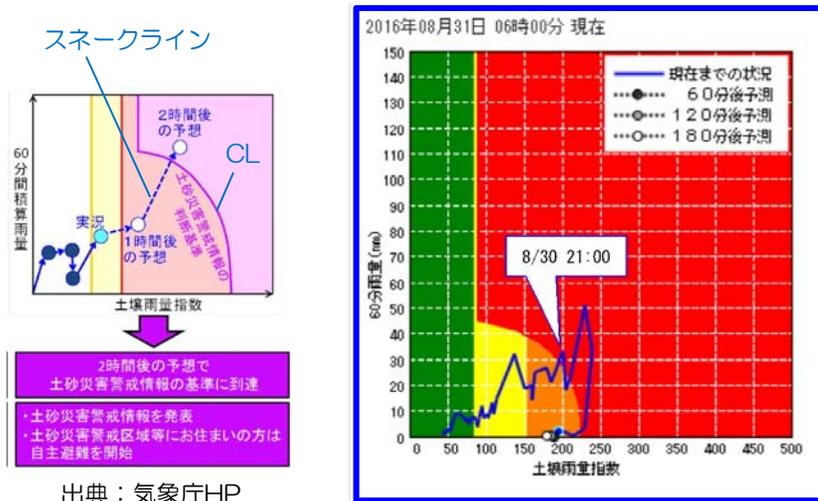

3. ペケレベツ川流域の土砂動態

(1) 気象状況 土砂災害警戒情報の検証

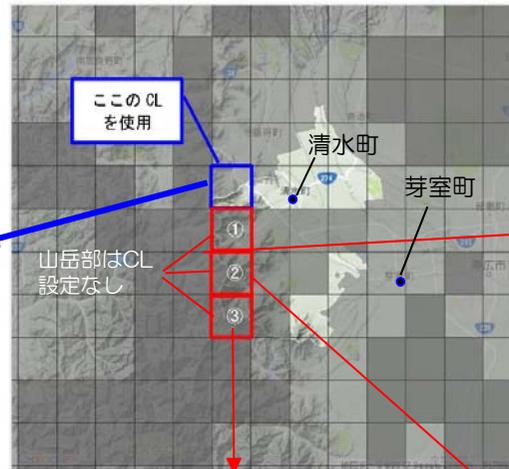
- 土石流等の被害想定範囲に保全対象が無いような山岳部は、全国的に土砂災害警戒情報の判断基準（CL）を設定していないが、今回の出水は山岳部の雨量が大きかったことよりシミュレーションを試算した。
- ペケレベツ川上流域（国道以外に施設等が無い）において近傍のCL設定を適用したところ、当時の警戒情報発令や氾濫の時間（31日未明と推定）に対して問題となるようなものではなく、概ね実際のシミュレーションと同様の結果であった。



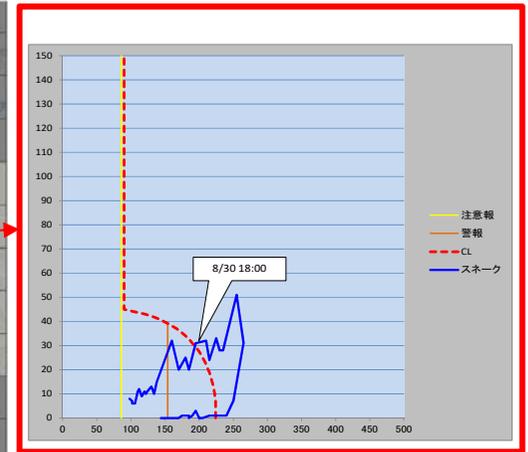
近傍の実況スネークライン

土砂災害警戒情報
過去の土砂発生時の雨量データ（土壌雨量指数と60分間積算雨量）を参考に判断基準（CL）を定め、2時間後までに判断基準に到達すると予測した場合に発表される（気象庁HP）。土壌雨量指数と60分間積算雨量の折れ線グラフをスネークラインと呼んでいる。

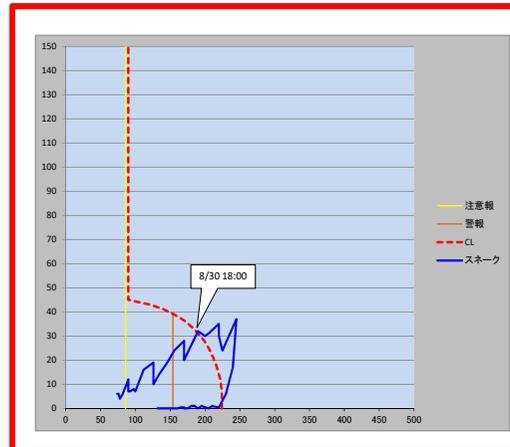
種類	日	時間	対象地区
清水町	平成28年8月30日	13:46	土砂災害警戒情報発令
避難勧告	30日	17:50	公栄, 西文化, 西清水
"	30日	19:15	御影中央
"	30日	20:45	千歳, 旭山, 剣山の一部
"	31日	0:20	清水市街全域
避難指示	31日	0:20	公栄, 清美, 西文化, 西清水
"	31日	0:50	羽田桐地区の一部



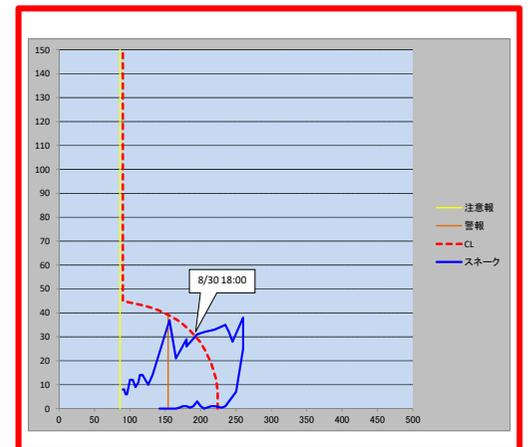
山岳部①のシミュレーション結果



山岳部③のシミュレーション結果



山岳部②のシミュレーション結果



(2)土石流評価 ペケレベツ川1号砂防堰堤の土石流ピーク流量推定

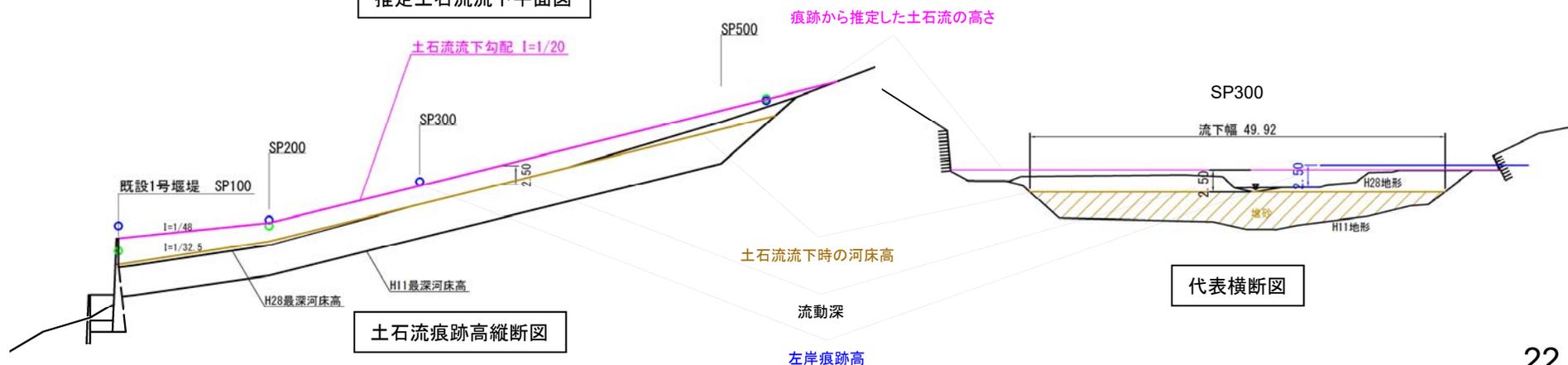
- 1号砂防堰堤を通過した土石流ピーク流量を、マニング式を用いて推定すると約480m³/sであった。
 土石流の流下幅は、オルソ平面図から残存している樹木を考慮して、50mと推定した。
 土石流の流下勾配は、痕跡高の勾配として推定し、 $1=1/20$ とした。
 土石流流下時の河床高は、堆砂幅が土石流流下幅と等しくなる高さとした。
 土石流の流動深は、土石流流下時の河床高と痕跡から推定した土石流の高さとの差として求め、2.5mとした。
- 土石流推定ピーク流量から、堰堤袖部への土石流流体力は約61kN/m、巨礫の衝撃力は約305kN/mと推定される。



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

(3)土砂流出状況 流出堆積の状況 施設と土砂移動の関係(ペケレベツ川上流区間)

- 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



掃流形態の土砂移動

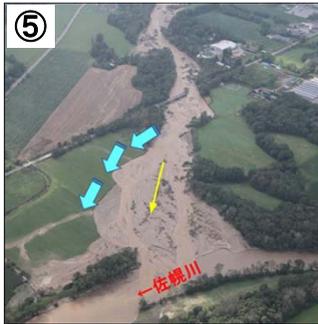
土石流形態の土砂移動



②上流域の荒廃状況

(3)土砂流出状況 流出堆積の状況 施設と土砂移動の関係(ペケレベツ川 中～下流区間)

- 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)。



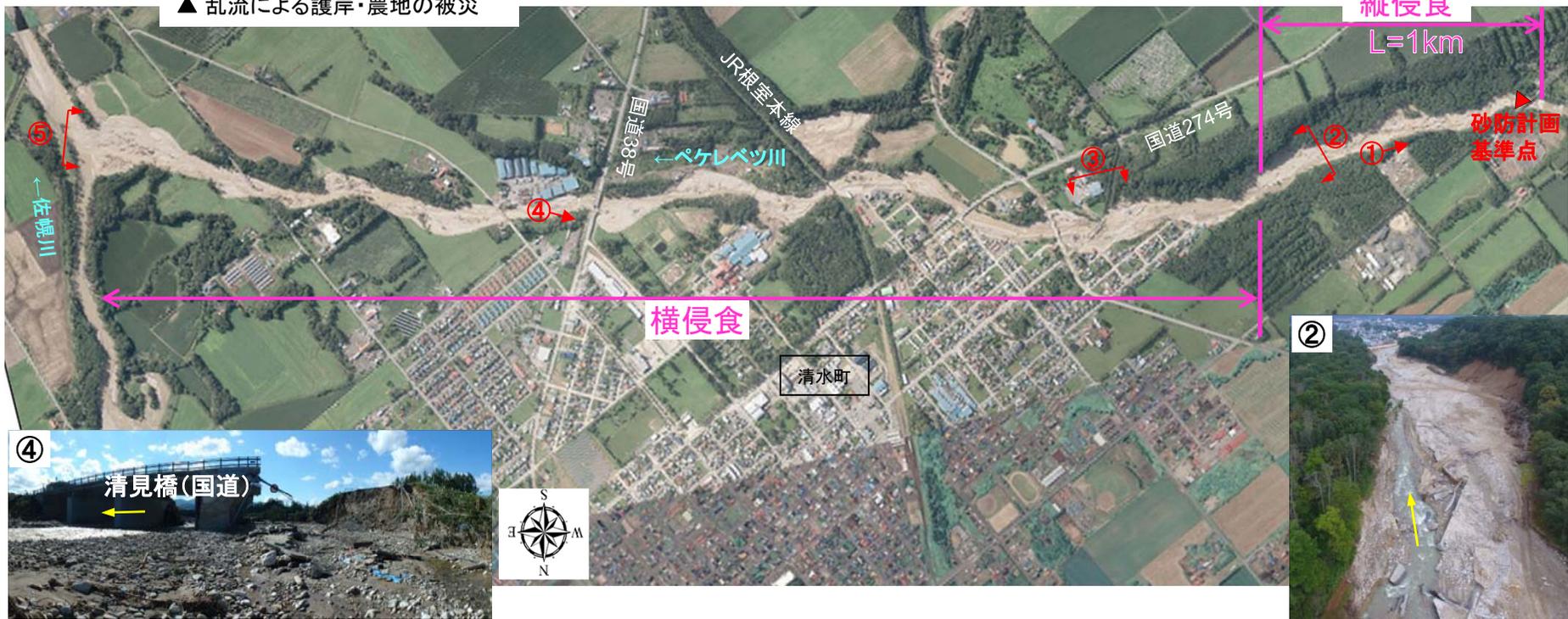
▲ 乱流による護岸・農地の被災



▲ 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

(3)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

- 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

(3)土砂流出状況 流出堆積の状況 施設下流の平衡勾配(ペケレベツ川)

- 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付近から見たペケレベツ川橋（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。

(3)土砂流出状況 過去の地形との比較 ペケレベツ川扇状地上流区間

- 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)をトレースしたのもの
- H28出水河道範囲



平成28年出水後



(3)土砂流出状況 過去の地形との比較 ペケレベツ川扇状地下流区間

- 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

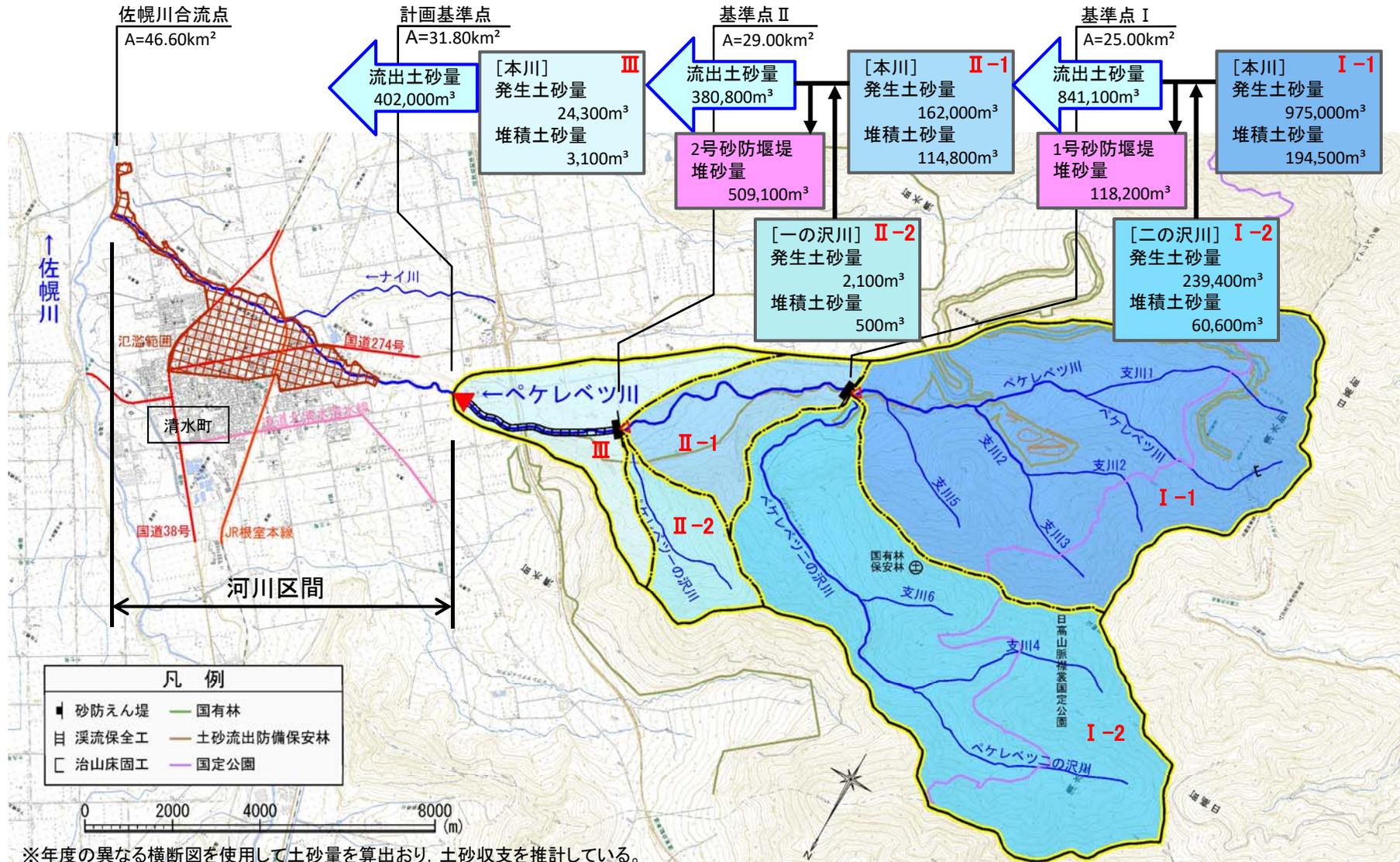


平成28年出水後



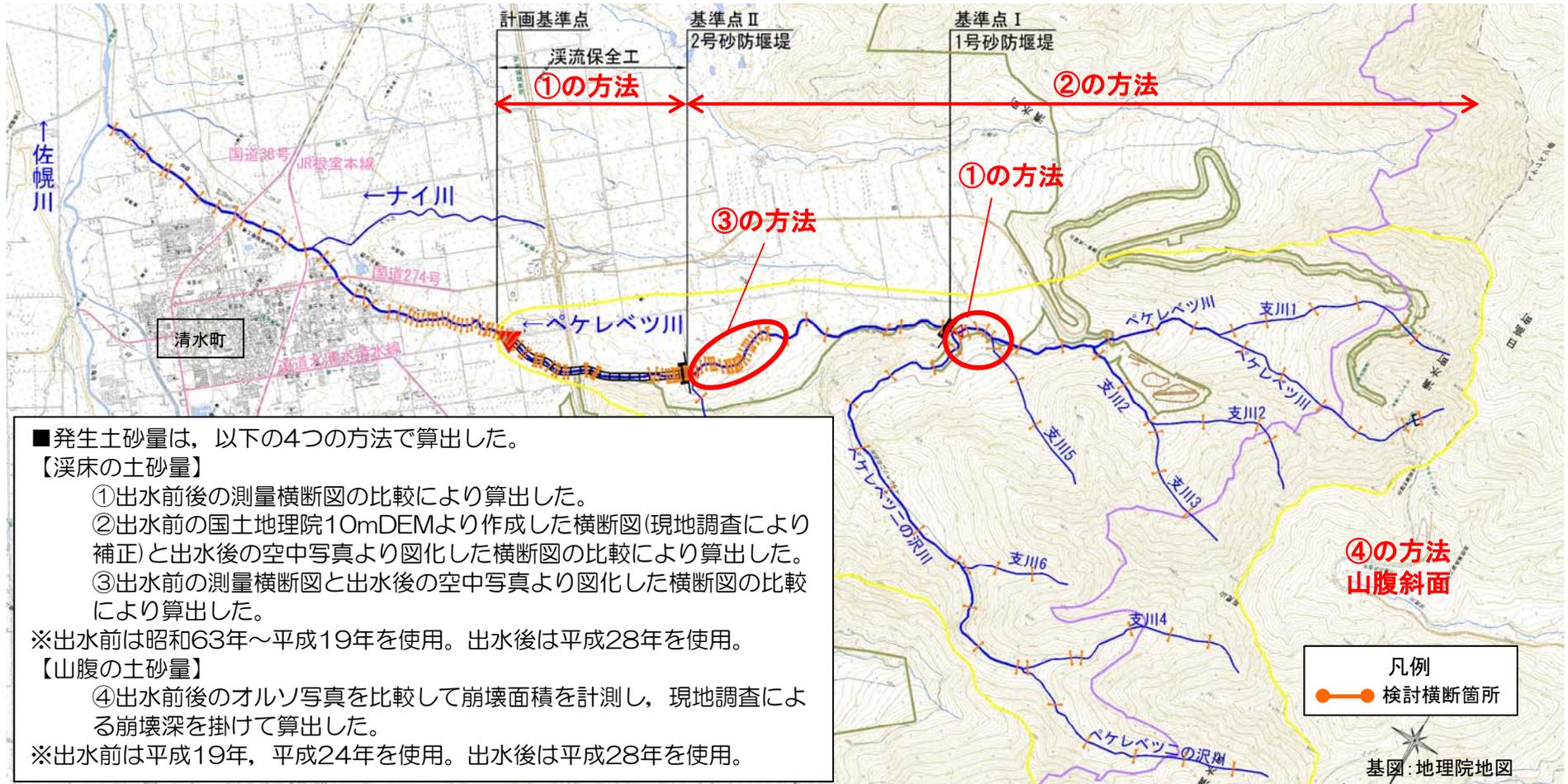
(4)土砂量算出 土砂収支図(ペケレベツ川)

■砂防流域全体では、約140万m³発生したが、1号砂防堰堤が約12万m³、2号砂防堰堤が約51万m³の土砂を捕捉し、その他の地形条件等によっても約37万m³堆積したため、砂防基準点からの流出量は約40万m³に抑えられた。



(4)土砂量算出 ペケレベツ川の土砂量算出方法

国土交通省 河川砂防技術基準 調査編に基づいて調査した。



■発生土砂量は、以下の4つの方法で算出した。

【渓床の土砂量】

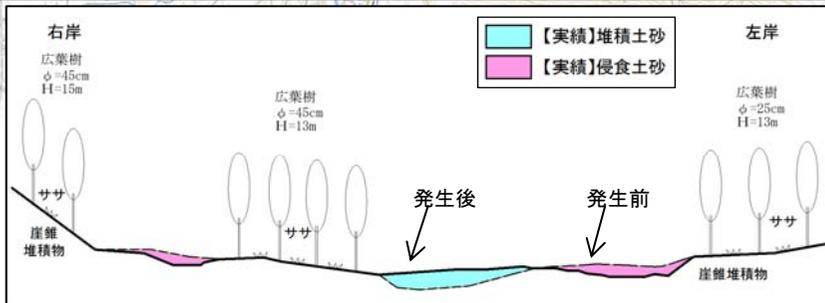
- ①出水前後の測量横断面図の比較により算出した。
- ②出水前の国土地理院10mDEMより作成した横断面図(現地調査により補正)と出水後の空中写真より図化した横断面図の比較により算出した。
- ③出水前の測量横断面図と出水後の空中写真より図化した横断面図の比較により算出した。

※出水前は昭和63年～平成19年を使用。出水後は平成28年を使用。

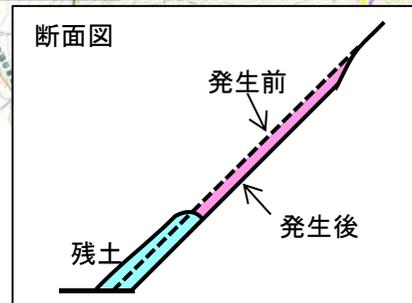
【山腹の土砂量】

- ④出水前後のオルソ写真を比較して崩壊面積を計測し、現地調査による崩壊深を掛けて算出した。

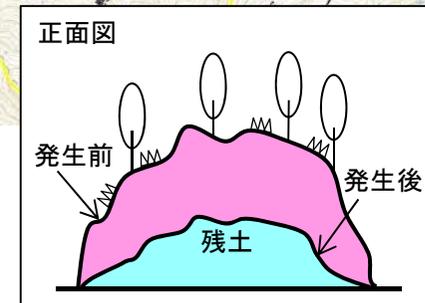
※出水前は平成19年、平成24年を使用。出水後は平成28年を使用。



▲ 渓床の土砂量算出方法

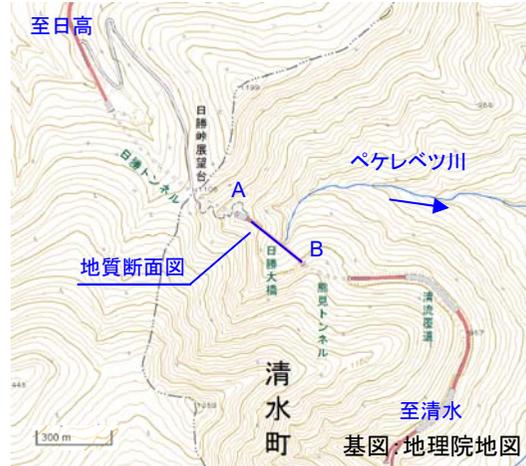


▲ 山腹の土砂量の計測方法



(4)土砂量算出 周氷河堆積物の土砂量算出 ペケレベツ川上流

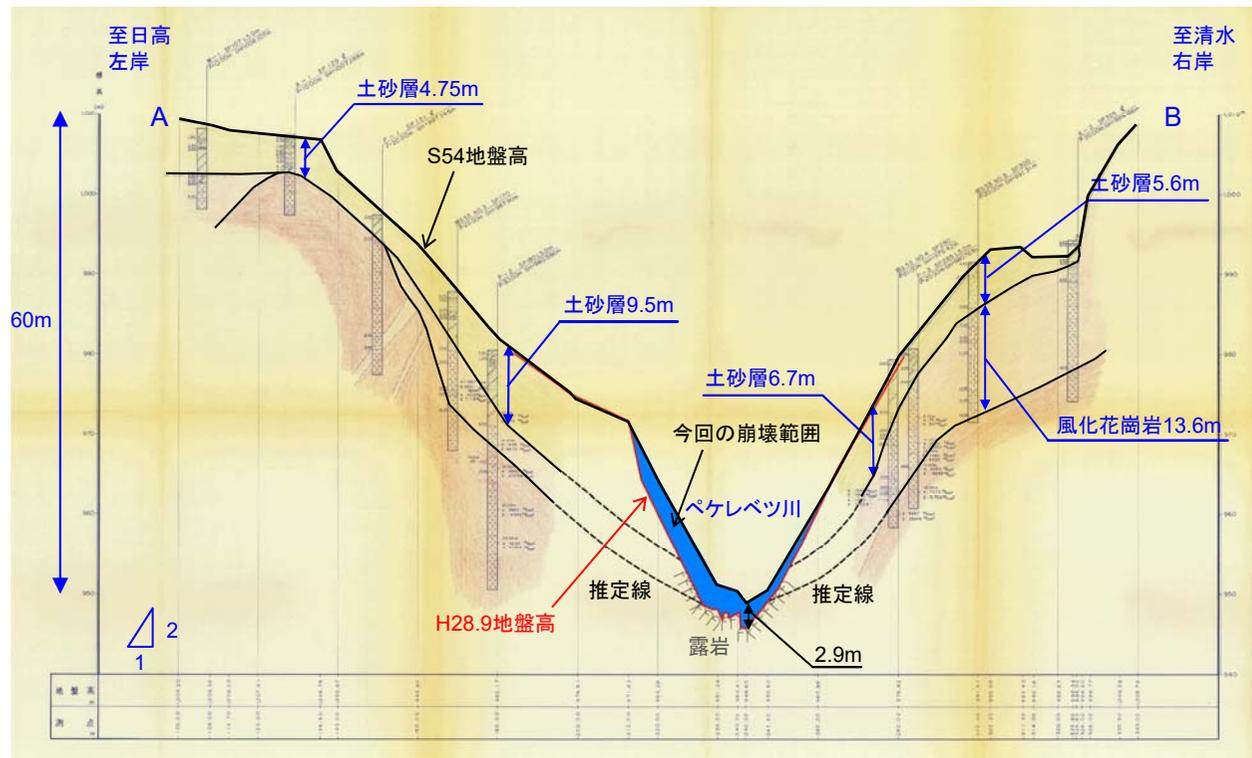
- ペケレベツ川の渓床堆積物の流出土砂量は、崩壊前後の横断面図を比較して算出している。
- 日勝大橋の地質調査資料によれば、日勝大橋付近のペケレベツ河岸表層には、土砂層が分布し、ボーリング確認最大層厚は9.5mである。
- H28.9の出水後の地盤線との比較では、表層の土砂層及び風化花崗岩の一部が崩壊したように見受けられる。
- 基盤岩は深成岩（花崗岩）で、岩盤表層は脆い風化花崗岩が分布している。



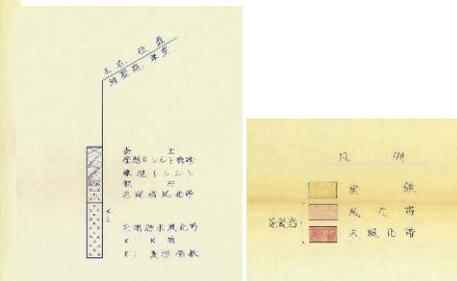
▲ペケレベツ川源頭部付近の崩壊



▲平成28年10月の現地状況

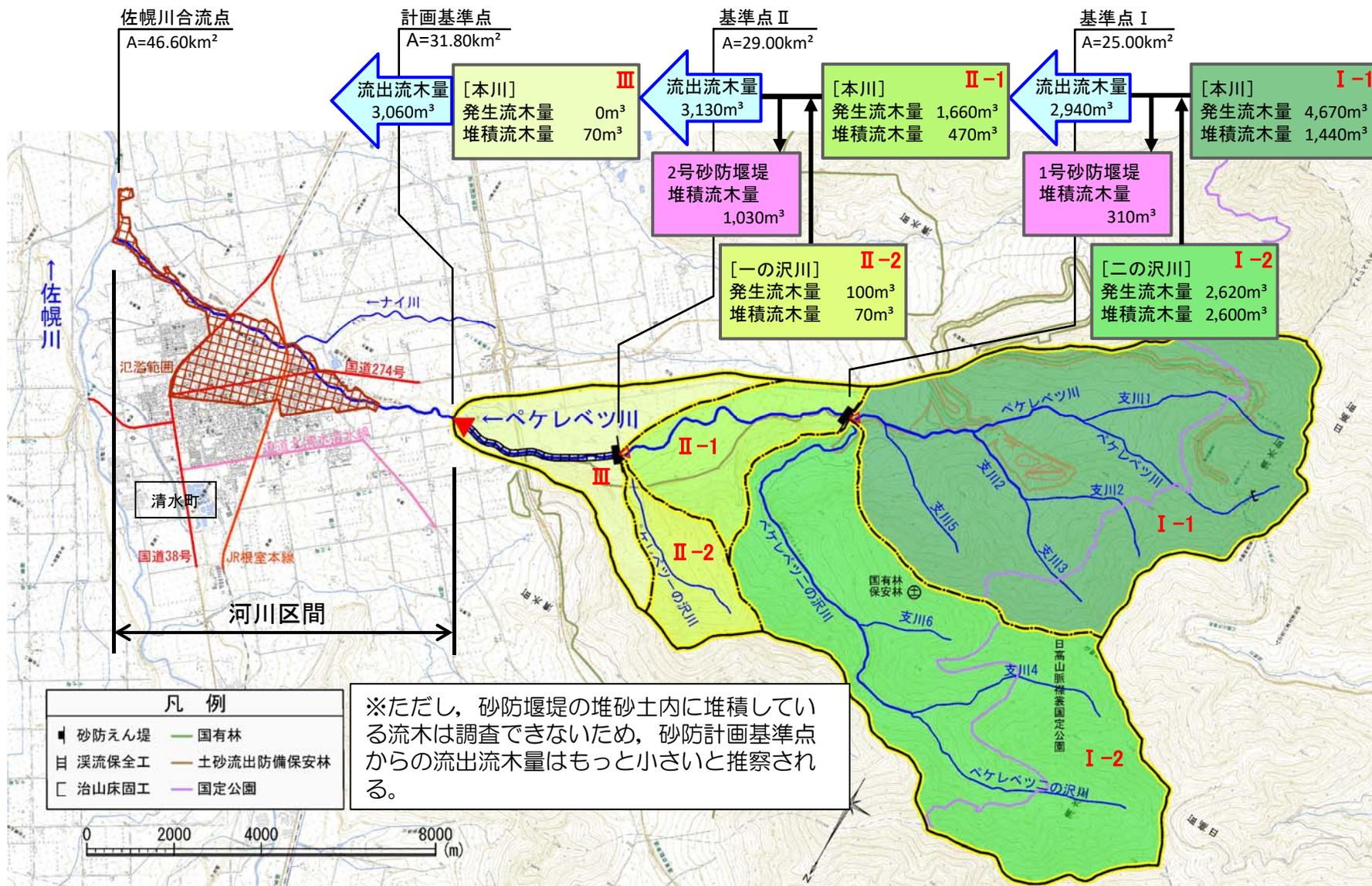


▲日勝大橋地質調査資料(帯広開発建設部, 昭和54年)



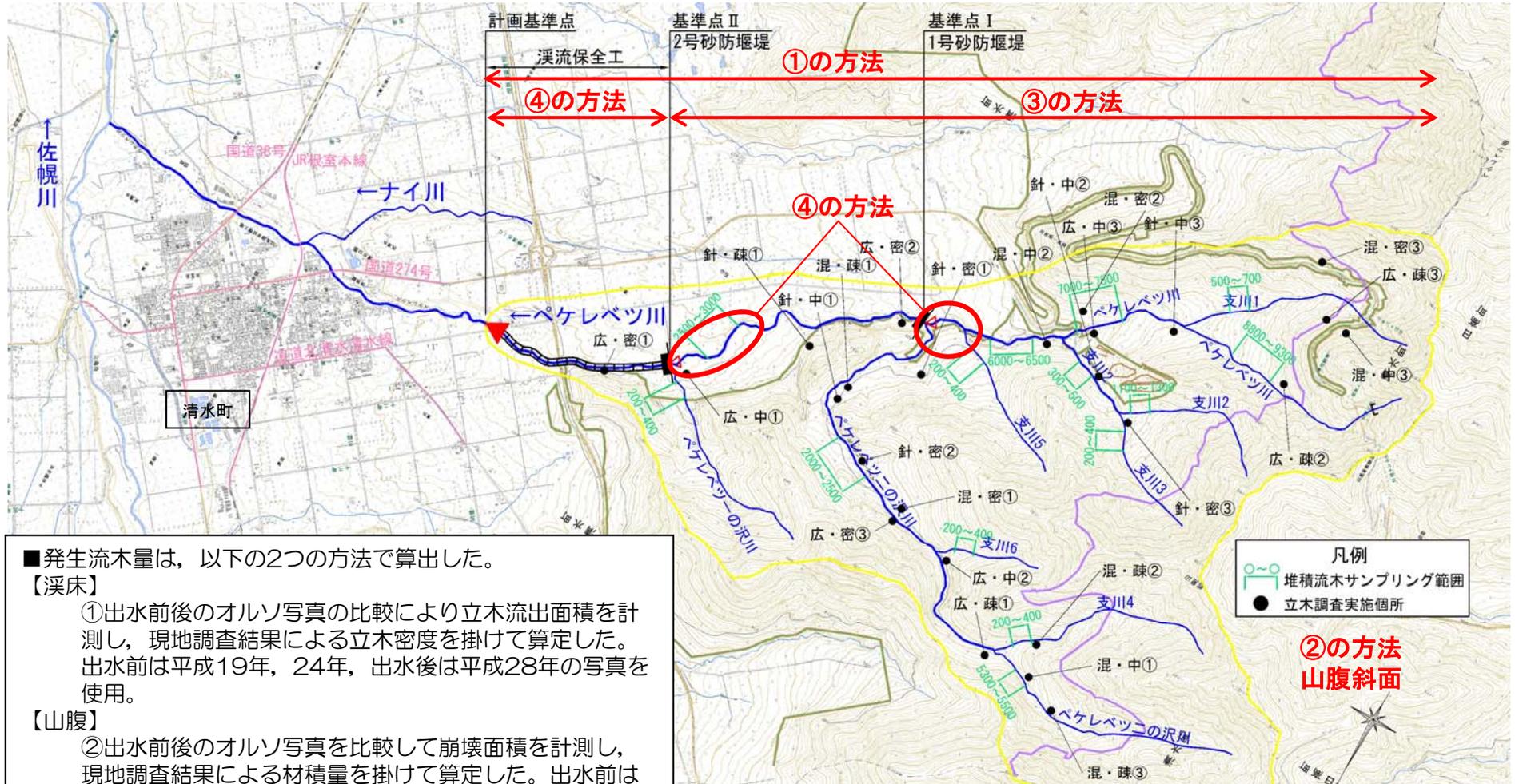
(4)土砂量算出 流木量推定(ペケレベツ川)

■砂防流域全体では、約9千m³の流木が発生したが、2基の砂防堰堤により1千m³を捕捉し、その他の地形条件等によっても約5千m³堆積したため、砂防基準点からの流出量は約3千m³に抑えられた。



(4)土砂量算出 ペケレベツ川の流木量算出方法

国土交通省 河川砂防技術基準 調査編に基づいて調査した。



- 発生流木量は、以下の2つの方法で算出した。
 - 【溪床】
 - ①出水前後のオルソ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19年、24年、出水後は平成28年の写真を使用。
 - 【山腹】
 - ②出水前後のオルソ写真を比較して崩壊面積を計測し、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19年、24年、出水後は平成28年の写真を使用。
- 堆積流木量は、以下の2つの方法で算出した。
 - ③代表箇所では現地計測した単位距離当たりの材積量に流路延長を掛けて算出した。
 - ④出水後のオルソ写真より堆積流木の面積を計測し、現地調査結果による平均堆積高と実積率を掛けて算出した。出水後は平成28年の写真を使用。



▲立木流出面積の計測



▲堆積流木の面積計測