

資料-1

河岸際の対策工に関する大型模型実験 の結果と考察

旭川開発建設部 治水課

平成25年度に実施した大型模型実験とシミュレーションについて

大型模型実験について

平成25年度に行った対策工実験の条件設定について

＜実験条件設定の流れ＞

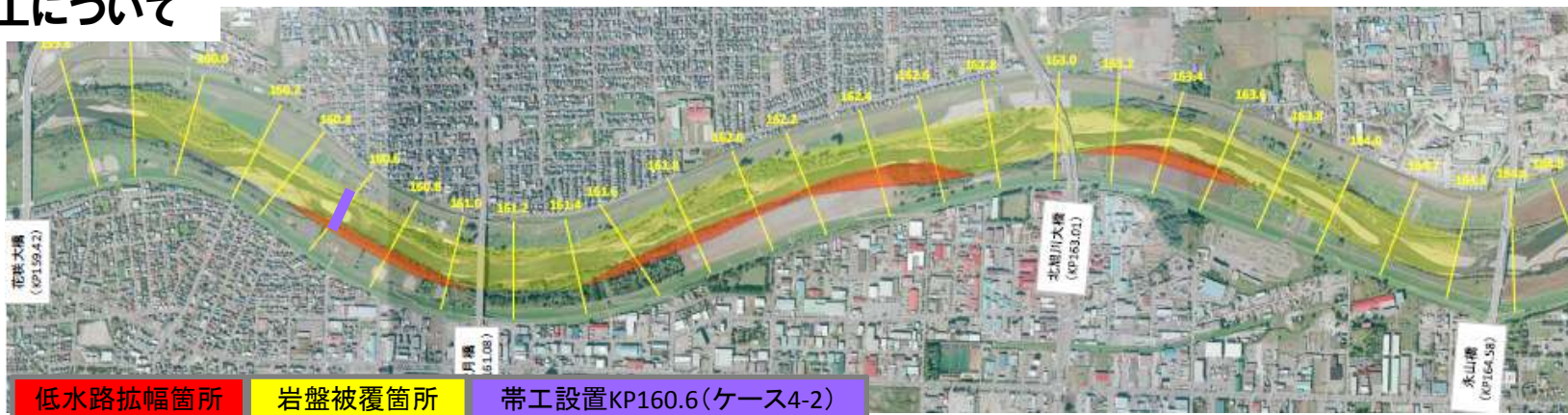
- 既往検討を踏まえ、“早期に実施すべき対策工”として「低水路拡幅＋岩盤被覆(岩盤被覆厚: 50cm)」の対策工条件を設定し、平均年最大流量(一定)を通水する実験をおこなった
- また、岩盤被覆下流端(勾配変化点)からの土砂流出を抑制することを目的として、岩盤被覆区間の下流端に帯工を設置した実験をおこなった
- 上記実験から被覆厚が薄い箇所(河岸際など)で岩盤が再露出する傾向があったため、流用土砂量を踏まえ、河岸際の被覆厚を厚くした断面(岩盤被覆厚: 100cm)を設定し、実験をおこなった
- それでもやはり、相対的に被覆厚が薄い箇所(河岸際など)で岩盤が再露出する傾向があった。流量条件が大き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

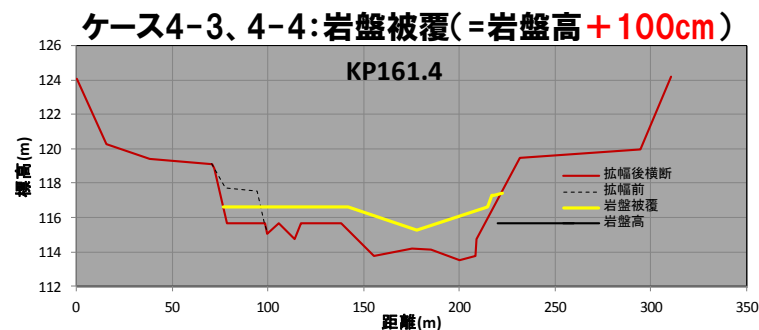
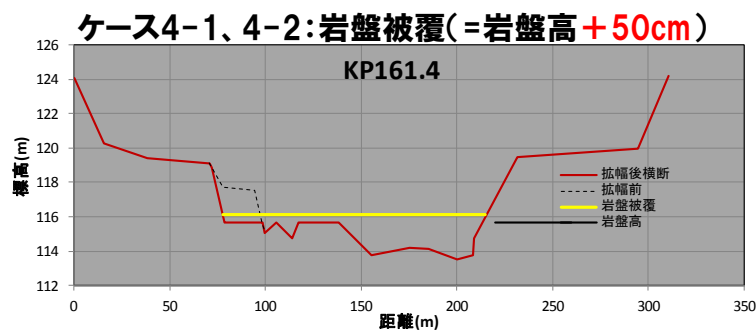
実験条件について

➤ 以下の対策工および流量条件で実験をおこなう

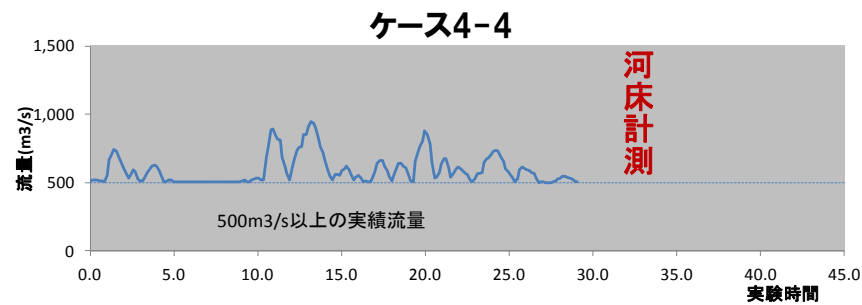
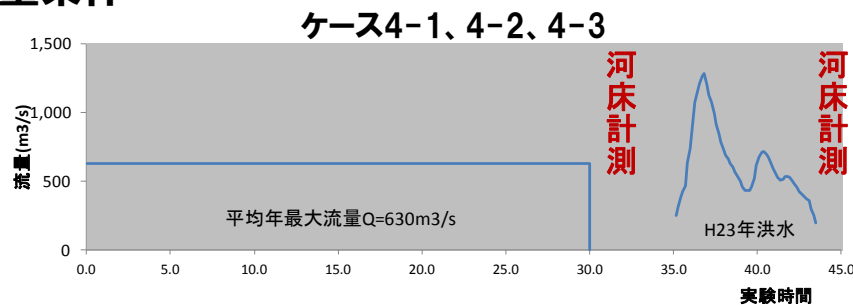
■対策工について



■初期の岩盤被覆断面



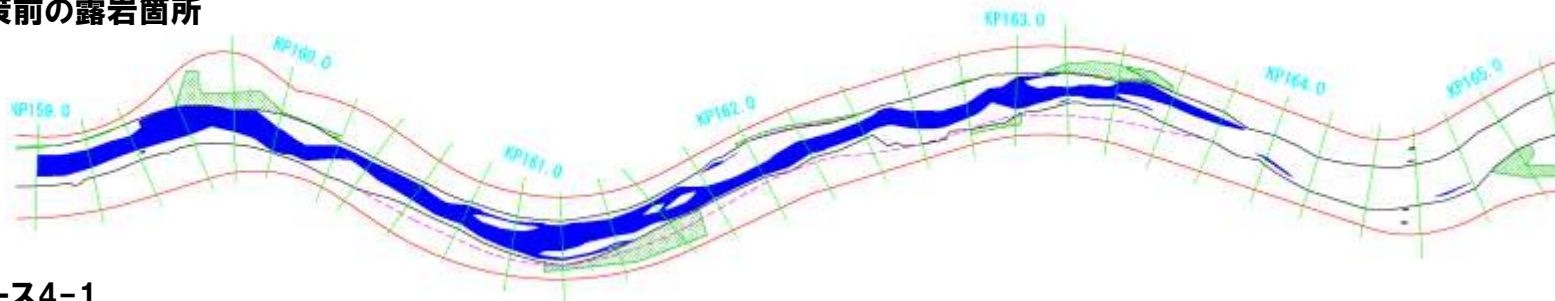
■流量条件



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

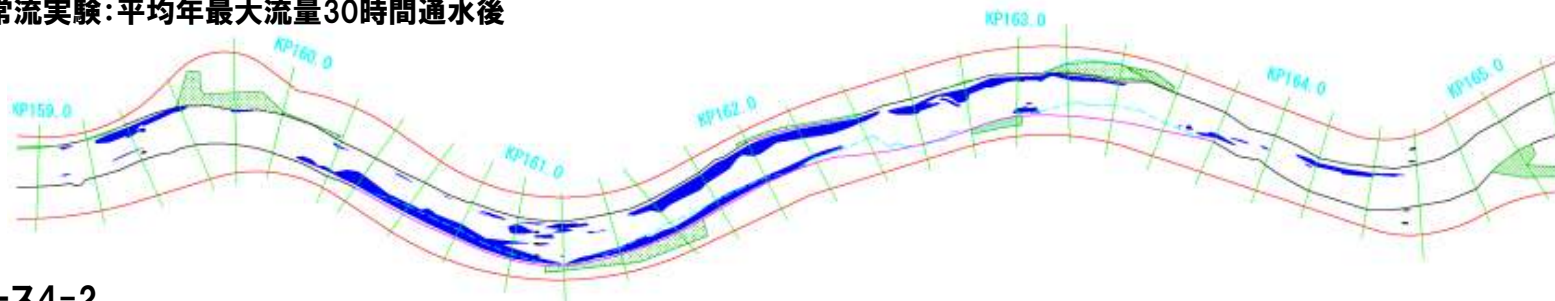
対策前の露岩箇所



ケース4-1

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」

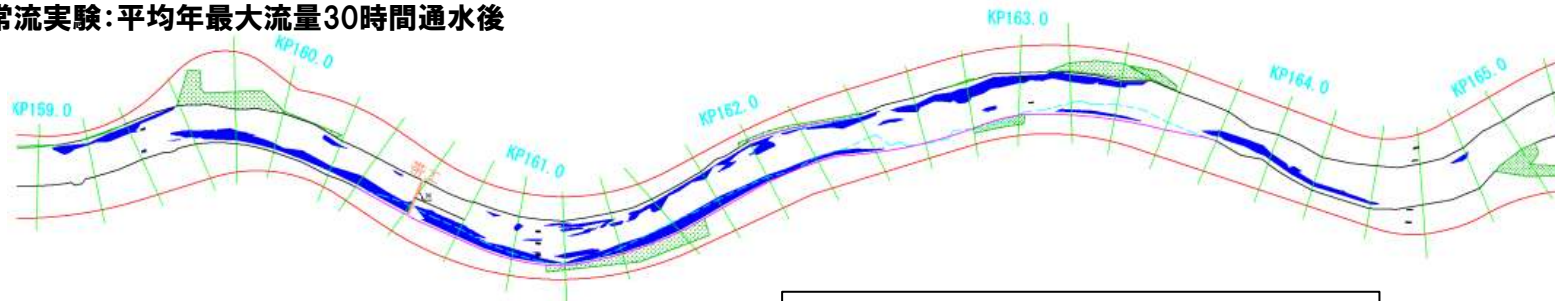
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



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



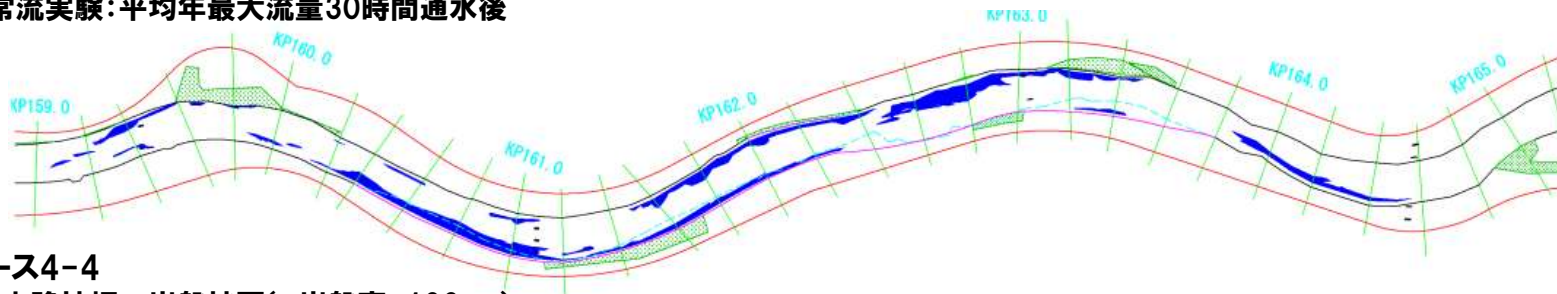
実験終了後にトータルステーション
で露岩範囲の座標を測量した結果

- 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)」

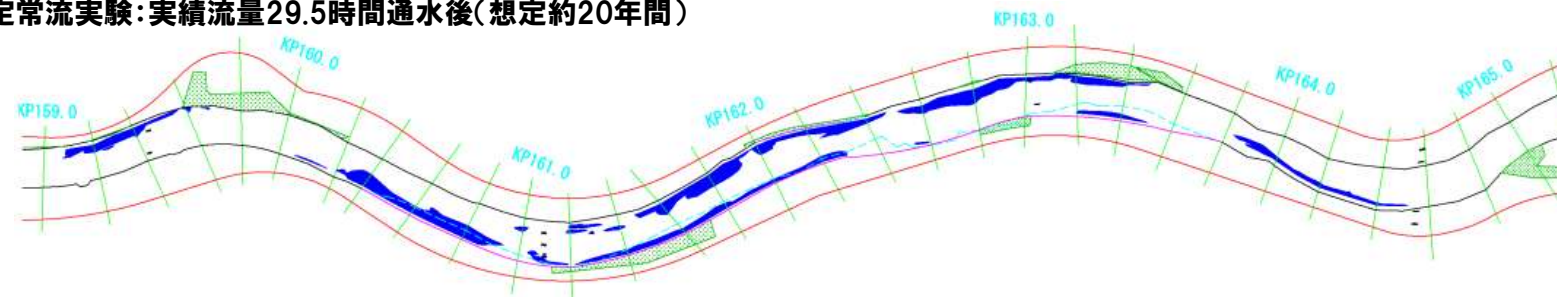
定常流実験:平均年最大流量30時間通水後



ケース4-4

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+100cm)」

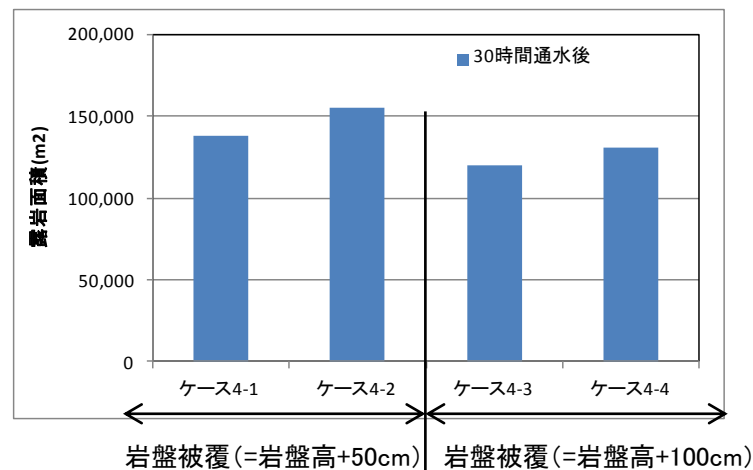
非定常流実験:実績流量29.5時間通水後(想定約20年間)



■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



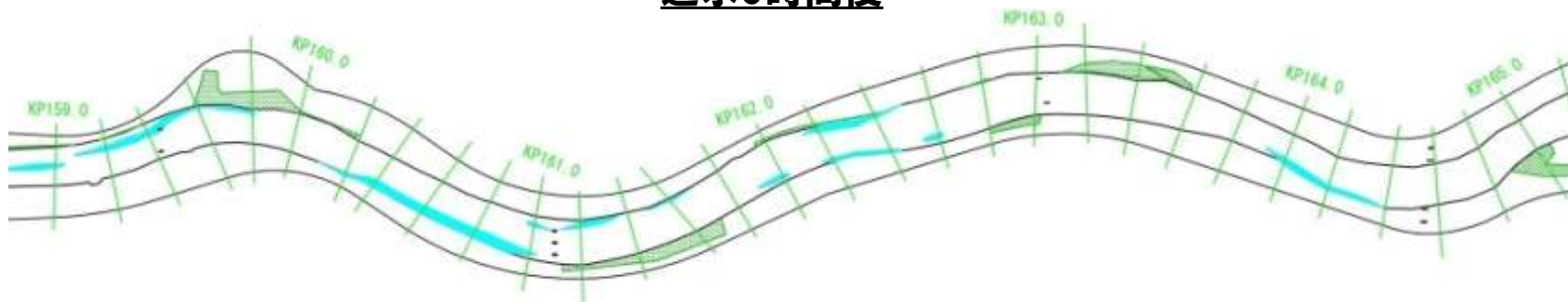
露岩面積の時間変化

- 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

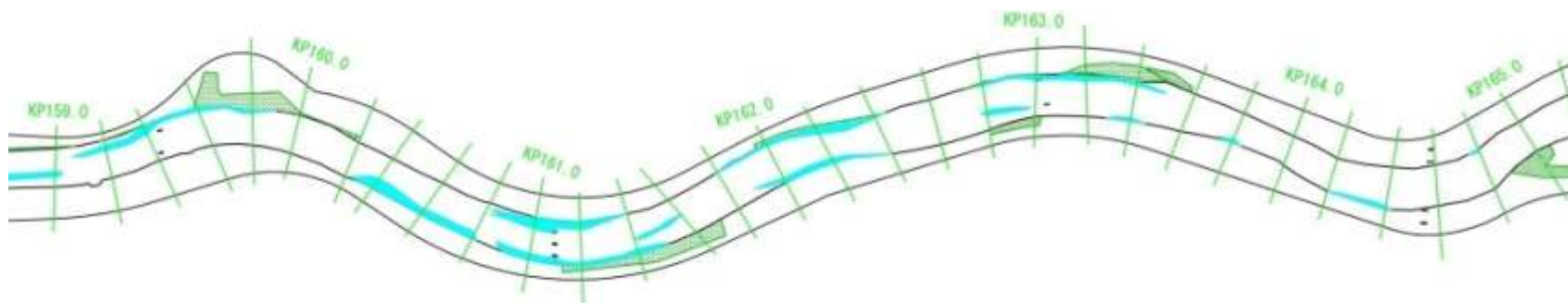
◆目視による露岩位置のスケッチ図(ケース4-3)

■ 露岩箇所

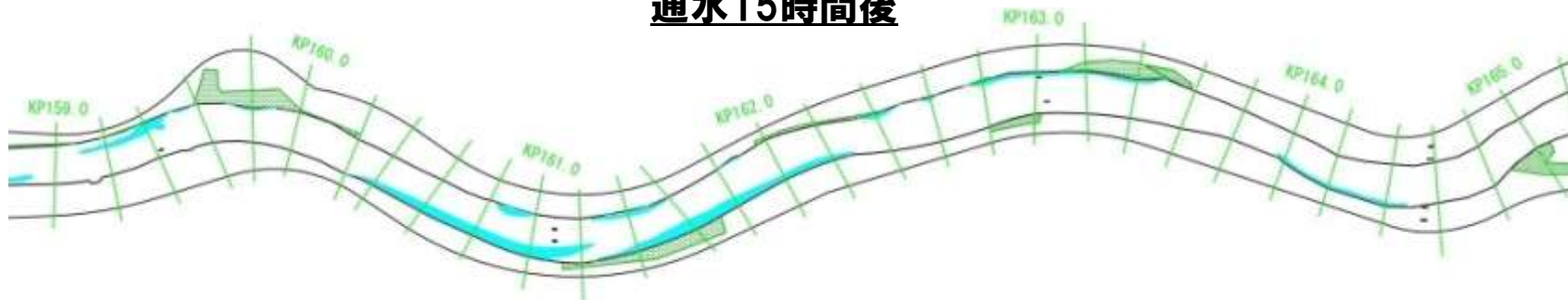
通水5時間後



通水10時間後



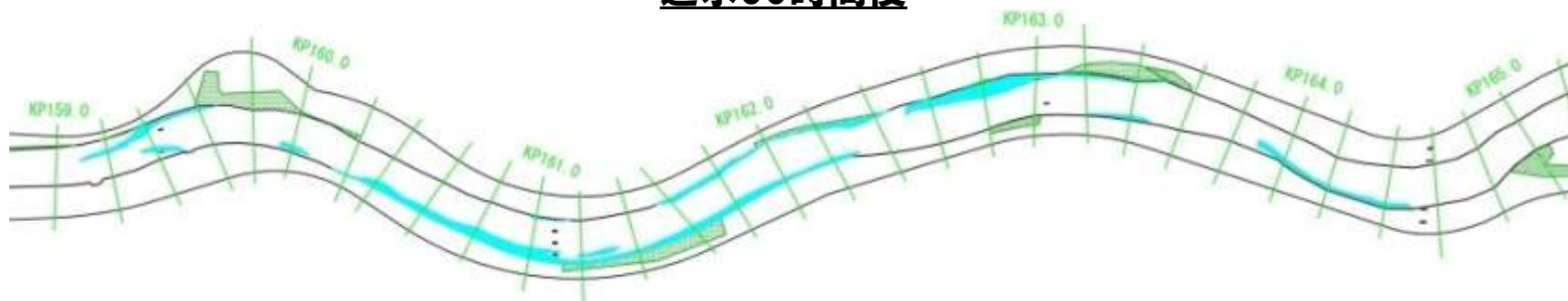
通水15時間後



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

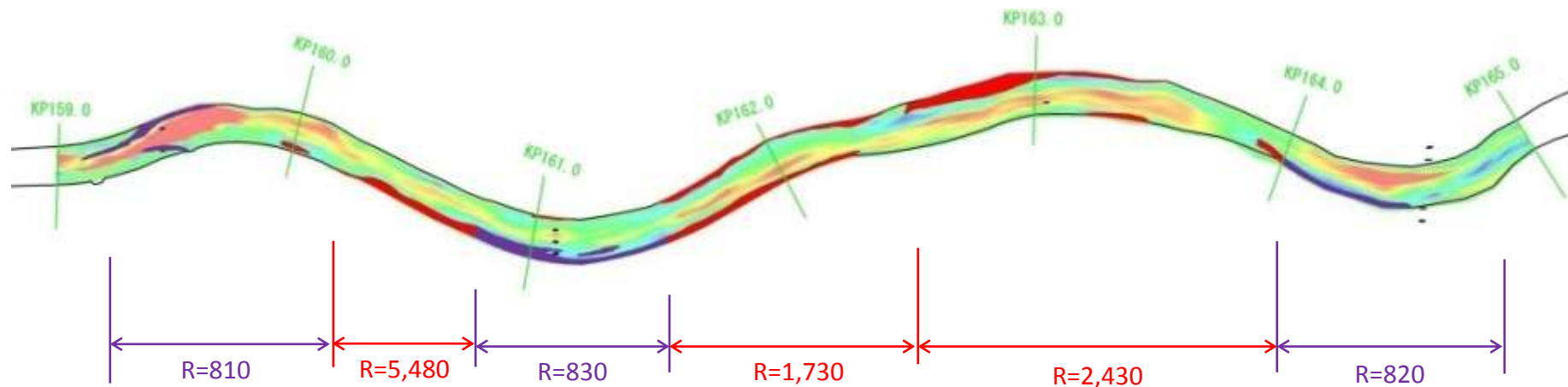


流砂が縦断的に連なって流れている状況



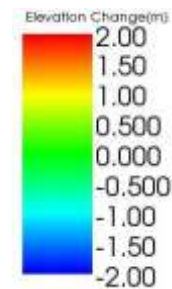
露岩箇所と湾曲の関係

- 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



シミュレーション結果について

シミュレーションと実験の条件について

- 対策工の検討に際して実施した2次元河床変動計算によるシミュレーション結果と実験結果を比較する
- シミュレーションと実験では以下の条件の違いがある

シミュレーションの条件と実験条件の比較表

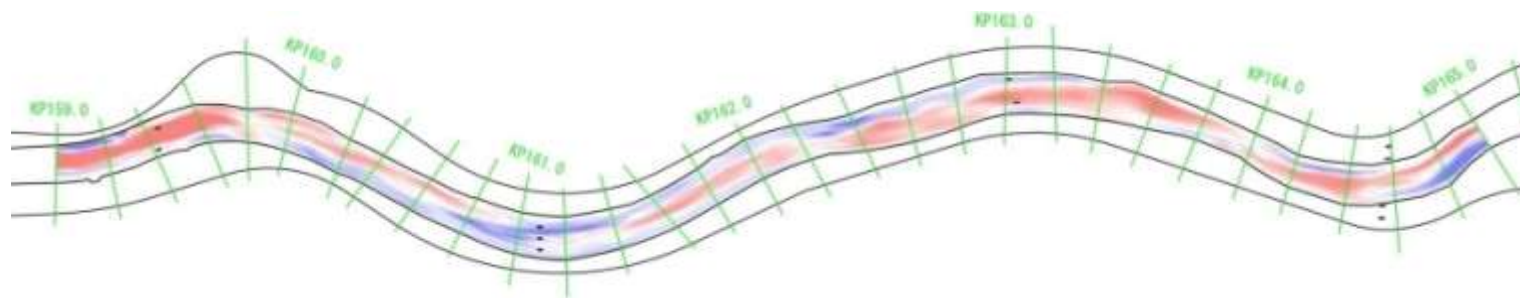
条件項目	シミュレーションの条件	実験の条件
流況	非定常流	定常流
流量(旭橋)	500m ³ /s以上の実績流量 (S53～H19の30年間、S56洪水除外)	平均年最大流量(Q=630m ³ /s) (S53～H19までの30年間の平均)
初期横断形状	早期対策案 低水路拡幅+岩盤被覆(+50cm)	ケース4-1 低水路拡幅+岩盤被覆(+50cm)
岩盤洗掘	関係式により岩盤洗掘量考慮	考慮できない(モルタル床)

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)

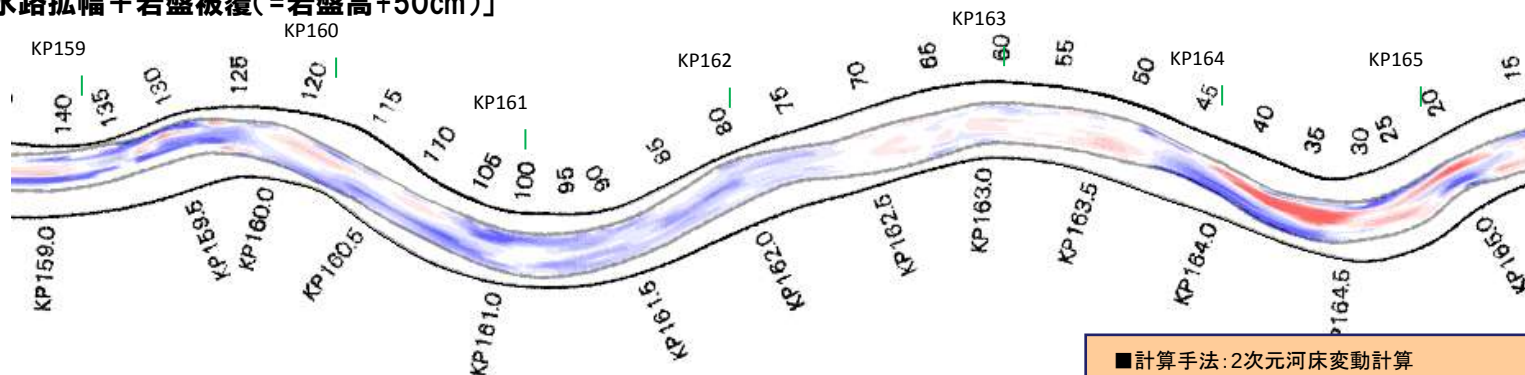
大型模型実験結果(ケース4-1)

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



シミュレーション結果

「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」



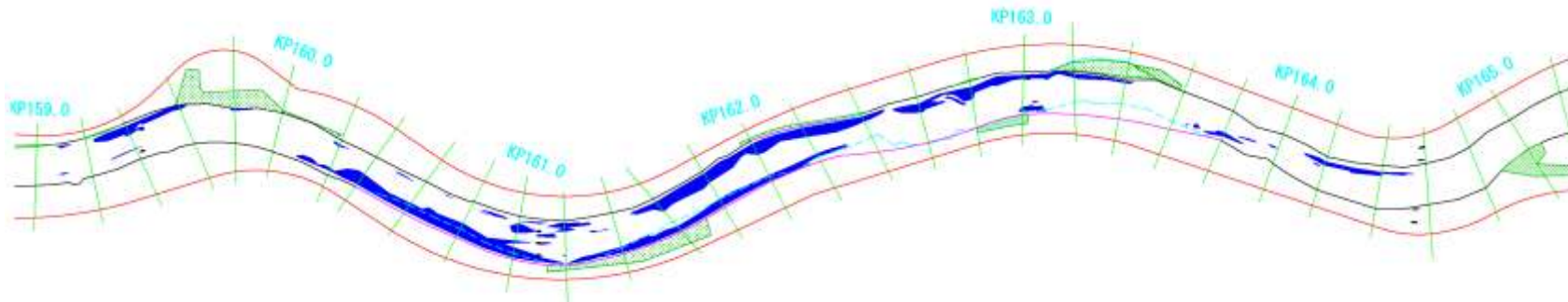
※岩盤洗掘考慮

- 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

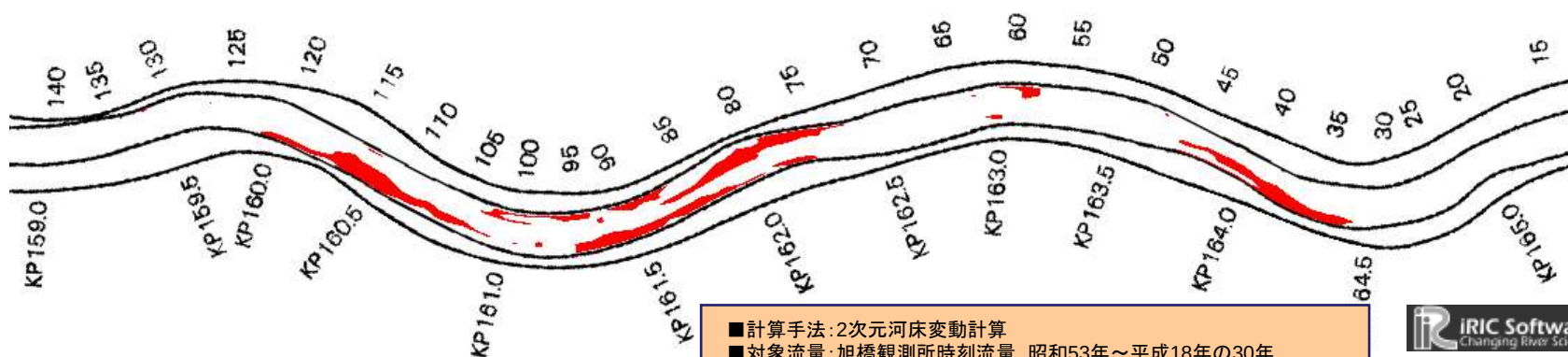
岩盤床露出面積：実験結果と計算結果の比較

➤ シミュレーションにおいても、実験結果と同様に河岸際で岩盤露出傾向であることが確認された

◆実験結果：ケース4-1の対策、通水30時間後の露岩箇所



◆シミュレーション結果：ケース4-1の対策、30年後の岩盤露出箇所予測結果



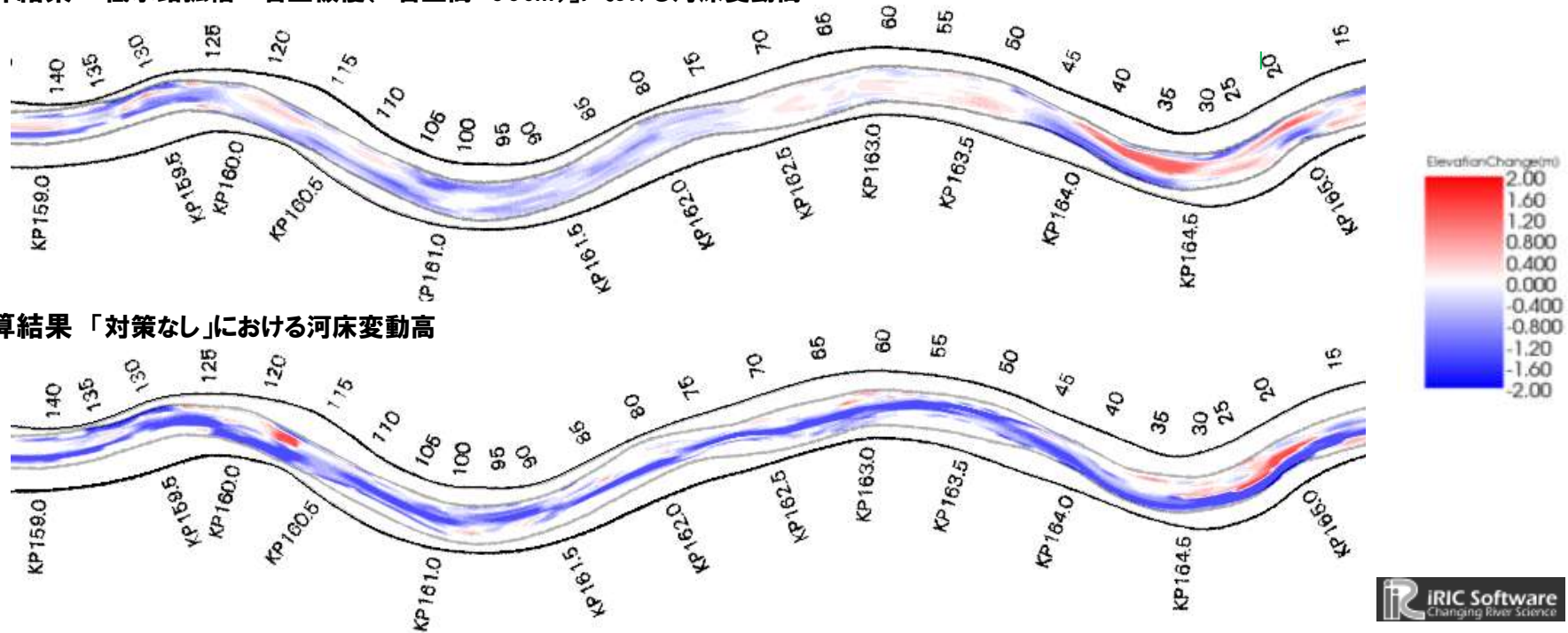
※岩盤洗掘考慮

- 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、高水路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

シミュレーション結果(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)」における河床変動高



計算結果「対策なし」における河床変動高

- 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

平成25年度の大型模型実験とシミュレーションからわかったこと

- 平成25年度の大型模型実験とシミュレーションでは、河道拡幅と覆礫により岩河床の露出の抑制が可能であることが把握できた
- しかし、河岸際が露岩することが確認されたため、平成26年に実施する大型模型実験で河岸際の露岩を抑制する工法の効果確認実験を行うこととした

平成26年度の実験について

平成26年度の実験計画

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した。案として巨礫、水制、ネットを対策工案とした
2. 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確認
3. また、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確認する



実験項目	実験の目的	確認事項	外力	進捗
1. 対策工選定実験(予備実験2回、本実験1回)	河岸際の露岩をどう抑制するか？ (巨礫、水制、ネット)	露岩するか？ 流砂があるか？	平均年最大流量および 平均年最大流量＋H23年 洪水の組み合わせ	実験済
2. 対策工完成後の効果確認実験(確認実験1回)	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？ ・対策工の効果は(露岩等)？	融雪出水＋渇水流量＋ 整備計画目標流量などの 組み合わせ	実験済
3. 段階施工(第2期施工範囲)による効果確認実験(確認実験1回)	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？	・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？ ・段階施工による影響は(露岩等)？	融雪出水＋渇水流量＋ 整備計画目標流量などの 組み合わせ	実験中

対策工の選定実験について

露岩箇所への対応策

- 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しました

露岩箇所の対応策

横断イメージ

平面イメージ

①巨礫

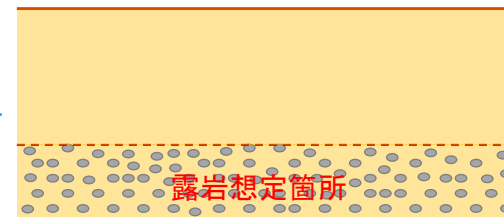
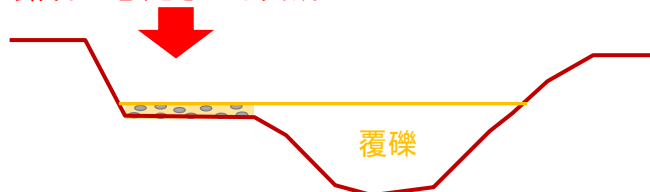
方法:巨礫を敷設

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

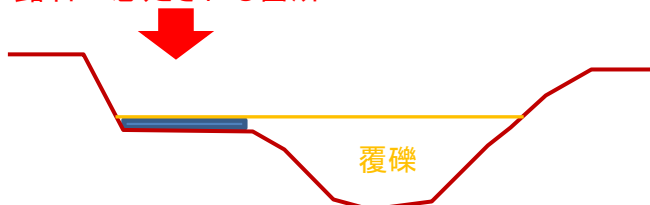
方法:岩盤上に水制を設置

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

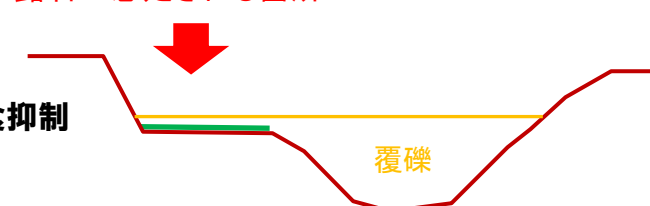
効果:粗度を大きくし掃流力抑制

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



河岸際の対策工選定実験

- 予備実験では、河岸際の各種対策工の効果を確認する
- 本実験では、予備実験で効果が確認できた対策工条件で実験をおこなう
- ネットについては、工法、材質、強度など課題が多いが、予備実験で効果を確認する

「(1)予備実験ケース1」各種工法の効果確認

河岸際の岩盤露出に対して、案として考えられる工法（巨礫、水制状構造物、ネット）の効果を確認する。

- ・上流から効果の小さいもの～大きい順に配置
- ・河床整形はKP159より上流区間のみ
- ・流量：平均年最大（15時間）
- ・計測：露岩面積、スケッチのみ
- ・通水中：ビデオ、写真撮影、露岩スケッチ

対策工法の絞り込み

「(2)予備実験ケース2」適切な工法の効果確認

予備実験ケース1で効果が見られる巨礫混合率で露岩箇所および覆礫厚が薄い箇所に配置

- ・河床整形は全体区間
- ・流量：平均年最大（15時間）
- ・計測：横断測量、露岩面積、スケッチ
- ・通水中：ビデオ、写真、露岩スケッチ

対策範囲の絞り込み

「(3)本実験」適切な工法の効果確認

予備実験で効果が見られる巨礫混合率で全体に配置
永山新川合流による影響範囲を把握

- ・河床整形は全体区間
- ・流量：平均年最大（15時間）+H23
- ・計測：横断測量、露岩面積、スケッチ
- ・通水中：ビデオ、写真、露岩スケッチ

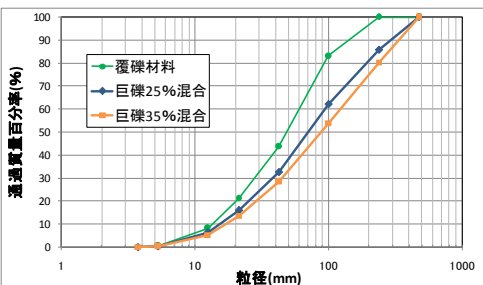
対策工の評価

河岸際の露岩対策（案）

予備実験ケース1について

予備実験ケース1:対策工配置について

- 河岸際の岩盤露出に対して、案として考えられる工法(巨礫、水制状構造物、ネット)の効果を確認する。
- 秋月橋周辺(KP160.7~161.5)の岩盤は滑らかな縦断形になるように掘削する。

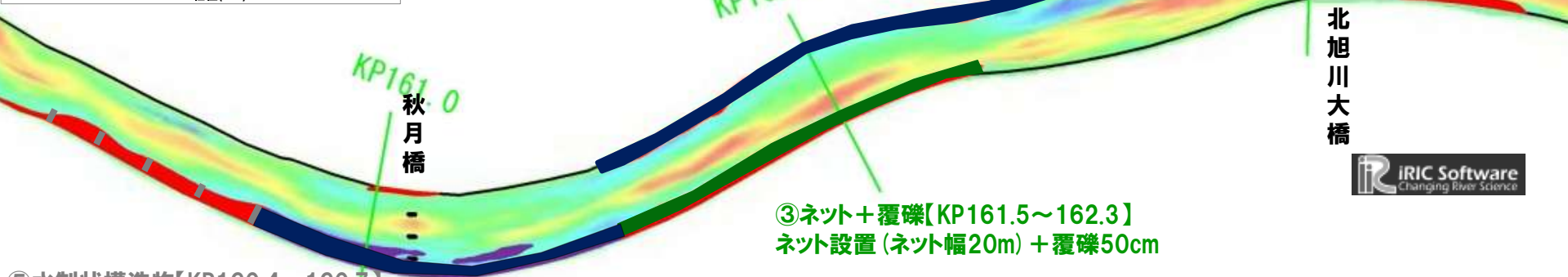


巨礫35%敷設状況



②巨礫35%【KP161.5~162.5】
巨礫35%混在(d60=120mm)
($\tau^*=50\%$ 減少)

①巨礫25%【KP162.5~163.4】
巨礫25%混在(d60=90mm)
($\tau^*=25\%$ 減少)



⑤水制状構造物【KP160.4~160.7】
水制状構造物5基設置
長さ20m、間隔80m

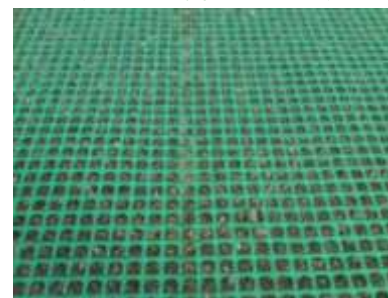
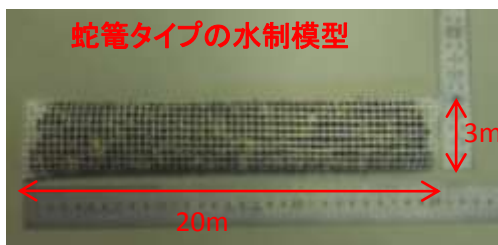
④巨礫35%【KP160.7~161.5】
覆礫砂に巨礫35%混在(d60=120mm)
($\tau^*=50\%$ 減少)

③ネット+覆礫【KP161.5~162.3】
ネット設置(ネット幅20m)+覆礫50cm

模型実験で使用するネット
(推定粗度 $n=0.035$)

現地実験で使用する
ネット設置例(セルデム)

蛇籠タイプの水制模型



網目:10mm×10mm



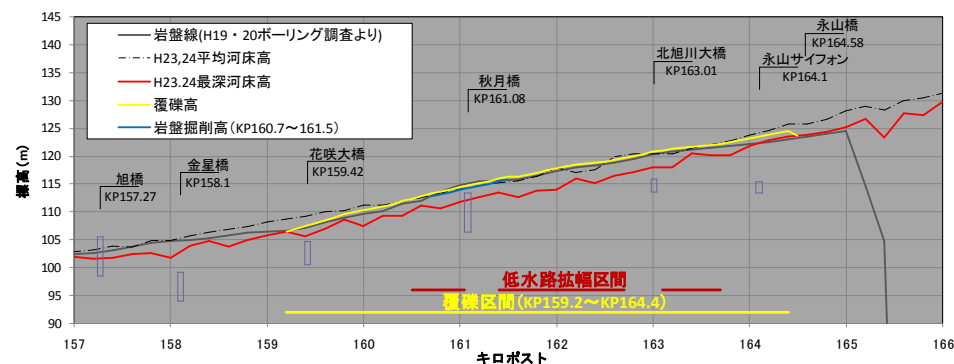
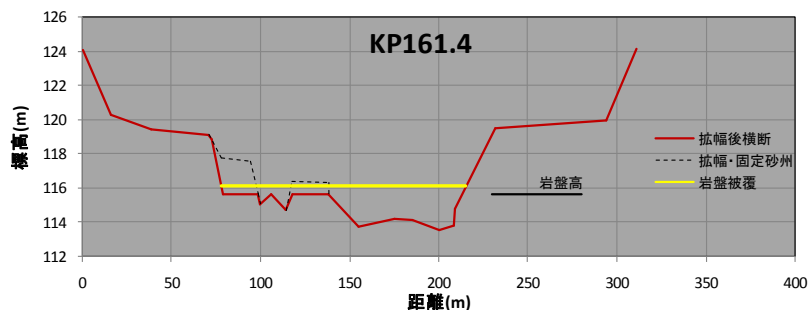
網目:500mm×500mm

実験条件

- 対策工条件「低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm)」を基本とする

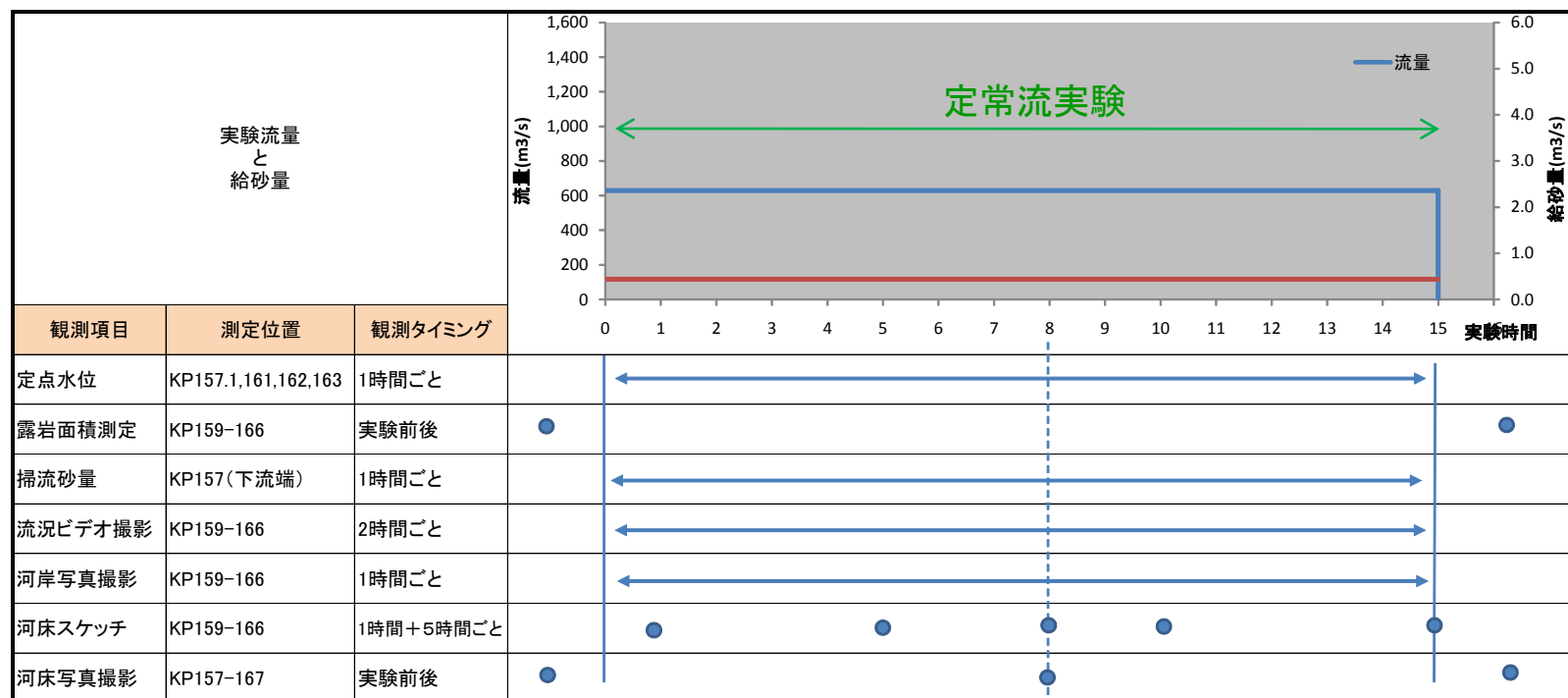
条 件 項 目		条 件
初期条件	河床形状	H23年9月洪水後河床(H23.9～H25.7測量)
	河床材料	H8年、H23年
上流端条件	流況	定常流
	流量	平均年最大流量(630m ³ /s)
	流量観測所	旭橋(KP157.1)
	給砂量	動的平衡(芦田・道上式)
対策工条件	対策工	低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm) 岩盤掘削(KP160.7～161.5)
	河岸際対策	①巨礫、②水制、③ネット
その他	支川合流	なし
	河道内構造物	永山床止、橋脚、高水敷上樹林帯模型

■初期断面(岩盤被覆高=岩盤高+50cm)



観測項目と観測タイミング

- 平均年最大流量(630m³/s)を通水し、河岸際の対策工の効果を確認する
- 総通水時間は15時間とし、1日目は8時間、2日目は7時間の実験をおこなう
- 観測項目と観測のタイミングを以下に示す



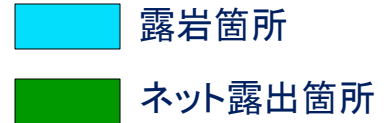
8時間(通水停止)

※横断測量は実施しない

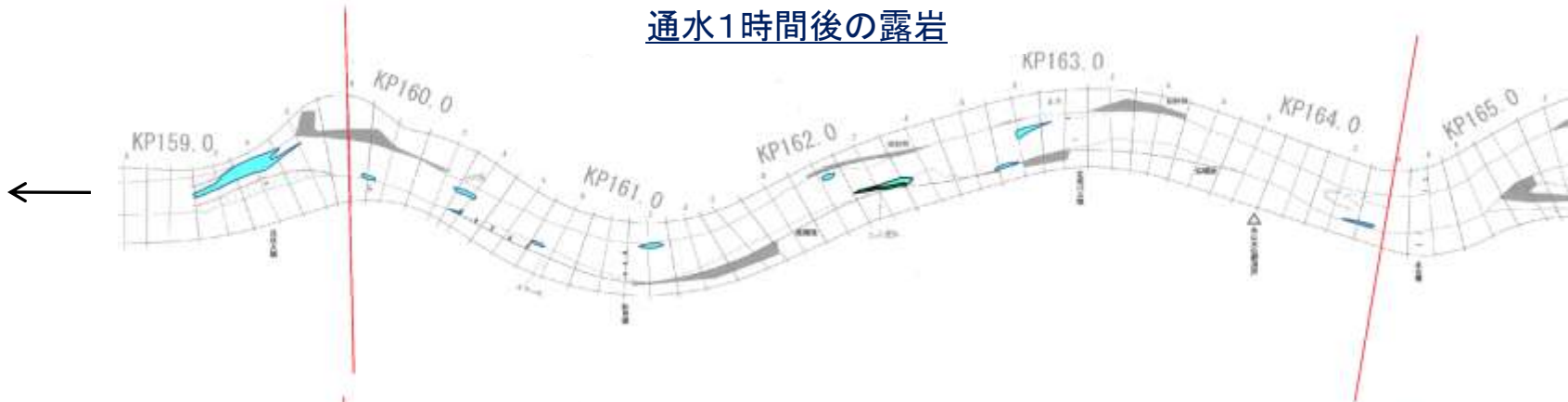
予備実験ケース1の結果

露岩の時間変化について

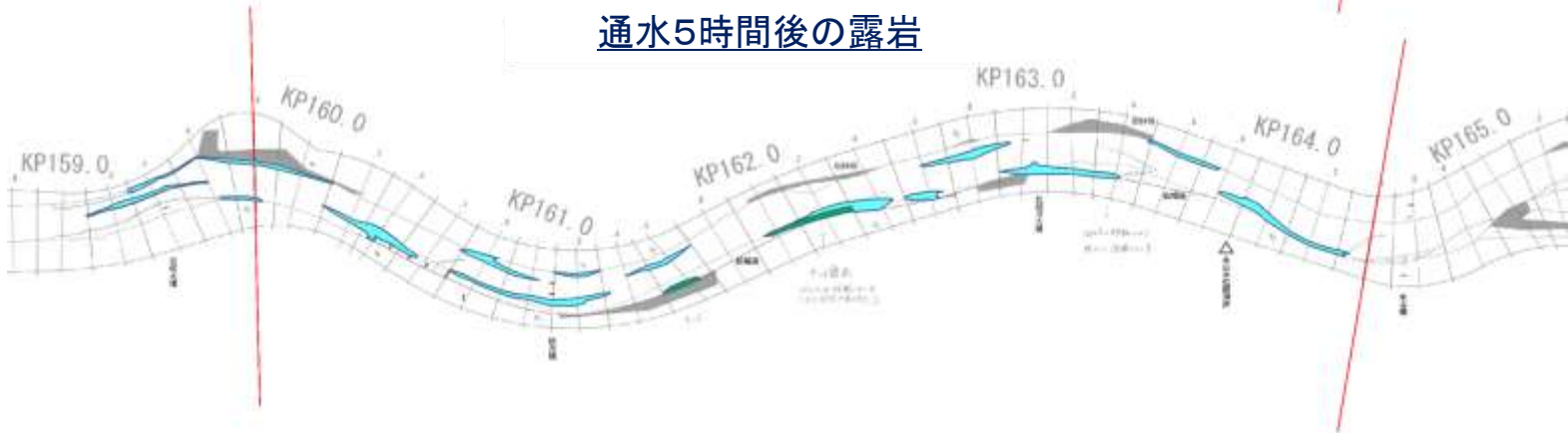
- 河床スケッチによる露岩の時間変化をしめす
- 時間の経過とともに露岩面積は拡大する傾向にあるが河岸際の露岩は抑制されている



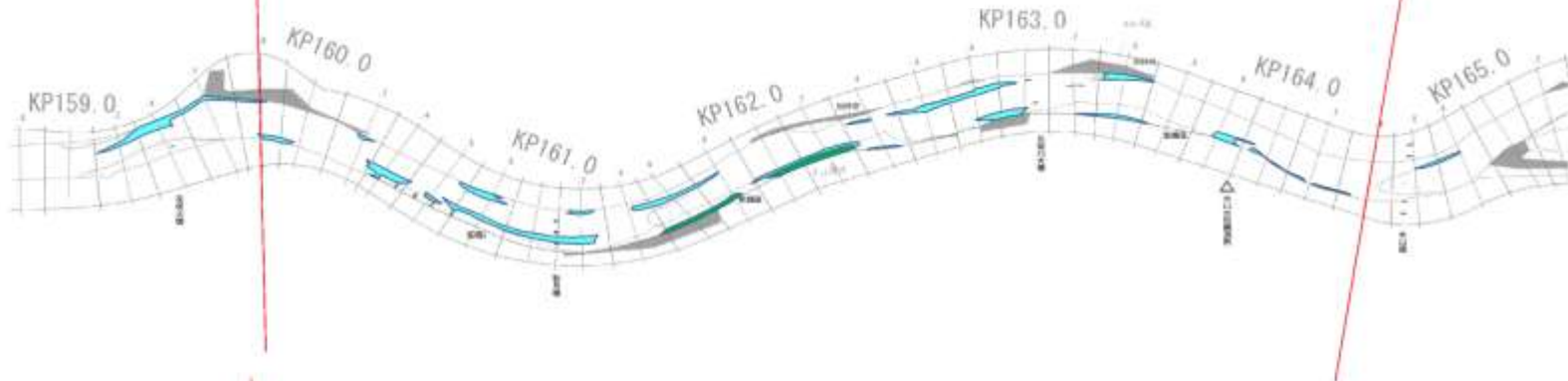
通水1時間後の露岩



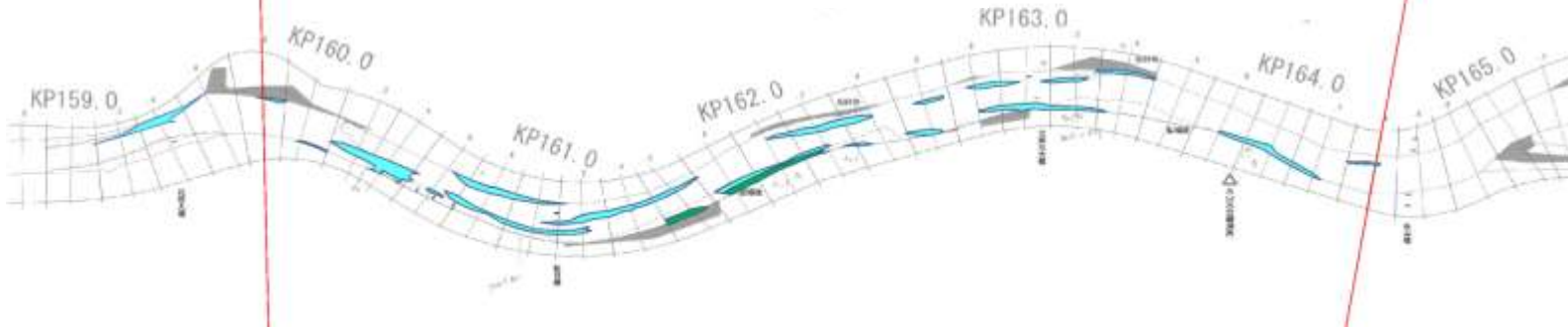
通水5時間後の露岩



通水8時間後の露岩



通水10時間後の露岩



通水15時間後の露岩

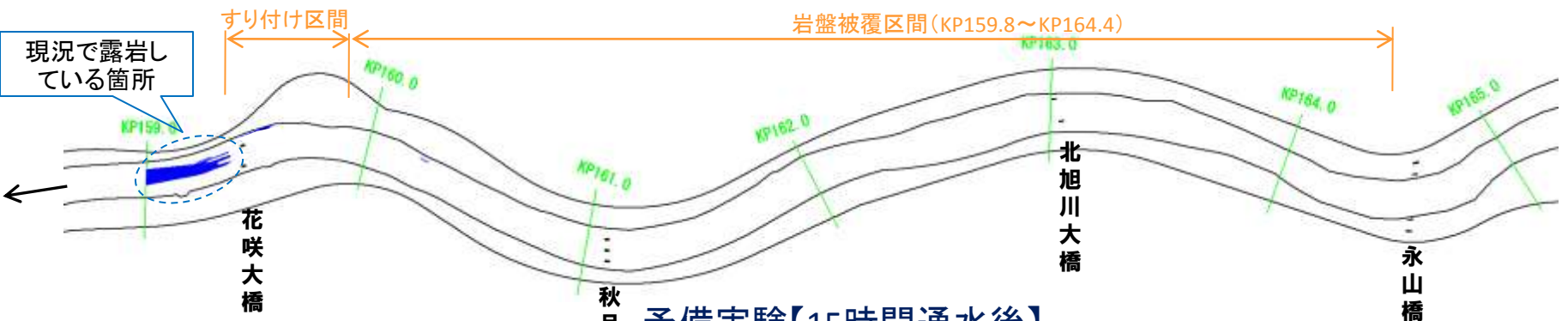


覆礫区間(KP159.8-KP164.4)

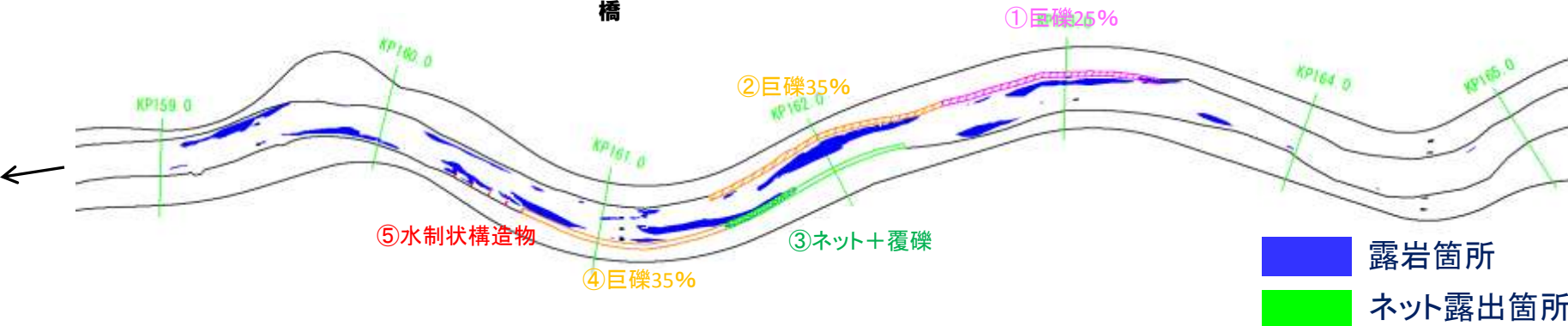
露岩面積について

- トータルステーションで計測した通水前後の露岩面積をしめす
- 昨年度の結果(ケース4-1:覆礫+50cm)と比較すると露岩面積は約3割減少している

予備実験【通水前】



予備実験【15時間通水後】



実験ケース	通水時間	露岩面積(m2)	計測方法
H26年-予備実験ケース1	通水前	17,100	トータルステーションで計測
〃	15時間通水後	*95,475	〃
H25年ケース4-1(覆礫+50cm)	15時間通水中	132,475	露岩スケッチ図から計測

* 露岩面積+ネット露出面積

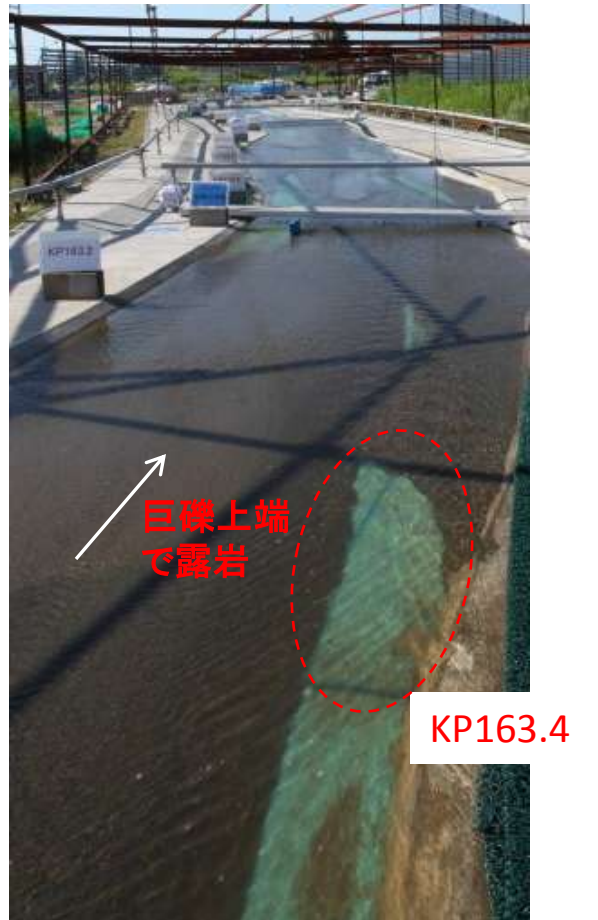
河岸際の対策工効果：①25%巨礫(KP163.4-162.5右岸)

- 上流端付近(KP163.4)が通水6時間から7時間にかけて洗掘され露岩化する傾向が見られた

6時間後



7時間後



15時間後



河岸際の対策工効果：②35%巨礫(KP162.5-161.5右岸)

- ほぼ全区間で安定している
- 巨礫の前面(河心側)は洗掘・露岩が確認できる

10時間後



12時間後



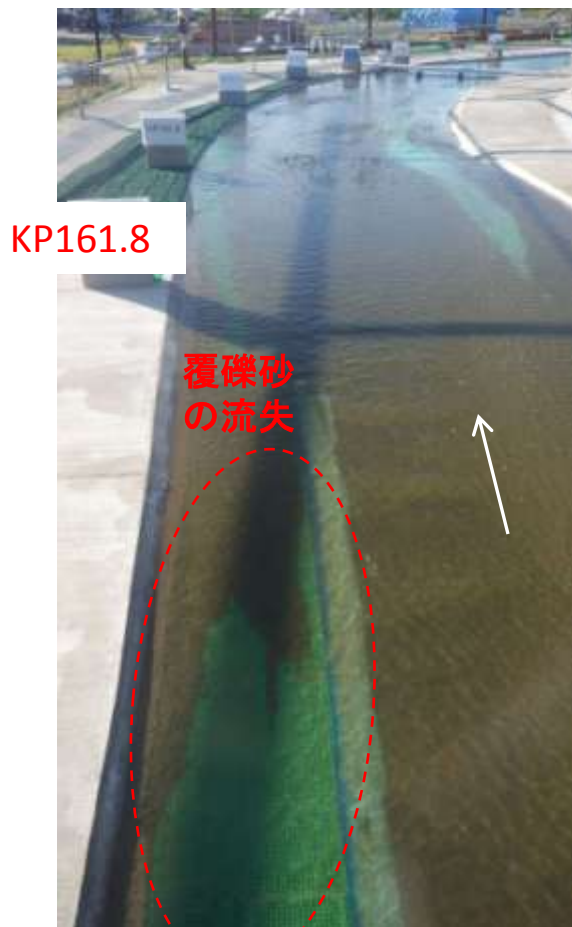
15時間後



河岸際の対策工効果：③ネット＋覆礫(KP162.3-161.5左岸)

- 覆礫土は一旦流失しネットが露出するものの砂州移動の位置に応じて、露出・埋没を繰り返している
- ネット自体には粗度を大きくし砂礫を捕捉する効果はあると考えられる

4時間後



8時間後



15時間後



河岸際の対策工効果：③ネット＋覆礫(KP162.3-161.5左岸)

- 実験中はネットが露出しているが、実験終了後ネットを撤去した状況を見ると覆礫土が残留している
- ネットを敷設したことで岩盤を保護する効果があると考えられる

実験中



ネット撤去後



河岸際の対策工効果：④巨礫35%(KP161.5-160.7左岸)

- 巨礫を35%混在したほぼ全区間で安定している
- 巨礫を設置した前面(河心側)では洗掘・露岩している

4時間後

8時間後

15時間後



河岸際の対策工効果：⑤水制状構造物(KP160.7-160.4左岸)

- 覆礫砂の減少が見られるものの露岩抑制の効果があると考えられる
- 右岸の河岸際で水制状構造物の水はねの影響によるものと考えられる露岩が確認できる

4時間後

8時間後

15時間後



予備実験ケース1(河岸際の対策工)の効果・影響のまとめ

- 予備実験ケース1で得られた河岸際の対策工の効果と課題を以下に整理した
- これらの結果を踏まえて予備実験2と本実験の対策工条件を設定する

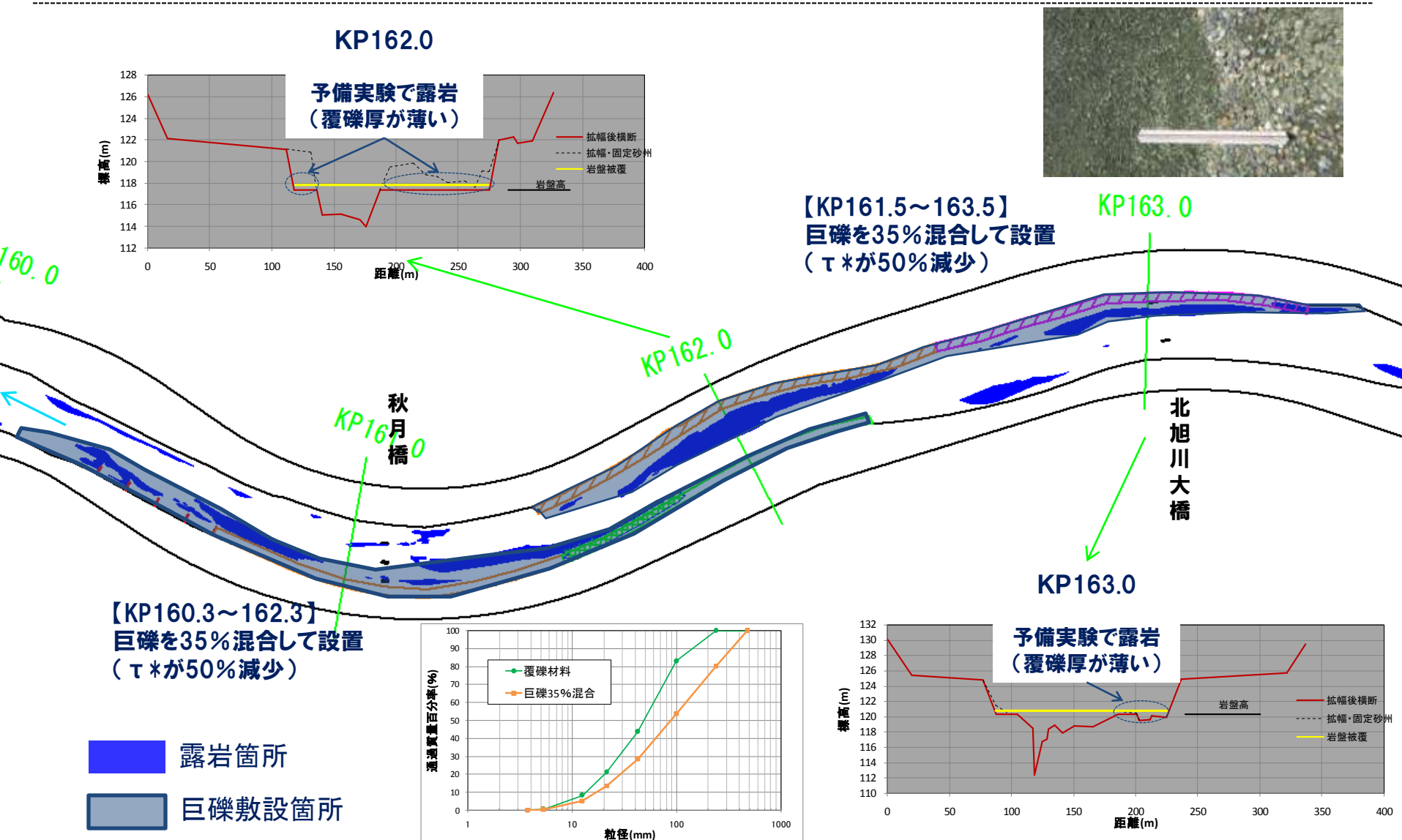
項目	巨礫	水制状構造物	ネット＋覆礫
実験結果 の評価	・巨礫敷設箇所の洗掘は小さく、覆礫土の流出抑制効果が確認できた ・巨礫の混在率が多いほど抑制効果が大きい(混在率25%よりも35%のほうが効果大)	・水はね効果により水制間の覆礫砂は安定している ・巨礫と組み合わせることで最大限効果を発揮すると考えられる	・ネット敷設部の覆礫砂は一旦流失する箇所があるが、砂州の移動位置に応じて砂礫捕捉効果がある ・ネット敷設部の岩盤保護効果が確認できた
影響・課題	・前面(河心側)での洗掘・露岩が確認	・前面(河心側)および水制群下端での洗掘・露岩が確認 ・水制の水はねにより対岸側が洗掘・露岩する可能性有	・施工法、材質、強度など未解明な部分が多い ・景観に影響を及ぼす

上記より、より効果があり他への影響が少ないと判断される巨礫混在率35%とするとともに巨礫配置範囲を広げて河岸際の露岩抑制効果を予備実験2で確認することとした

予備実験ケース2について

予備実験ケース2:河岸際対策工配置

- 昨年度実験および予備実験ケース1で連続的に露岩した箇所で覆礫厚が薄い範囲に巨礫を35%混合した覆礫を設置する。
- この範囲に巨礫(d=150~350mm)を配置すると総量は約3万6千m³となる。



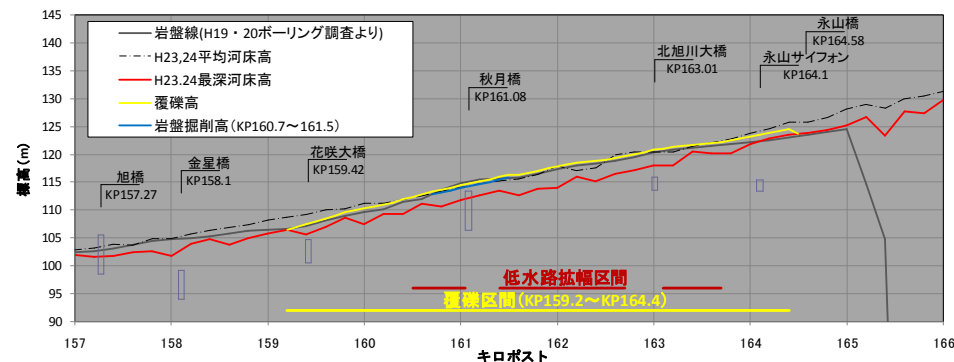
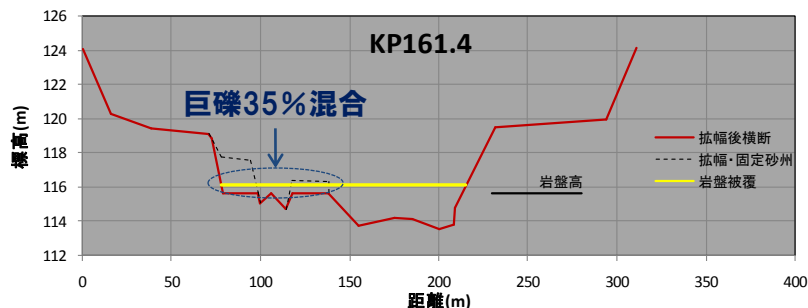
実験条件

- 本実験では、平均年最大流量を15時間通水し、河岸際の対策工の効果を確認する。

■実験条件表

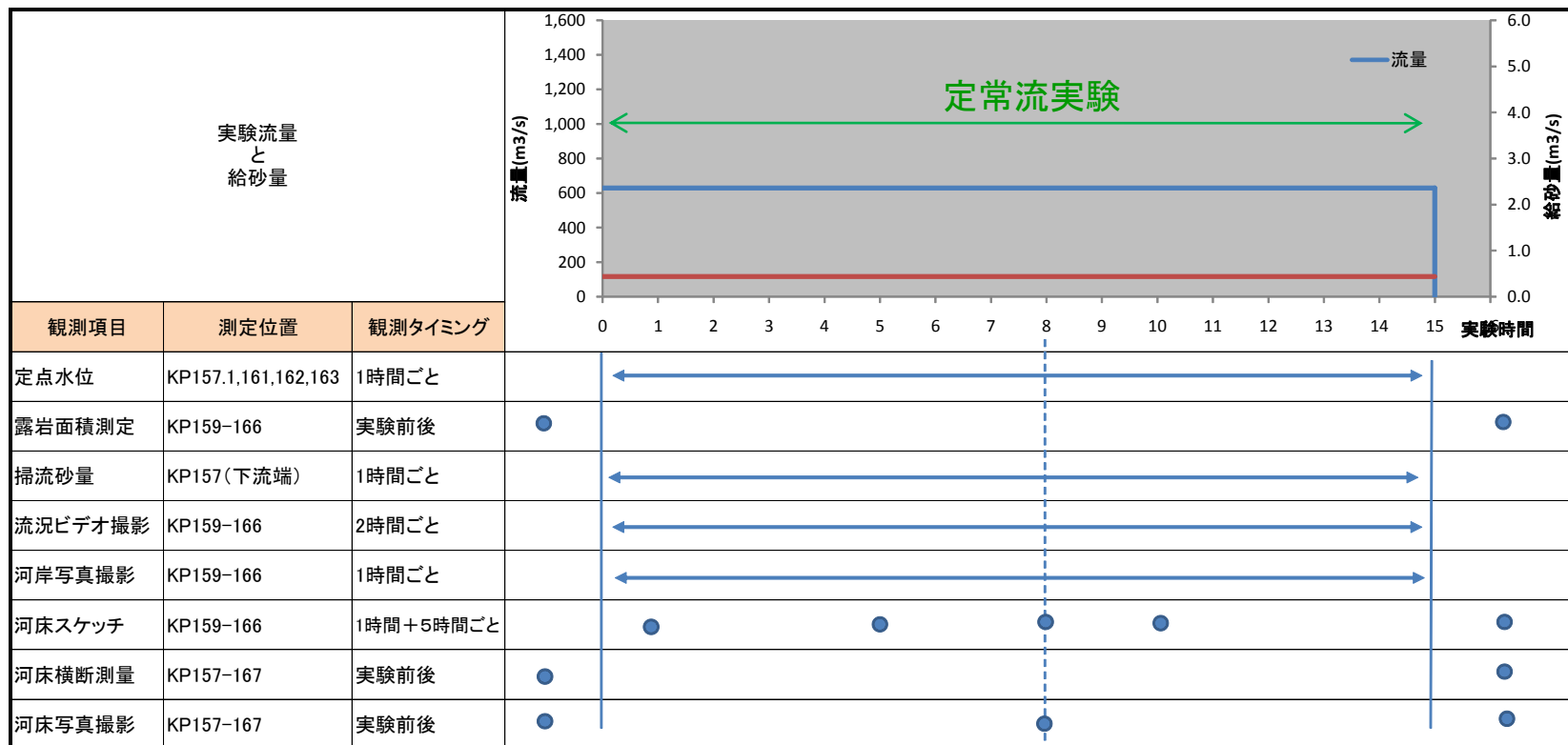
条 件 項 目		条 件
初期条件	河床形状	H23年9月洪水後河床(H23.9～H25.7測量)
	河床材料	H8年、H23年
	流況	定常流
上流端条件	流量	平均年最大流量(15時間)
	流量観測所	旭橋(KP157.1)
	給砂量	動的平衡(芦田・道上式)
対策工条件	対策工	低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm) 岩盤掘削(KP160.7～161.5)
	河岸際対策	①巨礫(予備実験で効果が確認された35%混合)
その他	支川合流	なし
	河道内構造物	永山床止、橋脚、高水敷上樹林帯模型

■初期断面(岩盤被覆高=岩盤高+50cm)



予備実験ケース2の観測内容

- 平均年最大流量(630m³/s)を15時間通水し、河岸際の対策工の効果を確認する
- 観測項目と観測のタイミングを以下に示す



8時間(通水停止)

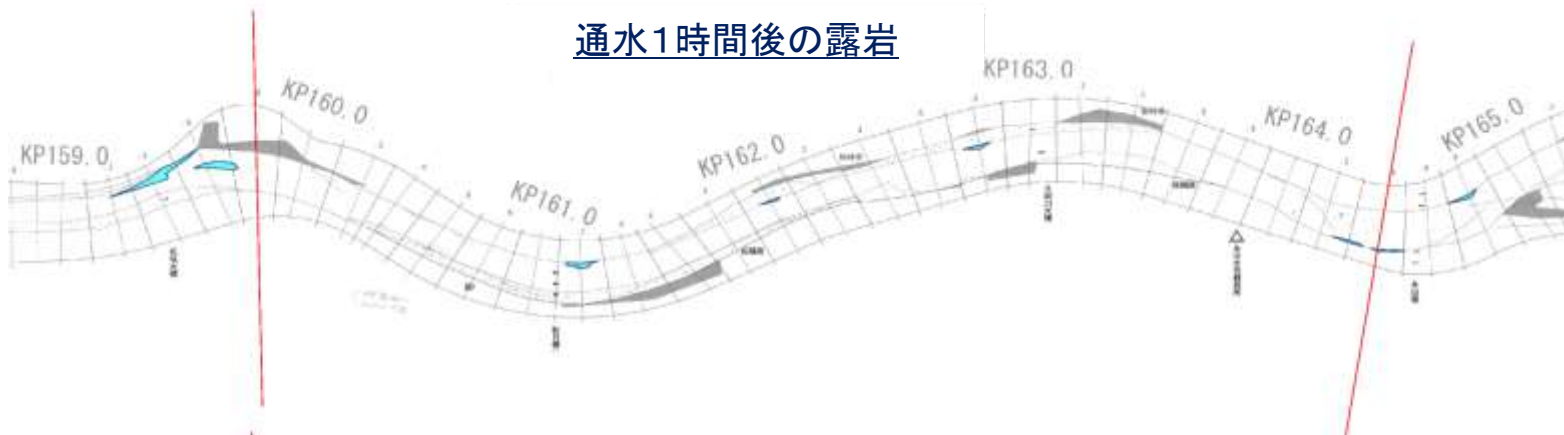
予備実験ケース2の結果

露岩の時間変化について

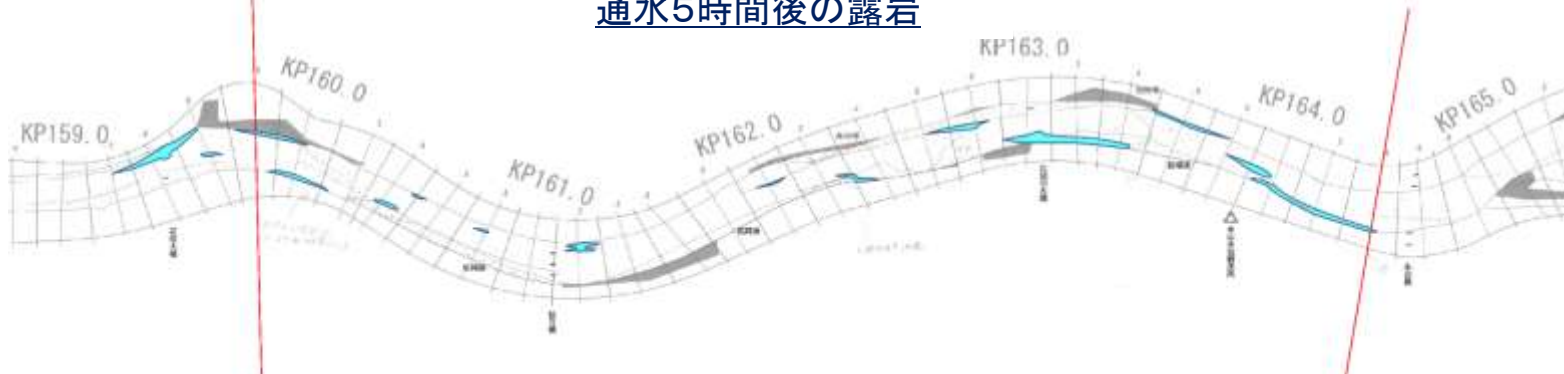
- 河床スケッチによる露岩の時間変化をしめす
- 時間の経過とともに露岩面積は拡大する傾向にあるが河岸際の露岩は抑制されている

露岩箇所

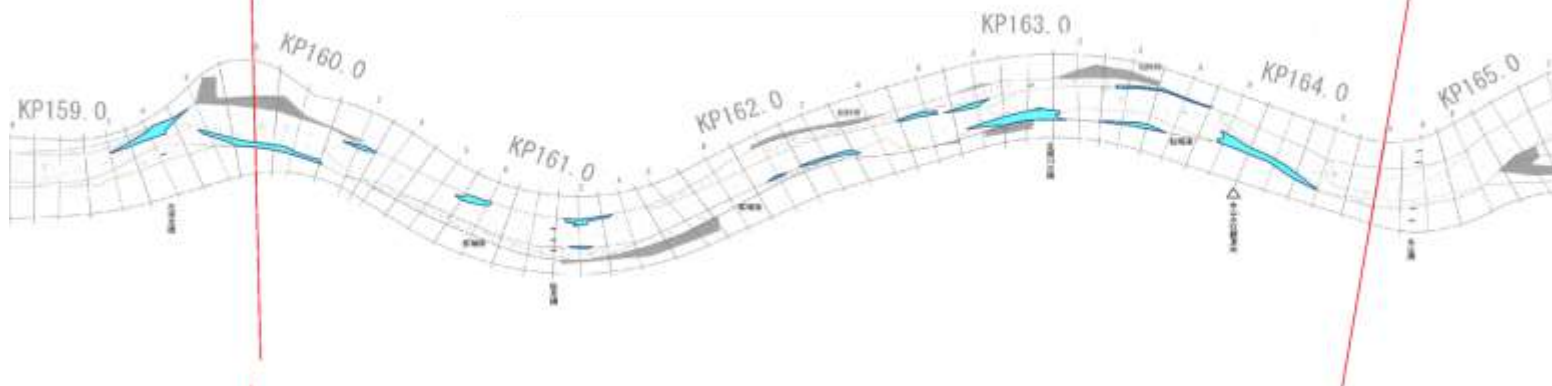
通水1時間後の露岩



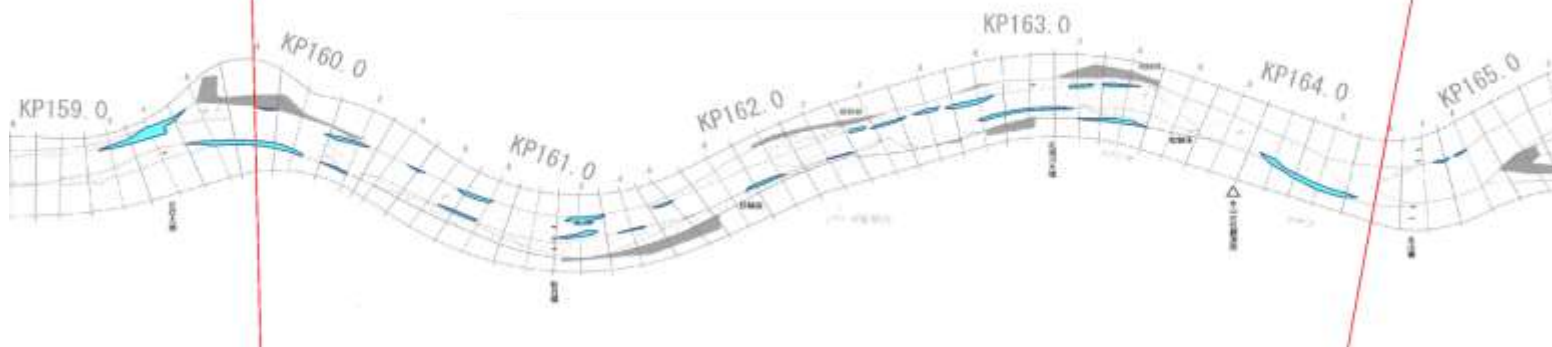
通水5時間後の露岩



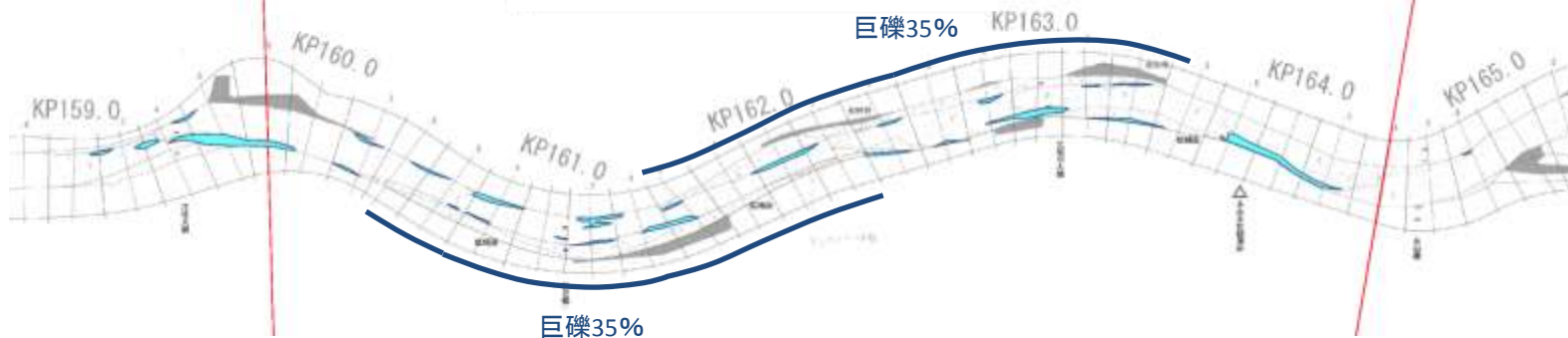
通水8時間後の露岩



通水10時間後の露岩



通水15時間後の露岩



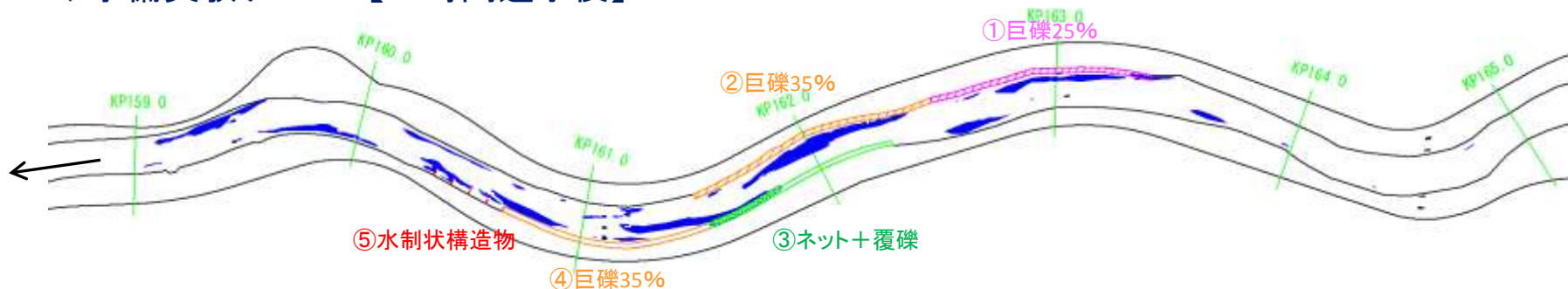
← 覆礫区間 (KP159.8-KP164.4) →

露岩面積について

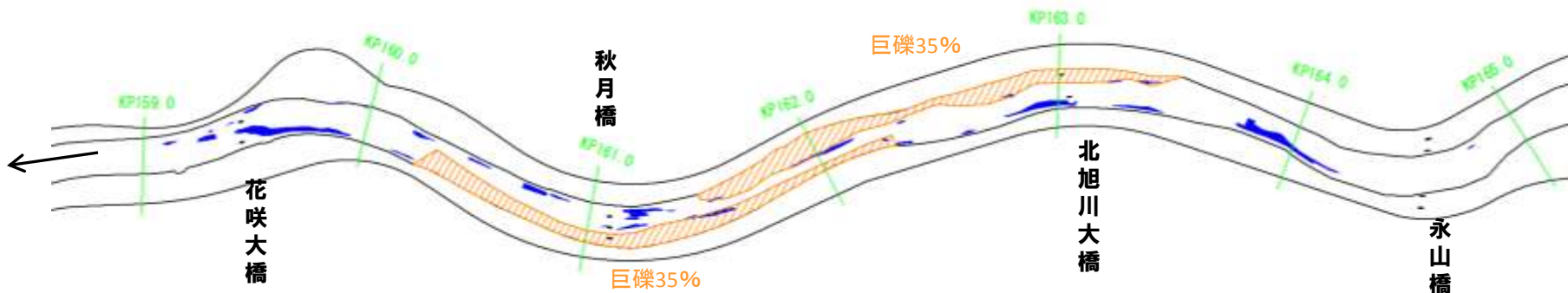
- トータルステーションで計測した通水前後の露岩面積をしめす
- ケース1と比較すると露岩面積は約6割減少している

露岩箇所
ネット露出箇所

◆予備実験ケース1【15時間通水後】



◆予備実験ケース2【15時間通水後】



実験ケース	通水時間	露岩面積(m2)	計測方法
予備実験ケース1	15時間通水後	*95,475	トータルステーションで計測
予備実験ケース2	15時間通水後	40,625	〃
H25年ケース4-1(覆礫+50cm)	15時間通水中	132,475	露岩スケッチ図から計測

* 露岩面積+ネット露出面積

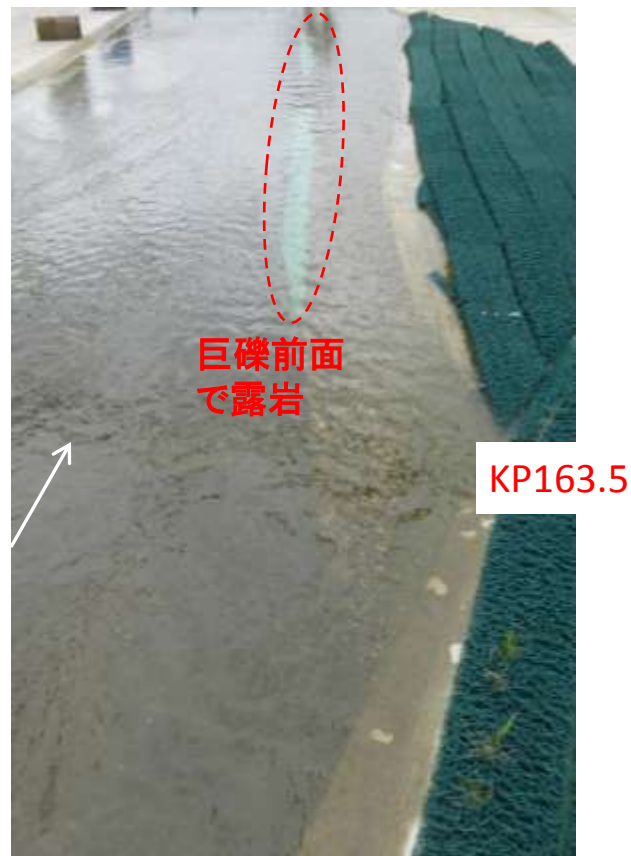
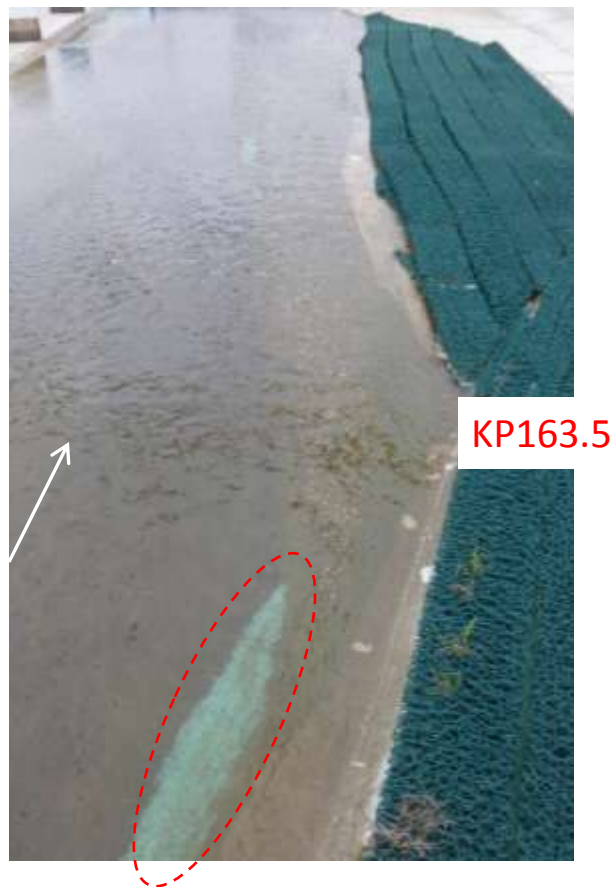
河岸際の対策工効果:35%巨礫(KP163.5右岸)

- 巨礫を敷設している区間は安定している
- 巨礫の前面(河心側)で洗掘・露岩が確認できる

5時間後

11時間後

15時間通水後



河岸際の対策工効果: 35%巨礫(KP162.0右岸)

- 巨礫を敷設した区間は安定し、巨礫の前面(河心側)で洗掘・露岩が確認できる
- 河心側では河床洗掘により元の滞筋に戻る傾向が確認できる(下記横断面図参照)

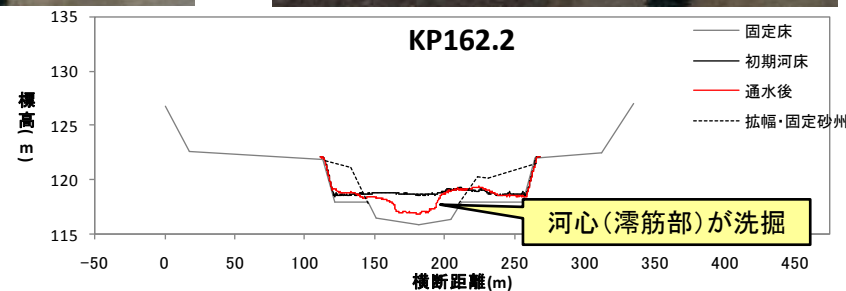
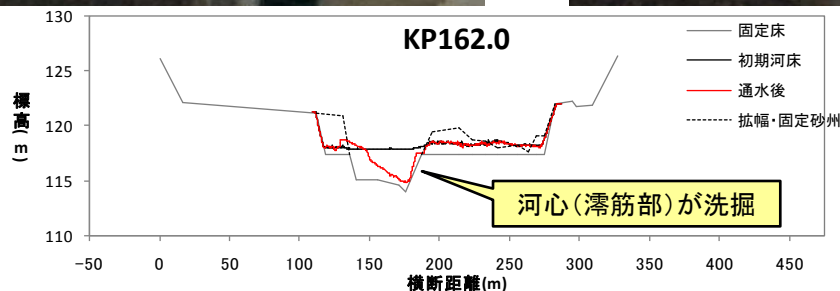
5時間後



11時間後



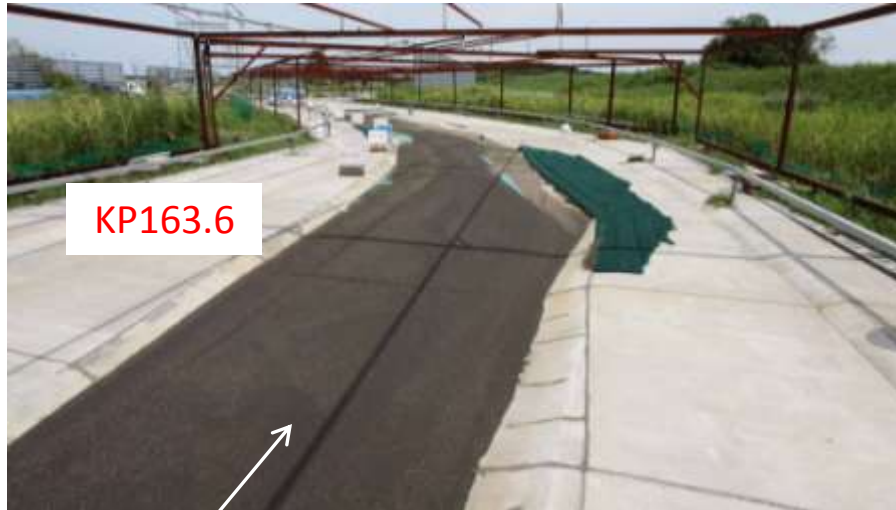
15時間通水後



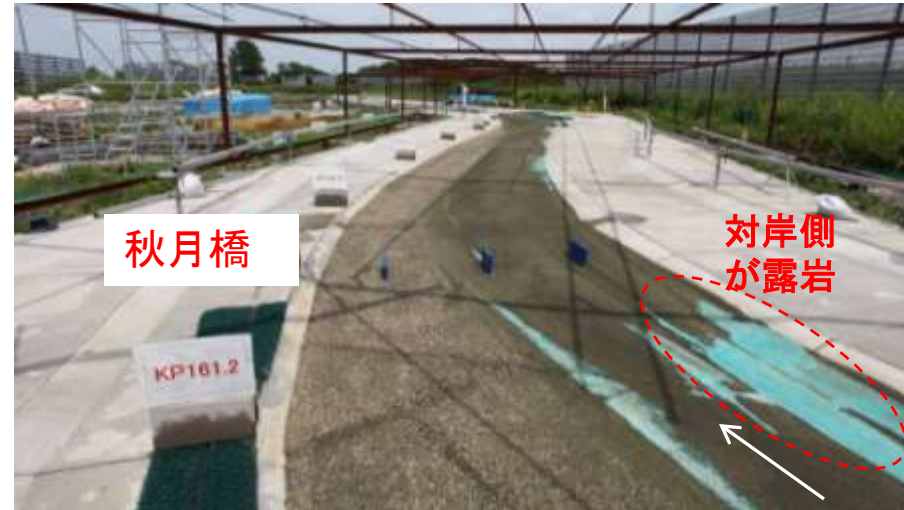
河岸際の対策工効果：実験後の状況

- 巨礫を敷設した区間はほぼ安定している
- 巨礫の前面（河心側）および対岸側で洗掘・露岩が確認できる

KP163.6



KP161.08(秋月橋)



KP162.6



KP160.0



予備実験ケース2(河岸際の対策工)の効果・影響のまとめ

- 予備実験ケース2で得られた河岸際の対策工の効果と課題を以下に整理した
- これらの結果を踏まえて本実験の対策工条件を設定する

予備実験 ケース	実験の目的	河岸際対策工	結果の評価	課題など
ケース2	河岸際および覆礫厚の薄い箇所露岩抑制効果を確認	巨礫(混合率35%)	巨礫敷設区間はほぼ安定	・対岸側の河岸が洗掘・露岩(秋月橋右岸側) ・巨礫敷設箇所以外に流水が集中し現況滞筋部が再洗掘 ・巨礫材料の確保(約3.6万m³) ・縦横断的に粗度が変化し流速の平面的変化が顕著

対策方針: 河岸際の露岩抑制対策は、覆礫土砂に巨礫を35%混合して敷設することを基本とする

懸念事項: 巨礫敷設範囲では掃流力が小さく(流速が小さい)ため露岩抑制が可能な反面、横断面的に巨礫敷設割合が多すぎると巨礫以外の滞筋部に流水が集中して洗掘が進行することとなり、河道拡幅の効果が相殺される

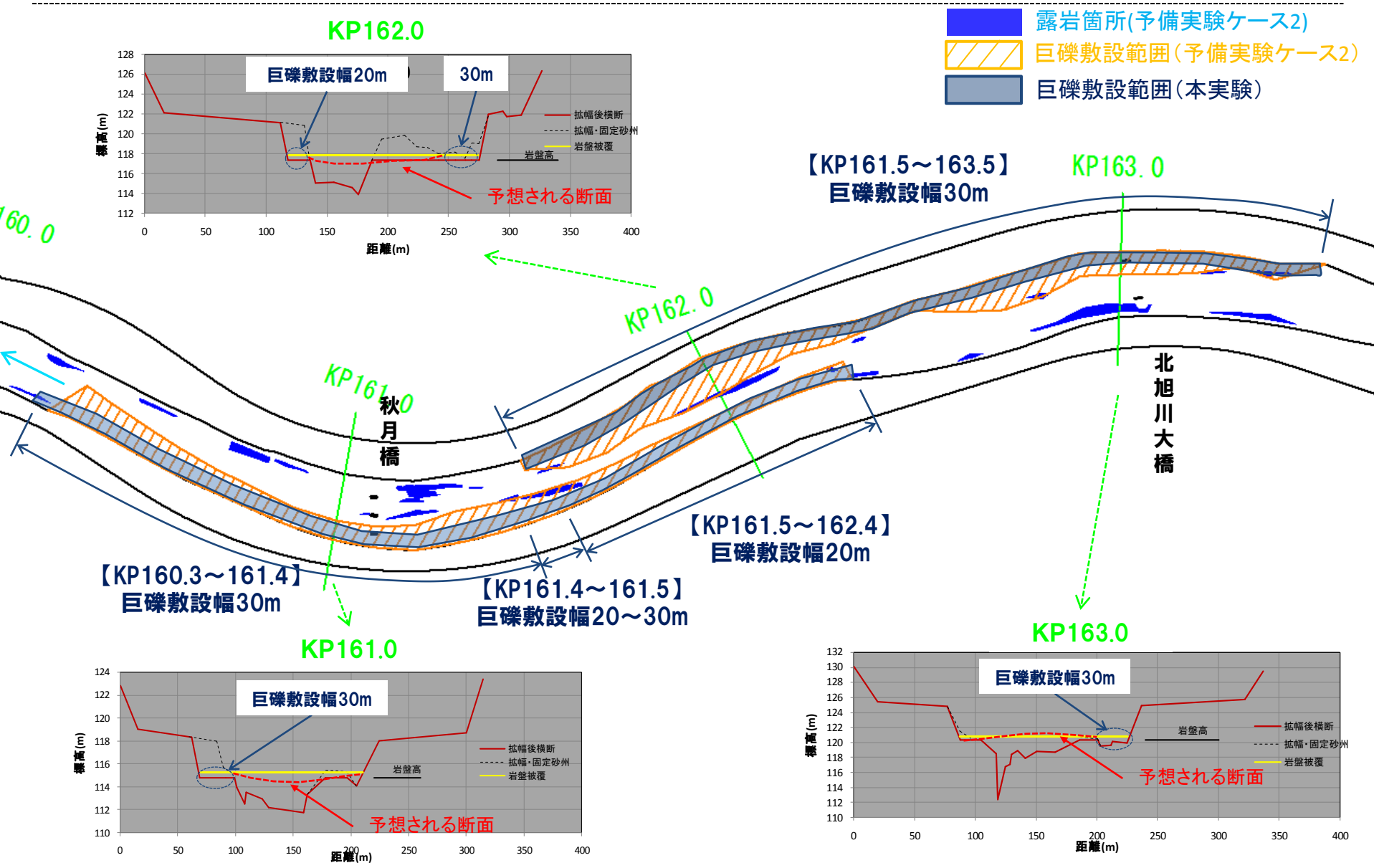
本実験

本実験について

本実験: 河岸際対策工配置

本実験

- 河岸際対策: 河岸際の幅30mに巨礫35%を混合し敷設する。左右岸で重複する区間は左岸側の巨礫敷設幅を20mとする。
- 懸念事項: 覆礫厚が薄い箇所が露岩し洗掘する？

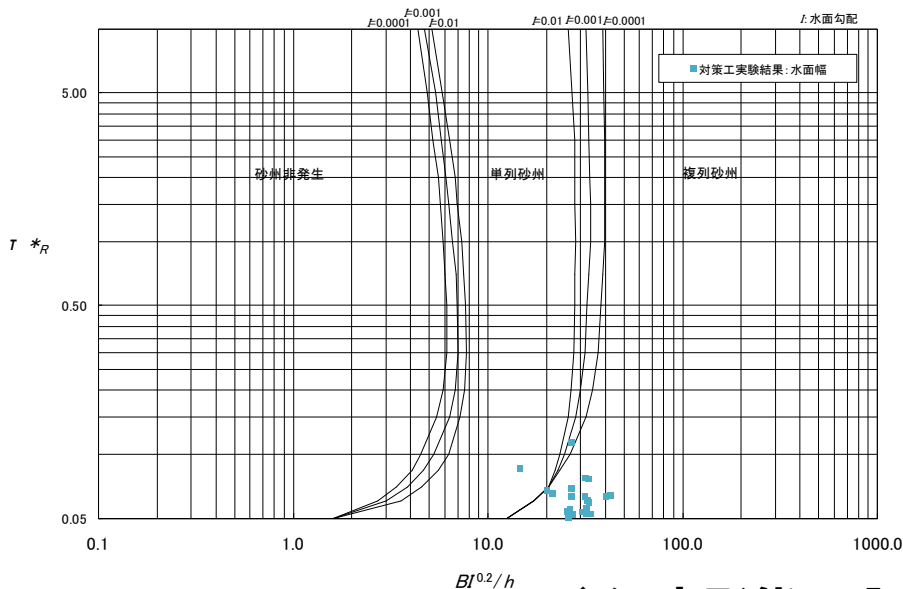


【参考】中規模河床形態の領域区分

- 巨礫を敷設する箇所が河床変動しないものとして中規模河床形態の領域区分を作成した。
- いずれも単列から複列砂州領域に区分されているが、予備実験ケース2(■)では傾向が異なることが確認できた。

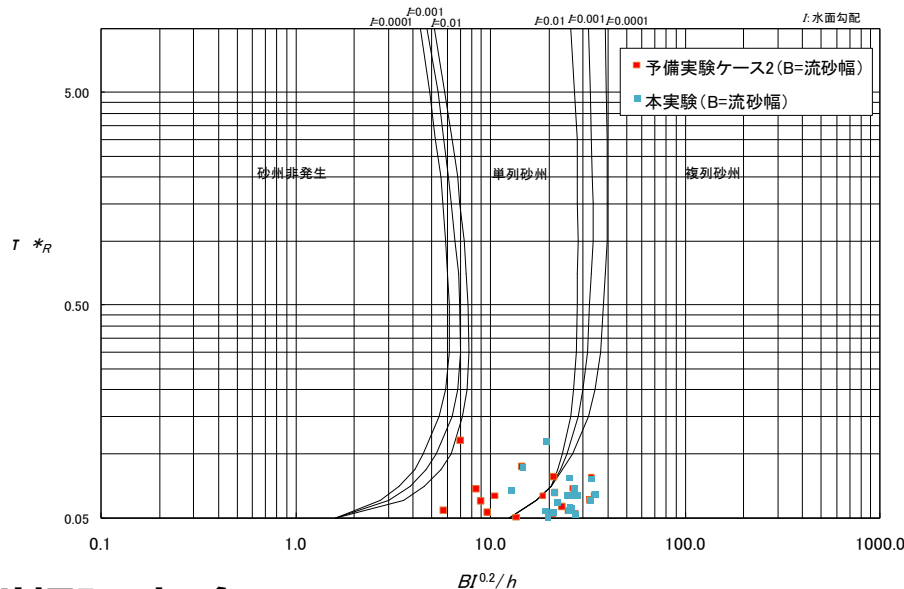
①Bを水面幅とした場合

平均年最大流量時 岸・黒木の中規模河床形態区分図

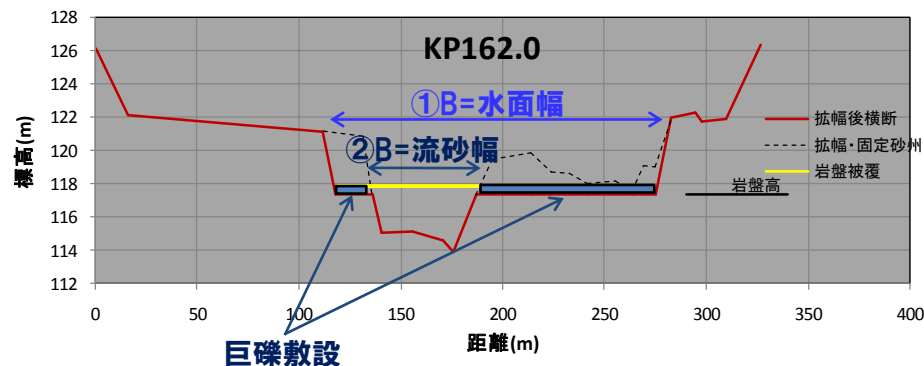


②Bを流砂が動く幅とした場合 (巨礫敷設箇所をBから除いた)

平均年最大流量時 岸・黒木の中規模河床形態区分図



◆河床形態区分の川幅Bの概念



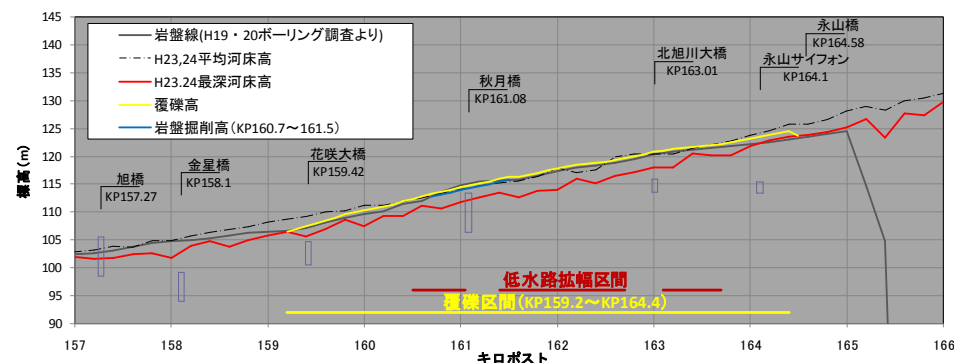
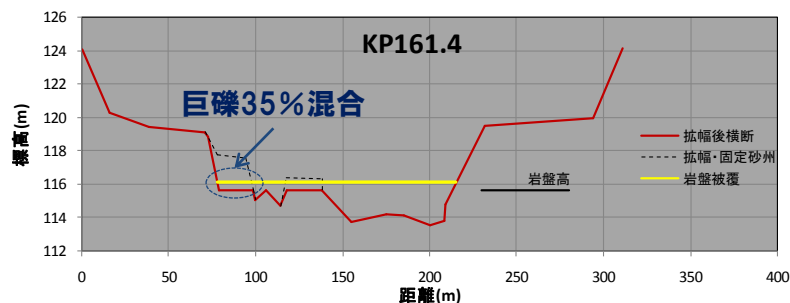
実験条件

- 本実験では、平均年最大流量(15時間通水)および平成23年洪水流量を通水し、河岸際の対策工の効果を確認する。

■実験条件表

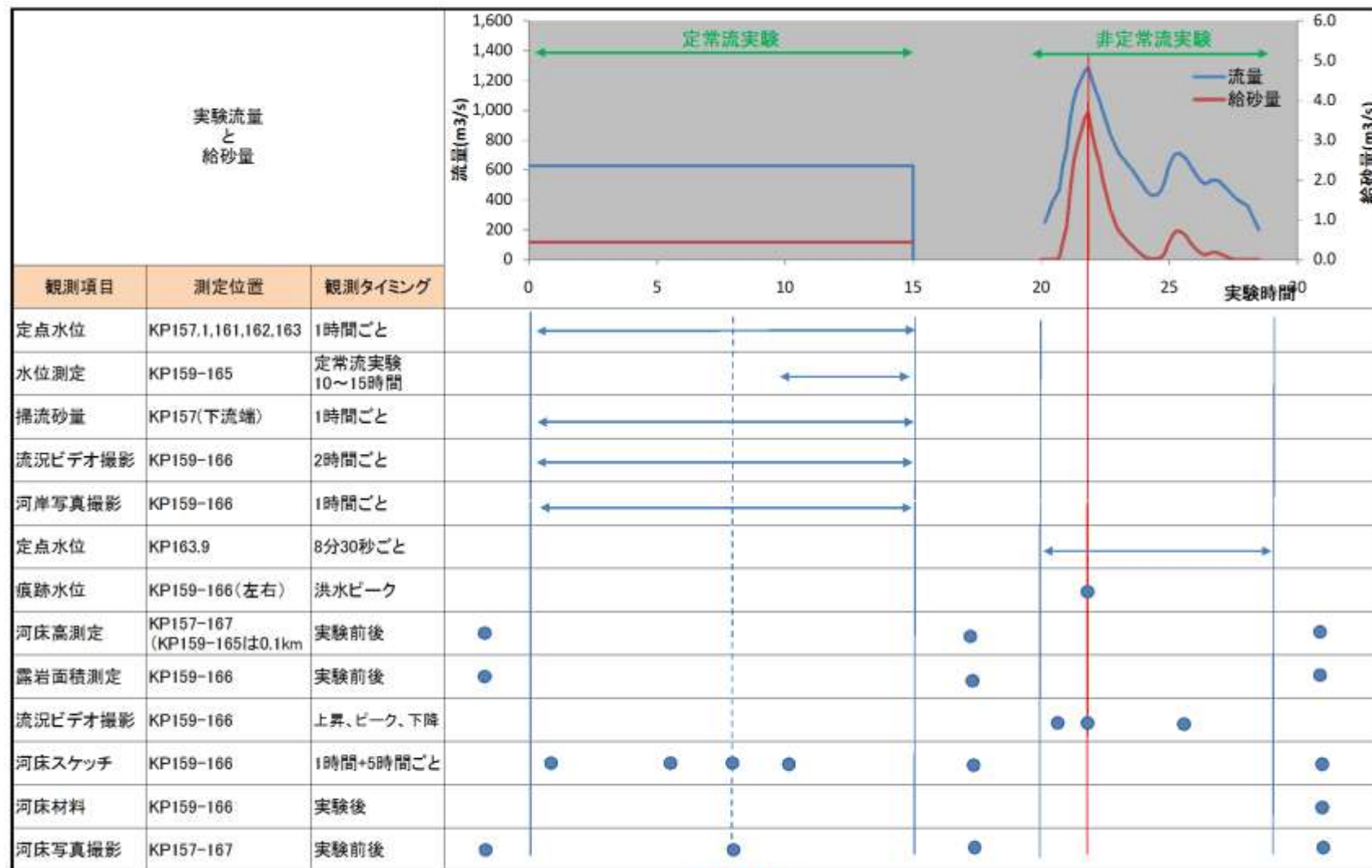
条 件 項 目		条 件
初期条件	河床形状	H23年9月洪水後河床(H23.9～H25.7測量)
	河床材料	H8年、H23年
	流況	定常流
上流端条件	流量	平均年最大流量(15時間) + H23洪水
	流量観測所	旭橋(KP157.1)
	給砂量	動的平衡(芦田・道上式)
対策工条件	対策工	低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm) 岩盤掘削(KP160.7～161.5)
	河岸際対策	①巨礫(予備実験で効果が確認された35%混合)
その他	支川合流	あり
	河道内構造物	永山床止、橋脚、高水敷上樹林帯模型

■初期断面(岩盤被覆高=岩盤高+50cm)



本実験の観測内容

- 平均年最大流量(630m³/s)および平成23年洪水を通水し、河岸際の対策工の効果を確認する
- 観測項目と観測のタイミングを以下に示す



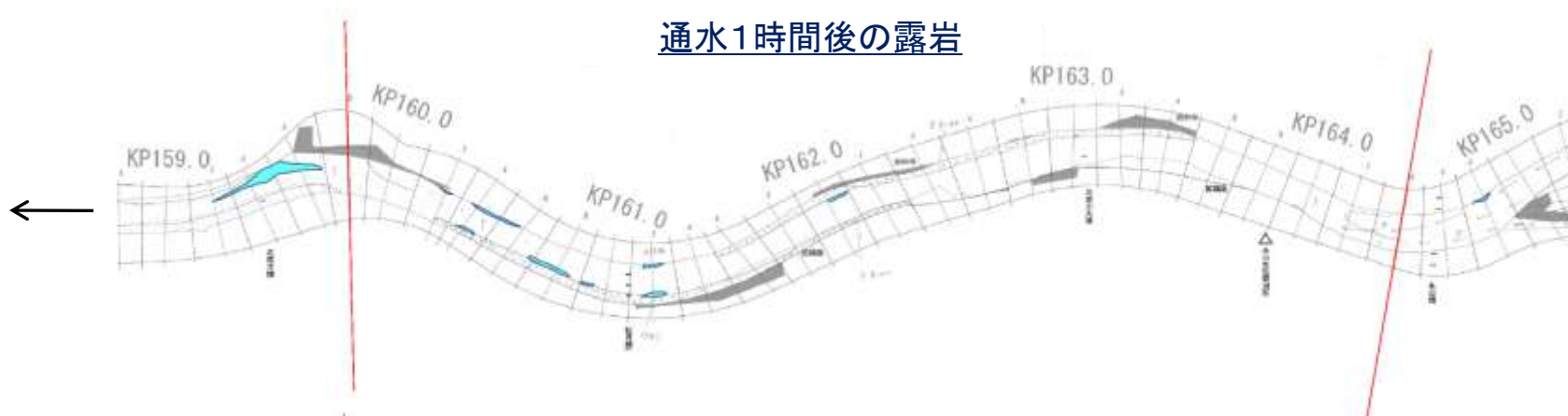
8時間(通水停止)

露岩の時間変化について

- 河床スケッチによる露岩の時間変化をしめす
- 時間の経過とともに露岩面積は拡大する傾向にあるが河岸際の露岩は抑制されている
- H23年9月洪水により巨礫が流出する箇所が確認できるが露岩面積の変化は少ない

露岩箇所

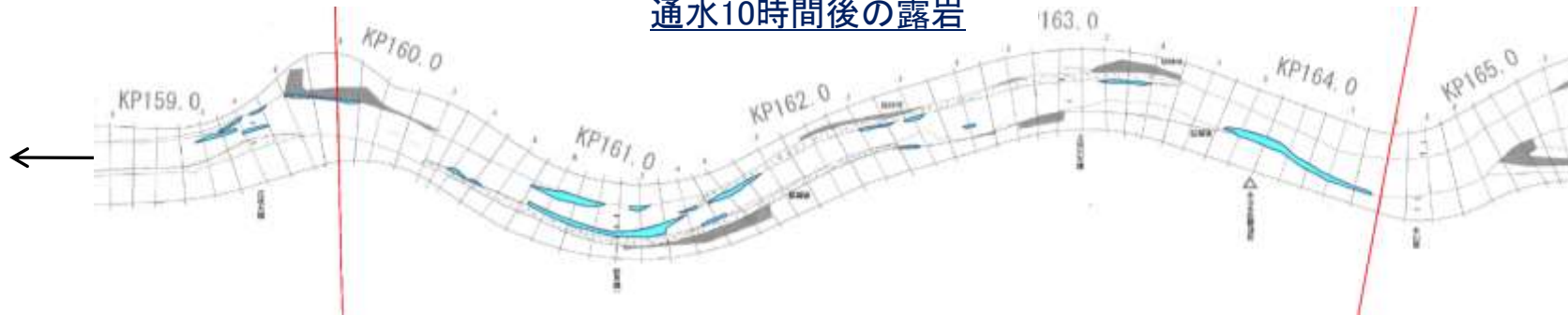
通水1時間後の露岩



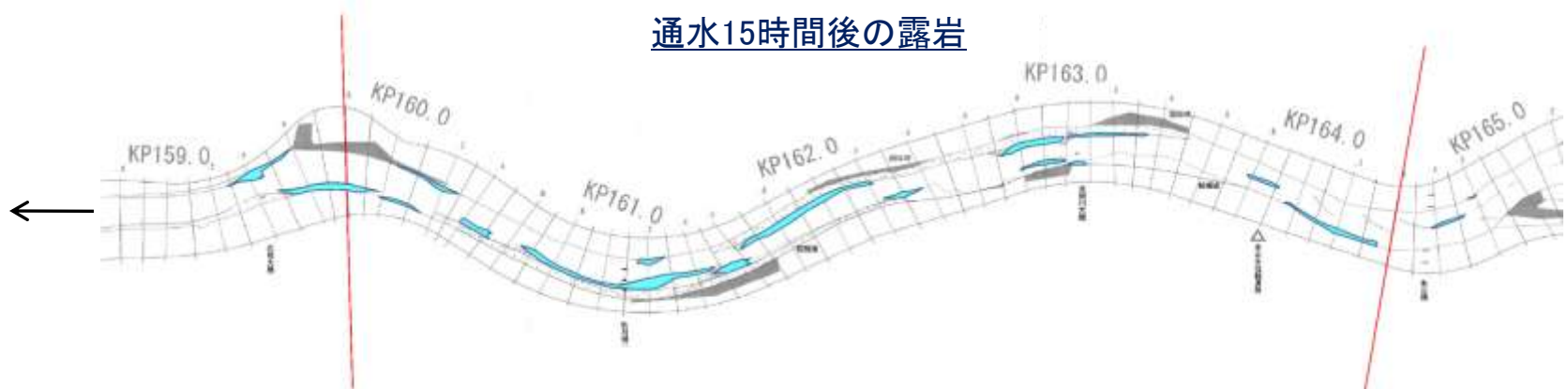
通水5時間後の露岩



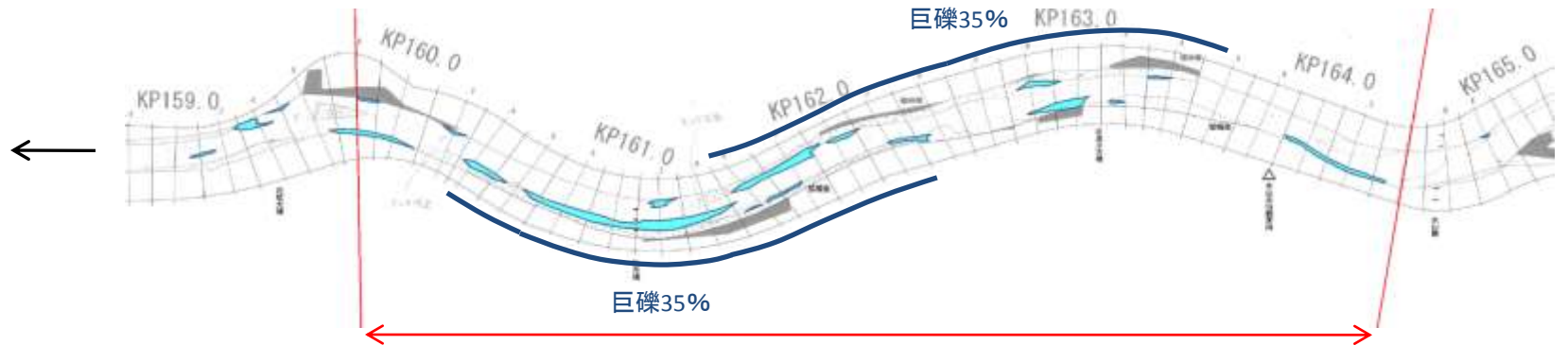
通水10時間後の露岩



通水15時間後の露岩



H23年9月洪水後の露岩



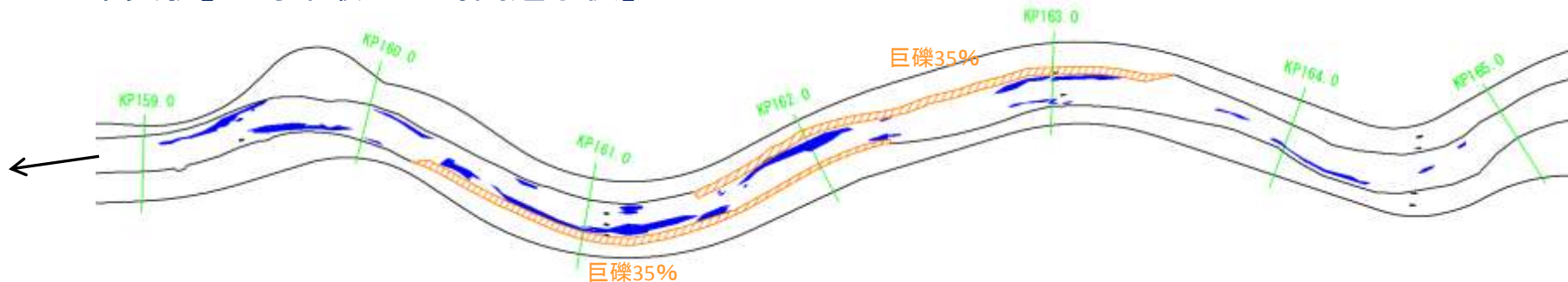
覆礫区間(KP159.8-KP164.4)

露岩面積について

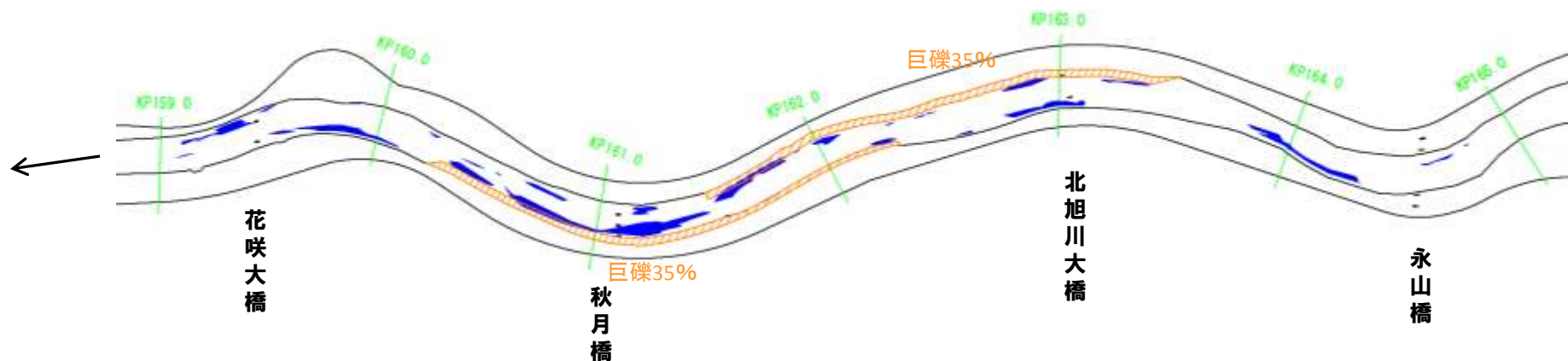
- 予備実験ケース1 (95,475m²)と比較すると露岩面積は約25%減少している
- H23年洪水により巨礫の流出が確認できるが露岩面積の変化は少ない



◆本実験【平均年最大15時間通水後】 露岩面積71,725m²



◆本実験【H23年9月洪水後】 露岩面積72,375m²



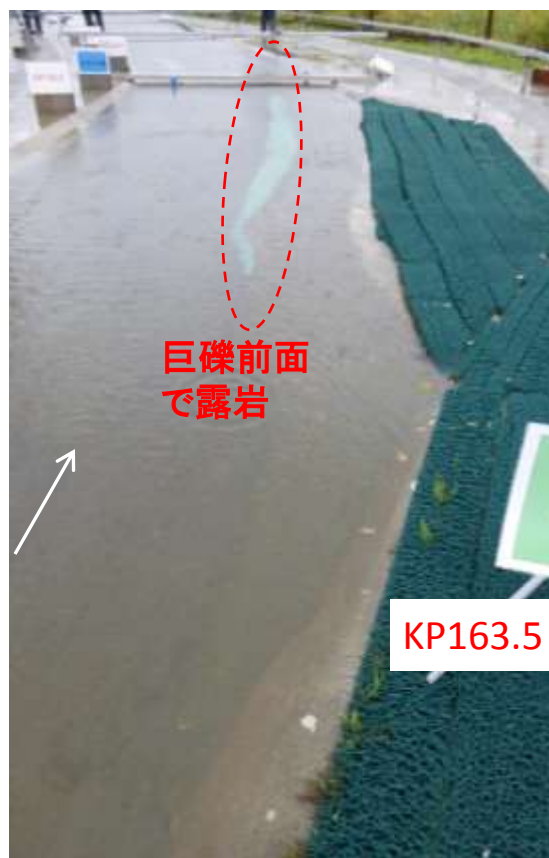
河岸際の対策工効果:KP163.5右岸

- 巨礫を敷設している区間は安定している
- 巨礫の前面(河心側)で洗掘・露岩が確認できる

5時間後



11時間後



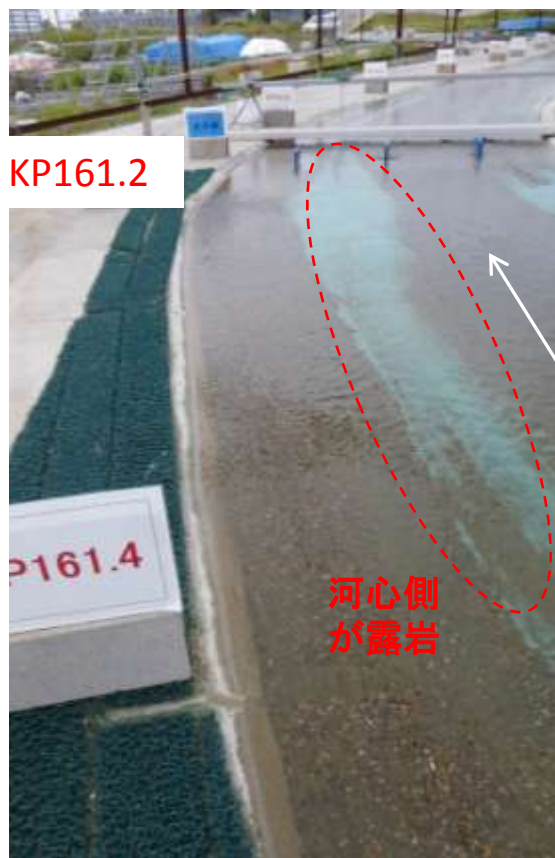
15時間通水後



河岸際の対策工効果:KP161.4左岸(秋月橋上流)

- 巨礫を敷設した区間はほぼ安定している
- 覆礫厚が薄い巨礫の前面(河心側)で洗掘・露岩が確認できる

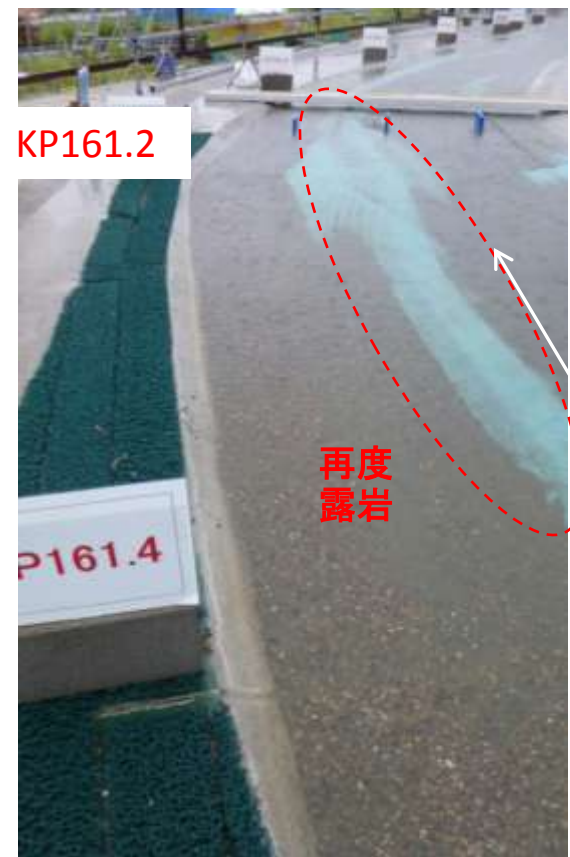
5時間後



11時間後



15時間通水後



河岸際の対策工効果:KP162.2左岸(洪水による巨礫流出)

- H23年洪水により巨礫が流出している箇所が確認された

平均年最大流量

$Q=630\text{m}^3/\text{s}$



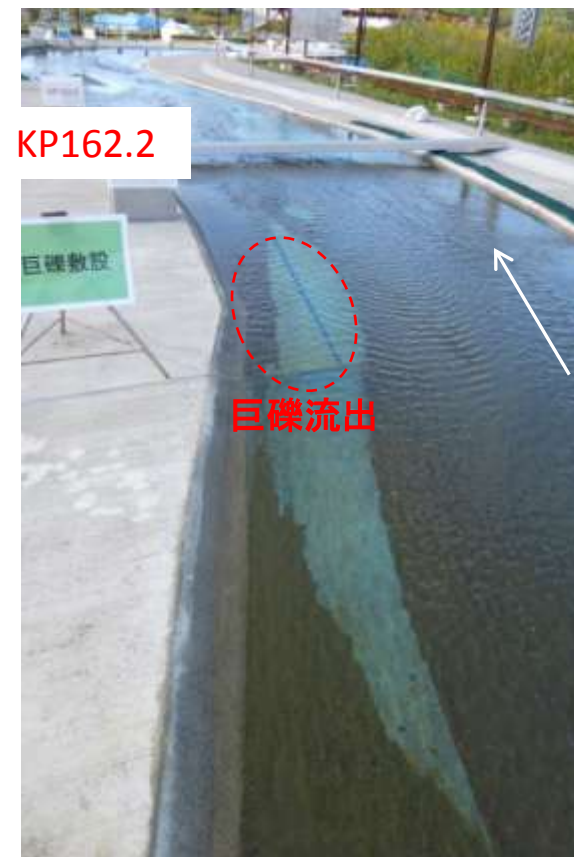
H23年9月洪水ピーク前

$Q=740\text{m}^3/\text{s}$



H23年9月洪水ピーク後

$Q=632\text{m}^3/\text{s}$



河岸際の対策工効果:KP160.8左岸(洪水による巨礫流出)

- H23年洪水により巨礫が流出している箇所が確認された
- 洪水後には巨礫が50%程度流出している箇所が確認された

平均年最大流量

$Q=630\text{m}^3/\text{s}$



H23年9月洪水ピーク前

$Q=740\text{m}^3/\text{s}$



H23年9月洪水ピーク後

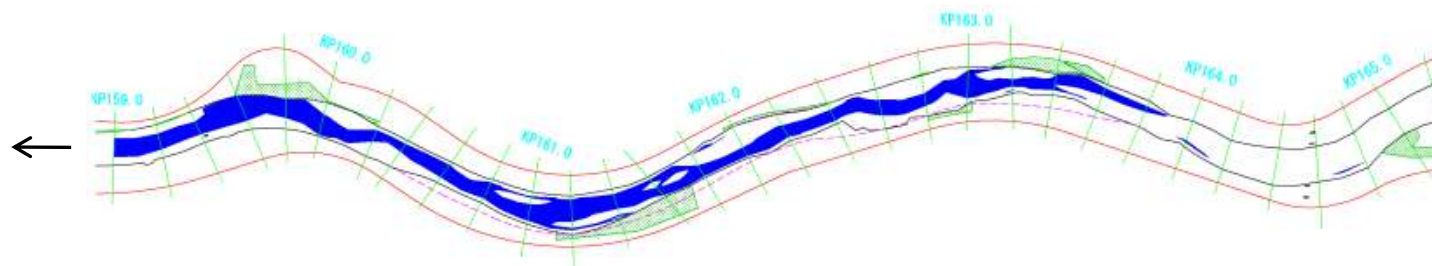
$Q=632\text{m}^3/\text{s}$



対策工選定実験の結果とりまとめ

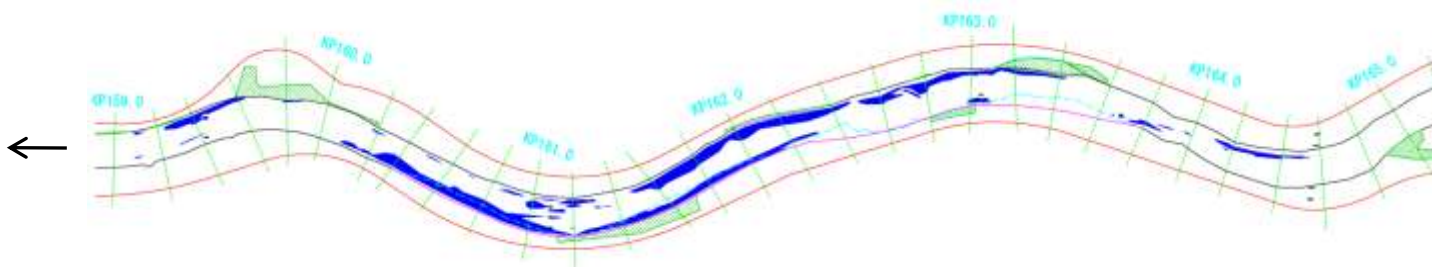
露岩状況の比較

◆対策前における露岩箇所



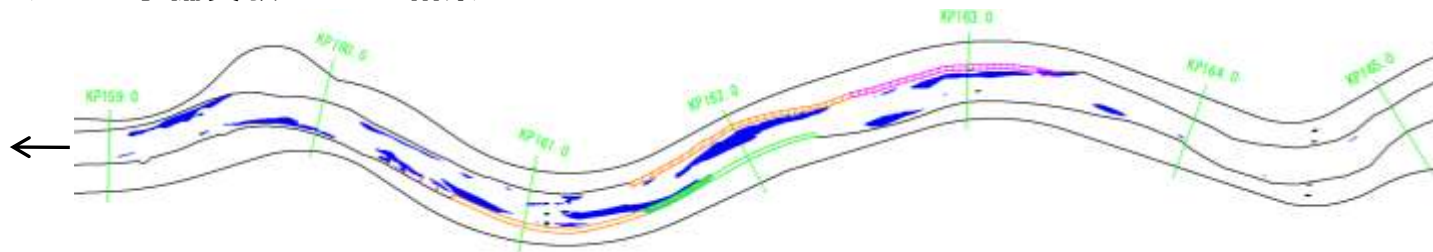
露岩面積 316,250m²

◆H25実験結果(ケース4-1)



露岩面積 138,100m²

◆H26予備実験ケース1結果

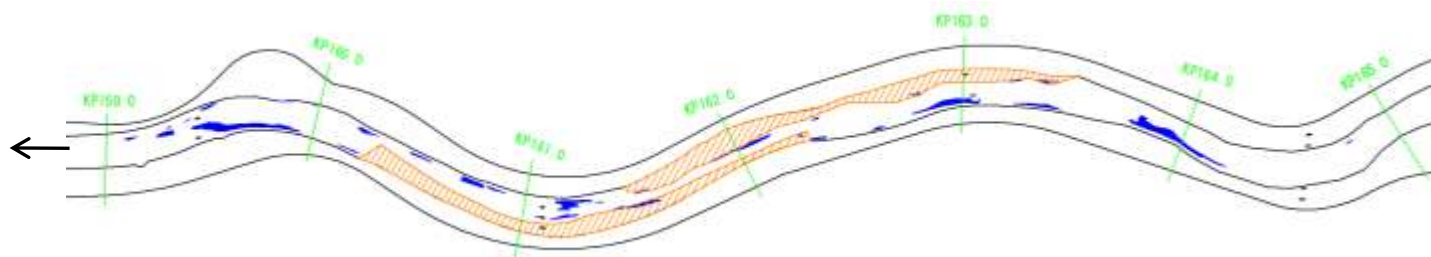


露岩面積 *95,475m²

* 露岩面積+ネット露出面積
(巨礫必要量 約13,000 m³)
* 巨礫35%で対策した場合

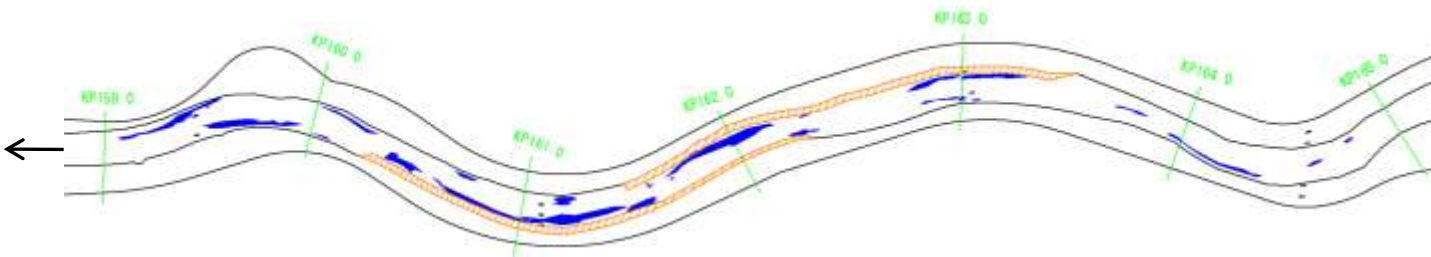
露岩状況の比較

◆H26予備実験ケース2結果



露岩面積 40,625 m²
(巨礫必要量 約36,000 m³)

◆H26本実験結果



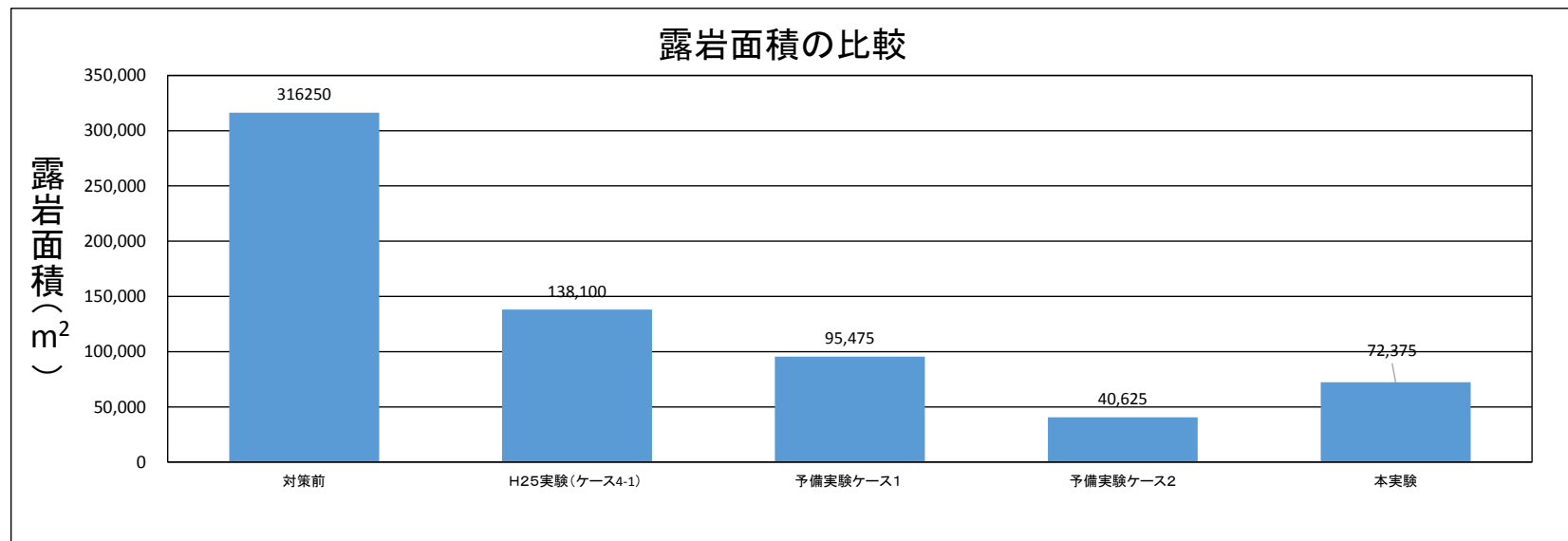
露岩面積 72,375 m²
(巨礫必要量 約20,000 m³)

露岩面積の比較

- トータルステーションで計測した通水前後の露岩面積をしめす
- ケース1と比較すると露岩面積は約6割減少している

実験ケース	実験流量規模	露岩面積(m2)	計測方法
対策前	—	316,250	トータルステーションで計測
H25実験(ケース4-1)	平均年最大流量 ＋ H23年9月洪水	138,100	トータルステーションで計測
予備実験ケース1	平均年最大流量	*95,475	//
予備実験ケース2	平均年最大流量	40,625	//
本実験	平均年最大流量	71,725	//
本実験	H23年9月洪水	72,375	//

* 露岩面積＋ネット露出面積



河岸際の対策工のまとめ

実験 ケース	実験の目的	河岸際対策工	結果の評価		課題など
H25実験 ケース4-1	「低水路拡幅＋ 岩盤被覆」による 対策工の効果を 確認	なし	河床低下抑制効果は確認できたが、河 岸際の露岩が確認された (露岩面積:138,100m ²)		河岸際の露岩を抑制する対策が必要
予備実験 ケース1	河岸際の露岩を 抑制するための 各種対策工の効 果を確認	巨礫(混合率25%と35%) 敷設幅20m	巨礫35%でほぼ安定	(露岩面積: 95,475m ²)	覆礫厚が薄い河心側の露岩
		ネット敷設幅30mを基本 敷設幅20m	再堆積及び岩盤保護 の効果有		現地対応の材質、施工方法
		水制状構造物5基 水制幅20m	覆礫土の流出抑制 有		対岸への影響懸念
予備実験 ケース2	河岸際および覆 礫厚の薄い箇所 の露岩抑制効果 を確認	巨礫(混合率35%)	巨礫敷設区間はほぼ安定 (露岩面積:40,625m ²)		・対岸側の河岸が洗掘・露岩 (秋月橋右岸側) ・現況濬筋部が再洗掘 ・巨礫材料の確保(約3.6万m3) ・縦横断的に粗度が変化し流速の平面的 変化が大きい
本実験	河岸際の露岩抑 制効果を確認	巨礫(混合率35%) 敷設幅30mを基本	巨礫敷設区間はほぼ安定 (露岩面積:72,375m ²)		覆礫厚が薄い河心側の露岩

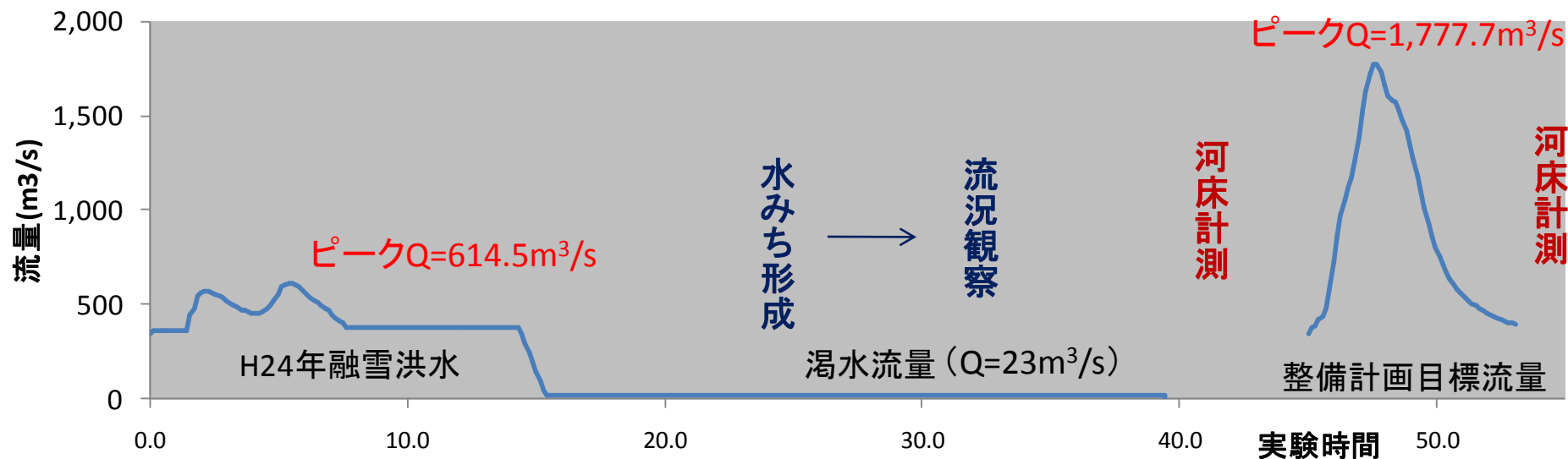
河岸際の露岩抑制対策は・・・

- ・巨礫混合率は25%だと流失するため35%が適切である
- ・巨礫敷設幅を覆礫厚の薄い区間全体とした場合、再露岩が生じ、対策工実施前に戻ってしまう可能性がある
- ・巨礫敷設幅は現状濬筋箇所の再洗掘防止、材料確保、露岩面積の減少効果（河岸際の対策工を実施しない場合と比較して約50%減少）から判断して30mを基本とした形状が最適と判断した
- ・上記より、河岸際の対策工として本実験で採用した「巨礫混合率35%、敷設幅30m」を採用することとした。

対策工完成後の効果確認実験について

対策工完成後の効果確認実験【概要】

- 対策工完成後を想定し、渇水時の流況や大規模な洪水が対策工に与える影響を確認する
- 通水流量は融雪(H24)、渇水流量、整備計画目標流量の1サイクルを想定しています

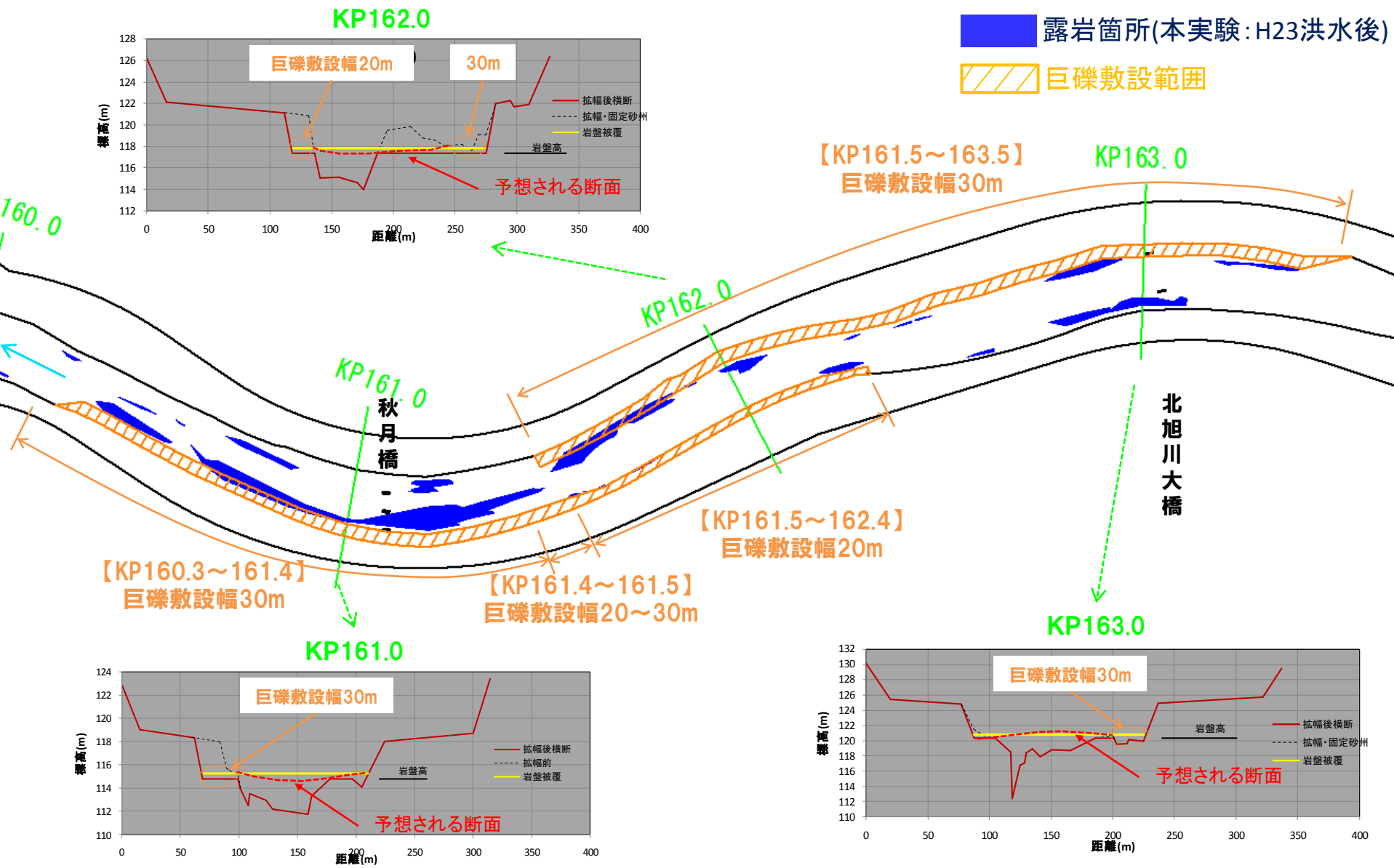


各流量の想定通水時間:

- ・融雪出水程度 → 平成24年融雪洪水 ($350[\text{m}^3/\text{s}]$ 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と考えられる24時間 (現地で約7日間)
- ・整備計画目標 → 流砂が活発に移動を始める $400[\text{m}^3/\text{s}]$ 以上の流量を想定しフルード相似則で換算

河岸際対策工配置(本実験と同様)

- 河岸際対策: 河岸際の幅30mに巨礫35%を混合し敷設する。左右岸で重複する区間は左岸側の巨礫敷設幅を20mとする。
- 懸念事項: 覆礫厚が薄い箇所が露岩し洗掘する？



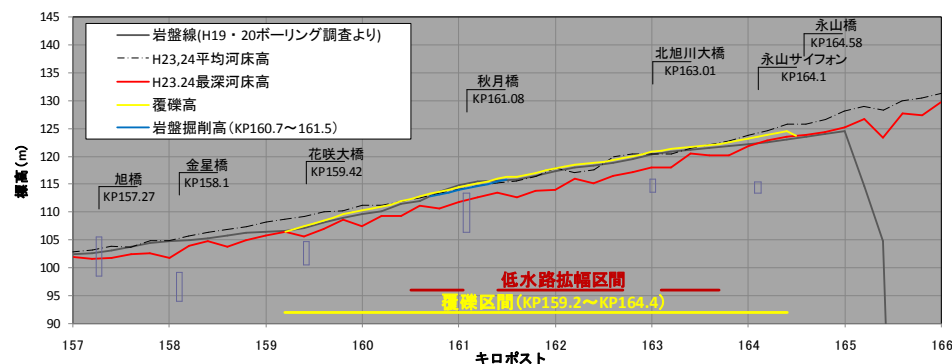
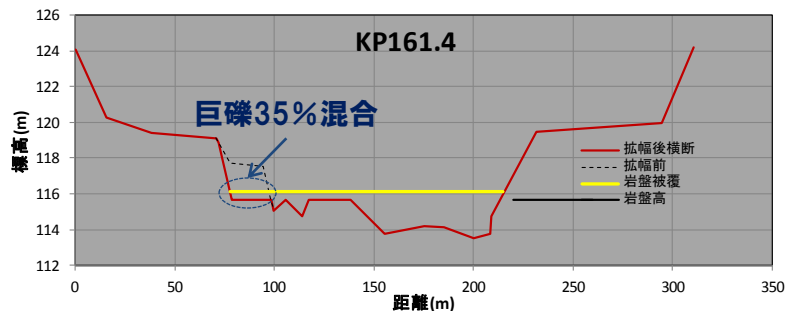
実験条件

➤ 本実験では、H24融雪洪水流量、濁水流量および整備計画目標流量を通水し、対策工完成後の効果を確認する。

■実験条件表

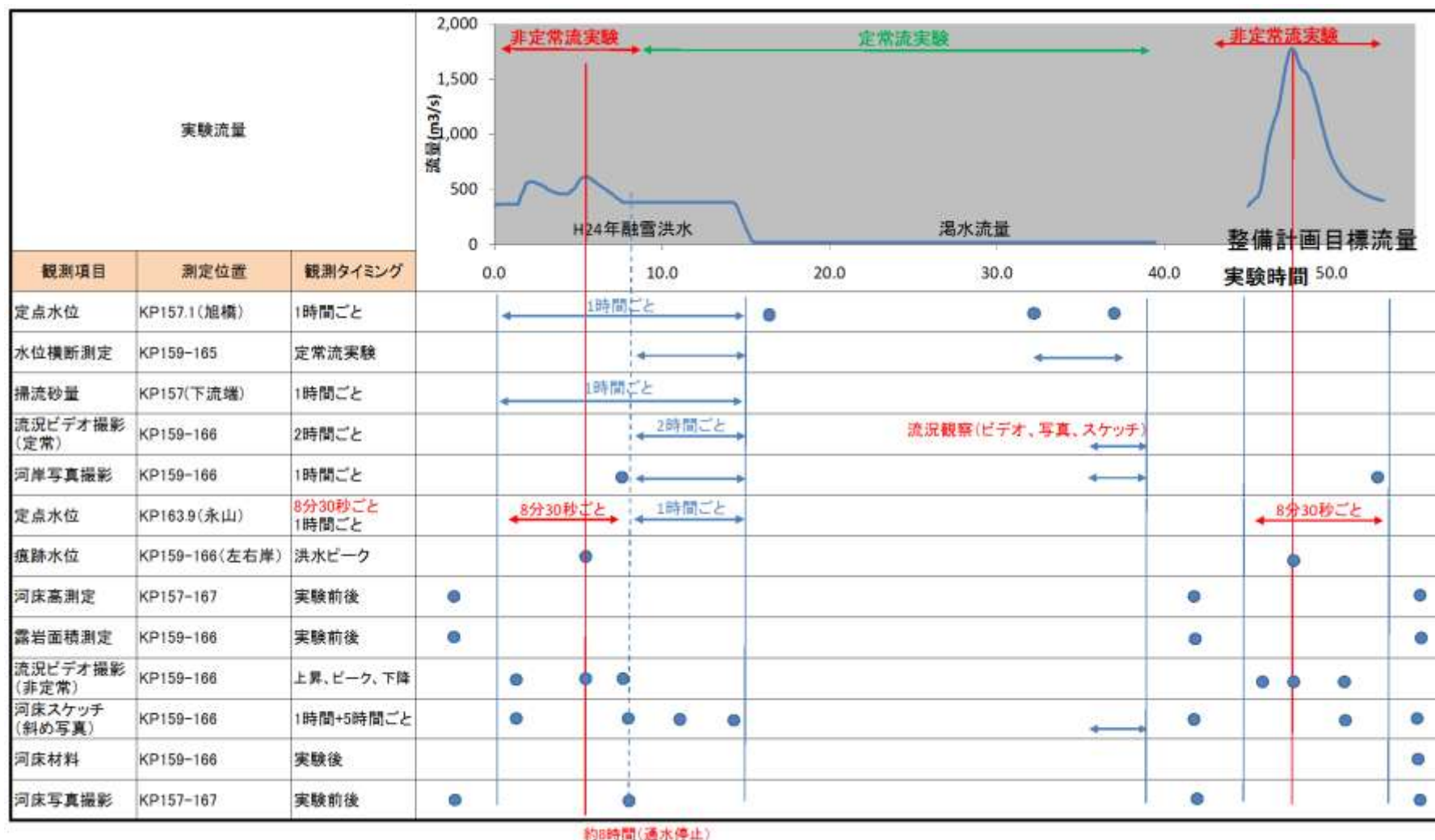
条件項目		条件
初期条件	河床形状	H23年9月洪水後河床(H23.9～H25.7測量)
	河床材料	H8年、H23年
	流況	非定常流 ⇒ 定常流 ⇒ 非定常流
上流端条件	流量	H24融雪洪水流量⇒ 濁水流量⇒ 整備計画目標流量
	流量観測所	旭橋(KP157.1)
	給砂量	動的平衡(芦田・道上式)
対策工条件	対策工	低水路拡幅+岩盤被覆(=岩盤高+50cm) 岩盤掘削(KP160.7～161.5)
	河岸際対策	①巨礫(予備実験で効果が確認された35%混合)
その他	支川合流	あり
	河道内構造物	永山床止、橋脚、高水敷上樹林帯模型

■初期断面(岩盤被覆高=岩盤高+50cm)



実験の観測内容

- H24融雪出水(ピーク $Q=614.5\text{m}^3/\text{s}$)、渇水流量($Q=23.0\text{m}^3/\text{s}$)、整備計画目標流量(ピーク $Q=1,777.7\text{m}^3/\text{s}$)を通水し、対策工完成後の効果と影響を確認する
- 観測項目と観測のタイミングを以下にしめす



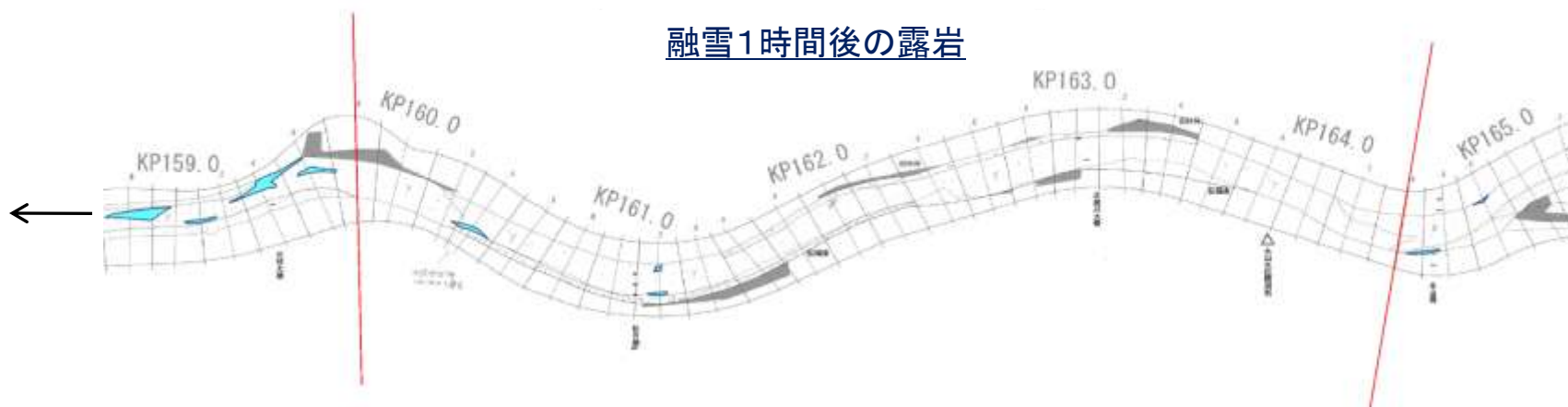
対策工完成後の効果確認実験の 実験結果

露岩の時間変化について

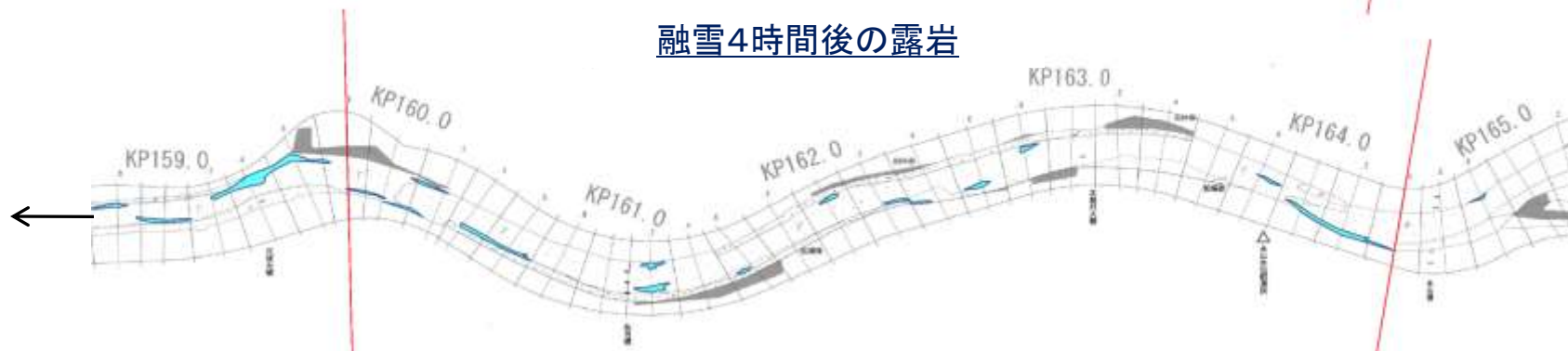
- 河床スケッチによる露岩の時間変化をしめす
- 時間の経過とともに露岩面積は拡大する傾向にあるが河岸際の露岩は抑制されている
- 整備計画流量により巨礫が流失し河岸際が連続して露岩する箇所が確認できる

露岩箇所

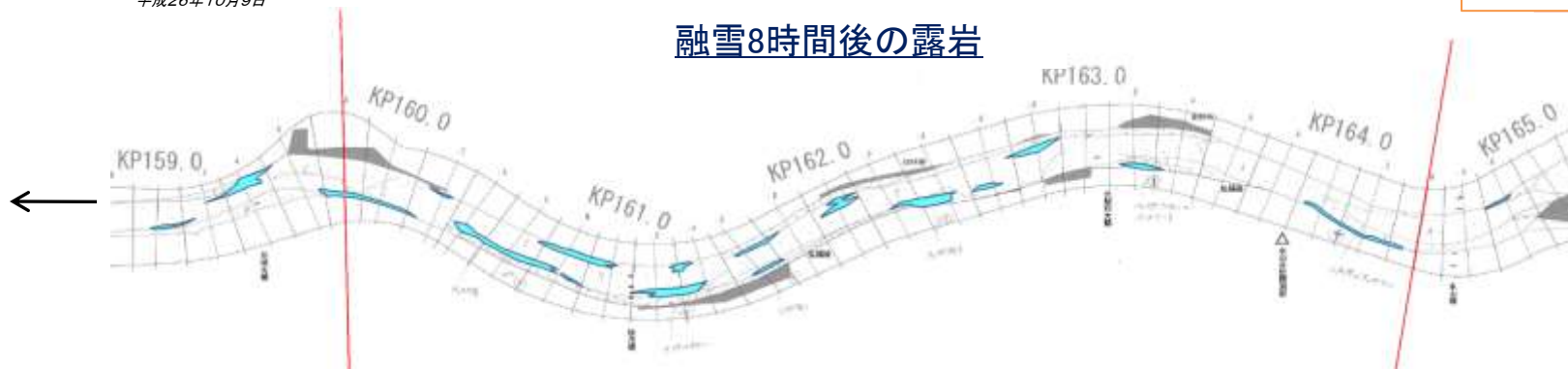
融雪1時間後の露岩



融雪4時間後の露岩



融雪8時間後の露岩



融雪出水+湧水流量後の露岩



整備計画目標流量後の露岩

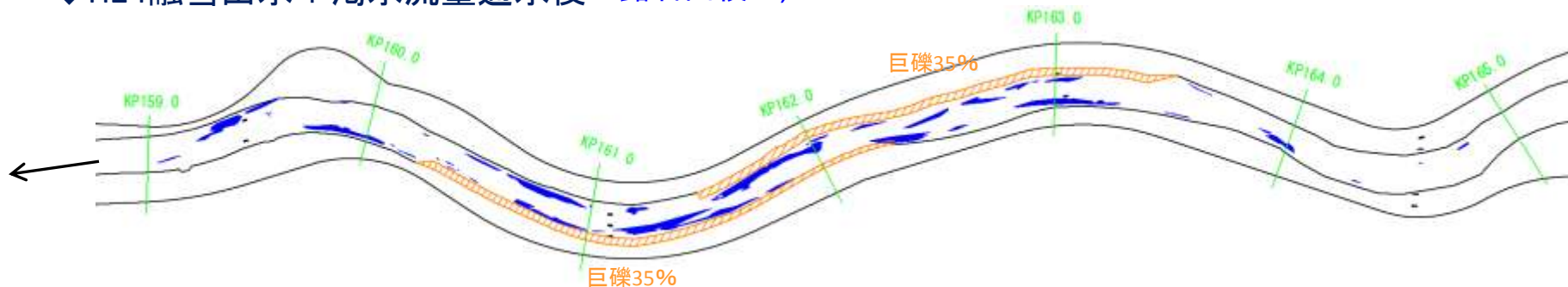


覆礫区間 (KP159.8-KP164.4)

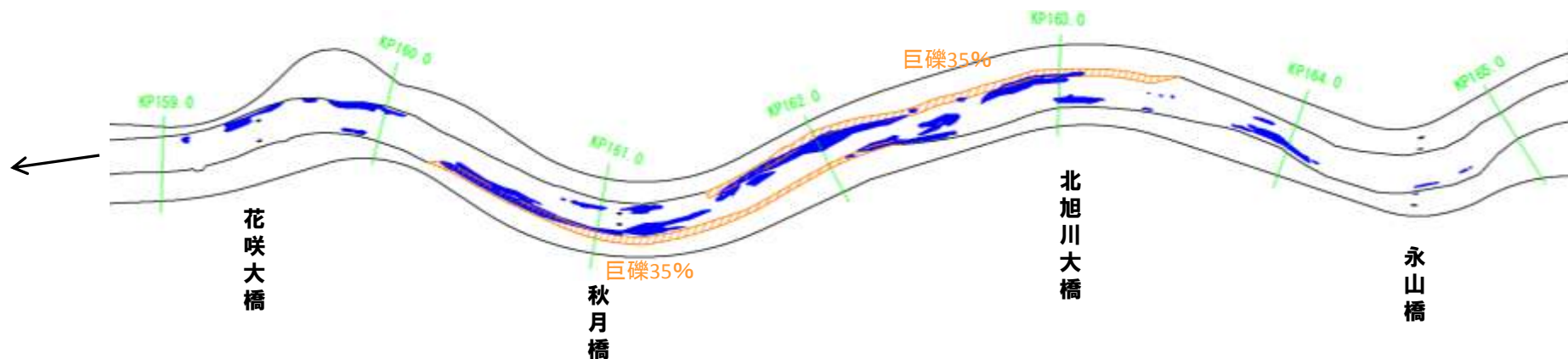
露岩面積について

- 平均年最大流量実験(本実験)と比較すると露岩面積は少ない(平均年最大流量(本実験)71,725m²)
- 整備計画目標流量により巨礫が流失し河岸際が連続して露岩している箇所が確認できる

◆H24融雪出水+渇水流量通水後 露岩面積70,050m²



◆整備計画目標流量通水後 露岩面積102,475m²



露岩箇所
巨礫敷設範囲

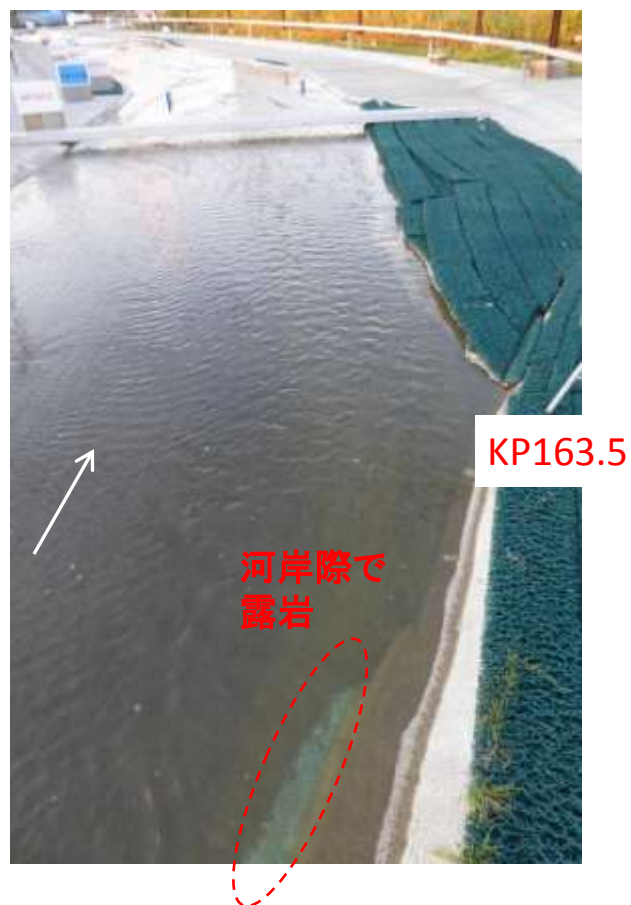
融雪出水時の状況: KP163.5右岸(巨礫敷設上端)

- 巨礫を敷設している区間は安定している
- 巨礫敷設部より上流の河岸際で露岩が確認できるがその範囲は狭い

4時間後



8時間後



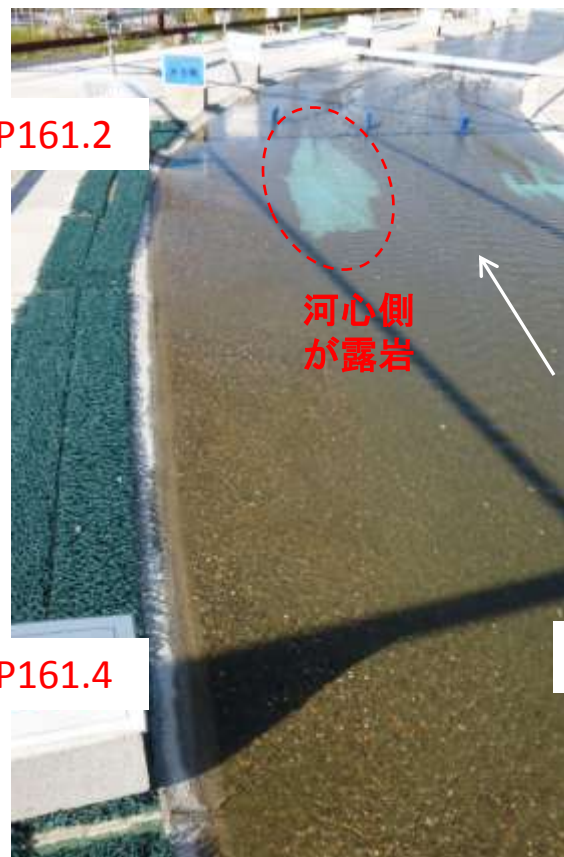
約15時間通水後



融雪出水時の状況: KP161.4左岸

- 巨礫を敷設した区間はほぼ安定している
- 覆礫厚が薄い巨礫の前面(河心側)で露岩が確認できる

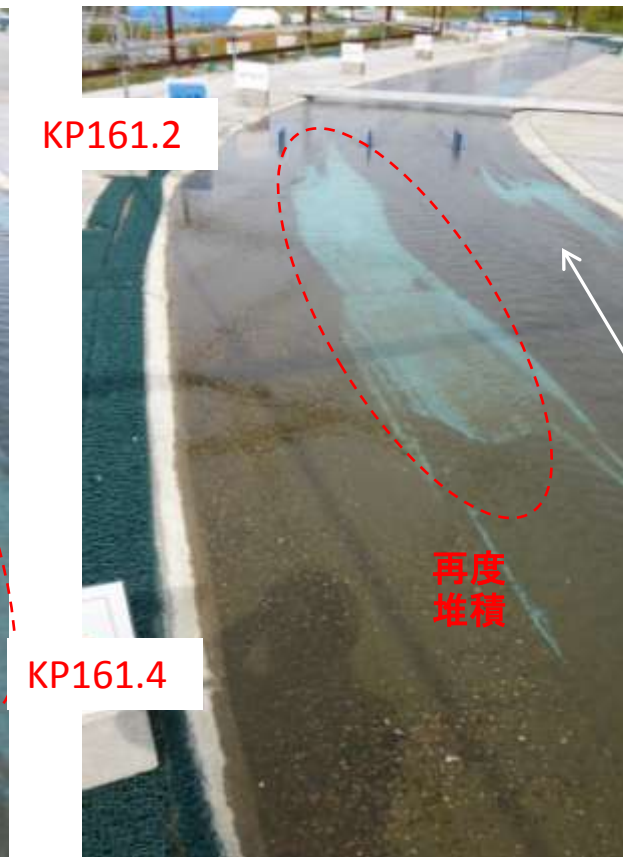
4時間後



8時間後



約15時間通水後



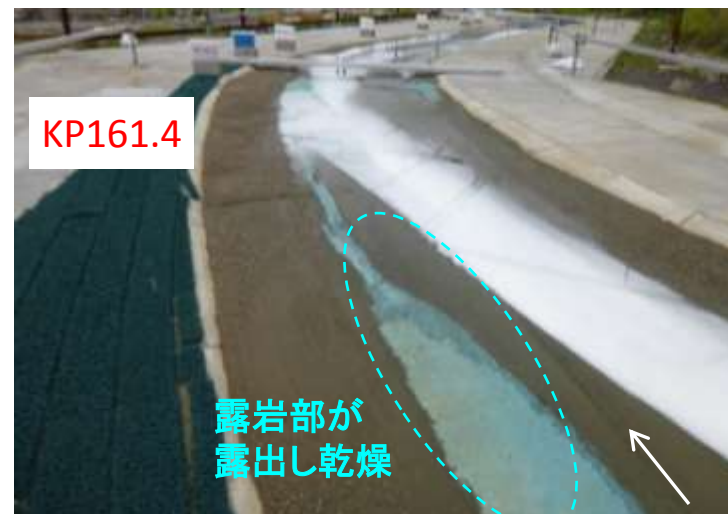
渇水時($Q=23\text{m}^3/\text{s}$)の状況

- 渇水期には、水深0.5m以上の水みちが確保できている
- 相対的に標高が高い露岩部が乾燥する箇所が確認できる

KP164.4(覆礫上端)



KP161.4(秋月橋上流)



KP163.0(北旭川大橋)



KP159.8(覆礫下端付近)



整備計画流量時の状況:KP162.2左岸

- 整備計画流量により巨礫を敷設した上端部で巨礫が流出していた

洪水上昇時

$Q=970.1\text{m}^3/\text{s}$



洪水ピーク時

$Q=1,777.7\text{m}^3/\text{s}$



洪水下降時

$Q=430.2\text{m}^3/\text{s}$



整備計画流量時の状況:KP160.8左岸

- 整備計画流量により巨礫が流出している箇所が確認された
- 洪水後には巨礫流出し、河岸部で露岩している箇所が確認された

洪水上昇時

$Q=970.1\text{m}^3/\text{s}$

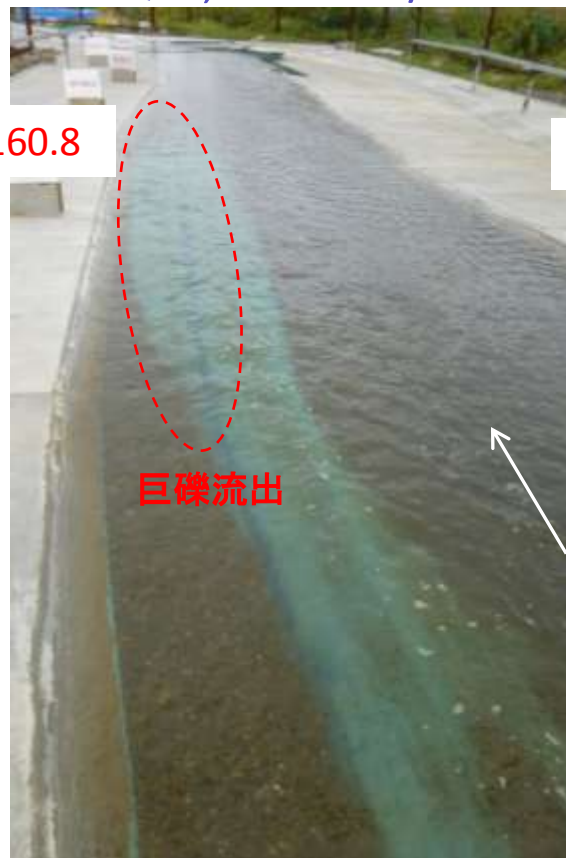
KP160.8



洪水ピーク時

$Q=1,777.7\text{m}^3/\text{s}$

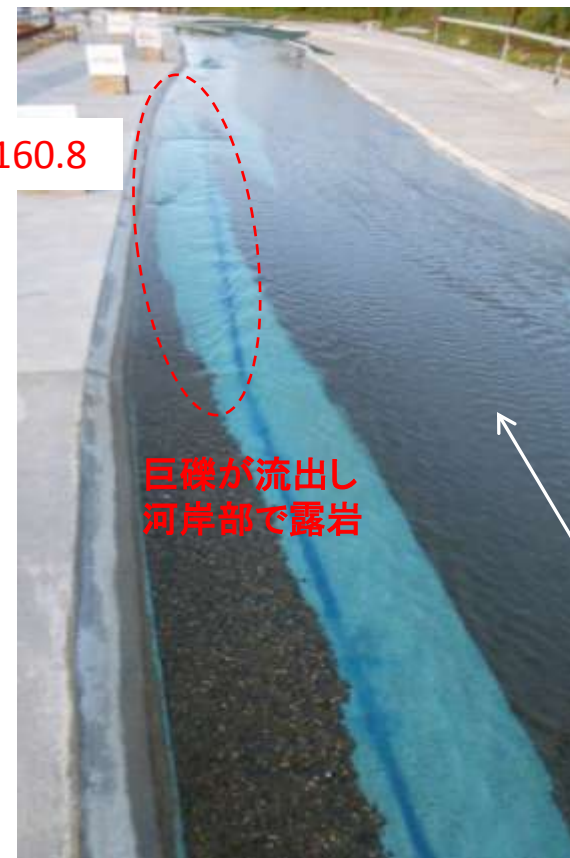
KP160.8



洪水下降時

$Q=430.2\text{m}^3/\text{s}$

KP160.8



対策工完成後の効果確認実験のまとめ

- 対策工完成後の効果確認実験結果による効果と影響を以下に整理した

流量規模	効果と影響
H24融雪出水	•巨礫を敷設した箇所では河岸際の露岩は抑制された •覆礫厚が薄い河心側で連続した露岩が確認された
渇水流量	•渇水期には水深0.5m以上の水みちが確保された •渇水時に乾燥する露岩箇所が確認された
整備計画目標流量	•極端な洗掘・堆積箇所はない(元の滞筋まで洗掘しない) •巨礫が一部流失し河岸際が露岩する区間が確認された

参考：渇水期($Q=23\text{m}^3/\text{s}$)の流況スケッチ図

