

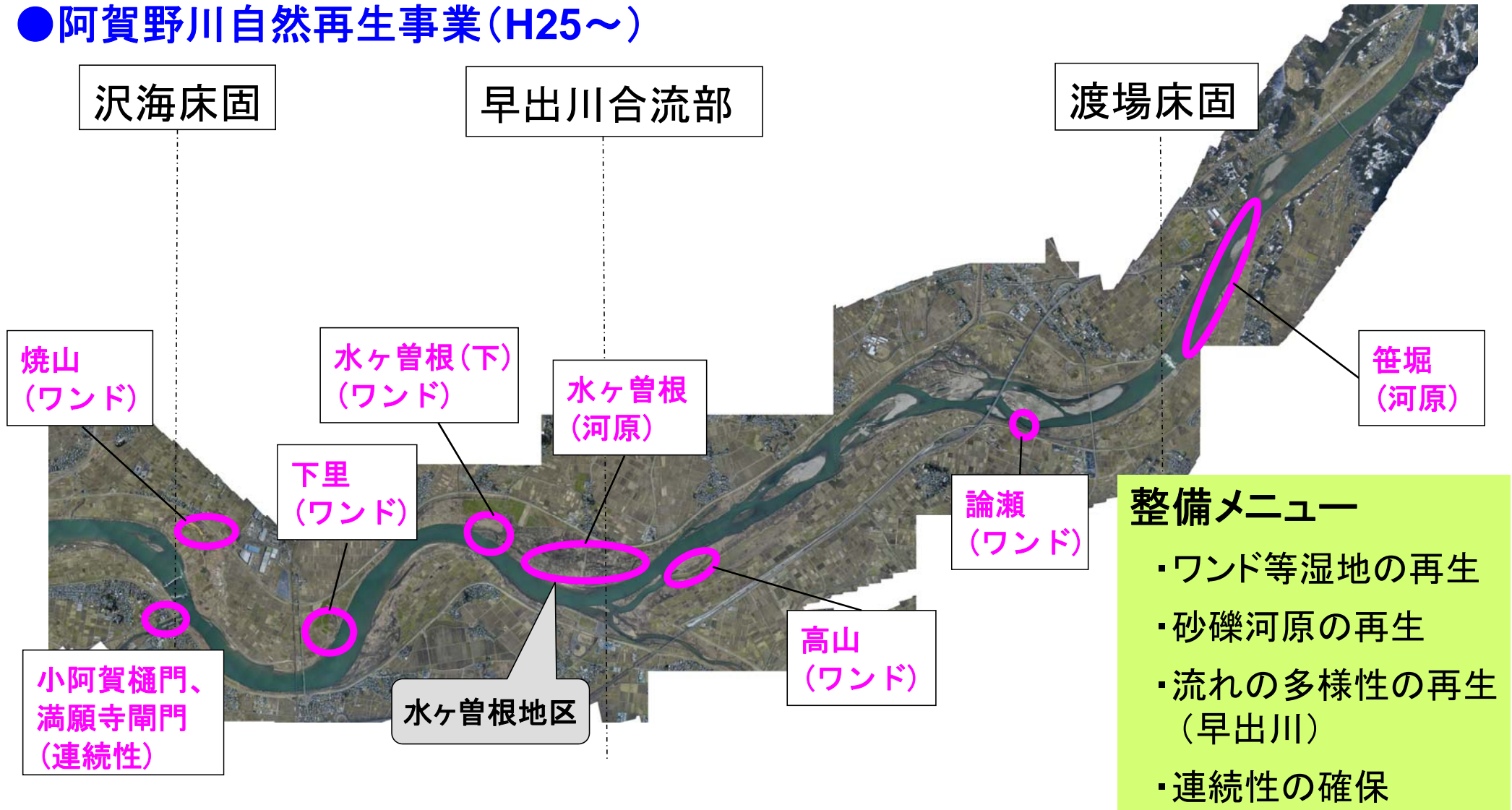
砂州内蛇行導水水路形成 による砂礫河原の再生



阿賀野川河川事務所

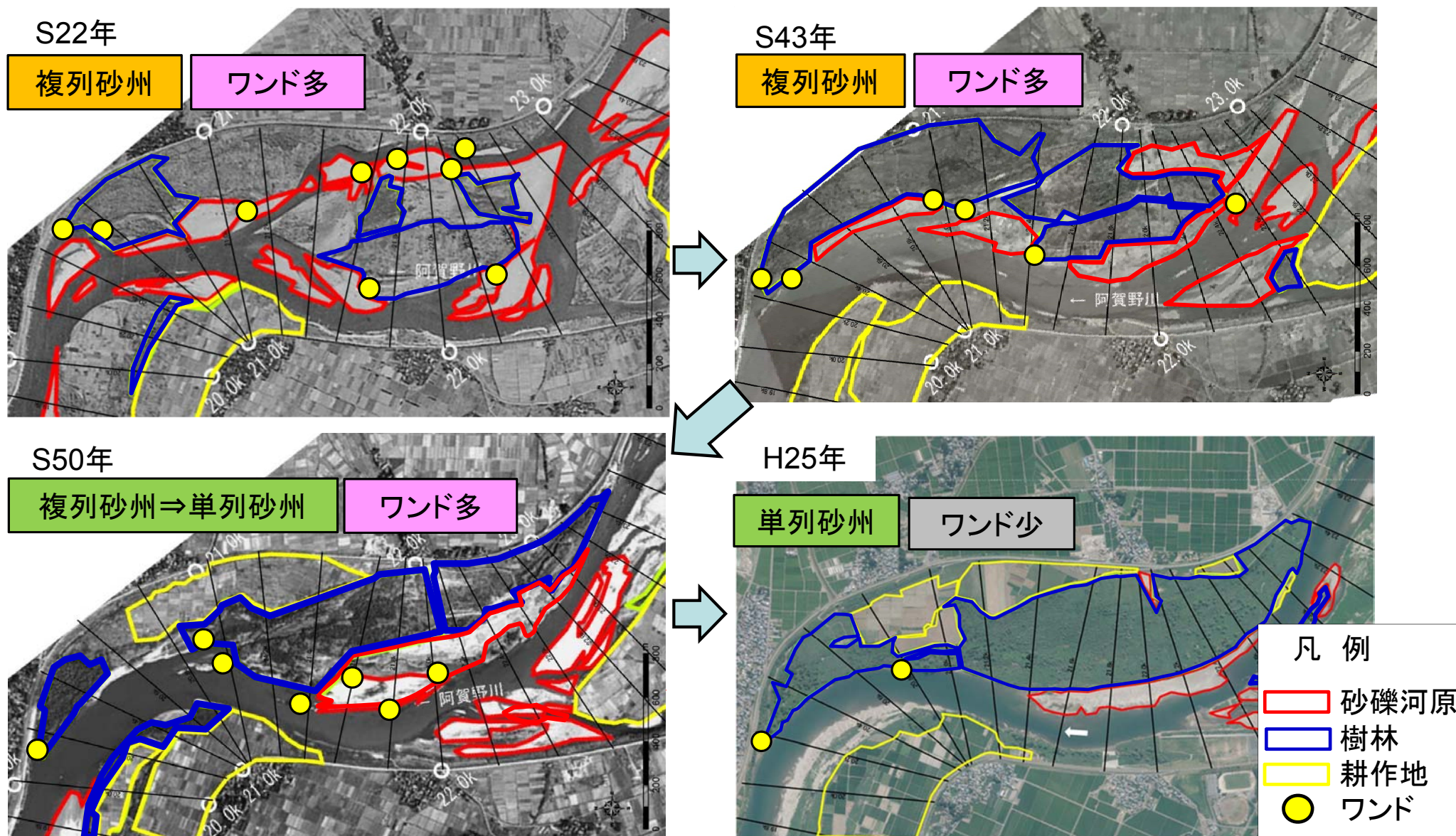
調査課 瀬川莉子

●阿賀野川自然再生事業(H25～)

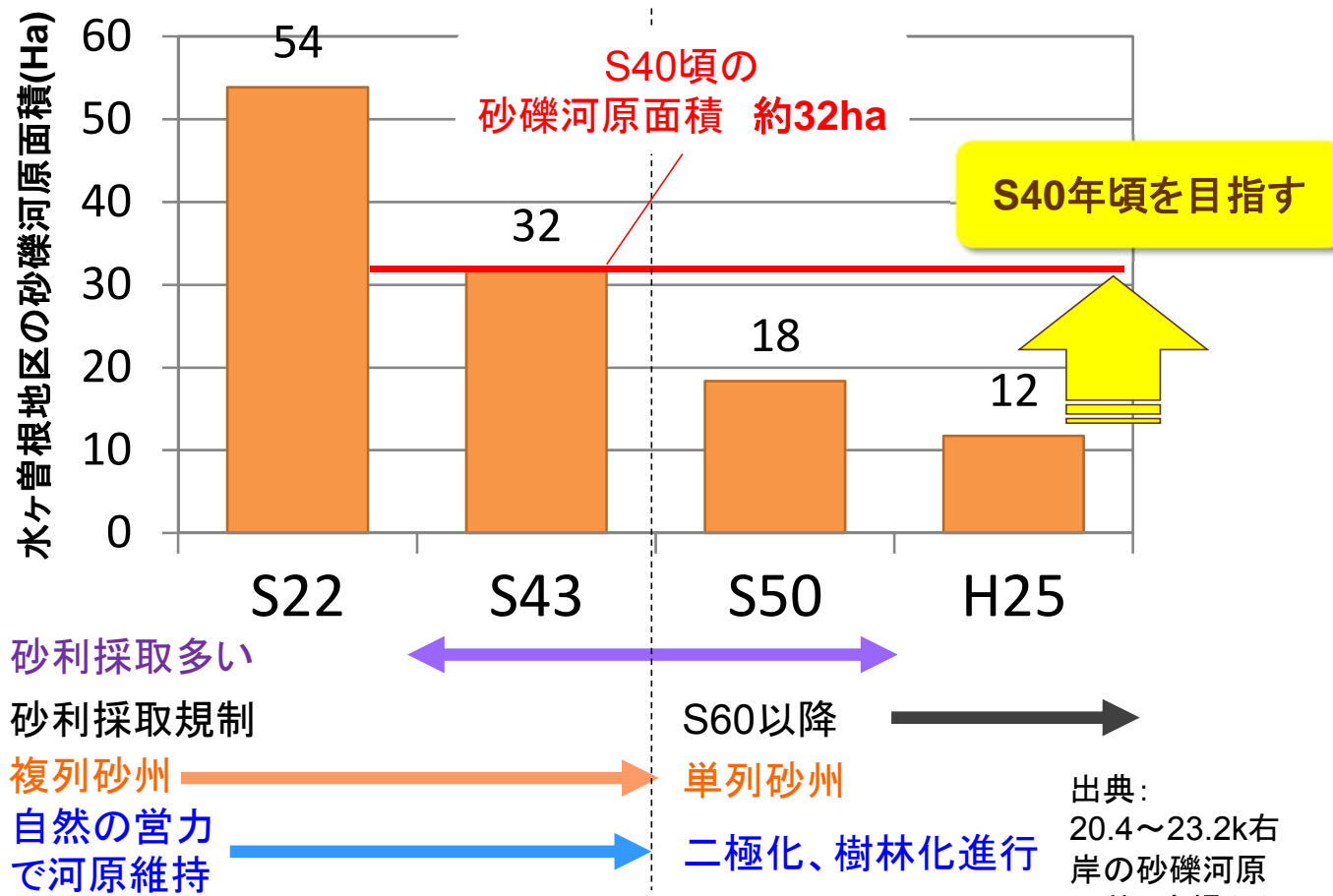


本報告では、全国各地の河川環境課題である砂礫河原の減少において、直接的な整備を極力抑え、自然営力を最大限に活用し、持続可能な再生工法の決定に至った検討結果について報告する。

昭和43年頃までは複列砂州であったが、その後、単列砂州に遷移し樹林化が進行。砂礫河原は低水路河岸沿いに残るだけとなった。



- 昭和40年頃、複列砂州が形成され、自然の営力で河原が維持されていた。
陸ではカワラハハコ等の河原植物が生育し、水際にはアユ等の魚類が生息・産卵する。
- しかし、高度経済成長期のS40年代～平成初期にかけての砂利採取等により、二極化が進行し、河原が減少した。



【砂礫河原の減少理由】

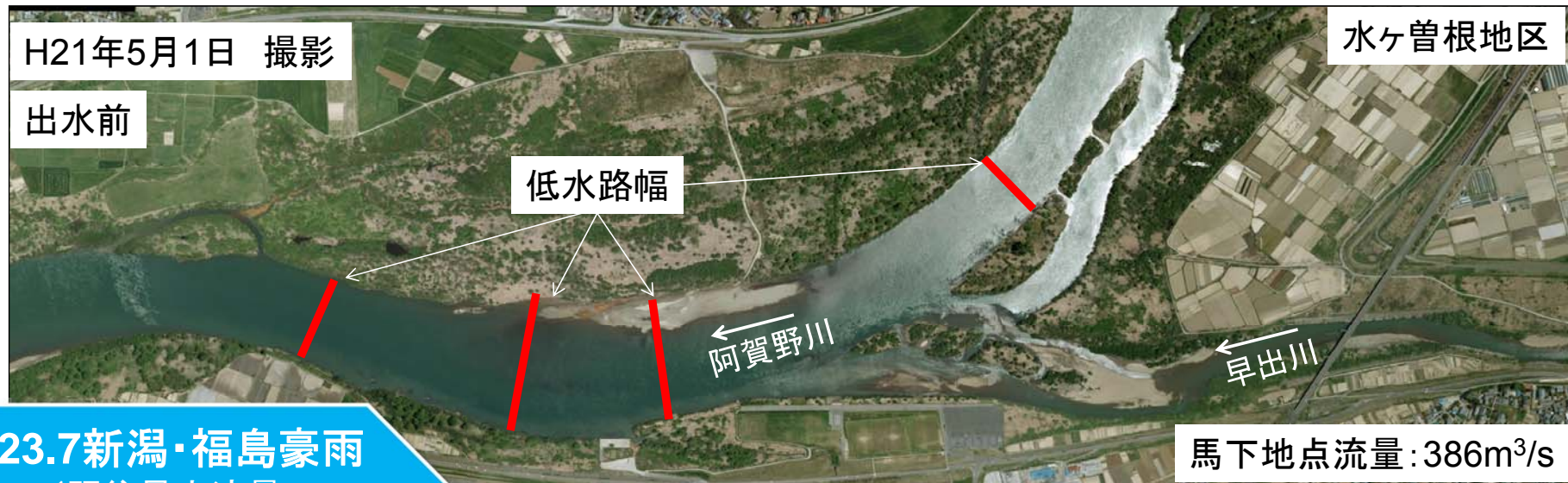
- S40年頃までは複列砂州が形成され、自然の営力で砂礫河原が維持されていた。
- しかし、高度経済成長期のS40年代～平成初期にかけての砂利採取等により、二極化が進行し、河原が減少した。

水ヶ曽根地区の砂礫河原面積の変遷

4 砂礫河原の再生方法

・ 既往最大流量の出水であるH23新潟・福島豪雨を経験しても、低水路幅、及び高水敷形状に変化は見られなかった。すなわち、自然営力のみでは河原は再生されないことが示唆された。

→ 直接手を加える自然再生事業によって、再生を図る。

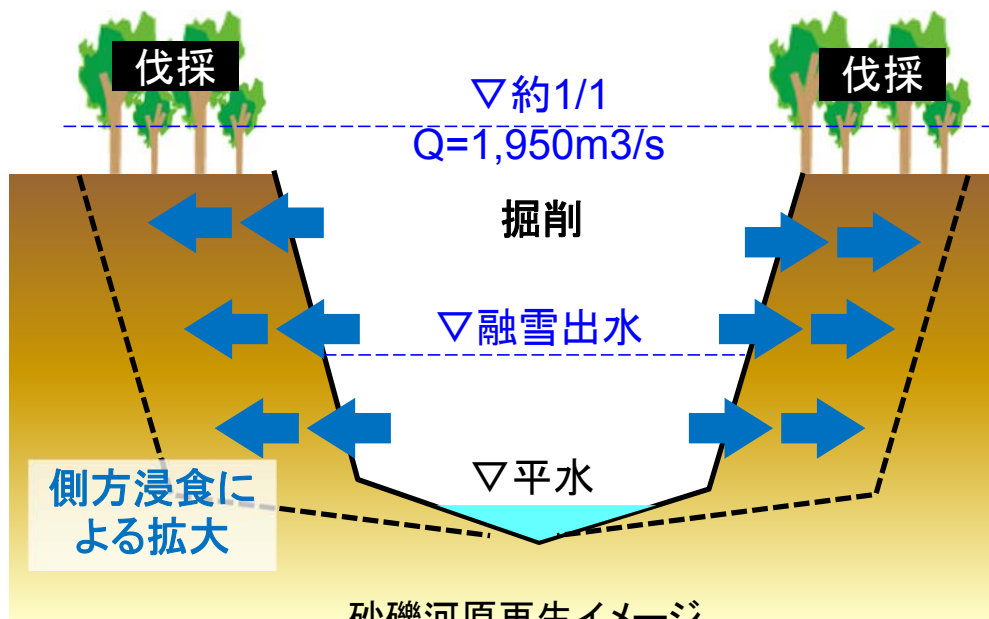


- 砂州内部には低地やワンドが多く存在する。
- 堆砂した範囲に水路を掘削し水を導水し、その掃流力によって堆砂した砂をフラッシュさせる。
- 砂州内部の低地やたまりを狙い水路を掘削することでコスト削減を図る。

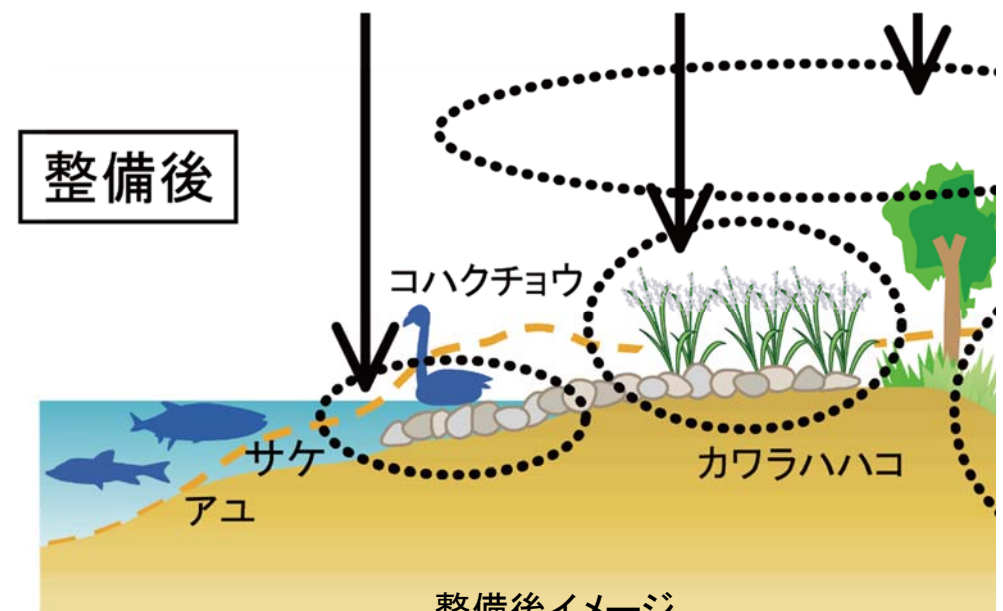




現在の水ヶ曽根地区の様子



砂礫河原再生イメージ



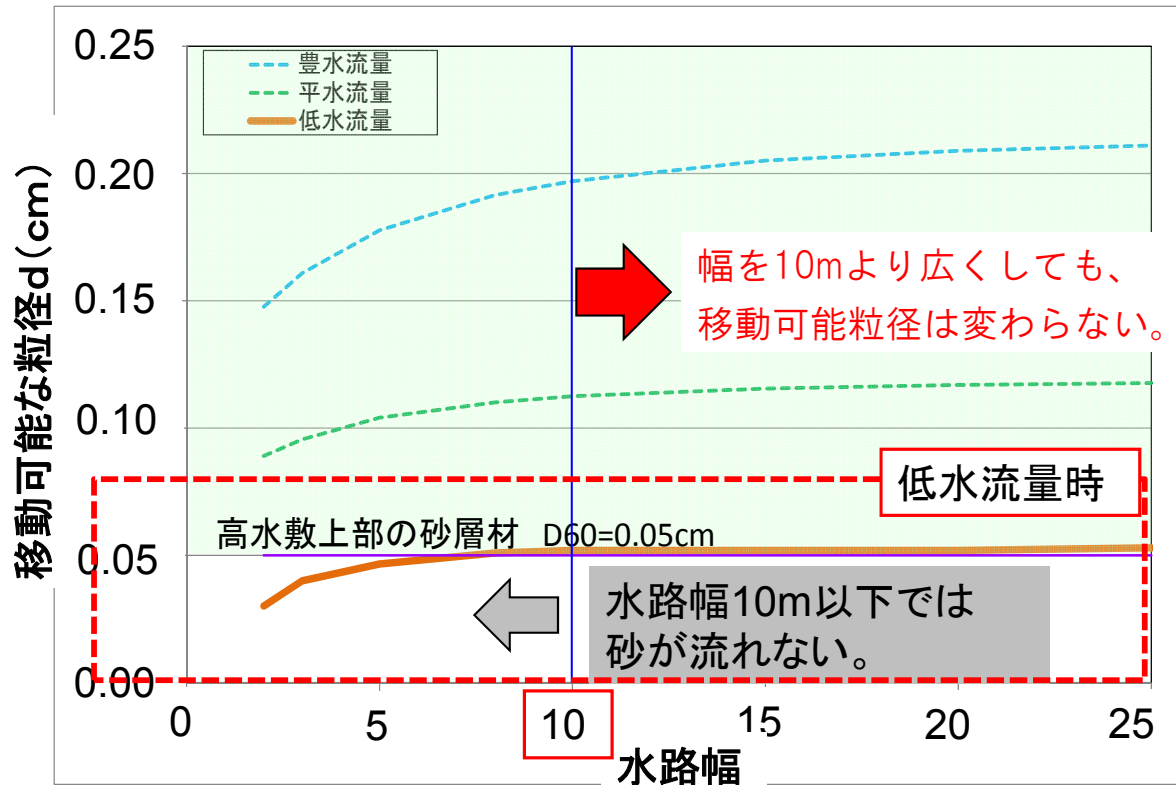
整備後イメージ

6 掘削水路幅・法面勾配(掘削水路による砂礫河原の再生)

- 水路幅は、水路の再堆積を防ぐため、低水流量時でも砂がフラッシュされる10mとした。
- 掘削水路の法面勾配は砂質土の安定勾配である1:1.5とした。

等流計算結果:

- 水路幅が10m未満では、現地の土砂が流れず、閉塞する。
- 水路幅が10m以上では、移動可能粒径ほぼ一定。



水路幅と移動可能粒径の関係図

法面勾配: 現地の土質状況及び水路の掘削深により、1:1.5とする。

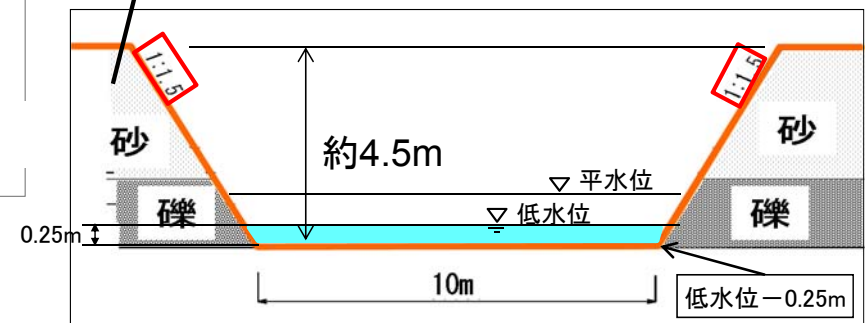
勾配の設定根拠

1) 床掘り勾配及び余裕幅
オープン掘削の床掘り勾配は、下表のとおりとする。

土質区分	掘削面の高さ	床掘り勾配	小段の幅
中硬岩・硬岩	5 m未満	直	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 0.3	下からH = 5 m毎に 1 m
軟岩 I・軟岩 II	1 m未満	直	—
	1 m以上 5 m未満	1 : 0.3	—
レキ質土・砂質土 粘性土・岩塊玉石	全掘削高 5 m以上	1 : 0.3	下からH = 5 m毎に 1 m
	1 m未満	直	—
砂	1 m以上 5 m未満	1 : 0.5	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 0.6	下からH = 5 m毎に 1 m
発破などにより崩壊しやすい状態になっている地山	5 m未満	1 : 1.5	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 1.5	下からH = 5 m毎に 2 m
	2 m未満	1 : 1.0	下からH = 2 m毎に 2 m

注) 上記により難しい場合は、別途考慮できる。

出典: 「土木工事積算基準」

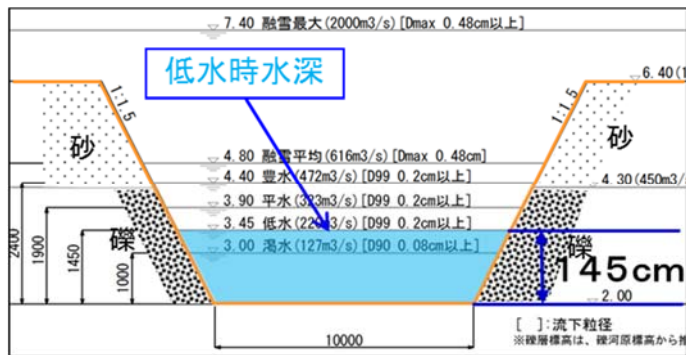
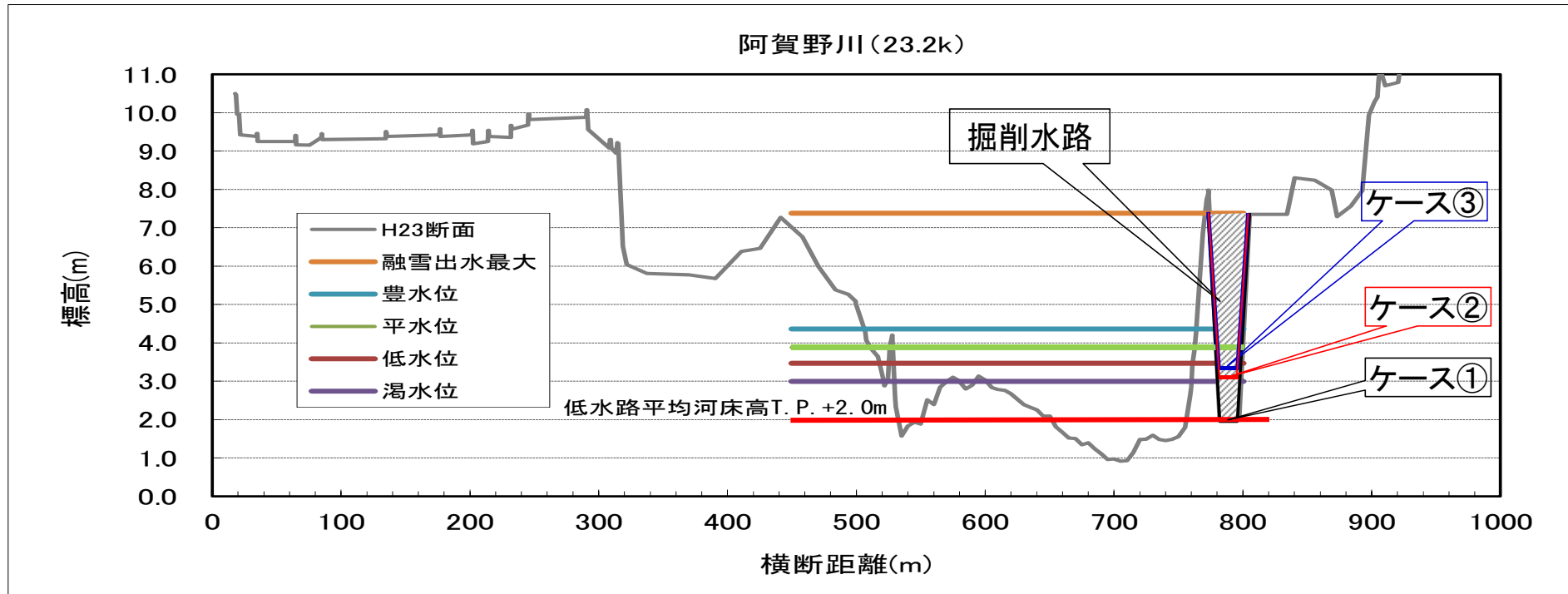


水路断面形状

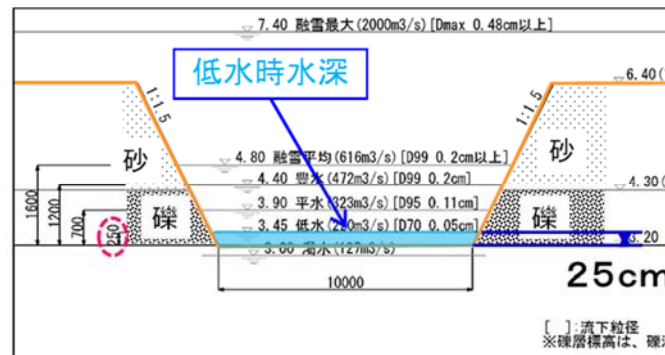
7 掘削深（掘削水路による砂礫河原の再生）

掘削深は、以下に示す3案を検討した。

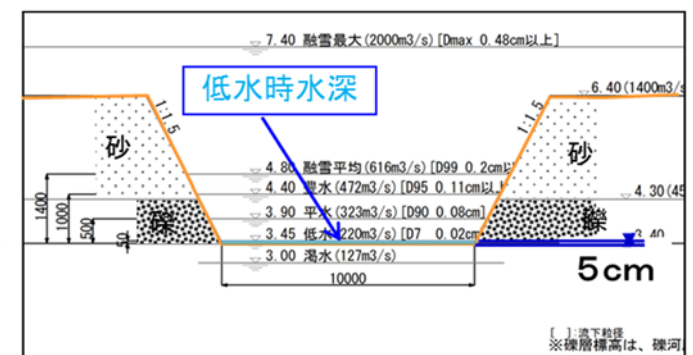
- ケース①： 敷高＝本川の平均河床高 (T.P.2.0m)
- ケース②： 敷高＝低水位－0.25m (T.P.3.2m)
- ケース③： 敷高＝平水位－0.50m (T.P.3.4m)



ケース①



ケース②



ケース③

8 掘削深（掘削水路による砂礫河原の再生）

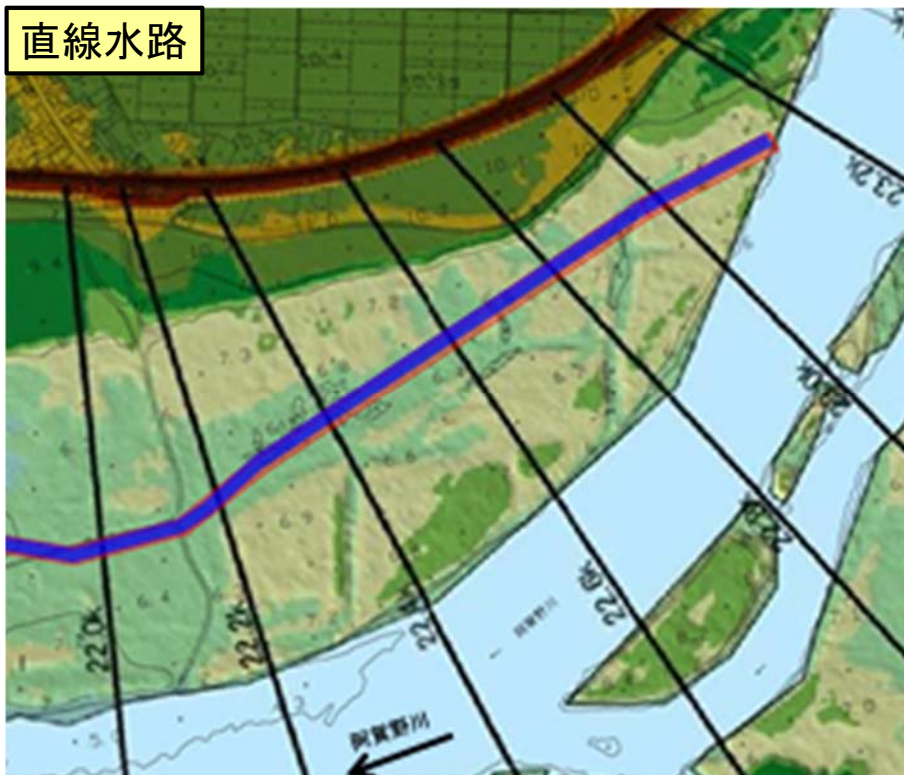
ケース①と②は、出水による砂礫河原の再生及び、平常時の水路維持が可能であることより、工事費が安価なケース②を採用とした。

	ケース① (水路敷高:本川平均河床高)		ケース② 採用 (水路敷高:低水位-0.25m)		ケース③ (水路敷高:平水位-0.5m)	
【融雪出水時の営力影響】 対象流量:融雪出水 最大流量 (2000m ³ /s)	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較
	1.21cm	Dmax 0.48cm ○ 高水敷上部の砂層材の 最大径以上 となるため砂礫河原の再生が可能	0.94cm	Dmax 0.48cm ○ 高水敷上部の砂層材の 最大径以上 となるため 砂礫河原の再生が可能	0.89cm	Dmax 0.48cm ○ 高水敷上部の砂層材の 最大径以上 となるため 砂礫河原の再生が可能
【平常時の水路維持】 対象流量:低水流量 (220m ³ /s)	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較	流下可能径	高水敷上部の砂礫層との比較
	0.21cm	D99 0.2cm ○ 高水敷上部の砂層材の 99%粒径 であるため平常時の水路維持が可能	0.05cm	D70 0.05cm ○ 高水敷上部の砂層材の 70%粒径 であるため平常時の水路維持が可能	0.02cm	D7 0.02cm × 高水敷上部の砂礫材の 7%粒径 であるので水路の維持が困難
【概算工事費】	59,107円 ×		39,405円 ○		36,382円 ○	

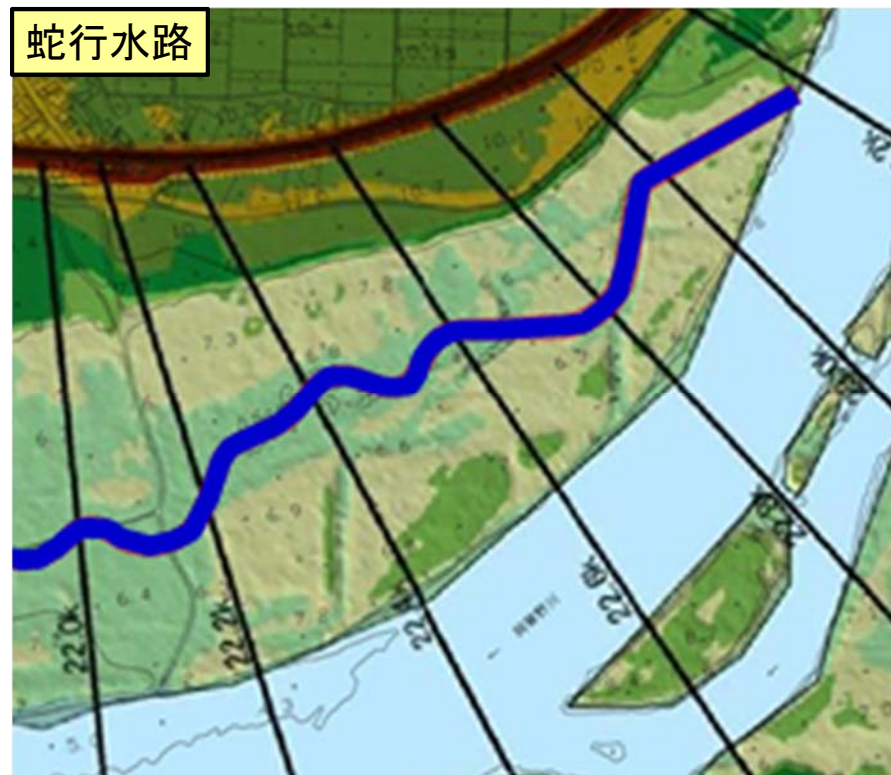
9 掘削水路による砂礫河原の再生(平面形状)

平面形状は、直線案、蛇行案の2案を検討する。

直線水路



蛇行水路



凡例(標高)

19 - 20
18 - 19
17 - 18
16 - 17
15 - 16
14 - 15
13 - 14
12 - 13
11 - 12
10 - 11
9 - 10
8 - 9
7 - 8
6 - 7
5 - 6
4.44 - 5

2. 4. 2 代表粒径の設定

<標準>

河道特性の整理・分析においては、材料 m を対象とした河床材料調査の結果に基づき、河床材料の動きやすさや流送される量を規定する河床材料粒径の代表値として、代表粒径 d_R をセグメントごとに設定することを標準とする。

<例示>

代表粒径 d_R は、以下の手法により設定することができる。
材料 m が砂主体であるセグメントの場合には、代表粒径に河床材料の d_{60} を用いることができる。

●砂礫河原再生の判断基準

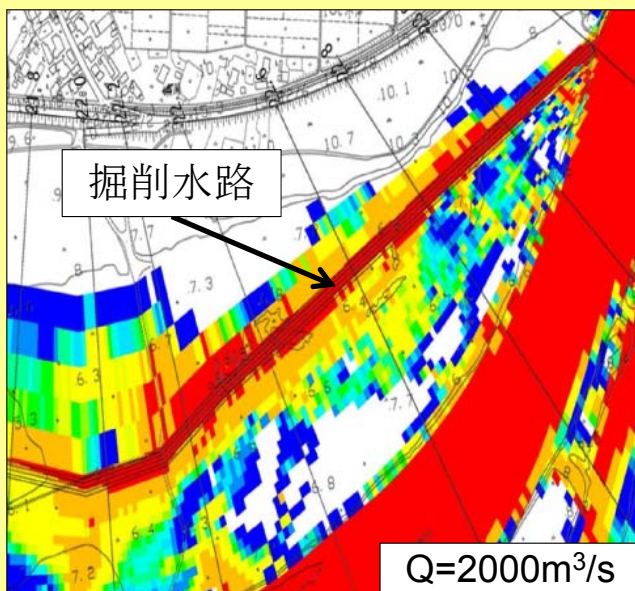
・移動可能粒径が、高水敷河床材料粒径の D60以上 であれば、高水敷上の 土砂がフラッシュされる と判断する。

・D60とは、約60%の土砂がフラッシュされる大きさである。

10 平面二次元流況解析による平面形状の検討

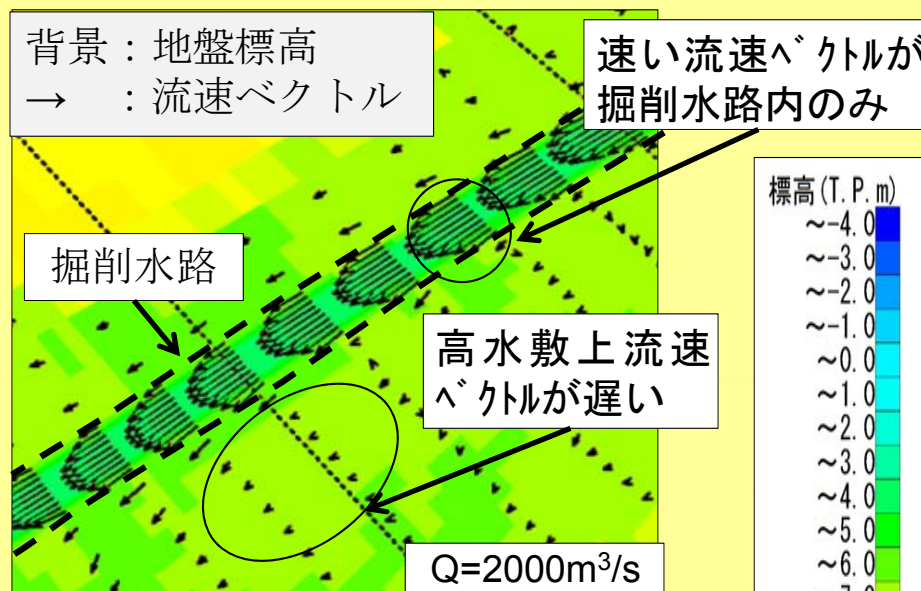
蛇行水路では高水敷上に乗り上げる高速流が発生し、側方浸食がより期待できる結果となった。

直線水路案



移動可能な粒径分布図

移動可能な粒径 (cm)	
0.02以下	
0.02~0.03	D7
0.03~0.04	D18
0.04~0.05	D35
0.05~0.06	D60
0.06~0.07	
0.07~0.08	
0.08~0.10	D90
0.10~0.20	D93
0.20~0.50	D99
0.50以上 (Dmax以上)	



流速ベクトル図

背景：地盤標高
→：流速ベクトル

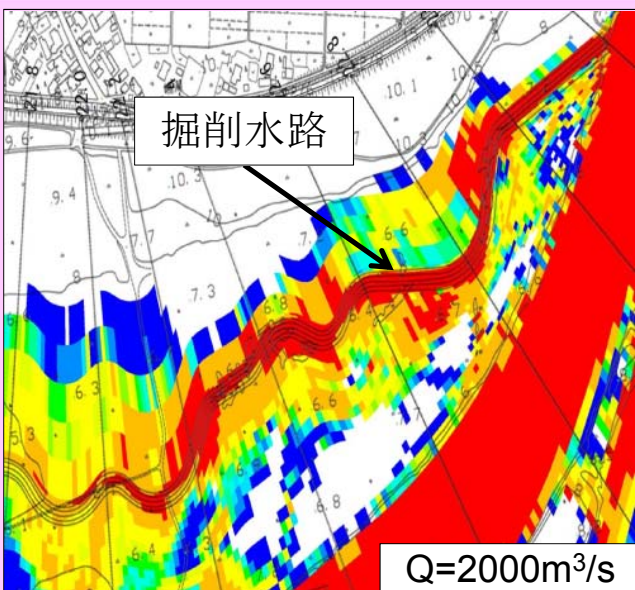
速い流速ベクトルが掘削水路内のみ

高水敷上流速ベクトルが遅い

標高 (T.P. m)	
~-4.0	
~-3.0	
~-2.0	
~-1.0	
~0.0	
~1.0	
~2.0	
~3.0	
~4.0	
~5.0	
~6.0	
~7.0	
~8.0	

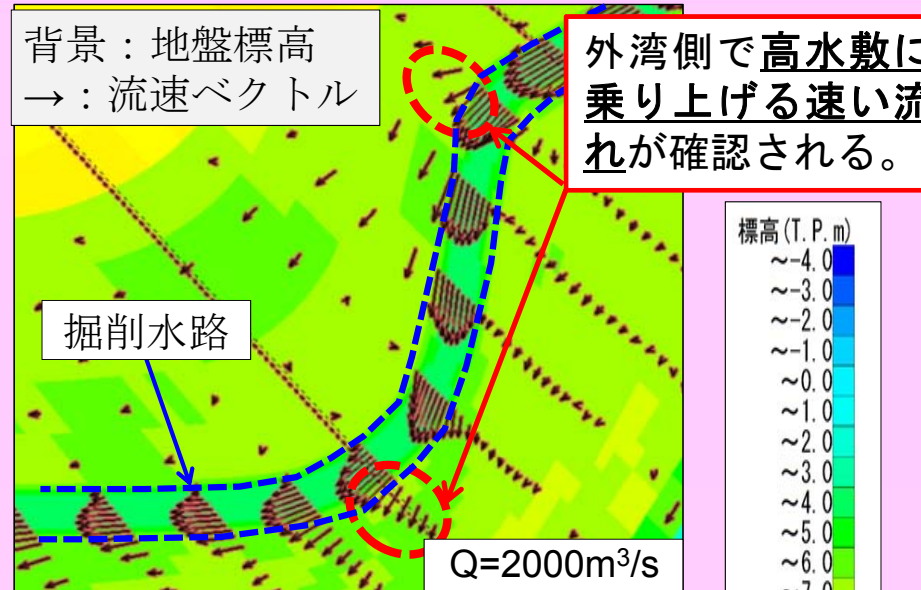
蛇行水路案

採用



移動可能な粒径分布図

移動可能な粒径 (cm)	
0.02以下	
0.02~0.03	D7
0.03~0.04	D18
0.04~0.05	D35
0.05~0.06	D60
0.06~0.07	
0.07~0.08	
0.08~0.10	D90
0.10~0.20	D93
0.20~0.50	D99
0.50以上 (Dmax以上)	



流速ベクトル図

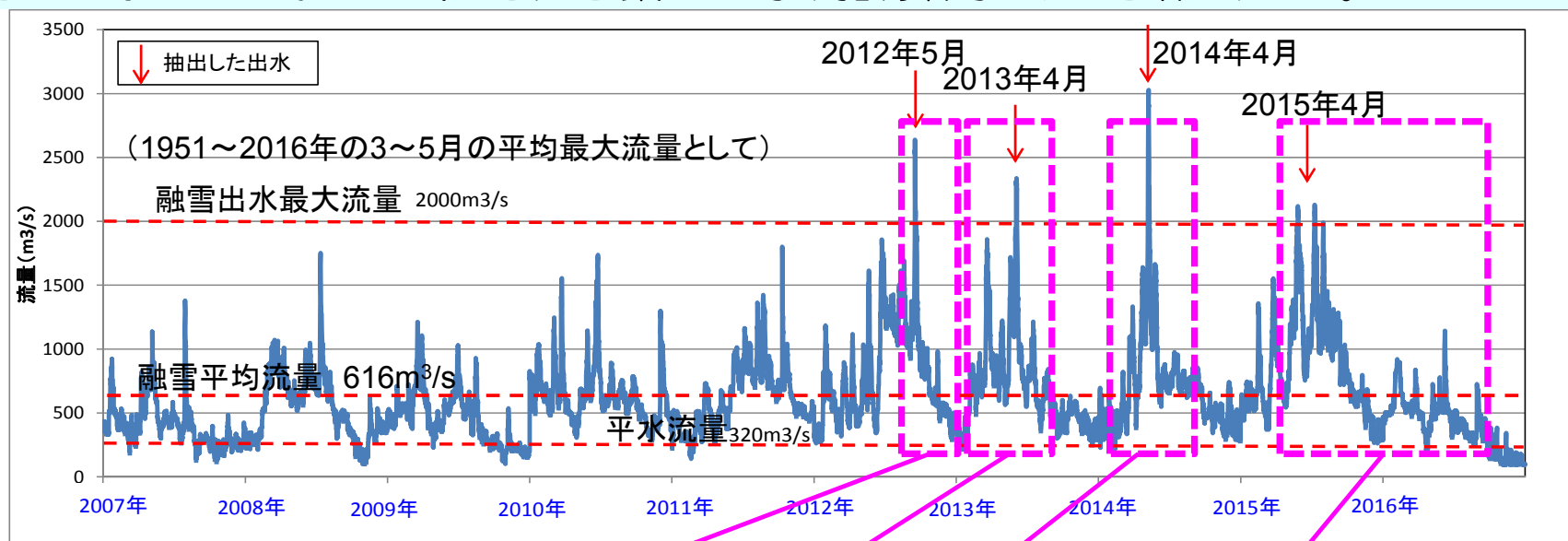
背景：地盤標高
→：流速ベクトル

外湾側で高水敷に乗り上げる速い流れが確認される。

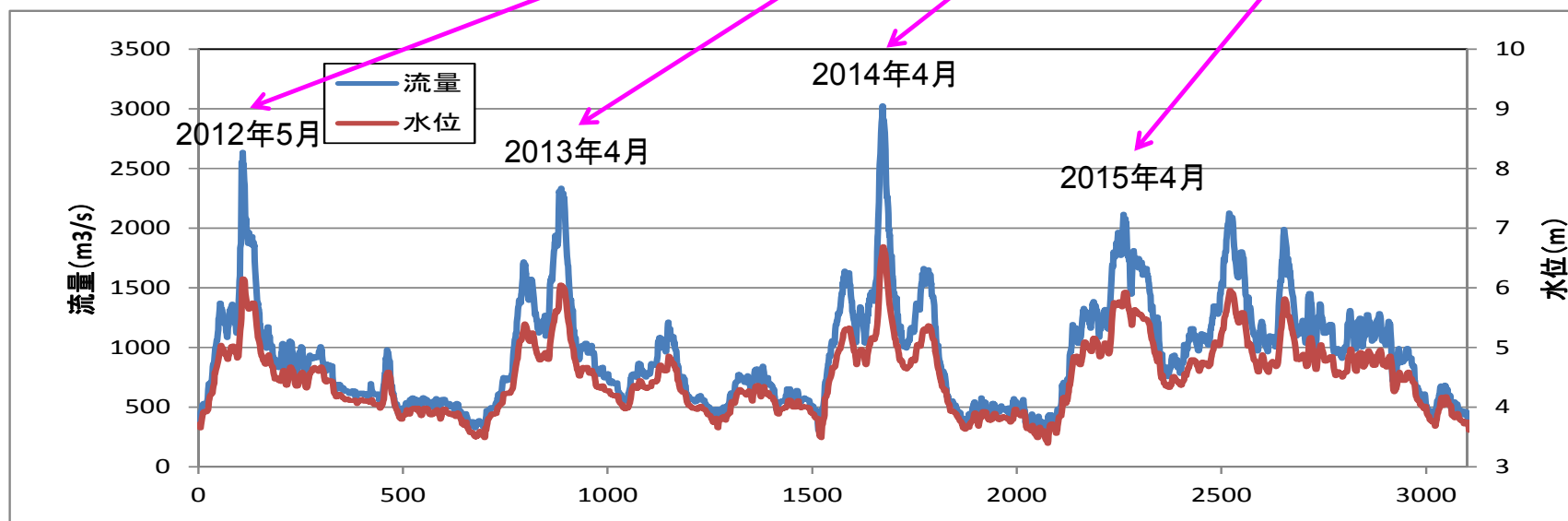
標高 (T.P. m)	
~-4.0	
~-3.0	
~-2.0	
~-1.0	
~0.0	
~1.0	
~2.0	
~3.0	
~4.0	
~5.0	
~6.0	
~7.0	
~8.0	

11 平面二次元河床変動解析(対象流量)

過去10年間で $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える出水が、 $320\text{m}^3/\text{s}$ （平水流量程度）まで低下する範囲を1出水として抽出し、それを繋いで予測計算用ハイドロを作成した。



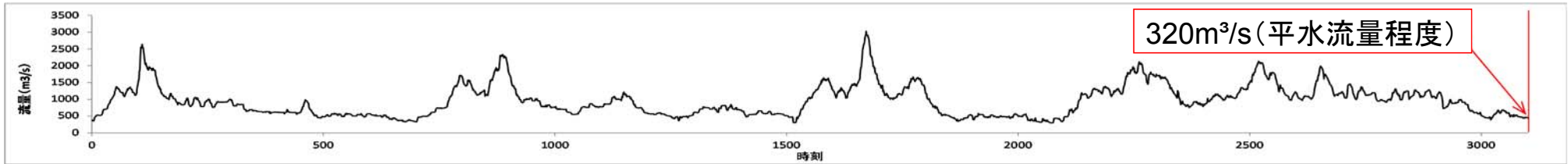
対象流量の抽出(2007~2016)



抽出した対象流量ハイドロ

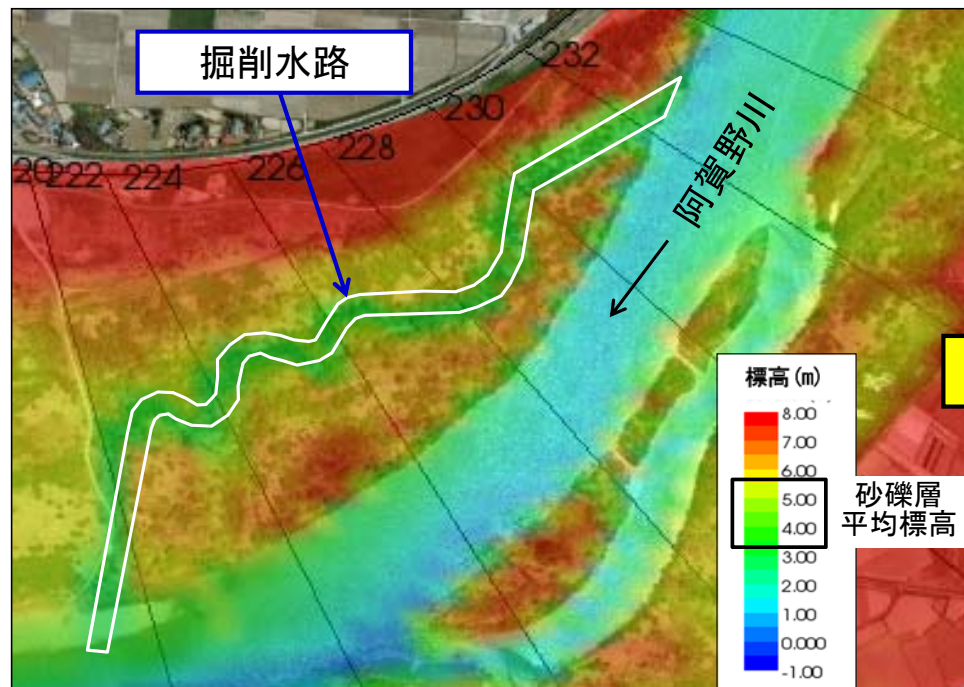
12 平面二次元河床変動解析による効果の検証

- 予測計算用ハイドロを与えた結果、平常時でも掘削水路が閉塞されずに維持されることを確認した。
- さらに、出水時の河岸浸食により、蛇行水路周辺で砂礫河原が再生されていることが確認された。



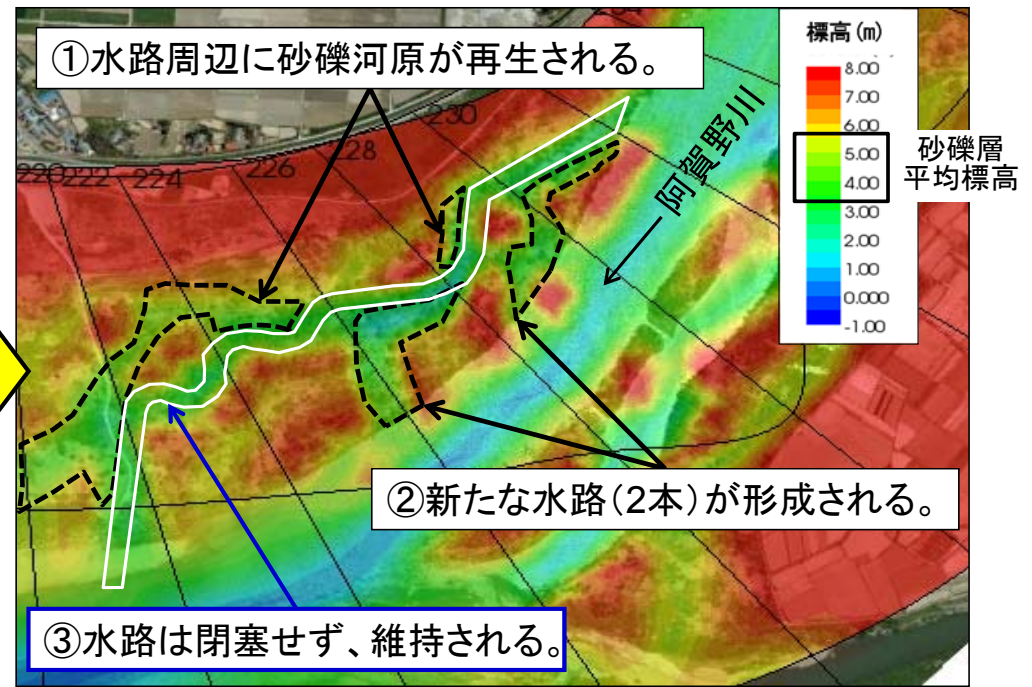
予測計算用ハイドロ

解析前



標高分布図

解析後



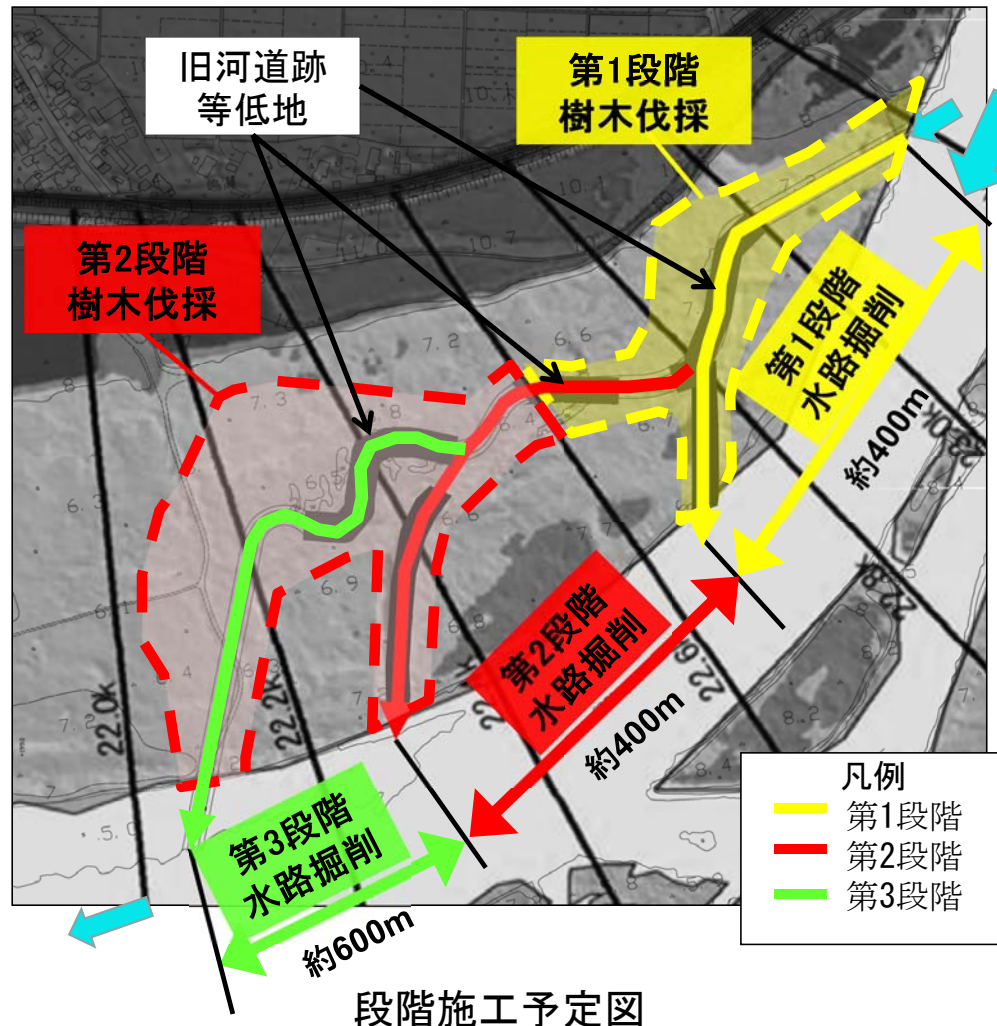
標高分布図

【整備計画】

- これまでの検討より、砂州内の低地部やたまりを狙って蛇行水路を掘削することとした。
- 工事は、整備による効果を早期に発現させるため段階的な整備を行うものとする。

【H29年度の整備状況】

- 第一段階の樹木伐採及び水路上流部の掘削を行った。

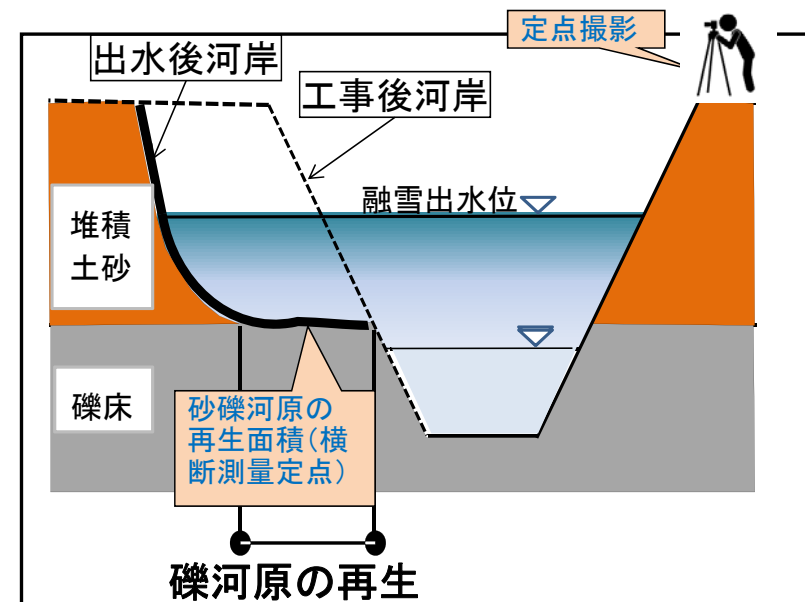


出水による河岸洗掘、平常時の水路維持状況等を確認するため、UAV撮影、横断測量（定点）を実施する。また、水辺の国勢調査による生物調査等も実施する。

実施目的		実施箇所	実施時期及び回数	実施方法
出水による再生効果の確認	①河岸の流出、土砂の洗掘	全域	大きな出水後	<ul style="list-style-type: none"> ・UAV空撮 ・横断測量
	②砂礫河原の再生面積			
平常時の水路維持の確認	③水路内の堆積状況	全域	1回／年程度	<ul style="list-style-type: none"> ・定点写真撮影 ・UAV空撮
	④生物の生息・生育		植物(春、秋) 鳥類(繁殖期、冬期) 魚類(春・秋)	<ul style="list-style-type: none"> ・生物調査 注) 鳥類と魚類は、「河川水辺の国勢調査」により実施



UAV空撮イメージ図



定点横断測量、撮影イメージ図

- ・ 砂礫河原の再生を目指し、自然営力を生かした持続可能な方法として、砂州内部に蛇行導水水路を掘削する方法を立案した。
- ・ 増水時のフラッシュ効果及び平常時の水路維持をシミュレーションによって確認した。
- ・ 整備効果を早期に発現させるため、段階的な工事を行うこととした。
- ・ 段階的な工事に合わせ、モニタリングを行い、課題や問題点を次の整備に生かす。
- ・ 多くの河川で砂礫河原の減少が課題となっているなか、この取り組みが、他の河川での課題解決の参考になれば幸いである。

ご清聴ありがとうございました。

