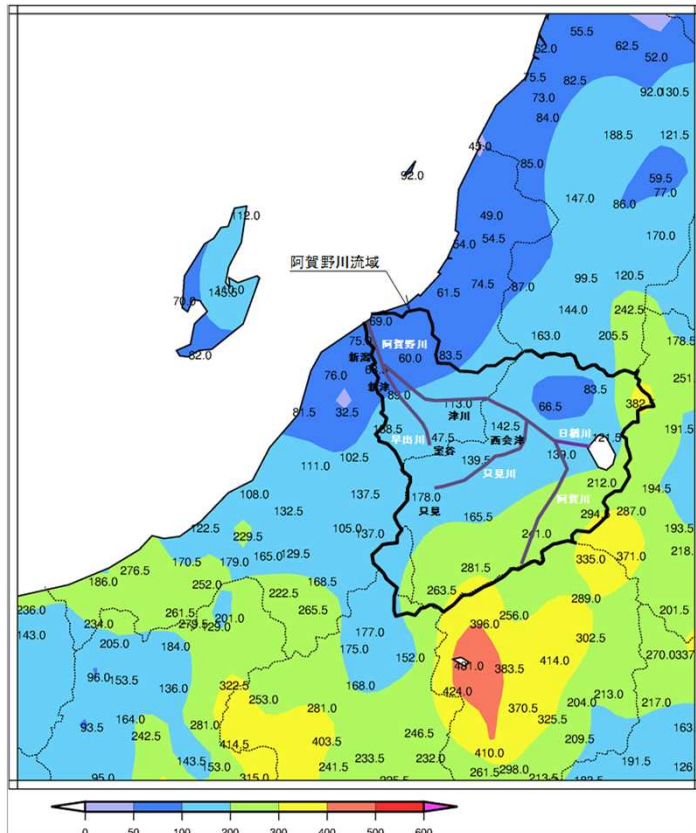
- ・ 流下能力不足対策と進入灯改修（進入灯改修に河口砂州の土砂を有効活用）
- ・ 左岸護岸の洗掘対策（今後想定される護岸被災に対して、協力して対策を実施）
- ・ 漁船航路維持掘削（進入灯改修に維持掘削土砂を有効活用）
- ・ 右岸側海岸侵食対策（余剰土砂があれば養浜に有効活用）

1. 現在の河口砂州の状況

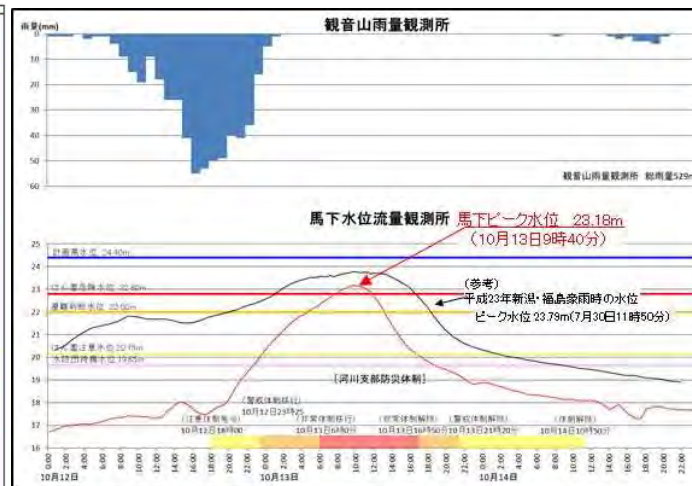
令和元年東日本台風による出水概要

- ◆ 大型で猛烈な令和元年東日本台風が勢力を保ったまま日本に上陸した影響で阿賀野川流域では10月12日から大雨となり、馬下上流での流域平均2日雨量は約170mmを記録（計画降雨量；223mm/2d）
- ◆ 馬下水位観測所及び満願寺（右岸）水位観測所において、氾濫危険水位を超える出水となり、戦後最大洪水である平成23年7月30日新潟・福島豪雨に迫る出水となった（暫定値；8,540m³/s 既往3位）

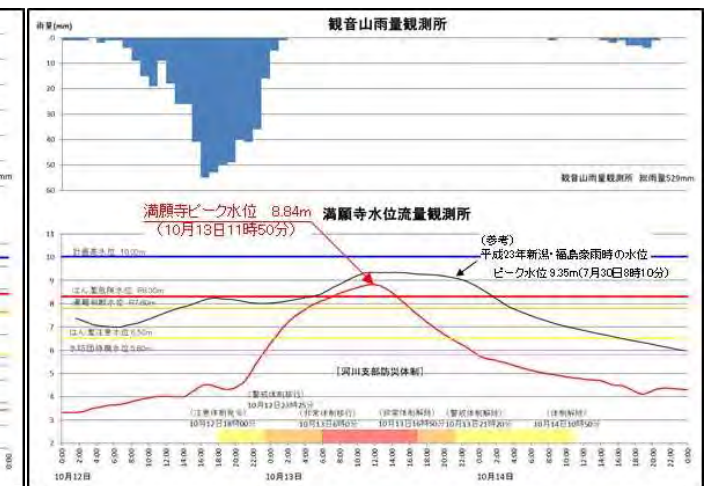
【今回出水の降雨量分布(12日0時～13日23時)】



【阿賀野川：馬下水位観測所水位グラフ】



【阿賀野川：満願寺（右岸）水位観測所水位グラフ】



【阿賀野川：出水状況写真】

写真① 10月13日12時頃(ピーク付近)撮影



10月13日10時頃撮影 渡場床固



10月13日10時頃撮影 阿賀浦橋・JR羽越線橋りょう



過去の洪水トップ10

	出水年	流量 (m ³ /s)
第1位	平成23年7月 (2011)	9950
第2位	昭和33年9月 (1958)	8930
第3位	平成16年7月 (2004)	7890
第4位	昭和53年6月 (1978)	7870
第5位	昭和31年7月 (1956)	7780
第6位	昭和56年6月 (1981)	7370
第7位	平成27年9月 (2015)	6830
第8位	昭和57年9月 (1982)	6360
第9位	昭和44年8月 (1969)	6060
第10位	昭和36年8月 (1961)	5970

【阿賀野川：位置図】



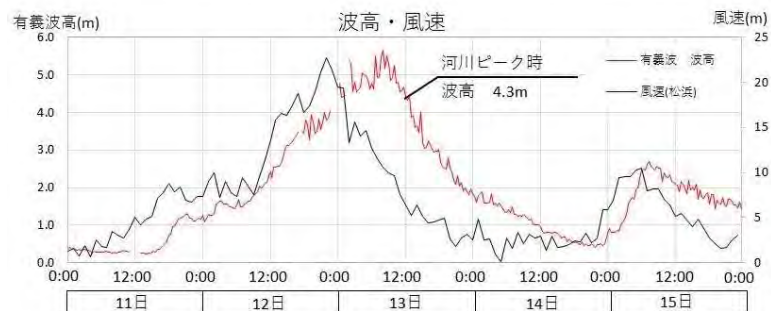
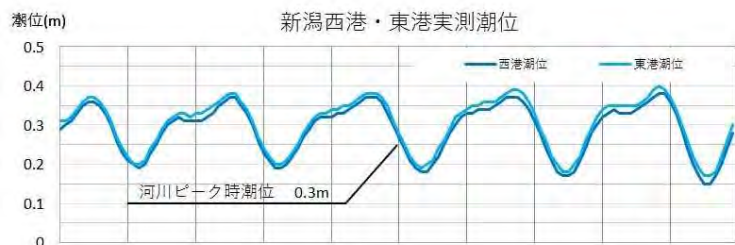
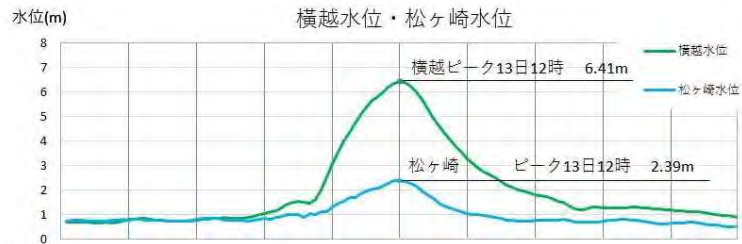
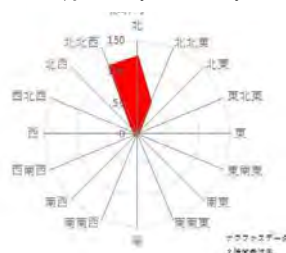
令和元年東日本台風による出水概要(河口部)

- ◆ 河口での降水ピークは13日12時頃、潮位は0.3mを観測(H23.7洪水時河口部ピーク時潮位; 0.63m)。痕跡調査からはHWLは超えていない
- ◆ 左岸側の流れは速く、砂州上も全面洪水が流下。一方、右岸側では波が遡上する状況もみられ、主流は明瞭に左岸に寄って流下

水象・海象データ

- 令和元年東日本台風による出水での河口付近でのピークは13日12時頃で、その際の潮位は0.3m程度
- 台風による波浪は、NNW～N方向が卓越し、最大6.7m、洪水ピーク時4.3mの波高

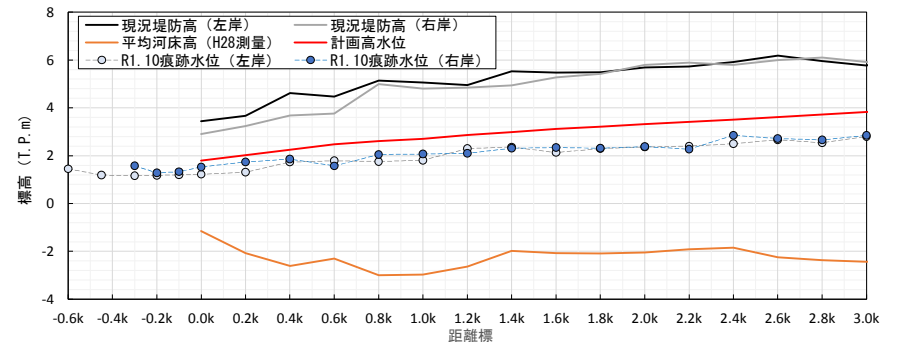
波向データ
10月11日0時～15日23時



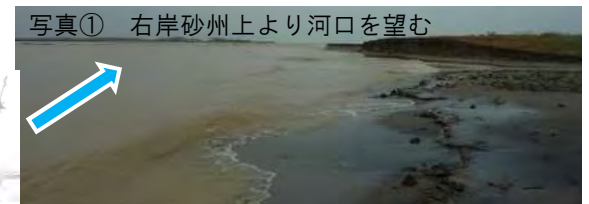
痕跡水位

- HWLを超える水位は確認されないが、右岸側で砂州の影響により水面が上昇している
- 左岸側砂州前後では水面形の傾きが大きく、早い流れとなっていたと考えられる
- 河口部(0.0k)でHWLとの差は27cm、0.2kで28cm

R元年10月出水 河口部痕跡縦断面図



洪水ピーク時の状況



13日12:30頃撮影



13日12:30頃撮影



13日12:40頃撮影

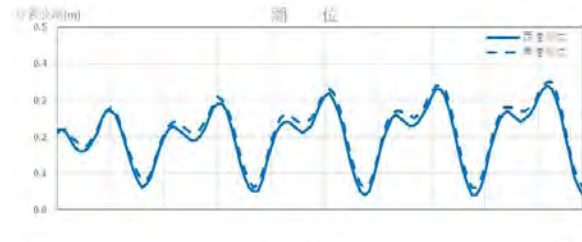
河口砂州に影響を与えた海象

- ◆ 令和元年6月及び令和2年2月に、発達した低気圧や台風の通過に伴い、波が高い状態が発生。北～北北西にかけての波が卓越。このため、左岸砂州は更に河道内に後退
- ◆ 令和元年6月18日には、阿賀野川河口部左岸0.2k+97m付近で約2m程度の護岸陥没を確認。6月16日未明からの高波が原因となり生じた被害と考えられる。直ちに袋詰玉石による応急対応を実施
- ◆ 令和2年2月3日には、阿賀野川河口部左岸0k+137m付近で約10m程度の護岸陥没を確認。1月30日からの高波が原因となり生じた被害と考えられる。直ちに袋詰玉石、消波ブロックによる応急対応を実施

R1年6月 護岸被災

■ 6月16日～6月18日海象状況

■ 6月18日被災・復旧状況



発達した低気圧の通過に伴い、新潟港の観測によれば、16日6時頃より波高が高まり始め、18日まで継続。
また、潮位についても16日12時頃にピークがみられる。

●位置図



●被災状況



●復旧状況

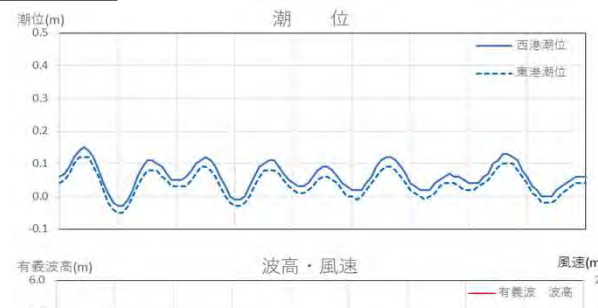
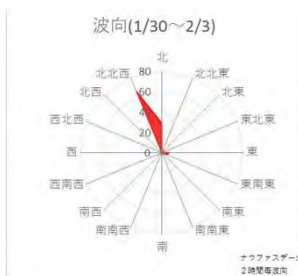


←復旧状況
前面に矢板、
消波ブロック
を敷設。

R2年2月 護岸被災

■ 1月30日～2月3日海象状況

■ 2月3日被災・復旧状況



強い冬型の気圧配置に伴い、新潟港の観測によれば、1月30日昼過ぎより波高が高まり始め、2月2日午前中まで継続。

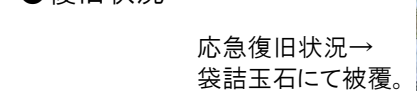
●位置図



●被災状況



●復旧状況



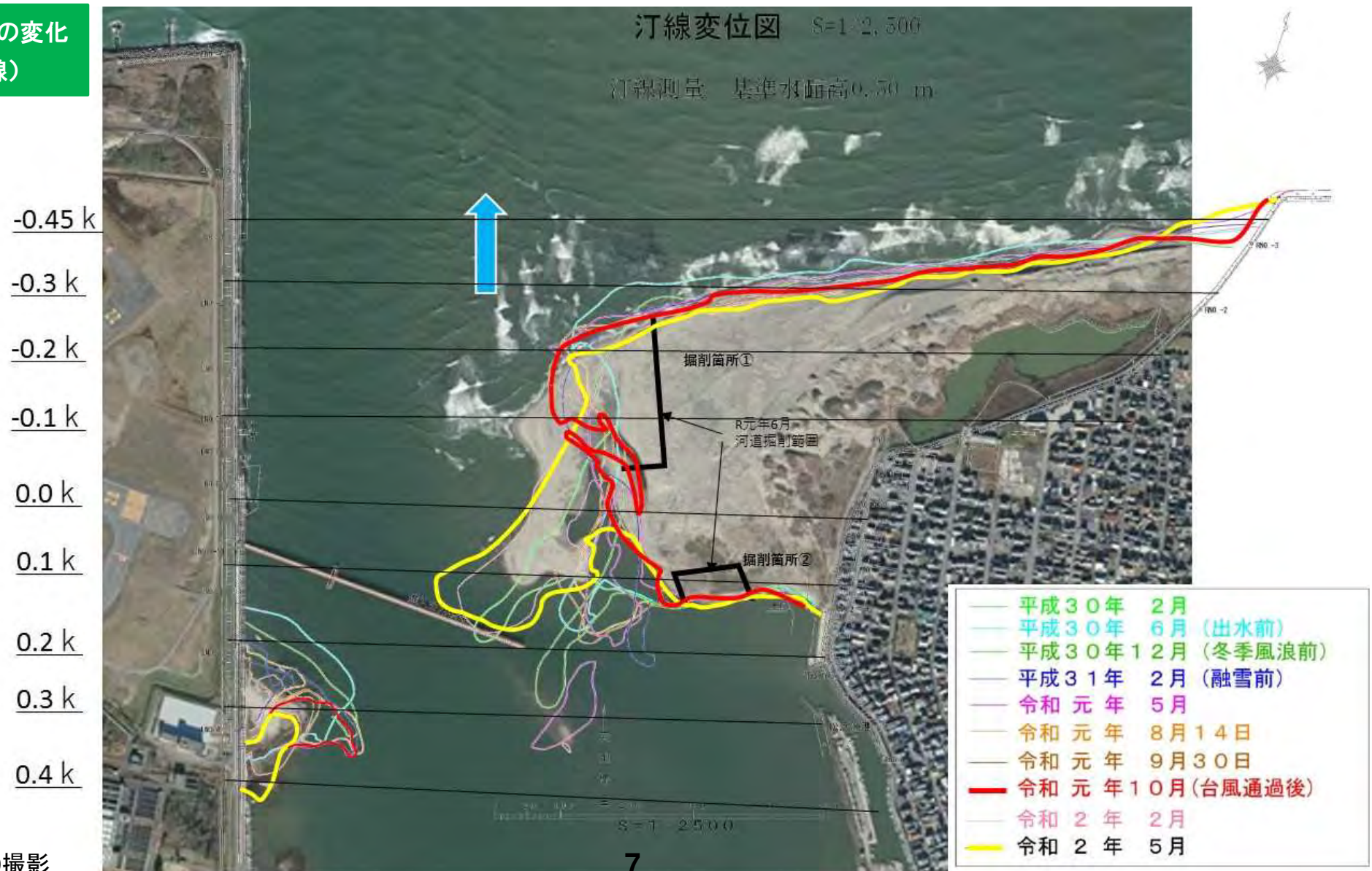
←応急復旧
状況
前面に消波
ブロックを敷
設。

※3月中旬よりグラウトの注入を実施。4月以降に堤防部の復旧を実施予定。

阿賀野川河口部砂州の変化(平成30年2月～令和2年5月)

- ◆ 冬季風浪の他、令和元年6月、9月と相次ぎ台風などに起因して高波浪が生じ、左岸砂州は平成30年6月以降で約100m後退
- ◆ 一方、令和元年度、左岸砂州に対し維持掘削を実施。植生が繁茂し固定化したHWL以上の砂州及び河道側を掘削(掘削高0.8m)令和元年東日本台風による出水では、掘削箇所法面を削られたが、主流を呼込むほどの砂州フラッシュには至っていない
- ◆ 近年、毎春には右岸砂州から進入灯に延びる砂州が発達。ここ2ヵ年融雪出水はなく、本年の右岸砂州伸長は最大規模に

河口砂州の変化 (汀線)



阿賀野川河口部砂州の変化(掘削範囲の状況)

掘削箇所①;フラッシュの誘発を目的に、河道中央よりの砂州を高さ0.8mまで掘削

洪水時には砂州を側方に削る流れが見られたが、砂州を大きく侵食するまでには至っていない。

掘削箇所②;植生が繁茂し固定化したHWL以上の砂州を高さ0.8mまで掘削

掘削面への洪水の乗り上げはあったが、海側背面の砂州高が高く、洪水流が乗り上げるまで至らず、ほとんど変化は生じていない。

掘削箇所①

写真①-1 着手前



写真①-1 掘削完了



掘削箇所① 出水時

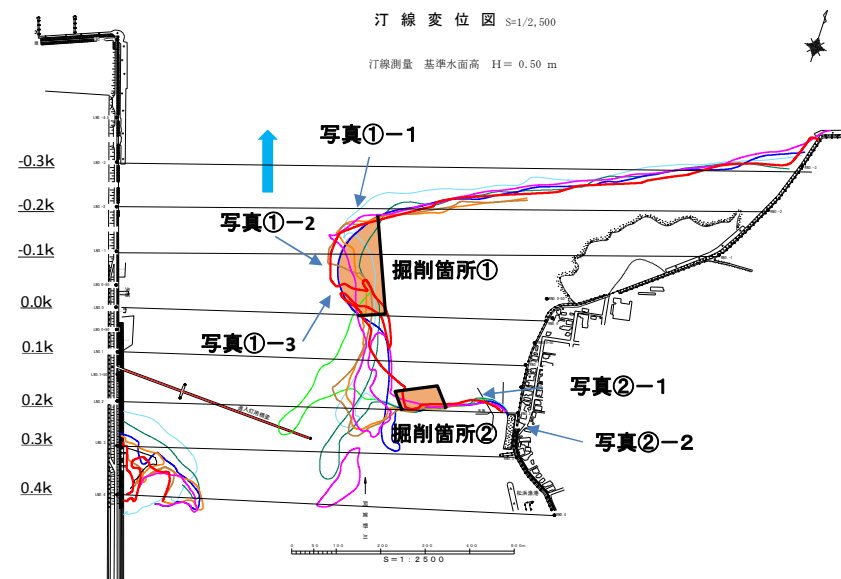
掘削箇所①-2 出水後



掘削箇所①-3 出水後



写真位置図



掘削箇所②

写真②-1 着手前



写真②-1 掘削完了



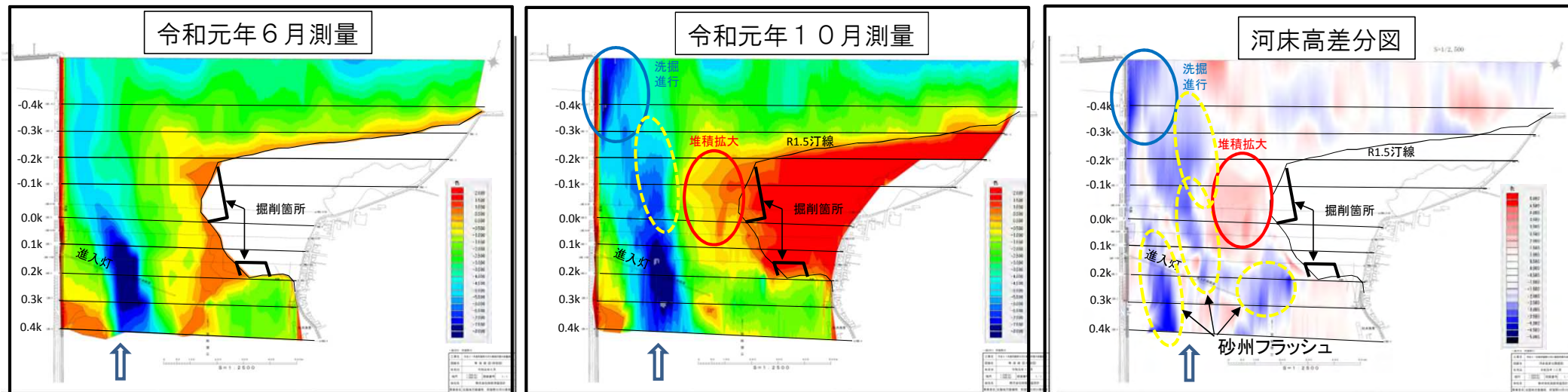
掘削箇所②-2 出水後



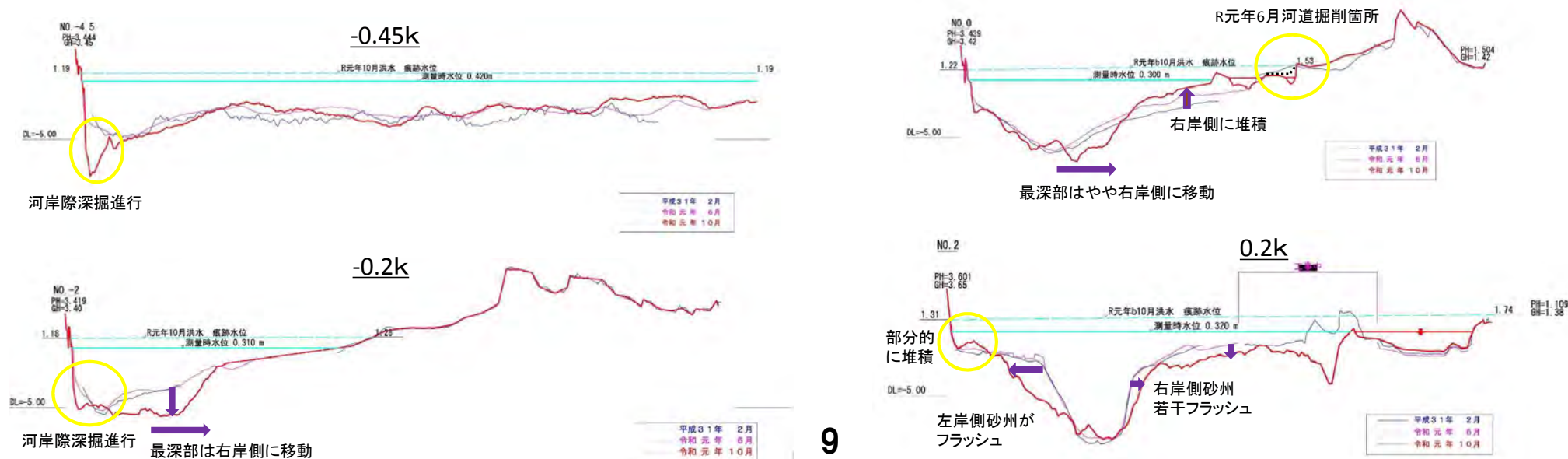
阿賀野川河口部砂州の変化(出水前後)

河床高の変化;出水前後の測量結果より、河床高の変化・砂州フラッシュ状況を把握。左岸側で大きくフラッシュされている
また、-0.3k付近より下流左岸で、堤防際に洗掘が進行
水面形の変化:簡易水位計を用い、縦断的な水面形の変化を観測。洪水ピーク時で水位縦断の傾向が変化するが、簡易水位計の記録からは、13日01時以降に変化が見られ、砂州がフラッシュしていったものと推測

河口砂州の変化(河床・フラッシュ状況)



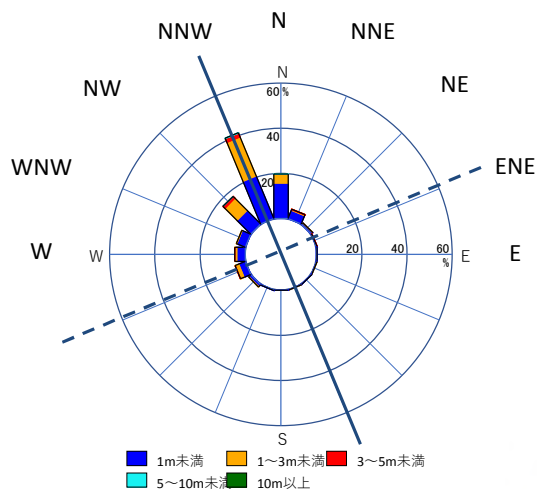
河口砂州の変化(横断)



阿賀野川河口部砂州の変化(冬季風浪による影響)

- ◆ 波浪の来襲特性は、NNW方向、N方向、NW方向が多く、これまでと同様の傾向
- ◆ 令和元年1月以降では、令和2年3月5日の有義波高6.35m(周期11.5s)が最大
- ◆ 護岸陥没が確認された令和元年6月18日、令和2年2月3日ではN方向から高波浪が発生

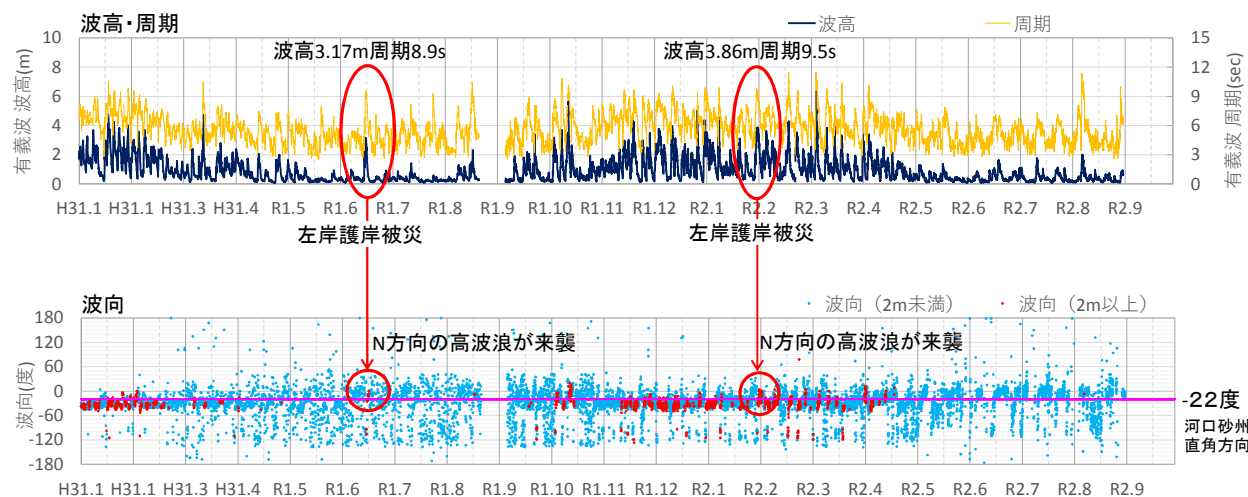
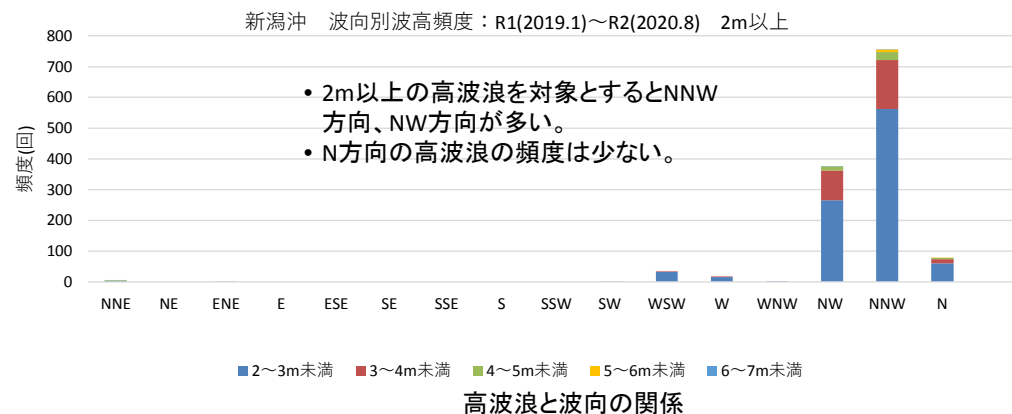
- ・ 汀線に対する直角方向は、N方向からW方向に22度傾けた角度となる。
- ・ NNW方向からN方向側からの波向が左岸護岸に直接来襲する波向となる。



- ・ 汀線に対する直角方向となるNNW方向の波向が卓越している。
- ・ 卓越する波向は、NNW方向、N方向、NW方向の順となっている。



波向と汀線方向の関係



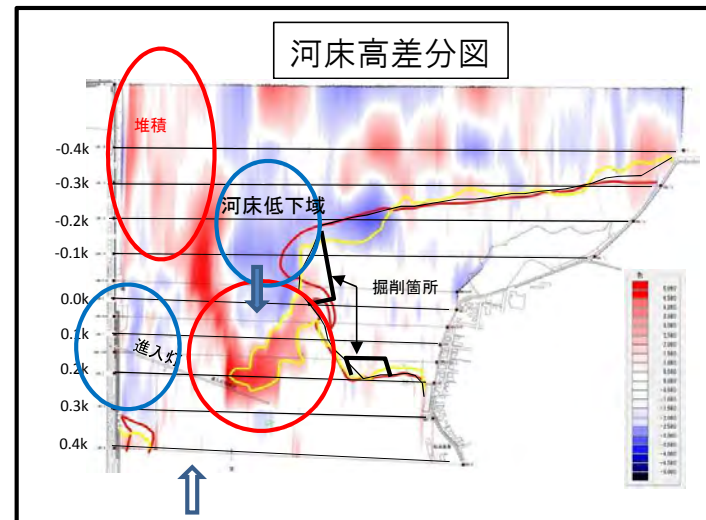
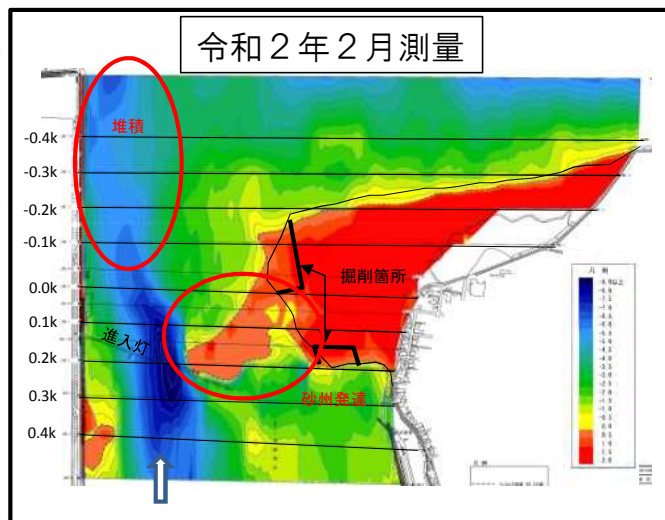
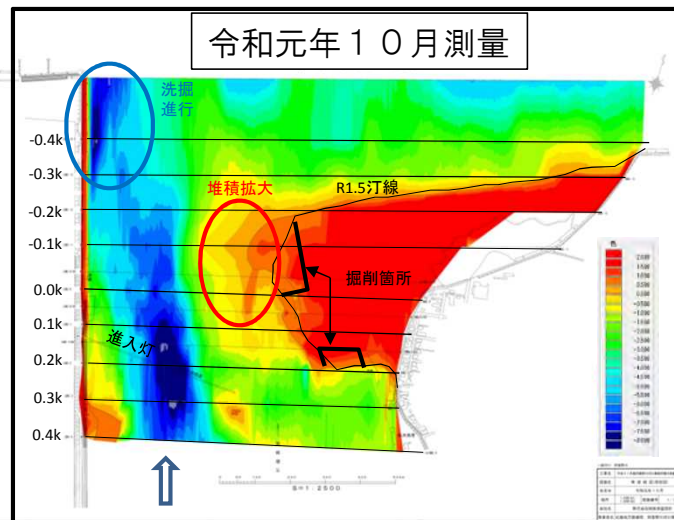
- ・ 護岸が被災したと想定される高波浪発生時の波向を見ると左岸護岸に直接波が作用するN方向となっている。
- ・ N方向から高波浪の発生頻度は小さいが、2回の被災ともN方向から来襲している。

令和元年、令和2年左岸護岸被災時と波高・波向の関係

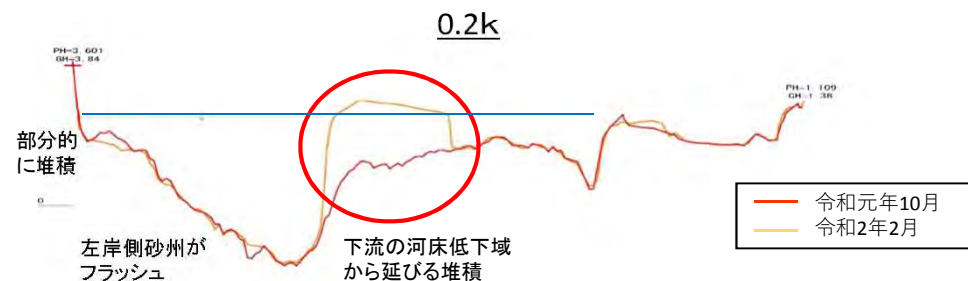
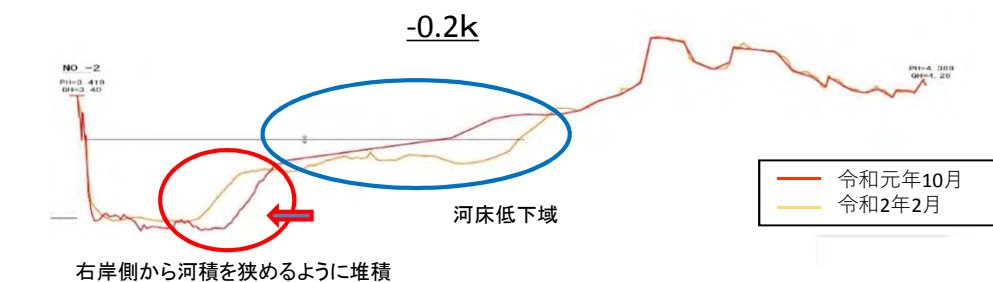
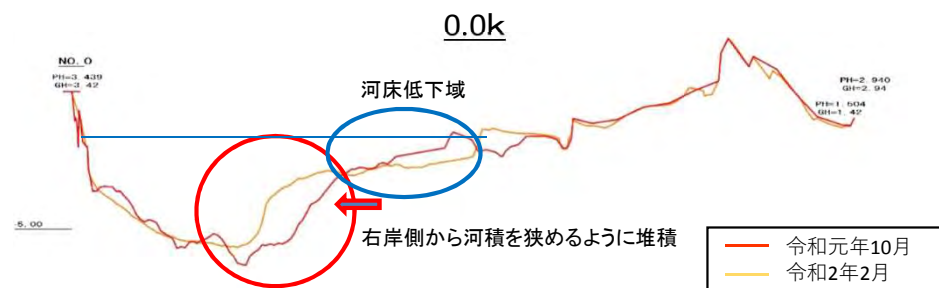
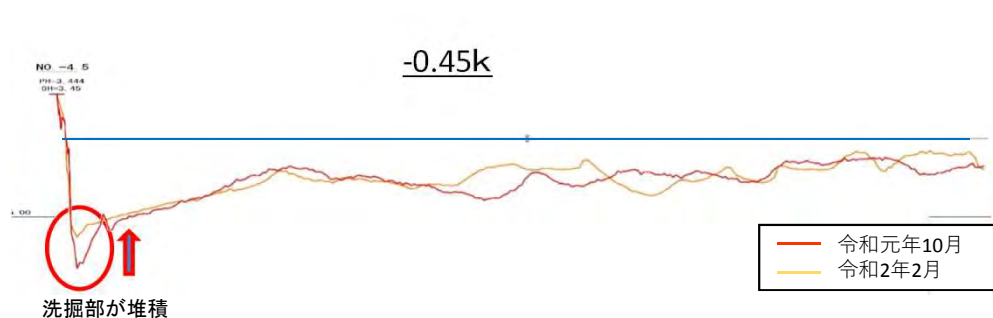
阿賀野川河口部砂州の変化(冬季風浪による影響)

河床高の変化; 令和元年出水により洗掘が進行した左岸河口部付近の河床高は堆積をみせ、河床は平坦化
 左岸砂州の変化: 僅かながら砂州の消失が生じている。(工事範囲にも位置しており、原因は今後分析が必要)
 右岸砂州の変化: 令和元年出水により堆積した範囲が低下し(図中「河床低下域」)、その上流に大きな堆積域が生じており、出水による堆積域が土砂供給域として働いていることが考えられる

河口砂州の変化



河口砂州の変化(横断)



2. 持続可能な河口砂州管理に向けたロードマップ(案)

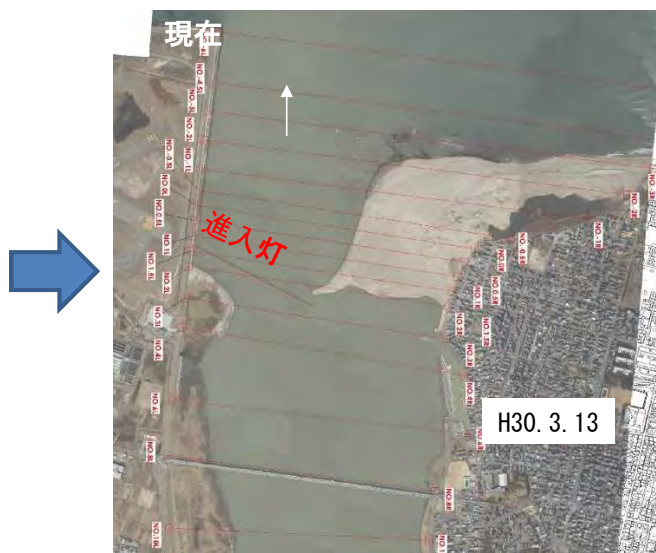
阿賀野川河口部の課題と対応目標

阿賀野川河口部の課題

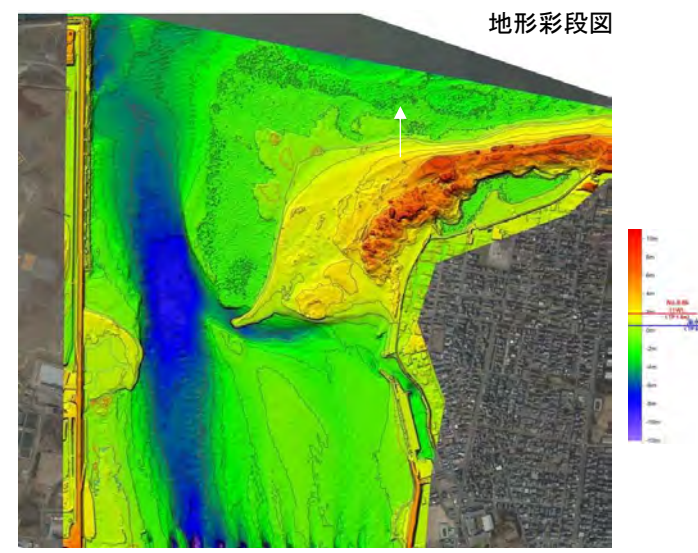
- ◆ 阿賀野川河口部は両岸から砂州が伸び、河道中央に流路を形成し、洪水時には砂州がフラッシュされ、航路維持、塩水遡上も抑制されているなど、河川管理上大きな課題が生じていなかった
- ◆ しかし、平成16年以降左岸砂州の後退・減少、右岸砂州の拡大が生じ、河川管理上の様々な課題が生じている



両岸均等に砂州発達。流心は河道中央。



左岸砂州は後退・消失、右岸砂州が発達。流心は左岸側に寄り、深掘れが進行。



河川管理上の 概括的課題

【右岸砂州の拡大】

- 治水：砂州による堰上げ、越水する恐れ
- 利水：漁船航路閉塞、松浜漁港埋塞
- 環境：砂州固定による樹林化、ワンド消失・・・海浜環境への影響
飛砂による周辺被害

【左岸砂州後退・消失】

- 治水：河川管理施設への影響
→H18年護岸被災(高波・冬期波浪進入)
- 利水：上水への影響（塩分遡上）
- 環境：海浜環境消失



阿賀野川河口部の課題への対応(目標)

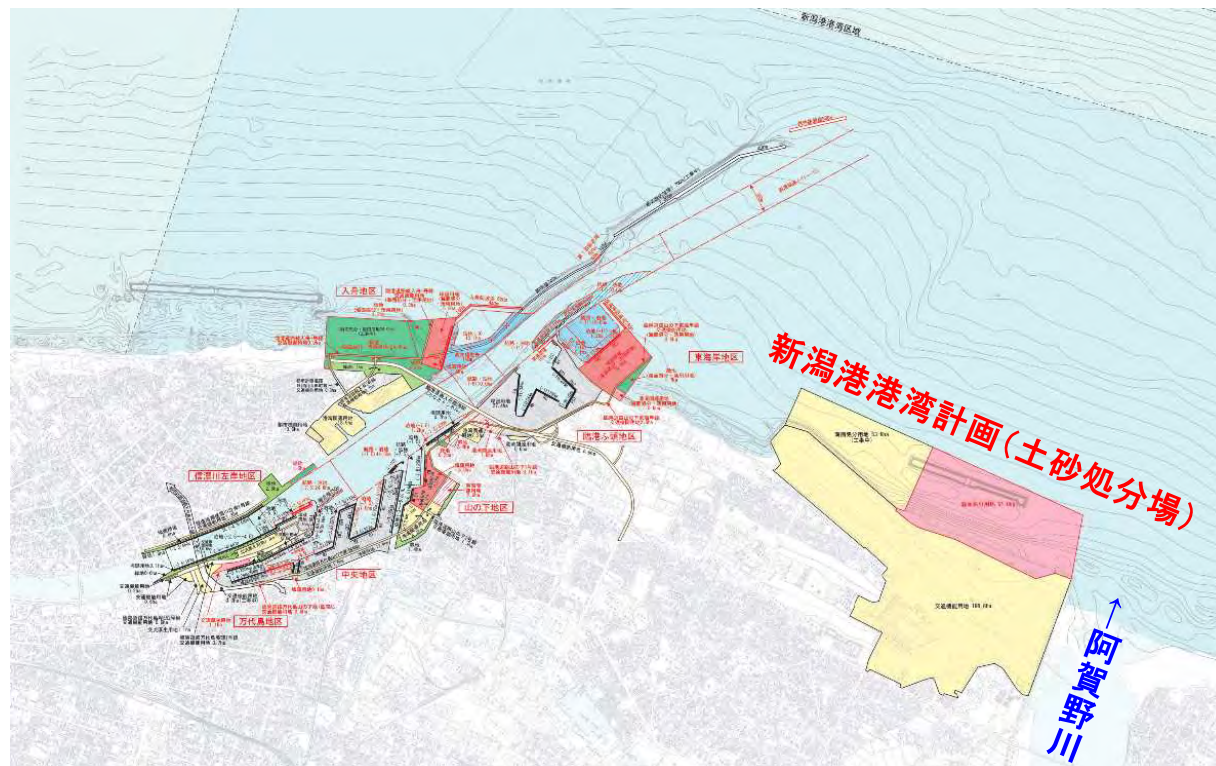
- ◆ 目指すべき河口の姿を明確にし、持続可能な阿賀野川河口砂州管理のあり方、管理手法を導きだし、目指すべき河口の姿に向け、施設対応を含めた河口管理を行う
- ◆ 河口部の課題について関係機関と共通認識を図り、連携して対処する

阿賀野川河口砂州管理検討委員会の設置

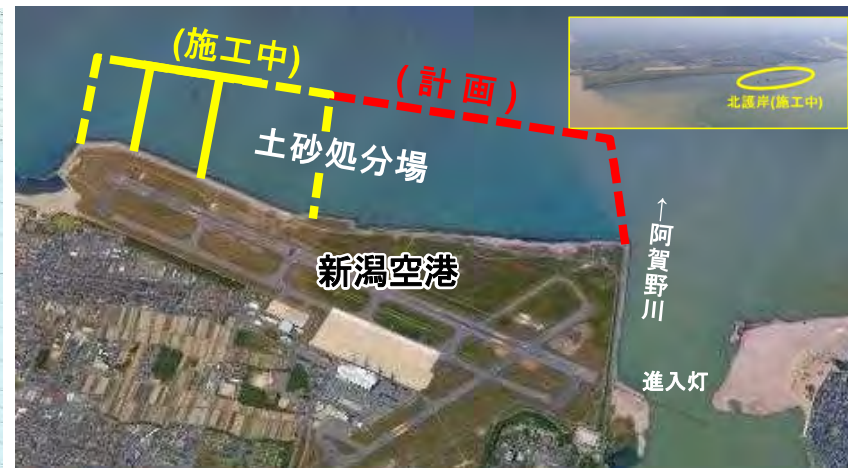
近年の阿賀野川河口砂州の変化課題に対処するため、河口砂州の動態について検討を行い、河口部周辺の河川管理施設及び砂州の容易な維持管理を行うことを目的に、有識者から意見・助言をいただくため、「阿賀野川河口砂州管理検討委員会」を設置する。

阿賀野川河口部周辺関連事業(新潟港湾・空港関係)

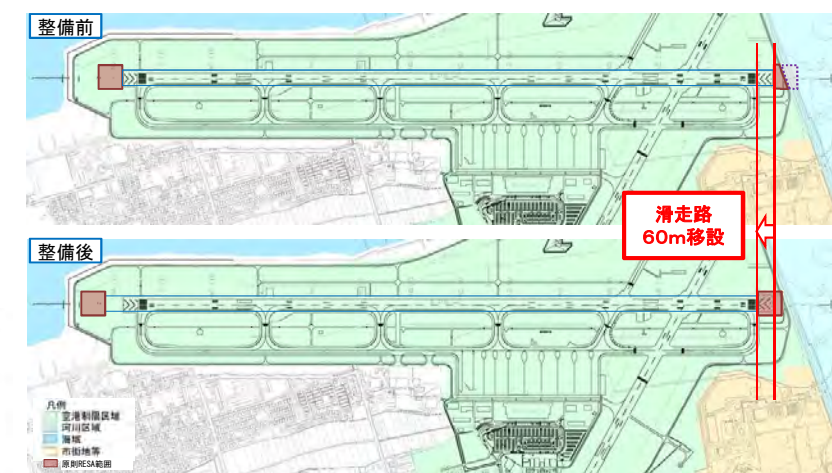
○新潟西港の航路浚渫土砂を、新潟空港の沖合に埋め立て処分



○土砂処分場整備状況



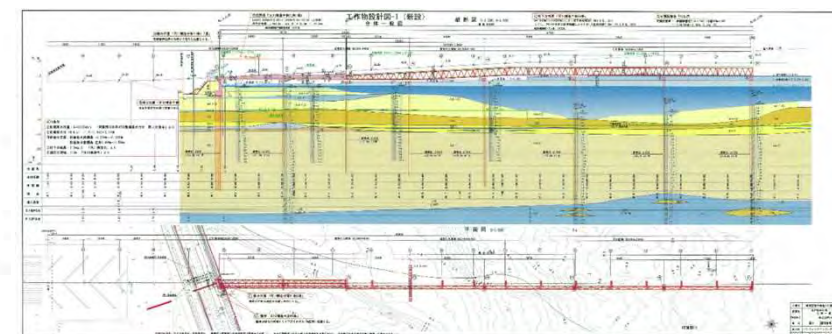
○滑走路端安全区域(RESA)の整備計画



○阿賀野川河口周辺の関連事業に関するスケジュール(案)

	平成29年度			平成30年度	令和元年度	令和2年度～	備考
	1月	2月	3月				
新潟空港 RESA対策	●(12/11) 第1回委員会	●(2/27) 第2回委員会				工事 (R2-)	・第2回委員会で、RESA対策方針が決定。
新潟空港 進入灯橋梁				修正設計		進入灯架替工事 (R2-R4)	・第2回委員会(RESA)を受けて、修正設計を実施。 ・架替工事は、R2.9.23公告
新潟港(直轄)	西港浚渫土砂の処分場の護岸整備はH26～実施中						・新潟西港(信濃川河口部)の浚渫土砂の処分場は、新潟空港の沖合
河口砂州管理 検討委員会			●(3/27) 第1回委員会	●(3/22) 第2回委員会		● 第3回委員会	

○阿賀野川河道内の空港進入灯の改築



阿賀野川河口砂州 持続可能な河口砂州管理に向けたロードマップ(案)

第1段階

(第1回、第2回委員会)

連携体制構築・課題共有

- ・現状認識・現状課題共有
- ・事務所データによる過程推測

各機関所有のデータ確認・共有

データに基づく現況砂州形成過程整理
将来予測

- H18護岸被災に至る過程の整理
- 現在の砂州拡大に至る過程検証

- データに基づく将来予測
自然復元可能性(定性評価)

従前河口部の評価

現況河口部の課題整理

<到達目標>

課題・目標の共有

- 現状の課題共有
- 目指すべき河口の姿設定・共有

目標設定の見直し

【当面の目標】

平成28年時点の河口の姿への回復
(最低限留めべき河口の姿)
～左岸汀線後退・深掘進行阻止、当面の持続性確保～

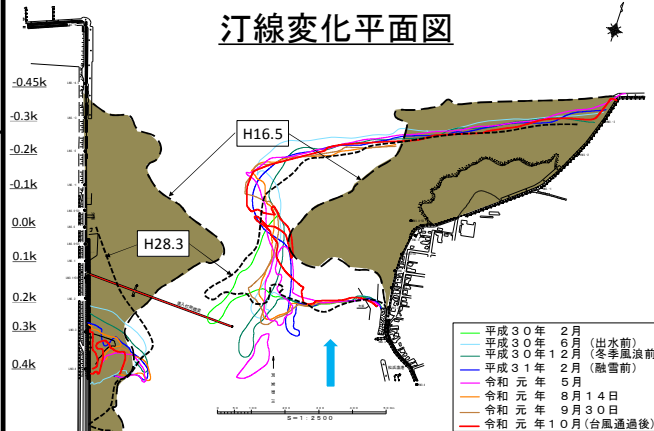
【長期的目標】

平成16年以前の河口の姿への回復

令和元年10月出水などによる変化

- 左岸河岸際の著しい洗掘
- 左岸汀線の消失・後退の加速

汀線変化平面図



-0.45k横断面図(R1,10)

長期的な目標への対策に加え、現状の悪化進行を抑える早急な対策が必要

第1'段階 当面目標対応

悪化進行抑制措置の検討

直ちに取るべき対策の検討・実施

調査結果の観察に基づく対応策検討

- 直近の変化観察(H30.3～R1.10)
- H16以降の変化観察(既往整理)

対策位置・対応方法の決定
対策工に対するモニタリング計画決定

PDCAサイクルによる対策の実施

効果の確認・効果的対策へのブラッシュアップ

「当面の目標」に向けた対策の検討・実施

目標への砂州回復に向けた数値解析による検討

- 近年出水の土砂動態特性の定量把握
- 維持・復元上のコントロールポイント把握
- 「直ちにとるべき対策」効果の定量把握

砂州管理基準の設定
砂州の回復・維持方法の設定

<到達目標>

管理基準に基づく河口維持管理

- 当面目標に対する管理基準の設定
- 管理基準に基づく継続的対応による当面目標の維持

第2段階

データ活用・連携

河口部モニタリング

(地形変化、大出水、高波浪による変化時適宜委員会にフィードバック)

阿賀野川河口砂州 持続可能な河口砂州管理に向けたロードマップ(案)

第1' 段階 (再掲)

悪化進行抑制措置の検討

直ちに取るべき対策の検討・実施

調査結果の観察に基づく対応策検討

対策位置・対応方法の決定
対策工に対するモニタリング計画決定

PDCAサイクルによる対策の実施

「当面の目標」に向けた対策の検討・実施

目標への砂州回復に向けた数値解析による検討

砂州管理基準の設定
砂州の回復・維持方法の設定

<到達目標>

管理基準に基づく河口維持管理

- 当面目標に対する管理基準の設定
- 管理基準に基づく継続的対応による当面目標の維持

<到達目標>

課題解決に向けた方向性整理

- 課題の定量評価・課題明確化
- 周辺整備による影響把握・共有
⇒ 課題解決に向けた検討の方向性設定
検証過程で河道の影響が無視できない場合には次を追加
- 上流河道管理の方向性

データ活用・連携

河口部モニタリング

第2段階 長期的目標対応

(第3回委員会 R2年度)

数値解析による将来予測

解析モデルの構築

短期、長期予測に適合した解析モデルを構築

【長期予測モデル】

1979年～2016年実績にて検証

モデル①

河道：一次元河床変動解析モデル

↓ (河道からの土砂供給量)

海域：等深線変化モデル

【短期予測モデル】

2011年(平成23年)7月洪水にて検証

モデル②

河道(河口砂州フラッシュ再現)

準三次元+河床変動モデル(GBVC法)

↓ (フラッシュ後河道)

モデル③

海域(河口砂州復元再現)

三次元海浜変形モデル(BGモデル)

数値解析による要因検証

- 現況河道、目指すべき姿の定量的課題把握
⇒ 要因分析・改善の方向性整理

港湾計画などによる影響予測

- 河口砂州形成への影響把握
⇒ 影響がある場合の定量的要因分析・整理

対策工の概略的検討

- 現況河道、目指すべき姿の定量的課題把握
⇒ 要因分析・改善の方向性整理

第3段階

再開後
第4、5回委員会

数値解析による対応策の検討

- ・ 「目指すべき姿」に向けた対策工の検討
- ・ 長期的維持に向けた管理基準の設定
… 河口部モニタリング計画作成
- ・ 港湾計画など関係機関実施内容に対する改善
提案検討

目標到達点

持続可能な河口砂州管理

- 対策工・河口維持管理方法の設定
- 各機関が実施すべき対策の設定

モニタリング計画に基づく継続的監視

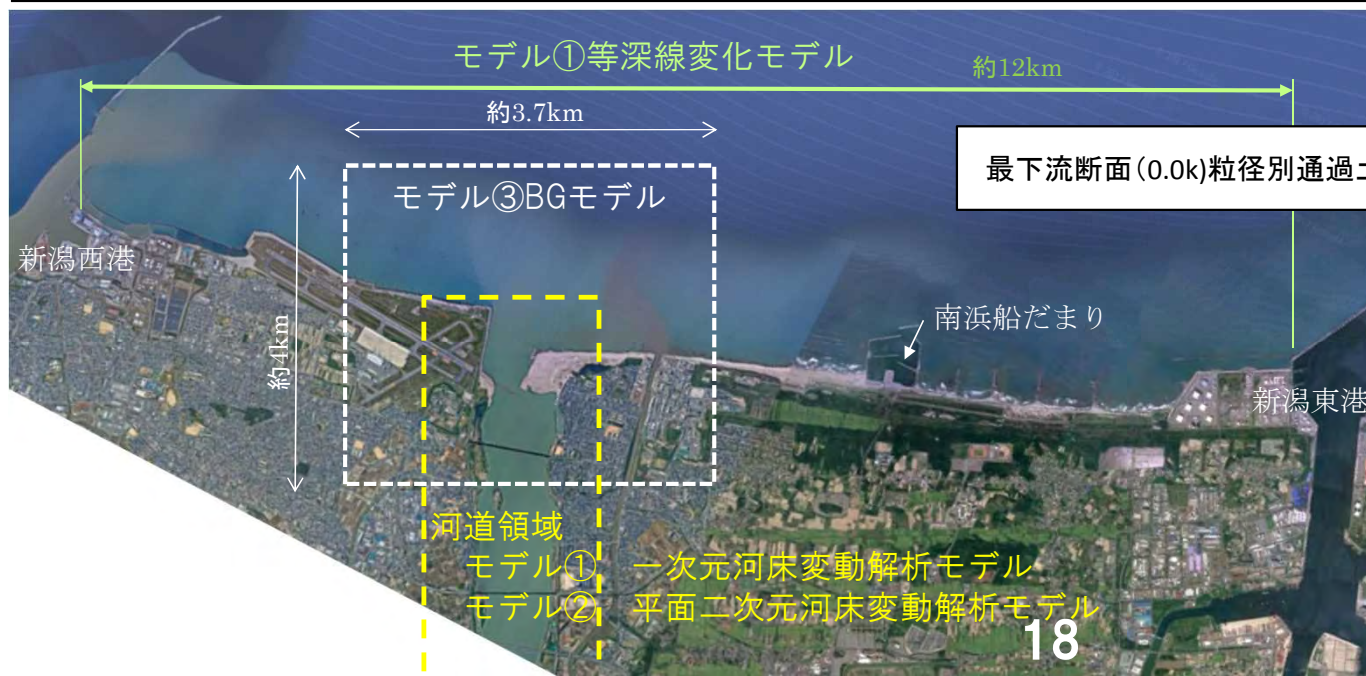
3. 阿賀野川河口部対策検討に用いる 解析モデル

解析モデルの概要

解析モデルの構築

- 時間スケール(長期・短期)、領域スケール(河道領域～河口～海岸領域)で異なる現象を評価可能な解析モデルを選定
- 時間スケールによる影響を評価するため、長期予測・短期予測で分解能の異なる解析とする
- 領域スケールにより異なる現象を評価するため、河道～河口領域、河口～海岸領域に適した解析モデルを採用
- 両者の相互影響を考慮するため、境界条件の受け渡しを実施

時間 スケール	領域スケール			解析目的	用途
	河道～河口領域	境界条件 受け渡し	河口～海岸領域		
長期 予測	一次元河床変動 解析モデル	モデル① 河道土砂供給量	等深線変化 モデル	将来的な砂州の形成・消失 機構の把握	将来の河口砂州の形成、汀線変化を予測・評価
短期 予測	モデル② 準三次元 +河床変動モデル (GBVCモデル)	相互に影響 河口形状	モデル③ 三次元 海浜変形モデル (BGモデル)	洪水時の砂州開口機構、 フラッシュ後の砂州復元機構 の関係把握	・詳細な現象の分析 ・波浪による開口部を含めた三次元的な砂州形成過程を評価



モデル①	
河道: 一次元河床変動解析モデル	
計算出力	断面毎平均河床高変動高 断面毎粒径別通過土砂量
最下流断面(0.0k)粒径別通過土砂量	
海域: 等深線変化モデル	
計算出力	沿岸漂砂量 海岸等深線(汀線)
モデル②	
河道: GBVCモデル	
計算出力	河口部・河道地形(砂州フラッシュ)
洪水後河口部地形	
モデル③	
河口部: GBモデル	
計算出力	河口部地形(砂州復元)

解析モデルの検証 ①ー1（長期予測モデル）： 一次元河床変動計算

モデルの構築 ①ー1 一次元河床変動計算

- 河道から河口・海岸への供給土砂量を把握するため、一次元河床変動解析モデルを構築
- 昭和54(1979)年～平成28(2016)年を対象に、検証計算を実施。河床高、区間毎の土量変化について概ね再現
- 本モデルによる下流端計算結果としての粒径別土砂量を海岸汀線解析のための等深線変化モデルに受け渡すとする

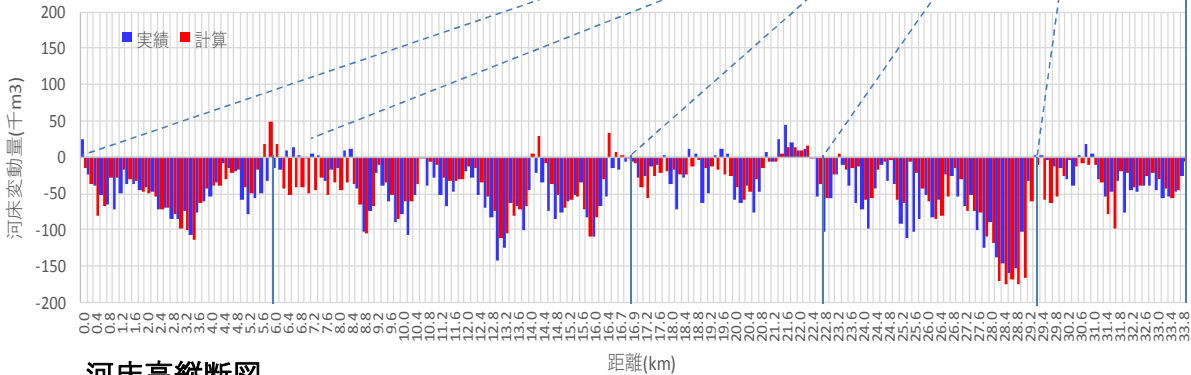
モデル概要・検証条件	
項目	検討条件
解析手法	一次元河床変動解析モデル（混合粒径）
対象区間	0.0k～34.0k
検証期間	昭和54年～平成28年（37年間）
河道地形	初期河道：昭和54年横断測量 検証河道：平成28年横断測量
上流端条件	馬下流量330m ³ /s（平水流量平均）以上の洪水を対象 1,300m ³ /s以上の洪水は時間流量、それ以外は日流量
下流端条件	松ヶ崎水位観測所（1.2k）の実績水位を河床勾配（1/11,000）でスライドし設定
横流入条件	早出川流量
粗度係数	0.0～6.0k : 0.017
	6.0～16.9k : 0.026
	16.9～29.35k : 0.027
	29.35～34.0k : 0.029
土砂供給	阿賀野川上流端、早出川を考慮（平衡土砂条件）
初期代表粒径	再現計算開始時点至近河床材料調査による
	0.0k～6.0k : 0.26mm
	6.0～16.9k : 0.78mm
	16.9～22.6k : 3.90mm
	22.6～29.35k : 31.23mm
	29.35～34.0k : 103.82mm
砂利採取	地点別砂利採取量整理 各年最終ステップで強制排出

検証計算結果(37年間)

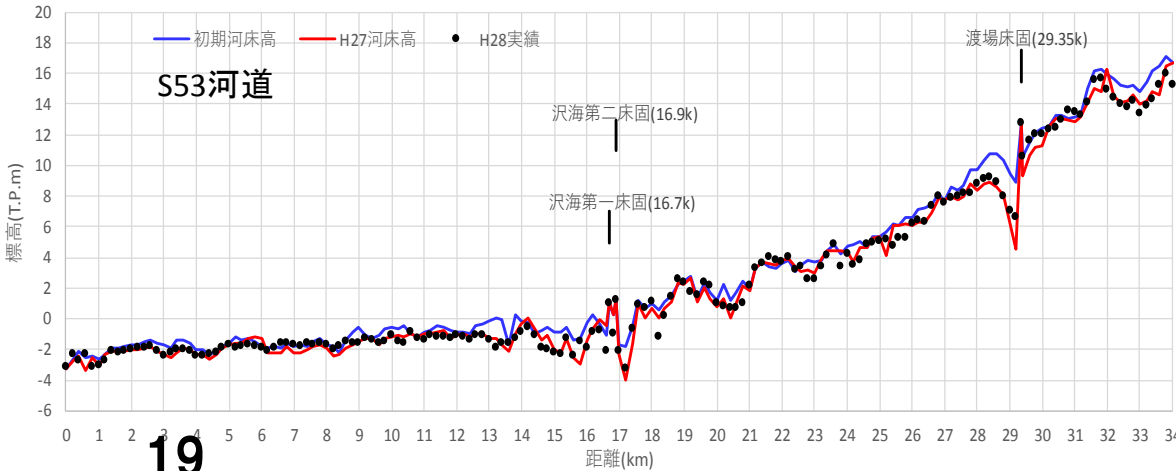
【モデル再現性】

- ・ 計算結果は実績の河床変動特性（堆積・洗掘部）を概ね再現
 - ・ 局所的には乖離も見られるが、河道区分でみると概ね再現
- ⇒土砂受け渡し条件として使用可能

河床変動量



河床高縦断面図

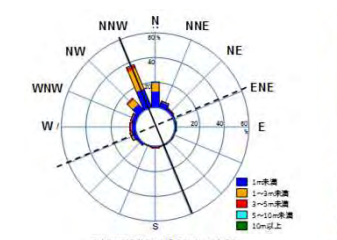


解析モデルの検証①ー2（長期予測モデル）：等深線変化モデル

モデルの構築 ①ー2 等深線変化モデル

- 河口・海岸の長期的な汀線変化を把握するため、等深線変化モデルを構築
- 先の河床変動計算より、河口からの土砂供給を与えて計算
- 昭和54(1979)年～平成28(2016)年汀線変化を対象に、検証計算を実施。汀線変化について概ね再現

モデル概要・検証条件

項目	設定内容
計算範囲	新潟西港～阿賀野川河口～新潟東港 (防波堤により沿岸漂砂を遮断している施設間)
漂砂の移動限界	T.P.+2m～T.P.-12m (文献・深浅測量の重合せ図)
検証期間	・ S54～H28 (一次元河床変動計算と同様) ・ 検証初期値は、昭和56年撮影の空中写真
計算格子間隔	$\Delta x=50\text{m}$ 、 $\Delta z=1\text{m}$
初期断面	平行等深線
波高・波向条件	新潟港の直近10年間の波浪観測データから設定 エネルギー平均波：エネルギー平均波高=1.57m 波向：NNW、NNW±11度3方向を1年3分割  
粒度	一次元河床変動計算と同様の代表粒径
(8)安定勾配	安定勾配の一般式を基準に海浜の断面形状から設定 0.105mm=1/180, 0.250mm=1/100 0.420mm=1/30, 0.840mm=1/15, 2.00mm=1/6.5, 4.76mm=1/4.5
初期粒度構成	底質調査状況を踏まえ設定
漂砂量式内の係数	沿岸漂砂量係数、小笹・Brampton係数、岸沖漂砂量係数： 試行計算より同定。 安息勾配=陸上1/2, 水中1/3
境界条件	新潟西港側、新潟東港側：閉境界
交換層幅	10cm (既往検討論文より設定)
供給土砂量	毎年の一次元河床変動計算結果を供給 (平均4.4万 m^3 /年)
その他	・ 突堤・HL・防波堤、空港埋立て：先端まで沿岸漂砂ゼロ ・ 河口部沖の実績(H10～H21)の掘削量T.P.-2～-3mで掘削 ・ 地盤沈下未考慮

検証計算結果 (37年間)

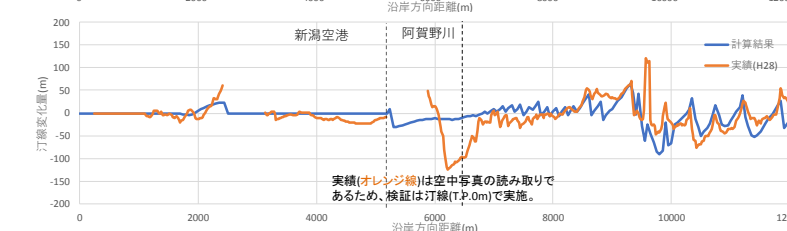
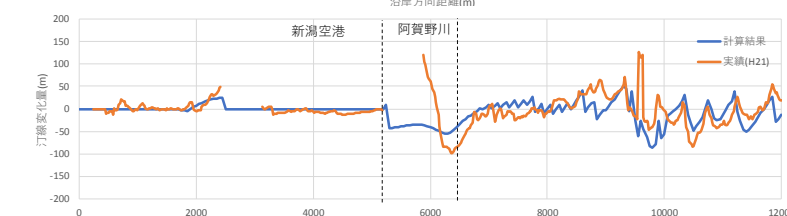
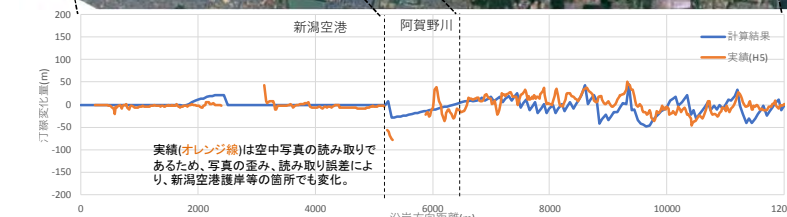
再現検証として、
空中写真(汀線
T.P.0m)と比較。

1981～1993年

1981～2009年

1981～2016年

河口部砂州後退
傾向、右岸側海岸
施設設置による
堆積・侵食傾向を
概ね再現。

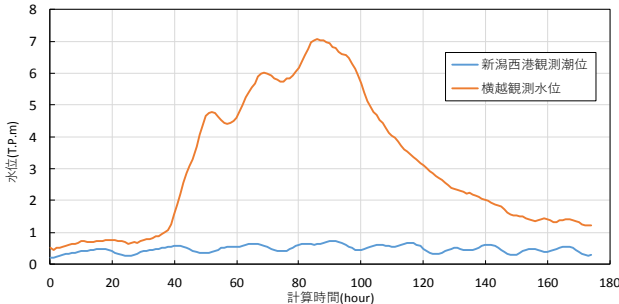


解析モデルの検証②(短期予測モデル)：準三次元＋河床変動モデル(GBVCモデル)

モデルの構築 ② GBVC法

- 洪水時の砂州開口機構を把握するため、平面二次元解析法の枠組みで洪水流の三次元性の評価可能なGBVC法(一般底面流速解析法)を用い、洪水時の河口砂州開口機構の把握を行うものとする。(斜面勾配を考慮)
- 平成23年7月洪水を対象に検証計算を実施し、右岸砂州のフラッシュ傾向を再現しており、解析モデルの妥当性を確認

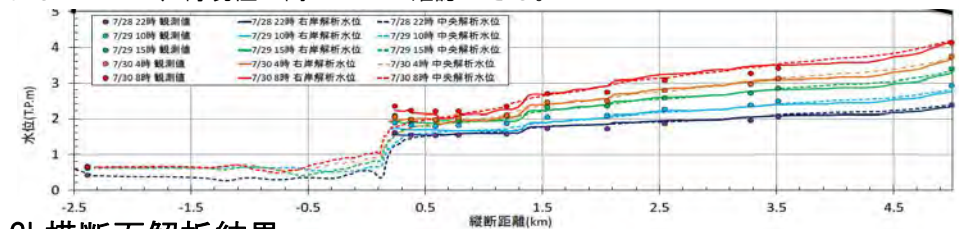
モデル概要・検証条件

項目	検討条件
解析手法	斜面勾配を考慮した一般底面流速解析法
対象区間	河口部-0.2k~13.6k (横越水位流量観測所まで)
検討ケース	平成23年7月洪水 (ピーク流量10,726m ³ /s)
計算格子	河口部：5m 河道内・海： $\Delta x=20m$ 、 $\Delta y=10m$
河道地形	H23洪水前観測成果 (横断測量、河口部LP) H23洪水前航空写真
境界条件	上流端：横越観測所実績流量ハイドログラフ 下流端：新潟西港の実績潮位ハイドログラフ 
粗度係数	平成23年7月洪水の検証結果より、以下のとおり設定 低水路 0.020 高水敷 河道計画採用値 (0.035~0.037)
樹木設定	河川環境情報図 (H19)・空中写真 (H23)・現地踏査 (H23年度・H26年度) により設定
粒度構成	平成23年河床材料調査結果より、 河道内： $dm=1.7mm$ 、河口砂州 $d=0.4mm$
流砂境界条件	上流端掃流砂：平衡流砂量 上流端浮流砂：助走区間で計算した浮流砂濃度 下流端の流砂：全量通過

検証計算結果(H23.7洪水)

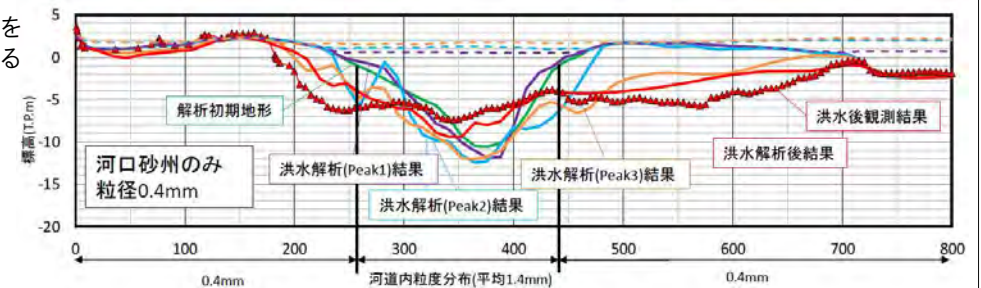
河口付近水面形時間変化

計算値は簡易型水位計(実測値)の時間変化をよく表しており、特に河口付近の水面形は砂州形状大きく影響されることため、再現性が高いことが確認できる。



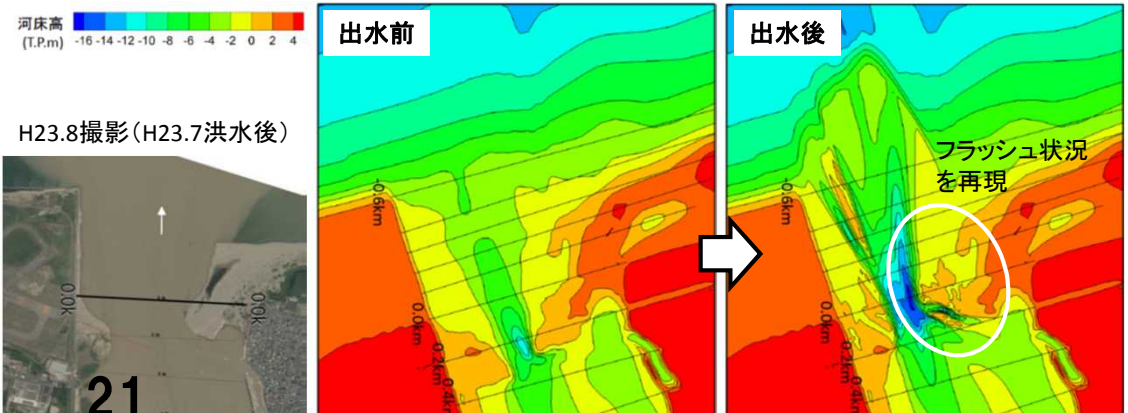
砂州位置0.2k横断面解析結果

洪水後の断面を比較(赤)すると、再現性が高ことが確認できる。



解析による河床コンター図(洪水前後)

洪水により河口部で大きく地形が動き、右岸砂州のフラッシュ状況が再現されている。



解析モデルの検証③(短期予測モデル)：三次元海浜変形モデル(BGモデル)

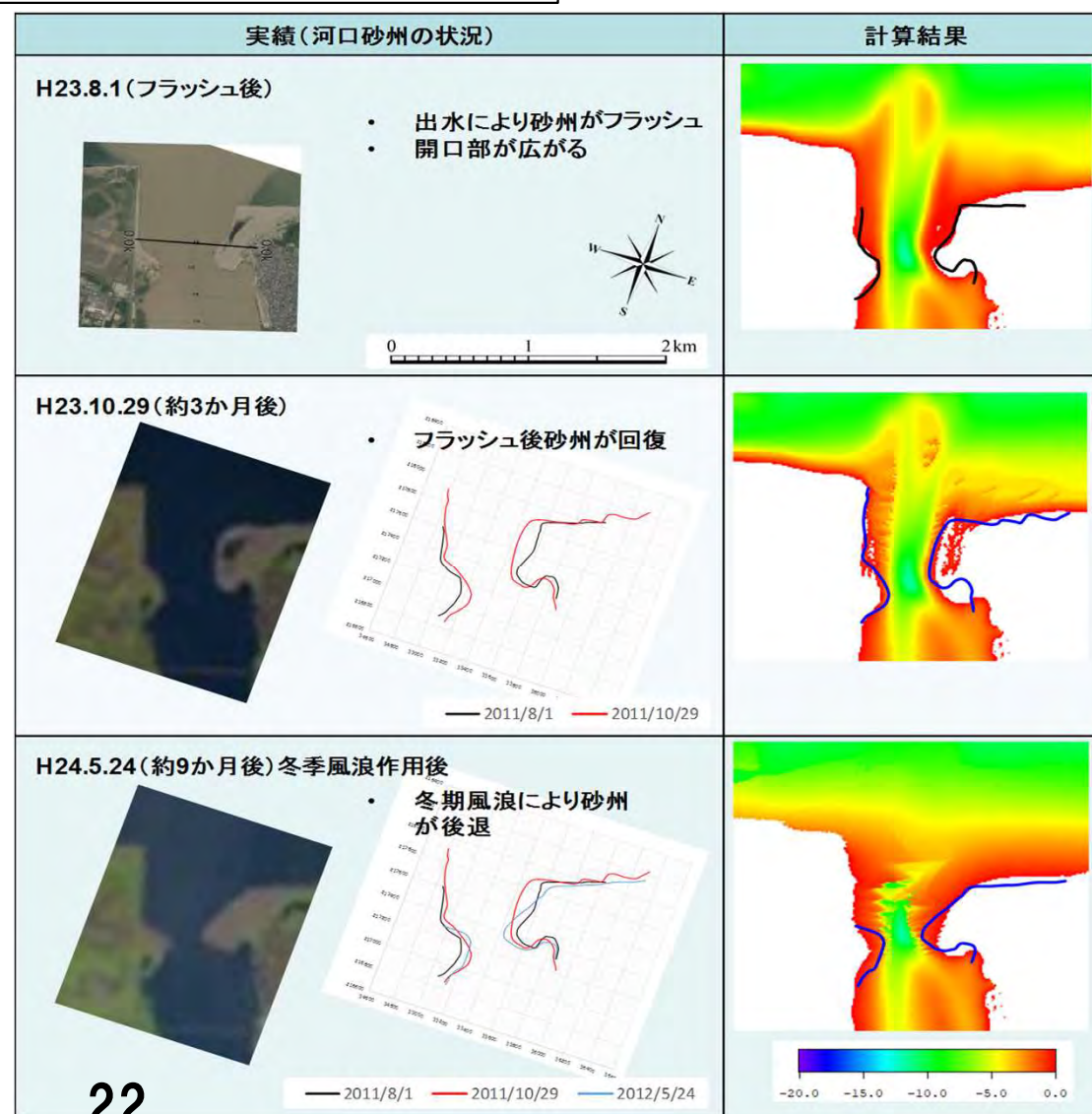
モデルの構築 ③ BGモデル

- フラッシュ後の砂州復元機構の関係把握するため、平面二次元波浪変形解析と平面二次元地形変形解析を組み合わせた三次元海浜変形モデルを構築
- 平成23年7月洪水後の砂州回復状況を対象に検証計算を実施。開口幅の閉塞状況、左右の砂州幅の回復状況を再現しており、解析モデルの妥当性を確認

モデル概要・検証条件

項目	検討条件
解析手法	平面二次元波浪変形モデル+平面二次元地形変形モデル
計算範囲 計算格子	岸沖方向3975m×3750m、 $\Delta x=7.5m$ 、 $\Delta y=7.5m$ 沖側水深T.P.-22m～24m、河側上流約1.8km
再現期間	平成23年8月1日～平成24年5月24日(約9カ月)
初期地形	GBVC法による検証後河道(H23.7洪水フラッシュ後河道) 座標；平面直角座標系(北から-20度回転)
限界勾配	陸側、海中 1/3
波浪条件 (エネルギー平均波)	地形変化に影響を及ぼす波高として0.3m以上を抽出し、検証期間で実際に発生した波を設定 平常時：波高0.9m、5.5s、波向-49.6度 (H23.8.1～H23.10.29の平均、50日) 冬期風浪時：波高1.5m、7.5s、波向-30.7度 (H23.10.29～H24.5.24の平均、189日)
波高・波向	緩勾配方程式より算定(14日に1回更新) (計算結果をメディアンフィルターにより平滑化)
移動限界水深	平常時：T.P.+1.0m(陸側)、T.P.-5.0m(沖側) 冬期風浪時：T.P.+2.0m(陸側)、T.P.-8.0m(沖側)
仮想水深	平常時：T.P.+4.0m(陸側)、T.P.-3.0m(沖側) 冬期風浪時：T.P.+2.5m(陸側)、T.P.-3.0m(沖側)
粒度	d=0.4mm：現状を構成
境界条件	右側側〔流出入：開〕 左岸側〔流出入：開〕
計算時間間隔	$\Delta t=240s$
供給土砂量	平面二次元河床変動計算結果から、 フラッシュにより河口テラスに堆積した分として考慮

検証計算結果(H23.7洪水)



平成16年以前の河口砂州の評価

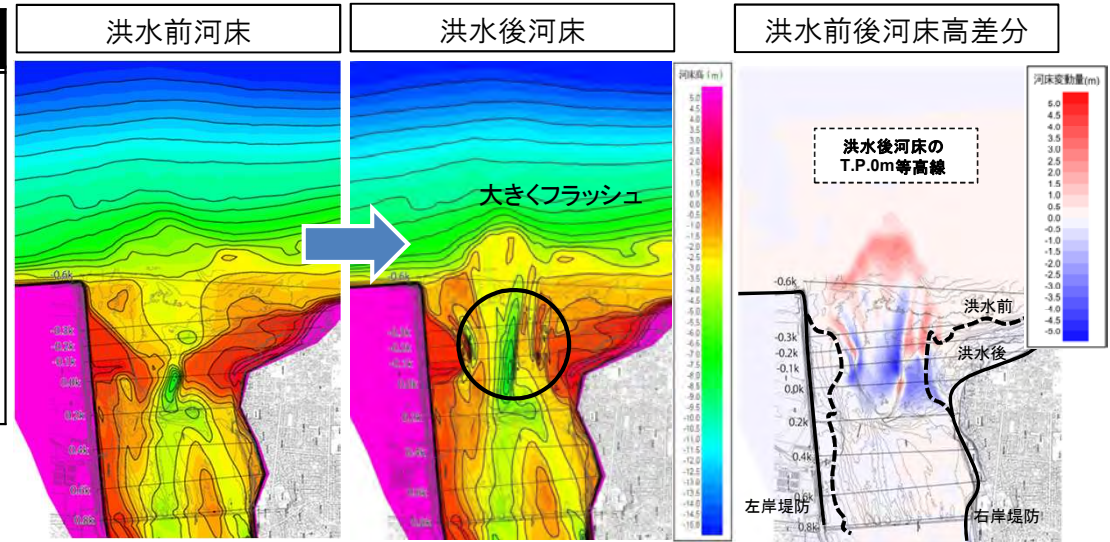
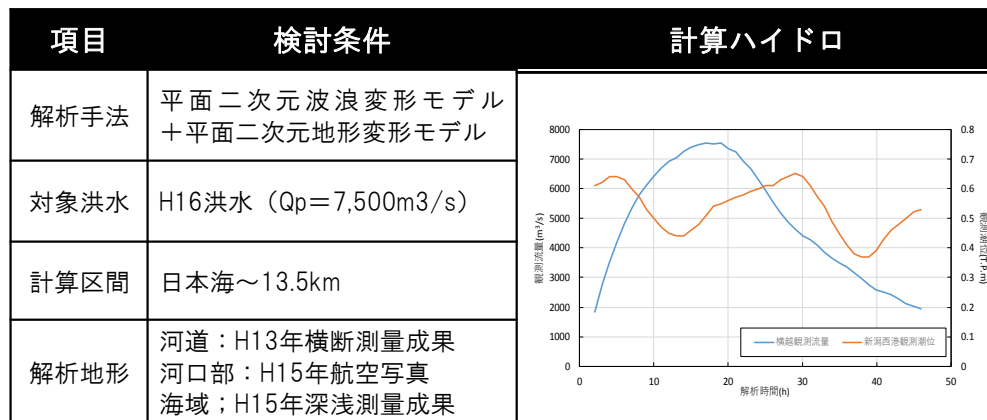
解析による評価

目指すべき河口の姿について、GBVCモデルにより確認

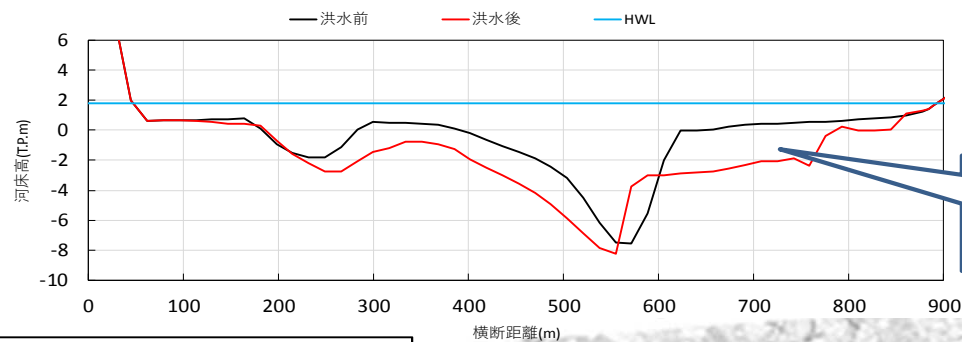
解析結果;主流線が河道中央に位置することで、効果的に河口砂州をフラッシュし、洪水後断面積は4割増加。目指すべき姿として解析結果からも有効であることを確認。

検討条件

解析結果

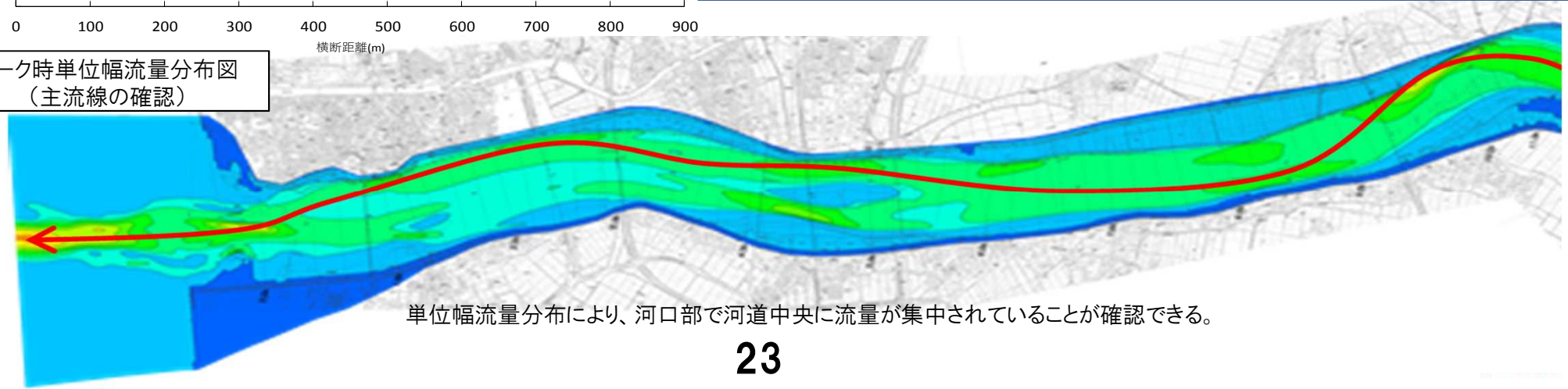


O. Ok 洪水前後断面積変化



HWLに対する断面積 洪水前 2,140m²
洪水後 3,080m² ⇒940m²増加(約4割増加)

ピーク時単位幅流量分布図
(主流線の確認)



単位幅流量分布により、河口部で河道中央に流量が集中されていることが確認できる。

平成16年以前の河口砂州の評価

解析による評価

目指すべき河口の姿について、BGモデルにより確認

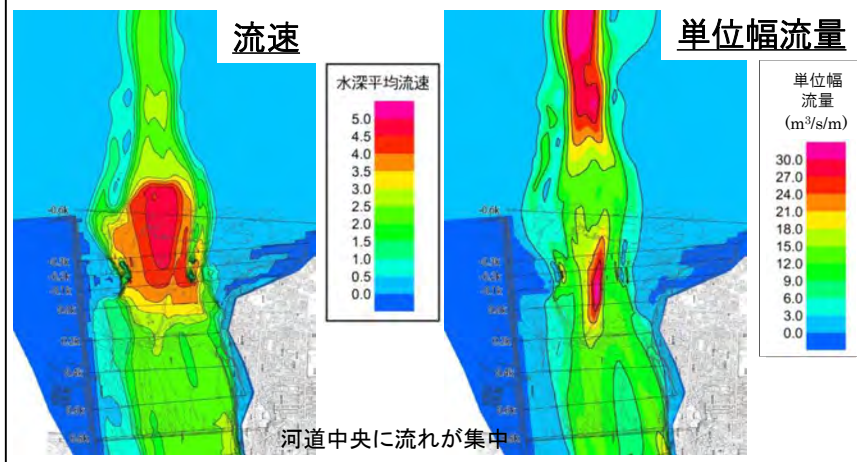
解析結果；主流線が河道中央に位置することで、冬季風浪後も左岸側の砂州、中央部の開口部が維持。目指すべき姿として解析結果からも有効であることを確認。

検討条件

項目	検討条件
解析手法	平面二次元波浪変形モデル＋平面二次元地形変形モデル
計算期間	12月～3月（4ヶ月間）：地形変化の大きい冬季風浪を対象
初期地形	①H15測量成果地形 ②H15測量成果に対するGBVC解析結果後地形
波浪条件 (エネルギー平均波)	将来の予測については、代表的・平均的な冬季波浪を設定 12月～3月の平均エネルギー波 冬季風浪時：波高2.1m、6.7s、波向-24.7度 (新潟沖1989～2017年から算定)
波高・波向	緩勾配方程式より算定（14日に1回更新） (計算結果をメディアンフィルターにより平滑化)
移動限界水深	冬季風浪時：T.P.+2.0m（陸側）、T.P.-9.0m（沖側）

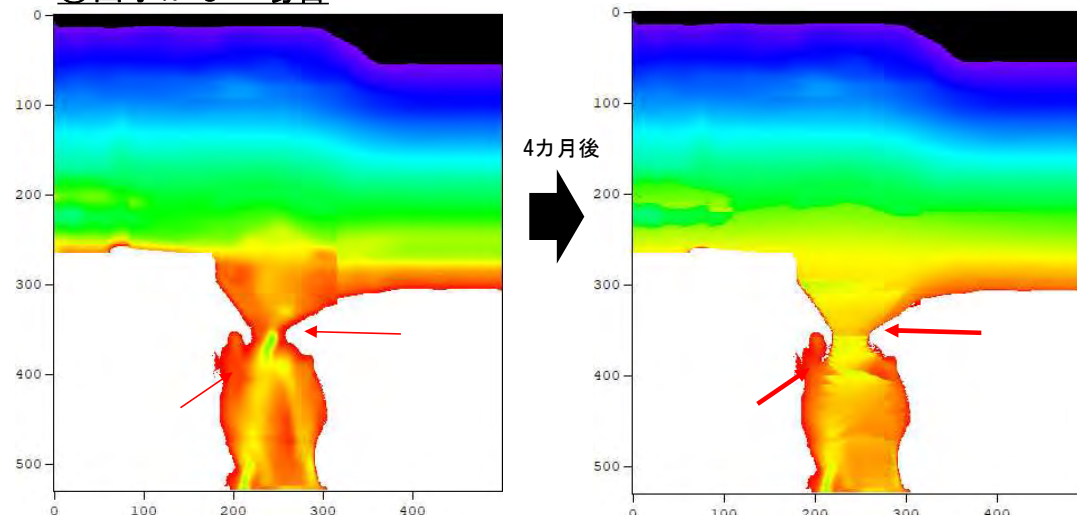
洪水ピーク時の流量等分布（前頁モデル）

($Q_p=7,500\text{m}^3/\text{s}$)

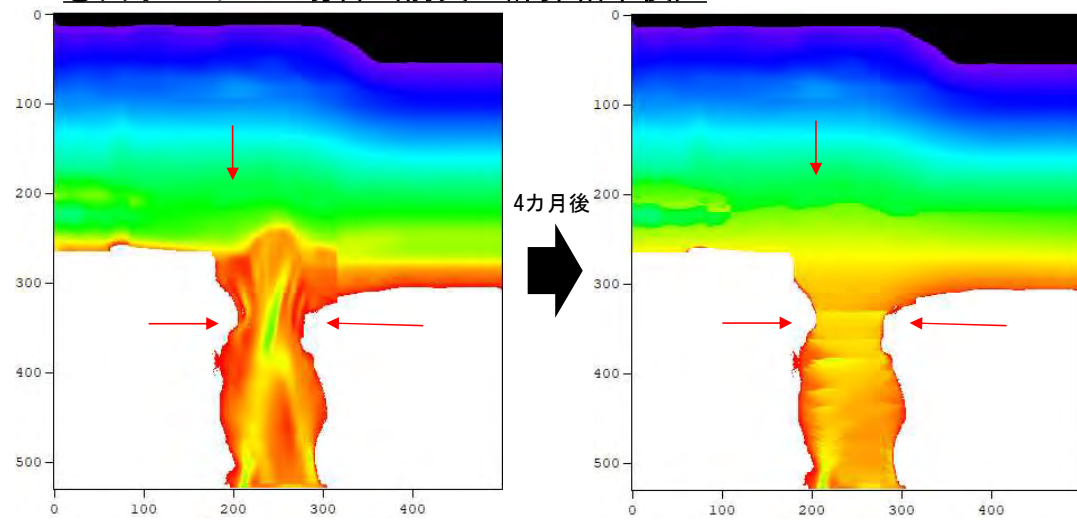


砂州の復元

①出水がない場合



②出水があった場合（前頁の計算結果後）



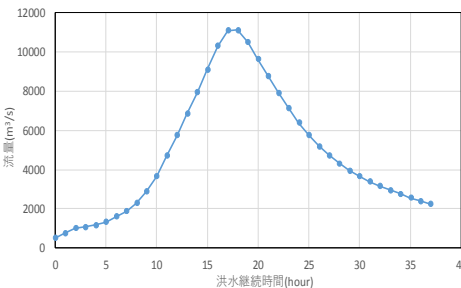
現況河道における河口砂州の評価

解析による評価

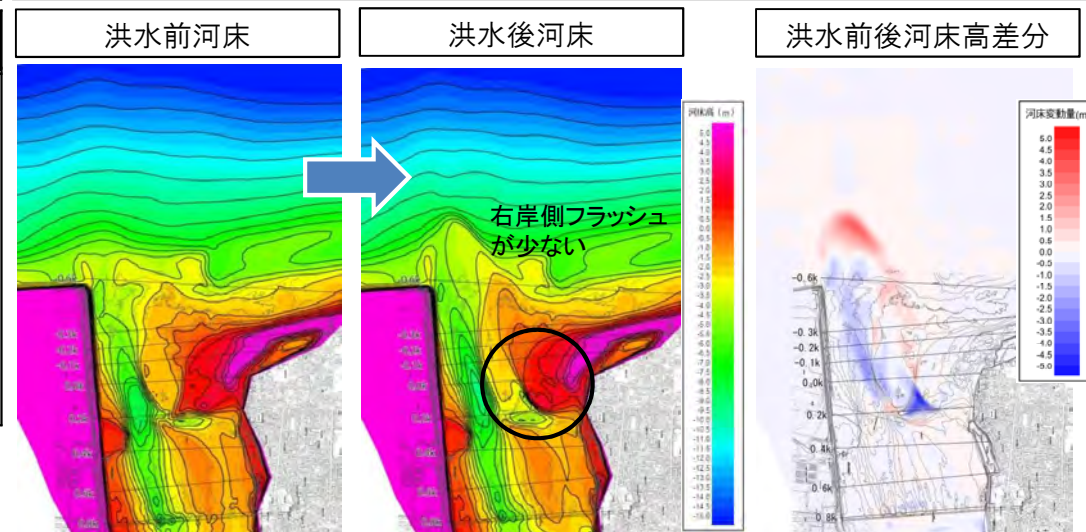
現況河道の課題について、GBVCモデルによる解析結果から確認。

- 洪水の流れは開口部から左岸側に寄る傾向で、-0.6k左岸付近で顕著な洗掘。主流が左岸に寄るため、効率的にフラッシュされない
 - 水面形は砂州が十分フラッシュされないことで、ピーク時水位は左右岸ともHWLを約3kmにわたり超過する
- ⇒左岸深掘部にエネルギーが集中し、砂州フラッシュは十分働かないため、HWLを超過。

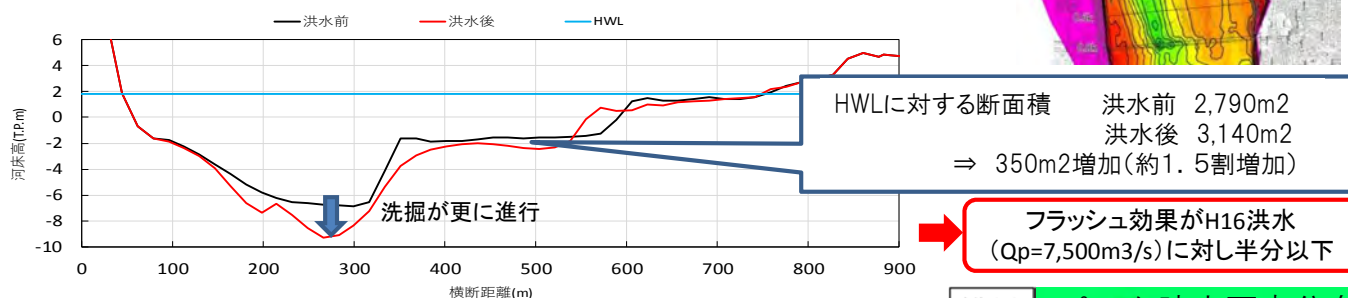
検討条件

項目	検討条件	計算ハイドロ
解析手法	平面二次元波浪変形モデル +平面二次元地形変形モデル	 流量(m³/s) 洪水継続時間(hour) 潮位; T.P.+0.78m (H23.7洪水時)
対象洪水	整備計画流量規模 (ピーク流量11,200m³/s)	
計算区間	日本海～13.5km	
解析地形	河道・河口部: H28年測量成果 (横断測量、河口部LP) 海域: H30深浅測量成果	

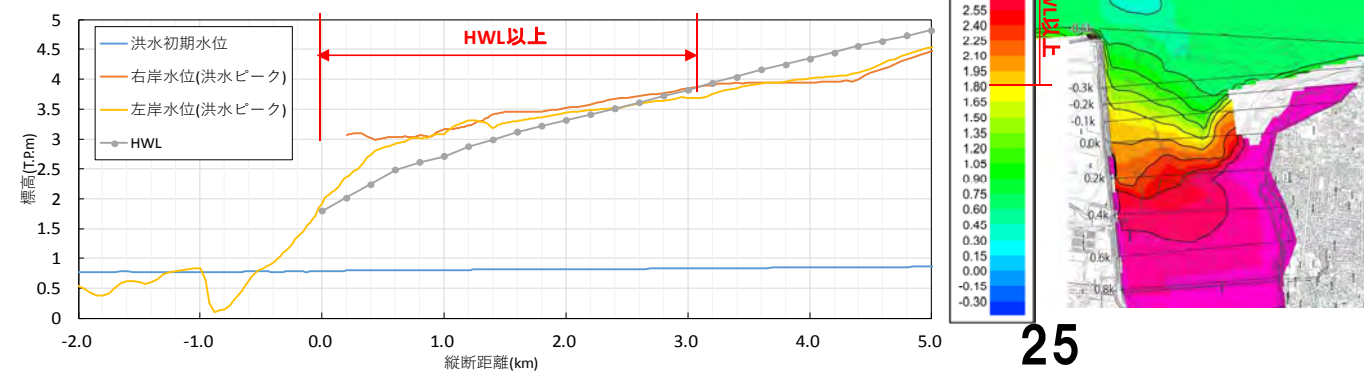
解析結果



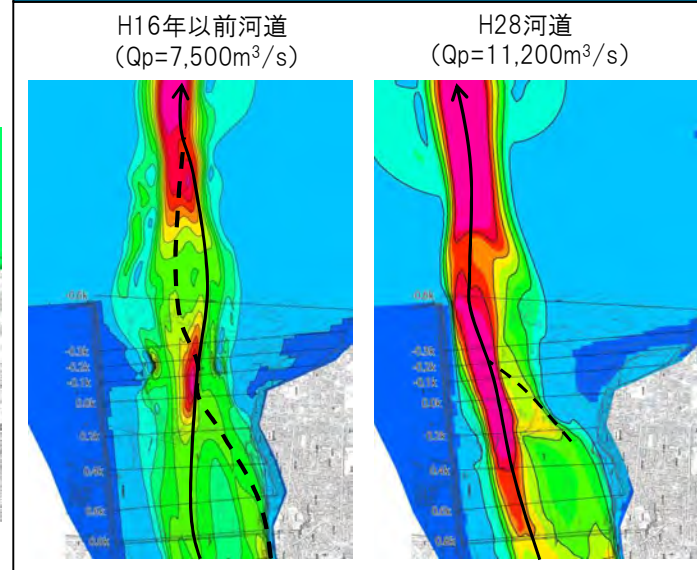
● 0.0k 洪水前後断面積変化



● ピーク時水位縦断図



洪水ピーク時の主流位置の比較



目指すべき姿への回復の可能性

解析による評価

H16年以前の河口部への自然回復の可能性について、GBVCモデルとBGモデルにより評価する。

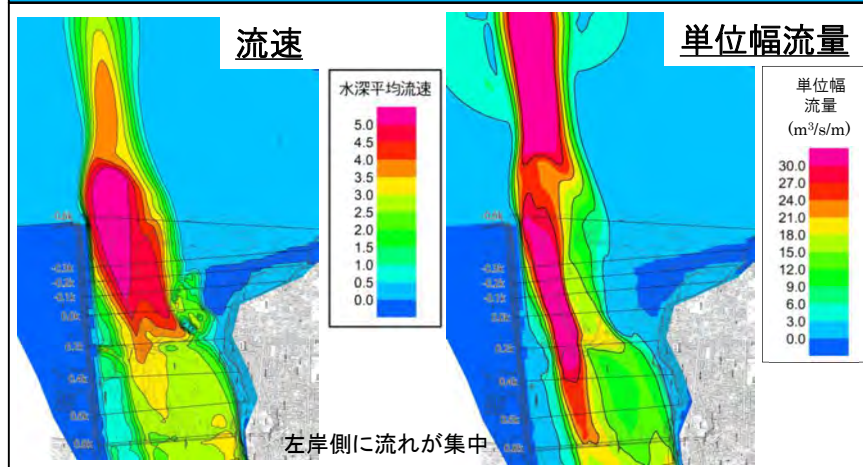
【解析結果】

➤ 波浪によりテラスから供給された砂は右岸砂州につき河道中央へ延びるが、左岸砂州は回復せず、深掘は解消されない。

検討条件

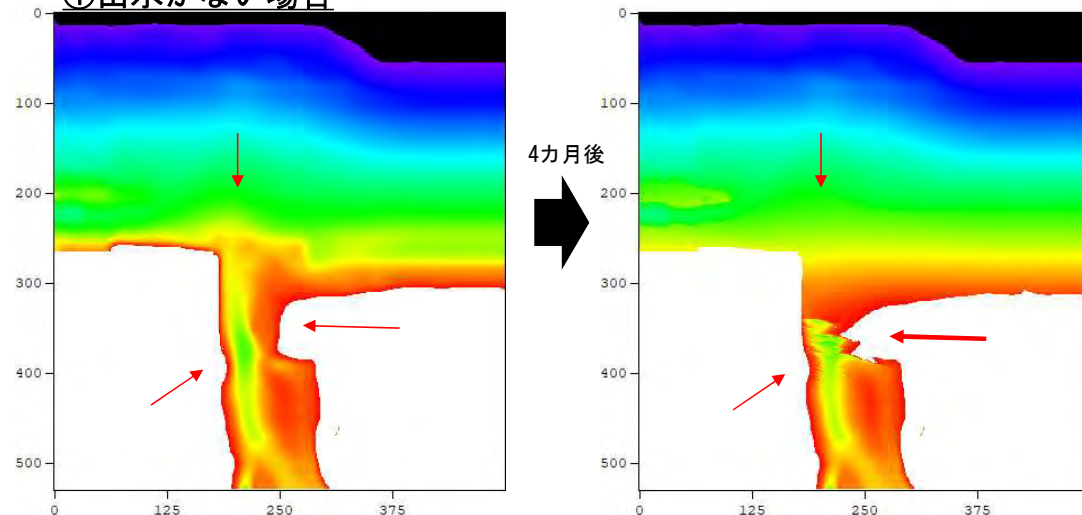
項目	検討条件
解析手法	平面二次元波浪変形モデル＋平面二次元地形変形モデル
計算期間	12月～3月（4ヶ月間）
初期地形	①H28測量成果地形 ②H28測量成果に対するGBVC解析結果後地形
波浪条件 (エネルギー平均波)	将来の予測については、代表的・平均的な冬季波浪を設定 12月～3月の平均エネルギー波 冬季風浪時：波高2.1m、6.7s、波向-24.7度 (新潟沖1989～2017年から算定)
波高・波向	緩勾配方程式より算定（14日に1回更新） (計算結果をメディアンフィルターにより平滑化)
移動限界水深	冬季風浪時：T.P.+2.0m（陸側）、T.P.-9.0m（沖側）

洪水ピーク時の流量等分布(前頁モデル)

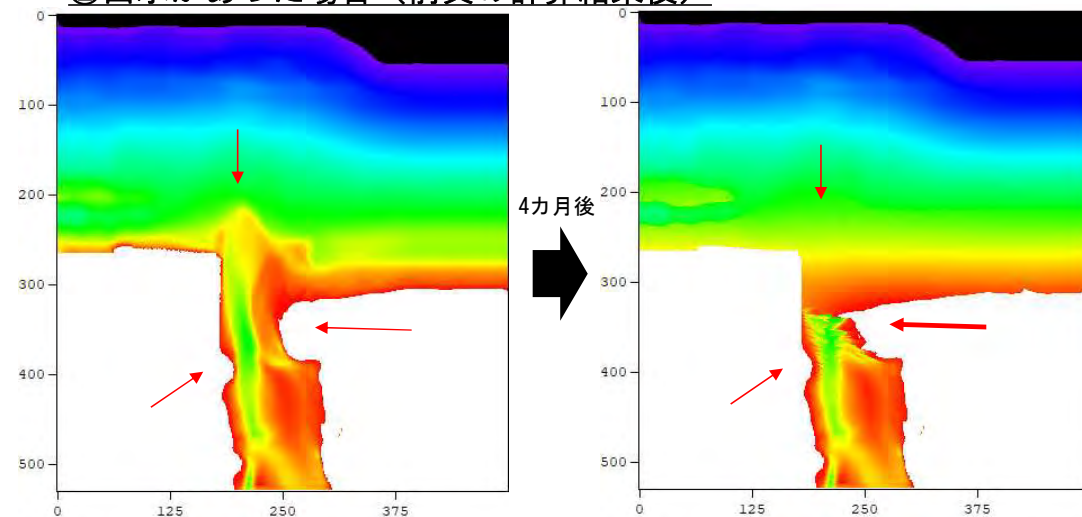


砂州の復元

①出水がない場合



②出水があった場合（前頁の計算結果後）

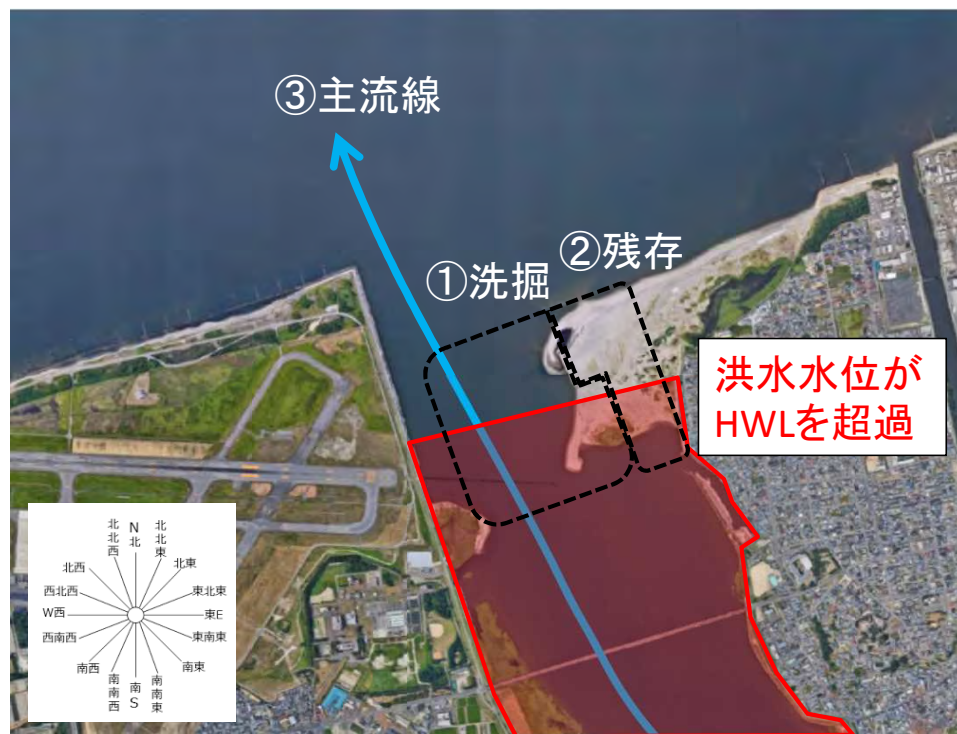


着目点

左岸深掘部にエネルギーが集中し、左岸側河口砂州の回復もしないため、平成16年以前の河口部の姿に自然に戻る可能性は低い。

数値解析に基づく現状の評価

洪水流れと右岸砂州フラッシュ



- ①滞筋では洗掘が生じ、右岸河口砂州の一部(川表側)がフラッシュされる。
- ②右岸河口砂州の一部(海表側と比較的標高の高い箇所)はフラッシュされない。
- ③左岸側に洪水流の運動エネルギーが集中する。(主流が左岸寄りに現れる。)



大きく発達した右岸河口砂州が十分フラッシュされないため、整備計画流量規模($Q_p=11,200\text{m}^3/\text{s}$)洪水に対してHWLを超過する。

砂州復元機構



- ①河口部前面の土砂が、波浪により河道側へ移動する。
- ②右岸側の砂州が回復、若しくは冬季に風浪により後退する。
- ③左岸側に砂州は回復、形成されない。



右岸側砂州が左岸方向へ回復、左岸側に砂州は形成されてないため、開口部は中央部へ寄らず現状のままとなる。

【解析結果】

課題の 定量評価

- 滞筋と河口砂州の比高差が大きく、砂州上を越流する流れが生じづらいため、右岸砂州が十分フラッシュされずに流下能力が不足。
- 波浪によりテラスから供給された砂は右岸砂州につき河道中央へ延びるが、左岸砂州は回復せず、深掘は解消されない。
- 平成16年以前の河口部の姿に、自然に戻る可能性は低い。

4. 港湾計画による河口砂州に与える影響把握

港湾計画による河口砂州に与える影響(現況) ～長期的影響～

解析による影響把握

2019年時点を基準とし、港湾計画実施(埋立)の有無による影響をモデル①により把握する。

【検討条件】

- モデル①(等深線変化モデル/地盤沈下は考慮しない)により、解析モデルの検証①-2と同一条件により確認
- 地形条件は港湾計画実施の有無のケースを設定、阿賀野川からの供給土砂量3.6万m³/年とし、30年後を比較

【解析結果】

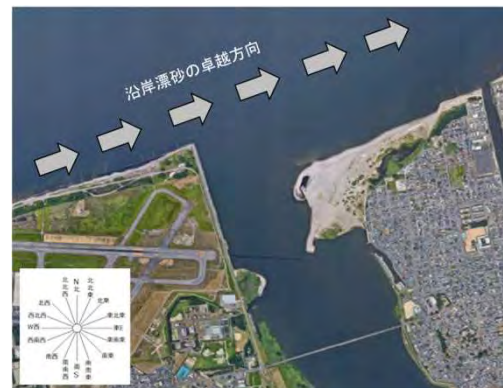
汀線変化予測計算では、左岸砂州側で、港湾計画実施なしの場合に比して港湾計画実施がある場合では若干の汀線の後退が予想される。

【影響把握】

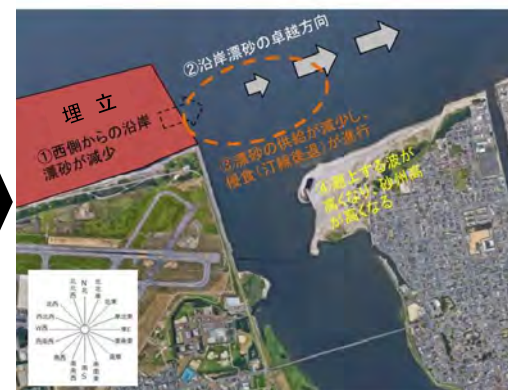
- 阿賀野川河口部周辺海域では、西→東への沿岸漂砂が卓越している状況にあり、現状の左岸砂州形状では漂砂の補足がなされにくく、後退が継続
- 港湾計画実施により更に漂砂域が沖合に向かうため、より左岸砂州後退を招く可能性があるが、解析精度上の課題がある。

[解析上の課題]河口部の再現性をより高めた上で影響把握する必要がある。

港湾計画の実施がない場合(現状)

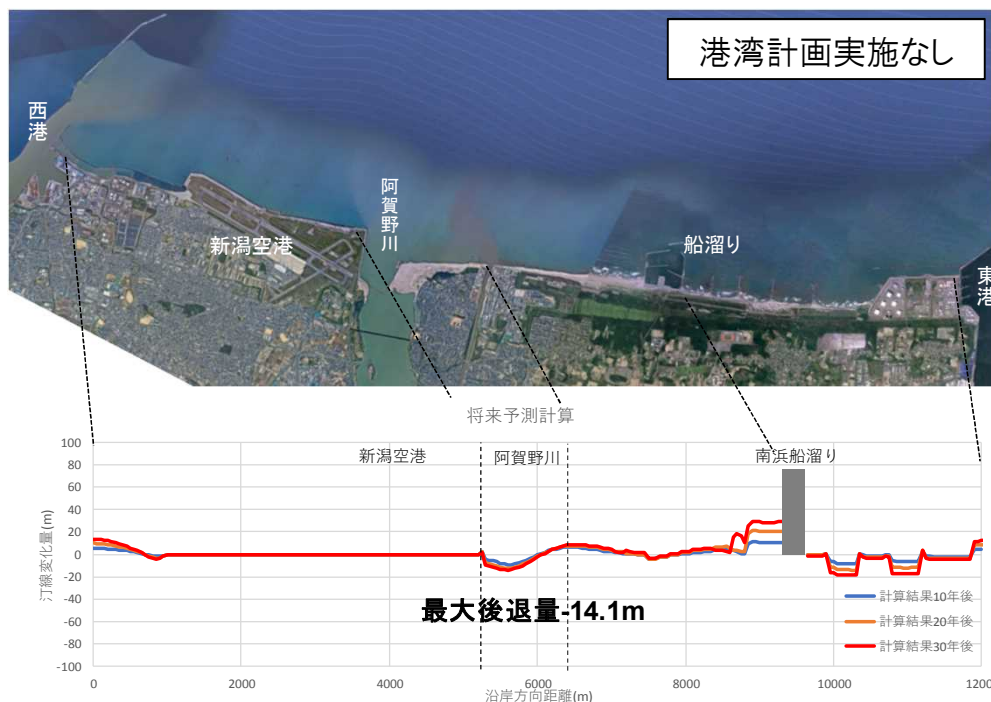


港湾計画を実施した場合(将来)

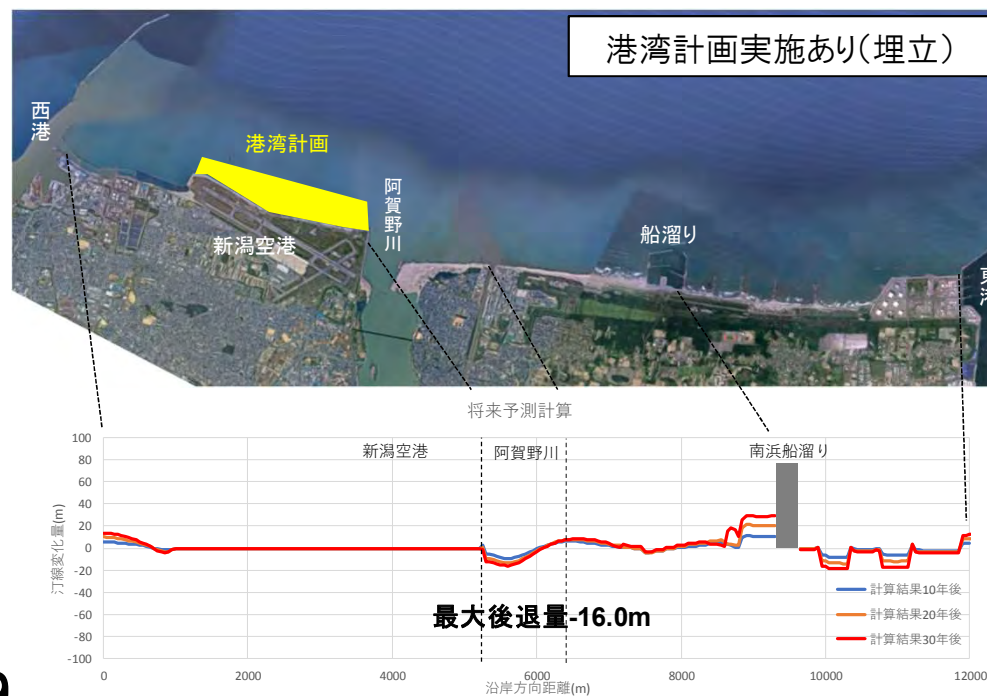


予測計算結果

港湾計画実施なし



港湾計画実施あり(埋立)



港湾計画による河口砂州に与える影響(現況) ～短期～

解析による影響把握

2019年時点の河口形状に対する、港湾計画実施(埋立)の有無による影響を波浪変形計算により把握する。

【検討条件】

2019年現在の地形条件を簡略化させ、右表の条件により港湾計画実施有無のケースを設定

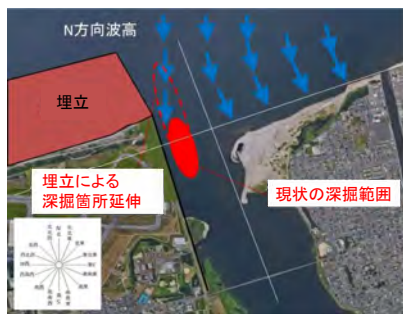
【解析結果】

阿賀野川河口部前面では海底勾配が緩く、屈折が大きい。このため、港湾計画実施の有無によらず、いずれの波向きもほぼ正面から来襲するため、港湾計画実施有無による違いは見られない

【影響把握】

同一河口地形状況では、港湾計画実施の有無による影響はないものと推測される

[解析上の課題] 港湾計画実施以降の中期的変化が生じた後の地形により、影響を把握する必要がある。

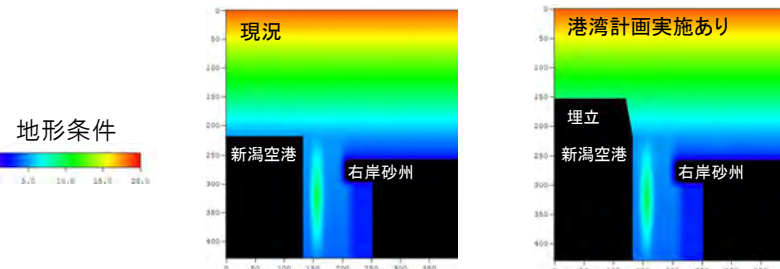


項目

検討条件

解析手法 平面二次元波浪変形モデル (ブシネスク方程式)

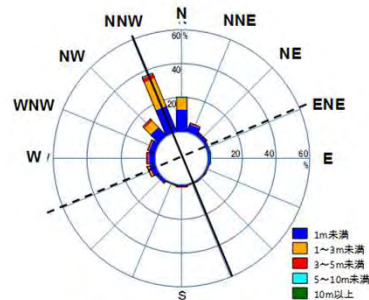
2019年現況、港湾計画実施の2ケース



波高・波向
潮位条件

規則波：波高5.09m (年最大波平均)、周期9.5s (相関)
潮位：T.P.+0.71m
波高：5 ケース設定

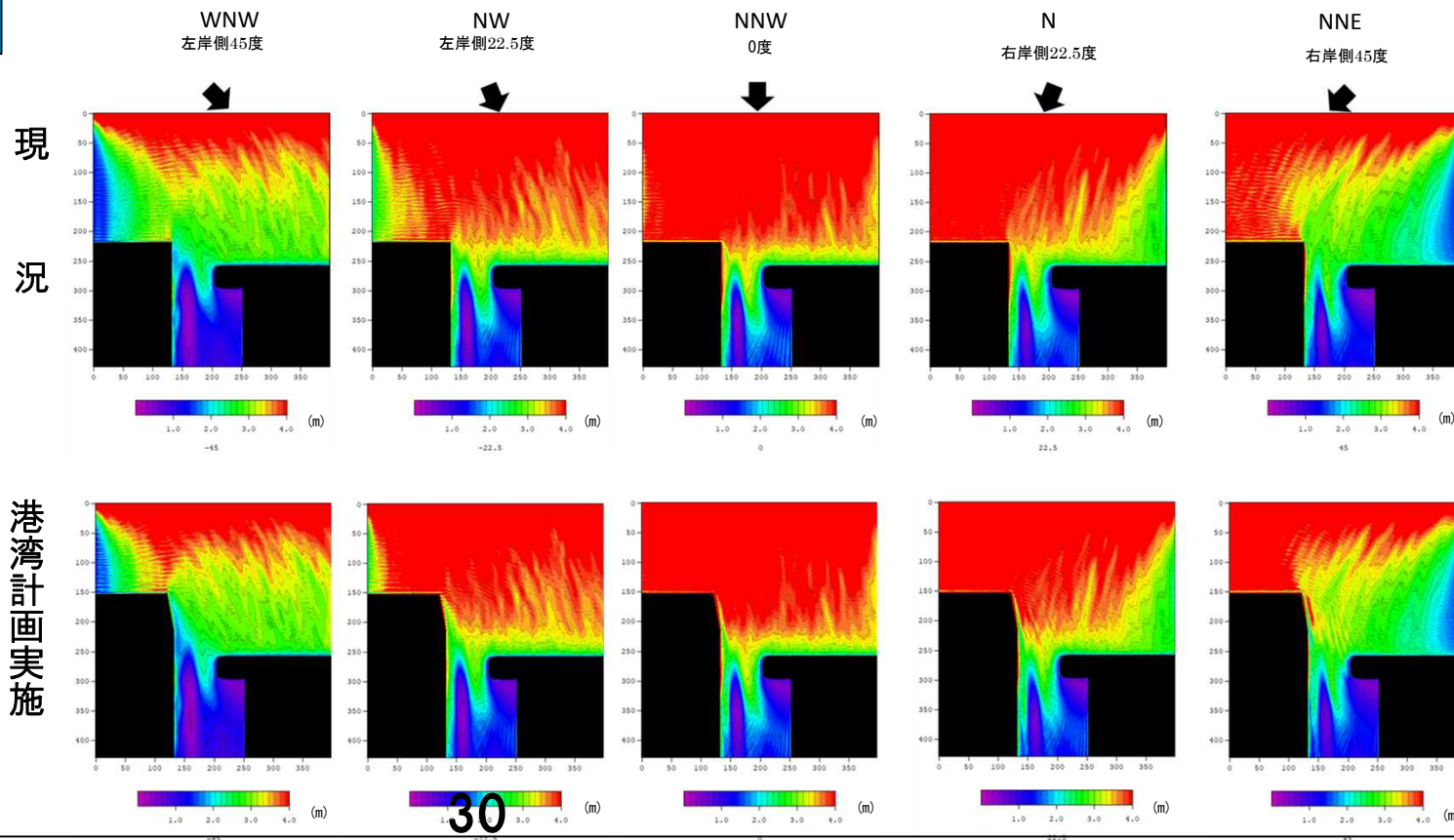
予測計算結果



波向別波速階級頻度分布図(全年)



波向と汀線方向の関係



港湾計画による河口砂州に与える影響(現況) ～砂州フラッシュ～

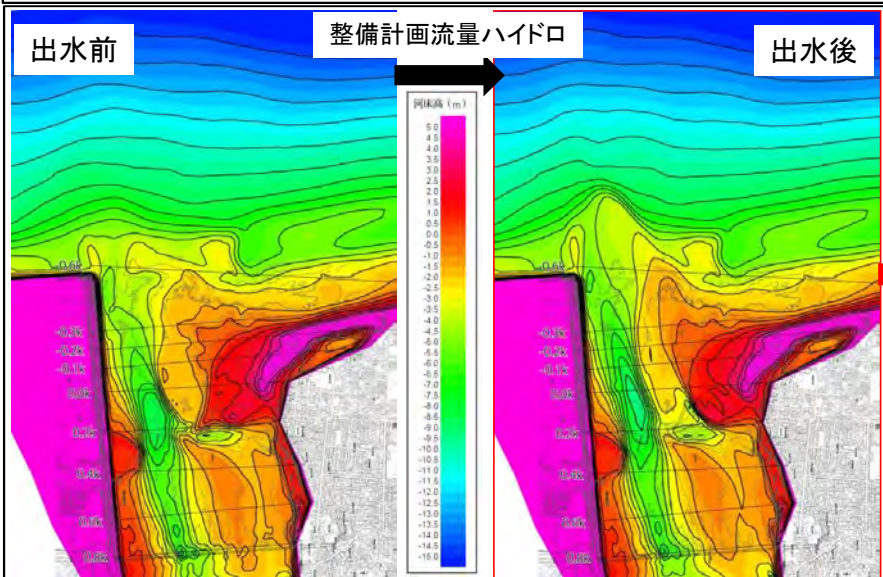
解析による影響把握

2019年時点の河口形状に対する、港湾計画実施(埋立)の影響をモデル②により把握。

港湾計画実施の影響を把握するため、整備計画流量を対象に解析を実施。

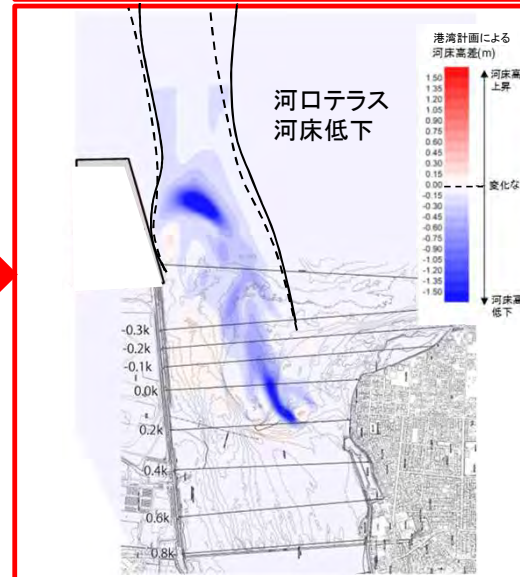
- 港湾計画実施の有無による河口フラッシュ状況、流速域分布ともに傾向としての差は見られない。
- 差分量を比較すると、埋立てがあることでより左岸側に流路の拘束がみられる結果となり、左岸側の流路固定化に対する拘束性が強まると推測される

河床高の変化

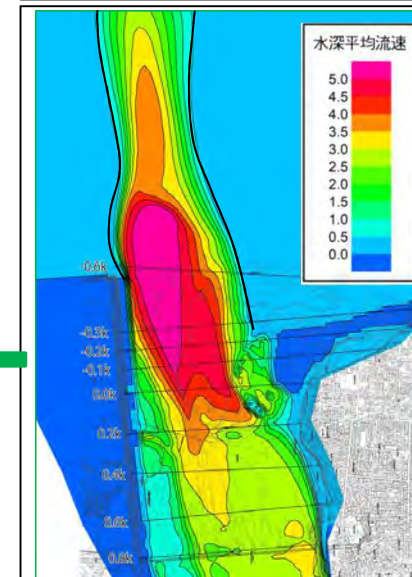


現況(再掲)

洪水後河床高の比較

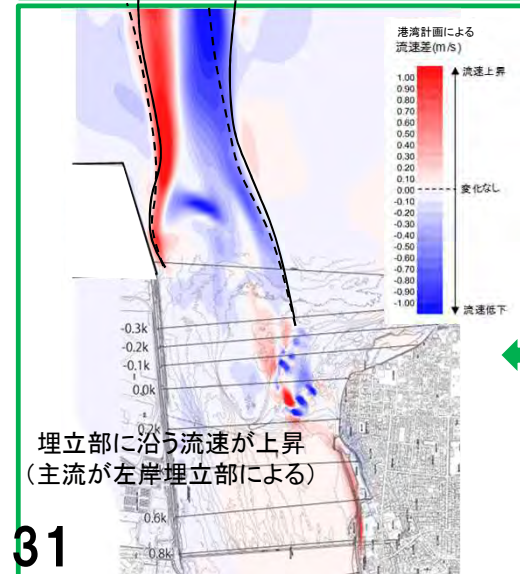


ピーク時の流速分布

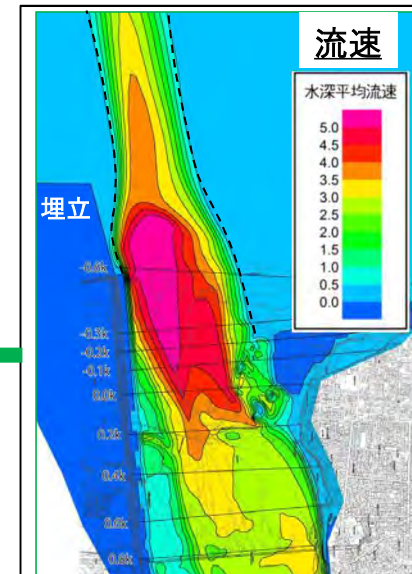


現況(再掲)

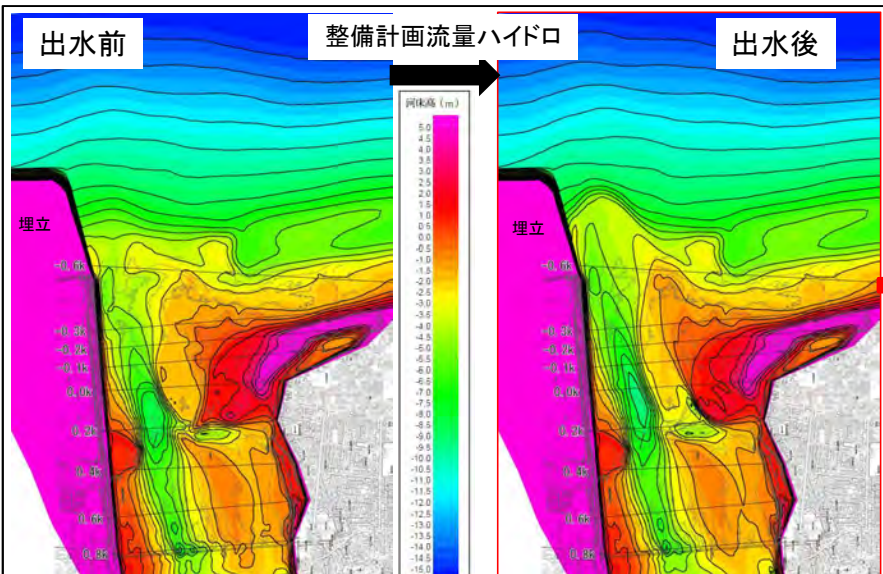
ピーク時流速分布の比較



31



港湾計画実施

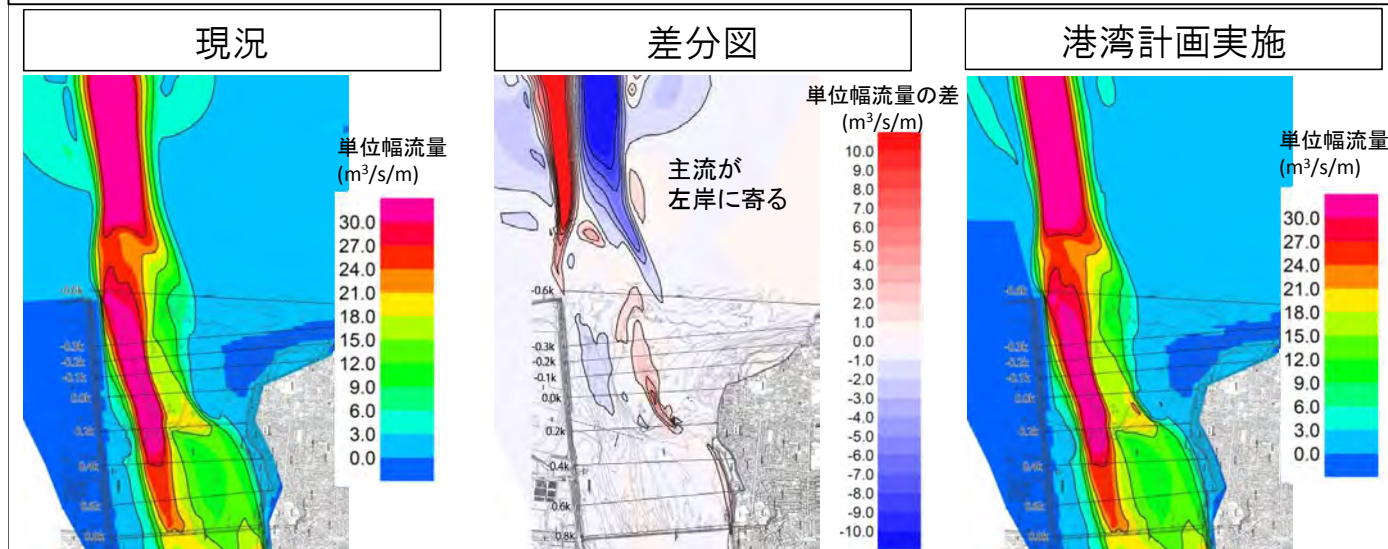


港湾計画実施

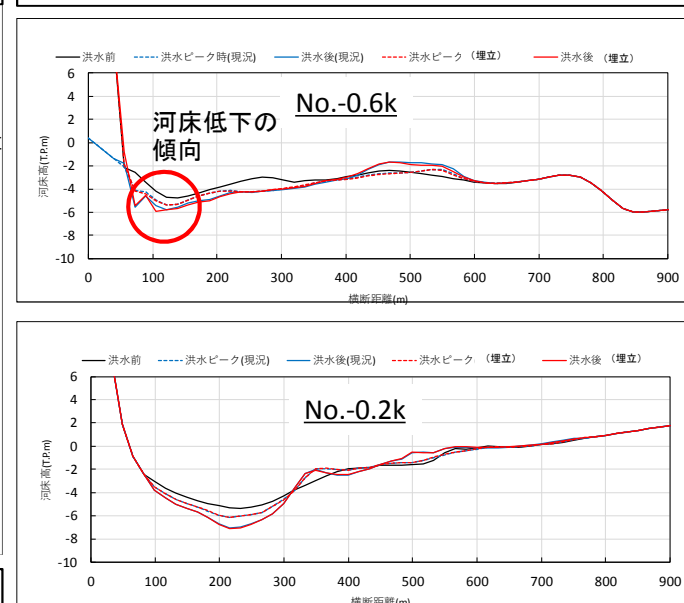
港湾計画による河口砂州に与える影響(現況) ～砂州フラッシュ～

- 港湾計画実施の影響により、流速分布の指向性が高まり、流速分布、単位幅流量が左岸に寄る傾向にある。また、埋立て区域東側で河床低下が進む傾向がみられる
 - 埋立て区域の護岸前面では水位低下する傾向にあり、河道内の水位(流れ)も低下をみせる
- ⇒流速分布の指向性の高まり、左岸側の河床低下により、さらに左岸側砂州が発達しにくくなるとともに、右岸側砂州の延伸を招くと推測される
- [解析上の課題]複数年経過後の河床地形を基に、どのように影響するのかを把握する必要がある。

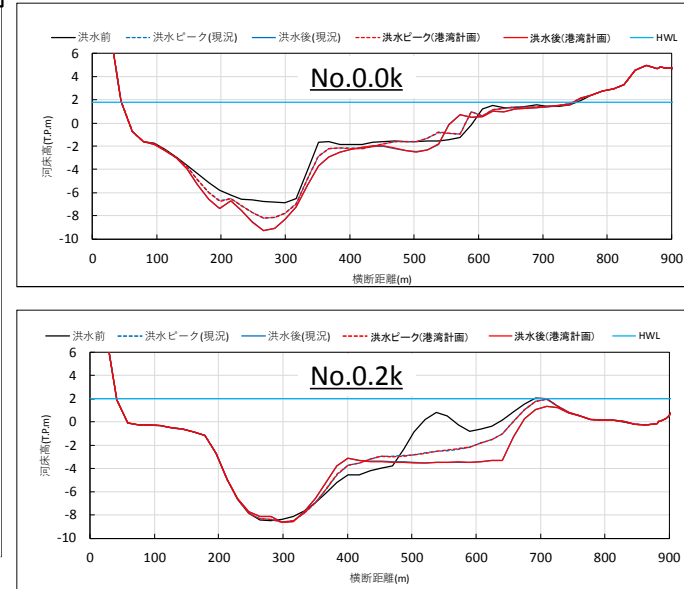
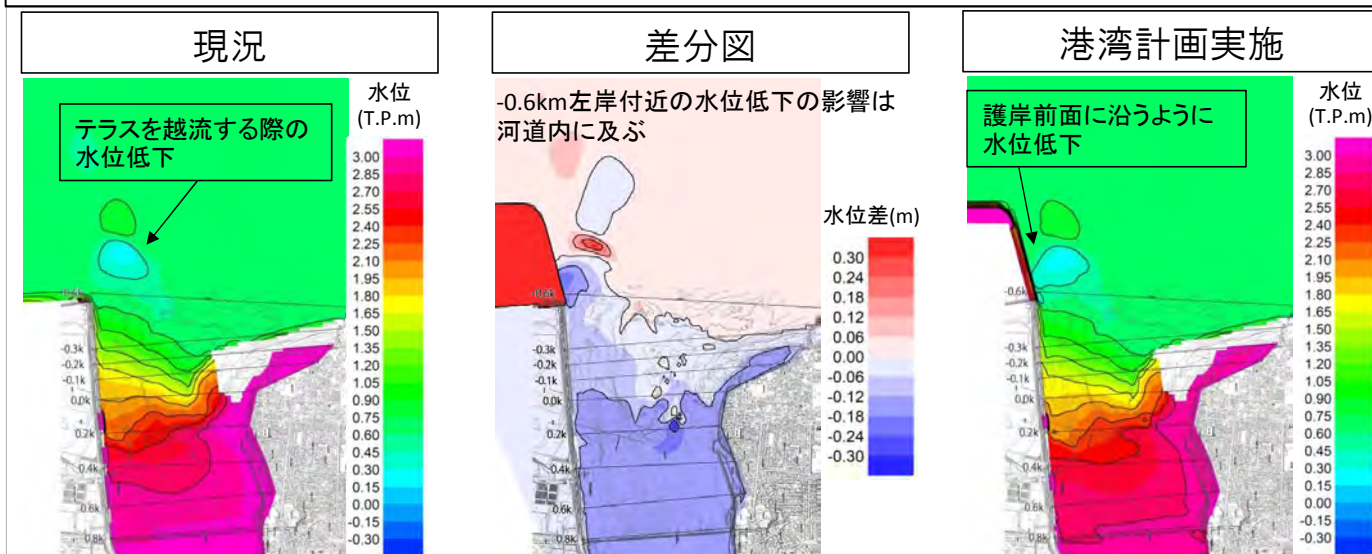
ピーク時単位幅流量分布の比較



横断面変化の比較



ピーク時水面高分布の比較



港湾計画による河口砂州に与える影響(現況一砂州の回復)

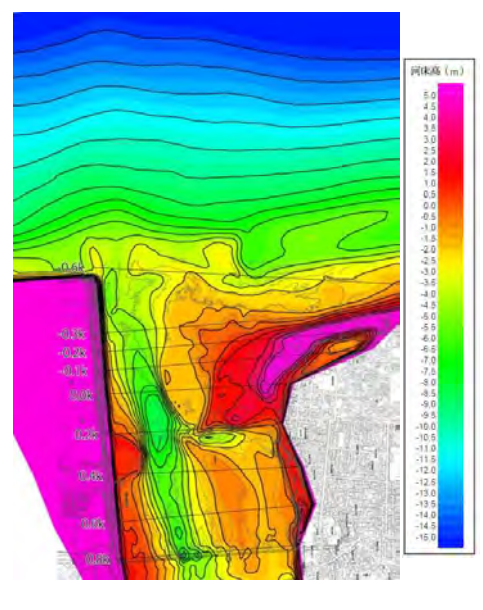
解析による影響把握

2019年時点の河口形状に対する、港湾計画実施(埋立)の影響をモデル③により把握。

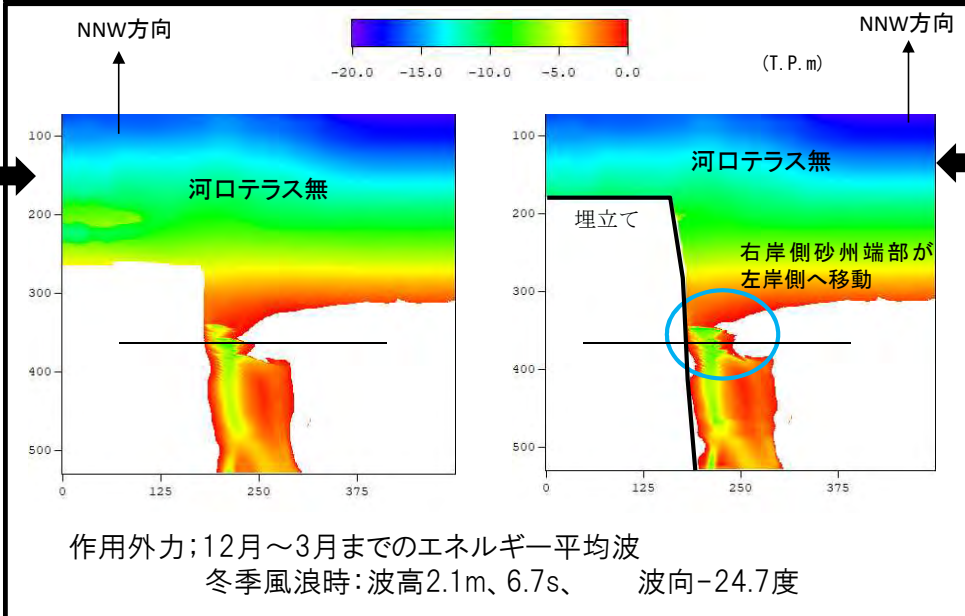
冬季風浪による砂州変化について、港湾計画実施による影響を確認

- 右岸砂州発達位置が現況より沖合側で発達する結果となり、支配断面であるO. Ok地点では右岸砂州堆積が緩和されるように見られるが、支配断面が下流に移動し河道内の深掘部への堆積が生じずらくなる結果

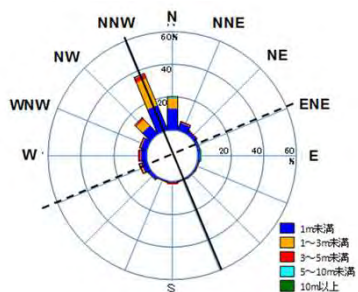
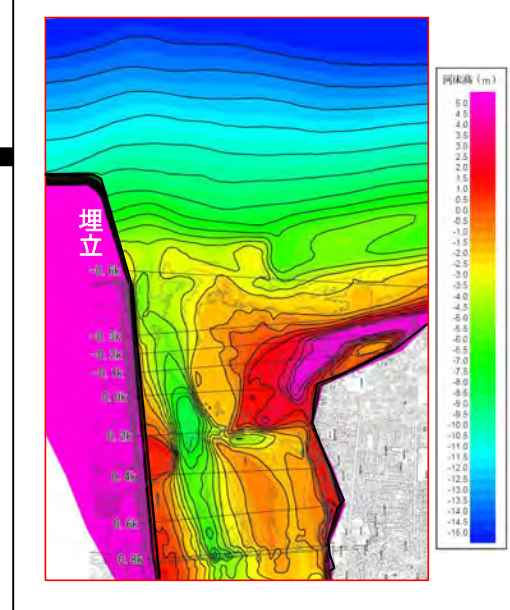
初期河道(現況)



冬季風浪後 海浜地形の変化



初期河道(港湾計画実施)

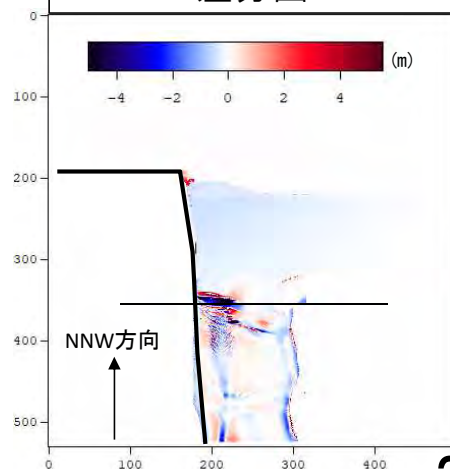


波向別波速階級別頻度分布図(全年)

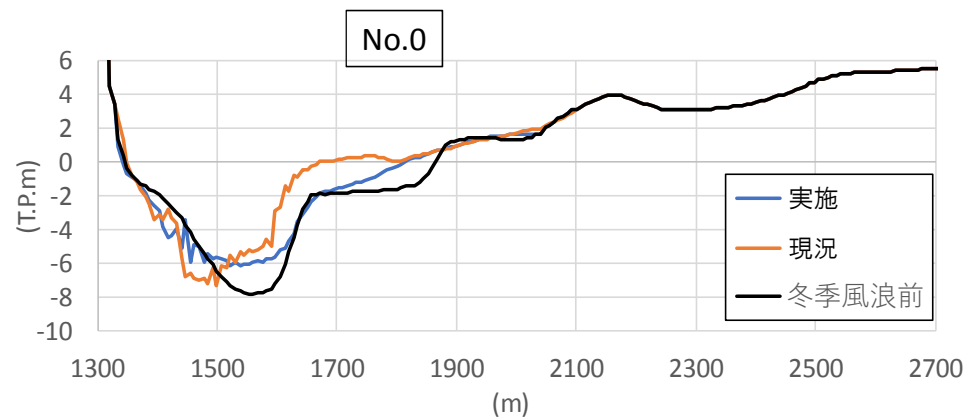


波向と汀線方向の関係

差分図



横断比較



港湾計画による河口砂州に与える影響(H16年以前形状一長期的影響)

解析による影響把握

H16年以前の河口形状を基準とし、港湾計画実施(埋立)による影響をモデル①により把握する。

【検討条件】

- 「目指すべき姿」であるH16年以前の砂州状況に対して、モデル①（等深線変化モデル／地盤沈下は考慮しない）により、解析地形条件を現況と港湾計画実施のケースを設定、阿賀野川からの供給土砂量 $3.5\text{万m}^3/\text{年}$ とし、30年後を比較
- 供給土砂を開口部となる河道中央部に維持されるものと設定

【解析結果】

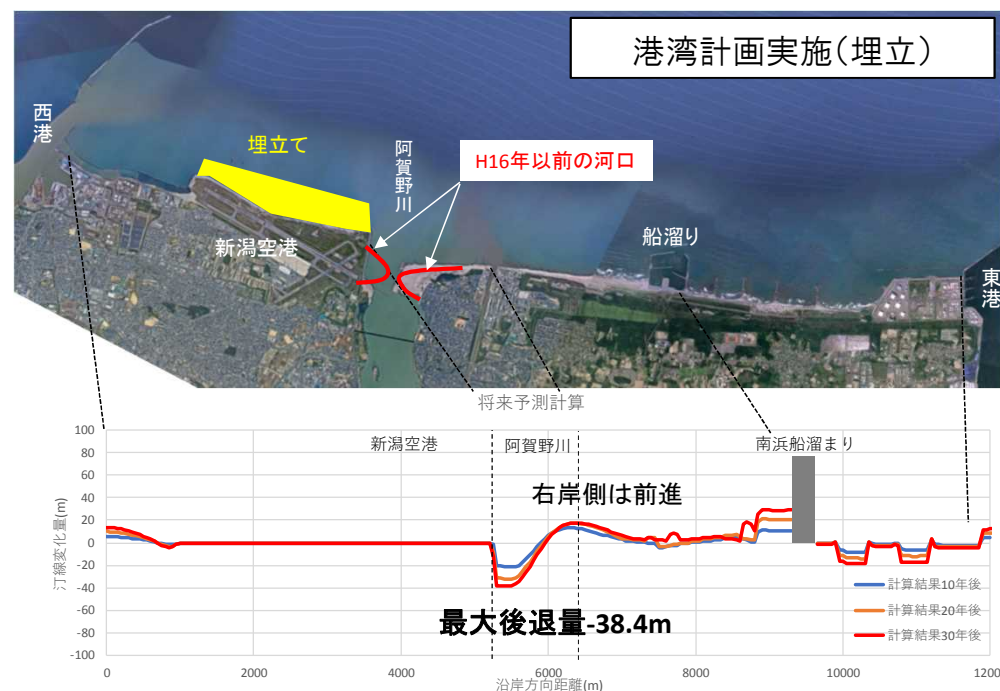
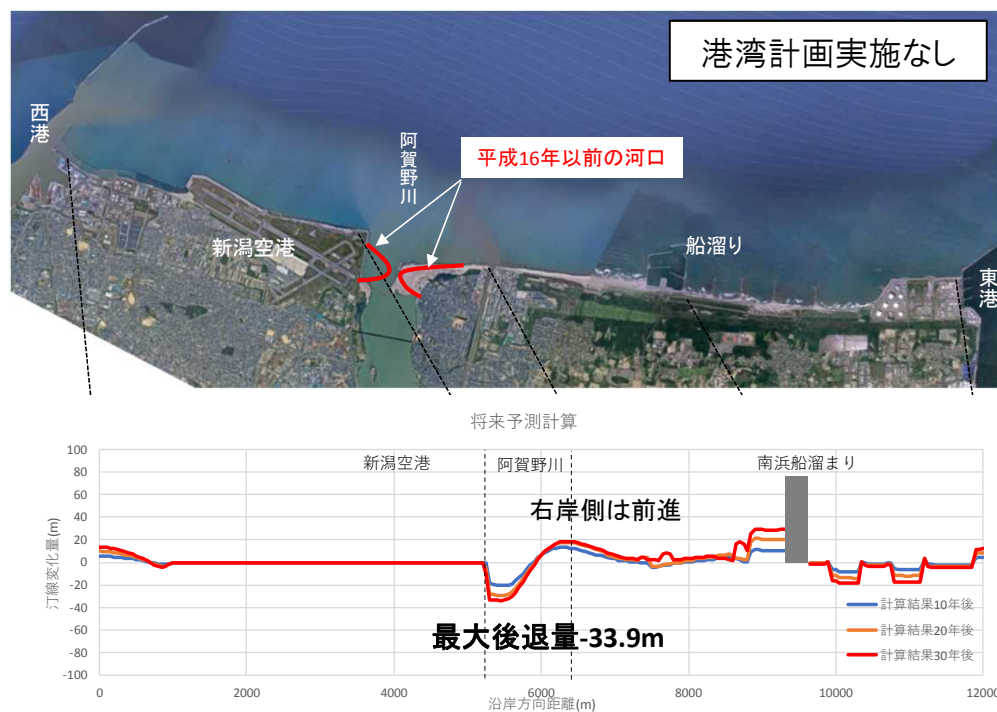
左岸側砂州: 汀線変化予測計算では、左岸砂州側で、現況の場合に比して港湾計画実施の場合では若干の汀線の後退がみられる。ただし、予測精度には課題あり
右岸側: 港湾計画実施(埋立)の有無による顕著な違いは見られない

【影響把握】

- 阿賀野川河口部周辺海域では、西→東への沿岸漂砂が卓越している状況に対して、港湾計画実施により沿岸漂砂が減少することにより更に左岸砂州が後退傾向
- 右岸砂州側は、港湾計画実施の有無にかかわらず河川からの供給土砂が東(右岸)側へ移動して前進傾向

[解析上の課題] 河口部の再現性をより高めた上で影響把握する必要がある。

予測計算結果



港湾計画による河口砂州に与える影響(H16年以前形状一波浪影響)

解析による影響把握

H16年以前の河口形状に対して、港湾計画実施(埋立)の有無による影響を波浪変形計算により把握する。

【検討条件】

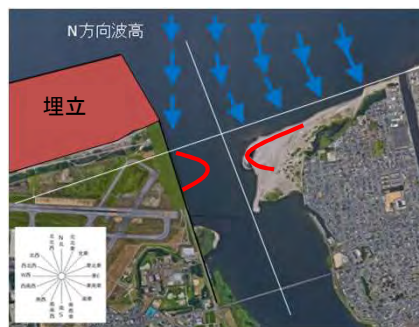
H16年以前の開口部が中央にあった地形条件、右表の条件により港湾計画実施有無のケースを設定

【解析結果】

河道内への波浪進入状況に着目すれば、北西より西向きの進入方向では、港湾計画実施の影響により進入が抑制されることが確認できる

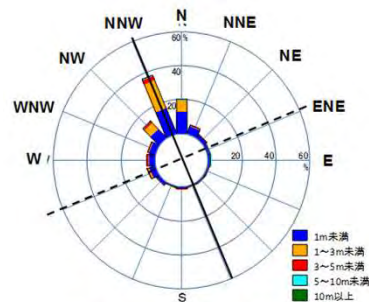
【影響把握】

卓越方向であるNNW方向より北寄りの波に対しての差異はほとんどないが、NW方向より西寄りの波に対しては、河道内への波浪進入が抑制される



項目	検討条件
解析手法	平面二次元波浪変形モデル（ブシネスク方程式）
地形条件	H16年以前地形、港湾計画実施の2ケース
波高・波向 潮位条件	規則波：波高5.09m（年最大波平均）、周期9.5s（相関） 潮位：T.P.+0.71m 波高：5 ケース設定

予測計算結果



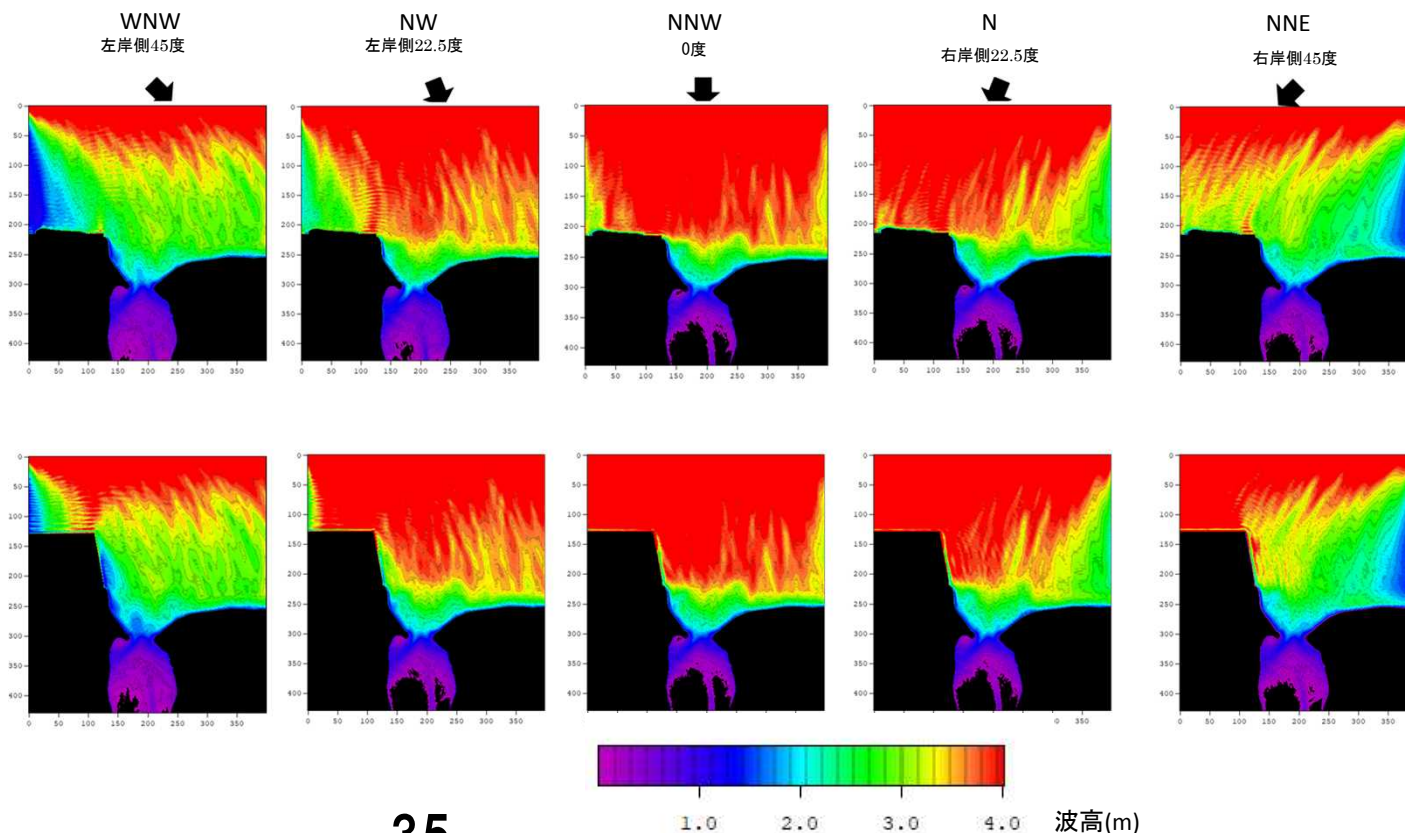
波向別波速階級頻度分布図(全年)



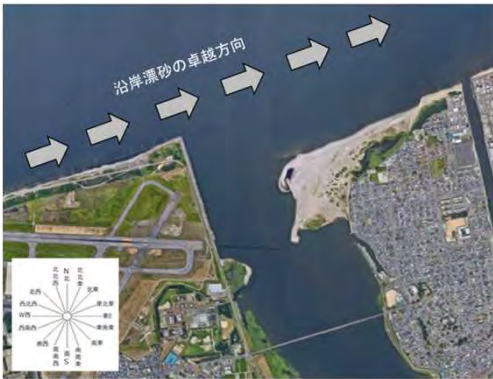
波向と汀線方向の関係

現況(平成16地形)

港湾計画実施



港湾計画による河口砂州に与える影響のまとめ

	現況	港湾計画実施	将来想定される影響
長期的な砂州(汀線)への影響			● 左岸砂州側で、現況に比して港湾計画の実施がある場合では若干の汀線の後退が予想される。 ➢ 左岸側砂州の後退を招く可能性があるため、河川の流れはより左岸側に寄る可能性がある。 [解析上の課題] 河口部の再現性をより高めた上で影響把握する必要がある。
波浪に対する影響			● (現況砂州条件)港湾計画実施の有無による違いは見られない ● (H16以前条件)NNW方向より西寄りでは、港湾計画実施により波浪進入抑制 ➢ 目指すべき姿に対しては、港湾計画を実施する場合は若干優位となる [解析上の課題] 港湾計画実施以降の中期的変化が生じた後の地形による影響把握。
出水に対する影響			● 港湾計画実施により、左岸側の洪水時の流速が上昇 ● 上記により、左岸沿いでは堆積量が減少し、現況に比べて相対的に河床が低下 ➢ 河床低下により滞筋が左岸に寄りやすくなる上、砂州と滞筋の比高差が拡大し、出水時に河口砂州がフラッシュしにくくなることで、洪水流下に支障を来すことになると推測される。

港湾計画による影響の定量評価

- 西から東に向かう漂砂が減少することで、左岸砂州は後退し、右岸砂州は高さ方向に発達しやすくなる可能性がある
- 出水時の流向と堆積の傾向に変化が見られ、現状の課題である滞筋と砂州の比高差拡大を助長する可能性がある。
- ※ ただし、中期的(概ね10年程度)の地形変化による傾向を捉えることで、さらに影響について検討する必要

5. 対策工の概略的検討

対策工の抽出

対策工の選定の判断指標

- ◆ 定量的に評価した課題について、目指すべき河口の姿への自然回復は困難であることから、対策工を個々に抽出し、解析に基づきその効果を定量的に評価する
- ◆ 効果の評価に当たっては、次の判断指標に基づき行うものとし、特に河川管理上の観点から、検討結果などを踏まえ目標数値を設定する

河口部の課題	指標
流下能力の確保	河積の変化（砂州フラッシュの生じやすさ）
	水位の変化（流下能力）
	比高差（砂州高と河床高の差）
左岸側護岸の安定性確保	左岸護岸付近の 流速・波浪エネルギー・河床変動

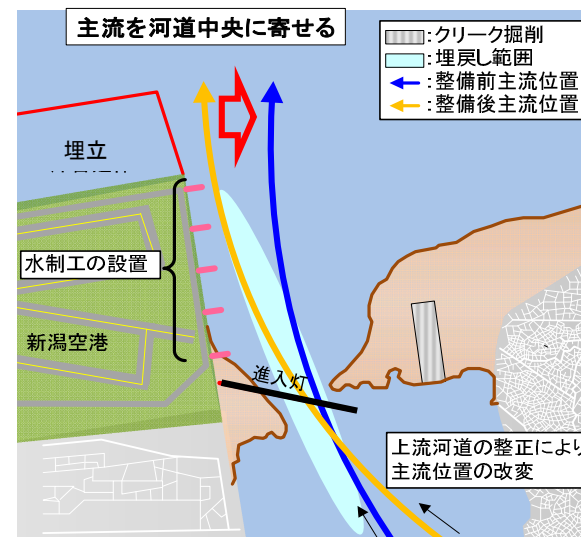
判断指標とする目標数値

- ◆ ピーク時水位：HWL以下
- ◆ 河積の変化：0.0k断面 4割増加
H13河道計算結果より設定
- ◆ 左岸河岸流速：3m/s以下
「水害リスク算定要領(案)」より低水護岸の安定性を評価する流速として設定

対策工の考え方と抽出

- ◆ 判断指標に基づき、人為的改変としての対策工の考え方は、以下のとおりとした
 - 流下能力確保のために右岸砂州フラッシュを誘発させる対策
 - フラッシュ後、波浪による砂州回復が左岸に寄らない対策
 - 堤防機能の低下が生じない対策
- ◆ 対策工の考え方に基づき、対策工案を次ぎのとおり抽出

対策工案	検討内容	期待する効果
河口砂州掘削および 河道内埋め戻し (河口砂州掘削案)	掘削土量	・ 流下能力の確保
	掘削形状	・ 河口砂州フラッシュの誘発
水制工設置案	水制工設置方法	・ 空港前面護岸の安全性の確保
上流河道整正案	河道内掘削方法	・ 河口砂州フラッシュの誘発 ・ 空港前面護岸の安全性の確保



【河口砂州掘削案のねらい】

- 河口砂州を掘削することで流下能力を確保する
- 砂州高と河床高の比高差を解消し、砂州フラッシュを誘発させる

【水制工設置案のねらい】

- 左岸側洪水流速を低減させる
- 波浪エネルギーの低減又は波を破碎させる
- 左岸側堤防前面河床の洗掘を低減させる

【上流河道整正案のねらい】

- 河口砂州フラッシュを誘発させる
- 主流路を是正させ、左岸側堤防前面の安全性を確保する

以降の検討では、港湾計画(埋立て)をモデルに反映し実施する。

対策工の検討(河口部砂州必要掘削土量)

河口部掘削土量

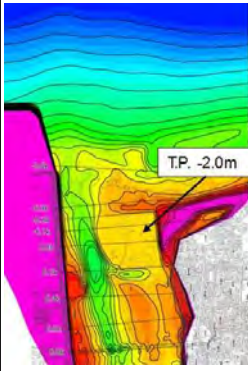
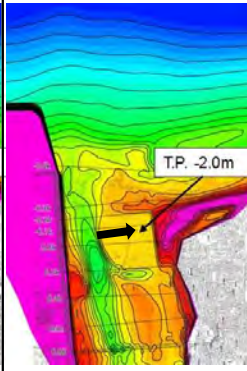
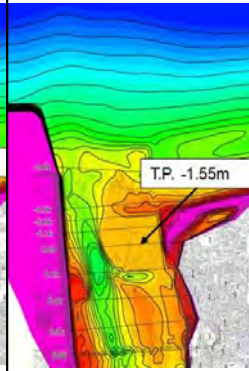
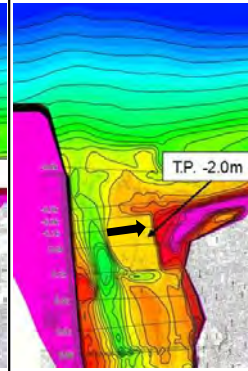
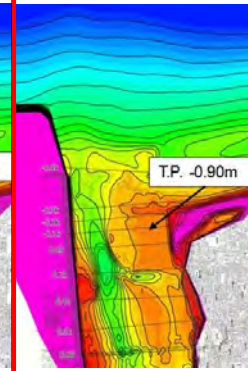
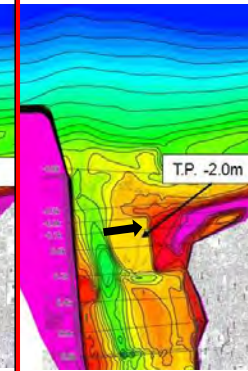
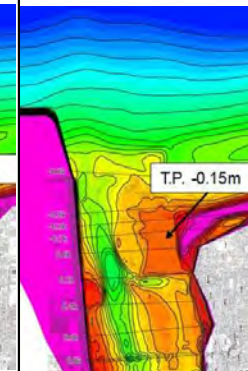
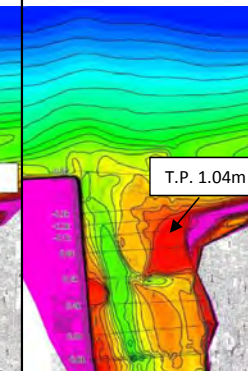
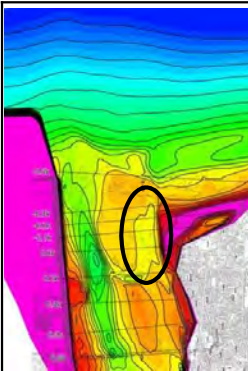
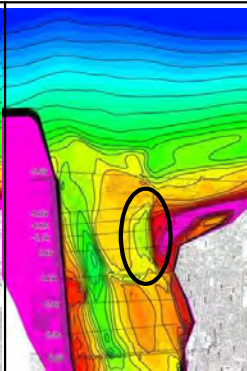
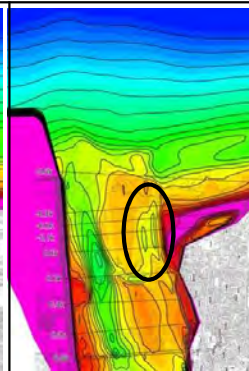
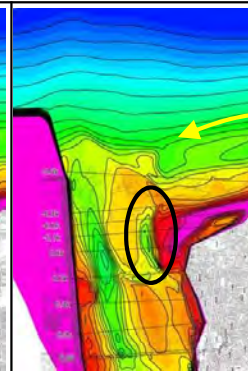
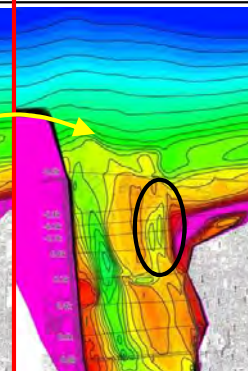
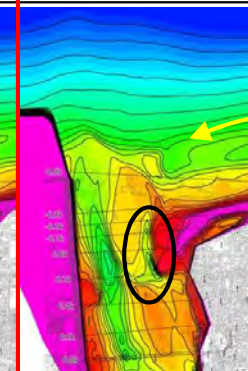
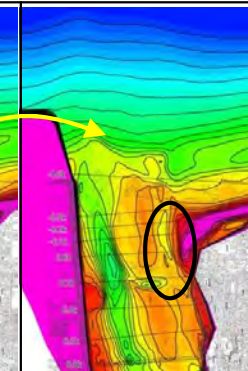
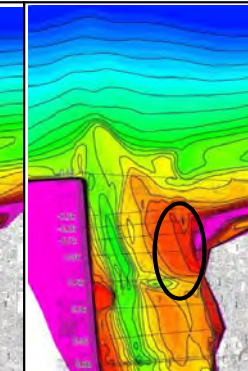
流下能力確保を目的として、右岸砂州を掘削するものとし、掘削土砂を変化させて必要掘削土量を把握する

【検討ケース設定】

掘削土量を50万m³～10万m³とし、掘削方向(深さ方向又は横方向)による違いによりケース設定を行い、整備計画目標流量を対象にHWL以下で流下させうる必要掘削土量を把握する

【検討結果】

- 全てのケースで右岸砂州の河岸より大きなフラッシュ効果が見られる。また、30万m³と20万m³との比較より、砂州高を切り下げなければフラッシュは生じにくいことを確認
- 掘削範囲を固定し、深さ方向に変化させる方が効果量が大きく、最も効率的にHWL以下に流下できるのは、C3-2(30万m³掘削・深さ方向)

	C1 砂州全体	C2-1 横方向	C2-2 深さ方向	C3-1 横方向	C3-2 深さ方向	C4-1 横方向	C4-2 深さ方向	C5 深さ方向
	50万m ³ 掘削	40万m ³ 掘削		30万m ³ 掘削		20万m ³ 掘削		10万m ³ 掘削
洪水前								
洪水後								
水位	HWL以下	HWL以下	HWL以下	HWL超過 0.4kmより下流	HWL以下	HWL超過 0.5kmより下流	HWL僅かに超過	HWL超過(大) 3.1kmより下流
効果量	0.2k水位; 1.71m 断面積: +360m ³	0.2k水位; 1.92m 断面積: +460m ³	0.2k水位; 1.77m 断面積: +500m ³	0.2k水位; 2.21m 断面積: +500m ³	0.2k水位; 1.89m 断面積: +580m ³	0.2k水位; 2.24m 断面積: +400m ³	0.2k水位; 2.10m 断面積: +530m ³	0.2k水位; 2.99m 断面積: +420m ³

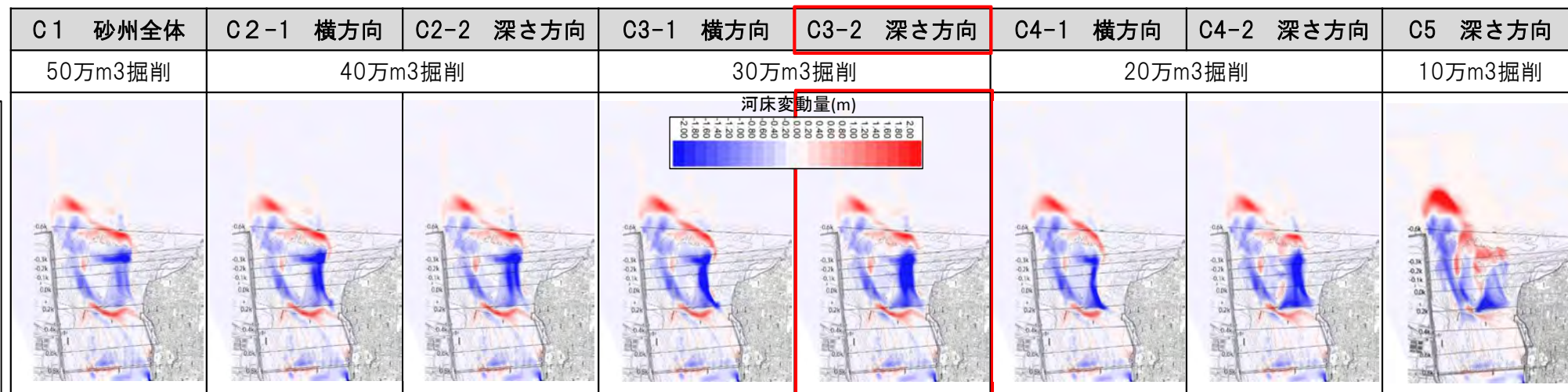
右岸砂州フラッシュ状況着目範囲

対策工の検討(河口部砂州必要掘削土量)

河口部掘削土量

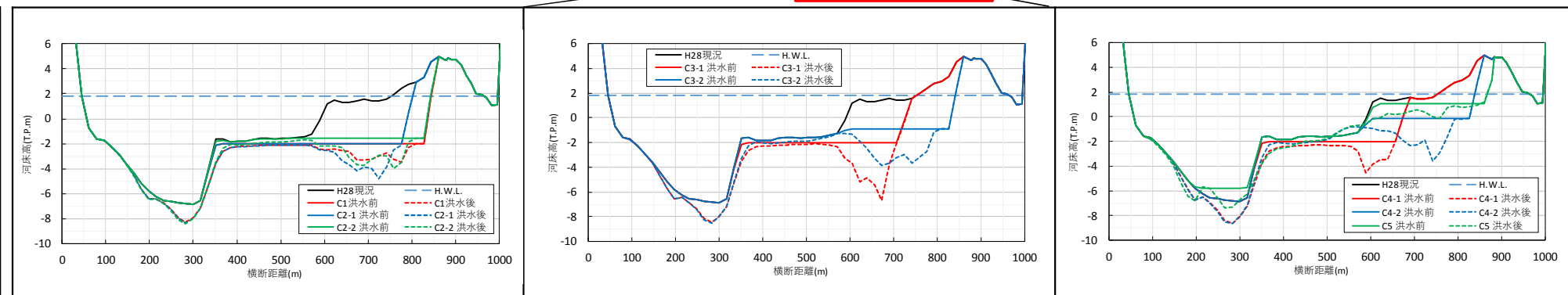
流下能力確保を目的として、右岸砂州を掘削するものとし、掘削土砂を変化させて必要掘削土量を把握する

河床変動量比較



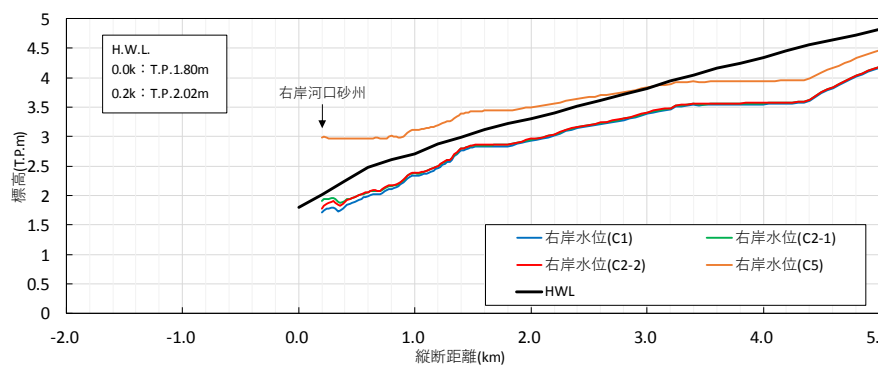
出水前後横断面図

0.0k



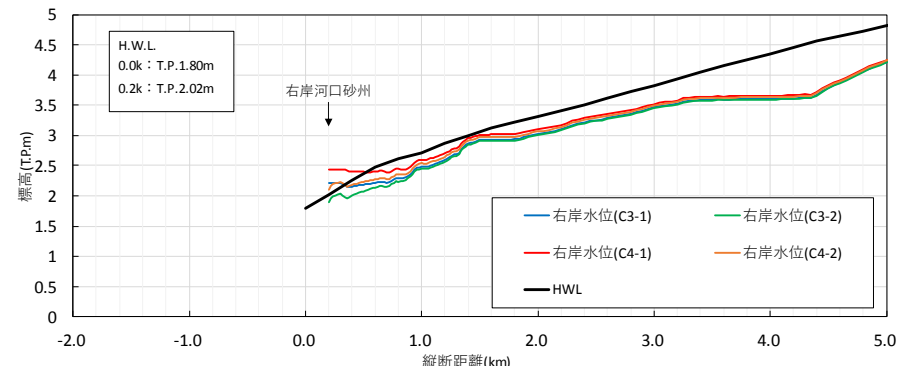
C1 (50万m3)、C2-1・C2-2 (40面m3)、C5 (10万m3)

C1、C2-1,2-2 ; HWL以下、C5 ; HWL超過 (大)



C3-1・C3-2 (30万m3)、C4-1・C4-2 (20万m3)

C3-2 : HWL以下、C3-1、C4-2 : HWL僅かに超過、C4-1 : HWL超過



対策工の検討(河口部砂州掘削形状)

河口部掘削形状

掘削土量30万m³として、流下能力確保のための最も効果的な掘削方法(形状)を検討。

【検討ケース設定】

掘削土量を30万m³とし、前面掘削案に加え、左岸深掘部と右岸砂州との比高差の解消のための深掘部埋戻しの有無を組み合わせ、砂州前面とフラッシュの誘発を狙ったクリーク掘削のケースを設定。

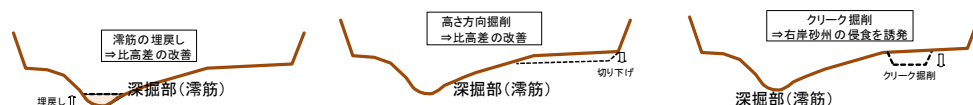
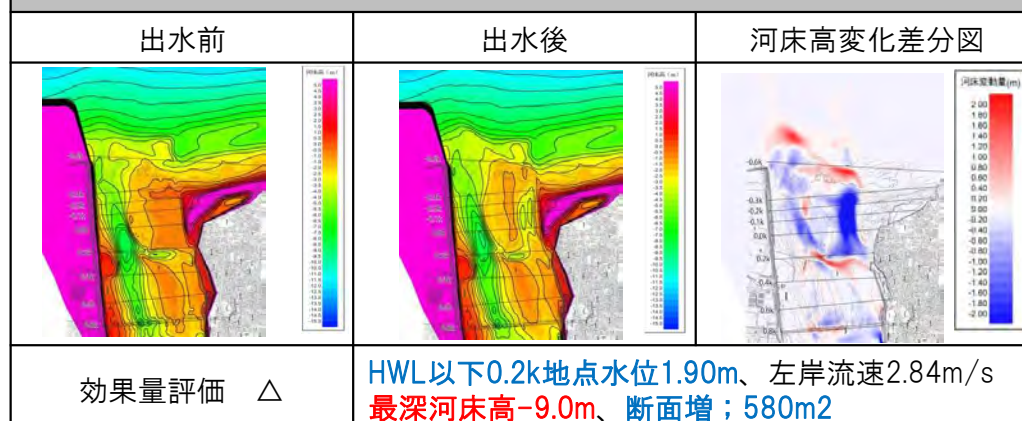


図 対策イメージ

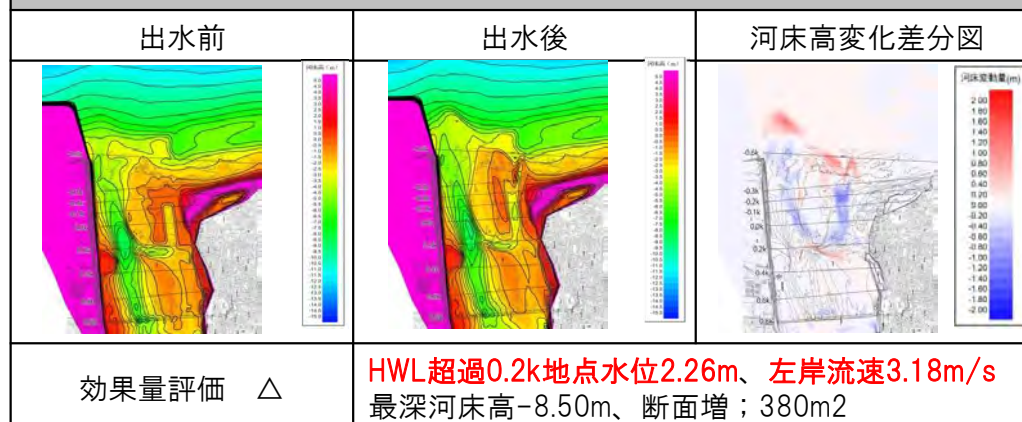
【検討結果】

- クリーク掘削では断面拡大効果が少なく、前面掘削案が優位
- 前面掘削では、埋土無しではHWL以下となるが深掘の進行を助長するため、埋土を前提とし、掘削土量にてHWL以下とする対策が好ましいとする結果となった

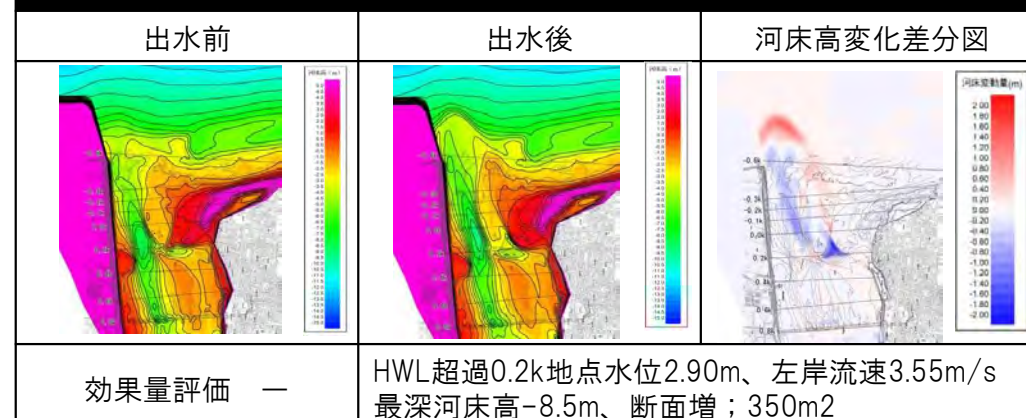
C1：前面掘削・深掘部埋土無し



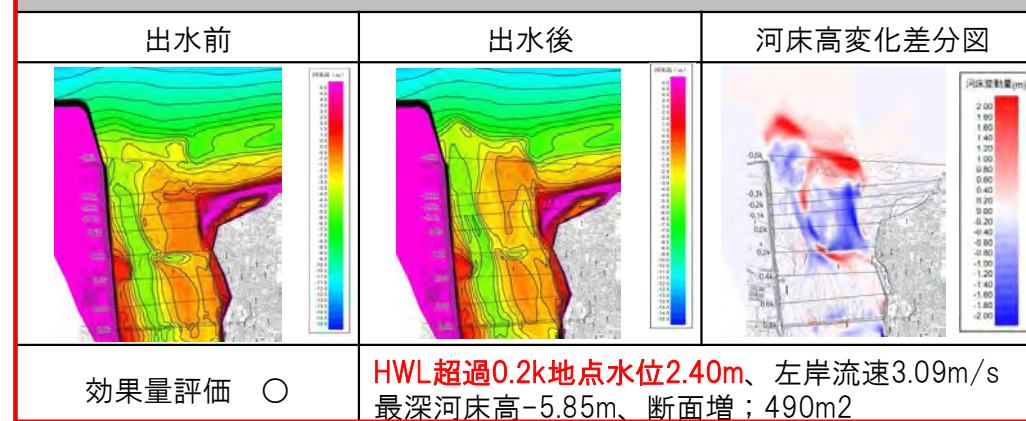
C3：クリーク掘削・深掘部埋土無し



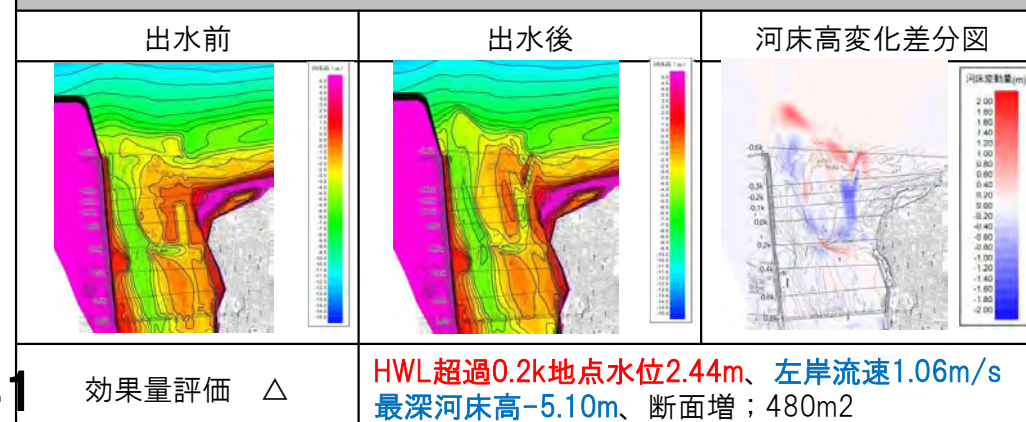
C0：現況河道（対策なし）



C2：前面掘削・深掘部埋土有り



C4：クリーク掘削・深掘部埋土有り

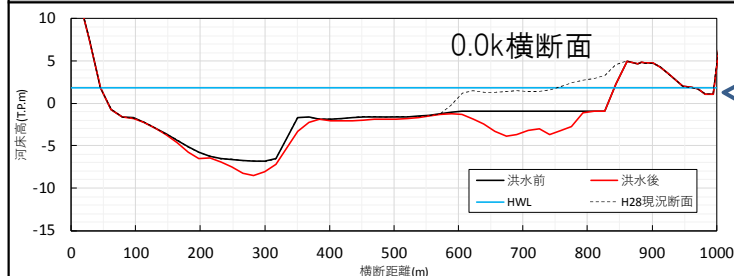


対策工の検討(河口部砂州掘削形状)

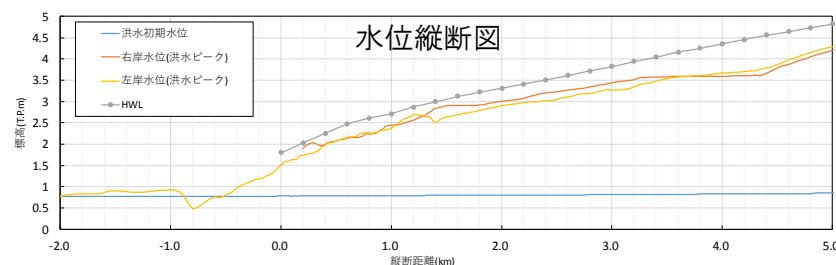
河口部掘削形状

掘削土量30万m³として、流下能力確保のための最も効果的な掘削方法(形状)を検討。

C1; 前面掘削・深掘部埋土無し



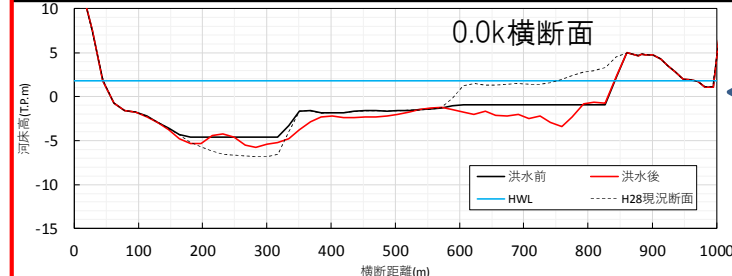
HWL以下河積
出水前: 3,380m²
出水後: 3,960m²
=増加量: +580m²
(+17.2%)



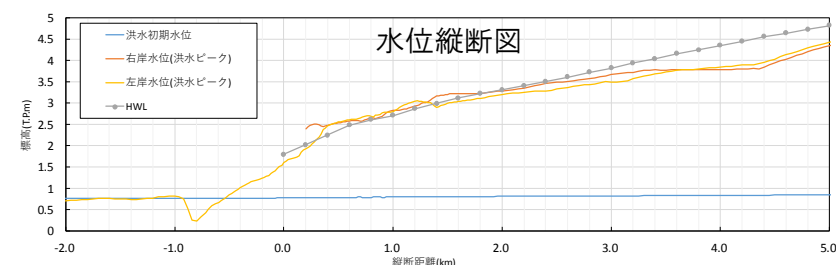
効果量評価 △

HWL超過0.2k地点水位1.90m、左岸流速2.84m/s
最深河床高-9.0m、断面増; 580m²

C2; 前面掘削・深掘部埋土有り



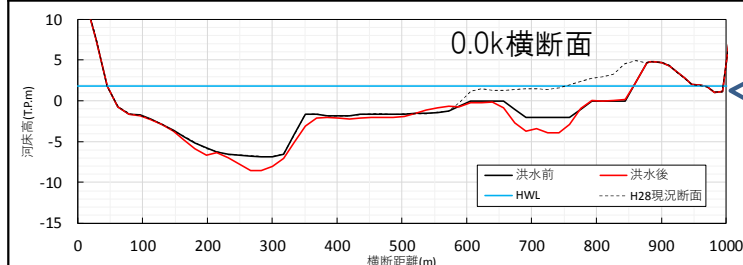
HWL以下河積
出水前: 3,050m²
出水後: 3,540m²
=増加量: +490m²
(+16.1%)



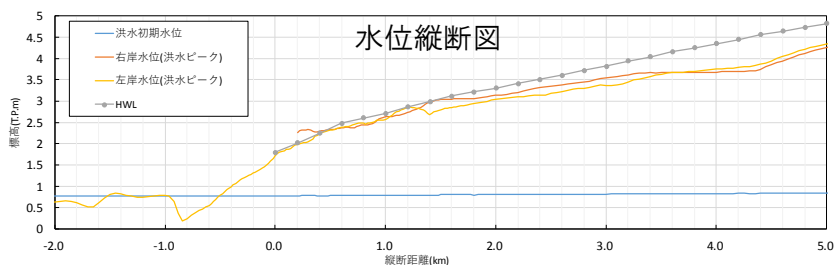
効果量評価 △

HWL超過0.2k地点水位2.40m、左岸流速3.09m/s
最深河床高-5.85m、断面増; 490m²

C3; クリーク掘削・深掘部埋土無し



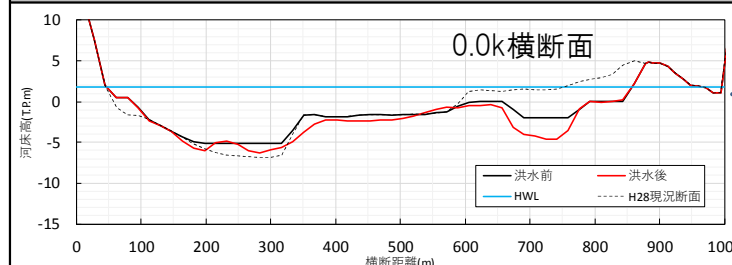
HWL以下河積
出水前: 3,390m²
出水後: 3,770m²
=増加量: +380m²
(+11.2%)



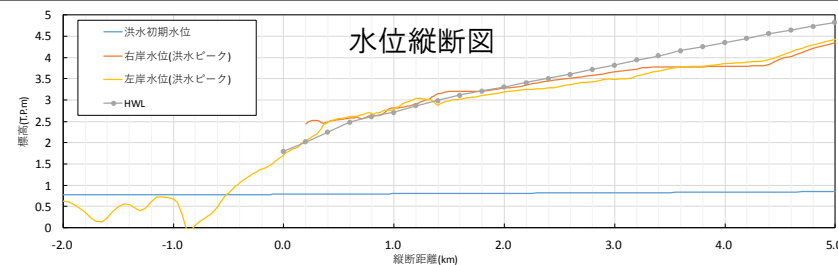
効果量評価 △

HWL超過0.2k地点水位2.26m、左岸流速3.18m/s
最深河床高-8.50m、断面増; 380m²

C4; クリーク掘削・深掘部埋土有り



HWL以下河積
出水前: 3,080m²
出水後: 3,560m²
=増加量: 480m²
(15.6%)



効果量評価 △

HWL超過0.2k地点水位2.44m、左岸流速1.06m/s
最深河床高-5.10m、断面増; 480m²

対策工の検討(河口部砂州必要掘削土量)

掘削形状維持

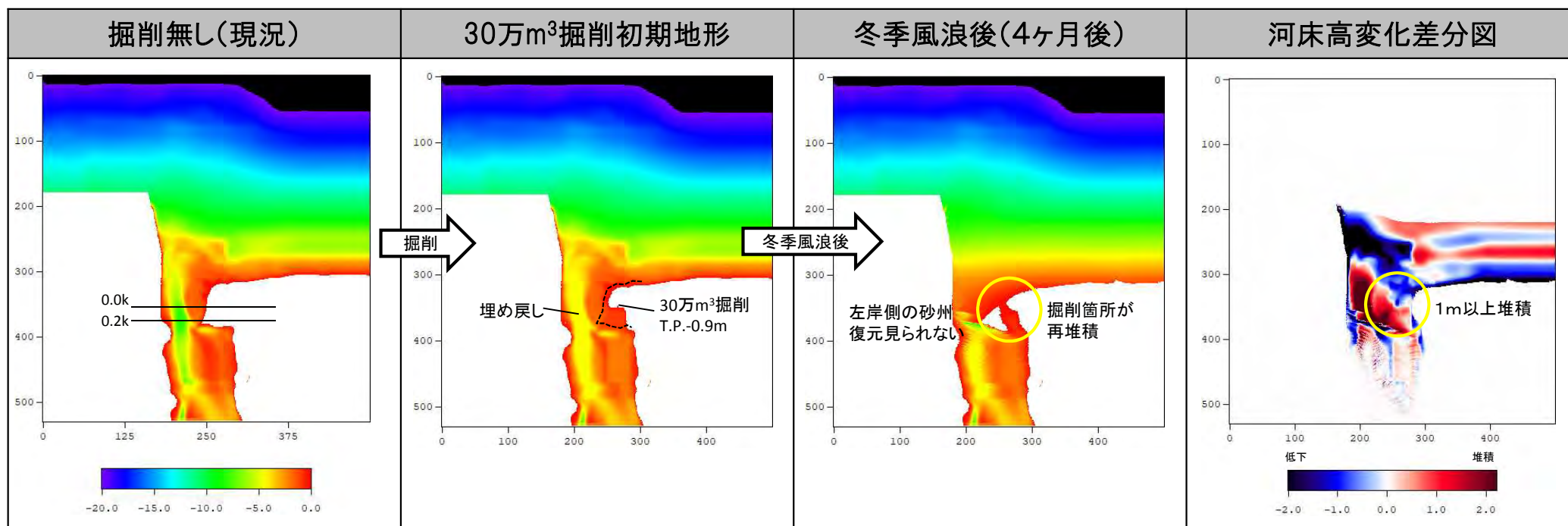
右岸砂州掘削形状が冬季風浪による外力に対し、維持されるかを三次元海浜地形解析により確認。

【検討ケース設定】

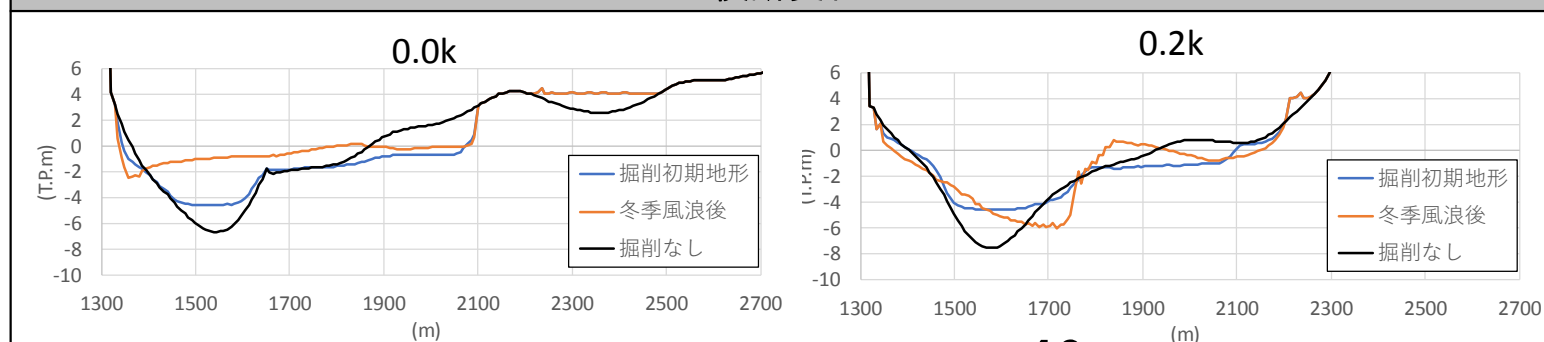
最適と考えられる掘削土量を30万 m^3 ・深さ方向前面掘削(埋め戻し有)案に対し、冬季風浪により河口砂州がどのように変化するか、目指すべき姿に向かうことが可能か、三次元海浜地形変化モデルにより、「目指すべき姿の回復の可能性」と同一条件により解析し、確認を行う。

【検討結果】

- 河道掘削後の河道条件にあっても現在の傾向は変化せず、左岸側に砂州の回復は生じず、右岸側砂州は河道中央に延びるため、再度の掘削が必要となる



横断変化



冬季風浪前後の変化量

掘削箇所に
約9万 m^3 堆積



毎年維持掘削
を必要とする。

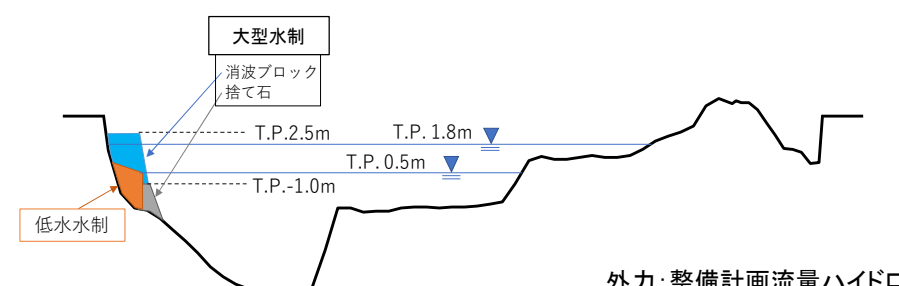
対策工の検討(河口部左岸側の防護)

水制工効果検討

左岸側流速の低減、河床低下抑制効果を期待した左岸側水制工の効果について検討。

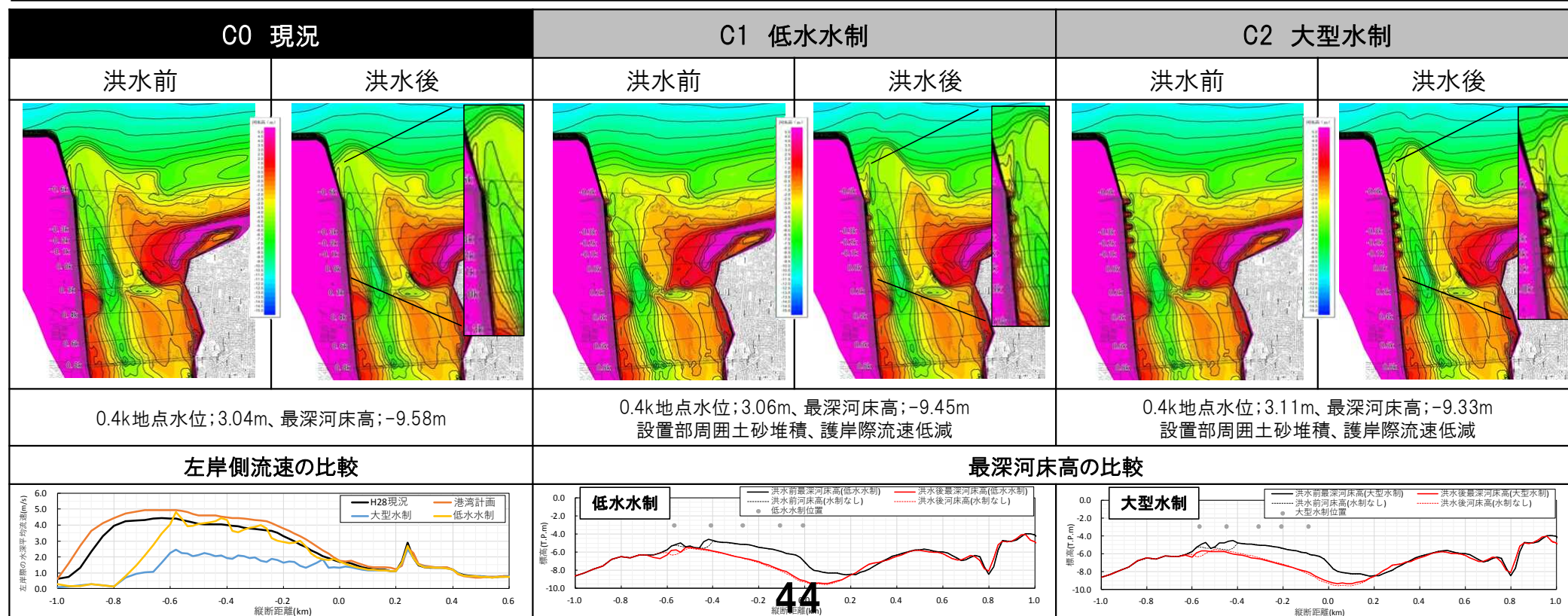
【検討ケース設定】

左岸側流速の低減、河床低下抑制効果を期待し、低水水制や大型水制を配置し、H28河道による出水時における河岸側護岸への流速抑制効果を検討。

ケース	C1 低水水制	C2 大型水制	概要図
目的	洪水流速の低減	護岸に対する波浪の緩衝	
高さ	年1回越波が生じる高さ: T.P. 1.8m	河口砂州と同程度の高さ: T.P. 2.5m	
横断方向長さ	平水時川幅の1/10: 30m	松ヶ崎付近の水制参考: 50m	
縦断方向長さ	実績を基に15m	消波ブロック・捨て石の安定勾配とし37m	
設置間隔	2°の入射角を持つ流れが直接護岸に当たらない間隔: 140m	NNW方向の波が直接護岸に当たらない間隔: 85m	

【解析結果(出水時の効果)】

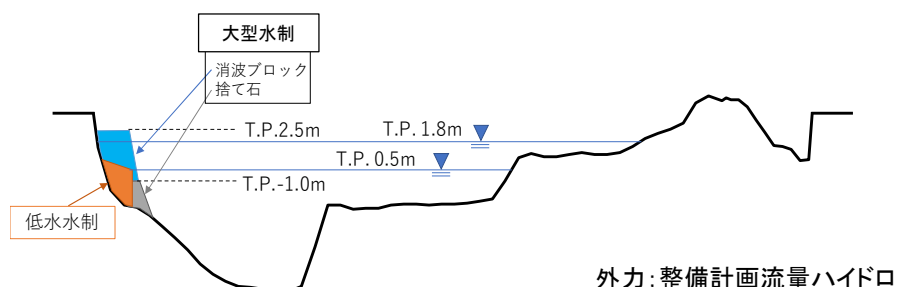
- 水制工間への土砂堆積、左岸側流速低減効果、若干の左岸側河床低下抑制が見込まれ、特に大型水制で流速低減効果が高い
- ただし、水制工配置により水位上昇を招くため、流下能力確保に課題



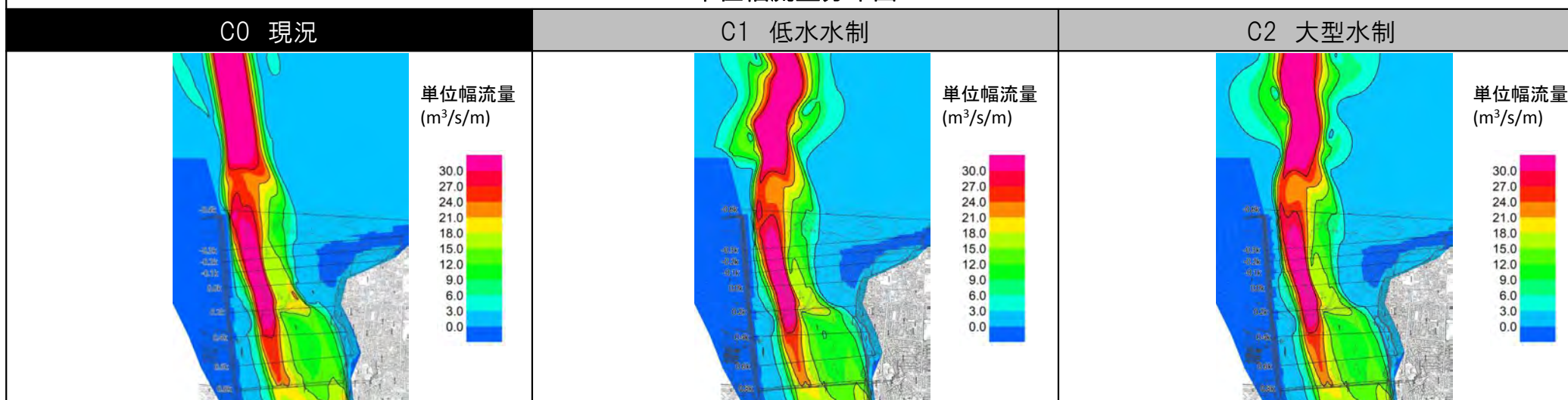
対策工の検討(河口部左岸側の防護)

水制工効果検討

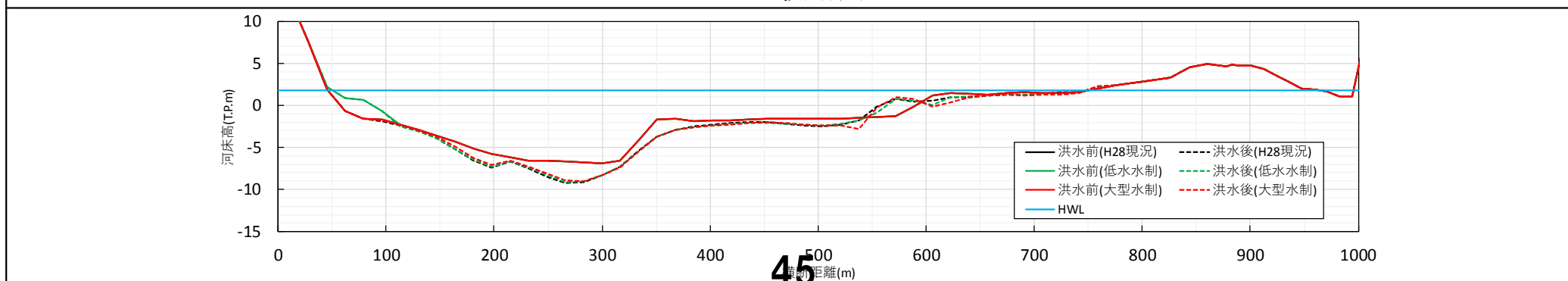
左岸側流速の低減、河床低下抑制効果を期待した左岸側水制工の効果について検討。

ケース	C1 低水水制	C2 大型水制	概要図
目的	洪水流速の低減	護岸に対する波浪の緩衝	
高さ	年1回越波が生じる高さ: T.P. 1.8m	河口砂州と同程度の高さ: T.P. 2.5m	
横断方向長さ	平水時川幅の1/10; 30m	松ヶ崎付近の水制参考: 50m	
縦断方向長さ	実績を基に15m	消波ブロック・捨て石の安定勾配とし37m	
設置間隔	2°の入射角を持つ流れが直接護岸に当たらない間隔; 140m	NNW方向の波が直接護岸に当たらない間隔: 85m	

単位幅流量分布図



0.0k横断面図



対策工の検討(河口部左岸側の防護)

水制工効果検討

波浪に対する河岸への波浪抑制効果、冬季風浪に伴う砂州回復の可能性について波浪計算により検討。

【検討ケース設定】

- ① 波浪の影響 水制工配置による、波浪抑制効果について、平面二次元波浪変形計算により確認する。
- ② 砂州の回復 水制工配置により、河口部地形・砂州回復の可能性について、三次元海浜変形モデル(BGモデル)により確認する。

【解析結果(①波浪の影響)】

水制工の配置により、卓越波の河道進入抑制効果が確認された。また、冬季風浪に伴う河口砂州回復に対し、左岸側の洗掘に効果が見られる。

①波浪の影響(波浪制御予測)

【波浪変形計算条件】

計算手法;ブシネスク方程式による

平面二次元波浪計算手法

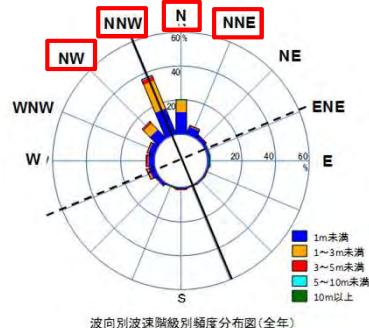
地形:H28河道 11,000m³/s流下後

規則波:波高=5.09m(年最大波平均)

周期=9.5s(相関式より)

潮位:T.P.+0.71m(県計画HWL)

波向:

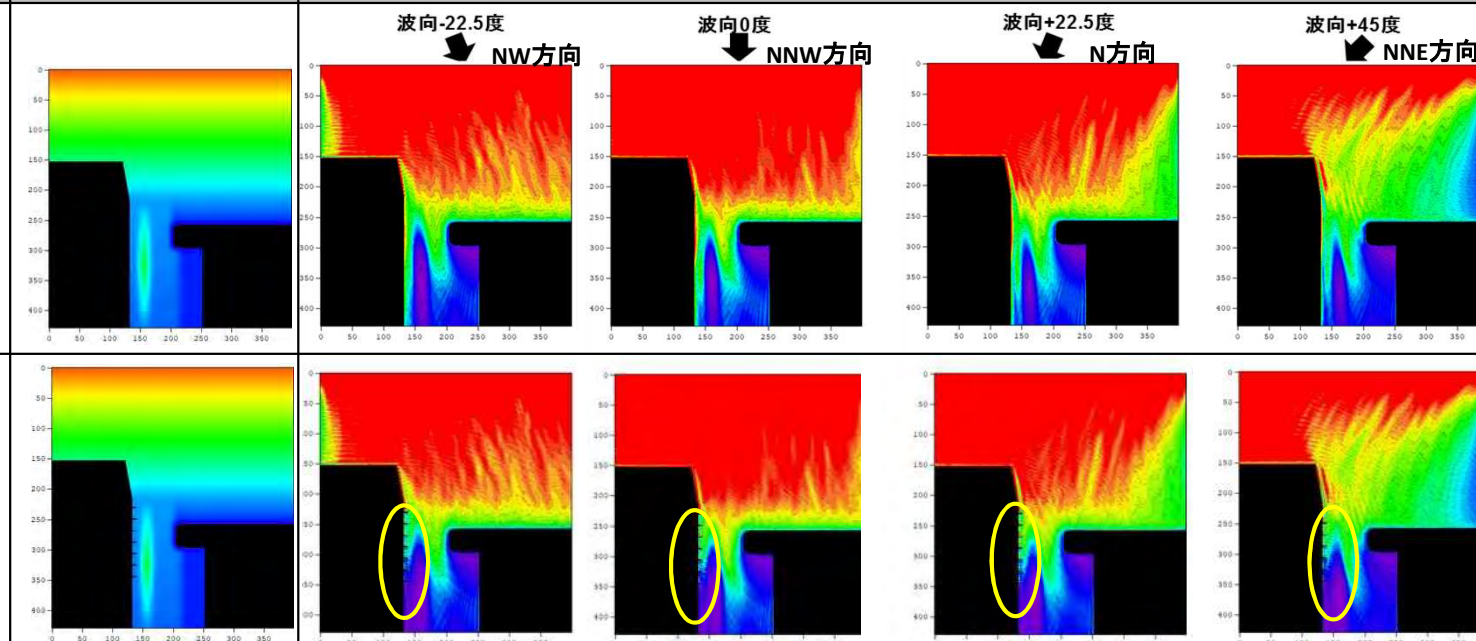


水制工無し

水制工有り

初期地形

計算結果



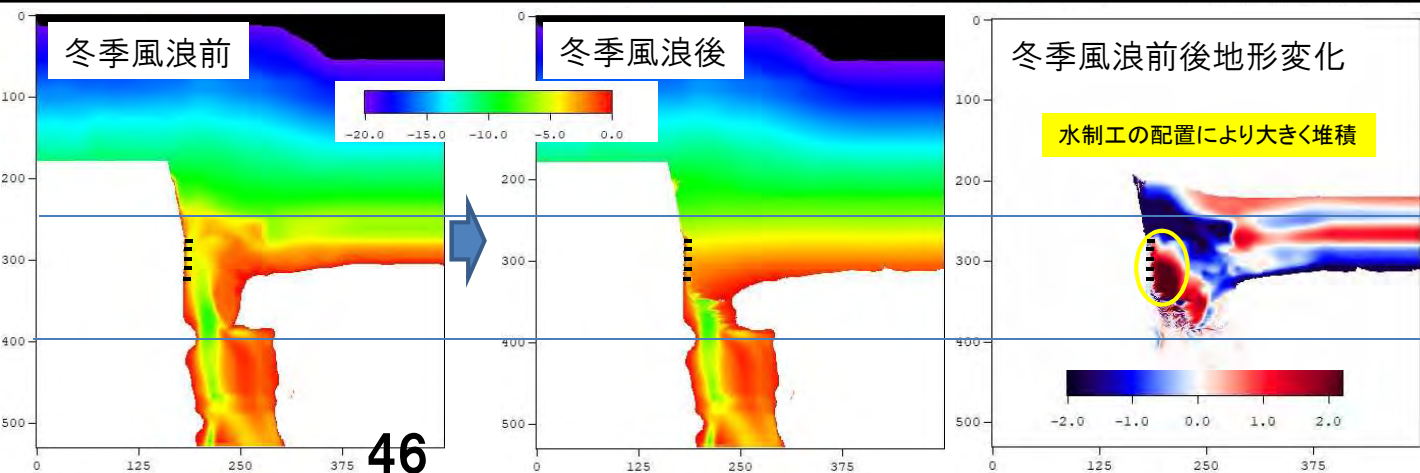
②砂州の回復

三次元海浜変形モデルにて、H28河道に対し計算。

項目	設定条件
計算期間	冬季風浪を対象: 12月~3月までの4カ月
初期断面	平面二次元河床変動計算で用いた H28 の地形に水制工を設置した地形 (維持可能な観点から出水前を対象)
波浪条件	12月~3月のエネルギー平均波 冬季風浪時: 波高 2.1m、6.7s、波向+24.7度 (新潟沖 1989~2017 年)
波高・波向	緩勾配方程式より算定 (14日に1回更新) (計算結果をメディアンフィルターにより平滑化)
移動限界水深	冬季風浪時: T.P.+2.0m(陸側)、T.P.+9.0m(沖側)
粒度	d=0.4mm: 現状を構成
境界条件	右側側 [流出入: 開] 左岸側 [流出入: 開]
供給土砂量	なし

冬季風浪前

冬季風浪後



冬季風浪前後地形変化

水制工の配置により大きく堆積

対策工の検討(河道整正)

河口上流河道影響検討

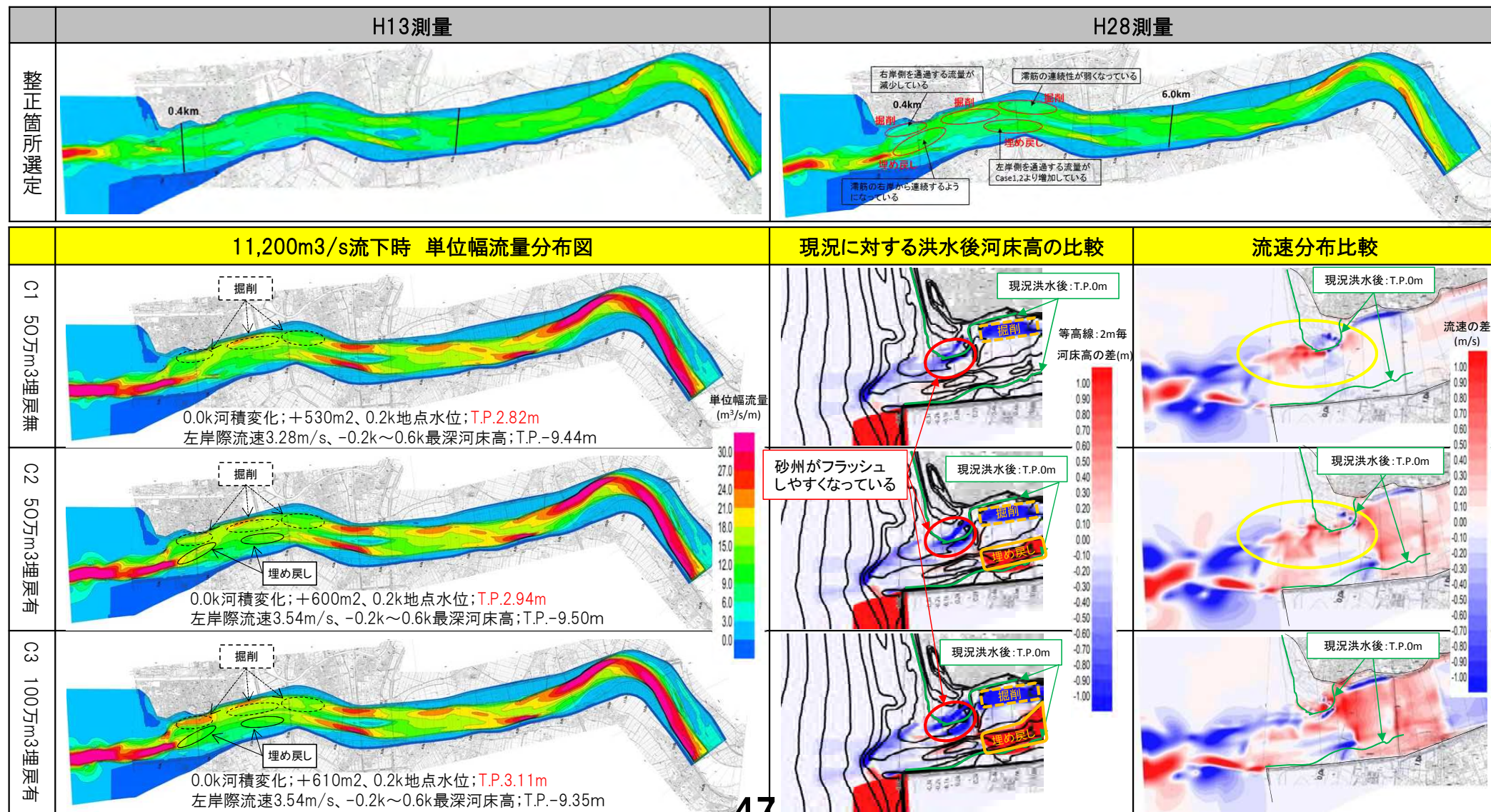
河口上流での河道整正により流向を是正することで、砂州フラッシュ誘発できるか検討。

【検討ケース設定】

目指すべき河口の姿を念頭に、H16年以前の河道(H13測量)と現況河道(H28測量)を比較し、H13河道の滞筋に戻すよう河道整正箇所を設定。約50万、約100万m³の2ケースを設定し、整備計画規模洪水にてGBVCモデルにより効果を確認する。

【解析結果】

河道の掘削・埋め戻しにより、河道内の流れが右岸側に寄り、河口砂州上を越流する流れが大きくなることで砂州フラッシュを誘発する効果が見られる。ただし、現在の主流路を埋め戻す際には、合わせて河道内の水位上昇が生じることに注意が必要である。



対策工の検討(上流河道の影響)

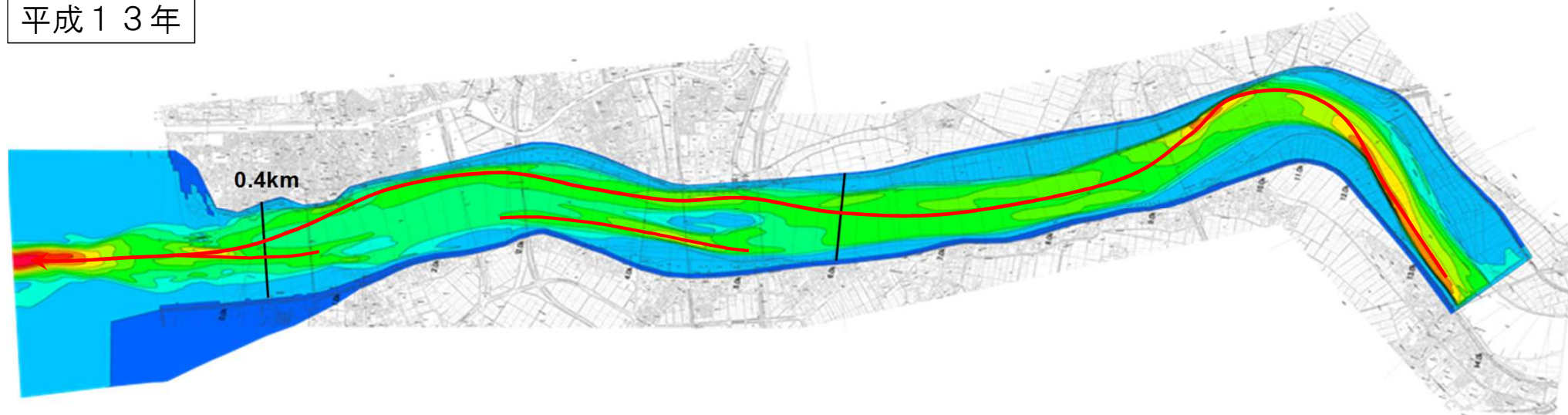
上流河道影響検討

河口より上流河道の影響を把握するため、河道整正による効果をGBVCモデルで確認。

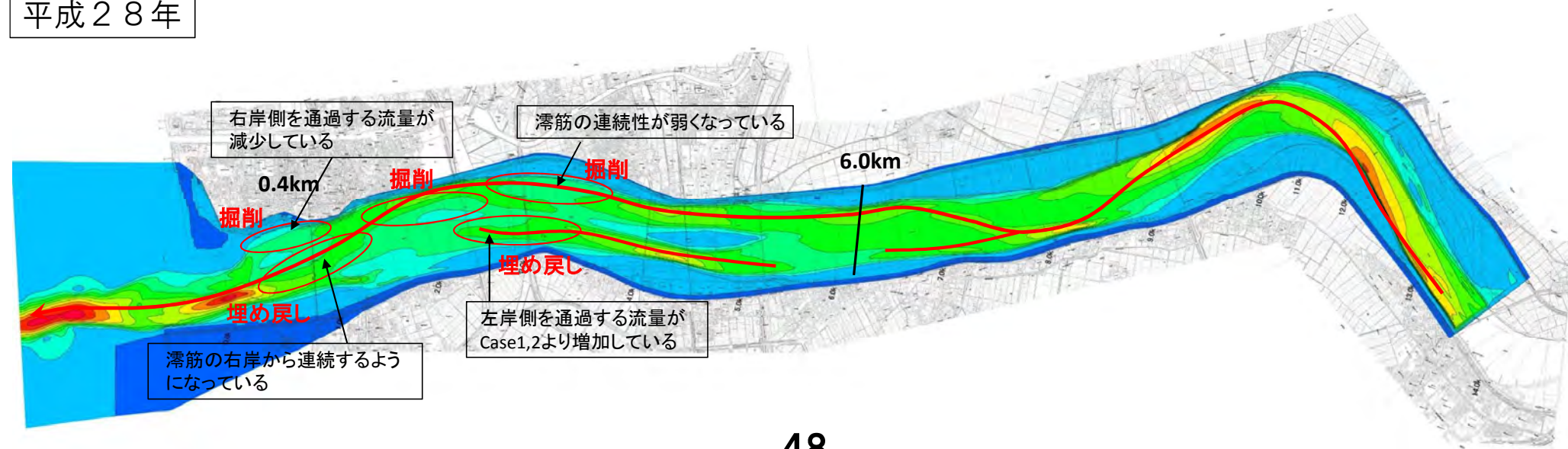
- ◆ 目指すべき河口の姿を念頭に、H16年以前の河道(H13測量)と現況河道(H28測量)を比較し、滞筋を戻すよう河道整正箇所を設定
- ◆ 掘削土量を約50万m³とし、埋め戻しの有無を設定し、整備計画規模洪水にてGBVCモデルにより効果を確認する

掘削箇所の選定（単位幅流量分布図より）

平成13年



平成28年

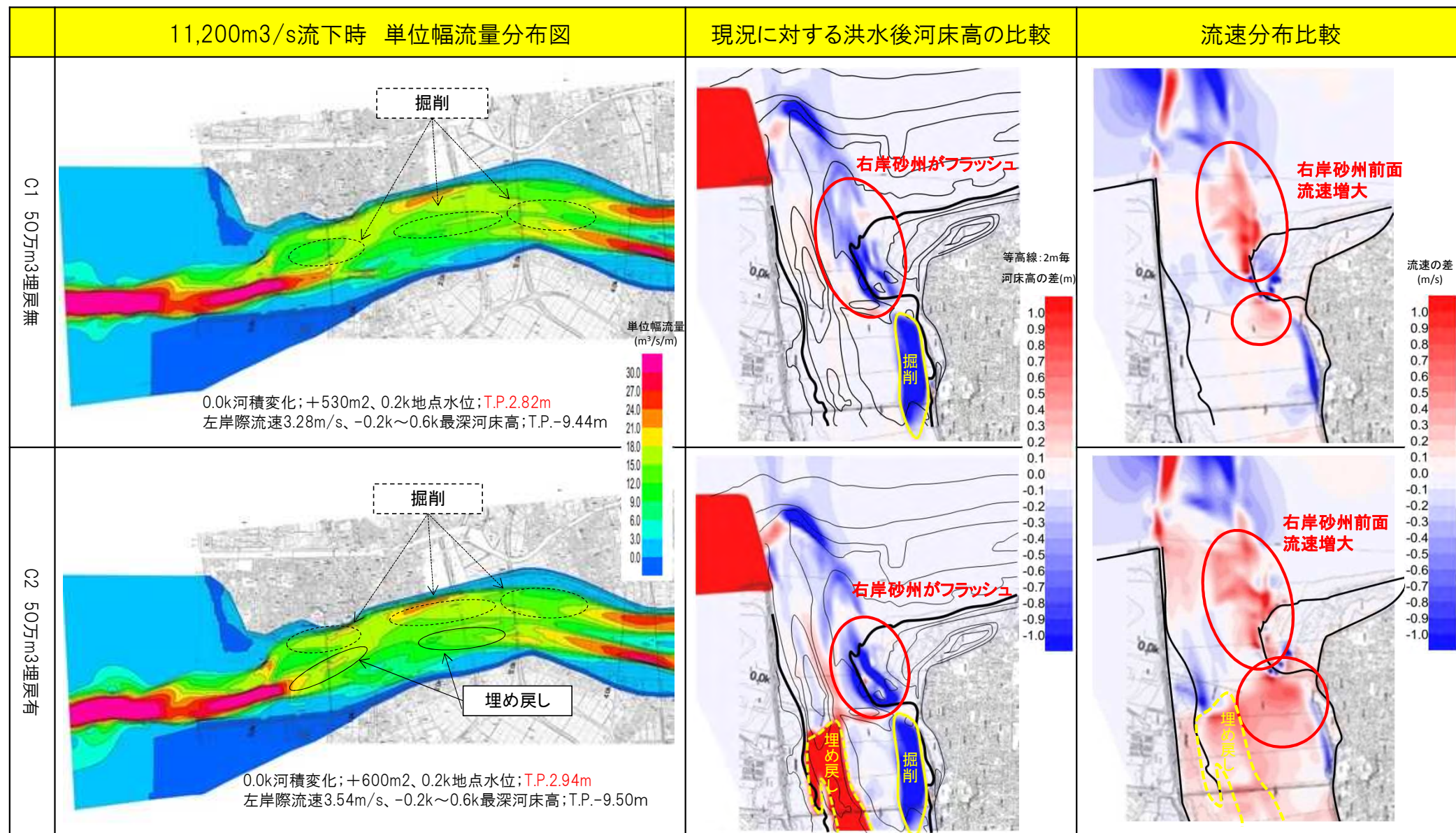


対策工の検討(上流河道の影響)

上流河道影響検討

河口より上流河道の影響を把握するため、河道整正による効果をGBVCモデルで確認。

- ◆ 埋め戻しの有無に拘わらず、右岸側砂州前面で流速増が確認され、砂州フラッシュが働く。
 - ◆ 左岸側では大きな変化は見られないが、やや流速は低下することが確認される
- ⇒ 上流河道の流向是正効果を確認。河口砂州管理検討にあたっては、上流河道の変化を含め検討する必要がある



対策工の検討(上流河道の影響)

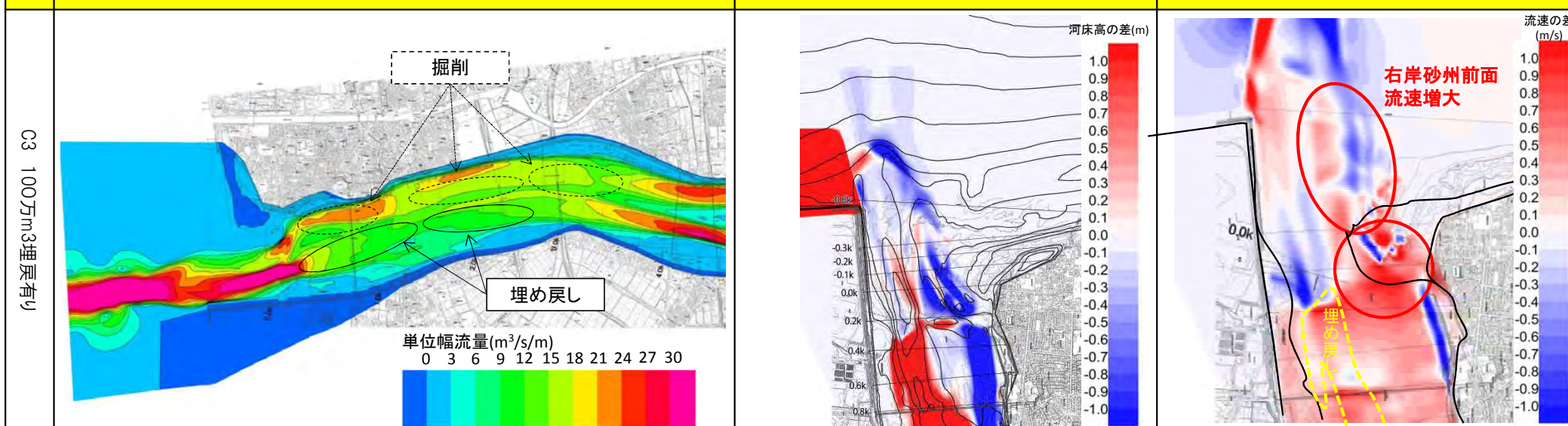
上流河道影響検討

河口より上流河道の影響を把握するため、河道整正による効果をGBVCモデルで確認。

11,200m³/s流下時 単位幅流量分布図

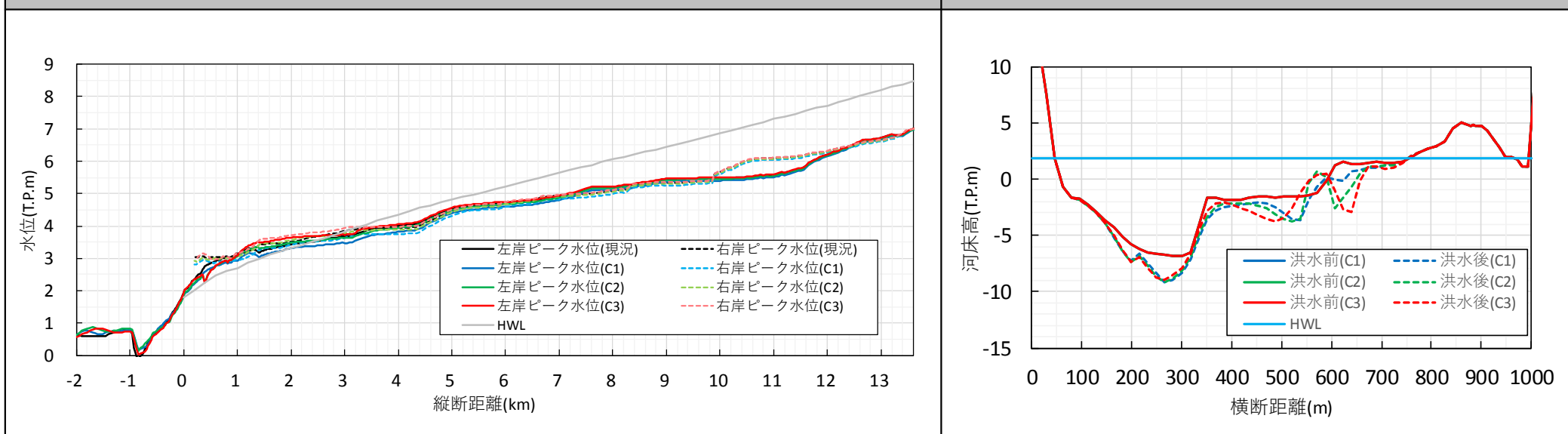
現況に対する洪水後河床高の比較

流速分布比較



水位縦断面図(河口～13.4k)

0.0k横断面の比較

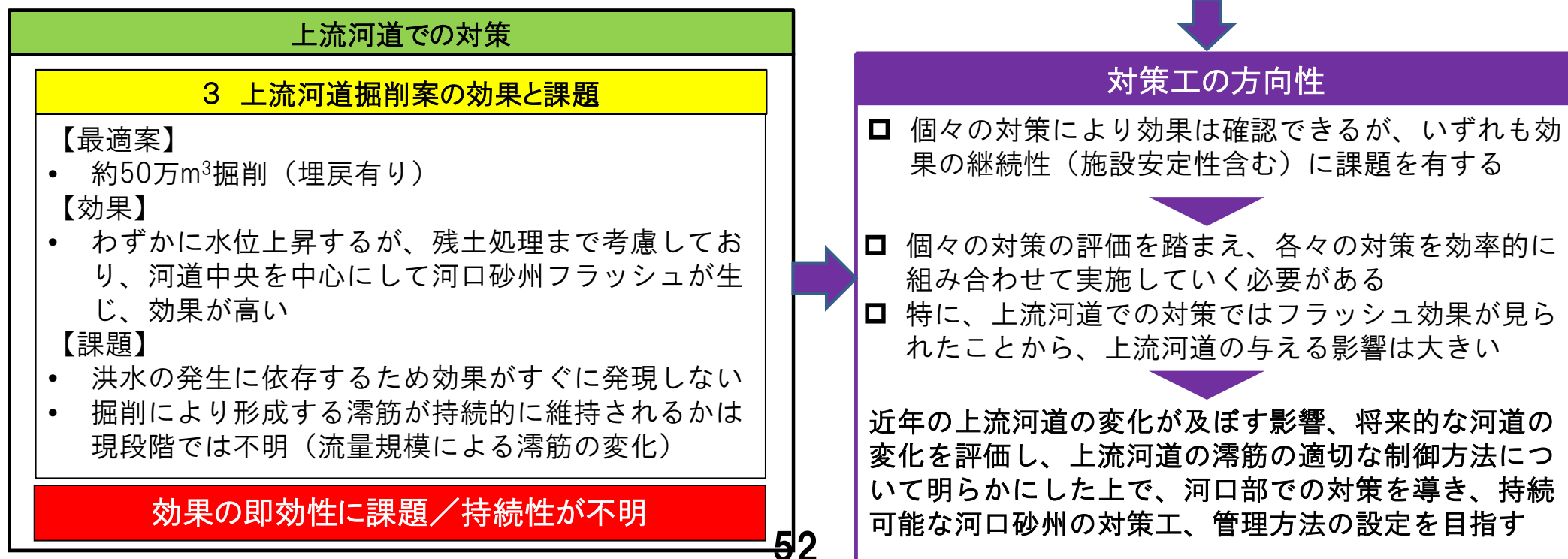
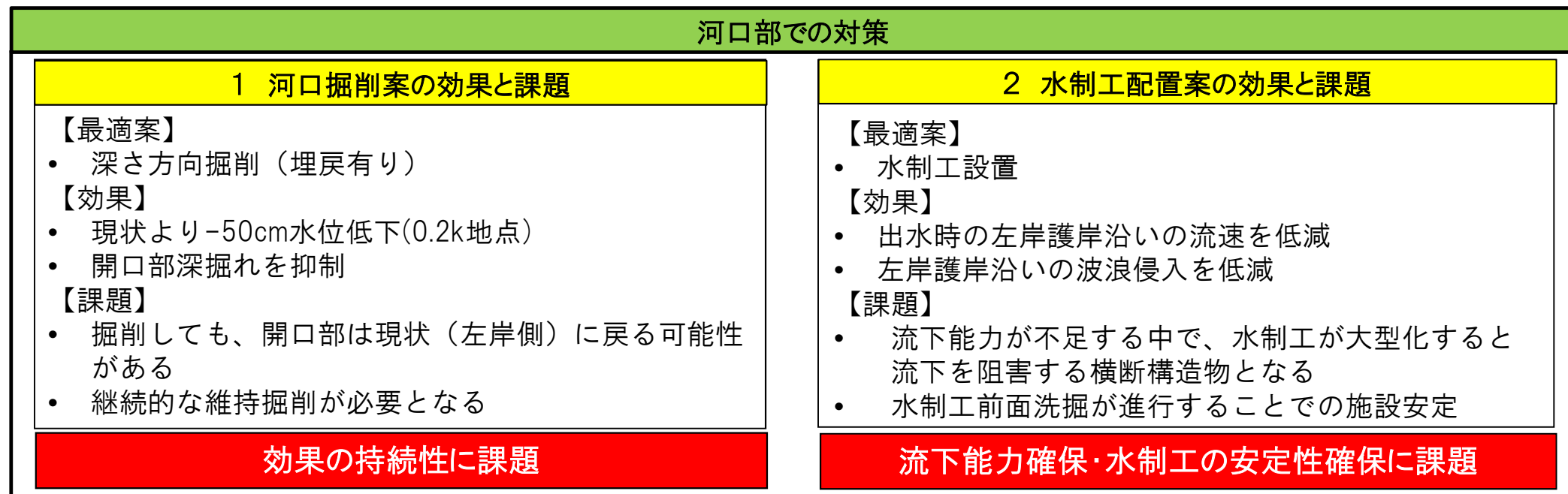


対策工の検討結果一覧

対策	ケースNo (検討ケース)	0.2km右岸水位 (HWL: T.P. 2.02 m)	左岸河岸際の 流速	最深河床高 (-0.3~0.2km)	0.0km地点の HWL以下の河積		対策案の評価
[基準]	C0 現況河道+ 港湾計画	T.P. 2.90 m	3.55 m/s	T.P. -8.50 m	洪水前: 2790m ² 洪水後: 3140m ²	+350m ² (洪水前比 +12.5%)	—
河口砂州 掘削 30万m ³	C1-1 深さ方向掘削 (埋戻無し)	T.P. 1.90 m (-1.00m)	2.84 m/s (-0.71 m/s)	T.P. -9.00 m (-0.50m)	洪水前: 3380m ² 洪水後: 3960m ²	+580m ² (+17.2%)	水位低下量が大きい、深掘れが進行し、左岸河岸の安定性が現況よりも低下する。
	C1-2 深さ方向掘削 (埋戻有り)	T.P. 2.40 m (-0.50m)	3.09 m/s (-0.46 m/s)	T.P. -5.85 m (+2.65m)	洪水前: 3050m ² 洪水後: 3540m ²	+490m ² (+16.1%)	C1と比較し、水位低下量は劣るが、深掘れが解消され、総合的に優位と判断される。
	C1-3 クリーク掘削 (埋戻無し)	T.P. 2.26 m (-0.64m)	3.18 m/s (-0.37m/s)	T.P. -8.50 m (±0.00m)	洪水前: 3390m ² 洪水後: 3770m ²	+380m ² (+11.2%)	C1と比較し、砂州フラッシュ量が小さく、流速低減効果が低い。
	C1-4 クリーク掘削 (埋戻有り)	T.P. 2.44 m (-0.46m)	1.06 m/s (-2.49 m/s)	T.P. -5.10 m (+3.40m)	洪水前: 3080m ² 洪水後: 3560m ²	+480m ² (+11.6%)	深掘れの解消効果は最も高いが、水位低下量が最も小さい。
水制工 設置	C1 低水水制	T.P. 3.12 m (+0.22m)	全体的に流速を低減	T.P. -9.45 m (-0.95m)	洪水前: 2730m ² 洪水後: 3100m ²	+370m ² (+13.6%)	C2と比較し、河道内水位上昇量が小さいため、総合的に優位と判断される。
	C2 大型水制	T.P. 3.19 m (+0.29m)	高い流速低減効果	T.P. -9.33 m (-0.83m)	洪水前: 2790m ² 洪水後: 3150m ²	+360m ² (+12.9%)	C1と比較し、河道内水位上昇量が大きい。
上流河道 の 河道整正	C1 50万m ³ 掘削 (埋戻無し)	T.P. 2.82 m (-0.08m)	3.28 m/s (-0.27 m/s)	T.P. -9.44 m (-0.94m)	洪水前: 2790m ² 洪水後: 3320m ²	+530m ² (+19.0%)	埋め戻しを行わないため、水位は低下するが、期待する砂州フラッシュ効果が低い。
	C2 50万m ³ 掘削 (埋戻有り)	T.P. 2.93 m (+0.03m)	3.54 m/s (-0.01 m/s)	T.P. -9.5 m (-1.00m)	洪水前: 2790m ² 洪水後: 3390m ²	+600m ² (+21.5%)	わずかに水位上昇するが、砂州フラッシュ効果が高く、残土処理の面でも優位であると判断される。
	C3 100万m ³ 掘削 (埋戻有り)	T.P. 3.11 m (+0.21m)	3.54 m/s (-0.01 m/s)	T.P. -9.34 m (-0.84m)	洪水前: 2790m ² 洪水後: 3400m ²	+610m ² (+21.9%)	河口砂州フラッシュ効果が最も高いが、水位が大きく上昇してしまう。

対策工検討結果の整理と評価

対策工概略検討結果をとりまとめ、持続可能な河口砂州管理に向け、対策工の観点から課題解決の方向性をとりまとめる。



6. 阿賀野川河口管理の課題解決に向けた方向性

阿賀野川河口管理の課題解決に向けた方向性

現状の課題 定量評価・課題明確化

- 滞筋と河口砂州の比高差が大きく、砂州上を越流する流れが生じづらいため、右岸砂州が十分フラッシュされずに流下能力が不足
- 滞筋に沿い河口テラスが縮小し、左岸砂州供給が衰え、右岸砂州の河道中央への延伸が生じる。このため、左岸砂州、深掘部に大きな変化は生じない
- 解析結果からも現状の傾向が固定化されることが確認され、H16年以前の河口の姿は自然になされる可能性は極めて低い

周辺整備による影響

- 長期的な傾向として、左岸側砂州の後退を招く可能性があるため、河川の流れはより左岸側に寄る可能性がある
- 波浪進入に対しては、港湾計画実施による影響は少ないものと推測される
- 出水時、流速分布の指向性の高まり、左岸側の河床低下により、さらに左岸側砂州が発達しにくくなるとともに、右岸側砂州の延伸を招くと推測される

ただし、中期的(概ね10年程度)の地形変化による傾向を捉えることで、さらに影響について検討する必要

対策工の方向性

- 個々の対策効果は確認。ただし、効果の継続性に課題
- 上流河道での対策ではフラッシュ効果が見られ、効果の継続性を図る上で、上流河道の与える影響は大きい
- 近年の上流河道の変化が及ぼす影響、将来的な河道の変化を評価し、上流河道の滞筋の適切な制御方法について明らかにした上で、河口部での対策を導く必要

課題解決に向けた今後の検討方針

◆ 実態の把握（モニタリングの継続）

上流河道の変化を含め一体となった河口部モニタリング

- ・フラッシュ時による河口地形変化、水位の把握
- ・上流河道の主流路（滞筋）、地形変化
- ・波浪による砂州形成過程の把握
- ・維持掘削の効果把握

◆ 解析精度向上

- ・各種モニタリング結果を踏まえ、出水時、波浪来襲時の短期の地形変化予測精度の向上を図る
- ・変化傾向の把握のため、中期予測精度向上を図る

◆ 変化予測及び評価

- ・今後の河道変化を、精度を向上させた解析モデルなどにより変化予測、評価を実施
- ・港湾計画実施による影響をさらに定量的に評価
⇒対策の具体的方向性を整理。

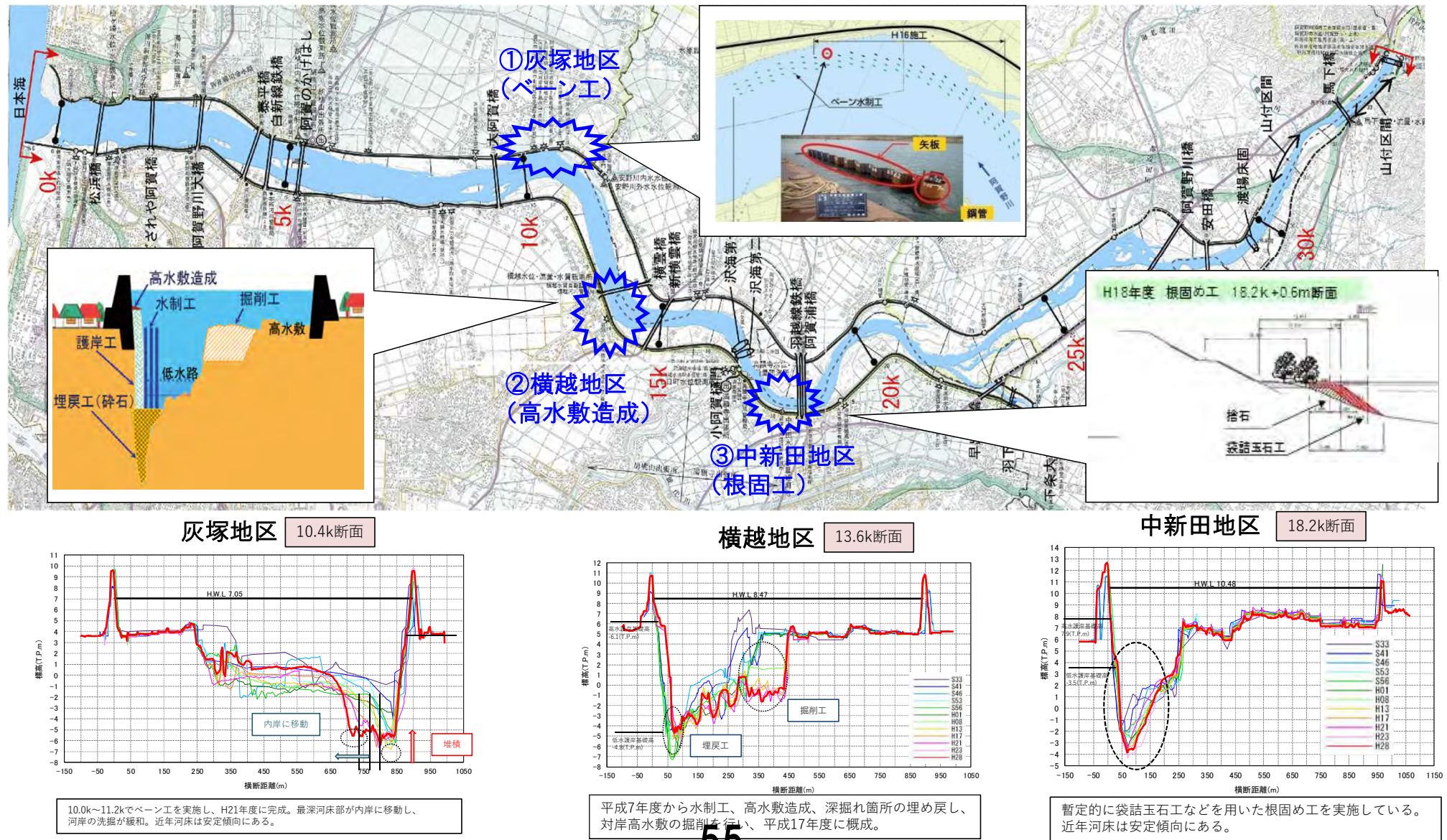
- ・対策の具体的方向性に基づき、河口部を維持すべき河道内対策を設定
- ・対策の具体的方向性、河道内対策に基づき、河口部での必要な対策を検討

河道全体の対策・維持管理による
持続可能な河口砂州管理の実現

今後の検討方針 河道の変遷

- 阿賀野川中流部は蛇行区間となっており、古くから灰塚地区（10.0k～11.0k付近）、横越地区（13.0k～14.0k付近）、中新田地区（18.0k付近）を三大水衝部と位置づけ、灰塚地区ではベーン工、横越地区では水制工、中新田地区では根固工（暫定）を実施
- 対策工は上流地区より進め、平成21年度までに概成。モニタリングを継続実施しており、近年河床は安定傾向にある

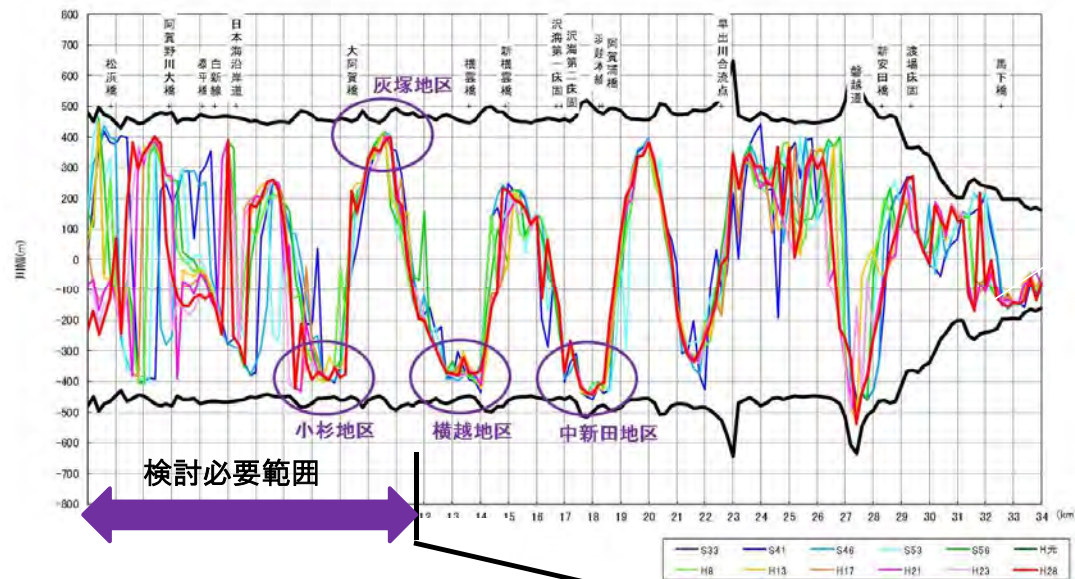
阿賀野川水衝部対策



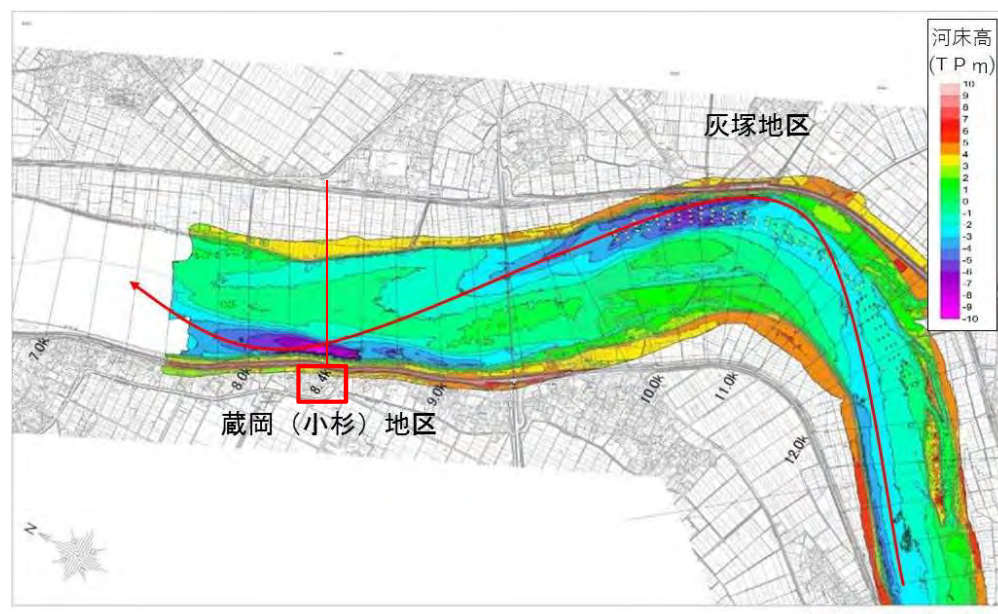
今後の検討方針 検討対象範囲

- 滞筋の変化では、灰塚地区より上流では概ね安定しているが、下流では大きく変化してきており、灰塚地区下流左岸側の江南区小杉地区では、H23.7出水後に水中部の測量を実施した結果、小杉地区（7.8k～8.6k）で部分的に深掘れの進行を確認
- その後も河床は変化しており、R元年10月出水後の測量では、深掘部が移動する兆候がみられた
- こうした変化を踏まえ、灰塚地区より下流の河床変動傾向を的確に捉え、河口砂州対策の検討を進める必要がある

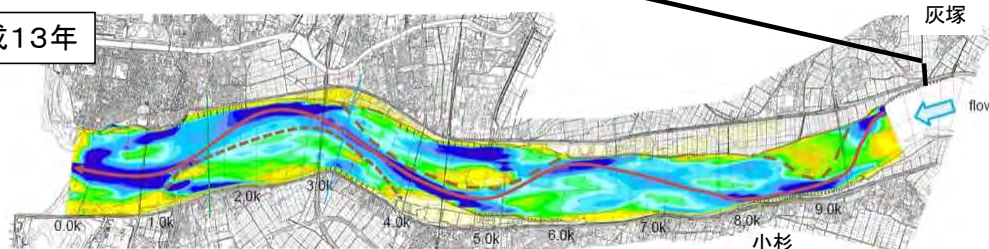
滞筋の変化(S33～H28)



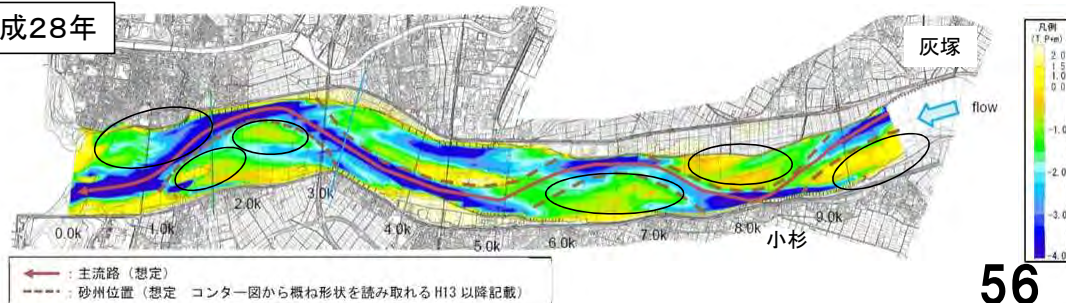
河床状況(平成27年測量結果)



平成13年



平成28年



小杉地区横断経年変化(8.4k)

