

公益社団法人 日本地すべり学会関西支部
現 地 討 論 会

激甚災害対応の教訓と課題 —平成 25 年 7 月島根・山口の災害事例— 論 文 集



主 催 (公社)日本地すべり学会関西支部
後 援 島根県・津和野町・(公社)砂防学会
(公社)地盤工学会 関西支部・中国支部
(一社)建設コンサルタンツ協会 中国支部

現地討論会プログラム

10月30日（金）島根県・山口県内地すべり見学

- 11：30 新山口駅集合（津和野行きマイクロバスの利用希望者）
13：00 集合 JR 津和野駅（昼食は各自済ませてください）
13：05-13：25 災害概要・現場概要の説明（バス内）
13：30-14：30 白井地区土砂災害現場見学
14：40-15：30 JR 白井トンネル土石流現場見学
15：40-17：00 清水谷-木尾谷間土砂災害現場見学
18：30～ 技術交流会 民宿さと山 島根県鹿足郡津和野町鷲原ろ 345
（電話：080-1913-9396）

10月31日（土）特別講演・話題提供および討論会（津和野町公民館）

8：30-12：00 特別講演・話題提供

特別講演 森脇偉之（島根県農林水産部森林整備課治山グループ リーダー） 1
平成25年島根県豪雨災害における治山事業による災害復旧について

話題提供 田村津与志（津和野町役場建設課 課長） 5
激甚災害による公共土木施設及び農地・農業用施設等の被害状況・災害復旧

高橋宏道（株式会社ワールド測量・技術部設計1課 課長） 25
平成25年島根県西部豪雨災害におけるコンサルタントの対応

汪 発武（島根大学大学院総合理工学研究科 教授） 35
平成25年島根・山口激甚災害調査

13：00-15：00 パネルディスカッション

パネラー：森脇偉之，田村津与志，高橋宏道，楠 寛（津和野町総務財政課係長）
司会：汪 発武（島根大学大学院総合理工学研究科）

（公社）日本地すべり学会関西支部長

末峯 章（元京都大学防災研究所）

現地討論会実行委員会

委員長：汪 発武（島根大学大学院）

委員：前島和弘（島根県農林水産部森林整備課課長）

福田浩文（島根県津和野町総務財政課）

王 功輝（京都大学防災研究所）

土井一生（京都大学防災研究所）

平成 25 年島根県豪雨災害における治山事業による災害復旧について

島根県農林水産部森林整備課 森脇 偉之

1 はじめに

近年、地球温暖化による異常気象に伴い、今年 9 月栃木・茨城・宮城県に大きな被害を出した関東・東北豪雨や昨年の広島県での大規模土砂災害に象徴されるように雨の降り方が局地化・集中化・激甚化しており、過去に経験したことのないような豪雨等による自然災害が全国各地で頻発している。

島根県においても平成 25 年 7 月、8 月と記録的な豪雨により県西部の津和野町、浜田市、江津市、邑南町等を中心に河川の氾濫による住家の浸水と農地の冠水が多数発生したほか、土石流や山崩れなどの山地災害が発生し、人家、道路・林道、JR 路線（鉄道）等に甚大な被害を及ぼした。

豪雨によって発生した山地災害のうち、次期降雨等により荒廃の拡大や土砂等の流出が懸念される等特に緊急に対応が必要な箇所については、災害関連緊急治山事業により緊急に復旧整備し、荒廃した林地の早急な復旧と二次災害の防止を図った。

本稿では、平成 25 年度に県内で実施した災害関連緊急治山事業による災害復旧と県が取り組んでいる防災意識の向上及び普及・啓発活動について紹介する。

2 平成 25 年に発生した主な災害の概要

(1) 気象・降雨状況

① 7 月 15 日の大雨災害

中国地方では局地的に激しい雨が降り、島根県伯太では 1 時間に 100.5 ミリと統計開始以来の猛烈な雨を観測した。

② 7 月 28 日の大雨災害（以下「山口・島根豪雨災害」という。）と 7 月 30 から 8 月 1 日の大雨災害（以下「8 月 1 日大雨災害」という。）

7 月 26 日から 8 月 3 日にかけて、日本付近に暖かく湿った空気が流れ込んだことにより、西日本から北日本の広い範囲で大気の状態が非常に不安定となり、局地的に非常に激しい雨が降った。

特に 28 日は、中国地方を中心に暖かく湿った空気が流れ込み、雨雲が次々と発達したため、日降水量は、島根県津和野町津和野で 381.0 ミリ、山口県萩市須佐で 351.0 ミリとなるなど、それぞれ 7 月の月降水量平年値を超えた。

また、津和野では 28 日 04 時 44 分までの 1 時間に 91.5 ミリ、山口県萩市須佐では 28 日 12 時 04 分までの 1 時間に 138.5 ミリ、山口県山口市山口では 28 日 08 時 13 分までの 1 時間に 143.0 ミリの猛烈な雨を観測し、それぞれ観測点における観測史上 1 位を更新した。

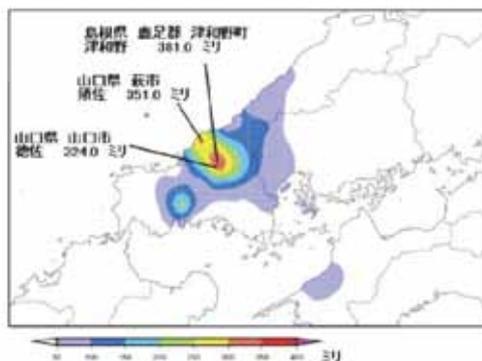
気象庁からは、「これまでに経験したことのない大雨」「最大級の警戒」「直ちに命を守る行動をとって下さい」といった、一月後に運用開始を予定していた特別警報に準じたアナウンスがあった。

③ 8 月 23 日から 25 日の大雨災害（以下「8 月 24 日大雨災害」という。）

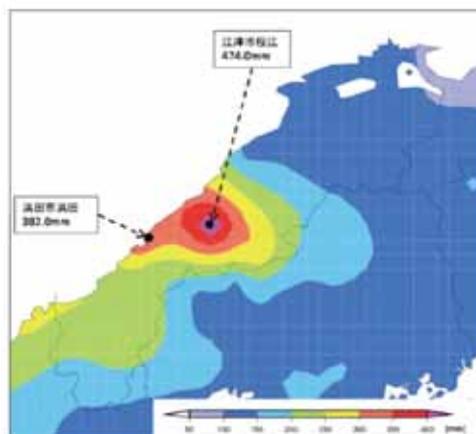
8 月 23 日から 25 日にかけて、西日本をゆっくり南下した前線に向かって、南海上から暖かく湿った空気が、太平洋高気圧の縁を回って流れ込んだため、大気の状態が非常に不安定となった。



【津和野町名賀地内の被害状況（H25.7.30 撮影）】



【総降水量分布図（7/28）】



【総降水量分布図（8/23～25の日降水量合計）】

24日の明け方と25日の明け方に猛烈な雨が降り、降り始めの23日08時から25日15時までの期間降水量は、江津市桜江で474.0ミリ、浜田市浜田で382.0ミリ、邑智郡邑南町瑞穂で305.0ミリとなるなど、8月の月降水量平年値の2～3倍となる記録的な大雨となった。

また、江津市桜江では、24日14時30分までの24時間に413.5ミリ、24日04時10分までの3時間に201.0ミリ、24日03時21分までの1時間に92.5ミリの降水量を観測し、いずれも観測史上1位の値を更新した。

④9月3日から4日の台風災害（以下「9月4日台風災害」という。）

四国から近畿、北陸、北海道まで伸びる前線に向かって台風17号が南から暖かく湿った空気を送り込み、雲南地区で大雨となった。

(2) 災害の特徴及び被害状況

平成25年に発生した豪雨災害の特徴としては、流域面積の小さな河川等中小規模の河川の洪水や土石流等の発生による土砂被害が目立った。

山口・島根豪雨災害については、県内では津和野町名賀に集中する等地域的に限定した場所で被害が発生し、一方、8月24日大雨災害については、浜田市、江津市、邑南町と広範囲にわたり被害が発生した。

また、特に県西部を中心とした災害は、中山間地域の重要な交通手段であるJR路線に大きな被害を与え、長期の運休・早期の運転再開が行われたことも特徴のひとつであった。

特に大きな被害をもたらした山口・島根豪雨災害と8月24日大雨災害の被害概要は以下のとおりである。

①山口・島根豪雨災害

□益田市、津和野町、吉賀町の被害状況

- 行方不明者1名、重傷者1名、住家の全壊5棟、浸水104棟（床上、床下）
- 公共土木施設※被害額（県、町）：約47億円（218箇所）
- 農林水産施設※被害額（県、町）：約10億円（348箇所）
- 林地被害額：約15億円（58箇所）



【名賀川／(主) 萩津和野線被災状況（津和野町名賀）】

②8月24日大雨災害

□江津市外5市4町の被害状況

- 死者1名、住家の全壊9棟、浸水808棟（床上、床下）
- 公共土木施設被害額（県、町）：約113億円（1,365箇所）
- 農林水産施設被害額（県、町）：約24億円（1,017箇所）
- 林地被害額：約17億円（165箇所）

※公共土木施設：河川、砂防、道路、橋梁、公園

※農林水産施設：農地、農業用施設、集約排水、林道施設



【濁川／JR三江線被災状況（川本町因原）】

3 災害関連緊急治山事業による災害復旧について

(1) 平成25年度災害関連緊急治山事業の実施状況

県全体で37箇所（溪間工33箇所／谷止工60基、山腹工4箇所）、事業費19億2千万円余りの災害関連緊急治山事業を実施し、荒廃した溪流に治山ダムを設置する溪間工や山崩れ斜面の安定を図って森林を再生する山腹工を施工したので、その主な復旧事例を紹介する。

①JR白井トンネル地区（鹿足郡津和野町）

山口・島根豪雨災害で、益田市と山口県山口市を結ぶJR山口線は鉄橋の3箇所流出等甚大な被害受け一部区間で運休が続き、地域住民の通勤や通学等への支障に加え、「貴婦人」の愛称で親しまれるSL「やまぐち」号が運休して観光客の入り込みに大きく影響した。

JR山口線の早期復旧に向けて、島根県、山口県、JR西日本、関係市町及び施工業者等と緊密



【JR白井トンネル地区復旧状況（谷止工施工）】

に連携・調整を図り復旧工事を進め、白井トンネル付近の2地区において谷止工3基（ $V=712\text{ m}^3$ ）を施工した。

平成26年8月23日にはJR山口線の全区間で運転再開し、沿線や駅では多くの住民や鉄道ファンが歓声と歓喜の笑顔でSL「やまぐち」号を出迎えた。

②JR花河原上・下地区、JR田津上地区（江津市桜江町）

8月24日大雨災害で、江津市と広島県三次市を結ぶJR三江線は鉄橋の橋脚流出、線路内への土砂流入や山崩れ等広い区間にわたり被災し不通となった。

特に被害が甚大であった江津市桜江町内の3地区で谷止工2基（ $V=1,743\text{ m}^3$ ）、山腹工（土留工・水路工）を施工した。

平成26年7月19日には約11か月ぶりにJR三江線が全線で運転再開し、沿線



【JR花河原上・田津上地区復旧状況（谷止工・山腹工施工）】

には多くの住民が集まり、全線復旧を祝賀した。

③千原地区（邑智郡美郷町）

8月1日大雨災害で、大規模な地すべり性崩壊が発生し、下方にある林道湯谷上山線に被害を及ぼした。山腹上部は治山工事で法枠工（ $A=1,247\text{ m}^3$ ）、法切工（ $V=26,333\text{ m}^3$ ）等々を施工し、下方部は林道災害復旧工事で復旧した。



【千原地区復旧状況（山腹工施工）】

【三江線運転再開セレモニー（H26.7.19）】

④JR川上下地区（雲南市木次町）

9月4日台風災害で、JR木次線の線路内へ土砂流入があり、その災害復旧として谷止工1基（ $V=352\text{ m}^3$ ）、流路工を施工した。なお、当該工事はJR木次線を運行しながら工事を進め、重機・資材等の搬出入は夜間に線路閉鎖して実施した。



【JR川上下地区復旧状況（谷止工施工）】

(2) 災害対応

平成25年災害復旧にあたっては、関係する県地方機関職員はもとより、多くの関係者が昼夜を問わず対応にあたり、更に鳥取県からは延べ2名の技術者派遣（H25～26）の支援を受けた。

また、県は被災市町への災害応援として、災害発生直後の被害額調査、災害査定設計書の作成支援等多数の県職員の派遣を行った。

4 防災意識の向上及び普及・啓発活動（ソフト対策）

県では、住民一人ひとりの防災意識及び防災行動力の向上を図るために、防災意識の向上及び普及・啓発活動等のソフト対策を推進している。

(1) 山地災害危険地区情報の周知

県ホームページ（マップonしまね）で公表し、情報提供を図っている。

(2) 山地災害防止キャンペーンの実施

毎年5月20日から6月30日にかけて、林野庁・県・市町村は「山地災害に備える」を合い言葉に、全国一斉に山地災害防止キャンペーンを展開している。

期間中には、山地災害に対する県民の理解と関心を深めるための広報活動、山地防災パトロールの実施等災害の未然防止活動を行っている。

- ①山地防災情報の発信 県庁前庭電光掲示板でのキャンペーンPR
- ②山地災害に対する体制強化 県・市町村職員合同研修の開催



【山地災害危険地区情報の提供（マップonしまね）】



③山地災害情報の収集強化 県・地域住民・山地防災ヘルパー等による山地防災パトロール

(3) 広報活動

【山地災害防止キャンペーンポスター】

配布

①山地災害防止キャンペーンポスター・チラシの

②土砂災害防止啓発チラシの全戸配布

③県政広報誌「フォトしまね」に土砂災害対策記事を掲載

(4) 防災学習会（出前講座）の開催

平成 24 年度から治山 P R 模型を使って「森林の働き」「治山事業の役割」等について小・中学生等を対象に防災学習会（出前講座）を実施し、山地災害に関する知識の習得や防災意識の醸成等を図っている。



【治山 P R 模型】



【防災学習会の様子】

(5) 治山施設・危険地区等の点検・巡視等

①山地防災ヘルパーによるパトロール

県が認定した森林土木技術者 O B 等からなる山地防災ヘルパー（会員 39 名：県職員 O B 32 名、市町村職員 O B 7 名）が治山施設等の点検・巡視を行っている。

②地域の森パトロール

県職員が林業関係団体等と連携・協力して日常業務の中で森林パトロールをしている。

また、年 2 回（6 月・10 月）、県・市町村・林業関係団体等が合同で「一斉地域の森パトロール」を実施している。

③治山アドプト制度※を活用した治山施設等の点検・巡視・環境美化活動

県と地域住民等の団体が協定を締結し、治山施設の巡視・点検、避難訓練、防災講習会等を実施し、地域ぐるみで自主的な警戒避難体制の整備等や防災意識の向上を図っている。

平成 26 年度末で 20 団体が協定を締結し、延べ 2,846 人が参加して取り組んでいる。

※アドプト制度とは、公共施設一部の区域、空間を養子とみなし、住民等の参加団体が里親となり、公共施設の一部を責任もって保守管理する制度。



【山地防災ヘルパーによるパトロール】

5 おわりに

近年、短時間強雨の発生頻度が増加傾向にあることに加え、地球温暖化に伴う気候変動により大雨の発生頻度が更に増加するおそれが高いことが指摘されており、今後、山地災害の発生リスクが一層高まることが懸念されている。

しかしながら、ハード面での対策工事のみでは長い年月と多くの費用を必要とし、また自然災害を完全に防ぐことは現実的には不可能なことである。

このため、山地災害等の被害を防止・軽減する事前防災・減災の考え方に立ち、治山施設の整備等のハード対策に加え、警戒避難体制の整備等のソフト対策を適切に組み合わせた総合的な防災・減災対策を実施することが重要である。

災害による被害をできるだけ少なくするためには、一人一人が自ら取り組む「自助」、地域や身近にいる人同士が助け合って取り組む「共助」、国や地方公共団体などが取り組む「公助」が重要だと言われている。その中でも基本となるのは「自助」であり、災害から身を守るためには、住民一人ひとりが「自らの命は、自らが守る」ことを基本認識とし、災害についての正しい認識をもち、日頃から災害時に冷静に行動できる力を身につけることが大切である。

防災・減災対策で最も大切なことは、自分の身の安全を守るために一人一人が取り組む「自助」の意識をもつことではないだろうか。

【参考】

島根県西部豪雨災害記録誌（島根県土木部）

気象台災害時気象速報

平成 25 年 8 月島根県西部豪雨災害調査報告書（土木学会中国支部）

地方自治体の災害対応

—平成25年7月28日島根山口豪雨を振り返って—

島根県津和野町建設課長

田村津与志

1

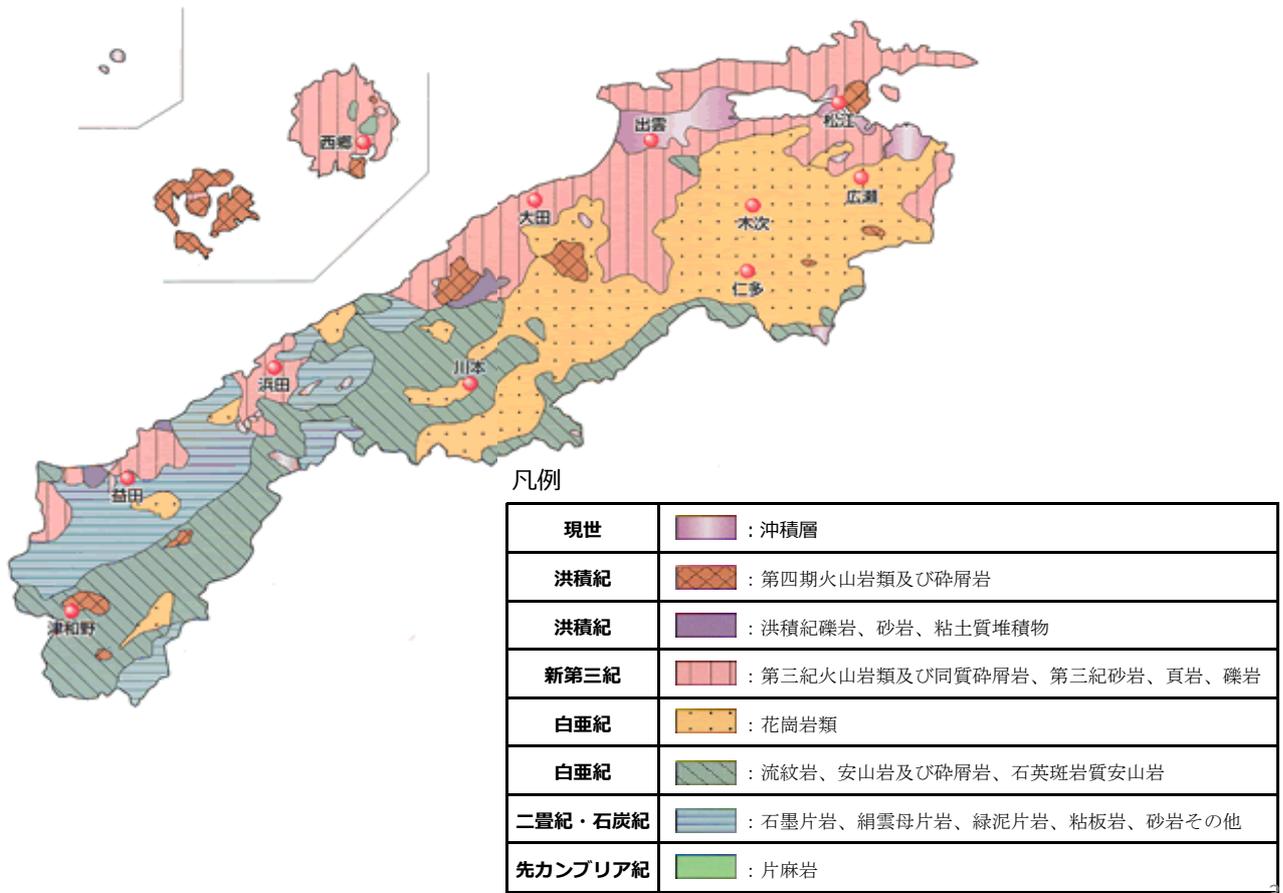
津和野町の概要



- <人口・世帯数> 平成27年3月31日現在
- 人口 7,956人 (男3,662人 女4,294人)
 - 世帯 3,617世帯
- <地形>
- 総面積307.1km²
 - 東西約27km、南北約19km
 - 総面積の9割が山林
- <沿革>
- 平成17年9月25日に2町による合併
(津和野町、日原町)
- <役場庁舎>
- 本庁舎、第2庁舎、津和野庁舎
- <職員数>
- 138人 (平成25年7月28日現在)
 - (合併時職員数 150人)

地質図

島根県の全域が、昭和42年8月25日「特殊土壤地帯災害防除及び振興臨時措置法」に基づく特殊土壤(花崗岩風化土)地帯として指定



津和野町土砂災害危険箇所等と施設整備状況

1. 土砂災害危険箇所(民家への災害危険箇所)

平成26年8月現在

区分	土砂災害危険箇所 $\alpha+\beta+\gamma$	土石流危険渓流 α				急傾斜地崩壊危険箇所 β				地すべり危険箇所 γ
		計	1	2	3	計	1	2	3	
津和野町	867	315	161	153	1	539	113	422	4	13
旧津和野町	460	147	77	69	1	302	53	245	4	11
旧日原町	407	168	84	84	0	237	60	177	0	2
管内(郡内)	1,416	577	329	241	7	826	170	601	55	13
島根県	22,307	8,120	3,041	4,517	562	13,912	2,874	9,868	1,170	276

注 α 土石流により災害発生の恐れのある、発生した溪流

1: (要対策箇所) 保全対象5戸以上、公共施設のある溪流 2: 保全対象1戸以上5戸未満 3: 都市計画区域内で保全対象0戸

注 β 急傾斜地の崩壊により災害発生の恐れのある箇所(傾斜度30度、高さ5m以上)

1: (要対策箇所) 保全対象5戸以上、公共施設のある溪流 2: 保全対象1戸以上5戸未満 3: 都市計画区域内で保全対象0戸

注 γ (要対策箇所) 地すべり地形を呈している箇所、地すべりの発生した箇所

2. 要対策箇所の整備状況

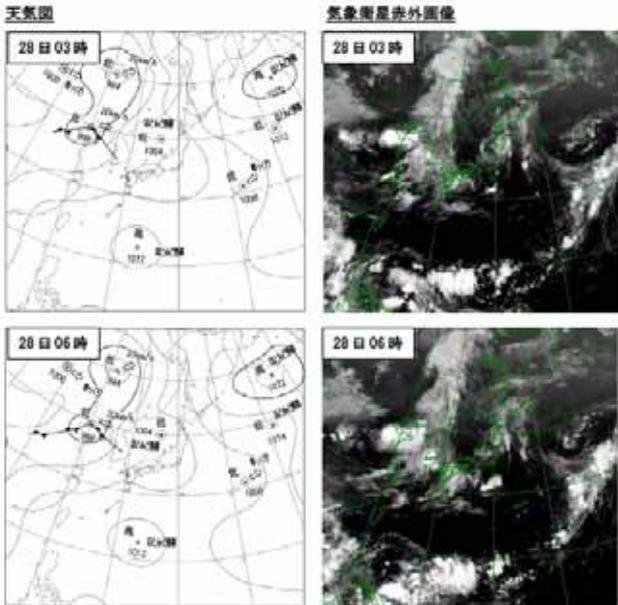
区分	危険箇所	土石流	急傾斜	地すべり
津和野町	20%	11%	35%	8%
旧津和野町	20%	10%	39%	0%
旧日原町	21%	11%	35%	50%
管内(郡内)	19%	12%	34%	8%
島根県	18%	12%	24%	39%

3. 土砂災害警戒区域の指定状況(土砂災害防止法)

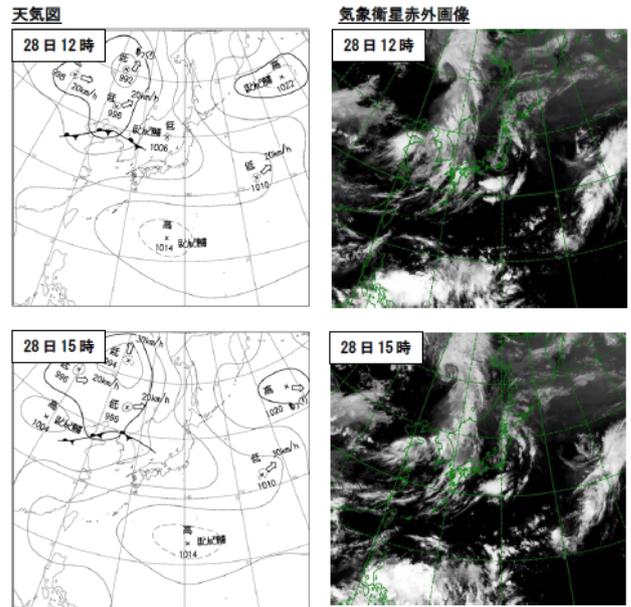
区分	土砂災害警戒区域計	土石流	急傾斜	地すべり
津和野町	958	472	486	0
旧津和野町	488	235	253	0
旧日原町	470	237	233	0
管内(郡内)	1,552	783	769	0
島根県	31,989	13,189	18,208	592

気象状況(天気図)

概要
 7月28日、太平洋高気圧の縁に沿って暖かく湿った空気が対馬海峡付近から島根県西部に流れ込んだため、大気の状態が非常に不安定となった。この影響で島根・山口県境を中心に雷を伴った猛烈な雨が降り、記録的な大雨となった。



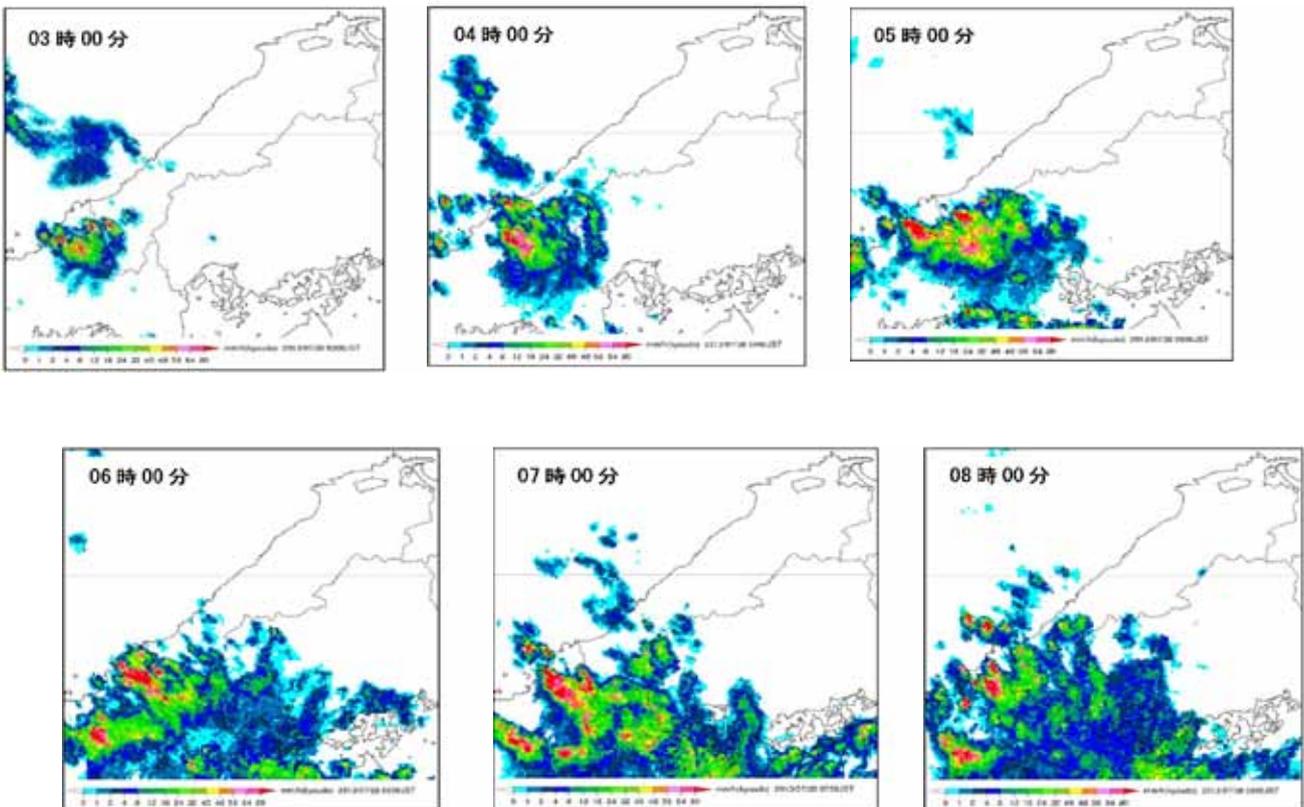
松江地方気象台より



5

平成25年7月28日の降雨状況 (1/2)

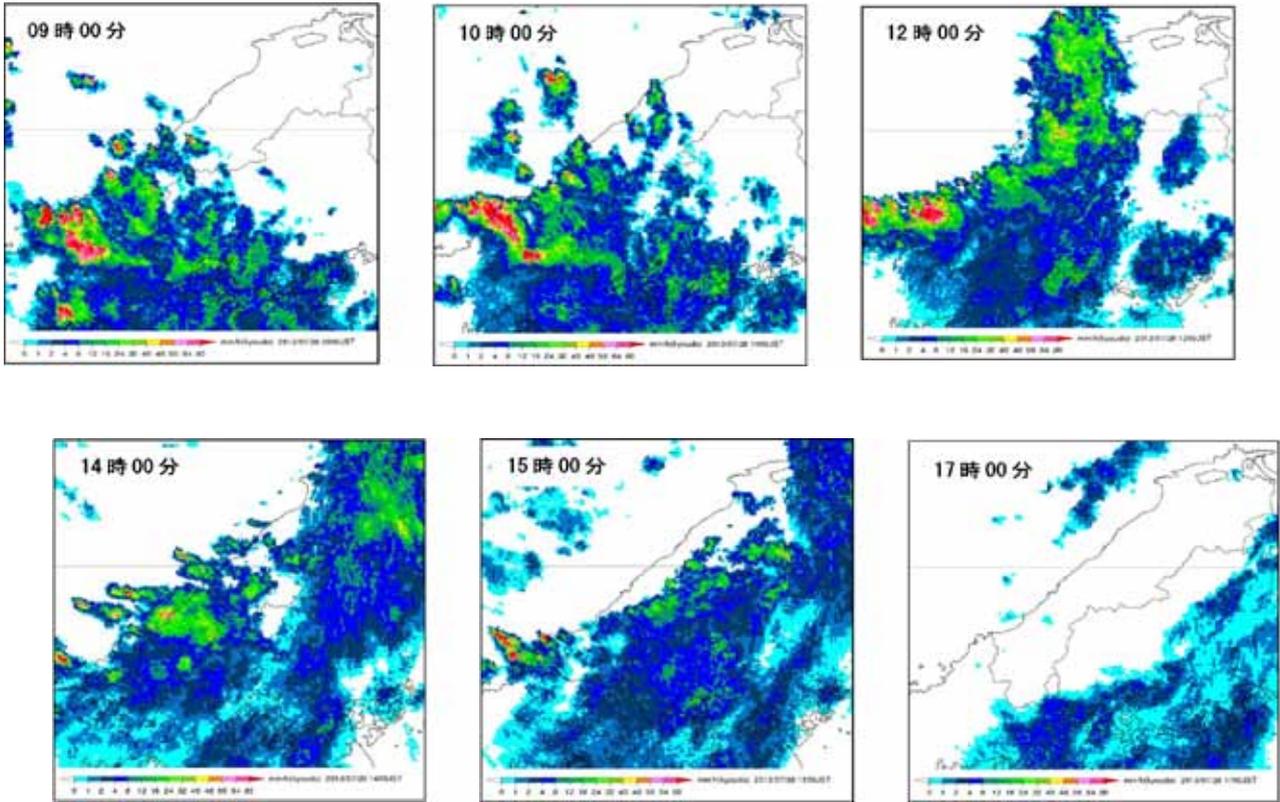
松江地方気象台レーダー画像



6

平成25年7月28日の降雨状況 (2/2)

松江地方気象台レーダー画像



7

平成25年7月28日の日降水量

24時間雨量

山口県須佐 324.0ミリ (観測史上最大)

3時間雨量

山口県須佐 301.5ミリ (観測史上最大)

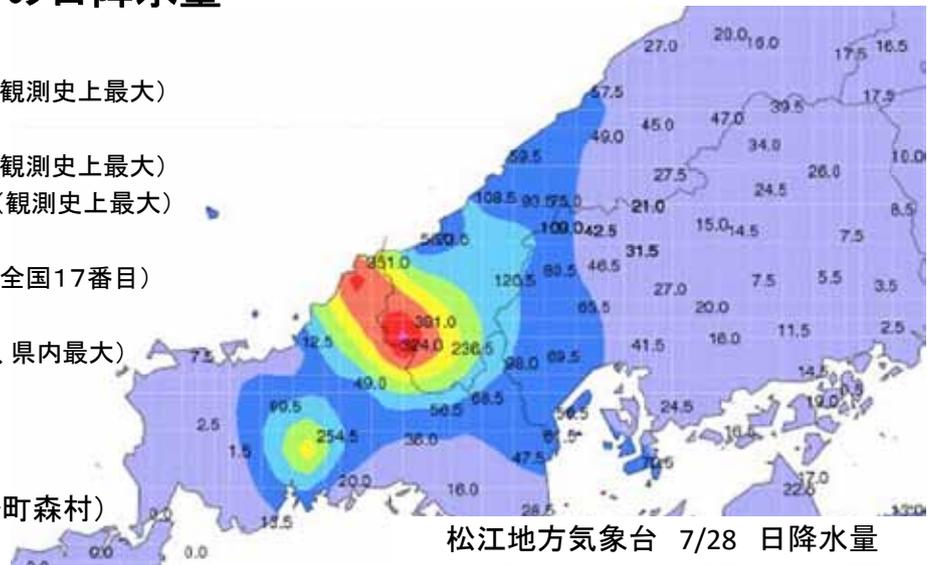
山口市 249.5ミリ (観測史上最大)

1時間雨量(観測史上最大)

山口県須佐 138.5ミリ (全国17番目)

山口市 143.0ミリ

(全国11番目、県内最大)



観測降水量 (津和野町森村)

松江地方気象台 7/28 日降水量

24時間降水量

28日2時から17時までに381.0ミリ (島根県内で観測史上最大) 1985.6.24:269mm

3時間降水量

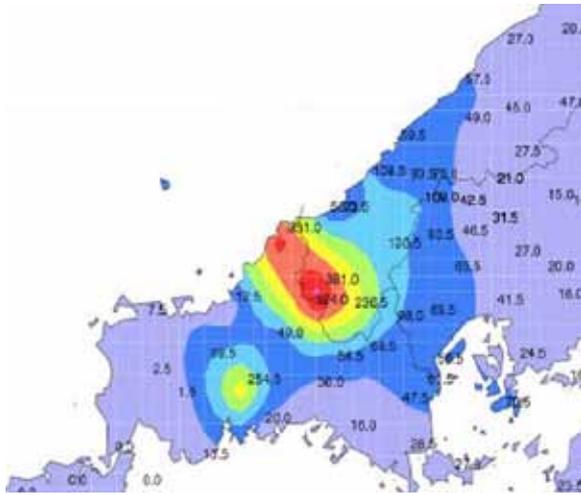
降り始めからの3時間に197.5ミリ (観測史上最大) 1987.7.14:131mm

1時間降水量

4時44分までの約1時間に91.5ミリ (観測史上最大) 2010.7.12:67.5mm

参考:
(名賀観測所)
92mm/時
411mm/8時間

平成25年7月28日の気象情報等

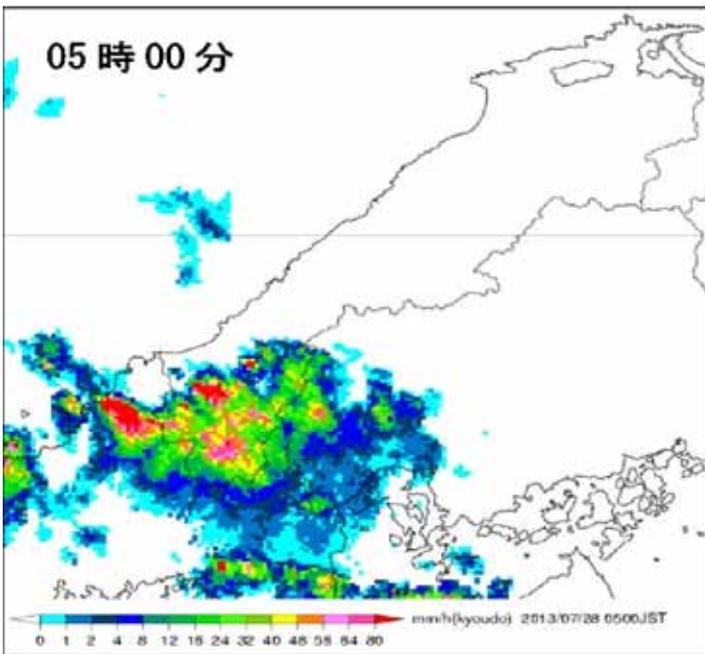


松江地方気象台 7/28 日降水量

- 3時43分 大雨注意報
(降り始めからの雨量 16mm)
- 4時20分 大雨警報(浸水害)
(降り始めからの雨量 82mm)
- 6時55分 土砂災害警戒情報
(降り始めからの雨量229mm)
- 9時55分 記録的短時間大雨情報
(降り始めからの雨量336mm)
- 11時26分 記録的な大雨情報 ※
(降り始めからの雨量352mm)

※ 「記録的な大雨に関する全般気象情報」は、同年8月30日から運用が始まった「大雨特別警報」に相当する情報です。

初動対応 1 (災害対策本部)



松江地方気象台レーダー画像

4時20分 大雨警報発表 1次体制

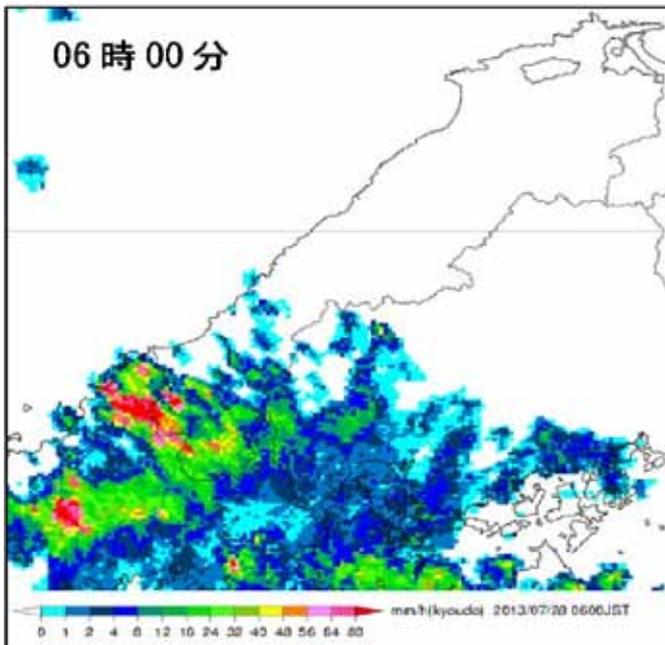
総務財政課 ⇒ 自動参集
(防災担当課)

5時10分 防災担当課参集

(課長・消防担当・

防災担当の計3名)

初動対応 2 (災害対策本部)

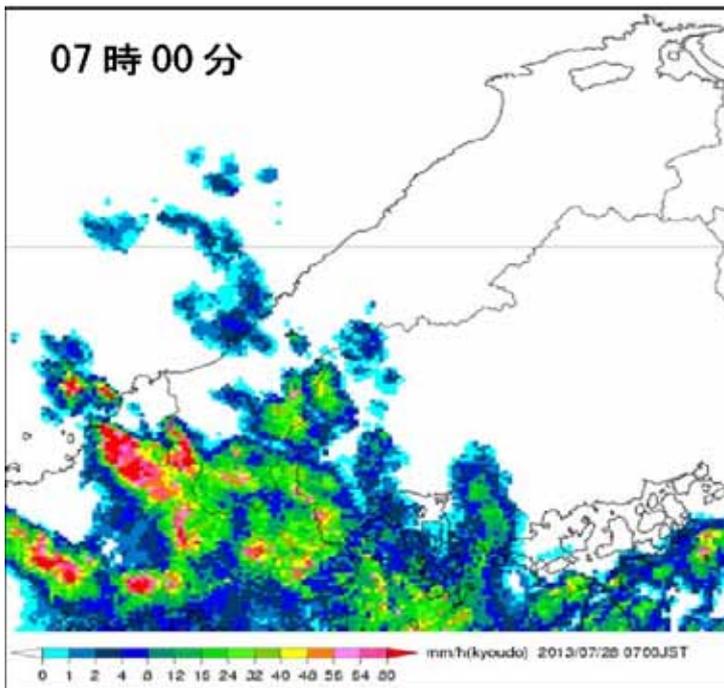


松江地方気象台レーダー画像

- 5時20分 **水防団待機水位超過**
津和野川(町田)
- 5時30分 災害対策本部設置
- 5時40分 水防巡視
- 6時00分 **はん濫注意水位超過**
- 6時15分 第2次体制
- 6時20分 消防団出動
- 6時30分 **はん濫危険水位超過**
- 6時40分 災害対策本部会議開催
- 6時50分 避難勧告発令

11

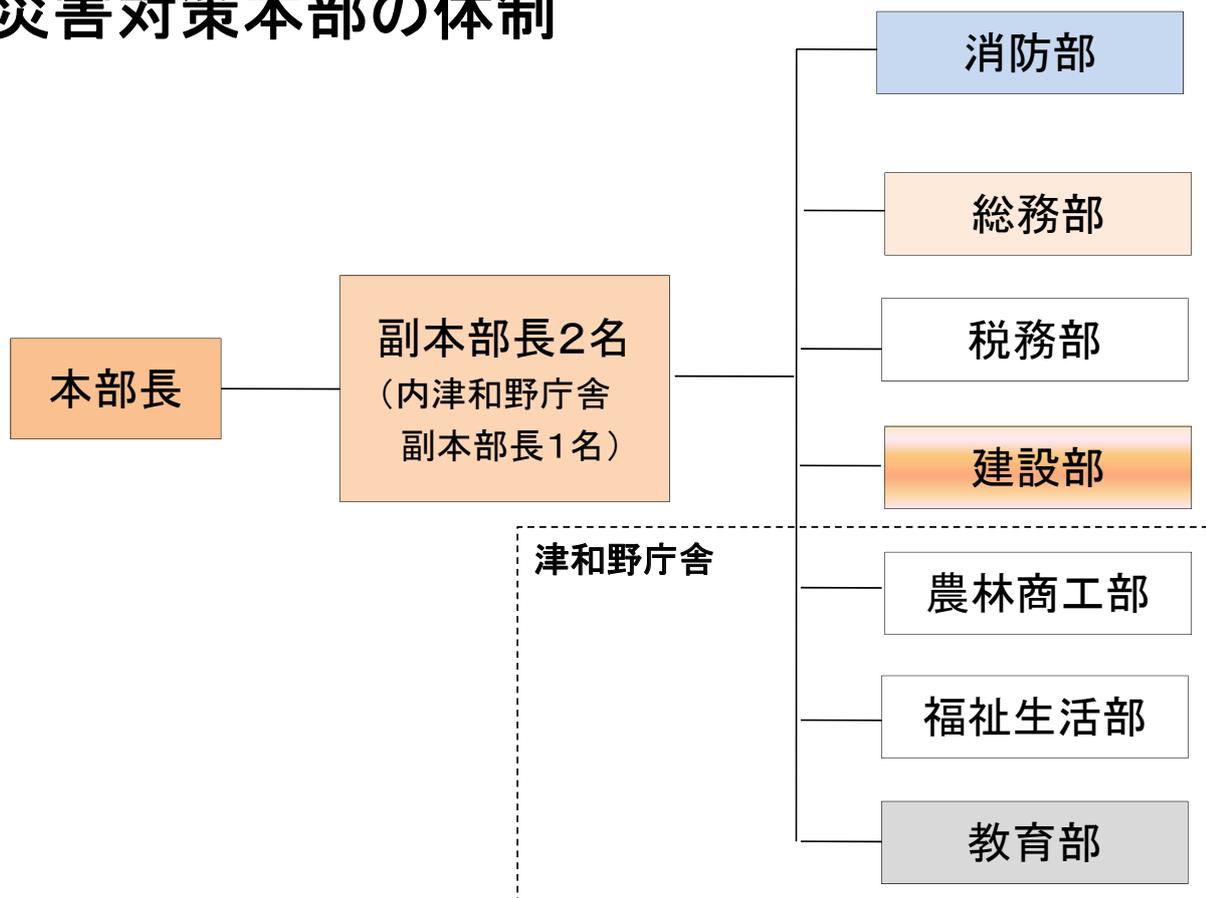
初動対応 3 (災害対策本部)



松江地方気象台レーダー画像

- 6時55分 土砂災害警戒情報発表
- 7時07分 第3次体制
- 7時50分 県道3路線 通行止め
- 8時00分 名賀地区孤立情報
- 9時00分 防災ヘリコプター要請
- 10時41分 自衛隊要請・要求
- 10時55分 避難勧告(追加)
- 11時26分 記録的な大雨情報
- 12時30分 避難勧告(追加)
- 13時25分 国道9号線通行止め

災害対策本部の体制



13

災害発生日以降の対応(本部会議の協議内容抜粋)

7月28日(日) 被災状況の把握、避難所の開設&運営、関係機関への派遣&協力要請、各部署における応急対応、被災調査分担、臨時災害FM放送の申請等

7月29日(月) 県防災ヘリ、自衛隊、警察、消防活動開始、全町被災調査&調査内容報告、天候情報の共有、避難所の状況報告、臨時災害FM放送開始、TEC-FORCE先遣隊到着等

7月30日(火) 被災状況調査体制の報告、孤立集落への対応状況報告、仮住居の確保、道路規制&復旧情報、避難所状況の報告等

(夕方) 避難者の状況報告、避難所への職員配置、道路規制&復旧情報、公営住宅の空き家状況、ライフライン報告等

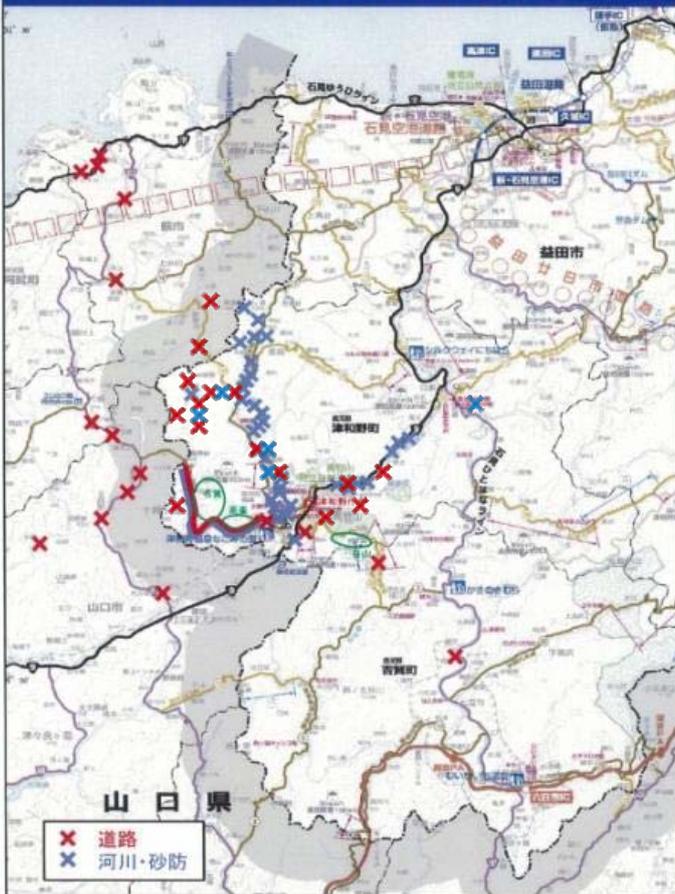
7月31日(水) 避難所の収容者、避難所対応職員の確認等

8月 1日(木) 避難所の収容者、避難所対応職員の確認等

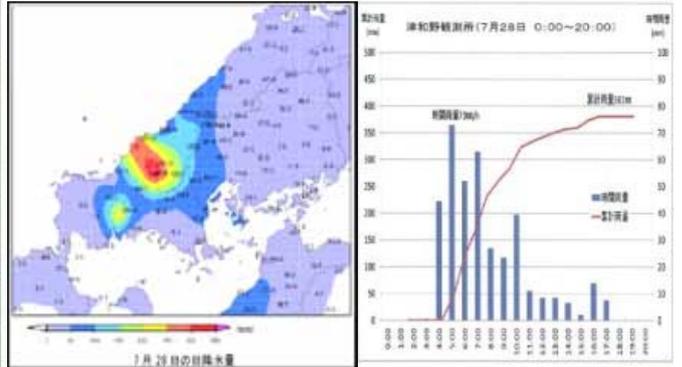
8月 2日(金) 警報発令に伴う住民対応、道路規制&復旧情報、JR代行バス情報、避難所生活の状況報告、災害義援金の募集、救援物資等

8月 3日(土) 孤立解消集落への生活バス運行、義援金、避難所の状況等

7月28日の大雨による被害概況



降雨の状況
 7月28日未明から夕方にかけて、太平洋高気圧の縁に沿って暖かく湿った空気が島根県西部に流れ込み、大気の状態が非常に不安定となり、津和野町を中心に記録的な大雨となった。
 津和野観測所 日最大24時間降水量：381mm 観測史上最大
 日最大1時間降水量：91mm (28日3:50~4:50) 観測史上最大



- 津和野町の被害状況**
1. 人的被害
 行方不明1名(名賀地区)、重傷者 1名(名賀地区白井)
 2. 孤立集落
 名賀地区 49戸、108名 → 7月31日8時30分解消
 高峯地区 13戸、28名 → 7月31日8時30分解消
 笹山地区 32戸、81名 → 7月29日17時30分解消
 3. 避難状況 避難所避難者 計19名
 4. 住家被害
 全壊: 1棟(流失) 1棟(倒壊)、床上浸水: 18棟、床下浸水: 93棟
 5. ライフライン
 停電 名賀地区木尾谷谷内 10戸(復旧未定)
 簡易水道 断水(対象27戸、60人)
 情報通信 津和野町CATV: 5世帯が利用不可
 6. 土木施設
 道路被害 全面通行止め 3路線6カ所(L=14.3km)→現在 1路線1カ所(L=2.0km)
 道路施設災害 122カ所(県道: 25カ所、町道: 97カ所)
 河川被害 河川施設災害 147カ所(県管理: 95カ所、町管理: 52カ所)
 土砂災害 げり崩れ16カ所、土石流57所、砂防施設災害: 23カ所
 7. 農林施設・農作物
 農地・農業用施設: 692箇所、林道施設: 68箇所、林地被害: 44箇所、造林地: 13箇所、
 作業道: 3箇所、水稲等: 115ha、野菜・花き・果樹: 2ha
 8. 公共交通機関への影響
 JR山口線 地福(山口市)～益田駅間運転不通 (復旧時期未定、8/5からバス代行実施)
 9. 教育施設
 文化財関係被害 一部史跡(5箇所)で土砂の流入、浸水等の被害

H25.7.28 浸水被害状況

津和野川、名賀川等各所で浸水被害が発生

【住家被害】
 全 壊: 1棟(流失) 1棟(倒壊)
 床上浸水: 18棟、床下浸水: 93棟

⑦名賀川(津和野町名賀)

①津和野川(津和野町後田)

②津和野川(津和野町鷺原)

⑥JR山口線流失(津和野町名賀)

②津和野町鷺原地区

③津和野川(津和野町山入)

⑤名賀川(津和野町高峯)

④名賀川(津和野町高峯) 住家1棟流失



-3-
17

県道萩津和野線 啓開状況
8月9日 8:00現在

①8月4日 10:00 県境～名賀地区 供用再開(L=2.9km)
②8月7日 15:00 津和野中心地～高峯地区 供用再開(L=5.0km)





-5-



-6-



家屋倒壊(穂次)



町道崩壊(木尾谷)



町道流出(穂次)



町道流失(木尾谷)



町道崩落(穂次)



河川護岸・農地法面崩落(木尾谷)

-7-

上空から見た「名賀地区白井集落」



2013/7/31 Asia Air Survey Co.,Ltd

本町被害と復旧の状況 (1/4)

- (1) 人的被害
行方不明者1名(名賀地区)、重傷者1名(名賀地区)
- (2) 孤立集落 4集落(H25集落数:114)
名賀地区 49戸、108名(2集落) ⇒ 7月31日 8:30解消
7/28 県防災ヘリにて木尾谷集落6人救出
7/29 県防災ヘリにて白井・木尾谷集落9人救出(重傷者1名)
鳥取県防災ヘリにて白井集落5人救出
7/30 広島市防災ヘリにて白井集落11人救出
自衛隊による県道仮歩道の開設(道路啓開)
7/31 住民が徒歩で避難(7/30 一部住民が徒歩で避難)
高峯地区 13戸、28名 ⇒ 7月30日 17:30解消
7/29 県道流出のため、自衛隊が徒歩により到着
7/30 県による県道啓開により、住民が徒歩で避難
笹山地区 32戸、81名 ⇒ 7月29日17:30解消
- (3) 避難状況等 世帯数:3,662世帯、人口:8,251人(H25.3.31現在)
避難勧告 1,859戸、4,165名
7月28日 6:50勧告 ⇒ 7月28日 17:30解除
避難所避難者数 20か所:629名 ⇒ 8月12日 10:00閉所

23

本町被害と復旧の状況 (2/4)

- (4) 住宅被害
全壊:5棟(流出、倒壊)、大規模半壊2棟、半壊6棟、
床上浸水:6棟、床下浸水:92棟
- (5) ライフライン 給水件数:3,964件
簡易水道 断水:1,859世帯 ⇒ 8月12日 16:00復旧
停電 延べ停電数約130戸 ⇒ 8月9日 16:00復旧
情報通信 携帯電話:(停波)NTTドコモ3局+ソフトバンク1局、
NTT電話: 60回線
町CATV: 63戸
臨時災害放送局(FM放送):7月29日午前9時頃開始
- (6) 公共交通機関
○JR山口線:地福(山口市)より益田駅間運転中止
⇒ 11/16 津和野～益田間運行再開
H26/8/23 地福～津和野間運行再開 ⇒ 全線運転再開
○石見交通バス:津和野駅止めで運行 ⇒ 8月12日通常運行
○町営バス:津和野地域運休 ⇒ 8月10日全線運行
- (7) 教育関係施設
○文化財関係:一部史跡(4箇所)で土砂流入、浸水等

本町被害と復旧の状況 (3/4)

(8) 土木施設

① 土砂災害

○土石流57箇所 ○山腹崩壊19箇所○ 被害額 1,646百万円

② 道路被害

○状況 路肩崩壊、法面崩壊、道路流出、土砂流入等

○全面通行止 国道2路線 ⇒ 7月28日 19:00全線解除

県道5路線 ⇒ 8月9日 15:00全線解除

町道51路線(町道路線数:408 内津和野地区:300)

○災害箇所数 152箇所(県道:25、町道127)

○被害額 1,281百万円(県道:859百万円、町道422百万円)

③ 河川被害

○状況 護岸決壊(崩壊)、土砂堆積等

○災害箇所数 121箇所(県管理:52、町管理69)

○被害額 6,316百万円

(県管理:5,786百万円、町管理530百万円)

25

本町被害と復旧の状況 (4/4)

(9) 農林施設、農作物

① 農業被害 水稻作付面積:411 ha

○状況 水稻冠水115ha、畦畔崩壊・土砂流入・土砂流出・路肩崩壊・

法面崩壊・施設の流出、破損等

○農地・農業施設災害箇所数 875箇所

○農地・農業施設被害額 2,514百万円

② 林業被害

○状況 林道:路肩崩壊、法面崩壊、道路流出、土砂流入等、

造林地13箇所、作業路3箇所

○林業施設災害箇所数 40箇所

○林業施設被害額 230百万円

ボランティアセンターの状況

社会福祉協議会による開設

期間	7月30日～8月16日
延べ人員	1,320人
活動件数	132件
主な活動	泥・土砂除去、避難所支援

27

建設課の初動対応（1／2）

建設課職員数
7名(内 技師 3名)
+ 嘱託、臨時職員数 3名

(1) 災害発生当日の対応

- 午前 6時30分 建設課全職員の招集
- 午前 6時45分 建設課職員の到着: 電話対応開始
- 午前 7時30分 建設課全職員の集合: 課内会議の開催
- 午前 7時45分 被災状況の現場確認開始: 2人1班体制
被災状況地図の作成及び被災箇所データの入力
- 午後11時 退庁

(2) 災害翌日以降の対応

① 被災概要の調査及び仮復旧工事の発注

- 7月28日(日) 町道&普通河川被災状況調査の開始: 2名1班での行動
- 7月29日(月) 対策本部被災状況調査(木部地区)の実施: 2名1班
被災公営住宅の確認、応急対策
業者へ応急復旧工事の依頼開始(町道被災83路線中54路線)
農地・農業用施設、林度の被災調査、地元要望の聴取
災害対策本部会議に被災データの提出
- 7月30日(火) 対策本部被災状況調査(木部地区)の実施
- 7月31日(日) 町道&普通河川被災状況調査の再開

※参考 応急復旧工事 費73,812千円(町道64箇所、普通河川5箇所)

建設課の初動対応 (2/2)

②被災者仮住宅の確保

7月29日(月) 被災者仮入居住宅の確保 9人(町住4人+県住5人)
町営住宅等 3戸 + 県職員住宅 2戸 計 5戸へ入居

③被災住宅等への対応

8月 9日(月) 津和野町林地等崩壊対策事業補助金交付要綱の策定

今回の災害により、裏山が崩壊、土砂が流入し、家屋に甚大な被害を受けられた方に対して、町は復旧事業に対して補助金制度を創設する。事業費11,042千円(基本補助率は90%)

(裏山崩壊等合)10万円以上(補助限度額 50万円)

(家屋崩壊等) 10万円以上(補助限度額100万円)

④被災調査に対する調整

7月29日(月) TEC-FORCE先遣隊との打合せ、その後調整(公共災害)

8月 1日(水) 県先遣隊&町農林課との打合せ、その後調整(農林災害)

建設課体制

課長1名、課長補佐1名、建設係1人、農林土木係1名、
管理係2名(内臨職1名)、地籍調査係4名(内嘱託2名)

29

被災調査(1/2)

1. 被災状況調査

(1)町職員による被災概要の調査

7月29日(月) 調査地区割り担当課による被災状況調査の実施
災害対策本部会議に被災データの提出

7月30日(火) 調査未完了の課による被災状況調査の実施

(2)他団体による被災状況の仔細調査

① 公共土木施設 ⇒ TEC-FORCE(緊急災害対策派遣隊)に調査一任

7月29日(月) TEC-FORCE先遣隊との打合せ

7月30日(火) TEC-FORCEによる被害調査開始

8月10日(土) 被害調査完了(調査期間:13日)

8月11日(日) 調査報告書引き渡し式

○調査延べ人数 903名(中国:357、近畿:388、九州:158)

○調査内容 河川:28河川、道路:52路線

内 津和野町 河川:19河川、道路:50路線

内 島根県 河川: 9河川、道路: 2路線

○被災内容 河川:2,575,321千円、道路:6,141,130千円

(一部未算定箇所あり)

内 津和野町 河川: 530,436 & 道路:422,172千円

内 島根県 河川:2,044,885 & 道路:218,958千円

被災調査(2/2)

② 林道・治山施設 ⇒ 県に調査一任

8月 1日(水) 県先遣隊との打合せ、8月 2日(木) 県先遣隊事前調査

8月 5日(日) 調査開始 ~ 8月 9日(金) 調査終了

○調査延べ人数 34名(県庁:7、出先事務所:24)

○調査内容 山林:73箇所(台帳数113箇所)

内 林地崩壊防止事業箇所 13箇所 内 災害関連緊急治山事業箇所14箇所

林道:44路線

内 災害復旧対象箇所数 11路線

○被災内容 林崩: 46,000千円、治山: 958,464千円

林道: 183,850千円 合計1,188,314,000千円

③ 農地・農業用施設 ⇒ 県&町農林課に調査一任

8月 1日(水) 県先遣隊&町農林課との打合せ、8月 2日(木) 県先遣隊事前調査

8月 5日(日) 調査開始 ~ 8月 9日(金) 調査終了

○調査延べ人数 145名(県:80、農林課:40、地元農家:25)

○調査内容 農地:408箇所、農業用施設:409箇所 合計817箇所

○被災内容 農地: 952,000千円、農業用施設: 1,562,000千円 合計2,514,000千円

(3)被災調査報告期限

① 公共土木施設 ⇒ 被害速報(第1報:8/2、第2報:8/10)、確定8月23日(災害発生後30日(1ヶ月)以内)

② 治山・林道施設 ⇒ 林道施設:被害速報:8月 9日、確定:8月26日

(事業要望)県単林崩:8月 9日、緊急治山:8月 7日

③ 農地・農業用施設 ⇒ 被害速報(第1報:8/5、第2報:8/9)、確定8月14日(災害発生後30日(1ヶ月)以内)

31

被災調査結果

区分	H25.8.7現在		H25.8.12現在		適用
	箇所	被害額	箇所	被害額	
公共土木施設	149	836,000千円	196	952,608千円	小災害を含まない
道路	(97)	(450,000)	(127)	(422,172)	
河川	(52)	(386,000)	(69)	(530,436)	
農地・農業用施設	817	2,504,886千円	875	2,514,000千円	
田・畑	(408)	(951,316)	(430)	(952,000)	
ため池	(1)	(575)	(5)	(5,000)	
水路	(290)	(577,819)	(300)	(578,000)	
揚水機	(3)	(1,704)	(5)	(4,000)	
頭首工	(49)	(284,053)	(60)	(285,000)	
農道	(54)	(239,516)	(60)	(240,000)	
農道橋	(12)	(449,903)	(15)	(450,000)	
治山・林道	40	229,850千円	40	229,850千円	
治山	(13)	(46,000)	(13)	(46,000)	県単林崩
林道	(27)	(183,850)	(27)	(183,850)	被害11路線/44路線
計	1,006	3,570,736千円	1,111	3,696,458千円	

災害復旧推進室の設置 : 平成25年8月26日

派遣職員の依頼、受入れ

(体制)室長1名(兼)、副室長1名、公共土木係1名(兼)、
農林土木係2名、管理係2名 計6名+派遣職員

1, 災害査定支援(査定準備、査定期間)

派遣区分	団体名	派遣人数	派遣日数	派遣期間	適用
姉妹都市	文京区	2人	33日	H25.9.30~H25.11.1	
島根県自治体	有志市町	36人	193日	H25.9.8~H25.12.14	4市3町
島根県	県下事務所	40人	410日	H25.9.8~H25.12.14	
農林水産省	中四国農政局	18人	90日	H25.9.29~H25.12.7	
合計		96人	726日		

2, 自治法派遣(実施設計期間)

派遣区分	団体名	派遣人数	派遣日数	派遣期間	適用
姉妹都市	文京区	1人	183日	H25.9.30~H26.3.31	
ささつな自治体協議会	加盟自治体	6人	186日	H25.9.30~H26.2.10	
島根県自治体	有志市町	3人	18日	H26.3.2~H26.3.7	1町
島根県	県下事務所	5人	426日	H25.11.1~H26.3.31	
合計		15人	813日		

33

査定結果

H25.7.25災害分

施設	件数	被害報告額	申請額	査定決定額	査定率
公共土木施設	77	1,323,000	866,711	818,508	94.44%
河川	26	610,000	469,765	445,145	94.76%
道路	51	713,000	396,946	373,363	94.06%
林道施設	6	183,850	87,465	81,614	93.31%
農地・農業用施設	321	1,618,577	933,290	895,978	96.00%
農地	148	480,512	302,231	294,683	97.50%
農業用施設	173	1,138,065	631,059	601,295	95.28%
合計	404	3,125,427	1,887,466	1,796,100	95.16%

今日災害対応できるのは、全て支援していただいた方々のお陰です。

平成25年災 災害復旧工事進捗状況

平成27年3月31日現在

災害区分	箇所数	査定決定額	工事完了		施工中		発注状況		未発注	
		(千円)	箇所数	率	箇所数	率	箇所数	率	箇所数	率
公共土木施設	112	1,177,988	39	34.8%	45	40.2%	84	75.0%	28	25.0%
道路	61	404,271	24	39%	26	43%	50	82%	11	18%
橋梁	3	34,293	0	0%	0	0%	0	0%	3	100%
河川	48	739,424	15	31%	19	40%	34	71%	14	29%
農地・農業用施設	321	895,978	161	50.2%	78	24.3%	239	74.5%	82	25.5%
農地	148	294,683	86	58%	28	19%	114	77%	34	23%
施設	173	601,295	75	43%	50	29%	125	72%	48	28%
林道施設	15	102,783	11	73.3%	4	26.7%	15	100.0%	0	0.0%
合計	448	2,176,749	211	47.1%	127	28.3%	338	75.4%	110	24.6%

災害区分	箇所数	査定決定額	工事完了		施工中		発注状況		未発注	
		(千円)	箇所数	率	箇所数	率	箇所数	率	箇所数	率
島根県管理施設	131	6,390,457	30	22.9%	59	45.0%	89	67.9%	42	32.1%

35

災害対応における反省点

- ① 市町村合併の弊害
- ② 各種台帳の整備
- ③ 定員管理の弊害
- ④ 支援派遣職員の依頼人数
- ⑤ 支援派遣1週間の職員の受け入れ
- ⑥ 8月豪雨災害への対応

7月の激甚災害に追われ、8月豪雨の災害調査が中途半端で、査定漏れ箇所を拡大させる要因

災害対応における評価点

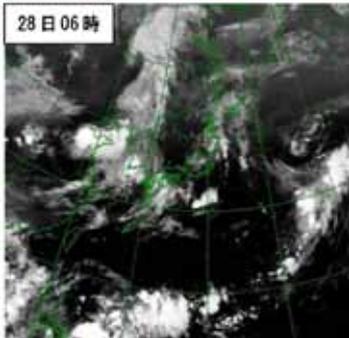
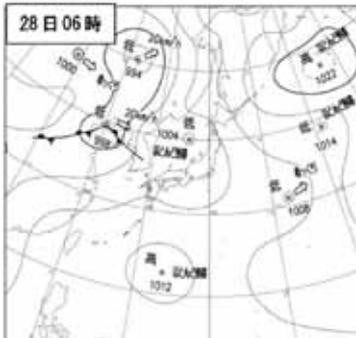
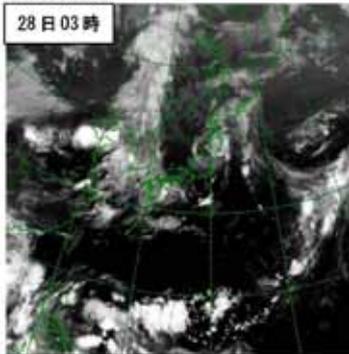
- ① 人のありがたさを改めて感じられたこと
- ② 合併入札、入札の参加資格の緩和等、一応の成果があったこと
- ③ 災害図上(ディグ)訓練の効果があったこと
- ④ 農業関係小災害に関して、農林課と連携が取れたこと
- ⑤ 裏山の小規模な崩壊危険箇所に対して補助制度創設、機能したこと

反省と課題（災害対策本部）

天気図



気象衛星赤外面像



松江地方気象台より

<情報>

- ・情報収集に混乱
- ・電話対応に追われ混乱
- ・地理的な情報つかめず
- ・土砂災害により有線の破断
- ・孤立集落との連絡不能

<避難所>

- ・開設されていない避難所
- ・避難所に情報発信できず
- ・食事対応に困惑

<連携>

- ・離れた庁舎で連携不足
- ・庁舎内ですら協議する間もなし
- ・県との情報共有に不備

37

ご清聴

ありがとうございました。



津和野町

1. はじめに

平成 25 年 7 月 28 日、太平洋高気圧の縁に沿って暖かく湿った空気が対馬海峡付近から山口県、島根県に流れ込み、津和野管内においては、時間雨量 60～80mm、日雨量 300～400mm という記録的な豪雨となった。

中でも名賀川の流域は降雨量が多く、津和野管内において最も大きな被害が生じた。津和野川と名賀川の合流点では、左岸堤防が越水し家屋連担地での大規模な浸水被害が生じるなど、住宅被害も大きな災害であった。この名賀川の流域は、急峻な山地に挟まれた谷であり、幅 200m 程度の狭い平坦地以外はすべて山林である。急峻な山林では、溪流に沿った土石流、山腹崩壊が生じ、流出した土砂、流木は、河道を閉塞させ氾濫被害を拡大させた。

写真 1.1 に被災直後の平成 25 年 8 月 7 日に国土地理院で撮影された航測写真を示す。写真 1.1 からは、谷筋に沿って土色が確認でき、長いものでは延長 2km 程度にわたり土石流が流下したと思われる。

このような災害のなか、建設コンサルタントは、被災現場に入り災害復旧に向けて図面等の必要資料を作成する、災害復旧支援業務を実施する。今回は、災害復旧支援業務を実施した立場から平成 25 年島根県西部豪雨災害におけるコンサルタントの対応を紹介する。

2. 災害時のコンサルタントの役割

2. 1 災害復旧事業

災害復旧事業で定義される「災害」は公共災害を言う。このため、国庫補助の採択条件として、下記の 3 点が挙げられている。

- ①異常な天然現象による災害であること
- ②被災対象が公共施設で維持管理されていること
- ③地方公共団体又はその機関が施行するものであること

※昭和 26 年制定：公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法

コンサルタントが災害支援業務を実施する際には、この条件を満たしている証拠資料が必要な事を意識する必要がある。

2. 2 災害時におけるコンサルタントの役割

災害が発生した際には、以下の順序で復旧される。

- ①被災箇所の把握→②測量調査設計→③査定→④工事発注→⑤復旧

コンサルタントは、②を受け持つが、大規模災害時には①の補助も実施する。

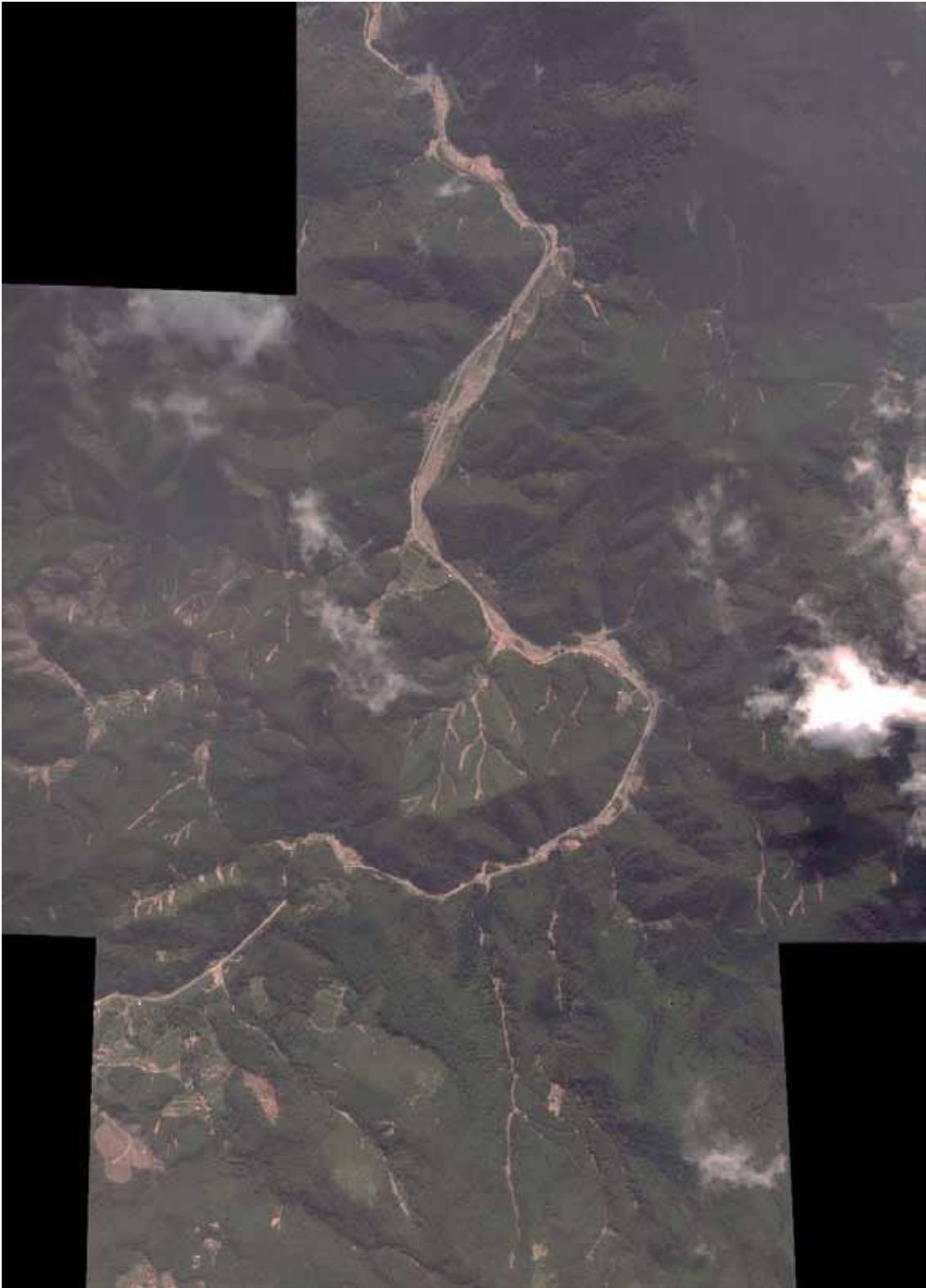


写真 1.1 被災直後の航測写真

平成 25 年 8 月 7 日 国土地理院撮影

3. 対応事例その1 山間部道路の崩壊

3. 1 現地状況

現場は、谷を盛土で通過する曲線部で、縦断勾配は 10%程度である。被災区間前後の道路は、山腹に位置し、道路山側に簡易な側溝がある。

3. 2 被災形態

道路上方の谷から土石流が流下し、その流出土砂によりせき止められた表面水が道路盛土を浸食し崩壊に至ったものと推察される。被災に至る経過(推察)を以下に示す。

- ①豪雨により土石流が発生
- ②土砂が道路を覆い、道路横断排水施設を閉塞
- ③道路面を表面水が流下。土砂でせき止められ谷水と合流し、盛土上を流下
- ④盛土が浸食を受け崩壊

3. 3 コンサルタントの対応

コンサルタントは、以下の対応を実施した。当現場では、高排水性擁壁の採用等、同様な被災を受けないよう設計した。

現場作業：①測量+写真撮影 ②被災原因の推察 ③道路施設の状況確認

作成資料：①写真の整理 ②設計図面の作成 ③数量計算

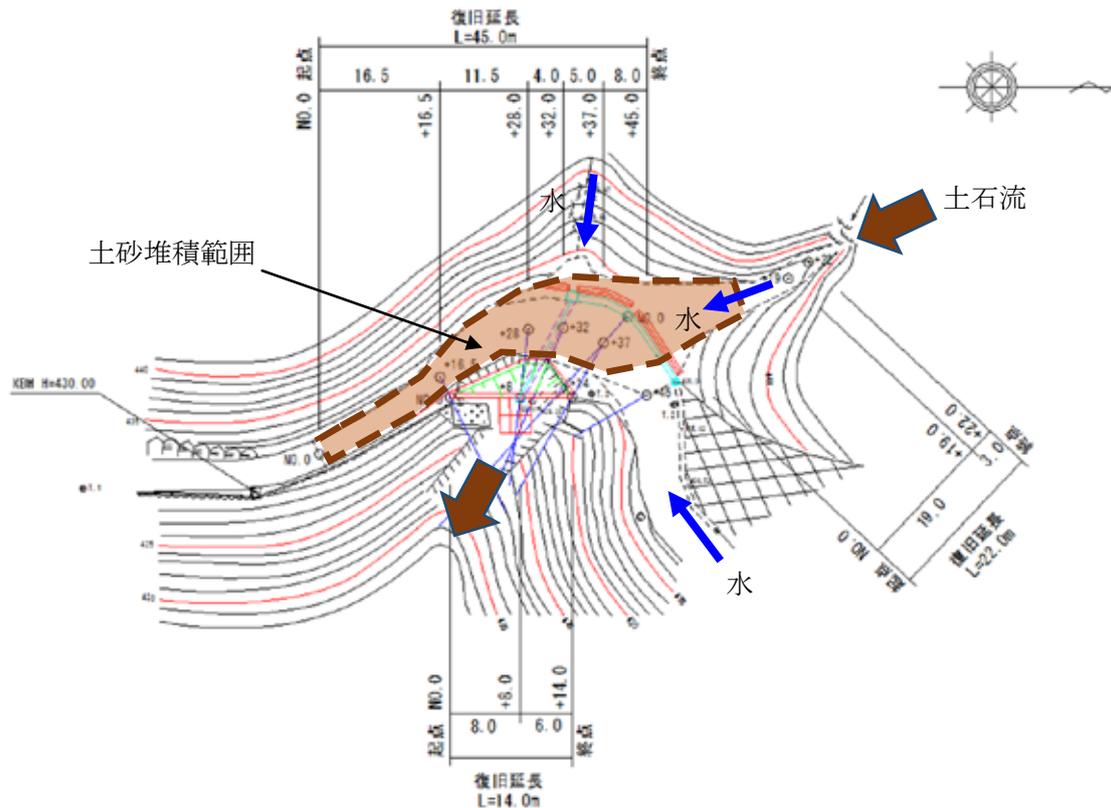


図 3.1 平面図

4. 対応事例その2 つづら折れ道路の被災

道路面を流れる水が崩壊土砂によりせき止められる現象が3段にわたり連続した事例がある。山間部の古い道路は、排水構造物が十分に整備されていない場合があり、豪雨時には道路全体を表面水が流下する。復旧は法枠により斜面对策とあわせ、排水構造物を設置した。



写真 4.1 被災状況

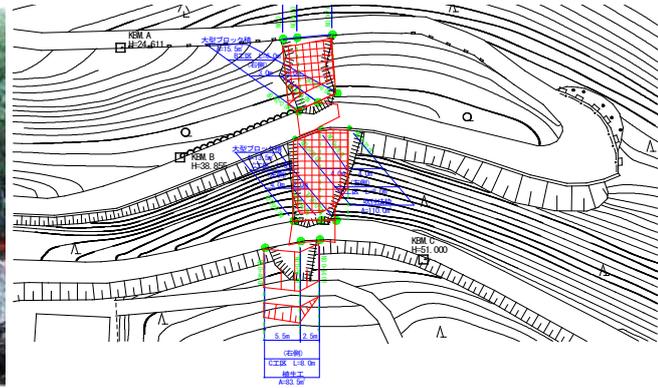
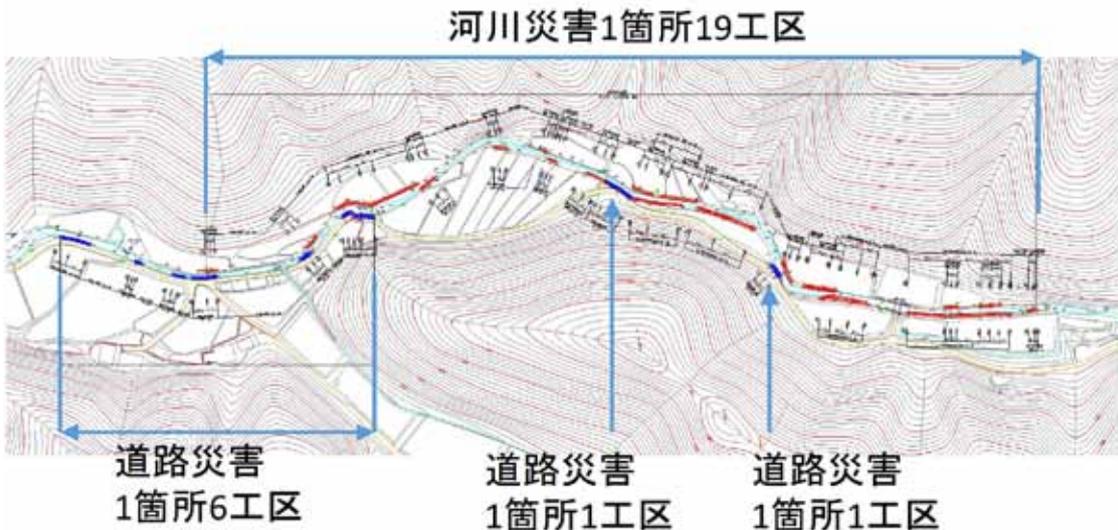


図 4.1 平面図

5. 対応事例その3 被災箇所把握

被災箇所が多い場合には、被災箇所の把握についても支援する場合がある。紹介する事例は、延長約2kmの河川の被災箇所を把握、並びに、施設別に整理したものである。

被災は全27工区であるが、道路と接する場合には、道路災害とする場合がある。また、同じ施設の場合には、直線距離100m以内の近い被災をまとめるルールがあるため、この事例は、全4箇所27工区(道路災害3箇所8工区、河川災害1箇所19工区)となる。



※青色：道路災害、赤色：河川災害を示す。

図 5.1 平面図

6. 被災事例その4

当社が災害復旧支援業務を通じて経験した被災事例を示す。

6. 1 橋梁の被災

大量に流出した流木は、橋梁等にせき止められ河道を閉塞し越水被害を引き起こす。また、流木が橋梁に衝突した際には、橋梁が損傷し、規模によっては橋梁が流失する場合もある。



写真 6.1 流木による河道閉塞



写真 6.2 越水による護岸、橋梁の流出

6. 2 氾濫戻りによる被災

越水した水が河川に戻る際に、護岸背面を浸食し、その流体力により護岸が河川側へ倒れた事例である。現場は護岸高 5m 程度であったが、背面からの浸食に耐えられず被災している。下流の橋梁、道路盛土により、堤内地を流れた洪水流が河川に戻されたことが直接の被災原因と推察される。



写真 6.3 氾濫戻りによる護岸背面からの被災

6. 3 河床洗掘による被災

この被災事例は、河川側から見ると健全に見える。しかし、護岸天端には、水面が見えるほどの穴がある。これは、水衝部に見られる被災事例で、護岸付近の河床が洗掘され、護岸基礎が浮いた状態になり、護岸背面の土砂が流水により吸出されるものである。この場合、土砂等を投入するだけでは復旧できず、護岸も含めた復旧が必要となる。



写真 6.4 吸出しによる被災(護岸状況)



写真 6.5 吸出しによる被災(護岸天端状況)

7. 被災事例その5 JR 白井トンネル付近溪流

7. 1 現地状況

現場は JR 白井トンネルの坑口付近の溪流である。この坑口付近は、3 溪流と近接し、全ての溪流が線路より高い位置にある。もともと坑口付近は 3 溪流が合流する谷だったと考えられ、土石流の被災を受けやすい地形といえる。溪流は、頁岩の上位に流紋岩が分布しており、主に流紋岩が土砂化している。流紋岩には柱状節理が発達した露頭も見られる。被災直後においても、溪流内には不安定土砂がみられ、溪岸浸食も広範囲に確認できた。また、溪流内には倒木が少なく、倒木の多くは流出している。以上から、土石流の発生形態は、降雨による水位上昇に伴い頁岩の上位にある土砂化した流紋岩が表土、樹木と共に流出したものと推察される。

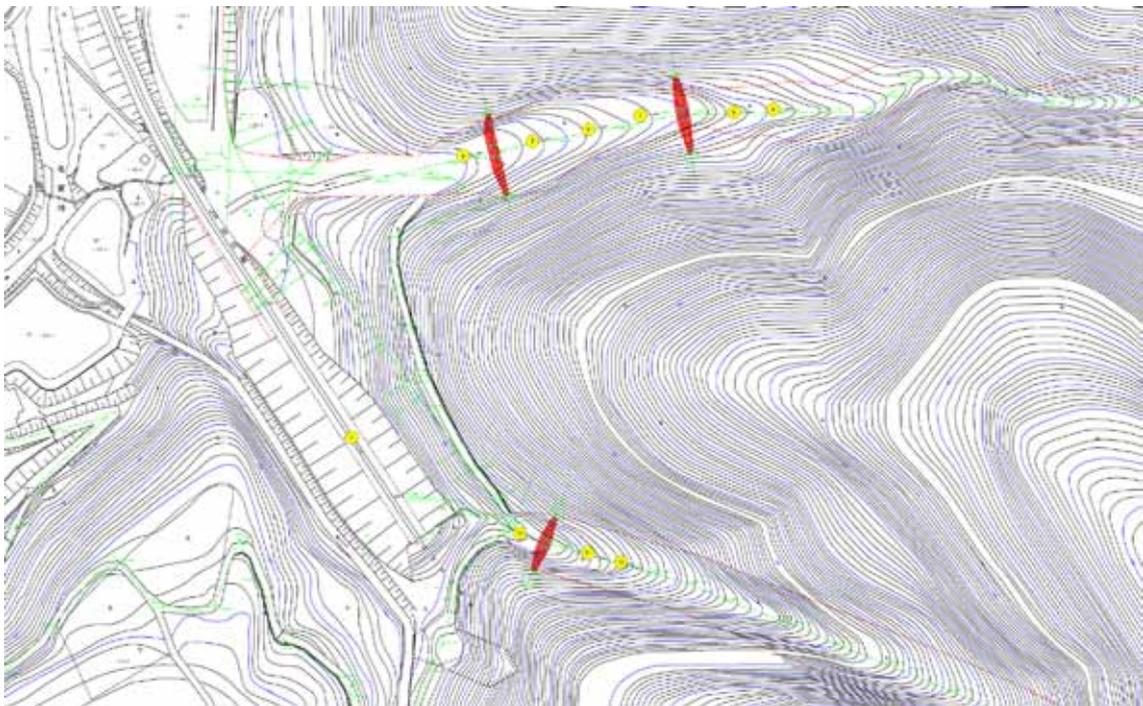


図 7.1 平面図

7. 2 復旧方法の検討

土石流被害を受けやすい地形ではあるが、トンネル位置の変更などの抜本的な改善は、費用面から難しい。このため、溪流を保全する工法を採用した。

土石流により、溪流は溪岸浸食を受ける。溪岸浸食は、経年的に進行し山腹崩壊に至り、その崩壊土砂は将来的に第 2 の土石流となる。このような溪岸浸食を防止するには、溪床を安定化する必要がある。現場は、溪流の延長が長く、山腹も広範囲であるため、堰堤を設置する計画とした。堰堤は、その背後に崩壊土砂をためる事で溪流を緩勾配化(安定化)し、溪岸の安定化を図るものである。



写真 7.1 堰堤設置位置のイメージ

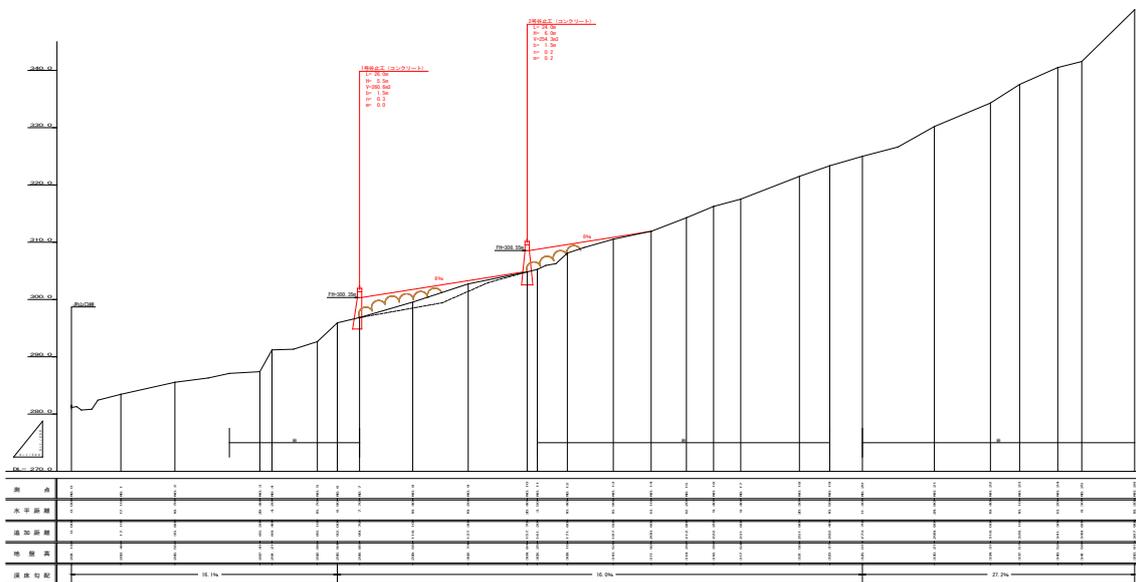
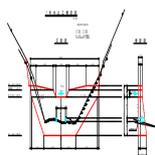


図 7.2 堰堤の図面例

8. おわりに

災害復旧支援業務は、緊急を要す。現場では、現地状況から設計内容をイメージし、それに合う測量、調査を実施する必要がある。また、規模にもよるが一日に作業する現場は、通常 3 箇所程度であり、早く正確な判断が求められる。

コンサルタントは、土木施設の測量調査設計を行う仕事であり、日ごろから、異常時を

想定している。日常の業務に合わせて、被災事例等を見て考える事が技術の研鑽、ひいては、災害に強い国土づくりの一助となると考える。今後も災害支援業務や、事例の収集によって、技術の研鑽に努めたい。

平成 25 年 7 月 島根・山口激甚災害調査

汪 発武・谷田佑太・桑田庸平・新満亮介
(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)
呉 映昕
(島根大学研究機構戦略的研究推進センター)

1 はじめに

平成 25 年 7 月 28 日に発生した山口・島根豪雨は、甚大な被害を及ぼし、特に被害が大きかったのは山口県と島根県の県境付近であった。

内閣府の発表によると人的被害としては、山口県萩市で 79 歳の女性が倒壊した家屋の下敷きとなり死亡、萩市で行方不明となっていた 84 歳の男性が発見され死亡が確認され、よって死者は 2 人であった。行方不明者は、山口県で 1 人、島根県で 1 人、負傷者は、山口県で 10 人、島根県で 1 人であった。住家被害としては、全壊が山口県で 22 棟、島根県で 2 棟、半壊が山口県で 16 棟、一部破損が、山口県で 6 棟、島根県で 4 棟、床上浸水が山口県で 332 棟、島根県で 26 件、床下浸水が山口県で 691 棟、島根県 157 棟にも及んだ(消防庁調べ：平成 25 年 8 月 3 日 17:00 現在)。

ライフラインへの影響として、停電が山口県、島根県の両県で 2,200 戸、最大断水戸数が島根県で 1,800 戸、山口県で 2,299 戸であった(厚生労働省調べ：平成 25 年 7 月 28 日 15:00 現在)。

交通機関への影響として、JR 山陰線では益田～長門市駅間で複数箇所の土砂流入があり、不通となった。また JR 山口線では、橋梁流出により線路が寸断された(国土交通省調べ：平成 25 年 8 月 3 日 15:00 現在)。

また政府は、これらの甚大なる被害を受けた本災害を激甚災害に指定し、適応すべき措置に関する政令を公布・施行した(内閣府、2013)。

2 豪雨の概要

山口県と島根県の県境付近で大雨が降り、山口県で 1 時間あたり 100mm (図 1)、山口県と島根県で 24 時間あたり 300mm を超す猛烈な雨をもたらした(図 2)。山口市では、1 時間あたり 143.0mm という統計開始の 1966 年以降において山口県内で観測史上最大、全国でも 11 番目の雨を観測した(図 3)。また須佐町では、1 時間あたり 138.5mm という全国で 17 番目の雨を観測した。津和野町、須佐町、徳佐村、山口市では、それぞれ 7 月の平年値の降水量が 24 時間以内で降った。特に須佐町では、3 時間降水量で 7 月 1 ヶ月分の降水量 281.6mm を上回る降水量 301.5mm を記録し、津和野町では 24 時間降水量で 7 月 1 ヶ月分の降水量 296.5mm の 1.3 倍の降水量 381.0mm という島根県内で観測史上最大の降水量を記録した(図 4)。この豪雨で気象庁はこの豪雨の約 1 ヶ月後に運用予定であった特別警報に準ずる対応をとった。

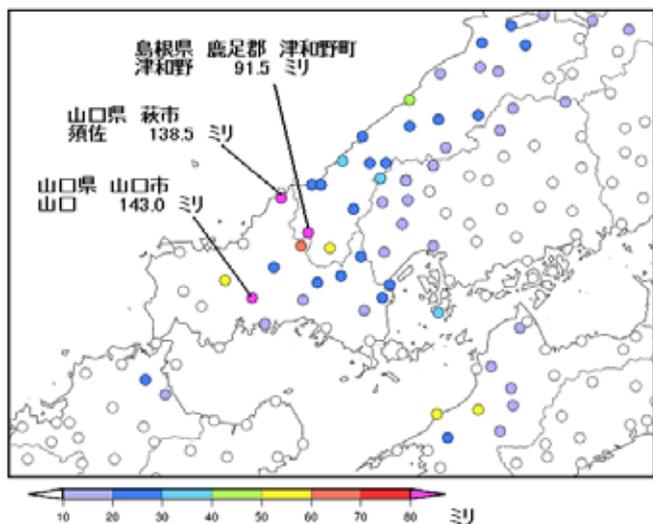


図 1 2013 年 7 月 28 日の最大 1 時間降水量 (気象庁、災害時自然現象報告書 2013 年 第 1 号 加筆)

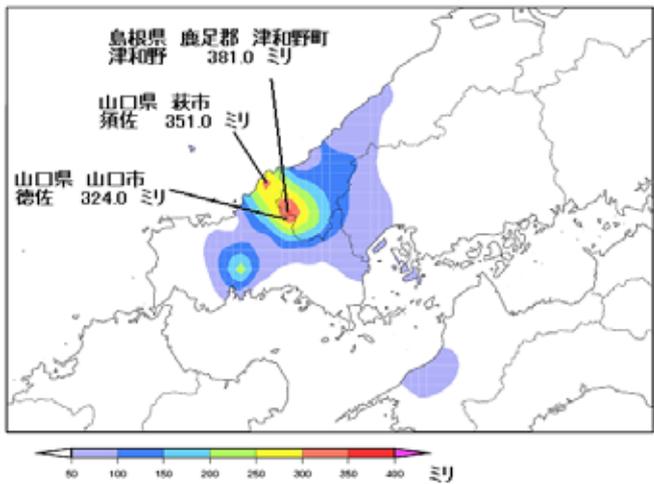


図2 2013年7月28日の日降水量（気象庁，災害時自然現象報告書2013年 第1号 加筆）

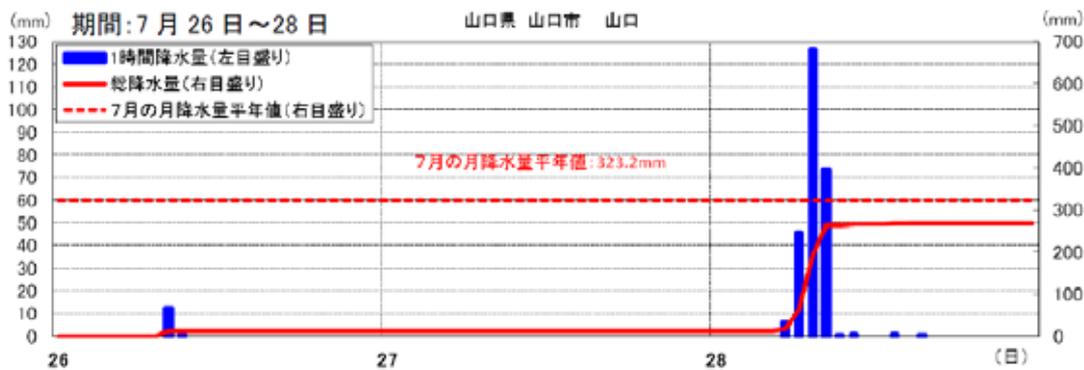


図3 山口の降水量時系列図（気象庁，梅雨前線および大気不安定による大雨）

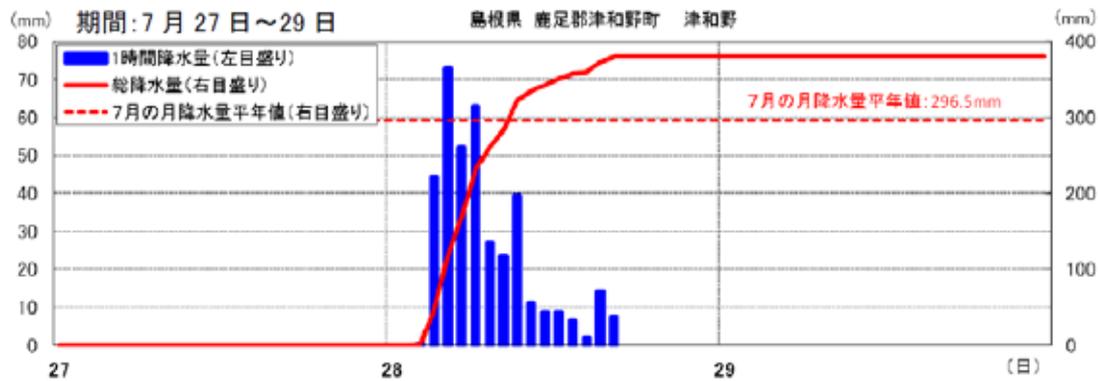


図4 津和野の降水量時系列図（気象庁，梅雨前線および大気不安定による大雨）

2013年7月28日は、日本の南側の太平洋高気圧の縁を沿うように大きく回りこみながら、温暖湿潤な空気が西日本の日本海側に流れ込んでいた。そして日本海には、寒冷渦が存在し、流れ込む空気の進路を阻んでいた。更に上空1万mのチベット高気圧の縁を通った冷たい北風が吹き下ろしていた(図5)。以上の流れがちょうど山口県と島根県の県境付近で雨雲を次々と発達させたため、この付近に猛烈な雨をもたらした。両県の一部地域では地中における水分量を示す土壌雨量指数が50年に1度のレベルに到達した(気象庁，2013)。

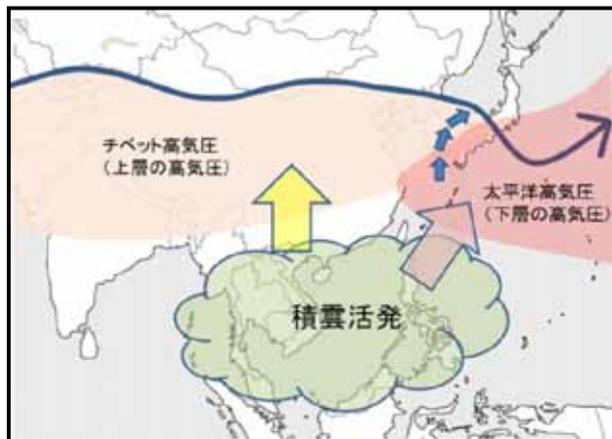


図5 2013年7～8月の日本の極端な天候をもたらした要因 (気象庁, 2013)

3 地形の特徴

今回の調査地域は、阿武山地に位置しており、北側には須佐丘陵および北浦沿岸低地が広がっている。阿武山地は十種ヶ峰(標高 989m)を主峰とし、日本海に接する高山(標高 533m)まで連なる中～小起伏山地である。中央部の多くは吉備高原面とよばれるなだらかな地形であるが、北東-南西および北西-南東方向の構造谷によって分断され、山地斜面や谷部はかなり急峻になっている。また、阿武山地には小規模なものではあるが、火山碎屑丘や溶岩円頂丘などの多数の火山地形がみられる。

また、水系についてみると、阿武川水系と高津川水系からなる日本海側水系の流域に位置する。阿武川は山口県阿東嘉年上の権現山(標高 653m)付近を水源とし、萩市から日本海に注ぐ二級河川である。延長 82 km、流域面積 695 km²の山口県では錦川に次ぐ大河である。源頭部においては、十種ヶ峰の西麓を南東方向に流れて徳佐盆地に入る。徳佐盆地では、津和野-岐波構造線に沿って南西に流れ、御堂原から北西に転じて長門峡を通過して萩市へと、コの字状の流路をたどる。高津川は島根県鹿足郡吉賀町野原を水源とし、益田市から日本海に注ぐ延長 81 km、流域面積 1,090 km²の一級河川である。津和野川はその主要支流の一つである。名賀川は、津和野川の支流であり、十種ヶ峰の東側山地を水源として南に流れ、北東に転じて津和野川と合流した後、高津川に注ぐ(土木学会地盤工学委員会・地盤工学会中国支部, 2013)。

4 地質の特徴

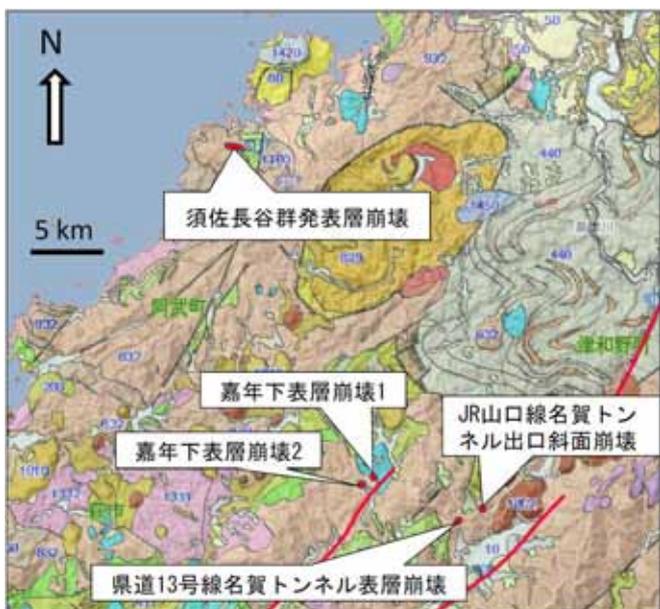


図6 調査範囲の地質図(独立法人産業技術総合研究所, 2014)及び調査箇所
凡例: 番号 832 は流紋岩質凝灰岩

調査地域の大部分は、阿武層群からなる中生代白亜紀後期の流紋岩-デイサイト溶結凝灰岩が広く分

布し、名賀川中流部と北部流域界付近に錦層群からなる古生代ペルム紀秋吉帯(ペルム紀付加コンプレックス)の泥質混在岩が分布する。また北西部は、中生代白亜紀前期関門層群の赤色頁岩、砂岩、礫およびデイサイト-流紋岩火砕岩及び溶岩と中生代白亜紀後期のドレライト及びひん岩が分布している。北東部は、古生代ペルム紀秋吉帯(ペルム紀付加コンプレックス)錦層群の砂岩が分布している。阿武層群を構成する流紋岩-デイサイト溶結凝灰岩は、厚く降り積もった火山灰などの火砕物が高温を保っていたことと自重のために溶結して、特徴的なレンズ状の平行配列ができています。特徴として非常に堅硬であるが、岩体形成時の冷却やその後の構造運動によって形成された節理が発達しているため、塊状に割れやすい特徴を有する。

また、徳次地区には礫層・砂層・粘土層からなる半固結状態の堆積層が緩傾斜地を形成して分布する。この堆積層分布域の一部は、農村振興局所管の地すべり防止区域(地域名：徳次、指定番号：351、指定年月日：昭和62年3月25日)となっている(加藤, 2013)。また、この地域は多数の小断層が存在している。

5 詳細調査：斜面崩壊・土石流の特徴

調査を実施した地域は、山口県と島根県の県境に位置しており、山口県山口市阿東嘉年下と島根県津和野町名賀である。調査を実施した箇所(図7)の斜面崩壊の特徴について述べる。調査では、崩壊規模の把握のために、レーザー測量機による測量、土質試験に必要なサンプル採取を実施した。



図7 山口・島根豪雨災害における調査地点(国土地理院 加筆)

地点1

白井付近は、斜面崩壊が多発している地域になり、その中でも大規模な表層崩壊が確認できた(図8)地点1について特徴を述べる。崩壊規模は、高さ90m程度、幅3~20m程度である。斜面最下部から高さ40m地点まで測量を実施した。その40m地点までの斜面傾斜角は 34.3° である。40mより上部ではさらに急傾斜になる。地質は風化した流紋岩質溶結凝灰岩が確認され、一部で泥岩が確認された。斜面下部の崩壊堆積物は、風化した流紋岩質溶結凝灰岩と山地斜面表層部に分布している有機質土が混合しており、その多くは有機質土からなる。堆積物中の岩石の大きさは平均20~30cmのものが多く、1m前後の木片も含んでいた。植生に関して、斜面上部は人工林(杉、ヒノキ)で、斜面中部は自然林、斜面下部は竹林(長さ:平均3~5m, 最大10m)である。地点1でこれほど大規模な崩壊が発生した原因は、根が浅い人工林や竹林が分布していたことが言える。人工林や竹林は、根が表土を覆うため、がけ崩れには強いが、根が基盤岩に達することはないため、斜面崩壊や地すべりには弱いといった特徴がある。

地点2

地点2では、今回の豪雨によるものではなく過去の土石流堆積物が認められた。規模としては、流下方向正面からみると幅80m程度、層厚6~8m程度(図9)、横断面をみると、土石流堆積物の幅80m程度、層厚3~5m程度、斜面傾斜角 $15^\circ \sim 20^\circ$ 、堆積物上部には、流紋岩質溶結凝灰岩の基盤岩が露出していた。堆積物は、大きいもので70cm、平均20~30cmの流紋岩質溶結凝灰岩と流紋岩質溶結凝灰岩の風化によって生成された土壌からなる。この沢では、今回の豪雨による大規模な土石流がそれほど見られなかった。この理由として、崩壊の免疫性があったと推測される。過去に土石流が発生しており、この沢にはあまり堆積物が残されていなかったためだと考えられる。

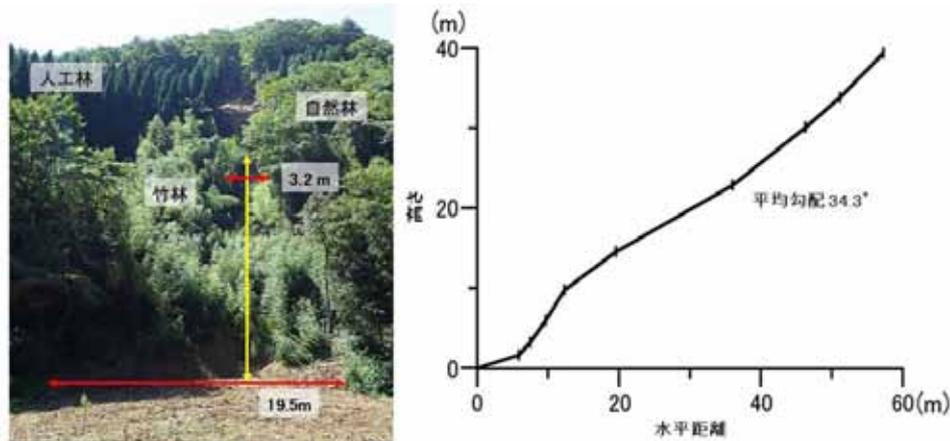


図8 地点1における大規模斜面表層崩壊（左）および縦断面図（右）

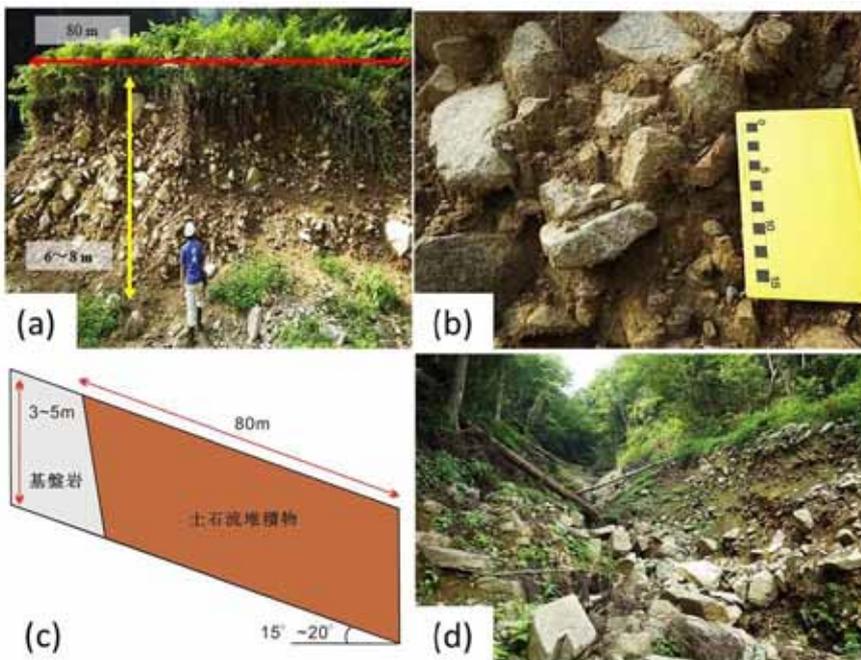


図9 地点2における過去の土石流堆積物(a), 過去の土石流堆積物 (b), 模式断面図(c), 溪床の様子(d)

地点3

地点3では、規模は小さいが、斜面傾斜角が 43.1° とかなり急傾斜な崩壊が発生していた。高さ 26.5m、幅が斜面上部では 11.5m、斜面中部では 11.8m、斜面下部では 5.7m と下部ほど幅が狭くなっている (図10)。

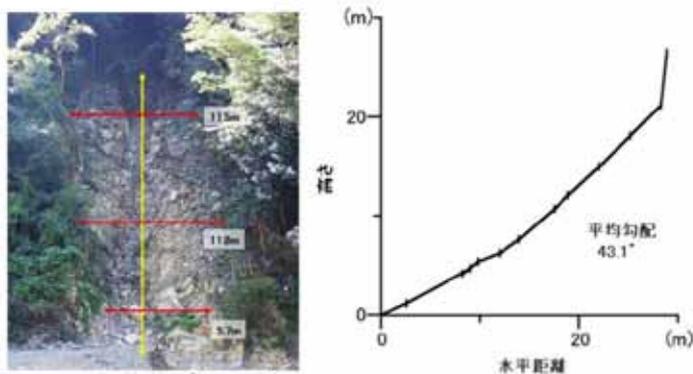


図10 地点3における小規模な表層崩壊(左), 縦断面図(右)

また、斜面最上部では、オーバーハングが確認され、上部中央で深さ 2～2.5m の流路が確認された。斜面の大部分は、比較的新鮮な流紋岩質溶結凝灰岩からなり、斜面下部には節理が発達し、斜面に対して流れ盤構造を示す(図 11)。2箇所節理の走向傾斜を測定した結果、 $N6^{\circ}E85^{\circ}E$ 、 $N9^{\circ}E80^{\circ}E$ であった。この地点における崩壊は、比較的新鮮で堅固な岩石で土層厚が薄いといった特長を持つことから、流れ盤構造を持つ基盤岩の影響が大きいと推測される。また、このような節理が発達しているのは、この地域に多数存在する小断層の影響があると考えられる。

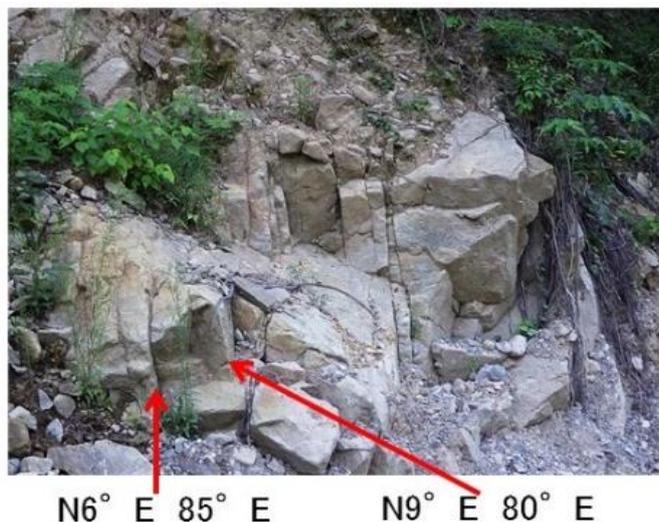


図 11 地点 3 における小規模な表層崩壊の斜面下部

地点 4

地点 4 では、旧名賀小学校の上流部を流れる河川で土石流が発生していた。この河川には、砂防堰堤が 3 基設置してあり、3 基ともに多くの土砂、流木が堤体の上流側に堆積していた。その結果、河川勾配が緩やかになり、河川の浸食力が小さくなったため、下流への土砂移動が少なく、他の崩壊箇所と比較すると堆積物が少なかった。また、堆積物は礫サイズのもものがほとんどである。最上流部では、デイサイト～流紋岩の溪谷からなっており、節理が発達している(図 12)。



図 12 地点 4 における河川最上流部

河川の側面では、表層崩壊が発生しており、規模の大きいもので 7 箇所確認された。発生箇所は主に、河川の攻撃斜面、流木により土砂が堆積した箇所などである(図 13)。全体的には、河川上部では浸食作用、下部では堆積作用が主になる。また、河床の岩石は、様々なものがあり、角礫岩、含礫泥岩、赤色頁岩、流紋岩、流紋岩質凝灰岩からなり、この地域は、関門層群の地層が分布していると考えられる。



図 13 地点 4 における河川上流部の倒木(左), 表層崩壊(右)

また、地点 4 付近で高さ 150m、幅 30m の大規模な表層崩壊が確認された (図 14)。植生は大部分が人工林からなり、崩壊最上部周辺で自然林が認められた。



図 14 地点 4 における大規模な表層崩壊

地点 5

地点 5 では、高さ 50~70m、幅 5~10m、浸食深さ 50~100cm 程度の表層崩壊が確認され、斜面下部には、湧水が認められた。また、斜面流下方向に節理が発達している (図 15)。



図 15 地点 5 における表層崩壊

地点 6

地点 6 では、表層崩壊が確認された。崩壊規模は、高さ 36.2m、最大幅 21.1m、浸食深さ 1m 程度で崩壊中央部には深さ 2m 程度の流路が斜面傾斜方向に発達している。斜面傾斜角は 31.9° である (図 16)。地質としては主に流紋岩質溶結凝灰岩、流紋岩質火砕岩からなり、表面は、比較的風化が進んでいて、節理が発達している。

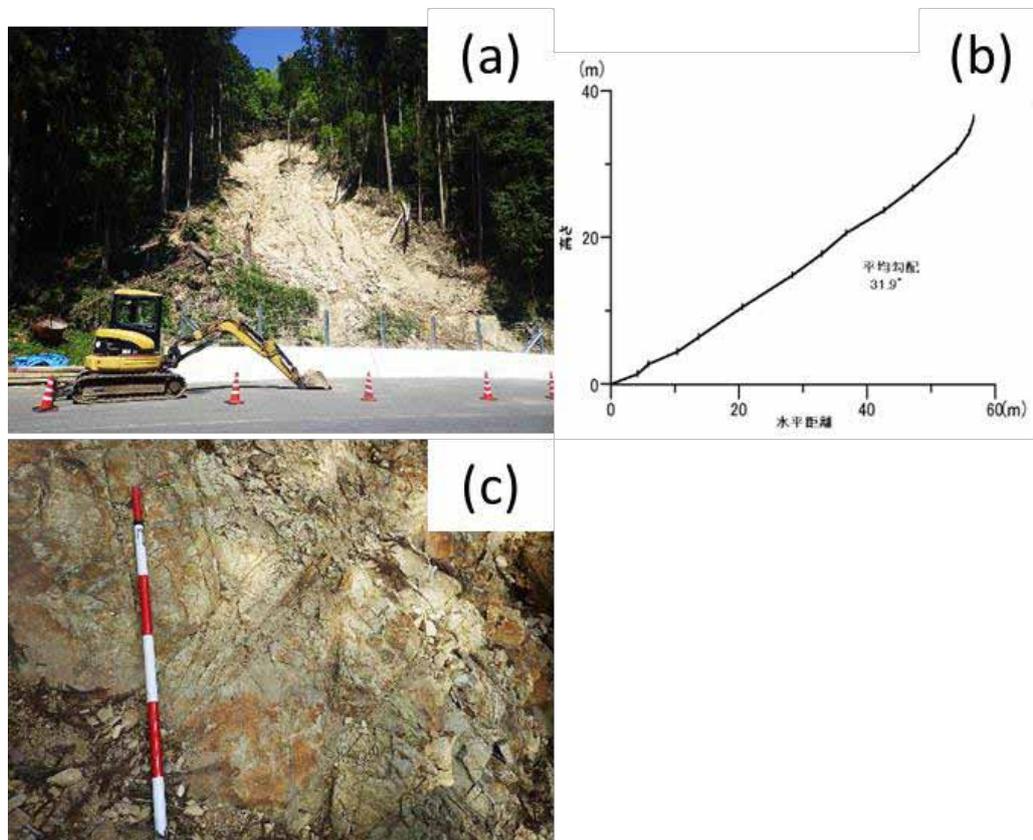


図 16 地点 6 における表層崩壊 (a), 縦断面図 (b), 節理の様子 (c)

節理は主に谷に平行な方向 ($S30^\circ E$) に発達しており、節理の間隔は約 20cm である。流紋岩質凝灰岩は、石英、カリ長石、斜長石、少量の不透明鉱物を含んでおり、大きいもので 5mm 程度の結晶が肉眼で観察できた (図 17)。また、崩壊上部の一部で、硬い泥岩・砂岩層が認められた。崩壊中部側面は、下層に風化した流紋岩質溶結凝灰岩、上層に有機質土が 1.2~1.5m 程度堆積していた。また、境界は明瞭であった。



図 17 地点 6 における流紋岩質溶結凝灰岩 (左), 崩壊中部側面 (右)

崩壊上部法面では、下層から基盤岩、層厚 3m のサプロライト、層厚 1.5m の土層が認められた (図 18)。

崩壊最上部の側面では、有機質土が 1.4m で堆積していた。

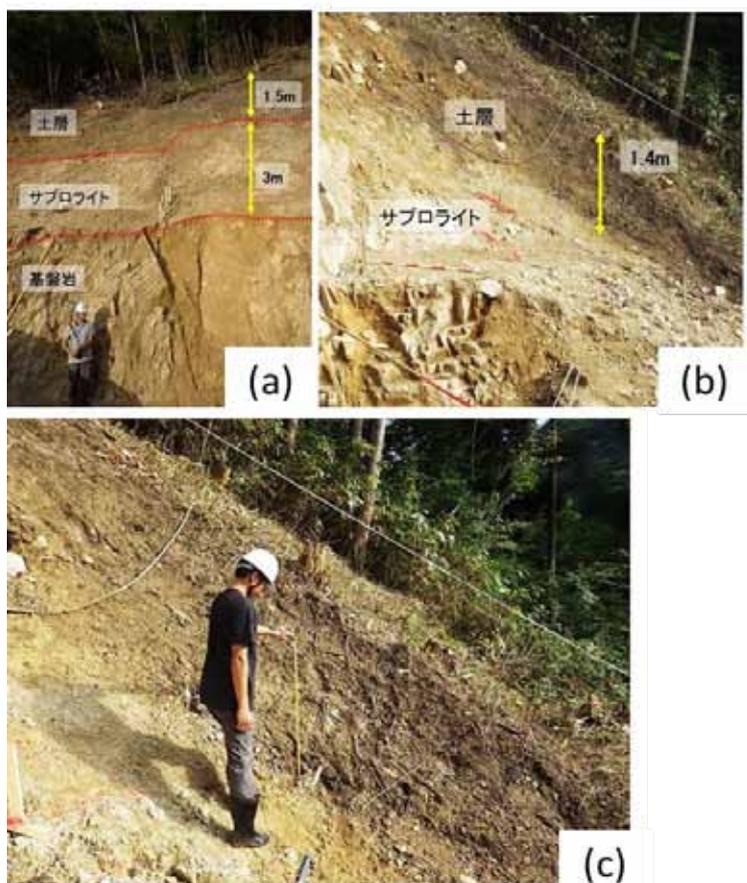


図 18 地点 6 における崩壊上部の法面(a), 崩壊最上部の側面(b), 崩壊最上部の側面における測量(c)

地点 7

地点 7 では、河川攻撃斜面の浸食により流紋岩質溶結凝灰岩が露出していた (図 19)。また、この浸食により家屋の倒壊が見られた (図 19)。



図 19 地点 7 における河川攻撃斜面の浸食(左), 河川の浸食による家屋の倒壊(右)

地点 8

地点 8 では、大規模な表層崩壊が確認された。山頂付近から崩壊が発生し、土砂により白井トンネルが埋没した (図 20)。調査時には、復旧工事が行われ、トンネルは貫通していた。図 20 に見られるようにトンネル付近の法面は、アンカーが打ち込まれていた。トンネル付近の河川は、斜面崩壊部からもたらされて多量の土砂が堆積していた。また、大規模な河川堤防の浸食が見られ、河道が変形し、道路が滑落している所も見られた。

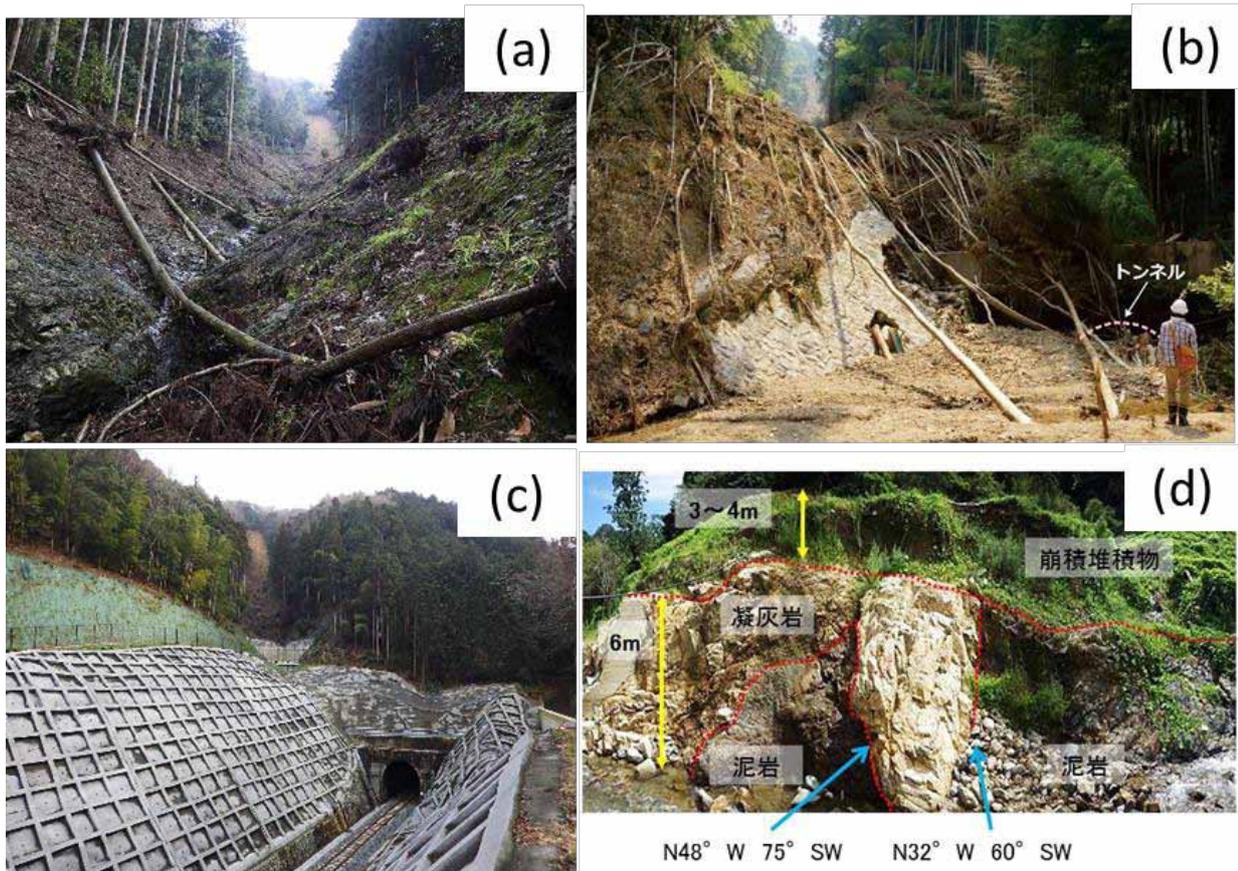


図 20 地点 8 における大規模表層崩壊 (a,b), 白井トンネルの復旧 (c), 河川攻撃斜面の浸食 (d)

地点 9

流紋岩質溶結凝灰岩の露頭を確認した。表面は、風化が進んでいた (図 21)。



図 21 地点 9 における流紋岩質溶結凝灰岩の露頭

地点 10

地点 10 では、2箇所が発生した表層崩壊が斜面下部で複合していた (図 22)。そのため、斜面下部に大量の土砂が堆積していた。堆積物は、礫サイズのものが多く、泥・砂サイズのものは比較的少なかった。また、土砂だけでなく、多くの木々が埋積していた。地質は風化の進行した流紋岩質溶結凝灰岩であり (図 22)、その風化層は浅く、その下層には新鮮な流紋岩質溶結凝灰岩が認められた。



図 22 地点 10 における大規模表層崩壊(左), 風化した流紋岩質溶結凝灰岩(右)

地点 11

高さ 70m, 幅 3m, 浸食深さ 1.5m の表層崩壊が確認された (図 23)。



図 23 地点 11 における表層崩壊

地点 12

土石流が確認され, 道路が埋積していた (図 24)。



図 24 地点 12 における土石流堆積域

地点 13

高さ 48.1m, 最大幅 17.7m, 斜面傾斜角 38.5° の表層崩壊が確認された。上部から下部に向かって崩壊幅が広がっている (図 25)。

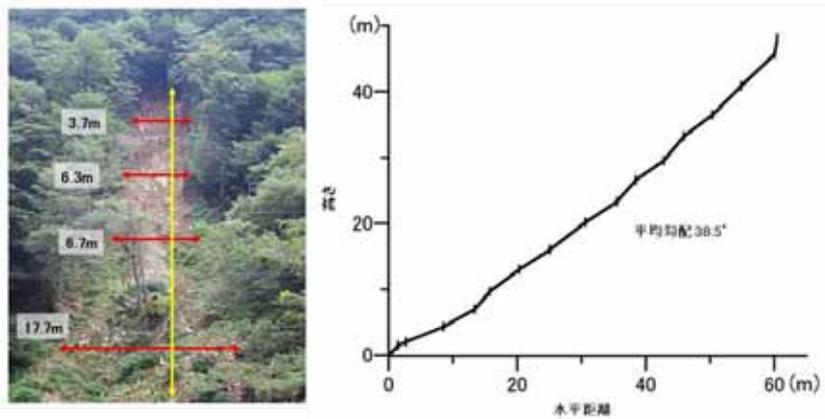


図 25 地点 13 における表層崩壊 (左), 縦断面図(右)

6 崩壊発生危険雨量の検討

崩壊発生危険雨量を算出するにあたり、駒村 (1988) に基づいて検討した。

(1) 崩壊発生危険雨量について

まず、はじめに斜面の勾配、土層の厚さ、土の c 、 ϕ などのほかに、土の飽和度をパラメータとした安全率の計算式を導き、 $F=1$ になるときの飽和度を求めて崩壊発生危険雨量を算定する方法を提示する。次に、土層がその水分量に達するまでの時間は、降雨量と継続時間および土の浸透能によってきまるので、それらの関係についても考察し、崩壊発生の場合と降雨のタイプの両者を複合した斜面崩壊発生予知の方法について検討する。

山地に豪雨が降ると、その一部は地表面を流れ、一部は地中に浸透して崩壊の発生に関係するようになる。雨水の地中への浸透量は浸透がはじまった当初は大きいですが、その後徐々に減少し、土が飽和すると浸透しなくなって表面流があらわれる。これを模式的に示すと、図 26 の点線のようなになる。さらに、この図に実線で示したような累加雨量曲線を描くと、この二つの曲線の交点 B までは浸透量の方が多いため、雨の降りはじめからこの B 点の時刻までは、表面流が生じないが、それ以降は土が飽和して表面流が生ずるようになることが示される。その後、表面流量が増加し、ある量以上になったとき崩壊が発生するケースが多いといわれている (田中, 1974)。しかし、現実にはそのような例ばかりではなく、累加浸透量曲線と累加雨量曲線が交差する時点より以前、すなわち土層が完全に飽和していないと思われる状態においても、崩壊が発生するケースがある。

そこで、そのような不飽和な状態での崩壊発生について検討してみる。降雨による表層崩壊の発生経過をたどってみると、一般的に次のようになる。

降雨→斜面への雨水の浸透→土質の変化→安全率の低下→ $F \leq 1$ →崩壊発生

このような崩壊発生の経過を考えると、雨水の浸透による土質の変化を考慮した安全率の式を導いて、崩壊の発生を検討することが可能になる。

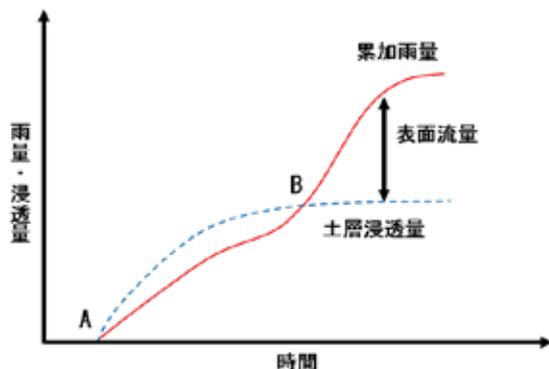


図 26 雨量，浸透量の時間的变化

(2) 崩壊発生危険雨量の解析手順

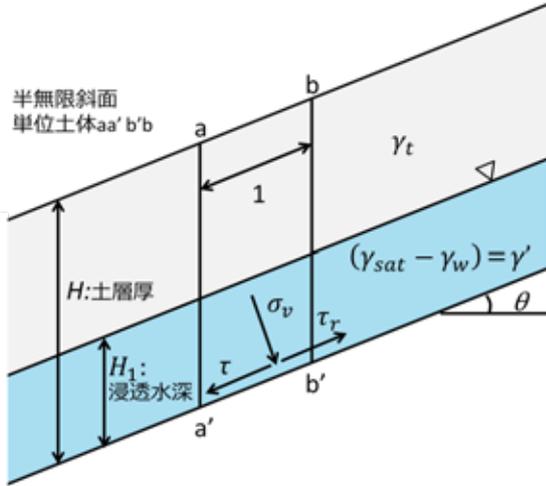


図 27 半無限斜面模式図

図 27 のような傾斜角 θ 、土層厚 H 、浸透水深 H_1 の半無限斜面を想定すると、単位土体 $aa'b'b$ のすべり面に直角に働く分力は

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \{\gamma_t(H - H_1) + (\gamma_{sat} - \gamma_w)H_1\} \cos^2 \theta \\ \sigma_v &= \{\gamma_t H - (\gamma_t - \gamma')H_1\} \cos^2 \theta \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

ここに、 γ_t : 湿潤単位体積重量； γ_{sat} : 飽和単位体積重量； γ_w : 水の単位体積重量； $(\gamma_{sat} - \gamma_w) = \gamma'$: 水中単位体積重量であり、斜面が粘着力 c のある土からなる場合は、すべりに抵抗する力は

$$\begin{aligned} \tau_r &= c + \sigma_v \tan \phi \\ \tau_r &= c + \{\gamma_t H - (\gamma_t - \gamma')H_1\} \cos^2 \theta \cdot \tan \phi \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

となる。この力 τ_r とすべり面に沿って下方に働く分力、 $\tau = \gamma_t H \cos \theta \sin \theta$ との比を求めると安全率 F が得られ、それが 1 以下の場合に崩壊が発生する。

$$F = \frac{c + \{\gamma_t H - (\gamma_t - \gamma')H_1\} \cos^2 \theta \cdot \tan \phi}{\gamma_t H \cos \theta \sin \theta} \dots\dots\dots (3)$$

ところで、浸透水深 H_1 であるが、現実には土壤水分は図 27 に示したように、土壤の間隙中に分散して存在しており、土層内で H_1 の部分と $(H - H_1)$ の部分とが図 27 のようにはっきりと分離して存在していることは稀である。そこで、 H_1 は通常分散して存在している土壤水分を、もし土層の下部に集めたとしたらこの深さになるであろう、とみなしたときの値であると考え、 H_1/H 飽和度に相当するファクターとして取り扱うことができるので $(H_1/H) \times 100 = S_r$ とし、それと $\gamma_t = (G_s + eS_r) \cdot \gamma_w / (1 + e)$ および $\gamma' = (G_s - 1)\gamma_w / (1 + e)$ とを用いて(3)式の一部、 $\{\gamma_t H - (\gamma_t - \gamma')H_1\}$ を書き改めると

$$\{\gamma_t H - (\gamma_t - \gamma')H_1\} = \frac{(G_s + eS_r - eS_r^2 - S_r)\gamma_w H}{(1 + e)} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 G_s : 土の比重； e : 間隙比である。なお、計算にあたっては、 S_r は飽和度を 100 でわった値を用いる。これを(3)式に代入して整理すると、土層の飽和度をパラメータとした安全率の計算式が次のように導かれる。

$$F = \frac{(1 + e)c + (G_s + eS_r - eS_r^2 - S_r)\gamma_w H \cos^2 \theta \cdot \tan \phi}{(G_s + eS_r)\gamma_w H \cos \theta \sin \theta} \dots\dots\dots (5)$$

さらに、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ も飽和度によって変化することを考慮する必要がある。飽和度が増加すると土の粘着力 c および内部摩擦角 ϕ のいずれも減少することが多くの実験によって示されている。これらの c 、 ϕ のうち飽和度による ϕ の変化はあまり大きくなく、特に表層崩壊の場合には土被り荷重が小さいために ϕ 成分がせん断抵抗に与える影響は比較的小さく、 c 成分の方が支配的であるといわれている

(風間, 1985)。そこで, 本論文では, ϕ は測定時の値のままほぼ一定であり, 粘着力 c は飽和度の増加によって指数関数的に減少すると仮定し

$$c = c_d \cdot \exp(-\alpha \cdot S_r) \dots\dots\dots (6)$$

とする。ただし, α は減少係数, c_d は乾燥時の粘着力

これを(5)式に代入すると安全率は

$$F = \frac{(1 + e)c_d \cdot \exp(-\alpha \cdot S_r) + (G_s + eS_r - eS_r^2 - S_r)\gamma_w H \cos^2 \theta \cdot \tan \phi}{(G_s + eS_r)\gamma_w H \cos \theta \sin \theta} \dots\dots\dots (7)$$

とあらわされる。これによって, 飽和度が 0 から 100%まで変化する間の飽和度と安全率との関係を計算することができ, 崩壊発生時 ($F=1$)の飽和度と含水比 ($w=eS_r/G_s$)を推定できる。また, この考え方によれば, 土層が飽和しない場合でも崩壊発生の可能性があることを説明できるわけで, 従来提唱されていた考え方, すなわち飽和してから崩壊が発生するという考え方よりも一層現実的な説明ができる。なお, 計算上は飽和度が 100%以上 (飽和時)でも F が 1 以下にならず, 斜面は安定であると判断される場合もあるが, このように飽和度が 100%以上の場合には, 前述のような斜面内応力のつり合い関係によってではなく, パイピング等他のメカニズムによって崩壊が発生すると考えれば, 計算上は $F>1$ となっても現実に崩壊が発生するという点は説明できる。

次に, 崩壊発生危険雨量と発生時刻の予知について説明する。前述のようにして, 降雨により表層崩壊が発生する時点 ($F=1$ の時点)での飽和度が推定されると, $w=eS_r/G_s$ によってそのときの含水比が求められ, その含水比と現時点 (降雨前)の含水比との差 (w')を計算すると, それが崩壊の発生をもたらす含水比の増加分となる。さらに, この含水比をもとに図 27 のモデル土柱 ($V=1 \times 1 \times \cos \theta \times H$)の水分量を

$$W_w = W_s \times w' = \{G_s \cdot V / (1 + e)\} \times w' \dots\dots\dots (8)$$

ここに, W_w : 水分の重量; W_s : 土粒子分の重量として重量で計算したあと容積に換算し ($V_w=W_w/\gamma_w$), それを崩壊発生水分量とすると, その量が降雨によって満たされたとき崩壊が発生することになる。地表に降った雨は土層中に浸透したあとその一部は再び地表に流出するから, 崩壊発生水分量と等量の雨量がそのまま崩壊の発生をもたらす雨量 (崩壊発生危険雨量)になるとは限らないが, 土層が飽和するまでは地表流出がなく, 浸透した雨がすべて土層内に貯留されると仮定すれば, 崩壊発生水分量と等量の雨量が崩壊発生危険雨量 R となる。この R は崩壊発生水分量を地表面における水高に換算して得られる値, $R=V_w/\cos \theta$ であり, これによって, どの程度の雨量で崩壊が発生するか予測できる。

次に, 土壌含水比が前述の量だけ増加するのにどの位の時間がかかるかを考えてみると, それは土の透水性によって決まる。すなわち, 前述のようにして求めた崩壊発生危険雨量に相当する水分量が浸透するのに要する浸透時間 t は浸透能 (浸透速度)を f とすると, 次のように計算される。

$$t = R/f \dots\dots\dots (9)$$

ただし, R は崩壊発生危険雨量で単位は mm; f の単位は mm/hr である。

土中への雨水の浸透能 f は, 土中の水分量の関数であり, 降雨の初期には高い値を示すが, 降雨時間の経過とともに急速に低下し, 60 分以上経過した後一定の浸透能すなわち最終浸透能に達する (日野ほか, 1983)。この関係は Horton によって

$$f = (f_0 - f_c)e^{-kt} + f_c \dots\dots\dots (10)$$

ここに, f_0 : 初期浸透能; f_c : 最終浸透能。

と与えられているもので, 最終浸透能については, 様々な土壌に対する測定結果が得られており (日野ほか, 1983; 中野, 1976), 森林土壌では, 200 mm/hr 程度となっている (久保田, 2004)。そこで, 浸透時間の計算にあたっては最終浸透能の値を用いることにした。

(4) 一面せん断試験結果

山口・島根豪雨災害に関しては, 地点 6 斜面上部と地点 10 のサンプルを用いた。垂直応力 σ (kPa)をそれぞれ 50 (kPa), 100 (kPa), 150 (kPa)で行った。せん断強さ τ_f と垂直応力 σ から強度定数 c , ϕ を求めた結果を図 28 に示す。

これをもとに、 $1m \times \cos 38.6^\circ \times 2.0m$ (2.0mは土層厚)の土体中における水分量を計算すると、 $0.199m^3$ となり、これを単位面積の面における水高に直すと、 $255.0mm$ となる。すなわちここで対象とした斜面に $R=255.0mm$ の雨水が浸透すると崩壊が発生するということになり、これが発生危険雨量になる(図31)。

表1 山口・島根豪雨災害におけるモデル計算の設定パラメータ

G_s	2.70
e (%)	0.60
S_r (%)	59.4
w (%)	13.1
c (kPa)	10.9
ϕ (°)	41.9
θ (°)	38.6
H (m)	2.0
A	0.406

以上の計算は初期飽和度が59.4%のものであるが、長雨の後などで飽和度が59.4%より高い場合を基準に崩壊発生危険雨量を計算すれば、低い値になり、乾燥していて飽和度が低い時点を基準にすれば、崩壊発生危険雨量は大きく算定される。従って、梅雨期や台風期には正確を期するため対象となる斜面の飽和度をたびたび測定し、それをもとに崩壊発生危険雨量を常に設定し直しておく必要がある。

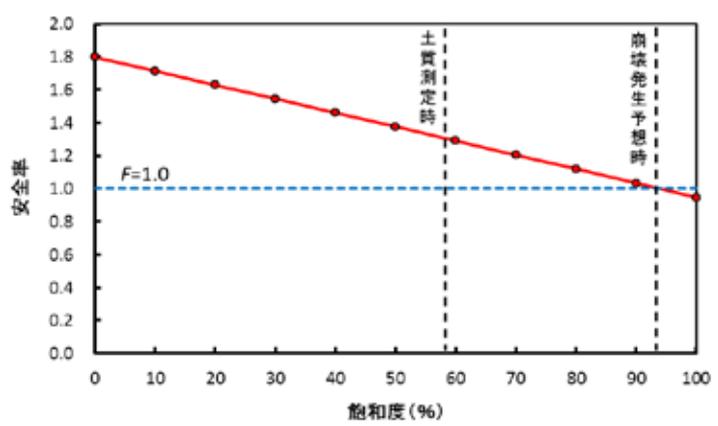


図30 山口・島根豪雨災害における飽和度の変化に対する安全率

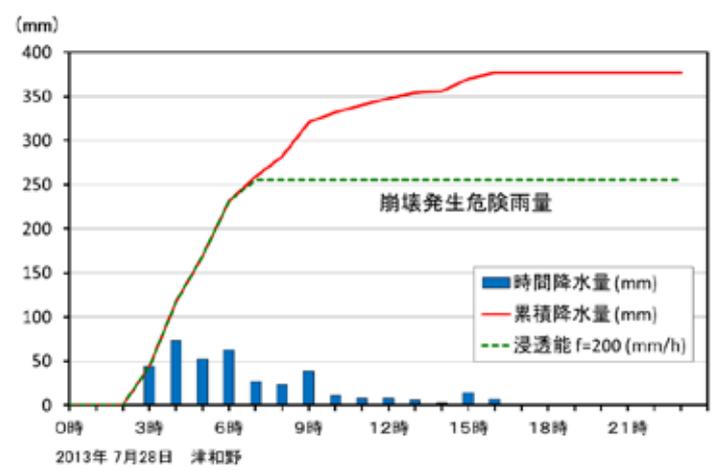


図31 山口・島根豪雨災害における浸透量を考慮した崩壊発生時間の予測

7. Google Earth による土砂災害分布データベース

島根県の土砂災害の時間・空間分布を“見える化”にするために、Google Earth をインターフェースと

して、平成 24 年からデータベース作業を進めている。例として、図 32 は平成 25 年県内発生した土砂災害を示す。土砂災害は斜面崩壊（小規模表層崩壊）、地すべり、土石流に区分し、発生箇所中心の座標を使って、Google Earth にプロットする。地質図と重ねることができるので、どのような地質条件で斜面災害が発生しやすいことが一目で分かる。平成 25 年では、7 月と 8 月に二回の激甚災害に見舞われたので、西部（津和野町から西、7 月豪雨災害）と中部（江津市周辺、8 月豪雨災害）で集中していることが分かる。その他の季節で発生した土砂災害がほとんど県東部の山間部（第三系層や花崗岩地域）で発生している。



図 32 平成 25 年島根県で発生した土砂災害分布

図 33 は平成 25 年 7 月の豪雨災害時発生した土砂災害の分布を示す。地質図を表示しているとともに、激甚災害時の累積雨量等値線も表示されている。ほとんどの土砂災害が累積降雨量が 350 mm を超えているところで発生していることが読み取れる。そして、地質の境界部分で多発しているようにも見える。津和野周辺の地質は、主に流紋岩質凝灰岩でできた急峻な地形で、普段の降雨であまり土砂災害が発生しないものの、350 mm を超える激甚集中降雨が発生する場合、土砂災害が発生することが今回の教訓の一つでもある。

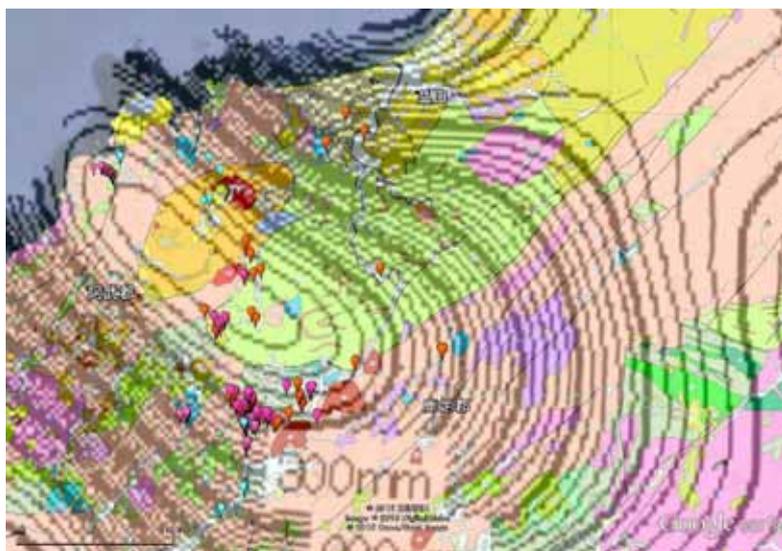


図 33 平成 25 年 7 月島根・山口豪雨災害時島根県内で発生した土砂災害分布

8. 土石流のシミュレーション

JR 山口線白井トンネルで発生した土石流災害に対して、土石流の運動状況を再現するための数値シミュレーションを行った。この土石流は高いところから斜面崩壊で誘起され、谷に沿って流下し、JR 山口線の線路を埋め、トンネルを塞いだ。図 34 は白井トンネル土石流の発生場所と周辺状況を示す地図である。

る。数値シミュレーションの実施に当たって、水文解析モデル HEC-HMS と物理ベースの数値モデルを用いた。

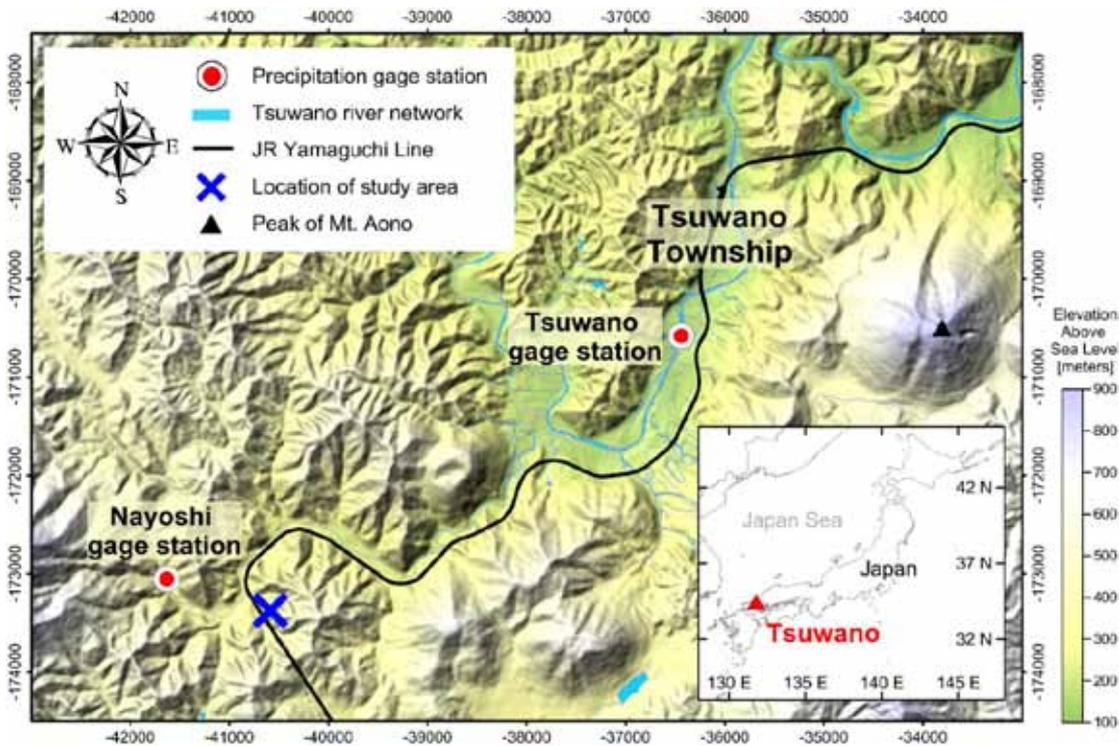


図 34 調査地周辺地図

水文解析では、Soil Conservation Services 社（略して SCS）の Curve Number (曲線数、略して CN)法を用いた。この方法は雨量データを用いて、未開発の小流域を対象に、斜面表面流の抽出および余分の降雨量の算出ができる。計算式は (11) と (12) である。

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \dots\dots\dots (11)$$

中では、

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (12)$$

P_e は余分の降雨量(mm); P は記録された降雨量(mm); I_a は初期抽出(mm)で、 $I_a = 0.2S$ と仮定される; CN は無次元曲線数で、表土の種類によって決まる。現地から採取した土試料の粒度分析を行ったところ、有効粒径が $D_{10} = 0.805$ mm であるため、Hazens の近似式を用いて、透水係数 K が 6.482 mm/sec であると算出される。USDA (2009)によると、 CN の値は 30 に設定できる。SCS-CN 法で余分降雨量を求めれば、SCS 流量時間曲線を用いて、表面流出の時間変化が求められる。直接表面流出流量を計算するために、時間遅延 T_L (min) は式 (13) から求められる。

$$T_L = \frac{L^{0.8}(1000/CN - 9)^{0.7}}{734.44Y^{0.5}} \dots\dots\dots (13)$$

L は最大水文長さ(m); Y は流域の平均勾配(%). 白井トンネル土石流の小流域においては、Arc-GIS を用いて、 $L=285.7$, $Y=0.772$ と算出された。よって、式 (12) に示す時間遅延 T_L は 61.793 min となった。以上の解析を行った後、直接表面流出の総体積 V_w を用いて、土石流シミュレーションに必要な想定体積を求める。

土石流のシミュレーションにおいては、土石流を粘塑性流体として扱い、式 (14) の連続方程式と式 (15, 16) の運動方程式を用いて計算を行う。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial B}{\partial x} - \frac{\tau_0}{\rho} \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}} \dots\dots\dots (15)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2) = -gh \frac{\partial B}{\partial y} - \frac{\tau_0}{\rho} \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}} \dots\dots\dots (16)$$

ここでは、 $h(x, y, t)$ は土石流の厚さ、 $B(x, y)$ は河床の座標値、 g は重力加速度、 $u(x, y, t)$ と $v(x, y, t)$ xとy方向の平均速度、 τ_0 は土石流の降伏強度 (Pa)、 ρ は土石流の密度(kg/m^3)である。土石流の降伏強度は逆算で求め、本事例では $\tau_0 = 3600$ (Pa)となった。土石流の起動は下記の発生条件式で表される。

$$\left(\frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y}\right)^2 > \left(\frac{\tau_0}{\rho gh}\right)^2 \dots\dots\dots (17)$$

水文解析で求めた V_w 、そして Takahashi (2007) に提案された平衡集中度係数 C_v をつかって、土石流の設計体積 V_{DF} が求められる。

$$V_{DF} = \frac{V_w}{1 - C_v} \dots\dots\dots (18)$$

ここで、 $C_v = \frac{\rho_w \tan \theta}{(\rho_s - \rho_w)(\tan \phi - \tan \theta)}$

中では、 ρ_w と ρ_s はそれぞれ水と土石流の密度($1,000 \text{ kg}/\text{m}^3$, $2,650 \text{ kg}/\text{m}^3$; ϕ は土砂の平均内部摩擦角度 (37°) ; θ は崩壊源の平均傾斜角度。本事例では、土石流の総体積は $5,959.7 \text{ m}^3$ となっている。土石の最初の分布厚さは災害発生後の空中写真を用いて求め、計算に設定した。

数値解析の手法として、well-balanced central-upwind scheme 法 (Kurganov & Petrova, 2007) を用い、dry/wetのフロントでは、特別な処理を行った。

水文解析の結果は図 35 に示している。流出量と損失量はそれぞれ $2,366$ と $7,698 \text{ m}^3$ であり、ピーク流出量は 0.190 (cms)である。

図 36 には、シミュレーションによる土石流運動の時間変化を示す。土石流は崩壊源から移動し、白井トンネル手前で堆積した。トンネル入り口での運動速度と堆積深さは図 37 に示されている。現場での状況を再現できたと思われる。

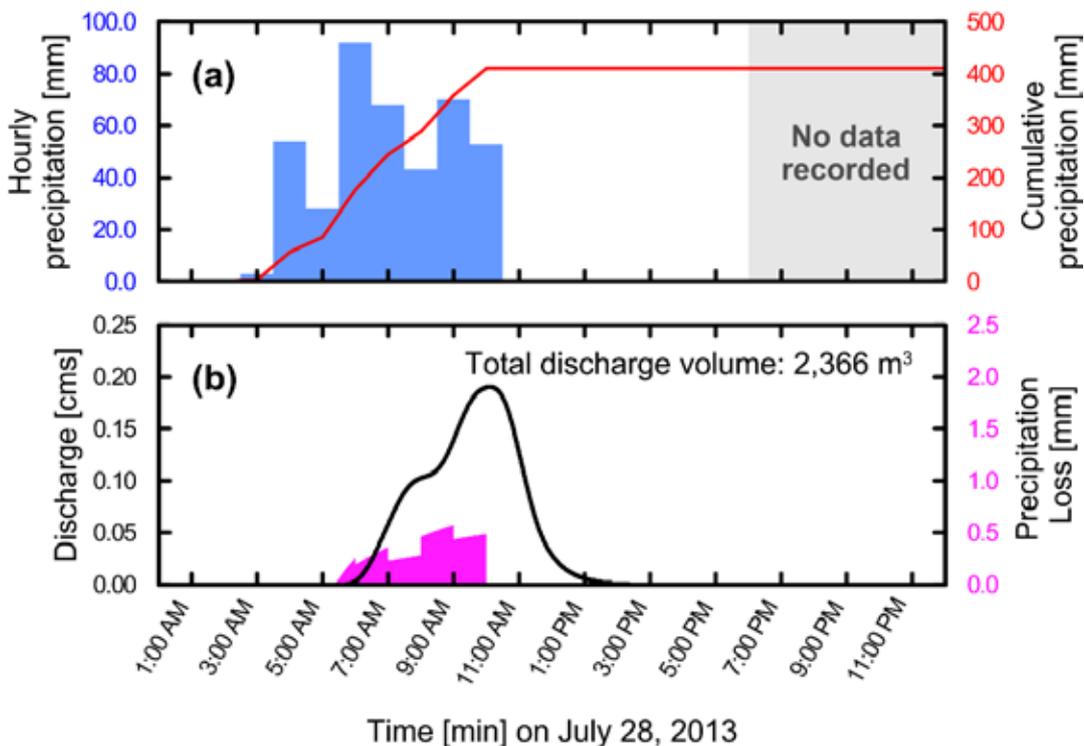


図 35 水文図 (a) 時間降雨量と累積降雨量。日降雨量は 411 mm である。(b) SCS-CN 法と HEC-HMS 法を使って解析した流出量(cms)と損失量(mm)。

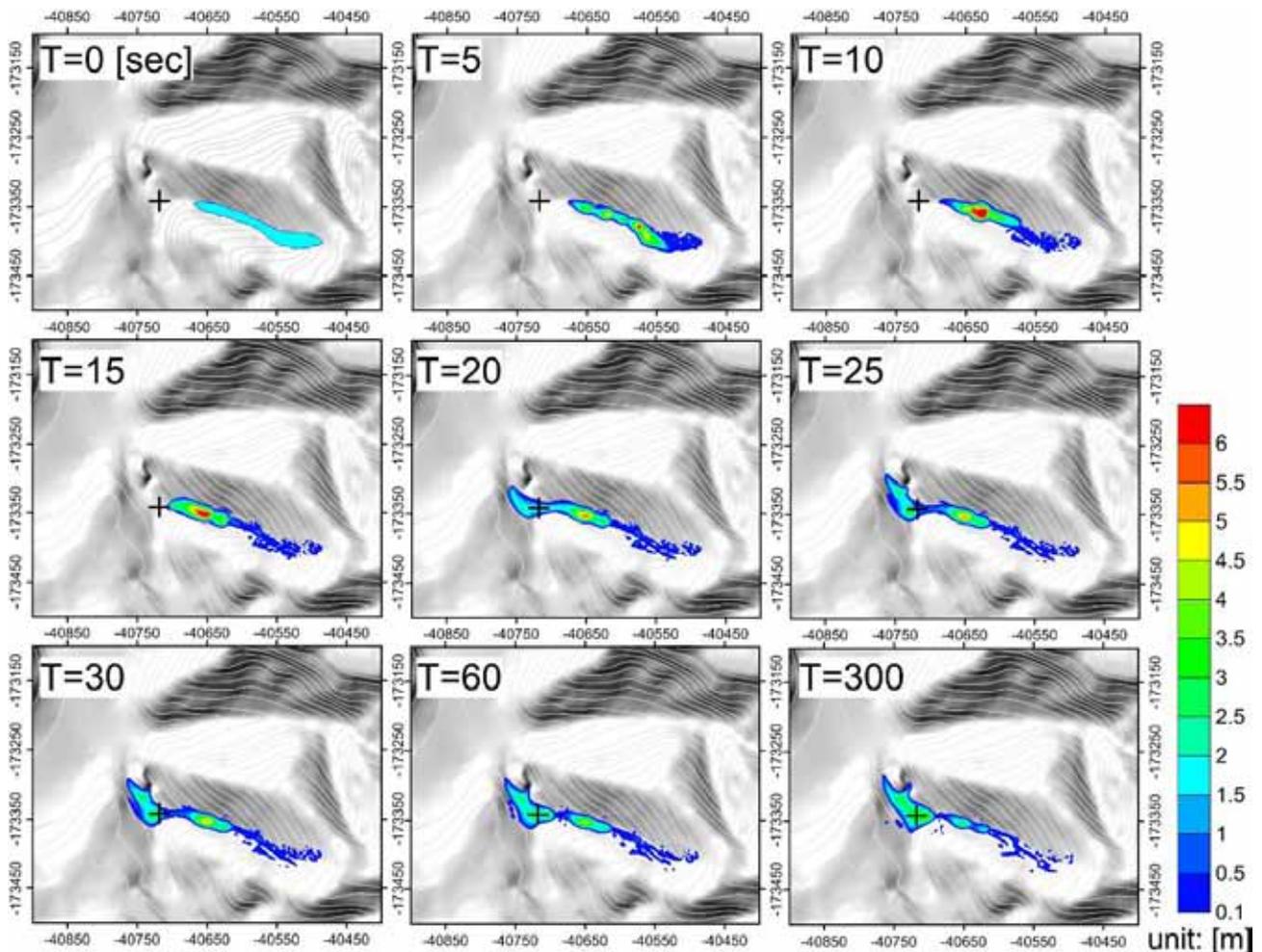


図 36 土石流の時間的変化。+は JR 山口線白井トンネルの入り口の位置を示す。

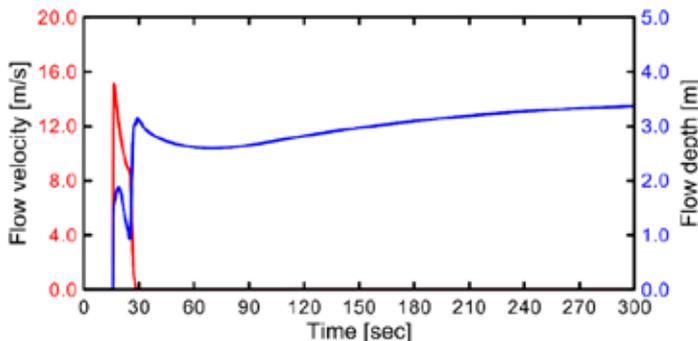


図 37 白井トンネル入り口付近の流速と堆積深さ

8 まとめ

2013年7月の島根・山口豪雨では山口市阿東地区、須佐地区及び島根県津和野町にわたる南北33 km、東西24 kmの範囲において多数の表層崩壊が発生した。そのほとんどで土砂は長距離流下し、土石流化している。調査した地すべりは全て流紋岩質凝灰岩の風化層内で発生しており、節理に規制された破碎の影響が見られる。また、崩壊後の勾配は30度を超える例が多く、パイプ流の存在もいくつかの崩壊源頭部で確認できた。

山口・島根豪雨災害では、崩壊発生危険雨量 $R=255.0\text{mm}$ を算出した。実際に発生した現象をほぼ合理的な説明ができる。崩壊発生危険雨量は斜面状況と土質せん断強度を考慮できるので、実務レベルでの応用が期待される。

土砂災害発生後のデータベース化は災害発生の素因・誘因を分析するために重要な傾向を示す。可視

化することで、地域防災により有効に利用される。

土石流の運動シミュレーション技術は実際の土砂移動現象の再現ができるようになっている。潜在的な崩壊源が分かれば、土石流となったときの流動速度や堆積厚さの予測ができるので、積極的に土砂災害の予測に活用されたい。

謝辞：本調査・研究は、島根大学「萌芽研究部門」研究プロジェクト「山陰地域における自然災害データベースの構築および防災研究拠点の形成」（平成 24-25 年度）、「山陰地方強靱化を目指した自然災害の統合的研究」（平成 26-27 年度）の一環として実施した。斜面災害データベースの構築にあたって、島根県土木部砂防課に集計されたデータを利用した。

引用文献

- 独立法人産業技術総合研究所(2014) <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>.
- United States of Department of Agriculture (2009) Chapter 7 Hydrologic soil group, In: Part 630 Hydrology-National Engineering Handbook, Natural Resources Conservation Service.
- Takahashi, T. (2007) Debris flow:Mechanics, Prediction and Countermeasures. Taylor & Francis, New York, USA.
- Kurganov, A., & Petrova, G. (2007) A second-order well-balanced positivity preserving central-upwind scheme for the Saint-Venant system. Communications in Mathematical Sciences, 5(1), 133-160.
- 土木学会地盤工学委員会・地盤工学会中国支部 (2013) 平成 25 年 7 月山口・島根豪雨災害現地調査結果報告書. www.jsce.or.jp/committee/jiban/yamaguchi_higai.pdf (参照 2014-11-1) .
- 日野幹雄, 塚本良則 (1983) カークビー新しい水文学. 朝倉書店:41～61.
- 広島県災害対策本部 (2014) 8 月 19 日(火)からの大雨による被害等について(第 68 報). http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/info/1649/notice_1649_1.pdf (参照 2014-12-05) .
- 加藤芳郎 (2013) 津和野町名賀川流域における平成 25 年 7 月豪雨災害. <http://peshimane.net/wp/wp-content/uploads/2014/06/2013-08.pdf> (参照 2014-10-5) .
- 風間秀彦 (1985) 土質工学的な短期のゆるみと崩壊に対する降雨条件. 文部省科学研究費自然災害特別研究「地盤の劣化とその地域特性を考慮した崩壊危険度の評価に関する研究」(代表 芥川真知)成果報告書:162-186.
- 気象庁 (2013) 梅雨前線および大気不安定による大雨 平成 25 (2013)年 7 月 22 日～8 月 1 日. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2013/20130722/20130722.html> (参照 2014-11-01)
- 駒村富士弥 (1988) 表層崩壊発生危険雨量の予測. 地すべり 25(1):7-12.
- 久保田多余子(2004) 森林の多面的機能 第 18 回 洪水緩和機能. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/shoho/n35-04/035-3.htm> (参照 2015-01-10)
- 内閣府 (2013) 7 月 26 日からの大雨等による被害状況について. <http://www.bousai.go.jp/updates/h25ooame07/> (参照 2014-11-01)
- 中野秀章 (1983) 森林水文学. 共立出版.
- 田中茂 (1974) 豪雨による崖崩れの問題点. 地すべり 10(3):15-20.

(公社)日本地すべり学会関西支部協賛会員名簿

平成27年10月1日現在 25社

(五十音・口数順)

(会社名)	(電話番号)	(口数)
有限会社 太田ジオリサーチ	078-907-3120	3
中央復建コンサルタンツ株式会社 情報マネジメント室	06-6160-1121	3
日本工営株式会社 大阪支店	06-7177-9500	3
アジア航測株式会社 西日本コンサルタント部	06-4801-2250	2
株式会社 荒谷建設コンサルタント 総合技術部	082-292-5481	2
株式会社 エイト日本技術開発	086-252-8917	2
応用地質株式会社 四国支社	089-925-9516	2
河井建設工業株式会社	0868-26-3787	2
川崎地質株式会社 西日本支社	06-6768-1166	2
株式会社 クボタ	06-6648-2322	2
国土防災技術株式会社 大阪支店	06-6136-9911	2
国土防災技術株式会社 高知営業所	088-882-7110	2
株式会社 コスモ建設コンサルタント	0853-72-1171	2
株式会社 四国トライ	088-883-5908	2
株式会社 エス・ビー・シー	0883-52-1621	2
島建コンサルタント株式会社	0853-53-3251	2
株式会社 相愛	088-846-6700	2
株式会社 ダイヤコンサルタント 関西支社	06-6339-9141	2
株式会社 地圏総合コンサルタント 四国支店	0897-33-3123	2
中央開発株式会社 関西支社	06-6386-3691	2
株式会社 東建ジオテック	089-945-3328	2
株式会社 ナイバ	0878-62-5121	2
日本工営株式会社 四国支店	087-811-2660	2
明治コンサルタント株式会社 大阪支店	072-751-1659	2
株式会社 四電技術コンサルタント	087-845-8881	2