

2023/03/17

令和4年度

第17回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会

第23回十勝川千代田実験水路等実験検討会

資料1

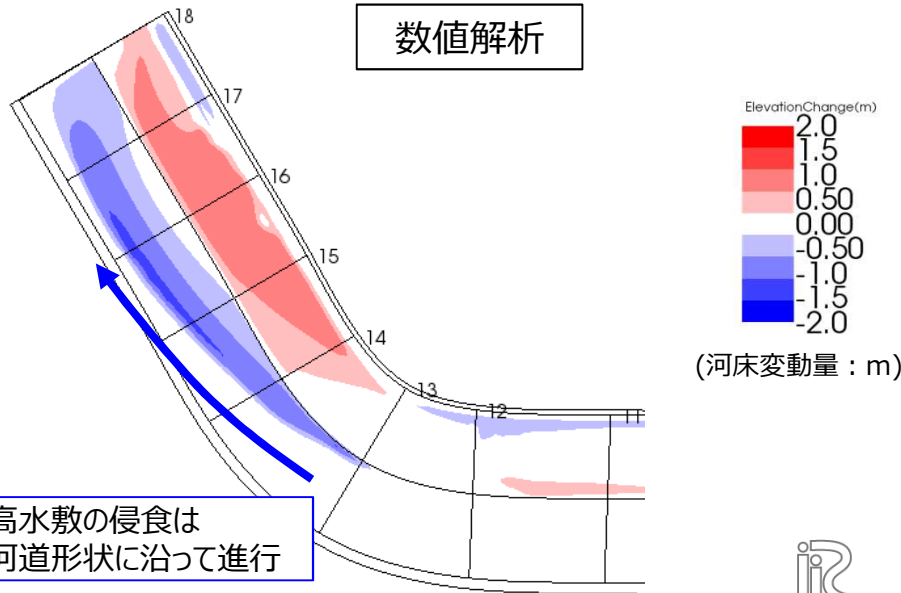
令和4年度 数値解析モデル精度向上に向けた取り組み

- 1.背景・目的
- 2.計算モデルの見直し
- 3.令和3年度 千代田現地実験の再現計算
- 4.令和4年度 千代田現地実験の再現計算

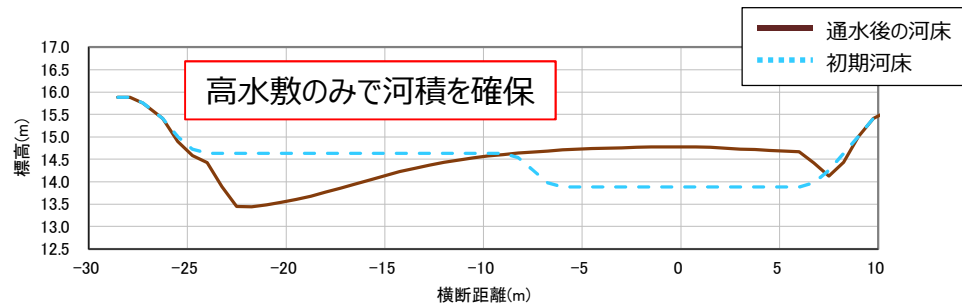
国土交通省 北海道開発局
寒地土木研究所

1. 背景・目的

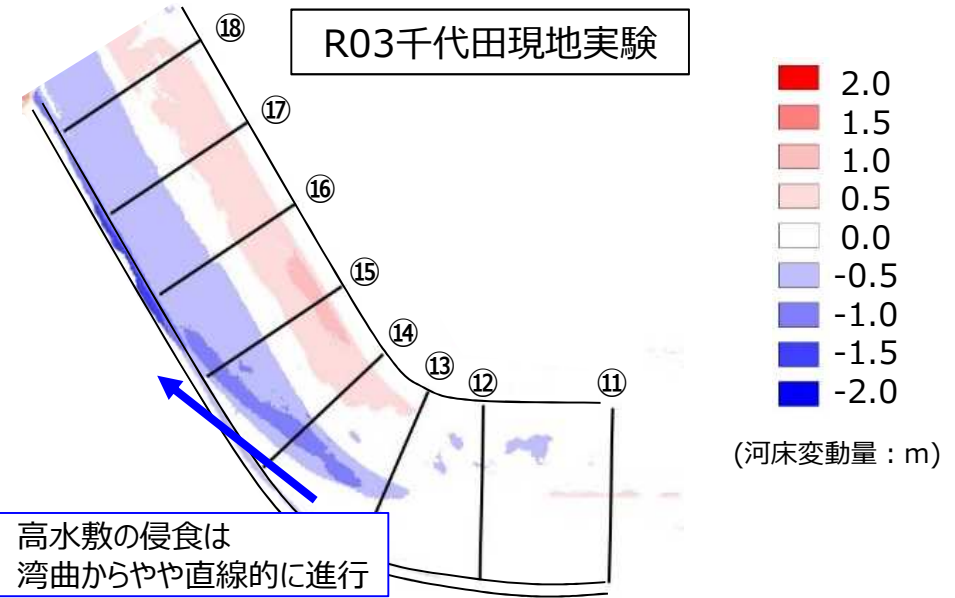
- 通水後の高水敷の侵食状況について、数値解析では河道形状に沿って進行している。
- 一方、千代田現地実験では、湾曲部からやや直線的に進行しており侵食状況がやや異なっている。
- また、通水後の横断面図を比較すると、数値解析と千代田現地実験に違いが見られる。
- 高水敷の侵食状況や通水後の横断面形状の精度を向上させるため、数値解析モデルの改良に向けた取り組みを実施。



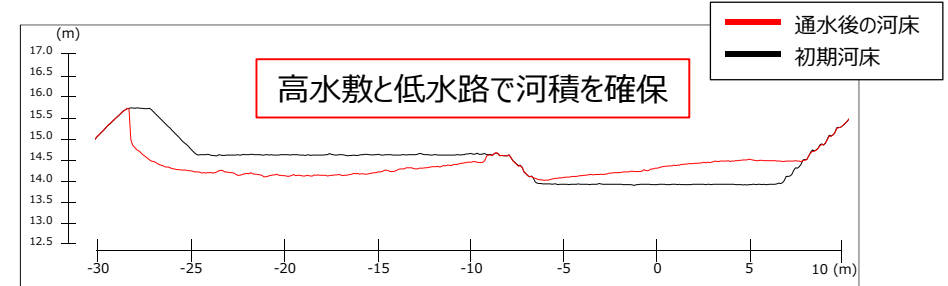
通水前後の標高変動コンター図



通水前後の横断面図 測線⑬



通水前後の標高変動コンター図



通水前後の横断面図 測線⑬

2. 改良した数値解析モデル

- R02年度10月に開催した委員会では、「数値計算を実際に実施している若手専門家に入ってもらうべき」という意見があった。
- R03年度3月開催の委員会においては、「数値解析に関する小グループを組んで検討が必要」という意見があり、数値解析や観測の技術を検討する専門的な体制を整えるため、WGを立ち上げた。
- 今年度では、数値解析モデルの改良に向けた取り組みを実施した。

WGメンバー

北海道大学 清水康行 教授

北海道大学 岩崎理樹 准教授

富山県立大学 久加朋子 准教授

土木研究所 萬矢敦啓 主任研究員

寒地土木研究所 大串弘哉 上席研究員

寒地土木研究所 柿沼孝治 上席研究員

寒地土木研究所 川村里実 主任研究員

本局・帯広開発建設部 治水課

WG開催のスケジュール

2022.07.14 第1回開催

2022.10.19 第2回開催

2022.12.09 第3回開催



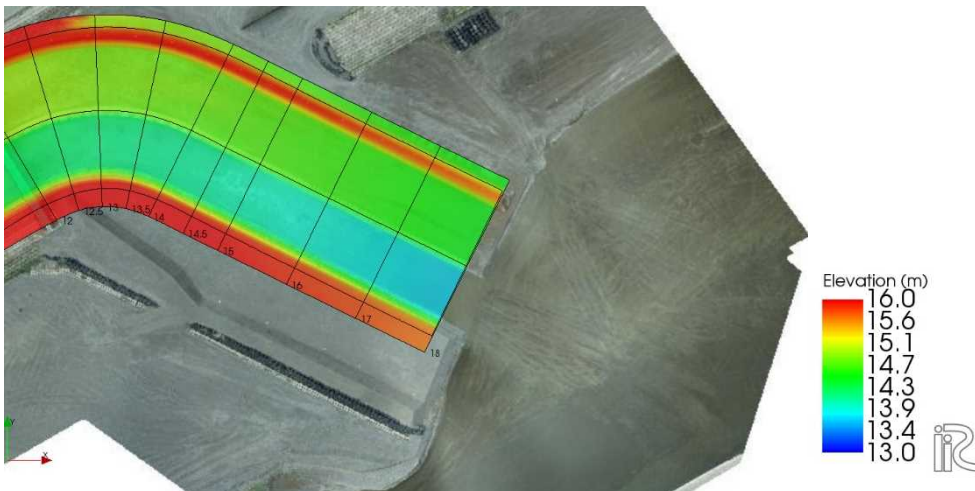
WG実施状況

- 千代田実験での現地条件を正確に反映するため、昨年度のモデルについて、以下の項目について見直しをした。
 - 計算格子：格子形状がなるべく均一になるように設定した。
 - 地形：通水前の地形測量データを初期河床として反映させた。
 - 計算範囲：実験水路の下流端（測線⑱）の水位に影響が出ない程度に計算範囲を延長した。
 - 固定床：低水護岸の固定床範囲が法面のみであったため、低水護岸の天端も含めた範囲に設定した。
 - 下流端の固定床：高水敷の下流端は移動床に設定した。

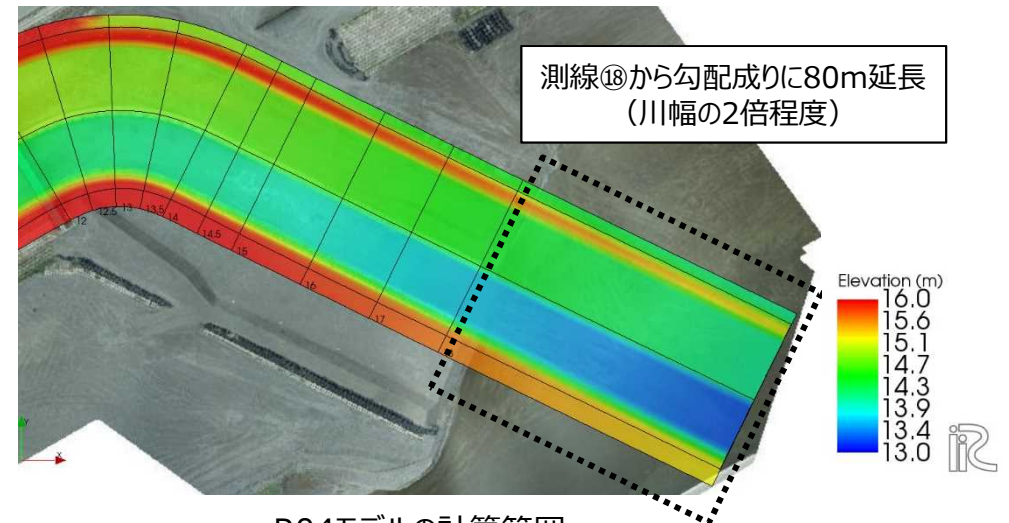
計算条件

※R03計算条件に対して改良した箇所を赤字としている

項目	R03モデル	R04モデル
計算格子	測線間を20等分割 平均サイズ 横0.75m×縦1.5m	折れ線と一定幅 平均サイズ 横0.5m×縦1.0m
地形	計画断面	R03横断測量
計算範囲	実験水路（測線①～測線⑱）	川幅の2倍程度下流へ勾配成りに延長
河床材料	均一：17mm	均一：17mm
固定床	低水路・高水敷：移動床 低水護岸：法面	低水路・高水敷：移動床 低水護岸：天端+法面
下流端の固定床	低水路：固定床 高水敷：固定床	低水路：固定床 高水敷：移動床



R03モデルの計算範囲

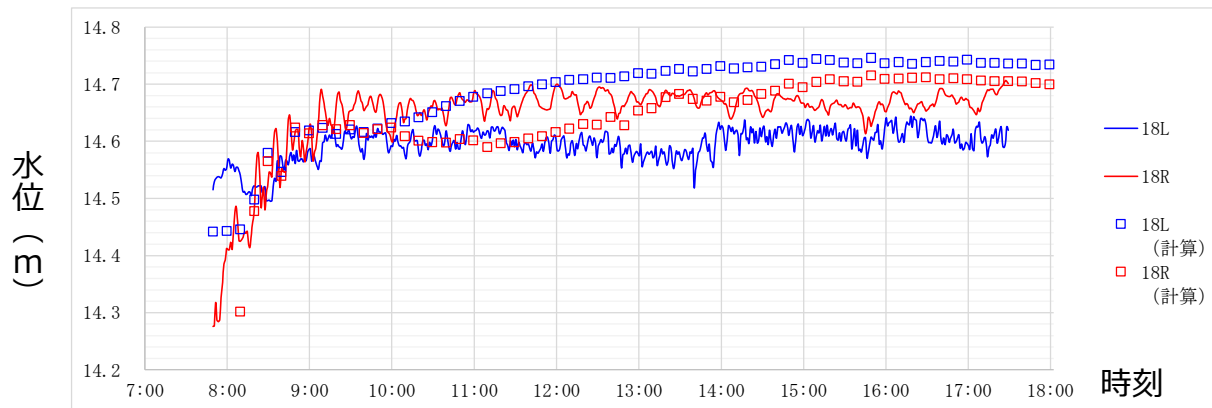


R04モデルの計算範囲

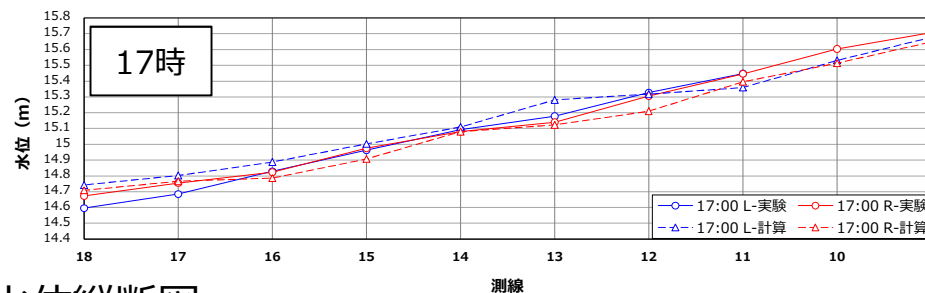
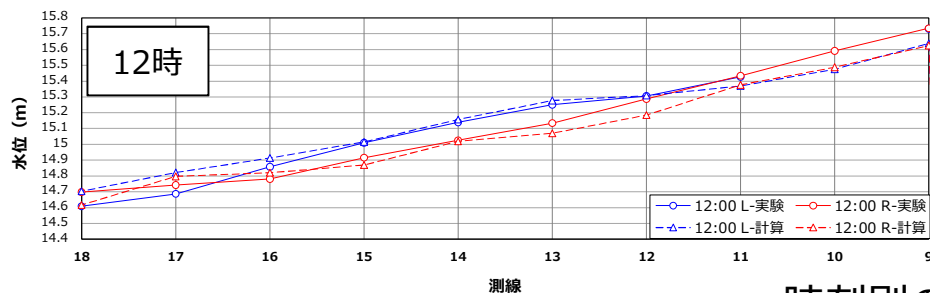
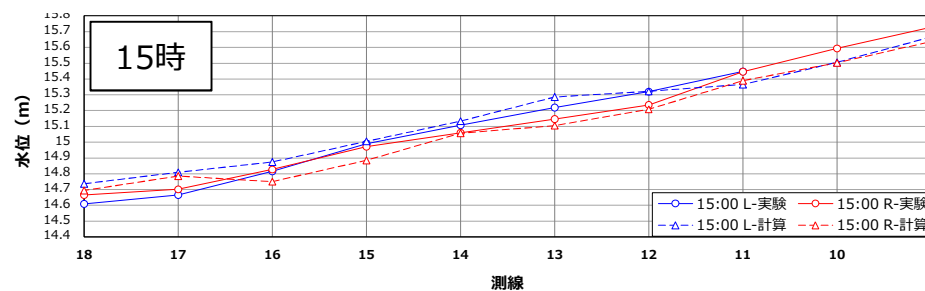
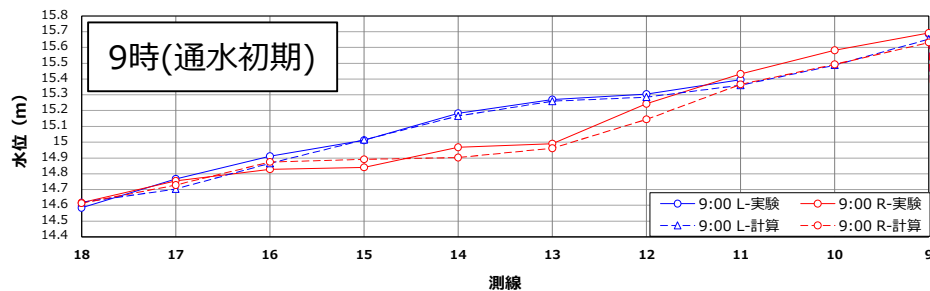
3.令和3年度 千代田現地実験の再現計算

通水中の水位・通水後の河床変動の比較

- 実験水路の下流端である測線⑱の水位の経時変化を比較すると、10時程度までは実験の観測値に近い。
- ただし、時間経過とともに、数値解析の方が水位は高くなる傾向である。
- 通水初期の水位縦断面図を比較すると、どの測線も観測値に近い値で同様の傾向である。
- ただし、下流端水位と同様に時間経過とともに、観測値とやや乖離が表れる傾向である。



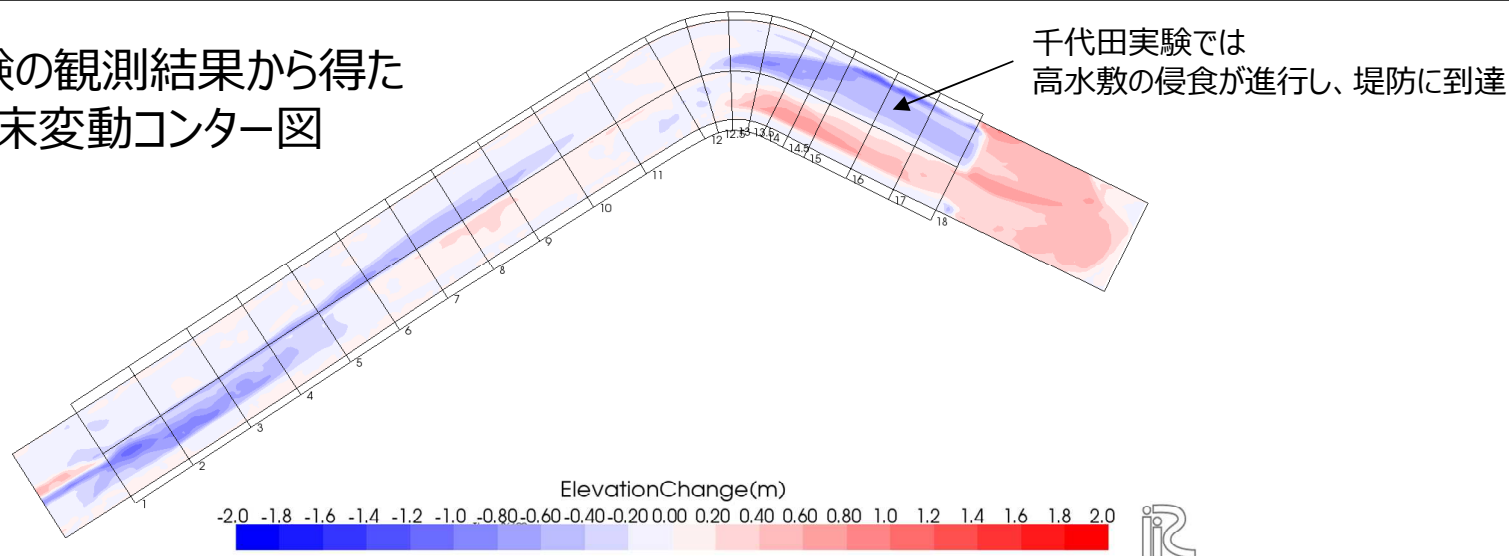
測線⑱の水位の経時変化を示した図



時刻別の水位縦断面図

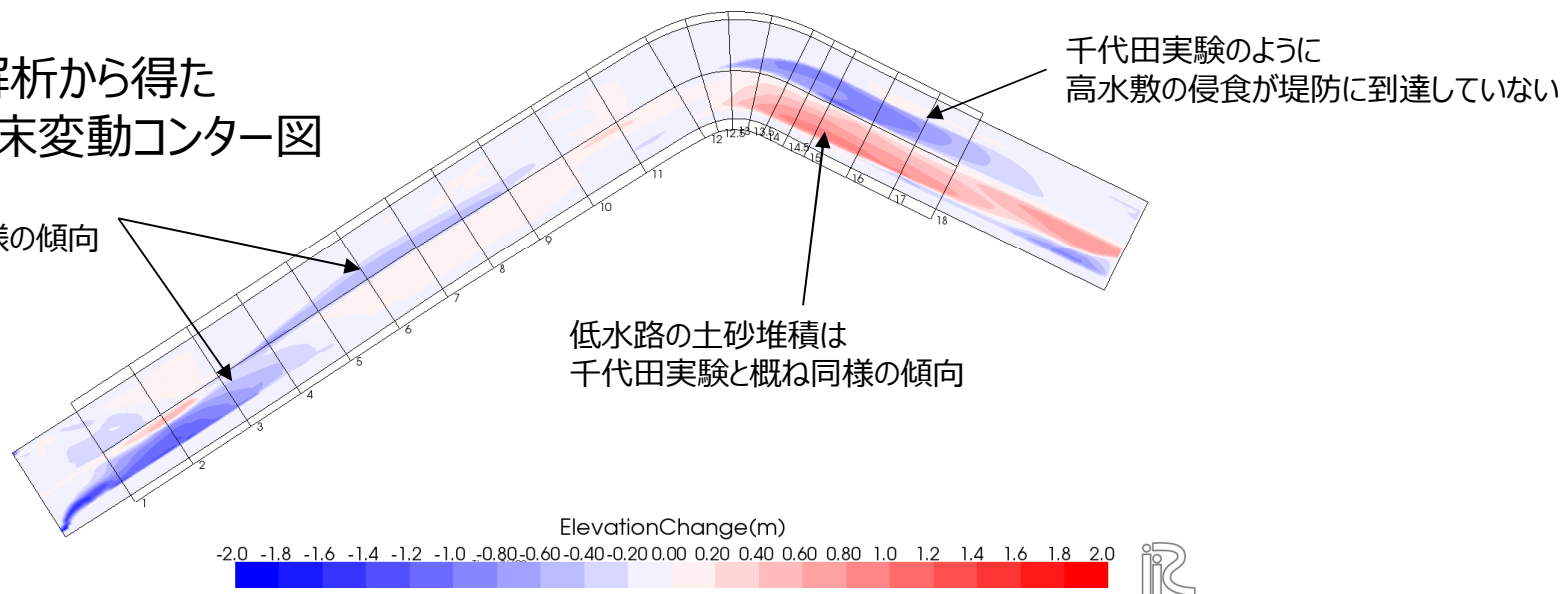
- 千代田実験観測によるレーザー測量結果と数値解析で得た河床変動状況を平面的に比較した。
- 湾曲部終点の測線⑭より上流区間の侵食・堆積傾向は、実験結果と概ね同様の傾向である。
- 湾曲部より下流直線区間では、高水敷の侵食が堤防に到達していない。

千代田現地実験の観測結果から得た
通水後の河床変動コンター図

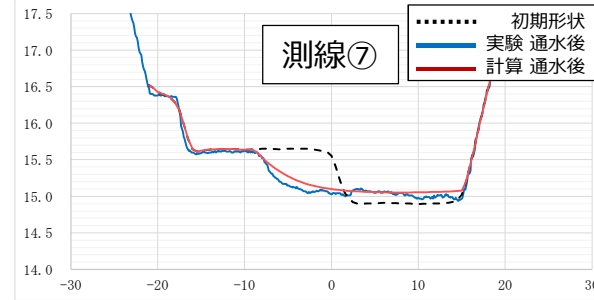
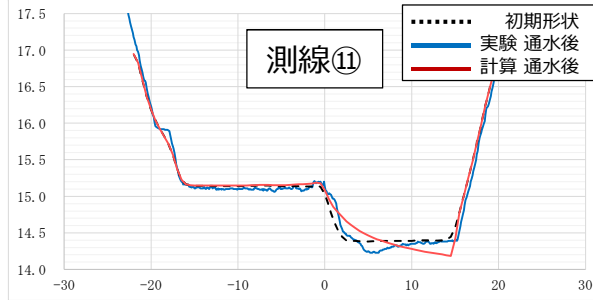
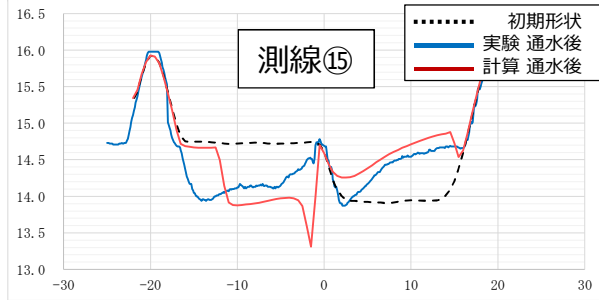
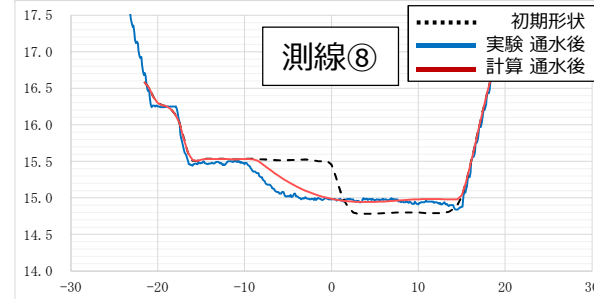
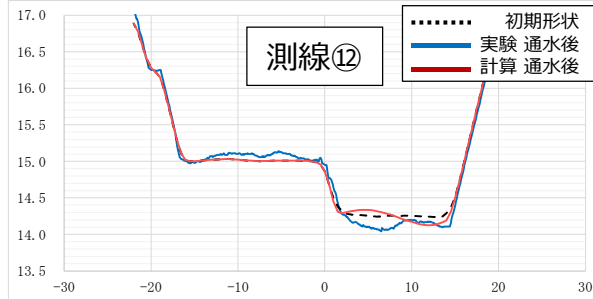
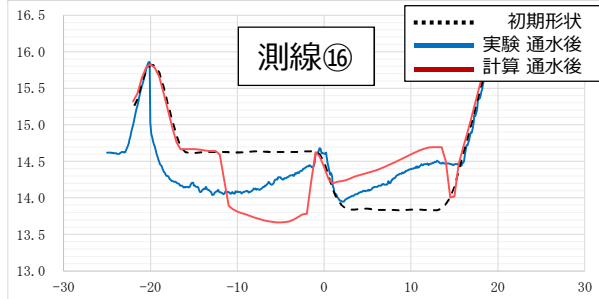
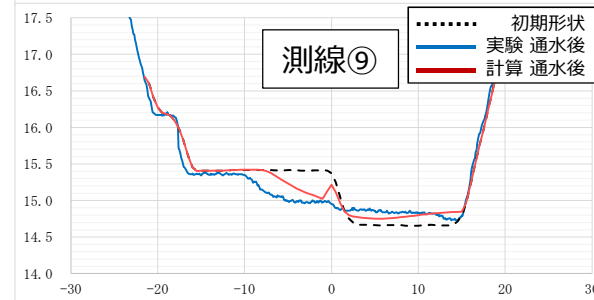
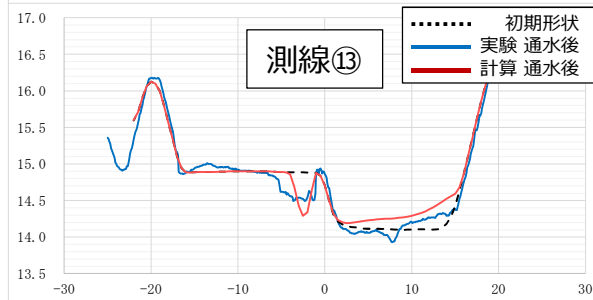
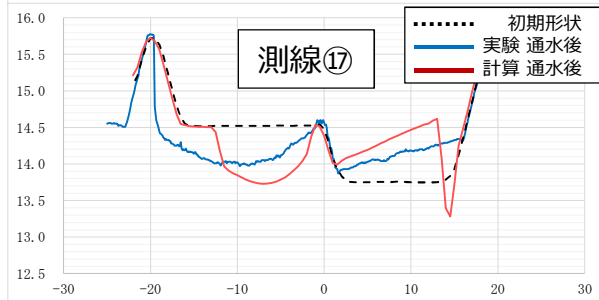
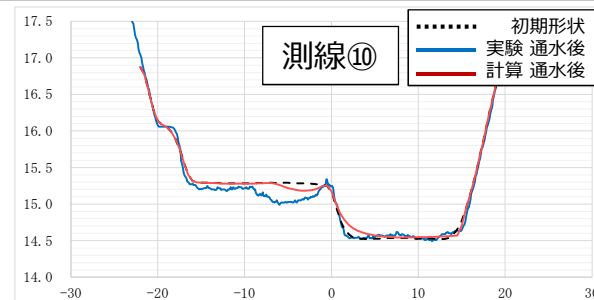
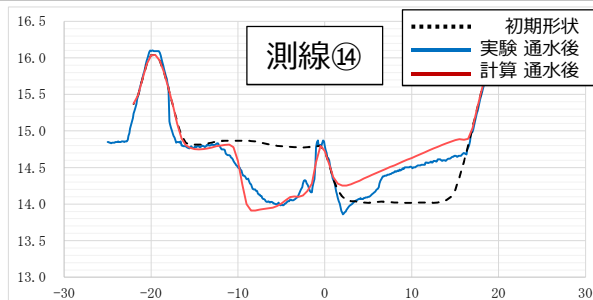
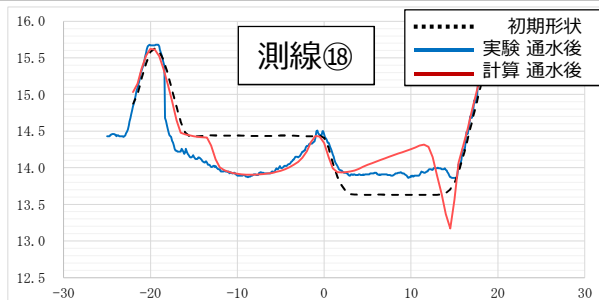


数値解析から得た
通水後の河床変動コンター図

上流区間の状況は
千代田実験と概ね同様の傾向



- 測線⑦～⑭の低水路の土砂堆積や高水敷の侵食は概ね同様の傾向である。
- 低水路と高水敷で河積が確保されているものの、湾曲部（測線⑭）よりも下流は横断形状が異なっている。



- 千代田実験での現地条件を反映した数値解析結果を踏まえて、モデルの精度向上を実施。
- 湾曲複断面河道において、外岸側高水敷上に乗りに上がる流れを再現するためには、湾曲二次流の影響が反映された流れのモデルが必要になる可能性がある。

(北海道大学 岩崎准教授作成モデル)

計算条件

項目	R04モデル
計算格子	折れ線と一定幅 平均サイズ 横0.5m×縦1.0m
地形	R03横断測量
計算範囲	川幅の2倍程度下流へ延長
河床材料	均一：17mm
固定床	低水路・高水敷：移動床 低水護岸：天端+法面
下流端の固定床	低水路：固定床 高水敷：移動床
二次流	流れに二次流を考慮して堤防へ向かいやすいようにする

※現在の数値解析モデルは、河床材料を均一粒径で設定しているため、千代田実験水路のように細かい砂と礫が混ざった状態（混合粒径）を考慮していない。しかし、数値解析モデルは、河床材料の設定方法や粒径の変化に伴って粗度係数が変化しない等、混合粒径を考慮したモデルの向上には課題が多い。そのため、河床材料は均一粒径でモデルの向上を進めることとした。

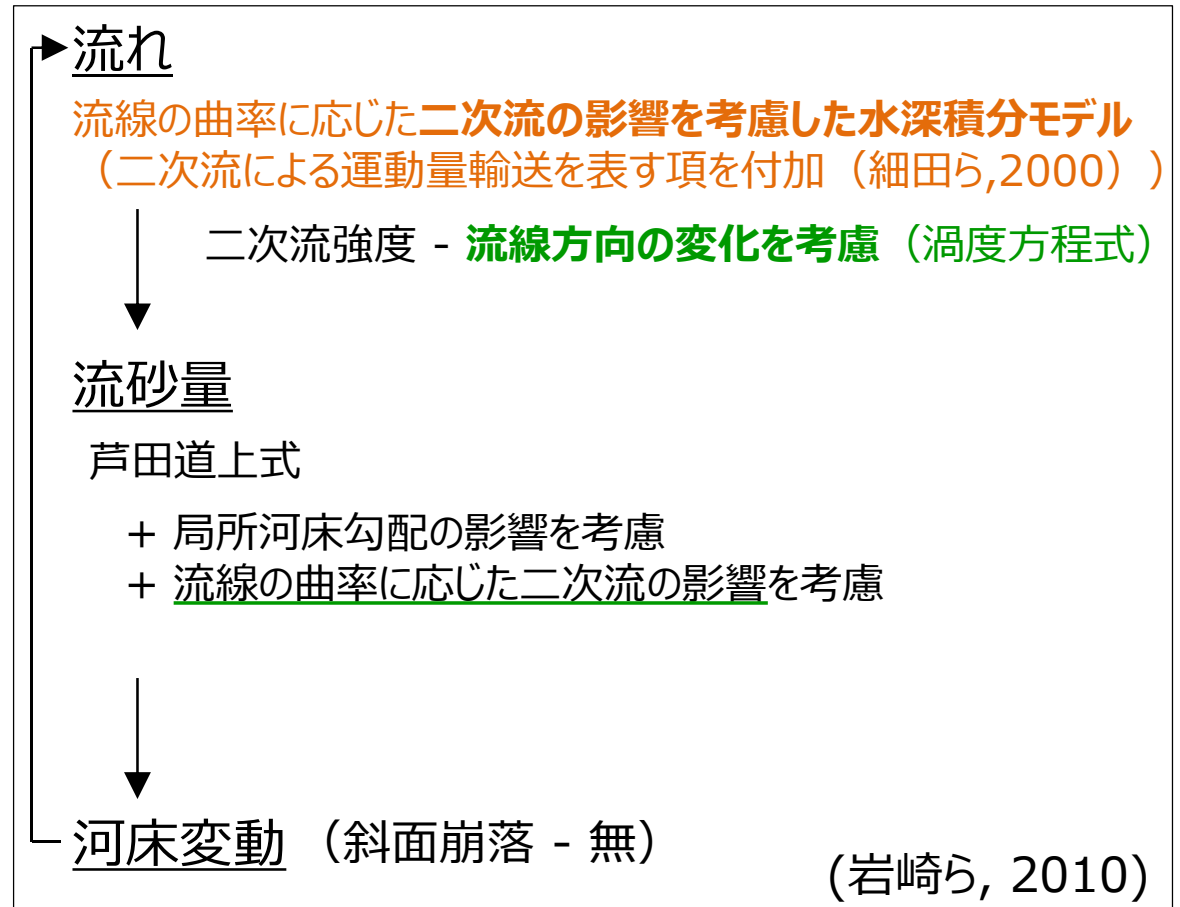
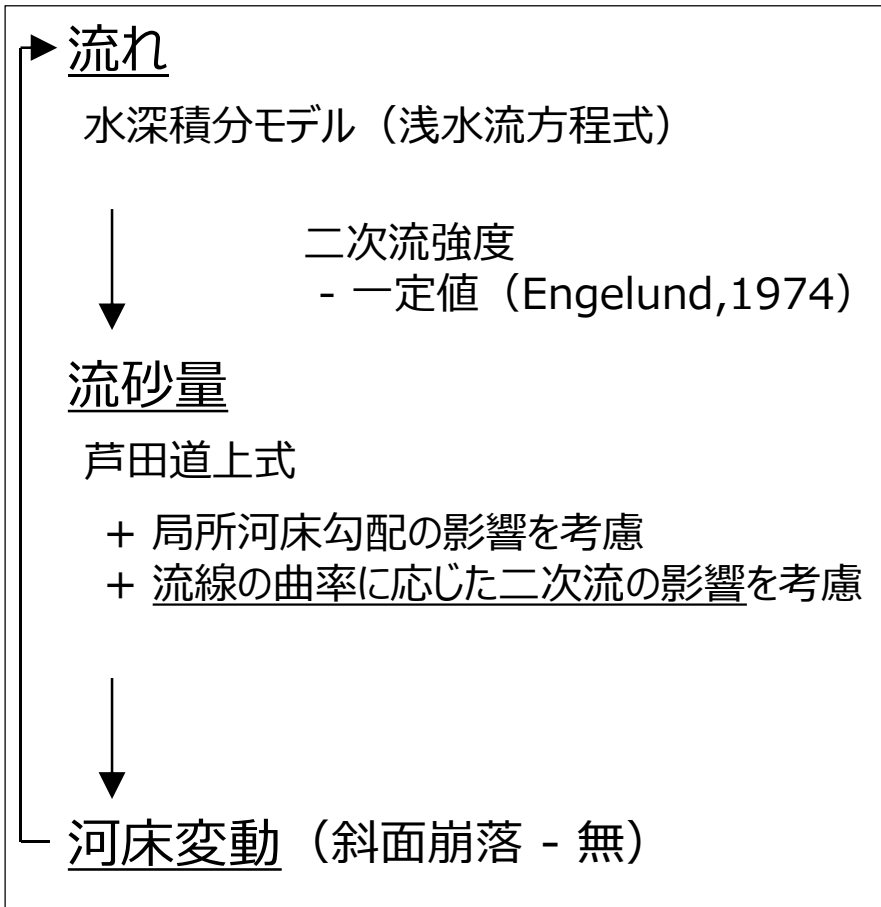
平面二次元河床変動モデル

Nays2DH (iRIC) を利用

二次流を考慮した平面二次元河床変動モデル

Nays2DH

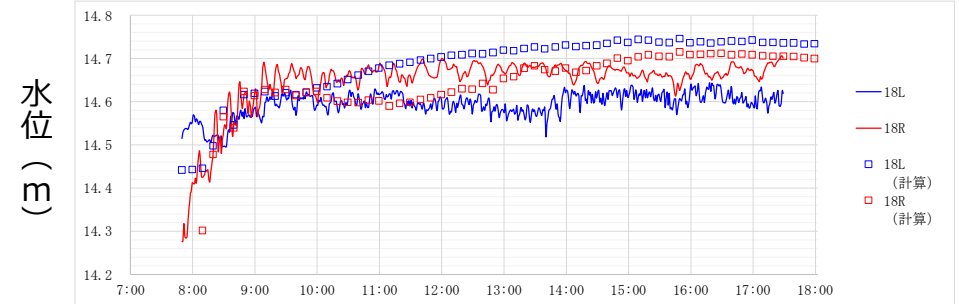
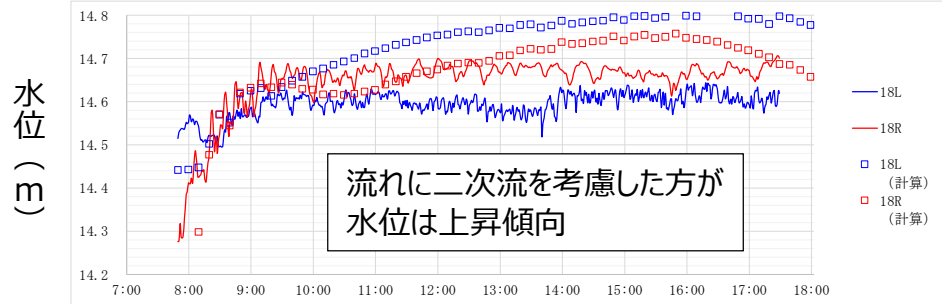
+ 二次流の遅れ + 二次流の流れへの運動量寄与を考慮



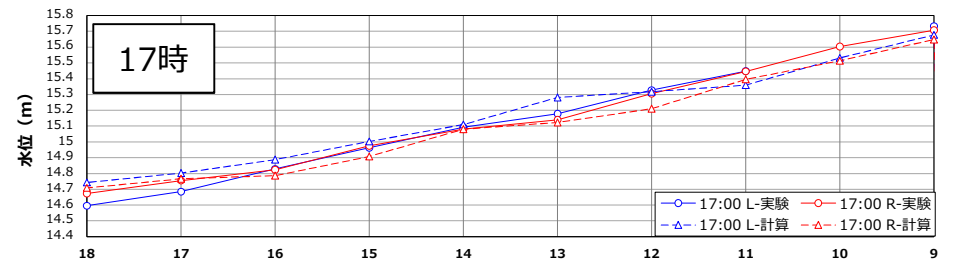
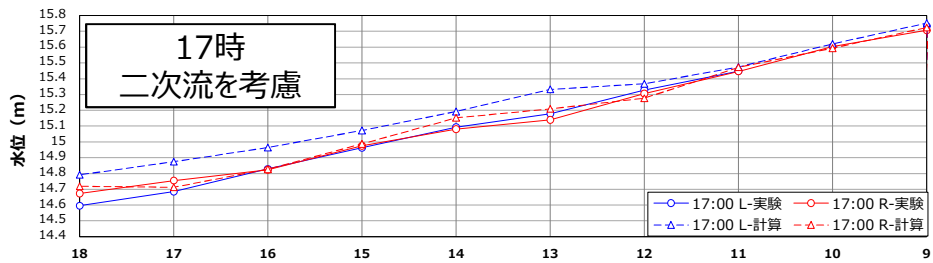
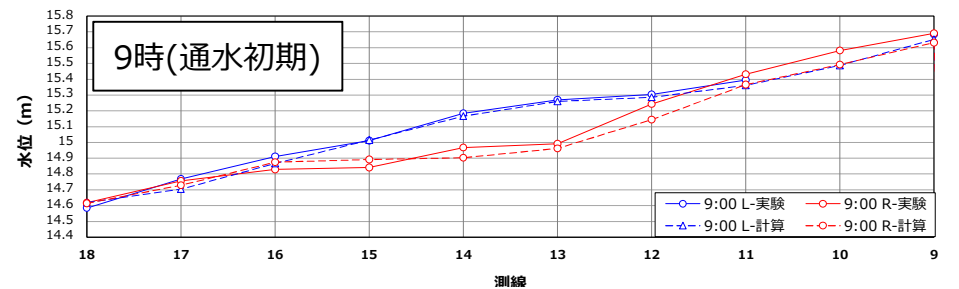
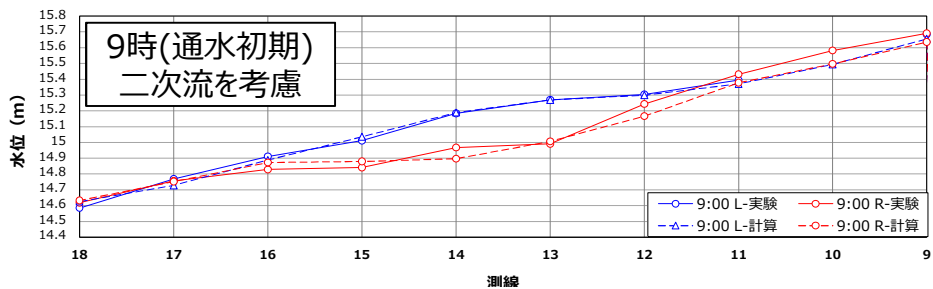
参考文献

- ・岩崎理樹, 清水康行, 木村一郎, 清治真人: 蛇行水路の河床変動及び分級現象に及ぼす二次流の影響, 水工学論文集, 第54巻, pp.739-744, 2010.
- ・細田尚, 長田信寿, 岩田通明, 木村一郎: 一般座標系での主流と二次流の遅れを考慮した平面2次元モデル, 水工学論文集, 第44巻, pp.587-592, 2000.
- ・Engelund, F. : Flow and bed topography in channel bends, J.of Hyd. Div., ASCE, Vol. 100, HY11, pp.1631-1648, 1974.

- 測線⑱の水位の経時変化は、10時程度までは実験の観測値に近いものの、流れに二次流を考慮すると上昇傾向にある。
- 水位縦断面図について、通水初期は流れに二次流を考慮することによる大きな変化はないものの、時間経過とともに、高水敷の水位が高くなる傾向である。



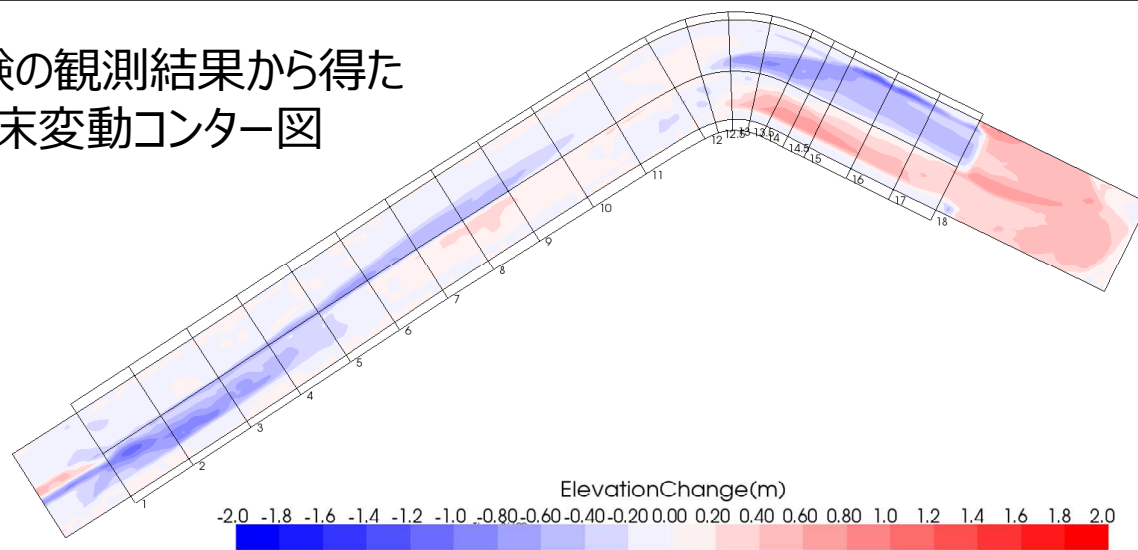
時刻
測線⑱の水位の経時変化を示した図
(左図：流れに二次流を考慮 右図：流れに二次流を考慮しない)



時刻別の水位縦断面図
(左上、左下図：流れに二次流を考慮 右上、右下図：流れに二次流を考慮しない)

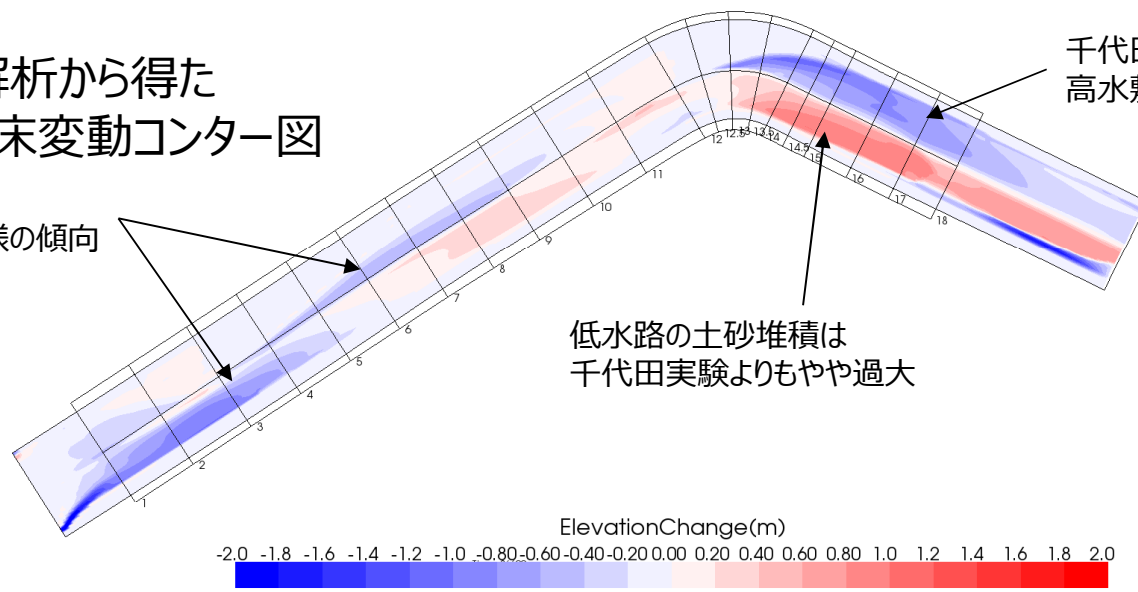
- 千代田実験観測によるレーザー測量結果と数値解析で得た河床変動状況を平面的に比較した。
- 湾曲部終点の測線⑭より上流区間の侵食・堆積傾向は、実験結果と概ね同様の傾向である。
- 湾曲部より下流直線区間では、高水敷の侵食は良好であるものの、低水路の土砂堆積がやや過大である。

千代田現地実験の観測結果から得た
通水後の河床変動コンター図

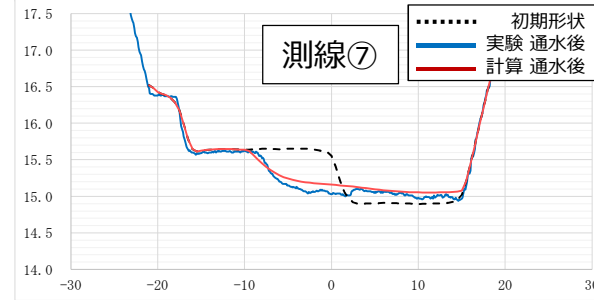
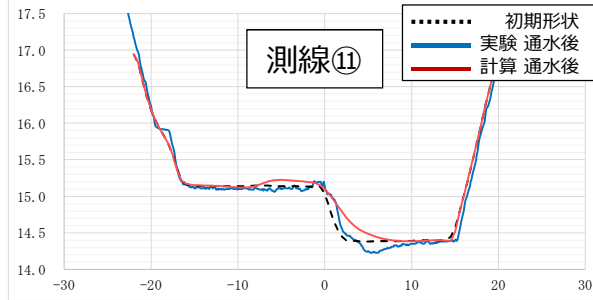
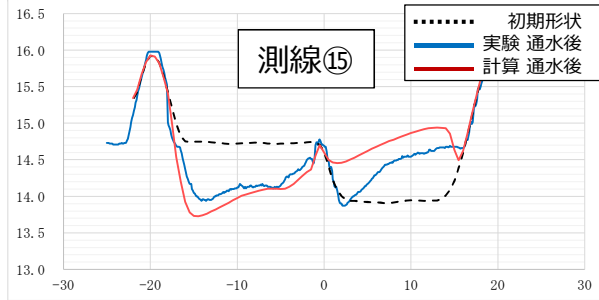
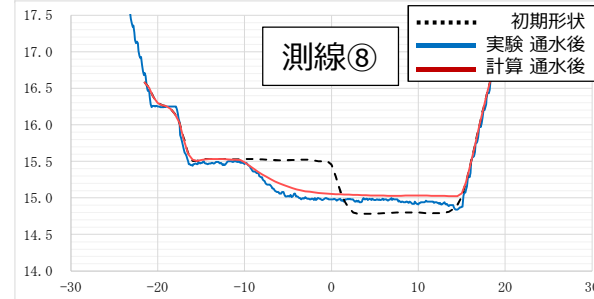
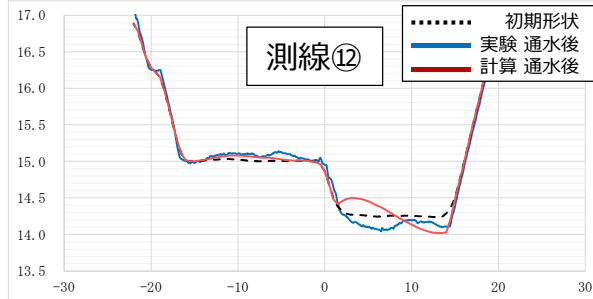
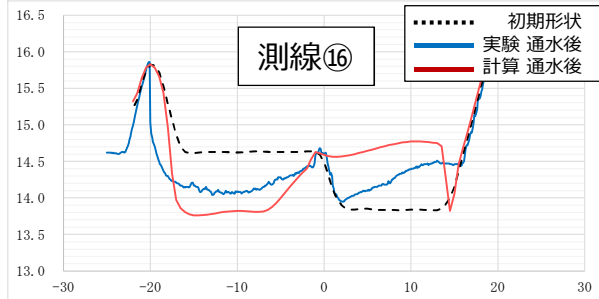
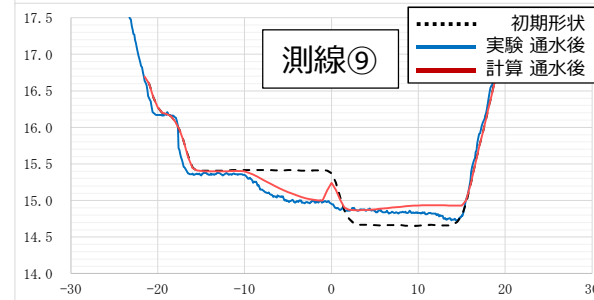
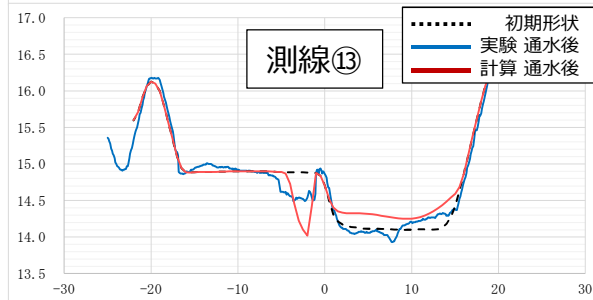
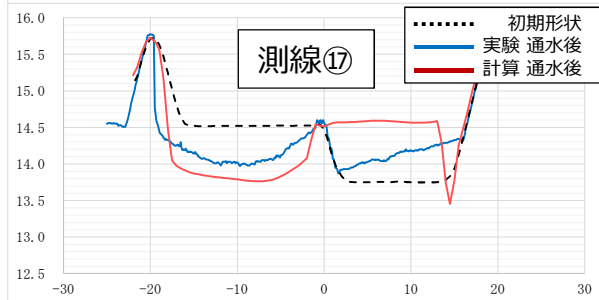
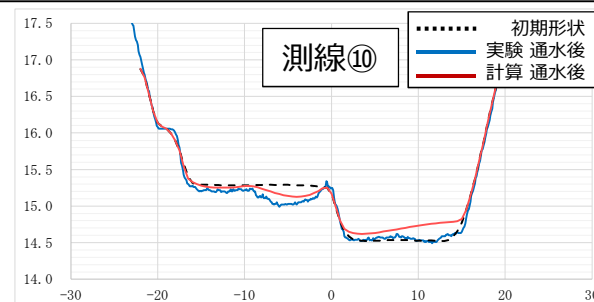
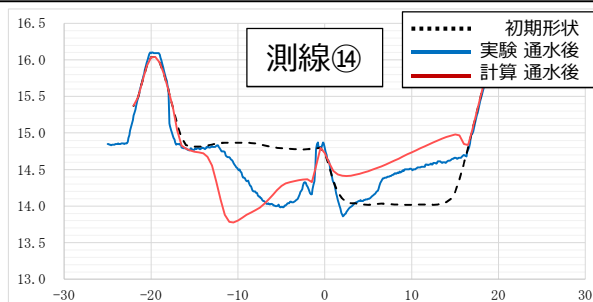
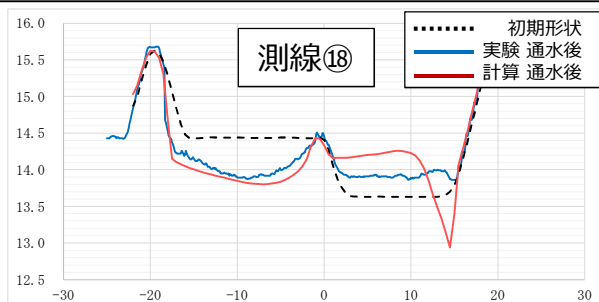


数値解析から得た
通水後の河床変動コンター図

上流区間の状況は
千代田実験と概ね同様の傾向

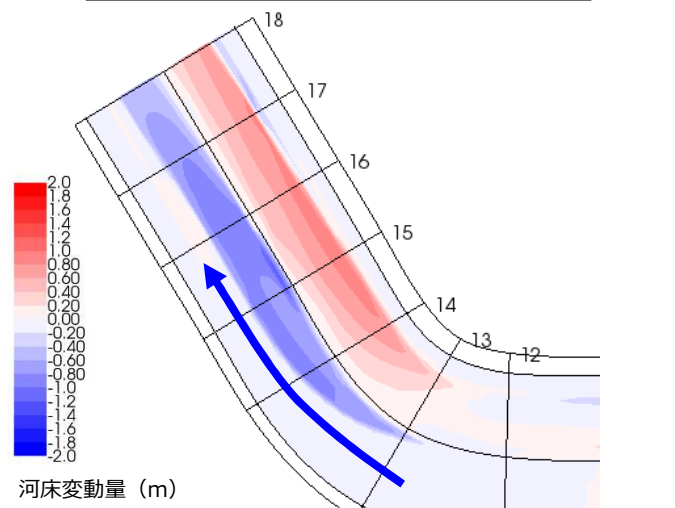


■ 湾曲部（測線⑭）より下流において、低水路は土砂堆積が過大であるものの、高水敷の侵食は実験と同様の傾向であった。また、上流区間の低水路の土砂堆積や高水敷の侵食も大きな違いは見られない。

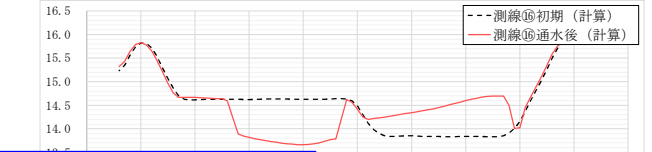


- 高水敷の侵食状況は、千代田現地実験と同様の傾向を示しており、堤防侵食の危険性を判断できるものになった。
- ただし、低水路の土砂堆積が過大な箇所があり、現地の状況を完璧に再現することは困難であった。

R04数値解析 (計算条件見直し)

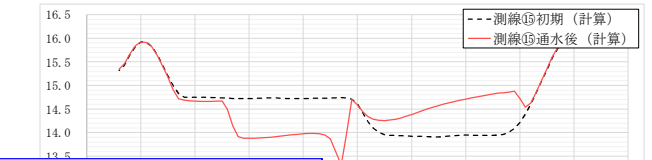


高水敷の侵食は河道形状に沿って進行



高水敷の侵食は堤防法尻に到達していない

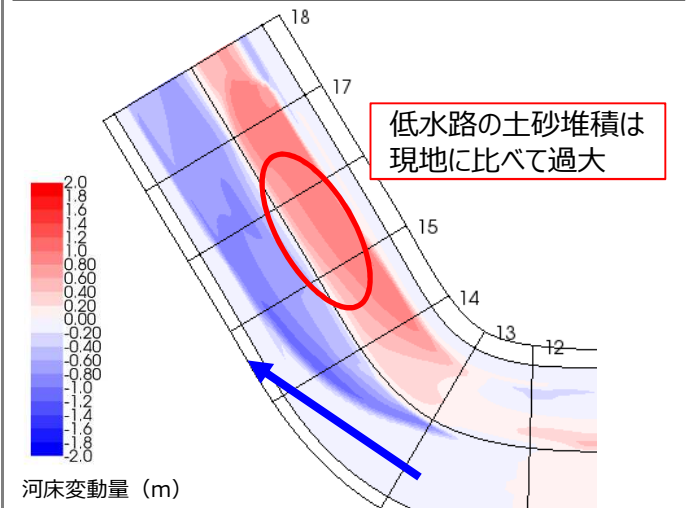
測線⑯の横断面図



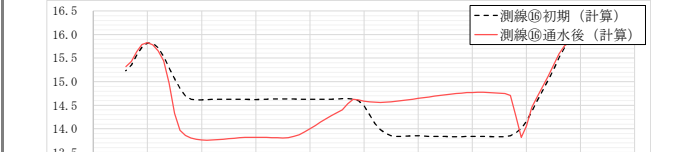
高水敷の侵食は堤防法尻に到達していない

測線⑮の横断面図

R04数値解析 (計算条件見直し、二次流を考慮)

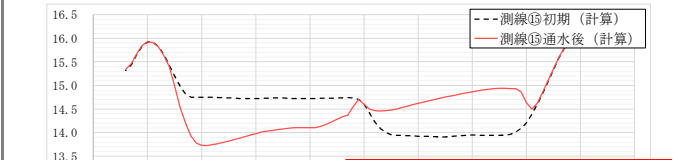


高水敷の侵食は湾曲からやや直線的に進行



高水敷の侵食は現地と概ね一致

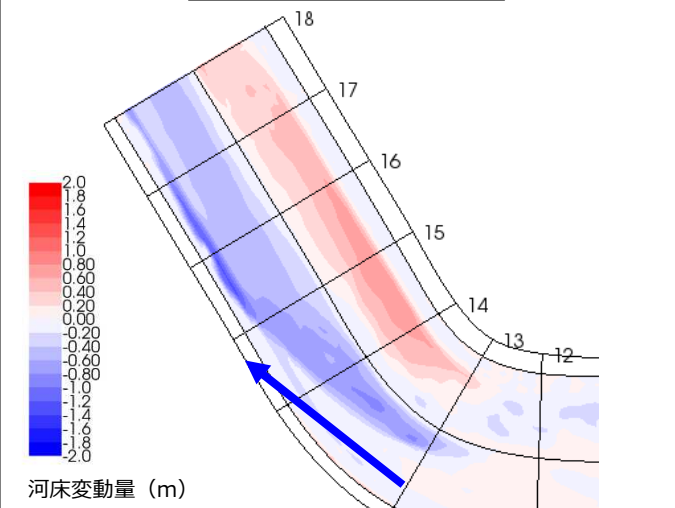
測線⑯の横断面図



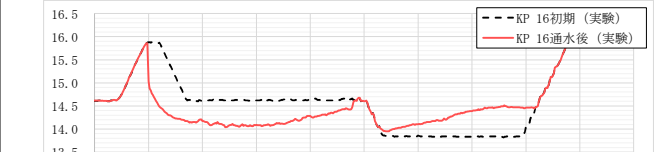
高水敷の侵食は現地と概ね一致

測線⑮の横断面図

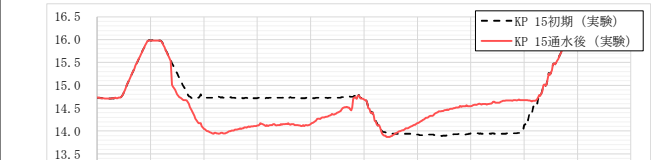
R03千代田現地実験



高水敷の侵食は湾曲からやや直線的に進行



測線⑯の横断面図



測線⑮の横断面図

4.令和4年度 千代田現地実験の再現計算

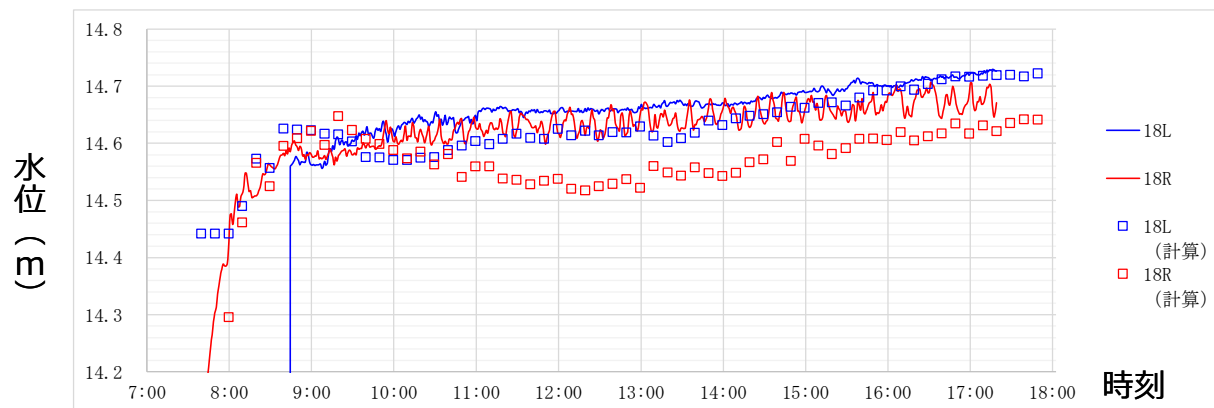
- 令和4年度の千代田現地実験の再現計算を実施した。
- 数値解析の計算条件は、改良したモデルを基本とし、地形や河床材料を現地に近い状況となるように設定した。

計算条件

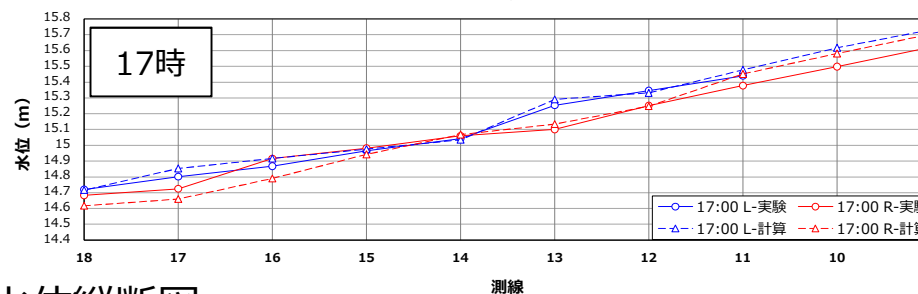
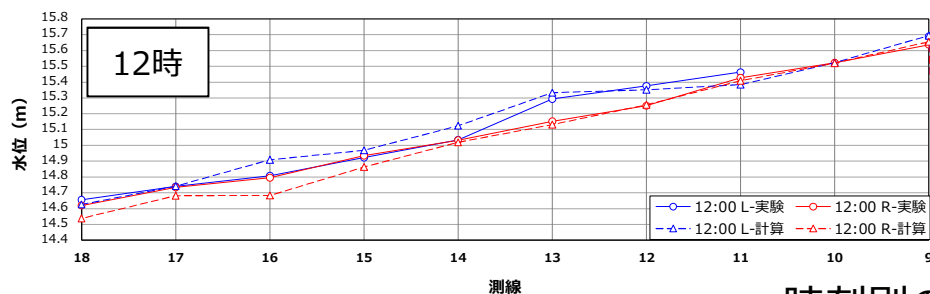
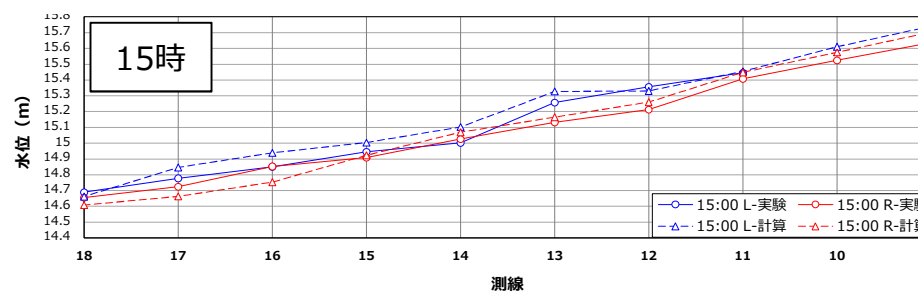
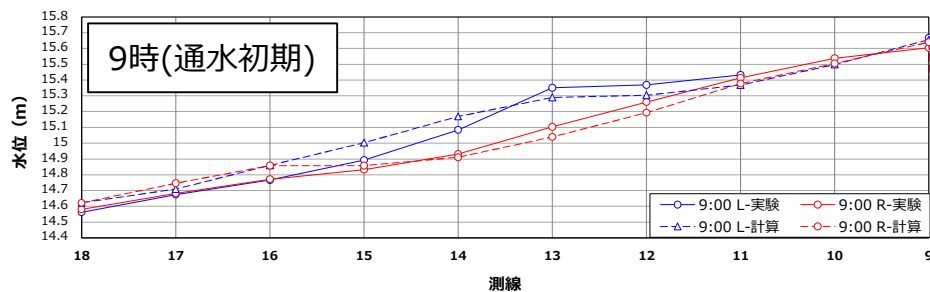
項目	改良したモデル	R04再現
計算格子	折れ線と一定幅 平均サイズ 横0.5m×縦1.0m	
地形	R03横断測量	R04横断測量
計算範囲	川幅の2倍程度下流へ延長	
河床材料	均一：17mm	均一：11.14mm (R04河床材料調査結果)
固定床	低水路・高水敷：移動床 低水護岸：天端+法面 対策工設置範囲（測線⑬-5～⑭の高水敷）	
下流端の固定床	低水路：固定床 高水敷：移動床	
二次流	流れに二次流を考慮して堤防へ向かいやすいようにする	

※基本となる計算条件に対して変更している箇所を赤字としている

- 測線⑱の水位の経時変化を比較すると、高水敷の水位は観測値と概ね同様の傾向である。
- ただし、低水路の水位は観測値よりもやや低い。
- 水位縦断面図を比較すると、数値解析の方が高水敷の水位はやや高く、低水路の水位は、やや低い傾向である。



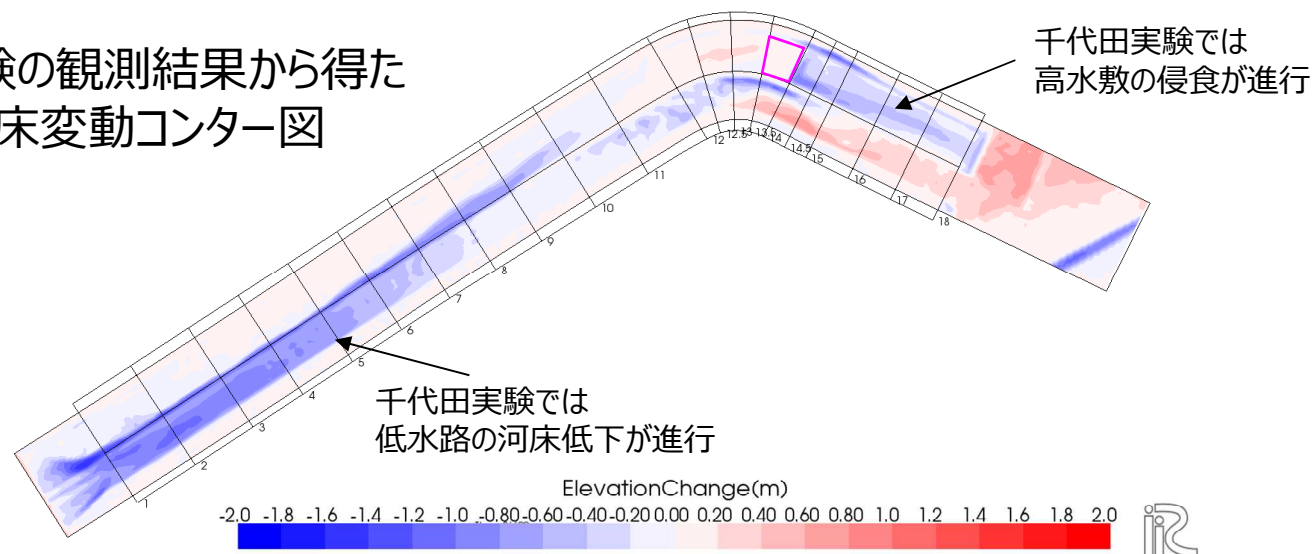
測線⑱の水位の経時変化を示した図



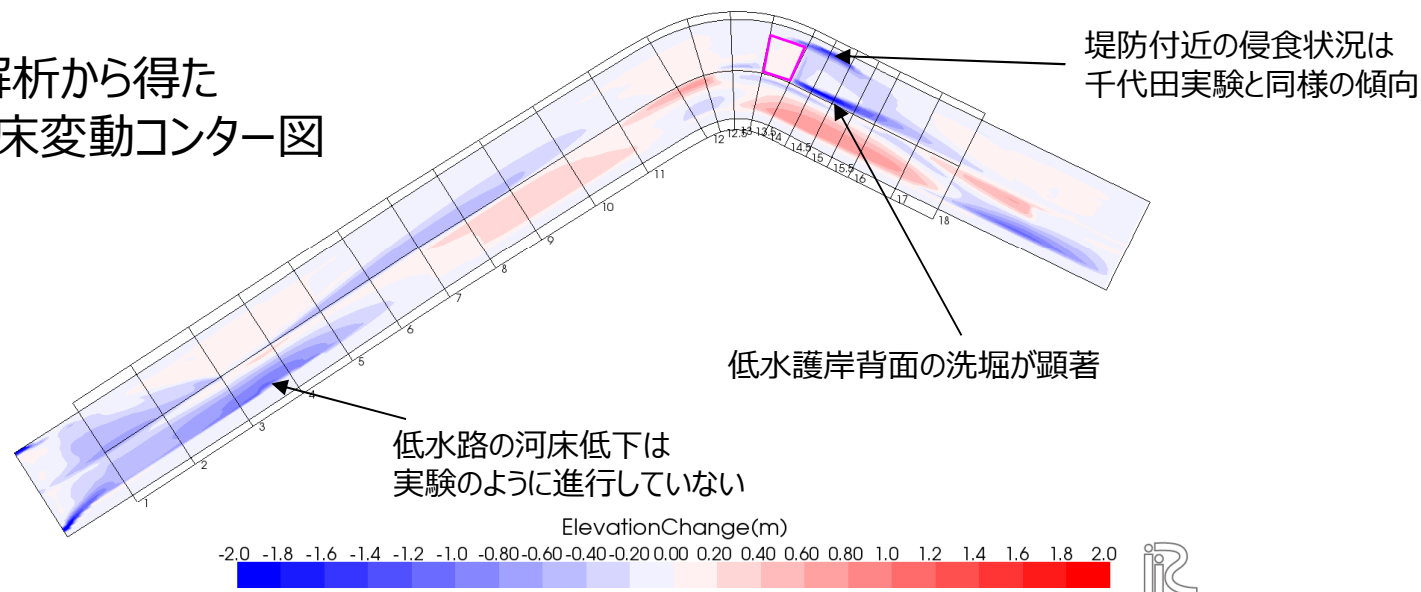
時刻別の水位縦断面図

- 高水敷や堤防付近の侵食はこれまでの計算ケースよりも進行しており、堤防付近の状況は千代田実験と同様の侵食傾向である。ただし、千代田実験よりも低水護岸背面の洗堀が顕著である。
- 湾曲部より上流区間の低水路の状況は千代田実験の方が侵食が進行している。

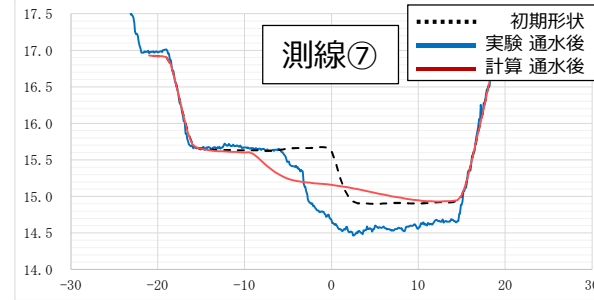
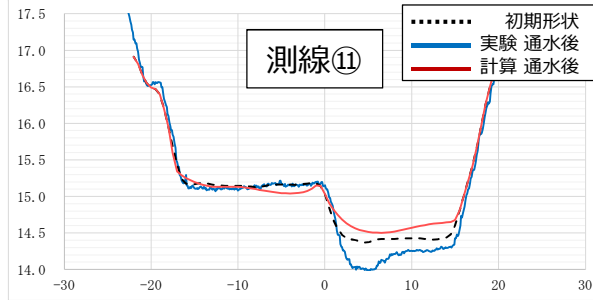
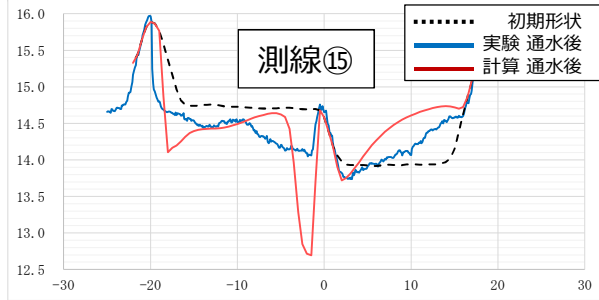
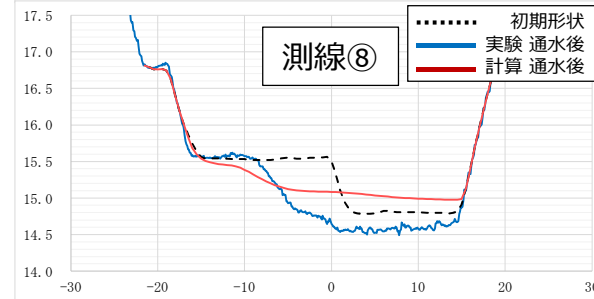
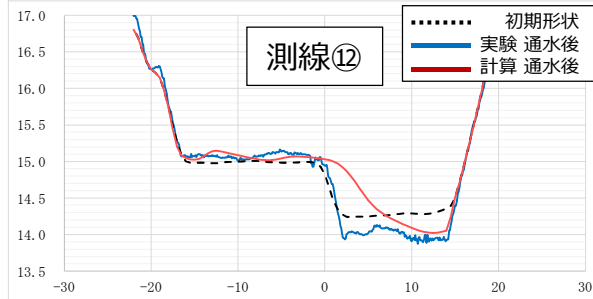
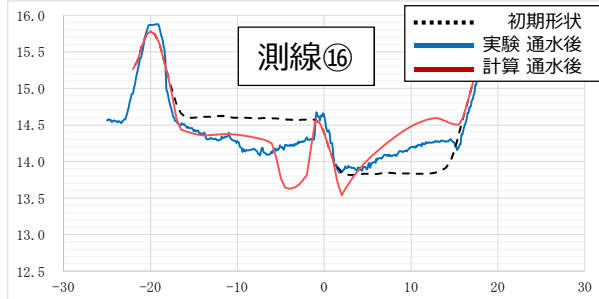
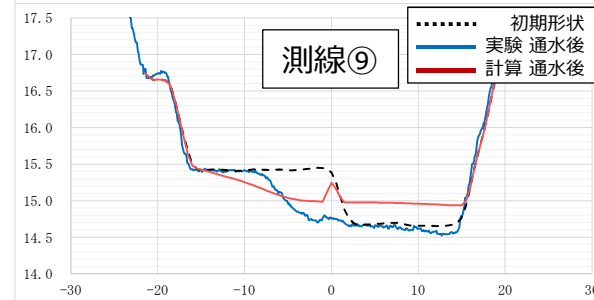
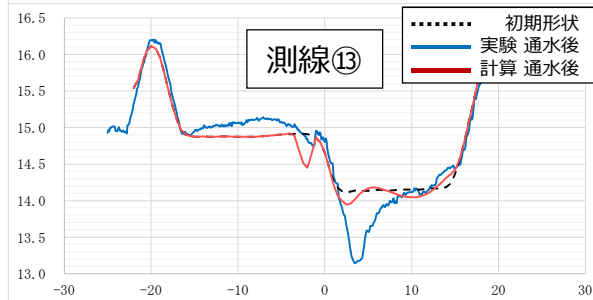
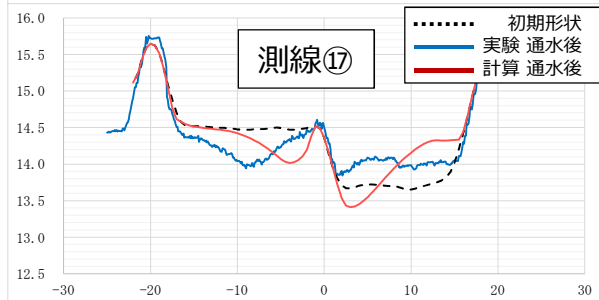
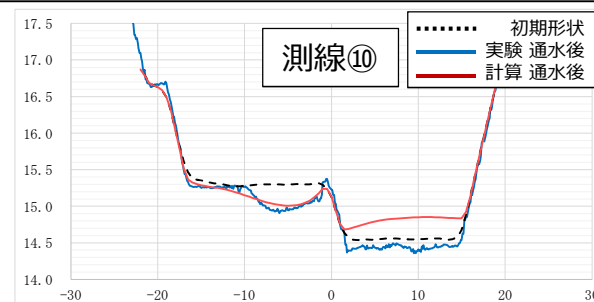
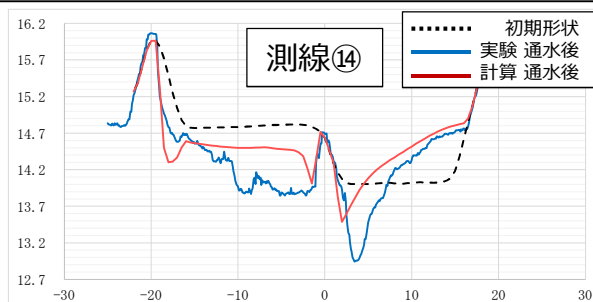
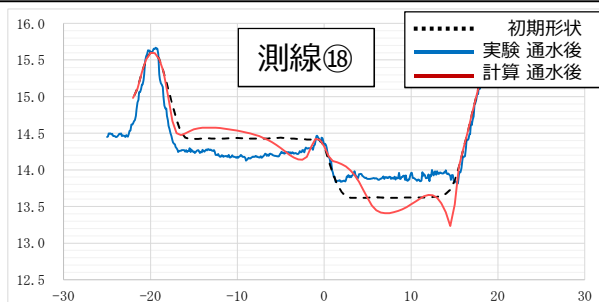
千代田現地実験の観測結果から得た
通水後の河床変動コンター図



数値解析から得た
通水後の河床変動コンター図

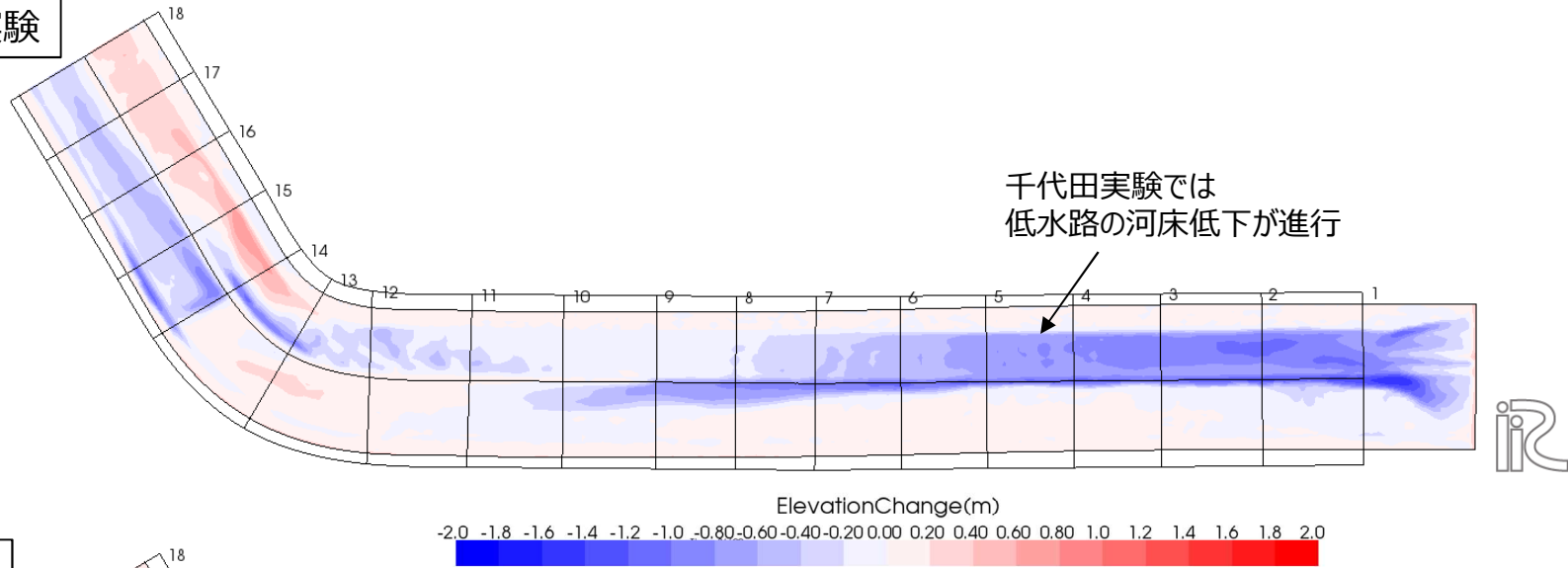


- 堤防天端の侵食が生じていないものの、測線⑮や測線⑭の堤防の侵食状況は千代田実験に近い傾向である。
- ただし、低水護岸背面の洗堀や上流区間の低水路の河床低下量が異なっている。



- 数値解析結果は、千代田実験で生じた堤防の侵食箇所や高水敷の侵食状況と概ね同様の傾向を示している。
- ただし、低水路の河床低下状況については、千代田実験の方が低下傾向であること、低水護岸背面の洗堀は数値解析の方が顕著であること等、現地の状況を完璧に再現できていない。

R04千代田現地実験



R04数値解析

