

令和4年度

第26回 石狩川上流 河道管理ワーキング

＜R4モニタリング結果＞

令和5年2月22日

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



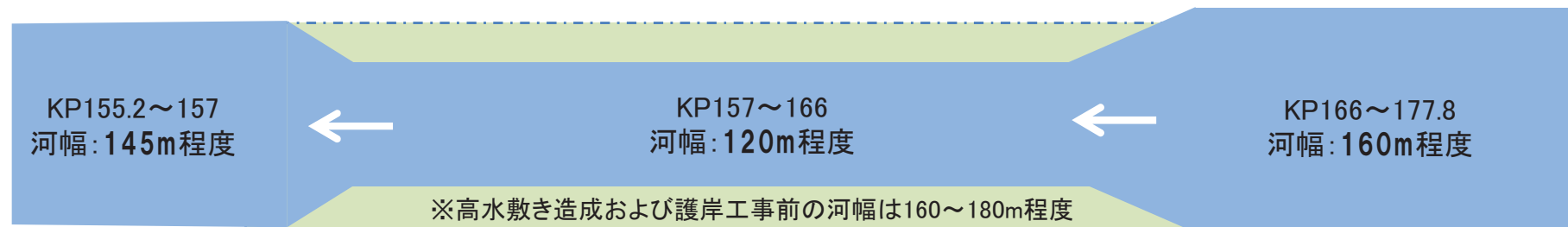
秋月橋左岸橋脚付近の状況

2. 河床低下メカニズム

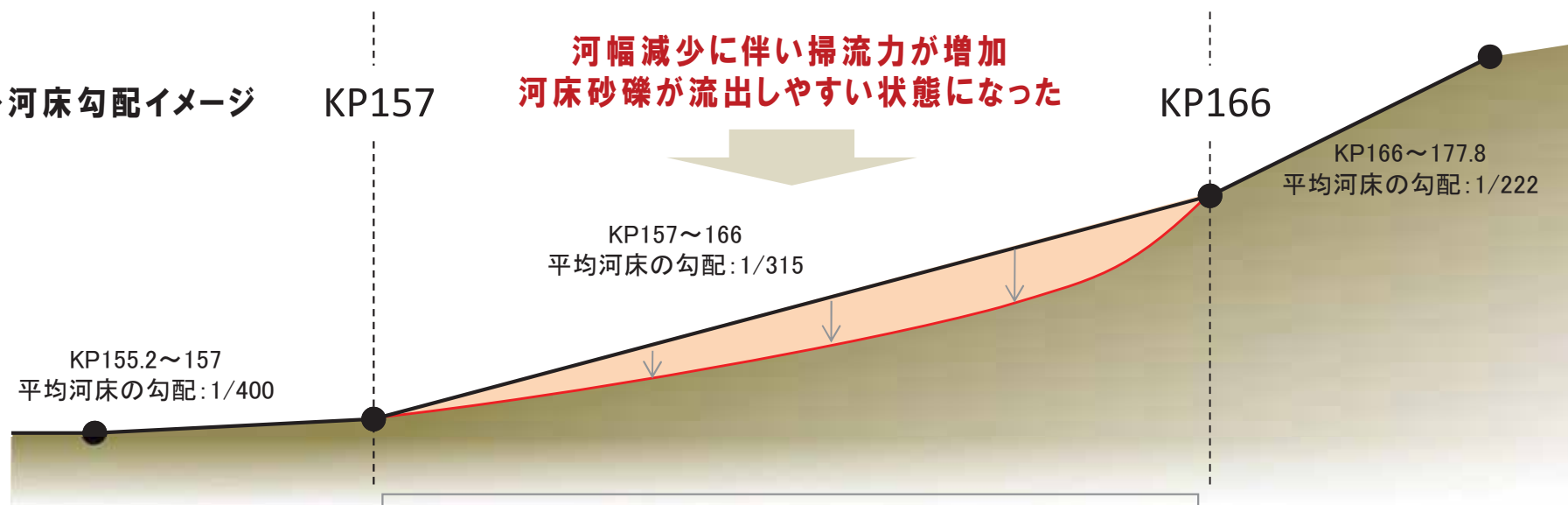
- 昭和50年代まで: 主に砂利採取により河床低下が進行。
- 昭和50年代以降: 低水路幅の減少および軟岩洗掘の影響により河床低下が進行。

◆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

$$\tau_* = hi/sd$$

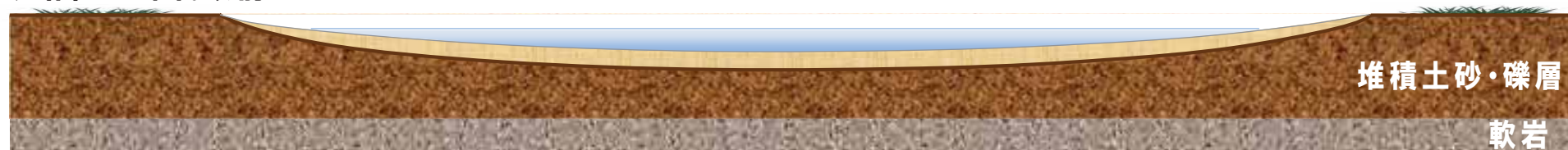
τ_* : 掃流力、 h : 水深、 i : 河床勾配、 s : 砂の水中比重、 d : 河床材料の粒径

s は一定、 d や i は変化していないことを確認

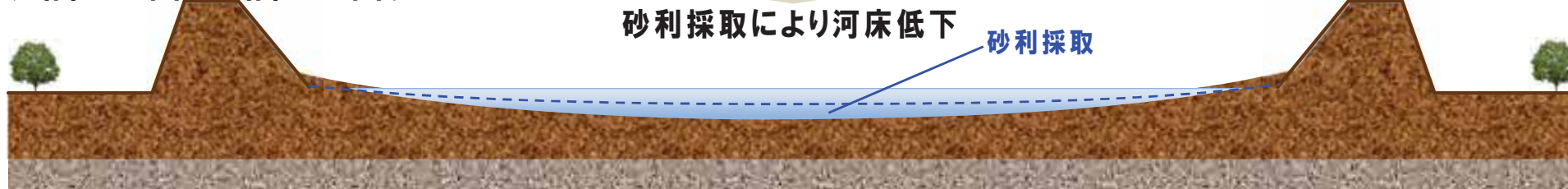
よって、**河幅が狭くなったことで、水深が増加し、掃流力が増加したと考えられる**

<横断的イメージ>

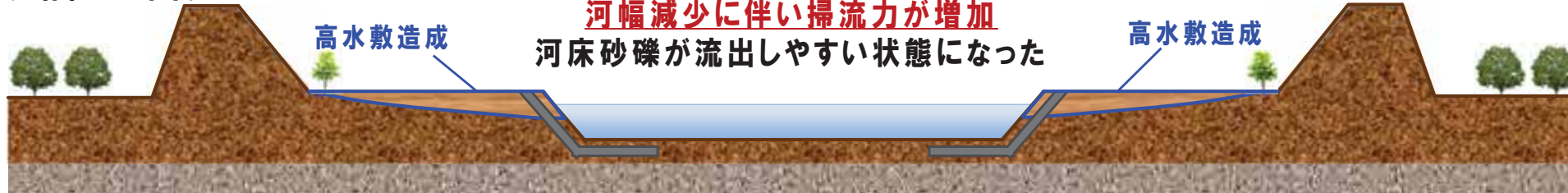
◆昭和30年代以前



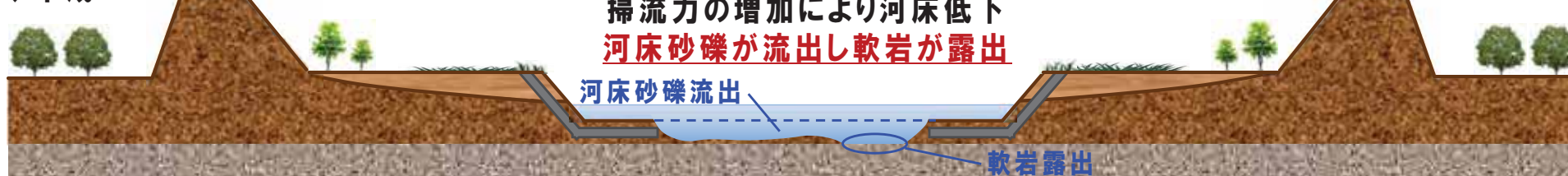
◆昭和30年代～昭和50年代



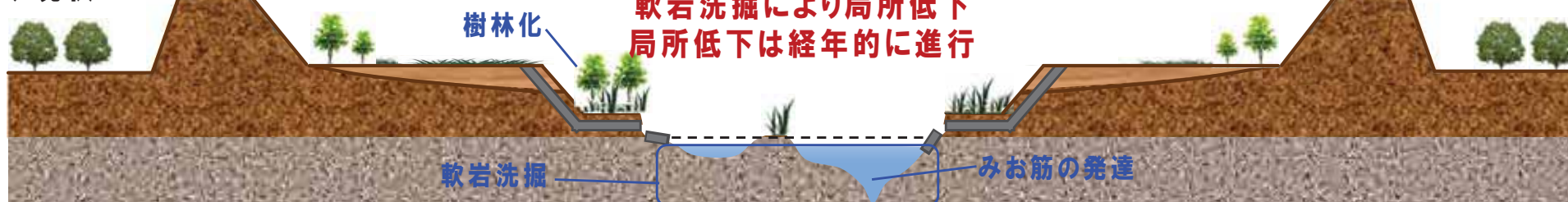
◆昭和50年代



◆平成～

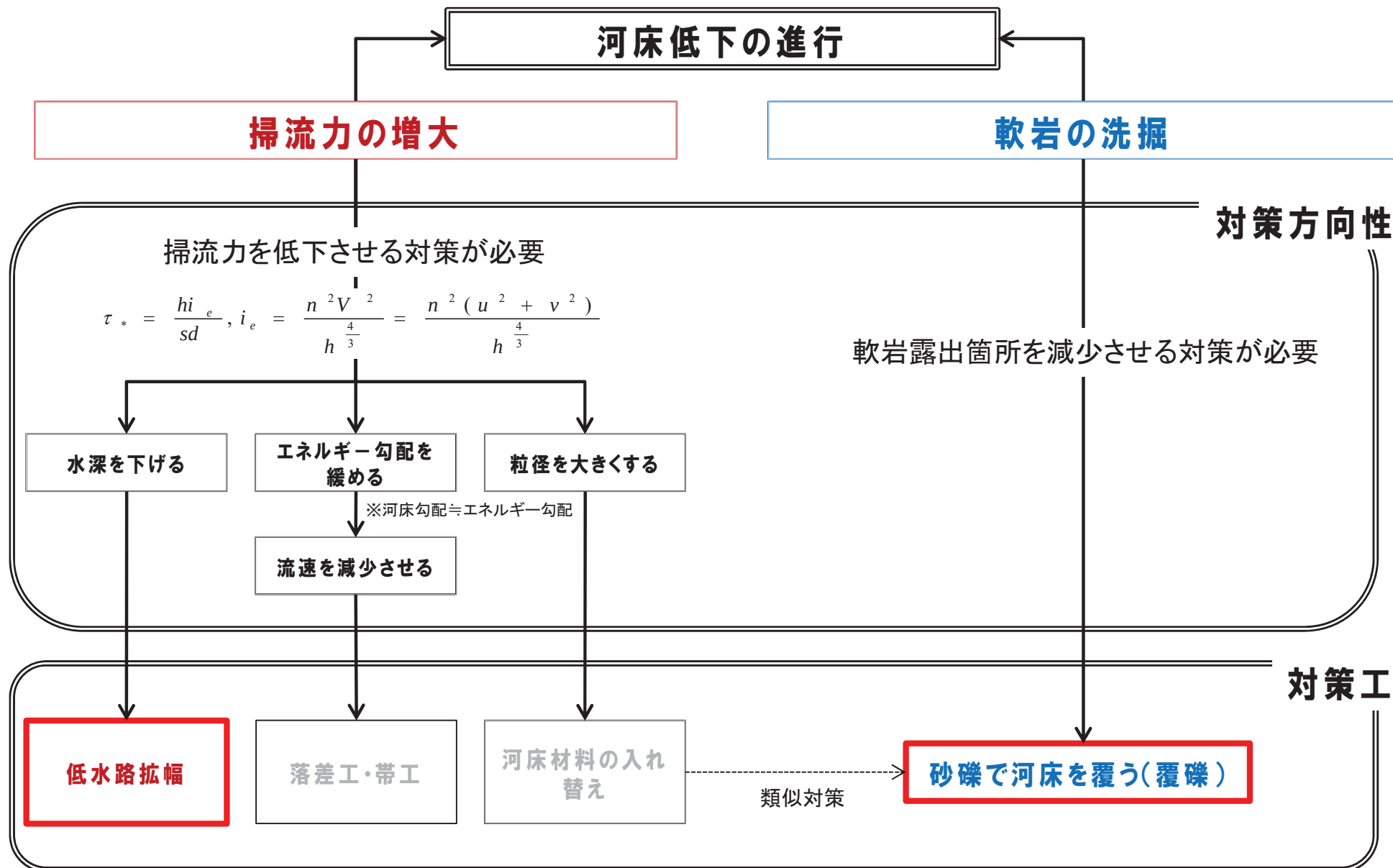


◆現状



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軟岩洗掘抑制が可能。

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軟岩被覆「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「 <u>拡幅+覆礫+巨礫混合</u> 」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 →軟岩を固定床とした実験のため、軟岩洗掘後の状態を再現できないことが課題	軟岩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軟岩洗掘を抑制可能であることを確認し、対策工として決定

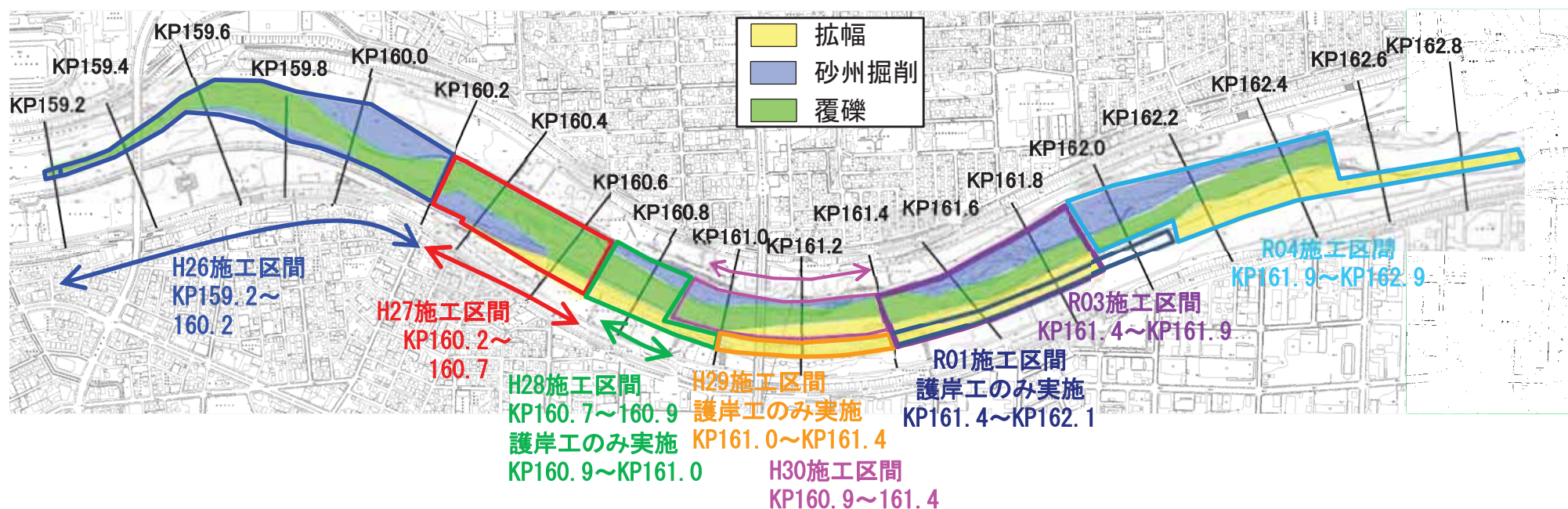
5. 石狩川上流河道再生工事 KP159.1 (花咲大橋下流) ~ KP164.6 (永山橋)

●工事進捗中 (H28撮影)



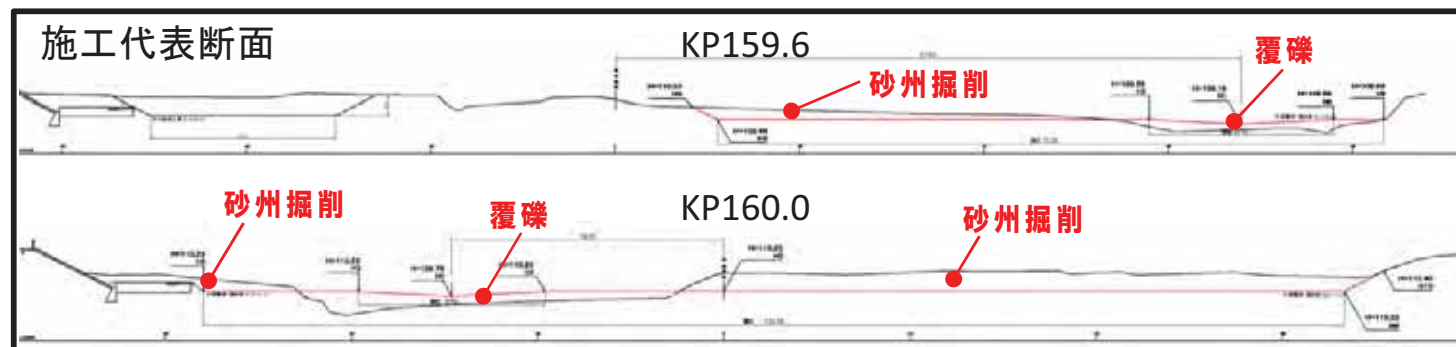
(2) 河道再生工事：平成26年度～令和4年度の施工内容

- 着手1年目である平成26年度(第1期)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(第2期)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(第3期)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(第4期)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(第5期)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(第6期)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(第7期)は、KP161.4～161.9区間において低水路拡幅、覆礫を実施。
- 9年目の令和4年度(第8期)は、KP161.9～162.9区間において、河道拡幅、護岸工、覆礫を実施。



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



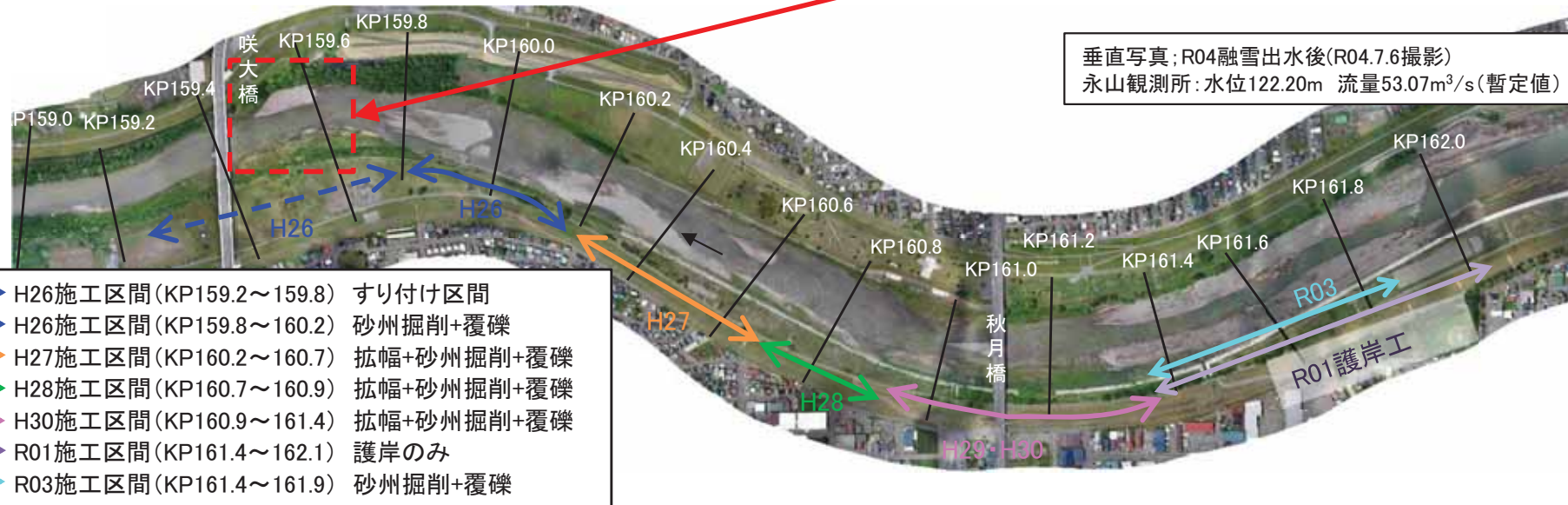
工事中 H26. 11. 12撮影



工事後の現在 R04. 10. 31ドローン撮影

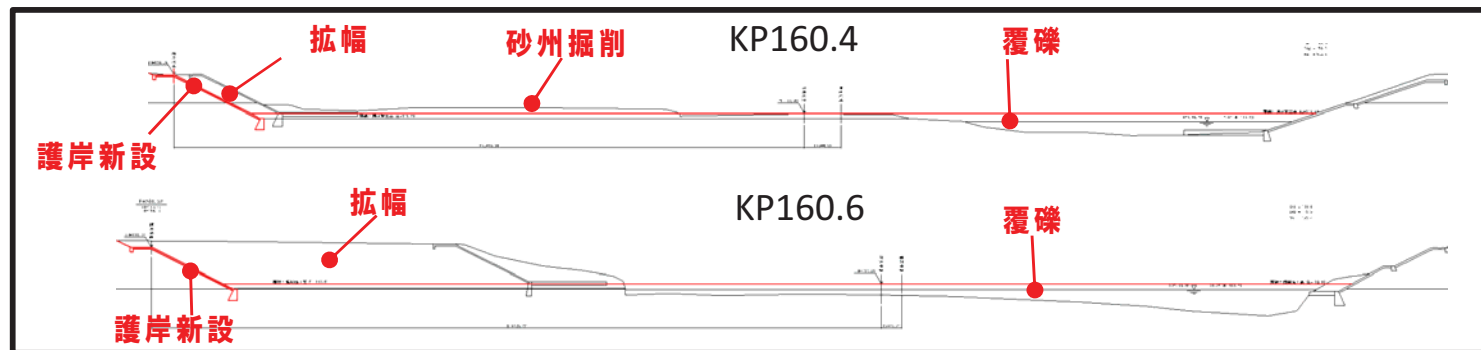


●現在(R04撮影)



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

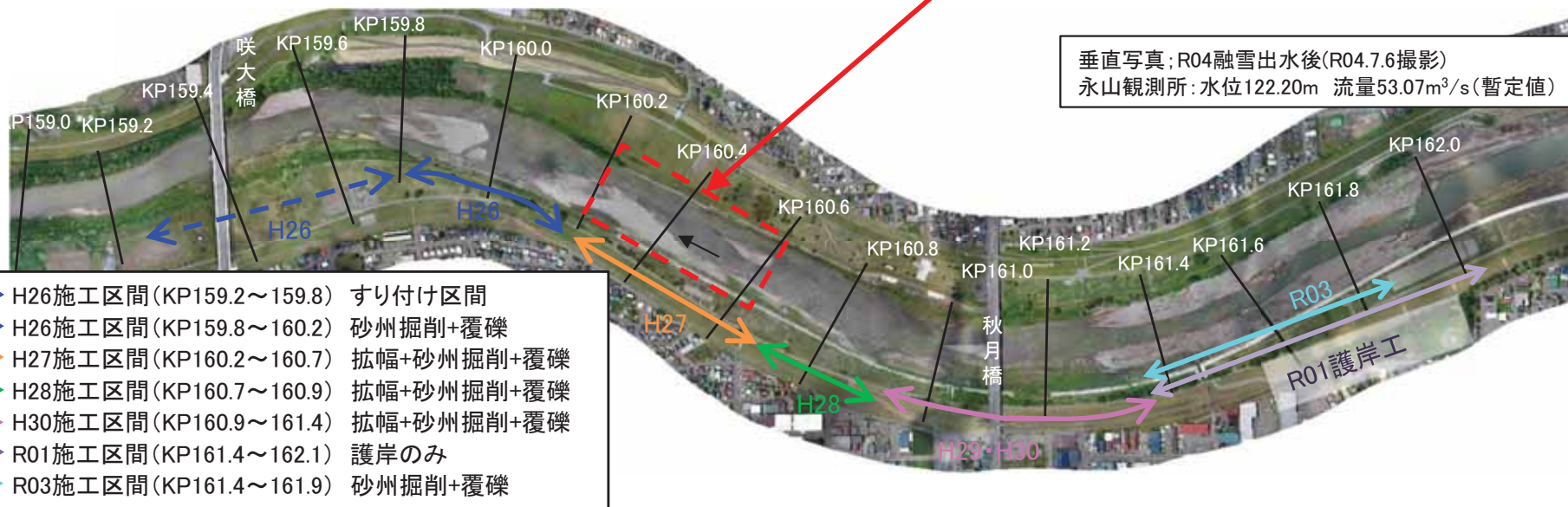


工事後: 現在

R04. 10. 31ドローン撮影

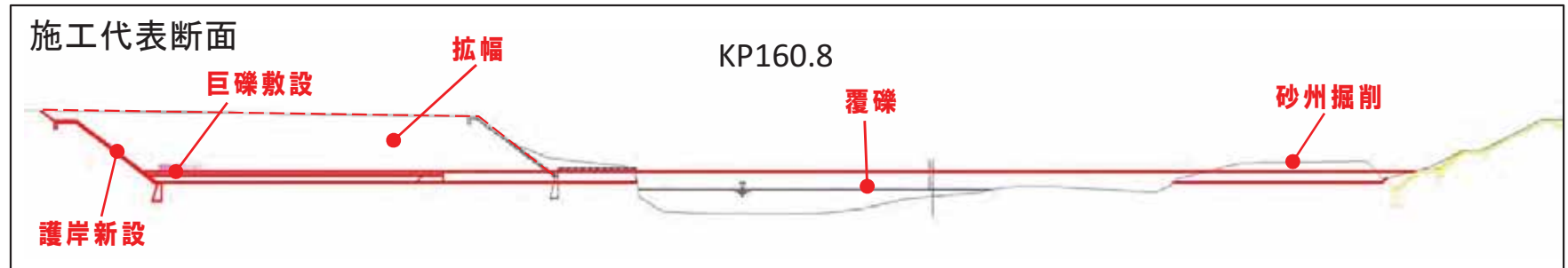


●現在(R04撮影)



③平成28年度施工(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫+巨礫

●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



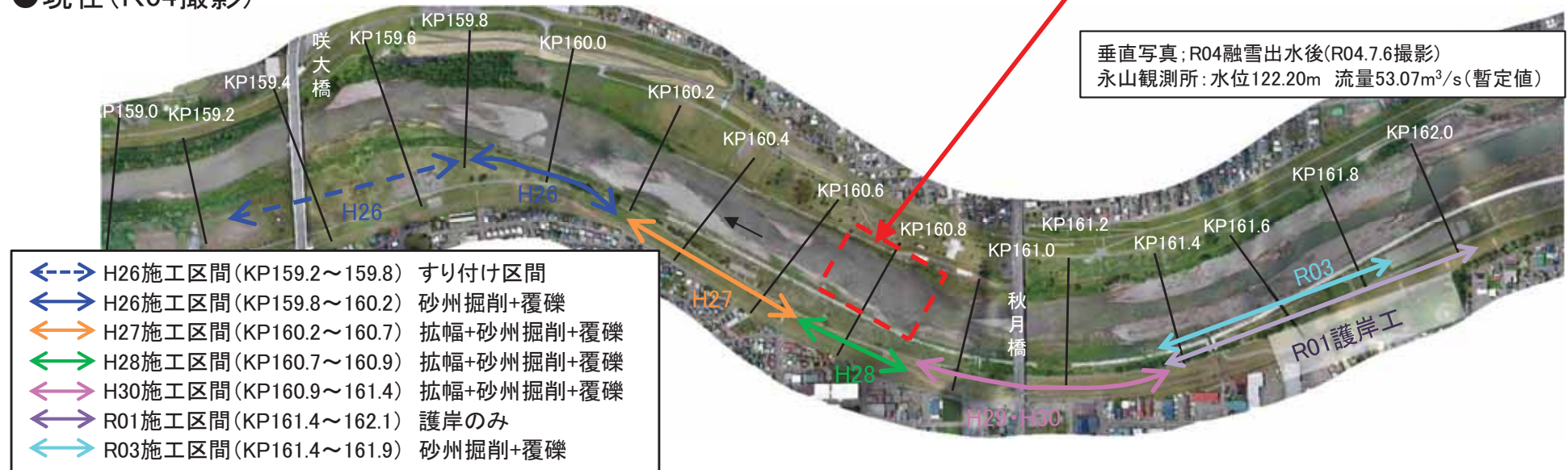
工事後の現在

R04. 10. 31ドローン撮影



●現在(R04撮影)

垂直写真; R04融雪出水後(R04.7.6撮影)
 永山観測所: 水位122.20m 流量53.07m³/s(暫定値)



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

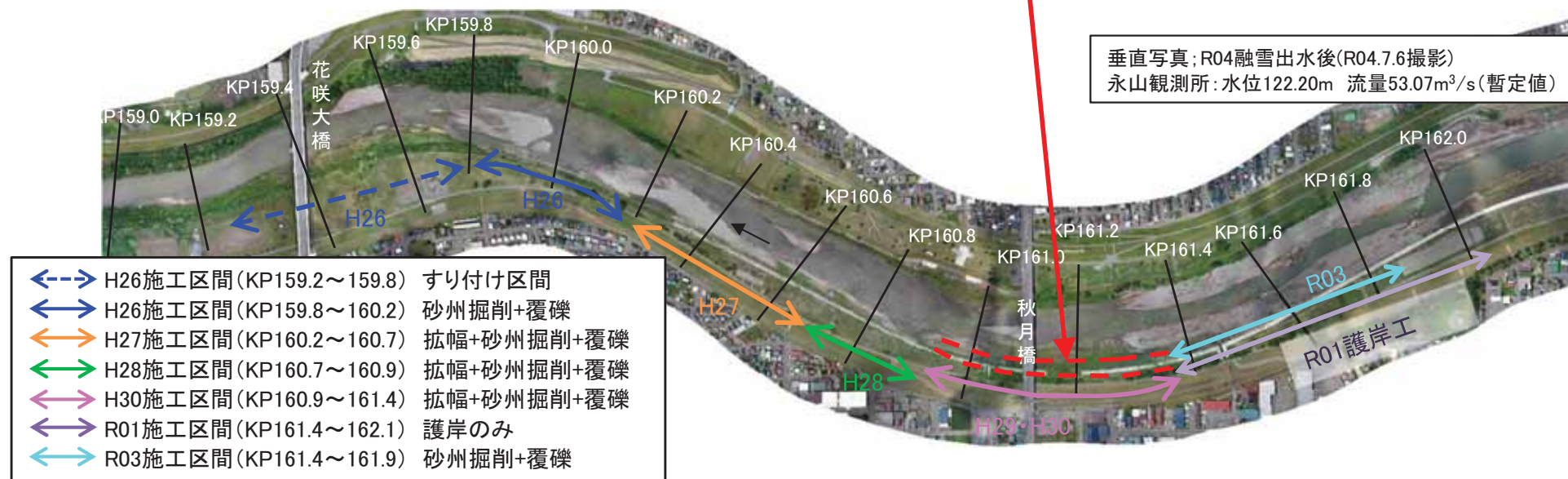


工事後の現在

R04. 10. 31ドローン撮影

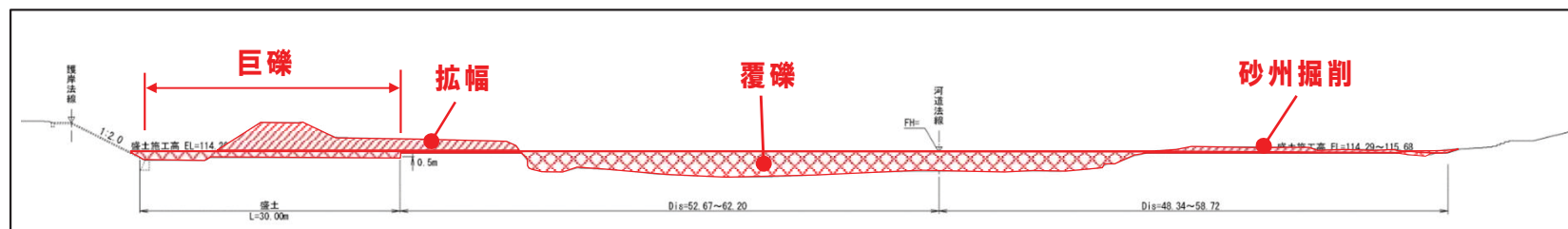


●現在(R04撮影)



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



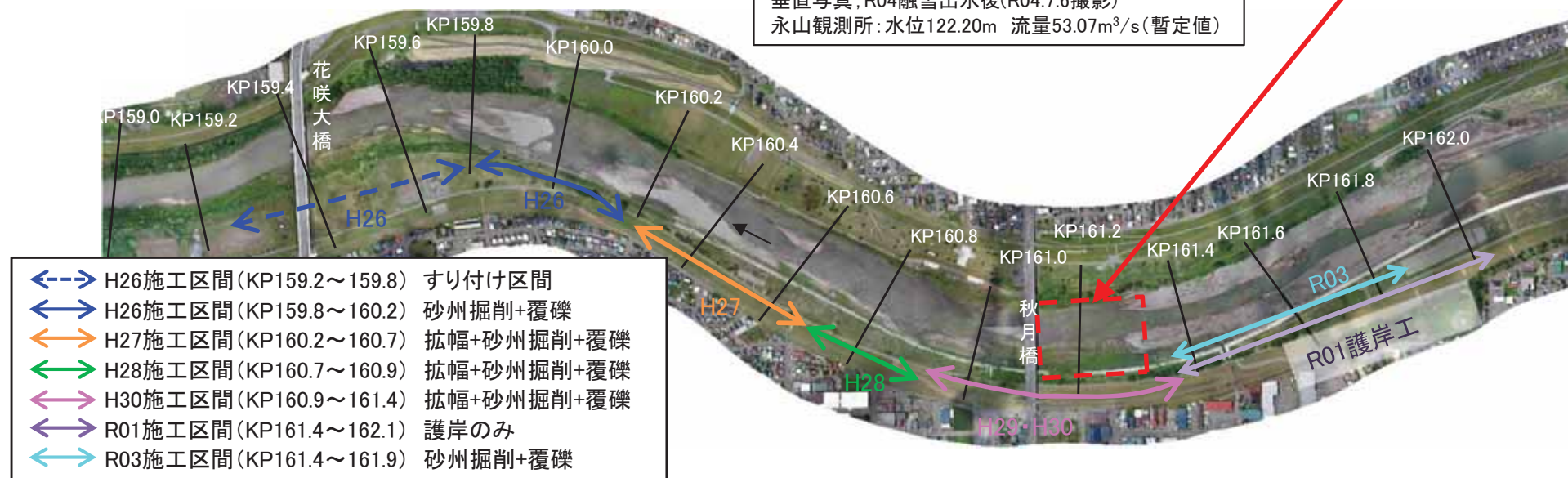
工事後の現在

R4. 7. 27撮影



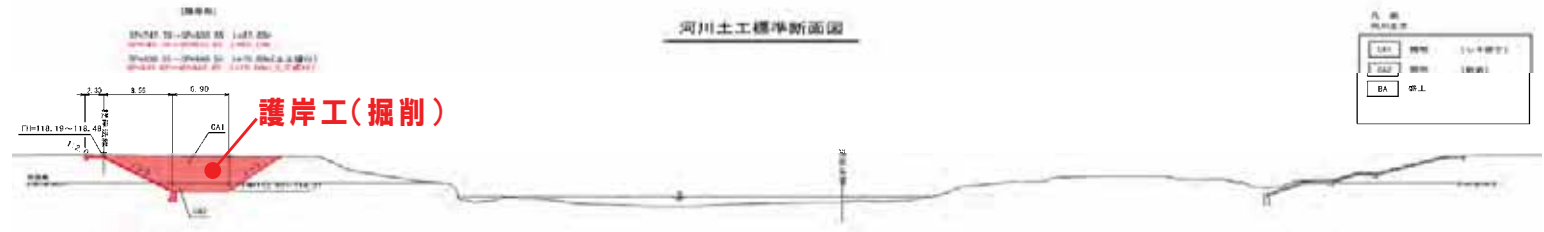
●現在(R04撮影)

垂直写真; R04融雪出水後(R04.7.6撮影)
永山観測所: 水位122.20m 流量53.07m³/s(暫定値)



⑥令和元年度(KP161.4～162.1) 護岸工

●R01施工状況 (護岸工のみ)



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



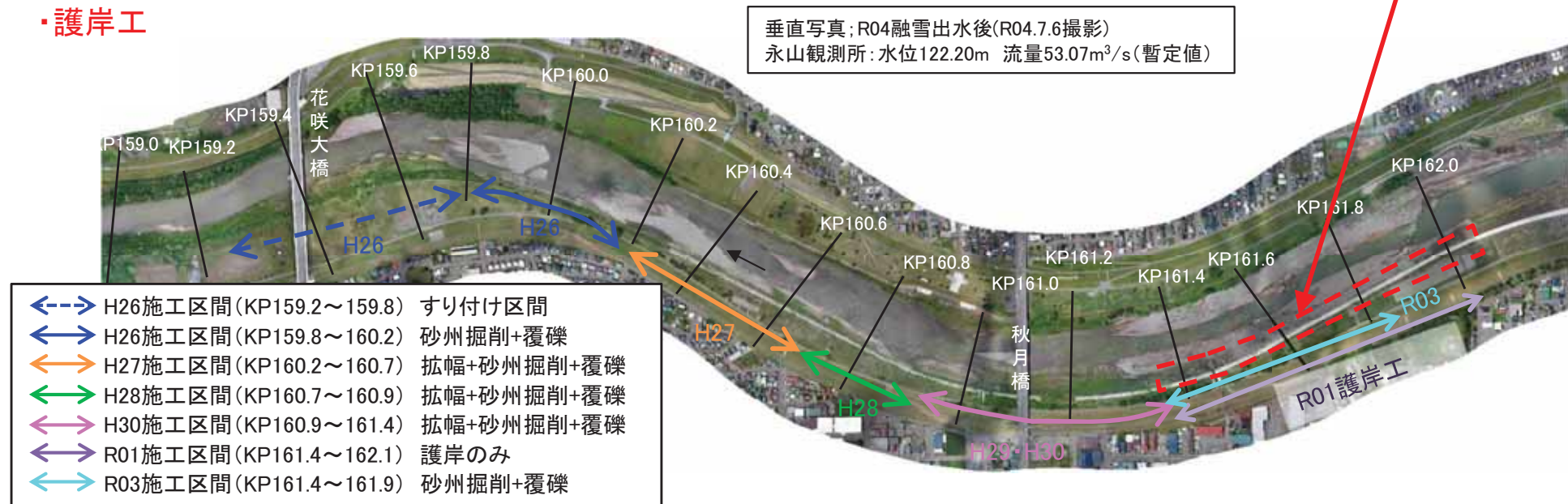
工事後(現在)

R04. 10. 31ドローン撮影



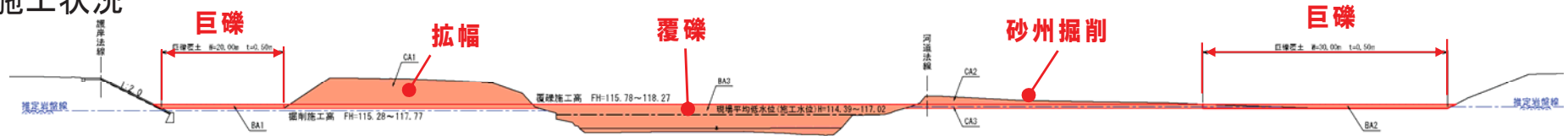
●R01年度施工(R04撮影)

・護岸工



⑦令和3年度(KP161.4～161.9) 低水路拡幅+覆礫+巨礫

● R03施工状況



工事前

H29. 6. 13撮影



工事中

R04. 1. 26撮影



工事後(現在)

R04. 10. 31撮影



● R03年度施工(R04撮影)



垂直写真; R04融雪出水後(R04.7.6撮影)
永山観測所: 水位122.20m 流量53.07m³/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

R4施工時 覆礫材



巨礫材

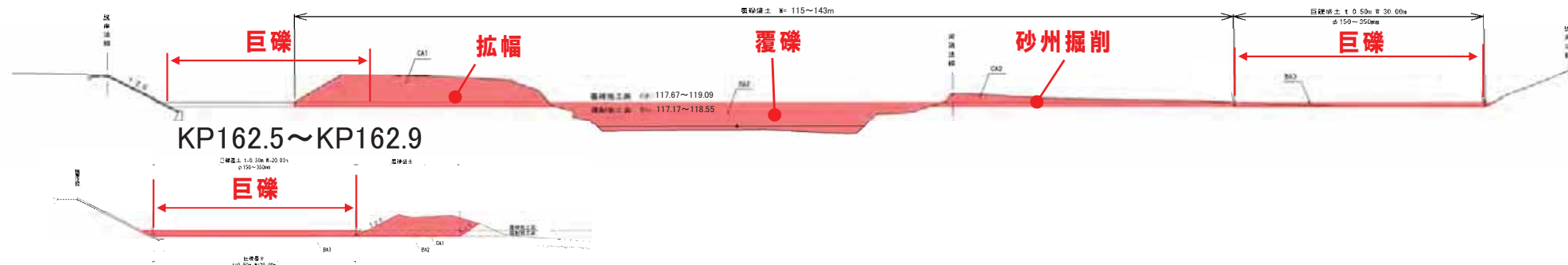
R04. 1. 28撮影



⑧令和4年度(KP161.9～162.9) 低水路拡幅+覆礫+巨礫+護岸

● R04施工

KP161.9～KP162.5



工事前

H29. 6. 25撮影



R4. 6. 30撮影



工事中

R4. 12. 28撮影

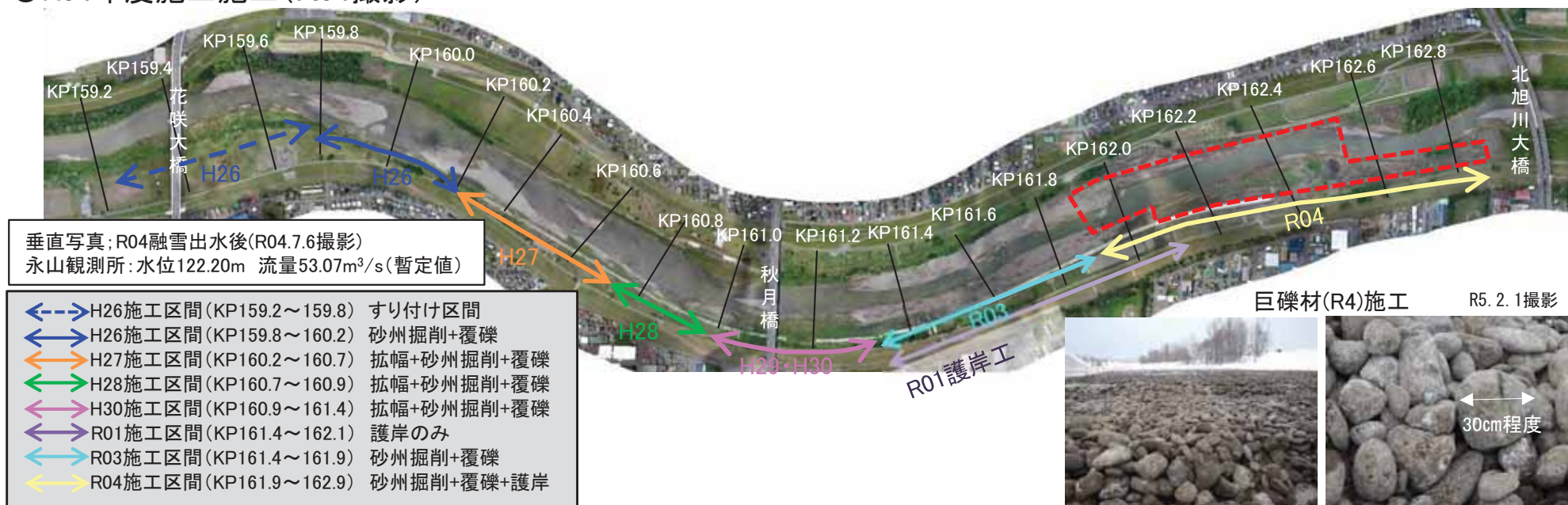


覆礫材(R4)施工

R5. 2. 1撮影

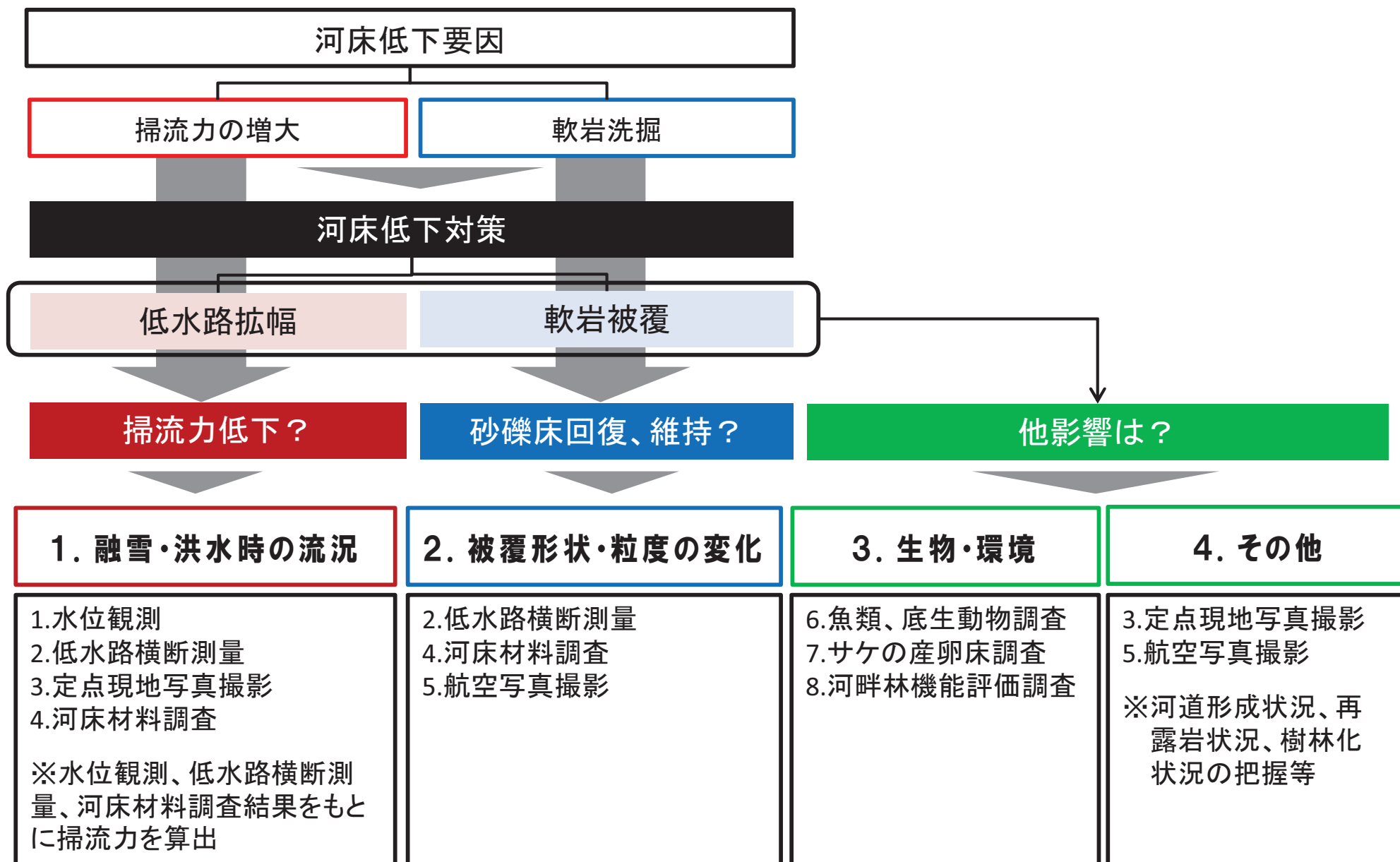


● R04年度施工施工(R04撮影)



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。



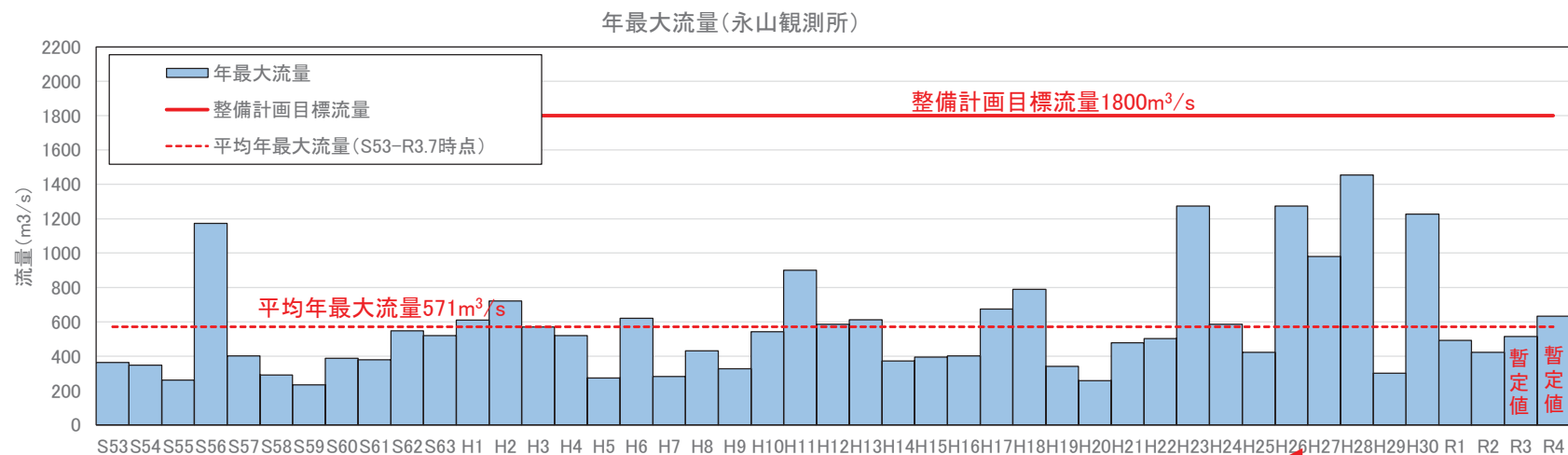
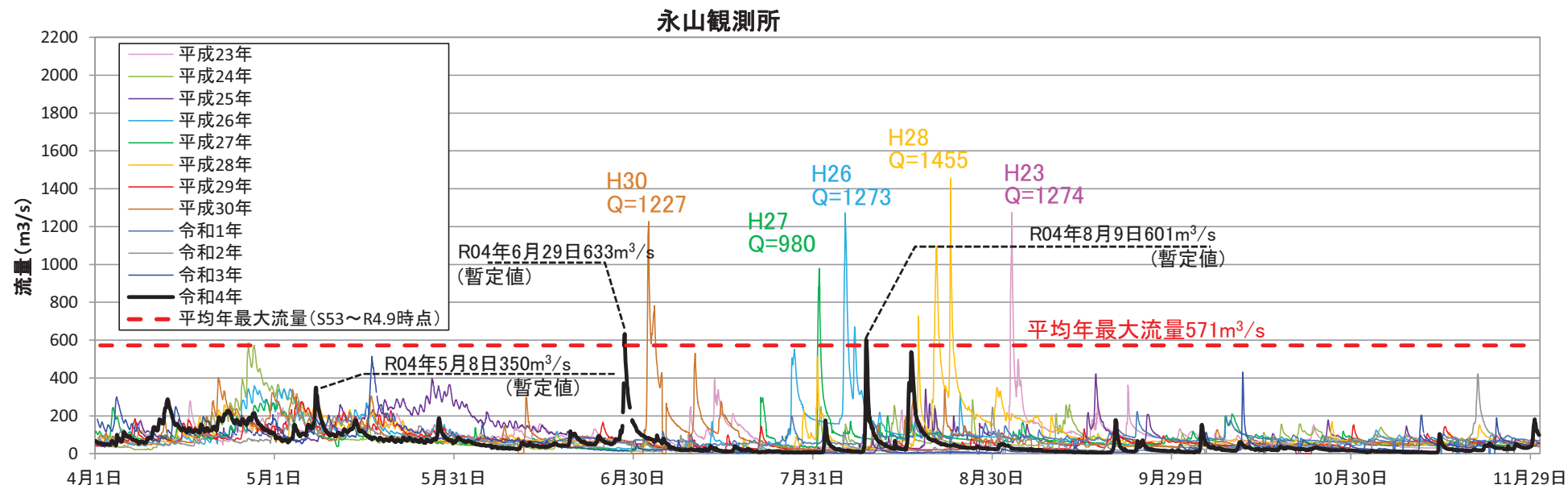
6-1.モニタリング経過

➤ 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	R04 2022
河道管理WG		第19～20回	第21回	第22回	第23回	第24回	第25回 (現地視察会)	第26回 (委員個別対応)	第27回 (委員個別対応)	第28回 (オンライン会議)
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	・工事: KP161.9～162.9 拡幅・覆礫・巨礫・護岸
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	2回 融雪後・夏季月出水後
	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	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	● 3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	-	-	-	Qa=831 Qn=633
目標の達成状況 ・H23河床高(目標)の維持状況 (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)	⇒ (維持)
工事後の河道変化	露岩面積(KP159.2～161.9) 施工前(H23・H24)98,000m ²					施工前と比べて 約60%減少	施工前と比べて 約78%減少	施工前と比べて 約85%減少	施工前と比べて 約82%減少	施工前と比べて 約67%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	・目標のH23出水流量(旭 橋: Q=1286)を上回る出水 が発生				
	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: 覆礫材料の粒径 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)

- R04年の融雪期ピーク流量は $350\text{m}^3/\text{s}$ (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。
- 融雪出水後において、平均最大流量を超える出水が2回発生している。



H26年度より工事開始(現在段階施工中)

6-3.航空写真

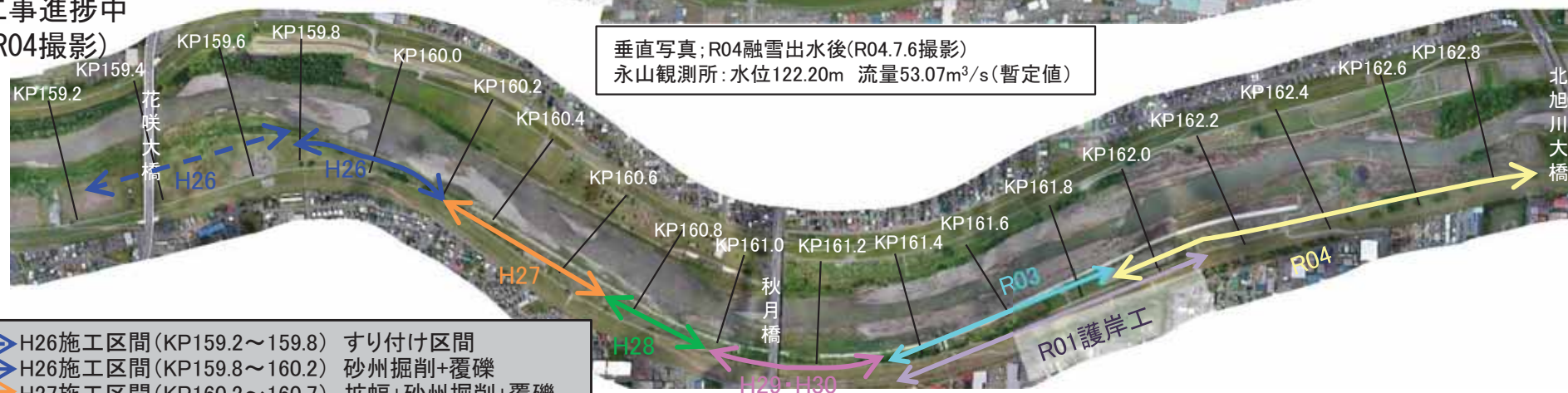
(1)河道再生工事(工事前と工事進捗中)

- 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、低水路幅が拡がり、砂州が形成されている。

●工事前 (H25撮影)



●工事進捗中 (R04撮影)



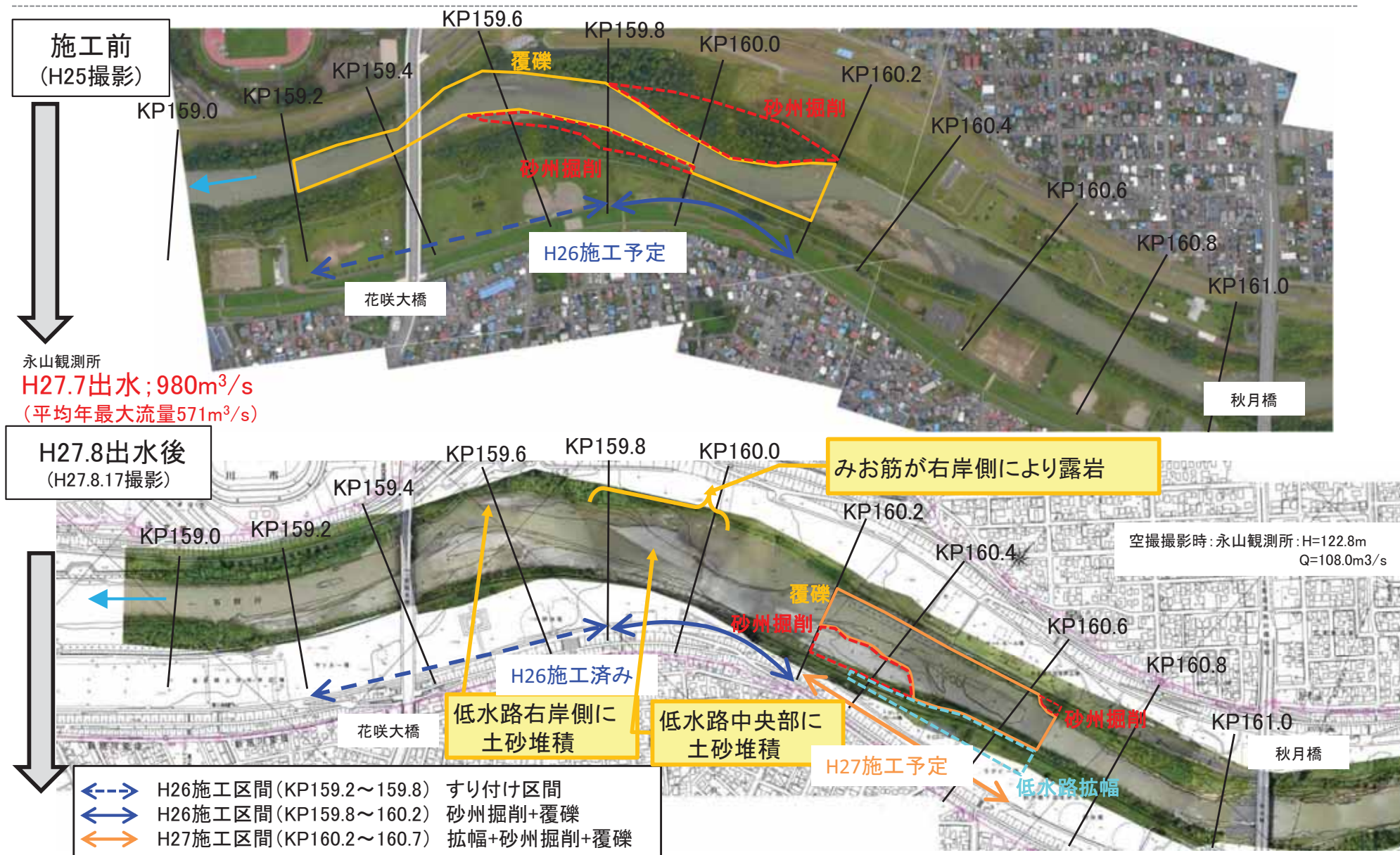
←---→ H26施工区間 (KP159.2～159.8)	すり付け区間
←---→ H26施工区間 (KP159.8～160.2)	砂州掘削+覆礫
←---→ H27施工区間 (KP160.2～160.7)	拡幅+砂州掘削+覆礫
←---→ H28施工区間 (KP160.7～160.9)	拡幅+砂州掘削+覆礫
←---→ H30施工区間 (KP160.9～161.4)	拡幅+砂州掘削+覆礫
←---→ R01施工区間 (KP161.4～162.1)	護岸のみ
←---→ R03施工区間 (KP161.4～161.9)	砂州掘削+覆礫
←---→ R04施工区間 (KP161.9～162.9)	砂州掘削+覆礫+護岸

(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、みお筋が右岸に寄り露岩が発生。



②H28融雪後⇒H28夏季出水後の変化

- H28融雪後 : H27施工区間は全体的に施工形状を概ね維持。KP159.6～160.0ではみお筋が左岸露岩部に移動。
- H28.8出水後 : KP160より上流側では、みお筋が右岸側へ移動。KP159.6～160.0右岸側に土砂が堆積し、KP159.8～160.0付近ではみお筋が低水路中央部に移動。

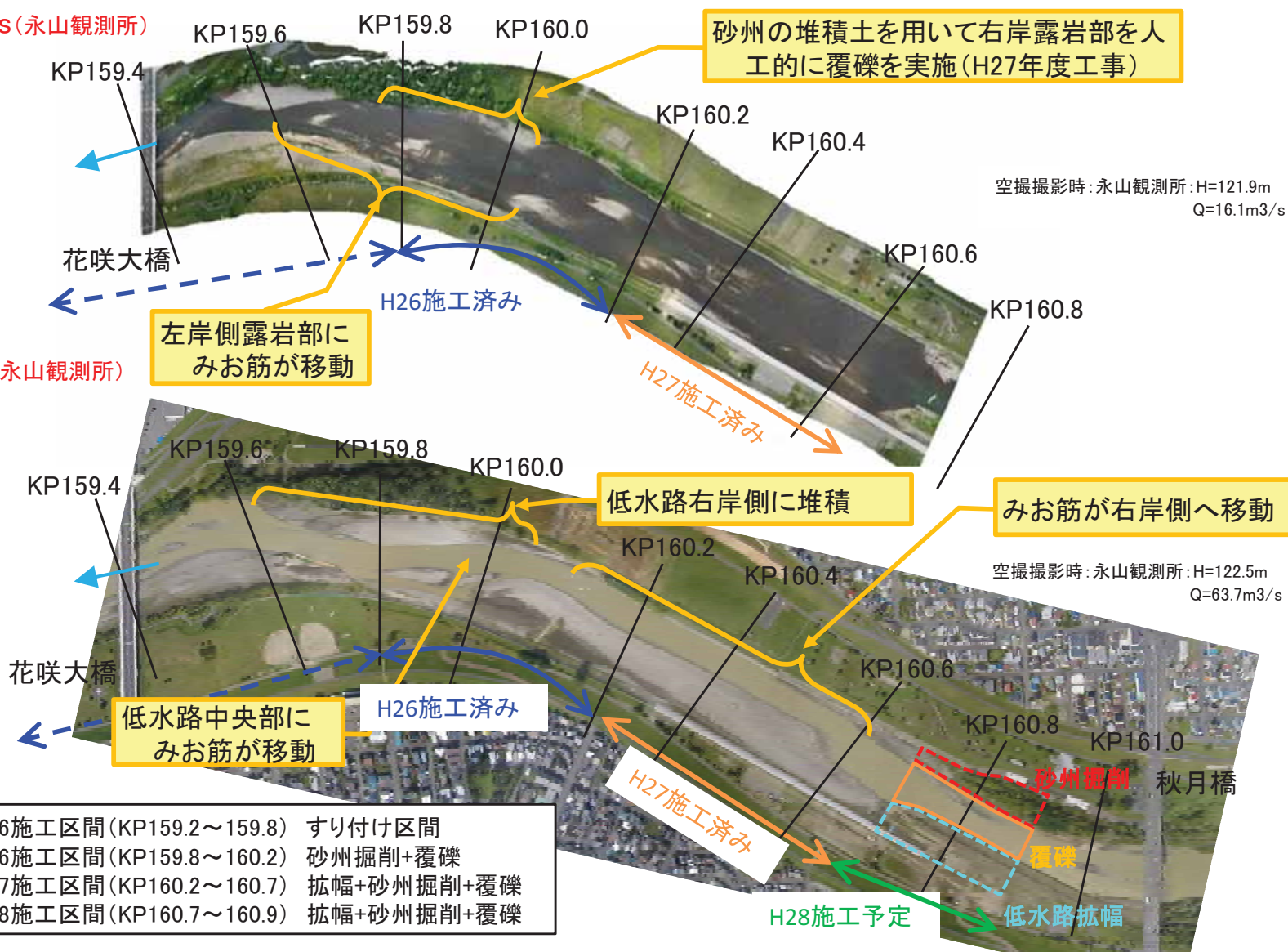
H28融雪出水; $270\text{m}^3/\text{s}$ (永山観測所)
(平均年最大流量 $571\text{m}^3/\text{s}$)

H28融雪後
(H28.7.16撮影)

永山観測所

H28.8月出水; $1455\text{m}^3/\text{s}$ (永山観測所)
(平均年最大流量 $571\text{m}^3/\text{s}$)

H28.8月出水後
(H28.9.22撮影)



③H29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。

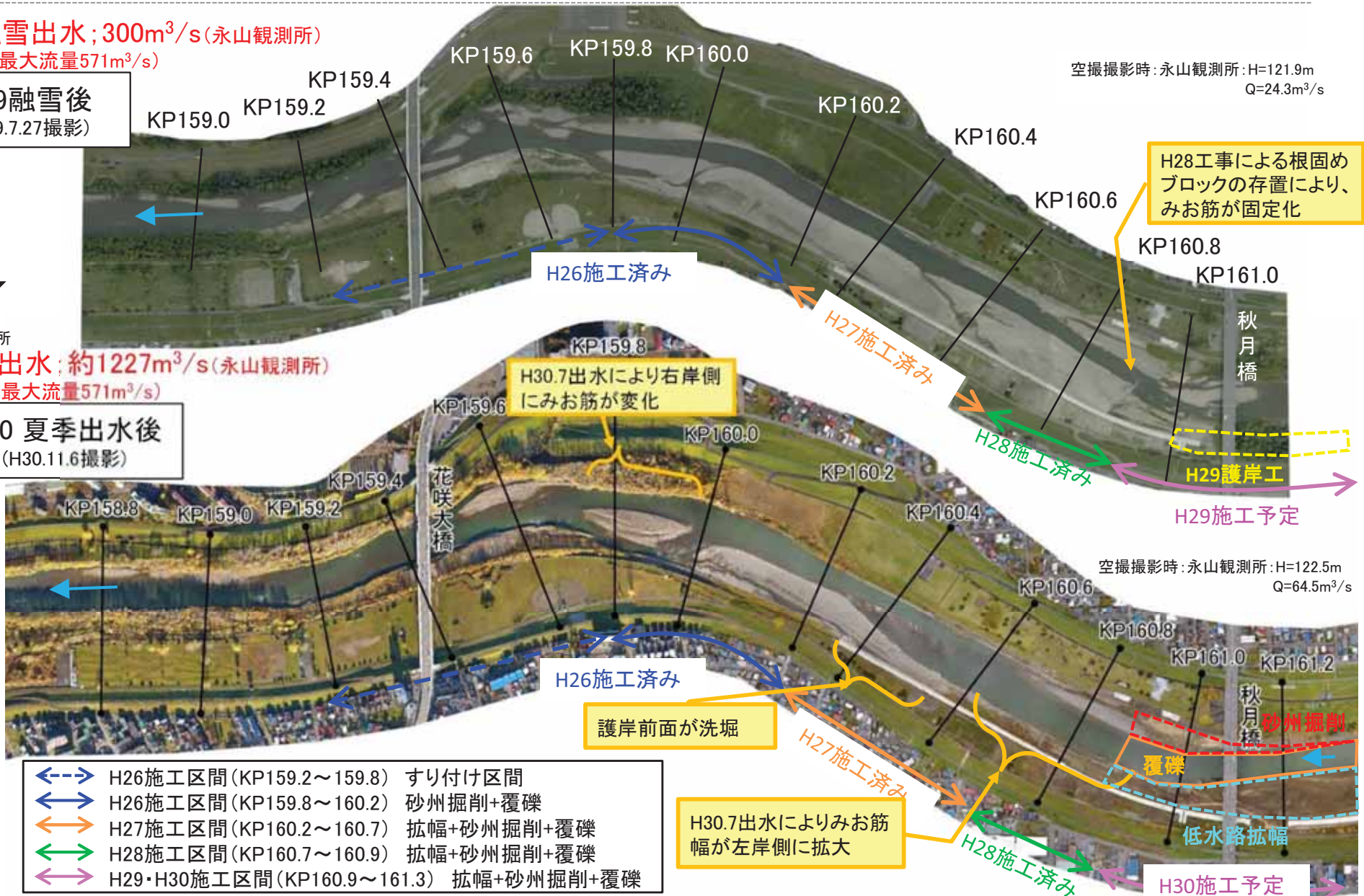
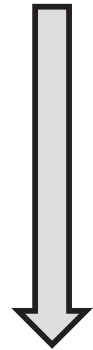
H29融雪出水; 300m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量571m³/s)

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)



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; $331\text{m}^3/\text{s}$ (※旭橋)

(平均年最大流量 $571\text{m}^3/\text{s}$)

R01融雪出水後
(R01.7.24撮影)



R1.8出水 ; $509\text{m}^3/\text{s}$ (永山観測所)

R2融雪出水; $333\text{m}^3/\text{s}$ (永山観測所)

(平均年最大流量 $571\text{m}^3/\text{s}$)

R02融雪出水後
(R02.7.23撮影)

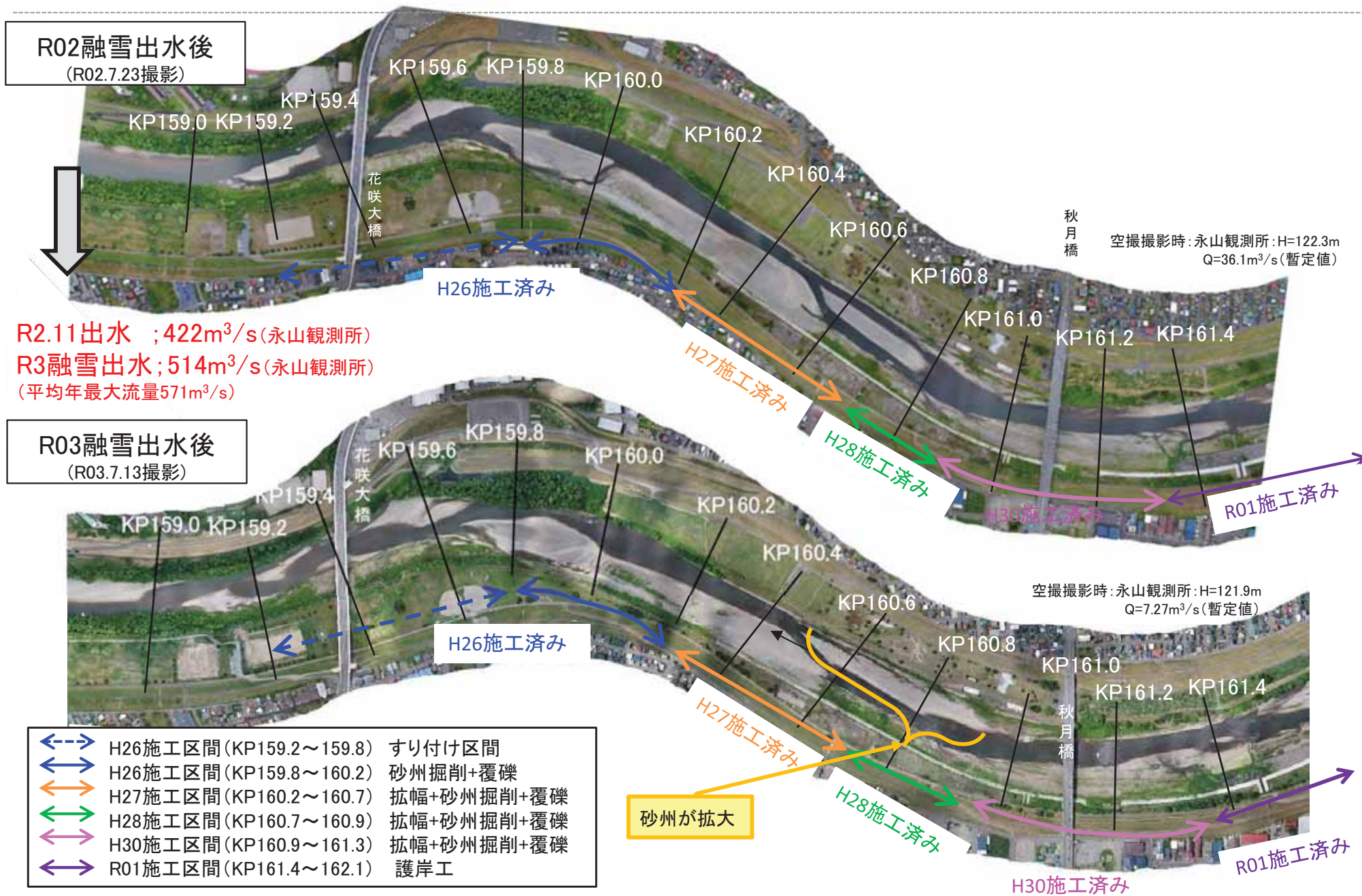


- | | | |
|---|------------------------|------------|
| ↔ | H26施工区間(KP159.2～159.8) | すり付け区間 |
| ↔ | H26施工区間(KP159.8～160.2) | 砂州掘削+覆礫 |
| ↔ | H27施工区間(KP160.2～160.7) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ↔ | H28施工区間(KP160.7～160.9) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ↔ | H30施工区間(KP160.9～161.3) | 拡幅+砂州掘削+覆礫 |
| ↔ | R01施工区間(KP161.4～162.1) | 護岸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

護岸前面の洗堀部をR01年度工事で埋戻しを実施

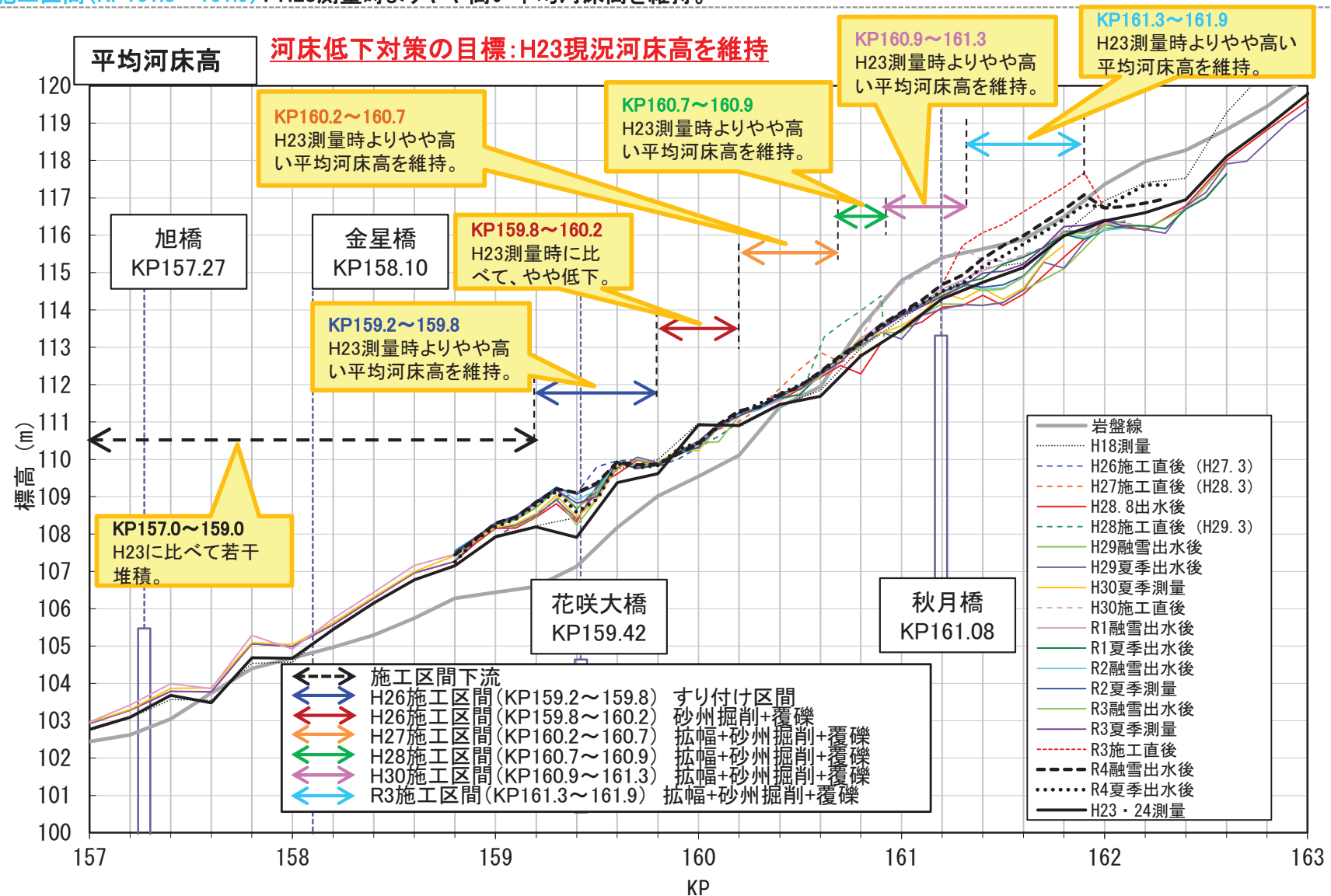
⑤R02融雪後⇒R03融雪後の変化

➤ 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。



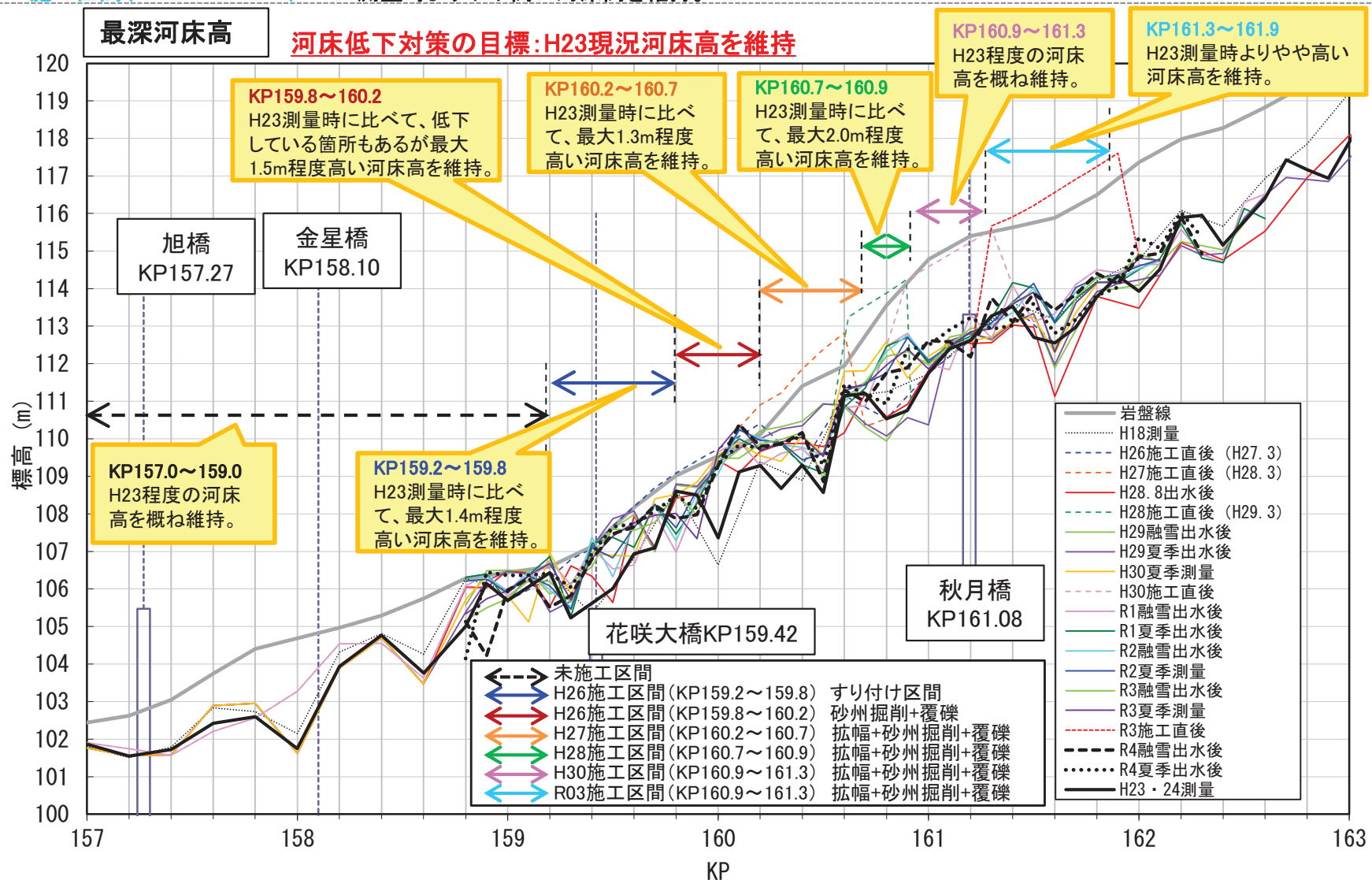
6-4.縦断図 ①平均河床高

- 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。
- R03施工区間(KP161.3～161.9)：H23測量時よりやや高い平均河床高を維持。

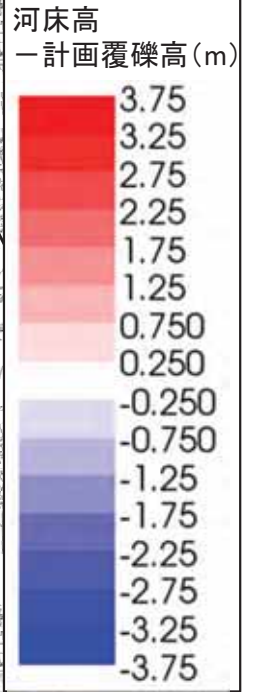


②最深河床高

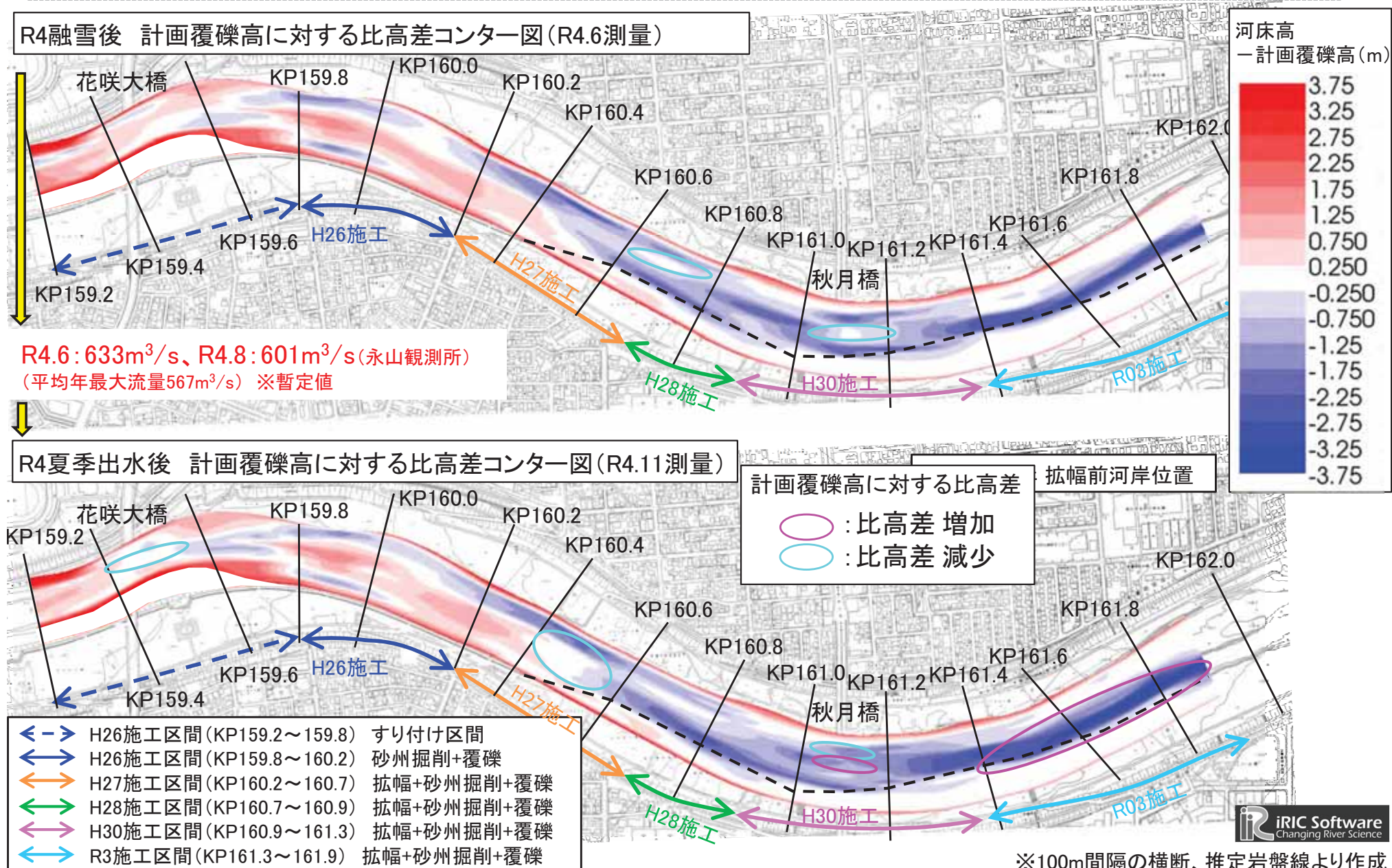
- 未施工区間(KP157.0~159.0) : H23程度の河床高を概ね維持。
- H26施工区間(KP159.2~159.8) : H23測量時に比べて、最大1.4m程度高い河床高を維持。
- H26施工区間(KP159.8~160.2) : H23測量時に比べて、低下している箇所もあるが最大1.5m程度高い河床高を維持。
- H27施工区間(KP160.2~160.7) : H23測量時に比べて、最大1.3m程度高い河床高を維持。
- H28施工区間(KP160.7~160.9) : H23測量時に比べて、最大2.0m程度高い河床高を維持。
- H30施工区間(KP160.9~161.3) : H23測量時程度の河床高を概ね維持。
- R03施工区間(KP161.3~161.9) : H23測量時よりやや高い河床高を維持。



- 対策工実施後は対策実施前(H23・24)に比べて比高差が減少。
- R4融雪出水後(R4.6)、R4夏季出水後(R4.11)はR3施工区間において比高差が大きくなっているが、施工前に比べると減少傾向。

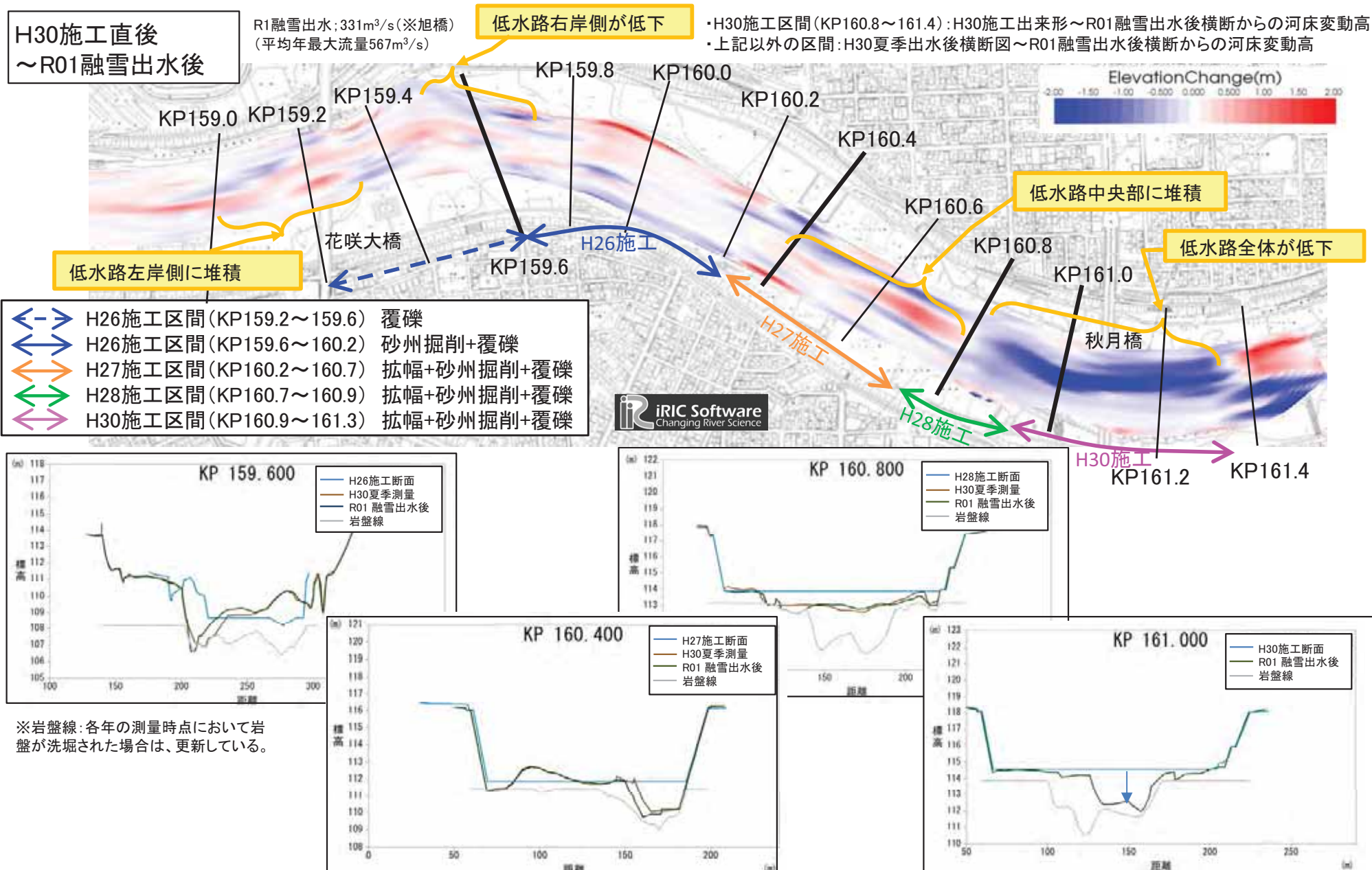


- R4融雪出水後(R4.6)は、R3夏季出水後(R3.11)に比べてKP161.0～161.4の中央部で減少傾向。秋月橋兩岸付近(KP161.1)やKP161.2～161.6の左岸拡幅(巨礫)箇所前面では増加傾向。
- R4夏季出水後(R4.11)は、R4融雪出水後(R4.6)に比べて、主にR3施工区間において増加傾向。



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

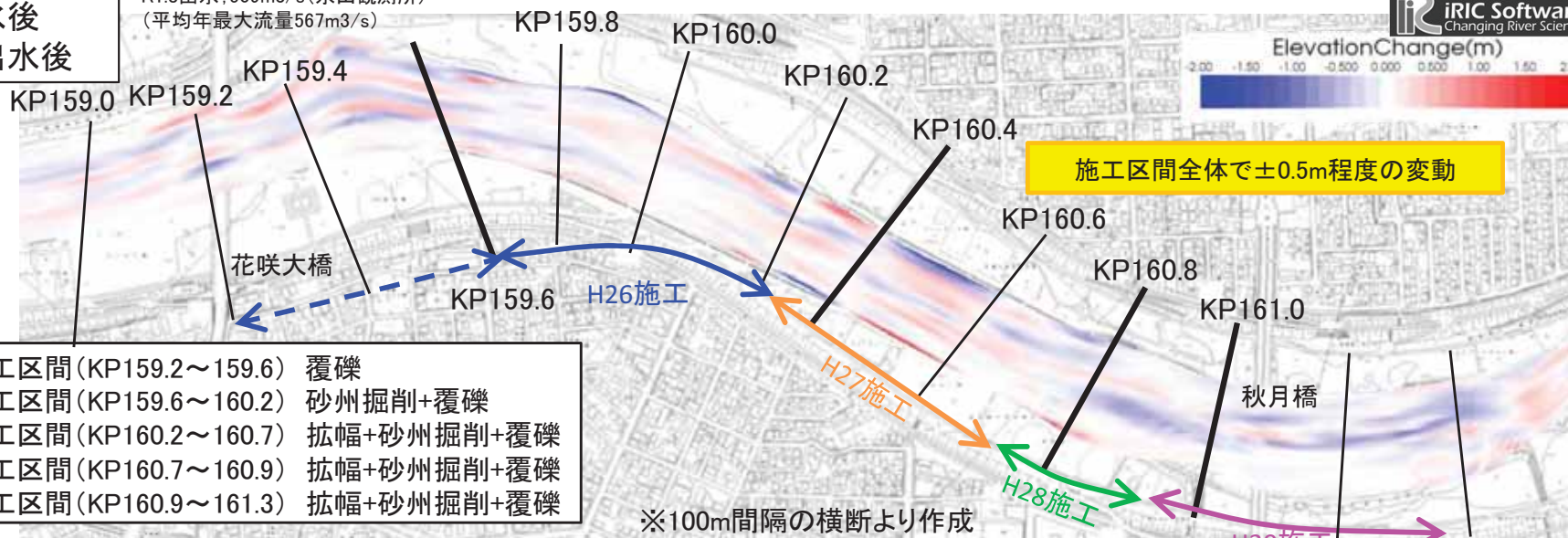


②R01融雪出水後～R01夏季出水後の変化:河床変動高コンター

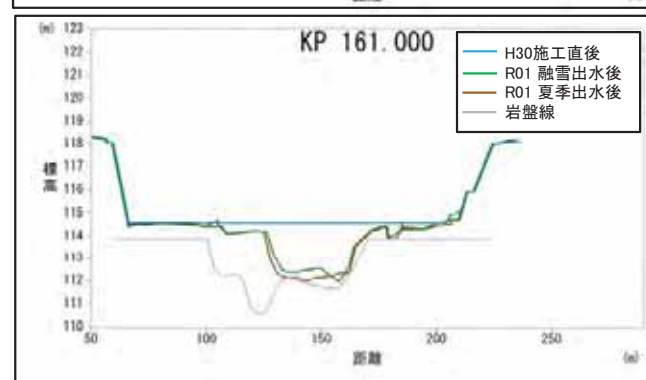
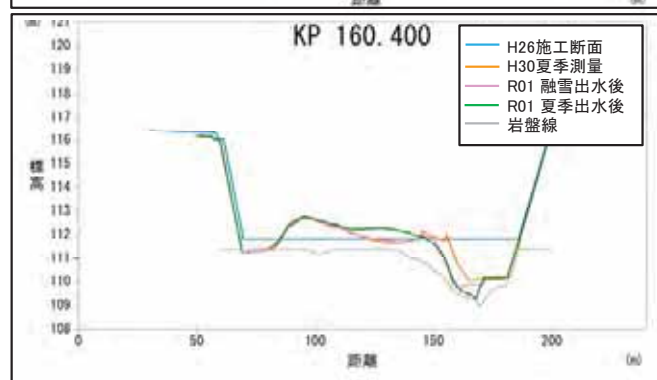
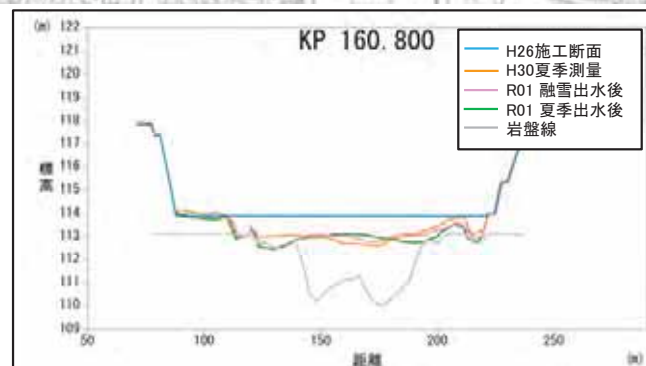
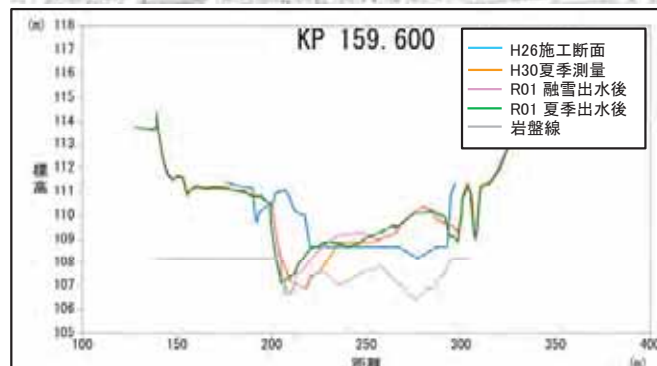
R01融雪出水後
～R01夏季出水後

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

iRIC Software
Changing River Science



- ↔ 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



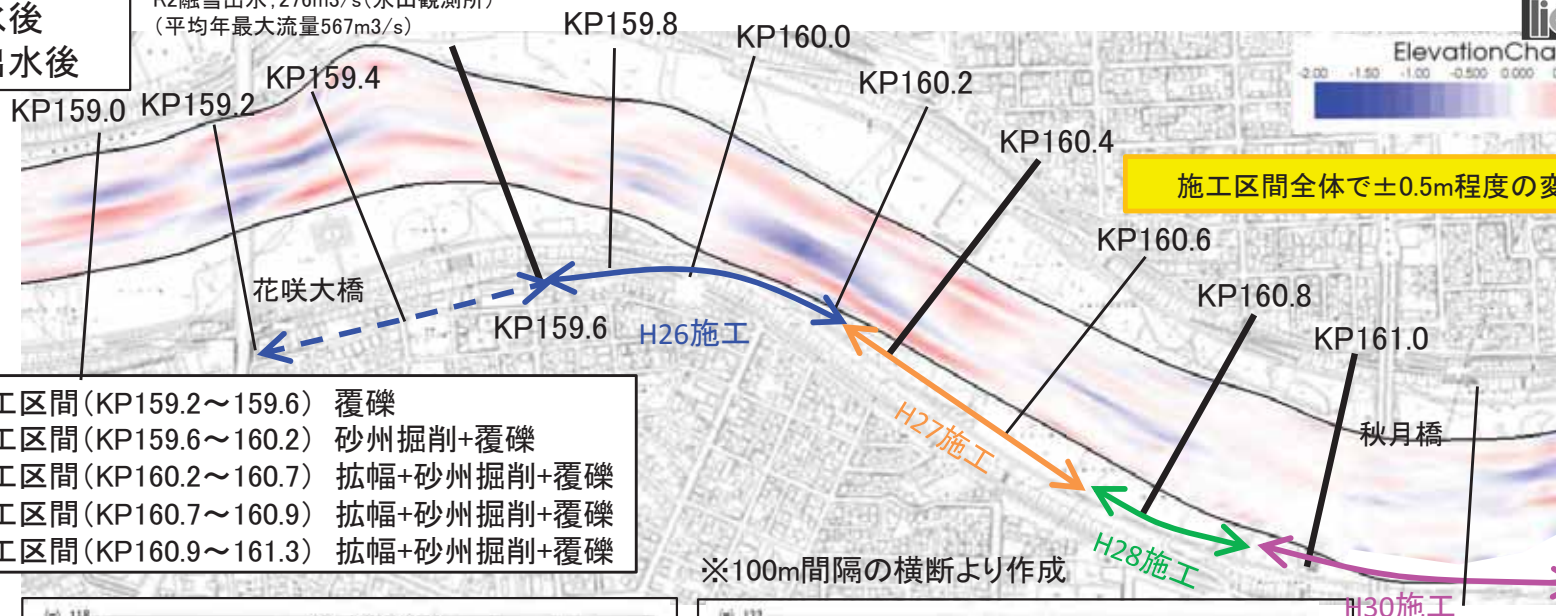
※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗堀された場合は、更新している。

③R01夏季出水後～R02融雪出水後の変化:河床変動高コンター

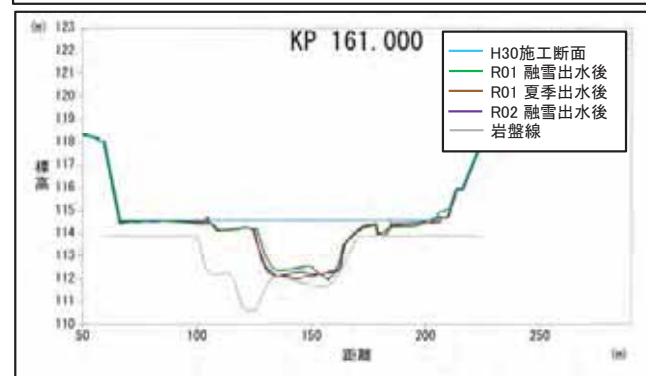
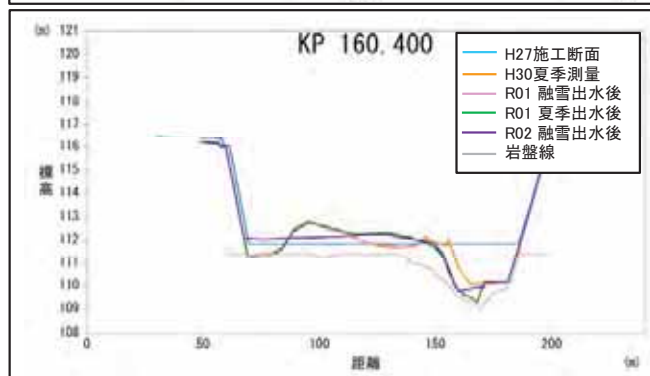
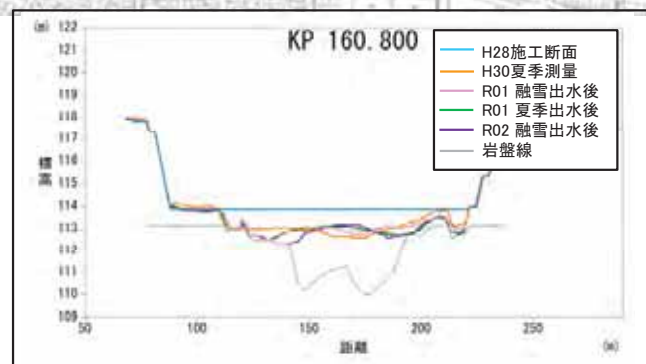
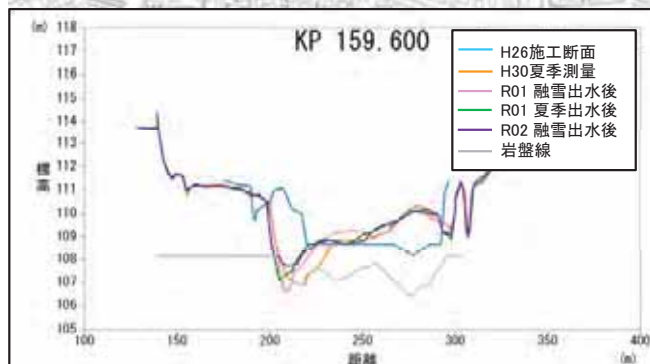
R01夏季出水後
～R02融雪出水後

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

iRIC Software
Changing River Science

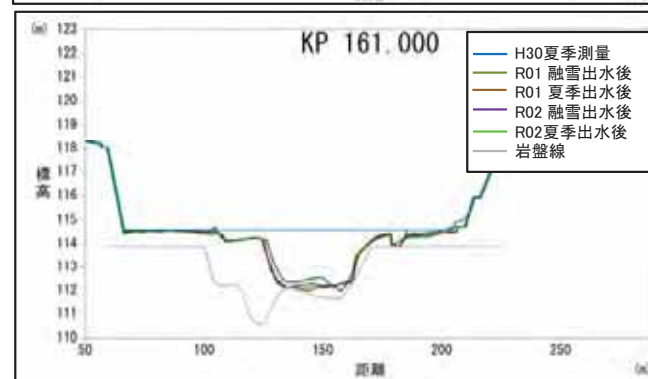
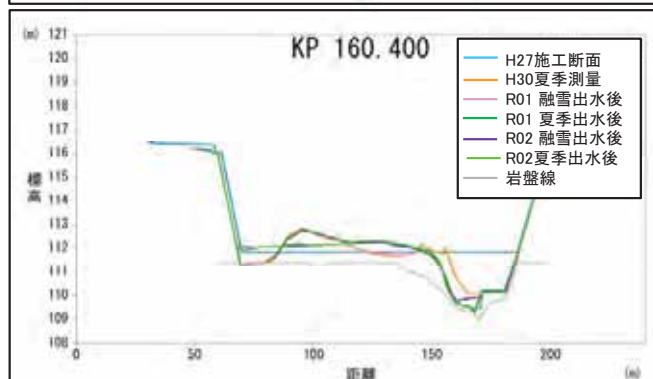
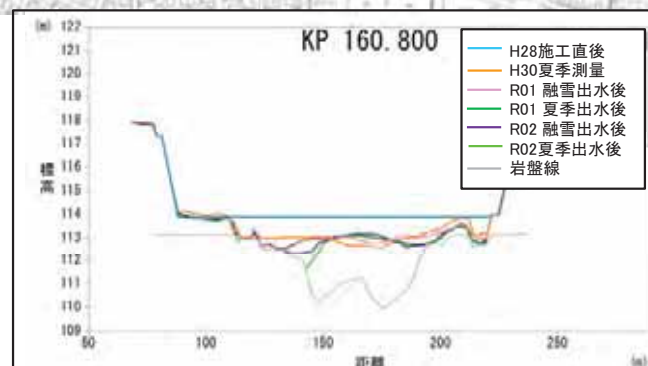
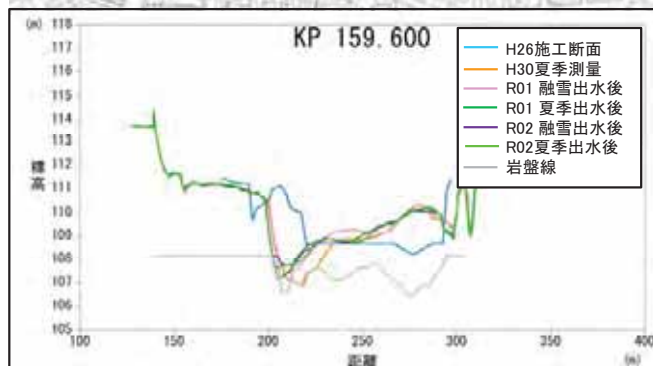
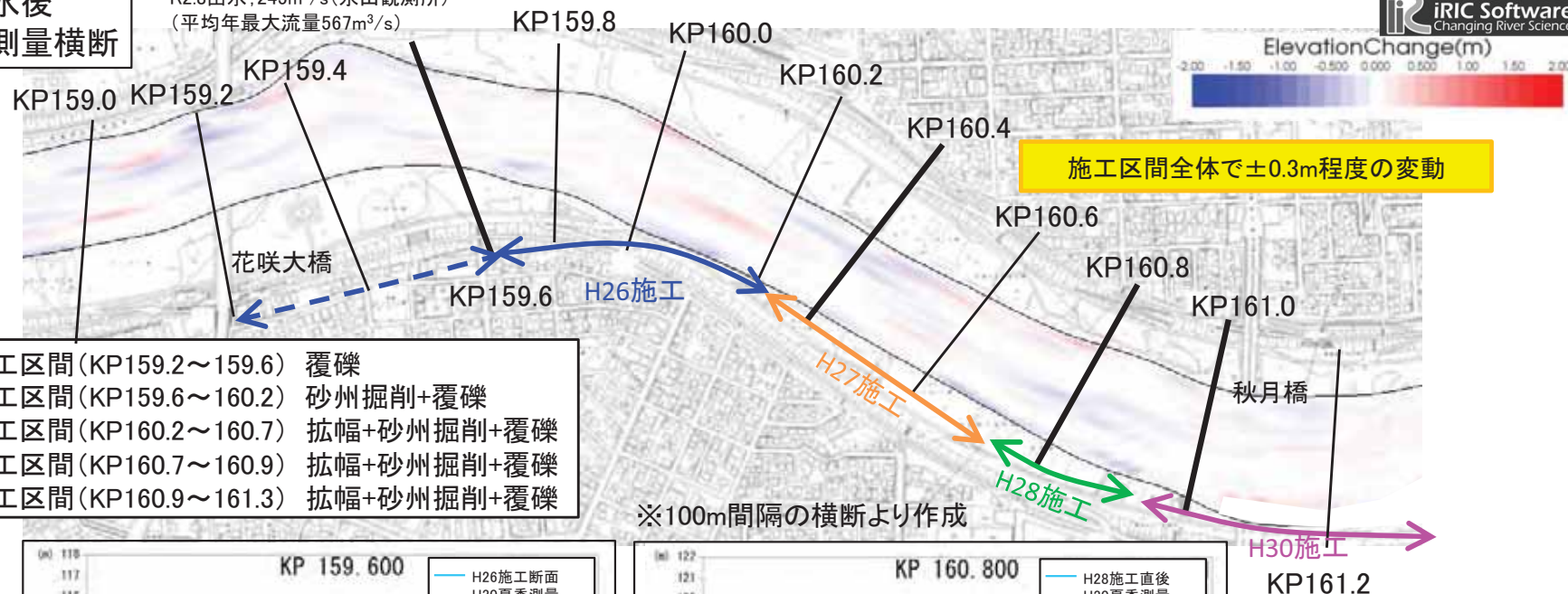


- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫



※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗堀された場合は、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

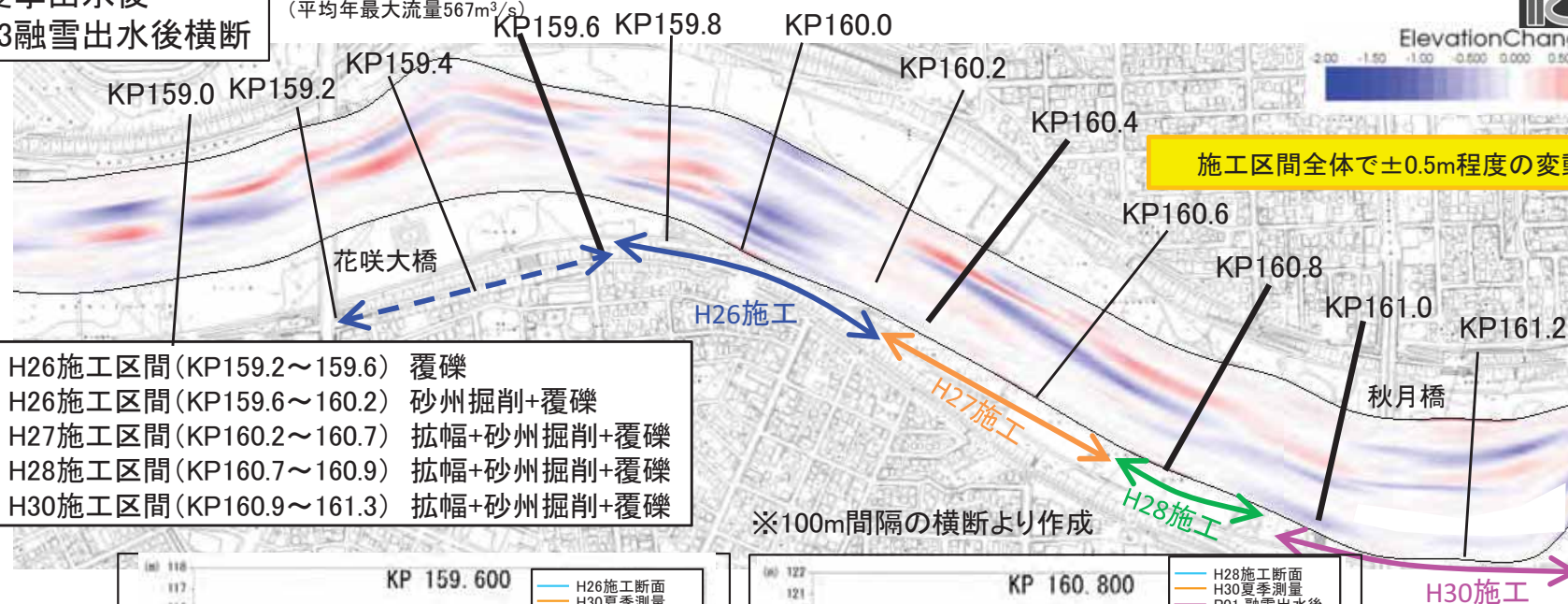
R02融雪出水後
～R02夏季測量横断R2.8出水: 245m³/s(永山観測所)
(平均年最大流量567m³/s)iRIC Software
Changing River Science

※岩盤線: 各年の測量時点において岩盤が洗堀された場合は、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

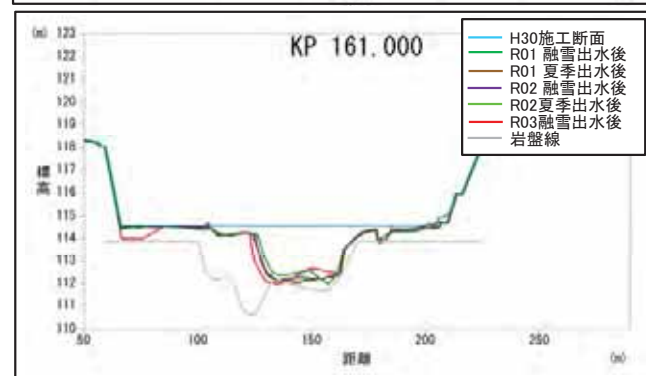
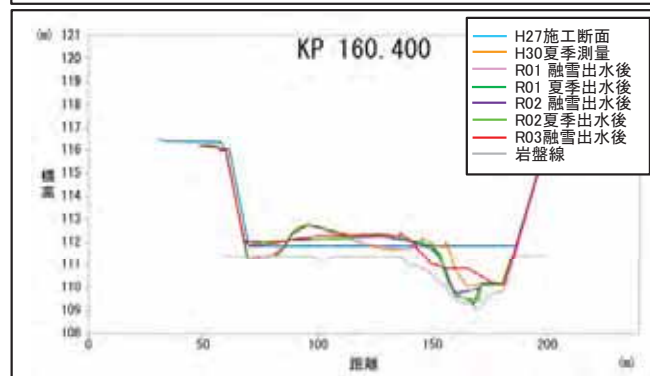
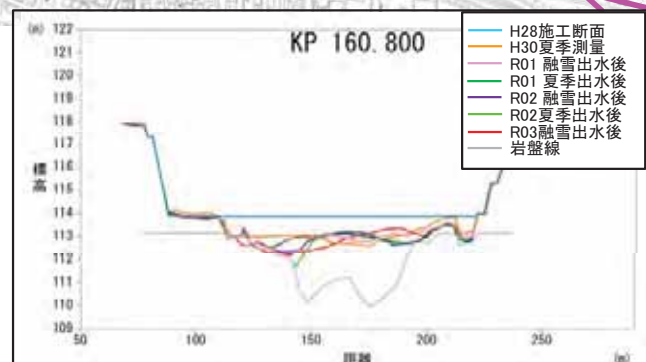
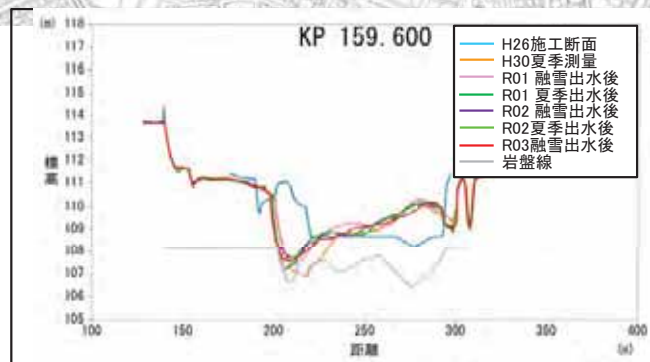
R02夏季出水後
～R03融雪出水後横断R3融雪出水:514m³/s(永山観測所:暫定値)
(平均年最大流量567m³/s)iRIC Software
Changing River Science

Elevation Change(m)



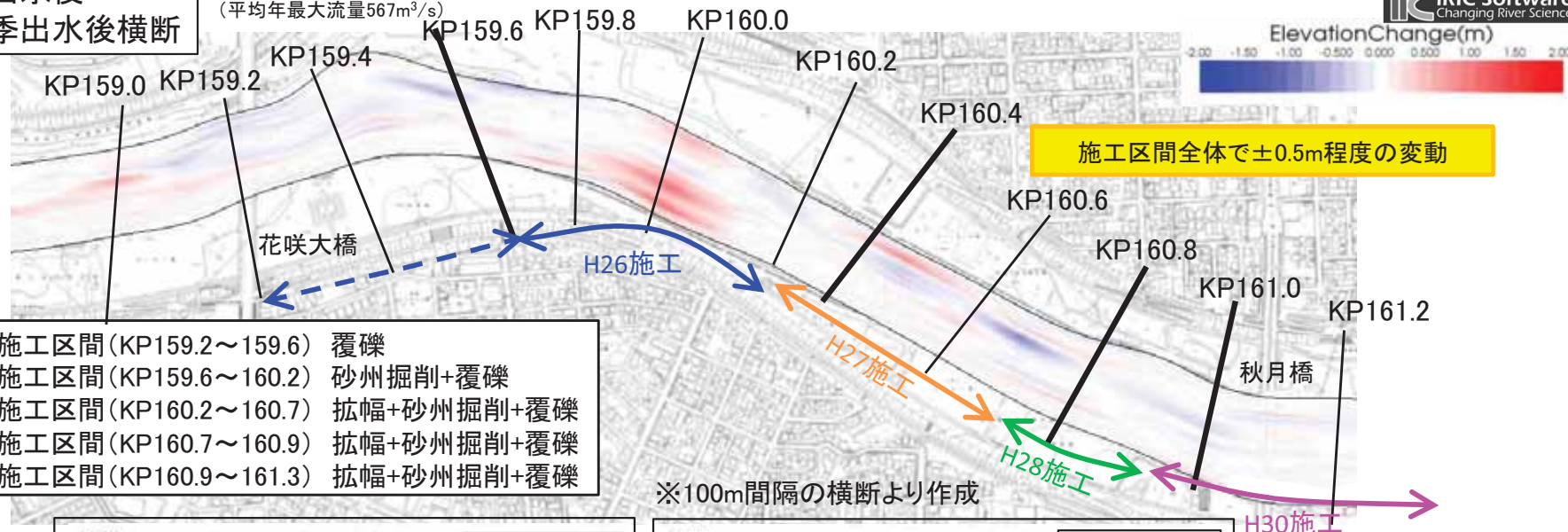
- ↔ H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ↔ H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ↔ H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ↔ H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫

※100m間隔の横断より作成

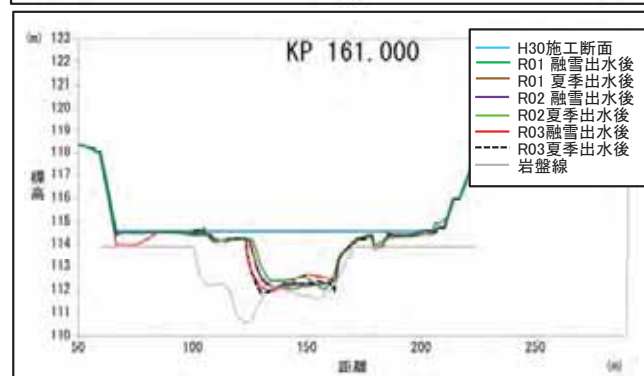
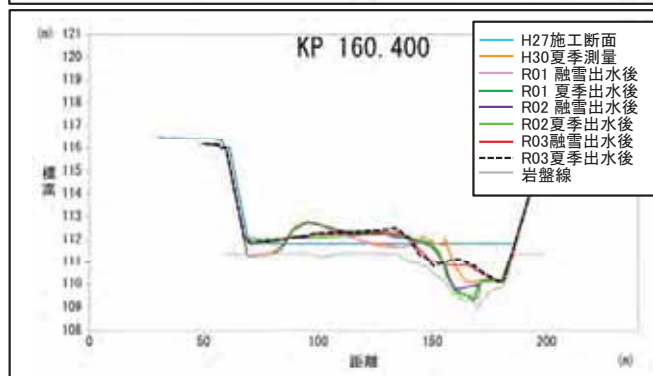
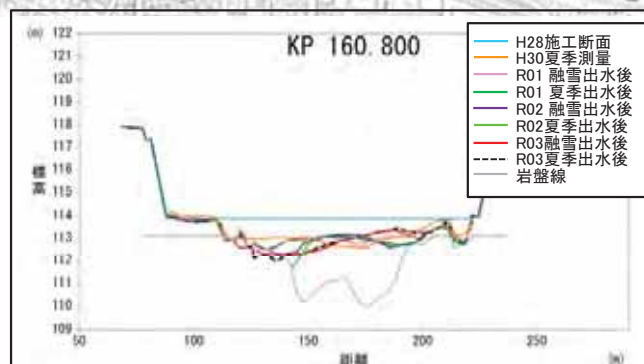
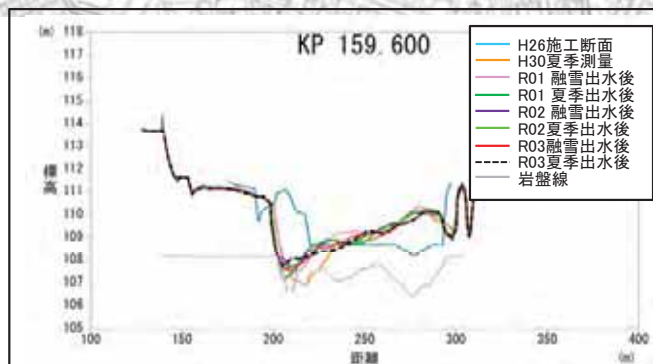


※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗堀された場合は、更新している。

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)iRIC Software
Changing River Science

- ↔ 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



※岩盤線:各年の測量時点において岩盤が洗堀された場合は、更新している。

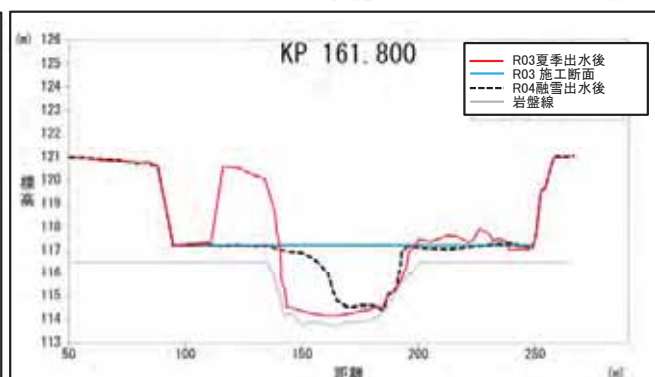
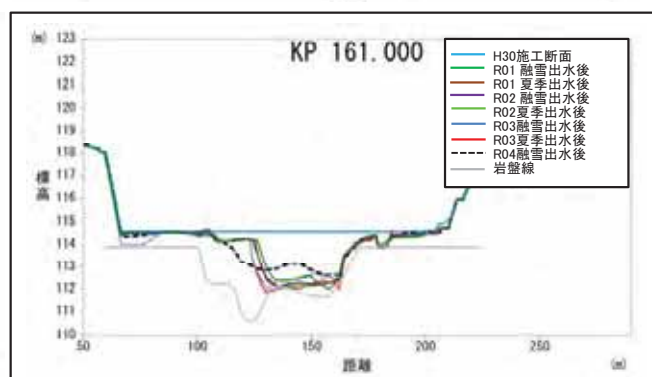
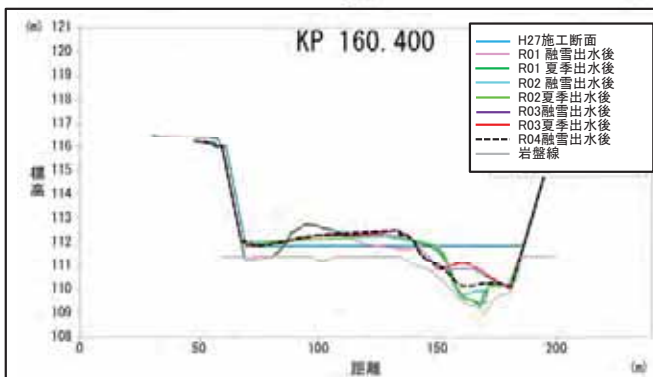
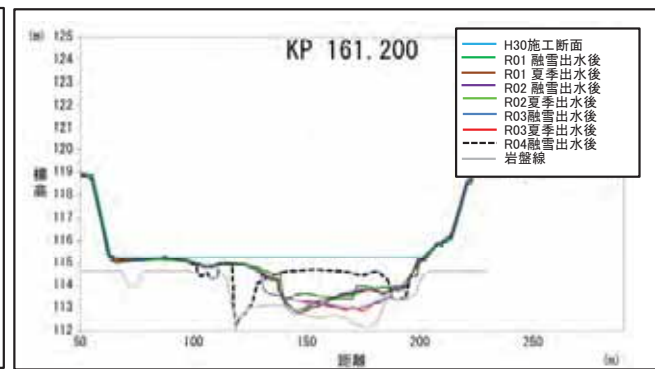
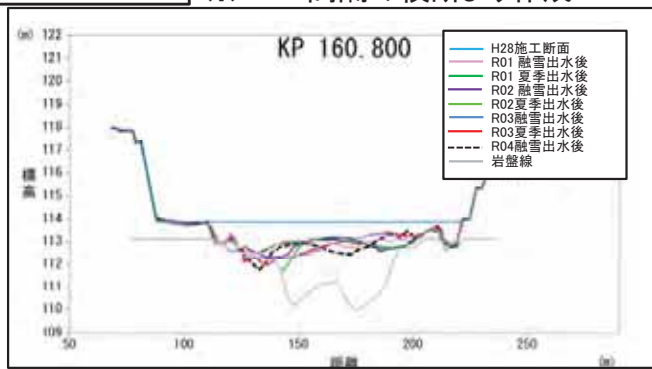
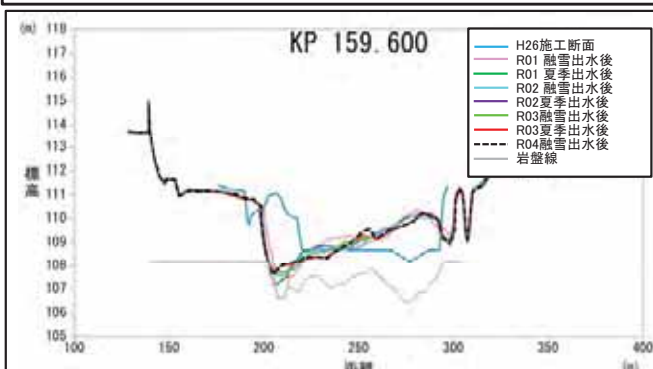
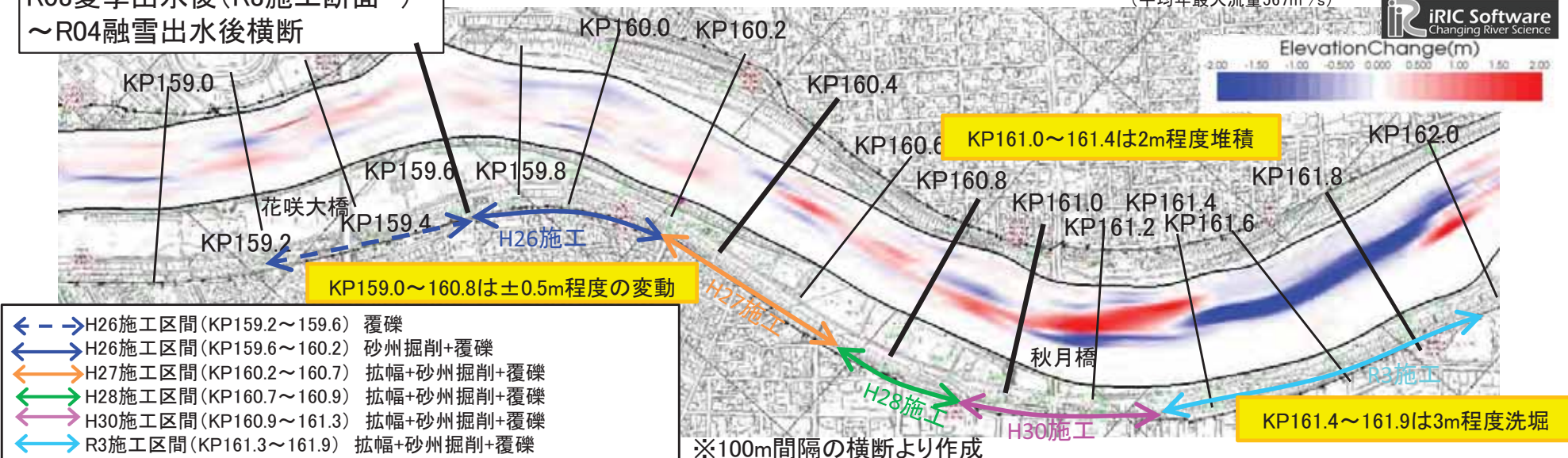
⑦R03夏季出水後～R04融雪出水後横断の変化:河床変動高コンター

R03夏季出水後(R3施工断面※)
～R04融雪出水後横断

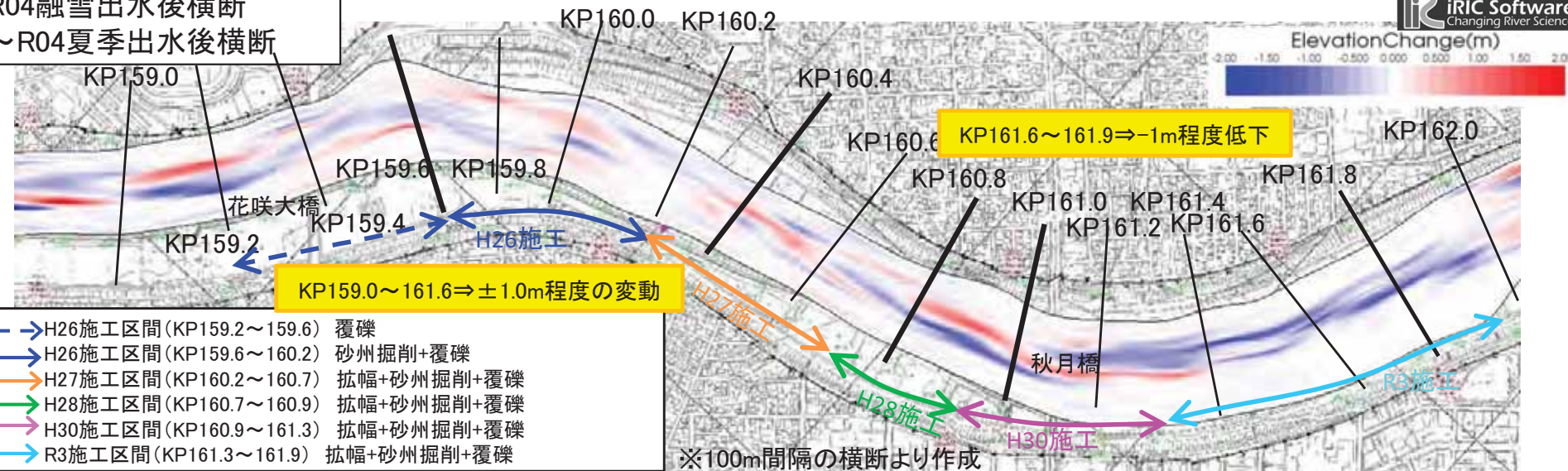
※R3施工区間:施工直後からR4融雪後までの変化を図示

R4.5出水:350m³/s(永山観測所:暫定値)
(平均年最大流量567m³/s)

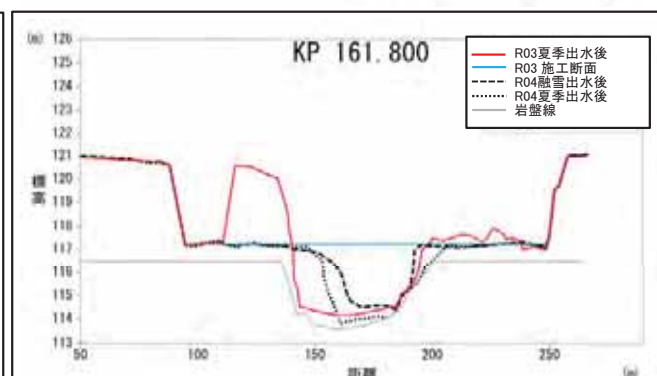
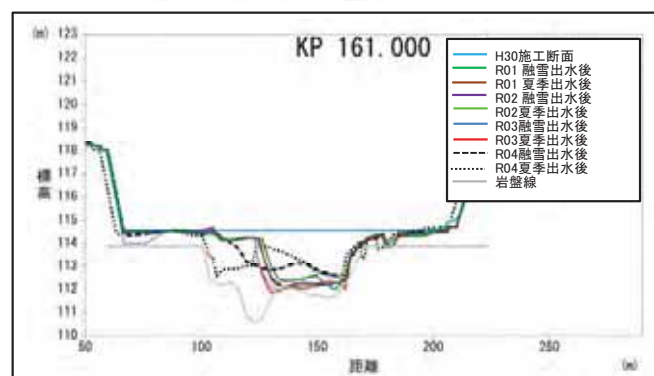
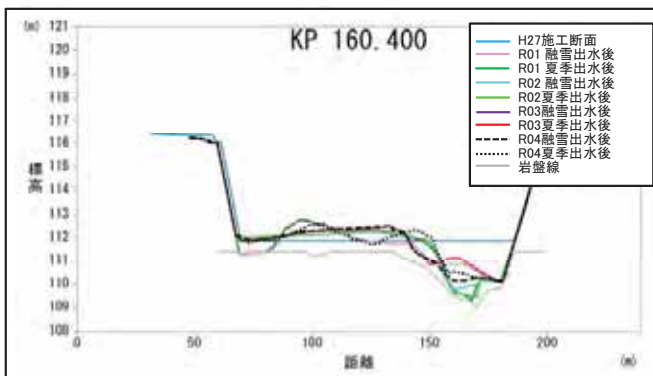
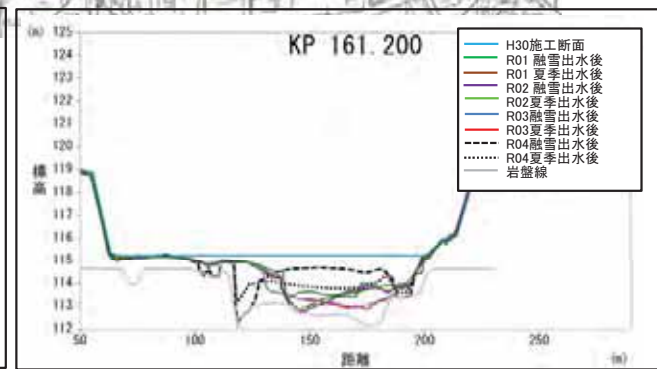
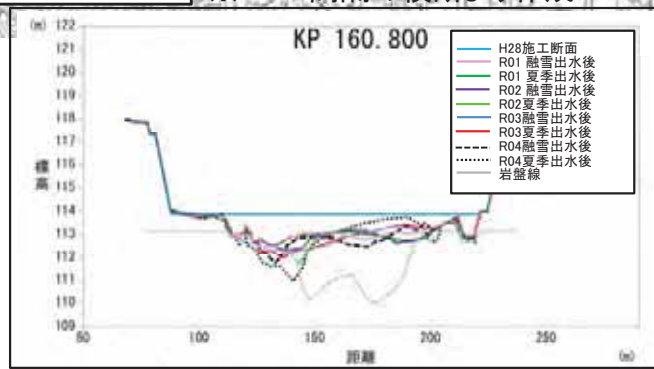
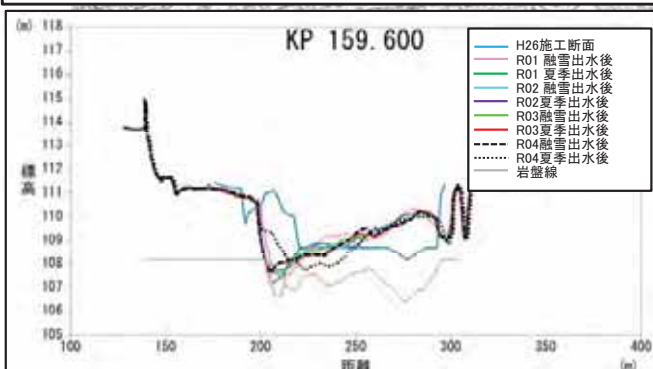
iRIC Software
Changing River Science



⑧R04融雪出水後～R04夏季出水後横断の変化:河床変動高コンター

R4.8出水:601m³/s(永山観測所:暫定値)(平均年最大流量567m³/s)iRIC Software
Changing River ScienceR04融雪出水後横断
～R04夏季出水後横断

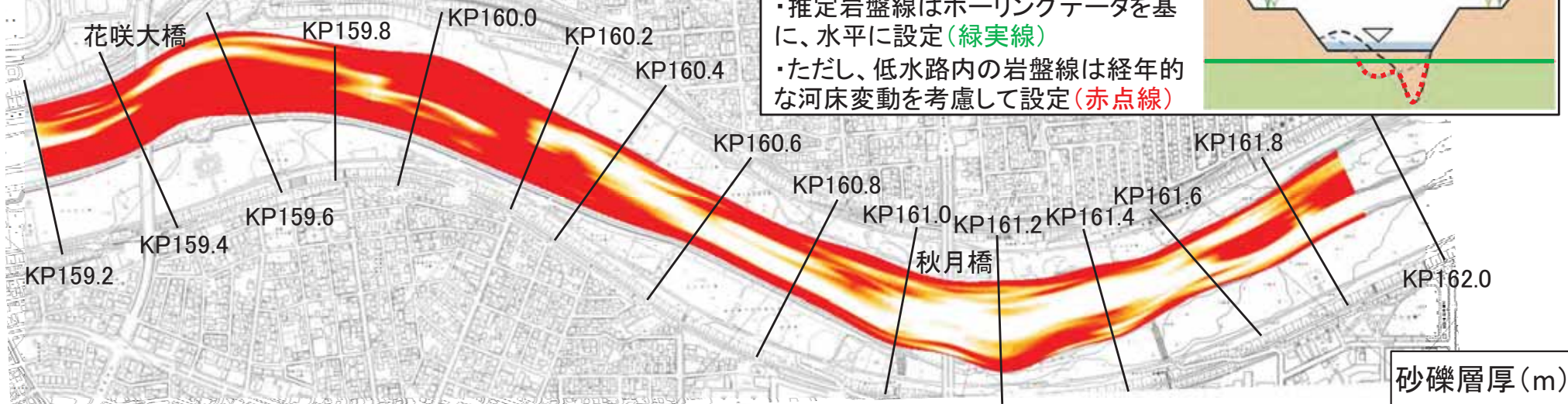
- ← - - → H26施工区間(KP159.2～159.6) 覆礫
- ← - - → H26施工区間(KP159.6～160.2) 砂州掘削+覆礫
- ← - - → H27施工区間(KP160.2～160.7) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ← - - → H28施工区間(KP160.7～160.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ← - - → H30施工区間(KP160.9～161.3) 拡幅+砂州掘削+覆礫
- ← - - → R3施工区間(KP161.3～161.9) 拡幅+砂州掘削+覆礫



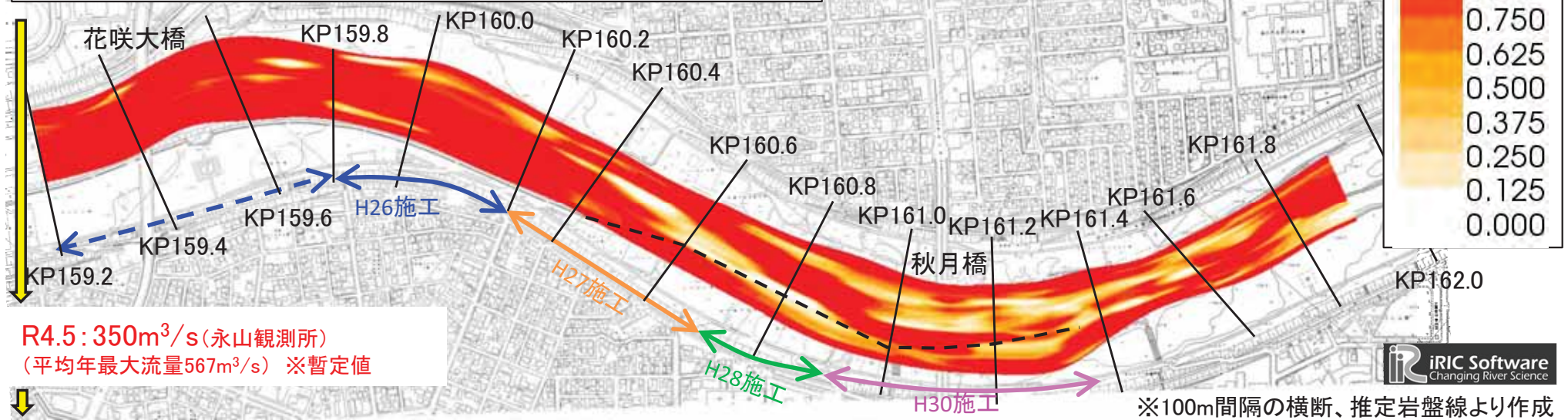
6-7.砂礫層厚コンター

- 対策工実施後は対策実施前(H23・24)に比べて砂礫層厚が増加。
- R4融雪出水後(R4.6)、R4夏季出水後(R4.11)はR3施工区間において砂礫層厚が小さくなっているが、施工前に比べると増加傾向。

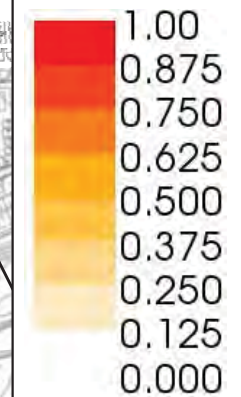
対策工実施前 砂礫層厚コンター図(H23・24測量)



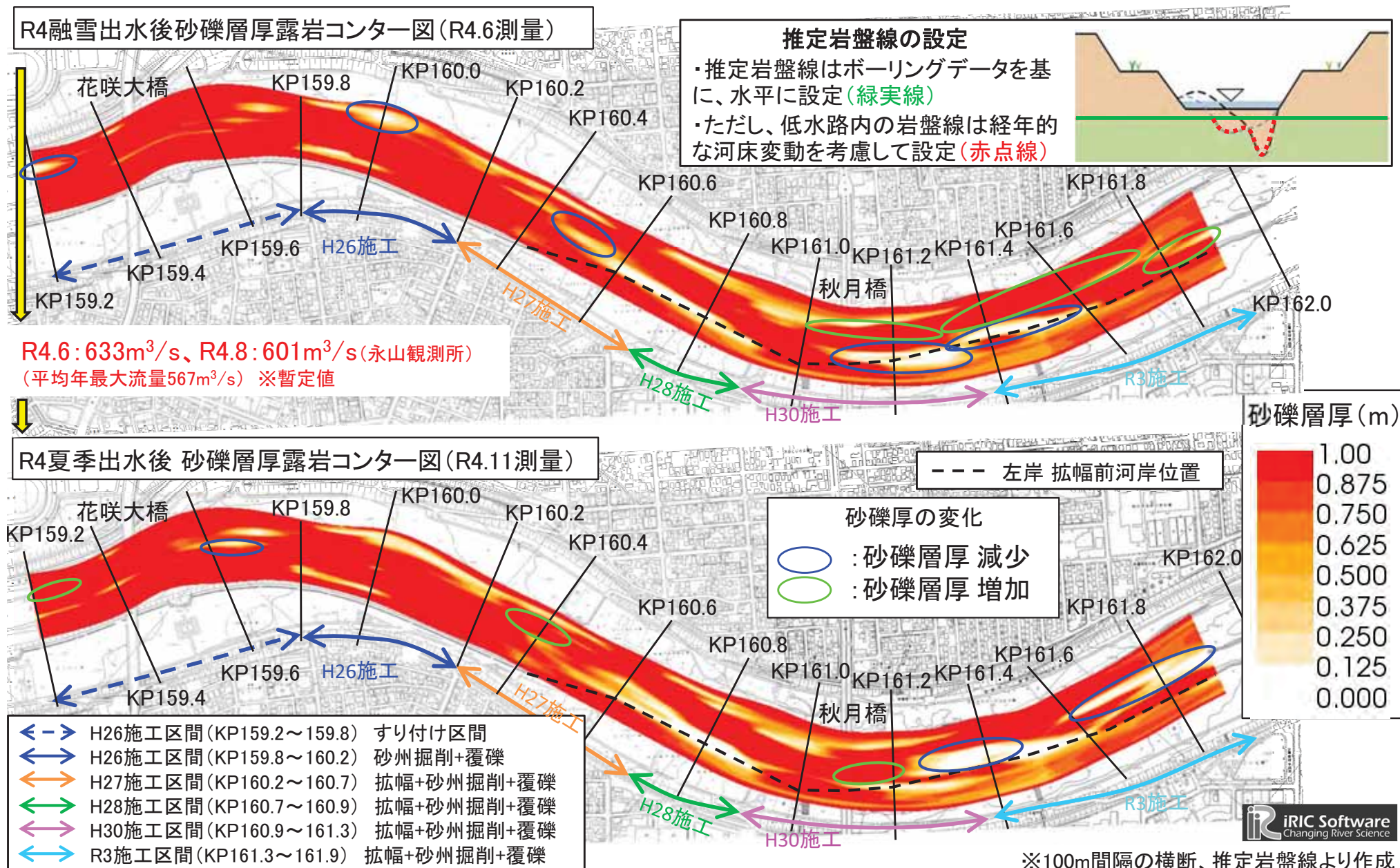
R3夏季出水後 計画覆礫高に対する比高差コンター図(R3.11測量)



砂礫層厚(m)



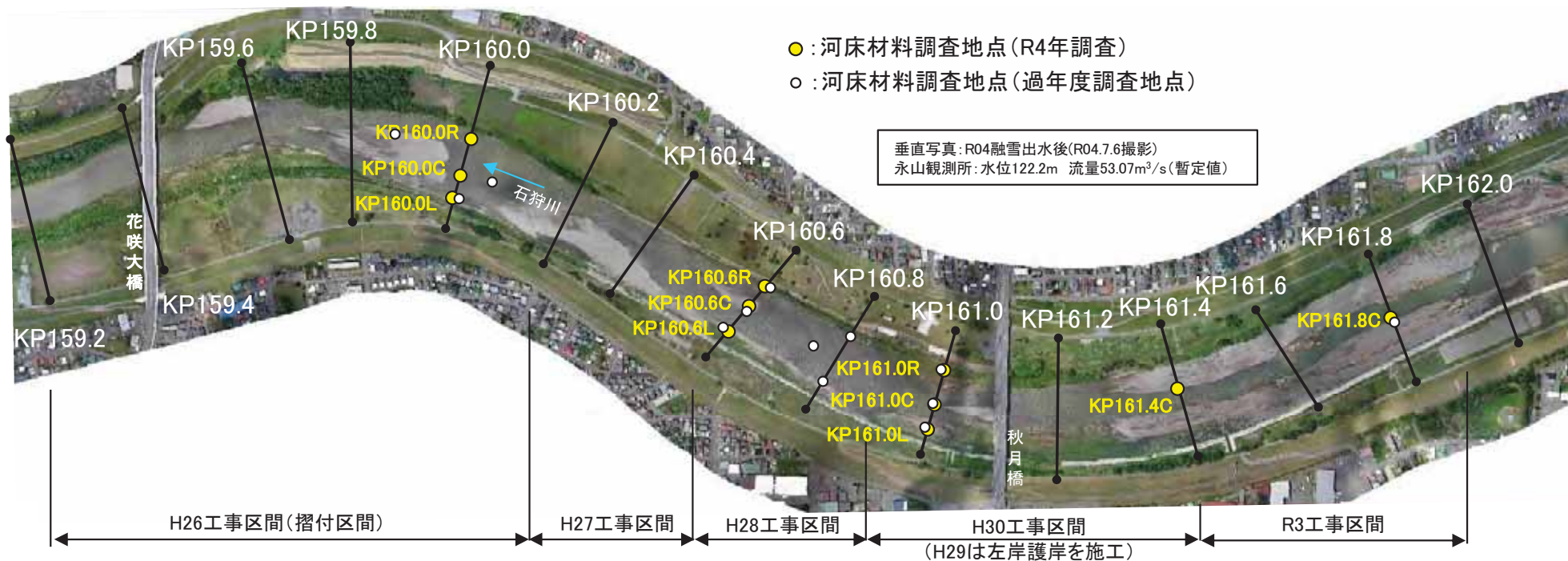
- R4融雪出水後(R4.6)は、R3夏季出水後(R3.11)に比べてKP161.0～161.6の中央部で増加傾向。秋月橋兩岸付近(KP161.1)やKP161.2～161.6の左岸拡幅(巨礫)箇所前面では減少傾向。
- R4夏季出水後(R4.11)は、R4融雪出水後(R4.6)に比べて、主にR3施工区間において減少傾向。



6-8.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、R3工事区間で実施



KP160.0C (R4年8月)



KP160.6C (R4年8月)



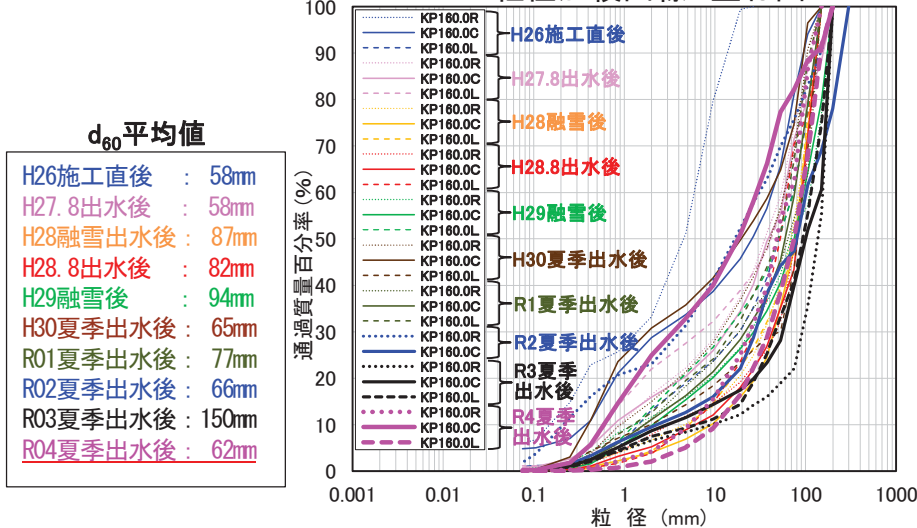
KP161.0C (R4年8月)

(2) 河床材料 粒径河積曲線

- ・R3夏季出水後には粗粒化傾向であったが、R4夏季出水後には概ねR3夏季出水以前と同程度の粒径となっている。
- ・R3年度施工区間についても、下流の過年度施工区間と同程度の粒径となっている。

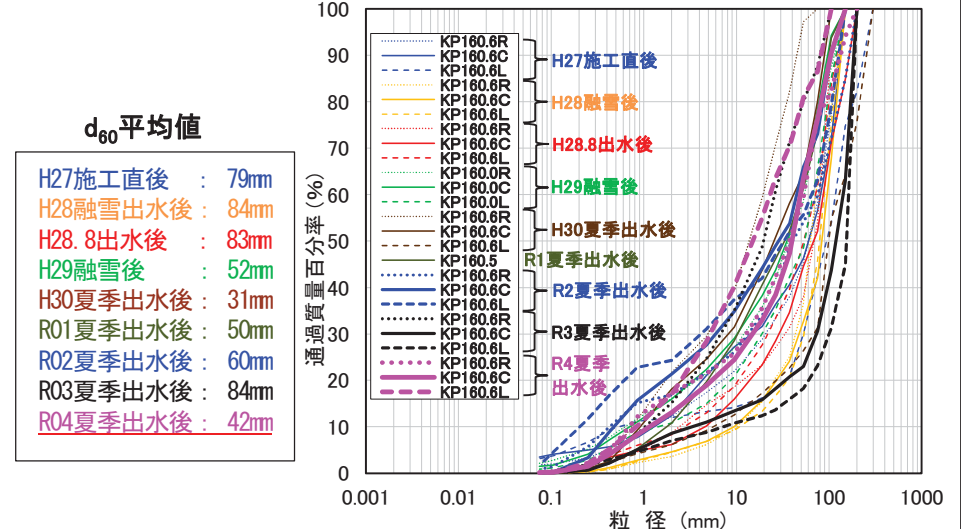
<H26施工区間>

KP160.0 粒径加積曲線 重ね図



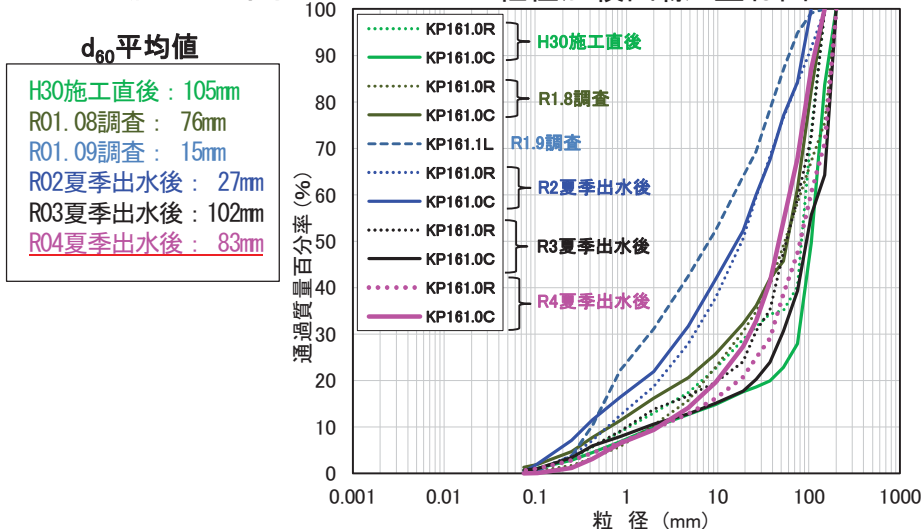
<H27施工区間>

KP160.6 粒径加積曲線 重ね図



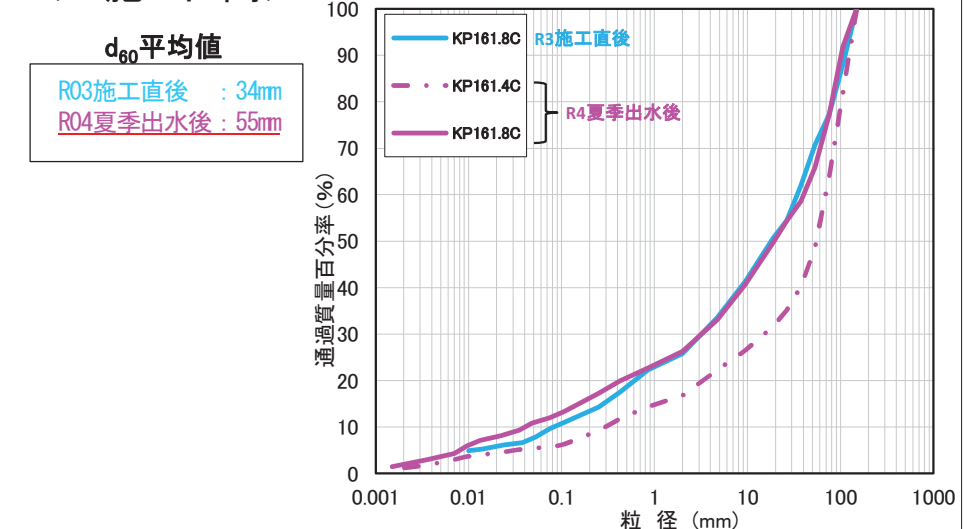
<H30施工区間>

KP161.0 粒径加積曲線 重ね図



<R3施工区間>

KP161.4-161.8 粒径加積曲線 重ね図



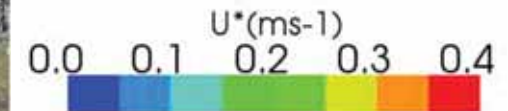
6-9. 摩擦速度・無次元掃流力の変化

(1) 摩擦速度の変化

- 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たことでR3施工後河道は U_* が減少し、その後R4現況河道は平均年最大流量($571\text{m}^3/\text{s}$)程度の出水を2回(暫定値① $633\text{m}^3/\text{s}$ 、② $601\text{m}^3/\text{s}$)を経験した河道でも U_* は概ね維持できている。

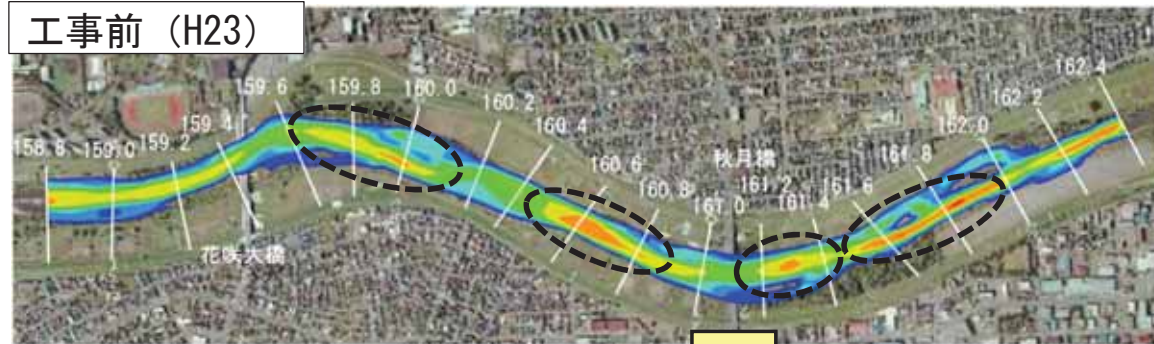
<摩擦速度コンター図(平均年最大流量 $Q=570\text{m}^3/\text{s}$)>

※摩擦速度の算定式: $u_* = \sqrt{g \cdot h \cdot i}$
(u_* : 摩擦速度、 g : 重力加速度、 h : 水深、 i : エネルギー勾配)



iRIC Software
Changing River Science

工事前 (H23)



U_* が大きな箇所が複数箇所確認できる

R3年度施工後 (R3. 11、施工区間R4. 3)

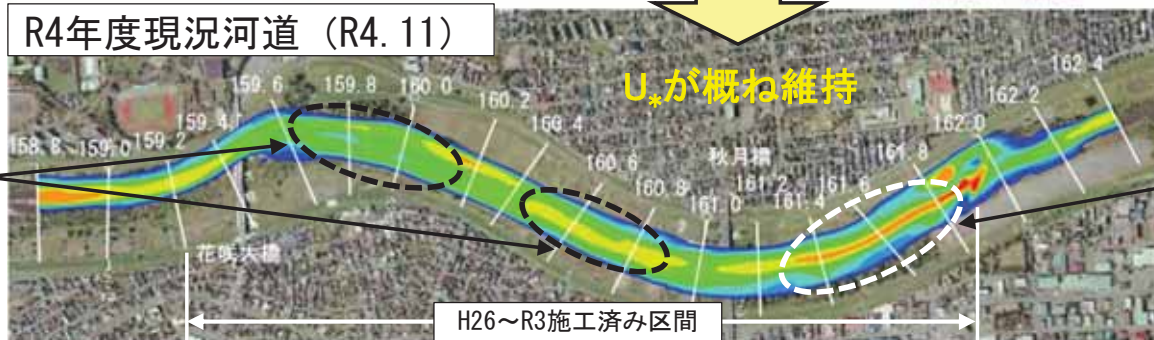


拡幅・砂州掘削等で水面幅が広がった箇所でも U_* が大幅に減少

R3施工区間の上流部においては、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 U_* が大きい

R3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 U_* が大きい

R4年度現況河道 (R4. 11)



平均年最大流量程度の出水を2回経験したが、 U_* が概ね維持されている

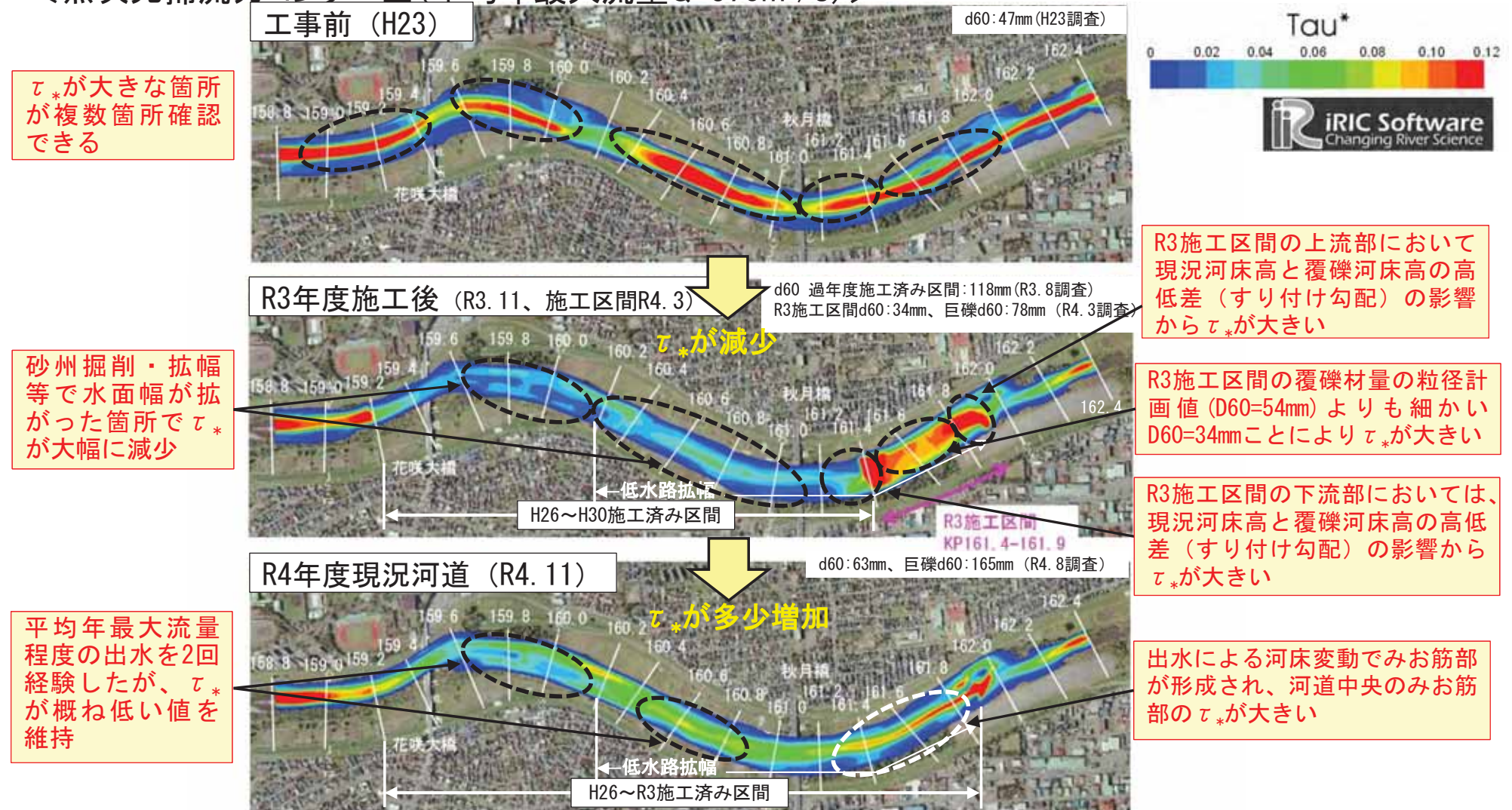
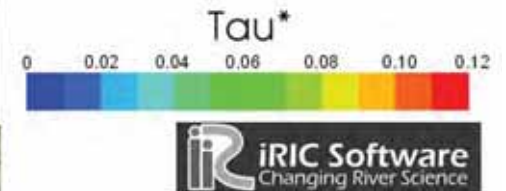
出水による河床変動でみお筋部が形成され、河道中央のみみお筋部の U_* が増加している

(2)無次元掃流力の変化

- 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たことでR3施工後河道は秋月橋下流区間において τ_* が減少している。
- 一方で、秋月橋上流のR3施工区間河道においては覆礫材料粒径が細かい等の影響により τ_* が大きい。その後R4現況河道は平均年最大流量程度の出水を2回経験し、河床材料粒径が大きくなったことから τ_* が低くなった。
- 全体として工事前(H23)よりもR4現況河道の方が τ_* を低く維持している。

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

※無次元掃流力の算定式: $\tau_* = h i_e / s d$
 (τ_* : 無次元掃流力、 h : 水深、 i_e : エネルギー勾配、 s : 砂粒の水中比重、 d : 粒径)

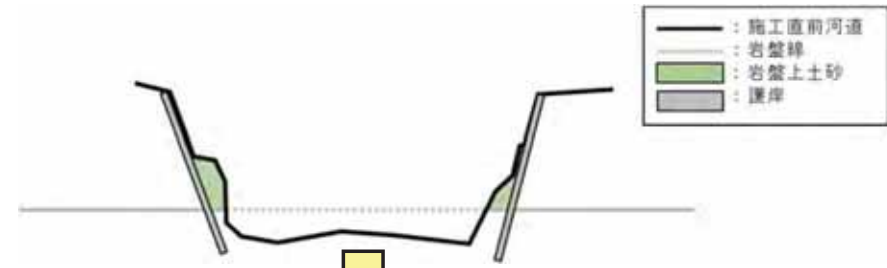


6-10.土砂収支(低水路)の把握

- 低水路内の砂礫の堆積状況を把握するために、各横断で軟岩上に堆積している土砂量(砂礫)を工事前、工事後(施工断面)、現況河道の時期毎に算定し、各時期における砂礫堆積状況を比較した。
- 工事前、工事後、現況河道における低水路内砂礫堆積状況把握のために以下に示す各段階の土量整理を行った。

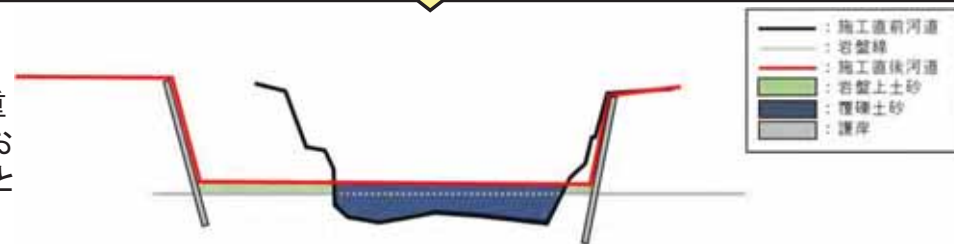
①施工直前の岩盤上土量 (推定岩盤線－施工直前の測量)

岩盤線と施工直前断面を重ね低水路内の残存砂礫量を把握



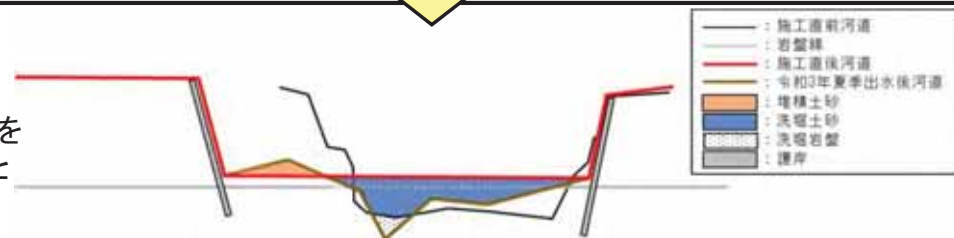
②施工直後の岩盤上土量 (推定岩盤線－施工直後の測量)

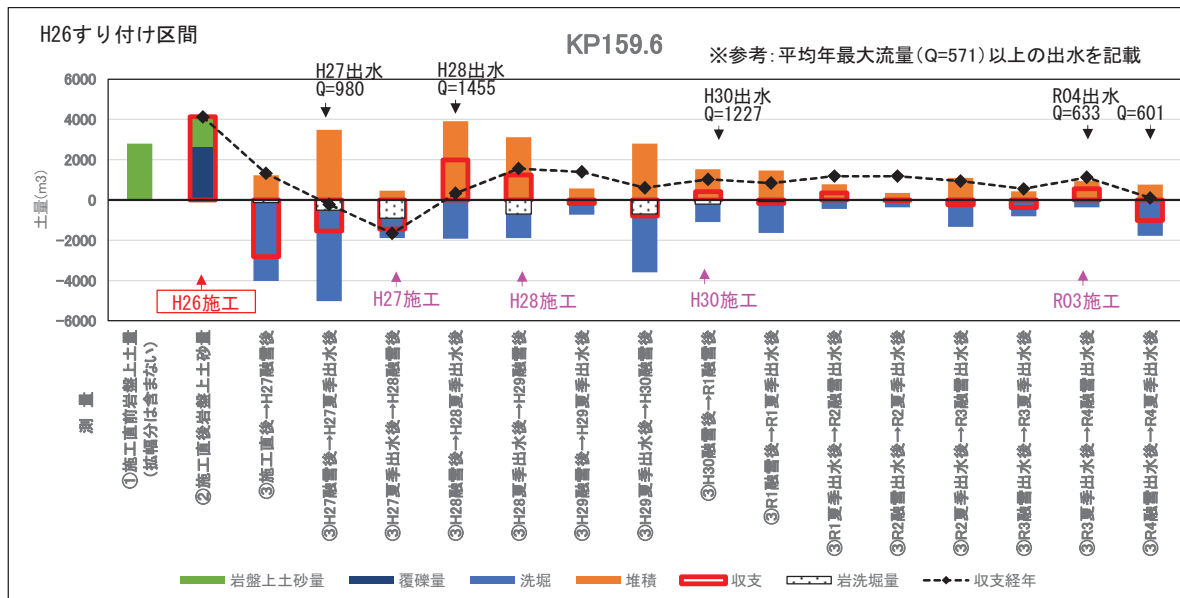
岩盤線と施工直前・直後断面を重ね、施工範囲における残存砂礫量と覆礫土量を把握



③経時変化(岩盤上土量) (推定岩盤線－測量)

施工直後以降は融雪出水後や夏季出水後の断面を重ね、洗堀土量と堆積土量を把握

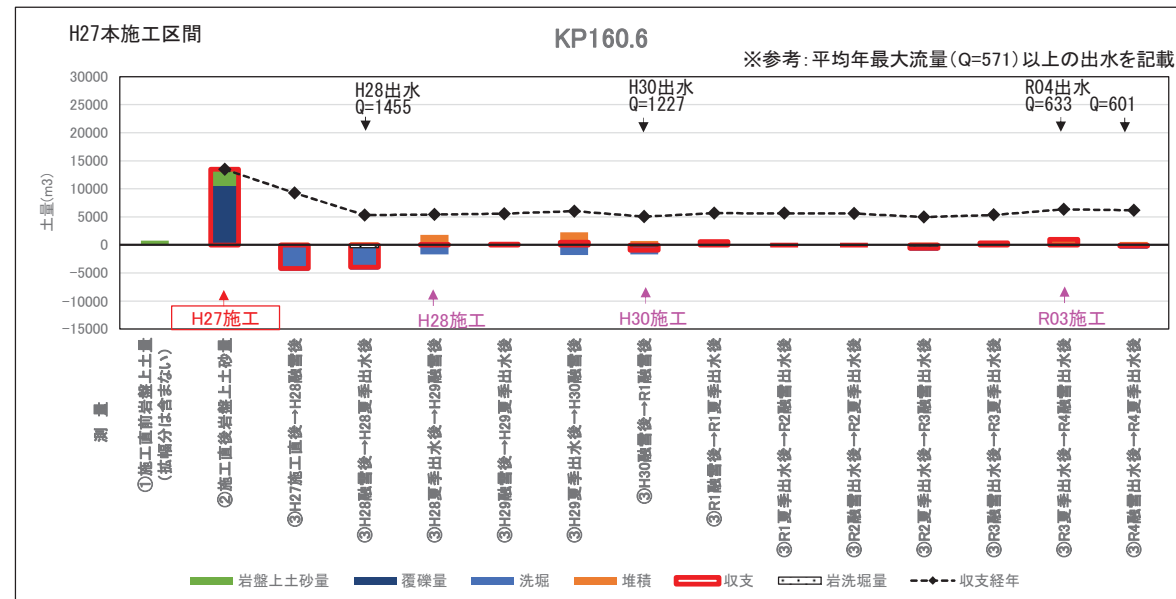
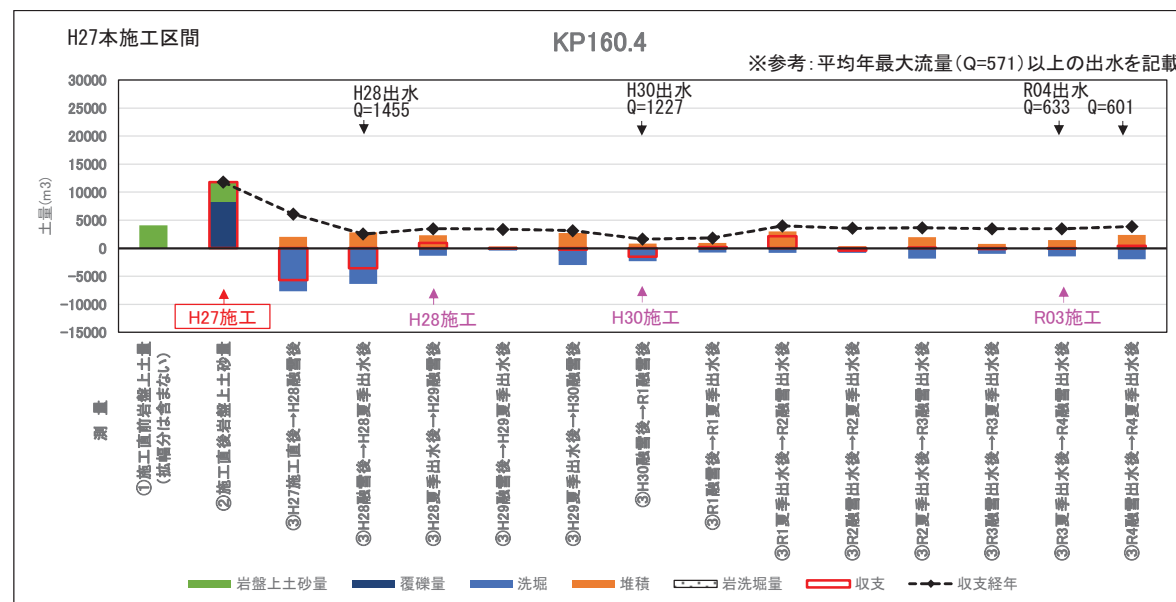




(2)第2期(平成27年度)施工区間:土砂収支経年変化

- H27施工区間(KP160.2~160.8)の経時的な土量変化は、施工直後において一部の覆礫材が流出し減少した。その後、増減を繰り返している。
- 収支経年は、H28夏季出水後以降から概ね大きな変動もなく推移している。

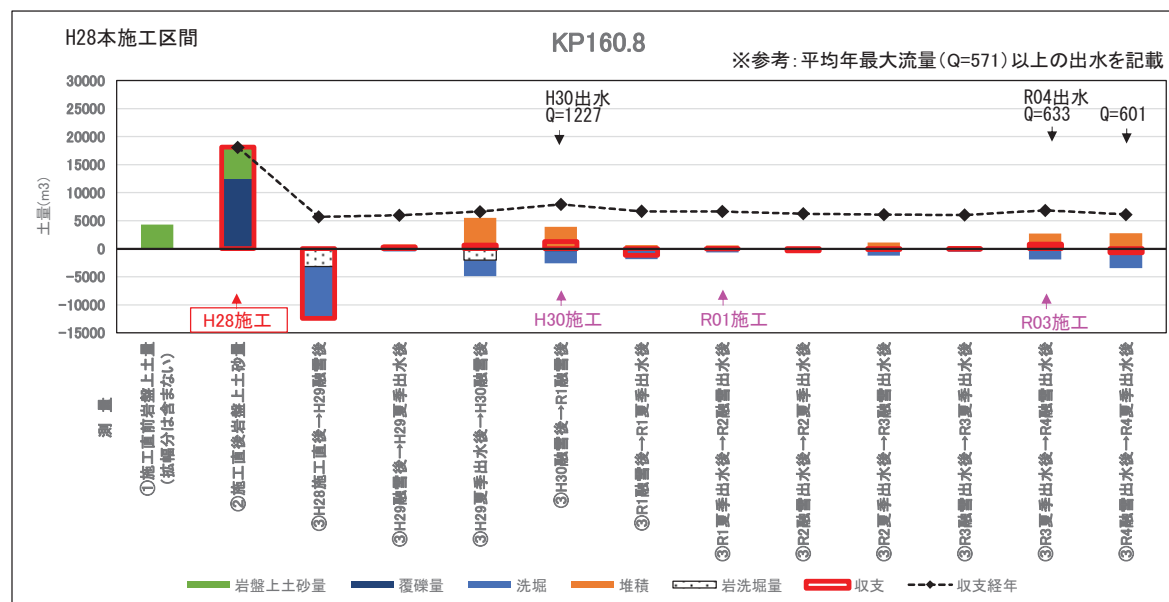
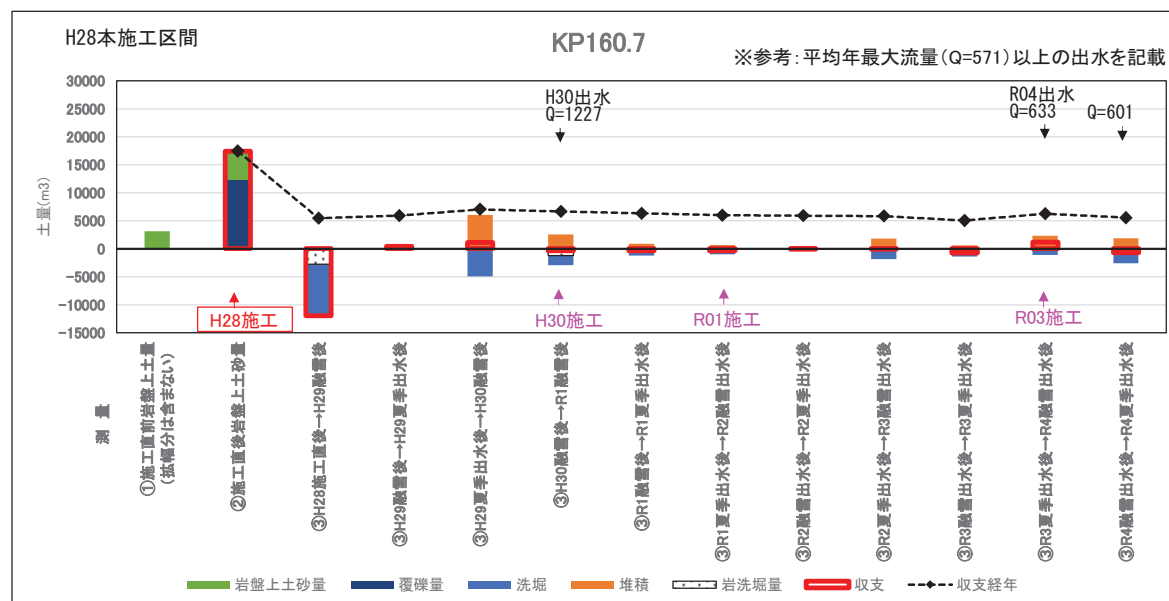
H27本施工区間 (KP160.2~160.7)



(3)第3期(平成28年度)施工区間:土砂収支経年変化

- H28施工区間(KP160.7~160.9)の経時的な土量変化は、施工直後において一部の覆礫材が流出し減少した。その後、増減を繰り返している。
- 収支経年は、H29融雪以降から大きな変動もなく推移している。

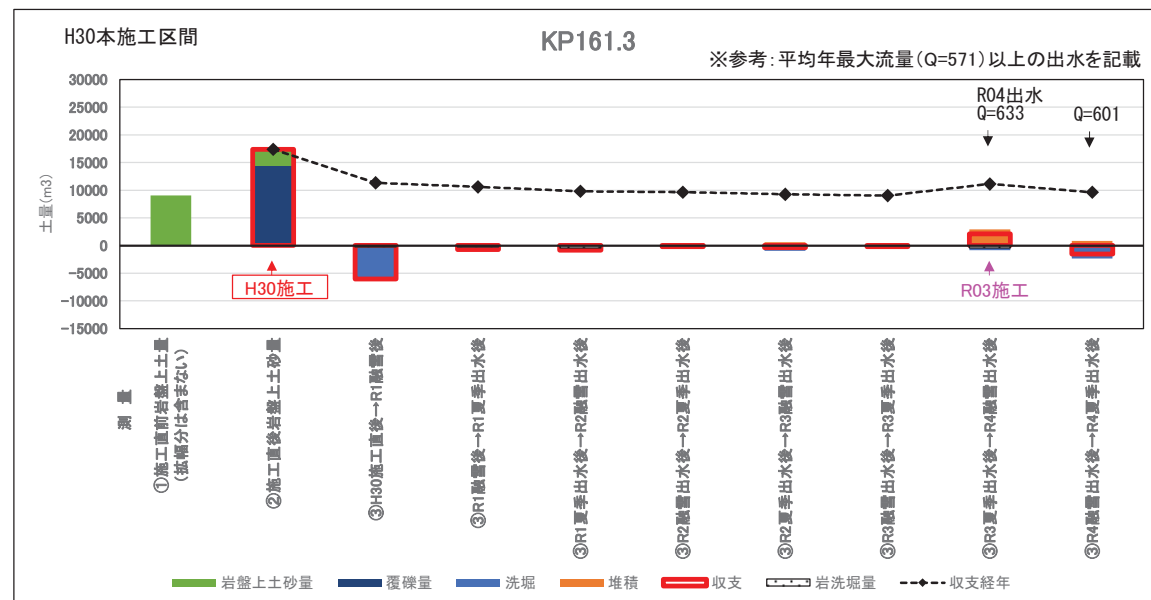
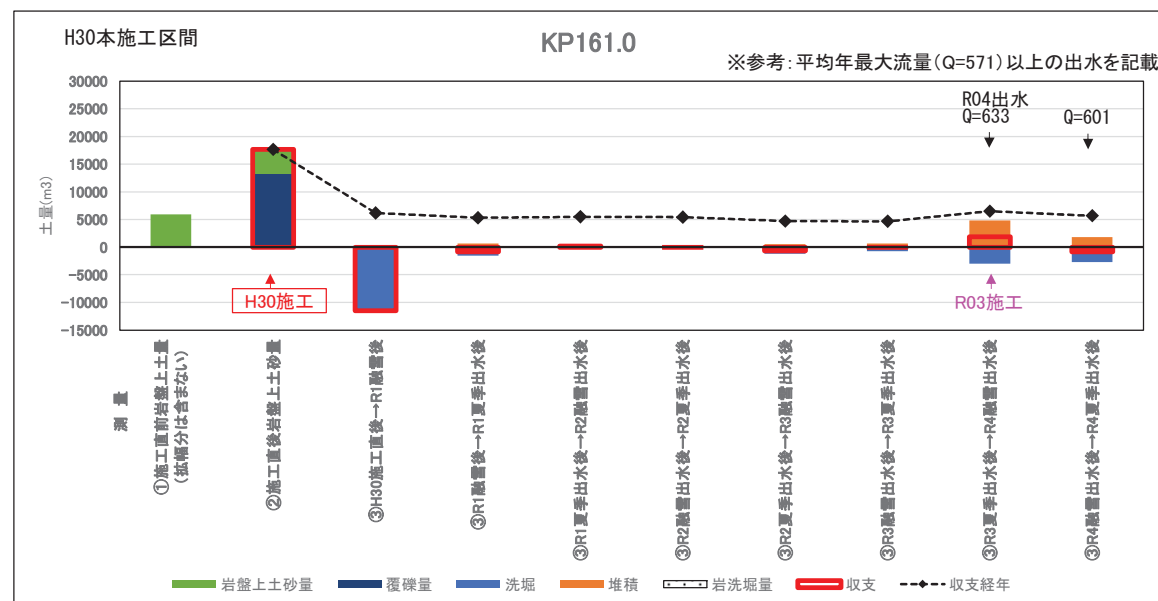
H28本施工区間 (KP160.7~160.9)



(4)第5期(平成30年度)施工区間:土砂収支経年変化

- H30施工区間(KP160.9~161.4)の経時的な土量変化は、施工直後において一部の覆礫材が流出し減少した。その後、増減を繰り返している。
- 収支経年は、R1融雪以降から大きな変動もなく推移している。

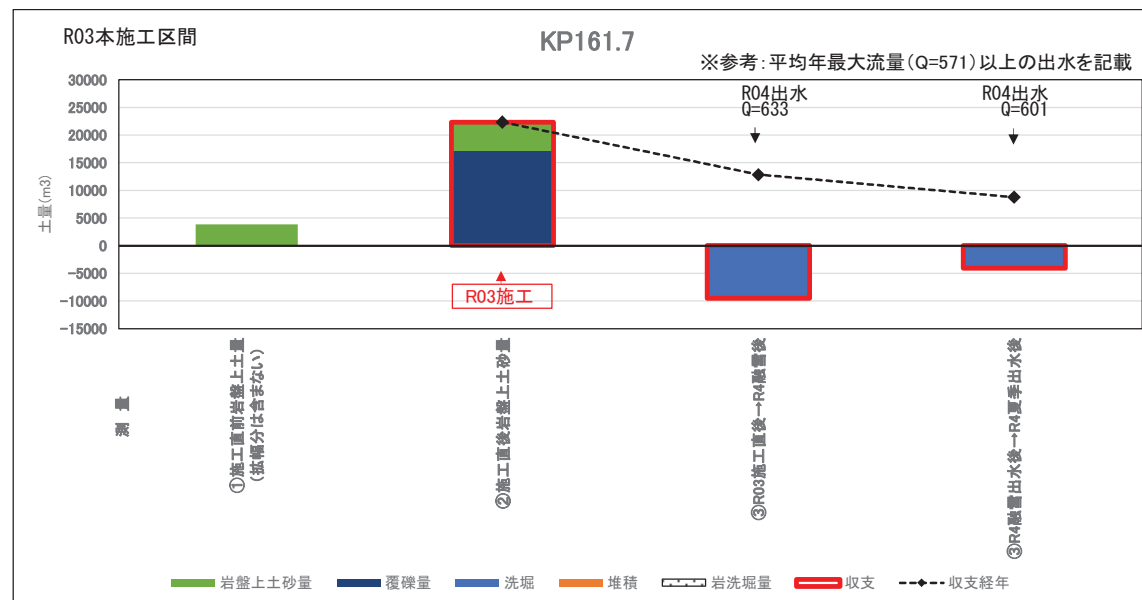
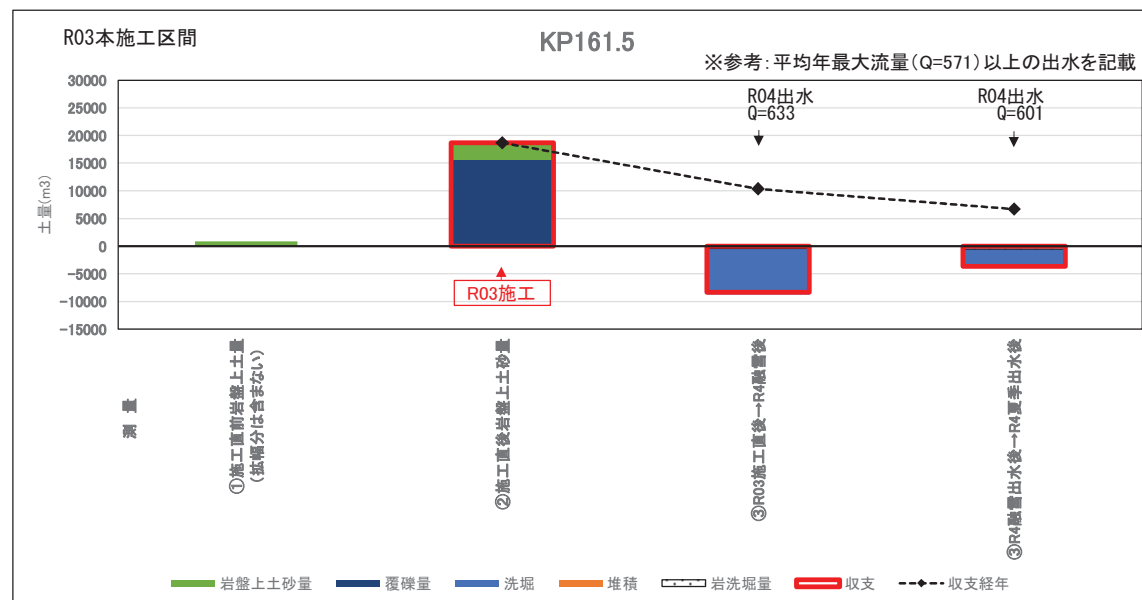
H30本施工区間 (KP160.9~161.4)



(5)第7期(令和3年度)施工区間:土砂収支経年変化

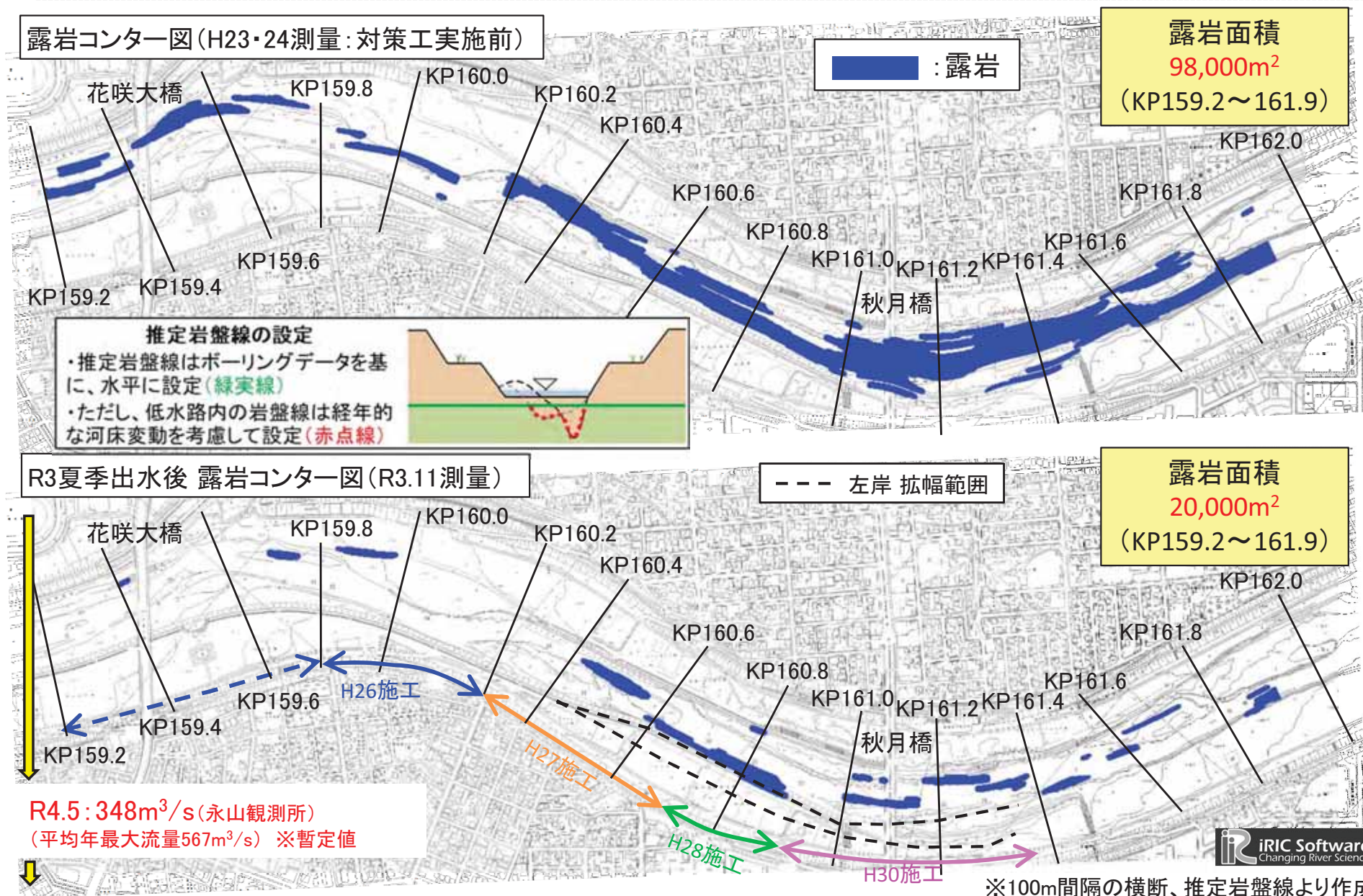
- R3施工区間(KP161.4～161.9)の経時的な土量変化は、施工直後の今年度は一部の覆礫材が流出し減少した。
- 収支経年も減少傾向であるが、過年度の施工済み区間と同様に、来年度以降も上流へ工事が進捗することで土砂供給量の増加、掃流力の低減等が期待され、安定することを推察する。

R3本施工区間 (KP161.4～161.9)

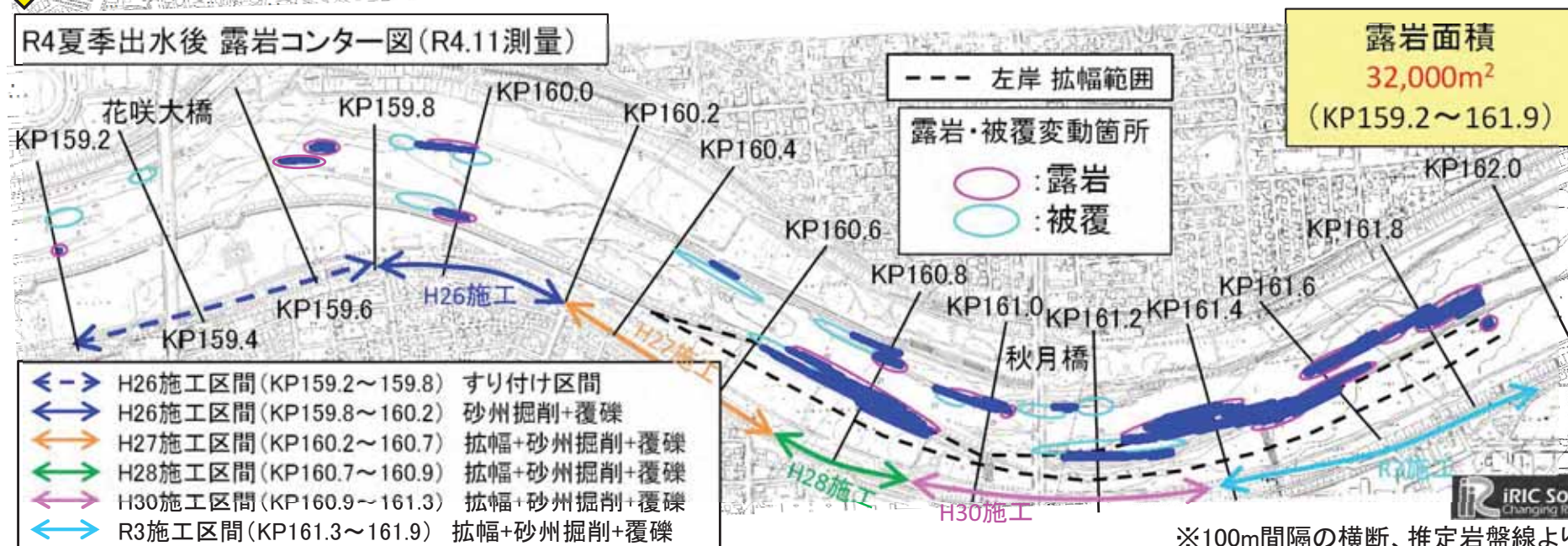
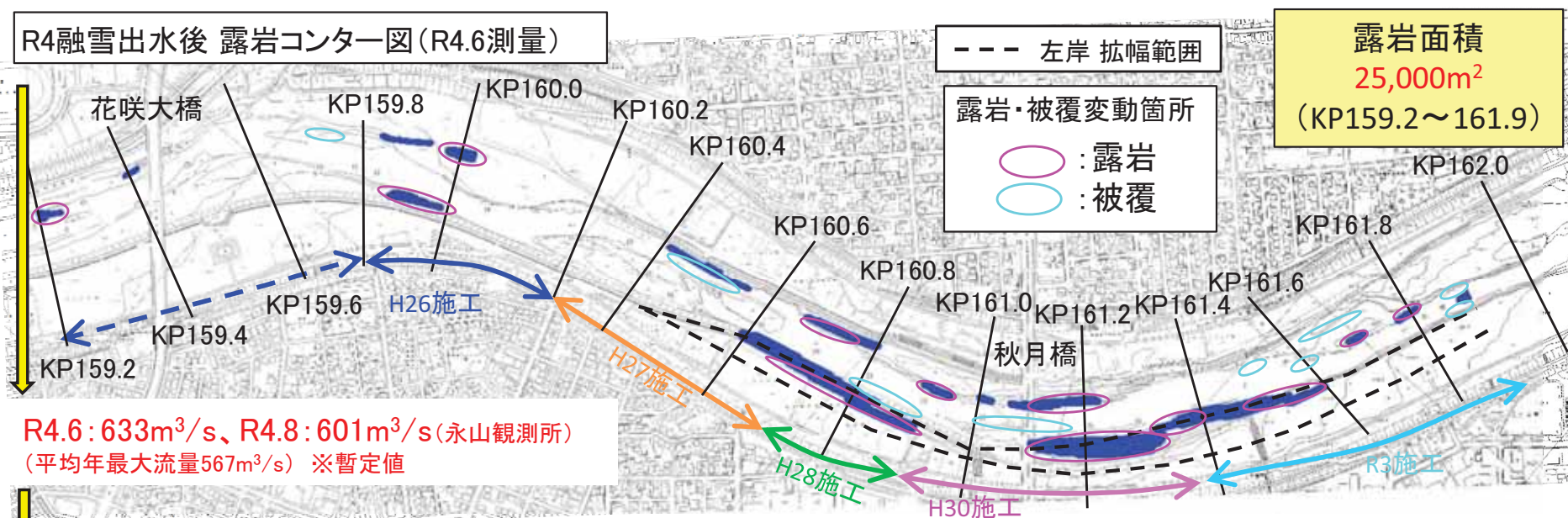


6-11.露岩範囲

- 対策工実施後は対策実施前(H23・24)に比べて露岩面積が減少。
- R4融雪出水後(R4.6)は74%程度、R4夏季出水後(R4.11)は67%程度減少しており、概ね同程度を維持。



- R3夏季出水後(R3.11)⇒R4融雪出水後(R4.6)は、KP161.0～161.4の中央部で減少傾向したが、左右岸付近及びKP161.2～161.6の左岸拡幅(巨礫)箇所前面は増加傾向。
- R4融雪出水後(R4.6)⇒R4夏季出水後(R4.11)は、主にR3施工区間において増加傾向。



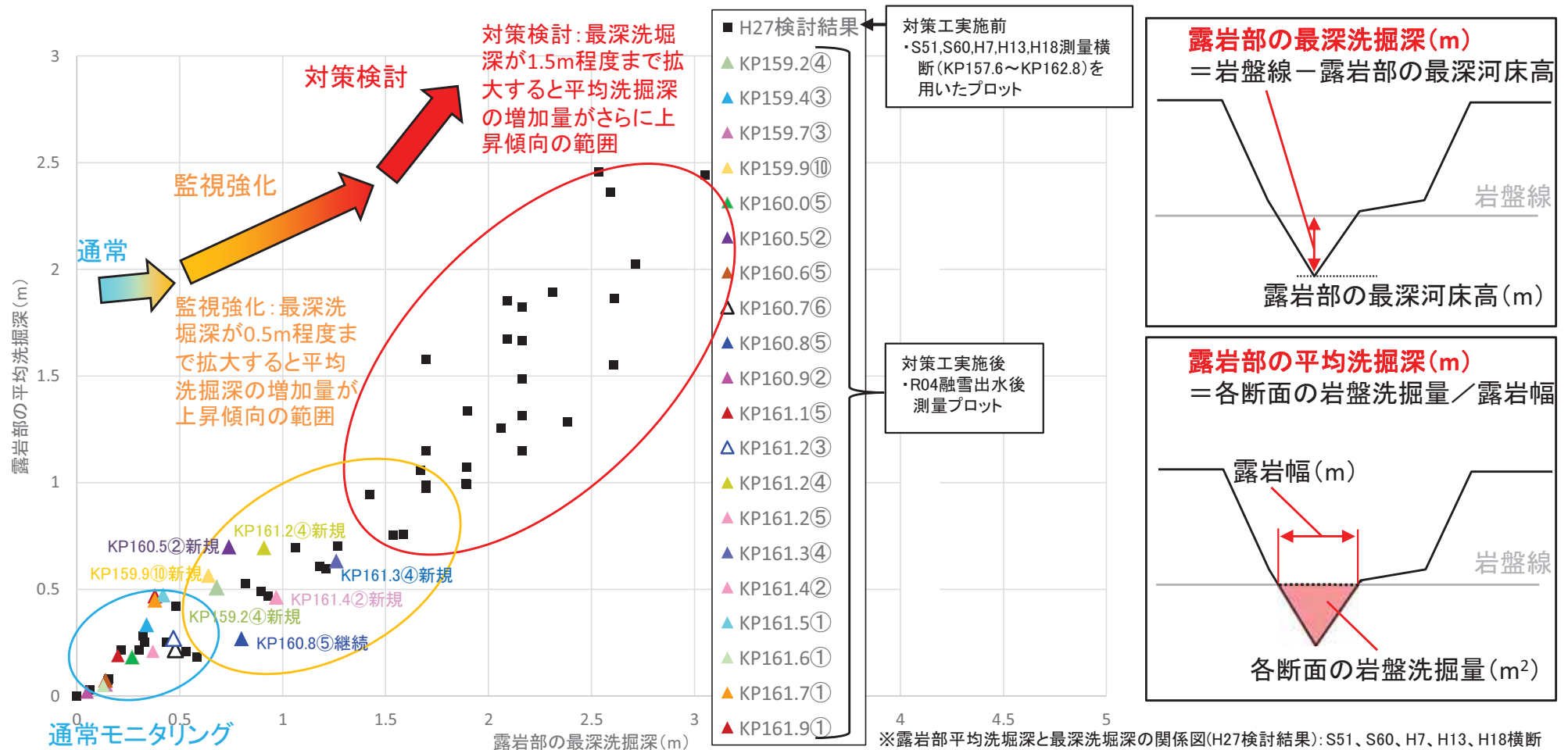
6-12.順応的管理:露岩に関する評価

(1)露岩部の平均洗掘深と最深洗掘深の関係図(1)

①R04融雪出水後

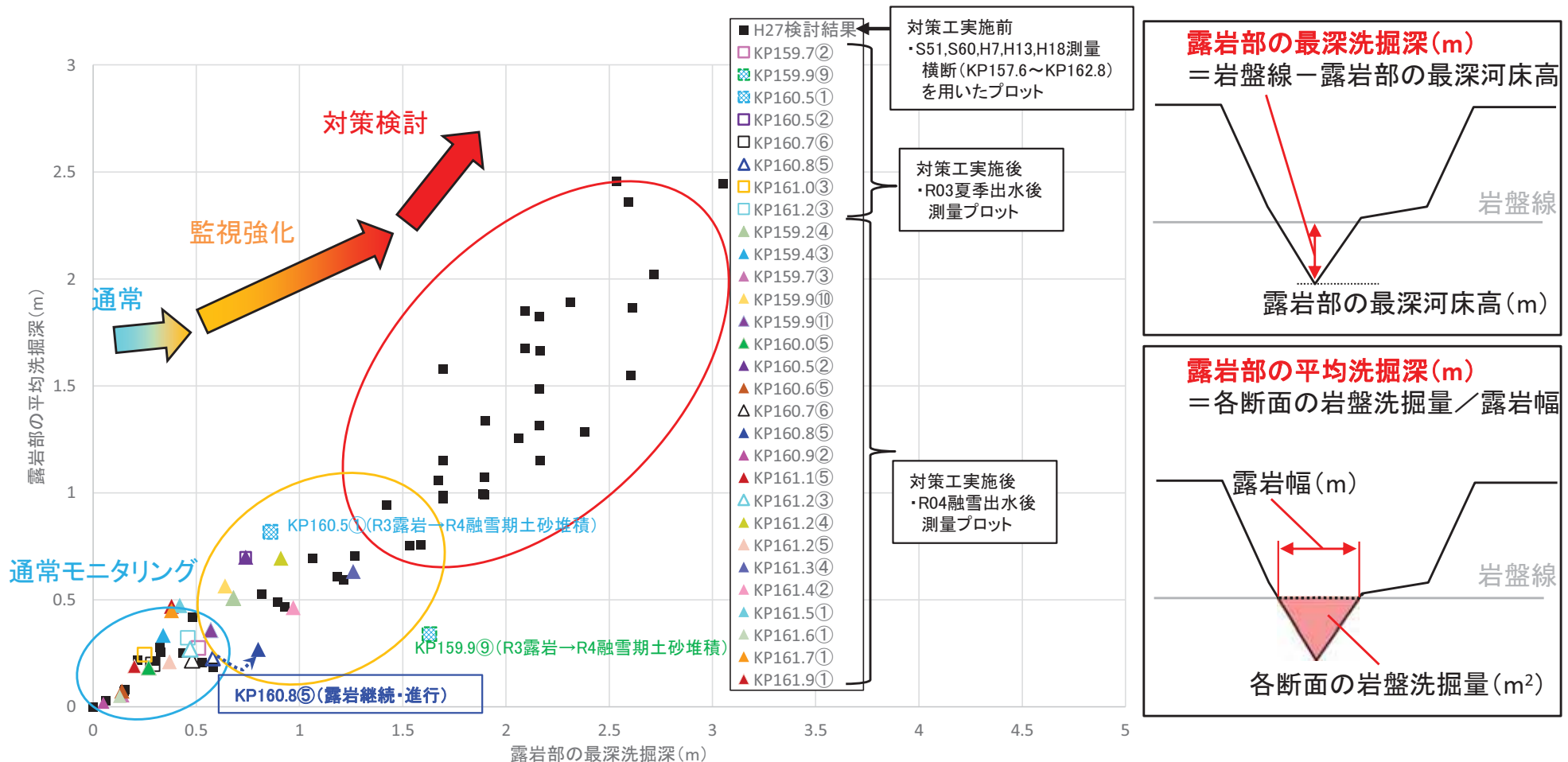
- 露岩洗掘に関する順応的管理の閾値(H27検討案※)のグラフに、R04融雪出水後測量結果から軟岩洗掘箇所をプロットした。KP160.8⑤は昨年度から継続して露岩し洗掘が進行している。
- KP159.2④、KP159.9⑩、KP160.5②、KP160.8⑤、KP161.2④、KP161.3④、KP161.4②が監視強化の範疇であり、それ以外は通常モニタリングの範疇である。

①露岩部の平均洗掘深と最深洗掘深の関係図



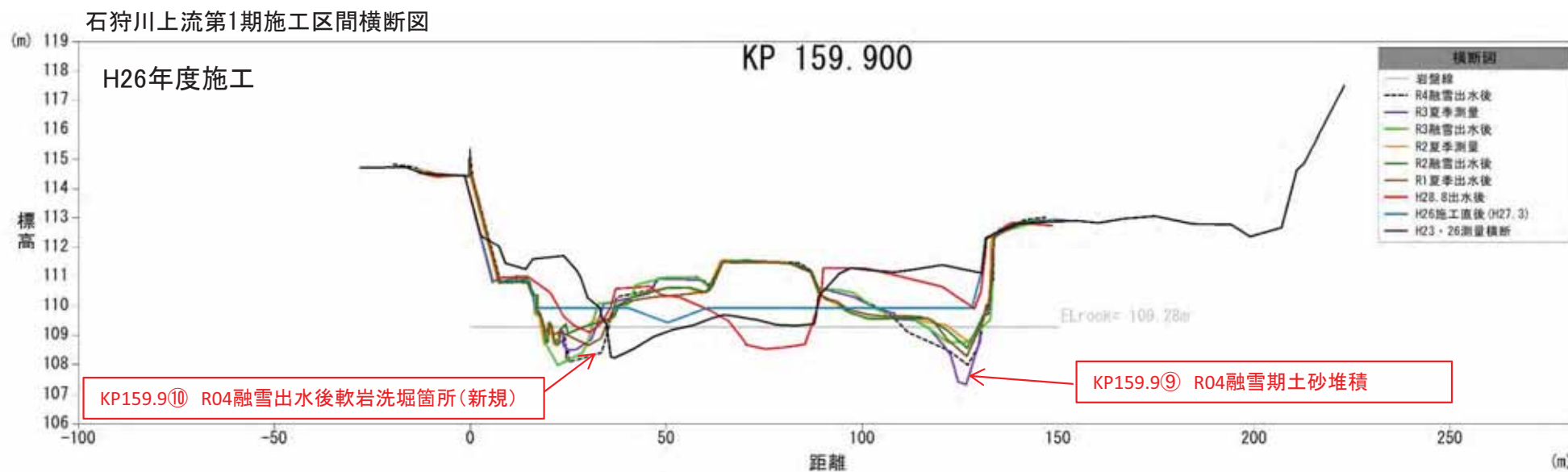
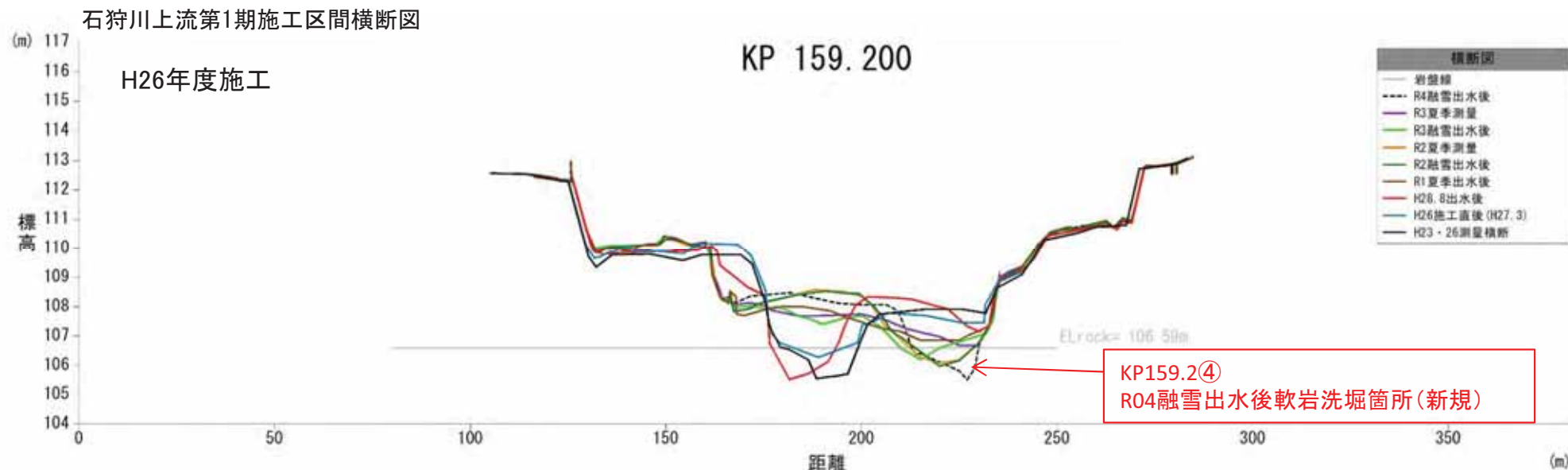
②R03夏季出水後からR04融雪出水後の変化

- R03夏季出水後に監視強化であったKP159.9⑨、KP160.5①がR04融雪出水後において軟岩上に砂礫が堆積した。
- KP160.8⑤はR3夏季出水後からR04融雪出水後においても露岩洗堀が進行し、監視強化の範疇となった。
- R04融雪出水後に新たに6点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。

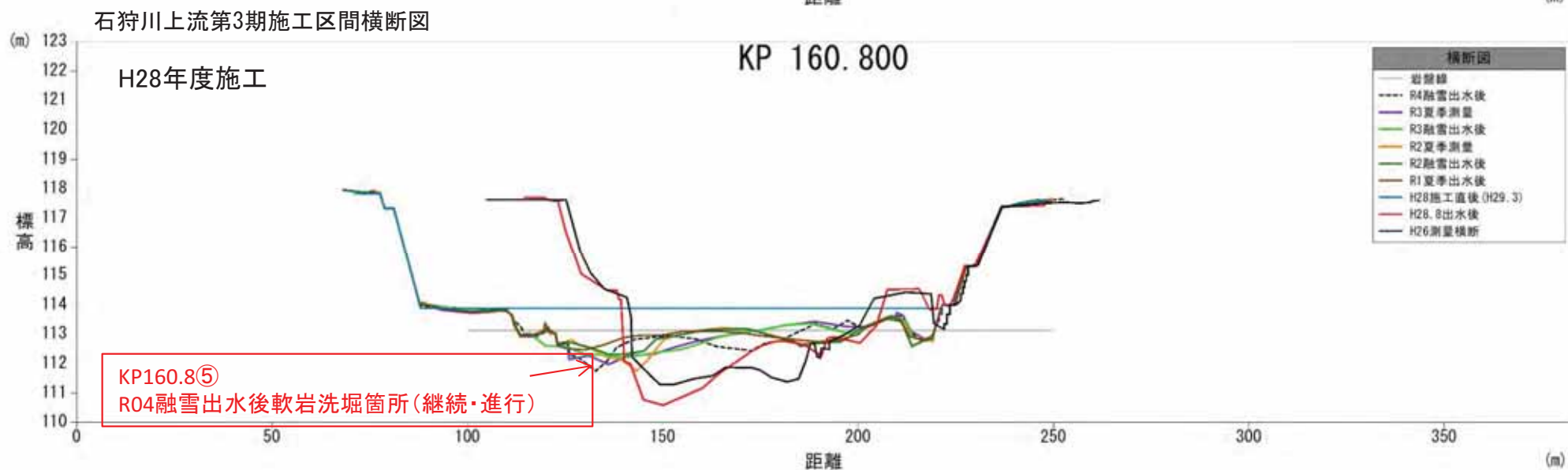
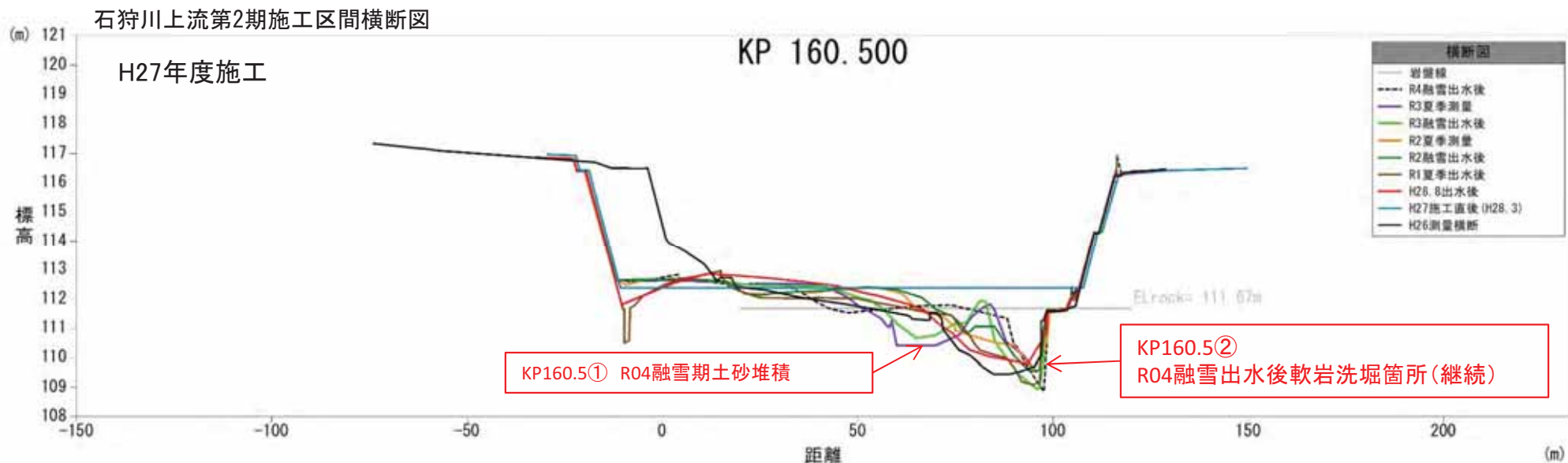


※露岩部平均洗掘深と最深洗掘深の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面図(KP157.6~KP162.8)を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

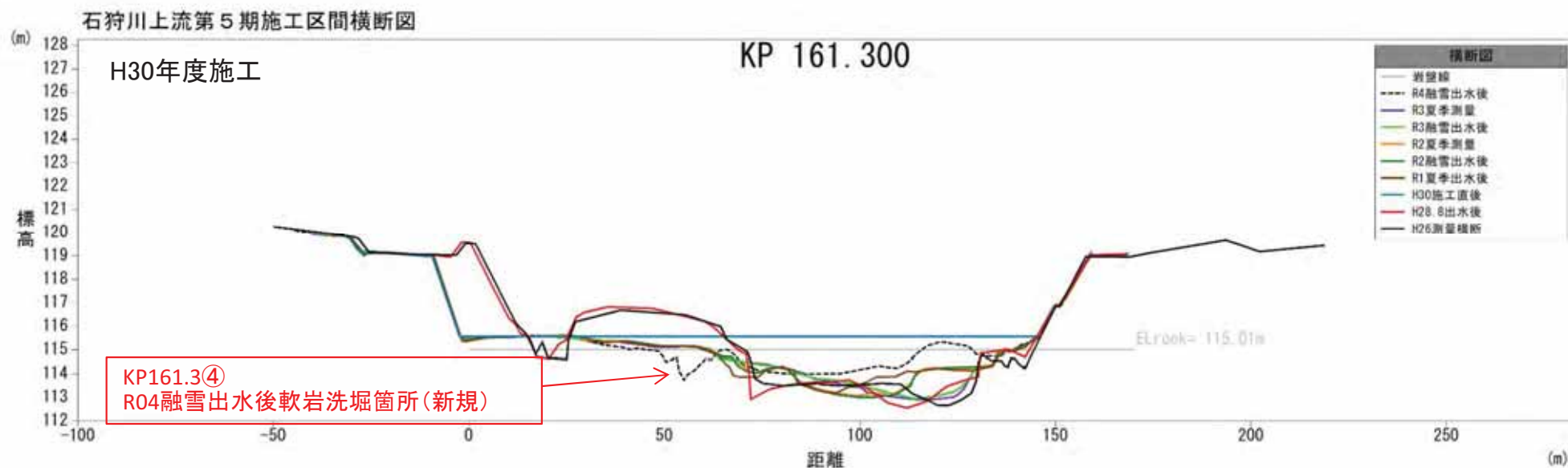
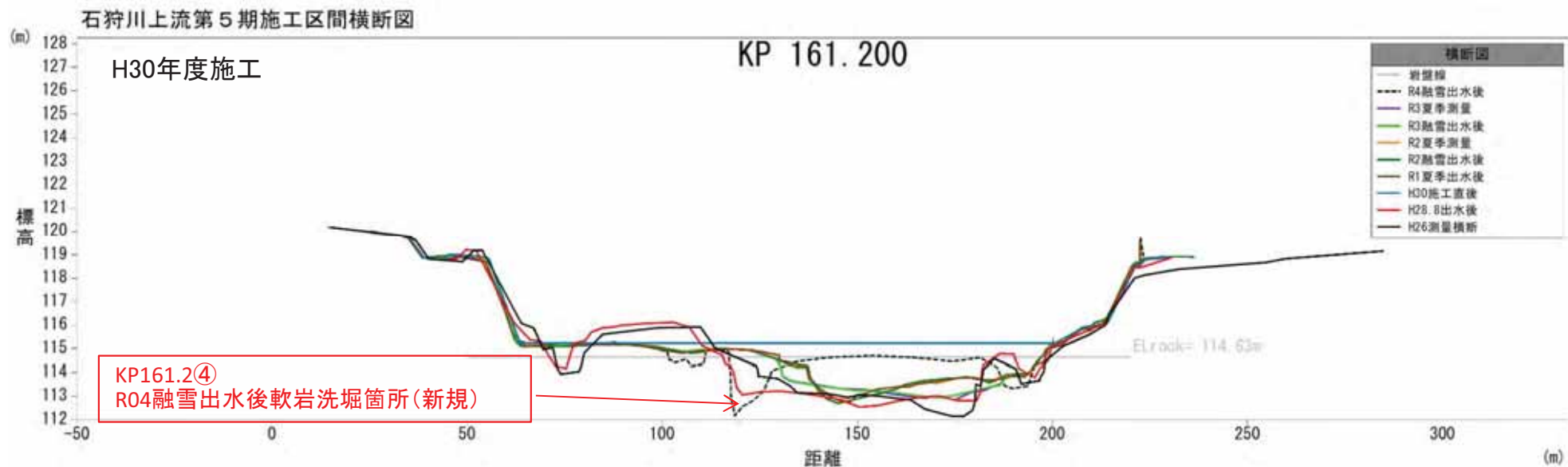
洗堀箇所代表横断面図(1)



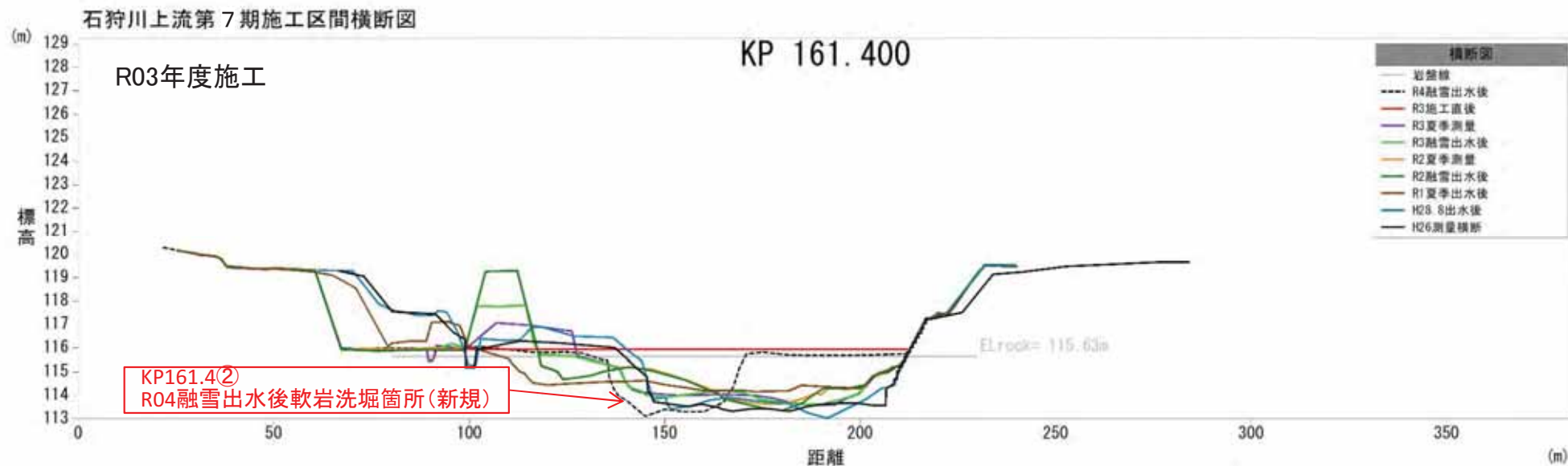
洗堀箇所代表横断面図(2)



洗堀箇所代表横断面図(3)



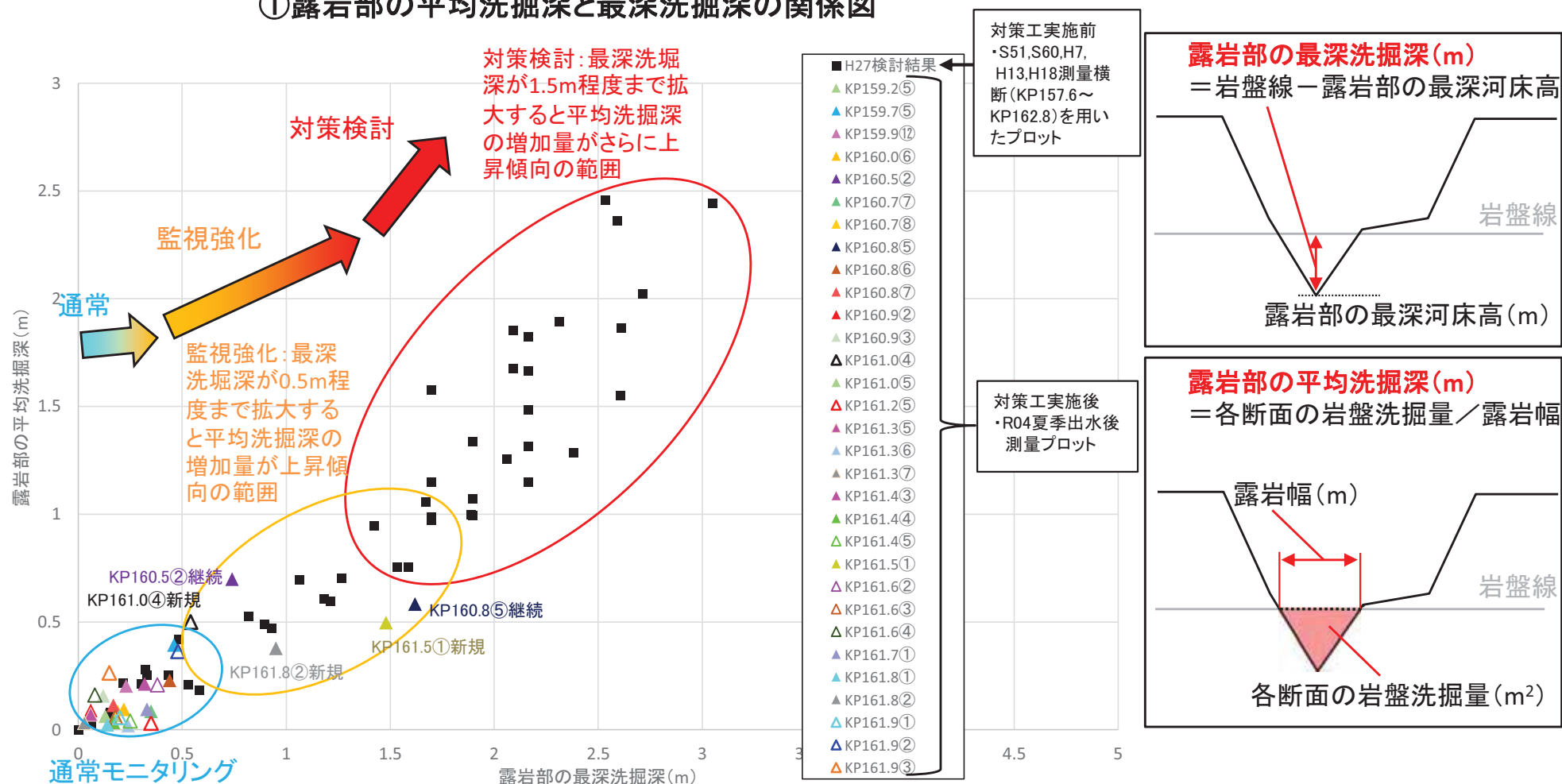
洗堀箇所代表横断面図(4)



③R04夏季出水後

- 露岩洗掘に関する順応的管理の閾値(H27検討案※)のグラフに、R04夏季出水後測量結果から軟岩洗掘箇所をプロットした。
- 5カ所の露岩部(KP160.5②継続、KP160.8⑤継続、KP161.0④新規、KP161.5①新規、KP161.8②新規)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。

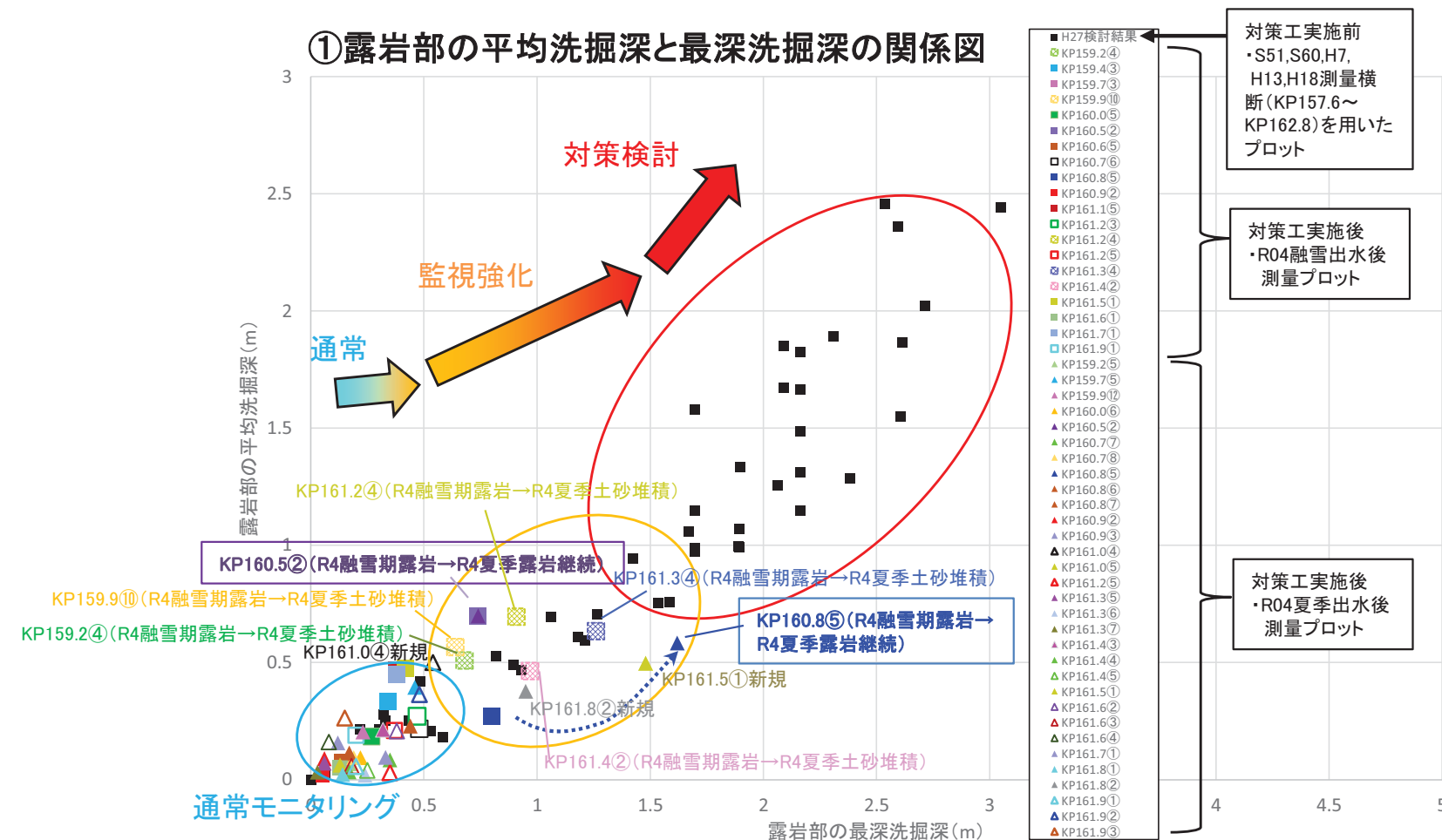
①露岩部の平均洗掘深と最深洗掘深の関係図



※露岩部平均洗掘深と最深洗掘深の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面 (KP157.6~KP162.8) を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

④R04融雪出水後からR04夏季出水後の変化

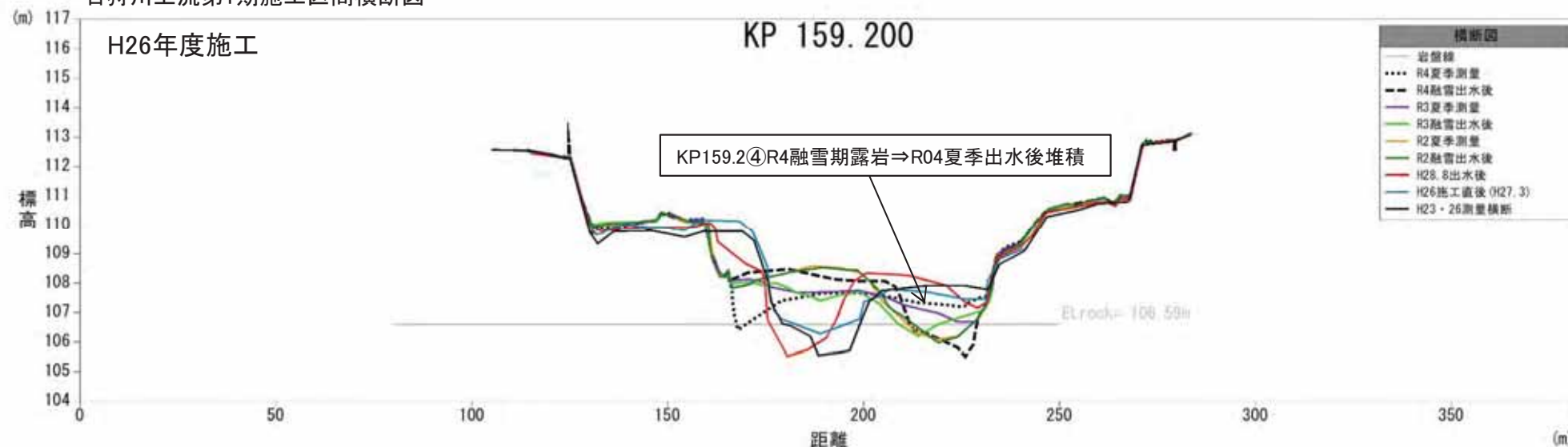
- R04融雪出水後に監視強化であったKP159.2④、KP159.9⑩、KP161.2④、KP161.3④、KP161.4②がR04夏季出水後において露岩上に砂礫が堆積した。
- KP160.5②、KP160.8⑤はR4融雪出水後からR04夏季出水後においても露岩が継続し監視強化の範疇となった。
- R04夏季出水後に新たに3点で監視強化の範囲となる露岩が発生した。
- 上記以外は通常モニタリングの範疇である。
- このように現在の段階施工中では、閾値を超過した箇所においても今後上流への施工が進むにつれ、下流区間に土砂堆積することが想定されるため、今後も経過観察を実施する。



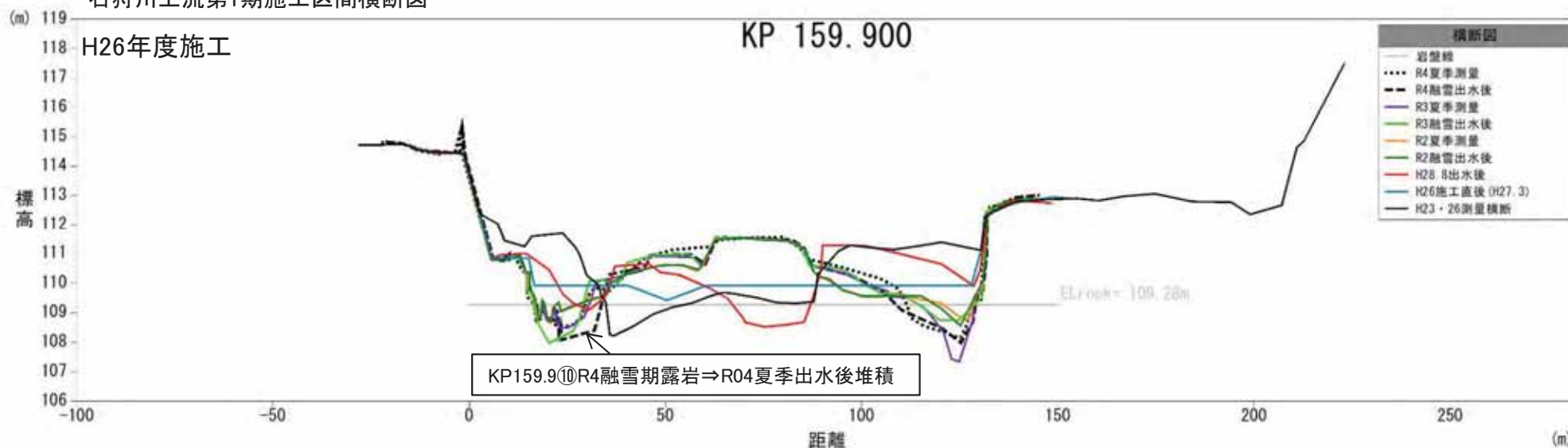
※露岩部平均洗掘深と最深洗掘深の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面図(KP157.6~KP162.8)を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

洗堀箇所代表横断面図(1)

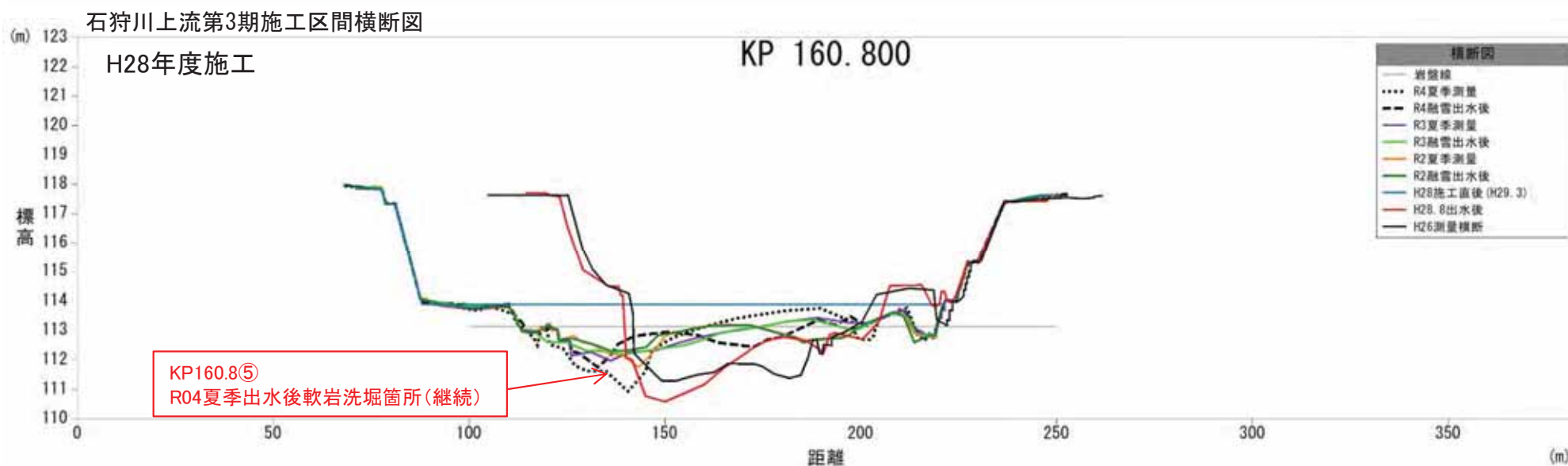
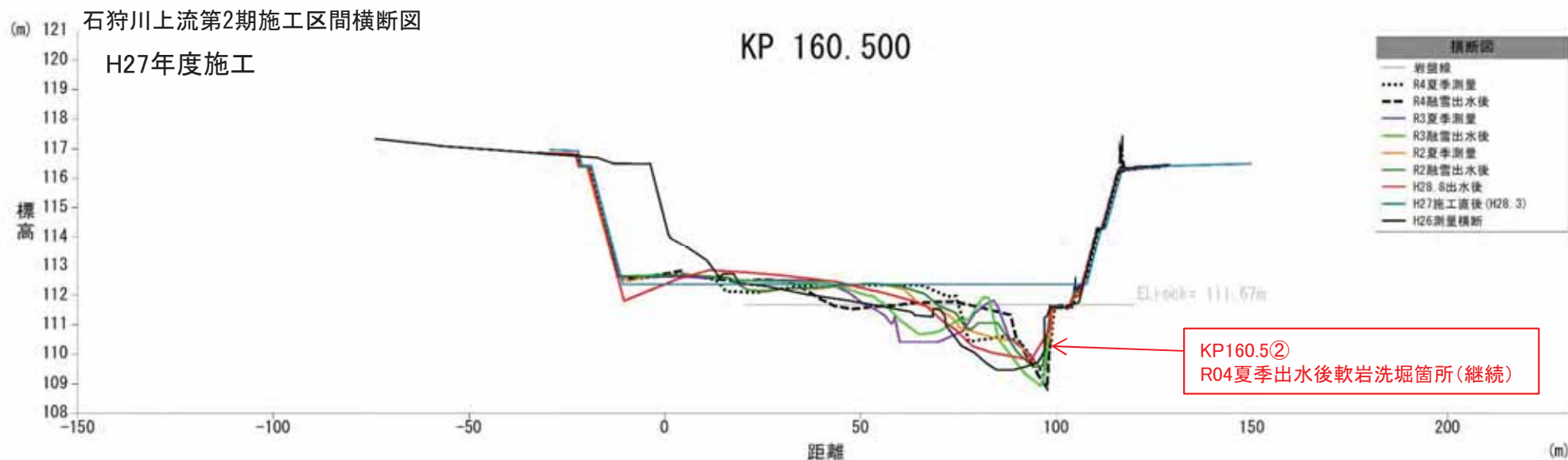
石狩川上流第1期施工区間横断面図



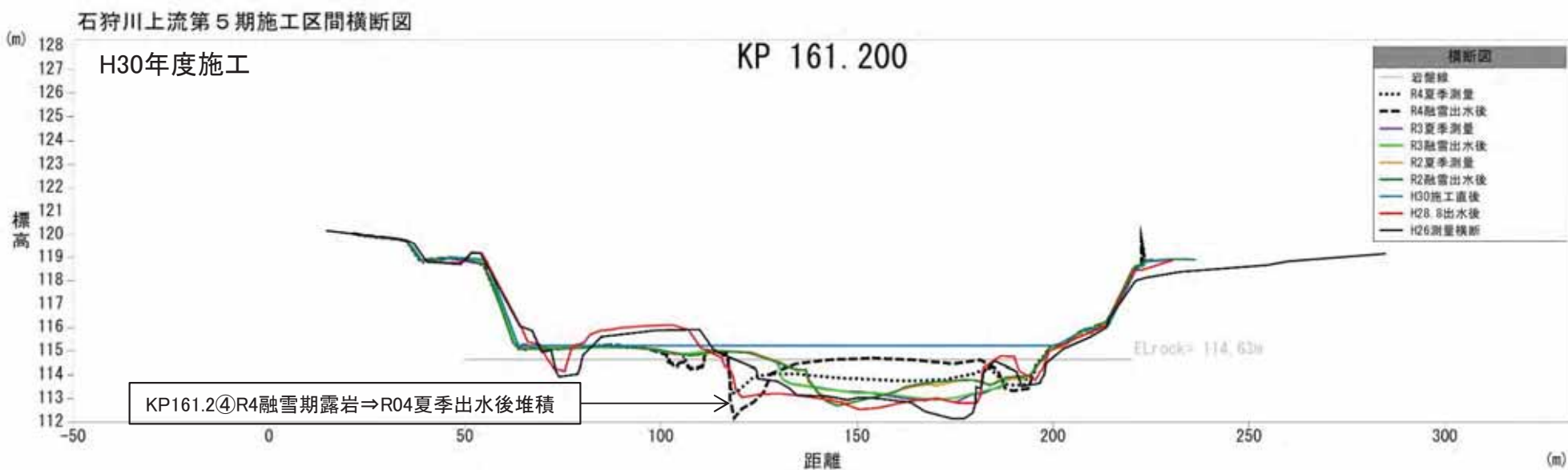
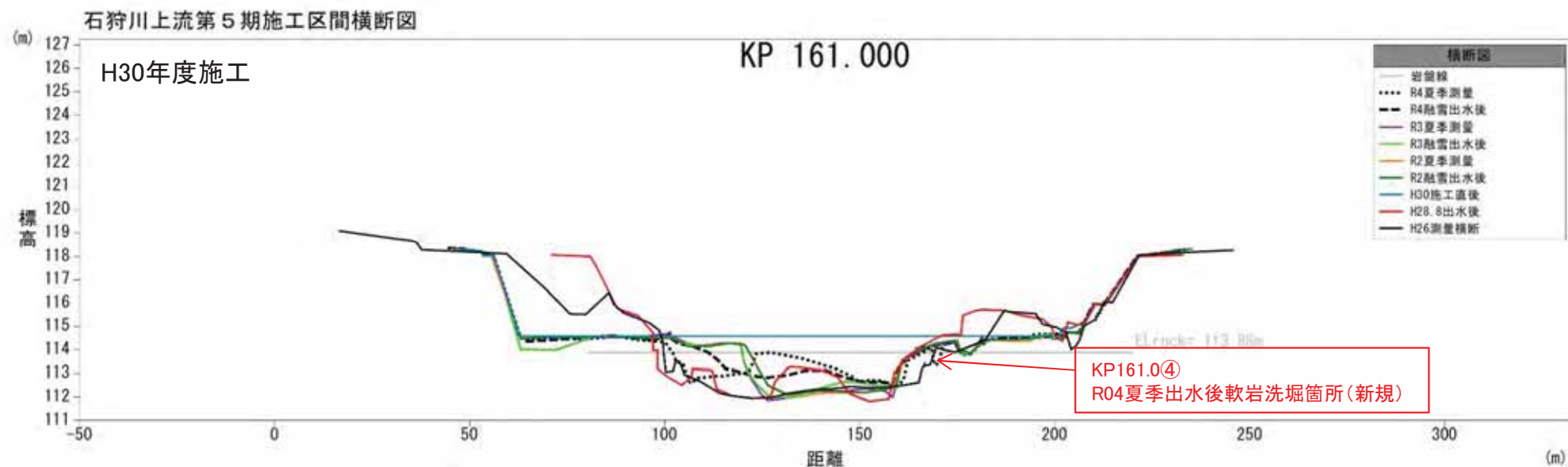
石狩川上流第1期施工区間横断面図



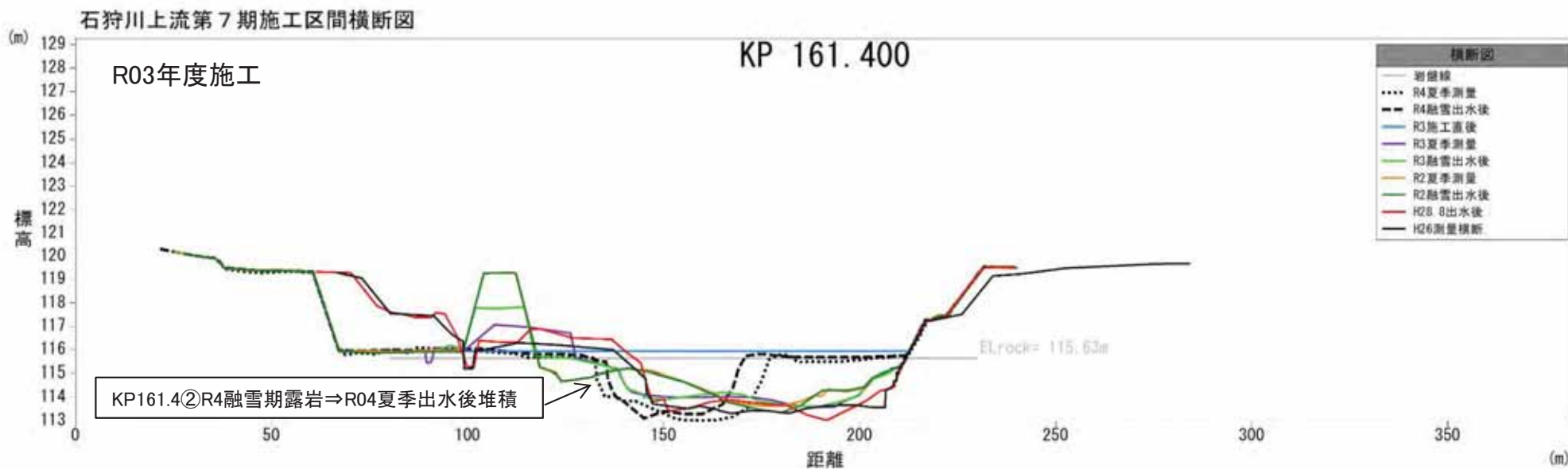
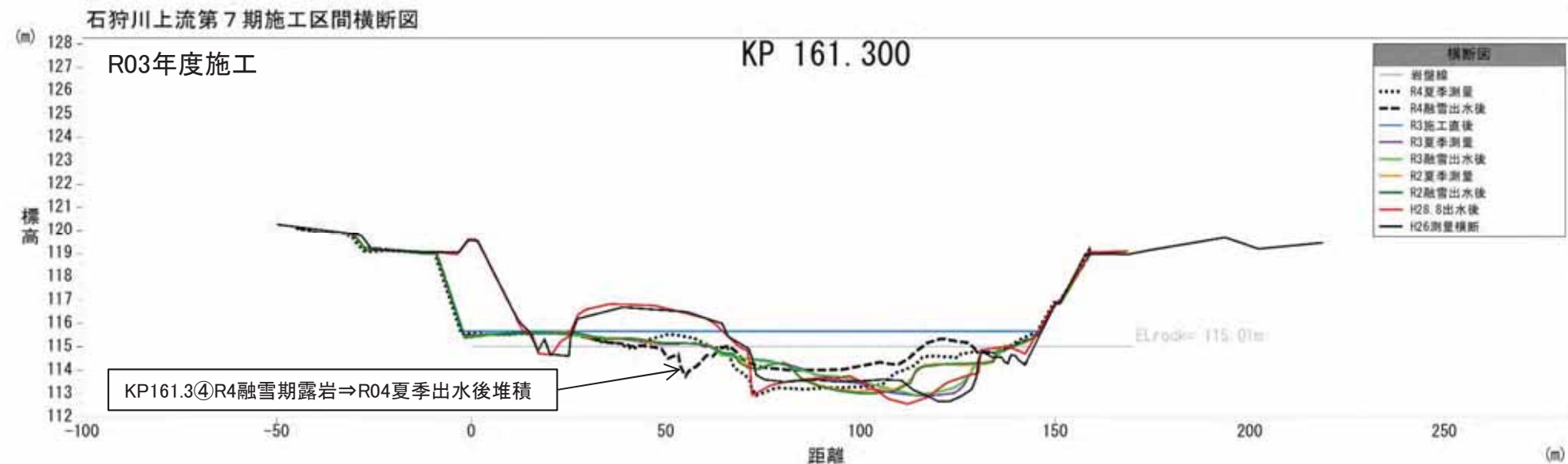
洗堀箇所代表横断面図(2)



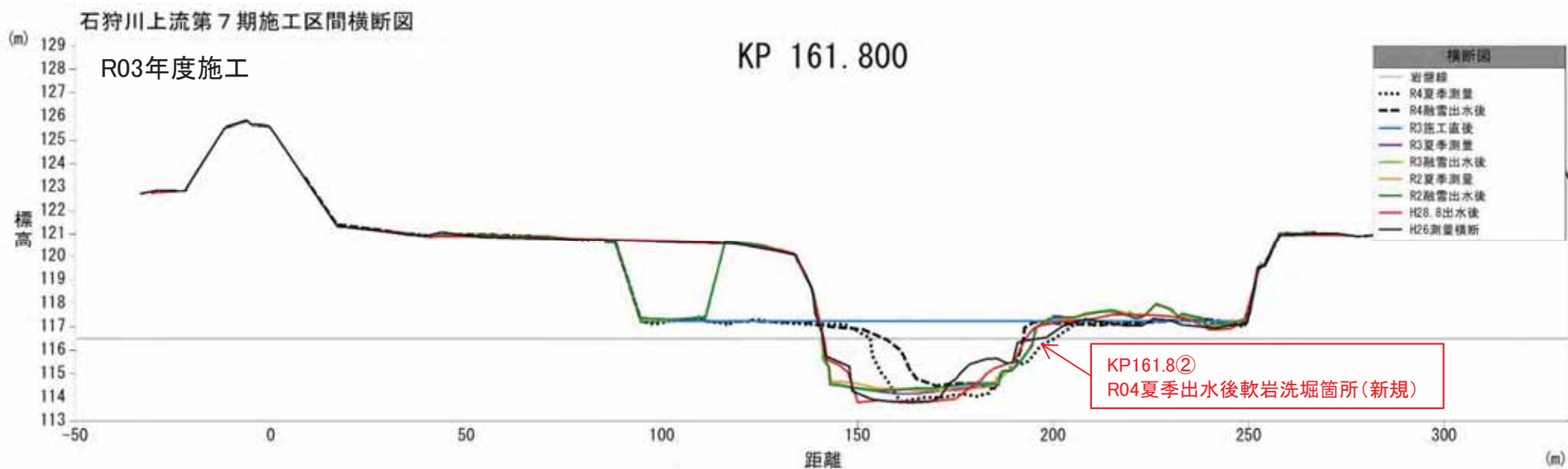
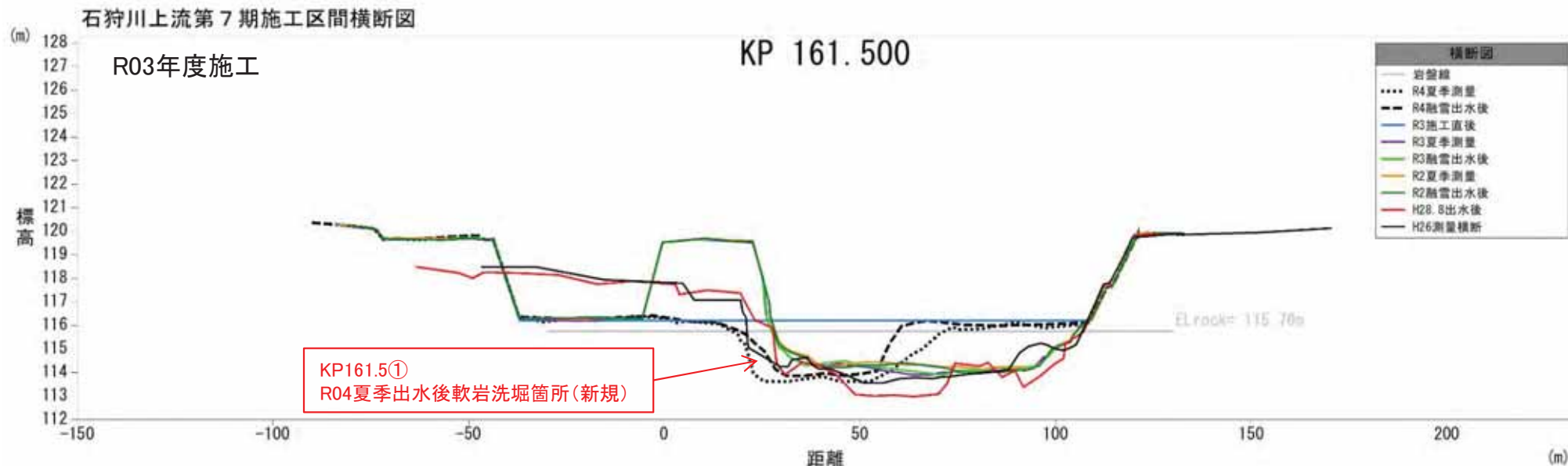
洗堀箇所代表横断面図(3)



洗堀箇所代表横断面図(4)



洗堀箇所代表横断面図(4)

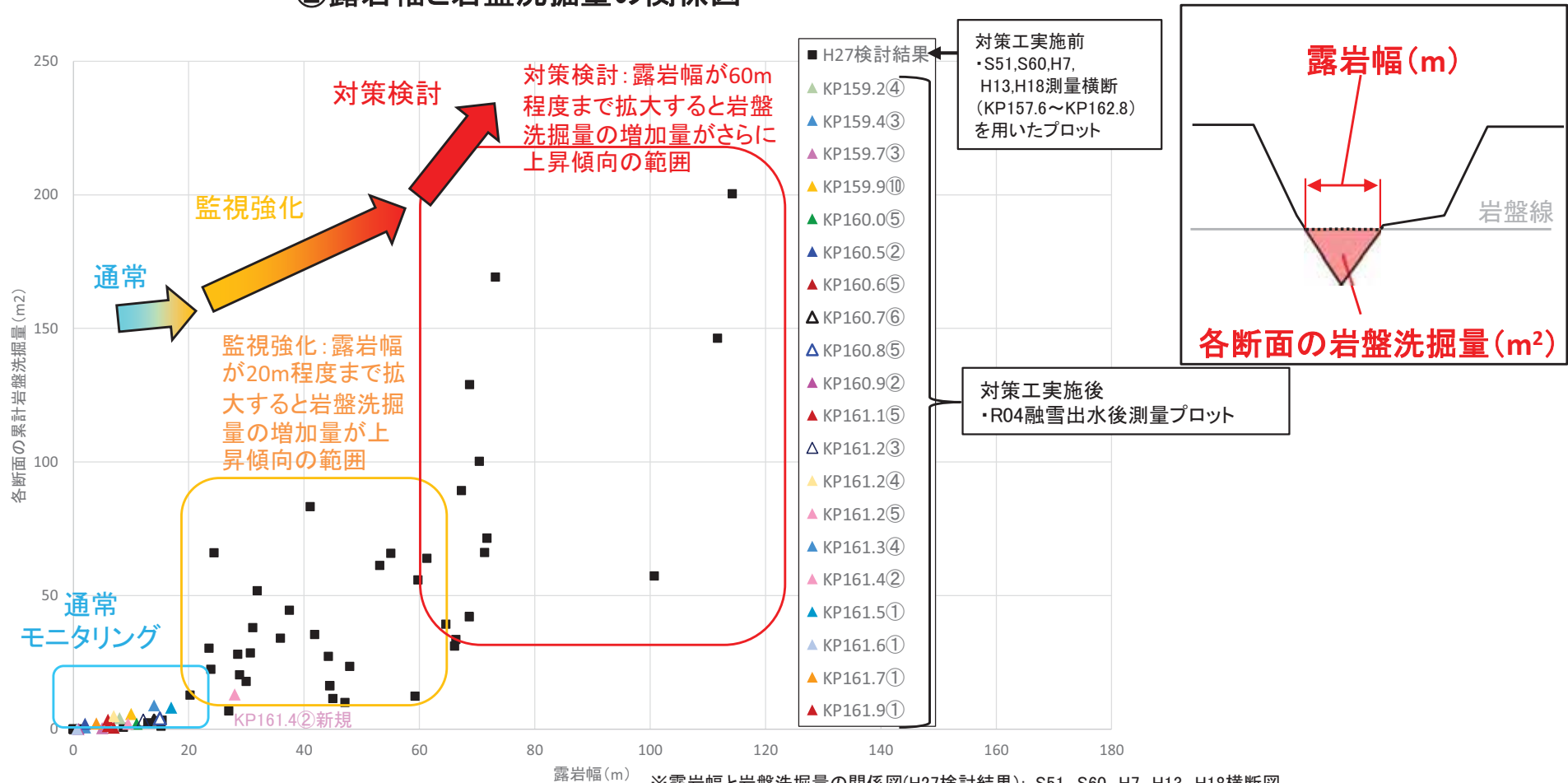


(2) 露岩幅と軟岩洗掘量の関係図

① R04融雪出水後

- 露岩洗掘に関する順応的管理の閾値(H27検討案※)のグラフに、R04融雪出水後測量結果から軟岩洗掘箇所をプロットした。
- KP161.4②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。

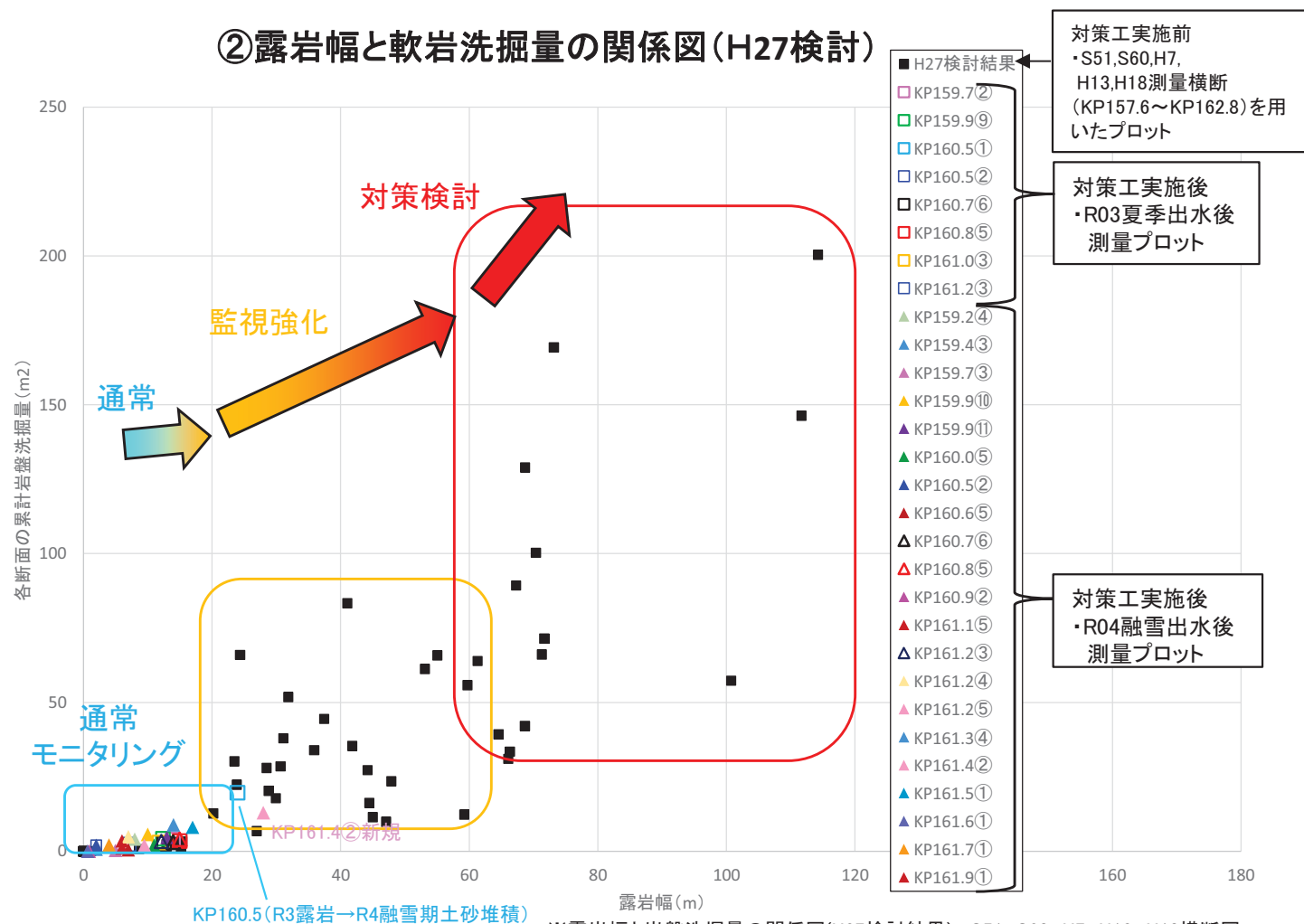
② 露岩幅と岩盤洗掘量の関係図



※露岩幅と岩盤洗掘量の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面図 (KP157.6~KP162.8)を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

② R03夏季出水後からR04融雪出水後の変化

- R03夏季出水後に監視強化であったKP160.5は R04融雪後に軟岩上に砂礫が堆積した。
- R04 融雪後に新たに露岩がKP161.4②で発生した。

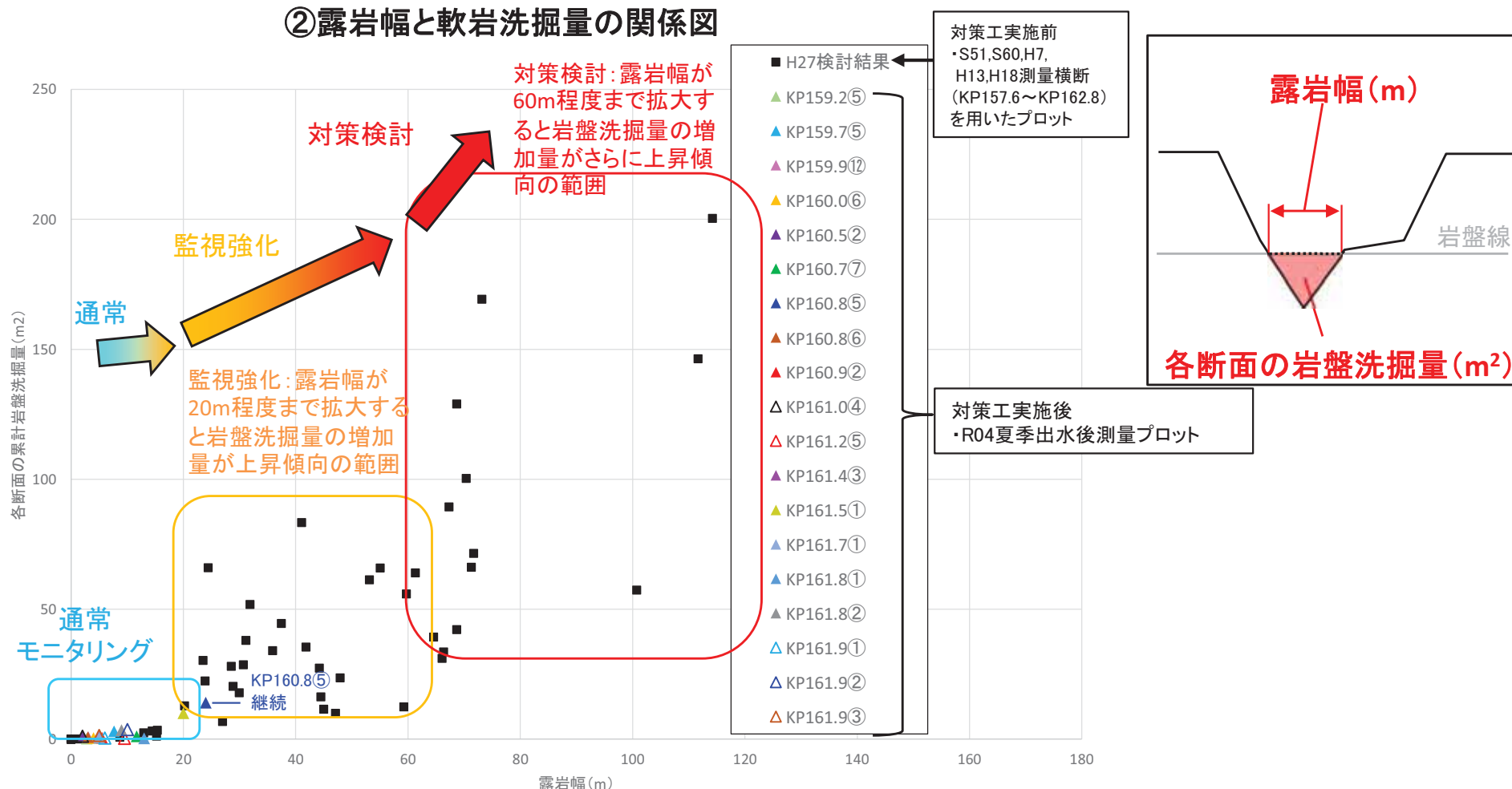


※露岩幅と岩盤洗掘量の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面図 (KP157.6~KP162.8)を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

③R04夏季出水後

- 露岩洗掘に関する順応的管理の閾値(H27検討案※)のグラフに、R04夏季出水後測量結果から軟岩洗掘箇所をプロットした。
- 1箇所の露岩部(KP160.8⑤継続)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露岩幅と軟岩洗掘量の関係図

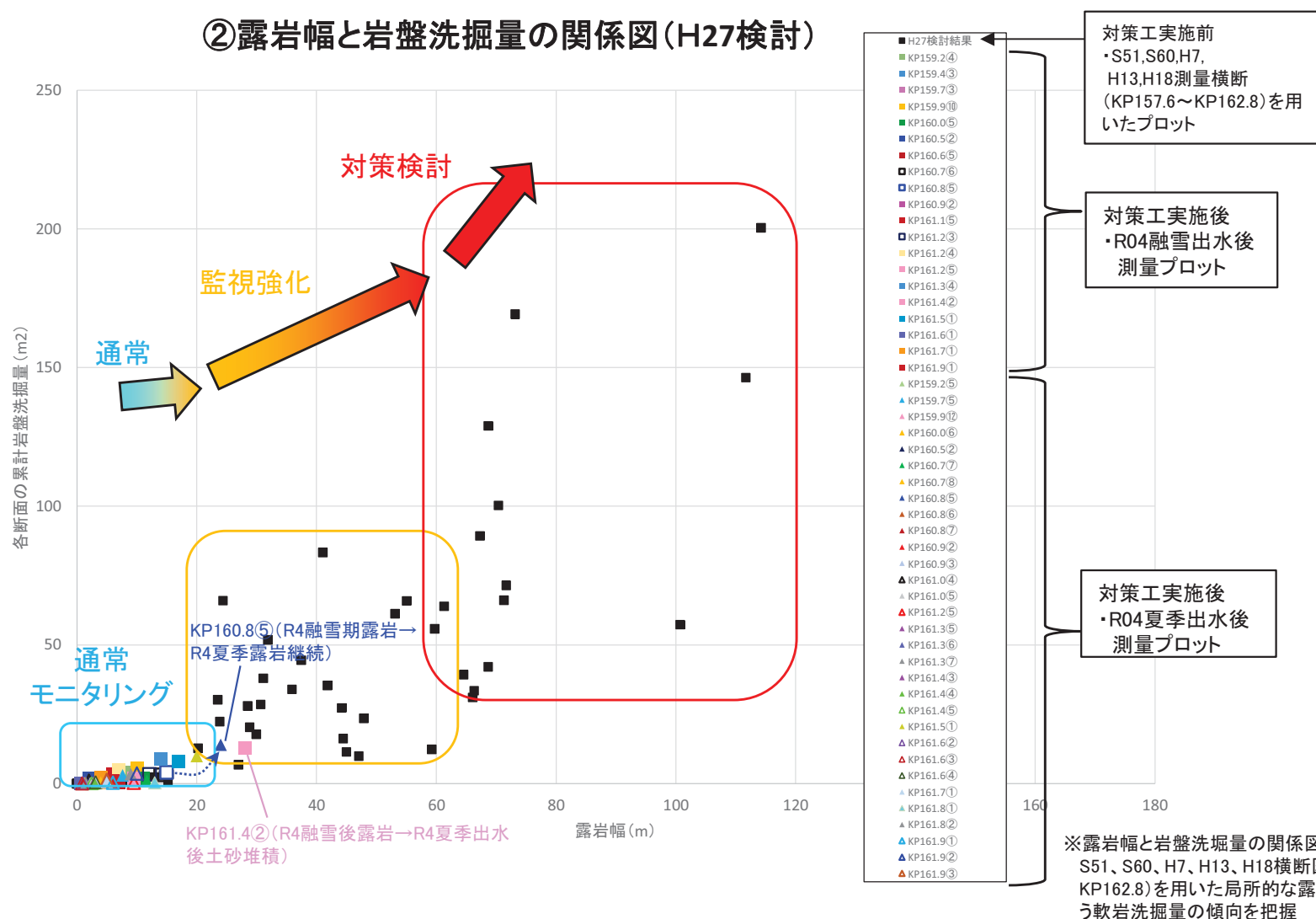


※露岩幅と岩盤洗掘量の関係図(H27検討結果): S51、S60、H7、H13、H18横断面
(KP157.6~KP162.8)を用いた局所的な露岩幅の拡大に伴う軟岩洗掘量の傾向を把握

④ R04融雪出水後からR04夏季出水後の変化

- R03融雪出水後に監視強化であったKP161.4②は R04夏季出水後に軟岩上に砂礫が堆積した。
- R04 夏季出水後にKP160.8⑤で監視強化となる露岩が発生した。
- 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。

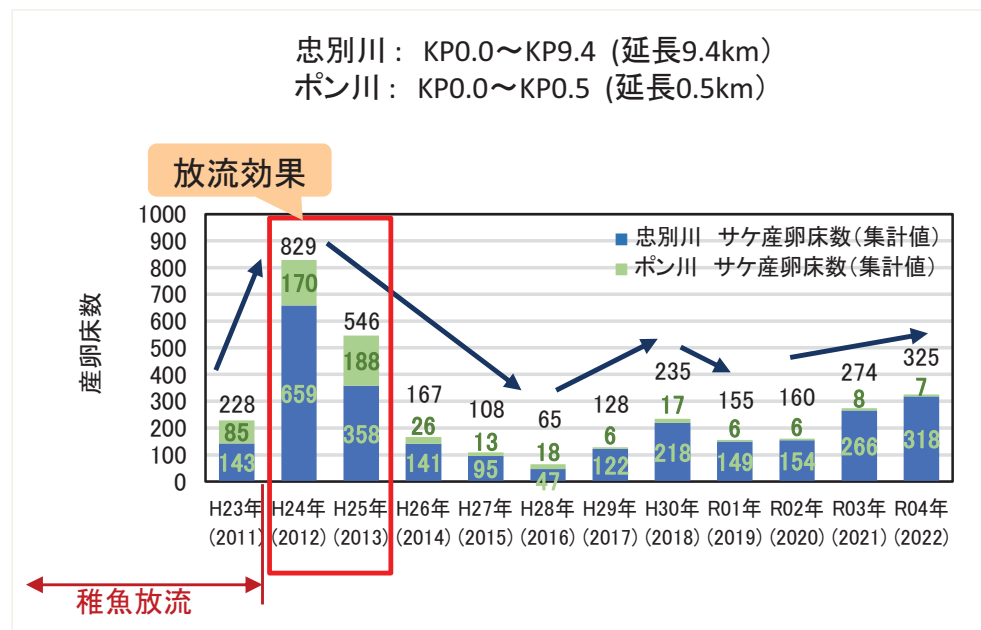
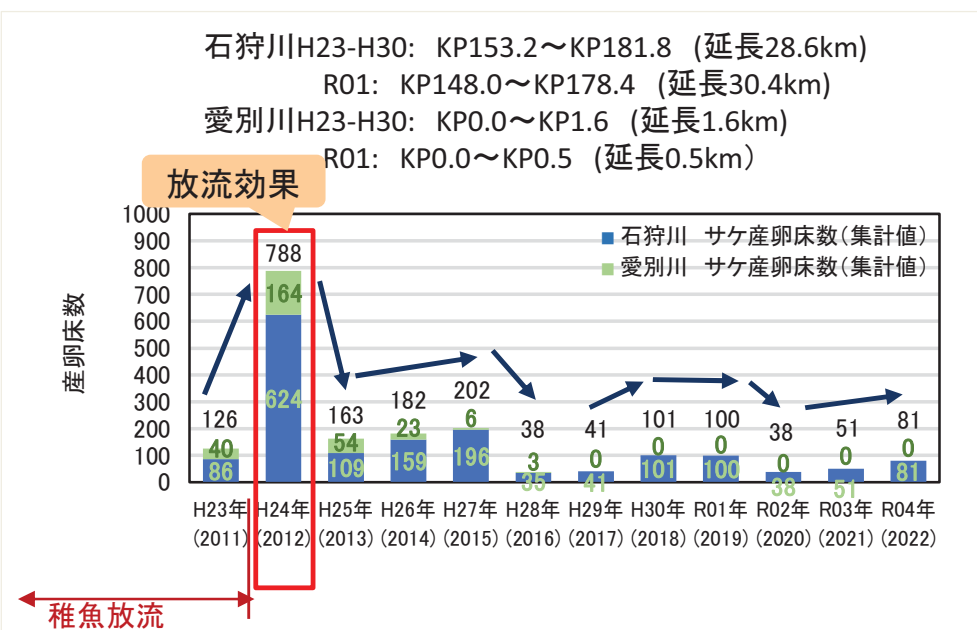
②露岩幅と岩盤洗掘量の関係図(H27検討)



6-13.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床確認されていたが、その後、H28年には石狩川・愛別川で計38床、忠別川・ポン川で65床まで減少した。
- R4年度は、石狩川・愛別川で計81床、忠別川・ポン川で計325床確認されている。

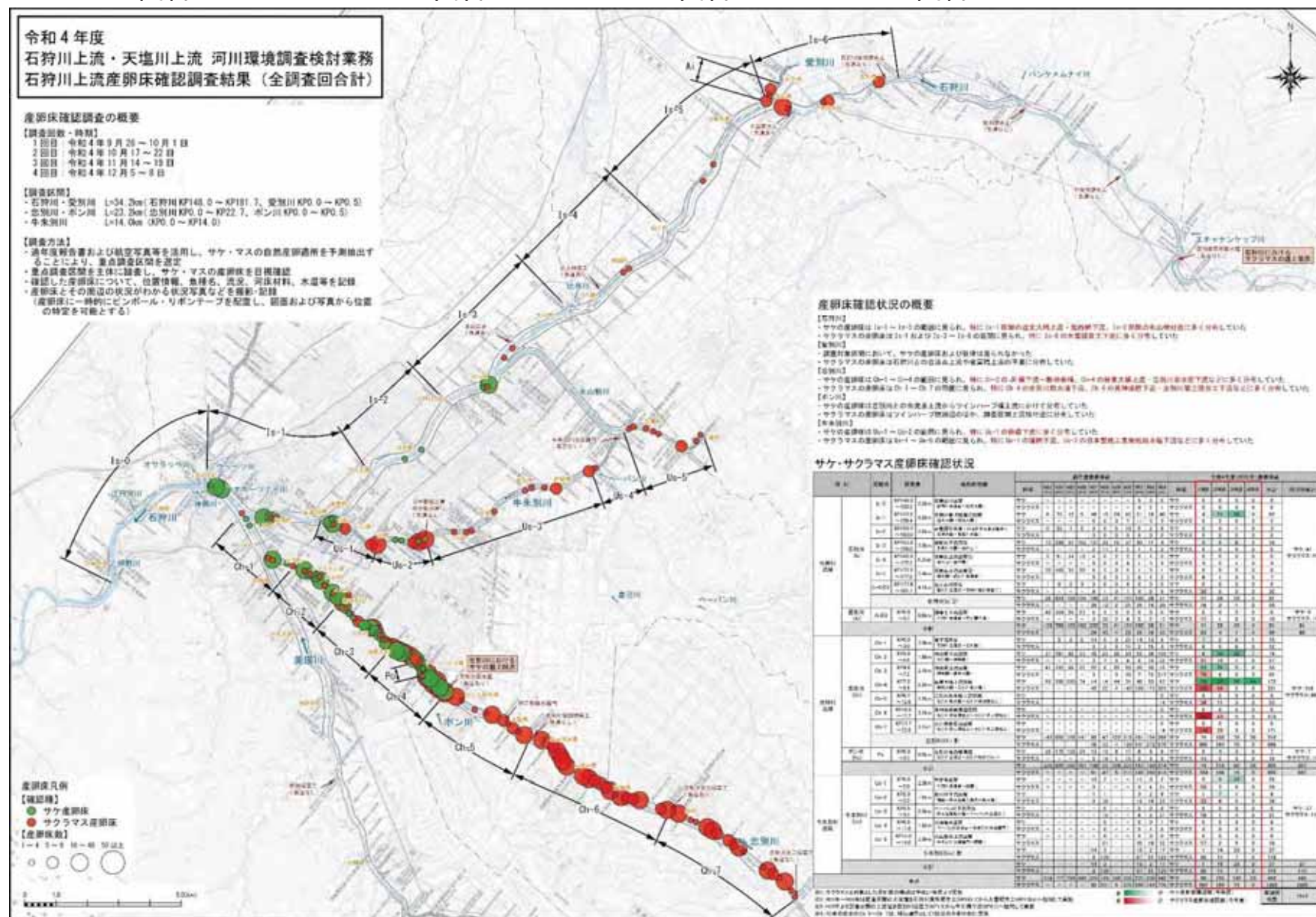


(2)R4サケ・サクラマス調査結果

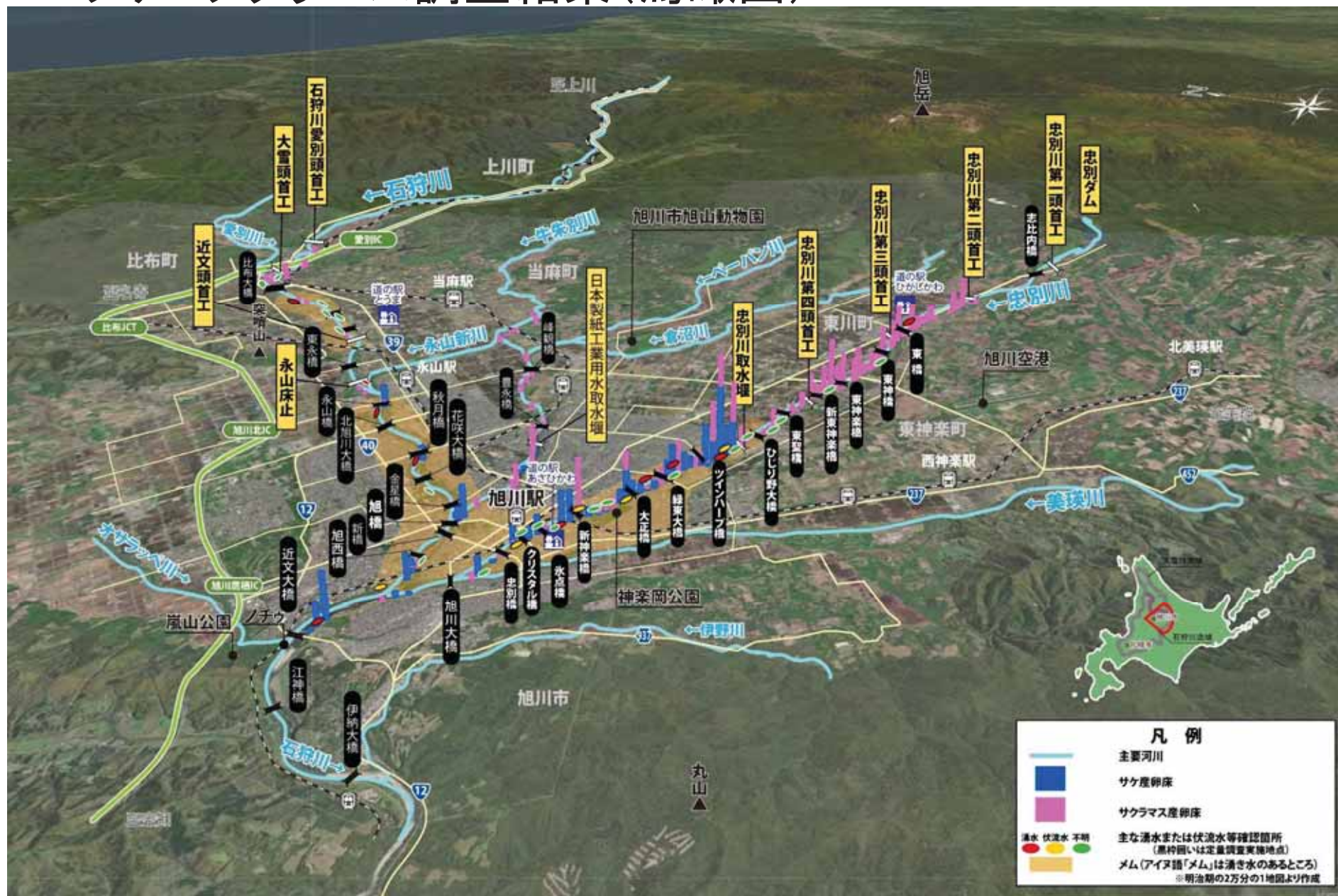
【調査箇所】 5河川（石狩川・愛別川・牛朱別川・忠別川・ポン川）

【調査時期】 R4年9月～12月で4回実施

1回目：R4/9/26～10/1 ・2回目：10/17～22 ・3回目：11/14～19 ・4回目：12/5～8



R4サケ・サクラマス調査結果(鳥瞰図)

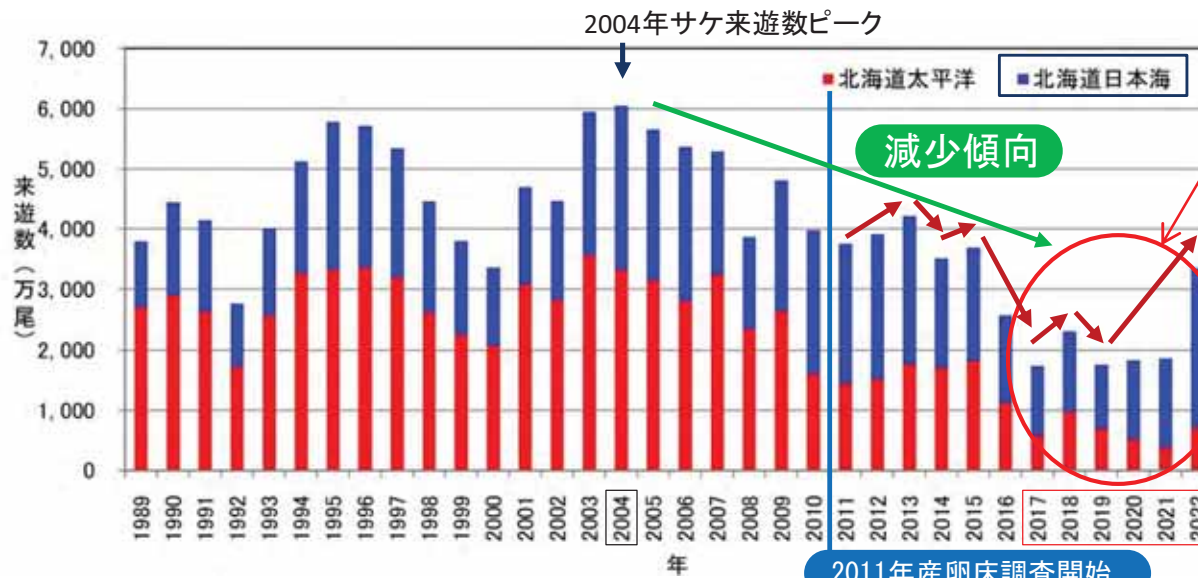


背景図出典: ArcGis衛星写真 (Source: Esri, MaxarEarthstar Geographics, and the GIS User Community)
衛星写真取得日: 2022年5月17日

(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き、2016年以降更に減少していたが、今年度(2022年)は大きく増加した(北海道日本海側は1989年以降最多に近い来遊数)。
- 北海道全体の来遊数の傾向と石狩川上流域の産卵床数について、2016年以前は類似性が低いが、2017年以降は、増減の程度に差異はあるものの概ね同様の傾向を示している。
- 今年度は2018年の産卵後に孵化し、4年魚として回帰している個体が多いものと推察される

サケの北海道来遊数

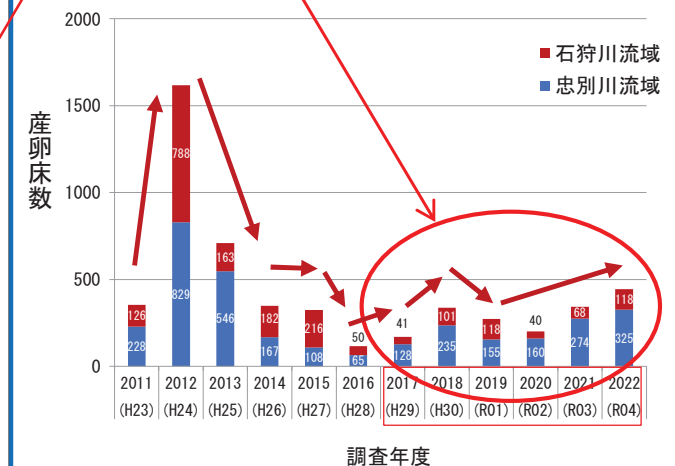


8月1日～12月31日までのサケ北海道来遊数(累計値)。2022は速報値。

※出典：北海道区水産研究所 さけます来遊速報(令和4年度)

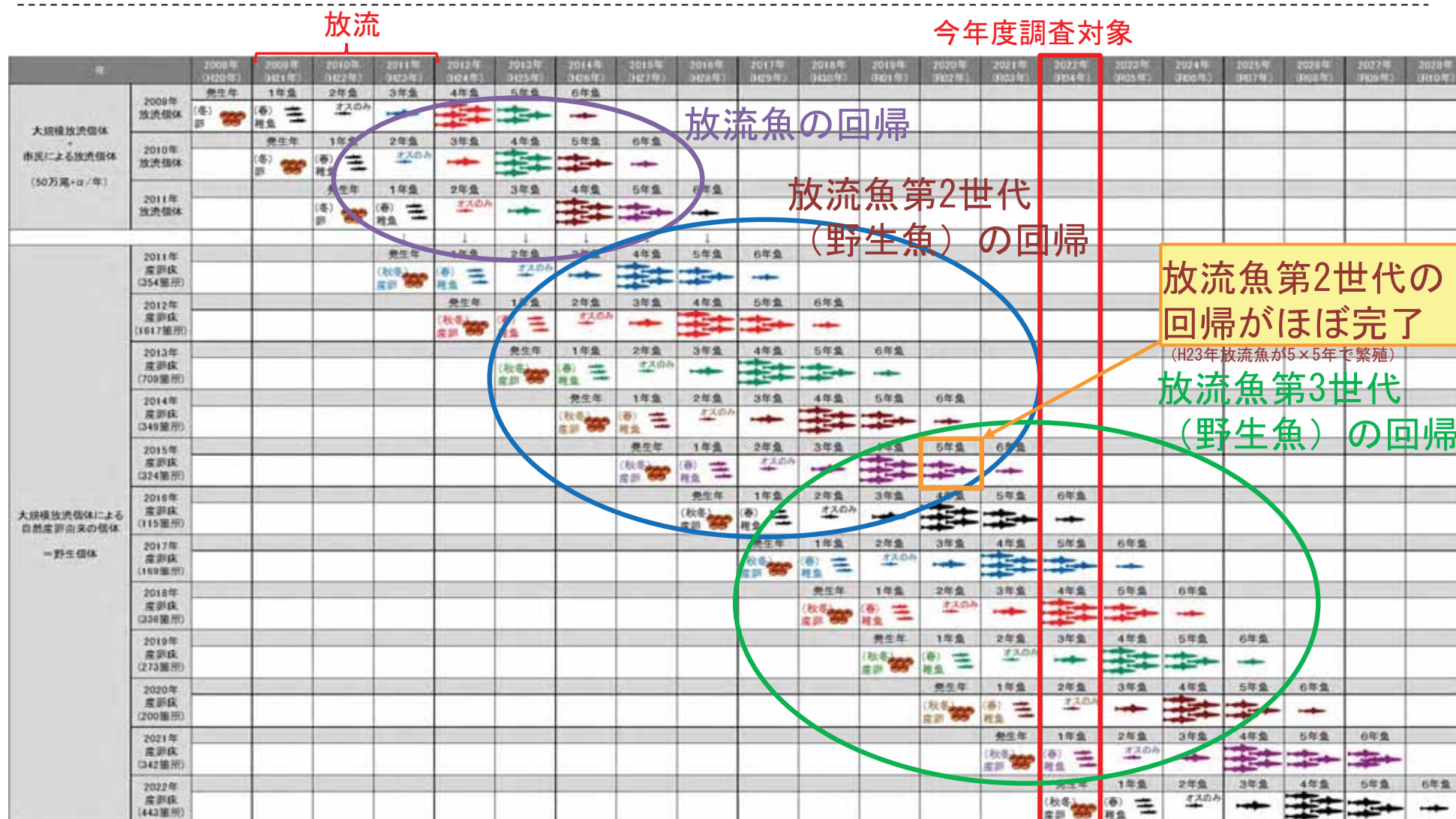
石狩川上流域の産卵床数

概ね同様の傾向



※石狩川流域：石狩川(上流)・愛別川・牛朱別川
 ※忠別川流域：忠別川・ポン川

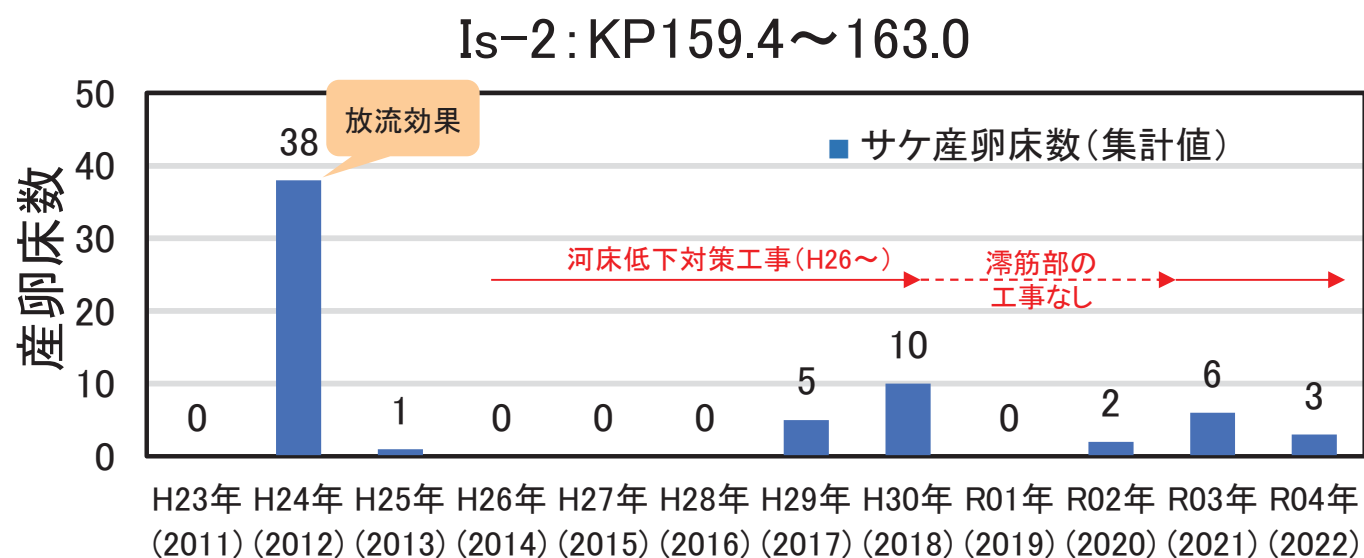
- H21～H23年の3年間でサケの放流を計150万尾程度行っているが、放流されたサケ稚魚は、およそ2～6年で生まれた川に帰ってくると考えられており、なかでも4～5年魚の回帰が最も多いとされている。
- H23年の放流個体が5年魚として回帰し、その稚魚がまた5年魚として回帰するのがR2年のため、遡上個体の放流魚第2世代から放流魚第3世代への移行は、R2年の段階でほぼ完了したと考えられる。
- 今年度は放流魚第3世代が回帰していると考えられる。



(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、R2に2床、R3に6床、R4に3床確認されている。

R4サケ産卵床調査結果



石狩川: サケ産卵床確認数の経年変化 (Is-2)

(5)R4サケ産卵床箇所

- 河道再生区間におけるR4サケ産卵床は、河道再生工事が完了しているKP160.5で2床、KP161.3で1床(計3床)確認された。



R4サケ産卵床位置図

