

防災科学技術研究所研究資料 第四三二号

土砂災害予測に関する研究集会 2018年度プロシーディング

防災科学技術研究所

土砂災害予測に関する研究集会 2018年度プロシーディング Proceedings of the Workshop on the Prediction of Landslide Disasters, 2018



防災科学技術研究所研究資料

- 第 364 号 新庄における気象と降積雪の観測(2010/11 年冬期) 45pp. 2012 年 2 月発行
- 第 365 号 地すべり地形分布図 第 50 集「名寄」16 葉(5 万分の 1). 2012 年 3 月発行
- 第 366 号 浅間山高峰火山観測井コア試料の岩相と層序(付録 CD-ROM) 30pp. 2012 年 2 月発行
- 第 367 号 防災科学技術研究所による関東・東海地域における水圧破碎井の孔井検層データ 29pp. 2012 年 3 月発行
- 第 368 号 台風災害被害データの比較について(1951 年～2008 年, 都道府県別資料)(付録 CD-ROM)19pp. 2012 年 5 月発行
- 第 369 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-5 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 - 実在の技術基準で設計した RC 橋脚の耐震性に関する震動台実験及びその解析 - (付録 DVD) 64pp. 2012 年 10 月発行
- 第 370 号 強震動評価のための千葉県・茨城県における浅部・深部地盤統合モデルの検討(付録 CD-ROM) 410pp. 2013 年 3 月発行
- 第 371 号 野島断層における深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果(平林・岩屋・甲山)(付録 CD-ROM) 27pp. 2012 年 12 月発行
- 第 372 号 長岡における積雪観測資料(34)(2011/12 冬期) 31pp. 2012 年 11 月発行
- 第 373 号 阿蘇山一の宮および白水火山観測井コア試料の岩相記載(付録 CD-ROM) 48pp. 2013 年 2 月発行
- 第 374 号 霧島山万膳および夷守台火山観測井コア試料の岩相記載(付録 CD-ROM) 50pp. 2013 年 3 月発行
- 第 375 号 新庄における気象と降積雪の観測(2011/12 年冬期) 49pp. 2013 年 2 月発行
- 第 376 号 地すべり地形分布図 第 51 集「天塩・枝幸・稚内」20 葉(5 万分の 1). 2013 年 3 月発行
- 第 377 号 地すべり地形分布図 第 52 集「北見・紋別」25 葉(5 万分の 1). 2013 年 3 月発行
- 第 378 号 地すべり地形分布図 第 53 集「帯広」16 葉(5 万分の 1). 2013 年 3 月発行
- 第 379 号 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討 349pp. 2012 年 12 月発行
- 第 380 号 日本の火山ハザードマップ集 第 2 版(付録 DVD) 186pp. 2013 年 7 月発行
- 第 381 号 長岡における積雪観測資料(35)(2012/13 冬期) 30pp. 2013 年 11 月発行
- 第 382 号 地すべり地形分布図 第 54 集「浦河・広尾」18 葉(5 万分の 1). 2014 年 2 月発行
- 第 383 号 地すべり地形分布図 第 55 集「斜里・知床岬」23 葉(5 万分の 1). 2014 年 2 月発行
- 第 384 号 地すべり地形分布図 第 56 集「釧路・根室」16 葉(5 万分の 1). 2014 年 2 月発行
- 第 385 号 東京都市圏における水害統計データの整備(付録 DVD) 6pp. 2014 年 2 月発行
- 第 386 号 The AITCC User Guide –An Automatic Algorithm for the Identification and Tracking of Convective Cells– 33pp. 2014 年 3 月発行
- 第 387 号 新庄における気象と降積雪の観測(2012/13 年冬期) 47pp. 2014 年 2 月発行
- 第 388 号 地すべり地形分布図 第 57 集「沖縄県域諸島」25 葉(5 万分の 1). 2014 年 3 月発行
- 第 389 号 長岡における積雪観測資料(36)(2013/14 冬期) 22pp. 2014 年 12 月発行
- 第 390 号 新庄における気象と降積雪の観測(2013/14 年冬期) 47pp. 2015 年 2 月発行
- 第 391 号 大規模空間吊り天井の脱落被害メカニズム解明のための E-ディフェンス加振実験 報告書 –大規模空間吊り天井の脱落被害再現実験および耐震吊り天井の耐震余裕度検証実験– 193pp. 2015 年 2 月発行
- 第 392 号 地すべり地形分布図 第 58 集「鹿児島県域諸島」27 葉(5 万分の 1). 2015 年 3 月発行
- 第 393 号 地すべり地形分布図 第 59 集「伊豆諸島および小笠原諸島」10 葉(5 万分の 1). 2015 年 3 月発行
- 第 394 号 地すべり地形分布図 第 60 集「関東中央部」15 葉(5 万分の 1). 2015 年 3 月発行
- 第 395 号 水害統計全国版データベースの整備. 発行予定
- 第 396 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における災害情報の利活用に関するヒアリング調査 58pp. 2015 年 7 月発行
- 第 397 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における建物被害に関する情報収集調査速報 16pp. 2015 年 9 月発行
- 第 398 号 長岡における積雪観測資料(37)(2014/15 冬期) 29pp. 2015 年 11 月発行
- 第 399 号 東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良(付録 DVD) 253pp. 2015 年 12 月発行
- 第 400 号 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討(付録 DVD) 216pp. 2015 年 12 月発行
- 第 401 号 全国自治体の防災情報システム整備状況 47pp. 2015 年 12 月発行
- 第 402 号 新庄における気象と降積雪の観測(2014/15 年冬期) 47pp. 2016 年 2 月発行
- 第 403 号 地上写真による鳥海山南東斜面の雪溪の長期変動観測(1979～2015 年) 52pp. 2016 年 2 月発行
- 第 404 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における地震の概要と建物被害に関する情報収集調査報告 54pp. 2016 年 3 月発行
- 第 405 号 土砂災害予測に関する研究会 –現状の課題と新技術– プロシーディング 220pp. 2016 年 3 月発行
- 第 406 号 津波ハザード情報の利活用報告書 132pp. 2016 年 8 月発行

防災科学技術研究所研究資料

- 第 407 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における災害情報の利活用に関するインタビュー調査 –改訂版– 120pp. 2016 年 10 月発行
- 第 408 号 新庄における気象と降積雪の観測(2015/16 年冬期) 39pp. 2017 年 2 月発行
- 第 409 号 長岡における積雪観測資料(38)(2015/16 冬期) 28pp. 2017 年 2 月発行
- 第 410 号 ため池堤体の耐震安全性に関する実験研究 –改修されたため池堤体の耐震性能検証– 87pp. 2017 年 2 月発行
- 第 411 号 土砂災害予測に関する研究会 –熊本地震とその周辺– プロシーディング 231pp. 2017 年 3 月発行
- 第 412 号 衛星画像解析による熊本地震被災地域の斜面・地盤変動調査 –多時期ペアの差分干渉 SAR 解析による地震後の変動抽出– 107pp. 2017 年 9 月発行
- 第 413 号 熊本地震被災地域における地形・地盤情報の整備 –航空レーザ計測と地上観測調査に基づいた防災情報データベースの構築– 154pp. 2017 年 9 月発行
- 第 414 号 2017 年度全国市区町村への防災アンケート結果概要 69pp. 2017 年 12 月発行
- 第 415 号 全国を対象とした地震リスク評価手法の検討 450pp. 2018 年 3 月発行予定
- 第 416 号 メキシコ中部地震調査速報 28pp. 2018 年 1 月発行
- 第 417 号 長岡における積雪観測資料(39)(2016/17 冬期) 29pp. 2018 年 2 月発行
- 第 418 号 土砂災害予測に関する研究会 2017 年度プロシーディング 149pp. 2018 年 3 月発行
- 第 419 号 九州北部豪雨における情報支援活動に関するインタビュー調査 90pp. 2018 年 7 月発行
- 第 420 号 液状化地盤における飽和度確認手法に関する実験的研究 –不飽和液状化対策模型地盤を用いた模型振動台実験– 62pp. 2018 年 8 月発行
- 第 421 号 新庄における気象と降積雪の観測(2016/17 年冬期) 45pp. 2018 年 11 月発行
- 第 422 号 2017 年度防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)の構築と運用 56pp. 2018 年 12 月発行
- 第 423 号 耐震性貯水槽の液状化対策効果に関する実験研究 –液状化による浮き上がり防止に関する排水性能の確認– 48pp. 2018 年 12 月発行
- 第 424 号 パイプロを用いた起振時過剰間隙水圧計測による原位置液状化強度の評価手法の検討 –原位置液状化強度の評価に向けた土槽実験の試み– 52pp. 2019 年 1 月発行
- 第 425 号 ベントナイト系遮水シートの設置方法がため池堤体の耐震性に与える影響 102pp. 2019 年 1 月発行
- 第 426 号 蛇籠を用いた耐震性道路擁壁の実大振動台実験および評価手法の開発 –被災調査から現地への適用に至るまで– 114pp. 2019 年 2 月発行
- 第 427 号 津波シミュレータ TNS の開発 70pp. 2019 年 3 月発行
- 第 428 号 長岡における積雪観測資料(40)(2017/2018 冬期) 29pp. 2019 年 2 月発行
- 第 429 号 配管系の弾塑性地震応答評価に対するベンチマーク解析 72pp. 2019 年 3 月発行
- 第 430 号 津波浸水の即時予測を目的とした津波シナリオバンクの構築 178pp. 2019 年 3 月発行

– 編集委員会 –		防災科学技術研究所研究資料 第 431 号
(委員長)	浅野 陽一	平成 31 年 3 月 28 日 発行
(委員)		
三輪 学央	下瀬 健一	編集兼 国立研究開発法人
河合 伸一	平島 寛行	発行者 防災科学技術研究所
中村 いずみ	市橋 歩	〒 305-0006
(事務局)		茨城県つくば市天王台 3 – 1
白田 裕一郎	前田 佐知子	電話 (029)863-7635
池田 千春		http://www.bosai.go.jp/
(編集・校正)	樋山 信子	印刷所 前田印刷株式会社
		茨城県つくば市山中 152-4

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience 2019

※防災科学技術研究所の刊行物については、ホームページ (<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/>) をご覧ください。

■ 表紙写真・・・平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨災害)により高知県長岡郡大豊町立川下名(たじかわしもみょう)で発生した斜面崩壊を発生現場下流からドローンにより撮影したもの。この崩壊は防災科学技術研究所が刊行した地すべり地形分布図で地すべり地形とされている斜面内において発生している。(写真撮影・文責：井口 隆)

土砂災害予測に関する研究集会 2018年度プロシーディング

山田隆二*・飯田智之*・小倉拓郎* 編集

* 防災科学技術研究所

要 旨

平成30年11月22-23日、防災科学技術研究所和達記念ホールにおいて「土砂災害予測に関する研究集会」が日本地形学連合(JGU)2018年度秋季学会大会との共催で開催された。毎年秋に開催され今回で4回目となる研究集会は、土砂災害予測技術の現在における到達点を明らかにし、それをさらに実用的に発展させるため、多くの研究者・技術者・その他ステークホルダーの意見交換をする場として企画されたものである。今年度の1日目には政策研究大学院大学の水山高久氏による「土石流研究の対策への反映」と題した特別講演、「西日本豪雨災害1 土砂災害の概観」「西日本豪雨災害2 土砂災害の地域特性」という2つのセッション、および「近年の豪雨による土砂災害の特徴と研究課題」をテーマとしたフォーラムが開催された。2日目には「地形学と土砂災害」をテーマとした共通セッションが設けられた。最近全国で多発している土砂災害に関する防災への社会的関心の高まりを受けて、国や大学の研究者、民間企業の実務者など約180名が参加した。

キーワード：土砂災害，平成30年7月豪雨

目次

	ページ
■ 2018年度土砂災害予測に関する研究集会	
研究集会のプログラム.....	3
研究集会の趣旨.....	4
■ 特別講演発表論文	
土石流研究の対策への反映.....	5
	水山高久
■ 一般発表論文	
西日本豪雨の雨－豪雨となった理由－.....	9
	岡田憲治
平成30年西日本豪雨災害における土砂災害.....	19
	内田太郎・坂井佑介・松本直樹・泉山寛明・ 鈴木清敬・小松美緒・對馬美紗・李 基煥
2018(平成30)年7月西日本豪雨による土砂災害の現地調査 －スマホアプリを使った調査及び斜面変動の特徴－.....	23
	若月 強・奈倉 登・木村 諤・吉原直志・ 河野孝俊・山田隆二・後藤千晴
豪雨災害時における災害対応現場での災害情報の共有と活用 －平成30年7月豪雨を事例に－.....	33
	吉森和城・佐野浩彬
風化殻の広域的分布と表層崩壊の発生形態.....	37
	大丸裕武
平成30年7月豪雨により高知県大豊町で群発した大規模崩壊について.....	43
	笹原克夫
平成30年7月豪雨により愛媛県西予市で発生した土砂災害について.....	49
	大場勝一郎・笹原克夫・北原哲郎・ 土佐信一・後藤寛和
宇和島市吉田町周辺の土砂災害について.....	53
	山崎新太郎
2016年台風10号豪雨による十勝平野西部芽室川流域での沖積低位段丘の侵食.....	59
	古市剛久・石丸 聡・塩野康浩

2018年度 土砂災害予測に関する研究集会 発表リスト

11月22日(木)

西日本豪雨(平成30年7月豪雨)による土砂災害

西日本豪雨の雨	気象庁	岡田憲治
平成30年西日本豪雨災害における土砂災害	国土技術政策総合研究所	内田太郎ほか
2018(平成30)年7月西日本豪雨による土砂災害の現地調査 —スマホアプリを使った調査及び斜面変動の特徴—	防災科学技術研究所	若月 強ほか
豪雨災害時における災害対応現場での災害情報の共有と利活用 —平成30年7月豪雨を事例に—	防災科学技術研究所	吉森和城ほか
土石流研究の対策への反映	政策研究大学院大学	水山高久
風化殻の広域的分布と表層崩壊の発生形態	森林総合研究所	大丸裕武
平成30年7月豪雨により高知県大豊町で群発した 大規模崩壊について	高知大学	笹原克夫
平成30年7月豪雨により愛媛県西予市で発生した 土砂災害について	日本工営	大場勝一郎ほか
宇和島市吉田町周辺の土砂災害について	京都大学	山崎新太郎
平成30年7月豪雨により愛媛県宇和島市で発生した土砂災害	徳島大学	西山賢一

11月23日(金・祝)

防災科学技術研究所 & 日本地形学連合共催シンポジウム「地形学と土砂災害」

断裂に起因する埋没谷と深層崩壊の関係	第一復建	吉村辰朗
深層崩壊の発生域傾斜角と傾斜角最頻値	エイト日本技術開発	神原規也
土砂災害発生位置予測の一方方法 —豪雨・地震による崩壊モデルの提示と検証—	京都大学	齊藤隆志
斜面災害現場における二次崩壊発生危険箇所の地形学的アプローチ	消防研究センター	土志田正二ほか
グリーンランド最北集落に迫る斜面崩壊	北見工業大学	渡邊達也ほか
北海道胆振東部地震により厚真周辺で群発した 斜面崩壊について(速報)	北海道総合研究機構	石丸 聡ほか
2016年台風10号豪雨による十勝平野西部芽室川流域での 沖積低位段丘の侵食	北海道大学	古市剛久ほか
発生誘因が不明確な斜面変動に関する地形・地質的検討	防災科学技術研究所	井口 隆ほか
湖沼—流域系から推定する歴史的地形災害と環境変動	金沢大学	柏谷健二
故 奥田節夫初代 JGU 会長追悼シンポジウム		
「地形災害検索システム(通称: EADaS)」の構築への道程と課題	中央大学	鈴木隆介
土砂移動現象と地形計測	大阪市立大学	平野昌繁
土砂災害の防止軽減のための地形学の寄与について	国土問題研究会	奥西一夫
火山とその周辺の災害リスク ~焼岳を例に	東京大学	諏訪 浩
山地流域における水文地形プロセスのモデリングにもとづく土砂災害 予測の現状と展望: 豪雨による表層崩壊と土石流を対象として	京都大学	松四雄騎

※ 11月23日発表分の要旨については、日本地形学連合の機関誌「地形」40号2巻をご覧ください。

2018 年度土砂災害予測に関する研究集会

研究集会の趣旨

全国各地で降雨や地震による災害が毎年のように発生し、今年の 7 月にも平成 30 年豪雨（西日本豪雨）による土砂災害や洪水災害が発生した。被害は広島・岡山・愛媛だけでなく、九州・四国から中部地方の広範囲に及んでいるため、時間が経過しても被害の全容を明らかにすることが困難である。今回の災害においては、被害が広範囲であることに加え、各種降雨指標の記録が塗り替えられるなど、豪雨が激甚化してきたこと、また、ある程度の避難時間があったにもかかわらず多数の犠牲者が出たことなど、従来の防災対策に多くの課題が突きつけられている。このような問題意識により、組織（学会・研究所・大学）の枠を超えて、できるだけ多くの参加者が意見交換をする場として研究集会を企画した。

なお、今年の研究集会は日本地形学連合と共催し、同じ会場にて連続する日程で日本地形学連合秋季大会も開催され、さらに「土砂災害と地形学」をテーマとした共通セッションを設けた。

2018 年 11 月 22 日
防災科学技術研究所 山田隆二
飯田智之

土石流研究の対策への反映

水山 高久*

Debris Flow Research and Policies for Practical Measures

Takahisa Mizuyama

**National Graduate Institute For Policy Studies, Japan*

t-mizuyama@grips.ac.jp

Abstract

Debris flow research has been carried out intensively for the past 50 years by many researchers at universities, national research institutes, and consulting firms. However, the results have not been adopted thoroughly for policies of practical measures of national and prefectural governments. Most researchers do not consider practical applications very extensively because they are not required to do so. On the other hand, government researchers have to grasp research trends and results and reflect these in practical measures, technical standards, and so on. In this paper, topics pertaining to the promotion of practical measures, e.g., prediction of debris flow peak discharge, are reviewed to allow researchers to consider them. Finally, some results from debris flow weight measurements conducted in Sakurajima, Japan, are introduced.

Key words: Debris flow, Measure, Policies, Research approach

1. はじめに

大学や研究機関で行われている土石流に関する各種の研究は、それぞれ貴重で、土石流による災害を防止・軽減するハード、ソフトの対策(施策、政策)に役に立つものである。基礎的な研究を行っている研究者にも具体的な対策への反映を意識してもらいたいが、強要するわけにはいかない。一方、施策を立案し実行する側に近い研究者には、目先の対策だけでなく、国内外の土石流研究の動向を広く把握して、対策に取り入れてもらいたい。そういった希望から、土石流研究の手法を概観し、対策のメニューを整理してみる。その作業中に気が付いた解決すべき課題についても言及する。最後に、現在も筆者が関わっている、桜島での土石流荷重の観測研究を紹介する。

2. 土石流対策が必要とする情報

土石流災害を防止、軽減しようとする際に必要となる情報には、以下のようなものがある。

- 1) どこで発生するか。(15度, 5ha という基準があるが, 全ての山麓と考えた方がよい。最上流からとは限らない。) >>土石流危険渓流の抽出, 発生危険度
- 2) どのような雨量(水分)条件下で, いつ発生するか。 >>土石流発生基準雨量
- 3) 規模(総土砂量, ピーク流量, 最大粒径) >>土石流対策計画, 危険区域設定, 対策工の設計
- 4) 流量(水深, 流速)の時間変化, 粒径の時間変化 >>対策工の設計
- 5) どこに堆積するか。(どこまで到達するか。)堆積深。 >>危険区域(警戒区域)設定

* 政策研究大学院大学

これらの情報を精度よく予測するのは永遠の課題である。現在までの知識で予測可能な範囲で、対策を考えることになる。知見は徐々にではあろうが、確実にレベルが向上するので、対策は、それをタイミングよく吸収して、反映したものになければならない。

3. 土石流の研究方法

一方、土石流研究の手法には、以下のものがある。()に、問題点等を記述した。

- 1) 水路実験；発生域(細粒分を含まないものが多い。水路の諸元が類似している。)、流下区域(15度程度以下では、土石流先頭部が溪床を侵食することはない、ほぼ水深一定で流下することが分かる。)、堆積域(細粒分を含まない土石流では、勾配変化に敏感に対応して堆積する。実験スケールの影響?)
- 2) 流れの数値シミュレーション(検証するデータが不十分である。)
- 3) 現地観測(映像)(発生源の観察は少ない。表面流で発生するものは観測されているが、崩壊の土石流化は不十分。にもかかわらず、崩壊土砂が土石流化すると解説されることが多い。表面の流速、水深のデータは蓄積されている。表面から判別できる粒径。流れの内部の情報取得は難しい。)
- 4) 現地観測(振動)(検知、流量推定に使えるはずだが、活用は不十分。cf.ワイヤーセンサー)
- 5) 地形、地質、植生の分析
- 6) 発生させた(させなかった)雨量の分析(雨量強度1時間は長すぎる。10-20分間雨量か。)
- 7) 発生後の現地調査(記録を残す。仮説を検証する。)
- 8) 土石流危険溪流での流量観測、流出解析(発生前、発生後)
- 9) 歴史資料などの分析による土石流発生頻度の解析

類似した、斜面崩壊(表層崩壊)の研究では、現地や模型斜面での人工降雨による発生実験がある。この場合、現地では周辺が、実際に崩壊が発生する場合よりも乾燥していること、模型斜面では、長年乾燥湿潤を繰り返し、地下侵食も経験した斜面と、成形後比較的時間の短い模型斜面との違いを意識する

必要がある。特に砂質土の模型斜面では、初期の水締めなどの現象が前兆現象と誤解されることが考えられる。

4. 土石流荷重の現地観測

1970年頃から土石流の流動状況を映像にとらえることが、焼岳や桜島で行われ、土石流とはどんなものか認識され、その後、土石流研究が飛躍的に進みきっかけとなった。土石流の単位体積重量については、1970年代に、桜島の野尻川で、鉄製の箱を橋から吊るし、土石流先頭部のサンプルを採取して以降、ほとんどなされて来なかった。(中国では、雲南省の将家溝で泥流(粘性土石流)のサンプリングが行われている。)スイスのIllgrabenで行われていた、荷重計による土石流観測を参考に、土石流発生が確実に期待できる桜島の有村川で、国土交通省大隅河川国道事務所が、2012年に、流下方向2m、横断方向4mの鋼板(厚さ32mm)を砂防堰堤天端を切り欠いて設置し、4基のロードセルで荷重を連続的に測定することにした。他に、超音波水位計、レーダ流速計、横断形状が測定できる側域センサー(土木研究所)、底面での水圧を測定する圧力センサーを設置し、土石流の総合的な観測システムとした。その結果、**図1**のように、土石流の単位体積重量の時間変化を連続測定することに成功した。また、圧力センサーのデータを合わせて解析することで、液体部分の単位体積重量、液体側に回った細粒分の割合などを求め、その時間変化を把握することができた。**(図2)**このシステムは、その後、1m四方に小型化して、桜島の野尻川に設置されデータを蓄積するとともに、河口部に堆積して除石の対象となる土砂量の把握に活用されている。さらに、土石流動態観測のメッカともいえる焼岳上々堀沢にも設置して、砂礫型の土石流の観測を目指している。

5. おわりに

1人の研究者、1つの研究ユニットで全てのアプローチができれば良いが、無理な場合が多い。そこで、各種の学会、研究集会で情報を交換し、各自の研究に反映することが必要となる。さらに望むのは、より広く研究動向を把握して、対策に反映する役割を果たす人である。土石流研究と土石流対策の進展を期待しています。

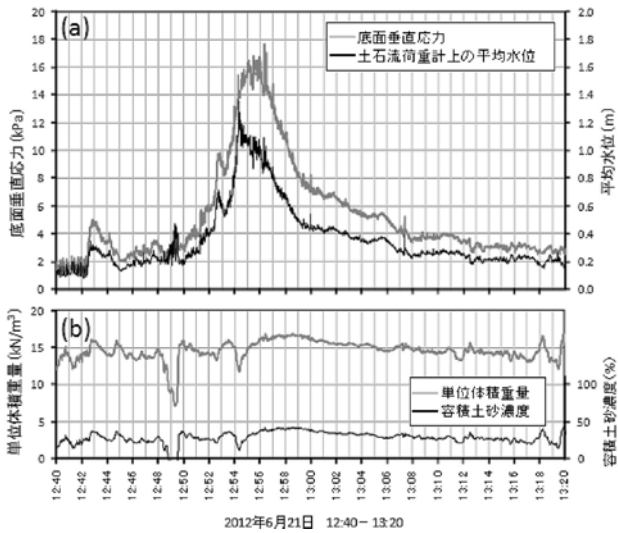


図1 土石流荷重計計測結果(有村川, 2012年6月21日)

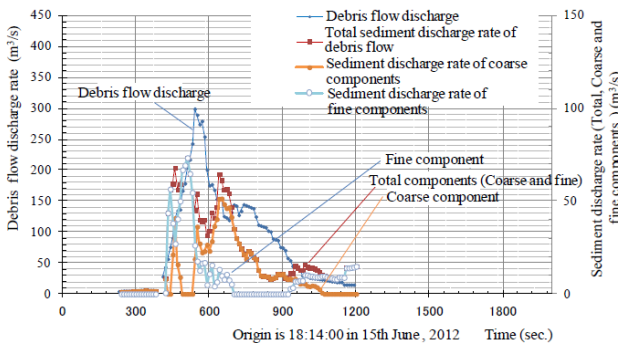


図2 荷重計, 圧力計分析例(有村川, 2012年6月15日)

参考文献

- 1) 大坂 剛ほか(2013) ; 桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定. 砂防学会誌 **65-6**, 46-50.
- 2) McArdell, B.W., B. Perry and K. Julia (2007): Field observations basal forces and fluid pore pressure in a debris flow. Geophysical Research Letters, Vol. 34, L07406, 1-4.
- 3) Osaka, T., R. Utsunomiya, S. Tagata, T. Itoh, and T. Mizuyama (2014): Debris flow monitoring using load cells in Sakurajima Island. Interpraevent 2014, O-14, 107-114.
- 4) Itoh, T, T. Mizuyama and S. Tagata (2017): Direct debris flow monitoring using load cell systems in Sakurajima Island. Proc. of the 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 1142-1150.

要 旨

大学や研究機関、コンサルタントなどで行われている土石流に関する各種の研究は、それぞれ貴重で、土石流による災害を防止・軽減するハード、ソフトの対策(施策、政策)に役に立つものである。基礎的な研究を行っている研究者にも具体的な対策への反映を、強要するわけにはいかないが、意識していただきたい。一方、施策を立案し実行する側の研究者には、目先の対策だけではなく、国内外の土石流研究の動向を広く把握して、その成果を適宜、対策に取り入れてもらいたい。そういった希望から、土石流研究の手法を概観し、対策のメニューを整理した。そして、実際の対策で必要とされている、解決すべき課題を示した。最後に、土石流研究の例として、現在も筆者が関わっている、桜島での土石流荷重の観測研究を紹介した。

キーワード：土石流，研究手法，土石流対策，土石流荷重観測

西日本豪雨の雨 — 豪雨となった理由 —

岡田 憲治*

Heavy Rain in West Japan — Causes of heavy rain —

Kenji Okada

*Office of Weather Disaster Mitigation, Forecast Division, Forecast Department
Japan Meteorological Agency
Kenji-okada@met.kishou.go.jp

Abstract

Gathered warm moisture flow from a Pacific high atmospheric pressure and warm moisture flow from south-west caused by the typhoon No.1807, were condensed above West Japan by approach of pressure pattern of Pacific high atmospheric pressure and Sea of Okhotsk high atmospheric pressure.

Condensed moisture continued producing thunder clouds, brought widely heavy rain on West Japan.

Key words: Heavy rainfall during July 2018, Landslide alert information, Landslide alert judgement mesh information, Soil water index

1. はじめに

今年の梅雨期は、日本付近に停滞した前線に向かって太平洋高気圧から暖かく非常に湿った空気(暖湿気)の流入が続き、雨が降りやすい状態が継続した。

特に7月に入ると、台風第7号が北上しながら西日本の太平洋岸の南西斜面を中心に大量の地形性の雨を降らせた。その後、7月5日から8日にかけては、太平洋高気圧の西側から時計回りに北上した暖湿気と、台風第7号に起因した南西からの暖湿気の流れが図1のように西日本上空で合流した。同時に北のオホーツク海高気圧が南下し、太平洋高気圧とで梅雨前線を挟む形となった。これにより2つの暖湿気の流れが2つの高気圧にサンドイッチされる形で収束し、その狭い領域内で積乱雲の発生・発達が繰り返

返され、長時間にわたって雨が降り続き記録的な豪雨(いわゆる「西日本豪雨」となった。

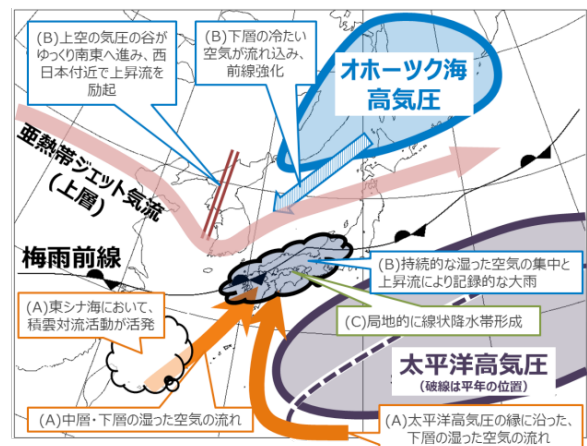


図1 豪雨となった気圧配置の説明図(気象庁)

* 気象庁 予報部 予報課 気象防災推進室

- この記録的な豪雨となった気象要因として、
- A) 多量の暖湿気の流入が西日本付近で合流し持続
 - B) 梅雨前線の停滞・強化などによる持続的な上昇流の形成
 - C) 局地的な線状降水帯の形成
- の3つの大きな特徴がある(図1)。

一昨年の鬼怒川氾濫の豪雨では、日本の東にある高気圧が日本付近の低気圧や高気圧の東進をブロックして気圧系が停留したため、関東から東北にかけての広い範囲に暖湿気の流入が続いて豪雨となった。昨年の九州北部豪雨では、2つの暖湿気が九州上空で収束して雲頂高度1万5千mを超える巨大な積乱雲を発生させたことが局地的な豪雨につながった。

今回も含め3事例とも直前の台風が絡んでいたのが大きな特徴である。

2. 雨量が増えた要因

西日本豪雨で雨量が増えた最大の要因は、高気圧の縁辺を時計回りに北上する暖湿気の流れが台風第7号により強化され継続したためである。

空気は温度が高いほど・水蒸気を多く含むほど軽いので、図2で示すように上空で2つの気流が衝突すると、相対的に重い気流が沈降して山のように振る舞い、軽い気流がその上に乗り上げて上昇気流となる。水蒸気を多く含むほど軽いので上昇気流は雨につながり易い。

西日本豪雨では太平洋高気圧からの大量の暖湿気が上昇気流となって積乱雲が発生・発達を続けた。

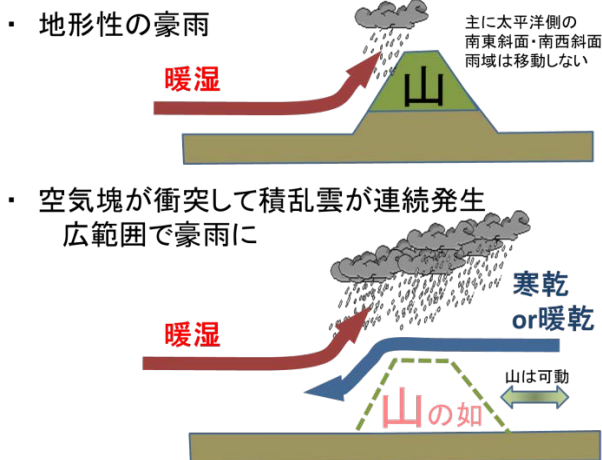


図2 地形性降雨と気流合流による降雨の違い

このような地形に依存せず雨が降り続けるメカニズムは平成29年度の土砂災害研究会報告でも説明してあるので参照していただきたい。暖湿気同士がぶつかって発生する大雨は近年増加傾向にあり、地球温暖化の影響が顕在化している可能性が指摘されている。

図3で示すように総雨量は高知県東部・岐阜県が多かった。これは南西に向けた山の斜面に暖湿気が衝突して積乱雲を発生させ雨量が増えたためである。

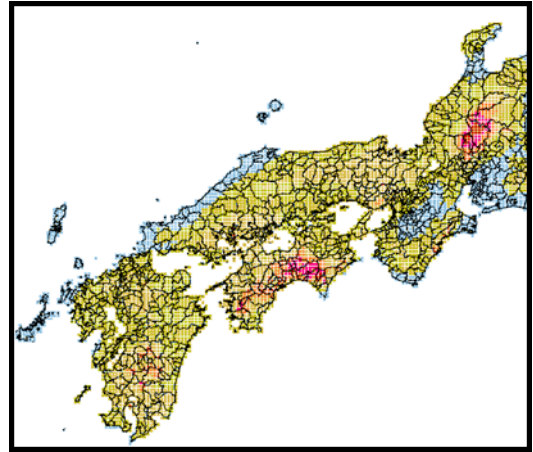


図3 7月5日から8日の総降水量

この雨を土壌雨量指数で見ると、図4のように太平洋側の南西斜面だけでなく土砂災害の危険性は岡山・広島・愛媛・福岡・長崎県等でも高かった。これらの県では雨が繰り返し降ったことで土壌雨量指数の値が上昇を続け7月6日から7日頃に最大値となった。実際に土砂災害はこれらの県、特に広島県で多発している。

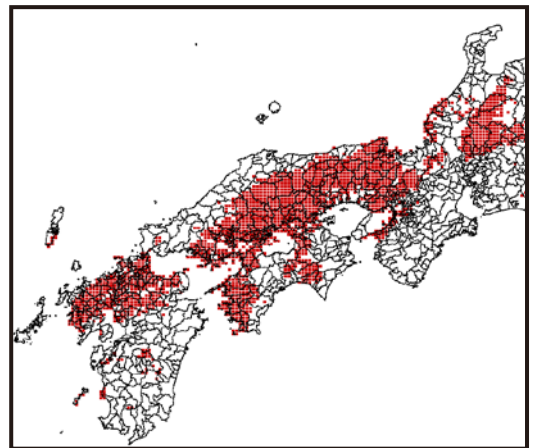


図4 7月5日から8日の土壌雨量指数 (10年に一度の大雨に相当)

図5に土砂災害による死者が発生した自治体を示したが、死者が発生した5 km メッシュは全て図4の土砂災害の危険度が10年に一度程度以上の5 km メッシュでの発生だった。例えば鹿児島市では桜島南部を除くと土砂災害の危険度は高くはなかったが、死者2名は危険度が高い桜島の南端で発生した。

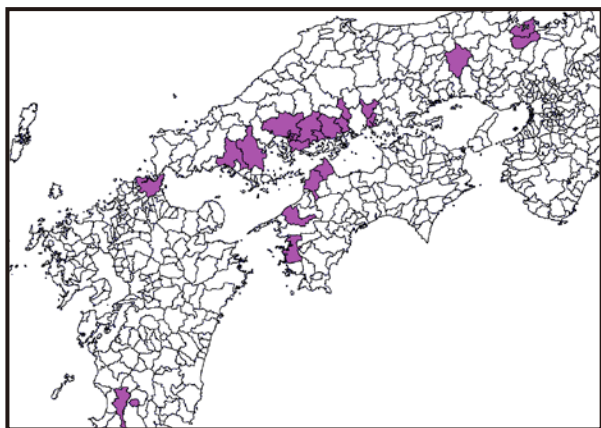


図5 死者が発生した自治体

個別事例として、広島市安芸区矢野地区や坂町を含む5 km メッシュの土壌雨量指数時系列図を図6に示す(棒グラフは坂町小屋浦を含む1 km メッシュの解析雨量)。

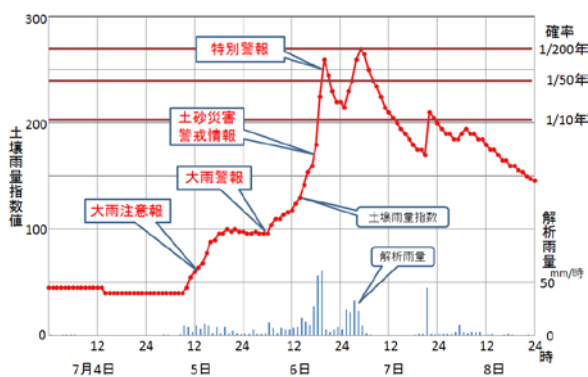


図6 広島県坂町の土壌雨量指数時系列図

平成11年(広島市安佐北区)や平成26年(広島市安佐南区)の広島豪雨と同じく数日前の先行降雨が効いていた。5日からの持続的な雨により指数値(土壌中に含まれる雨量の推定値)が次第に高くなったところに6日午後からの短時間強雨が加わり指数値が急激に上昇した。ゲンベルやエイブル等の確率雨量を当てはめると、坂町周辺での土壌雨量指数は200年に一度、あるいはそれ以上と推定されるスケ-

ールアウトレベルだった。この一連の雨は想定外の雨だったとみなす考え方もあるが、大雨により山が崩壊して生成された土砂が川を流下して堆積することを繰り返して平野が形成されていることを考慮すると、「想定外の雨は稀に起こり得る」と考えるのが妥当である。

3. 土砂災害危険度判定メッシュ情報

気象庁では、土壌雨量指数と短時間強雨を判定要素とした5 km メッシュの土砂災害警戒判定メッシュ情報を作成し気象庁ホームページで提供している。この情報は10分ごとにリアルタイム更新しており、端末上で拡大・縮小が任意に行え、拡大すれば5 km メッシュ単位の危険度が分かるようになっている。視覚的に理解しやすいよう、図7のように黄色が大雨注意報、赤色が大雨警報、紫色が土砂災害警戒情報に相当しており、スマホにも対応しているので、是非お気に入りに登録し活用していただきたい。



図7 土砂災害警戒判定メッシュ情報の色分類

図8に7月5日09時から8日18時までの西日本全域と広島県坂町周辺の土砂災害警戒判定メッシュ情報(土砂災害の危険度)を3時間間隔で並べた。広島付近では南西から北東に走向を持つ雨域が繰り返されたため、危険度も南西から北東への走向を持っていることが分かる。

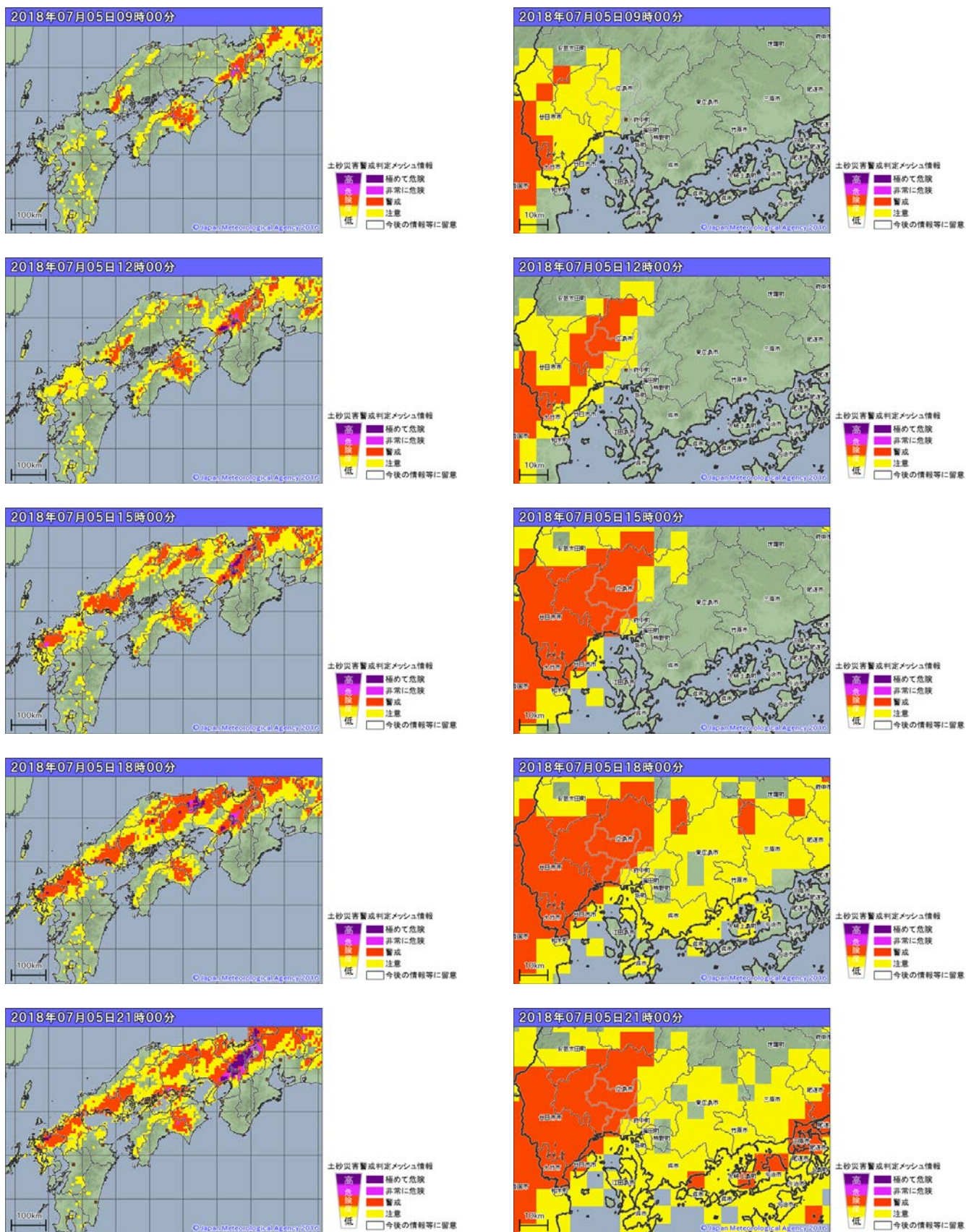


図 8(1) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

西日本豪雨の雨-岡田

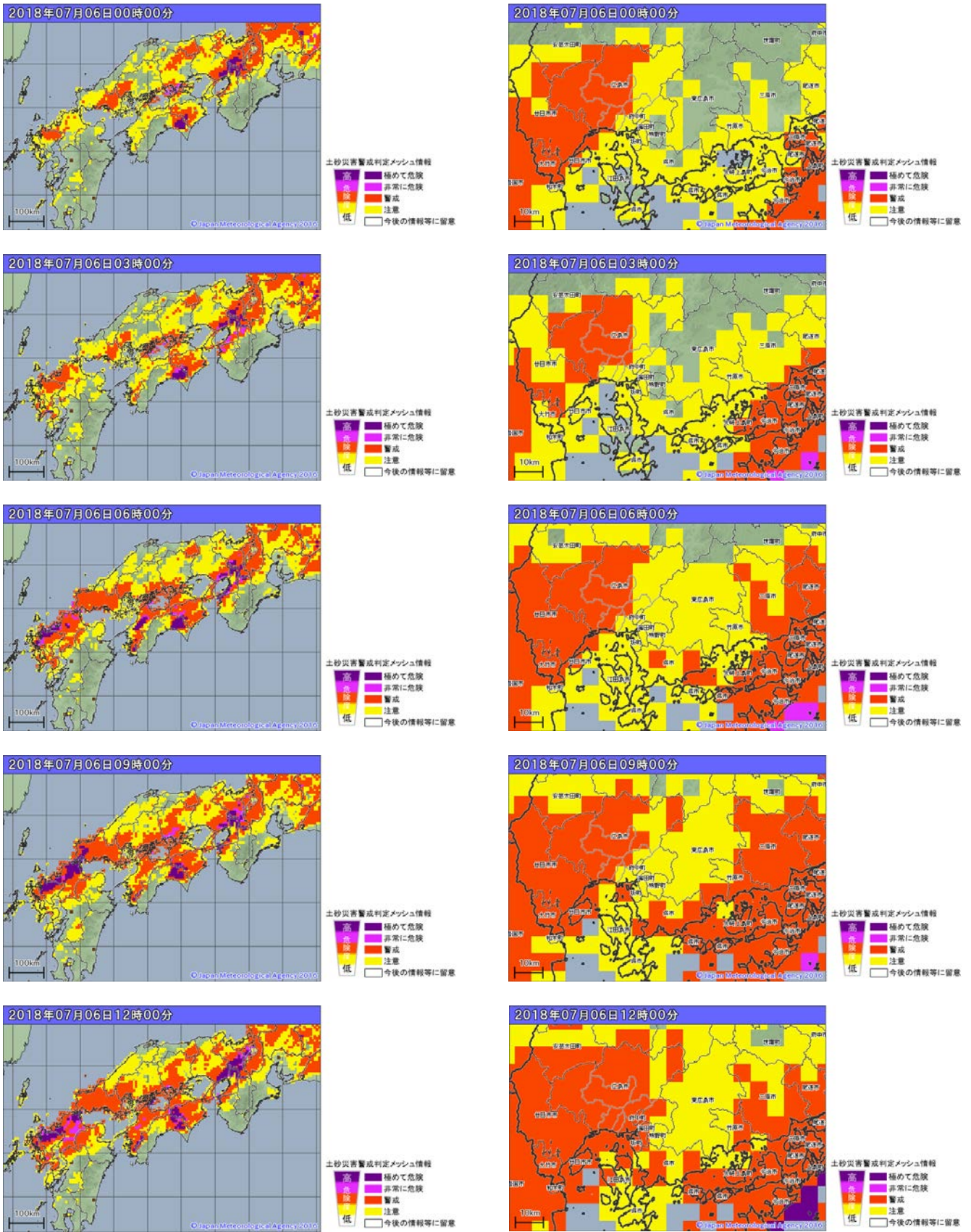


図 8(2) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

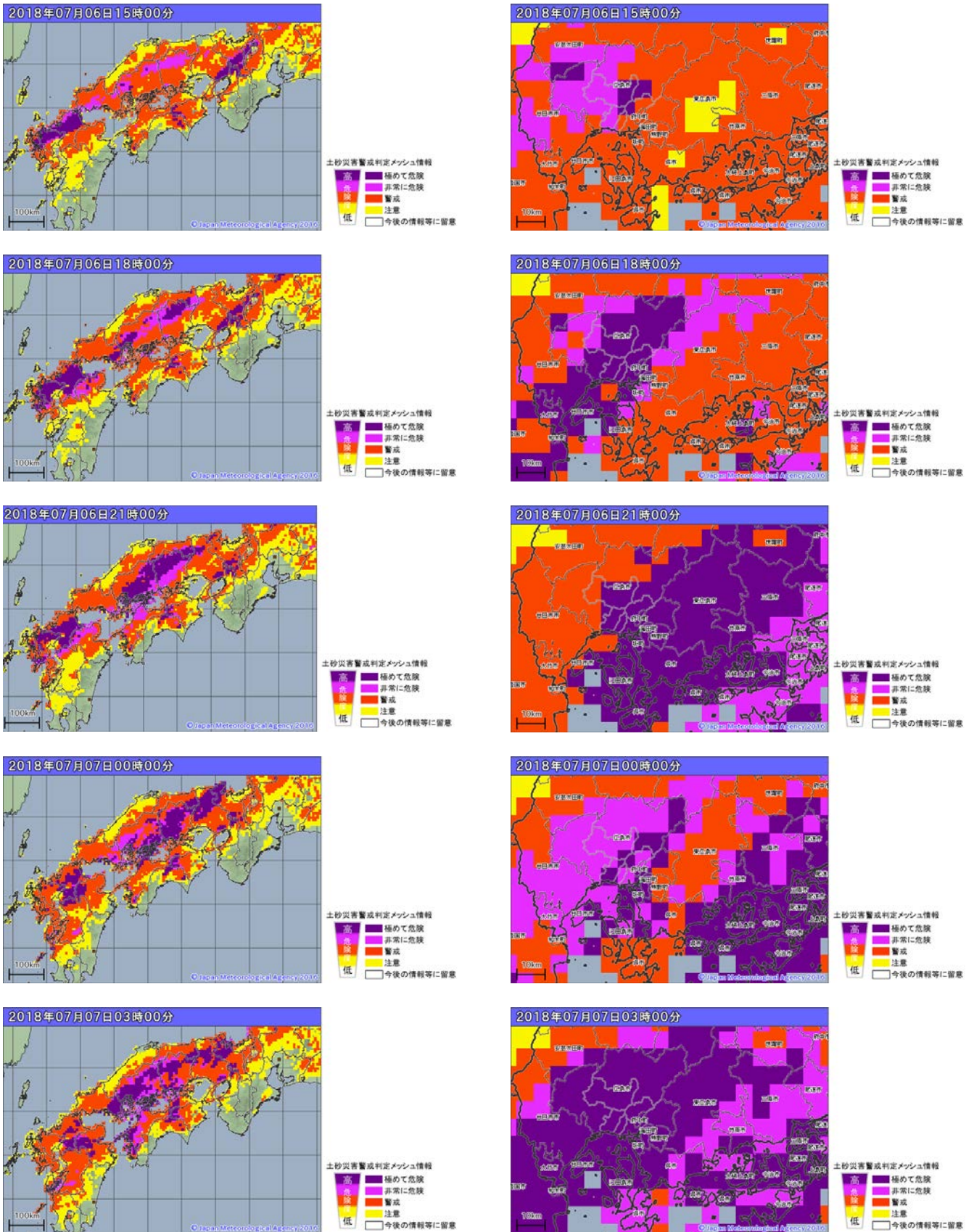


図 8(3) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

西日本豪雨の雨-岡田

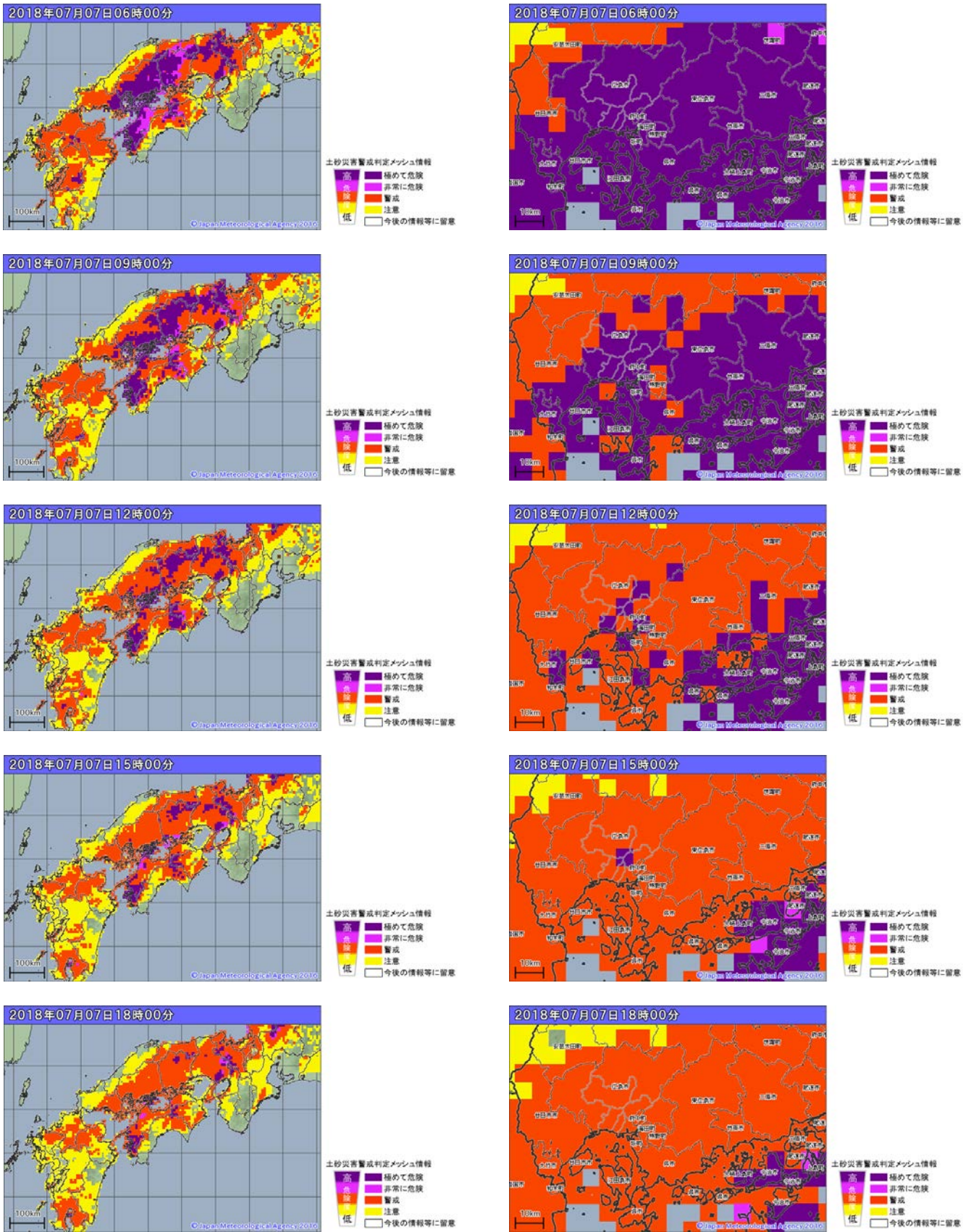


図 8(4) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

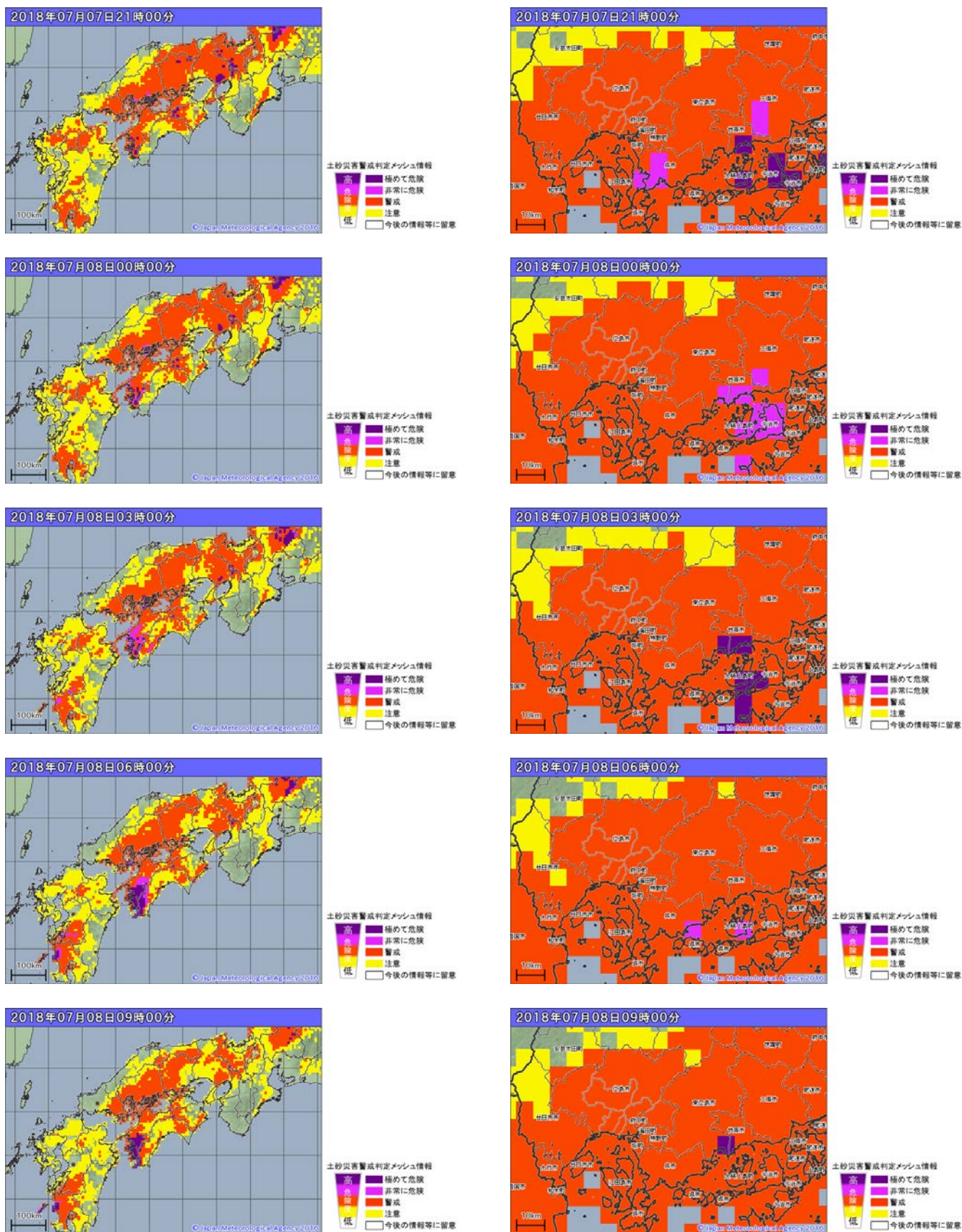


図 8(5) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

西日本豪雨の雨-岡田

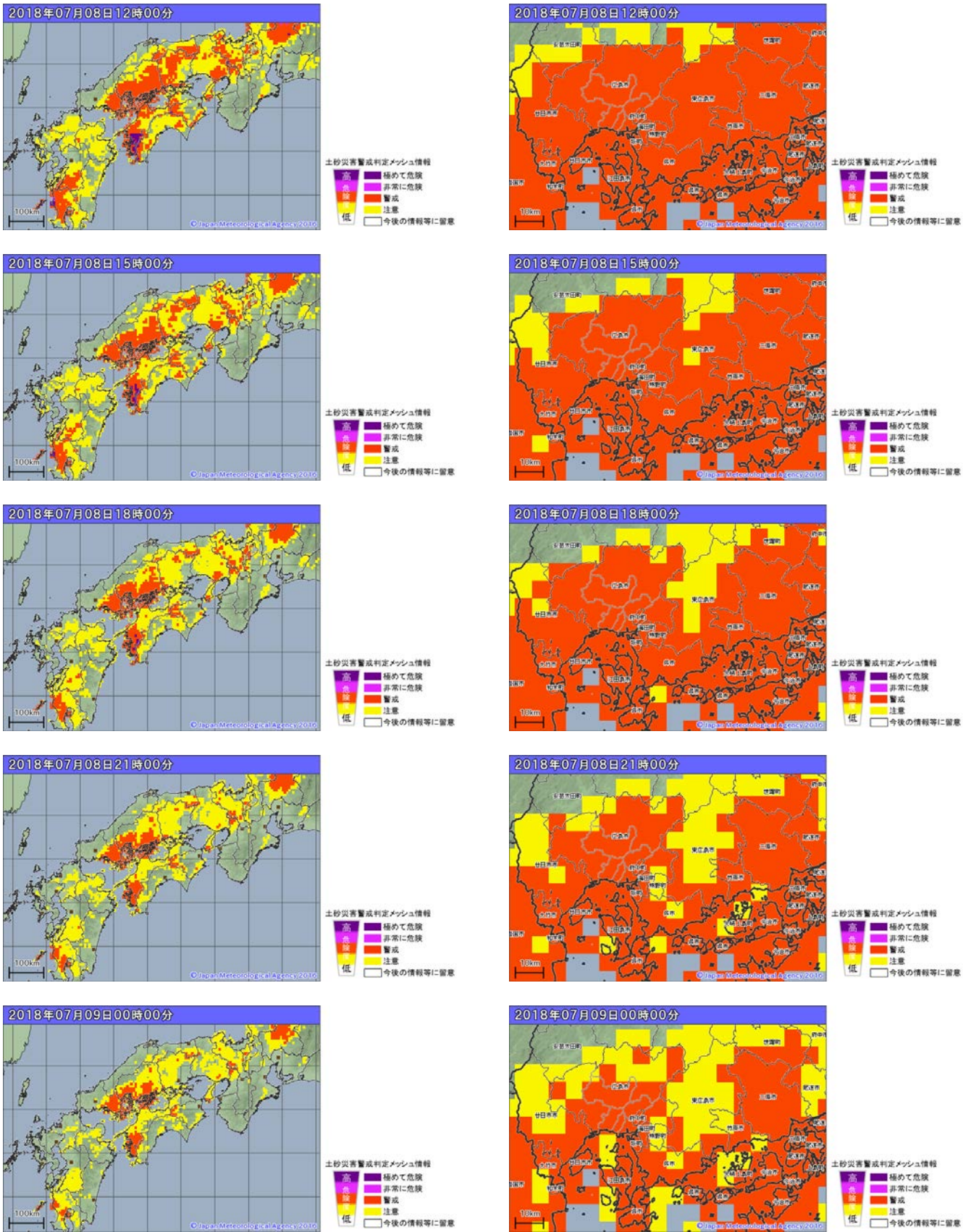


図 8(6) 土砂災害警戒判定メッシュ情報
(7月5日09時から8日24時まで3時間間隔)

西日本豪雨では雨域が移動しながら降雨強度が強くを繰り返したため、土砂災害の危険度を示す色の変化が大きかった。これは指数値が危険度の境界付近を上下したことも影響している。危険度(色)の変化に一喜一憂せず、雨が止んだ後もしばらくは土砂災害が発生しやすい状態が続くことを理解して、土砂災害の危険度が下がっても雨が完全に止んでからも数時間は油断できないことに留意したい。

4. まとめ

西日本豪雨は豪雨となるための各種条件が重なり続いたことが特徴であるが特別な事例ではない。温暖化によって気温が上昇すると大気中に含まれる水蒸気量が指数的に増加することから、過去にも雨は降ったが豪雨となることはなかったという安易な考え(正常化バイアス)は危険である。

大雨が予想されている時には、気象庁ホームページから地元気象台が発表している各種防災気象情報を入手するとともに、土砂災害警戒判定メッシュ情報も活用していただきたい(洪水や浸水の危険度も掲示している)。土砂災害警戒判定メッシュ情報の色が紫色になってからでは避難は困難だと理解し、黄色や赤色の段階で、言い換えれば避難等がまだ可能な段階で安全を確保していただきたい。

西日本豪雨では、気象庁は豪雨となることが予想された時点から「直ちに命を守る行動をとってくだ

さい」と繰り返し呼びかけた。それほど危険が差し迫ったのが西日本豪雨である。

過去に土砂災害に巻き込まれたが無事救出された方々の体験談の中に「裏山は40年前の豪雨でも崩れなかったから安心していた」という斜面の風化や山の脆弱性の増大を理解していなかった例がある。最近、ニュース等で「豪雨」、「大雨」と繰り返し流れたために、(それほどの大雨ではなかった)自宅周りも「豪雨」や「大雨」だったと誤解し、「たいしたことはない」と誤解し避難しなかった例もある。

繰り返しになるが、防災気象情報を活用して安全が確保できるうちに避難等を完了していただきたい。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所(2018.03): 土砂災害予測に関する研究集会2017年度プロシーディング。
http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/pdf/n418.pdf
- 2) 気象庁ホームページ: 平成30年7月豪雨(前線及び台風第7号による大雨等)平成30年(2018年)6月28日~7月8日(速報)。
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf

要 旨

梅雨期には太平洋高気圧から流入する暖湿気が列島の山々にぶつかって積乱雲を発生させ地形性の雨を降らせることが多い。平成30年7月豪雨は、台風第7号により太平洋岸で地形性降雨が繰り返された後、台風第7号に起源を持つ西回りの暖湿気と太平洋高気圧から流入する暖湿気が西日本上空で合流して積乱雲の発生・発達が続く、しかも太平洋高気圧からの暖湿気の流入が強化・継続されて記録的な大雨となった。特に断続的な強雨が繰り返された広島県や岡山県・愛媛県では、土壌雨量指数で200年から500年に一度程度と推定される稀な豪雨となった。これは、平成31年2月に山口大学大学院が広島市の土砂災害現場の調査結果を基に発表した「150年から400年ほどの間隔で大規模な土石流が発生していた。長期間をかけて溪流に堆積物が溜まり、危険性が高まった状態で大雨が降ると同時多発的な災害になる」という成果と一致する。

キーワード: 平成30年7月豪雨, 土砂災害警戒情報, 土砂災害警戒判定メッシュ情報, 土壌雨量指数

平成 30 年西日本豪雨災害における土砂災害 －土砂・洪水氾濫被害の実態と課題－

内田太郎*・坂井佑介*・松本直樹*・泉山寛明*・鈴木清敬*
小松美緒*・對馬美紗*・李 基煥*

Sediment Disasters in Western Japan due to the Heavy Rainfall, July, 2018 － Outline and problems about sediment and flood damage －

Taro Uchida, Yusuke Sakai, Naoki Matsumoto, Hiroaki Izumiyama, Kiyotaka Suzuki,
Mio Komatsu, Misa Tsushima, and Kihwan Lee

**Sabo Planning Division,
National Institute for Land and Infrastructure Management, Japan
1 uchida-t92rv@mlit.go.jp*

Abstract

The heavy rainfall, July, 2018, induced serious damages in the western part of Japan. The damage was the most serious in the last 30 years in Japan. Especially, in Hiroshima Prefecture, many people were killed by landslides and debris flows. Moreover, a large volume of sediments were discharge from mountain catchment and deposited in the river courses. Thus, the area of sediment and flood damages extended to residential area and gave deep impacts on evacuation and recovery activities. Here we surveyed the actual condition of these sediment and flood disasters in a catchment located in Kure city, Hiroshima. Maximum depth of sediment deposition in residential area was more than 2 m. Deposited materials were dominated by sand and clay. Grain size of deposited sediment in the upper part and lower part of damage area were around 0.5-5 mm and 0.05-0.5 mm, respectively. Six hundreds houses were damaged in the catchment due to sediment and flood, although damage level was smaller than that of debris flow.

Key words: The heavy rainfall, July, 2018, Mountain catchment, Sediment and flood damage, Hiroshima

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨では、1 道 2 府 28 県で 2,500 件以上の土砂災害が発生した。平成 20 年から 29 年の年間の土砂災害発生件数が 1,100 件あまりであることから、通常の年の 1 年分の 2 倍以上の土砂災害が 1 つの豪雨で引き起こされたことになる。国土技術政策総合研究所および土木研究所では、発災直後より緊急支援活動として、広島県および愛媛県、また河道閉塞が発生した京都府においてヘリ調査や現地調査を実施し、重点的に緊急点検を実施すべき箇

所の抽出や応急対策、今後の降雨に対する警戒避難に関する技術的な助言を行った。

中でも広島県の被害は最も深刻で、1,200 件以上の土砂災害が発生し、87 名の方が犠牲になった(2018 年 10 月 29 日現在)。また、広島県内では 1 つの流域内で土石流や表層崩壊が同時多発的に発生し、土石流の直撃のみならず、大量の土砂流出にともない河床上昇・河道埋塞が生じ、土砂や泥水が市街地に氾濫する被害(土砂・洪水氾濫による被害)も発生した(図 1)。

* 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室

例えば、広島県呉市天応地区では、大屋大川流域と背戸の川流域で、土石流と土砂・洪水氾濫による被害が発生した。背戸の川、大屋大川下流では、土石流による直接的な被害のほか、河床上昇にともない氾濫した土砂が厚いところで2 m以上堆積するなどの被害も生じていた。このような被害が生じた要因として、比較的長時間の雨量指標である最大24～72時間雨量がまれにみる大きさの雨量となった、脆弱なまき土が広範囲に分布する地域であったことなどが考えられる。

同様な土砂・洪水氾濫による被害は、平成29年の九州北部豪雨における筑後川右岸流域でも生じ深刻な被害が生じた。また、気候変動等による雨の降り方の変化によっては、今後同様の災害が頻発することも懸念される。土砂・洪水氾濫による被害に対する対策施設整備はこれまでも実施されてきているものの、今後更なる検討が必要であると考えられる。そこで、国土技術政策総合研究所では、土砂・洪水氾濫被害の実態と対策を進めるために、国土交通省中国地方整備局、広島県の協力をえながら、被害の実態について調査した。

2. 調査結果(速報)

調査は広島県呉市の大屋大川流域において実施した(図1)。

- 大屋大川流域は、谷口地点において流域面積は4 km²であり、流域内で多数の斜面崩壊・土石流が発生した(図2)。
- 7月豪雨による当該地域の積算降雨量は430 mm程度であり、最大時間雨量は55 mmであった(図3)。また、降り始めからおよそ48時間降雨が降り続いていた。
- 災害前後の航空レーザー測量結果の比較によると、河道内では3 m以上、河道外であっても、河道沿いの領域では2 m以上の土砂堆積が見られた(図4)。さらに1 m以上の土砂堆積範囲は縦断方向に200 m、横断方向に150 mの広がりがあった(図4)。
- 谷出口付近の勾配は、2～3度程度であり、この付近までは巨石・流木も堆積している(図4,5)。
- 一方、谷出口付近より下流では、巨石・流木は多くは見られず、谷出口より下流約800 mの間には、砂分主体の堆積物が広がっている(図5)。

この区間勾配は2度程度である。また、50%粒径は1～2 mm程度であり、約90%の粒径が0.5から5 mmの範囲であった(図6)。

- さらに、谷出口より800 mの地点より下流では主として泥分が堆積しており、この区間の距離はおよそ700 mであった。50%粒径は0.2 mm程度であり、約90%の粒径が0.05から0.5 mmの範囲であり、堆積域上流域の堆積土砂より1オーダー小さい粒径であった(図6)。
- 崩壊土砂の粒度分布は、0.1～10 mmの範囲で分布し、堆積物より幅広い粒度分布を示した(図7)。また、堆積物の上流域および下流域の両方の粒度分布をカバーするような粒度分布であった。
- 谷出口から、土砂堆積域末端までの距離は概ね2,200 mであり、この区間にあった約60戸の家屋が被災した(図9)。また、図8に示すフローに従い、家屋の被災の程度を調べたところ、約50%の家屋流出または被害大に分類された(図9)。
- 流出土砂量は6万 m³程度であり、比流出土砂量は1.5万 m³程度と過去の災害に比べて突出して大きいわけではない。また、痕跡から推定した、ピーク流量150～300 m³/sであり、この値も特に大きな値ではなかった。
- 以上の結果から、斜面崩壊等で発止した細流分を多量に含む土砂が流出したことにより、流出土砂量やピーク流量が必ずしも極端に大きいわけではなかったが、広範に被害が広がった可能性が考えられる。長期間降雨が継続したことが一因である可能性も考えられる。

3. おわりに

本稿では、広島県呉市の大屋大川流域において実施した調査結果を示した。現時点では、実態を示したに過ぎず、今後、プロセス・メカニズムの検討を進めていきたい。



図 1 広島県呉市大屋大川(天応地区)

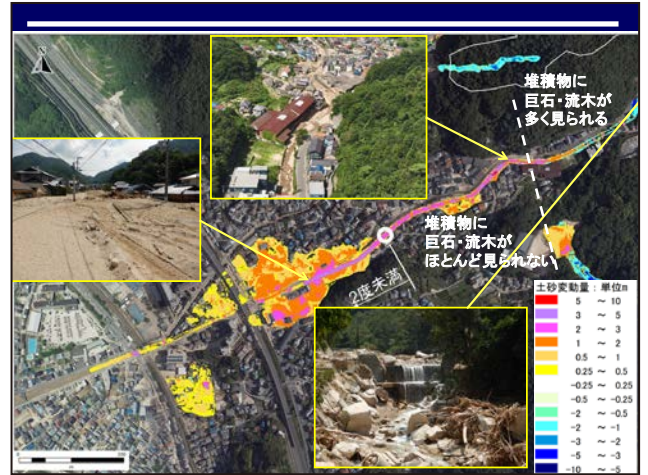


図 4 堆積深分布

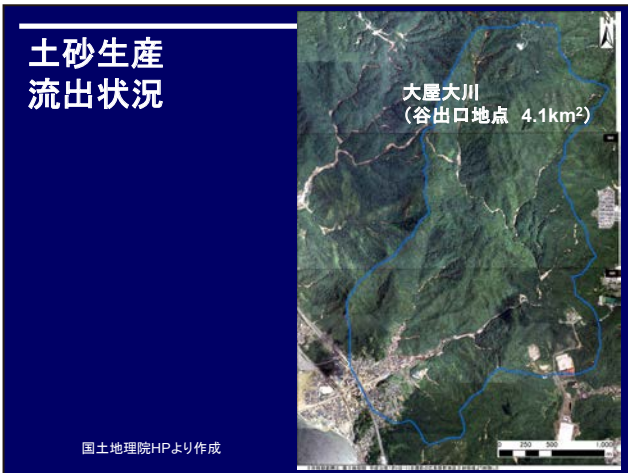


図 2 広島県呉市大屋大川流域の土砂流出状況 (国土地理院 HP より作成)

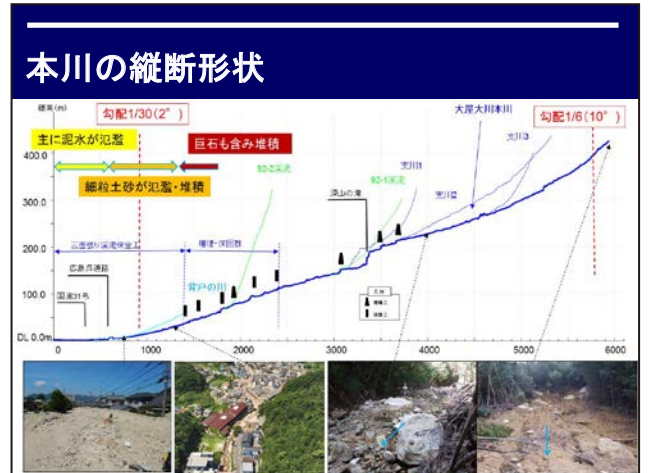


図 5 河床の縦断図

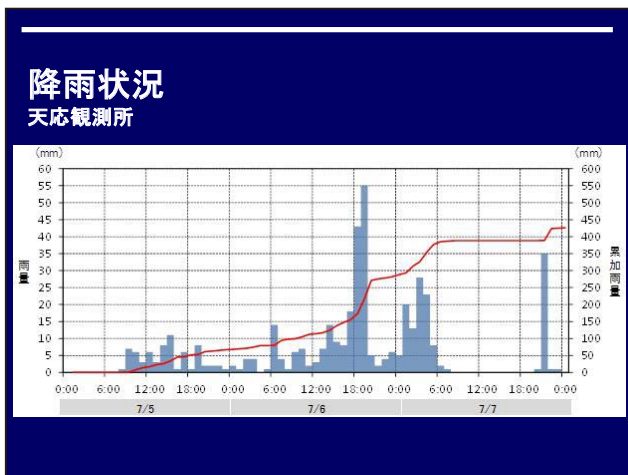


図 3 降雨状況

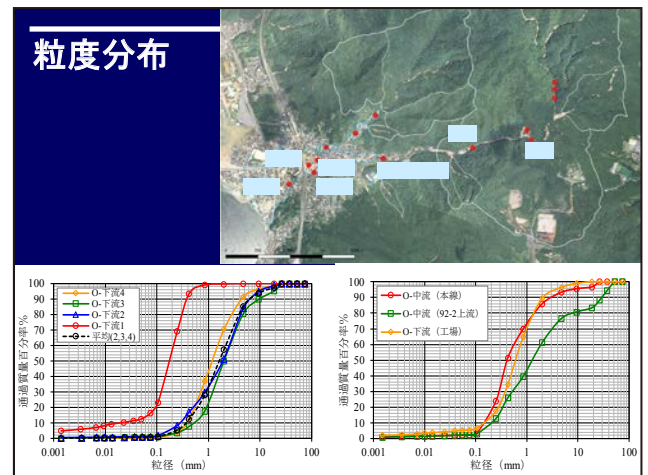


図 6 堆積物の粒度分布の調査結果

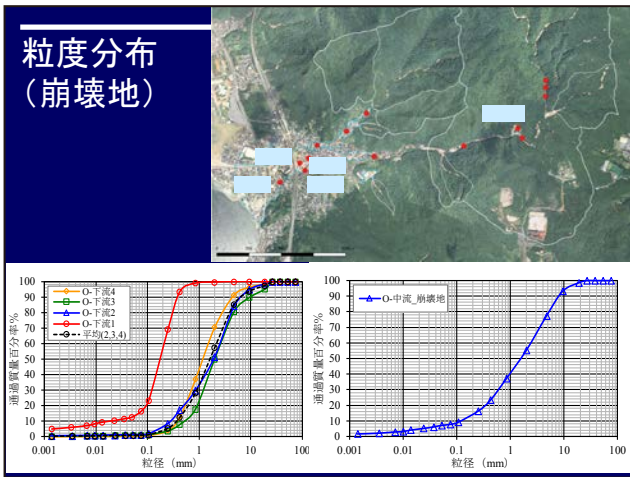


図7 堆積物と崩壊地の粒度分布の比較



図9 家屋の被災状況調査結果

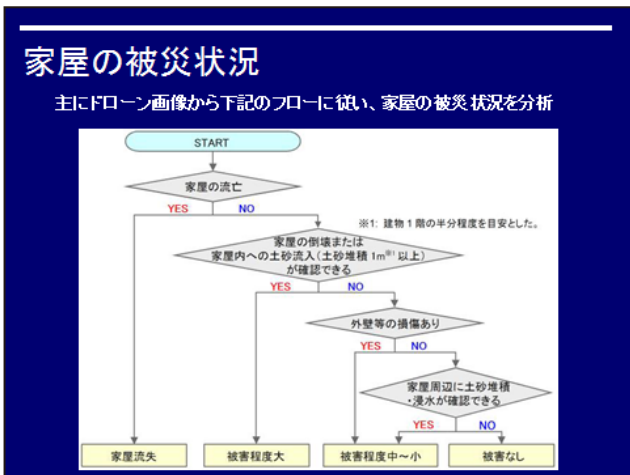


図8 家屋の被災状況調査のフロー

要旨

平成30年7月に生じた西日本豪雨では深刻な被害が生じた。過去30年間で最も深刻な被害であった。特に広島県においては、多くの人的被害が土石流やがけ崩れによって生じた。さらに、大量の土砂が山地流域から流出し、河道内に堆積し、泥水の流下を阻害した。そのため、土砂・洪水氾濫による被害が住宅地に広がり、避難や復旧・復興に多大な影響を及ぼした。そこで、国総研では、土砂・洪水氾濫による被害の実態に関して、広島県呉市大屋大川流域で調査を実施した。住宅地内の土砂の堆積深は最大3m以上に達した。堆積域の土砂は砂・泥分が卓越し、堆積域の上流域および下流域の粒度分布はそれぞれ0.5–5mm, 0.05–0.5mmであった。土石流の直撃による被害に比べると被害程度が小さいものの、600戸あまりの家屋で被害が生じた。

キーワード：平成30年西日本豪雨，山地流域，土砂・洪水氾濫，広島

2018(平成30)年7月西日本豪雨による土砂災害の現地調査

—スマホアプリを使った調査及び斜面変動の特徴—

若月 強*・奈倉 登**・木村 誇*・吉原直志*・河野孝俊*・山田隆二***・後藤千晴*

Sediment-related Disasters Caused by Heavy Rain in Western Japan, July 2018

— A Field Survey Using a Smartphone Application and Characteristics of Slope Movements —

Tsuyoshi WAKATSUKI*, Noboru NAKURA**, Takashi KIMURA*, Naoyuki YOSHIHARA*,
Takatoshi KAWANO*, Ryuji YAMADA***, and Chiharu GOTO*

* Storm, Flood, and Landslide Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience
waka@bosai.go.jp

** Strategic Planning Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

*** Integrated Research on Disaster Risk Reduction Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Abstract

A one-month field survey was conducted using a smartphone application, ESRI's Collector for ArcGIS, for sediment-related disasters that were widespread in western Japan due to heavy rain in July 2018. We introduced the application that was purported to improve the work efficiency of photo and memorandum arrangements. Although the application is a useful tool for data sharing and disclosure, it has its own share of problems that need to be overcome, such as license and privacy protection. Furthermore, the relationship among debris flow, geomorphic quantity, and rainfall in the granites area near Saka Town and Kure City, Hiroshima Prefecture, was compared with that of the heavy rain disaster that occurred in Hiroshima city in August 2014. Both disasters are found to be plotted at almost the same position when effective rainfall with a half-life of 9 hours is used as the rainfall index in the relationship diagram between rainfall index and the arrival threshold of debris flow to the basin outlet. In other words, effective rainfall with a half-life of 9 hours could be considered the rainfall index showing the arrival threshold, regardless of the amount or duration of rainfall, in the Hiroshima granites area.

Key words: Collector for ArcGIS, Debris flow, Slope failure, Hiroshima, Granites, Geomorphic threshold for debris-flow arrival

1. はじめに

平成30年7月の西日本豪雨により、中国・四国・九州・近畿・中部の各地方で多数の斜面変動が発生

した。著者らは、7月中旬～8月中旬まで、斜面変動の発生状況を確認するための現地調査を実施した。その際、写真やメモ整理などの作業の効率化を

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門

** 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 企画部企画課

*** 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門

図るためモバイルアプリケーション(以下、スマホアプリと呼ぶ)を使用した。また、広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動について、2014年広島豪雨災害と比較しながら、土石流と地形量・雨量との関係について予察的検討を実施した。本報では、スマホアプリを使った調査方法と斜面変動の検討結果について報告する。

2. スマホアプリを用いた現地調査

調査に用いたスマホアプリは、ESRI社のCollector for ArcGIS(以下Collectorと呼ぶ)であり、ArcGIS Onlineのライセンスをもつ組織・研究者ならば、誰でも利用することができる。まず、事前準備として、ArcGIS Onlineを用いて、調査用地図の設定とCollectorの調査項目欄の作成を行うとともに、スマートフォン(iPhone推奨)にCollectorをインストールして、そこでオフライン用の地図を切り出して保存する(スライド2,3参照)。現地調査においては、Collectorを使って、地点ごとに写真・位置・発生時刻・コメントなどがまとめられた調査カルテを作成する(スライド4,5)。データは即時にArcGIS Onlineにアップロードされる(スライド6)。調査後は、ArcGIS Onlineで加筆修正を行い、そのストーリーマップ機能を使って、内部公開用webページを作成する(スライド7,8)。

本災害においては、7月中旬から8月中旬までの約1カ月間に5名の調査員がCollectorを使って、計545地点のデータを収集した(スライド6,8)。遠景から写真撮影だけを行なった地点が多いが、聞き取り・現地観察・崩壊形状(崩壊深・幅・長さ等)の簡易測量などの結果を記載した地点も数10地点存在する。また、複数地点で、土壌試料採取や簡易貫入試験等を実施した。Collectorを使用することで、調査終了後の写真やノート整理の手間が大きく軽減されたと著者らは感じる事ができた。

今後は、所外の研究者や技術者に利用して貰うことで情報を充実させたい。その際、メモ帳替わりになるなど、使用者にとって役立つアプリを目指すことが重要であると考えている。データ共有や公開に向けては、ライセンスやプライバシー保護など、克服すべき課題はまだ多い(スライド9,10)。

3. 広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動の特徴

3.1 方法

広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動に関して(スライド11)、土石流到達に関する地形的閾値と雨量との関係を検討した。対象地域の地質は、主に白亜紀後期広島花崗岩類の黒雲母花崗岩および角閃石黒雲母花崗岩であり、ごく一部に、広島花崗岩類の角閃石黒雲母花崗閃緑岩および黒雲母花崗閃緑岩-花崗岩を含む(産業技術総合研究所20万分の1地質図幅「広島」、スライド12右)。

検討方法は、若月ほか(2017)に準ずる。まず、国土地理院撮影の空中写真を判読して土砂移動分布図を作成した(スライド12)。これは、土砂移動(主に、斜面崩壊・土石流)の源頭部、流送部、堆積部を全て含んだものである。写真判読からは、土石流の源頭部には表層崩壊が存在している場合が多く確認できることから、表層崩壊を端緒とした崩土流動化型か(規模の小さな)天然ダム決壊型の土石流が発生したケースが多いと考えられる。

次に、山地小流域(流域面積は約0.001 km²(1,000 m²)から約3 km²)を計3,270流域設定した(スライド13,14)。各小流域は、流域出口が生活の場である道路・住宅地・農地に面するように設定した。そして、流域地形量として、流域面積Aと起伏比Rを計測した(スライド13)。起伏比は流域の比高を流域最大長で除した値である。作業においては、ESRI社のArcGISを用いて、国土地理院作成の10 mメッシュ数値標高モデル(DEM)から流域ポリゴンを作成し、独自開発した土石流危険度評価設定ツール(DFR_TOOL)を使用して各地形量を計測した。

土砂移動分布図から、各小流域は、土石流発生や到達の有無によって、3タイプに分けることができる(スライド13)。災害発生の観点からは土石流が流域出口に到達するType Iを評価することが重要であり、各小流域を横軸が流域面積で縦軸が起伏比の両対数グラフ(A-R図と呼ぶ)にプロットしたときのType Iの分布の下限を示す地形的な閾値を表す下式の直線を土石流到達閾値と呼び、この閾値に着目した(スライド15)。

$$\log_{10}R = -0.145 \times \log_{10}A + b \quad (1)$$

ここで、 b は係数である。なお、右辺第1項の -0.145 は、複数の災害・地質において、閾値を適切に表す値と考えられている(若月ほか, 2017)。

本報ではまず、全流域を対象とした、土石流到達閾値と、この閾値より危険側における流域面積ごとのType Iの出現率(土石流到達率)とType IIの出現率(土石流・崩壊停止率)を検討した(スライド15)。次に、雨量指標値と土石流到達閾値の関係を、2014年広島豪雨災害における花崗岩地域の事例とともに検討した。2014年災害の斜面変動の発生域の一部が土砂移動分布図に含まれている(スライド12)。雨量指標値は、気象庁解析雨量を用いて、実効雨量と土壤雨量指数を算出した。

3.2 結果と考察

坂町を中心に多数の斜面崩壊や土石流が発生している(スライド12)。2014年災害の斜面変動の発生域における発生数は少ない。また、Type Iは坂町付近に集中している(スライド14)。

雨量を考慮せず全流域がプロットされたA-R図を見ると(スライド15)、各Typeはほぼ同じ範囲にプロットされており、また、ほとんどの流域が土石流到達閾値よりも危険側に存在していることがわかる。このことは、全ての流域に本災害の最大雨量程度の降雨が等しく発生したならば、どの流域でも土石流が流域末端まで到達する可能性があったことを示している。一方、土石流到達率と土石流・崩壊停止率は流域面積が大きくなるほど増大する。すなわち、流域面積が大きくなるほど、流域内のどこかで土石流や崩壊が発生する確率や土石流が流域出口に到達する可能性が高くなり、土砂災害の危険が高まると言える。

次に、雨量指標値と土石流到達閾値の関係について、雨量指標値の範囲ごとのA-R図の一例をスライド16に示す。雨量指標値が大きくなるほど(1)式の b 値が小さくなる傾向がある。すなわち、雨量が増加すると流域面積や起伏比が小さい流域においても、土石流が流域出口に到達する危険性があることを示している。

スライド16は、2014年災害と2018年災害の雨量指標値と b 値を比較している。2014年災害(上原観測点)は、最大3時間雨量が237 mmに及ぶ多雨

短時間型の降雨が特徴である。一方、2018年災害(呉観測点)は、最大3時間雨量は111 mmと少ないが、最大24時間雨量が309 mmに及ぶ少雨長時間型の降雨を特徴とする。また、半減期9時間実効雨量を雨量指標値とすると、2014年災害と2018年災害はほぼ同じ位置にプロットされることがわかる(スライド17)。すなわち、半減期9時間実効雨量は、雨の降り方に関係なく、本地域周辺の広島花崗岩類の分布域における、土石流到達閾値を説明する雨量指標である可能性がある。半減期が9時間以外の実効雨量、土壤雨量指数、各時間の積算雨量では両災害のプロットは一致しない。今後は、1999年広島豪雨災害についても検討したい。

4. まとめ

平成30年7月の西日本豪雨において広範囲に発生した斜面災害に対して、写真やメモ整理などの作業の効率化を図るためESRI社のCollector for ArcGISというスマホアプリを使用して、約1カ月に及ぶ現地調査を実施した。作業内容を示したように、Collectorは非常に便利なツールであるが、データ共有や公開を目指すにあたっては、ライセンスやプライバシー保護など、克服すべき課題は多い。

また、広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動について、土石流と地形量・雨量との関係について、2014年広島豪雨災害との比較検討を実施した。その結果、雨量指標値と土石流到達閾値(b 値)の関係において、半減期9時間実効雨量を雨量指標値とすると、両災害はほぼ同じ位置にプロットされた。すなわち、半減期9時間実効雨量は、雨の降り方に関係なく、本地域周辺の広島花崗岩類の分布域における、土石流到達閾値を説明する雨量指標である可能性が示された。

参考文献

- 1) 若月 強・佐藤昌人・菊池輝海・石川美樹・山岸千鶴・山下久美子(2017): 土砂移動分布図を利用した土石流到達流域の推定－降雨を考慮した地形的閾値について－. 地すべり学会誌, Vol.54, No.3, 13-24.

2018(平成30)年7月西日本豪雨による土砂災害の現地調査 —スマホアプリを使った調査及び斜面変動の特徴— 若月強・奈倉登・木村諤・吉原直志・河野孝俊 ・山田隆二・後藤千晴(防災科学技術研究所)

内容

1. スマホで利用できる災害調査アプリの試作

2. 広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動の特徴

特に、土石流到達閾値と雨量との関係について、2014年広島豪雨災害との比較。



スライド 1

現地でのCollectorによる収集



オフライン用

山奥など携帯電波が届かない場所。
調査前に、地図を切り出して保存しておく。

オンライン用

インターネットが繋がる場所。

スライド 2

災害調査アプリ(仮)

動機

災害調査等において、写真整理(特に、写真番号を地図に書き込む作業、写真を並べる作業)にいつも手間が掛かる。なんとかしたい。

必要なもの

- ・ ArcGIS Onlineのライセンス (ArcGISの組織アカウント)
- ・ スマートフォン: iOS (iPhone) 推奨、android、windows10も可
- ・ アプリ(無料): Collector for ArcGIS (URL: <https://doc.arcgis.com/ja/collector/>)

事前準備

- ・ ArcGIS Onlineを用いて、調査用地図の設定とCollectorの調査項目欄の作成
- ・ オフライン用の地図の切り出し、インストール

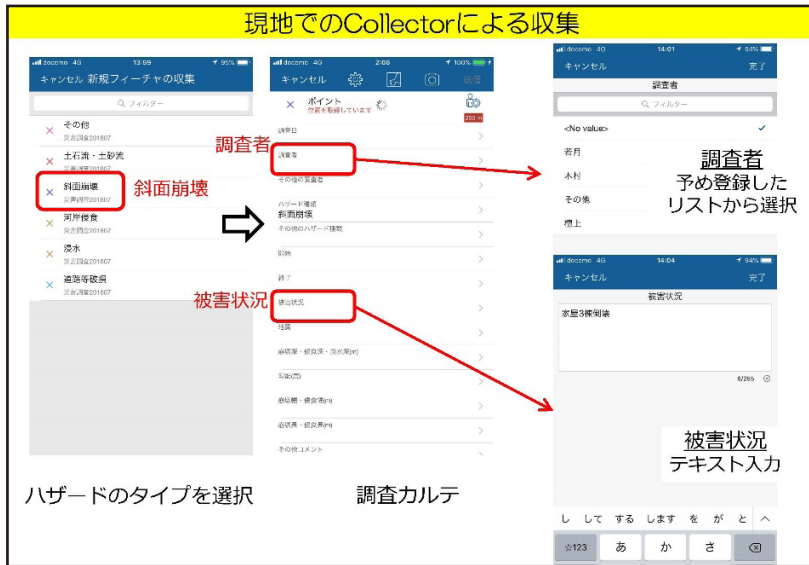
現地調査

- ・ Collectorを使って、データ収集(写真・位置・コメント)。
(データは即時にArcGIS Onlineにアップロードされる)

調査後

- ・ ArcGIS Onlineで編集作業。データは、shpファイル等で保存可能。
- ・ ArcGIS Onlineのストーリーマップの機能を使って、公開用webページを作成する。

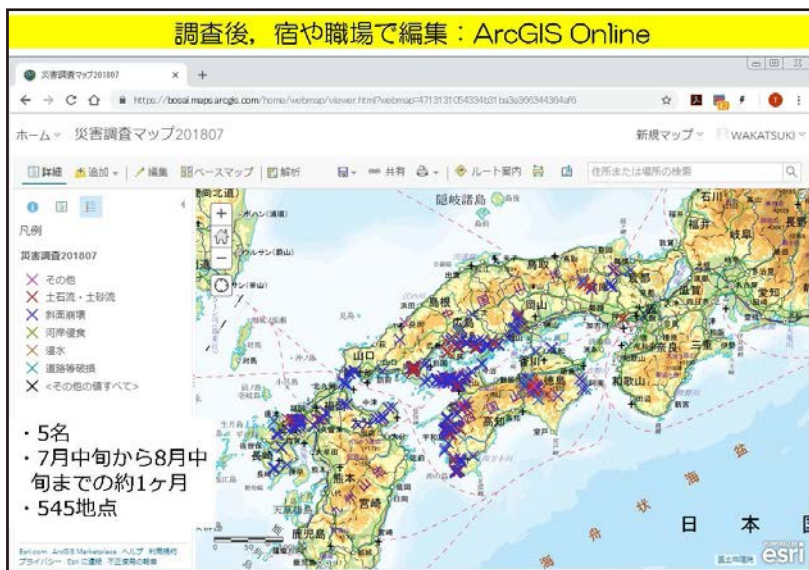
スライド 3



スライド4



スライド5



スライド6

調査後、宿や職場で編集：ArcGIS Online

ホーム = 災害調査マップ201807

調査地点
記入内容
写真
を追加・修正・削除

調査地点	下部写真 (2枚以内)	3.3-8.5m	約39'	幅13m	調査日の経過	土曜と曜日の海・砂層工	長約20m	より、改めて書く、深層	2mに深層が埋ま	(0)	追加
高松の1kmの距離で調査 の一番を置く	撮影日の写真 (2枚) の1枚を撮影 (写真 (撮影))	約1~1.5m	約1~4m	約6m						(0) <td>追加</td>	追加
調査する1.2mの深層で調査 を、調査を完了した	撮影日の写真 (2枚) (注: 調査完了後、追加)									(0) <td>追加</td>	追加

スライド 7

Webで情報公開：ストーリーマップ

平成30年7月豪雨被害調査 (四国)

斜面崩壊 浸水 河川浸食 土石流・土砂流 その他

スライド 8

今後の方向性：大勢の人に利用して貰うためには

考え方
所外の研究者や技術者にもメモ帳代わりに利用してもらって、許可が得られた写真やメモを公開する。
所外の研究者にとって使いやすいアプリを目指す。自分に役立たないものは使わない、その成果の一部を公開させて頂く。

背景
数人で集めるには限界がある。大人数ならば網羅された素晴らしいものになるかも。

利点
写真・地点・メモが関連付けられて保存できる。

スライド 9

災害調査アプリ（仮）

- ・ 3階層
 - 階層1. 一般公開用（閲覧のみ）
 - 階層2. 研究者のみが閲覧・編集可
 - 階層3. アップロードした研究者個人のみが閲覧・編集可
(ただし、今のところ別ページとなる)
- ・ ポイントごとに階層2, 3で公開・非公開の設定（フラグを立てるなど）
ができれば良い。

現状
arcgis Online ライセンスを持っている人：全階層が可能
arcgis Online ライセンスを持っていない人：階層1のみ可。

Collectorの他に、同じくスマホアプリであるSurvey123 for ArcGISも利用可能だが、調査項目欄の作成における自由度が高い反面、アップロード後の編集機能に制限があり、レイヤー表示の切り替えなどの地図機能もCollectorと比較すると少ないsurvey123は使える。

問題点
プライバシー（位置が特定できてしまう）

スライド 10

平成30年7月西日本豪雨－広島県坂町


坂町
死者 16名
行方不明 1名
重傷者 4名

住家全壊 220棟
半壊 804棟
(2018.8.13現在)

地質: 花崗岩
(マサ土)

2018/7/6
17:35 土砂災害警戒情報
17:40 避難勧告
19:40 大雨特別警戒
避難指示(緊急)

(広報さか 平成30年8月号)
21時頃?～ 大きな被害



スライド 11

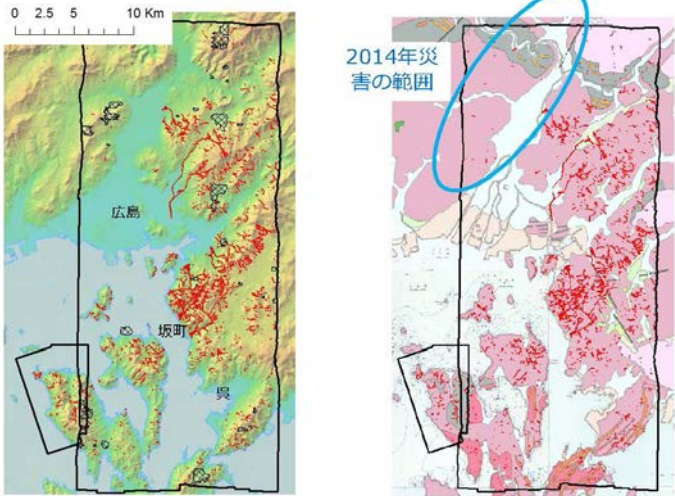
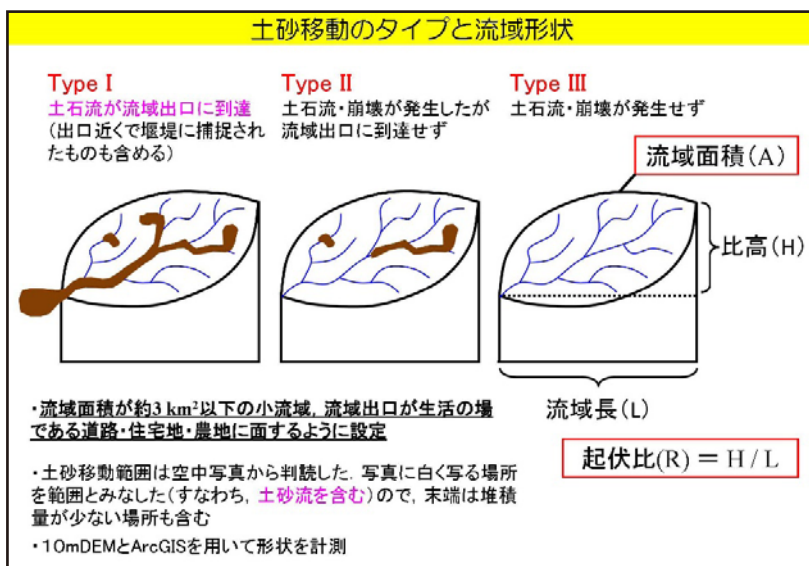


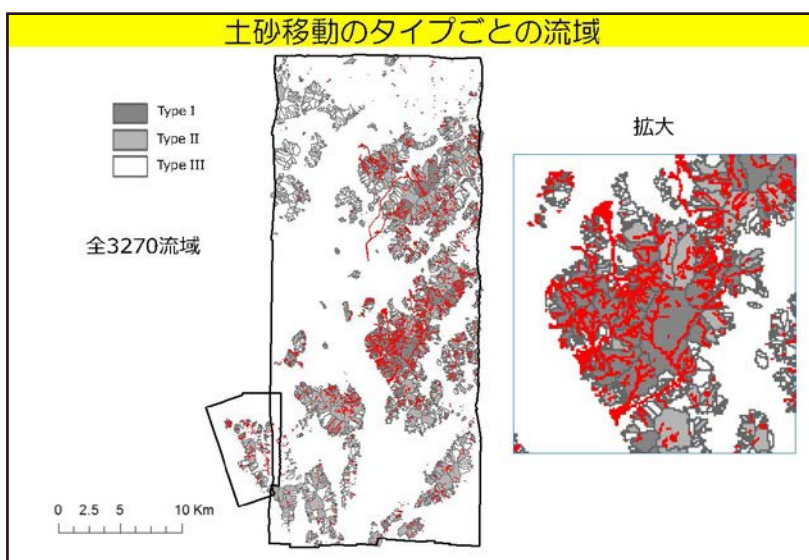
図. 国土地理院の色別標高図と土砂移動範囲。
土砂移動範囲は、国土地理院の空中写真を判読したもの。
(坂町付近が特に急斜面変動が多い)

図. 産総研シームレス地質図と土砂移動範囲。
(ピンク色が花崗岩類)

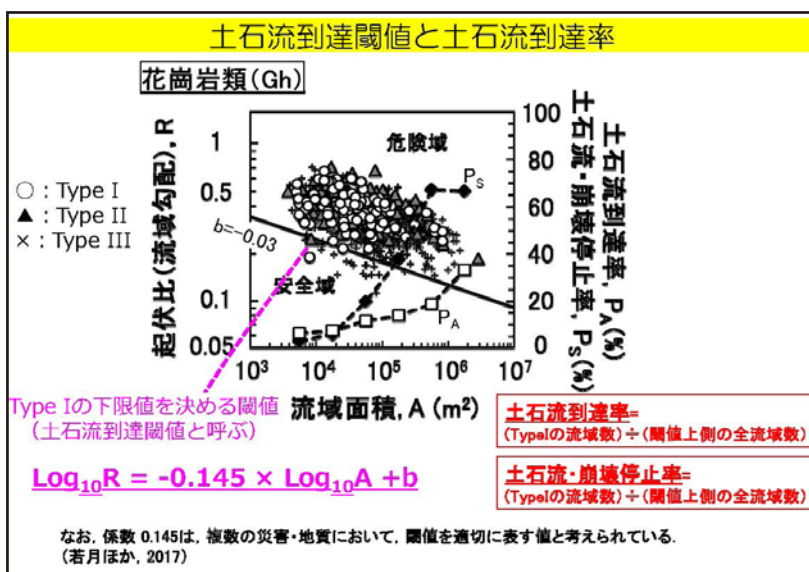
スライド 12



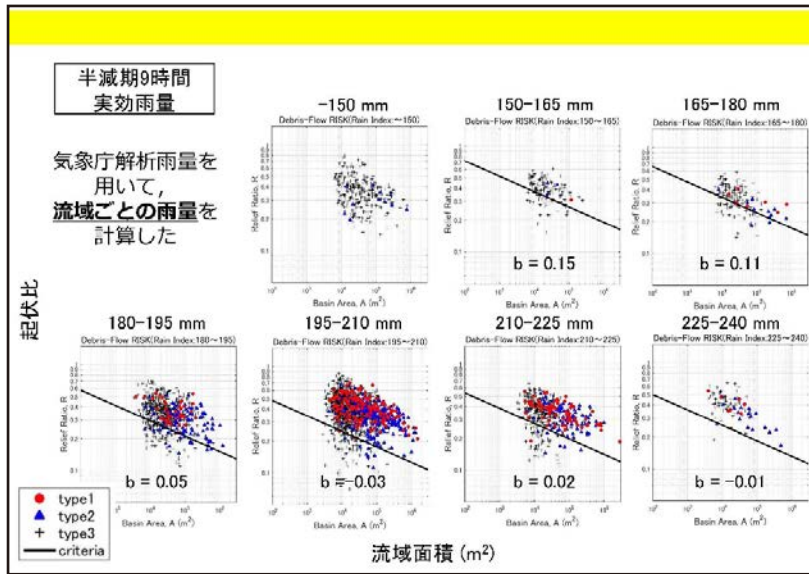
スライド 13



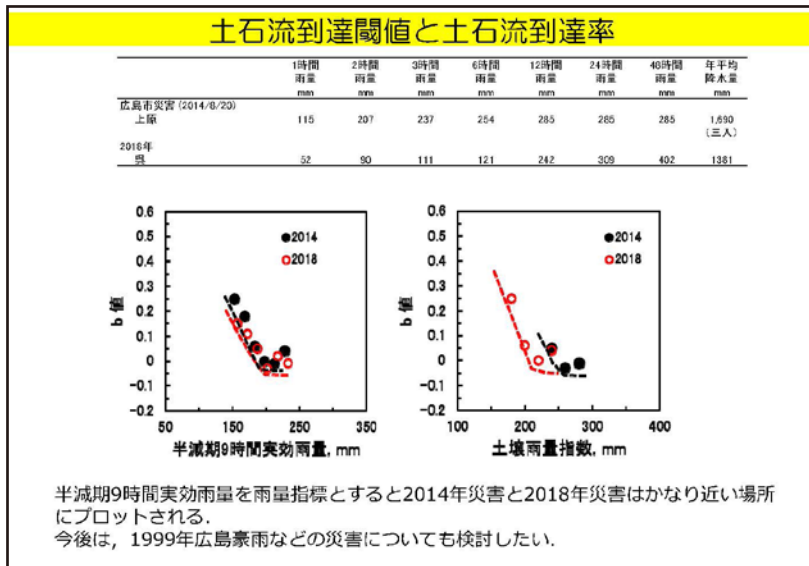
スライド 14



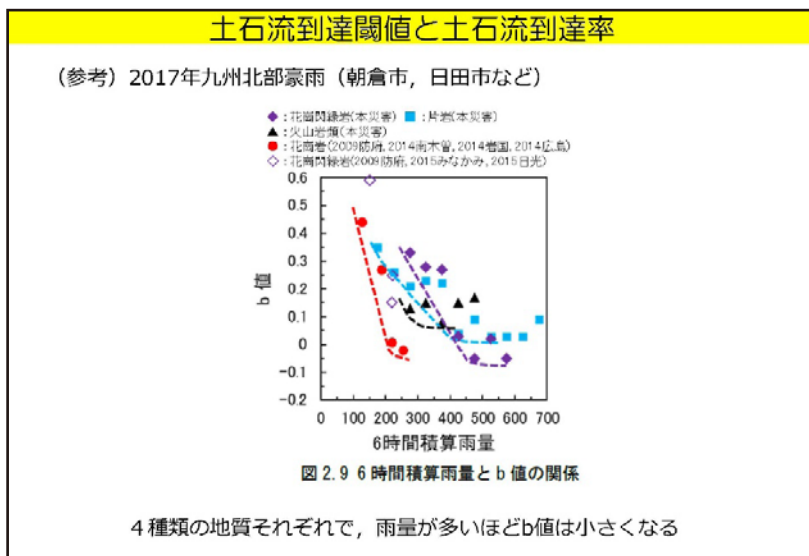
スライド 15



スライド 16



スライド 17



スライド 18

要 旨

平成 30 年 7 月の西日本豪雨において広範囲に発生した斜面災害に対して、写真やメモ整理の作業効率化を図るため ESRI 社の Collector for ArcGIS というスマホアプリを使用して、約 1 カ月に及ぶ現地調査を実施したので、作業の概略を紹介した。このアプリは非常に便利なツールであるが、データ共有や公開を目指すにあたっては、ライセンスやプライバシー保護など、克服すべき課題は多いと考えられる。また、広島県坂町・呉市付近の花崗岩地域の斜面変動における、土石流と地形量・雨量との関係について、2014 年広島豪雨災害との比較検討を実施した。その結果、雨量指標値と土石流到達閾値の関係において、半減期 9 時間実効雨量を雨量指標値とすると、両災害はほぼ同じ位置にプロットされた。すなわち、半減期 9 時間実効雨量は、雨の降り方に関係なく、本地域周辺の広島花崗岩類の分布域における、土石流到達閾値を説明する雨量指標である可能性が示された。

キーワード : Collector for ArcGIS, 土石流, 斜面崩壊, 広島, 花崗岩類, 土石流到達閾値

豪雨災害時における災害対応現場での災害情報の共有と利活用
—平成30年7月豪雨を事例に—

吉森 和城*・佐野 浩彬*

Sharing and Utilization of Disaster Information at Disaster Scene
in Heavy Rain Disaster
- Cases of The Heavy Rain Event of July 2018 -

Kazushiro Yoshimori and Hiroaki Sano

*National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan
yoshimori@bosai.go.jp, sano@bosai.go.jp

Abstract

This research is a study on the sharing and utilization of disaster information in disaster sites in the heavy rain event of July 2018. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) launched Information Support Team (ISUT) to cooperate with the Cabinet Office, to provide information support aimed at sharing the situations on disaster site. In this disaster, ISUT and NIED were active at Hiroshima prefectural government office, Okayama prefectural office, and Ehime prefectural office. We had gathered the information which transmitted from each agency and published from each site, and posted these information on Web-GIS. This led to creating the common operational picture(COP) and helped to unify of the situation awareness.

Key words: Disaster scene, Disaster information, Sharing and utilization of information, The heavy rain in July 2018

1. 防災科研の情報支援活動

2018(平成30)年6月28日以降、前線や台風第7号の影響により、日本付近に暖かく非常に湿った空気が供給され続け、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨¹⁾となり、各地で河川の氾濫、浸水害、土砂災害等が発生し、死者、行方不明者が多数となる甚大な豪雨災害が発生した。また、この豪雨により、全国各地で断水や電話の不通等、ライフラインに被害が発生したほか、鉄道の運休等の交通障害もたらされた¹⁾。気象庁は、この豪雨を「平成30年7月豪雨」と命名した²⁾。

災害が発生すると、数多くの機関および組織によって災害対応活動が同時並行的に行われる。災害

対応の中で、各機関で個別に情報収集を行い、各機関それぞれで意思決定を行うことは、結果として災害対応の重複や欠落を生じる可能性がある。その問題を回避するためには、各機関が保有する災害情報を共有することで、組織横断的に当該災害に対する状況認識を統一し、それぞれの組織が的確かつ効率的な活動を行うことが重要である³⁾。

国立研究開発法人防災科学技術研究所(以下、防災科研)では、平成27年9月関東・東北豪雨や平成28(2016)年熊本地震、平成29年7月九州北部豪雨において、災害情報の共有および状況認識の統一を目的とした現地での情報支援活動を実施してきた。

今回の災害では、広島県、岡山県および愛媛県に

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究部門

て、情報支援活動を実施した。今回の活動の特徴としては、防災科研が内閣府と連携して災害時情報集約支援チーム「ISUT (Information Support Team)」を立ち上げ、広島県でISUTとして情報支援活動を実施したことが挙げられる。なお、ISUTは、内閣府の「国と地方・民間の『災害情報ハブ』推進チーム」による検討において、災害対応時に現場にて地図を使って情報共有を支援する体制整備が検討され、平成30年度より試行的取り組みとして結成された組織である⁴⁾。また、今回の災害では、岡山県、愛媛県においても、ISUTに準じた活動を実施した。

2. 広島県庁における情報共有・利活用

防災科研では、西日本における記録的な大雨を受けて、平成30年7月7日に広島県庁へ研究員を派遣し、同日夜間より情報支援活動を開始した。また、現地への研究員派遣と並行し、情報を集約し、提供するためのWeb-GISサイトの整備および体制の確立を行った。

広島県庁へは内閣府職員と共にISUTとして現地入りし、当日より各種情報の収集および広島県に対する情報提供を開始した。情報支援の体制として、現地(広島県庁)での情報収集と防災科研つくば本所(つくば市)での情報処理を行う分業体制で実施した。広島県庁にて収集した情報は、防災科研つくば本所にインターネットを介してデータや写真を送付し、防災科研つくば本所の研究員および職員にて情報の処理、再編、Web-GISによる情報の可視化が行われた。Web-GISにて可視化された情報を基に、広島県に派遣された研究員により、各災害対応機関へ情報の提供を実施した。

災害対応の初期段階で、多くの機関から特に必要とされていた情報は、被害の全容把握を行うための空中写真と、現地で活動を行うために必要となる道路状況や避難所の状況である。

空中写真は、7月7日以降も悪天候や雲により、航空機による面的な撮影、オルソ画像の作成が困難な状況であった。そこで、民間会社が撮影した航空機からの斜め写真、ドローン撮影によるオルソ画像、JAXA等の衛星画像など、可能な範囲で収集できた情報を集約し、各機関への情報提供を行った。

次に、道路の通行可否状況は国道、県道など所管により情報提供元が異なるため、ひろしま道路ナビ

(広島県土木局土木整備部道路整備課)、統合災害情報システムDiMAPS(国土交通省)、道路情報提供システム(国土交通省中国地方整備局)、通行実績マップ(G空間情報センター)など、複数の機関が公開した道路状況を重畳表示し、1つのWeb-GIS上で可視化することで情報提供を実施した。また、避難所関係の情報は、広島県から避難所の開設状況と避難者数のリスト情報の提供を受け、Web-GIS上にて避難所の開設状況、避難者数の可視化を行い、情報提供を実施した。

また、空中写真、道路通行可否状況、避難所情報等は個別の情報として提供するのみでなく、道路通行可否状況と避難所の状況の除法を重畳して表示するなど、複数の情報を重畳することで、例えば避難所への物資輸送の検討などに用いられた。

現地での情報提供方法は、提供先のニーズに応じて、Web-GISをパソコンや大画面モニタ等のディスプレイで表示する方法や、大判用紙への印刷による提供など、複数の方法により情報提供を行った。Web-GISによる情報提供は、閲覧者が目的の情報にたどり着きやすいように、目的別の項目に分類し、1つの画面内で目的の地図にたどり着けるような画面構成で情報提供した(図1)。

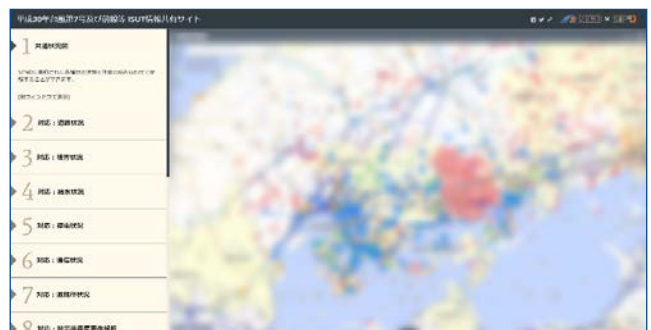


図1 Web-GISによる情報提供事例
Fig. 1 Sample of common operation picture on Web-GIS.

3. 災害情報の共有・利活用を促進するために

本報告では、広島県庁での活動を事例に、主に初期段階における情報提供の取り組みの事例を紹介した。これらの活動は広島県庁を中心に、岡山県庁、愛媛県庁でも実施し、災害の経過や状況変化に合わせて、各機関からの情報収集や情報提供を実施した。

災害現場における情報共有・利活用は、「①現地の状況を迅速に収集・提供」し、「②状況認識の統一を図る」ことが重要である。

現地の状況を迅速に提供するためには、情報を提供するための体制の確立、情報を処理・再編し可視化するための標準的な作業手順(SOP: Standard Operating Procedure)が必要となる。今回の災害対応では、防災科研の様々な職員が対応できるよう、初動対応から作業手順を確立しながら災害対応を進めた。本災害対応を踏まえ、平時から標準作業手順を整備し、災害時に迅速、且つ正確な情報提供を行うための整備を現在進めている。

状況認識の統一を図るためには、提供する情報が一部機関にとどまらないことが重要である。今回の災害対応では、広島県庁での活動において、情報を集約した Web-GIS を提供した他、Web-GIS の情報を様々な機関に認識してもらうために、Web-GIS の情報が記載された名刺サイズのカードを各機関に配布し Web-GIS を利用してもらうことで、各機関での状況認識の統一を図ることに努めた(図 2)。



図 2 カード配布による情報提供の周知事例
Fig. 2 Sample of information provision by card distribution.

補論

本報告は 2018 年度土砂災害予測に関する研究会において発表したものである。当日の報告内容に関して、参加者より災害情報の共有および利活用について重要な意見を頂戴した。その意見の 1 つに、複数の機関から発信されている情報を 1 つの画面上に重畳表示することは、情報の共有方法として望ましいのかというものがあった。

具体的な事例としては、土砂災害の判読情報が挙げられる。平成 30 年 7 月豪雨では、様々な機関がそれぞれの方法を用いて土砂災害の判読を行っていた。例えば、広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団(地理学グループ)では国土地理院が撮影した被災後空中写真を主として用いて、崩壊発生箇所を判読

している。また、国土地理院も被災後空中写真を用いて、斜面地等の崩壊分布を判読している。さらに、株式会社パスコでは、衛星画像を用いて土砂移動痕跡箇所を判読している。さらには、防災科研でも国土地理院の被災後空中写真を用いて、斜面崩壊や土石流等による土砂移動範囲を抽出している。

このように、複数の機関がそれぞれ独自の方法で土砂災害の判読を実施している。独自の方法で判読されているがゆえに、これらの情報は同一の情報として重畳表示をしてしまうと、情報の利用者に誤解を与える可能性がある。このような課題を解決するためには、①様々な機関が実施した土砂災害の判読結果を 1 つの結果として取り扱うことができる情報の統合を実現するか、②それぞれの情報が異なることを明確に示すような Web-GIS 上における表現方法の検討が必要となる。

参加者より頂いた貴重なご意見を踏まえて、単に災害情報を共有・利活用する流れの仕組みを検討するだけでなく、実際の情報を正しくとらえる仕組みの検討も進めていきたいと考えている。

謝辞

平成 30 年 7 月豪雨の岡山県庁、広島県庁、愛媛県庁における情報共有・利活用の取り組みに関しては、岡山県、広島県、愛媛県、実動機関、GIS 学会、広島大学、および富山大学の協力・情報提供を得て実施した。また、(株)パスコ、国際航業(株)、およびアジア航測(株)からは空中写真を、G 空間情報センターからは道路通行実績の情報を、国立情報学研究所の北本朝展准教授からは台風経路情報を、国土地理院より崩壊地等分布の情報をご提供頂いた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 気象庁：平成 30 年 7 月豪雨(前線及び台風第 7 号による大雨等)平成 30 年(2018 年)6 月 28 日～7 月 8 日(速報)，<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html>(2018.12.21 参照)。
- 2) 気象庁：今般の災害の名称について(平成 30 年 7 月 9 日)，https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/09b/20180709_meishou.pdf(2018.12.21 参照)。

- 3) 佐野浩彬(2018)：平成 29 年 7 月九州北部豪雨における災害対応現場での情報共有と利活用－福岡県災害対策本部での対応を事例に－. 防災科学技術研究所研究資料, 第 418 号, 143-146.
- 4) 内閣府 国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム：平成 30 年度官民チームの試行的取組の進め方(案), http://www.bousai.go.jp/kaigirep/saigaijyouhouhub/dai5kai/pdf/shiryos3_2.pdf(2018.12.21 参照).

要 旨

本研究は、平成 30 年 7 月豪雨における災害現場での災害情報の共有と利活用に関する研究報告である。防災科研は内閣府と連携し、災害時情報集約支援チーム (ISUT) を立ち上げ、現場での状況の共有を目的とした情報支援を行っている。本災害では、広島県庁、岡山県庁、愛媛県庁で現場対応を実施した。本報告では広島県庁の対応を事例に、各機関から発信される情報や各現場で収集した情報を集約し、Web-GIS に掲載・発信することにより、共通状況図による状況認識の統一を図った事例を報告する。

キーワード：災害対応現場，災害情報，情報共有・利活用，平成 30 年 7 月豪雨

風化殻の広域的分布と表層崩壊の発生形態

大丸 裕武*

Large-scale Distribution of Weathering Crusts and Property of Shallow Landslides

Hiroumi Daimaru*

*Forestry and Forest Products Research Institute, Japan
daimaru@affrc.go.jp

Abstract

Recently, many shallow landslides occurred in low to moderate relief mountain in western Japan. Some of the landslides were derived from deeply weathered materials on mountain ridges, those were estimated as pre-Quaternary fossil weathered crusts. Especially in granitic mountains, sandy weathered material has significantly affected on sediment disasters during history of Japan. Distribution map of granitic weathered crusts were produced by using distribution of eroded flat surface for middle to western Japan. Significant portion of past shallow landslides concentrated to the weathered granitic mountains and their surrounding region. Effect of the fossil weathering crusts, however, expands for wider region than estimated area by the map through denudation and deposition of the original material.

Key words: Shallow landslide, Weathering crusts, Granit, Eroded flat surface

1. 風化殻起源の表層崩壊

2018年7月の西日本豪雨災害で東広島市の山地で発生した表層崩壊の中には、赤～黄色を呈する風化殻由来の物質が流出した事例が多く見られた。また、2017年の九州北部豪雨においても、表層の強風化を受けた土層が崩壊した事例が多く見られた(図1)。このような厚い風化物質が見られる山地において、集団的な表層崩壊が発生しやすいことは古くから知られてきた。とくに、花崗岩山地では深層風化によってマサ土と呼ばれる脆弱な砂質風化物質が土砂災害の重要な素因として注目されてきた。

戦後、わが国の花崗岩山地で戦後に発生した集団的な表層崩壊の発生事例をみると、その多くが侵食小起伏面の分布域やその周縁に位置する小起伏山地に集中している(表1, 図2)。図2は養老山地から恵那山を経て南アルプスに至る地形断面図と、その近

傍で発生した山地荒廃と崩壊の事例を示したものである。1961年の伊那谷小渋地区の災害や、1972年の小原村災害のように表層崩壊が特定エリアで多発する災害の多くは定高性を持つ小～中起伏山地で見られる。一方、南アルプスのような大起伏山地では、表層崩壊が多発する形の災害は少なく、大西山のように深層崩壊が発生するようになる。また、中起伏山地や大起伏山地で急峻な谷地形が発達するようになると、2014年の南木曾で見られたような谷埋め堆積物が流出するタイプの土石流災害が顕著になる。

図2の中で、崩壊面積において最も大規模なものは、小～中起伏の花崗岩山地で発生する集団的な表層崩壊である。その発生場となる、定高性を持つ小～中起伏山地は、新第三紀以前に形成された侵食小起伏面や、その名残の地形であると考えられ(木宮, 1981)、赤色～黄色を呈する厚い風化殻を伴うこと

* 国立研究開発法人 森林研究・整備機構森林総合研究所

も多い。土壌学的には、わが国では現在の気候条件で赤黄色土が形成される環境は南西諸島に限られており、九州から北海道にかけて見られるものの多くは古土壌の残存物と考えられている(松井・加藤, 1962)。このことから、小～中起伏山地に見られる赤～黄色を呈する風化殻も過去の土壌生成環境で形成されたと考えられている(徳山・湊, 1986)。このような、過去に形成された風化殻を構成する物質は細粒で脆弱性が高く、古くから崩壊予備物質として注目されてきた(河野他, 1968; 大八木, 1968; 北沢, 1977; 徳山, 1986)。また、図 2 の瀬戸市のように花崗岩山地にみられるマサ土はハゲ山荒廃の素因となることも知られており(小出, 1968)、山地荒廃の研究においても注目されてきた(大丸, 2018)。

このように、地質時代に形成されたいわゆる“古期風化殻”が、崩壊予備物質として重要であることは従来から認識されていたが、実際の表層崩壊として発生頻度が高いのは、1972 年の小原村の災害のように、下部谷壁斜面(田村, 1987)のような、現在活発に削剥が進行する谷筋の急斜面上で進行するタイプの表層崩壊である。そこでは、サイクリックな風化と崩壊プロセスが見られ、斜面水文プロセス観測データとの比較研究も可能なため、多くの研究が行われ、斜面プロセスの理解に基づく多くの成果が挙げられた(例えば、飯田・奥西, 1979; 恩田, 1989)。

一方、山地斜面の上部の厚い風化殻の分布域は、崩壊予備物質自体は多量に存在するものの、現在の水文環境下では削剥作用が及びにくい場という認識されることが多かったように思われる。

しかし、近年発生した 2017 年の九州北部災害や 2018 年の西日本豪雨においては、これら山地斜面上部の風化殻が直接崩壊する事例が多く発生しており、今後は斜面上部の風化殻そのものが崩壊する現象についても、研究を進める必要があると考える。このような山地上部の風化殻が直接崩壊する現象の原因については今後の解明を待つ必要があるが、ここでは、この種の風化殻の崩壊現象の発生を予測するうえで基礎的な情報となる、風化殻の広域分布について、とくに災害につながりやすい花崗岩の風化殻に注目して推定を試みる。



図 1 2017 年の九州北部豪雨で朝倉市発生した深層風化殻の崩壊

Fig. 1 A landslide occurred in fossil weathering crust in the Asakura City induced by the 2017 northern Kyushu Rainstorm.

表 1 花崗岩山地における戦後の主要な集团的表層崩壊発生事例
地形条件は国土地理院の起伏量区分による(小: 200 m 以下, 中: 200 ~ 600 m, 大: 600 m 以上)。

Table 1 Representative past intense shallow landslide hazards in Japan after the WWII.

番号	地域名	主要災害発生年	地形条件
1	市房山	1980年代	大
2	福岡県南部(朝倉市他)	2012, 2017	小、中
3	北九州市(門司)	1953	小
4	山口県防府市	2009	小、中
5	広島市・呉市	1945, 1967, 1999, 2014	小、中
6	小豆島	1974, 1976	小、中
7	島根県浜田市周辺	1983, 1988	小、中
8	島根県出雲市	1964	小、中
9	神戸市(六甲山周辺)	1967	中
10	滋賀京都県境	1953	小、中
11	岐阜南部～愛知北東部	1959, 1972	小、中、大
12	長野県南木曾町	1972, 2014	中、大
13	伊那谷	1961	小、中、大
14	川内村	1971	小
15	羽越山地	1967	小、中

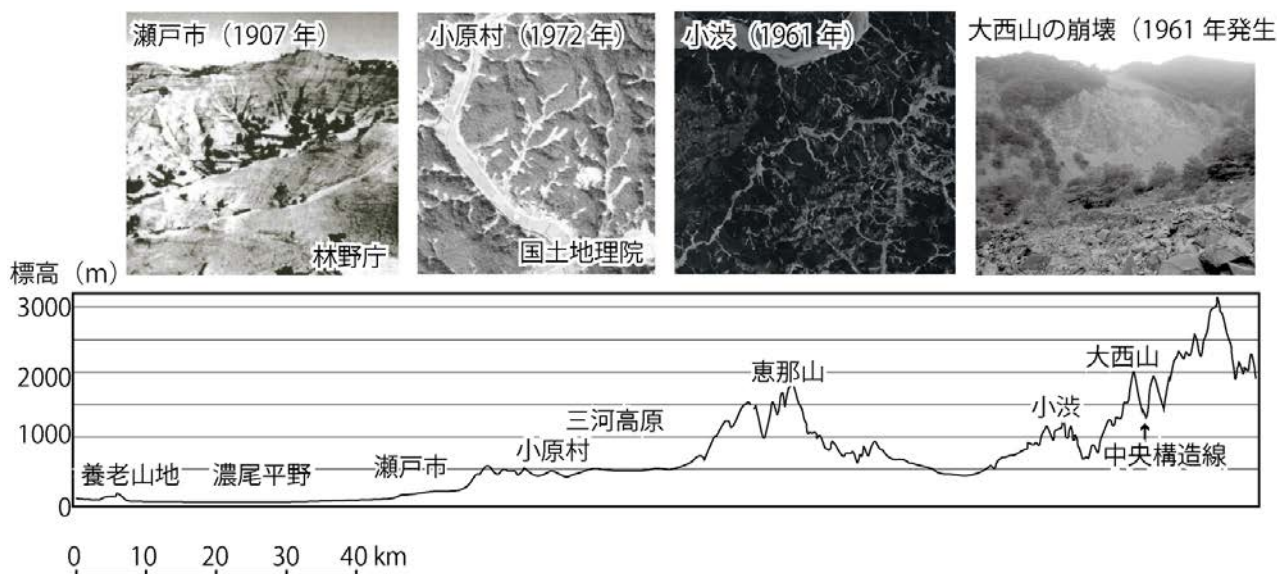


図2 養老山地から恵那山、長野県大西山に至る地形断面と主要な山地崩壊・山地荒廃の発生事例(大丸, 2018 に加筆; 断面の位置は図3に示す)

Fig. 2 Topographical cross section from Yoro Mountains to Mt. Ohnishiyama in Nagano Prefecture and past representative landslide hazards in the area (after Daimaru, 2018). Location of the cross section is shown in Fig. 3.

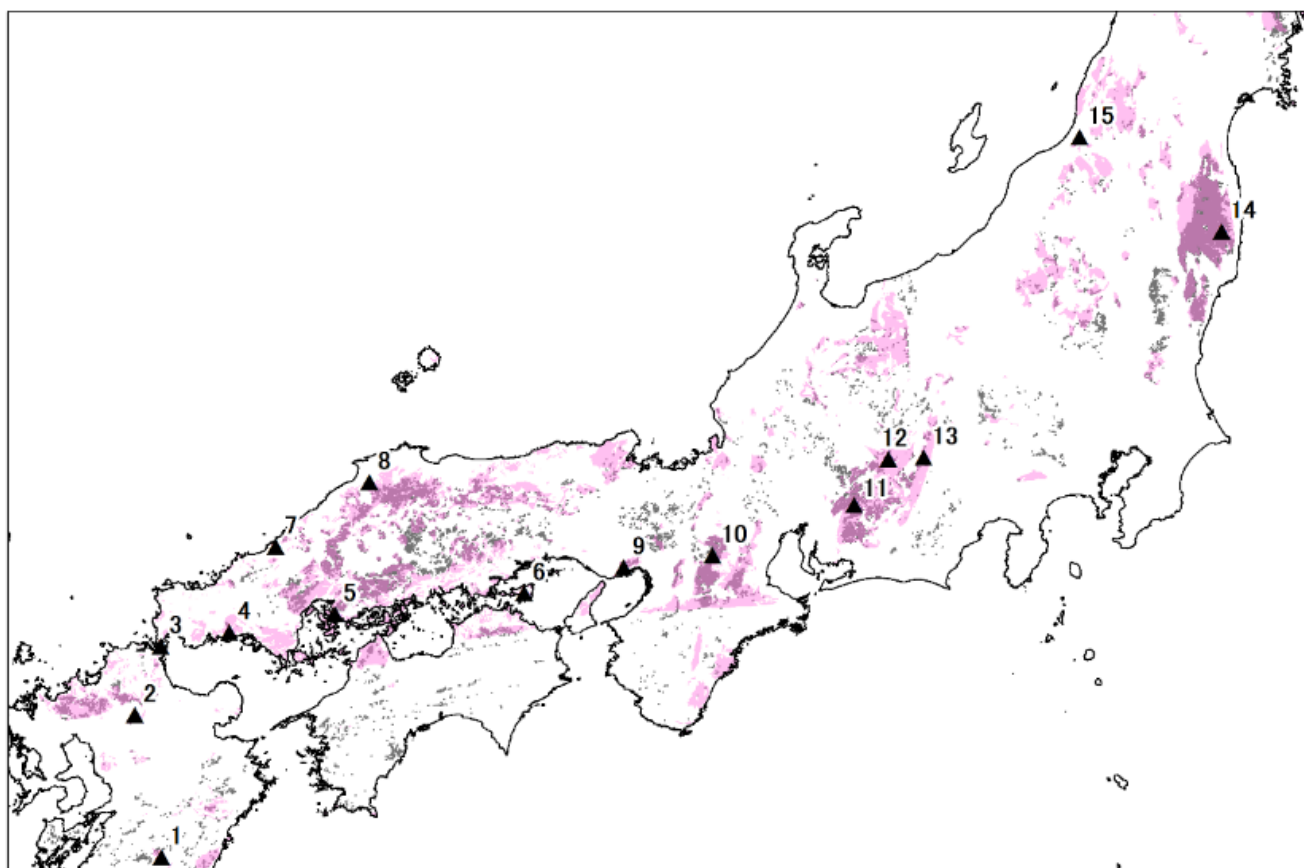


図3 侵食小起伏面の分布から推定した花崗岩山地の深層風化殻の分布
ピンク色は花崗岩山地, 灰色は古第三紀系以前の傾斜20度以下の斜面を示す. ▲1~15は主要な集团的崩壊(表1). 地形・地質データは国土数値情報の250mメッシュデータ, 山地の分布は国土地理院の土地分類調査による.

Fig. 3 Distribution map of granitic mountain accompanied by deep weathered crusts (shaded pink colored area). Closed triangles indicate the past representative landslides in the granitic mountains (Table 1).

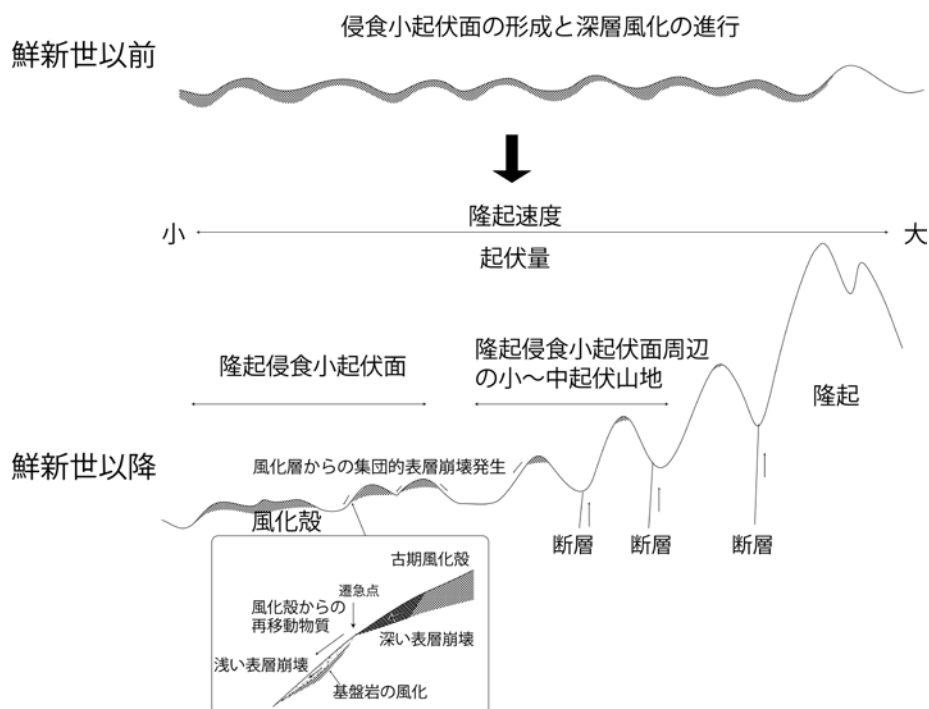


図 4 侵食小起伏面と深層風化殻の形成と隆起プロセス，土砂災害との関係
 Fig. 4 Schematic profile showing formation of eroded flat surface and deep weathering crust and distribution of sediment disasters.

2. 花崗岩質の深層風化殻分布の予測

崩壊や山地荒廃につながる風化物質の分布を予測できれば，防災や治山の観点から非常に有益であると考えられる。しかし，一般的な基盤地質図は岩石の風化に関する情報が欠如していることが多く，別の方法で風化殻の分布を推定する必要がある。木宮(1981)などが指摘しているように，風化殻が過去の平準化作用の産物とだとすれば，その分布は隆起小起伏面の分布から推定することは，ある程度可能であろう。

本研究では地殻変動が緩慢で温暖な気候下で深層風化が進行したと言われる中新世までに形成された花崗岩山地の風化殻の潜在的な分布域を評価するため，3次メッシュの国土数値情報からの古第三紀以前の地質体の分布域を抽出し，その中から，侵食性の山地斜面を抽出した。侵食性山地の指標としては，国土地理院の土地利用図における地形区分が，上位緩斜面，山地，丘陵地に該当するエリアを選択した。さらに，その中でも傾斜 20 度以下の緩斜面を抽出して深層風化殻が分布しうる隆起侵食小起伏面を推定した。ここで，緩斜面の条件とした傾斜 20 度は，日本全国の山地の侵食小起伏面の分布を推定した岡

崎(1967)の基準を踏襲したものである。また傾斜の算出には国土地理院の 10 m メッシュ DEM を使用した。このようにして作成した侵食小起伏面の分布図の中から，とくに脆弱な風化物質を生成しやすい花崗岩の分布域を重ねて示した。

図 3 はこのようにして作成した中新世以前に形成された風化殻の分布を推定した結果である。この図に，わが国の花崗岩山地の代表的な集团的崩壊の発生地(表 1)を重ねると，その多くが隆起侵食小起伏面やその周縁域に分布しており，花崗岩の風化殻の分布が，直接・間接的な形で集团的表層崩壊の発現場に影響を与えていることを示唆している。

また，風化花崗岩が広く分布する阿武隈山地(遠藤・木宮，1987)では，現在は集团的崩壊の発生の発生事例は少ないが，その原因として，現在の豪雨頻度が小さいことや，人為影響による山地の荒廃がそれほど進まなかった事が考えられる。しかし，川内村では森林の乱伐が進んだ大正・昭和前期(山口，1938)を経た 1972 年に集团的表層崩壊が発生していることから，潜在的な災害リスクは高いと考えられる。温暖化による雨量の増大を想定すると，この地域では今後の山地防災に注意する必要がある。

3. 今後の課題

図3で示した隆起侵食小起伏面の分布図は、大局的には地質時代に形成された風化殻の分布傾向を示していると考えられるが、実用的なレベルのものを作成するには残された課題も多い。1つは、山地の解体の結果、侵食小起伏面の原面が消失しても、風化物質は尾根部に残存するケースや、匍行土や土石流堆積物などの再移動物質として、山地の中に残存するため、実際の分布は図3の侵食小起伏面の分布域よりも、広い範囲で崩壊の発生場に影響を与えられ（図4）。図5は2018年の西日本豪雨災害で、東広島市の前平山で発生した崩壊である。源頭部に見られる土砂のマトリクスは赤褐色を呈しているが、未風化の角礫を多量に含むことから、風化殻由来の物質が再移動した崖錐堆積物と考えられる。実際の崩壊の中には、古期風化殻そのものが崩壊するケースだけでなく、このような再移動物質が崩壊するケースも多くみられる。また、前述したように最も発生頻度が高いのは、下部谷壁斜面（田村，1987）のような谷筋の急斜面において、現成の風化物質が浅く崩落するタイプや、2014年の南木曾町や広島市の災害で見られたような、谷筋に堆積していた土砂が土石流となって流出するタイプの災害である。また、西日本のハゲ地域に見られるように人為的な山地荒廃による風化物質の再移動で、0次谷に集積した土砂が崩壊物質となる事例もある。（大丸他，2011）。このように二次移動した花崗岩の風化物質が災害リスクに影響する現象は広く見られる。また、局地的な地質条件の影響も重要な課題である。



図5 東広島市の2018年の崩壊地に見られる崖錐堆積物

Fig. 5 Orange colored piedmont talus deposit in the 2018 landslide scarp in Higashi Hiroshima City.

風化物質の分布は地下水が浸透しやすい断層や節理に沿って進行することが多く、実際の崩壊においては、風化物質の平均的な厚さだけではなく、風化物質の局所的な分布構造が規模の大きな崩壊の素因となることが多い（北沢，1977）。斜面単位の危険地予測では山地の定高性に注目しつつ、個々の場所の地形・地質環境を考慮しながら、風化殻起源の崩壊予備物質の分布とその影響を考える必要がある。

また、風化層と樹木根系の関係についても課題が残されている。2017年の九州北部豪雨や2018年の西日本豪雨においては、降雨強度が極めて大きなエリアでは、森林域でも風化殻からの崩壊が多数見られた（村上他，2018）が、これらの斜面では樹木根系が風化層の全体に侵入できないことが原因となった可能性がある。このような風化殻の発達と森林の崩壊防止機能の限界についても検討していく必要がある。

4. まとめ

2017年の九州北部豪雨と2018年の西日本豪雨では、山地上部の風化殻から崩壊が発生する事例が多くみられた。これらは新第三紀に進行した深層風化が化石化した形で現在の山地に残存しているものと考えられる。近年の発生した極端な豪雨においては、このような風化殻も崩壊予備物質として考慮する必要があると考え、隆起侵食小起伏面を指標とした花崗岩の風化殻の広域予測図の作成を試みた。このような古期風化殻の影響は、その後の再移動プロセスを通じて元々の分布域よりも広域に及ぶことから、斜面地形の判読も併用しながら、崩壊リスクに与える影響を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 大丸裕武・多田泰之・村上 亘・小川泰浩(2011)：2009年に山口県防府市周辺で発生した崩壊の歴史的背景。砂防学会誌，**64**，52-55.
- 2) 大丸裕武(2018)：表層物質の分布にもとづく山地荒廃の予測可能性について—ハゲ山荒廃と風衝荒廃の事例から—。水利科学，**363**，70-83.
- 3) 遠藤則夫・木宮一邦(1987)：中部阿武隈山地の花崗岩類風化殻の分布状態と黒雲母の風化変質。応用地質，**28**(3)，1-14.
- 4) 飯田智之・奥西一夫(1979)：風化表層土の崩壊による斜面発達について。地理学評論，**52**，

- 426-438.
- 5) 河野良治・難波宣士・滝口喜代志・北村嘉一 (1968) : 風化花崗岩地帯における崩壊に関する研究－地形・土壌・森林と崩壊－. 防災科学技術研究所研究報告, **14**, 77-112.
 - 6) 木宮一邦 (1981) : 三河高原の風化殻とその形成時期. 地質学雑誌, **87**, 91-102.
 - 7) 北沢秋司 (1977) : 南木曾地方における後濃飛花崗岩類の風化とその物理的性質について. 信州大学農学部紀要, **14**, 55-93.
 - 8) 小出 博 (1968) : 花崗岩地帯崩壊分類調査－花崗岩地帯の荒廃について－. 防災科学技術総合研究報告, **14**, 5-22.
 - 9) 松井 健・加藤芳朗 (1962) : 日本の赤色土壌の生成時期・生成環境にかんする二, 三の考察. 第四紀研究, **2**, 161-179.
 - 10) 村上 亘・鶴崎 幸・安田幸生・大丸裕武 (2018) : 2017年7月九州北部豪雨における斜面崩壊と雨量分布および植生状況との関係について. 防災科学技術研究所研究資料, **418**, 131-134.
 - 11) 奥西一夫・飯田智之 (1978) : 愛知県小原村周辺の山崩れについて(1)－斜面形, 土層構造と山崩れについて－. 京都大学防災研究所年報, **21**, B-1, 297-311.
 - 12) 恩田裕一 (1989) : 土層の水貯留機能の水文特性および崩壊発生に及ぼす影響. 地形, **10**, 13-26.
 - 13) 大八木規夫 (1968) : 島根県加茂大東花崗岩類地帯における風化帯の構造と崩壊. 防災科学技術総合研究報告, **14**, 113-127.
 - 14) 田村俊和 (1987) : 湿潤温帯丘陵地の地形と土壌. ペドロジスト, **31**, 135-146.
 - 15) 戸邊勇人・千木良雅弘・土志田正二 (2007) : 愛知県旧小原村の風化花崗岩類における崩壊発生密度の岩相間での比較. 応用地質, **48**, 66-79.
 - 16) 徳山 明 (1986) : 古期深層風化殻の形成と後期第三紀以降の地形化作用(Ⅱ)風化殻の形成と地形. 地学雑誌, **95**, 155-166.
 - 17) 徳山 明・湊 秀雄 (1986) : 古期深層風化殻の形成と後期第三紀以降の地形化作用(I)風化殻の機構. 地学雑誌, **95**, 44-55.
 - 18) 山口彌一郎 (1938) : 阿武隈山地に於ける緑故下戻の公有林に依存する山村の經濟地理福島縣双葉郡川内村(其一). 地学雑誌, **50**, 219-226.

要 旨

2017年の九州北部豪雨や2018年の西日本豪雨では, 山地斜面の上部や尾根付近の風化殻の分布域で多くの崩壊が発生した. このような西日本内帯の風化殻は第四紀以前の侵食小起伏面形成期の産物とされ, その後の隆起運動によって山地上部に残存したものと考えられている. これらの, 風化殻は下部谷壁斜面のような谷筋の急斜面における崩壊に比べて注目されることは少なかったが, 極端な豪雨の際の崩壊発生場として顕在化しつつある. 本研究では, 侵食小起伏面の分布を指標に深層風化が発達した花崗岩山地の広域分布図の作成を試みた. 今後は, 風化物質の剝削と再移動過程も考慮して崩壊リスクへの影響を評価する必要がある.

キーワード : 表層崩壊, 花崗岩, 風化殻, 侵食小起伏面

平成 30 年 7 月豪雨による高知県大豊町における大規模崩壊の群発について

笹原 克夫*

Landslides in Otoyo, Kochi, Japan by Heavy Rainfalls from June 28 to July 8, 2018

Katsuo Sasahara

*Kochi University
sasahara@kochi-u.ac.jp

Abstract

Many landslides occurred from June 28 to July 8, 2018 in Otoyo, Kochi, Japan due to a series of heavy rainstorms generated by Typhoon Prapiroon and Bai-u rain front. Many road structures, including Tajikawa bridge of Kochi expressway, were damaged and destroyed by landslides although no damages were given on people's lives. No special topographic features were recognized on the map with contour lines with 10 m interval of height around Tajika-senbon landslide which destroyed Tajikawa bridge while small landslide configurations were identified above the landslide on slope gradation map generated on 5 m DEM. Part of head scarp of the landslide configurations seemed to be active according to field observation. It suggests that the collapse of the landslide might be influenced by the activities of the landslide configurations on the landslide.

Key words: Landslide, Rainfall, LiDAR, Landslide configuration

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨により、死傷者数は少なかったものの、高知県内でも多数の土砂災害が発生した。その代表例が高知県長岡郡大豊町立川千本地区の大規模崩壊である。この崩壊は、地元住民によると、7 月 7 日未明に発生し、高知自動車道の立川橋(上り線)の上部工を流出させた(写真 1)。それ以外には林道等の被害があったものの、幸いにして人命には被害がなかった。またこの崩壊の周辺でも 20 箇所以上の大規模崩壊が発生した。本報告では立川千本地区の大規模崩壊発生斜面の地形・地質について、地形判読と現地調査の結果の一部を紹介する。

2. 地形・地質概要と降雨状況

2.1 地形・地質の概要

図 1 に本崩壊斜面周辺の地形を示す。国土地理院

の「地理院地図」において標準的な表現で表したものであり、等高線で標高を表す。この中で崩壊地を赤線で囲む。本崩壊斜面は南に流下する立川川の右岸側に位置し、稜線の標高が 800 m 程度の、東南東向きの山腹斜面である。この図から本崩壊斜面の北側の斜面と、西側の斜面に地すべり地形(黄色線)が認められる。共に滑落崖が大きく発達したものである。特に西側の地すべり地形の中には、今回の豪雨で斜面崩壊や段差、亀裂が発生し、地すべりの再滑動を示唆する。また立川川の支流の右岸側にも斜面崩壊が認められる。しかし本崩壊が発生した斜面は浅い谷状を示すものの、特段の地形的特徴は認められない。

本崩壊は最大幅が 120 m、斜面の水平長は 300 m で末端から源頭部までの比高が 150 m である。よって平均傾斜は 27 度程度と緩い。写真 1 でも分かる

* 高知大学

ように、向かって右側の小尾根が崩れ残っており、その南側の谷型斜面の上部が崩壊した。崩壊土砂は谷型斜面の中を流下し、真下のトンネル抗口上部から高速道路に入り込んで、上部工を流出させたようである。また崩壊土砂の一部は小尾根の北側の溪流を流下した。この土砂は一部本線(下り線)上に堆積したが、上部工への影響は小さかった。



写真1 鳥瞰写真
Photo 1 Bird's eye view of the landslides.



図1 本斜面周辺の地形
Fig. 1 Geomorphology around the landslide.

本斜面周辺は三波川帯三縄層群下部層の三波川変成岩類が分布する地域で、主に泥質片岩からなり、少量の塩基性片岩や珪質片岩を共在することとなっている¹⁾。

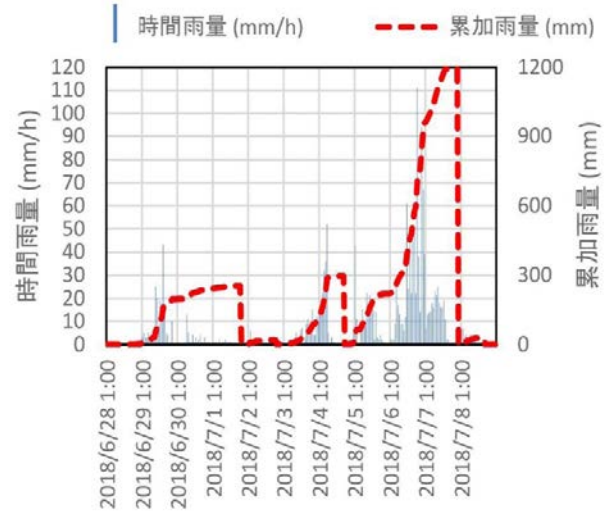


図2 立川雨量観測所での降雨状況
Fig. 2 Time variation of hourly rainfall at Tajikawa observatory.

降雨状況については、停滞した梅雨前線による断続的な降雨が6月28日～7月8日まで続いた(図2)。特に本崩壊を発生させた降雨イベントは7月5日8:00～7日21:00の降雨で、図1中にある国土交通省立川雨量観測所では、6月28日1:00からの累加雨量1,194 mm、最大時間雨量111 mm(6日19:00)を記録した。なお図2の累加雨量は無降雨6時間でリセットされることとしている。ただし長期間大きな降雨強度が継続したのではなく、断続的に大きな降雨強度が出現したことが特徴である。四万十帯で深層崩壊をもたらす降雨は強い降雨強度が長時間続く場合が多い²⁾が、そのようなタイプの降雨とは異なり、平成26年8月上旬に同じ大豊町で多くの地すべり災害をもたらした降雨と同じパターンである³⁾。特に7月6日12:00～20:00は降雨強度が強かったが、それでも20～60 mm/hの範囲で降雨強度が変化し、19:00のみ111 mm/hが記録された。他の時間帯は降雨強度が0～20 mm/h程度であった。また7月6日12:00～20:00の間は、本地区上空に線状降水帯が位置しており(図3)⁴⁾、そのために強い降雨が降り続いたことが分かる。

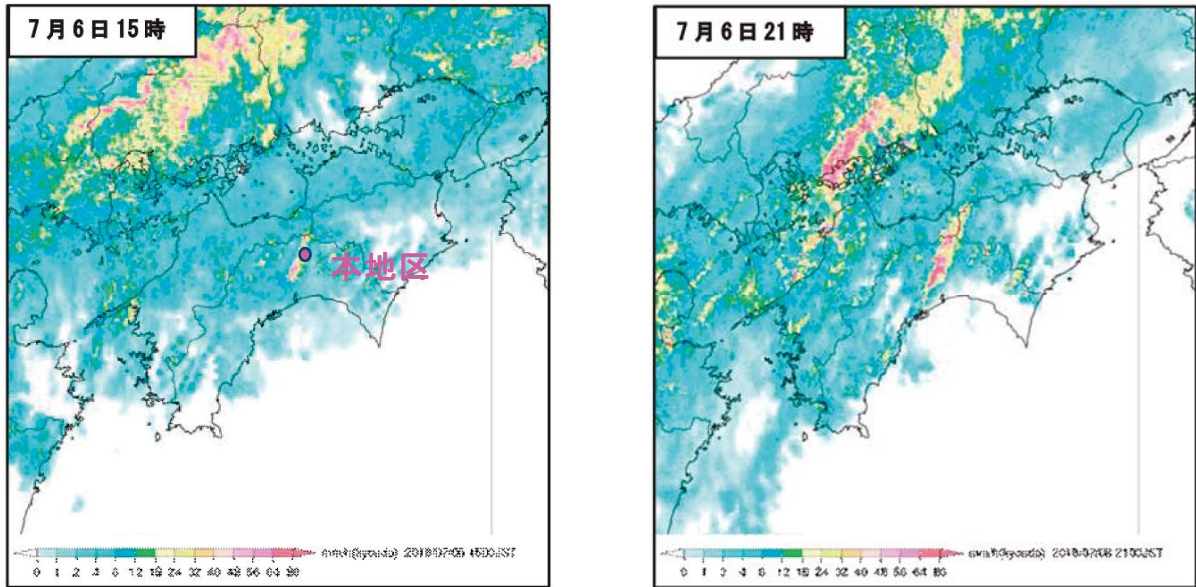


図 3 平成 30 年 7 月 6 日午後の四国の降雨強度の分布⁴⁾
 Fig. 3 Rainfall intensity distribution in Shikoku at the afternoon, July 6, 2018.

3. 立川千本地区の大規模崩壊

次に本崩壊斜面周辺を国土地理院の地理院地図の中で、「傾斜量図」を選んで表示し、地形の検討を行った(図 4)．傾斜量図は傾斜が強くなるほど黒色が濃く、逆に傾斜が緩いほど薄くなることにより、傾斜の分布を表している．国土交通省が航空レーザー計測を行っている範囲では、そのデータを用いた 5mDEM を用いて作成している．本地域も国土交通省が航空レーザー計測を実施している．

これを見ると、本崩壊(赤線)斜面の西側および北側の地すべり地形(黄線)の形状が詳細にわかる．いずれも図 1 で読み取った地すべり地形の内部に複数の小さなブロックが確認できる．また両方とも滑落崖が大きく、古くから地すべりブロックが活動して移動量が大きいことを示唆する．

図 4 により本崩壊斜面の微地形を見ると、斜面中腹に遷急線が連続し、今回の崩壊はその上部の緩斜面が崩壊していることがわかる．また今回の崩壊の真上には小さな地すべり地形 C が認められる．また斜面中腹の遷急線上部には、地すべり地形 C の脇に、小さな地すべり地形 A, B が並んでいることが認められる．現地踏査を行うと、地すべり地形 B, C の滑落崖は露岩している(写真 2)が、それらと斜面の土塊の間には隙間が空いていた．隙間には植生が付いているので、古い時代からの斜面土塊の動きを表

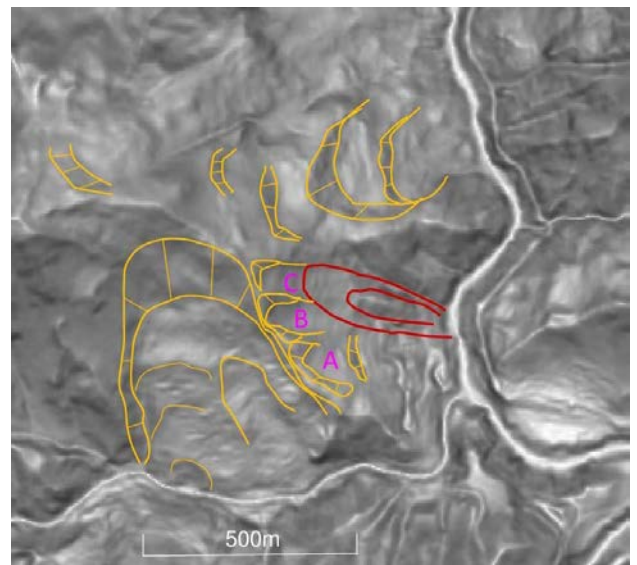


図 4 本斜面周辺の傾斜量図
 Fig. 4 Micro-topography around the landslide.

している可能性がある．また地すべり地形 A の滑落崖には、比較的新鮮な、植生の付いていない比高 1 m 程度の段差が認められた(写真 3)．また遷急線より下部の左側面は溪流となり、それに規制されて崩壊土砂が流下した．現地調査の結果崩壊地内のすべり面上には断層破碎粘土が広い範囲で認められた(写真 4)．また崩壊地の左側面は年代の異なる複数の崩積土層が認められた(写真 5)．



写真2 地すべり地形Cの滑落崖
Photo 2 Head scarp of landslide configuration C.



写真3 地すべり地形Aの滑落崖
Photo 3 Head scarp of landslide configuration A.



写真4 すべり面上の断層破碎帯粘土
Photo 4 Fault gauge on slip surface.



写真5 崩壊地側部を形成する崩積土層
Photo 5 Colluvium deposit at side of the landslide.

4. まとめ

平成30年7月豪雨で発生した高知県長岡郡大豊町立川地区で発生した大規模崩壊について地形判読と現地調査を行った。その結果を以下にまとめる。

- (1) 平成30年7月豪雨では、6月28日から7月8日まで、強い雨が断続的に降り続いた。このパターンは深層崩壊をもたらす降雨のパターンとは異なり、本地域では地すべりの移動が発生しやすい降雨パターンである。
- (2) 立川千本地区の大規模崩壊発生斜面では、10m間隔の等高線で表された地形図を見ても特段の地形的特徴を見出すことができないが、5mDEMを元に作成された国土地理院傾斜量図を見ると、崩壊地上部に3つの小規模な地すべり地形が確認される。
- (3) それらの滑落崖を見ると、植生が付いていない、比較的近年に段差が形成されたと思われる部分があったことから、今回の豪雨か、それ以前に

地すべり地形が活動したことが推察される。この上部の地すべり地形の活動が、今回の大規模崩壊の発生に影響を与えた可能性がある。

参考文献

- 1) 四国地方土木地質図編纂委員会(1998): 四国地方土木地質図, (財)国土開発技術研究センター.
- 2) 笹原克夫・加藤仁志・桜井 亘・石塚忠範・梶昭仁(2011): 平成23年台風6号による高知県東部で発生した深層崩壊. 砂防学会誌, Vol.64, No.4, 39-45.
- 3) 笹原克夫・森 直樹・讃岐利夫・山崎尚明・丸 晴弘・日本地すべり学会関西支部調査団(2015): 平成26年8月の豪雨により高知県で発生した地すべり災害の状況. 日本地すべり学会誌, Vol.52, No.5, 239-246.
- 4) 気象庁高知地方气象台: 高知県の気象2018年(平成30年)7月.

要 旨

平成 30 年 7 月豪雨により高知県長岡郡大豊町立川地区で 20 箇所以上の大規模崩壊が発生した。これらの崩壊は 6 月 28 日～7 月 8 日の間に強い雨が断続的に降り続いたことにより発生したが、これは平成 26 年 8 月上旬に大豊町で多くの地すべり災害をもたらした雨と同じパターンであり、本地域では地すべり活動を起こしやすい降雨パターンであると思われる。高知自動車道の立川橋を流出させた大規模崩壊の上部には、10 m 間隔の等高線で描かれた地形図では認識できないが、航空レーザー測定の結果から作成した 5mDEM を用いた、国土地理院の傾斜量図で表される小規模な地すべり地形が複数存在した。これらの地すべり地形の中には、滑落崖付近に、植生がついておらず比較的近年に形成されたと思われる段差を持つものもあった。このことから、今回の豪雨か、それ以前に地すべり地形が移動したことが推察される。この上部の地すべり地形の活動が、今回の大規模崩壊の発生に影響を与えた可能性がある。

キーワード：平成 30 年 7 月豪雨，大規模崩壊，航空レーザー測量，地すべり地形

平成30年7月豪雨により愛媛県西予市で発生した土砂災害について

大場勝一郎*¹・笹原克夫*²・北原哲郎*³・土佐信一*⁴・後藤寛和*¹

About Sediment-related Disasters Occurred in Seiyu Ehime Prefecture due to Heavy Rain in July, 2018

Shoichiro Ooba*¹, Katuo Sasahara*², Teturo Kitahara*³, Sinichi Tosa*⁴, and Hikazu Goto*¹

Abstract

A large number of slopes collapsed, in Uwa, Seiyu City, Ehime Prefecture due to heavy rains in July 2018, and induced debris flows caused severe damage in this area. The amount of rainfall from 00:00 on July 5 to 24:00 on July 8 registered, 539.5 mm in Uwa, Seiyu City.

Field surveys of the debris flows were conducted for nine districts between Nomura-cho and Seiyu-shi, Uwajima-shi of Ehime Prefecture from September 12 to 14, 2008, The survey has revealed that most of the collapses occurred around the ridge or near the valley head, and the debris flowed down a significant distance due to a large amount of surface water and groundwater, although the scale of each collapse was relatively small.

Key words: Heavy rains in July 2018, Debris flows, Aerial photo interpretations of landslides

1. はじめに

平成30年6月下旬から7月上旬にかけて西日本まで南下した前線と、6月29日に発生した台風7号の北上に伴い、日本付近に暖かく非常に湿った空気が供給され続けたことにより、西日本を中心に全国的に記録的な大雨となった。

この際、本調査地である愛媛県西予市において7月5日00時から8日24時にかけての降水量は、西予市宇和で539.5mmを観測した。この大雨の影響により、愛媛県内では死者21名、行方不明者4名、損壊9棟、床上浸水3,723棟、床下浸水1,956棟、山腹斜面からの土砂流出などの甚大な被害が広範囲に発生した(7月9日00現在：愛媛県災害対策本部調べ)¹⁾。

本報告では、愛媛県西予市野村町～宇和島市にかけての土砂流出が認められた箇所において、平成30年9月12日～14日にかけて実施した現地調査結果を報告する。

2. 気象概要

気象庁松山地方気象台愛媛県宇和のアメダスデータによると、平成30年6月29日からの降り始めから7月8日までに最大時間降水量47.5mm(7月7日)、累積降水量610mm(10日間)が観測された。特に7月5日から8日かけて連続した降水が認められている(図1)。

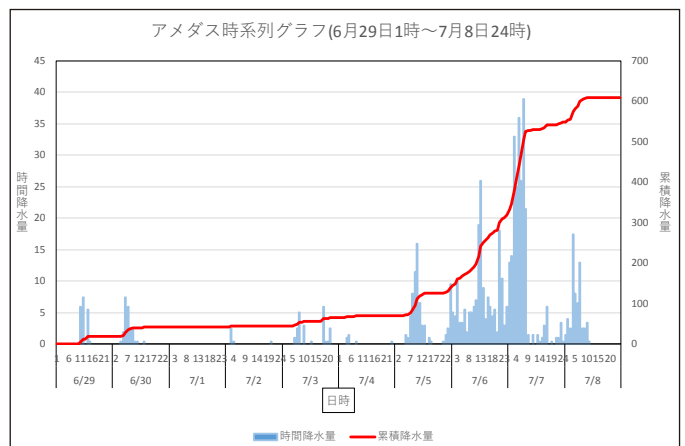


図1 アメダス降水量

*¹ 日本工営株式会社 四国支店 *² 高知大学教育研究部自然科学系理工学部門 *³ 応用地質株式会社 砂防・防災事業部 *⁴ 国土防災技術株式会社 技術本部 技術開発部 第二技術開発センター

3. 地形・地質概要

調査地は肱川水系肱川流域の最も南に位置し、野村ダム上流域にあたる。肱川は調査地内においては東流し、いくつかの支川と合流しながら流下する。調査地周辺斜面は標高400～500mの中山間地であり、肱川本川沿いには段丘面が点在しており集落が形成されている。

調査地の地質は、仏像構造線北側に位置する秩父累帯三宝山帯の中期-後期ジュラ紀付加体の砂岩、泥岩、粘板岩、チャートなどからなる²⁾。調査地周辺の秩父累帯は破碎作用や変成作用はあまり受けておらず、大規模な地すべり地形は比較的少ない地域である³⁾。

4. 崩壊地判読作業

現地調査を実施するにあたり、事前作業として豪雨災害発生後に撮影された空中写真⁴⁾を用いて崩壊地の判読作業を行い、国土地理院基盤地図情報通知標高モデル10mメッシュより作成した地形図にプロットした。そのうち土砂の流出が著しい9地区を抽出し、現地調査の対象地区とした。以下に9地区の中から代表して四道地区の詳細について報告する。

5. 四道地区の調査結果

5.1 地形状況

崩壊が発生した斜面は標高400～450mの東西方向へ伸びる稜線の南側斜面であり、斜面勾配は35°程度である。使用したLP図の判読では、一見全体的に一律な斜面のように見えるが、微地形を抽出すると遷急線、遷緩線に囲まれた山腹緩斜面や、小規模な崩壊地形が判読できる(図3)。このことから、過去にも崩壊や地すべり的な山体変形が生じていた

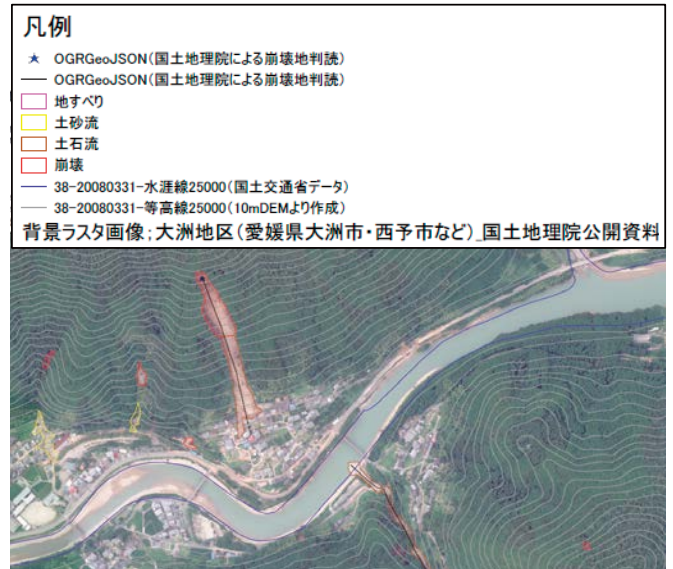


図2 崩壊地判読例⁴⁾: 四道地区

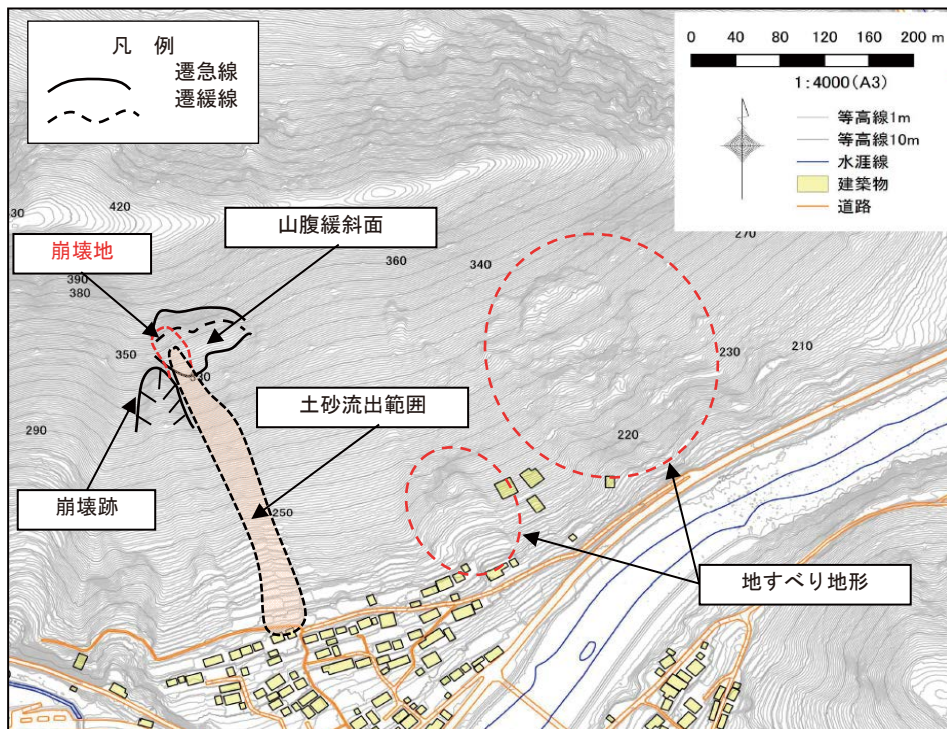


図3 四道地区平面図

ことが推察される。また今回の豪雨では明瞭な土砂流出はなかったものの、崩壊地から100～300m東には地すべり性の変形が進行している斜面が複数判読できる。

5.2 地質

秩父累帯三宝山帯付加体の砂岩、粘板岩、チャートが分布しており、当該斜面に対しては60～70°北傾斜の受け盤構造を呈する。

5.3 崩壊地状況

崩壊地は南向きの平滑な斜面内の稜線に近い位置で発生しており、規模は幅25m、奥行き25m、層厚10m程度である(写真1)。崩壊形態は円弧状に崩壊しており、崩壊地から下方斜面へ土砂が流出している。崩壊地より上部には、段差状地形や遷急線、遷緩線が認められ、過去の変動地形であると考えられる。崩壊地はこの変動地形の一部にあたる。

崩壊面を観察すると、粘土化した凝灰質砂岩(難透水層)上位の風化したチャート層が崩壊していることから、降雨により供給された地表水や地下水の影響により難透水層上位の風化チャート層が飽和状態となり崩壊に至ったものと推察される(写真2)。

崩壊地下方斜面は元地形に沿って土砂が流下し、表層の土砂と立木を削って流下している状況であり、斜面形状はほぼ残存している。流出した土砂は段丘面の集落まで到達しており、複数の人家が被災を受けている(写真3)。

6. おわりに

今回調査を実施した9地区に共通している特徴的な事象として、稜線付近もしくは沢源頭部付近で発生した崩壊は比較的小規模であったにもかかわらず、下流域の堆積物等を巻き込みながら相当距離を流下していることである。これは豪雨によりもたらされた大量の流水、地下水により溪岸や溪床の侵食が顕著であったことに起因するものと思われる。

謝辞

本調査に際し、現地調査依頼を愛媛県関係各所に承諾をいただいた。国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所には、LP図の資料提供を快諾いただいた。また気象庁、国土地理院、産業技術総合研究所から公開されている資料等を利用させていただいた。ここに記して深謝申し上げます。



写真1 崩壊地全景



写真2 崩壊地頭部



写真3 人家被災状況

引用・参考文献

- 1) 平成30年7月9日17時現在 気象速報 松山
地方気象台
- 2) 地質調査総合センター：シームレス地質図
- 3) 産業技術総合研究所：J-SHIS MAP 地すべり地形
分布図
- 4) 国土地理院：平成30年7月豪雨に関する情報
空中写真(垂直写真・正射画像)

要 旨

平成30年7月に発生した豪雨により愛媛県西予市宇和で多数の斜面崩壊等が発生し、土砂の流出による甚大な被害が発生した。この際の雨量は7月5日00時から8日24時にかけて、西予市宇和で539.5mmを観測した。

愛媛県西予市野村町～宇和島市にかけての土砂流出が認められた箇所において、平成30年9月12日～14日にかけて9地区の現地調査を実施した。その結果、発生している崩壊の多くは稜線付近もしくは沢源頭部付近で発生しており、その規模は比較的小規模であるが、大量の流水や地下水により相当距離を流下していることが特徴的である。

キーワード：平成30年7月豪雨，土砂流出，崩壊地判読

平成 30 年 7 月豪雨による愛媛県宇和島市吉田町における岩盤崩壊

山崎 新太郎*

Rock Mass Failures Induced by the Heavy Rain Event of July 2018 in Yoshida, Uwajima, Ehime

Shintaro Yamasaki

**Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
yamasaki.shintaro.3m@kyoto-u.ac.jp*

Abstract

The heavy rain event of July 2018 induced a lot of slope failures in Yoshida region, Uwajima, Ehime. Most of failures were thin surficial landslides, but a number of deep-seated rock mass failures occurred and caused fatalities and damages for infrastructures. The authors observed rock masses where the failures occurred are weathered sandstone with weak mineral veins and numerous cracks. The rock masses have weak strengths. Large separating planes cutting mountain flank deeply are often observed in the outcrop of slope failures. Such separating planes could provide wide pathways for penetrating rain-water.

Key words: Rock mass failure, Deep-seated landslide, Weathering, Sandstone, The heavy rain event of July 2018

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨では愛媛県内においては、宇和島市吉田地域において斜面崩壊が多発した。この斜面崩壊は表層崩壊が圧倒的に多数であったが、地質構造に起因する岩盤崩壊も少なからず発生した。本報告ではそれらについて地質・地形学的な観点から報告する。

2. 地質と地形

宇和島市吉田地域は法華津湾を囲み南に吉田半島、北に標高 600 m 前後の東西に伸びる山地が連なる地域である。北側の山地に接する地域の起伏が大きく、そして法華津湾周辺では低起伏となる。法華津湾周辺地形は、周囲と比べても低起伏であり谷密度が高いという特徴を持つ(図 1)。崩壊の多くはそのような低起伏の地域で発生しており、高標高部ではごく少ない。地質は前述の山地の頂部付近に東西

に秩父帯と四万十帯を分ける仏像構造線が存在し、崩壊の多発した宇和島市吉田地域はいずれも四万十帯に属する。本地域の四万十帯は砂岩泥岩の互層であるが、特に岩盤崩壊の発生した法華津湾周辺は砂岩が主体である。これは 5 万分の 1 地質図幅宇和島(寺岡ほか, 1986)でも砂岩を主とするとなっている。本報告で述べる岩盤崩壊いずれもこの砂岩を主とする地域において発生したものであり、寺岡ら(1986)が指摘するように、白浦周辺では白色のローモンタイト、石英、方解石の鉱物脈を網目状に含む。これは踏査でも認められ、また、海岸付近の露頭ではこれらの鉱物脈に加え亀裂が発達しており、そして、それらの亀裂や鉱物脈を大きく切断する節理が発達している。

3. 白浦地区周辺と御池地域の岩盤崩壊

本報告では特に規模が大きく人的・物的被害が

* 京都大学防災研究所

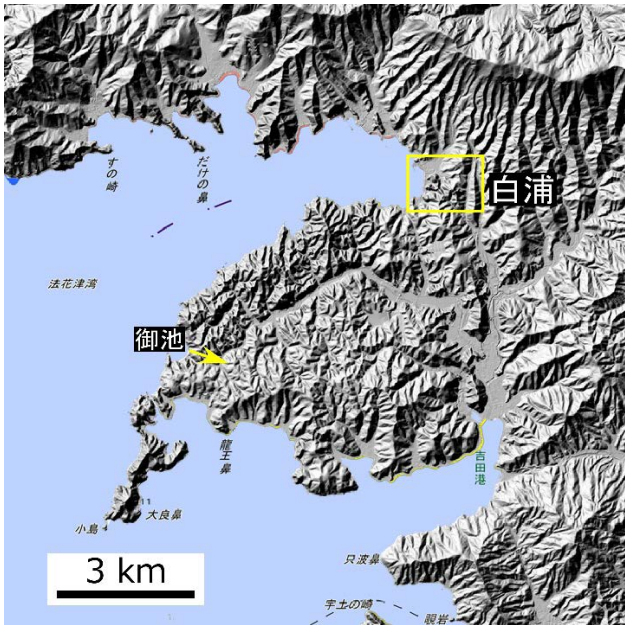
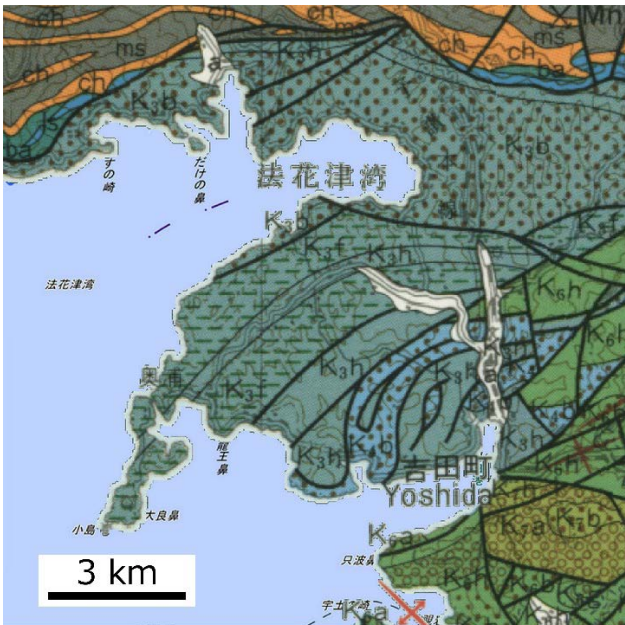


図1 宇和島市吉田地域の地形陰影図(地理院地図より作成)



K3b 砂岩を主とし、頁岩を伴う(法華津層)
 K3f 頁岩砂岩薄互層
 K3h 頁岩を主とし、砂岩および赤色頁岩を伴う

図2 宇和島市吉田地域の地質図
 (寺岡ほか, 1986より一部抜粋)

あった4カ所の崩壊についてその調査結果を報告する。特に法華津湾奥の白浦地区に3カ所に3 m以上の深さを持つ岩盤崩壊が集中しており、それは注目に値する(図3)。また御池では1カ所の深い岩盤崩壊が認められた。以上の岩盤崩壊には地質が砂岩であること、深層まで風化していること鉛直方向の深い亀裂が存在していたことなどの特徴が共通する。



図3 調査を行った白浦地区の崩壊

3.1 南の崩壊

最大幅約70 m、崩壊源の深さは15 m以上であり、崩壊源の頂上から移動物質の末端までの水平距離は約280 mである。果樹園からなる斜面上で発生し農道を切断した(図4A)。地質は後述する畦屋と同様に強く風化した砂岩が主体であり、様々な方向の面構造が認められる他、白色を呈する平滑な節理面も認められた(図4B)。滑落崖にはやや新鮮な岩盤も露出しているが、そこで岩盤はシャープに切れ落ちており、滑落崖の場所にも崩壊前に断層面や深い節理があった可能性がある。また滑落崖には褶曲様の構造も認められた(図4C)。さらに、滑落崖の頂部には新しい分離崖ができつつあった。発生したのは浅い谷型の斜面であるが、尾根上部に滑落崖が達しており、地形による集水効果は限定的であったことが予想される。

崩壊に伴い生産された岩屑は表面を観察する限り、概ね長径50 cm程度まで破碎されている。それより大きな巨角礫は極めて少ない。角礫の中には白色の鉱物脈が多くあり、手でその脈に沿って岩石が壊れることがあった。この鉱物脈は前述の白色の平滑面上にも網目状になって密に認められた。平面的な連続性にも乏しいために、ここでは鉱物脈はそれ自体が岩盤崩壊の分離面になっているとは可能性が低いと思われるが、鉱物脈が岩石の強度を低下させていることが考えられる。この鉱物脈は前述したように寺岡ら(1986)によるとローモンタイト・石英・方解石の可能性はあるが、塩酸に反応せず、強度も小さいために鉱物脈の主たる成分はローモンタイトである可能性が高いだろう。

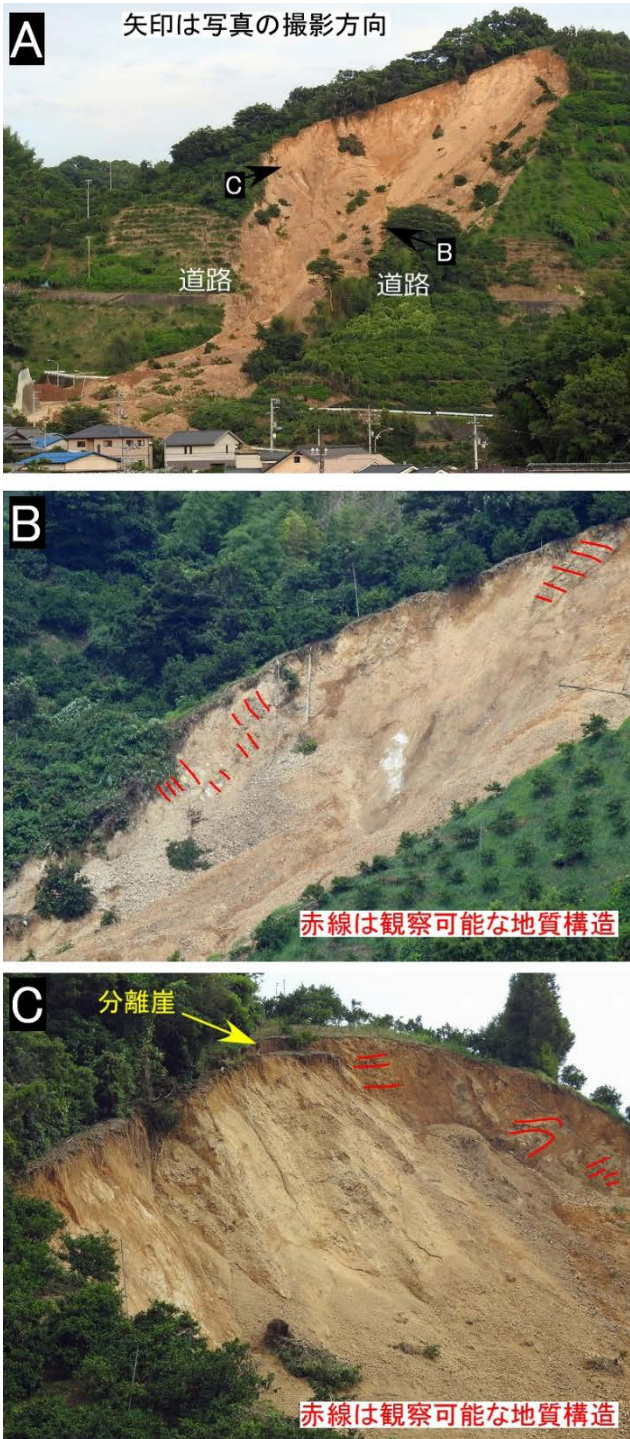


図 4 調査を行った白浦地区南の崩壊

この南の崩壊のすぐ南側に位置するのが小名の 2 つの崩壊である(図 5)。付近には過去の崩壊地形も認められた。ここでは滑落崖に、斜面に逆傾斜で差し込むように平滑な分離面が形成されており一部開口していた。これは、大量の降水の流入経路になり得たと考えられる。

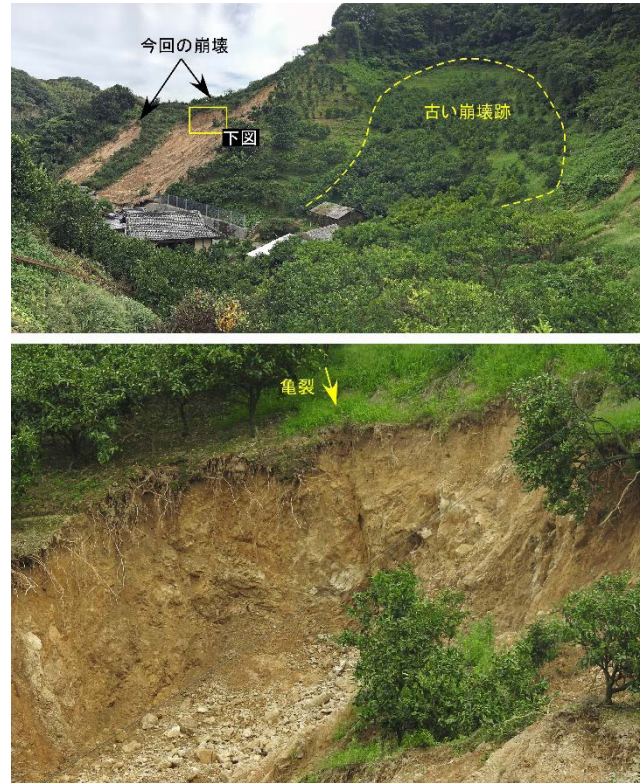


図 5 調査を行った白浦地区小名の崩壊

3.2 畦屋の崩壊

最大幅約 55 m、崩壊源の深さは 15 m 以上である。崩壊源の頂上から移動物質の末端までの水平距離は約 220 m 以上であり、末端は海域に到達していた。この岩盤崩壊では、岩屑が流動化して流下し、下方の民家を押し流した結果、多数の死傷者を伴う災害となった。

この崩壊は果樹園からなる斜面上で発生し、前述の南の崩壊と同様に農道を切断した(図 6A)。地質は強風化した砂岩と泥岩であった。層理面と斜面方向との関係は、重力性と思われる変形と風化が著しいため、判別しがたいが、周辺の地質構造から、斜面に対し地層はほぼ直立の姿勢に近いものと思われる。崩壊に向かって右側の崩壊源頭部には平滑な分離面があり、これが崩壊前から存在していた深い節理面である可能性がある(図 6B)。また、同じく崩壊源に向かって右側の滑落崖においては重力変形と思われる多数の開口亀裂と破碎を伴った地質構造の著しい変形が認められた。地表面にも凹地があり、それらは地下の変形を示しているものと思われる(図 6C)。

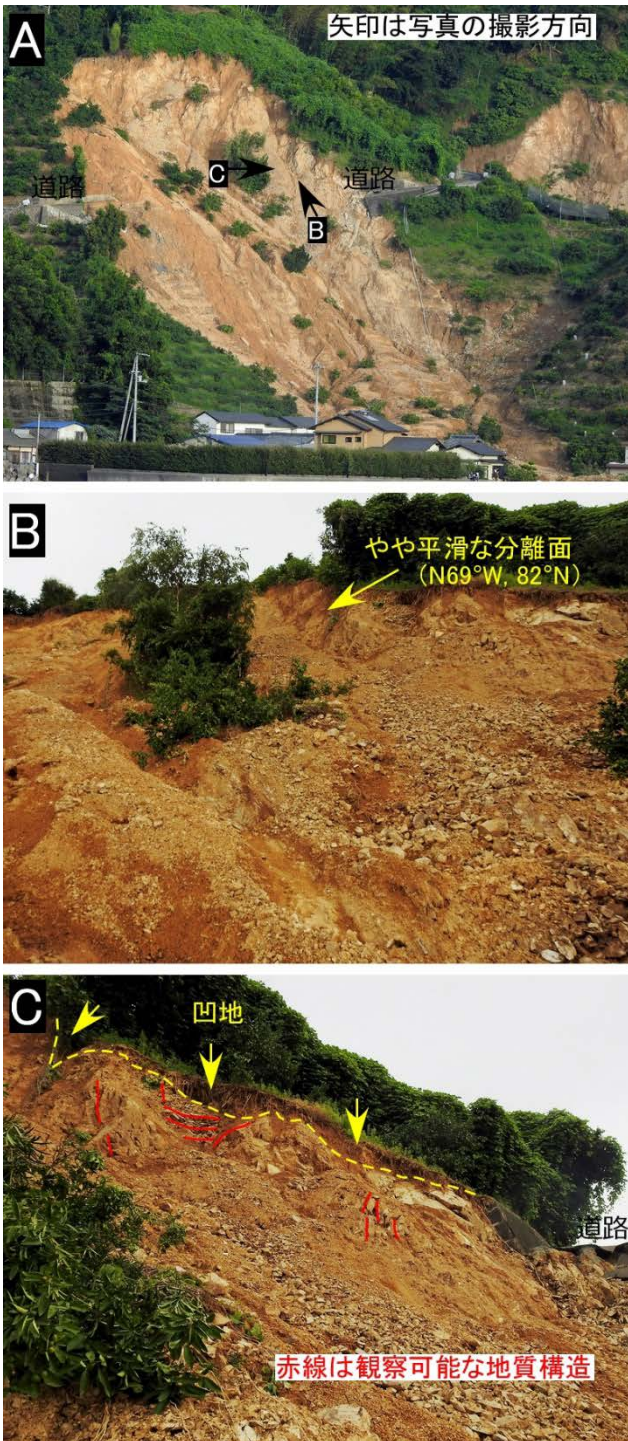


図 6 調査を行った白浦地区畦屋の崩壊

3.3 御池の崩壊

50 cm 以下の表面崩壊の後に、最大深さ 4 m、最大幅 20 m の岩盤崩壊が追隨して発生した例である(図 7)。ここでも強風化した砂岩が崩壊しており、層理面はほぼ直立していた。平滑斜面上で発生している。ここでの崩壊では滑落崖に白色の分離面が露出していることである。



図 7 調査を行った御池の崩壊

4. まとめ

以上のように複数の例を示してきたが、これらに共通するのは深層まで風化した砂岩において、山腹斜面を鉛直に近い方向で切断する大規模な分離面を境にして岩盤崩壊がおきていることである。鉾物脈や亀裂が存在し、また風化し岩盤強度が小さかったために、低起伏の斜面でも重力変形が促進されて分離面に沿って岩盤が開口していた。そして、分離面の間に大量の降水が流入し、岩盤崩壊に至ったと考えられる。

今回の災害の被災地である宇和島市吉田地域が低起伏であるのは、岩盤強度が小さいためであり、このような地域では低起伏でも重力変形が進行し、岩盤崩壊を発生させる。このような岩盤強度の小さな地域をあらかじめ調査しておくことも岩盤崩壊(深層崩壊)の発生場予測においては重要であろう。

謝辞

本研究は西山賢一氏(徳島大学)、永田秀尚氏(有限会社風水土)、廣田清治氏(国際航業株式会社)との共同調査による成果が含まれます。また、八木浩司氏(山形大学)、千木良雅弘氏、荒井紀之氏(京都大学)と意見交換をさせて頂きました。本研究は、科研費特別研究促進費「平成 30 年 7 月豪雨による災害の総合研究」(代表: 山本晴彦氏)の支援を受けました。

参考文献

- 1) 寺岡易司・池田幸雄・鹿島愛彦(1986): 宇和島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。

要 旨

平成30年7月豪雨によって愛媛県宇和島市吉田地域において斜面崩壊が多発した。表層崩壊が数として多いが、地質構造に素因がある岩盤崩壊も複数発生した。岩盤崩壊は鉱物脈や亀裂が無数にある風化した低い岩盤強度の場所で発生していた。また、平滑で大規模な分離面が斜面を切断している状況が頻繁に観察された。そのような分離面が重力変形によって開口しており大量の降水の流入経路となり岩盤崩壊を発生させたと考えられる。

キーワード：岩盤崩壊，深層崩壊，風化，砂岩，平成30年7月豪雨

2016 年 8 月北海道豪雨での十勝平野西部芽室川における沖積低位段丘の侵食

古市剛久*・石丸 聡**・塩野康浩***

Erosion of Holocene Fluvial Terraces along the Memuro River in Western Tokachi, Hokkaido, by the Typhoon 1610 Event

Takahisa Furuichi* Satoshi Ishimaru**, and Yasuhiro Shiono***

*Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Japan

tfuruich@for.agr.hokudai.ac.jp

**Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, Japan

ishimaru-satoshi@hro.or.jp

***Japan Conservation Engineers of Hokkaido Co., Ltd., Japan

shiono@jce.co.jp

Abstract

Unprecedented heavy rainfall in August 2016 by Typhoon 1610 (Lionrock) caused a large volume of sediment discharge and severe lateral erosion along many rivers in the western Tokachi Plain, eastern Hokkaido. To examine details of the severe lateral erosion, distribution of fluvial terraces and their development processes were investigated along the Memuro River. Results show that fluvial terraces have developed through the late Pleistocene and Holocene. Two higher surfaces for the Pleistocene terraces and three lower surfaces for the Holocene terraces are recognized. A typical sequence of sediment layers of the Holocene terraces is humus-rich surface soil on the top, that is underlain by a sand and gravel layer. Beneath of the sand and gravel layer, a buried humus layer and/or finer flood deposit layer with charcoal fragments are deposited, which have been dated to be approximately 600 – 3600 y BP. Holocene time-marker tephra are occasionally found in the surface soil, showing that Holocene terraces mostly formed before 200 y BP. Analysis of satellite images and topography data assisted by field observation indicate that the 2016 event laterally eroded the Holocene terraces greatly on both banks along the upper to middle reaches by debris flows and alternately on right and left banks along the middle to lower reaches by meandering sheet flow. As a result, flood plains widened several times. These data suggest that the Holocene terraces have formed from debris-flows and/or floods with recurrence intervals in the order of 10^2 years, and developed through the period of 10^3 years. The 2016 event can be therefore understood to be a significant geomorphic event in Holocene fluvial landform development, that has time-scale of 10^3 years, along the Memuro River.

Key words: Sediment disaster, Sediment discharge, Lateral erosion, Landform development, Holocene

1. はじめに

2016 年 8 月末に東北地方を東岸から西岸へ横断した台風 10 号は、北海道南東部に東寄りの風を吹き込み、日高山脈に沿って地形性の雲を発達させて

長時間降雨を降らせ、台風の通過時には台風本体の雲(アウターバンド)が日高山脈にかかり、日高山脈地域に大雨(国交省狩勝観測所で総雨量 512 mm)を降らせた。日高山脈の東斜面に位置するパンケ新得

* 北海道大学大学院農学研究院

** 北海道立総合研究機構地質研究所

*** 国土防災技術北海道(株)

川、ペンケオタソイ川、ペケレベツ川、小林川、芽室川、久山川、美生川、戸蔦別川など十勝平野西部の諸河川では大規模な出水があり、大量の土砂流出と顕著な地形変化を伴って災害を引きこした。このイベントによってこれら諸河川の河成段丘では上流から下流にかけてほぼ連続的に側方侵食が起こり氾濫原幅が少なくとも数倍に広がった¹⁾(図 1)。この顕著な側方侵食のプロセスには、大出水が大量の土砂流出を伴ったことが関係していると考えられている²⁾。上流から下流に及ぶ連続的な側方侵食は、土砂供給源(sediment source)が崩壊源に限られず、土石流および洪水流が断続的に河岸(と河床)の侵食—河床への堆積を繰り返したことを示しており、また、その大量の土砂供給は十勝平野西部の諸河川流域の斜面に分布する厚い周氷河性堆積物、および扇状地性河成段丘を厚く構成する花崗岩由来の比較的脆い砂礫層の侵食によって支えられたと考えられている³⁾。この地形変化を更に詳細に捉えるには、侵食された河成段丘の特徴を詳細に把握する必要がある。

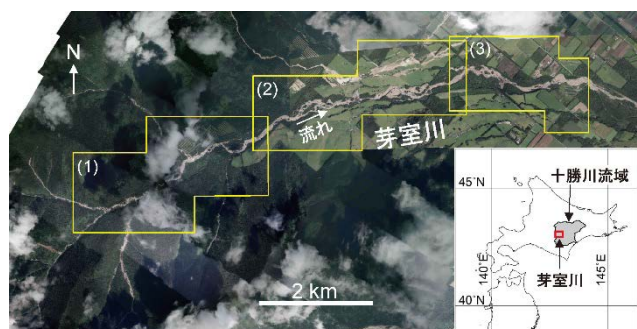


図 1 芽室川の位置および 2016 年 8 月イベント後の衛星画像。黄色線は図 5 各図幅の範囲

Fig. 1 Location map and satellite image of the Memuro River. The satellite image was captured after the August 2016 event. Areas delineated by yellow lines are areas of Fig. 5.

十勝平野を流れる諸河川に広く発達する河成段丘の多くは中期更新世から更新世末にかけての氷期—間氷期スケールの気候変動に伴って形成されたと考えられている。これらの更新世段丘は縮尺 1/40,000 ~ 1/5,000 の空中写真を判読して分類ができ、発達史を含めて詳細な調査が行われてきた^{4),5)}。一方、河川によっては氾濫原からの比高が数 m 程度の低位段丘が発達しているが、比高が小さく、面的広が

りも狭く、空中写真での判読には限界がある。十勝平野地域では低位段丘の分布についての詳細な報告はなされていないが、この判読限界はその理由のひとつであるように思われる。また、この低位段丘は完新世(12 ka 以降)に形成された沖積段丘と考えられるが、その発達史についても殆ど検討されていない。本研究では十勝平野西部の芽室川(図 1)沿いに発達する沖積低位段丘の分布を調べ、その形成過程を推定し、それらの知見に基づいて 2016 年イベントによる侵食の実態を検討した。

2. 方法

本研究の対象地域は日高山脈主稜線から平和橋にかけての芽室川兩岸である。低位段丘は、空中写真に加え、その判読限界を克服するためにドローン空撮写真(図 2)や航空レーザー測量データ(図 3)を用いつつ、現地踏査で比高や連続性を確認しながら分類し、分布を調べた(図 4)。段丘の形成過程は堆積物構造と堆積物年代(示標テフラおよび放射性炭素試料)から推定した。示標テフラの同定には火山ガラスの主要成分組成を用い、組成分析には北海道大学理学研究院地球惑星固体物質解析システム研究室の走査型電子顕微鏡・エネルギー分散型 X 線分光器(SEM-EDS)を用いた。放射性炭素年代は(株)加速器分析研究所において加速器質量分析法(AMS 法)で測定され、同位体効果補正された値である。

3. 結果

3.1 沖積低位段丘の分類と分布

芽室川に沿った河成段丘は、樽前山起源の火山灰 Ta-d(8.7-9.2 ka)を載せる更新世段丘(M1 面, M2 面)と、Ta-d を載せない完新世段丘(沖積低位段丘)に分けられる。沖積低位段丘は広範に分布する L1 面と LL 面、局所的な L2 面に区分できる。現河床との比高は L1 面が 5 ~ 8 m 程度、LL 面が 2 ~ 5 m 程度、L2 面は両者の間である(図 3 ~ 5)。L1 面は芽室小屋(図 5 (1))から平和橋(図 5 (3))までほぼ連続して分布し、LL 面は芽室小屋の約 1 km 下流から平和橋まで見られる。L2 面は 3 号堰堤付近左岸にのみ確認できる。L1 面、LL 面とも 2016 年イベント後は芽室小屋より上流には認められない。



図2 芽室川5号堰堤下流部河成段丘のドローン空撮写真。5号堰堤の位置は図5(3)参照

Fig. 2 Drone-captured aerial photo of fluvial terraces in the downstream area of the check-dam No.5 along the Memuro River. Location of the check-dam No.5 is shown in Fig. 5(3).

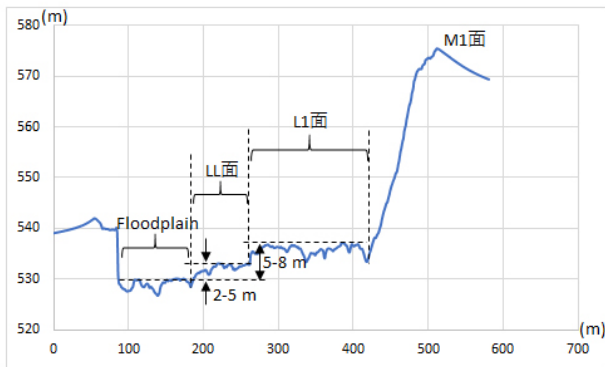


図3 芽室川上流部の横断面(LiDAR)。位置は図5(1)参照

Fig. 3 A cross-section in the upstream area of the Memuro River using LiDAR-DEM. Location of the cross-section is shown in Fig. 5(1).



図4 芽室川5号堰堤上流側左岸付近の沖積低位段丘
Fig. 4 The Holocene fluvial terrace on the left bank upstream of the check dam No.5 in the Memuro River.

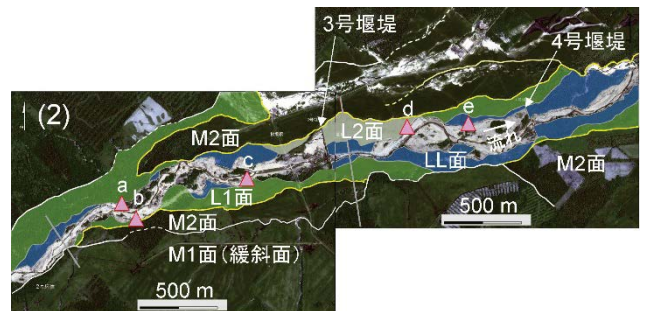
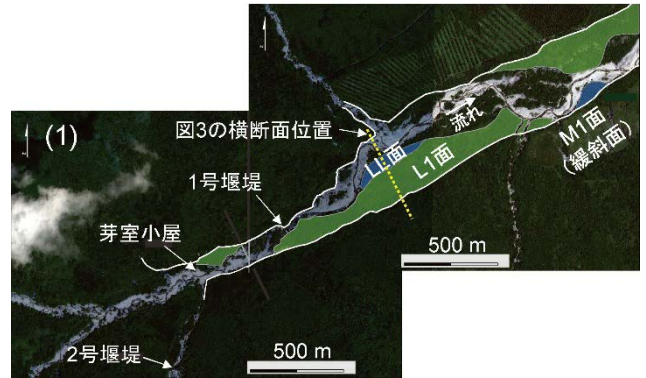


図5 芽室川の沖積低位段丘の分布。上流から下流へ(1)→(2)→(3)。赤色三角で示したa～gは図6の露頭位置。

Fig. 5 Distribution of the Holocene fluvial terraces along the Memuro River. Map (1) is for the upstream area and Map (3) for downstream. Pink-colored triangles a to g are locations of outcrops shown in Fig. 6.

3.2 沖積低位段丘の年代

年代試料を採取した露頭の柱状図を図6に示す。採取した火山灰を分析し同定した結果、それらは樽前山起源の Ta-b (1667 AD), Ta-a (1739 AD), あるいは北海道駒ヶ岳起源の Ko-c2 (1694 AD) であった。L1面(露頭(a), (c), (g))については地表面直下に腐植土層(黒ボク土)が15-80 cmの層厚で蓄積している。露頭(a), (c)では表層の腐植土層の中に黄褐色ロームの Ta-a もしくは Ta-b が見られた。露頭(a)では若干の層相変化があるものの腐植土層は表

層下 80 cm まで蓄積しており、その下位は大礫を含む厚い砂礫層である。露頭 (c) では層厚約 50 cm の表層腐植土層の下位に砂礫層が見られ、その下位には氾濫堆積物と見られるロームが堆積しており、同ローム層から採取した炭片の放射性炭素は約 3600 y BP であった。ローム層の下は大礫を含む厚い砂礫層となる。露頭 (g) ではテフラは見出されなかったが、表層の腐植土層の下に少量の礫を含む砂礫層が、その下位には埋没腐植層 (放射性炭素年代約 600 y BP) が見られた。埋没腐植層の下位は氾濫堆積物と見られるローム層、その下位には大礫を含む砂礫層が見られた。L2 面 (露頭 (d)) については、表層直下約 20 cm 層厚の腐植土層の下に約 30 cm 層厚の暗褐色ローム層があり、同ローム層中に明褐色ロームの Ko-c2 が不連続に薄く (層厚 2-3 cm) 挟まっている。暗褐色ローム層の下位は大礫を含む厚い砂礫層になる。LL 面 (露頭 (b), (e), (f)) については、地表面直下の堆積物にバラツキがある。露頭 (b) では 2016 年イベントで堆積したと見られる砂礫が 15 cm 程度表層を覆い、その下位に腐植土層が約 10 cm、その下位に礫を含まない砂層が約 20 cm

堆積している。その下位に埋没腐植層が 5-10 cm 見られ、その埋没腐植土層中に白色砂質ロームの Ko-c2 がパッチ状に薄く挟まっている。埋没腐植層の下位は大礫を含む厚い砂礫層である。露頭 (e) では地表直下の腐植土層が厚く約 100 cm 蓄積しており (蛇行部の内側に位置し、腐植の堆積速度が速い環境にあったと考えられる)、その下部約 80-90 cm 深に褐色のローム層があり、その中に 1-2 cm の厚さで灰色ロームの Ta-a もしくは Ta-b が見られた。厚い腐植土層の下位は大礫を含む砂礫層である。露頭 (f) では地表下の腐植層は薄く 5-10 cm 程度であり、その直下に大礫を含む砂礫が約 20 cm 堆積している。その下位には 15-20 cm 程度の層厚で埋没腐植層が見られ、その放射性炭素年代は約 900 y BP であった。埋没腐植層の下位は大礫を含む厚い砂礫層である。

これらの堆積構造および堆積年代からは、L1 面および L2 面は 200 y BP までに離水していた可能性が高いことが分かる。LL 面については 200 y BP までに離水していた場合 (露頭 (e)) と、それ以降の氾濫による砂層の堆積が認められる場合 (露頭 (b)) があ

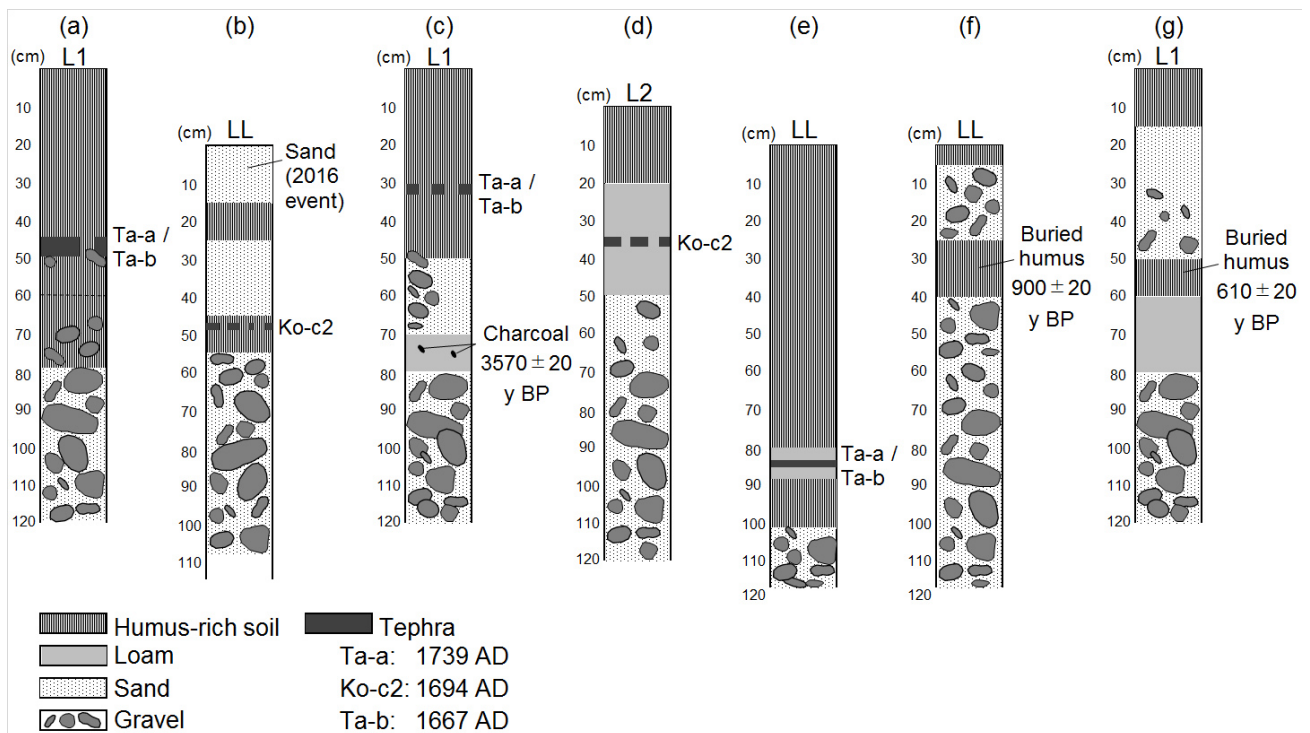


図 6 芽室川沖積低位段丘堆積物の露頭柱状図。放射性炭素年代 (埋没腐植, 炭片) および示標テフラを含む。露頭 (a) ~ (g) (上流から下流の順) の位置は図 5 参照。

Fig. 6 Outcrop sediment profiles, including time-maker tephra and ¹⁴C dating data, of the Holocene fluvial terraces along the Memuro River. Location of outcrop-(a) to outcrop-(g) (from upstream to downstream) are shown in Fig. 5.

る。露頭(b)は2016年イベントでも氾濫した土砂が堆積しており、氾濫しやすい地形場にあると考えられる。また、L1面およびLL面の表土層を構成する黒ボクの下位には砂礫層があり、その砂礫層の下位には埋没腐植土層や氾濫原堆積物が見られる場合がある。この埋没腐植土層や氾濫原堆積物中炭片の放射性炭素年代は約600 y BP ~ 3600 y BPであった。

3.3 2016年イベントによる地形変化

2016年イベントによる地形変化では、上流から中流(3号堰堤まで)にかけては土石流が流下して³⁾、L1面およびLL面だけでなく山地斜面、M1面、M2面も側刻し、両岸に亘って段丘崖の後退が見られ、谷幅が広がった。中流から下流の洪水流区間では、蛇行によって左右交互に側刻が起き、谷幅が広がったと見られる。最も低位のLL面上には露頭(e)以外の箇所でも2016年イベントの堆積物が頻繁に見られたが、L1面、L2面上には2016年イベントの堆積物は見られなかった。2016年イベントでのLL面上への氾濫とLL面の側刻との関係、および過去の出水イベントと2016年イベントでの側刻強度に関しては、引き続き調査分析を進めて検討していく。

4. 考察

これらのデータは、洪水・土石流イベントが 10^2 年オーダーで繰り返れてきたこと、沖積低位段丘は 10^3 年オーダーの時間をかけて形成されてきたことを示唆している。そうであれば、2016年イベントで起こった地形変化は、上流部では更新世段丘さえも側方へ侵食しつつ、 10^3 年オーダーで形成されてきた沖積低位段丘を側方へ大きく削り込んだ現象であったと捉えることが出来る。

5. おわりに

今後も調査分析を進め、2016年イベントが完新世における河川地形発達の中で如何に位置付けられるかの議論を深めていきたい。

謝辞

本研究は砂防学会、全国治水砂防協会、河川基金からの支援を受けた。

参考文献

- 1) 李 学強・柳井一希・塩野康浩(2018)：平成28年台風10号出水による十勝川支川の河道変化の特徴。2018年度砂防学会研究発表会概要集，P-052, 473-474.
- 2) 井上卓也・水垣 滋(2017)：流砂系シナリオの変化と蛇行の挙動。2017年度砂防学会研究発表会概要集，R1-15, 30-31.
- 3) Furuichi, T., Osanai, N., Hayashi, S., Izumi, N., Kyuka T., Shiono, Y., Miyazaki, T., Hayakawa, T., Nagano, N., and Matsuoka, N. (2018): Disastrous sediment discharge due to typhoon-induced heavy rainfall over fossil periglacial catchments in western Tokachi, Hokkaido, northern Japan. *Landslides* 15(8), 1645-1655.
- 4) 平川一臣・小野有五(1974)：十勝平野の地形発達史。地理学評論，47(10)，607-632.
- 5) 地学団体研究会(編)(1978)：十勝平野。地団研専報，第22号，433pp.

要 旨

2016 年 8 月の台風 10 号に伴う大雨は十勝平野西部の諸河川で大量の土砂流出と顕著な河岸侵食を引き越した。諸河川の 1 つである芽室川において河岸地形の特徴と河岸侵食の実態を調べたところ、芽室川沿いには更新世段丘 2 面と完新世段丘(沖積低位段丘)3 面が発達していた。また、沖積低位段丘の表土層の下位には砂礫層が、砂礫層の下位には約 600 y BP ~ 3600 y BP の年代を示す埋没腐植土層や氾濫原堆積物が見られること、沖積低位段丘は、最低位面にあって氾濫しやすい地形場を除き、少なくとも 200 y BP には離水していたこと、2016 年イベントではこの沖積低位段丘が上流から中流では両岸で大きく削られ、中流から下流では蛇行によって左右交互に側刻されたことが分かった。これらの結果から、沖積低位段丘は恐らく 10^2 年オーダーで繰り返れてきた洪水・土石流イベントによって 10^3 年オーダーの時間をかけて形成されたものであり、2016 年イベントはその沖積低位段丘を側方へ大きく侵食した現象であったと考えることが出来る。

キーワード：土砂災害，土砂流出，河岸侵食，地形発達，完新世

Proceedings of the Workshop on the Prediction of Landslide Disasters 2018

Edited by Ryuji YAMADA* , Tomoyuki IIDA* , and Takuro OGURA*

** National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience
ryamada@bosai.go.jp, iida@bosai.go.jp, takuogu@csis.u-tokyo.ac.jp*

Abstract

On November 22-23, 2018, "Workshop on the Prediction of Landslide Disasters" was held at the Wadachi Memorial Hall of National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, jointly hosted with Japanese Geomorphology Union (JGU) Autumn Scientific Congress in 2018. This fourth annual autumn workshop aimed to offer the occasion for researchers, engineers and all stakeholders to share the perceptions, to find out the status quo of the landslide prediction technologies, and to discover the practical application to reduce the damages. The program of the first day consisted of one special lecture on debris flow researches and the application to measures against disasters, two oral sessions on an overview and aerial characteristics of the heavy rain event of July 2018, and a forum session on features and research issues in recent heavy rain triggering landslides on the first day. A joint session dealing with "Landforms and Landslides" was organized on the second day. In recent years, many landslide disasters have drawn growing concerns nationwide, and consequently ca. 180 people participated in this workshop.

Key words: Sediment disaster, The Heavy Rain Event of July 2018