

令和元年台風第 19 号による斜面災害に関する 論文集



令和 2 年 5 月

公益社団法人日本地すべり学会関東支部

令和元年台風第 19 号による斜面災害に関する論文集の発刊について

地すべり学会関東支部では、令和 2 年度シンポジウムを、「令和元年台風第 19 号による斜面災害」をテーマとして、令和 2 年 5 月 8 日に東京大学工学部で開催する予定でしたが、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、シンポジウムを中止しました。これらの事態を受けて、会員等への情報提供のために、発表予定者に原稿の執筆をいただき「論文集」として発刊しました。

論文集で取り上げた令和元年台風第 19 号（気象庁命名：令和元年東日本台風）は、令和元年（2019 年）10 月 12 日に伊豆半島に上陸し、関東地方から東北地方にかけて縦断したことから、関東・東北地方に大きな災害をもたらしました。関東地方では、斜面災害により、群馬県 4 名（2 箇所）、神奈川県 3 名（2 箇所）の死者を出しました。

本書では、群馬県・神奈川県両県の斜面災害の概要とともに、主要な斜面災害についての報告を収録しております。本書が、今回の斜面災害の概要や特徴を理解する一助となれば幸いです。

令和 2 年 5 月

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

〔参考〕中止したシンポジウムの概要

日本地すべり学会主催の令和２年度シンポジウムは新型コロナウイルス感染症の拡大に配慮し中止としました。

１．名称：公益社団法人日本地すべり学会関東支部令和２年度シンポジウム

２．テーマ：令和元年台風第１９号による斜面災害

３．期日：令和２年５月８日（金）１２：４５～１６：４５（受付開始 １２：１５）

４．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）
東京都文京区弥生２－１１－１６ 東京大学工学部内

５．次第

(１)開会 １２：４５

(２)支部長挨拶

(３)シンポジウム ―令和元年台風第１９号による斜面災害―

講演 １ １２：５０～１３：１０

群馬県の山地災害の概要

長谷川 博（群馬県森林保全課）

講演 ２ １３：１０～１３：３０

神奈川県内の山地災害の分布・対応状況

安松 慶直（神奈川県森林再生課）

講演 ３ １３：３０～１４：０５

群馬県内匠（たくみ）地区の斜面崩壊

若井 明彦（群馬大学）

講演 ４ １４：０５～１４：４０

群馬県西毛（せいもう）地区の地すべり

小林 豊（日本サーベイ）

休憩 １４：４０～１４：５０

講演 ５ １４：５０～１５：２５

神奈川県相模原市緑区牧野（まぎの）地区の斜面崩壊における捜索救助活動
―現場の実態と科学技術の役割―

新井場公德
（消防庁消防研究センター）

講演 ６ １５：２５～１６：００

東北地方の斜面災害（仮題）

大河原正文（岩手大学）

総合討論（コディネータ：櫻井正明） １６：００～１６：４５

(４)閉会 １６：４５

注１）講演１～５の報告について、本書に収録しています。

注２）講演６は、東北支部長に東北支部が行なった災害調査の報告をお願いする予定でした。

目次

群馬県の山地災害の概要	1
（長谷川 博、群馬県）	
神奈川県内の山地災害の分布・対応状況	4
（安松 慶直、神奈川県）	
群馬県内匠地区の斜面崩壊	10
（若井 明彦、群馬大学）	
群馬県西毛（せいもう）地区の地すべり	18
（小林 豊、日本サーベイ株式会社）	
神奈川県相模原市緑区牧野（まぎの）地区の斜面崩壊における 搜索救助活動 -現場の実態と科学技術の役割-	22
（新井場 公德、消防研究センター）	

著者略歴

長谷川 博（はせがわ ひろし）（群馬県森林保全課）

1993 年 群馬県入庁

2020 年 群馬県 環境森林部 森林局 森林保全課 補佐（治山係長）

安松 慶直（やすまつ みちなお）（神奈川県森林再生課）

2017 年 神奈川県森林再生課基盤整備グループ

2020 年 現在に至る

若井 明彦（わかい あきひこ）（群馬大学 大学院理工学府）

2011 年 群馬大学 大学院理工学府 環境創生部門 教授

2020 年 現在に至る

小林 豊（こばやし ゆたか）（日本サーベイ株式会社）

1988 年 新潟大学理学部地質鉱物学科卒業

1990 年 日本基礎技術株式会社

2002 年 日本サーベイ株式会社（現在、代表取締役）

新井場公徳（あらいば きみのり）（消防庁 消防研究センター）

1998 年 京都大学大学院理学研究科修了・博士（理学）

1998 年 消防庁消防研究所に就職

2020 年 消防庁消防研究センター技術研究部上席研究官

群馬県の山地災害の概要

長谷川 博（群馬県 環境森林部 森林局 森林保全課）

1 はじめに

近年、気候変動の影響等により、日本の気象災害が激甚化、頻発化しているとされており、毎年のように大型の台風や集中豪雨による甚大な被害が発生しています。

一方で、群馬県では、直近 10 年の年平均山地災害発生件数が約 20 件、被害額で約 4 億 6 千万円と、東日本大震災を除いて大きな風水害等もなく、比較的穏やかな 10 年間でした。こと平成 30 年においては、全国で 7 月豪雨や北海道胆振東部地震など未曾有の大災害が発生している中、山地災害発生件数が 6 件、被害額は約 5 千万円と、平成年代で 2 番目に山地災害が少ない年でした。

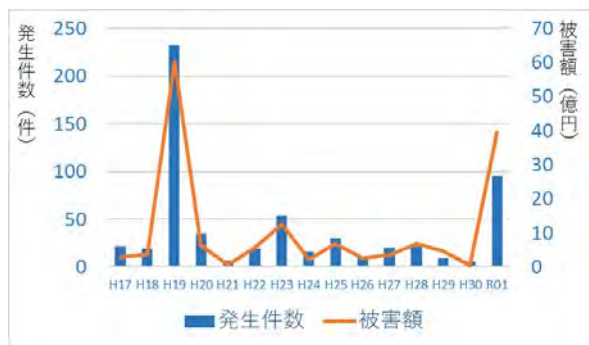


図1 山地災害発生状況

2 令和元年災害の状況

令和元年は一転して多くの山地災害が発生し、6 月下旬の集中豪雨を皮切りに、6 事象、95 件、約 40 億円の被害となりました。特に 10 月 12 日、本県に最接近した台風第 19 号による被害が大きく、被害件数 81 件、被害額 35.3 億円と、令和元年被害額の 90%を占めます。

3 令和元年の気象概況

前橋の年間降水量は 1,447.5mm で、年平均降水量の 17%増となりました。山地災害発生と密接な関

係があると考えられる時間雨量 20mm 以上、日雨量 80mm 以上の豪雨発生回数について見ると、時間雨量 20mm 以上が累計 27 回（県内の気象庁 17 観測点の累計）で、直近 10 年間の 1.3 倍発生しており、日 80mm 以上の発生回数は同 9 回でほぼ平均値でした。また、県内で発表された大雨警報の発令回数も累計で 20 回と平年並みでした。

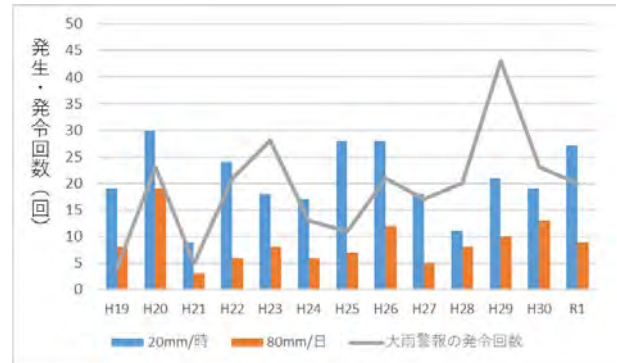


図2 豪雨発生及び大雨警報発令回数

4 6 月 22 日発生 of 集中豪雨の状況

上空の寒気を伴った気圧の谷の影響で、深夜に赤城山周辺を中心に激しい雷雨となり、気象庁から記録的短時間大雨情報が発表されました。

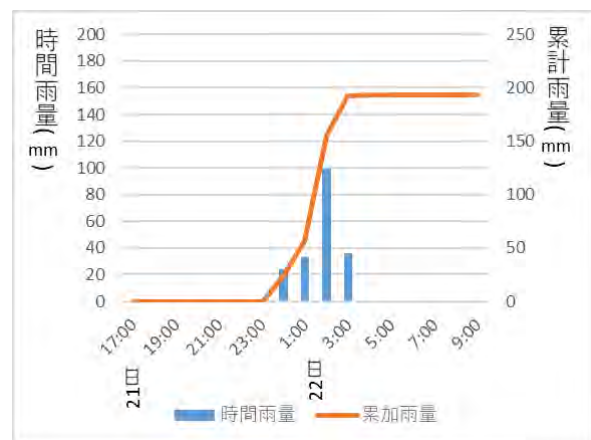


図3 6 月 22 日の雨量状況（富士見）

富士見観測所（県管理）では 22 日午前 1 時から の 1 時間雨量で 99mm を観測し、令和元年の年間

を通じた県内最大時間雨量となりました。また、午前1時を挟んで4時間、時間雨量20mm以上の激しい降雨が続き、累計雨量は190mmに達しました。

山地災害は、10件、被害額3.4億円が発生するとともに、道路、河川にも多くの被害が生じました。



写真1 前橋市富士見町の林道被災状況

前橋市富士見町赤城山地内では、山腹崩壊とともに土石流が生じ、幸い直下に人家がなかったことから惨事とはなりませんでしたが、直径2〜5m以上の巨石を含む土石により、林道が被災しました。

5 10月12日台風第19号の状況

群馬県内では10月11日午後から雨が降り始め、12日昼前からは台風本体の雨雲の影響による非常に激しい雨となりました。

雨量は、県内の気象庁17観測点の内、10地点で日降水量が統計開始以来の極値を更新する結果となり、県南西部の下仁田観測所（国管理）では降り始めからの32時間で600mmを超える雨量となりました。

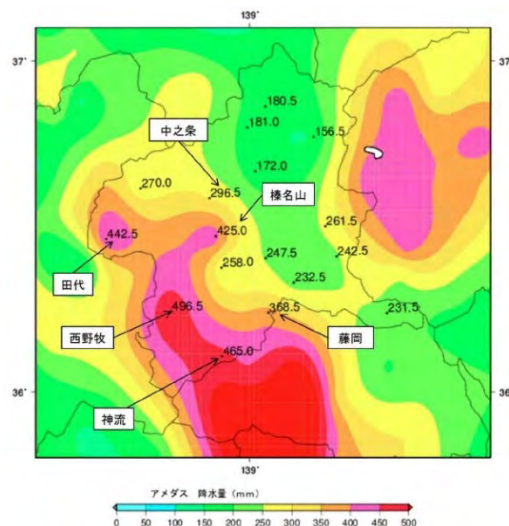


図4 台風第19号による雨量分布

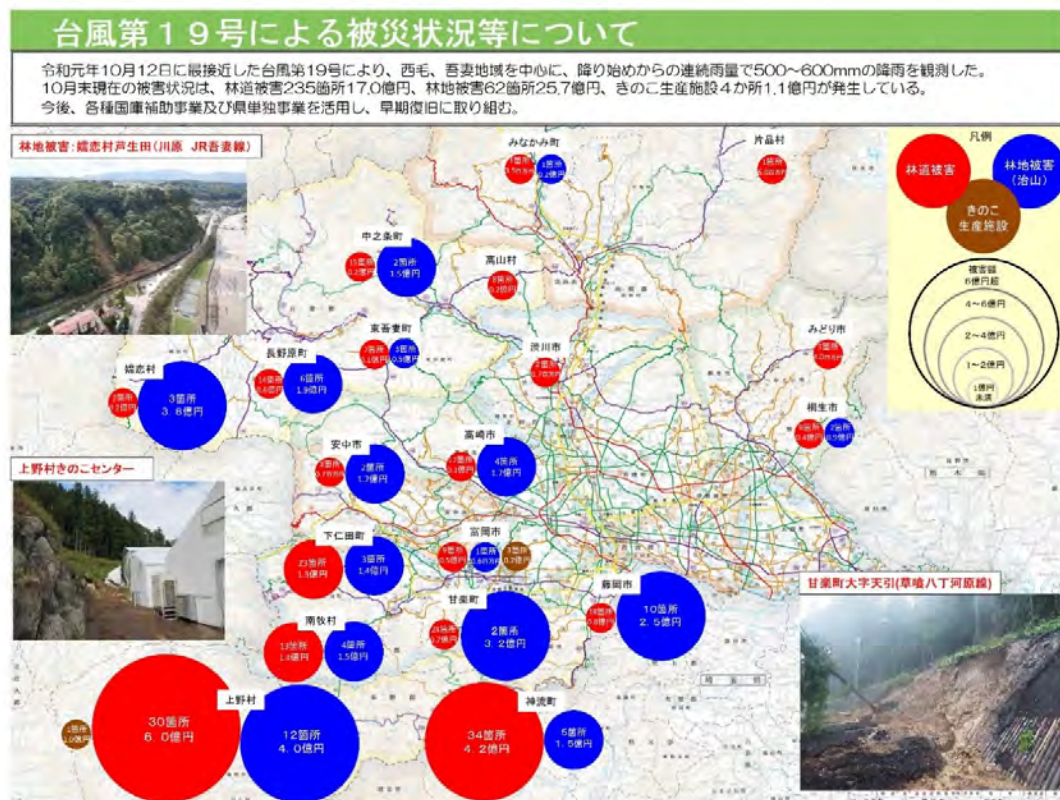


図5 台風第19号による林業関係（林地・林道・林産施設）被害状況

山地災害も雨量の分布と同様に、県南部から西部にかけて多く発生し、林道、林産施設を含めた林業関係被害では、南西部の上野村で全体被害額の 1/4 が集中する状況となったほか、吾妻地域の嬭恋村では 2 か所の山腹崩壊により、JR 吾妻線が不通となる被害が発生しています。



写真 2 吾妻郡嬭恋村袋倉の山腹崩壊

6 おわりに

台風第 19 号による被害は、群馬県では平成 19 年の台風第 9 号以来の大災害となりました。被害の発生件数、額ともに平成 19 年よりは少なかったものの、台風第 19 号災では直接の土砂災害でお亡くなりになられた人的被害が発生しており、心からお悔やみを申し上げる次第です。

群馬県では、昨今の気象災害の発生状況を鑑み、知事が昨年末に「群馬・気象災害非常事態宣言」を発表して、災害に強く持続可能な群馬県を構築するため、ハード・ソフト両面の防災・減災対策を強力かつ集中的に推進するとともに、「自らの命は自らが守る」という県民の防災意識醸成を図ると宣言しています。

復旧事業については、順次、発注契約を行っているところであり、本格的な作業はまだ緒に就いたばかりですが、今後とも関係者皆様のご支援ご協力を賜りますようお願いするとともに、山地災害の発生に際し、緊急・応急の工事、調査・設計に多大なる御尽力をいただきましたことに感謝申し上げます。

参考・引用文献

群馬県・前橋地方气象台(2019. 12. 24)：群馬県農業
気象災害速報

写真提供：一般社団法人 群馬県建設業協会

神奈川県内の山地災害の分布・対応状況

神奈川県環境農政局緑政部森林再生課
基盤整備グループ 主査 安松 慶直

1 降雨の概要

令和元年 10 月に発生した台風 19 号は、大型で強い勢力を保ったまま同 12 日に伊豆半島に上陸し、その後、関東地方を通過した。台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、神奈川県内の広い範囲で記録的な大雨となった。

神奈川県では台風の接近に伴い、大雨特別警報が発令され、所々で 1 時間に 50mm を超える非常に激しい雨を観測した。

県雨量計では、24 時間雨量で相模原市緑区佐野川 322 mm (10/11 22 時～10/12 22 時)、箱根町宮城野 812 mm (10/11 20 時～10/12 20 時) などを観測した。

また、横浜地方気象台のアメダスによると、10 日から 13 日までの期間降水量が、箱根で 1001.5mm、相模湖で 631mm。1 時間最大降水量は、箱根 85.0mm、丹沢湖 81.5mm などを観測した。

気象庁は、この台風 19 号の名称を「令和元年東日本台風」と定めたほか、政府は、令和元年 10 月 11 日から同月 26 日までの間の暴風雨及び豪雨による災害（※台風第 19 号、第 20 号及び第 21 号の暴風雨による災害）を激甚災害に指定した。

2 被害の概要

記録的な大雨による山腹崩壊等により、神奈川県では死者 9 人、重傷者 2 人、軽傷者 38 人の人的被害のほか、多数の建物被害が生じた。また、道路、鉄道や電気、水道等のライフラインのほか、農地、農業用施設などにも大きな被害が生じた。

そのうち林地被害(※)については、現場へ到達するための林道等が被災し通行できない路線が多いため、奥山地の状況が詳細に把握できていない状況であるが、現地調査及びヘリコプターによる空撮写真や衛星写真等の資料で確認した限りでは、県内で 200 箇所確認された。(令和 2 年 2 月 5 日時点)

林地被害は県北西部に多く分布しており、特に相模原市緑区内の広範囲にわたり山腹の崩壊や溪流からの土砂等の流出がみられた。一方で、総雨量の多い箱根町では、2 箇所で被害が発生したものの、県北西部と比較して林地被害数は多くなかった。

(※林地被害：森林の山腹崩壊や溪流からの土砂等の流出被害。土木部局等対応箇所を除く。)



図1 林地被害の分布概況

所轄地域	市町村名	林地被害箇所数
横浜川崎地区	横浜市	10
小計		10
横須賀三浦地域	横須賀市	1
	鎌倉市	17
	逗子市	1
小計		19
県央地域	相模原市	109
	厚木市	1
	愛川町	4
	清川村	11
小計		125
湘南地域	秦野市	3
	伊勢原市	1
小計		4
県西地域	小田原市	2
	南足柄市	13
	松田町	3
	山北町	22
	箱根町	2
小計		42
総計		200

表1 県内の林地被害箇所数（令和2年2月5日時点、林地のうち土木部局等対応箇所を除く）

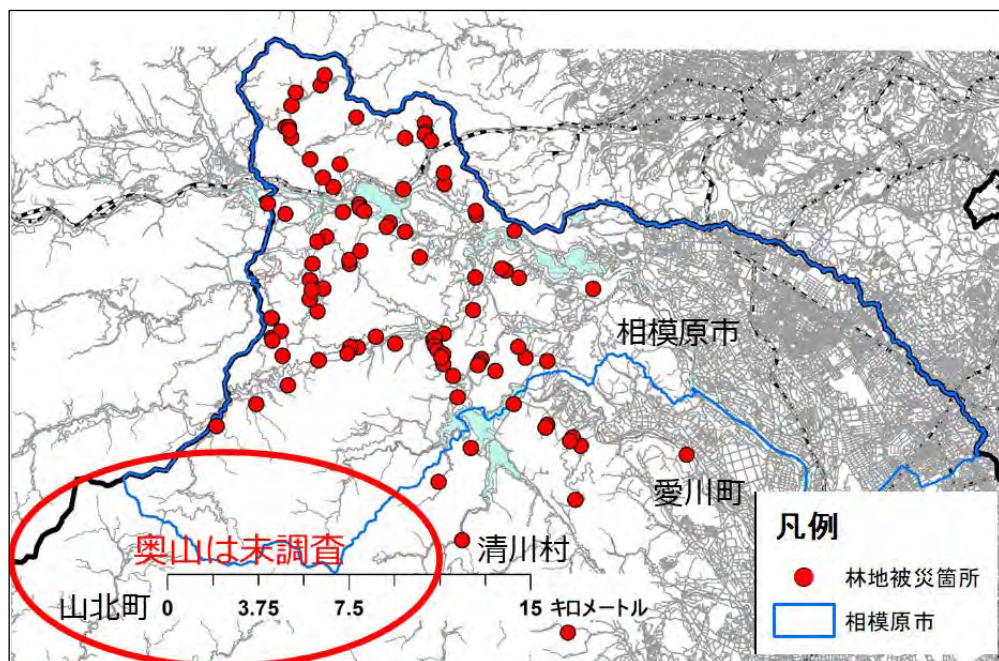


図2 県北西部の林地被害の分布状況

3 神奈川県への対応

県内の森林の崩壊地等の被害については、発災翌日から現地調査を開始し、被害箇所について森林部局（治山・林道事業等）や土木部局等（道路、砂防、急傾斜事業等）と、それぞれの所管で対応できる事業箇所を調整し、各所で崩壊地や被災した施設の復旧に取り組んだ。

3-1 災害関連事業での緊急対応

治山事業においては、森林の崩壊地等のうち人家等の保全対象に近い11箇所について、国の補助事業である「災害関連緊急治山事業」を活用し、併せて治山施設が被災した4箇所について、「治山施設災害復旧事業」を活用して復旧に着手した。（財源は国及び県の補正予算）

これまでに着手した箇所のうち、特に地域から注目されている箇所について、概要を次のとおり報告する。

3-1-1 相模原市緑区小原地内（底沢）

(1) 降雨量 24 時間雨量 642 mm、最大時間雨量 57 mm（県雨量計）

(2) 林地被害 山腹崩壊（面積 0.60 ha）

(3) 被害額（復旧額） 258 百万円

(4) 被害の概要

豪雨により山腹崩壊が発生し、土砂や倒木が河川を閉塞し対岸の林道まで到達した結果、大量の土石等が堆積し林道が損壊したほか、付近の人家の倒壊被害が発生した。また、電柱等の倒壊、県営底沢浄水場の運転停止などにより周辺の人家への停電・断水被害が発生した。

(5) 県の対応

山腹崩壊を災害関連緊急治山事業で、併せて林道施設の被災を林道施設災害復旧事業で復旧に取り組んでいる。（10 月 17 日から 21 日にかけて、自衛隊により道路閉塞の啓開作業が行われた。）



写真 1-1 崩壊地全景の状況



写真 1-2 崩壊地斜面下部の状況
（崩落土で河川が閉塞し林道路体を流出させた）

3-1-2 相模原市緑区佐野川地内（上河原）

(1) 降雨量 24 時間雨量 322 mm、最大時間雨量 28 mm（県雨量計）

(2) 林地被害 山腹崩壊（面積 0.10ha）

(3) 被害額（復旧額） 240 百万円

(4) 被害の概要

山腹崩壊により、人家 1 戸損壊、小学校施設（擁壁）倒壊、小学校グラウンドへの土砂流入が発生した。崩壊地内には湧水跡がみられ、斜面上では段差が連続しており地すべり地形を呈していた。崩壊箇所における二次被害の危険性があるために、校舎で授業が行えない状態が続いている。（令和 2 年 3 月末時点）

(5) 県の対応

10 月 14 日に県が現地調査し、地すべりが懸念されることから、11 月 11 日には林野庁の支援を受けて学識経験者の調査を行い、早急に対策を図るために災害関連緊急治山事業により復旧に取り組んでいる。

応急対策として、崩壊地内の被害木除去、崩壊地のブルーシート被覆、崩壊斜面動態調査（地上伸縮計観測・緊急警報システムの配備を行った。



写真 2-1 発災後の崩壊地の状況



写真 2-2 同箇所です令和元年 12 月時点の状況

3-1-3 足柄下郡箱根町宮ノ下地内（蛇骨川下流）

(1) 降雨量 24 時間雨量 812 mm、最大時間雨量 70 mm（県雨量計）

(2) 林地被害 山腹崩壊（面積 0.24 ha）

(3) 被害額（復旧額） 140 百万円

(4) 被害の概要

豪雨による山腹崩壊により、多量の土砂が下方の鉄道軌道まで達し、鉄道の橋梁や線路の流失等の甚大な被害が発生した。鉄道沿線では 10 箇所以上で土砂崩れ等が発生し箱根湯本駅から強羅駅間で運行休止となっており、鉄道の運行再開に向けて早期の対策が必要となっている。

(5) 県の対応

速やかな復旧を図るため、国や県、鉄道事業者等の事業関係者で連携を取りながら、治山事業では蛇骨川下流を災害関連緊急治山事業で復旧に取り組んでいる。



写真 3-1 上空からみた崩壊地の全景



写真 3-2 崩壊地斜面下部の状況
(崩落土が鉄道の橋脚や線路を流失させた)

3-1-4 足柄下郡箱根町大平台地内（大沢）

(1) 降雨量 24 時間雨量 443 mm、最大時間雨量 41 mm（県雨量計）

(2) 被害 溪流からの土砂流出により施設が被災

(3) 被害額（復旧額） 45 百万円

(4) 被害の概要

豪雨により溪流上部から土石流が流下し、既設の治山施設に基礎の洗堀及び埋没被害が発生し、鉄道の大沢橋梁付近の流路を閉塞させた。

(5) 県の対応

治山施設災害復旧事業及び県単独事業により、不安定土砂の排土並びに被災した施設の復旧に取り組んでいる。埋没した治山施設は軌道敷直下直上に位置しており、下流に新たな治山施設を設置することは出来ないため、既設の谷止工の増厚及び根継を施行し施設の効用を復旧させることを計画している。



写真 4-1 鉄道の大沢橋梁付近の状況



写真 4-2 被災した既設の谷止工（増厚及び根継を計画）

3-2 既設の治山施設の機能回復

これまでに県が治山施設を設置した溪流では、施設より下流への土砂流出を防止できたものが多いが、治山施設の放水路等に土砂や流木が堆積している状態のままでは、次の大雨により下流へ流出する危険が見込まれたため、早急に除去して機能を回復する必要がある。そのため、県単独の治山事業費を充てて堆積物の除去を行った。



写真 5-1 相模原市緑区地内：(施工前)



写真 5-2 治山施設に堆積した土砂等の撤去（施工後）

3-3 航空レーザー測量で林地被害の詳細調査に着手（相模原市緑区地内）

台風 19 号で特に森林の被害が多かった相模原市緑区においては、人家等の保全対象に近い箇所は災害関連緊急治山事業で対応したもの、奥地の山腹崩壊や溪流の土砂等の流出については、詳細に把握できていない。

そのために、新たに国の補助事業である山地災害重点地域総合対策事業を活用し、航空機による「航空レーザー測量」に着手した。これにより、崩壊地等の現状を把握するための詳細調査を行い、令和 2 年度以降に優先順位の高い箇所から対策を計画していくことにした。

4 復旧に向けて

神奈川県では、台風 19 号被害の復旧のために、令和元年度 11 月補正予算で災害復旧事業費を取りまとめ、令和 2 年 3 月末時点で、災害関連緊急治山事業 11 箇所のうち工事に 3 箇所着手、治山施設災害復旧事業 4 箇所のうち工事に 2 箇所着手しており（工事未着手の箇所は調査設計業務実施中）、復旧に向けて事業を着実に進めている。

なお、災害発生の翌日から被害調査に取り組んだが、被害が広範囲に発生していることに加え、道路への斜面崩落により通行できない路線が多く、初動の被害調査に多くの時間を要した。また、崩壊地は地域住民からも注目されており、対応をすぐに決定する必要があったが、他部局との連絡調整に多くの労力を要した。

神奈川県では近年稀にみる大災害に遭遇して、復旧に携わった職員は、これまでにない数多くの苦労を経験し、また、今後の課題も残された。この経験と課題については、今後の災害に備えるために活かしていきたい。

群馬県^{たくみ}内匠地区の斜面崩壊

若井 明彦（群馬大学）

群馬県富岡市内匠地区で10月12日の16時半頃に発生した2か所の隣接した斜面崩壊では、斜面下の複数の住宅を土砂が襲って3人が犠牲となった。本現場は20度程度の緩い傾斜であったため、土砂災害警戒区域に指定されていない。これまで被災リスクが比較的小さいと思われていた斜面においても昨今の降雨量の極端化によって災害が発生する可能性を認識すべきであるという意味で、発災後から全国的に注目を受けた現場のひとつである。



写真1 群馬県内匠地区の斜面崩壊。
提供：群馬県，日本サーベイ株式会社

本稿は、群馬大学地盤工学研究室が災害後に実施した調査結果などをもとに、筆者が富岡市災害検証委員会（委員長は筆者自身）に報告したレジュメの一部を本シンポジウム用の原稿として調整、再構成したものである。本文は箇条書きを中心とした体裁であり、図表等をまじえた「速報」としての性格であることをあらかじめご了承ください。

同検証委員会の活動は本稿執筆中の令和2年3月下旬時点でも継続中であり、最終報告がまだ富岡市長に答申されていないことを勘案して、記載内容はいずれも筆者自身の現時点での私見に基づくコメントに過ぎず、災害機構の正式な解明の見地からは「未定稿」の扱いでお読みいただければ幸いである。



図1 斜面崩壊現地の位置図.

現場は、上信越自動車道の富岡 IC からほど近い、段丘外縁部にあたる西向斜面である。富岡市内には鐮川の右岸側をはじめ、段丘地形のよく発達した地区が分布し、周辺を構成する褐色ローム層はしばしば浅間山起源の軽石層を挟在する。

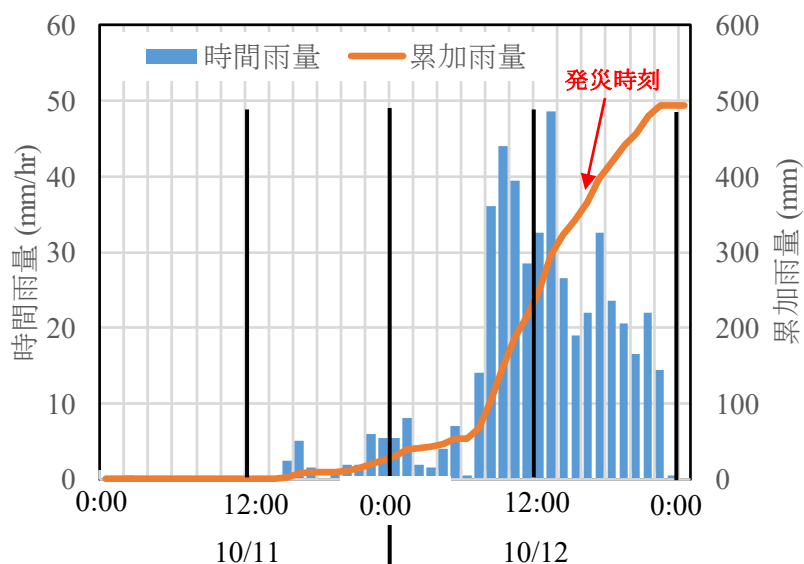


図2 群馬県富岡土木事務所の観測雨量.

現場から約 3km 西方に離れた群馬県富岡土木事務所の観測雨量（上図）によると、当該地域では 10 月 12 日の朝から断続的に 30mm/hr を超える雨量が続き、発災時の累積雨量は 400mm ほどに達していたとみられる。

現場の状況

(注) 特に断りのない限り、見上げて左側の斜面を対象にした記述である。



写真2 現場の状況写真.

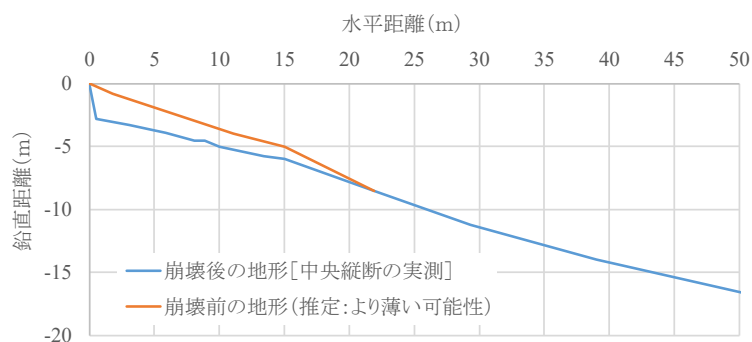


図3 見上げて左の斜面の中央縦断の概形 (座標原点は滑落崖頂部).

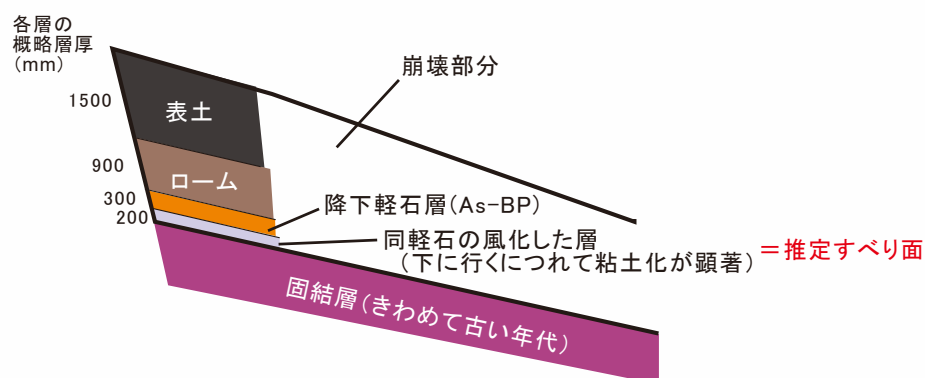


図4 見上げて左の斜面の滑落崖の地層構造 (露頭観察).

傾斜角 20° 程度の緩い傾斜の斜面の表層付近、地表面勾配とほぼ並行に（流れ盤様に）地層が堆積していたと思われる（崩壊面とその面上の残留物質の観察より）。

すべり面材料の物性等

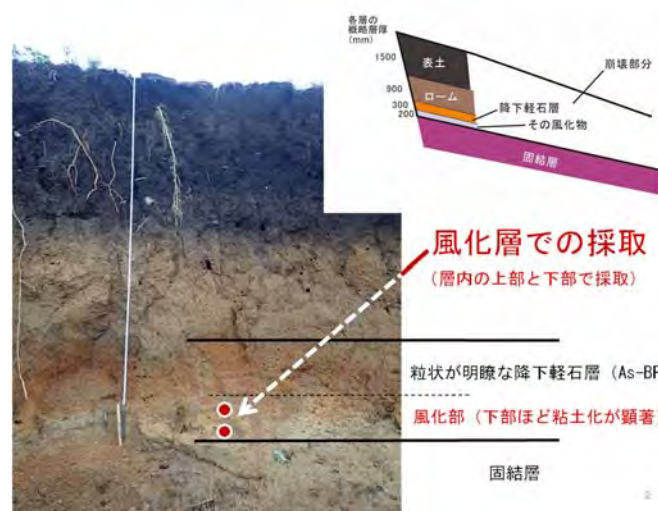


図 5 試料を採取した部位：赤点 2 つ（見上げて左の斜面）。

軽石の未風化層の下位に挟在する白色の風化層内で採取した。より上部（未風化層に近い側）と下部（未風化層から遠い側）でそれぞれ採取した。

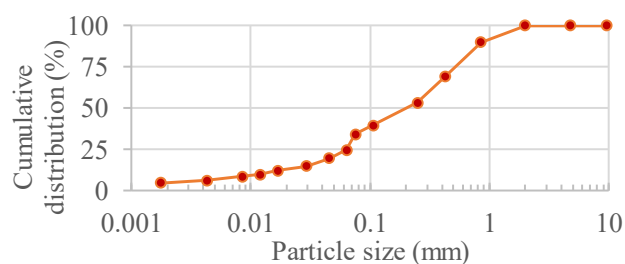


図 6 風化軽石層（その上部）の粒度分布。

「指で軽く押しただけで貫入できる」という触覚に反して、粒度構成としては砂の粒径帯に入る粒子の割合が多い。軽石の破片が粒子として検出されている影響がある。

表 1 自然含水比および液性・塑性限界の測定結果。

自然含水比(%)	上部	下部					
	53.9	59.4				上部	下部
	61.2	53.4			液性限界 w_L (%)	50.2	80.8
	50.9	51.2			塑性限界 w_P (%)	34.7	43.1
平均値：	55.3	54.7			塑性指数 I_p	15.5	37.7

上部の試料で自然含水比が液性限界を超えている（極めて鋭敏な軟弱土の特徴）。

簡易動的コーン貫入試験 @ 滑落崖の頂部より水平離隔 2m

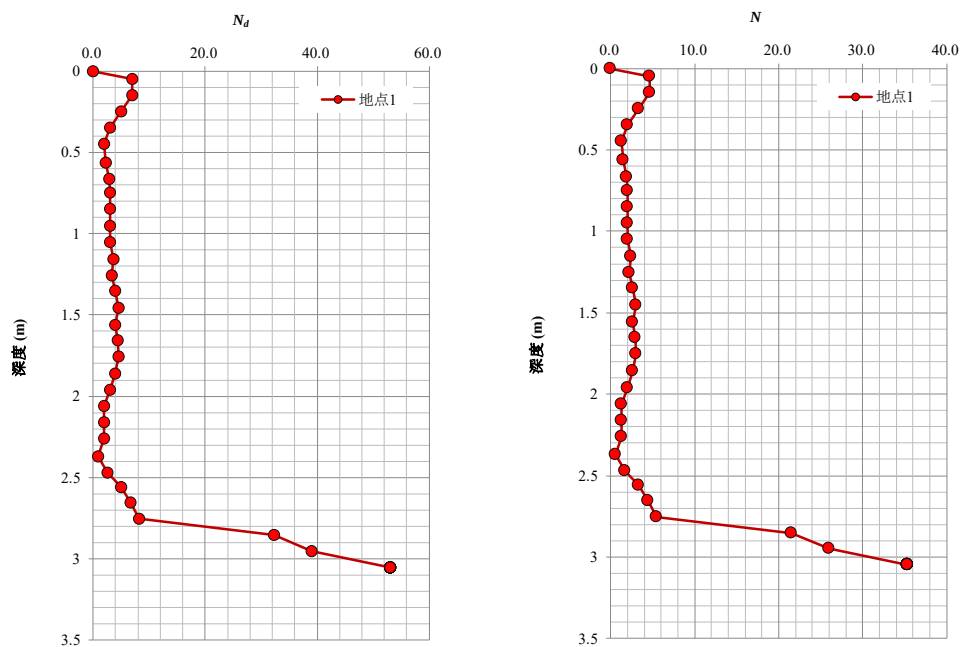


図 7 動的コーン貫入試験の結果（左： N_d 値，右： $N=N_d/1.5$ で換算したもの）。

GL-2m～-2.5m あたりが軽石の未風化部と風化部に相当すると想像される。

簡易な水位上昇予測モデル¹による当日の地下水位の再現結果

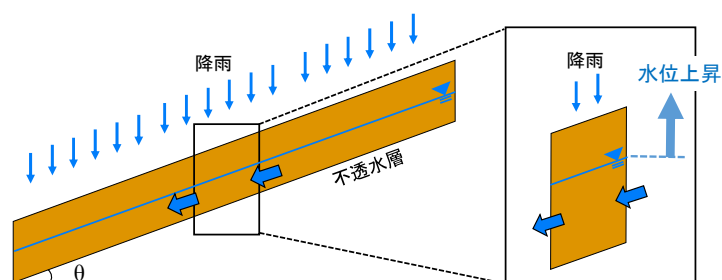
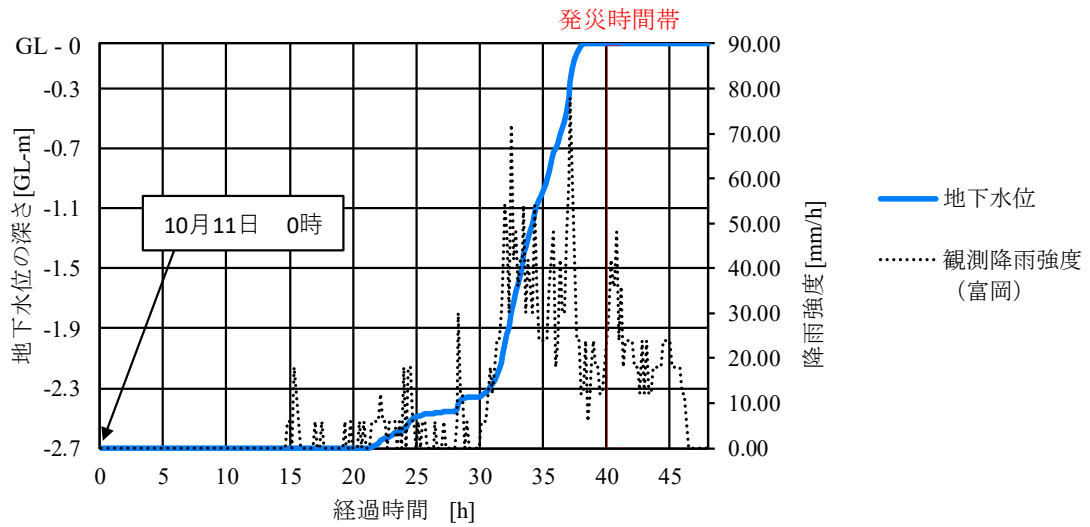
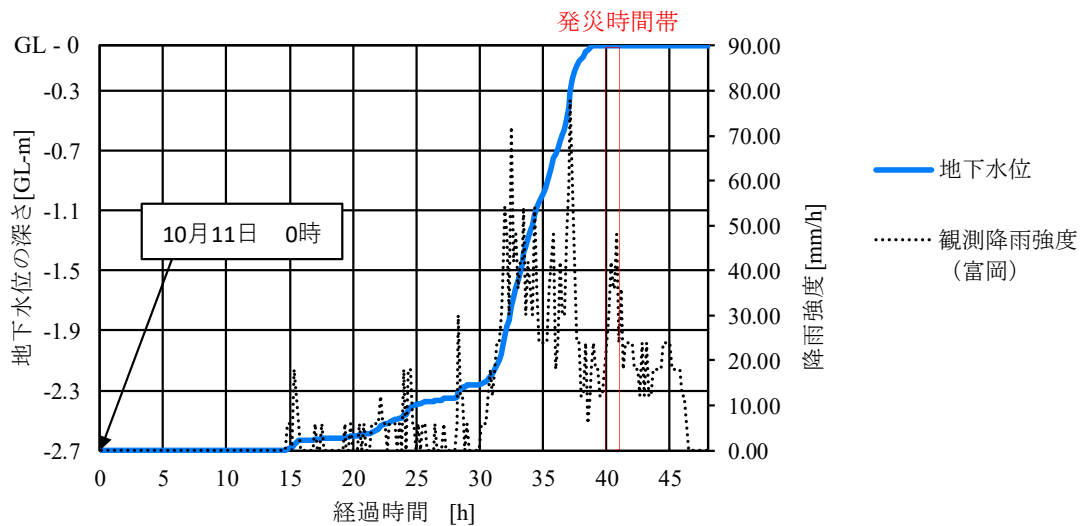


図 8 半無限斜面を仮定した一次元浸透モデルによる簡易な水位予測法（概念図）。

¹ 若井明彦，堀 匡佑，渡邊暁乃，蔡 飛，深津ひろみ，後藤 聡，木村 誇（2019）：有限要素解に基づく斜面浅部の地下水位上昇量の簡易予測式の提案，日本地すべり学会誌，Vol. 56, Special_Issue 号, pp.227-239.



(a) 中砂（透水係数 $k = 1 \times 10^{-4}$ m/s）を仮定した場合



(b) 粗砂（透水係数 $k = 1 \times 10^{-3}$ m/s）を仮定した場合

図 9 不透水面（風化軽石層 GL-2.7m）上の地下水位変動の予測結果（傾斜 20° ）.

発災時間帯よりやや前の時間帯において、地表面まで完全飽和している可能性が示唆された（二種類の砂の仮定いずれも）。この時刻を過ぎてからの降雨はほとんどが斜面の表面を流れる表流水となったことが考えられる。

発災の要因（推定）

(1) 素因

- ・地質的および土質力学的な視点

大量の降雨水は表面からの浸透および地下水の供給によって、表層付近の不飽和土層の水分を増加させ、その重量ならびに滑動力を増加させるように寄与した。

固結層の直ぐ上位に、地表傾斜とほぼ並行した白色の薄い風化軽石層が挟在しており、降雨中はさらにその上位の軽石層（未風化部）内での滞水と水圧上昇が顕著だったと考えられる。この難透水の風化軽石層は非常に軟らかく、未風化の軽石層との剛性差が大きく、上方から伝達される滑動力に屈する形で次第にせん断ひずみが同層付近に累積し始め、最終的にはすべり面が局所化して形成された。

風化軽石層は極めて鋭敏な強度特性を有し、同層内のせん断変形の集中が開始するとともに急速にひずみ軟化（強度低下）して、表土層からの自重に起因するせん断力を支持できない弱強度状態に至り、やがて移動し始めた土塊のすべり速度を抑制する抵抗力をほとんど発揮できないまま、その高速移動を許した可能性が高い。

そもそもこのような軟弱かつ鋭敏な地層が斜面勾配とほぼ並行して残存しえたのは「ここが緩い斜面であったから」である可能性がある。より急傾斜の箇所においては風化層が形成されたのちの長い時間の経過の中で経験してきた過去の極端気象や大地震の際に淘汰されてしまった可能性が高い。

(2) 誘因

- ・記録的に多量の降雨量と表流水・地下水の集水傾向

（※気象台・県・国等による近隣の実測雨量を参照）

表流水の移動速度は地表面の勾配と粗度に強く影響を受ける。現場斜面の上方には広大な段丘面（主に畑）があり、経験したことのないほどの大量の降水によって表流・浸透しきれない表流水が段丘上の裸地に顕著に滞水したことが考えられる。やがて水深を増した表流水は段丘の肩から外縁斜面を一気にこぼれ落ちはじめ、それが持続的な流下となった。

なお、一般に表流水は流下しやすい地形条件（集水地形等）の箇所を選択的に集中流下する傾向がある。例えば、段丘肩の遷急線の中の凹状箇所、段丘上の水路や道路が崖に向かって通じている箇所、肩の下にある斜面が周囲に比べて植生が低いあるいは凹状・沢地形をしている箇所など、がこれにあたる。

段丘肩から勾配のある斜面に遷移する部分で表流水の流速は急増するため、この部分（段丘肩）での浸食が急速に進行したことが考えられる。浸食で消失した表土がいったん亀裂・陥没を形成すると、そこからさらに急激に雨水が直接内部浸透をはじめ、地下水位の増加を助長した可能性がある。以上と同時に、背後から地中を浸透してくる地下水も同様に斜面内に集中したと考えられる。



提供：国土交通省 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所

要因に該当する斜面をスクリーニングする可能性

(1) 素因に関連して

今回のような地質的特徴を有する斜面を広くかつ簡易に洗い出す有効な手法は現在まだない。逐一、斜面内をボーリング調査するわけにはいかない。

ひとつの可能性としては、地形的特徴と地層構造との相関分析などを行うことを通じて、周辺域の段丘周辺緩斜面における風化軽石層の存在可能性をランク付けすることくらいはできそうか（軽石の降下範囲、風化層の存在条件、流れ盤様に挟在する条件）。いずれにせよ、短期間で出来るような代物ではない。

(2) 誘因に関連して

今回のような極端に大量な降雨の際、通常の地下水浸透による水圧上昇のみならず、表流水の影響が無視できない。広い段丘（畑などの裸地）の肩に隣接する緩斜面を地形解析からスクリーニングすることならば比較的容易にできるかもしれない。

段丘の肩に隣接する緩斜面に近接した住宅

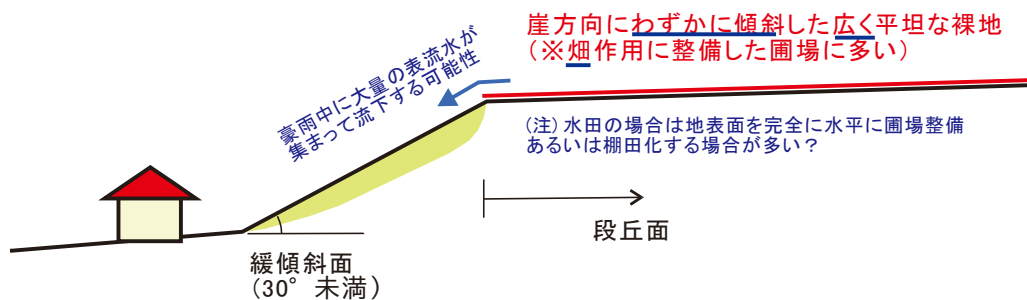


図10 表流水の集水性の観点から今回の斜面と類似した特徴を有する箇所の抽出。

以上

群馬県西毛（せいもう）地区の地すべり

小林 豊（日本サーベイ株式会社）

1. はじめに

群馬県西毛地区や嬬恋地区では、令和元年 10 月 11 日から 12 日にかけて、台風 19 号の通過に伴い豪雨に見舞われた。図-1 に甘楽町小幡雨量観測所における時間雨量変化を示す。10 月 12 日は朝 8 時から夜 10 時にかけて時間雨量 20mm 以上の強雨が連続し、午後 1 時には最大時間雨量 52mm を観測している。この降雨により、ほぼ 1 日で 500mm 強の豪雨となった。このような豪雨は平成 19 年 9 月の台風以来であるが、このときの雨量は 3 日間で 500mm 程度の雨量であったのに対して、今回は同程度の雨量を 1 日で生じている。

この豪雨により、群馬県内では各地で災害が発生した。災害の特徴としては、短期間での集中豪雨という特徴から、河川護岸の被災が多く認められた。山間部では道路谷側での崩落といった、地表部表流水の影響によるものが多く認められた。

比較的大規模な土砂災害としては、熊本県でJR 吾妻線に土砂を流出させるような表層崩壊が複数発生している。また、富岡市内匠では緩傾斜面で地すべり性崩壊が発生し、3 名が亡くなっている。溪流からの土石流も下仁田や甘楽町、藤岡市上日野で発生しており、上日野では1 名が亡くなっている。地すべりは、西毛地域で発生が確認されており、本稿では、富岡市、甘楽郡甘楽町で発生した地すべりについて報告する(図-2)。

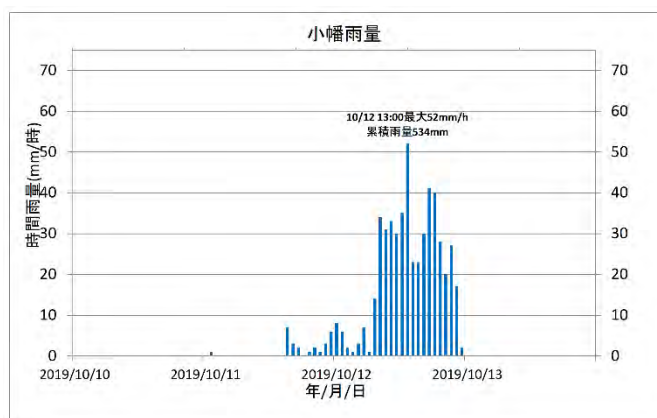


図-1：小幡雨量観測点の時間雨量変化

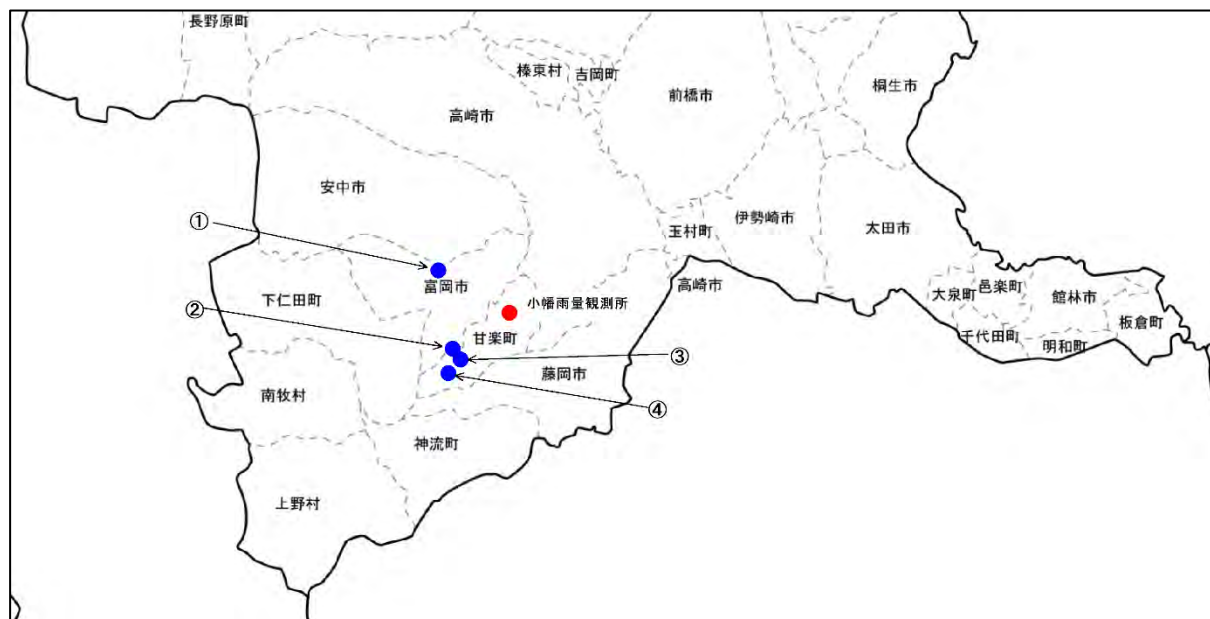


図-2：地すべり発生位置図

2. 地すべりの概要

2.1 富岡市上黒岩(図-2 の①地点)



富岡市道 2233 号線の斜面で幅約 70m 奥行き約 100m の範囲で地すべりが発生した(写真 1-1)。基盤地質は、新第三紀堆積岩類である。頭部には約 10m の滑落崖が形成され、直下には水溜りが形成されている(写真 1-2)。市道は約 10m 移動している(写真 1-3)。移動土塊は地すべり頭部方向に傾動している(写真 1-4)。末端の農地及び農業用ため池では隆起、押し出しが認められる(写真 1-5)。

写真 1-1：地すべり全景(2019 年 10 月 16 日撮影)



写真 1-2：頭部滑落崖と直下の水溜り



写真 1-3：富岡市道の被災状況



写真 1-4：地すべり地内の斜面の山側への傾動



写真 1-5：末端部の隆起

2.2 甘楽郡甘楽町秋畑(藤田峠)(図-2 の②地点)

一般県道秋畑富岡線の藤田峠の甘楽町側の斜面で、幅約 80m 奥行き約 100m の範囲で地すべりが発生している(図-3)。基盤地質は三波川結晶片岩類である。

地すべり頭部には段差を伴う引張亀裂が明瞭に観察される(写真 2-1)。地すべりの上半部では、雁行状の段差を伴う亀裂が断続的に形成されている(写真 2-2)。一方、地すべりの下半部の斜面では、側方亀裂は不明瞭であるが、斜面内に斜面崩壊が頻発している。地すべりの末端では、県道脇のブロック積擁壁及び道路路面の変状が顕著である(写真 2-3、4)。末端部斜面からは、常時湧水が確認されている。応急対策として大型土嚢が設置されている(写真 2-5)。

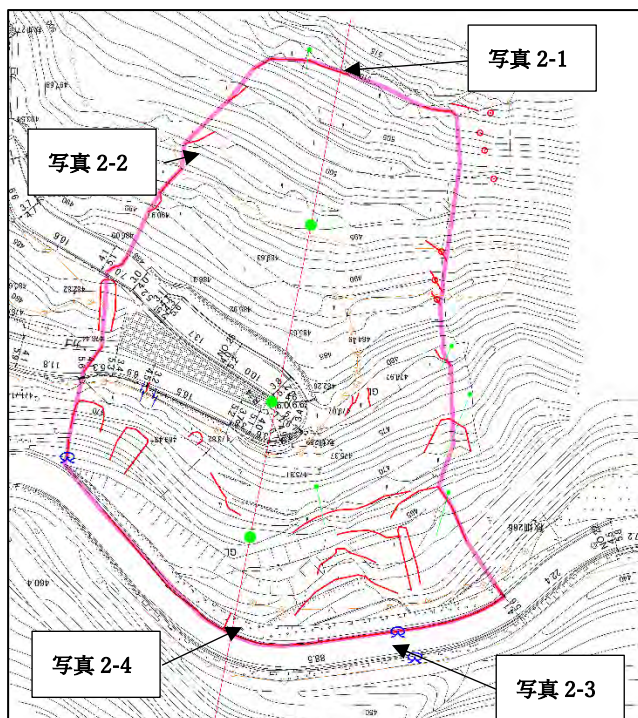


図-3：秋畑富岡線(藤田峠)平面図



写真 2-1：頭部引張亀裂



写真 2-2：側方亀裂



写真 2-3：末端道路擁壁の変状 写真 2-4：末端道路擁壁、路面の変状 写真 2-5：大型土嚢設置状況

2.3 甘楽郡甘楽町秋畑(寄合橋)(図-2の③地点)

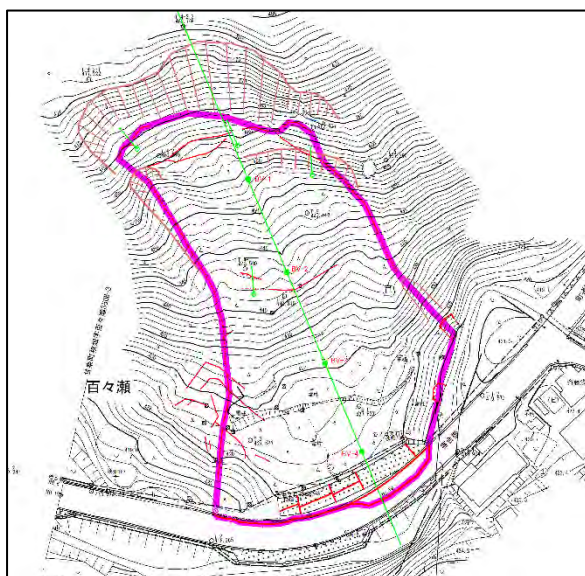


図-4：秋畑富岡線(寄合橋)平面図

一般県道秋畑富岡線の寄合橋付近で、幅約 90 m 奥行き約 120m の範囲で地すべりが発生している(図-4)。基盤地質は三波川結晶片岩類である。

県道脇の擁壁に座屈破壊が認められ、擁壁下方の道路路面の隆起が発生している。地すべり頭部には、引張亀裂が断続的に発生している。

地すべりの側部には断続的に亀裂が確認される。

地すべり範囲の上半部斜面の樹木は山側に傾倒しており、側方亀裂に沿って特に顕著である。

2.4 甘楽郡甘楽町秋畑(河振) (図-2 の④地点)

主要地方道富岡神流線の河振地区において、幅約 35m奥行き約 65mの範囲で地すべりが発生し、県道及び甘楽町道が被災した(写真 4-1)。県道は約 2m川側に移動している。基盤地質は御荷鉾緑色岩類である。頭部及び側部には明瞭な段差を伴う亀裂が連続している。末端部では、一級河川雄川との兼用護岸が破壊している(図-5)。当該箇所は、農林水産省所管の地すべり防止区域「河振地区」の末端斜面に相当する(写真 4-2)。



写真 4-1：地すべり全景写真(2019 年 10 月 16 日撮影)



写真 4-2：河振地区全景写真



図-5：河振地区地すべりによる変状

3. まとめ

令和元年 10 月 11 日から 12 日にかけて、台風 19 号による豪雨で、群馬県内では多くの土砂災害が発生し、群馬県の南西部(西毛地区)では、地すべり災害も発生した。

現在、これらの箇所は、地すべり調査が実施されている状況であり、復旧に向けた準備を進めているところである。

本稿作成にあたり、資料の公表について群馬県県土整備部に便宜を図っていただいた。ここに深く感謝いたします。

神奈川県相模原市緑区牧野（まぎの）地区の斜面崩壊における 搜索救助活動-現場の実態と科学技術の役割-

Search and Rescue Activity in Area Affected by a Landslide in Magino, Midori Ward, Sagami-hara
City, Kanagawa, NE Japan

-Actual Situation and Role of Science and Technology-

新井場公德（消防研究センター）＊・土志田正二（消防研究センター）

Kiminori ARAIBA (National Research Institute of Fire and Disaster) & Shoji DOSHIDA (NRIFD)

キーワード：崩壊、土石流、生存者、搜索救助、令和元年台風19号

Keywords: Slope failure, debris flow, survivor, search and rescue, Typhoon Hagibis

1. はじめに

2019年台風19号は東日本各地に被害を生じた。このうち神奈川県相模原市緑区牧野では、土砂災害が発生し2名の方が無くなった。消防研究センターでは、相模原市消防局の要請に基づき、現場の安全管理等に係る技術援助を実施した。本稿では、その内容を報告するとともに、これまでの同様な技術援助の経験を踏まえ、土砂災害地における搜索救助活動の現状と技術の果たすべき役割について私見を述べる。

土砂災害は平均して年間約1000件発生し、被害家屋は約300軒¹⁾という我が国の主要な災害の一つであるが、その対応については、個々の消防機関に経験が少ないことが多く、苦慮することが多い。平成26年度に消防庁「救助技術の高度化等検討会」では、1隊での活動から関係機関終結後の活動まで、時系列に沿って土砂災害時の救助活動のあり方について整理した²⁾。さらに本年度の同検討会では、より現場活動を意識した安全管理や活動方法について具体的に検討を行った³⁾。また、これらを参考にし、各消防機関においても活動要領などの作成が行われており、土砂災害時の消防機関の対応について、一定の共通認識が醸成されつつあるところである。このほか、消防庁の競争的資金を活用して、消防活動の特性に適応した警報装置の開発も実施されており⁴⁾、土砂災害への対応力の向上は近年、消防機関から注目されている。

消防研究センターでは、土砂災害地において6回、安全管理に係る技術支援を実施してきた^{5)~9)}。これらを通して、斜面災害の防止や対策工事関連の我が

国の高い技術が、より迅速で早い搜索救助活動のために活用できるのではないかと考えている。特に、再度の崩落や、掘削などに伴う地盤の崩れなどに対する安全性の管理と素早い掘削などの効率的な活動に貢献できるのではないだろうか。

救命救助活動は、迅速に実施する必要があること、調査を十分に行う時間がないこと及び軟弱な地盤などの環境の悪さがあることから、防災工事の技術をそのまま救助活動の現場に適用することは難しい。本稿では、今回の技術支援において観察したこと、考察の経過及び判断の内容を事例として報告する。このような現場に技術がどのように活用できるかについて皆様のご意見を頂ければ幸いである。

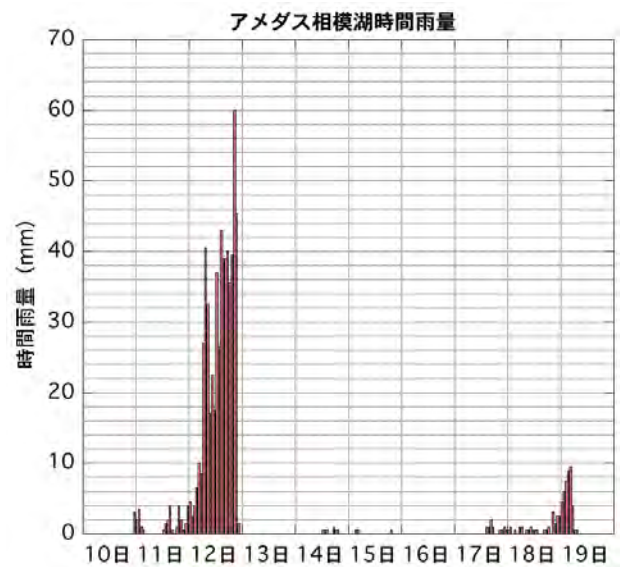


図1 災害発生前後の降雨状況（アメダス相模湖）

2. 災害の概要

対象の災害は、2019年10月12日神奈川県相模原市緑区牧野で発生したもので、消防機関の覚知は21:46(119番通報)である。このときまでのアメダス相模湖の総雨量は629.5mm、19～20時の時間雨量は60.0mm、20～21時の時間雨量は45.5mmであった(図1)。

図2は現場周辺の地理院地図である。図の十字がある建物が被災した。この建物は周囲に比して緩斜面に立地している。緩斜面は建物周辺から下部(南東)に向けて尾根地形であるが、上部は等高線が北西に凸である。また、道路はこの区間だけ南東に凸となっている。以上のことから、過去に土砂移動があった場所である可能性が考えられた。二次災害の想定シナリオの一つとして、地すべり地であることも想定しておく必要があることを事前に確認した。

図3は土砂災害警戒区域の指定状況である。緩斜面であったこともあり、崩壊した範囲及び流走した範囲は警戒区域及び特別警戒区域のいずれにも該当していない。道路から下の今回の災害の堆積域にあたる領域は、溪岸斜面を考慮したとみられ、警戒区域の指定がされている。

図4は10月15日にドローンで撮影した現場の状況である(7枚の写真を貼り合わせたもの)。写真左の斜面上部で崩壊が発生し、写真右の道路の脇にあった住家、倉庫及び車庫を流し、写真右端の谷間に流出し堆積した。家屋で2名の住民が土砂に巻き込まれた。



図2 災害発生場所の地形図(地理院地図)



図3 周辺の土砂災害警戒区域指定状況

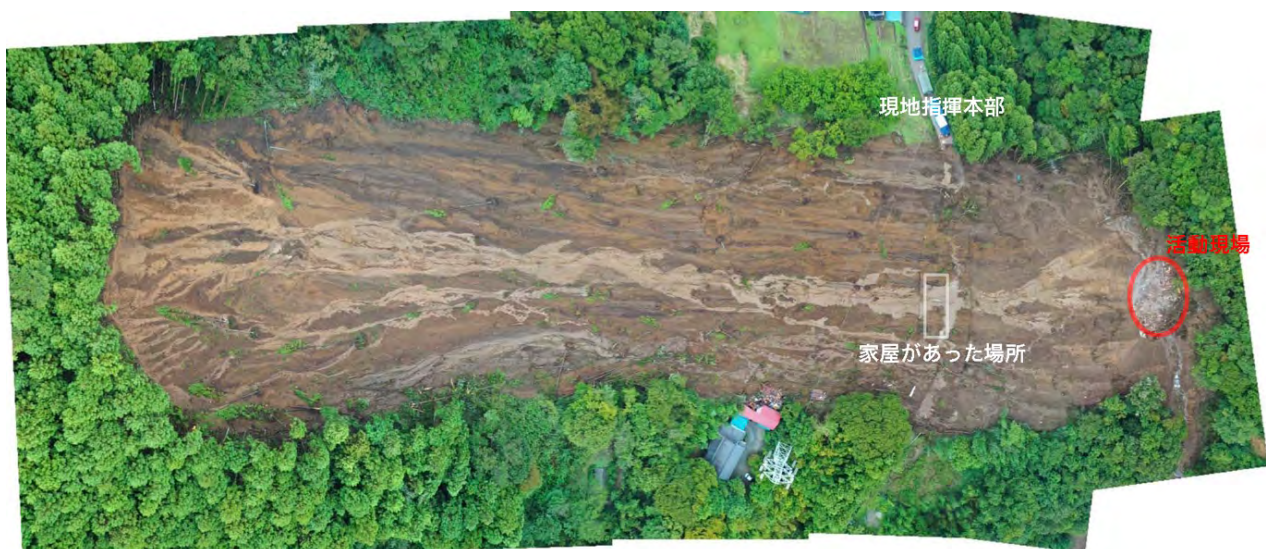


図4 災害発生場所周辺のモザイク写真(10月15日撮影)

3. 現場の状況

図5は源頭部の10月14日12時ごろの状況であるが、地下水は流出しきっており、後背斜面にも亀裂等は見られなかった。図6は流走域（道路付近）から源頭部方向の10月14日14時ごろの状況である。元々の地表の根茎が見えており、このあたりでは浸食はほとんど無かったと評価できる。

図7は建物のガレキが堆積した堰堤周辺（図3の”活動現場”）の10月14日11時ごろの状況である。地表に建物のガレキと泥が混ざって堆積しているのが見える。地理院地図によれば、沢には堰堤が6基設置されており、そのうち上流から5基目に土砂のほとんどが捕捉された。また、一つ上流のものにも土砂が堆積し、その上流には池が出来ていた。

ドローンによる空撮画像に基づく SfM と地理院地図のデータから作成した災害前後の断面を図9に示す。



図5 源頭部の状況（10月14日12時頃）



図6 道路の少し上から源頭部方向（10月14日14時頃）



図7 建物のガレキが堆積した場所の状況（10月14日11時頃）



図8 図7の上流にある堰堤の堆積土砂（この奥に湛水）（10月14日11時頃）

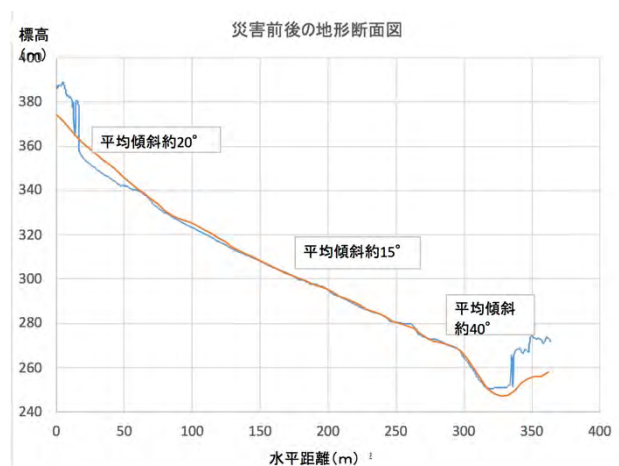


図9 地理院地図と SfM（10月15日）による災害前後の断面図

4. 搜索救助活動の内容

土砂災害による生き埋めなどの大規模な災害時には次のような対応が取られていく。

- (1) 現状の把握: 何がどういうサイズで起きたか、誰が被災しているか
- (2) 搜索範囲の設定: 要救助者はどこか
- (3) 搜索活動の方法: どこへ、何人、どの隊を派遣するか。何を持っていくか。応援要請するか。
- (4) 安全管理の方法: これから何が起きそうか。どこをどう警戒するか。どう統制するか。
- (5) 活動の実施: 人員ローテーションや資機材の搬入など資源管理

4.1. 現状の把握

家族や周辺住民への聞き取りにより、2名の方がほぼ確実に家にいたと推定され、土砂に巻き込まれたものと評価された。携帯電話の呼び出しに対して、一度は呼び出しが出来たが応答はなく、すぐに圏外になったこと、家が跡形もなく流されていることから、家屋のガレキの堆積域が主な活動範囲になると判断された。土砂災害は家屋跡から見える斜面で発生していたことから、災害の規模感はすぐに現場指揮者は理解できたとのことである。

4.2. 搜索範囲の設定

一般に土砂災害では、建物のあった位置の状況を確認した上で、家屋や自動車などが堆積している場所から搜索に着手する。この災害では、沢の下流の偵察によれば、図7の堆積域よりも下流には家屋ガレキが見つからなかったことから、搜索対象は図7の堆積域とされた（近隣の応援消防隊を得た後に下流を再搜索したところ、数カ所で人工物を認めたが、少量であったことから、検索のみ行われた。）住民の方によれば、溪流の堰堤の深さは7mあったとのことであり、土砂は深いところではその程度と見積もられた。また、消防研が実施したドローン画像からのSfMと地理院地図の標高差から、深いところで5m程度と見積もられた。

4.3. 搜索活動の方法

搜索現場は水に飽和した泥とガレキ、倒木が混在し、岩は少なかった。布団などの生活痕跡が集中している場所も見当たらず、また3台あったはずの車両は見当たらず、ガソリンの痕跡もなかった。このように要救助者の位置の特定の手がかりはなかったことから、建物のガレキを手当たり次第に人力で除

去することから着手された。ガレキ（柱や壁）や倒木は泥の中に埋没していることから、泥を除去し、ガレキを動かせる大きさに切断し、抜き取って、積み上げ場まで運ぶ、という作業が足下の悪い中で行われた。用いられたのはスコップ、ロープ、チェーンソーなどである。

また、この現場の特徴的なこととして活動現場の上流の堰堤に堆積した土砂が溪流をせき止めていたことから、その水位があがって、わずかとは言え堰堤より高く堆積している土砂（図8）を押し流してることが懸念された。現場の救助隊長の発案により、このせき止めの水をポンプで上げ、中継池を経由して掘削箇所まで送り、放水することで掘削の際に泥を除去するのに活用した。この方策は掘削地点の土砂が堰堤に支持されていたため安全に実行できた。その後は泥の除去が効率的になった。

人力による掘削に並行して相模原市消防局では、重機の活用を検討していた。兩岸が急斜面であったこと、溪流の上流・下流とも堰堤があったことから、消防及び自衛隊の重機隊では進入が困難であった。テックフォースの支援を得て民間の専門業者に委託することとなり、時間を要したものの、図10の経路で作業道を掘削しつつ重機を導入した。安全管理の観点から、この作業道の掘削の期間は溪流内での人力での掘削は停止した。



図10 重機の進入経路(相模原市消防局作成)

4.4. 安全管理

相模原市消防局では以前から土砂災害対応に関する訓練・研修に取り組んでおり、二次災害の危険性には配慮した活動が必要であることが認識されていた。源頭部に対する監視員2箇所2名（図6右上部にそのうち1名が写っている）、道路周辺への監視1名、掘削地点に対する対岸からの監視3名（図7の写真左上部）が配置され、家屋跡地の近くには転倒型の警報器が設置されていた。また、監視の目印とするため、図7の中部に写っているように荷造りテープを倒木などに張りわたし、土砂の変形などの目安としていた。

筆者らが到着時には既にこれらの安全管理体制が整っていたが、全体を調査し、また、溪流の上流への遡行も行い、表1のように評価を行った。この結果に基づき、監視員の増設（上流の湛水の水位）と監視対象の重点化（溪岸の崩壊：図11）が行われた。現地ではドローン画像を印刷したものの上に手書きで示した（図12）。

活動中、次のような活動停止と緊急退避があった。

①監視員が溪岸で地下水が湧き出しを発見した。

→ドローンで確認したが伝送画像では確認できず。

近寄って観察したところ、ぼたぼたと約2秒おき



図11 監視対象とした溪岸（10月14日17時頃）

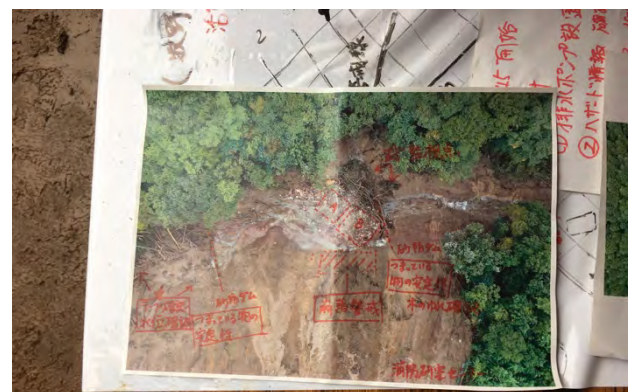


図12 監視対象等の配置図（現地指揮本部）

表 二次災害の発生機構¹⁰⁾と牧野地区における評価

発生しうる事象	蓋然性	影響の度合い	対策（10/14）	対策（10/20）
斜面の再崩壊	小 ○尾根近くから落ちて ○亀裂等なし ○湧水なし	小 ○地表水なし→おそらく到達しない	・流送域の中流から目視監視 ・流送域に警報器設置	・流送域に警報器設置（増設）
堆積土砂の再移動 溪岸の崩壊	中 ×土石流堆積物の上に岩 ×地下水が湧いた痕跡？ ×地形図から過去の移動？	大 ×退避時間が無い	・対岸からの目視監視（湧水、落石） ・活動地点からの目視監視（湧水、落石）	・活動地点からの目視監視（湧水、落石）
掘削箇所の崩壊	小 ○堰堤が支持している ×極めて軟弱	大 ×退避時間が無い	・流路の付け替え時は一旦隊を引き揚げる	
アプローチの危険（上流の湛水）	小 ○水は流れている ×土砂は堰堤よりも高く堆積	中 ×退避時間が無い（途中から） ○排水（掘削に活用）	・右岸小高い場所から水位の監視 ・活動地点から堰堤上の土砂の監視	・ポンプ操作員による水位監視

に水が垂れていた。おそらく重点化によって見つかったもので、30分観察しても滴下の頻度は変化しなかったことから、活動を再開した。

②活動地点の監視員が上流の堰堤の荷造りテープが動いたのを見た。

→夜間(22時頃)であり十分な確認が出来なかった。照明不足で周辺状況の確認が困難であり活動を中断した。翌朝確認したところ、堰堤上の土砂が幅1m程度で崩れたものと判明した。

③活動中に大量の水が出てきた。

→滝のように水が出ていたので不審に思い、上流に簡易水道の設備があったことから問い合わせたところ、栓を開けたとのことで、流出家屋のところで漏れたものであった。

4.5. 活動

主に人力での捜索が行われた初期には、掘削は極めて不効率であった。現場の溪間は狭く、またそこへ至るルートは泥濘の急斜面であり、板等を活用しても移動が極めて困難で、緊急退避に時間を要する環境であり、一回に投入できる人員に限りがあった。そのため、隊員の入退出管理が厳重に行われていた。隊員は次々に入れ替わるが、活動の割り振りなどは手書きの図で認識の共有が成されており、しばらくして地図や画像の活用が行われた(図13)。

図14に現地指揮本部から見下ろした上流の堰堤(土砂の堆積に伴う湛水が写真左隅の林内にある)の状況を示す。写真手前の急斜面の登坂下降は労が大きく、ポンプ、消防ホースや燃料等の重量のある資機材の搬入は困難を極めた(陸上自衛隊との強固な連携によった)。

3月18日には降雨があったため、あらかじめ活動停止基準について相模原市消防局から相談があった。図15のスネーク曲線を作成した(相談時は縦軸0、横軸200mm付近)。災害時が発生したときに対して、短期雨量で120、長期雨量で380(=580-200)程度の猶予があると見られた。最悪の想定としてこれから降る雨が全て両方の実効雨量に作用したとしても、100ミリ程度の雨であれば、災害を起こした斜面は発生時の水理条件には至らないと評価できた。一方、溪岸については新たに露出した斜面であること、現場上流の湛水の進行もあることから、より慎重に判断すべきと考えた。このような不確実性の元での安全の余裕の見込み方は著者の知る限りでは整理され



図13 現地指揮本部の状況



図14 上流の湛水からの送水ポンプの設定作業

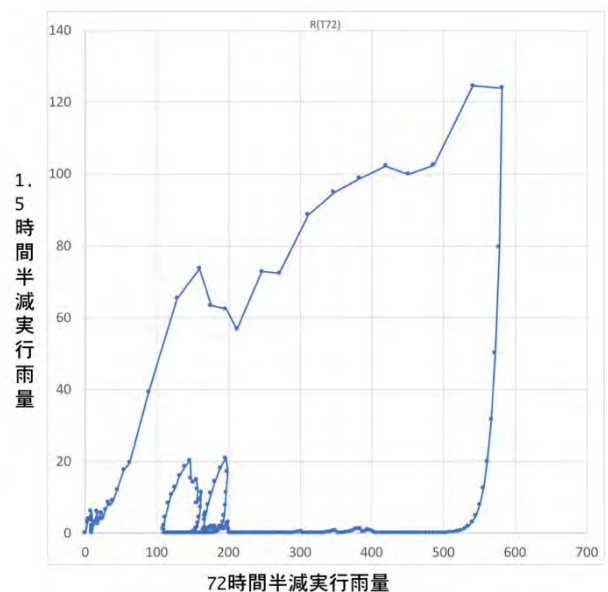


図15 相模湖アメダスデータのスネーク曲線(2019年10月10日~10月22日)

たものはない。想定されるハザードがかなり高い確率で人命となることを考えて、仮に5倍の余裕を見るとき連続雨量 20 ミリとし、時間雨量としては10 ミリとした。

5. 土砂災害での捜索救助活動に係る課題と技術に係る考察

今回の活動を通して考えた、捜索救助活動現場において解決したい技術的課題について述べる。皆様の経験と知見を頂けると幸いである。

5.1. 安全管理に関すること

①二次災害を起こすメカニズムの検出方法

このような現場における二次災害を引き起こすメカニズムは、さらなる降雨や地震の他、露出後の強度の低下（スレーキングや膨潤）、木の根や粘性土などの遅れ破壊、地下水の流動が考えられる¹⁰⁾が、これらのメカニズムを起こしやすい土質、地形及び水理条件を検出する方法が確立されていない。客観的な技術が必要であると考えている。今回の例で言えば、上流の湛水や活動地点すぐ脇の溪岸の警戒が特に重要と考えられたが、現場隊員にはその絞り込みは難しいと思われる。

②三次元データのいち早い取得と分析技術

①と関連するが、斜面の安定性や土砂の流動性に強い影響を与える斜面の傾斜をいち早く知り、それに応じて二次的な崩落の危険性や発生した場合の流走範囲を推測する技術があれば、活動範囲の規制などより合理的な安全管理が可能となると考えられる。

③斜面や土砂の流動に対するセンサの開発

消防庁が開発した監視装置⁵⁾は傾斜の累積により警報がなるものであるが、消防隊員でも設置・運用できたが、閾値（特に日射下において）の設定に課題が残った。傾斜計を扱う技術者は、何を持って異常と判定しているのか、皆様の知見を賜りたい。

④再度の降雨時の停止基準に対する考え方の整理

降雨による活動停止の基準、再開の基準について、過去の事例などを蓄積して、より合理的な設定方法を検討していくことが必要である。

5.2. 活動能力の向上に関すること

①軟弱地盤上の掘削技術

近年の計測制御技術の発達を応用して、報告したような作業内容及び地盤環境で用いることが出来る掘削技術は実現できないものであろうか。

②泥濘の急傾斜地を登坂下降する技術

①とよく似ているが、この災害現場では現場進入と離脱に苦労が多かった。泥濘な急斜面の登坂下降技術或いはそれを容易にする仮設構造物などがあればご教示頂きたい。

③要救助者の発見に関する技術

古くから言われている夢のようなことであるが、このような環境下でも信頼性高く機能する要救助者の探索装置の開発は多くの消防関係者の期待するところである。特に、生存の可能性を考慮すると、呼吸空間が確保されている、水で飽和されていない隙間を見つけることが鍵となる。そのような隙間が多い場所を探す技術があると有効である。

6. おわりに

一つの事例ではあるが、災害現場における救助活動の実態について報告し、その中で必要とされている技術的な課題を報告した。今後、学会員の知見や技術により、人命を救う技術が開発されることを期待したい。皆様からのご意見を心よりお待ちしております。

謝辞

現場では相模原市消防局の皆様のお世話になりました。記して感謝します。

文献

- 1) 国土交通省：平成 29 年全国の土砂災害発生状況
<http://www.mlit.go.jp/common/001021024.pdf>
- 2) 消防庁：平成 26 年度救助活動の高度化等検討会報告書 土砂災害時の救助活動のあり方について、平成 27 年 3 月
- 3) 消防庁：令和元年度救助技術の高度化等検討会報告書 土砂災害時の効果的な救助手法について、消防庁、令和 2 年 3 月
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/post-52.html
- 4) 消防庁：
https://www.fdma.go.jp/mission/develop/item/H30_seika_osashi.pdf
- 5) 新井場公德・土志田正二・佐伯一夢：2014 年 8 月広島市において発生した降雨停止後の土砂災害の要因と土砂災害時の活動の安全確保に関する

- る考察、消防研究所報告、第 121 号、pp. 1-8 (2016)
- 6) 消防研究所：斜面崩壊現場の二次崩壊危険度予測手法に関する研究報告書、消防研究所研究資料第 70 号、平成 18 年 3 月
- 7) 新井場公德・田村裕之・杉井完治・喜多洋樹：岩手・宮城内陸地震における斜面災害地での技術支援について、消防研究所報告第 106 号、pp. 6-16 (2009)
- 8) 新井場公德・土志田正二・尾川義雄：土砂災害地での応急対応活動における危険性管理、日本地すべり学会誌、第 54 巻 2 号、pp. 10-17 (2017)
- 9) 新井場公德・土志田正二・佐伯一夢：2014 年 8 月広島市において発生した降雨停止後の土砂災害の要因と土砂災害時の活動の安全確保に関する考察、消防研究所報告、第 121 号、pp. 1-8 (2016)

公益社団法人日本地すべり学会関東支部
令和元年台風第 19 号による斜面災害に関する論文集

令和 2 年 5 月 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:msa@fcri.co.jp

©2020, Printed in Japan ISBN: 978-4-902628-15-9

ISBN: 978-4-902628-15-9

公益社団法人日本地すべり学会

The Japan Landslide Society



Kanto branch

令和元年台風第 19 号による斜面災害に関する論文集

令和 2 年 5 月 公益社団法人日本地すべり学会関東支部発行

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