

資料-1

大型模型実験の結果と考察

旭川開発建設部 治水課

実験の目的

- これまでの検討では主としてシミュレーションにより対策工効果の確認を行ってきた。
- しかしながら、計算モデルで考慮できない現象（例えば、水深方向の流速変動、それに伴う流砂の動きや河床変化、支川合流など）や計算格子より小さいスケールの現象（例えば、微地形、局所流など）が、対策工効果に及ぼす影響を確認することが困難である。
- そこで、模型実験により計算では確認が困難であった現象を含めた対策工の効果（すなわち、最深河床高の低下を抑制することができるか否か）の確認を行うこととした。

対策工実験の条件設定について

＜実験条件設定の流れ＞

- 既往検討を踏まえ、“早期に実施すべき対策工”として「低水路拡幅＋岩盤被覆(岩盤被覆厚: 50cm)」の対策工条件を設定し、平均年最大流量(一定)を通水する実験をおこなった
- また、岩盤被覆下流端(勾配変化点)からの土砂流出を抑制することを目的として、岩盤被覆区間の下流端に帯工を設置した実験をおこなった
- 上記実験から被覆厚が薄い箇所(河岸際など)で岩盤が再露出する傾向があったため、流用土砂量を踏まえ、河岸際の被覆厚を厚くした断面(岩盤被覆厚: 100cm)を設定し、実験をおこなった
- それでもやはり、相対的に被覆厚が薄い箇所(河岸際など)で岩盤が再露出する傾向があった。流量条件が大きすぎるのでは？と考え、既往検討の数値計算で用いている流量条件(非定常)を与えた実験をおこなった。

ケース名	対策工	条件設定の考え方	外力
ケース4-1	低水路拡幅＋岩盤被覆 (=岩盤高+50cm)	・「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」対策を “早期に実施すべき対策工”として設定した	平均年最大流量(定常流) ＋H23年洪水(非定常流)
ケース4-2	低水路拡幅＋岩盤被覆 (=岩盤高+50cm)＋帯工	・既往検討の結果効果が確認された「低水路拡幅＋ 岩盤被覆」に「帯工」を組み合わせた対策工として設定 した	
ケース4-3	低水路拡幅＋岩盤被覆 (=岩盤高+100cm)	・低水路拡幅や砂州掘削により発生する土砂を最大 限利用できるとして「岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」 として設定した	
ケース4-4	低水路拡幅＋岩盤被覆 (=岩盤高+100cm)	・定常流実験では流れが集中し砂州や濇筋が固定化 する懸念があり、非定常実験とすることで露岩の発 生・消滅、砂州の移動現象などが実河川と同等であ ると考え外力を設定した	500m ³ /s以上の実績流量 (非定常流)

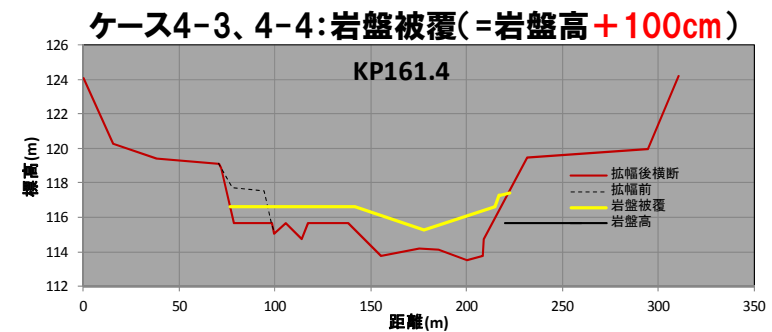
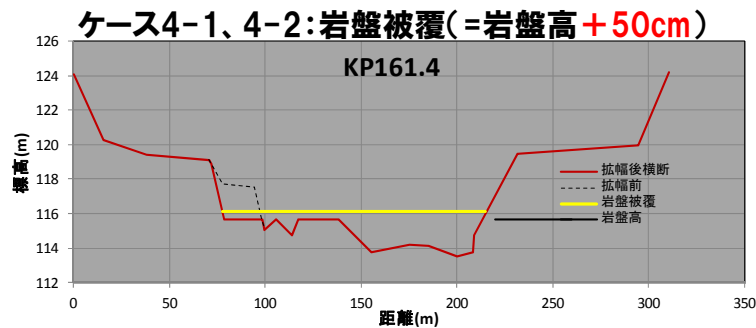
実験条件について

➤ 以下の対策工および流量条件で実験をおこなう

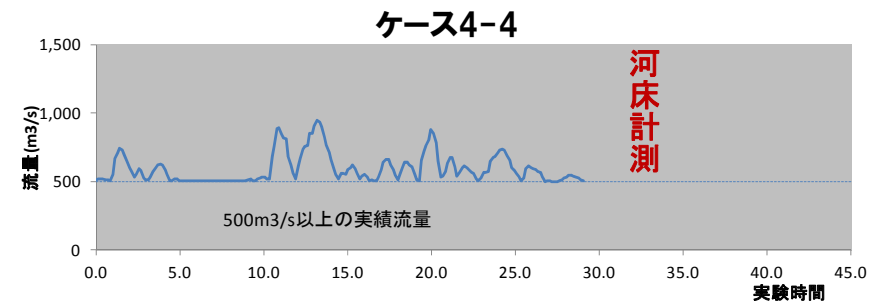
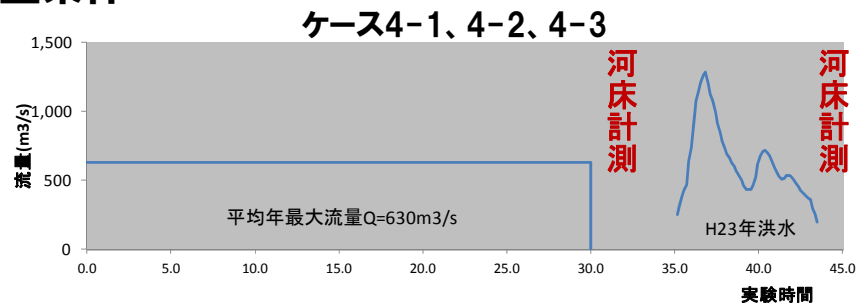
■対策工について



■初期の岩盤被覆断面



■流量条件



実験結果の評価の方法

＜河床低下対策工効果の評価＞

- ① 各ケースにおいて、初期河床からの河床変化(平均河床高や最深河床高など)を指標として河床低下抑制効果の評価をおこなう。さらに、数値シミュレーション結果と比較し、対策後の河床変化傾向を整理する
- ② また、実験で形成される河床形態をリファレンス区間に形成されている河床形態(砂州波高や波長など)と比較し、対策後に形成される河床形態の評価をおこなう

＜③岩盤洗掘の評価＞

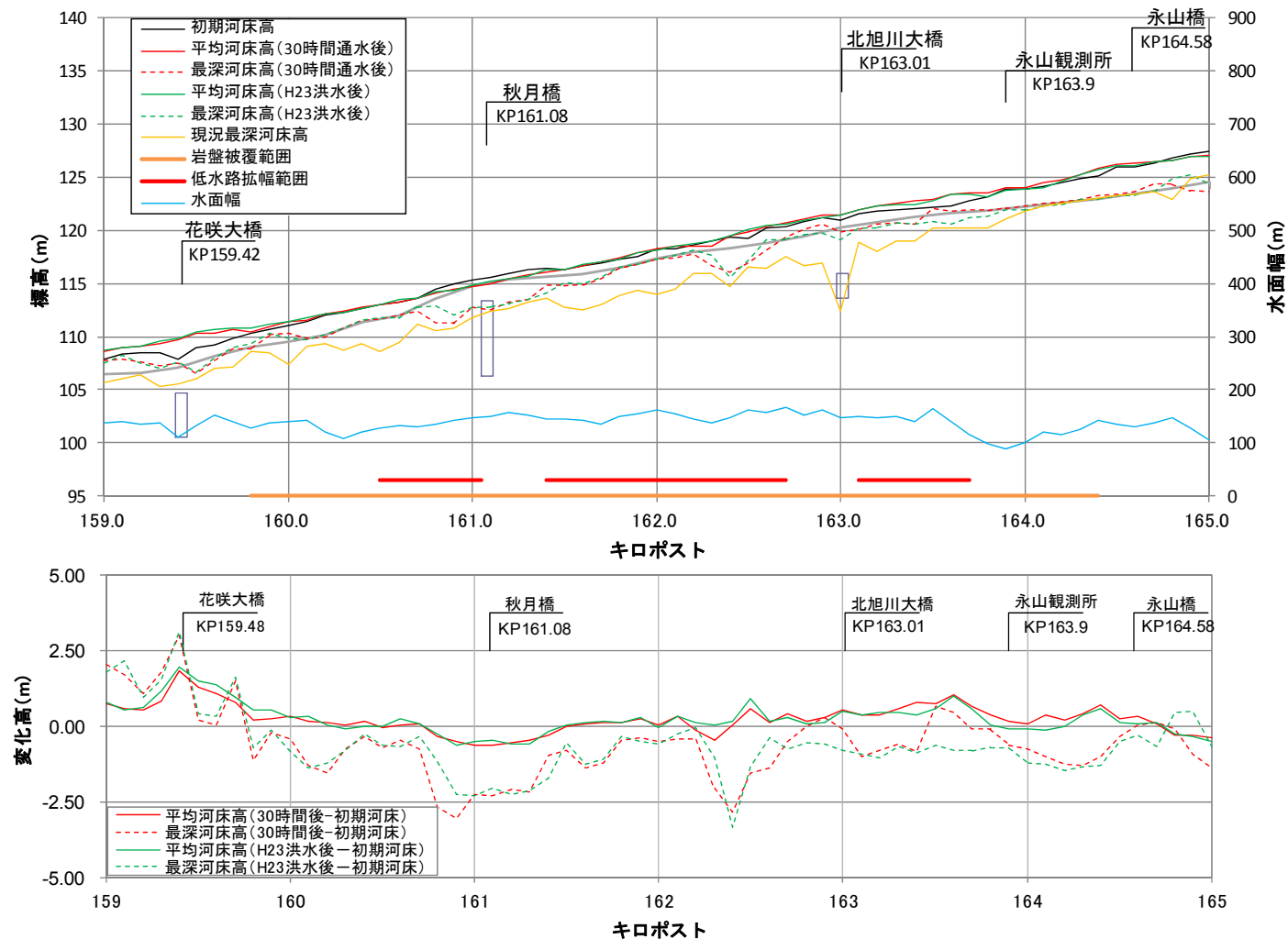
検討区間の河床低下要因の1つとして、「流砂による岩盤洗掘」が挙げられるものの、実験では岩盤洗掘を再現することが困難である。

→ そのため実験では、砂礫で被覆した対策区間に再び岩盤層が露出した場合に「岩盤洗掘が進行する可能性がある」として、岩盤洗掘抑制効果の評価をおこなう。

実験結果

河床縦断面図

- 各ケースにおいて初期河床からの河床変化高を見ると平均河床高は概ね安定傾向であることが確認できた
- 最深河床高は2.5m程度低下する箇所が見られるものの現況最深部(縦断面図黄線)までは低下しないことが確認できた



実験結果の河床縦断面図(ケース4-1「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」)

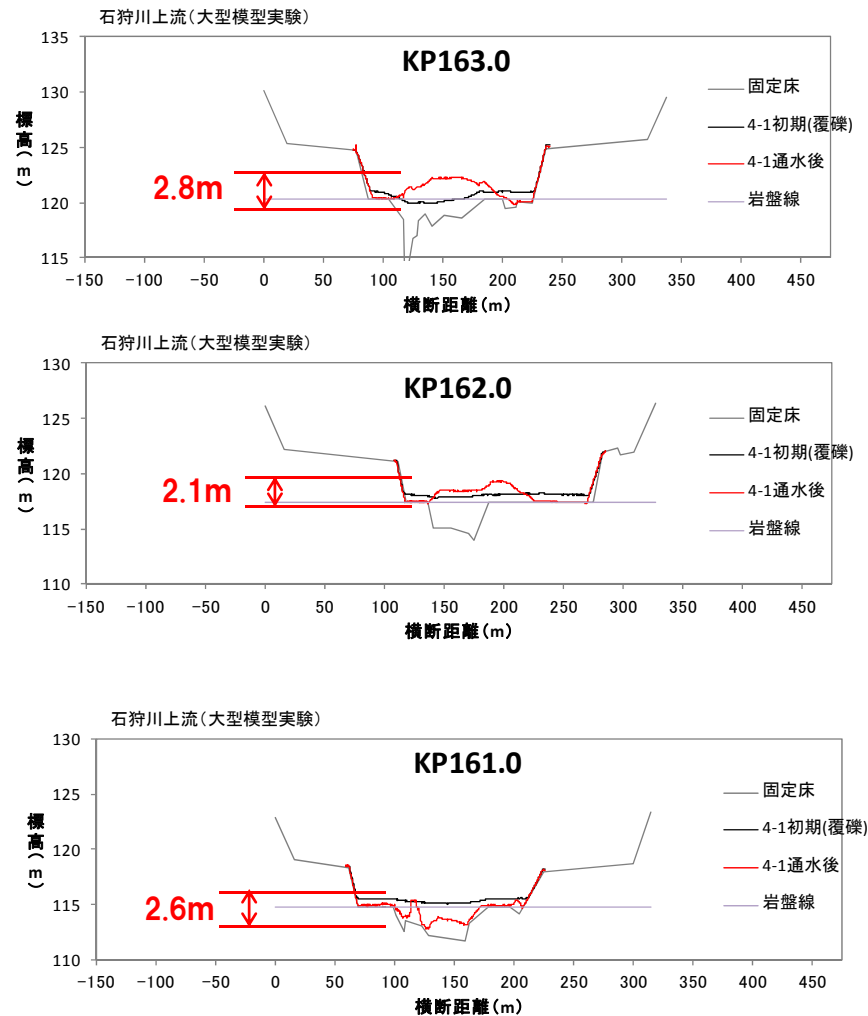
河床横断図

- 対策工区間の河道には砂州波高2～3m程度の交互砂州が形成された
- 時間の経過とともに河岸際が連続して岩盤床が露出する傾向であった

ケース4-1

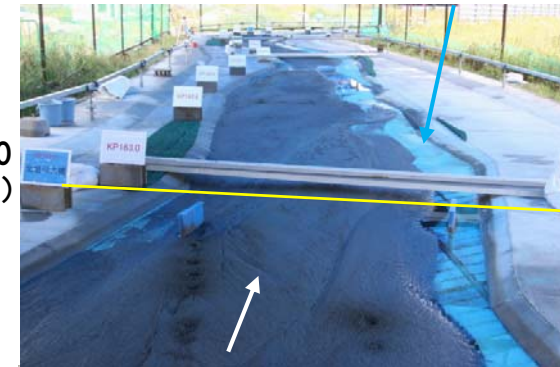
「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



水色の部分が露岩箇所

KP163.0
(北旭川大橋)



KP162.0



KP161.0
(秋月橋)



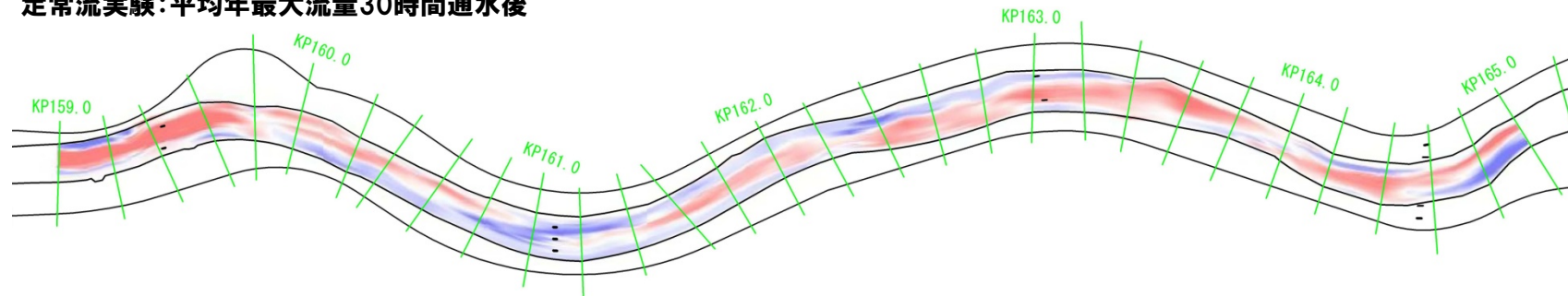
実験結果の砂州形成について(1/2)

- 初期河床からの変化高のコンター図を見ると、いずれのケースも同様な箇所で堆積・低下が確認できる

ケース4-1

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

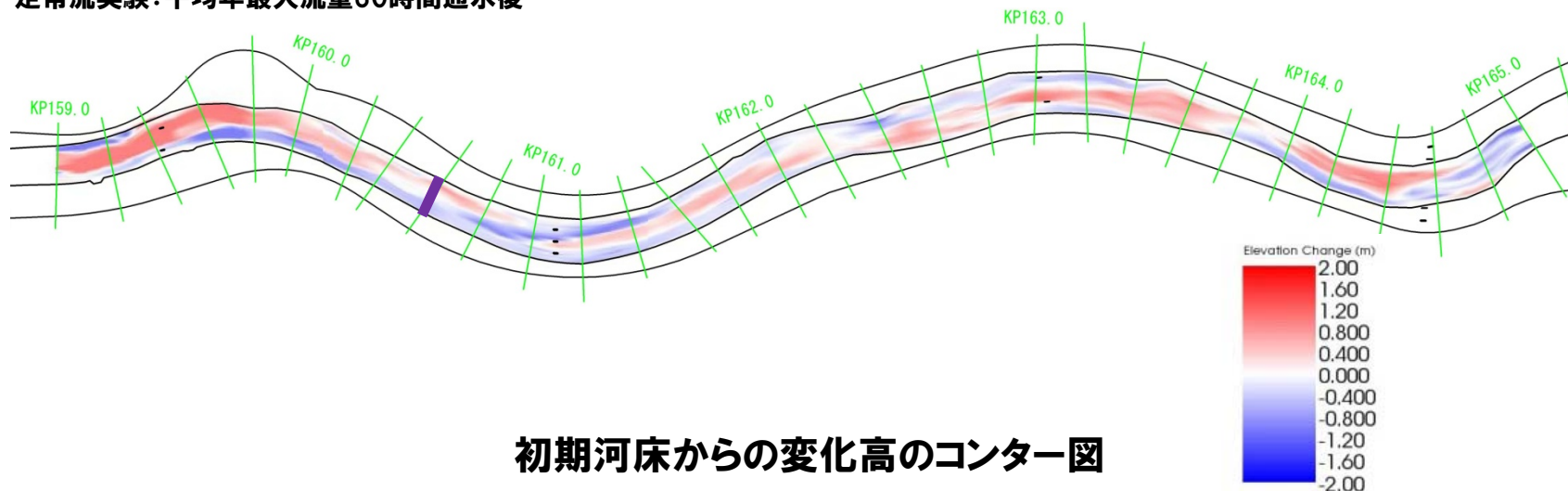
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-2

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)＋帯工」

定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



初期河床からの変化高のコンター図

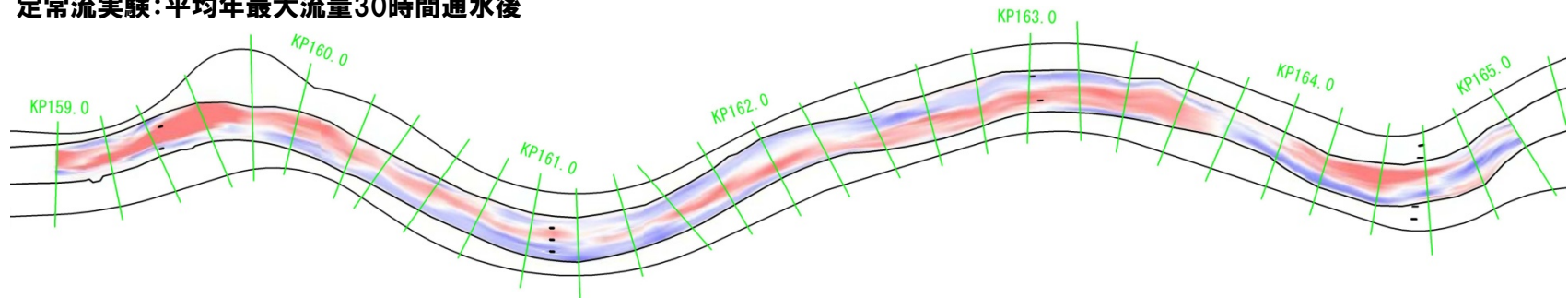
実験結果の砂州形成について(2/2)

- 流量条件が定常流と非定常流であっても、河床の変化は同様な傾向であった

ケース4-3

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

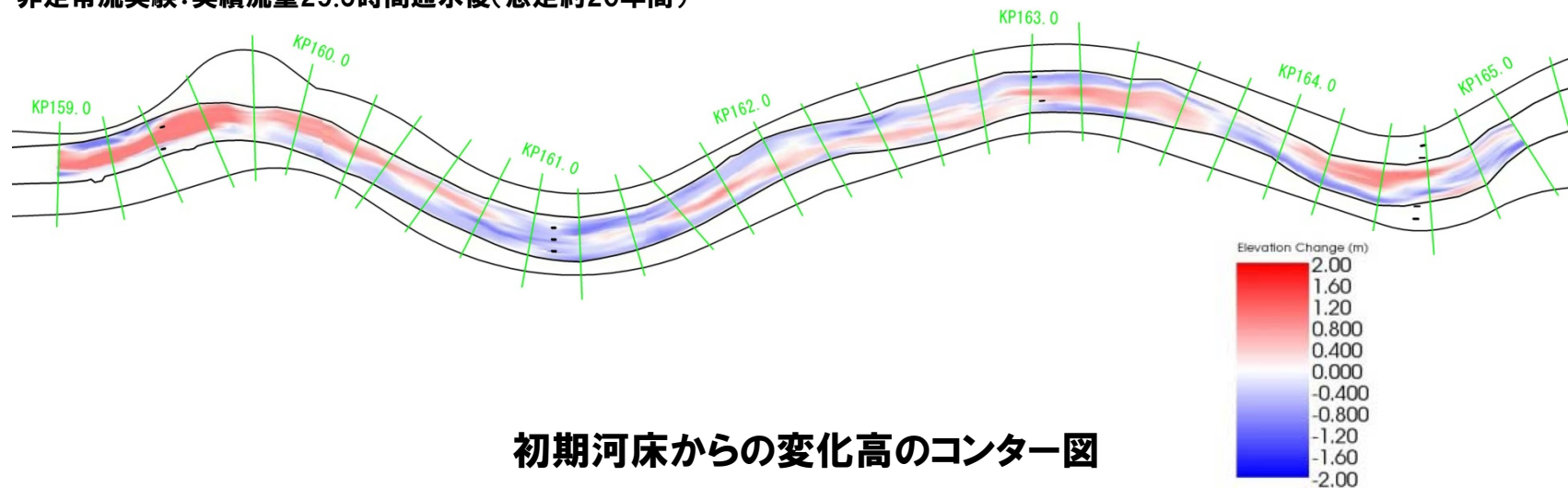
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-4

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

非定常流実験:実績流量29.5時間通水後(想定約20年間)

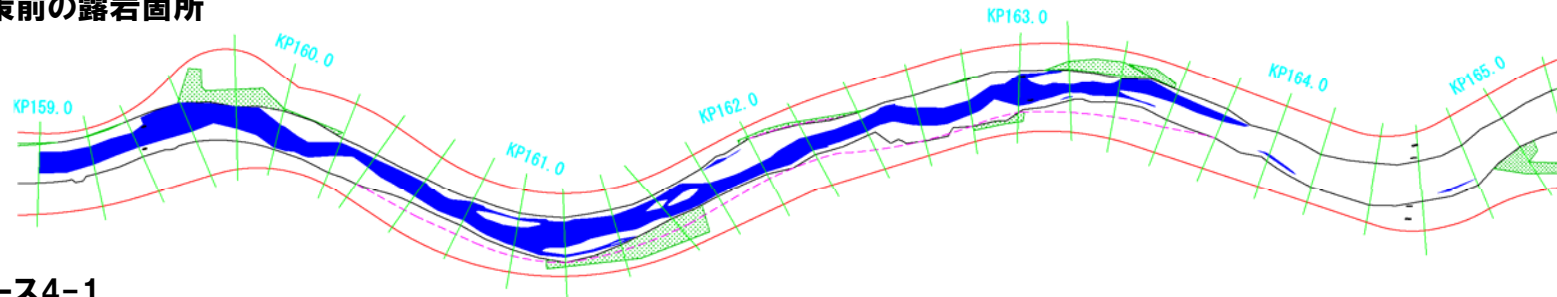


初期河床からの変化高のコンター図

実験結果の岩盤床の露出について(1/2)

- いずれのケースも時間の経過とともに河岸際が連続して岩盤床が露出する傾向であった
- 露岩面積は対策前よりも5割以上減少している

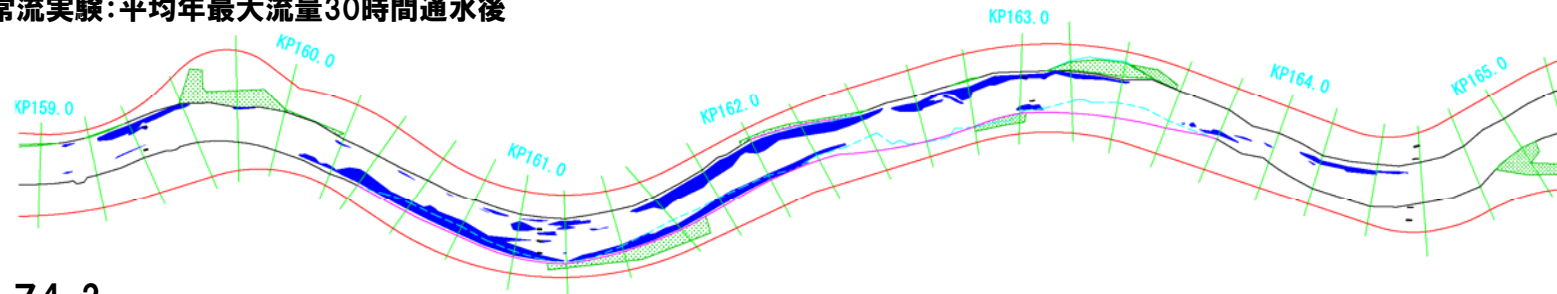
対策前の露岩箇所



ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

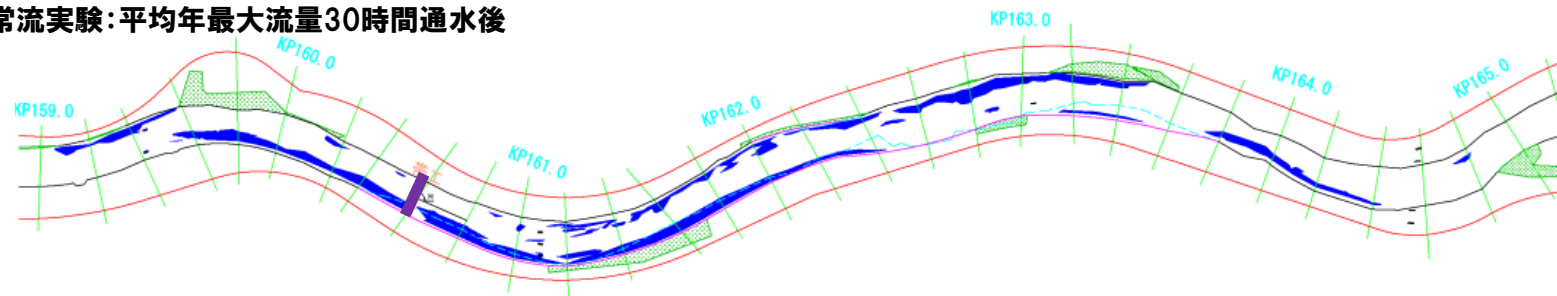
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-2

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)+帯工」

定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



岩盤露出箇所平面図(測量結果)

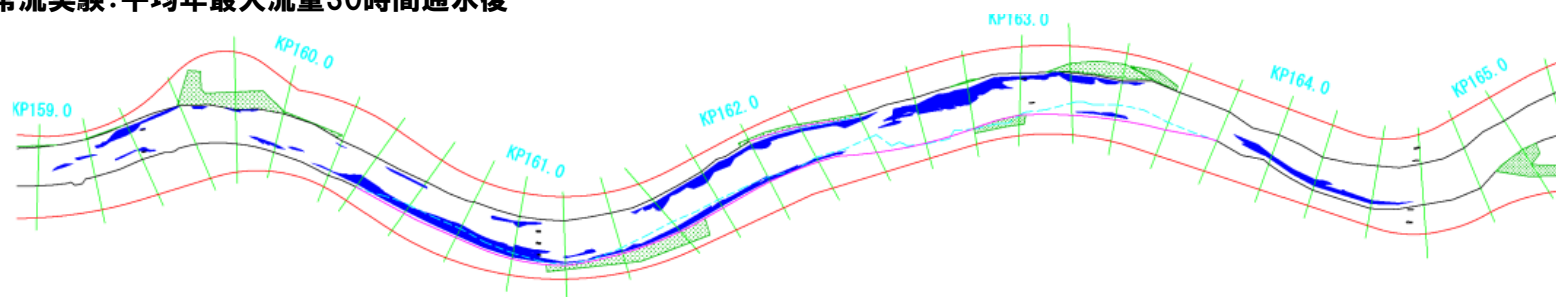
実験結果の岩盤床の露出について(2/2)

- 流量条件が定常流と非定常流の違いがあるものの露岩箇所は同様な傾向であった

ケース4-3

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

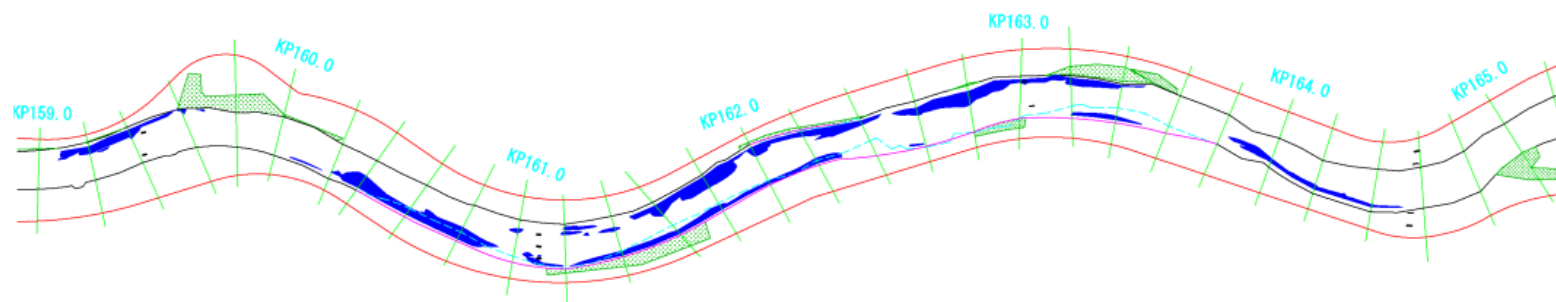
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-4

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

非定常流実験:実績流量29.5時間通水後(想定約20年間)



岩盤露出箇所平面図(測量結果)

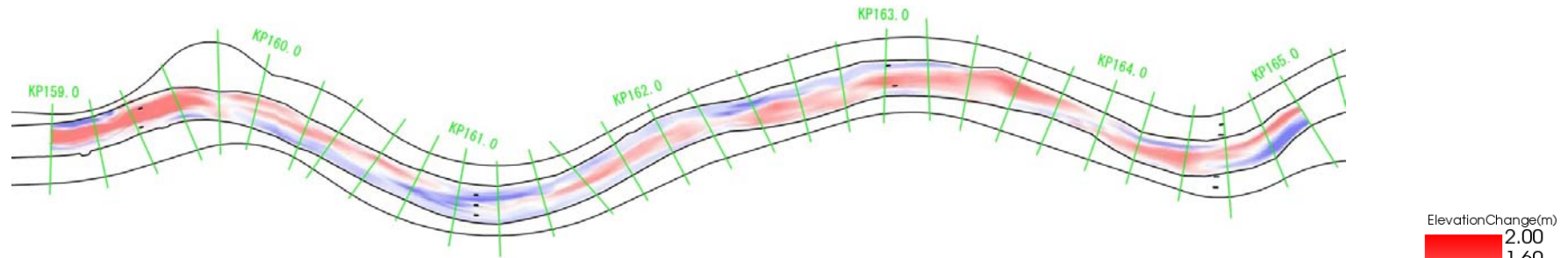
実験終了後にトータルステーションで
露岩範囲の座標を測量した結果

【参考】初期河床からの変化高：実験結果と計算結果の比較

- 既往検討に用いたシミュレーション結果と比較すると、いずれも低水路中心部で堆積傾向・河岸際で低下傾向となっており、同様の河床変化傾向となっていることが確認できる。

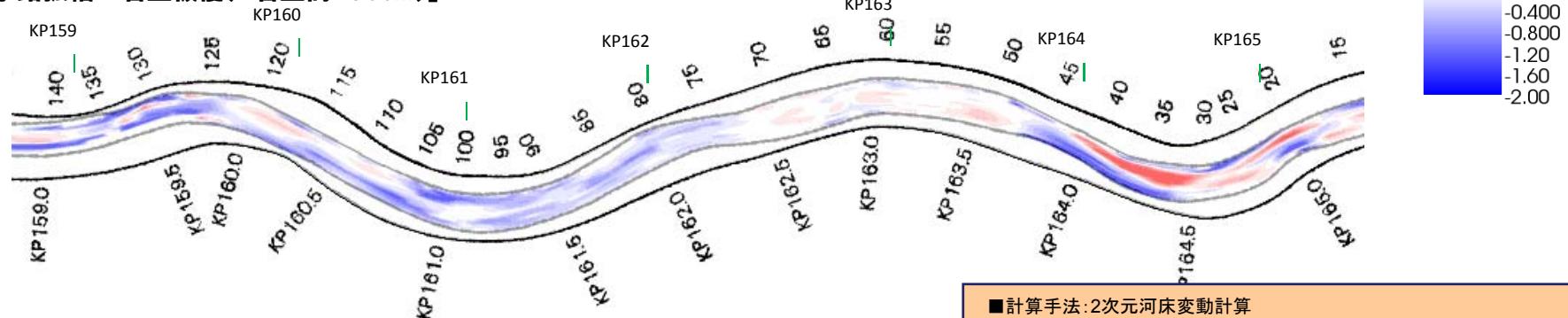
ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



計算結果

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



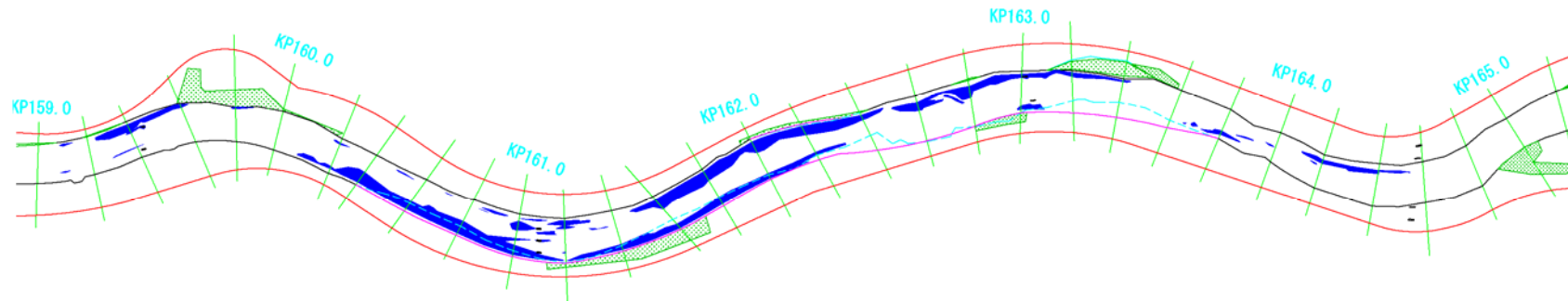
※岩盤洗掘考慮

- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 旭橋観測所時刻流量 昭和53年～平成18年の30年 (r※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 早期対策案(低水路拡幅+岩盤被覆案)
- 起算水位: 下流端にて等流起算
- 流入土砂量: 上流端で動的平行
- 岩盤: 岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定

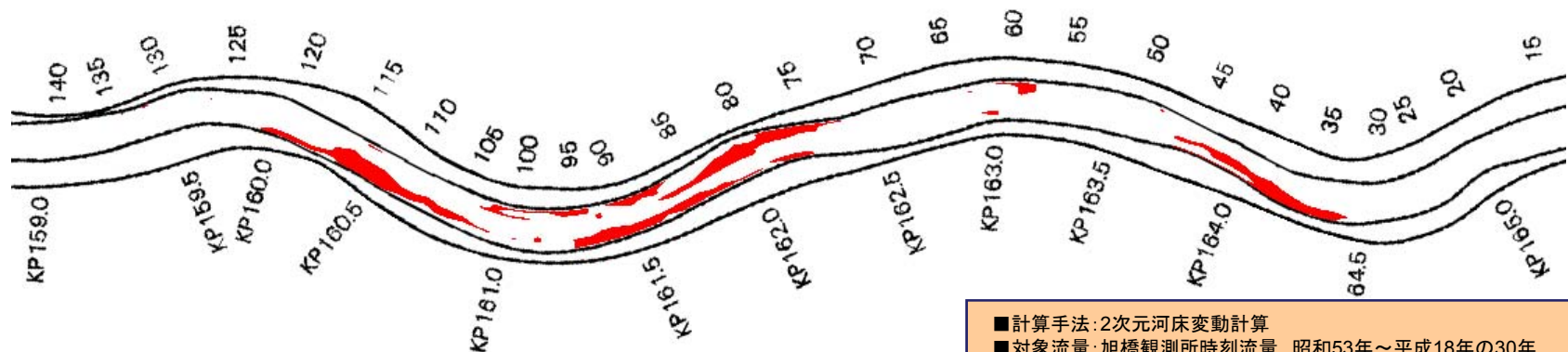
【参考】岩盤床露出面積：実験結果と計算結果の比較

- 実験でも計算でも、同様な箇所で岩盤露出傾向にあることが確認できる

◆実験結果：ケース4-1の対策、通水30時間後の露岩箇所



◆計算結果：ケース4-1の対策、30年後の岩盤露出箇所予測結果



※岩盤洗掘考慮

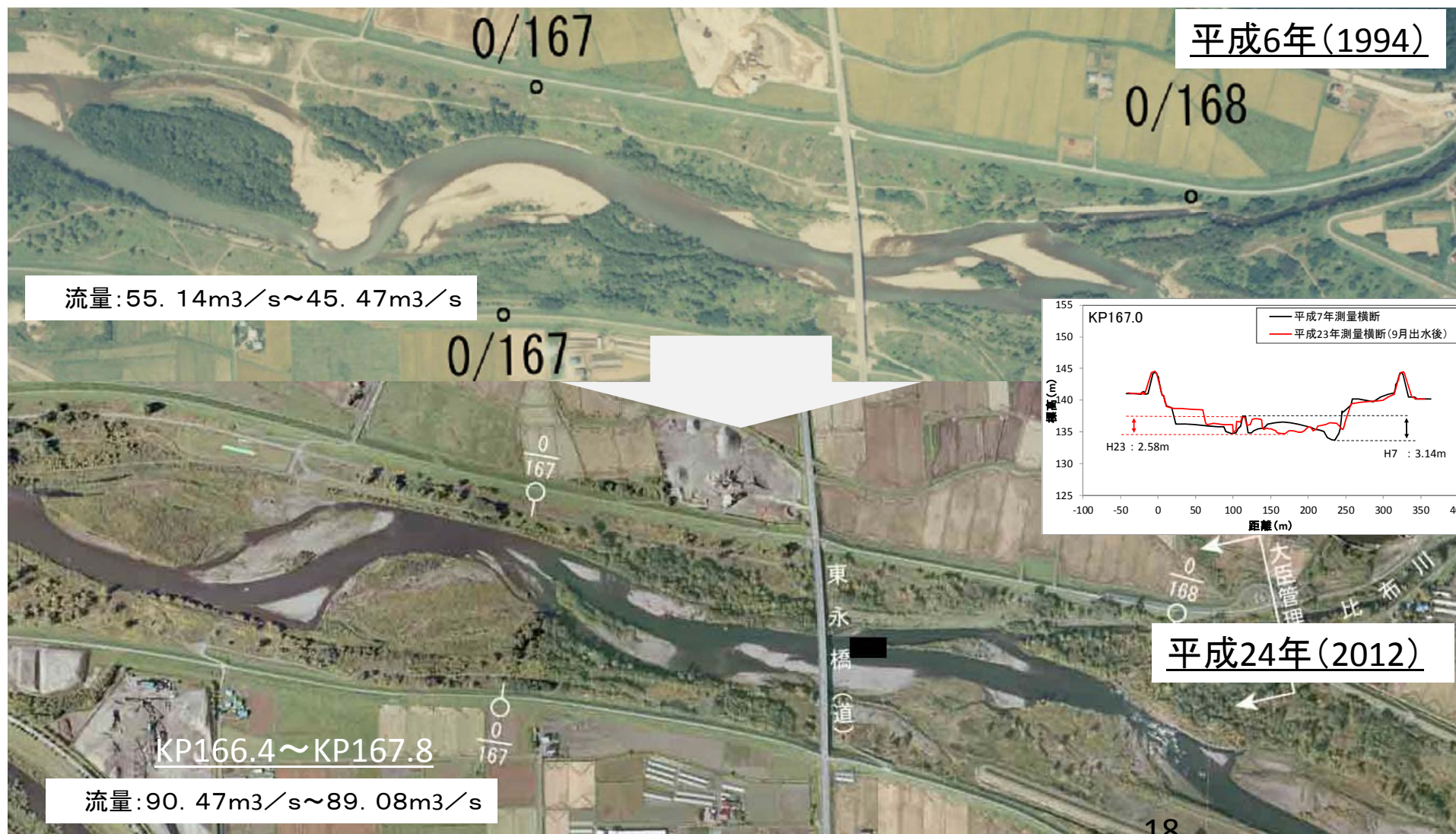
- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 旭橋観測所時刻流量 昭和53年～平成18年の30年 ($\tau \geq 0.05$ 以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 平成23・24年測量横断
- 起算水位: 下流端にて等流起算
- 流入土砂量: 上流端で動的平行
- 岩盤: 岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定

実験結果の考察

①対策後の河床形態について

対策後に形成される砂州について

- 河床低下区間より上流側の河道は、砂州の固定化や樹林化進行、河岸侵食がなく、安定した河道状態と考えられる
- 当該区間を河床低下対策後のリファレンスサイトと考えている

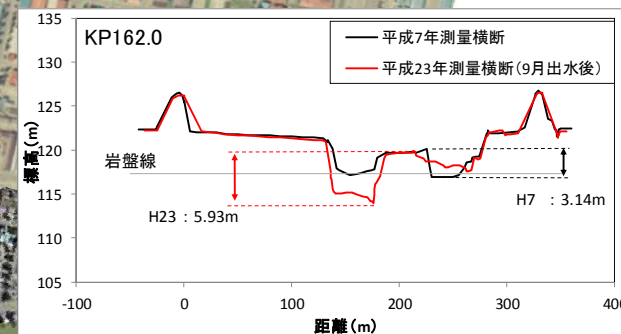


河床低下区間

平成6年の河床には砂州が確認できる

平成6年(1994)

流量: $55.14 \text{ m}^3/\text{s} \sim 45.47 \text{ m}^3/\text{s}$



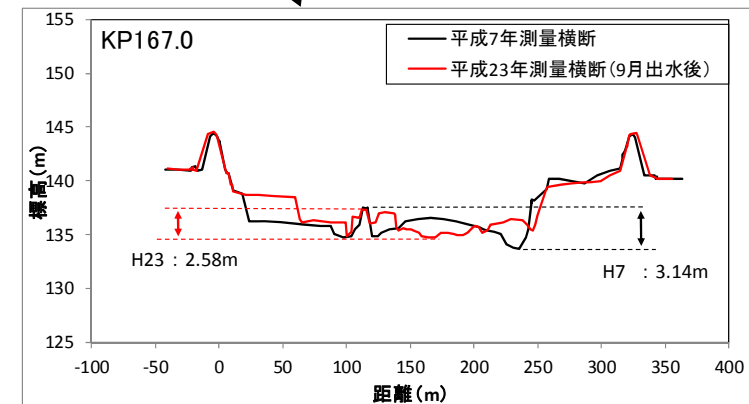
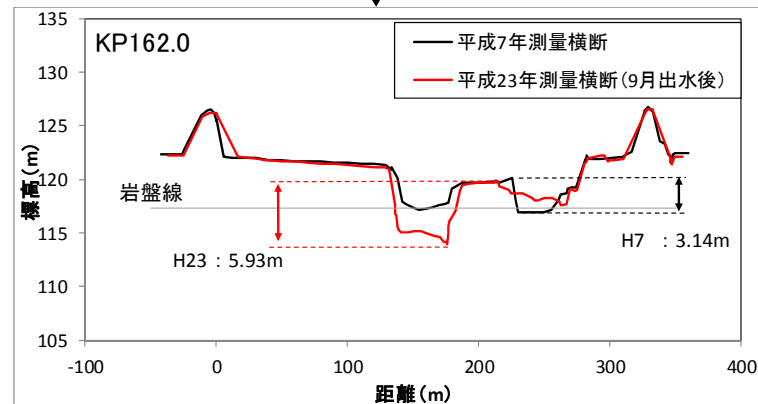
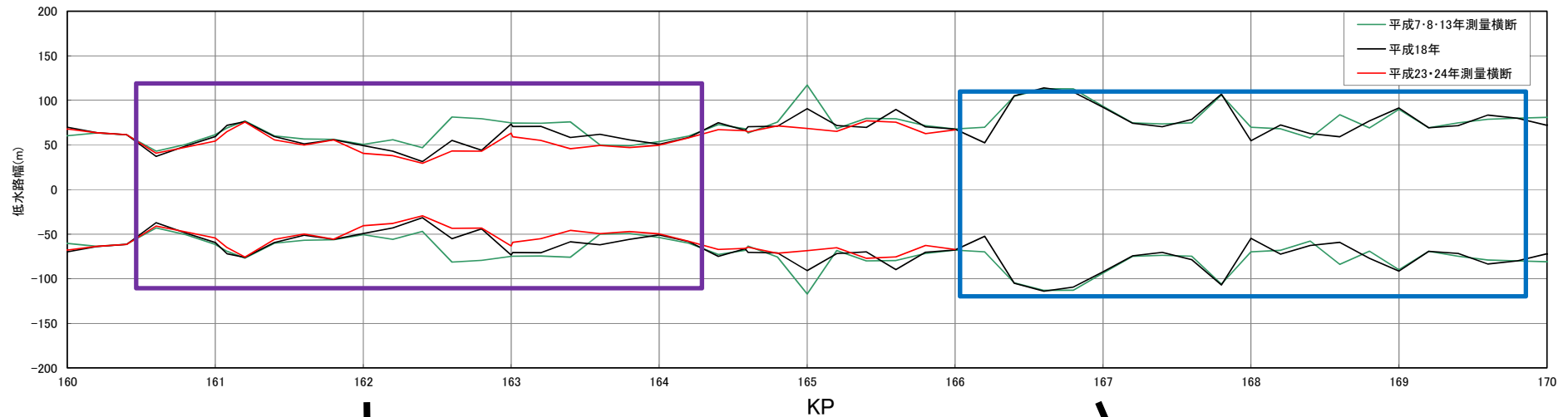
平成24年(2012)

流量: $90.47 \text{ m}^3/\text{s} \sim 89.08 \text{ m}^3/\text{s}$

KP166.4~KP167.8

参考：平均年最大流量流下時の水面幅の変化

- H6～H24 では、KP162～KP164の水面幅の変化が顕著である。
- リファレンスサイトの水面幅には、顕著な変化がみられない



実験での砂州形成過程について

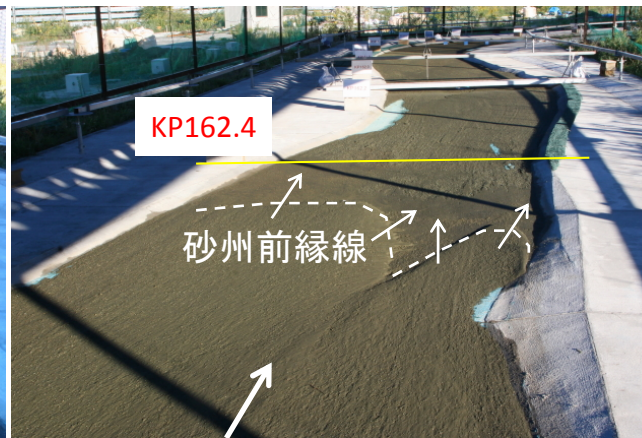
実験での砂州形成過程

「KP165の湾曲部で外岸低下、内岸堆積」→「左記をきっかけに、下流側に砂州が形成され始める」→「徐々に砂州が成長しつつ移動(前進)」→「砂州の比高が大きくなる」→「覆礫厚の薄い所が露岩する」→「一旦露岩すると土砂が堆積しづらいことから露岩したままの状態になる」

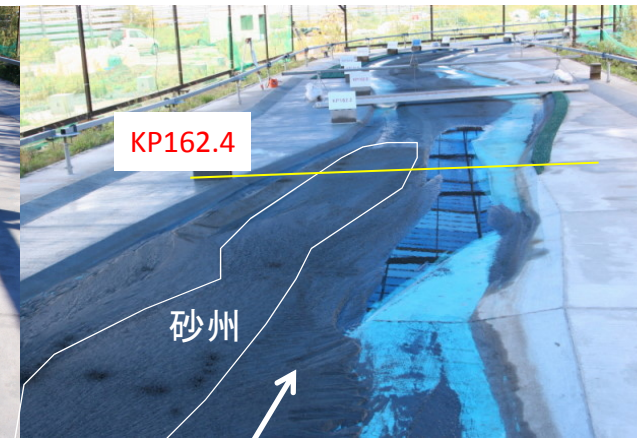
①初期(実験前)



②1時間後

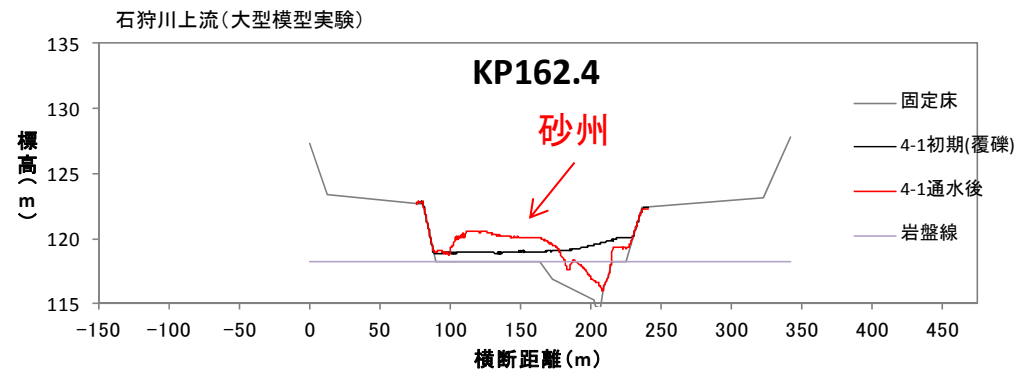


③30時間後



ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



河床横断図(ケース4-1)

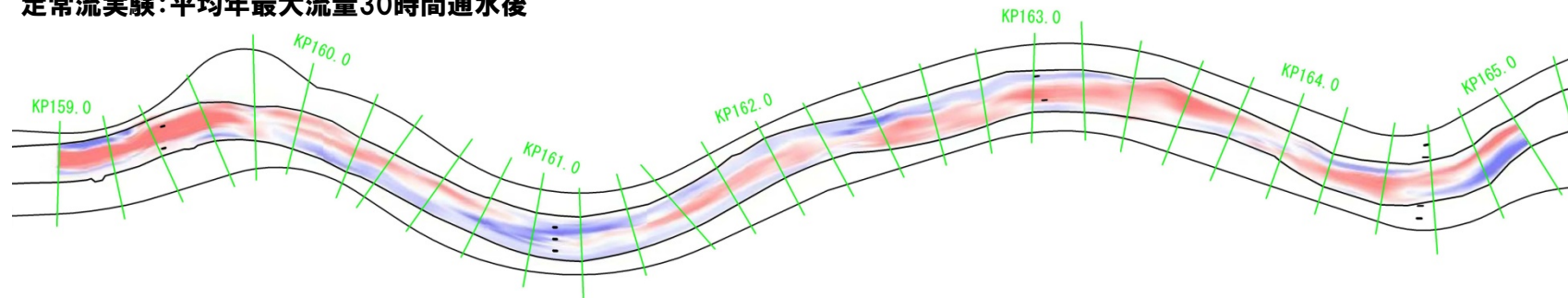
実験結果の砂州形成について

- 初期河床からの変化高のコンター図を見るといずれのケースも交互砂州や中州が形成された
- 流量条件の違いによる砂州形成の差異はほとんどないことが確認できた

ケース4-1

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

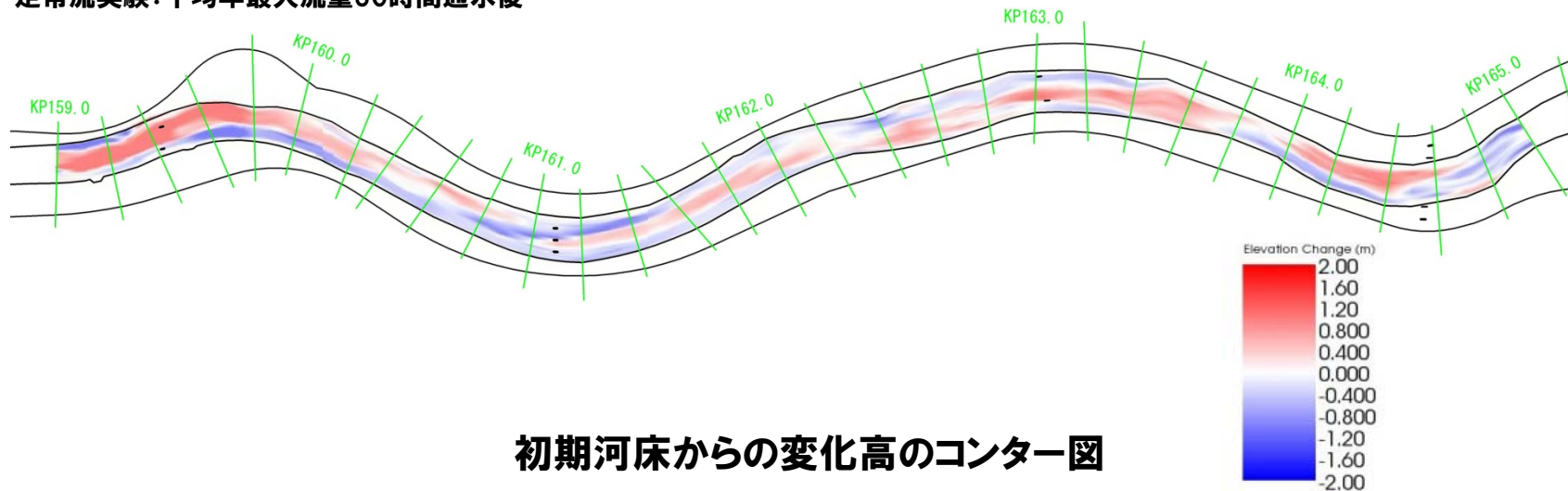
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-2

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+50cm)＋帯工」

定常流実験:平均年最大流量30時間通水後

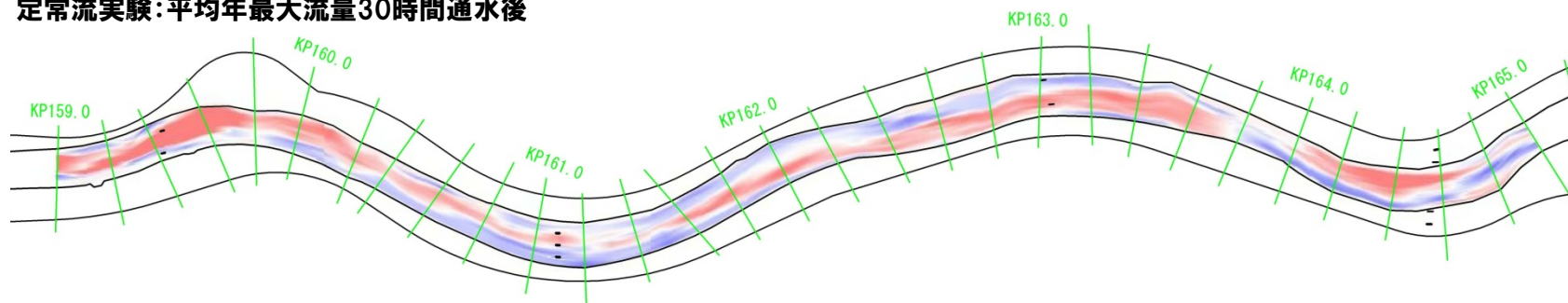


初期河床からの変化高のコンター図

ケース4-3

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

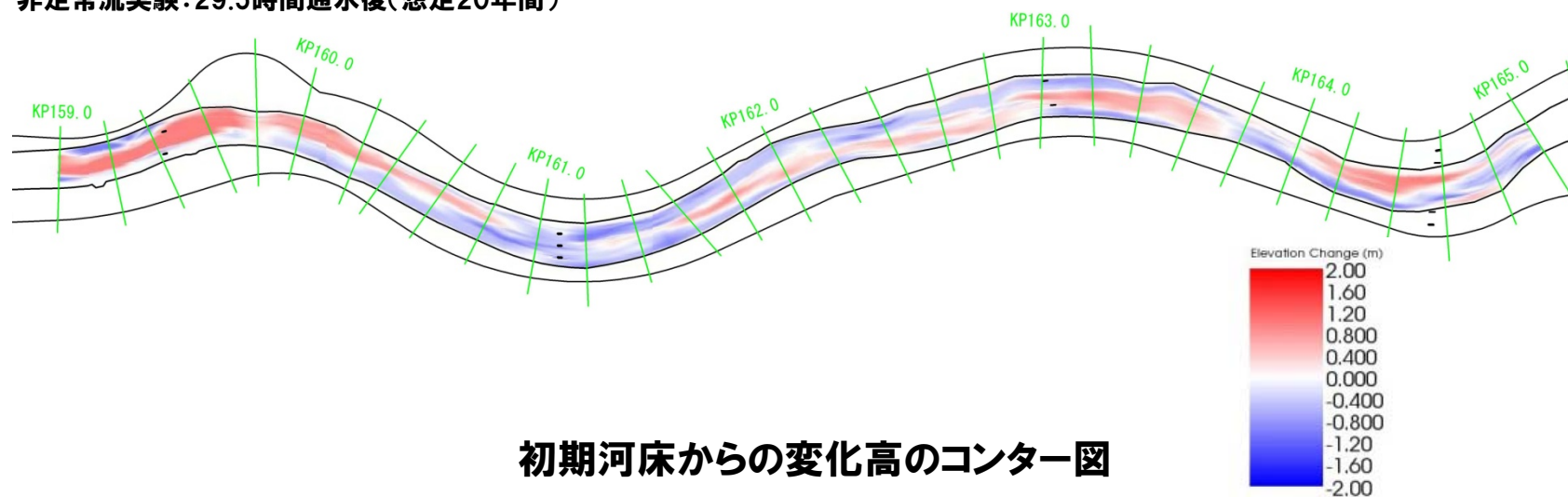
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-4

「低水路拡幅＋岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

非定常流実験:29.5時間通水後(想定20年間)



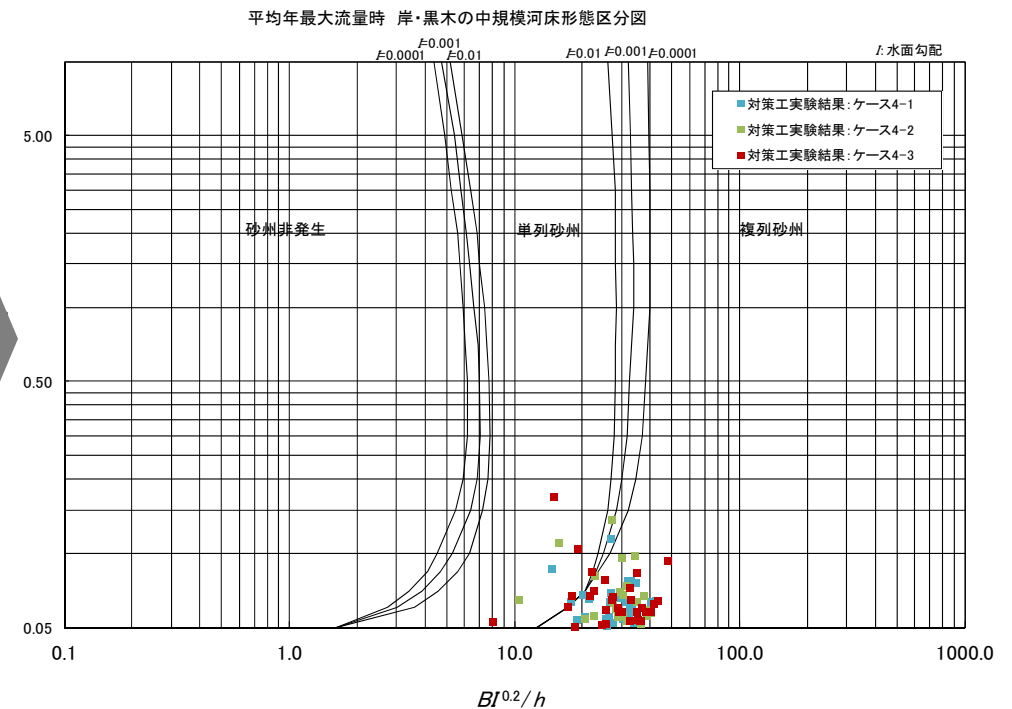
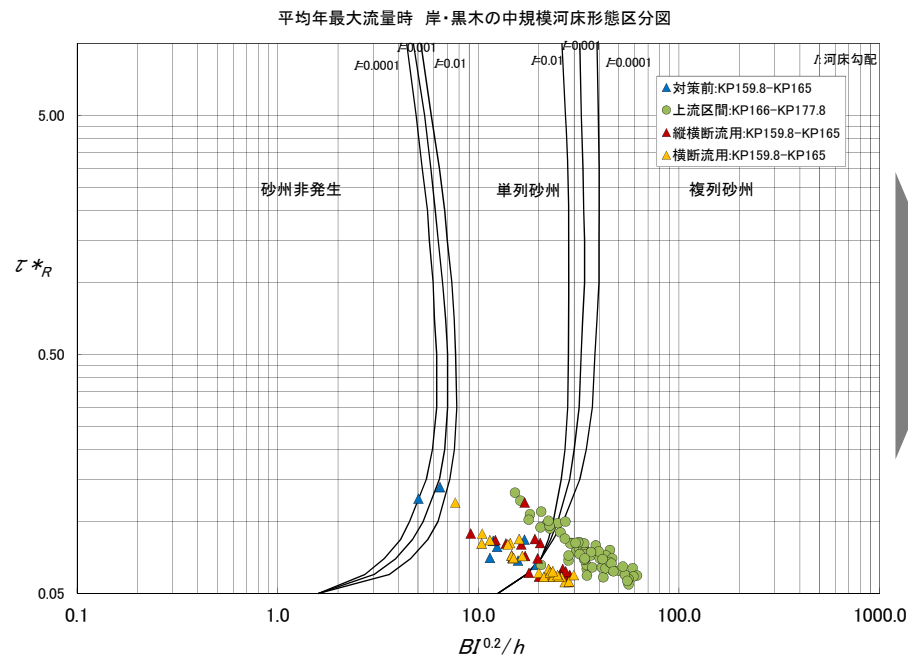
初期河床からの変化高のコンター図

実験結果の河床形態について

- 実験結果は、既往検討で想定した河床形態と同じ河床形態となることが確認された
- 実験結果は、通水中(30時間後)に計測した水位および通水後の河床データから中規模河床形態の領域区分を整理

既往検討: 拡幅前後及びリファレンスサイトの河床形態

実験結果



交互砂州の形成領域区分(現地)

交互砂州の形成領域区分(実験結果)

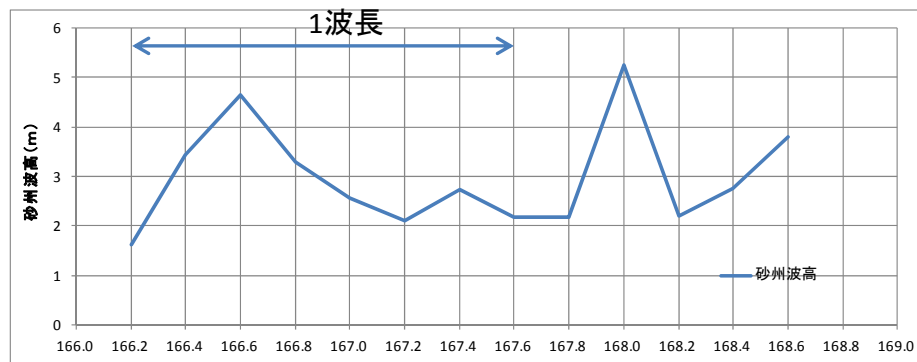
現地河川の砂州波高・波長について

- リファレンスサイトの砂州波高は平均で3.0m、波長は1400m

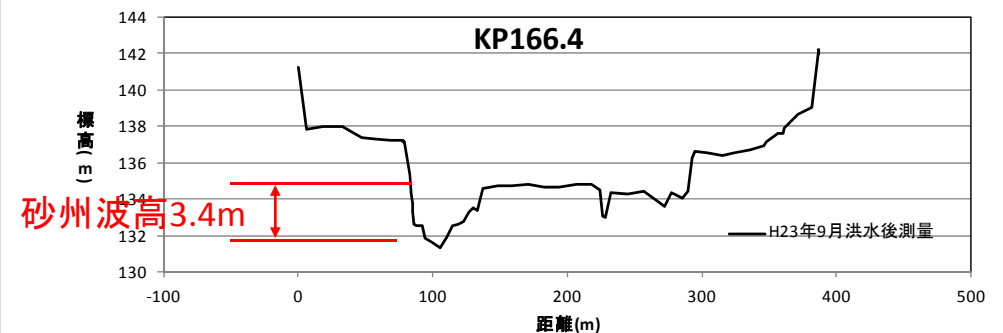


リファレンスサイトの河道状況(H25撮影)

地点	波長(m)	波高(m)
リファレンスサイト	1400	3.0
河床低下区間 (現況)	800	3.7

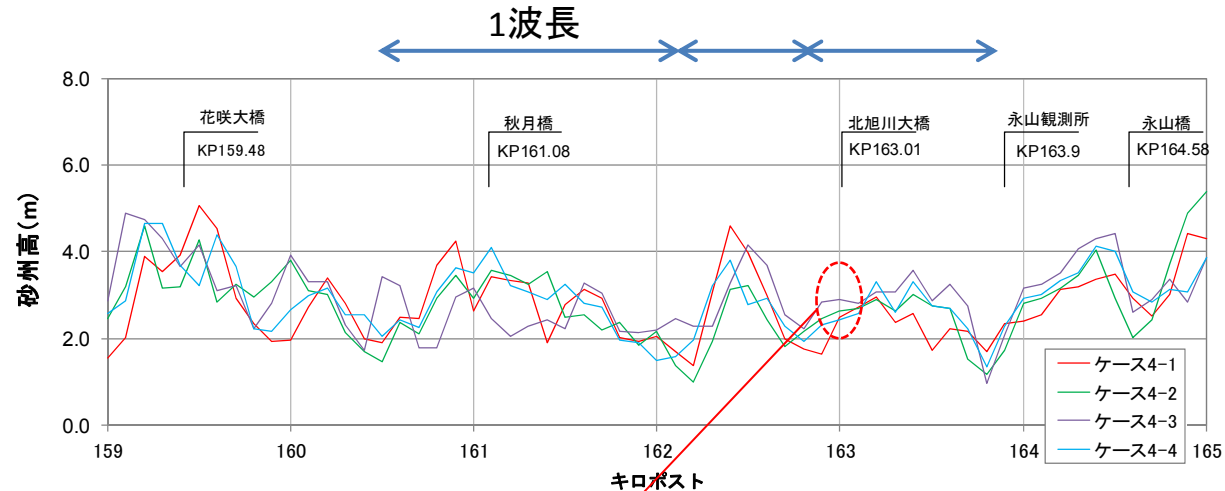


リファレンスサイトの砂州波高(H23年9月洪水後測量)

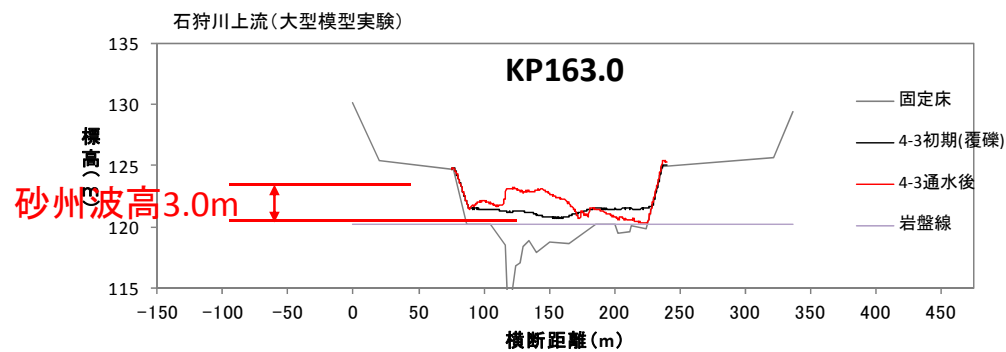


実験結果の砂州波高・波長について

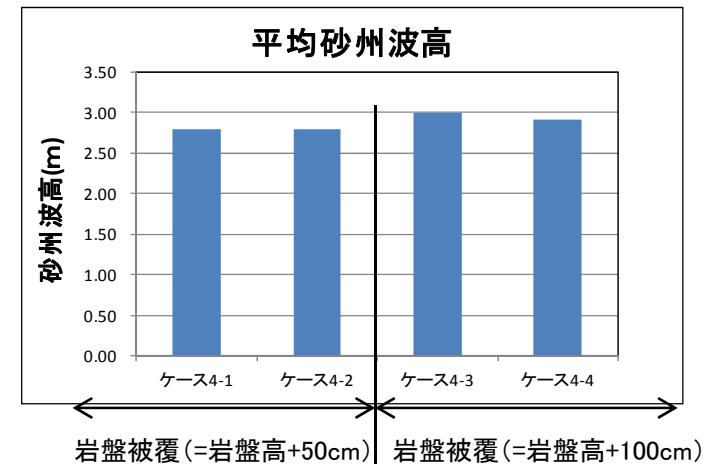
- 実験で河道に形成された砂州は、リファレンスサイトと同程度であった
- 砂州波高は1.5m～4.2m(実験ケースごとの平均値:2.8～3.0m)
- 砂州波長は800～1600m(実験ケースごとの平均:1400m)



砂州波高の縦断変化図(30時間通水後)



実験結果の砂州波高(ケース4-3)
(砂州波高=河道内の最高標高-最低標高)

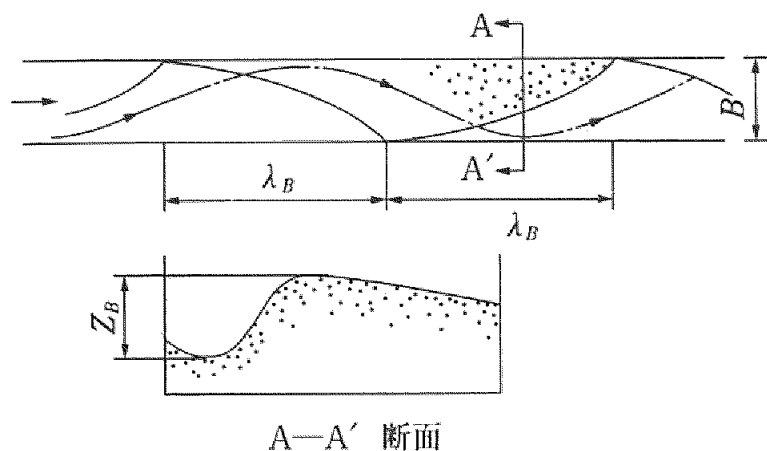


砂州の波高・波長の分析

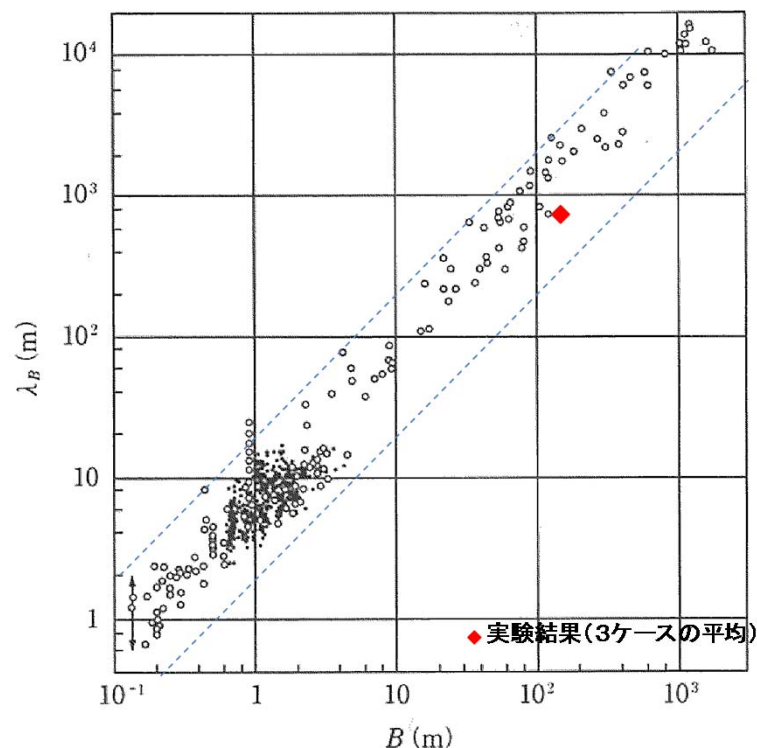
- 本実験で確認された砂州は、既往研究により取りまとめられた砂州波長と川幅の相関(半波長／川幅＝2～20の範囲)とも整合性のある結果であった

実験結果の砂州特性(30時間通水後)

ケース名	水面幅 $B(m)$	半波長 $\lambda_B(m)$	砂州波高 $Z_B(m)$
ケース4-1	138.1	700	2.79
ケース4-2	135.7	700	2.80
ケース4-3	137.6	700	2.99
平均	137.1	700	2.86



交互砂州の波長と波高の定義※



半波長 λ_B と川幅 B の関係※

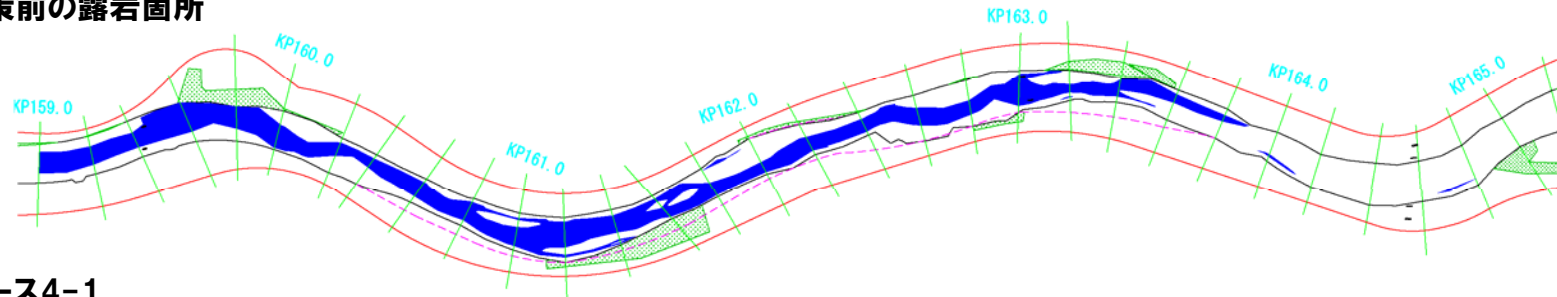
※水理公式集 [H11年版]、p185 に加筆

②岩盤床の露出について

通水後の露岩面積の比較

- どの対策工でも岩盤被覆厚が薄い河岸際が縦断的に連続して岩盤床が露出(露岩)する結果となった
- 露岩面積は対策前よりも5割以上減少している

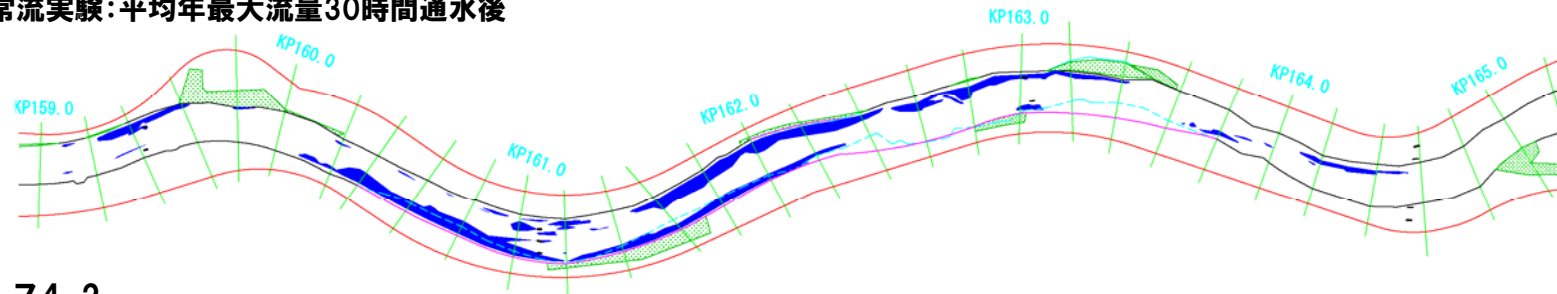
対策前の露岩箇所



ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

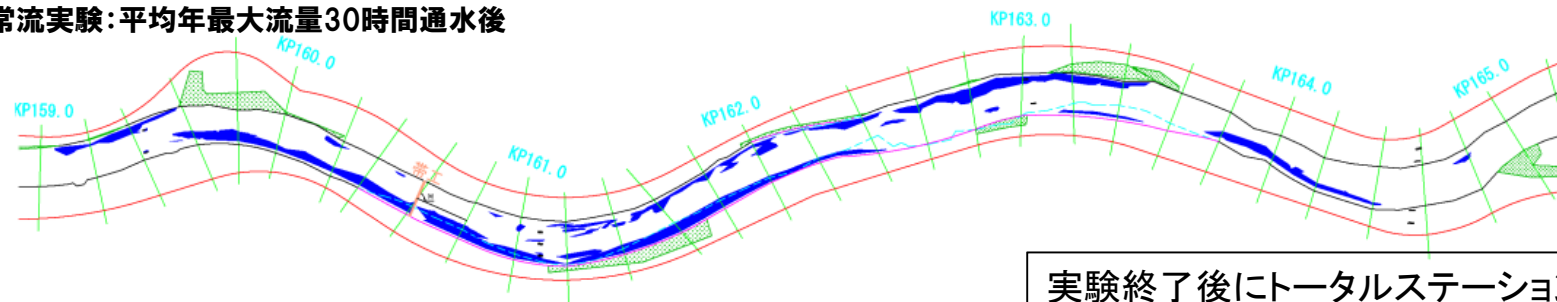
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-2

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)+帯工」

定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



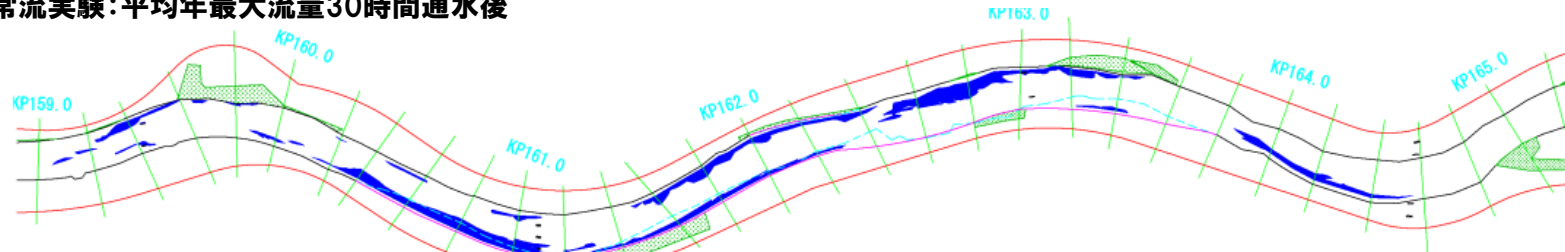
実験終了後にトータルステーション
で露岩範囲の座標を測量した結果

- 通水30時間後の時点では、岩盤被覆厚さが厚いほうが露岩面積は少ない傾向にある
- 流量条件が定常流と非定常流の違いがあるものの露岩箇所は類似していた

ケース4-3

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

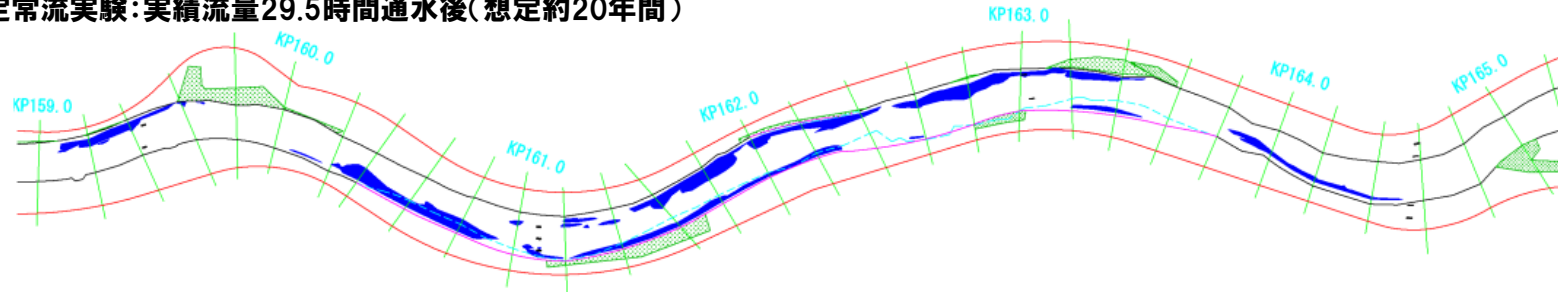
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-4

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

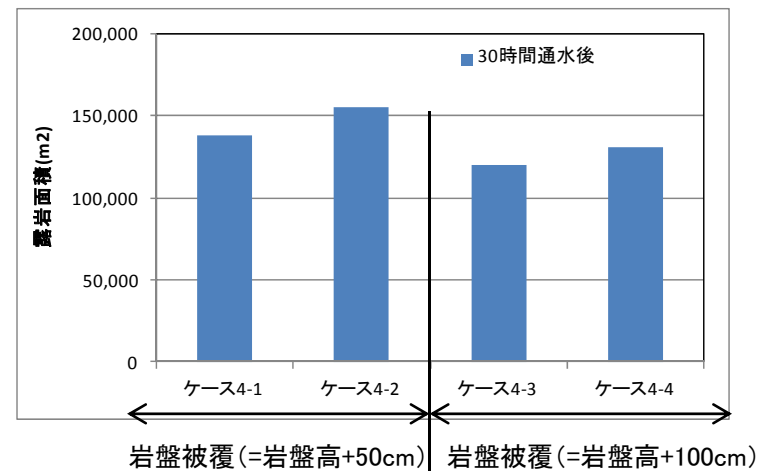
非定常流実験:実績流量29.5時間通水後(想定約20年間)



■露岩面積の比較

対策前露岩面積=316,250m²

露岩面積はKP159～KP165区間の合計値



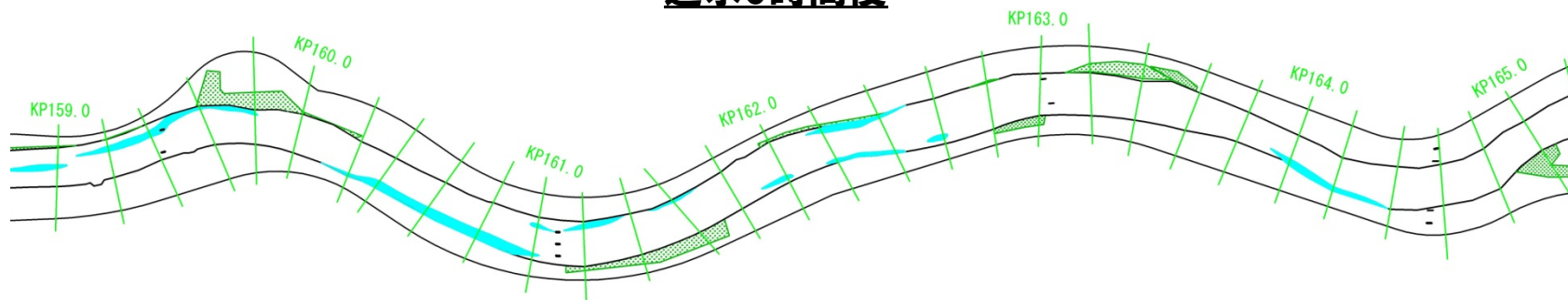
露岩面積の時間変化

- 時間の経過とともに河岸際が連続して露岩する傾向であった
- 実験開始から10～15時間程度で露岩位置はある程度特定され、それが徐々に広がる傾向ある

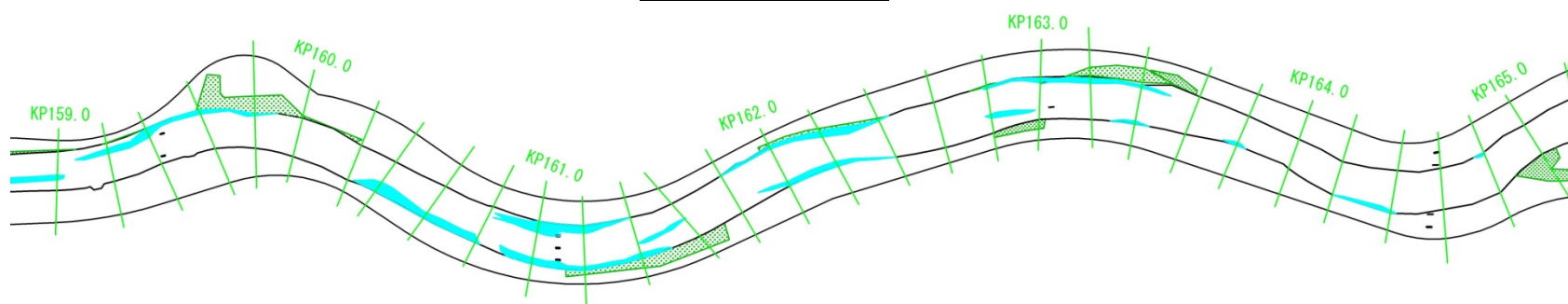
◆目視による露岩位置のスケッチ図(ケース4-3)

■ 露岩箇所

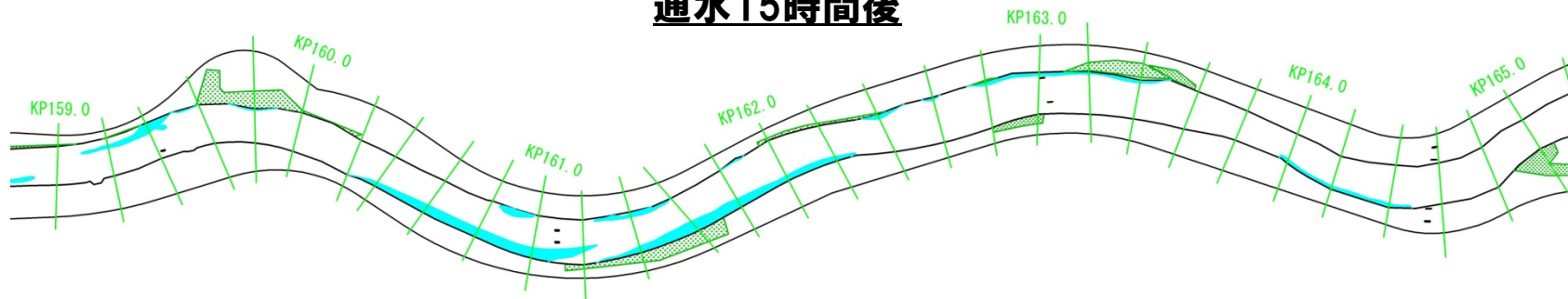
通水5時間後



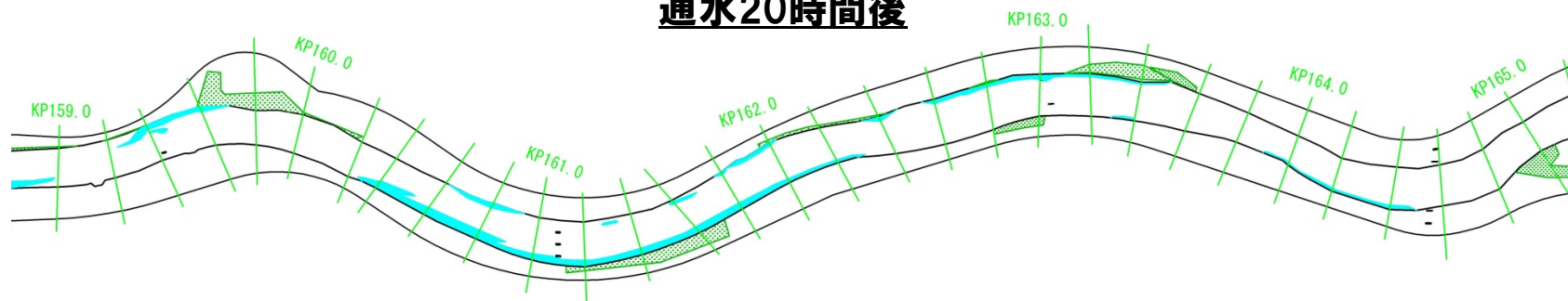
通水10時間後



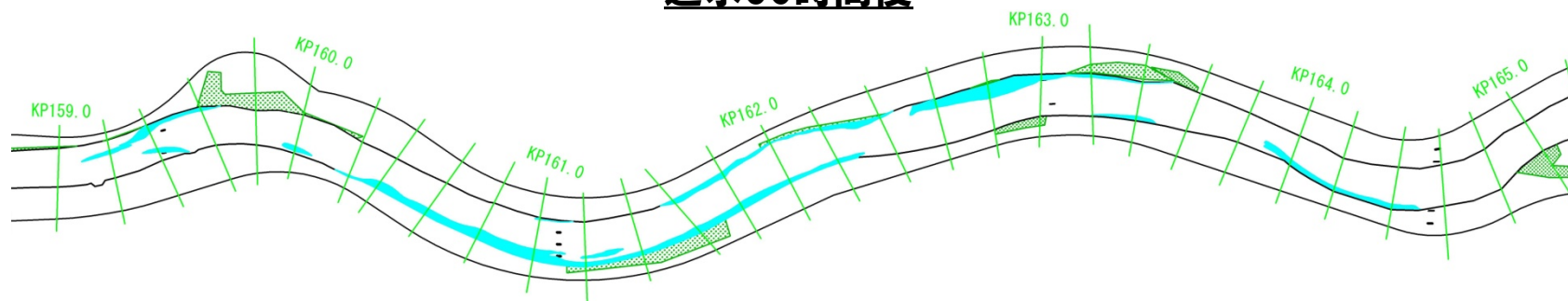
通水15時間後



通水20時間後



通水30時間後



岩盤上の流砂の流れ

- 実験では、河岸際が連続して露岩する結果が得られた
- この河岸際の露岩箇所においては、流砂が確認できない場所や流砂が連なって流れている場所があることが確認された
- 露岩した場所でも流砂が連なって流れるような場所では岩盤洗掘が進行する可能性があると考えられる

ほとんど流砂が流れていない状況



流砂が縦断的に連なって流れている状況

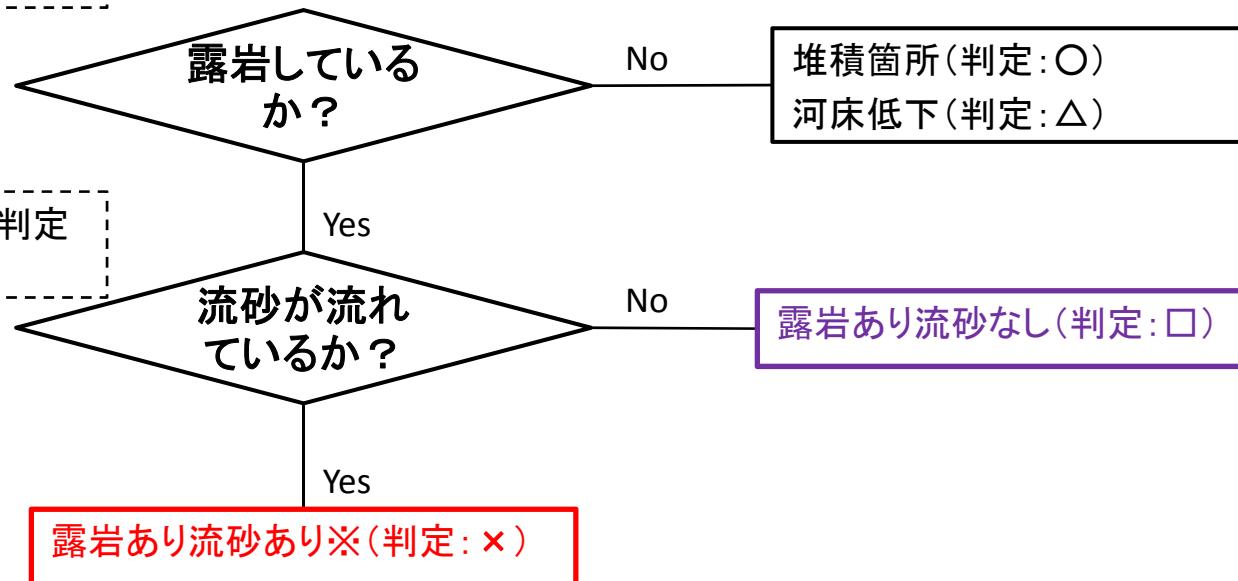


実験時の動画

露岩箇所の判定について

- いずれの対策工でも河岸際が露岩し、流砂がある箇所、流砂がほとんどない箇所が確認された
- 流砂の有無の要因を分析するために河岸際の露岩箇所をフロー図に従い判定する
- 以下の判定は、ケース4-3(岩盤被覆(=岩盤高+100cm))を対象におこなった

■露岩箇所を写真・ビデオから判定

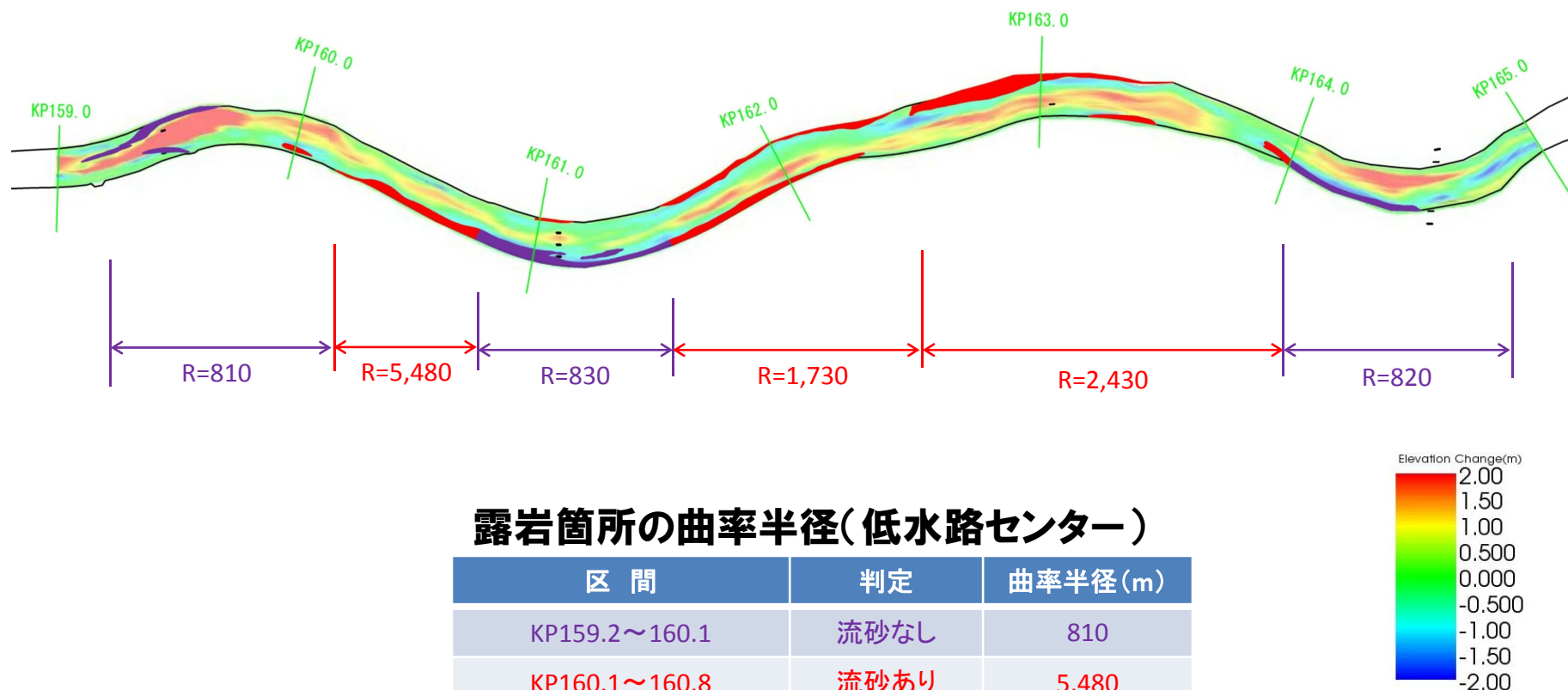


■流砂の有無を写真・ビデオから判定

※一旦露岩した後に流砂が流れていた箇所

露岩箇所の判定結果

- 判定結果を示した平面図をみると湾曲部外岸や初期被覆厚が薄い低水路拡幅箇所で露岩している
- 露岩箇所で流砂がある箇所は直線部に多く、流砂がほとんどない箇所は湾曲部外岸に多い、すなわち河道の曲率半径およびそれにより生じる2次流が関係していると推測される



露岩箇所の曲率半径(低水路センター)

区 間	判定	曲率半径(m)
KP159.2~160.1	流砂なし	810
KP160.1~160.8	流砂あり	5,480
KP160.8~161.5	流砂なし	830
KP161.5~162.5	流砂あり	1,730
KP162.5~164.0	流砂あり	2,430
KP164.0~164.8	流砂なし	820

実験による河床低下対策工の評価

河床低下対策工について、既往検討および今年度実施した実験結果より以下の評価をおこなった。

①河床高変化

実験結果からみると平均河床高は安定傾向であり、また最深河床部は露岩せず現況よりも高く維持できる。

すなわち昭和50年半ばから現在に至る30年間の間に生じてきた滞筋が発達するような河床低下が生じないと期待できる。

②河床形態

河床低下対策区間には砂州が形成され、その波高や波長は、本検討で目指しているリファレンスサイトと類似した形状になると期待できる。

③岩盤洗掘

いずれのケースでも河岸際が露岩することが確認された。露岩箇所では、流砂がある箇所、流砂がほとんどない箇所があった。

- ・流砂がある箇所は、主に河道直線部であり、当該箇所では岩盤洗掘の進行が懸念される。
- ・流砂がほとんどない箇所は、湾曲部外岸であり、当該箇所では流砂による洗掘はそれほど進行しないと考えられる。

来年度の実験計画

来年度の実験計画(案)について

➤ 次年度から工事を開始するものの、現地モニタリングとあわせて、対策工の影響等細部への対応について検討する予定である。

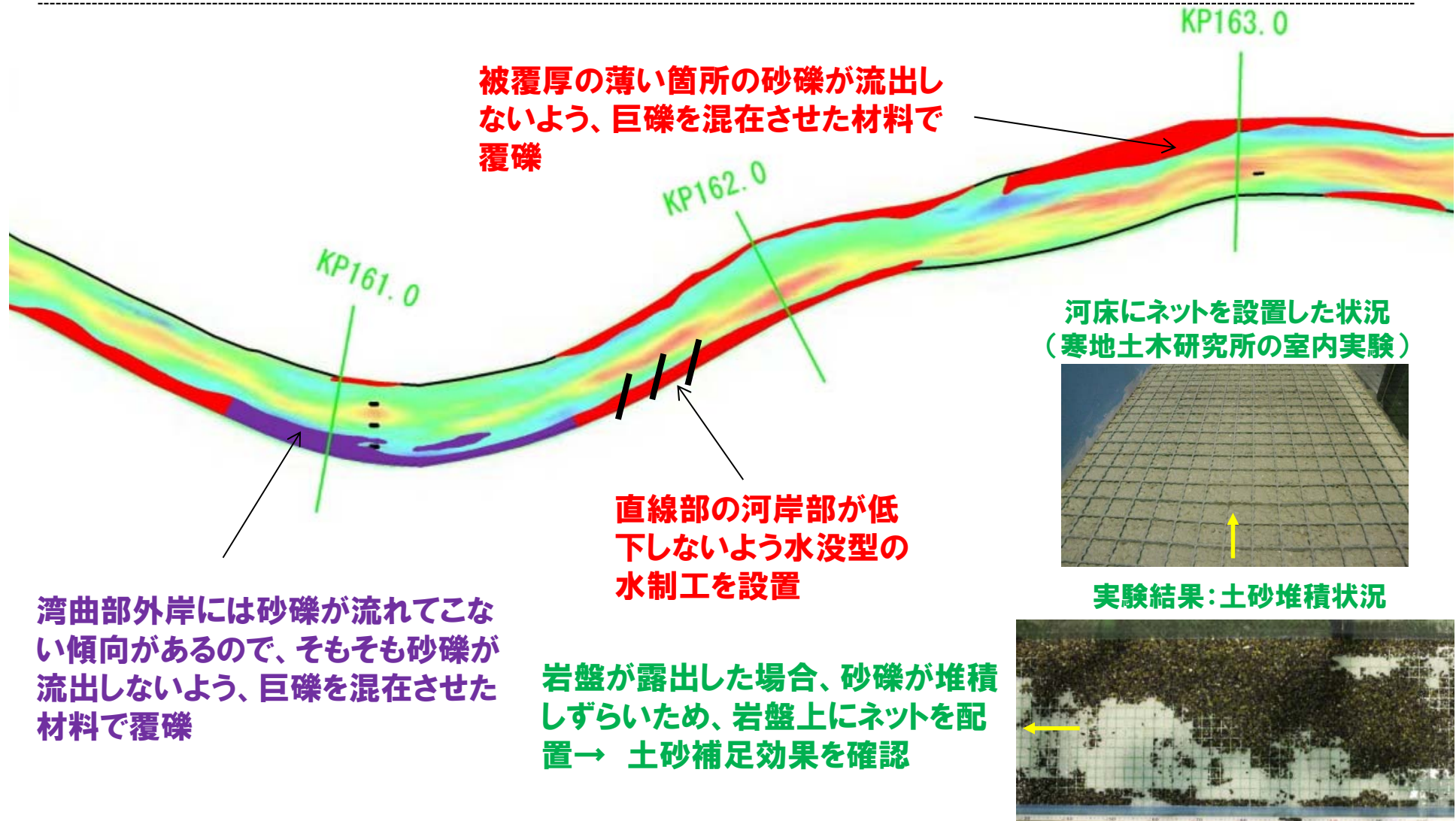
1. 河岸際が連続して露岩する傾向にあることを踏まえ、それらへの対応策を検討する。案としては、覆礫形状の変更や巨礫、水制、ネット等の対策工を考えている
2. また、対策工完成後の渇水期を想定し、魚が行き来出来る程度の水みちが確保されるかなどについて検討をする
3. さらに、工事を下流から段階的に実施することを予定しているため、対策工完成途中段階における河床低下抑制効果や洪水が対策工に与える影響などについて検討する



実験項目	実験の目的	確認事項	外力
1. 対策工選定実験	露岩箇所の対応策をどうするか？ (覆礫形状の変更、巨礫、水制、ネットなど)	露岩するか？ 流砂があるか？	平均年最大流量＋H23年洪水
2. 対策工完成後の効果確認実験	対策工完成後の渇水期を想定し水みちが確保されるのか？ 洪水時に安全なのか？	・渇水期に水が流れているか？その時の流況は？ ・既設構造物、対策工周辺に対して安全であるか？	融雪出水＋渇水流量＋整備計画目標流量などの組み合わせ
3. 段階施工による効果確認実験	対策工完成途中段階における対策効果や洪水が対策工に与える影響は？ (H26施工範囲)	・既設構造物、対策工周辺に対して安全であるか？	融雪出水＋渇水流量＋整備計画目標流量などの組み合わせ

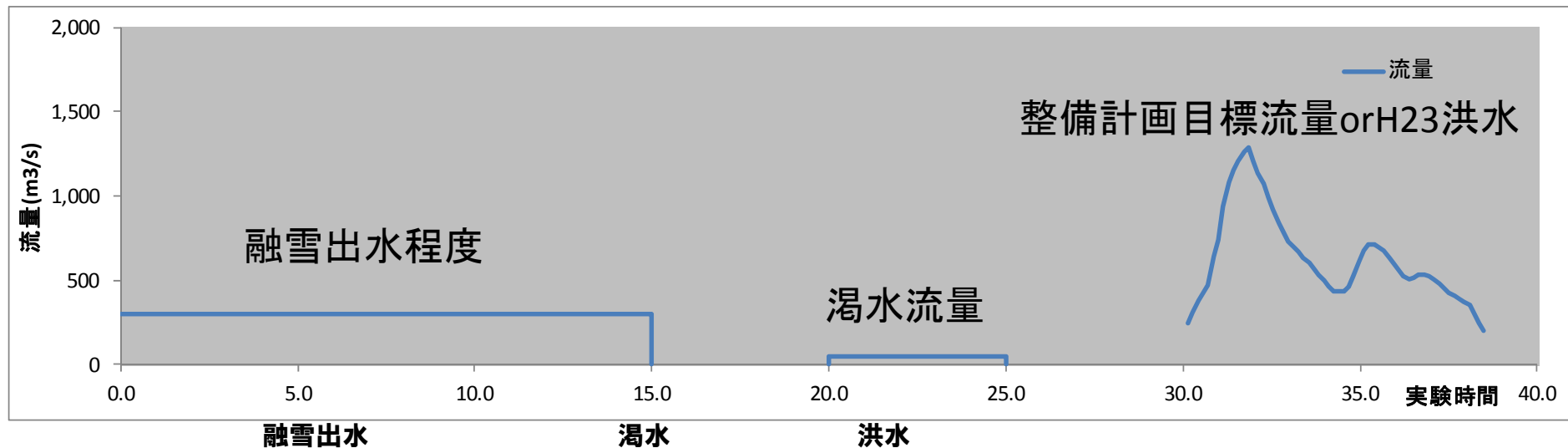
1. 対策工選定実験【案】

- 河岸際の岩盤露出に対して、案として考えられる工法の効果を確認する予定です
- 通水流量は平均年最大流量(一定)を考えています
- 配置等詳細については、今後検討予定です。ご意見いただければと考えています。



2. 対策工完成後の効果確認実験【案】

- 対策工完成後を想定し、渇水時の流況や大規模な洪水が河道に与える影響を確認する予定です
- 通水流量は融雪、渇水、洪水の1サイクルを想定しています
- 流況規模や通水時間詳細については、今後検討予定です。ご意見いただければと考えています。

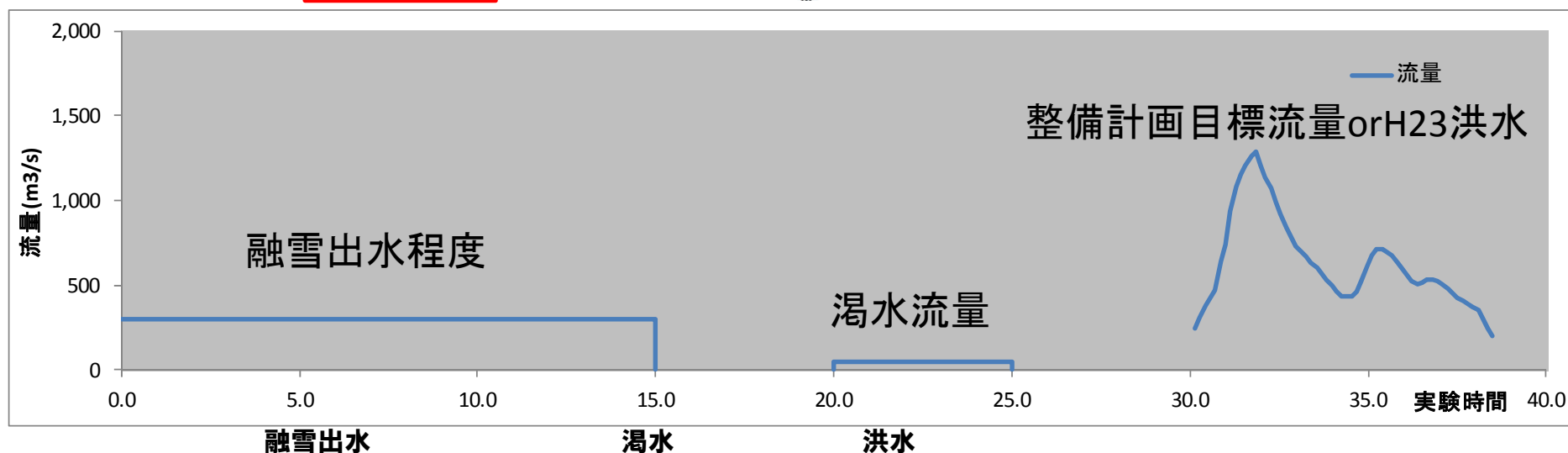
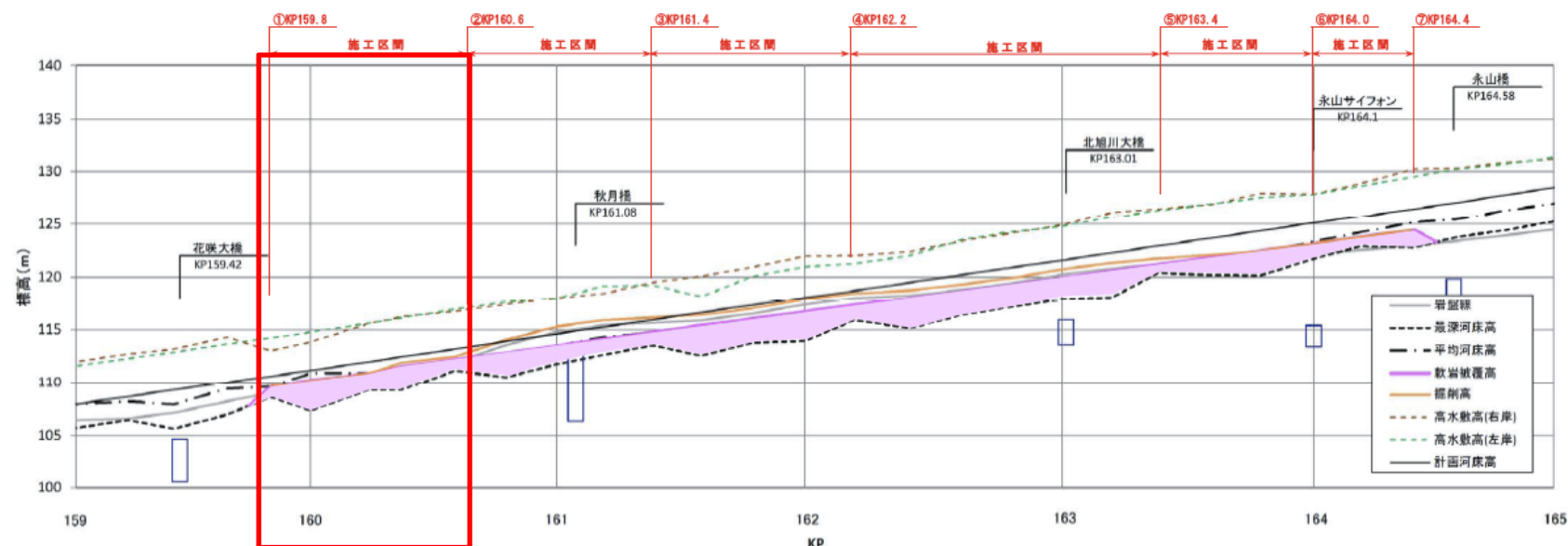


各流量の想定通水時間:

- ・融雪出水程度 → OO[m³/s]以上の流量を想定しフルード相似則で換算
- ・渇水流量 → 水みちが確保できるか否かを確認するために必要な時間
- ・洪水 → 整備計画orH23洪水ハイドロで、OO[m³/s]以上の流量を想定しフルード相似則で換算

3. 段階施工による効果確認実験【案】

- H26年度の施工対象区間が完成した後の1年間を想定し、河床低下対策工効果と影響を確認する予定です
- 通水流量は融雪、渇水、洪水の1サイクルを想定しています



【参考】露岩箇所への対応策(案)

- 低水路拡幅部や外岸部など岩盤が露出する可能性がある箇所に巨礫、水制、ネットを設置し、覆礫土の流出抑制効果を実験で確認することを考えています

露岩箇所の対応策(案)

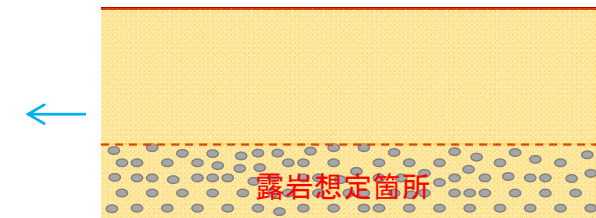
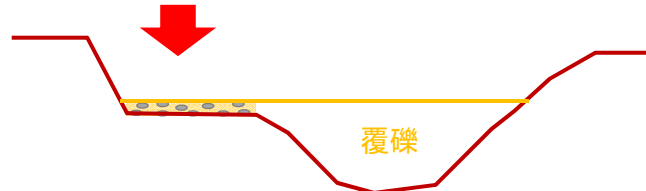
横断イメージ

平面イメージ

①巨礫

方法:巨礫を敷設
効果:覆礫土の流出抑制
河岸部の保護
課題:粒度の設定、材料確保

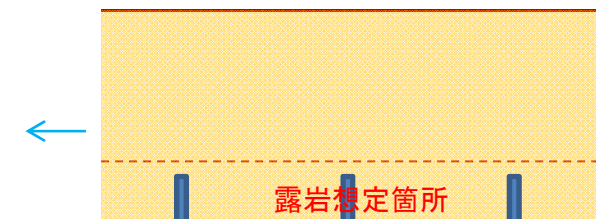
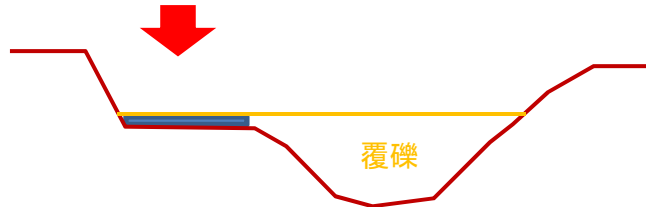
拡幅部や外岸部など
露岩が想定される箇所



②水制

方法:岩盤上に水制を設置
効果:覆礫土の流出抑制
水はねによる流砂の抑制
課題:水制周辺の洗掘

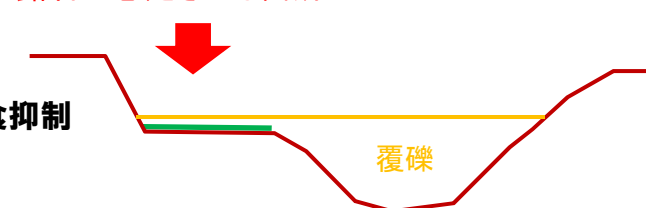
拡幅部や外岸部など
露岩が想定される箇所



③ネット

方法:岩盤上にネットを設置
効果:粗度を大きくし掃流力抑制
岩盤を保護し流砂による侵食抑制
課題:ネットの形状、材質、強度
施工方法

拡幅部や外岸部など
露岩が想定される箇所



参考：実験結果と計算結果の比較

計算と実験の条件について

- これまで対策工の検討を行ってきた2次元河床変動計算による計算結果と実験結果を比較する
- 計算と実験では以下の条件の違いがある

計算条件と実験条件の比較表

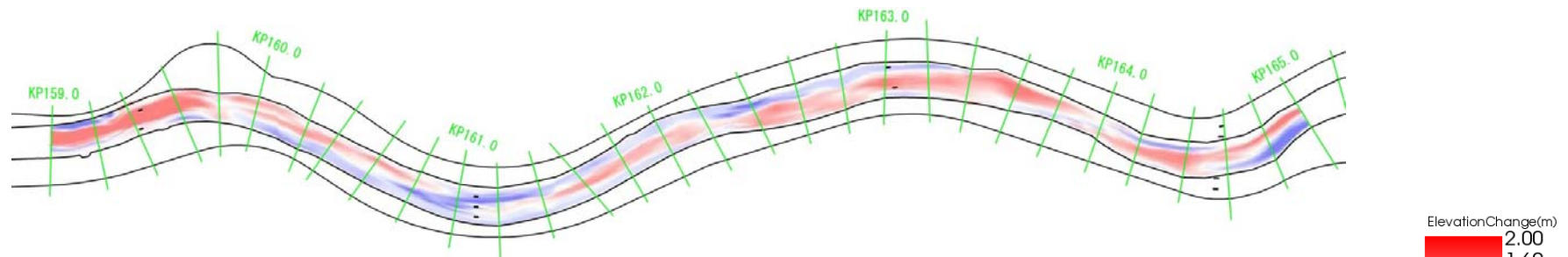
条件項目	計算の条件	実験の条件
流況	非定常流	定常流
流量(旭橋)	500m ³ /s以上の実績流量 (S53～H19の30年間、S56洪水除外)	平均年最大流量(Q=630m ³ /s) (S53～H19までの30年間の平均)
初期横断形状	早期対策案 低水路拡幅＋岩盤被覆(+50cm)	ケース4-1 低水路拡幅＋岩盤被覆(+50cm)
岩盤洗掘	関係式により岩盤洗掘量考慮	考慮できない(モルタル床)

初期河床からの変化高の比較

- いずれも低水路中心部で堆積傾向・河岸際で低下傾向の箇所が多いが、河床低下量は最大でも2m程度であり、極端な河床低下は進行しておらず、対策により河床低下抑制効果がみこめる
- 計算よりも、実験のほうが堆積する傾向がある(※実験と計算の外力条件が異なることで生じる差異も含む)

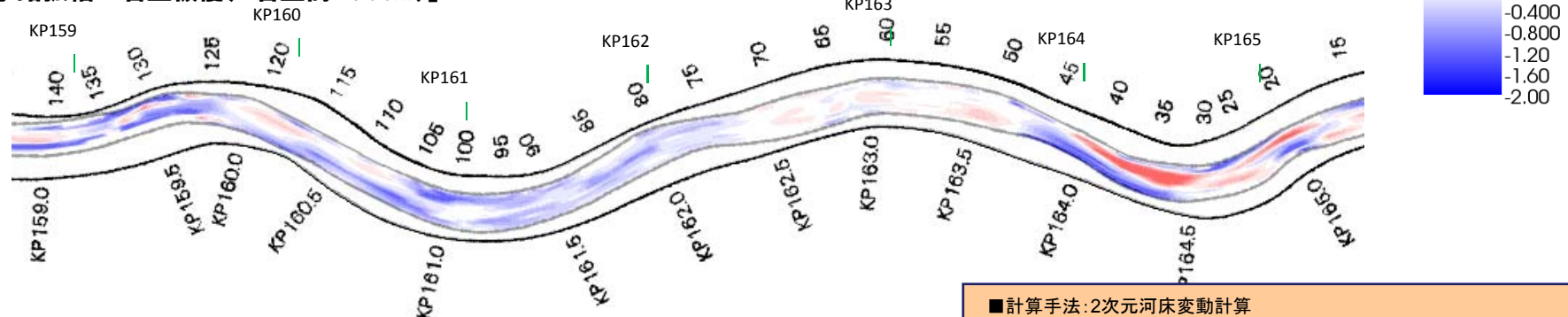
ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



計算結果

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



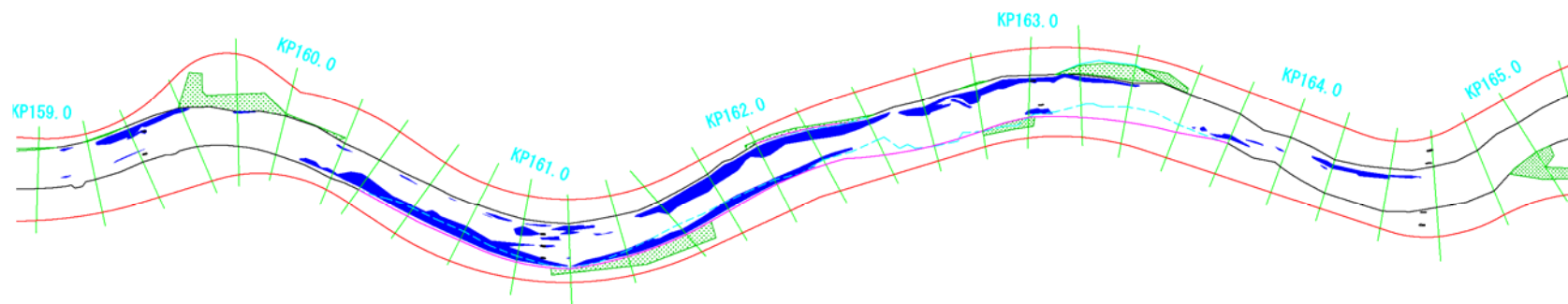
※岩盤洗掘考慮

- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 旭橋観測所時刻流量 昭和53年~平成18年の30年 (r※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56は除外)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 早期対策案(低水路拡幅+岩盤被覆案)
- 起算水位: 下流端にて等流起算
- 流入土砂量: 上流端で動的平行
- 岩盤: 岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定

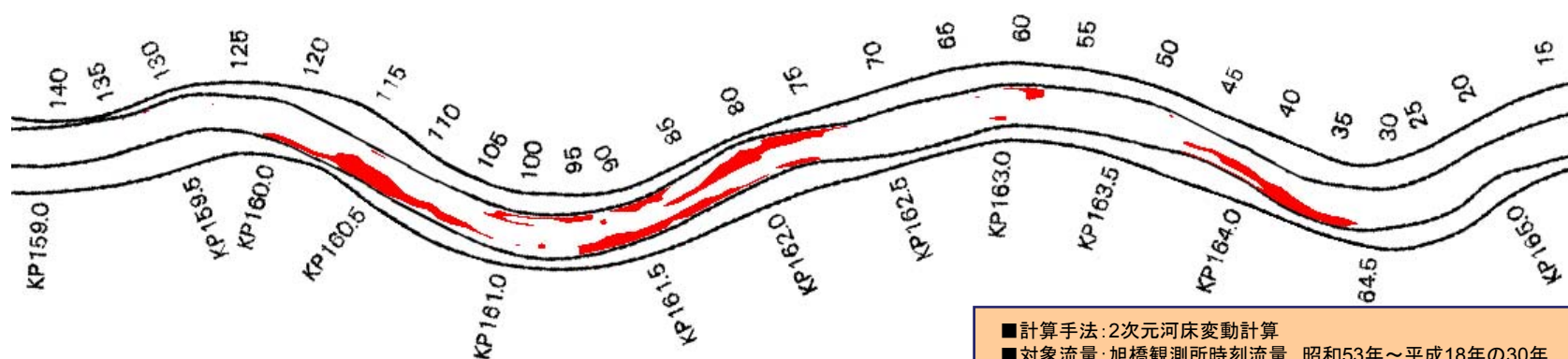
岩盤床露出面積：実験結果と計算結果の比較

➤ 実験でも計算でも、同様な箇所で岩盤露出傾向にあることが確認できる

◆実験結果：ケース4-1の対策、通水30時間後の露岩箇所



◆計算結果：ケース4-1の対策、30年後の岩盤露出箇所予測結果



※岩盤洗掘考慮

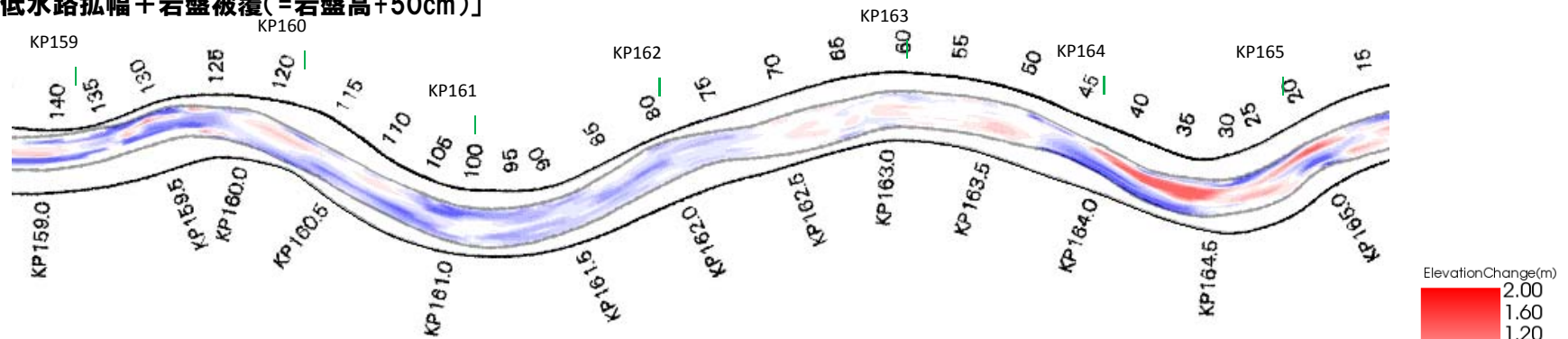
- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 旭橋観測所時刻流量 昭和53年～平成18年の30年 ($\tau \geq 0.05$ 以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 平成23・24年測量横断
- 起算水位: 下流端にて等流起算
- 流入土砂量: 上流端で動的平行
- 岩盤: 岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定

【参考】計算結果(対策あり・なし)の比較

- 対策を行わなかった場合、河床最深部の低下が顕著であるが、対策をおこなうことで、最深河床の低下が抑制できることが期待される

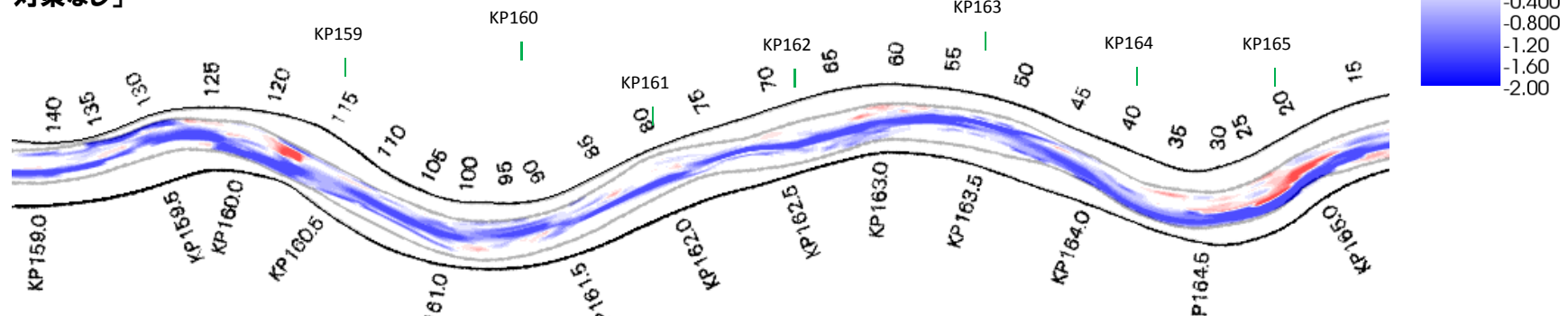
計算結果

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



計算結果

「対策なし」



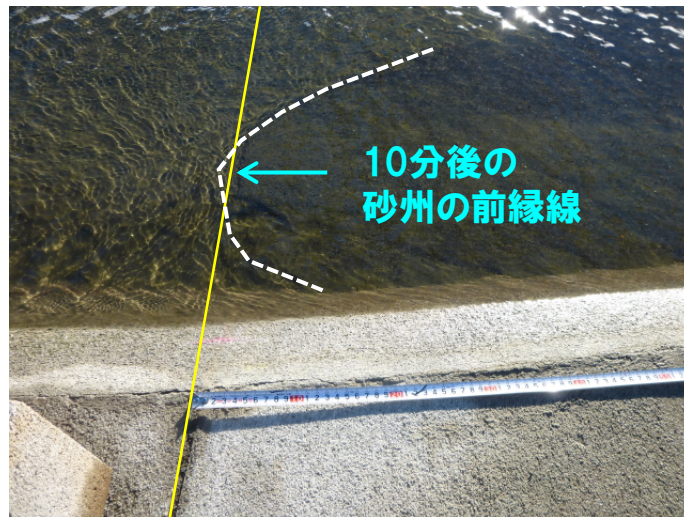
- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 旭橋観測所時刻流量 昭和53年~平成18年の30年 (τ※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 平成23・24年測量横断
- 起算水位: 下流端にて等流起算
- 流入土砂量: 上流端で動的平行
- 岩盤: 岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定

参考：砂州の移動速度について

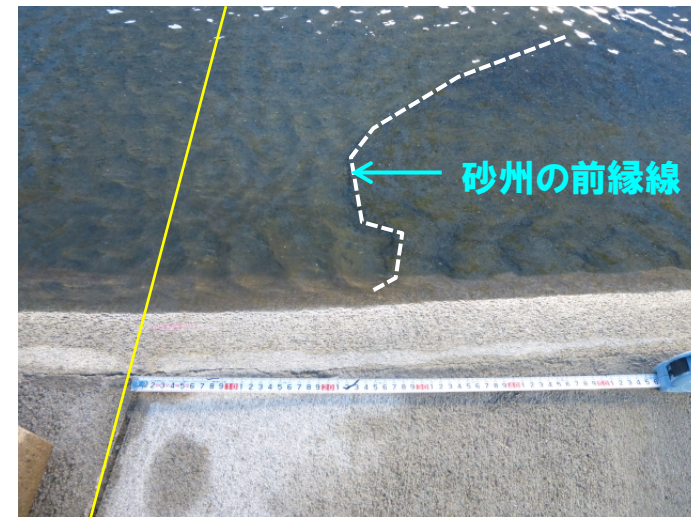
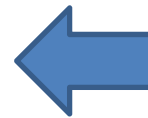
【参考】砂州の移動速度について(1/2)

- ケース4-3(岩盤被覆(=岩盤高+100cm))の11時間通水時にKP163.6左岸で砂州の移動速度を計測した。
- 砂州は1時間で2m移動することが分かった。

ケース4-3:11時間通水時
「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」



KP163.6



KP163.6

砂州の移動速度を計測した結果
移動速度≒2m/1h

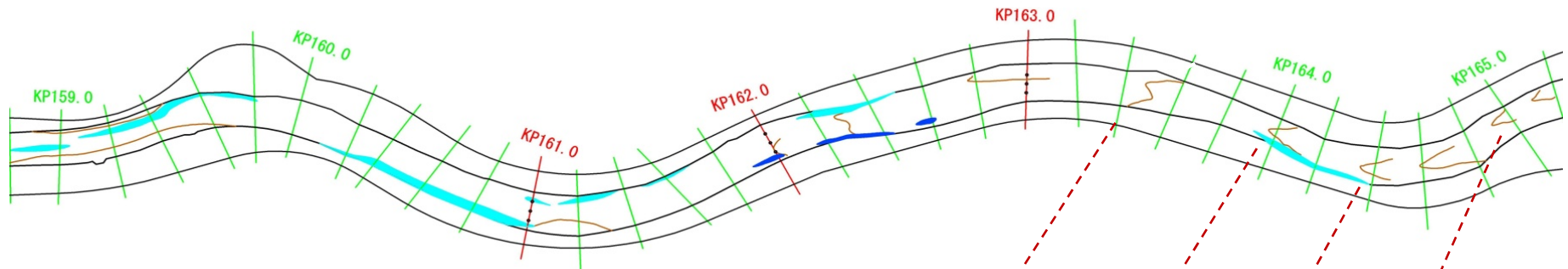
【参考】砂州の移動速度について(2/2)

- 砂州が5時間で10m移動(現地に換算すると500m移動)すると仮定すると平面図に示す矢印の位置へ移動したと読み取れる。

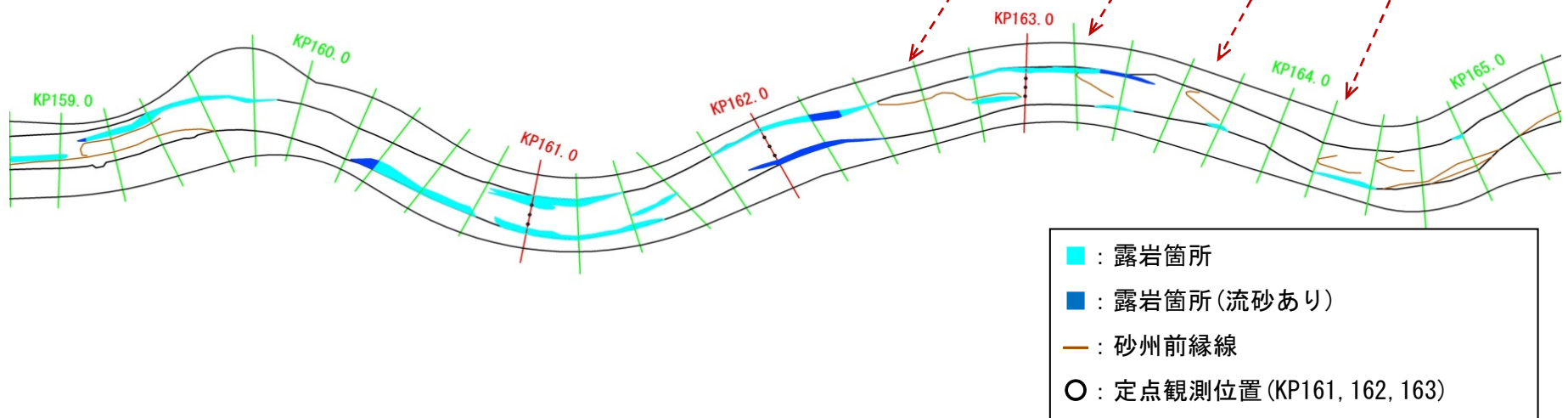
ケース4-3

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

◆5時間後の砂州と露岩状況(目視によるスケッチ図)



◆10時間後の砂州と露岩状況(目視によるスケッチ図)



参考：流量条件の違いによる河床変化

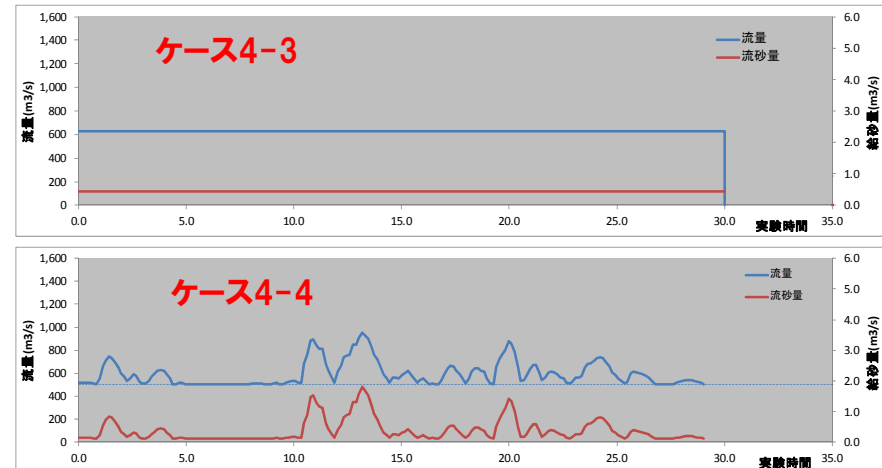
流量条件の違いによる比較 (1 / 2)

- 流量条件の違いによる砂州波高及び最深河床高の比高は大きな差異がないことが確認できた。

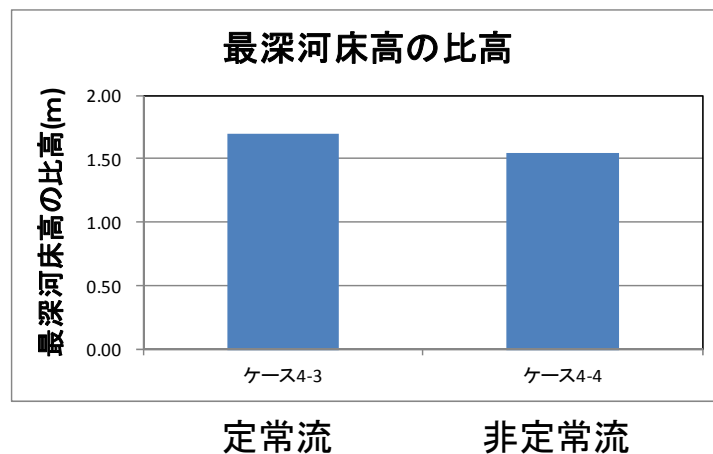
■外力の比較

相違条件	ケース4-3	ケース4-4
流 況	定常実験	非定常実験
平均流量 (m ³ /s)	630	594
最大流量 (m ³ /s)	630	951
総給砂量 (m ³)	78,800	65,700
通水時間 (模型)	30時間	29時間30分

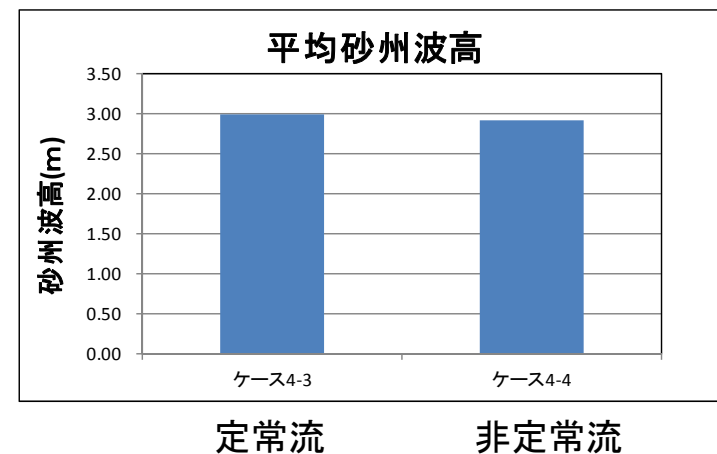
■流量と給砂量の比較



■最深河床高の比高の比較



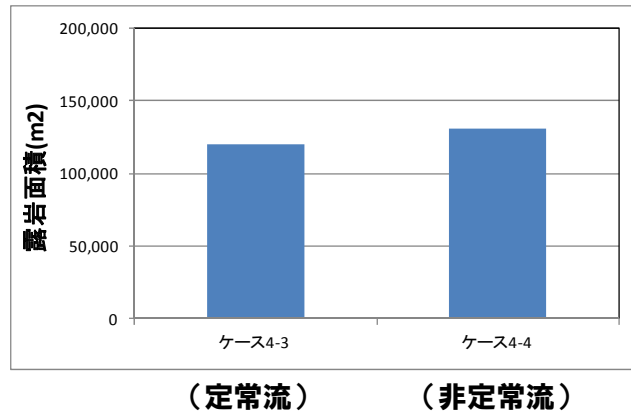
■砂州波高の比較



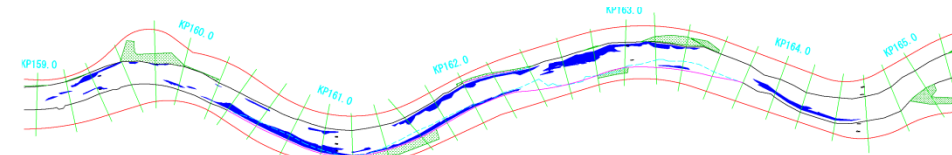
流量条件の違いによる比較(2/2)

- 岩盤床が露出する傾向に大きな差異のないことが確認できた。

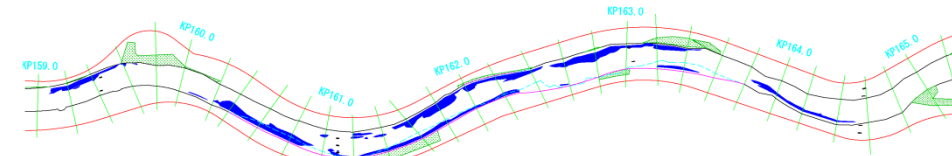
■露岩面積の比較



■露岩の比較



ケース4-3 露岩面積
低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)



ケース4-4 露岩面積
低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)

■通水後の河床状況比較

ケース4-3(定常流)



ケース4-4(非定常流)

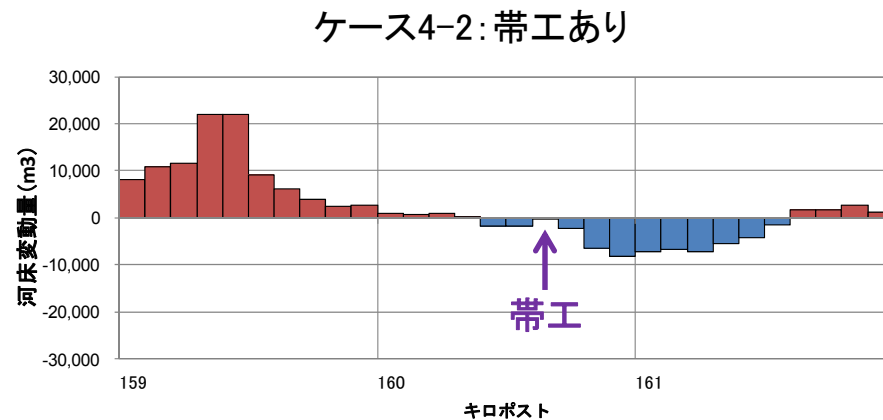
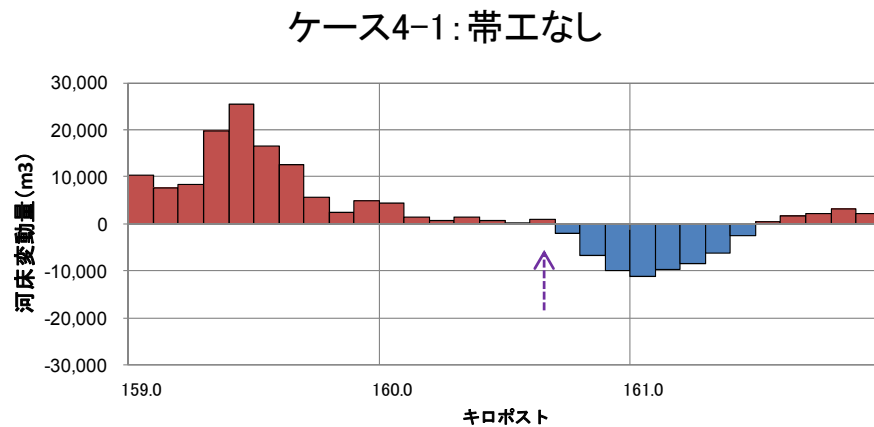


参考：帯工を設置した実験について

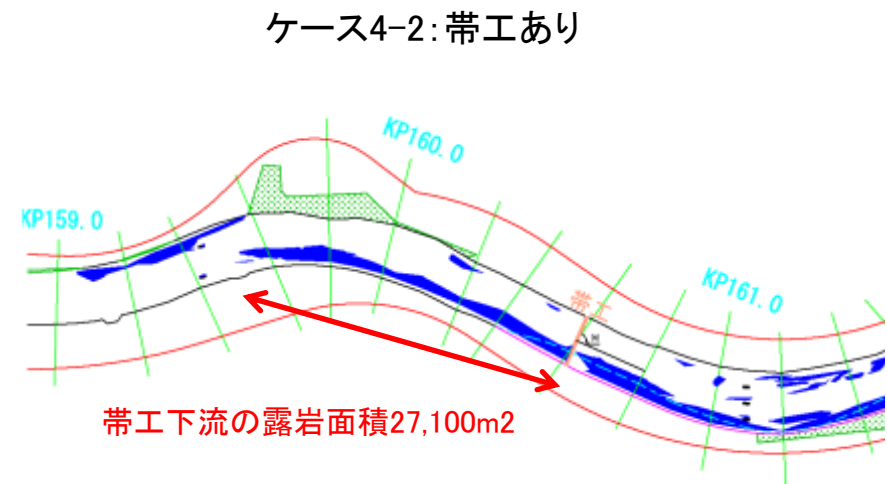
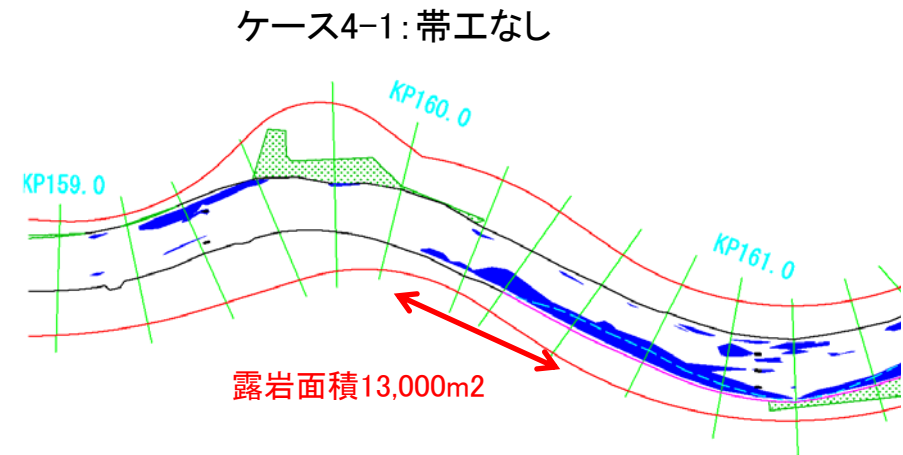
帯工の効果比較(1/2)

- 帯工設置有無について、河床変動傾向を確認したところ、優位な変化は確認できなかった。
- 河岸際の露岩に着目すると、帯工を設置したほうが露岩面積が広がる結果となった

■河床変動量の比較(30時間通水後)

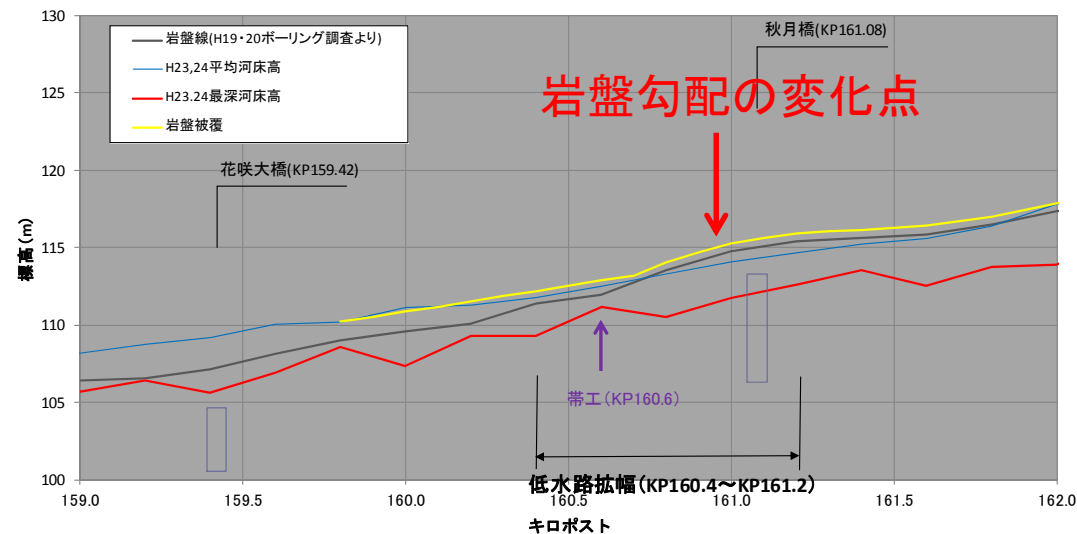


■帯工下流の露岩面積(30時間通水後)



帯工の効果比較(2/2)

- 岩盤被覆形状を設定する際、被覆厚に着目し縦断形状を設定したため、縦断的に凸であったKP161上下流が低下傾向にあった
- 上記凸部分に河床高を固定する帯工が設置されているか否かで、土砂流出過程が異なることで、流況や河床形状が異なり、結果として岩盤露出区間が下流側に延伸したものと推測される
- 結果、岩盤被覆形状は河道縦断形状を滑らかに設定することが重要であること、また、今回想定した設置位置では帯工の効果がみこめないことが確認された



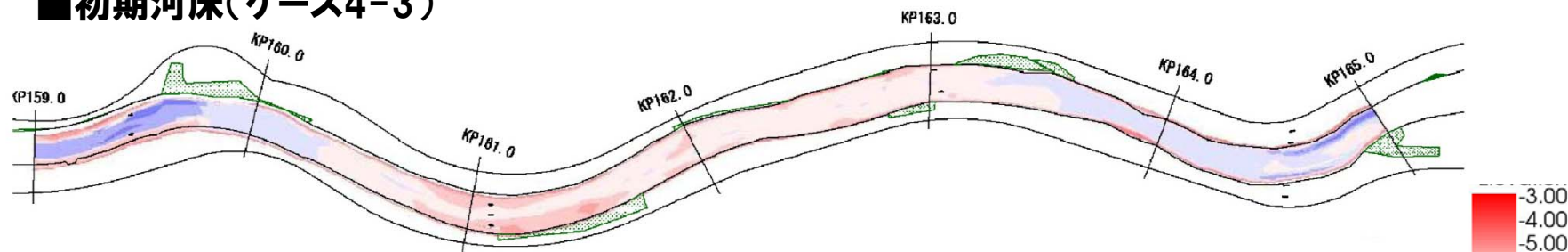
30時間通水後の河床状況
(ケース4-2: 帯工あり)

参考：河床高(比高)の変化について

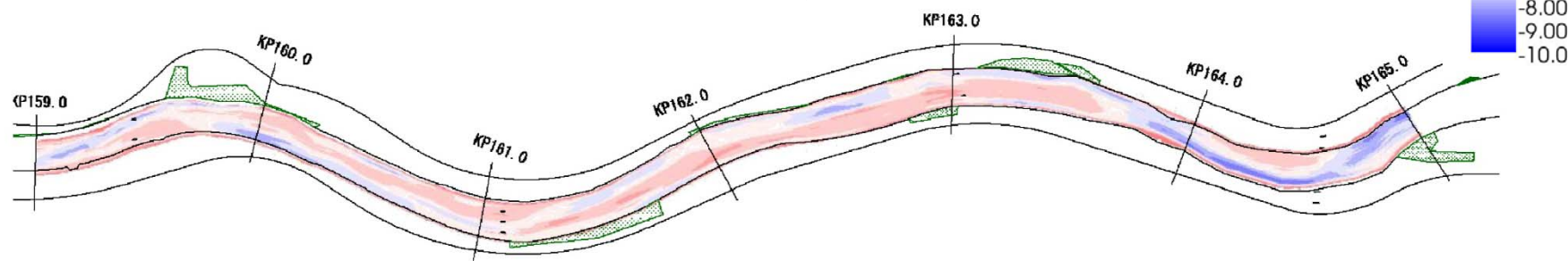
比高の変化(平面)

- ケース4-3(岩盤被覆+100cm)の実験結果より初期河床高から通水30時間後の河床高の変化を計画高水位との比高で整理した。

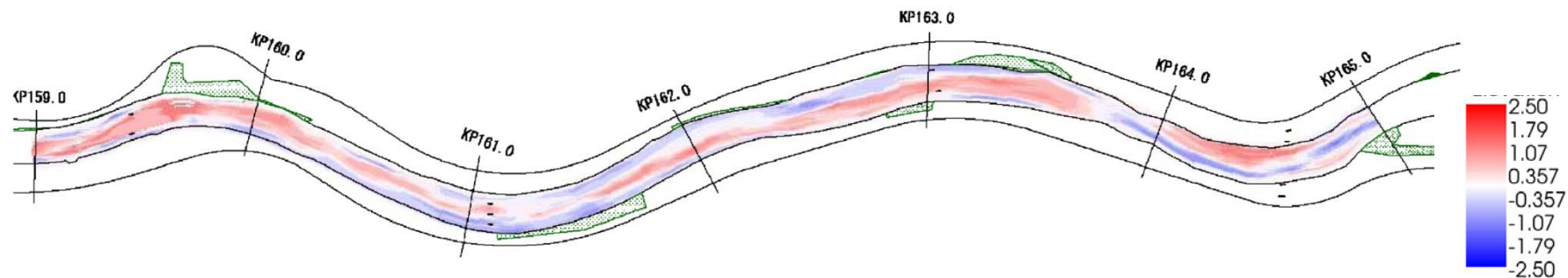
■初期河床(ケース4-3)



■30時間通水後(ケース4-3)

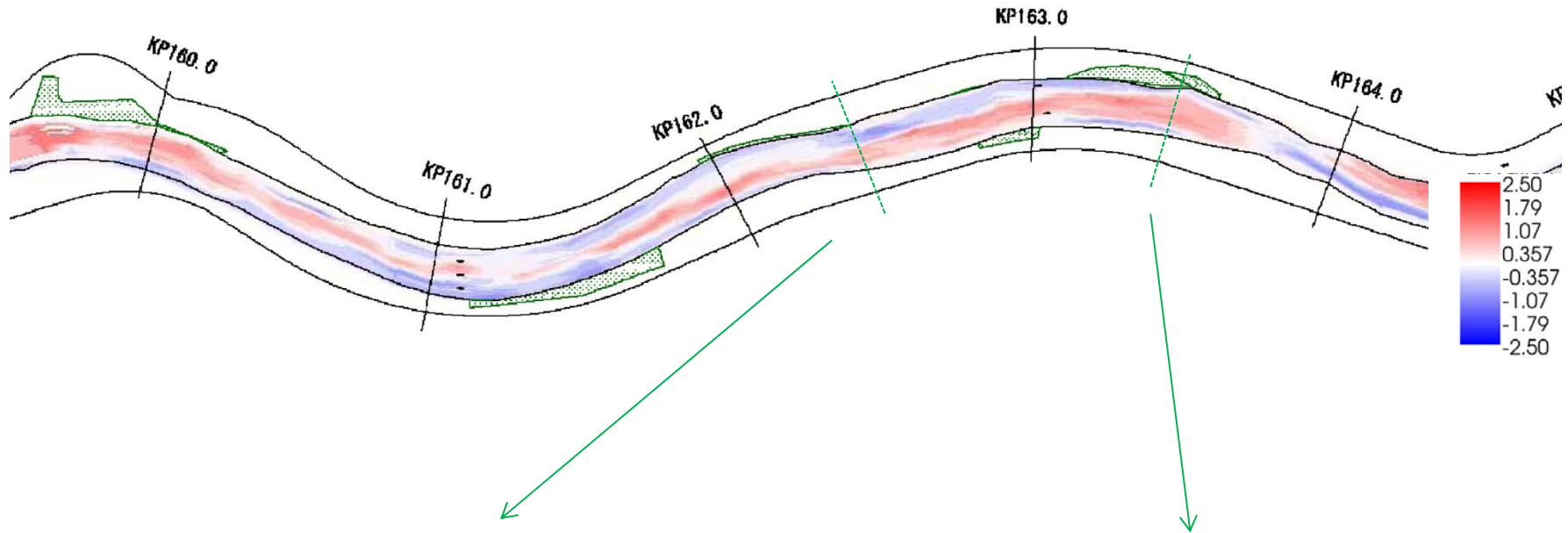


■30時間通水後河床高-初期河床高

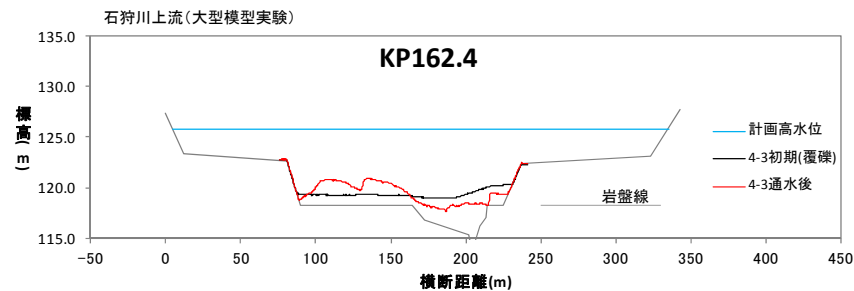


雪堆積場箇所の河床変化

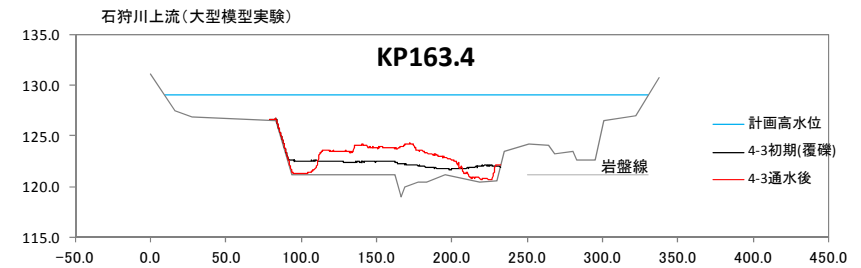
- 現在雪堆積場として利用している左岸高水敷を掘削し低水路を拡幅した箇所では、中州が形成される実験結果となった。



■流通団地雪堆積場付近



■永山7丁目雪堆積場付近



永山橋下流湾曲部の河床変化

- 岩盤被覆で河道整正した箇所で、湾曲部外岸が洗掘、内岸に堆積する結果となった。

