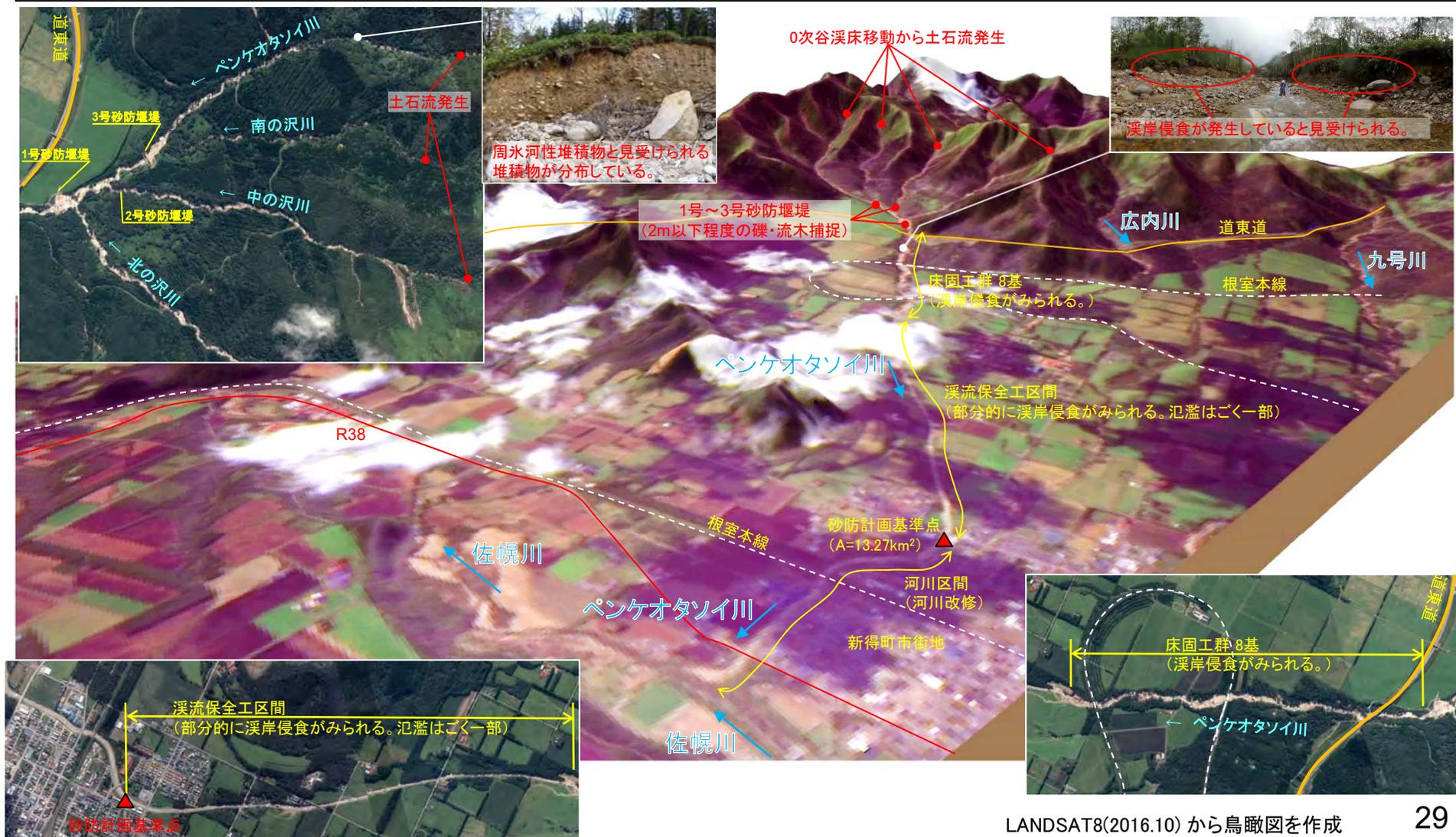


4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 【上流】砂防堰堤が整備されている付近より上流の源頭部付近で土石流が発生しているとみられる。源頭部付近は周氷河性堆積物が分布するケースが多い。土石流によって流下してきた2.0m以下程度の礫等は砂防堰堤により効果的に捕捉されていると見受けられる。
- 【中～下流】砂防堰堤から砂防計画基準点までの区間は扇状地にあたり、床固工群及び溪流保全工が整備されている。3°～1°程度の河床勾配であり、区間を通して溪岸侵食がみられる。この区間は水面と扇状地面との比高差が小さく氾濫が発生している箇所があるがごく一部にとどまっている。



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- ペンケオタソイ川の基岩は主に花崗閃緑岩及び花崗岩で、周氷河性斜面堆積物(崖錐堆積物)が基岩を覆って広く分布している。(写真②)
- 本川・南の沢川・中の沢川・北の沢川の上流で土石流が発生し、縦侵食が卓越しているが(写真①), 中流域から大規模な渓岸侵食が連続しており、洪水が蛇行して流下したと考えられる。(写真③)
- 洪水の蛇行によって床固工施設の袖抜けや(写真④), 流木の閉塞によって橋梁が流失した。
- 1号砂防堰堤地点より上流が土石流, 下流が掃流の土砂移動形態である。

④床固工袖部の倒壊



③蛇行による渓岸侵食



②崖錐堆積物の侵食(渓岸侵食)



①崖錐堆積物が侵食され、溪床に花崗岩が露岩している。



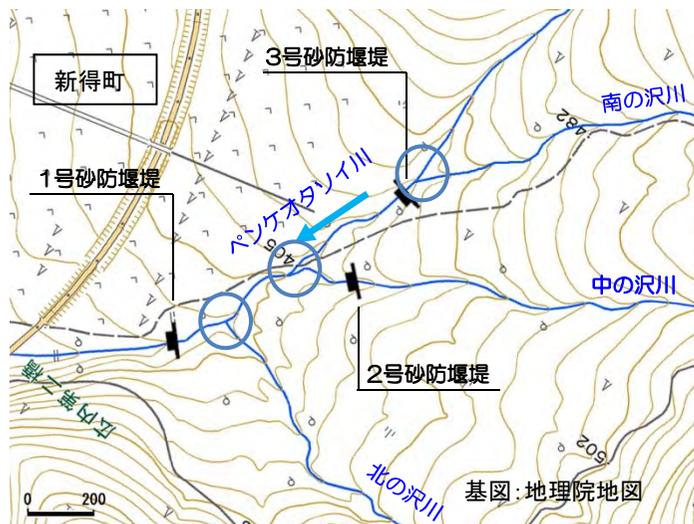
掃流形態の土砂移動

土石流形態の土砂移動



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

■北の沢川の土石流は1号砂防堰堤が捕捉し、中の沢川の土石流は2号砂防堰堤が捕捉し、南の沢川の土石流は3号砂防堰堤が捕捉しており、ペンケオタソイ川本川合流点での土石流堆積による河道閉塞は起こっていないと見られる。



▲合流箇所位置図



左岸から北の沢川がペンケオタソイ川に合流するが、異常な堆積は無い。

▲ペンケオタソイ川と北の沢川の合流点



左岸から中の沢川がペンケオタソイ川に合流するが、異常な堆積は無い。

▲ペンケオタソイ川と中の沢川の合流点



左岸から南の沢川がペンケオタソイ川に合流するが、異常な堆積は無い。

▲ペンケオタソイ川と南の沢川の合流点



▲ペンケオタソイ川3号砂防堰堤堆砂域

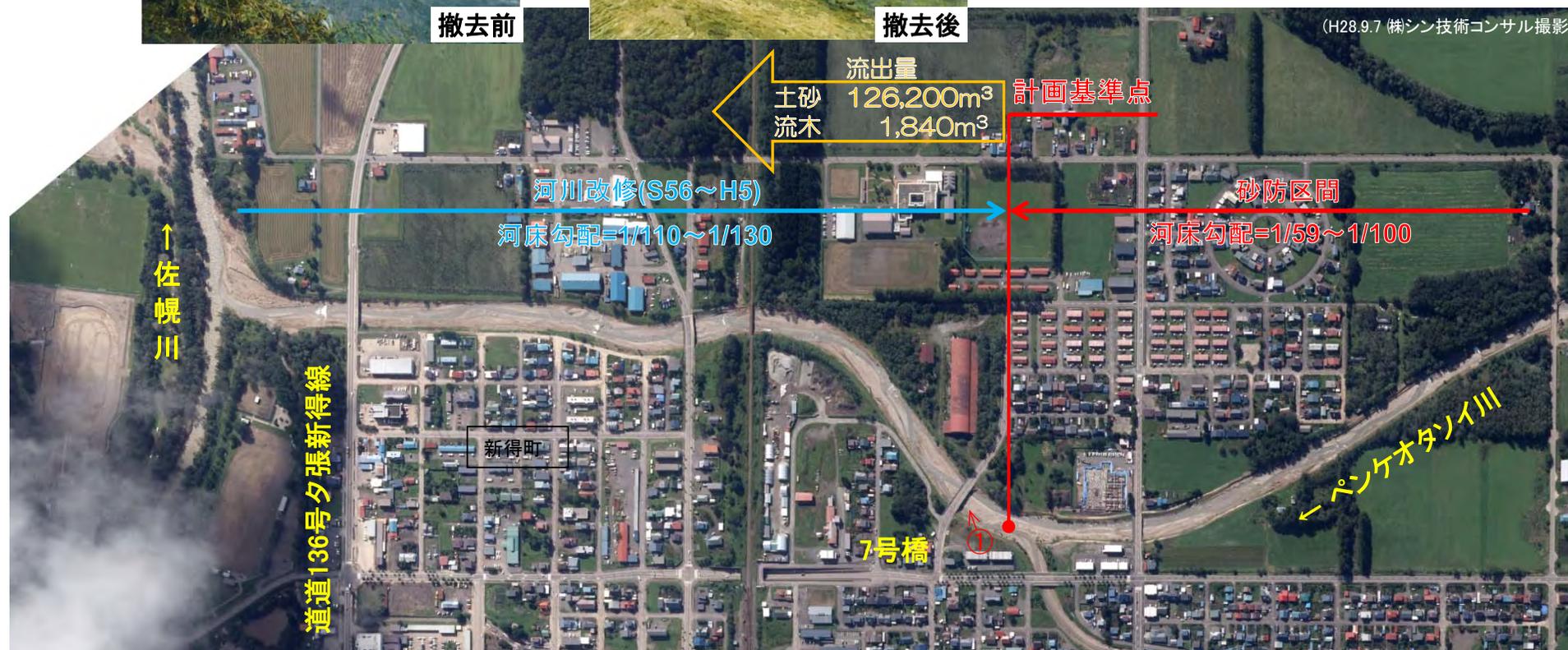


▲ペンケオタソイ川3号砂防堰堤の満砂状況 (H28.9撮影) 31

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

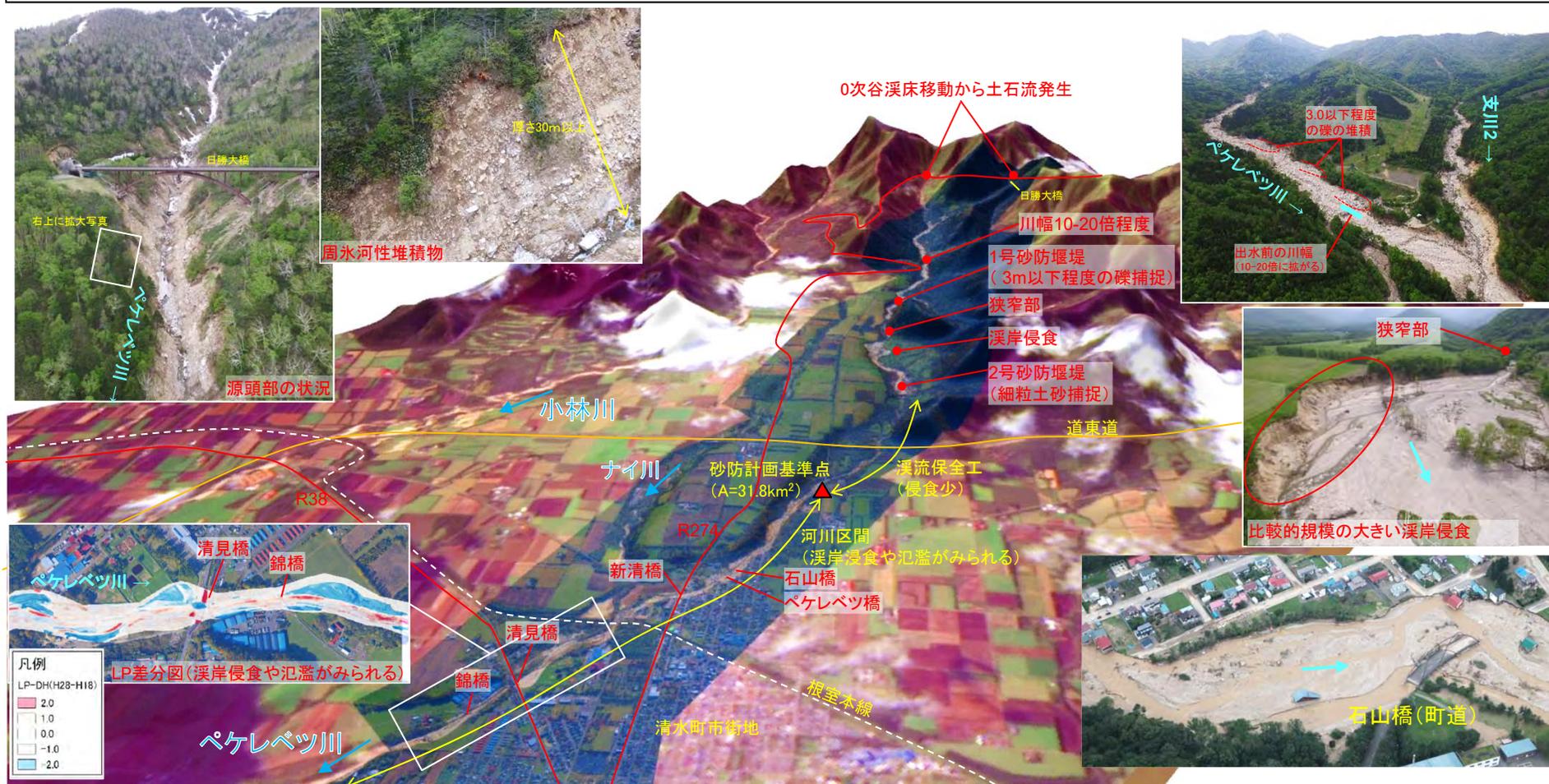
■河川改修区間に上流から流出した土砂が河道に堆積したものの(写真①), 河川改修区間において洪水の氾濫はない。

①流出土砂による河道堆積



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 【上流】1号砂防堰堤より上流の源頭部付近で土石流が発生しているとみられる。源頭部付近は周氷河性堆積物が分布するケースが多い。土石流が流下した区間は川幅が10-20倍程度に広がっている箇所がみられ、溪岸侵食により土石流の土砂量が増大したと見受けられる。流下してきた2.5m以下程度の礫が1号砂防堰堤で捕捉されたほか、狭窄部の上流で堆積している。
- 【中流】1号堰堤付近より下流は扇状地にあたり、2号砂防堰堤では細粒土砂の捕捉がみられ、その下流の床固工区間は顕著な溪岸侵食等は見あたらない。
- 【下流】河川区間は2°～1°程度の河床勾配であり、溪岸侵食が顕著なほか、この区間は水面と扇状地面との比高差が小さく氾濫がみられる。



LANDSAT8(2016.10)及び航空写真(2016.10)から鳥瞰図を作成

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 1号砂防堰堤上流の基岩は主として深成岩（花崗岩）で、周水河性堆積物（崖錐堆積物、写真①）が基岩を覆って分布している。
- 中下流は扇状地堆積物が分布しているが、狭窄部では河床に泥岩が露岩している（写真③）。
- 砂防堰堤の上流側では土砂が堆積しており、渓流保全工区間では著しい溪岸の侵食はほとんど発生していない。
- 本川・支川1・支川2では土石流が発生し（写真②），縦侵食が卓越しているが，本川と支川1の合流点より下流では，土砂堆積と低い段丘地形の侵食，溪岸崩壊・溪岸侵食が顕著で，溪畔林の流出が多くみられる（写真④）。
- 1号砂防堰堤の下流の狭窄部までは土石流，それより下流は掃流の土砂移動形態である。

④ 溪岸侵食と土砂堆積



③ 泥岩が露岩した狭窄部



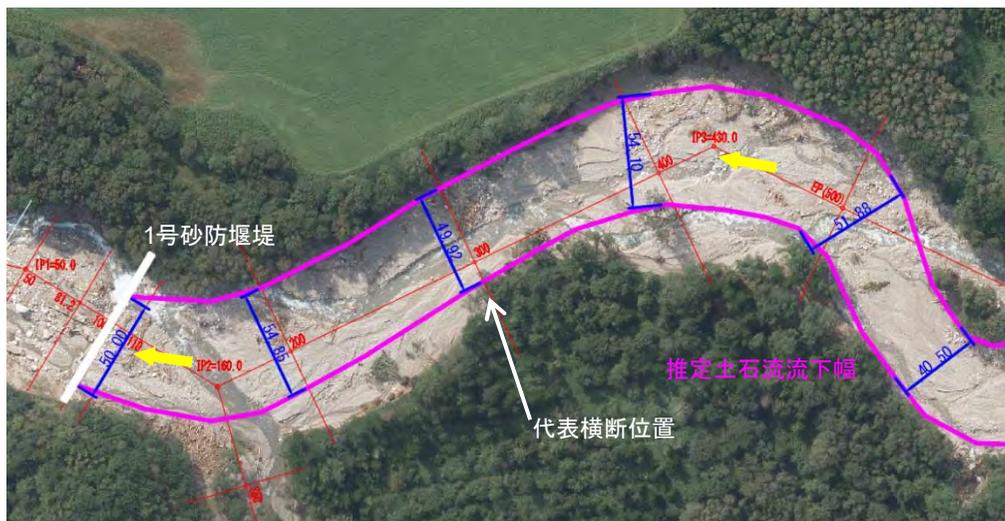
① 厚さ5m以上の崖錐堆積物が侵食され、
溪床に基岩の花崗岩が露岩している



② 上流域の荒廃状況

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

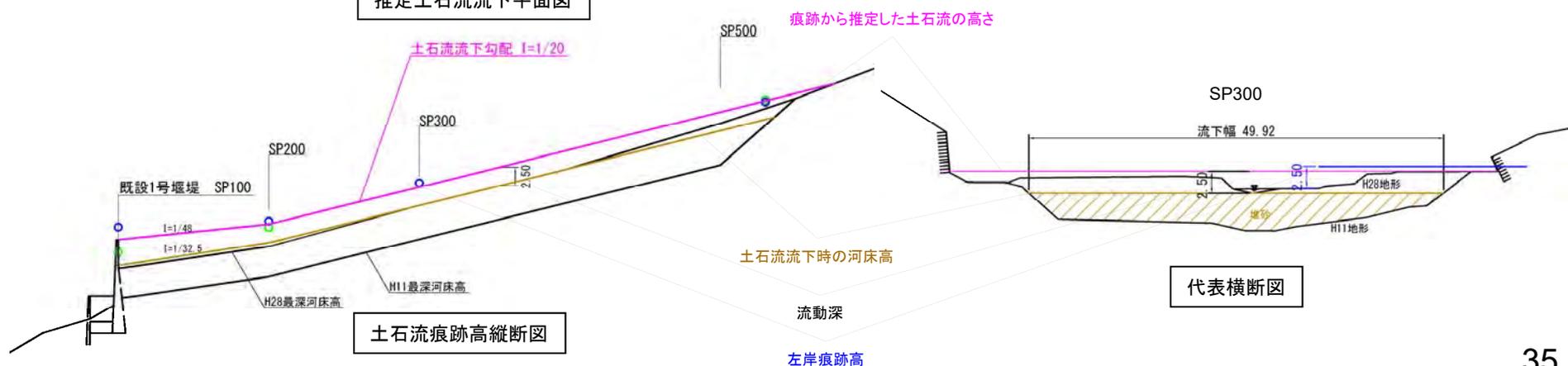
- 1号砂防堰堤を通過した土石流ピーク流量を、マンニング式を用いて推定すると約480m³/sであった。
 土石流の流下幅は、オルソ平面図から残存している樹木を考慮して、50mと推定した。
 土石流の流下勾配は、痕跡高の勾配として推定し、 $1=1/20$ とした。
 土石流流下時の河床高は、堆砂幅が土石流流下幅と等しくなる高さとした。
 土石流の流動深は、土石流流下時の河床高と痕跡から推定した土石流の高さとの差として求め、2.5mとした。
- 土石流推定ピーク流量から、堰堤袖部への土石流流体力は約61kN/m、巨礫の衝撃力は約305kN/mと推定される。



推定土石流流下平面図

表. ピーク流量算出諸元

項目	値	備考	
流下幅	B	50 m	平均流下幅
流動深	H	2.5 m	平均水深
勾配(1/n)	l	0.05	1/20
粗度係数	n	0.1	
流積	A=BH	125 m ²	
潤辺	S=B+2H	55 m	
径深	R=A/S	2.27	
流速	$V=1/n \cdot R^{2/3} \cdot l^{1/2}$	3.87 m/s	
流量	Q=AV	483 m ³ /s	



土石流痕跡高縦断面図

代表横断面図

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 一の沢川と支川5は崩壊が少ないため、本川への土砂流出は見られない。
- 二の沢川の流出土砂量は178,800m³と多いが、発生した土石流は曲線区間等で停止したため、本川合流点で土石流扇状地等の形成は見られない。本川へ流出した土砂は、本川の流量が大きいため下流へ流出している。
- 支川1, 支川2から流出してきた土砂は、本川の流量が大きく、本川の勾配が急(1/11~1/9)なため、本川合流点で堆積をせず下流へ流出している。



▲一の沢川とペケレベツ川の合流点



▲二の沢川とペケレベツ川の合流点



▲支川5とペケレベツ川の合流点



主な支川合流箇所位置図



▲支川2とペケレベツ川の合流点



▲支川1とペケレベツ川の合流点

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 砂防計画基準点より下流約1km区間では、縦方向の侵食が著しく、最大約7mの河床低下が発生している(写真①, ②)。
- 河川区間では、みお筋の移動や河岸侵食などの横侵食が卓越しており、河畔林の流出が多くみられる(写真③, ④, ⑤)。



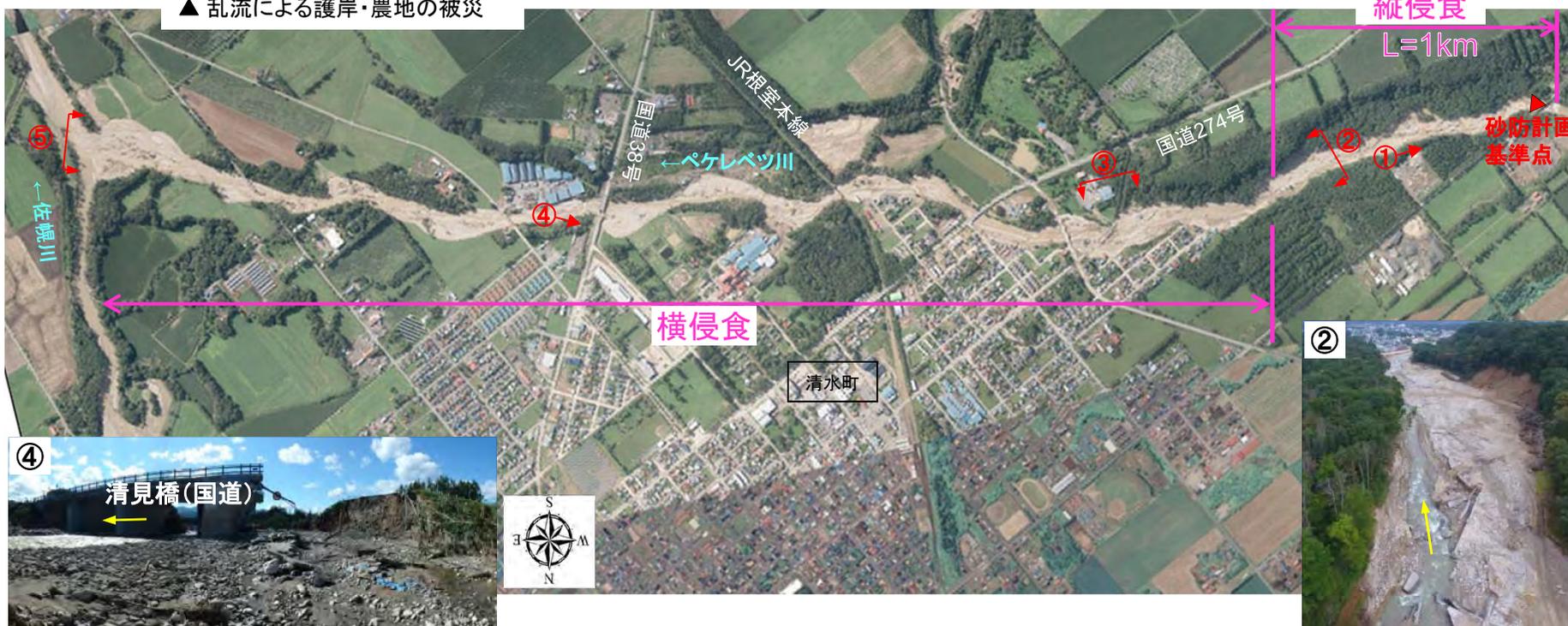
▲ 乱流による護岸・農地の被災



▲ 乱流により欠壊した護岸, 流出した町道



▲ 乱流・河床洗掘により被災した河道



▲ 清見橋(国道38号)取付道路流出

▲ 乱流・河床洗掘により被災した河道

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 河床の平衡勾配の考え方に基づくと、出水前の河床は水深1.2m以上で侵食が発生すると推定された。出水時の侵食により河床の粒径が30cmから5cmと小さくなったため、出水後は水深0.4m以上で侵食すると推定された。
- 出水時に水深1.2m程度に達したときに侵食が発生し、池田層に侵食が及んだ。その後水深0.3m程度まで水位が低下したときに侵食が停止し、現在に至る。



平成4年撮影

SP4600付近から見たベケレベツ川橋(改修終点)の様子



平成28年9月1日撮影



平成28年9月23日撮影

侵食する水深1.2m以上

侵食する水深0.4m以上

平衡勾配による侵食する水深の推定

河床の平衡勾配は次の式により、河床の限界掃流力を流水の掃流力が上回ったときに侵食が発生するものとした。

$$\begin{aligned} \text{掃流力} \quad U*2 &= g \cdot H \cdot I \\ \text{限界掃流力} \quad U*C2 &= 0.809 \cdot d \end{aligned}$$

U: 掃流力 (m²/sec²)
 I: 溪床勾配
 H: 水深 (m)
 g: 重力の加速度 9.8 (m/sec²)
 d: 代表的な粒径 (m)
 m: 側岸勾配0.5

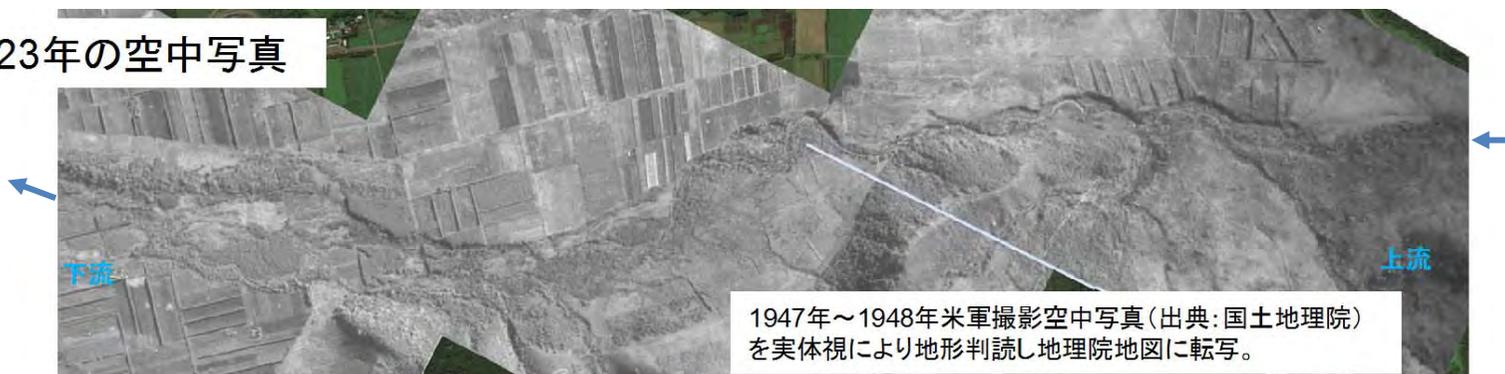


池田層拡大
 ※河床侵食により河床礫の下位の地層が露出しており、出水後については平衡勾配による水深に誤差が含まれる。

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 昭和22年～23年の微地形判読から、上流は概ね河道が固定されており、扇状地区間で段丘崖が広がり河道跡と思われる箇所が確認される。
- 平成28年は溪流保全工により流路が固定され、段丘崖の範囲で氾濫等が発生することは防がれている。

昭和22年～昭和23年の空中写真



昭和22年～昭和23年の地形状況

- 滝筋
- 河道跡
- 低崖(低位段丘崖など)
- 高崖(高さのある段丘崖など)
- *低崖、高崖は、崖の肩(上端)をトレスしたものの
- H28出水河道範囲



平成28年出水後



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 昭和22年～23年の微地形判読から、扇状地区間の左岸側に河道跡や低位段丘崖と思われる箇所が多い。
- 平成28年の氾濫範囲も左岸側であり、過去から同様な傾向で側岸侵食や氾濫が発生している可能性がある。

昭和22年～昭和23年の空中写真



昭和22年～昭和23年の地形状況

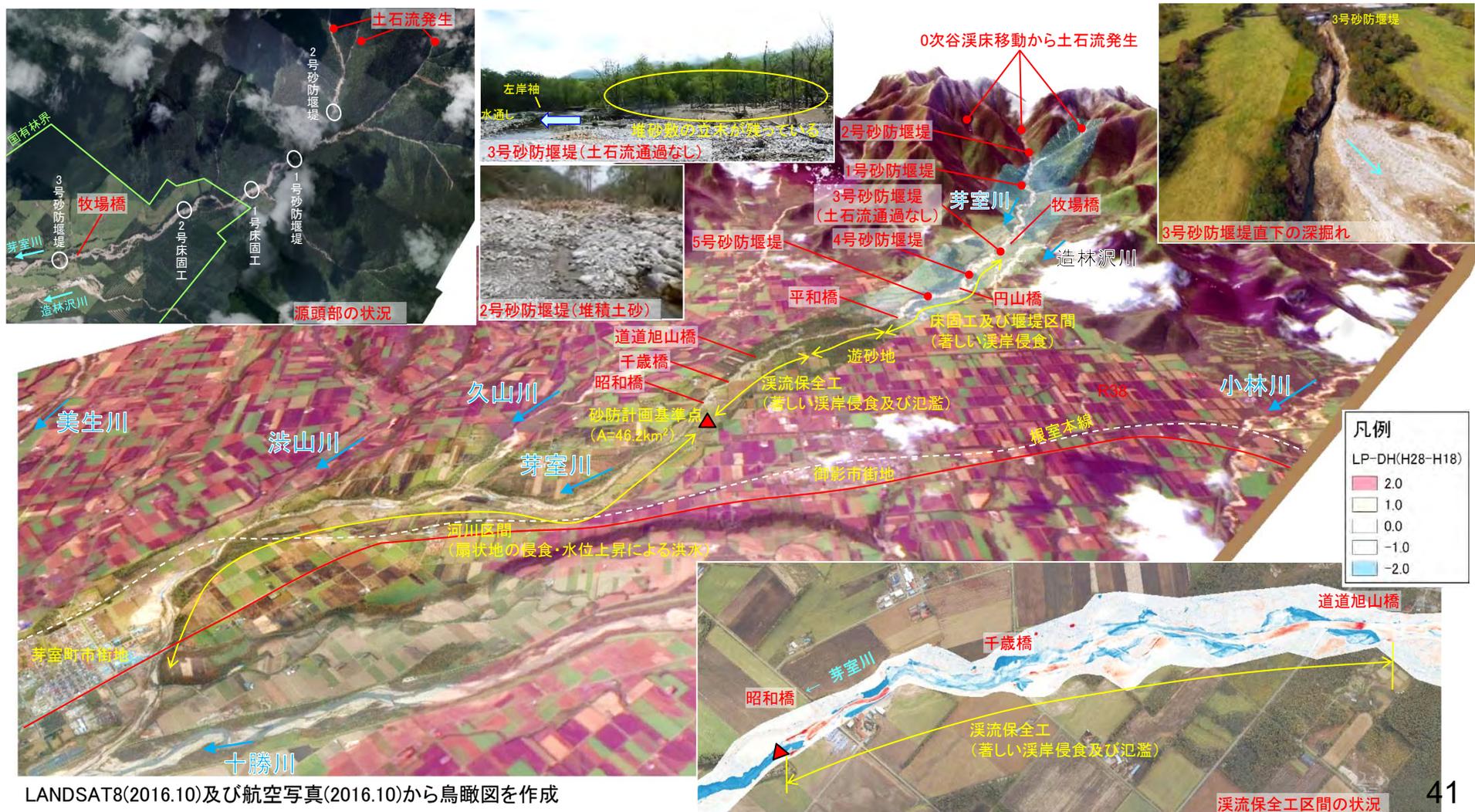


平成28年出水後



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 【上流】3号砂防堰堤上流の源頭部付近で土石流が発生しているとみられる。源頭部付近は周氷河性堆積物が分布するケースが多い。3号砂防堰堤は堆砂敷きの河畔林が残っており土石流状態での流下が顕著でなかったとみられる。3号砂防堰堤直下で最大深度約10mの深掘れが700mにわたって発生しており相応の流水があったと見受けられる。
- 【中流】3号砂防堰堤付近より下流は扇状地にあたり、 $2^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 程度の河床勾配であり、著しい溪岸侵食がみられる。溪流保全工区間は水面と扇状地面の比高差が小さくところどころに氾濫がみられる。
- 【下流】河川区間は溪岸侵食等が連続的にみられる。



LANDSAT8(2016.10)及び航空写真(2016.10)から鳥瞰図を作成

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 上流域は深成岩(花崗岩)を基岩として周氷河性堆積物が厚く堆積している(写真①)。中下流域は侵食に弱い古期扇状地堆積物の上部に2m程度の扇状地堆積物や河床礫が堆積している(写真②)。
- 源頭部付近で発生した土石流は溪岸溪床を侵食しながら流下し、谷幅が広がる1号砂防堰堤下流付近から土砂の堆積による流路の蛇行と側岸侵食が顕著になる(写真③)。
- 扇状地では砂防設備により土砂の捕捉・調節効果があり、横侵食は抑制されるが、砂防堰堤下流側で縦侵食が発生している(写真④)。



④3号堰堤下流の縦侵食



③流路の蛇行と側岸侵食の発生



②侵食に弱い古期扇状地堆積物

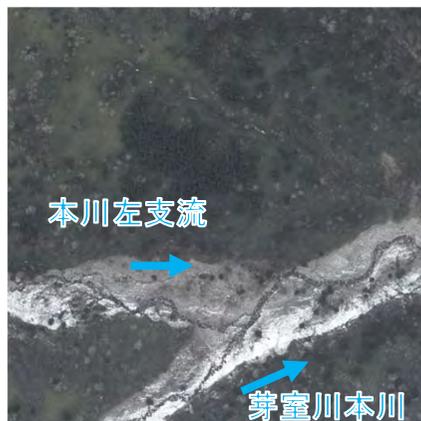


①周氷河性堆積物からなる崖錐斜面



4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 芽室川本川と直交する営林署の沢は、土石流が合流点へ流出し、本川の流路が右岸側に変動しているように見受けられるが、本川は流量が大きく、勾配が急(1/10)なため、本川の河道を閉塞するには至らなかったと推察される。
- この他の支沢は、崩壊が少ない等により本川へ土石流の到達が確認されていない。



▲左支流と芽室川の合流点



▲登山道の沢と芽室川の合流点



▲林道の沢と芽室川の合流点



▲営林署の沢と芽室川の合流点



▲直交合流箇所位置図



▲営林署の沢と芽室川合流点付近

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 河床の平衡勾配の考え方に基づくと、出水前の河床は水深0.3m以上で侵食が発生すると推定された。出水時の侵食により河床勾配は1/26から1/40と緩くなったが、河床の粒径が12cm(写真3)から8cm(写真4, 5)と小さくなったため、出水後も水深0.3m以上で侵食すると推定された。
- 出水時に水深0.3m程度に達したときに侵食が発生し、古期扇状地堆積物に侵食が及んだ。その後水深0.3m程度まで水位が低下したときに侵食が停止し、現在に至る。



平成19年7月撮影



平成28年9月1日撮影



▲写真3

侵食する水深0.3m以上

侵食する水深0.3m以上

平衡勾配による侵食する水深の推定

河床の平衡勾配は次の式により、河床の限界掃流力を流水の掃流力が上回ったときに侵食が発生するものとした。

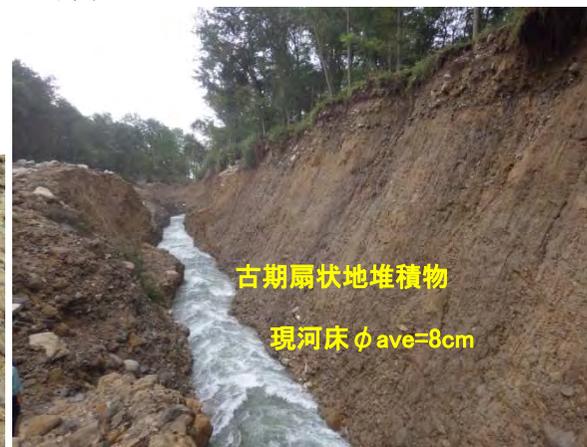
$$\begin{aligned} \text{掃流力} & U*2 = g \cdot H \cdot I \\ \text{限界掃流力} & U*C2 = 0.809 \cdot d \end{aligned}$$

U: 掃流力 (m²/sec²)
I: 溪床勾配
H: 水深 (m)
g: 重力の加速度 9.8 (m/sec²)
d: 代表的な粒径 (m)
m: 側岸勾配0.5



▲写真4

※河床侵食により河床礫の下位の地層が露出しており、出水後については平衡勾配による水深に誤差が含まれる。



▲写真5

平成28年9月撮影

4-2 各河川における土砂動態(中流域の土砂動態分析)

- 床固工などがなくなる砂防計画基準点下流では河床低下傾向にある(写真①)。
- 下流域では蛇行による河岸侵食や低位段丘崖を越える氾濫が生じている(写真②③)。十勝川合流点では若干の土砂の堆積が見られる(写真④)。



④十勝川合流点の状況



③市街地への氾濫



②流路外湾部の溪岸侵食

掃流形態の土砂移動



①砂防計画基準点下流の河床低下