



公益社団法人 地盤工学会

平成30年7月豪雨を踏まえた
豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題
- 地盤工学からの提言 -
【暫定版】

2.2 斜面の被害

山口大学
鈴木 素之

【斜面WG】

氏名	所属	関連委員会・推薦・調査団
鈴木素之	山口大学	JGS専門委員・JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会委員長
上野将司	応用地質	JGS専門委員・JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
宇次原雅之	日特建設	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
伊藤和也	東京都市大学	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
吉川修一	八千代エンジニアリング	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
後藤 聡	山梨大学	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
稲垣秀輝	環境地質	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
岩佐直人	日鐵住金建材	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
石田幸二	和歌山航測	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
中野裕司	エコサイクル総合研究所/中野緑化工技術研究所	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
北爪貴史	東電設計	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
美馬健二	太田ジオリサーチ	JSCE地盤工学委員会斜面工学研究小委員会
森脇武夫	広島工業大学	斜面WG長推薦（広島担当）
太田岳洋	山口大学	斜面WG長推薦（山口担当）
佐藤文晴	岡山理科大学	斜面WG長推薦（岡山担当）
福井謙三	基礎地盤コンサルタント	斜面WG長推薦
沢田和秀	岐阜大学	中部調査団長
芥川真一	神戸大学	関西調査団長
鏡原聖史	ダイヤコンサルタント	関西調査団幹事長
珠玖隆行	岡山大学	岡山調査団
土田 孝	広島大学	広島調査団長
加納誠治	高専機構	広島調査団
橋本涼太	広島大学	広島調査団
森伸一郎	愛媛大学	四国調査団
石川達也	北海道大学	北海道支部推薦
古谷 元	富山県立大学	北陸支部推薦
笠間清伸	東京工業大学	九州支部推薦
酒匂一成	鹿児島大学	九州支部推薦

はじめに—斜面被害の概要

1. 長時間継続した豪雨により，土石流が連鎖的に発生し，広域で無数の土砂災害が発生した.
2. 土砂と洪水が一体となった氾濫（土砂洪水氾濫）が発生した．また，後続流により細粒な砂が流出し続けた．呉市天応地区などでは大量の土砂が堆積した.
3. 土石流が住宅だけでなく道路，鉄道，水道などインフラも破壊した.
4. 緩い勾配の斜面でも崩壊・土石流が発生した.
5. 花崗岩だけでなく流紋岩などの様々な地質で土石流・崩壊が発生した.

広島県安芸郡熊野町川角五丁目 大原ハイツでの被害状況

(2019年3月12日, 第7回防災学術連携シンポジウムで報告)



- 7月6日20時00分頃に土石流が発生
- 死者12名
- 多数のコアストーンが流入し, 被害が拡大

- 住宅地の背後の溪流には10 mを超える巨大なコアストーンが多数残積
- 巨石の下には過去の堆積物がある

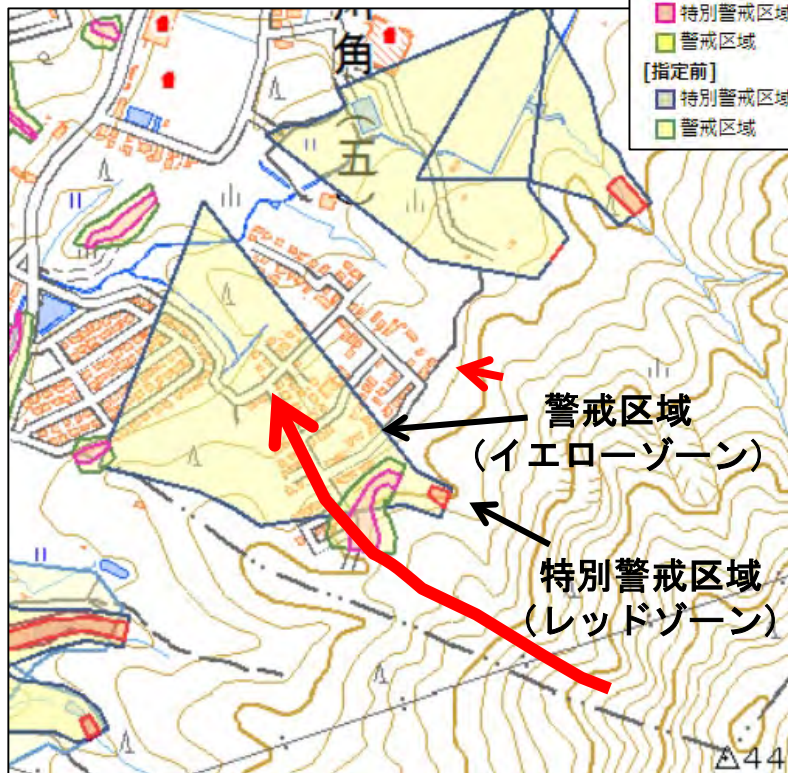
(スライド提供: 広島工業大学 森脇武夫教授)

大原ハイツにおける土砂災害警戒区域・特別警戒区域

(2019年3月12日, 第7回防災学術連携シンポジウムで報告)



国土地理院 空中写真



広島県防災Web



土砂発生量

想定 4,868 m³

実際 12,100 m³
(約2.5倍)



土砂量の見積もり

被災地の大部分は土砂災害警戒区域の範囲内であるが、南側溪流の土石流は想定外

(スライド提供: 広島工業大学 森脇武夫教授)

広島県安芸郡坂町小屋浦での被害状況

(2019年3月12日, 第7回防災学術連携シンポジウムで報告)

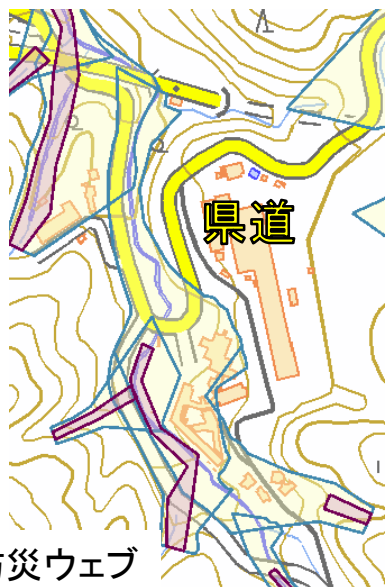
- 7月6日19時25分頃から複数の溪流で土石流が発生
- 死者15名
- 多数の溪流から土石流が河川に流入し、橋や暗渠部で閉塞し、溢れた大量の土砂が住宅に流入するとともに、道路を流下し、流域全体が土砂と洪水で被災
- 新しいタイプの災害
「土砂洪水氾濫」



(スライド提供: 広島工業大学 森脇武夫教授)

土石流による車両の被災（広島市安芸区）

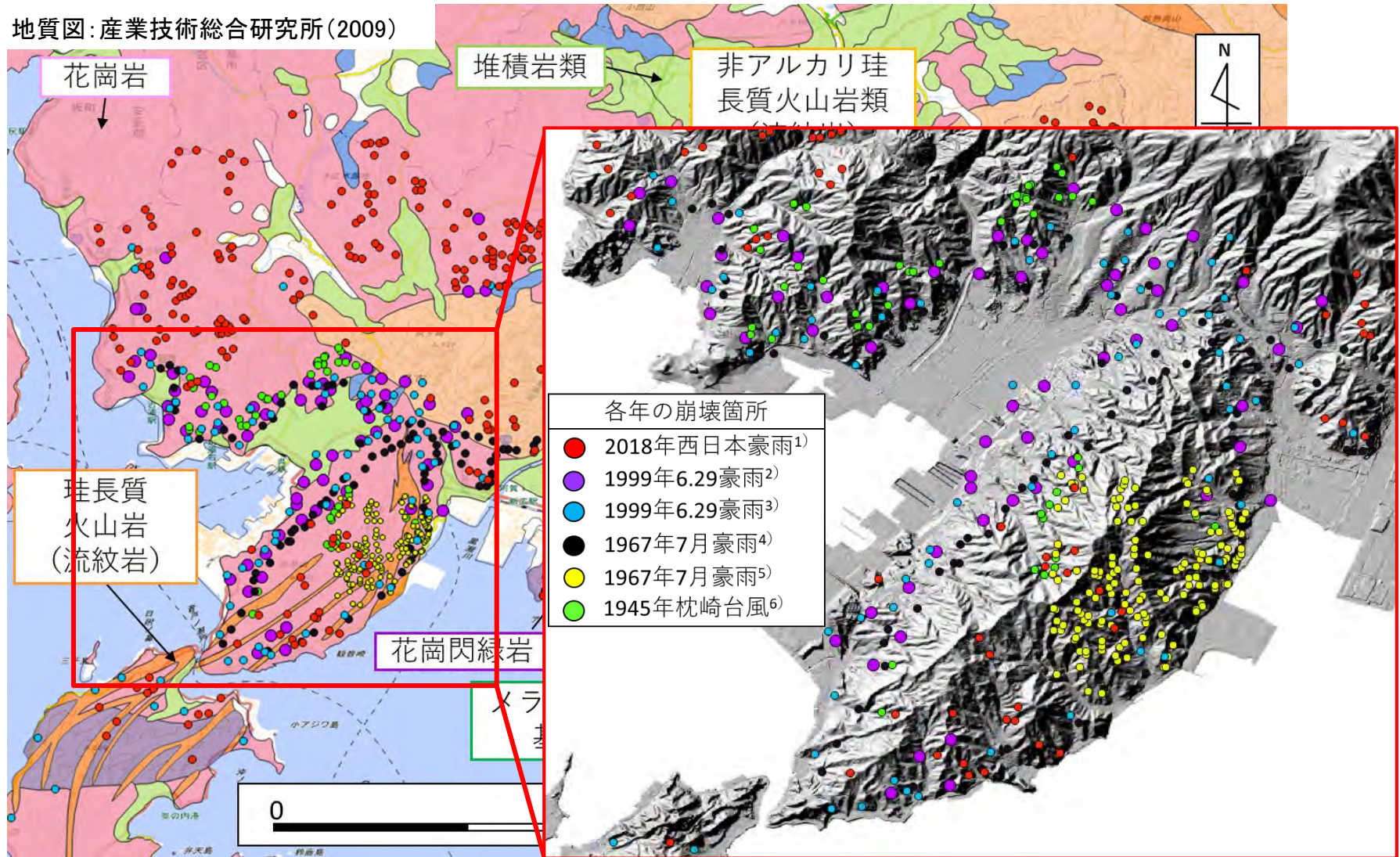
溪流から流出した土石流が山あいの傾斜した道の上を流れ、停車中の車両が巻き込まれた。道路は市が管理する県道であるため、通行止等の措置がされていなかった背景もあった。



(スライド提供: 広島大学 土田孝教授・橋本涼太助教)

呉市における崩壊箇所の変遷

地質図: 産業技術総合研究所 (2009)



- 同じ斜面またはその周辺で崩壊・土石流が繰り返し発生
- 過去の崩壊箇所の位置関係を比較することで、被災リスクの変遷を把握

引用文献

- 1) 国土地理院, 2018.
- 2) 日本応用地質学会中国四国支部災害調査チーム, 1999.
- 3) 広島県土木建築部砂防課, 2003.
- 4) 広島県土木建築部砂防課, 1997.
- 5) 平尾公一・大久保駿, 新砂防, 1967.
- 6) 広島県土木部砂防課, 1951.

地盤工学に関する課題の抽出

(2019年3月12日, 第7回防災学術連携シンポジウムで報告)

- 道路や市街地を通して土砂の到達範囲が拡大
- 土石流によって道路利用者が被災した
- 想定を上回る土砂量が発生した
- イエローゾーンに指定されていない区域でも被害が出た
- 土石流の到達範囲が沢の向きや建物、道路の位置、標高によって変化した
- 沢の暗渠部、水路の狭窄部、橋梁下、道路横断カルバートなどで閉塞が起こり、「土砂洪水氾濫」が起こった

提言作成プロセス

1. 過去の豪雨地盤災害（2009年以降の主な災害）に対するレビュー

各災害から明らかになった課題と教訓の拾い出しを行った。また、平成31年2月時点で、その達成度に関してコメントをつけた。

2. 2009年版の提言の達成度の確認

上記の結果をもとに、2009年提言「3. 切土・盛土および自然斜面」に照らして、チェックシートにて提言の達成度を確認する。

3. 2019年版の提言案の作成と絞り込み

レビュー結果のうち共通することに対して、それに対応する2009年版提言の手直し、あるいは、なければ新しく提言を設けることとした。2009年版提言は数が多いので、できるだけ少なくすることとした。

4. 提言案の文面および解説文・図面のチェック

提言をピア・レビューする。また、なるべく提言の解説には写真・図も入れて具体的なものとした。

5. 提言案の最終チェック

11/21に広島、12/11に東京、3/29に東京にて計3回の会議とメール会議を開催した。

斜面WGチェックシート

提言区分	提言項	提言の対象者						提言の達成度 A: 提言を実施済み実装済み(マニュアル完成以上・社会実装が動いている) B: 提言を実施中であるが完了するかどうか未定(研究はほぼ終了、マニュアル作成中) C: 提言について計画中であり未着手(研究開発段階) D: 提言の変更・削除(実装不可能・ニーズから外れた)	判定				判定数	
		社会	行政	施設 管理者	技術 者	研究者	学会		A	B	C	D		
		A～Dを選択							A	B	C	D		
3.1 全般	提言 3.1-1(人の命を守る防災・減災)	○	○	○	○	○	○	B	0	8	4	0	12	人命が 発生後 のレス ポンス に 関する 防災を
	提言 3.1.2-1(崩壊危険度判定手法の高度化と効果的な対策工)				○	○	○	B	1	9	3	0	13	
	提言 3.1.2-2(適切な維持管理)		○	○	○			B	0	8	3	0	11	
	提言 3.1.2-3(耐震、耐豪雨対策)		○	○	○	○	○	B					9	
	提言 3.1.2-4(リアルタイム防災システム)	○	○		○	○	○	B					14	
	提言 3.1.2-5(斜面地盤データベース)		○	○				(B)	0	8	2	0	10	
3.2 対象別提言														
3.2.1 道路	提言3.2.1-1(通行規制等の緩和・解消)		○	○		○	○	B	2	6	2	0	10	
	提言3.2.1-2(情報の整理・管理)			○				(B)	0	6	2	0	8	

作成者:
赤丸は委員により追加されたもの

作成者:
他の提言と統合あるいは廃止or移す提言には斜め罫線を引いた。

作成者:
評価者が「 提言の対象者」のいずれにも該当しないので、基本的に評価は不能もしくは困難。この場合、他と区別するために両括弧付きとした。

害警戒情報の高度化と活用)

B

0

11

2

1

14

必要なし

の周知に関する部分は別に示す

ルートや避難場所の確保も必要である。

2019提言の構成

提言数：28→14

提言2.1 人命・財産を護る地盤技術

提言2.2 危険度判定の高度化と効果的な対策工，既設対策工の維持管理・機能強化

提言2.3 モニタリングとリアルタイム情報マネジメントに基づく地盤防災システムの構築

提言2.4 地盤・地下水データベースの構築と公開

共通

提言2.5 道路・鉄道－設計・施工・災害時の情報の一元管理による効率的な防災点検の実施

道路・鉄道

提言2.6 道路・鉄道－予防保全と事前通行規制・運転規制の適正な緩和，解除に向けた研究・技術開発

提言2.7 道路・鉄道－0次谷の崩壊メカニズム解明やモニタリングによる適切な対策工法の開発

提言2.8 砂防・治山－表層風化地盤の広域的・効率的な地盤調査手法の開発

砂防・

提言2.9 砂防・治山－溪流全体の砂防施設の性能向上と防災教育の推進

治山

提言2.10 砂防・治山－景観・生態系から災害対策までの総合的な森林管理の推進

提言2.11 宅地－情報の公開とその理解促進

提言2.12 宅地－不動産売買に際しての地盤情報継承制度の確立

宅地

提言2.13 宅地－地盤災害履歴情報を含むハザードマップの作成とその活用

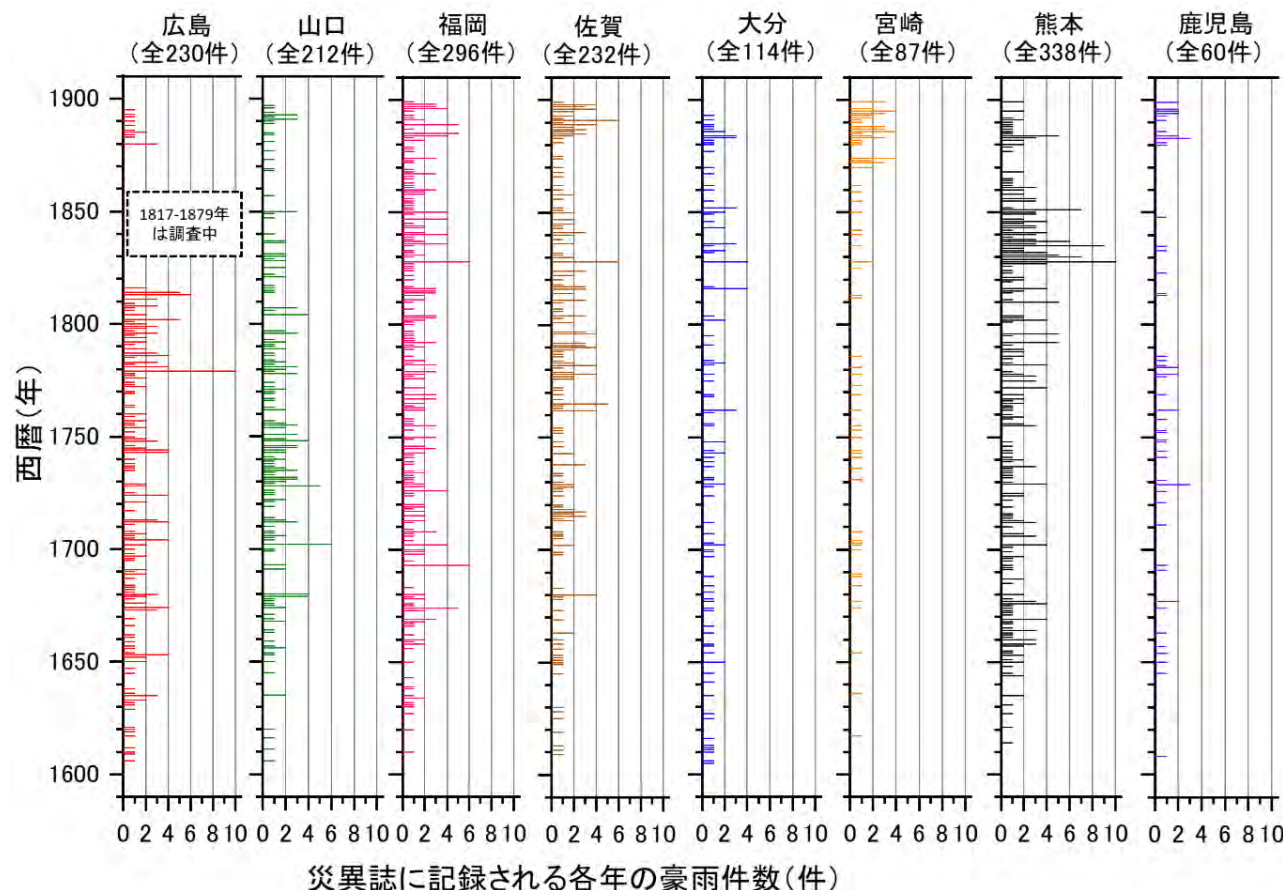
提言2.14 土地・地盤の公的管理の強化

共通

提言2.1 人命・財産を護る地盤技術

(長期, 社会全体)

豪雨および地震に対して安全な切土・盛土の構築・維持管理を行うとともに、既存の切土法面、盛土法面および自然斜面の安定性を評価し、効果的で効率的な対策や仕組みを構築する。これにより、崩壊・土砂流出による人命および財産の損失ゼロを目指す。また、災害発生後の生活・社会基盤のレジリエンスを念頭においた防災対策・減災対策の確立を目指す。



特に追加した検討事項：

- ① 土砂と洪水が一体となった現象の解明と予測，土砂・水のスムーズな流下
- ② 想定外区域からの土砂等の流入による土構造物の機能維持
- ③ 災害履歴や被災リスクを考慮した避難方法，土地利用

工学的アプローチは限界？

他分野との一層の連携

図2.1-1 広島，山口および九州地方の各災異誌に記載された1600～1900年の豪雨件数の推移

提言2.2 危険度判定の高度化と効果的な対策工，既設対策工の維持管理・機能強化 (短期，施設管理者・専門家)

増大する外力に対して切土法面・盛土法面と自然斜面の崩壊危険度判定の高度化を図り，それに基づく効果的な崩壊防止対策を検討・実施していく必要がある。また，既設の対策工の維持管理と機能強化を進めていく必要がある。

雨量条件，崩壊規模を適切に設定し，降雨時の斜面の安定性評価や崩壊危険度判定の精度向上を図る

提言2.3 モニタリングとリアルタイム情報マネジメントに基づく地盤防災システムの構築 (長期，施設管理者・専門家)

防災・減災に寄与できる地盤防災システムの構築を図っていく必要がある。地震時，豪雨時に多種多様な形態の被害がみられる道路や鉄道では，危険度をよりの確に評価するモニタリング等の技術開発と地震直後，降雨中の被災危険度を示すリアルタイムハザードマップの整備を推進する必要がある。さらに，防災施設の整備状況や過去の災害履歴もハザードマップに組み込むことが重要である。

土砂災害警戒区域以外でも災害が発生→時々刻々と変化する災害→**モニタリングをもとにリアルタイム・ハザードマップの整備**



写真2.3-1 道路横断管の閉塞状況⁴⁾



写真2.3-2 崩壊土砂がトンネル内に流入している状況⁵⁾

提言2.4 地盤・地下水データベースの構築と公開

(長期, 施設管理者)

豪雨地盤災害の防災対策・減災対策をより効果的かつ高精度に推進するため、災害発生斜面周辺の地下水を含めた地盤情報のデータベースの構築や充実, 並びに公開を図っていく必要がある。

地域的な風化程度や地下水によって被害が特徴づけられる→地下水を含む詳しい地盤情報のデータベースが必要

提言2.5 道路・鉄道—設計・施工・災害時の情報の一元管理による効率的な防災点検の実施 (長期及び短期, 施設管理者・専門家)

何年か一度に行われる一斉総点検, 日常管理, 土構造物の耐震性の検証などにおいては, 災害発生時や施工時の写真, 締固め施工管理データ, 自然斜面を含めた地盤のデータベースなどの情報がきわめて有効であり, 設計, 施工, 災害時の情報を一連のものとして蓄積し, 管理に生かすようにしなければならない。

表2.5-1 ハード対策による地盤リスク対応¹⁾

分類		リスク対応技術
リスクの顕在化前	事前対策	【調査・設計・施工技術】 ・合理的な構造物強化 ・入念な調査と結果の評価 ・高度かつ慎重な工学的判断 ・性能規定型設計 ・物性値の統計処理 ・リスク事例の集積と類型化 ・適正な質・量の調査・試験
リスクの顕在化後	応急対策	【設計・施工技術】 ・地盤改良技術 ・補強盛土技術 ・法面補強技術 ・地下水対策技術
	恒久対策	
	事後処理	

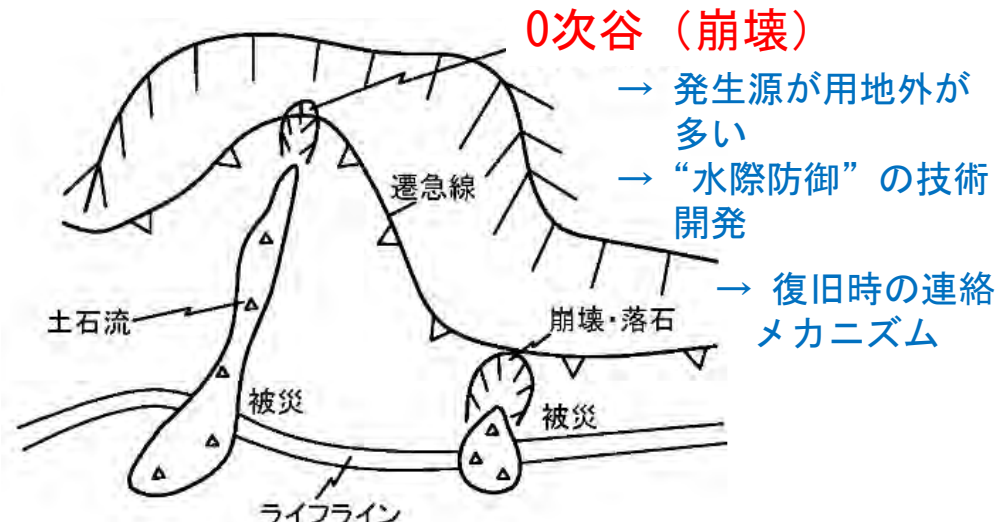


図2.5-1 西日本豪雨災害で多発した遷急線直下の崩壊と0次谷での斜面崩壊と土石流 (稲垣原図)

提言2.6 道路・鉄道—予防保全と事前通行規制・運転規制の適正な緩和，解除に向けた研究・技術開発

(長期及び短期，施設管理者・専門家)

道路・鉄道の斜面災害を未然に防ぐため，防災点検を含めた日常管理を基本にして予防保全とともに，適切な事前通行規制や運転規制は長年実施されているが，事前通行規制や運転規制の緩和・解除に向けた研究・技術開発の取り組みが重要となる。

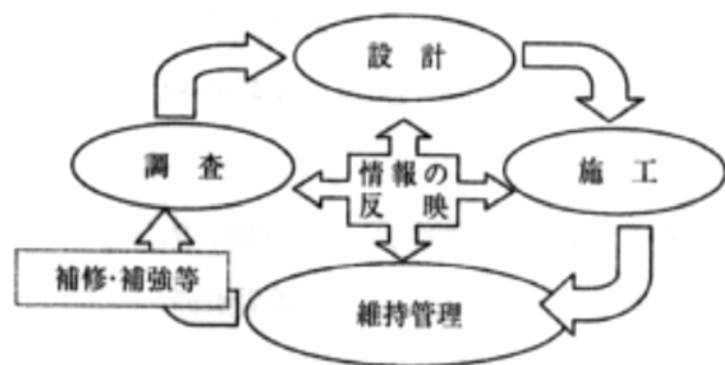


図2.6-1 維持管理に有効な情報の蓄積と伝達²⁾

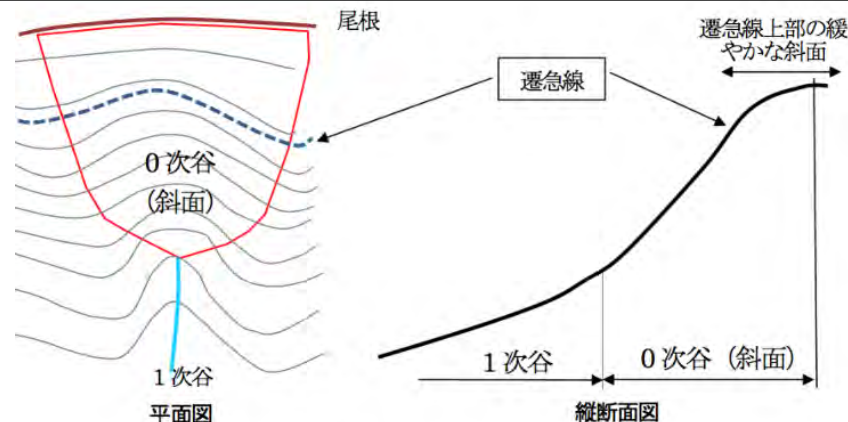


図2.7-1 0次谷とその上流部遷急線付近地形³⁾

提言2.7 道路・鉄道—0次谷の崩壊メカニズム解明やモニタリングによる適切な対策工法の開発

(長期，施設管理者・専門家)

道路・鉄道では，現在の技術水準と保全対象の重要度に照らし合わせて，耐災性向上を図る必要性のある既存の土構造物(切土・盛土の法面など)を調査・評価・抽出する手法の開発とあわせ，耐災水準の低い施設に対して，交通を供用しながら施工可能な対策工法の開発を幅広くすすめなければならない。特に溪流・沢部を通過する道路・鉄道は土石流災害を防ぐための水際防御技術や発生源となる斜面安定対策などの管理区分を超えた連携を早急に進める必要がある。また，新たに又は災害復旧する施設については，耐災性に関する性能を明確にして合理的に設計する手法及び工法を開発していく必要がある。

盛土・切土等土構造物の安全性や0次谷崩壊メカニズムの解明，発生源に有効な対策工と危機管理型の斜面監視モニタリングに関する技術開発

提言2.9 砂防・治山－溪流全体の砂防施設の性能向上と防災教育の推進

(短期、施設管理者・専門家)

砂防施設の抑止土砂量の算定方法を見直す必要がある。保全対象の宅地・道路・鉄道が近接する場合には除石して堆砂スペースを確保できるものが重要となる。また、砂防施設より下流側での水、土砂および流木のスムーズな流下をさせるには市街地における流路工や水路の流過面積の確保が重要である。土砂洪水氾濫で発生する細粒分を捕捉するための閉塞想定箇所での効果的な土砂流入ポケットの設置も視野に入れる必要がある。



写真2.9-1 呉市川角地区の被災状況（国土地理院写真に加筆）

- ・溪流出口や土石流の流路に宅地化が進行，土石流により家屋等が集中的に被災
- ・砂防えん堤が設置されていない箇所，沢が狭窄している所や暗渠化されている所で特に被害が拡大



- ・保全対象が近接する施設背後の土石の除去（堆砂スペースの確保）
- ・抑止土砂量の容量の見直し
- ・宅地等の制約を受けない流過能力の高い水路の整備
- ・沢の狭窄部や暗渠部の解消



(断続的に発生する) 土石流の到達範囲を予測した上で、安全な避難場所や避難ルートの設定

提言2.10 砂防・治山－景観・生態系から災害対策までの総合的な森林管理の推進 (長期, 施設管理者・専門家)

森林の存在は樹木根系による斜面安定効果を果たしてきたが、その適正な評価が必要である。森林管理は災害に対する安全面と国土景観・生態系の整備を一体のものとして進めることが重要であり、グリーンインフラなどの視点を入れ込み、総合的な森林整備の一環として行うことも考えるべきである。また、太陽光発電施設等の人工物が山地斜面に設けられている事例があるが、豪雨時の土砂流出等の影響を解明していくことも今後の課題である。

水・土砂とともに排出された流木が狭隘な箇所で閉塞し、周辺部での氾濫を助長
→ 景観・生態系から災害対策までの総合的な国土管理



写真2.10-1 平成30年7月豪雨における橋梁下の流木による閉塞とそれに伴う土砂洪水氾濫



図2.10-2 平成29年九州北部豪雨における妙見川（須川第1砂防堰堤）での流木の状況

提言2.11 宅地—情報の公開とその理解促進

(長期, 社会全体)

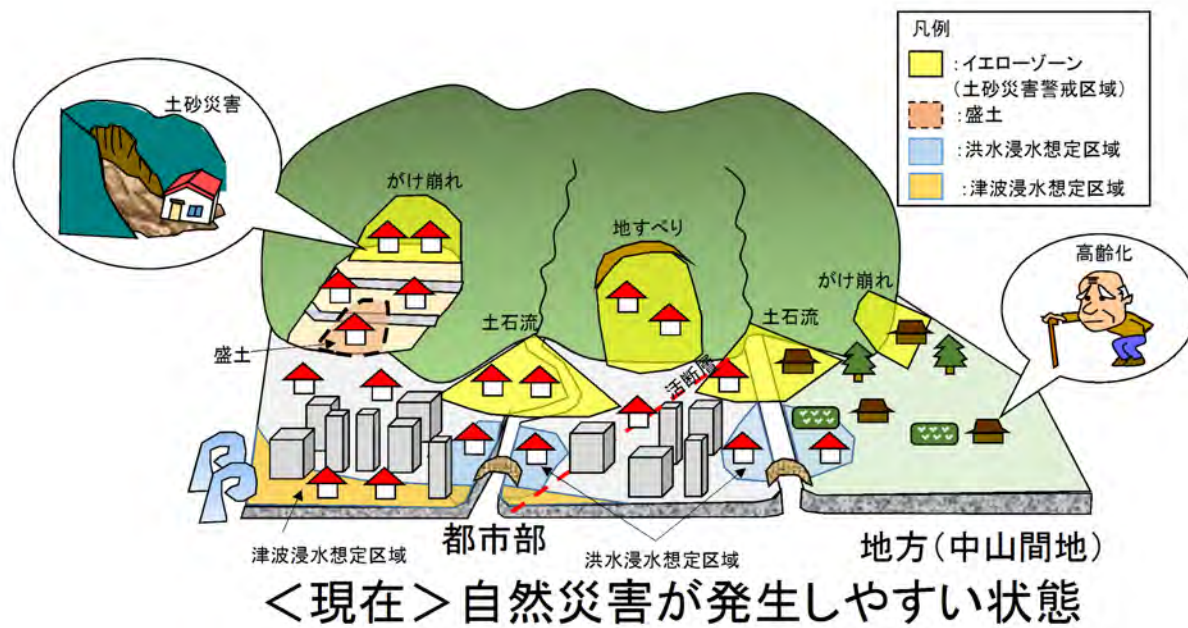
住民に対してハザードマップが原則公開されてきたが、その見方や意味等に関して正確な理解を促す啓発活動が重要である。土砂災害防止法の土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域を周知徹底し、避難先や避難経路の選択を助ける仕組みが必要である。盛土など人工改変箇所の情報も公開され始めたが、調査内容や耐震対策の重要性に関する情報を公開し、住民が対策の必要性を認識できるようにする措置が必要である。地盤品質判定士など地盤技術者がその役割を担い、社会の期待に応えていく必要がある。

盛土など人工改変地も含めて地盤品質判定士等の地盤工学分野の技術者らは住民に対してハザードマップの正しい理解と防災教育を強化する取り組みを検討する必要

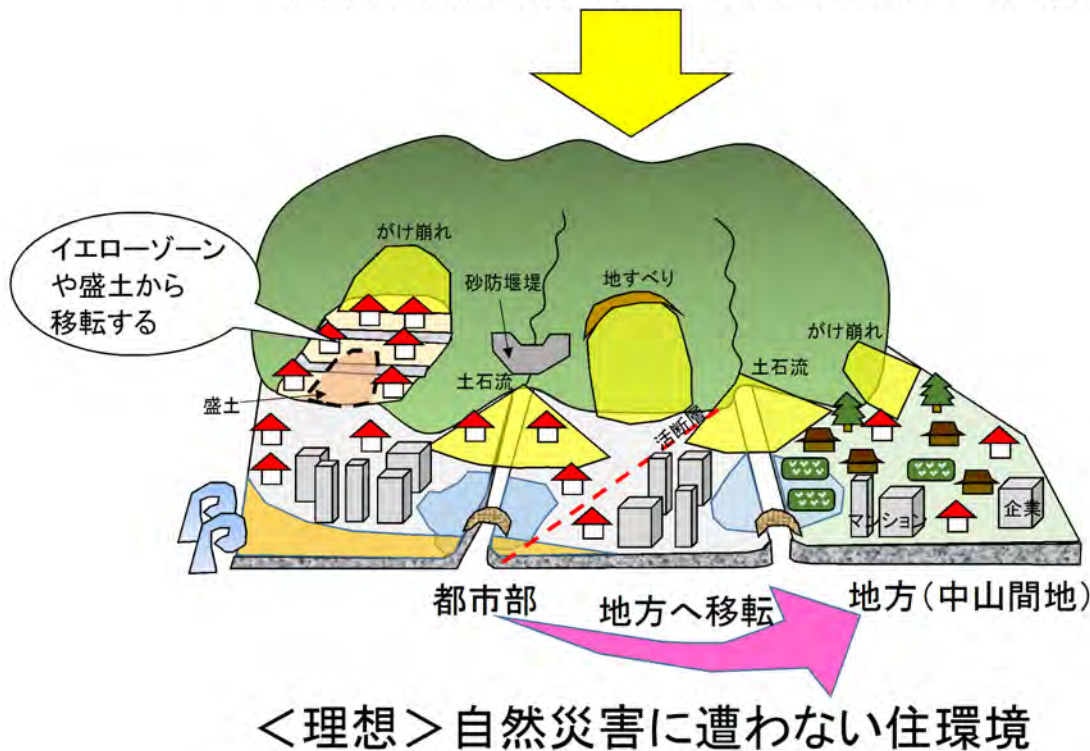
提言2.12 宅地—不動産売買に際しての地盤情報継承制度の確立

(長期, 社会・行政・専門家)

住民が自らの土地の災害リスクを容易に知ることができる仕組みが必要である。また、不動産売買においては不動産業者等から消費者へ地盤情報を継承する制度の確立が望まれる。不動産業者は、宅地建物取引士が行う重要事項説明にて、建物の安全性等に加えて宅地地盤に関する安全性についても施主に説明することが必要である。私的財産である戸建て住宅の修繕、対策工事等の費用負担は原則所有者自身であることを考慮して、説明責任が果たせる確実かつ経済的な方法が必要であり、地盤品質判定士にその役割の一部が期待される。また、将来的には災害リスクを踏まえて移転の可能性についても検討が必要である。



人口が集中して土砂災害等の危険箇所の周辺で生活せざるを得ない状況になっている（同様のケースは各地にみられる）



人口減少の状況推移を見据えて、安全な土地への移転を促していけば、土砂災害は減少していくと期待

図2.12-1 自然災害に遭わない理想的な住環境

提言2.13 宅地―地盤災害履歴情報を含むハザードマップの作成とその活用

(長期, 社会・行政・専門家)

過去の土砂災害, 水害を累積的に記録した地盤履歴情報をハザードマップに盛り込んだ地図(リスクマップ)を開発する必要がある。 気象情報(土砂災害警戒情報など)の重大性・切迫性などを住民が適切に受け止めて, 避難行動に移るための社会的なアイデア・工夫を研究する必要がある。

土砂災害の多くは土砂災害危険箇所あるいはその付近で発生, 現時点の基礎調査結果はほぼ妥当。しかし, 昨年の豪雨災害では, 避難に有効に活かされていたとはいえない。

→ 地盤履歴情報を考慮したハザードマップの作成方法の開発

提言2.14 土地・地盤の公的管理の強化 (社会, 施設管理者)

社会に影響を及ぼす可能性がある私有地に対して, 公共が関与し, 防災の観点から国土全体を管理できる仕組みが必要であると考えられる。

- ・ 土石流が溪流から道路や河川に入って長距離を移動し, その過程で諸施設に大きな被害を与えた。
- ・ 施設管理者にとって遠方で発生した土石流による危険性の予測と対策が課題
- ・ しかし, 施設管理者が管理する用地内での対策は限界があり, 個別に対応することは困難。

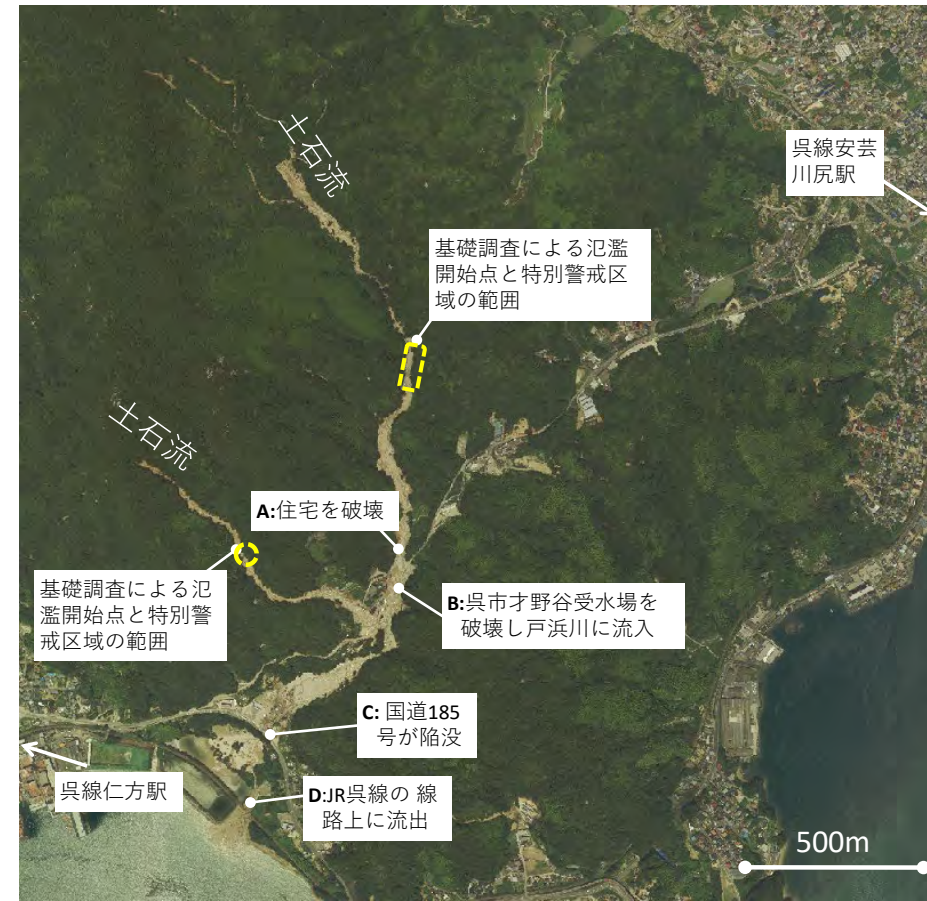


図2.14-1 呉市川尻町, 仁方町の土石流災害 (写真: 平成30年7月西日本豪雨に関する情報, 国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html#1>)

ご清聴いただき，ありがとうございました。

