

2020.12.23

資料1

忠別川における河道の質的整備 に向けた検討ワーキング (第2回)

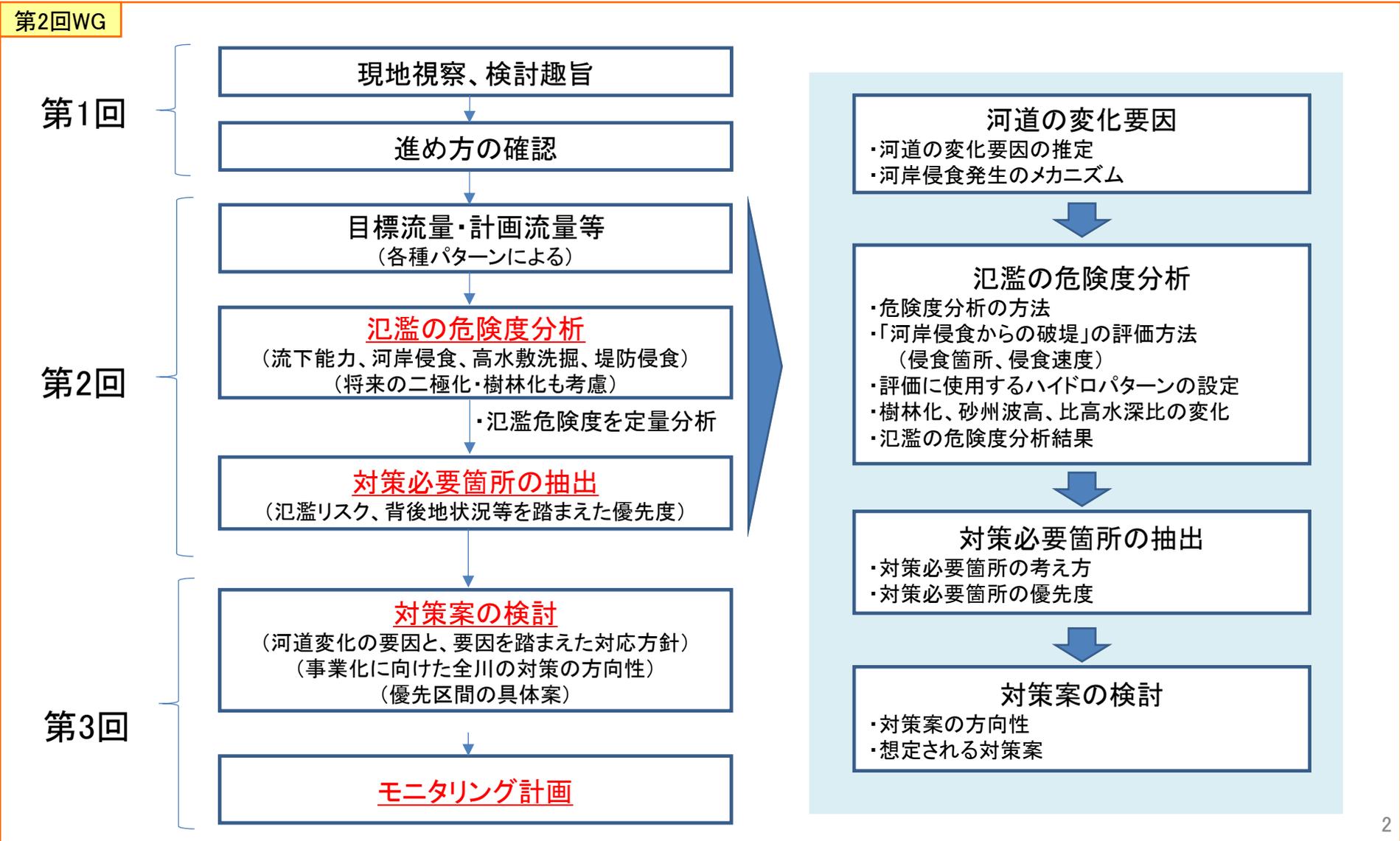
～ 本編説明資料 ～

《目次》

河道の変化要因	3
氾濫の危険度分析	11
対策必要箇所抽出	20
対策案の検討	23

旭川開発建設部

- 第2回WGにおいては、河道の変化要因、評価方法の検討を行い、それらを基に氾濫の危険度分析を行う。
- また、危険度分析の結果を基に、対策必要箇所の抽出、優先度の設定を行い、対応案を検討する。



河道の変化要因

河道の変化要因の推定（期間1）

- 期間1では、急流河川における河岸侵食防止等を考慮した高水敷造成、護岸整備等が行われ、**平成9年頃までに概ね現在の川幅が形成されている。**
- また、**平成10年頃までに多くの低水護岸が設置され、川幅が固定化**されている。

高水敷造成や低水護岸整備

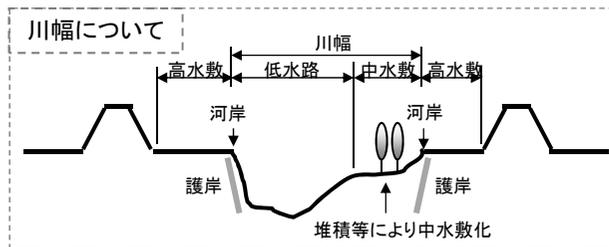


図 低水護岸設置延長の変遷 (KP2.4より上流)

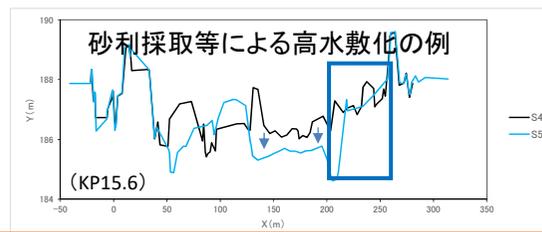
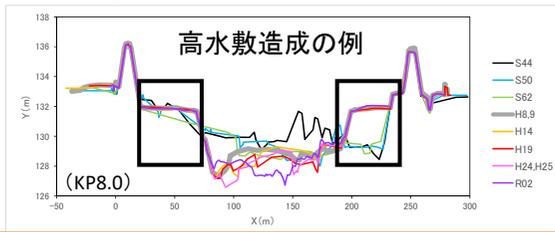
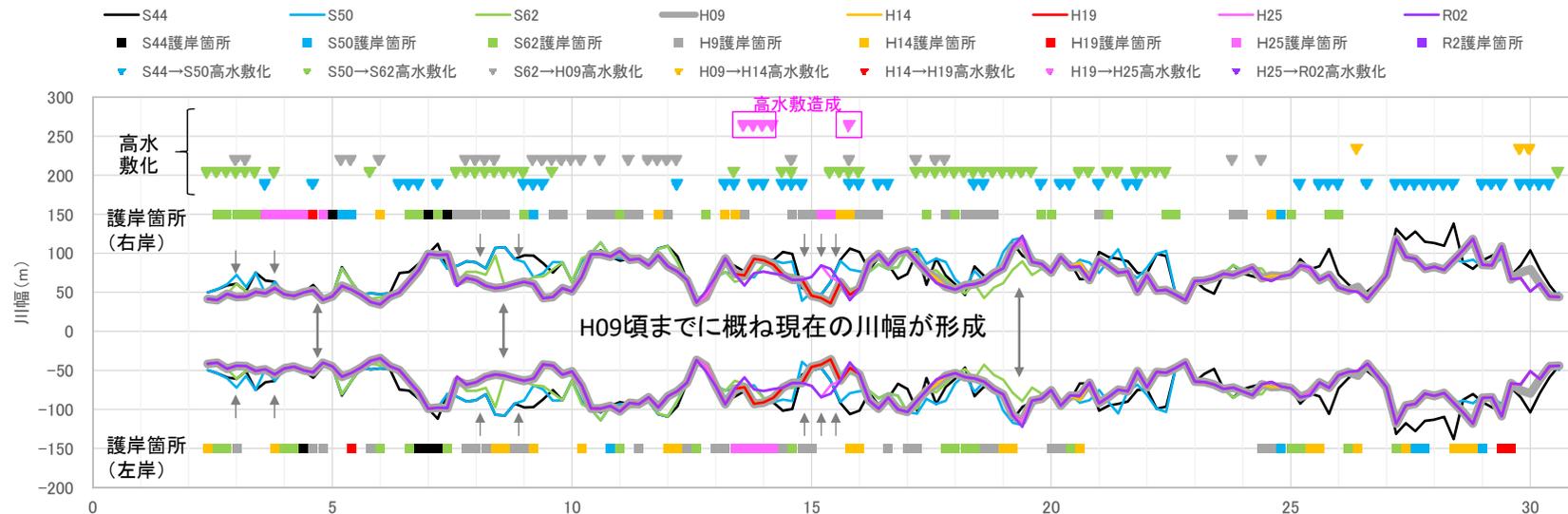
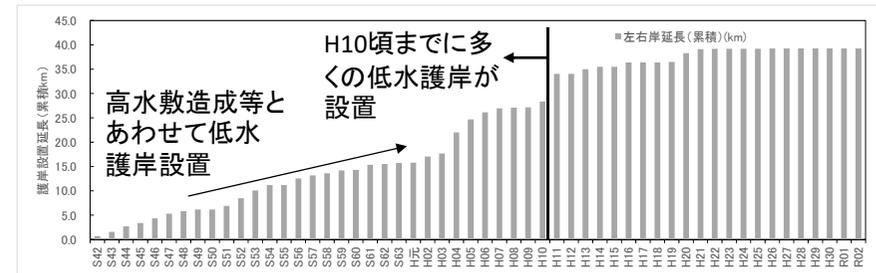


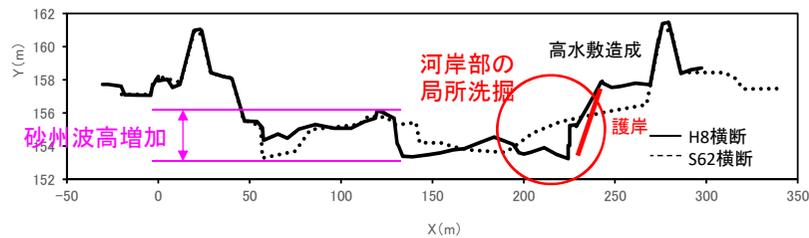
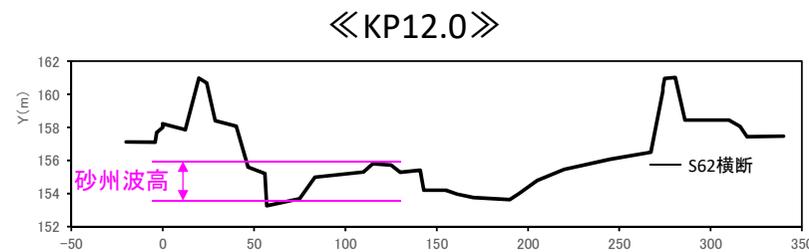
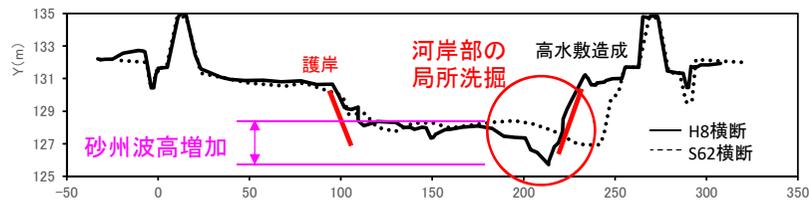
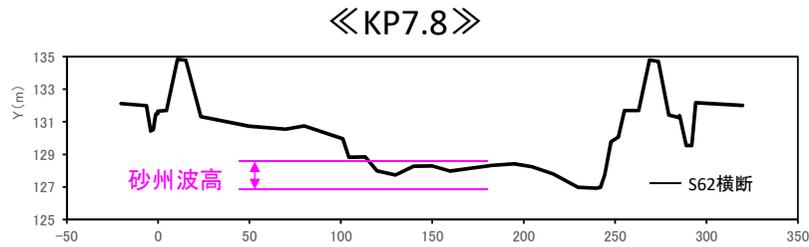
図 川幅の縦断

※空中写真、横断図を基に作成した。
 ※川幅は、高水敷造成、砂利採取等により高水敷化した箇所の河岸間とした。

河道の変化要因の推定（期間1）

■ 高水敷造成および低水護岸の設置が行われた箇所の横断形状の経年変化を見ると、**河岸部の局所洗掘が発生し、砂州波高が増加している。**

高水敷造成箇所の横断変化の特徴

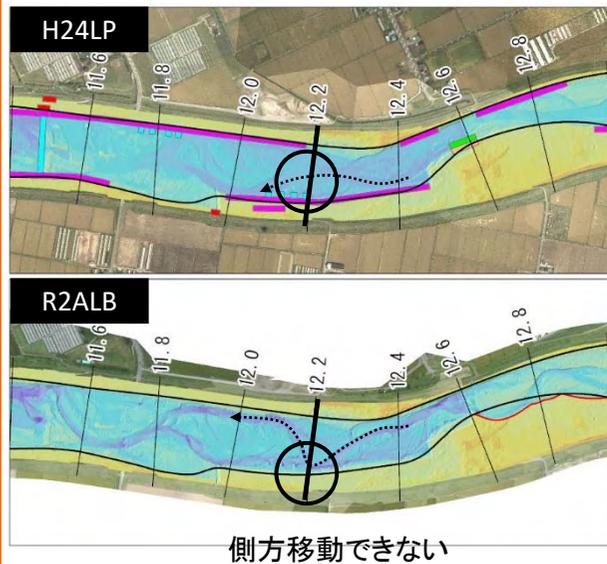


河道の変化要因の推定（期間1）

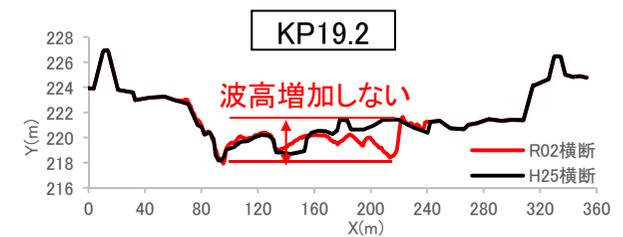
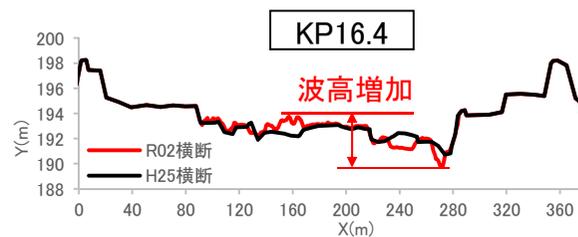
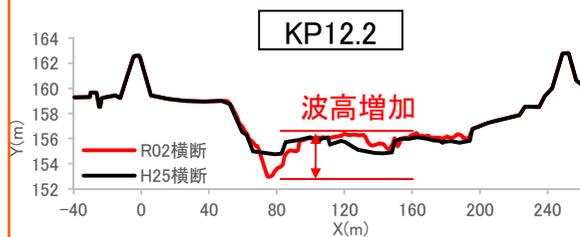
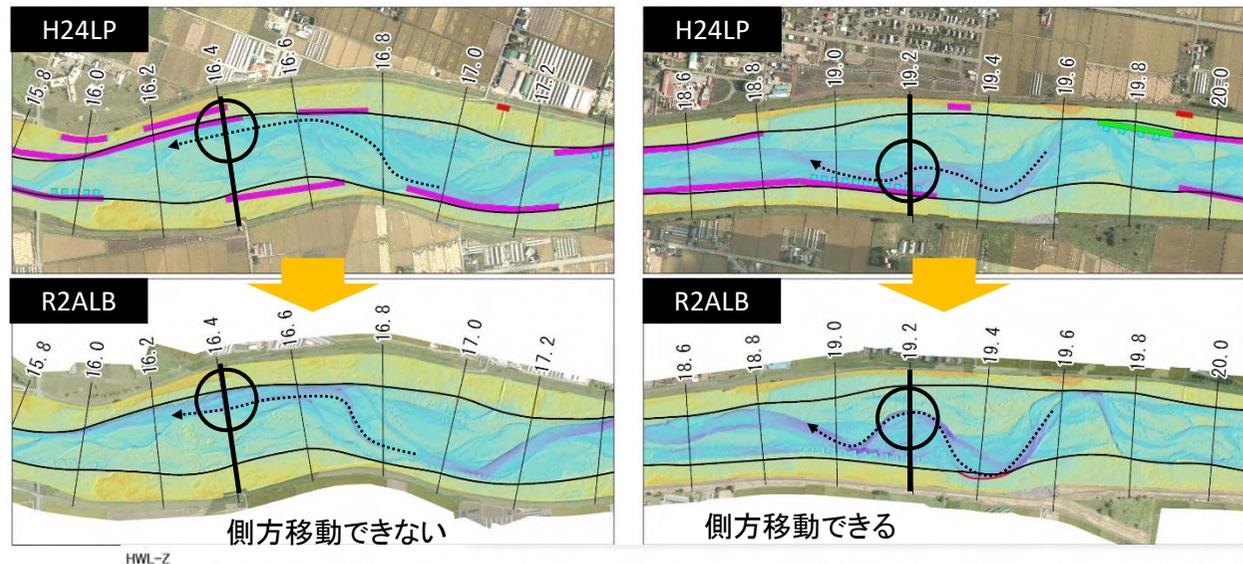
- 近年の出水前後の河道変化を見ると、**滯筋の側方移動を抑制した箇所では河岸の局所洗掘により砂州波高が増加**している。
- 一方、側方移動が抑制していない箇所では、砂州波高が増加していない。
- このことから、**期間1における砂州波高の増加は、川幅の固定化による滯筋側方移動の抑制**が影響していたと考えられる。

出水前後のレーザー測量から見た流路変化と砂州波高の特徴

側方移動が抑制されている箇所



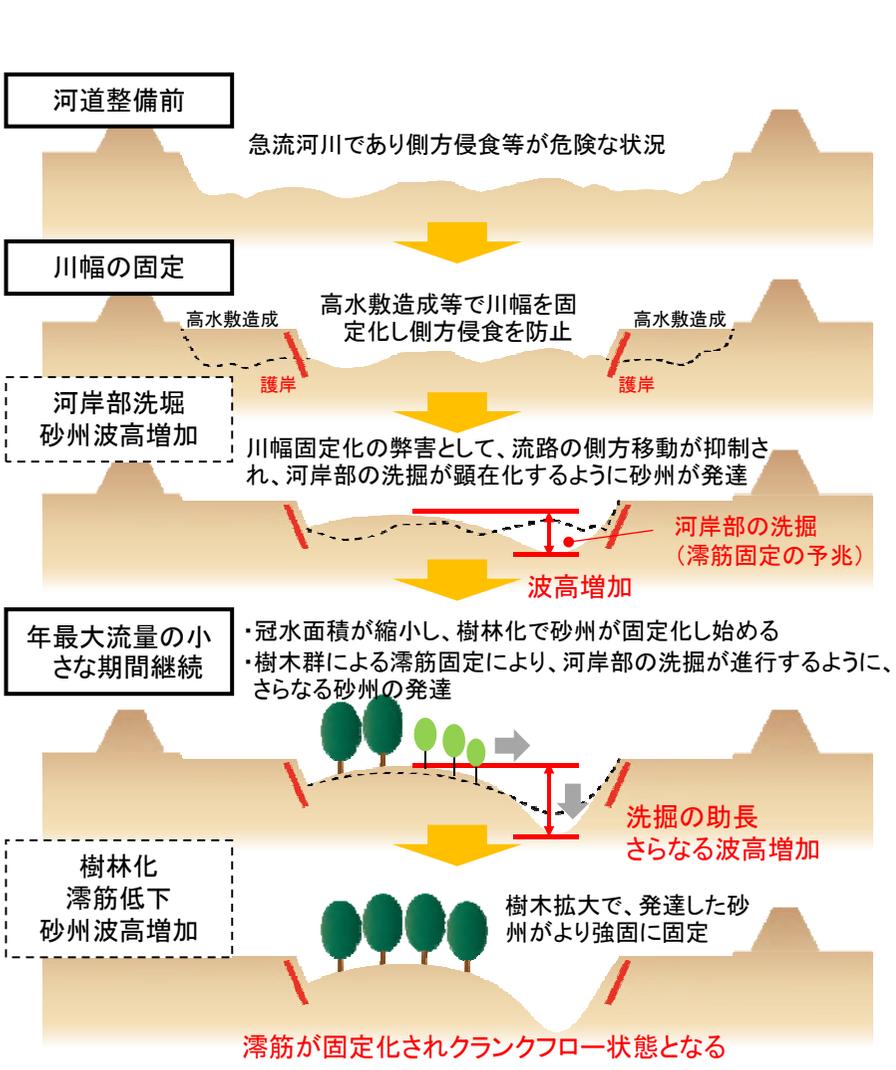
側方移動が可能な箇所



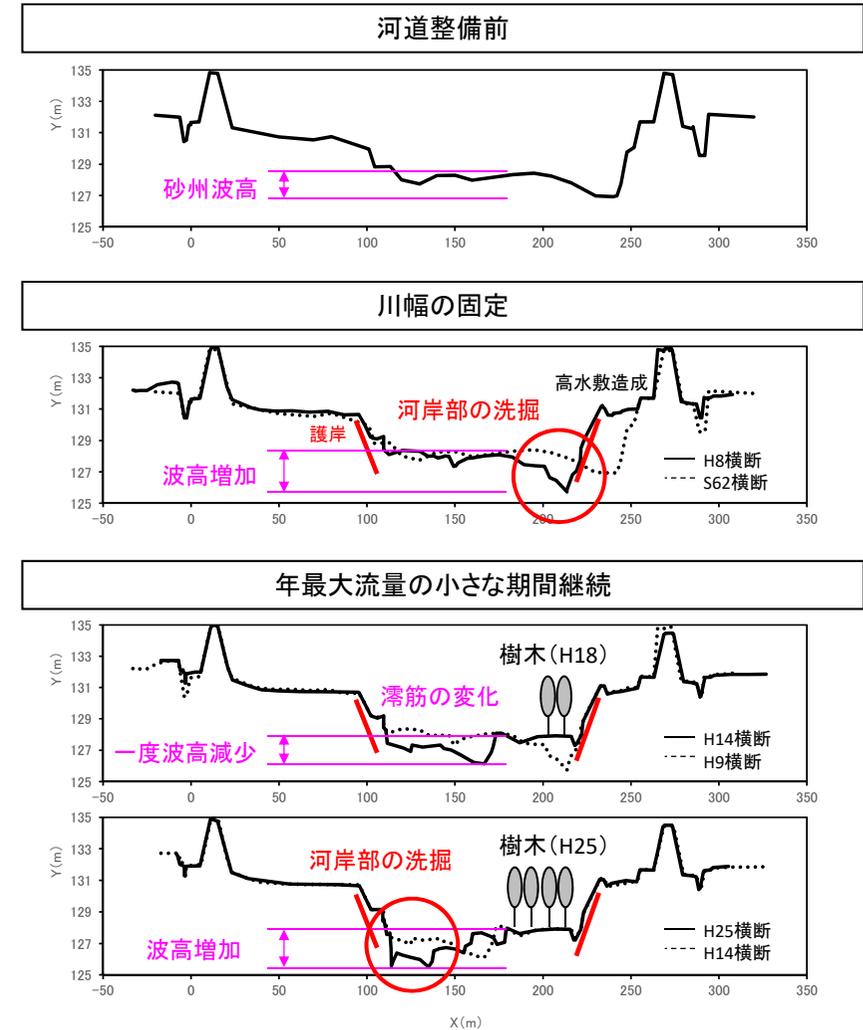
河岸侵食発生メカニズム (1)

- 忠別川では、治水安全度確保のため河道整備を行ってきたが、**川幅の固定化によって、河岸部の洗掘および砂州波高の増加**が生じた。さらに、年最大流量の小さな期間の継続等によって**樹林化や滞筋低下が進行し、さらに砂州波高が増加**している。
- 現在の忠別川は、こうした長期的な変化により**滞筋が固定化**されている。

河道変化の状況



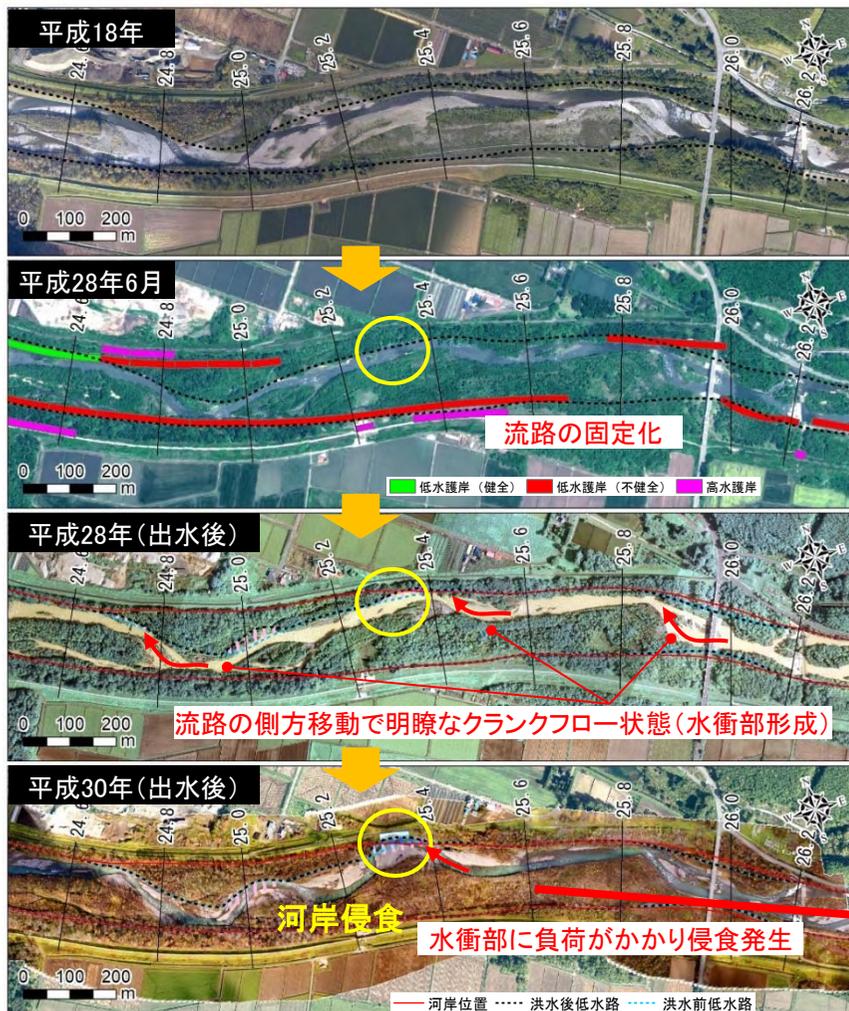
KP7.8の事例



河岸侵食発生のメカニズム (2)

- 平成28年出水では、固定化された滞筋に長時間流水が集中して滞筋の流向が変化し、水衝部が形成された。
- 平成30年出水では、平成28年出水の河岸侵食で形成された水衝部に、長時間流水が集中して河岸侵食が発生した。
- このように、砂州波高が増加して流路が固定化された箇所、出水時に長時間流水が集中する箇所では河岸侵食が発生する傾向であり、忠別川が直面している新たな課題となっている。

河岸侵食箇所の状況



《河岸への負荷が長時間発生》

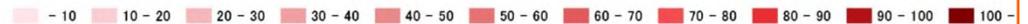
無次元掃流力0.05以上の継続時間(H28出水)



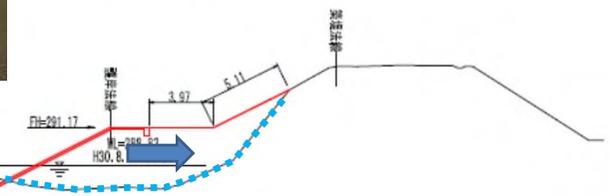
無次元掃流力0.05以上の継続時間(H30出水)



継続時間



侵食後の復旧



氾濫の危険度分析

- 各種破堤の危険度については、**流下能力不足、河岸侵食、高水敷洗掘、堤防侵食から評価**する。
- 破堤箇所では、**河道水位と背後地状況を考慮して氾濫リスクを評価**する。

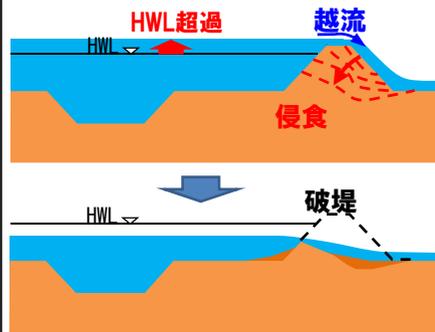
危険度の判定方法

※「河岸侵食からの破堤」は平面二次元河床変動解析、その他は河道計画との整合を図り準二次元不等流計算の水利諸量より評価

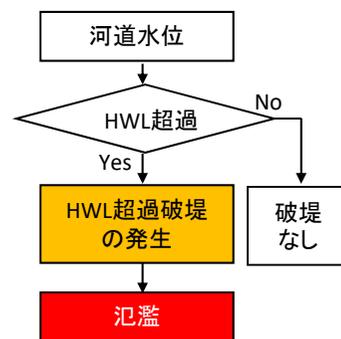
H30忠別川の被災パターン

【HWL超過破堤】(流下能力)

- 水位がHWLを超過

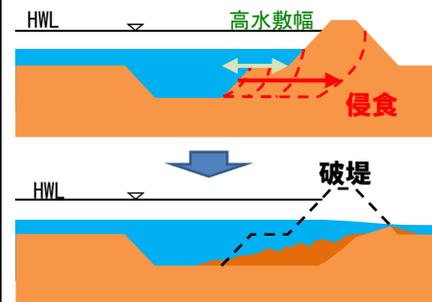


※樹木は非倒伏で設定

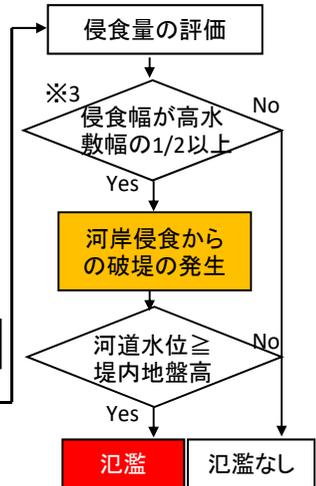
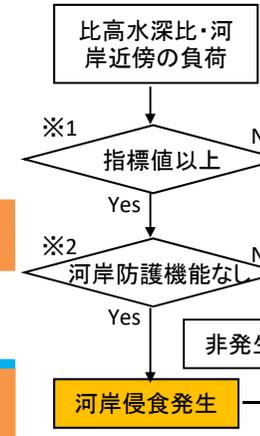


【河岸侵食からの破堤】

- 二極化指標(比高水深比、河岸近傍の負荷)、侵食速度より評価

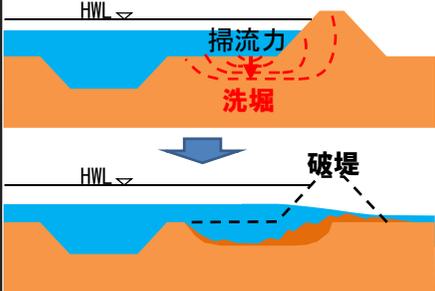


- ※1 比高水深比1.0以上、河岸の負荷発生 ($\tau > 0.05$ 以上の継続時間30hr以上)
- ※2 護岸基礎高 \geq 最深河床高
- ※3 出水の連続発生を考慮し、高水敷が半分流出すると破堤と判定

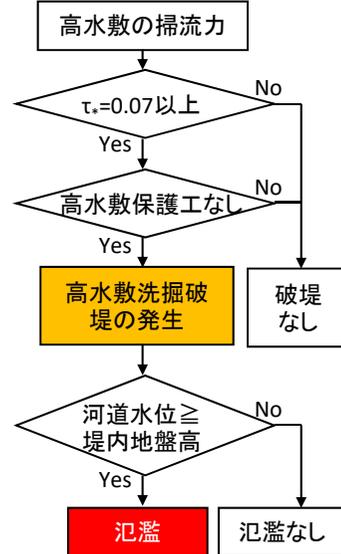


【高水敷洗掘破堤】

- 高水敷上の掃流力より評価(※)

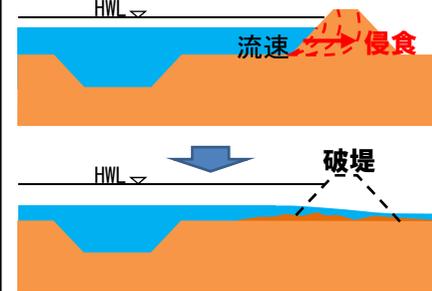


※高水敷洗掘の指標 $\tau > 0.07$ は、「急流河川における浸水想定区域検討の手引き(H15北陸地方整備局)」を参考。

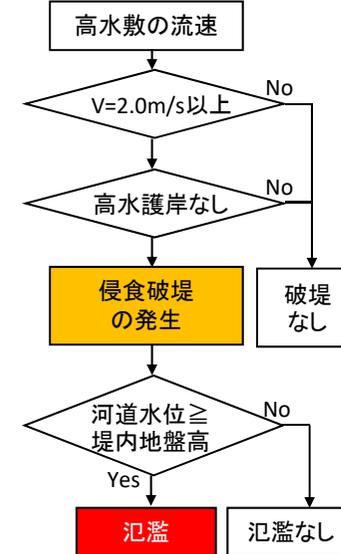


【侵食破堤】

- 高水敷流速より評価(※)



※芝草剥離の流速2.0m/sは、「美しい山河を守る災害復旧基本方針,H26」を参考。



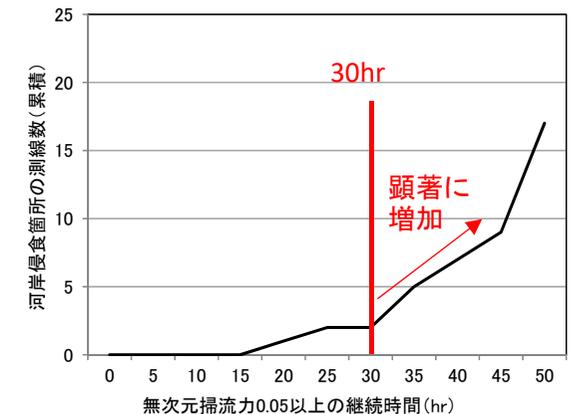
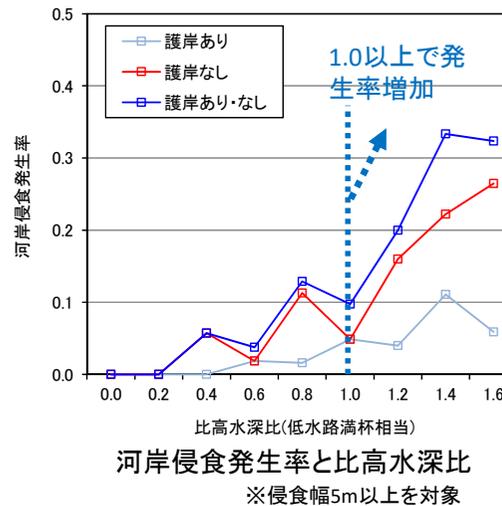
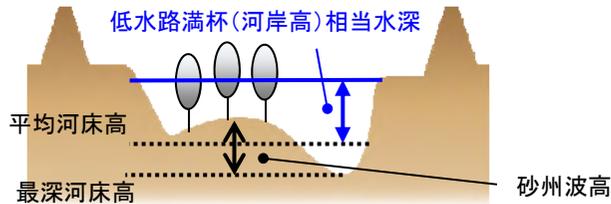
「河岸侵食からの破堤」の評価方法について

- 河岸侵食破堤においては、侵食発生箇所の評価と、侵食幅の評価について検討を行った。
- 侵食発生箇所については、実績被災箇所のメカニズムから、**二極化指標として、比高水深比1.0以上（潜在的なリスク：砂州の発達状況）+ 河岸への負荷（トリガー： $\tau_*0.05$ 以上の継続時間30hr以上）**とした。
- 侵食幅については、侵食発生箇所における破堤への影響として、**実績侵食幅を捉えられる適切な侵食係数を分析した上で、侵食速度式を設定した。**

侵食発生箇所の評価

- ・実績出水の分析の結果、比高水深比1.0以上で侵食発生率が増加する傾向、侵食箇所では $\tau_*0.05$ 以上の継続時間30hr以上の傾向であった。
- ・これらを出水前河道に適用すると、実績の侵食箇所が概ね抽出可能であった。

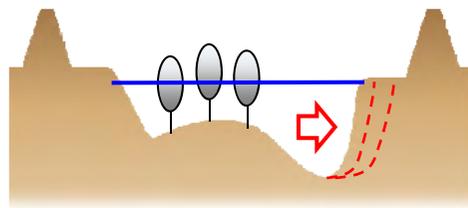
比高水深比 = 砂州波高 / 河岸満杯相当水深



河岸侵食箇所の無次元掃流力0.05以上の継続時間(H28出水時) ※河岸近傍の水利諸量は再現計算より

侵食幅の評価

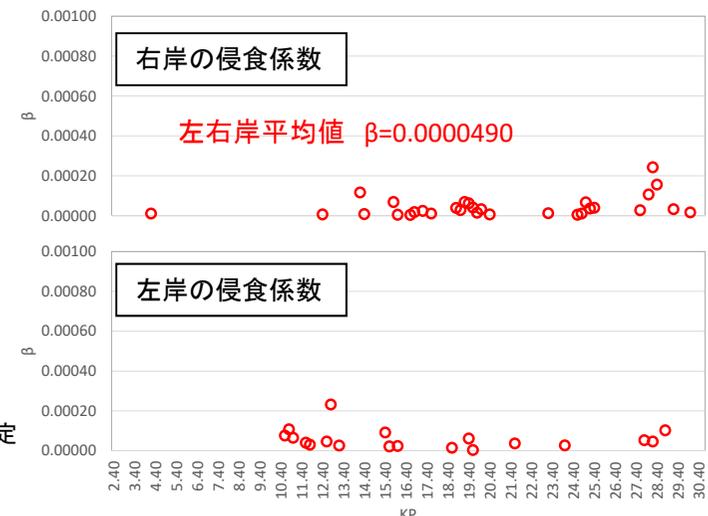
- ・侵食速度式の適用にあたっては、実績侵食幅と再現計算の流速、限界流速を用いて侵食係数 β を分析した。
- ・左右岸の河岸の土質条件が概ね同条件(砂礫層)であることから、 β を全川の平均値として適用すると、実績侵食幅は概ね再現される結果となった。



$$E = \beta (U - U_{cr})^*$$

E: 侵食速度 (m/s)、 β : 侵食係数、
U: 流速 (m/s)、 U_{cr} : 限界流速 (m/s)

※「洪水の水利と河道の設計法」より
※限界流速は、河床材料が動く限界流量時の流速から設定

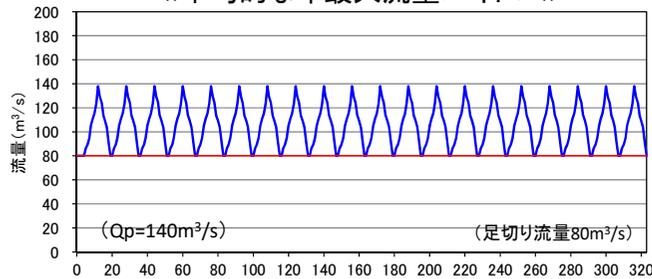


評価に使用するハイドロパターンの設定

■ 洪水時の破堤危険度を評価するため、現況河道に対して、平均的な年最大ハイドロ (20年間)、洪水ハイドロとして、目標流量相当ハイドロ (様々なハイドロパターン6ケース、及び小規模出水との組み合わせの有無) を与えた。(参考として計画高水流量 (超過洪水) についても実施)

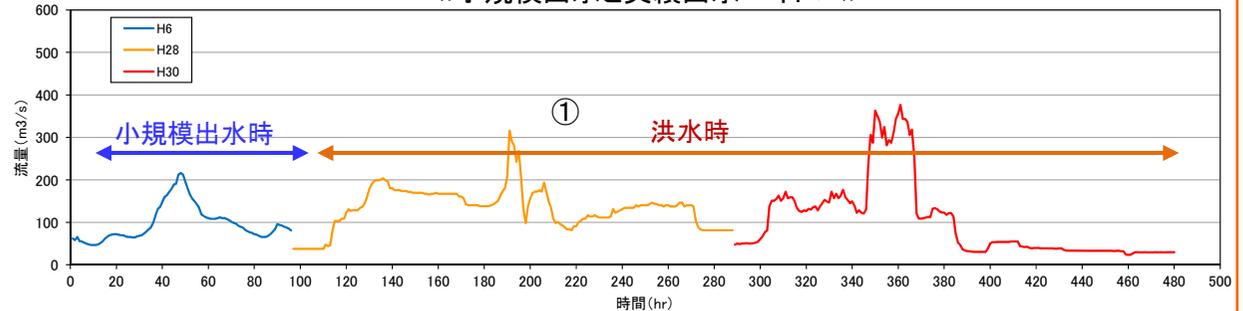
与えたハイドロ

《平均的な年最大流量ハイドロ》



年最大流量の小さな期間の平均ハイドロ波形 (20サイクル)

《小規模出水と実績出水ハイドロ》



小規模出水については、140m³/s以上、300m³/s以下程度の継続時間の長いハイドロとして、H6年5月の $Q_p=216\text{m}^3/\text{s}$ を抽出した。

《小規模出水と洪水ハイドロ》

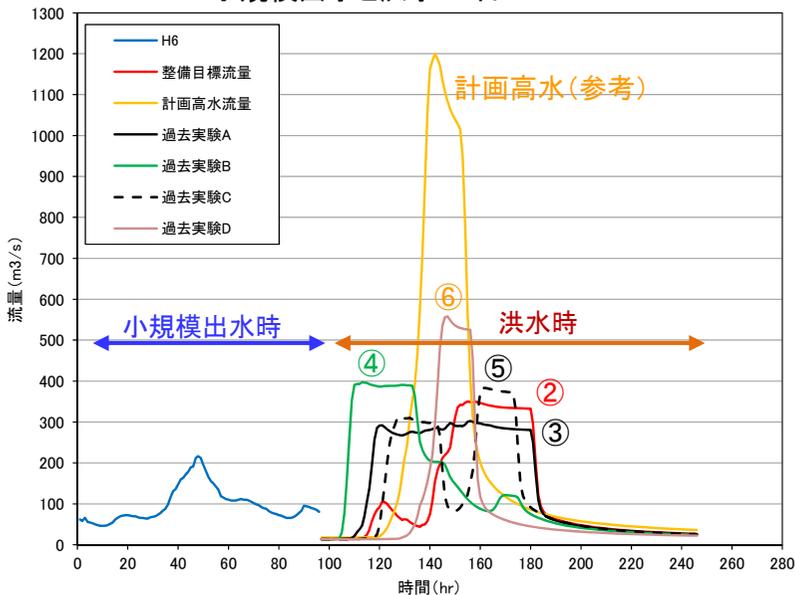


表 洪水ハイドロケース

流量規模	河道	ハイドロケース
目標流量相当	現況	<p>＜洪水 6ケース＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ①H28実績+H30実績 ($Q_p=376\text{m}^3/\text{s}$) ②目標流量 ($Q_p=350\text{m}^3/\text{s}$) ③目標流量相当 (過去実験A) ($Q_p=300\text{m}^3/\text{s}$) ④目標流量相当 (過去実験B) ($Q_p=400\text{m}^3/\text{s}$) ⑤目標流量相当 (過去実験C) ($Q_p=380\text{m}^3/\text{s}$) ⑥目標流量相当 (過去実験D) ($Q_p=560\text{m}^3/\text{s}$) <p>＜小規模+洪水 6ケース＞</p> <ul style="list-style-type: none"> H6出水 ($Q_p=216\text{m}^3/\text{s}$) + 各々洪水 (①～⑥) ※小規模とあわせ連続発生すると河岸への負荷が最大
	将来(20年後)	・全12ケース (現況河道に同じ)
計画高水流量	現況	・計画高水流量 ($Q_p=1200\text{m}^3/\text{s}$)
	将来(20年後)	・同上

※過去実験について次頁参照

評価に使用するハイドロパターンの設定

- 様々な洪水パターンについては、d4PDF過去実験^{※1}から得られる、整備計画目標流量(350m³/s)に相当するハイドロとして、ピーク流量300m³/s~400m³/sの62ハイドロを抽出し、最も継続時間長いハイドロ^{※2}、ピーク流量が大きいハイドロ、二山ハイドロの3ハイドロを選定した。(過去実験A~C)
- また、過去実験のうち、実績雨量^{※3}以下ケースの最大ピーク流量ハイドロについても選定した。(過去実験D)

※1 気候変動の影響を考慮した多数の気象現象の計算(アンサンブル計算)を行ったデータベース

※2 年最大流量の小さな期間における平均年最大流量(Q=140m³/s)以上の継続時間 ※3 昭和56年8月上旬暁橋基準実績72hr雨量248.3mm

整備計画目標流量相当の様々なハイドロパターン(d4PDF過去実験)

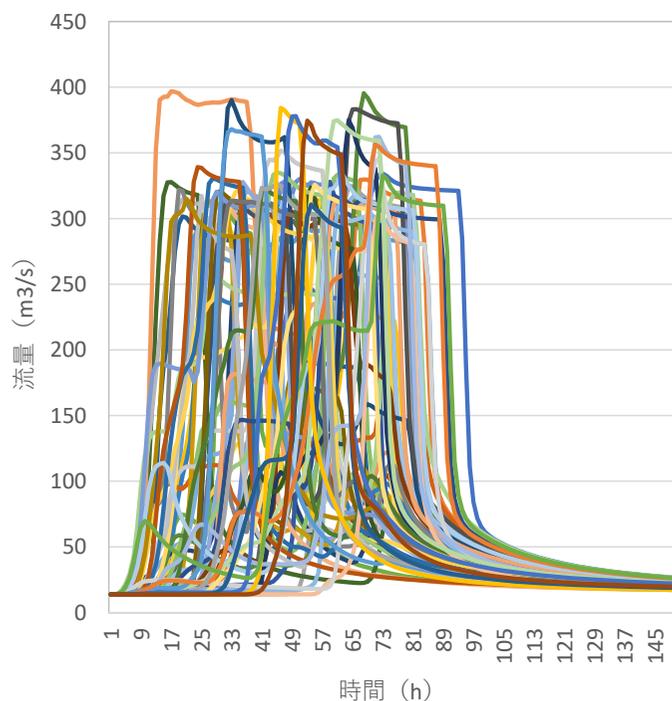


図 整備計画目標流量相当の過去実験ハイドロ

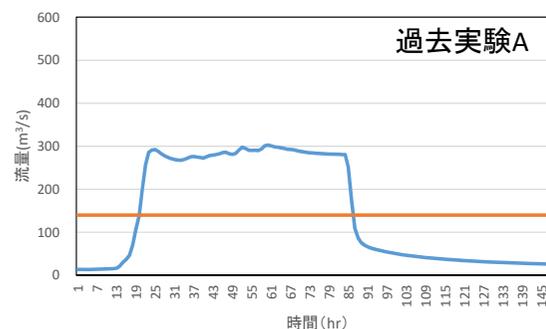


図 洪水継続時間が最も長いハイドロ

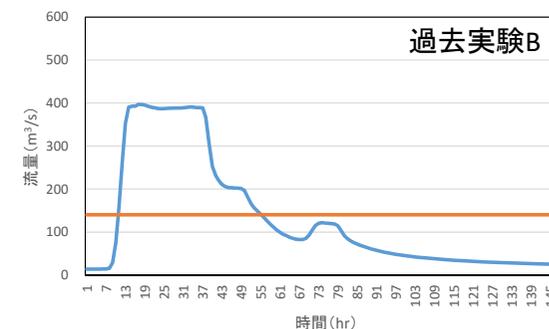


図 ピーク流量が大きいハイドロ

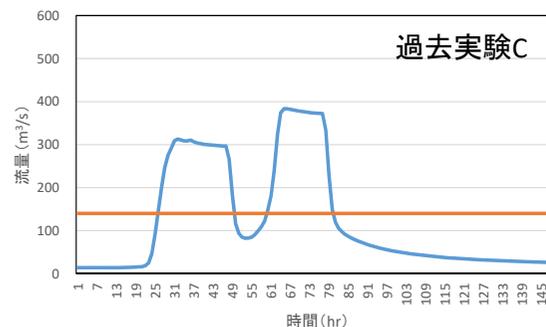


図 二山ハイドロ

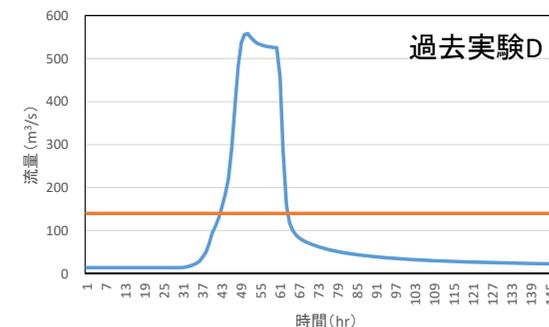
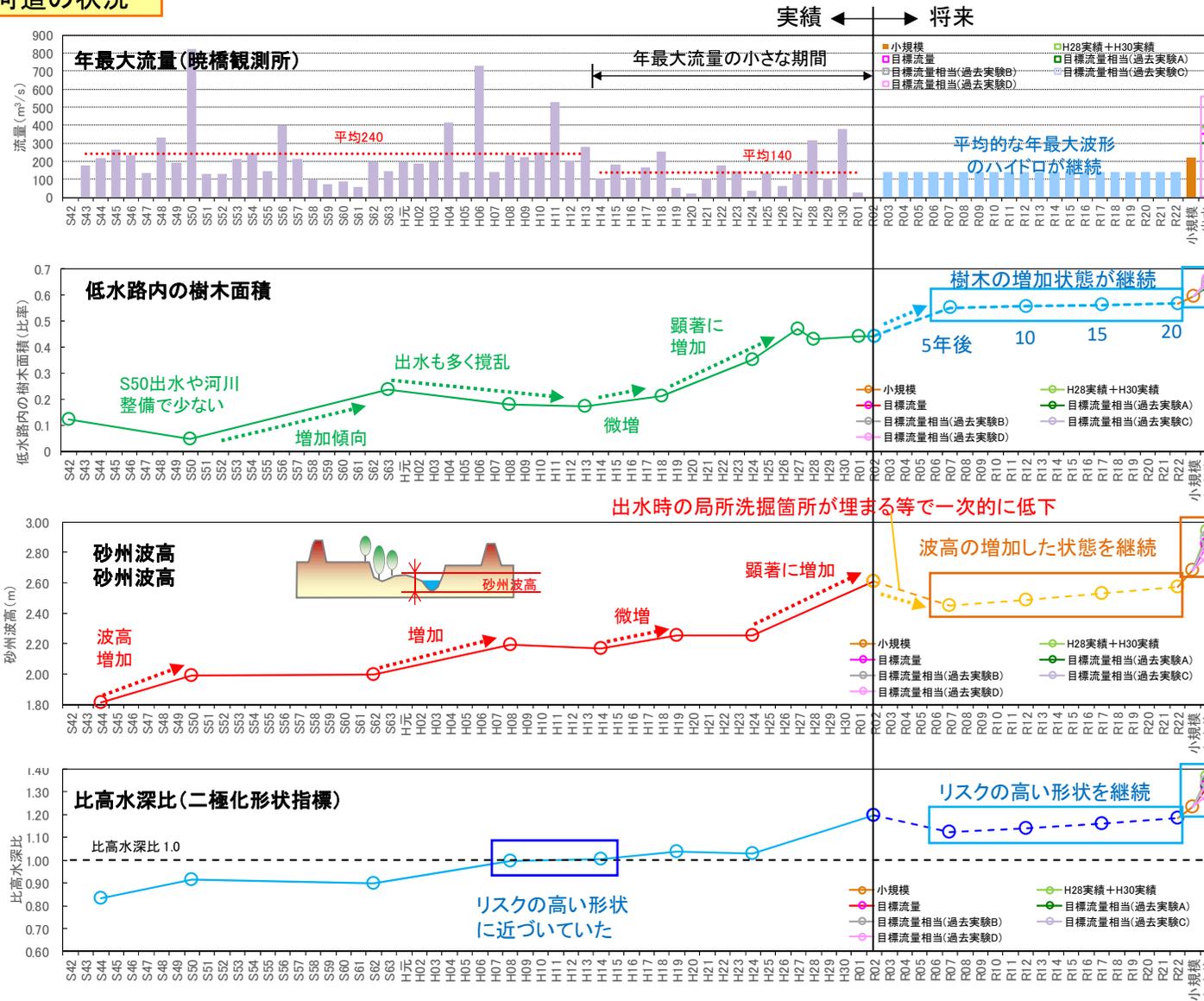


図 実績雨量以下ケースの最大ピーク流量ハイドロ

樹林化、砂州波高、比高水深比の変化

■ 忠別川の今後の河道状況を見ると、平均的な年最大ハイドロ、様々な洪水パターンにおいても樹林化、砂州波高、比高水深比が増加するトレンドとなっており、今後さらに破堤リスクが高まる状況にあると考えられる。

将来河道の状況



洪水後に顕著に樹木増加
⇒HWL超過破堤、
高水敷洗堀破堤、
侵食破堤のリスク増加

洪水後に顕著に
波高増加

洪水後に顕著に比高水深比増加
⇒河岸侵食リスク増加

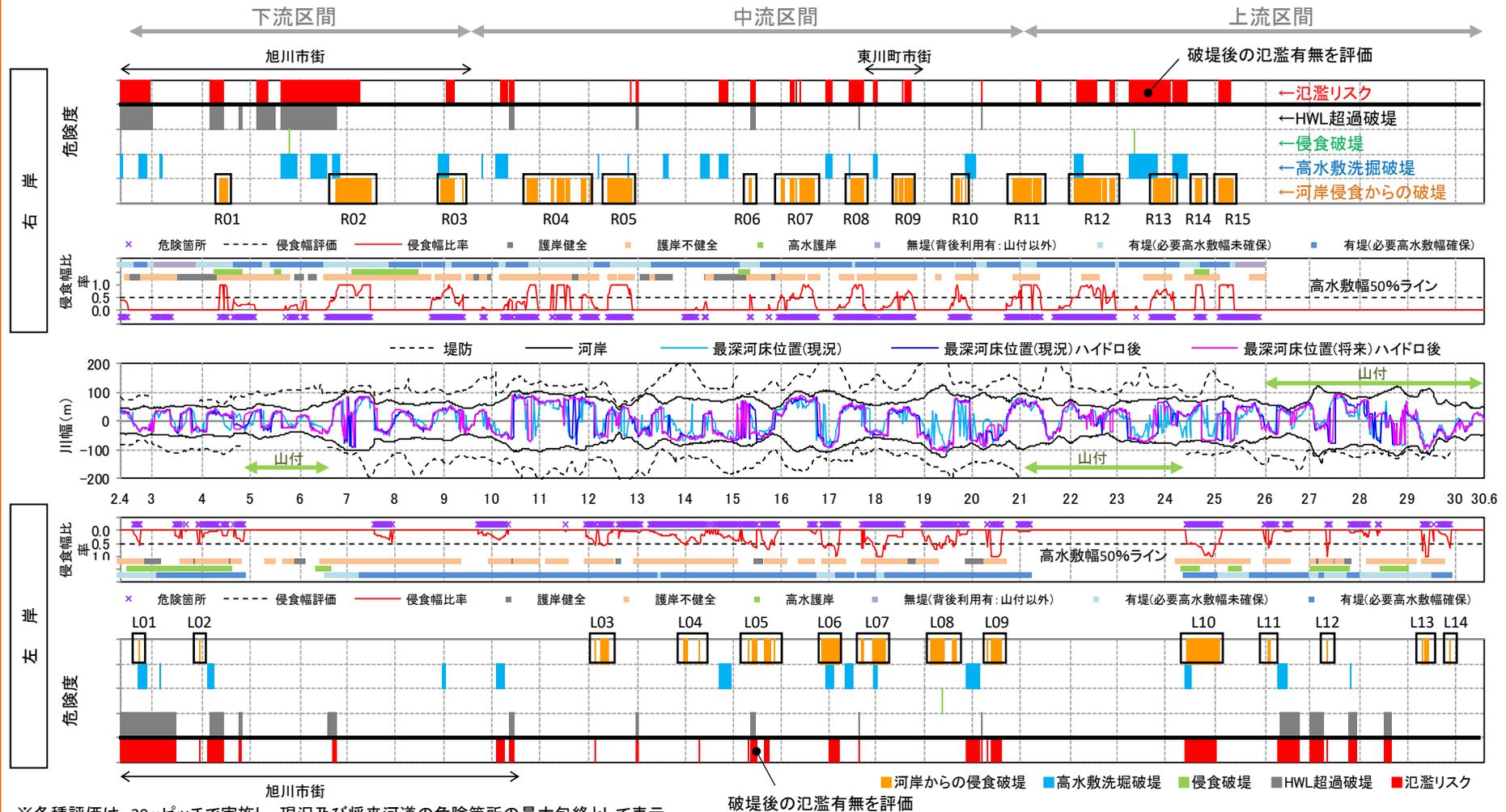
※美瑛川合流点(KP2.4)
より上流の平均値

氾濫の危険度分析結果（目標流量相当時）

- 氾濫の危険度分析の結果、**HWL超過破堤は、堤々間の幅が狭い下流で多く見られている。**（樹木は非倒伏で設定のため）
- **河岸侵食からの破堤は、下流部で部分的に発生しているほか、中流部で多く見られる。**
- 高水敷洗掘破堤は全川的にみられ、侵食破堤は一部箇所で見られている。

目標流量相当時の危険度（現況+20年後河道）

※危険度分析は、目標流量相当ハイドロ群の現況・20年後河道における最大包絡である



※各種評価は、20mピッチで実施し、現況及び将来河道の危険箇所の最大包絡として表示

※HWL超過破堤、侵食破堤、高水敷洗掘破堤の水理諸量は、準二次元結果を内挿して使用

※河岸侵食について、比高水深比は200mピッチ測線の洪水期間最大砂州波高を適用（最大砂州波高は、該当測線の上下流100m範囲（20mピッチの計算）の洪水期間の最大波高の平均を使用

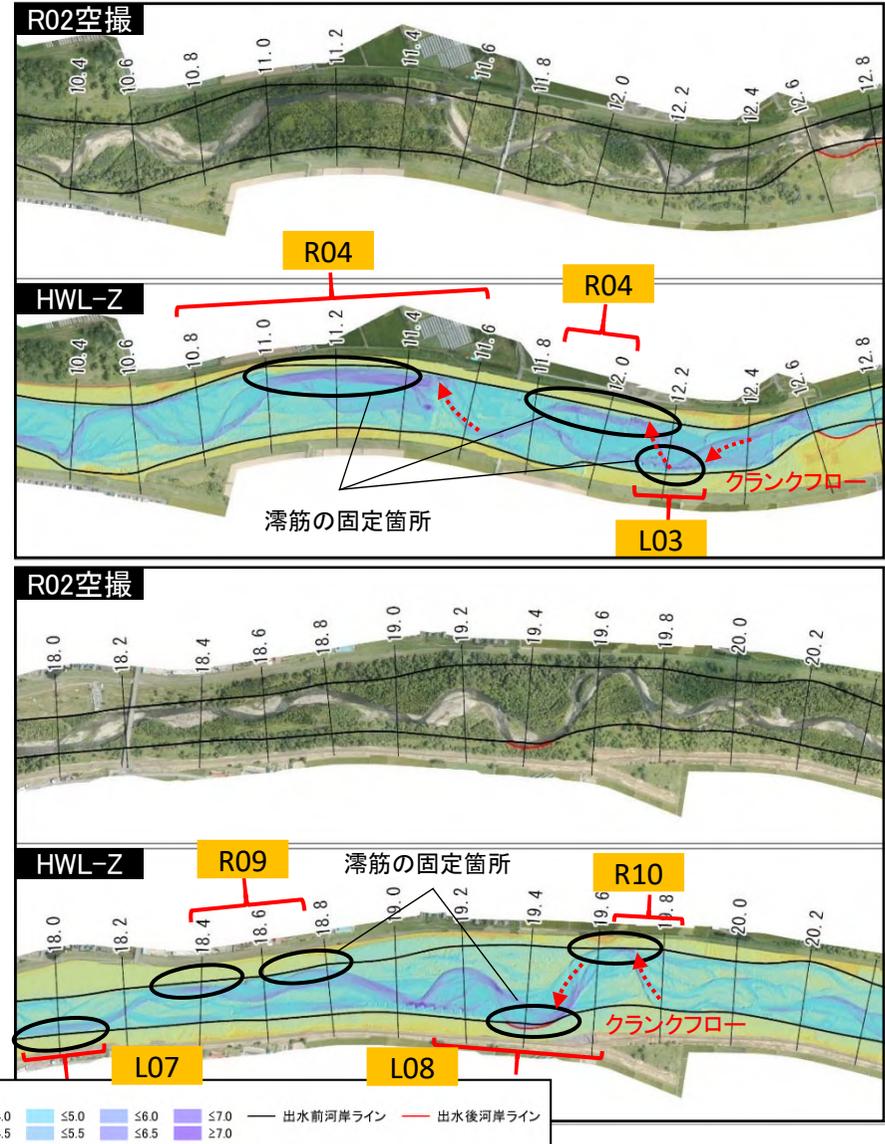
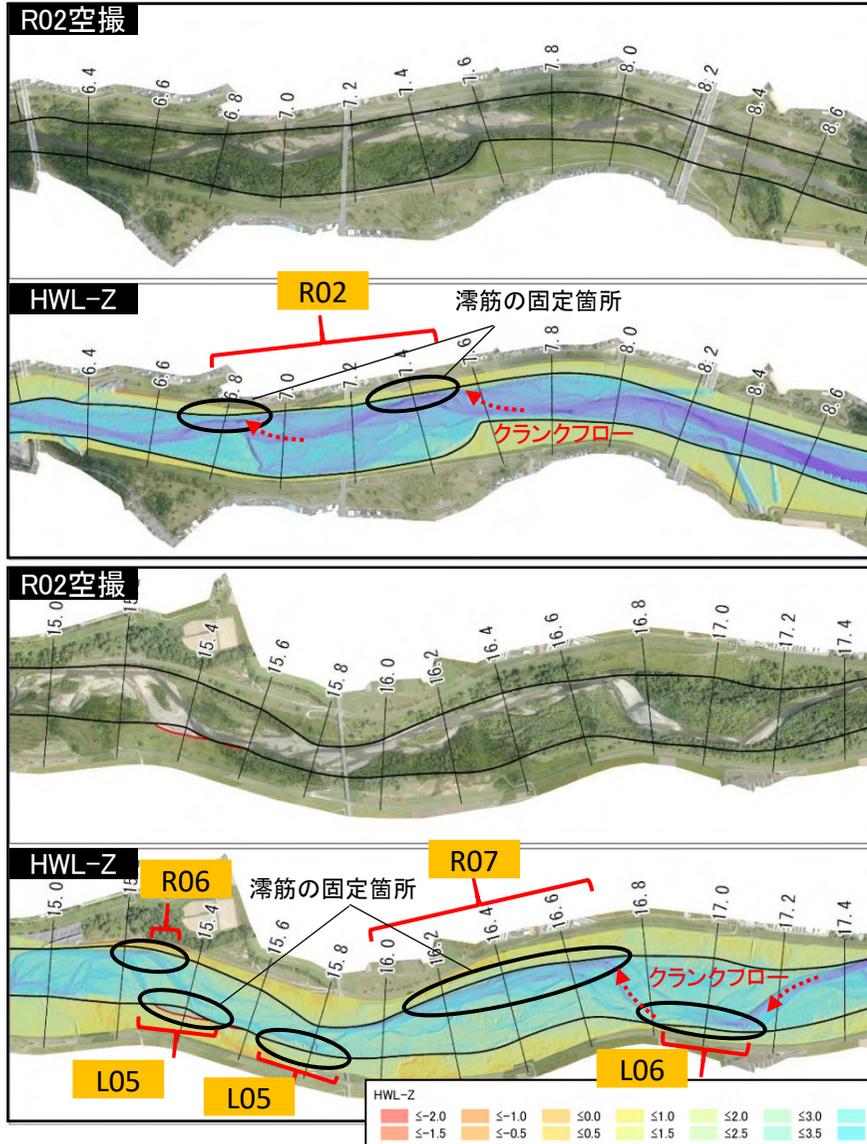
※護岸の不安定化については、洪水期間中の最深河床高と護岸基礎高より判定

「河岸侵食からの破堤」箇所の状況

■ 河岸侵食からの破堤が予想される箇所については、平成30年出水の被災箇所のように、滞筋が固定化されている箇所やクラックフロー箇所となっている。

目標流量相当時の河岸侵食の危険度

※R02～L08: 氾濫の危険度分析による河岸侵食危険箇所

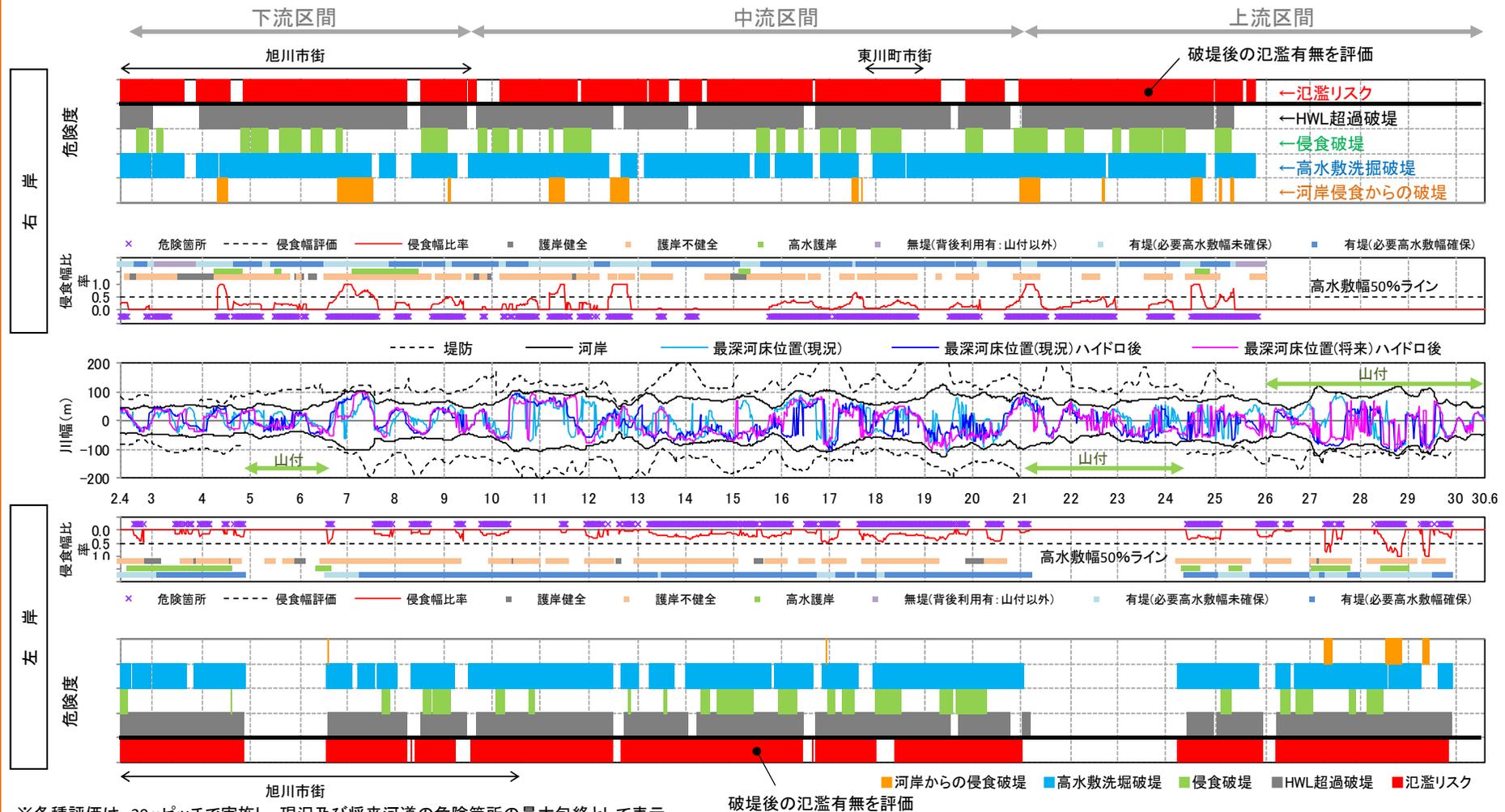


氾濫の危険度分析結果（参考：計画高水流量時）

- **計画高水流量時(超過洪水)**については、流量規模が大きく、高水敷に負荷がかかり、「**高水敷洗掘破堤**」、「**侵食破堤**」、「**HWL超過破堤**」の**目標流量相当時と比較して危険箇所が多くなっている**。
- 「**河岸侵食からの破堤**」については、目標流量相当時に比べて**洪水継続時間が短いため発生箇所は少ない**状況となっている。

計画高水流量時の危険度(現況+20年後河道)

※危険度分析は、現況・20年後河道における最大包絡である



※各種評価は、20mピッチで実施し、現況及び将来河道の危険箇所の最大包絡として表示

※HWL超過破堤、侵食破堤、高水敷洗掘破堤の水理諸量は、準二次元結果を内挿して使用

※河岸侵食について、比高水深比は200mピッチ測線の洪水期間最大砂州波高を適用(最大砂州波高は、該当測線の上下流100m範囲(20mピッチの計算)の洪水期間の最大波高の平均を使用

※護岸の不安定化については、洪水期間中の最深河床高と護岸基礎高より判定

対策必要箇所の抽出

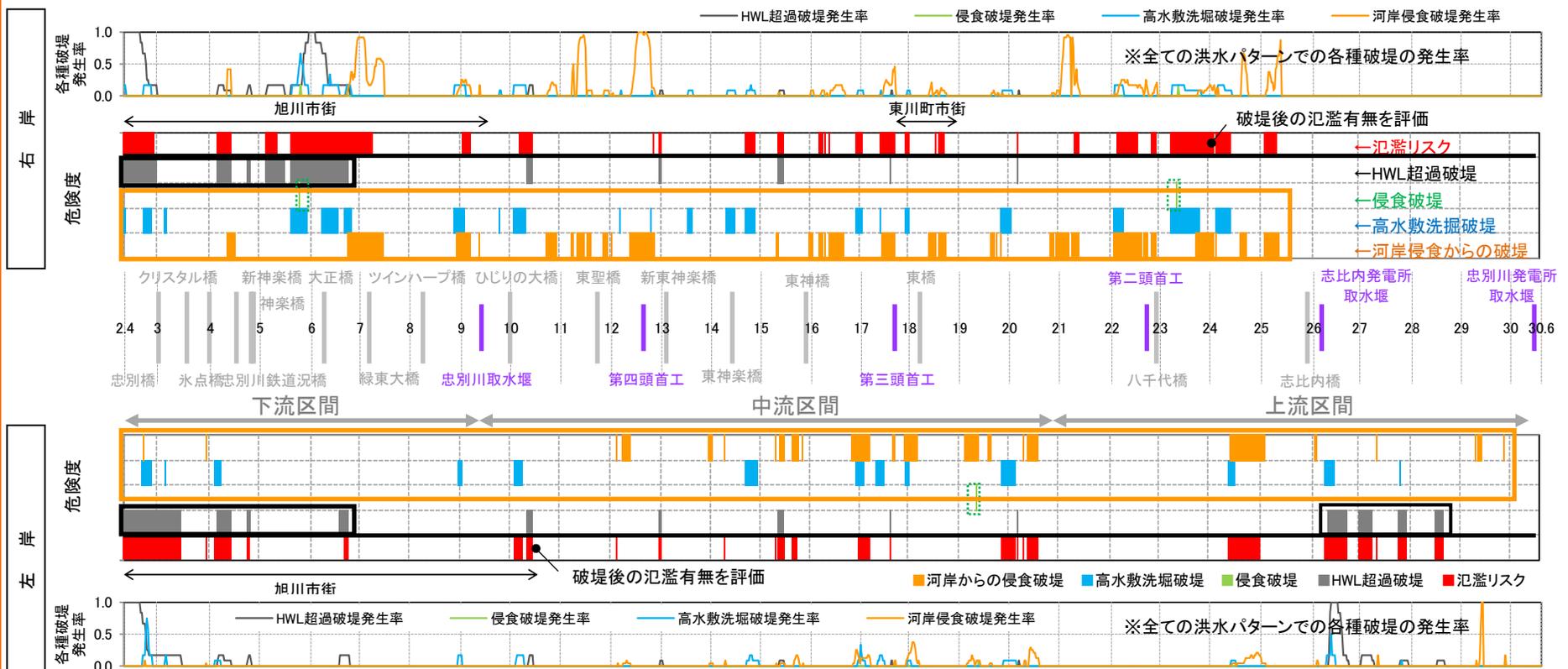
対策必要箇所の考え方

- 忠別川では今後の樹林化の進行等が懸念されることから、洪水の安全な流下の観点から破堤リスクを解消することを基本とし、現況及び20年後河道において、**目標流量相当で破堤が懸念される箇所を対策必要箇所とする。**
- 全川的に、**流量規模の小さな洪水から発生する「河岸侵食からの破堤」の発生率は高い。**
- 一方で、HWL超過・高水敷洗堀・侵食破堤は、流量規模の大きな洪水で発生し、発生率は河岸侵食からの破堤と比較して低い。

対策必要箇所(目標流量規模相当：現況+20年後河道)

※危険度分析は、目標流量相当ハイドロ群の現況・20年後河道における最大包絡である

- ① Qp=300m³/s: 過去実験A
- ② Qp=350m³/s: 目標流量
- ③ Qp=376m³/s: H28+H30出水
- ④ Qp=400m³/s: 過去実験C
- ⑤ Qp=380m³/s: 過去実験B
- ⑥ Qp=560m³/s: 過去実験D



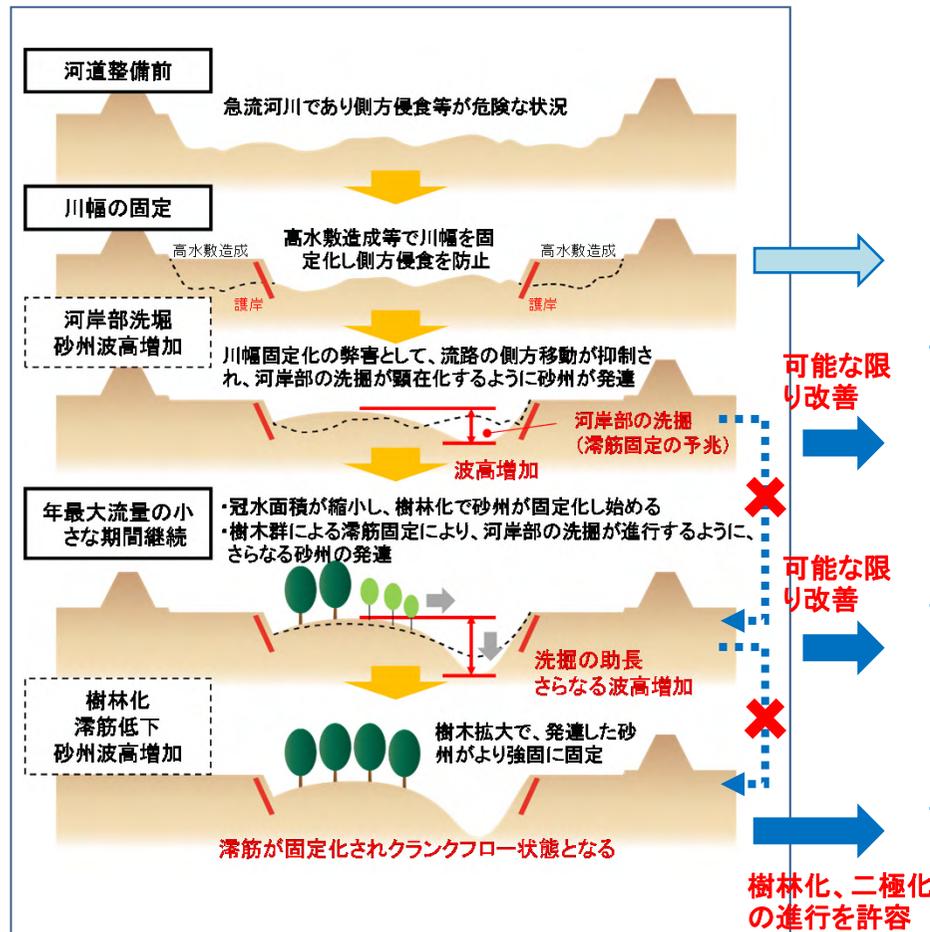
※全ての洪水パターンでの発生率：発生率(河岸侵食からの破堤) = 破堤の回数 ÷ 24ケース (河道2ケース(現況・20年後) × ハイドロ12パターン)

発生率(HWL超過・高水敷洗堀・侵食破堤) = 破堤の回数 ÷ 12ケース (河道2ケース(現況・20年後) × ピーク6パターン) (準二次元計算)

対策案の検討

- 忠別川では、治水安全度確保のため河道整備を行ってきたが、**川幅の固定化によって、河岸部の洗掘および砂州波高の増加**が生じた。さらに、年最大流量の小さな期間の継続等によって**樹林化や滞筋低下が進行し、さらに砂州波高が増加している。**
- 平成28年・30年出水実績からは滞筋の固定化等による河岸侵食の顕在化、氾濫危険度分析からは**河岸侵食、高水敷洗掘等による破堤被害、氾濫リスクが懸念等が、忠別川の新たな課題(質的劣化)**として明らかとなった。
- 忠別川の河道変化の状況を踏まえると、想定される対策案は**可能な限り改善を目指して洪水に備える方法、樹林化・二極化の進行を許容し、現況河道を完全に防御**する方法が考えられ、合理的な方法を検討していく必要がある。

対策に向けて



- ◎合理的な対策の方向性を検討
- ・破堤リスクの低減効果 の観点
 - ・氾濫リスクの低減効果 の観点
 - ・維持管理を含めたトータルコスト の観点など

ここに戻しても同じことを繰り返す

二極化・樹林化の抑制 (河道対策案)

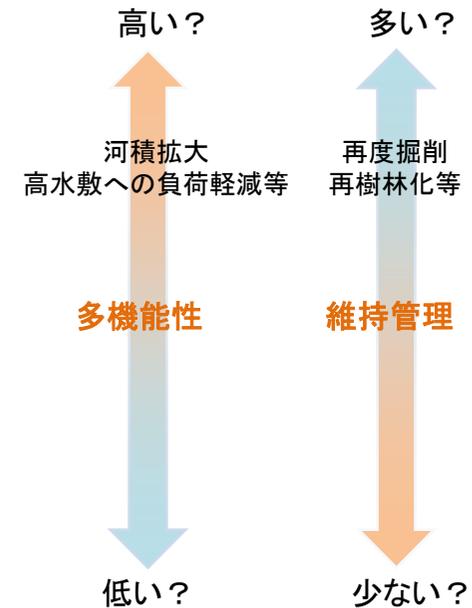
覆礫等により深掘れを是正し(洗掘による支障の際は河岸部を強化)、樹林化抑制を考慮した主流路確保を行い、洪水に備える

主流路の負荷軽減 (樹木伐採案)

樹木除去により、滞筋の固定・低下の進行の抑制、深掘れ部の埋没を期待しつつ洪水に備える

護岸で完全防御

樹林化・二極化の進行を許容し、危険箇所を護岸で対応していく



	A案： 河道対策案(二極化・樹林化の抑制)	B案： 樹木伐採案(主流路の負荷軽減)	C案： 護岸での防御案
概要	<p>不安定化解消、補強時の根入れの低減</p> <p>維持可能な幅</p>	<p>護岸の補強</p>	<p>高水敷保護工</p> <p>高水護岸</p> <p>護岸の不安定化</p> <p>護岸の補強</p>
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・砂州波高を最小化させることで、河岸侵食破堤のリスク低減を最も期待できる。 ・河積が大きくなることで、HWL超過・高水敷洗掘破堤の各種破堤リスク、氾濫リスクの低減も期待できる。 ・護岸補強時の根入れ低減、高水敷保護工等の減少等、A案より工事費が安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・主流部の掃流力低下で、深掘れ箇所の埋没、護岸の根入れ低減が期待できる。 ・河積が大きくなることで、HWL超過・高水敷洗掘破堤の各種破堤リスク、氾濫リスクの低減も期待できる。 ・高水敷保護工等の減少が期待でき、A案より工事費が安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険箇所を確実に防護するため、A案・B案のような不確実性は少ない。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・覆礫の維持には配慮が必要となる。 ・河岸部の洗掘によりクランクフローの再発等可能性がある箇所は、巨石付根固めの併用等による河岸部の強化が必要となる。 ・洗掘や樹林化の際は、状況に応じ、管理伐採や再度整正等が必要になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・深掘れ箇所が埋没せずに洗掘が進行する際は護岸補強の根入れが長くなる懸念もある。 ・再樹林化時には、状況に応じ、管理伐採が必要になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高水敷保護工等も含めた全川的な護岸による対応であること、主流部の負荷が軽減されず護岸補強の根入れも長くなる等、工事費が高額となる。

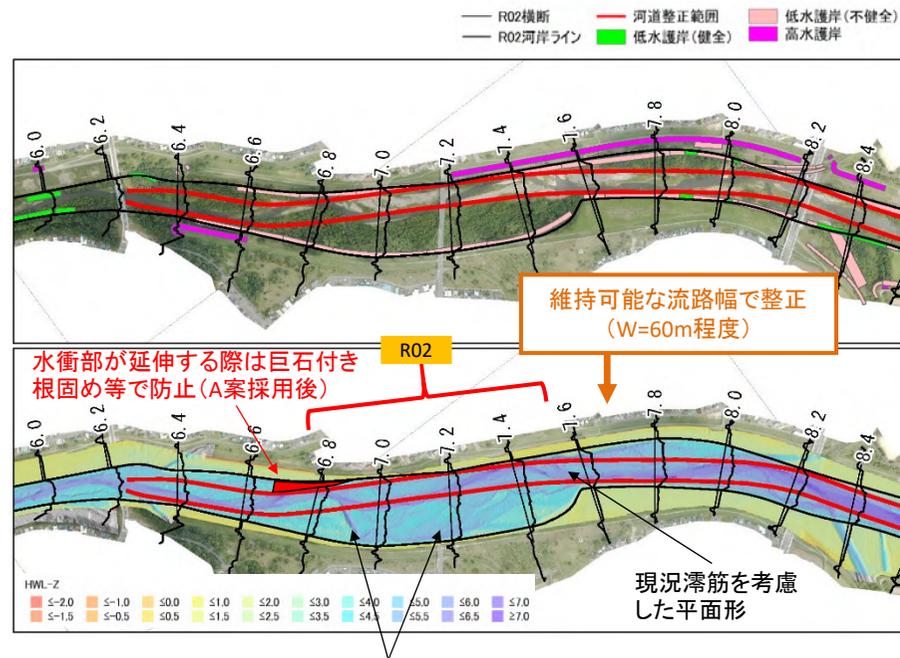
◎採用案をベースに全川の方向性を確定

◎対策が不十分な箇所において更なる対策を検討（優先度の高い区間を先行）

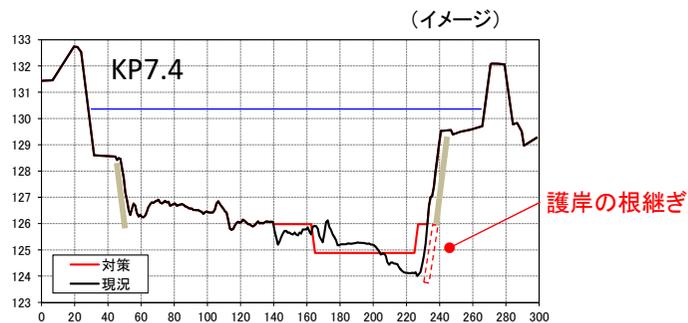
河道対策案 (A案) のイメージ

- 河道対策案(A案)では、維持可能な流路幅・河床高、平面形状として、クランクフロー(砂州波長の短い箇所)の是正を図りながら検討する。
- なお、上記において対策が不十分な箇所においては、水制、巨石付き根固め等を検討する。(A案が採用された後)

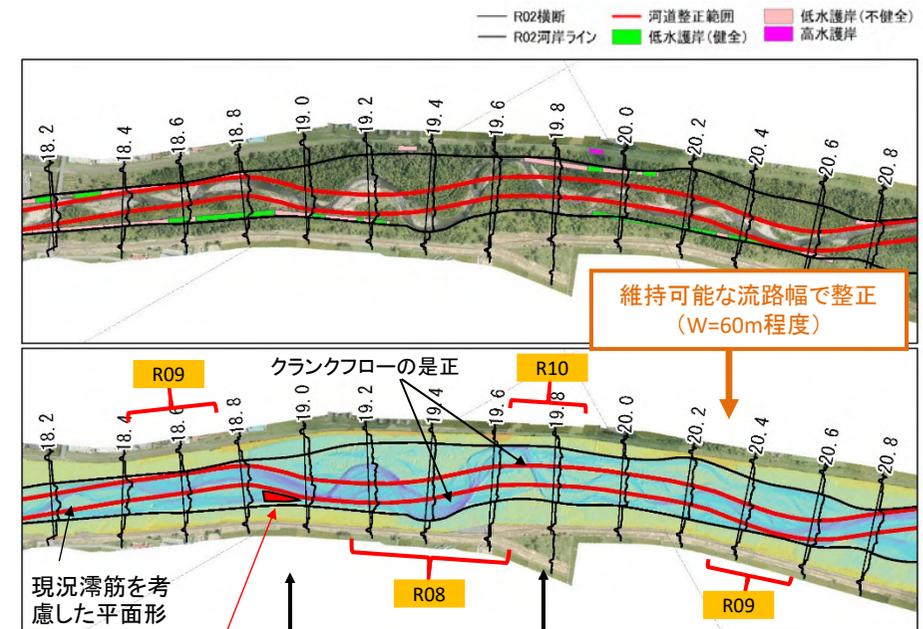
下流のイメージ



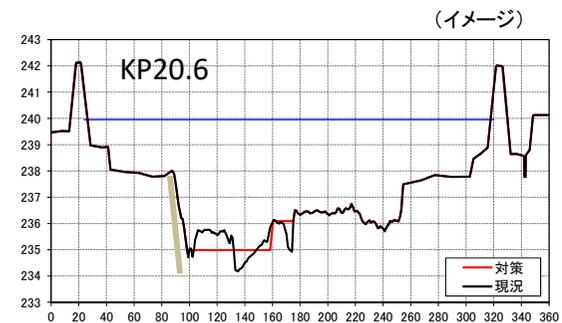
旧流路は、好適な河畔環境となっており、地域で保全活動が行われている【保全】



中流・上流のイメージ



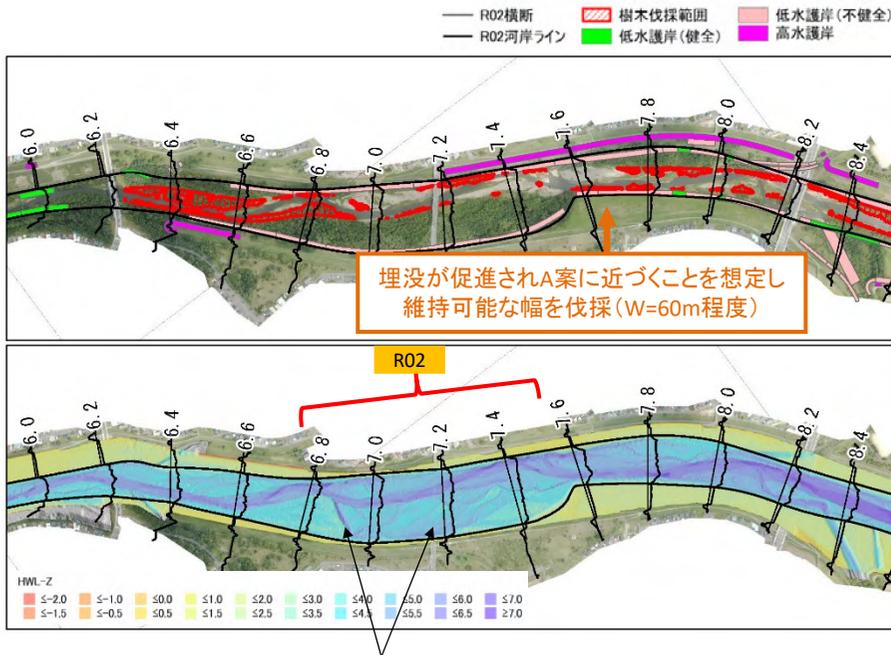
水衝部が延伸する際は 蛇行波長が短いため、巨石付き根固め等で防止 滑らかな平面形に整備 (A案採用後)



樹木伐採案(B案)・護岸での防御案(C案)のイメージ

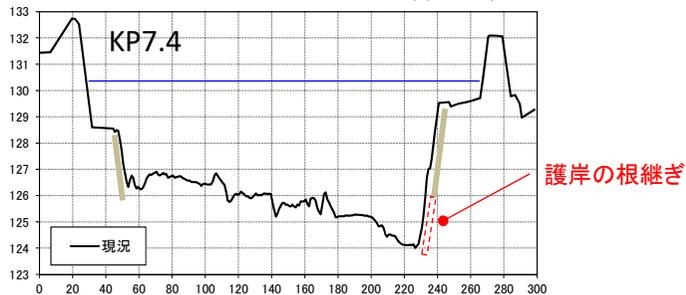
- 樹木伐採案(B案)では、樹木伐採後の主流部の負荷低減により、深掘れ部の自然の営力での埋め戻しによりA案の状況へ近づけることを期待し、A案と同様な幅で樹木伐採を行う。C案は、現況河道のまま、護岸の根継ぎ等を実施する。
- なお、上記において対策が不十分な箇所においては、クランクフローの是正等を検討する。(B案が採用された後)

下流のイメージ

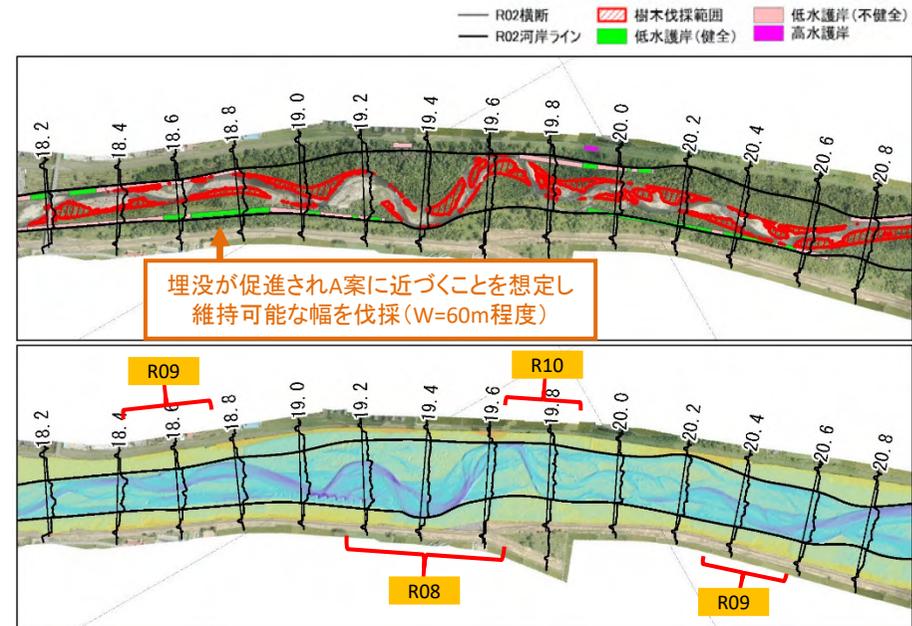


旧流路は、好適な河畔環境となっており、地域で保全活動が行われている【保全】

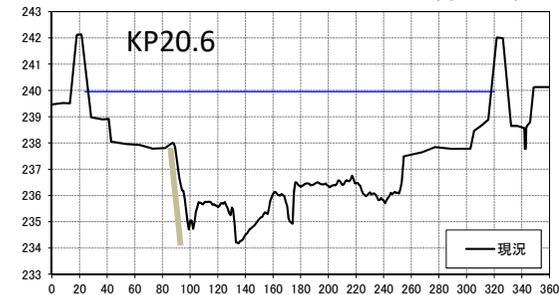
(イメージ)



中流・上流のイメージ

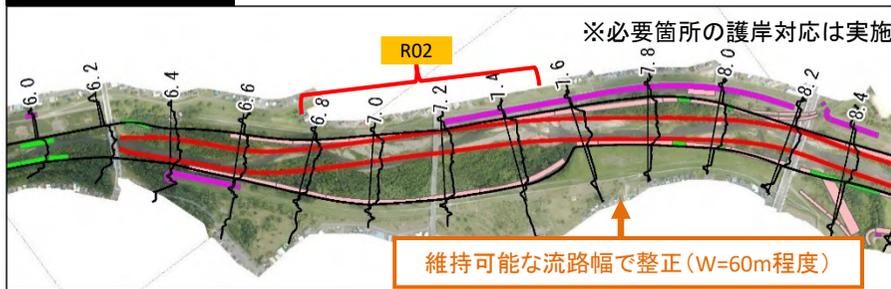


(イメージ)

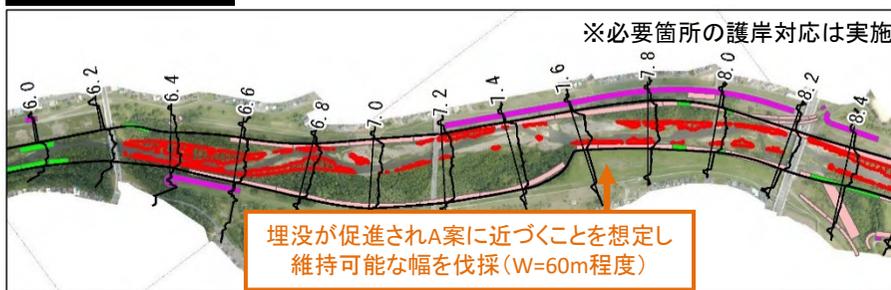


《下流のイメージ》

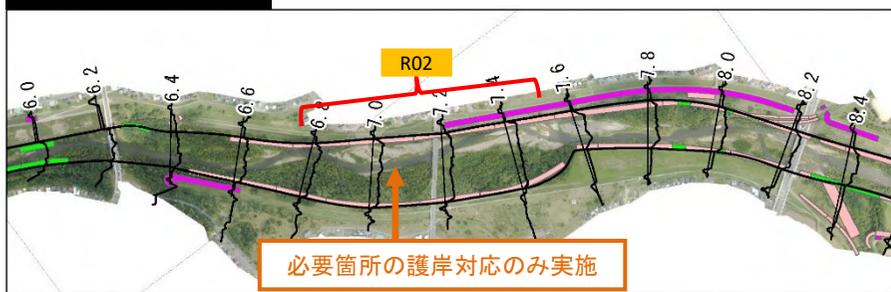
A案 河道対策案



B案 樹木伐採案



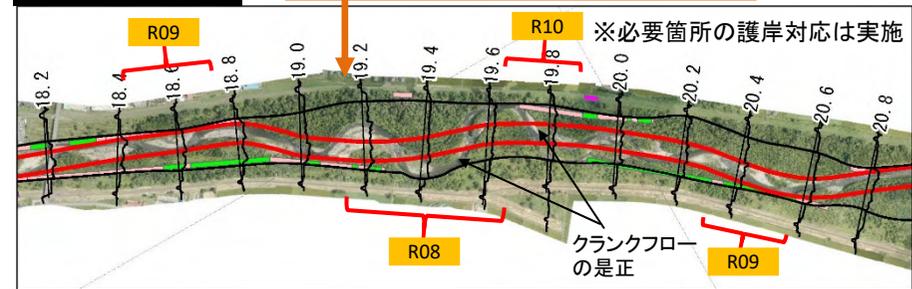
C案 護岸での防御案



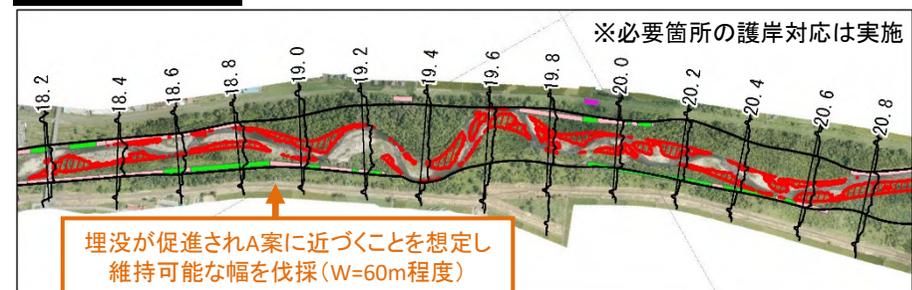
— R02横断 — R02河岸ライン ■ 河道整正範囲 ■ 樹木伐採範囲 ■ 低水護岸(健全) ■ 低水護岸(不健全) ■ 高水護岸

《中流のイメージ》

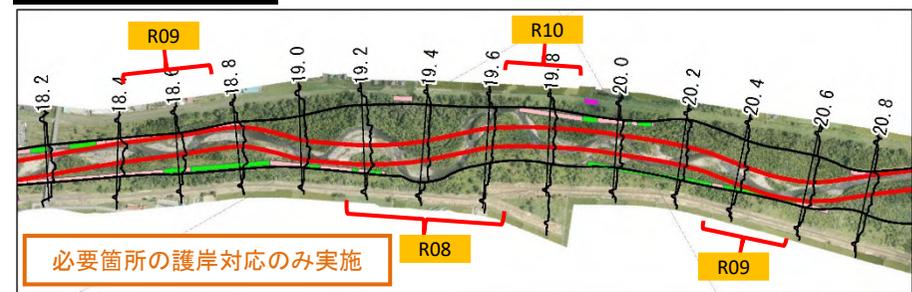
A案 河道対策案



B案 樹木伐採案



C案 護岸での防御案



— R02横断 — R02河岸ライン ■ 河道整正範囲 ■ 樹木伐採範囲 ■ 低水護岸(健全) ■ 低水護岸(不健全) ■ 高水護岸