

(1)これまでの検討の整理

旭川開発建設部 治水課

石狩川上流 河道管理WG

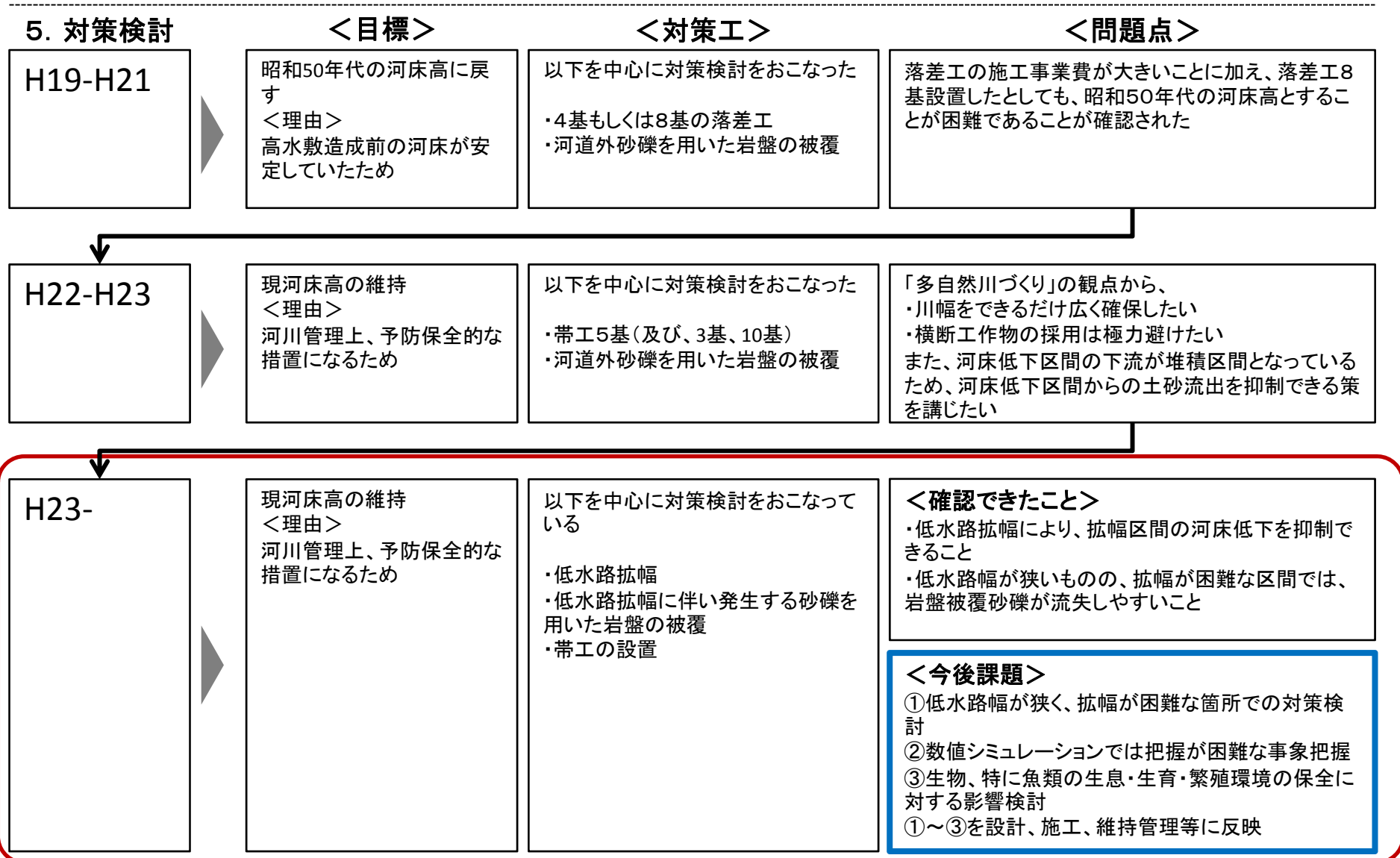
- H19からH23年度まで、計14回石狩川上流河道管理WGを開催し、河床低下対策の検討をおこなってきた

<検討項目>	<検討概要>	<成果>
1. 現状確認	・現地視察 ・既往データ整理	◆昭和30～50年代前半: → KP154(忠別川合流点付近)から上流で全川の河床低下 ◆昭和50年代以降 → KP157～KP166の区間で河床低下
2. 要因分析	・データ分析 ・現地水路実験	◆昭和30～50年代前半: 建設骨材への利用を目的とした砂利採取の影響 ※なお、昭和52年以降砂利採取はおこなわれていない ◆昭和50年代以降: ・高水敷造成等により低水路幅が狭まり、掃流力が増加したため ・河床に流水や流砂により洗掘されやすい軟岩層が露出したため
3. 将来予測	・軟岩洗掘を考慮したシミュレーションモデルを用いて30年後の河床形状を予測 ※流量:S53-H18の時間流量データ@旭橋観測所	◆河床変動モデルの構築: 岩盤洗掘を考慮した河床変動計算モデルを構築 H13-H18およびH18-H23の再現計算により、計算モデルの妥当性を確認 ◆30年後の河床形状を予測 ・平均河床高 → 河床低下が進行。30年後、対象区間全体的に1m程度低下 ・最深河床高 → 主にKP160.5～KP166で河床低下が進行。最大で6m程度低下
4. 問題把握	将来予測計算結果と現況で以下を比較検討 ・危険な護岸延長 ・危険な橋脚本数 ・岩盤露出面積	危険な護岸延長が、6.8km増加 危険な橋脚本数が、2本増加 露岩面積が、約120,000m²増加

石狩川上流 河道管理WG

➤ H19からH23年度まで、計14回石狩川上流河道管理WGを開催し、河床低下対策の検討をおこなってきた

5. 対策検討

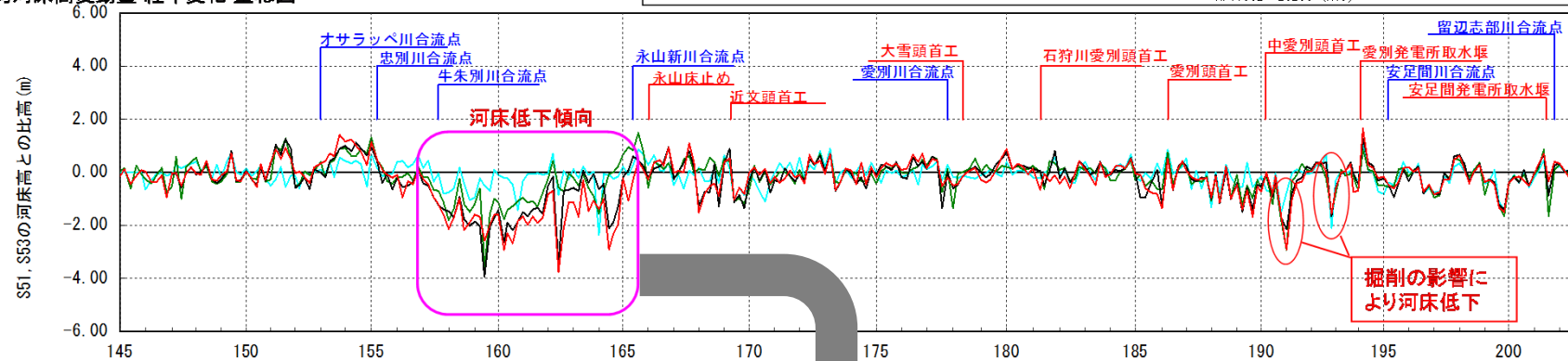


1. 現状・事実確認

➤ WGでは、現地視察およびデータ整理等から現状として以下の確認をおこなった

平均河床高の経年変化

◆平均河床高変動量 経年変化 重ね図



河床低下区間の現状

橋脚の根入れ不足



河床低下

KP161.0右岸 (秋月橋右岸橋脚)

護岸の機能喪失



KP163.0右岸 (北旭川大橋上流)

護岸の機能喪失



KP158.8右岸

護岸の機能喪失



KP160.2左岸

橋脚の根入れ不足



KP161.0左岸 (秋月橋左岸橋脚)

河床低下

2. 要因分析

➤ WGでは、河床低下要因として、既往に蓄積されたデータ分析により以下の確認をおこなった

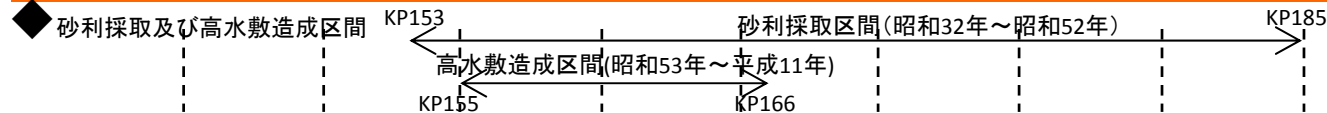
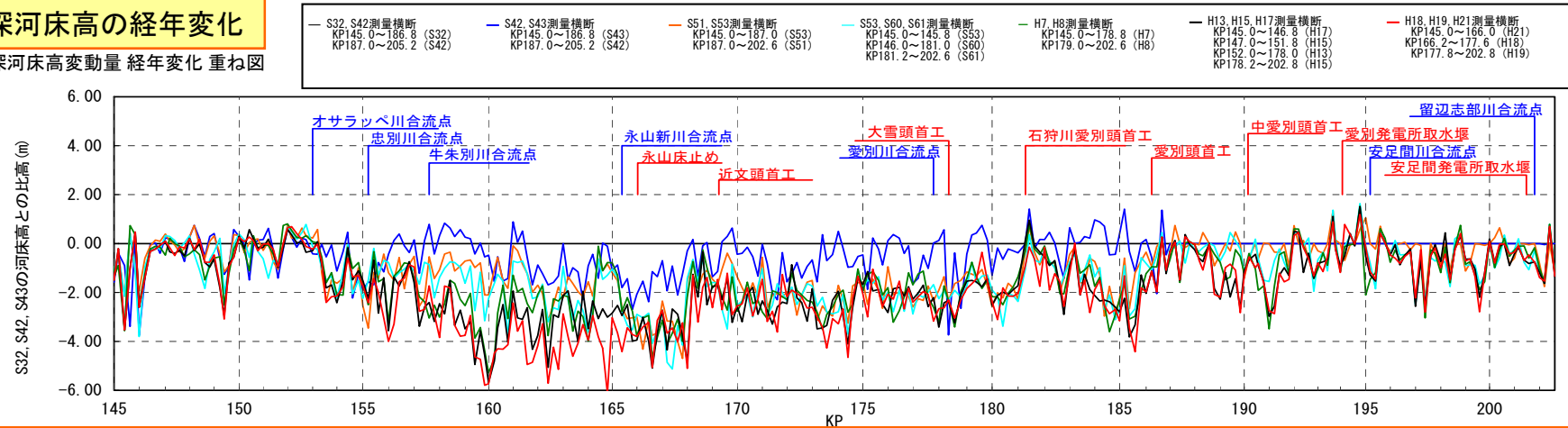
低下要因	検証事項	分析内容
①流入土砂の減少	(1)横断工作物の影響	- 河床低下区間上流の石狩川本川には、昭和50年完成の大雪山ダム(KP230付近)及び8箇所頭の首工(KP166～KP202付近)などが存在する。 - 横断工作物が河床低下を進行させているとすると、ダム下流の多くの箇所では影響が現れると考えられるが、昭和50年以降、河床低下が進行しているのは、KP157～KP166のみである。 - よって、横断工作物と河床低下の相関は低いと考えられる。
②流出土砂の増加	(2)河幅の経年変化の影響 (河畔林増加の影響含む)	- 河床低下が進行している区間は、河幅が他区間に比べて狭い。 - 昭和50年代以降、河床低下区間では、高水敷造成や低水路護岸設置などに伴い、河幅が減少。 - 河幅減少に伴い、河床低下区間の掃流力が増加。 - 河床低下に伴い冠水頻度が減少した箇所は河畔林が増加し、流下断面を更に狭くしており、河床低下を助長している。 - 河幅の変化と河床低下の進行には、一定の相関性があると考えられる。
	(3)河床勾配の経年変化の影響	- 昭和51・53年と平成21年、いずれも、1/323程度。変化傾向はみられない。 - 平均河床勾配と河床低下の進行の相関性は低いと考えられる。
	(4)河床材料の経年変化の影響	- 経年的に粗粒化傾向にある。 - 同一の掃流力下では、粗粒化するほど、土砂は流れにくくなるため、河床材料の経年変化と河床低下の相関は低いと考えられる。
	(5)流量の経年変化の影響	- 昭和50年代後半以降の年最大流量は、最大でも1,000m³/s程度。それ以前に比べ、年最大流量は減少傾向。 - 流量変化と河床低下の進行の相関性は低いと考えられる。
③その他	(6)砂利採取の影響	- 昭和52年までの砂利採取量と河床低下で失われた土砂量を比較するとある程度の相関が見られた。 - 砂利採取は、昭和52年までの河床低下の進行と相関があると考えられる。
	(7)軟岩洗掘の影響	軟岩上は土砂が堆積しづらく、また、流砂により軟岩が洗掘されるため、河床低下の進行と相関があると考えられる。

【参考】2. 要因分析①（最深河床高の変動量）

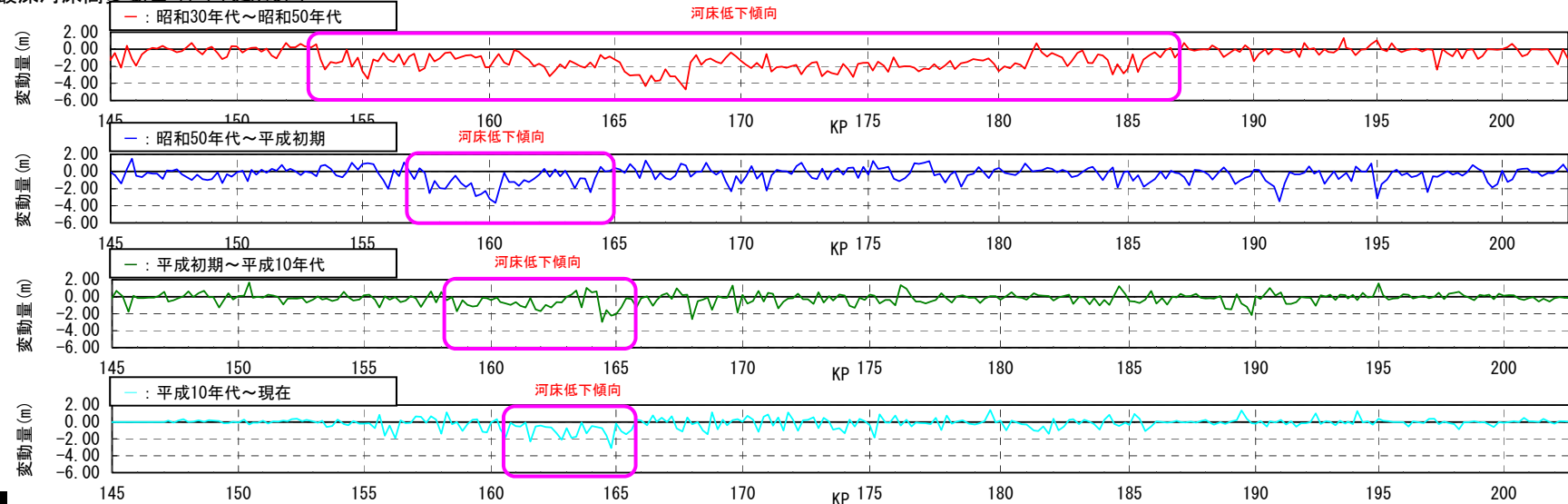
- 最深河床高の変動傾向は平均河床高の変動傾向と概ね同様であり、砂利採取の終了した昭和50年以降は高水敷造成を行った区間が大きく河床低下し、また近年の低下範囲は当該区間の上流に集中してきている。
- また、最深河床高の低下量は平均河床高に比べ大きい傾向にあり、局所的な洗掘が発生しているものと考えられる。

最深河床高の経年変化

◆最深河床高変動量 経年変化 重ね図



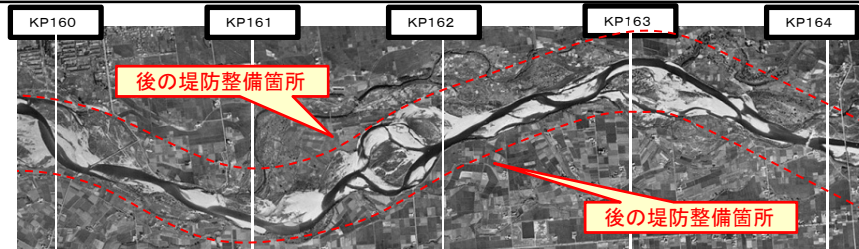
最深河床高変動量 各年代比較図



【参考】2. 要因分析②(河床低下区間の川幅経年変化)

- 当該区間は、昭和30年代に複列網状の河道を包絡する形で堤防間を 約300mとして堤防整備が始まった。
- 昭和57年に流量変更に伴う工事実施基本計画の改訂があったが、この時の問題認識は、河道の単列化と流水の集中による河岸侵食であったため、高水敷を造成することにより、堤防接近箇所の防御対策を位置付けていた。
- また、この時点においては、砂利採取規制をすることによって河床低下傾向は収まるものと推定していた。

昭和23年



- ・計画高水2,100m³/s(昭和28年全体計画)
- ・堤防整備前の状況
- ・複列～網状河道でレキ河原が形成されている

昭和42年



- ・計画高水2,100m³/s(S40工実改訂で計画が変更となったが大雪ダムが位置づけられ計画高水は変更なし)
- ・堤防整備直後で高水敷整備前の状況。堤防間は低水路幅を包絡し約300m
- ・複列河道でレキ河原が維持されている

昭和52年



- ・計画高水2,100m³/s
- ・高水敷造成初期の状況
- ・複列河道でレキ河原が維持されている

平成6年



- ・計画高水3,500m³/s(昭和57年の工実改訂により変更。河川整備基本方針でも踏襲)
- ・高水敷造成が進み、低水路幅が狭くなっている
- ・単列河道で樹林化の傾向が見られる

平成12年

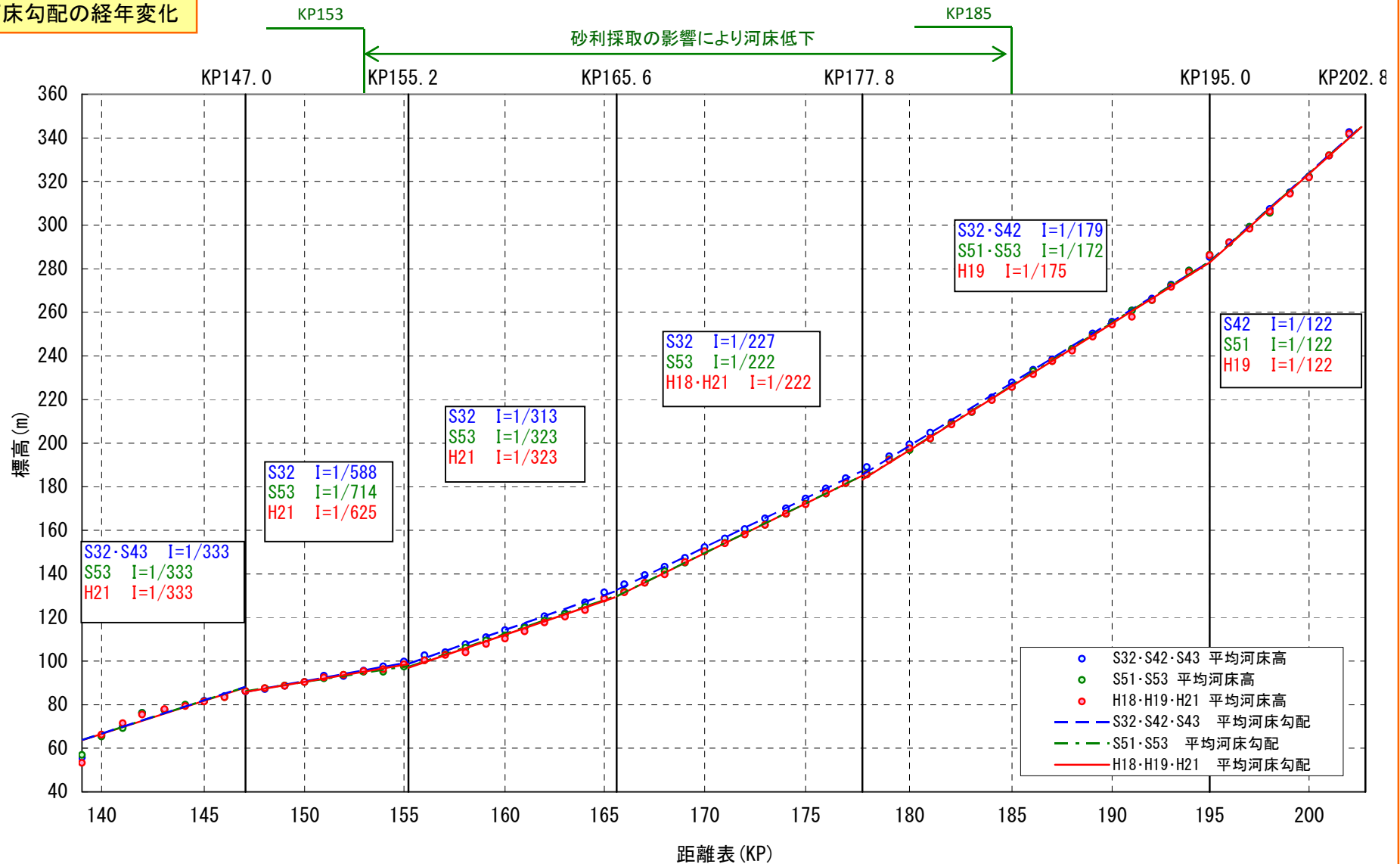


- ・計画高水3,500m³/s
- ・高水敷造成の進捗に合わせ、公園整備も進められている
- ・単列河道で樹林化が更に進行している

【参考】2. 要因分析③（河床勾配の経年変化）

- KP147～KP155.2区間は、昭和30年代から昭和50年代にかけてKP153付近から上流が砂利採取の影響で河床低下したため、緩勾配化している。その後、勾配が急になっている。
- KP155.2から上流は、昭和30年代から昭和50年代にかけて砂利採取の影響で河床が低下しているものの、勾配に大きな変化は見られない。
- KP155.2～KP165.6は、昭和50年代から平成21年にかけて河床低下しているが、区間の勾配は変化していない。
- KP165.6から上流は、勾配に大きな変化は見られない。

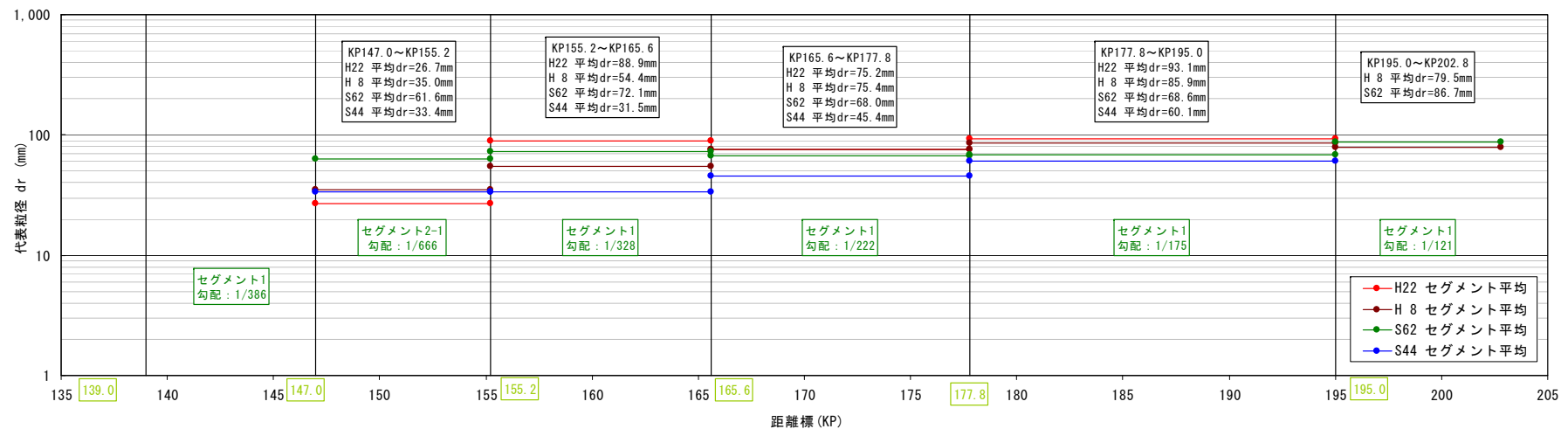
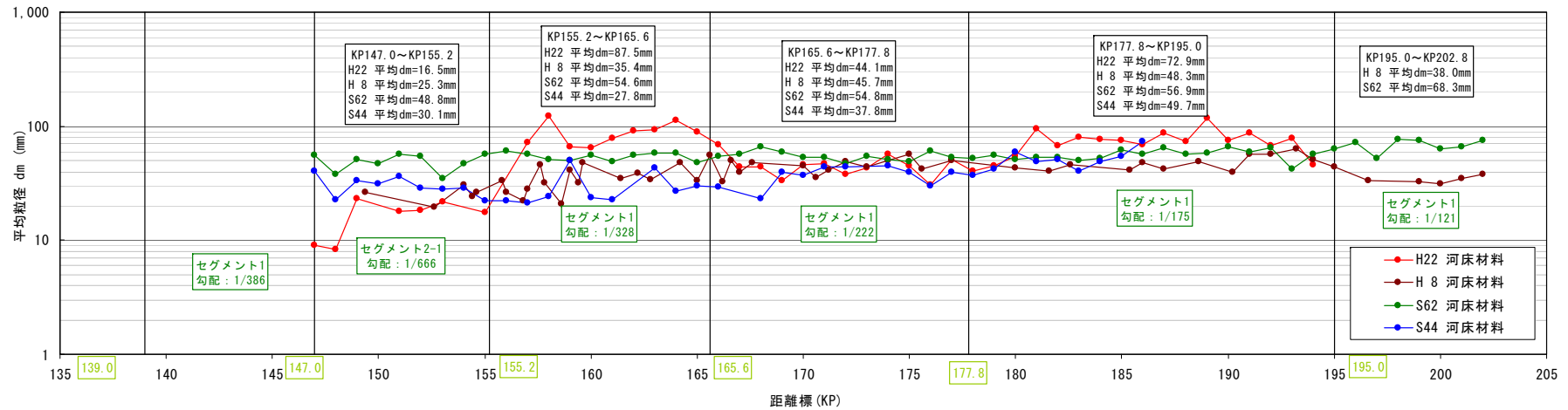
河床勾配の経年変化



【参考】2. 要因分析④(河床材料経年変化)

- KP155.2～KP165.6区間は、河床低下に伴って粗粒化している。
- KP147.0～KP155.2区間は細粒化しており、KP155.2～KP165.6区間(粗粒化区間)から流出した細粒分が堆積していると考えられる。
- KP165.6から上流区間では、河床材料に大きな変化は見られない。

河床材料

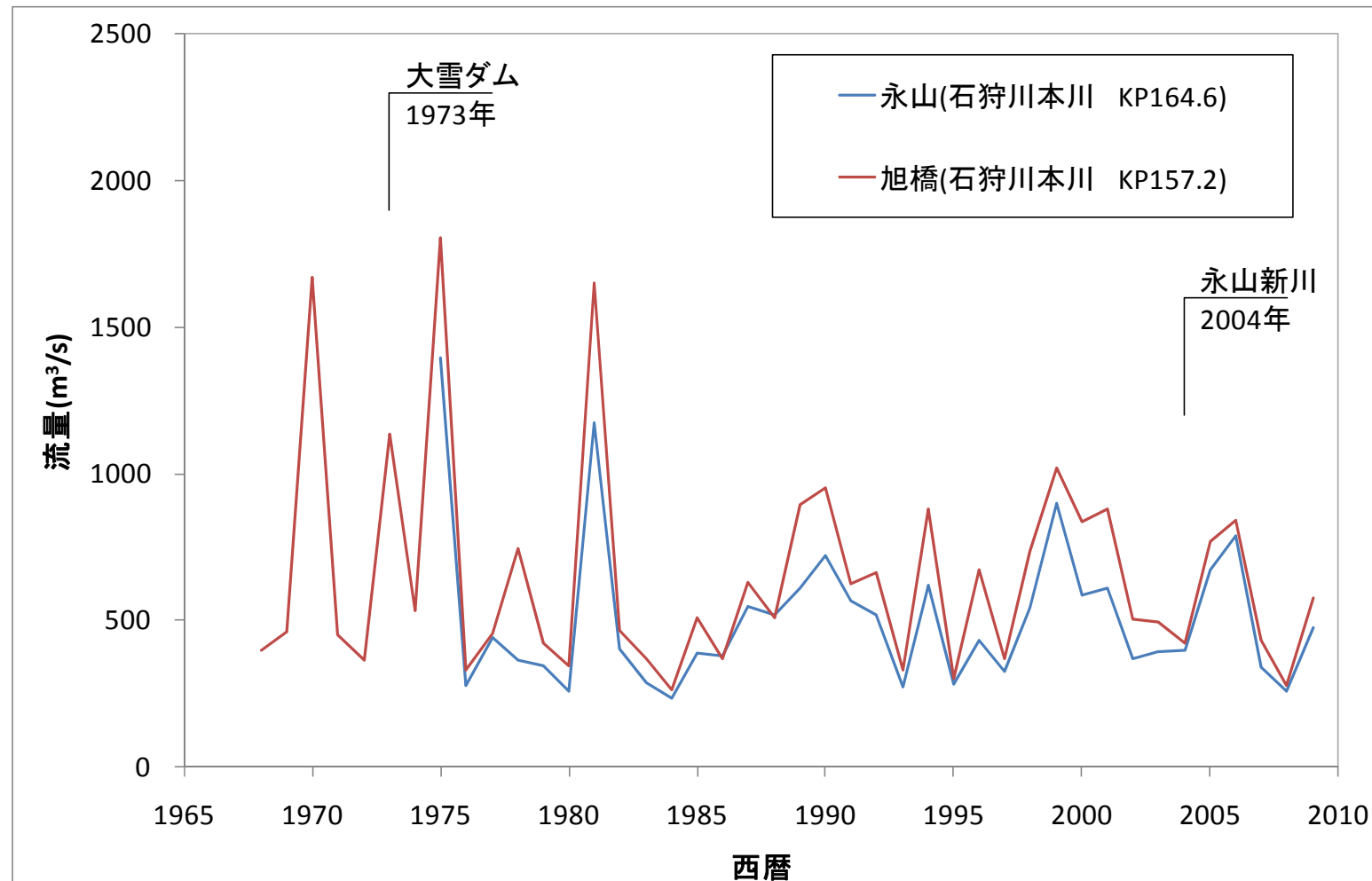


【参考】2. 要因分析⑤（流量の経年変化）

【河床低下区間の流況変化】

- 河床低下区間における流量の経年変化は下図のとおりであり、平均年最大流量は、638m³/s(昭和32年～平成17年)。
- 昭和50年代後半以降の年最大流量は、最大でも1,000m³/s程度。それ以前に比べ、年最大流量は減少傾向であり、流量の増大により河床低下が進行した可能性は低いと考えられる。

近年の流況変化

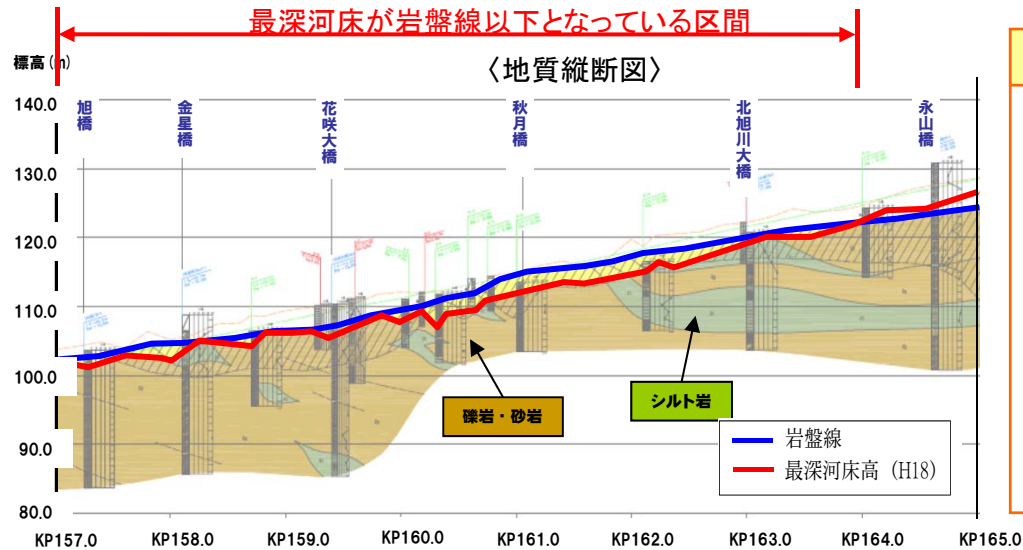


【参考】2. 要因分析⑥（軟岩洗掘の影響）

【河床低下区間の露岩状況】

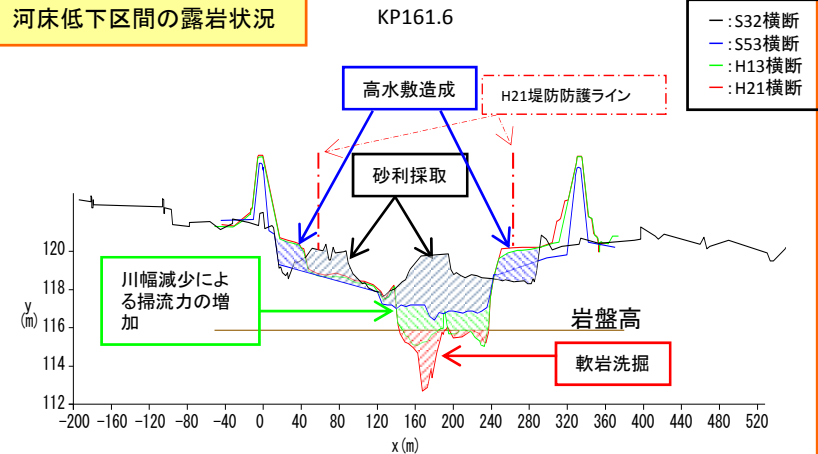
- 現在、KP157～KP164区間において最深河床高が岩盤線以下となっている。
- 経年変化横断面図を確認すると、平成13年以降は軟岩洗掘によって河床が低下している。
- 石狩川KP157～KP164区間で露出している岩は、風化し土砂になりやすい性質である。

河床低下区間の露岩状況



KP157～KP164区間において、最深河床が岩盤線以下となっている。

河床低下区間の露岩状況



KP160.0付近の露岩状況



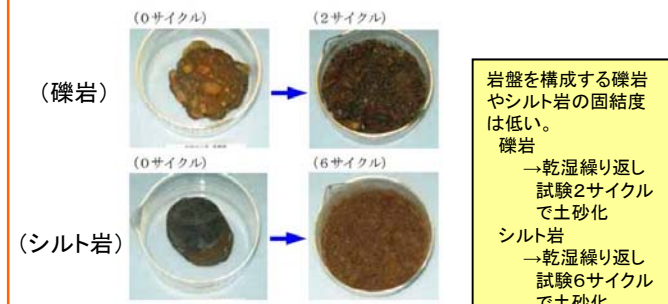
- ・白い箇所 ⇒ シルト岩
- ・茶色い箇所 ⇒ 礫岩

軟岩の洗掘に関する現地実験結果

- ・軟岩は流水だけ（給砂無し）では洗掘されず、流砂の移動により洗掘される。
- ・軟岩は粗度が小さく土砂が堆積しづらいため洗掘されやすい。
- ・滞筋部に流水及び流砂が集中することで、滞筋部の洗掘が一段と進む。



露岩区間で採取した資料の乾湿繰り返し試験結果



岩盤を構成する礫岩やシルト岩の固結度は低い。

礫岩
→ 乾湿繰り返し試験2サイクルで土砂化

シルト岩
→ 乾湿繰り返し試験6サイクルで土砂化

※1サイクル: 24時間水浸と24時間炉乾燥
※JHS(日本道路公団)-111の基準に従い実施

【参考】2. 要因分析⑦（まとめ）

➤ 河床低下要因は以下のとおり

河床低下のメカニズム

◆河幅イメージ

KP147～157
河幅: 240m程度

KP157～166
河幅: 120m程度

KP166～177.8
河幅: 160m程度

※河幅は、平均年最大流量流下時の水面幅として定義

※高水敷造成および護岸工事前の河幅は160～180m程度

河幅減少に伴い掃流力が増加
河床砂礫が流出しやすい状態になった

◆河床勾配イメージ

KP147.0～157
平均河床の勾配: 1/620

KP157～166
平均河床の勾配: 1/315

KP166～177.8
平均河床の勾配: 1/222

◆横断イメージ

◆昭和30年代～50年代にかけて

砂利採取

堆積土砂・礫層
軟岩

◆昭和50年代

堤防防護のため高水敷を造成

◆平成～

河床に軟岩が露出

◆現状

対岸が樹林化

滞水の発達

河床低下のプロセス

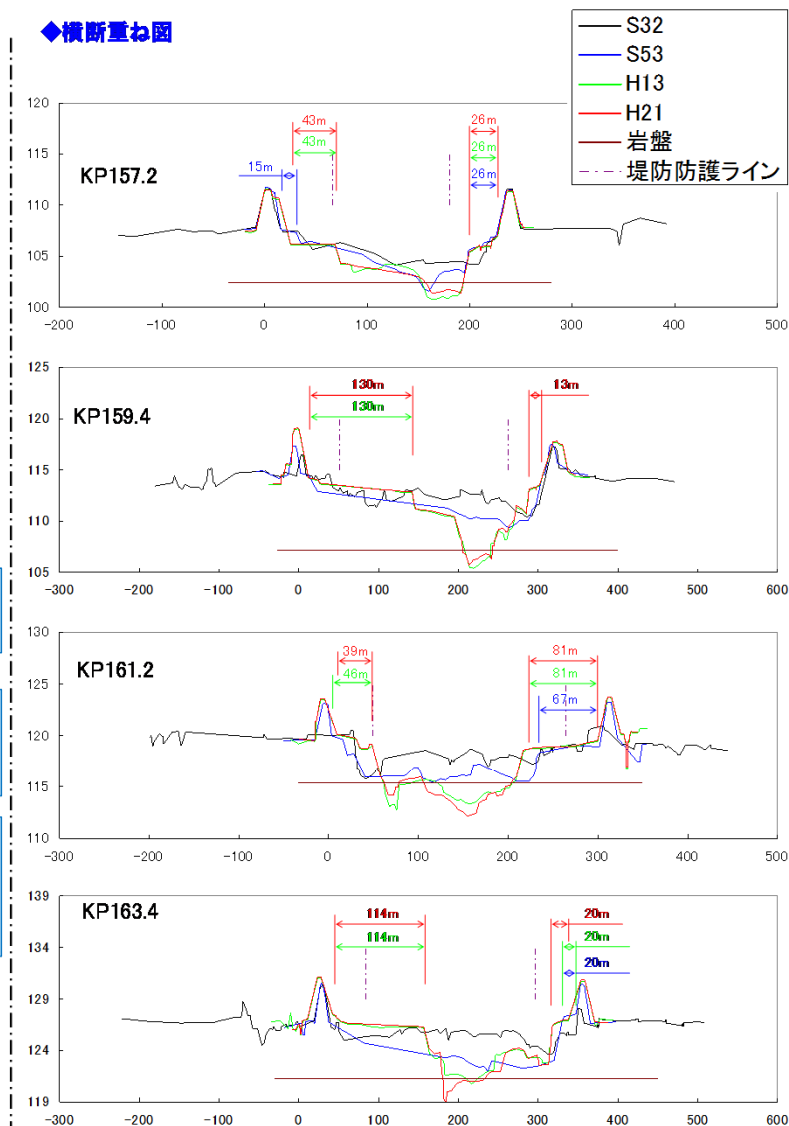
砂利採取により全川的に河床低下

河幅減少に伴い掃流力が増加し、河床砂礫が流出しやすい状態になった

河床低下が進行し、河床に粗度が小さく洗掘されやすい軟岩が露出したため、礫の流出と河床低下が進行

軟岩洗掘による河床低下の進行により滞りが発達し、流水の集中により河床低下を助長。また、対岸が陸地化し樹林化が進行

◆横断重ね図

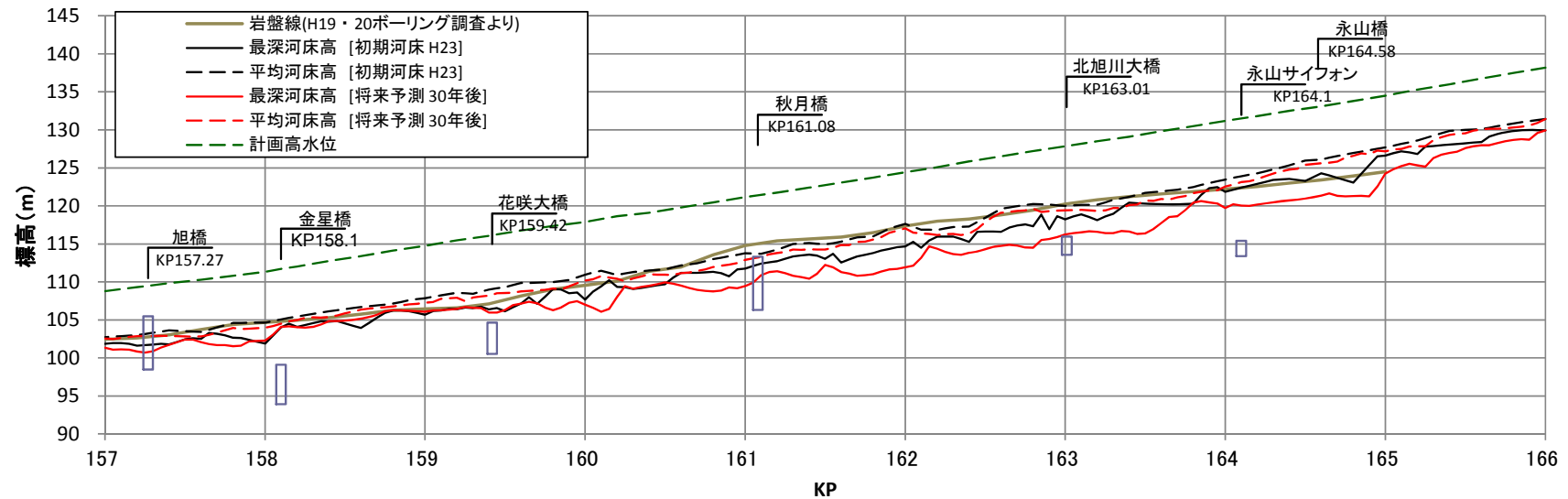


3. 将来予測

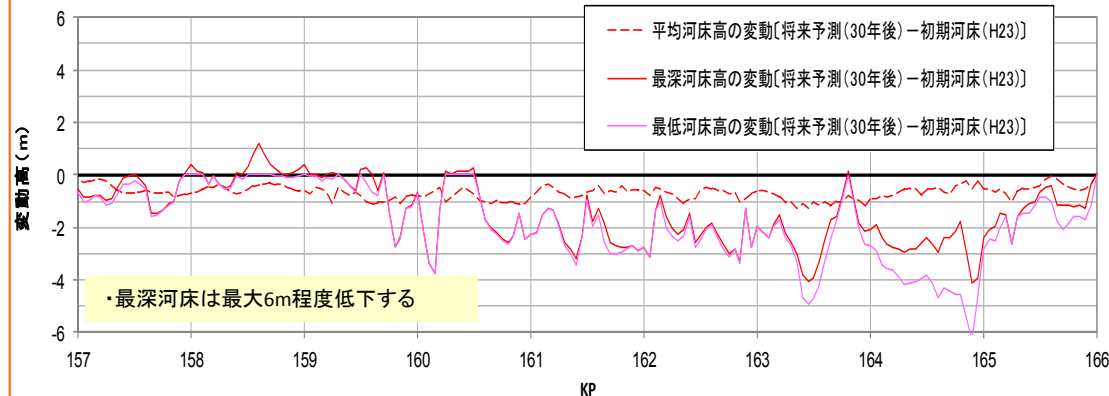
【河床低下区間の将来予測】

- H23河道を初期河床として30年の予測計算を行った結果、最深河床高は最大6m程度低下する。
- 今後は、KP160付近よりも上流で局所的な河床低下が進行すると考えられる。

河床低下区間の将来予測



初期河床からの変化量縦断面図



- 計算手法: 2次元河床変動計算
 - 対象流量: 昭和53年～平成18年の30年+整備計画流量の時刻流量 ($\tau > 0.05$ 以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
 - マニングの粗度係数: 低水路0.029、高水数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年横断図
 - 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: 岩盤線を考慮し、岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定
- (現地試験結果より岩盤上の限界掃流力は通常の60%)

4. 問題把握

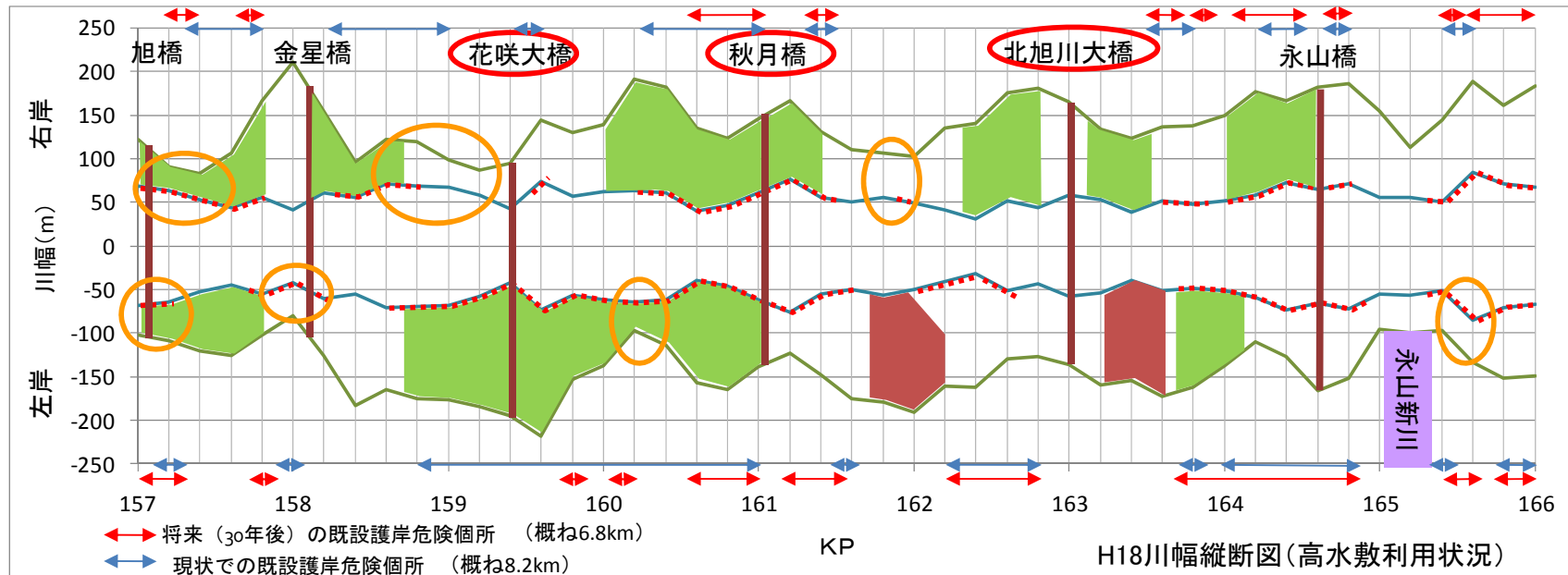
- WGでは、現状および将来予測を踏まえ、河川管理上の問題として以下の確認をおこなった

問題点	定量的評価			
	評価方法	現状 (H23年測量)	将来(30年後)	結果
護岸施設の破損等による堤防の安全性低下	以下で、評価。 河床高>護岸法留高:安全 河床高<護岸法留高:危険 ※護岸の力学的設計法より	危険箇所:8.2km (対象区間の既設護岸総延: 10.7km)	現状危険箇所を根 継ぎしたとしても 危険箇所:6.8km	根継ぎ後も 危険箇所が 6.8km増加
橋脚周辺の洗掘による橋脚の安定性低下	以下で、評価。 最深河床－基礎上端部 >2m:安全 <2m:危険	・旭橋 1/1本 ・花咲大橋 1/2本 ・秋月橋 3/3本	・北旭川大橋 2/2 本	危険な橋脚本数が 2本増加
露岩箇所が増加による産卵床の減少	以下で、評価。 砂礫:産卵床となる 軟岩:産卵床とならない	露岩面積: 215,400m ²	露岩面積: 336,800m ²	露岩面積が 約120,000m ² 増加

※H23年横断測量を初期河床形状とした計算結果による

問題点

- 河床低下現象が進行すると、維持管理費がかかり続ける



— 低水路幅(平年最大水面幅) — 高水敷幅 低水護岸 ■ 高水敷利用 ■ 雪捨て場

○ 河岸から堤防まで余裕がないため、河床低下が進むと危険になる可能のある箇所(全延長の15%程度)。
(長期間放置できないと考えられるが危険度の定量評価が困難)

○ 危険な橋脚を含む橋

【現状】

修復すべき護岸延長: 8.2km
修復事業費: 44億円

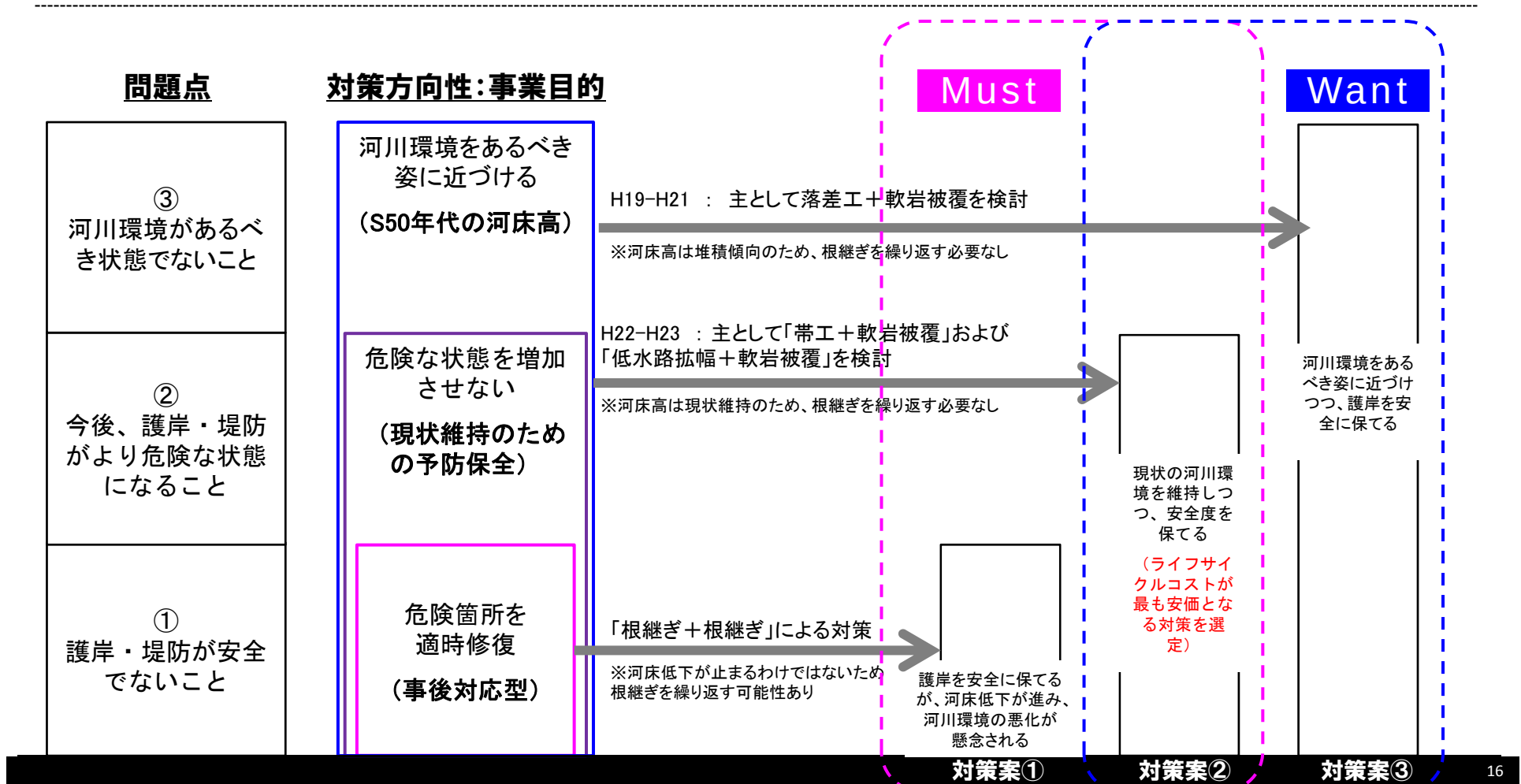
すべて修復したとしても、
さらに...

【30年後】

修復すべき護岸延長: 6.8km
修復事業費: 31億円

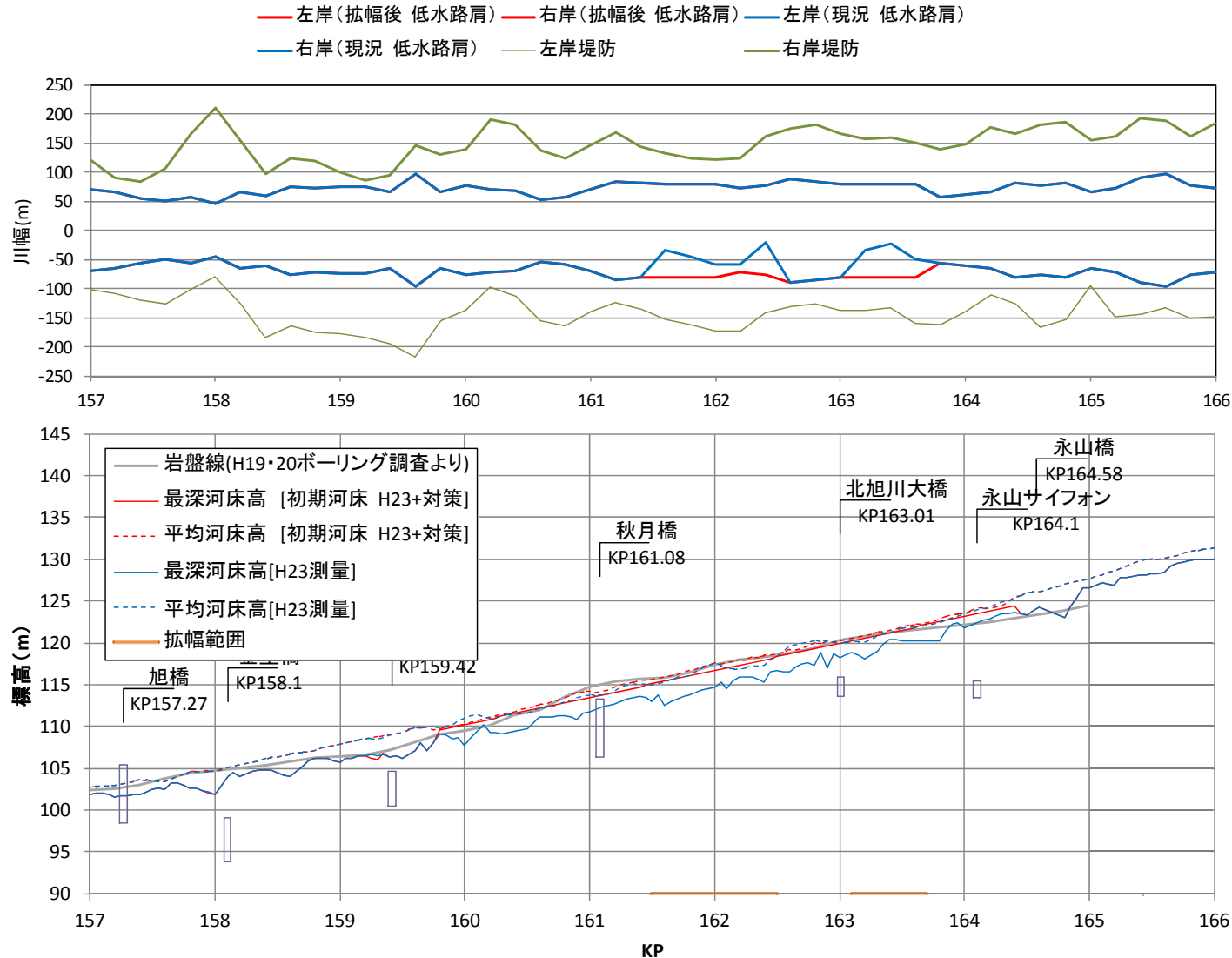
【参考】対策検討方向性

- H19-H21 : S50年代の河床高程度を目標とした対策検討をおこなった
 - 河床を上昇させる対策抽出が困難であった。また、事業費が膨大になることが確認された
- H22-H23 : 現河床高を維持することおよび予防保全の観点から事業費を含めた検討をおこなった
 - 帯工を中心とした河床低下対策案の抽出をおこなった
 - 多自然川づくりや河道外の土砂利用是非等の観点から低水路拡幅を含め、再検討することになった
 - 低水路拡幅による河床低下抑制効果が確認できた



5. 対策工の検討成果①（低水路拡幅①）

- KP159.8～KP164.4区間の内、護岸設置箇所、公園、運動施設利用箇所は除き、雪堆積場区間のみを高水敷造成前の160m幅に拡幅。
- 低水路拡幅により発生する土砂を流用し軟岩を被覆。高さは土砂量を考慮し、現況平均河床高程度。

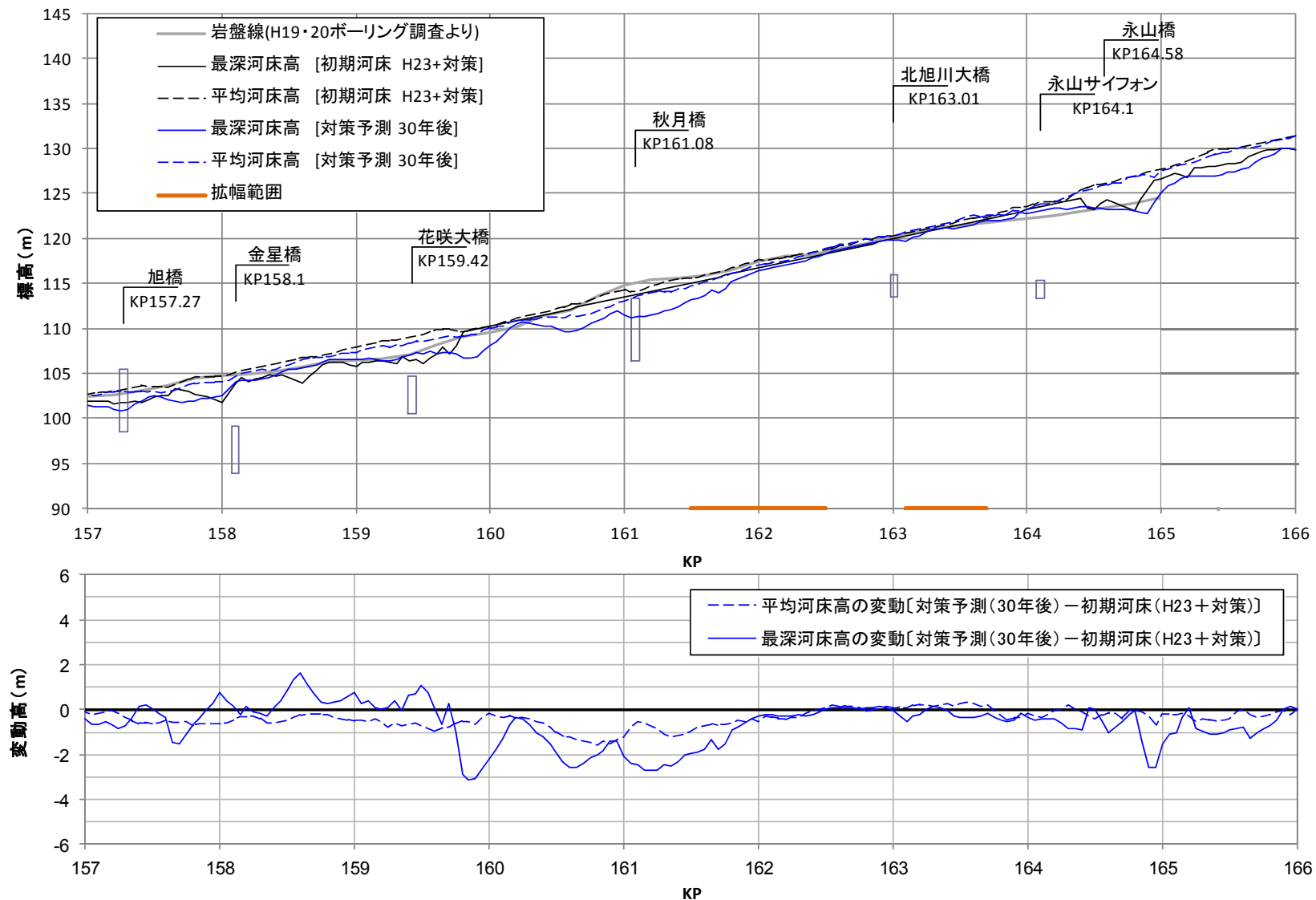


雪堆積場区間のみ拡幅

現況平均河床高程度まで、
横断流用

5. 対策工の検討成果①（低水路拡幅②）

- 低水路を拡幅した場合でも、KP160～KP162付近にかけて河床低下が進行すると考えられる。ただし、最大洗掘深さは3m程度に抑えられる。



対策後(横断流用後)が基準面

5. 対策工の検討成果②（帯工）

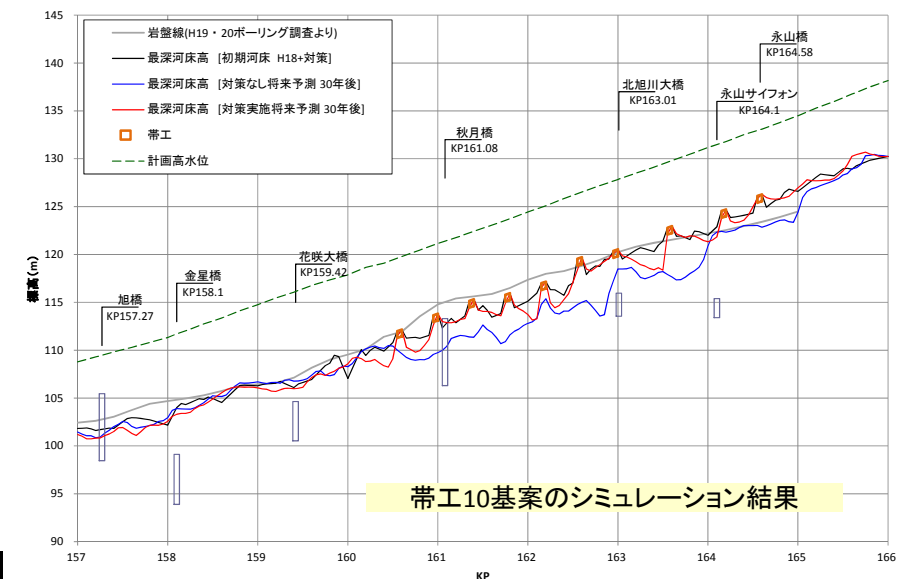
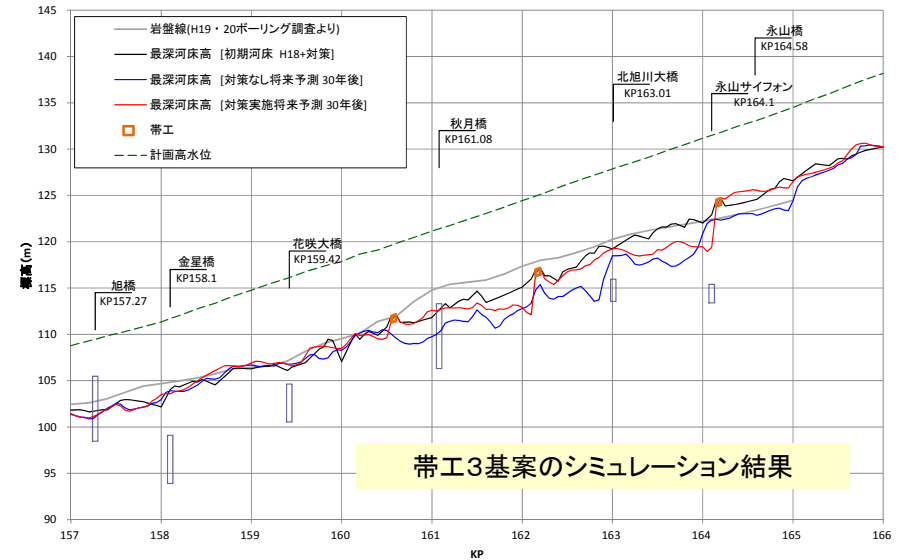
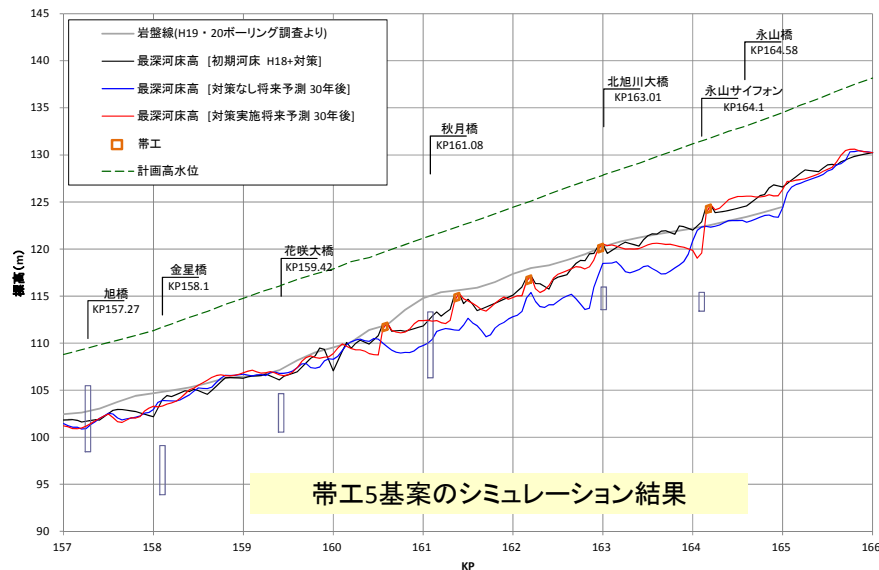
【短期的な河床低下対策】

■各案とも抑制対策効果があるが、露岩は解消されない状況にある。

帯工による河床低下抑制対策

シミュレーションによる感度分析結果

- 計算手法: 2次元河床変動計算
- 対象流量: 昭和53年～平成18年の30年+整備計画流量の時刻流量 (1.0.05以上となる500m³/s以上の出水を対象。S56 は除外)
- マニングの粗度係数: 低水路0.029、高水数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18年横断図
- 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: 岩盤線を考慮し、岩盤線以下で関係式により岩盤洗掘量を推定 (現地試験結果より岩盤上の限界掃流力は通常の60%)



今後の方針と課題

- 掃流力低下策 → 対象区間の雪堆積場箇所での低水路を拡幅
- 岩盤洗掘抑制策 → 低水路拡幅により発生する砂礫により岩盤を被覆
- 問題点 ⇒ 拡幅箇所の河床は安定するものの、岩盤被覆に用いた砂礫が流失傾向にあること

＜今後の方針＞

- 現河床高を維持することおよび予防保全の観点から事業費を含めて対策検討する
- 多自然川づくりの観点から、雪堆積場箇所の拡幅を主とした対策について検討をおこなう

課題1

低水路拡幅を主とした対策について、実施に向けた詳細を詰める

雪堆積場の拡幅について、旭川市等の関係機関と雪堆積場の代替措置を含め、調整をおこなう

課題2

対象区間の土砂流失を抑制できる策として、帯工を主とした対策を検討する

既往に構築した数値シミュレーションを用いて、帯工を主として土砂流出抑制策の検討をおこなう
→ 資料3

課題3

数値シミュレーションでは把握が困難な事象について大型模型実験等で把握し、対策に反映する

石狩実験場にて、大型模型実験(1/50スケール)をおこない、現象把握をおこなう
→ 資料4

課題4

周辺環境や魚類等への影響を把握し対策に反映する

既往測量・調査結果等を用いて、河床形態の変化や植生変化について確認する。また、局所現象と魚類遡上の関係についても確認をおこなう