

資料－3 大型模型実験について

旭川開発建設部 治水課

大型模型実験の目的と計画概要

【目的】

大型模型実験では河床低下対策工の効果や影響について
河床変動計算だけでは、評価が困難な事象を確認・評価

	H24年度	H25年度	H26年度
準備	模型製作 → 模型検証	模型の検証実験	
安全性		既設構造物や対策工周辺の局所現象	基本方針流量や整備目標流量時の影響把握
支川		永山新川合流の影響把握	
環境等			低水、平水時の流況と河川環境の関係性把握

H25年度の実験計画

➤ 今回のワーキングでは今年度実施済みの検証実験の結果をご報告します。

【目的】

永山新川合流の影響を含む対策工の効果と影響を確認すること

実験名	概要	条件
模型の検証実験	現況再現実験	初期河床：H21年測量 流量条件：H22年～H23年（400m ³ /s以上）
	同時水位検証実験	初期河床：H23年9月洪水後測量 流量条件：Q=50.4、118.4、247.4m ³ /s
対策工の効果確認 実験	各種対策工の効果と影響を 確認	初期河床：H23年9月洪水後 流量条件：平均年最大流量 対策工：無対策、 低水路拡幅＋軟岩被覆＋ 帯工の組合せ
支川合流の影響確認 実験	永山新川合流の影響確認	初期河床：H23年9月洪水後 流量条件：平均年最大流量 対策工：無対策、低水路拡幅＋軟岩被覆＋ 帯工の組合せ



ワーキングで報告（実施済）



ワーキング視察実験

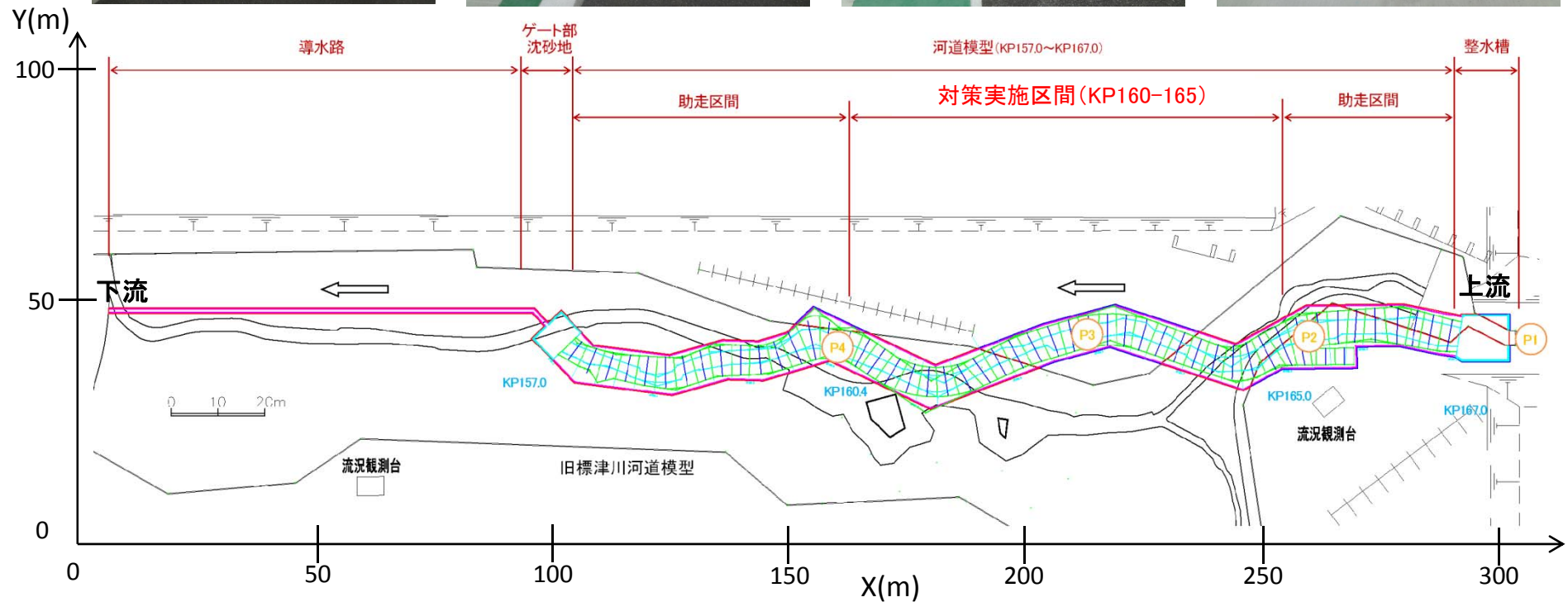
実験模型の概要①

➤ 石狩川上流大型模型(模型縮尺:1/50)の概要

○実験区間: KP160.0~KP165.0(対策実施区間)

上流端: 経年変化の少ない永山床止(KP166.0)より上流1kmを給砂区間として考えKP167.0を上流端とした。

下流端: 水位の境界条件を確認できる範囲として、旭橋観測所(KP157.1)を含むKP157.0を下流端とした。



実験模型の概要②

- 高水敷、堤防及び岩盤をモルタルで再現（岩盤は砂との区別を容易にするためモルタルを塗装する）
- 河道内（低水路）の砂礫は砂で再現、岩盤床はモルタルで再現。
- 樹木は透過性樹脂で透過性を再現、床止や橋脚は木材を加工して再現。

【縦・横断板設置後】



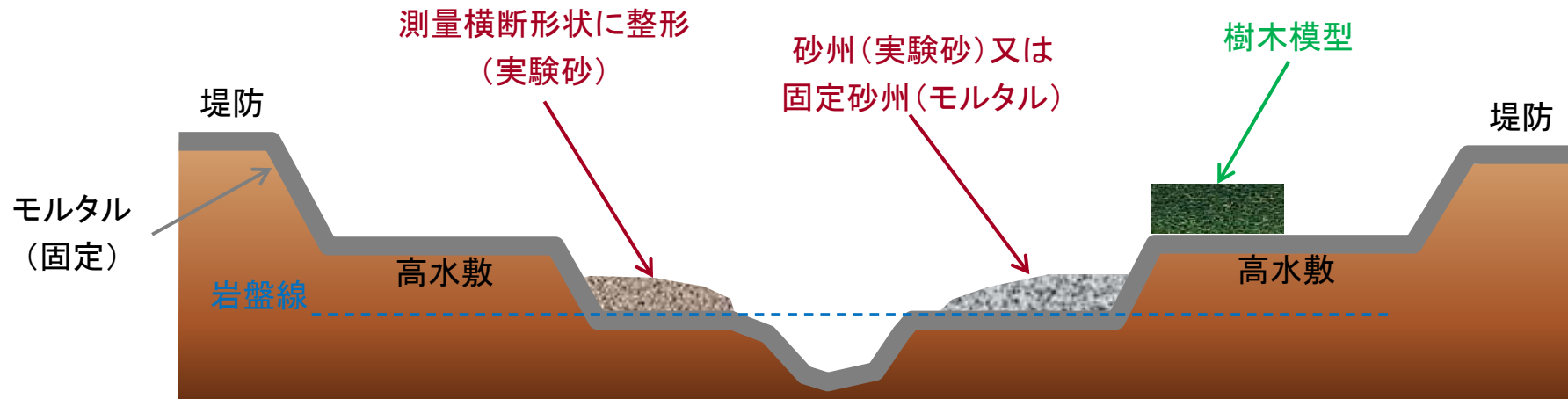
【モルタル河道製作】



【河床製作後】



- 河道模型のイメージ



模型の検証実験

①現況再現実験について

現況再現実験の目的と実験条件

- 目的: 模型の現象が現地現象に対してどの程度の精度が得られているかを確かめる。
- 確認事項: 洪水時の永山観測所の水位および河床変化の精度を確認する。
- 模型初期条件および上流端条件等は以下のとおり。

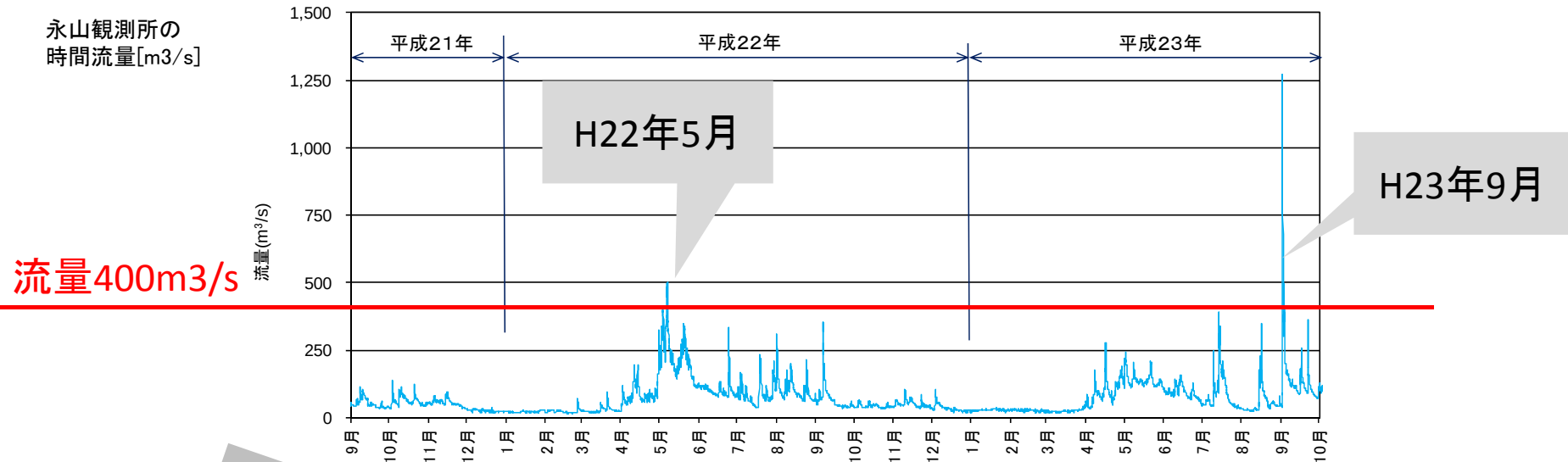
条 件 項 目		条 件
初期条件	河床形状	H21年9月
	河床材料	H8年、H23年
上流端条件	流況	非定常流
	流量	400m ³ /s以上の流量対象(H21.9～H23.9)
	流量観測所	永山(KP163.9)
	給砂量	動的平衡(芦田・道上式)
その他	支川合流	なし
	河道内構造物	永山床止設置、橋脚模型設置
	樹木	樹木模型あり(※)
	固定砂州	モルタルで製作(※)
	岩盤	モルタルで製作(H23年測量)

(※)H24年度と異なる条件

実験流量の設定

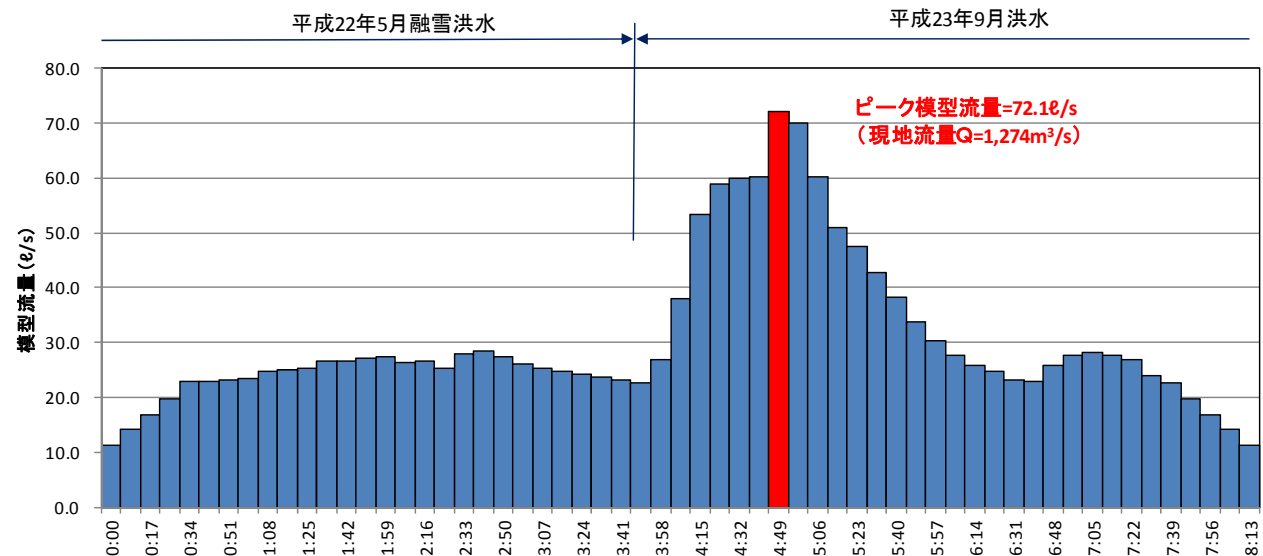
- 模型実験における土砂移動限界、及び、実験に要する時間を踏まえ、400m³/s以上の流量を対象として実験をおこなう。

永山観測所の
時間流量[m³/s]



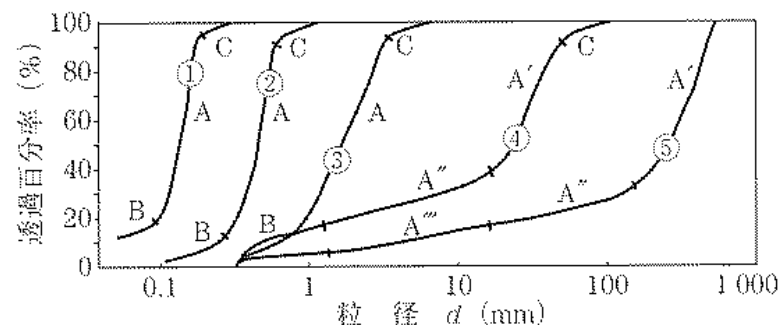
実験設定流量

※実現現象の1時間に相当する
8分30秒ごとに階段状に流量
を変化させた

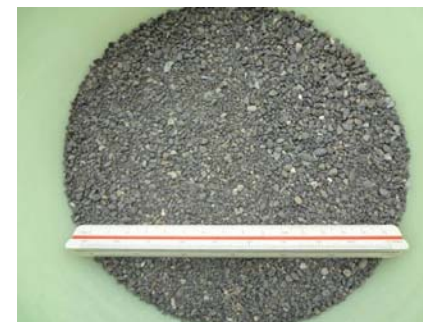


河床材料の設定

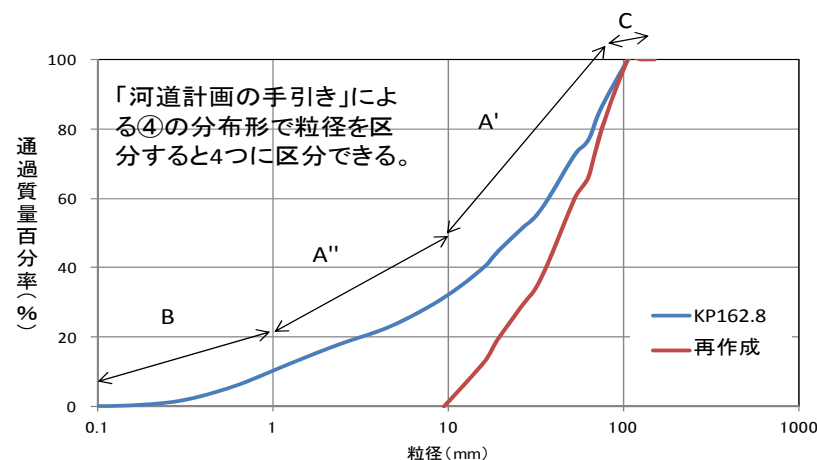
- 平成8年及び平成23年の河床材料調査結果をもとに実験で使う河床材料(砂)を選定。
- 「河道計画検討の手引き」を参考に河床変動に関係するものは主にC集団、A'集団と考え、平成8年及び平成23年河床材料調査結果をもとに新たに粒度分布を作成し、実験で使用する河床材料の粒度分布を設定した。



種々の粒度分布における縦断区分点
(出典:河道計画検討の手引き)

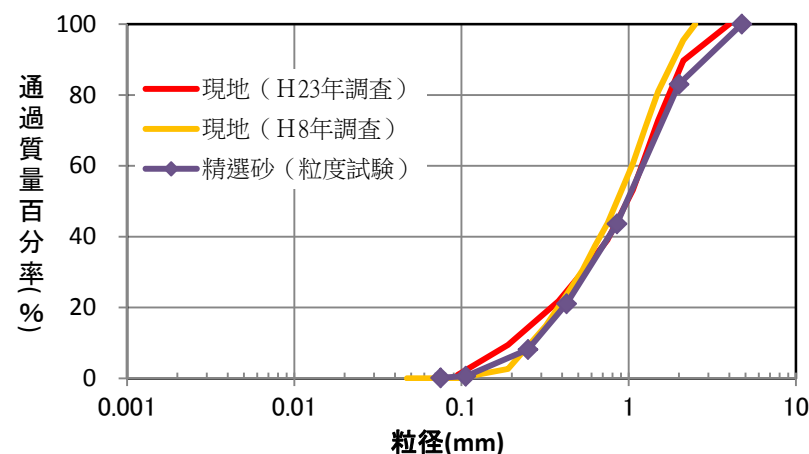


実験で使用する河床材料



河床材料の粒径加積曲線図
(KP162.8の作成例(平成8年調査))

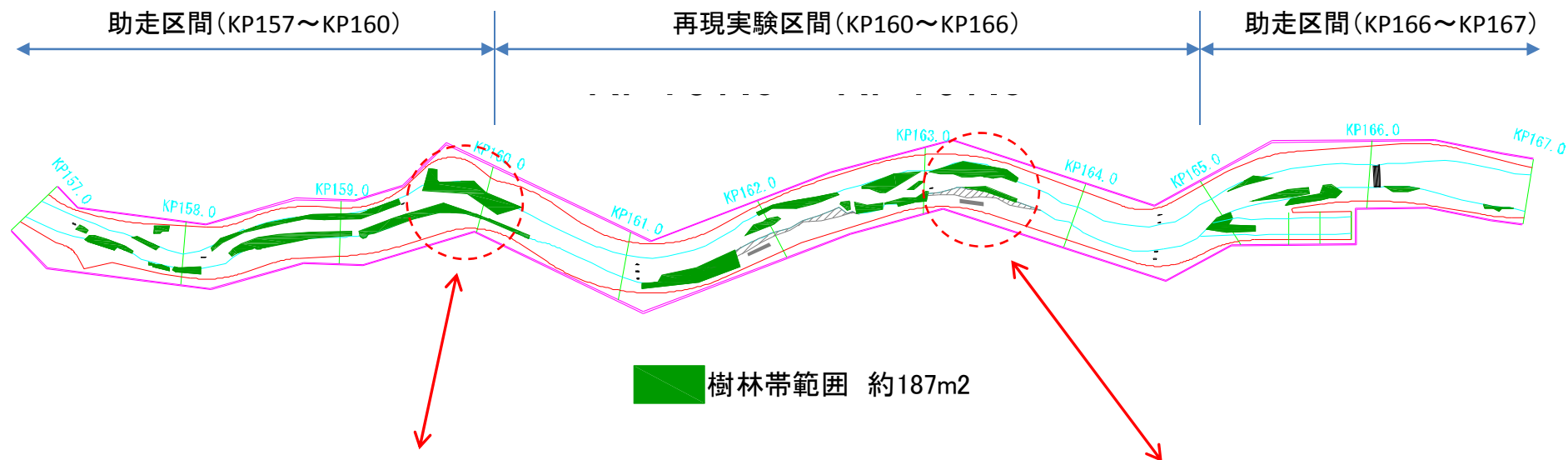
現地の粒径を
模型値に換算
 $S=1/50$



現地河床材料と実験砂の粒径加積曲線図

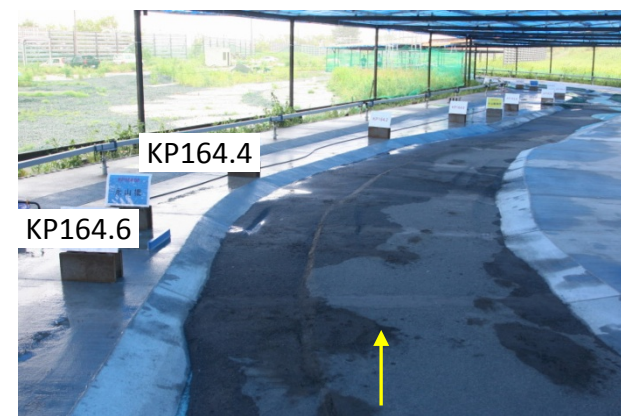
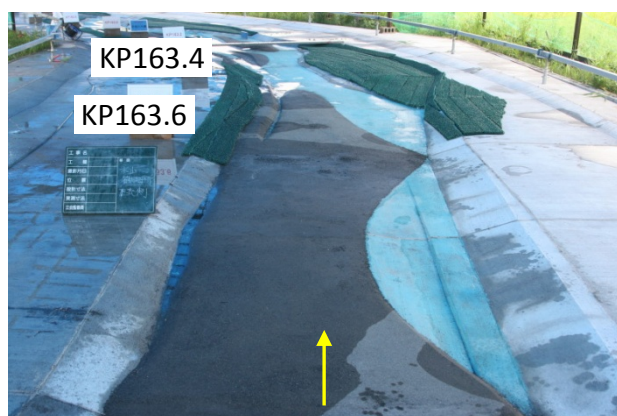
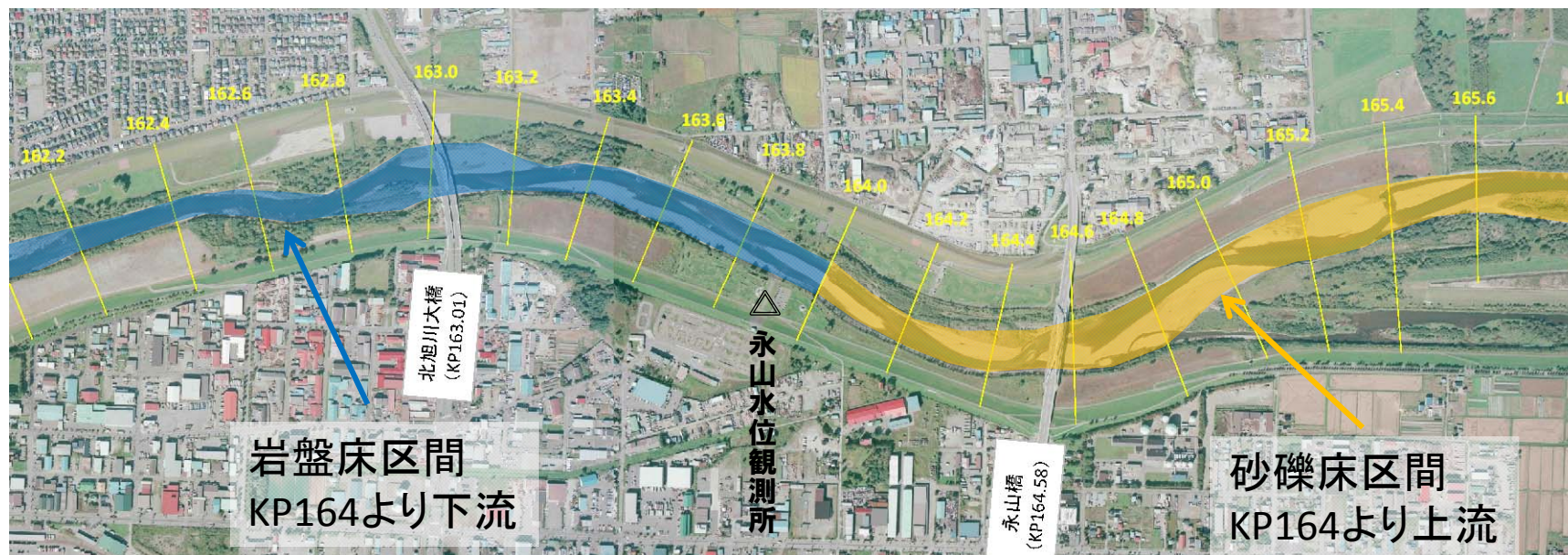
固定砂州の範囲

- 過去の航空写真および横断重ね図を参照し固定砂州の位置、範囲を設定し、そこをモルタルで製作した。



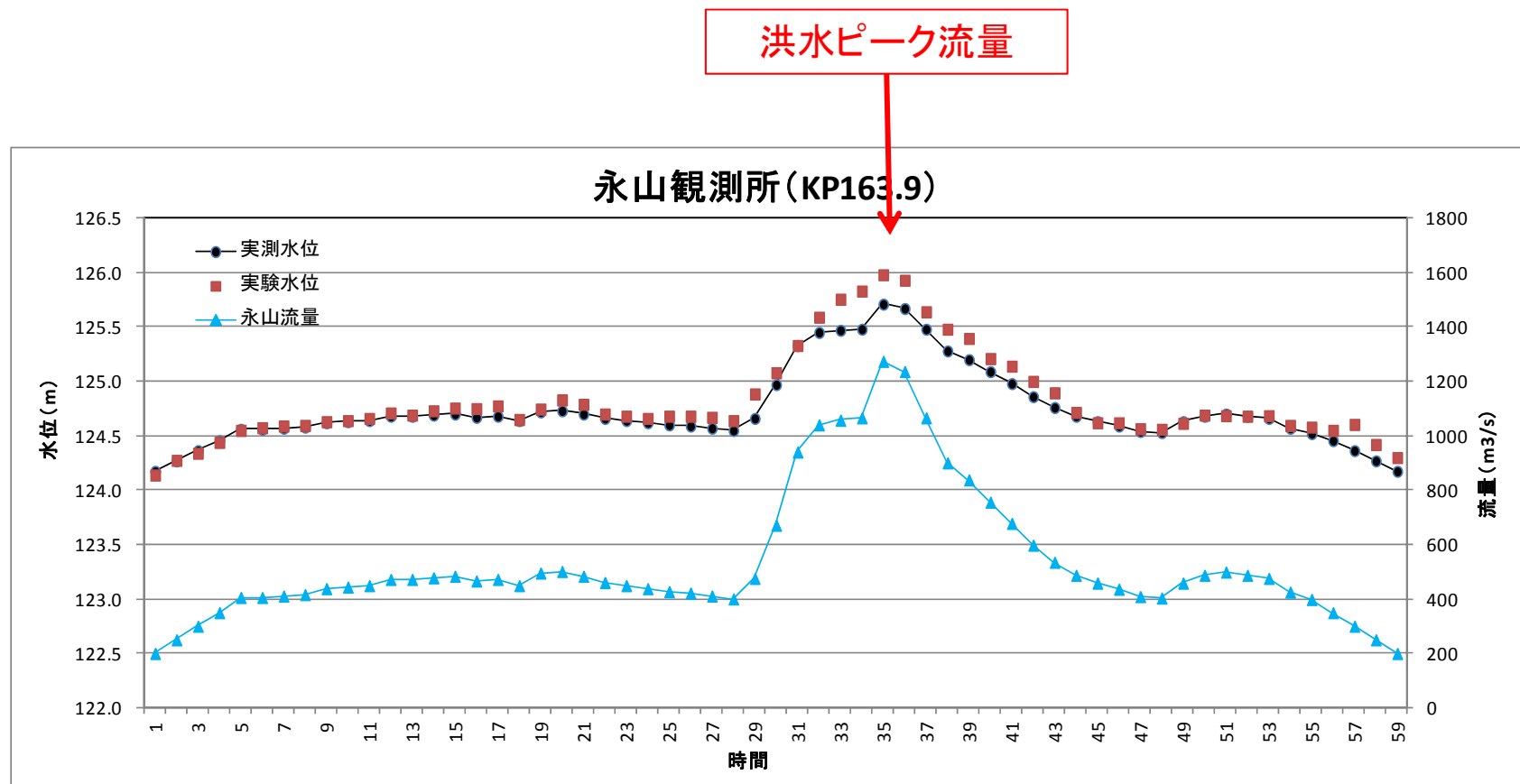
岩盤床区間と砂礫床区間に分けて考察

- 砂礫床区間とみなせるのはKP164より上流側の区間、KP164より下流は岩盤床区間となっている。



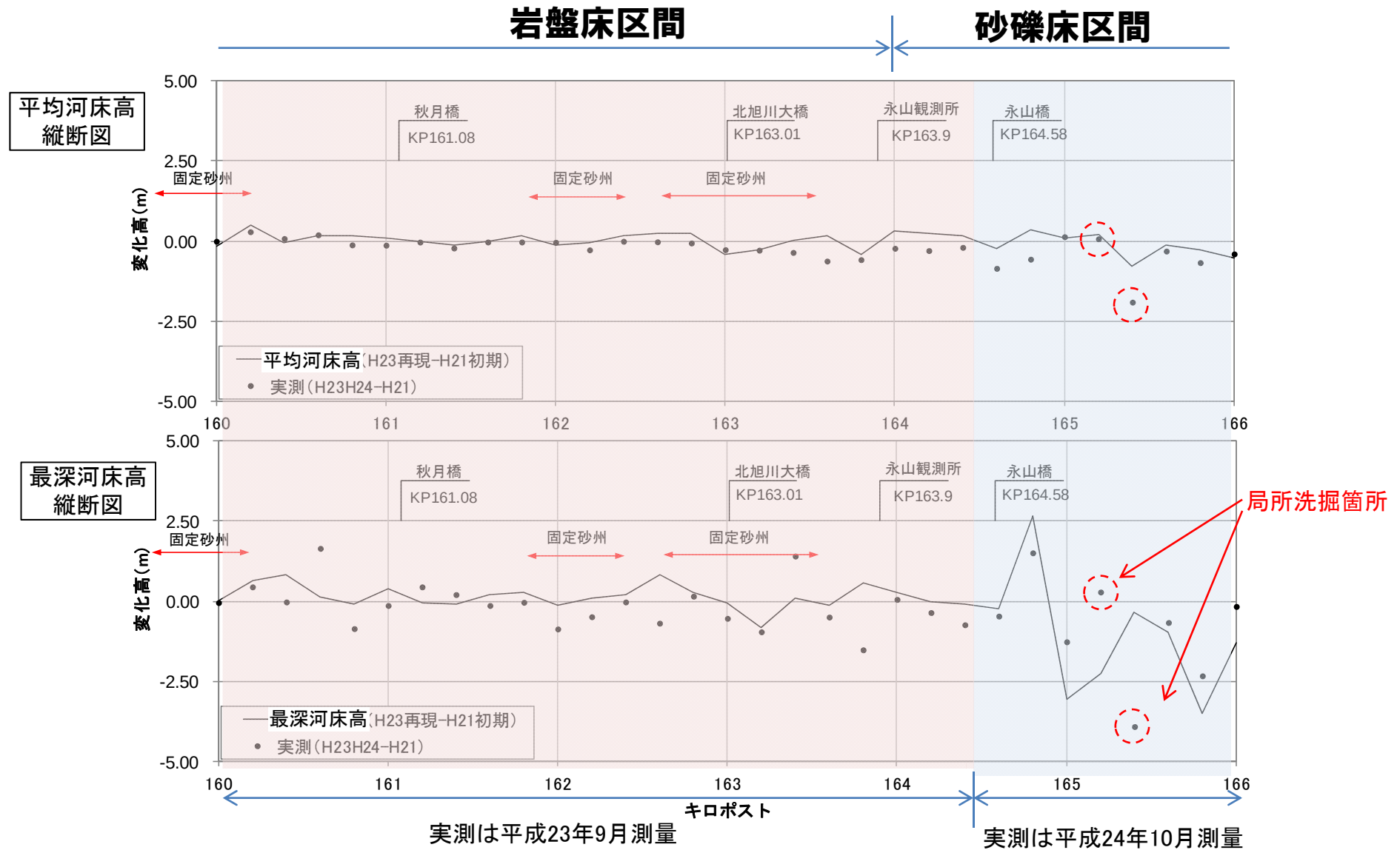
永山観測所における水位の比較

- 永山観測所(岩盤床区間)で観測された実測水位と実験水位の比較をおこなった。
- 洪水を通じて概ね一致した結果が得られた。
- 洪水ピーク付近で水位が30cm程度(模型で6mm)高めに計測された。これは上流から移動してきた砂堆が通過し(目視で確認)、岩盤粗度よりも河床粗度が大きくなったことが原因と推測される。
- その後砂堆はフラッシュされ実験水位は実測と一致する結果が得られた。



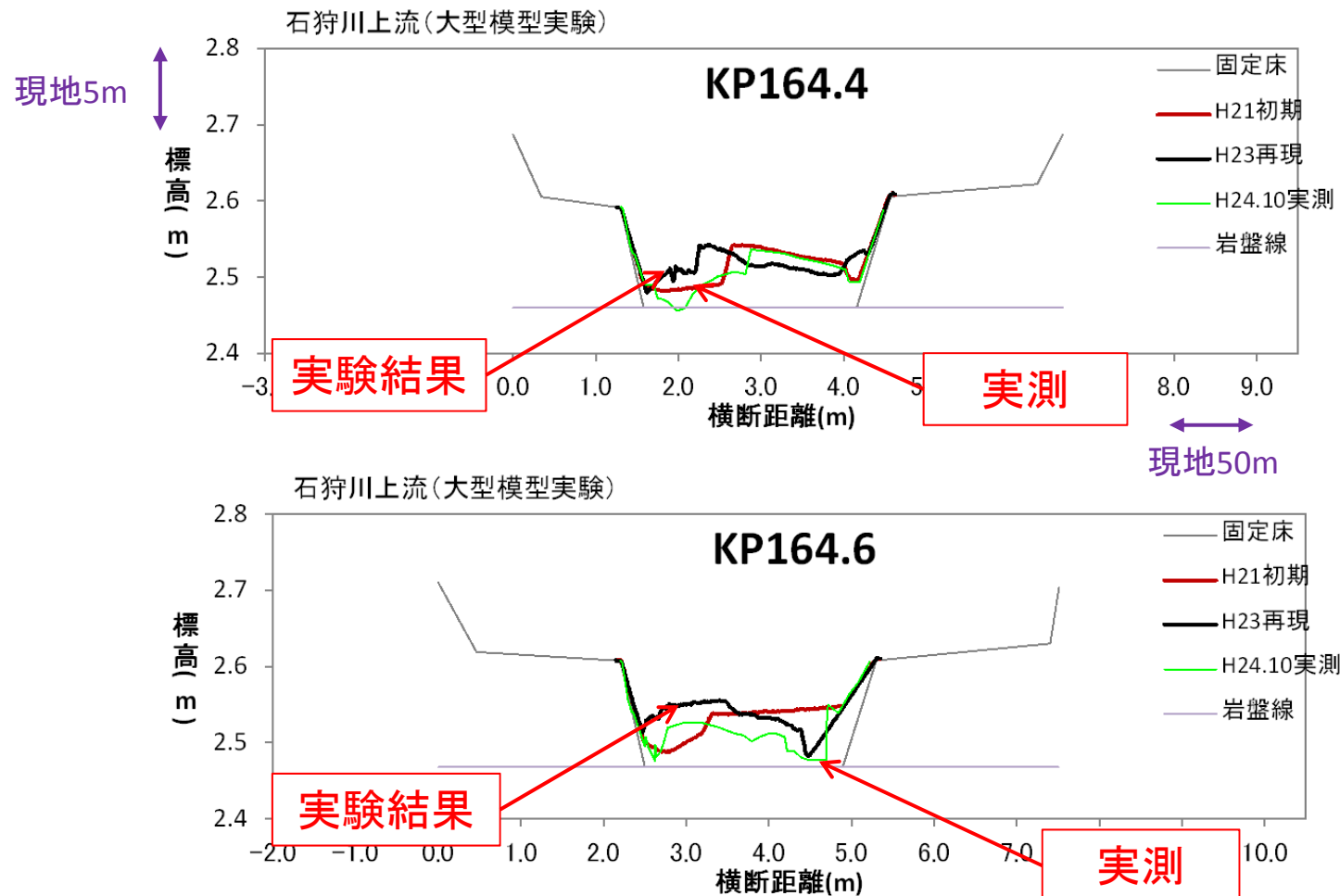
河床高縦断の比較

- 実験結果と横断測量(現地)の比較をおこなった。
- KP164-KP165区間では比較良好な結果となったものの、KP165.2~165.4の最深河床高に実験と測量結果で差異が生じた。



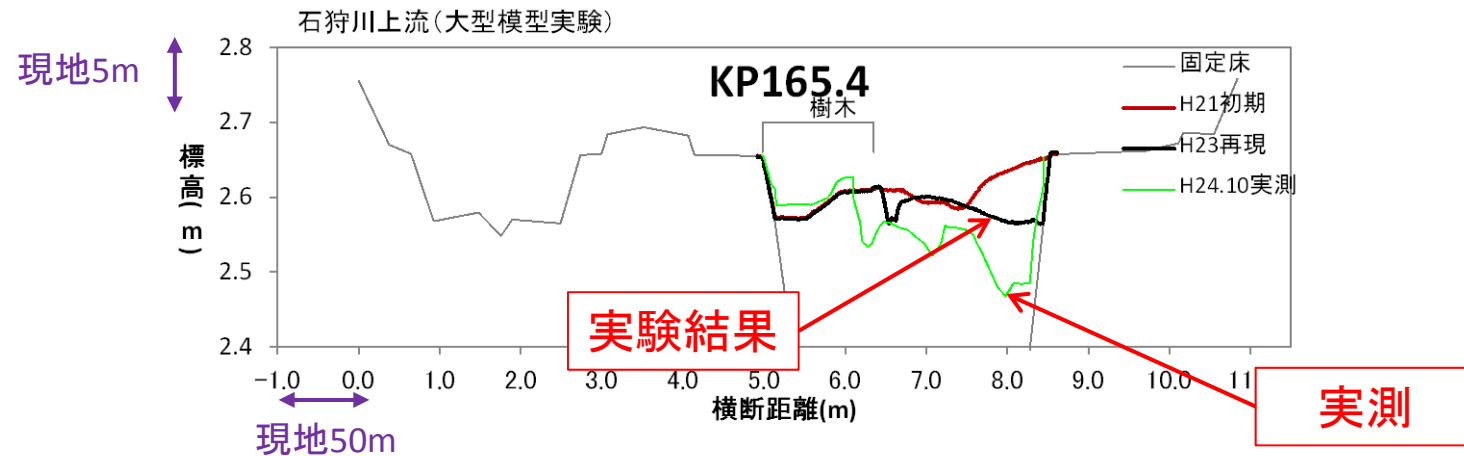
砂礫床区間の河床横断の再現性について(KP164-KP166)

➤ 実験結果は、現地の洗掘・堆積箇所を概ね再現できている。



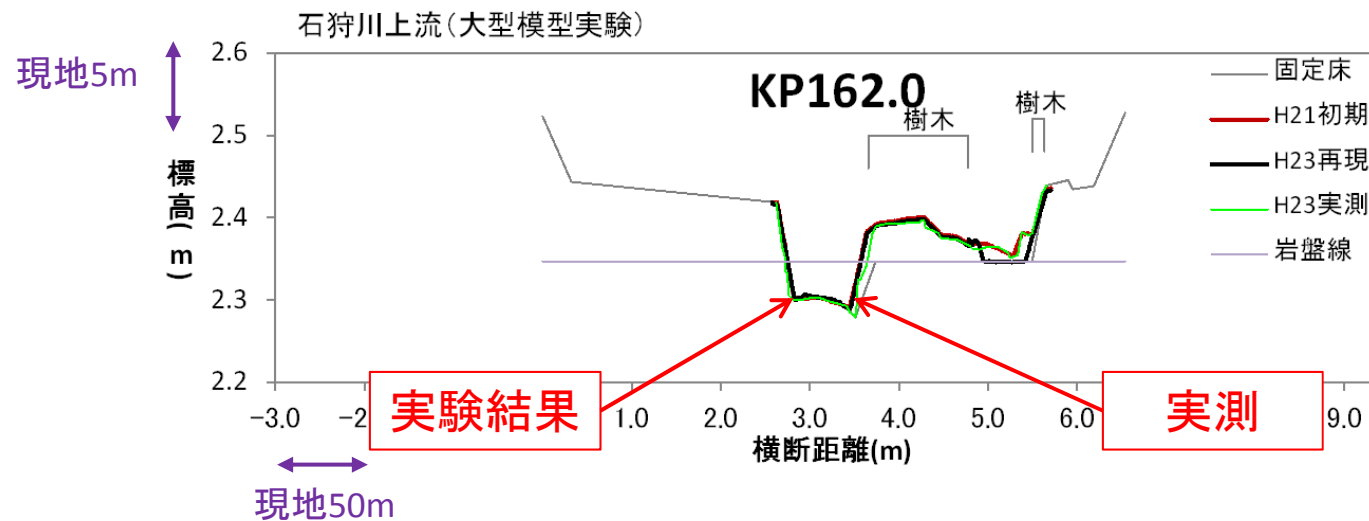
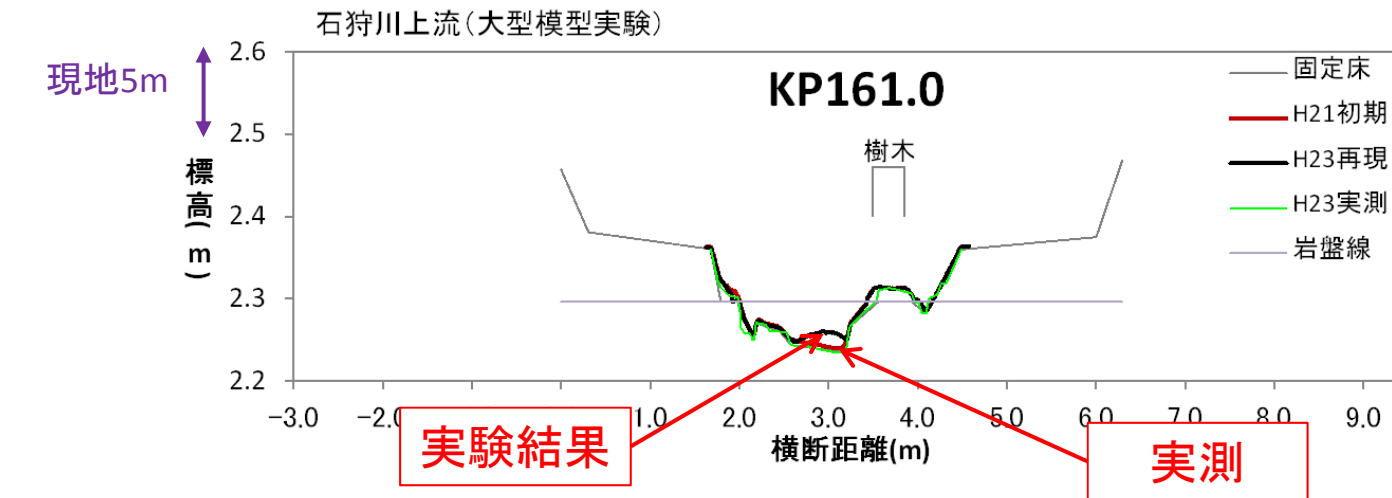
砂礫床区間の河床横断の再現性について(KP164-KP166)

- KP165.4の右岸側は実験では侵食される傾向となっているが現地で見られた約10mの局所洗掘は再現されていない。
- これは現地の河岸耐性が模型実験(河床材料と同質の材料で河岸を製作)と異なることが原因のひとつと考えられる。
- 現地の横断測量はH24年10月のものであり、平成23年9月出水や平成24年融雪出水等により河床は変化したものと考えられる。



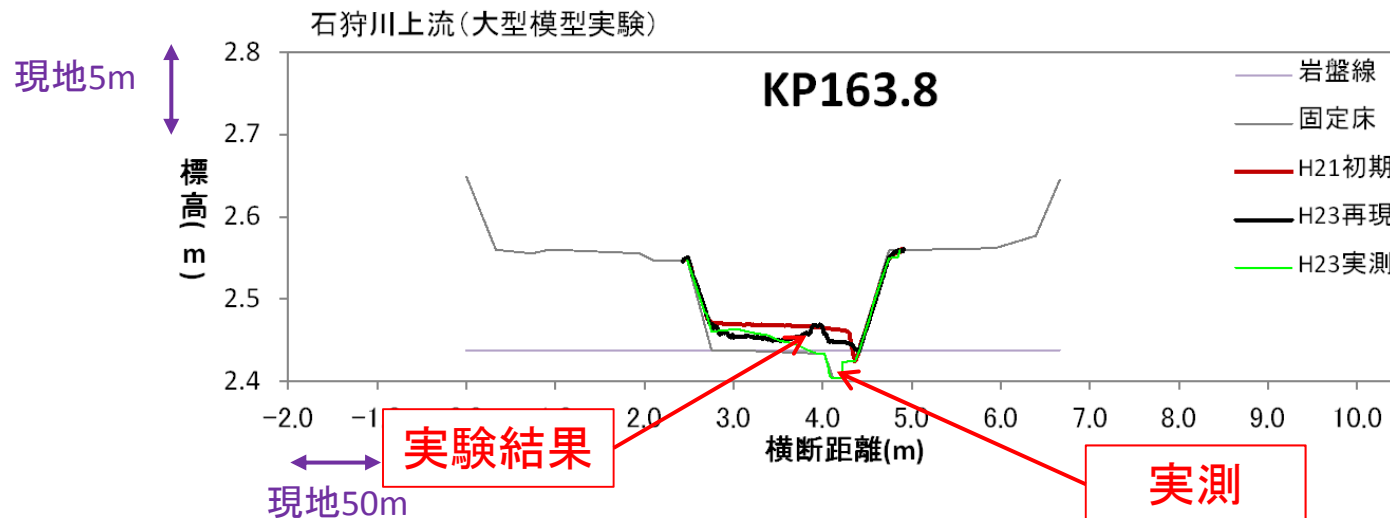
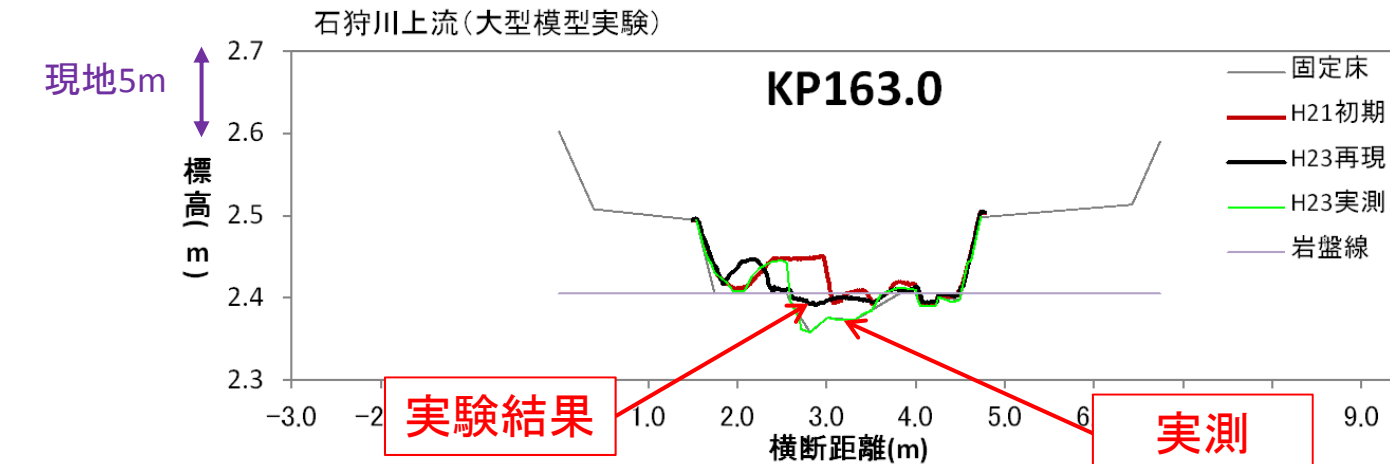
岩盤床区間の河床横断の再現性について(KP160-KP164.0)

- 実験では低水路最深部に土砂堆積がみられる。



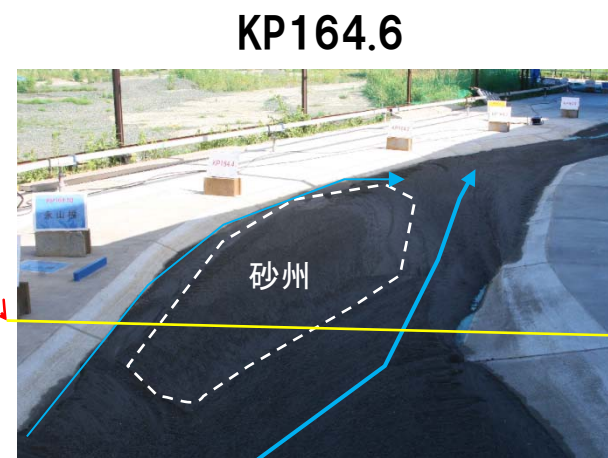
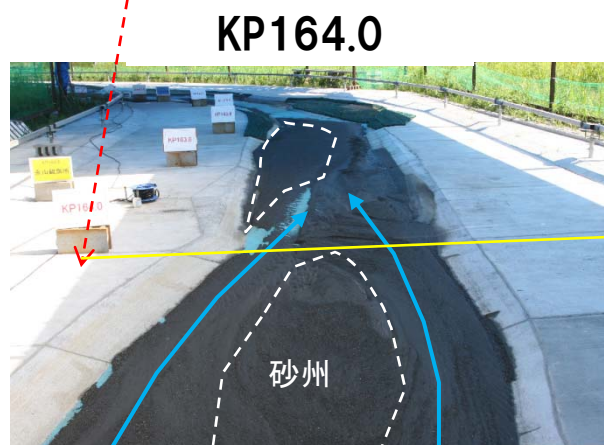
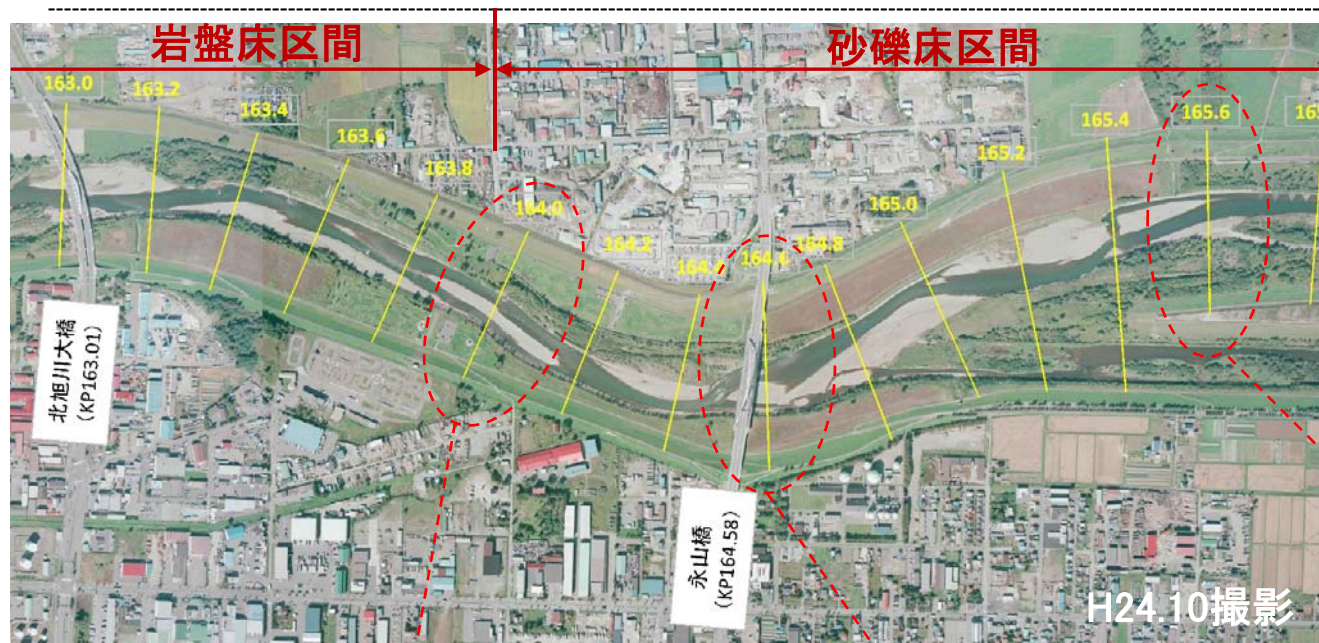
岩盤床区間の河床横断の再現性について(KP160-KP164.0)

- 実験では低水路最深部の河床洗掘が実測に比べて少なかった。



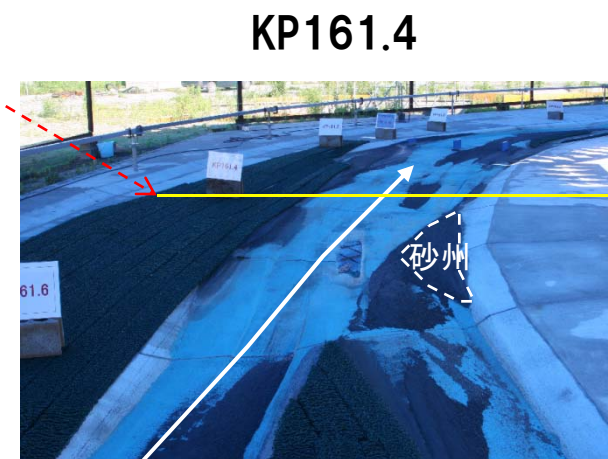
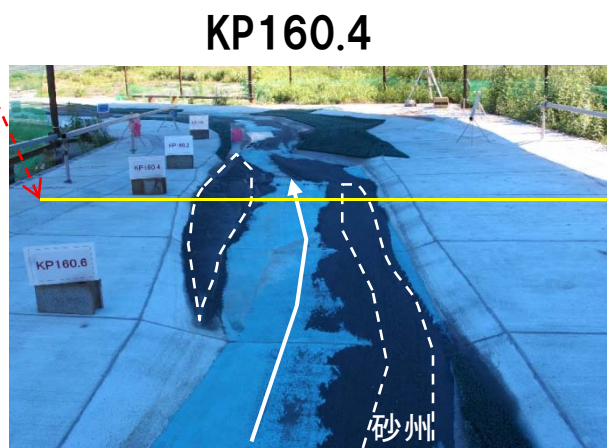
砂州の再現性について①(KP163-KP166)

➤ 実験結果は、現地の砂州の位置を概ね再現できている。



砂州の再現性について②(KP160-KP163)

➤ 実験結果は、現地の砂州の位置を概ね再現できている。



現況再現実験のまとめ

➤ 現況再現実験の結果は以下のとおり。

- 永山観測所(KP163.9)の水位は、洪水期間を通じて概ね現地を再現していることから模型の河床粗度は現地粗度を概ね再現している。
- 砂礫床区間のKP164.0からKP165.0区間の河床変動は、平均河床高や最深河床高の位置など概ね再現できている。
- 一方でKP165.4の右岸側で見られた河岸侵食を含む局所洗掘は再現できていない。これは横断測量がH24年10月と実験対象期間以降であること、現地の河岸耐性が模型と異なること、また、局所洗掘のメカニズムが複雑であることなどが原因と考えられる。
- 岩盤床区間であるKP163.0やKP163.8地点などでは低水路最深部の河床洗掘が再現できていない。これは実験模型の岩盤床に相当する低水路内の初期地形を軟岩侵食の過程を直接再現できない河床材料(砂)で製作しており、低水路の中の流砂の移動現象が現地と模型で異なることが原因と考えられる。
- 砂礫床区間の河床変動は局所洗掘箇所を除くと概ね現地を再現できていることから、河床低下対策工の覆礫の効果を評価できる実験模型である。

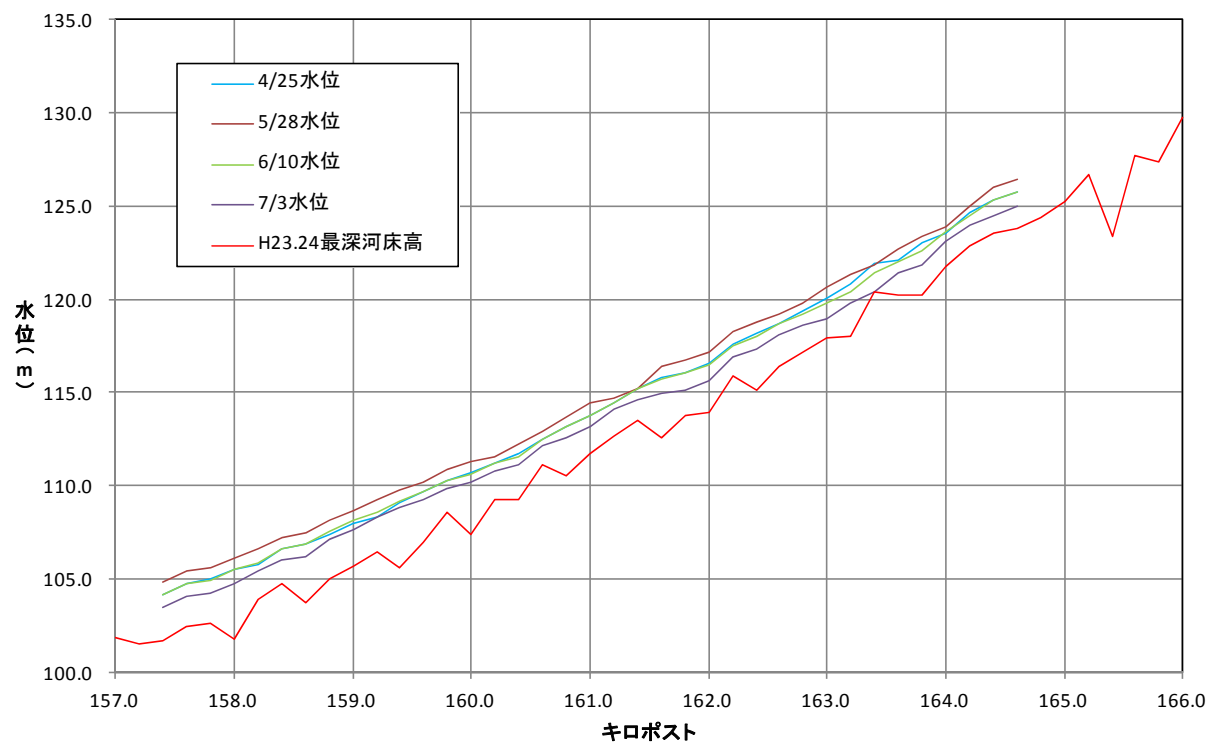
模型の検証実験

②同時水位観測について

同時水位観測(平成25年調査)

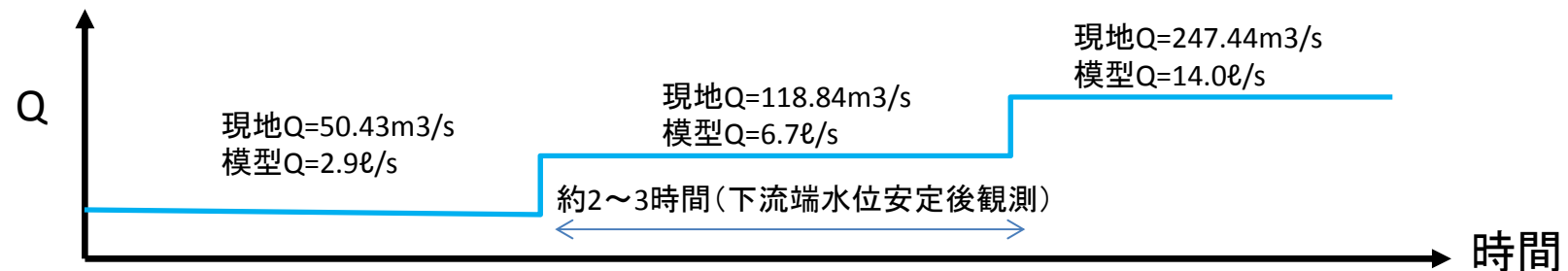
- 現地の同時水位観測結果は以下の4流量で行っている。
- このうち50.43、118.84、247.44m³/sの3流量の模型実験を行い、現地水位と模型水位の比較を行う。

観測日	永山流量m ³ /s	規模	観測区間
4月25日	160.21	融雪	KP157.4～KP164.6(0.2kピッチ)左岸
5月28日	247.44	融雪	同上
6月10日	118.84	融雪	同上
7月3日	50.43	平水	同上



模型実験での同時水位観測の目的と実験条件

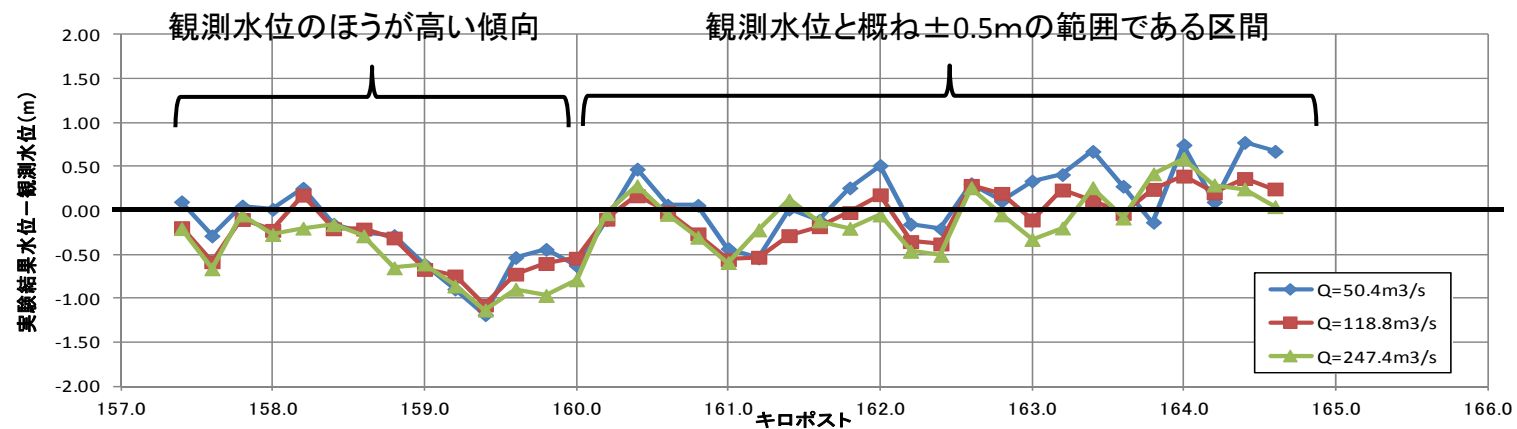
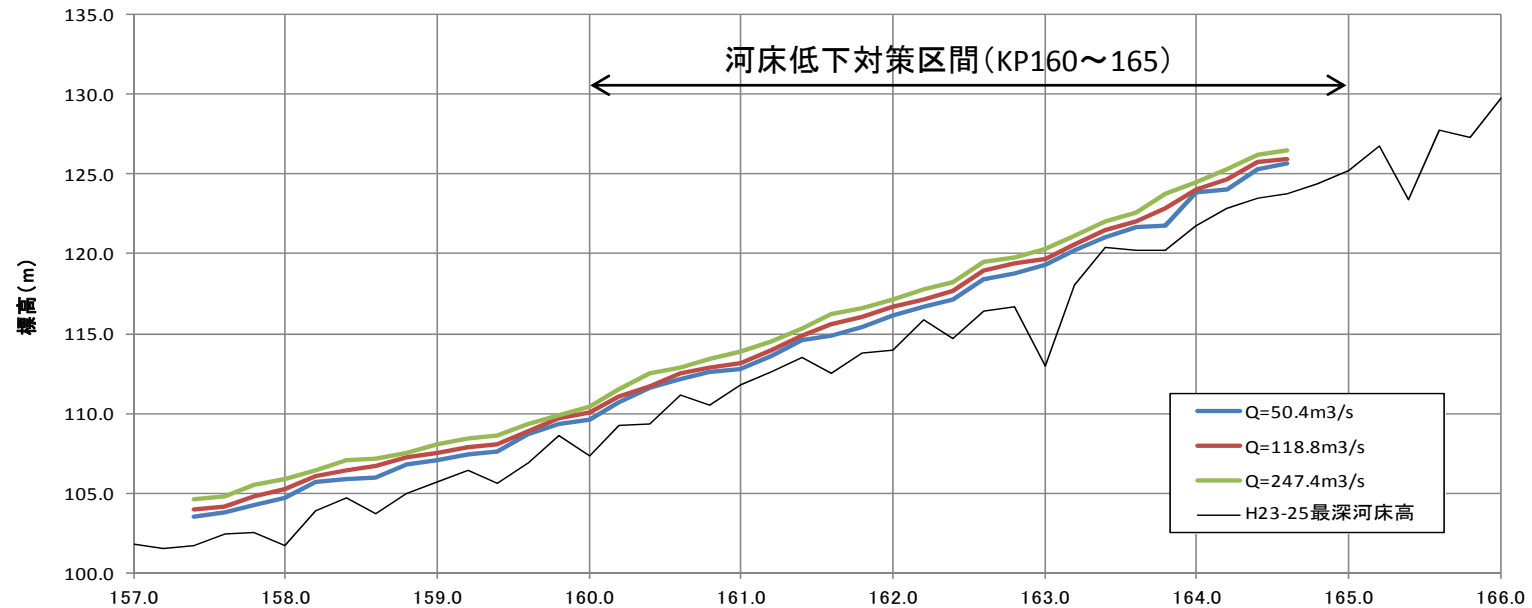
- 目的: 現地と模型の粗度係数を検証するために同時水位観測を行う。
- 確認事項: 対象流量は、 $Q=50.43$ 、 118.84 、 $247.44\text{m}^3/\text{s}$ として、下流端水位(旭橋)が安定した後(実測値と $\pm 1\text{mm}$ 以内で安定)ポイントゲージを使用して水位観測を行い、現地水位と比較する。



条件項目	条件	備考
模型横断条件	KP157.0～KP164.4(H23.9測量) KP164.6～KP166.0(H24.10測量) 永山観測所、北旭川大橋(H25.7測量)	
下流端水位条件	旭橋観測所(KP157.1)	同時水位観測時の実測水位
流量条件	永山観測所流量(定常流)	同時水位観測時の平均流量
水位観測条件	KP157.4～KP164.6(0.2K ピッチ)	左右岸でポイントゲージで観測
データ整理	水位比較(現地と模型)	

実験結果

- 観測水位と実験水位の水位差を比較すると以下の2つの区間に区分されると考えられる。
- 河床低下対策工区間のKP160～KP165区間の水位差は、観測結果と±0.5mの範囲で、区間の平均では0.02mの差である。



同時水位観測結果のまとめ

- 観測水位と実験水位の水位差の縦断形より、次の2つの区間に区分し整理した。

区間	区間平均 水位差※(m)	区分
KP157.4～KP160.0	－0.43	観測水位のほうが高い区間
KP160.0～KP164.6	＋0.02	観測水位との差が±0.5mの範囲である区間

※水位差＝観測水位－実験水位(実河川換算)

- 河床低下対策区間であるKP160.0～KP165.0では、観測水位と実験水位の差が概ね±50cm程度の範囲で推移している。区間平均の水位差は＋2cmで模型の河床粗度は概ね現地を再現していると考えられる。
- 助走区間のKP157.4～KP160.0の観測水位と実験水位の差異が大きい原因として、模型の横断形状が平成23年9月測量であり、現状と異なっている可能性があることなどが考えられる。
- また模型実験の許容誤差は、水位測定で±1mm程度、模型製作で±2mm程度ある。この値を現地に換算すると最大で±15cmの測定誤差があり、このことも観測水位と差がでる要因の一つと考えられる。

検証実験から確認できた現地現象 の再現について

検証実験から確認できた現地現象の再現について

① 定点水位：洪水時の永山観測所（KP163.9）の観測水位（P12参照）

確認手法：H21.9～H23.9の400m³/s以上の流量ハイドロ下における水位再現実験

確認できたこと：永山観測所の水位を概ね再現できる（±0.2m）模型であること

② 水位縦断：H25融雪時の水位縦断（P22参照）

確認手法：同時水位観測時の流量下における水位再現実験

確認できたこと：本模型実験で対象としている「対策実施区間（KP160～KP165）」の水位縦断を平均的にはほぼ誤差なく（変位は概ね±0.5mの範囲）再現できる模型であること

③ 河床変化：H21.9～H23.9の横断面の変化（P13～P17参照）

確認手法：H21.9～H23.9の400m³/s以上の流量ハイドロ下における河床再現実験

確認できたこと：砂礫床区間の河床変化傾向を概ね評価できる模型であること

ただし、岩盤床区間については、現地は主に岩盤洗掘で河床が変化しているのに対し、実験では固定床としているため、変化を評価することが困難であること

以上より

- 模型の粗度は概ね妥当であり、河床変化については砂礫床区間（KP164～KP166）の河床変動の傾向を概ね表現できる模型であることが確認できた。
- よって、覆礫河床の河床変動状況、水位や岩盤床の露出面積などを指標として、河床低下対策工の効果を確認することが可能な模型であると考えている。ただし、露岩面積が大きくなる場合には、実現象との誤差も大きくなるため留意が必要。