第3回　黒部川河道検討会　資料

平成26年12月11日

北陸地方整備局　河川部
黒　部　河　川　事　務　所

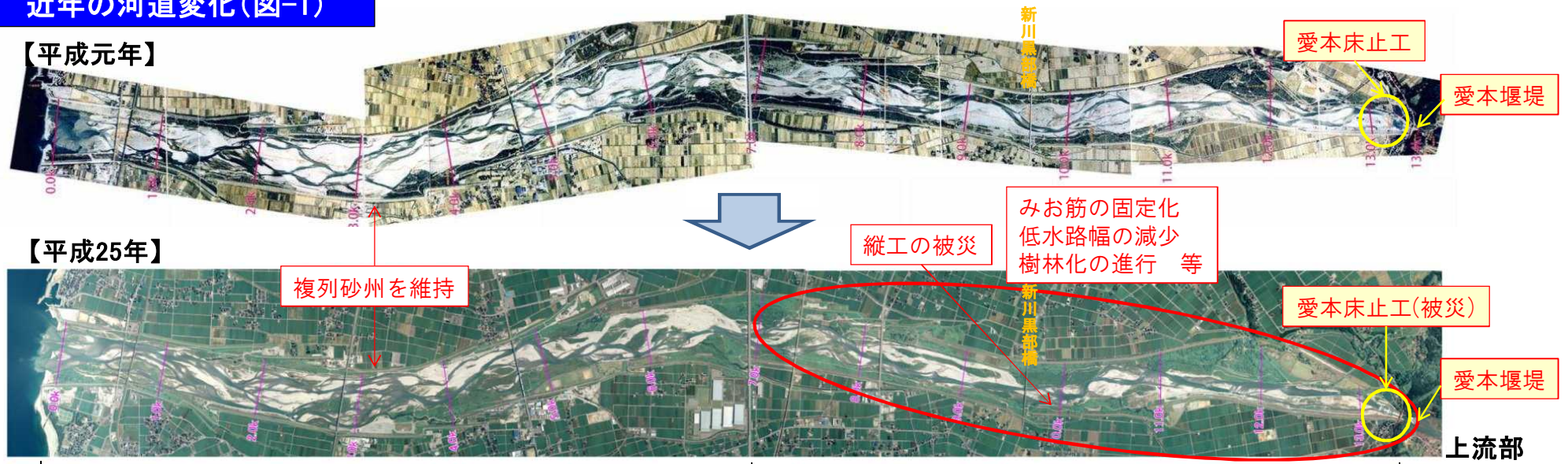
黒部川河道検討会の今年度討議事項

項目	アウトプット	第3回討議内容	第4回
黒部川の現状と課題	黒部川の現状と課題、課題の原因、原因につながる主な要因について、明確化する。	第2回検討会指摘事項への対応 ■インパクトーレスポンス 〇愛本床止工下流区間の自然的・人為的インパクトによるレスポンスの解明 ■樹林化 〇樹林化メカニズムの解明（排砂との関係の再整理） 〇出水による樹木流出メカニズムの解明	ー
土砂動態の把握	実績データによる土砂収支の整理と土砂動態モデルの構築、長期予測を行い、河道領域、海岸領域に必要な土砂量・質の目標を設定し、各領域の最適な対応策を検討する。	■実績データによる土砂収支の整理及び土砂動態モデルの精度向上	■河道領域、海岸領域に必要な土砂量・質の目標 ■最適な対応策の検討
対応策（今後の河道整備の方向性）	愛本床止工下流区間（7k～愛本床止工）について、扇頂部をコントロールポイントとした河道計画を立案し、試験施工計画、モニタリング計画を検討する。	■水理解析（準二次元、平面二次元解析）による現況河道の水理諸量評価 ■河道計画（案）の基本的考え方 ■試験施工計画（案）の概要	■河道計画（案）の策定→シミュレーションによる妥当性検討 ■試験施工計画の具体化 ■モニタリング計画の策定

第2回黒部川河道検討会のまとめ（黒部川の近年の河道変化と顕在化している課題）

■黒部川では近年、中流部（7k～13k【愛本床止工】）の河道変化が顕著

近年の河道変化（図-1）



下流部（河口～7k）
- セグメント1（河床勾配：約1/110～210）
- 複列砂州（低水路幅・大）

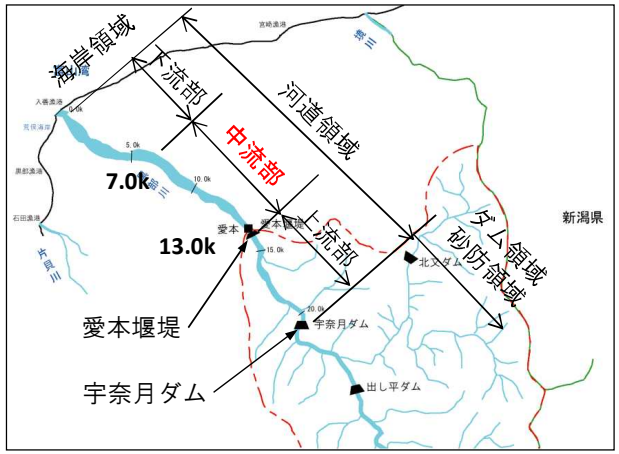
大きな河道変化はなし

中流部（7k～13k）
- セグメント1（河床勾配：約1/90～100）
- 交互砂州（低水路幅・小）

近年著しく河道が変化（新たな課題発生）

上流部（13k～20k）
- セグメント1（約1/90～100）
- 山付区間

大きな河道変化はなし

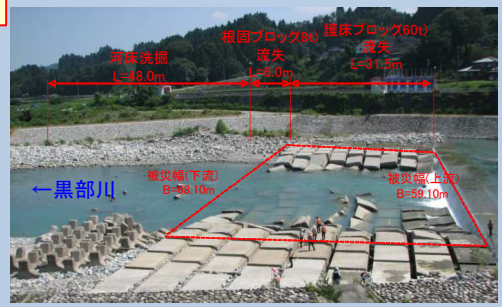


河道領域の区分図

中流部での課題（図-2）

治水面：河川構造物の被災

縦工の被災（H17）
これまでの出水では
発生しなかった縦工間での侵食



愛本床止工の被災（H23）
吸出しによる護床ブロックの沈下・流出

環境面：礫河原の減少

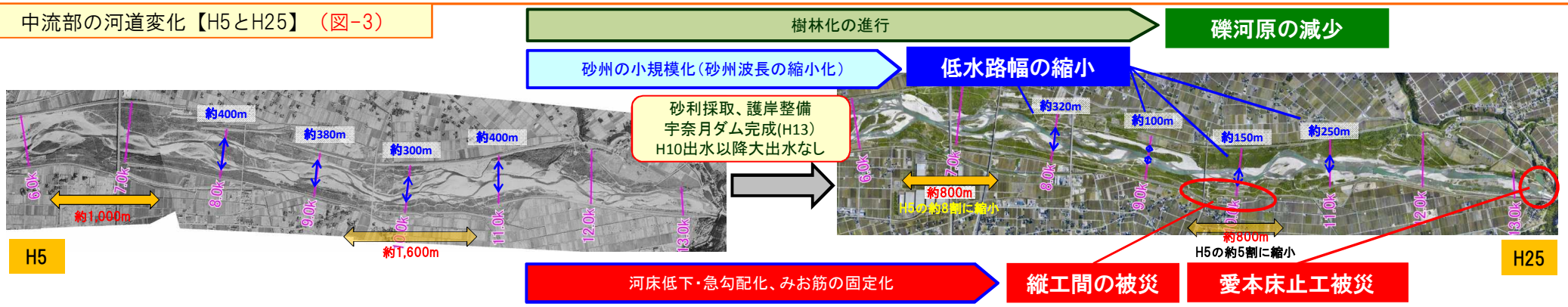
樹林化の進行

礫河原の減少
「黒部川らしい」生態系や景観が悪化

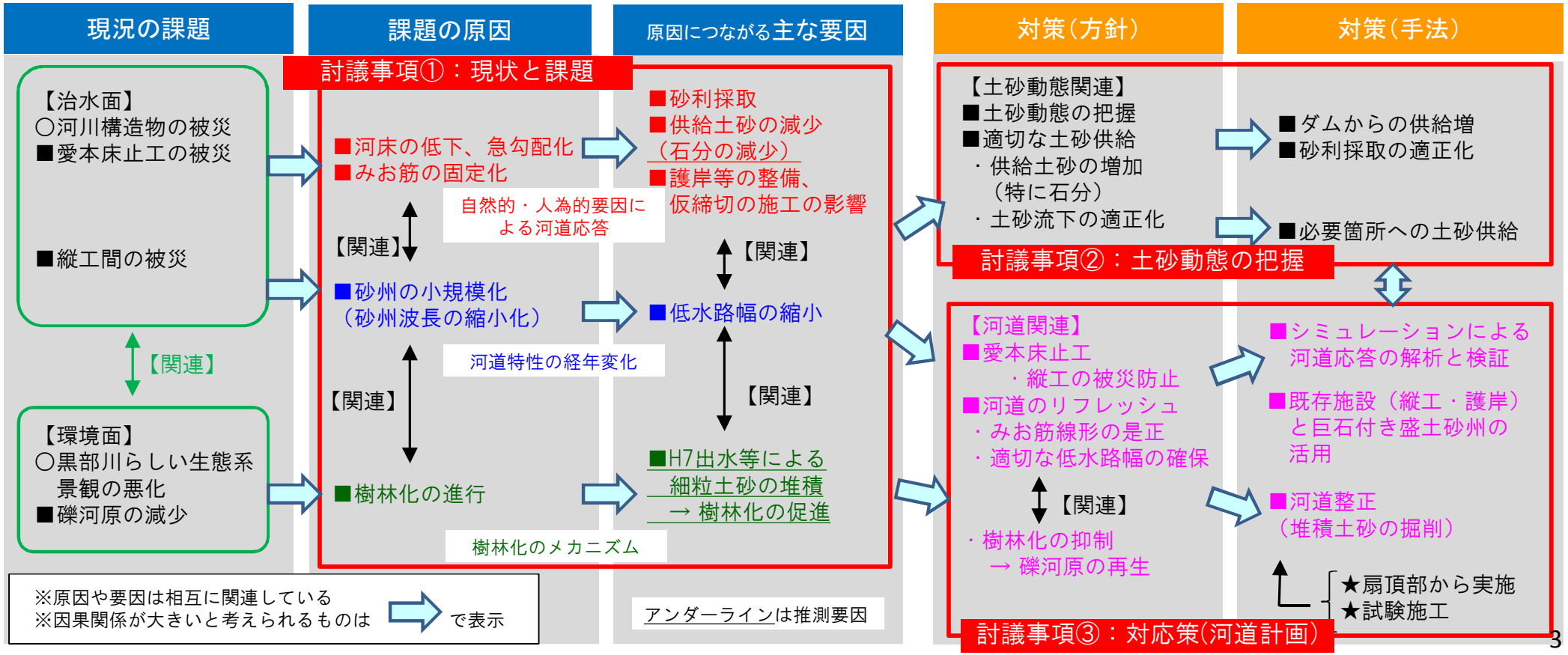
第2回河道検討会のまとめ（河道変化の要因分析と今後の対策の進め方）

■中流部（7k～13k【愛本床止工】）では、構造物（愛本床止工、縦工間）の被災、礫河原の減少等の新たな課題が発生
■課題の原因として、河床低下、急勾配化、みお筋の固定化、砂州の小規模化、樹林化の進行等が想定
■原因につながる主要因として、砂利採取、供給土砂の減少、護岸整備、低水路幅の縮小、出水による細粒土砂の堆積等が想定

中流部の河道変化【H5とH25】（図-3）



要因分析図（図-4）



【目　次】

1. 黒部川の現状と課題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
　自然的・人為的インパクトにおける河道応答・・・・・・・・・ 6
　河道特性の経年変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
　樹林化のメカニズム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

2. 土砂動態の把握 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21
　総合土砂管理での河道整備の位置づけ・・・・・・・・・・・・・22
　実績の土砂収支の把握・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
　領域ごとの有効粒径集団の把握・・・・・・・・・・・・・・・・27
　土砂動態モデルによる検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・28

3. 対応策（今後の河道整備の方向性） ・・・・・・・・・・・・・・29
　黒部川の河道設定の考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・30
　愛本床止工下流区間整備メニュー一覧表・・・・・・・・・・・・34
　整備メニュー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
　愛本堰堤上流区間での対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・52

1.黒部川の現状と課題

自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (1)河道変動量の経年変化とインパクト-レスポンス、代表粒径の変化の概要

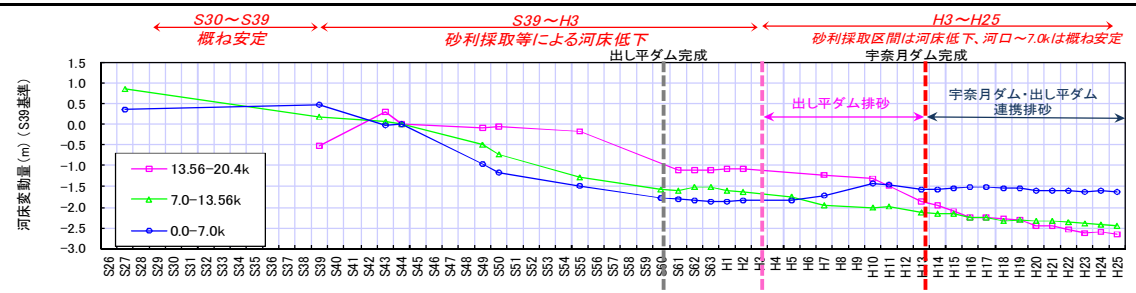
■愛本床止工下流(0.0k～13.56k)では、昭和40年代～昭和60年代にかけて1.5m～2.0mの河床低下。この間、年間約20万～70万m^3の砂利採取が実施、河床低下は砂利採取の影響を受けていると想定、その後砂利採取規制により河床は概ね安定しているが、6.0k～13.56kは緩やかに低下傾向（図1.1①③）
■愛本堰堤上流(13.56k～20.4k)では、平成元年～平成24年で1.5m程度の河床低下。この区間では、昭和60年代以降最大10万m^3/年の砂利採取が実施されており、上流ダム群の堆砂の進行とともに河床低下の一因であると想定（図1.1①③④）
■代表粒径は、平成11年以降、愛本床止工下流区間は7.0k～13.56kで若干細粒化（図1.1②）、愛本堰堤上流区間は細粒化が顕著（図1.1②、図1.2）

河床変動量の経年変化とインパクトとレスポンス（図1.1）

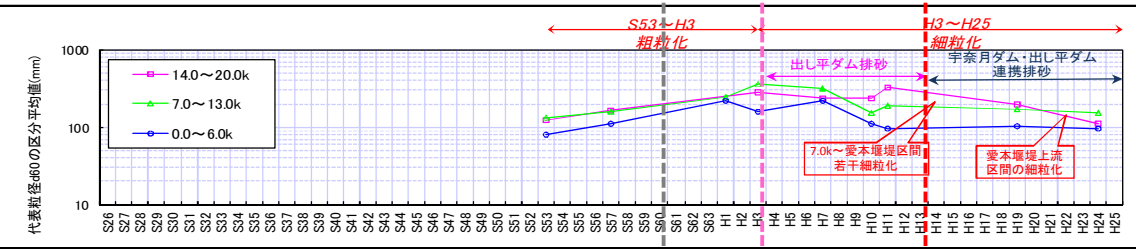
※河床変動高、代表粒径は、河道特性の異なる3区間で整理、0.0-7.0k：複列砂州河道、7.0k～13.56k：単列砂州河道（愛本床止工まで）、13.56k～20.4k：愛本堰堤上流の山付き区間

レスポンス

河床変動高
図1.1①

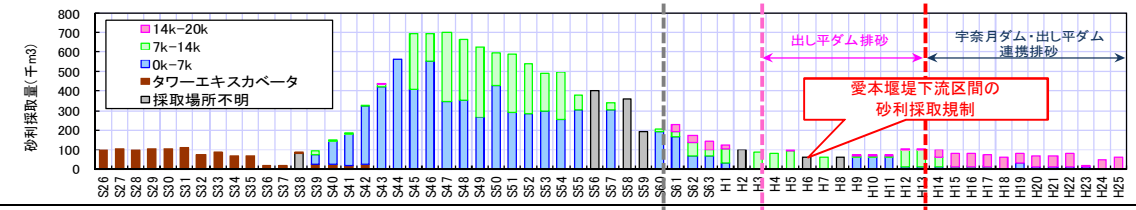


代表粒径
図1.1②

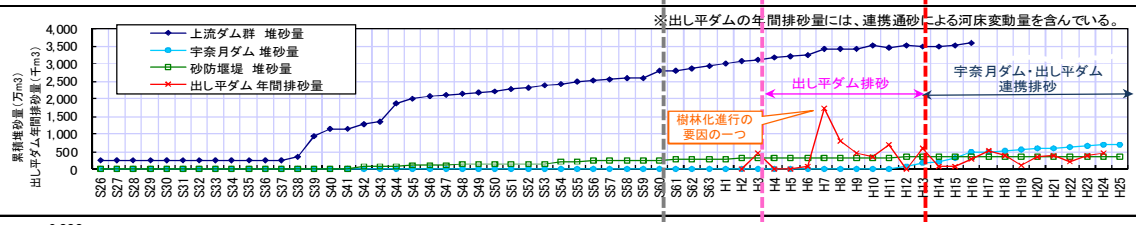


人為的インパクト

河床掘削（砂利採取＋タワーエキスカベータ）出し平ダム排砂量
図1.1③

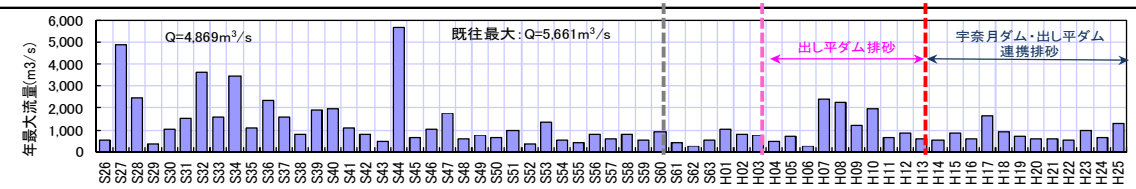


砂防堰堤、貯水ダム堆砂量 出し平ダム 排砂量
※1 上流ダム群 堆砂量の累加データは、黒部・小屋平・仙人谷・出し平・北又ダムにおける堆砂量の合計値である。
※2 砂防堰堤堆砂量は、貯砂量＋扞止量の数値である。
図1.1④

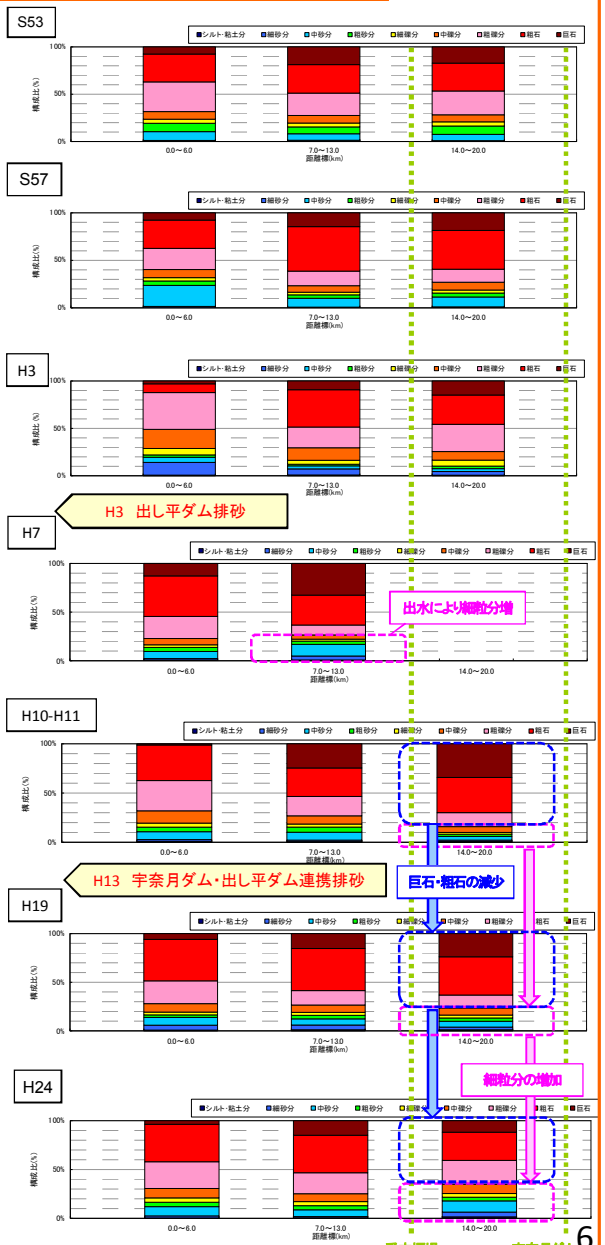


自然的インパクト

年最大流量
図1.1⑤



粒度組成縦断分布（図1.2）

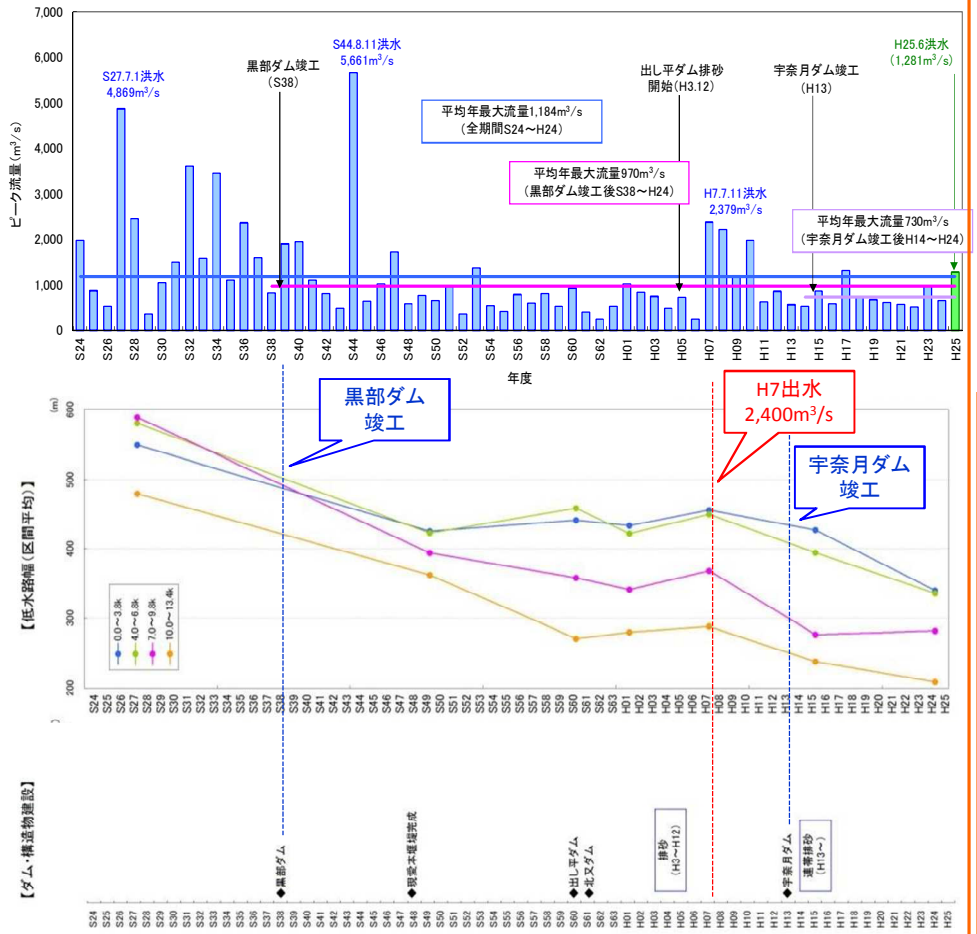


自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (2)流量・河道の変遷

■平成7･8･10年出水（Q=約2,000～2,400m³/s）以降、7.0k～愛本区間の低水路幅の縮小、みお筋の固定化が顕在化（図1.3、図1.4）
■愛本床止工下流区間の砂利採取規制、平成7･8･10年出水により砂州上に土砂堆積、樹木が着床、その後大きな出水がなく、みお筋の固定化、樹林化の進行とともに、低水路幅、砂州波長が縮小(図1.4)
■洪水ピーク流量低下は、土砂供給減少の観点から川幅の減少（低水路幅の縮小、みお筋の固定化）につながることを示唆（図1.3、図1.4）

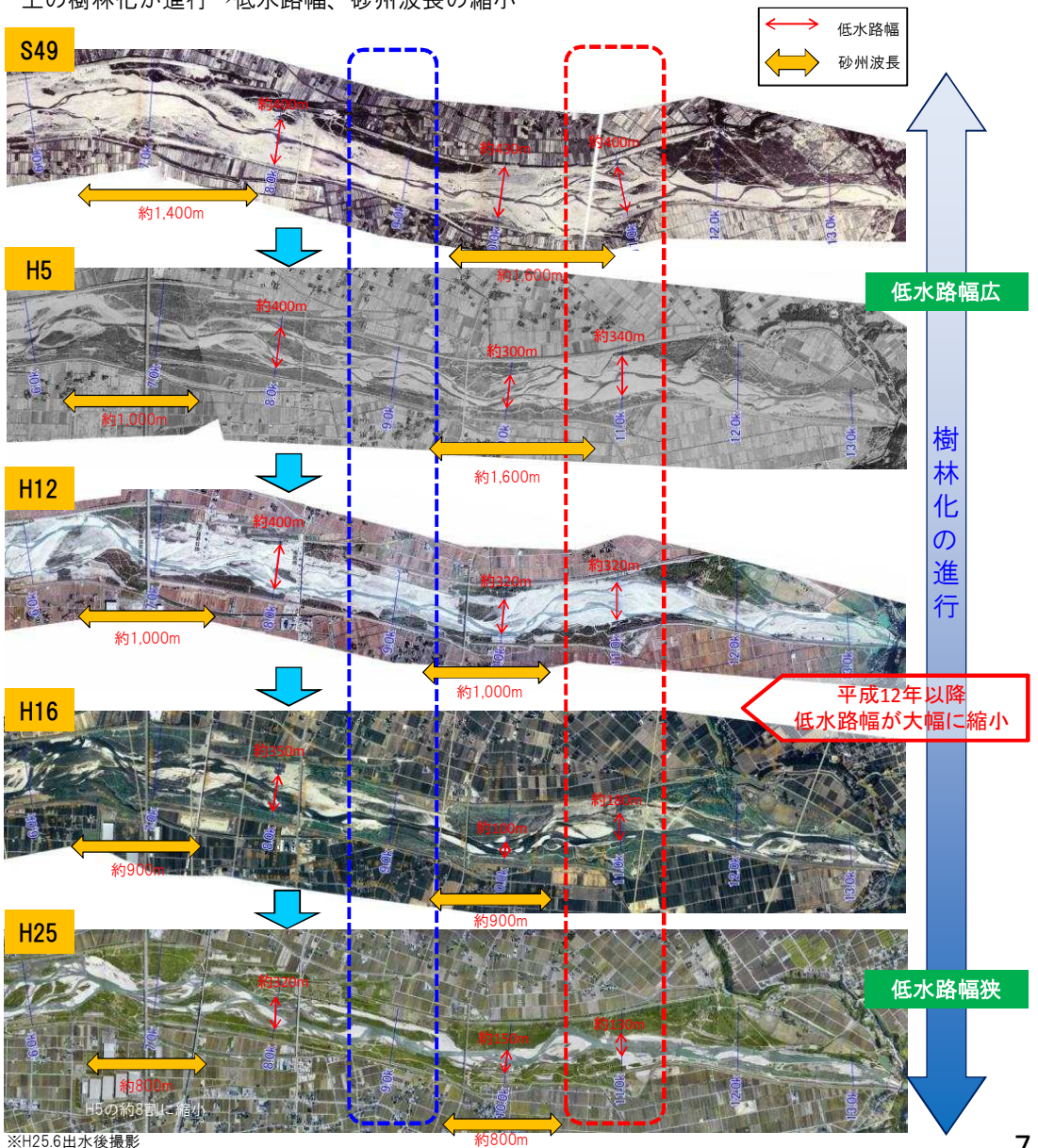
年最大流量の変化と愛本床止工下流区間の低水路幅の関係（図1.3）

◆昭和24年～平成23年までの平均年最大流量は約1,200m³/sであるが、黒部ダム竣工(S38)後で976m³/s、宇奈月ダム竣工(H13)後には730m³/sと減少傾向
◆出水規模と低水路の関係より、大きな流量が発生しなかった昭和40年代後半～平成初期では低水路の縮小は7.0k～愛本床止工区間で発生
◆さらに、平成7年・8年・10年出水以降、愛本床止工下流全区間で低水路幅の縮小が発生
◆洪水ピーク流量の低下は、土砂供給の減少の観点から河床材料の移動の不活発
→砂州移動の鈍化から砂州の高い部分の高水敷化やみお筋の固定化を引き起こす可能性（土研資料p33より）



河道の平面形と砂州形状の変化（図1.4）

大きな出水がなかったため、低水路に流れが集中し、砂州とみお筋の比高差が増大し、砂州上の樹林化が進行→低水路幅、砂州波長の縮小

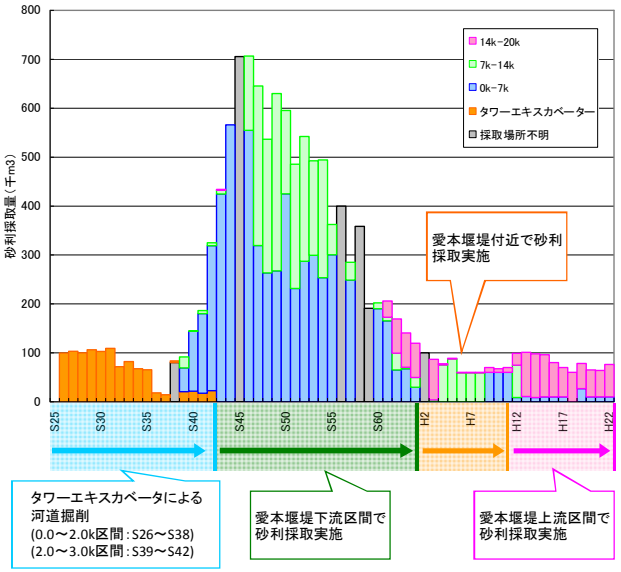


自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (3)砂利採取

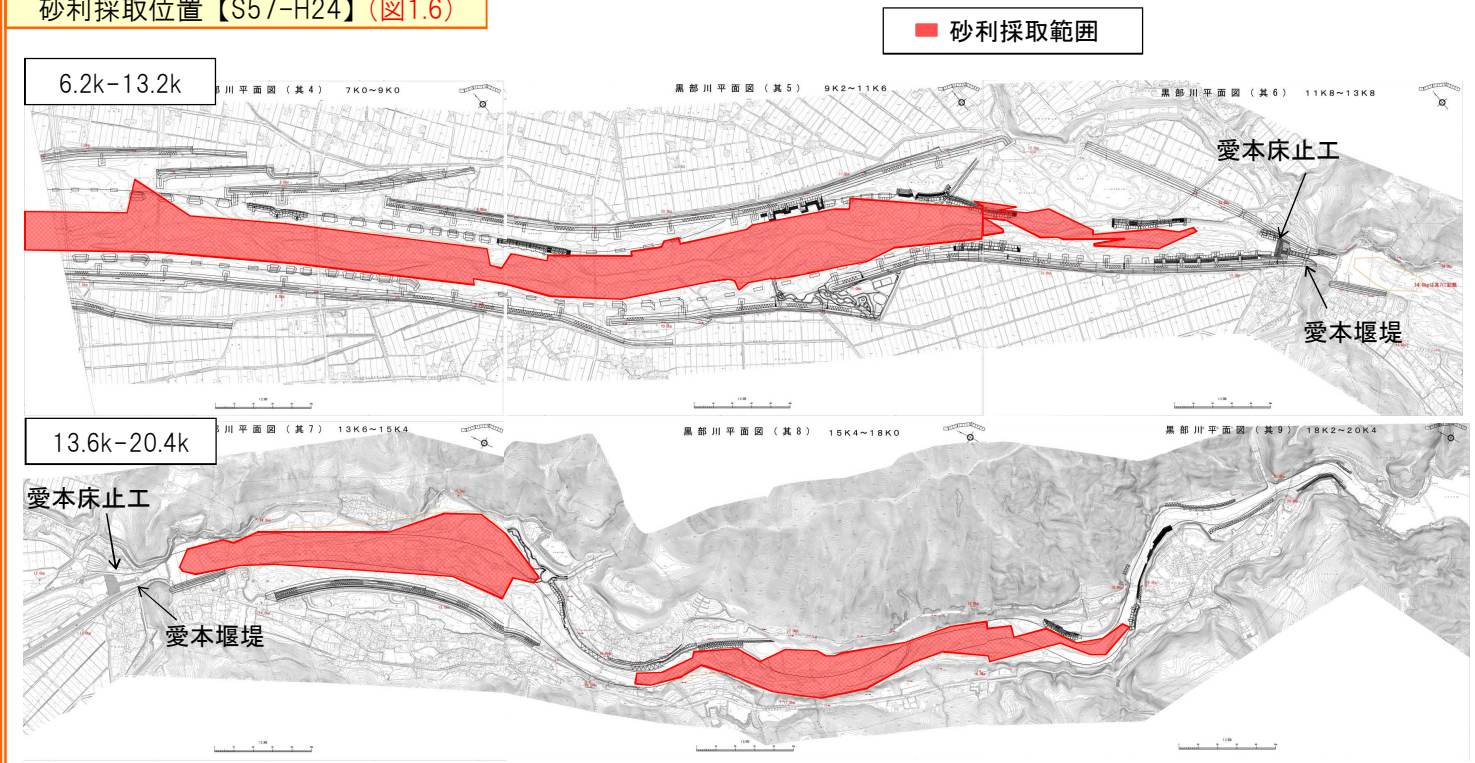
■昭和26年～昭和42年に実施されたタワーエキスカベータによる河道掘削、昭和40年代～昭和60年頃まで砂利採取による大規模掘削を実施（図1.5、図1.6）
■近年は、砂利採取規制により採取量は減少、愛本堰堤上流区間を主に砂利採取を実施（図1.6）
■愛本床止工下流の砂利採取（H3～H7：10k～12.8k）による河道縦断の急勾配化が発生、H7出水により特に右岸側河床低下が上流に進行、大きな出水がなかったことから、常水路に流れが集まり、さらに河床低下が進行（図1.7）

河道掘削量の変化(図1.5)

・S26～42に実施されたタワーエキスカベータによる河道掘削及び砂利採取により河積確保
・S43以降、愛本堰堤下流区間において砂利採取を継続的に実施
・近年は、砂利採取規制により採取量は減少。

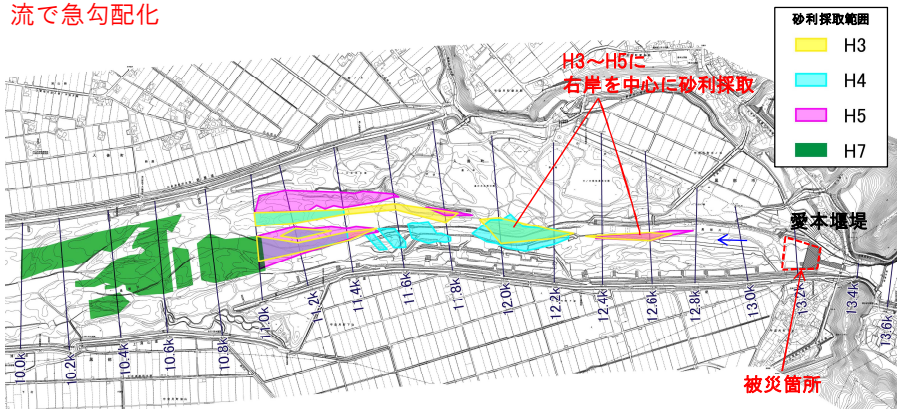


砂利採取位置【S57-H24】(図1.6)

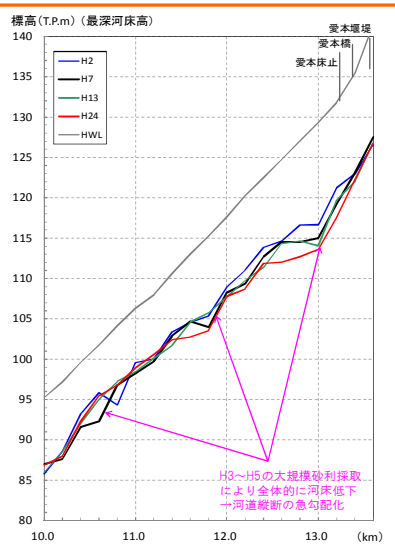


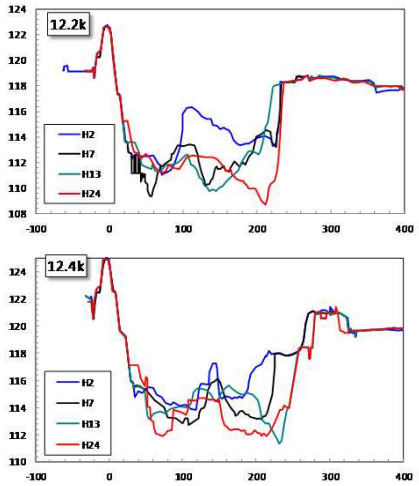
愛本床止工下流の砂利採取と河床変化（図1.7）

・H3～H5に11～12kにおいて16万m³程度の砂利採取が実施され、12kの上下流で急勾配化



・H7洪水により急勾配化した区間で顕著な河床低下が発生(特に12.2～12.6k右岸側など)
・H11以降は2,000m³/s以上の洪水が無く、中央の砂州の冠水頻度が低下し、樹林化および砂州の固定化によって右岸側のみお筋の洗掘が進行。その結果、みお筋の急勾配化の要因となり、護床ブロック下流の河床低下が進行





自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (4)愛本床止工下流の河道整備(S49～H5)

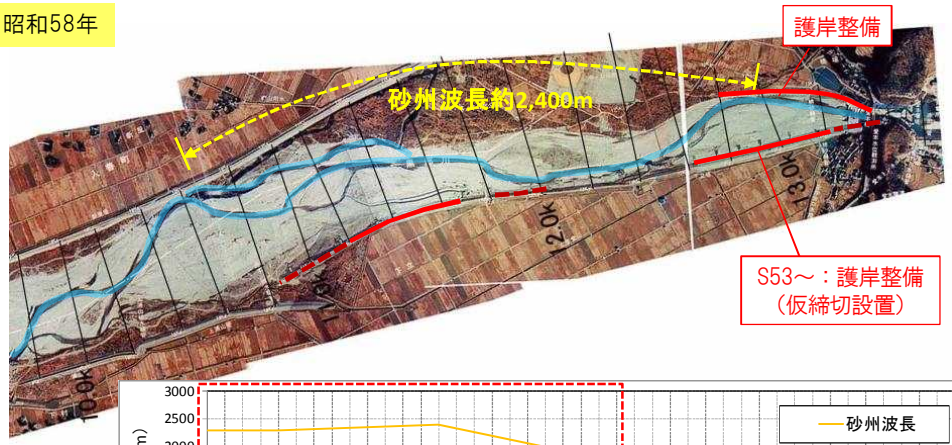
■愛本床止工直下流は左岸側へ破堤した場合に被害リスクが高いことから、床止工を右岸側へ振った配置となっている。
■愛本床止工下流部は、右岸側に流路が寄っているものの、平成5年頃まで滑らかなみお筋線形を形成している。
■昭和50年代より両岸で愛本床止工地点から下流に向って護岸整備が進められており、整備箇所の前面にみお筋が寄り深掘れが発生している箇所が見られる

愛本床止工下流区間の河道応答（図1.8）

昭和49年

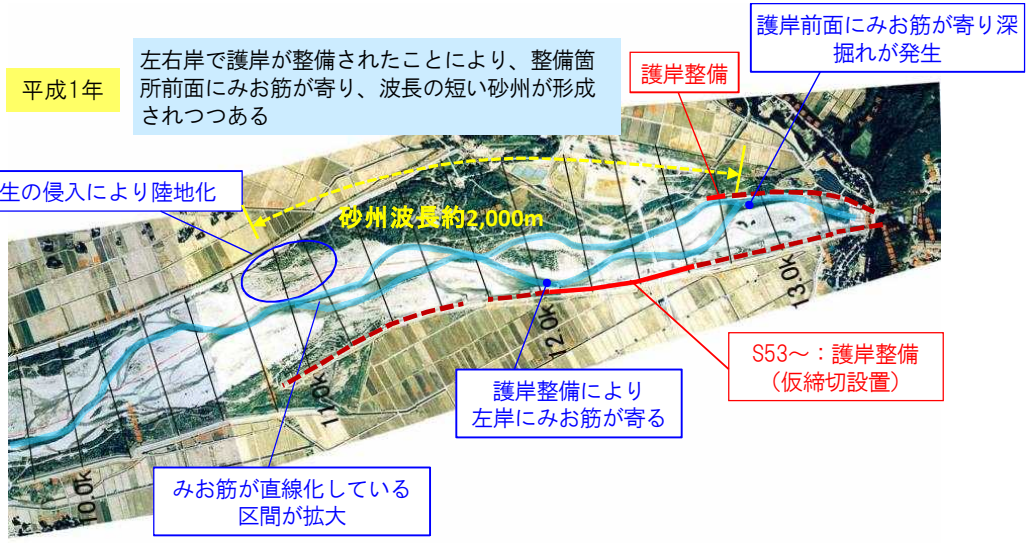
愛本床止工の位置・角度に規定され、右岸側に流路が寄るが、下流は、滑らかなみお筋が形成

昭和58年



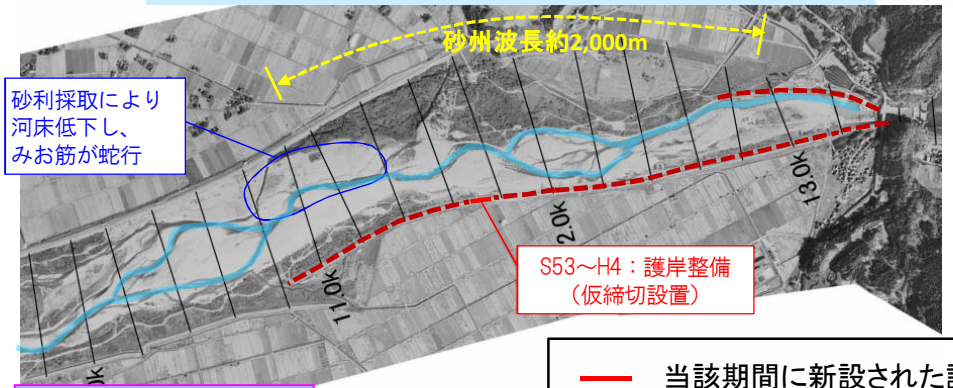
平成1年

左右岸で護岸が整備されたことにより、整備箇所前面にみお筋が寄り、波長の短い砂州が形成されつつある



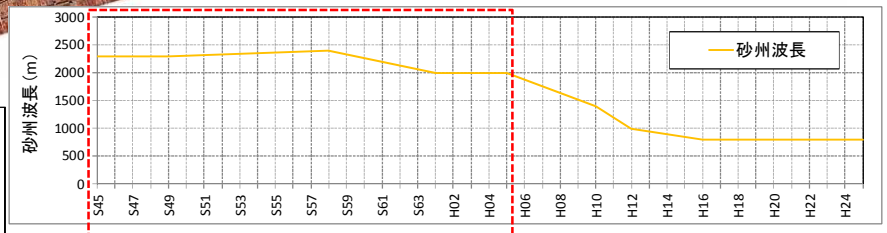
平成5年

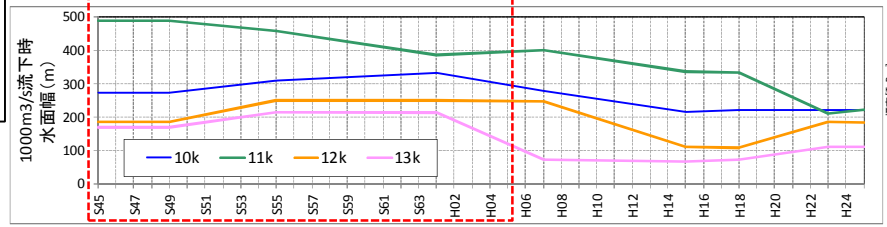
・11.4k左岸～愛本床止工下流における護岸整備及び砂利採取により、愛本床止工直下流から12k付近まで右岸側に流路が延伸



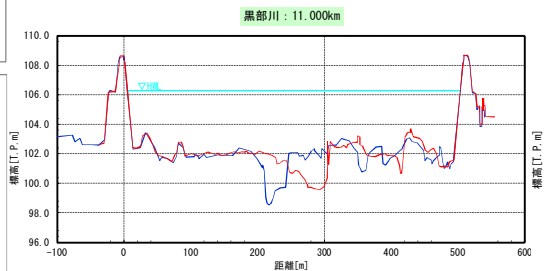
H7.7洪水　約2,400m³/s
H8.6洪水　約2,200m³/s

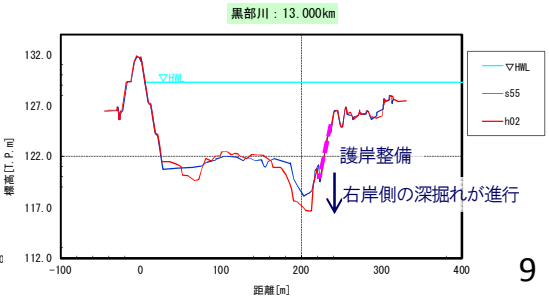
当該期間に新設された護岸
既設護岸





【算出方法】
■砂州波長：空中写真より読みとり
■水面幅：1,000m³/s流下時の計算水位（等流）より算出





自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (4)愛本床止工下流の河道整備(H10～H16)

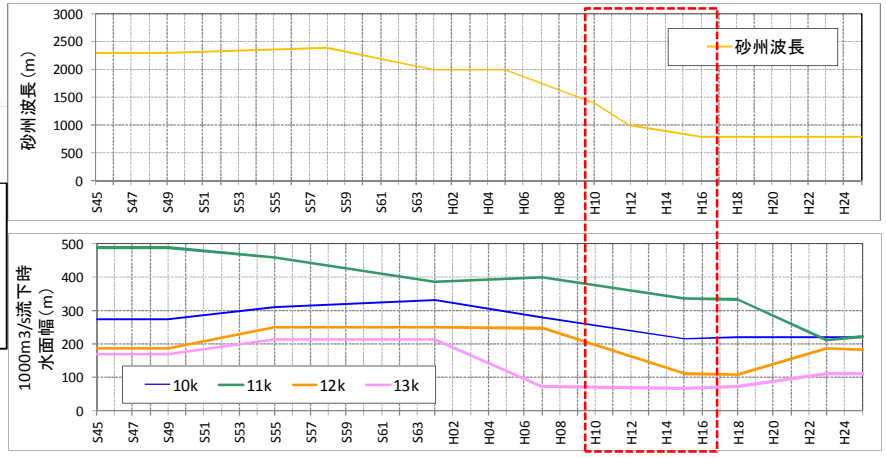
■平成10年～平成16年の右岸11.4kの護岸整備により、護岸前面で植生の繁茂、それにともなう右岸側の砂州の固定化から、みお筋が左岸側に寄り12.0kより下流でもみお筋の直線化が進行
■11.8k、12.0kの流路幅が狭くなっており、愛本地点と同様にこの地点で砂州が固定化し、みお筋の直線化が進行したと考えられる

平成10年

H7出水を受け、11.6k～12.0k右岸、12.4k～12.8k右岸に護岸を設置

平成12年

H13
連携排砂開始



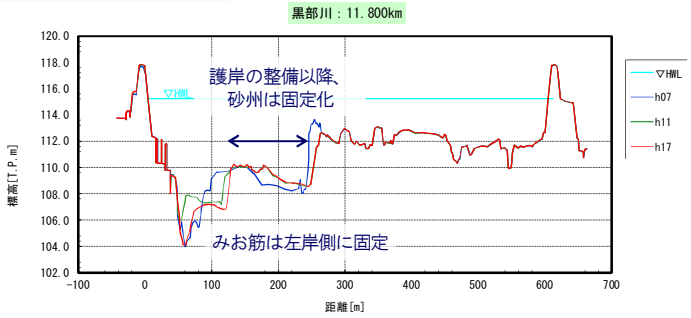
【算出方法】
■砂州波長:
空中写真より読みとり
■水面幅:
1,000m³/s流下時の計算水位(等流)より算出

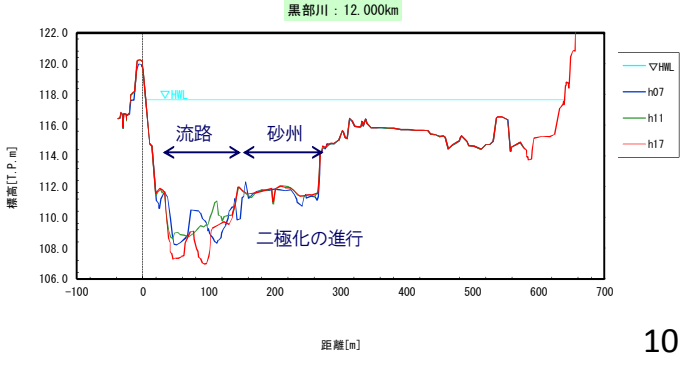
平成16年

12k～13kの砂州は植生の繁茂が顕著、護岸設置後、流路が固定

当該期間に新設された護岸
既設護岸

H17洪水　約1,300m³/s

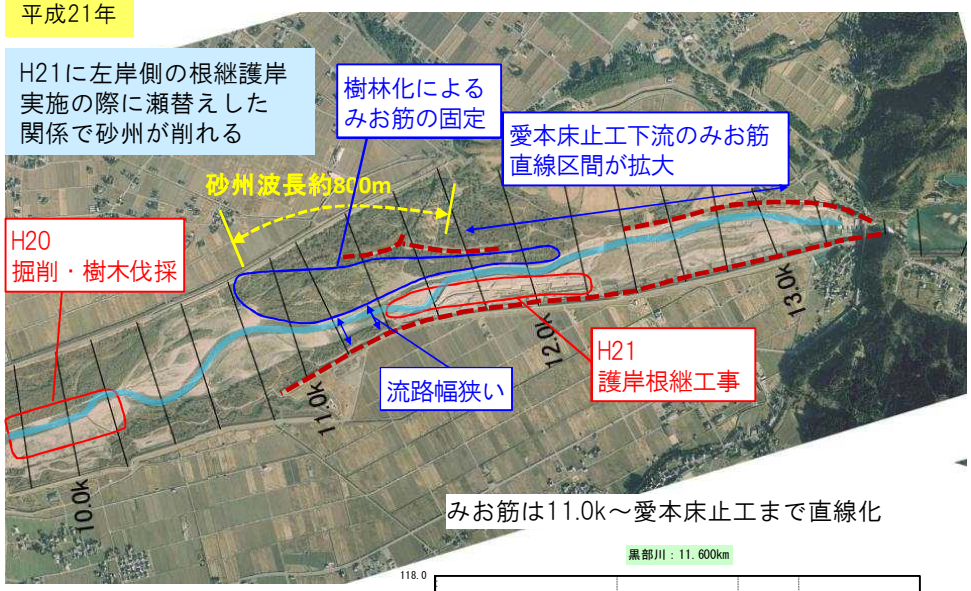




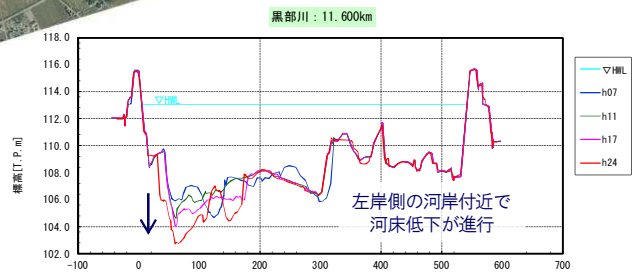
自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (4)愛本床止工下流の河道整備(H21～H25)

■平成23年度に実施された右岸11.0k付近の掘削、樹木伐採により、流路幅は拡幅されたが、みお筋の蛇行の復元はいたっていない。
■平成25年6月に1,300m³/s規模の出水が発生したが、出水による砂州波長の変化は見られない。11.0ｋ～11.6k右岸で流路の拡幅が行われたが、10k、11.4k付近で樹林化により流路幅が狭くなっており、この地点でみお筋の蛇行や砂州波長が規定されていると考えられる。

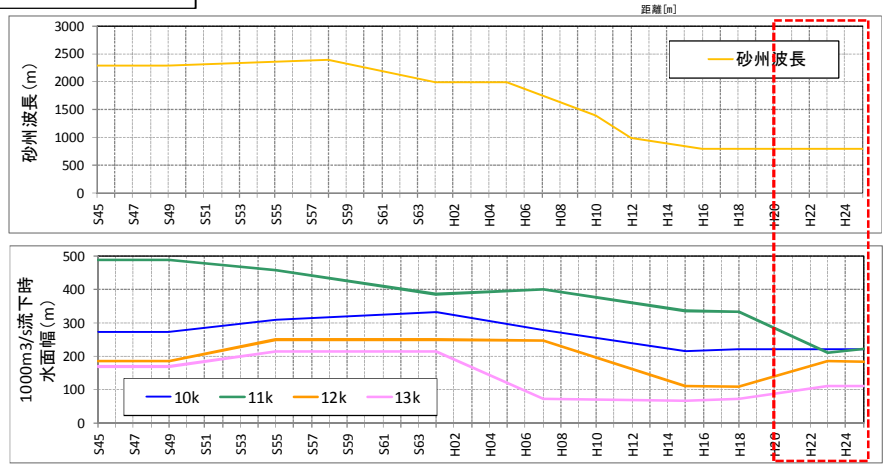
平成21年



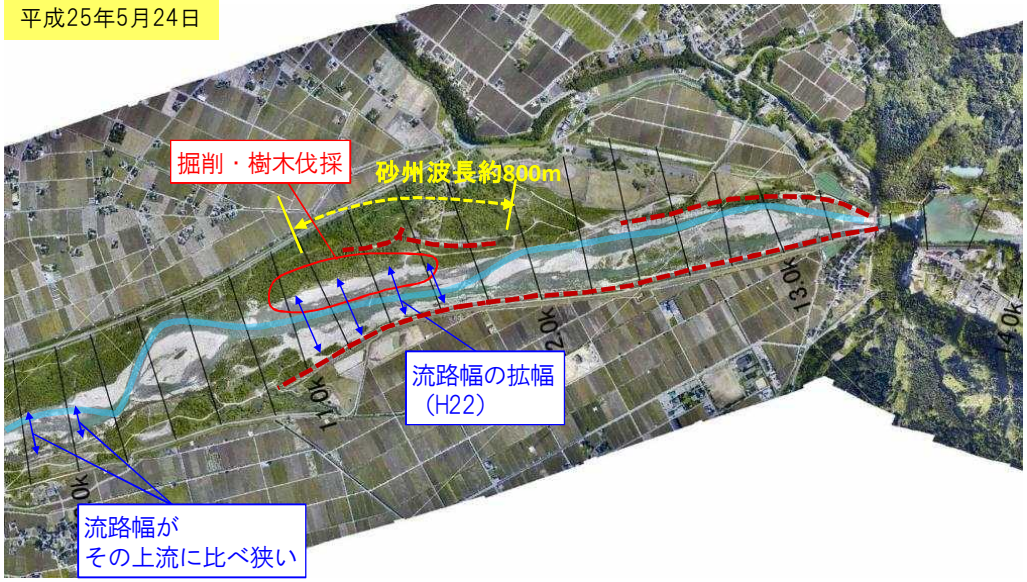
みお筋は11.0k～愛本床止工まで直線化



【算出方法】
■砂州波長:
空中写真より読みとり
■水面幅:
1,000m³/s流下時の計算水位(等流)より算出

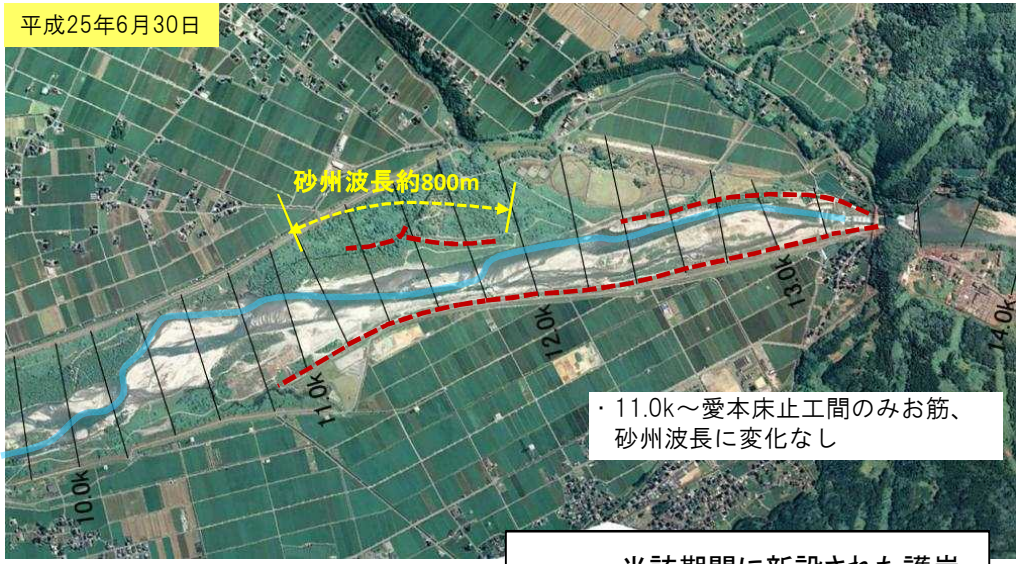


平成25年5月24日



H25.6洪水　約1,300m³/s

平成25年6月30日

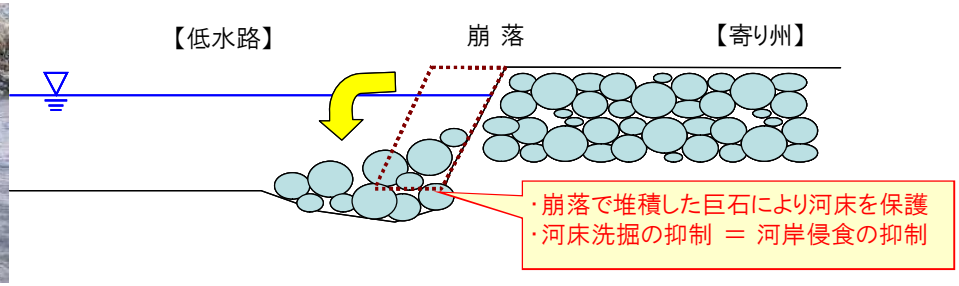


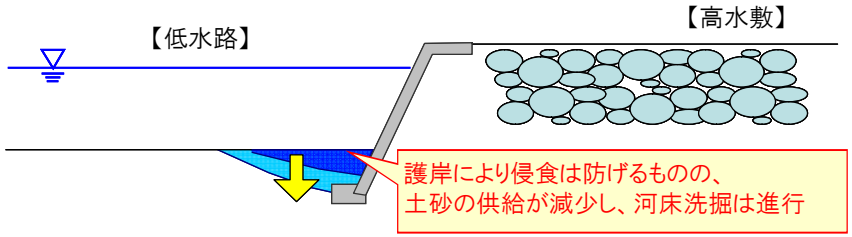
当該期間に新設された護岸
既設護岸

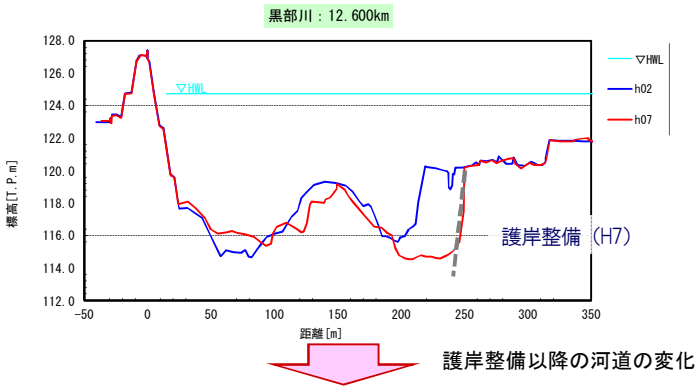
自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (5)愛本床止工下流の河道整備（護岸整備による影響）

■護岸整備前は、深掘れ部に寄り州の河床材料が崩落し、埋め戻しが発生していたため、河床洗掘が抑制されていたが、護岸の整備により、高水敷からの土砂供給が減少し、護岸沿いの河床洗掘が進行（図1.9、図1.10）

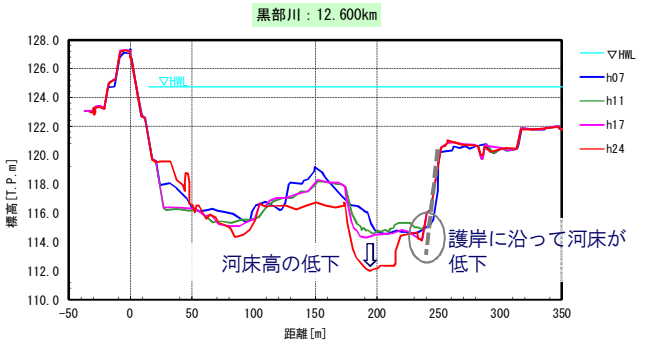
護岸整備による河床低下のメカニズム（図1.9）







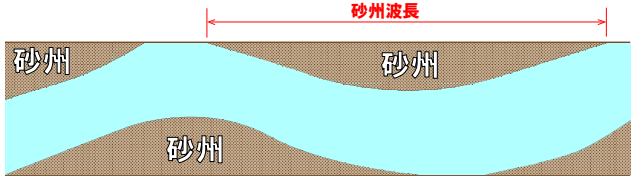
護岸整備以降の河道の変化

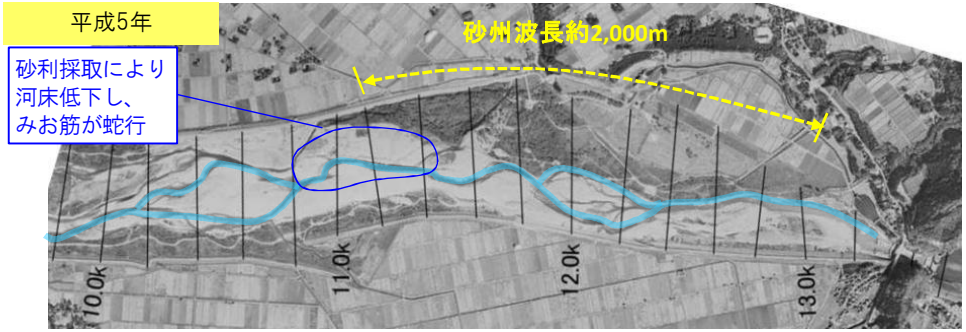


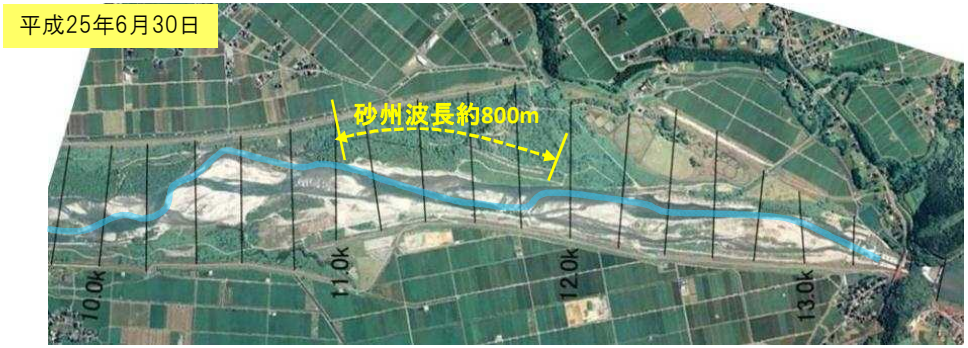
出典：「治水と環境の調和した新たな河岸防護技術の手引き」
平成25年3月 北陸地方整備局河川部、急流河川研究会

護岸整備によるみお筋の直線化（図1.10）

■砂州波長の算出方法





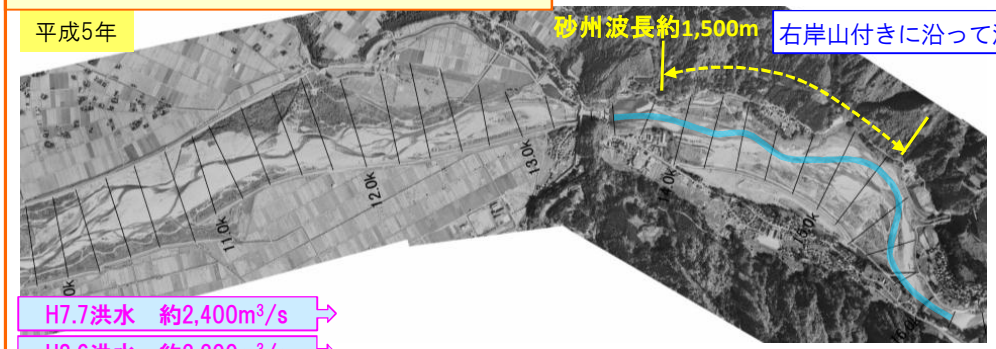


自然的・人為的インパクトにおける河道応答 (6)愛本堰堤上流区間の状況(H5～H25)

■愛本堰堤上流のみお筋線形は、平成5年時点では右岸側に大きく蛇行してたが、平成16年～平成18年で短い砂州波長が発生しているものの、その後、平成5年と同様な形状のみお筋に戻っている。
■愛本堰堤地点、16.0k地点は山付箇所のため狭窄部となっており、その間の川幅が広くなっているため、この形状に合致したみお筋線形となっており、平成5年以降その傾向に変化は見られない。
■愛本床止工下流で平成5年以降、砂州波長が短くなり、みお筋線形が大きく変化しているが、愛本堰堤上流では大きな変化は見られず、愛本堰堤、床止工により、砂州の発生形態は分断されている。

愛本上流区間の河道の変遷（図1.11）

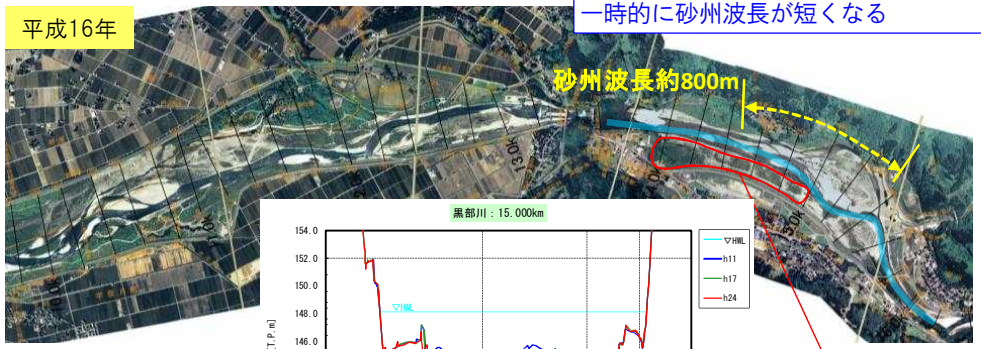
平成5年



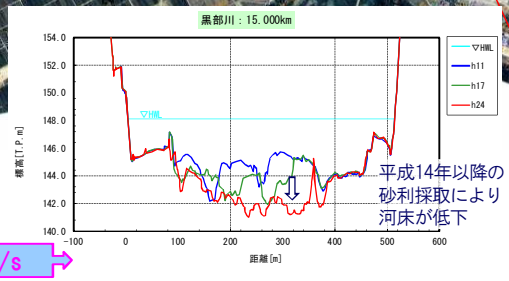
H7.7洪水　約2,400m³/s
H8.6洪水　約2,200m³/s

H13連携排砂開始

平成16年



15.2kでみお筋が左岸側へ寄ったため、一時的に砂州波長が短くなる

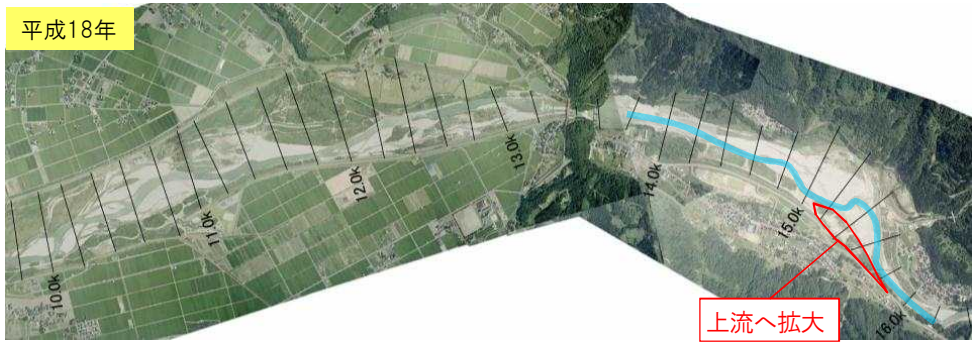


平成14年以降の砂利採取により河床が低下

高水敷化し、植生が確認

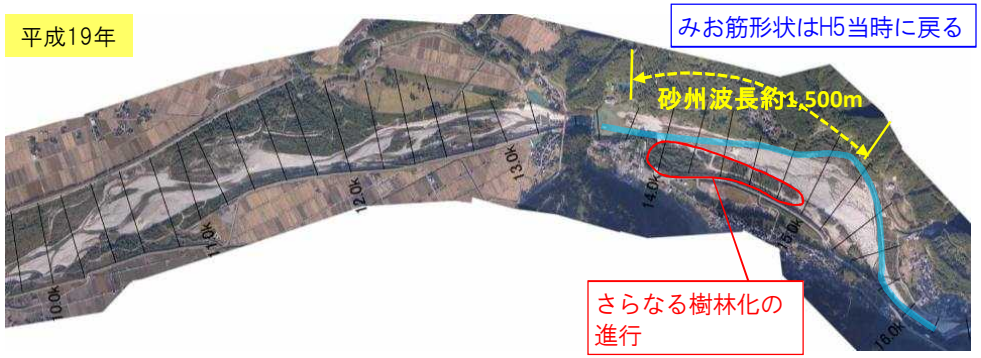
H17洪水　約1,300m³/s

平成18年



上流へ拡大

平成19年



みお筋形状はH5当時に戻る

さらなる樹林化の進行

流路が固定

平成25年5月24日

出水によるみお筋形状の変化なし
高水敷化による流路の固定

H25.6洪水　約1,300m³/s

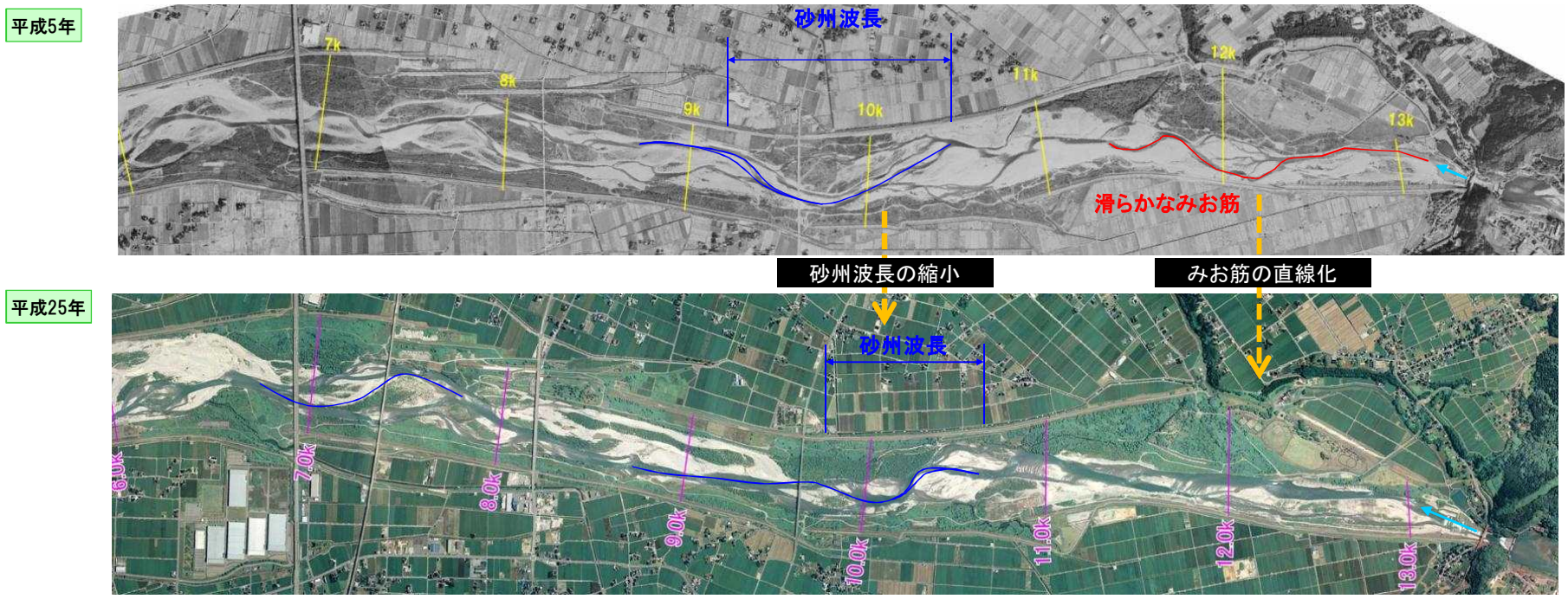
平成25年6月30日

河道特性の経年変化 (1)各種データによる目指すべき河道整備の方向性の設定

■航空写真や各種データ等から、目指すべき河道（治水と環境の相互に望ましい河道）として樹林化が生じておらず、急流河川特有の滑らかな主流部と低水路幅が確保されている平成7年出水前河道（H5河道をモデルとする）を設定（図1.12、図1.13）

滑らかなみお筋形成のための平面線形の是正(図1.12)

航空写真や各種データ等から、滑らかなみお筋線形と低水路幅が確保されている年代を「目指すべき姿」に設定

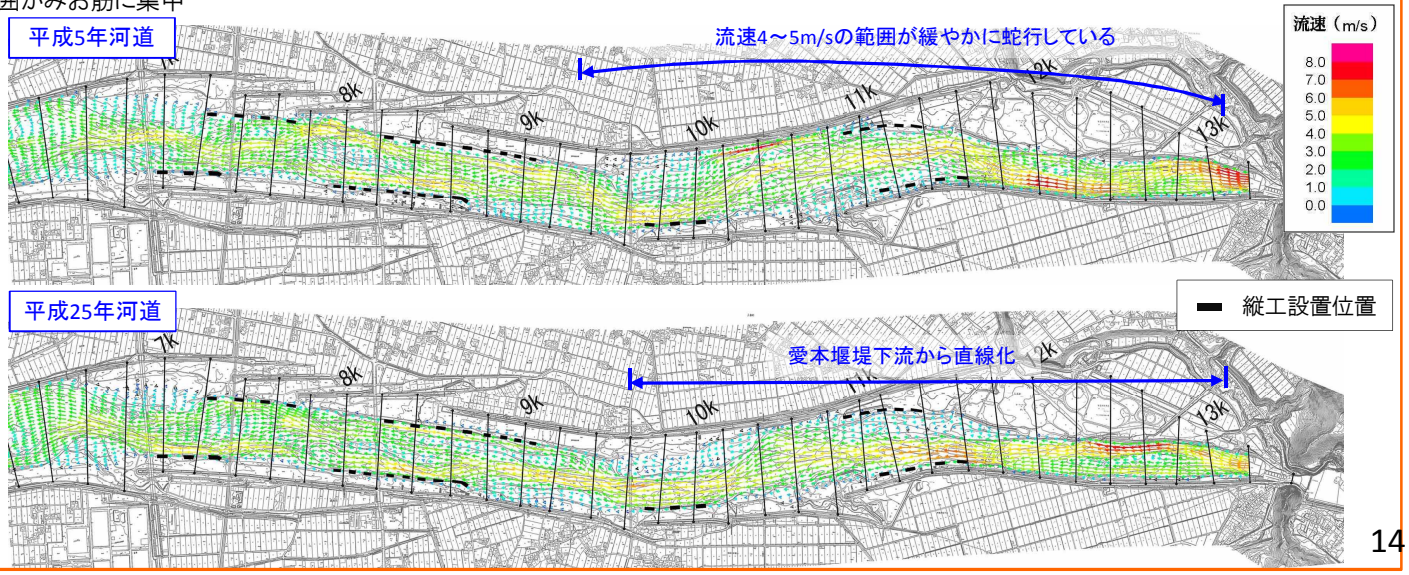


流速ベクトルの比較(図1.13)

■現況河道とH5河道を対象に、平成7年出水相当流量での平面二次元洪水流解析（河床変動解析）を実施※河床変動量は参考資料参照

■H5河道では、流速5m/s以上の流れが13kより下流でゆるやかに蛇行しているのに対し、H25河道では、愛本床止工下流からみお筋が直線化、1箇所に集中しており、流速が4～5m/sの範囲がみお筋に集中

項　目	条　件
計算手法	平面2次元河床変動モデル
計算範囲	河口沖～愛本
河道データ	①平成5年度測量 ②平成25年度測量
上流端流量	ピーク流量2,400m³/s（H7出水）
下流端水位	平均潮位T.P.0.23m
低水路粗度係数	0.0～ 1.0k　:n＝0.036 1.0～ 3.2k　:n＝0.038 3.2～ 6.5k　:n＝0.039 6.5～12.0k　:n＝0.040 12.0～13.2k　:n＝0.040
高水敷粗度	平成18年植生調査 n＝0.028～0.060
樹木群	平成21年空中写真（現地踏査により調査）
河床材料調査	平成19年河床材料調査
供給土砂量	平衡給砂
交換層厚	0.8m（最大粒径）

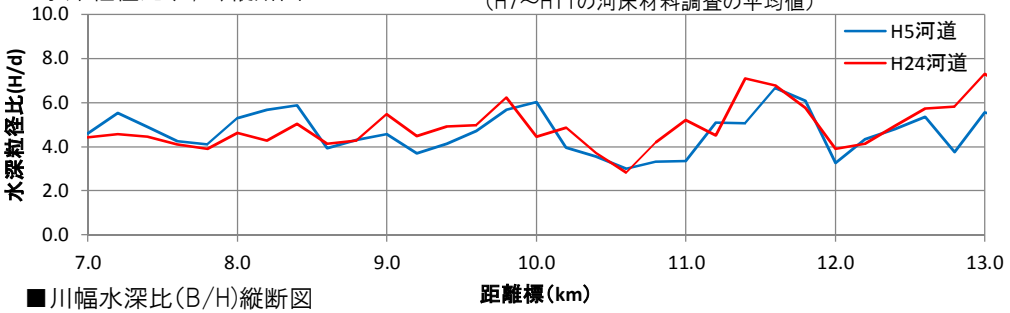


河道特性の経年変化 (2) H5とH24での水理諸量と砂州特性の変化

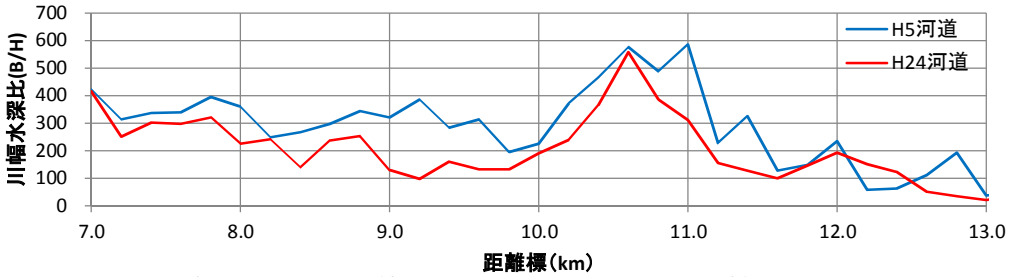
■河道特性として、500m³/s流下時(年1回は必ず発生する規模の流量)の水理量変化(川幅、水深) を平成5年と平成24年河道で算出 (準二次元不等流計算) し、比較 (図1.14)
■川幅：H5とH24を比較すると、7.0k～12kではH5で広くなっている。特に9～10k付近で顕著である。12.0kから上流はいずれの年次も幅が狭くなっている。(図1.14)
■水深：8.6kより下流区間ではH5で水深が大きくなっているが、8.6kより上流区間ではH24で水深が増大傾向にある。特に11k、11.4k、12.8～13.0kでは50cm程度の増が見られ、深掘れによる水深の増大が発生している。(図1.14)
■流路幅:Q＝500m³/s流下時では、H5河道に比べてH24河道は全川的に減少(図1.15)

500m³/s流下時の水理量の比較 (図1.14)

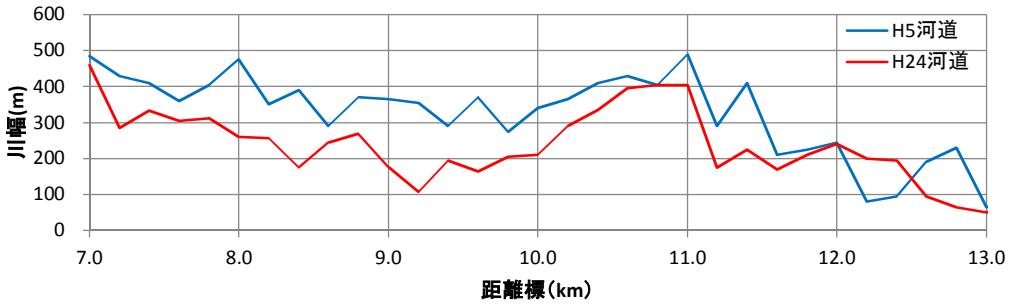
■水深粒径比(H/d)縦断図
※粒径は7～12k:249mm、12～13k:312mmを用いて算出
(H7～H11の河床材料調査の平均値)



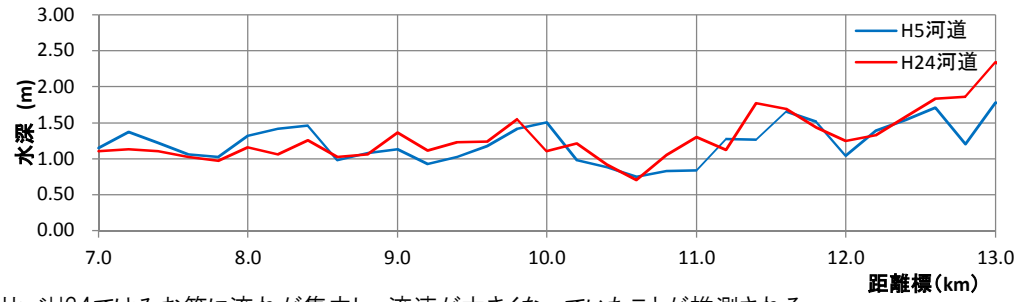
■川幅水深比(B/H)縦断図



■川幅縦断図
※川幅、水深は、準二次元不等流計算により得られた水位を用いて算出



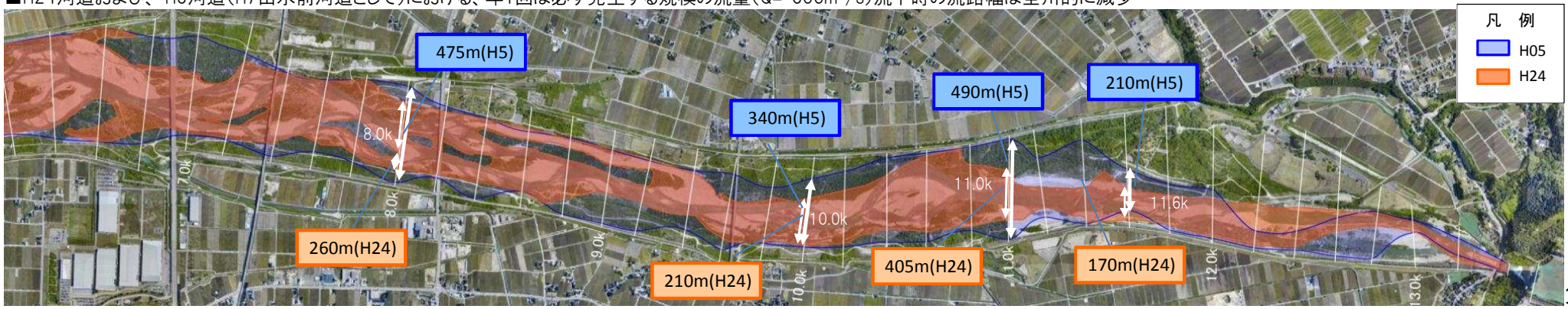
■水深縦断図



・7.0k～8.6kは川幅がH5からH24で縮小しているのに対して、水深も同様の傾向を示しており、 H5に比べH24ではみお筋に流れが集中し、流速が大きくなっていたことが推測される。
・8.6k～11.0k付近では川幅が縮小し、水深が増となる傾向にあるが、変化は小さい。
・12.6k～13.0kでは川幅が縮小したため、水深が大きくなっており、深掘れ箇所に流れが集中している。

河道変遷と500m³/s 流下時の流路幅 (図1.15)

■H24河道および、 H5河道(H7出水前河道として)における、年1回は必ず発生する規模の流量(Q= 500m³/s)流下時の流路幅は全川的に減少

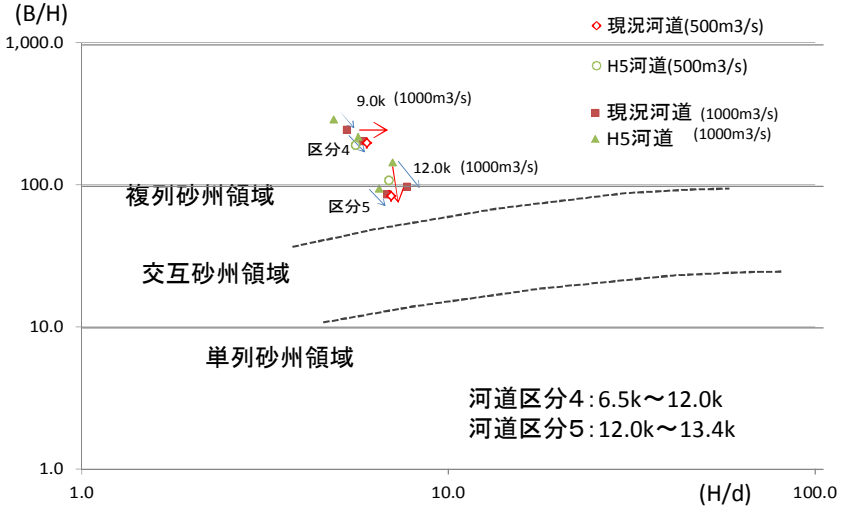


河道特性の経年変化 (3) H5とH24河道での河道変化特性

■砂州スケールの変化：河道区分４（6.5ｋ～12.0ｋ）、河道区分５（12.0ｋ～13.4k）の平均や9.0k、12.0kなどの断面で川幅水深比、粒径水深比を比較
いずれも砂州スケールは複列砂州領域から交互砂州領域へ近づく方向へ移動しており、流量規模に寄らず傾向は同じである。(図1.16)
■福岡式による河道の変化：H24河道に比べH5河道の方が流量の増加に伴い滑らかに川幅が増加し、理想的な河道であると言える(図1.17)
現況河道で比較的川幅水深比が確保されている7k～8kのプロットも概ねH5河道のプロットと重なるため、7k～8kの河道を目標とした河道整正を目指す。

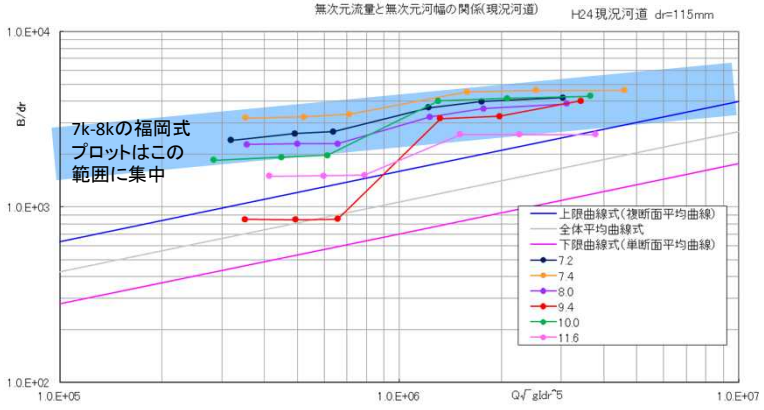
砂州形態によるチェック（図1.16）

■砂州形態
500m³/s及び1,000m³/s流下時の砂州形態はH5年河道、H24年河道（現況河道）ともに複列砂州の領域にあるが、H24年河道の方が交互砂州領域に近づきつつある。



目指すべき河道の水理特性（福岡式）（図1.18）

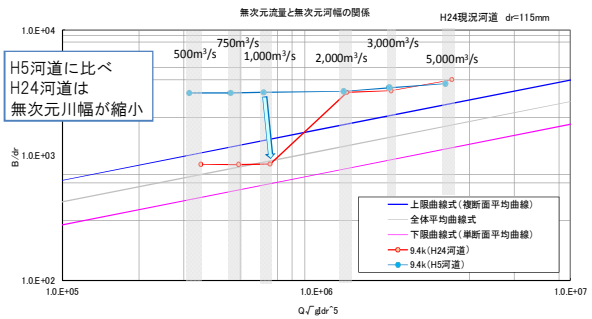
■現況河道の7k～12kの各断面の福岡式によるプロット
7k～8kの断面は流量が上がるごとに緩やかに川幅が増加。9k～12kの断面の多くはQ=2,000m3/sを境に川幅が急増
→7k～8kの河道を目標とした河道整正を目指す

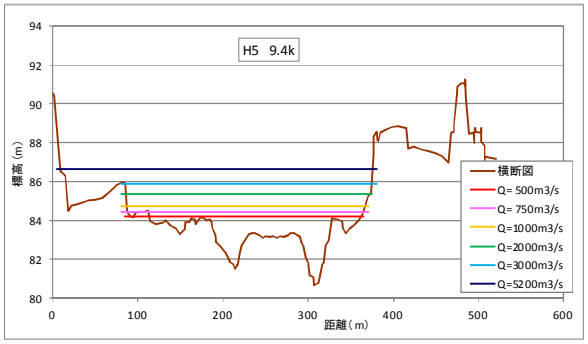


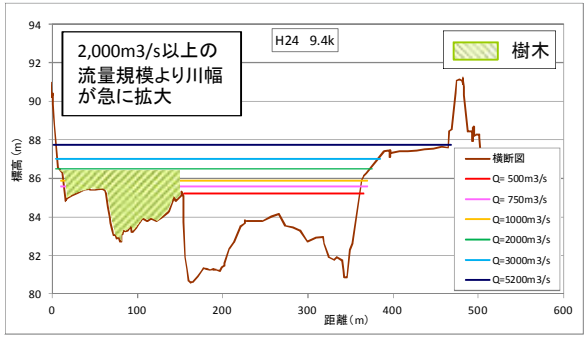
福岡式によるチェック（図１.17）

■福岡式によるプロット
（9.4kおよび11.6k断面によるチェック）
無次元流量と無次元水深の比較。H5河道では川幅は水深に応じて滑らかに広がるが、H24河道では流量が2,000m³/sを越えると急速に川幅が広がる。

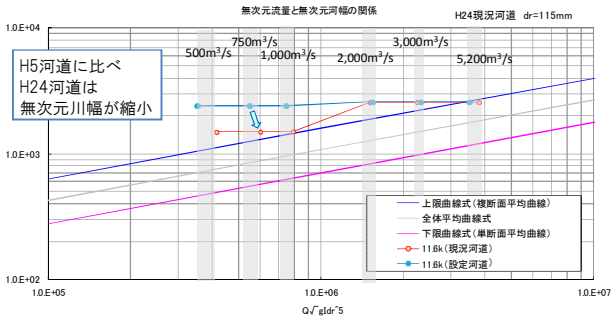
9.4k

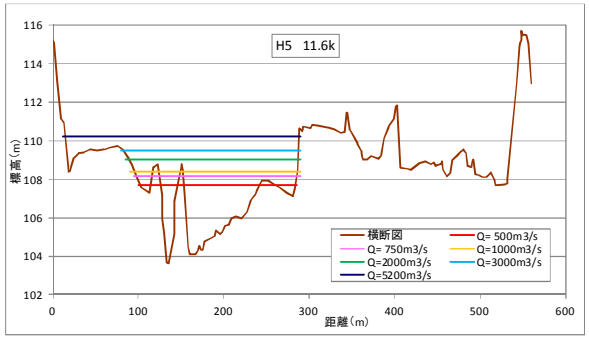


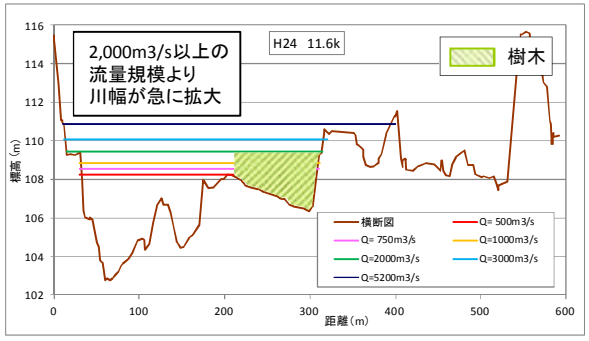




11.6k





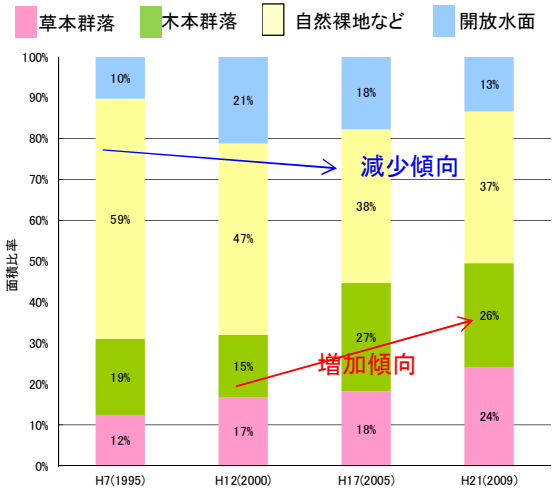


樹林化のメカニズム (1)樹林化の進行状況

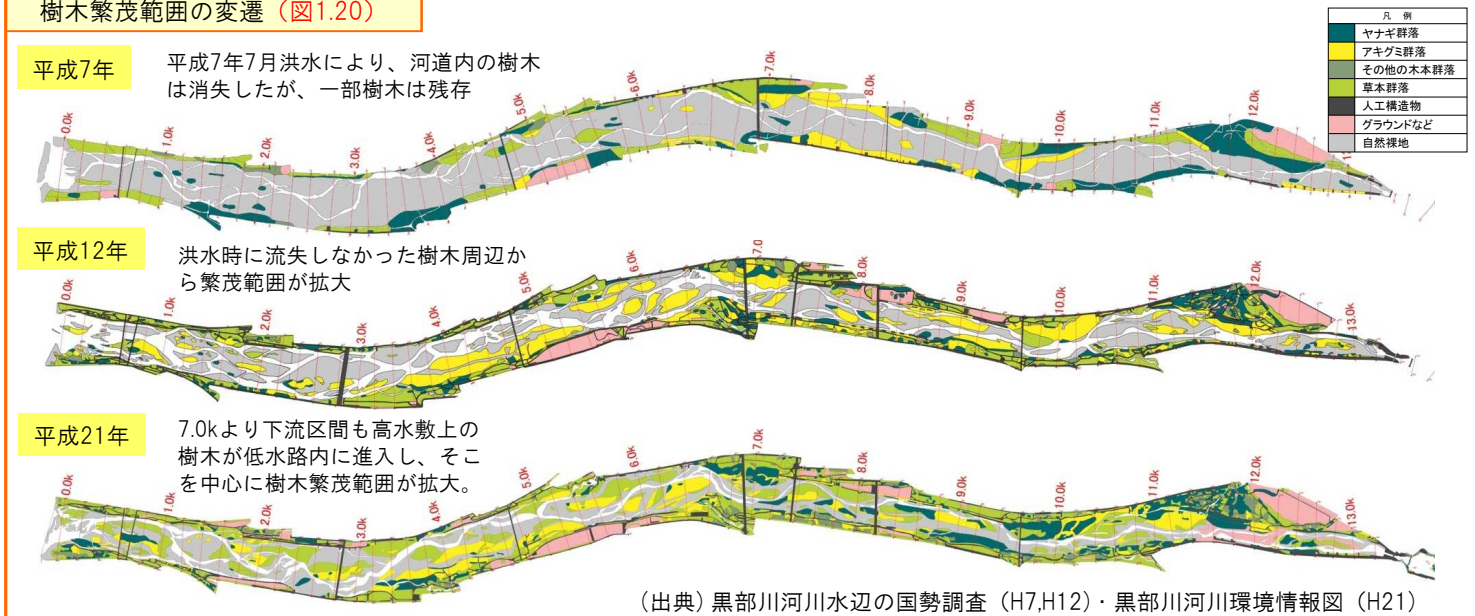
■平成7年出水(Q=2,400m³/s)以降、樹林化が進行（図1.19）
■主に7.0k～愛本区間の樹林化が進行していたが、近年では7.0kより下流区間も樹林化が進行、中州の樹木はアキグミ群落が多い（図1.20）
■中州に繁茂している樹木は概ね1.0～6.0m程度であり、中州の樹木は下流側に高い樹木が、上流側に低い樹木が分布（図1.21）
■河道の変遷及び年輪解析から得られる樹高ー樹齢の関係から、10～15年未満程度の樹木が多い（図1.22）

植生面積の変遷（図1.19）

草本群落、木本群落が増加し、自然裸地など（礫河原）・開放水面が減少傾向



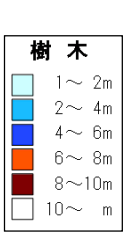
樹木繁茂範囲の変遷（図1.20）

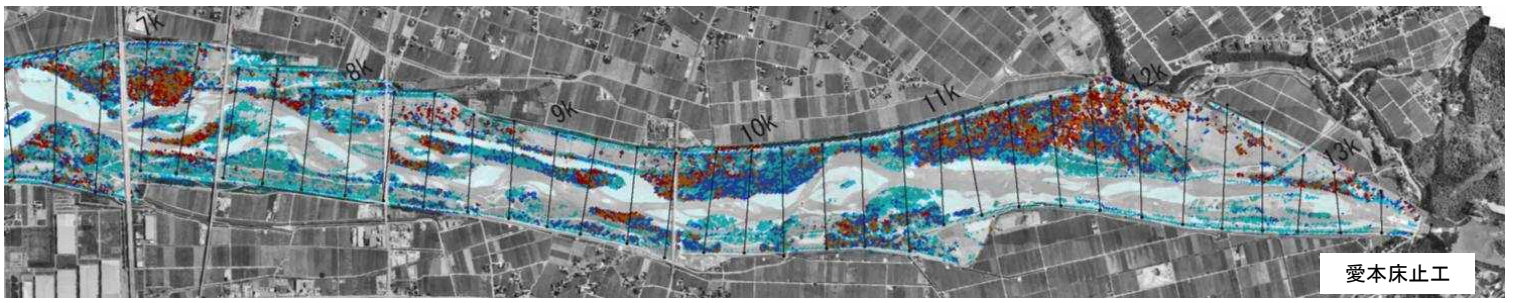


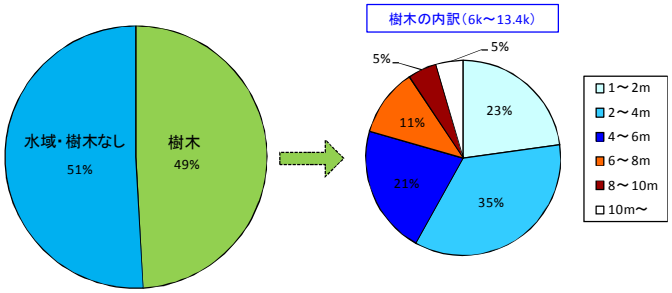
（出典）黒部川河川水辺の国勢調査（H7,H12）・黒部川河川環境情報図（H21）

黒部川6k～13.4k（愛本床止工）の樹高分布（図1.21）

■LPデータ(H25測量)より10mメッシュごとの樹木高の分布を算定
■黒部川の6k～13.4k（愛本床止工）では、低水路内のうちおよそ46%が樹木等であり、40%は6.0m以下の樹木が分布

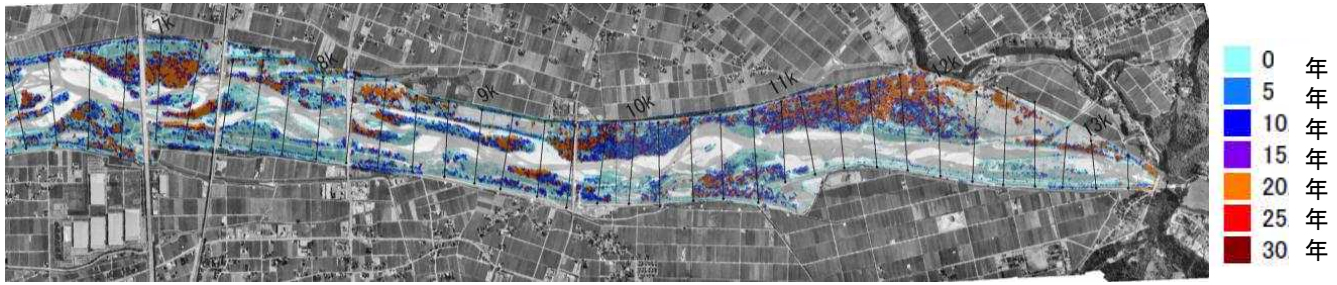






年輪解析による樹齢の推定（図1.22）

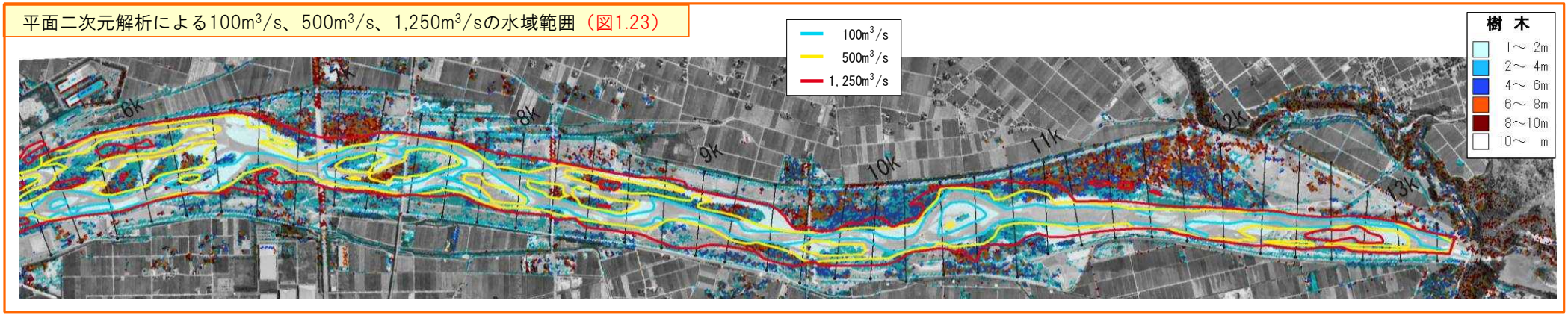
■低水路に着床している樹木はおおむね10～15年未満程度の樹木が多い



樹林化のメカニズム (2)出水・排砂との関係の再整理

■現況河道（H25）を対象とした平面二次元洪水流解析の結果、樹木が冠水するのは、概ね1,250m³/s（平均年最大流量相当）（図1.23）
■平成7・8・10年出水において砂州の冠水により、土砂堆積が発生し、樹木が着床。その後大きな出水がなかったことから樹木が成長、低水路（みお筋）の固定化、比高差の拡大が生じ、冠水頻度の低下とともに樹林化が進行したと推定（図1.24、図1.25）
■連携排砂開始（H13）当時、河道の二極化が進んでおらず、排砂時に砂州上を流下していたと想定されるが、河道の二極化が進んだ現時点では、連携排砂による土砂はみお筋部分を流下しており、高水敷は冠水しないため、現在は連携排砂による樹木着床は少ないものと推定（図1.24、図1.25）

平面二次元解析による100m³/s、500m³/s、1,250m³/sの水域範囲（図1.23）

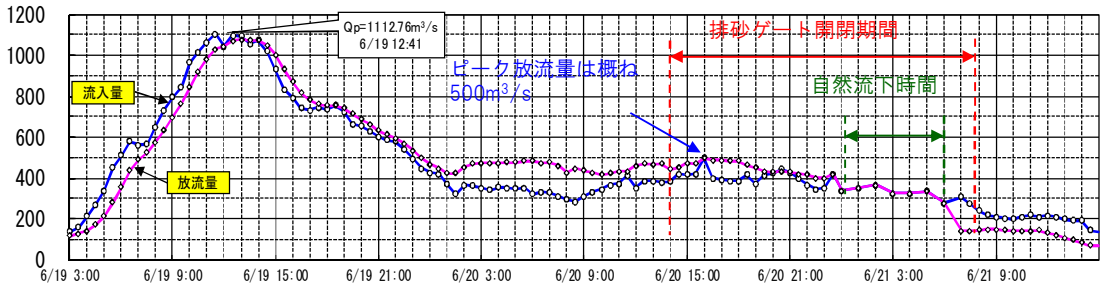


ダム排砂時における放流量、及び下流河道の冠水状況（図1.24）

樹林化の要因として考えられる排砂ゲートからの細粒分の排出は、洪水末期の自然流下時のみ
近年の連携排砂・通砂時の放流量は概ね500m³/s程度

排砂ゲート開閉期間およびピーク放流量（H21～H25）

実施年度	排砂ゲート開閉期間	ピーク流量(ダム放流量)
H21	7/10 1:08～7/10 12:00	457.08m³/s
H22	6/28 5:12～6/28 15:53	484.36m³/s
H23	6/24 6:40～6/24 15:30	490.40m³/s
	6/26 8:28～6/26 16:02	563.51m³/s
H24	6/20 18:10～6/21 8:34	342.27m³/s
H25	6/20 14:04～6/21 7:50	497.41m³/s

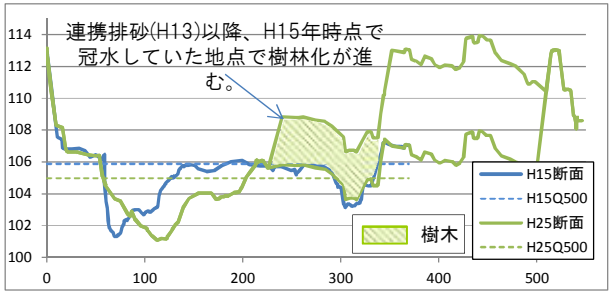


H25.6洪水におけるダム流入・放流量（宇奈月ダム）

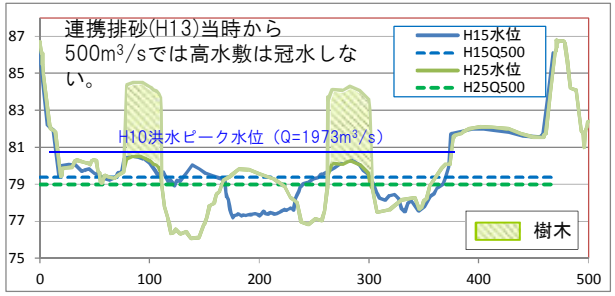
地形と樹木・植生の関係整理（図1.25）

連携排砂開始当時河道と現況河道について、連携排砂・通砂時の放流量（500m³/s）で冠水状況を確認

■H13以降の連携排砂開始当時河道：河道の二極化が顕著ではなく、排砂・通砂時に砂州上を流下→樹木が繁茂した可能性
■現況河道：河道の二極化が進み、比高差が大きく冠水しないため、排砂・通砂時に砂州上を流下しない→排砂・通砂と樹林化の関係は小さいと想定



11.4k断面



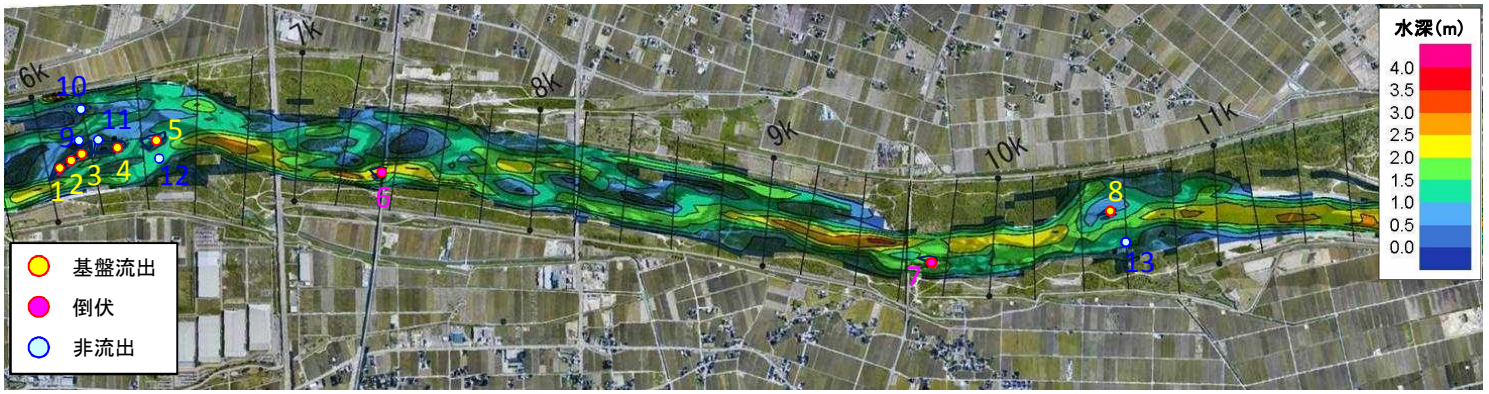
9.0k断面

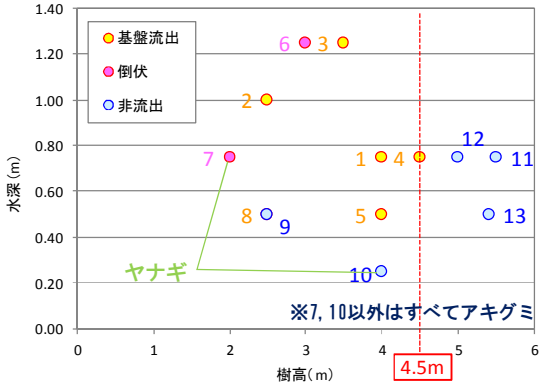
権蔵橋上流における冠水状況
（H25.6.20 9:30撮影）

樹林化のメカニズム　(3)H25出水時水理諸量と樹木流出箇所の関係

■平面二次元河床変動計算によるH25年出水ピーク流量流下時の水理諸量と樹木流出箇所の関係について整理（図1.27～図1.29）
■H25出水での樹木流出箇所は流速約3m/s以上、無次元掃流力約0.04以上の地点となっている（図1.28、図1.29）樹高4.5m以上の樹木は流出していない（図1.27）
■流出箇所の樹高が2.0～4.0m程度であることから、多くはアキグミが流出したと推定される。倒伏箇所の冠水深はピーク流量流下時の水深が樹高の半分程度となっており、倒伏するには樹高の半分程度の冠水深が必要

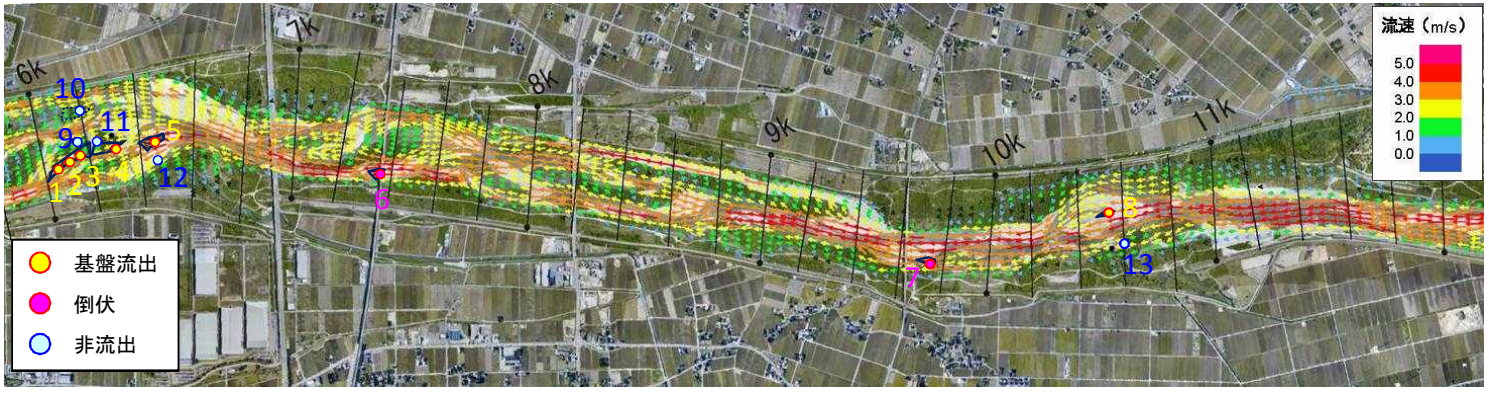
水深分布と樹木流出箇所の関係（図1.27）

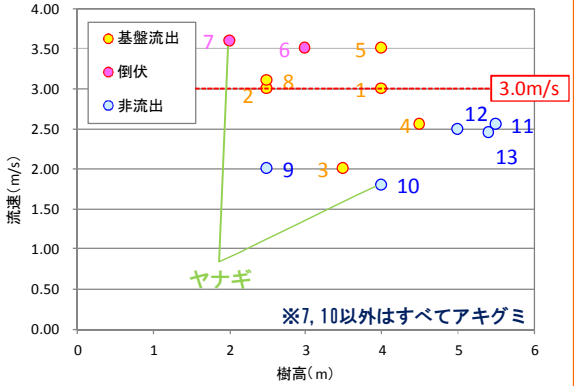




・水深と樹高は明確な関係は見られない
・樹高4.5m 以上は流出していない

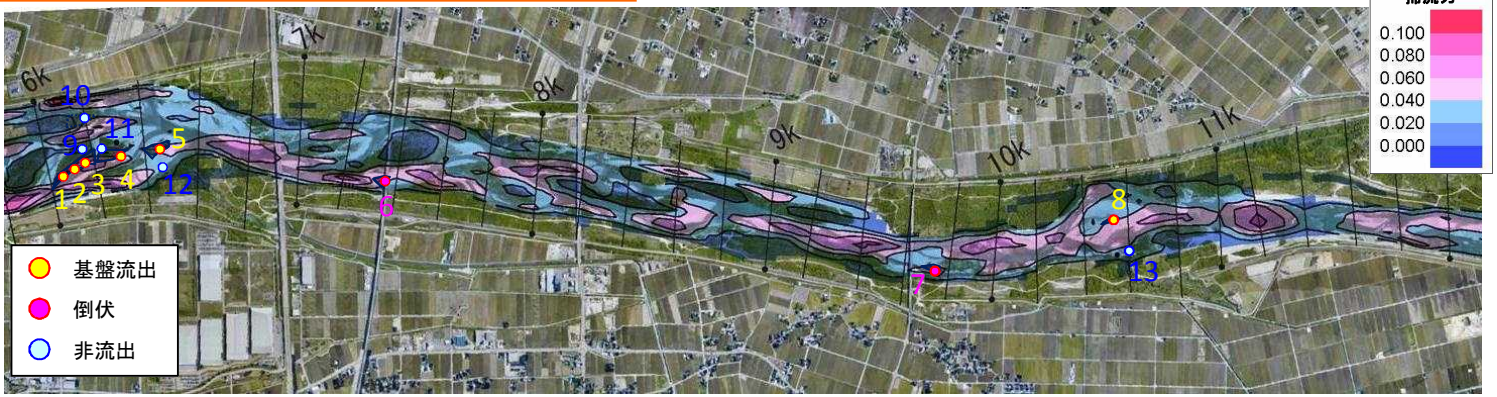
流速分布と樹木流出箇所の関係（図1.28）

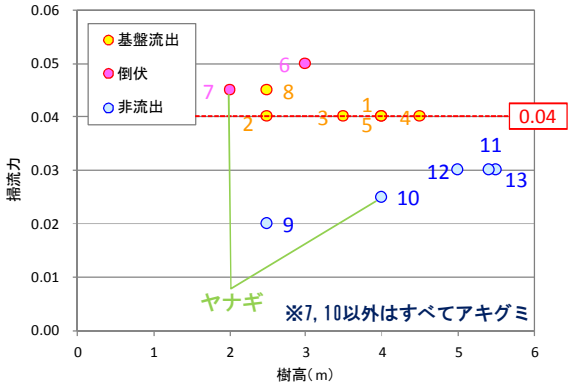




・流出箇所は流速3m/s以上の地点が多い

無次元掃流力の分布と樹木流出箇所の関係（図1.29）



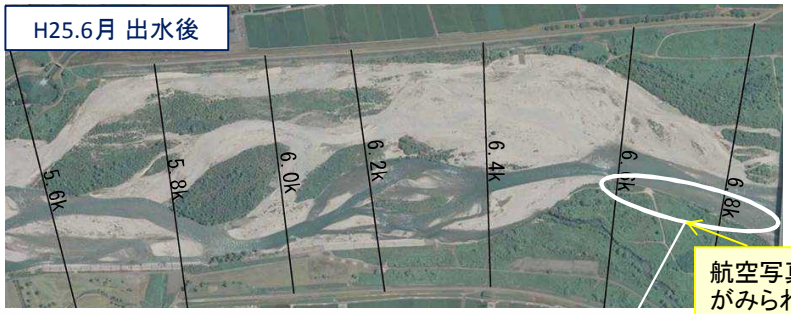


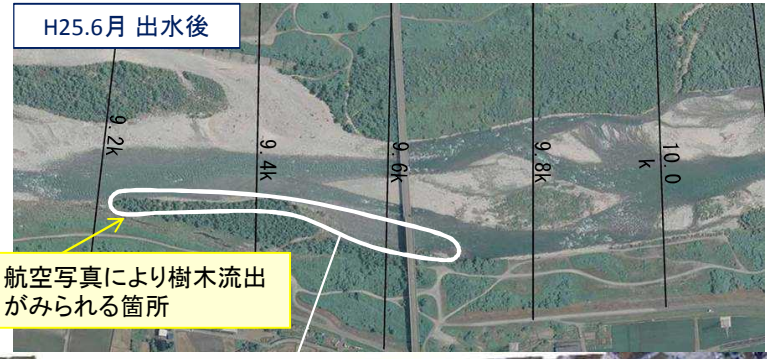
・流出箇所はすべて無次元掃流力0.04以上の地点

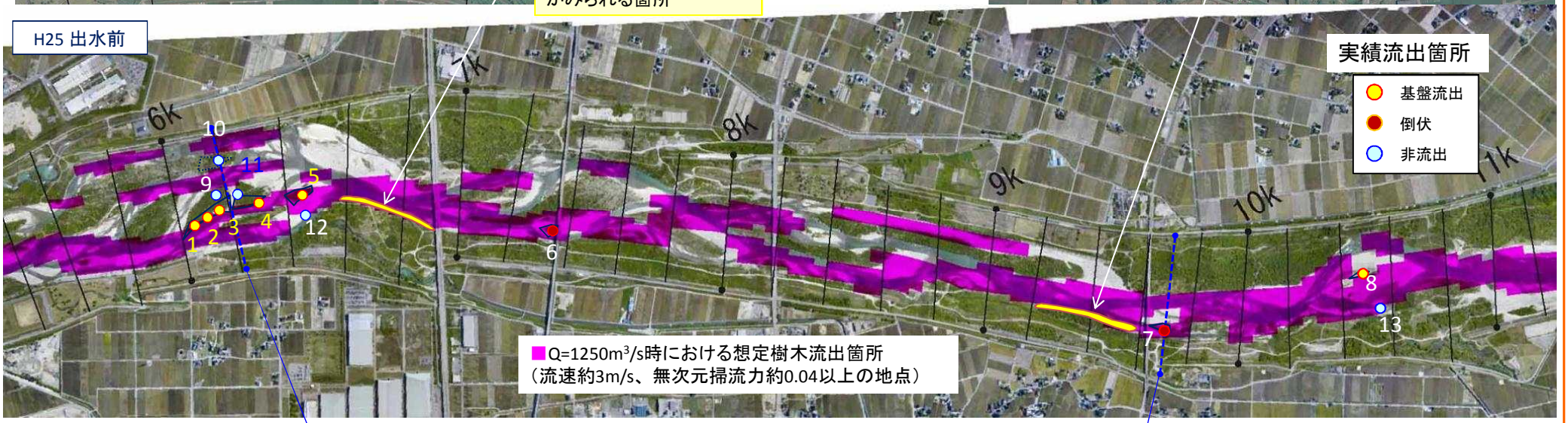
樹林化のメカニズム　(4)H25出水時水理諸量と樹木流出箇所の関係を踏まえた河道計画への反映

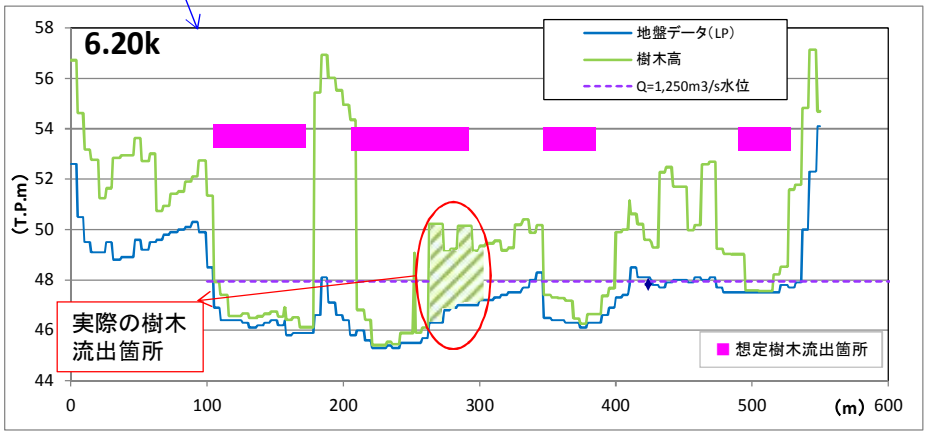
■平面二次元解析結果より平均年最大流量相当の出水において、自然の営力で樹木流出する箇所を平面的に推定。→　H25出水による流出地点と概ね符合
■今後の河道計画においては、流速約3m/s以上、無次元掃流力約0.04以上等の樹木流出条件を河道計画（断面）検討に反映（図1.30）
■現況河道では、平均年最大流量相当の出水では、多くの樹木群は流出せずに残存する結果となる（図1.30）

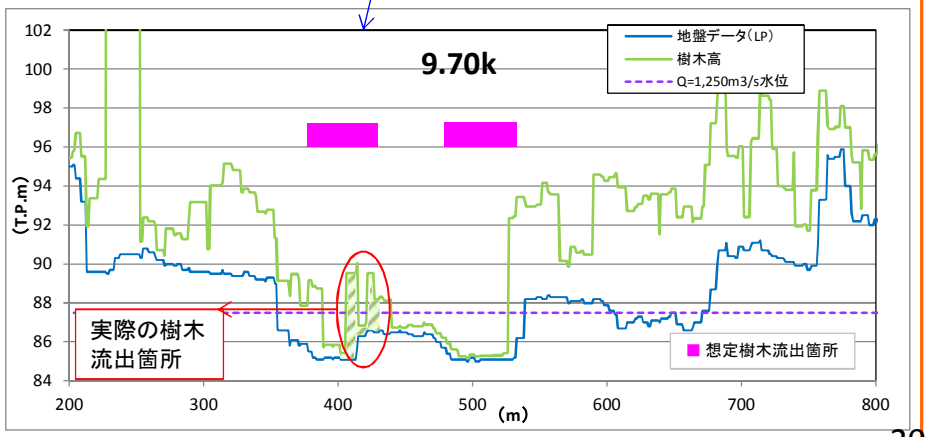
平面二次元解析結果から推定された想定樹木流出箇所（ Q=1,250m³/s ）（図1.30）







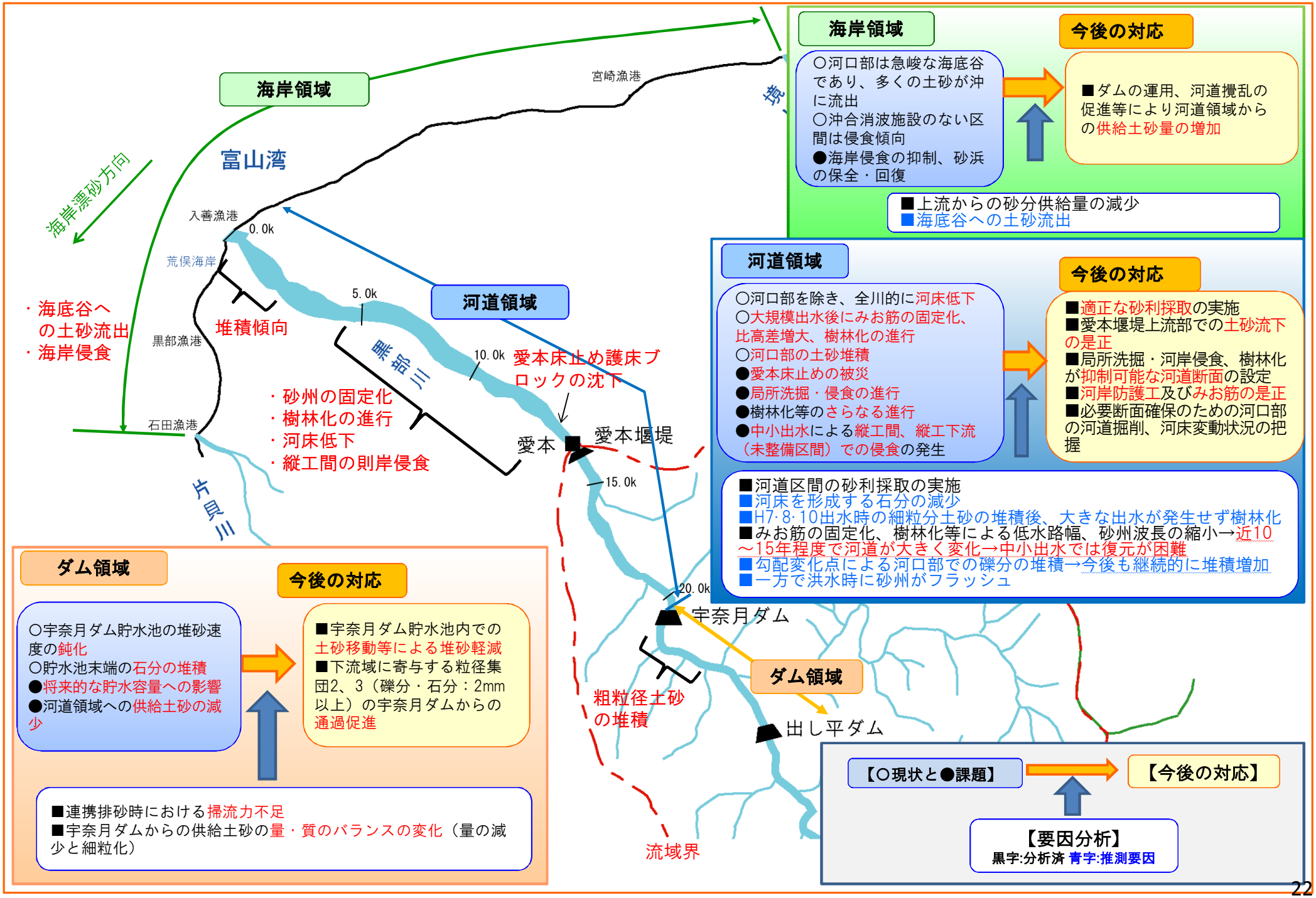




2.土砂動態の把握

総合土砂管理での河道整備の位置づけ （1)土砂動態における課題(流砂系全体)

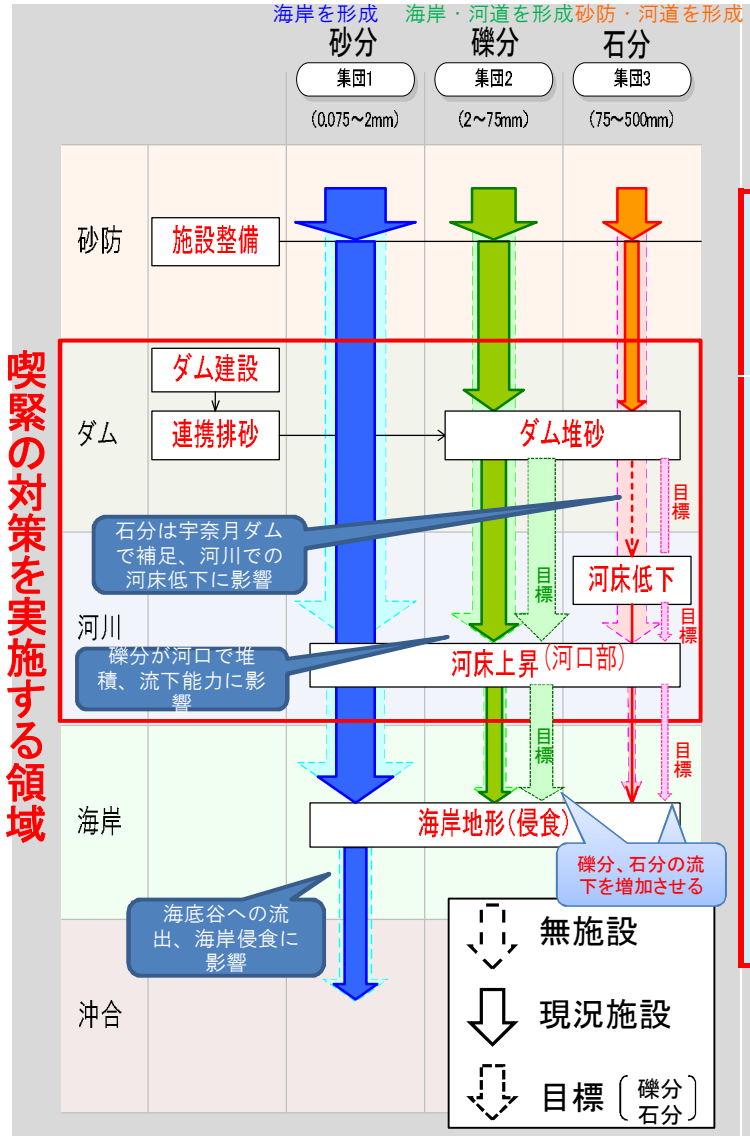
■黒部川における各領域の現状と課題、土砂動態との関連及び対応のポイントを整理（砂防領域については、特に大きな影響はない）



総合土砂管理での河道整備の位置づけ　(1)土砂動態における課題(流砂系全体)

■土砂動態予測モデルより算定した粒径別土砂収支結果(施設等の相違による変化)から得られる流砂系の問題の構図は以下のとおり
①ダム領域：礫分(集団２)と石分(集団３)が、現況では大部分が堆積し、特に石分は宇奈月ダムで捕捉
②河道領域：河道領域への粗粒径土砂の供給量が少ない、特に石分(集団３)の供給が少ないことが河床低下の一因
③海岸領域：上流からの砂分(集団1)の供給量の減少、海底谷への流出により、海岸侵食に影響を及ぼす可能性
■黒部川流砂系において、課題が顕在化し、喫緊の対応が必要なダム領域および河道領域について、対応策を検討

黒部川流砂系の問題の構図と各領域の課題及び対応策(図2.1)

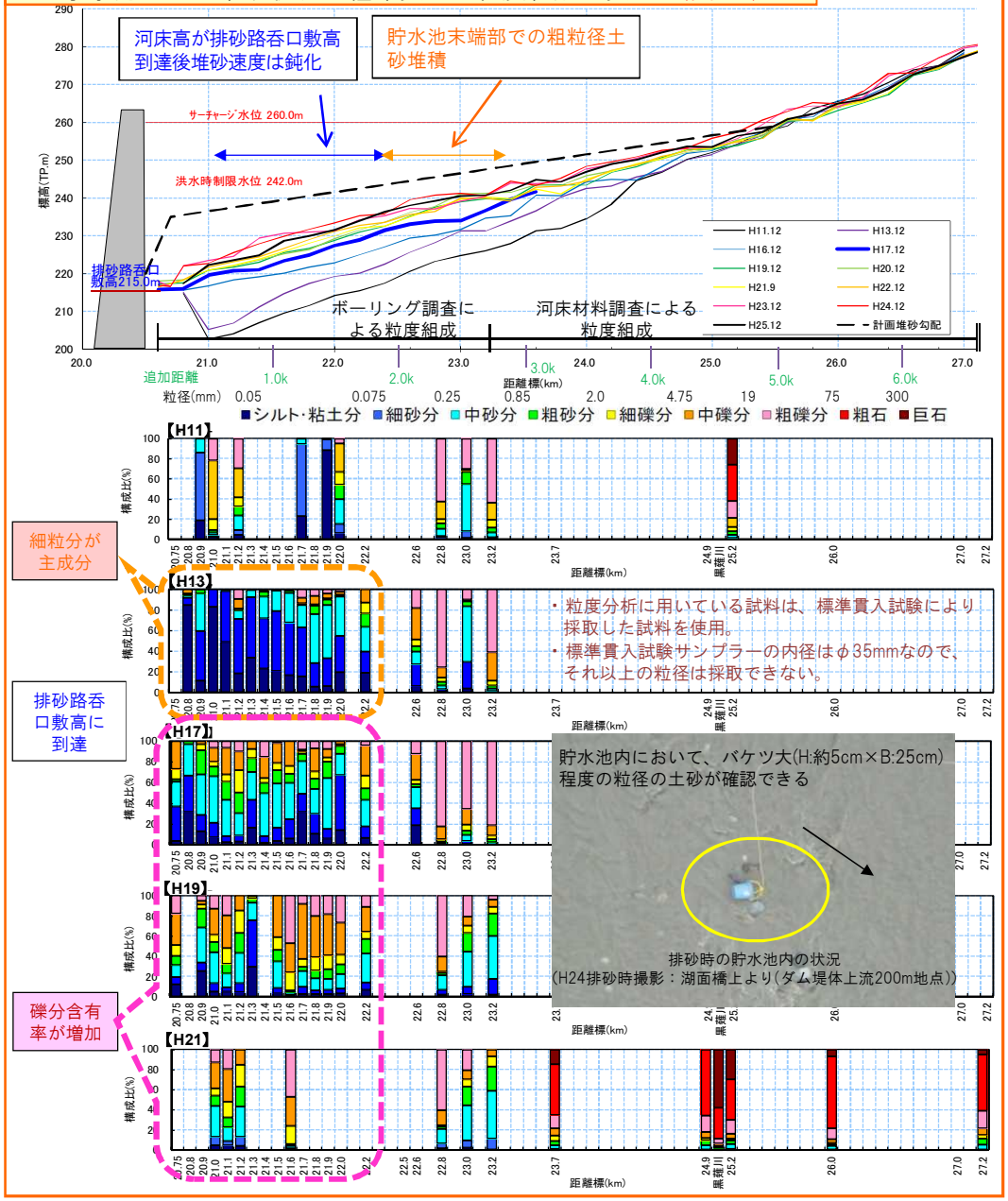


土砂収支図	領域	課題	土砂動態との関連 (黒字:分析済 青字:推測要因)	目標
	砂防	■依然として大規模出水時に大量の土砂が流出する恐れ	■砂防施設の整備不足	■砂防施設により、大規模出水発生時の土砂流出抑制 ■側岸崩壊や地滑りの誘発の危険の恐れのない箇所については透過型砂防堰堤の整備
	ダム	■宇奈月ダム貯水池の土砂堆積による将来的な貯水容量への影響 ■河道領域への供給土砂の減少	■連携排砂時における掃流力不足 ■宇奈月ダムからの供給土砂の量・質のバランスの変化	■宇奈月ダム貯水池内での土砂移動等による堆砂軽減 ■下流域に寄与する粒径集団（2mm以上）の宇奈月ダムからの通過促進
	河川	■河床低下に伴う愛本床止め工の被災 ■局所洗掘・侵食の発生 ■樹林化等の更なる進行 ■中小出水（H17・18・25）により縦工間、縦工下流（縦工未整備区間）で侵食が発生 ■河口部の流下能力不足	■河床低下：河道区間の砂利採取の実施 ■河床を形成する石分の減少 ■樹林化：大規模出水（H7・8・10）に細粒土砂の堆積 ■みお筋の固定化、樹林化等による低水路幅、砂州波長の縮小 ■勾配変化点による河口部での礫分の堆積 ■洪水時に砂州がフラッシュ	■適正な砂利採取の実施 ■堆積しやすい愛本堰堤上流部での土砂流下の是正 ■局所洗掘・河岸侵食の軽減、樹林化の抑制が可能な河道断面の設定（望ましい低水路幅の設定、みお筋の確保） 【モニタリング】10k付近を対象に試験施工を実施（細粒土砂の除去、樹木伐採、河道整正） ↓ ※環境面では（樹林化の抑制による）黒部川らしいレキ河原の再生にも寄与 ■河岸防護工及びみお筋の是正 ■必要断面の確保のための河口部河道掘削と河床変動現象の把握
	海岸	■海岸侵食の抑制、砂浜の保全・回復	■上流からの砂分供給量の減少 ■海底谷への流出	■ダムの運用、河道攪乱の促進等により河道領域からの供給土砂量の増加

総合土砂管理での河道整備の位置づけ （1)土砂動態における課題(ダム領域)

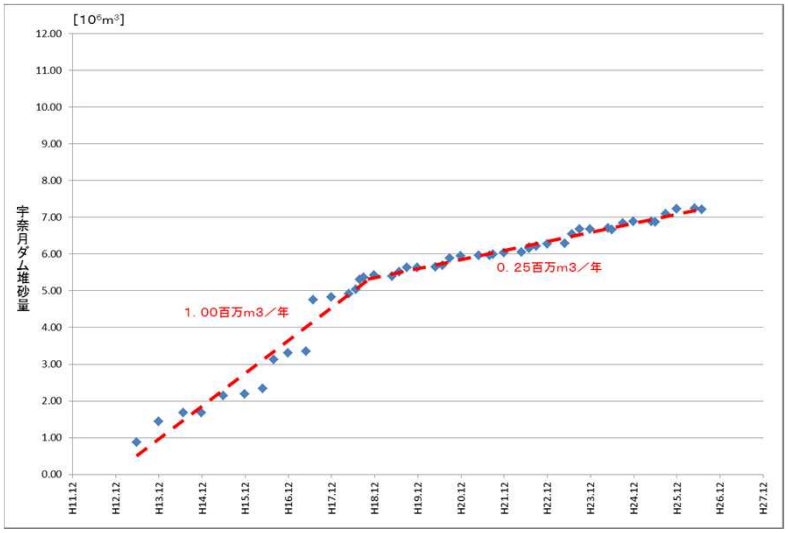
■宇奈月ダム貯水池の堆砂面は平成17年に排砂路呑口敷高に到達、河床勾配が安定傾向、平成18年以降はダム堆砂速度は鈍化し、現在のところ貯水容量は確保（図2.2）
■ダムの河床高が排砂路呑口敷高に到達した平成１７年から堆砂速度が鈍化（図2.3）
■現時点では排砂・通砂の自然流下時の掃流力では十分ではないものの、徐々に礫石分が宇奈月ダムサイト近くまで流下しており、粗粒分が下流側に排砂される可能性（図2.2）
■平成23年にダム上流に堆積した粗粒径土砂が翌年(平成24年)の排砂時に流下したことを確認（図2.4）

宇奈月ダムの堆砂状況の経年変化と粒度組成の変化 （図2.2）



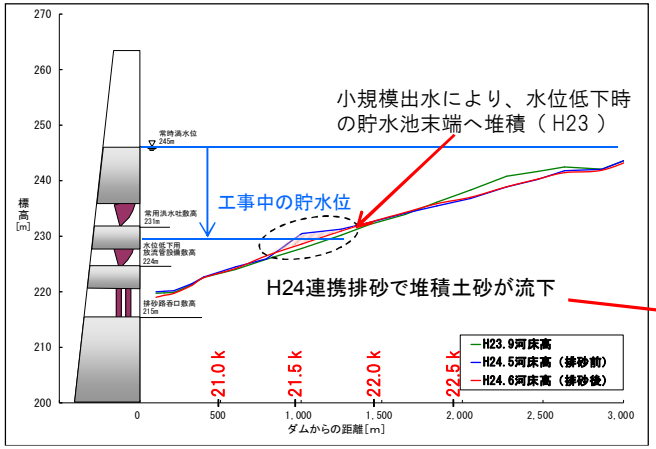
土砂動態予測モデルによるダム領域の予測結果（図2.3）

ダムの河床高が排砂路呑口敷高に到達した平成１７年を境に、
堆砂速度は1.00百万m³/年→0.25百万m³/年へと鈍化



連携排砂による貯水池内堆積土砂移動の実例（図2.4）

平成 23 年11 月の護岸補修工事中に貯水位をEL.231mまで水位低下させていた。その間に生じた小規模出水により、水位低下時の貯水池末端部付近で堆積が発生。翌年（平成24年）の連携排砂によって、堆積土砂がダム下流へ流出。



【宇奈月ダム直下流】

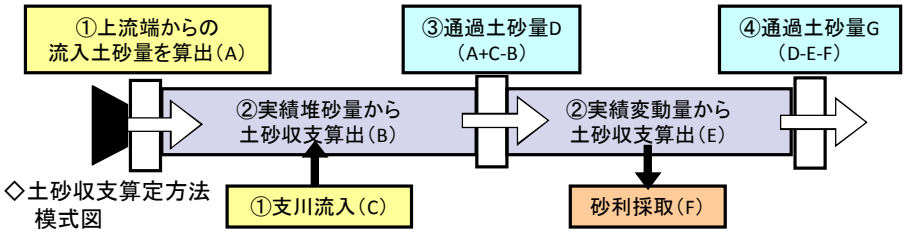
実績の土砂収支の把握

■実績データによる水系全体での土砂収支の把握
■河道領域への供給土砂として、宇奈月ダム地点の通過土砂量は、無施設は108万m³/年、現況施設時は50万m³/年となる。愛本地点の通過土砂量は、無施設時は108万m³/年、現況施設時は53万m³/年と推定

土砂収支の算定方法（図2.5）

【現況】
- 測量成果から堆砂量を算定し、黒部ダム、砂防からの流入土砂量を推定
- ダム領域、河道領域の土砂収支は堆積量から算定
- 通過土砂量は、流入土砂量、領域毎の土砂収支、砂利採取料等の差し引きから算定

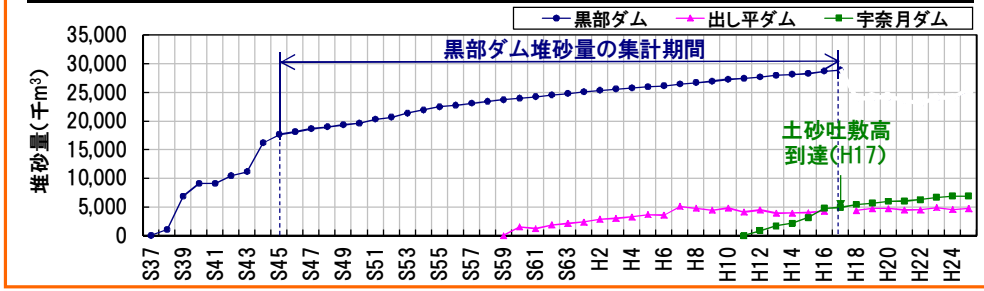
【無施設】
- ダム領域の土砂収支を0とし、全量通過とした
- 河道領域は動的平衡と仮定し、土砂収支を0とし、全量通過とした



◇土砂収支算定方法
模式図

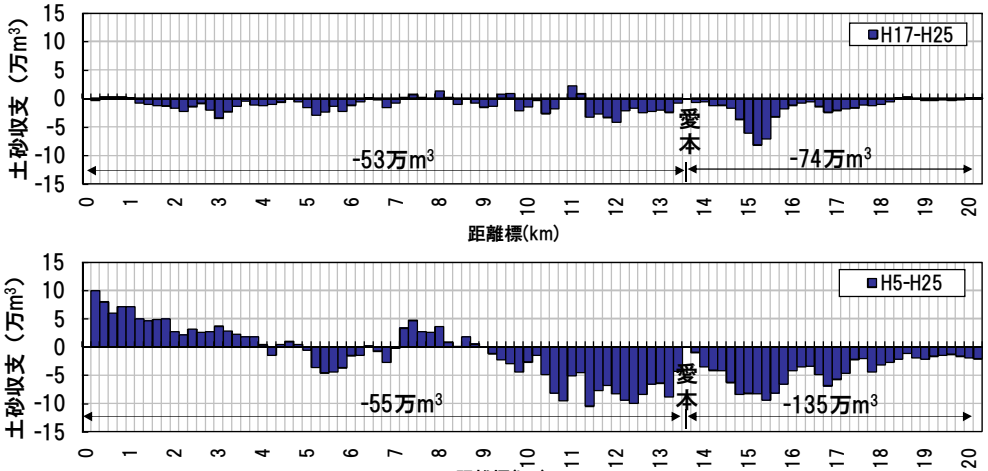
ダム堆砂量の経年変化（図2.6）

黒部ダム上流域	・黒部ダムからの供給土砂量は0
砂防領域	・砂防領域からの供給土砂量は黒部ダムの比堆砂量に流域面積を乗じて算定
ダム領域	・宇奈月ダムの堆砂面が土砂吐き敷高に到達し堆砂面が概ね平衡に達した 平成17年以降の実績堆砂量を採用



土砂収支縦断図（図2.7）

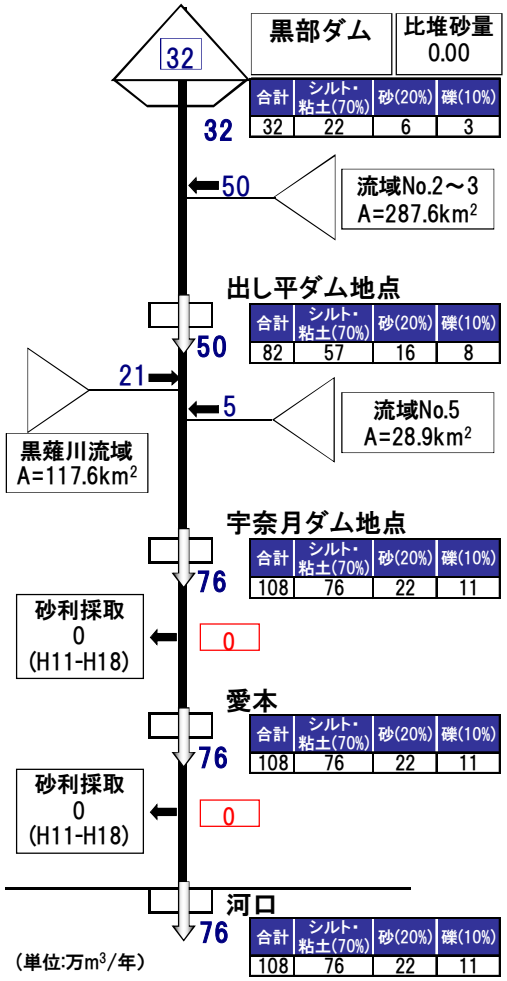
河道領域	・宇奈月ダムの堆砂面が土砂吐き敷高に到達し堆砂面が概ね平衡に達した 平成17年以降及び河道領域の目標年である平成5年以降を整理 ・砂利採取量は実績値を用いて土砂収支に反映



※愛本堰堤上流はH5測量を実施していないため、H2測量を使用

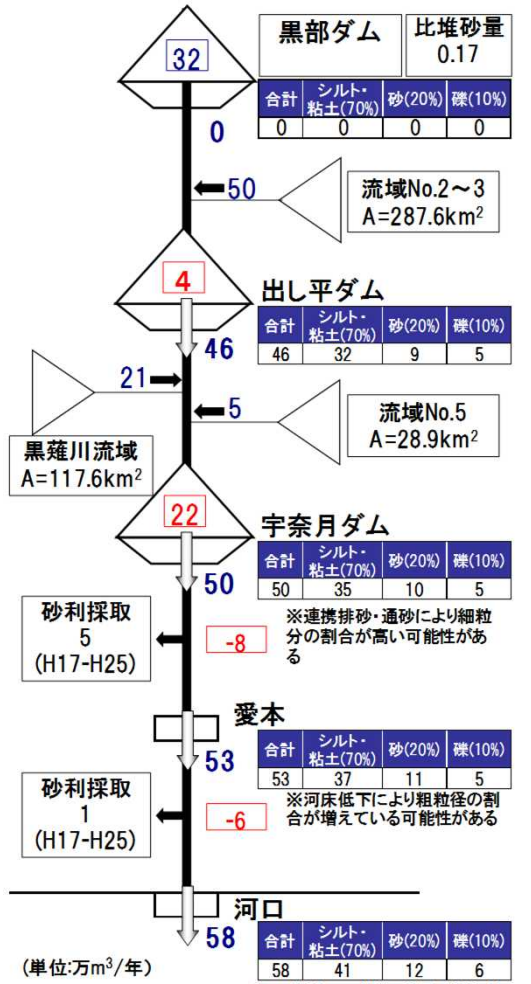
土砂動態マップ（図2.8）

【無施設　S45～H18の実績データ※から作成】



（単位:万m³/年）
※黒部ダム実績堆砂量

【施設有り　H17～H25の実績データから作成】



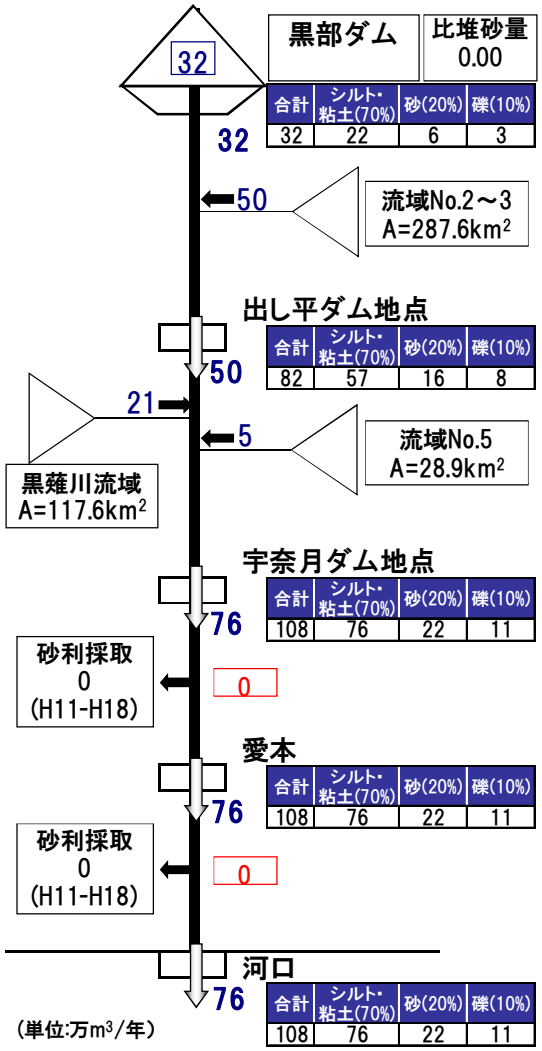
（単位:万m³/年）

実績の土砂収支の把握

■実績データによる水系全体での土砂収支の把握
■施設有り時の土砂動態マップについて、H17～H20（呑口標高到達直後）及びH17～H25（現況まで延伸）で検討
■H17-H20及びH17-H25の実績データから作成した施設ありの土砂動態マップを比較すると、現況のH25までデータを延伸した場合、近年は、宇奈月ダムの通過土砂量が増加していると考えられ、宇奈月ダムの堆砂量が35万m^3/年から22万m^3/年に減少
■これに伴い、宇奈月ダムの通過土砂量は、30万m^3/年から50万m^3/年に増加し、愛本地点の通過土砂量は、36万m^3/年から53万m^3/年に増加
■出し平ダムの堆砂量は、11万m^3/年から4万m^3/年に減少

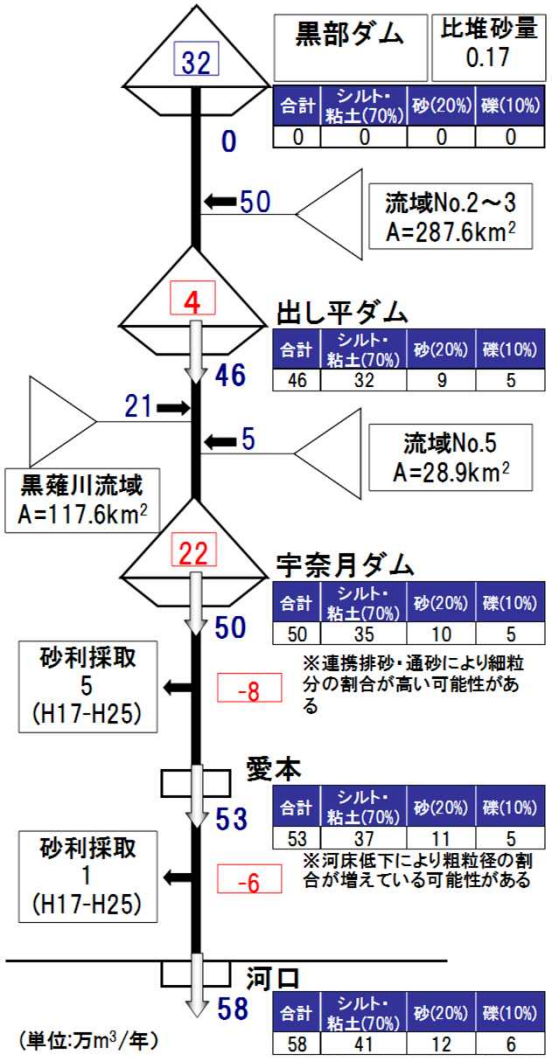
土砂動態マップ（図2.9）

【無施設　S45～H18の実績データ※から作成】

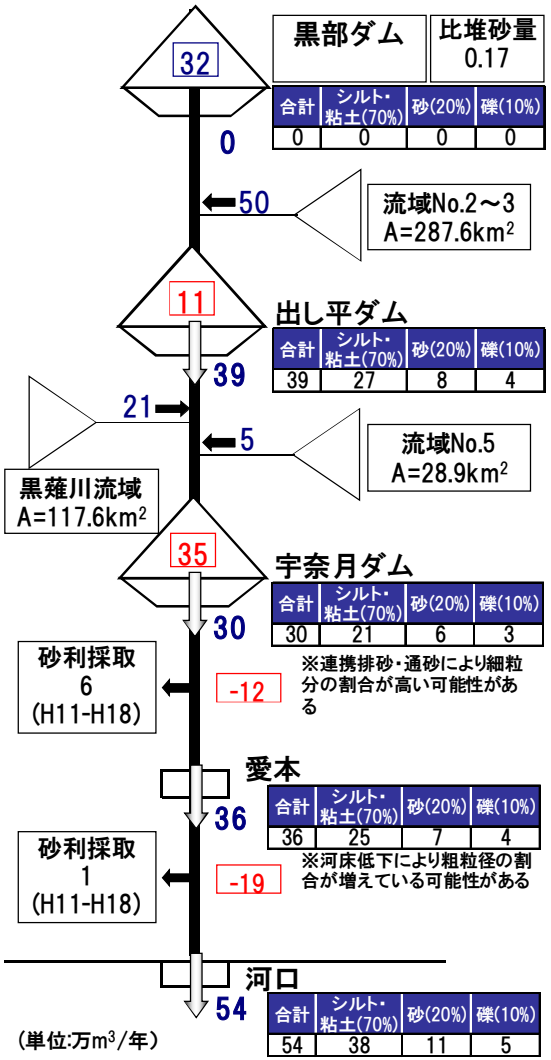


※黒部ダム実績堆砂量

【施設有り　H17～H25の実績データから作成】



【施設有り　H17～H20の実績データから作成（参考）】



領域ごとの有効粒径集団の把握

■各領域における有効粒径集団を設定した
■海岸領域は、区分2（0.075mm～0.425mm）及び区分6、7（4.75mm～75mm）の粒径が支配的である
■河道領域は、区分7～10（19mm以上）の粒径が支配的である
■ダム領域は、宇奈月ダムは貯水池下流側は区分1～3（0.85mm未満）が支配的である
■砂防領域は、区分7～10（19mm以上）の粒径が支配的である

有効粒径集団の区分（図2.10）

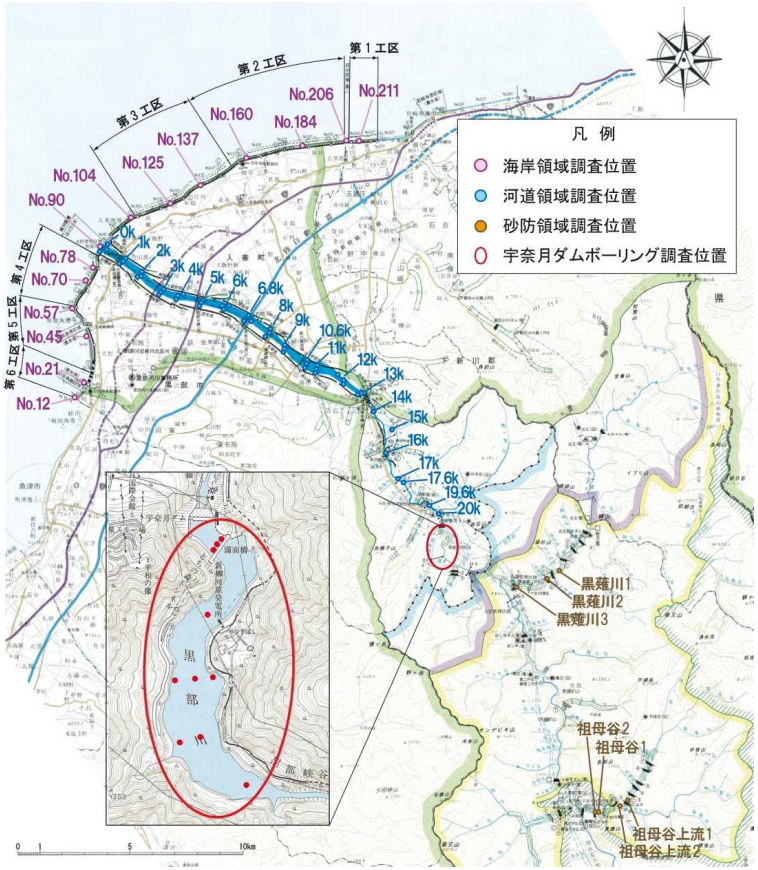
・**有効粒径集団1（砂分）**：0.075mm～2mm
海岸を形成し、宇奈月ダム土砂吐き敷高到達以前のダム貯水池に堆積した粒径集団

・**有効粒径集団2（礫分）**：2mm～75mm
海岸、河道及び宇奈月ダム土砂吐き敷高到達以降のダム堆砂面を形成する粒径集団

・**有効粒径集団3（石分）**：75mm～2400mm
砂防、河道領域を形成する粒径集団

河床材料調査位置図（図2.11）

※5万分の1地形図（国土地理院）に加筆



粒径区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考
粒　径(mm)	～0.075	0.075～0.425	0.425～0.85	0.85～2	2～4.75	4.75～19	19～75	75～300	300～500	500～2400	d1 d2
代表粒径(mm)	0.06	0.18	0.60	1.30	3.08	9.50	37.7	150.0	387.3	1095.4	d=(d1･d2)^(1/2)
土　質		砂				礫		石			日本統一分類法を基本に，黒部川の河床材料の状況を考慮して決定
	シルト	細砂～中砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨石		

海岸領域

水深	位置	区分1	区分2	区分3	区分4	区分5	区分6	区分7	区分8	区分9	区分10	備考
汀　線	第1工区						○	◎				
	第2工区						◎	○				
	第3工区		○					◎				
	第4工区		◎									
	第5～6工区		◎				○	○				H19調査
2m～8m	第1工区		◎									
	第2工区		◎					◎				
	第3工区		◎					○				
	第4工区		◎					○				
	第5～6工区		◎									

河道領域

セグメント	区間距離	区分1	区分2	区分3	区分4	区分5	区分6	区分7	区分8	区分9	区分10	備考
1	0.0k～1.0k							○	◎			
	1.0k～3.2k							○	◎	△		
	3.2k～6.5k							○	◎			
	6.5k～12.0k							○	◎	○		H19調査
	12.0k～13.56k							○	◎			
	13.56k～15.8k							○	◎	○		
	15.8k～20.2k								○	◎	○	

ダム領域

ダム・地点	位置	区分1	区分2	区分3	区分4	区分5	区分6	区分7	区分8	区分9	区分10	備考
宇奈月ダム（土砂吐き敷高到達前）	21.0k	◎	◎									
	21.5k		◎	○								
	21.8k			○			○	○				
	22.2k			△			△					
	22.6k						△					
	23.2k							◎				H18, H19, H21 調査
宇奈月ダム（土砂吐き敷高到達後）	21.0k			△			△					
	21.5k						○	○				
	21.8k						○	△				
	22.2k			○				○				
	22.6k						○	△				
	23.2k			○	△			○				

砂防領域

河川	位置	区分1	区分2	区分3	区分4	区分5	区分6	区分7	区分8	区分9	区分10	備考
黒部川本川	－							○	◎	○		
黒薙川	－							○	◎	○		
猫又谷	－							○	◎	○		
帰不谷	－							○	◎	○		
祖母谷	－							○	◎	○	△	H11, H19調査
小黒部川	－							○	◎			

有効粒径集団	－	砂分			礫分			石分		－	

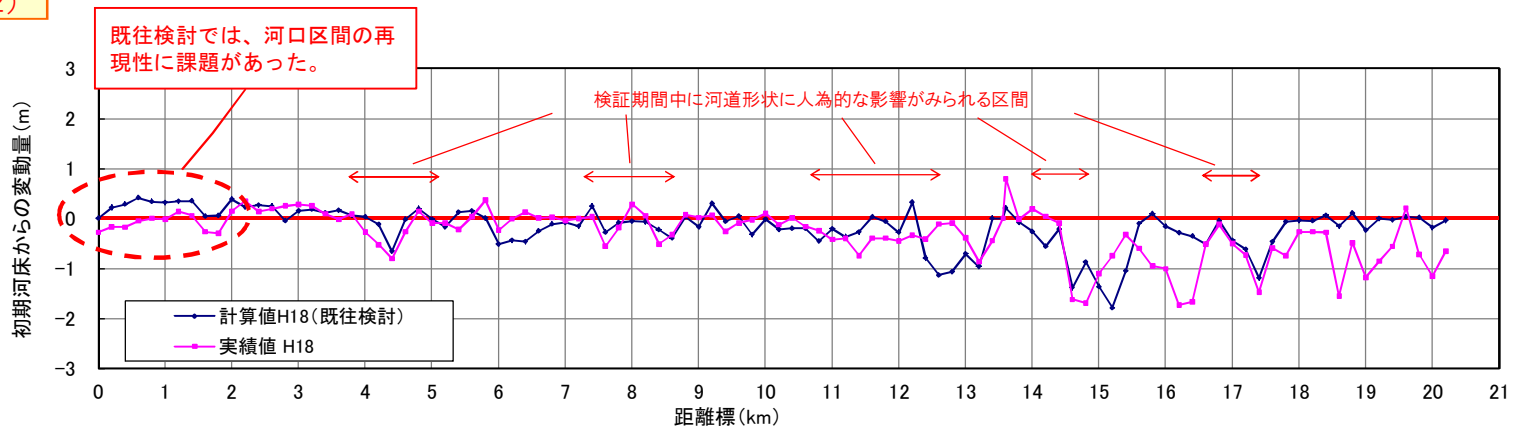
※◎(30%以上)、○(20%程度)、△(15%程度)の順で支配度が高い

土砂動態モデルによる検討　モデルの精度向上

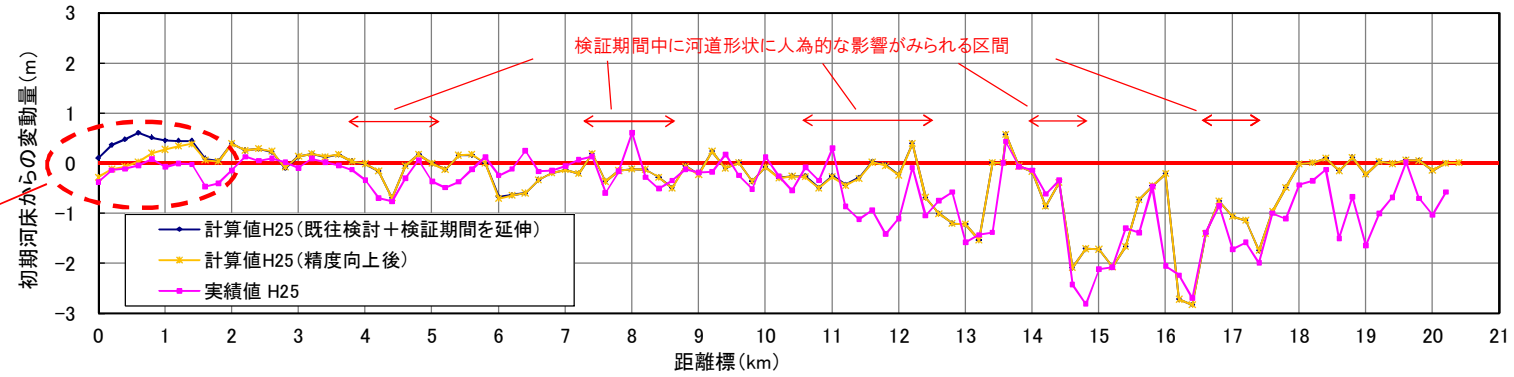
■既往検討で河床変動状況の再現性が十分ではなかった河口区間を対象に、モデルの精度向上を実施
■ 0.0kから0.6kの区間の初期河床の粒度構成について、既往検討では0.0kの河床材料調査結果ではなく、0.0k～6.4kの平均値を設定していた。
　今回の見直しでは、0.0kの河床材料調査結果を用いた。
■この結果、既往検討の検証計算でみられた過大な河床上昇が解消され、実績と同じ低下傾向となり、低下量の再現性も確保できている。
■河口区間の河床変動状況の再現性が向上したことから、今後、より精度の高い河床変動予測に基づいた河道の安定性の検討が可能となる。
■ただし、0.0kの河床材料調査結果を受け持ち区間として0.6kの区間まで使用しているが、今後定期横断測線と同じ200mピッチでの河床材料調査を実施し、河床変動計算モデルに反映することが望ましい。

河床変動モデルの検証計算結果（図2.12）

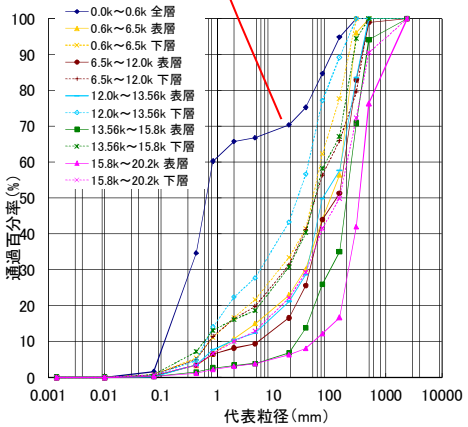
【検証期間:H13～H18】
（既往検討）

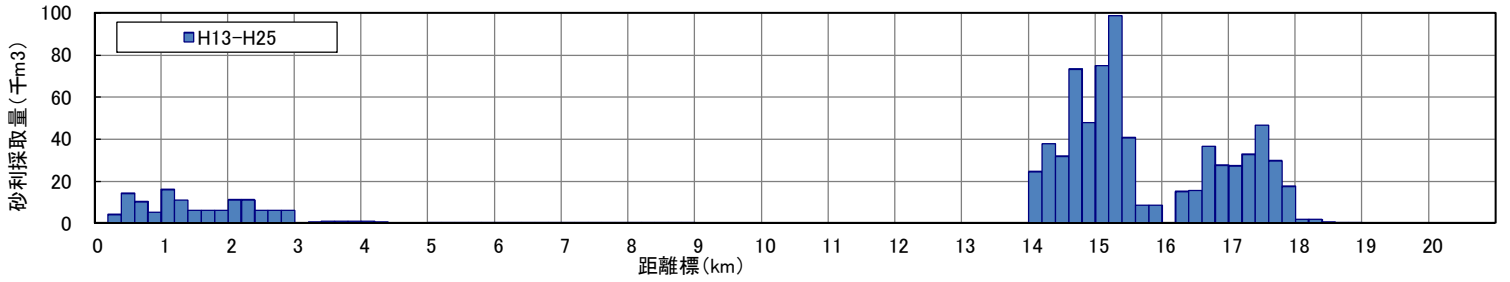


【検証期間:H13～H25】
（今回検討）



0.0～0.6kの区間の初期河床の粒度構成に、0.0kの河床材料調査結果を使用することにより、河口区間の再現性が向上した。





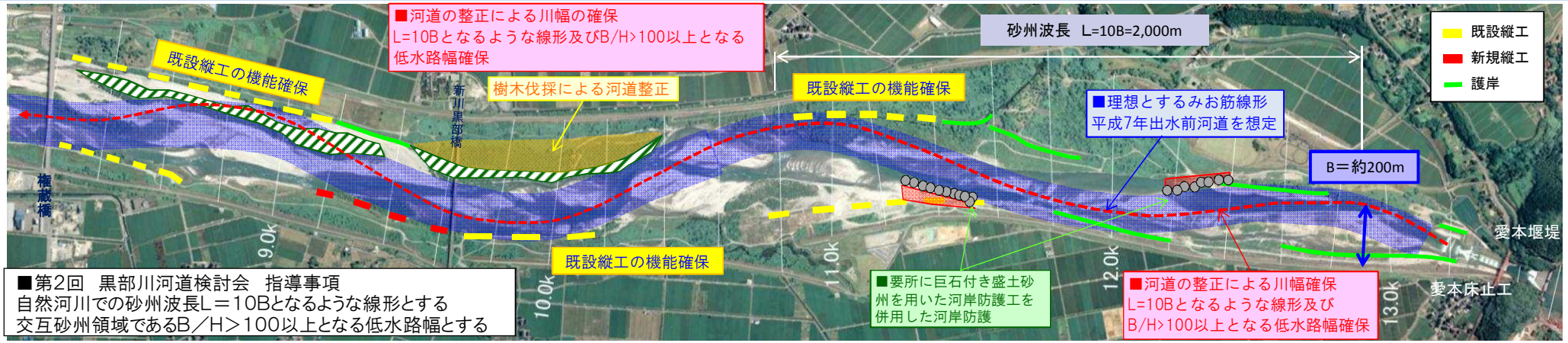
3.対応策（今後の河道整備の方向性）

黒部川の河道設定の考え方（1)平面計画･縦断計画

■河道特性の経年変化を踏まえ、目指すべき河道（治水と環境の相互に望ましい河道）として樹林化が生じておらず、急流河川特有の滑らかな主流部と低水路幅が確保されている平成7年出水前河道（H5河道をモデルとする）を設定
■基本的な考え方：愛本床止工下流の縦侵食の抑制による適正な川幅・蛇行波長が確保される河道を設定し、河岸際の侵食被災の進行による堤防決壊を防ぐ安全な河道計画を立案する

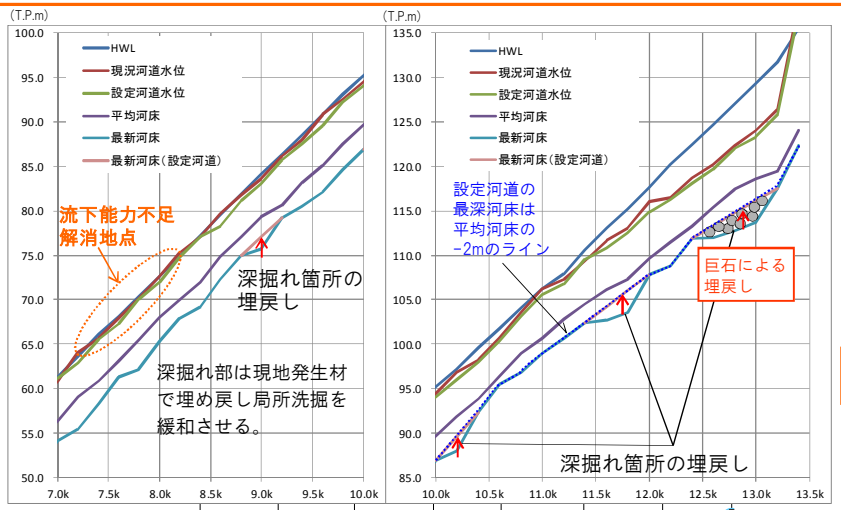
平面計画（図3.1）：自然河川が形成する洪水主流線に沿った滑らかなみお筋線形の設定

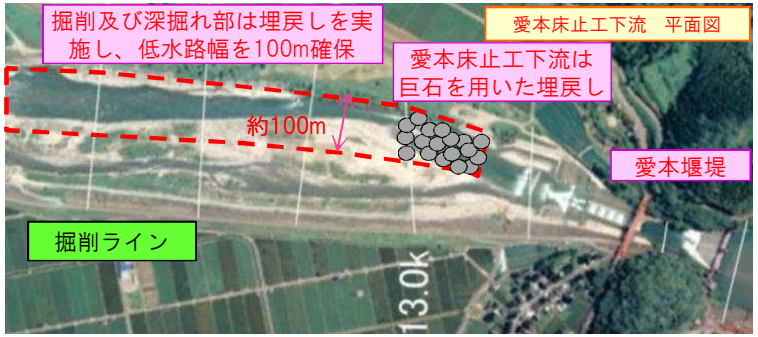
〇目標とする河道線形：過去の航空写真等より、平成7年出水前河道（平成5年）を設定
〇交互砂州（単列砂州）スケールの確保→低水路（常水路）幅の確保：L=10B（5～15B）の砂州スケールが形成されるような川幅の確保
〇みお筋を規定し、既存縦工が機能するように要所に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工及び河道の整正による流れの誘導を検討→縦断計画、横断計画参照
〇愛本床止工の再度の被災を防ぐため、川幅の拡幅や巨石を用いた埋戻しにより床止工下流の河床低下を抑制

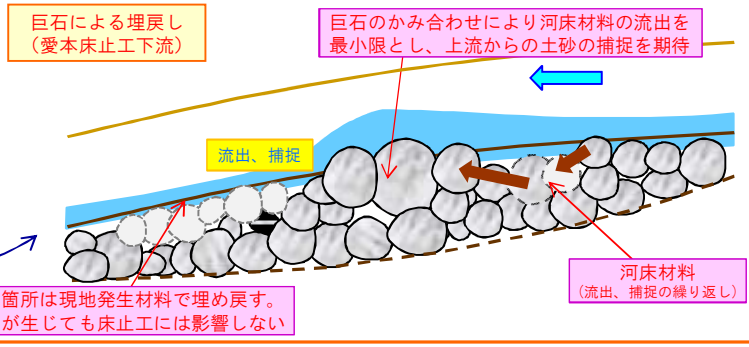


縦断計画（図3.2）：愛本床止工を被災させない縦断線形

〇縦断勾配の是正：現況河道の平均河床高、最深河床高より「計画河床勾配」を設定、最深河床高が上下流の断面に比べて局所的に深掘れしている断面は、上下流断面の最深河床高を内挿した河床高まで埋戻し→局所的な深掘れ箇所を埋め戻し、縦断河床勾配の安定化を図る
〇縦断勾配維持のための巨石活用：現時点において土砂供給が期待できない中で埋戻しだけでは土砂流出が想定されるため、1)縦断勾配是正＋河道整正、2)床止工下流は巨石を用いた深掘れ箇所の埋戻しをコスト、河床安定、環境等の観点から比較検討し、土砂の流出防止及び上流からの土砂捕捉を期待



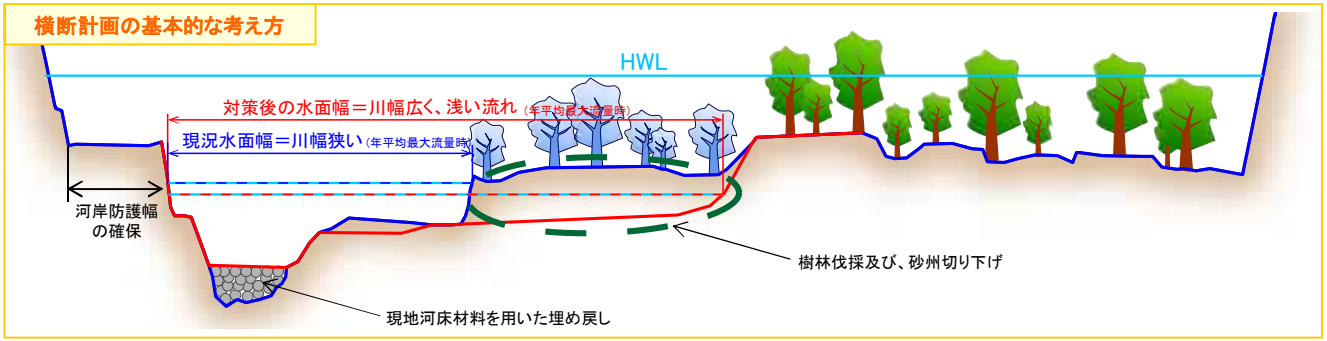




黒部川の河道設定の考え方 (2)横断計画

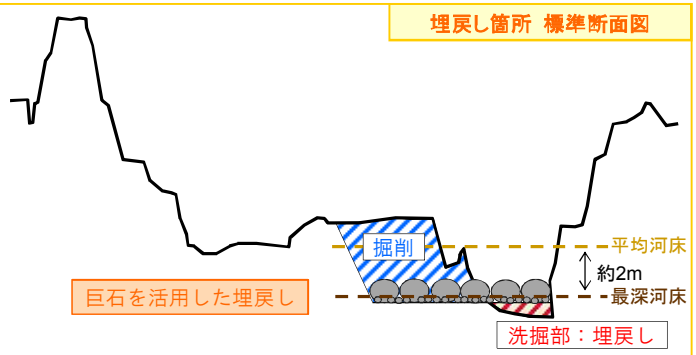
横断計画（図3.3）：河道整正の実施方針
河岸防護幅を確保しつつ、砂州の冠水頻度を高め、砂礫河原が維持可能な横断計画の立案

横断計画の基本的な考え方

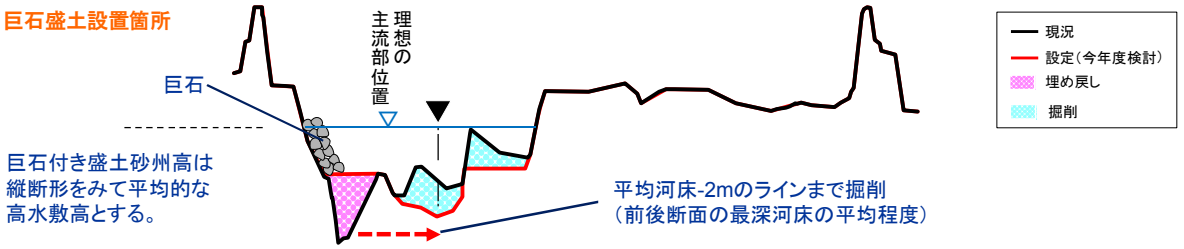


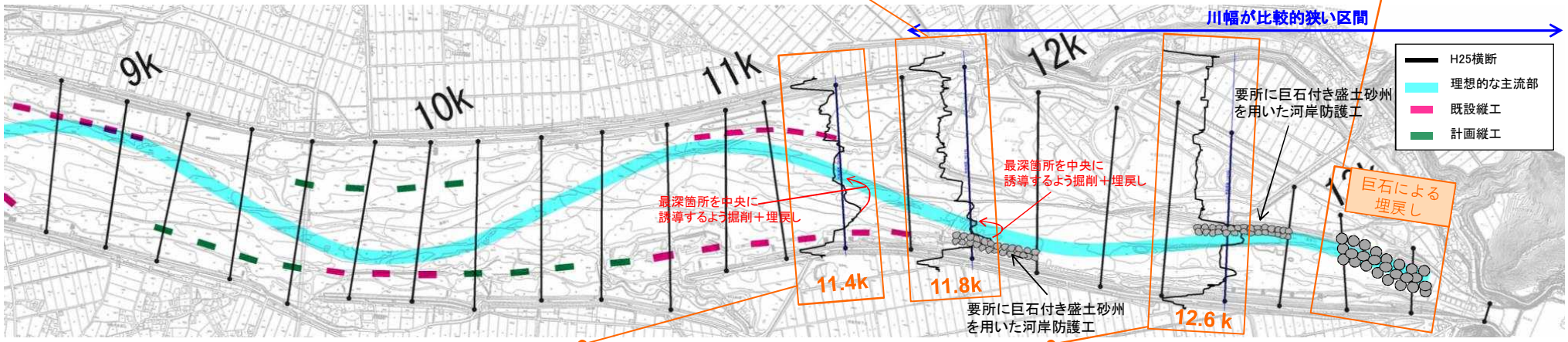
■対象流量の考え方
1,000m³/s程度を基本に検討を実施
【理由】
・平常時～中小出水規模ではみお筋内を流下している
・現況河道形状の形成に支配的となる流量規模としてみお筋満杯程度（＝1,000m³/s）
・構造物の再度災害防止の観点から、愛本床止工の被災が発生した出水（H23出水：愛本地点980m³/s）と同規模

埋戻し箇所 標準断面図

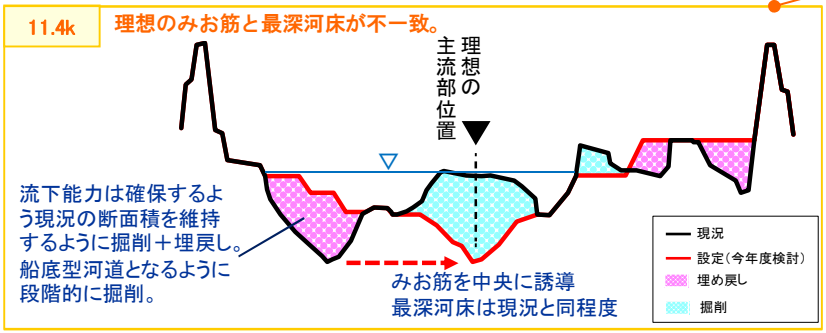


11.8k 巨石盛土設置箇所

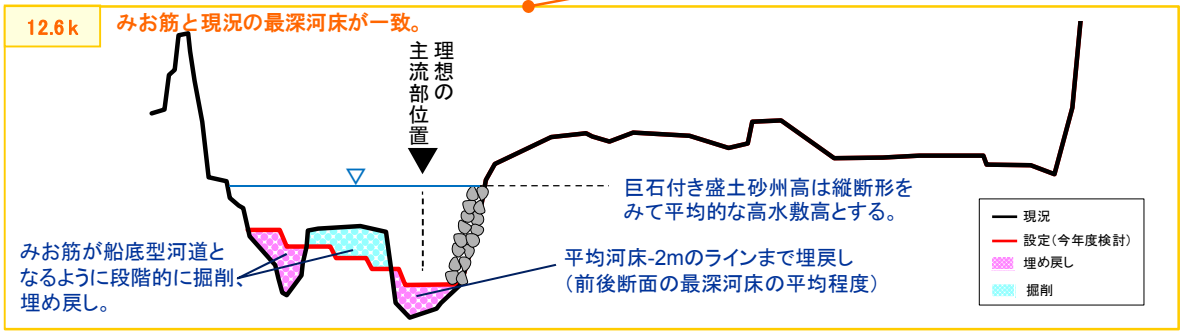




11.4k 理想のみお筋と最深河床が不一致。



12.6 k みお筋と現況の最深河床が一致。



黒部川の河道設定の考え方 (3)河岸侵食軽減の視点：愛本扇頂部区間のコントロール

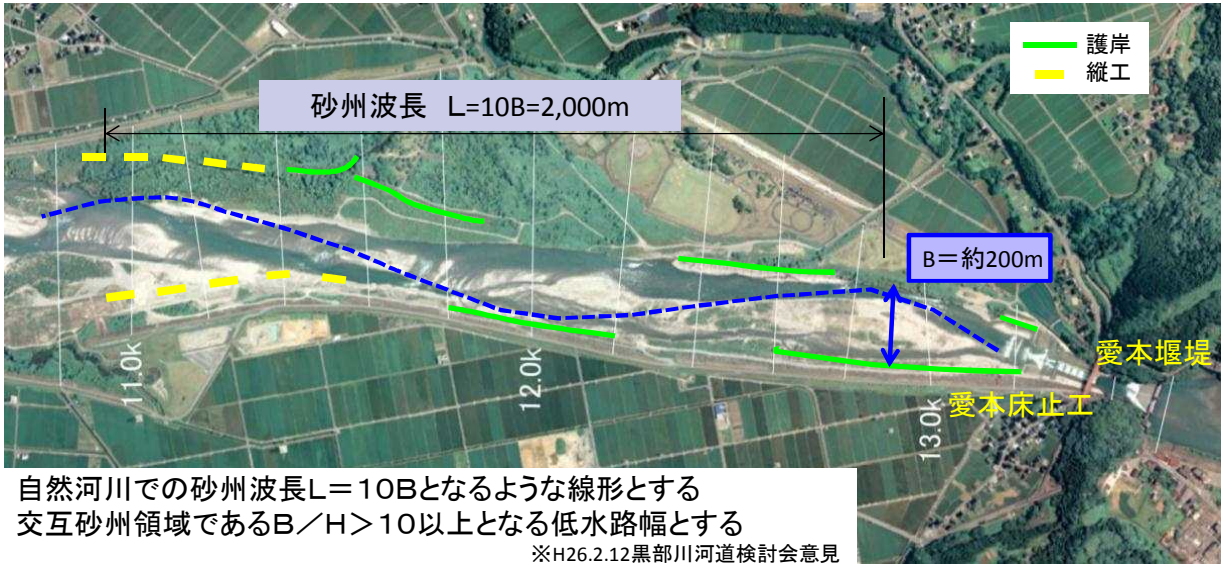
■愛本床止工直下流の澪筋の直線化により、護岸未施工区間が水衝部になり、河岸侵食に対する危険性を高めていると判断（図3.4）
■愛本床止工直下流のみお筋の直線化による直下流及び下流区間の河岸侵食の進行を抑制するため、河道整正と合わせて、急流河川である常願寺川で開発された「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」を要所に設置（図3.5、図3.6）
■愛本床止工再度被災防止、極端な深掘れ発生の防止を図る目的で、川幅の拡幅や巨石の土砂補足機能を期待した埋戻し箇所への巨石を活用。

河岸侵食を軽減させるための視点（図3.4）

◆愛本床止工直下流の澪筋の直線化により、護岸未施工区間が水衝部になり、河岸侵食に対する危険性を高めていると判断
【直線化の要因】
①愛本床止工の角度⇒低水路右岸側に集中した流れを形成
②12.4ｋより上流の低水護岸整備⇒流れの固定化や直線化の助長
③砂州の消失⇒右岸に集中した流れによる砂州の侵食(11.8k～12.2k)

愛本扇頂部区間の基本的な対策方針（図3.5）

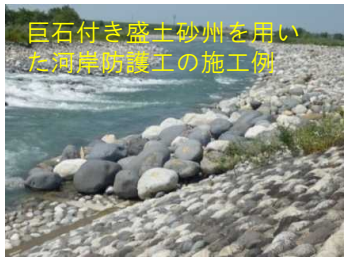
■平成7年出水前河道として、平成5年以前の河道（縦工模型実験を実施した当時の河道）を参考とする。
■既存施設（縦工、護岸）を有効活用する。
→滑らかなみお筋線形を形成させ、水衝部が既存施設にあたるようにする。
→みお筋形成は、河岸際の砂州をコントロールポイントとして、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による対策を基本とする。

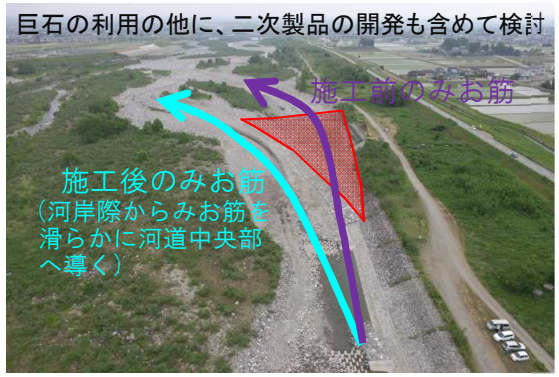


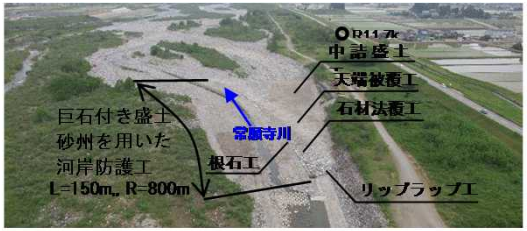
自然河川での砂州波長L＝10Bとなるような線形とする
交互砂州領域であるB／H＞10以上となる低水路幅とする
※H26.2.12黒部川河道検討会意見

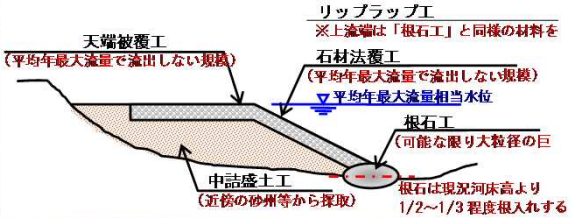
巨石等を用いた河岸防護工（施工イメージ）（図3.6）

◆常願寺川11.7kの巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の概要









黒部川の河道設定の考え方 (4)河道計画検討の進め方

■対象とする流量：1,000m³/s(平均年最大流量程度で、現在のみお筋形状の形成に支配的な流量規模)
2,000m³/s（低水路満杯程度の流量規模）、5,200m³/s（整備計画流量）を対象
■検討手順：愛本床止工の再度被災防止と極端な深掘れ箇所をなくすことを目的とした河道整正(整備メニュー①)
→巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流部の規定（整備メニュー②）→12kより下流区間での河道整正（整備メニュー③）を実施
各整備メニューでの平面二次元河床変動計算によるシミュレーションを実施(図3.7)

検討の進め方（図3.7）

対象範囲は7.0k～13.0k

黒部川における課題
課題１：愛本床止工下流での河床低下の抑制（再度被災の防止）
課題２：滑らかな主流の形成（主流の直線化防止）

■整備メニュー①
・主流部を誘導する河道整正
（12.0～13.2k）
【検討事項】
・深掘箇所等の埋戻しによる、縦断的に滑らかな河道整正
・低水路幅拡幅による主流の直線化の軽減
・巨石を用いた埋戻しによる河床低下抑制

河道整正のみでは愛本床止工下流の河床低下抑制が困難

■整備メニュー②
・巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の配置
【検討事項】
・12k～愛本間で直線化している低水路の誘導の可能性
・巨石付き盛土砂州の配置により12kより下流区間でも望ましいみお筋の波長が形成されるか

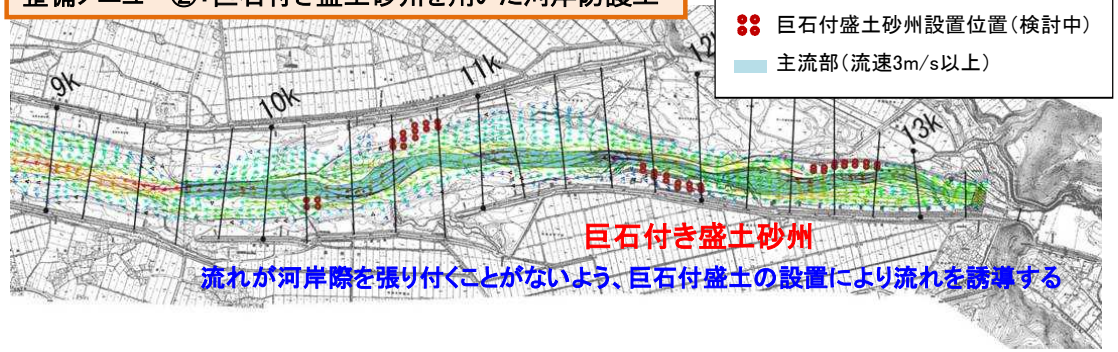
7k付近まで滑らかな主流が形成されているか？
→滑らかな主流は12k付近までであり、12kより下流で対策が必要

滑らかな主流部の形成

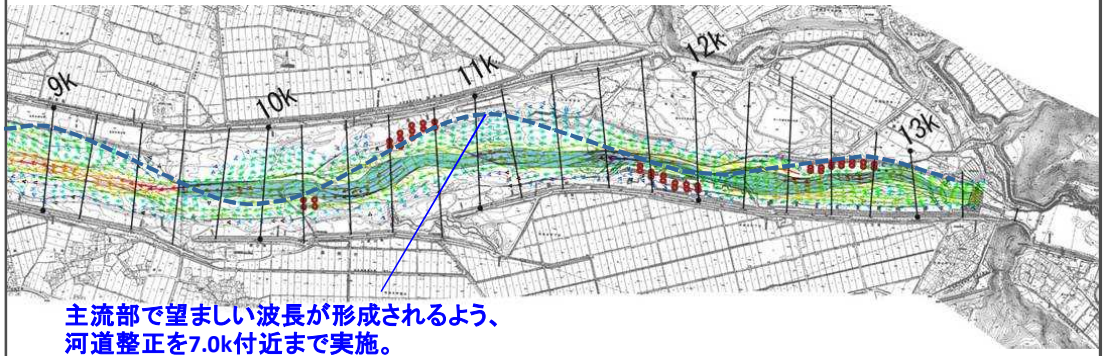
■整備メニュー③
・主流部を誘導する河道整正(7.0～12.0k)
【検討事項】
・深掘れ箇所等により主流部の張り付き等の可能性検討
・埋戻しも併用し、縦断的に河床高が滑らかとなる河道整正

整備メニュー①:河道の整正

整備メニュー②:巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工



整備メニュー③:河道の整正(7.0k～12.0k)による滑らかな主流の確保



平均年最大流量相当（1,000m³/s)を対象にした平面二次元洪水流・河床変動解析

愛本床止工下流区間整備メニュー 一覧表

■愛本床止工下流区間の整備メニュー案として、①主流部を誘導する河道整正（12.0k～13.2k）、②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置（①に追加）及び③主流部を誘導する河道整正延伸（7.0k～12.0k）（①②に追加）を検討

整備メニュー	①主流部を誘導する河道整正（12.0k～13.2k）		①＋②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置（12.4k右岸・11.8k左岸）	①+②+③主流部を誘導する河道整正の延伸（7.0k～12.0k）
概　要	縦侵食が抑制可能な適正な川幅・蛇行波長が確保される河道を設定し、床止工下流の河床を維持を目的とした河道整正を実施		①案で河岸沿いに高流速が発生し、侵食、破堤等の危険性が高いと考えられる12.4k右岸、11.8k左岸付近に「巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工」を設置し、主流を河岸から離し、洗掘・侵食を軽減させる	①②案において、滑らかな主流部は12.0k下流付近までであり、下流区間の滑らかな主流の形成を促すため、7.0k～12.0k区間についても適正な川幅・蛇行波長が確保される河道を設定
条　件	【低水路拡幅】 ○対象区間 12.0k～13.2k ○低水路拡幅 平均年最大流量相当でB/H=100程度を目標として100m拡幅案、150m拡幅案を検討	改善案 → 【低水路拡幅＋巨石による埋戻し】 ○対象区間 12.0k～13.2k ○深掘れ部の埋戻しによる縦断勾配の是正 巨石（φ800mm～1000mm程度）を活用した埋戻しを追加	＋改善案 → 【巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工】 ○設置箇所：12.4k右岸、11.8k左岸 ○設置諸元：高流速に対応するため、背後の河岸を含めて強固な構造が必要のため、既設護岸部に設置、L=150mとした。（常願寺川事例を参考）	＋改善案 → 【低水路拡幅】 ○対象区間：7.0k～12.0k ○低水路拡幅 100mを確保できるよう河道拡幅
参照ページ	【低水路拡幅のみ】 p35：流速ベクトル図 p36：水深コンター図 p37：河床変動量コンター図 p38：掃流力コンター図	【低水路拡幅＋巨石による埋戻し】 p39：流速ベクトル図 p40：水深コンター図 p41：河床変動量コンター図 p42：掃流力コンター図	p43：流速ベクトル図 p44：水深コンター図 p45：河床変動量コンター図 p46：掃流力コンター図	p47：流速ベクトル図 p48：水深コンター図 p49：河床変動量コンター図 p50：掃流力コンター図 p51：5,200m^3/s流下時の流速、水深、河床変動量
対象流量	1,000m^3/s（平均年最大流量程度で、現在の主流部形成に支配的な流量規模）【本資料に記載】 2,000m^3/s（低水路満杯程度の流量規模）【参考資料に記載】 5,200m^3/s（整備計画流量）【③案を除いて参考資料に記載】			
結果の概要	○主流部を誘導する河道整正（低水路拡幅）により、高流速、掃流力領域が解消。掘削幅は、試験施工等も考え、100m案を採用 ○河床低下効果は、低水路拡幅のみでは明確な効果が見られなかったため、巨石を活用した埋戻しを追加して検討	○河道整正に加え、愛本床止工下流を巨石等を用いて埋戻しを行うことで河床低下抑制効果が確認、一方で11.6k下流は、主流部の直進化が解消されないため、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流部の誘導について追加して検討	○巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置により、主流部を河道中央に寄せ、河岸際の高流速域が解消されることで侵食リスクが軽減される。 ○一方、滑らかな主流は河岸防護工下流区間までで下流区間は主流部の直進性が残る。このため、7k～12kの河道整正を追加して検討	○7.0k～12.0kの河道整正により、滑らかな主流部が形成 ○黒部川愛本床止工下流区間の河道計画メニューとしては、①河道整正（7.0k～13.0k）、②愛本床止工直下の巨石による埋戻し、③巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（12.4k右岸、11.8k左岸）とする。

整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)

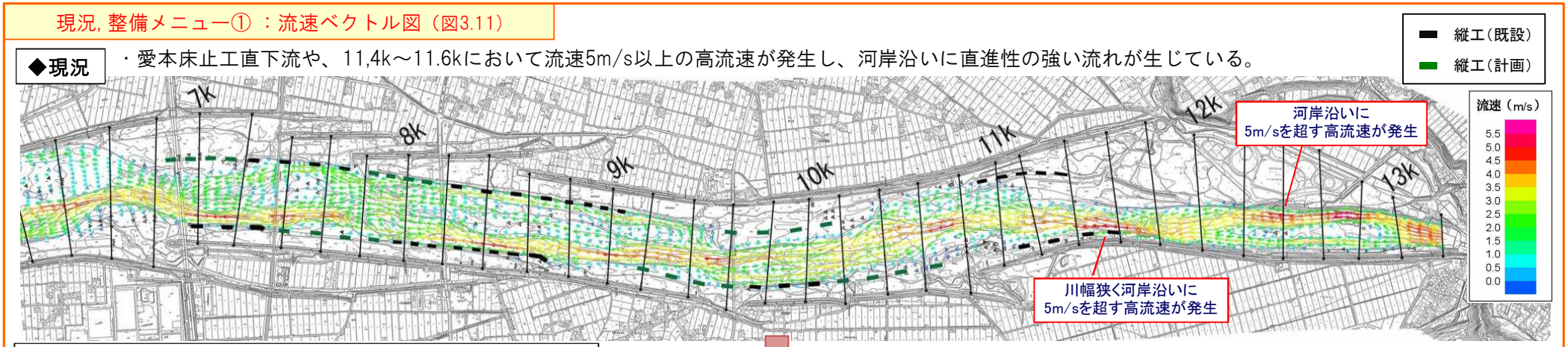
■整備メニュー①として、12.0k～13.2kにおいて主流部を誘導する河道整正を検討、検討ケースとして、掘削幅100m、150mの2ケースについて1,000m³/s流下時の流況を検討（図3.11）

■現況と比較すると、掘削幅100m、150mとも右岸に寄っていた主流部が広がり、高流速領域が緩和されており、掘削幅150mでは顕著となる一方、ほぼ川幅と同じ掘削幅となるため、主流部の直進性が大きくなる傾向にある。また、11.4k～11.6k左岸の高流速域は、いずれのケースについても解消されない

現況, 整備メニュー① ：流速ベクトル図（図3.11）

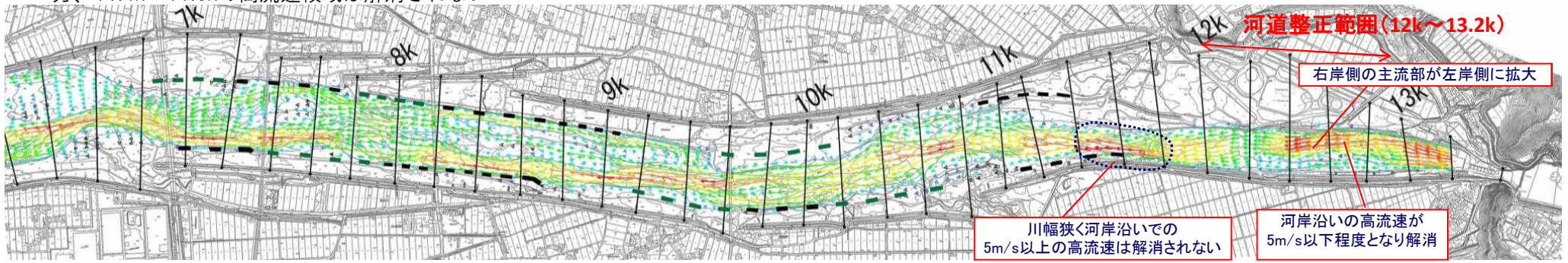
◆現況

・愛本床止工直下流や、11,4k～11.6kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生し、河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



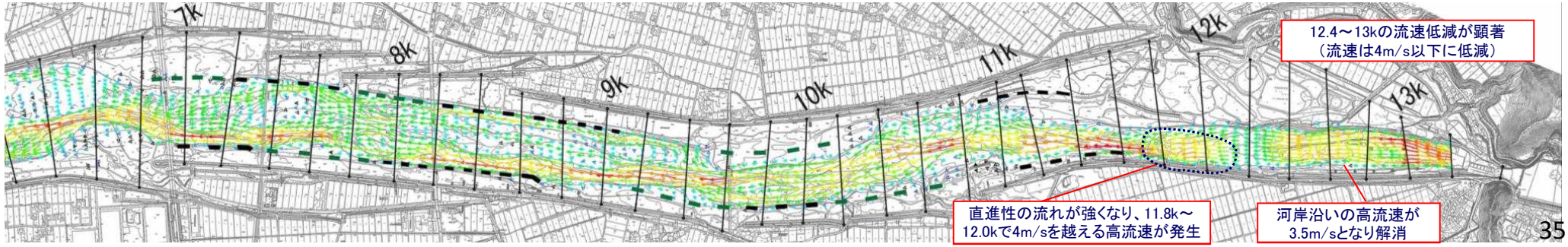
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正（主流部を100m程度に拡幅）により、12k～13kでは右岸に寄っていた主流部が広がり、高流速領域は緩和。
一方、11.4k～11.6kの高流速領域は解消されない



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅150m

・河道整正（主流部を150m程度に拡幅）により、12k～13kでの高流速領域は緩和されるが、主流部の直進性が顕著になる

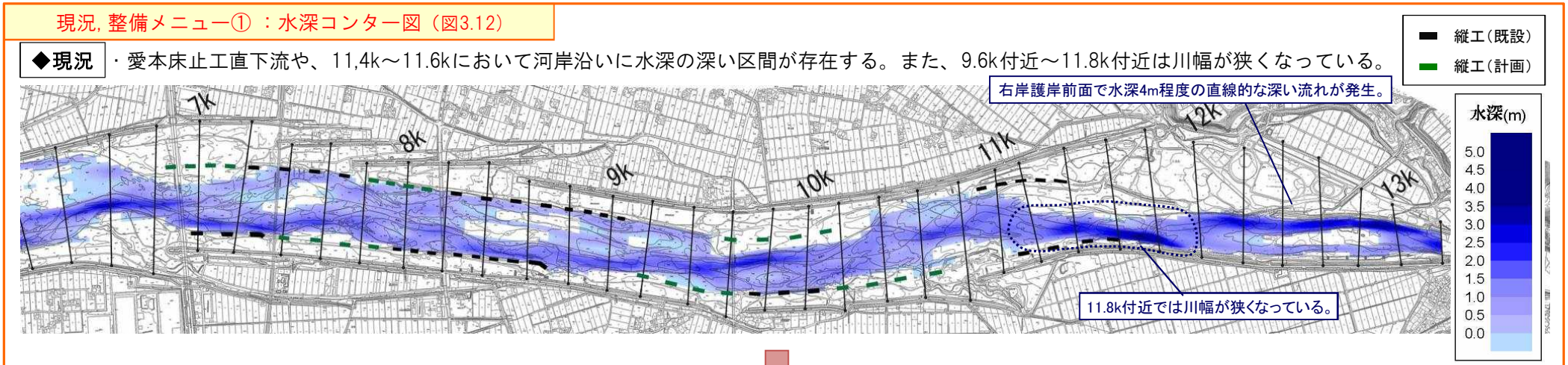


整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)

■現況河道、掘削幅100m、150mでの水深コンター図（ 1,000m³/s流下時）より、いずれのケースにおいても愛本床止工直下流での水面幅が広がり、右岸側に沿って発生していた水深の大きい区間が解消される。一方、11.4k～11.6k区間は川幅の変化が見られない結果となった（図3.12）

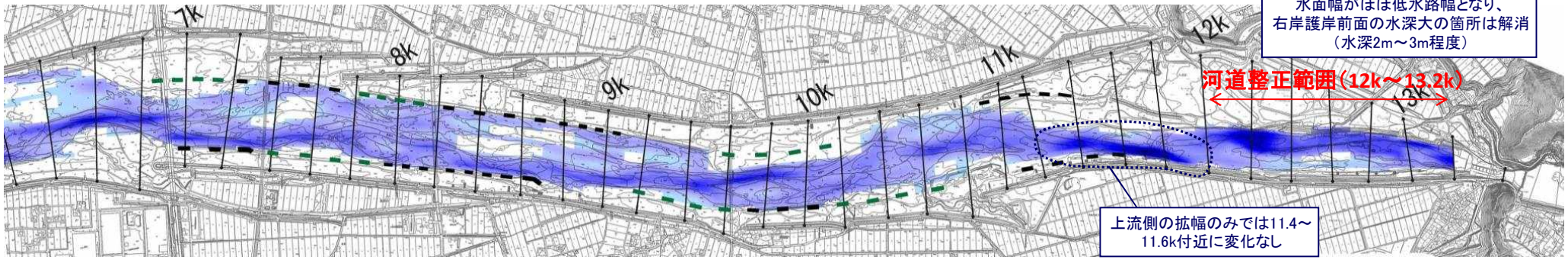
現況, 整備メニュー① ：水深コンター図（図3.12）

◆現況 ・愛本床止工直下流や、11,4k～11.6kにおいて河岸沿いに水深の深い区間が存在する。また、9.6k付近～11.8k付近は川幅が狭くなっている。



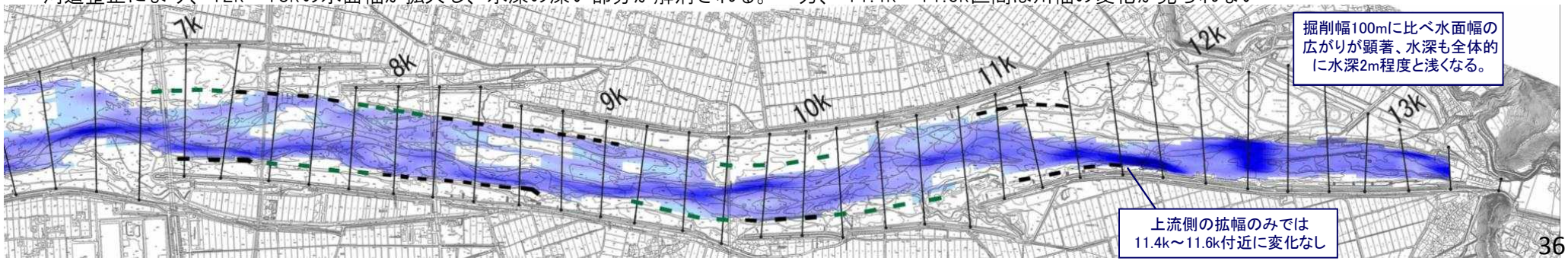
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正により、12k～13kの水面幅が拡大し、水深の深い部分が解消される。一方、 11.4k～11.6k区間は川幅の変化が見られない



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅150m

・河道整正により、12k～13kの水面幅が拡大し、水深の深い部分が解消される。一方、 11.4k～11.6k区間は川幅の変化が見られない



整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)

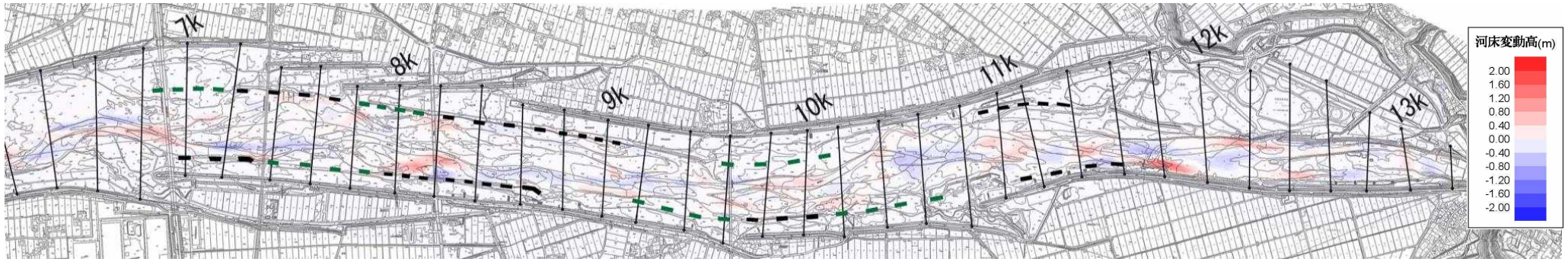
■現況河道、掘削幅100m、150mでの河床変動量コンター図（ 1,000m^3/s流下時）より、いずれのケースにおいても0.5m～1.0m程度の河床低下が発生し、河道整正のみでは、河床低下抑制効果が見られない（図3.13）

現況, 整備メニュー①：河床変動量（洪水後） （図3.13）

縦工(既設)
縦工(計画)

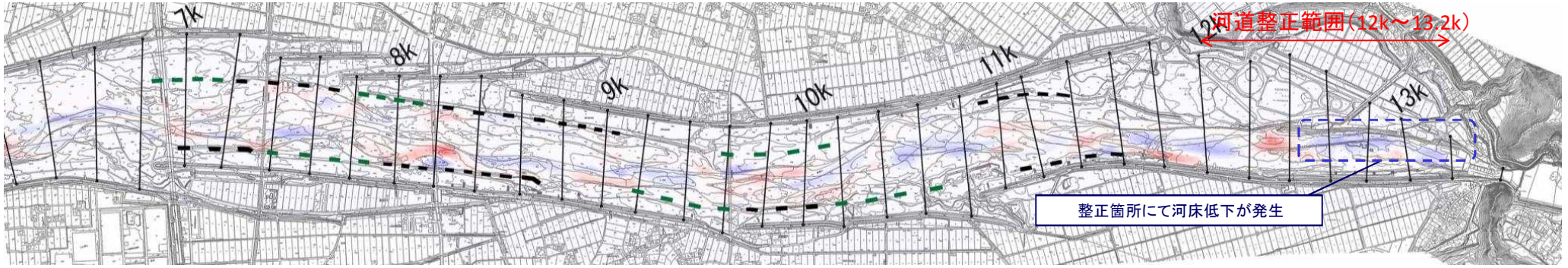
◆現況

・愛本直下流では50cm～1m程度の河床低下が生じている。また、高流速が発生している11.6k付近等で河岸沿いに河床低下が生じている。



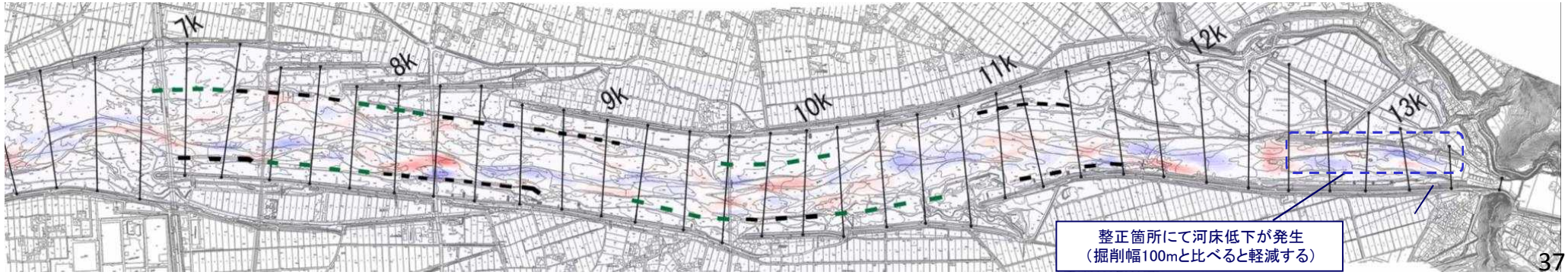
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正を行った12k～13k区間で0.5m～1.0mの河床低下が生じ、維持管理に課題が残る



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅150m

・掘削幅100mに比べ、12.6k～12.8k右岸での河床低下が軽減しているが、河床低下傾向となり、維持管理に課題が残る



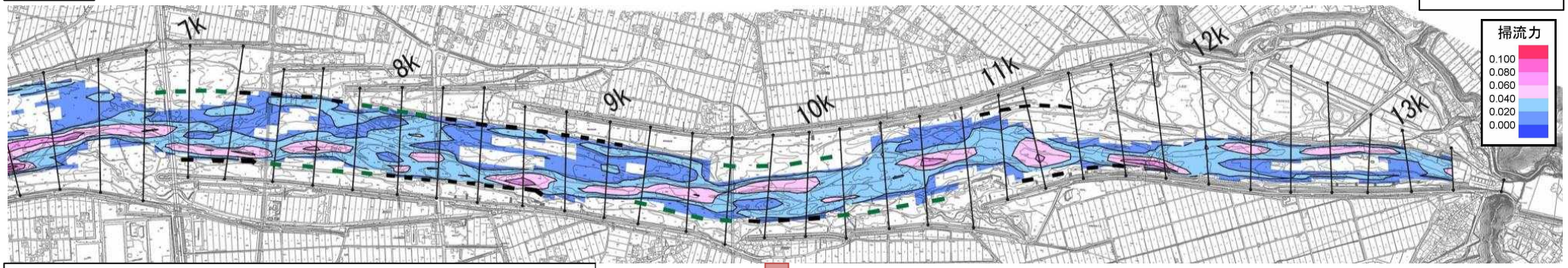
整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)

■現況河道、掘削幅100m、150mでの掃流力コンター図より、 現況河道で発生していた愛本床止工直下右岸の掃流力の高い領域が河道整正により解消、一方11.6kより下流区間はいずれのケースも現況と変わらない結果となった（図3.14）

■整備メニュー①の検討より、主流部を誘導する河道整正は高流速、掃流力領域の解消、分散により河床低下を緩和させる効果が確認、掘削幅については、いずれのケースも効果が確認されたため、コスト面等を勘案し、100mのケースで以降の検討を実施

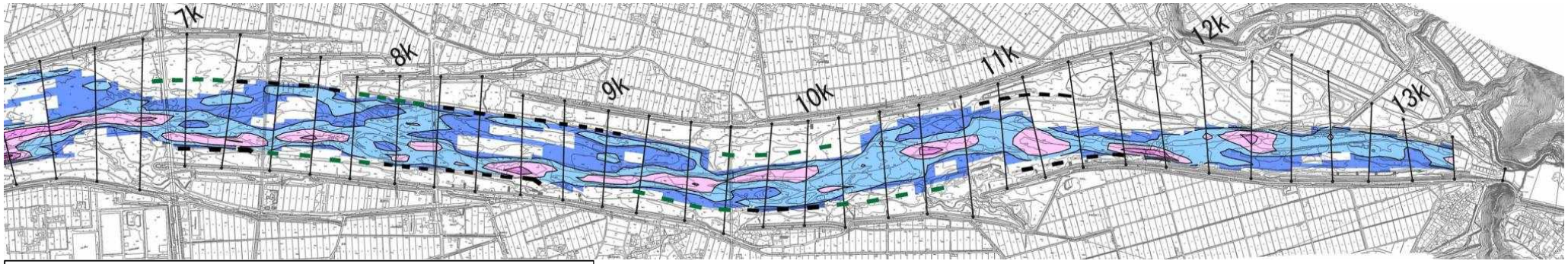
現況, 整備メニュー① ：無次元掃流力コンター図（図3.14）

◆現況　・愛本床止工直下流や、11,6～11.8k、9.0kより下流の河岸沿いに0.06を超える高い掃流力が発生している。



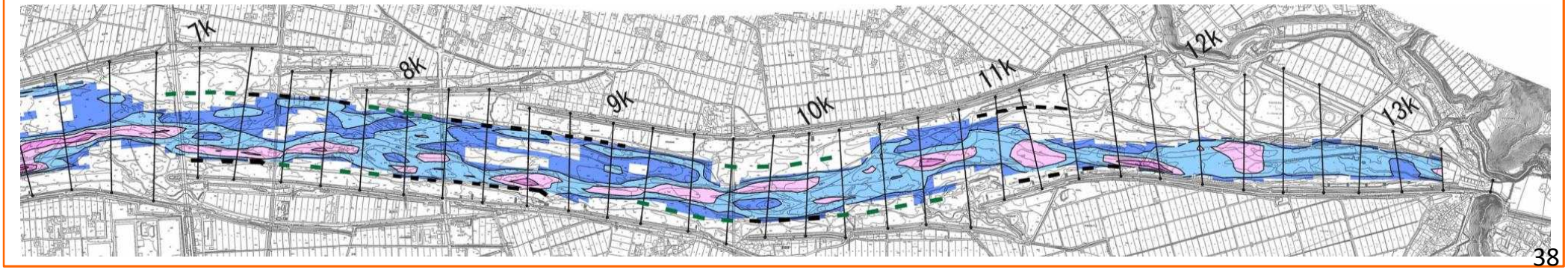
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・12.0k上流では河岸沿いの帯状の高い掃流力は解消。ただし、12.0k区間下流では継続して発生。



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅150m

・12.0k上流では河岸沿いの帯状の高い掃流力は解消。12～13k区間では横断方向に大きな掃流力の変化はない。

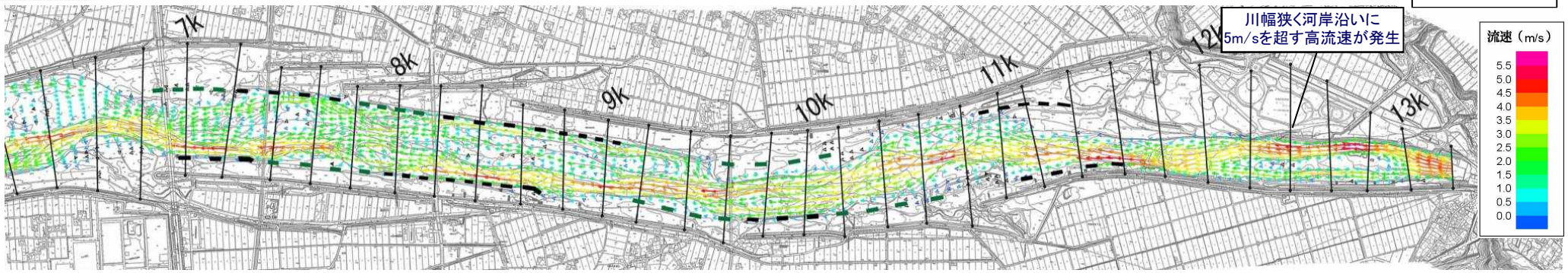


整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)＋巨石による埋戻し効果

■12.0k～13.2kの河道整正（掘削幅100m）案のみでは、愛本床止工の河床低下がみられたことから、土砂の流出防止と上流からの土砂捕捉を期待して、巨石（φ800mm～1,000mmを想定）による深掘れ部の埋戻しを検討（図3.2イメージ図参照）
■流速ベクトル図より、愛本床止工直下流（13.0k～13.2k）で流速の低減効果を確認（図3.15）

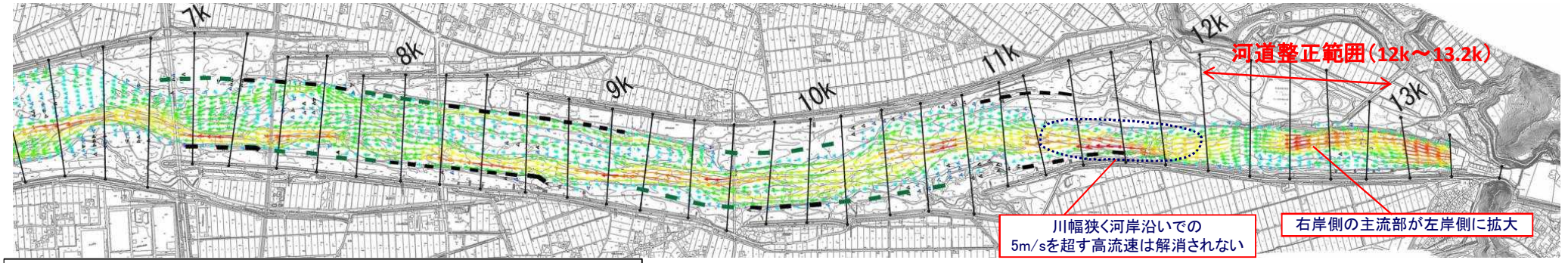
現況, 整備メニュー① ：流速ベクトル図（図3.15）

◆現況　・愛本床止工直下流や、11.4k～11.6k左岸において流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



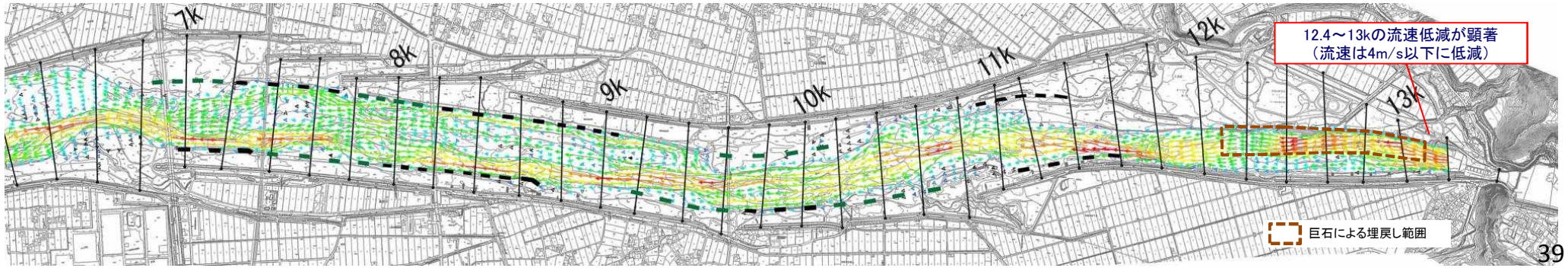
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正（主流部を100m程度に拡幅）により、12k～13kでは右岸に寄っていた主流部が広がり、高流速の箇所は緩やかになっている。



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・巨石により深掘箇所を埋め戻すことにより、床止工直下流での流速が5m/s程度から4m/s程度に軽減している。

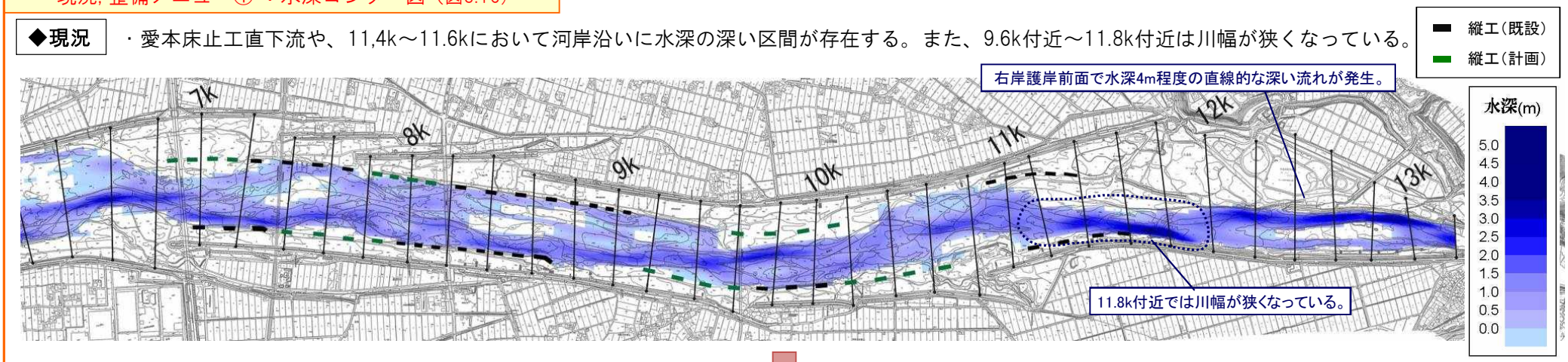


整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)＋巨石による埋戻し効果

■整備メニュー①（河道整正）において深掘れ箇所を巨石を用いた埋戻しを実施した際の各ケースごとの水深コンター図(Q=1000m^3/s)より、
巨石の埋戻しにより、愛本床止工下流での水深は12k～13.2kの間でわずかに減少（図3.16）

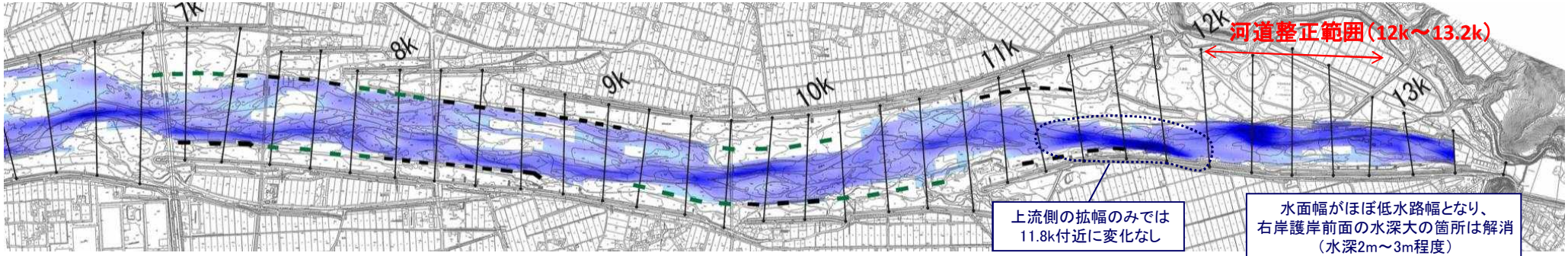
現況, 整備メニュー① ：水深コンター図（図3.16）

◆現況　・愛本床止工直下流や、11,4k～11.6kにおいて河岸沿いに水深の深い区間が存在する。また、9.6k付近～11.8k付近は川幅が狭くなっている。



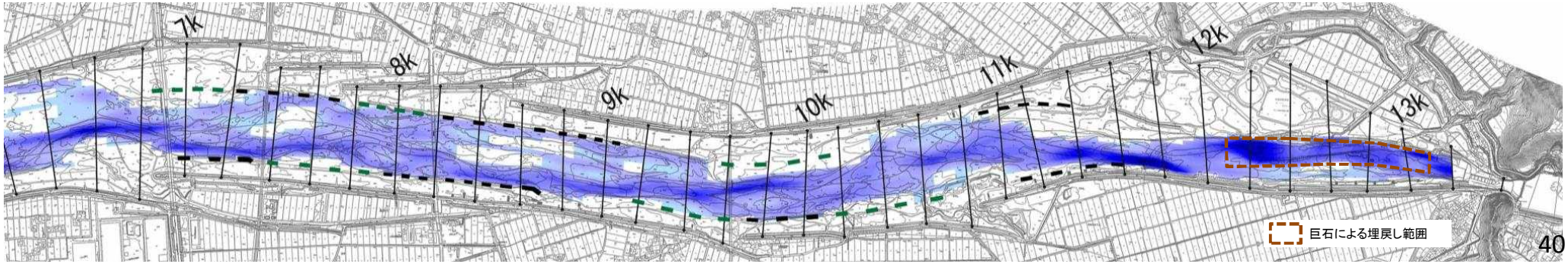
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正により、12k～13kの水面幅が拡大し、水深の深い部分が解消される。一方、 11.4k～11.6k区間は川幅の変化が見られない



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・巨石による埋め戻しにより、埋め戻し箇所の水深は減少傾向。ピーク流量発生時の流速による河床低下量の軽減によるものと推測



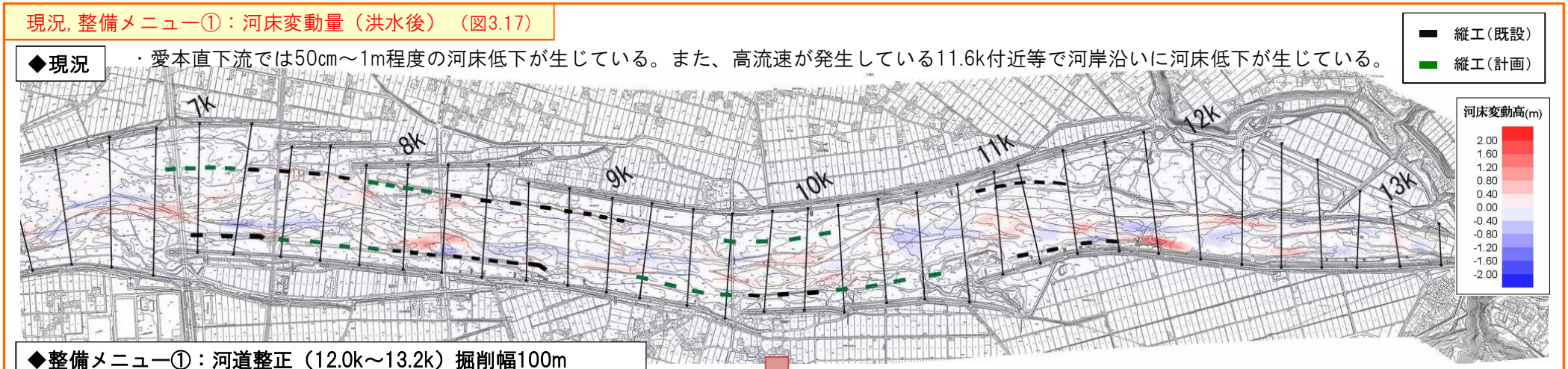
整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)＋巨石による埋戻し効果

■整備メニュー①（河道整正）において深掘れ箇所を巨石を用いた埋戻しを実施した際の各ケースごとの河床高変化図(Q=1000m³/s)を示す。 （図3.17）
■巨石の埋戻しにより、愛本床止工下流での河床低下抑制効果を確認

現況, 整備メニュー①：河床変動量（洪水後） （図3.17）

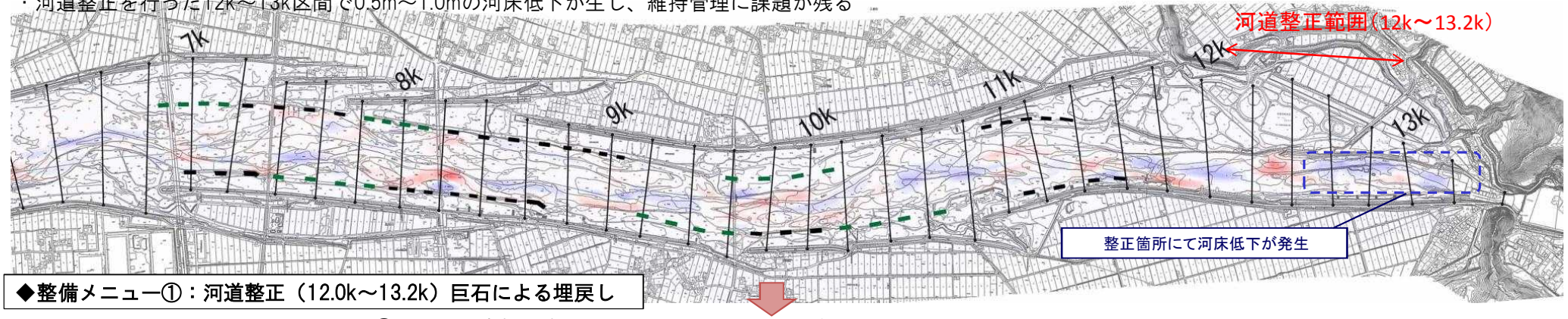
◆現況

・愛本直下流では50cm～1m程度の河床低下が生じている。また、高流速が発生している11.6k付近等で河岸沿いに河床低下が生じている。



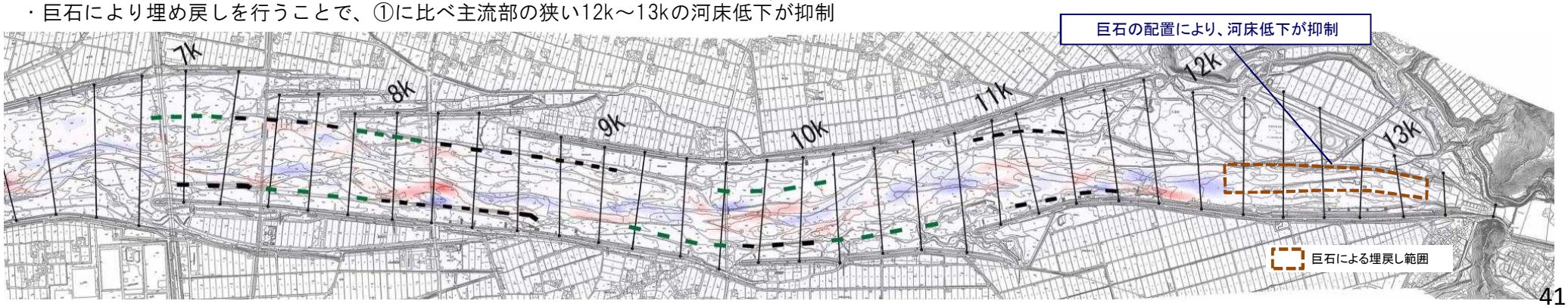
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・河道整正を行った12k～13k区間で0.5m～1.0mの河床低下が生じ、維持管理に課題が残る



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・巨石により埋め戻しを行うことで、①に比べ主流部の狭い12k～13kの河床低下が抑制



整備メニュー①主流部を誘導する河道整正(12.0k～13.2k)＋巨石による埋戻し効果

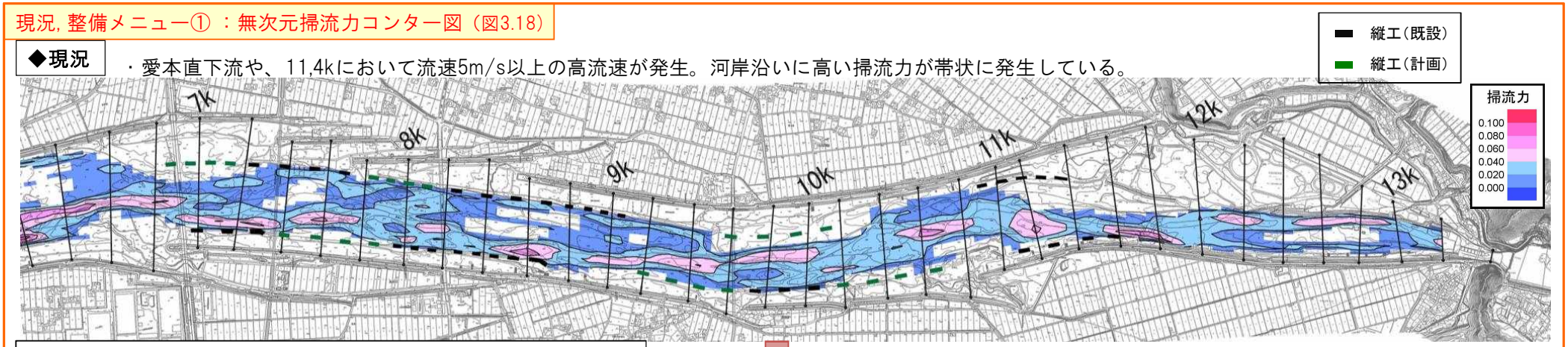
■整備メニュー①（河道整正）において深掘れ箇所を巨石を用いた埋戻しを実施した際の各ケースごとの無次元掃流力コンター図(Q=1000m³/s)を見ると、巨石の埋戻しにより、愛本床止工下流での無次元掃流力が軽減、一方、12kより下流では継続して河岸沿いに帯状の高掃流力の範囲が発生（図3.18）

■以上の結果より、河道整正に加え、愛本床止工下流を巨石等を用いて埋戻しを行うことで河床低下抑制効果が確認、一方で11.6k下流は、主流部の直進化が解消されないため、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流部の誘導について検討

現況，整備メニュー①：無次元掃流力コンター図（図3.18）

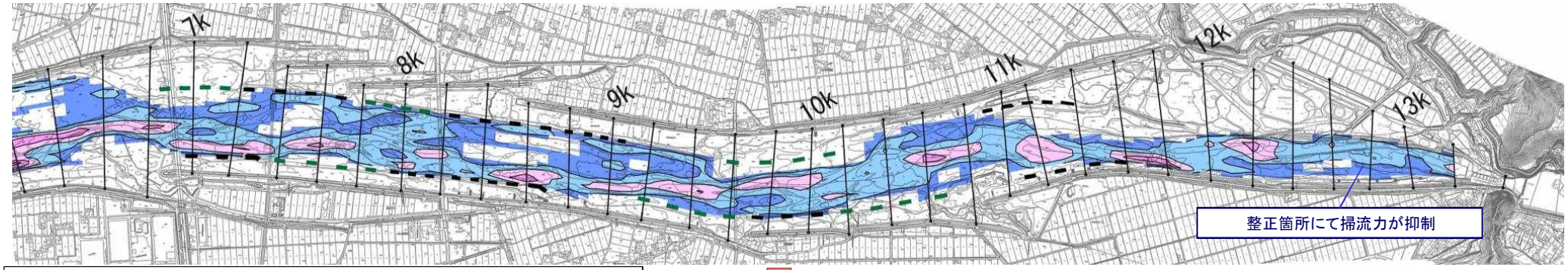
◆現況

・愛本直下流や、11,4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに高い掃流力が帯状に発生している。



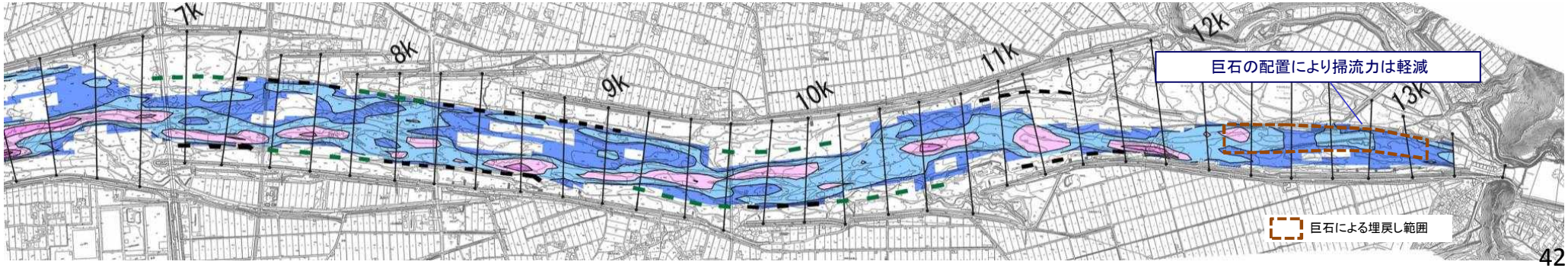
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）掘削幅100m

・12.0k上流では河岸沿いの帯状の高い掃流力は解消。ただし、掘削区間下流では継続して発生。



◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・巨石の配置により、12k～13.2kの無次元掃流力は軽減。



整備メニュー②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の配置

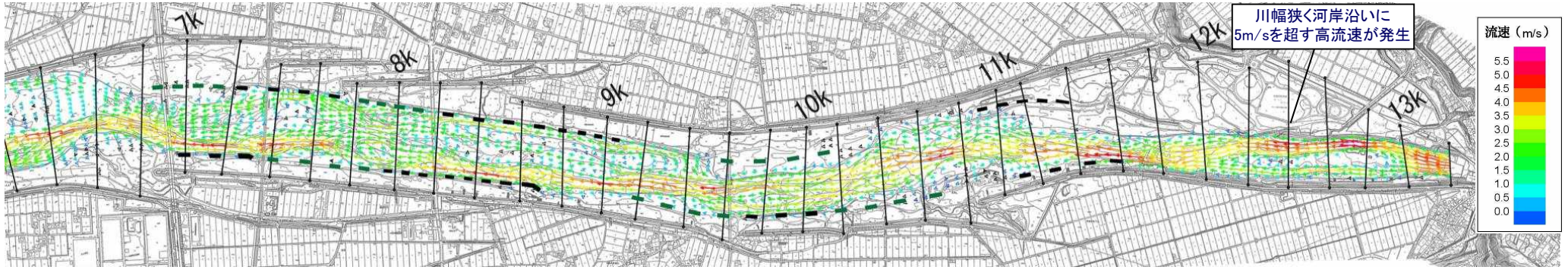
■整備メニュー①案で河岸沿いに直線的な流れが発生している12.4k右岸、11.8k左岸付近に巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工設置を検討 （図3.19）
■巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（以下、河岸防護工）の配置により、1,000m^3/s流下時において12.4k右岸、11.8k左岸付近の河岸沿いに直線的に発生している流れが河岸から離れ、主流を河道中央に寄せ、河岸沿いの流速が軽減されていることを確認（図3.19）

現況, 整備メニュー①～② ：流速ベクトル図（図3.19）

縦工（既設）
縦工（計画）

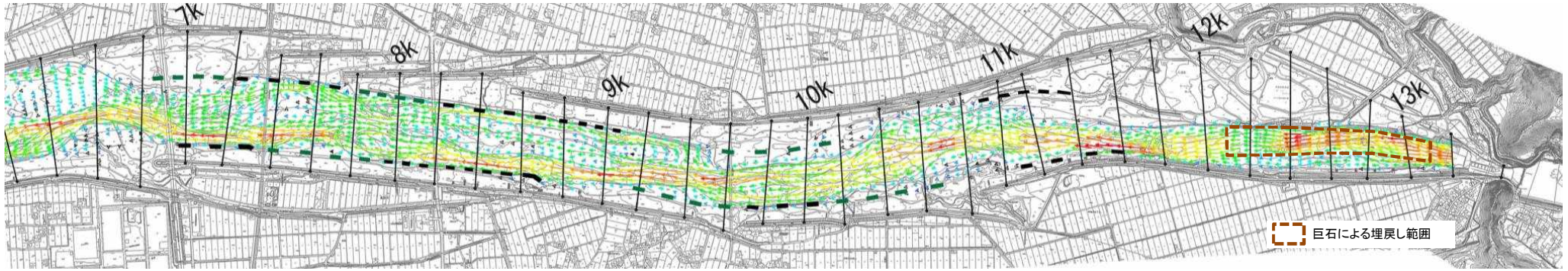
◆現況

・愛本直下流や、11.4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



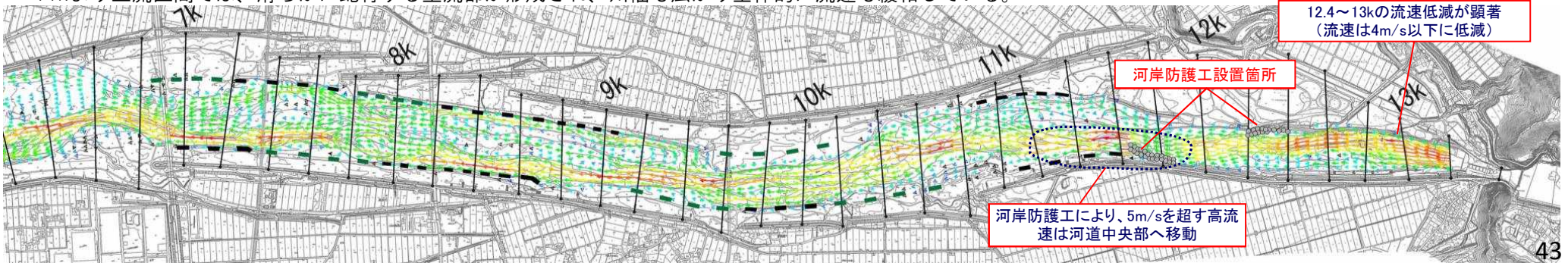
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・河道整正（拡幅および巨石による埋戻し）により、12k～13kでは右岸に寄っていた主流部が広がり、高流速の箇所は緩やかになっている。



◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・11kより上流区間では、滑らかに蛇行する主流部が形成され、川幅も広がり全体的に流速も緩和している。

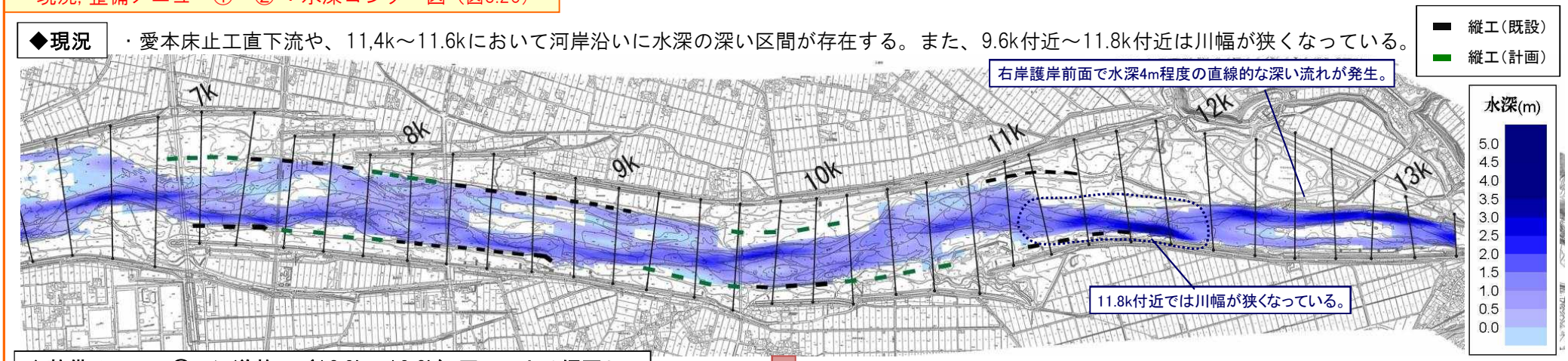


整備メニュー②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の配置

■現況、整備メニュー②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）を実施した際の各ケースごとの水深コンター図(Q=1000m³/s)より、
11.8k左岸付近に河岸防護工を配置することで、河岸沿いの直線的な流れが右岸に振られ、対岸側の砂州上が冠水している（図3.20）

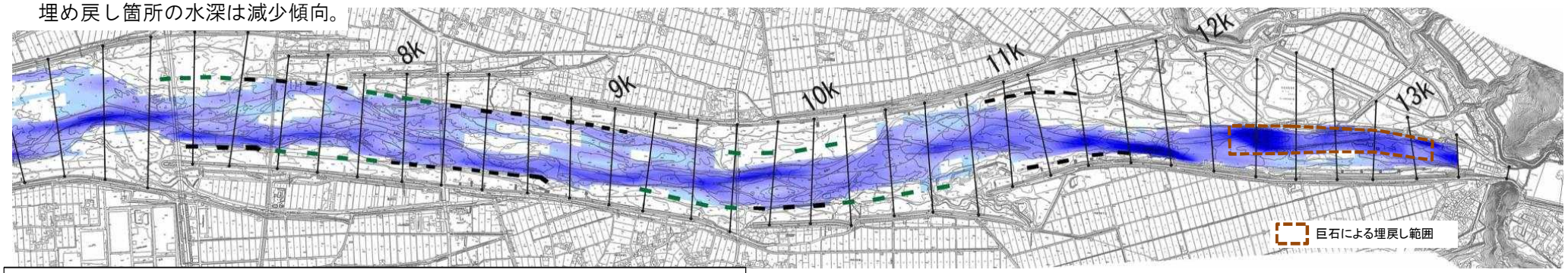
現況, 整備メニュー①～② ：水深コンター図（図3.20）

◆現況　・愛本床止工直下流や、11,4k～11.6kにおいて河岸沿いに水深の深い区間が存在する。また、9.6k付近～11.8k付近は川幅が狭くなっている。



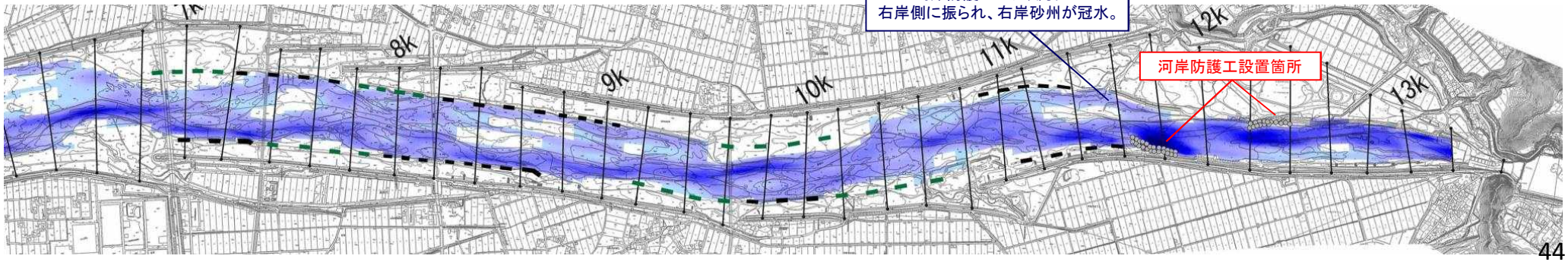
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・河道整正により、12k～13kの水面幅が拡大し、水深の深い部分が解消される。一方、 11.4k～11.6k区間は川幅の変化が見られない。巨石による埋め戻しにより、埋め戻し箇所の水深は減少傾向。



◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・河岸防護工により、11k付近まで低水路幅全体で流れが発生している。



整備メニュー②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の配置

■現況、整備メニュー②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）を実施した際の各ケースごとの河床高変動図(Q=1000m³/s)を見ると、
特に11.8k左岸の河岸防護工により、左岸河岸の縦工沿いに発生していた洗掘箇所が解消され、河道中央部に移動している。
■また、河岸防護工先端部は堆積傾向となり、河岸侵食のリスクが軽減している（図3.21）

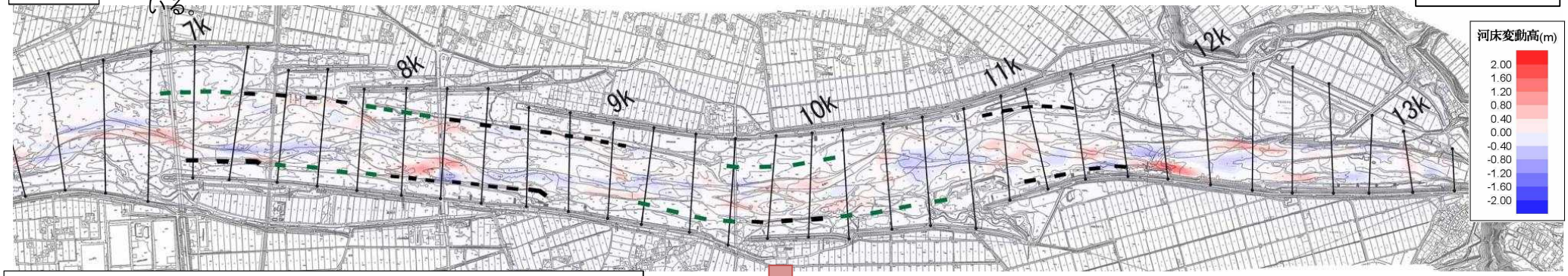
現況, 整備メニュー①～②：河床変動量（洪水後）（図3.21）

縦工（既設）
縦工（計画）

河床変動高(m)
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
-0.40
-0.80
-1.20
-1.60
-2.00

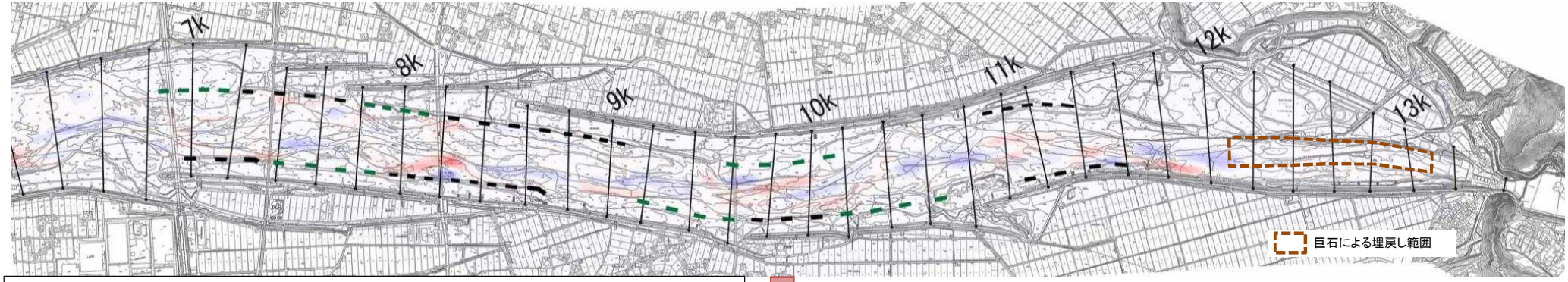
◆現況

・愛本直下流では50cm～1m程度の河床低下が生じている。また、高流速が発生している11.6k～11.8k付近等で河岸沿いに河床低下が生じている。



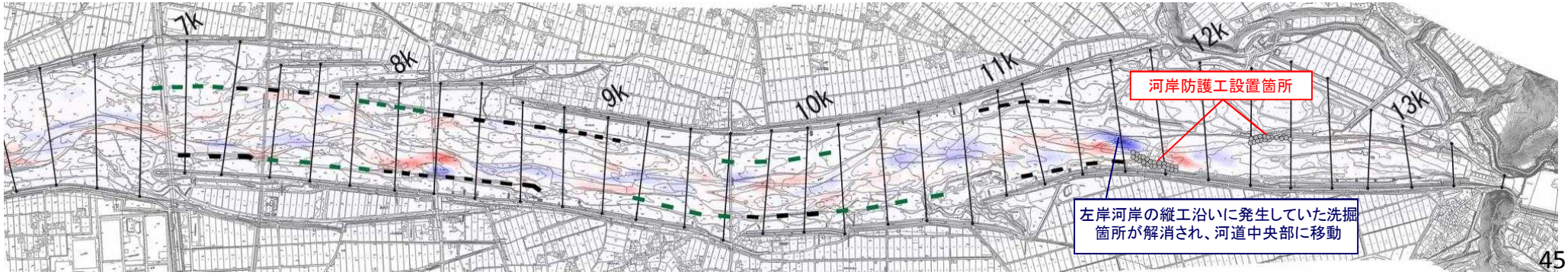
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・河道整正により12k～13kでは極端な深掘れ箇所はなくなり、愛本床止工の再度被災防止の効果を発揮。



◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・河岸防護工による河床高への影響は小さく、砂州の上流側で堆積、先端部で河床低下が見られる。

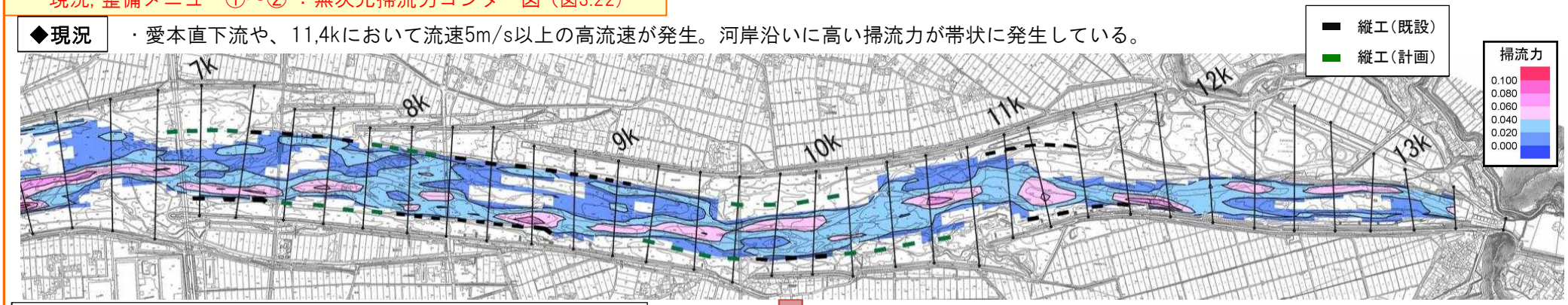


整備メニュー②巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の配置

■現況、整備メニュー②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）を実施した際の各ケースごとの無次元掃流力コンター図(Q=1000m³/s)を示す。（図3.22）
■河岸防護工の配置により、11.6～11.8k左岸の河岸沿いに帯状に発生している高掃流力の範囲が河岸から離れ、河岸防護工の前面に移動。
■以上の結果、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置により、主流部を河道中央に寄せ、河岸際の高流速域が解消されることで侵食リスクが軽減されることを確認、一方、滑らかな主流は河岸防護工下流区間までで下流区間は主流部の直進性が残る。このため、以降の検討では、7k～12kの河道整正を実施

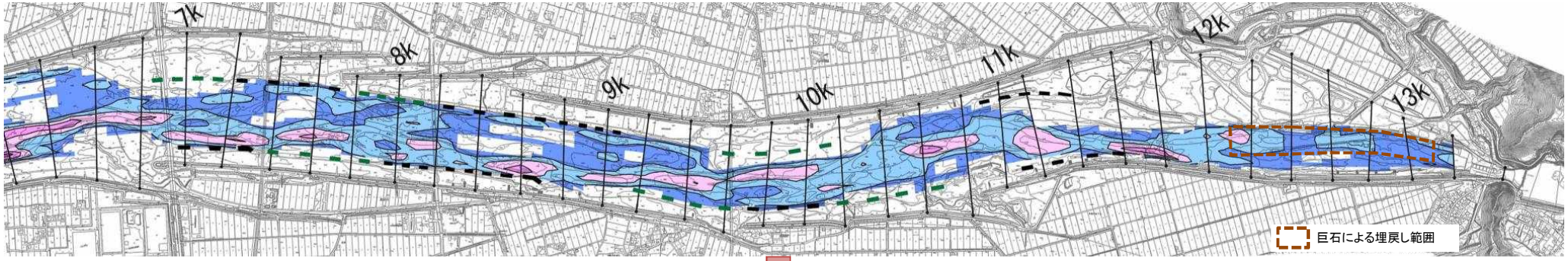
現況, 整備メニュー①～② ：無次元掃流力コンター図（図3.22）

◆現況　・愛本直下流や、11,4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに高い掃流力が帯状に発生している。



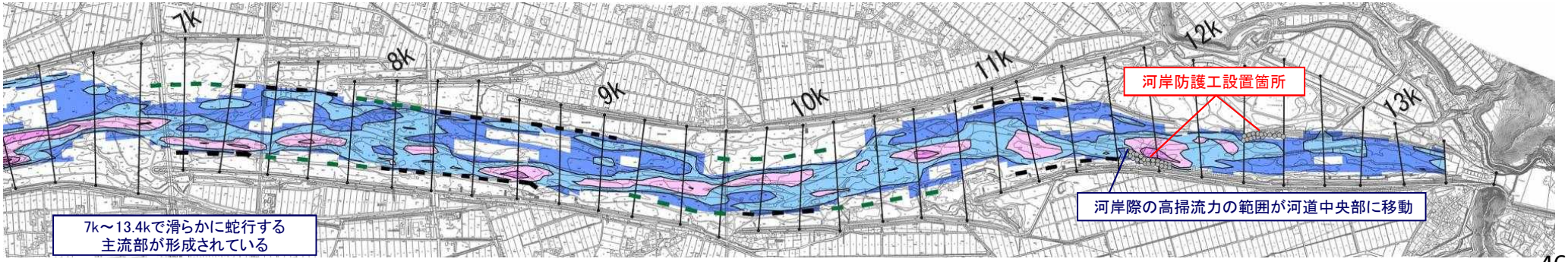
◆整備メニュー①：河道整正（12.0k～13.2k）巨石による埋戻し

・巨石の配置により、12k～13.2kの無次元掃流力は軽減。



◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・河岸沿いに発生している高掃流力の範囲は河岸防護工により河道中央へ向かう流れへ誘導され、河岸から離れた箇所で発生。

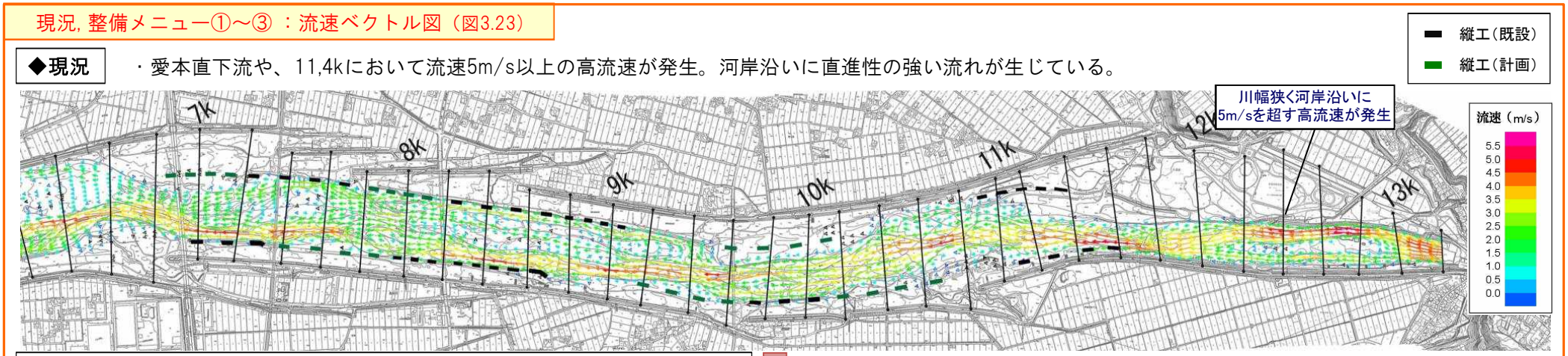


整備メニュー③主流部を誘導する河道整正（7.0k～12.0k）

■現況、整備メニュー①（河道整正）、②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）の対策を実施した際の各ケースの流速ベクトル図(Q=1000m³/s)を示す。
■整備メニュー①、②により愛本床止工下流の直線的な流れは11k付近まで解消されるが、7.0k～12.0kの河道整正により、滑らかな主流部が形成、7kまでの河道整正が必要（図3.23）

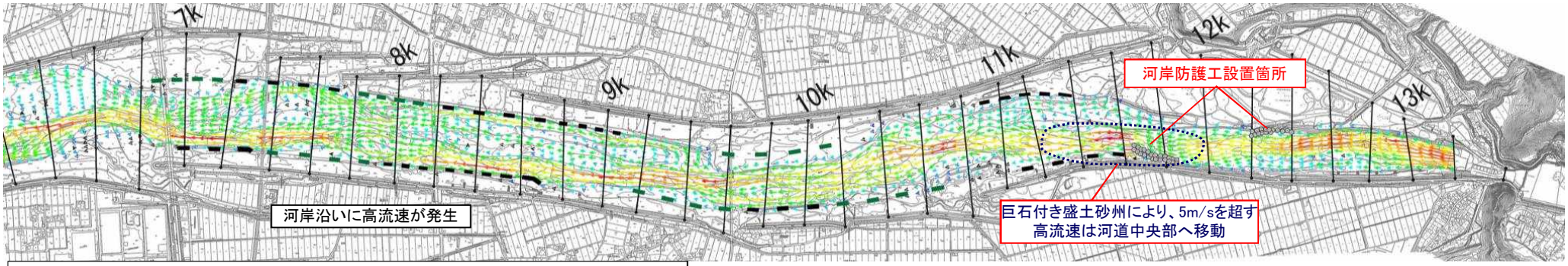
現況, 整備メニュー①～③ ：流速ベクトル図（図3.23）

◆現況　・愛本直下流や、11,4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



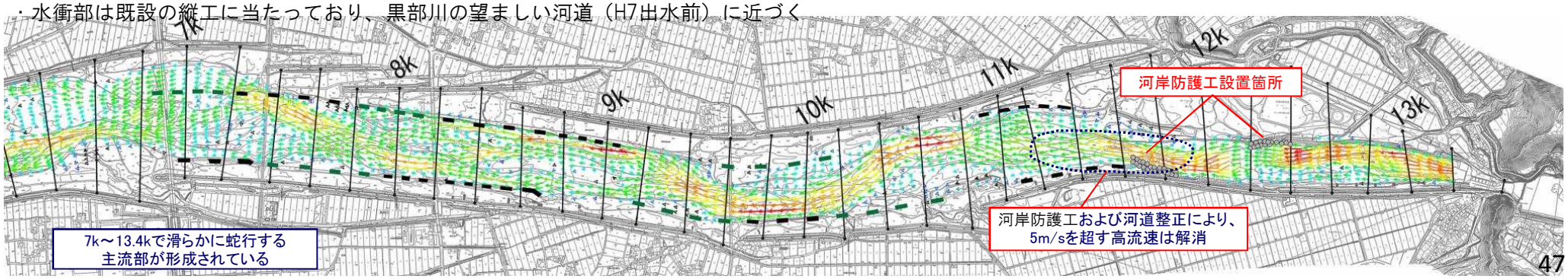
◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・11kより上流区間では、滑らかに蛇行する主流部が形成され、川幅も広がり全体的に流速も緩和している。



◆整備メニュー③：主流部を誘導する河道整正（7～12k）

・河岸防護工により川幅の狭い12kより上流区間の流れを規定することで、その下流は河道整正により主流部を誘導し、滑らかな流れを実現
・水衝部は既設の縦工に当たっており、黒部川の望ましい河道（H7出水前）に近づく



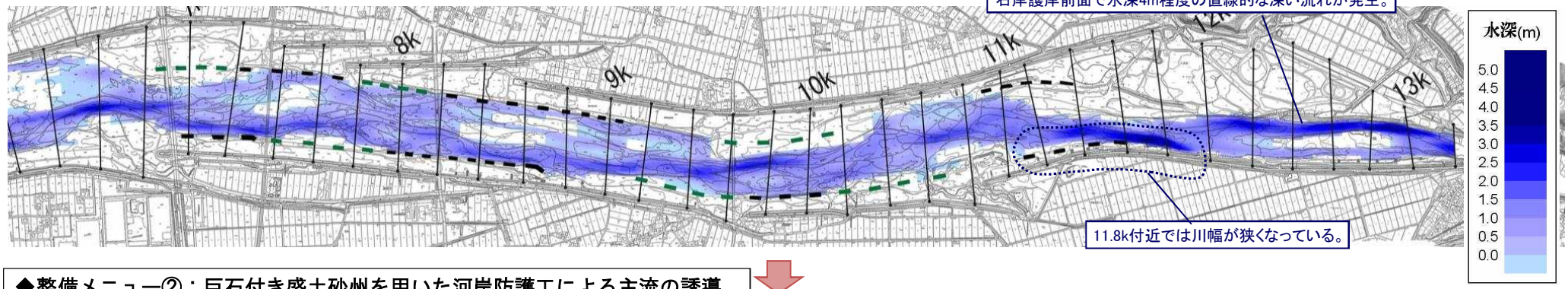
整備メニュー③主流部を誘導する河道整正（7.0k～12.0k）

■現況、整備メニュー①（河道整正）、②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）の対策を実施した際の各ケースの水深コンター図(Q=1000m³/s)を示す。
■整備メニュー①、②により愛本床止工下流の直線的な流れは11k付近まで解消されるが、7.0k～12.0kの河道整正により、滑らかな主流部が形成、7kまでの河道整正が必要（図3.24）

現況, 整備メニュー①～③ ：水深コンター図（図3.24）

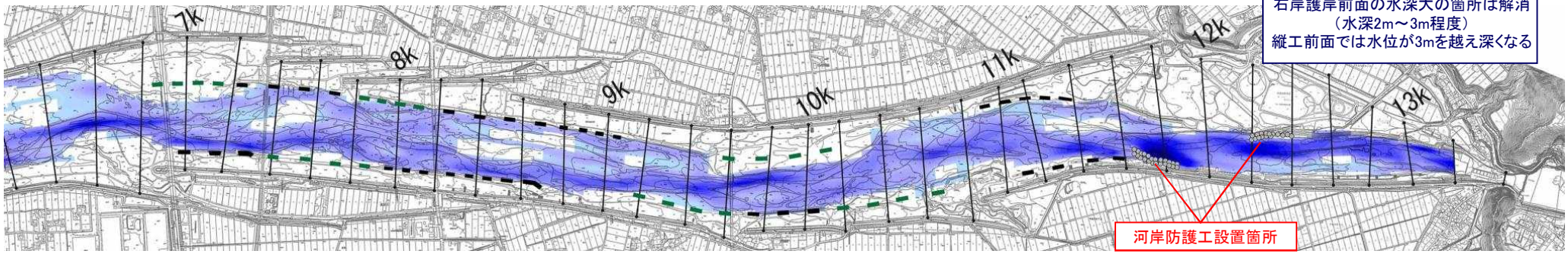
縦工（既設）
縦工（計画）

◆現況　・愛本直下流や、11.4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



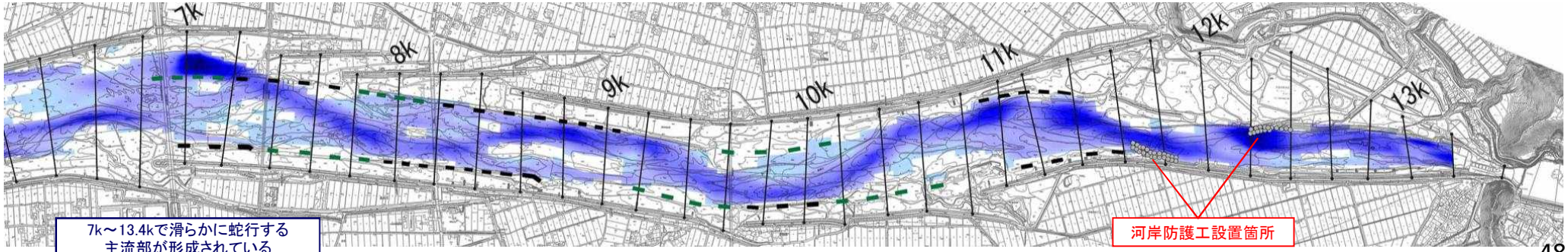
◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・河岸防護工により、11k付近まで低水路幅全体で流れが発生している。



◆整備メニュー③：主流部を誘導する河道整正（7～12k）

・流れが滑らかな蛇行をもって流下している。

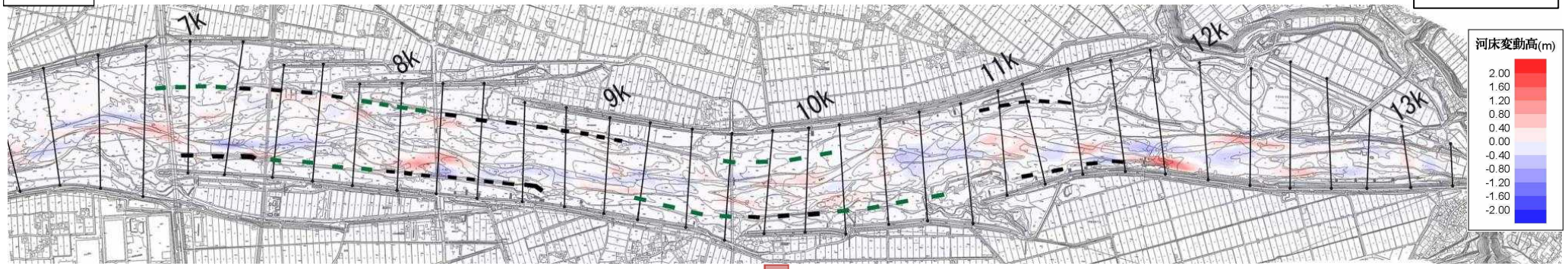


整備メニュー③主流部を誘導する河道整正（7.0k～12.0k）

■現況、整備メニュー①（河道整正）、②（巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工）の対策を実施した際の各ケースごとの河床変動量(Q=1000m³/s)を示す。
■7kまでの河道整正により河岸沿いの河床低下が軽減（図3.25）

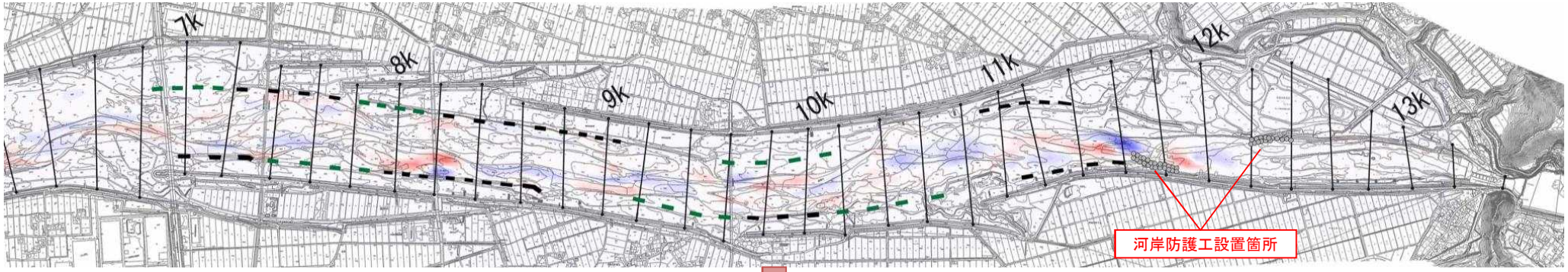
現況, 整備メニュー①～③ ：河床変動量（洪水後）（図3.25）

◆現況　・愛本直下流や、11.4kにおいて流速5m/s以上の高流速が発生。河岸沿いに直進性の強い流れが生じている。



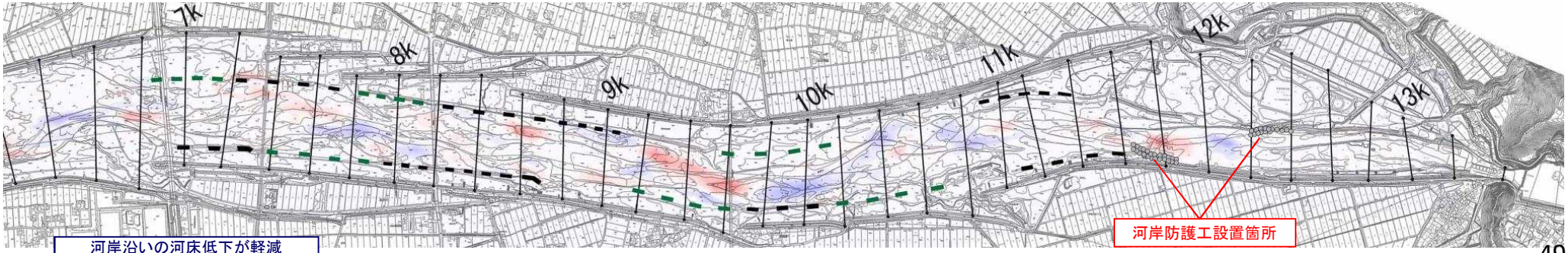
◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・河岸防護工による河床高への影響は小さく、砂州の上流側で堆積、先端部で河床低下が見られる。



◆整備メニュー③：主流部を誘導する河道特性（7～12k）

・滑らかに蛇行する主流部が形成され、川幅も広がり全体的に流速も緩和しているため、河岸沿いでの堆積、河床低下が軽減する傾向にある。

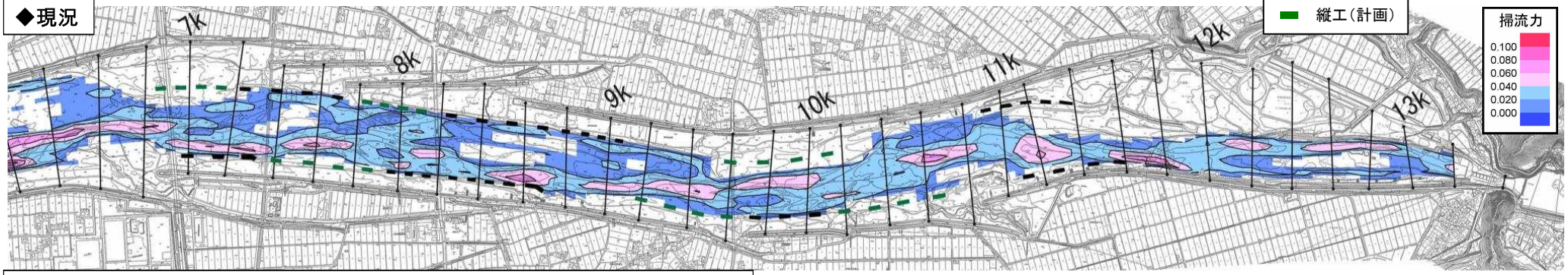


整備メニュー③主流部を誘導する河道整正（7.0k～12.0k）

■現況、整備メニュー①(河道整正)、②(巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工)の対策を実施した際の各ケースの無次元掃流力コンター図(Q=1000m³/s)を示す。
■これより、高掃流力の範囲は滑らかに蛇行しており、河岸沿いの高掃流力は既設縦工前面で発生 （図3.26）
■以上の結果から、黒部川愛本床止工下流区間の河道計画メニューとしては、①河道整正（7.0k～13.0k）、②愛本床止工直下の巨石による埋戻し、③巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工（12.4k右岸、11.8k左岸）とする。

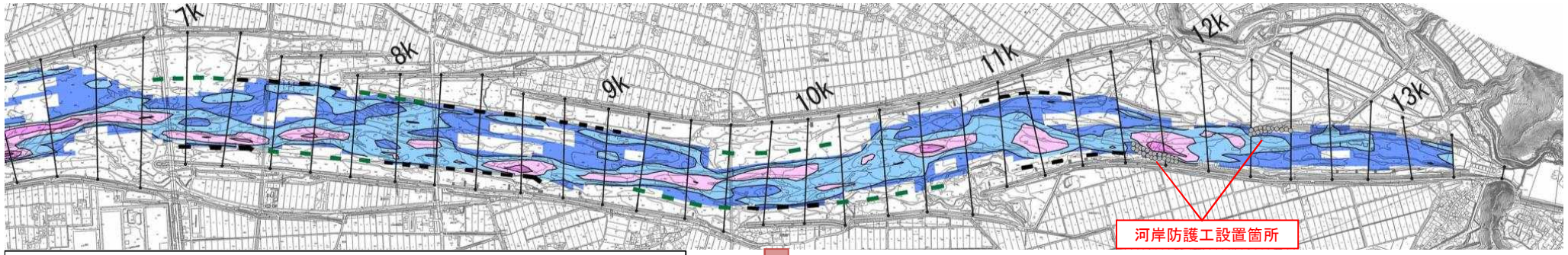
現況, 整備メニュー①～③ ：無次元掃流力コンター図（図3.26）

◆現況



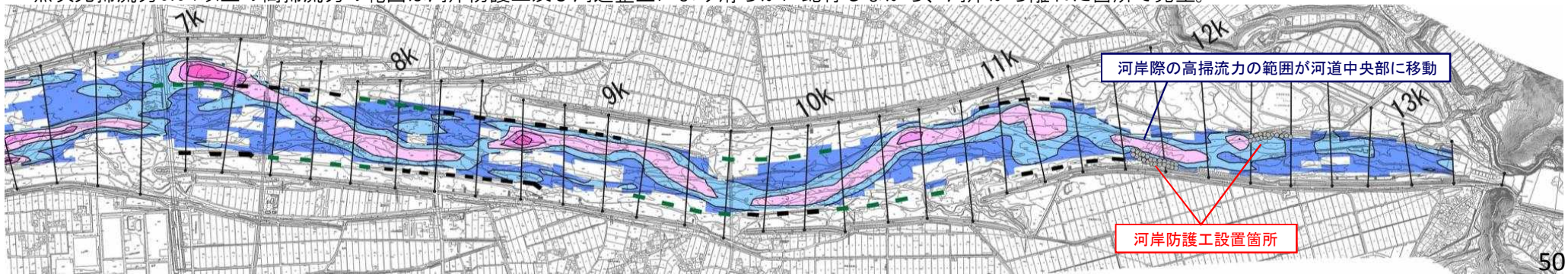
◆整備メニュー②：巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工による主流の誘導

・無次元掃流力0.04以上の高掃流力の範囲は河岸防護工により河道中央へ向かう流れへ誘導され、河岸から離れた箇所で発生。



◆整備メニュー③：主流部を誘導する河道特性（7.0k～12.0k）

・無次元掃流力0.04以上の高掃流力の範囲は河岸防護工及び河道整正により滑らかに蛇行しながら、河岸から離れた箇所で発生。

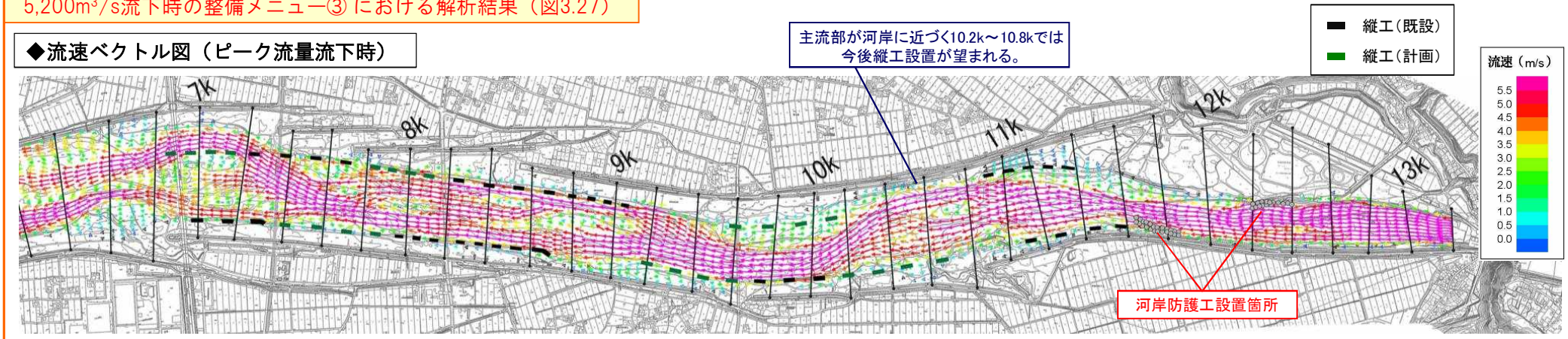


整備メニュー③主流部を誘導する河道整正（7.0k～12.0k）

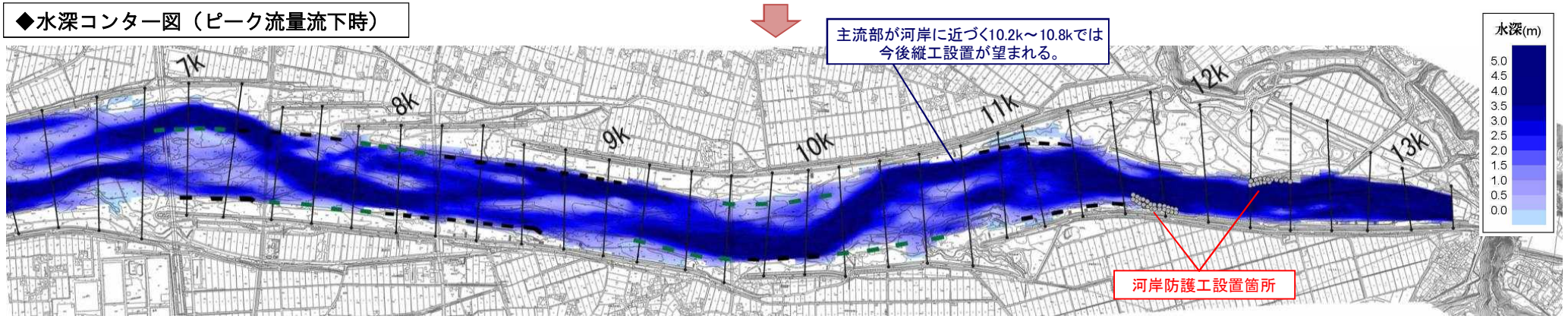
■整備メニュー①～③での整備計画流量（Q=5,200m³/s）流下時における河道内の水理状況を確認。　（図3.27）
■5,200m³/s流下時において新たな高流速の発生箇所は見られない。河床低下発生箇所も既設・計画の縦工前面と概ね一致。10k～11k右岸等では河岸沿いの縦工未設置区間で高流速箇所が直線的に発生しており、巨石付き盛土砂州を用いた河岸防護工の設置も含めて今後検討の必要があり

5,200m³/s流下時の整備メニュー③ における解析結果（図3.27）

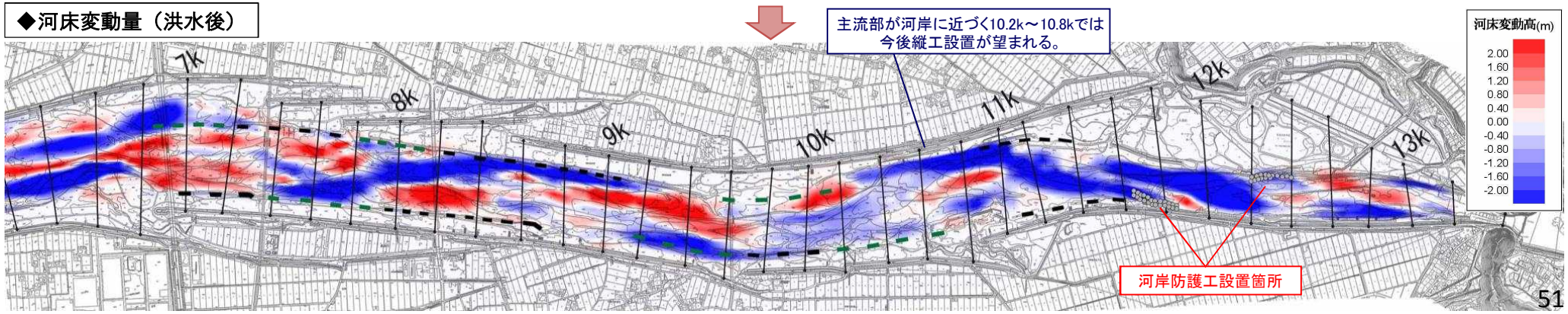
◆流速ベクトル図（ピーク流量流下時）



◆水深コンター図（ピーク流量流下時）



◆河床変動量（洪水後）



愛本堰堤上流区間での対策：対策案の検討

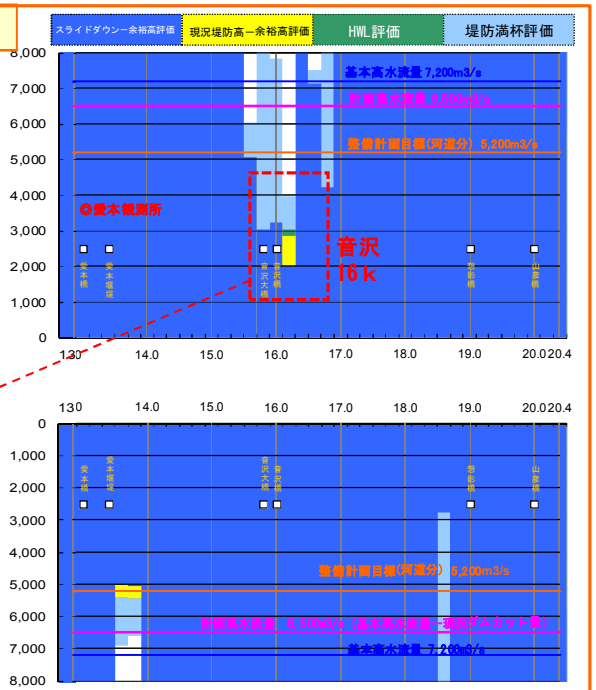
■愛本堰堤～宇奈月ダム区間では音沢地区で流下能力が不足。（図3.28）
■15.6kより下流で川幅が広がるため、さらなる土砂堆積の発生やそれに伴う流下能力の低下が懸念
■13.8～16.0k区間でクリーク掘削を行い、下流への土砂の流掃の促進を狙う（図3.29）

愛本堰堤上流区間の河道状況（図3.28）

流下能力

・音沢地区の流下能力が不足しており、河道を掘削が必要である。

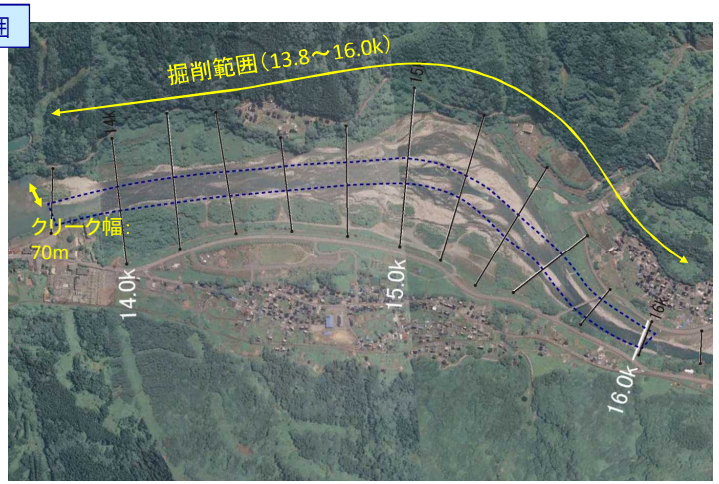
・音沢地区は上下流に比べ川幅が広く、河道掘削を行っても再堆積する恐れがある。



クリーク掘削の考え方（図3.29）

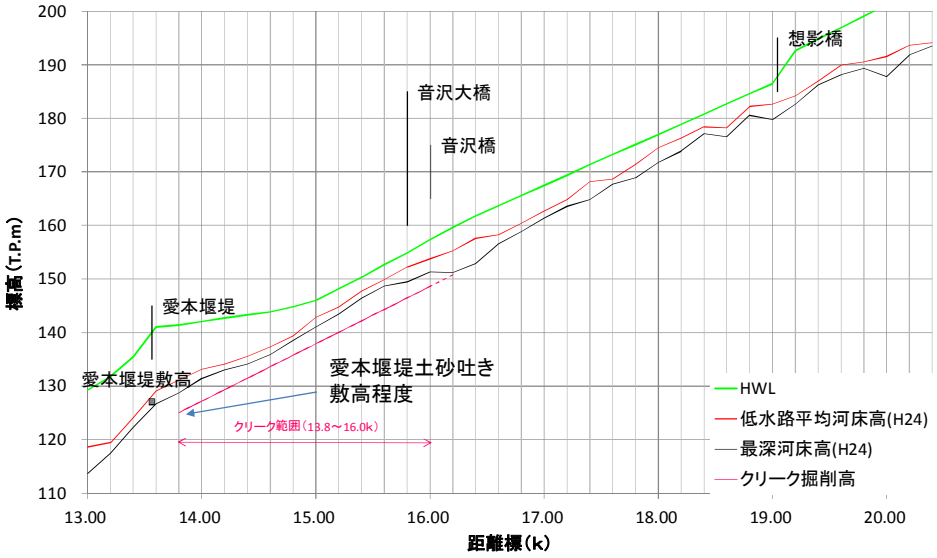
■平面計画：区間：13.8～16.0k
　掘削幅：70m　平均年最大流量相当での水面幅
■縦断計画：粒径2mmの河床材料が掃流可能な掘削高
　掘削範囲上下流の最深河床高程度
■横断計画：幅70mで最深河床高相当まで掘削

クリーク設定範囲

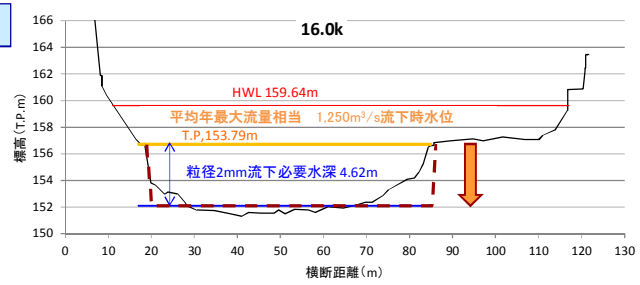


縦断計画

上流の最深河床高ですりつけ
下流は愛本堰堤土砂吐きの敷高程度



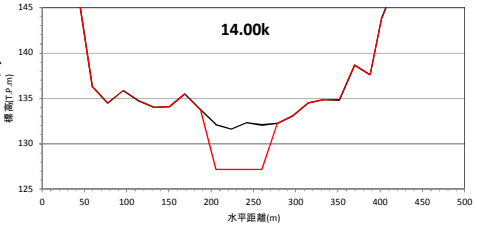
横断計画



現況河道で粒径2mmが掃流可能な水深を設定

粒径 d (mm)	距離標	計画高水位 (T.P.m)	計算水位 (T.P.m)	河積 (m^2)	径深 (m)	流速 (m/s)	流量 (m^3/s)	フルード数 Fr	エネルギー勾配 Ie	平均河床高 (T.P.m)	摩擦速度 U*=sqt(g･Hm･Ie)	無次元掃流力 τ*=u*2/(s*g*dr)	必要平均水深Hm (m)
2	16.00k	159.64	156.73	284.23	3.93	4.22	1200.00	0.68	0.01	153.790	0.670	13.901	4.615

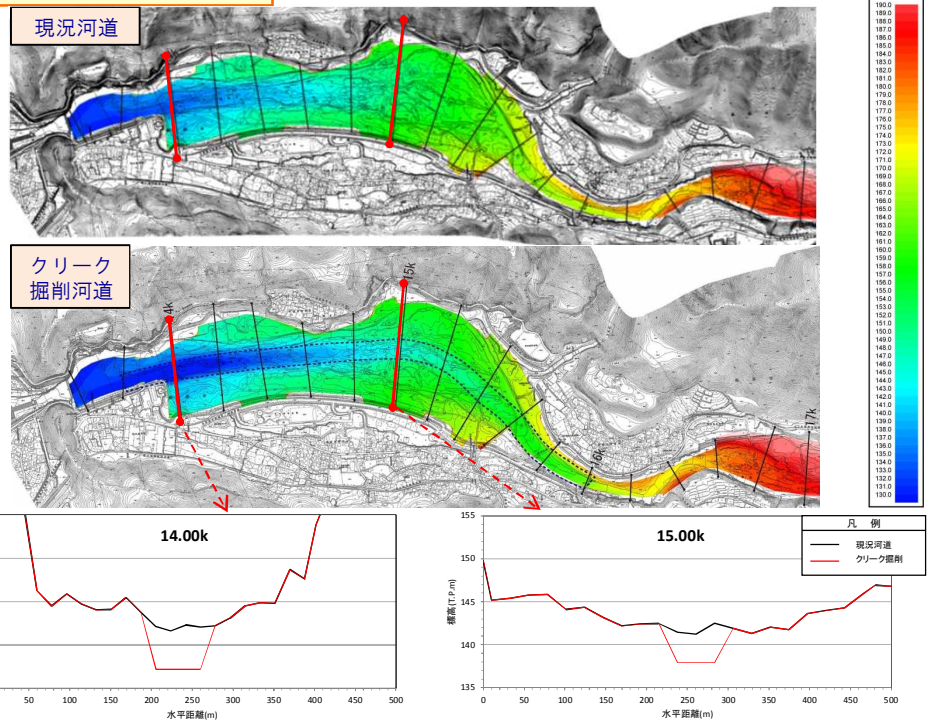
水深4m程度が確保できる形状に掘削



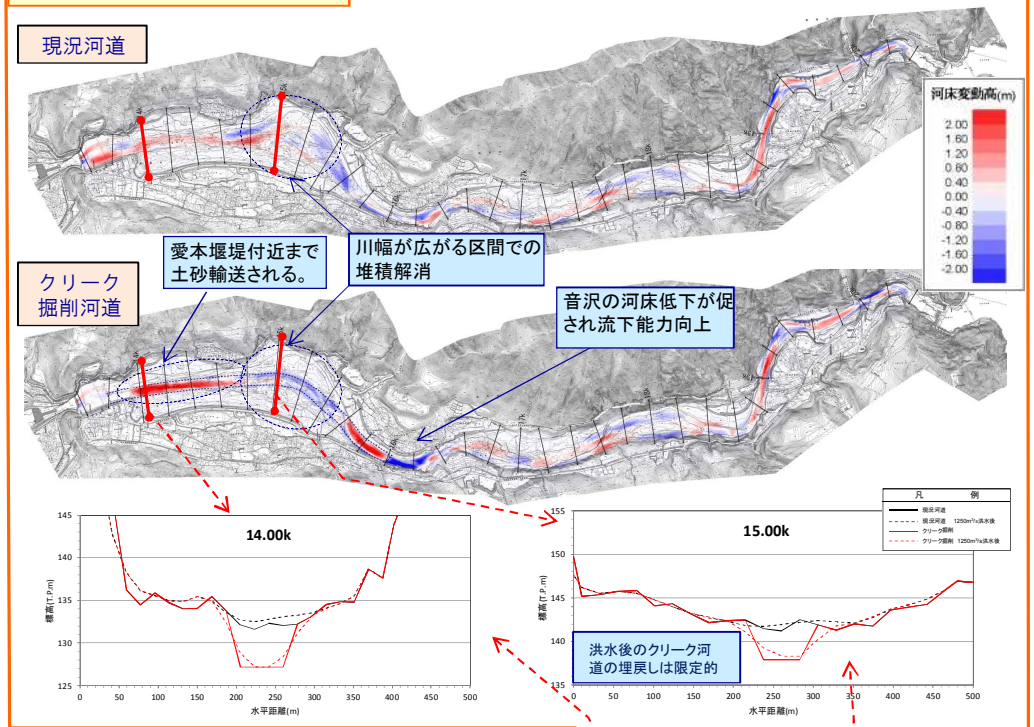
愛本堰堤上流区間での対策：対策案の効果検証

■クリーク掘削により15.6k下流の川幅の広い地点で土砂堆積も減少、音沢地区の河床低下も促され、音沢地区の流下能力も向上する。（図3.31～図3.32）
■愛本堰堤付近まで土砂が輸送が見られる。平均年最大流量規模（1250m³/s）規模の洪水では掘削前の河床高まで堆積せず、洪水後も維持可能である。

河床高コンター図（図3.30）



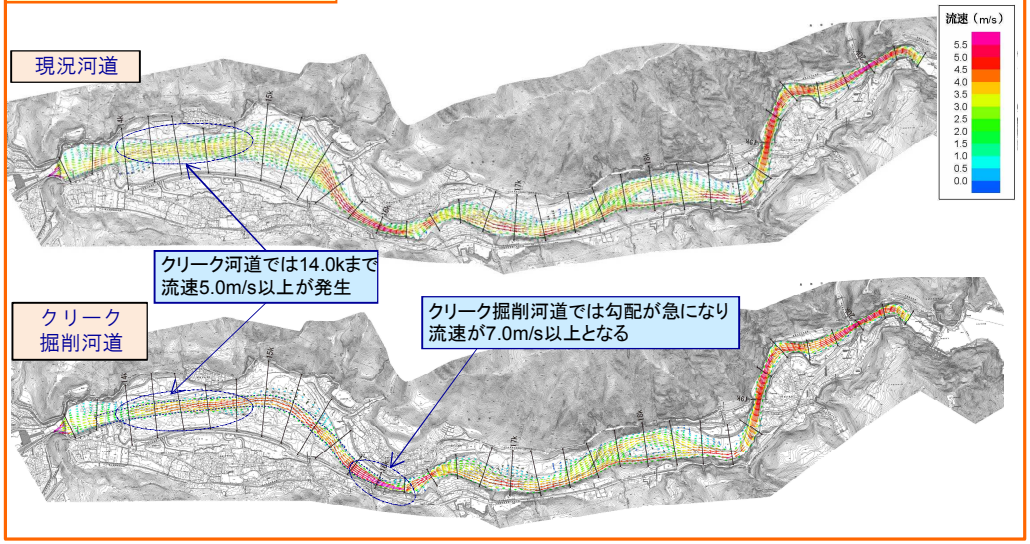
河床高変動量（図3.31）

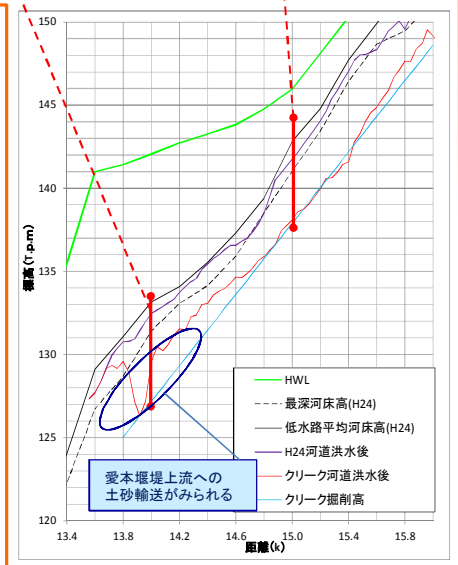


計算条件（表3.1）

項目	条件設定
計算手法	平面二次元河床変動モデル
対象区間	愛本堰堤～宇奈月ダム直下流
メッシュ分割	縦断方向：約40m（172分割） 横断方向：約10～20m（35分割）
河道断面	平成24年測量 音沢地区砂州上地形：平成25年測量のLPデータ
上流端流量	H25.6実績洪水ハイドロ（ピーク流量1250m³/s）
下流端水位	愛本堰堤での限界水深
低水路 粗度係数	痕跡水位の再現性より設定
高水敷 粗度係数	平成18年植生調査
樹木群	平成25年空中写真
河床材料 調査	平成19年河床材料調査
供給土砂量	平衡給砂
交換層厚	0.8m（最大粒径）

流速ベクトル図（図3.32）





最深河床縦断図