

第13回 千曲川中流域砂礫河原保全再生検討会

令和6年度整備予定箇所への掘削案

令和6年3月14日

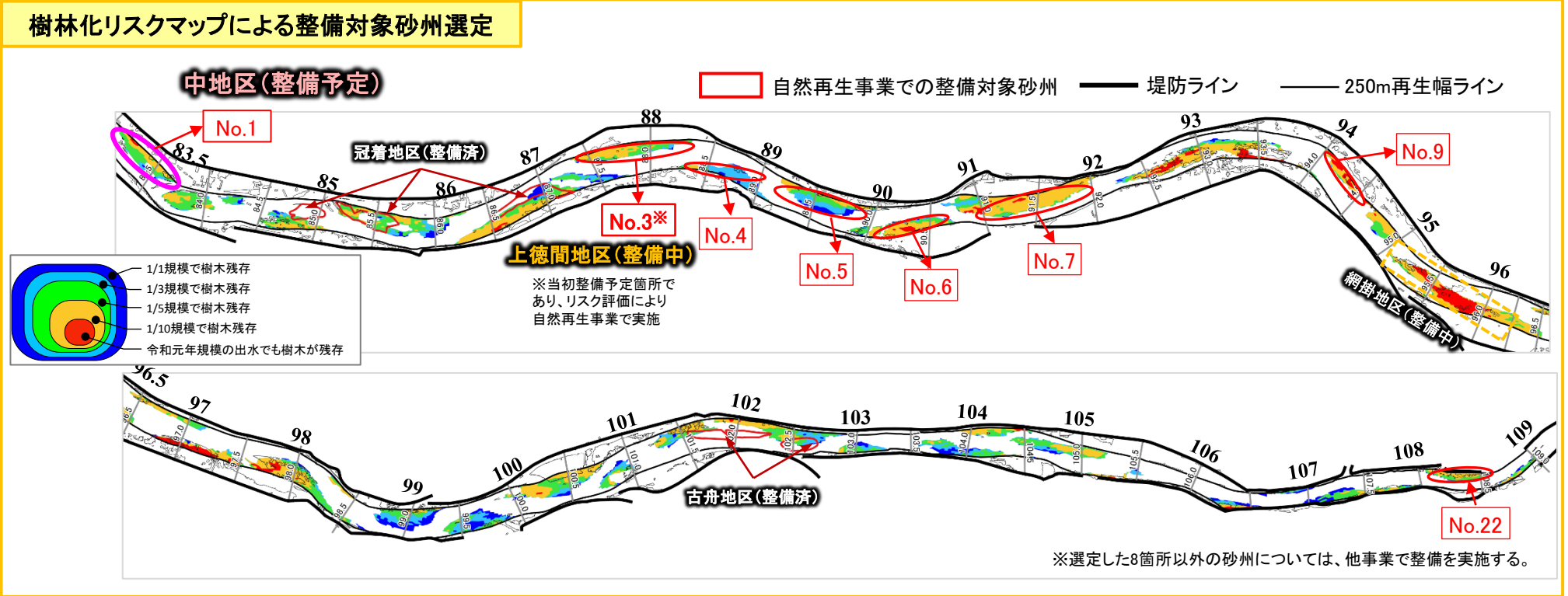
国土交通省 北陸地方整備局 千曲川河川事務所

目次

1. 掘削箇所を選定	2
2. 掘削形状検討の流れ	3
3. 中地区の概要	4
4. 掘削形状の基本的な考え方	7
5. 掘削案の整備効果検証	8
6. 掘削形状の検討	9
7. まとめと今後の検討	15

1. 掘削箇所を選定

- 上徳間地区に続く自然再生整備箇所として、「中地区」を選定（砂州No.1）
令和6年度施工箇所として整備方法を検討中



礫河原再生の整備工程

R6年度施工箇所
(中地区)

■ 整備対象とした8つの砂州について、R14までの10年間で整備を進める。

砂州No.	優先順位	距離標[kp]	掘削土量[千m3]	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
3	1	88.0	71										
1	2	83.5	64										
9	3	94.5	38										
7	4	91.5	143										
6	5	90.5	86										
22	6	108.5	74										
4	7	89.0	32										
5	8	89.5	136										

2. 掘削形状検討の流れ

- 掘削形状の検討は、「1. 中地区の現況の把握」、「2. 流況解析による掘削形状の妥当性評価」の順に行った。
- 今回の検討会以降に「3. 河床変動解析による掘削後の挙動把握」を行って掘削後の安定性の確認を行うことを予定している。

1. 中地区の現況の把握

- 定期測量横断図や航空写真から経年変化を整理し、当該地区の河道特性を把握
- 自然再生計画見直し時の解析結果を用いて、水理的指標（1/1冠水頻度、1/10無次元掃流力・BOI）を整理し、重点的に対策が必要となる区間を抽出

2. 流況解析による掘削形状の妥当性評価

- 掘削形状案に対して、流況解析を実施し、下記の水理的指標について評価
 - 1/1規模（287m³/s） 冠水or非冠水
 - 1/10規模（2,736m³/s） 無次元掃流力 ≥ 0.06
 - 1/10規模（2,736m³/s） BOI ≥ 1.0
- 掘削土量を算出し、コストを評価
- 水理的評価・コスト的評価を総合的に考え、掘削形状の有力案を抽出

第13回千曲川中流域砂礫河原保全再生検討会

3. 河床変動解析による掘削後の挙動把握

- 有力案に対して河床変動解析を実施し、掘削の効果・安定性について評価
 - 短期変動 1/10規模程度洪水に対して掘削効果を確認
 - 長期変動 長期計算を実施し、掘削の安定性を確認
- 上記を踏まえ、中地区における再生整備案を決定

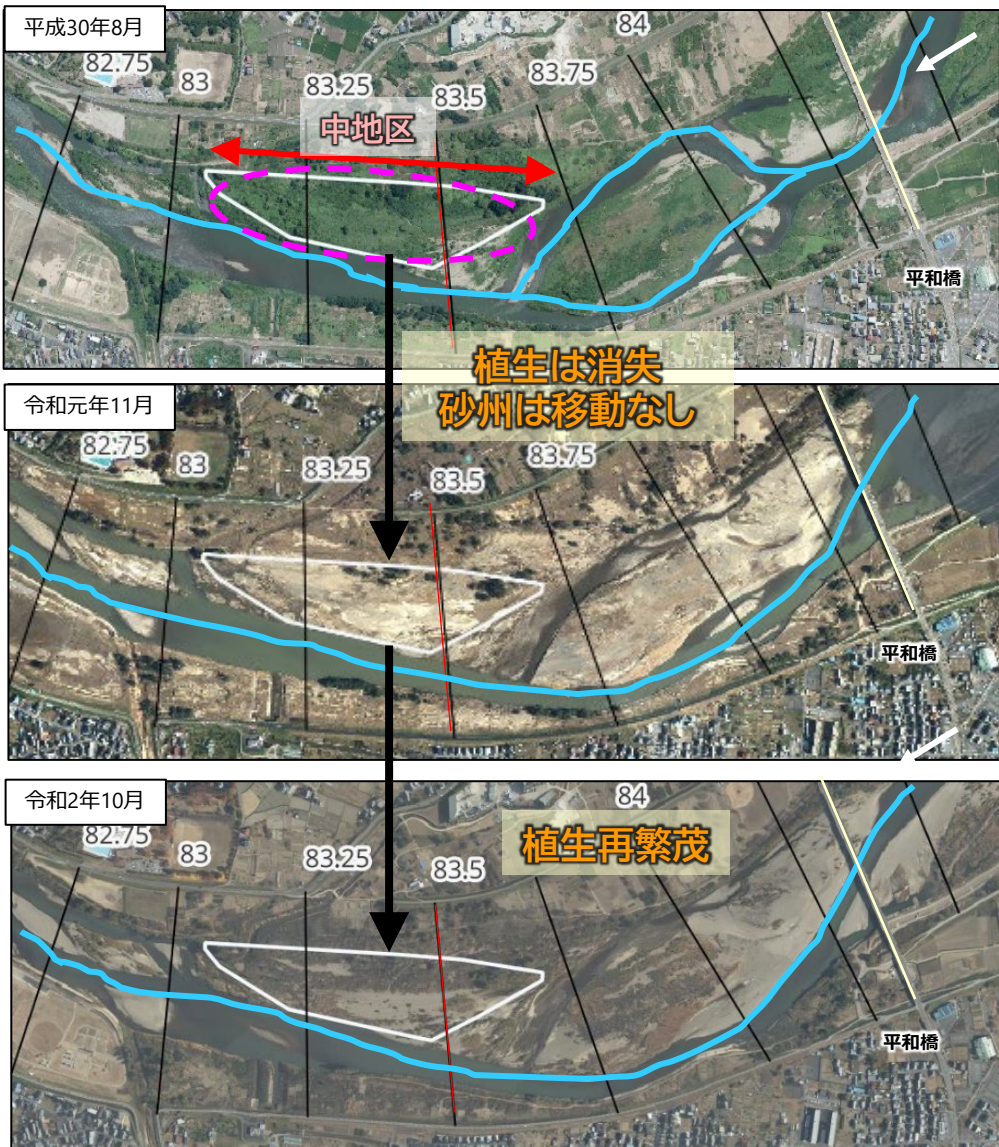
4. 自然再生整備のモニタリング計画の策定

- 自然再生整備後の調査項目・評価方法を検討しモニタリング計画を策定

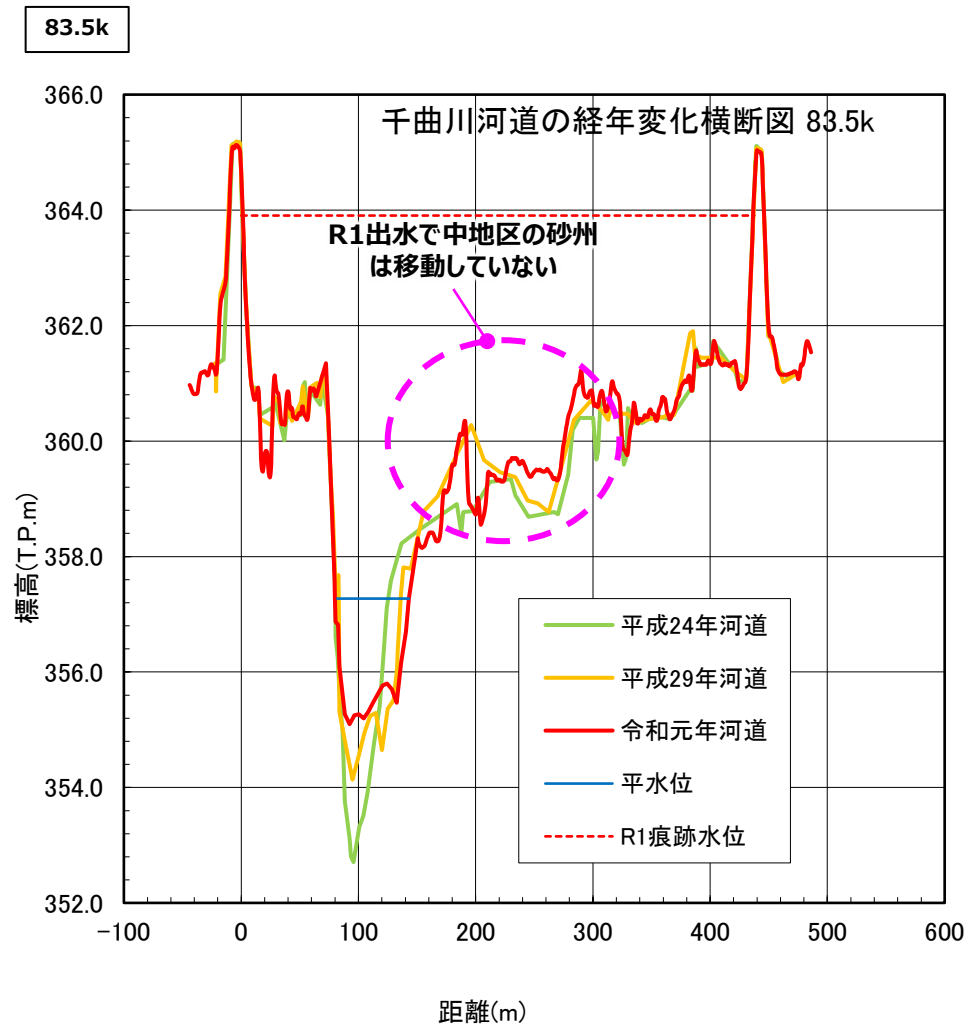
今後の検討

3. 中地区の概要

- 中地区は湾曲内岸側に位置する固定砂州である。
- 令和元年東日本台風時には中地区の砂州上の植生は流出したが砂州はほとんど移動していない。



中地区の経年変化（横断面）

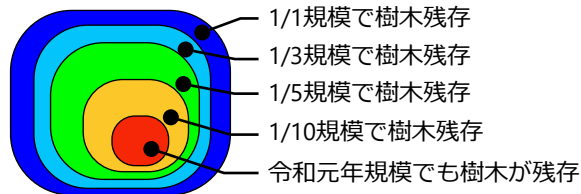


3. 中地区の概要

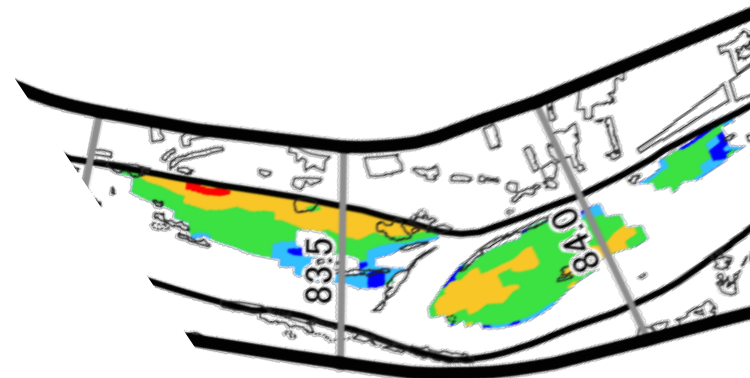
- 概ね10年に1回程度発生する洪水（以下、「1/10規模洪水」）に対しても樹木が残存することから、人為的な砂礫河原回復が必要と判断した。

掘削対象箇所の抽出（自然再生計画検討時）

$\tau_* < 0.06$ かつ $BOI < 1.0$ かつ 1/1非冠水 かつ 自然再生エリア内
河床変動による 流体力による 冠水せずに 自然営力による維持が
樹木流失しづらい 樹木破壊しづらい 草本・樹木が生長しやすい 一定程度期待できる



自然営力による定期的なリフレッシュが期待できる
実績樹木残存域 と合わせて
人為的な砂礫河原回復措置が必要



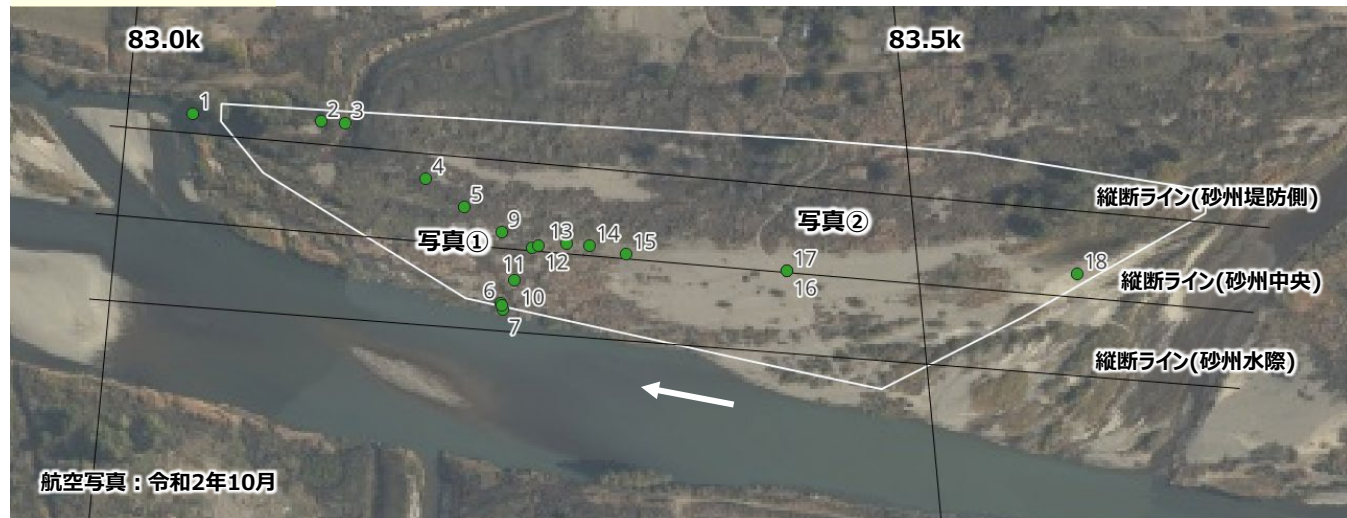
中地区の特徴

- 湾曲内岸側に位置する固定砂州
- 縦断方向約700m、横断方向約200mの細長い形状

3. 中地区の概要

- これまでのモニタリング結果から、掘削面が礫層であると植生が侵入しにくく、砂礫河原が維持されやすい傾向が確認される。
- 掘削面が礫層になるか、検土杖を用いて表層から礫層までの深さを計測し、礫層表面標高を調査した。
- 砂州上流部（83.3kより上流）は表層が礫層であった。砂州下流部（83.1k～83.3k付近）は砂層が堆積していると想定される。

礫層高の確認

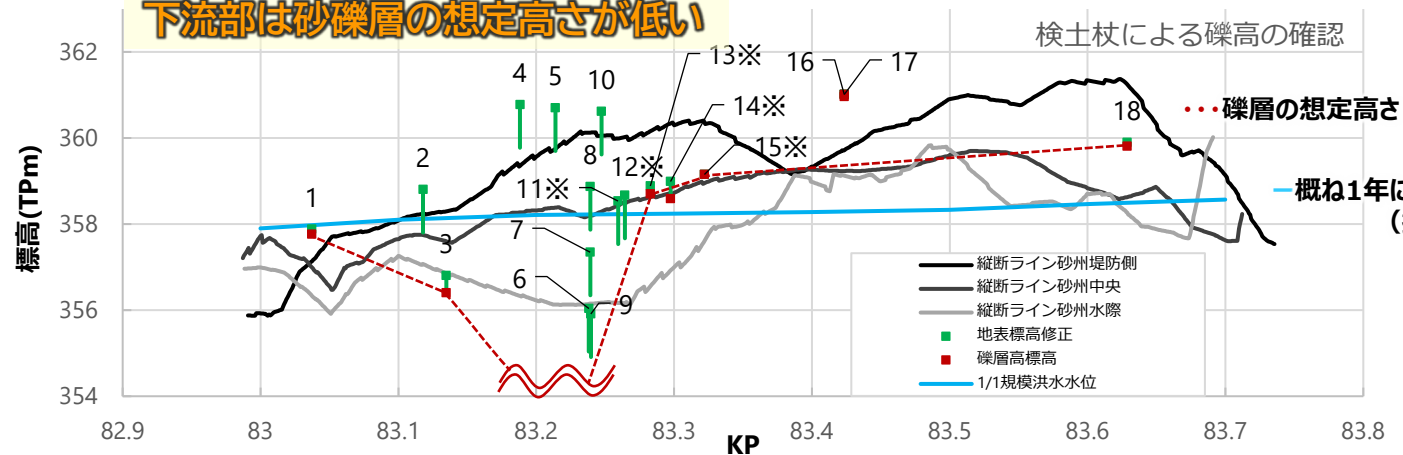


写真①



写真②

下流部は砂礫層の想定高さが低い



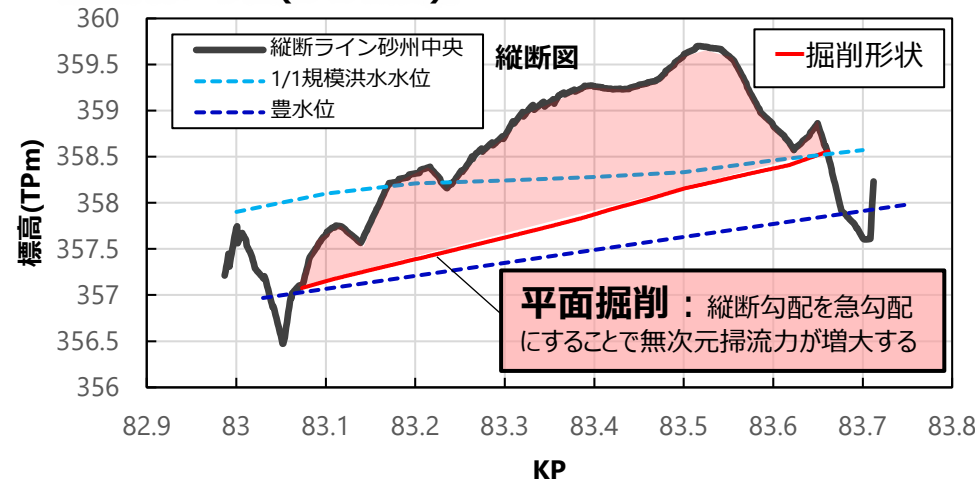
※RTK-GPSを用いて標高を取得したが、最深河床高より低い標高など明らかに異常な調査結果はLPデータより標高を設定した

4. 掘削形状の基本的な考え方

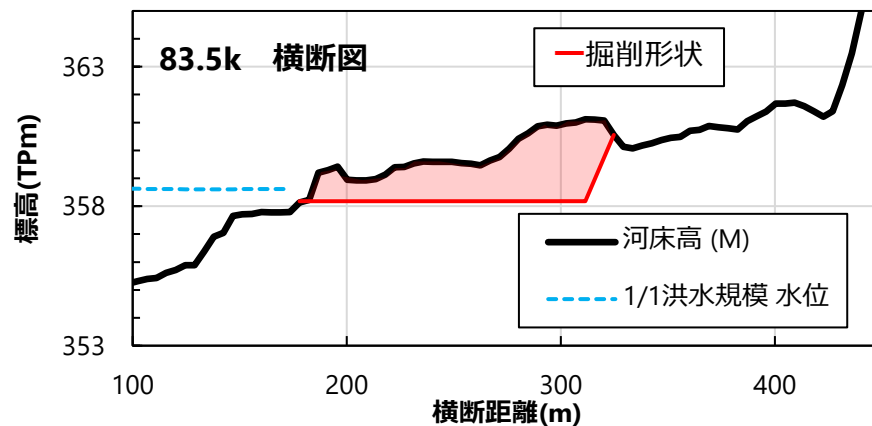
- 植生再繁茂抑制のため、概ね1年に1回程度発生する洪水（以下、「1/1規模洪水」）で冠水する掘削高を基本とした。
- 洪水による自然の営力で砂礫河原が維持されるか否かを水理的な指標（1/10規模洪水時の無次元掃流力、BOI）により確認した。



【縦断イメージ図(B-B'断面)】



【横断イメージ図(A-A'断面)】



掘削形状

- 植生再繁茂抑制のため、1/1規模洪水で冠水する掘削高とする
- 1/10規模洪水による自然の営力で砂礫河原になることを水理的な指標値から確認

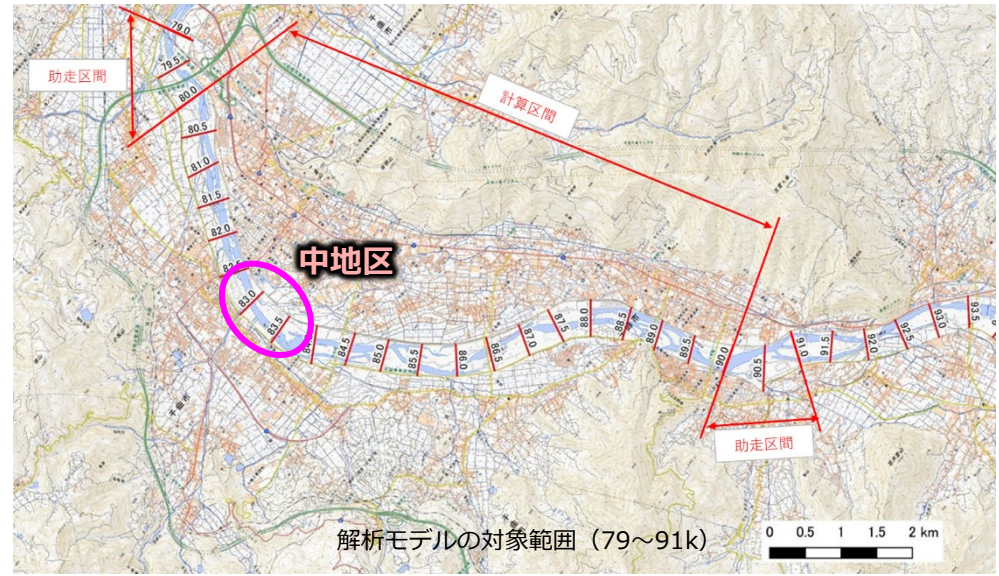
5. 掘削案の整備効果検証

- 中地区の整備効果を検証する為、平面二次元流況解析モデルを構築した。
- 掘削案の効果を検証する指標として、1/1規模洪水の冠水頻度、1/10規模洪水の無次元掃流力及びBOIを算出した。
- 無次元掃流力の閾値は0.06、BOIの閾値は1.0である。

1) 平面二次元流況解析モデルの構築

- 平面二次元流況解析モデルを構築し、洪水時の流れを解析

項目	解析条件
解析手法	平面二次元流況解析（固定床）
解析区間	79～91k
メッシュサイズ	低水路：横断方向10m、縦断方向20m程度 高水敷：横断方向15m、縦断方向30m程度
地形	陸上部：令和元年LPデータ 水中部：定期横断測量
粗度係数	低水路：0.029 （不等流計算による平成25年洪水逆算粗度係数） 高水敷：整備計画粗度
上流端境界条件	1/1流量：287m ³ /s 1/10流量：2,736m ³ /s
下流端境界条件	令和2年河道のHQ



2) 砂礫移動・樹林化に関わる指標の設定

指標として冠水頻度と無次元掃流と、樹木破壊の指標であるBOIを採用

指標	考え方
冠水頻度	1/1規模洪水での冠水有無
無次元掃流力 τ^*	- 流れによって河床の砂礫を動かそうとするせん断力 $\tau^* < 0.06$ の場合、土砂が移動しにくい。
BOI (Breakage or Overturning Index)	- 樹木の破壊（倒伏・破断・転倒）のしやすさを表す指標 - ハリエンジュ（幹径16cm、枝下高2.4m、樹高9.8m）を対象樹種とし流況計算から外力モーメントを評価 - ハリエンジュの破壊限界は論文記載の載荷試験値を設定 BOI < 1 の場合、樹木は破壊されにくい（残存しやすい）

樹木破壊イメージ



出典：『田中ら, 樹木の洪水破壊指標と流失指標を考慮した砂礫州上樹林地の動態評価手法の提案, 土木学会論文集B, Vol.66, No.4, pp.359-370, 2010』

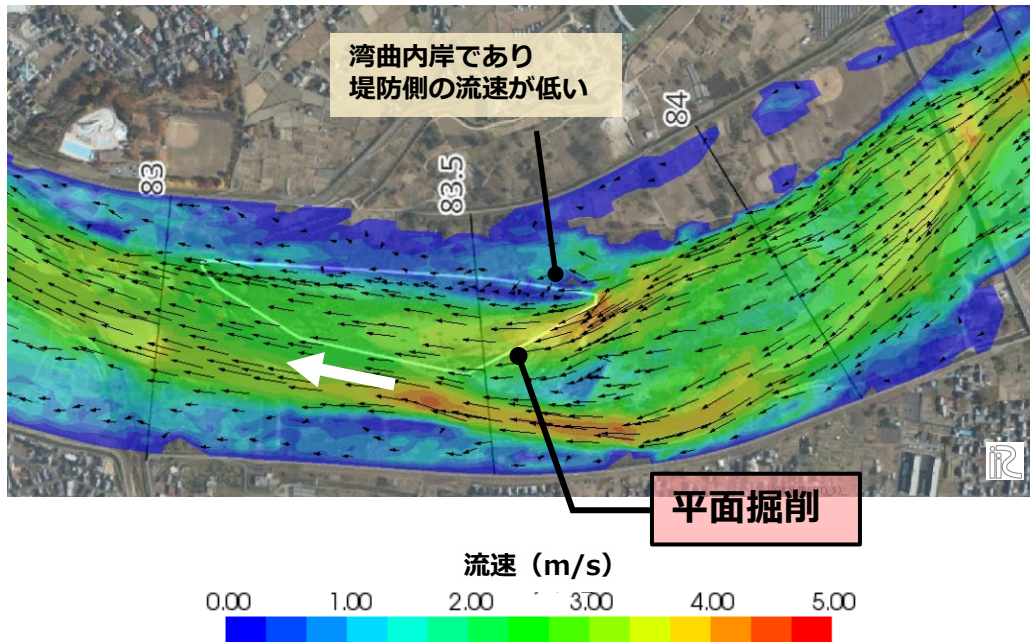
6. 掘削形状の検討

- 平面掘削形状を反映した流況計算を実施した。
- 1/10規模洪水時に砂州の堤防側・中央部で無次元掃流力が閾値（0.06）未満となるため、水理的な評価指標を満足しない。

平面掘削案

洪水時の流況計算結果

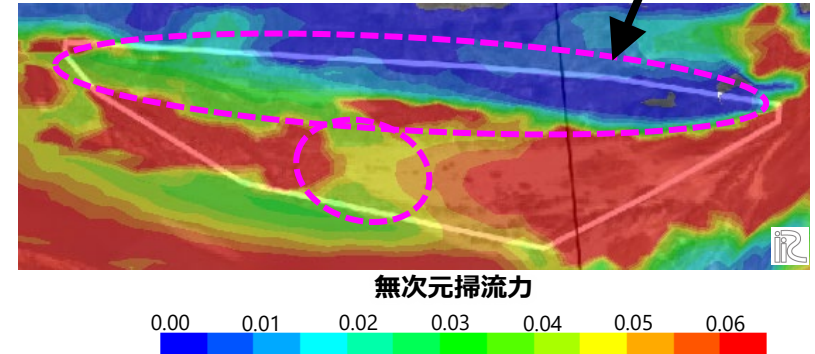
1/10規模洪水 流速コンター図・流速ベクトル図



水理的な評価指標 τ_* :× BOI:○

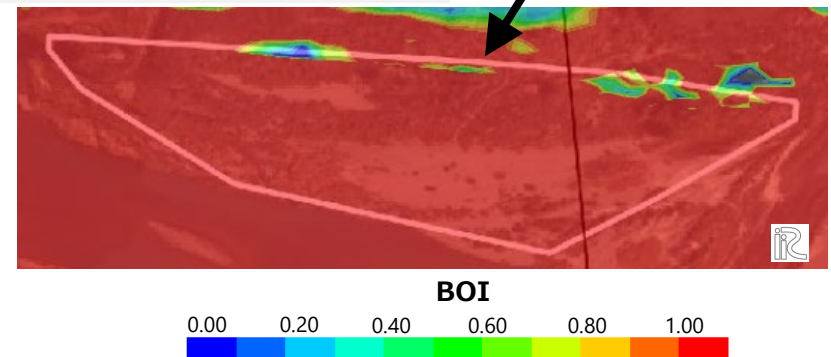
無次元掃流力 τ_* が0.06未満
評価指標を満足しない

1/10規模洪水 無次元掃流力 τ_*



1/10規模洪水 BOI

BOIは概ね1以上



6. 掘削形状の検討

【水理的評価指標を満足するための掘削形状の検討】

① 掘削水路及び導流水路を追加した掘削形状とすることで水理的評価指標を改善する案の検討

- ・ 中地区に洪水を流入させるための掘削水路・導流水路を追加した形状を検討した。



② 掘削範囲の見直し

- ・ 上記①でも水理的評価指標を満足しない場合、当該地区が湾曲内岸側に位置するという河道特性も踏まえて掘削範囲を縮小する形状を検討した。

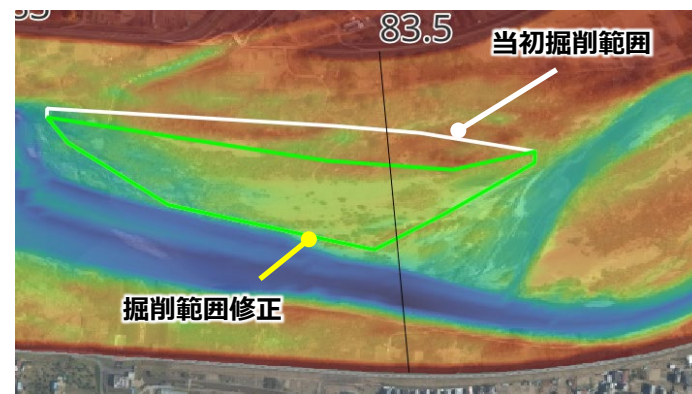
① 掘削範囲を広げる検討案のイメージ

- ・ 掘削水路、導流水路を追加することで、水理的評価指標の改善を検討



② 掘削範囲の見直しのイメージ

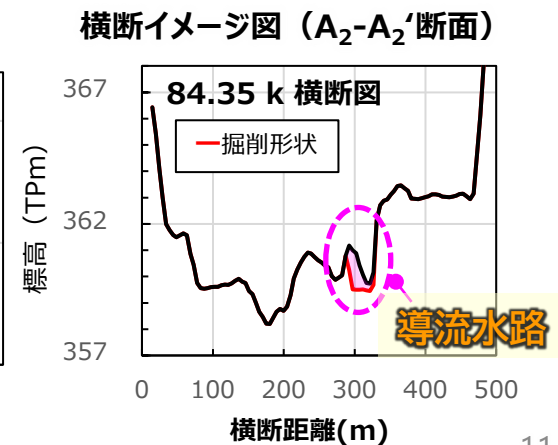
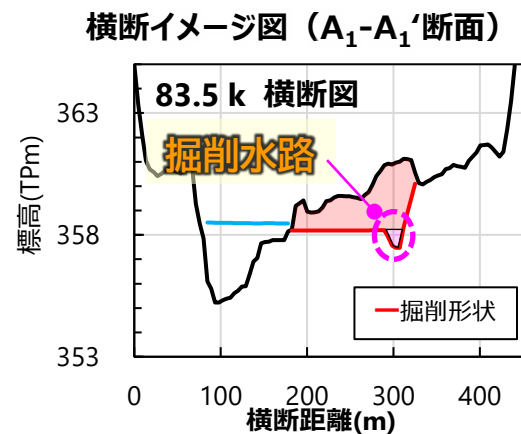
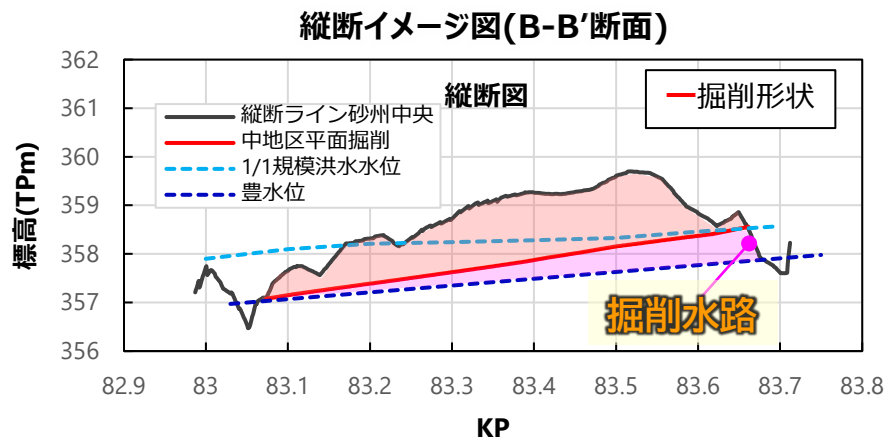
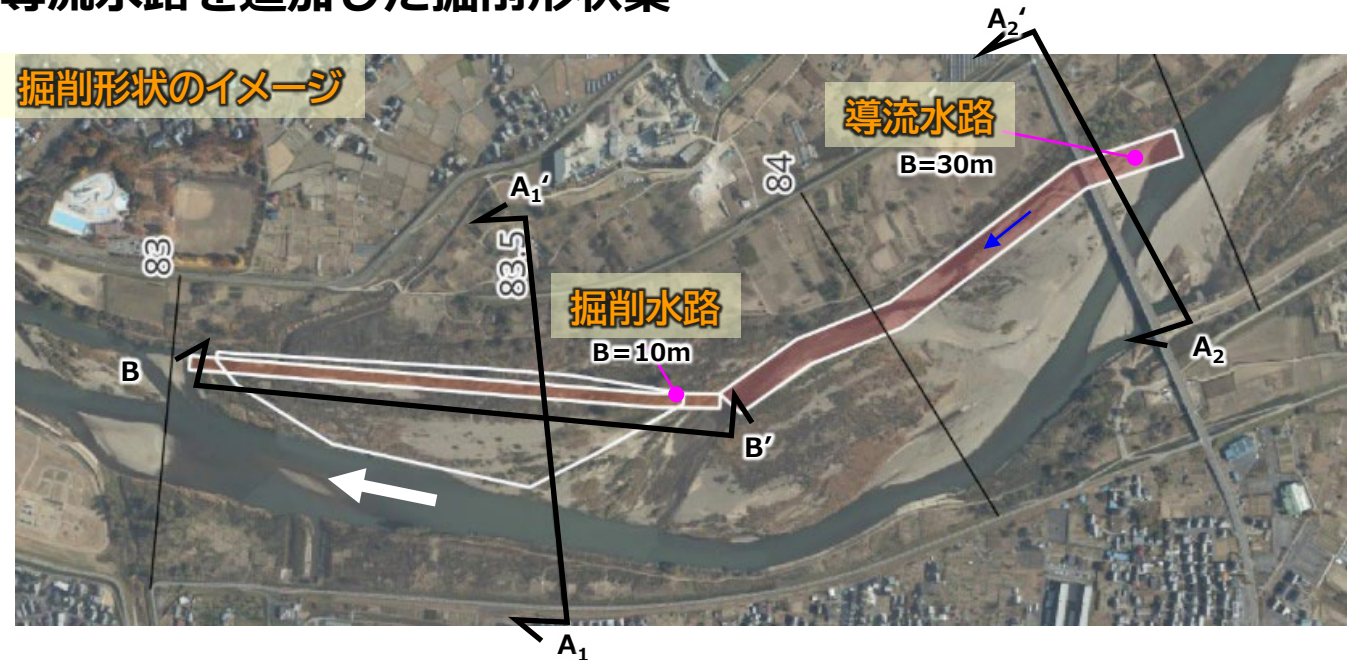
- ・ 湾曲内岸に位置する河道特性を踏まえて掘削効果が高い範囲まで掘削範囲を縮小



6. 掘削形状の検討

- 平面掘削だけでは水理的指標を満足しないことから、旧流路を活用して水の流れを右岸側に導く流路を形成する案を検討した(導流水路)。
- また、堤防側の流れを改善するために他地区での実績をもとに掘削水路を設置する形状とした(掘削水路)。

① 掘削水路及び導流水路を追加した掘削形状案



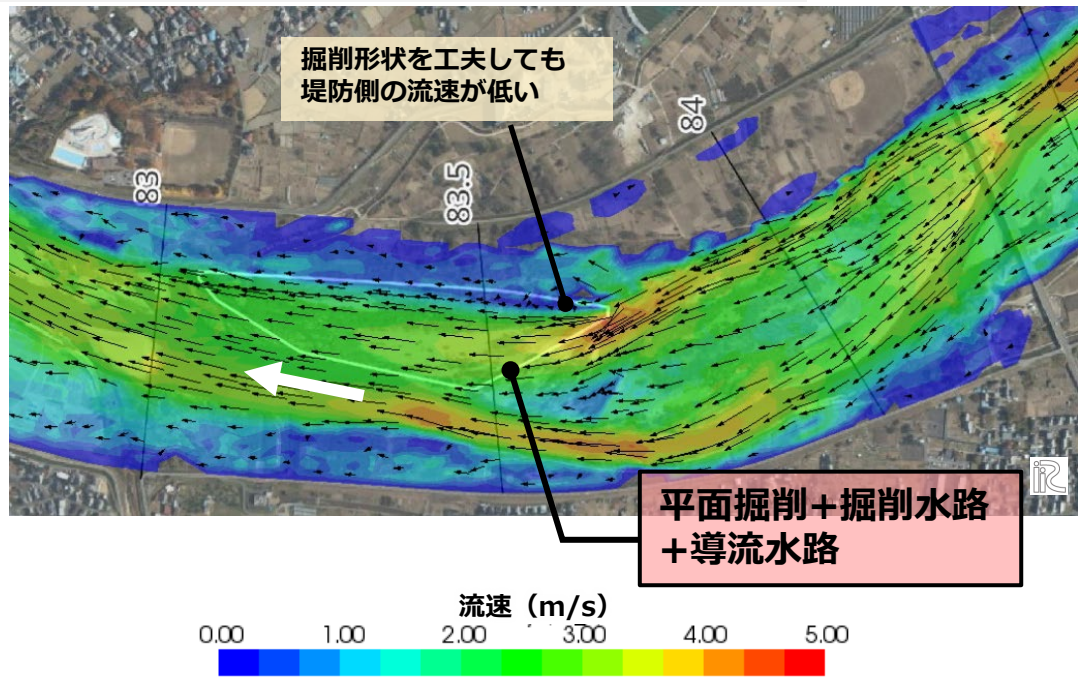
6. 掘削形状の検討

- 掘削水路及び導流水路を追加した掘削形状を反映した流況計算を実施した。
- 1/10規模洪水時に砂州の堤防側及び中央部で無次元掃流力が基準値（0.06）未満となるため、水理的評価指標を満足しない。
- 中地区は湾曲内岸に位置しているため、掘削形状を工夫しても堤防側の流況が改善しづらいことが明らかになった。

① 掘削水路及び導流水路を追加した掘削形状案

洪水時の流況計算結果

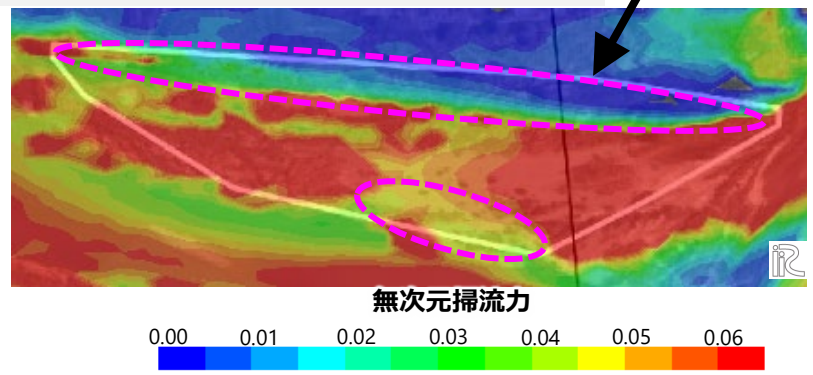
1/10規模洪水 流速コンター図・流速ベクトル図



水理的な評価指標 τ^* :× BOI:○

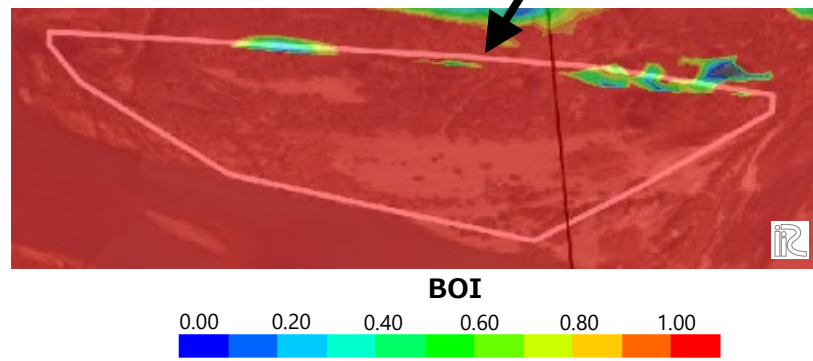
無次元掃流力 τ^* が0.06未満
評価指標を満足しない

1/10規模洪水 無次元掃流力 τ^*



1/10規模洪水 BOI

BOIは概ね1以上

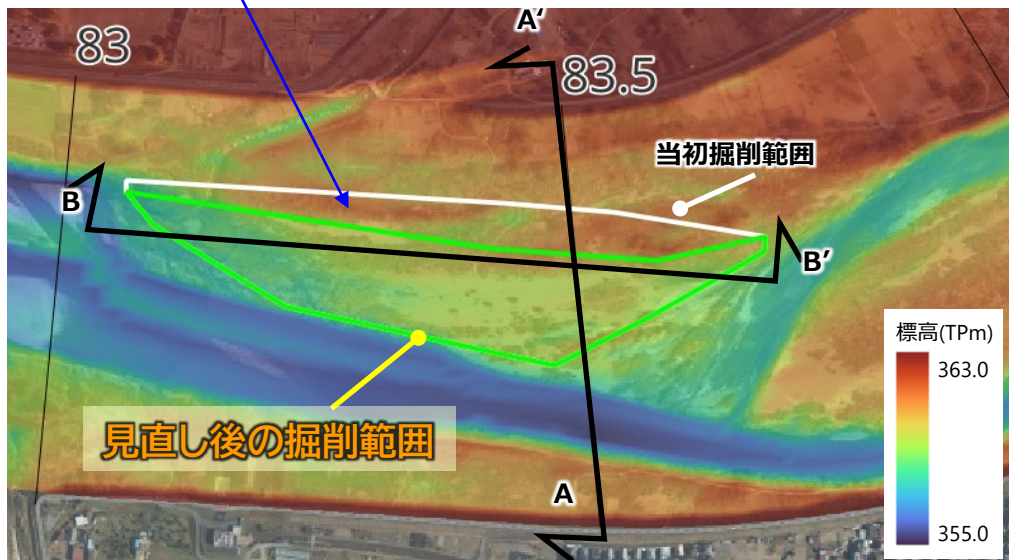


6. 掘削形状の検討

- 中地区の掘削範囲について、以下2つの理由から内岸側の標高が高い範囲を除外した範囲に修正することとした。
 - (1) 湾曲内岸にあり、河道特性として流速が大きくなりづらく、掘削した場合にも再堆積のリスクが大きい。
 - (2) 砂州高が高い範囲は掘削するときの土量が大きくなることから事業費に対する砂礫河原再生の効率が悪い。
- 掘削土量が最小となる形状（1/1洪水規模で冠水する高さ）で水理指標の確認を行った。

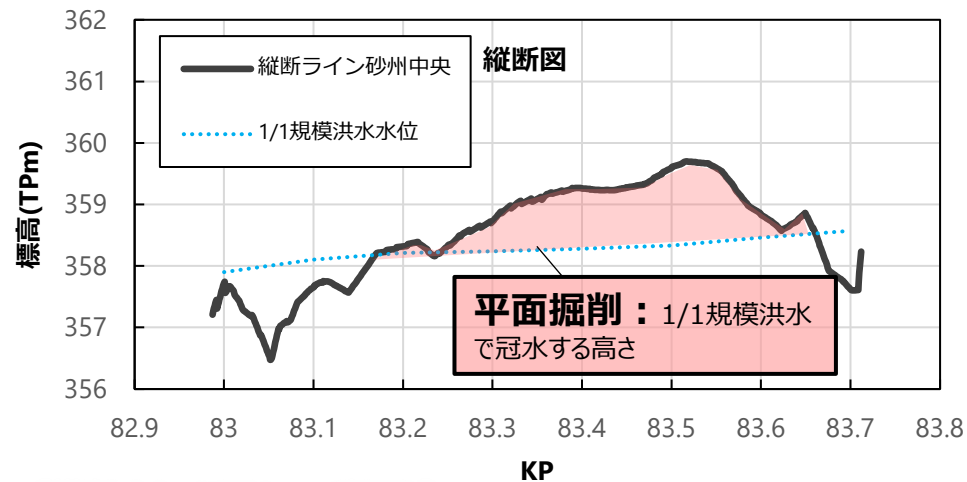
②掘削範囲の見直し

標高が高い箇所（掘削した場合の高さが3m以上となる範囲）を掘削範囲から除外する

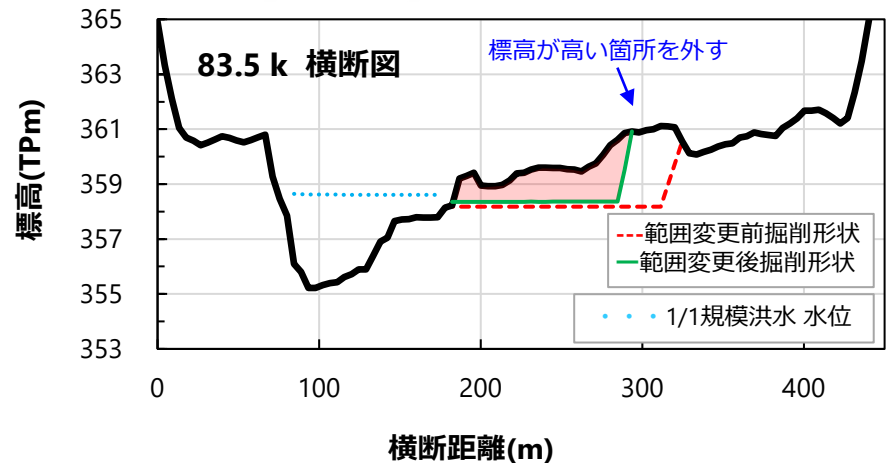


中地区範囲修正後
掘削面積5.2万 m² (71%)
掘削土量5.5万m³ (51%)

【縦断イメージ図(B-B'断面)】



【横断イメージ図(A-A'断面)】



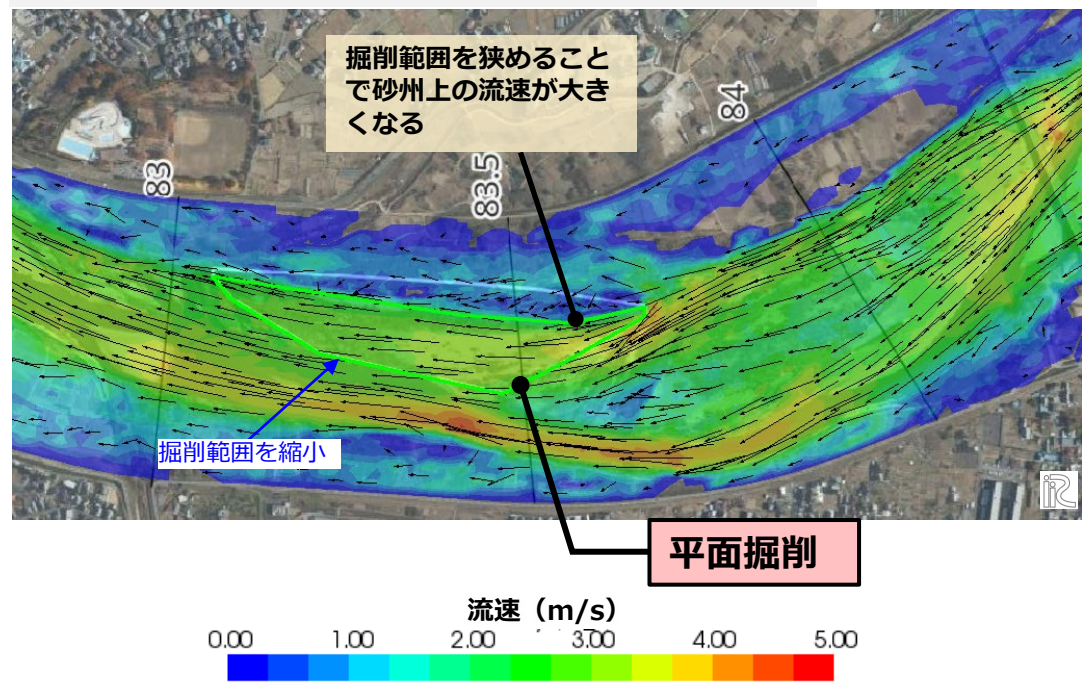
6. 掘削形状の検討

- 掘削範囲を見直して平面掘削形状を反映した流況計算を実施した。
- 掘削範囲を狭めることで砂州上の流速が大きくなり、概ね水理指標を満足する。そのため砂礫河原が維持されやすい形状だと判断する。

②掘削範囲の見直し

洪水時の流況計算結果

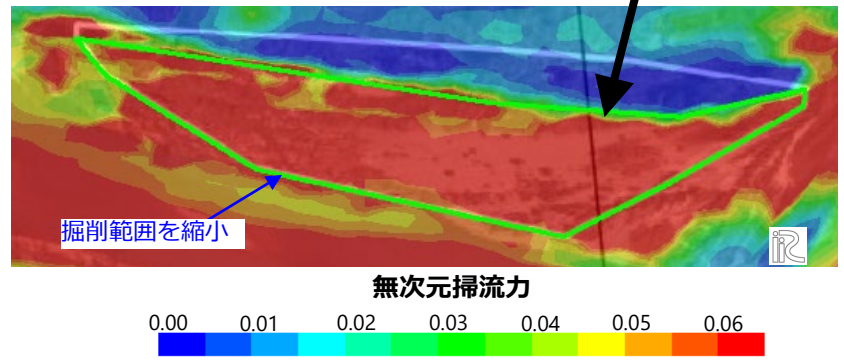
1/10規模洪水 流速コンター図・流速ベクトル図



水理的な評価指標 $\tau_*: \bigcirc$ BOI: $\bigcirc$

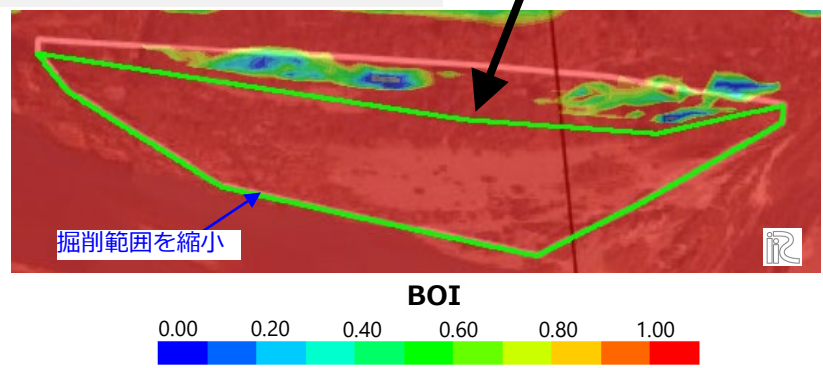
無次元掃流力 τ_* が概ね0.06以上
評価指標を満足する

1/10規模洪水 無次元掃流力 τ_*



1/10規模洪水 BOI

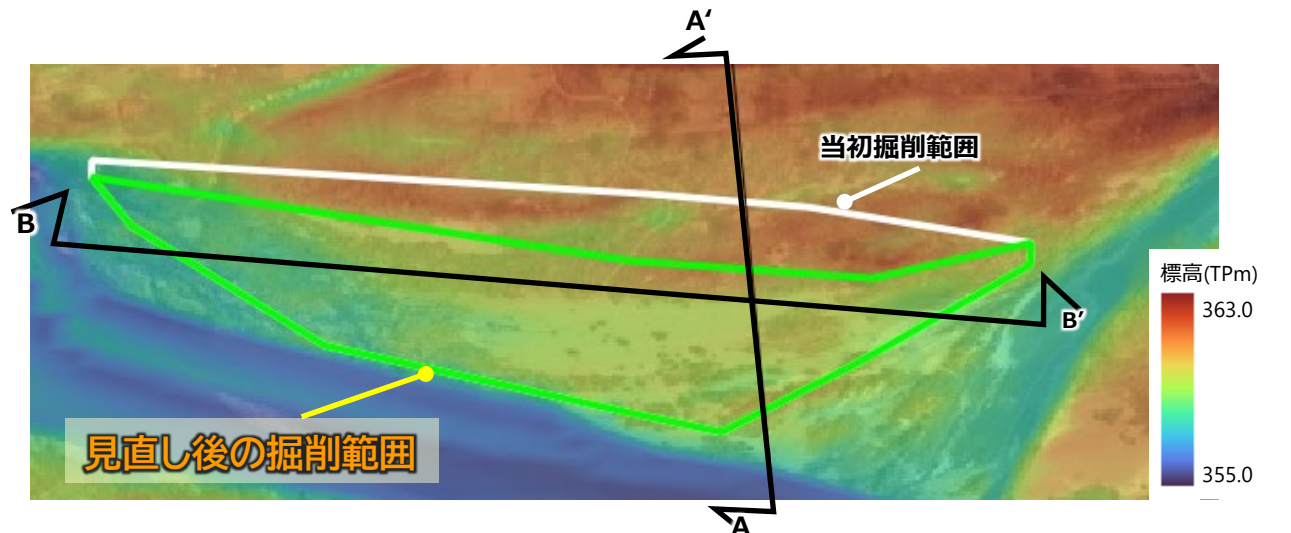
BOIは概ね1以上



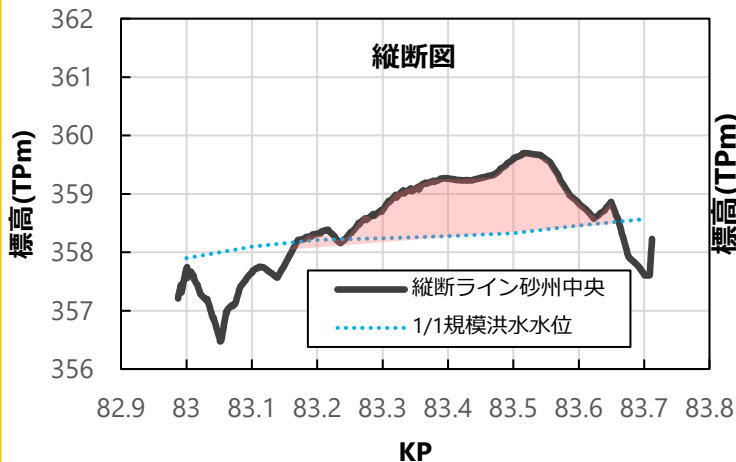
7. まとめと今後の検討

- 掘削範囲を縮小し、1/1規模洪水で冠水する高さに平面掘削することで、水理的評価指標を概ね満足した。
- 土量を少なくしながら水理指標を満足することができることから掘削範囲を縮小し、1/1規模洪水で冠水する高さに掘削する案を採用する。
- 今後は、短期的・長期的な洪水による河床変動の予測計算を行い、掘削箇所の将来変化の確認を行う。

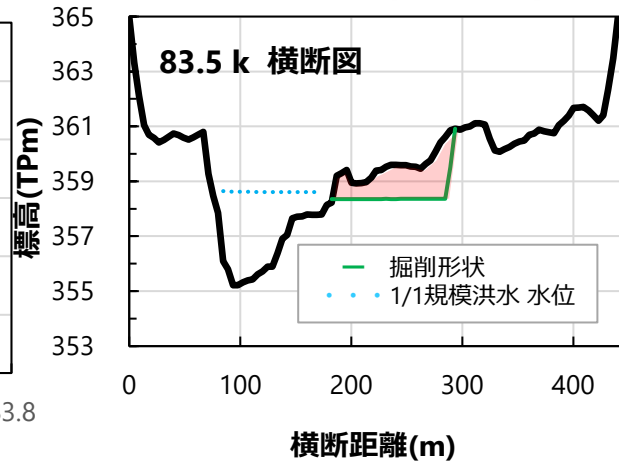
中地区の掘削形状案



【縦断イメージ図(B-B'断面)】

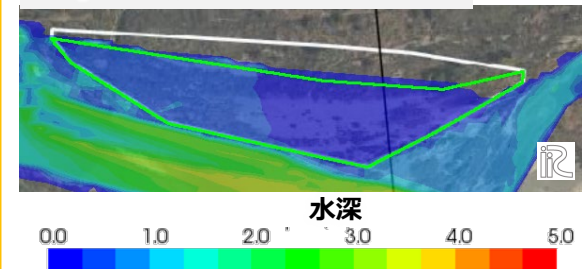


【横断イメージ図(A-A'断面)】

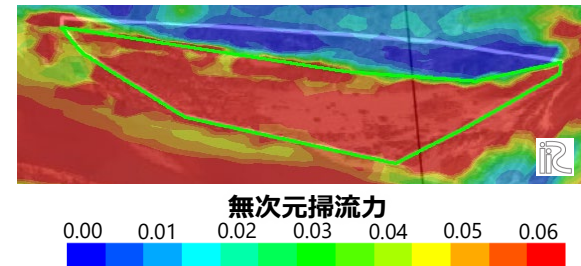


水理的な評価指標 ○

1/1規模洪水 冠水範囲



1/10規模洪水 無次元掃流力 τ^*



1/10規模洪水 BOI

