
5. ペンケオタソイ川流域 の土砂動態

(1)土砂流出状況 流出堆積の状況 施設と土砂移動の関係(ペンケオタソイ川扇状地区間～山地区間)

- 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溪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蛇行による溪岸侵食



②崖錐堆積物の侵食(溪岸侵食)



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



(H28.9.7 株式会社シン技術コンサル撮影)

(1)土砂流出状況 流出堆積の状況 施設と土砂移動の関係(ペンケオタソイ川下流区間)

■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



撤去前

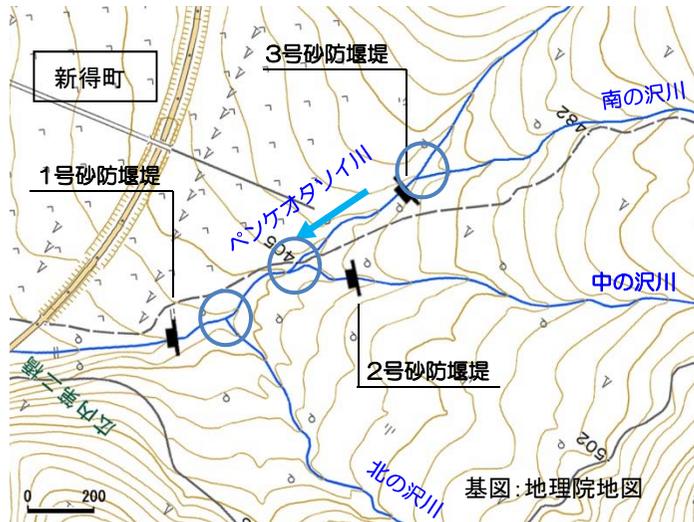


撤去後



(1)土砂流出状況 流出堆積の状況 支川と直交する合流点の状況

■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



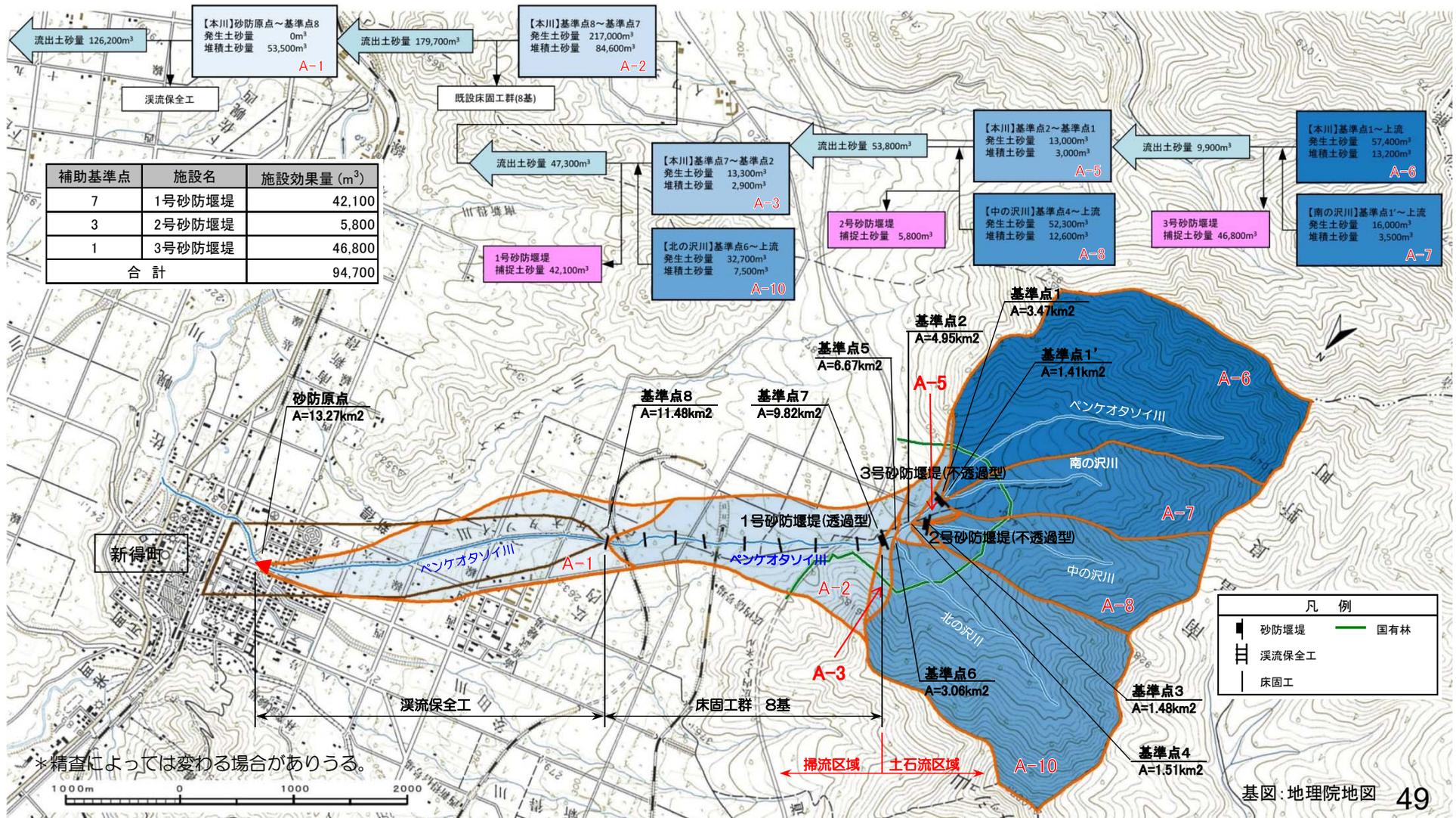
▲ペンケオタソイ川3号砂防堰堤堆砂域



▲ペンケオタソイ川3号砂防堰堤の満砂状況

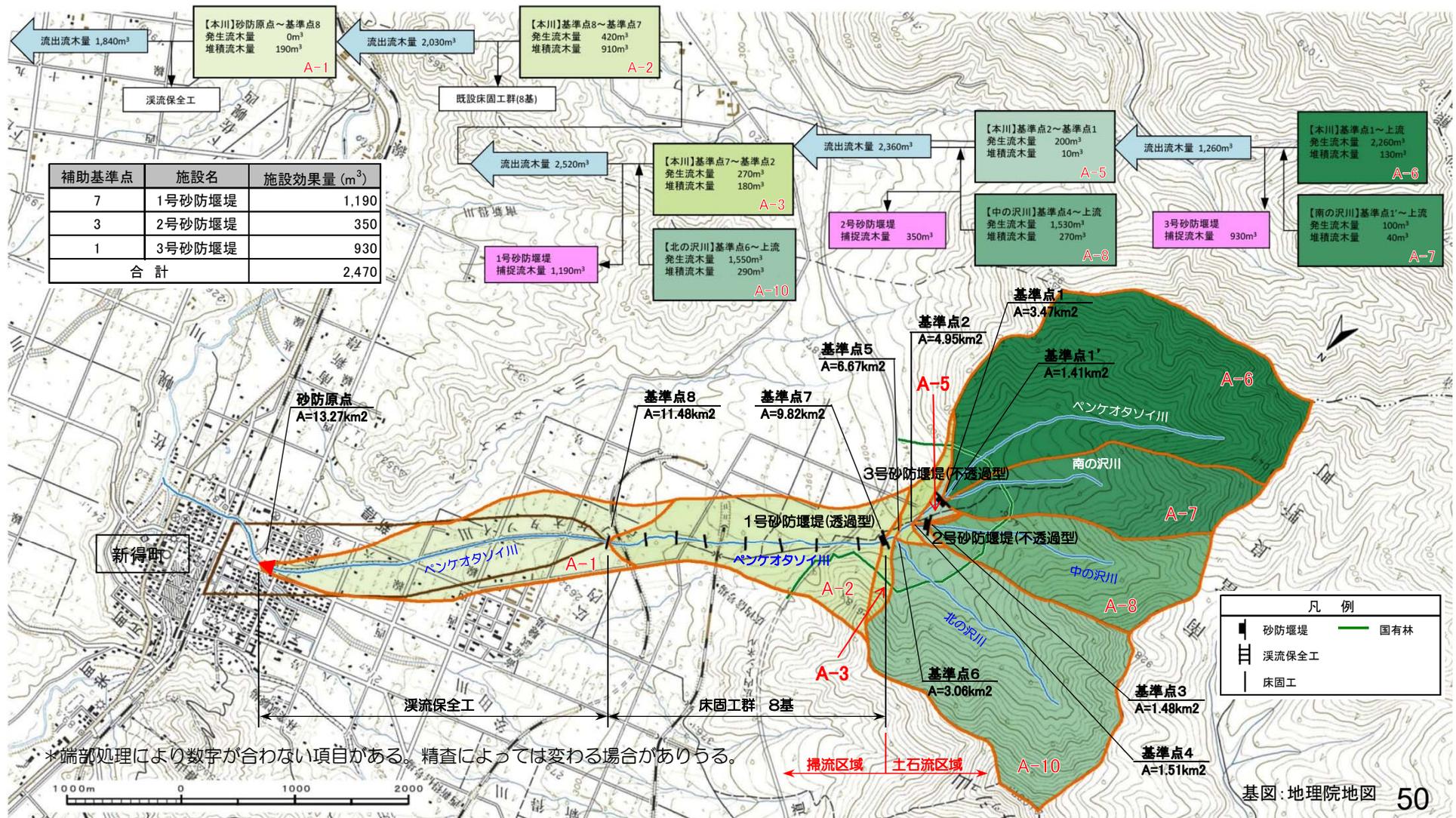
(2)土砂量算出 土砂収支図(ペンケオタソイ川)

■砂防流域全体では、特に扇状地での側岸侵食が激しく約40万m³の土砂が発生したが、砂防堰堤3基が約9万m³を捕捉し、床固工群の効果やその他の地形条件等によっても約18万m³堆積したため、砂防基準点からの流出量は約13万m³に抑えられた。



(2)土砂量算出 流木量推定(ペンケオタソイ川)

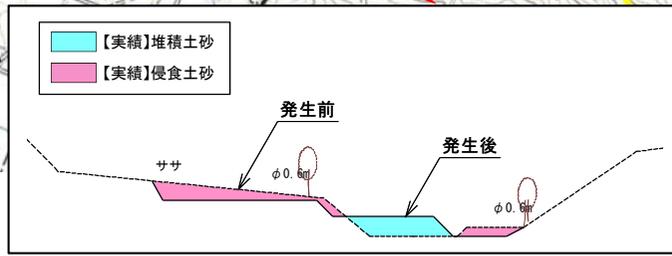
■砂防流域全体では、約6千 m^3 の流木が発生したが、3基の砂防堰堤により3千 m^3 を捕捉を捕捉し、床固工群の効果やその他の地形条件等によっても約1千 m^3 堆積したため、基準点からの流出量は約2千 m^3 に抑えられた。



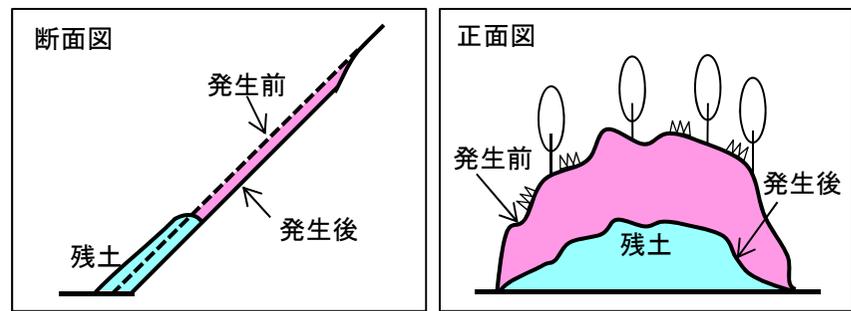
(3)ペンケオタソイ川の土砂量・流木量算出方法



■発生土砂量は、以下の方法で算出した。
 【渓床の土砂量】出水前後の測量横断面の比較により算出した。※出水前は平成24年，出水後は平成28年。
 【山腹の土砂量】現地調査及び出水前後の空中写真比較により，崩壊面積等を計測して算出した。※出水前は平成24年，出水後は平成28年。
 ■発生流木量は、以下の方法で算出した。
 【渓床】出水前後の空中写真の比較により立木流出面積を計測し，現地調査結果による立木密度を掛けて算定した。※出水前は平成24年，出水後は平成28年。
 【山腹】現地調査及び空中写真により崩壊面積を算出し，現地調査結果による材積量を掛けて算定した。※出水前は平成24年，出水後は平成28年。
 ■堆積流木量は、以下の方法で算出した。
 出水後の空中写真より堆積流木の面積を計測し，現地調査結果による材積量を掛けて算出した。※出水後は平成28年。



▲ 渓床の土砂量算出方法



▲ 山腹の土砂量の計測方法



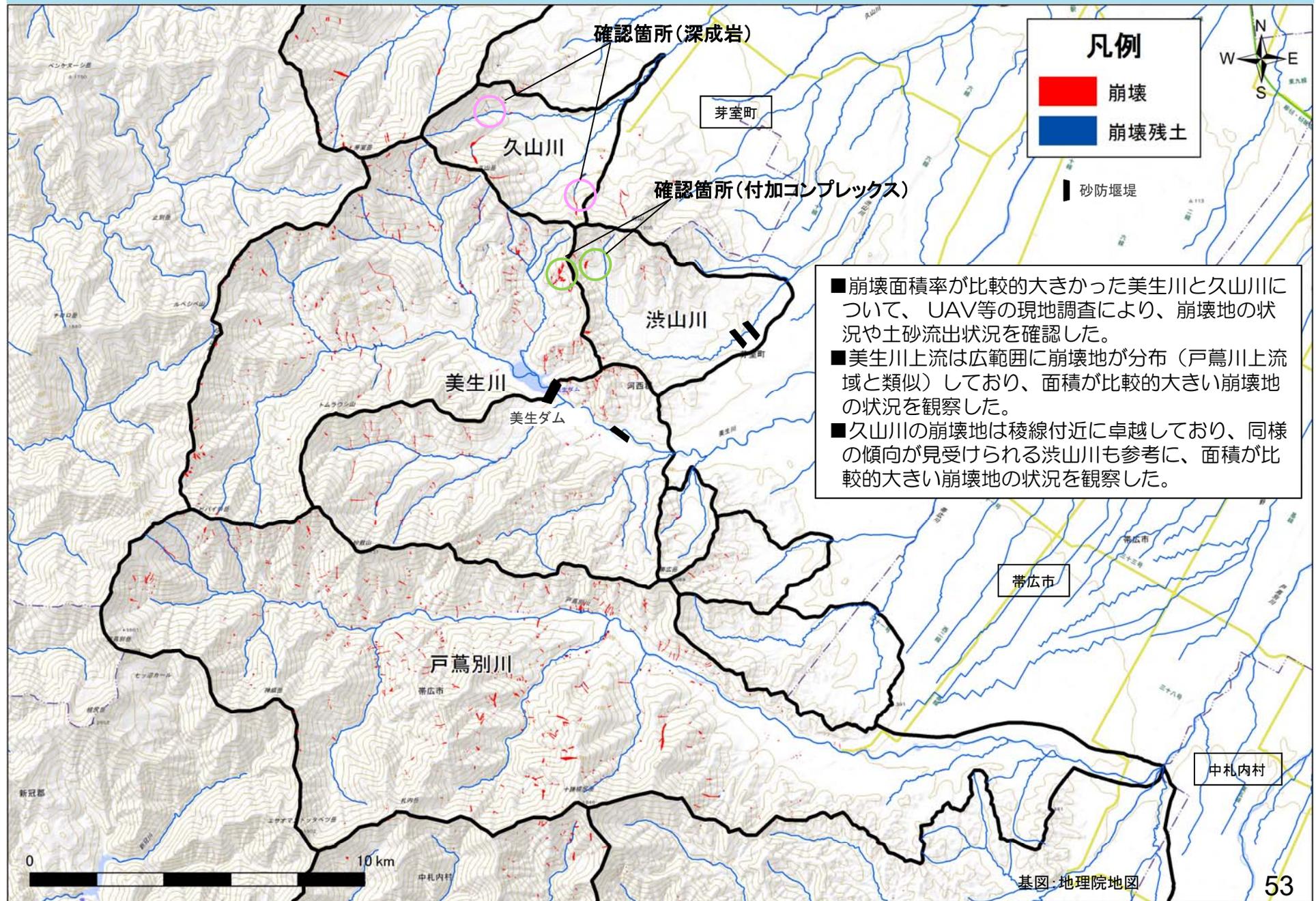
▲ 立木流出面積の計測



▲ 堆積流木の面積計測

6. 美生川・久山川流域の 土砂流出状況

崩壊土砂の流出状況



崩壊土砂の流出状況 美生川および渋山川



- 美生川および渋山川で面積が比較的大きい崩壊地は、いずれも付加コンプレックス（砂岩・泥岩等混在層）分布域の崩壊であった。
- 美生川および渋山川の崩壊は、ともに範囲は広いが、崩壊深は浅く確認され、表層崩壊と見受けられる。
- 崩壊面には褐色の岩盤（付加コンプレックス）が見えており、崩壊土砂に大きな礫は少なく、小さな礫が主体と見受けられる。
- 美生川の土砂は美生湖まで到達し、渋山川の土砂は途中で停止しており、どちらも土石流が下流へは到達していない。

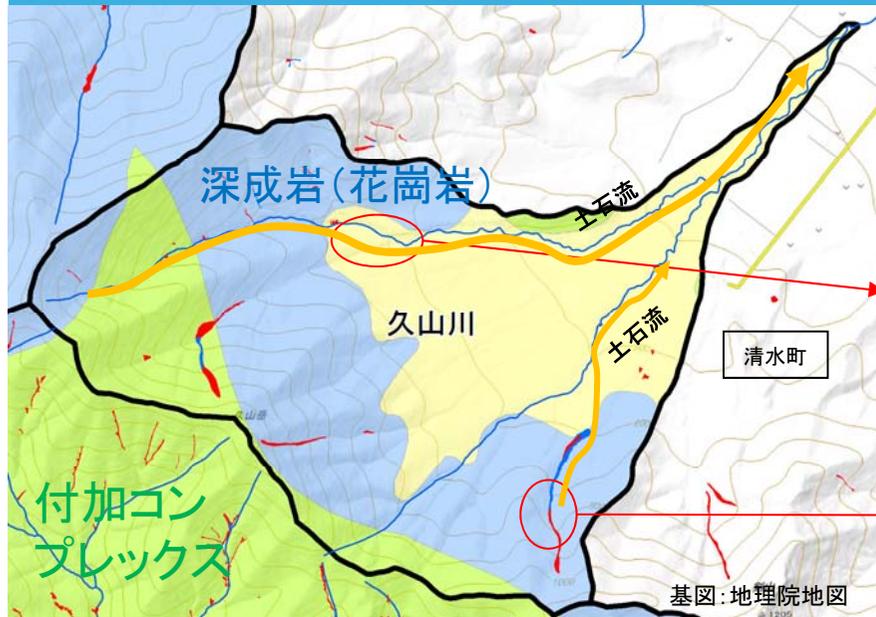
渋山川



美生川



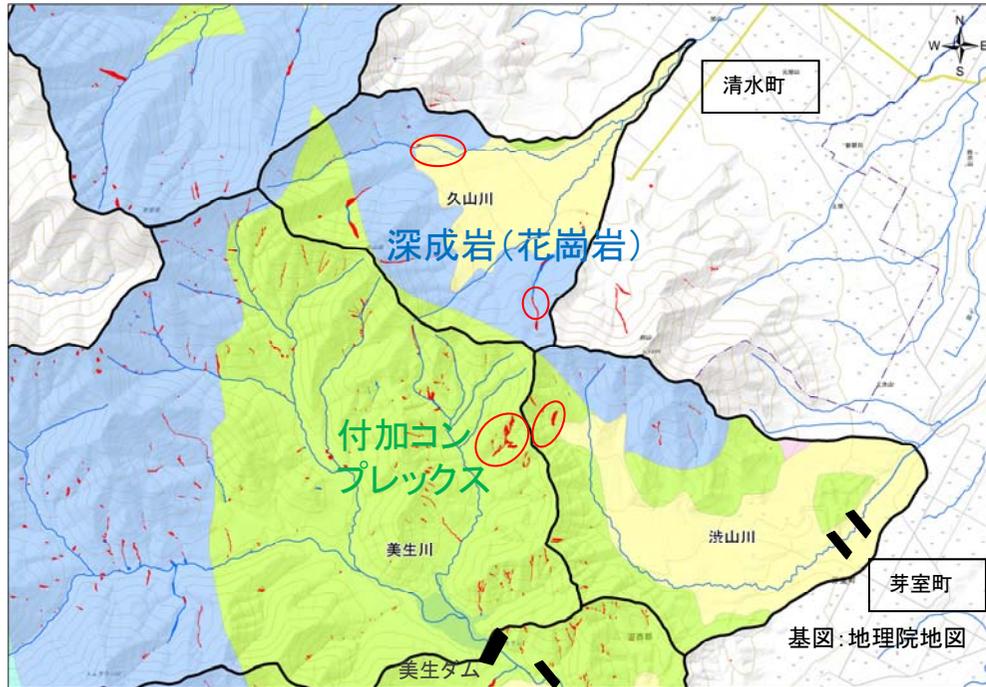
崩壊土砂の流出状況 久山川



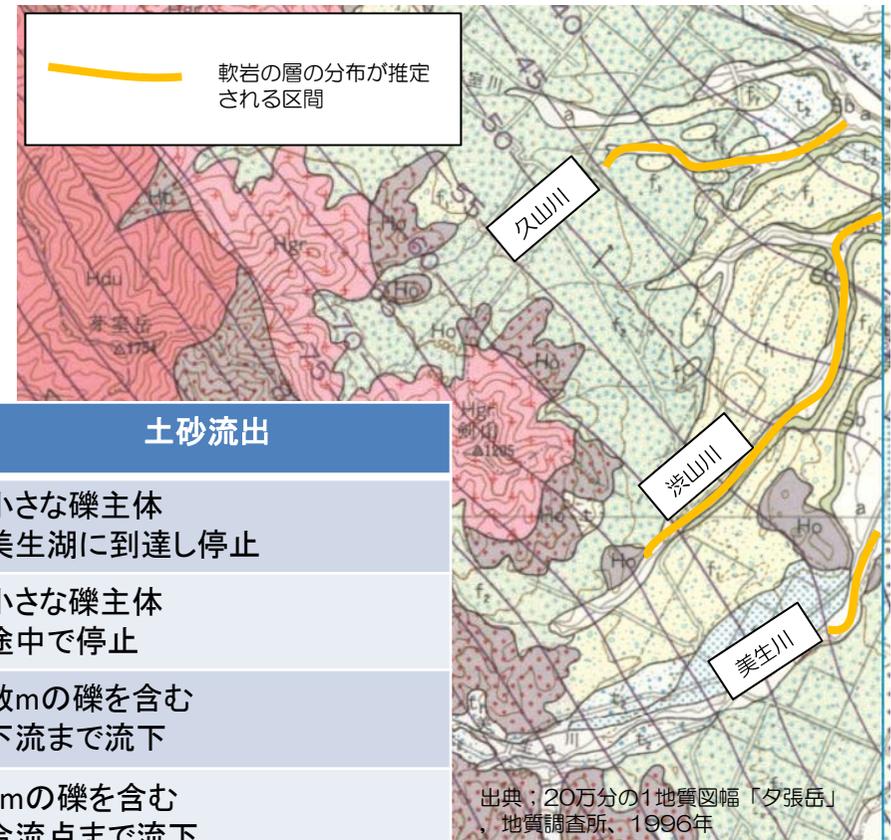
- 久山川で面積が比較的大きい崩壊地は、花崗岩を主体とする深成岩（花崗岩等）分布域の崩壊であった。
- 崩壊地から谷状に流出しており、崩壊面には土砂の堆積が見られ、白い大きな礫が確認される（上右側写真）。
- 土石流流下跡にも白い大きな礫が多く見え（上左側写真）、戸蔦別川の周氷河堆積物の流出と類似している。また、土砂は下流まで到達しているように見受けられる。



崩壊土砂の流出状況 美生川、久山川、渋山川まとめ



- 美生川および渋山川の崩壊は、面積が広い表層崩壊であった。付加コンプレックスでの崩壊であり、発生土砂は小さな礫が主体と推定される。
- 久山川の崩壊は、戸蔭別川等の周氷河堆積物の流出と類似した谷筋の崩壊で、下流まで到達していると見受けられる。深成岩（花崗岩等）での崩壊であり、数mの礫を含んでいる。
- 美生川、渋山川、久山川の下流は、周辺の地質分布から軟岩の基盤岩の分布が推定される。軟岩侵食が発生する恐れに留意が必要である。



河川名	地質	崩壊の特徴	土砂流出
美生川 (二の沢川)	付加コンプレックス(砂岩・泥岩等混在層)	表層崩壊 (浅い)	小さな礫主体 美生湖に到達し停止
渋山川	付加コンプレックス(砂岩・泥岩等混在層)	表層崩壊 (浅い)	小さな礫主体 途中で停止
久山川	深成岩 (花崗岩等)	谷状の崩壊 周氷河堆積物の可能性	数mの礫を含む 下流まで流下
戸蔭別川 (清水沢)	深成岩 (花崗岩等)	谷状の崩壊 周氷河堆積物の流出	4mの礫を含む 合流点まで流下

7. 小林川の土砂動態

砂防施設の有無による氾濫状況(芽室川と小林川)

■隣接し流域面積が同程度の小林川の溪床勾配約2度の区間と芽室川3号砂防堰堤周辺での氾濫状況を比較した。いずれも、扇状地区間である。

■芽室川

砂防施設が整備されている芽室川では、砂防堰堤や床固工の捕捉調節効果により、下流への土砂流出が抑制されている。また、流路がほぼ固定され、溪岸侵食も抑制されている。

■小林川

扇状地内では土砂の堆積により流路の蛇行と溪岸侵食が激しくなり、溪床勾配が 2° となる砂防計画基準点付近で広範囲への氾濫が発生している。



芽室川被災後の3号砂防堰堤から上流付近の扇状地区間の状況
(流域面積31km², 元溪床勾配約2度)



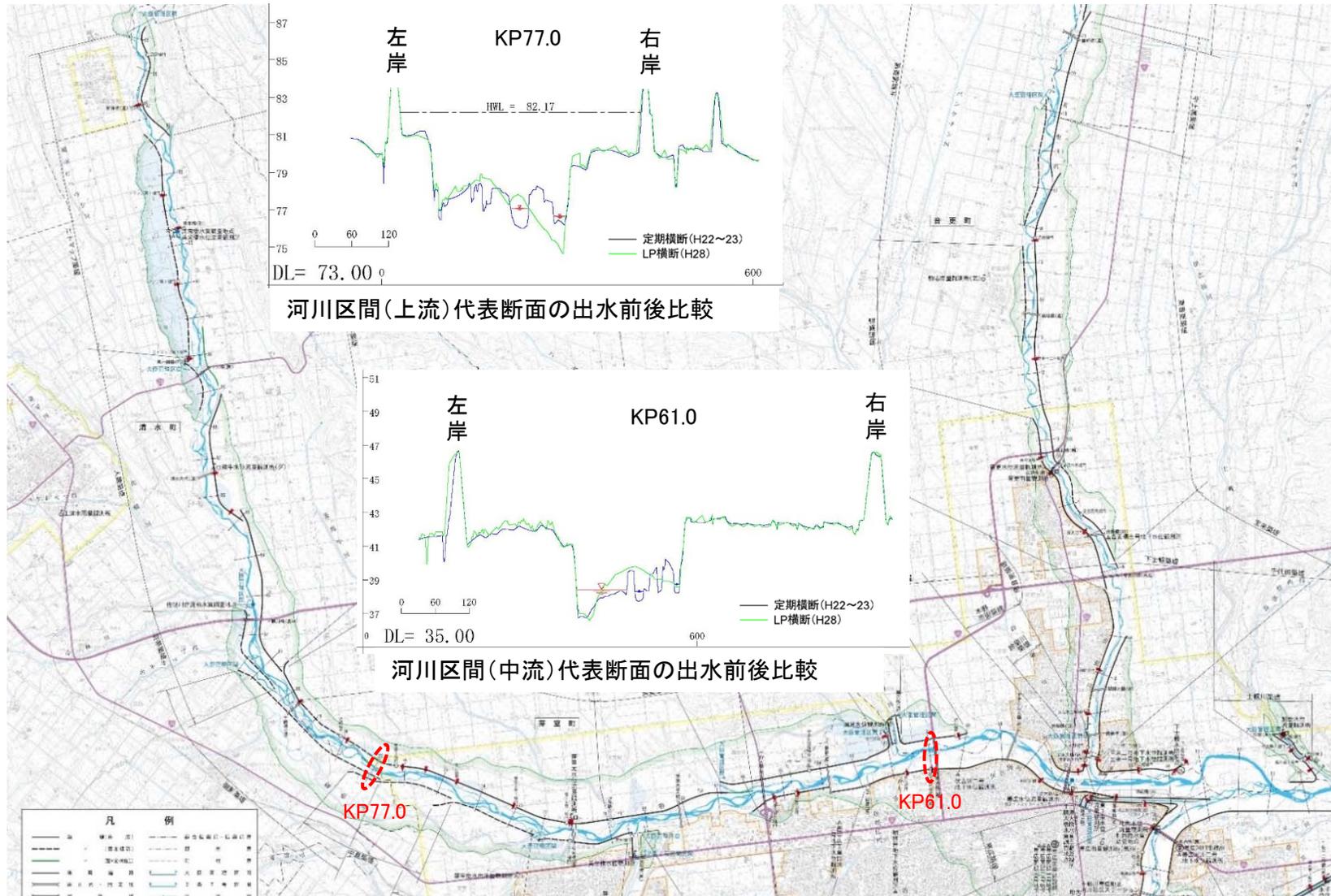
小林川被災後の砂防計画基準点付近の状況
(流域面積22km², 溪床勾配約2度)



8. 河川区間の評価

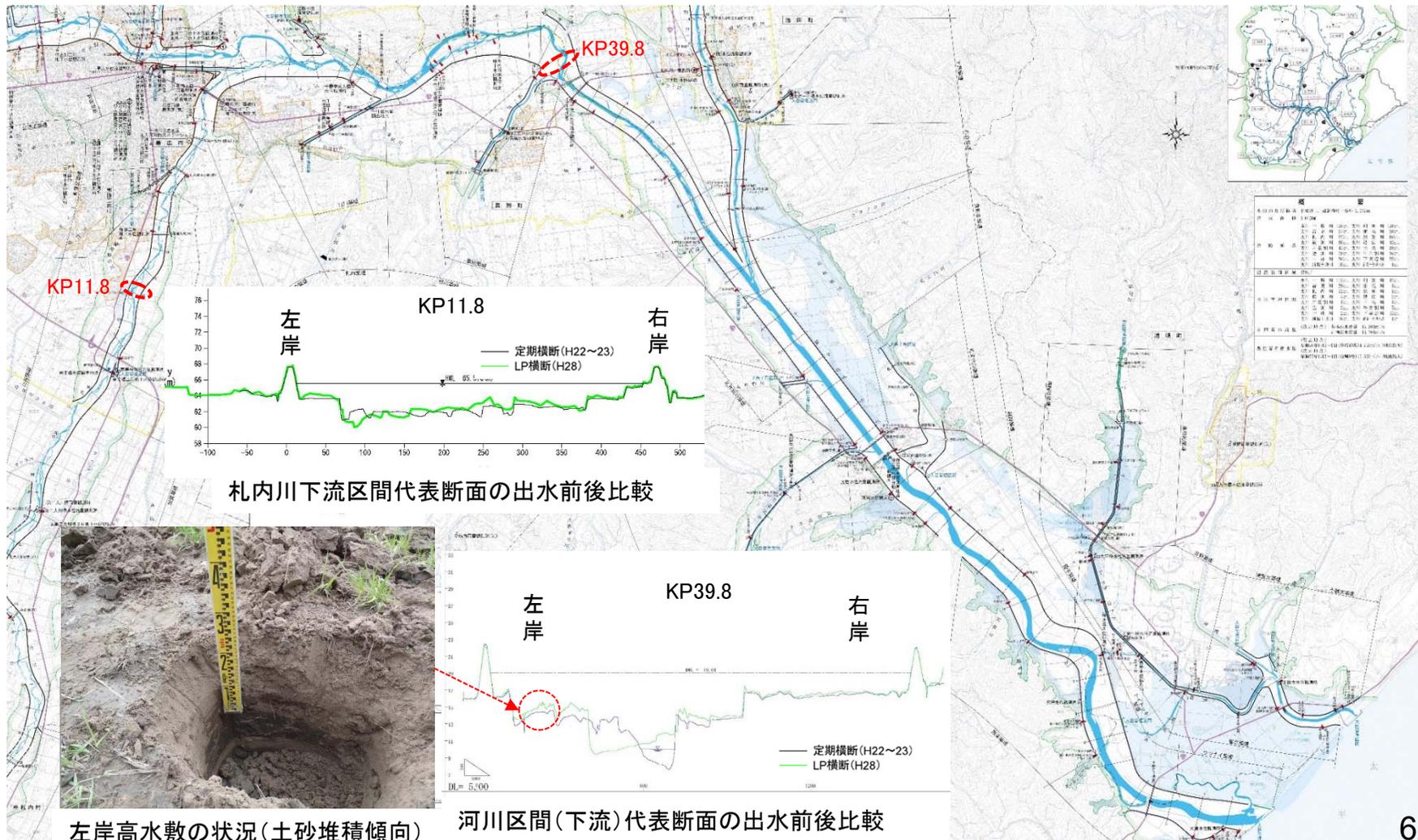
【十勝川】河道変化の概況

- 十勝川本川中上流部では、河道内で侵食・堆積箇所が混在しており、流路変動などにより河道の変化は見られるが、顕著な土砂堆積により河道を阻害している状況ではない。
- 横断面の変動部分から土砂量を算出すると、十勝川本川の札内川合流点より上流では約580万m³の堆積、約420万m³の洗掘と推定され、やや堆積傾向にあると推察される。しかし、堆積及び流出土砂の発生源の特定には至らなかった。



【十勝川】河道変化の概況

- 十勝川本川下流部では、低水路で侵食・堆積箇所が混在しているが、高水敷では平均的に堆積が見受けられる。概ね河口付近からKP40付近までは同様の傾向であるが、河道を阻害している状況ではない。
- 支川札内川の下流区間では、低水路で侵食・堆積箇所が混在しているが、高水敷では若干の堆積が見受けられる。概ね十勝川本川合流点付近から札内川砂防補助基準点付近までは同様の傾向であるが、河道を阻害している状況ではない。
- 横断面図の変動部分から土砂量を算出すると、十勝川本川の札内川合流点より下流では約800万m³の堆積、約690万m³の洗掘と推定され、堆積傾向にあり、支川札内川の下流区間も同様にやや堆積傾向と推定される。しかし、堆積及び流出土砂の発生源の特定には至らなかった。



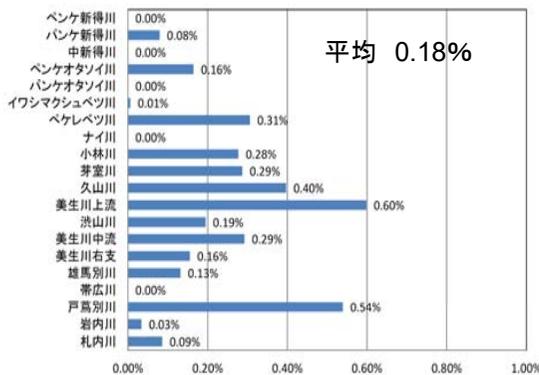
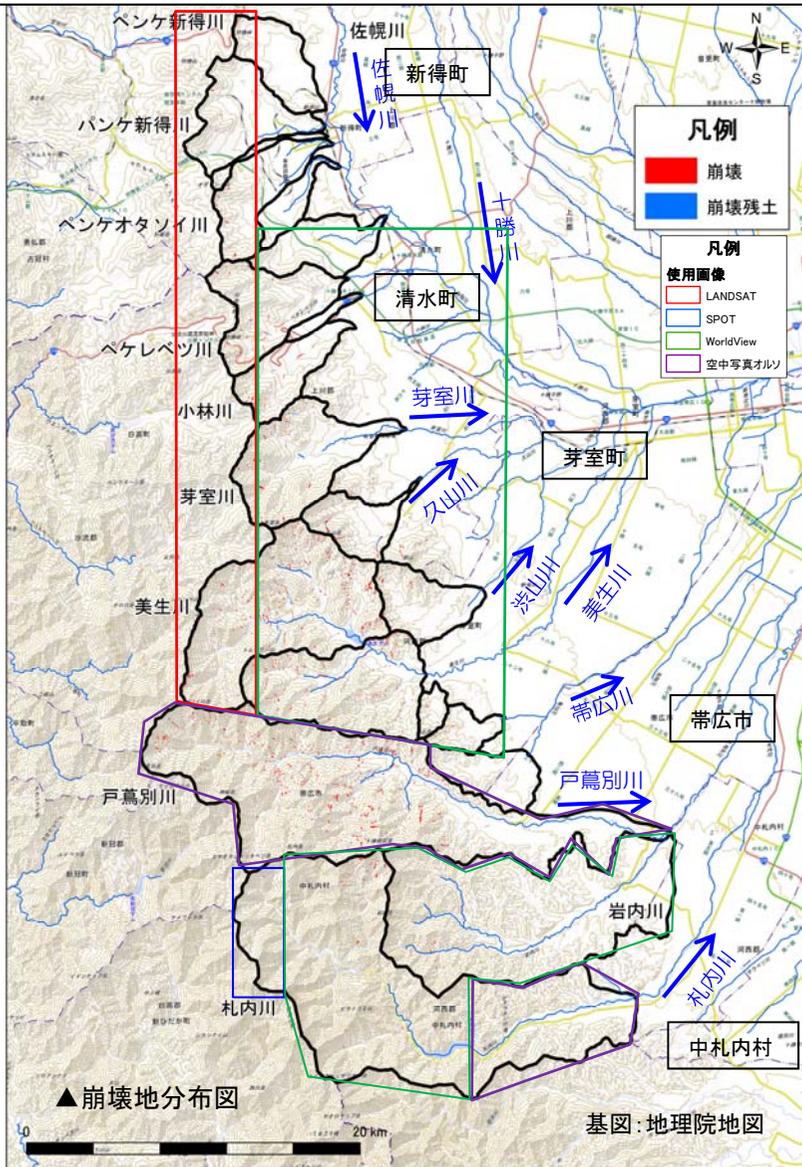
左岸高水敷の状況(土砂堆積傾向)

河川区間(下流)代表断面の出水前後比較

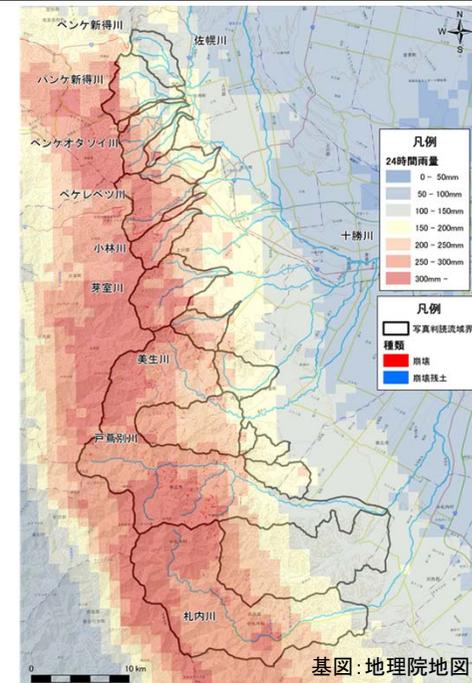
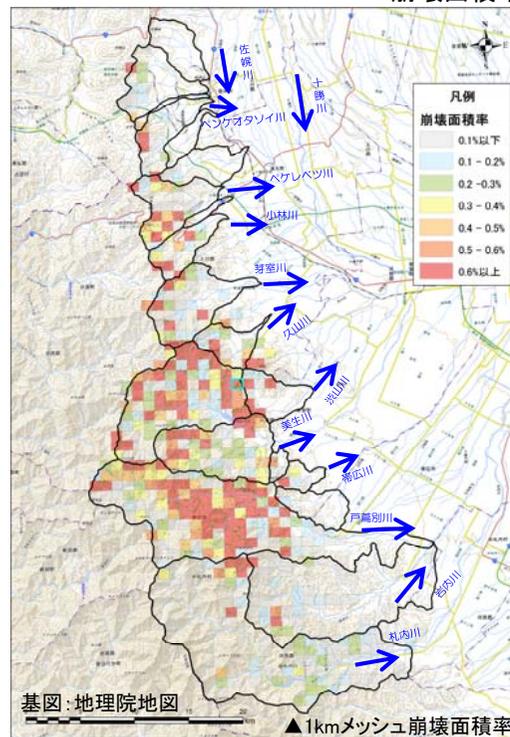
9. 平成28年8月出水による 十勝川流域の土砂動態評価(案)

(1)崩壊地の分布および特徴 崩壊地分布状況

- 日高山脈東麓の崩壊面積率は0.2%程度であり、一度の出水での崩壊としては比較的大きなものであった。
- 美生川上流、戸鶯別川、久山川に崩壊地が多く、高標高部の谷筋や周辺斜面（集水地形をなす〇次谷の源頭部付近）に多く分布している。
- 24時間雨量が200mm程度以上の分布範囲で、1kmメッシュ崩壊面積率が高くなる傾向がある。

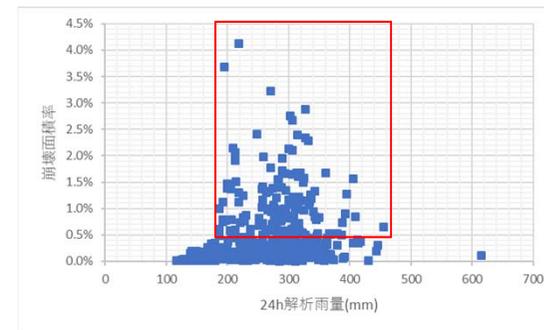


▲崩壊面積率



▲24時間雨量の分布

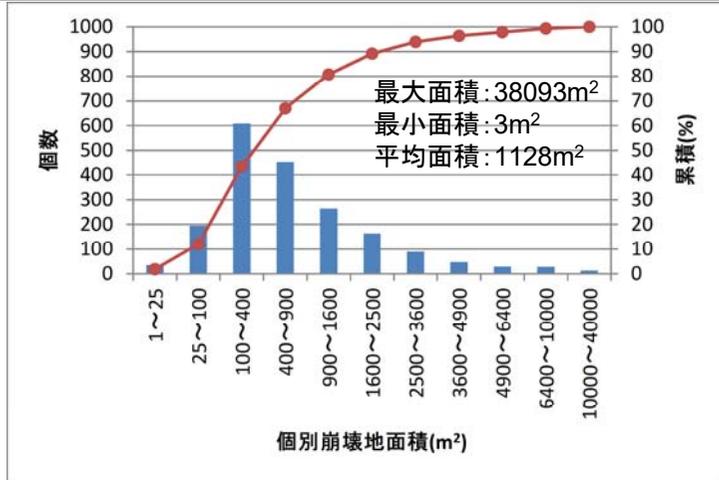
※戸鶯別雨量観測所の24時間最大雨量期間である8月30日1時から24時までの24時間雨量



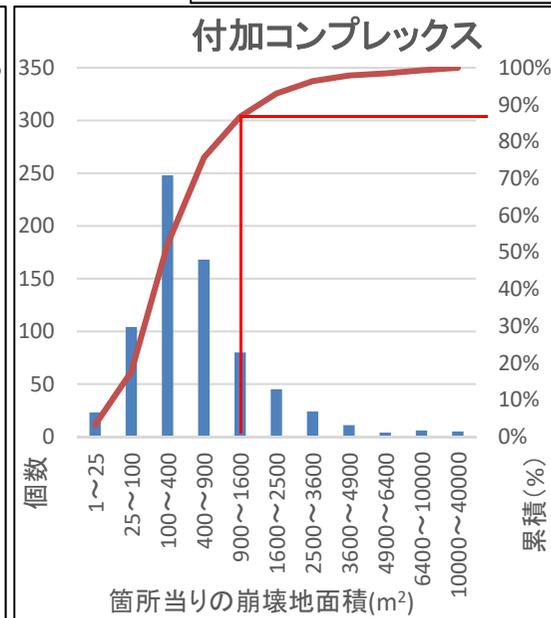
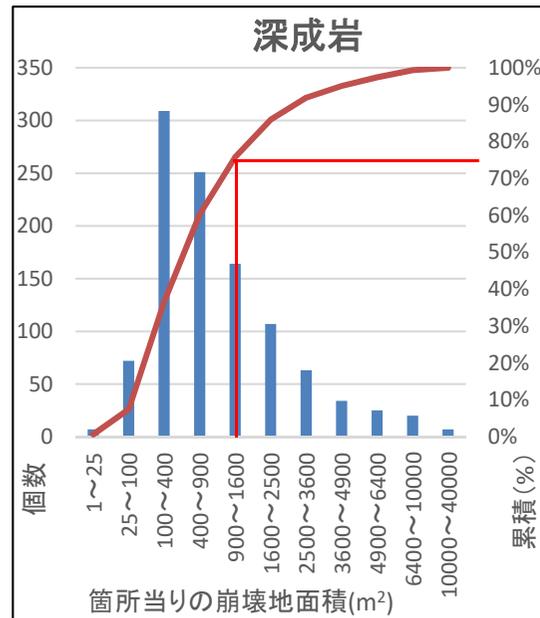
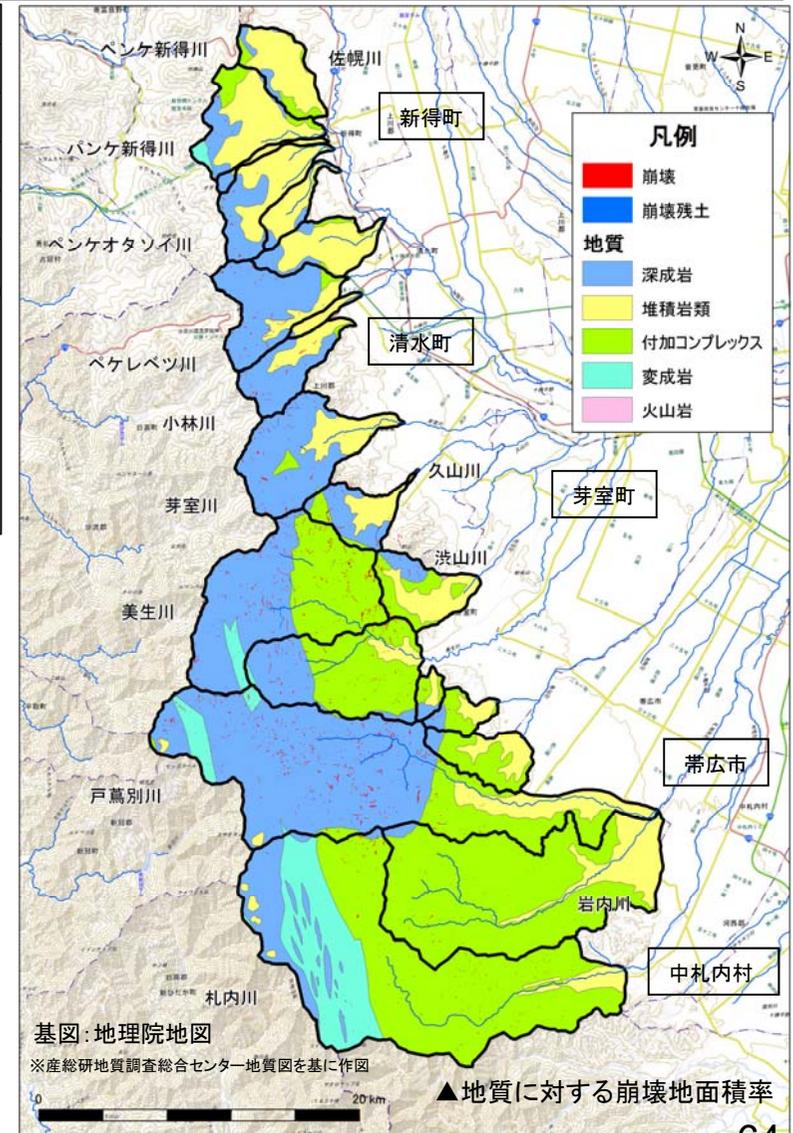
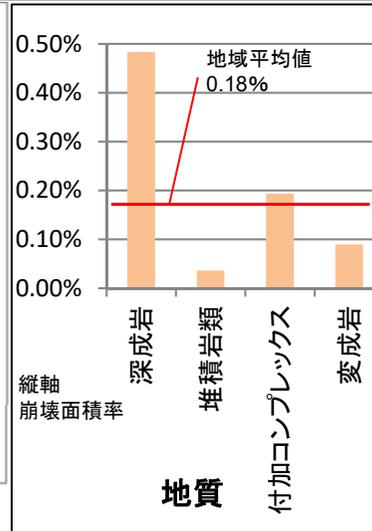
▲24時間雨量と1kmメッシュ崩壊面積率63

(1) 崩壊地の分布と特徴 崩壊規模、地質との関係

- 深層崩壊のような大規模な崩壊は発生しておらず、平均崩壊面積は1,128m²で、10,000m²以下の崩壊が全体の99%を占める。
- 侵食に弱い深成岩（花崗岩等）、付加コンプレックス（砂岩泥岩混在層）で崩壊面積率が高い。
- 地質によって崩壊数や崩壊規模の傾向は概ね変化せず、数百m²の規模の崩壊が卓越する。（規模の大きな崩壊は深成岩に多い）

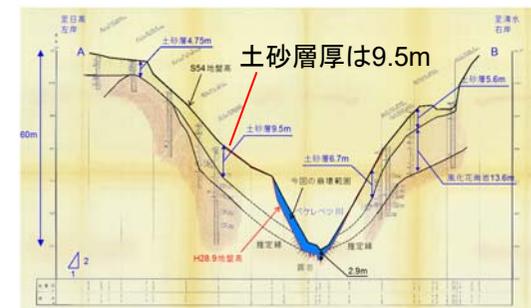
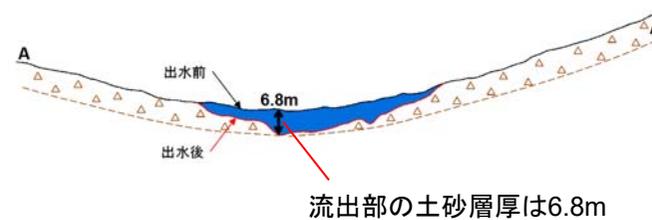


▲ 箇所当りの崩壊地面積の頻度分布



(1)崩壊地の分布と特徴 周氷河堆積物の流出

- 日高山脈周辺では、周氷河堆積物と呼ばれる土砂層の分布が確認されており、源頭部付近から崩壊した土砂が周氷河堆積物を巻き込んで土石流を拡大したと推定される。
- 最大20mの土砂層が流出したと推定される箇所もあり、周氷河堆積物の分布域においては堆積深を把握することが重要となる。



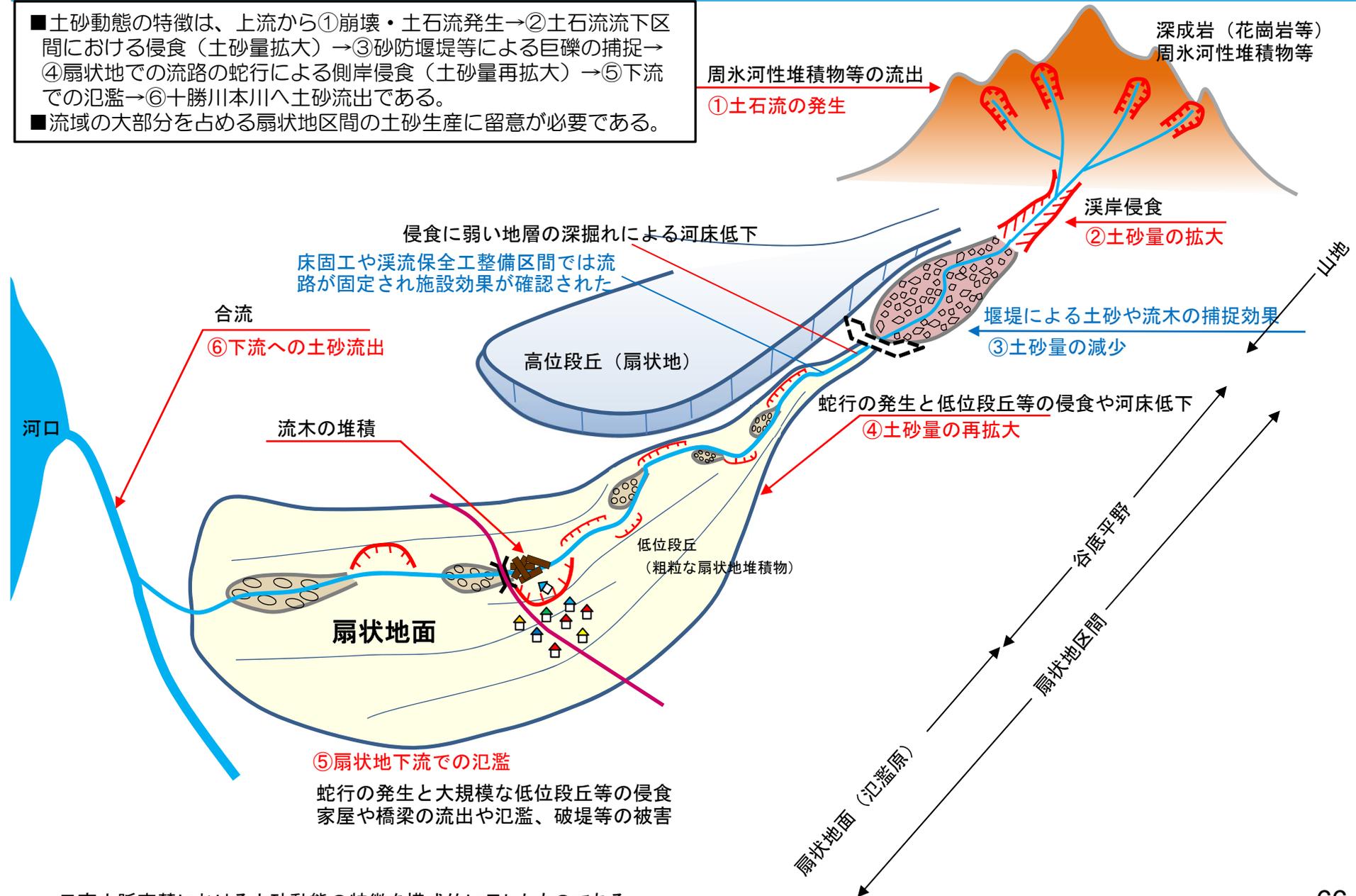
▲戸蔭別川ピリカペタヌ沢川支沢源頭部付近の崩壊
(上:出水後の崩壊地写真 下:出水前後のLP測量から復元した地形横断の重ね合わせ図)

▲戸蔭別川清水沢源頭部付近の崩壊
(上:出水後の崩壊地写真 下:出水前後のLP測量から復元した地形横断の重ね合わせ図)

▲ペケレベツ川源頭部日勝大橋付近の崩壊
(上:出水後の崩壊地 下:昭和54年実施のボーリング資料による地質横断面図)

(2)土砂動態 日高山脈東麓における土砂動態の特徴

- 土砂動態の特徴は、上流から①崩壊・土石流発生→②土石流流下区間における侵食（土砂量拡大）→③砂防堰堤等による巨礫の捕捉→④扇状地での流路の蛇行による側岸侵食（土砂量再拡大）→⑤下流での氾濫→⑥十勝川本川へ土砂流出である。
- 流域の大部分を占める扇状地区間の土砂生産に留意が必要である。



* 日高山脈東麓における土砂動態の特徴を模式的に示したものである。

(2)土砂動態 扇状地における土砂動態の特徴

■扇状地区間では、河川（流路）の蛇行に伴い、河道内の低位段丘等の大規模な側岸侵食が顕著な区間があり、粗粒な土砂や河畔林の流出が発生した。河川周辺に家屋や農地等が近接している区間は特に留意が必要である。



▲ペンケオタソイ川の大規模な側岸侵食

■河床の地下浅所に侵食に弱い地層が分布している区間があり、施設下流等で深掘れ侵食が生じた。



▲芽室川3号堰堤下流の深掘れ侵食

■砂防基準点下流においても同様に河川が蛇行し、大規模な側岸侵食や河床低下が発生した。市街地区間では、家屋や橋梁の流出や氾濫等の被害の発生もみられる。



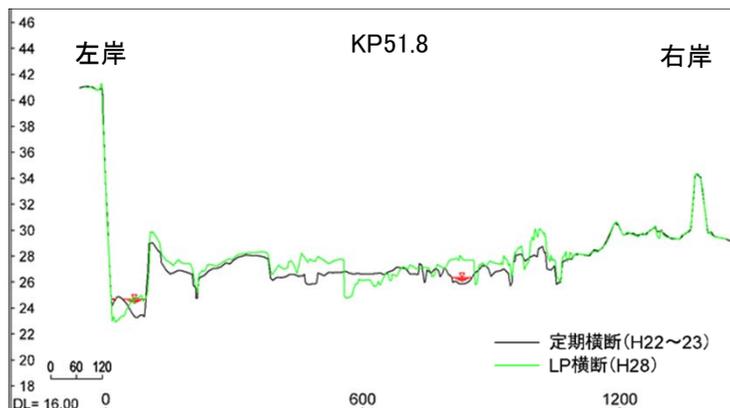
▲清見橋(国道38号)取付道路流出(ペケレベツ川)

■各河川の扇状地区間では施設の効果も確認されるが、河道の変化は顕著であった。

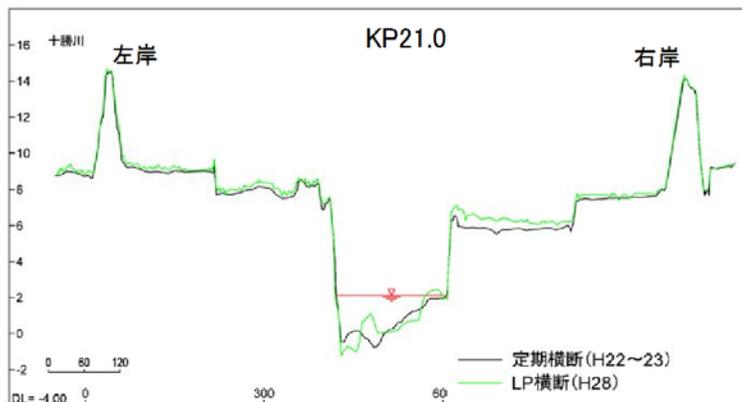


(3)下流への影響

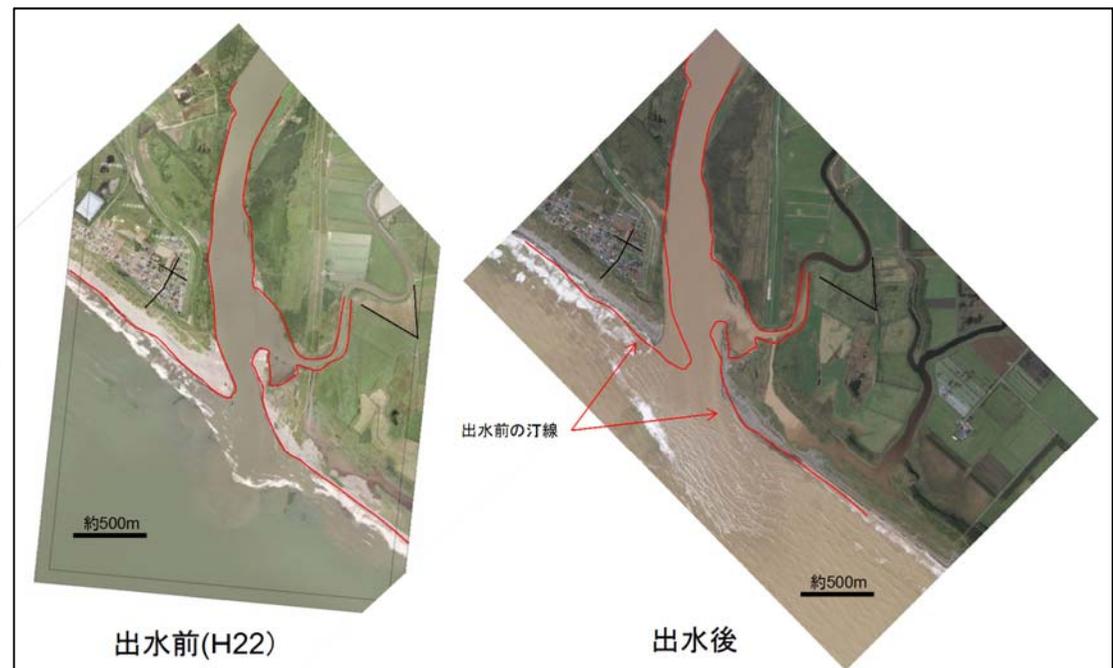
- 本川中上流部の札内川、音更川、然別川等の合流部では、いずれも侵食・堆積箇所が混在しているが、河道を阻害している状況はない。
- 本川下流部の茂岩基準点付近等では低水路内において侵食・堆積箇所が混在するが、極端な堆積箇所は見受けられない。
- 本川下流部の高水敷には、広範かつ平均的な細粒土の堆積がみられ、現地でも堆積が確認される。
- 河口周辺部の出水前後の写真比較から、出水の影響による著しい汀線の変化は見受けられない。
- 本川での土砂の堆積傾向や、一部の海域への流出は推察されるが、堆積・流出土砂の発生源及び移動形態の特定までには至らなかった。



▲札内川合流部付近における
出水前後の横断測量図の比較



▲茂岩基準地点付近における
出水前後の横断測量図の比較



▲十勝川河口における出水前後の地形変化

(4)土砂量、流木量の推定

- 土砂量については、特に降雨や土砂流出が激しかった代表の4河川で算出したところ、上流の崩壊にともなう土砂生産、扇状地での側岸侵食にともなう土砂生産が大きかったことが推察される。
- 代表4河川の流出土砂量と崩壊面積率から、日高山脈東麓からの流出土砂量は約500万m³と大きな値が推定されるため、支川からの流出土砂の一部は下流へ流下したものと推察される。
- 本川の札内川合流部より上流では約160万m³の堆積土砂量、本川の札内川合流部より下流では約110万m³の堆積土砂量が推定され、十勝川本川ではやや堆積傾向と推察される。
- 流木については、代表で検討した4河川の単位面積あたりの流出流木量が約160m³と推定され、砂防設備等が多く流木の流出を抑制しているが、今後も引き続き対策を検討することが重要である。
- 土砂量や流木量の算出については、各河川により調査データが異なるため、算出方法や精度がばらつきがあることに留意すべきである。

日高山脈東麓の流出土砂量の推定

	流域面積 (km ²)	崩壊面積率 (%)	流出土砂量 (万m ³)
戸蔦別川	153	0.54	261
ペケレベツ川	32	0.31	40
芽室川	46	0.29	51
ペンケオタソイ川	13	0.16	13
日高山脈東麓	920	0.18	約500

単位面積あたりの流出流木量の推定

	流域面積 (km ²)	流出流木量 (m ³)	単位面積あたりの 流出流木量 (m ³ /km ²)
戸蔦別川	153	28,300	184
ペケレベツ川	32	3,060	96
芽室川	46	6,340	137
ペンケオタソイ川	13	1,840	139
代表4河川の計	244	39,540	162

※各河川で推定した流出土砂量をもとに、流域面積1km²及び崩壊面積率1%あたり約3万m³の流出土砂があると仮定して、日高山脈東麓からの流出土砂量を推定した。

(5)今後の土砂災害の防止に向けた課題

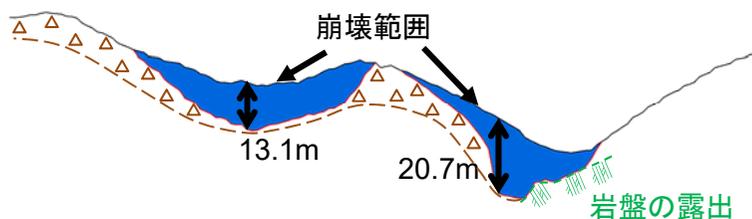
■山地における土砂流出対策の検討

○山腹斜面の崩壊に加え、溪岸の周氷河堆積物が侵食により多量に流出したのが特徴的であった。今後も土石流等による多量の土砂流出のリスクを有する状況であることから、計画の生産土砂量を精査すべきである。

○砂防事業が現在行われていない流域では、今回の出水による土砂流出状況を踏まえて砂防堰堤の必要性を検討すべきである。



ピリカペタヌ沢(戸蔭別川)の土砂流出



ピリカペタヌ沢からは周氷河堆積物が多量に流出し、今後も大規模な流出の恐れがあるため、砂防堰堤整備の検討が必要。

砂防事業が現在行われていない流域
土石流が発生し、下流で氾濫した流域

- ・小林川
- 崩壊面積率が大きい流域
- ・美生川
- ・久山川



小林川の土石流

小林川は土石流の発生を踏まえた砂防堰堤整備の検討が必要。



美生川の崩壊地



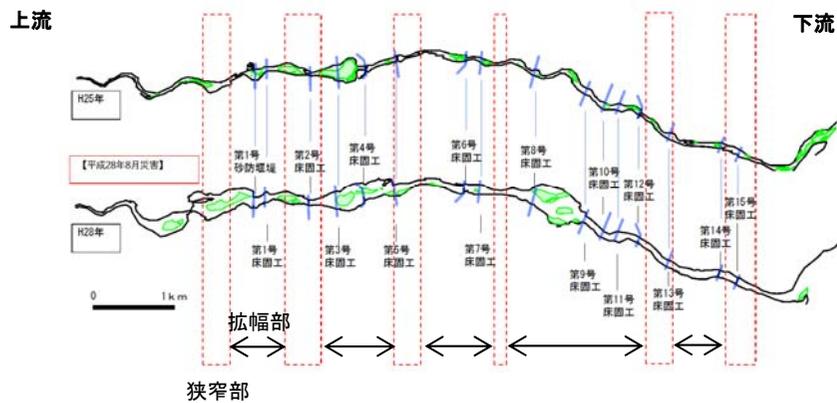
久山川の崩壊地

美生川や久山川などは崩壊面積率が大きいため、土砂流出状況を踏まえて今後の土石流発生についての検討が必要。

(5)今後の土砂災害の防止に向けた課題

■扇状地における土砂流出対策の検討

- 扇状地では河川が蛇行して側岸を侵食したのが特徴的であり、今後の砂防事業の検討にあたっては中流域での土砂生産に対して留意することが重要である。
- 引き続き、これまで実施してきた扇状地での砂防事業による河道安定化、土砂調節、河道周辺部での遊砂効果などを詳細に評価することが必要である。
- 砂防事業区域にとらわれず土砂生産が想定される範囲を改めて検討する必要がある。



戸蔭別川床固工群の土砂流下状況

護床工・副ダム工被災

左岸袖部被災



ペケレベツ川扇状地の土砂流下状況



芽室川、造林沢川扇状地の土砂流下状況

戸蔭別川床固工群は、土砂流出により床固工の範囲内で河道を拡幅して、高水敷に堆砂させる効果を十分に発揮したと考えられるが、被災した施設もみられることから、計画に対する検証を行い、配置や構造の見直しの必要性を検討すべき。

ペケレベツ川等の扇状地では、渓流保全工が整備されていた区間の側岸侵食が抑制されているが、局部的に侵食されている箇所もみられることから、今回の出水に対する施設効果の検証を行い、配置や構造の見直しの必要性を検討すべき。

(5)今後の土砂災害の防止に向けた課題

■流木対策の検討

○近年、土砂とともに大量の流木が下流へ被害を及ぼす甚大な土砂災害が発生しており、十勝川流域においても流木対策の検討が重要である。

○流木対策としては透過型砂防堰堤や既設砂防堰堤の改良などを検討し、実施にあたっては関係機関と情報共有して、連携しながら進めることが重要である。



橋脚付近に大量に堆積した流木
(ペケレベツ川清美橋)



透過型砂防堰堤が流木を捕捉
(ペンケオタソイ川1号堰堤)



中洲に堆積した流木
(戸蔦別川 岩内川合流点付近)



透過型砂防堰堤が流木を捕捉
(戸蔦別川第7号砂防堰堤)



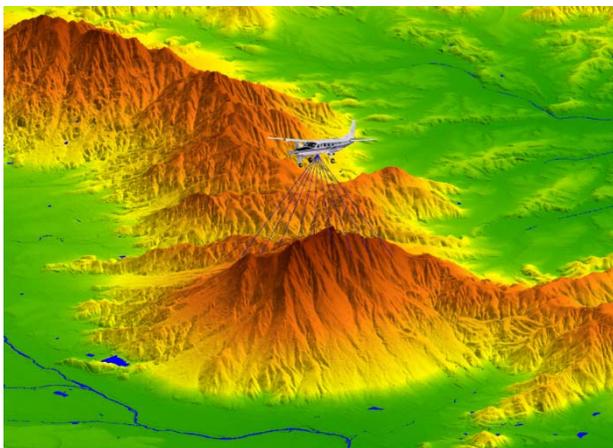
既設砂防堰堤の改良

(5) 今後の土砂災害の防止に向けた課題

■ 継続的なモニタリング調査の実施

○ 出水による土砂流出状況を定量的に把握するには、出水前の現地状況と比較する必要があるため、直近のデータを活用することで経年的な変化による誤差を少なくすることが可能となるため、継続的なモニタリング調査を実施することが重要である。モニタリング調査は、他機関とも連携し、砂防事業に対する優先度も考慮して効果的・効率的に実施すべきである。

土砂動態把握に関する新技術



出典：国土地理院HP
http://www.gsi.go.jp/kankyo/chiri/Laser_index.html

航空レーザー測量



ドローンによる測量

継続的な実施が必要な調査項目(案)

調査目的	調査手法(例)	頻度の目安
土砂移動量の把握	航空レーザー測量 河川横断測量	・5年程度 ・出水後
崩壊地分布の把握	衛星画像による崩壊地判読	・出水後
堆積土砂の粒径把握	河床材料調査	・出水後
流木量の把握	オルソ画像による判読 現地測量	・出水後