

資料-2

シミュレーション精度向上 に向けた検討報告

旭川開発建設部 治水課

これまでの背景と課題

○背景

シミュレーション

- ・ H20～21に現地岩盤を用いた**現地水路実験**で得られた**岩盤洗掘速度**をもとに、**岩盤洗掘を表現した計算モデル**を構築
- ・ 実測横断(H13～18)の再現計算を行い**再現性を確認**

大型模型実験

- ・ H24に実測横断(H21～23)の再現実験を行い**再現性を確認**(岩盤は固定床)
- ・ H27に一部区間ではあるが岩盤を軟岩モルタルを用いて岩盤洗掘を再現した実験を実施
(軟岩モルタル: セメント:砂:水=1:150:24.8の貧配合モルタル)
- ・ 現地でみられるような**筋状の複雑な岩盤洗掘地形**を再現
- ・ 岩盤が筋状化することで、**砂礫の再堆積を促す現象**(筋底部への堆積)を確認

課題

- ・ 大型模型実験の実施は、コストや手間がかかることから**限られたケース数しか実施できない**
- ・ 軟岩モルタル床の設置も上記の理由から全区間での設置が困難である
- ・ 全区間での予測や複数ケースを実施するには**シミュレーションに頼らざるを得ない**



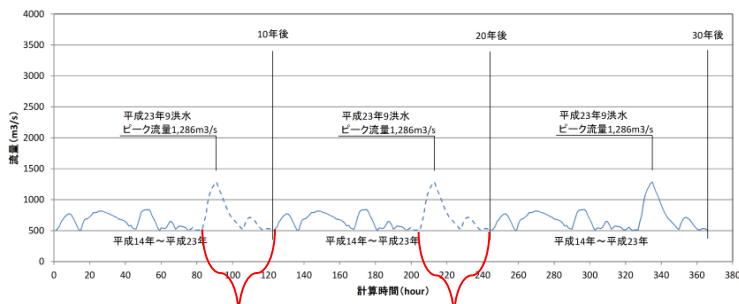
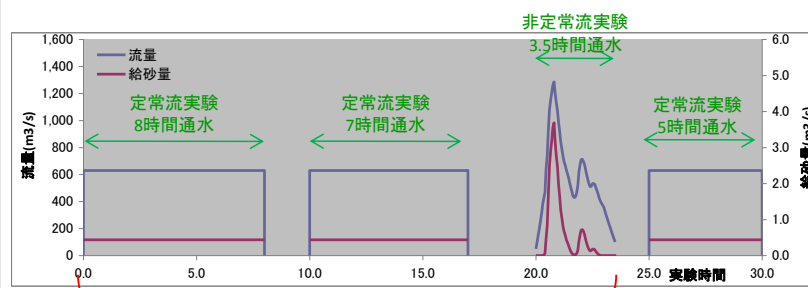
○目的

岩盤洗掘を再現したH27実験結果から確認された現象を、既往モデルに反映させてモデル精度をより向上させ、今後の河床低下対策の検証や予測、他河川への活用を目指す

昨年度の検討結果(計算と実験結果の比較)

- 2次元河床変動計算による計算結果(H26)とH27年度実験結果を比較
- 計算と実験の条件を以下に示す

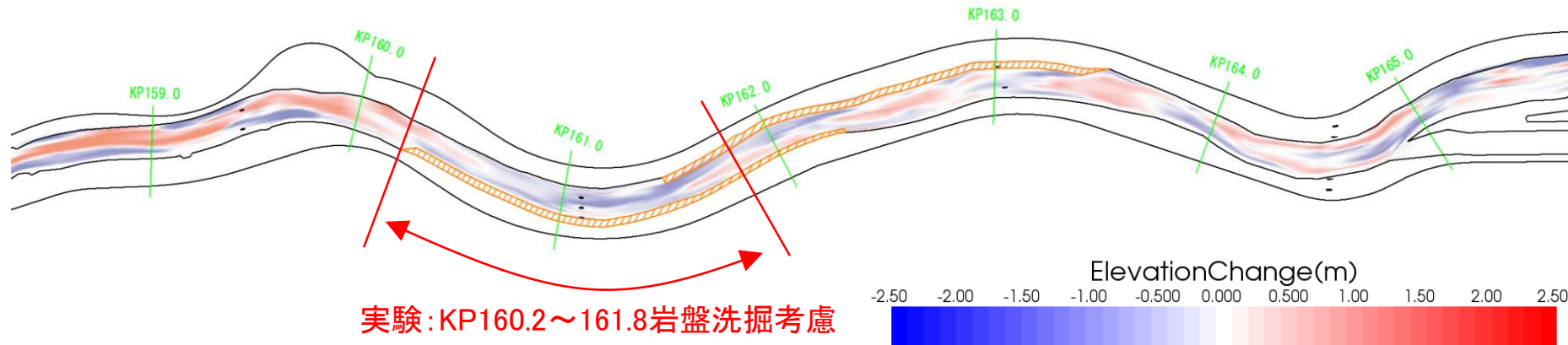
計算と実験の条件比較表

条件項目	計算の条件	実験条件 (H27 実験)
初期横断形状	低水路拡幅+岩盤被覆50cm+巨礫敷設 (KP161.5-163.5右岸、KP160.3-162.4左岸)	同左
岩盤洗掘	全区間で岩盤洗掘考慮	KP160.2-161.8:考慮(軟岩モルタル床) その他区間:未考慮(モルタル床)
流量 (旭橋)	500m ³ /s以上の実績時刻流量 H14~H23×3回(30年間) (大型模型実験と同程度の外力条件とするため、H23.9洪水は3回目のみ与えることとした)	平均年最大流量 (Q=630m ³ /s、S53~H19の平均)15時間 + H23.9洪水ハイドロ
	 1回目と2回目のH23.9出水は省く	 シミュレーションとの比較範囲
その他	橋脚未考慮、永山新川未考慮	橋脚考慮、永山新川考慮

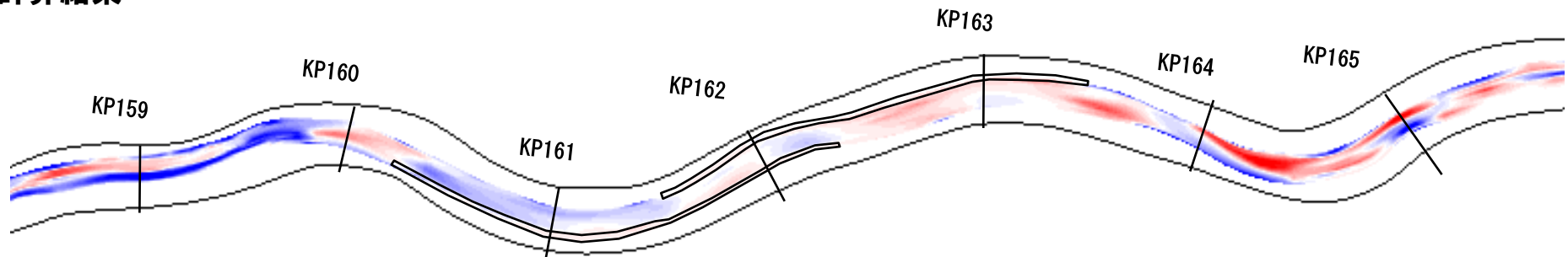
昨年度の検討結果 ～初期河床からの変化高の比較～

➤ 計算結果・大型模型実験結果は、河床変動高について概ね同様の傾向を示している。

大型模型実験結果



計算結果



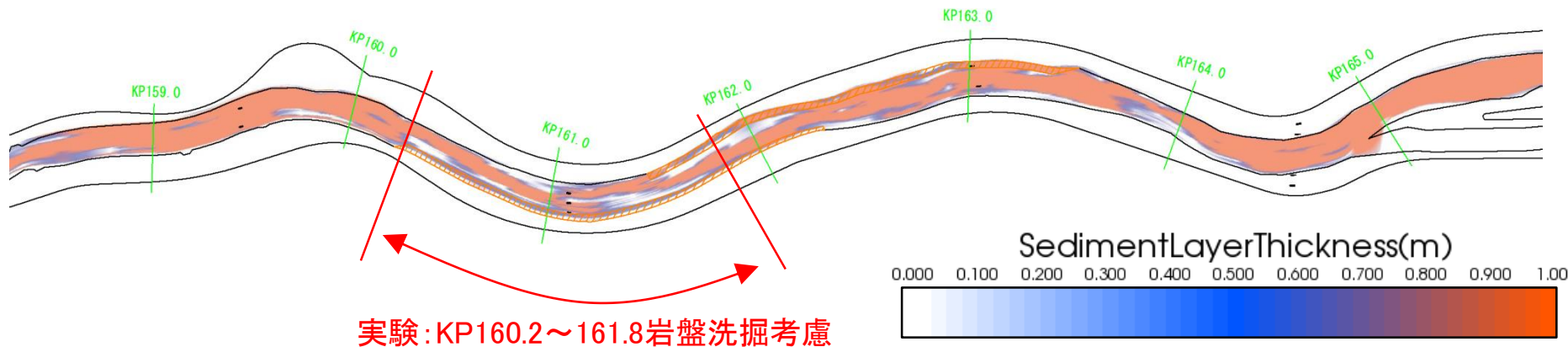
計算: 全区間岩盤洗掘考慮

- 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 平成4年～平成23年の10年を3回与える (τ※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。3回目のみH23.9出水を与える)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045、巨礫箇所: 0.035
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 低水路拡幅+岩盤被覆+巨礫敷設
- 巨礫配置: KP161.5-163.5右岸、KP160.3-162.4左岸
- 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

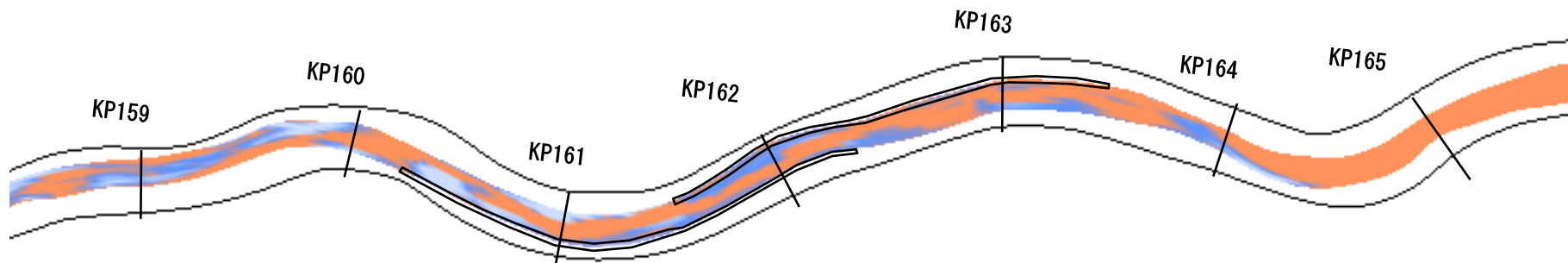
昨年度の検討結果 ～岩盤上の砂礫厚の比較～

- 大型模型実験結果・計算結果は、砂礫厚について概ね同様の傾向を示しており、露岩まで達していないものの、砂礫厚が薄くなる傾向は再現できている。

大型模型実験結果



計算結果



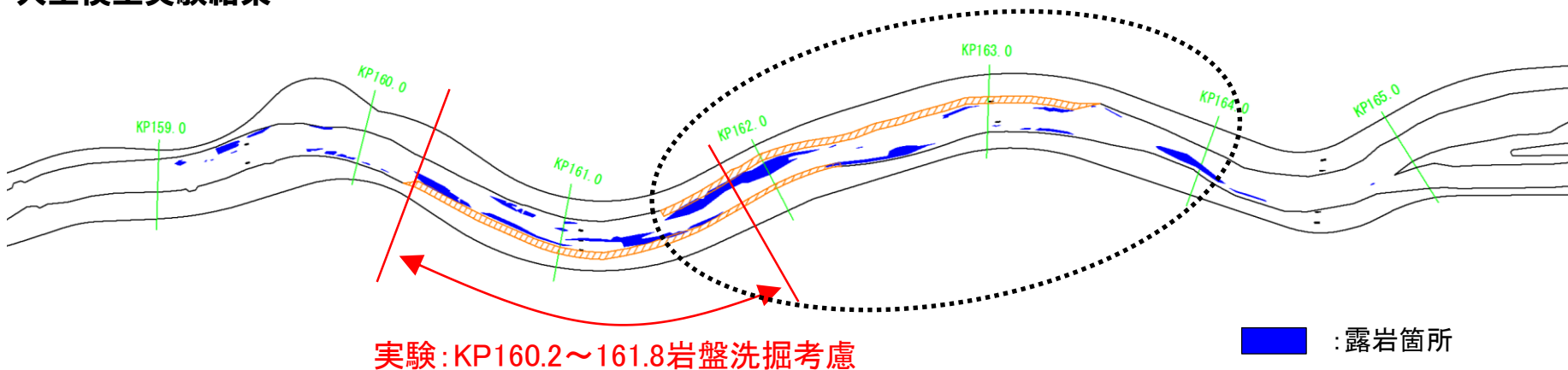
計算: 全区間岩盤洗掘考慮

- 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 平成4年～平成23年の10年を3回与える (τ※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。3回目のみH23.9出水を与える)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045、巨礫箇所: 0.035
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 低水路拡幅+岩盤被覆+巨礫敷設
- 巨礫配置: KP161.5-163.5右岸、KP160.3-162.4左岸
- 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

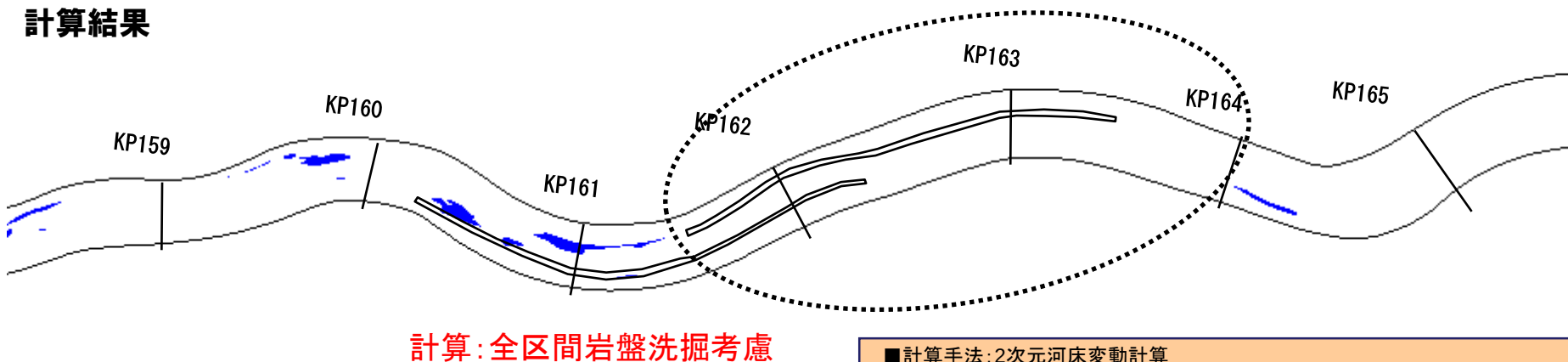
昨年度の検討結果 ～岩盤露出箇所の比較～

➤ 大型模型実験結果と比較すると計算結果の露岩範囲が少なく、特に上流側が顕著である。

大型模型実験結果



計算結果



- 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 平成4年～平成23年の10年を3回与える (τ※0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。3回目のみH23.9出水を与える)
- 粗度係数: 低水路0.031、高水敷0.045、巨礫箇所: 0.035
- 河床材料: 平成8年度河床材料調査
- 初期横断形状: 低水路拡幅+岩盤被覆+巨礫敷設
- 巨礫配置: KP161.5-163.5右岸、KP160.3-162.4左岸
- 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

シミュレーション精度向上に向けた検討

- 岩盤洗掘を再現したH27実験結果から確認された現象を、既往モデルに反映させてモデル精度をより向上させ、今後の河床低下対策の検証や予測、他河川への活用を目指す

既往モデルの妥当性検証

- 既往モデルを用いて、実験と同スケール・同条件の計算を実施し、既往モデルの妥当性を再検証する

相違点	既往モデル	大型模型実験	検討内容
縮尺	・実河川スケール(1/1)	・模型スケール(1/50)	既往モデルを用いて、模型スケールを含め 模型実験と全て同条件で再現計算を実施し、既往モデルの妥当性を再検証
無次元 限界掃流力 τ_{*c}	・代表粒径 $d_{60}=54\text{mm}$ ・ <u>$\tau_{*c}=0.050$</u>	・代表粒径 $d_{60}=1.1\text{mm}$ ・ <u>$\tau_{*c}=0.034$</u>	



大型模型実験結果を踏まえた再現精度向上の検討

- 現地や模型実験で確認された「筋状の複雑な岩盤洗掘地形」や「岩盤の筋状化による砂礫の再堆積」をシミュレーションで再現するために、「**計算格子の細分化**」と「**岩盤の粗度係数**」をあわせて検討し、再現精度を検証する。

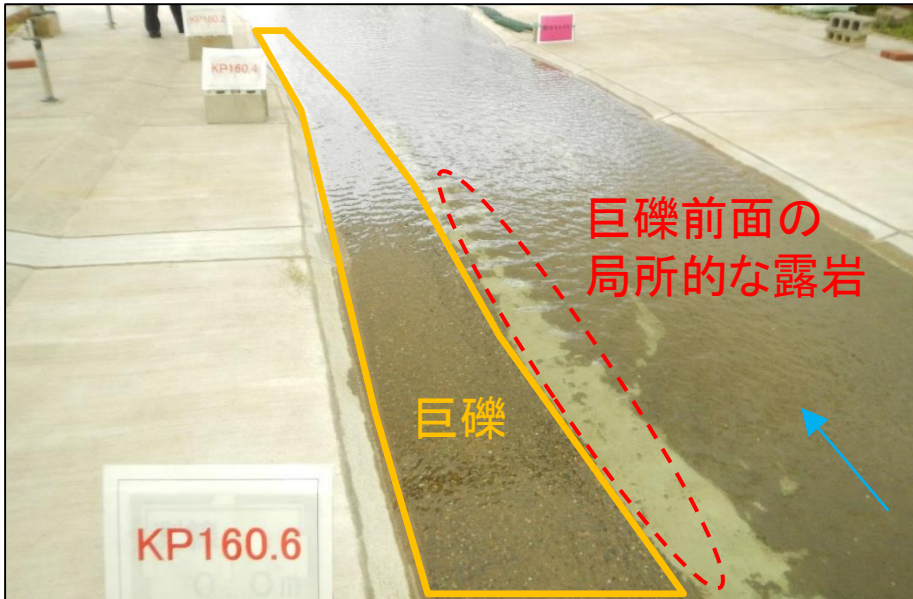
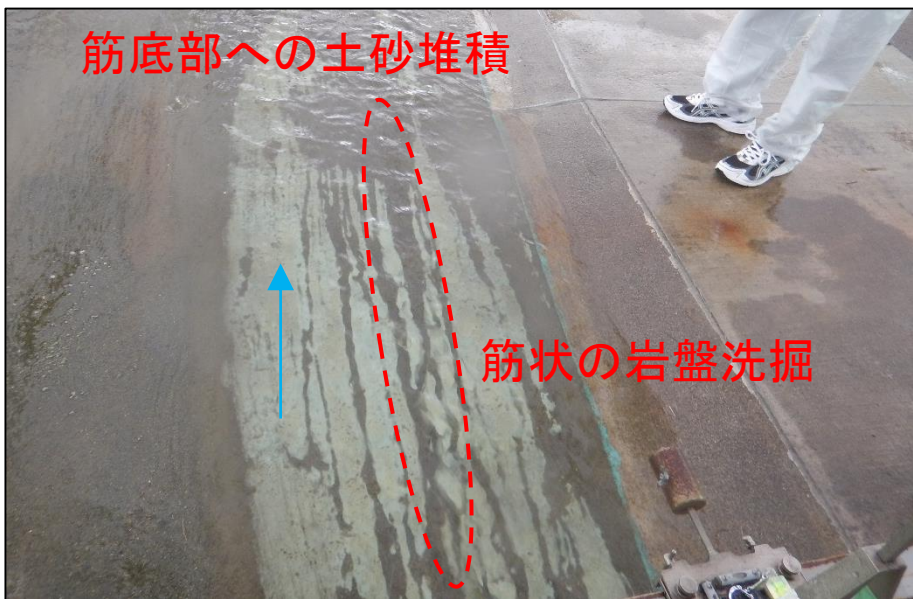
相違点	既往モデル	大型模型実験	検討内容
複雑な洗掘形状	格子サイズの制限(横断10～15m、縦断50m)から複雑な洗掘形状の表現が困難	岩盤の複雑な洗掘形状や巨礫敷設箇所直前面の局所洗掘(露岩)が確認された	計算格子の細分化を検討し、岩盤洗掘形状の再現性を検証 上記に加えて、 岩盤の粗度係数 を感度分析し、適切な設定値を検証
岩盤の粗度係数	低水路粗度は一定値で与えており、露岩しても変化しない	岩盤の露出により低水路の粗度は変化する。岩盤の筋状化により砂礫の再堆積が確認された	

現地・模型実験で確認された現象

現地



模型実験



模型スケールによる 既往モデルの妥当性検証

H27大型模型実験再現計算 計算条件

➤ 計算条件は再現対象であるH27大型模型実験の実験条件を基に設定した。

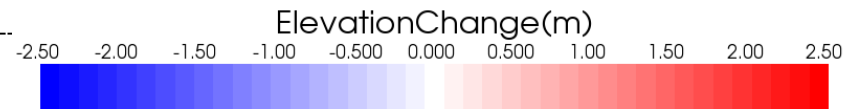
計算手法	平面2次元河床変動計算法
再現対象	H27大型模型実験 砂州掘削を含む低水路拡幅および軟岩被覆（岩盤線+50cm）、巨礫左右岸敷設、KP160.2~161.8軟岩モルタル敷設（他区間は非洗掘モルタル敷設）
縮尺	模型スケール 現地1/50
計算区間	KP157.0~167.0
初期横断形状	平成23~25年測量横断を基本とした対策後の河道形状
平面形状	流下方向：191測線 横断方向：21測線（低水路12側線）
流量	①平均年最大流量($Q=0.0356\text{m}^3/\text{s}$)15時間（流砂量換算で現地30年間に相当） ⇒ ②H23.9洪水ハイドロ4時間（ピーク $Q=0.0727$ ）
起算水位	KP157.0地点でHQ式より算出
河床材料	H27大型模型実験粒度分布を基にそれぞれ平均粒径 d_m で与えた 【砂礫床】 $d_m=1.34\text{mm}$ 【巨礫敷設部】 $d_m=2.79\text{mm}$
粗度係数	・低水路粗度：0.017 ・低水路粗度（巨礫敷設部）：0.021 （河床材料を基にマニングストリクラー式より算定） ・高水敷粗度：0.023
樹木	平成19年樹木（航空写真より判読）
流入土砂量	動的平衡（KP167.0）
岩盤	・全計算区間で岩盤層を考慮 ※ （ただし、KP160.2~161.8：洗掘床、KP160.2~161.8区間以外：非洗掘床） ・H21現地実験結果を基に岩盤上の限界掃流力を算出（砂礫床の60%）
固定床	岩盤層（KP160.2~161.8区間以外）、永山床止KP166.05

※：現地踏査、航空写真、H19・20ボーリング結果より設定

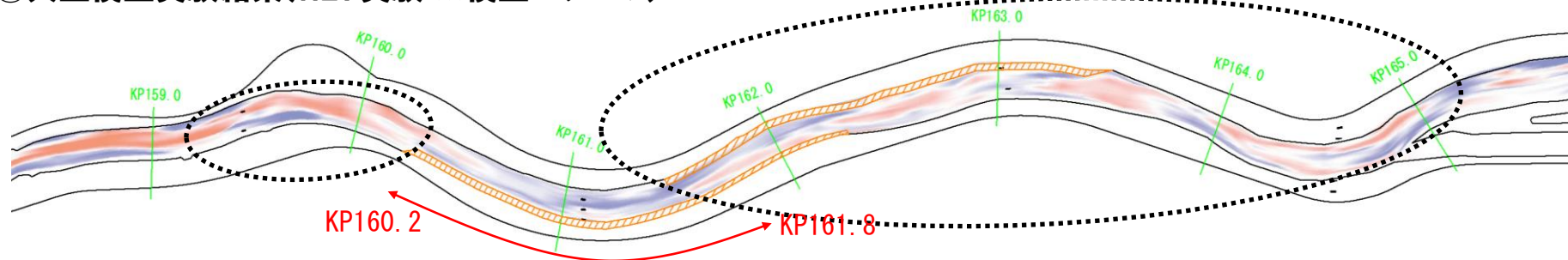
計算結果 H23.9洪水後 ～初期河床からの変化高変化～

- H28計算結果②の河床高変化は、大型模型実験結果①と概ね同様の傾向となった。
- H28計算結果②はH26計算結果③に比べ、KP159.2～160.2付近における堆積区間の連続やKP161.5～165.0付近における堆積形状をより精度良く再現している。

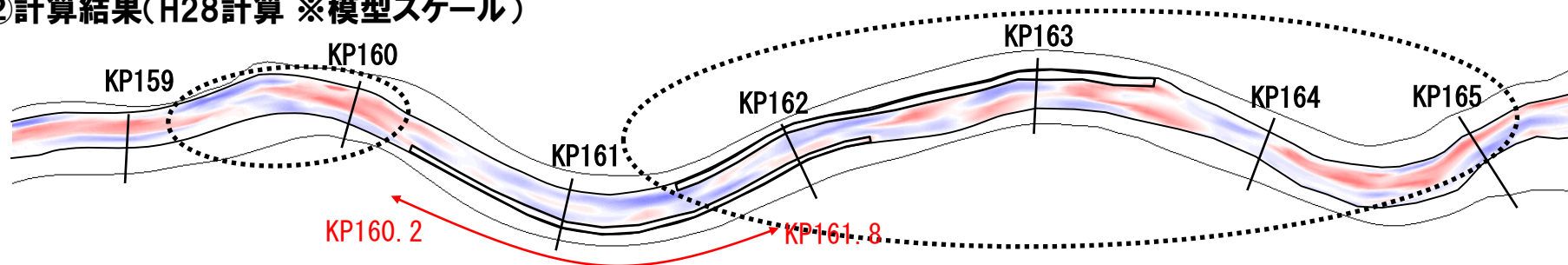
※数値は実河川スケール換算値



①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)

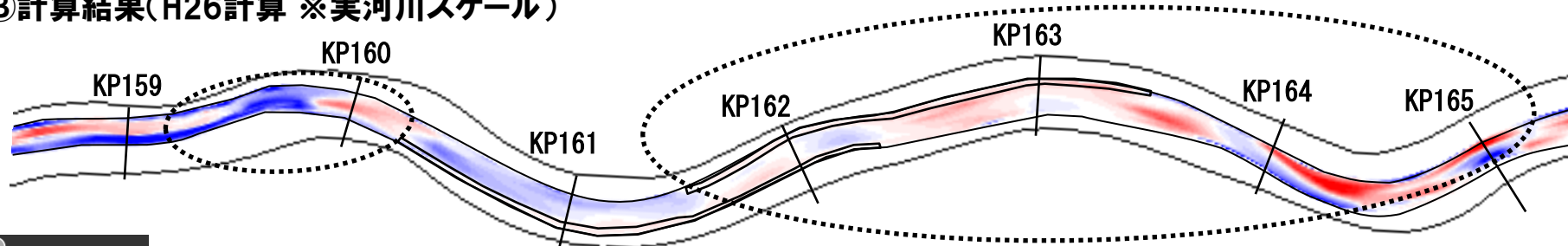


②計算結果(H28計算 ※模型スケール)



※数値は実河川スケール換算値 ※①、②: KP160.2～161.8岩盤洗掘考慮

③計算結果(H26計算 ※実河川スケール)

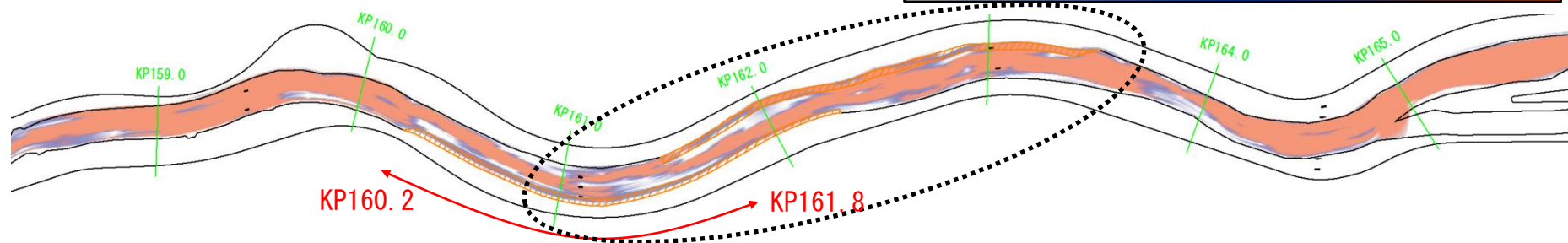


※③: 全区間岩盤洗掘考慮

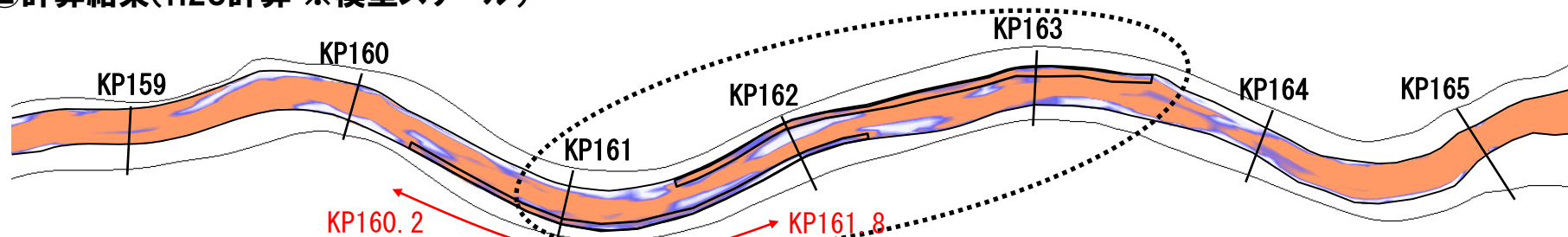
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤上の砂礫厚～

- H28計算結果②の岩盤上の砂礫厚は、KP161下流左岸側の巨礫前面における砂礫層の流出は少ないものの、砂礫厚が薄くなる位置やその厚さは大型模型実験結果①と概ね同様であった。
- H28計算結果②はH26計算結果③に比べ、KP160.8～163.5付近における砂礫厚の薄い箇所や砂礫層厚を精度良く再現している。

①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)

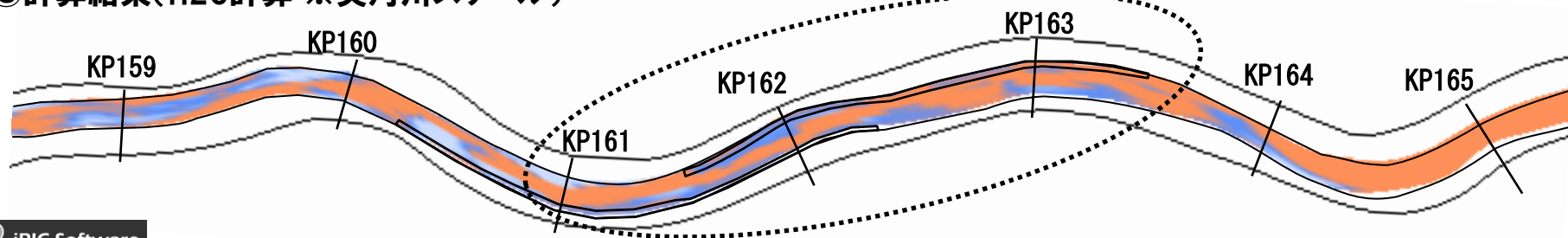


②計算結果(H28計算 ※模型スケール)



※数値は実河川スケール換算値 ※①、②: KP160.2～161.8岩盤洗掘考慮

③計算結果(H26計算 ※実河川スケール)

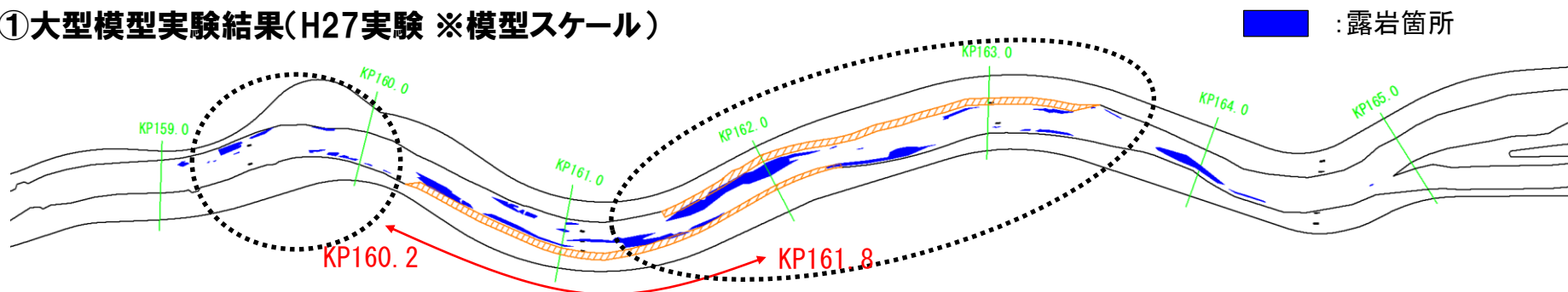


※③: 全区間岩盤洗掘考慮

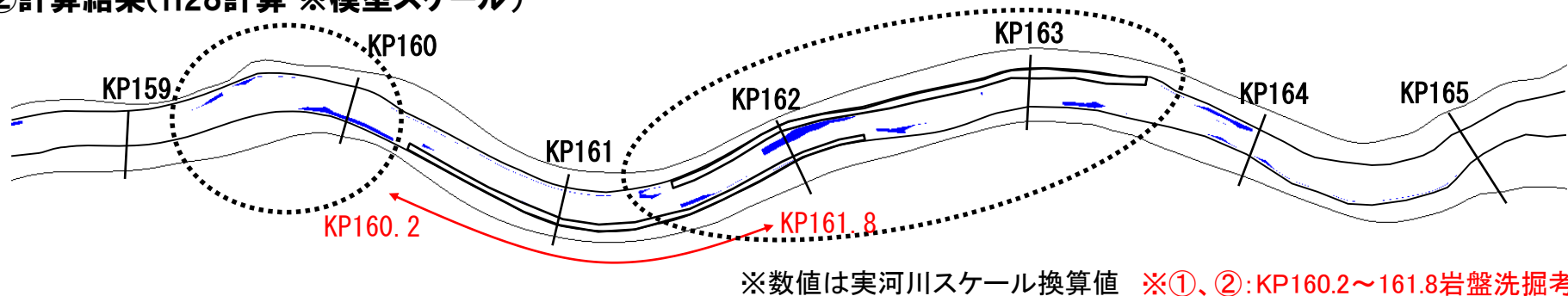
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤露出箇所～

- H28計算結果②の露岩箇所は、KP161下流左岸側の巨礫前面における露岩は少ないものの、露岩箇所は大型模型実験結果①と概ね同様であった。
- H28計算結果②はH26計算結果③に比べ、KP159.2～160.2付近やKP161.5～163.5付近における露岩箇所および範囲を精度良く再現している。

①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)

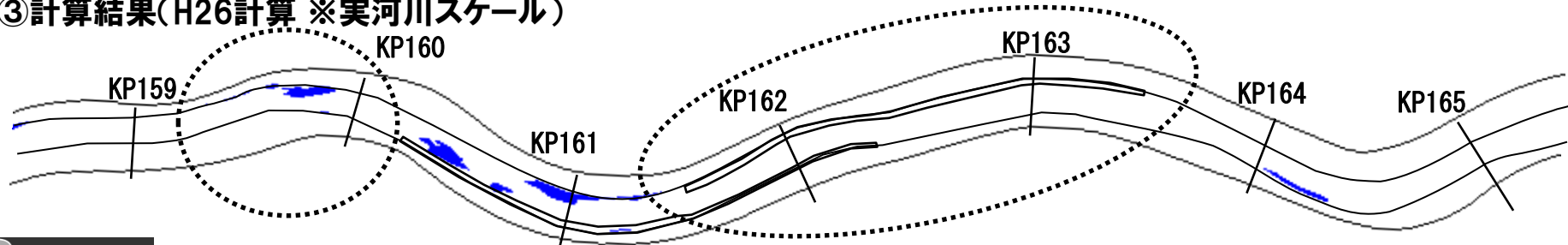


②計算結果(H28計算 ※模型スケール)



※数値は実河川スケール換算値 ※①、②: KP160.2～161.8岩盤洗掘考慮

③計算結果(H26計算 ※実河川スケール)

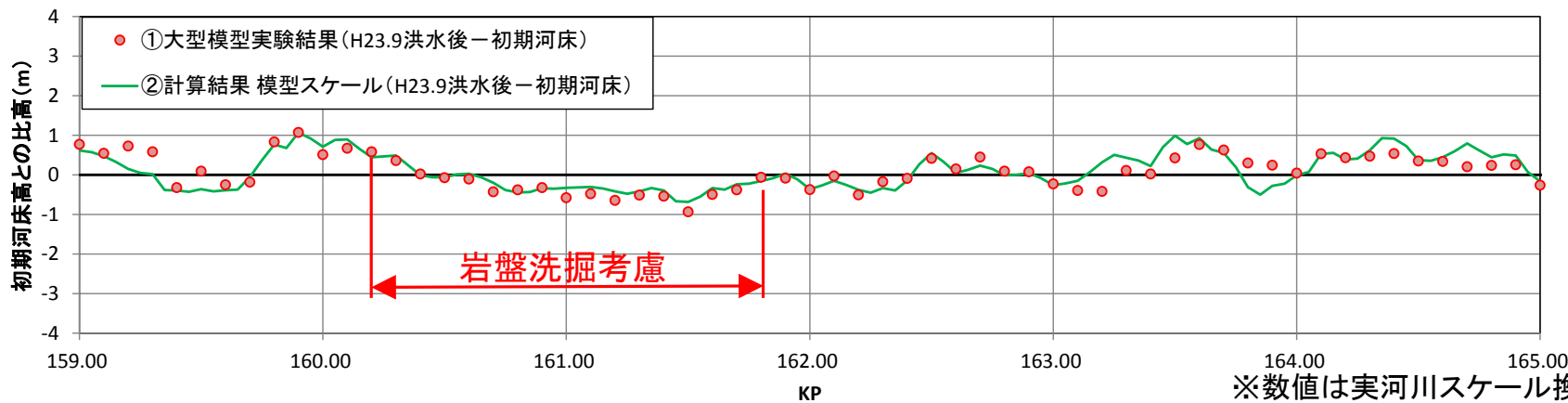
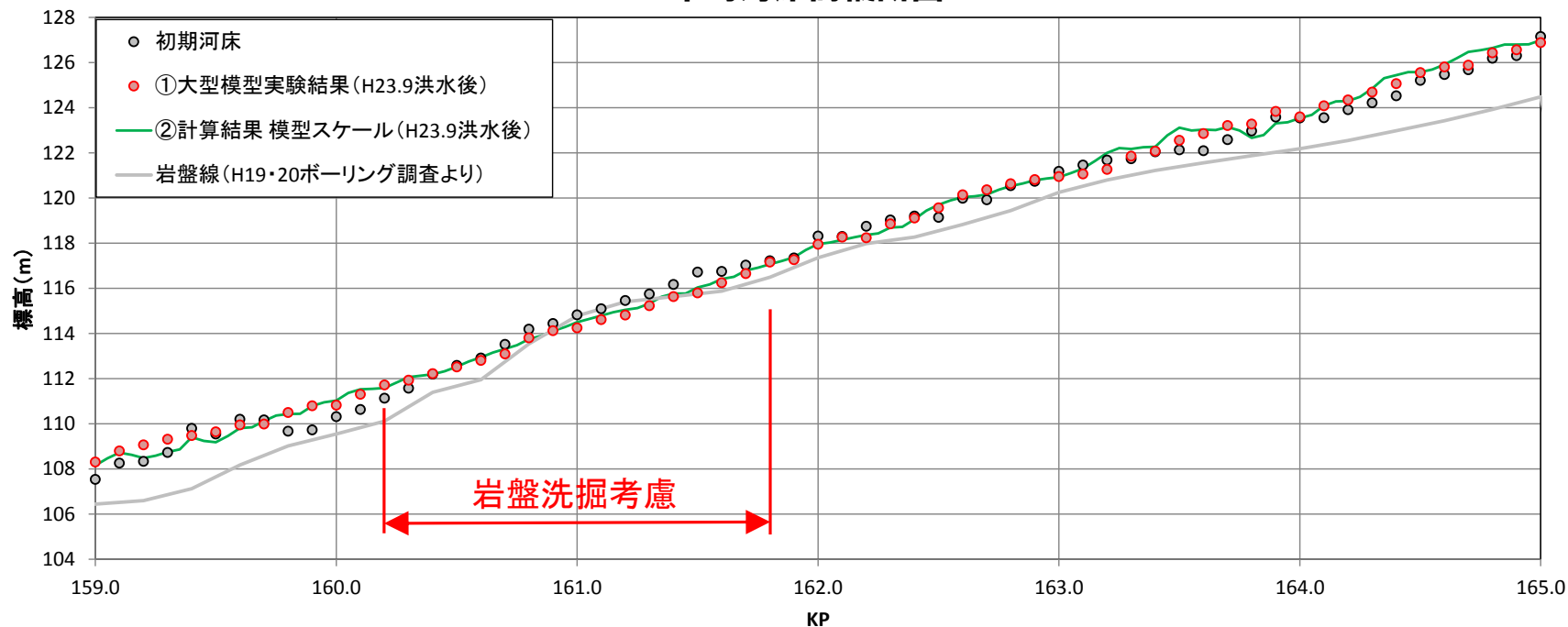


※数値は実河川スケール換算値 ※③: 全区間岩盤洗掘考慮

計算結果 H23.9洪水後(平均河床高縦断図)

➤ H28計算結果②の平均河床高は、大型模型実験結果①と概ね同様の河床変動量を示している。

平均河床高縦断図

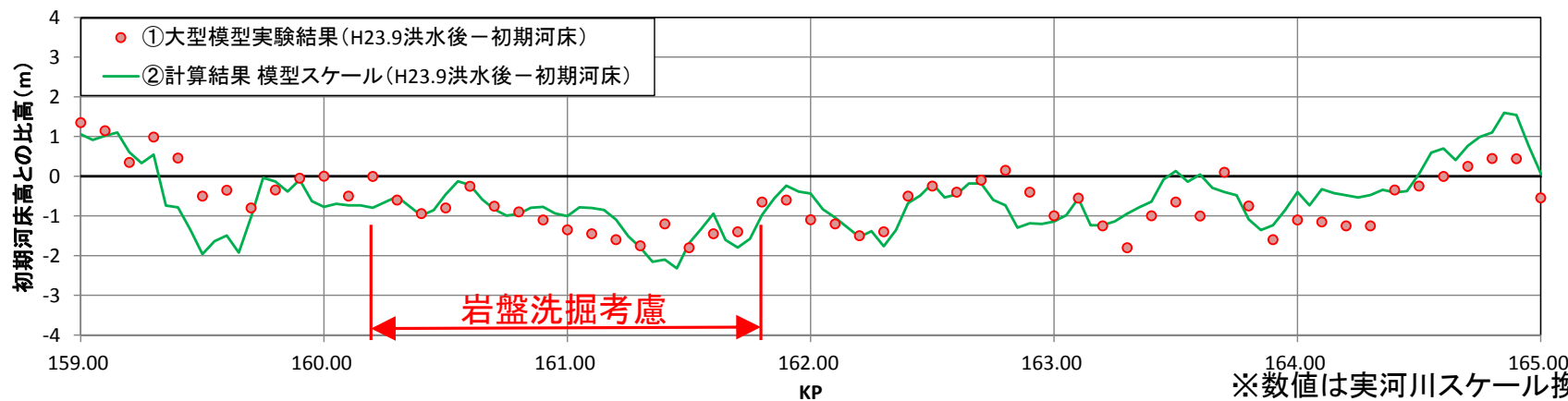
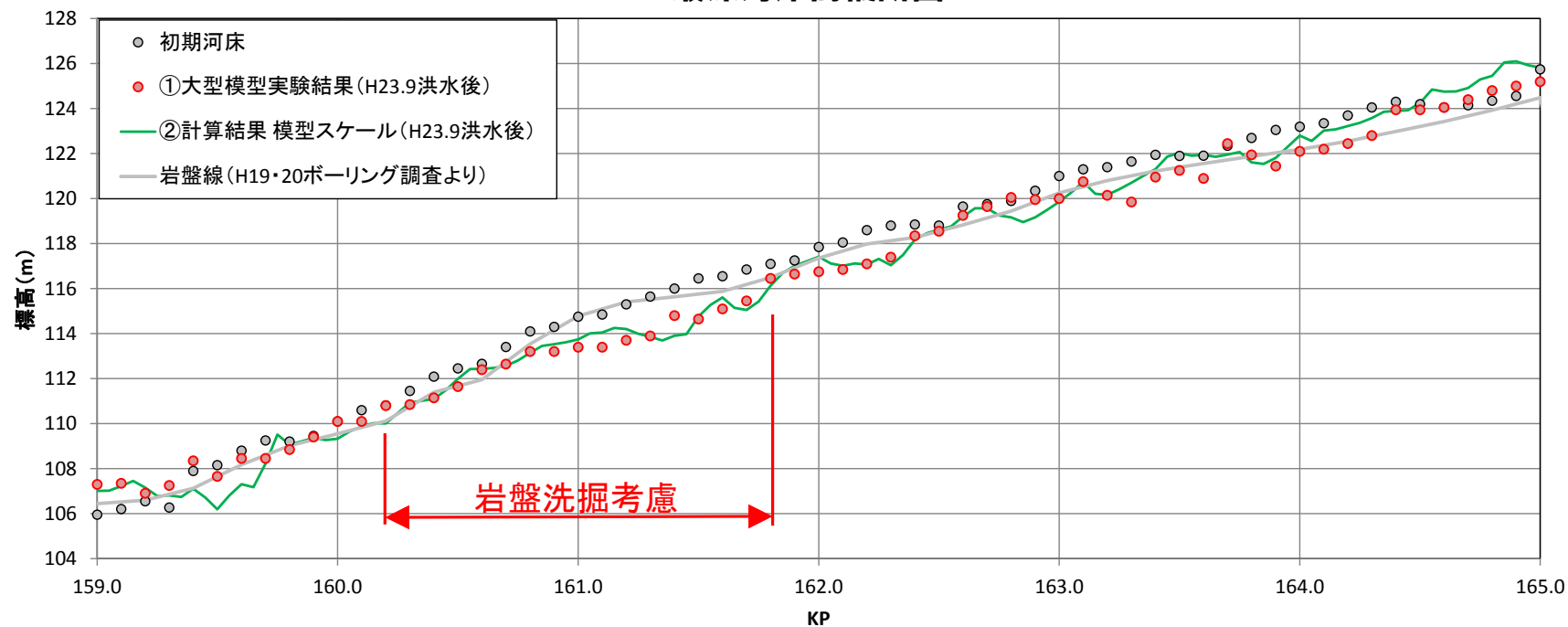


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 H23.9洪水後(最深河床高縦断図)

- H28計算結果②の最深河床高は、KP159.5付近の低下は大きいものの、岩盤洗掘区間を含むその他の区間では大型模型実験結果①と概ね同程度の河床変動量を示している。

最深河床高縦断図



※数値は実河川スケール換算値

模型スケールによる既往モデルの妥当性(まとめ)

H27大型模型実験の再現計算(模型スケール)

- 既往モデルを用いてH27大型模型実験と同スケール・同条件で計算した結果、**概ね同様の河床高変化、砂礫層厚、露岩箇所が再現された。**
- H26計算結果(実河川スケール)に比べて、**上流側の露岩箇所が再現された。**



○既往モデルの**妥当性を確認**した。

○既往モデルを基本に、現地やH27大型模型実験で確認された現象を踏まえた**再現精度向上の検討**を行う。

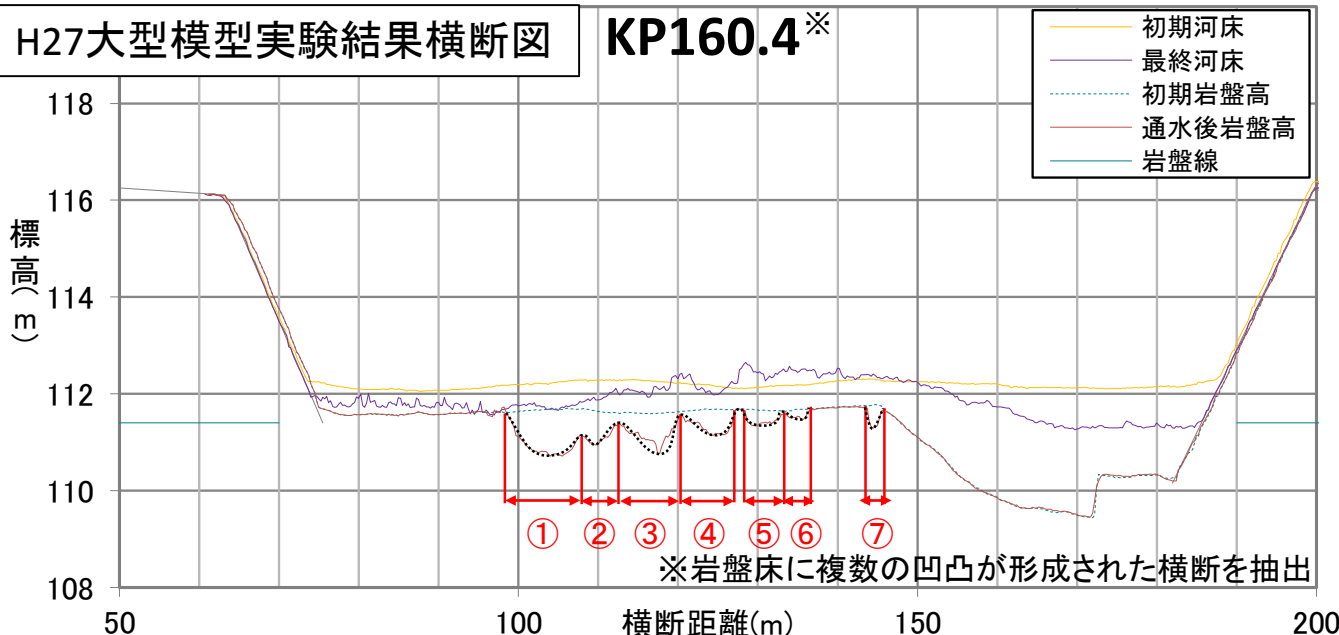
大型模型実験結果を踏まえた 再現精度向上の検討

計算格子の細分化

- 横断方向の格子幅はH27大型模型実験の軟岩モルタル床で確認された筋底部の溝幅を考慮できるように低水路の分割数を既往モデルの4倍(溝幅の半分程度)とする。
- 縦断方向の分割数は計算時間を考慮し、既往モデルの2倍とする。

H27大型模型実験結果横断図

KP160.4※



No.	軟岩モルタル床の溝幅
①	0.190m
②	0.095m
③	0.145m
④	0.135m
⑤	0.100m
⑥	0.650m
⑦	0.035m

平均 **0.109m**
(実河川スケール5.5m)

既往モデル

- ・低水路横断方向 12分割 ⇒ 格子幅0.267m程度(実河川スケール13.3m)
- ・縦断方向 191分割 ⇒ 格子幅1.000m程度(実河川スケール50.0m)

格子細分化

- ・低水路横断方向 48分割(4倍) ⇒ 格子幅**0.067m程度**(実河川スケール3.3m)
- ・縦断方向 382分割(2倍) ⇒ 格子幅**0.500m程度**(実河川スケール25.0m)

H27大型模型実験再現計算(格子細分化) 計算条件

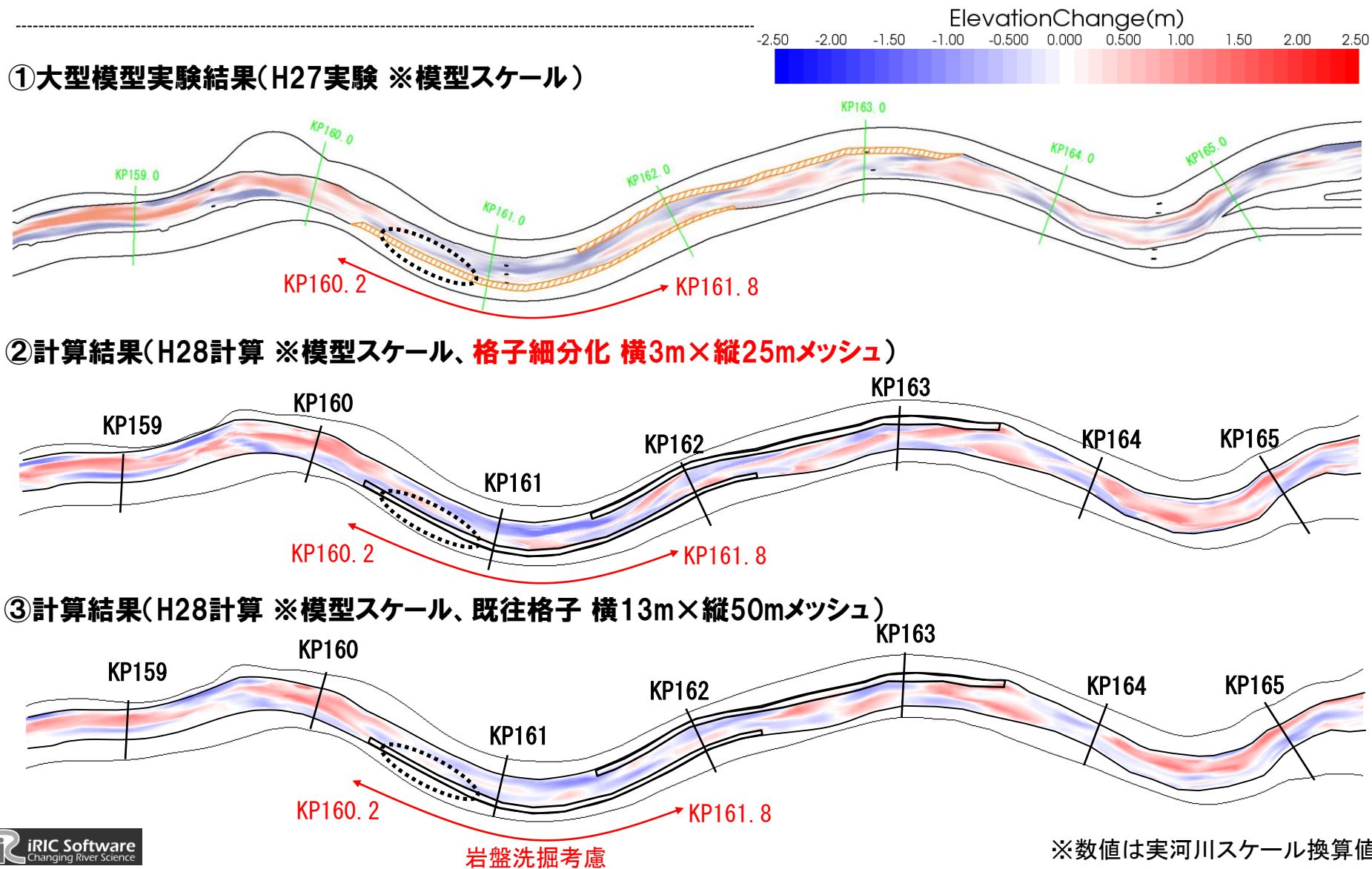
➤ 前項の通り、計算格子を細分化した。その他条件は妥当性検証の計算と同様。

計算手法	平面2次元河床変動計算法
再現対象	H27大型模型実験 砂州掘削を含む低水路拡幅および軟岩被覆(岩盤線+50cm)、巨礫左右岸敷設、KP160.2~161.8軟岩モルタル敷設(他区間は非洗掘モルタル敷設)
縮尺	模型スケール 現地1/50
計算区間	KP157.0~167.0
初期横断形状	平成23~25年測量横断を基本とした対策後の河道形状
平面形状	流下方向:382測線 横断方向:73測線(低水路48側線)
流量	①平均年最大流量($Q=0.0356\text{m}^3/\text{s}$)15時間(流砂量換算で現地30年間に相当) ⇒ ②H23.9洪水ハイドロ4時間(ピーク $Q=0.0727$) ⇒ ③平均年最大流量($Q=0.0356\text{m}^3/\text{s}$)5時間(流砂量換算で現地10年間に相当)
起算水位	KP157.0地点でHQ式より算出
河床材料	H27大型模型実験粒度分布を基にそれぞれ平均粒径 d_m で与えた 【砂礫床】 $d_m=1.34\text{mm}$ 【巨礫敷設部】 $d_m=2.79\text{mm}$
粗度係数	・低水路粗度:0.017 ・低水路粗度(巨礫敷設部):0.021 (河床材料を基にマニングストリクラー式より算定) ・高水敷粗度:0.023
樹木	平成19年樹木(航空写真より判読)
流入土砂量	動的平衡(KP167.0)
岩盤	・全計算区間で岩盤層を考慮 ※ (ただし、KP160.2~161.8:洗掘床、KP160.2~161.8区間以外:非洗掘床) ・H21現地実験結果を基に岩盤上の限界掃流力を算出(砂礫床の60%)
固定床	岩盤層(KP160.2~161.8区間以外)、永山床止KP166.05

※:現地踏査、航空写真、H19・20ボーリング結果より設定

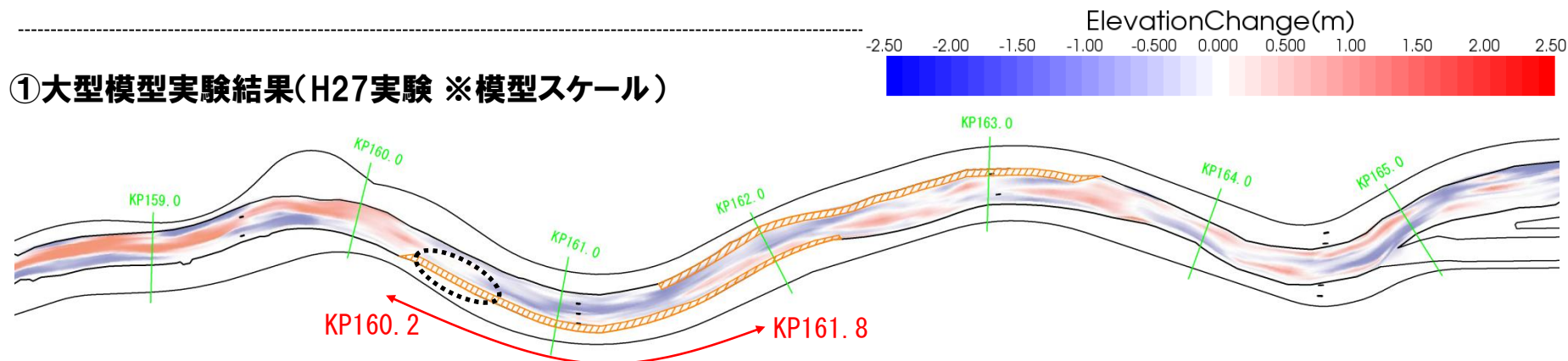
計算結果 H23.9洪水後 ～初期河床からの変化高変化～

➤ H28計算結果②(格子細分化)は、H28計算結果③(既往格子)に比べ、KP161下流左岸側の巨礫前面における低下を再現できている。

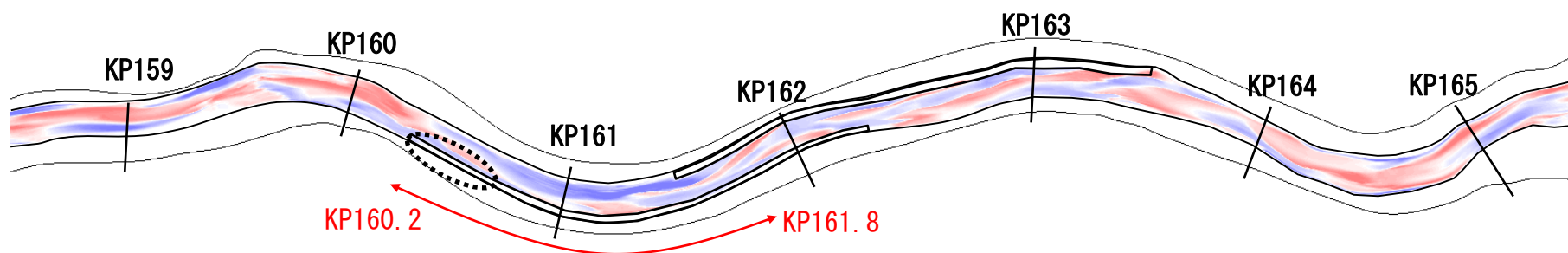


計算結果 最終河床 ～初期河床からの変化高変化～

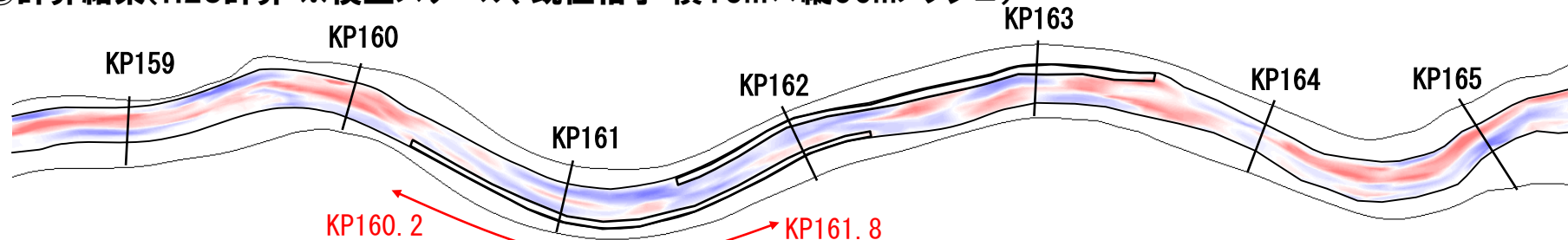
➤ 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積(KP160.4付近左岸側)が確認されたが、H28計算結果②(格子細分化)では再現できていない。



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化 横3m×縦25mメッシュ)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、既往格子 横13m×縦50mメッシュ)



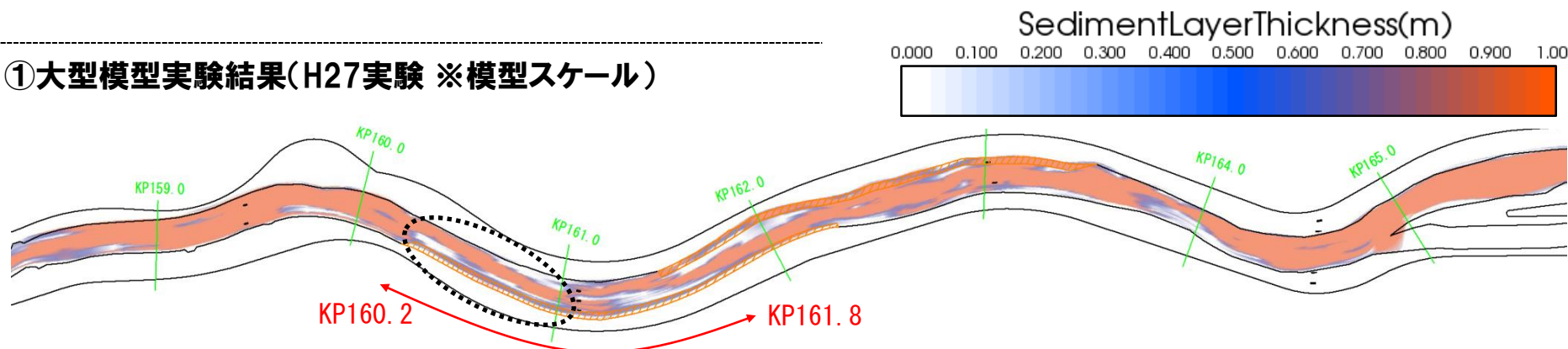
岩盤洗掘考慮

※数値は実河川スケール換算値

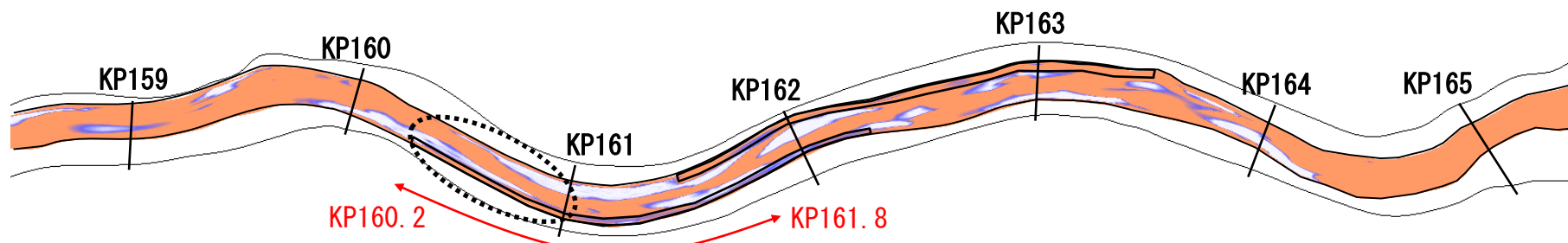
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤上の砂礫厚～

➤ H28計算結果②(格子細分化)は、H28計算結果③(既往格子)に比べて、KP161下流左岸側の巨礫前面における砂礫層の流出を再現できている。

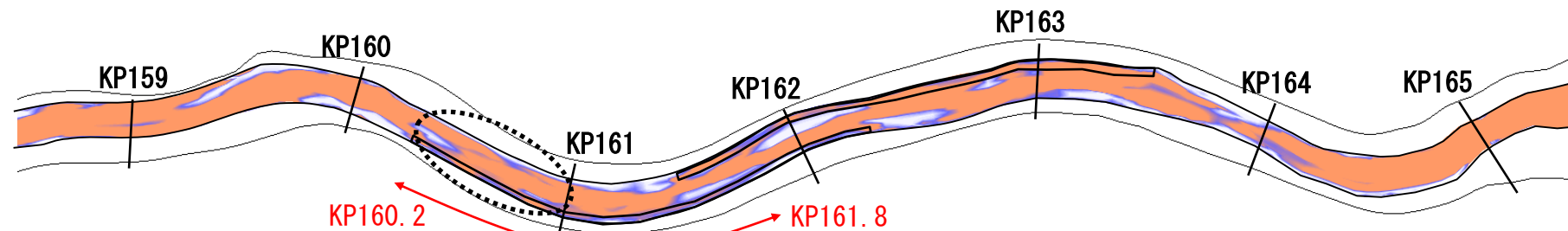
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化 横3m×縦25mメッシュ)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、既往格子 横13m×縦50mメッシュ)



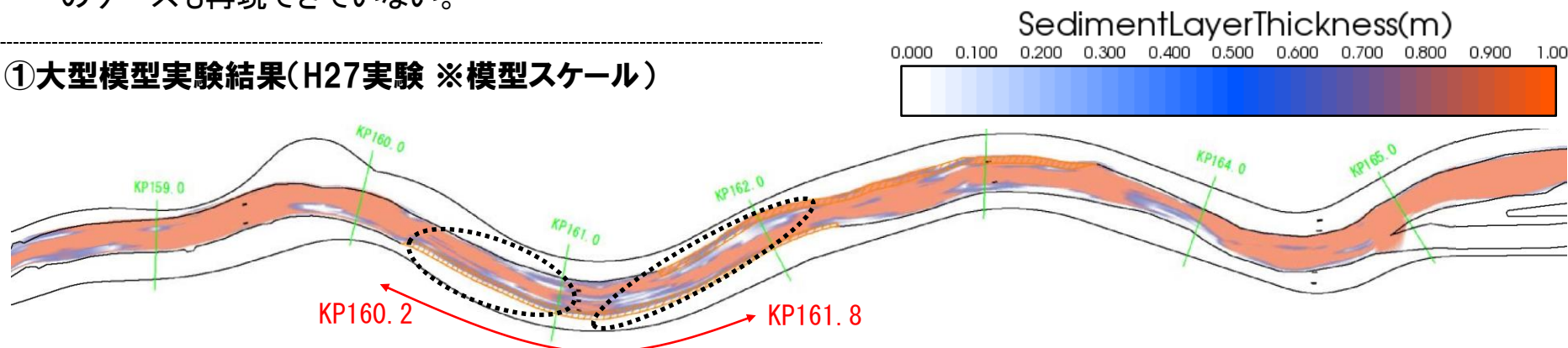
岩盤洗掘考慮

※数値は実河川スケール換算値

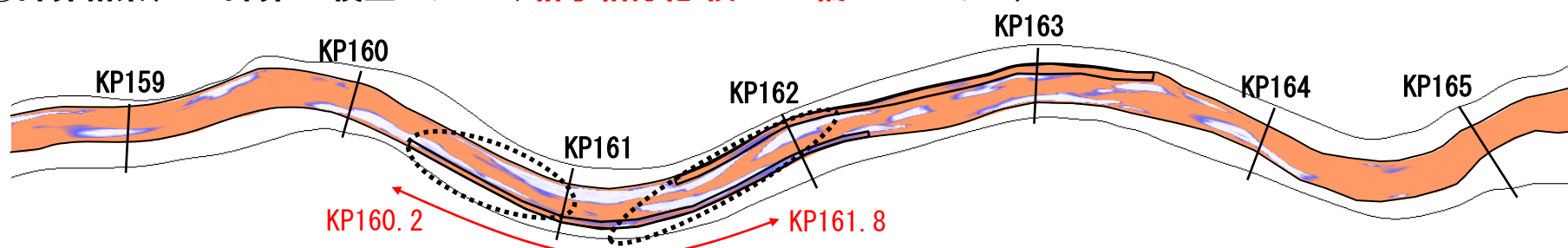
計算結果 最終河床 ～岩盤上の砂礫厚～

- 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積(KP160.4付近左岸側、KP161.5付近左岸側、KP161.8付近右岸側)が確認されたが、H28計算結果②(格子細分化)、H28計算結果③(既往格子)のいずれのケースも再現できていない。

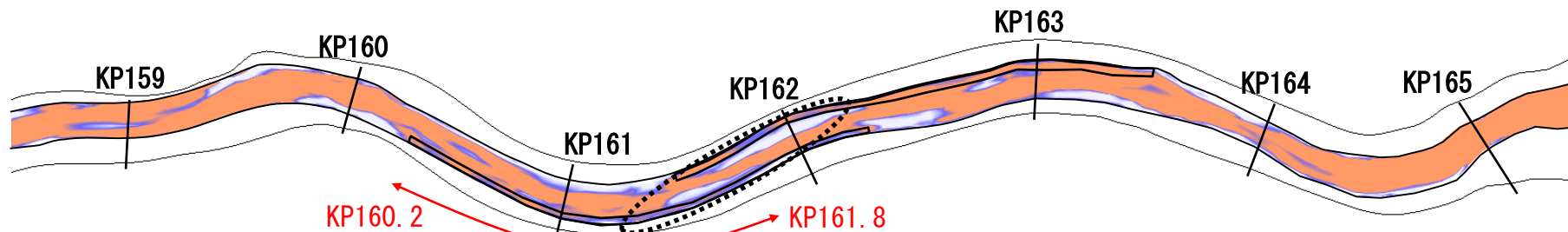
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化 横3m×縦25mメッシュ)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、既往格子 横13m×縦50mメッシュ)



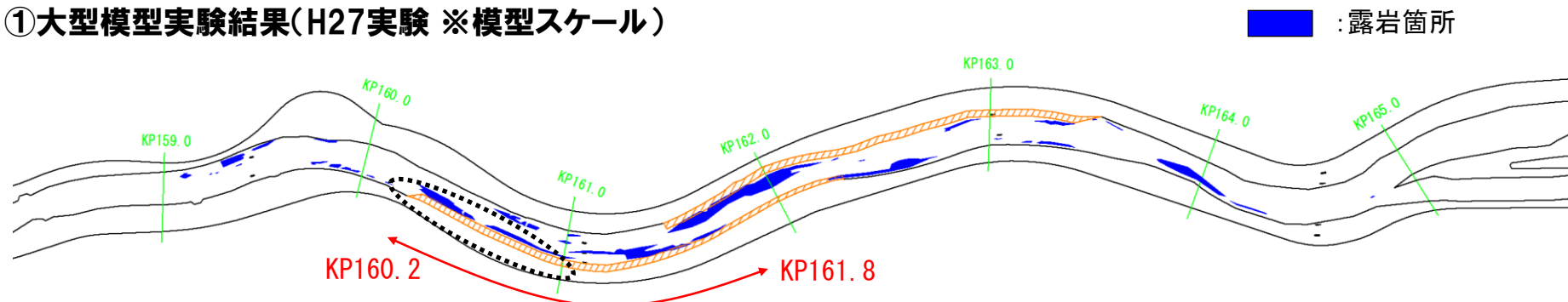
岩盤洗掘考慮

※数値は実河川スケール換算値

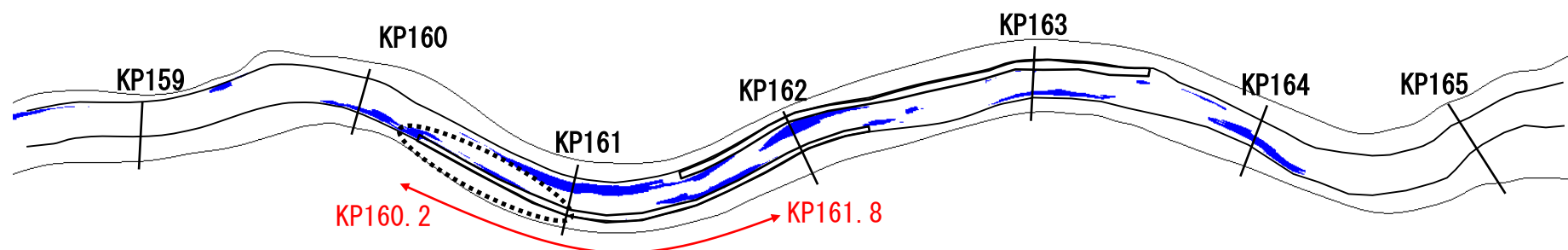
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤露出箇所～

➤ H28計算結果②(格子細分化)は、H28計算結果③(既往格子)に比べて露岩箇所の再現性が向上し、KP161下流左岸側の巨礫前面における露岩が再現できている。

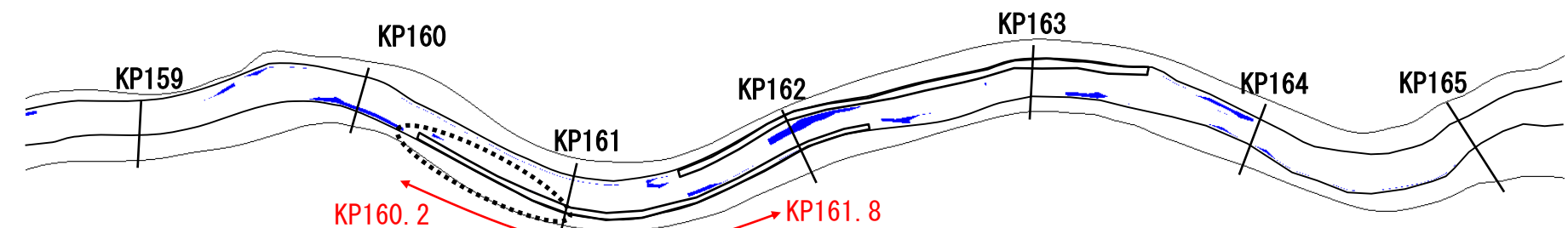
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化 横3m×縦25mメッシュ)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、既往格子 横13m×縦50mメッシュ)



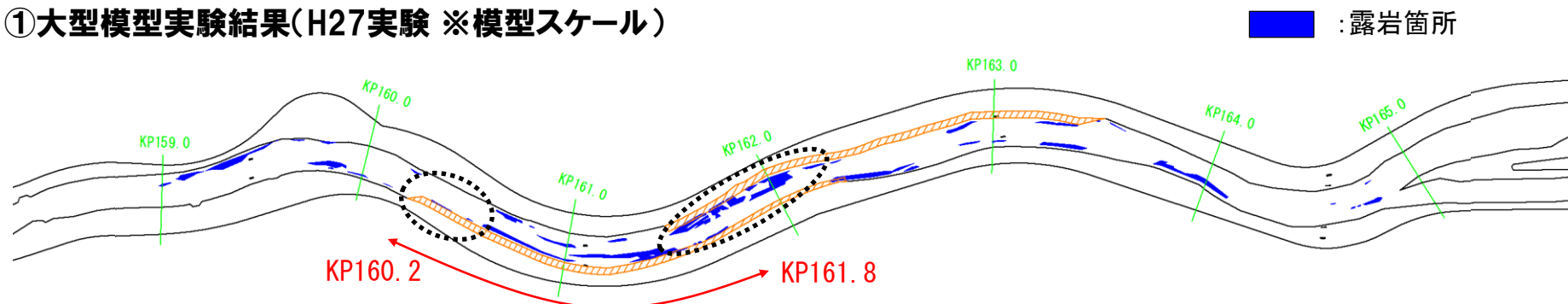
岩盤洗掘考慮

※数値は実河川スケール換算値

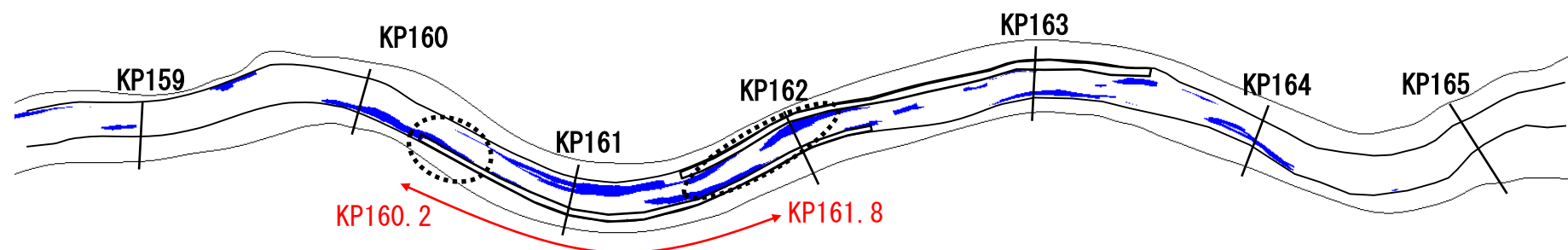
計算結果 最終河床 ～岩盤露出箇所～

- 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積(KP160.4付近左岸側、KP161.5付近左岸側、KP161.8付近右岸側)が確認されたが、H28計算結果②(格子細分化)、H28計算結果③(既往格子)のいずれのケースも再現できていない。

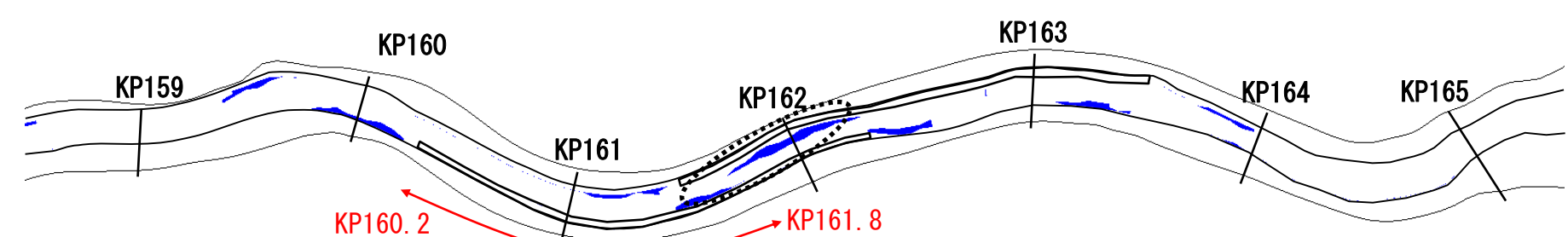
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化 横3m×縦25mメッシュ)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、既往格子 横13m×縦50mメッシュ)



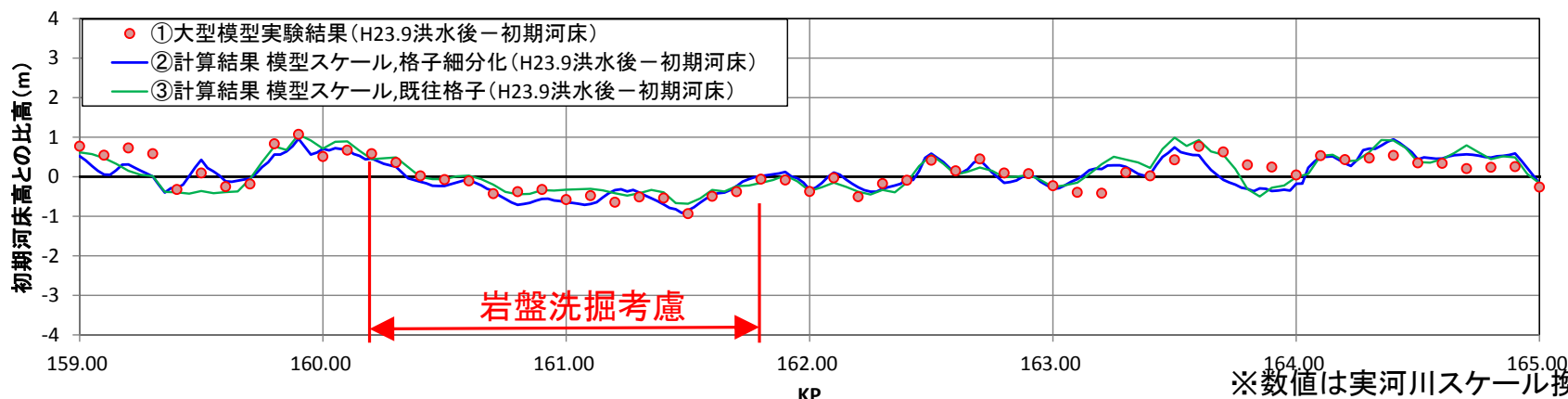
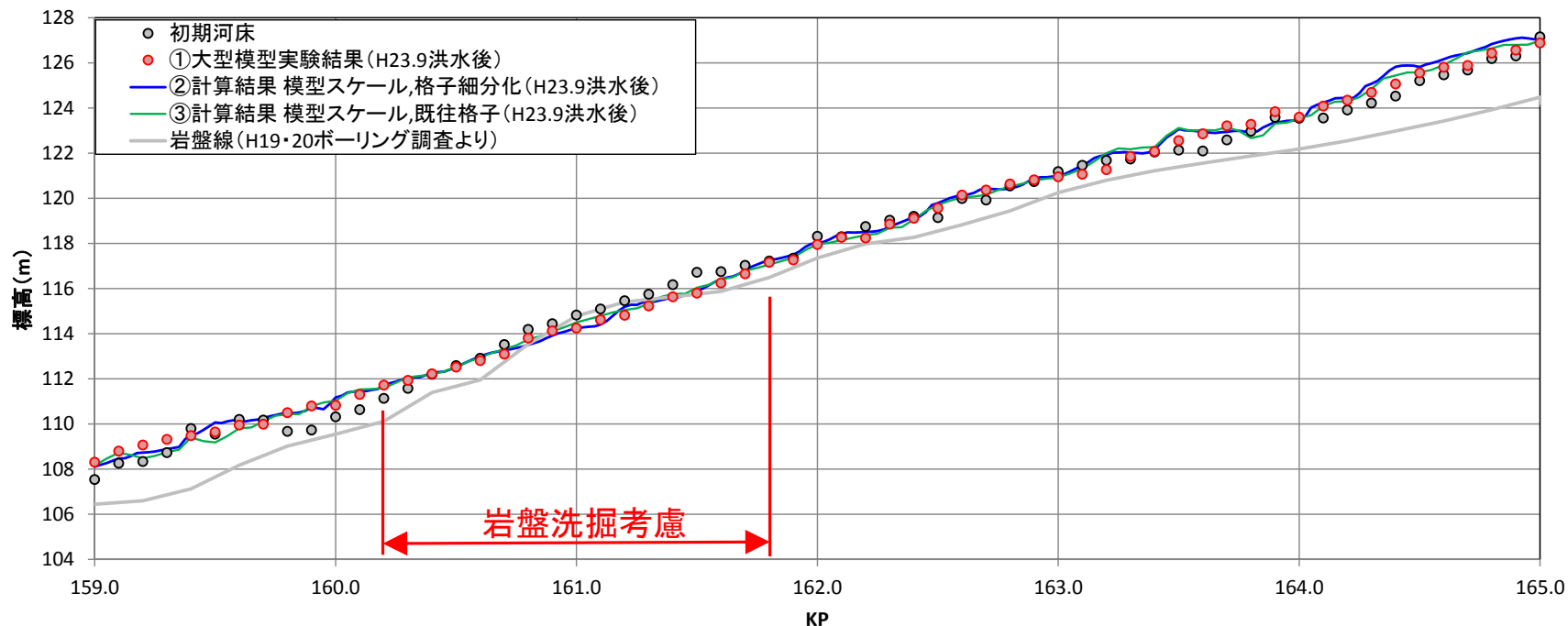
岩盤洗掘考慮

※数値は実河川スケール換算値

計算結果 H23.9洪水後(平均河床高縦断図)

➤ H28計算結果②(格子細分化)の平均河床高は、大型模型実験結果①と概ね同様の河床変動量を示している。

平均河床高縦断図

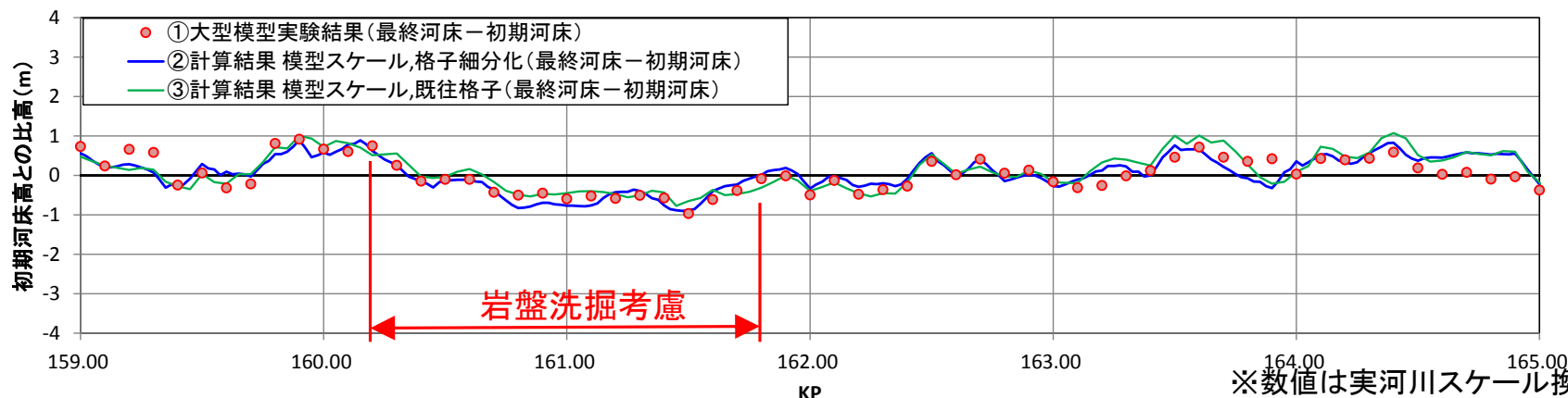
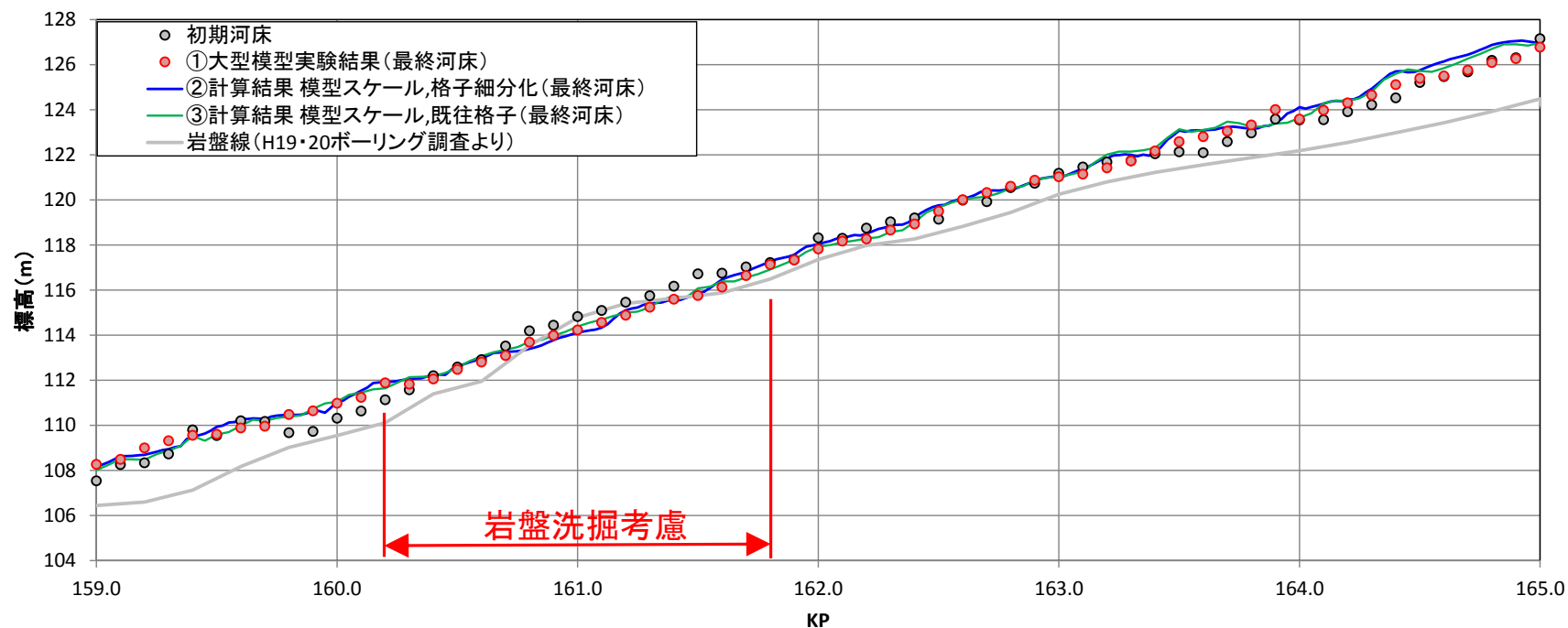


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 最終河床(平均河床高縦断面図)

➤ H28計算結果②(格子細分化)の平均河床高は、大型模型実験結果①と概ね同様の河床変動量を示している。

平均河床高縦断面図

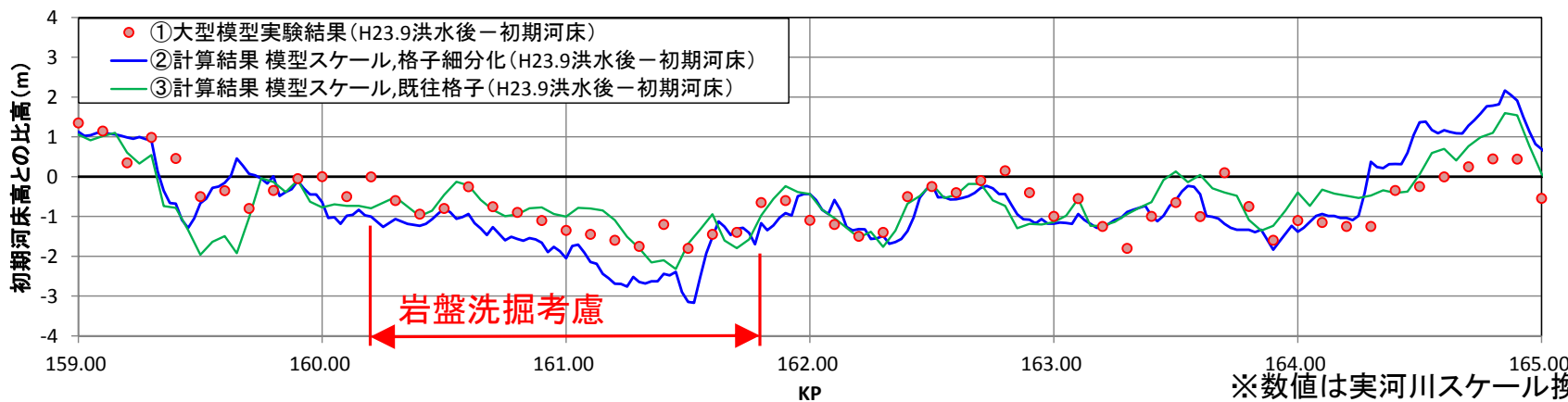
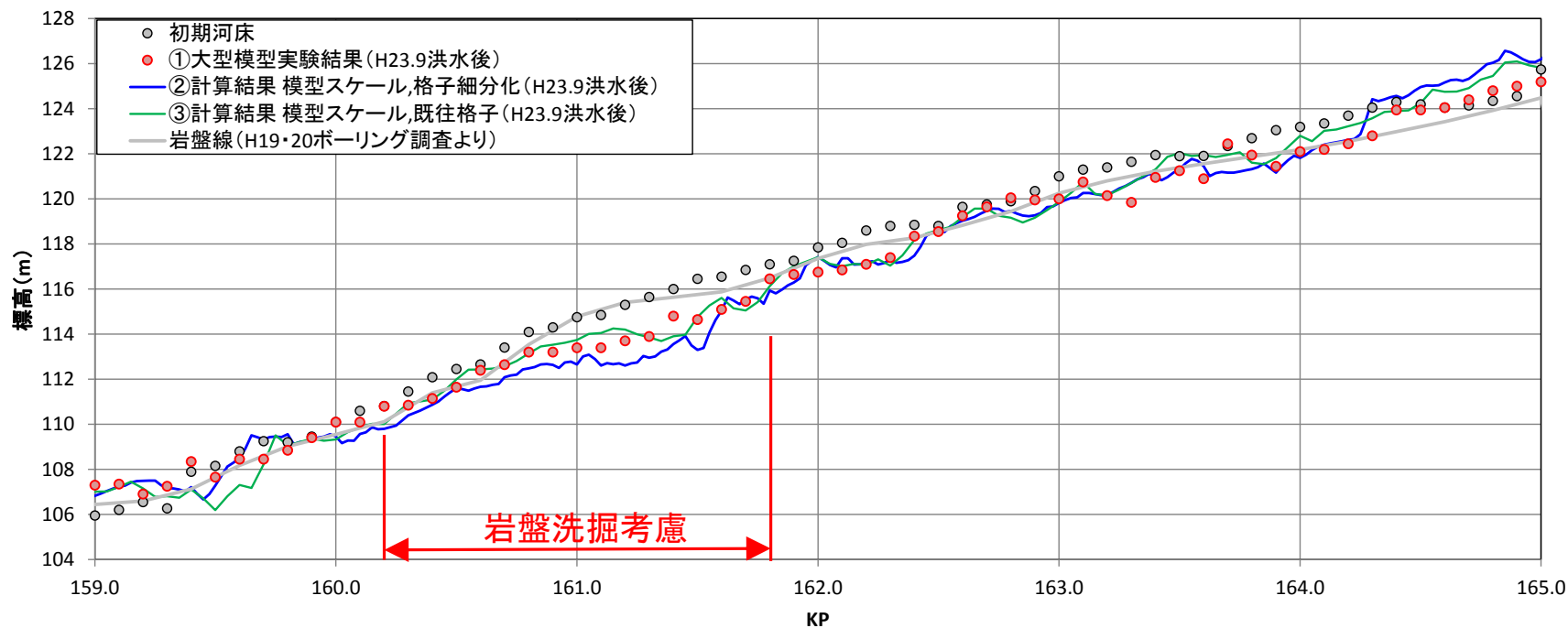


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 H23.9洪水後(最深河床高縦断図)

- H28計算結果②(格子細分化)の最深河床高は、岩盤洗掘考慮区間全体の低下量が大型模型実験結果①及びH28計算結果③(既往格子)に比べて大きい地点がある。

最深河床高縦断図

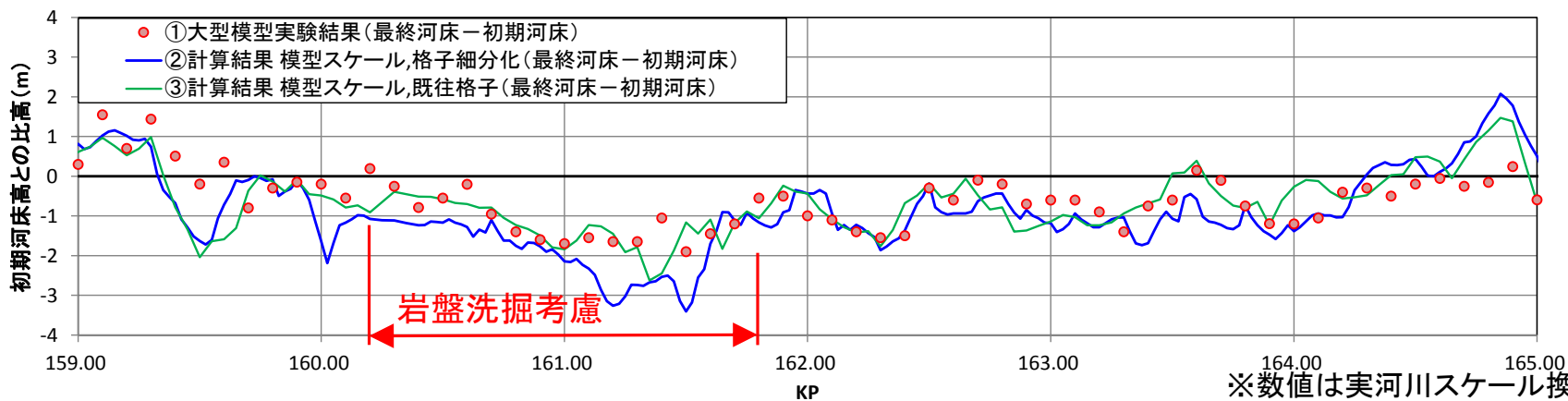
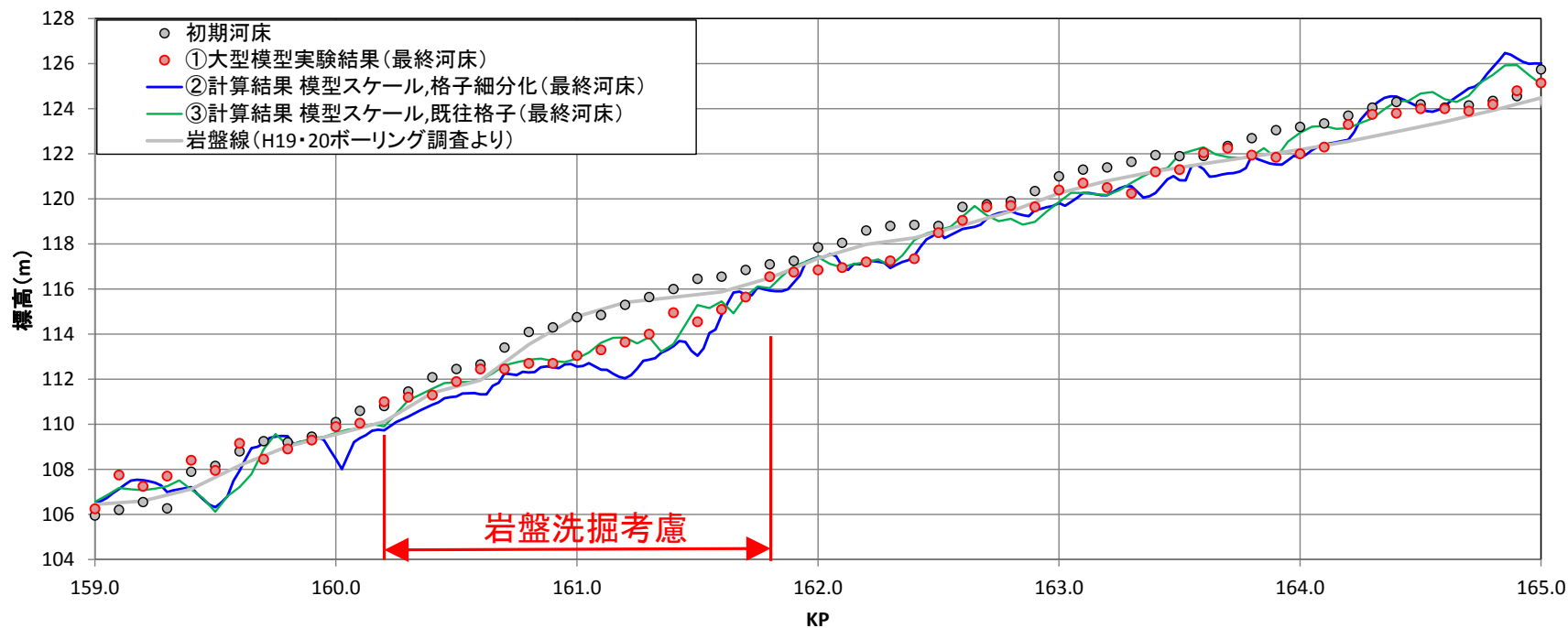


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 最終河床(最深河床高縦断面図)

- H28計算結果②(格子細分化)の最深河床高は、岩盤洗掘考慮区間全体の低下量が大型模型実験結果①及びH28計算結果③(既往格子)に比べて大きい地点がある。

最深河床高縦断面図



※数値は実河川スケール換算値

岩盤洗掘形状と砂礫再堆積の再現性について

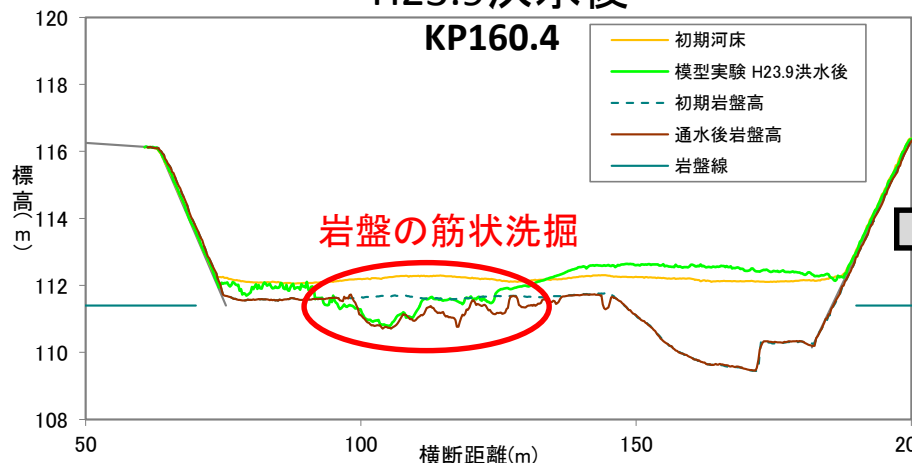
➢ H28計算結果②(格子細分化)は、大型模型実験で見られた岩盤の筋状洗掘やH23.9洪水後から最終河床の間の再堆積を再現できなかった。→次項より岩盤の露出による粗度係数変化の影響を確認する

実験結果

※数値は実河川スケール換算値

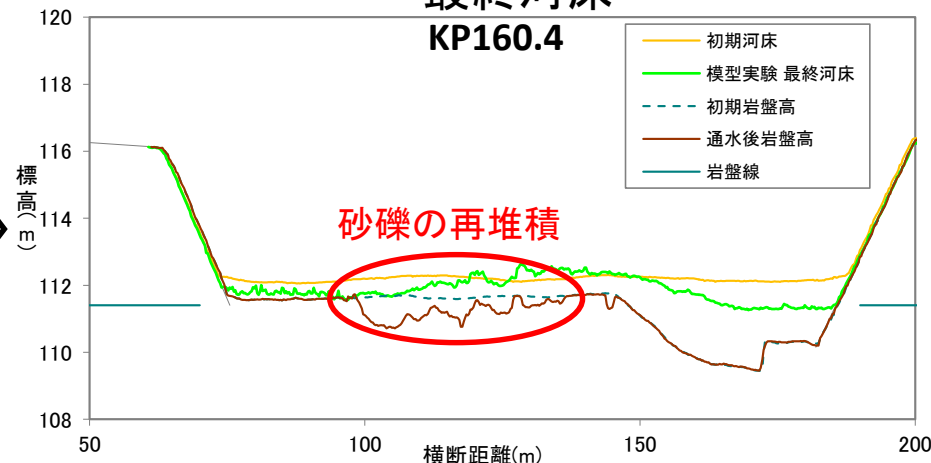
H23.9洪水後

KP160.4



最終河床

KP160.4

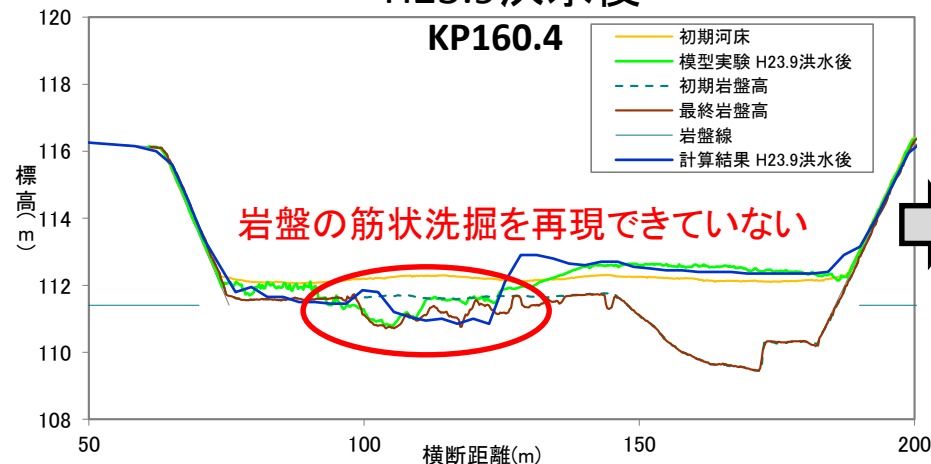


計算結果 格子細分化

※数値は実河川スケール換算値

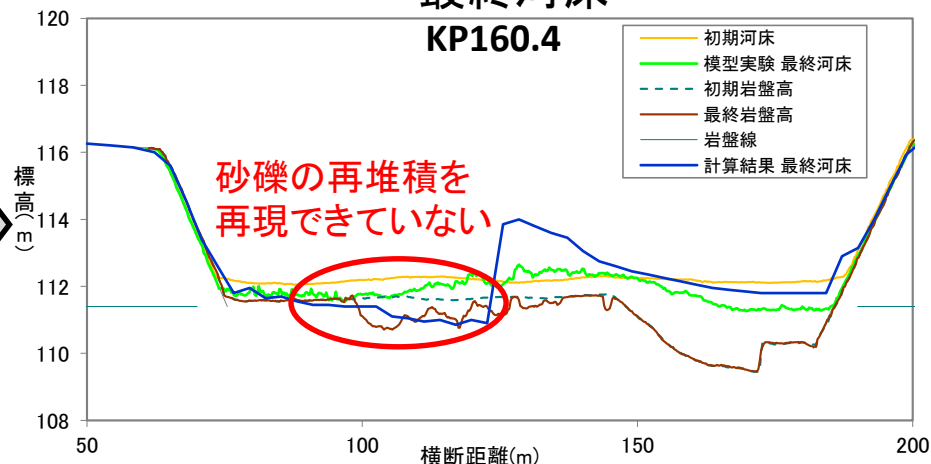
H23.9洪水後

KP160.4



最終河床

KP160.4



H27大型模型実験再現計算(岩盤床粗度変化) 計算条件

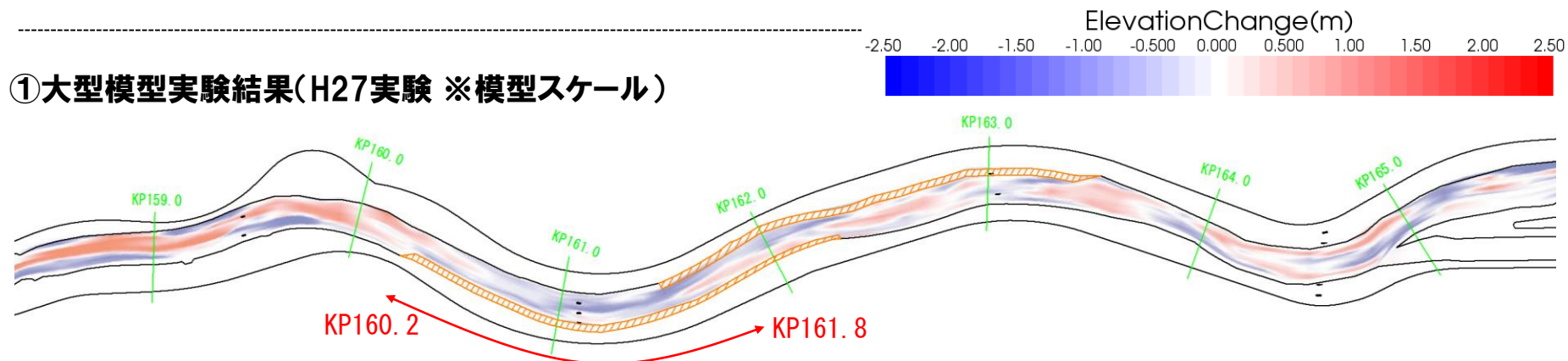
- 岩盤床の粗度係数を、現地水路実験(H20・21)から得られた露岩部の相当粗度をもとに0.012とした。その他条件は格子細分化の計算と同様。

計算手法	平面2次元河床変動計算法
再現対象	H27大型模型実験 砂州掘削を含む低水路拡幅および軟岩被覆(岩盤線+50cm)、巨礫左右岸敷設、KP160.2~161.8軟岩モルタル敷設(他区間は非洗掘モルタル敷設)
縮尺	模型スケール 現地1/50
計算区間	KP157.0~167.0
初期横断形状	平成23~25年測量横断を基本とした対策後の河道形状
平面形状	流下方向:382測線 横断方向:73測線(低水路48側線)
流量	①平均年最大流量($Q=0.0356\text{m}^3/\text{s}$)15時間(流砂量換算で現地30年間に相当) ⇒ ②H23.9洪水ハイドロ4時間(ピーク $Q=0.0727$) ⇒ ③平均年最大流量($Q=0.0356\text{m}^3/\text{s}$)5時間(流砂量換算で現地10年間に相当)
起算水位	KP157.0地点でHQ式より算出
河床材料	H27大型模型実験粒度分布を基にそれぞれ平均粒径 d_m で与えた 【砂礫床】 $d_m=1.34\text{mm}$ 【巨礫敷設部】 $d_m=2.79\text{mm}$
粗度係数	・低水路粗度:砂礫床 0.017、 岩盤床 0.012 ・低水路粗度(巨礫敷設部):0.021 (河床材料を基にマニングストリクラー式より算定) ・高水敷粗度:0.023
樹木	平成19年樹木(航空写真より判読)
流入土砂量	動的平衡(KP167.0)
岩盤	・全計算区間で岩盤層を考慮 ※ (ただし、KP160.2~161.8:洗掘床、KP160.2~161.8区間以外:非洗掘床) ・H21現地実験結果を基に岩盤上の限界掃流力を算出(砂礫床の60%)
固定床	岩盤層(KP160.2~161.8区間以外)、永山床止KP166.05

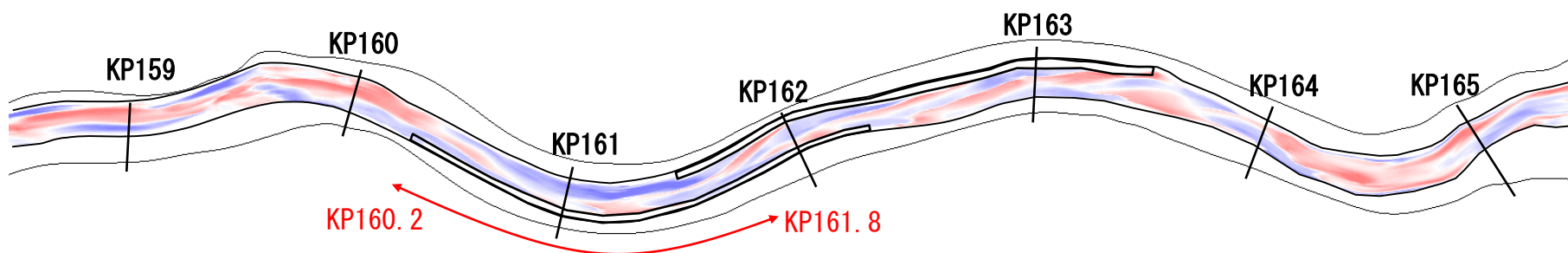
※:現地踏査、航空写真、H19・20ボーリング結果より設定

計算結果 H23.9洪水後 ～初期河床からの変化高変化～

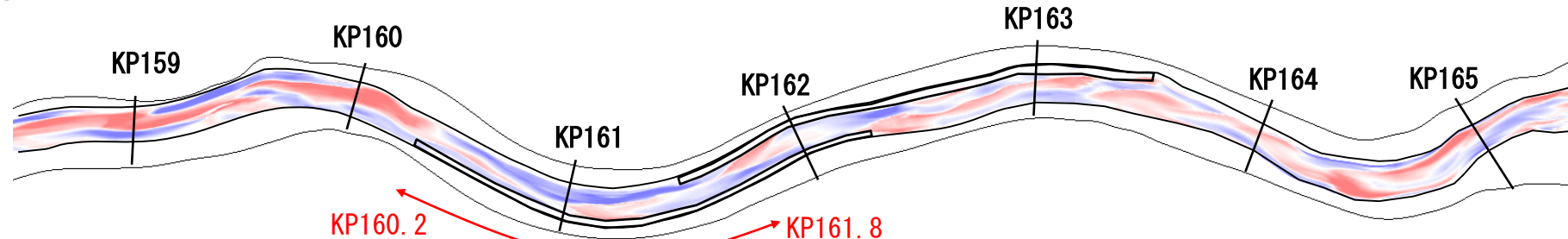
- 堆積箇所、低下箇所は、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも概ね同様である。



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017=低水路粗度一定)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012=砂礫床と岩盤床で変化)

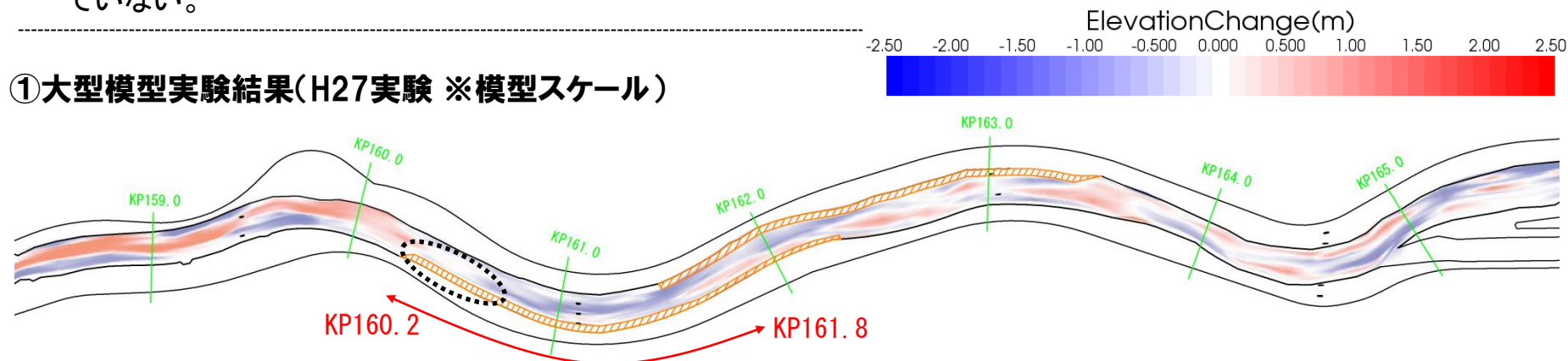


岩盤洗掘考慮

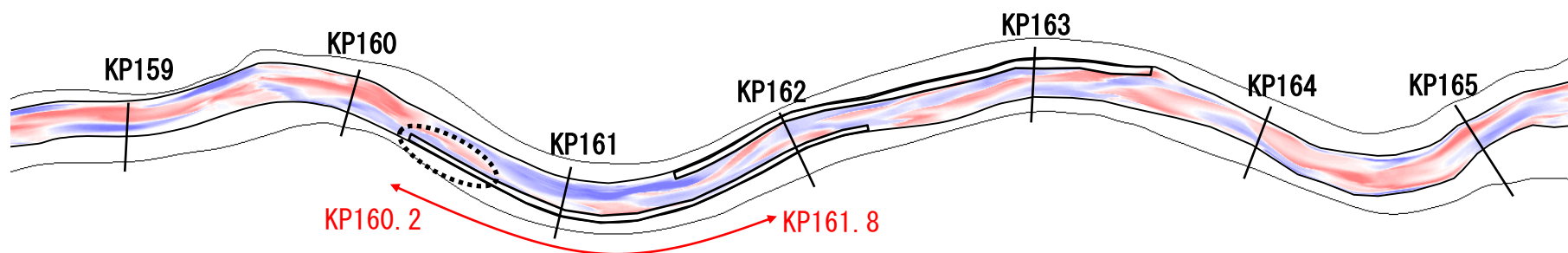
※数値は実河川スケール換算値

計算結果 最終河床 ～初期河床からの変化高変化～

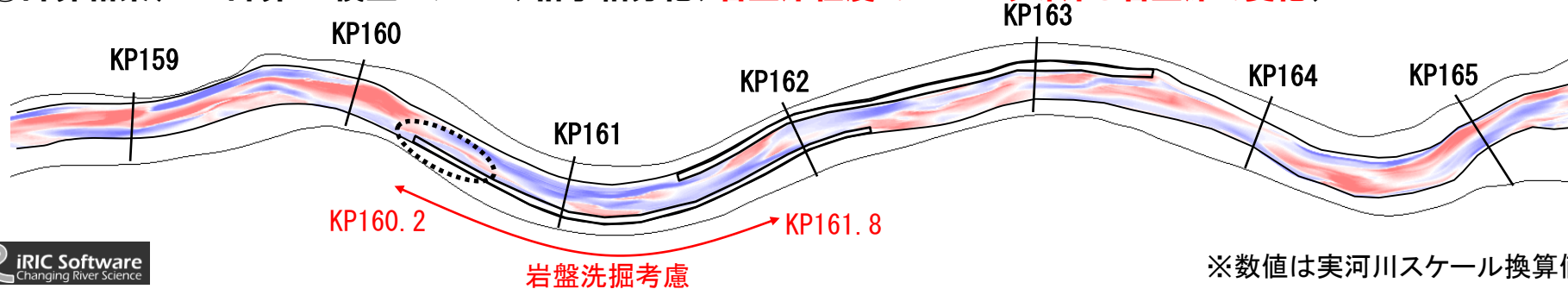
- 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積 (KP160.4付近左岸側)が確認されたが、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも再現できていない。



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017=低水路粗度一定)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012=砂礫床と岩盤床で変化)

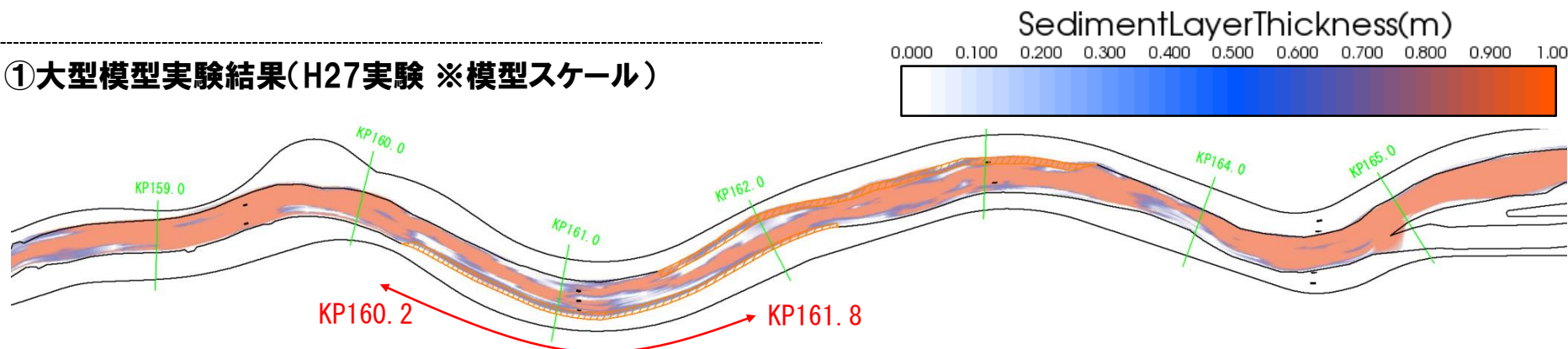


※数値は実河川スケール換算値

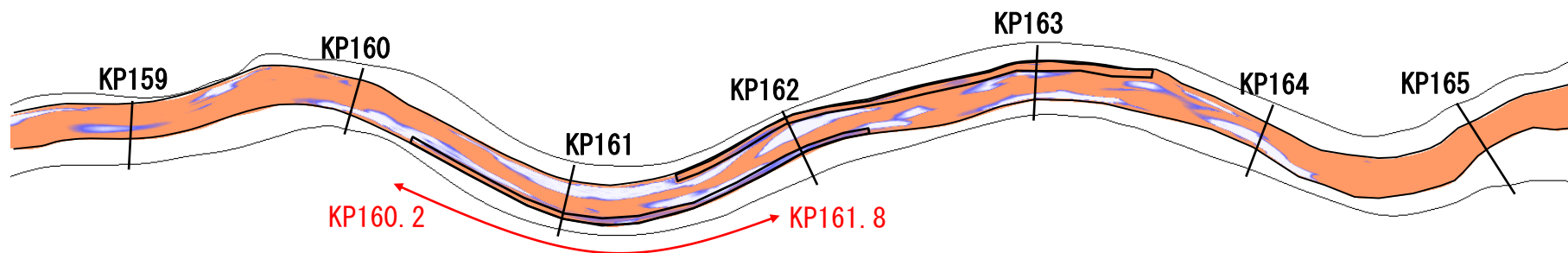
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤上の砂礫厚～

➤ 岩盤上の砂礫厚は、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも概ね同様である。

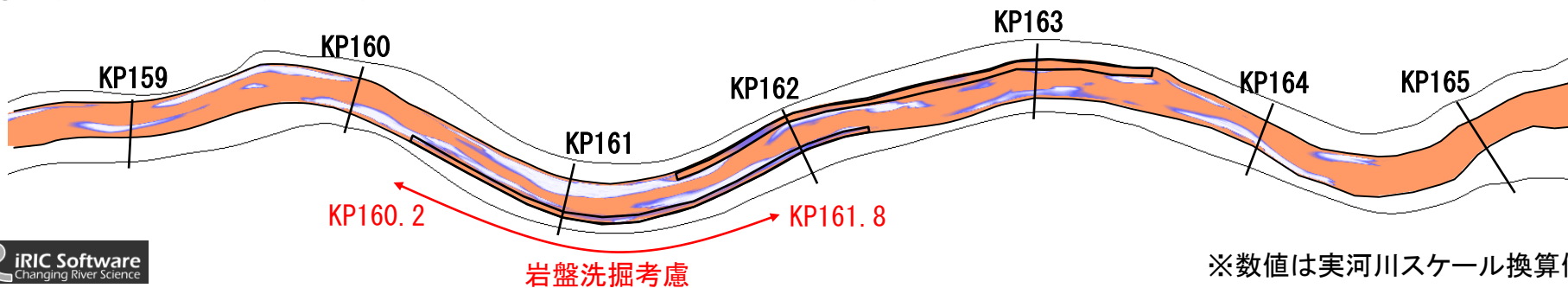
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017＝低水路粗度一定)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012＝砂礫床と岩盤床で変化)

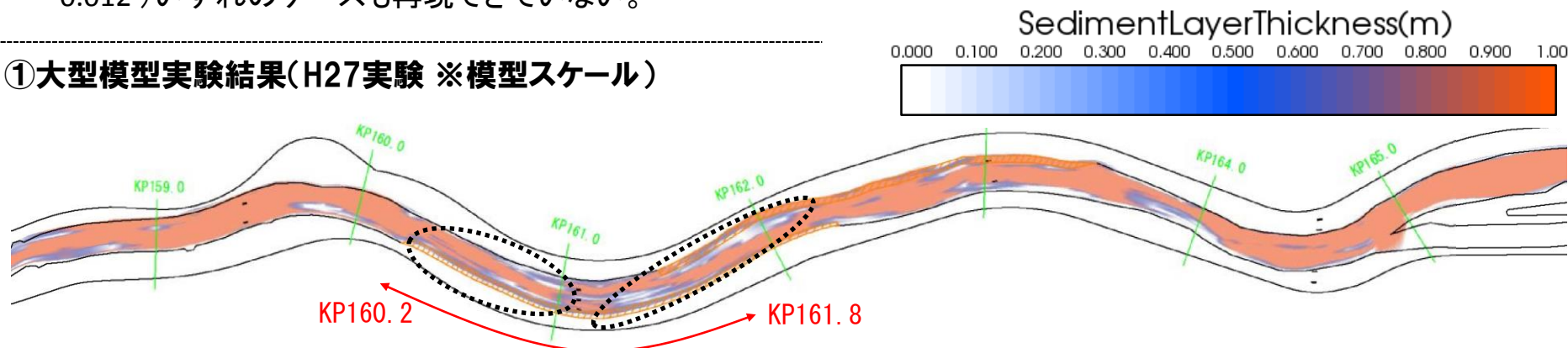


※数値は実河川スケール換算値

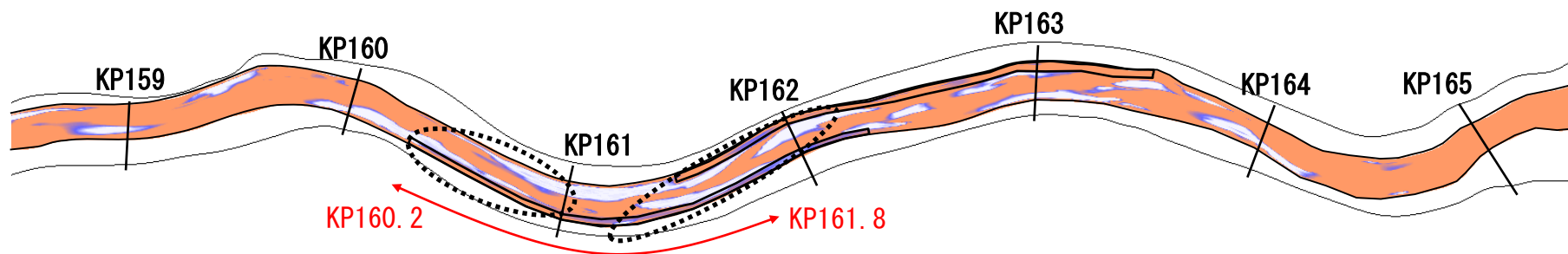
計算結果 最終河床 ～岩盤上の砂礫厚～

➤ 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積(KP160.4付近左岸側、KP161.5付近左岸側、KP161.8付近右岸側)が確認されたが、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも再現できていない。

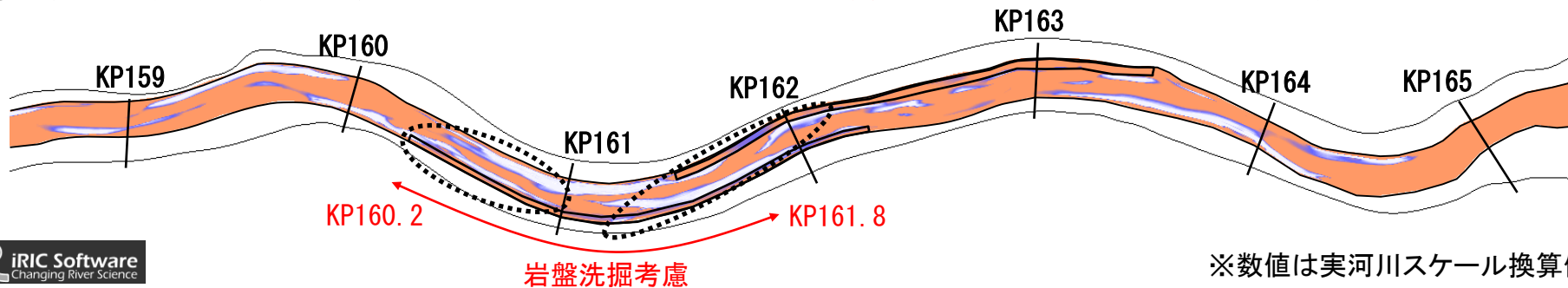
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017=低水路粗度一定)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012=砂礫床と岩盤床で変化)

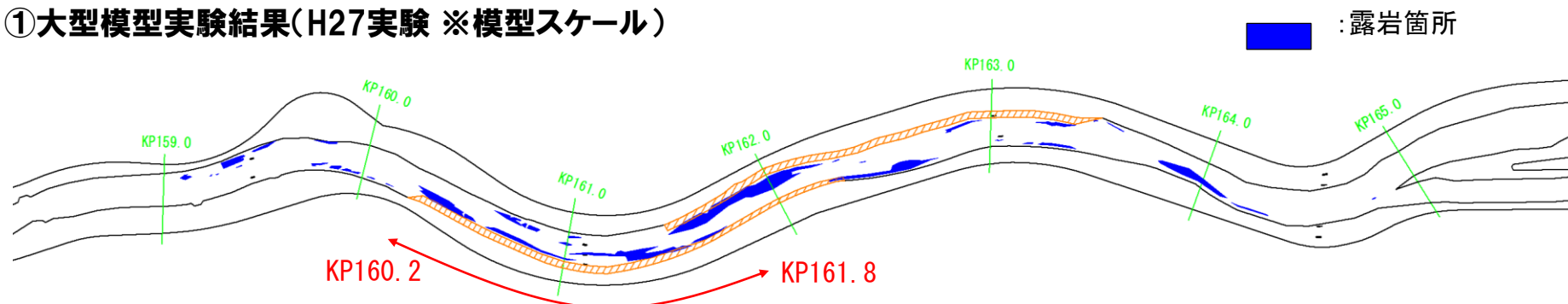


※数値は実河川スケール換算値

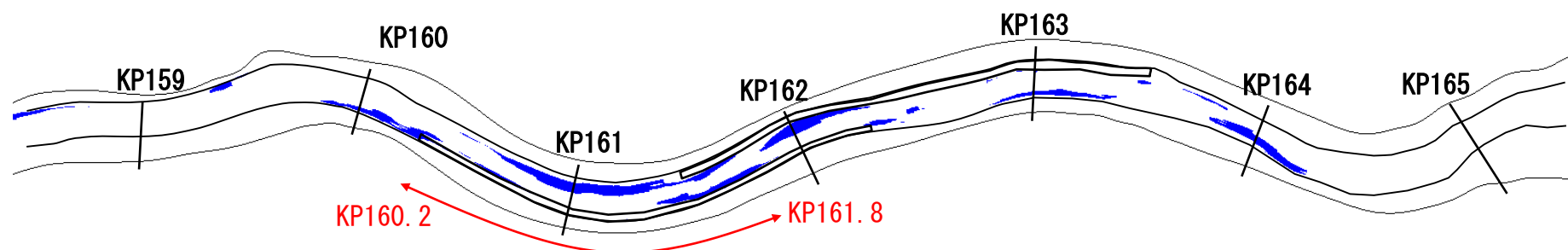
計算結果 H23.9洪水後 ～岩盤露出箇所～

- 露岩箇所は、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも概ね同様である。

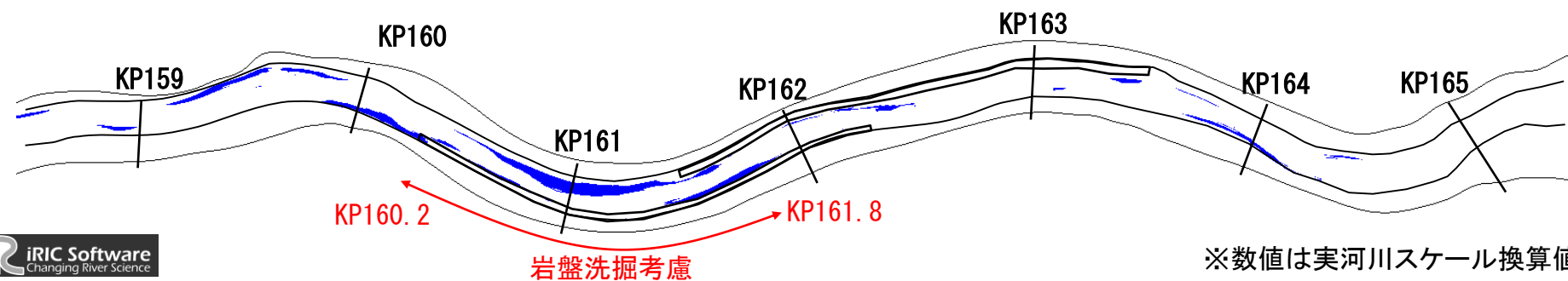
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017＝低水路粗度一定)



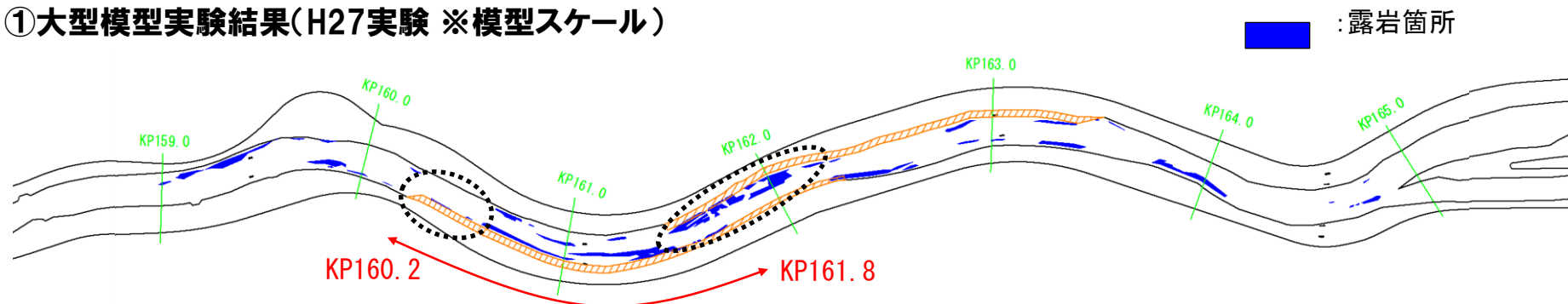
③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012＝砂礫床と岩盤床で変化)



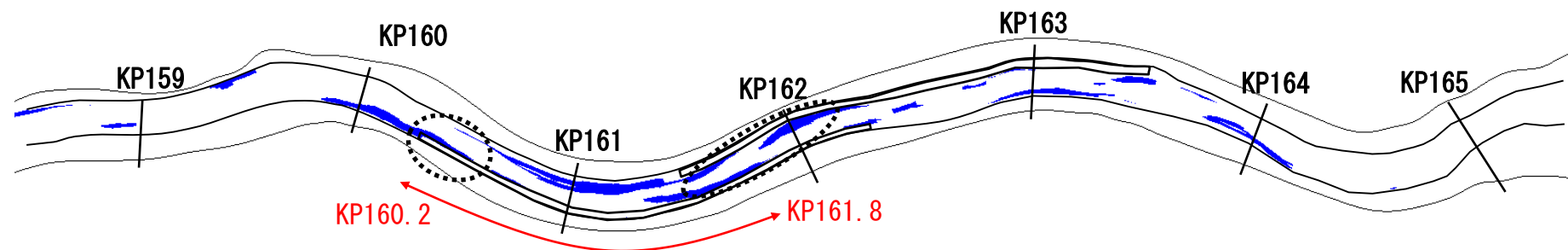
計算結果 最終河床 ～岩盤露出箇所～

➤ 大型模型実験ではH23.9洪水後から最終河床の間に再堆積(KP160.4付近左岸側、KP161.5付近左岸側、KP161.8付近右岸側)が確認されたが、H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも再現できていない。

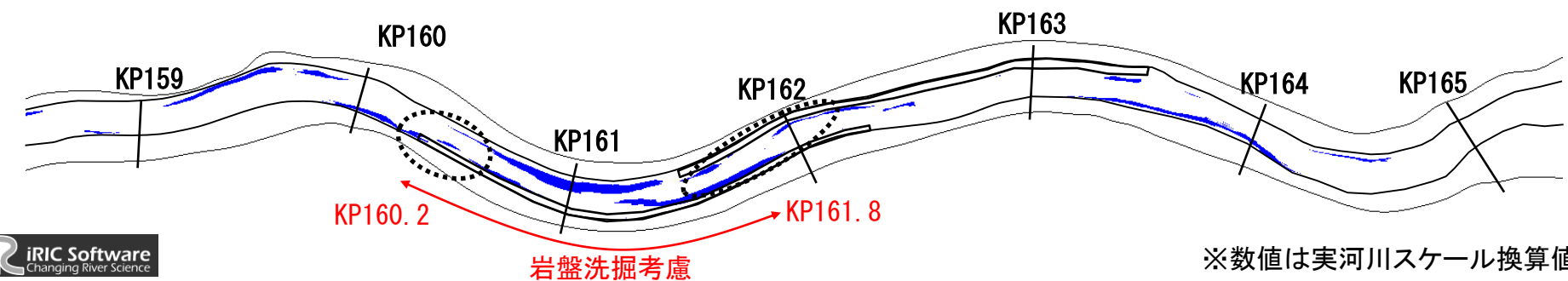
①大型模型実験結果(H27実験 ※模型スケール)



②計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.017=低水路粗度一定)



③計算結果(H28計算 ※模型スケール、格子細分化、岩盤床粗度0.012=砂礫床と岩盤床で変化)

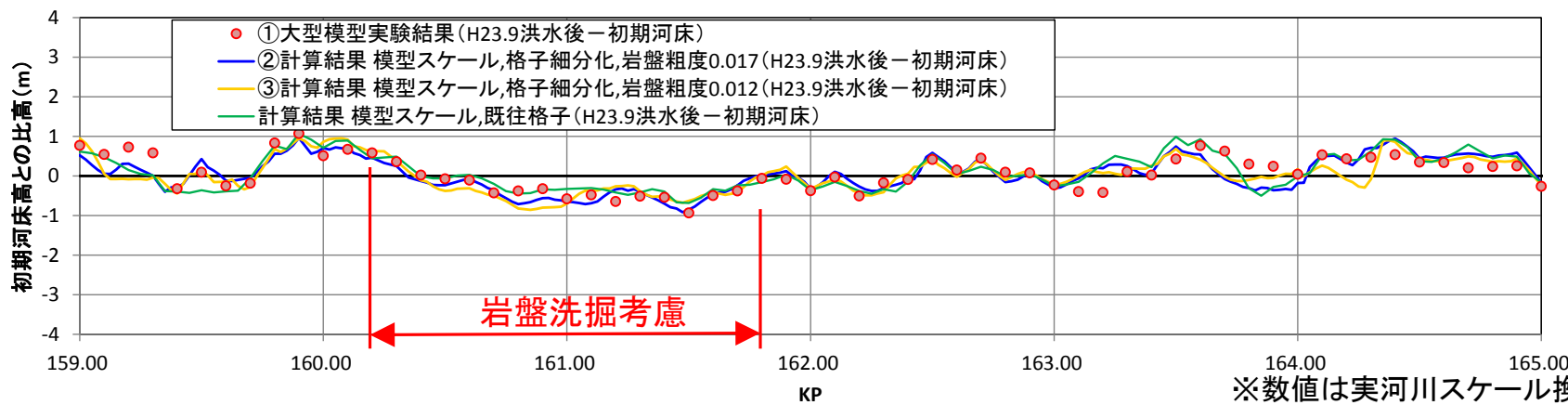
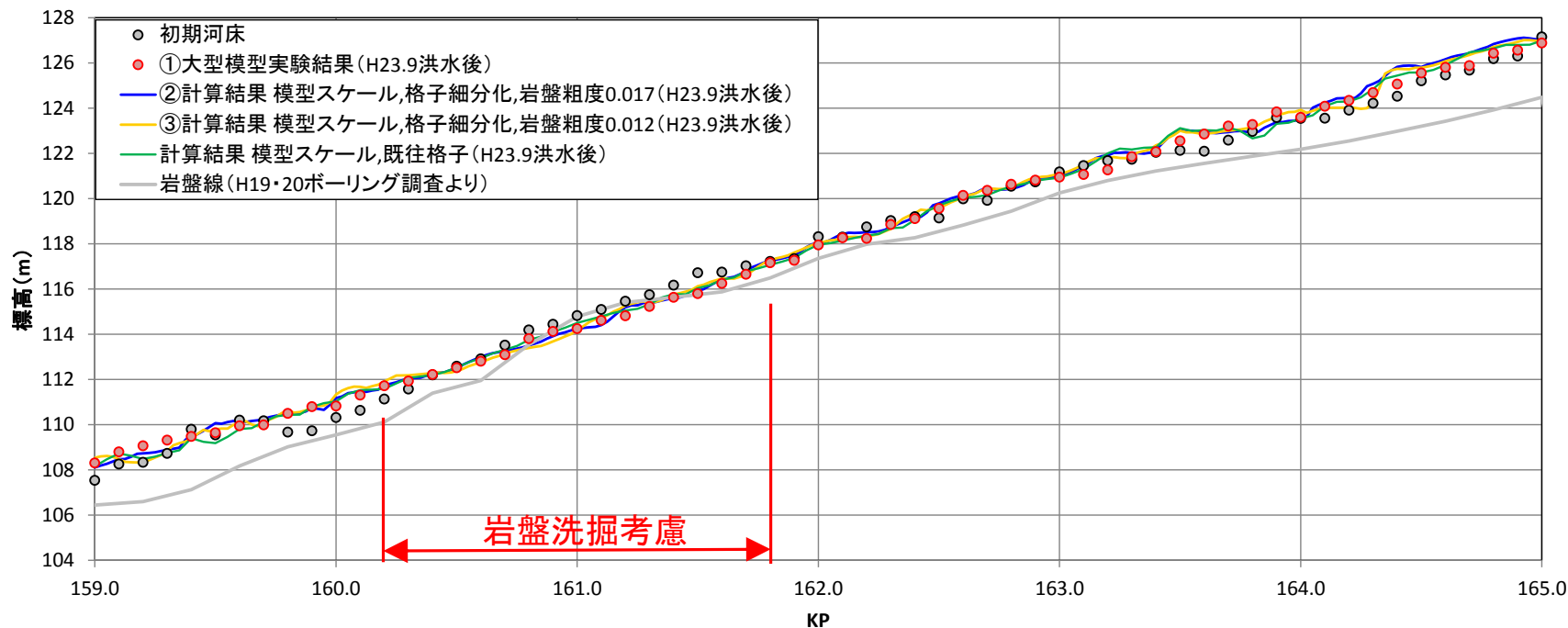


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 H23.9洪水後(平均河床高縦断図)

- H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも大型模型実験結果①と概ね同様の河床変動量を示している。

平均河床高縦断図

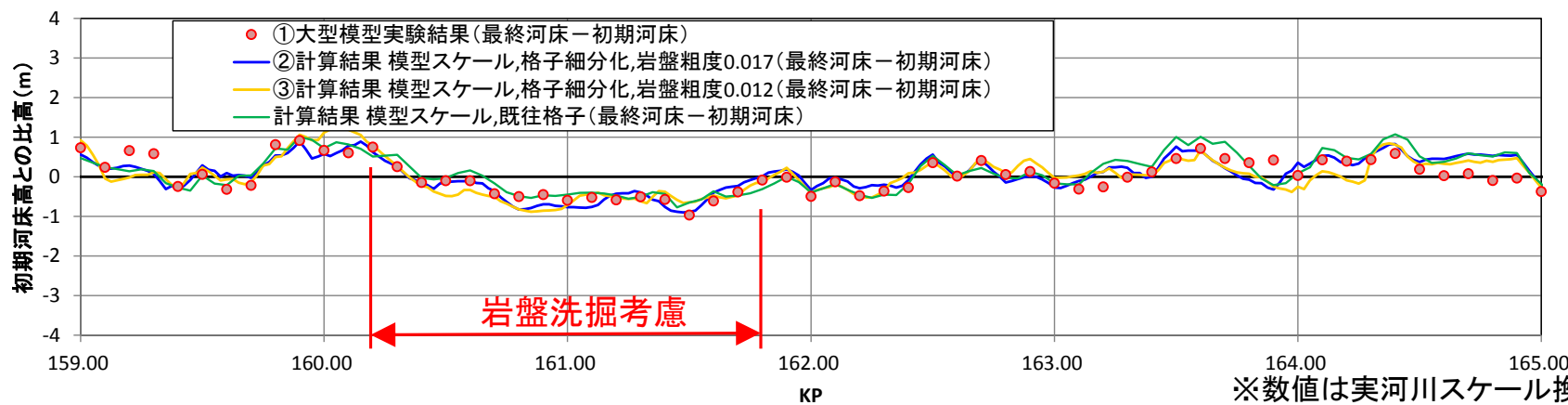
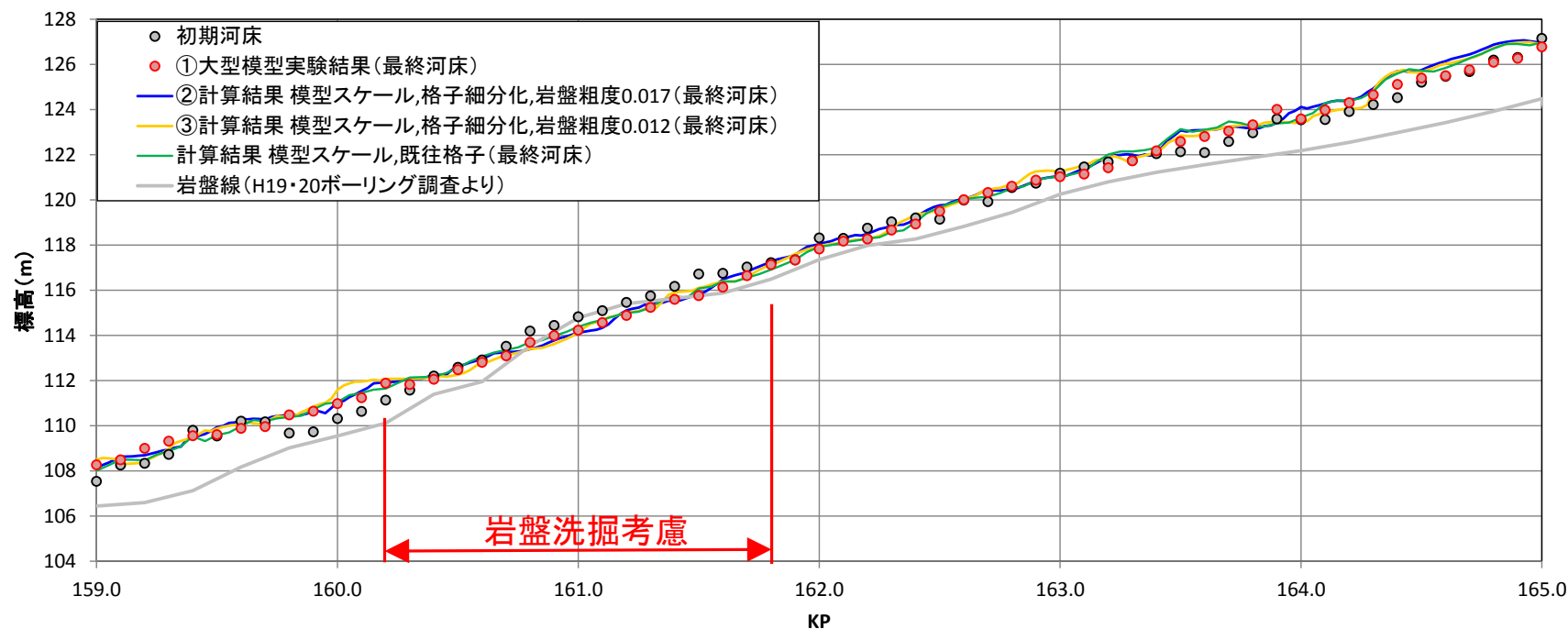


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 最終河床(平均河床高縦断面図)

- H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも大型模型実験結果①と概ね同様の河床変動量を示している。

平均河床高縦断面図

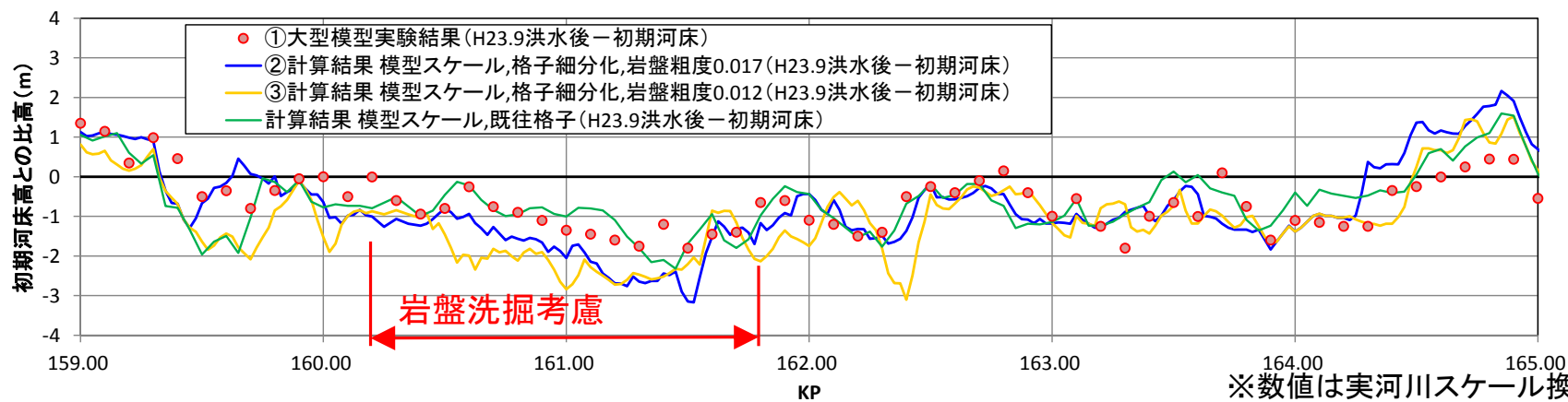
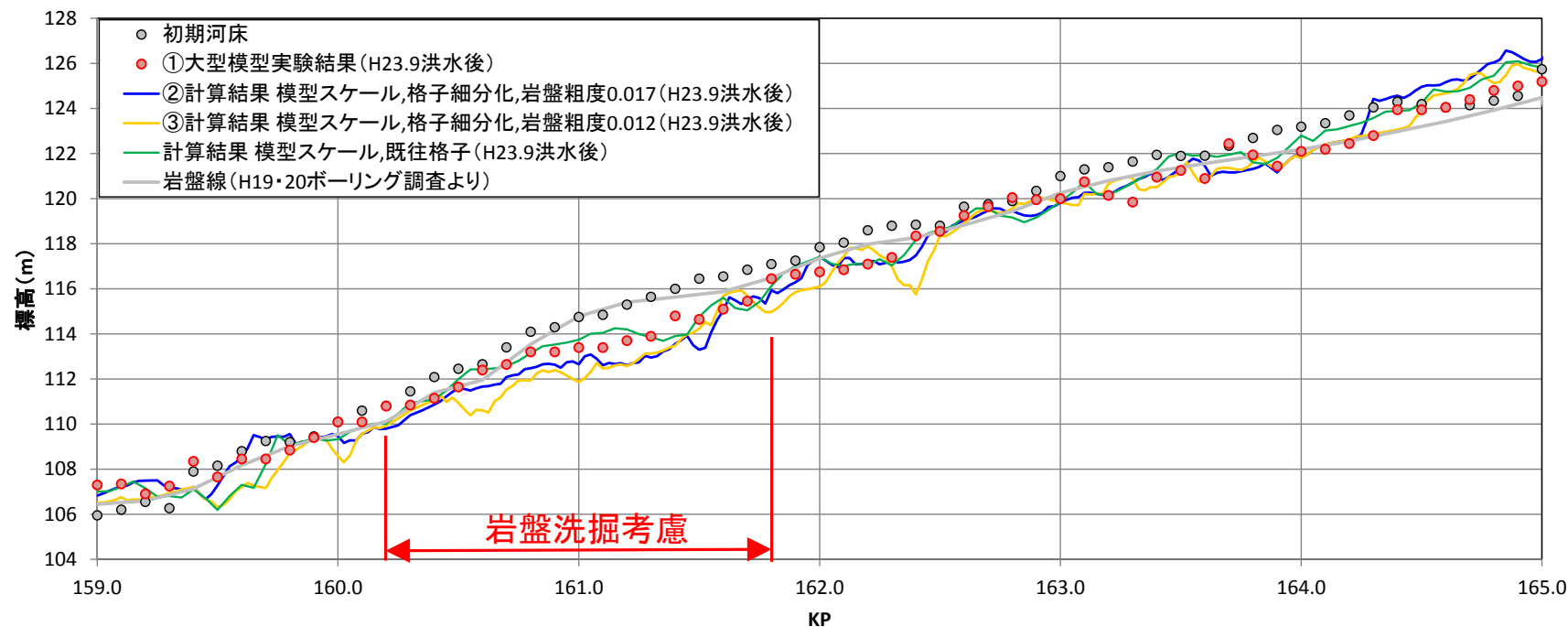


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 H23.9洪水後(最深河床高縦断図)

- 岩盤洗掘考慮区間を見ると、いずれのケースも大型模型実験に比べて低下量は大きく、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)はKP160.4~161.0付近の低下量がH28計算結果②(岩盤床粗度0.017)に比べて大きい。

最深河床高縦断図

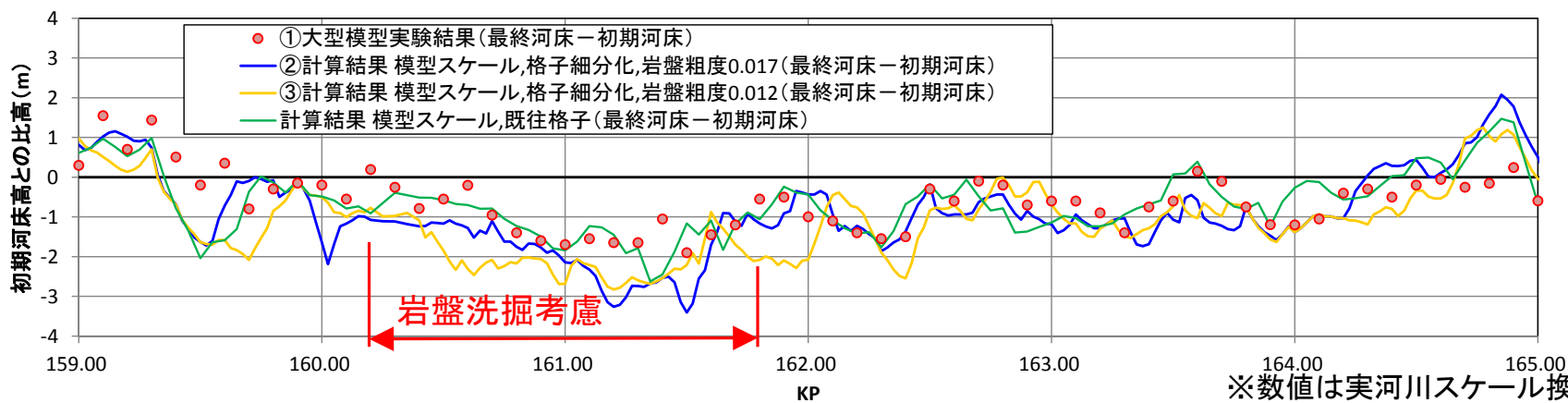
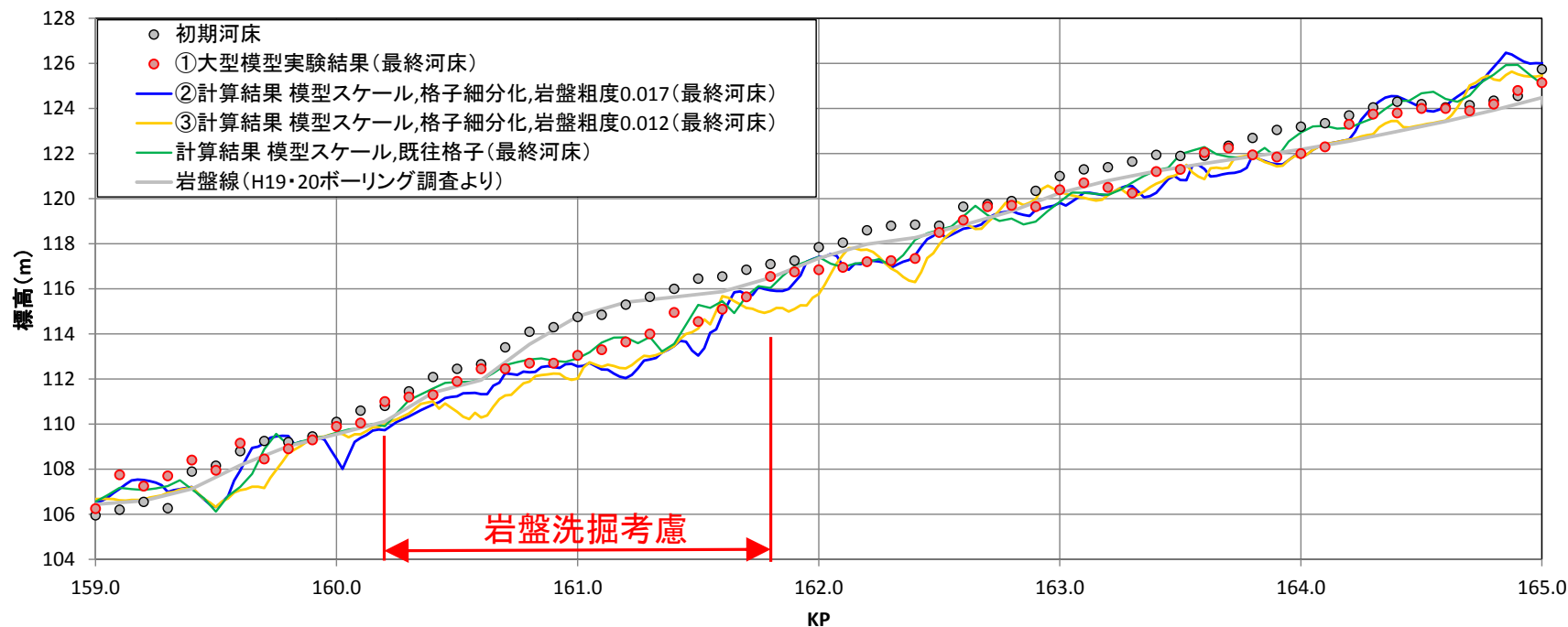


※数値は実河川スケール換算値

計算結果 最終河床(最深河床高縦断面図)

- 岩盤洗掘考慮区間を見ると、いずれのケースも大型模型実験に比べて低下量は大きく、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)はKP160.4~161.0付近の低下量がH28計算結果②(岩盤床粗度0.017)に比べて大きい。

最深河床高縦断面図



※数値は実河川スケール換算値

岩盤洗掘形状と砂礫再堆積の再現性について

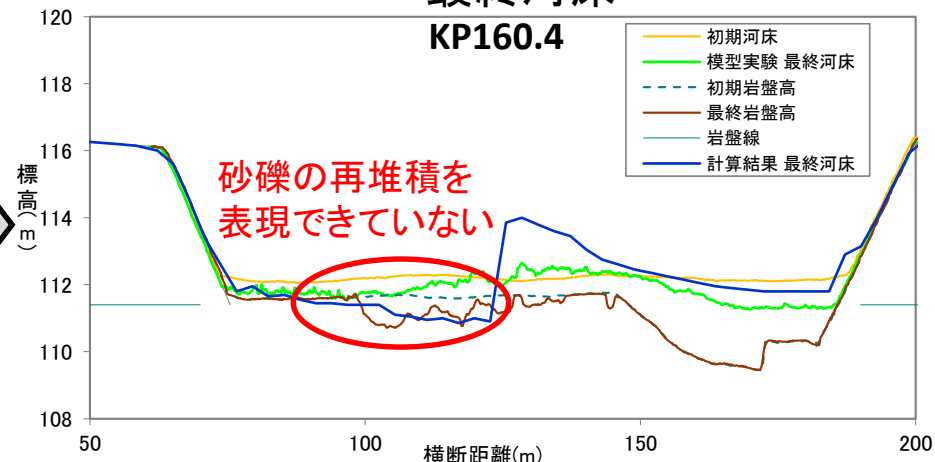
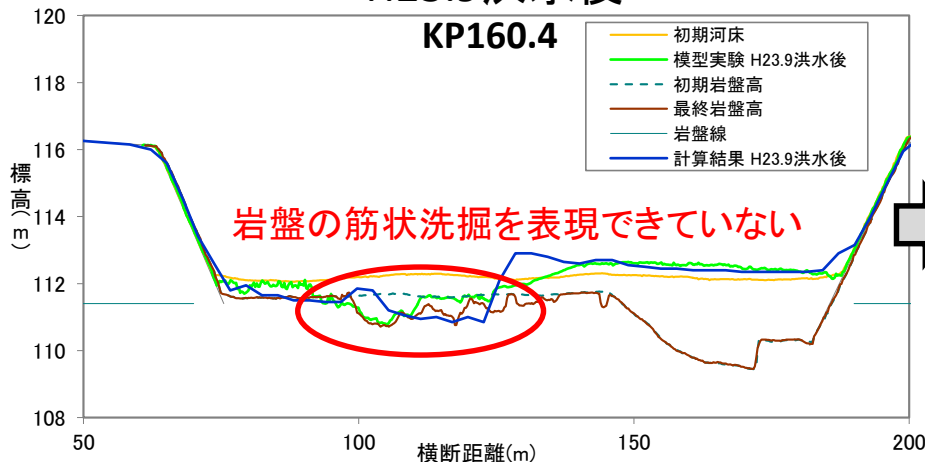
➤ H28計算結果②(岩盤床粗度0.017)、H28計算結果③(岩盤床粗度0.012)いずれのケースも、大型模型実験で見られた岩盤の筋状洗掘やH23.9洪水後から最終河床の間の再堆積を再現できなかった。

計算結果 格子細分化 岩盤粗度0.017(H23洪水後～最終河床)

※数値は実河川スケール換算値

H23.9洪水後

最終河床

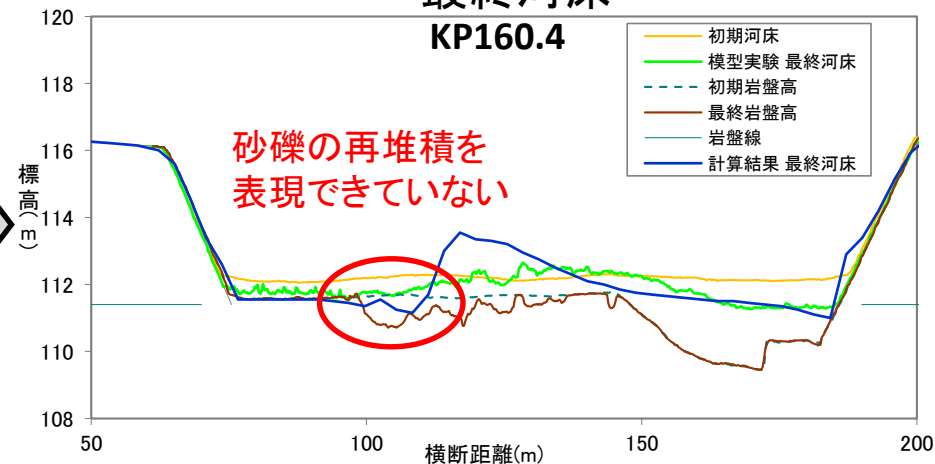
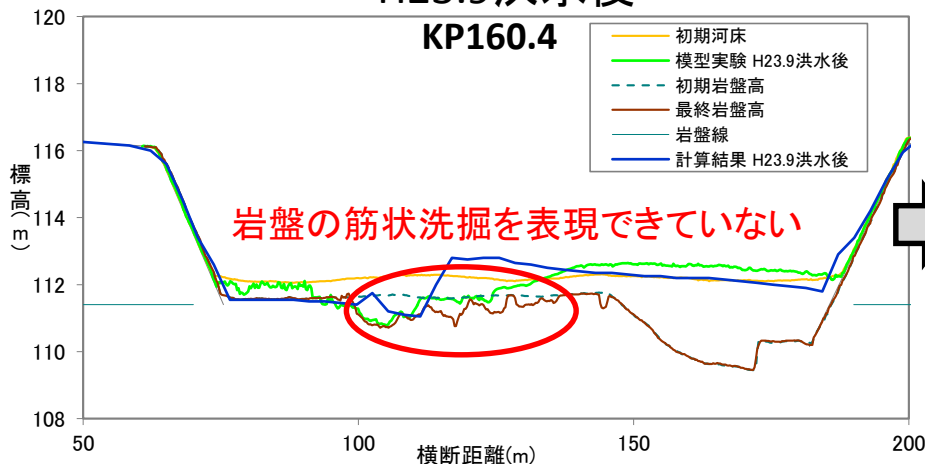


計算結果 格子細分化 岩盤粗度0.012(H23洪水後～最終河床)

※数値は実河川スケール換算値

H23.9洪水後

最終河床



大型模型実験結果を踏まえた再現精度向上の検討(まとめ)

1. 計算格子の細分化(既往格子の横断方向4倍、縦断方向2倍)

- ・ 既往格子に比べて露岩箇所再現性が向上し、巨礫前面の局所的な露岩を再現できた。
- ・ 岩盤の筋状洗掘、砂礫の再堆積は再現できなかった。
- ・ 岩盤洗掘考慮区間における平均河床高の低下量は概ね同程度であったが、最深河床高の低下量は大型模型実験に比べて大きい結果となった。

2. 岩盤の粗度係数($n=0.017$ 、 $n=0.012$)

- ・ 平面的な堆積箇所と低下箇所、露岩箇所、砂礫層厚はいずれのケースも概ね同様の結果となった。
- ・ 岩盤洗掘考慮区間における平均河床高の低下量は概ね同程度であったが、最深河床高の低下量は $n=0.012$ の方が大きい結果となった。



○「計算格子の細分化」は精度向上に向けて有効であると考えられる。ただし、既往格子に比べて露岩しやすい傾向にあり、岩盤洗掘による低下量が大きくなることが課題である。

○「岩盤の粗度係数」は平面的な堆積箇所と低下箇所、露岩箇所、砂礫層厚が概ね同様であったが、 $n=0.012$ は最深河床高の低下量が大きい結果となったことから、既往検討と同様に $n=0.017$ としたい。

○今後の検討としては、「計算格子の細分化」の課題を解決するために、既往モデルには考慮されていない砂礫床～岩盤床(遷移層)における岩盤洗掘速度や無次元限界掃流力等の変化を導入し、再堆積が生じやすいモデルへと改良することを考えている。