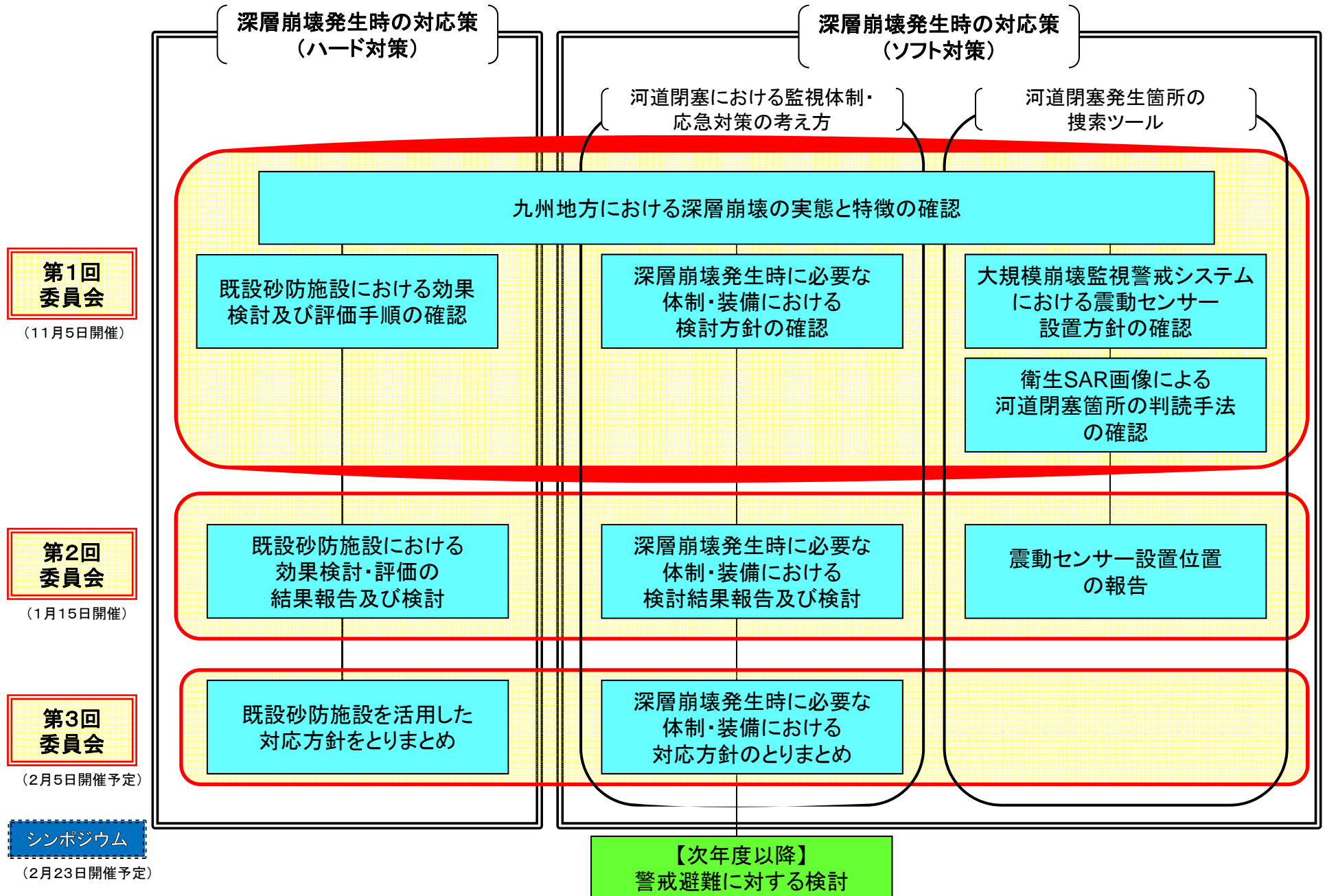


九州地方における深層崩壊検討委員会の検討内容



第1回委員会からの整理事項

H25.1.15

九州地方における深層崩壊検討委員会(第2回)

九州地方における深層崩壊検討委員会の流れ

資料1-1

検討内容

1. 九州地方における深層崩壊の実態と特徴について
 - ①九州地方で発生した深層崩壊の事例について
 - ②九州地方の地質特性・気象特性からの深層崩壊の特性について

2. 深層崩壊発生時の対応策について
 - ①九州地方で起こる可能性の高い崩壊規模について
 - ②崩壊規模ごとに必要となる緊急対応の内容について
 - ・ハード対策
深層崩壊における砂防施設の評価
 - ・ソフト対策
大規模崩壊監視警戒システム(検知センサー)等の有効性

3. 河道閉塞における緊急調査・監視体制・応急対策の考え方について
 - ①特に上下流への影響が大きい河道閉塞現象に関して対策検討方針
 - ②緊急調査、監視システム構築、応急対策実施の考え方について

第2回委員会の要点

1. について
→【第1回委員会にて確認済み】
→昨年度の紀伊半島における深層崩壊の取り組み状況について確認していただきたい
【第1回委員会にて確認済み】

2. について
→深層崩壊に対するハード対策として、既設砂防堰堤の改良の考え方について、その有効性を判断する際に、どのような要素を検討すべきかについて、ご議論いただきたい。

3. について
→昨年度の紀伊半島における大規模土砂災害において、緊急調査・対応を進める上で、実際の人員・機材の投入や、調査・工事の実施に対して、影響を及ぼした事象について確認していただきたい。

→川辺川流域での深層崩壊を想定し、緊急調査・対応を進めるために、紀伊半島における影響の状況を踏まえ、川辺川流域に置き換えた場合に想定される影響の度合いと、その影響下で必要な行動を行っていく際に準備しておくべき体制について議論いただきたい。

「九州地方における深層崩壊検討委員会」のまとめ

1) 九州地方における深層崩壊の実態と特徴について

- ・ 四万十層群などの付加体の地形、地質は紀伊山地と同様の特性であるため、九州でも紀伊山地と同様の崩壊が起こりうる。
- ・ 九州地方特有の火山岩斜面、火砕流台地の斜面、奄美大島の堆積岩斜面などでも深層崩壊が発生している。
- ・ 湧水の量、濁度、電気伝導度の変化を深層崩壊の警戒避難体制に利用できる可能性がある。

2) これまでの取り組み状況について

- ・ 平成 23 年に発生した紀伊半島の深層崩壊などの大規模土砂災害の対応状況が確認された。

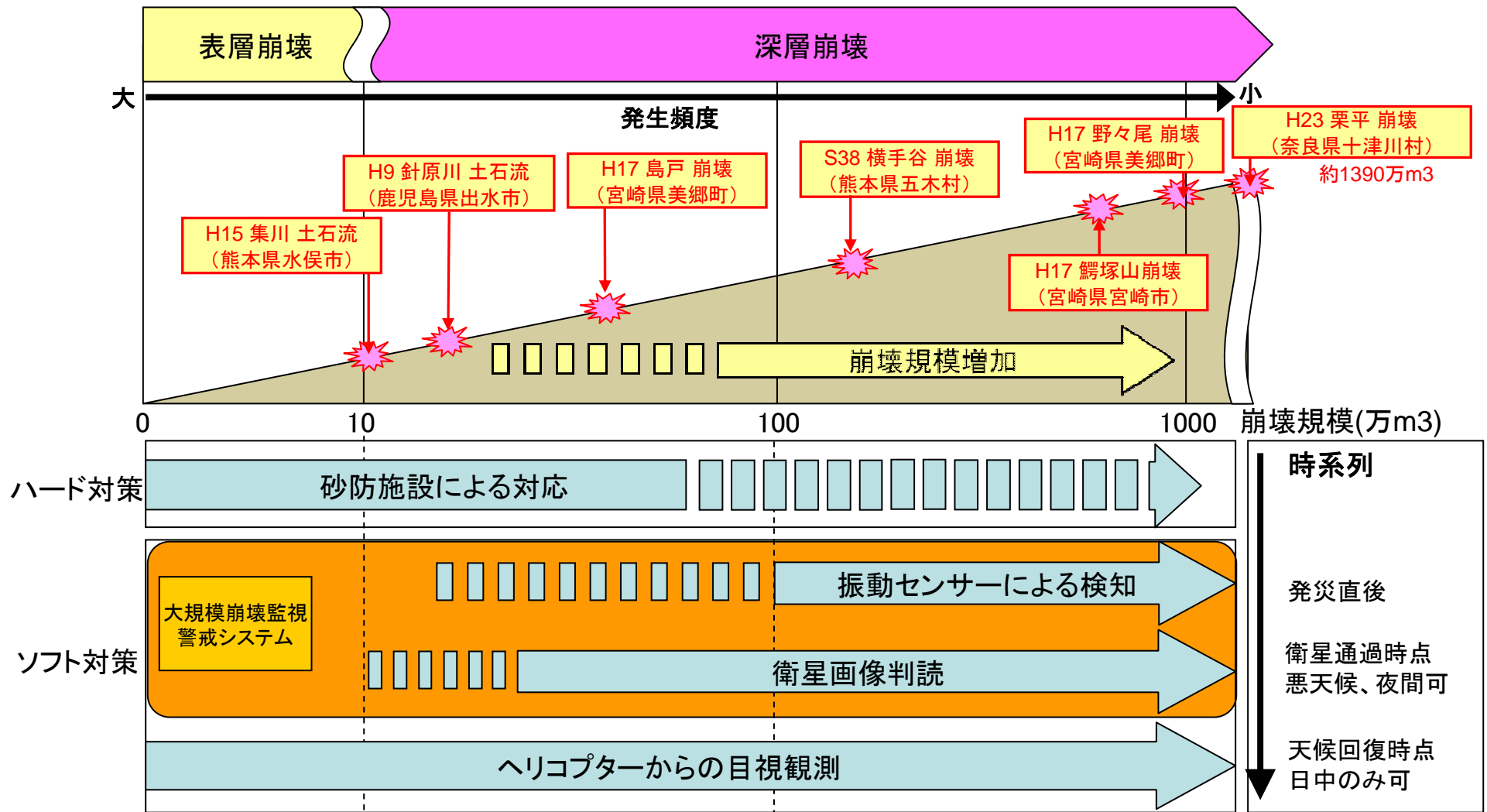
3) 深層崩壊における対応策について

- ・ 「深層崩壊における対応策の概念(案)」に基づき、深層崩壊の規模に応じた、ハード対策・ソフト対策を検討する。
- ・ 「大規模崩壊監視警戒システムの構築」について崩壊規模約100万m³の深層崩壊を検知する方針で振動センサーを設置する。
- ・ 「深層崩壊に対する砂防施設の効果検討」について、シミュレーションを用いて効果、補強・嵩上げ等を検討する。
- ・ 「深層崩壊発生時の危機管理に必要な体制・準備」について、緊急調査、監視システム構築、応急対策など時系列的な整理とともに、想定する崩壊発生箇所周辺の道路などのインフラの状況を基に検討する。

○ 主な指摘事項等

- ・ 九州の崩壊事例のまとめについては発生頻度がわかるように発生日時についても整理した方がよい。
- ・ 警戒避難については本委員会のもと、来年に検討していきたい。

深層崩壊における対応策の概念(案)



地質区分	番号	名称	発生日時				崩壊土砂量 (m ³)	県名	市町村	災害形態			備考
			年	月	日	時間				崩壊のみ	天然ダム	土石流	
秩父帯	15	油谷川左岸の崩壊	1997年	7月	14日	8:00	100,000	熊本県	八代市	-	○	-	
	35	朴の木の崩壊	2007年	7月	-	-	205,058	熊本県	八代市	○	-	-	
	2	大刈野崩壊	1943年	9月	18日	-	1,500,000	大分県	佐伯市	-	○	-	
	5	横手谷崩壊	1963年	8月	17日	11:00	2,060,000	熊本県	五木村	-	○	-	右支溪と左支溪の合算値
	36	瀬戸石崩れ	1755年	7月	17日	-	不明	熊本県	八代市	-	○	-	
	32	球磨皆伐跡地	2006年	7月	-	-	不明	熊本県	球磨村	不明			
四万十帯北帯 (諸塚層群)	31	畑の崩壊	2005年	9月	6日	-	429,000	宮崎県	椎葉村	○	-	-	ダムへ土砂流入
	29	松尾新橋西の崩壊	2005年	9月	6日	-	863,000	宮崎県	椎葉村	○	-	-	本川へ土砂流入、閉塞せず
	11	不土野上の崩壊	1982年	7月	25日	-	1,000,000	宮崎県	椎葉村	-	-	○	
	30	畑北の崩壊	2005年	9月	6日	-	1,125,000	宮崎県	椎葉村	○	-	-	ダムへ土砂流入
	28	島戸の崩壊	2005年	9月	6日	-	333,000	宮崎県	美郷町	○	-	-	本川へ土砂流入、閉塞せず
	27	野々尾の崩壊	2005年	9月	6日	22:00頃	10,000,000	宮崎県	美郷町	-	○	-	
	39	川口柳平山津波	-	-	-	-	不明	熊本県	水上村	-	○	-	
四万十帯南帯 (日向層群)	12	譲葉の崩壊	1982年	8月	13日	-	100,000	宮崎県	西都市	-	○	-	
	9	松の内谷崩壊	1977年	8月	25日	-	190,000	宮崎県	美郷町	-	-	○	
	6	鶯の元崩壊	1971年	8月	30日	-	740,000	宮崎県	西米良村	○	-	-	本川へ土砂流入、閉塞せず
	25	槻之河内の崩壊	2005年	9月	6日	-	4,800,000	宮崎県	日南市	-	○	-	
	26	本郷の崩壊	2005年	9月	6日	-	6,300,000	宮崎県	椎葉村	-	○	-	
	4	大河内の崩壊	1954年	9月	13日	-	不明	宮崎県	椎葉村	-	○	-	
四万十帯南帯 (日南層群)	24	七瀬谷川の崩壊	2005年	9月	6日	-	520,000	宮崎県	都城市	-	-	○	
	19	うつら谷の崩壊	2005年	9月	6日	-	850,000	宮崎県	宮崎市	-	-	○	右支溪と左支溪の合算値
	23	別府田野川右支溪の崩壊	2005年	9月	6日	-	1,000,000	宮崎県	宮崎市	-	-	○	
	21	別府田野川上流の崩壊	2005年	9月	6日	-	1,840,000	宮崎県	宮崎市	-	-	○	右支溪と左支溪の合算値
	18	片井野川左支溪の崩壊	2005年	9月	6日	-	2,000,000	宮崎県	宮崎市	-	-	○	
	17	天神山の崩壊	2005年	9月	6日	-	4,800,000	宮崎県	三股町	-	-	○	境川左岸側2崩壊の合算値
花崗岩類	38	湯山船石山津波	-	-	-	-	不明	熊本県	水上村	-	-	○	
第三紀火山岩	10	大口白木の崩壊	1978年	6月	24日	-	12,000	鹿児島県	伊佐市	○	-	-	土砂量少ない
	16	集川土石流	2003年	7月	20日	4:20	92,000	熊本県	水俣市	-	-	○	
	14	針原川土石流	1997年	7月	10日	0:44	200,000	鹿児島県	出水市	-	-	○	
	7	真幸山津波	1972年	7月	6日	14:15	300,000	宮崎県	えびの市	-	-	○	
第三紀堆積岩	3	瓜が坂崩壊	1953年	6月	28日	-	70,000	佐賀県	唐津市	○	-	-	
第四紀火砕流堆積物	34	船石川土石流1	2007年	7月	11日	-	105,000	鹿児島県	南大隅町	-	-	○	
	33	船石川土石流2	2010年	7月	3日	-	18,500	鹿児島県	南大隅町	-	-	○	
第四紀火山岩	1	眉山の山体崩壊	1792年	5月	21日	-	(340,000,000)	長崎県	島原市	○	-	-	地震によるもの
	37	鶴見岳の崩壊	1596年	7月	12日	-	(9,000,000)	大分県	別府市	○	-	-	地震によるもの

資料2

大規模土砂移動探知センサーの整備について

H25.1.15

九州地方における深層崩壊検討委員会(第2回)

大規模土砂移動検知システムの構築

1. 振動センサー設置箇所の選定

(1) 設置位置選定の流れ

前回の委員会での結果（センサーが捉える崩壊規模を 100 万 m^3 とする、机上でのセンサー配置案）を踏まえ、以下の流れでセンサー設置箇所の選定を行う。

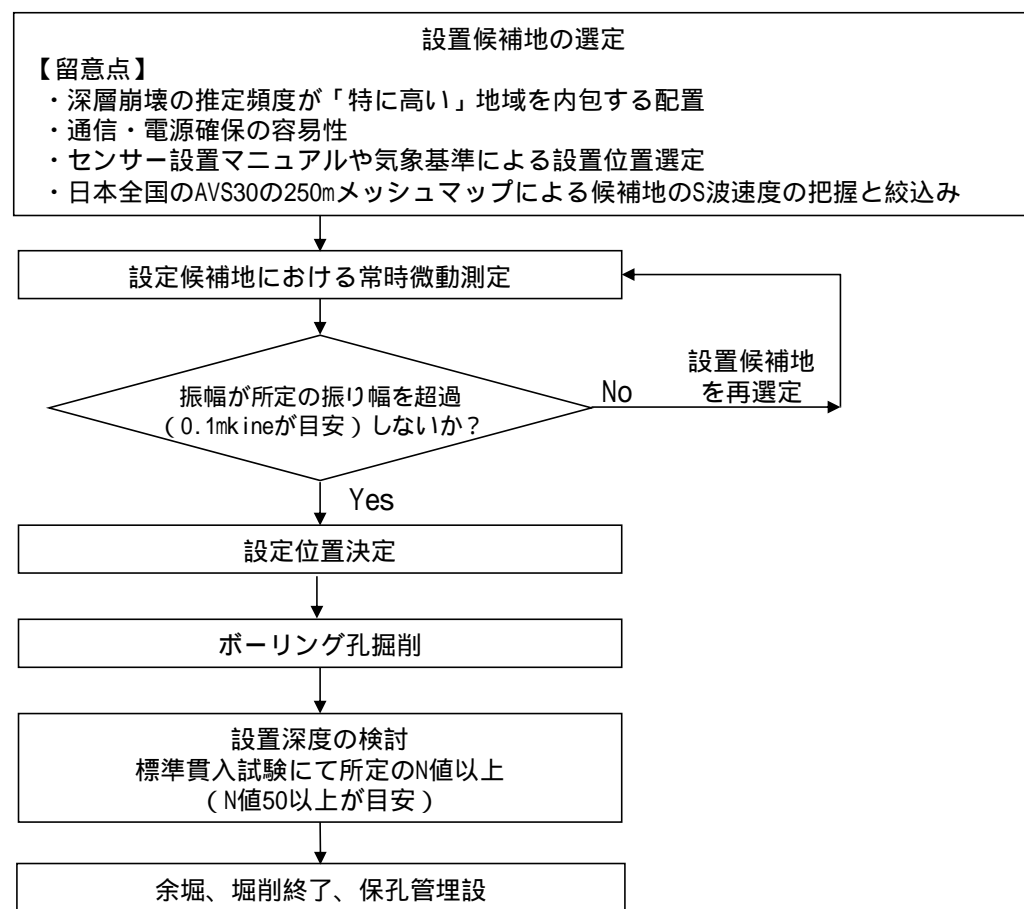


図1 センサー設置位置選定の流れ

選定された設置候補地において、常時微動測定を行い、地点の常時微動レベルを計測し、バックグラウンドの振動ノイズレベルを把握する。

設置位置において、センサー埋設用のボーリング孔を掘削する。センサー埋設深度を検討するため、標準貫入試験を行う。センサーはN値50以上を目安として埋設する。

(2) 常時微動計測

振動センサー設置候補の条件としては、バックグラウンドの振動ノイズレベルが小さいことが望ましい。そこで、設置候補地点において常時微動測定を行い、振動ノイズレベルを確認し、設置地点を選定する。なお、振動ノイズレベルが大きいと判断される場合、設置候補地点を見直すものとする。下図に示すように常時微動測定は、地表面に受信器を設置して振動測定を行なう。



図2 常時微動測定装置例

(左: 測定状況、右: 常時微動計)

1) 振動振幅による設置位置の検討

得られた常時微動測定記録について測定最大振幅を整理し、「大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル」にある、砂防の現場で観測された常時微動の振幅値を参考に、目安として0.1mkine以下となる地点を設置位置として選定する。

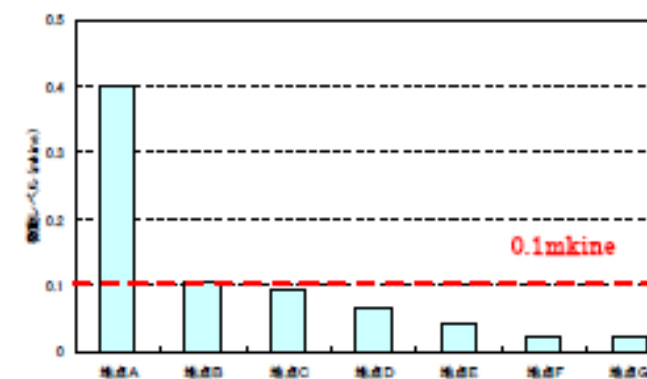


図3 砂防の現場で観測された常時微動の最大振幅値の目安

(出典 土木研究所資料 大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル(案))

2) H/V スペクトルによる設置候補地の基盤深度の推定

常時微動測定においては、振動ノイズを測定できるだけでなく、水平方向と鉛直方向の微動のスペクトル比(H/V スペクトルと呼ばれる)を計算することで、地盤の固有周期を推定することが出来る。この地盤の固有周期 T は地盤の S 波速度 VS と層厚 H で推定 ($T=4H/VS$) することができ、工学的基盤が 20m 以内にある場合の地盤固有周期は 0.2 秒以下、固有周波数で 5Hz 以上と想定される。そこで、固有周波数が 5Hz 以上となる地点を優先して設置箇所を選定する。

下図に H/V スペクトルの解析の概念図と計算手順を示す。H/V スペクトルの概念としては、常時微動において、堅固な均質地盤では、特定の方向成分の振幅が大きくなるような偏りがなく、あらゆる方向に同じような振幅で振動していると考えられている。すなわち、水平方向と鉛直方向の比が均等である。一方、表層に軟らかい地盤が堆積していると、水平方向に振動が卓越するようになり、水平方向と鉛直方向の比が均等でなくなり、ピークを有するようになる。さらに、軟らかい地盤が厚くなるほど、比のピークが低周波側に移行することが知られている。

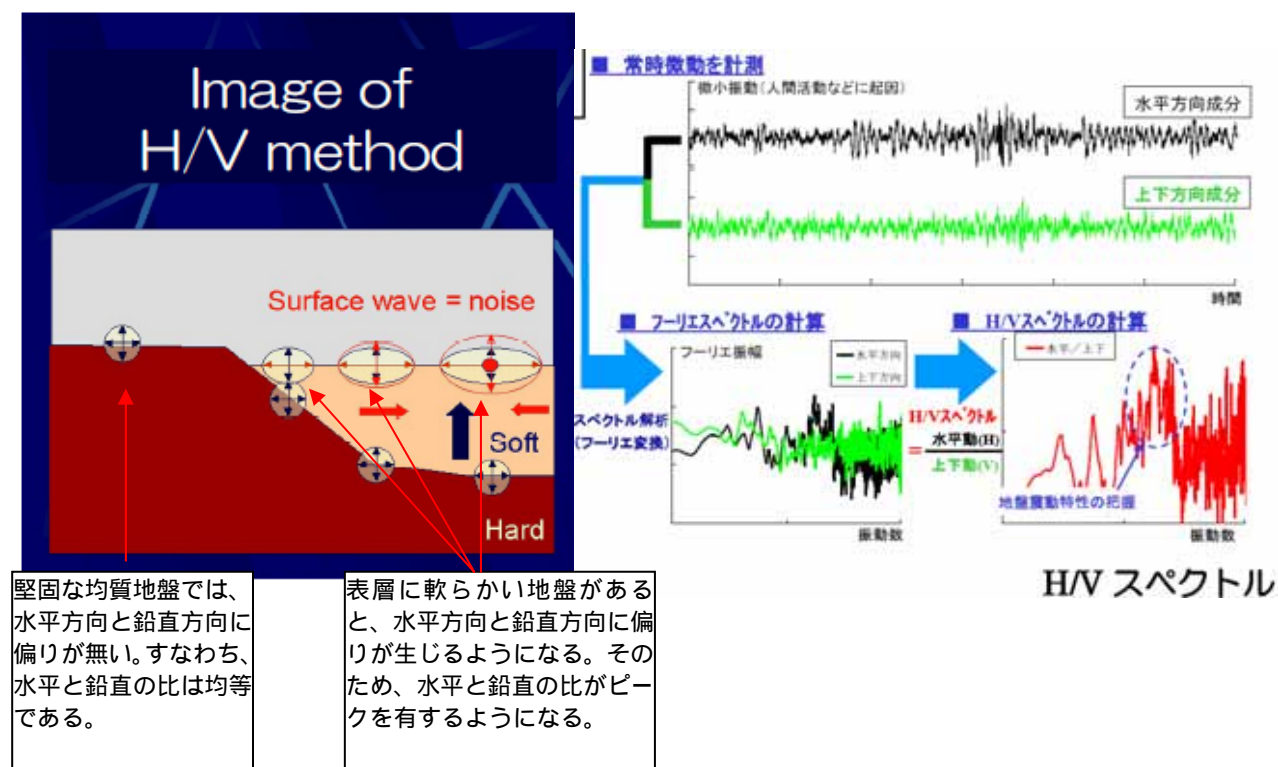


図4 H/V スペクトルの概念図と計算手順

(左図の出典：中村;H/V スペクトル比の基本構造,物理探査学会地震防災シンポジウム,2008.1.)

下図に、高知平野による H/V スペクトルの固有周期の推定事例を示す。事例では、平野部で固有周期が 1 秒程度と長い(すなわち固有周波数が低い)箇所が認められ、一方、山地部で固有周期が 0.2 秒程度と短い(すなわち固有周波数が高い)箇所が認められており、固有周波数により、地盤の硬軟や基盤深度の深浅を概略評価できるものと考えられる。

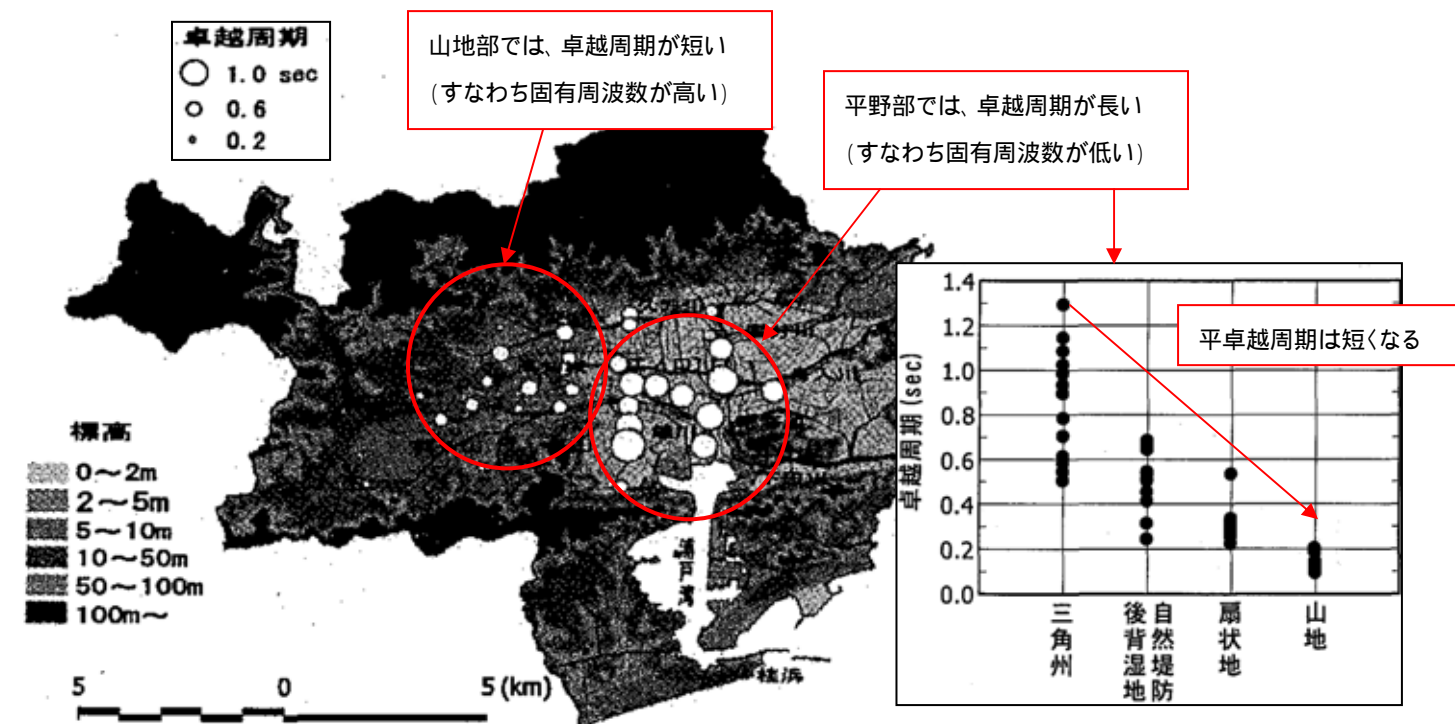


図5 H/V スペクトルを用いた固有周期の推定例(高知平野)

(出典：斎藤ら;常時微動から見た高知平野の振動特性,

平成 19 年度土木学会四国支部第 13 回技術研究発表会講演概要集, pp.224-225,2007.5.)

3) 調査結果例

常時微動測定の調査結果例として、国土交通省川辺川ダム砂防事務所砂防工事課庁舎と国土交通省宮崎河川国道事務所日南国道維持出張所の例を示す。

川辺川ダム砂防事務所砂防工事課庁舎では、バッググラウンドの振動ノイズレベルとしては、概ね 0.1mkine を下回る状況であった。また、H/V スペクトルも 5Hz 以上にピークが見られ、比較的浅部に基盤が出現することが推定された。そこで、当地点はセンサー候補地として良い地点と評価した。

一方、国土交通省宮崎河川国道事務所日南国道維持出張所では、バッググラウンドの振動ノイズレベルとしては、概ね 0.1mkine を大きく上回る状況であった。また、H/V スペクトルも 3Hz 程度で、比較的深部に基盤が出現することが推定された。そこで、センサー候補地から除外するものとした。

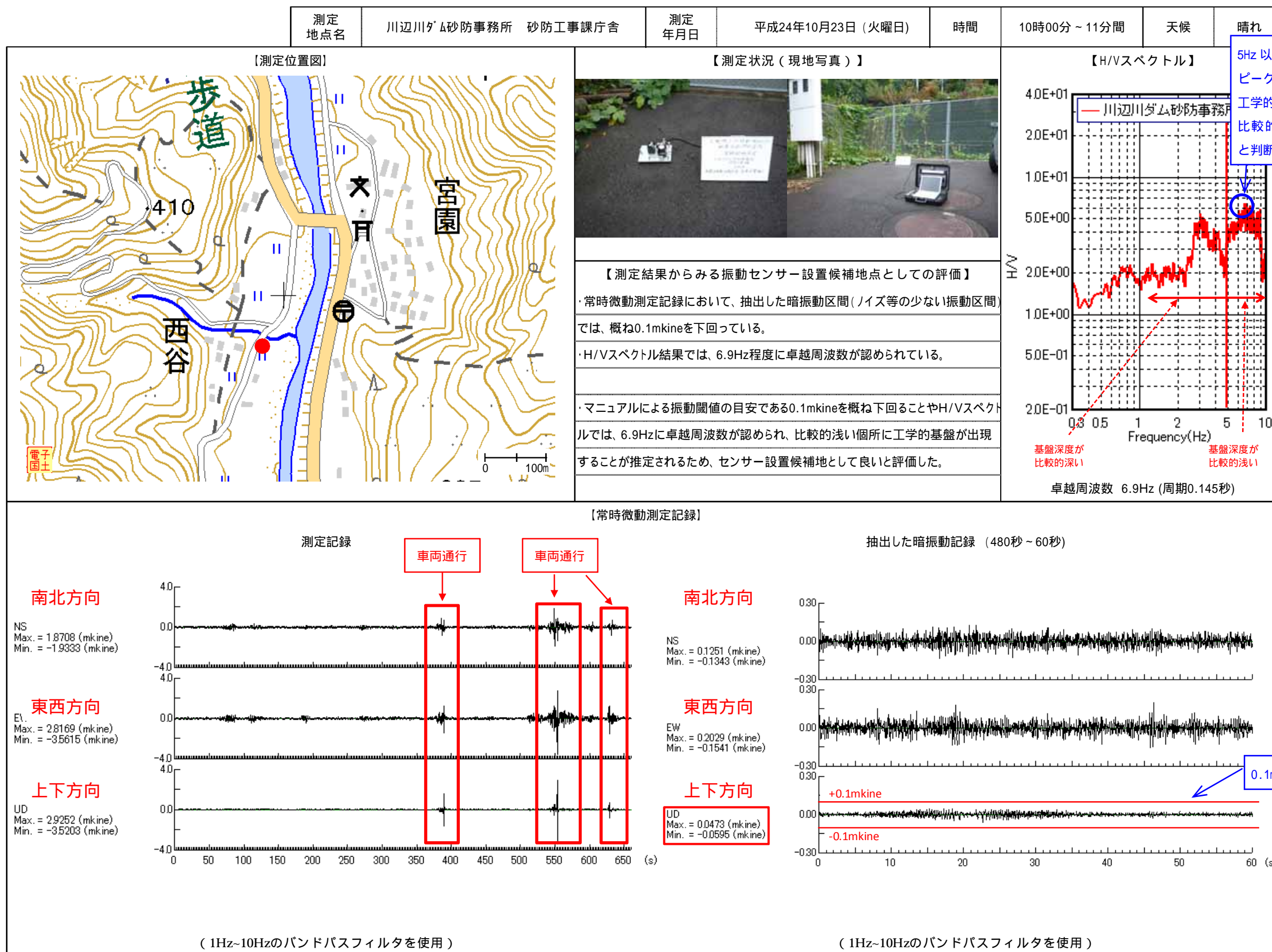


図6 常時微動測定の例 (国土交通省川辺川ダム砂防事務所砂防工事課庁舎)

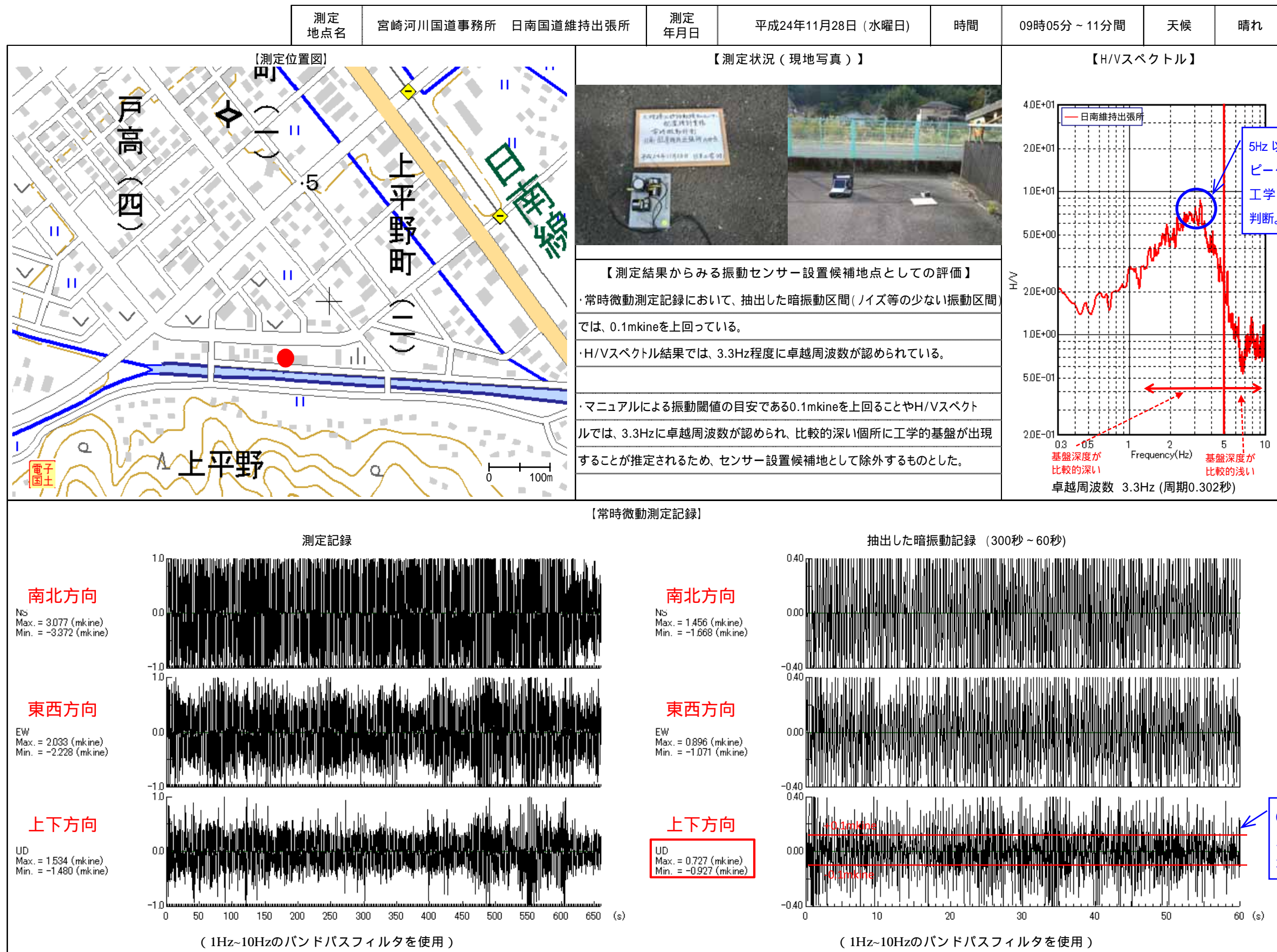


図7 常時微動測定の実例(国土交通省宮崎河川国道事務所日南国道維持出張所)

(3) 調査ボーリング

振動センサーの設置深度は、工学的基盤面より深部とすることが必要である。このため、振動センサーの設置深度は、調査ボーリングによるコア状況および標準貫入試験結果を元に決定する。

調査に使用するボーリング機材は、図8に示すように油圧式スピンドルを有するロータリー式ボーリングマシンを原則とする。また、標準貫入試験の方法は日本工業規格（JIS A 1219）に準拠して行う。

なお、標準的な設置深度は20m程度を想定している。掘止めについては、工学的基盤面を3~5m確認した時点で掘止めとする。

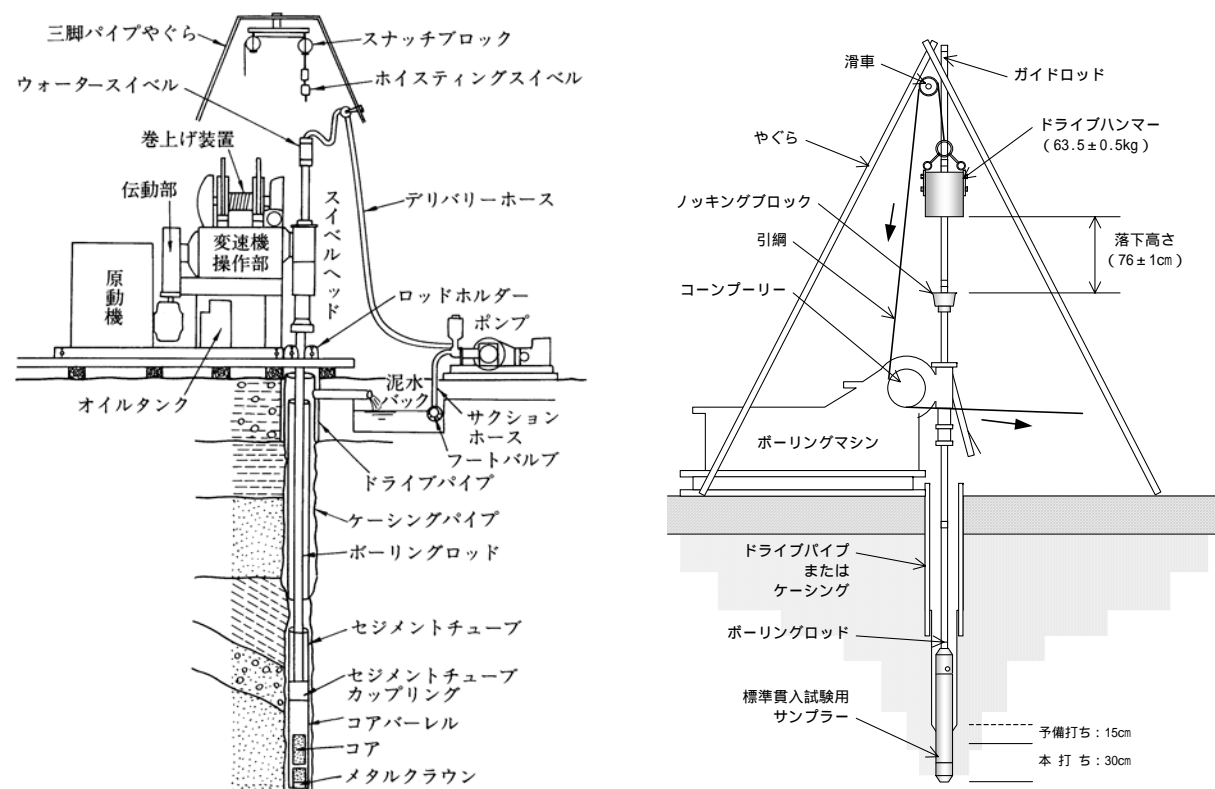


図8 ボーリング装置の全体図（左）と標準貫入試験の概略図（右）

(4) 振動センサー設置孔

調査ボーリングおよび標準貫入試験結果に基づいて振動センサーの設置深度を決定した後、調査孔をセンサー設置孔として再構築する。

設置する振動センサーは 80mm 程度であることから、内径 100mm 程度の設置孔を構築する。また、孔内には孔壁崩壊を防ぐために保孔管（鋼管）を設置する。

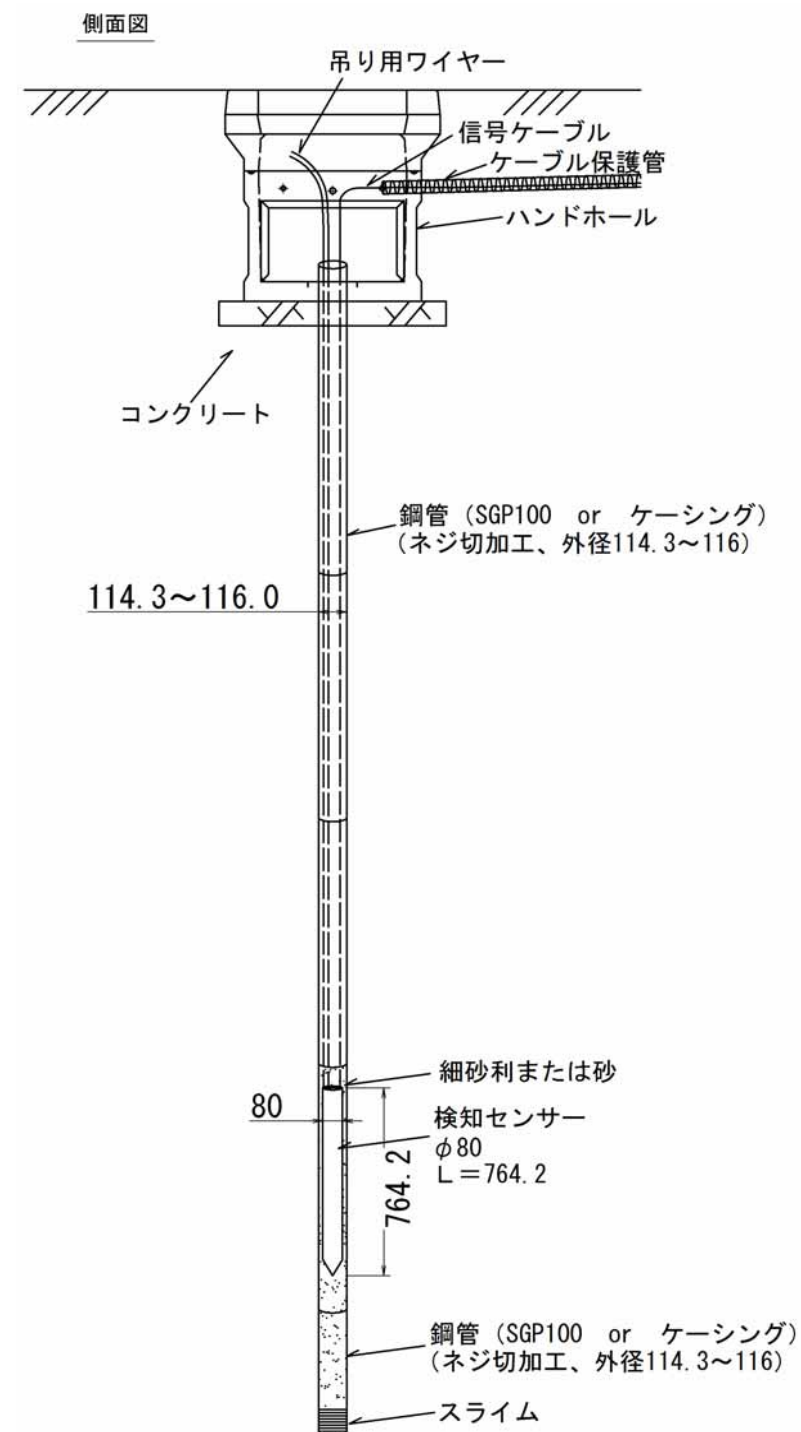


図9 振動センサー設置イメージ図

深層崩壊に対する砂防施設の効果の検討

1. 検討対象渓流の選定

(1) 選定の考え方

検討対象ケースとしては深層崩壊に伴い河道閉塞（天然ダム）が形成・決壊したケースを想定し、以下の点を考慮して4 渓流を選定した。

- 今回の検討においては、深層崩壊に対する既設堰堤の効果を検証すること、既設堰堤の嵩上げ・補強対策を検討することであり、この目的を達成できる渓流を優先して選定する。
- 深層崩壊に伴い天然ダムが形成されるパターンは、例えば、本川側岸部の崩壊により天然ダムが形成されるケースや支川から土砂が流出し天然ダムが形成されるケースなど、様々である。渓流の選定に際しては、想定される天然ダムの形成パターンを踏まえて選定する（図1 参照）。

(2) 選定条件

深層崩壊による被害の恐れのある渓流の選定に際しては、以下の点を踏まえ実施する。

< 必須条件 >

深層崩壊の推定頻度が「特に高い」渓流から選定する。

深層崩壊の推定頻度が「特に高い」渓流では深層崩壊が発生しやすいと考えられるため、原則、推定頻度が「特に高い」渓流を選定する。

< 選定条件 >

既設砂防堰堤の効果が検証できる渓流であること。

本検討の目的に、深層崩壊に伴う土砂移動に対しての施設効果を検討することがある。したがって、原則として渓流内およびその下流に既設砂防堰堤のある渓流を選定した。

被災する可能性のある保全対象が数多く存在すること。

検討の目的には既設堰堤の補強や嵩上げに対する施設効果を検討することも考慮する。よって、既設堰堤の下流近傍に被災する可能性のある保全対象が多い渓流を優先して選定する。

ここでは、各支川内および支川出口より下流に、河床からの比高差が10m 程度以下となる家屋数を集計し、その保全対象数が5 件以上（土石流危険渓流に必要な条件を参考に設定）となる渓流を優先して選定した。

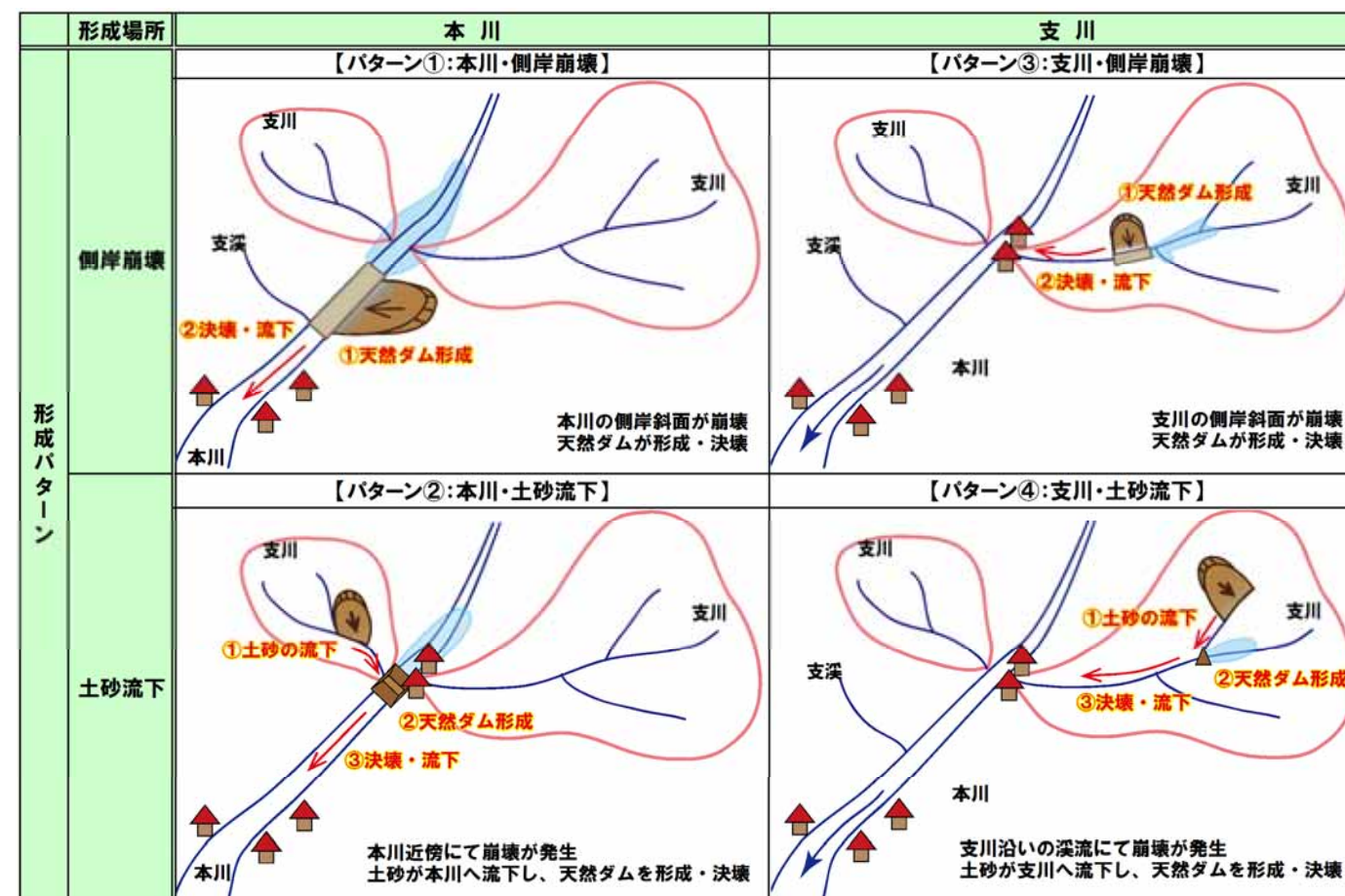


図1 想定した天然ダム被災パターン

パターン① : 川辺川本川の側岸が崩壊し、本川に天然ダムが形成されるケース

パターン② : 1次支川の側岸が崩壊し、土砂が川辺川本川に流下して天然ダムが形成されるケース

パターン③ : 1次支川の側岸が崩壊し、支川に天然ダムが形成されるケース

パターン④ : 2次支川の側岸が崩壊し、土砂が1次支川に流下して天然ダムが形成されるケース

(3) 選定結果

選定した溪流について、以下にまとめる。

天然ダム：パターン 川辺川上流（本川・側岸崩壊）

- ・ 川辺川本川の最上流に位置する溪流である。
- ・ 本川上の樅木堰堤より上流に位置する溪流であり、これらの施設効果を検証することが可能である。

天然ダム：パターン 川辺川中流（本川・土砂流下）

- ・ 既往崩壊実績のある箇所であり、現地においても土砂流出が確認される荒廃した溪流である。
- ・ 実際に、支川から流出した土砂で本川が閉塞し、天然ダムを形成した実績がある。
- ・ 深層崩壊が発生した場合、既往実績と同様に土砂が流出し本川にて天然ダムが形成されることが想定される。

天然ダム：パターン 川辺川支川（支川・側岸崩壊）

- ・ 支川流域で危険度の高い溪流である。
- ・ 河道勾配は緩く、深層崩壊が発生した場合には支川上に天然ダムが形成される可能性が高い。

天然ダム：パターン 川辺川支川（支川・土砂流下）

- ・ 保全対象の直上流に位置する支川である。
- ・ 支川には既設堰堤が施工されており、河道勾配は比較的緩いことから、支川上に天然ダムが形成される可能性が高い。

溪流選定に当たっては、深層崩壊の発生のおそれのある溪流抽出の以下3指標を評価軸にした「深層崩壊溪流レベル評価」(図2参照)を参考とした。

発生実績 地質構造及び微地形 地形量
、は、評価区域毎に深層崩壊実績と関連のある指標を選定して評価

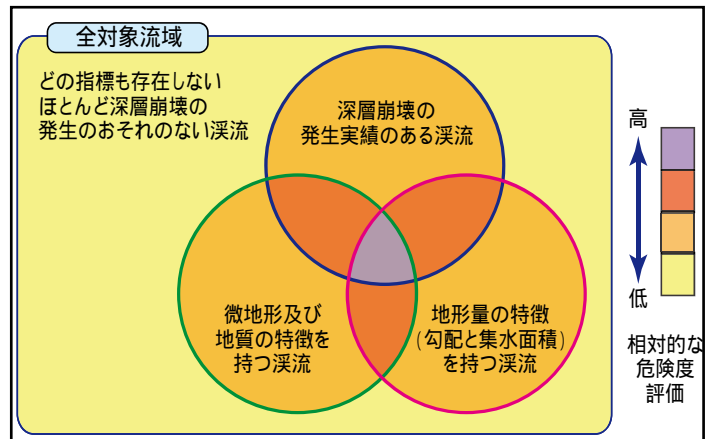


図2 深層崩壊溪流レベル評価

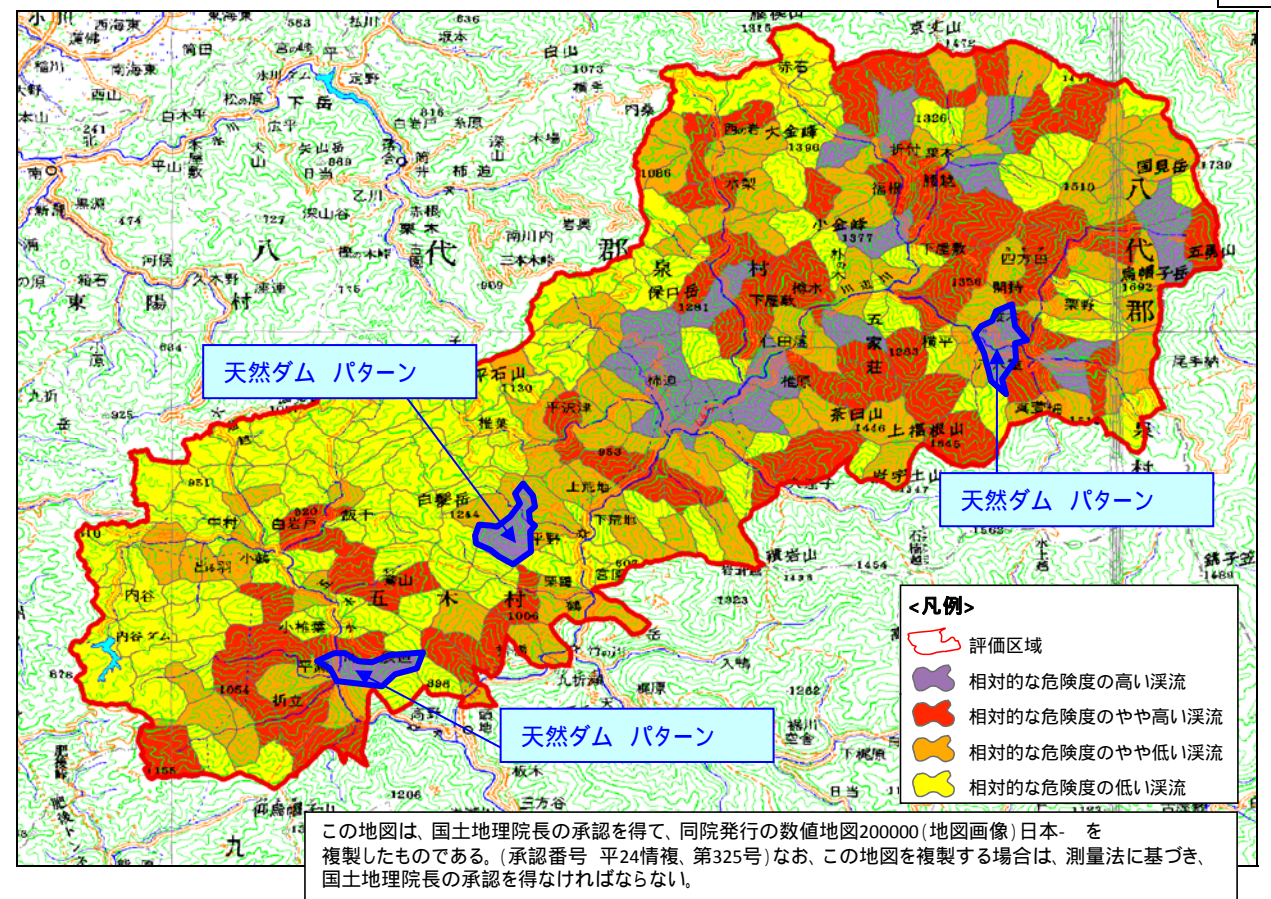


図3 選定溪流位置図(川辺川流域：秩父帯)

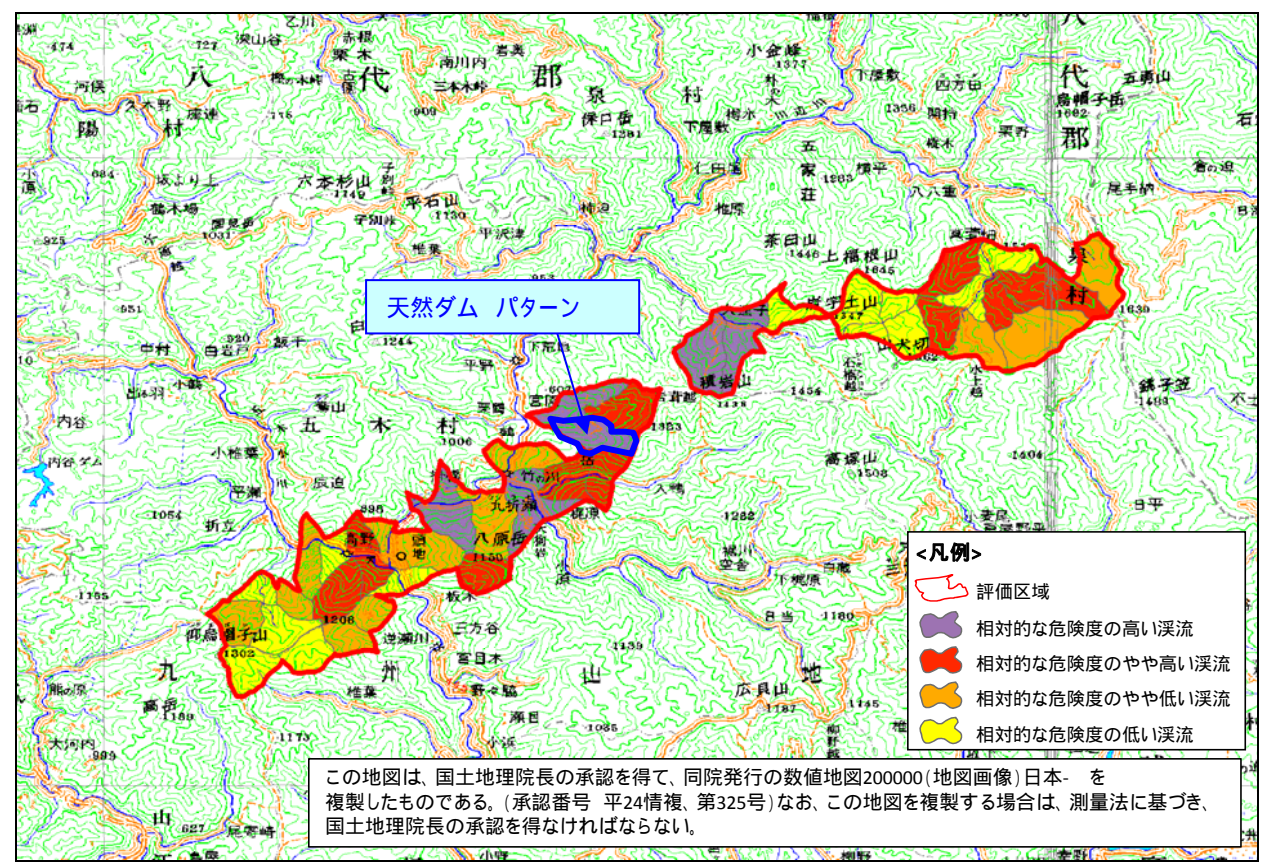


図4 選定溪流位置図(川辺川流域：秩父帯石灰岩優勢部)

(3) 選定した溪流の概要 (パターン を例として)

図 5 に選定した溪流・斜面の概要についてパターン の横手谷川を例として示す。

横手谷川では S38 年に深層崩壊が発生し、横手谷から流出した土砂により川辺川本川にて天然ダムが形成された実績がある溪流であり、横手谷の崩壊土砂量は約 230 万 m³、そのうち川辺川本川に約 130 万 m³の土砂が流出したとされている。

図 5 選定した溪流概要一覧図

検討ケース	天然ダム決壊ケース		備 考	
河川名	横手谷川			
溪流模式図				
被災シナリオパターン	天然ダム (本川・土砂流下)			
縦断勾配	12° (支川)			
砂防堰堤	箇所数	3		
		下流側	中間	上流側
	形式	コンクリートダム (不透透型)		
	堆砂状況	満砂	満砂	満砂
	竣工年度	不明	S41年度	S41年度
計画堰堤の有無	無			
対象斜面数	1			
崩壊規模土砂量 (m ³)	斜面番号			
	大規模	2,103,000	写真判読を踏まえた値	
	中規模	1,051,500	上記の1/2	
	小規模	525,750	上記の1/2	
離隔距離 (m)	対象砂防堰堤	1,000		
	保全対象	1,600		
河川近傍の保全対象	地区名	保全対象 (湛水被害) 保全対象 (氾濫被害)		
	人家戸数	50以上(保全対象)・15(保全対象)	全体の数量であり、被害数量ではない	
	重要施設	発電所		
	道路・鉄道	国道		

1: 溪流模式図の赤色堰堤は、安定性検討・補強対策検討の対象堰堤を指す。

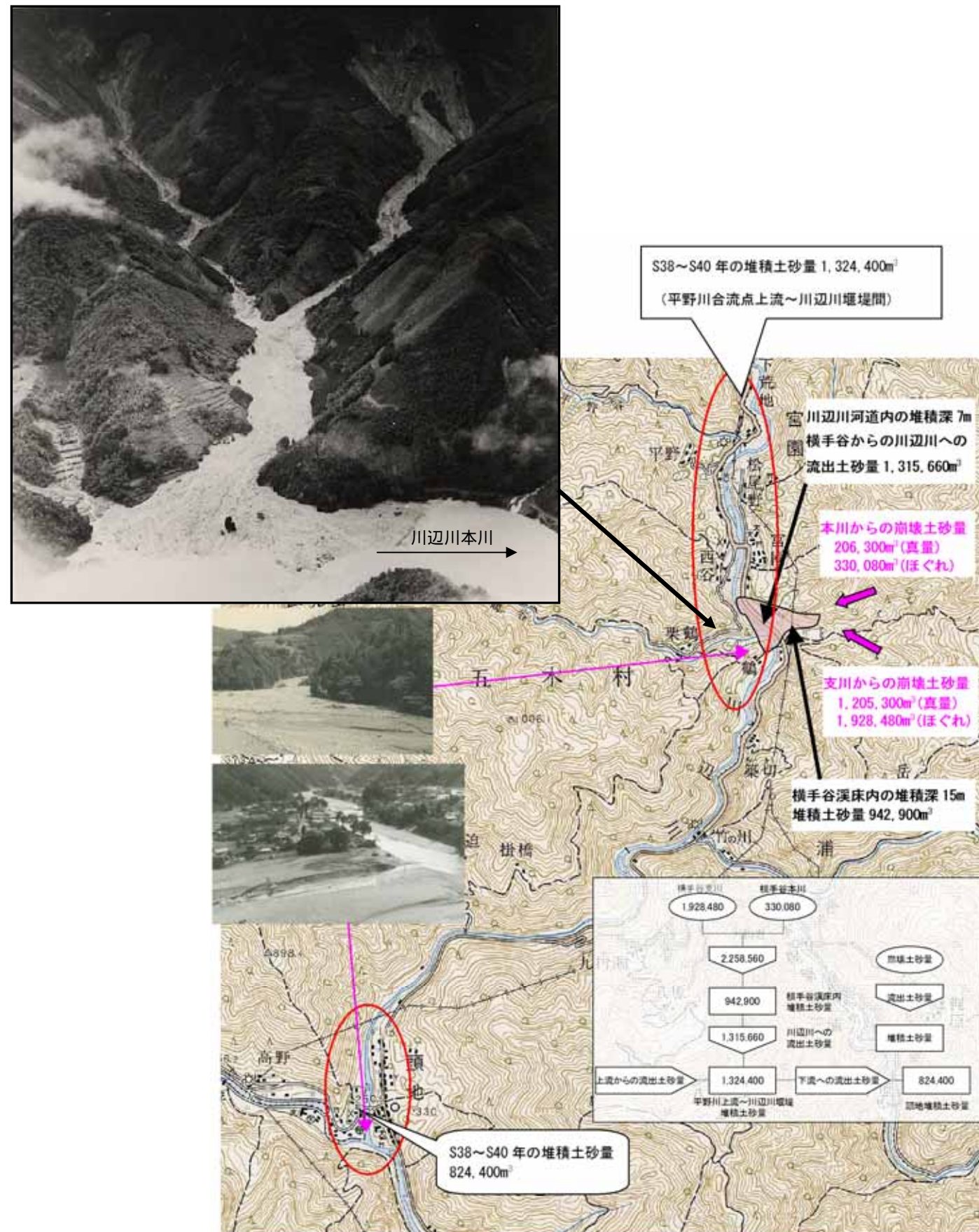
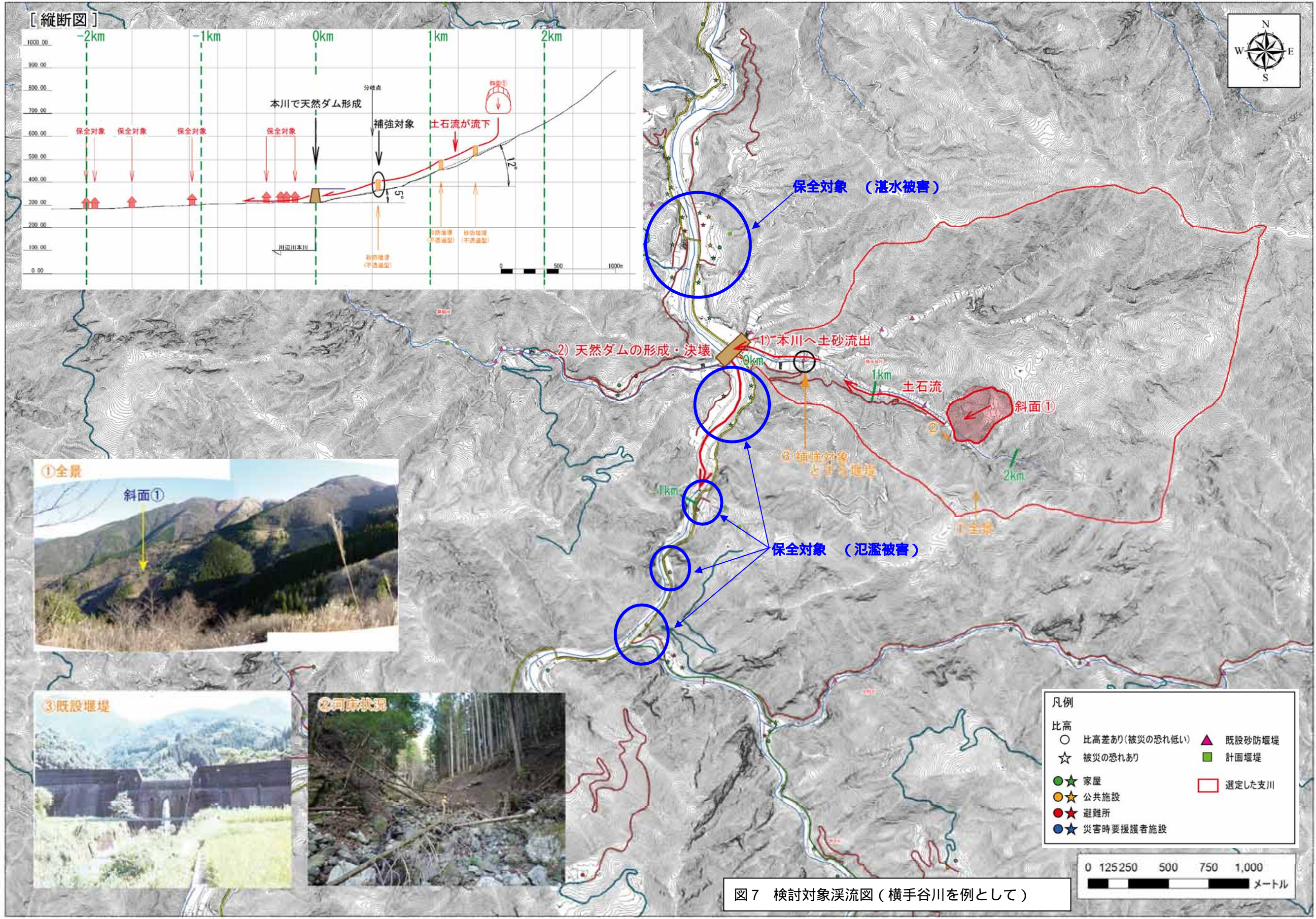


図 6 S38 年横手谷川深層崩壊実績概要図



2. 河道閉塞（天然ダム）の決壊に伴う被害想定

深層崩壊に伴い河道閉塞が形成され、それが決壊した際の下流への被害について、数値シミュレーションを用いて想定する。数値シミュレーションの検討フロー、手法、計算条件などについて示す。

(1) 検討フロー

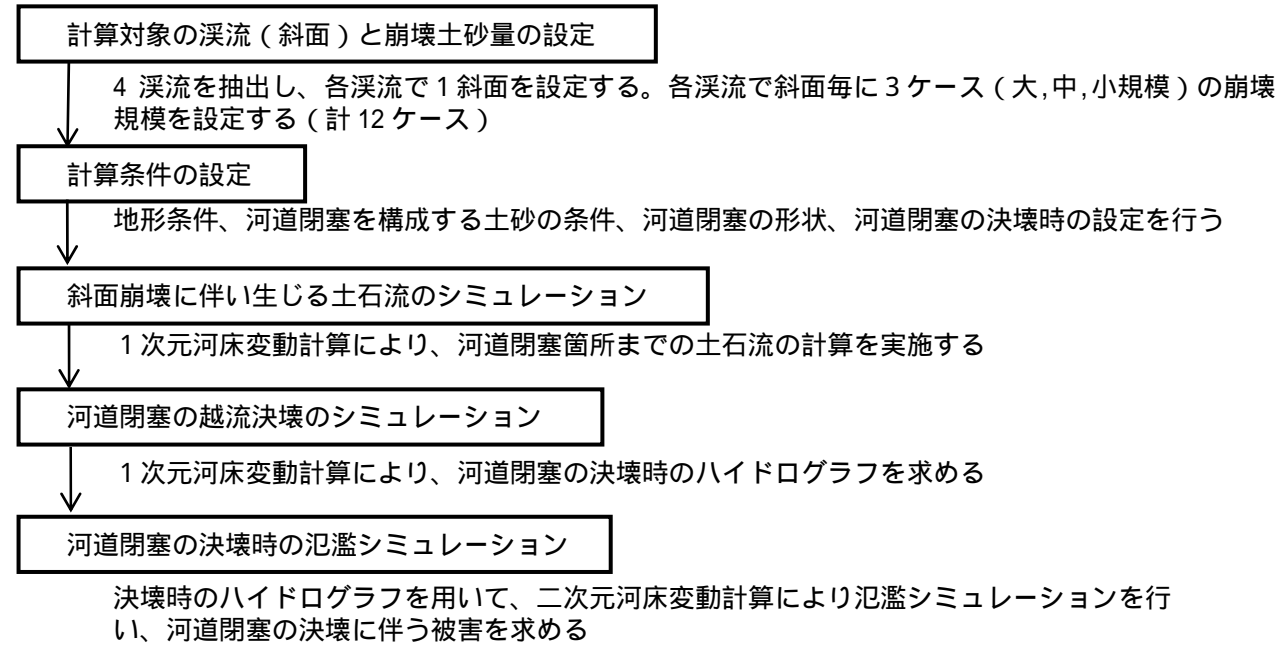


図 8 河道閉塞の決壊を想定した数値シミュレーションの検討フロー

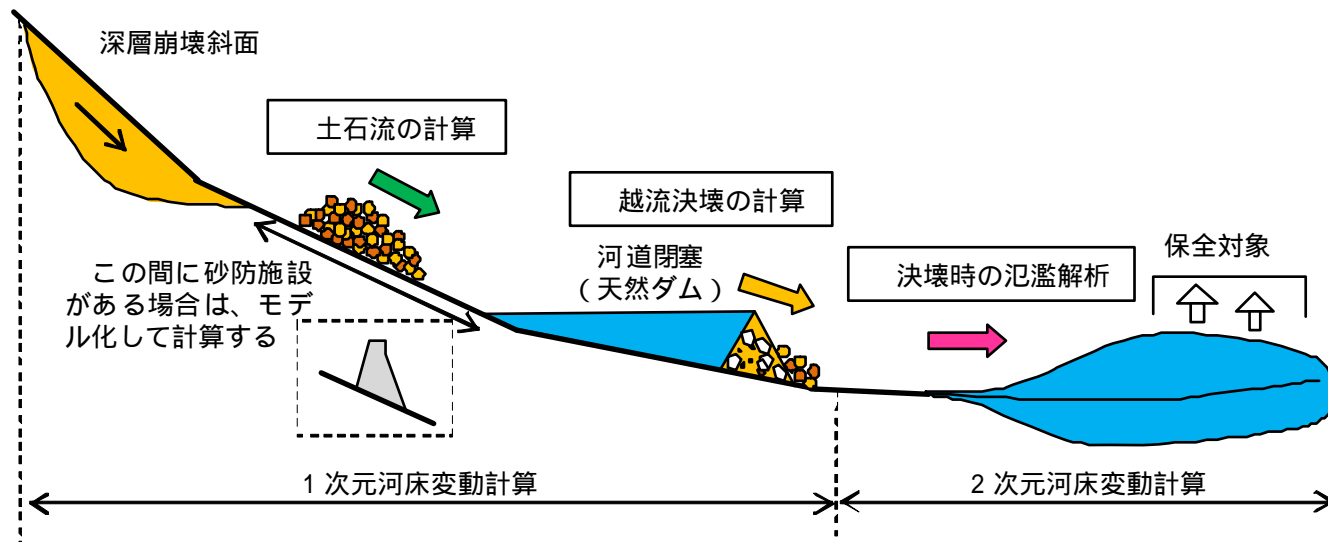


図 9 数値シミュレーションの流れ（天然ダムの場合）

(2) 計算条件

- ・ シミュレーションに用いる地形条件、河道閉塞を構成する土砂の条件は、既存資料や現地試験結果などに基づき設定する。
- ・ 河道閉塞の形状は、既往実績や地形条件を基に設定する。
- ・ 深層崩壊に伴う崩壊土砂量は、現地調査結果などを整理した結果に基づき、規模の異なる3ケースを実施する。各渓流で1斜面設定するため、4 渓流×3 ケースの計 12 ケースのシミュレーションを行う。
- ・ 河道閉塞の決壊は、渓流の降雨時の流出がピークに達した時点とする。河道閉塞部の下流の渓流の合流を考慮する。

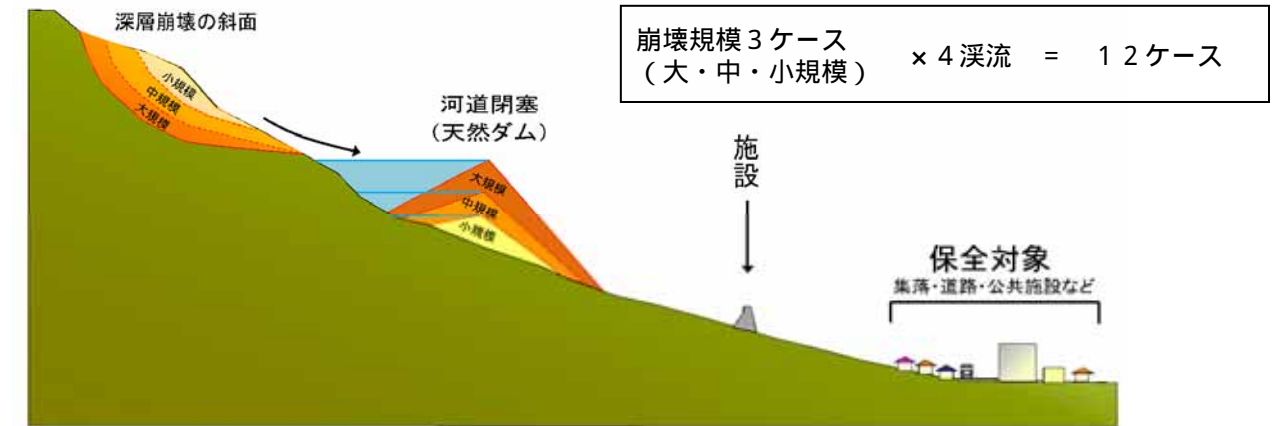


図10 天然ダムの決壊を想定したケースの設定

(3) 検討結果（パターン の横手谷川を例として）

横手谷川を対象とした深層崩壊、河道閉塞の形成、およびその決壊に伴う氾濫による被害状況の結果を示す。なお、砂防施設の嵩上げ高さは、仮に1基の堰堤のみを嵩上げする場合に必要な高さを試算したものである。

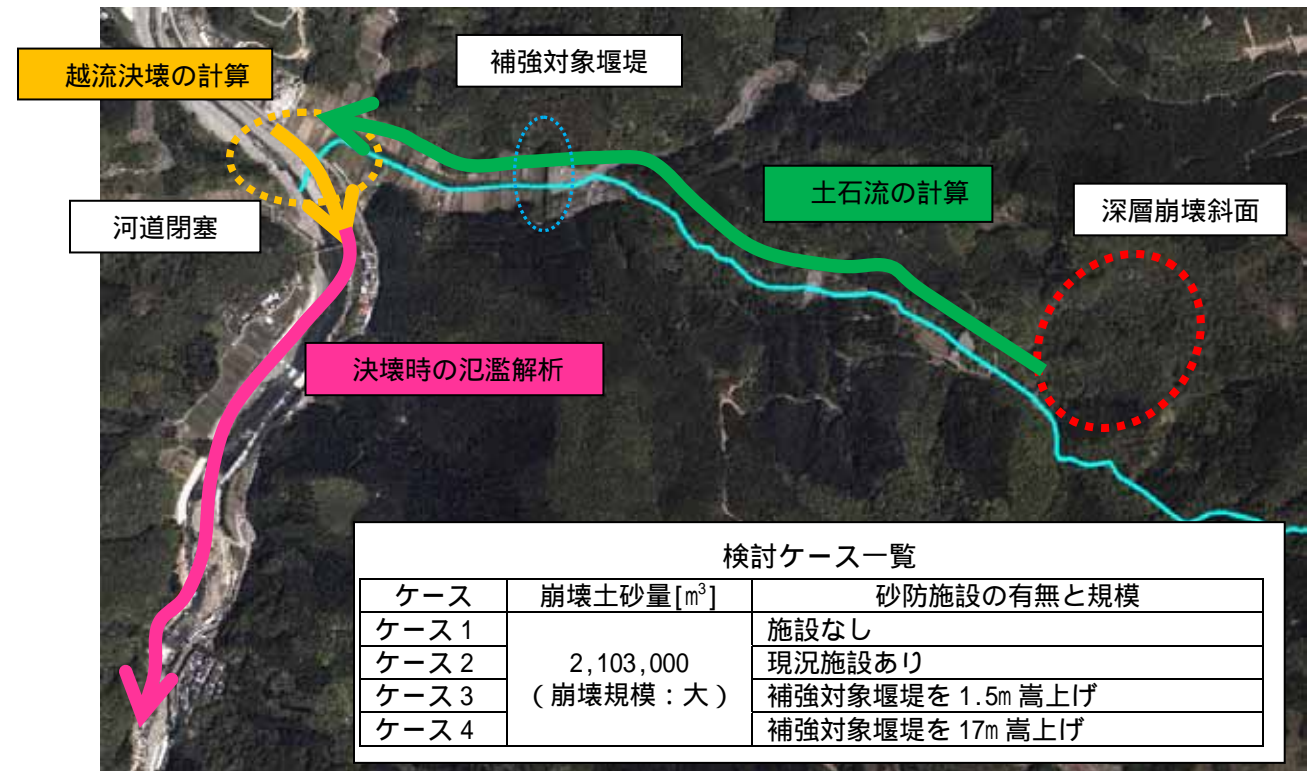
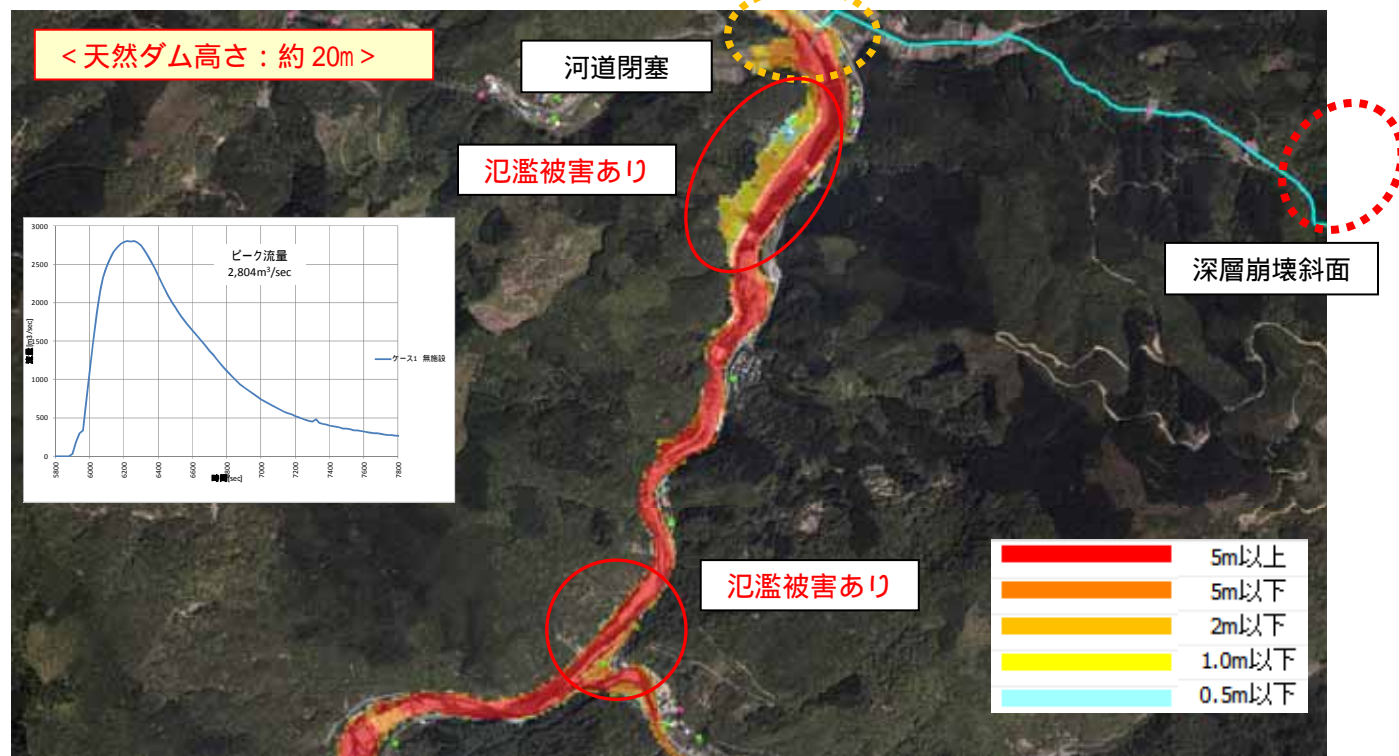
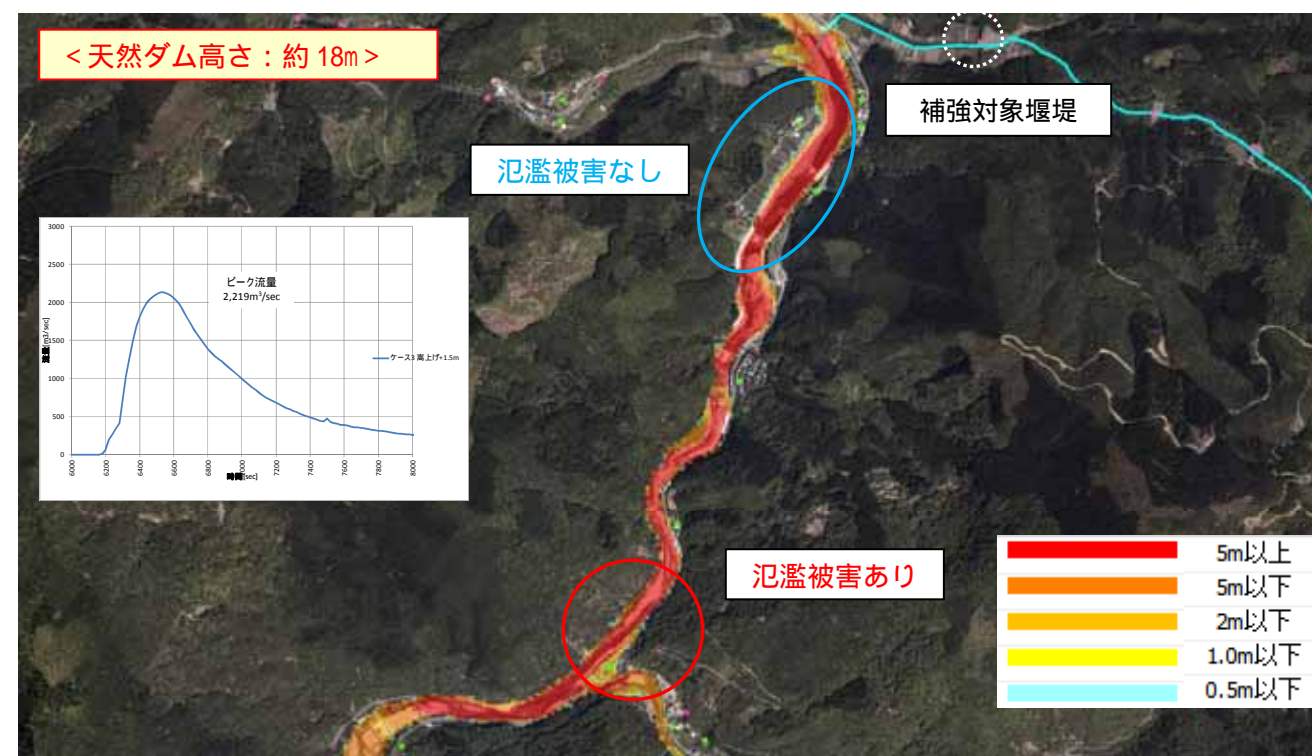


図 11 パターン の深層崩壊および河道閉塞の発生を踏まえた流れ

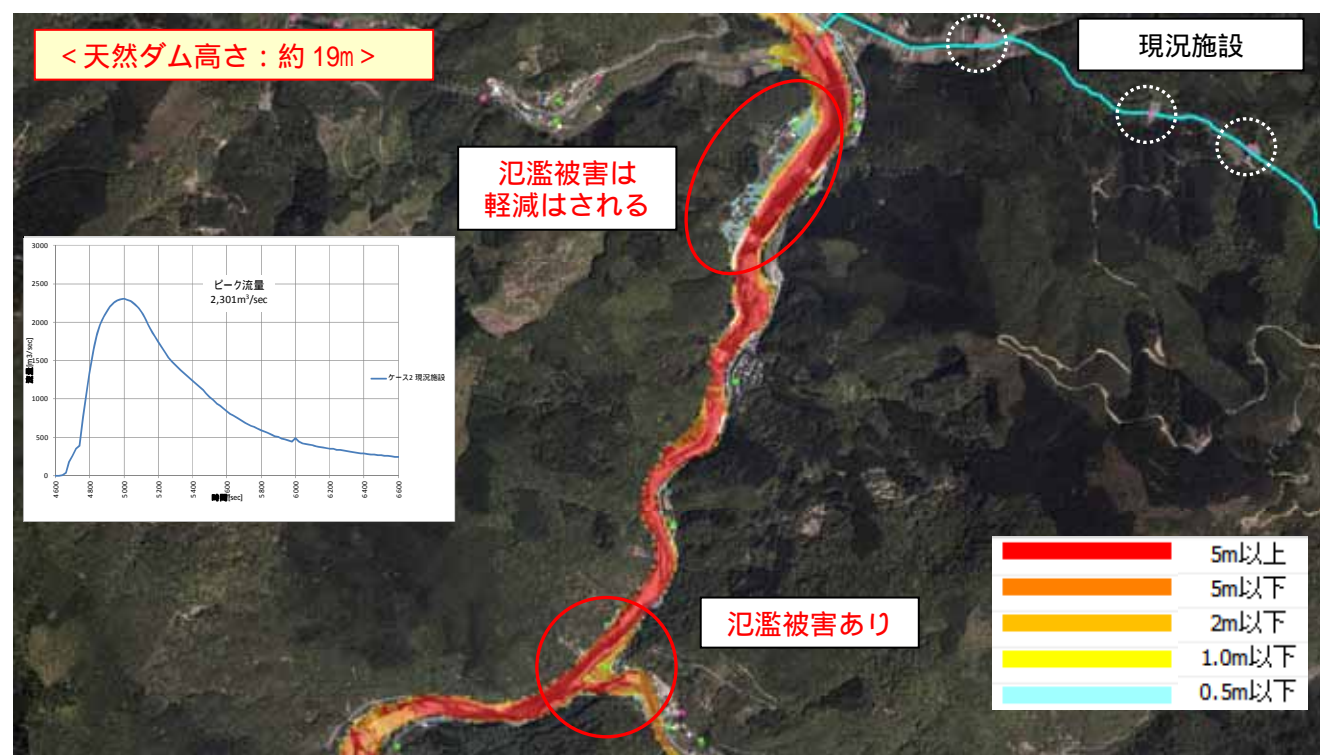
ケース1：施設なし



ケース3：補強対象堰堤を嵩上げ 1.5m した場合



ケース2：現況施設あり



ケース4：補強対象堰堤を嵩上げ 17m した場合

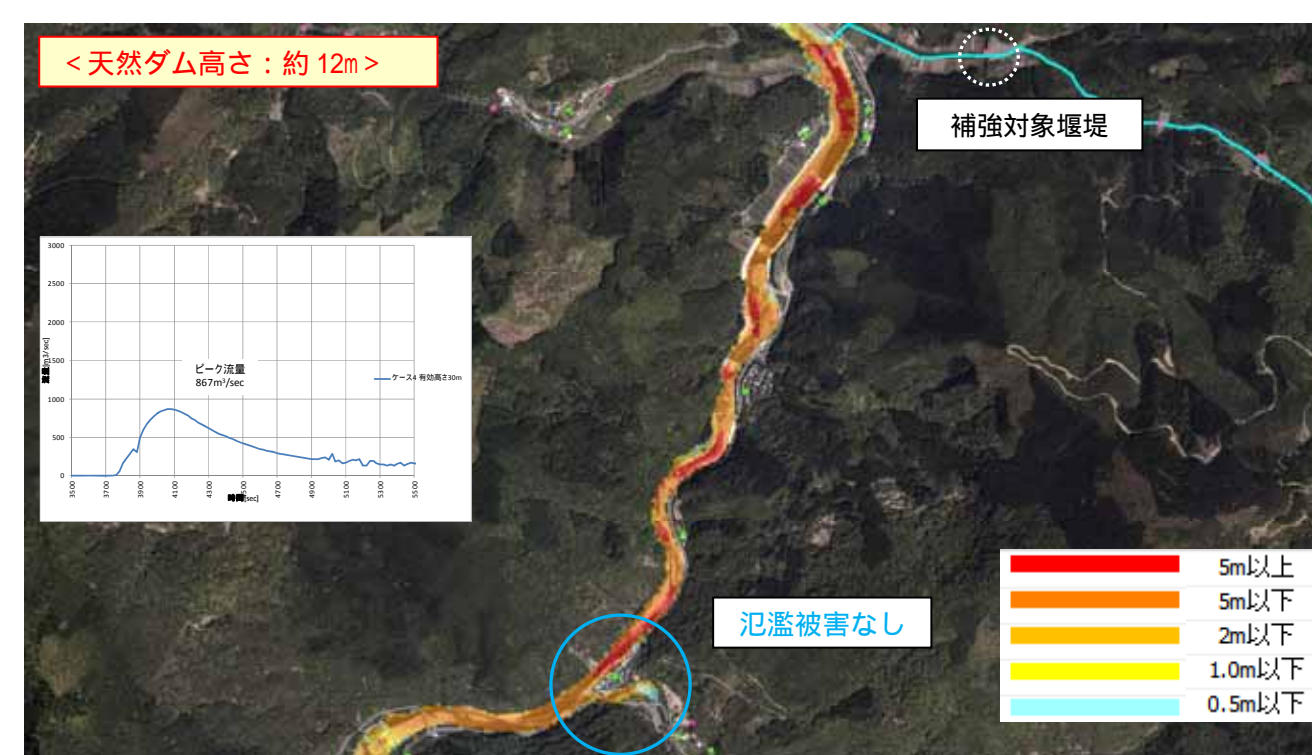


図 12 パターン の被害想定の結果（流動深の分布）

3. 今後の課題

- ・ パターン において、崩壊規模：大規模における被害想定の結果から、砂防施設の効果を示した。その結果、保全対象の被害を無くすためには、比較的規模の大きな補強が必要という結果となった。
- ・ 今後は崩壊規模：中規模、小規模のシミュレーションを行い、それらの崩壊規模に対して保全対象の被害を低減する補強対策を検討し、砂防施設の補強（ハード対策）で対応可能な深層崩壊の規模について検討を進める予定である。

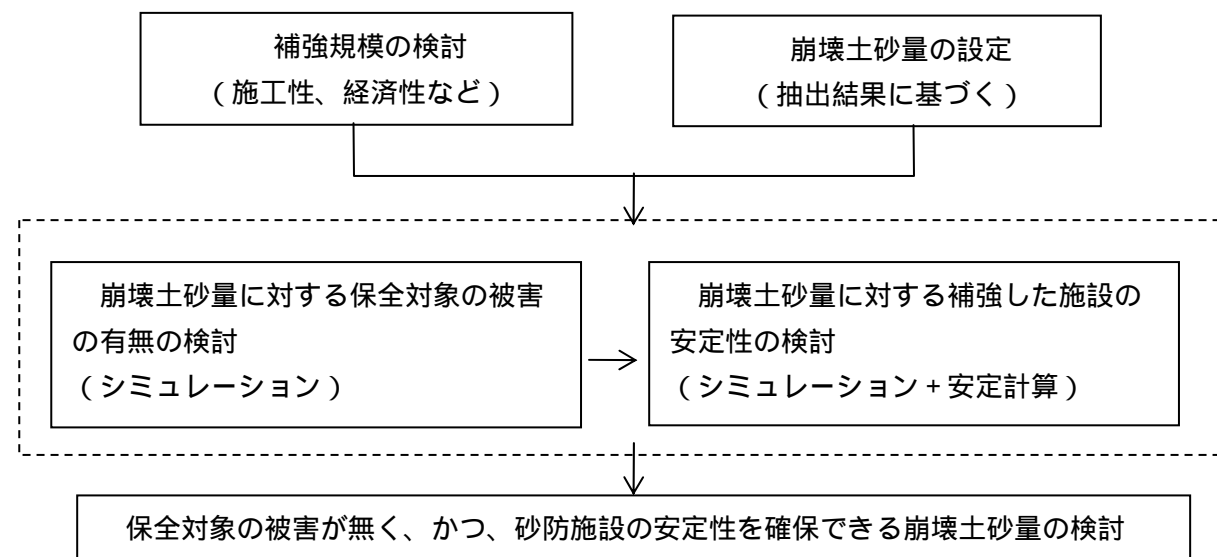


図13 今後の検討の概略フロー

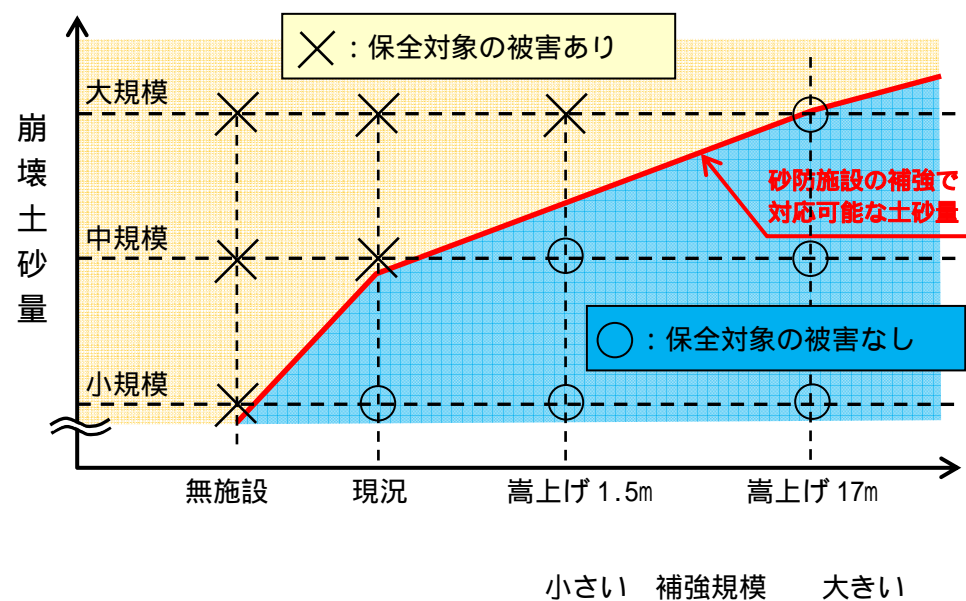


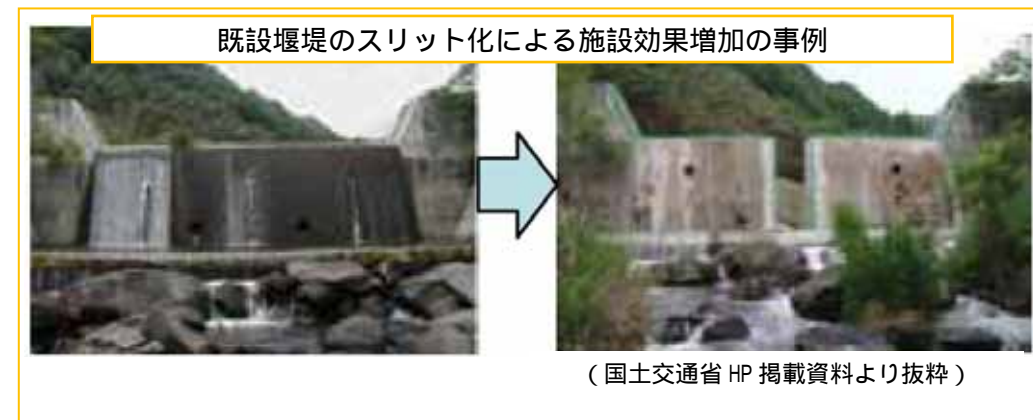
図14 崩壊土砂量に対する保全対象の被害の有無と砂防堰堤の補強規模の着目した取りまとめイメージ

4. 既設堰堤の補強対策の検討方針

既設堰堤の補強・嵩上げについては以下のような対策を基本とする。

種別	嵩上げが可能な場合	嵩上げが不可能な場合
不透過型	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天端幅を腹付けにより広げ、鋼製スリットで嵩上げ ・ 施工し易く、事例あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堤体をカットし、スリット化することで効果を増やす ・ 嵩上げはせず、施設効果の増加が可能、事例あり
透過型 (鋼製スリット)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼製スリットの嵩上げは困難で既設撤去 新設となる ・ 非越流部は既設を活用できる可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 嵩上げは不可 ・ 補強として、想定外力に応じた鋼材を再設置

図15 補強・嵩上げ対策のイメージ図

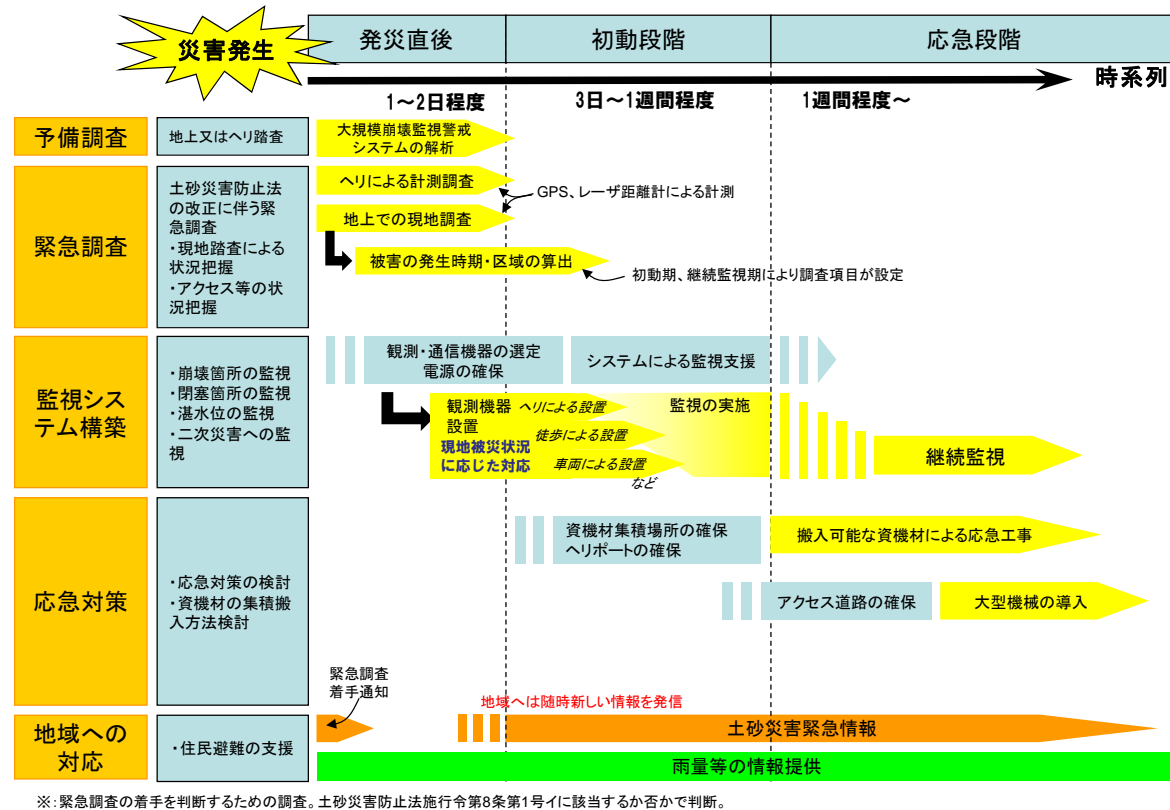


大規模災害時における緊急調査・監視体制・応急復旧対策のための情報通信・災害対策資機材性能検討

1. 検討目標

大規模災害時においては、河道閉塞の湛水部や閉塞部の監視、崩壊部および周辺部の状況、閉塞部決壊による土石流等の検知など、現地の状況を迅速・的確に把握・判断を行うとともに、応急緊急復旧対策工を迅速かつ効率的に行う必要がある。その際に必要な情報通信・災害対策資機材について検討を行う。

河道閉塞における災害対応は、発災直後から初動段階、応急段階と時系列で対応すべき事項が変化することが想定される。災害発生後からの調査・監視及び応急対策の対応概念を下図に示す。



2. 既往の災害の経験から得られる検討方針

予備調査・緊急調査から監視においては、災害直後の各段階において、発災現場の被災状況や、被害の生じる恐れのある区域や時期の迅速正確な把握と、継続的にリアルタイム性のある情報を安定的に把握・入手することが求められる。大規模な土砂災害を生じる豪雨や地震の場合、情報を送る要となる通信回線や電気の供給が一定期間途絶するケースが多い。また、土砂崩れや落石、表層崩壊や、冠水や越水などにより、交通状況も大きな支障をきたしている場合があり、人員や資材の現地投入が出来ず、被災状況の把握や継続的観測が容易ではないことが過去の教訓として残っている。

一方、このような厳しい状況の下で、河道閉塞などの大規模土砂災害（深層崩壊）の監視を行う必要がある。また、応急対策では人員の投入のみならず、工所用資機材の輸送が必要となるため、資機材集積場所、ヘリポートの確保、アクセス道路の確保等が必要となってくる。

【既往の大規模土砂災害の経験より】

- 通信(一般回線)が不能となり、現地の状況が把握できなくなる。
(音信不通、データ伝送の不通が生じ、被災地とのコミュニケーション・実況把握に制限)
- 停電により電源確保ができなくなる。(観測機材等の稼働に制限)
- 道路の被災の度合いにより、現地チームの投入が困難となることある。
(落石あり、一部崩落あり、完全崩落ありで投入出来る車両・資機材が制限)
- 発災時はヘリコプターが飛行できる程度に天気が回復するにはやや時間がかかる(1~3日程度)ことがある。(人員・資機材の投入に制限)
- 継続監視段階では、監視内容が多岐になるため、必要資機材等設備も増え、規模も大となるが、車両通行、通信電源の確保に制約があるため、ヘリ運搬や機材の小型化、回線対応等が重要となる

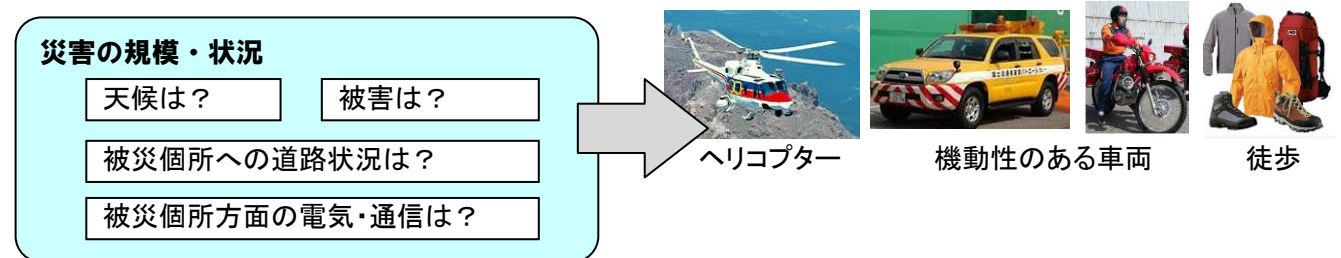
天候・道路状況に応じて実施条件が異なってくるため、各ケースで柔軟に対応できるよう、資機材及び通信回線の確保に努める必要がある。

3. 検討を行う上での前提条件

(1) 初動段階に必要な留意点

大規模災害の発生時には、前項で挙げたとおり、時系列の各段階において、如何に迅速に現地に到達し、被災状況を把握できるかが重要である。

そのため、災害の状況に合わせ、現地到達・把握を可能とする機動力・手段について整理を行う必要がある。



災害規模に応じて現地への移動、資機材の設置を可能な限り迅速に行う必要がある

図 2 大規模災害の規模に応じた対応の必要性 (イメージ)

(2) 想定される災害において把握すべき条件

災害発生後の初動対応として被災状況の把握を行うために現地に向かい、必要な資機材を設置するために考慮しなければならない条件は、以下の三点である。

- ① 調査要員が現地に安全に到達でき、資機材を搬入できるか 【道路条件】
- ② 必要な資機材を設置・稼働できるのか 【電力条件】
- ③ 調査・監視した結果をリアルタイムに報告・伝送できるか 【通信条件】

(3) 現地へのアクセス条件

緊急調査・監視体制・応急対策で想定される情報通信・災害対策資機材を抽出するために、川辺川流域をモデルケースとして、大規模災害（深層崩壊）で想定される管内の制約条件について、過去の管内の災害事例や関係者の経験をもとに抽出した。以下に現地アクセスのために必須となる道路条件について整理した結果を示す。

道路条件

管内の役場（五木村、八代市泉支庁等）や建設会社へのヒアリング結果による、当地域の主要道路の災害時の道路特性を図3に記す。図中には、平成17年以降の土砂崩れ、および、通行止め箇所の実績を重ねて示し、ヒアリング結果とともにまとめた。

この結果から、川辺川流域の道路ネットワークは、過去の実績において、一定以上の雨が降ると複数箇所被災を受けやすく脆弱な特性を持っていることが分かる。また、川辺川流域周辺の球磨盆地への道路ネットワークについても、高速道路、国道219号線が主であるが、これらも雨により通行止めになる可能性が高い。

このことから、深層崩壊などの大規模土砂災害が発生するような豪雨の際には川辺川流域の道路ネットワークに深刻なダメージが生じ、人吉周辺の球磨盆地への広域ネットワークも寸断される可能性がある。

【川辺川流域内】

- ・ 国道445号
 - ▶ 10tクラスの車両までは通行可能だがトレーラの通行が不可な区間あり
 - ⇒災害の規模によっては、10tクラスの車両は通行できなくなるリスクがある。
- ・ 県道・市町村道
 - ▶ 10tクラスの車両が通行できない区間がある
 - ⇒過去の被災履歴から、災害の規模によっては、10tクラスはもとより、4tクラスの車両、普通車まで通行できなくなるリスクは、国道445号よりも高い。
- ・ 迂回路となりうる林道
 - ▶ ほとんどの区間が3m未満の道路である
 - ⇒通常は4tクラスの車両も通行可能であるが、災害時には通行できないリスクは高く、そのリスクは車両の大きさに比例する。

【広域】

- ・ 高速道路
 - ▶ 八代～えびの間において長大トンネル、複数のトンネルに囲まれ発災時に通行止めになる可能性がある。
- ・ 国道219号
 - ▶ 八代～人吉間は降雨による土砂崩れにより通行止めになる可能性がある。
 - ⇒上記を考え合わせると、山間部に位置する球磨盆地が孤立するリスクがある。

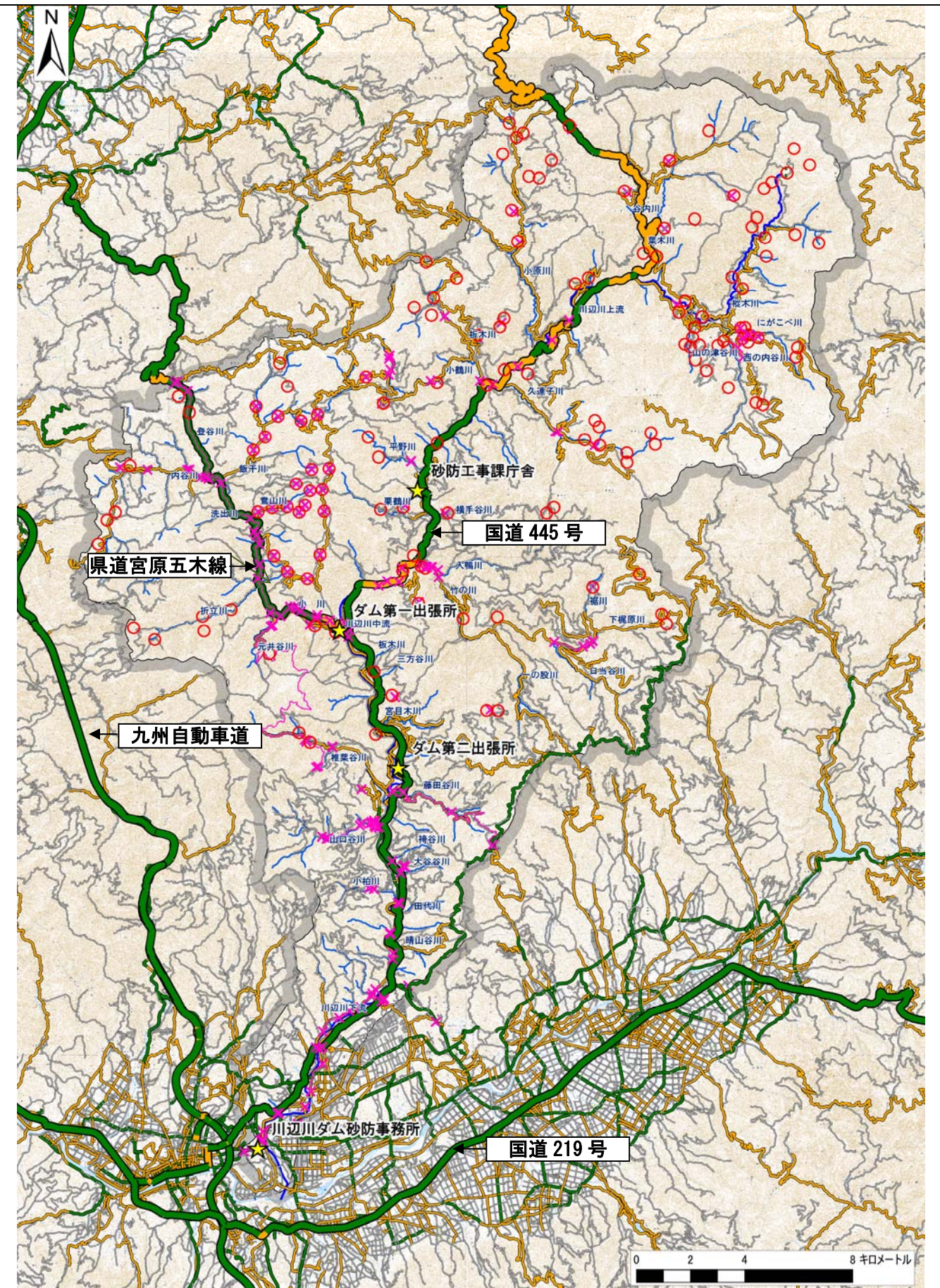


図3 川辺川流域の過去の災害事例（土砂災害実績と通行止め実績）

4. 必要な資機材の配備について

緊急調査、現場監視、応急対策の各段階において必要となる資機材について、土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）、天然ダム監視技術マニュアル（案）、天然ダム対策工事マニュアル（案）を参考にして以下の整理を行った。

図 4 各段階における代表的な必要資機材

各段階	各段階の実施内容	各段階で必要となる資機材
I. 予備調査 緊急調査	天然ダムの位置、比高、下流側水平長、越流までの水位差、湛水長 等	ヘリコプター、GPS、高性能レーザー測距器等
II. 監視システム構築	湛水位の監視と流入流量の把握、閉塞部の監視と流出流量の把握、崩壊部および周辺部の状況の監視、閉塞部決壊による土石流等発生監視 等	投下型水位観測ブイ、監視カメラ、水位標、水圧式水位計、流速計、雨量計、崩壊検知センサー 等
III. 応急対策	ポンプによる緊急排水、緊急排水路の開削、管渠排水、排水路設置、本体掘削 等	バックホウ（分解組立型含む）、ブルドーザ、ダンプトラック、排水ポンプ、ホース、発動発電機、燃料、フトン籠、シート、マット、ブロック 等

▶ また、上記の資機材を各段階で運用する際には現地の制約条件から以下に留意する必要がある。

I. 予備調査・緊急調査段階

① 現地へのアクセス

- ・ヘリコプターの調査は機動力がある反面、天候や地形に影響を受ける。
- ・陸上調査は、狭隘な箇所への乗り込みを考慮し、小型車や四駆など現地の条件に適応できる車両がよい。
- ・徒歩での現地踏査に合わせた山岳装備品が必要。

② 通信・電源の確保

- ・災害時は固定電話・携帯電話は通じないことを考慮し、国土交通省専用のマイクロ回線（k-cosmos）、衛星携帯電話、特定小電力無線等の回線を確保しておく。

II. 監視システム構築段階

① 現地へのアクセス

- ・投下型水位観測ブイを設置するためのヘリコプターを調達する。
- ・監視体制を構築するために必要な機材を運搬するための機動性・運搬性のよい車両が必要。

② 通信・電源の確保

- ・現地の状況を継続的に監視するための衛星回線の確保。
- ・映像を配信するための衛星通信車、衛星小型画像伝送装置（Ku-SAT）等が必要。
- ・監視機材を運用させるための電源（発電機、燃料、バッテリー等）が必要。

③ 照明の確保

- ・夜間でも監視を継続するための照明機材が必要であるが現地への持込が可能なように軽量かつ小型なもの（サーチライト・投光器）が必要。

④ 監視するための機器の確保

- ・投下型水位観測ブイ、カメラ、水位計、流速計、雨量計等現地条件に合わせた持込可能・設置可能な機器が必要。

III. 応急対策段階

① 現地への運搬

- ・現地への搬入が可能な運搬機械（分解組立型）が必要。さらに現地で組み立てるための持込可能なクレーンも必要である。
- ・現地への建設機械を運搬するためのヘリコプターを調達する必要がある。

② 資材の備蓄

- ・現地の対策で使用する資機材（排水ポンプ、燃料、ブロック等）が迅速に調達できるようにしておく必要がある。

以上の留意点から、大規模土砂災害の発生直後から迅速な対応を図るために各段階において必要となる資機材を円滑に運用するためには以下の手段を事前に確保しておく必要がある。

- ▶ 現地に到達し、被災状況を把握するために必要な機動力
 - ヘリコプター、車両、および徒歩のための装備
 - ⇒ **災害の状況に合わせ、現地到達・現地把握を可能とする手段の確保**
- ▶ 現地で状況把握に活用する情報収集機器と電力・通信資機材
 - ⇒ **把握すべき情報を的確に収集し、迅速に伝達する手段の確保**
- ▶ 現地に必要な資機材を配備するための機動力の適切な事前配備
 - ⇒ **各段階で必要となる資機材を可能な限り短時間で投入するための手段の確保**

前述の手段確保に向けた必須条件について以下とりまとめた。

・ 災害発生直後から応急復旧の各段階の迅速かつ確実・安定的な対応に向けて

- 現場に人員・資機材の投入や通信・電源確保が出来なくなる事態に備え、**ヘリポート**及び資材が**備蓄できる拠点**を確保しておく必要がある。
- **拠点施設**は、災害発生や災害による交通分断のリスクも考慮し、**災害発生が想定される地域になるべく近い場所**が適当である。
- **車両**は、要員や必要資機材を現場に投入するため**小型車両**を配備する。
- **現場監視に必要な資機材**については、**運搬性（小型等）**に配慮し、配備する。
- **通信・電源・照明**については、**バックアップ体制**を整える。
- **人員・資機材**について自治体や消防・自衛隊など防災関係機関との**連携体制**を事前に整える。


5. 九州地方整備局の災害対策機材

(1) ヘリコプター

ヘリコプターは、地上の道路ネットワークに支障がある際に、被災箇所把握・調査に有効な機材である。また、調査だけでなく、物資・人員の輸送手段としても必要となる。

一方で、安全な離着陸や航行を行うために、さまざまな制約条件をクリアする必要がある。

図5 九州地方整備局が保有するヘリコプターの特徴


種類	活用の目的	特徴
はるかぜ (Bell-412EP) 	上空からの実態把握、監視 作業員の輸送など	<ul style="list-style-type: none"> ・国交省所有の機材 ・搭載可能人員 8名 (パイロット含む) ・ヘリテレ装置、無線、カメラ ・機外吊下げ輸送用の装備なし。物資は運搬不可。

(2) 四輪車

九州地方整備局では、災害対策用の車両として、様々な機能を有する車両をこれまでに採用してきた。

図6 九州地方整備局が保有する車両（四輪車）の特徴

種類[想定]	イメージ	特徴	災害時の走行条件
後方支援系車両			
対策本部車		通信；K-COSMOS,150MHz 超短波搭載 電源；6 KVA、燃料 100L 8名乗り	10t クラス。狭小な道路は通行不可（回走時車幅 2.4m 車長 8.2m車高 3.8m）
待機支援車		電源；発動発電機搭載 8名乗り（4名ベッド）	同上
現地型車両			
本部車 [情報収集車] (四駆 SUV 中型)		通信；超短波無線(VHF) 機器；CCTV カメラ、照明 6名乗り	車両幅員が 2.2m あり、狭小な道路は通行困難
衛星通信車		通信；Ku-SAT 機器； 5名乗り	一般乗用車と同等 アンテナを搭載しているため 運転技術が必要

照明車		機器；2kW×6 灯(メタルハライド/600m 照射/20m プーム 3名乗り	10t クラス。狭小な道路は通行不可
-----	---	--	--------------------

【災害対策機材配備の今後の方向性】

九州地方整備局で配備している様々な機能を有する車両は、比較的大型の車両が多く、九州山地のような山間部では、道路の被害の規模により、車両の大きさが機動力を阻害することも考えられる。

九州地方整備局ではバランスのとれた機材配置を目指しているが、九州山地のような狭隘な山間部の災害に対しては、より小回りの効く機動力に優れた機材が求められる。

※山地特性にあった機材の選定、運用方法の確立に向け、実際の山地部において運用訓練・実証試験等を行うてはどうか。

6. 九州地方整備局における災害対策資機材の現地検証（案）の概要

①投下型観測ブイの投下に必要なヘリコプター性能検証

投下型観測ブイの投下に必要なヘリコプター、その他資機材の選定および調達手順の妥当性の検証を行う。

■ 目的

『ヘリによる観測資機材の運搬を通じたオペレーションの訓練と観測ブイの投下試験』

■ 実施事項

- ① 投下型観測ブイのヘリ運搬の検証
- ② 投下型観測ブイとダム天端の比高の測定
- ③ 観測水位データの伝送

■ 実施概要



①ヘリコプター移動



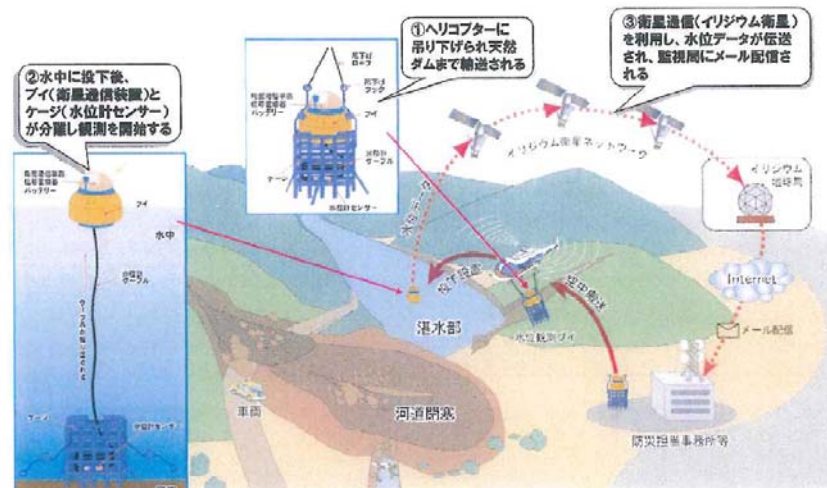
②投下型観測ブイを装着



③下型観測ブイを搬送



④投下型観測ブイを投下



【現地での概要】
(訓練のイメージ)

②山岳地帯に対応した通信機器性能検証

山岳地帯に対応した通信機器の性能を検証するために、適用可能性のある通信機器(無線機、衛星電話)を用い、実際に音声ならびにデータ(画像または映像)伝送の通信試験を行う。

■ 目的

『大規模災害時に現地収集情報を、迅速・的確に拠点や本部に伝達する手段の把握』

■ 実施事項

- ① 現場-拠点・本部間の音声コミュニケーションの可否を検証
- ② 現場-拠点・本部間のデータ通信(画像・映像)の可否を検証

③夜間監視に必要な照明及び撮影機材性能検証

照明機材(小型照明車、発電機付投光器)と撮影機材(高感度カメラ等)を用い、実際に夜間監視を行い、照射性能・映像の確認を行う。

■ 目的

『大規模災害時の夜間の現地収集情報を、迅速・的確に拠点や本部に伝達する手段の把握』

■ 実施事項

- ① 夜間において対象(河道閉塞、天然ダム、山体崩壊等)を照射した際の可視状況を検証
- ② 夜間における監視対象の画像・映像による記録の可否を検証
- ③ 現場-拠点・本部間のデータ通信(画像・映像)の可否を検証

過去の訓練の例(H24.2.23実施)

①災害対策車両を活用した監視体制の構築



情報収集車による映像撮影
衛星通信車による映像送信

②コンパクトな機材を用いた監視体制の構築



ビデオカメラによる映像撮影
Ku-SATによる映像送信

③夜間の監視体制の構築



HIDライト+車載サーチライト
照明車の設置・照射・映像確認

約30km離れた事務所で映像受信

④防災用無線機(超短波無線)の活用



無線機の活用
一元的な指揮

深層崩壊発生時の危機管理に必要な体制・準備 の検討について

H25.1.15

九州地方における深層崩壊検討委員会(第2回)

近畿地整ヒアリング結果

1. 概略調査段階

①現地へのアクセス

- ・ヘリ調査及び衛星SARで被災箇所を把握→TEC-Fに被災箇所を指示
- ・中には、ヘリが飛行できず、陸上調査を先行して行った場合があった
- ・陸上調査ではTEC-Fが持ち込んだ車で移動
 - ・赤谷：下流4kmまで車、以降は徒歩
 - ・長殿：国道168号は通行可だったため、野猿で渡河し、以降は徒歩
 - ・北股：集落まで車、以降は徒歩
 - ・栗平：下流2kmまで車、以降は徒歩
- ・車は四駆がよい
- ・小型の車両でないと入れない箇所があった

③通信・電源の状況

- ・固定電話、携帯電話は通じなかった（もともと電波の通じない山中もあった）
- ・被災エリアが広く停電していた

④上記の状況の中で工夫した点

- ・第一段階として発電機能を持った衛星通信車を投入
- ・省力化及び定点監視のため、Ku-SATに切り替えていった
- ・関西電力、NTTを直接会社訪問して早期復旧を依頼した。
移動基地局の設置を行っていただいた（赤谷、長殿）

2. 監視体制構築段階

①現地へのアクセス

- ・徒歩で行ければ、監視・観測機器の設置は可能
- ・長殿、栗平では、固定式の水位計設置段階でヘリ運搬も行った

②通信の状況

- ・電源もなく携帯電話（中継局の機能停止）も使えなかった。
- ・初動時は衛星通信車、定点固定監視に変更後 Ku-Sat + 発電機に切り替えていった

③夜間の監視体制

- ・当初は電源の確保ができなかった（発電機対応）
- ・夜間監視のため、CCTVカメラと投光器をセット
- ・投光器と発動発電機の組み合わせで監視

3. 緊急工事段階

①緊急着手のための手続き

- ・日本建設業連合会と災害協定を締結していたため、業者選定をお願いし緊急随意契約を結び対応（工事）
- ・その他、建設コンサルタント協会、建設電気技術協会（通信）と災害協定を締結していたため、業者選定をお願いし緊急随意契約を結び対応（調査・監視等）

②発注時の現場条件、使用資機材、安全対策等の条件明示事項等

- ・当初は、TEC-Fが作成した概略対策工を提示し、以降は施工と詳細設計を業務の中で並行
- ・長殿、栗平の2箇所は、中部地整から持ってきた無人化施工機械を使用（赤谷、北俣では業者保有の無人化機械を使用）

4. その他自治体支援関係

①通信面での障害となった制約条件

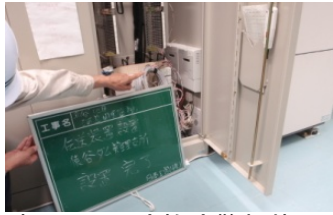
- ・優先通信の不通、携帯電話の不通
- ・電源がない

②上記制約の中、通信を可能にした工夫等

- ・五條市の大塔支所、十津川村役場は、通信回線が途絶していたため、Ku-Sat を早期に設置し、映像提供（大塔支所；9/4 十津川村役場；9/6、五條土木事務所 9/7、野迫川村役場 9/14、田辺市役所 9/9）
- ・NTT ドコモ関西危機管理室及び関西電力高田営業所に直接伺い、情報共有を随時行うことで、早期に通信及び電力を復旧することができた。（再掲）
- ・通信機器の確保と併せて、リエゾンを活用し意思の疎通を図ることが大事。（十津川村では最大30人のリエゾンが派遣されていた）

観測機器関係配置図(赤谷地区)

11月30日現在



赤-9 土石流放流警報装置
(猿谷ダム放流警報局舎)



赤-3 上流側水位計



赤-1 雨量計



赤-12 水位計(地上形)



赤-2 水位計(ブイ)



水圧式水位計



赤-6 傾斜崩壊センサー



赤-11 仮設カメラ



赤-4 下流側水位計



赤-5 ワイヤセンサー



赤-7 振動センサー



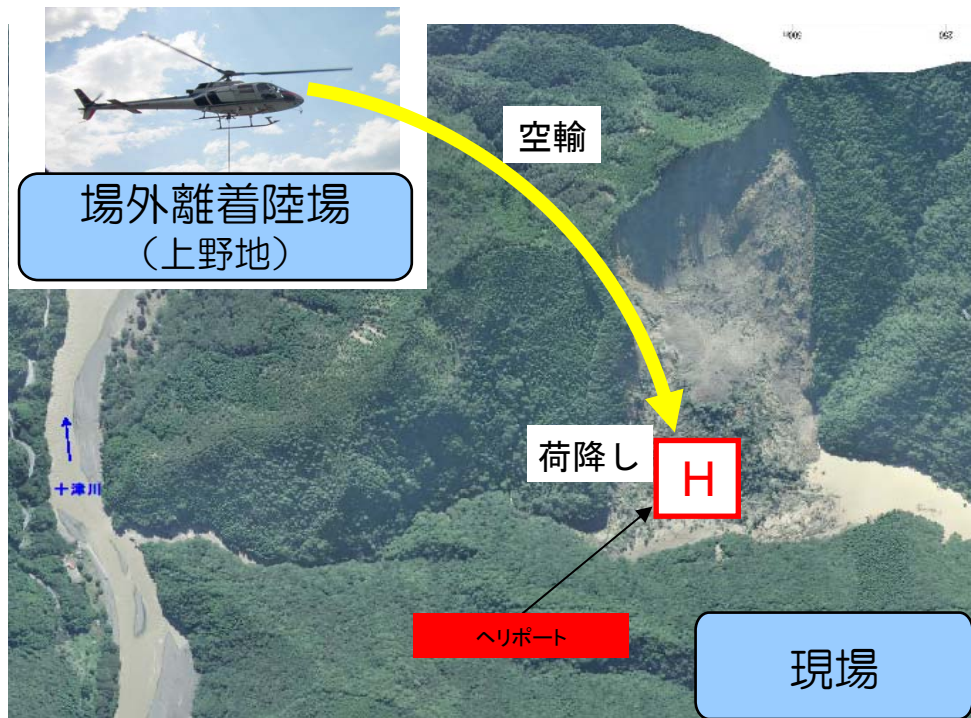
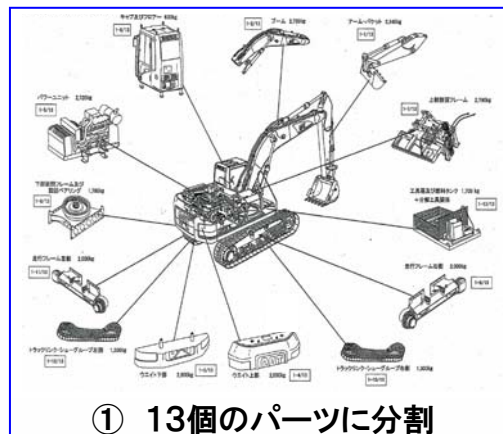
- 【凡例】
- ワイヤセンサー
 - CCTVカメラ
 - サイレン・回転灯(既設)
 - 猿谷ダム警報局舎
 - 水位計

分解型重機の活用（長殿・栗平）

- 陸路による運搬路がないため、**空輸による迅速な重機等の運搬**が不可欠
- 重機を空輸可能な大きさに**分解**して運搬し、**現場にて組み立て**
- **重機**を使うことで、**作業効率を大幅に改善**
- 危険な現場においては**無人化施行が可能**

現在：0.1m ³ 級油圧ショベル	2台	}	長殿地区
計画：1.0m ³ 級油圧ショベル※	2台		
0.45m ³ 級油圧ショベル	4台	}	栗平地区
0.45m ³ 級油圧ショベル	12台		
※1.0m ³ 級油圧ショベル	中部地方整備局所有		

- 分解型油圧ショベルでは国内最大級(1.0m³級)
- 今回初めて災害現場で活用

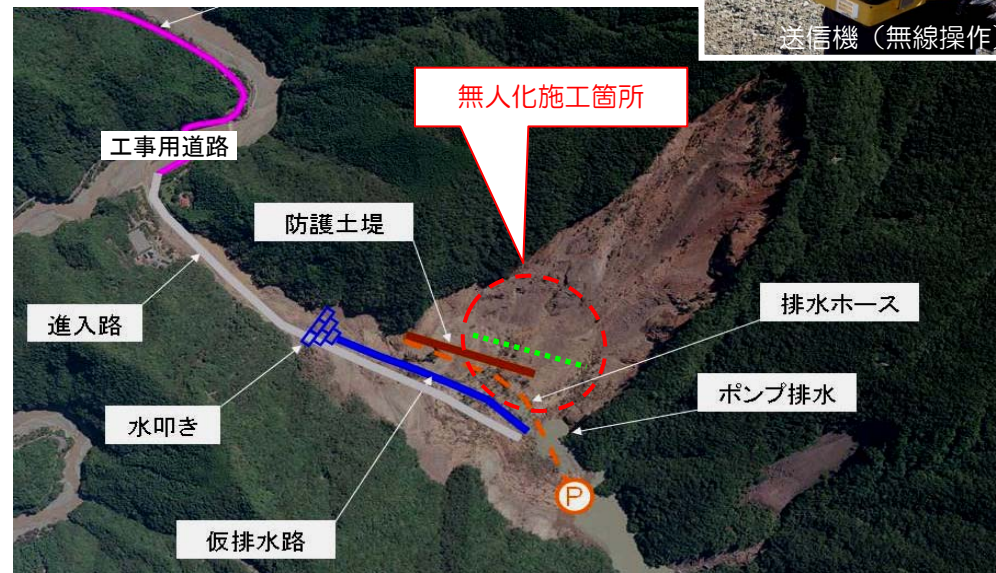


無人化施工（赤谷・長殿）

崩壊斜面からの土砂の崩落・転石等による二次災害の防止のために設置する防護土堤の施工に当たり、**作業の安全確保に万全を期するため**、建設機械を無線で遠隔操作し無人での作業を行う「**無人化施工**」を実施しています。

赤谷

- ・施工内容 防護土堤の施工 堤長:200m
- ・施工期間 11/17~11/18、11/28~12/2 (or 12/3)
- ・使用機械 油圧ショベル(1.6m³級) 1台
クローラダンプ(10t積) 1台



長殿

- ・施工内容 防護土堤の施工 堤長:75m
- ・施工期間 11/16~11/18
- ・使用機械 油圧ショベル※(分解型・1.0m³級) 1台
※ 国内最大級の分解型ショベル(中部地方整備局所有)を災害現場に日本で初めて実践投入



