

九州地方の大規模土砂災害における警戒避難対策検討委員会（第1回）

九州地方における 深層崩壊の実態と特徴

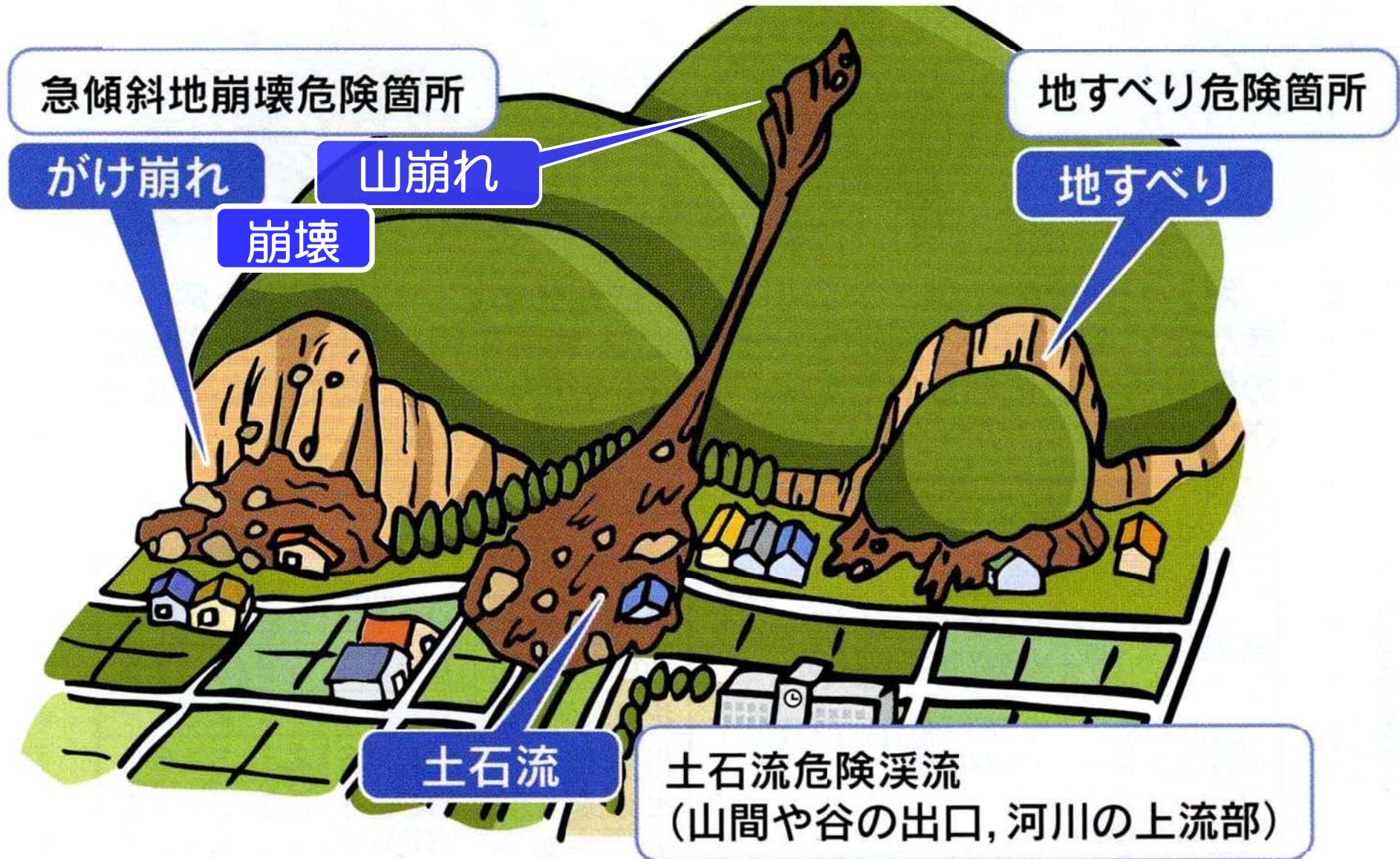
日時：平成26年1月8日
場所：熊本テルサ

鹿児島大学農学部
地頭 蘭 隆

（国際航空写真株式会社撮影）

針原深層崩壊・土石流（1997年7月10日）

土砂災害を引き起こす原因は？

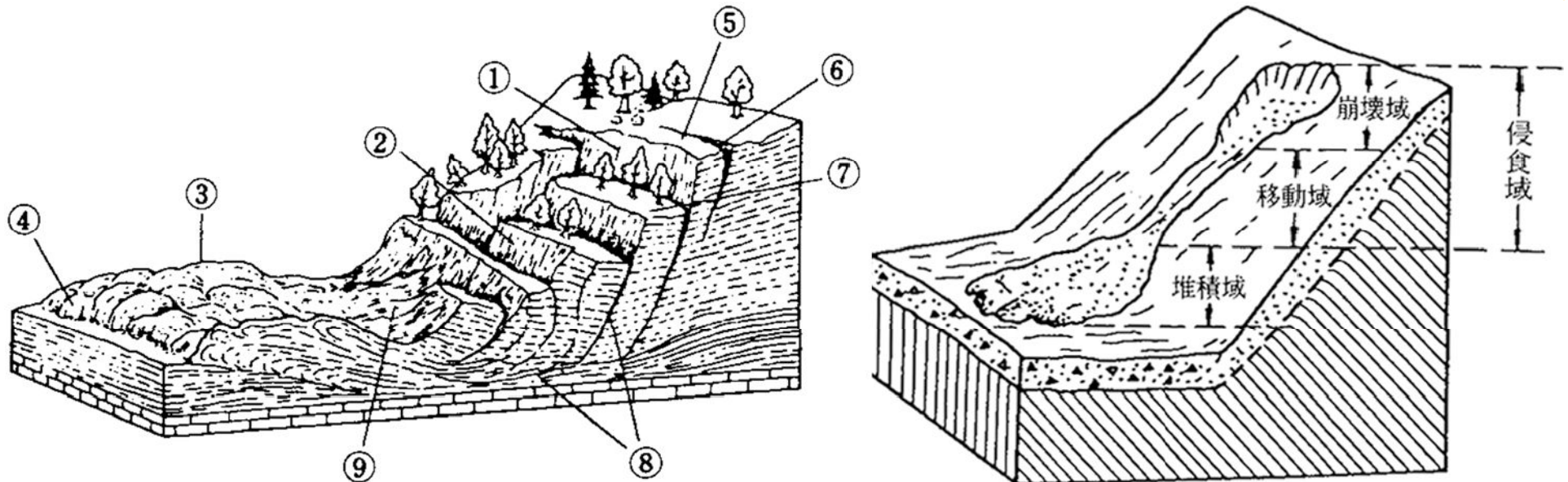


土砂移動現象 = 土砂災害ではない

地すべりと崩壊の区分

(砂防学会, 2012)

	地すべり	崩壊
地形	緩勾配 地すべり地形	急勾配 非火山地域では斜面変形等の特徴がみられる場合がある
活動状況	継続的, 断続的に動いている 再発性	突発性
移動速度	小さい	大きい
土塊	乱れない (原形をほぼ保つ) 斜面上に留まる	乱れる (原形が崩れる) 大部分が斜面から抜け落ちる

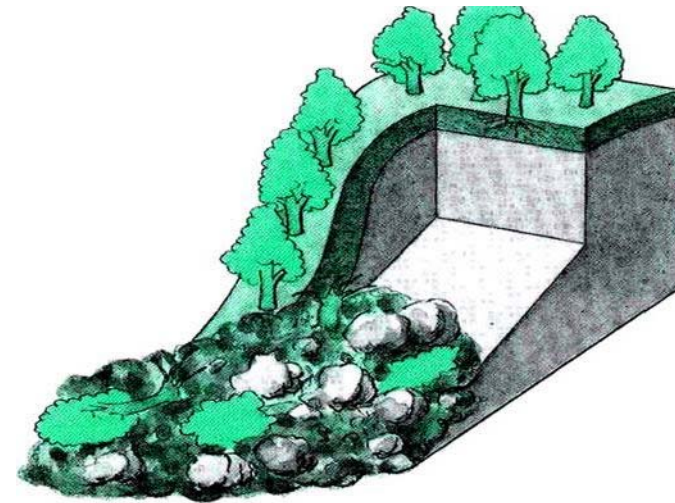
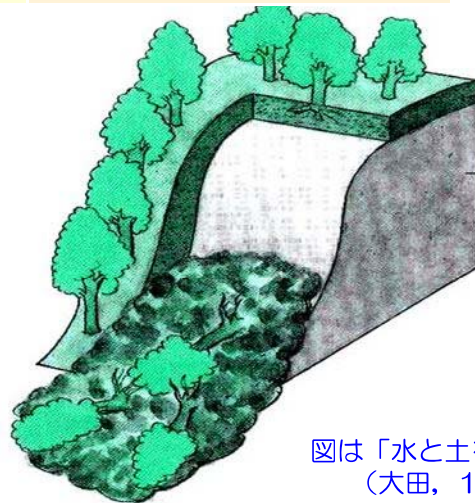


図は新砂防工学 (1993) より

表層崩壊と深層崩壊の比較

(砂防学会, 2012)

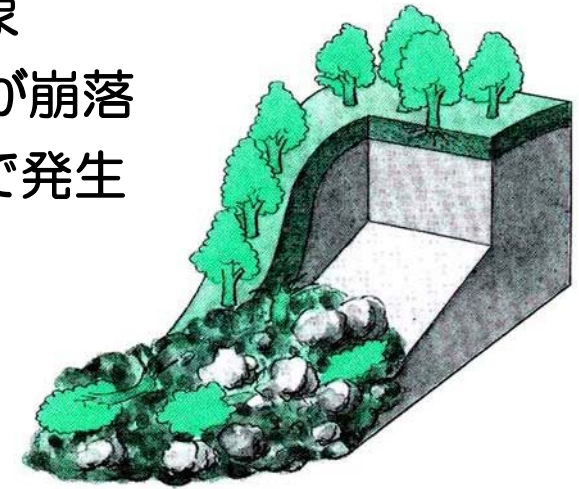
	表層崩壊	深層崩壊
地質	関連が少ない	地質, 地質構造 (層理, 褶曲, 断層等) との関連が大きい
兆候 (地形, 地下水)	ほとんどない	ある場合がある 非火山地域では, クリープ, 多重山陵, クラック, 末端小崩壊, はらみだし, 地下水位変動など
深さ	浅い	深い
植生の影響	あり	なし
規模	小規模 (比高小)	大規模 (比高大)



図は「水と土をはぐくむ森」
(大田, 1996) より

崩壊

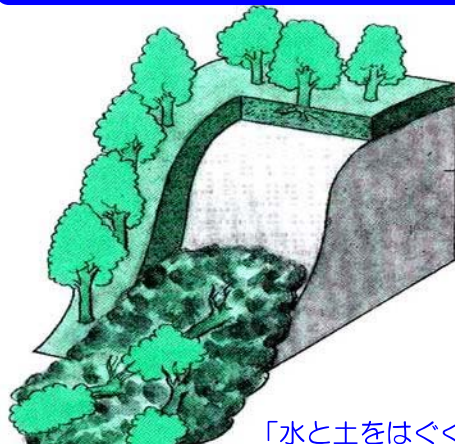
- ▶ 斜面の風化土層や基盤岩が高速度で崩落する現象
- ▶ **表層崩壊**：斜面の風化土層（深くても2, 3m程度）が崩落
- ▶ **深層崩壊**：基盤岩から崩壊，特定の地質の地域で発生



表層崩壊

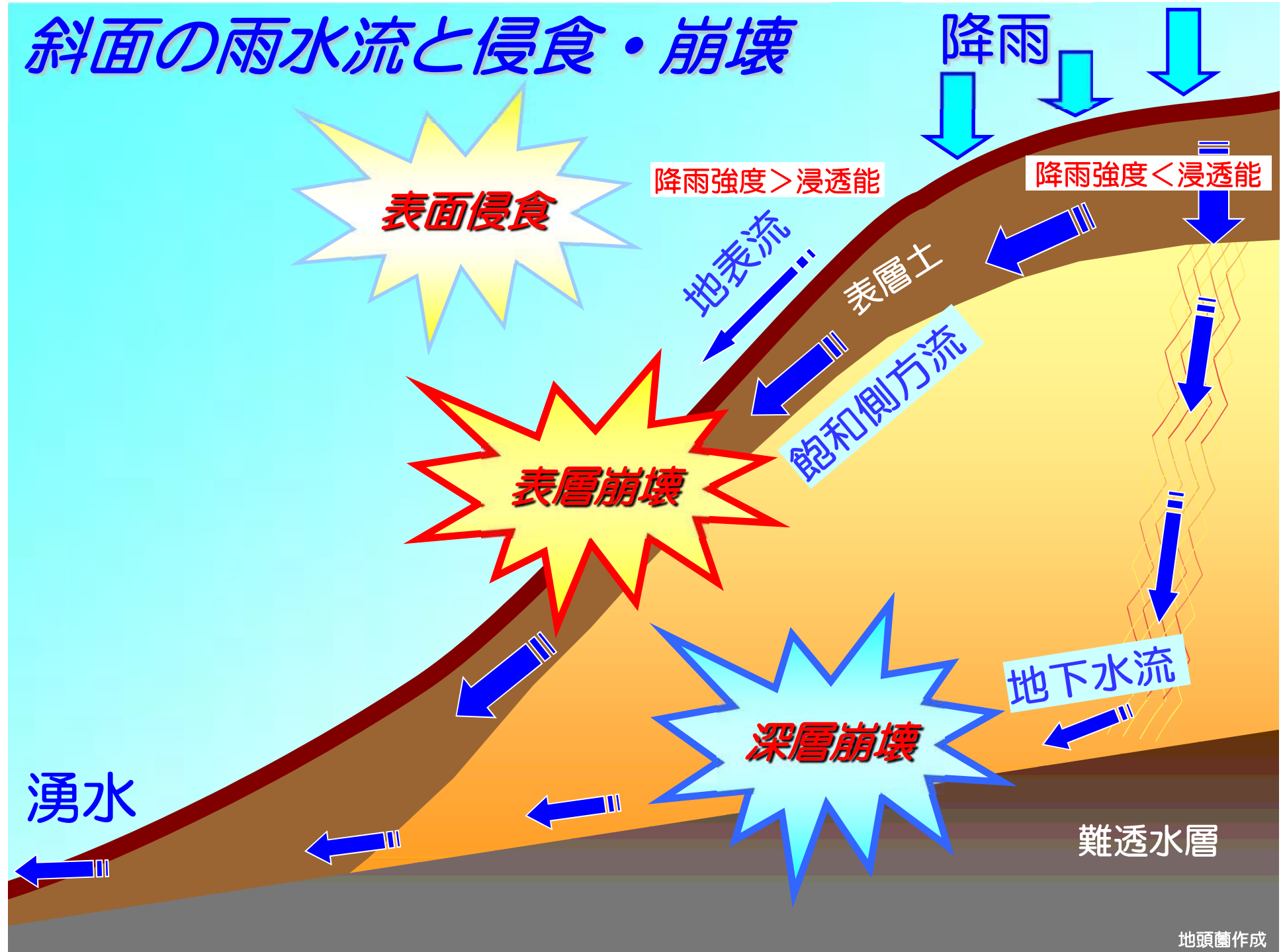


深層崩壊



「水と土をはぐくむ森」太田，1996

斜面の雨水流と侵食・崩壊



深層崩壊とは

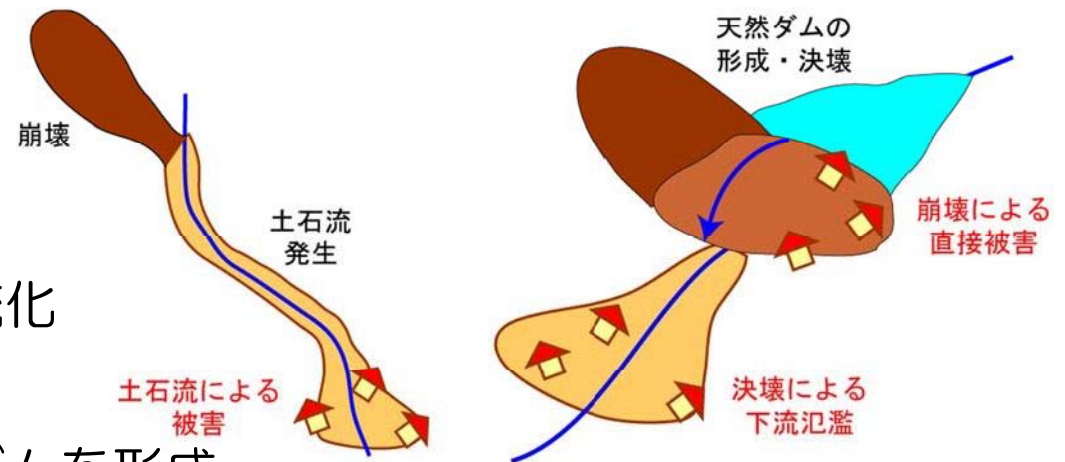
(砂防学会, 2012)

「**深層崩壊**」の用語は、羽田野（1974）や山口（1979）から使われた
深層崩壊による災害の特徴

- 表層崩壊に比べて発生頻度が低い
- 崩壊規模が大きいため、一度発生すると被害が甚大
- 深層崩壊は降雨ピークより遅れて発生することがある
- 雨が止んでも災害の危険性が直ちに低くなるとは限らない
- 深層崩壊は豪雨だけでなく、地震等によっても発生する

深層崩壊による災害形態

- 崩壊土砂が河道に流入して土石流化
⇒ 下流で氾濫して被害
- 崩壊土砂が河道を閉塞し、天然ダムを形成
⇒ 天然ダム上流では浸水被害
⇒ 天然ダム決壊による土石流・洪水被害



九州で発生した 深層崩壊

堆積岩	
完新統	更新統
新第三系	古第三系
白亜系	ジュラ系～三畳系
古生界	
火山岩	
第四紀の火山岩	新第三紀の火山岩
古第三紀～白亜紀の火山岩	ジュラ紀～古生代の玄武岩・斑れい岩
深成岩	
主に中新世～中生代の花こう岩	
変成岩	
広域変成岩(高圧型)	広域変成岩(低圧型)

火山岩地域
2012年大分県日田市

堆積岩地域
2005年宮崎県耳川流域
1971年宮崎県西米良村鳶の元
1963年熊本県五木村横手谷

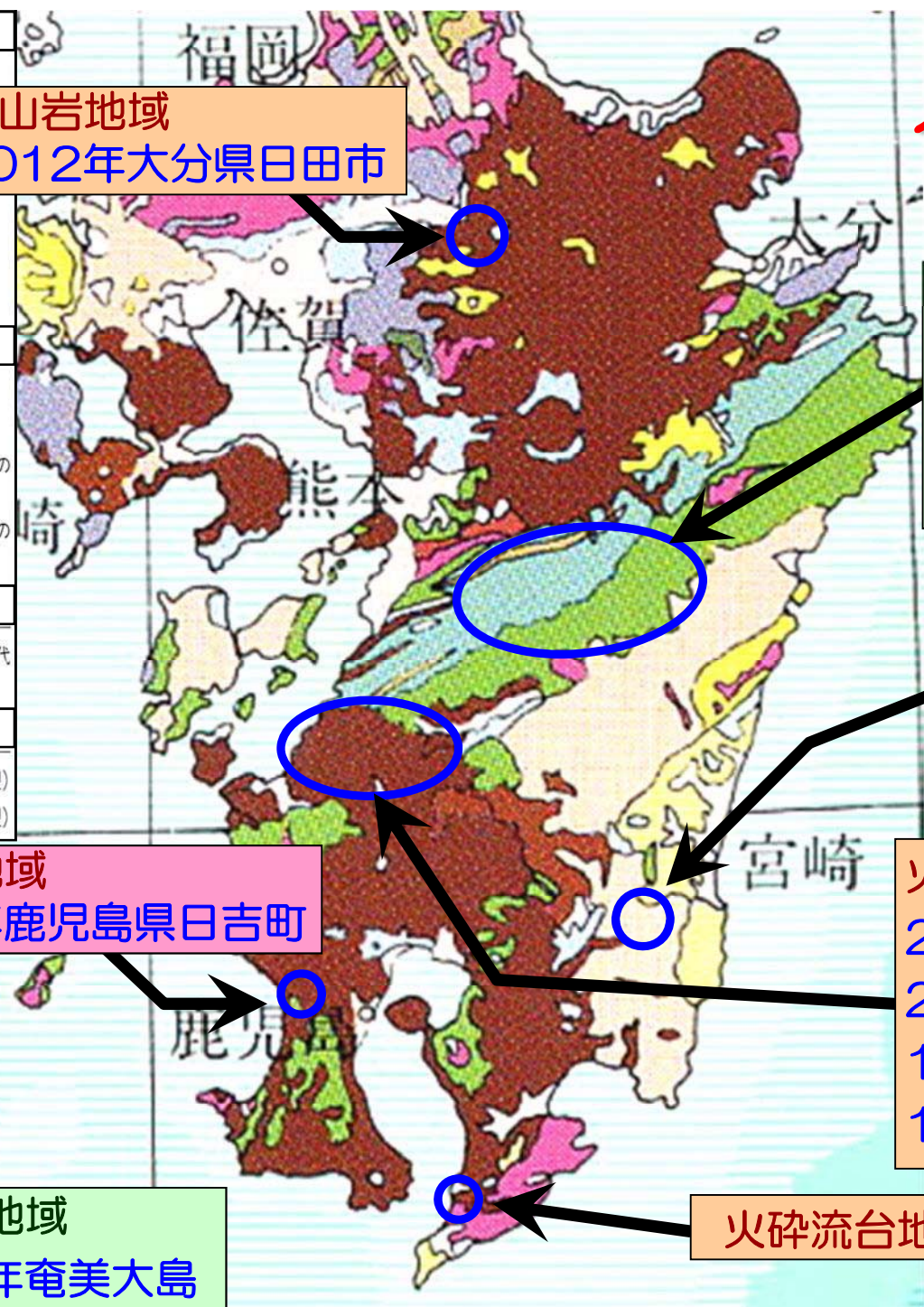
堆積岩地域
2005年宮崎県鰐塚山
2005年宮崎県北郷町

花崗岩地域
1993年鹿児島県日吉町

火山岩地域
2003年熊本県水俣市宝川内
2003年鹿児島県菱刈町
1997年鹿児島県出水市針原
1972年宮崎県えびの市西内豎

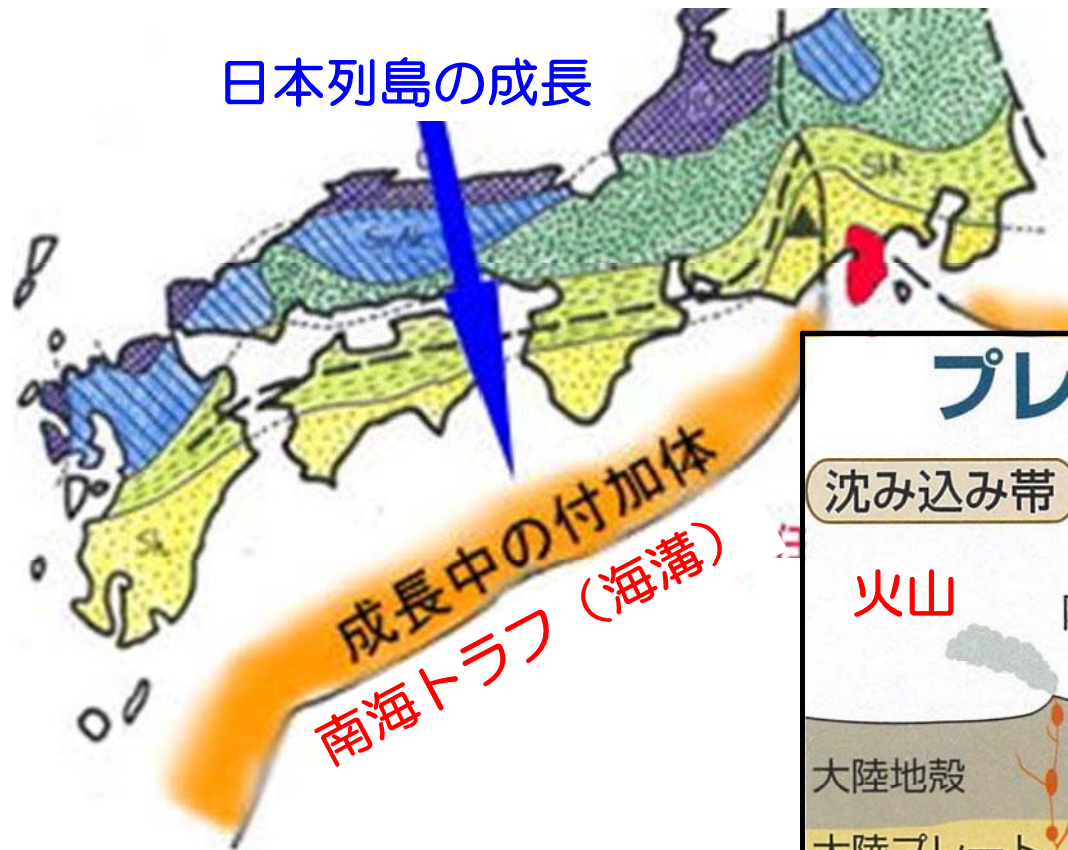
堆積岩地域
2010年奄美大島

火砕流台地 2010年鹿児島県南大隅町

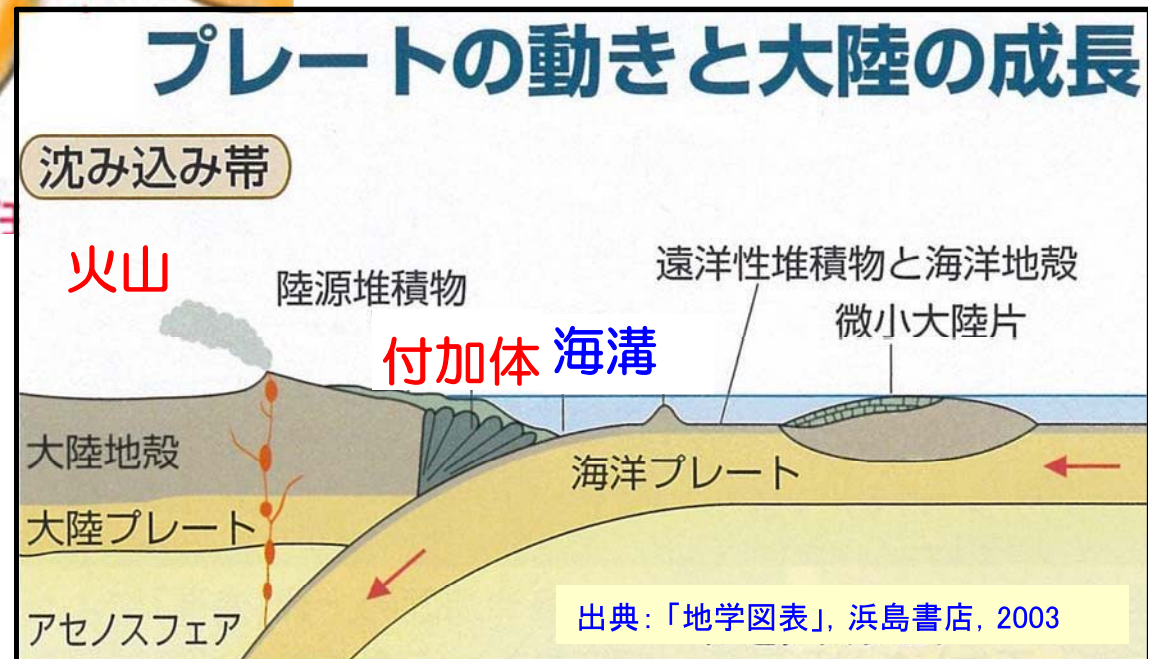


成長する日本列島

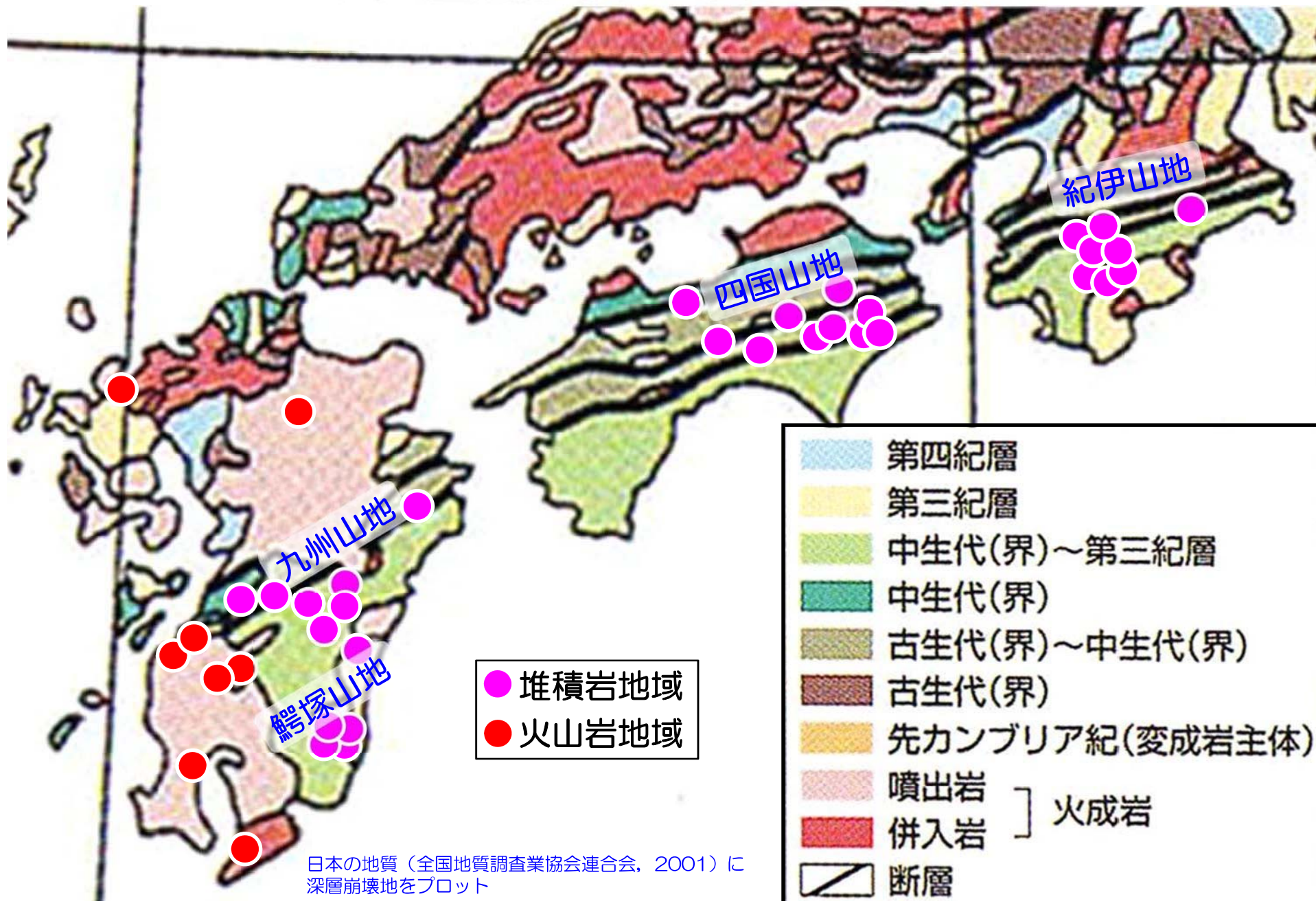
- ▶ **海溝**では、海洋プレートが沈み込む
- ▶ **海洋プレート**上の堆積岩や陸地からの堆積物が押し込まれる
- ▶ 両者は変形しながら混合し、**付加体**をつくる
- ▶ 日本列島は、**付加体の集合**として、大陸側から太平洋側へ成長



出典：地学教室HP,
<http://georoom.hp.infoseek.co.jp/rightindex.htm>



深層崩壊の発生分布



日本の地質（全国地質調査業協会連合会，2001）に
深層崩壊地をプロット

火山岩斜面で発生した深層崩壊



鹿児島県出水市針原

発生：1997年7月10日

雨量：総雨量401mm，最大時間雨量62mm

地質：風化安山岩と凝灰角礫岩

地形：平均傾斜25度程度

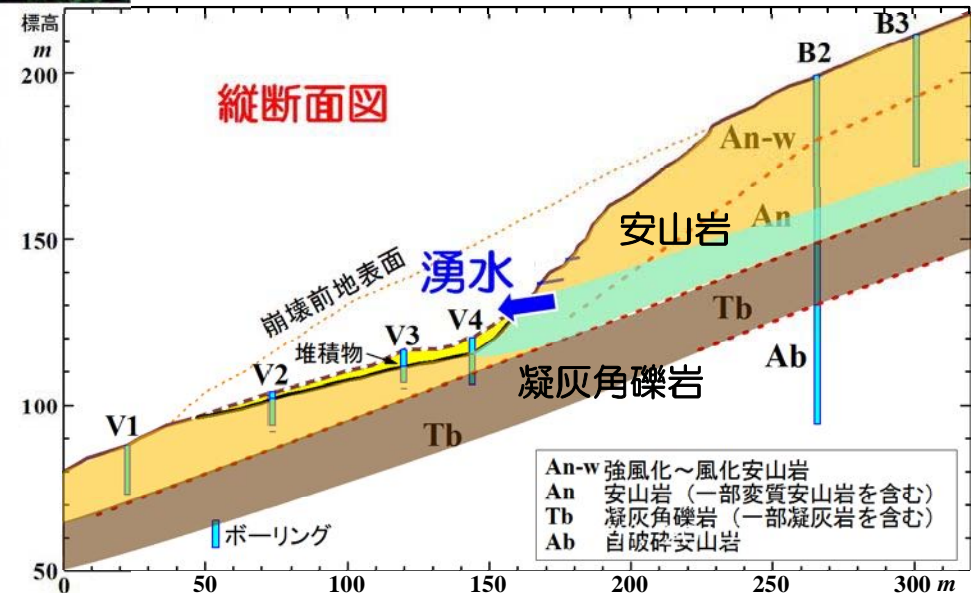
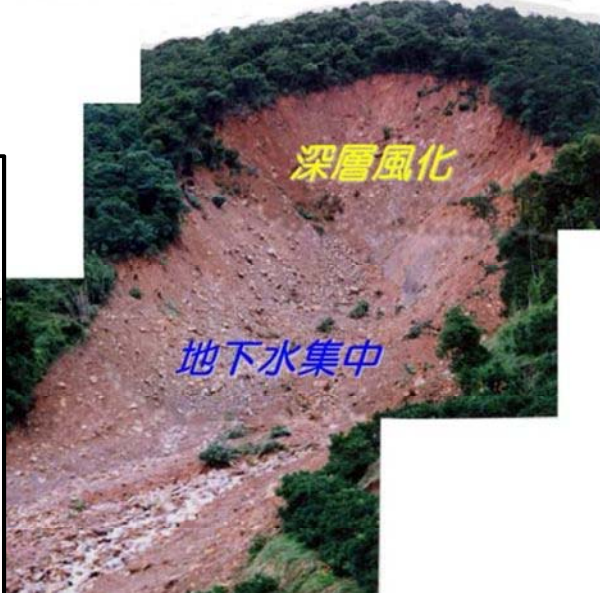
規模：崩壊幅80m，長さ190m，最大深30m，

崩壊土砂量13万m³

被害：死者21名，住家被害29棟

透水層と難透水層の境界で発生

(地頭蘭ら，2004)



堆積岩斜面で発生した深層崩壊

2005年 台風14号災害

深層崩壊

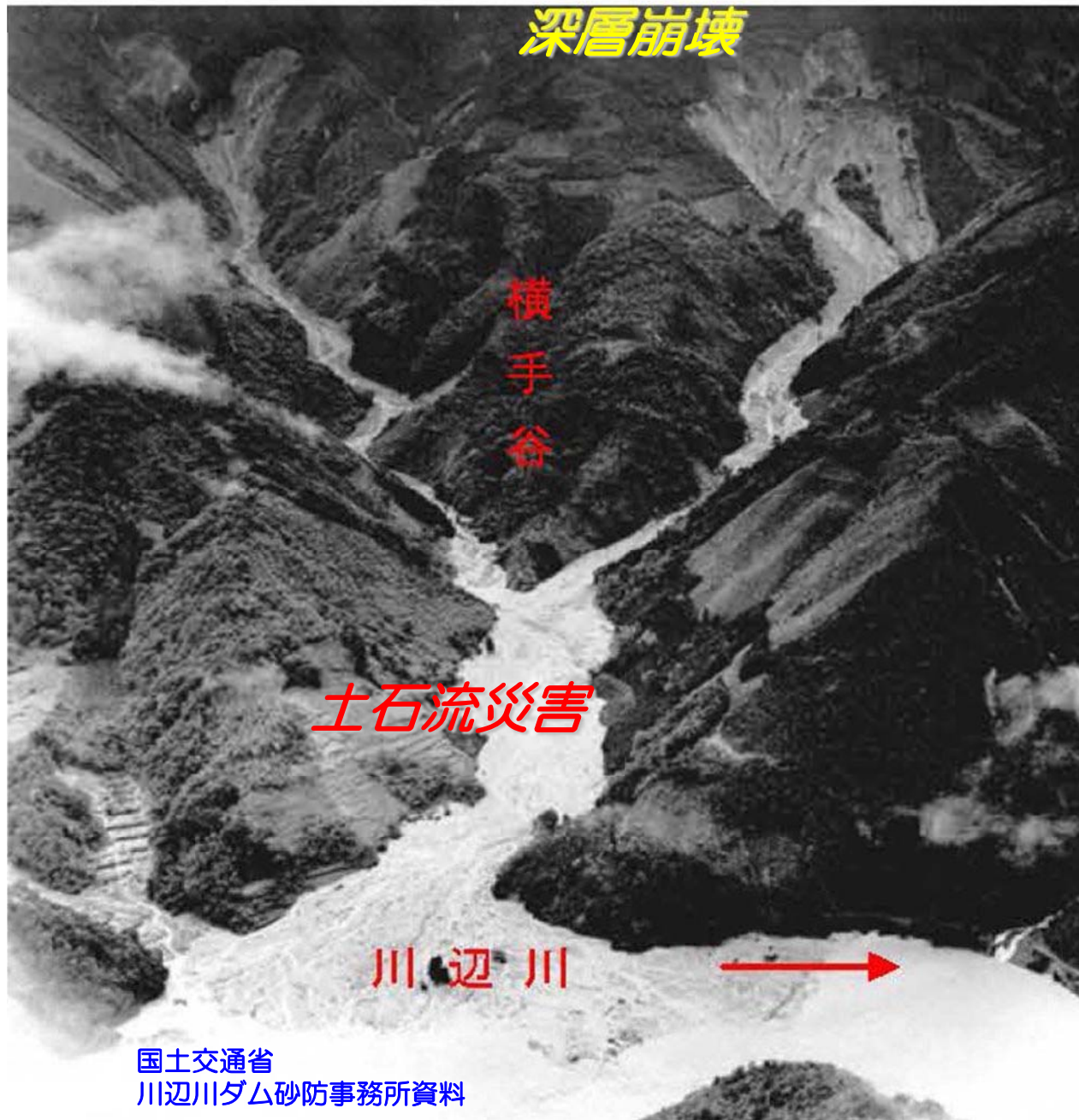
天然ダム

宮崎県北郷町
(広瀬ダム上流)
発生：2005年9月6日
雨量：総雨量979mm
地質：砂岩・頁岩



2005_12_22_地頭菌撮影

堆積岩斜面で発生した深層崩壊



熊本県球磨郡五木村横手谷

発生：1963年8月17日

雨量：総雨量1052mm

最大日雨量575mm

地質：苦鉄質火山岩類・石灰岩・

チャート・泥質岩

葉片状構造を呈する

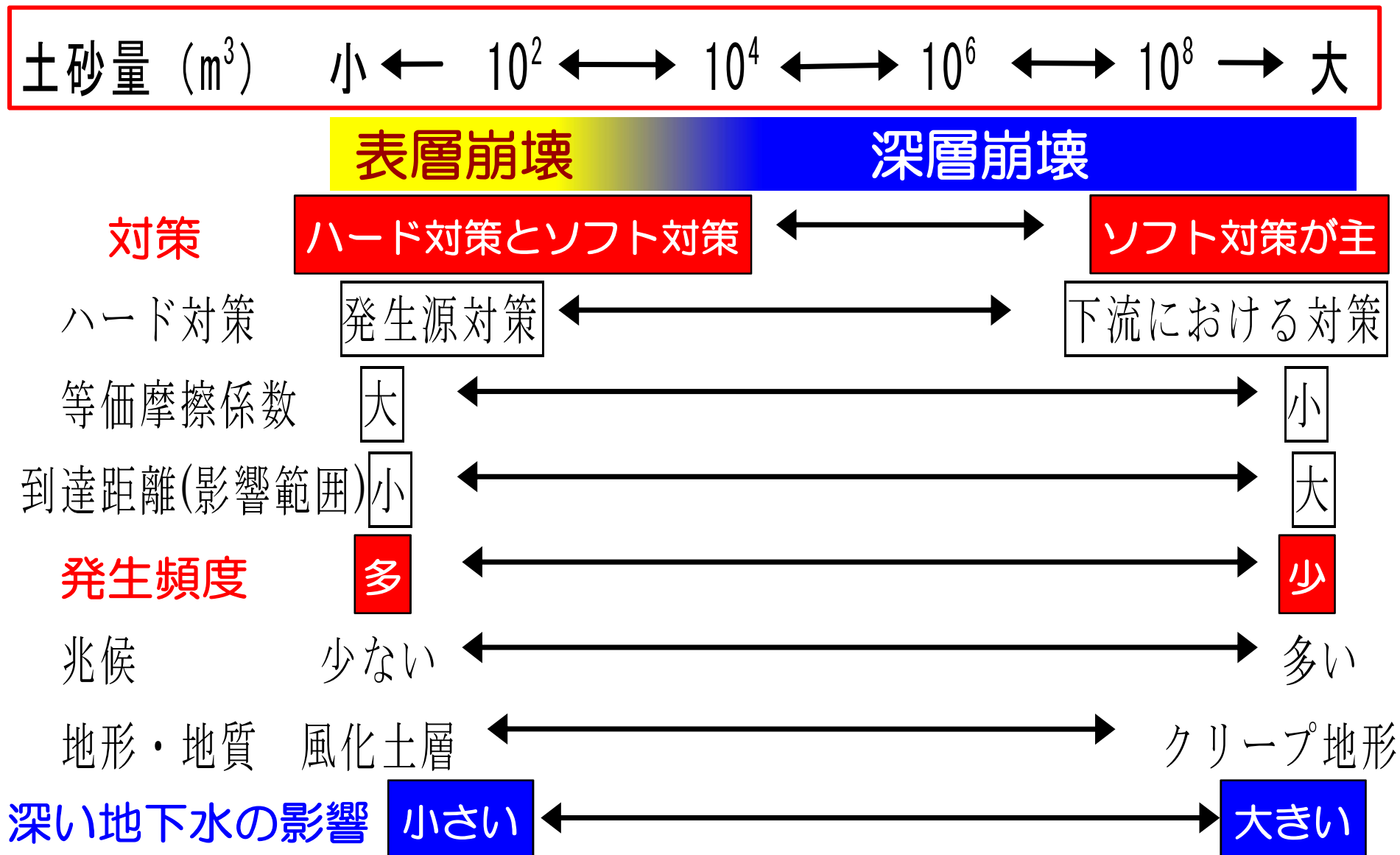
規模：崩壊面積 8.5ha

被害：死者・行方不明者11名

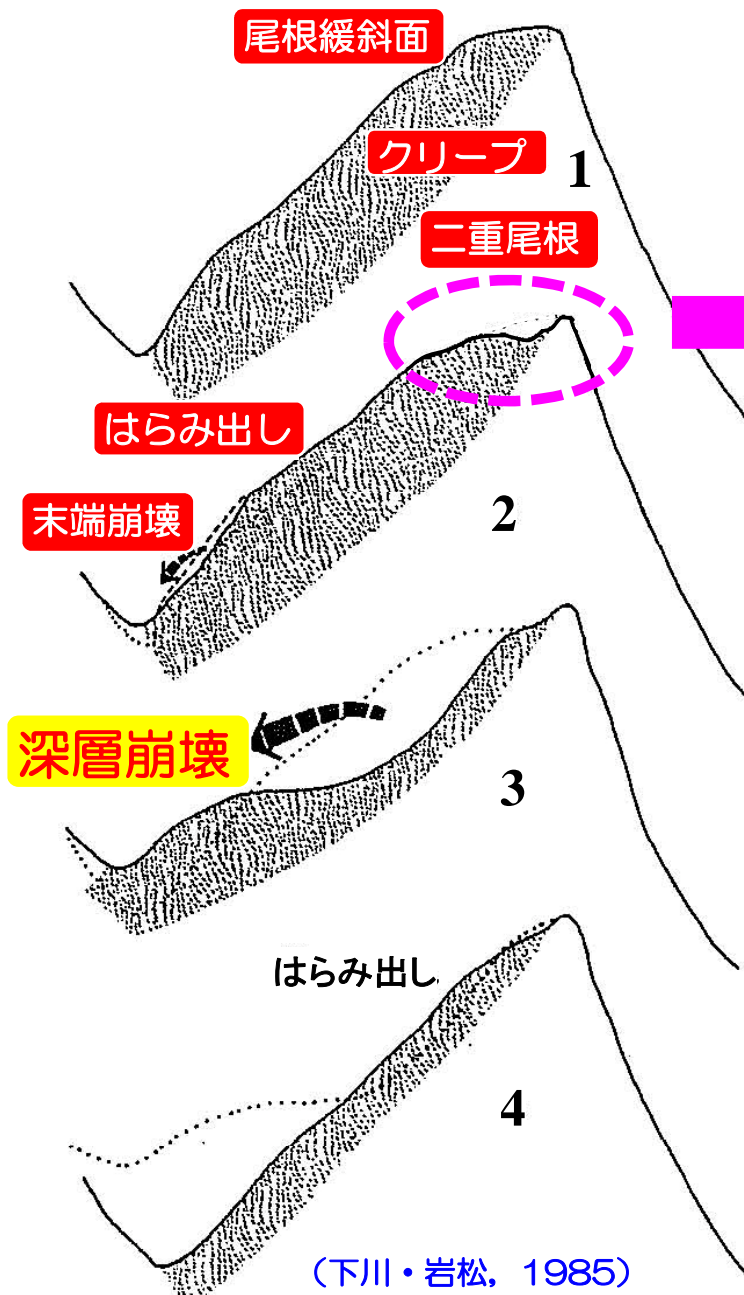


表層崩壊と深層崩壊

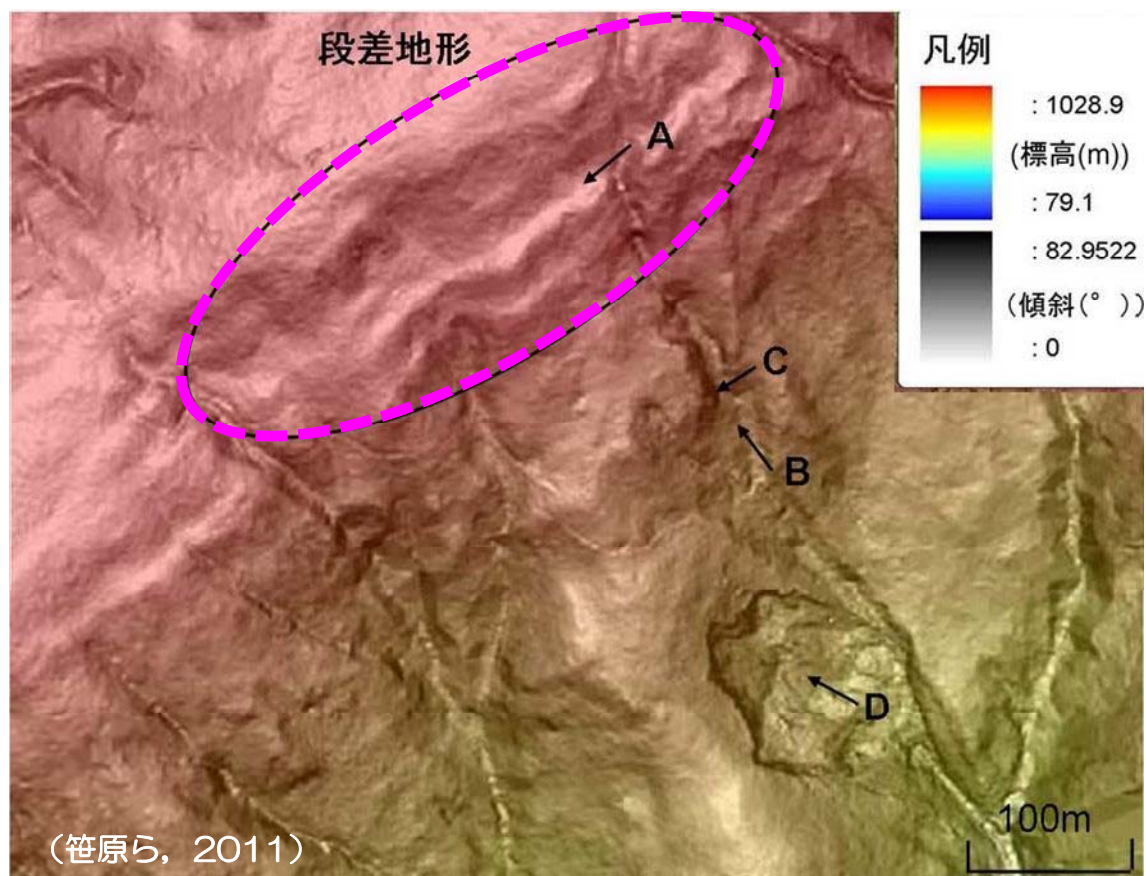
(砂防学会, 2012)



斜面変状から深層崩壊が起こる場所を探す



深層崩壊の前兆現象を
航空レーザー測量技術で抽出



深層崩壊の発生危険斜面の抽出

(地頭藪ら, 2014)

深層崩壊発生箇所では多量の地下水の流出がみられる
地下水の集中箇所を簡易な水文調査で抽出する手法を開発

溪流縦断方向の溪流水調査

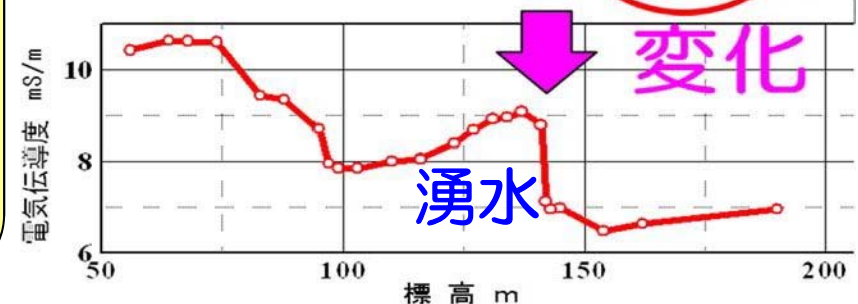
流域レベルの評価

- ①溪流縦断方向の溪流水の電気伝導度 (EC) 測定とGPS測位
- ②溪流水EC分布図から相対的にECが高い溪流を抽出
⇒流域内に地下水が集中した箇所があると判断
⇒深層崩壊の恐れのある流域



斜面レベルの評価

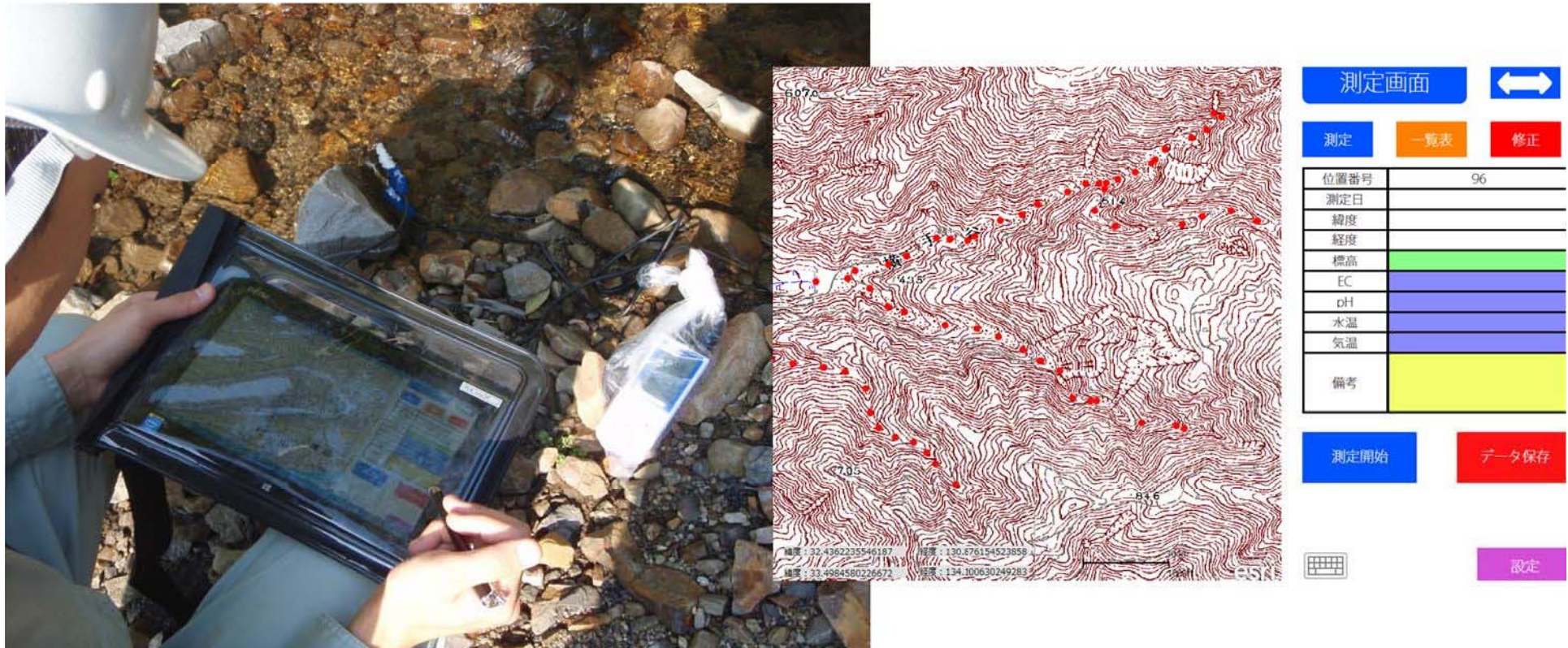
- ③溪流縦断方向の溪流水ECが高い地点において湧水調査
⇒湧出量が多い湧泉の背後斜面は地下水が集中と判断
⇒深層崩壊の恐れのある斜面



溪流縦断方向の溪流水EC測定

(地頭蘭ら, 2014)

- 水文調査（水量，水質）は，時間と労力がかかる
- そこで，簡易なEC測定 ⇒ 地形図に整理（一次データの整理）
⇒ 絞り込んでから，専門家が詳細調査



タブレットPC・EC計・GPSを一体化した装置

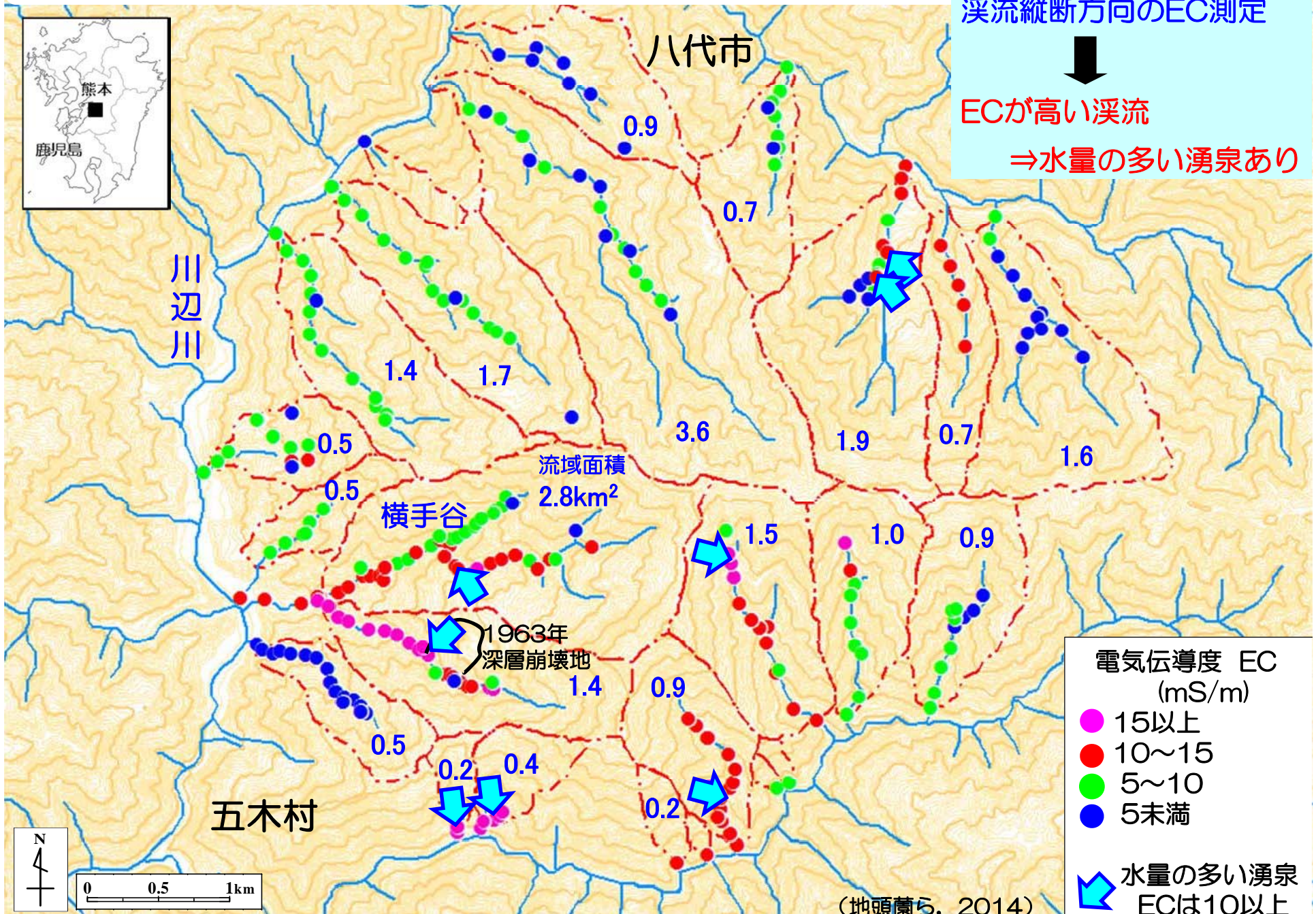
ボタンひとつで位置・EC等を記録 ⇒ 地形図にプロット
溪流調査の簡易化， データ整理の迅速化

九州山地の横手谷周辺域の渓流水EC分布

数km² 未満の溪流に区分
 溪流縦断方向のEC測定



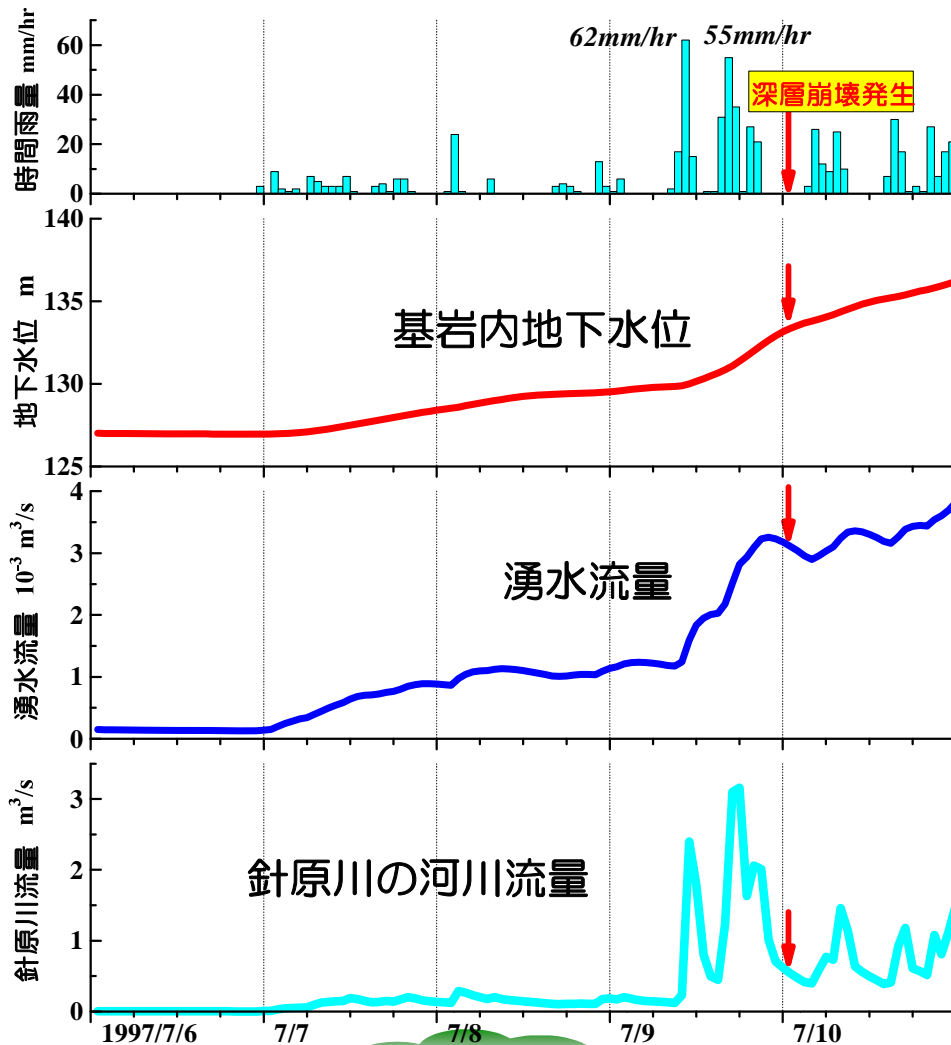
ECが高い溪流
 ⇒水量の多い湧泉あり



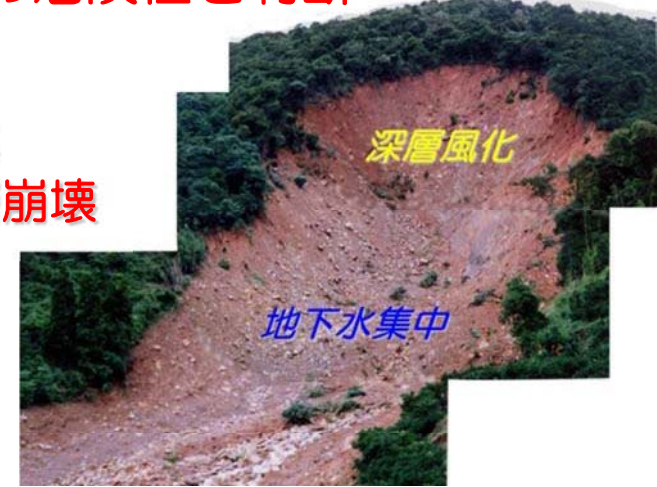
(地頭菌ら, 2014)

深層崩壊に対する警戒対応

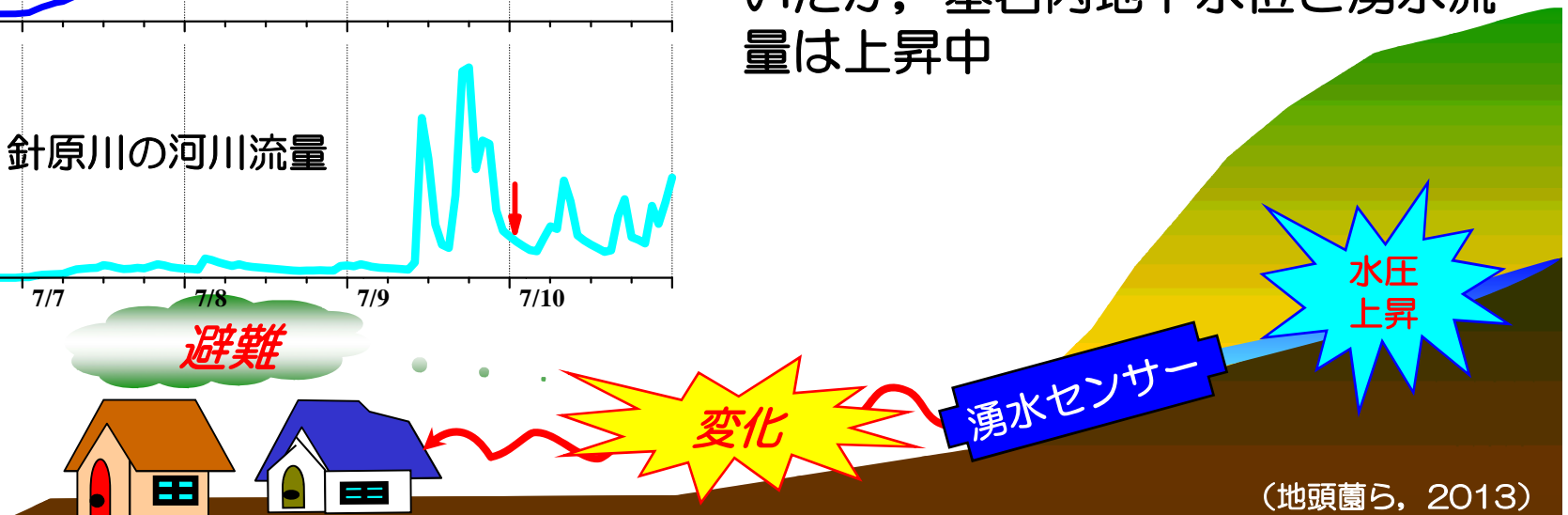
湧水センサー：湧水を指標にして深層崩壊発生の危険性を判断



1997年
針原深層崩壊



- 深層崩壊発生時の基岩内地下水位、湧水流量、河川流量の再現
- 崩壊発生時、河川流量は減少していたが、基岩内地下水位と湧水流量は上昇中



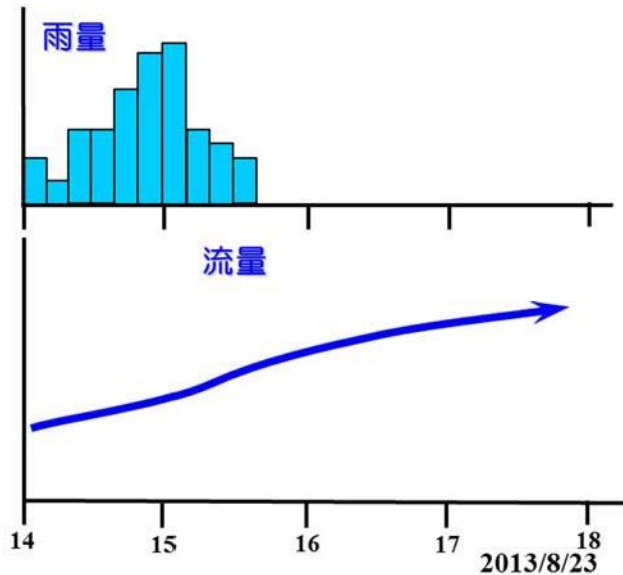
(地頭菌ら, 2013)

湧水センサーによる深層崩壊警戒対応の考え方

(地頭蘭ら, 2014)

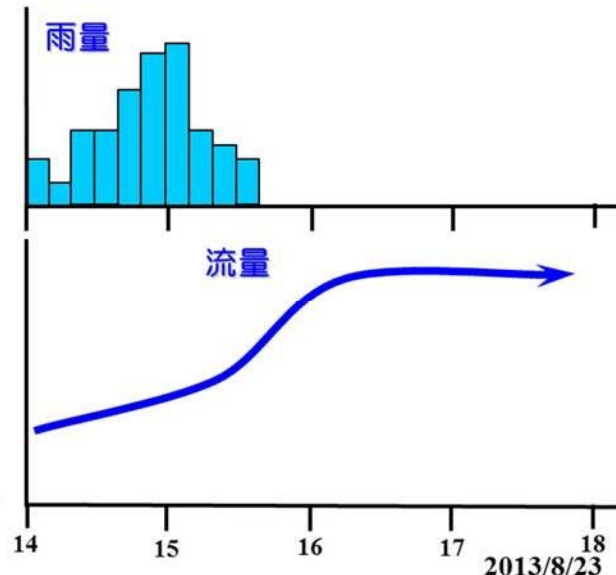
①湧水流量が増加中

⇒基岩内地下水位が上昇中
⇒崩壊の危険性が増加中



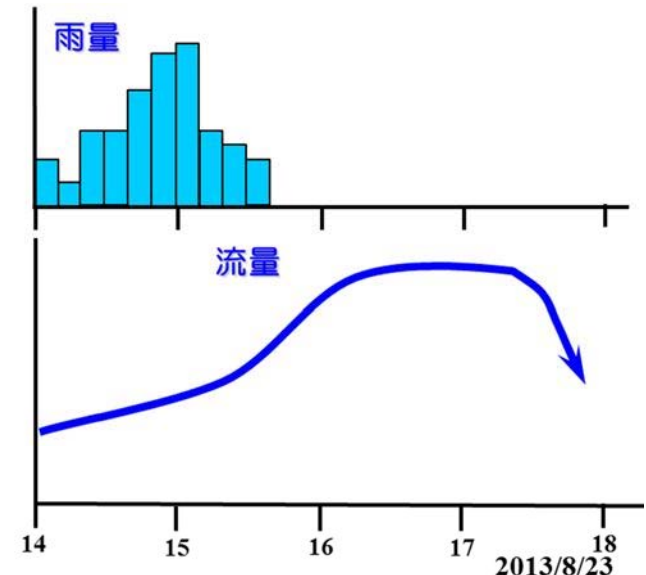
②湧水流量の増加状態が続く

⇒地下水排水システムの能力を超えた地下水が集中
⇒基岩内地下水位が上昇して崩壊の危険性が継続



③湧水流量が急激に減少

⇒地下水排水システムが地下侵食等で破壊された可能性
⇒基岩内地下水位が急上昇して崩壊発生恐れ



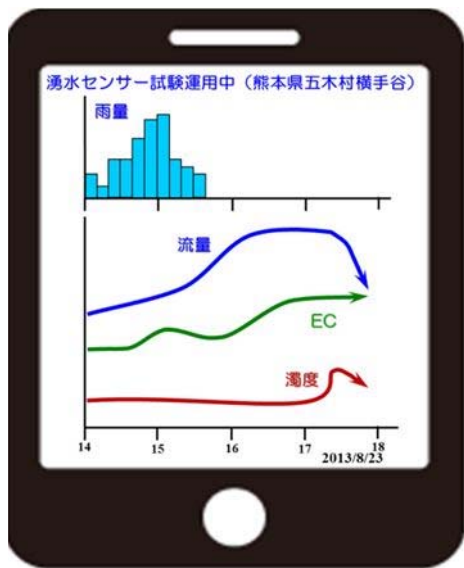
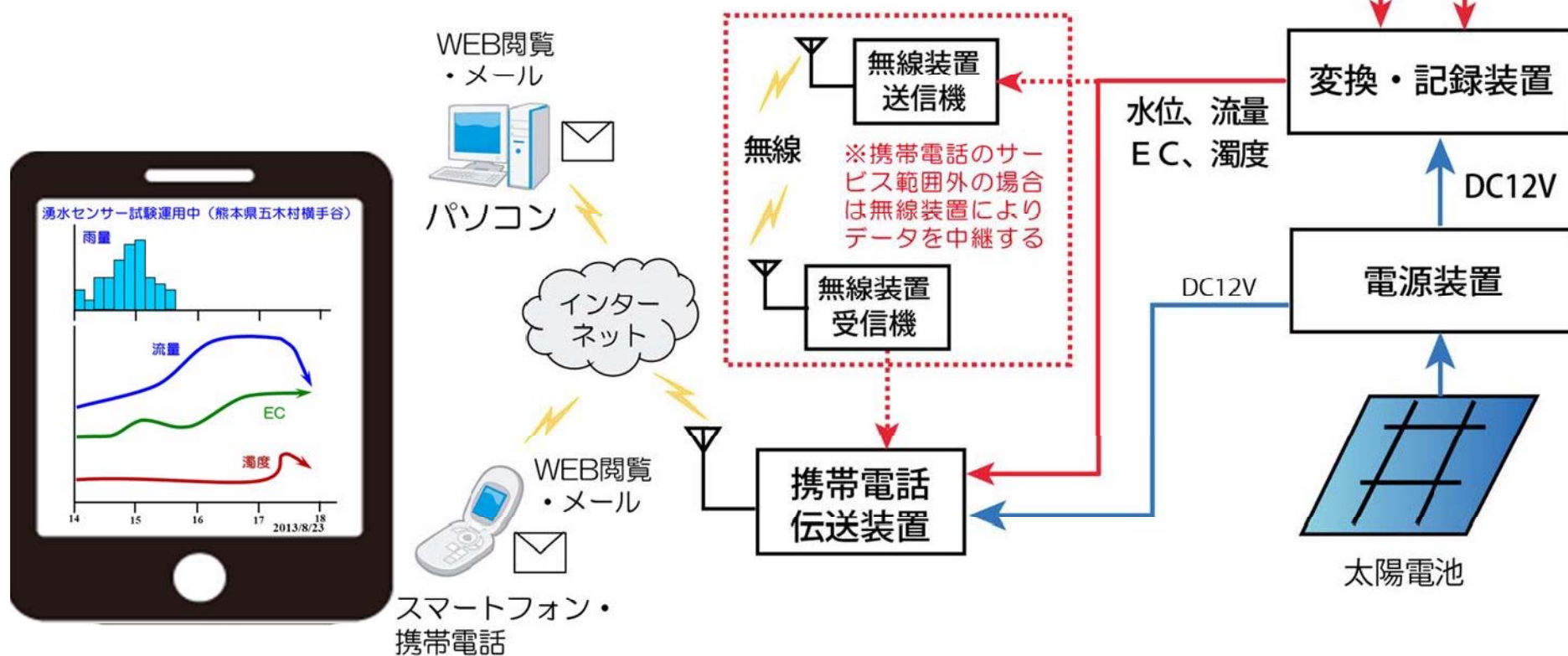
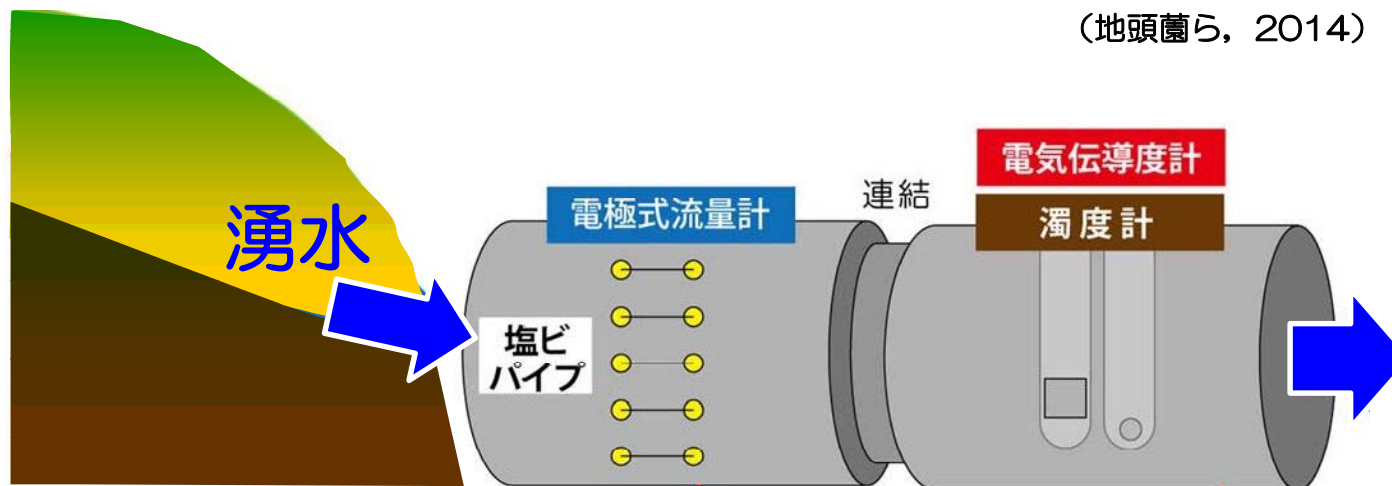
- 以上の状況は降雨終了後も起こり得るので、警戒対応は継続する必要がある。
- 警戒対応の解除は、湧水流量が初期の流量にゆっくりもどった時と考えている。
- ③は深層崩壊発生恐れのある斜面とその下流部の警戒対応であるが、①と②はさらに広範囲の流域や地域での警戒対応にも適用できると考える。

湧水センサーのシステム構成

(地頭菌ら, 2014)

特徴

- 設置が簡単
- パイプ連結型
- センサー選択可



湧水センサー試験運用中

(熊本県五木村横手谷)

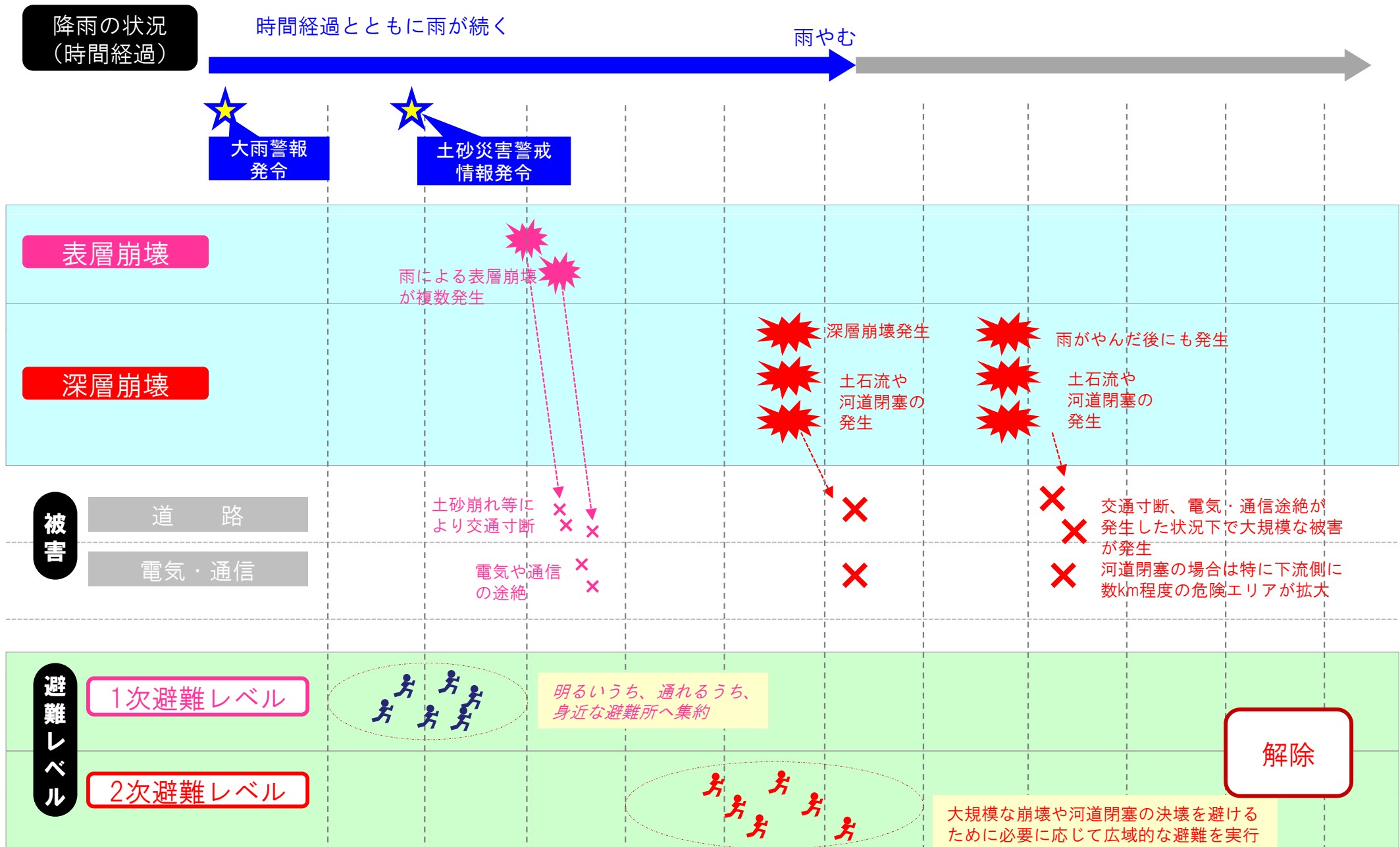
(地頭菌ら, 2014)

- 湧水を指標にして深層崩壊発生の危険性を判断
- データは10分間隔で携帯電話を使ってサーバーに送信し、パソコンやスマホで閲覧できる



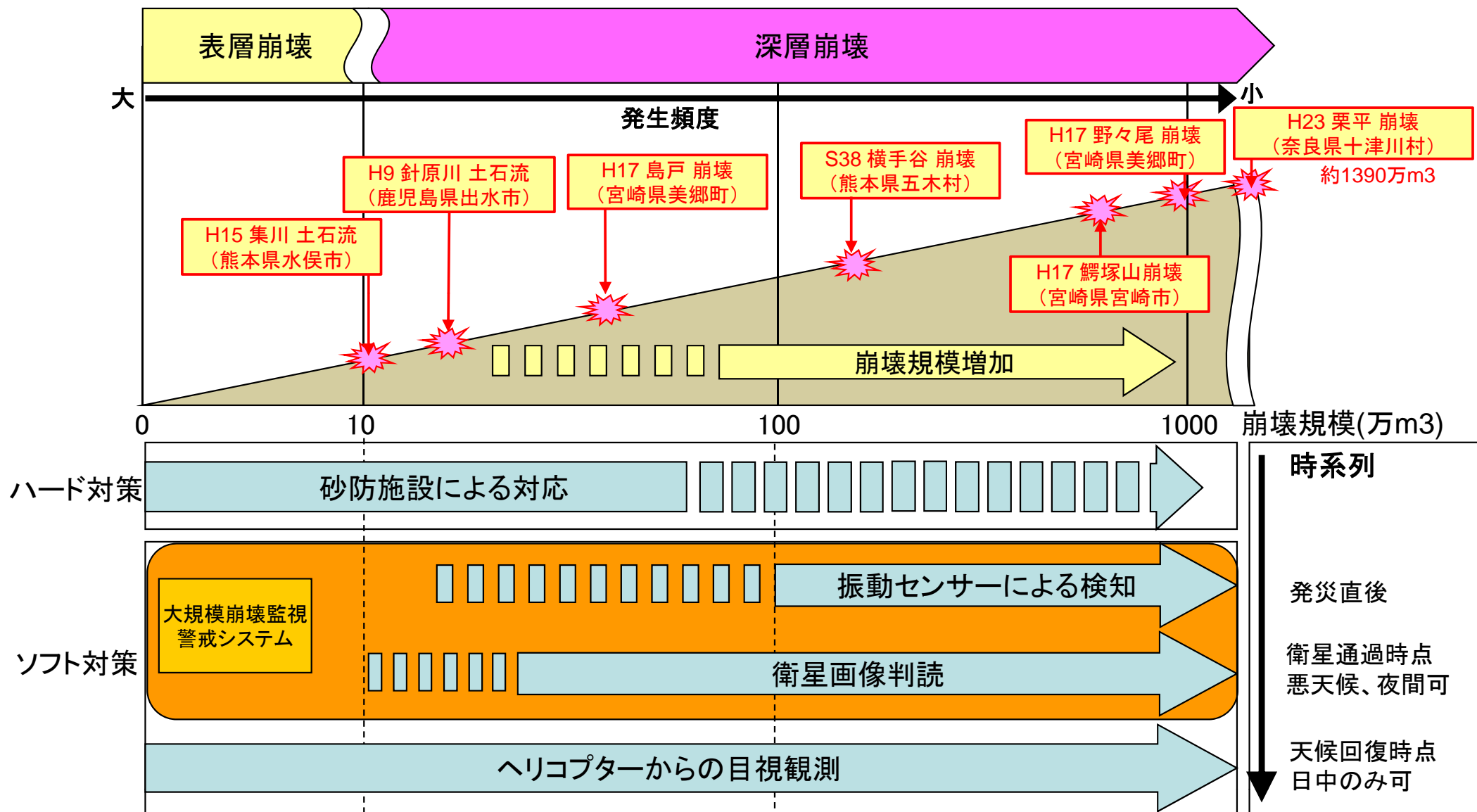
**九州地方における深層崩壊の実態と特徴
(災害と対策の概念)**

大雨による深層崩壊の災害イメージ

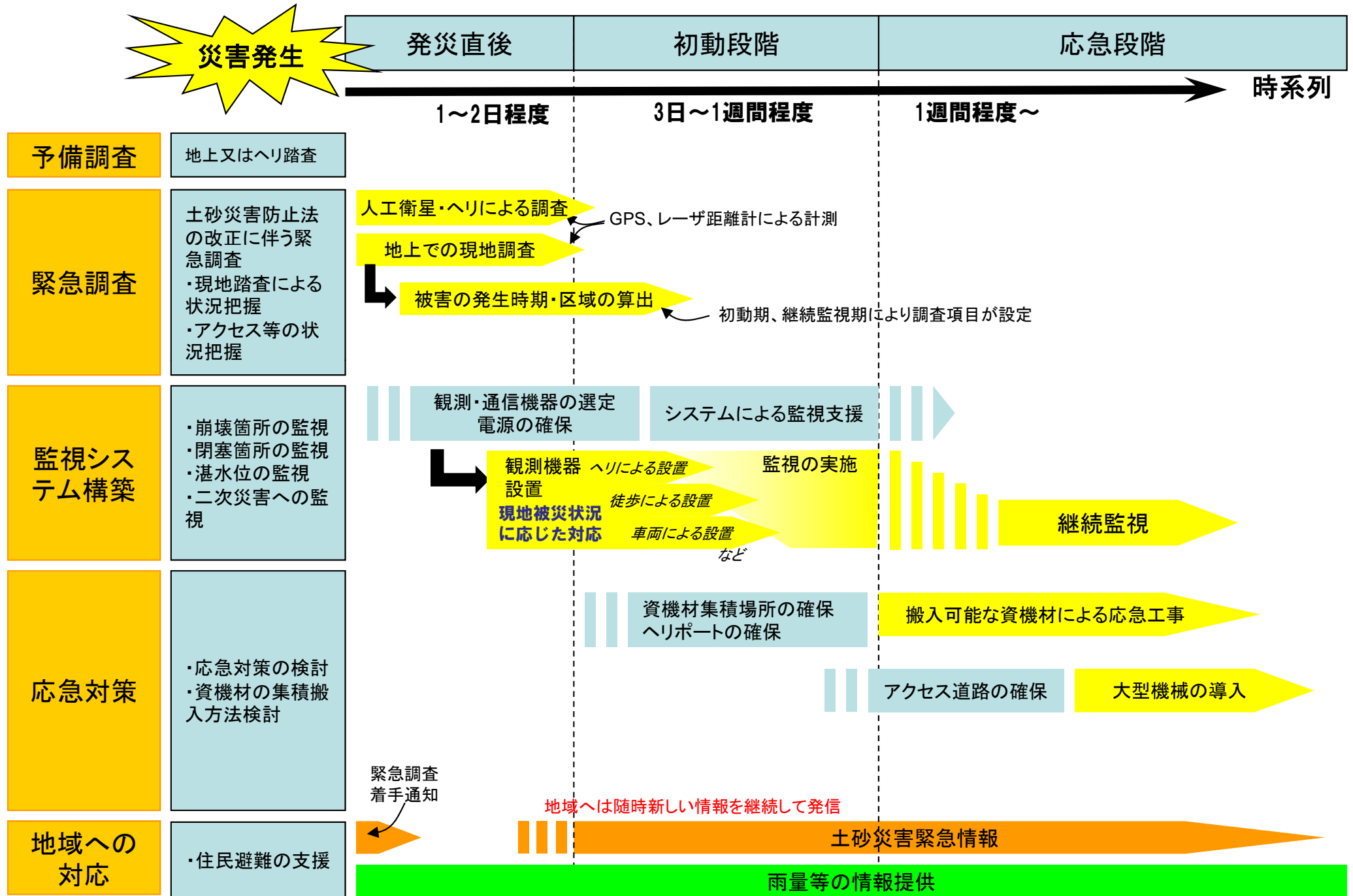


※深層崩壊が起こるような地域での潜在的な危険性を表現したものである

深層崩壊の規模における対策の概念



河道閉塞における緊急調査・監視体制・応急対策の概念



九州地方における深層崩壊の実態と特徴 (災害現象について)

- ・九州における深層崩壊の発生の特徴(特に降雨との関係)
- ・山岳地域におけるインフラ条件の整理
- ・ワーキングを実施する自治体の避難所の位置
- ・参考資料

2.3.1 九州における深層崩壊の発生の特徴（特に降雨との関係）

1. 九州地方における深層崩壊は、主に、堆積岩地質のエリアと、火山性地質のエリアで発生している。
2. 九州地方において深層崩壊が発生するまでの降雨量は、地質により幅があり、火山性地質の場合は比較的小さい降雨量（400mm程度～）で発生し、堆積岩地質の場合は比較的多い降雨量（600mm程度～）起こる傾向がある。
3. 発生時間がわかっている深層崩壊のうち、半数近く（3事例／7事例）が降雨終了後に発生している。

九州地方における深層崩壊は、海底のプレート運動の結果である四万十帯・秩父帯等により形成されるいわゆる「付加体」に由来する堆積岩地質エリアで起こるものに加え、火山性地質エリアで起こるものがあることが全国の中でも大きな特徴である。過去、九州地方に発生した深層崩壊の実例を見ても崩壊規模は様々であり、これらの地形、地質構造の特徴によるものと考えられる。

別表に示すとおり、九州地方において深層崩壊が発生した事例について雨量等を整理した。火山性地質エリアと堆積岩エリアでの発生状況には、大まかな傾向が見られる。

また、深層崩壊の特徴としては、降雨終了後に起こることもあることがあげられる。今回整理した11事例のうち、7事例について深層崩壊発生時刻が特定できるが、うち3事例については降雨終了後に大規模な深層崩壊が発生していた。

降雨終了後に発生した深層崩壊の3事例

- 1) 1963.8.17 熊本県五木村 横手谷 崩壊土量 200万m³
※主な降雨が終了して 2時間後に発生
- 2) 1997.7.14 熊本県八代市 油谷 崩壊土量 10万m³
※主な降雨が終了して 23時間後に発生
- 3) 2005.9.6 宮崎県美郷町 野々尾 崩壊土量 1000万m³
※主な降雨が終了して 4時間後に発生

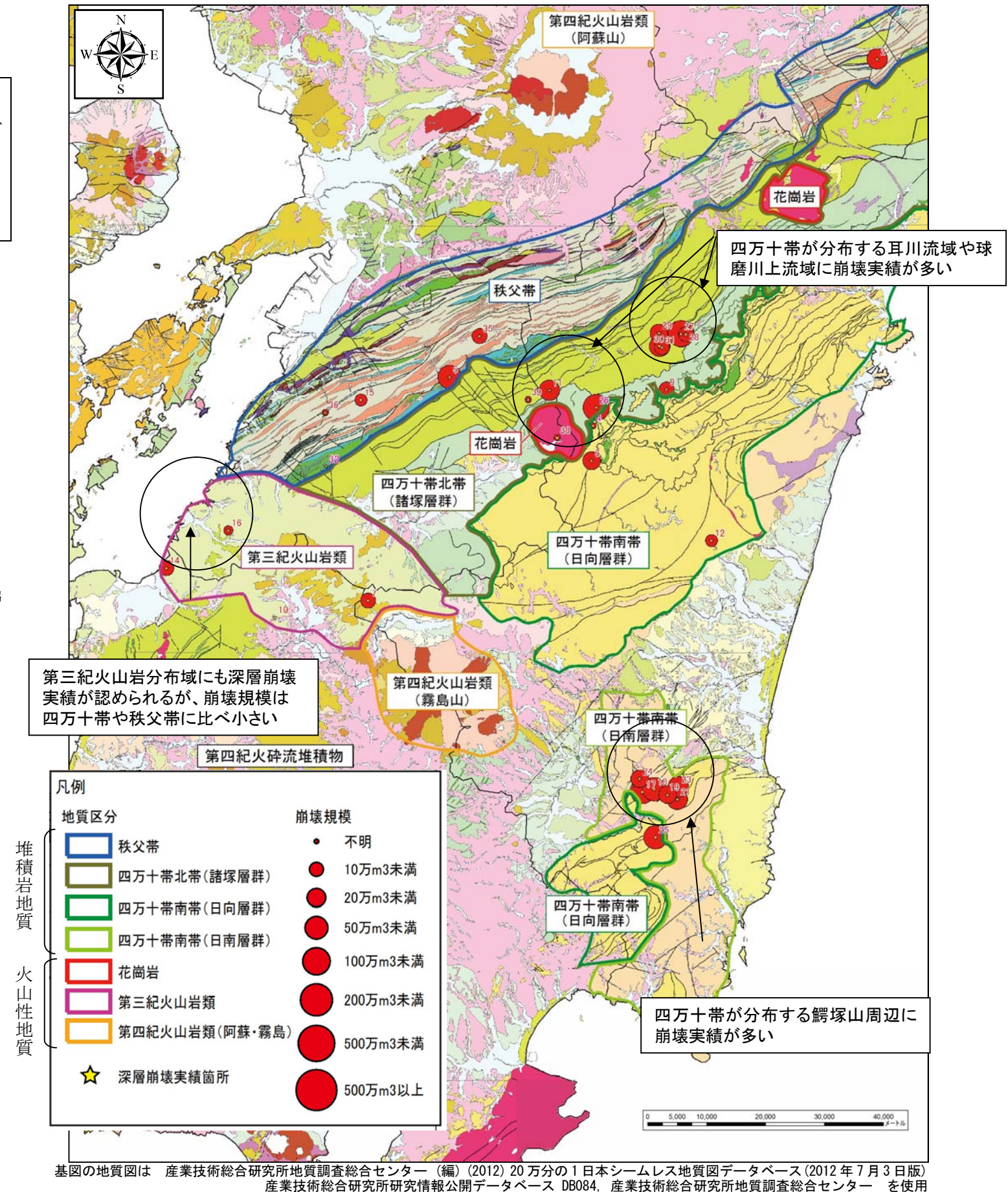


図.1 九州地方における深層崩壊箇所位置図および崩壊規模

表1 九州における深層崩壊の事例(1)

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		
堆積岩地質	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	23:00	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	7:30	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	23:00	10,000,000	宮崎県	美郷町	-	○	-	
	四万十帯南帯 (日向層群)	39	川口柳平山津波	-	-	-	-	不明	熊本県	水上村	-	○	-	
		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	鳶の元崩壊	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	-	○	-	
	四万十帯南帯 (日南層群)	4	大河内の崩壊	1954年	9月	13日	-	不明	宮崎県	椎葉村	-	○	-	
		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	8:30~9:00頃	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	8:30~9:00頃	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	8:30~9:00頃	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	-	-	○		
花崗岩類 第三紀火山岩 第三紀堆積岩 第四紀火砕流堆積物 第四紀火山岩	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	
	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	5:00頃	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	

土石流 : 収集資料・文献等に「土石流」との記載があるもの
 天然ダム : 収集資料・文献等に「天然ダム形成」や「河道閉塞」と記載のあるもの
 崩壊のみ : 収集資料・文献等に「土石流」「天然ダム」との記載がないもの、
 河川等へ土砂が流入するも河道閉塞にはいたらなかったもの

※ : 表の番号は図 3.1 に示した実績箇所の番号に対応
 崩壊土砂量の () 書きは地震による崩壊を示す

2.3.2 山岳地域におけるインフラ条件の整理

九州地方において深層崩壊の発生が想定される九州山地について、特に堆積岩地質エリアについては、険しく深い山岳地形を呈しており、道路や電気・通信などのインフラが災害に対して脆弱な現状がある。

1) 道路条件について

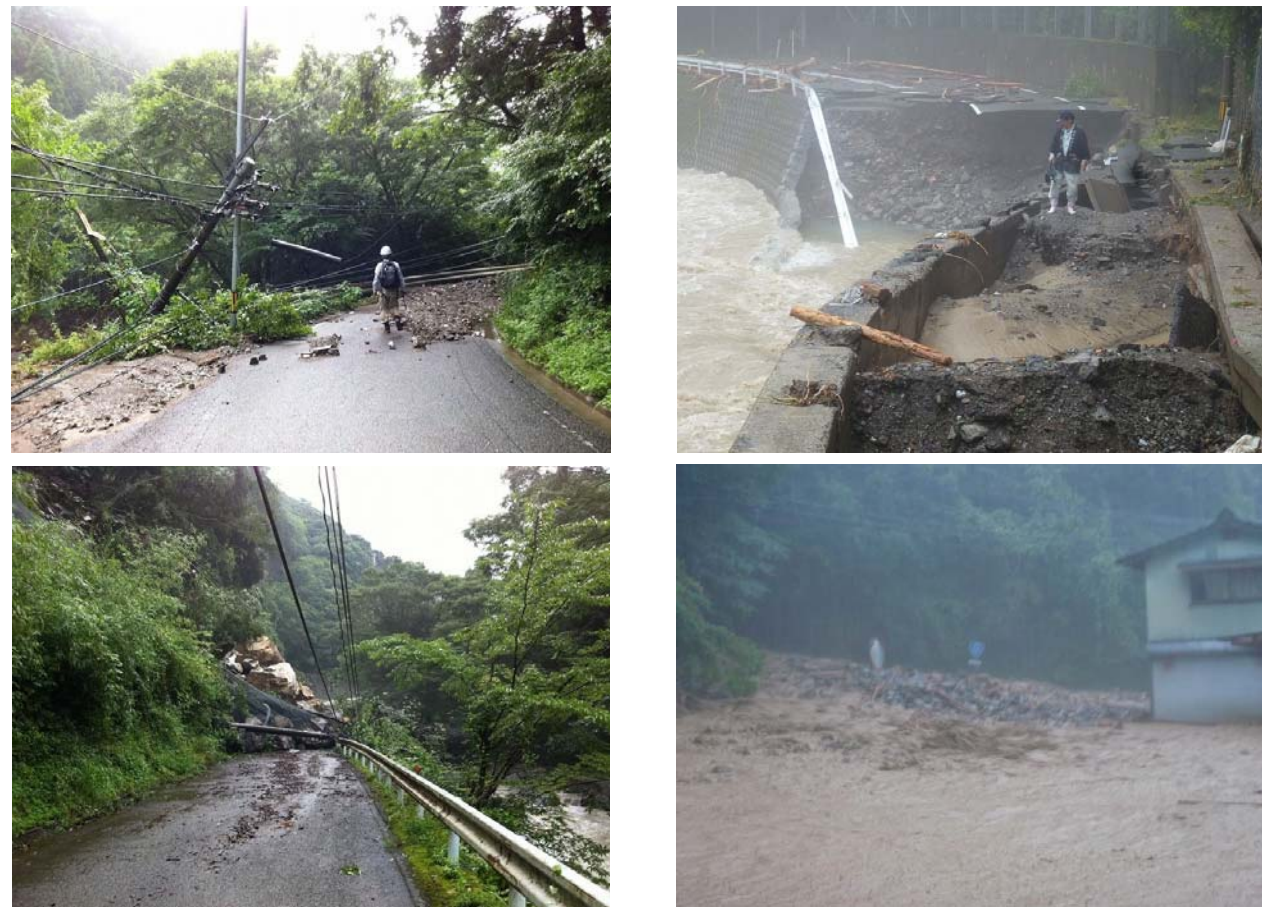
堆積岩地質エリアの事例として、H24年度の深層崩壊検討委員会で紹介した川辺川流域における過去の災害実績によると、川辺川流域の道路ネットワークは、過去の実績において、一定以上の雨が降ると複数箇所で大被害を受けやすく脆弱な特性を持っていることがわかる。また、川辺川流域周辺の球磨盆地への道路ネットワークについても、高速道路、国道219号が主であるが、これらも雨により通行止めになる可能性が高い。

このことから、九州山地において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、地域の道路ネットワークに深刻なダメージが生じるとともに、広域ネットワークも寸断されることを想定しておく必要がある。

2) 電力・通信条件について

電力、通信についても、有線送電・送信ルートが道路沿いに設置されていることが多く、下記の災害事例写真にあるとおり、土砂災害等で道路が崩壊すれば、道路と同様にネットワークが寸断されることが多い。

このため、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、これら電力・通信ネットワークについても寸断されることを想定しておく必要がある。



写真：平成24年7月12日 九州北部豪雨での五木村の災害状況

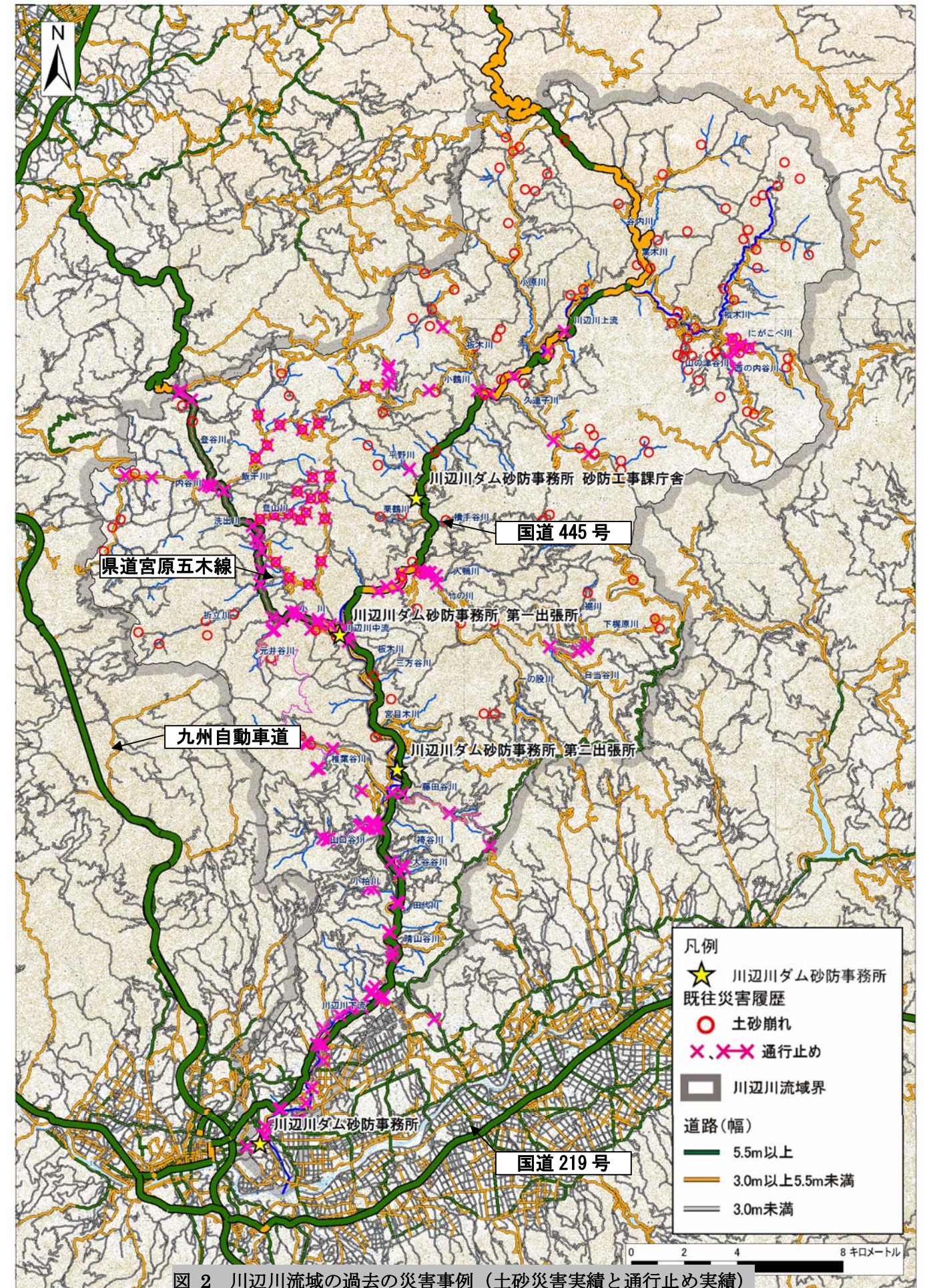
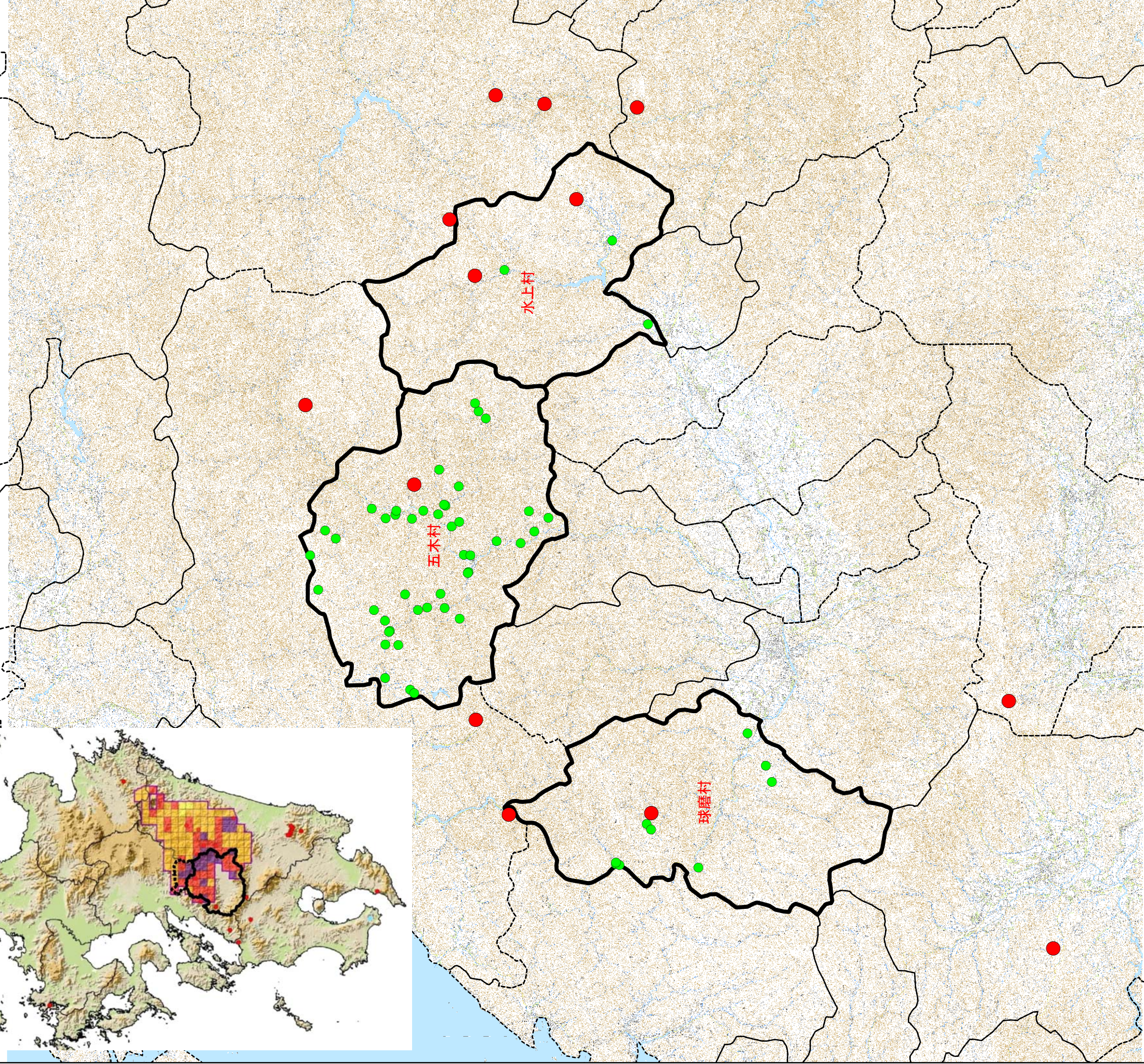
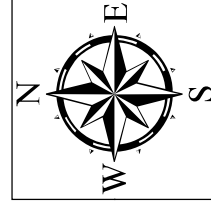
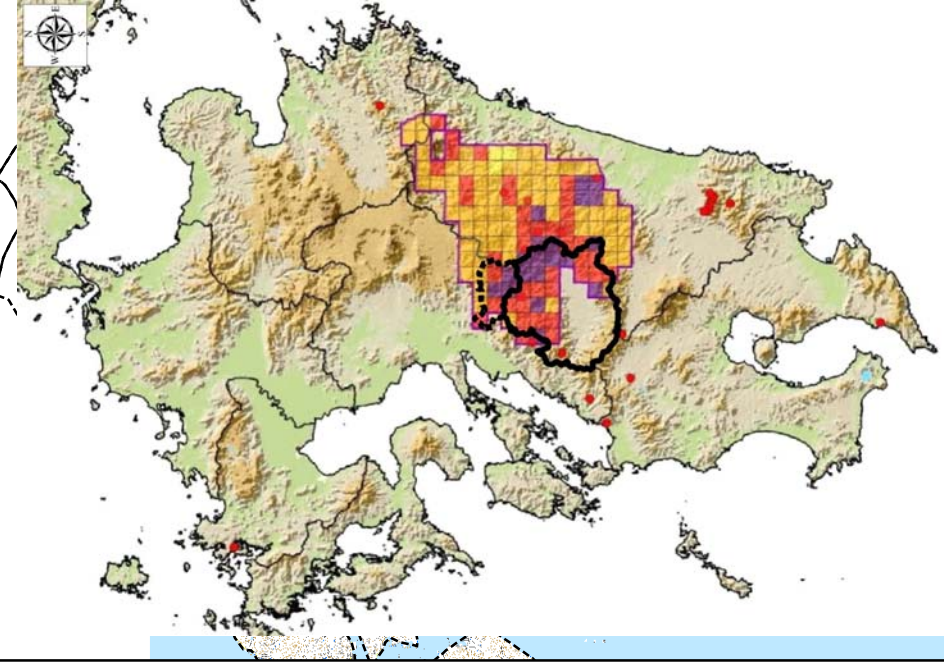


図2 川辺川流域の過去の災害事例（土砂災害実績と通行止め実績）

2.3.3 ワーキングを実施する自治体の避難所の位置（五木村、球磨村、水上村、水上村）



凡例
● 深層崩壊実績
● 避難場所

0 5 10キロメートル

図 3