

2021.3.23

資料2

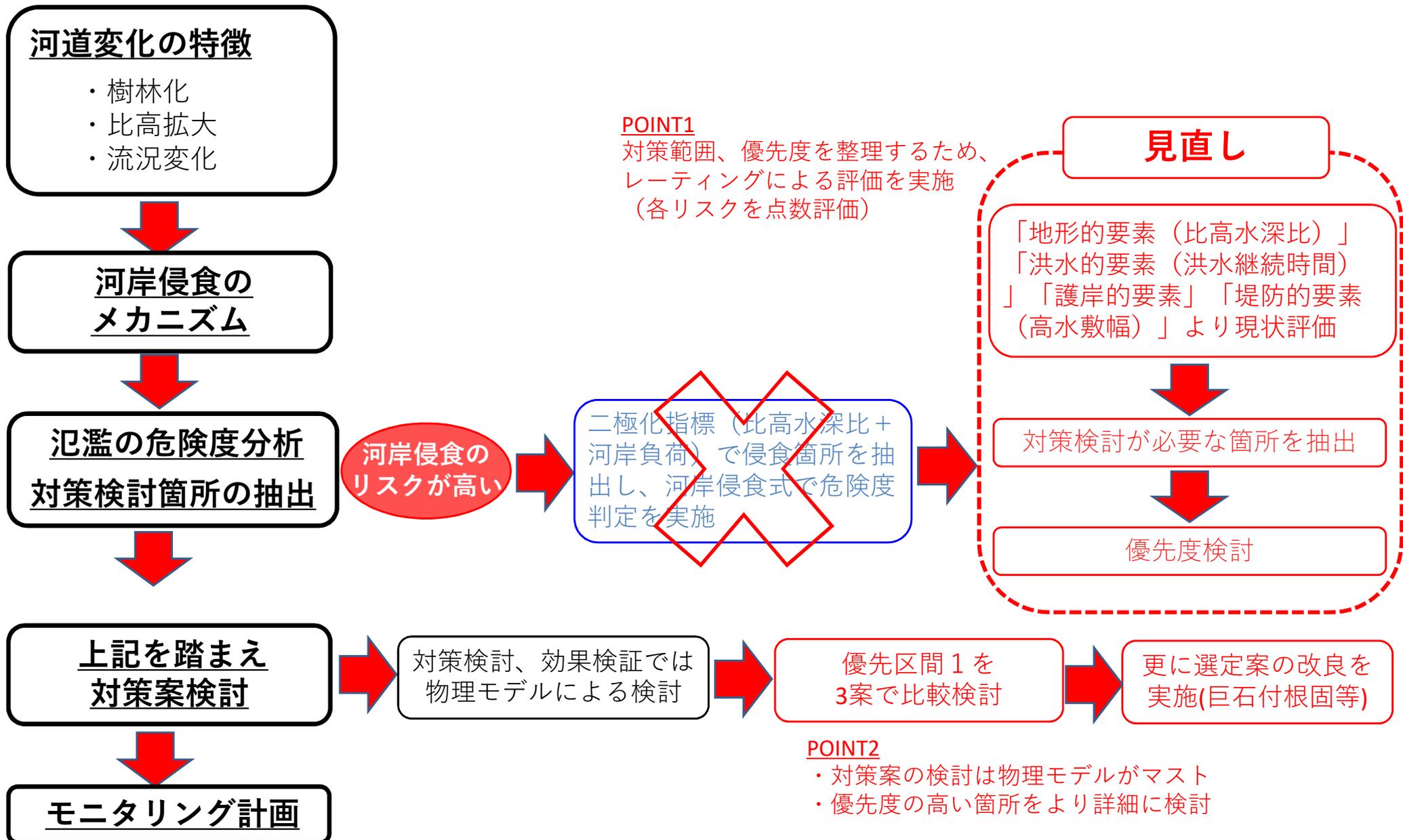
忠別川における河道の質的整備 に向けた検討ワーキング (第3回)

～ 検討手法の見直し ～

《目 次》

氾濫の危険度分析(見直し後).....	3
対策必要箇所抽出(見直し後).....	22
河岸侵食の影響の検証	26

旭川開発建設部



氾濫の危険度分析（見直し後）

- 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。

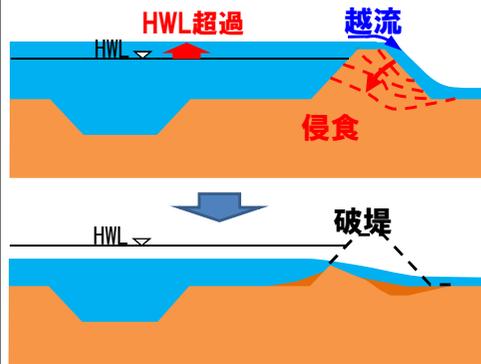
危険度の判定方法

※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

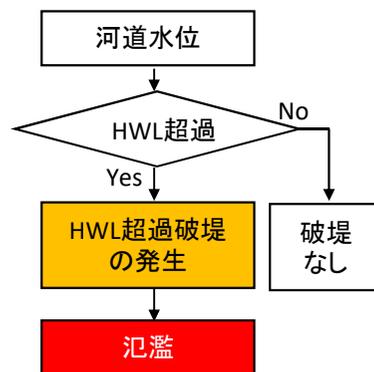
H30忠別川の被災パターン

【HWL超過破堤】(流下能力)

- 水位がHWLを超過

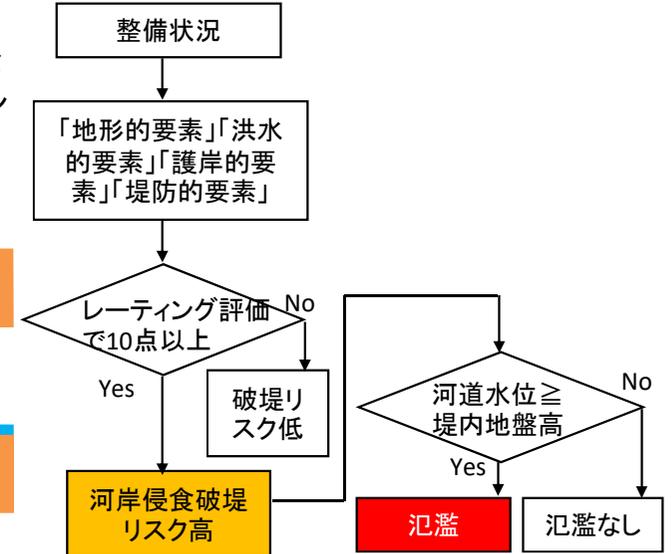
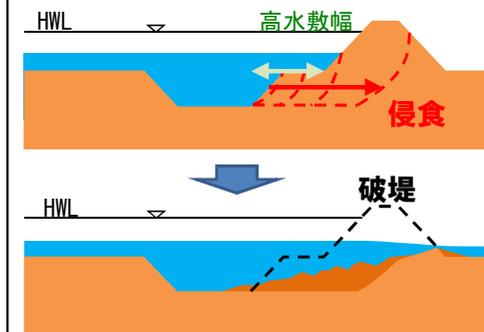


※樹木は非倒伏で設定



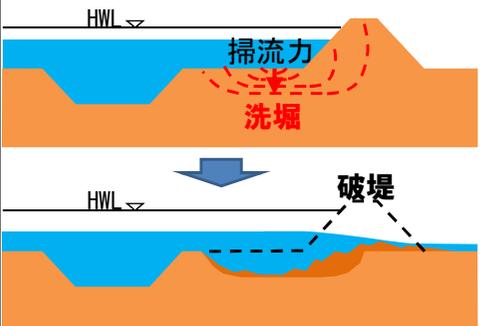
【河岸侵食からの破堤】

- 堤防防御ライン、河岸保護機能が十分でない箇所についてレーティングにより危険度を評価

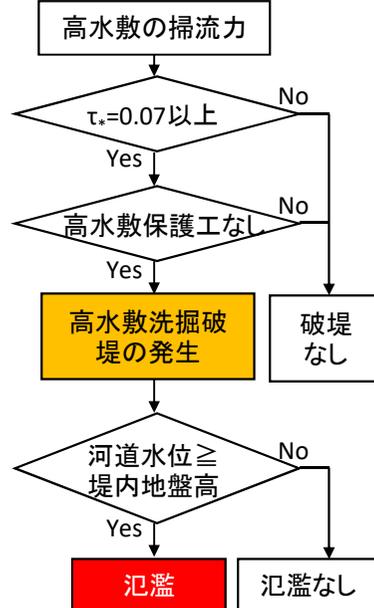


【高水敷洗掘破堤】

- 高水敷上の掃流力より評価(※)

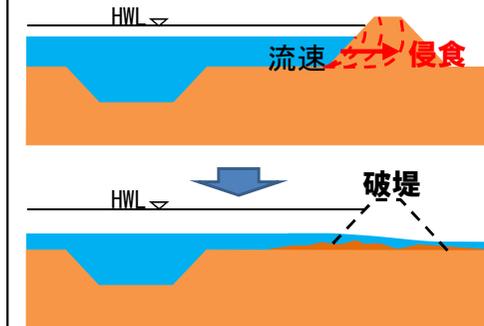


※高水敷洗掘の指標 $\tau_* = 0.07$ は、「急流河川における浸水想定区域検討の手引き、H15北陸地方整備局」を参考。

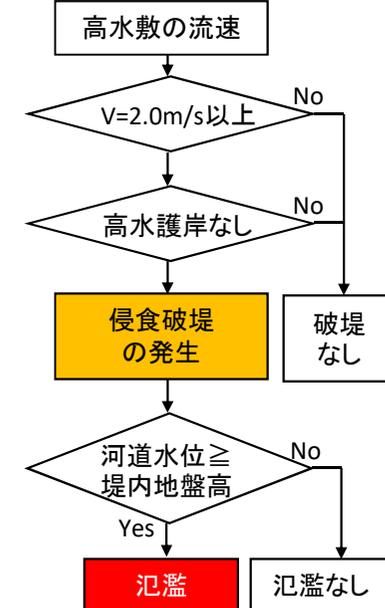


【侵食破堤】

- 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。



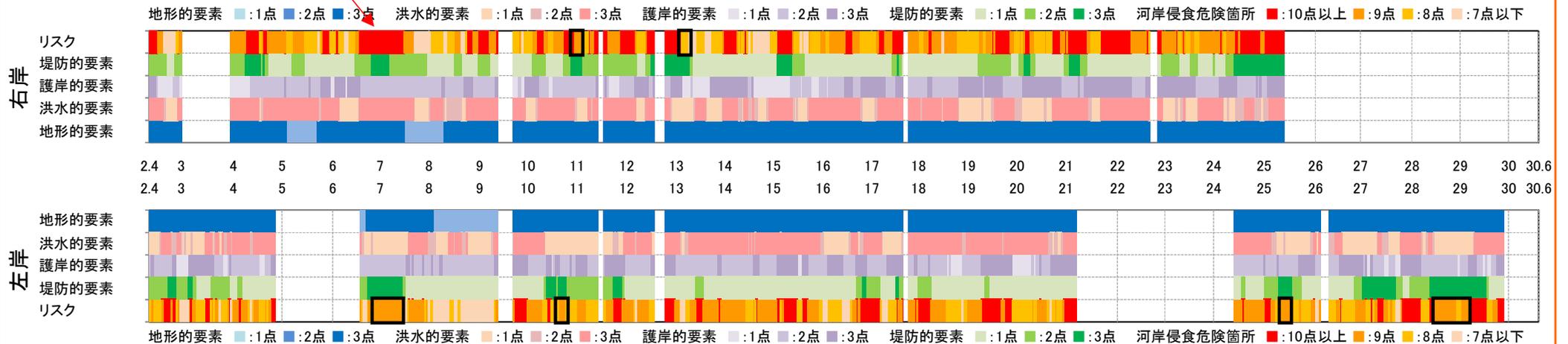
■「河岸侵食からの破堤」については、既往の文献、論文、実験などを参考に「地形的要素」「洪水的要素」「護岸的要素」「堤防的要素」の観点からの得点化(レーティング)を行い、対策の検討が必要な箇所を抽出した。

河岸侵食破堤の評価

	1点	2点	3点
地形的要素	比高水深比 ≤ 0.5	$0.5 < \text{比高水深比} < 1.0$	$1.0 \leq \text{比高水深比}$
洪水的要素	継続時間 $< 15\text{hr}$	$15\text{hr} \leq \text{継続時間} < 30\text{hr}$	$30\text{hr} \leq \text{継続時間}$
護岸的要素	護岸安定	護岸不安定化	護岸なし
堤防的要素	$40\text{m} \leq \text{高水敷幅}$	$20\text{m} < \text{高水敷幅} < 40\text{m}$	高水敷幅 $\leq 20\text{m}$

10点以上の箇所で検討が必要

(全項目が2点以上で、さらに2点以上追加のレーティングオーダー)



(各要素での対象外： 無堤、横断工作物、頭首工等の背水箇所)

※堤防的要素(高水敷幅 $\leq 20\text{m}$)の箇所において、護岸的要素が護岸なし、不安定化の箇所は点数に関わらず危険度が高い場合があるため留意する。

- 中規模河床波による局所的な河岸侵食の進展には、**中規模河床波の砂州波高の発達が必要**である。
- 河岸侵食により中規模河床波の形状が大きく変化しており、両者の関係は非常に密接なものであると考えられる。
- 初期の砂州波高が大きい場合(二極化)は、侵食し易い状況となっているのか？

河床波と河岸侵食

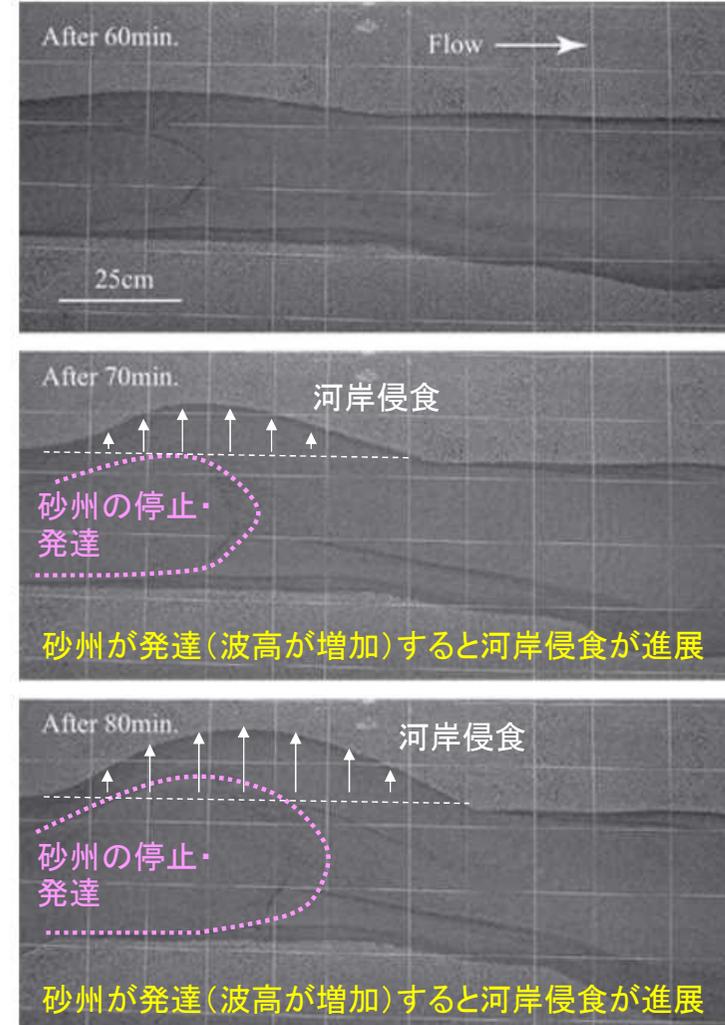
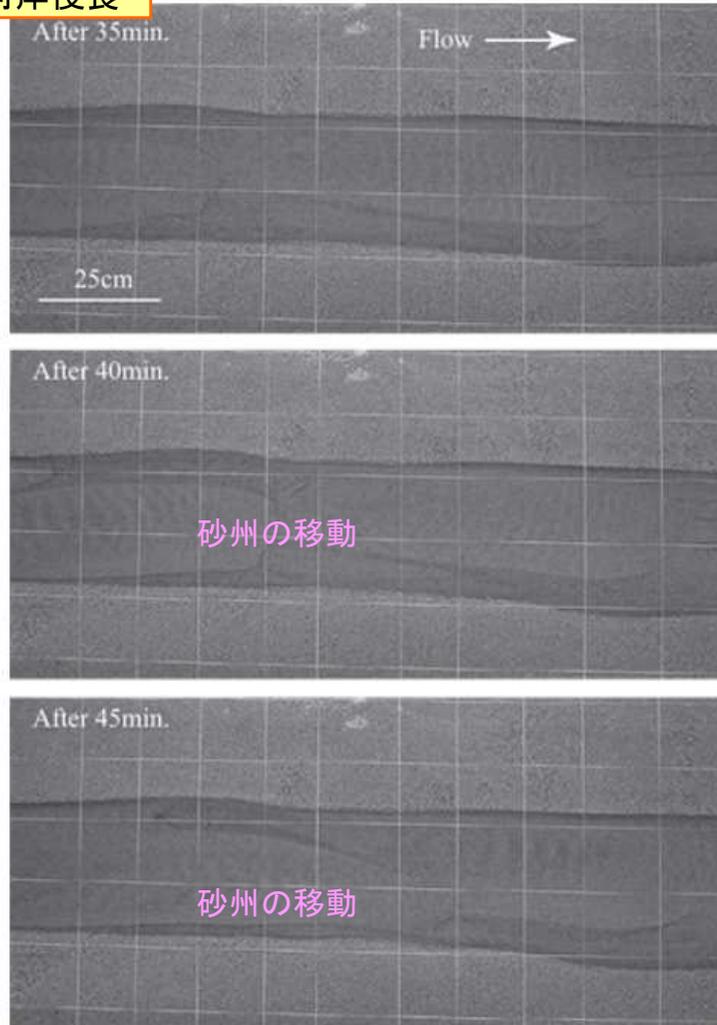


図-9 Case1 における交互砂州の移動が下流方向へ卓越している時期の連続写真

図-10 Case1 における交互砂州の移動がほぼ停止し河岸侵食が縦横段方向へ顕著になっている時期の連続写真

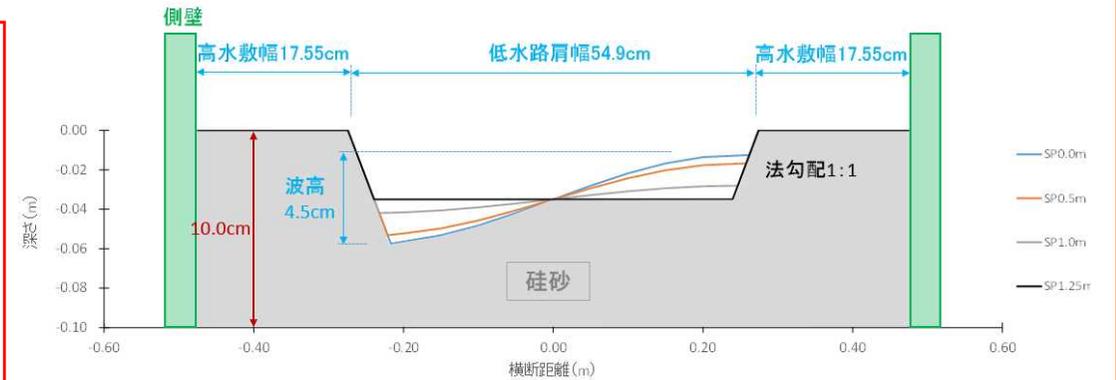
■初期の砂州波高が砂州の移動性、侵食幅に及ぼす影響を把握するため数値実験が行われている。

出典：井上卓也，河道技術研究会資料

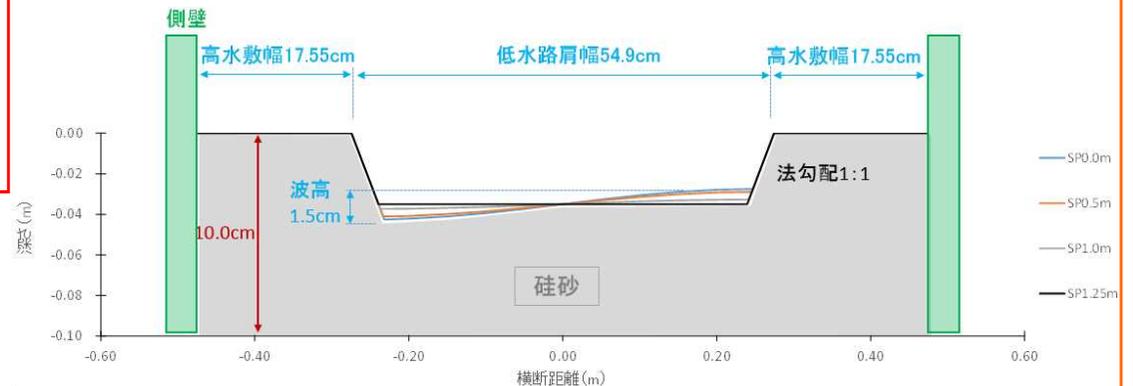
数値実験の諸元

	豊平川	移動床実験 1/150縮尺	数値実験
低水路幅B	75m	50cm	50cm
河岸幅 B_f	15～40m	10～27cm	20cm
河岸高さ h_b	5～6.5m	3.3～4.3cm	3.5cm
粒径d	128mm	0.85mm	0.75mm
勾配S	1/155	1/155	1/200
流量Q	340m ³ /s (融雪平均) 550m ³ /s (夏水平均) 860m ³ /s (上下の中間) 1042m ³ /s (既往最大)	1.3ℓ/s 2.0ℓ/s 3.0ℓ/s 3.9ℓ/s	1.3ℓ/s 2.0ℓ/s 3.0ℓ/s 3.9ℓ/s
砂州波高 z_b	2～3m (昭和28年) 4～5m (現状) 6～7m (将来???)	1.3～2.0cm 2.7～3.3cm 4.0～4.7cm	1.5cm 3.0cm 4.5cm
砂州波長 L_b	600～1100m	4.0～7.3m	5.0m

初期砂州波高 4.5cm



初期砂州波高 1.5cm



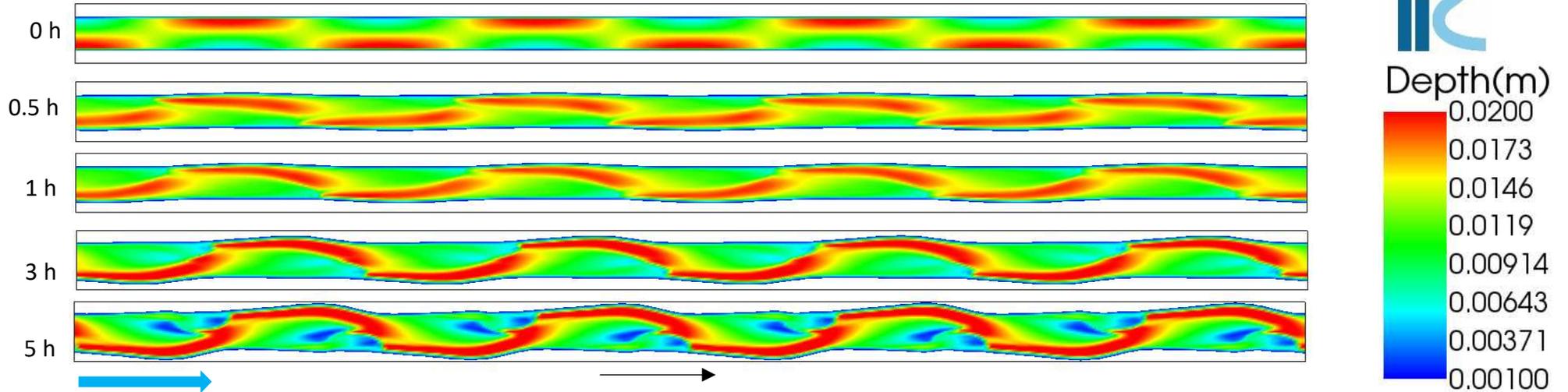
■ 初期砂州波高が大きいと、初期には浮州状態となり、砂州の移動速度は低下、河岸侵食の速度は増加する傾向にある。

砂州の変化や河岸侵食の状況

出典：井上卓也，河道技術研究会資料

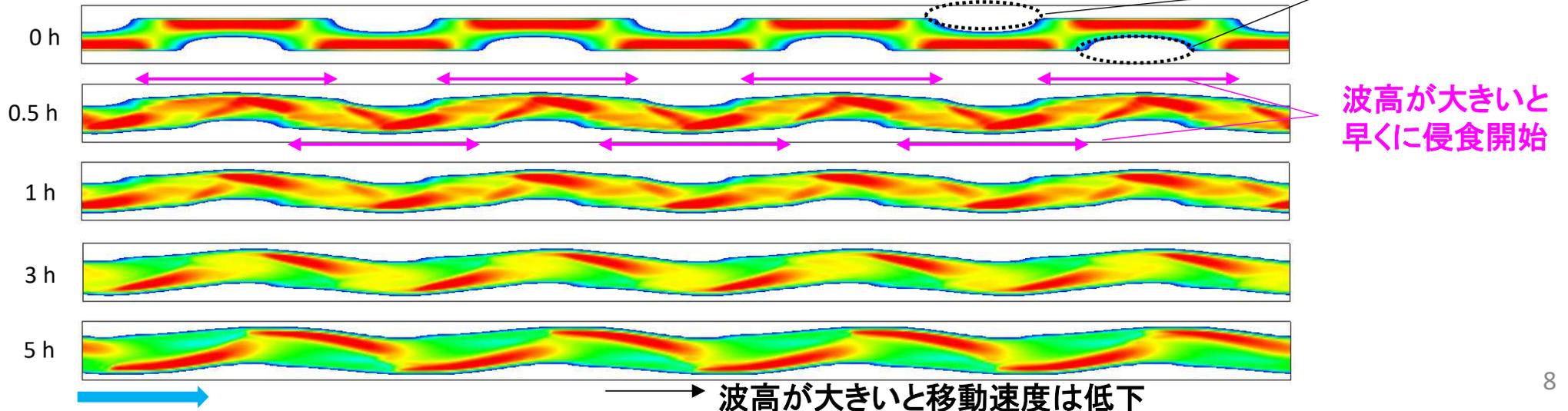
砂州波高1.5cm (Q=2ℓ/s)

- ・40分程度で10cm河岸侵食。
- ・砂州はゆっくりと下流移動。左右岸交互に侵食し、流路は蛇行する。



砂州波高4.5cm (Q=2ℓ/s)

- ・5分程度で10cm河岸侵食。
- ・砂州はゆっくりと下流移動。左右岸交互に侵食し、流路は蛇行する。
- ・砂州の移動速度が前ケースより遅いが、蛇行形状に大きな違いは無い。



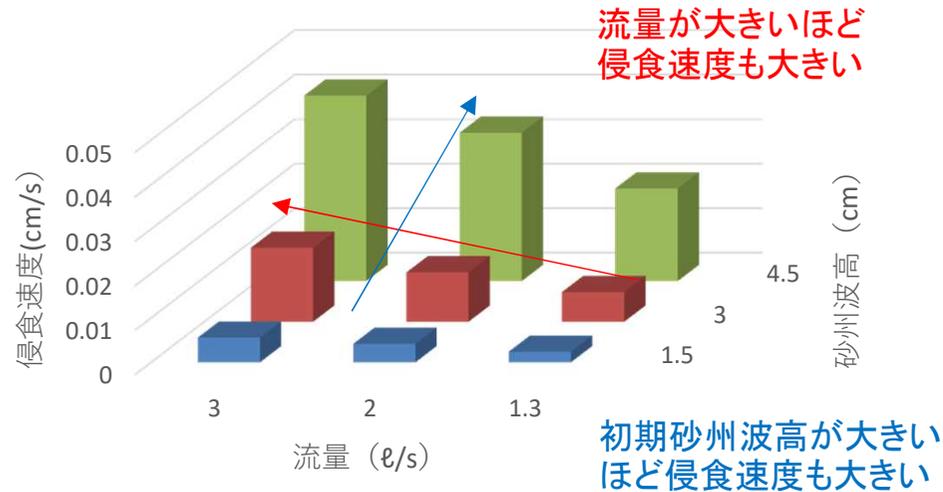
- 流量と初期砂州波高の組合せ9ケースの結果より、流量の増加、初期砂州波高の増加とともに侵食速度が増加する傾向。
- 流量が大きいほど、初期の砂州波高と、侵食速度との関係性が明瞭となる傾向。

砂州波高、流量、侵食速度の関係

出典：井上卓也，河道技術研究会資料

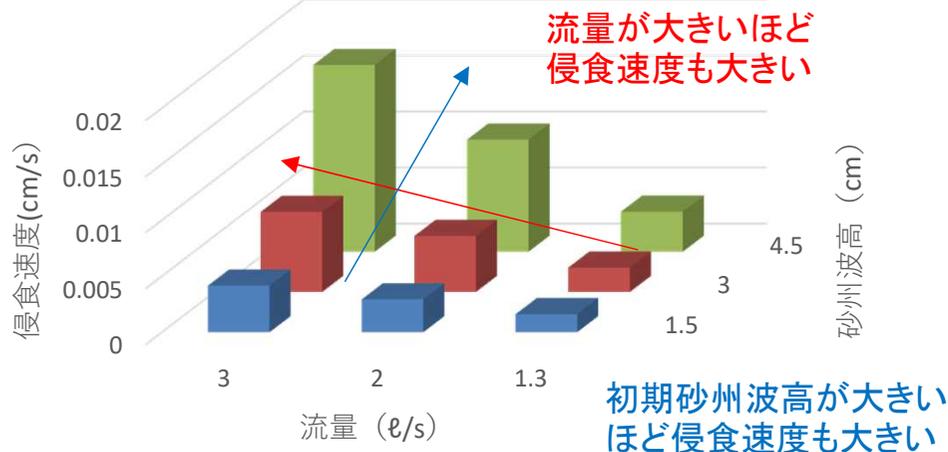
(各図で縦軸の最大値が違うので注意)

10cm侵食するまでの速度

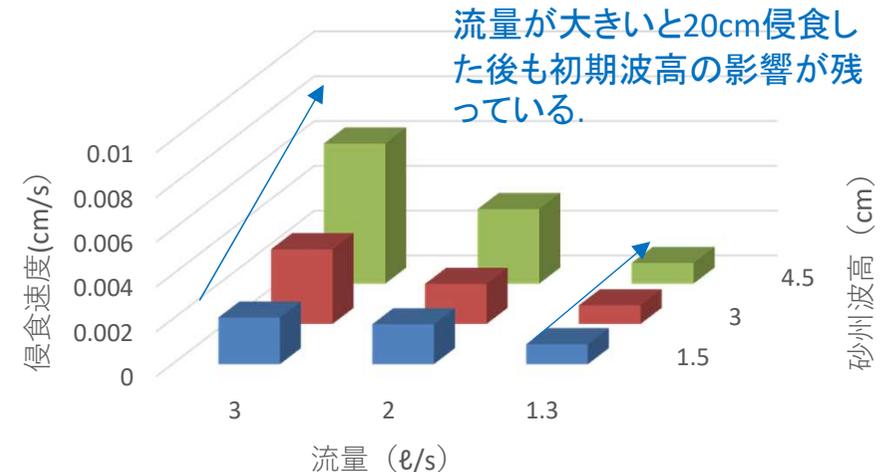


流量が大きくなると河岸侵食速度が増加する。
初期砂州波高が大きくなると河岸侵食速度が増加する。
流量が大きいときの方が、河岸侵食が進行しても、初期砂州波高の影響が残りやすい。

12.5cm侵食するまでの速度



15cm侵食するまでの速度



■ 模型実験においても、流量と初期砂州波高を組み合わせた検討が行われている。

実験方法

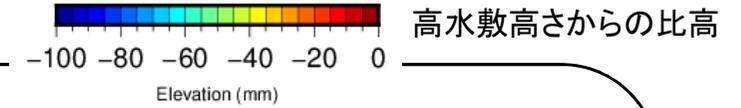
ケース	流量	初期砂州波高
Case 1	3 ℓ/s	4.5 cm
Case 2	3 ℓ/s	1.5 cm
Case 3	2 ℓ/s	4.5 cm
Case 4	2 ℓ/s	1.5 cm



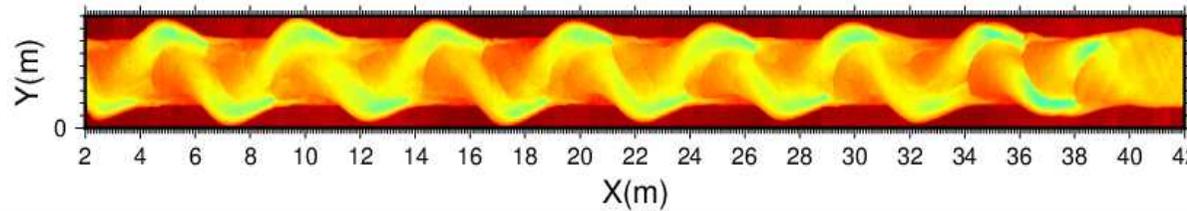
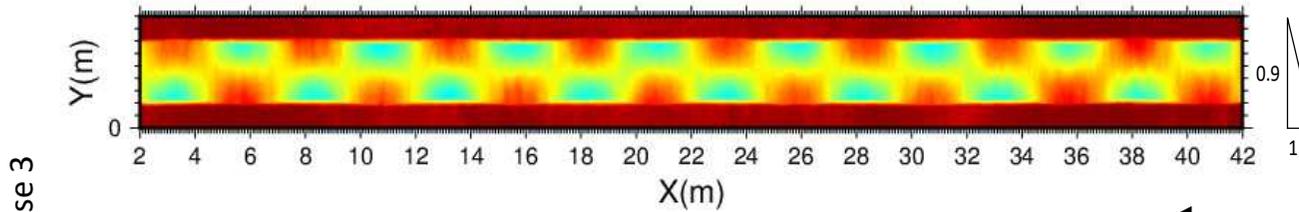
■初期砂州波高が大きい方が水路側壁に速く到達する。

出典：井上卓也・矢部浩規，河床地形の二極化が河岸侵食に及ぼす影響，寒地土木研究所月報802，2020

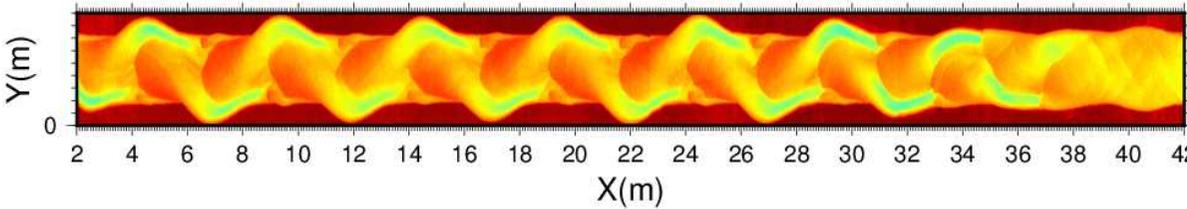
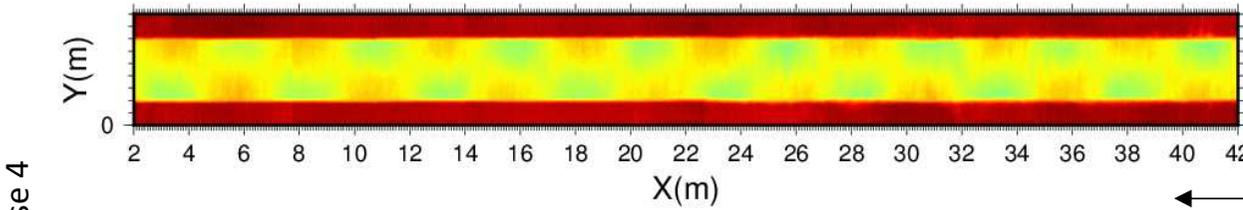
移動床実験の状況 流量 $Q=2.0 \text{ l/s}$ (1/1～1/2確率規模流量)



初期波高4.5cm



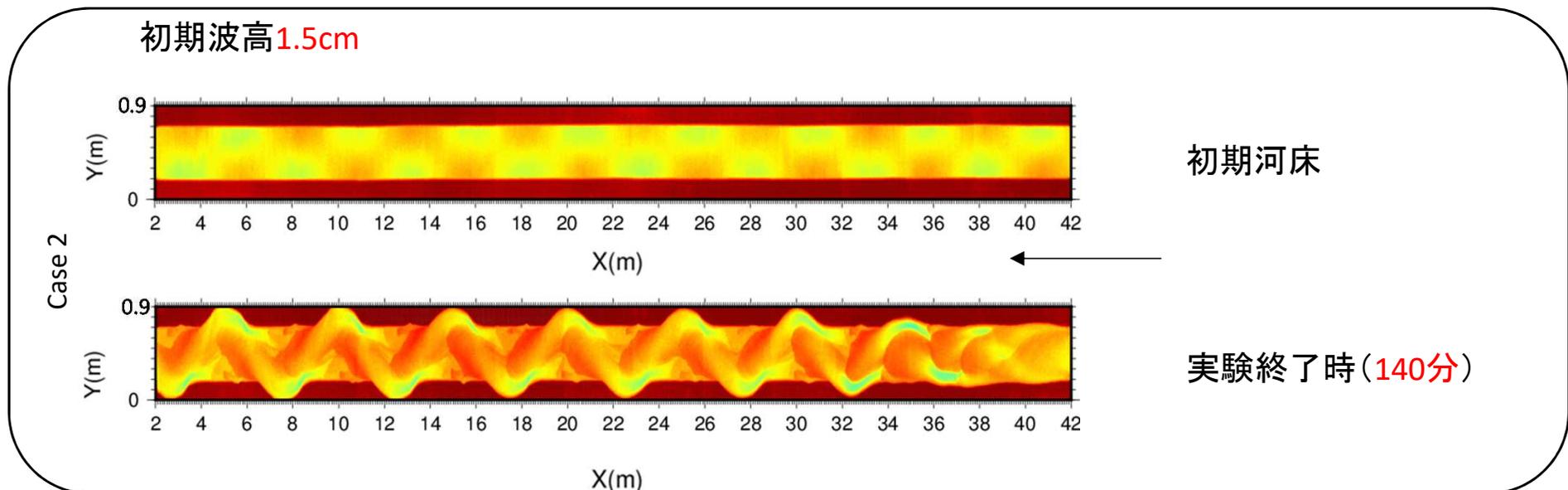
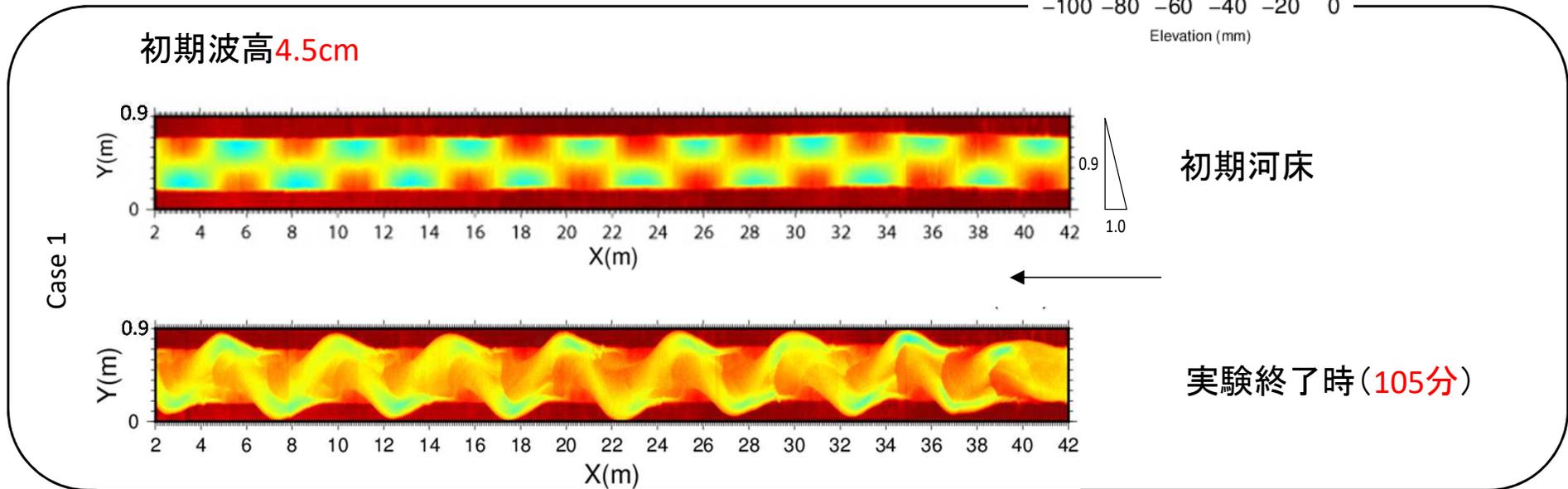
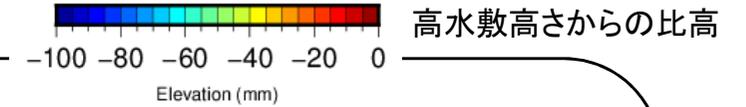
初期波高1.5cm



■ 流量を大きくしても、初期砂州波高が大きい方が水路側壁に速く到達する傾向は同じである。

出典：井上卓也・矢部浩規，河床地形の二極化が河岸侵食に及ぼす影響，寒地土木研究所月報802，2020

移動床実験の状況 流量 $Q=3.0 \text{ l/s}$ (1/5～1/10確率規模流量)

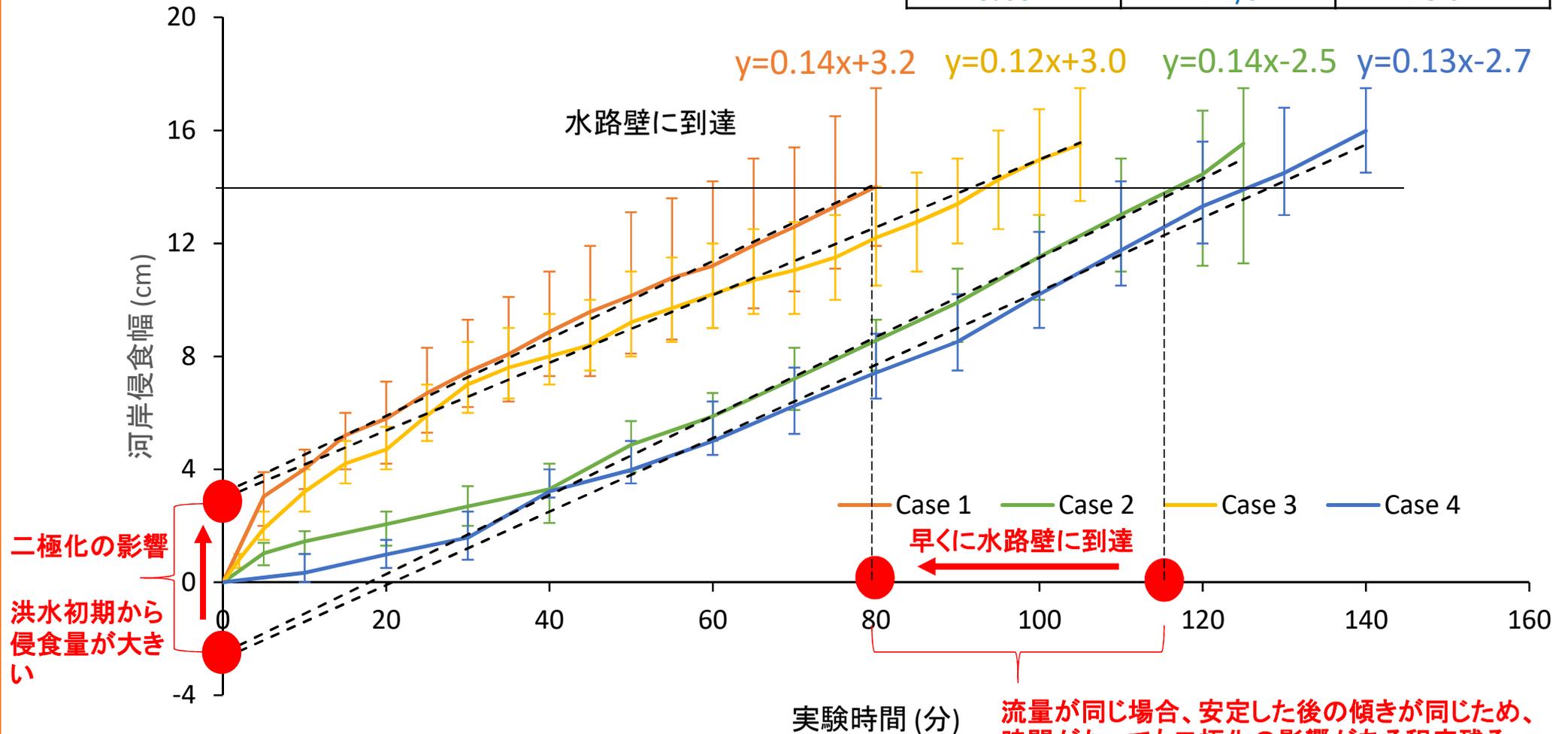


- 二極化の影響は、洪水初期の河岸侵食量に強い影響を与える。
- 流量が同じ場合でも、侵食が同様な大きさ(傾き)で進行するため、初期の二極化の影響が残る。

考 察

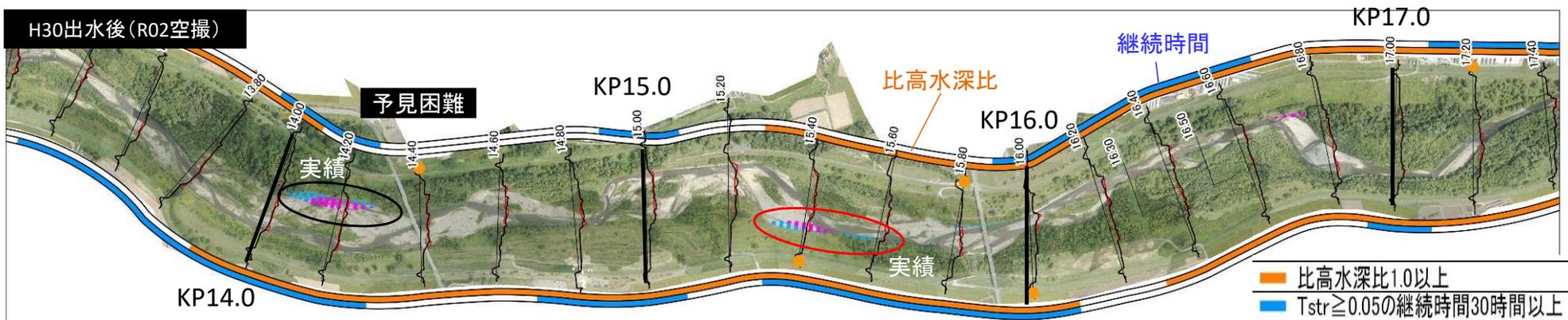
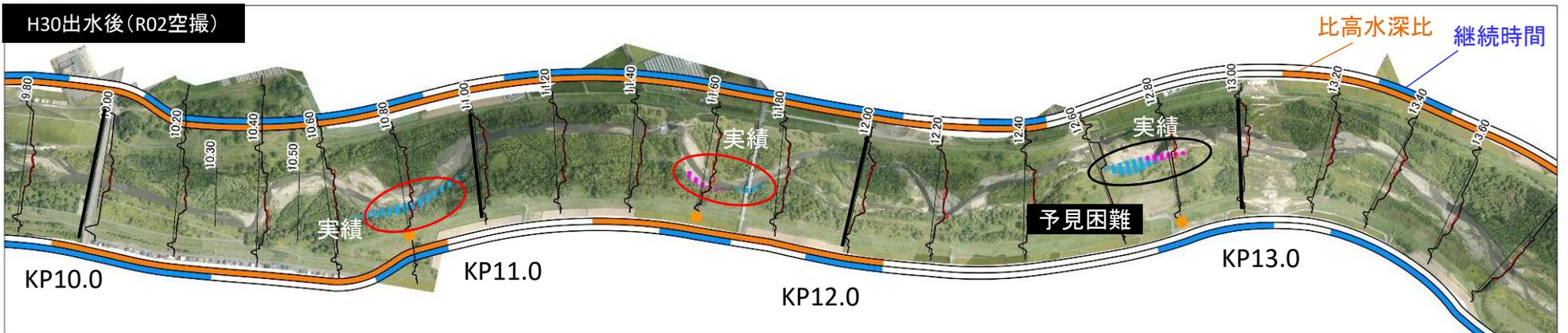
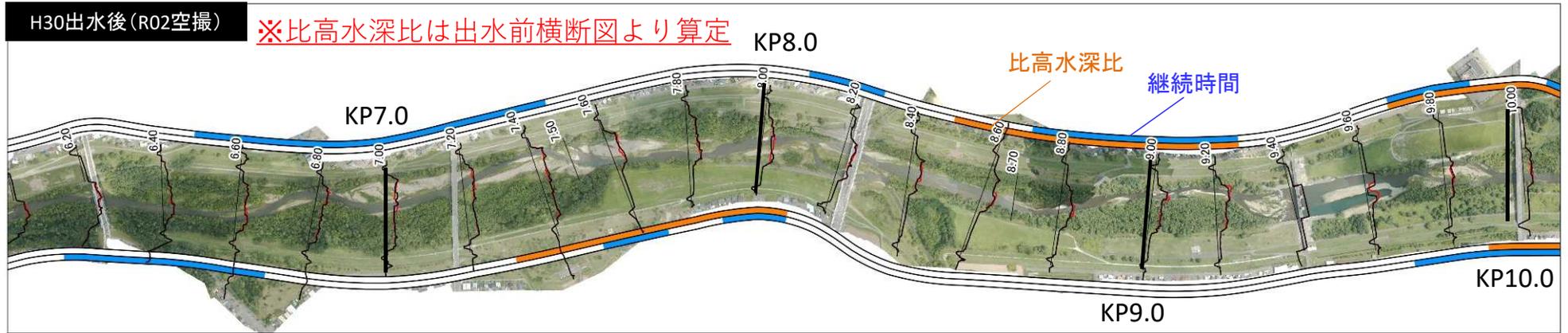
- ・ 流量規模が同じ場合、傾き(側岸侵食速度)がほぼ同じ。
- ・ 初期砂州波高が同じ場合、切片がほぼ同じ。

ケース	流量	初期砂州波高
Case 1	3 ℓ/s	4.5 cm
Case 2	3 ℓ/s	1.5 cm
Case 3	2 ℓ/s	4.5 cm
Case 4	2 ℓ/s	1.5 cm



比高水深比と河岸侵食の関係【忠別川の実績】～地形的要素～交通省

■ 忠別川における比高水深比と実績侵食箇所を比較を整理した。実績侵食箇所では比高水深比が1.0以上となっていた箇所が数多く確認された。(頭首工近傍などは予見困難。)



— 測量横断 (H24・H25) — 測量横断 (R02) ■■■ H28 侵食 ■■■ H28 侵食 ● 侵食箇所 (横断面図より判読) □ 既設護岸

■ 比高水深比1.0以上
■ Tstr ≥ 0.05の継続時間30時間以上

- 忠別川における平成28年出水および平成30年出水の河岸侵食箇所と比高水深比の関係を整理した。
- 比高水深比が大きい箇所では、河岸侵食の発生率も大きくなる傾向にあった。
- しかしながら、比高水深比が小さい箇所でも河岸侵食が発生していることから、比高水深比のみで河岸侵食箇所を特定するのは困難である。

比高水深比と河岸侵食

比高水深比(低水路満杯相当)
 = 砂州波高(Zb) / 満杯水深(D)

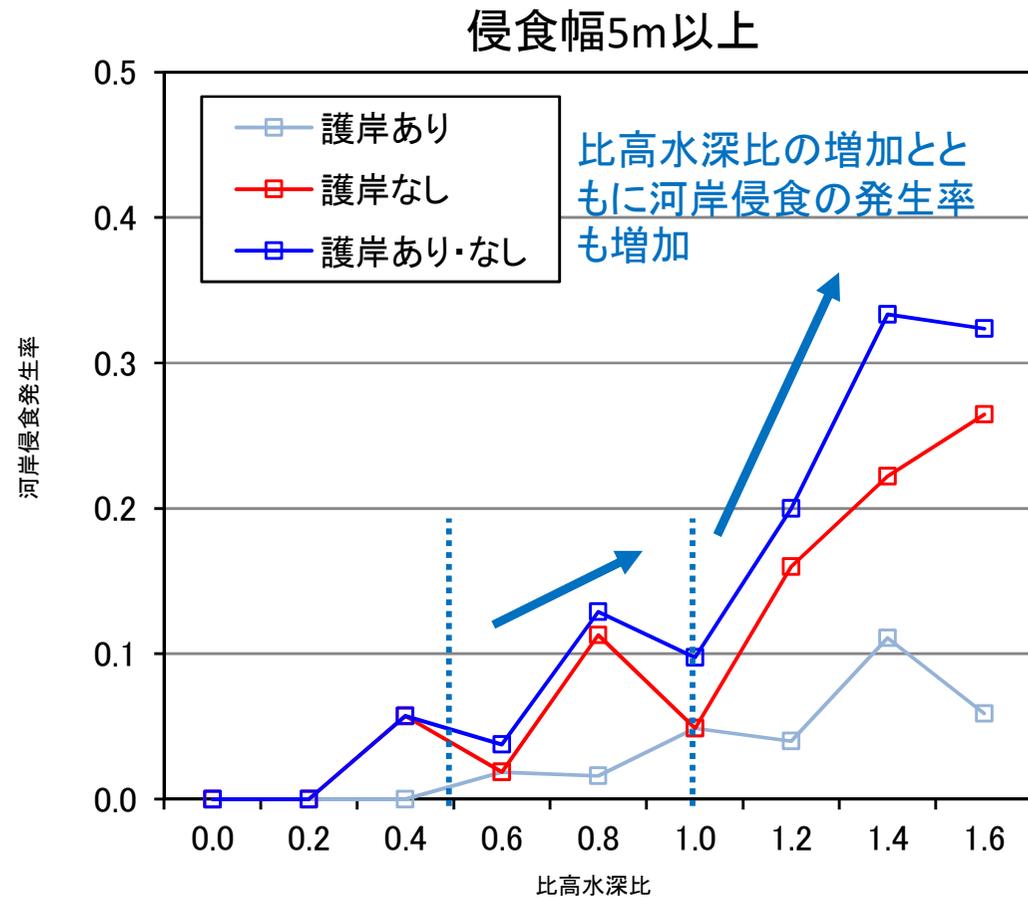
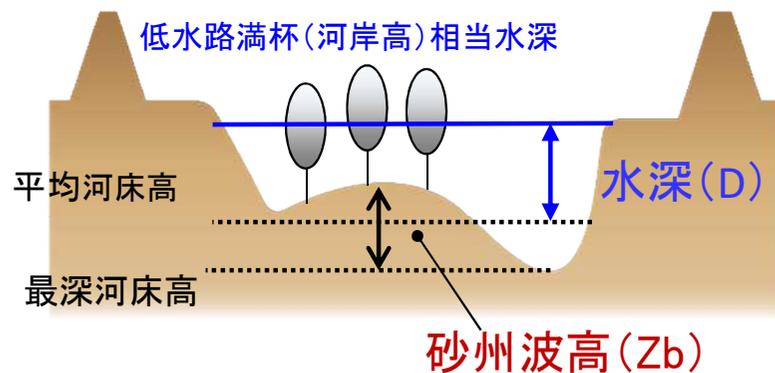


図 比高水深比と河岸侵食発生率

- 模型実験の時間範囲は、侵食幅の変化が線形の関係性にある領域である。
- 最終的な侵食幅は、洪水が長く続くと頭打ちになる。

考察

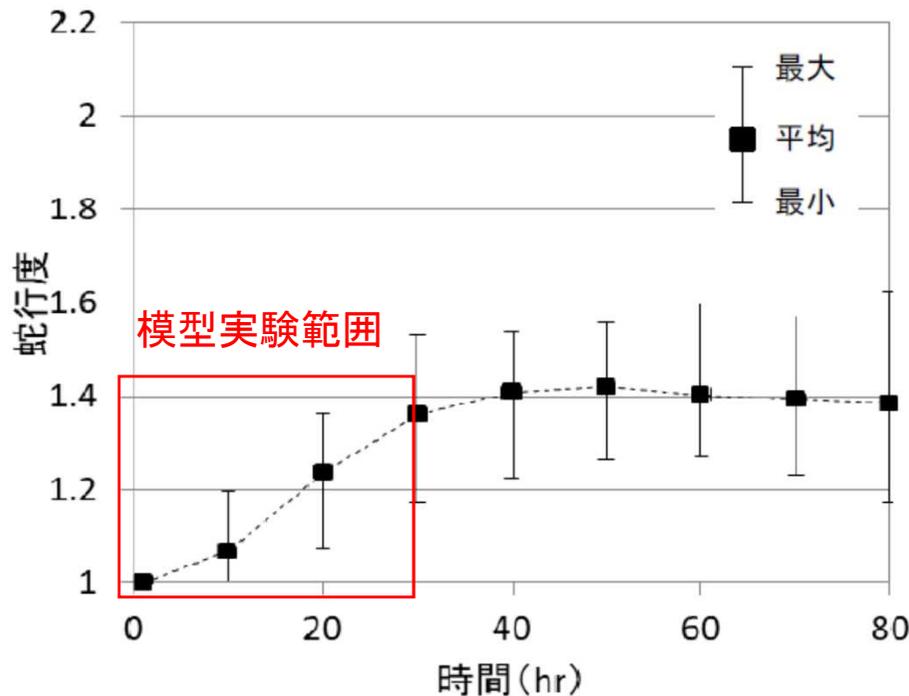
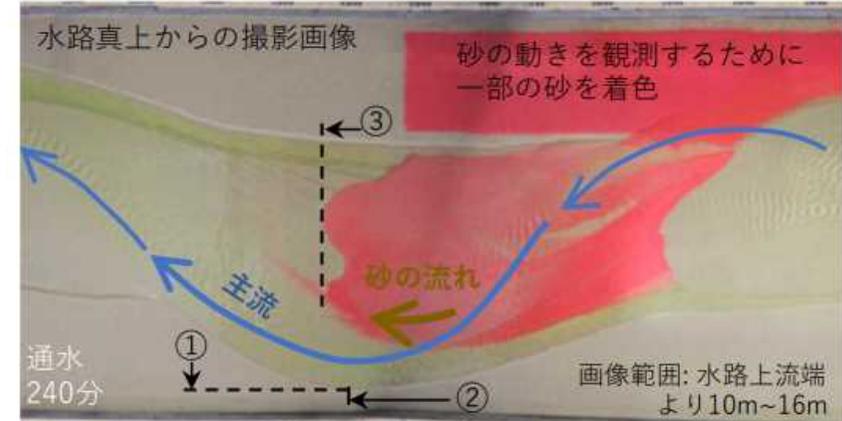
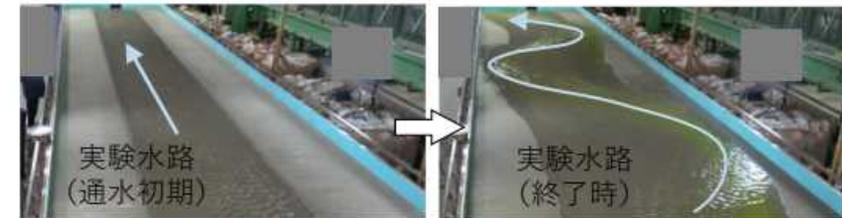
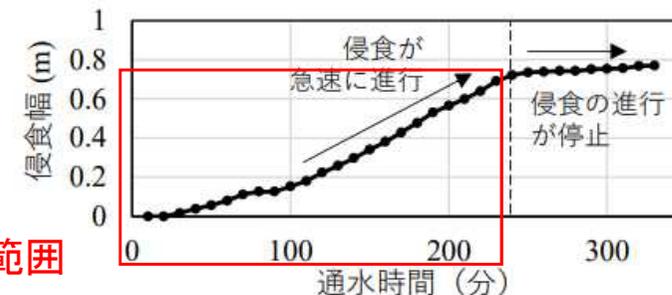


図-6 $i=0.01$ の 25 ケースの蛇行度の時間変化

※蛇行度 = 流路に沿った距離 / 直線距離
 ※蛇行度大 ≡ 侵食幅大



(a) 実験水路 (上) および水路真上からの撮影画像 (下)



(b) 侵食幅①の時間変化 (点線は通水240分を示す)

模型実験範囲

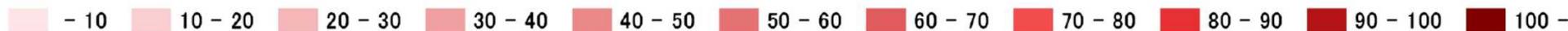
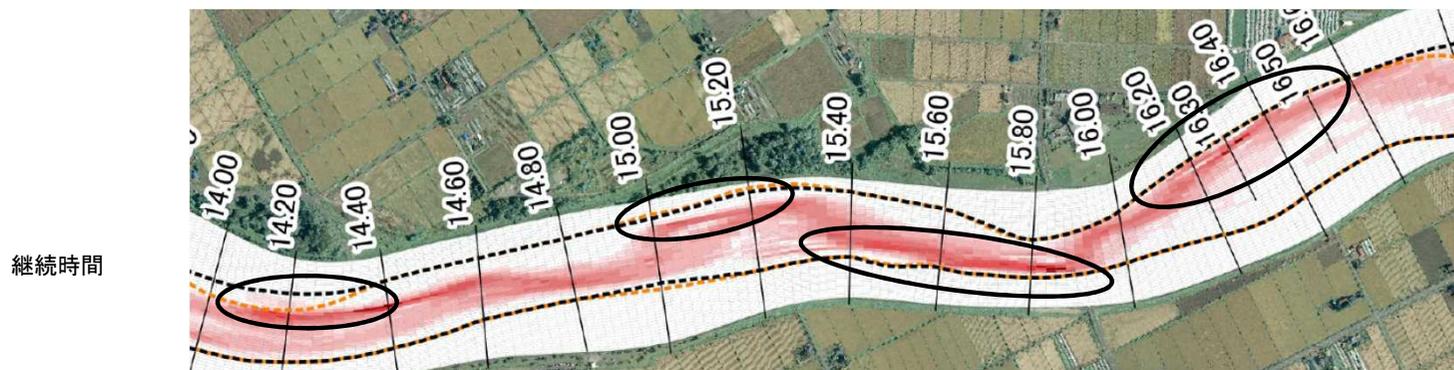
出典: 舛屋繁和, 井上卓也, 岩崎理樹, 清水康行, 実河川スケールでの蛇行発達に関する数値計算, 水工2019

出典: 川村里実, 久加朋子, 岡部和憲, 大規模な側岸侵食と低水護岸背後洗掘の発生プロセス - 音更川における被災の要因分析と急流河川における今後の対策に向けて -, 技研2021

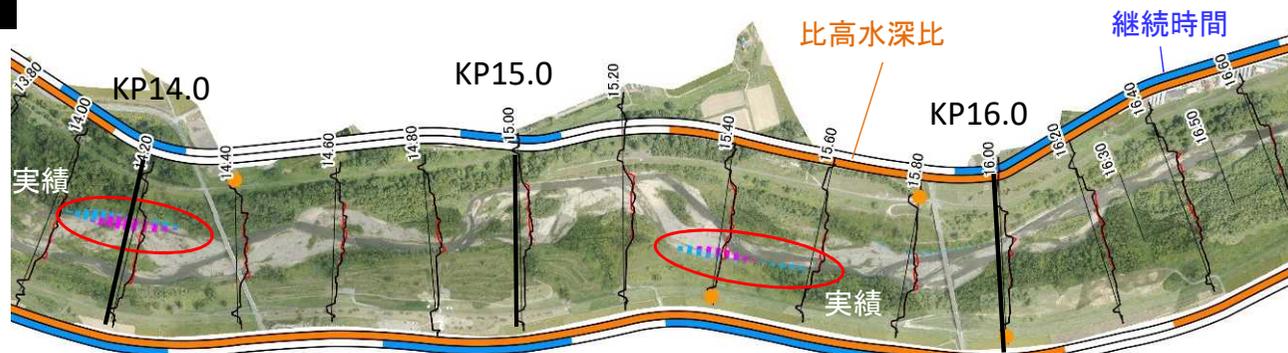
- 一般に洪水継続時間が長いほど侵食され易い傾向にあることから、忠別川における平成28年出水および平成30年出水の河岸侵食箇所と洪水継続時間の関係を整理した。
- 実績の河岸侵食箇所においては、洪水継続時間が長い出水であったことが分かる。

河岸近傍の洪水継続時間

無次元掃流力0.05以上の継続時間(H28出水)



H30出水後 (R02空撮)



— 測量横断 (H24・H25) — 測量横断 (R02) ■■■ H28 侵食 ■■■ H28 侵食 ● 侵食箇所 (横断面より判読) □ 既設護岸

— 比高水深比1.0以上
— $T_{str} \geq 0.05$ の継続時間30時間以上

■ 洪水継続時間が長い箇所では、河岸侵食の発生率も増加する傾向にある。

河岸近傍の洪水継続時間

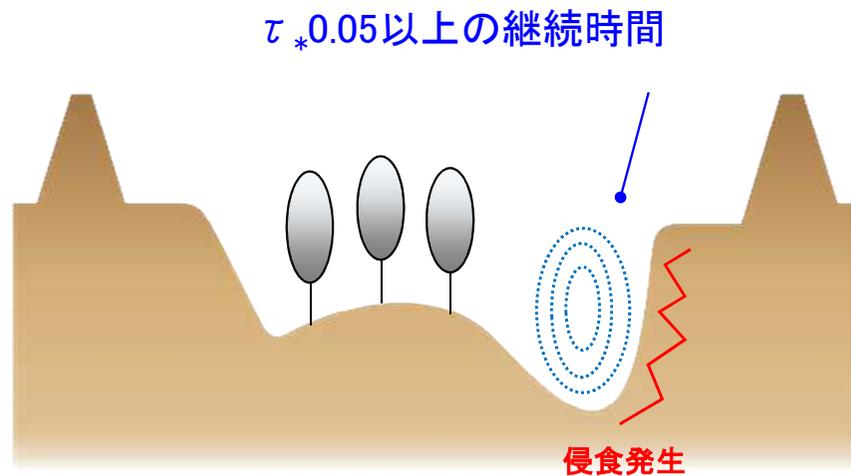


図 河岸近傍の負荷と侵食のイメージ

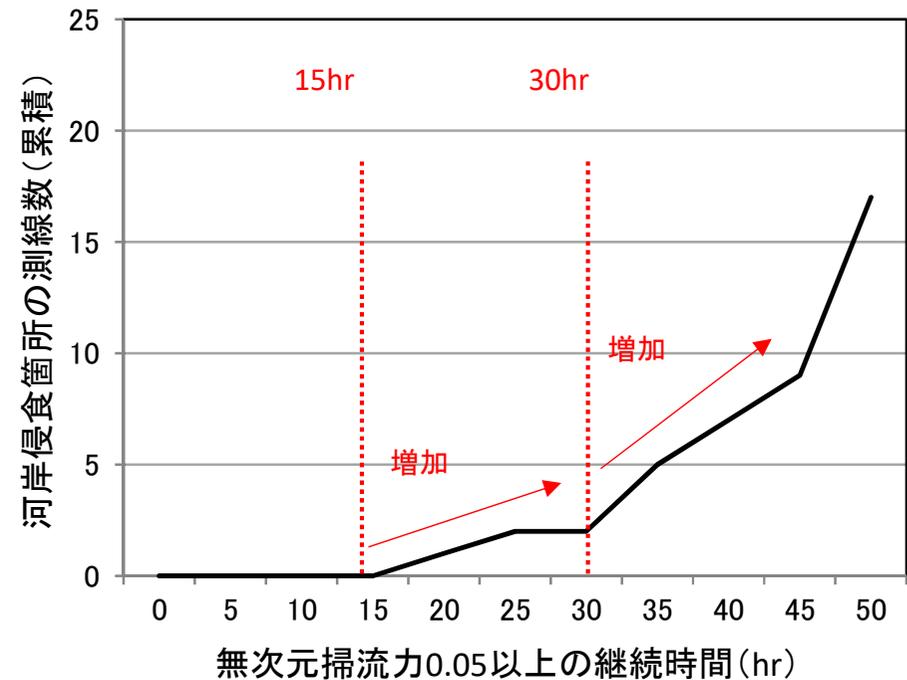
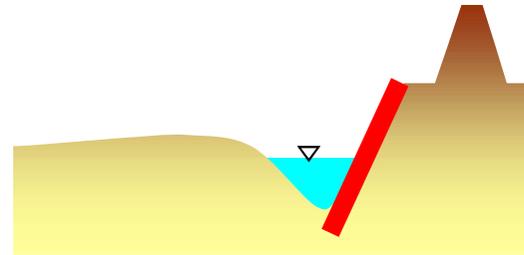


図 河岸侵食箇所におけるH28出水時の $\tau^*0.05$ 以上の継続時間(対象河岸より河岸間の10%の範囲)

- 河岸侵食の危険箇所を予見するには、護岸状況の影響も想定しておく必要がある。
- 護岸機能については、安定化、不安定化、自然河岸の観点から、侵食され易い程度を想定する。

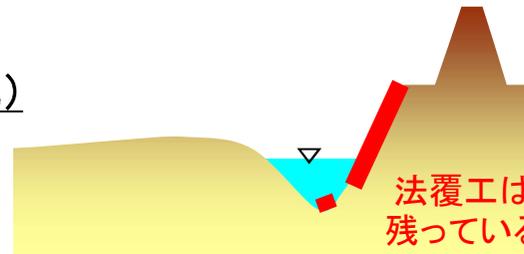
護岸の機能

○機能あり(護岸安定)



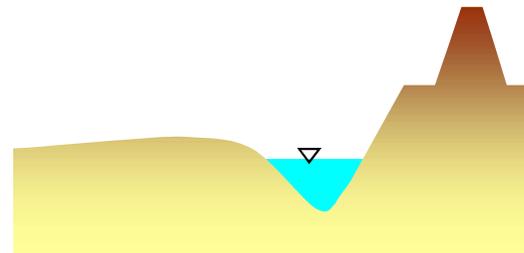
最深河床高 \leq 護岸基礎高

△機能なし(護岸不安定化)



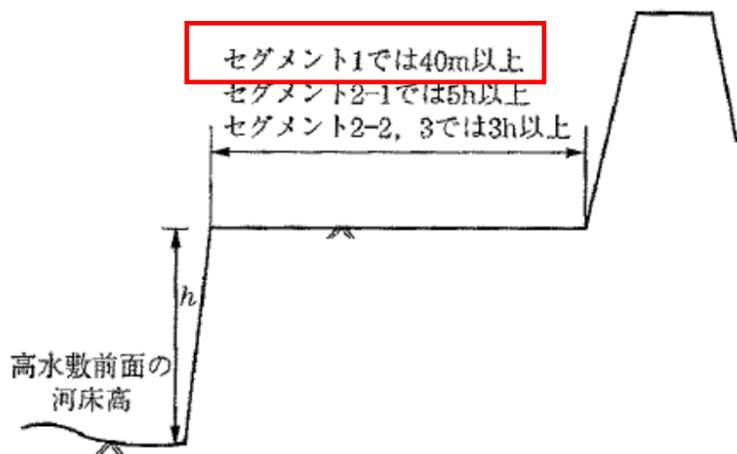
最深河床高 $>$ 護岸基礎高

×機能なし(護岸なし)



- 河岸侵食の危険箇所を予見するには、堤防侵食への影響も想定しておく必要がある。
- 高水敷幅については、必要高水敷幅の確保状況を想定する。

必要高水敷幅



- 40m以上 …… 既往洪水では耐える
- 20～40m以下 …… 出水発生で脆弱
- 20m以下 …… 出水発生で極めて脆弱
(H28、H30出水でも多数の実績有)

図 8-5 セグメントごとの必要な高水敷幅の目安

※河道計画検討の手引きより

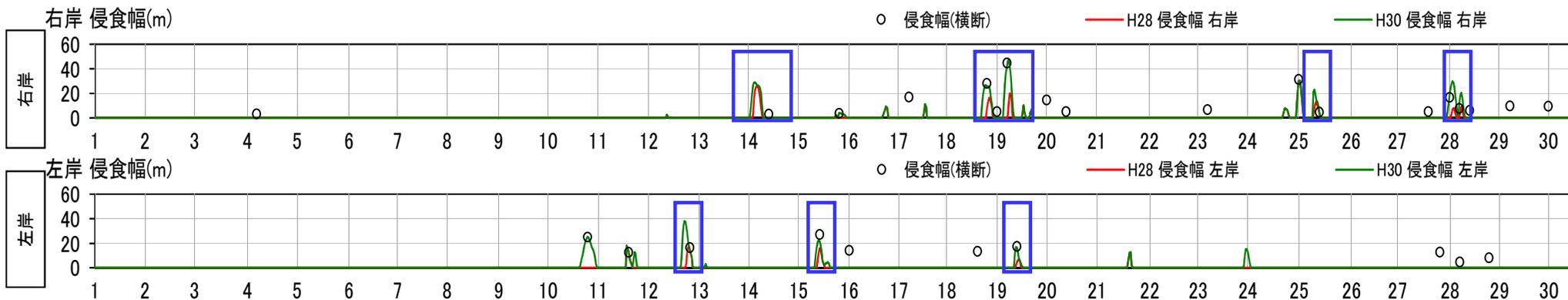
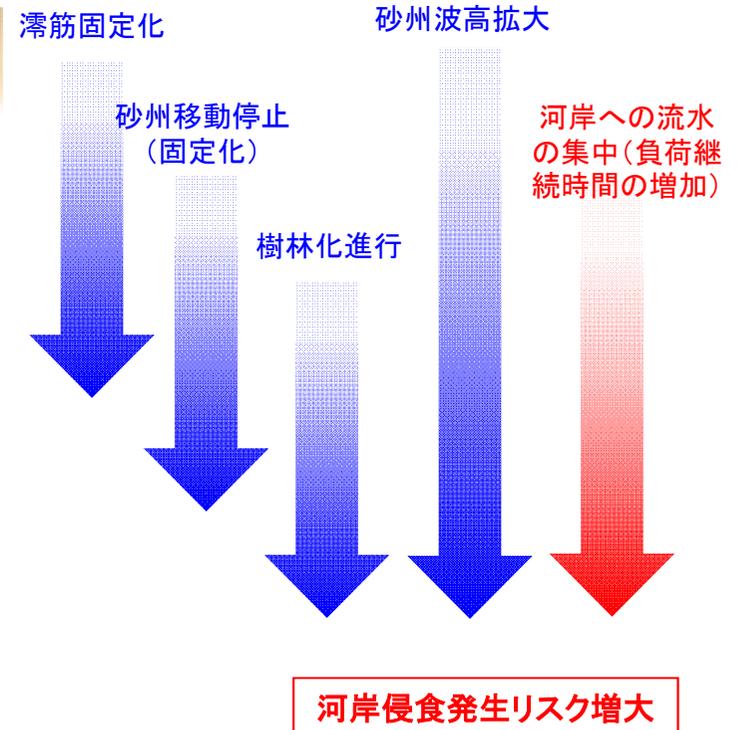
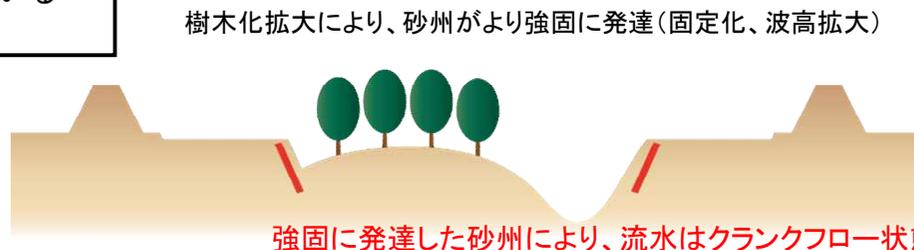
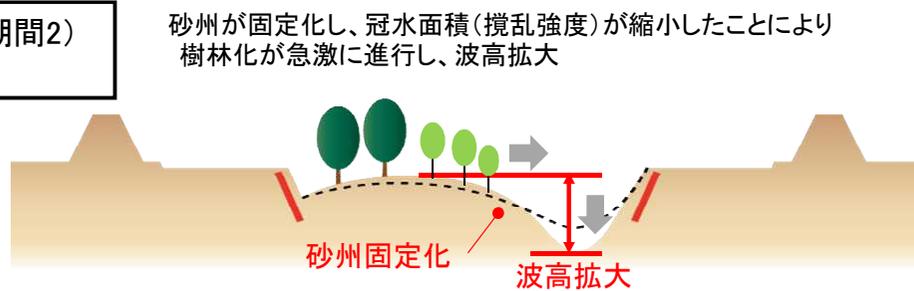
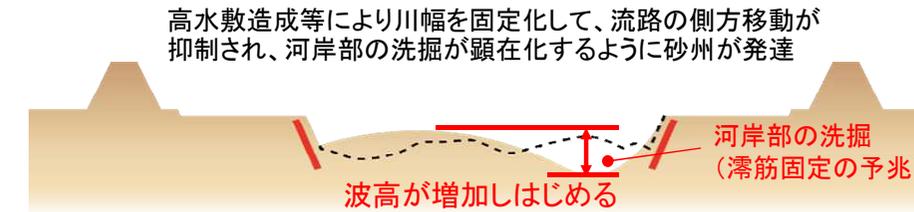


図 実績侵食幅縦断

■ 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、川幅の固定化により河岸部の洗掘が進行することで、滞筋の固定化とともに、砂州移動が停止して砂州の発達(砂州波高の増大)が生じた。さらに、年最大流量が小さな期間の継続等によって樹林化が進み、さらに砂州が強固に固定されている。

河道変化の状況

- 河道整備前 (~S61)
- ↓
- 川幅の固定(期間1) (S62~)
- ↓
- 流量の小さな期間継続(期間2) (H14~)
- ↓
- 破堤のリスクが高まっている(現在)



対策必要箇所抽出（見直し後）

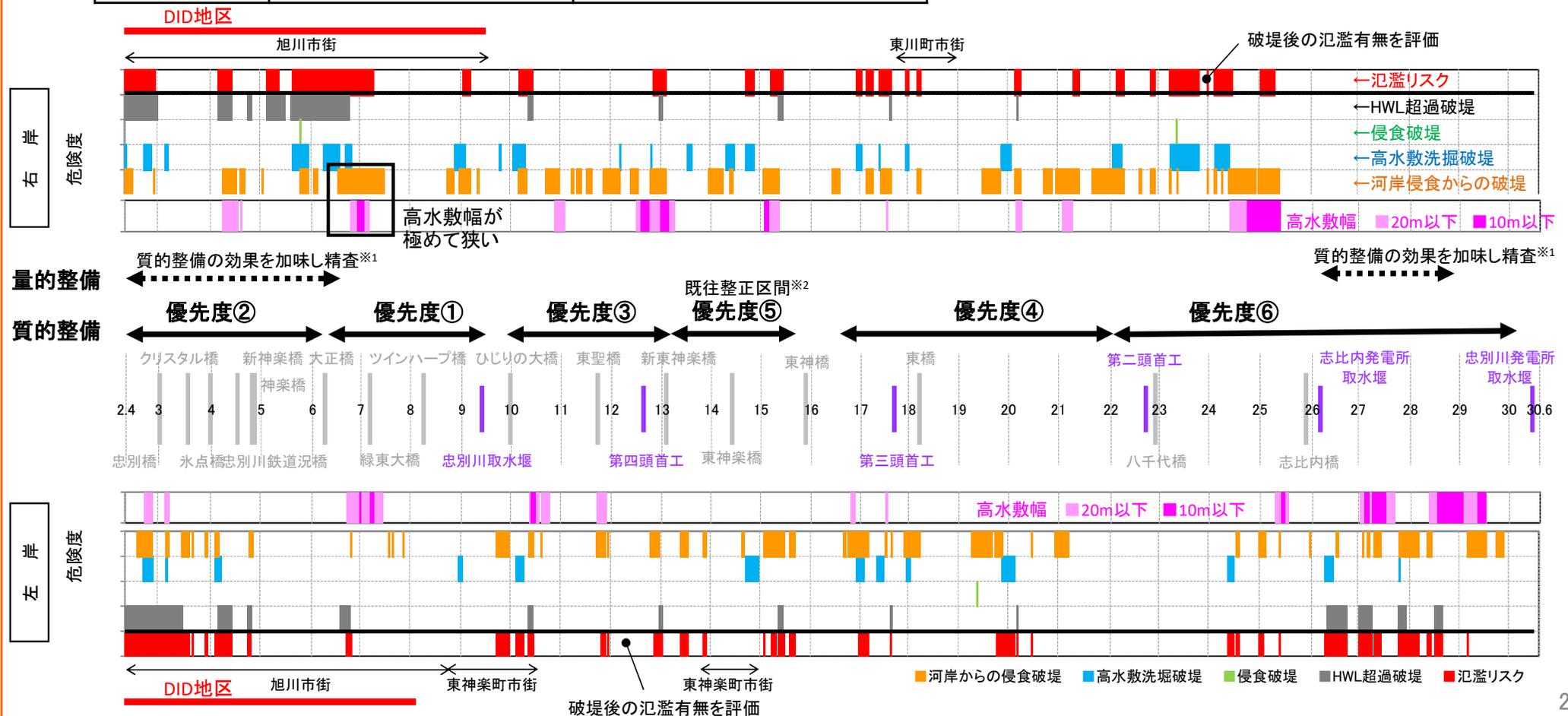
対策検討箇所への抽出（優先度含む）

- 氾濫危険度から導き出した対策必要箇所について、横断工作物、背後地、流路状況の連続性などから区間分けを実施。
- 区間毎の優先度については、**背後地の状況(被害規模の関係からDID区間を優先)及び対策の緊急性(高水敷幅が極端に狭い)を考慮し設定**する。
- 緑東大橋の上下流において優先度が高いと判断した。この区間について、より詳細に対応することとする。
- なお、量的整備(流下能力確保)については、河岸侵食の対策案を加味した上で、真に必要な箇所を精査する。

対策優先度

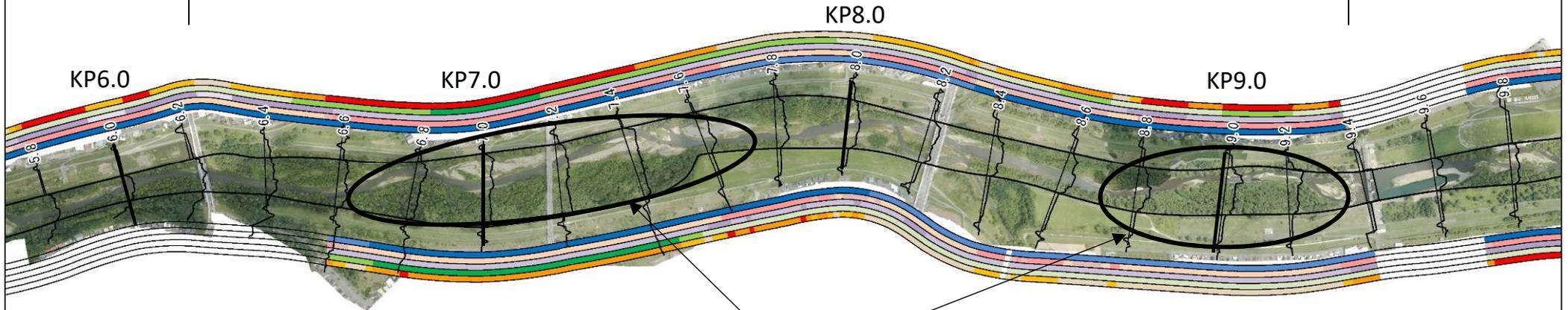
優先度	高い ←————→ 低い	
被害規模	市街地(DID区間)	市街地以外(DID区間外)
緊急性等	高水敷幅が極端に狭い	高水敷幅が広い

※1 後述の対策方法を確定後、真に対策必要な箇所を精査
 ※2 既往整正区間であり、今後の変化や危険度を見つつ適切に対応



河岸侵食破堤に関するレーティング評価の状況

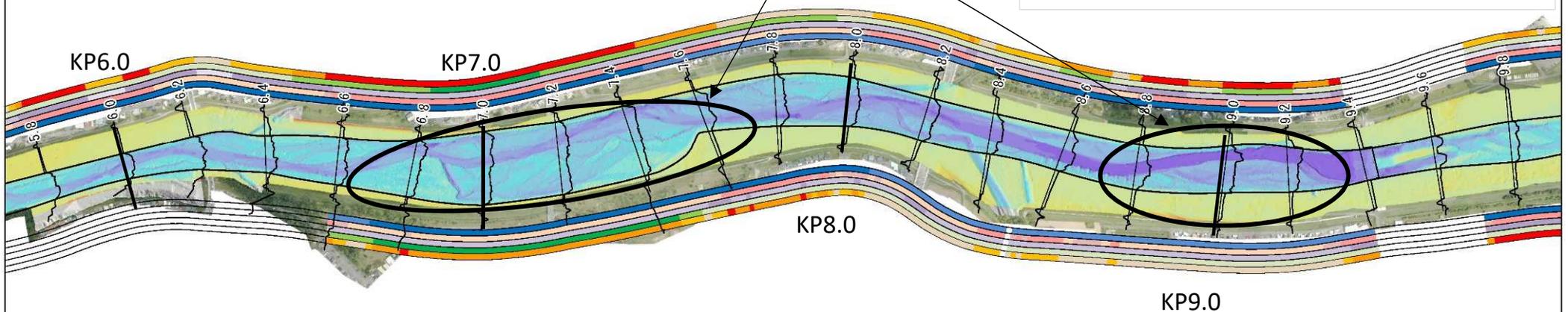
優先度1



優先1区間では河岸侵食破堤のリスクが高い

河岸侵食危険箇所	10点以上	9点	8点	7点以下
堤防的要素	1点	2点	3点	
護岸的要素	1点	2点	3点	
洪水的要素	1点	2点	3点	
地形的要素	1点	2点	3点	
← 河道				
地形的要素	1点	2点	3点	
洪水的要素	1点	2点	3点	
護岸的要素	1点	2点	3点	
堤防的要素	1点	2点	3点	
河岸侵食危険箇所	10点以上	9点	8点	7点以下

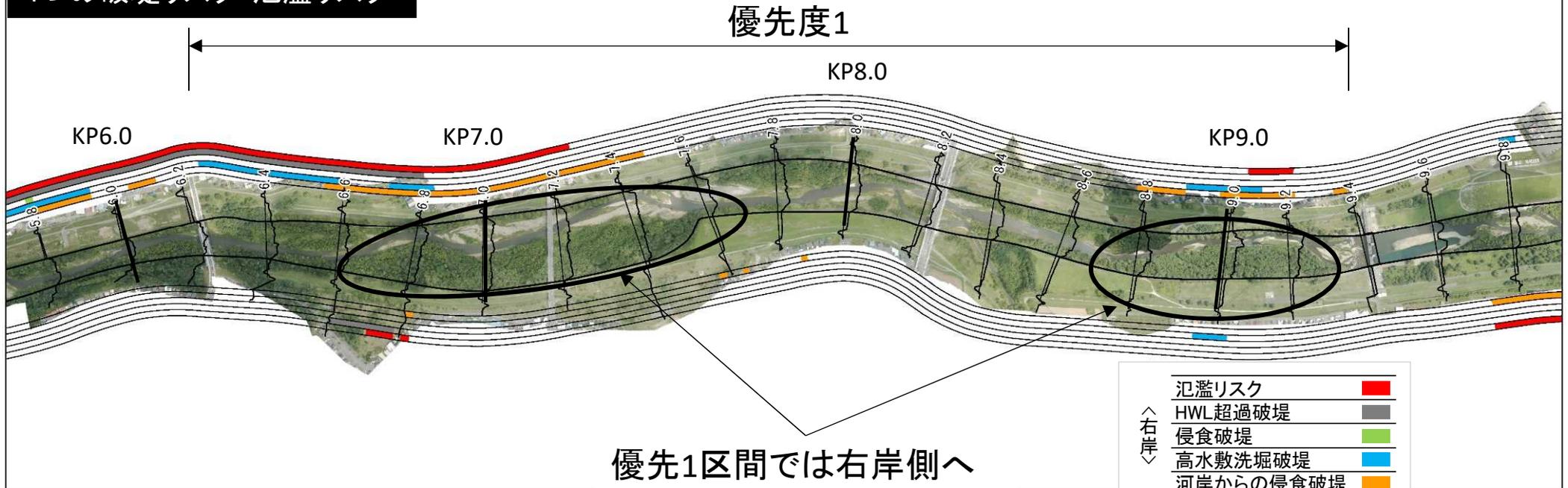
HWL-Z



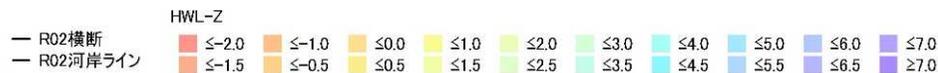
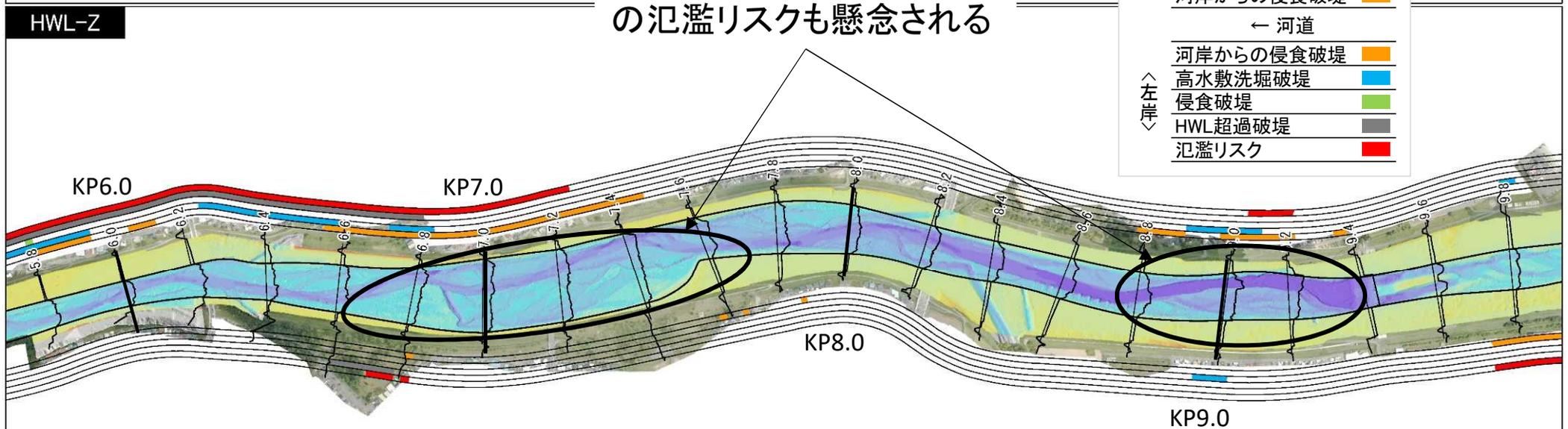
HWL-Z	≤ -2.0	≤ -1.0	≤ 0.0	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 4.0	≤ 5.0	≤ 6.0	≤ 7.0
R02横断	≤ -1.5	≤ -0.5	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 2.5	≤ 3.5	≤ 4.5	≤ 5.5	≤ 6.5	≥ 7.0
R02河岸ライン										

(R02ALBデータより作成)

4つの破堤リスク・氾濫リスク



HWL-Z

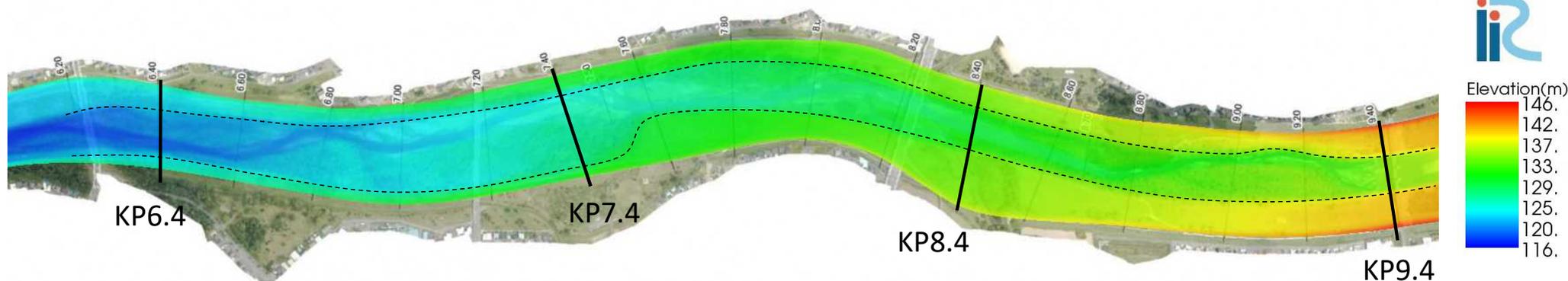
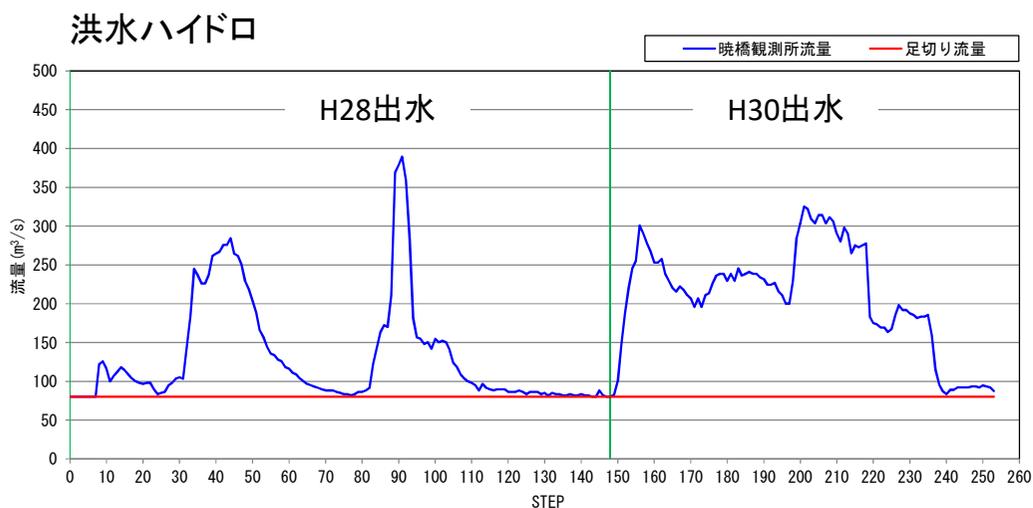


(R02ALBデータより作成)

河岸侵食の影響の検証

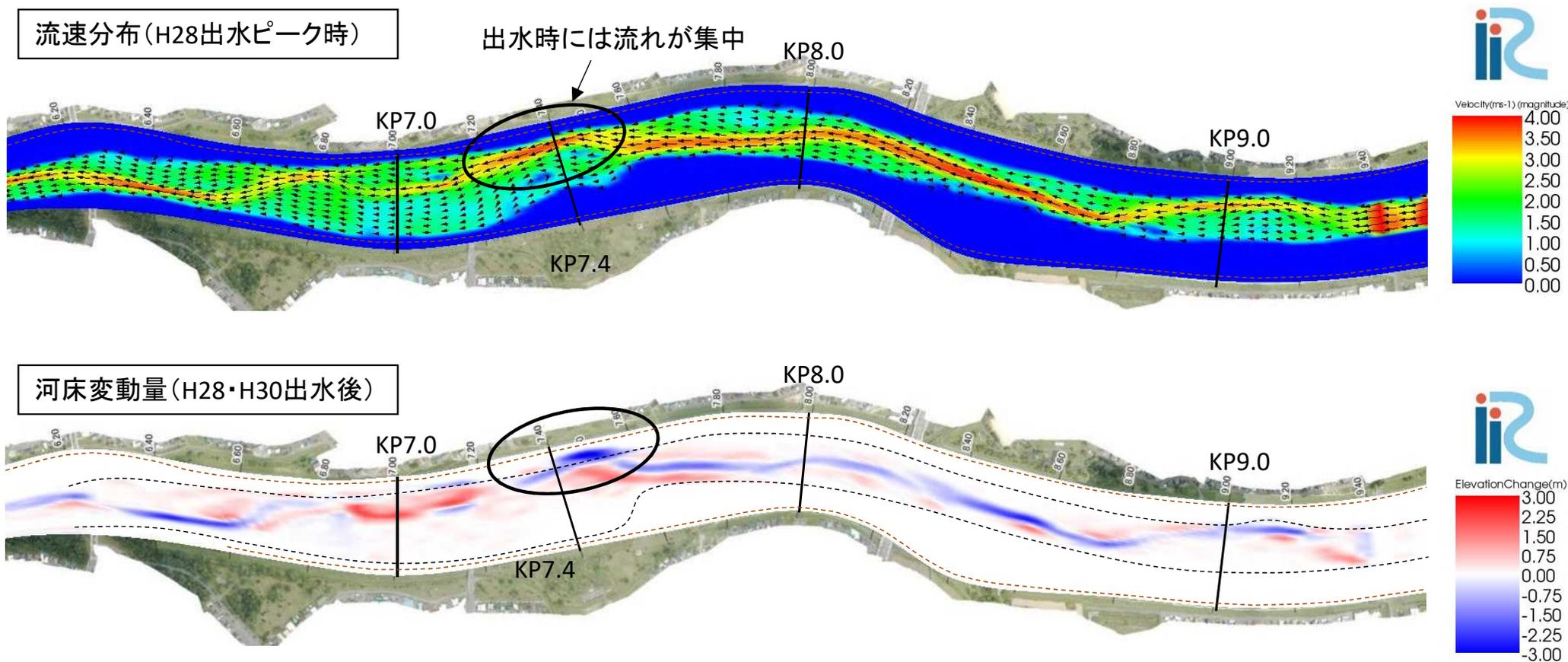
- 優先度1区間では、経年的な滯筋低下による根固め工の露出や崩落等の護岸機能の低下とともに、平成28年出水では護岸崩落(KP7.4右岸)が生じている。
- 優先度1区間における河岸侵食からの破堤の影響について検証するため、高水敷を移動床とした条件での河床変動解析を基に、継続時間の長い平成28年・平成30年出水ハイドロでの影響を検証した。

検証概況



- 検証の結果、KP7.4付近右岸では出水時に流れが集中することで、河岸侵食が進行し易くなっていることが判明した。
- 河岸侵食発生後の侵食の進行状況については、高水敷幅の狭いKP7.4付近では平成28年出水で高水敷の半分程度が侵食され、平成30年出水ではほぼ全ての高水敷が侵食されることが懸念される。
- KP7.4右岸付近では護岸損傷で法覆工も崩落傾向にあり、優先度1区間における河岸侵食の対策は急務といえる。

河岸侵食の状況



- 大出水時には、上流部において河岸侵食、河床洗掘などによる土砂供給が増大(本検証では1.5倍)していることが想定されるため、当該区間への影響を感度分析的に検証した。
- 結果としては、一番の懸案箇所となるKP7.4付近右岸での状況は、土砂供給動的平衡時と比較しても大きな差異はなかった。(変わりなく対策は急務)

河岸侵食の状況

※土砂供給1.5倍

