

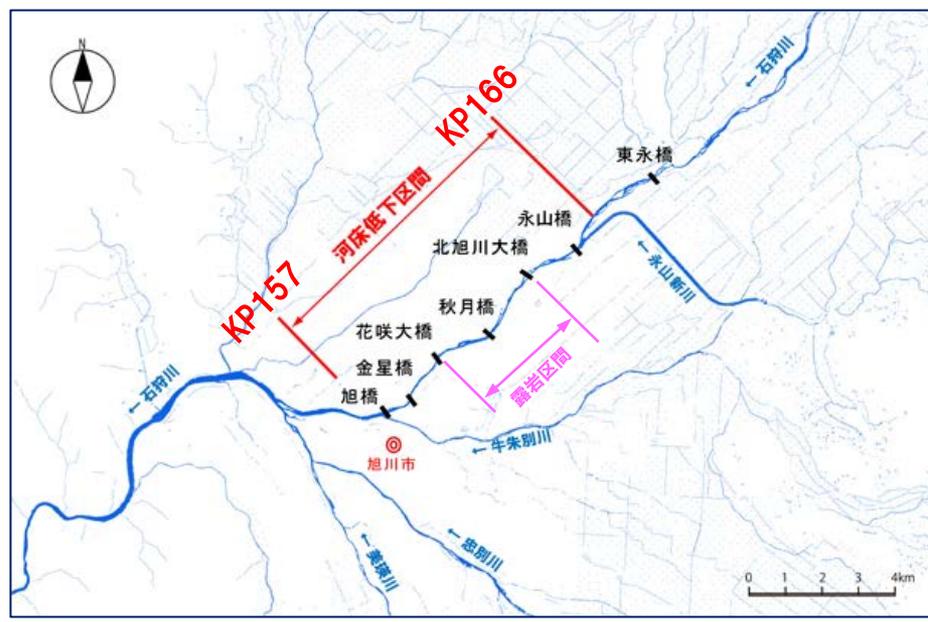
令和3年度

石狩川上流 河道管理ワーキング 委員説明会

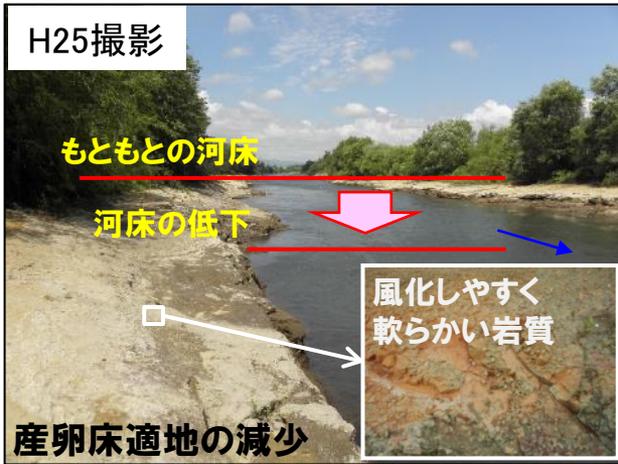
北海道開発局 旭川開発建設部
旭川河川事務所

1. 石狩川上流の河床低下の現状と課題

- 現地の河床低下状況、露岩状況などを把握
- 石狩川のKP157(旭橋付近)～KP166(永山床止付近)の区間では、河床低下が進行
- 特に露岩区間では、河床低下が顕著であり、既設護岸や橋脚の安定性低下などが懸念
- 河床低下が進行した場合、洪水時に護岸が損傷し、堤防決壊につながる可能性がある
- 露岩区間は砂礫流出により、サケの産卵など、魚類の生息に適した環境が上下流に比べて少ない



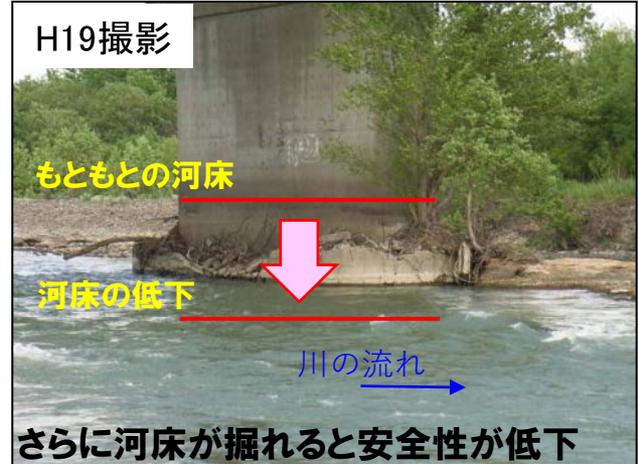
石狩川上流の河床低下区間位置図



秋月橋上流の露岩状況



秋月橋下流左岸の状況



秋月橋左岸橋脚付近の状況

2. 河床低下メカニズム

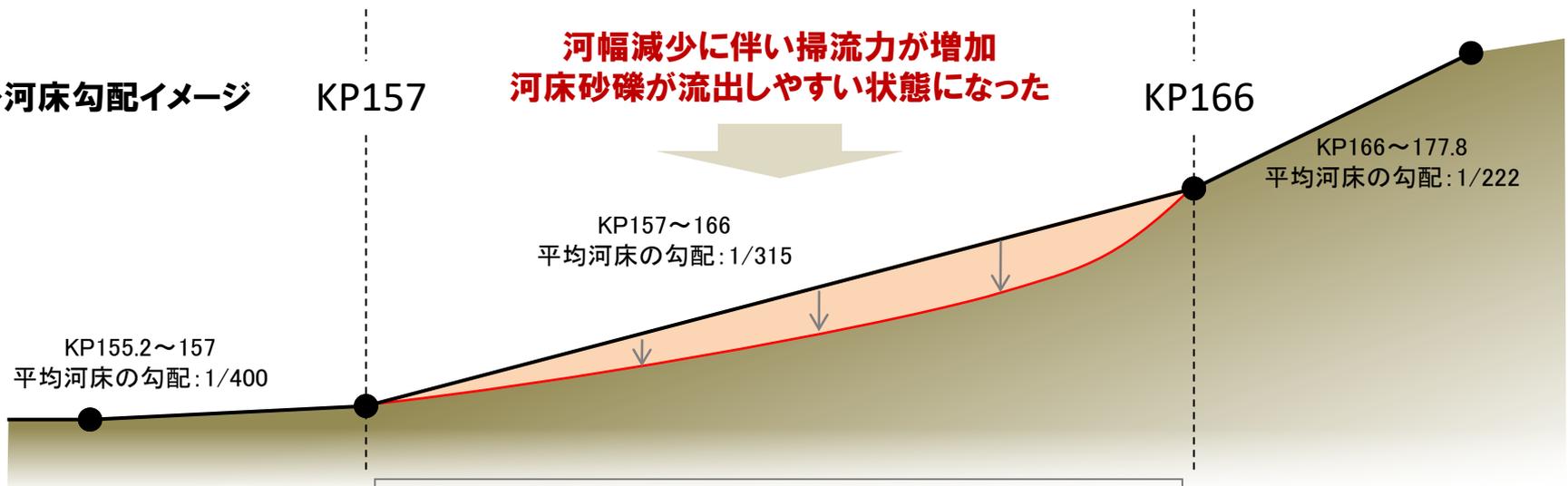
- 昭和50年代まで: 主に砂利採取により河床低下が進行。
- 昭和50年代以降: 低水路幅の減少および軟岩洗掘の影響により河床低下が進行。

◆河幅イメージ

※河幅は、平均年最大流量流下時の水面幅として定義



◆河床勾配イメージ



◆掃流力増加のメカニズム

掃流力は、以下の式で算出

$$\tau_* = hi/sd$$

τ_* : 掃流力、h: 水深、i: 河床勾配、s: 砂の水中比重、d: 河床材料の粒径

sは一定、dやiは変化していないことを確認

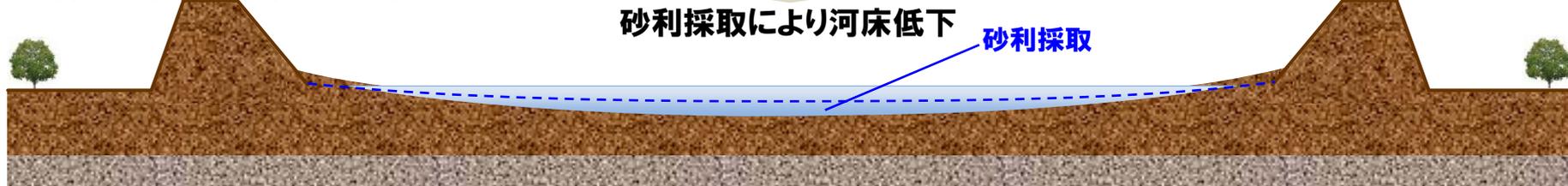
よって、河幅が狭くなったことで、水深が増加し、掃流力が増加したと考えられる

<横断的イメージ>

◆昭和30年代以前



◆昭和30年代～昭和50年代



◆昭和50年代



◆平成～

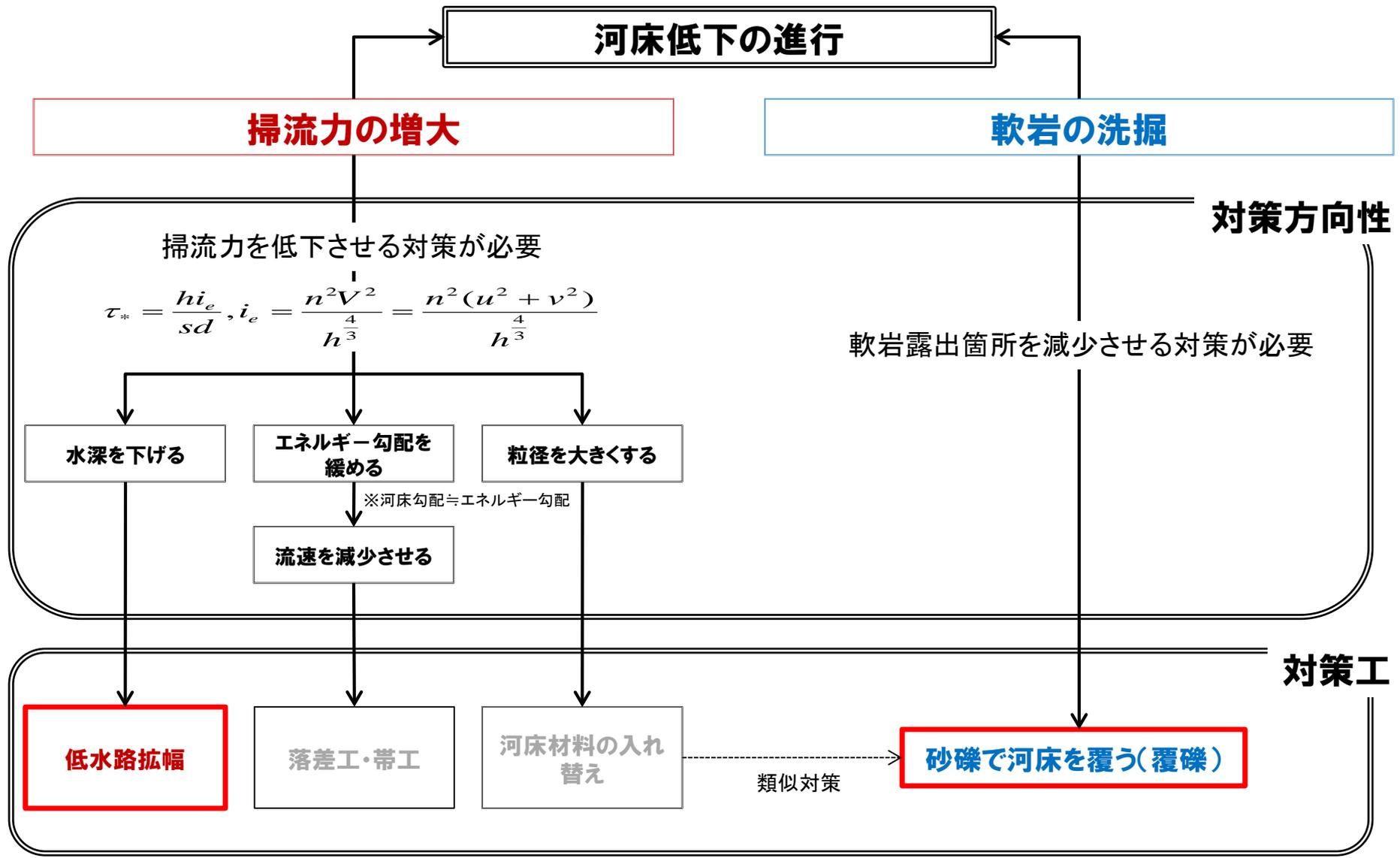


◆現状



3. 河床低下対策工の選定

➤ 現地の河床低下要因を踏まえ、掃流力低減のための「**低水路拡幅**」と、軟岩洗掘抑制のための「**覆礫**」を対策工として選定。



4. 石狩川上流河床低下対策工の検討経緯

- ▶ 過年度より河床低下対策については、シミュレーションと大型模型実験を用いて検討を実施。
- ▶ 「**拡幅+覆礫+巨礫混合**」を実施することでH23年現況河床高を維持、河岸際の露岩および岩盤洗掘抑制が可能。

検討年度		H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	
対策工方向性		昭和50年代の河床高を復元することを目標とした	目標をH18現況河床高の維持に変更	H23出水により河道が大きく変動したため、目標を H23現況河床高の維持 とした 「河川基本技術会議」での指摘を踏まえ、低水路拡幅と掘削発生土による岩盤被覆「 拡幅+覆礫 」を検討し、高水敷利用により拡幅が難しい箇所(雪堆積場以外)は帯工で対処することとした H24は旭川市との協議を踏まえ、秋月橋下流左岸(野球場等)の拡幅について検討		H24の検討結果を踏まえ、「 拡幅+覆礫 」を対策工の基本とした	河岸際の露岩対策として、巨礫混合を検討 対策工を「 拡幅+覆礫+巨礫混合 」を基本とした ※巨礫混合 現地材料に巨礫(d=150~300mm)を混合しd60を現況の2倍程度にしたもの		
対策工検討	シミュレーション	「覆礫+床止め工4基」の効果を検証 →昭和50年代の河床高復元は困難であることが判明 →床止め工と大礫による覆礫は事業費が高価であった	「覆礫+帯工5基」の効果を検証 →現況河床高を維持可能な対策工であることを確認 →覆礫材の確保が課題 →平面2次元解析による帯工周辺の局所洗掘の再現性が課題	「 拡幅+覆礫+帯工2基 」の効果を検証 →帯工下流での局所低下を確認	「 拡幅(雪堆積場のみ)+覆礫+帯工1基 」と「 拡幅(雪堆積場+秋月橋下流左岸)+覆礫 」の効果を検証 →現況河床高を維持可能な対策工であることを確認 →平面2次元解析による帯工周辺の局所洗掘の再現性が課題	対象流量ハイドロを変えて「 拡幅+覆礫 」の効果を検証 → 現況河床高を維持可能な対策工 であることを確認 → 河岸際の縦断的な露岩が課題	大型模型実験と将来予測計算を比較し、計算モデルを検証		
	大型模型実験	-	-	-	計算では表現できない現象があるため、模型実験による効果検証を開始 →1/50模型を製作し水位や河床変動等の現地再現性は妥当であることを確認	拡幅+覆礫、帯工の効果を検証 →「 拡幅+覆礫 」は、 現況河床高を維持可能な対策工 であるが 河岸際の縦断的な露岩が課題 →「 拡幅+覆礫+帯工 」では、 帯工下流における露岩面積の拡大を抑制できない ことが判明	巨礫による河岸際の露岩対策効果を検証 →巨礫により 河岸際の露岩を抑制可能な ことを確認 → 湾曲部の巨礫内側において連続した露岩を確認 →岩盤を固定床とした実験のため、岩盤洗掘後の状態を再現できないことが課題	岩盤を移動床で表現した実験を行い、河岸際露岩対策工の効果を検証 →「 拡幅+覆礫+巨礫混合 」が、 現況河床高を維持可能であり、巨礫混合により河岸際の露岩および岩盤洗掘を抑制可能 であることを確認し、対策工として決定	

5. 石狩川上流河道再生工事 KP159.1 (花咲大橋下流) ~ KP164.6 (永山橋)

● 工事進捗中 (H28撮影)

河道再生工事(河床低下対策)

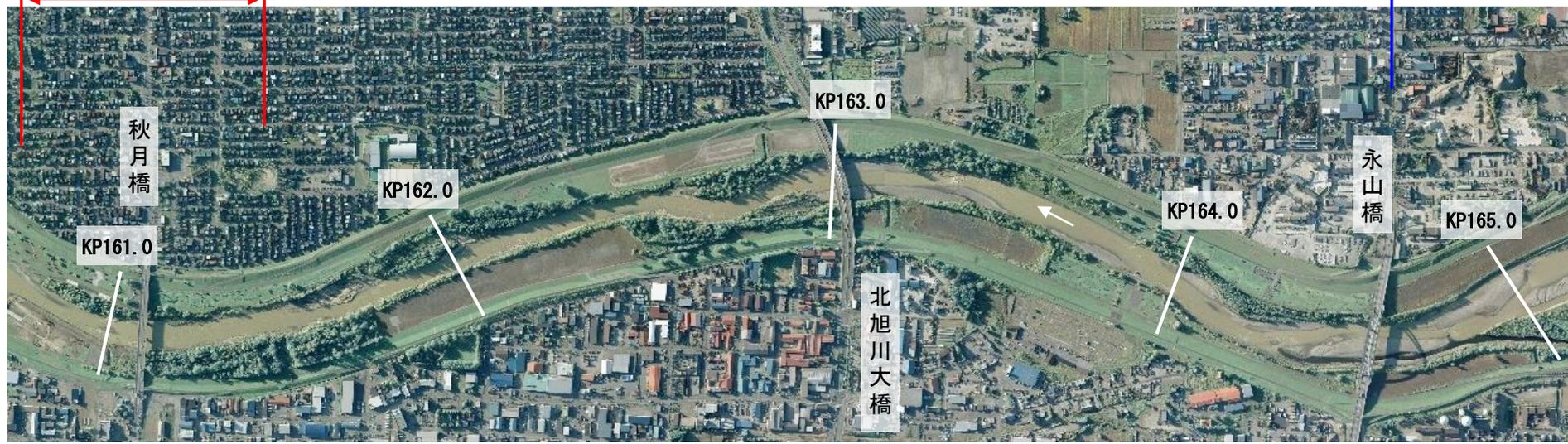
H26~H27工事済み

H28~H31工事区間

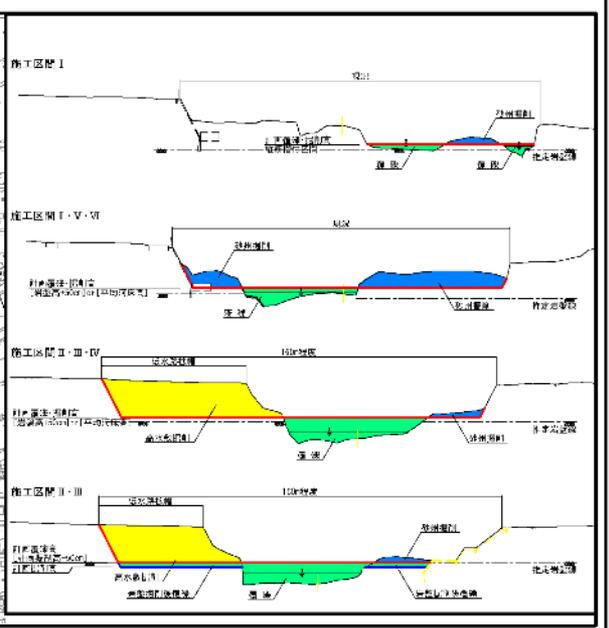
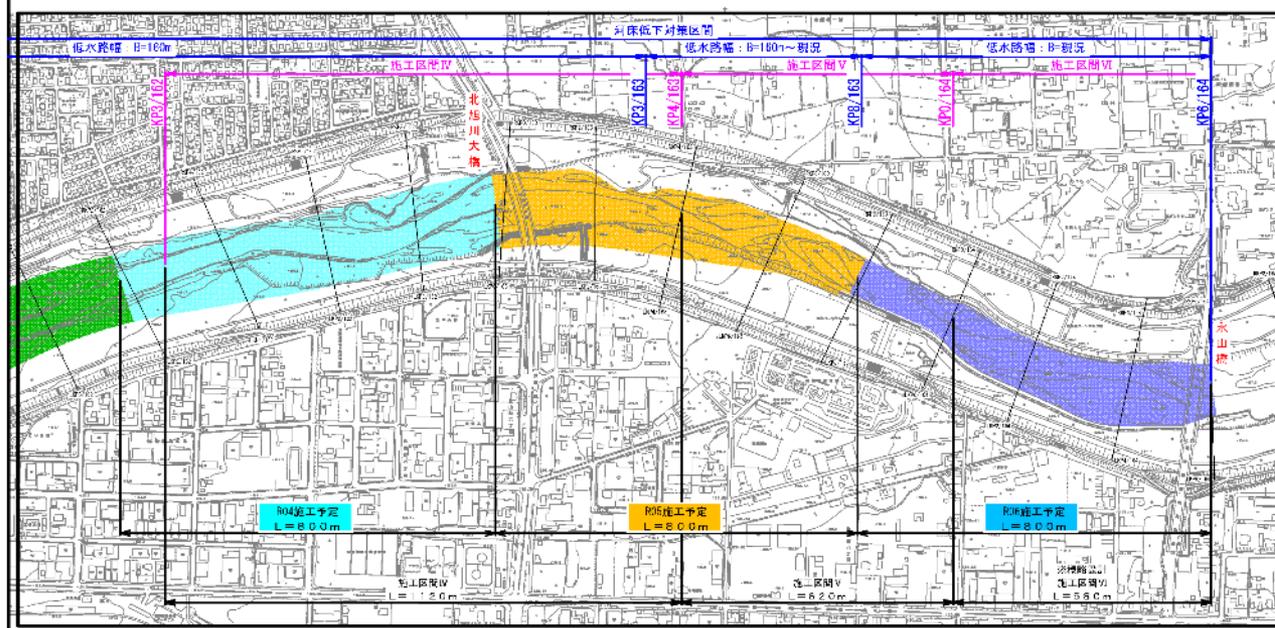
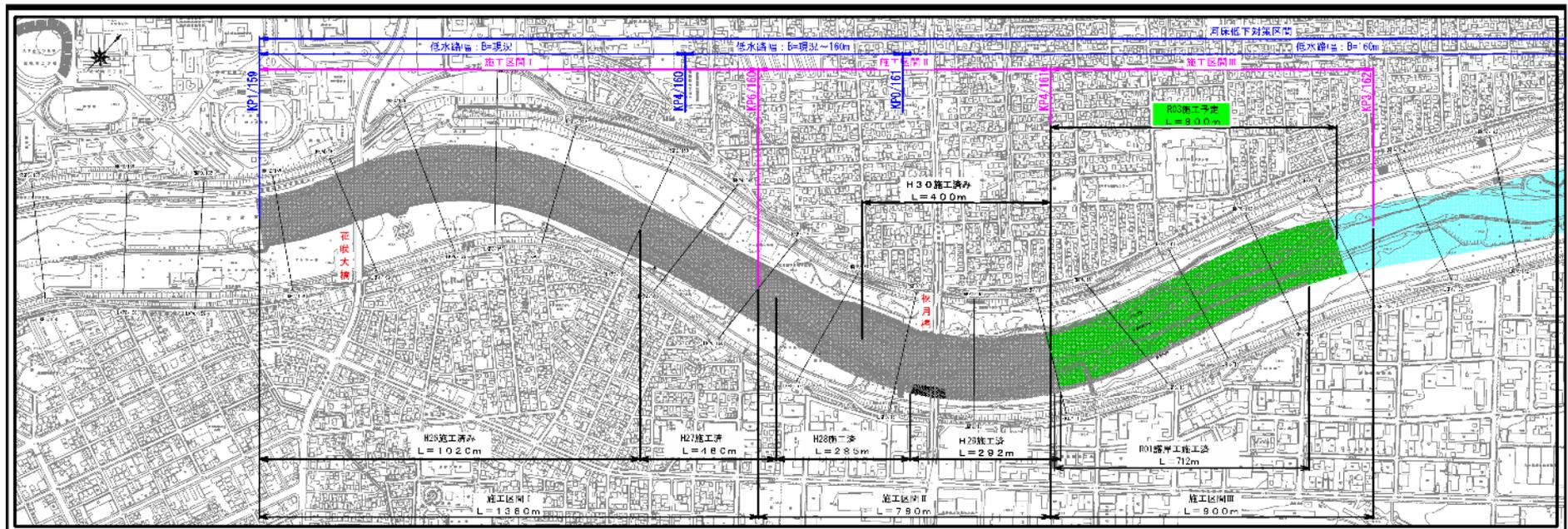


河道再生工事(河床低下対策)

H28~H31工事区間

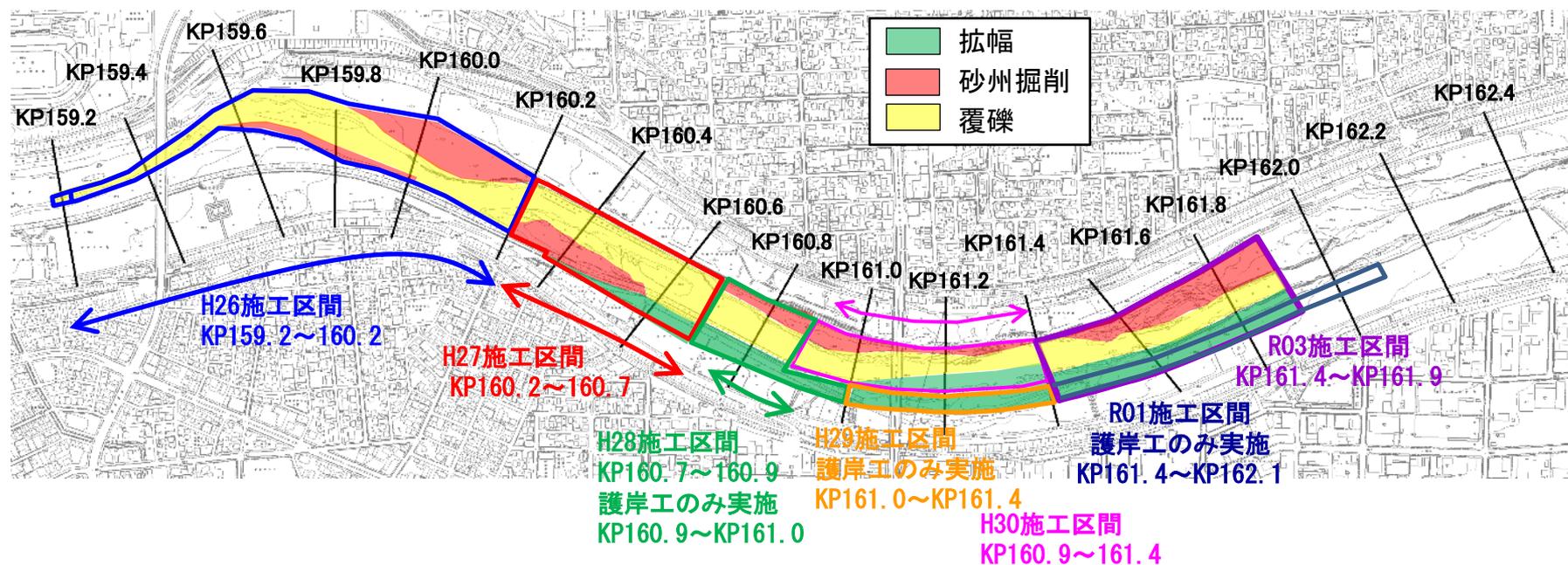


(1) 河道再生工事計画 KP159.1(花咲大橋下流)～KP164.6(永山橋)



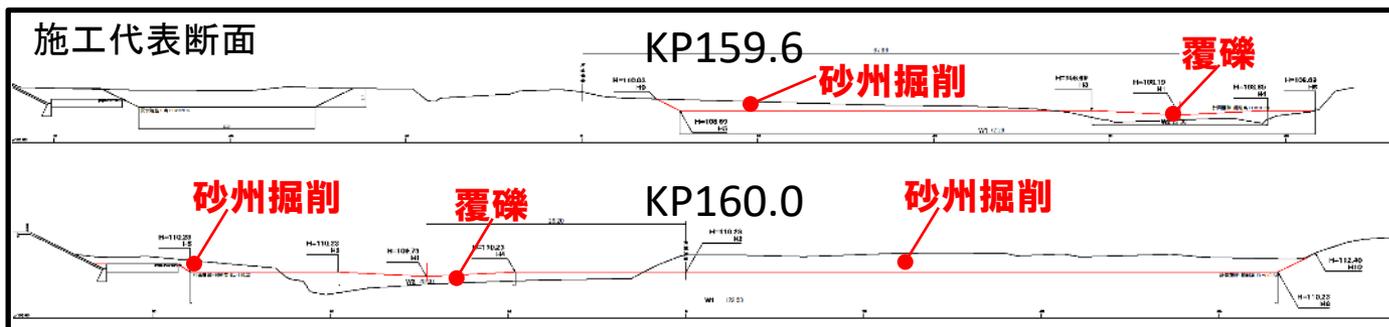
(2) 河道再生工事：平成26年度～令和元年度の施工内容

- 着手1年目である平成26年度は、KP159.2～160.2区間において覆礫・砂州掘削を実施。
この区間は、上流の低水路拡幅区間と下流の現河床を、約1kmに渡ってすり付ける擦付区間。
- 2年目の平成27年度は、KP160.2～160.7区間において施工を実施し、低水路拡幅に着手。
KP160.4～160.7における約300mの低水路拡幅を実施。
- 3年目の平成28年度は、KP160.7～160.9区間において対策工を実施(KP160.9～161.0は護岸工のみ実施)し、平成27年度に引き続き左岸側の低水路拡幅を実施。
- 4年目の平成29年度は、KP161.0～161.4区間左岸側において護岸工を実施。
- 5年目の平成30年度は、KP160.9～161.4区間において、河道拡幅・砂州掘削・覆礫を実施。
- 6年目の令和元年度は、KP161.4～162.1区間左岸側において護岸工を実施。
- 7年目の令和2年度は、工事は未実施
- 8年目の令和3年度は、KP161.4～161.9区間において低水路拡幅、覆礫



①平成26年度施工 (KP159.2～160.2) 砂州掘削+覆礫

●H26施工状況



工事前

H26. 8. 18撮影



工事中

H26. 11. 12撮影

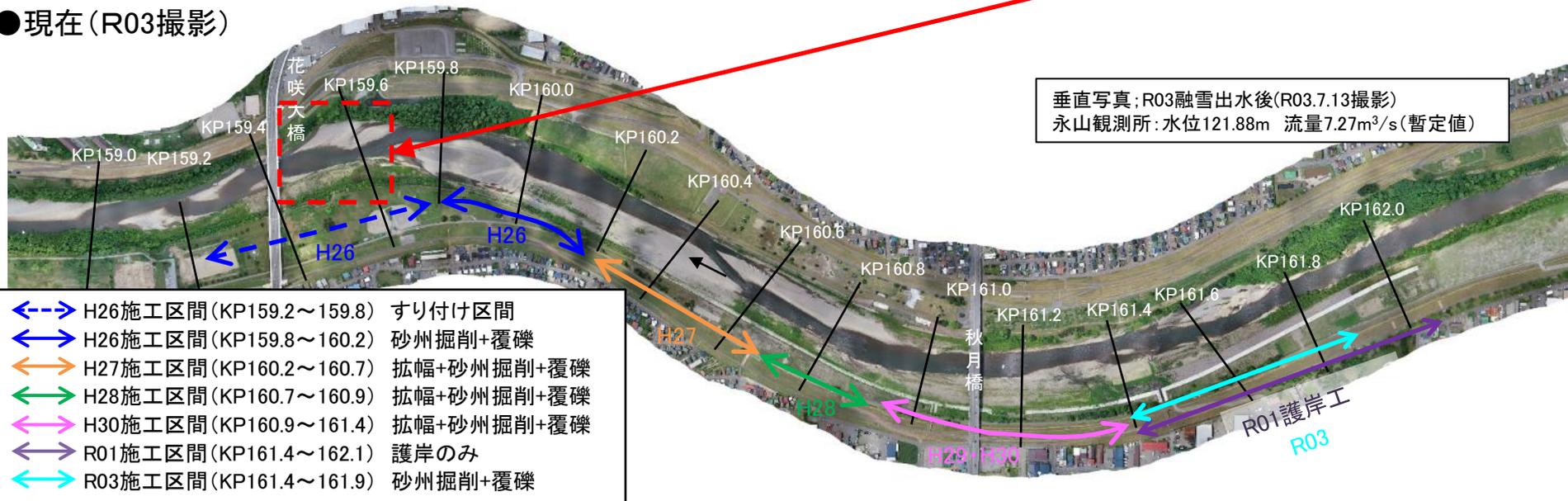


工事後の現在

R03. 5. 17撮影

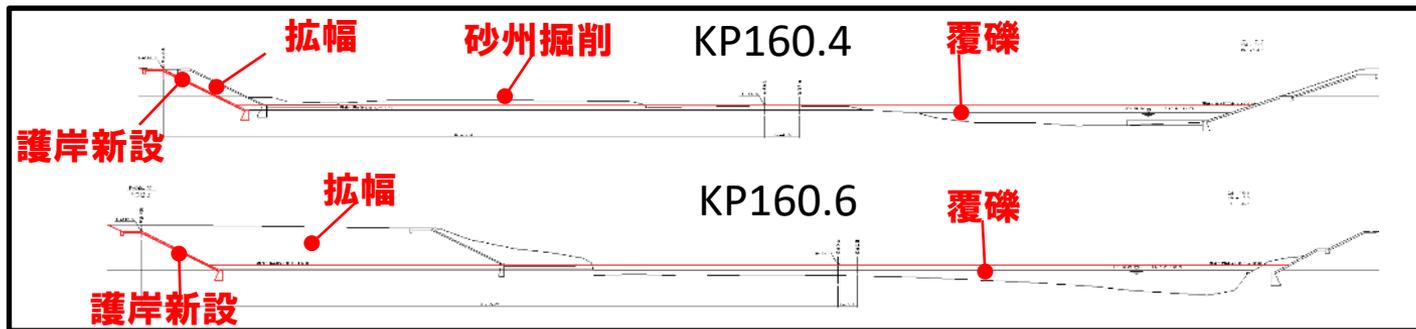


●現在 (R03撮影)



②平成27年度施工 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫

●H27施工状況



工事前

H27. 6. 24撮影



工事中: 締切・覆礫作業中

H27. 11. 12撮影



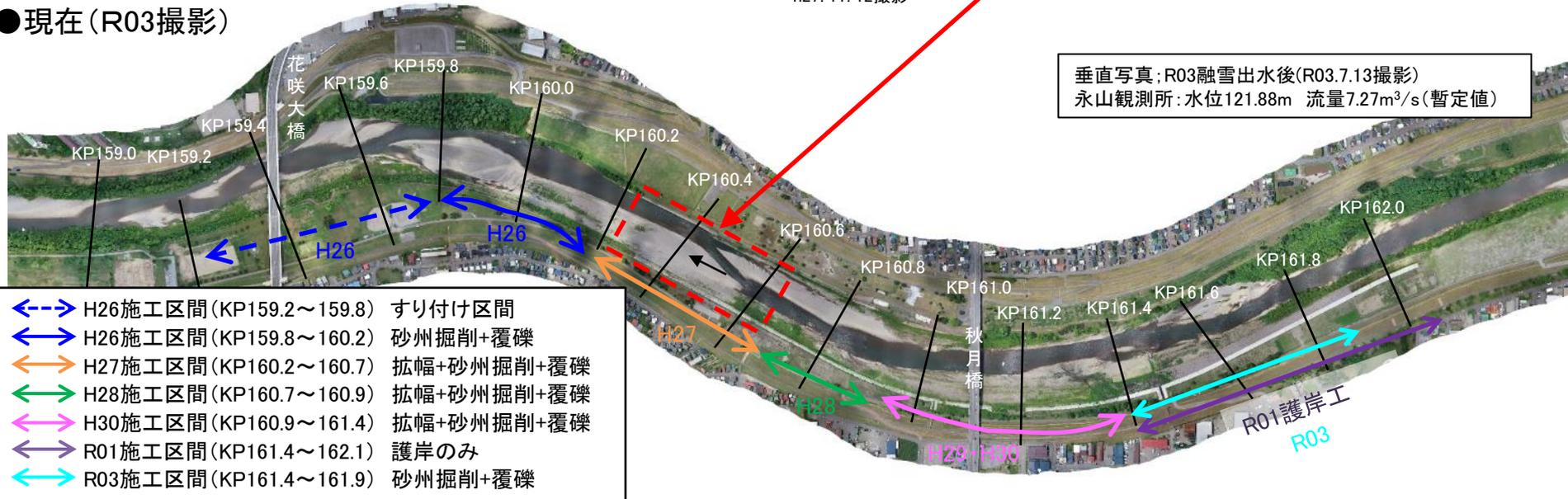
工事後: 現在

R03. 6. 15撮影



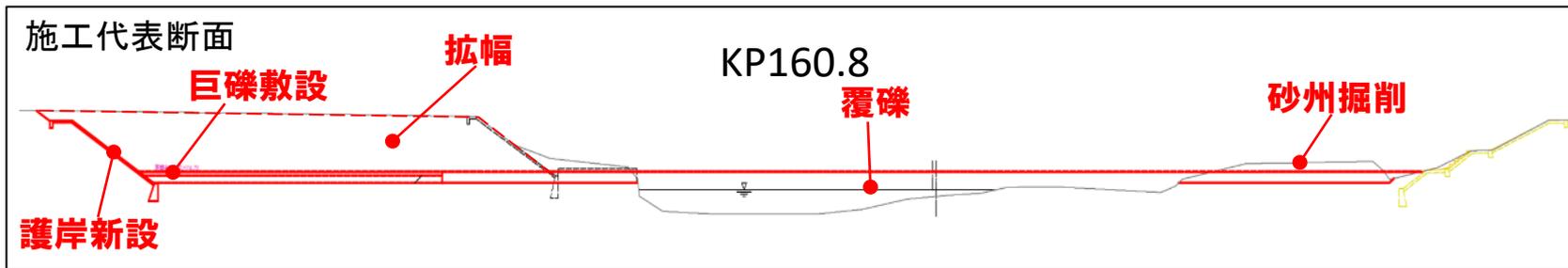
H27. 11. 12撮影

●現在 (R03撮影)



③平成28年度施工 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫

●H28施工状況



工事前

H27. 6. 25撮影



仮締切・覆礫作業中

H28. 1. 25撮影



H28. 1. 25撮影

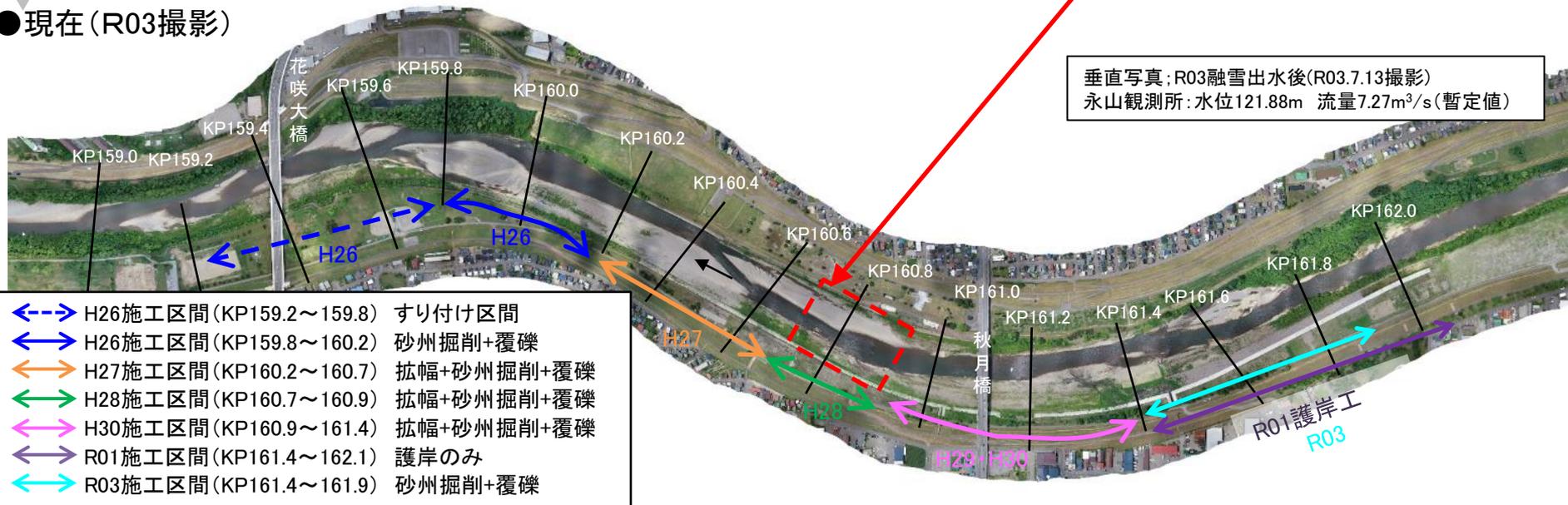


工事後の現在

R03. 4. 15撮影



●現在 (R03撮影)



垂直写真; R03融雪出水後(R03.7.13撮影)
 永山観測所: 水位121.88m 流量7.27m³/s(暫定値)

- ←--→ H26施工区間 (KP159.2~159.8) すり付け区間
- ←→ H26施工区間 (KP159.8~160.2) 砂州掘削+覆礫
- ←→ H27施工区間 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ H28施工区間 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ H30施工区間 (KP160.9~161.4) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ R01施工区間 (KP161.4~162.1) 護岸のみ
- ←→ R03施工区間 (KP161.4~161.9) 砂州掘削+覆礫

④平成29年度 (KP161.0～161.4) 護岸のみ

●H29施工状況



工事前

H29. 6. 12撮影



工事中

H29. 10. 18撮影



護岸ブロック敷設中

H29. 11. 30撮影

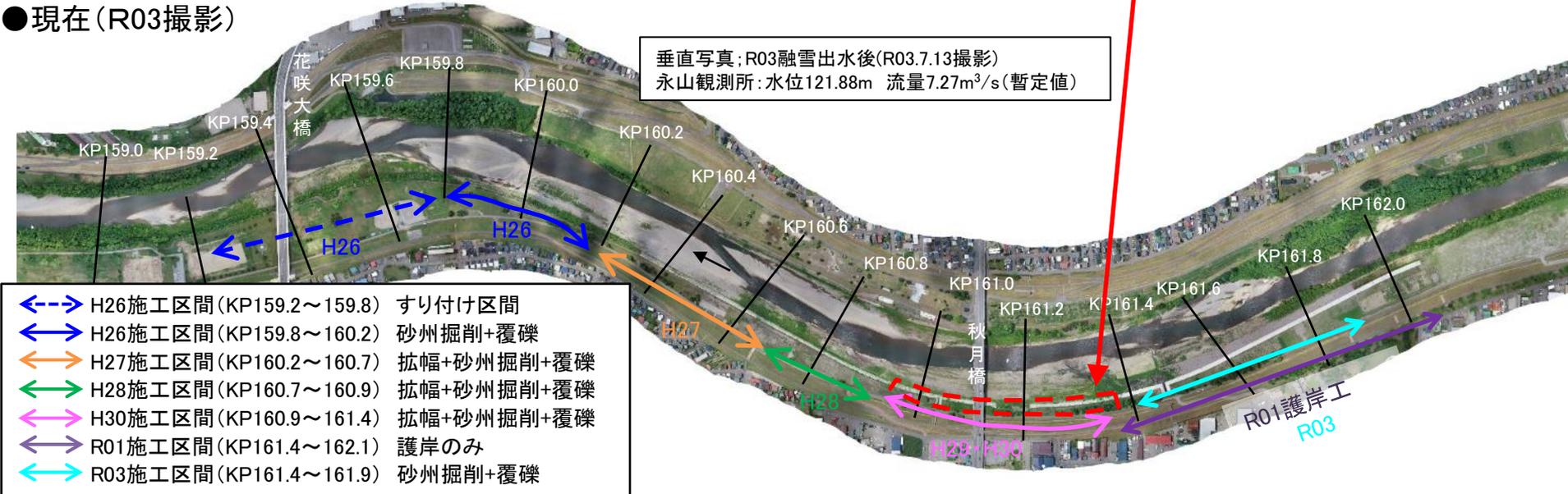


工事後の現在

R03. 4. 15撮影

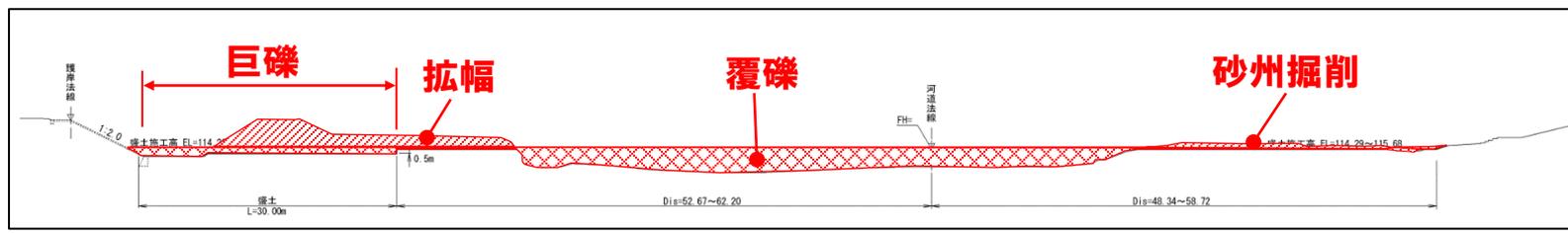


●現在 (R03撮影)



⑤平成30年度 (KP160.9～161.4) 拡幅+砂州掘削+覆礫

●H30施工状況



工事前

H29. 6. 12撮影



工事中(覆礫作業)

H30. 12. 05撮影



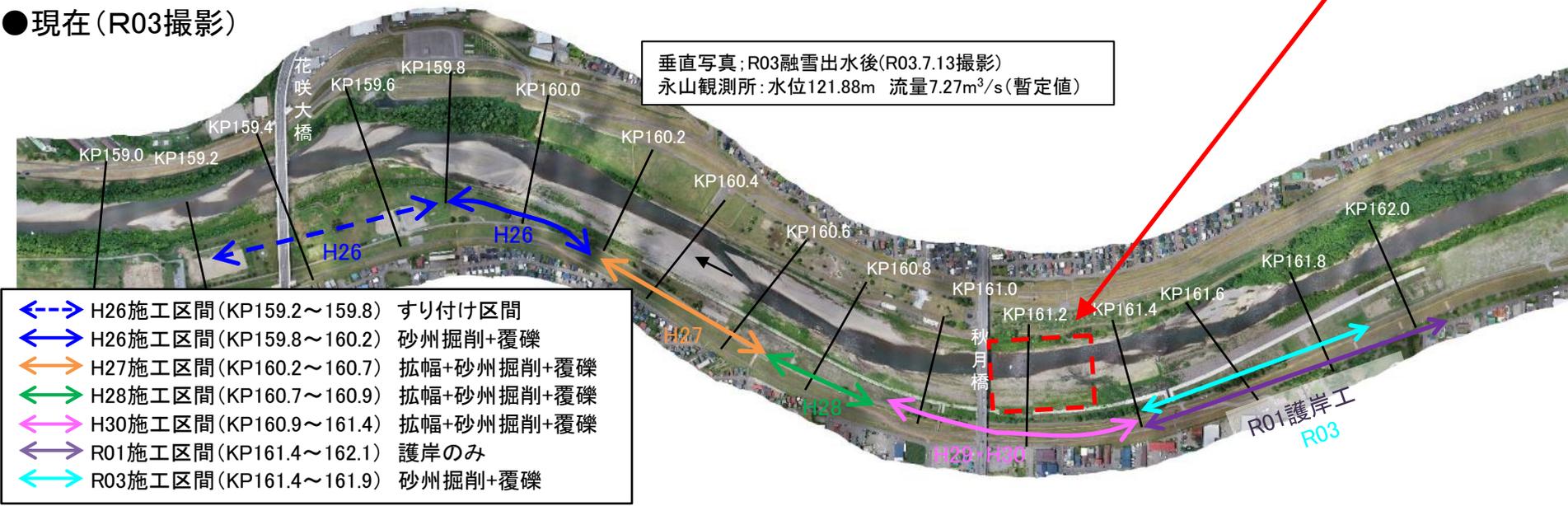
H31. 1. 30撮影

工事後の現在

R03. 4. 15撮影

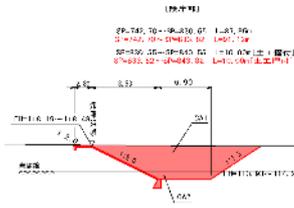


●現在 (R03撮影)



⑥令和元年度(KP161.4~162.1) 護岸工

●R01施工状況 (護岸工のみ)



河川土工標準断面図

F. 例		H. 例	
0.01	0.01	1.0	1.0
0.02	0.01	1.0	1.0
0.03	0.01	1.0	1.0

工事前

R01. 6. 24撮影



工事中(護岸工事)

R01. 11. 19撮影



R02. 1. 30撮影



工事後(現在)

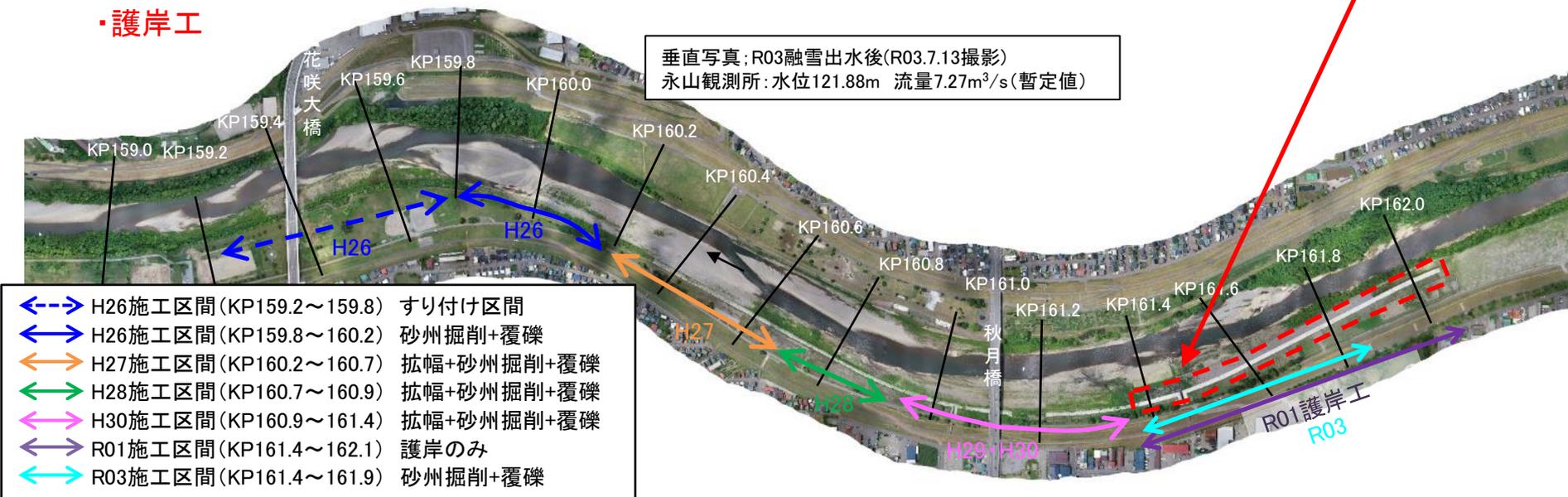
R03. 6. 15撮影



●R01年度施工(R03撮影)

・護岸工

垂直写真: R03融雪出水後(R03.7.13撮影)
永山観測所: 水位121.88m 流量7.27m³/s(暫定値)



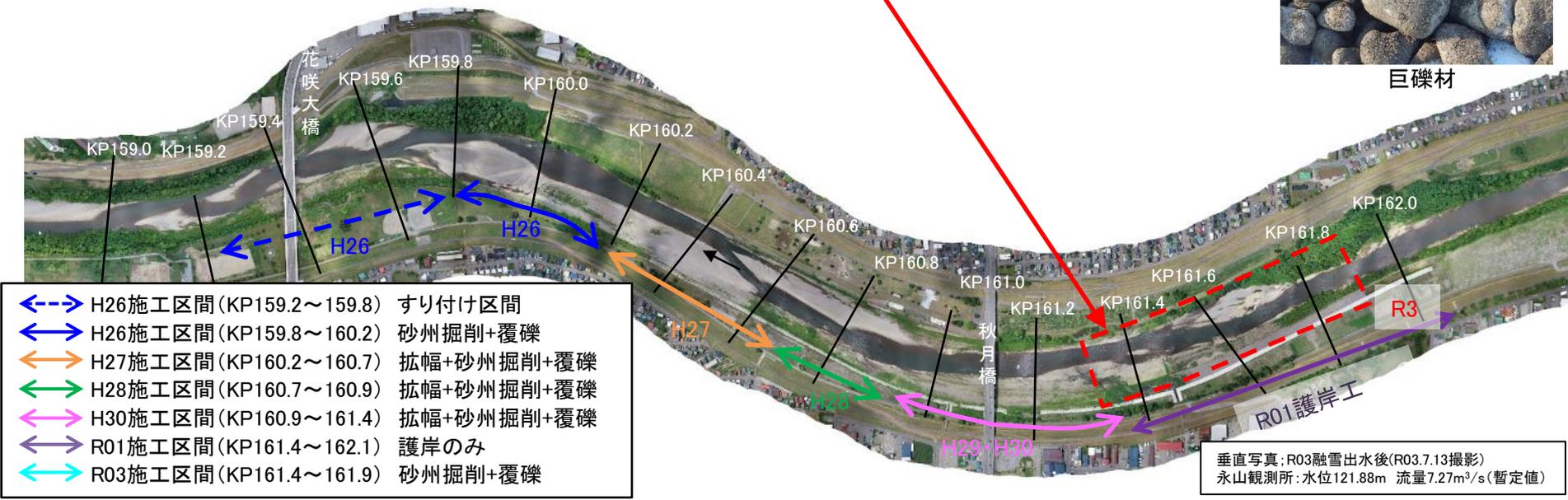
- ←--→ H26施工区間 (KP159.2~159.8) すり付け区間
- ←→ H26施工区間 (KP159.8~160.2) 砂州掘削+覆礫
- ←→ H27施工区間 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ H28施工区間 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ H30施工区間 (KP160.9~161.4) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ←→ R01施工区間 (KP161.4~162.1) 護岸のみ
- ←→ R03施工区間 (KP161.4~161.9) 砂州掘削+覆礫

⑦令和3年度 (KP161.4~161.9) 低水路拡幅+覆礫+巨礫

● R03施工状況

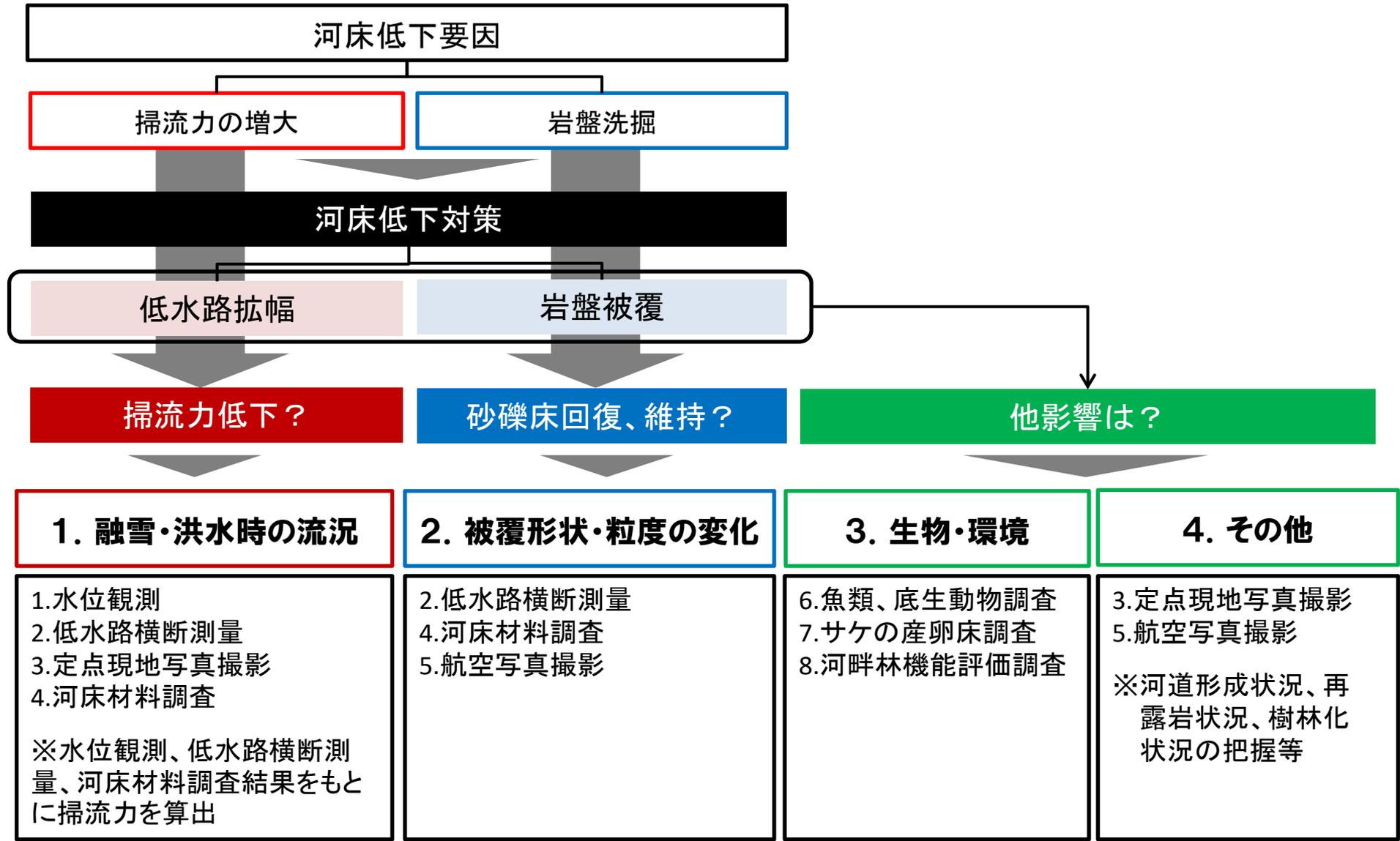


● R03年度施工 (R03撮影)



6.モニタリング項目

▶ 河床低下要因や河床低下対策の目的を踏まえ、以下1～8のモニタリングを実施。



河床低下要因

掃流力の増大

岩盤洗掘

河床低下対策

低水路拡幅

岩盤被覆

掃流力低下？

砂礫床回復、維持？

他影響は？

1. 融雪・洪水時の流況

2. 被覆形状・粒度の変化

3. 生物・環境

4. その他

- 1. 水位観測
- 2. 低水路横断測量
- 3. 定点現地写真撮影
- 4. 河床材料調査

※水位観測、低水路横断測量、河床材料調査結果をもとに掃流力を算出

- 2. 低水路横断測量
- 4. 河床材料調査
- 5. 航空写真撮影

- 6. 魚類、底生動物調査
- 7. サケの産卵床調査
- 8. 河畔林機能評価調査

- 3. 定点現地写真撮影
 - 5. 航空写真撮影
- ※河道形成状況、再露岩状況、樹林化状況の把握等

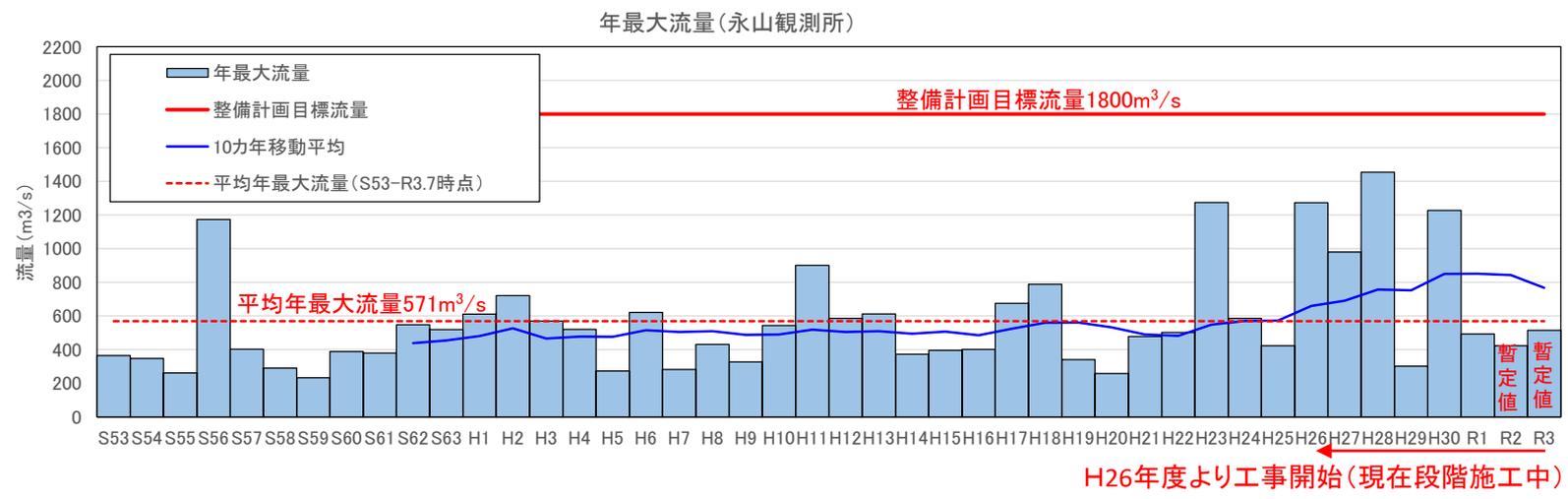
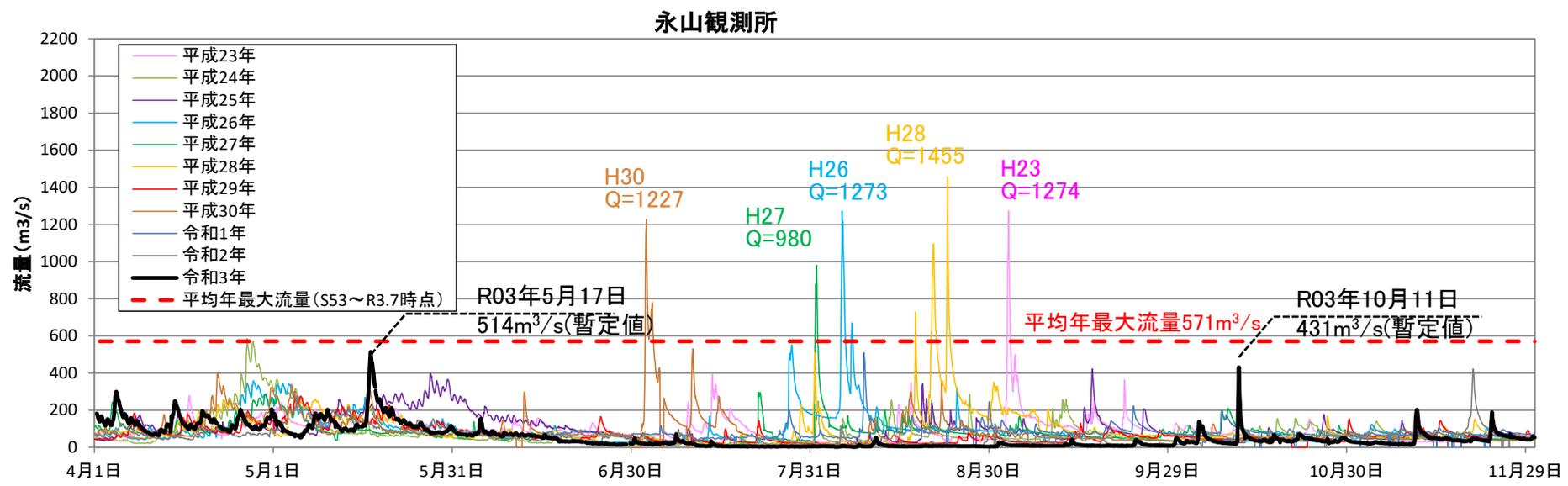
6-1.モニタリング経過

➤ 工事後(段階施工)のモニタリングを継続的に実施し、対策工の効果検証を行っている。

検討年度		H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017	H30 2018	H31(R01) 2019	R02 2020	R03 2021
河道管理WG		第19～20回	第21回	第22回	第23回	第24回	現地視察会	委員個別対応	委員個別対応
工事 (冬季施工)		・工事1年目: KP159.2～160.2(擦付区間)覆礫・砂州掘削を実施	・工事2年目: KP160.2～160.7 拡幅・覆礫・巨礫	・工事3年目: KP160.7～160.9 拡幅・覆礫・巨礫・護岸(左岸) ・KP160.9～161.0 護岸(左岸)	・工事4年目: KP161.0～161.4 護岸(左岸)のみ	・工事5年目: KP160.9～161.4 覆礫・砂州掘削・巨礫	・工事6年目: KP161.4～162.1 護岸(左岸)のみ ・置土試験: KP161.1～161.2に置土設置	・工事: なし ・置土試験: 効果検証	・工事: KP161.4～161.9 拡幅・覆礫・巨礫
モニタリング項目	横断測量	2回 施工前・施工直後	1回 施工直後	2回 融雪後・8月出水後	2回 融雪後・10月	2回 8月・施工直後	2回 融雪後・8月出水後	2回 融雪後・8月出水後	2回 融雪後・10月出水後
	空撮	×	○	○	○ グリーンレーザ(ALB)	○	○	○	○
	定点写真撮影	○	○	×	○	○	○	○	○
	河床材料	1回 施工直後	1回 8月出水後	2回 融雪出水後・8月出水後	1回 融雪出水後	1回 8月出水後	1回 8月出水後	1回 融雪出水後	1回 融雪出水後
	サケ産卵床調査				● 5床確認	● 10床確認	● 0床	● 2床確認	● 6床確認
出水	平均年最大流量以上の出水 旭橋観測所: Qa=689m ³ /s 永山観測所: Qn=567m ³ /s	旭橋観測所: Qa=1022 永山観測所: Qn=1273	Qa=1090 Qn=980	Qa=1817 Qn=1455	-	Qa=1412 Qn=1227	-	-	-
目標の達成状況 (目標: H23河床高を維持 H23出水流量 旭橋観測所: Qa=1286 永山観測所: Qn=1274)				平均・最深河床ともH23河床高以上で概ね維持	⇒ (維持)	⇒ (維持)	⇒ (維持)	⇒ (維持)	⇒ (維持)
露岩面積(KP159.2～161.4) 施工前(H23・H24) 85,000m ²						施工前と比べて 約54%減少	施工前と比べて 約74%減少	施工前と比べて 約82%減少	施工前と比べて 約79%減少
河道変化				・整備計画目標流量(旭橋: Q=1778)を上回る出水が発生 ・KP160.1～160.6付近において、 みお筋は右岸に形成	維持				
課題・要因					融雪出水によりH28工事区間において、みお筋部の覆礫材の多くが流出した。 要因: 工事上流端に仮締切の根固めブロック等の存置と、河道すり付け形状が急拡のためと推察		融雪出水によりH30工事区間において、覆礫材の多くが流出した。 要因: 覆礫材の粒径が計画値(D60=54mm)よりも非常に細かった(現地発生材流用D60=10mm)ためと推察		

6-2.流量(永山観測所)

- R03年の融雪期ピーク流量は514m³/s (暫定値)であり、近年の融雪期流量としては比較的大きい規模であった。
- その後、平均最大流量を超える出水は観測されていない。

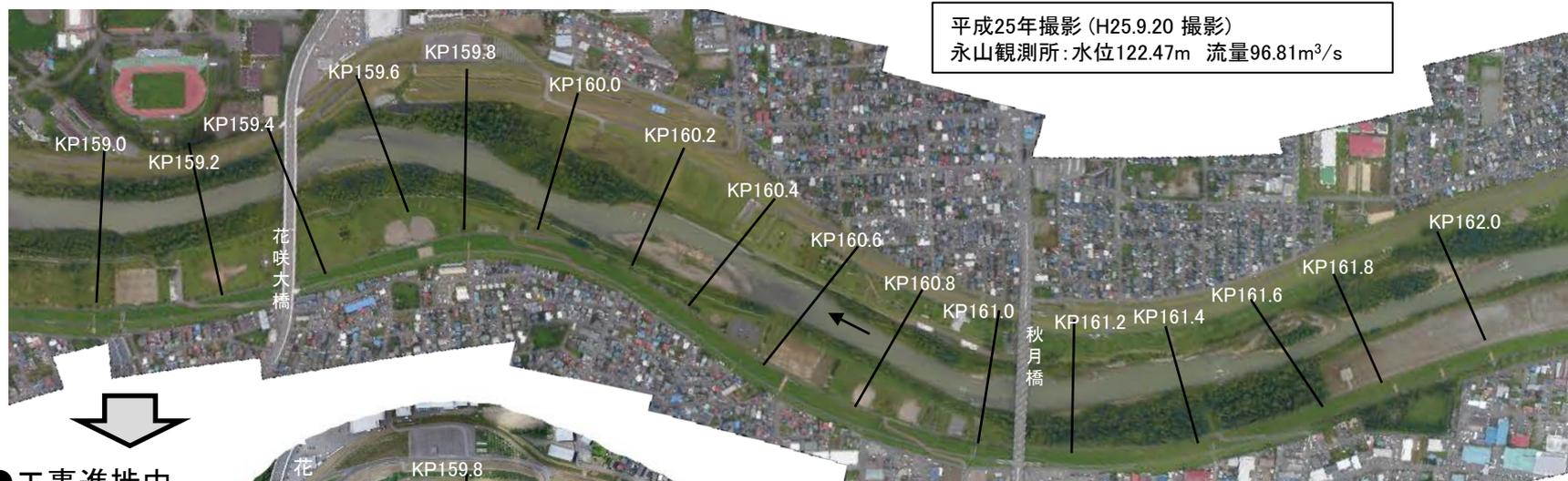


6-3.航空写真

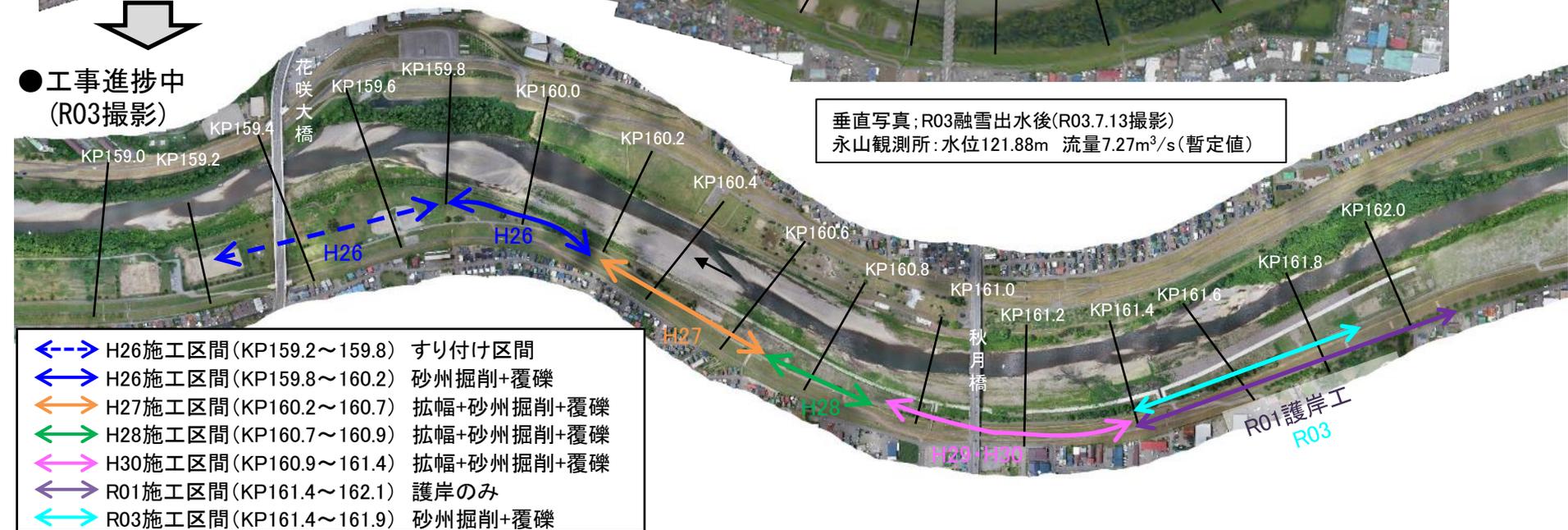
(1)河道再生工事(工事前と工事進捗中)

➤ 河道再生工事はH26年度から開始し、現在段階施工途中であるが、完成区間においては、河原が広く再生できている。

●工事前 (H25撮影)



●工事進捗中 (R03撮影)

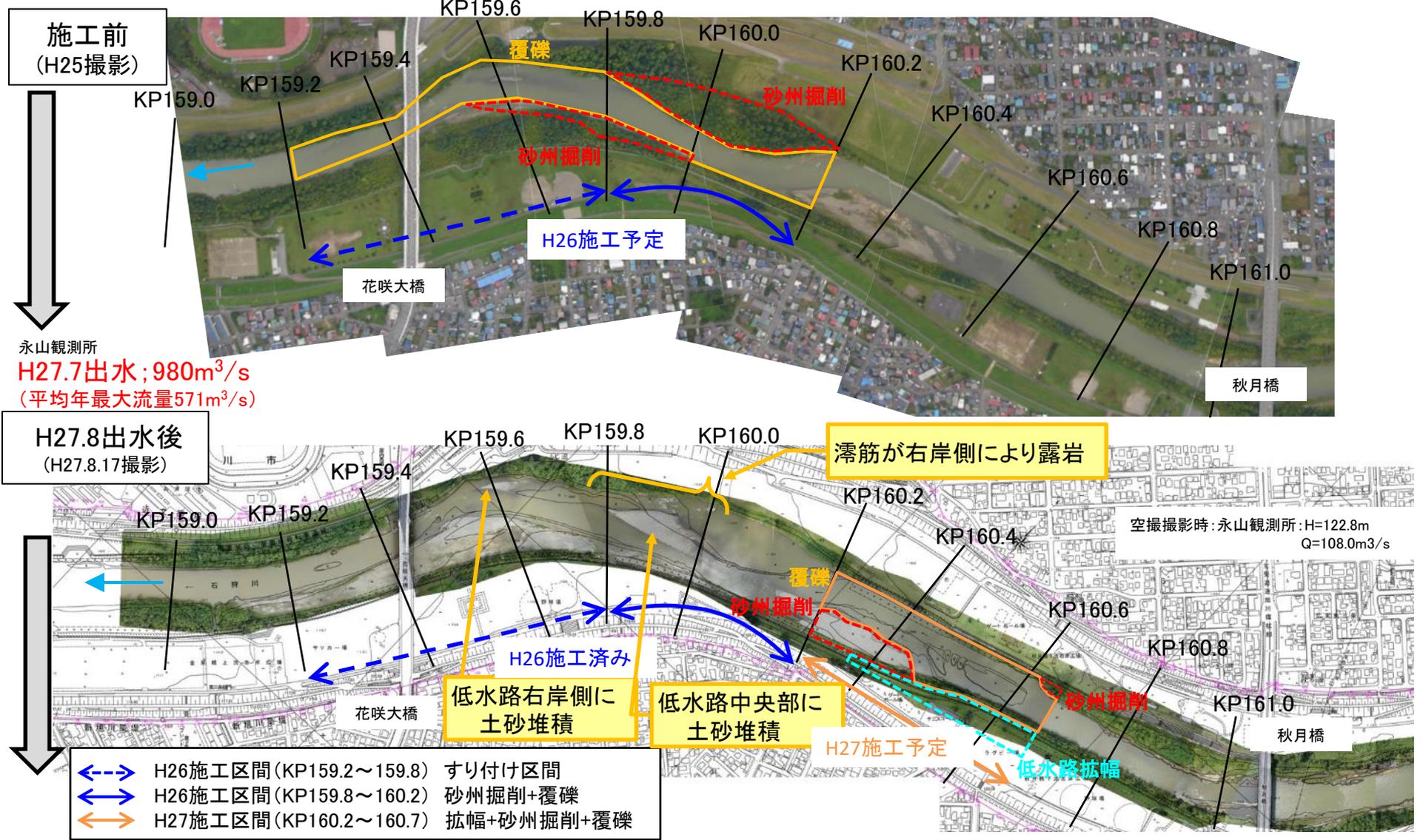


- | | | |
|------|-------------------------|------------|
| ←--→ | H26施工区間 (KP159.2~159.8) | すり付け区間 |
| ←→ | H26施工区間 (KP159.8~160.2) | 砂州掘削+覆礫 |
| ←→ | H27施工区間 (KP160.2~160.7) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ←→ | H28施工区間 (KP160.7~160.9) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ←→ | H30施工区間 (KP160.9~161.4) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ←→ | R01施工区間 (KP161.4~162.1) | 護岸のみ |
| ←→ | R03施工区間 (KP161.4~161.9) | 砂州掘削+覆礫 |

(2)経年変化(垂直写真)

①施工前(H25)⇒H27夏季出水後の変化

- H27.8出水後 : KP159.6付近右岸側に土砂堆積。
 KP160.0付近では低水路中央部に土砂が堆積し、滯筋が右岸に寄り露岩が発生。

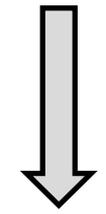


③ H29融雪後⇒H30夏季出水後の変化

- H29融雪後: KP160.9に上流端左岸側に根固めブロック(H28工事仮締切材)が存置され、局所的な河床低下を確認。
- H30夏季出水後: KP159.7~160.0右岸にみお筋が移動。KP160.4~KP160.6左岸の護岸前面が洗堀。KP160.6~161.0みお筋幅が左岸側に拡大。

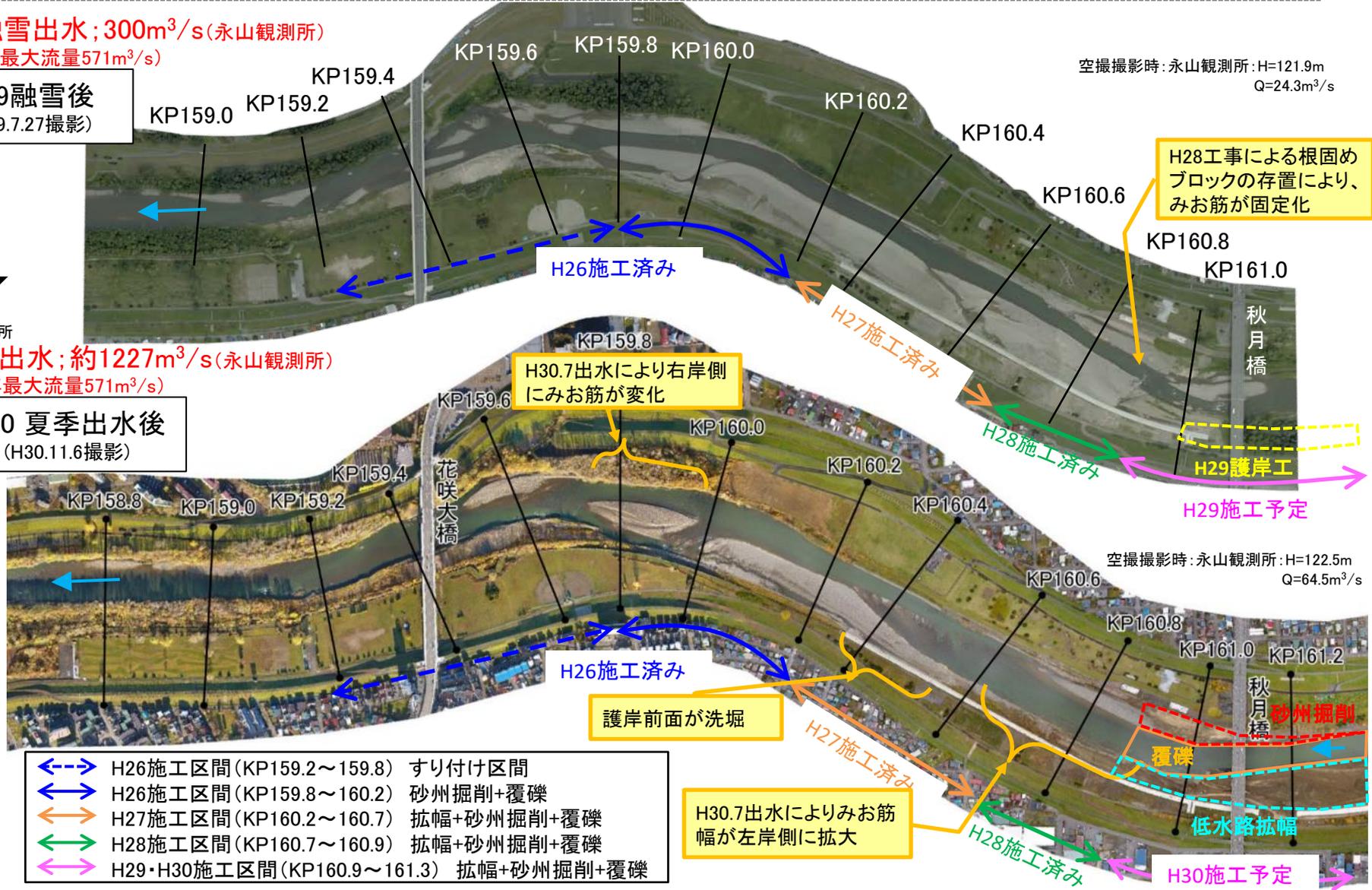
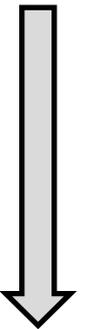
H29融雪出水; 300m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量571m³/s)

H29融雪後
(H29.7.27撮影)



永山観測所
H30.8出水; 約1227m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量571m³/s)

H30 夏季出水後
(H30.11.6撮影)



H28工事による根固めブロックの存置により、みお筋が固定化

H26施工済み

H27施工済み

H28施工済み

H29施工予定

H26施工済み

護岸前面が洗堀

H27施工済み

H28施工済み

H30施工予定

H30.7出水により右岸側にみお筋が変化

H30.7出水によりみお筋幅が左岸側に拡大

空撮撮影時: 永山観測所: H=122.5m
Q=64.5m³/s

空撮撮影時: 永山観測所: H=121.9m
Q=24.3m³/s

- ↔ H26施工区間 (KP159.2~159.8) すり付け区間
- ↔ H26施工区間 (KP159.8~160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H29+H30施工区間 (KP160.9~161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

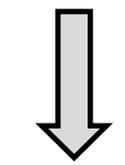
砂州掘削
覆礫
低水路拡幅

④R01融雪後⇒R02融雪後の変化

- R01融雪後: KP159.2~159.5に砂州が形成。KP160.4~KP160.6左岸の護岸前面が洗堀(R1年度工事で埋戻し実施)。
- R02融雪後: R01融雪後と比べても、大きな河道変化は確認できない。

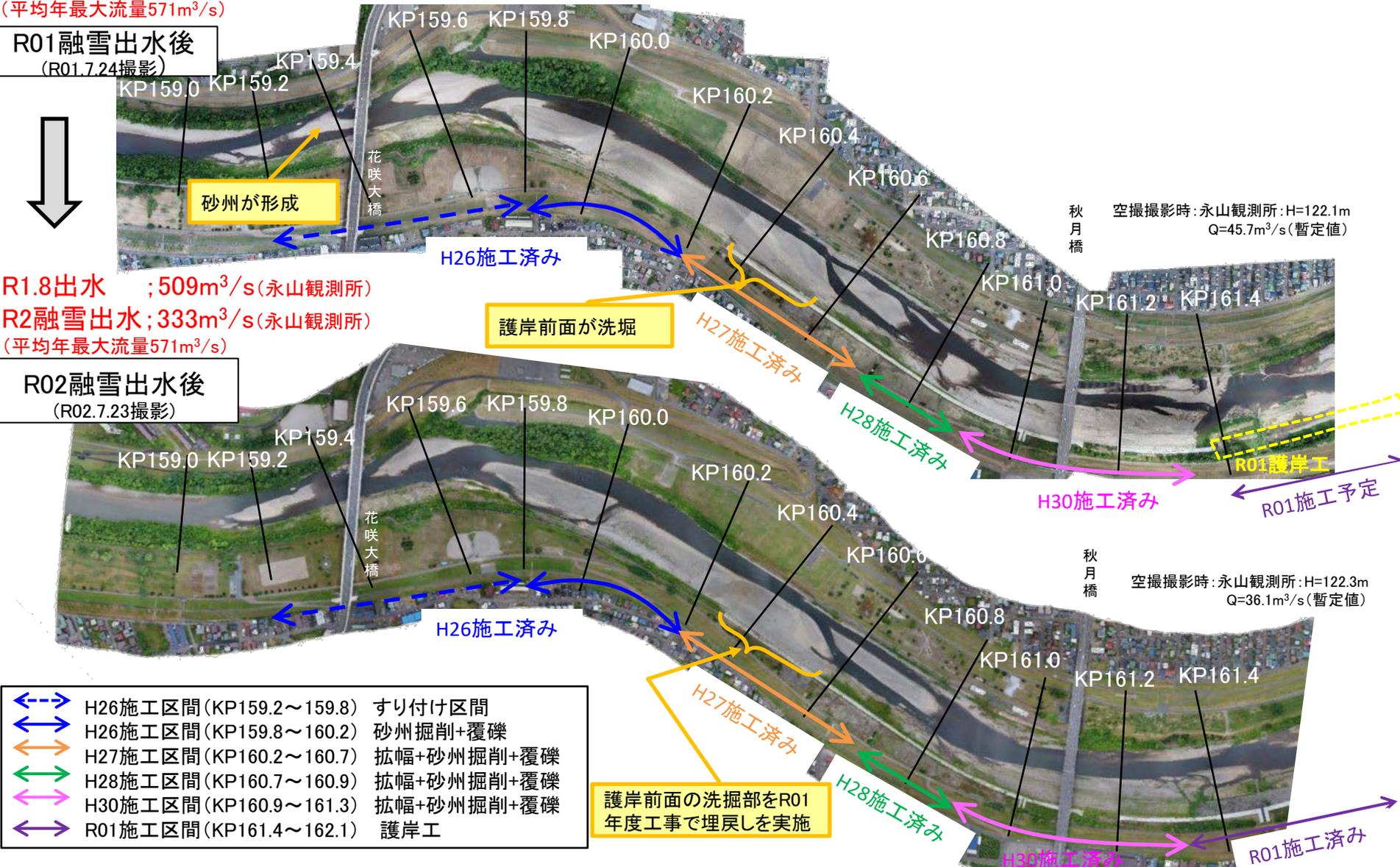
R1融雪出水; 331m³/s(※旭橋)
 (平均年最大流量571m³/s)

R01融雪出水後
 (R01.7.24撮影)



R1.8出水 ; 509m³/s(永山観測所)
R2融雪出水 ; 333m³/s(永山観測所)
 (平均年最大流量571m³/s)

R02融雪出水後
 (R02.7.23撮影)



↔	H26施工区間(KP159.2~159.8)	すり付け区間
↔	H26施工区間(KP159.8~160.2)	砂州掘削+覆礫
↔	H27施工区間(KP160.2~160.7)	拡幅+砂州掘削+覆礫
↔	H28施工区間(KP160.7~160.9)	拡幅+砂州掘削+覆礫
↔	H30施工区間(KP160.9~161.3)	拡幅+砂州掘削+覆礫
↔	R01施工区間(KP161.4~162.1)	護岸工

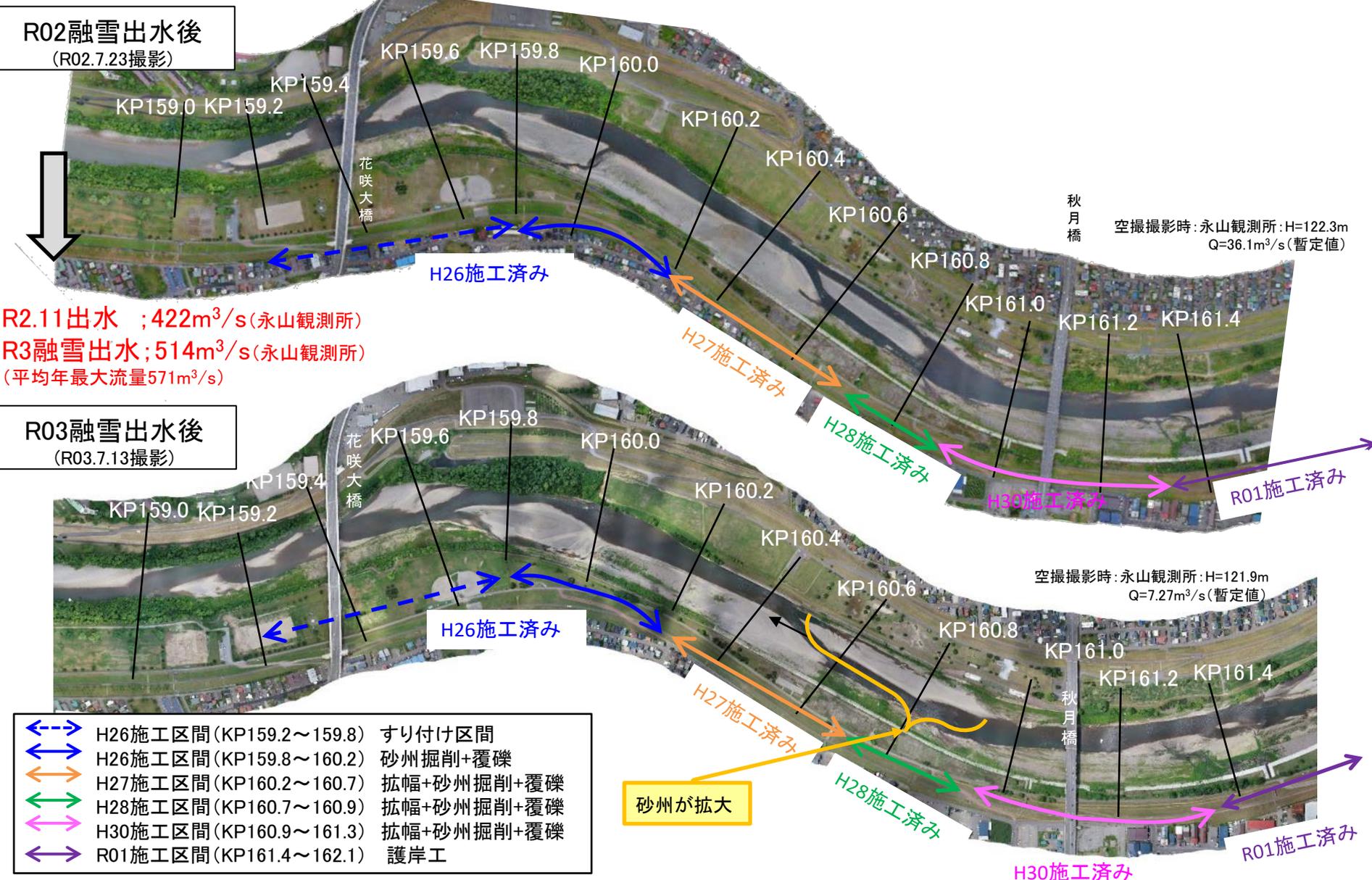
護岸前面の洗堀部をR01年度工事で埋戻しを実施

空撮撮影時: 永山観測所: H=122.1m
 Q=45.7m³/s(暫定値)

空撮撮影時: 永山観測所: H=122.3m
 Q=36.1m³/s(暫定値)

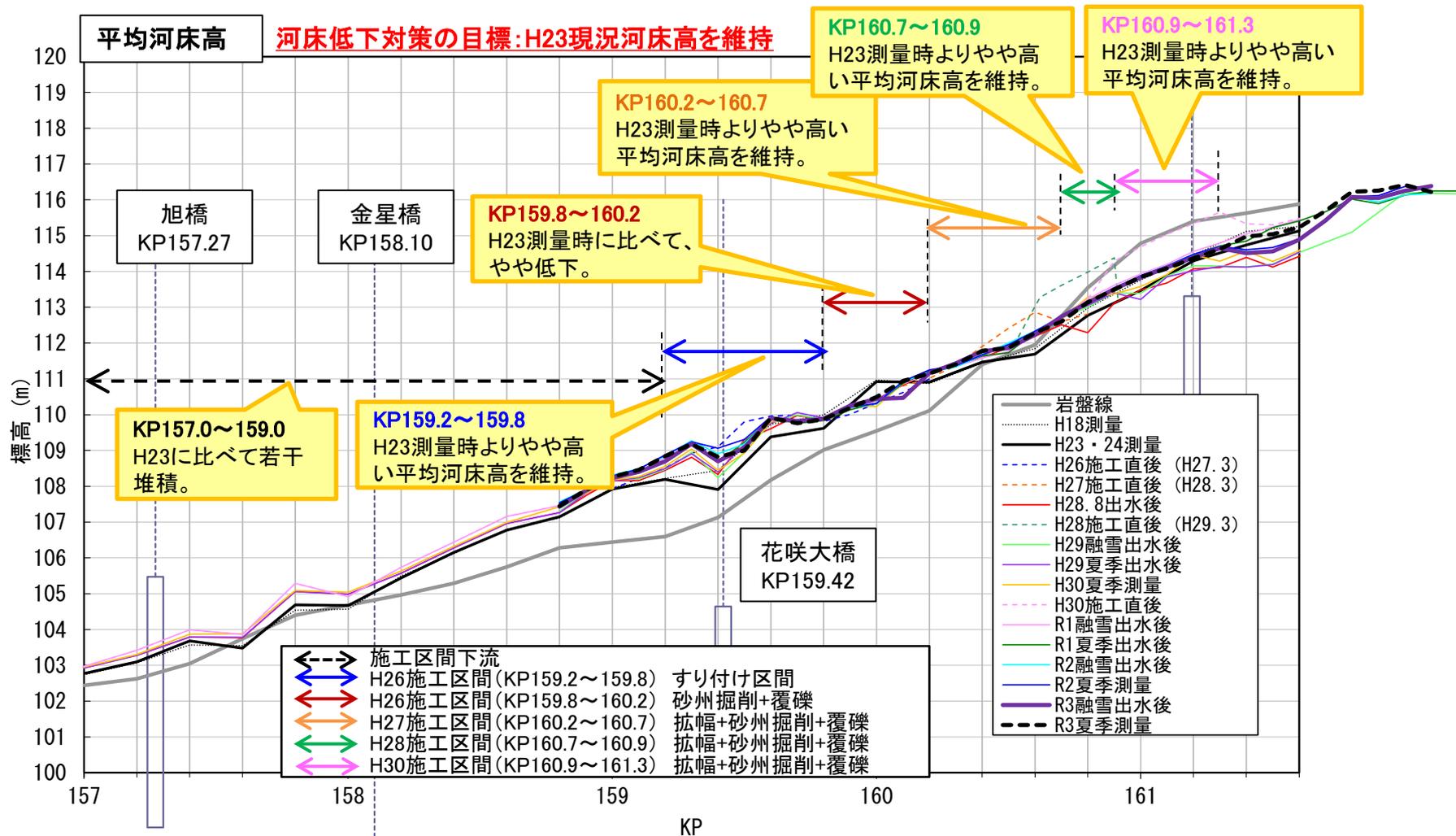
⑤R02融雪後⇒R03融雪後の変化

➤ R03融雪後：R02融雪後と比べ一部の砂州で拡大があるが、大きな河道変化は確認できない。



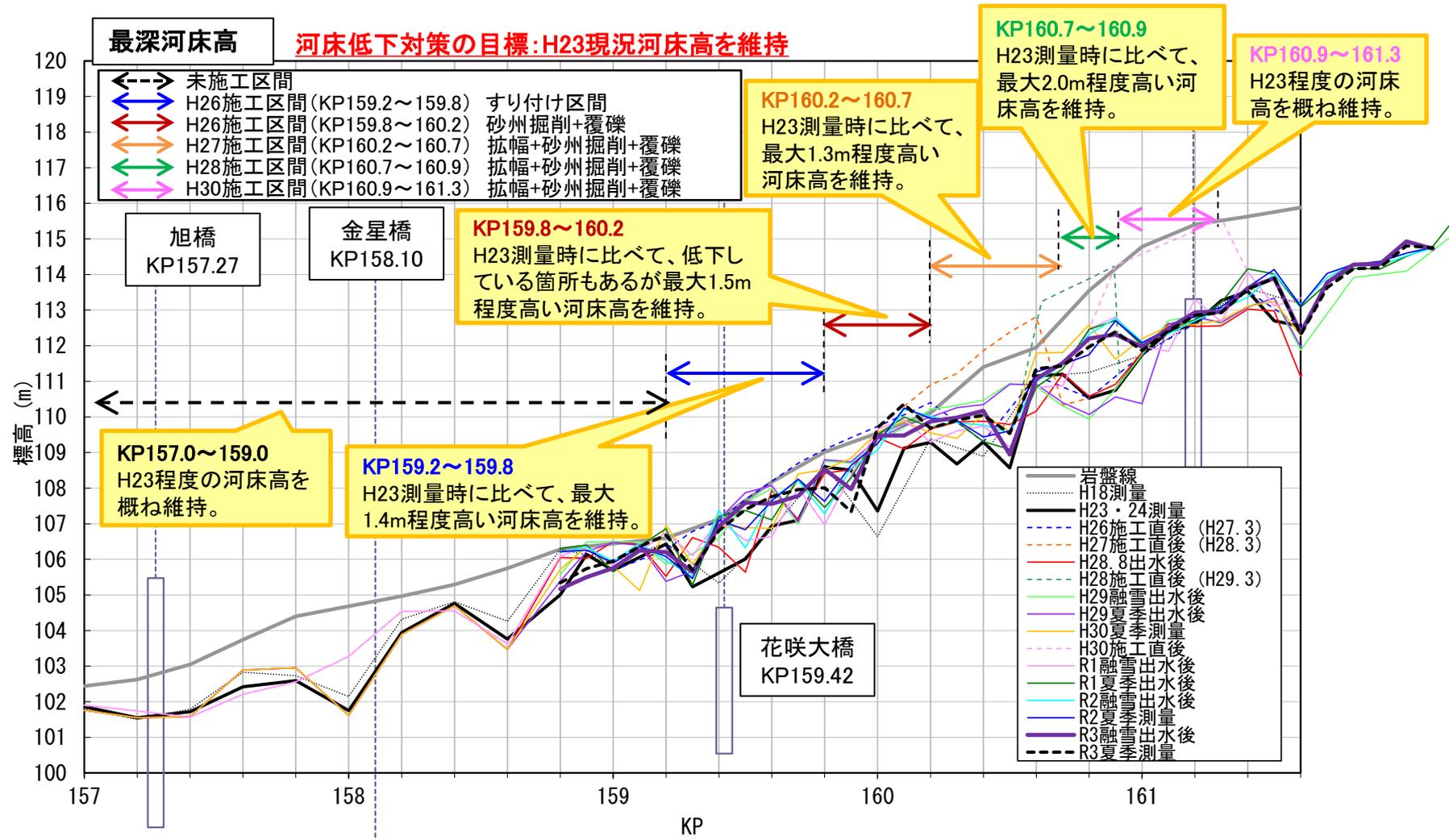
6-4.縦断図 ①平均河床高

- 未施工区間(KP157.0~159.0) : H23測量時に比べて、若干堆積。
- H26施工区間(KP159.2~159.8) : H23測量時よりやや高い平均河床高を維持。
- H26施工区間(KP159.8~160.2) : H23測量時に比べて、やや低下。
- H27施工区間(KP160.2~160.7) : H23測量時よりやや高い平均河床高を維持。
- H28施工区間(KP160.7~160.9) : H23測量時よりやや高い平均河床高を維持。
- H30施工区間(KP160.9~161.3) : H23測量時よりやや高い平均河床高を維持。



②最深河床高

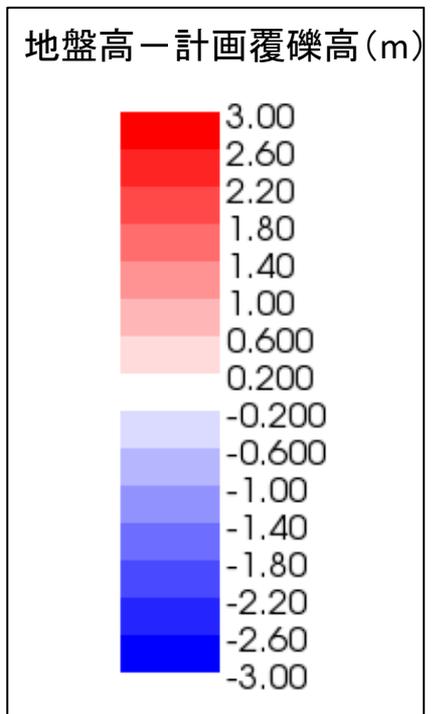
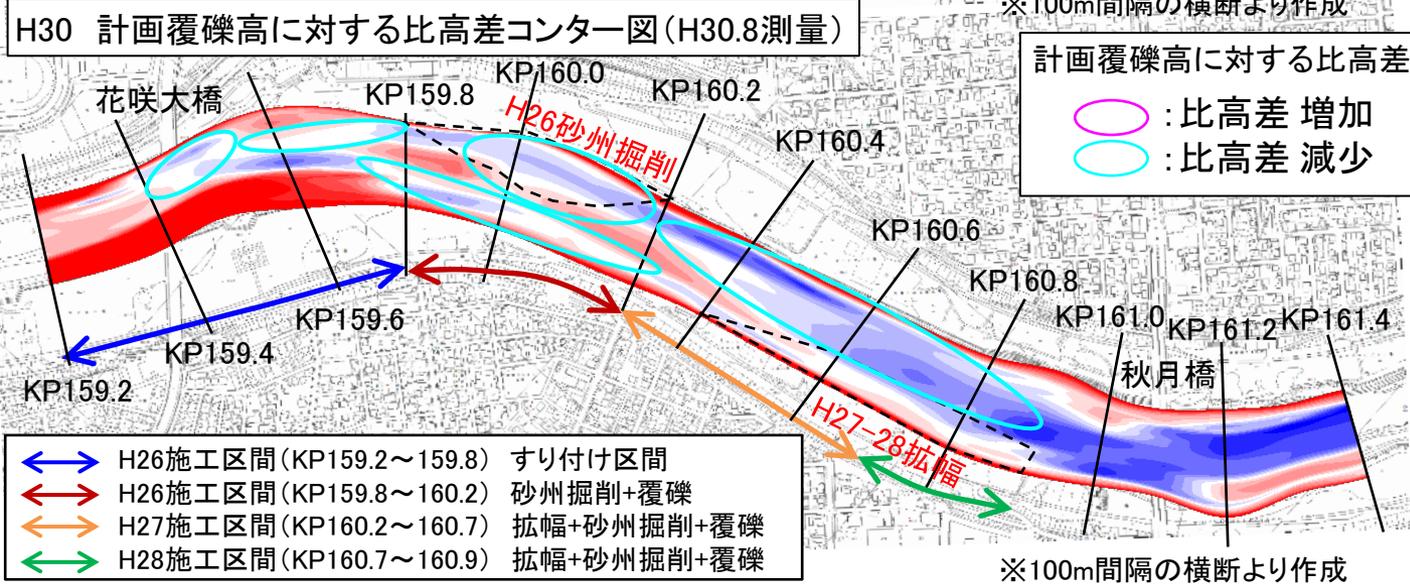
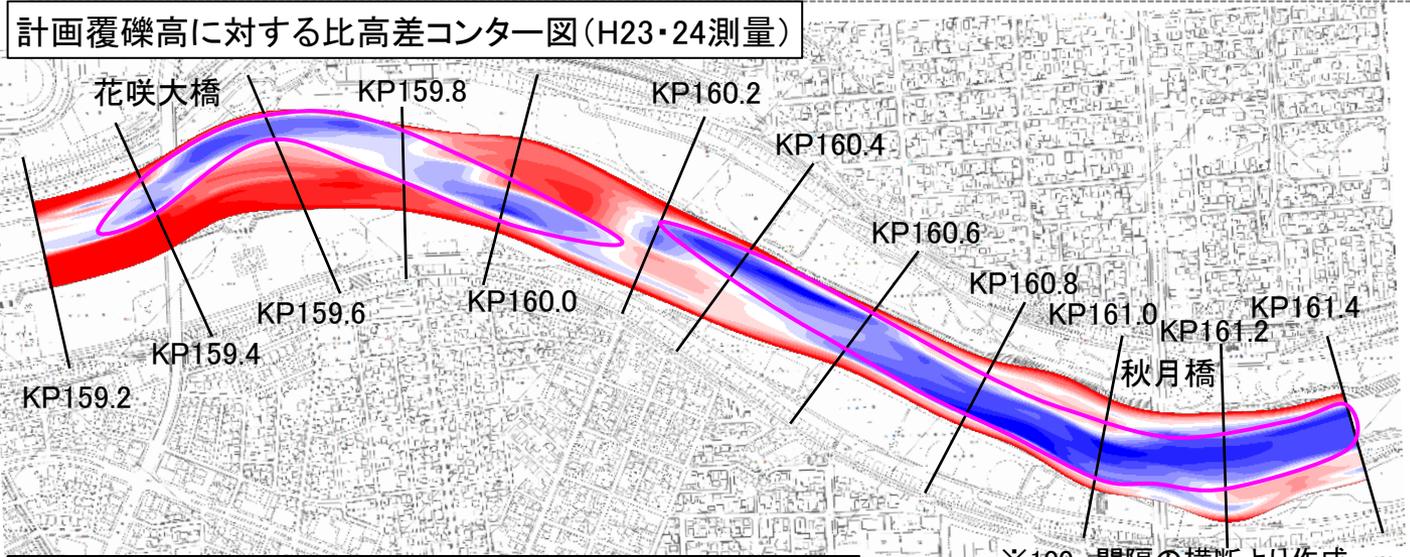
- 未施工区間 (KP157.0~159.0) : H23程度の河床高を概ね維持。
- H26施工区間 (KP159.2~159.8) : H23測量時に比べて、最大1.4m程度高い河床高を維持。
- H26施工区間 (KP159.8~160.2) : H23測量時に比べて、低下している箇所もあるが最大1.5m程度高い河床高を維持。
- H27施工区間 (KP160.2~160.7) : H23測量時に比べて、最大1.3m程度高い河床高を維持。
- H28施工区間 (KP160.7~160.9) : H23測量時に比べて、最大2.0m程度高い河床高を維持。
- H30施工区間 (KP160.9~161.3) : H23測量時程度の河床高を概ね維持。



6-5.計画覆礫高に対する比高差

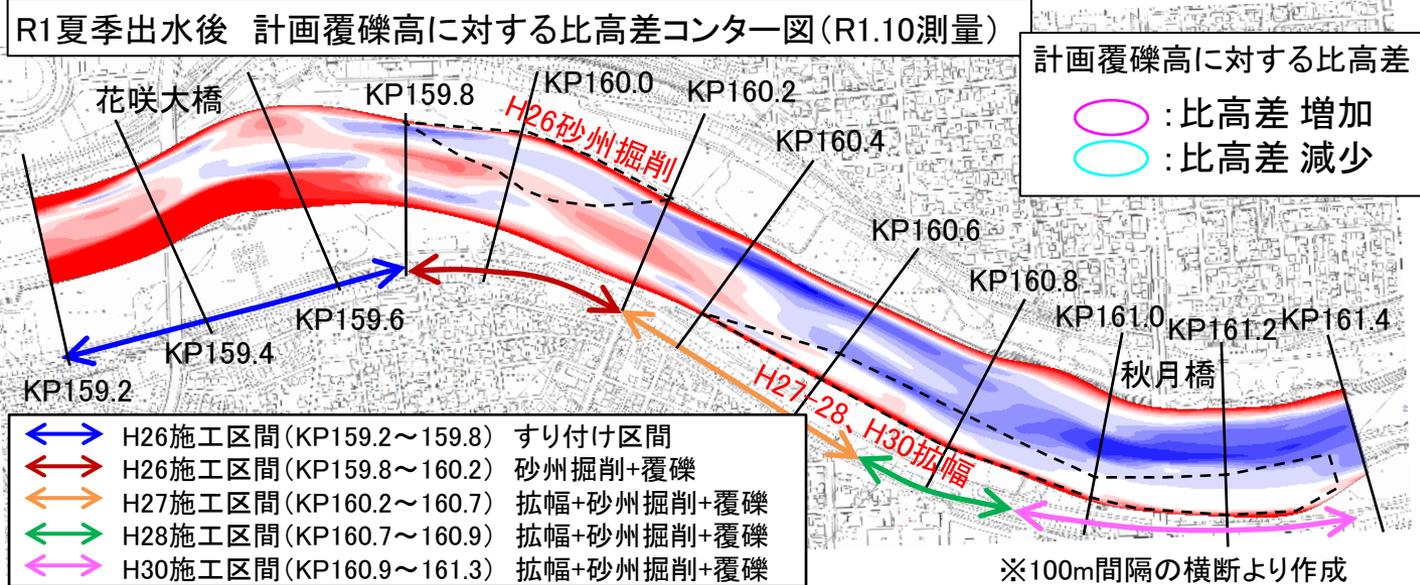
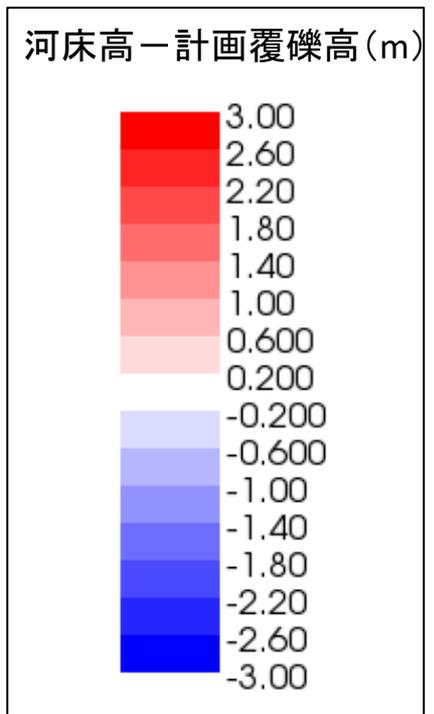
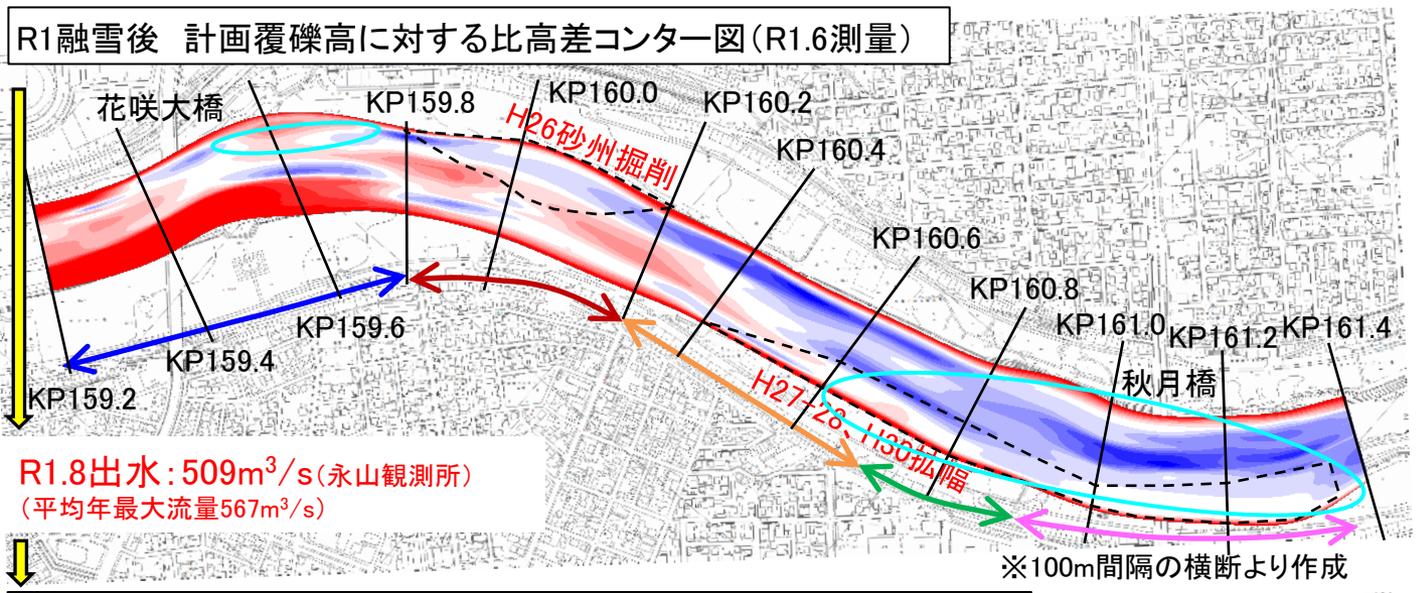
①対策実施前:H23・24、対策実施後:H30.8

- 現時点の施工済み区間KP159.2～161.4を対象に、対策前後における計画覆礫高に対する比高差の比較を行った。
- H30時点(H30.8)では、対策実施前(H23・24)に比べて全体的に比高差が減少。



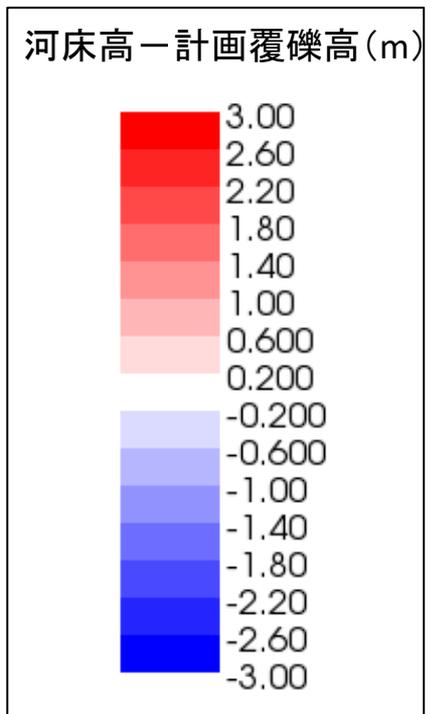
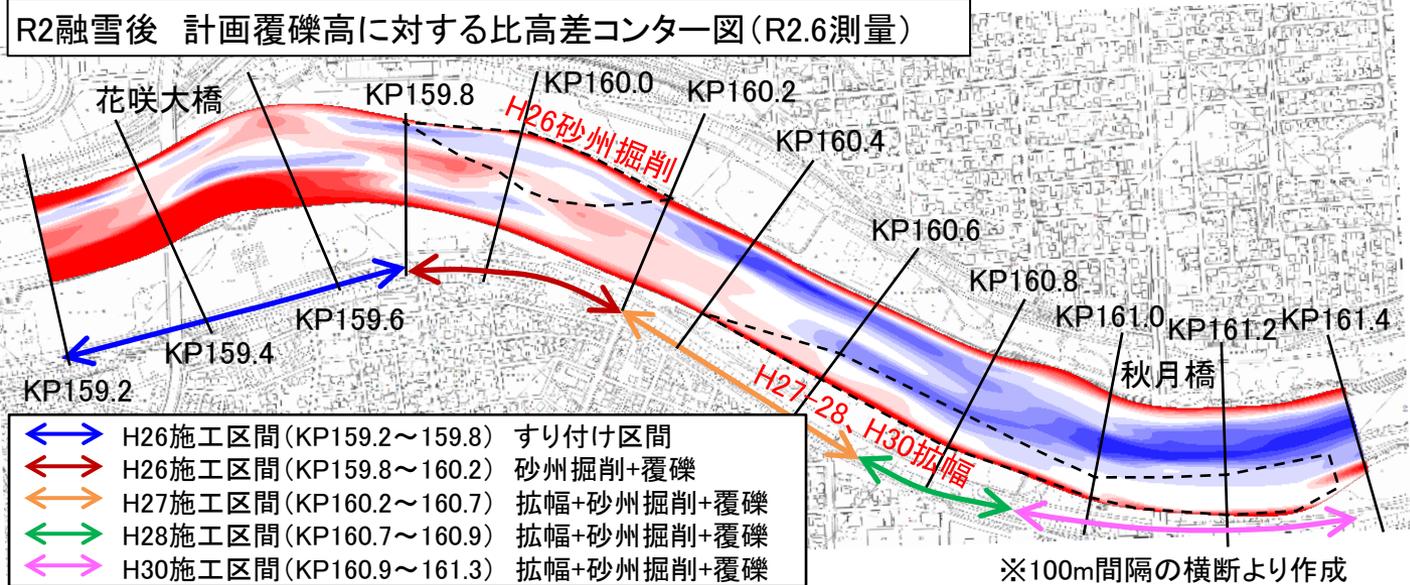
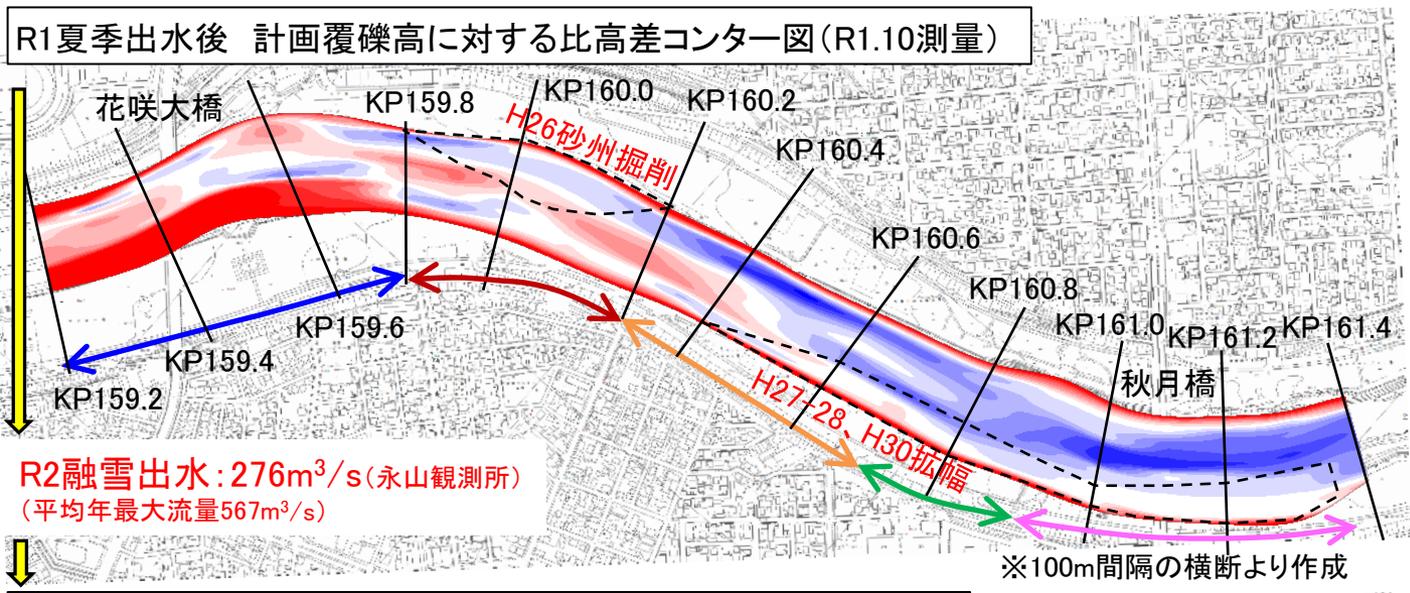
②対策実施後【R01融雪出水後、R01夏季出水後】

- 融雪出水後(R1.6)はH30年度施工の実施により、H30に比べてKP160.6～161.4の比高差が減少。
- 夏季出水後(R1.10)は、局所的に若干変化しているが、全体的に大きな変化はない。



③対策実施後【R01夏季出水後、R02融雪出水後】

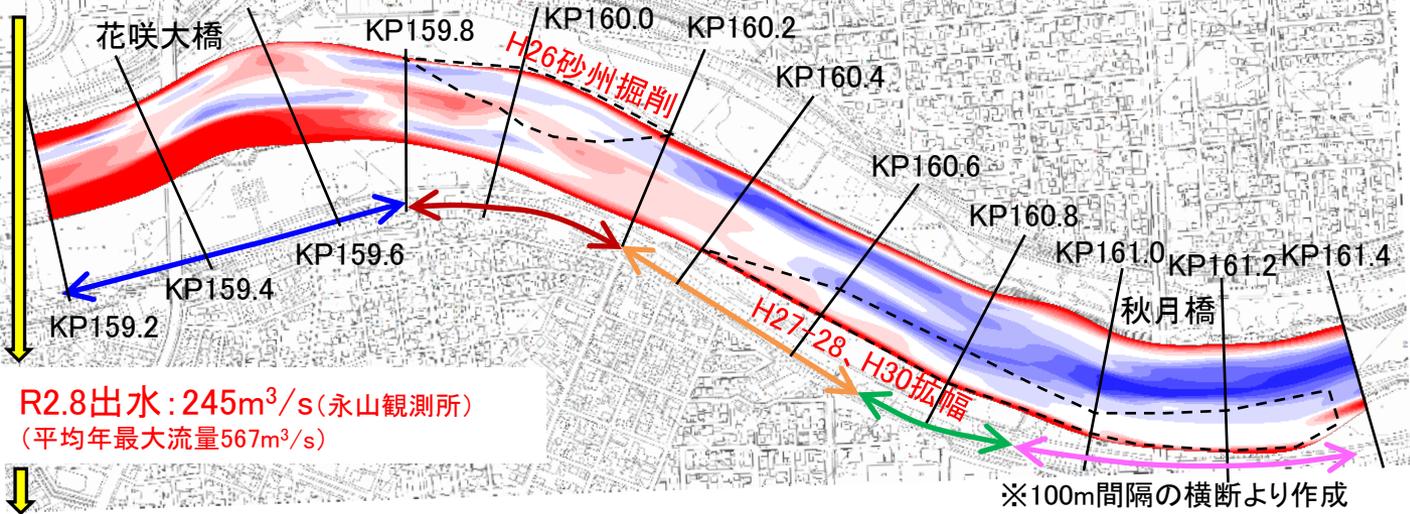
➤ 融雪出水後(R2.6)は、局所的に若干変化しているが、全体的に大きな変化はない。



④対策実施後【R02融雪出水後、R02夏季出水後】

➤ 夏季出水後(R2.10)は、局所的に変化しているが、全体的には大きな変化はない。

R2融雪後 計画覆礫高に対する比高差コンター図(R2.6測量)



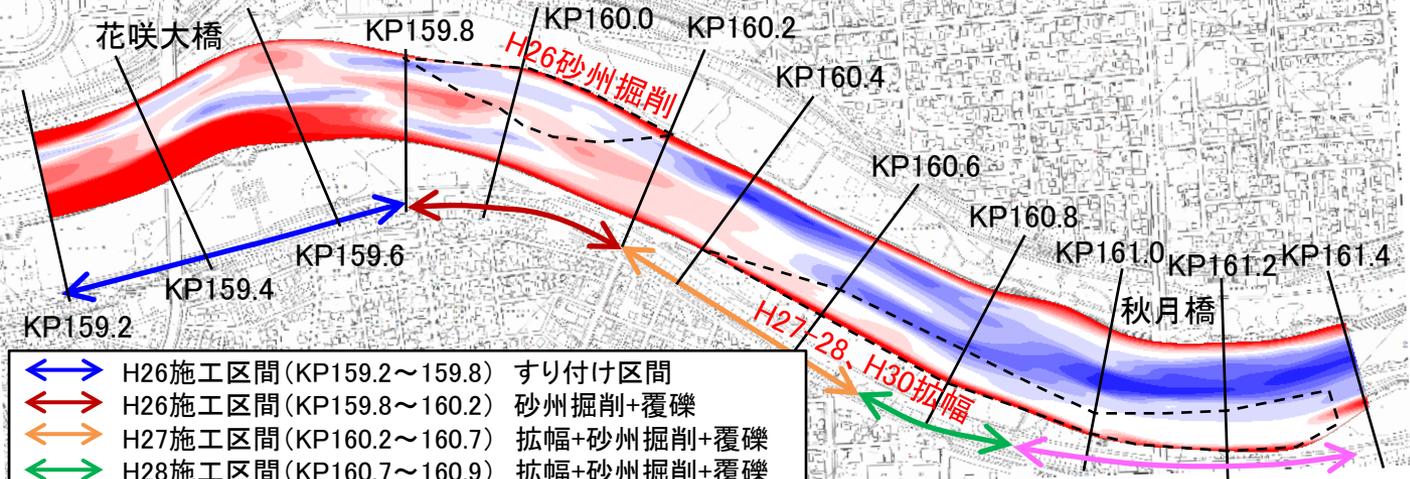
R2.8出水: 245m³/s (永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

※100m間隔の横断より作成

河床高-計画覆礫高(m)



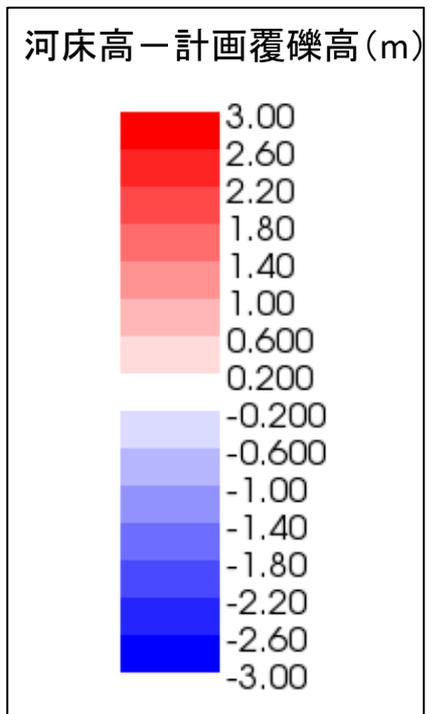
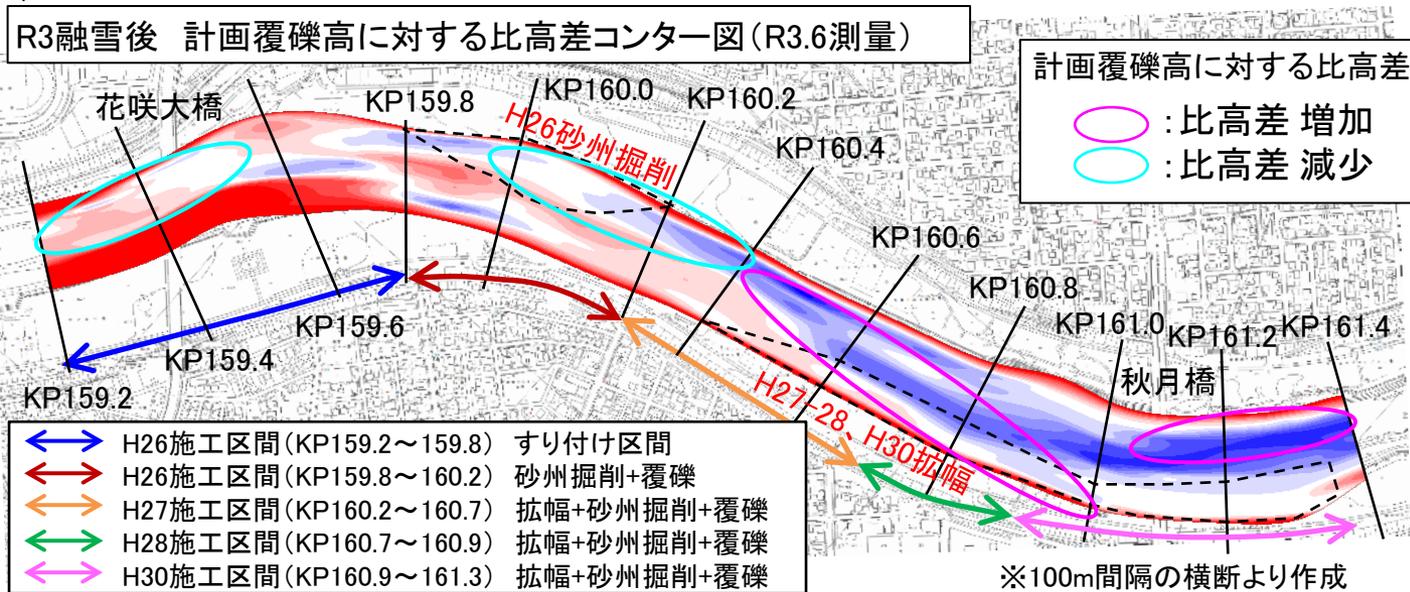
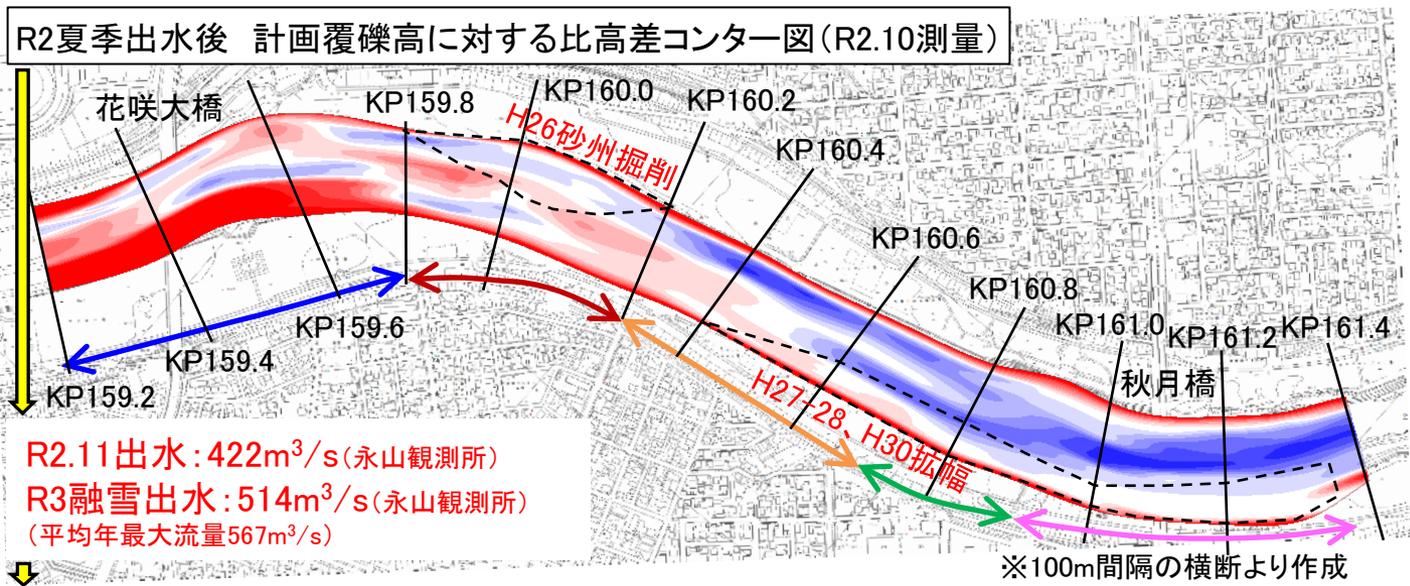
R2夏季出水後 計画覆礫高に対する比高差コンター図(R2.10測量)



※100m間隔の横断より作成

⑤対策実施後【R02夏季出水後、R03融雪出水後】

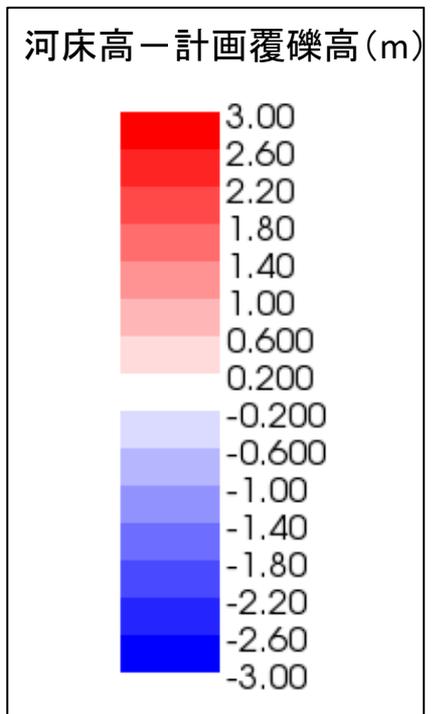
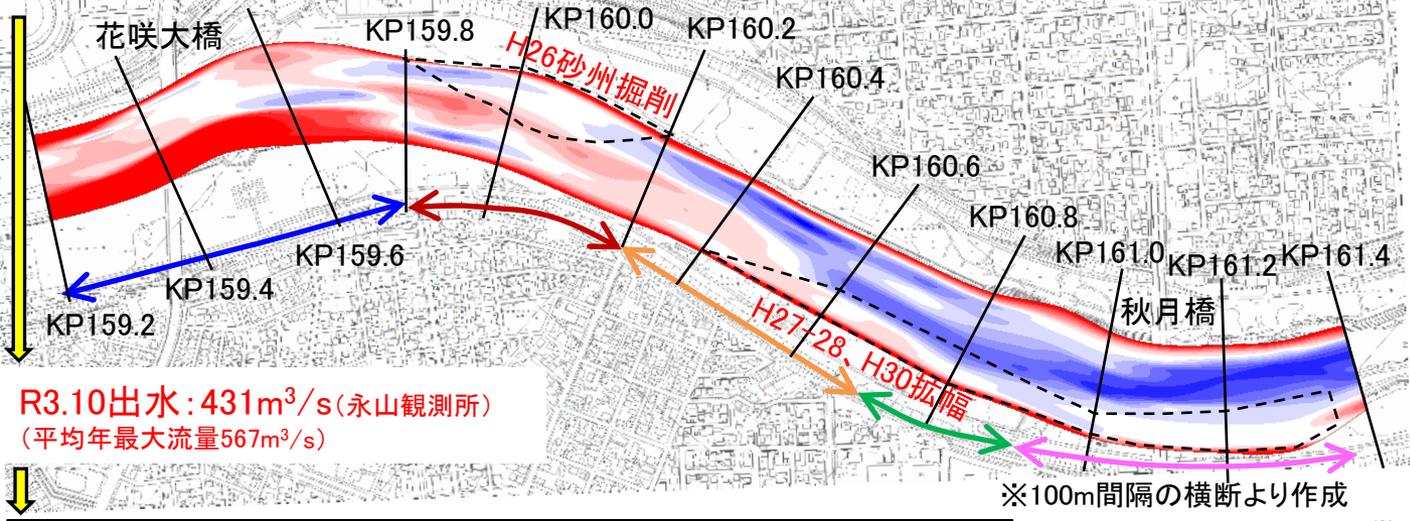
➤ R3融雪出水後(R3.6)の比高差は、R2夏季出水後(R2.10)に比べてKP159.2～160.4は減少傾向、KP160.4～161.4は多少増加傾向である。



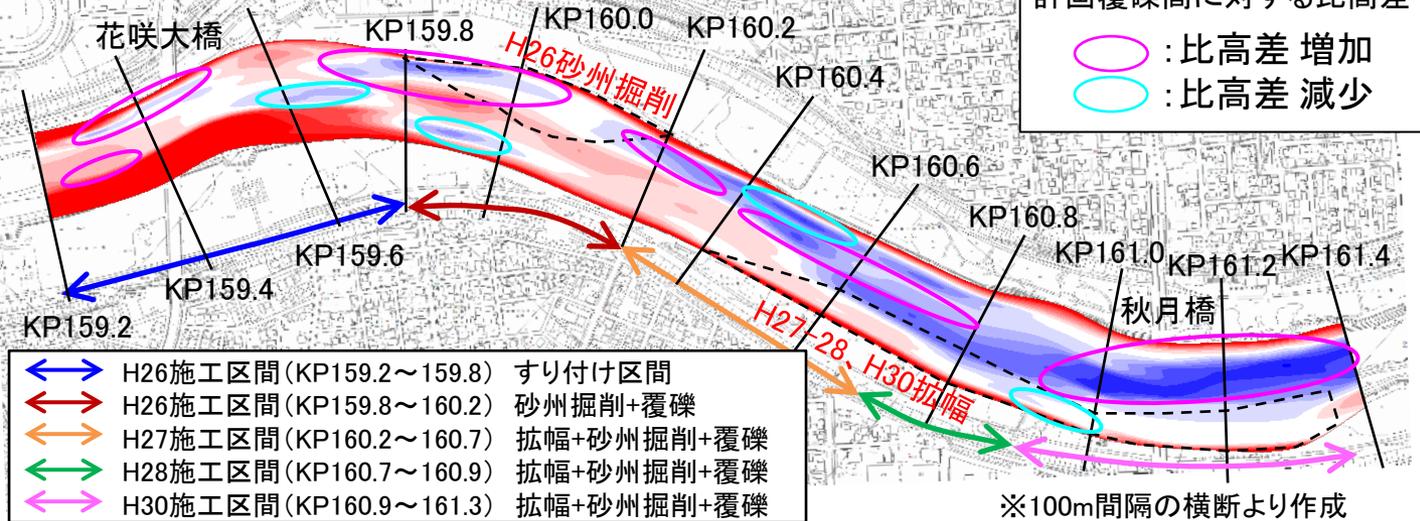
⑥対策実施後【R03融雪出水後、R03夏季出水後】

➤ R3夏季出水後 (R3.11) の比高差は、R3融雪後 (R3.6) に比べて部分的に減少する箇所はあるものの、全体的にはやや増加傾向である。

R3融雪後 計画覆礫高に対する比高差コンター図 (R3.6測量)

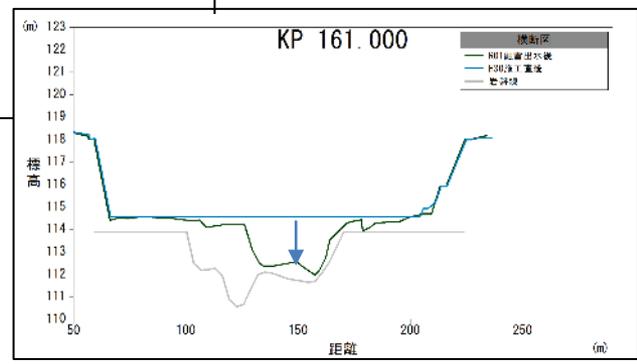
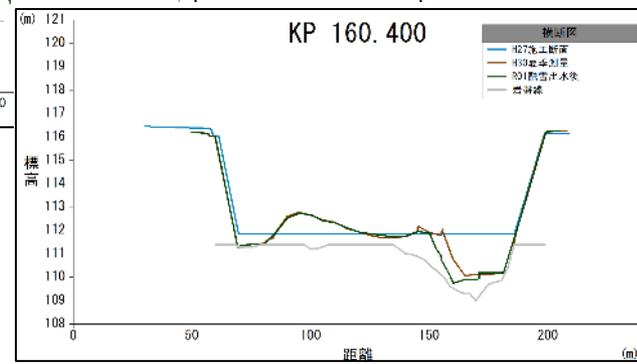
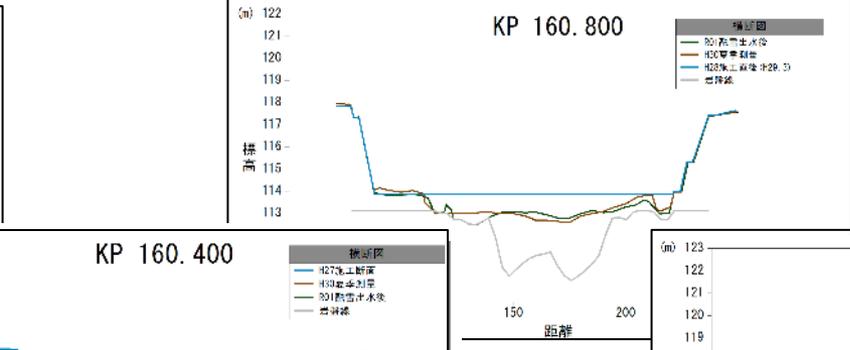
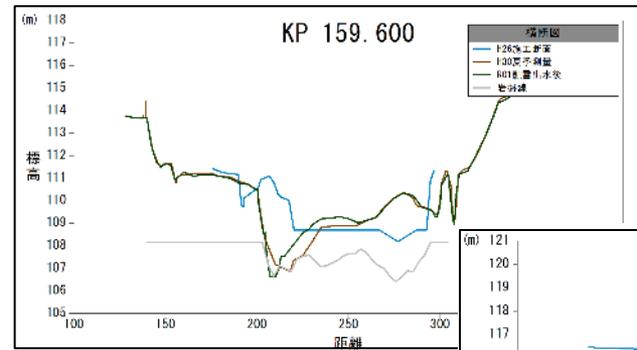
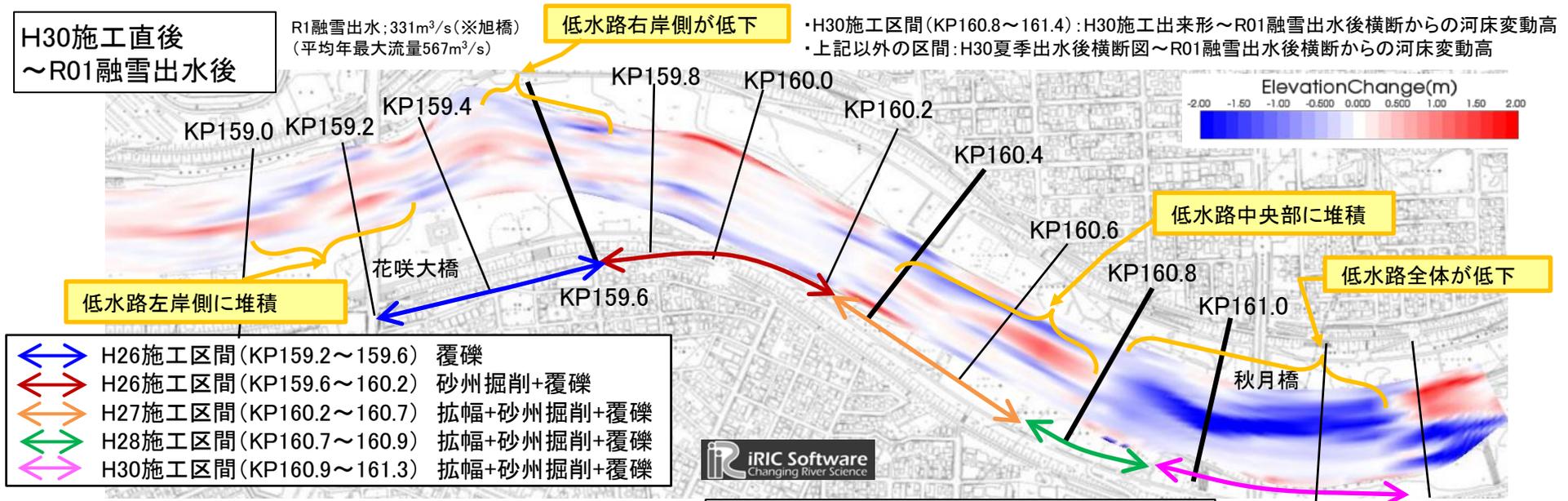


R3夏季出水後 計画覆礫高に対する比高差コンター図 (R3.11測量)



6-6.河床変動高コンター

①H30施工直後～R01融雪出水後の変化:河床変動高コンター

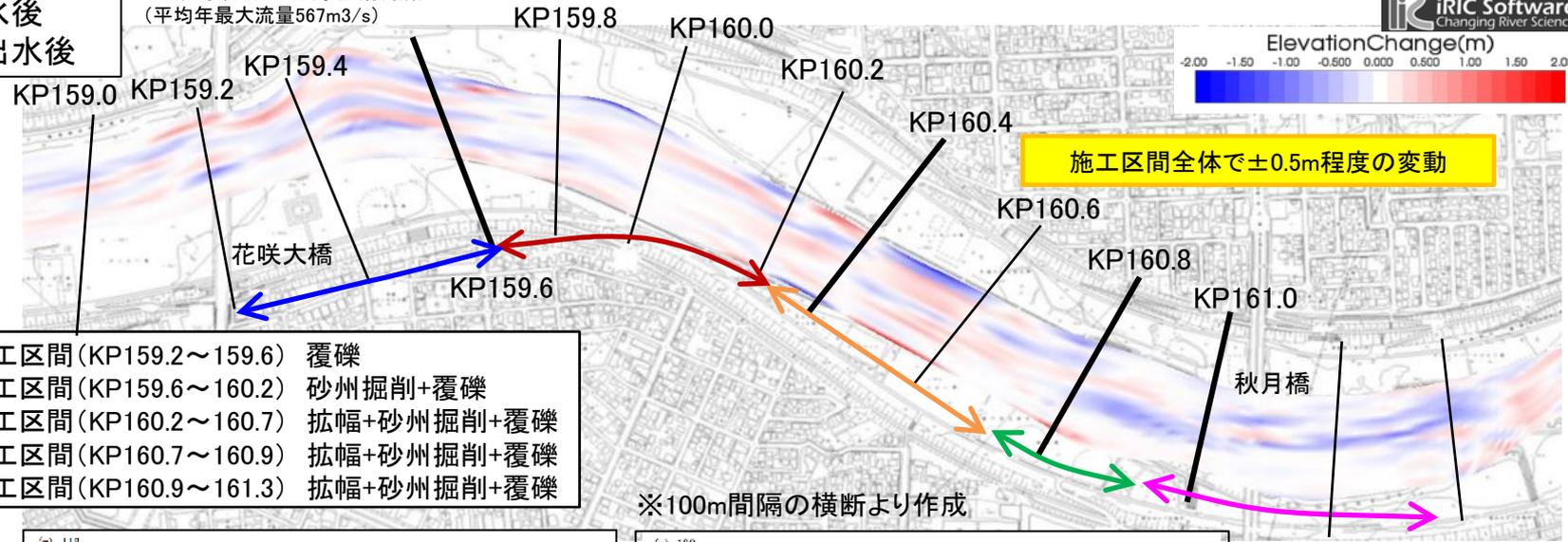
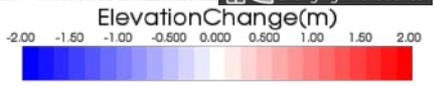


※岩盤線: 各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

②R01融雪出水後～R01夏季出水後の変化:河床変動高コンター

R01融雪出水後
～R01夏季出水後

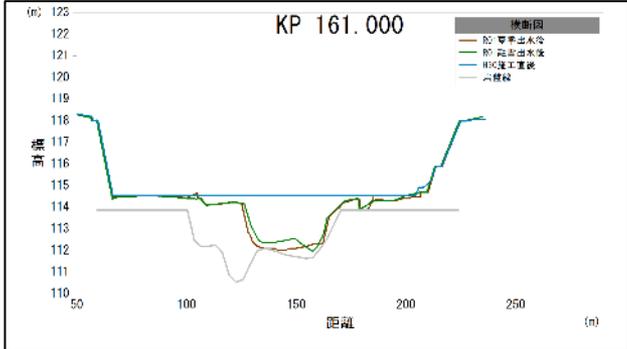
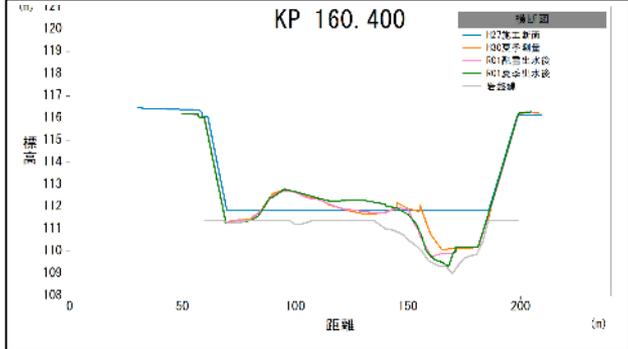
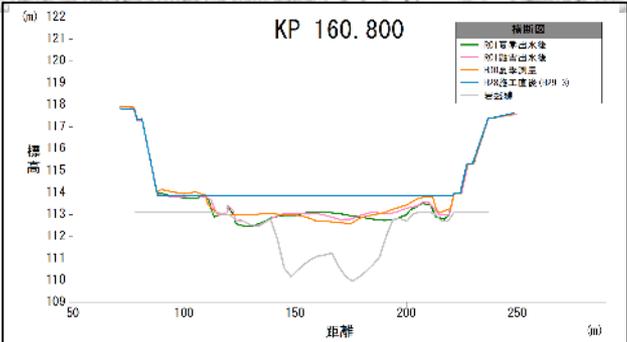
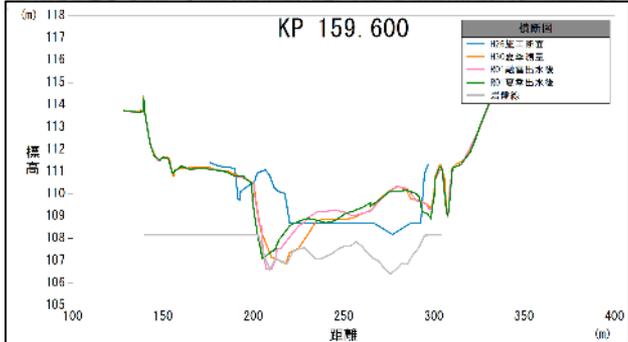
R1.8出水:509m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)



施工区間全体で±0.5m程度の変動

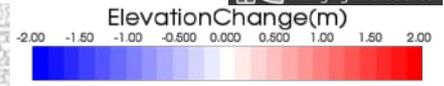
- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成



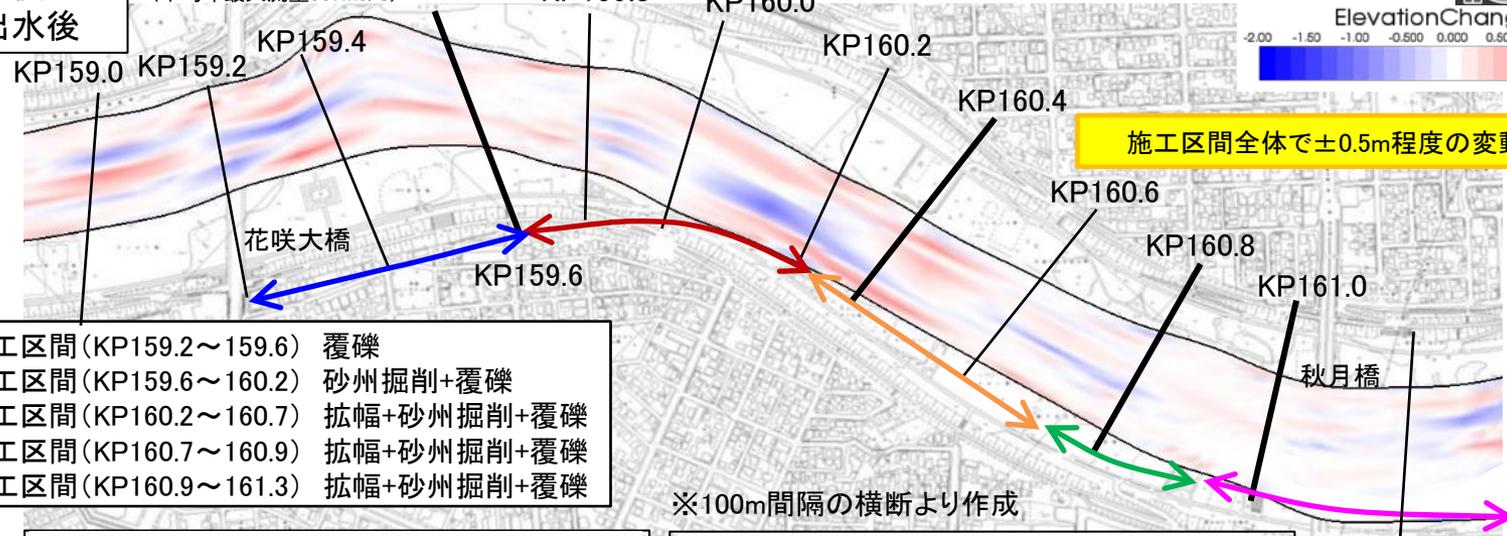
※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

③R01夏季出水後～R02融雪出水後の変化:河床変動高コンター



R01夏季出水後
～R02融雪出水後

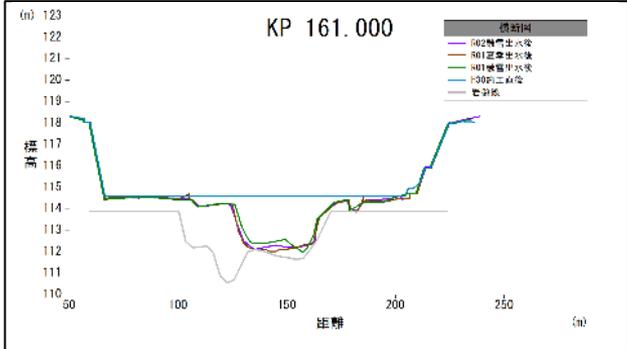
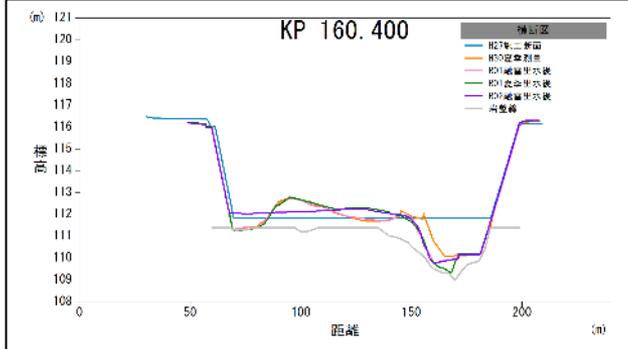
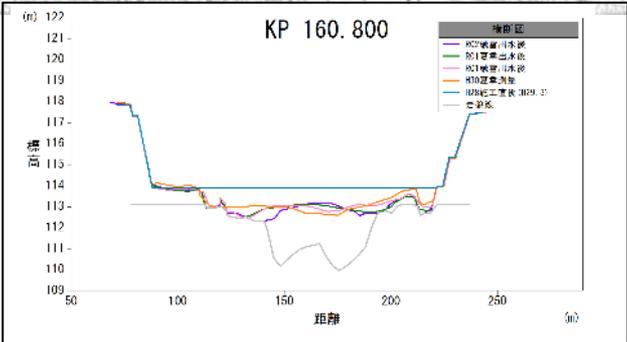
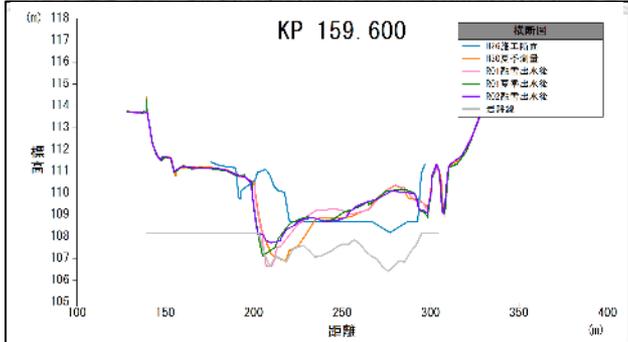
R2融雪出水: 276m³/s (永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)



施工区間全体で±0.5m程度の変動

- ↔ H26施工区間 (KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間 (KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間 (KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間 (KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間 (KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成

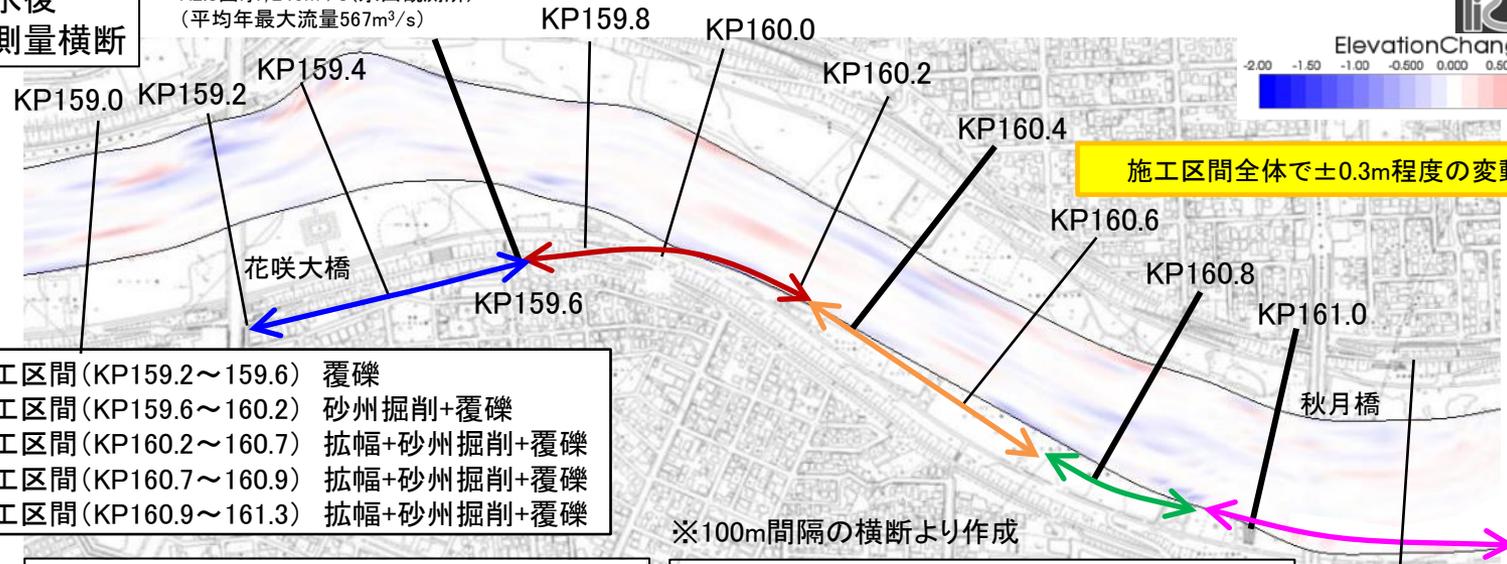
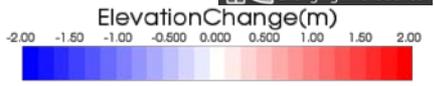


※岩盤線: 各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

④R02融雪出水後～R02夏季測量横断の変化:河床変動高コンター

R02融雪出水後
～R02夏季測量横断

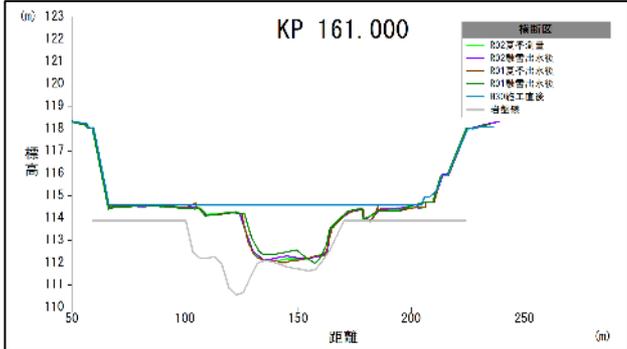
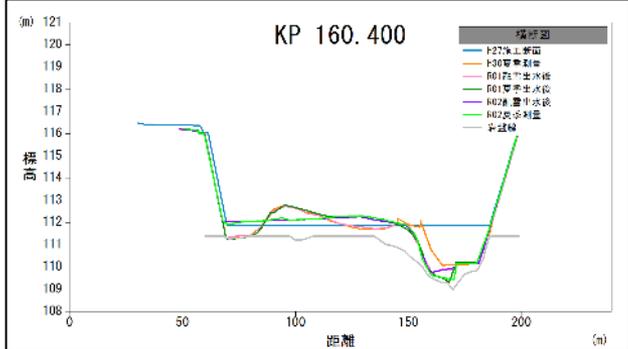
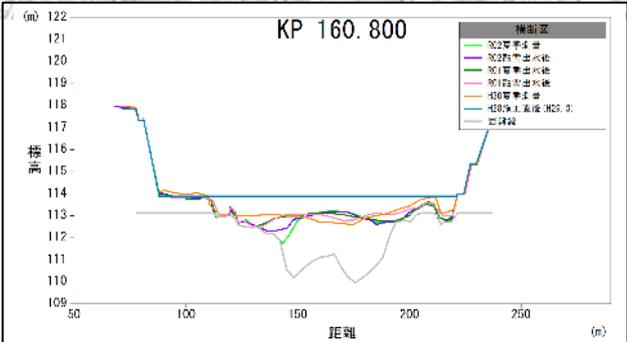
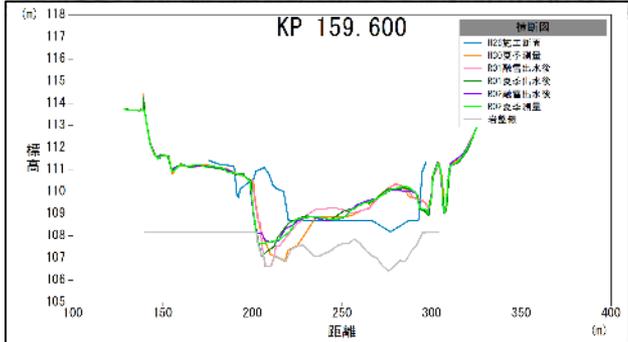
R2.8出水:245m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)



施工区間全体で±0.3m程度の変動

- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成



※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

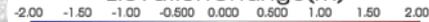
⑤R02夏季測量～R03融雪出水後横断の変化：河床変動高コンター

R02夏季出水後
～R03融雪出水後横断

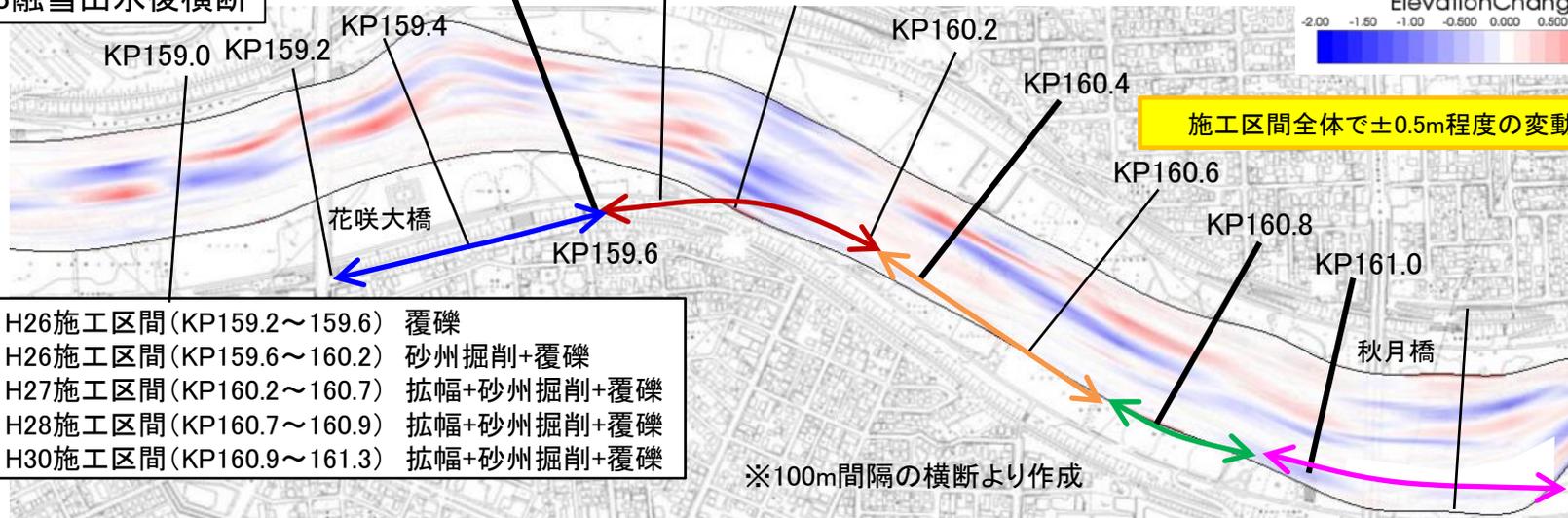
R3融雪出水: 514m³/s (永山観測所: 暫定値)
(平均年最大流量567m³/s)



ElevationChange(m)

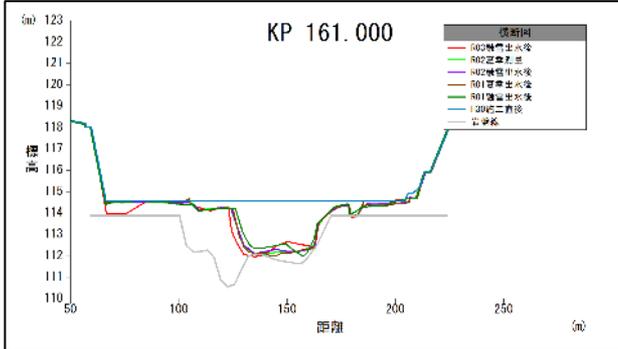
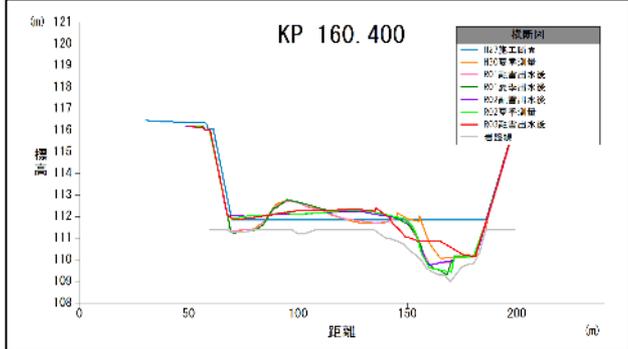
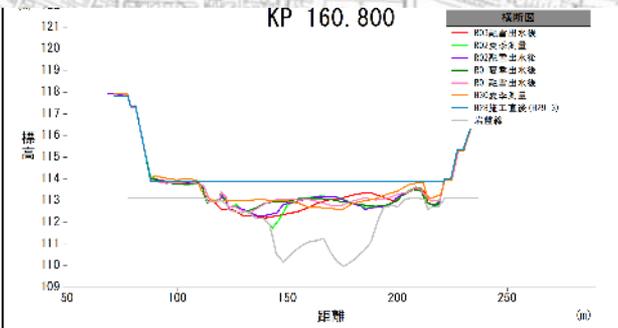
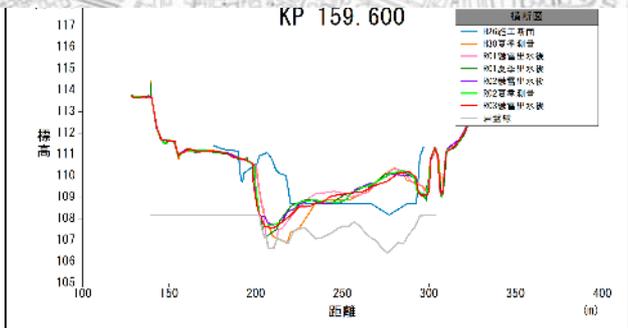


施工区間全体で±0.5m程度の変動



- ↔ H26施工区間 (KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間 (KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間 (KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間 (KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間 (KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成

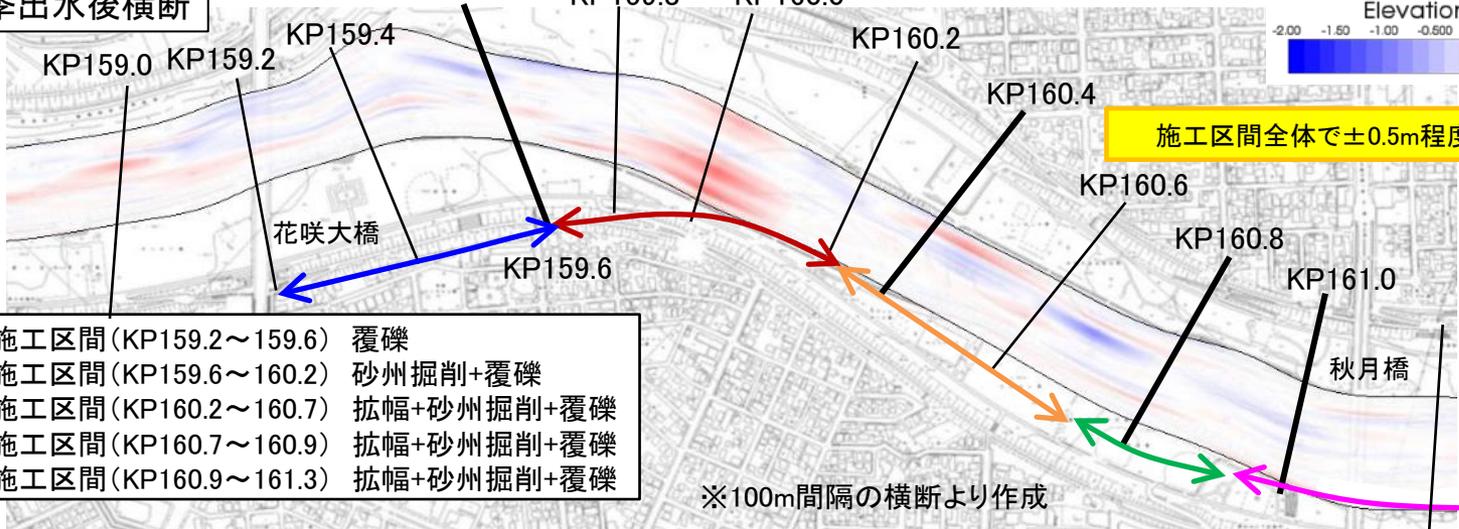
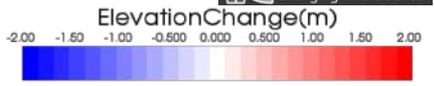


※岩盤線: 各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

⑥R03融雪出水後～R03夏季出水後横断の変化：河床変動高コンター

R03融雪出水後
～R03夏季出水後横断

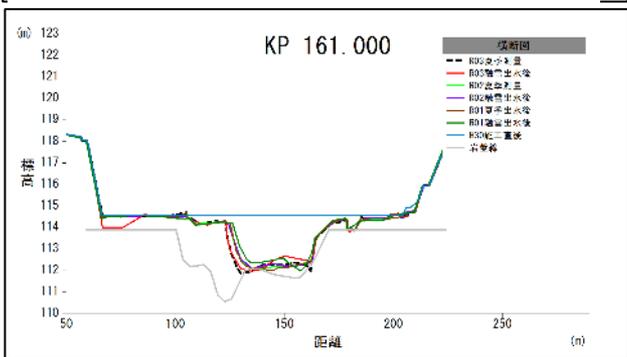
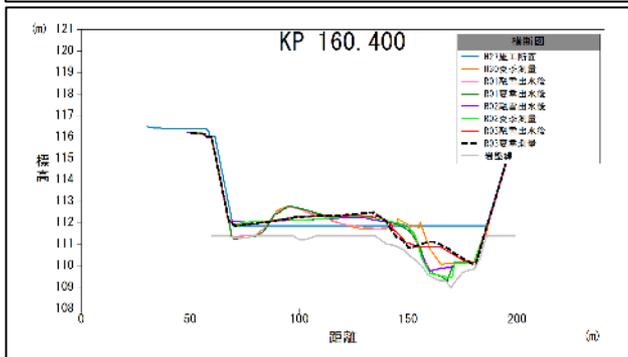
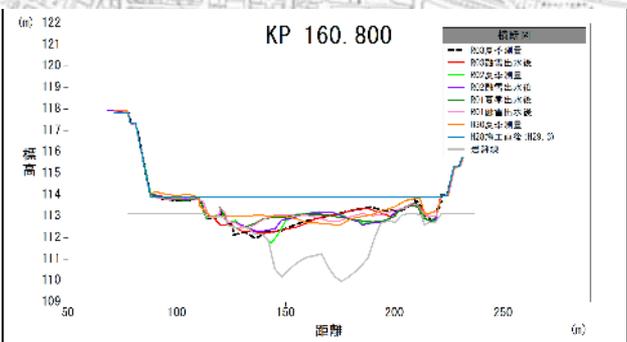
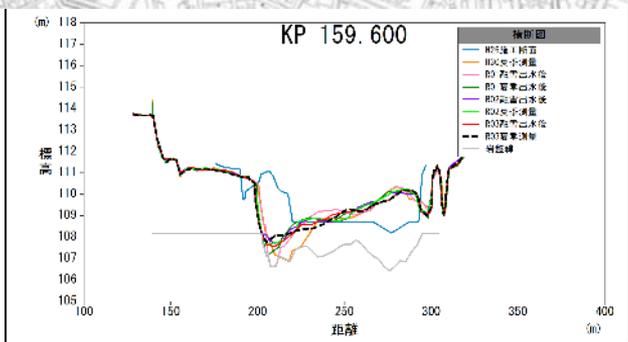
R3.10出水：431m³/s(永山観測所：暫定値)
(平均年最大流量567m³/s)



施工区間全体で±0.5m程度の変動

- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成



KP161.2

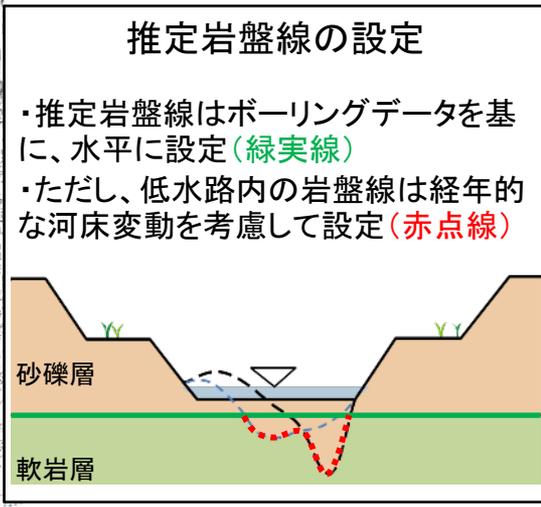
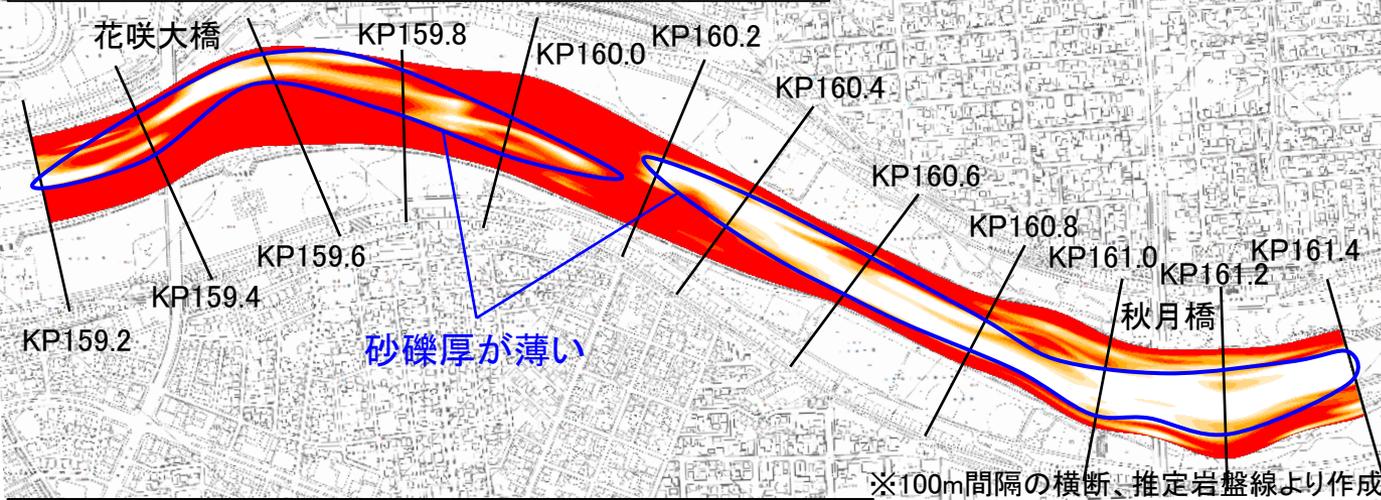
※岩盤線：各年の測量時点において岩盤が洗掘された場合は、更新している。

6-7.砂礫層厚コンター

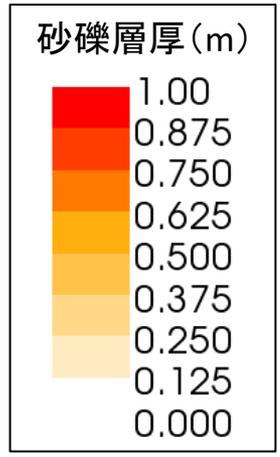
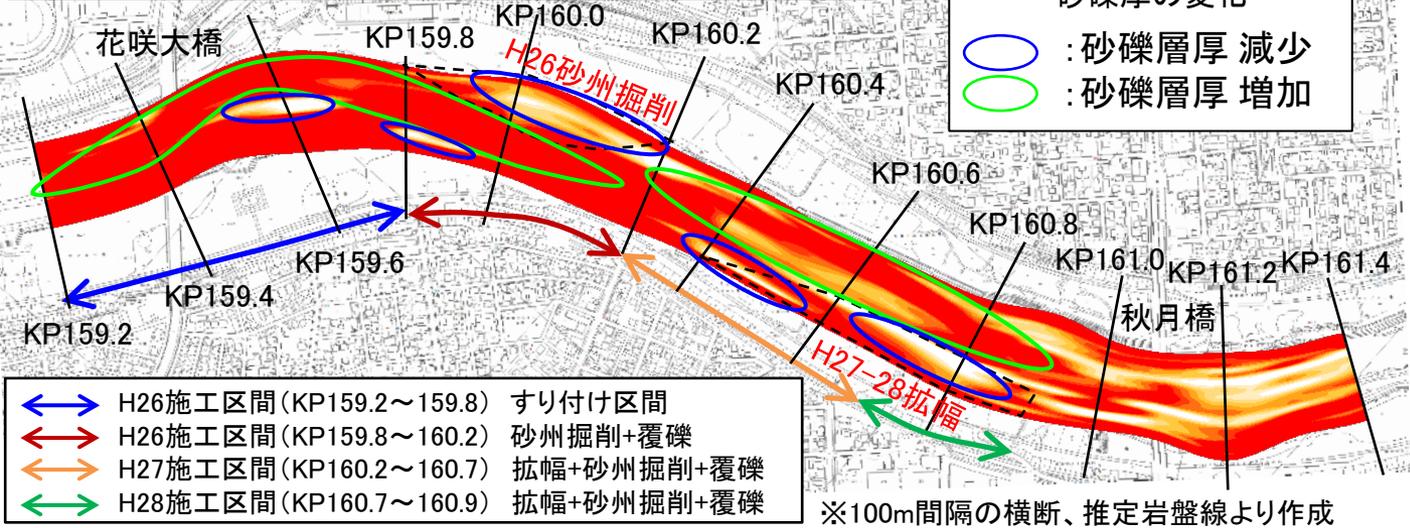
①対策実施前：H23・24、対策実施後：H30.8

- 現時点の施工済み区間KP159.2～161.4を対象に、対策前後における砂礫層厚(地盤高-推定岩盤線)の比較を行った。
- H30時点(H30.8)の砂礫床範囲は、対策実施前(H23・24)に比べて区間全体に広がっている。

砂礫層厚コンター図(H23・24測量:対策工実施前)



H30 砂礫層厚コンター図(H30.8測量:H28対策工実施後)

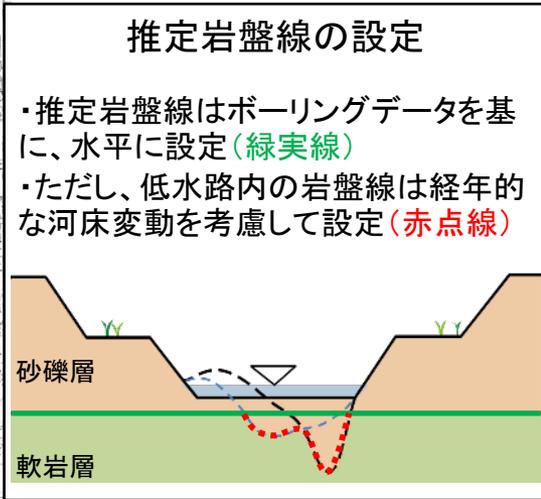
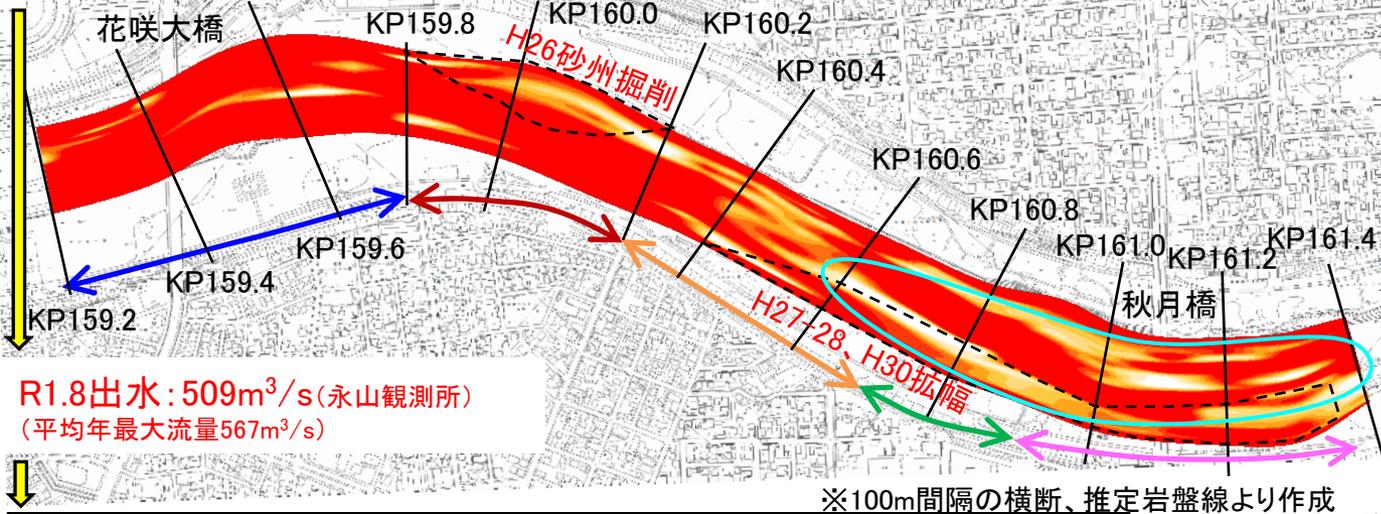


- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.8) すり付け区間
- ↔ H26施工区間(KP159.8～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫

②対策実施後【R01融雪出水後、R01夏季出水後】

- R1融雪出水後(R1.6)の砂礫層厚は、H30施工の実施により、H30コンター図に比べてKP160.6～161.4が増加している。
- R1夏季出水後(R1.10)の砂礫層厚は、部分的に変化しているが全体的にはR1融雪後(R1.6)と同様の傾向である。

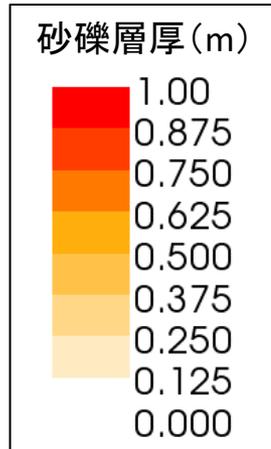
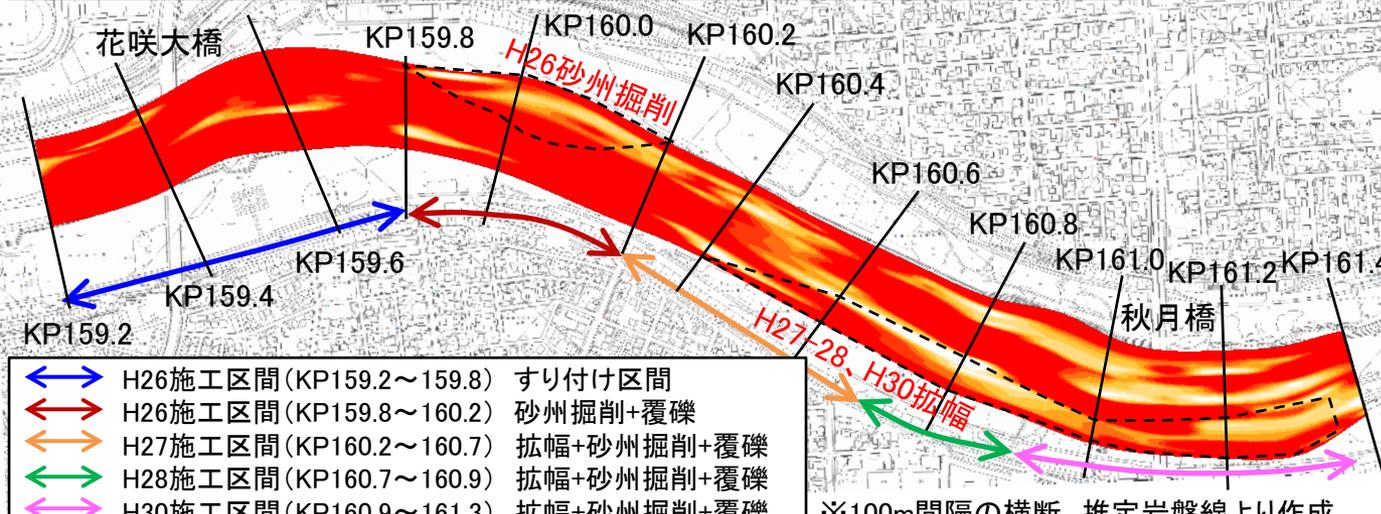
R1融雪後 砂礫層厚露岩コンター図(R1.6測量:H30対策工実施後)



R1.8出水: 509m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

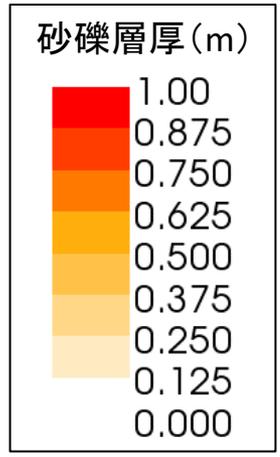
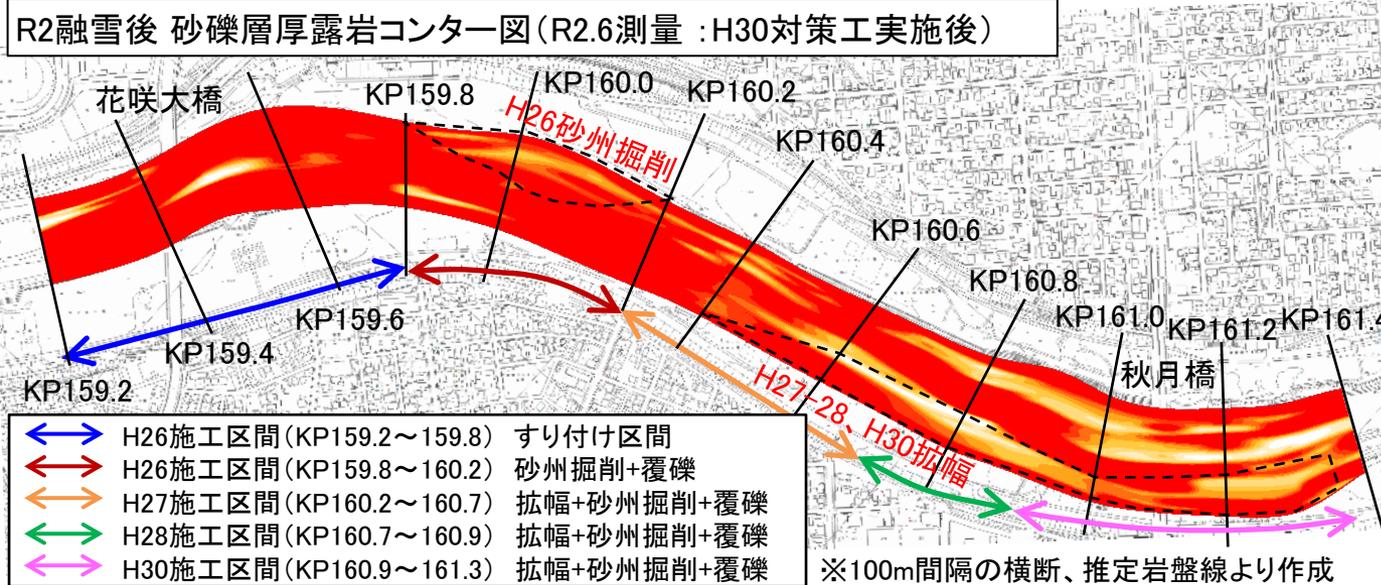
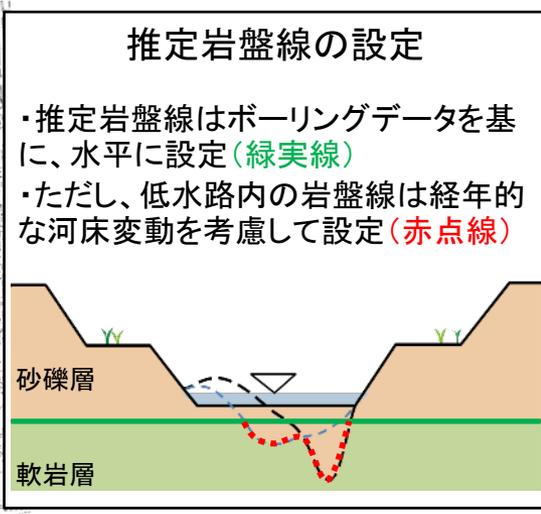
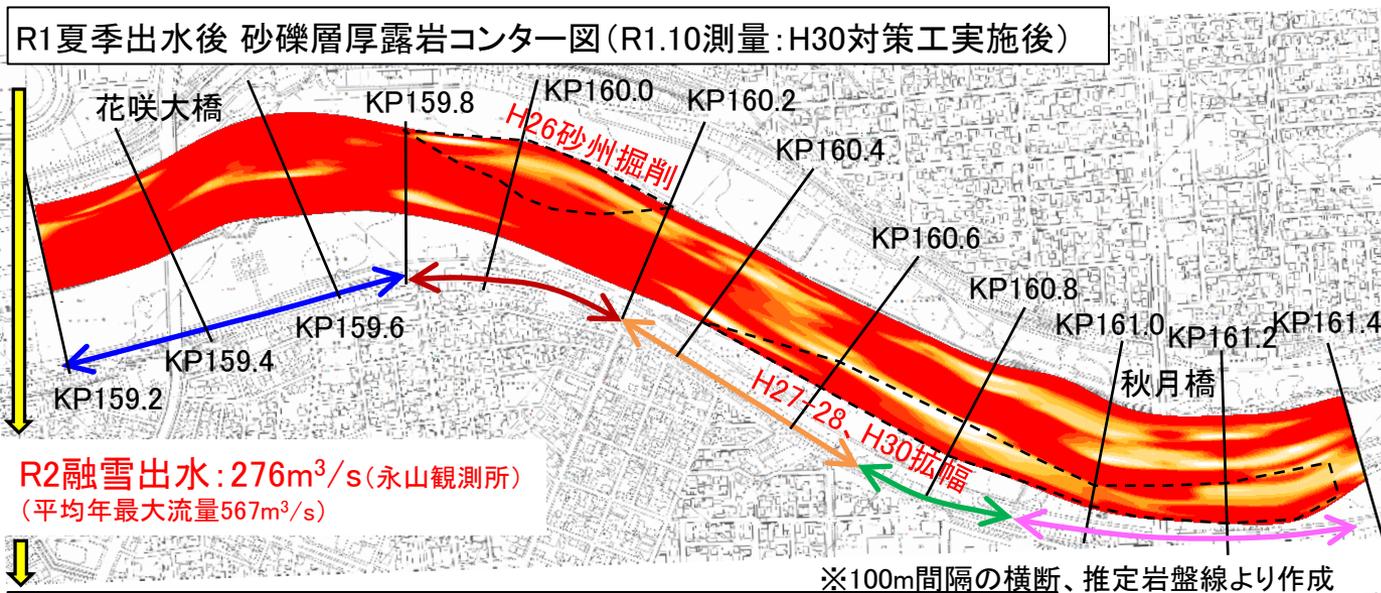
R1夏季出水後 砂礫層厚露岩コンター図(R1.10測量:H30対策工実施後)



※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

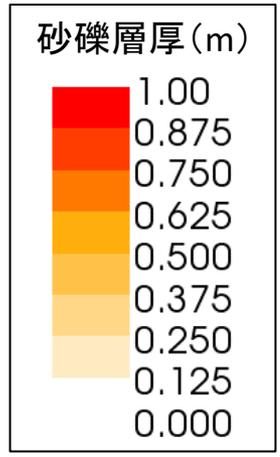
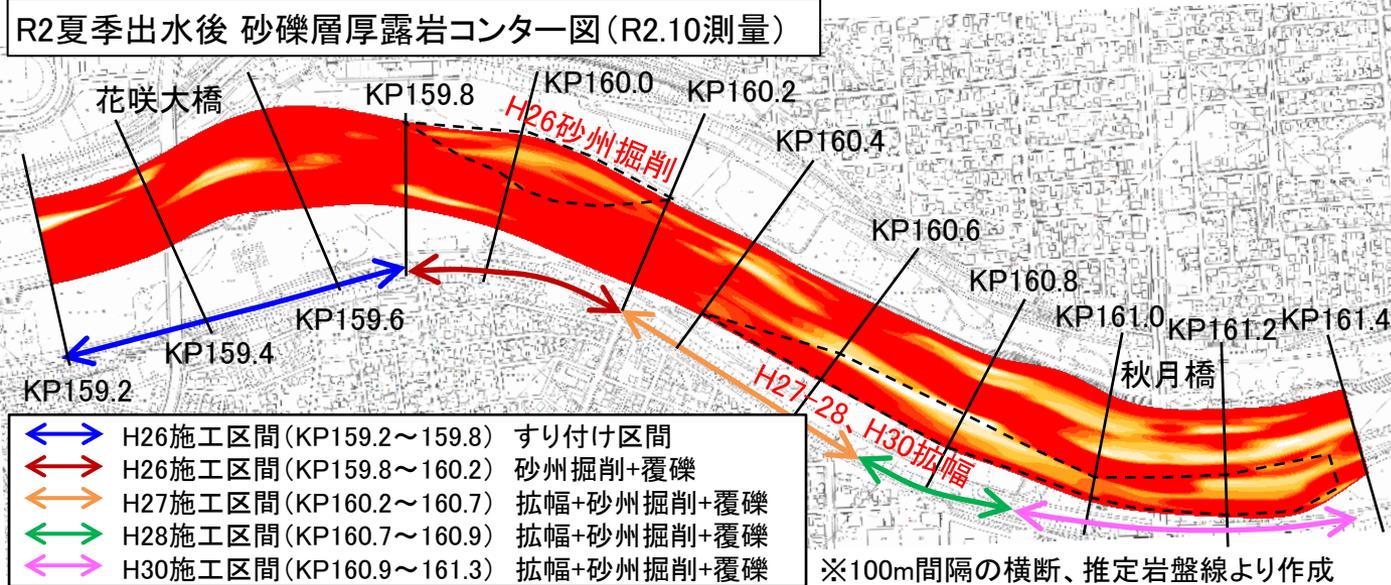
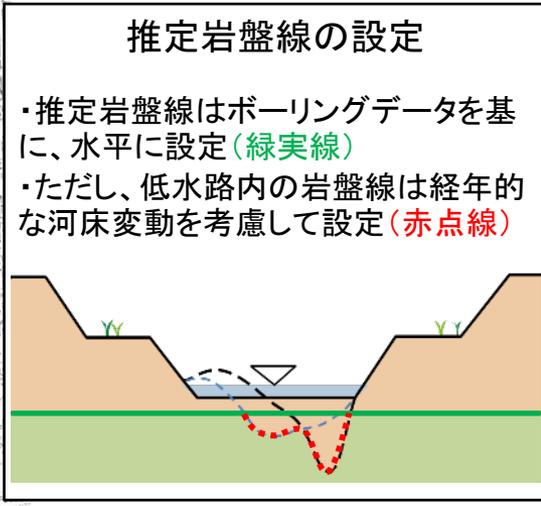
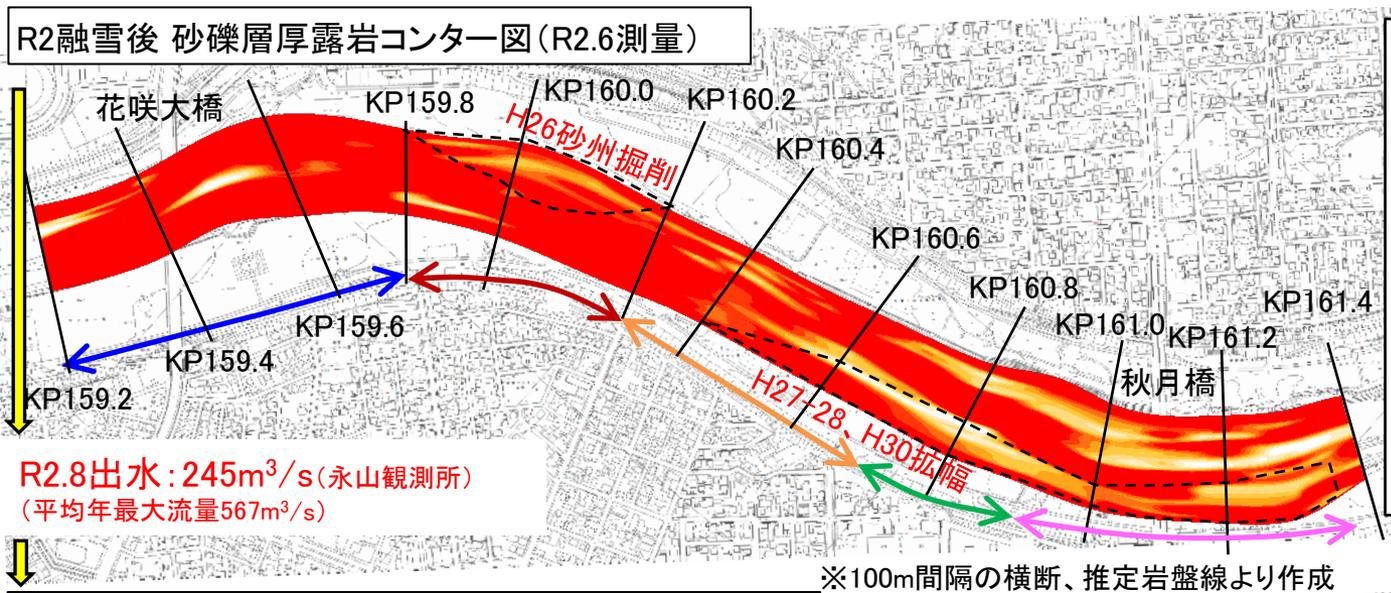
③対策実施後【R01夏季出水後、R02融雪出水後】

➤ R2融雪出水後(R2.6)の砂礫層厚は、部分的に変化しているが全体的にはR1夏季出水後(R1.10)と概ね同様の傾向である。



④対策実施後【R02融雪出水後、R02夏季出水後】

➤ R2夏季出水後(R2.10)の砂礫層厚は、全体的にR2融雪後(R2.6)と概ね同様の傾向である。

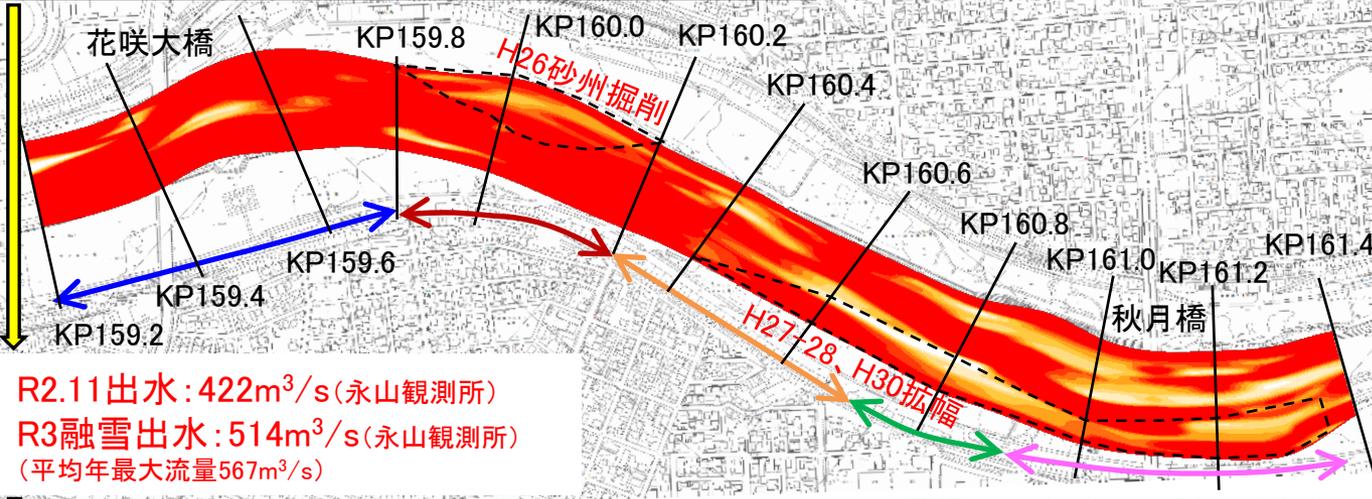


- ↔ H26施工区間 (KP159.2~159.8) すり付け区間
- ↔ H26施工区間 (KP159.8~160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間 (KP160.9~161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

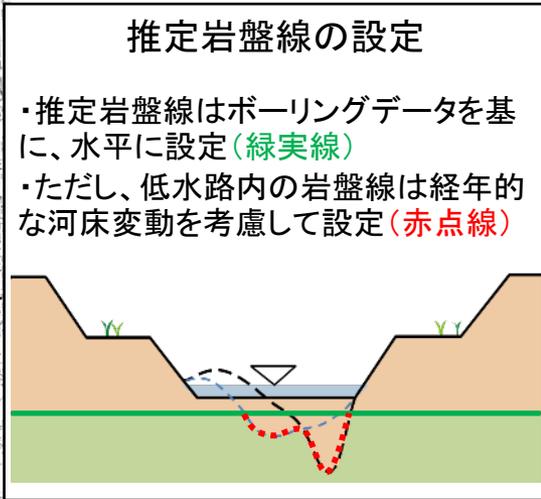
⑤対策実施後【R02夏季出水後、R03融雪出水後】

➢ R3融雪出水後(R3.6)の砂礫層厚は、R2夏季出水後(R2.10)に比べてKP159.2~160.4は増加傾向、KP160.4~161.4は減少傾向である。

R2夏季出水後 砂礫層厚露岩コンター図 (R2.10測量)

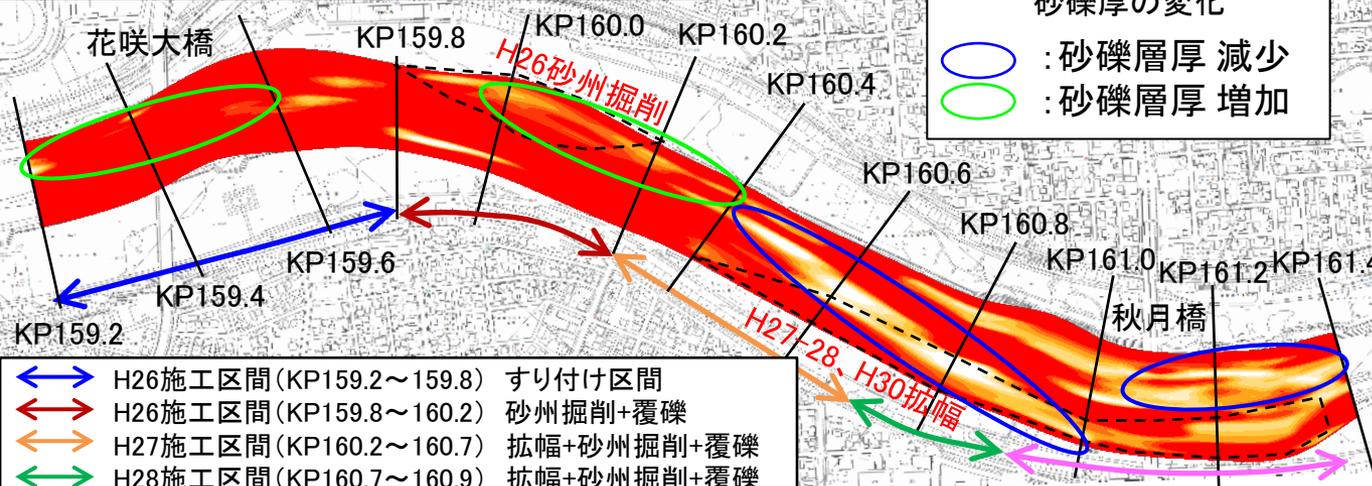


R2.11出水: 422m³/s (永山観測所)
 R3融雪出水: 514m³/s (永山観測所)
 (平均年最大流量567m³/s)



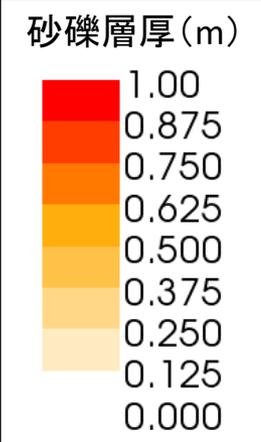
※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

R3融雪後 砂礫層厚露岩コンター図 (R3.6測量)



砂礫厚の変化

- (blue): 砂礫層厚 減少
- (green): 砂礫層厚 増加



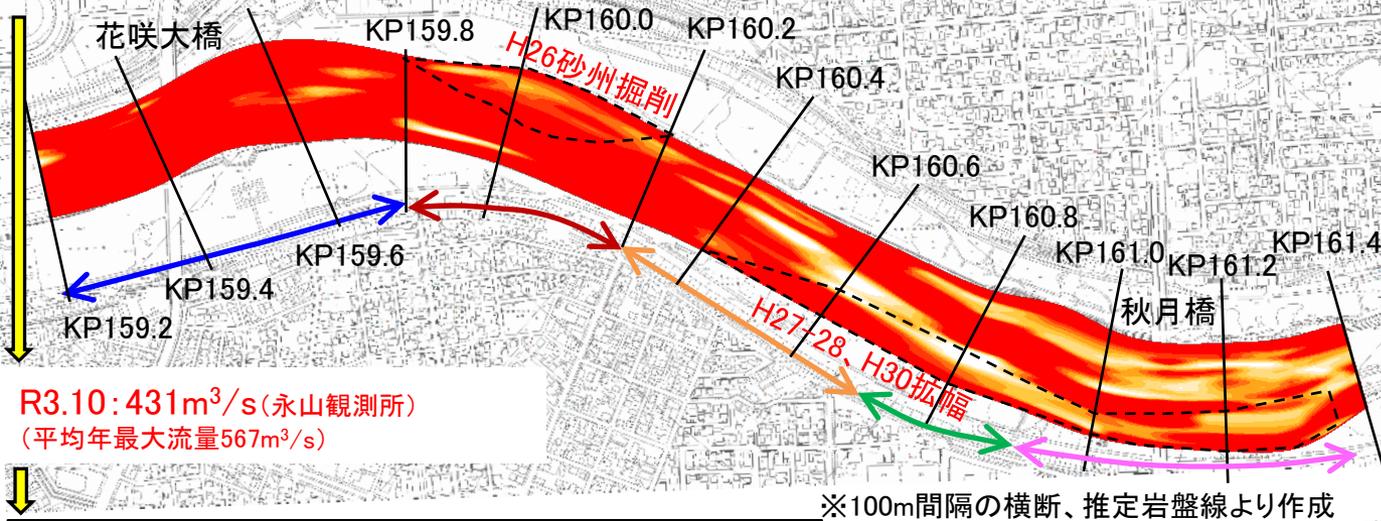
- ↔ (blue): H26施工区間 (KP159.2~159.8) すり付け区間
- ↔ (orange): H26施工区間 (KP159.8~160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ (green): H27施工区間 (KP160.2~160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ (red): H28施工区間 (KP160.7~160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ (purple): H30施工区間 (KP160.9~161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

⑥対策実施後【R03融雪出水後、R03夏季出水後】

➤ R3夏季出水後 (R3.6) の砂礫層厚は、R3融雪後 (R3.6) に比べて部分的に増加する箇所はあるものの、全体的にはやや減少傾向である。

R3融雪後 砂礫層厚露岩コンター図 (R3.6測量)



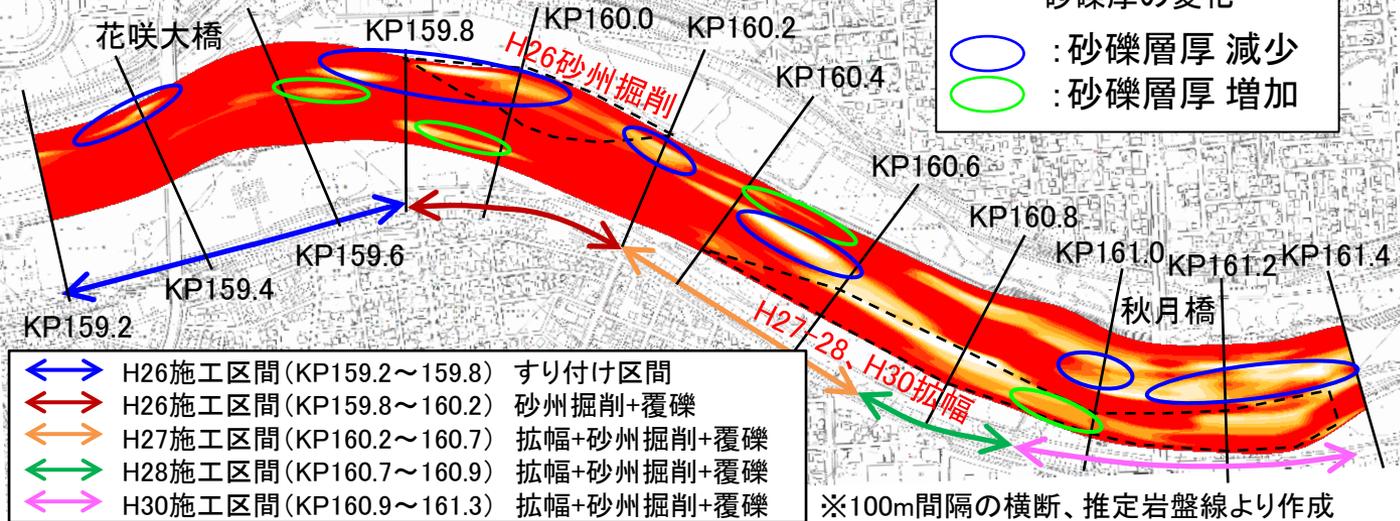
推定岩盤線の設定

- ・推定岩盤線はボーリングデータを基に、水平に設定 (緑実線)
- ・ただし、低水路内の岩盤線は経年的な河床変動を考慮して設定 (赤点線)

R3.10: 431m³/s (永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

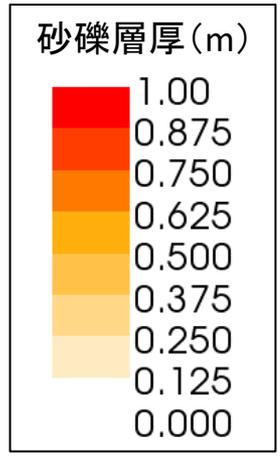
※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

R3夏季出水後 砂礫層厚露岩コンター図 (R3.11測量)



砂礫厚の変化

- (Blue) : 砂礫層厚 減少
- (Green) : 砂礫層厚 増加



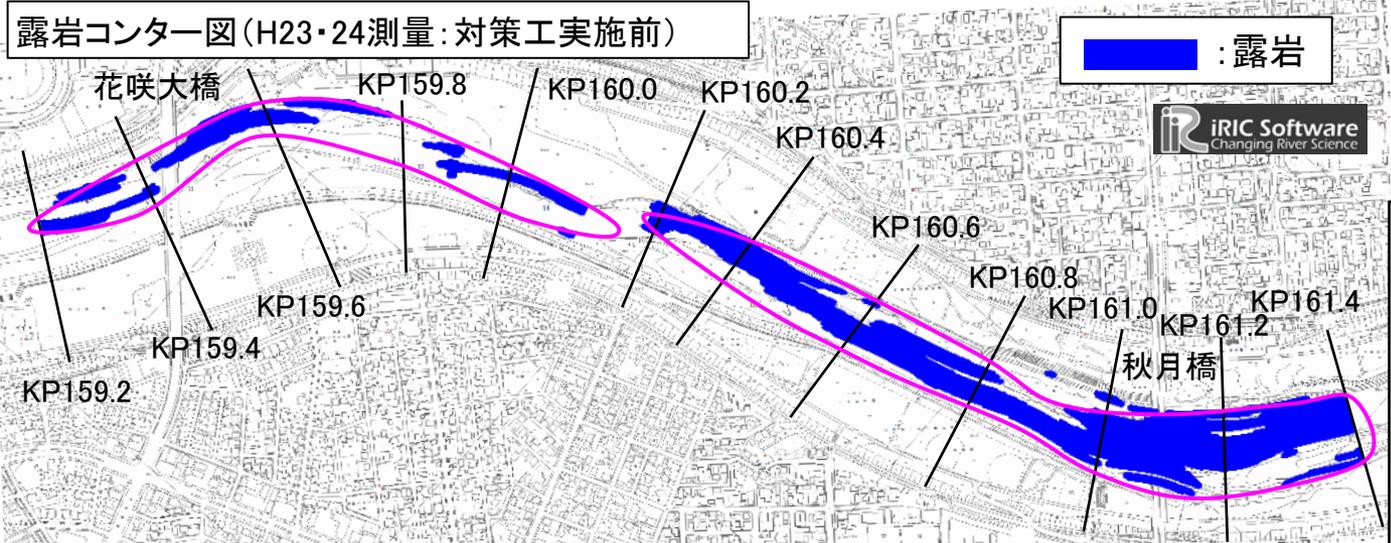
- ↔ (Blue) H26施工区間 (KP159.2～159.8) すり付け区間
- ↔ (Red) H26施工区間 (KP159.8～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ (Orange) H27施工区間 (KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ (Green) H28施工区間 (KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ (Purple) H30施工区間 (KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

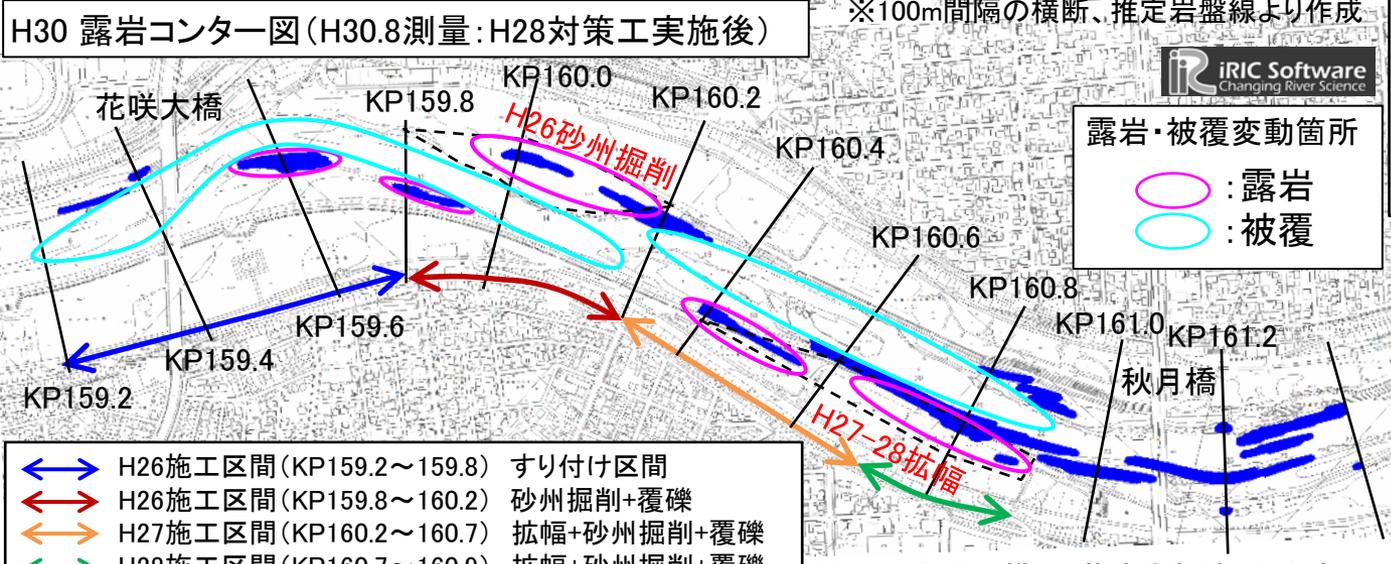
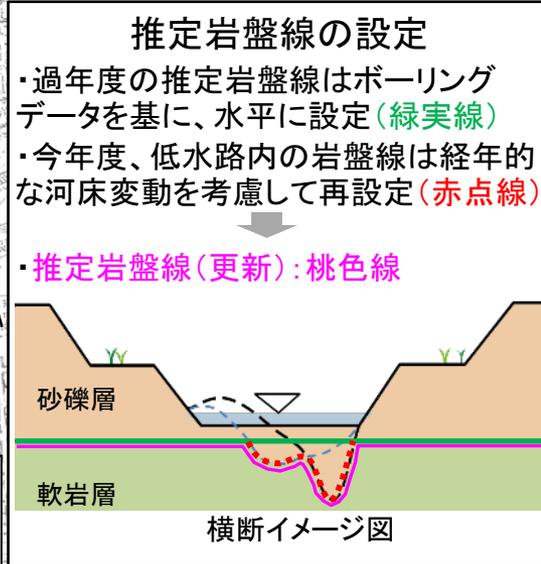
6-8.露岩範囲

①対策実施前：H23・24、対策実施後：H30.8

- 施工済み区間KP159.2～161.4を対象に、対策前後における露岩面積の比較を行った。
- H30時点(H30.8)の露岩面積は、対策実施前(H23・24)に比べて54%程度減少。



露岩面積
85,000m²
(KP159.2～161.4)



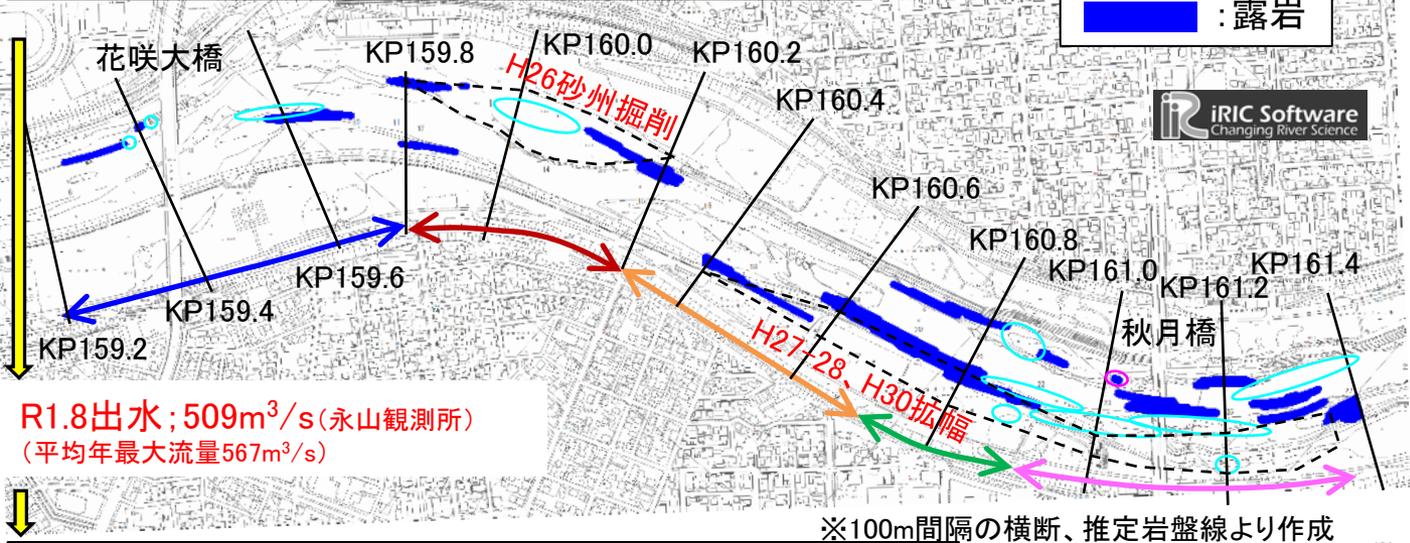
露岩面積
39,000m²
(KP159.2～161.4)

- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.8) すり付け区間
 - ↔ H26施工区間(KP159.8～160.2) 砂州掘削+覆礫
 - ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
 - ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

②対策実施後【R01融雪出水後、R01夏季出水後】

- R1融雪出水後 (R1.6) の露岩面積は、対策実施前 (H23・24) に比べて67%程度減少、H30.8に比べて28%程度減少。
- R1夏季出水後 (R1.10) の露岩面積は、対策実施前 (H23・24) に比べて74%程度減少、R1融雪後に比べて21%程度減少。

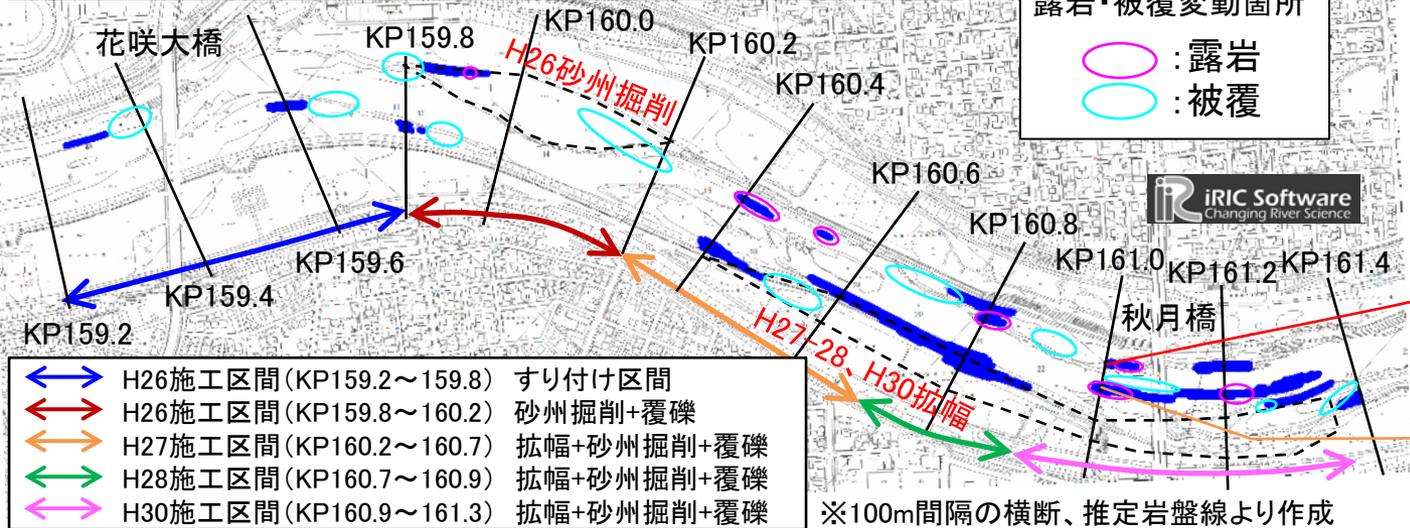
R1融雪後 露岩コンター図 (R1.6測量: H30対策工実施後)



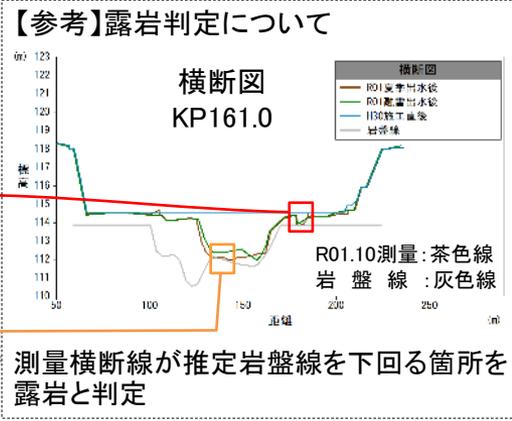
露岩面積
28,000m²
(KP159.2~161.4)

R1.8出水: 509m³/s (永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

R1夏季出水後 露岩コンター図 (R1.10測量: H30対策工実施後)

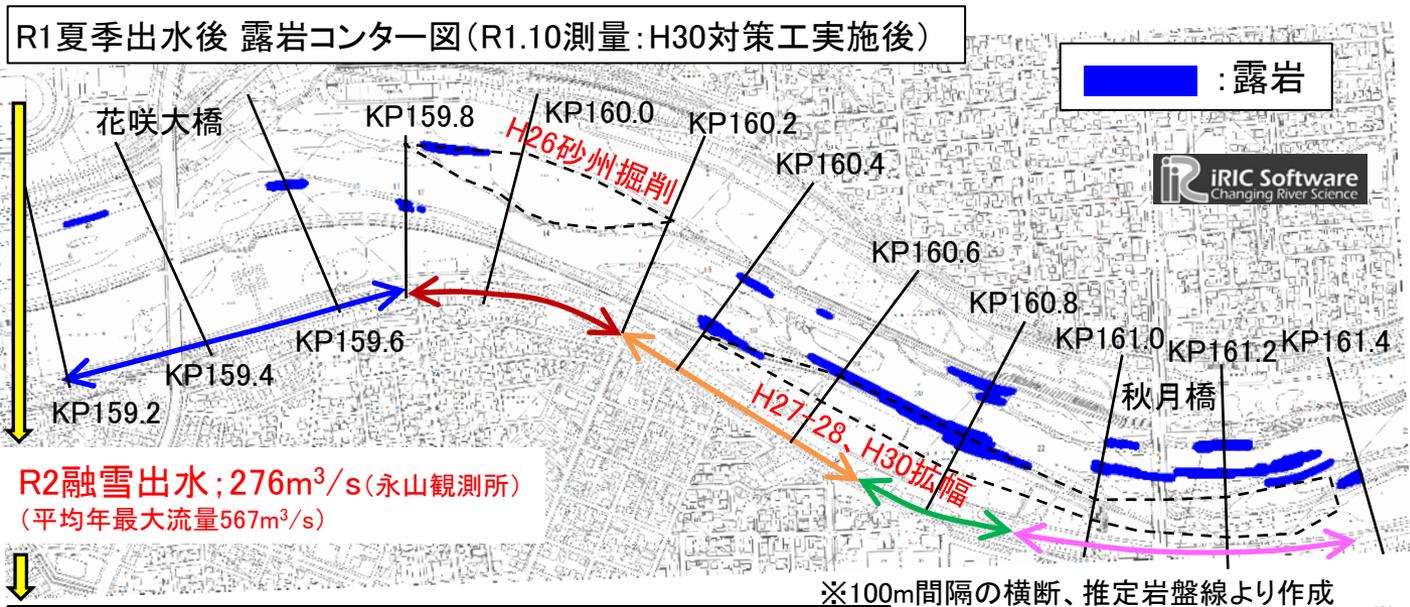


露岩面積
22,000m²
(KP159.2~161.4)



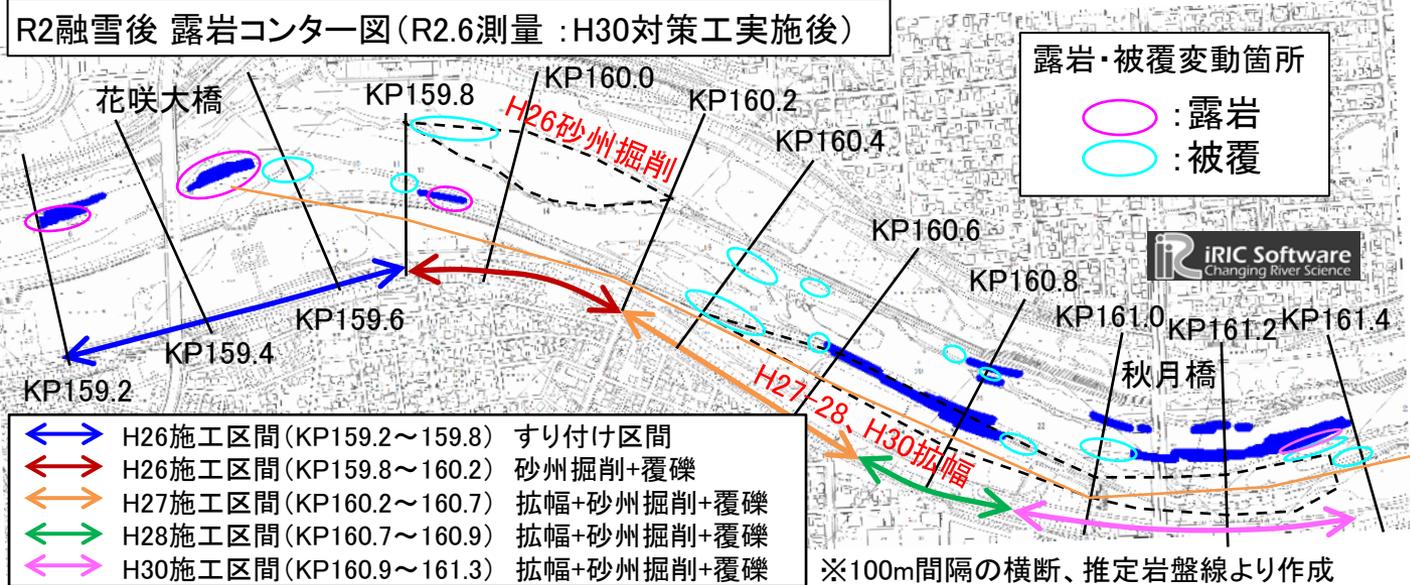
③対策実施後【R01夏季出水後、R02融雪出水後】

➢ R2融雪出水後(R2.6)の露岩面積は、対策実施前(H23・24)に比べて79%程度減少、R1夏季出水後(R1.10)に比べて18%程度減少。

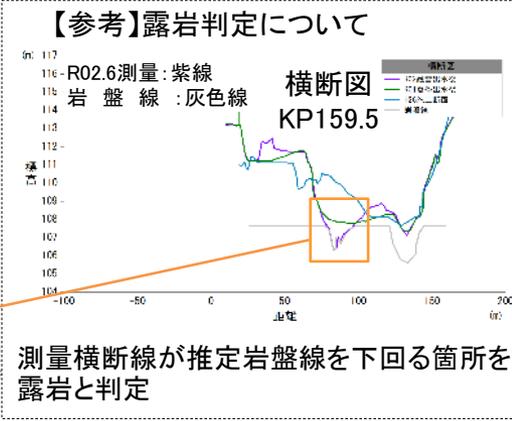


露岩面積
22,000m²
(KP159.2~161.4)

R2融雪出水; 276m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

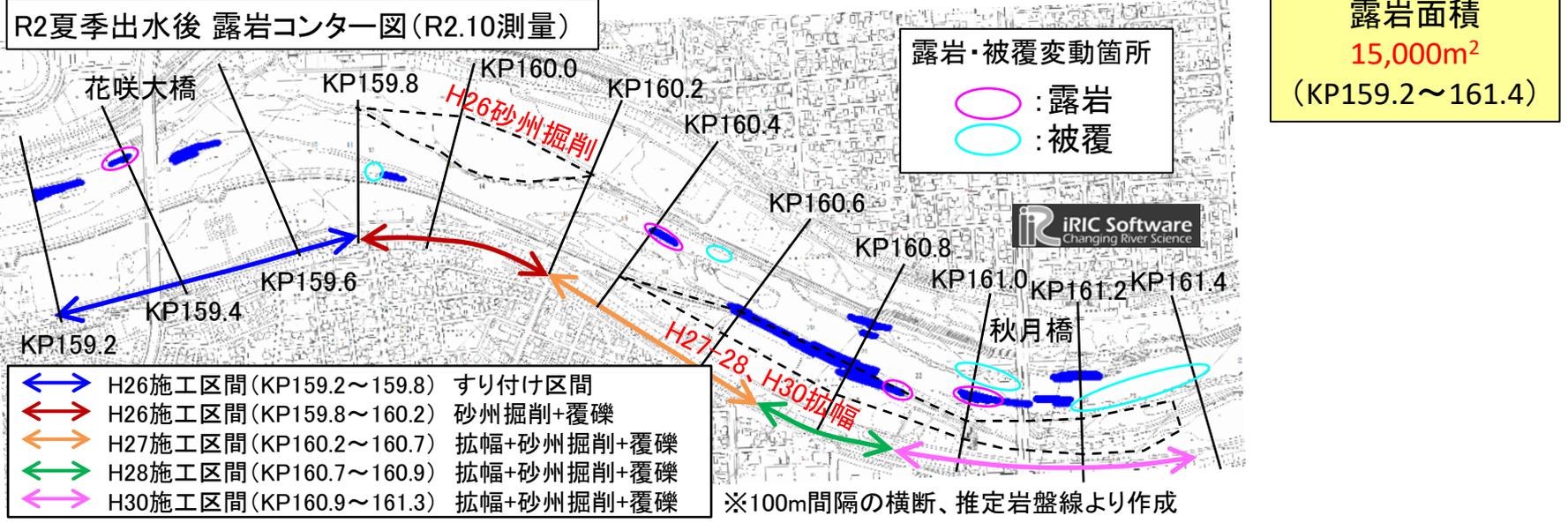
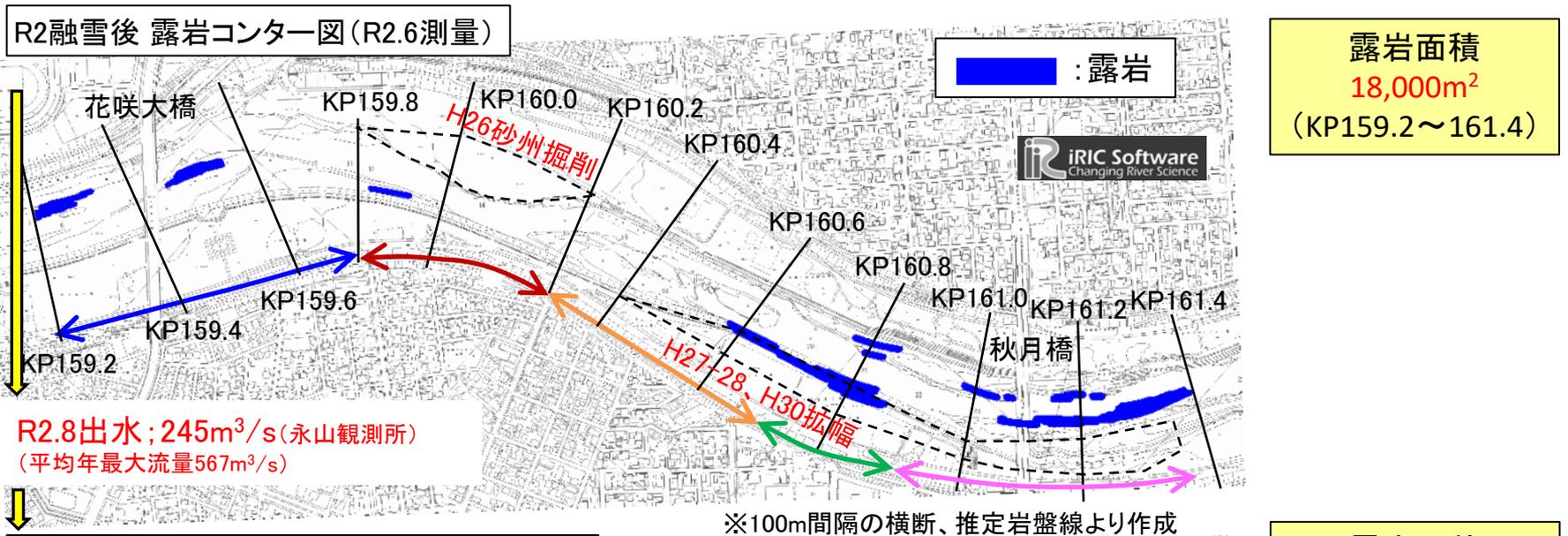


露岩面積
18,000m²
(KP159.2~161.4)



④対策実施後【R02融雪出水後、R02夏季出水後】

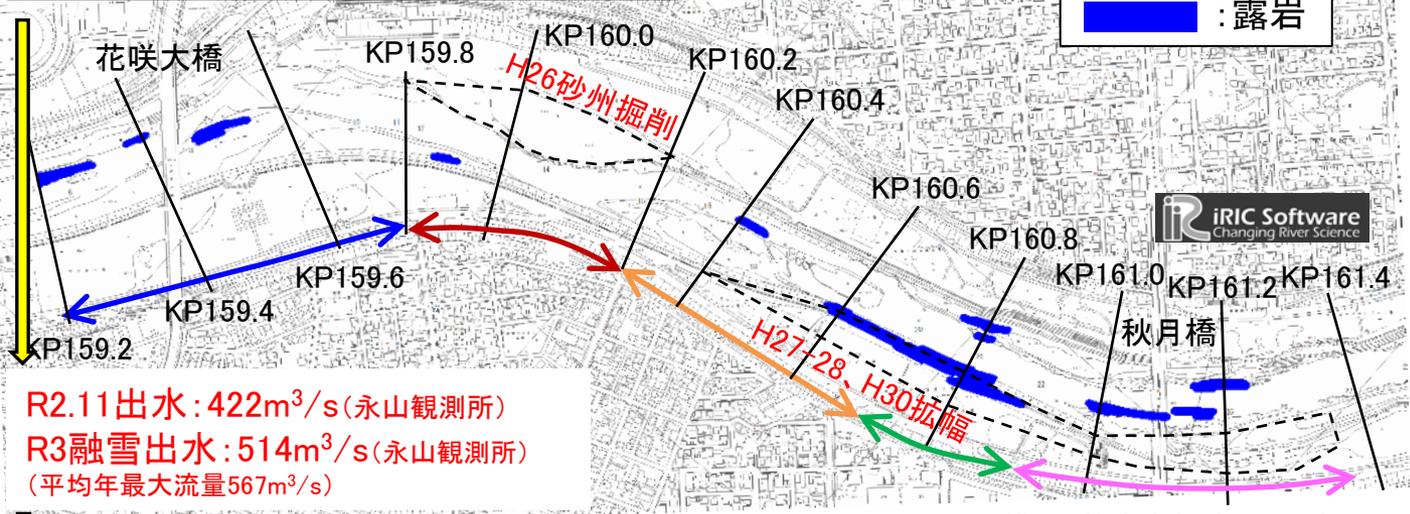
➤ R2夏季出水後(R2.10)の露岩面積は、対策実施前(H23・24)に比べて82%程度減少、R2融雪後(R2.6)に比べて17%程度減少。



⑤対策実施後【R02夏季出水後、R03融雪出水後】

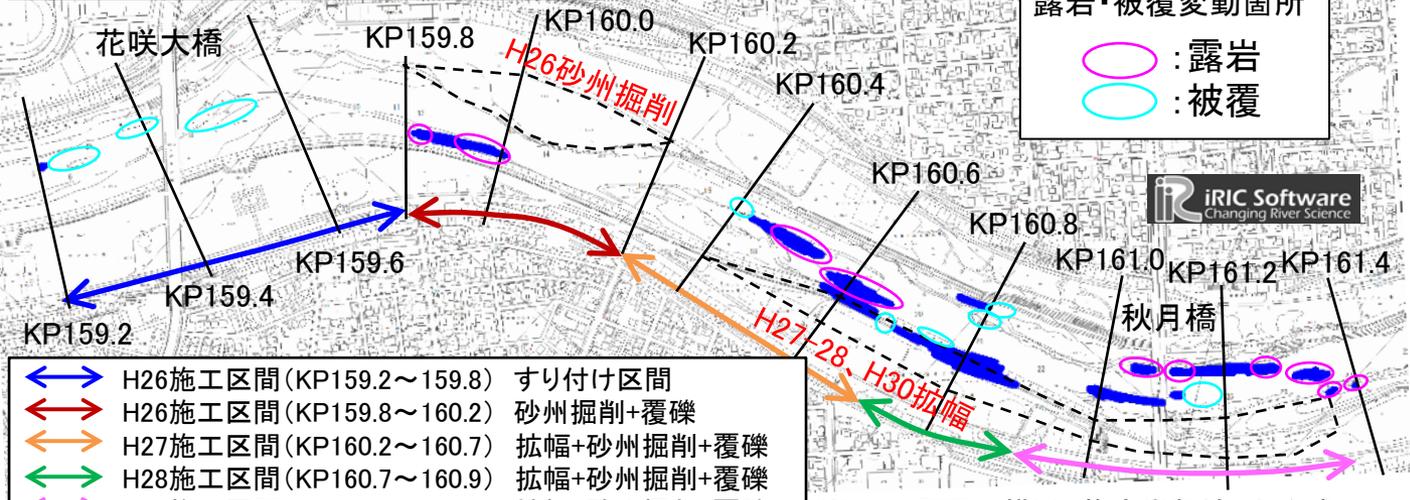
➤ R3融雪出水後(R3.6)の露岩面積は、対策実施前(H23・24)に比べて80%程度減少、R2夏季出水後(R2.10)に比べて13%程度増加。

R2夏季出水後 露岩コンター図(R2.10測量)



露岩面積
15,000m²
(KP159.2~161.4)

R3融雪後 露岩コンター図(R3.6測量)



露岩面積
17,000m²
(KP159.2~161.4)

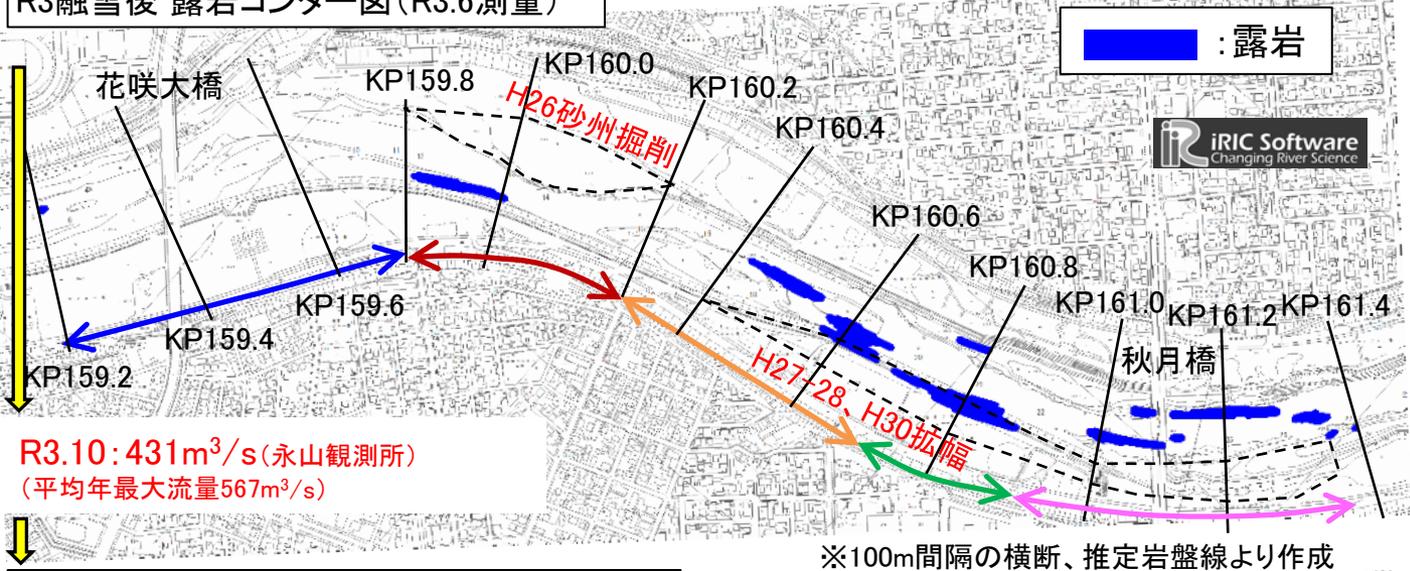
※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

※100m間隔の横断、推定岩盤線より作成

⑥対策実施後【R03融雪出水後、R03夏季出水後】

➤ R3夏季出水後(R3.6)の露岩面積は、対策実施前(H23・24)に比べて79%程度減少、R3融雪後(R3.6)に比べて6%程度増加。

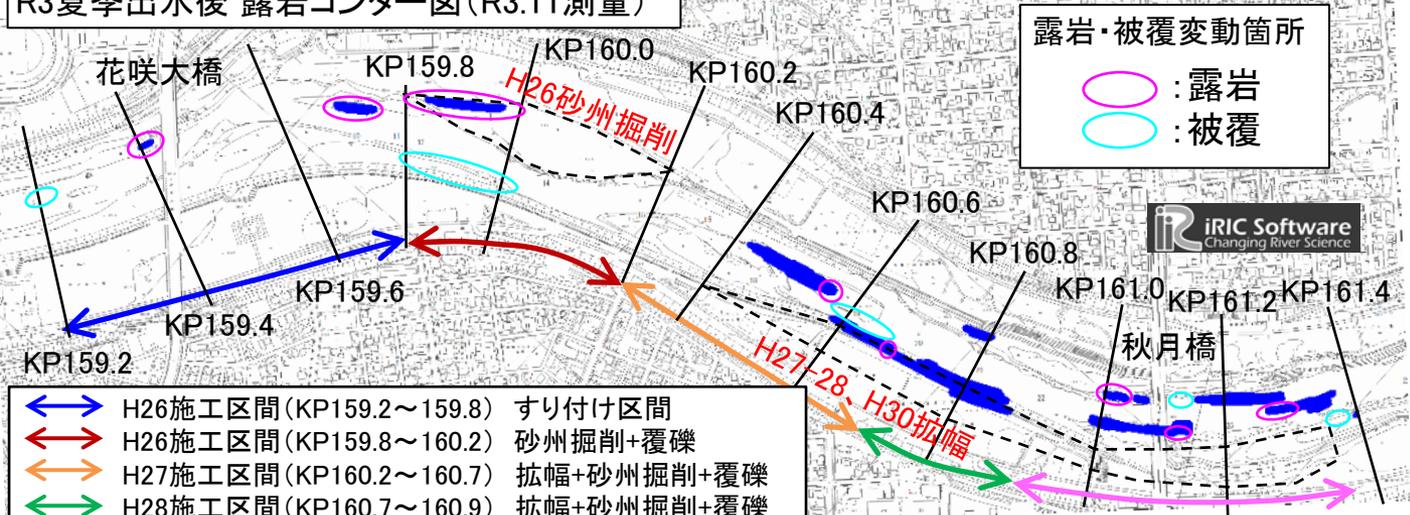
R3融雪後 露岩コンター図(R3.6測量)



露岩面積
17,000m²
(KP159.2～161.4)

R3.10: 431m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)

R3夏季出水後 露岩コンター図(R3.11測量)



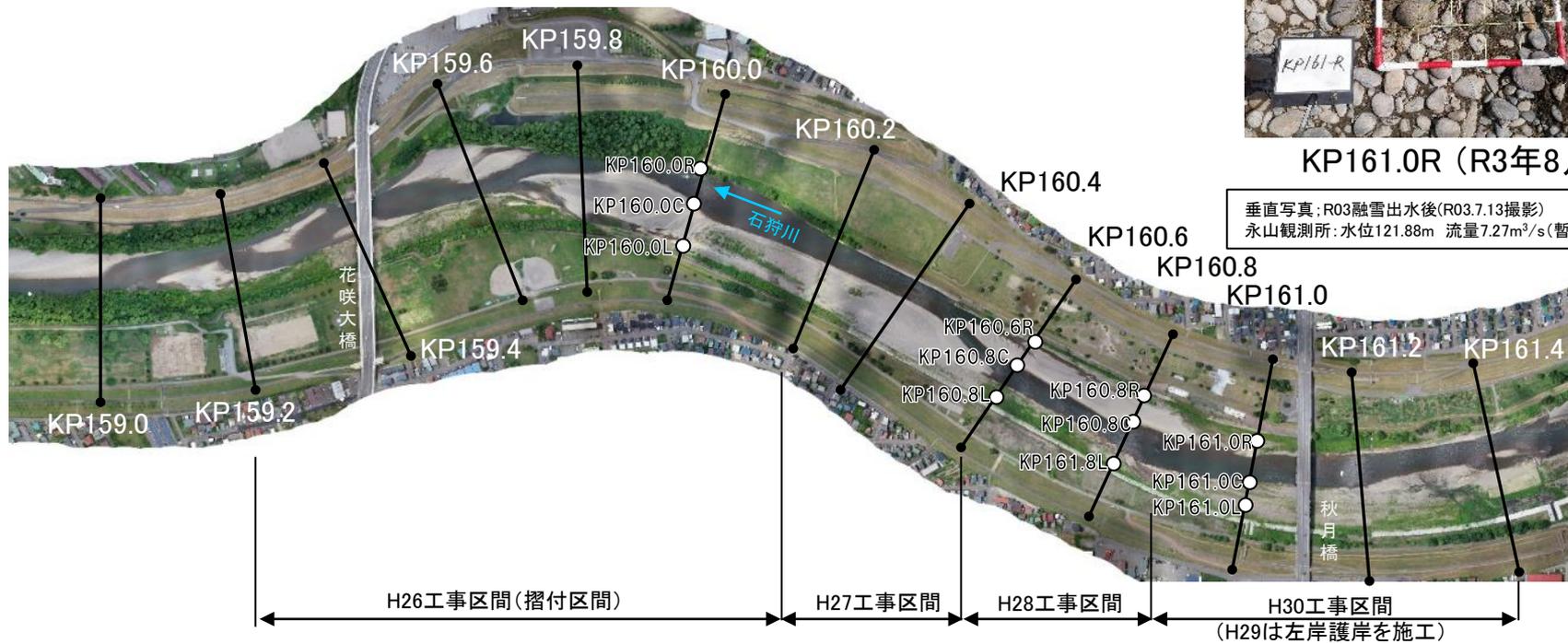
露岩面積
18,000m²
(KP159.2～161.4)

- | | | |
|------------|-------------------------|------------|
| ↔ (Blue) | H26施工区間 (KP159.2～159.8) | すり付け区間 |
| ↔ (Red) | H26施工区間 (KP159.8～160.2) | 砂州掘削+覆礫 |
| ↔ (Orange) | H27施工区間 (KP160.2～160.7) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ↔ (Green) | H28施工区間 (KP160.7～160.9) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ↔ (Purple) | H30施工区間 (KP160.9～161.3) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |

6-9.河床材料調査結果

(1)河床材料調査地点

➤ 河床材料調査はH26～H30工事区間で実施



KP161.0R (R3年8月)

垂直写真: R03融雪出水後(R03.7.13撮影)
 永山観測所: 水位121.88m 流量7.27m³/s(暫定値)



KP160.0R (R3年8月)



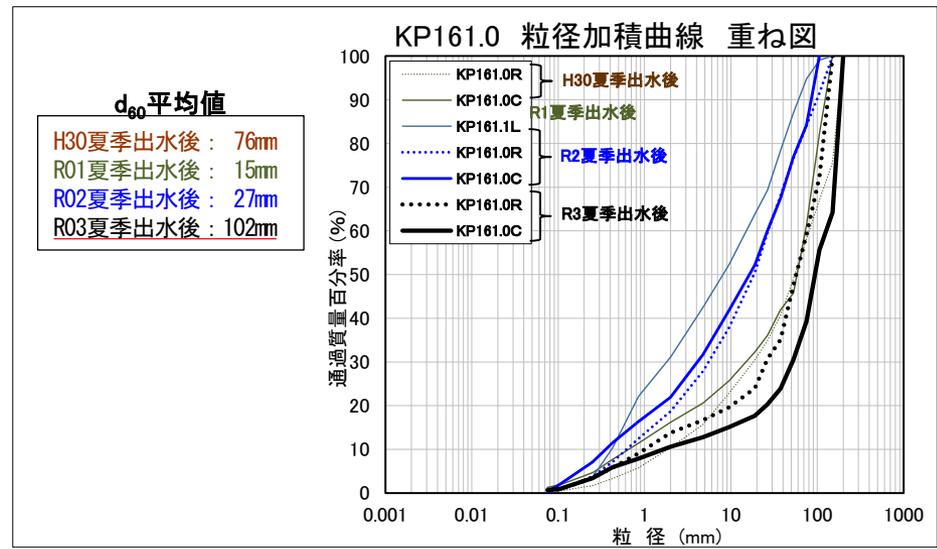
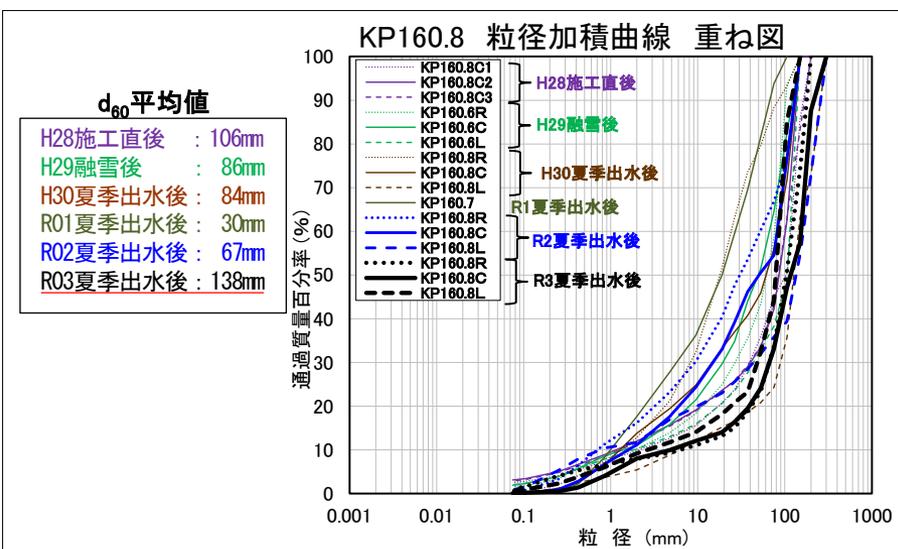
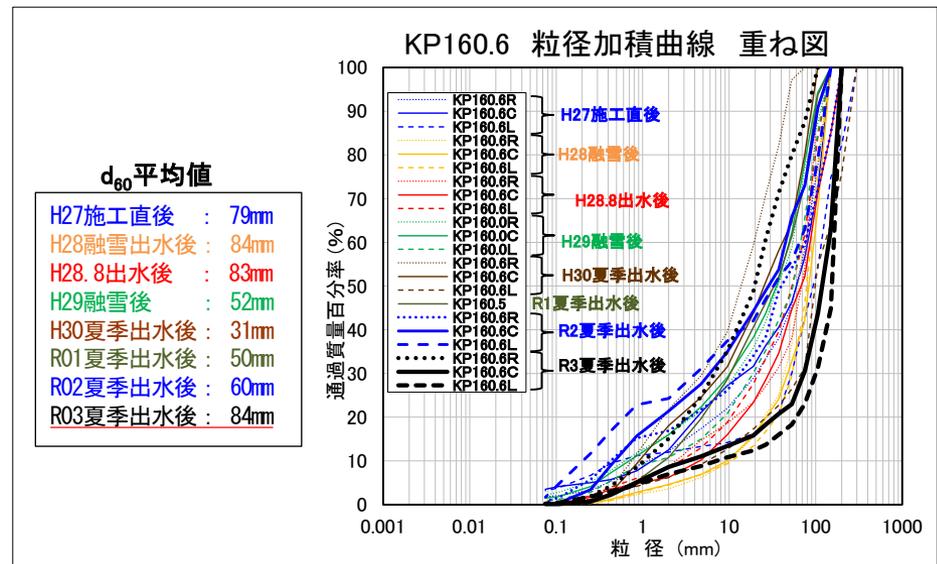
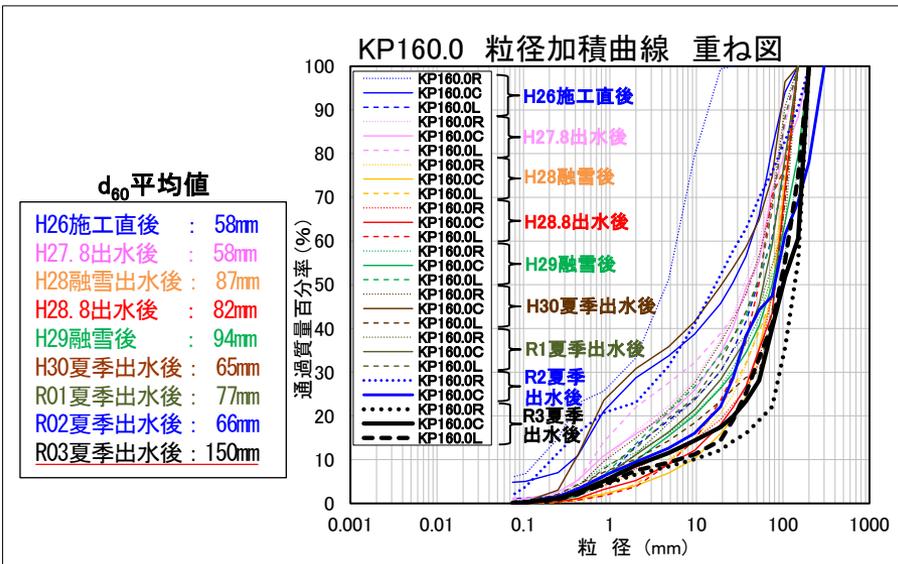
KP160.6C (R3年8月)



KP160.8C (R3年8月)

(2) 河床材料 粒径河積曲線

・H30年度施工後から流水部の工事が2年間、行われていないことから、R3河床材料は、過年度と比べて粗粒化傾向である。



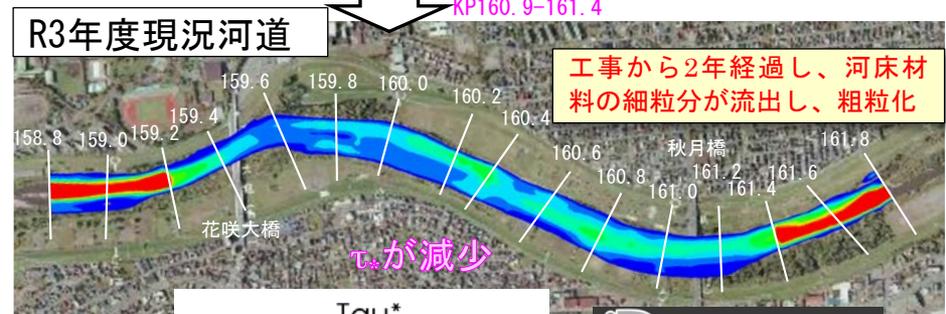
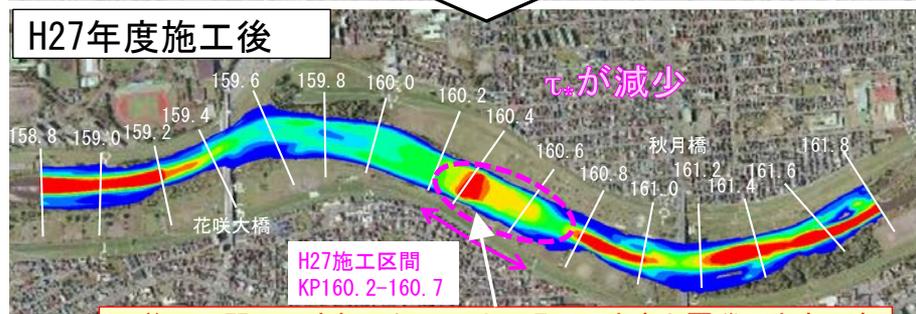
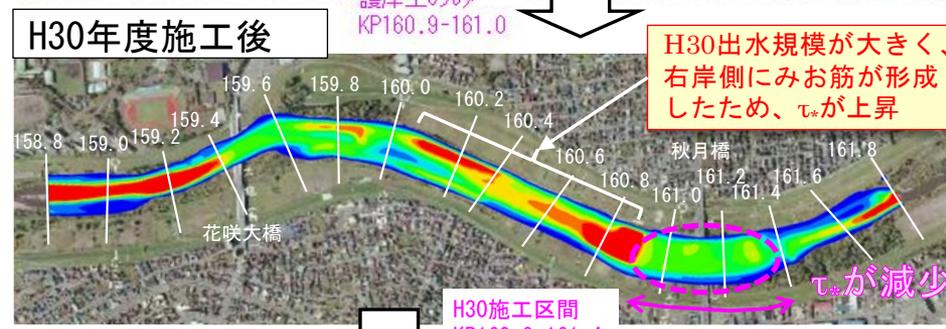
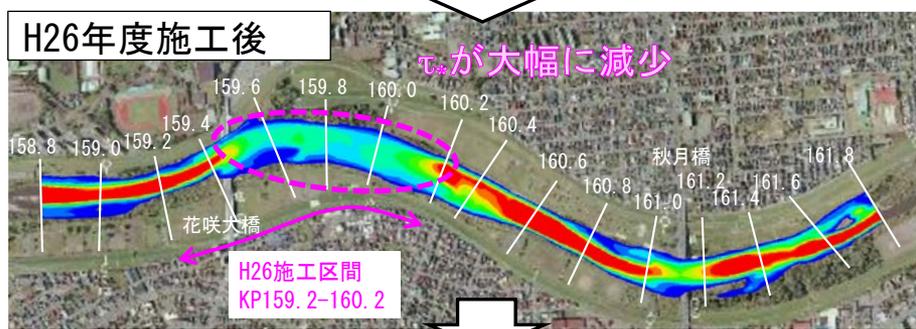
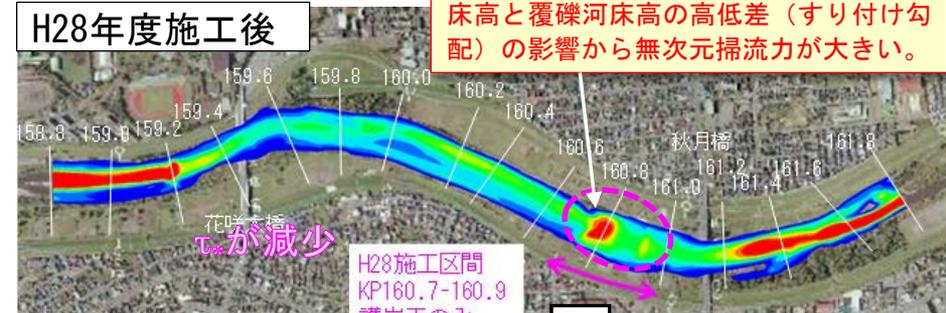
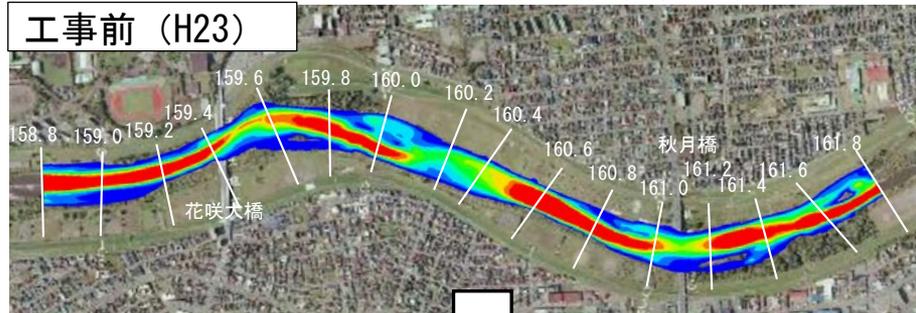
6-10.無次元掃流力の変化

(1)平均年最大流量時における無次元掃流力

①無次元掃流力カウンター図(平均年最大流量 $Q=570\text{m}^3/\text{s}$)

- 工事(低水路拡幅、砂州掘削及び覆礫等)により工事前(H23)よりも水面幅が広がっている。
- 施工直後に無次元掃流力(平均年最大流量時)が工事前(H23)よりも減少し、その後、変化は小さく、概ね安定している。

<無次元掃流力カウンター図(平均年最大流量 $Q=570\text{m}^3/\text{s}$)>



※施工区間の下流部においては、現況河床高と覆礫河床高の高低差(すり付け勾配)の影響から無次元掃流力が大きい。



②無次元掃流力の変化(平均年最大流量Q=570m³/s)

- 平均年最大流量時における無次元掃流力の評価とし、施工前(Case1:H23)と各Caseの最大値・平均値を比較した。
- 施工直後に無次元掃流力が大幅に減少し、その後概ね維持しているが、H30出水のような大規模な出水後の河道(Case7やCase8等)においては、みお筋の形成等の影響から無次元掃流力が増加している。
- 近年(R2年度、R3年度現況)は、概ね安定傾向にある。

平均年最大流量時における無次元掃流力の評価結果

Case名	Case概要	河床材料(d60)		各施工区間の無次元掃流力			
		施工区間 (過年度 施工区)	未施工 区間	H26年度 施工区間KP159.6-160.2 ※砂州掘削及び覆礫実施区間のみ	H27年度 施工区間 KP160.2-160.7	H28年度 施工区間 KP160.7-160.9	H30年度 施工区間 KP160.9-161.4
Case1	対策工事前H23	—	47mm	下限0.01~上限0.13 (平均0.04)	0.01~0.15 (平均0.07)	0.01~0.14 (平均0.07)	0.01~0.13 (平均0.05)
Case2	H26年度施工後	63mm		0.01~0.05 (平均0.03)	—	—	—
Case3	H27年度施工前	77mm		0.01~0.06 (平均0.03)	—	—	—
Case4	H27年度施工後	66mm		0.01~0.08 (平均0.03)	0.01~0.11 (平均0.06)	—	—
Case5	H28年度施工前	86mm		0.01~0.07 (平均0.03)	0.01~0.07 (平均0.03)	—	—
Case6	H28年度施工後	87mm		0.01~0.07 (平均0.03)	0.01~0.07 (平均0.03)	0.01~0.05 (平均0.03)	—
Case7	H30年度施工前	51mm		0.01~0.11 (平均0.05)	0.01~0.10 (平均0.06)	0.01~0.09 (平均0.04)	—
Case8	H30年度施工後	63mm		0.01~0.12 (平均0.05)	0.01~0.11 (平均0.06)	0.01~0.15 (平均0.08)	0.01~0.07 (平均0.04)
Case9	R2年度	55mm		0.01~0.11 (平均0.04)	0.01~0.10 (平均0.06)	0.01~0.10 (平均0.05)	0.01~0.10 (平均0.05)
Case10	R3年度現況	118mm		0.01~0.05 (平均0.02)	0.01~0.05 (平均0.03)	0.01~0.05 (平均0.03)	0.01~0.05 (平均0.02)

施工直後に減少

近年は概ね安定傾向

※施工区間上下流端の擦り付け部では、縦断勾配や河床材料の影響から、 τ_* が大きい箇所があるため、評価値には含めず整理する。

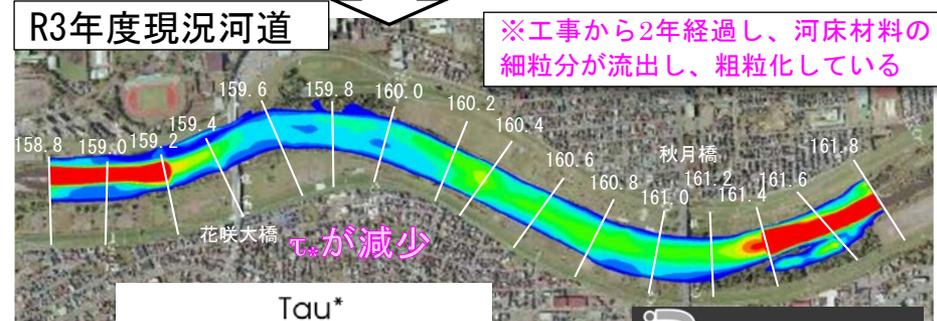
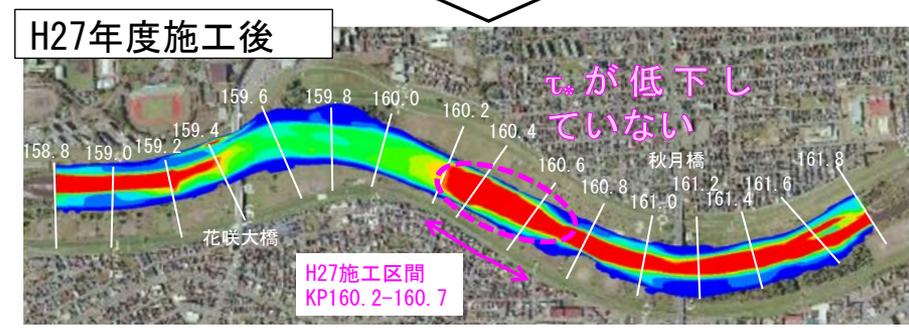
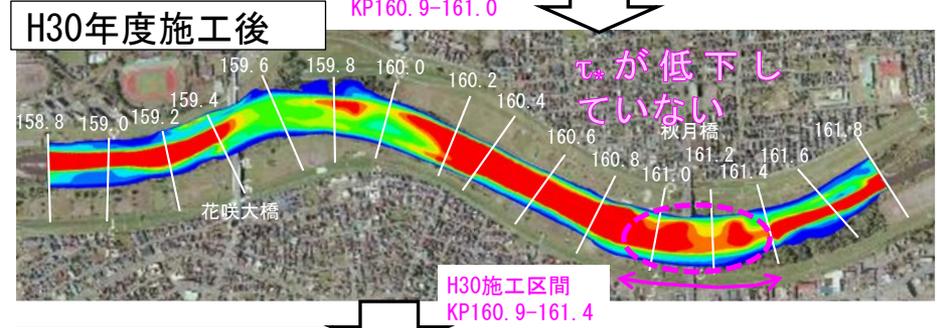
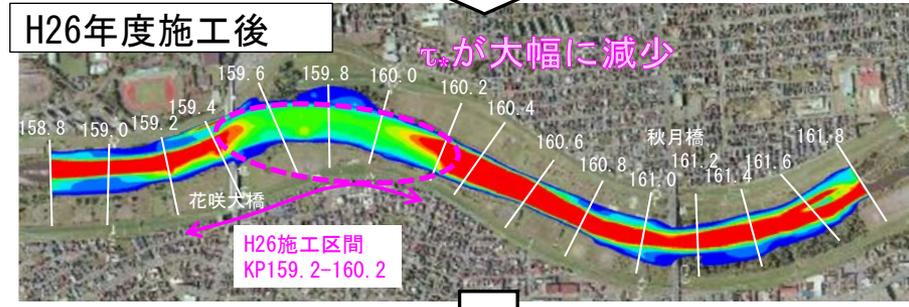
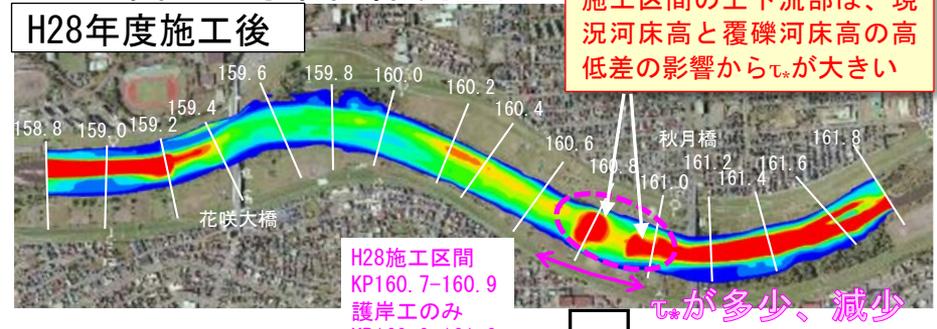
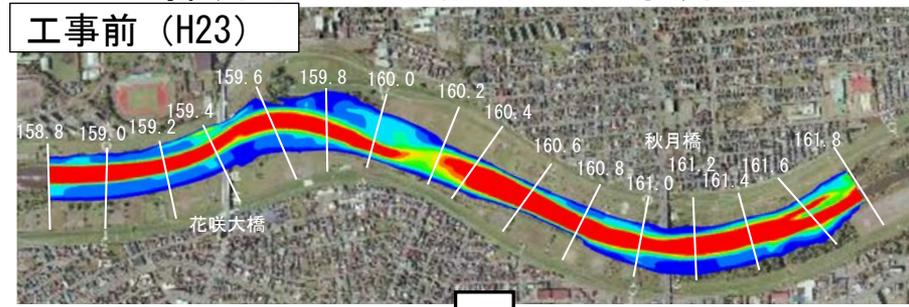
※巨礫敷設箇所も考慮

(1)H23出水流量時(河床低下対策目標流量)における無次元掃流力

①無次元掃流力コンター図(H23出水流量 $Q=1280\text{m}^3/\text{s}$)

- 工事(低水路拡幅、砂州掘削及び覆礫等)により工事前よりも水面幅が広がっている。
- 出水規模が大きいH23最大流量($1280\text{m}^3/\text{s}$)流下時では、施工後においても τ_* の低下が難しい状況である一方で、R3現況河道においては河床材料の粗粒化により低下している。

<無次元掃流力コンター図 (H23出水流量 $Q=1280\text{m}^3/\text{s}$:河床低下対策目標流量)>



②無次元掃流力の変化(H23出水流量Q=1280m³/s)

- H23出水最大流量(河床低下対策目標流量)における無次元掃流力の評価とし、施工前(Case1:H23)と各Caseの最大値・平均値を比較した。
- 施工直後に無次元掃流力が減少し、その後概ね維持しているが、H30出水のような大規模な出水後の河道(Case7やCase8等)においては、みお筋の形成等の影響から無次元掃流力が増加している。
- 現在のR3年度現況は、概ね安定傾向にある。

H23出水最大流量(Q=1280m³/s:河床低下対策目標流量)における無次元掃流力の評価結果

Case名	Case概要	河床材料(d60)		各施工区間の無次元掃流力			
		施工区間 (過年度 施工区)	未施工 区間	H26年度 施工区間KP159.6-160.2 ※砂州掘削及び覆礫実施区間のみ	H27年度 施工区間 KP160.2-160.7	H28年度 施工区間 KP160.7-160.9	H30年度 施工区間 KP160.9-161.4
Case1	対策工事前H23	—	47mm	下限0.01~上限0.16 (平均0.05)	0.01~0.19 (平均0.10)	0.01~0.19 (平均0.09)	0.01~0.15 (平均0.06)
Case2	H26年度施工後	63mm		0.01~0.08 (平均0.04)	—	—	—
Case3	H27年度施工前	77mm		0.01~0.08 (平均0.03)	—	—	—
Case4	H27年度施工後	66mm		0.01~0.11 (平均0.04)	0.01~0.16 (平均0.09)	—	—
Case5	H28年度施工前	86mm		0.01~0.09 (平均0.04)	0.01~0.12 (平均0.05)	—	—
Case6	H28年度施工後	87mm		0.01~0.09 (平均0.04)	0.01~0.09 (平均0.05)	0.01~0.12 (平均0.06)	—
Case7	H30年度施工前	51mm		0.01~0.13 (平均0.06)	0.01~0.14 (平均0.09)	0.01~0.16 (平均0.07)	—
Case8	H30年度施工後	63mm		0.01~0.14 (平均0.06)	0.01~0.14 (平均0.09)	0.01~0.21 (平均0.11)	0.01~0.16 (平均0.07)
Case9	R2年度	55mm		0.01~0.14 (平均0.05)	0.01~0.13 (平均0.09)	0.01~0.13 (平均0.08)	0.01~0.15 (平均0.07)
Case10	R3年度現況	118mm		0.01~0.06 (平均0.03)	0.01~0.07 (平均0.04)	0.01~0.06 (平均0.04)	0.01~0.07 (平均0.03)

↓ 施工直後に減少

※施工区間上下流端の擦り付け部では、縦断勾配や河床材料の影響から、 τ_* が大きい箇所があるため、評価値には含めず整理する。

※巨礫敷設箇所も考慮

近年は概ね安定傾向

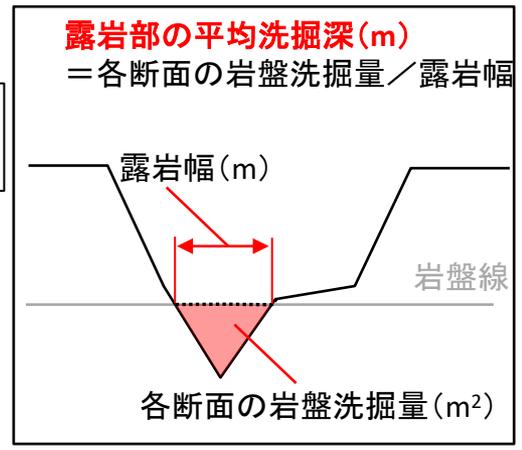
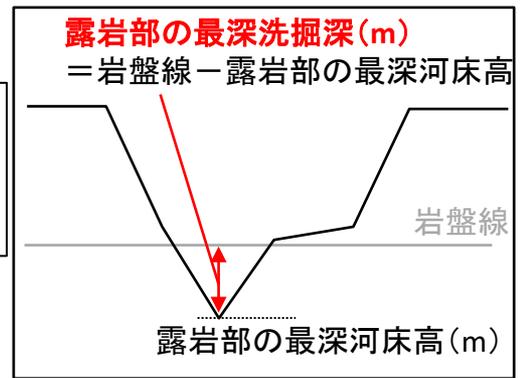
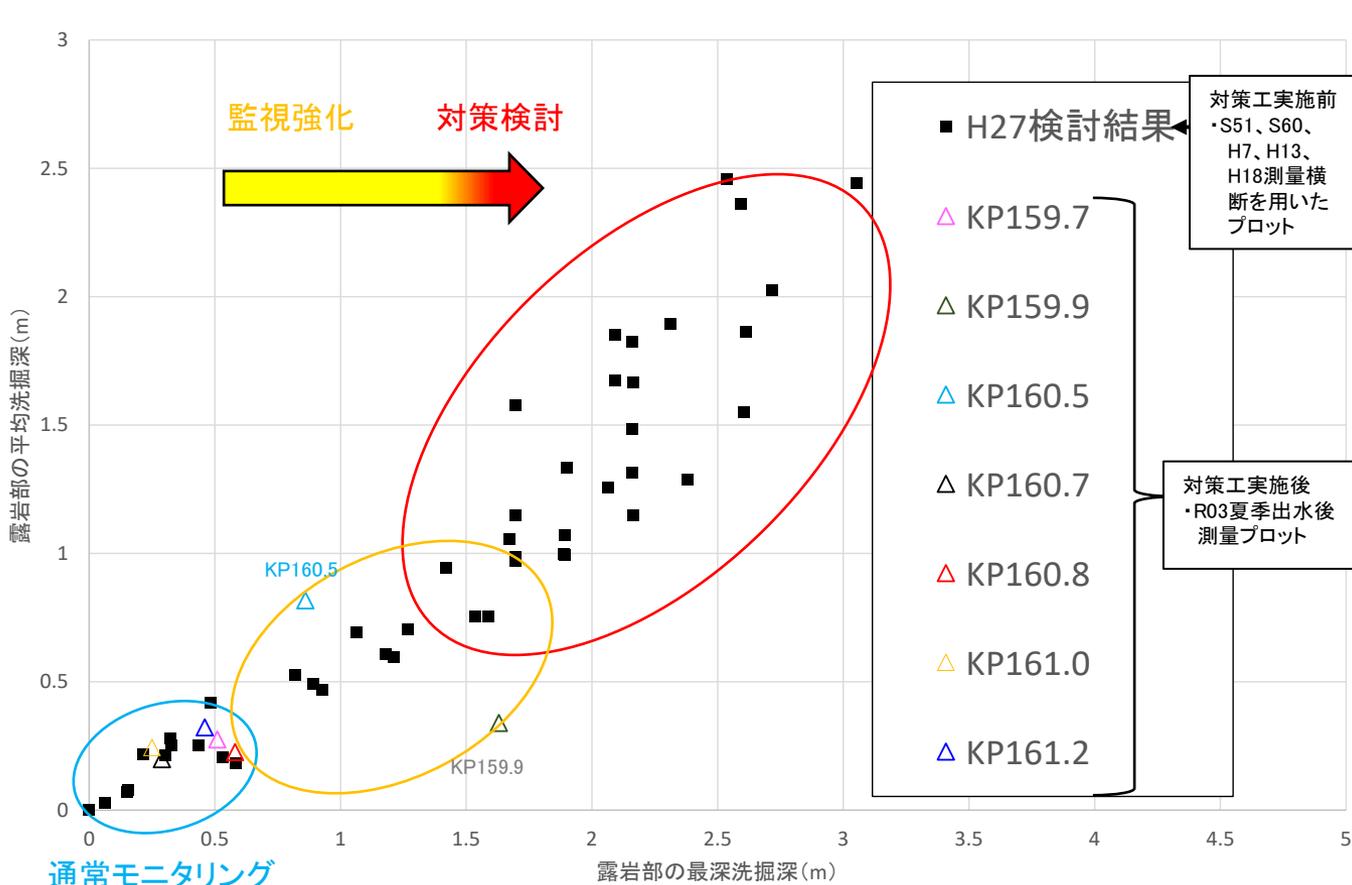
6-11. 順応的管理: 露岩に関する評価

(1) 露岩部の平均洗掘深と最深洗掘深の関係図(1)

① R03夏季出水後

- H27に検討した順応的管理の閾値の目安(案)のグラフに、R03夏季出水後測量結果から岩盤洗掘箇所をプロットした。
- KP159.9、KP160.5が**監視強化**の範疇であり、それ以外は**通常モニタリング**の範疇である。

① 露岩部の平均洗掘深と最深洗掘深の関係図

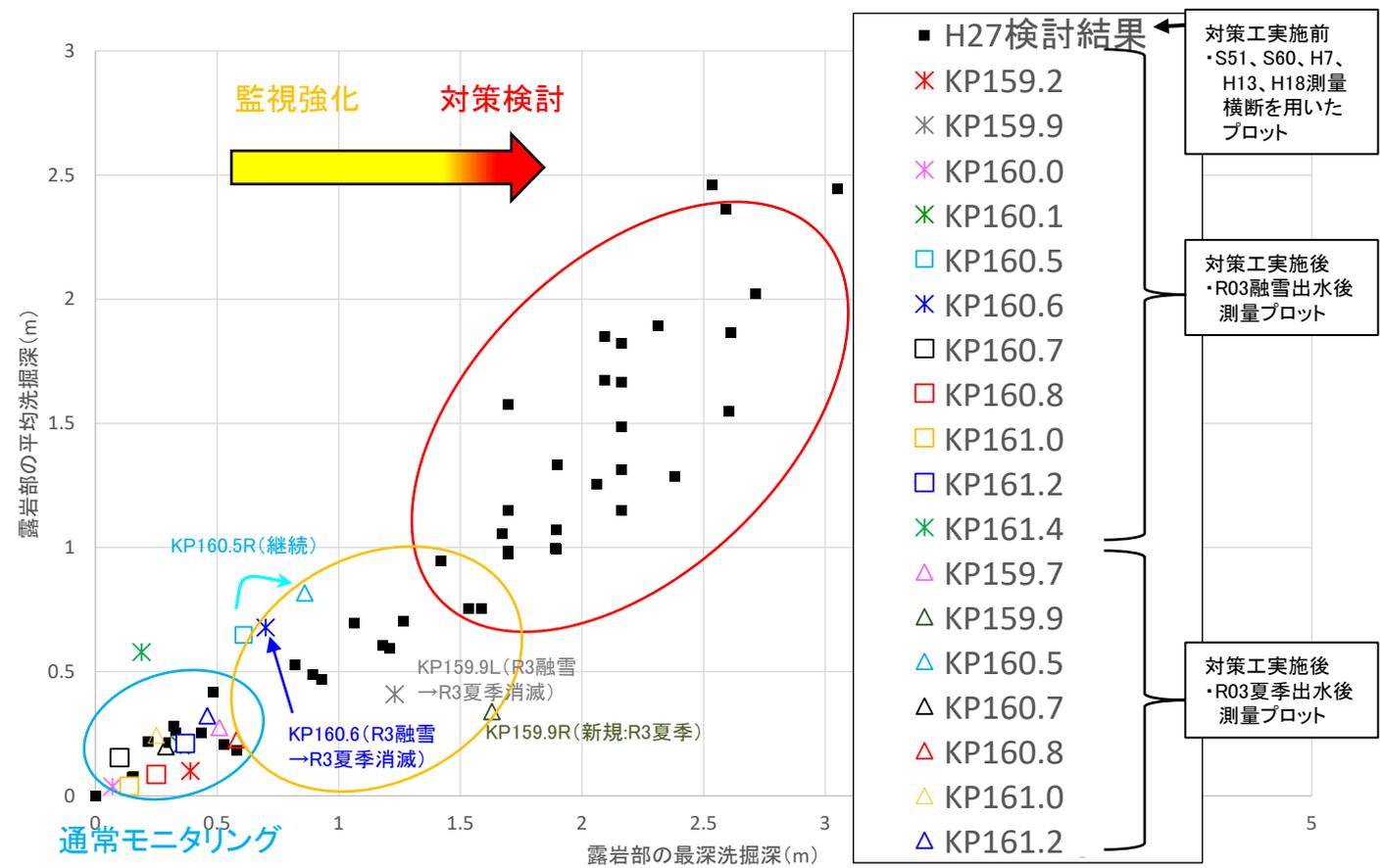


通常モニタリング

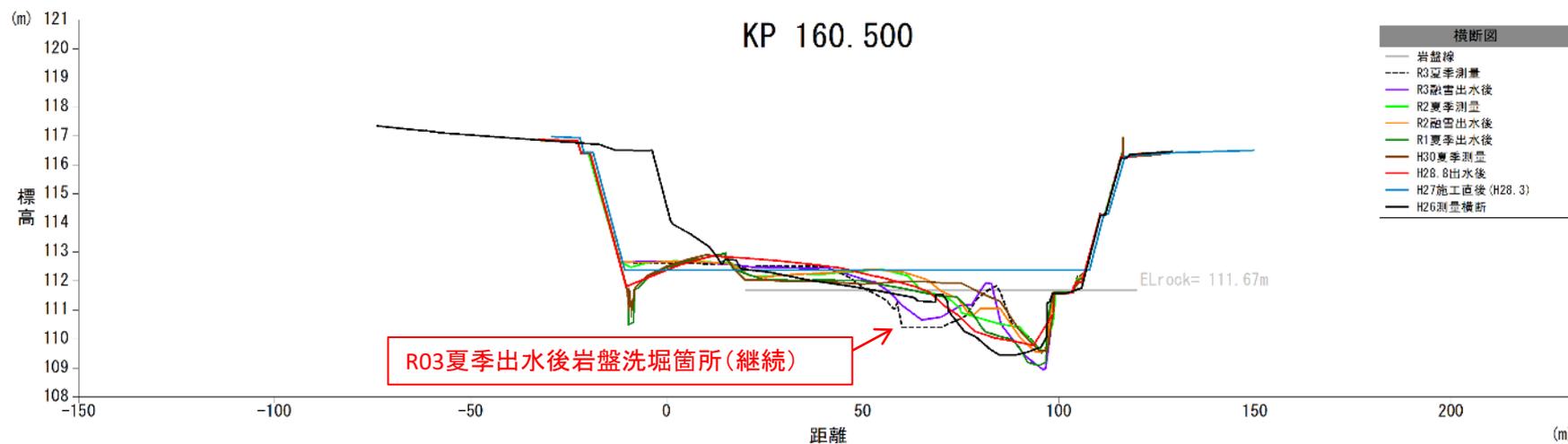
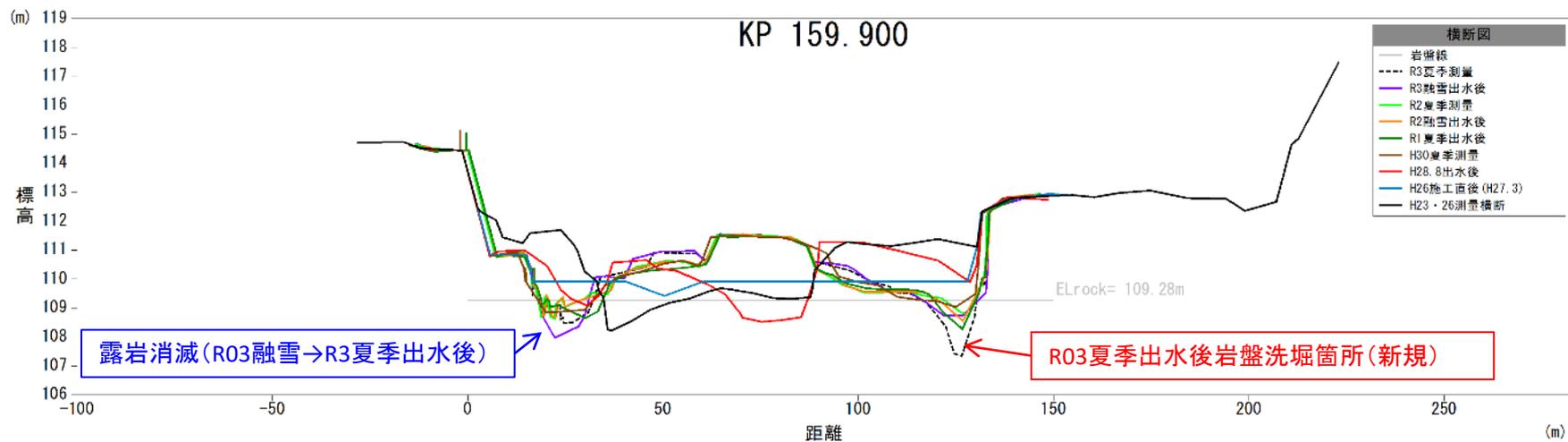
露岩部の最深洗掘深 (m)

②R03融雪出水後からR03夏季出水後の変化

- R03融雪後に**監視強化**であったKP159.9L、KP160.6がR03夏季出水後に消滅した。
- KP160.5はR03夏季出水後においても露岩が継続し**監視強化**の範疇にある。
- R03夏季出水後、新たにKP159.9Rで**監視強化**の範囲となる露岩が発生した。
- 上記以外は**通常モニタリング**の範疇である。
- このように現在の段階施工中では、閾値を超過した箇所においても今後上流への施工が進むにつれ、下流区間に土砂堆積することが想定されるため、今後も経過観察を実施する。



洗堀箇所代表横断図

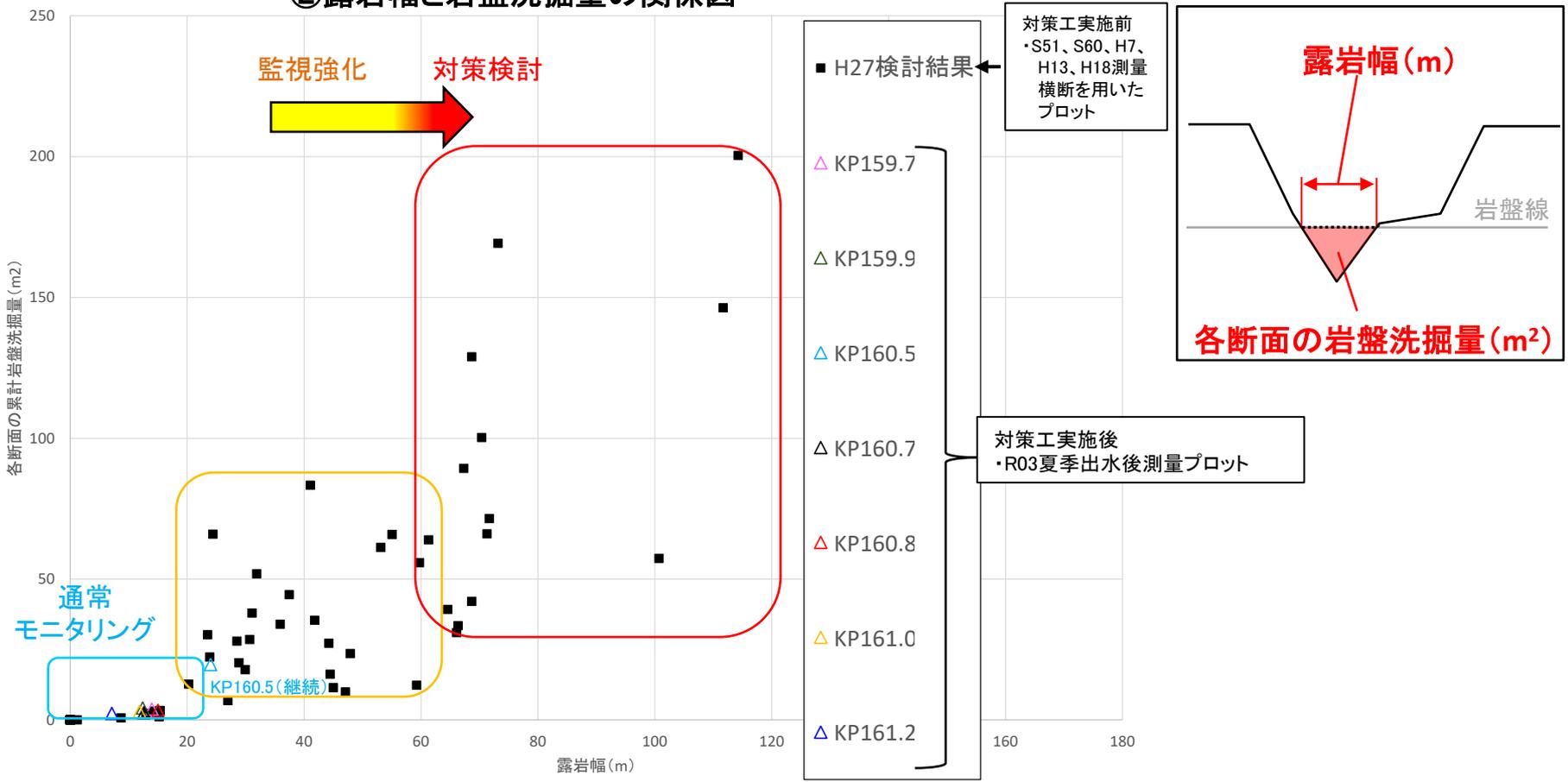


(2) 露岩幅と岩盤洗掘量の関係図

① R03夏季出水後

➤ KP160.5が監視強化の範疇であり、それ以外は通常モニタリングの範疇である。

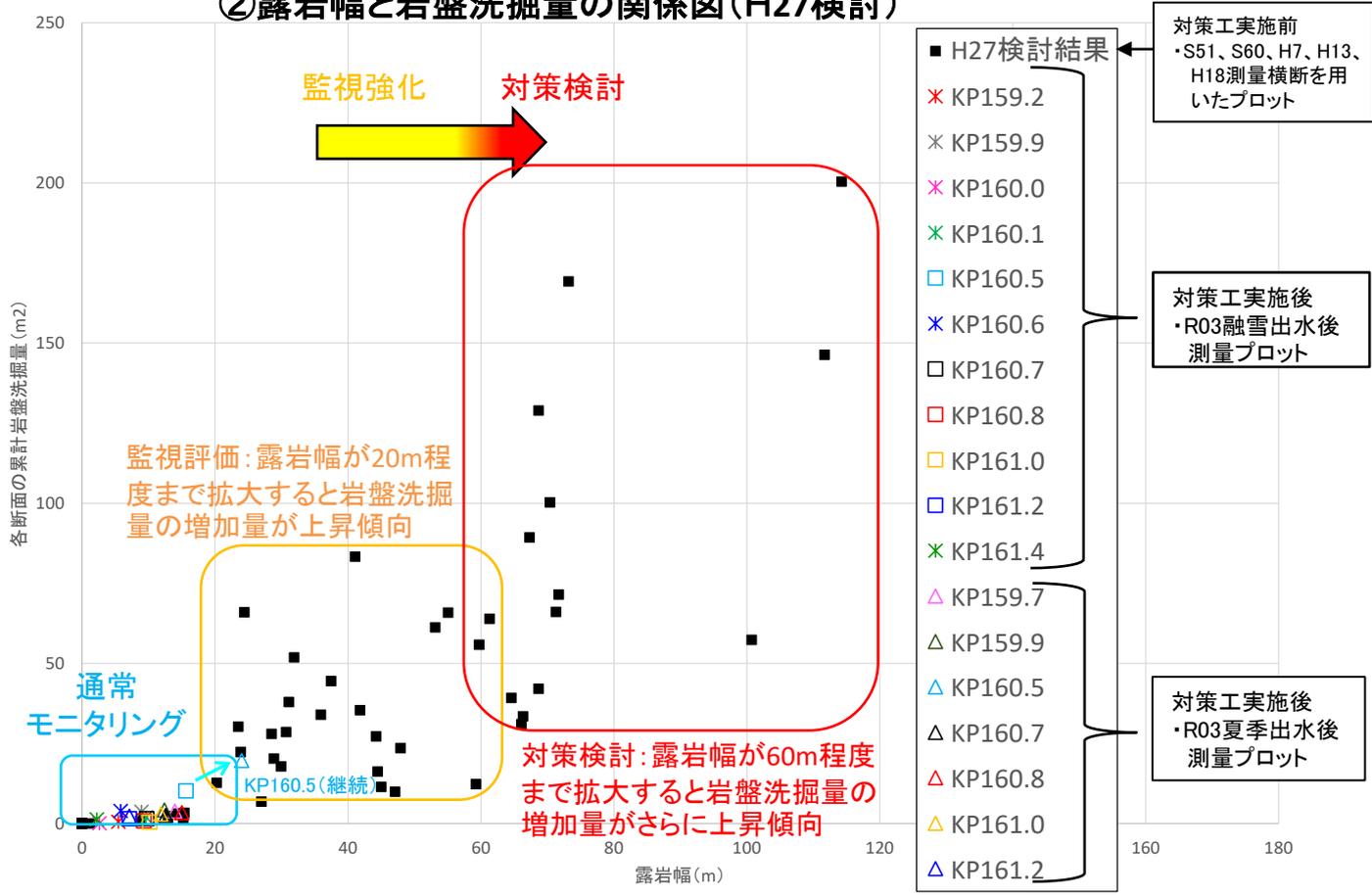
② 露岩幅と岩盤洗掘量の関係図



② R03融雪出水後からR03夏季出水後の変化

- KP160.5は、R03融雪後では通常モニタリングであったが、R03夏季出水後には**監視強化**へと変化した。
- このように現在の段階施工中では、閾値を超過した箇所においても今後上流への施工が進むにつれ、下流区間に土砂堆積することが想定されるため、今後も経過観察を実施する。

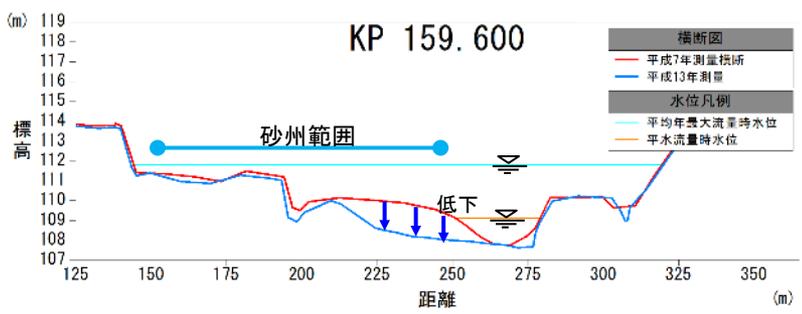
②露岩幅と岩盤洗掘量の関係図(H27検討)



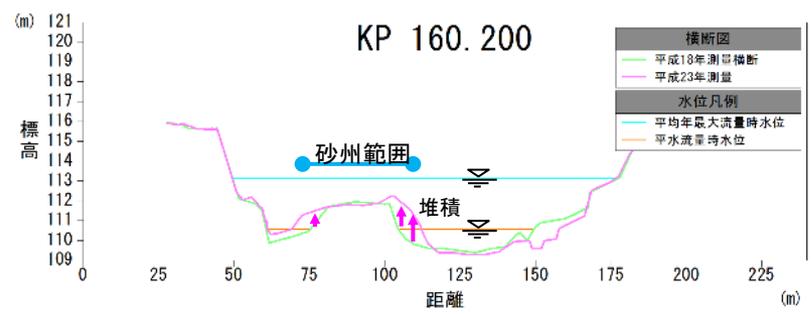
6-12.砂州管理に向けた評価指標に関する検討

- ▶ 平成28年8月出水により工事施工区間では、滯筋と砂州の比高差が生じている箇所がある。
- ▶ 滯筋部と砂州の比高差が拡大すると、滯筋部の掃流力増加と砂州上の掃流力低下を招き、滯筋は河床低下、砂州は土砂堆積が生じやすくなる。
- ▶ その結果、砂州の樹林化や滯筋の固定化を引き起こし、対策工実施前の河道に戻る可能性がある。
- ▶ このため、砂州の比高差を適切な状態に維持していく必要があり、砂州管理の評価指標の検討を過年度より行っている。

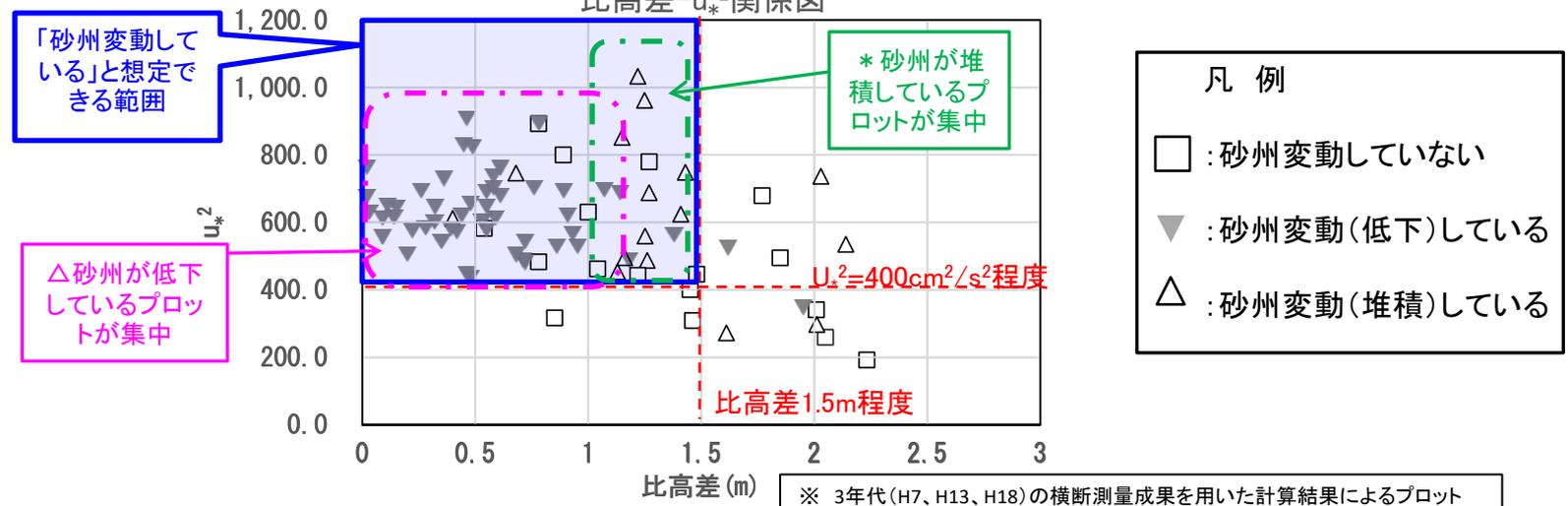
代表横断面図(砂州変動(低下)していると判断した断面)



代表横断面図(砂州変動(堆積)していると判断した断面)

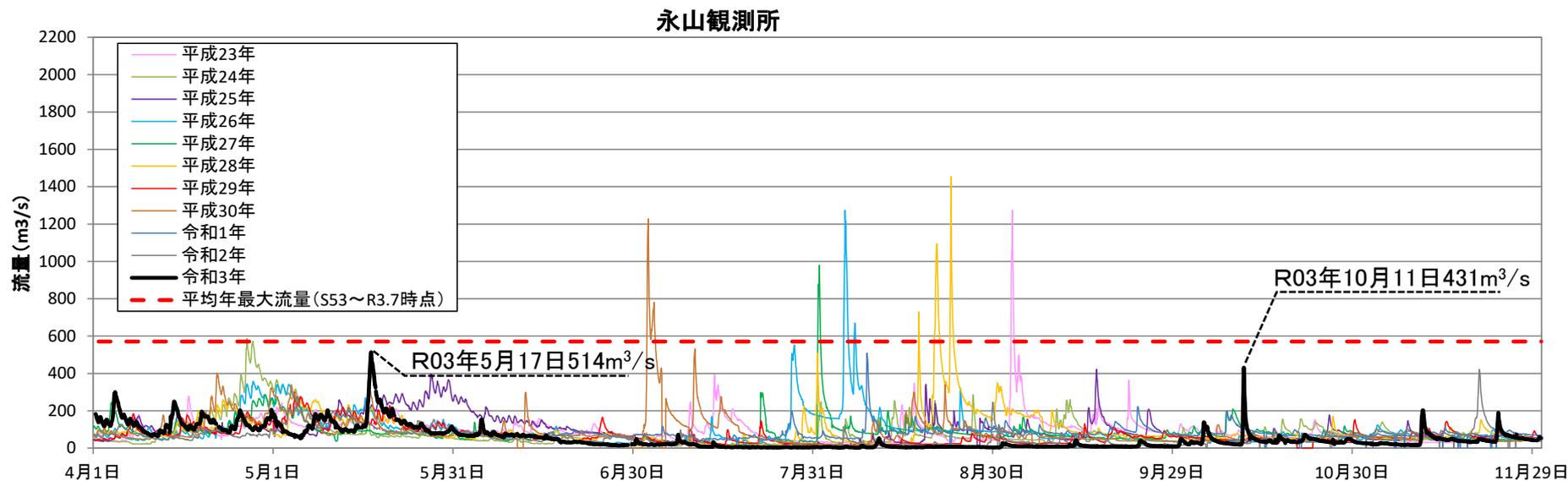


比高差- u_*^2 関係図



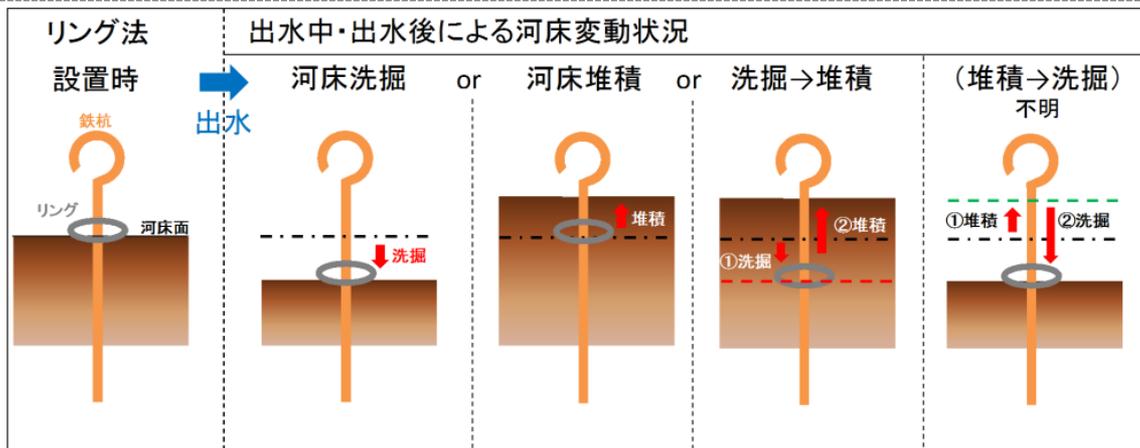
(1)令和3年度の出水状況

➤ R03の融雪出水流量は $514\text{m}^3/\text{s}$ 、夏季出水時流量は $431\text{m}^3/\text{s}$ (いずれも永山地点)であった。



(2)リング法による調査について

- 出水前後における砂州更新の有無と更新層厚を調査するため、「リング法」を用いた調査を試行的に実施した。
- 出水前にリングを取り付けた鉄杭を現地の砂州に打ち込み、出水後にリングの位置を調べることで、出水中の最大洗堀深と出水後の堆積厚を求め、砂州更新の有無と更新層厚を推定するものである。
- 樹木調査位置近傍でリング法を実施することにより、出水後に樹木が流出している場合の砂州の更新層厚も併せて確認できるため、樹木の消失原因の考察も可能である。



リング法による土砂変動の計測法

リング法使用材料



鋼製杭(延長1200mm)



鋼製リング(直径40mm)

リング設置状況 LKP160.8①



①R03融雪出水時の砂州変動

➤ 今年度の融雪出水で、砂州変動している箇所がある。



KP159.7②

リング法設置時 (令和3年4月28日)	出水ピーク時 (令和3年5月17日)	出水後 (令和3年5月27日)

KP160.7②

リング法設置時 (令和3年4月28日)	出水ピーク時 (令和3年5月17日)	出水後 (令和3年5月27日)

KP160.8②

リング法設置時 (令和3年4月28日)	出水ピーク時 (令和3年5月17日)	出水後 (令和3年5月27日)

KP160.7③

リング法設置時 (令和3年4月28日)	出水ピーク時 (令和3年5月17日)	出水後 (令和3年5月27日)

②R03夏季出水時の砂州変動

➤ 今年度の出水規模は、平均年最大流量以下であったが、砂州変動している箇所がある。



KP159.7②

リング法設置時 (令和3年5月27日)	出水ピーク時 (令和3年10月11日)	出水後 (令和3年10月18日)

KP160.8①

リング法設置時 (令和3年5月27日)	出水ピーク時 (令和3年10月11日)	出水後 (令和3年10月18日)

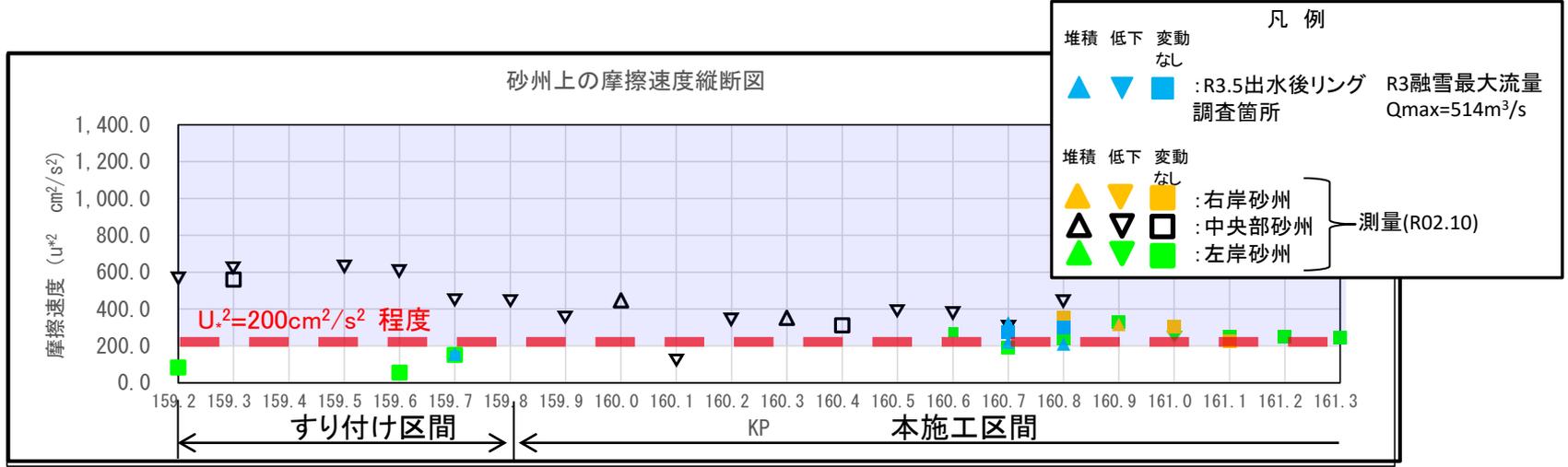
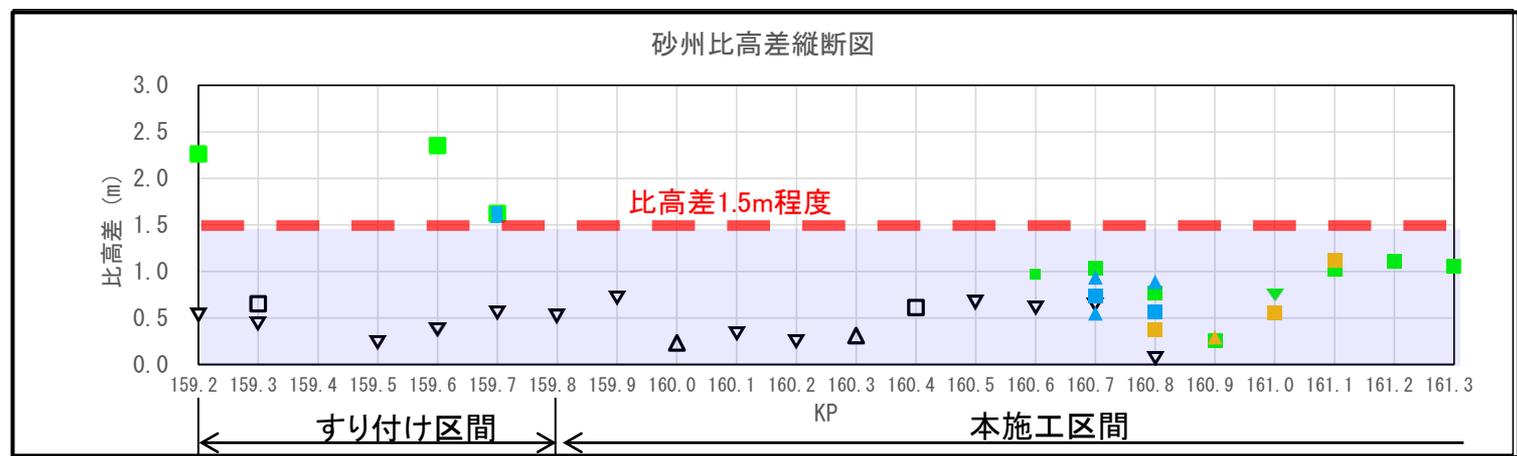
KP160.8②

リング法設置時 (令和3年5月27日)	出水ピーク時 (令和3年10月11日)	出水後 (令和3年10月18日)

(3)水理量

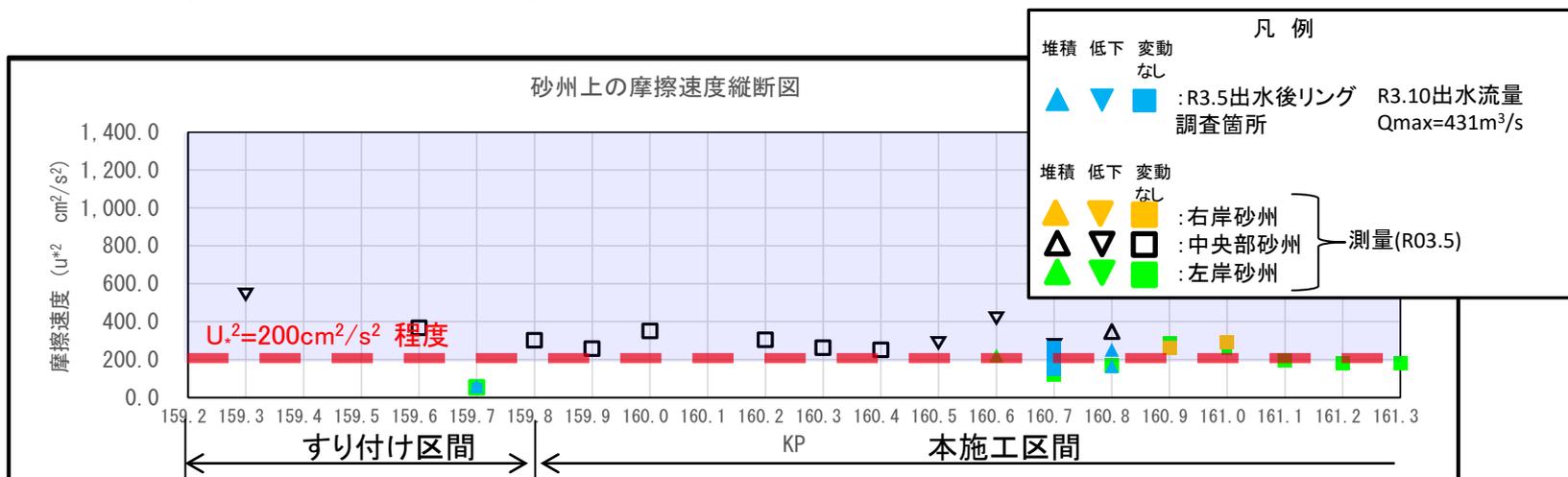
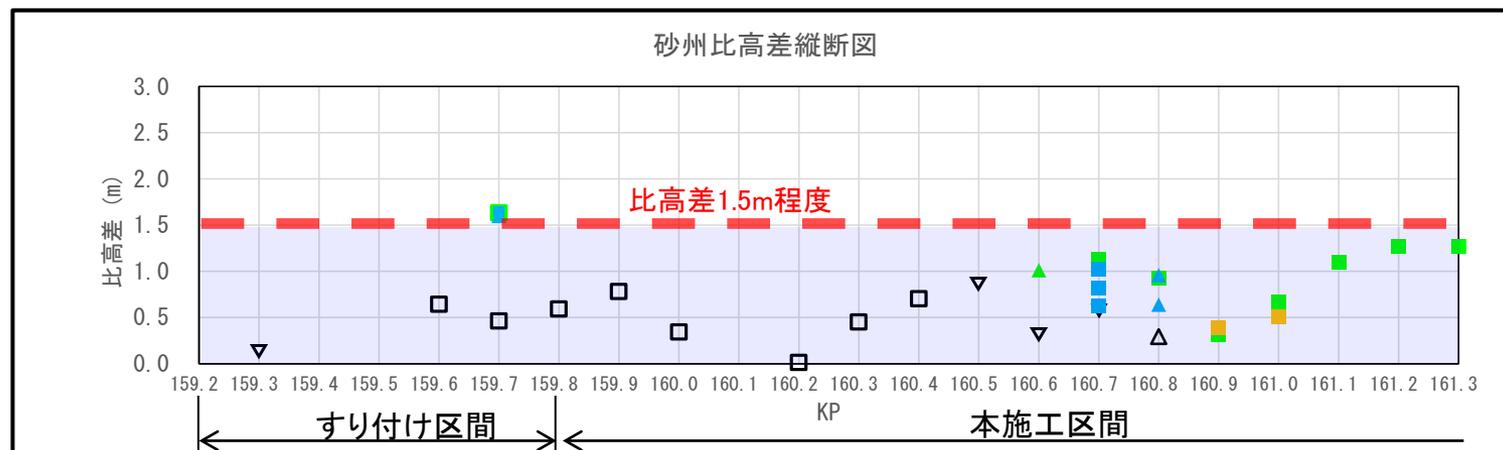
①令和3年融雪出水ピーク時(縦断的变化状況)

➤ H26～30年度までに河床低下対策工工事を実施した区間(KP159.2～161.3)について、測量及びリング法の調査結果から砂州変動箇所の比高差とR3年融雪出水時の摩擦速度(u_*^2)を算出し、縦断図としてプロットした。



②令和3年夏季出水ピーク時(縦断的变化状況)

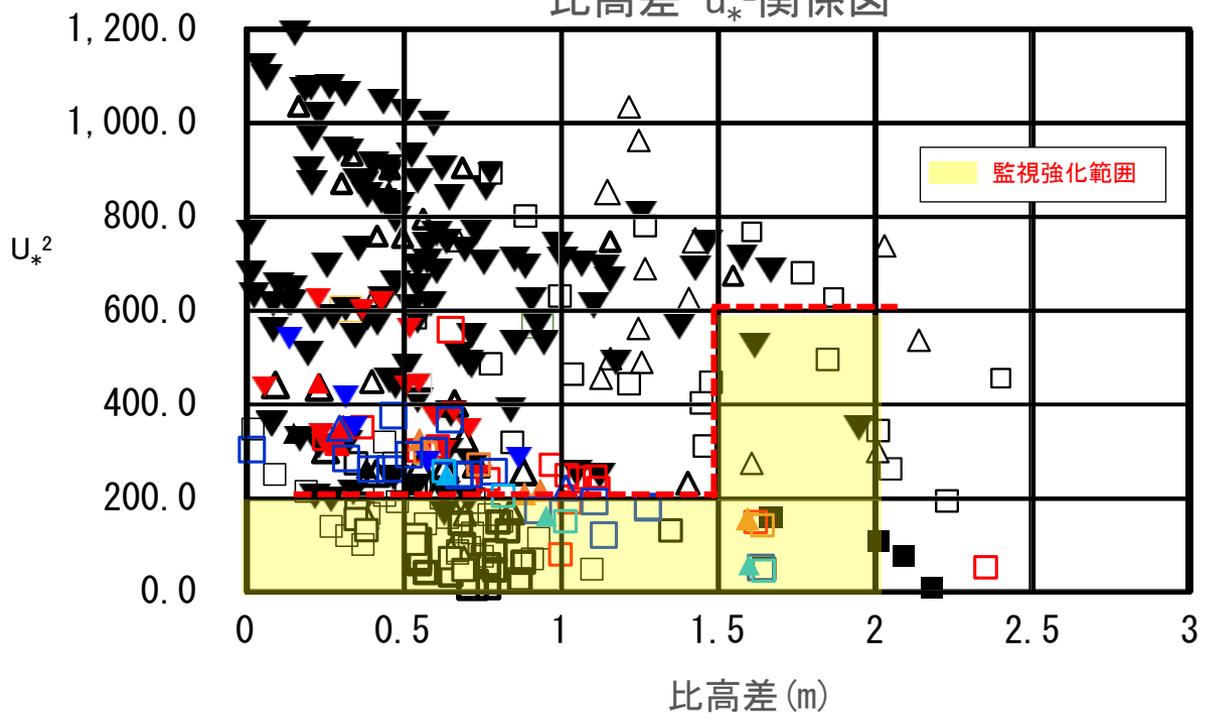
- R3年夏季出水時についてもH26～30年度までに河床低下対策工工事を実施した区間(KP159.2～161.3)について、測量及びリング法の調査結果から砂州変動箇所の比高差とR3年融雪出水時の摩擦速度(u_*^2)を算出し、縦断図としてプロットした。



(5)砂州管理の指標

- ▶ 過年度を含めた砂州比高差と出水時の摩擦速度 (u_*^2) の関係を図示すると、比高差が小さい砂州 (概ね1.5m未満) では摩擦速度が $200\text{cm}^2/\text{s}^2$ を超えると攪乱を受けている状況が把握できた。
- ▶ 一方、砂州比高差が比較的大きい砂州 (概ね1.5m以上) では、摩擦速度が $600\text{cm}^2/\text{s}^2$ を超えると攪乱を受けている状況が把握できた。

比高差- u_*^2 関係図



【検討対象洪水のピーク流量】

洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)
H30.7出水	1,227
R1融雪出水	284
R1夏季出水	509
R1.9出水	222
R2融雪時	276
R2.8.30出水	243
R2.11.20出水	422
R3融雪時	514
R3.10.11出水	431

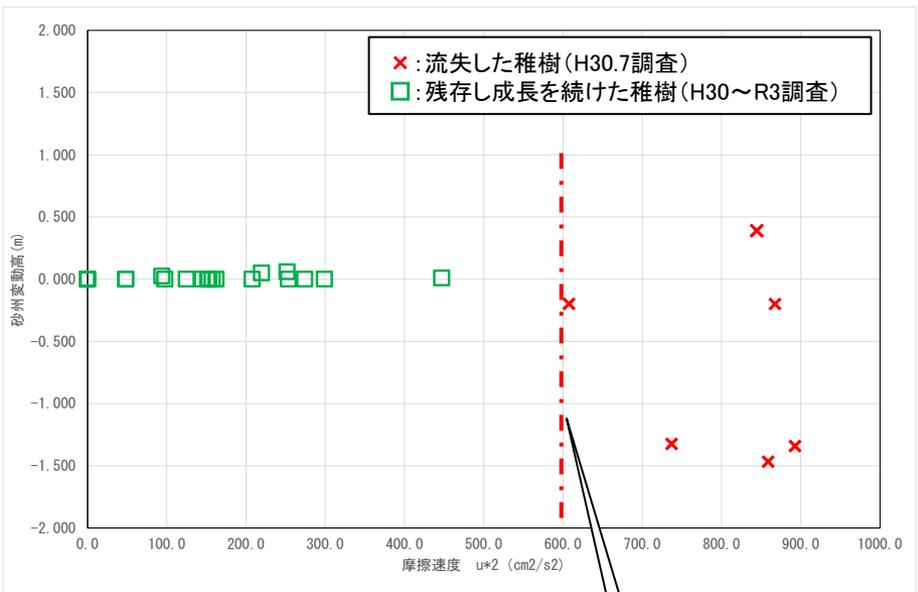
凡 例

<p><3年代 (H7、H13、H18、H30、R1、R2) の横断測量成果を用いた計算></p> <ul style="list-style-type: none"> □ : 砂州変動していない (測量) ▼ : 砂州変動 (低下) している (測量) △ : 砂州変動 (堆積) している (測量) 	<p><R3融雪出水時における計算></p> <ul style="list-style-type: none"> □ : R3融雪出水により砂州変動していない (測量) ▼ : R3融雪出水により低下した砂州 (測量) ▲ : R3融雪出水により堆積した砂州 (測量) □ : R3融雪出水により砂州変動していない (リング) ▼ : R3融雪出水により低下した砂州 (リング) ▲ : R3融雪出水により堆積した砂州 (リング) 	<p><R3.10.11出水時における計算></p> <ul style="list-style-type: none"> □ : R3.10.11出水により砂州変動していない (測量) ▼ : R3.10.11融雪出水により低下した砂州 (測量) ▲ : R3.10.11融雪出水により堆積した砂州 (測量) □ : R3.10.11出水により砂州変動していない (リング) ▼ : R3.10.11出水により低下した砂州 (リング) ▲ : R3.10.11出水により堆積した砂州 (リング)
--	--	--

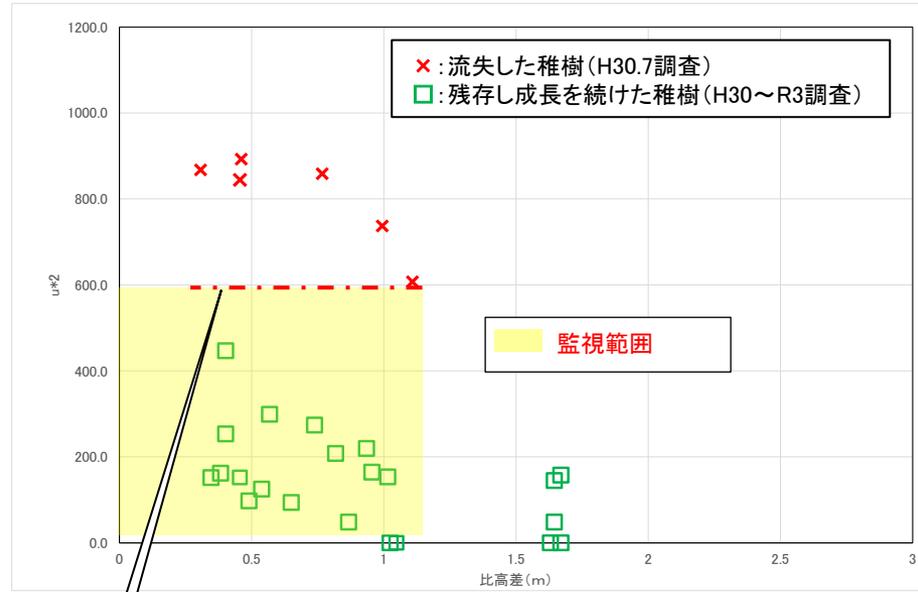
(6)砂州変動とヤナギ稚樹流出の関係

- H30年度から砂州変動、水理量とヤナギ稚樹の流出の関係性について調査している。
 - 摩擦速度が $600\text{cm}^2/\text{s}^2$ で、砂州変動高が $\pm 0.2\text{m}$ 以上あれば、ヤナギ稚樹が流失傾向である。
 - 砂州比高差が 1.5m 未満で、摩擦速度が $600\text{cm}^2/\text{s}^2$ 以上であれば、ヤナギ稚樹が流失傾向である。
- ⇒砂州の樹林化監視として、砂州比高差が 1.5m 以下で、摩擦速度が $600\text{cm}^2/\text{s}^2$ 以下であれば注視。

【摩擦速度、砂州変動高、稚樹流失に関するプロット】



【比高差、摩擦速度、稚樹流失に関するプロット】



現時点での調査結果からは比高差が 1.1m 以下において、摩擦速度 $600\text{cm}^2/\text{s}^2$ 以上で稚樹が流出することが確認できた。

(6)砂州の管理指標(素案)の活用案

①砂州が攪乱する水理量の算定

- ・砂州比高差が1.5m未満の砂州が攪乱 : $u_*^2=200\text{cm}^2/\text{s}^2$ を超える流量=700 m^3/s
- ・ " ヤナギ稚樹が流出 : $u_*^2=600\text{cm}^2/\text{s}^2$ を超える流量=1200 m^3/s
- ・砂州比高差が1.5m以上の砂州が攪乱 : $u_*^2=600\text{cm}^2/\text{s}^2$ を超える流量=1200 m^3/s

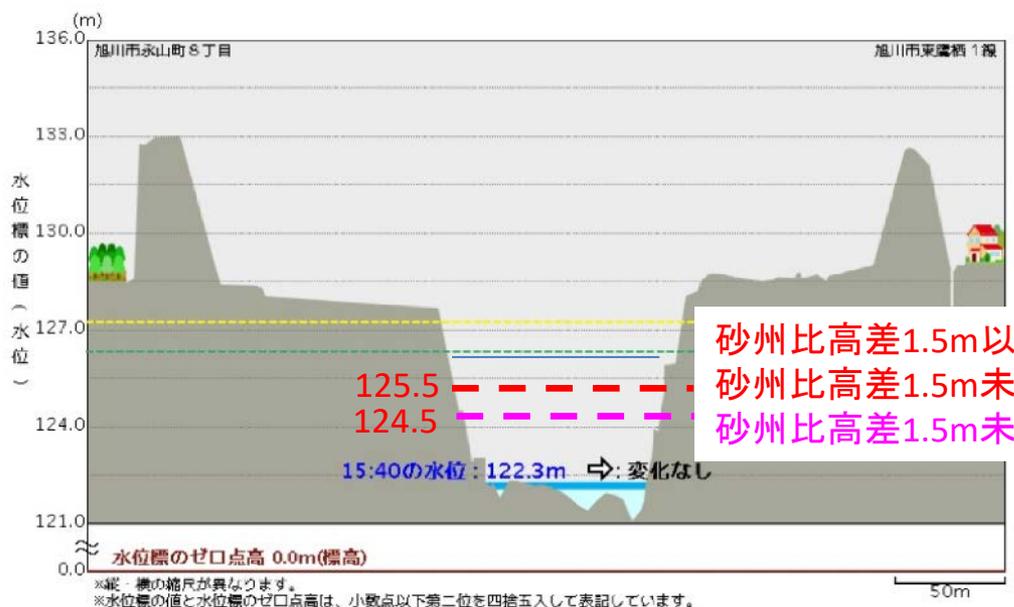
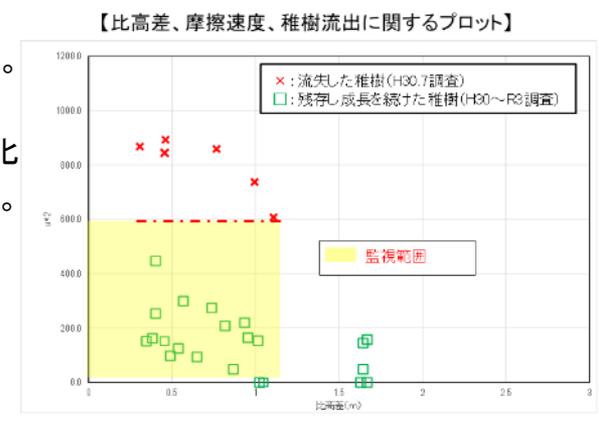
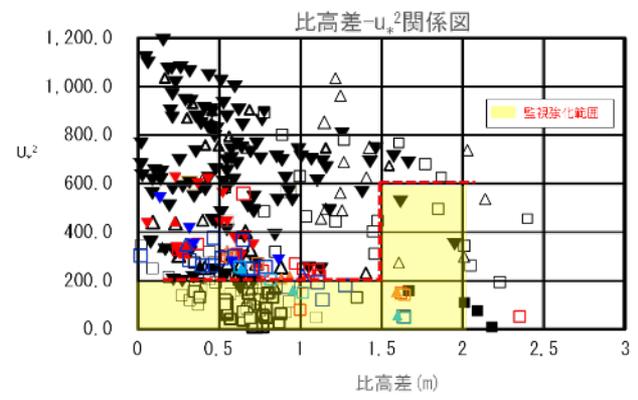


②砂州が攪乱する流量を永山観測所の水位に換算すると以下となる。

- ・比高差1.5m未満の砂州が攪乱を受ける永山観測所の水位 H=124.5m(目安水位)
- ・ " 砂州のヤナギ稚樹が流出する永山観測所の水位 H=125.5m(目安水位)
- ・比高差1.5m以上の砂州が攪乱を受ける永山観測所の水位 H=125.5m(目安水位)



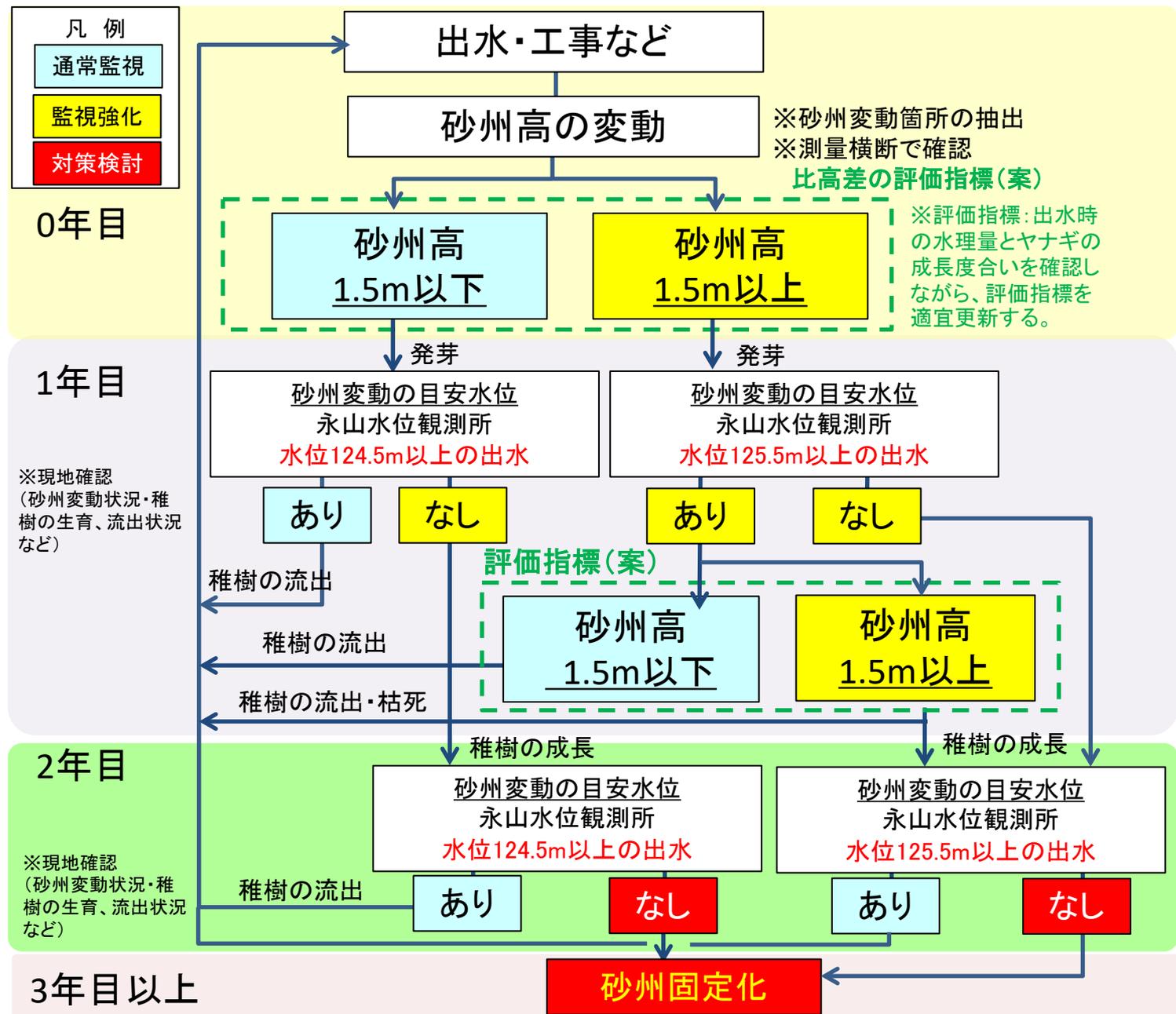
- ・目安水位に達する場合:砂州の攪乱が期待できるため、稚樹の定着を抑制できる可能性がある。
 - ・目安水位が達しない場合:砂州の攪乱が期待できないため、稚樹が定着する可能性がある。
- ※ただし、おおよそ3年間、目安水位に達しなかった場合は、稚樹が成長・定着することから樹林化が懸念されるためモニタリングを強化し、必要に応じて樹林化抑制対策を講じることが考えられる。



砂州比高差1.5m以上の砂州が攪乱を受ける目安の水位125.5m
 砂州比高差1.5m未満のヤナギ稚樹が流出する目安の水位125.5m
 砂州比高差1.5m未満の砂州が攪乱を受ける目安の水位124.5m

※縦、横の縮尺が異なります。
 ※水位標の値と水位標のゼロ点高は、小数点以下第二位を四捨五入して表記しています。

(7)砂州管理指標を踏まえた砂州管理フロー案



樹林化抑制対策 (例)

現状では自然営力だけで樹林化抑制が困難な場合の対策例

<自然営力を活用>

- ・砂州高の切り下げなどによる攪乱の増加
- ・固定砂州の解消ため砂州へ流れを引き込む
- ・草本群落を優占させる

<稚樹の除去>

- ・人力での刈取
- ・ブル押し
- ・市民参加による河原の維持
- ・除草剤の活用(環境への悪影響が懸念)



対策項目の選定や時期については、別途、検討が必要

※ヤナギ類は発芽から3年以上経過すると規模が大きい出水でも流出できない可能性が高い。
(樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン(案)H23.3 P49)

(8) 砂州上の樹木管理：R3年度ブル押しを実施

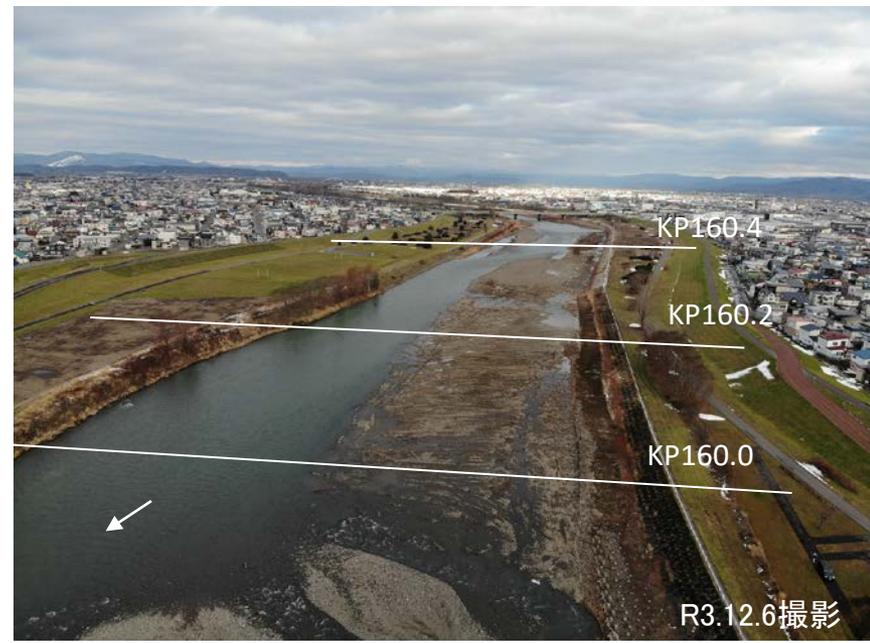
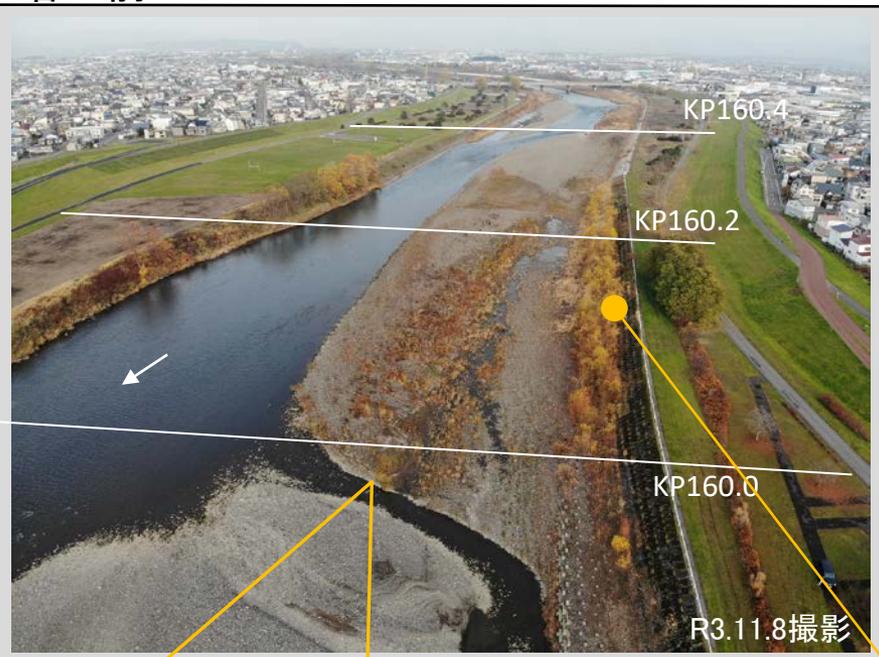
ブル押し：R3年12月6日着工

<KP160.0～160.3(左岸)：砂州のブル押し>

着工前

着工後

ブル押し



ブル押し: R3年12月6日着工

<160.7~161.0(左岸):ブル押し>

着工前



着工後



ブル押し
➔



KP160.7L付近

6-13.サケ産卵床

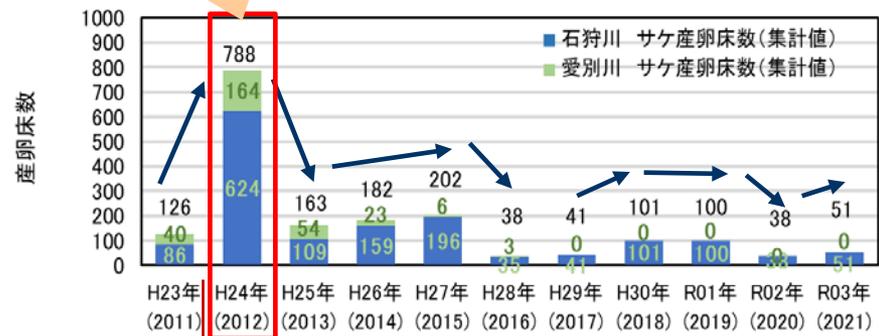
(1)石狩川上流域におけるサケ産卵床数の推移

- ・愛別川と忠別川流域で、当時さけますセンターと市民団体や市民等によりH21～H23の3年間でサケの稚魚が150万匹放流された。
- ・放流によってH24年の産卵床数が多くなり、石狩川・愛別川で計788床、忠別川・ポン川で計829床確認されていた。その後、サケは4～5年魚の回帰が多いとされることから、H28～H29年には放流の影響が、ほぼなくなり減少した。現在は自然産卵に移行している。
- ・今年度は、石狩川・愛別川で計51床、忠別川・ポン川で計274床確認されている。

石狩川H23-H30: KP153.2～KP181.8 (延長28.6km)
 R01: KP148.0～KP178.4 (延長30.4km)
 愛別川H23-H30: KP0.0～KP1.6 (延長1.6km)
 R01: KP0.0～KP0.5 (延長0.5km)

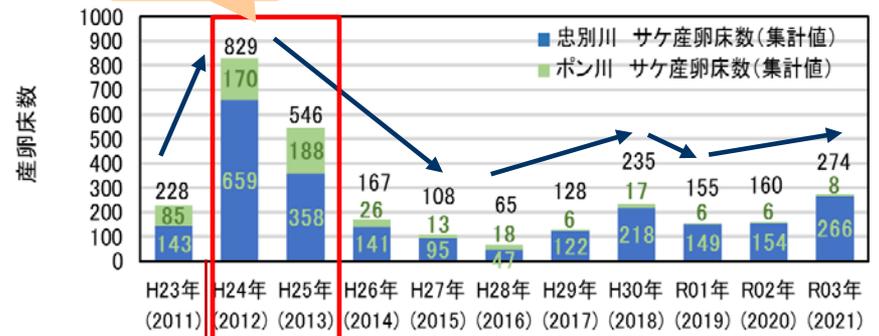
忠別川: KP0.0～KP9.4 (延長9.4km)
 ポン川: KP0.0～KP0.5 (延長0.5km)

放流効果



稚魚放流

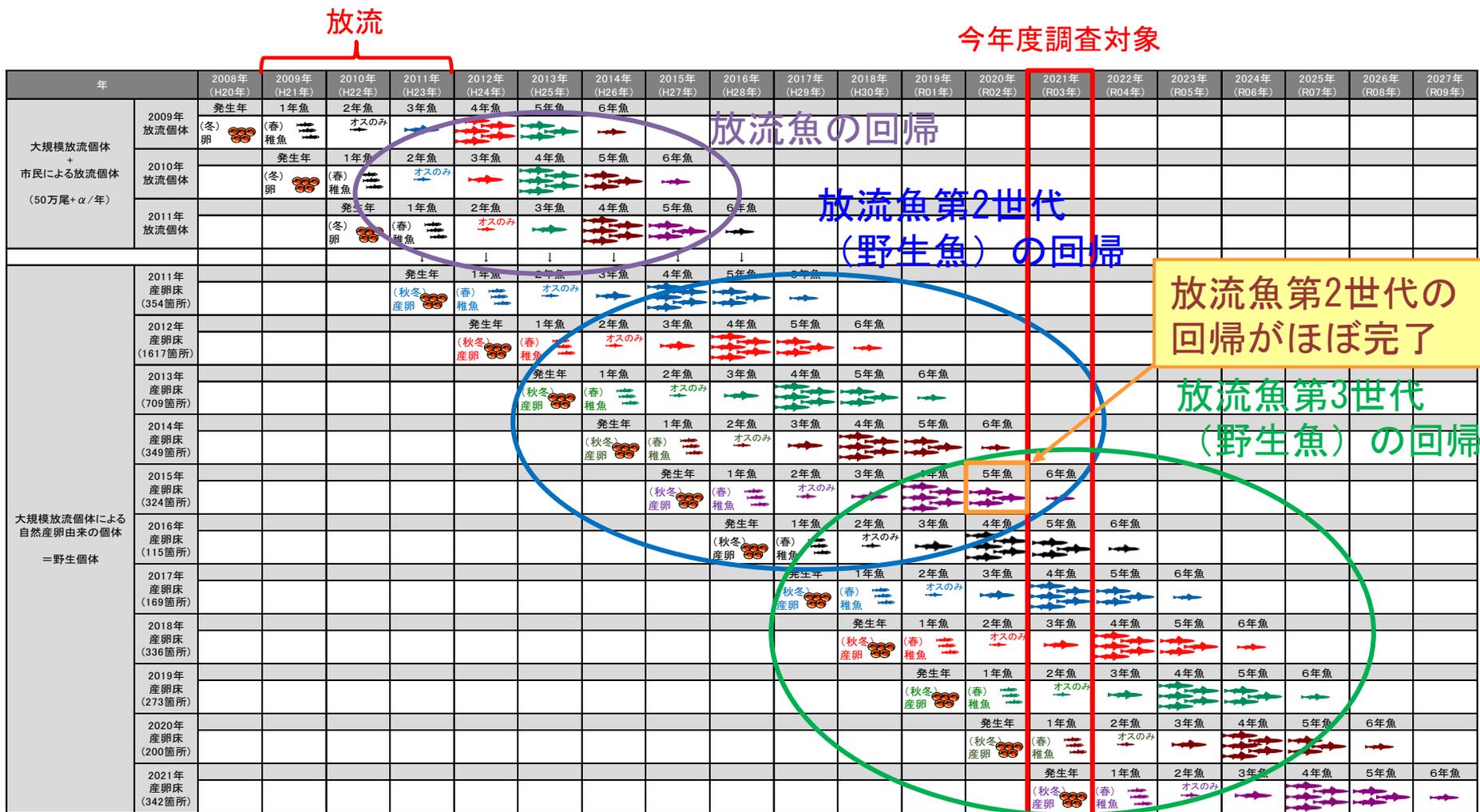
放流効果



稚魚放流

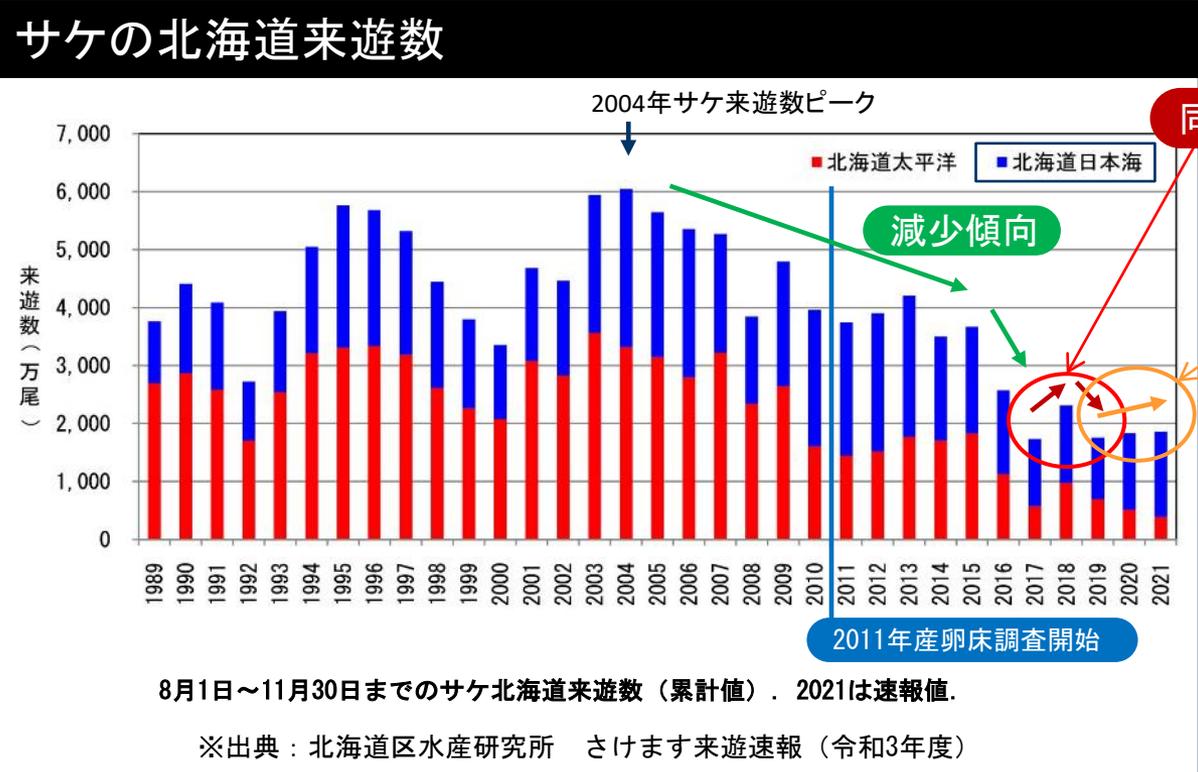
(2) 石狩川上流の遡上個体の特徴

- ・H21～H23の3年間でサケの放流を計150万尾程度行っているが、放流されたサケ稚魚は、おおよそ2～6年で生まれ た川に帰ってくると考えられており、なかでも4～5年魚の回帰が最も多いとされている。
- ・H23の放流個体が5年魚として回帰し、その稚魚がまた5年魚として回帰するのがR02(昨年度)のため、遡上個体の放 流魚は、第2世代から第3世代への移行が、昨年度の段階でほぼ完了したと考えられる。



(3) 全道の傾向と石狩川上流の傾向

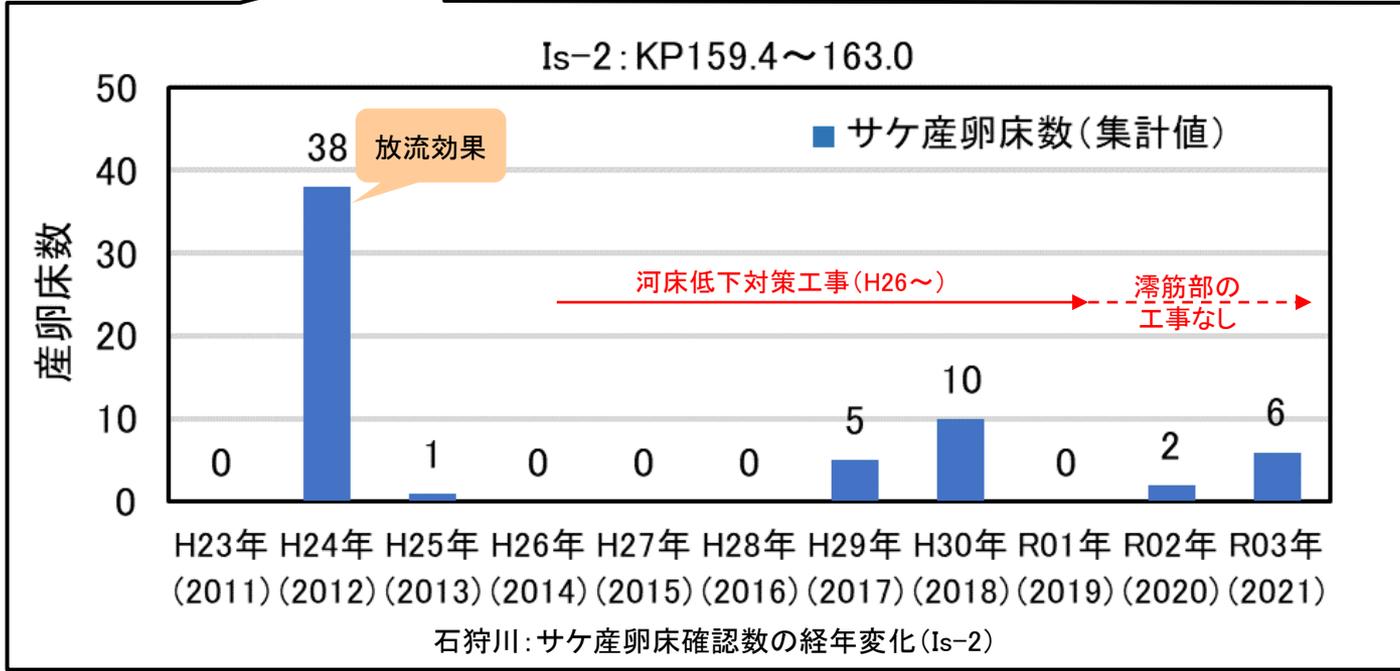
- ・北海道へのサケの来遊数は、2004年をピークに減少傾向が続いており、2016年以降更に減少しているが、北海道日本海側は2019年以降わずかに増加傾向である。
- ・石狩川上流域と北海道全体の傾向について、2016年以前は類似性が見られないが、2017～2019年については、全道的なサケの来遊数の変化と概ね同様の傾向を示している。
- ・2019年～2021年は、北海道日本海側の傾向とやや異なり、一時減少後に増加している。恐らく、石狩川上流域の産卵床数増減の周期（4年前後と推定）の影響が考えられる。



(4)河道再生工事 実施済区間におけるサケ産卵床数の推移

➤ H26年度からの工事により砂礫河床が回復し、工事完了区間においてサケ産卵床がH29年に5床、H30に10床、R02に2床、R3に6床確認されている。

R03サケ産卵床調査結果



(5)R3サケ産卵床箇所

- 河道再生区間におけるR3サケ産卵床は、河道再生工事が完了しているKP159.5RとKP160.5Rで、それぞれ3床(計6床)確認された。
- KP160.6R地点の日水温変化は、変動が大きいため、湧水主体ではなく、伏流水主体の環境となっている。

R03サケ産卵床調査結果



R3サケ産卵床位置図

