

公益社団法人日本地すべり学会関東支部
令和元年度シンポジウム

「最近発生した地すべり災害の実態と対策」

概要集



期日：令和元年(2019年) 5月10日

場所：東京大学武田先端知ホール

公益社団法人日本地すべり学会関東支部
令和元年度シンポジウム「最近発生した地すべり災害の実態と対策」

期日：令和元年(2019年)5月10日(金) 12:45～16:45(総会終了後)

場所：東京大学工学部武田先端知ビル5階 武田先端知ホール
東京都文京区弥生2-11-16 武田先端知ビル5F
東京地下鉄南北線「東大前」駅下車 徒歩8分、千代田線「根津」駅下車 徒歩5分

会費：支部会員・一般 2,000円
学生 無料

次第：

(1)開会 12:45

(2)支部長挨拶

(3)シンポジウム 最近発生した地すべり災害の実態と対策

講演 12:50～13:35

平成29年に長野県飯山市井出川で発生した融雪災害

大丸裕武(森林総合研究所)

講演 13:35～14:20

平成29年九州北部豪雨(大分県日田市小野地区)

竹下 航(土木研究所)

休憩 14:20～14:30

講演 14:30～15:15

福島県喜多方市揚津地区における地すべり災害

山口 豊(福島県)

講演 15:15～16:00

平成30年耶馬溪町斜面災害(大分県中津市)

落合博貴

(日本地すべり学会前会長)

総合討論(コディネータ：櫻井正明) 16:00～16:45

(4)閉会 16:45

著者略歴

大丸裕武（だいまる ひろむ）（国立研究開発法人 森林総合研究所）

1986 年 北海道大学大学院環境科学研究科修士課程修了
1988 年 林業試験場（現森林総合研究所）入所
2010 年 博士（農学）取得
2017 年 国立研究開発法人 森林総合研究所研究ディレクター
地形学、災害科学、環境科学が専門

竹下 航（たけした わたる）（国立研究開発法人 土木研究所）

2004 年 京都大学農学部生産環境科学科卒業、日本気象協会入社
2012 年 国土交通省入省
2016 年 国土交通省四国地方整備局企画部 企画課長
2017 年 国立研究開発法人 土木研究所 地すべりチーム 主任研究員

山口 豊（やまぐち ゆたか）（福島県 会津農林事務所）

1997 年 福島県入庁

落合博貴（おちあい ひろたか）（日本地すべり学会 前会長）

1977 年 北海道大学農学部林学科卒業
2012 年 (独)森林総合研究所企画部長
2017 年 (株)森林テクニクス技術顧問

平成 29 年に長野県飯山市井出川で発生した融雪災害

大丸裕武（森林総合研究所；飯山市井出川災害治山対策検討委員会）

1. はじめに

2017 年の 5 月 17 日に長野県飯山市井出川上流で地すべり災害が発生した（図 1）。地すべりから発生した土砂は、沢に沿って東方に土石流となって流下し、市道が被災するとともに、飯山線が一時運転見合わせた他、10 世帯に避難指示が出るなどの影響が出た。また、南方に押し出した地すべりブロックは、比較的深いすべり面を持つもので（図 3）東方に流下する谷をせき止めて土砂ダムを形成した（図 2）。土砂ダムの決壊による二次災害が懸念されたため、長野県では土砂ダムを監視するとともに、地すべりの発生メカニズムと現況に関する調査を行った。筆者らは発災時からこの災害に注目して、治山対策検討会を通じて対策について議論を行ってきた。この地すべりの発生メカニズムについては現段階でも不明の点はあるが、発生機構や前兆現象の存在など、いくつかの興味深い事実も明らかになっており、今後のこの地域の防災対策を考えるうえで有益な情報も含まれている。以下では、長野県の調査結果を基に、主としてこの地すべり災害の発生メカニズムの特徴について紹介したい。

2. 地すべりの概況

今回発生した地すべりは井出川最上流部左岸の小尾根上で発生した（図 1）。発生した土砂の一部はそれまであった地すべり地形の中を東側に流下したため、一見、東側に多量の土砂移動があったかのように見えるが（図 2）、地すべり活動としては井出川最上流部に押し出した地すべりが主要な現象である。この南方に押し出した地すべりブロックは 50m 内外の深さのすべり面を持つもので、東流する井出川最上流部をせき止めて土砂ダムを形成した（写真 5、6）。幸い土砂ダムの深度は比較的小さく流路工による安定化が進められている。

3. 地すべりの素因

飯山地域の地質を解説した柳沢他（2001）によると、今回の地すべりが発生した斜面は新第三紀末から更新世初期に堆積した大川層の中の火砕岩が卓越する野々海川火砕岩部層から構成されている。長野県の調査では、地すべりのすべり面はこの地域に分布する火砕岩の上部の一部が粘土化した変質層と下部の比較的新鮮な層との境界に形成されている。

また、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図によると、今回発生した地すべりは、南東方向に押し出した古い地すべり地形のブロックの右岸側部に位置することから、古い地すべり地形の一部の再活動と解釈される。災害前の地形陰影図を見ると、今回発生した地す

べり地形の西には南に出口を持つ船底状の浅い谷地形が見られるが、これは元々あった東側に押し出した地すべり地形の後背亀裂と解釈できる。今回発生した地すべりの主要部はこの後背亀裂付近の土塊が南方に移動したもので、その背景には井出川最上流部の下刻の影響も考えられる。

今回の地すべりが発生した山地は、広域的には新潟・長野県境を西南西～東北東に貫く開田山地の南麓に位置する。柳沢他（2001）によると開田山地には西南西～東北東方向に走る開田峠・黒倉山断層群が分布しており正断層性の地盤変動が推定されている。ただし、近年の研究によると、開田山地の主稜部の断層状地形の多くは重力性断層と考えられている（図5）。八木・井口（2017）によると開田山地では鮮新統最上部の堆積岩の上に火山岩や火砕岩が卓越する地層が堆積してキャップロック構造が形成されて荷重が増大したために流れ盤側となる長野側に多数の重力性断層が発生したと考えられている。これに起因する直線的な凹地形も多数見られ、一部で茶屋池のような湖沼を形成している。一方、受け盤構造となる開田山地の北西側では光ヶ原崩壊堆積物に代表される山体崩壊に起因する堆積物が分布している（柳沢他，2001）。

4. 地すべりの誘因

今回の地すべりが発生した 2017 年は近年としては比較的多量の積雪があった年であり、近隣の妙高笹ヶ岳では約 4.5m の最大積雪深を記録している（図 6）。災害発生が融雪最盛期の 5 月であったことから、多雪年で多量の融雪水がもたらされたことが地すべりの誘因になっている可能性は高い。ただし、2017 年を超える積雪深が 2000 年以降 4 回記録されていることから、2017 年は多雪年ではあったが、記録的な積雪があった年とまでは言えない。

また、地すべり災害との関係は不明であるが、前年の 2016 年冬季の最大積雪深が 2.2m 程度と 1990 年以降最小であったが、2017 年には一転して豪雪年になるという極端な年変化があったことが注目される。

また、長野県の調査によると、今回発生した地すべりの冠頭部では周囲に比べて電気伝導度が高く、基盤岩に由来する深層地下水が湧出していることが確認されている。このような深層地下水の局所的な湧出は、地すべり堆積物の下の基盤岩の構造に由来する可能性がある。今回の地すべりの誘因については、現時点で不明の点は多いが、多雪年による多量の融雪水の供給と、不動岩盤に由来する深層地下水の湧出が関係していると考えられる。

5. 干渉 SAR で検出された前兆現象

図 7 は今回の地すべりが発生した 2017 年以前にこの斜面で動きがあったかどうかを調べるため、ALOS2 の干渉 SAR 解析を行った結果である（森林総研の村上亘氏の未公表資料）。2015 年 11 月 8 日と 2016 年 6 月 5 日のデータを用いた解析結果を見ると、今回の地すべりの冠頭部付近に衛星との距離に換算して 10cm 未満の小規模な変状が認められる。このことから、前年の 2016 年以前から前兆的な地盤変動が発生していた可能性が考えられる。その

ようにすでに活動が活発化しつつあった斜面に、2017 年の豪雪後の多量の融雪水がもたらされた結果、今回の地すべりが発生したという図式が想定される。2017 年以前の地すべり活動の活発化の原因については不明であるが、今回の地すべりに近い長野新潟県境付近を震源とする、2011 年 3 月の長野県北部地震の影響を含めて、今後検討する必要がある。

6. おわりに

本発表は、長野県の要請を受けて飯山市井出川災害治山対策検討委員会に出席した筆者が委員としての個人的な所感をまとめたものであり、委員会としての公式的見解では無い。考察の元としたデータの多くは長野県の調査結果による。また、干渉 SAR の解析結果は、森林総合研究所の村上亘氏の未公表資料による。データを提供頂いた上記の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

八木浩司・井口 隆（2017）：関田山地主稜部関田峠および平丸峠付近に認められる重力性断層変位地形．日本地すべり学会誌，54(4)，39-41．

柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・栗田泰夫・釜井俊孝・土谷信之（2001）：飯山地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質 図幅），地質調査所，144p．

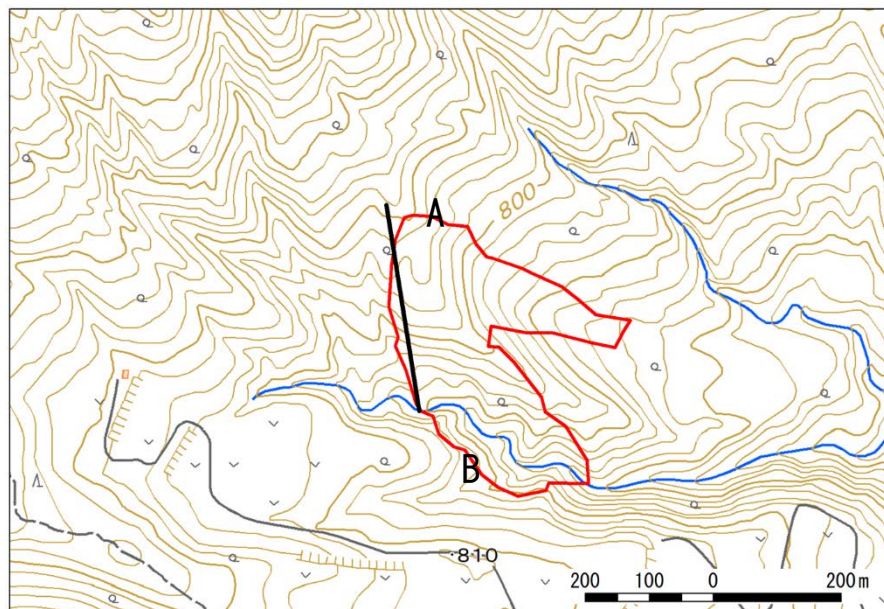


図1 2017年に発生した地すべりの位置
国土地理院の2万5千分の1地形図を使用．



図 2 地すべりの全体像（Google Earth の画像）



写真 1 地すべりの空撮写真
（長野県撮影）



写真 2 主滑落崖



写真3 南方に押し出した地すべり土塊の末端部



写真4 東方に流下した土石流



写真5 末端部に形成された土砂ダム

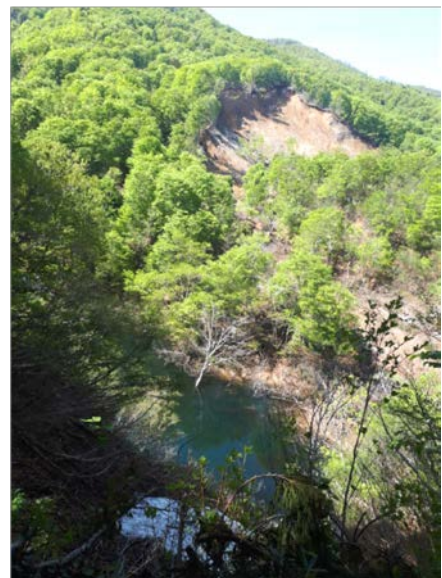


写真6 地すべりブロックと土砂ダム



写真7 地すべりブロック内の分離崖

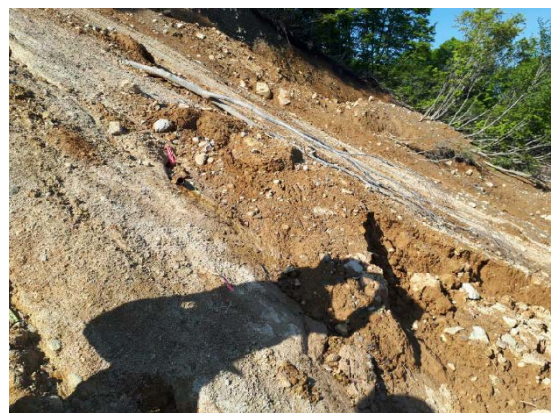


写真8 滑落崖直下に露出した基盤岩

標高 (m)

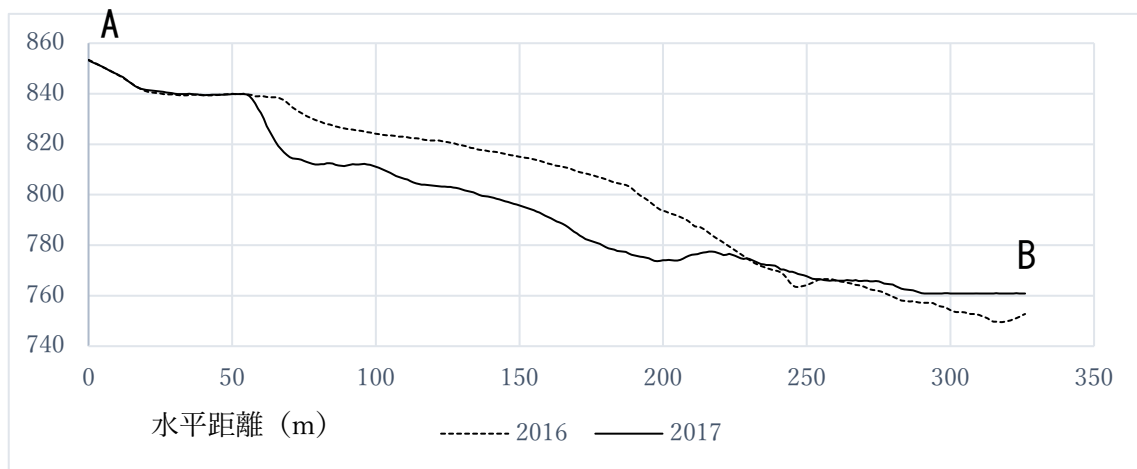


図3 災害前後の地形断面の比較

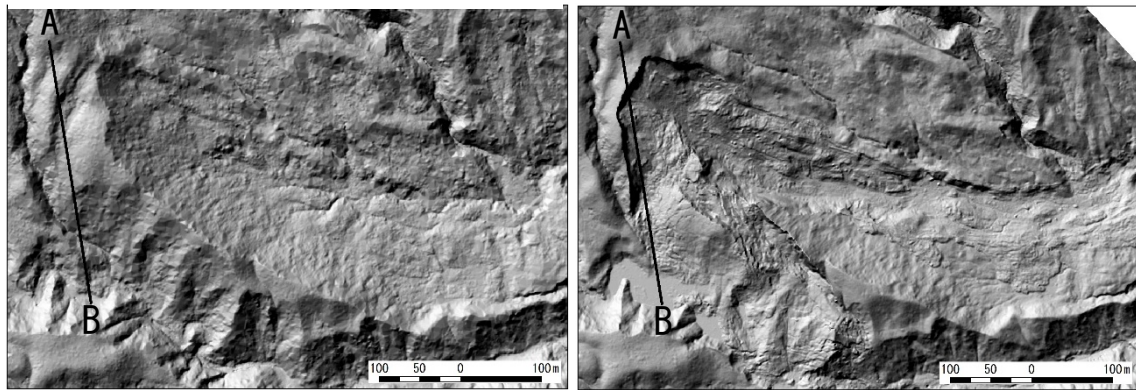


図4 災害前後に計測された航空レーザー測量による地形陰影図の比較

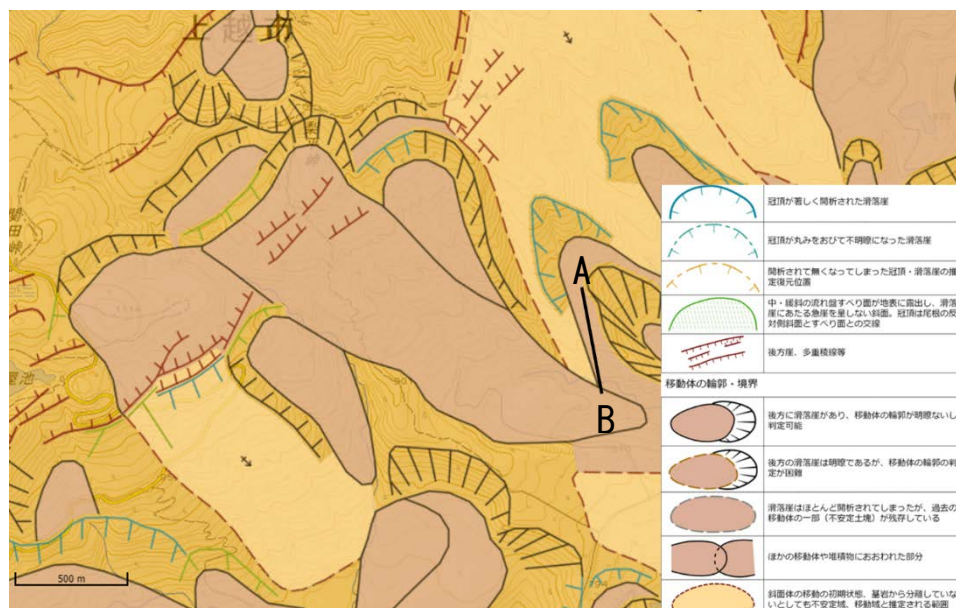


図5 地すべり地形分布図（防災科学技術研究所による）

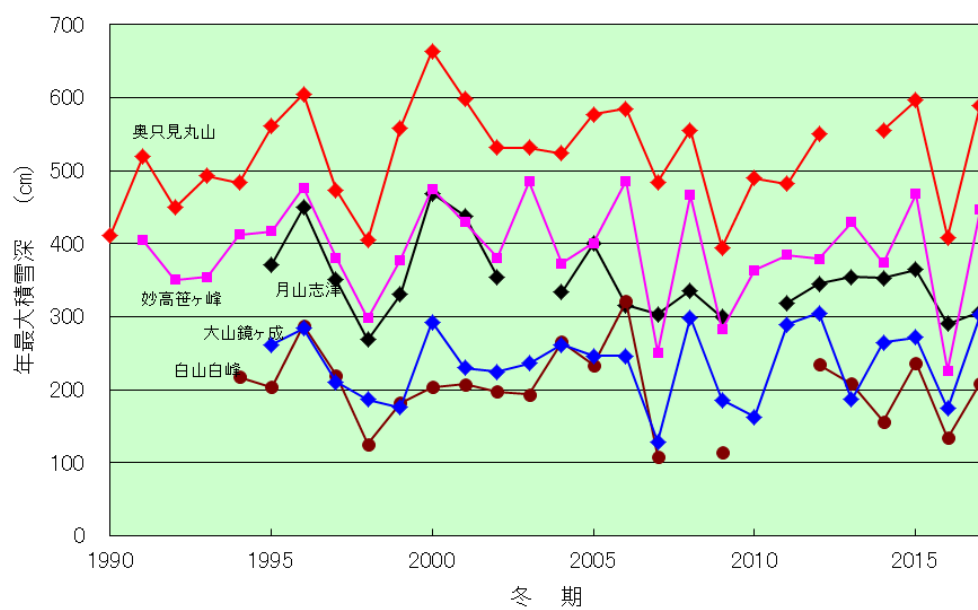


図6 1990年以降の年最大積雪深の経年変化（防災科学技術研究所による）

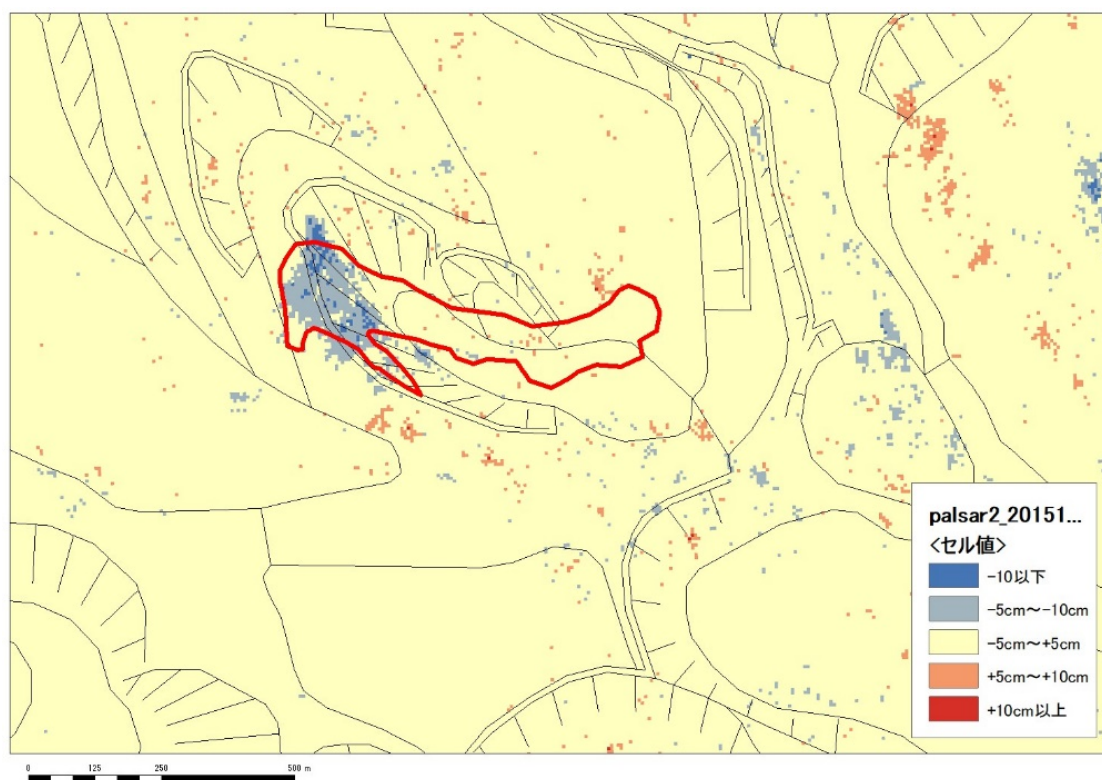


図7 災害前の ALOS2 の干渉 SAR データの解析結果（村上，未公表）

2015年11月8日と2016年6月5日のデータを使用.

平成 29 年九州北部豪雨（大分県日田市小野地区）

竹下航（土木研究所）

1. はじめに

平成 29 年 7 月 5 日から 6 日にかけて、九州北部地方では総降水量が多いところで 500mm を超える豪雨となり、福岡県や大分県において甚大な土砂災害等が発生した。気象庁は、この豪雨を「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」と命名した¹⁾。大分県日田市小野地区の榑野集落においては、対岸斜面が大規模に崩壊し、その土砂が小野川を閉塞した（写真-1）。

土木研究所地すべりチームでは、災害後の対策に関する助言を行うために大分県等からの派遣要請を受けて、平成 29 年 7 月 8 日及び 7 月 12 日～14 日に現地調査を実施した。本稿では、当チームが実施した現地調査結果もふまえ、地すべり災害の概要及びその後に実施されている対策について報告する。

2. 災害の概要

2.1 地すべり概要

当該地は大分県の西部に位置する日田市小野にあり、一級水系筑後川水系花月川の支流の小野川右岸に位置する（図-1）。崩壊の規模は、斜面長約 300m、

幅約 200m、標高差約 200m であり、崩壊地は上方斜面と下方斜面の 2 つの範囲に区分され、上方斜面は地すべりによる変動、下方斜面は表層崩壊による変動と考えられる。崩壊した土砂により小野川の河道が閉塞され、閉塞箇所の上流では湛水及びそれに伴う家屋浸水が生じた。降り始めからの雨量時系列変



図-1 位置図（国土地理院地図に加筆）



写真-1 崩壊地の全景

化図（アメダス日田観測所）を図-2 に示す。7 月 5 日 18 時～19 時に最大時間雨量 74.5mm を記録しているが、大規模な斜面崩壊はピークから 15 時間程度経過した 6 日 10 時頃に発生した。なお、被災箇所から約 1km に位置する上宮山雨量観測所（大分県）のデータでは、連続雨量 583mm（7 月 5 日 7 時～7 月 6 日 10 時）、最大時間雨量 83mm（7 月 5 日 18 時～19 時）を記録した。

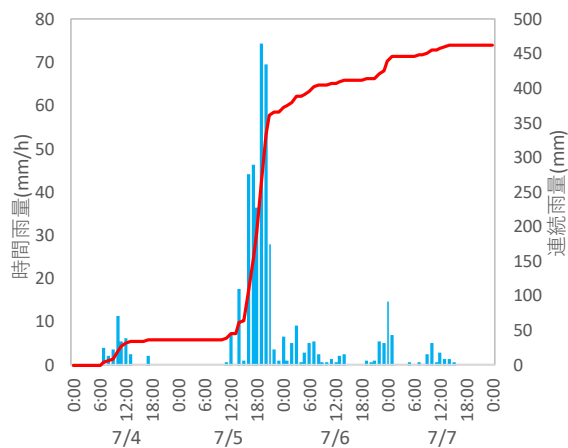


図-2 雨量時系列変化図（アメダス日田）

3. 対策の概要

3.1 災害発生後の現地調査²⁾

平成 29 年 7 月 8 日に実施した 1 回目の現地調査では、崩壊斜面の対岸から、主に崩壊斜面の下部を目視により確認した。下部崩壊斜面の中腹からは湧水を複数確認（写真-2）することができ、調査中も落石や、崩壊土塊による小規模な泥流等の発生が見られた。2 回目の現地調査（7 月 13 日）では、崩壊斜面上部の現地踏査および、崩壊斜面の対岸から目視による変状の確認を行った。崩壊斜面の背後斜面では、複数の段差亀裂が確認され、今後崩壊する可能性のある土塊が残存していると判断した。また、今回発生している段差亀裂のさらに奥には古い滑落崖も確認（写真-3）され、過去に斜面変動が発生していたものと考えられる。崩壊斜面上部の緩斜面部（テラス状）においては、斜面内に陥没帯や、斜面先端の遷急線付近に段差地形が確認（写真-4）され、不安定土塊が残存していると判断した。急崖を呈する下部斜面については、部分的に露岩しているほか、



写真-2 崩壊斜面からの湧水状況（7/8 撮影）



写真-3 背後斜面に存在する滑落崖（7/13 撮影）



写真-4 崩壊斜面上部の緩斜面部における段差地形（7/13 撮影）

一部植生が残存していた。

3.2 応急対策

現地調査結果等にもとづき、大分県に対して二次災害防止等のための監視・観測体制について助言を行った。大分県ではそれをふまえ、以下の監視・観



図-3 小野地区の監視・観測体制

測体制を構築するとともに、崩壊斜面の背後斜面と中腹部に残存する土塊に対して、応急横ボーリング工を実施した。

- ・湛水域、崩壊斜面、下流の様子を監視するカメラの設置
- ・崩壊斜面上部とその背後斜面において亀裂の進行を把握するための地盤伸縮計の設置
- ・中腹に残存する土塊の変動状況を監視するための地盤傾斜計の設置
- ・集落への出入りを規制するための警報装置の設置

3.3 残存ブロックへの対策

崩壊後の斜面における地すべりブロックは、標高320m付近を末端、標高400m付近を頭部とする上部ブロック（幅約150m、長さ約170m）と、標高250m付近を末端、標高305m付近を頭部とする中腹部ブロック（幅約170m、長さ約200m）に区分され、両ブロックは斜面の上下に分離して存在している（図-4、図-5）。

上部ブロックの移動土塊は硬質な灰色安山岩の風化層または崩積土層であり、層厚はBV-6付近で約

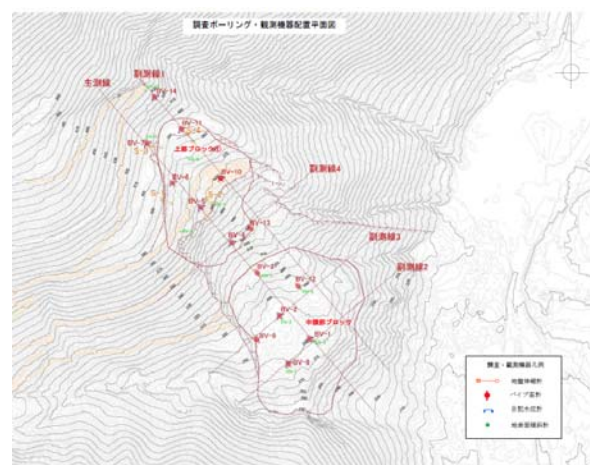


図-4 調査ボーリング・観測機器配置平面図

33mである。すべり面は地表面とほぼ平行な $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 前後の勾配を有している。移動土塊下位の基盤岩は赤色安山岩であり、灰色安山岩との境界付近は全般に風化脆弱化し軟質となっている。ブロック末端の崩壊地崖面にはこの赤色安山岩の露頭が見られるが、赤色安山岩中にも流れ盤構造の弱面がみられ、上流側の尾根部付近にはやや不安定な土塊が残存している可能性がある。

中腹部ブロックの移動土塊は硬質な灰色安山岩礫

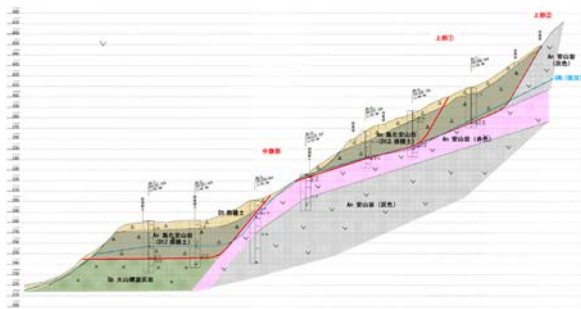


図-5 主側線断面図（崩壊後斜面）



写真-5 対策工事状況 (H30. 6 撮影)

を多量に含む崩積土であり、厚さはブロック中央部で約 35m である。ブロック中腹から頭部にかけての標高 300m 付近に分布する緩斜面とほぼ平行な緩い面を形成していると推察され、移動土塊末端は小野川下流（南）側の右岸支流方向へ大きく押し出し、厚く堆積していると推察される。移動土塊下位の基盤岩は凝灰角礫岩または火山礫凝灰岩であり、小野川に面した急崖部（下部斜面）に露頭が分布している。

地盤伸縮計の観測によると、7 月に設置されて以降、変動区分 A（確定変動）の引っ張り変動が全地点で確認されており、特に 50 mm/日以上のもったった降雨時に変位量が大きくなる傾向が明瞭であり、降雨による地下水位の上昇が地すべり発生の誘因となっているものと判断される。

パイプ歪計の観測では、上部①ブロック内のパイプ歪計ではほぼ推定されたすべり面付近で変動区分 A～B の変動が確認されている。一方、中腹部ブロック内のパイプ歪計では変動区分 B（準確定）以上の変動は観測されておらず、一時的に確認されるやや

大きな変動は推定すべり面以浅の崩積土層中となっている。

調査観測結果をふまえ、上部ブロックに集水井工とアンカー工、中腹部ブロックに集水井工を計画し、現在工事が大分県により進められている（写真-5）。

4. おわりに

平成 29 年九州北部豪雨により大分県日田市小野地区で発生した地すべり災害について、発生直後の現地調査やその後の対策について紹介した。現在も着実に工事が進められており、一日も早い工事完了により地域の安全度の向上が期待されている。

土木研究所では、本災害発生直後に現地調査を行い、警戒避難や応急対応について自治体へ助言・指導を実施した。災害発生直後に得られる情報は限られており、災害後に実施される各種調査成果もふまえて再度当時の現地調査を見返すなど、フォローを行うことで、災害発生時の緊急時において適切な指導を行い、迅速な対策の決定や早期の復旧に寄与できるよう、引き続き尽力してまいりたい。

最後になりましたが、本災害により犠牲となられた方のご冥福をお祈りするとともに、被害を受けられた方々にお見舞い申し上げます。

謝辞

本稿の執筆に際して、大分県土木建築部砂防課より資料を提供頂いた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 気象庁(2017)：平成 29 年 7 月九州北部豪雨について、http://www.jma.go.jp/jma/press/1707/19a/20170719_sankou.pdf
- 2) 水野正樹，藤平大，竹下航，児玉浩(2017)：大分県日田市小野地区で発生した地すべり災害，土木技術資料，Vol59，No. 9，pp. 6-7

福島県喜多方市揚津地区における 地すべり災害について

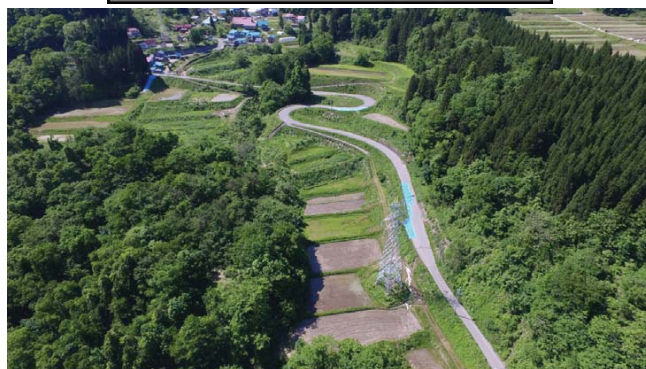
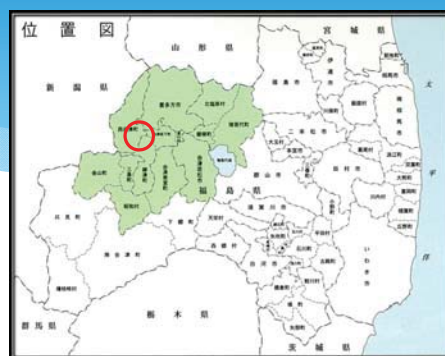
福島県 会津農林事務所
農村整備部 農村整備課 山口 豊

1. はじめに

○福島県喜多方市高郷町西部に位置し、本地区の中央には県道が横断、南側には一級河川阿賀川が流れ、山間部に囲まれている。

○今回は平成30年4月下旬に発生した融雪による大規模地すべり災害の地区事例について紹介する。

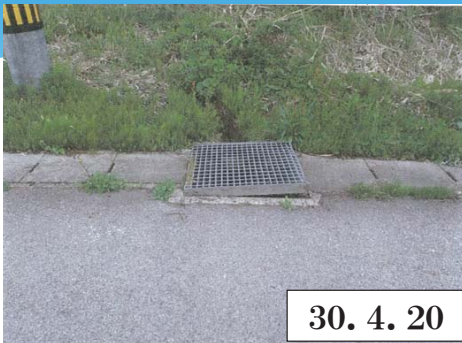
○本地区は、昭和46年3月16日に農林水産省所管の地すべり防止区域に指定され、昭和52年に概成している。今回の被災範囲は地すべり防止区域外であったため、平成30年9月4日に区域の追加指定を受けている。



2. 地すべり発生後の経過

- 平成30年4月20日 県道アスファルト舗装面の亀裂、道路側溝柵の変状を確認
- 平成30年5月 2日 地すべりの兆候が確認され、簡易計測を開始
- 平成30年5月 4日 10mm/日の変位が確認され、県道を通行止め
- 平成30年5月17日 宅地付近にも地すべりが発生し、その後に地上伸縮計を設置
- 平成30年5月28日 4mm/時の変位量を計測
- 平成30年5月29日 市が直近の住民1世帯2名に避難勧告を発令
- 平成30年6月12日 地上伸縮計で約10mm/時の変位量を計測
(GPSによる計測で約28mm/時を確認)
1箇所目のディープウェルを設置し、地下水の強制排水を開始
- 平成30年6月19日 6月12日以降、急激に減速し、地すべりの動きがほぼ停止
- 地すべりによる移動土塊規模 → 幅約200m、長さ約200mと推察

県道側溝柵の被災状況



30. 4. 20



30. 5. 1



30. 5. 13



30. 5. 18



30. 6. 5

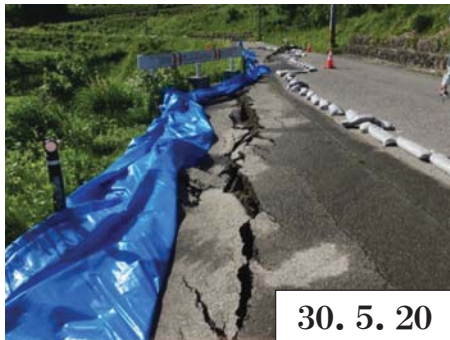
県道待避所の被災状況



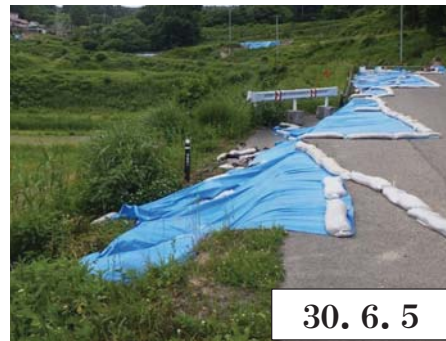
30. 4. 20



30. 5. 8



30. 5. 20



30. 6. 5

県道S字カーブの被災状況



30. 5. 1



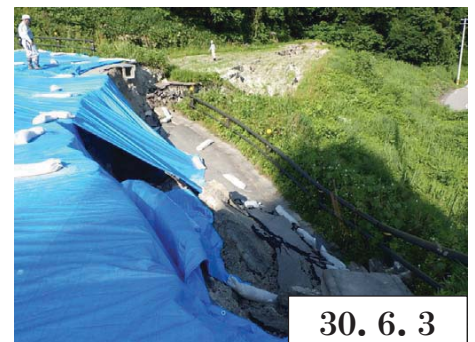
30. 5. 13



30. 5. 19



30. 5. 20



30. 6. 3

中央沢西側の県道の被災状況



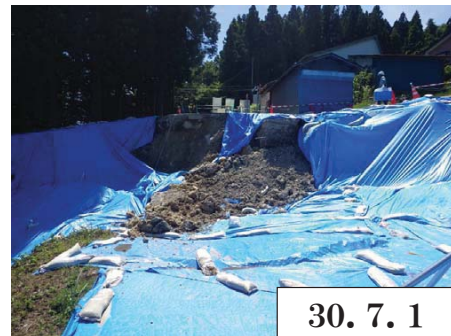
30. 5. 24



30. 5. 30



30. 6. 16



30. 7. 1

3. 調査観測の状況

○調査観測ボーリング

- ・孔内傾斜計を6箇所設置
- ・パイプ歪み計を3箇所設置
- ・自由地下水観測孔を11箇所設置
- ・被圧地下水観測孔を6箇所設置

○地上伸縮計

- ・頭部滑落崖に3箇所設置
- ・4mm/時を超過した場合には、関係者へメールによる警報を送信
- ・平成30年11月30日
→ 地中伸縮計2箇所に切り替え

○GPS観測

- ・すべり発生時期が異なる中央沢の東西各1箇所と宅地付近に1箇所設置



4. 地すべりの素因および誘因

○素因

- ・沢状地形で、地表水が集中浸透しやすい
- ・地質構造 → 平均20° 程度の緩傾斜
- ・すべり面の粘土層が連続している

○誘因

- ・平成30年の冬 → 降雪量が例年の約1.3倍
- ・気温の急上昇により、融雪量が多量
→ 急激な地下水の上昇、間隙水圧の上昇

⇒平成31年の冬は前年と比較すると積雪量が1/3と少なく、通常の融雪による対策工事の効果確認ができなかった。

今後も継続して計測を行い、効果の再検証が必要となる。

5. 地すべり対策工事の実施状況

○地下水を排除するための応急対策工

- ・ディープウェルを7箇所設置
→ 西側：口径φ150mm 掘削深 約24～36m
東側：口径φ200mm 掘削深 約60～82m

○地表水の浸透を防止するための応急対策工

- ・中央の沢にコルゲート管φ1,000mmを設置

○地下水を排除するための恒久対策工

- ・地すべりブロック頭部滑落崖の上側：集水井工を3基設置 → 口径φ3.5m 掘削深 約30～31m
- ・地すべりブロック内：集水井工を5基設置
→ 口径φ3.5m 掘削深 約16～25m

○被圧地下水を排除するためのリリーフホールの設置

⇒ 平成31年度に集水井の早期完成と農地、農道、水路の復旧

来年春の営農再開を目指す



6. おわりに

○他の地すべりに比べて、すべりの変位速度が極めて早かったが、関係機関と連携を図りながら対応し、地域住民の安全・安心を確保することができた。

○関係者の助言を踏まえた応急対策のディープウェルが非常に効果的であり、被害を最小限に止めることができた。

○恒久対策の集水井について、現在も工事を進めているが、収束には至っていないため、万全の監視体制を継続しながら、今後も対策工事の進捗に努めていきます。

○本事業の採択、地すべり防止区域の追加指定に関して、迅速な対応に御尽力いただいた関係各位に心より感謝申し上げます。

平成 30 年耶馬溪町斜面災害（大分県中津市）

落合博貴（日本地すべり学会前会長，一般社団法人日本森林技術協会）

Hiroataka OCHIAI (Japan Forest Technology Association)

キーワード：地すべり、地下水

Keywords: Landslide, Ground water

1. はじめに

平成 30 年（2018 年）4 月 11 日、大分県中津市耶馬溪町で大規模な山地崩壊が発生した。（公社）日本地すべり学会は、県の要請により調査団を現地に派遣して調査を実施¹⁾するとともに、県が主催する「耶馬溪町金吉地区山地崩壊原因究明等検討委員会」に参画してその後の詳細な調査に協力し、災害の原因究明・復旧対策立案に協力してきた。ここでは、調査団を代表し、調査結果の概要²⁾について紹介する。

2. 災害の概要

（1）災害発生概要

災害の発生場所は、中津市耶馬溪町金吉地区であり、発生日時は、消防庁第 17 報 [4/24]によれば平成 30 年 4 月 11 日午前 3 時 48 分頃とされている。崩壊の発生規模は幅約 160m、長さ（水平距離：堆積域含む）約 220m、最大深度約 35m であり、移動土塊量は約 13 万 m³と推定された。この崩壊による直接的被害は死者 6 人、人家全壊 4 棟であった。また、災害発生直前 2 週間の雨量は合計 6mm であり、前月 3 月は日雨量 50mm を超えた日が 1 回、20～30mm 程度の降雨が 5 回発生した（3 月の降水量 179mm：アメダス耶馬溪、当該地域の 3 月の平均降水量の 124%）であった（図-1）。

（2）地質・地形

災害箇所の地質は、約 100 万年前に噴出した耶馬溪火砕流堆積物（溶結凝灰岩）が、水中堆積層を挟んで約 300 万年前の新期宇佐火山岩類（熱水変質を受けた凝灰角礫岩）を覆っている。崩壊地は火砕流台地の縁辺部に位置し、崩壊地を含む斜面の状況は、大きく上

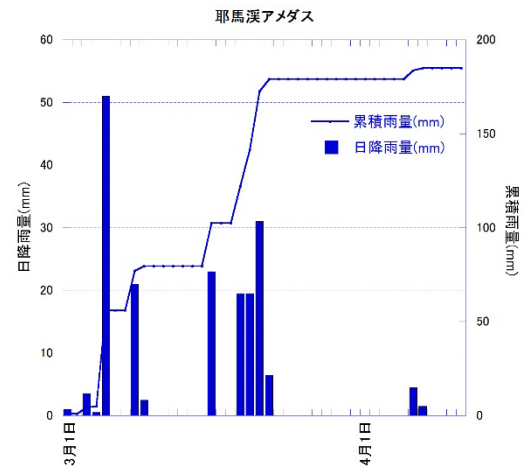


図-1 災害発生前の降雨（3月1日～4月11日）

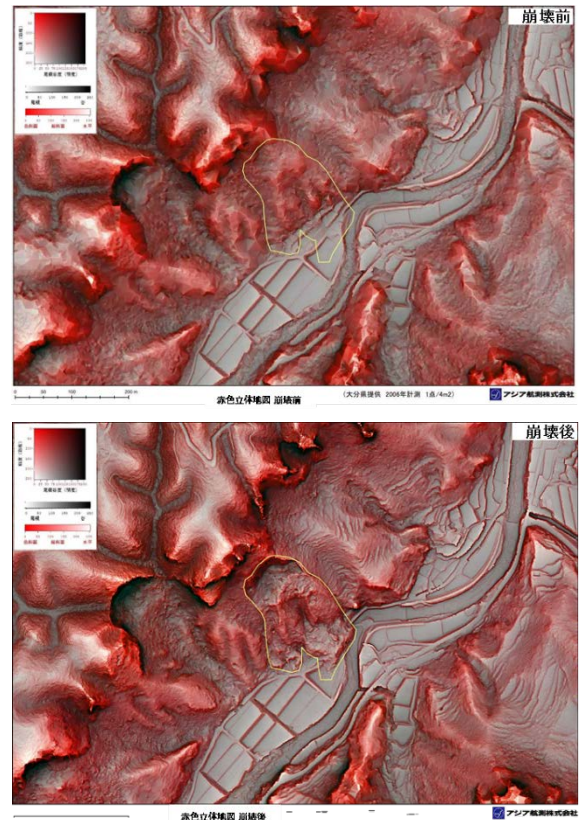


図-2 災害発生前（大分県提供 2006 年計測 1 点／4m²）と直後（4 点／1m²）の周辺地形

部：急崖、中部：緩斜面、下部：急斜面の3つに区分される。このような地形は、周辺に多く認められる。下部の急斜面は谷地形となっており、常時湧水が観察され無降雨時でも枯渇することがなく、豊富な地下水があることを示している（図-2）。

（3）崩壊発生状況

崩壊斜面は、移動土塊が残存する A ブロックと、A ブロックからの崩土に覆われた B ブロック、崩壊 1、崩壊 2 からなる（図-3）。A ブロックは、土塊が下方に 30m 移動した。それに伴い、B ブロックと崩壊 1、崩壊 2 で崩壊が発生した。

3. 崩壊地の特徴等

（1）崩壊地の特徴

A ブロックは基岩の変質凝灰角礫岩を、数千年前の大規模崩壊による崩積土等が覆っており、今回はこの崩積土等が移動したものである（図-4）。

（2）崩壊後の状況

A ブロックおよび B ブロックは崩壊直後には、少量の降雨でも移動が確認されて非常に不安定であった。A ブロックで応急対策として実施したボーリング暗渠工は地下水を捕捉し、施工後は 150mm 程度の連続降雨があっても移動は確認されず、効果を発揮している。また、B ブロックは、その後の 7 月 6 日の降雨により左側壁部（斜面に向かって右）が崩壊している。

（3）地形の特徴

崩壊発生前の地形は、溶結凝灰岩の急崖直下に段差地形を伴う凸型緩斜面が存在し、緩斜面の下部に谷を有する急斜面が形成されていた。今回の崩壊による滑落崖は、溶結凝灰岩の急崖直下の段差地形付近に形成されている。

（4）地質（土質）の特徴

A ブロックは、移動土塊の溶結凝灰岩の巨礫層等で構成され、その下位の変質凝灰角礫岩の上面* がすべり面となっている（*末端部露頭やコア観察より移動土塊底面に変質凝灰角礫岩をわずかに取り込んでいることから、すべり面は変質凝灰角礫岩の“上面”としている）。

基岩の変質凝灰角礫岩は、熱水変質を受け、崩壊や地すべりを起こしやすい粘土鉱物のスメクタイトの含有量が多い。地下水が集

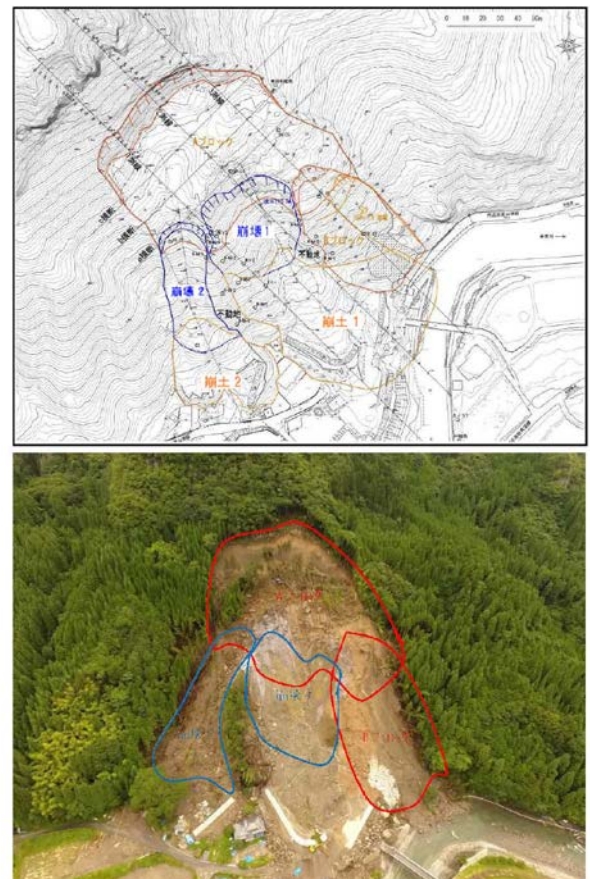


図-3 崩壊斜面のブロック区分

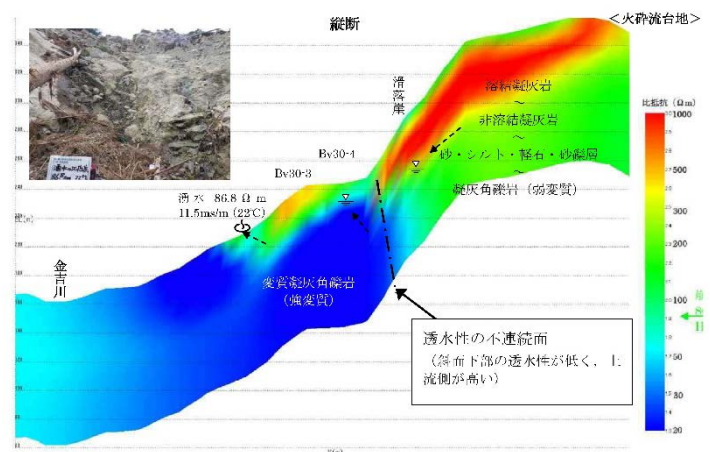


図-4 電気探査による地下水の分布の推定

中しやすく、変質凝灰角礫岩の上面は凹状となっているため、スメクタイトがより生成されやすい環境下であり、すべり面の土質強度が事前に低下していたと考えられる。

(5) 地下水の特徴

崩壊地内の地下水は、水質分析や年代測定結果等から滞留時間が長い深層地下水の特徴を示しており、火砕流台地から浸透した水が地下水として崩壊地内に供給される水文地質構造があると考えられる。地下水は、無降雨時でも高い水位を維持し、水位低下も極めて遅い特徴があり、末端の湧水は無降雨時も継続的に観察される。

4. 崩壊の原因と機構

崩壊の原因は、大きくは地下水と土質の影響が考えられる。電気探査等の結果より地下水については、上方斜面から崩壊地に地下水が集まりやすい傾向があり、斜面内の地下水位が高い状態で推移しており、斜面は長期にわたり地下水の作用を受けていたと考えられる。土質については、豊富な地下水により変質凝灰角礫岩の上面で風化が進み、スメクタイト含有量が増加するにつれて土質強度が長期にわたり徐々に低下したことが考えられる（図-5）。

崩壊前の斜面安定度と地下水位との対応を検討するため、安定解析を行った。崩壊前の地形で、すべり面せん断試験値の回帰計算値（内部摩擦角 $\phi=22.5^\circ$ 、粘着力 $c=15.1\text{kN/m}^2$ ）を用いて、臨界状態となる地下水位を検討した。検討の結果、地下水位時（0m）に安全率が $F_s=1.0003$ （ ≈ 1.00 （臨界状態））と試算された。また、地下水位を0.5m上昇させた場合、安全率が1.3～1.4%低下する。このため、崩壊前の斜面は、非常に不安定な状態にあり、地下水位の上昇等により容易に崩壊が発生したと考えられる（図-6）。

崩壊の機構は、このような地下水と土質の原因が相互作用し、すべりに対する抵抗が弱まった結果、変質凝灰角礫岩の上面をすべり面とする崩壊（地すべり）に至ったと考えられる。なお、地下水は複数年かけて上方斜面から供給されている可能性があることや、近年では地表の大きな変動が確認されていないことから、崩壊発生を事前に予測することは困難であったと考えられる。

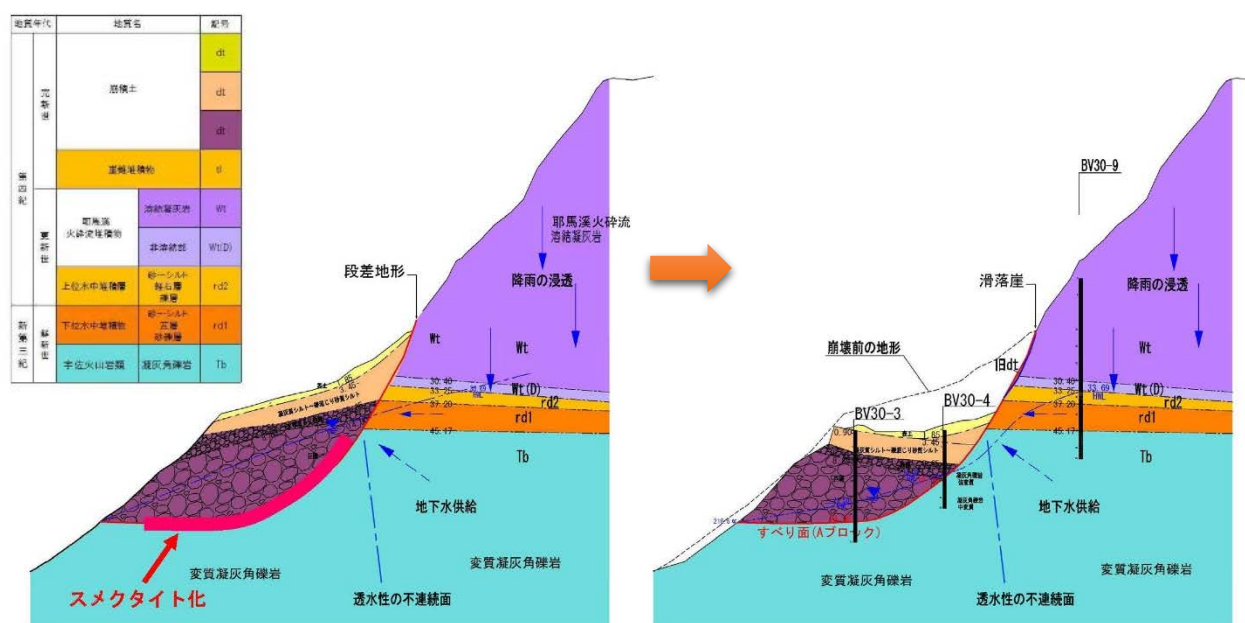


図-5 H30. 4.11 崩壊発生前後のイメージ

5. まとめ

今回のような崩壊現象は極めて希であるが、金吉川流域の火砕流台地縁辺直下の斜面に今回崩壊した箇所と同様の地形があることから、今後危険となる可能性のある箇所を抽出することが重要な課題である。また、今回のような現象に限らず、近年多発する豪雨等により甚大な災害が起きる可能性があるため、日頃から地域での警戒避難体制の充実や防災意識の向上にむけた取組が重要である。

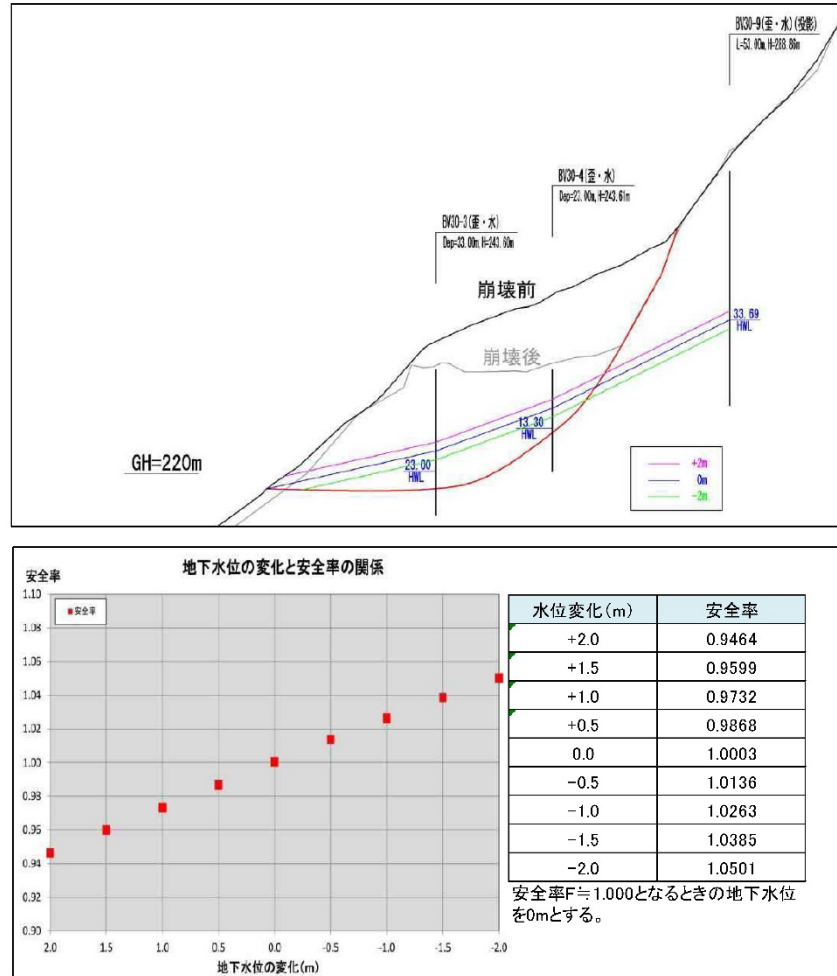


図-6 崩壊前の安定解析と地下水位の影響

引用文献

- 1) 大分県中津市耶馬溪町で発生した斜面災害（調査団報告）
<https://japan.landslide-soc.org/archives/date/2018/05>
- 2) 大分県森林保全課、H30 森保第 1 号梶ヶ原地区調査測量設計委託業務（大分県中津市耶馬溪町大字金吉字梶ヶ原）報告書、平成 30 年 12 月

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 令和元年度総会・シンポジウム・意見交換会
令和元年(2019年)5月10日 東京大学(東京都文京区)

スケジュール

11時00分～12時00分	総 会 (武田先端知ホール)
12時45分～16時45分	シンポジウム (武田先端知ホール)
	*一般に公開
17時15分～19時15分	意見交換会 (東京大学農学部 レストラン・アブルボア)

会場案内図



東京大学本郷キャンパスマップより

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 令和元年度シンポジウム
最近発生した地すべり災害の実態と対策

令和元年(2019年)5月10日発行

発行者：公益社団法人日本地すべり学会関東支部 (支部長：櫻井正明)

〒377 - 0053 群馬県渋川市北橘町箱田 972-2

TEL : 0279 - 52 - 4621 E-mail : ms@fcricri.co.jp

Web ページ : <https://japan.landslide-soc.org/kanto.html>

©2019, Printed in Japan ISBN: 978-4-902628-13-5

ISBN: 978-4-902628-13-5
公益社団法人日本地すべり学会
The Japan Landslide Society



Kanto branch

公益社団法人日本地すべり学会関東支部 令和元年度シンポジウム
最近発生した地すべり災害の実態と対策

令和元年(2019年)5月10日 公益社団法人日本地すべり学会関東支部発行

本書に掲載された報文は、著者から印刷物への掲載・配布、ホームページでの公開の許諾を得ております。