

ゴルフ場における土砂災害のメカニズムとその対策

石川 芳治

Ⅱ～Ⅳ 土砂災害の概要

(1)近年の土砂災害

○豪雨による土砂災害の例

○地震による土砂災害の例

(2)土砂災害の種類と対策

○土石流、○地すべり、○がけ崩れ

(3)土砂災害防止法

(4)天然ダム対策

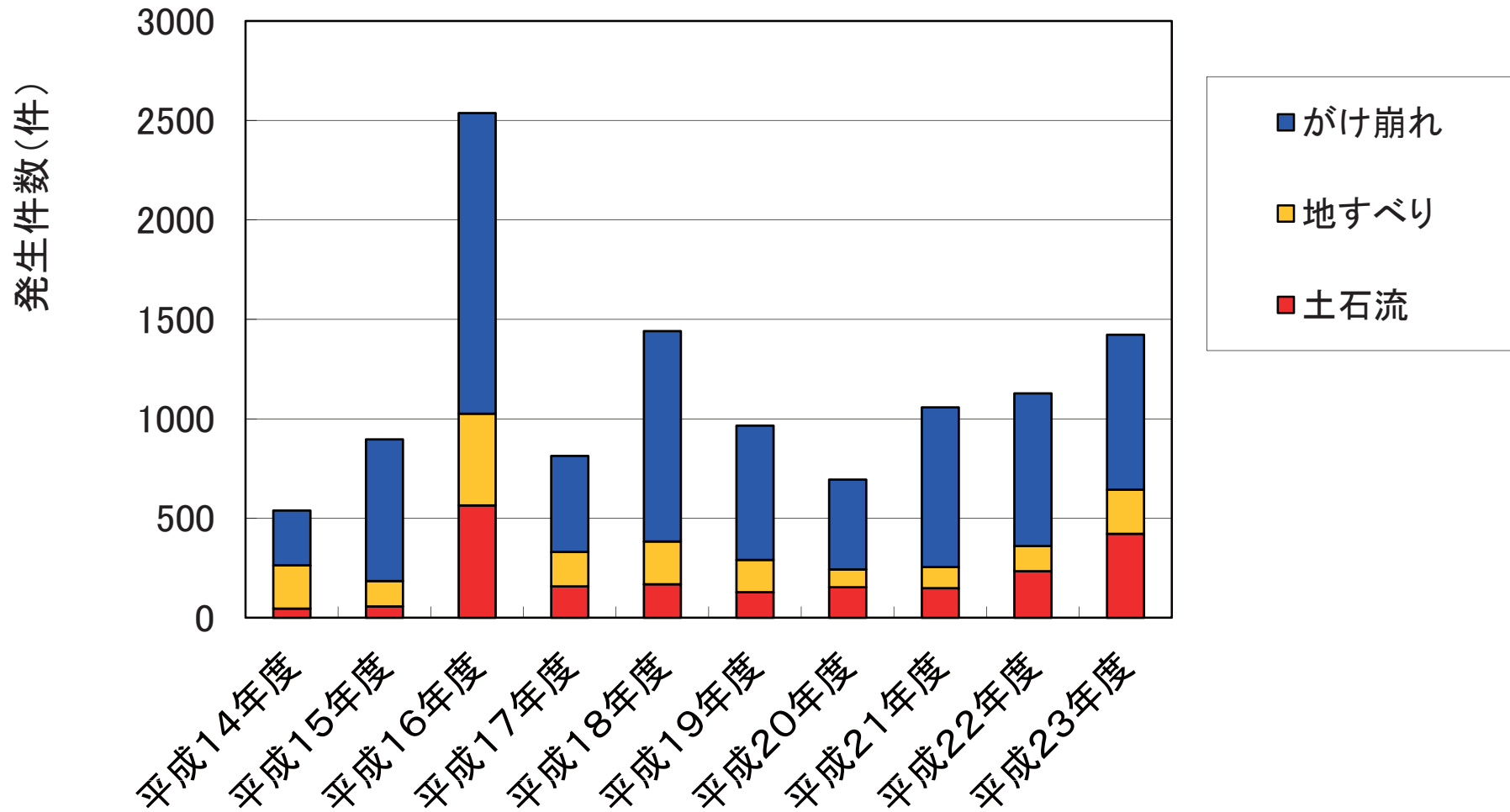
(5)深層崩壊の特徴

(1) 近年の土砂災害

集中豪雨の頻発

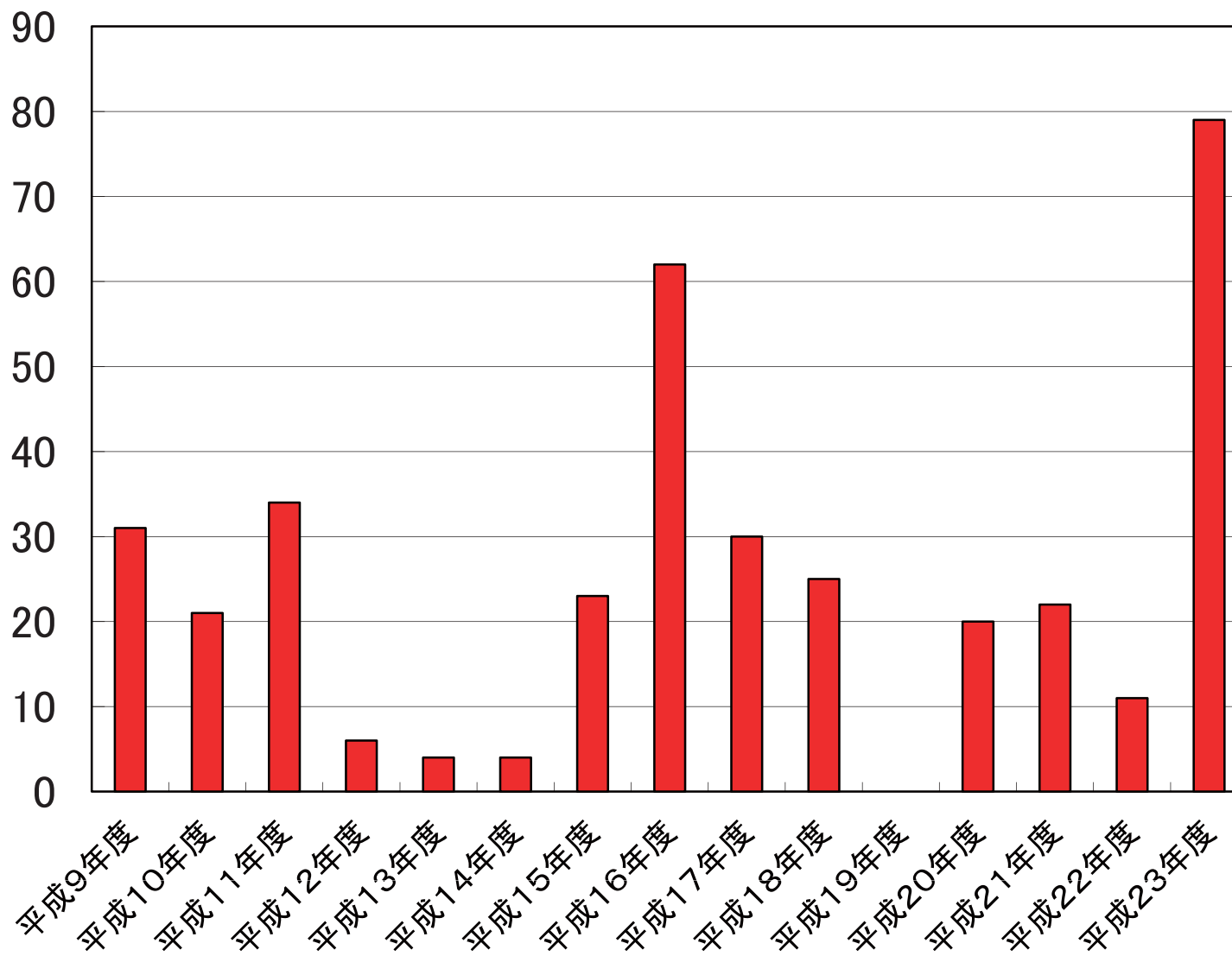


最近の土砂災害の発生件数



土砂災害による死者・行方不明者数

死者・行方不明者数(人)



○豪雨による土砂災害の例

- ・ 台風12号による土砂災害

2011年9月2～4日

- ・ 前線による土砂災害

2006年7月15～19日

- ・ 台風14号による土砂災害

2005年9月6日

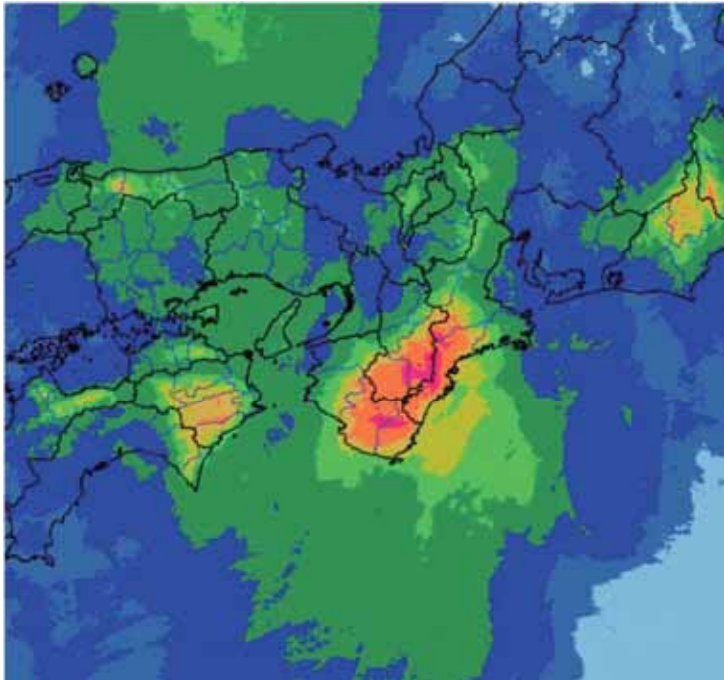
- ・ 台風10号、21号による土砂災害

2004年8月1日、9月29日

台風12号による雨量

台風12号は速度が遅かったために長時間にわたって降雨が続いた。このため紀伊半島では記録的な豪雨に見舞われた。

72時間雨量は奈良県上北山観測所で1652.5mmに達した。



0.0 <	■	< 50.0
50.0 ≦	■	< 100.0
100.0 ≦	■	< 200.0
200.0 ≦	■	< 400.0
400.0 ≦	■	< 600.0
600.0 ≦	■	< 800.0
800.0 ≦	■	< 1000.0
1000.0 ≦	■	< 1500.0
1500.0 ≦	■	< 2000.0
2000.0 ≦	■	≧

8月30日～9月4日(気象庁)

台風12号による被害 (内閣府、12月28日)

都道府県	死者	行方不明者	全壊家屋	半壊家屋
和歌山県	52	5	239	1742
奈良県	14	10	48	62
三重県	2	1	81	1076
その他	10	0	5	44
全国計	78	16	373	2924
(内土砂災害)	(43)	(13)	(91)	(40)

(国土交通省、1月11日)

台風12号による河道閉塞発生箇所(国土交通省のHPより)



深層崩壊—天然ダム 和歌山県田辺市熊野

死者2名、行方不明者
1名、全壊1戸



国際航業HPより

(C) 国際航業株式会社、株式会社バスコ

深層崩壊 和歌山県田辺市伏菟野

死者5名、
全壊5戸



国際航業HPより

©国際航業株式会社・株式会社/©2011

土石流災害 和歌山県那智勝浦町那智川

死者16名、行方不明者1名



土石流災害(河道閉塞) 和歌山県那智勝浦町那智川



国際航業HPより

© 国際航業株式会社・株式会社(スゴ)

深層崩壊(対岸直撃被害) 奈良県五條市宇井地区



深層崩壊—土石流—河道閉塞 奈良県十津川村野尻

死者2名、行方不明者6名、全
壊13戸、半壊1戸



朝日航洋HPより



国土地理院HPより

平成18年長野県岡谷土石流災害

- 岡谷市小田井沢
- 死者7名、全壊4戸
- 連続雨量:400mm
- 最大時間雨量:
31mm/h(7月19日)
- 長野県全体:死者
13名



平成18年長野県 岡谷土石流災害

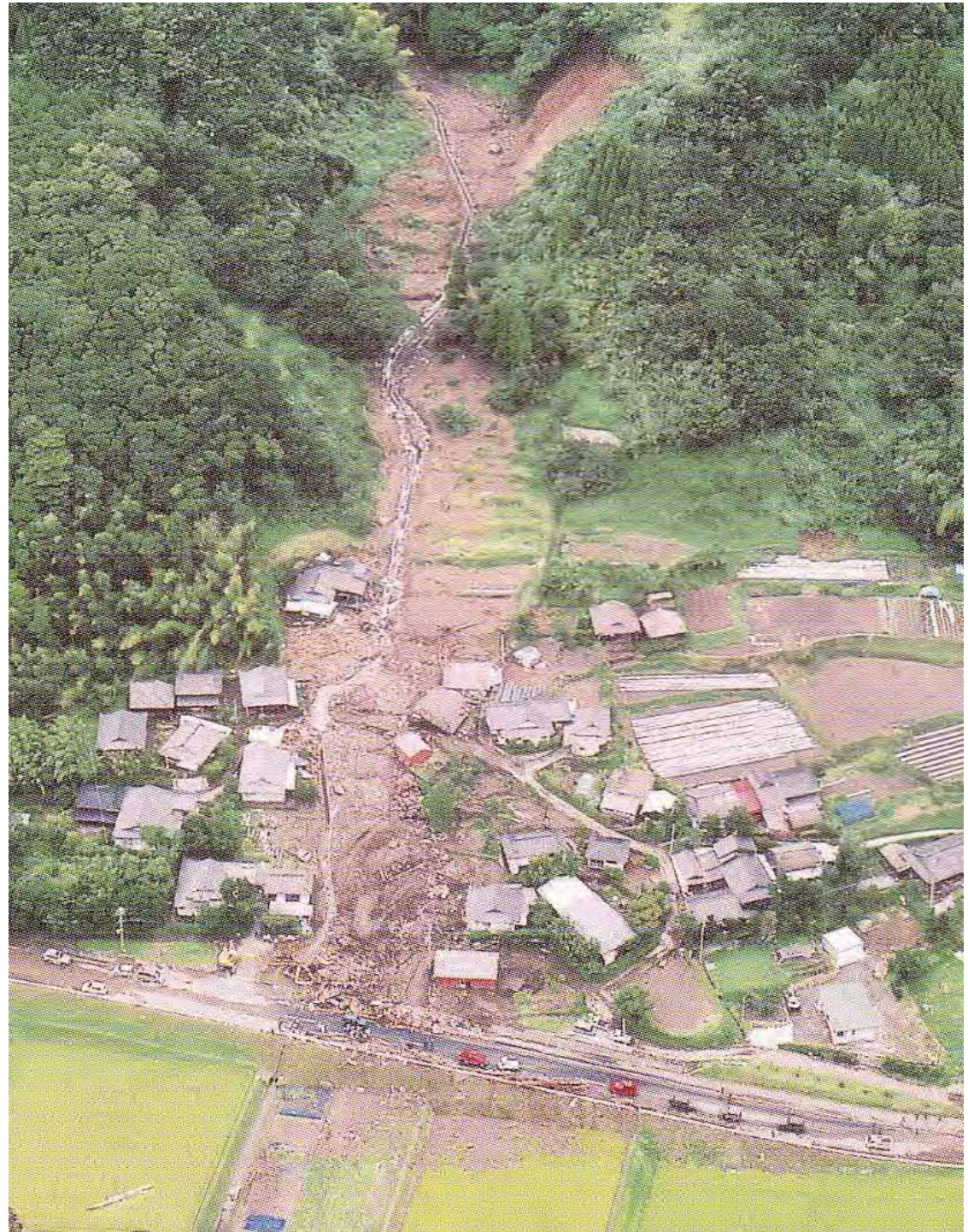
- 小田井沢
上流部発生流下域→



- 小田井沢
←下流部氾濫域

平成17年台風 14号による鹿児島 島災害

- 垂水市小谷
- 死者3名、全壊4戸
- 連続雨量:620mm
- 最大時間雨量:
32mm/h(9月6日)
- 垂水市の災害全
体:死者5名



平成16年台風10号による徳島災害

- 木沢村(那賀川上流)
- 連続雨量:
1582mm
- 最大時間雨量:
97mm(8月1日)
- 災害全体では
全壊8戸、半壊6戸、行方不明者2名、
負傷者1名



平成16年台風21号による三重災害

- 宮川村滝谷
- 死者4名、行方不明者1名、
全壊2戸、
- 連続雨量：753mm
- 最大時間雨量：
119mm/h(9月29日)
- 災害全体では死者16名、行方不明1名、全壊13戸、半壊17戸



平成16年台風21号による愛媛災害 (流木災害)

- 西条市長谷川
- 死者1名
- 連続雨量: 281mm
- 最大時間雨量:
87mm/h(9月29日)



○地震による土砂災害の例

1)東北地方太平洋沖地震

2011年3月11日

2)岩手宮城内陸地震

2008年6月14日

3)新潟県中越地震

2004年10月23日

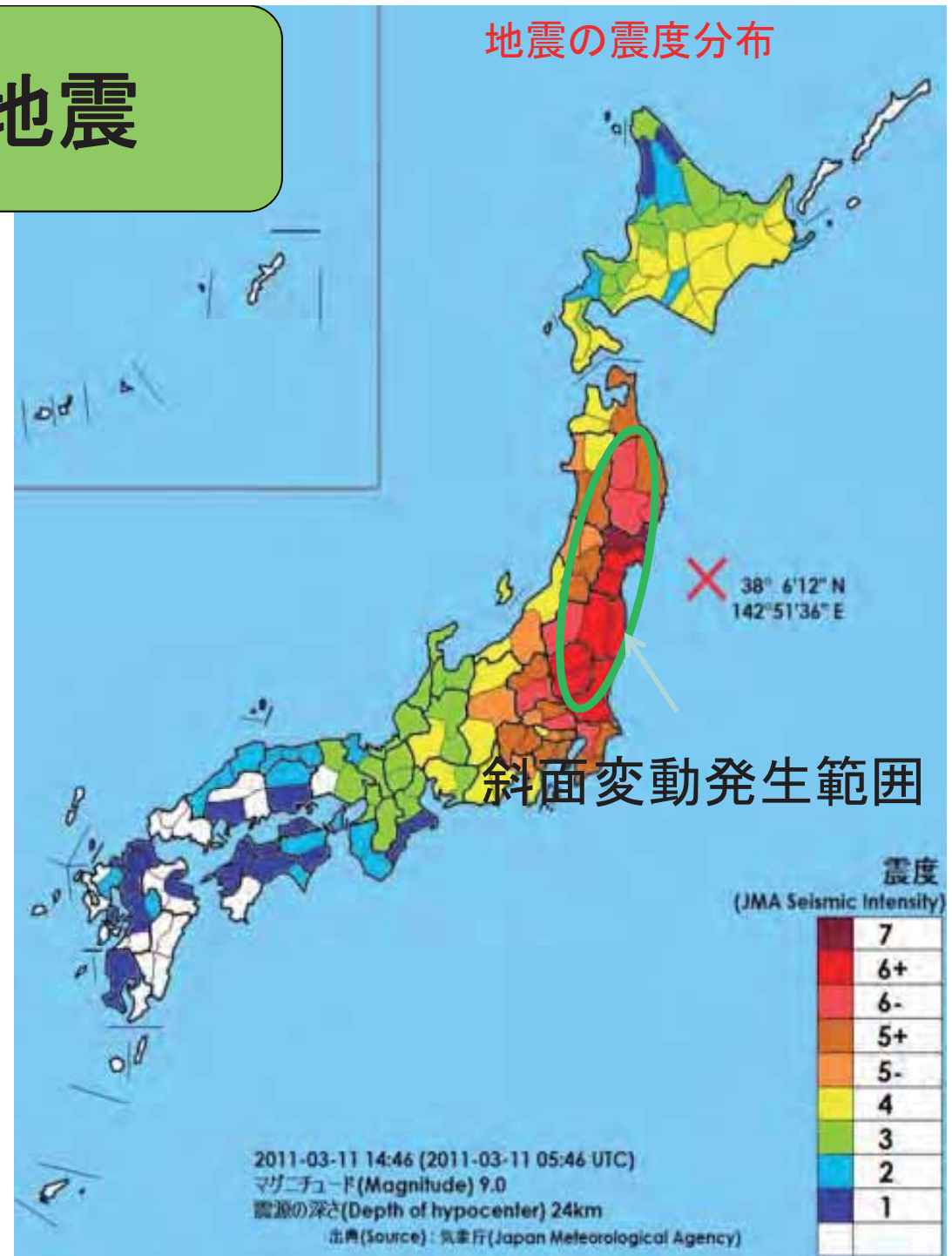
東北地方太平洋沖地震

2011年3月11日14時
46分頃発生。

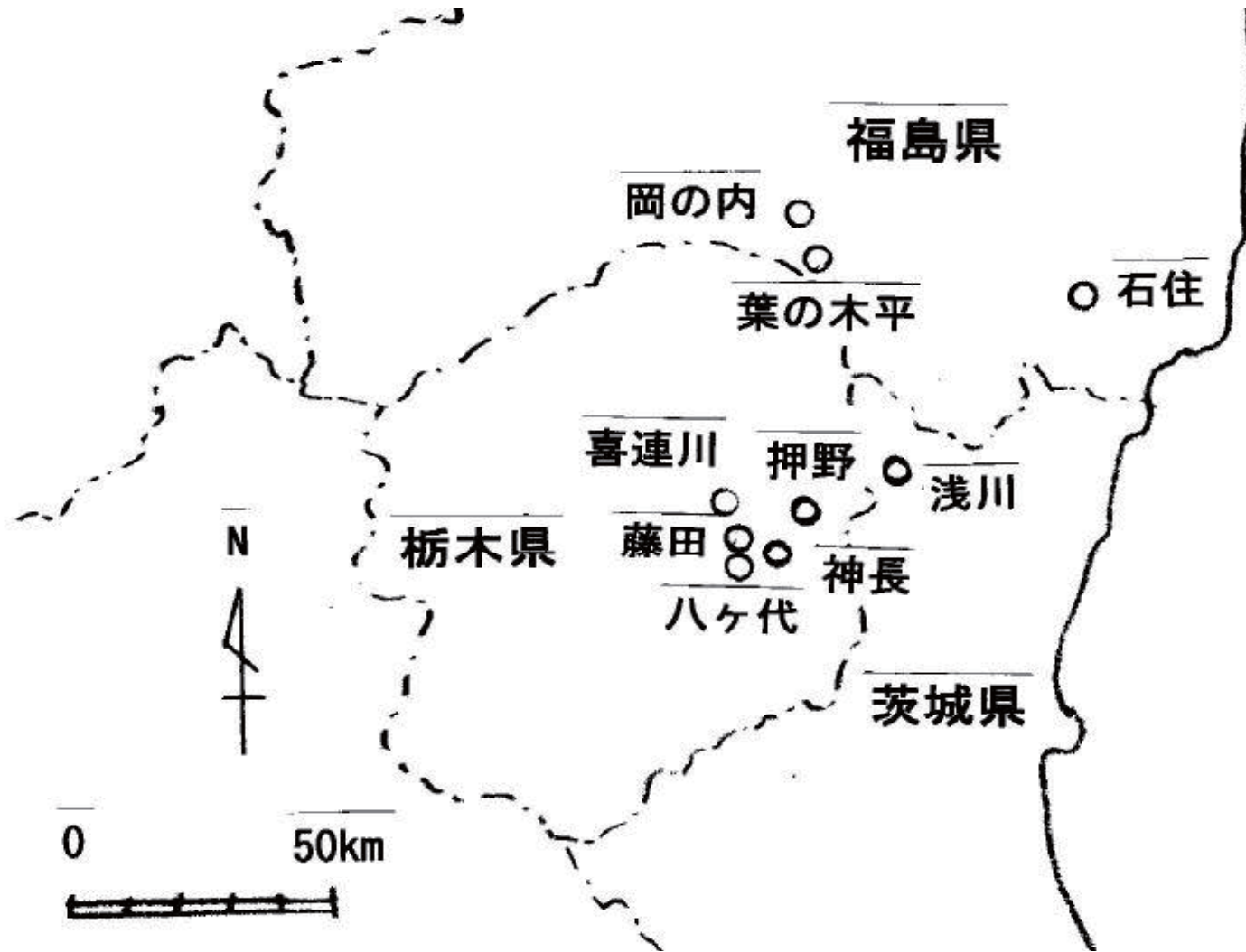
震源は牡鹿半島の東
南東沖約130km付近
の北緯 $38^{\circ} 6. 2'$ 、
東経 $142^{\circ} 51. 6'$ 、
震源の深さ約24km。

M=9.0

継続時間の長い揺れ
広範囲な強震域



福島県・栃木県における土砂災害



福島県白河市葉の木平

規模:幅約100m、斜面長約130m、
堆積部長さ:約100m
地質:ローム、スコリア

死者13名
人家全壊10戸



国土交通省のHPより

栃木県那須烏山市「神長地区」

規模：幅約50m、斜面長約170m

地質：上部(表層部)は更新世中期ローム(火山堆積物)

下部(基盤部)中新世三浦層群

死者：2名



神長地区の崩壊地全景



神長地区の崩壊地部、
右は栗の果樹園造成地、
崩壊部の主体は谷地形部

福島県いわき市「田人町石住地区」

崩壊部規模:幅約50m、斜面長約250m、
地質:第三紀 砂岩、泥岩(堆積岩)、死者:3名
発生原因:4月11日の余震による



崩壊地頭部、
層理面が約45度の流れ盤
となっている。



崩壊地全景、井戸沢断層(地震断層)
からは約4km西の地点、付近に他の
崩壊は見あたらない

栃木県さくら市喜連川

「お丸山公園地区」

規模：幅約500m、斜面長約50m

地質：上部（表層部）は更新世中期ローム
（火山堆積物）



崖上部のクラック、
延々と約500m続いている。



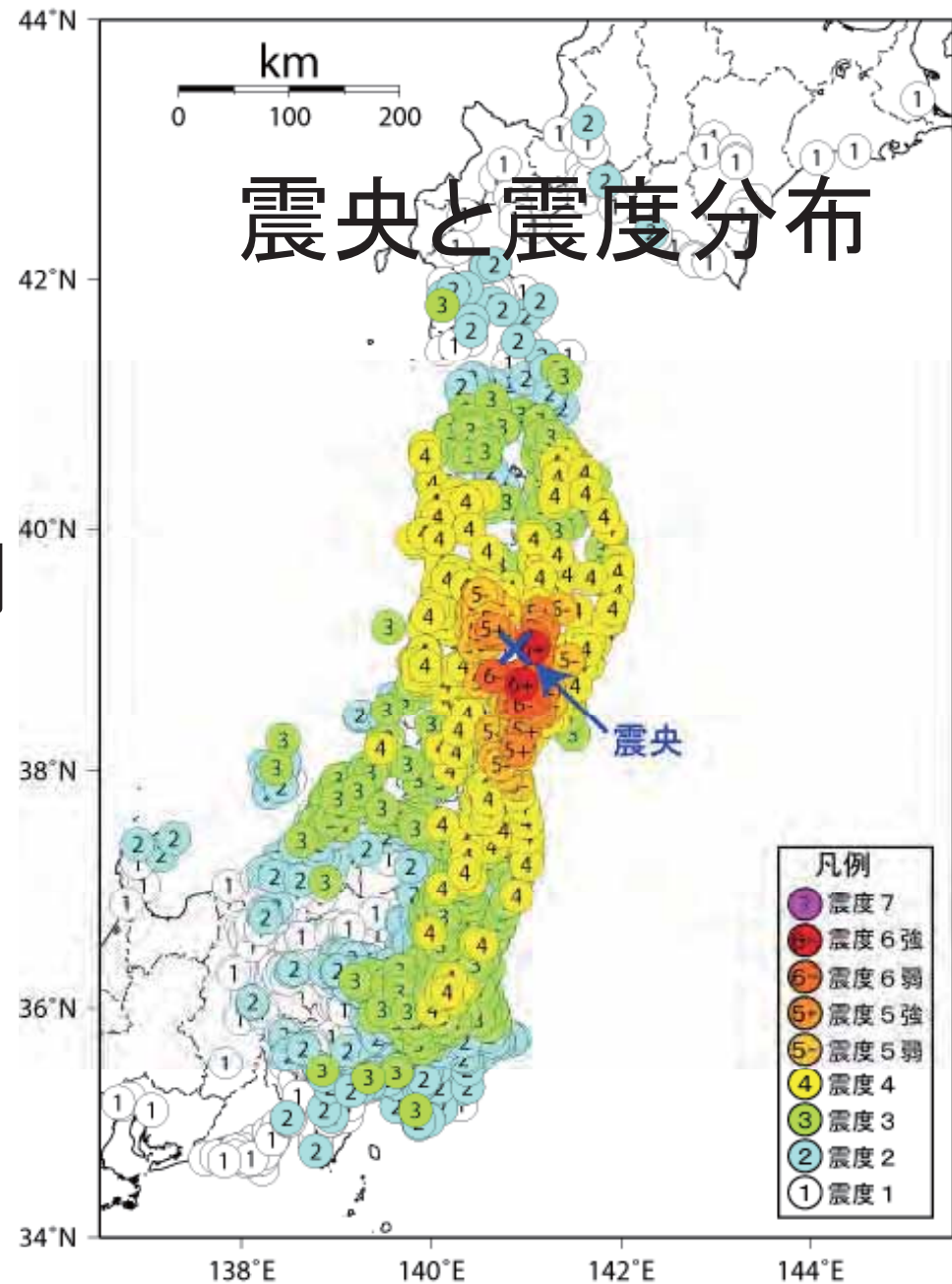
お丸山公園地区の崩壊地



地震後の台風15号の降雨
による崩壊（9月22日発生）

岩手宮城内陸 地震

発生時刻: 2008年6月
14日8時43分45秒
震央: 北緯39度1.7分
東経140度52.8分
震源の深さ: 8km
規模: M7.2



岩手宮城内陸と中越地震による被害との比較

	岩手・宮城 内陸地震	新潟県中越 地震	比 率
死者・行方 不明者	23名	68名	1/3
負傷者	449名	4,805名	1/11
全壊家屋	23棟	3,175棟	1/138
半壊家屋	66棟	13,808棟	1/209
一部損壊家 屋	1,129棟	103,854棟	1/92

滑落崖の
落差148m


荒砥沢地すべり

全長約1.3km

幅約0.9km

最大深さ150m以上

土砂量約7,000万m³



南東方向へ
約300m移動

湯浜地区における崩壊

天然ダム、高さ約50m、湛水量約85万m³



湯浜地区
における
土砂ダム
対策(国土
交通省の
HPより)

【湯浜地区】



湯浜地区での排水路工事(床固工) (2009年8月21日)



国土交通省のHPより

磐井川、市野々原地区

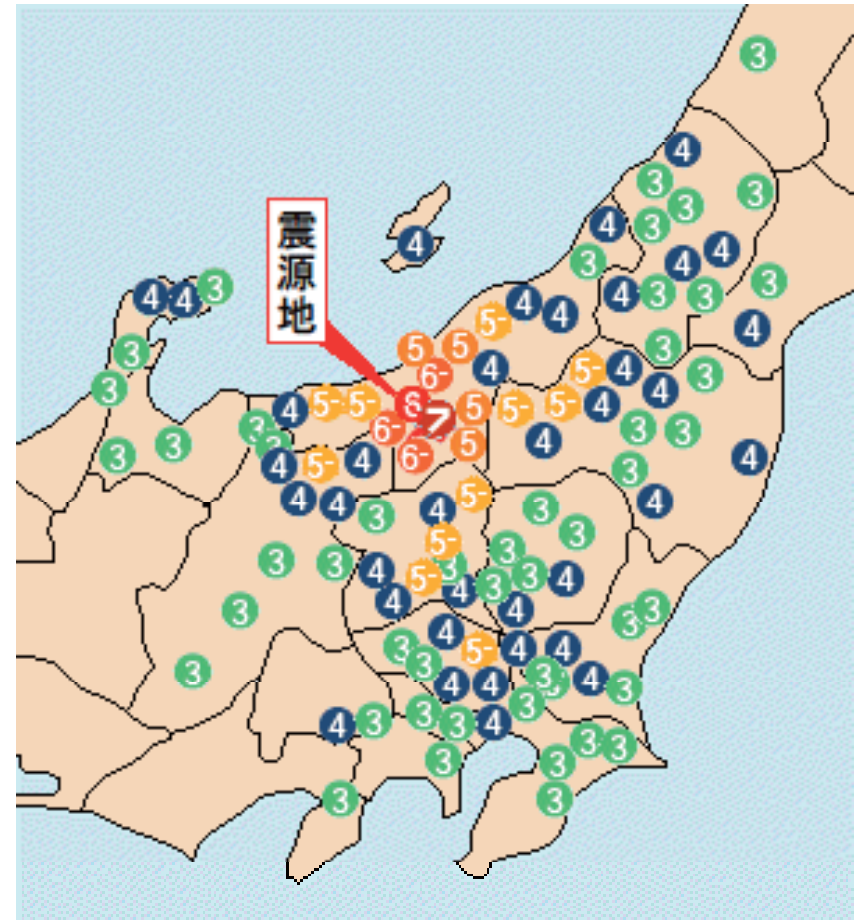


磐井川、市野々原地区ポンプ排水 と排水路工事



新潟県中越地震の例

- 発震：2004年10月
23日 17時56分
- 震源：新潟県中越地方、北緯37度17分30秒、東経138度52分0秒の地点
- 震源の深さ：13km
- M=6.8



平成16年新潟県中越地震による土砂災害

- 長岡市濁沢町
- 死者2名、全壊1戸
- M=6.8,震度7 (10月23日)
- 土砂災害全体: 死者4名、全壊15戸、半壊24戸
- 地震による被害全体: 死者48名、負傷者4794名



中越地震による東竹沢地区の河道閉塞による災害

高さ:30m

湛水量:
260万 m^3

河床勾
配:

1/160



我が国で土砂災害が多い理由

- 地形：山地が多く斜面の勾配が急であり。
河床勾配が急である。
- 地質：地質が脆弱である。
(断層、構造線が多い。火山が多い。)
- 気象：台風、梅雨等で豪雨が多い。
降雨量、積雪が多い。
活火山が多い。
大地震が多発する。
- 社会、経済的条件：平地部が少なく、人口密度が高いので、山地部、山麓部に人口の約半数が住む。

(2) 土砂災害の種類と対策

- 土石流(豪雨、地震による)
- 地すべり(降雨、地震による)
- がけ崩れ(豪雨、地震による)
- 火山災害(火山噴火による)
(火砕流、火山泥流、溶岩流等)
- 雪崩(積雪深、気温等)

土石流



危険渓流：(H15)

89, 518 渓流

(人家5戸以上)：

準ずる渓流等を含むと

183, 863 渓流

地すべり



頭部

末端部

危険箇所：(H10)

11, 288 箇所

がけ崩れ



危険箇所：(H15)

113, 557 箇所

(人家5戸以上)：

準ずる斜面を含むと

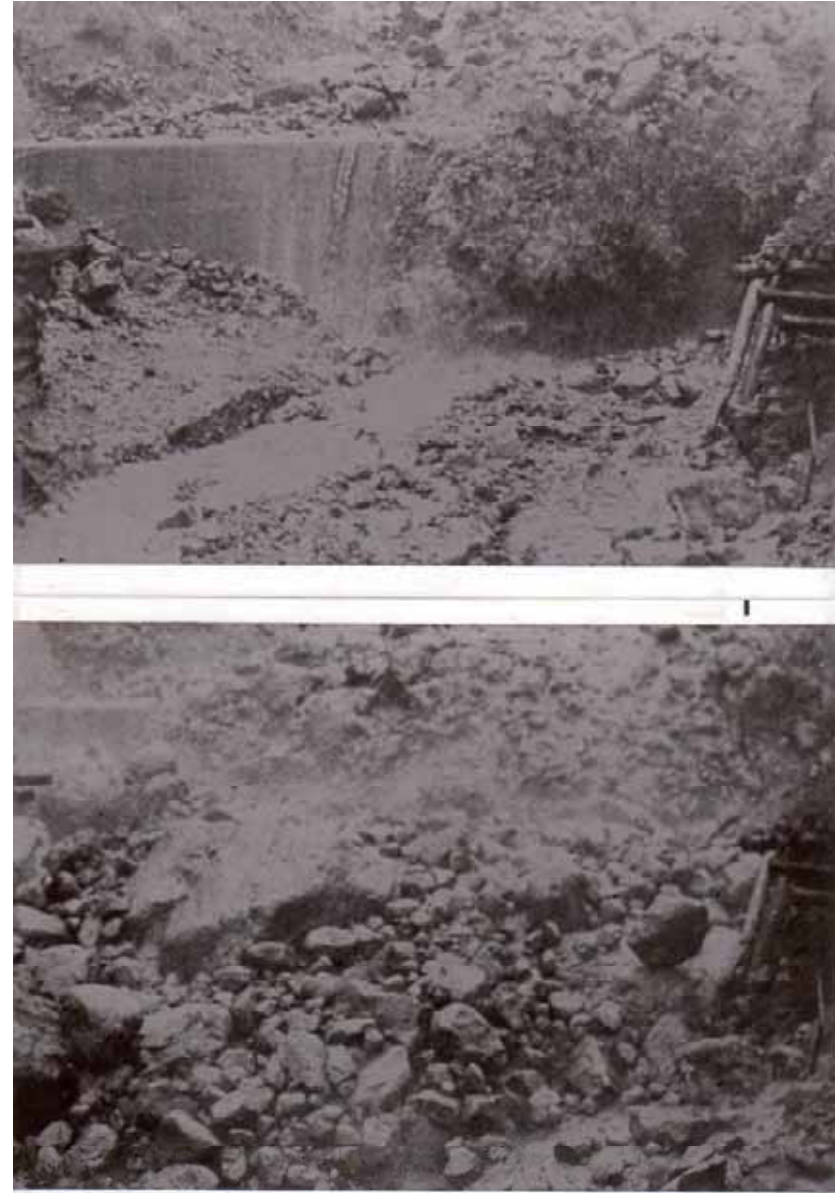
330, 156 箇所

土石流

- ①土石流とは
- ②土石流の発生形態
- ③土石流の発生条件と特徴
- ④土石流による災害の特徴
- ⑤土石流災害対策

土石流とは

- 水と土砂・石・巨石が混ざった(かゆのような)状態で溪流を流れ下る。
- 写真は長野県上高地における土石流の先頭部の流下状況



土石流災害

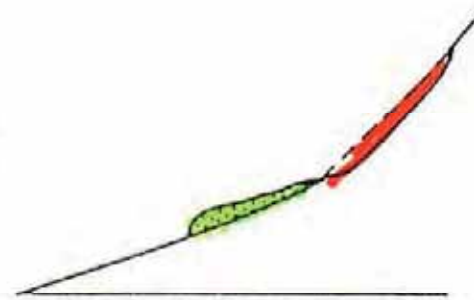
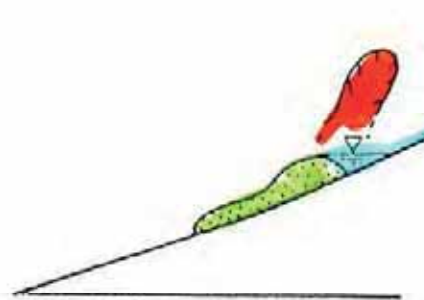
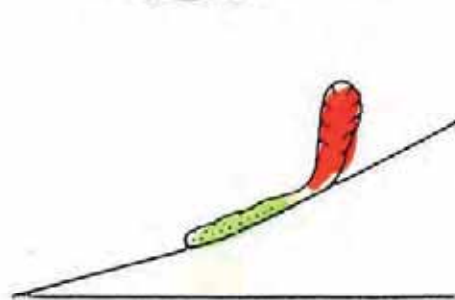
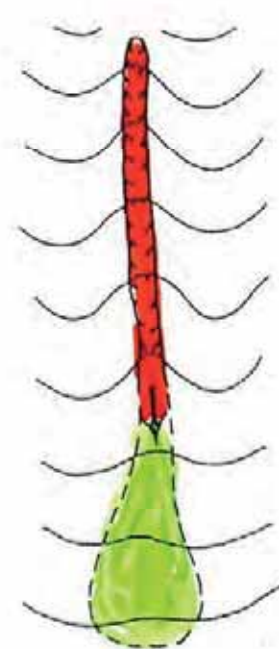
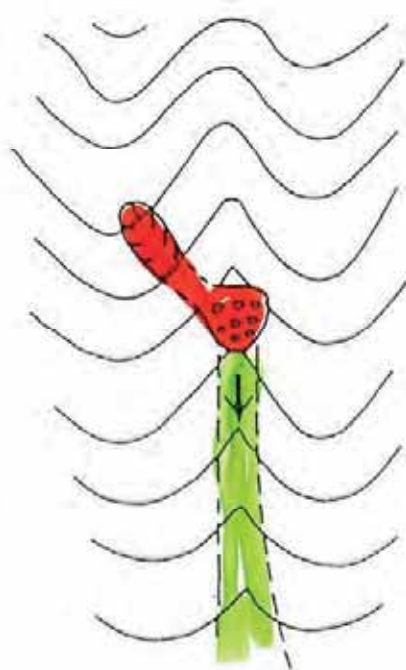
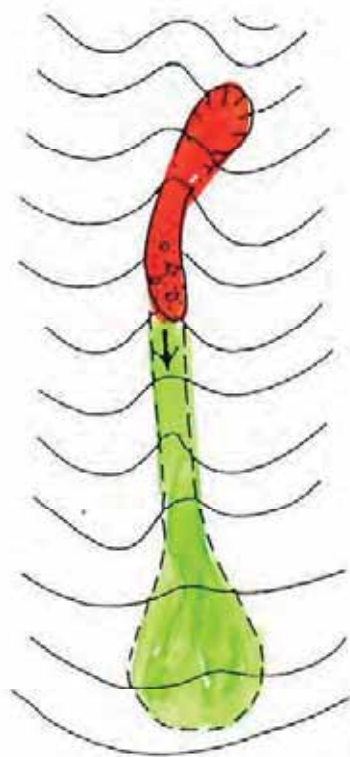
- 平成5年8月6日 鹿児島県鹿児島市竜が水地区
- 2本の列車、自動車約800台が脱出不可能、約2,500名が海上から救出



土石流の発生形態

- ①山腹斜面崩壊
- ②天然ダムの決壊
- ③溪床堆積物の流動
- ④地すべり土塊の流動

土石流 の発生 形態



① 山腹斜面崩壊
④ 地すべり土塊
の流動

② 天然ダムの
決壊

③ 溪床堆積物の
流動

土石流の発生条件

- ①勾配: 溪床勾配約 15° 以上
- ②材料: 不安定な土砂
- ③水(降雨、融雪): 多量の水

土石流の特徴

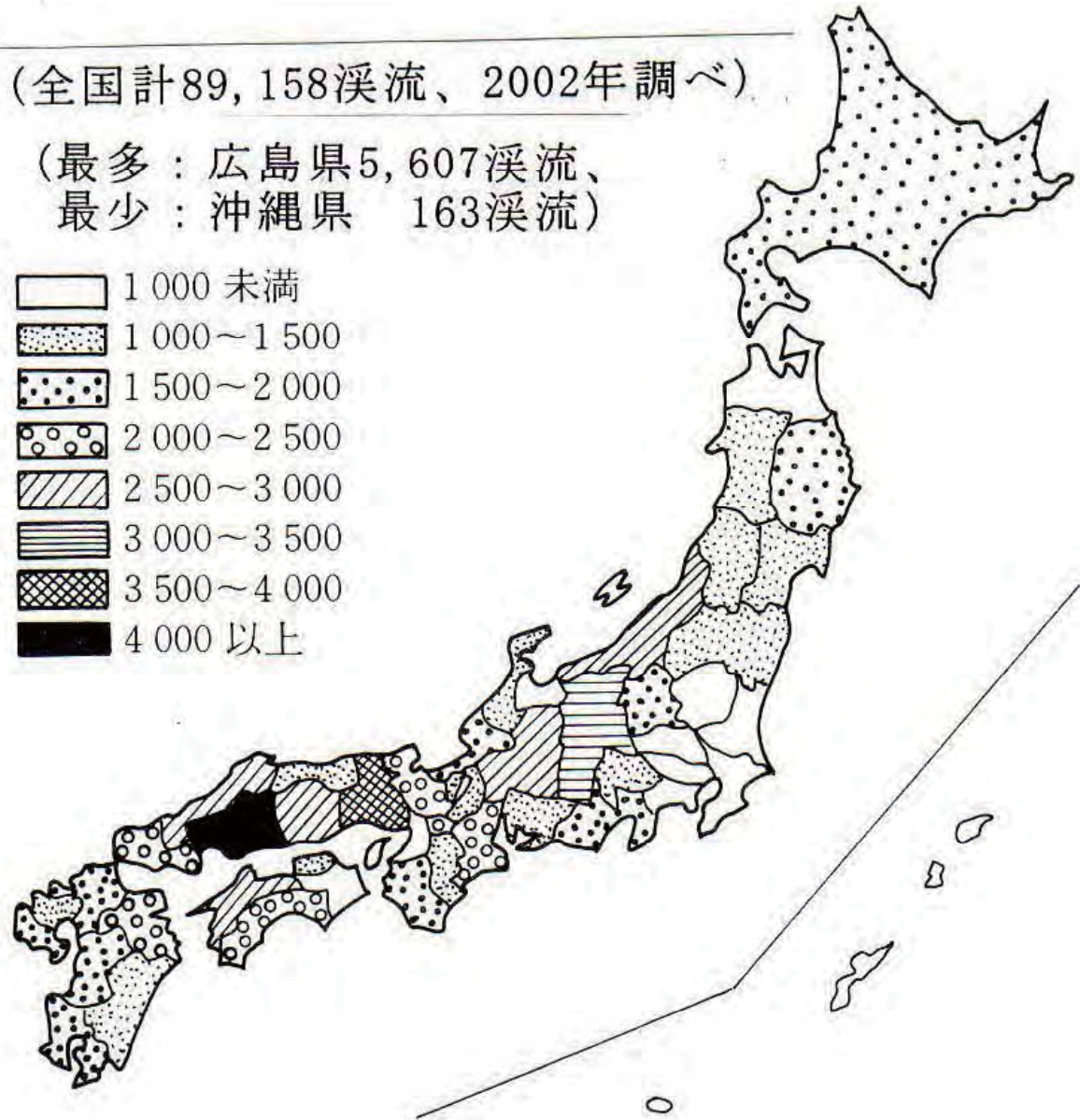
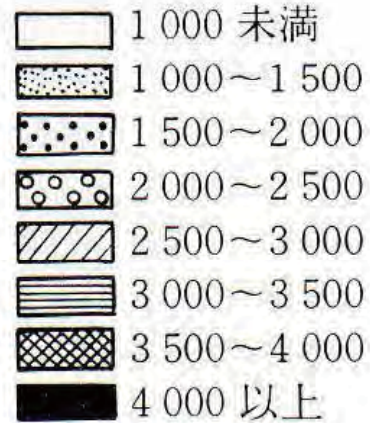
- (A)速度が大きい(約 $5\sim 20\text{m/秒}$)。
- (B)巨礫、流木を含む。
- (C)突発的に発生する。

土石流危険溪流

- 人家5戸以上に被害が予想される溪流
- 全国で89,518溪流
(2002年度調査)

(全国計89,158溪流、2002年調べ)

(最多：広島県5,607溪流、
最少：沖縄県 163溪流)



土石流による被害



- 1999年6月29日 広島県広島市荒谷川
- (全県で死者24名、負傷者14名、全・半壊家屋138戸)

土石流災害の特徴

- ① 人命に対する被害が大きい。
(死者が多い)。

特徴(A),(B),(C)

- ② 家屋、施設が破壊される。

特徴(A),(B)

- ③ 復旧に多くの時間と経費がかかる。

特徴(B)

土石流による被害



- 2003年7月20日 熊本県水俣市宝川内集地区における土石流災害(死者15名、負傷者6名、全壊14戸、半壊1戸)

水俣市宝川内地区土石流災害



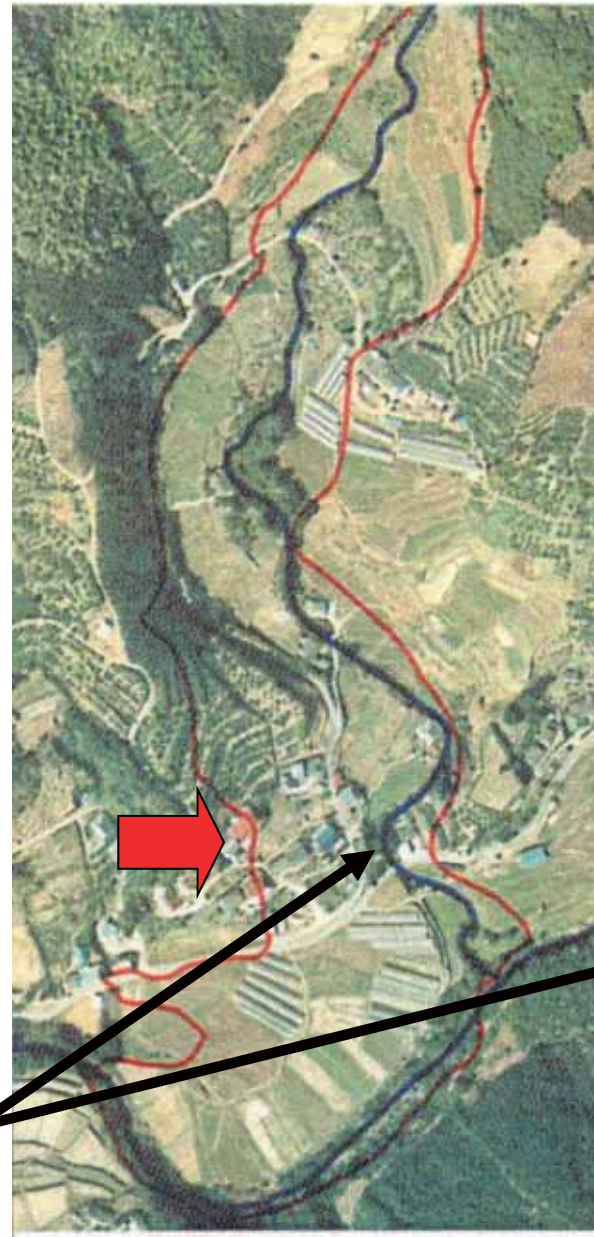
- 連続雨量: 314mm
(7/19; 8~ 7/20; 5)
- 最大時間雨量: 91mm
(7/20; 4~5時)
- 流域面積:
約1.10km²
- 崩壊地: 幅80~100m、長さ約170m、崩壊土量5~10万m³

水俣市宝川 内地区土石 流災害

- 災害前後の
比較写真

土石流氾
濫範囲

災害前の
流路



災害前

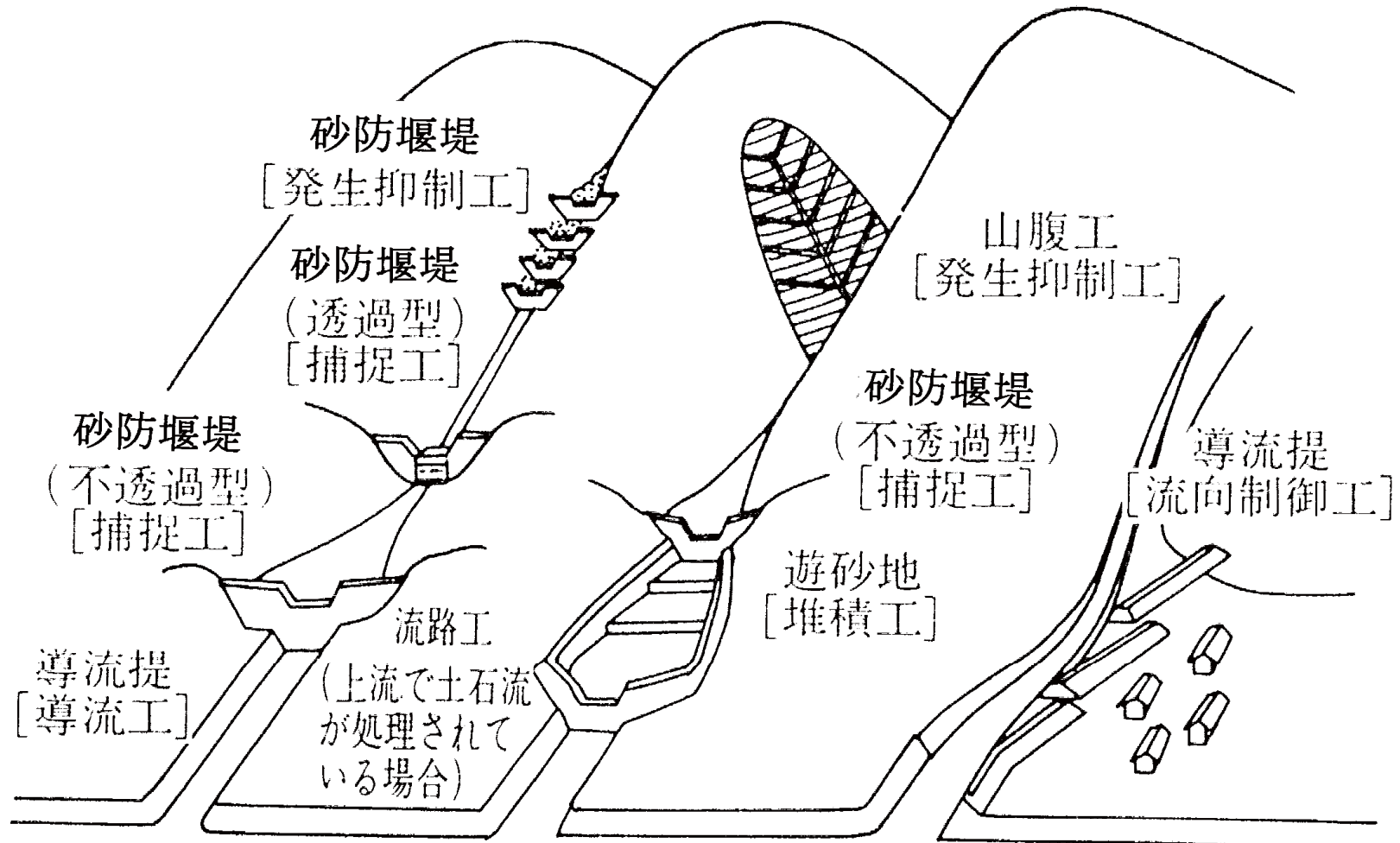


災害後

土石流災害対策

- ハード対策———土石流発生抑制工
土石流流下抑制工
土石流氾濫抑制工
- ソフト対策———警戒・避難体制の整備
土地利用の規制
土石流に関する防災教育

各種の土石流対策工



土石流災害対策



- 砂防堰堤による土石流の捕捉
(1999年6月 広島災害における荒谷川砂防堰堤)

砂防堰堤による土石流災害の防止例

- 2002年7月17日
- 三重県藤原町員弁川
- 砂防堰堤により土石流を捕捉



支川の西の貝戸川



- 下流での被害は床下浸水3戸のみ

鋼製スリット型砂防堰堤 (透過型砂防堰堤)



溪畔林による土砂災害防止機能



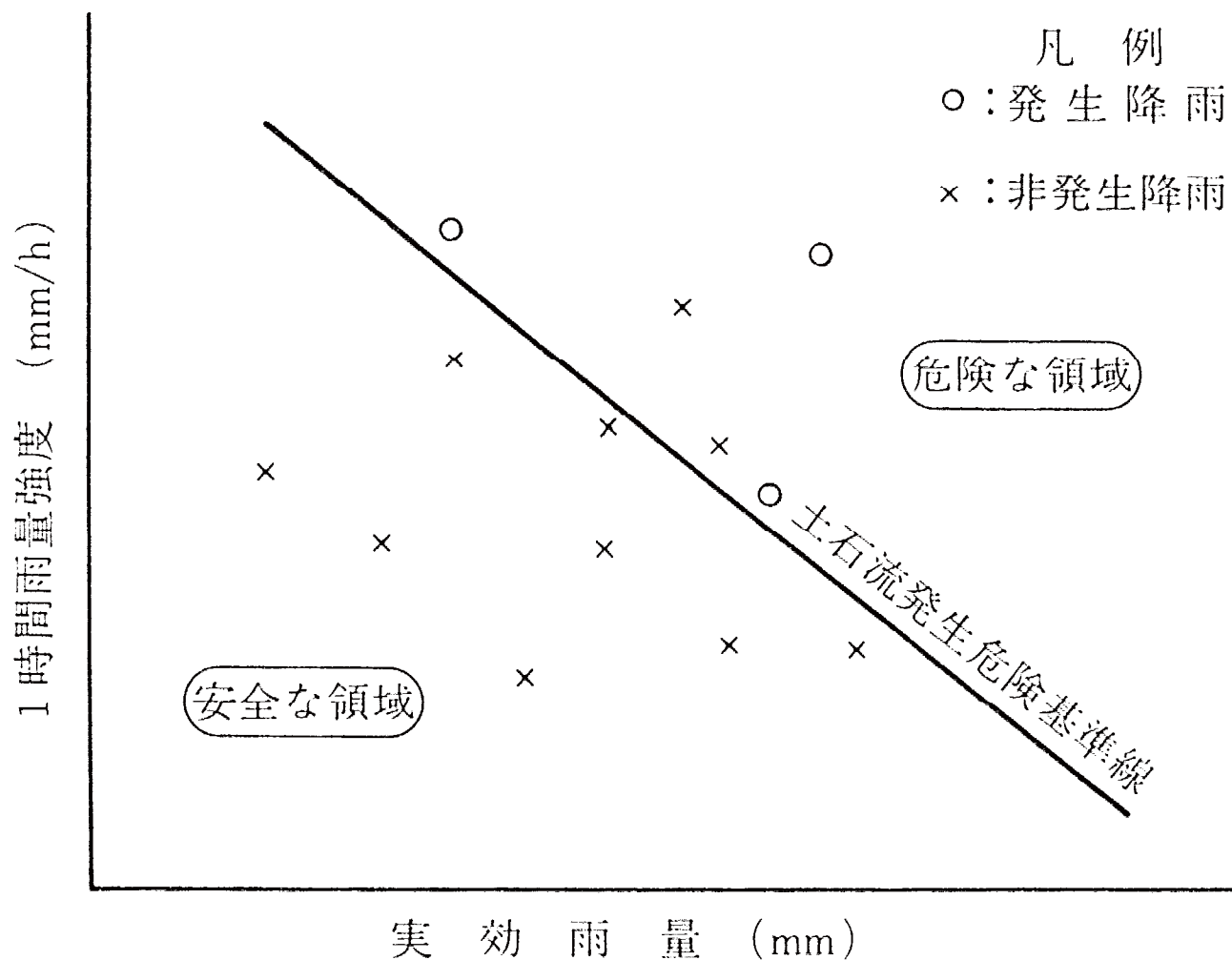
←北海道、豊平川
の河畔林

溪畔林の流速減
少効果、土砂堆積
効果に関する実験

→



警戒・避難体制の整備 (雨量による土石流発生予測)



土石流危険区域図の作成

①過去の土石流氾濫実績

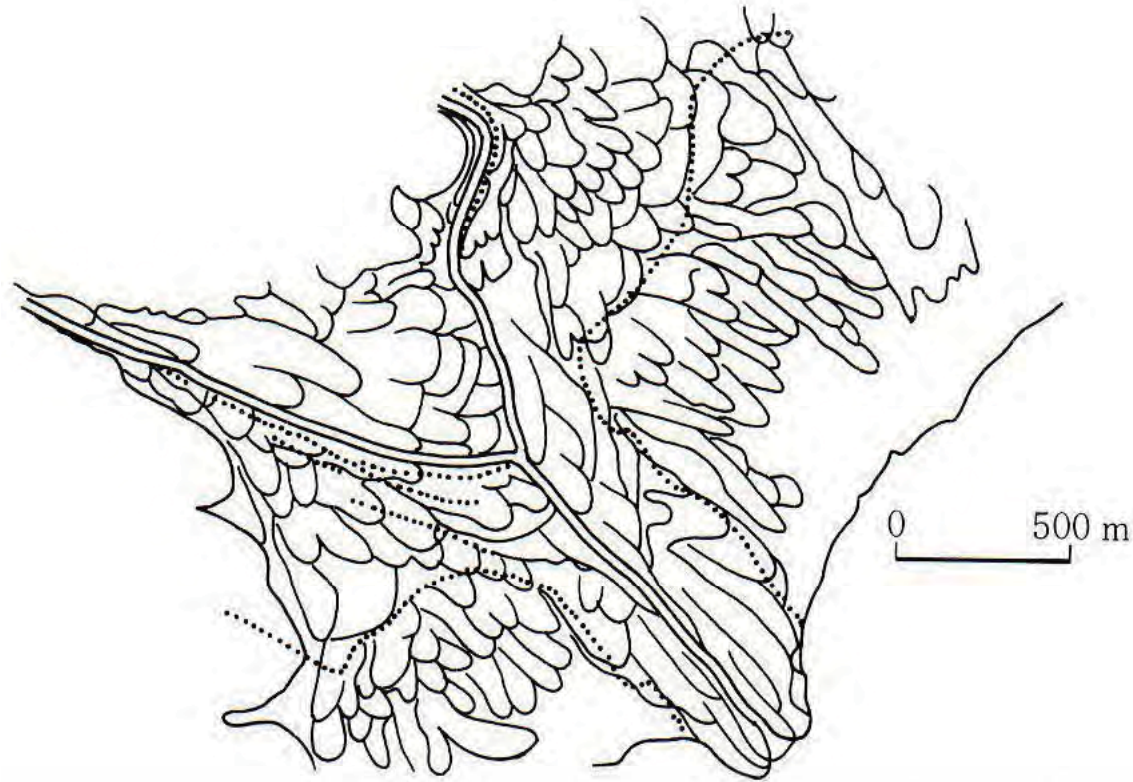


図-4.12 土石流氾濫痕跡（ウロコ状模様）の調査例¹⁴⁾（太線は大谷川、点線は石垣を示す）

土石流危険区域図の作成

②過去の土石流氾濫・堆積調査結果

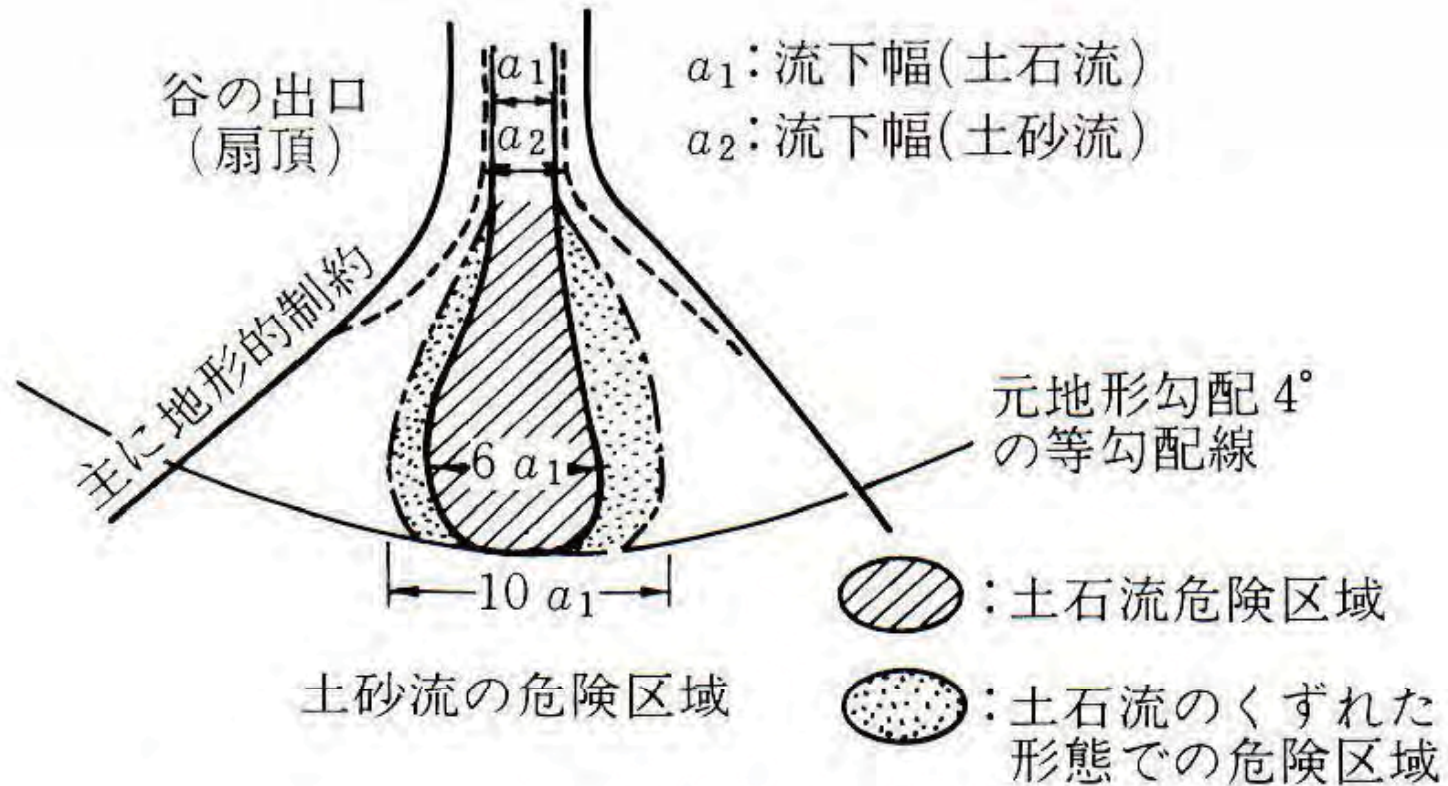
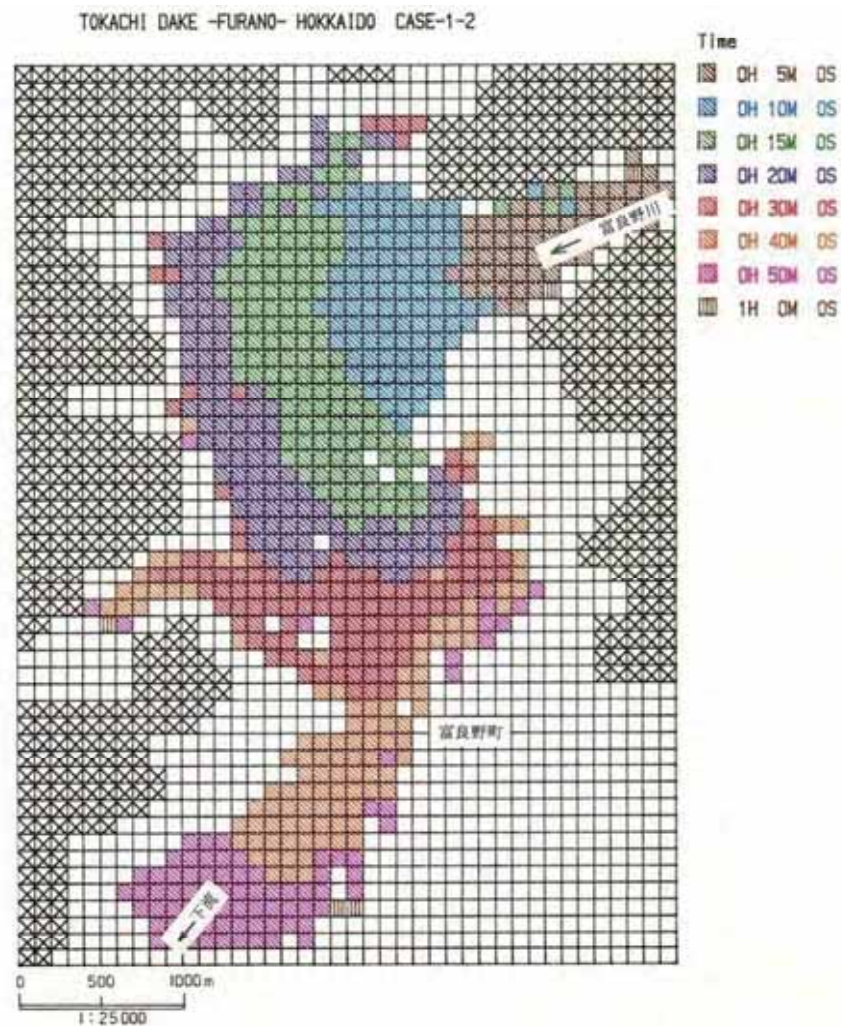


図-4.13 模式的な危険区域設定手法例

土石流危険区域図の作成

③土石流氾濫シミュレーション

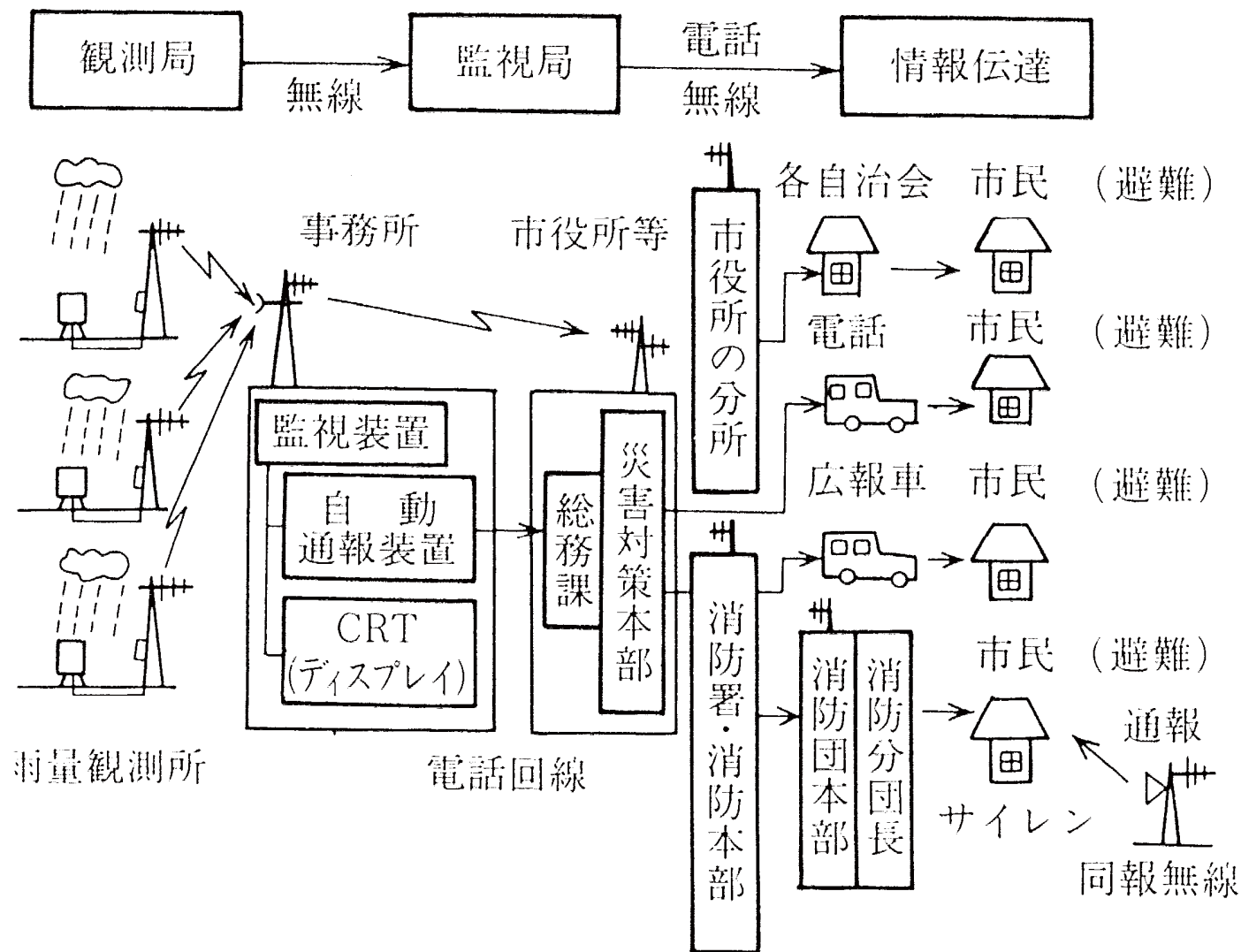


土石流危険区域図の作成

④水理模型実験



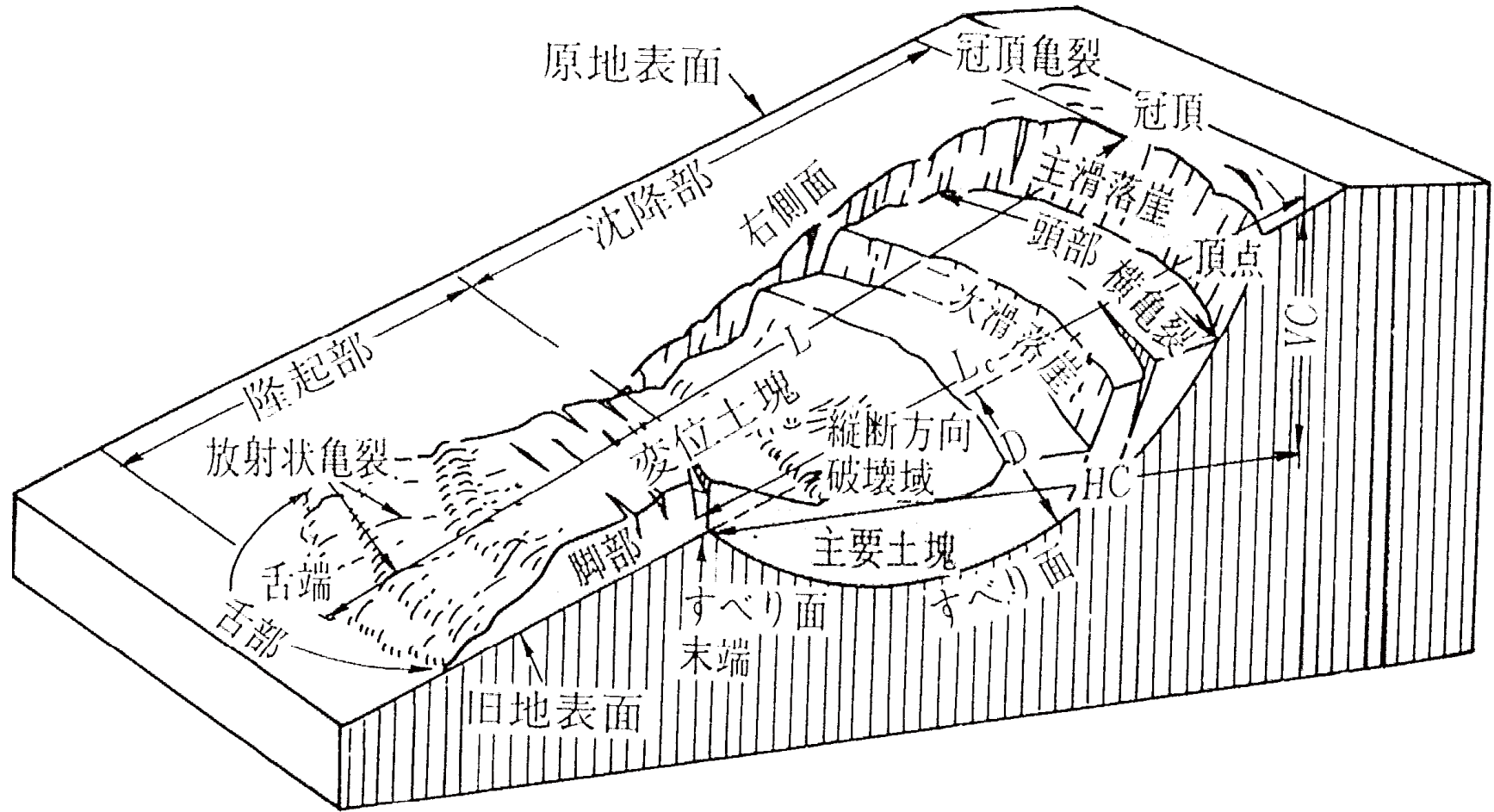
土石流発生監視システムの模式図



地すべり

- 斜面の土塊が、地下水などの影響により地すべり面に沿ってゆっくりと斜面の下方に移動する現象
- 特徴
 - 規模が大きい
 - 特定の地質で起こりやすい
 - 斜面勾配が緩い

地すべりの模式図



地すべりによる災害

富山県氷見市谷屋地区(平成14年)



地すべり被災地全景
(平成14年11月19日 北陸航測株)

氷見市谷屋地区の地すべり被害

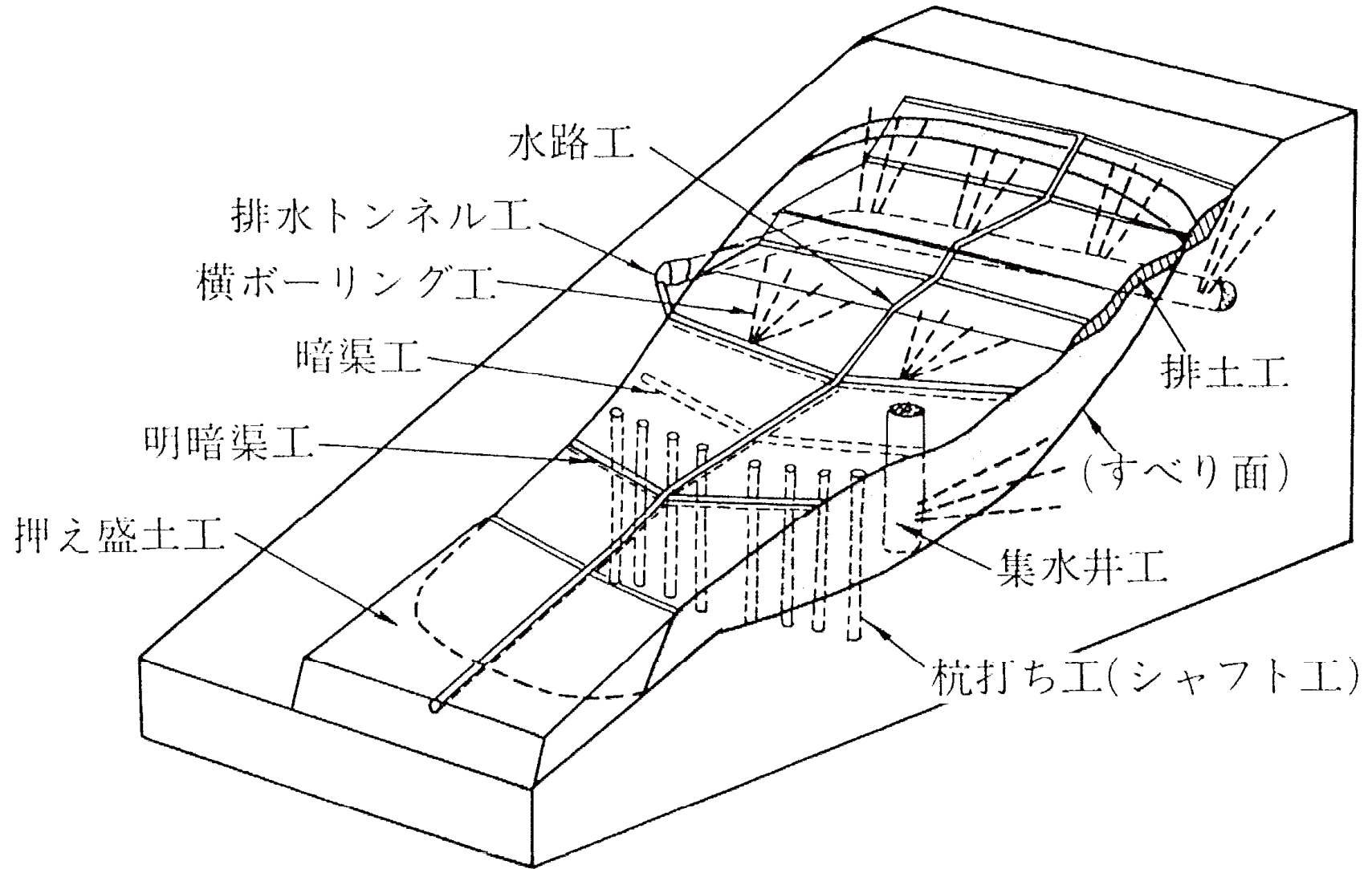


- 平成14年11月16日22時45分発生
- 規模：幅約200m、長さ約100m、深さ約20m
- 被害：全半壊家屋2棟、水田、畑、市道など

東北地方太平洋沖地震による地すべり (福島県白河市葉ノ木平)



地すべり対策工



がけ崩れ(斜面崩壊)

- 急な勾配の斜面の表層部の土砂が突然くずれて斜面の下方にすべり落ちる現象
- 特徴
 - 斜面勾配が急(一般に 30° 以上)
 - 降雨、地震により起こる。
 - 突発的に起こる。
 - 崩壊土砂の移動速度は速い。
 - 地すべりに比べて規模が小さい。

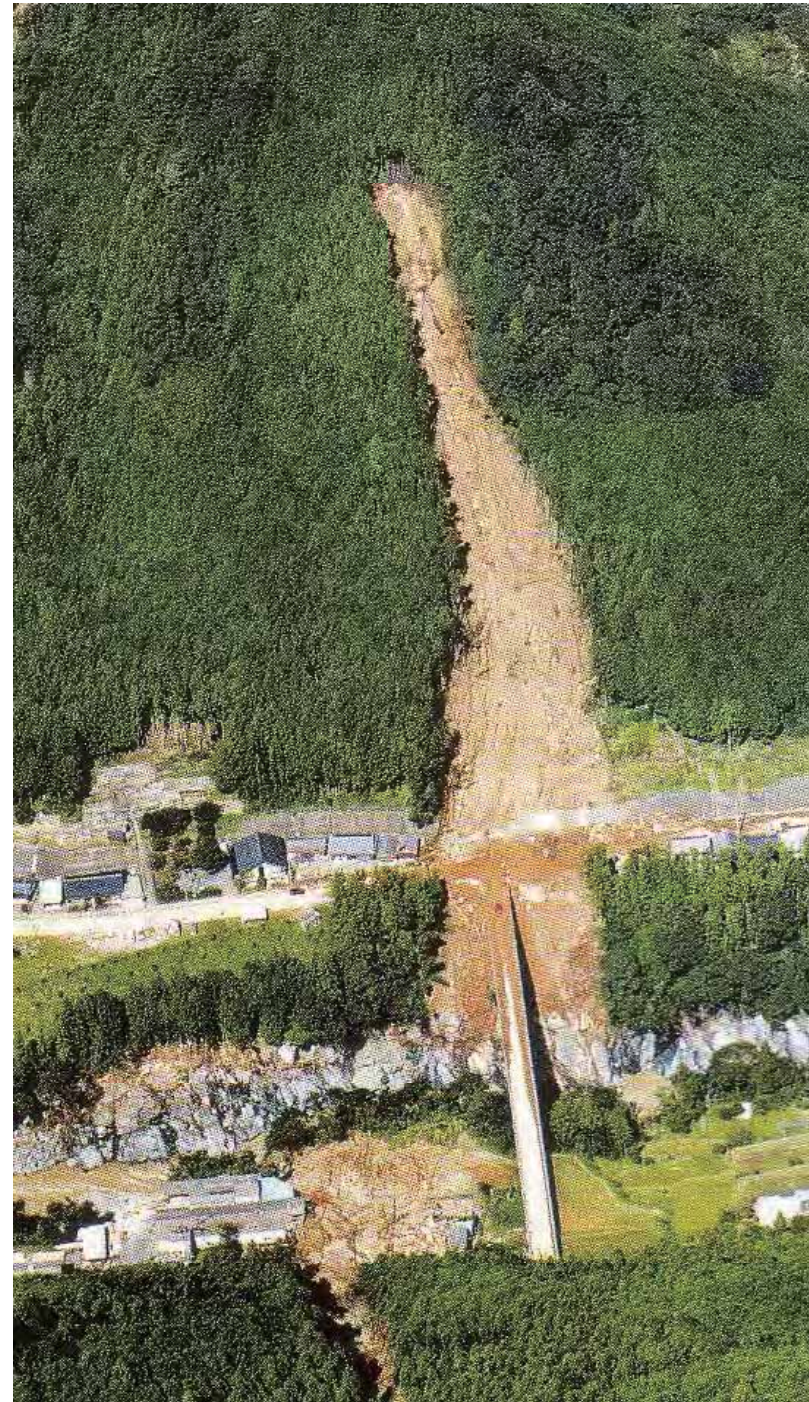


水俣市深川新屋敷地区

- 平成15年7月20日
- 連続雨量: 314mm
- 最大時間雨量: 91mm
- 被害: **死者4名**、負傷者1名、全壊家屋1戸

平成16年9月29日、 三重県宮川村おける 土砂災害(台風 21号)

- ・小滝地区における斜面崩壊
- ・死者1名、負傷者1名、全壊1戸、
- ・連続雨量:753mm
- ・最大時間雨量:
119mm/h(9月29日)
- ・崩壊部幅約20m、全長約
200m



東北地方太平洋沖地震の余震(4月11日) による斜面崩壊:福島県いわき市、死者3名



がけ崩れ対策工 (福島県岩代町藤町地区)



火山地域における土砂災害の特徴

1. 人命に対する被害(死者)が多い

①火山地域の災害による死者は
1900～1986年で76,000人。

②85%以上が火砕流、岩屑流、
火山泥流、土石流による。

③影響範囲が広い。

④予知・予測が困難。

2. 災害の形態が多様

①同一の火山でも多様な現象が起こる。

火砕流、火山泥流、土石流
溶岩流、山体崩壊(岩崩流)

②温度、速度、土砂量、範囲が異なる。

3. 土砂の移動速度が大きい

(火砕流、火山泥流、土石流、山体崩壊)

起こってからでは避難が間に合わない。

火山噴火に伴う災害



火山噴火に伴う土砂災害



1991年6月の火砕流により大きな被害
が発生した雲仙普賢岳

1991年6月3日、雲仙普賢岳火砕流



6月3日の火砕流により
死者・行方不明者43名



火砕流の種類と発生形態

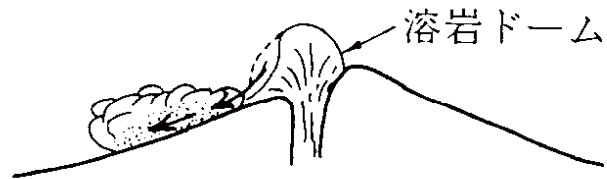
①規模(土砂量)による分類

- **大型火砕流 (軽石流、火山灰流)**
1km³以上 (10億m³以上)
ピナツボ火山(1991) 約67億m³
- **中型火砕流 (軽石流,スコリア流)**
約0.1～1km³
北海道駒ヶ岳 (1929)
- **小型火砕流**
0.01km³以下 (1千万m³以下)
雲仙普賢岳(1991) 4百万m³、計2億m³

②小型火砕流の種類

(a)メラピ型:

溶岩ドームの
崩壊



(a) メラピ型

(b)プレー型:

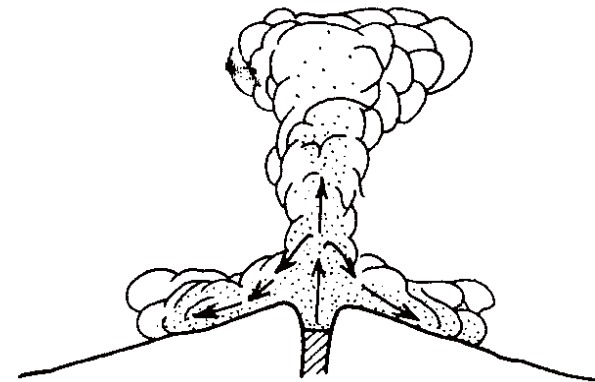
溶岩ドームの
吹飛



(b) プレー型

(c)スフリエール
型:

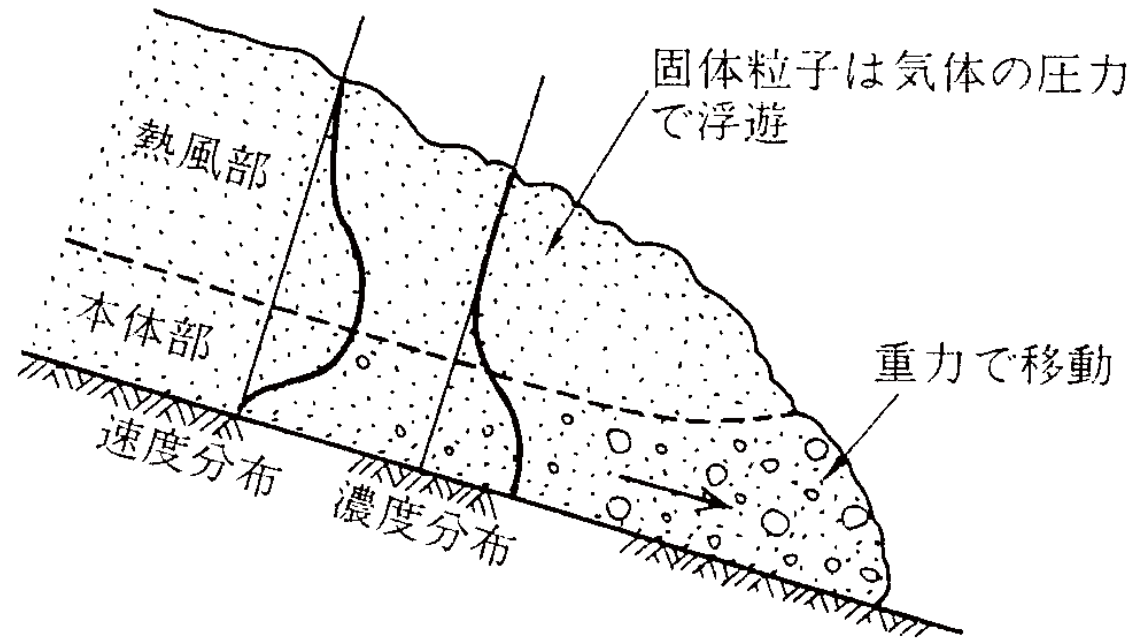
噴煙柱の落下



(c) スフリエール型

③通常の崩壊土砂よりも高速で遠方まで流下する。

- 火砕流の流動模式図



④火砕流の性質 と 災害

○高温(数百° C)

○人命

→火傷、損傷

○高速(数m~数百m/秒)
(本体部・熱風部)

○家屋・施設
→焼失・破壊

○突発性(予知が困難)

○発生してから
では避難は
困難

⑤到達範囲が広い → ○広い範囲に被害

- 熱風部(火砕サージ)は低い丘や山も越える
- 土砂量が多い程遠方まで流下する

⑥多量の土砂 → ○田畑・家屋・施設の埋没

- 高温土砂→(融雪氷)→ ○火山泥流の発生
- 堆積土砂→ (降雨)→ ○土石流の発生

土石流・火山泥流と火砕流の違い

	原因	材料	温度
• 火砕流	噴火 (溶岩ドーム)	土砂石 +火山ガス	高温
• 火山泥流	噴火 (融雪) (火口湖の決壊)	土砂石 +水	常温 (高温)
• 土石流	降雨 (融雪)	土砂石 +水	常温

火山泥流の発生形態

- ①噴火→火口湖の決壊(クルー火山)
- ②噴火→高温の火山灰・礫・岩塊
→融雪(氷河)
(十勝岳)(ネバドデルルイス火山)
- ③噴火にともなう岩屑流・火砕流
→湖・河川に突入
(浅間山)(セントヘレンズ火山)
- ④噴火とともに熱水が噴出

火山泥流および災害の特徴

- ①突発的に発生し予知が困難
(噴火の予知と同様)
- ②規模が大きい
(融雪量、火口湖の水量)
- ③速度が大きい(十勝岳:約40m/秒)
- ④人命の被害が大きい(死者が多い)
- ⑤家屋、施設の被害が大きい

ハード(施設による)対策

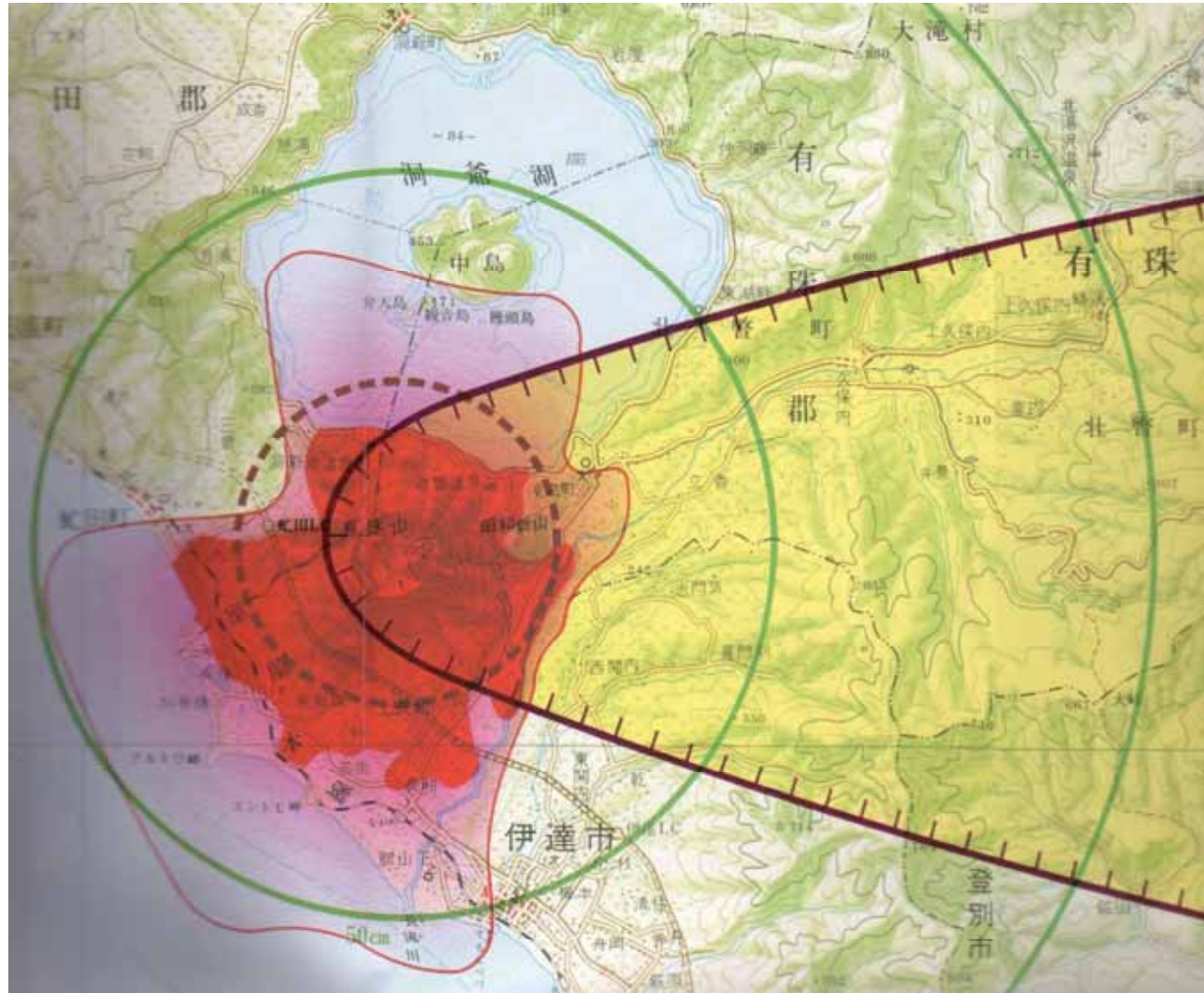
- 砂防堰堤および沈砂池(有珠山)



E-2 扇頂部に施工された砂防施設

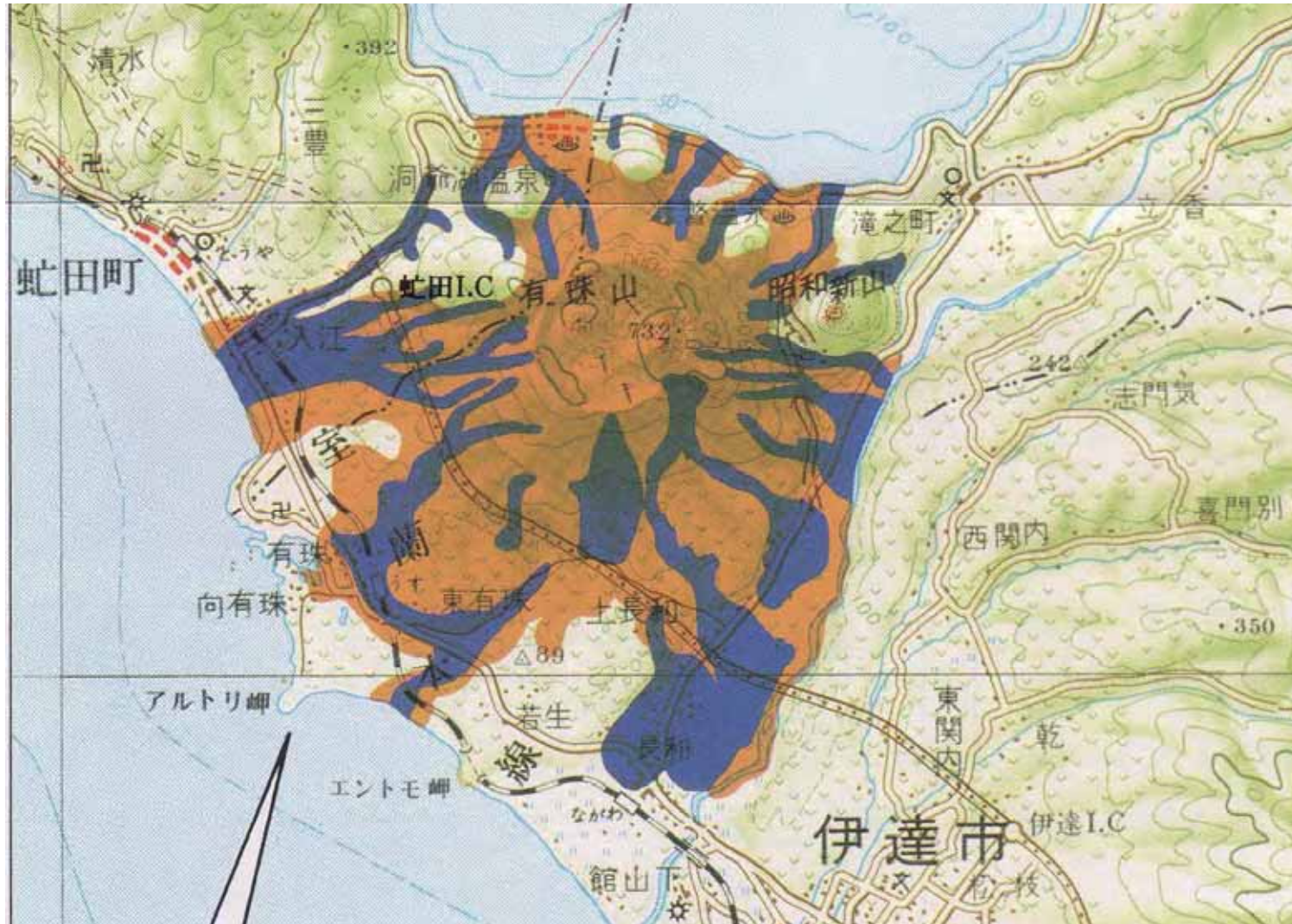


火山噴火に伴う災害のハザードマップ



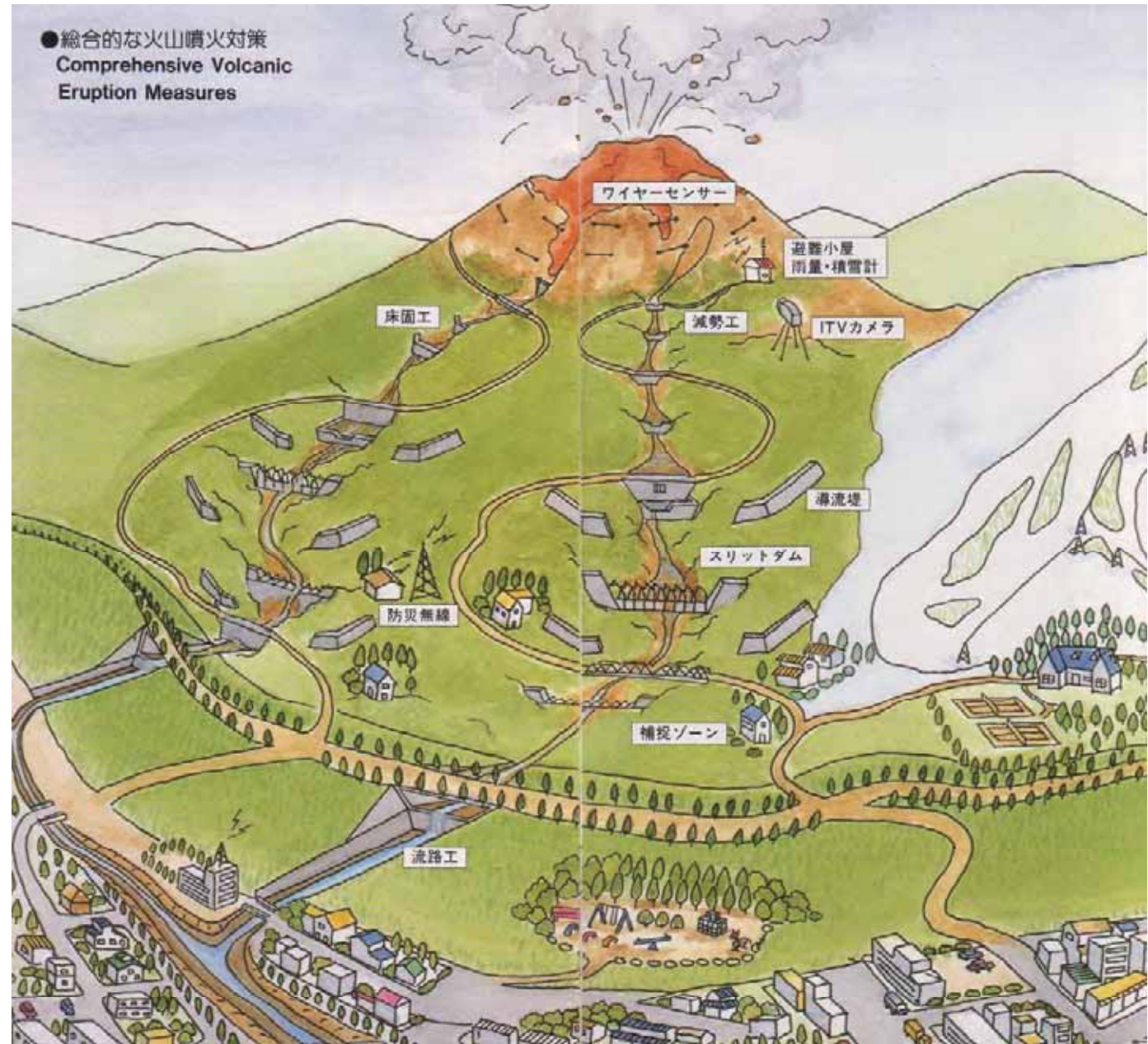
- 有珠山のハザードマップ
(降灰、噴出岩塊、火砕流)

有珠山ハザードマップの例 (火山泥流、土石流)



警戒・避難

- 監視カメラ
- ワイヤーセンサー
- 雨量計
- 地震計
- 避難路
- 避難場所



(3) 土砂災害防止法

- 目的:
土砂災害のおそれのある区域の周知、
警戒・避難体制の整備、
住宅等の新規立地の抑制、
既存住宅の移転促進等
- 平成13年4月1日施行
(土砂災害警戒区域等における土砂災害防止
対策の推進に関する法律)

土砂災害のおそれのある区域の指定

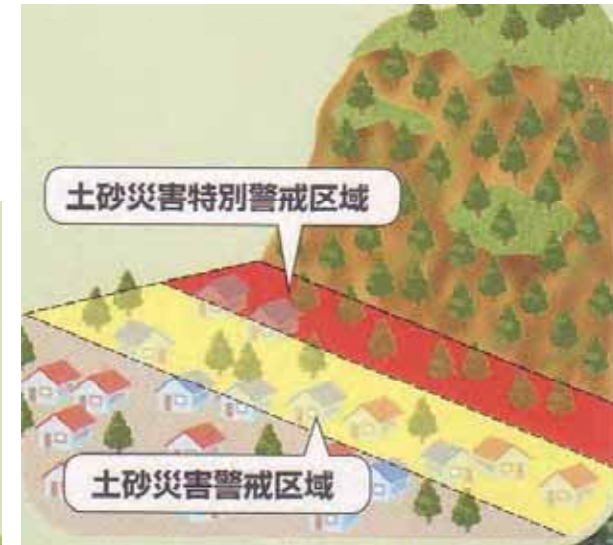
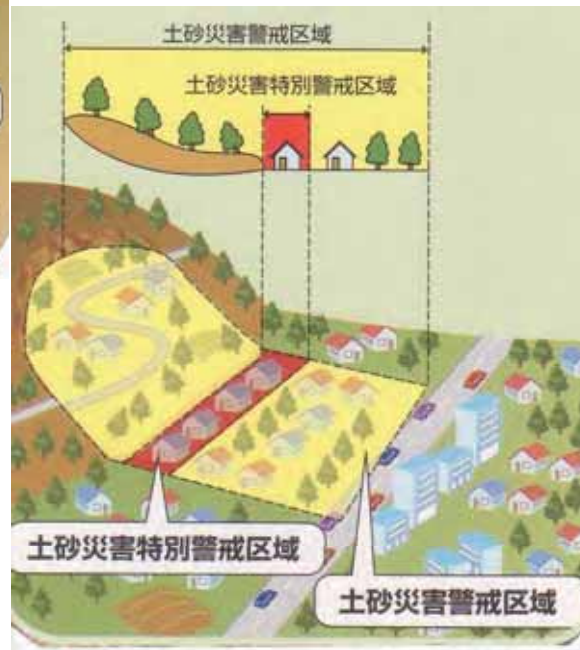
黄色:土砂災害警戒区域

赤色:土砂災害特別警戒区域



土石流

地すべり



急傾斜地の崩壊
(がけ崩れ)

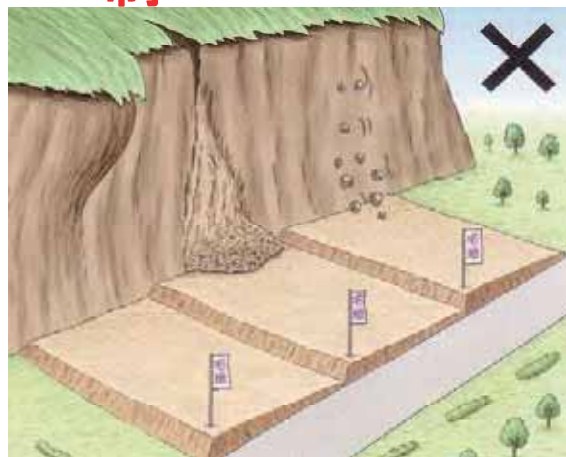
- 警戒区域では→

警戒避難体制の整備

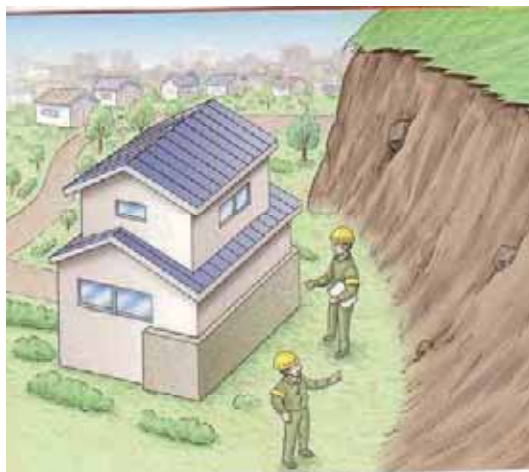


- 特別警戒区域では↓

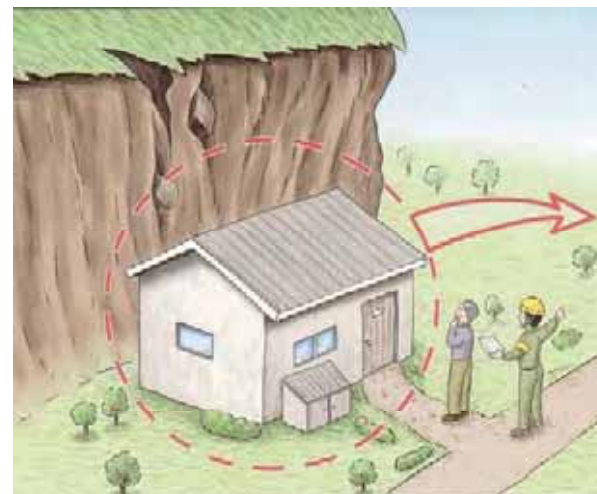
特定の開発行為
に対する許可
制



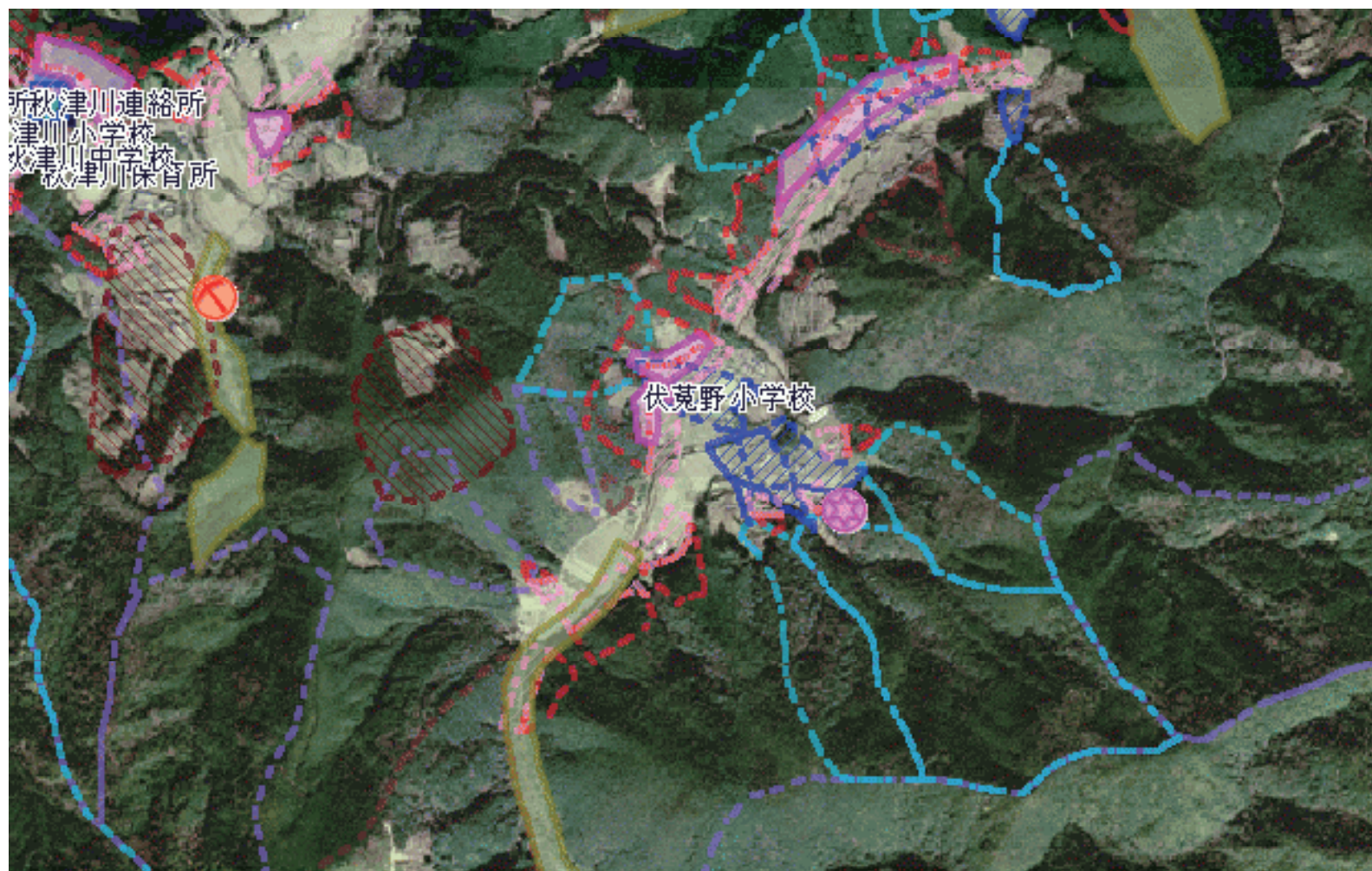
建築物の構造規制



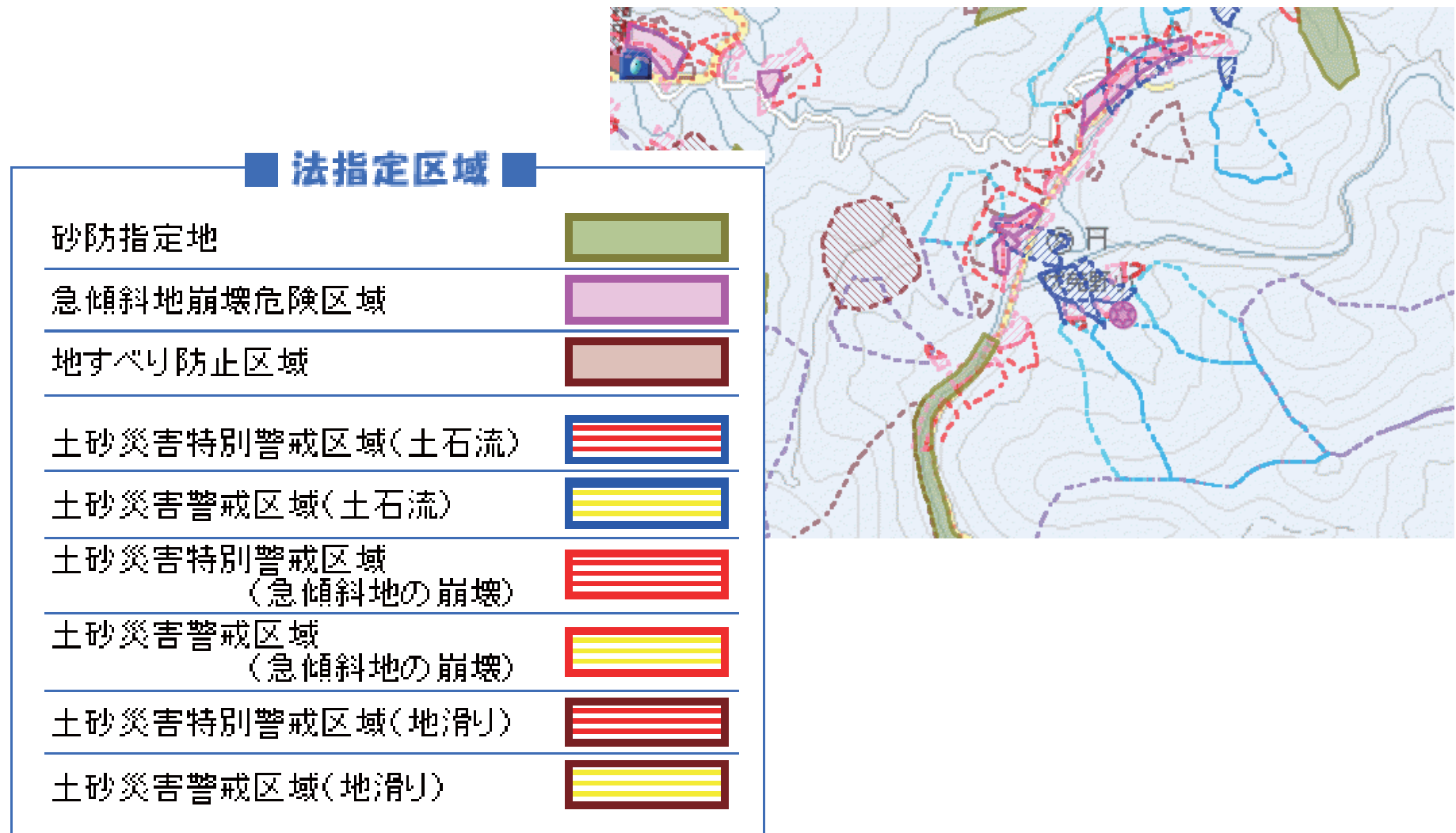
建築物の移転



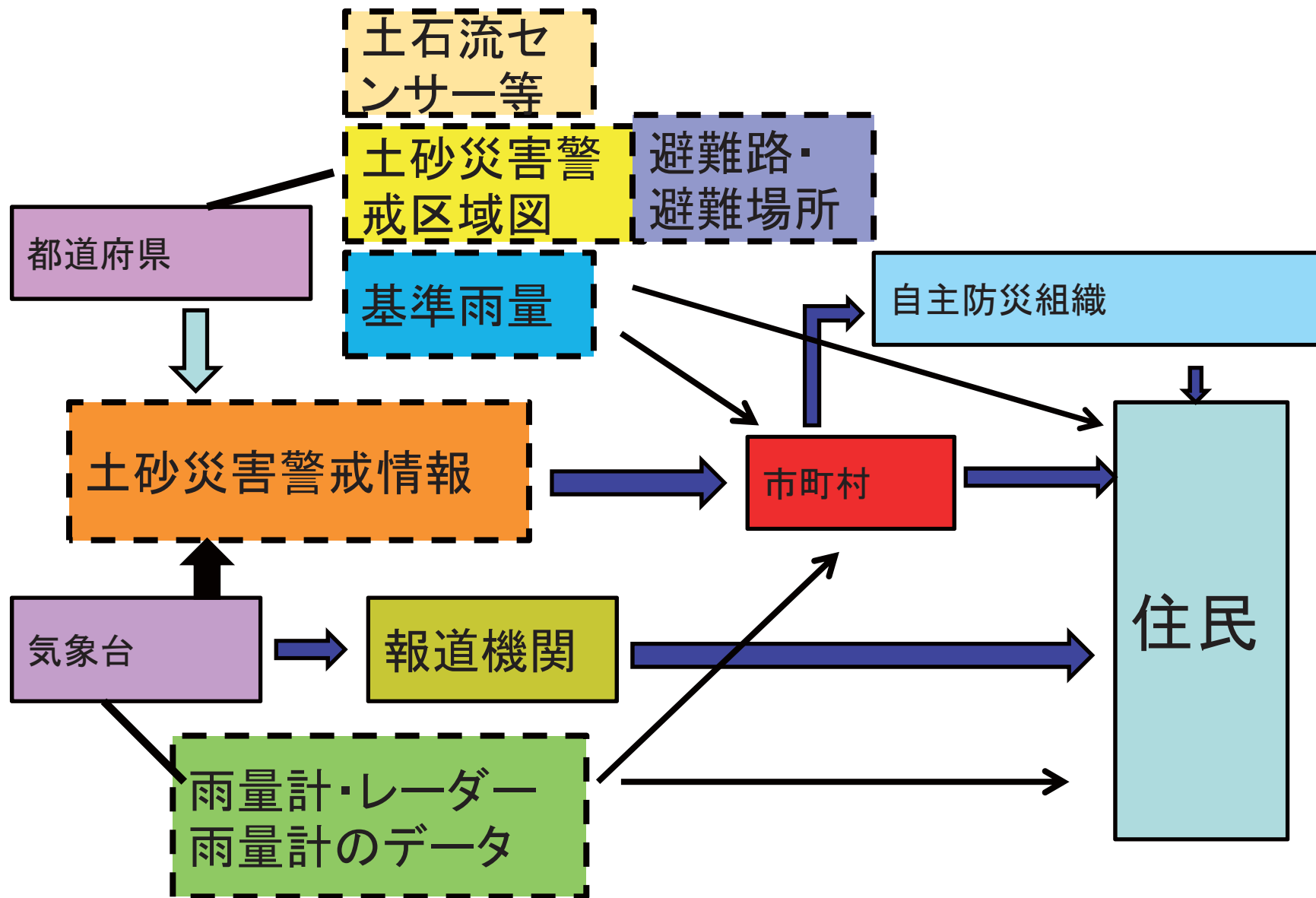
土砂災害警戒区域図の例



土砂災害危険区域図の例



警戒避難情報伝達の流れ



土砂災害警戒情報の例

土砂災害の危険度が高まる地域を特定し発表。+雨量情報。

愛媛県における「土砂災害警戒情報」の発表例

愛媛県土砂災害警戒情報 第△号

平成△△年△月△日 △時△分
愛媛県 松山地方气象台 共同発表

【警戒対象地域】

松山市 東区市* 西条市*

【警戒解除地域】

宇和島市

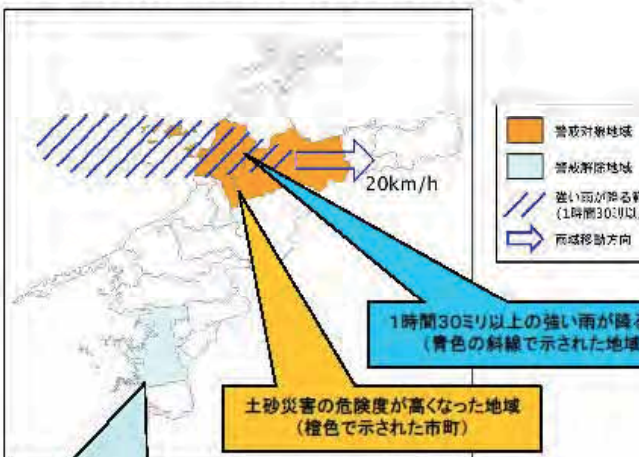
*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

【警戒文】

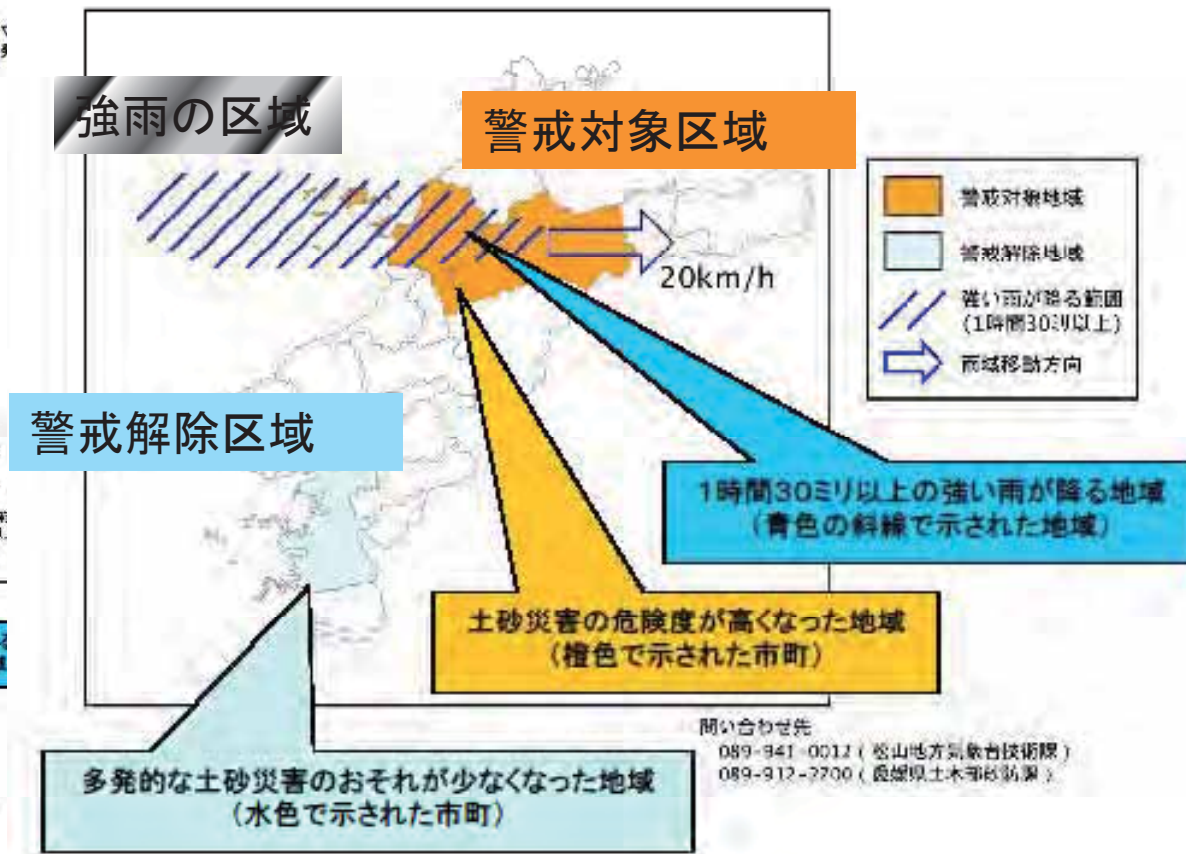
《対象地域拡大》

松山市では、降り続く大雨のため、土砂災害の危険度の非常に高い状態が続いており、今後2時間以内に、東区市、西条市にも広がる見込みです。土砂災害危険箇所及びその周辺では厳重に警戒してください。警戒対象市町での今後3時間以内の最大1時間雨量は、多いところで50ミリです。

なお、宇和島市では多発的な土砂災害が発生するおそれは少なくなりました。



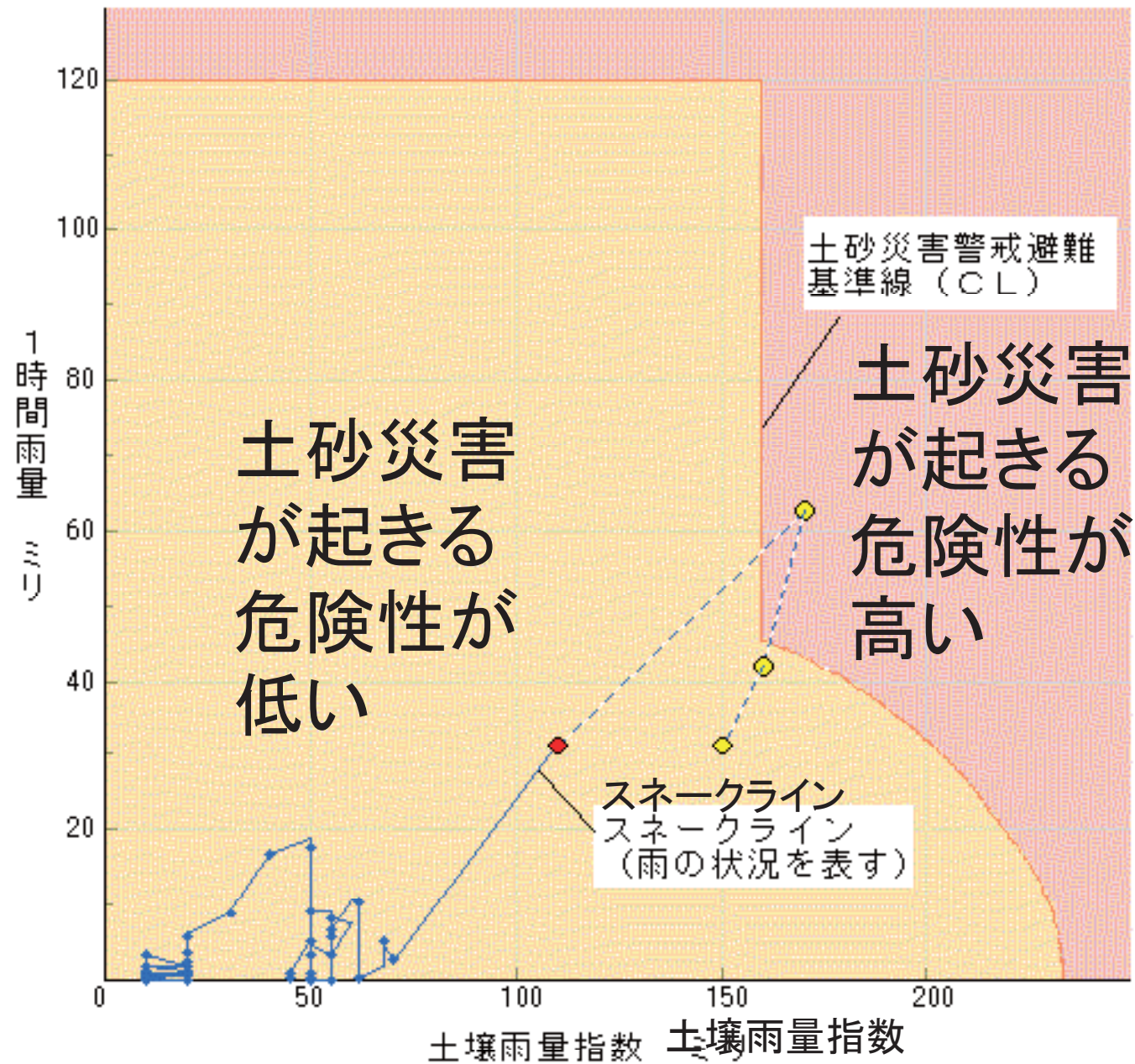
問い合わせ先
089-941-0012 (松山地方気象台技術課)
089-912-2700 (愛媛県土木部防災課)



問い合わせ先
089-941-0012 (松山地方気象台技術課)
089-912-2700 (愛媛県土木部防災課)

土砂災害警戒避難基準雨量の例 (都道府県で作成・公表)

1時間雨量



土砂災害が起きる危険度が高い領域
土砂災害が起きるおそれが高い領域

土砂災害防止法の一部改正

○大規模な土砂災害対策(H23.5.1)

大規模な土砂災害(天然ダム、火山噴火に伴う土石流、地すべり等)が急迫している。



天然ダム、火山噴火に伴う土石流については国、地すべりについては都道府県が緊急調査を行う。



被害が想定される区域・時期(土砂災害緊急情報)を市町村へ通知。一般へ周知



市町村長が住民へ避難を指示(災対法60条)等



土砂災害から国民の生命・身体を保護

防災のあり方

防災は自助、共助、公助の連携が重要

- 自助: 自分の命は自分で守る。
- 共助: 地域住民が連携して地域を守る。
- 公助: 行政(国、都道府県、市町村)が防災のための基盤を整備する。

特に大規模災害が発生した場合には公助(国、都道府県、市町村)による対応に限界がある。・・・多数の箇所と同時に災害が発生するため対応困難。

日常からの防災に関する知識が重要

- ・ ①住民自身が危険区域の中に住んでいるということを日常から知っていることが重要。
- ・ ②土石流（土砂災害）の前兆現象（表-1）や、土石流（土砂災害）の特徴を日常から理解していることが重要。
- ・ ③危険を感じたら、住民が自主的に避難をすることが重要。

豪雨時の自主避難

- 降雨に関する情報、**土砂災害警戒情報**を都道府県のHPや気象庁のHPから取得する。
- 溪流やがけの状況から**前兆現象**を調べる。
- 周辺における土砂災害の発生等の**災害情報**を収集する。
- 土砂災害発生の危険性を判断して**避難**を行う。避難所が遠く、雨量が強い場合は避難することが危険になる場合があるので、近所より安全な場所や、**家の2階**でがけ等から離れた部屋に避難する。

がけ崩れの前兆現象(1)



がけ崩れの前兆現象(2)



土石流の前兆現象(1)



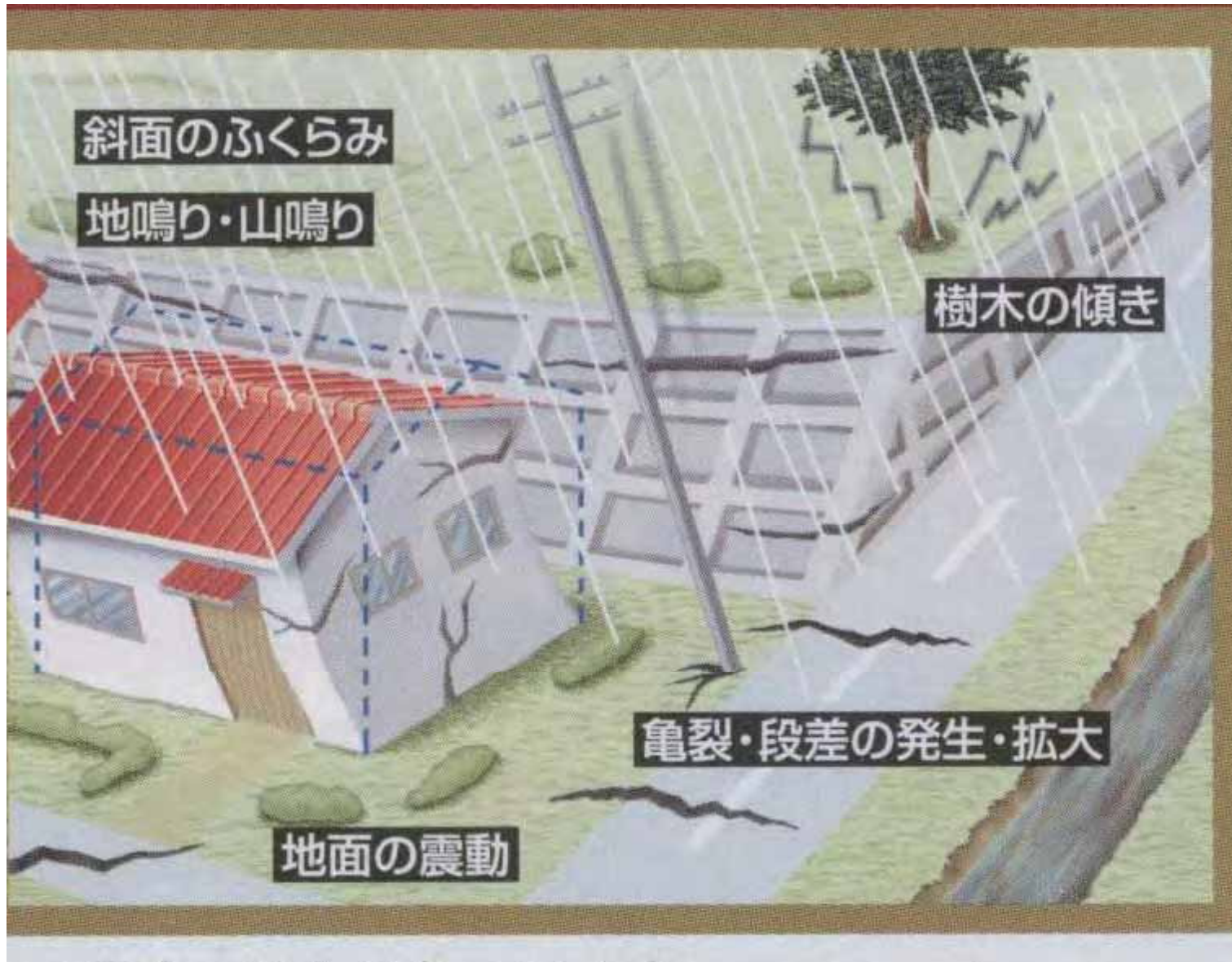
土石流の前兆現象(2)



地すべりの前兆現象(1)



地すべりの前兆現象(2)



(4)天然ダム(土砂ダム、河道閉塞) 対策

災害発生直後は被災者の救出・
救援とともに二次災害の防止(被
害の拡大防止)を急ぐ。

近年の我が国における主な天然ダム

1. 1931－1933年、大和川亀の瀬地すべり、降雨、高さ15m、長さ170m、湛水量1千万 m^3 、人工開削。
2. 1953年、和歌山県有田川災害、降雨、多数発生、最大は金剛寺、高さ60m、長さ500m、湛水量1千7百万 m^3 、約2ヶ月後に台風による豪雨で決壊。
3. 1982年、奈良県西吉野村和田、降雨、高さ15m、長さ180m、湛水量13万 m^3 、人工開削。
4. 1984年、長野県御岳崩れ、長野県西部地震、高さ40m、長さ3.3km、湛水量3.7百万 m^3 、決壊せず 一部人工開削

最近の天然ダム

5. 新潟県中越地震

2004年10月23日発生

東竹沢、寺野の天然ダム

6. 四川大地震(中国)

2008年5月12日発生

唐家山の天然ダム

7. 岩手宮城内陸地震

2008年6月14日発生

湯浜、市野々野の天然ダム等

四川大地震、唐家山天然ダム の例

水が流れは
じめたのは
6月7日

最終的に
深さ40m、下幅約120m、
上幅約220mに拡大した。



6月10日11時 最大流量6,680m³/s

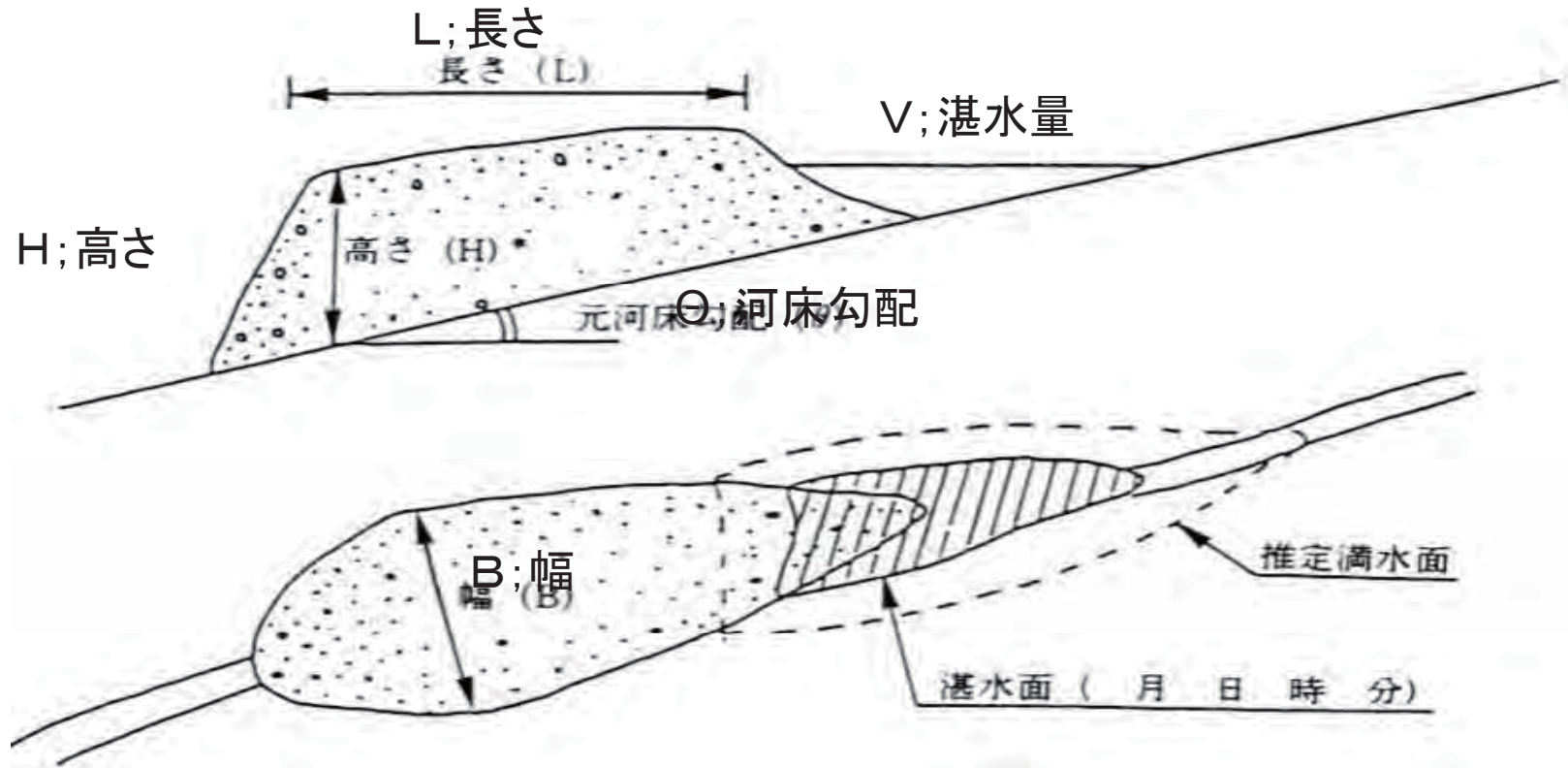
下流にある北川県中心街(曲山鎮)への洪水流下

地震発生直後

天然ダムからの洪水



天然ダムの概念図



$$\text{ダムファクター} = H \times V$$

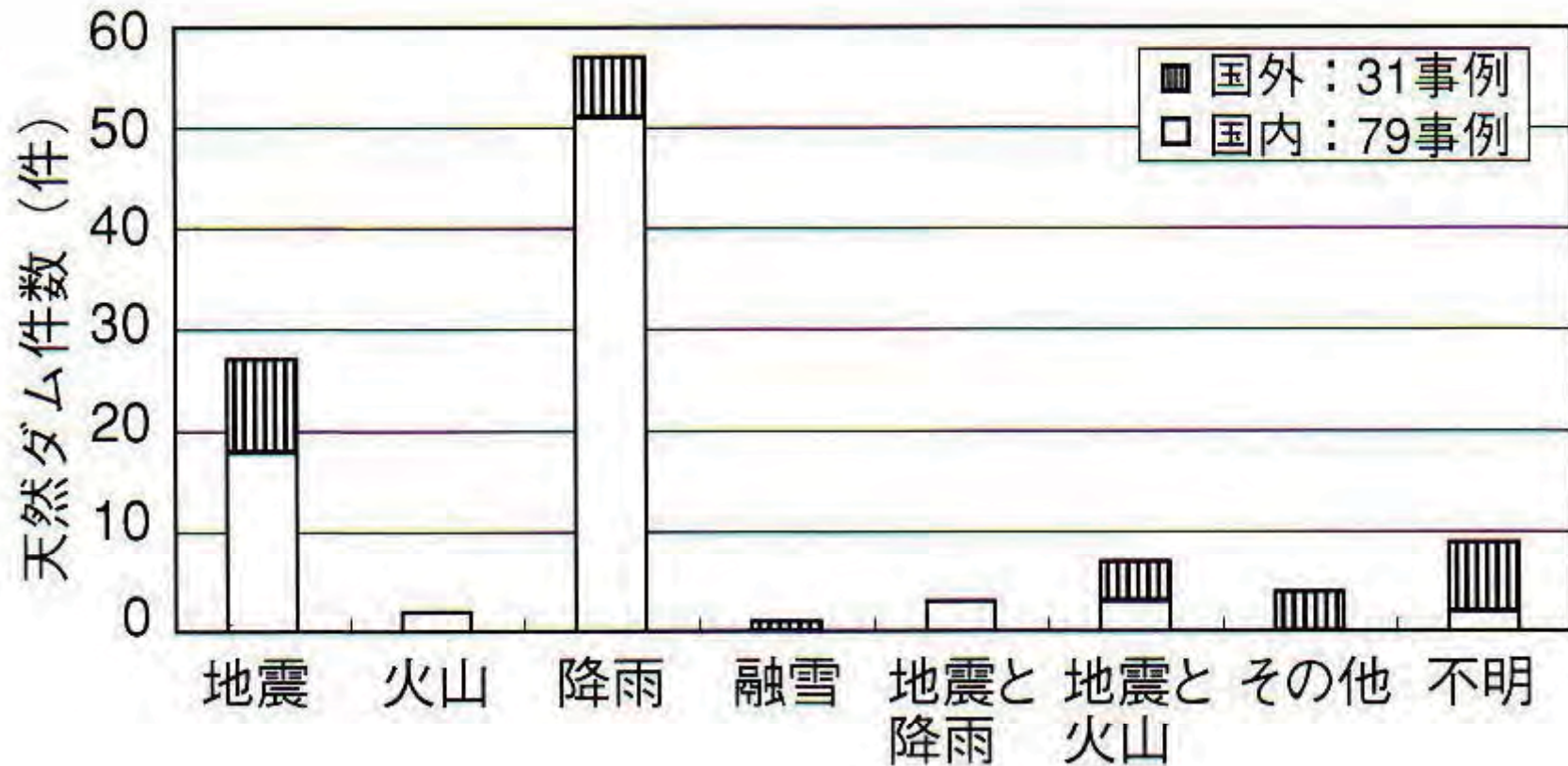
$$\text{Dam-Factor} = \text{高さ} \times \text{湛水量}$$

天然ダムの規模

(計111事例, 内国内80事例の平均値)

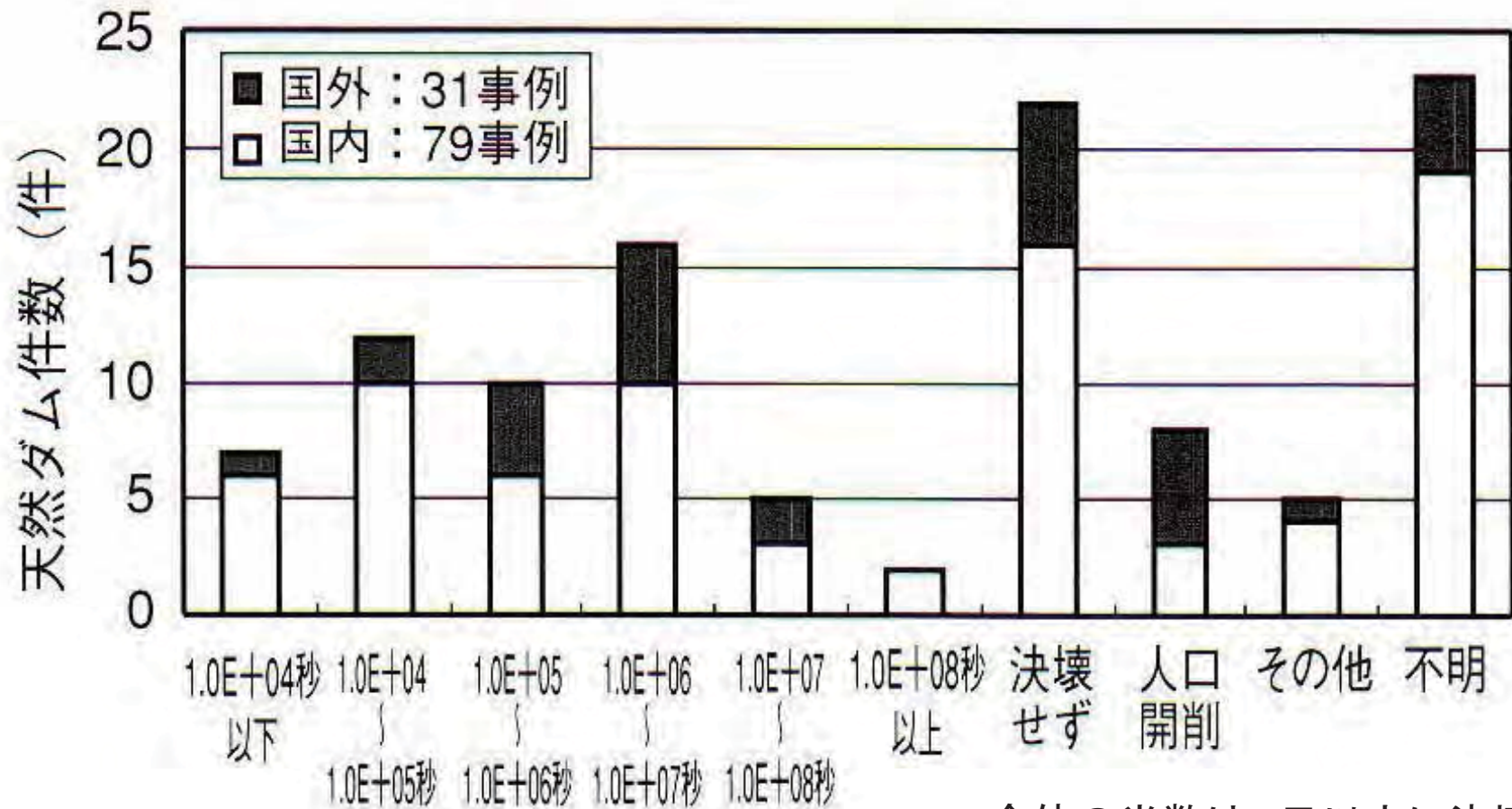
- 長さ: 630m (350m)
- 高さ: 54m (42m)
- 幅(横断方向): 320m (260m)
- 堰き止め土量: 2700万 m^3 (350万 m^3)
- 上流河床勾配: 1/22 (1/22)
- 湛水量: 1億4千万 m^3 (1900万 m^3)
- 平均流量: 43 m^3/s (14 m^3/s)
- ピーク流量: 1500 m^3/s (1400 m^3/s)

天然ダムを生じた斜面崩壊の発生要因



降雨によるものが最も多く、次は地震によるもの

継続時間(越流までの時間); (D)



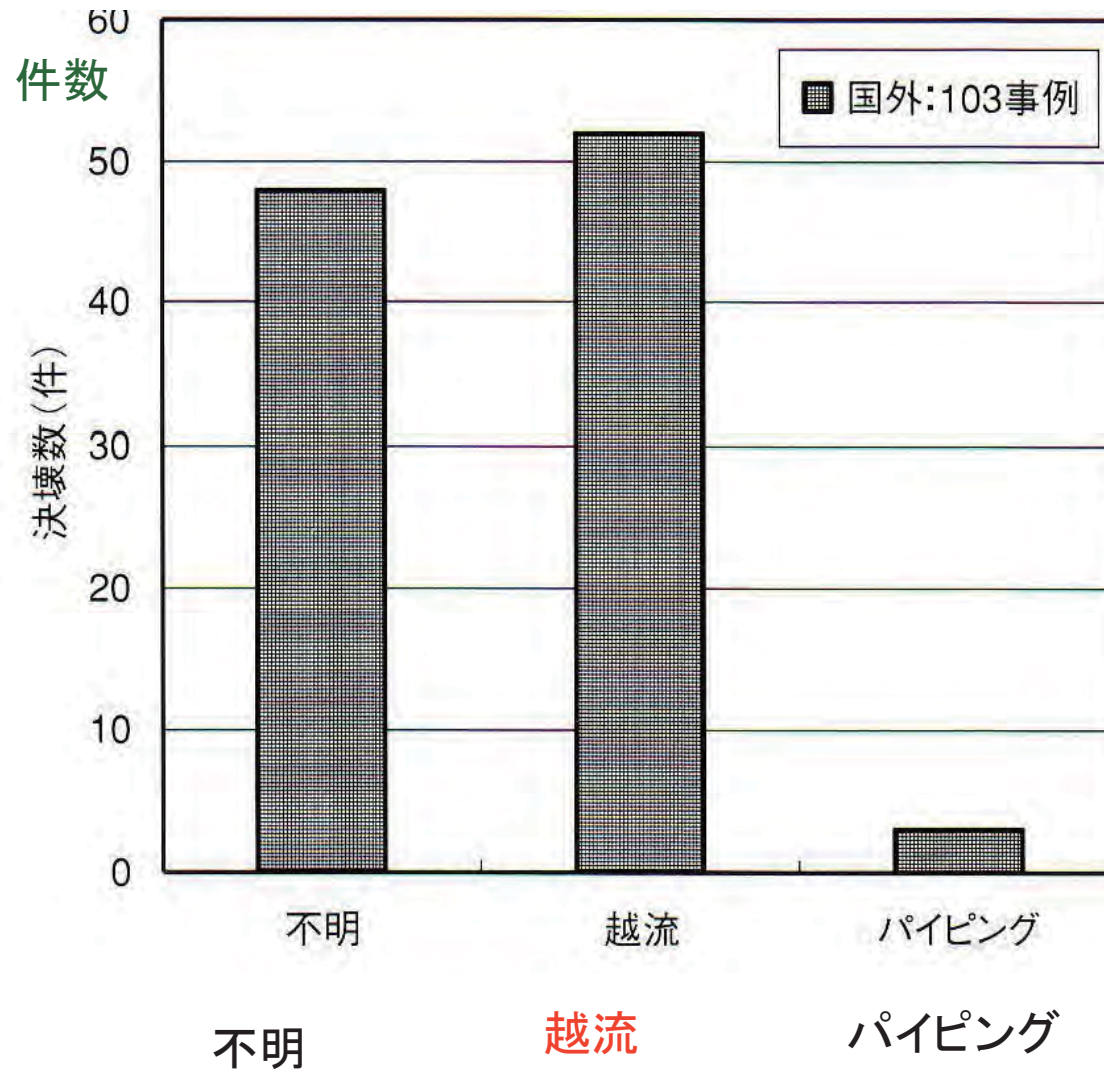
3時間 1日 10日 4月 3年
 平均値: 1年~1.5年

全体の半数は1日以内に決壊している。

天然ダムによる災害対策検討

1. 決壊するかどうか(決壊原因)
 - ・越流によるかパイピングによるか
2. 決壊時刻
 - ・越流開始時刻、浸潤線到達時刻
3. 決壊した場合のピーク流量
 - ・下流河道での氾濫
4. 下流での氾濫範囲
5. 上流での湛水による水没被害

天然ダムの決壊原因

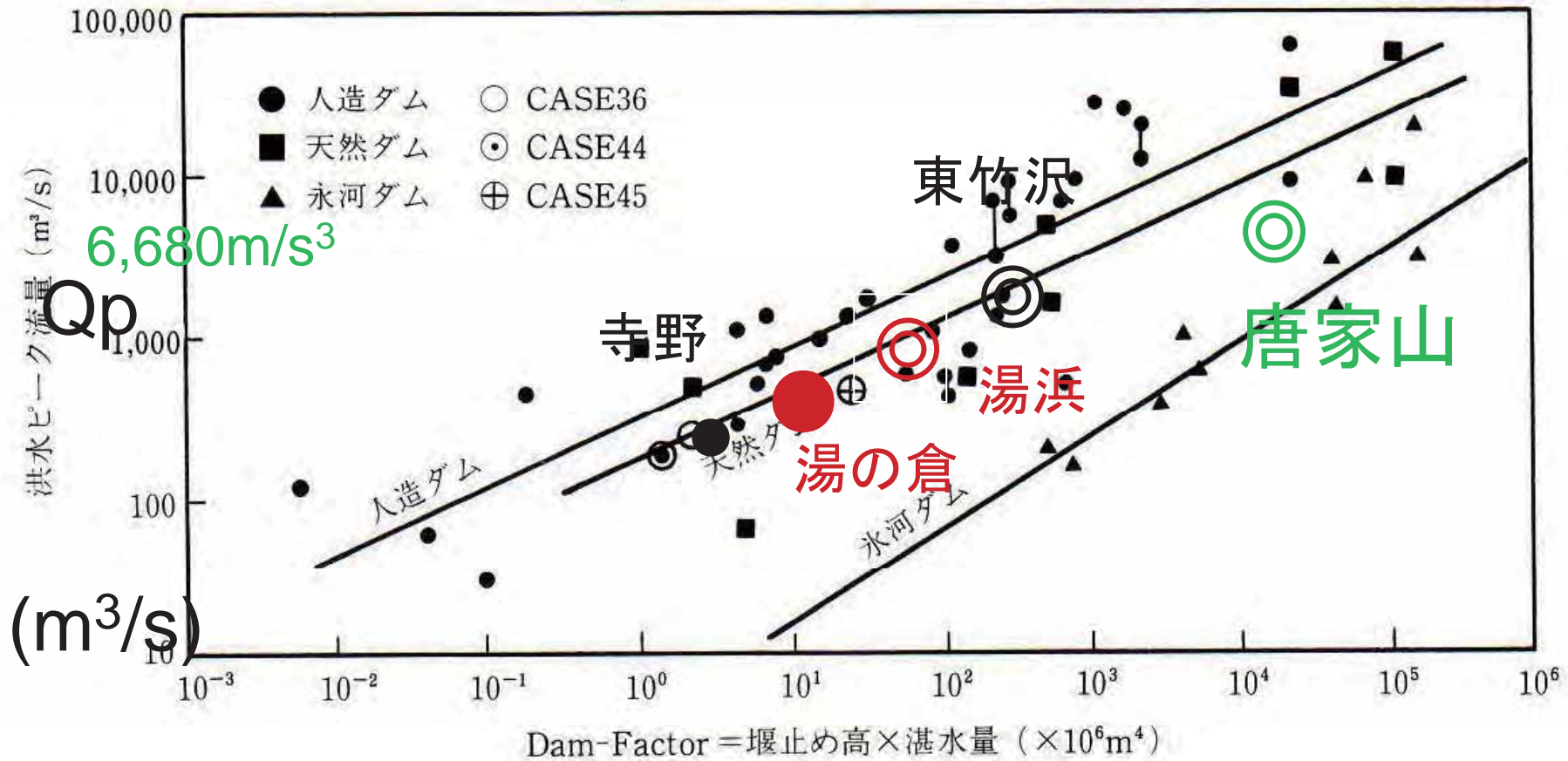


- 越流(構成土砂の浸食)によるものが大半
- パイピングによるものは希
 - 基本的には越流に対応する。
 - 越流時刻≒決壊時刻
 - 小規模のものほど決壊は早い

決壊し易い天然ダム

1. すぐに満水して越流が始まるもの。
 - 流入量が多い(流域面積が大きい)
 - 割には湛水量が小さい(高さが低い、河床勾配が急)
2. 豪雨により形成されたもの。(流入量が多い)
3. 構成材料(土砂)の粒径が小さい。
 - (浸食され易い。透水性が小さく水が抜けないので早く満水する。)

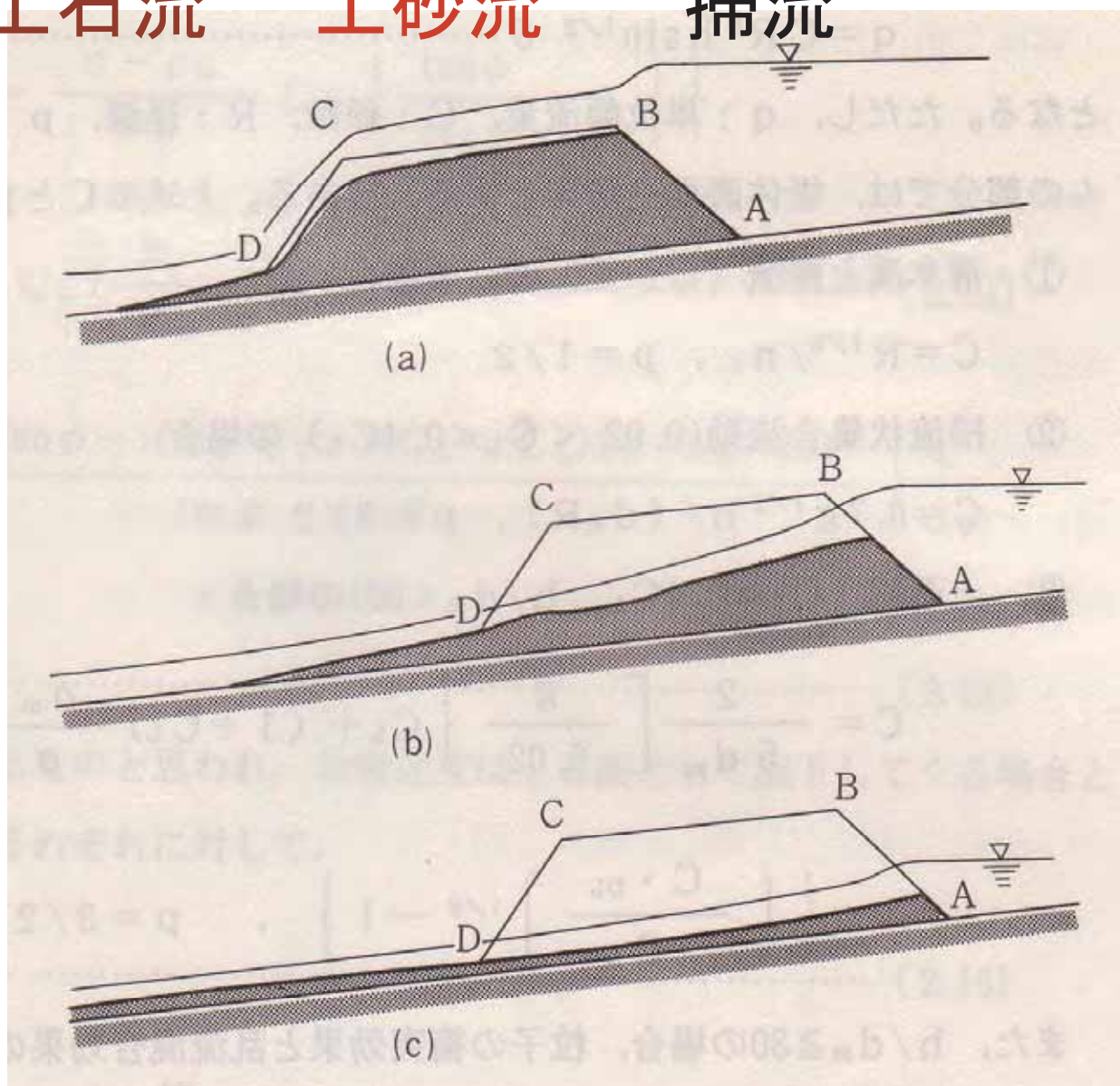
ピーク流量(Qp)の推定 ; Costaによる



$$\text{Dam-Factor} = H \times V (\times 10^6 \text{m}^4)$$

$$80 \times 250,000,000 = 20,000,000,000 = 2 \times 10^{10} \text{m}^4$$

土石流 土砂流 掃流



越流による 決壊過程 模式図

- 土砂の流れの形態は各部および時間の経過により変化する。

シミュレーション計算から分かったこと

1. 高さが大きいほどピーク流量は大きい。
2. 河床勾配が大きいほどピーク流量は小さい。
3. 粒径が大きいほど浸食し難い。(ピーク流量は小さい)
4. 決壊過程には2タイプある。
 - 1): 全面浸食(堤頂面と下流のり面が浸食)
→(ピーク流量小、発生が早い)
 - 2): 部分浸食(下流のり面から浸食)→(ピーク流量大、発生が遅い)

大きな被害が予想される河道閉塞

1. 高さ大きい→ピーク流量大きい
2. 湛水量大きい→ピーク流量が大きい
(= 高さが高く、河床勾配が緩いもの)
3. 土砂の粒径が小さい→急速に浸食されてピーク流量が大きい
4. 流入量大きい→ピーク流量が大きい
(= 流域面積が大、豪雨時)

河道閉塞の調査項目

全てピーク流量に影響する。

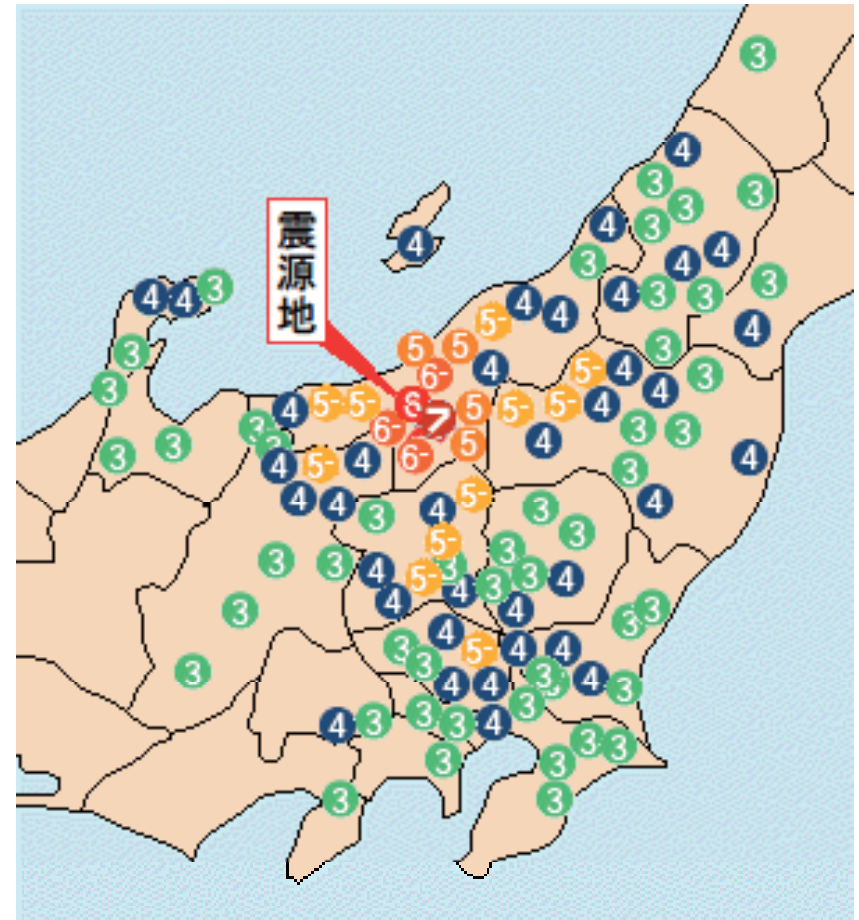
- 高さ: 湛水量の算定に重要
- 幅: 湛水量、流量の推定に重要
- 長さ: 湛水量の算定に重要
- 河床勾配: 湛水量の算定に重要
- 土砂の粒径: 浸食のされ易さの判定
- 上流からの流入量: 満水時刻の推定

応急対策工の実施

- 緊急対策にはポンプ、サイフォンによる排水(水位低下):越流・決壊の防止
- 排水路の設置による水位低下:急速な侵食および決壊の防止
- 下流のり先ドレーンの設置:下流のり先の侵食防止→決壊防止
- 下流にある貯水ダムを水位を低下:決壊により発生する土石流、洪水の捕捉、貯留

新潟県中越地震の例

- 発震：2004年10月
23日 17時56分
- 震源：新潟県中越地方、北緯37度17分30秒、東経138度52分0秒の地点
- 震源の深さ：13km
- M=6.8



東竹沢地区の河道閉塞による湛水状況 ($I=1/160$ 、 $H=30\text{m}$ 、 $V_w=260\text{万m}^3$)



東竹沢地区の湛水状況



東竹沢地区の河道閉塞を起こした地
すべり(長さ:300m、幅:300m、勾
配:16°)



ポンプによる排水 (排水能力 $6\text{m}^3/\text{秒}$)



仮設排水管取水口(径1m×5本)
排水能力10m³/秒



完成した排水路

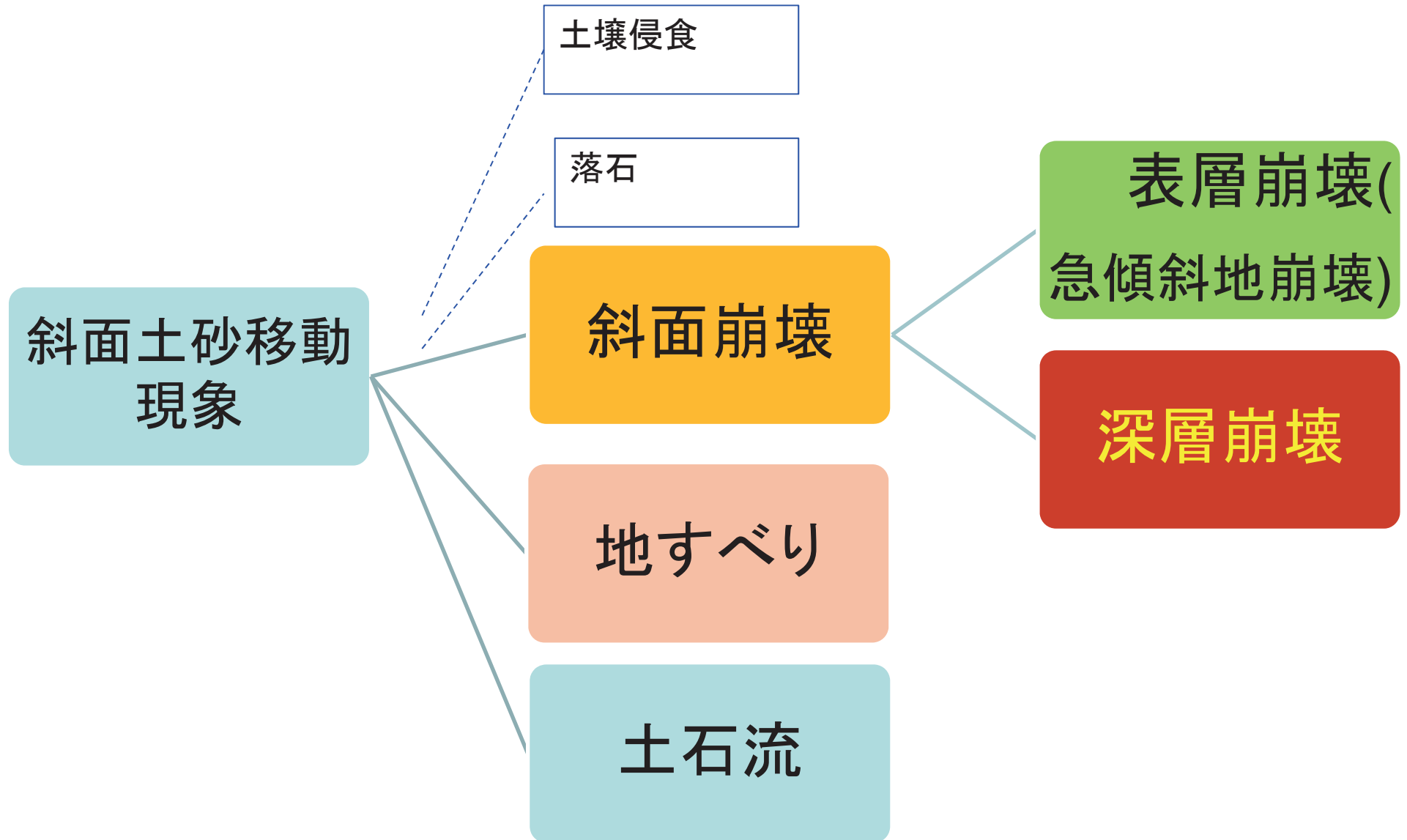


(5)深層崩壊の特徴

○斜面における土砂移動現象

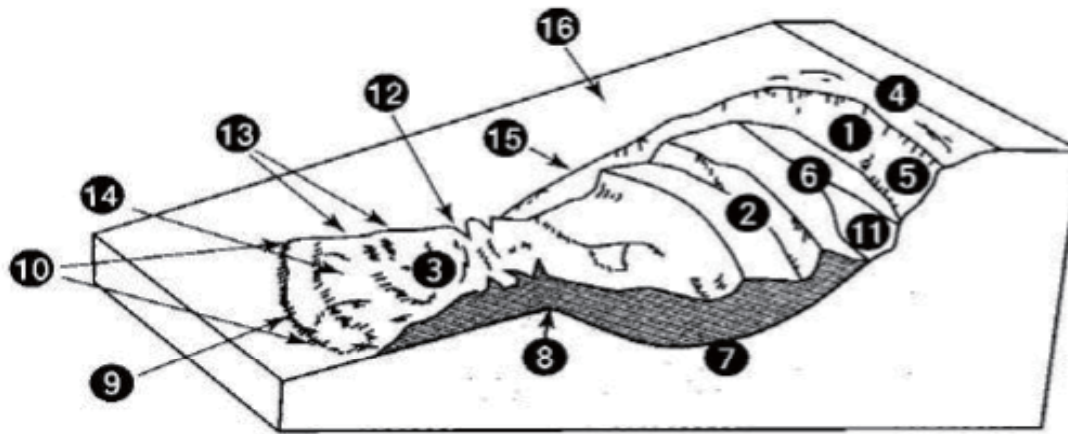
- 土砂災害後を引き起こす斜面土砂移動現象の分類
- 土石流、地すべり、斜面崩壊の違い
- 深層崩壊とは

斜面土砂移動現象の分類



	地すべり	崩壊
①地形	緩勾配。 <u>地すべり地形</u>	急勾配。 非火山地域では斜面の変形等の特徴がみられる場合がある。
②活動状況	継続的、断続的に動いている。再発性。	突発性
③移動速度	小さい	大きい
④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。

地すべり地形



- | | |
|---------|--------|
| ① 滑落崖 | ⑨ 先端 |
| ② 二次滑落崖 | ⑩ 舌端部 |
| ③ 舌部 | ⑪ 引長き裂 |
| ④ 冠頂 | ⑫ 圧縮き裂 |
| ⑤ 頂点 | ⑬ 隆起部 |
| ⑥ 頭部 | ⑭ 圧縮き裂 |
| ⑦ すべり面 | ⑮ 側面 |
| ⑧ 脚 | ⑯ 原地表面 |

- ① 等高線の乱れ。上部で縮、中部で広、末端部で縮まる。
- ② 上部に馬蹄形、四角等の滑落崖がある・中部は緩斜面地
- ③ 凹地、陥没地、亀裂等が存在する。山頂部に帯状の陥没
- ④ 池、沼、湿地の規則的な配列が見られる。
- ⑤ 地すべり側面は、沢状、もしくは亀裂となっている。
- ⑥ 地すべり背後の尾根は、陥没地形となっていることが多い。
- ⑦ 斜面の末端は急傾斜となり、隆起や押し出しがある。

崩壊の事例(多様な規模、下流で土石流・天然ダム)

福島県からまつ荘、
1998年8月27日:
0.3万 m^3 、死者5人



熊本県集川、2003年7月20日:
4.3万 m^3 、死者・行方不明者15人



長野県大西山崩壊:
1961年6月29日、320万 m^3 、
死者・行方不明者42人



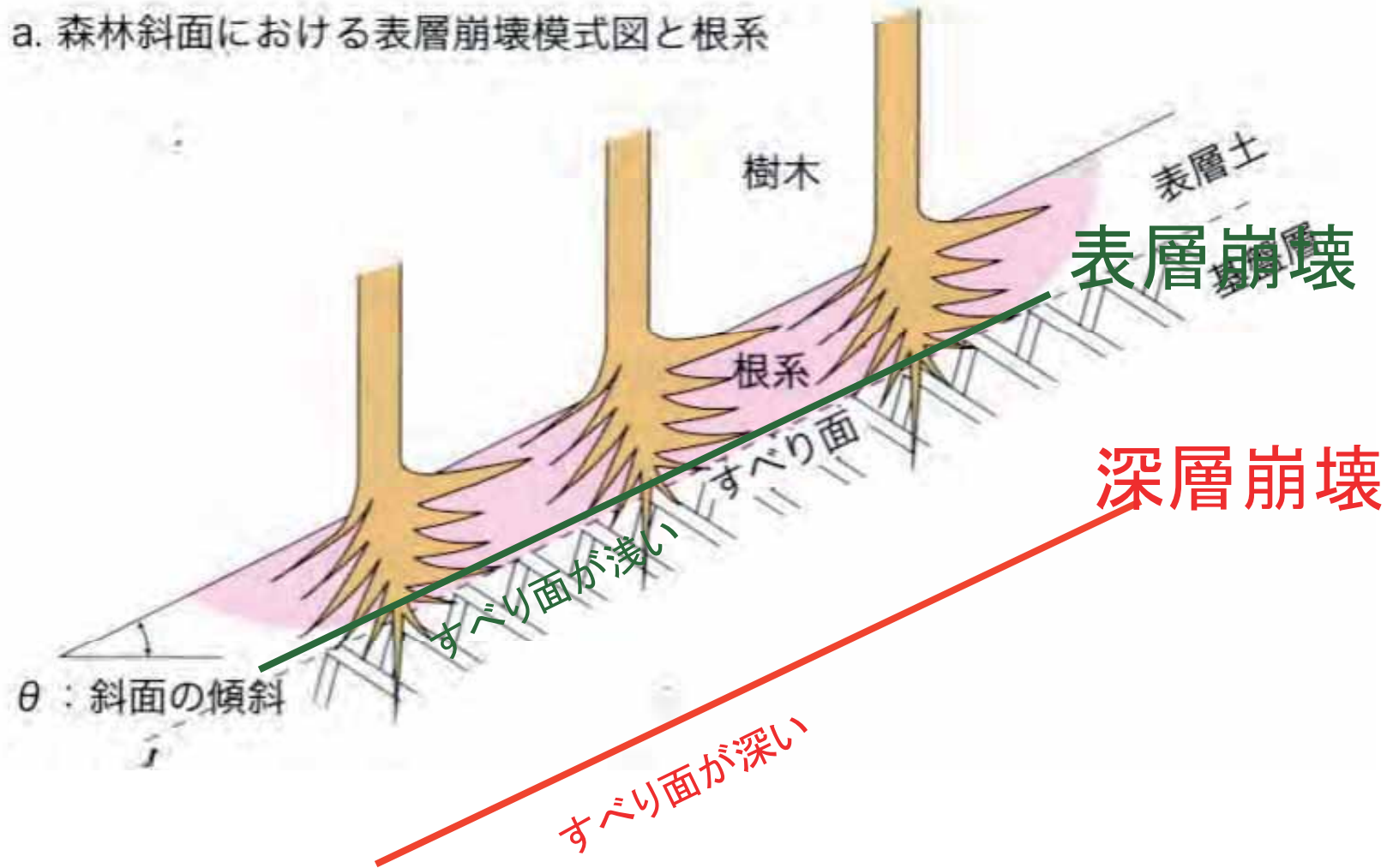
鹿児島県針原川、1997年7
月10日:
15万 m^3 、死者・行方不明
者21人



	表層崩壊	深層崩壊
①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。
②兆候 (地形、地下水)	ほとんどない	有る場合がある。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
③深さ	浅い(2~3m以 内)	深い(2~3m以上)
④土質	表層土	基盤
⑤植生の 根の影響	有り(根系緊縛 力)	無し(根系が達していない深さで崩壊)
⑥規模	小規模(比高 小)	大規模(比高大)

表層崩壊と深層崩壊

a. 森林斜面における表層崩壊模式図と根系



豪雨・融雪に起因する明治期以降の崩壊土砂量10万 m^3 以上の崩壊

隆起量の大きい場所で多数発生

地質的に傾りがある
(付加体で多数発生)

日本と同じく隆起速度が大きい台湾、フィリピン、ニュージーランドなどで深層崩壊が多い。

深層崩壊は、地震、火山とともに日本の国土の特徴的な災害

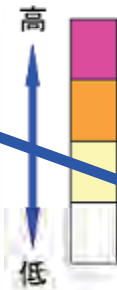


深層崩壊の発生し易い箇所

多重山稜
線状凹地
岩盤クリープ
山頂緩斜面
円弧状亀裂

どの指標も存在しない
ほとんど深層崩壊の
発生のおそれのない渓流

発生実績のある溪流



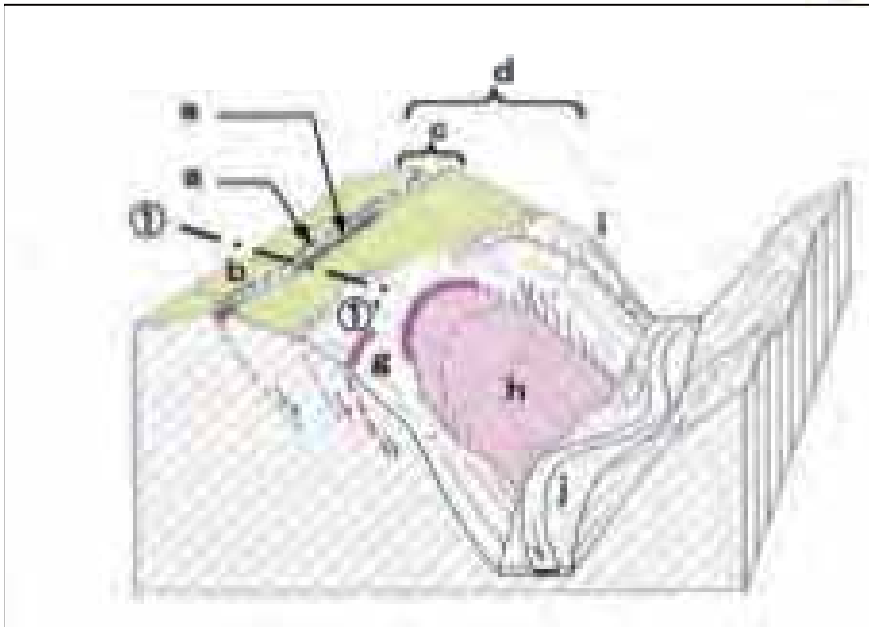
発生実績のある溪流

微地形

地形景の特徴

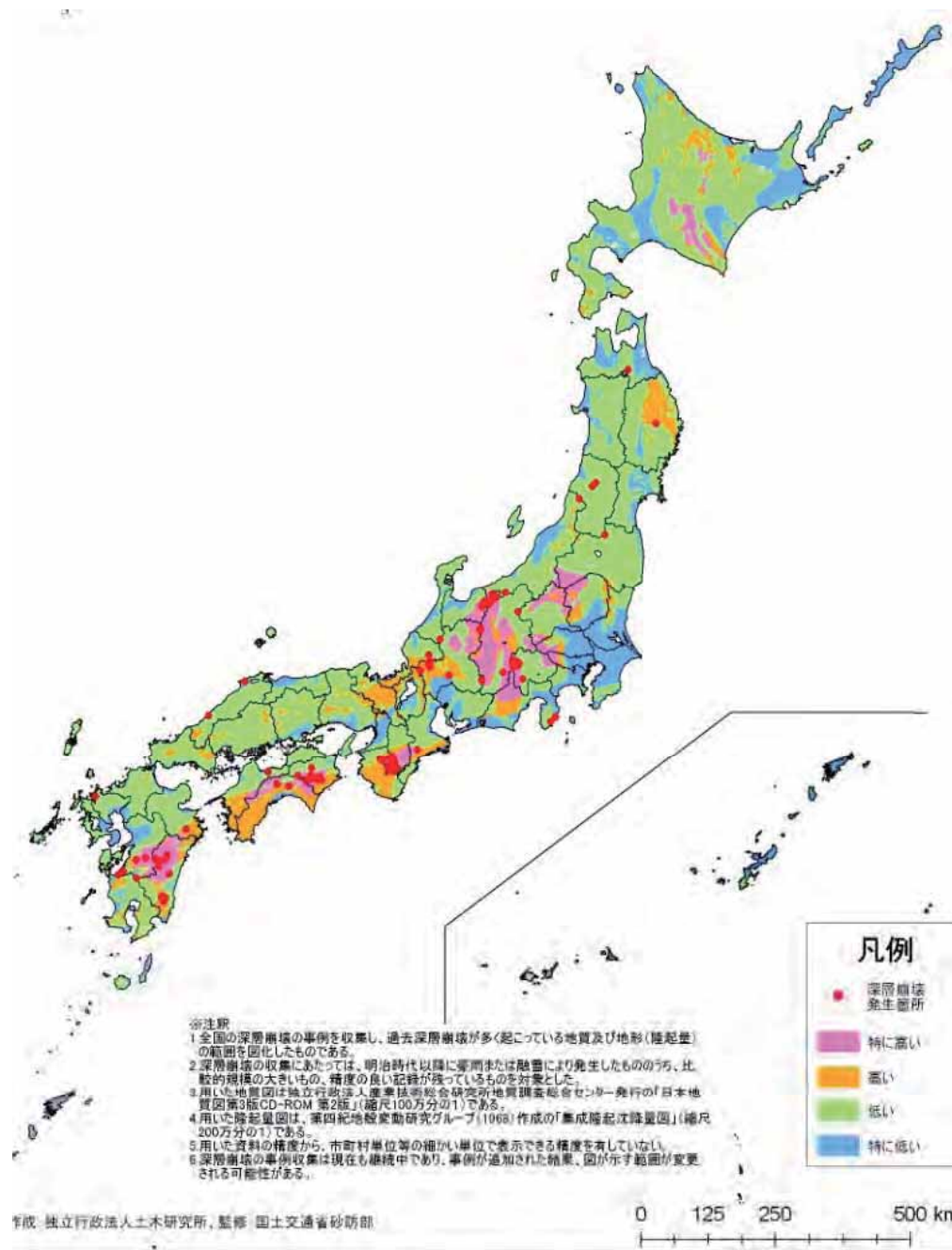
水の外力
勾配と
集水面積

深層崩壊跡地
地すべり地形

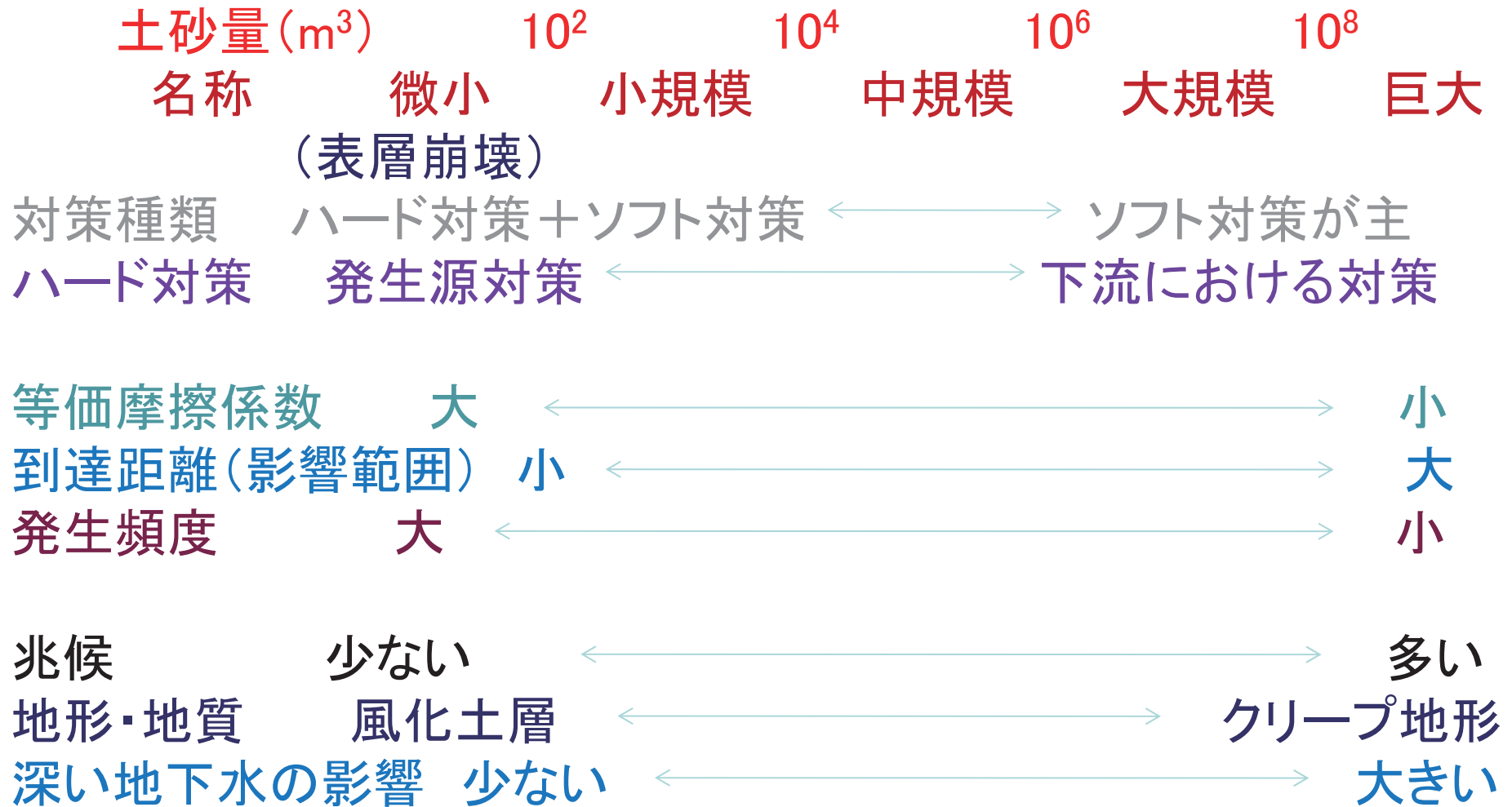


深層崩壊推定 頻度マップ

作成:(独)土木
研究所
監修:国土交通
省砂防部



深層崩壊の規模による区分



深層崩壊の発生誘因による区分

発生誘因	降雨	地震
発生原因	地下水位の上昇(間隙水圧の上昇) →深層地下水排水工が有効	地震動(加速度、周期) 地下水の影響もある
地形	集水地形(谷地形)	尾根地形、凸部
土質	透水係数	振動特性(弾性係数、減衰定数等)