

□平成30年北海道胆振東部地震による土砂災害地における搜索救助活動の危険性評価

消防研究センター 新井場公德、土志田正二、佐伯一夢、清水幸平

1. はじめに

2018年9月6日3時8分頃発生した北海道胆振東部地震（M6.7）により、厚真町で震度7など、北海道胆振地方は強い揺れに見舞われた。特に震源近傍の厚真町では広い範囲の斜面が崩落し、死者41名などの被害を生じた¹⁾。消防研究センターでは、土砂災害が広い範囲で発生しているという状況から、搜索救助活動における安全管理に対する技術的助言のため研究官を派遣した。本稿では、その内容を報告する。

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²⁾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、対応に苦慮することが多い。平成26年度の「救助技術の高度化等検討会」では、土砂災害時の救助活動のあり方について検討され、基本原則のほか、救助隊一隊での活動から関係機関集結後の活動まで時系列に沿った安全管理や活動体制、連携のあり方などがまとめられている³⁾。また、当該報告書を参考にして、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。

土砂災害現場での救助活動では、当初の災害後に再度土砂災害が発生することがあり、また、掘削などの作業に伴う地盤の崩れなども発生することもあることから安全性の管理及び効率的な活動が求められる⁴⁾。消防研究センターでは、表1の土砂災害において、安全管理に係る技術支援を実施してきた^{4)~8)}。これらの経験から、著者らは、

表1 土砂災害に係る消防研究センターの技術支援の実績

災害	助言の内容
2004年中越地震	妙見崩壊地での救助活動における、二次的崩落の危険性（土木研究所の後を引き継いだもの）
2006年長野県岡谷市土石流災害	湊6丁目の土石流災害地での救助活動における、二次災害の発生危険性、監視場所及び監視対象、緊急待避にかかる猶予時間、降雨時の活動停止の基準、避難勧告の発出範囲
2008年岩手宮城内陸地震熊倉崩壊地	2箇所崩壊地での救助活動における、二次的崩落の危険性の評価、地下水の湧出量増に伴う退避の助言、立ち入り危険箇所の指定、監視場所、監視対象及び退避範囲の指定、
2014年広島市土石流災害	「山が動いている」という通報に対するヘリコプタによる確認、保育園の安全性に関する助言
2016年熊本地震	3箇所崩壊地において、二次的な崩落の危険性の評価、監視場所及び監視対象の指定、変状の監視、降雨時の活動停止の基準、降雨後の活動再開の判断
2018年北海道胆振東部地震	吉野地区、富里地区、幌内地区における搜索救助活動における、二次災害の発生危険性の評価、降雨時の活動停止基準、二次的な出水に対する対応策

消防機関の活動条件、環境及び人的資源の現状に即した土砂災害現場の安全管理のための技術や機材が不足していると感じている。十分な調査及び対策が可能な防災工事とは異なり、消防活動においては、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、我が国の高い土砂災害対応技術が消防活動現場に十分には活かされていない現状がある。その背景には、体系的な安全管理手法が確立されていないことがあると考えられる。

本稿は、そのような手法の確立に資することを目的として、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ものである。

2. 技術支援の内容

図1は、国土地理院が9月6日、8日及び11日に撮影した空中写真から判読した今回の地震によって生じたと考えられる土砂災害の範囲を示したものである⁹⁾。この地域に高い密度で土砂災害が発生していることが分かる。このうち、著者が到着した9月7日7時の時点では、4箇所（吉野地区、富里地区、幌内地区第一現場、同地区第二現場）で行方不明の住民の捜索救助活動が行われていた。本稿では、吉野地区の状況及び幌内地区第一現場について紹介する。

土砂災害現場における安全管理上の着目点については、表2の通りまとめており¹⁰⁾各現場について、地形・地質の確認、発生した土砂災害の深さや機構に関する観察及び考察を行い、この表の各項目について、検

討した。調査に当たっては、ドローン（DJI社製 MAVIC Pro）を活用し、全体像の把握や沢の上流の閉塞の有無の調査などに用いた。

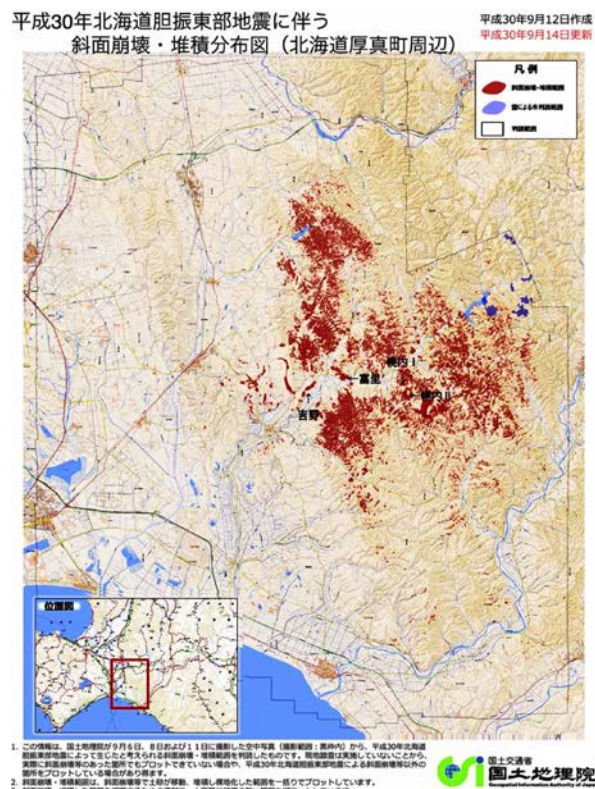


図1 平成30年北海道胆振東部地震に伴う土砂災害の分布（国土地理院作成の図に技術支援を行った救助活動現場の位置を加筆）

表2 土砂災害地における捜索救助活動へ影響を与える事象の評価と軽減策の考え方

発生しうる事象	可能性に影響を与える因子	影響に影響を与える因子	軽減策の候補
斜面の再崩壊	亀裂の規模 地形 土質 余震 地下水	地形 土質 流走域の地下水 距離	活動制限 監視→退避
堆積している土砂の移動	地形 土質 地下水 余震	土砂量 土質 地下水	活動制限 監視→退避 地震警報器等
サイト周辺の掘削箇所の崩壊	地形 土質 余震 地下水	地形 土質 作業状況	活動制限 監視→活動制限 亀裂計・傾斜計等
アプローチの危険	地形 土砂ダム	地形	情報収集 活動制限 (監視→退避)

3.1. 吉野地区

図2に、9月9日にドローンで撮影した吉野地区の状況を示す。丘陵が一面に崩落し、麓にあった13世帯が被災し19人が亡くなった。我々が到着時には12名の方が行方不明であった。全体の活動統制は吉野地区の自治会の見取り図（道路と家の位置の概略に住民氏名が入ったもの）を利用して行われていた。

図3は9月7日の崩壊の源頭部の様子である。斜面は1～2mの深さで崩落しており、滑落崖には図4の通り軽石が噴出した穴が見られたことから、地震動により軽石層の間隙水圧が上昇して液状化に近い状態になったと推察された。すでに地下水は流出しておらず、軽石は乾いていた。崩壊は尾根のすぐ下から発生しており、亀裂は見えるものの、再度崩落する場合でも奥行き数m程度で、土砂量は小さいものと見積もられた。図5は崩壊

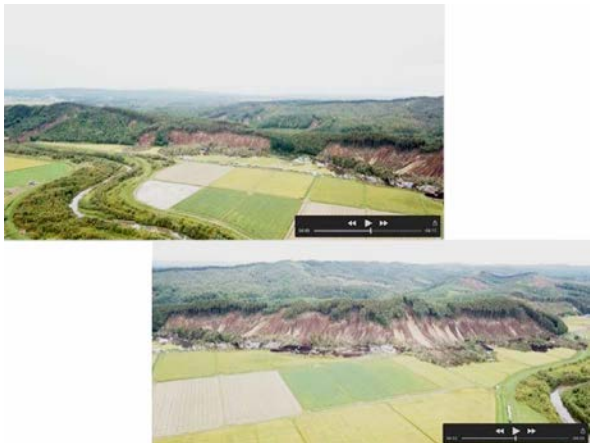


図2 吉野地区の崩壊の様子（9月9日撮影）



図3 吉野地区の崩壊の源頭部の状況

と捜索救助現場の状況である。土砂は土石流のような「流れ」の形態ではなく、「すべり」によって家屋を押しつぶしたように見受けられた。崩落時に発生した間隙水圧によって土砂が乾燥時よりも長距離流走した¹¹⁾可能性が高いと考えられた。

地下水が流失していることから、再び地震動を受けた場合でも、崩落にいたるおそれが極めて低く、また、万一崩落した場合でも、水の影響がないために流走距離が小さいと見られること、さらに、崩落土砂量も小さいと見積もられることから、活動場所への影響はほとんど無く、この救助活動地点については、降雨が無い限りは特段のリスクはないと評価し、現地で活動している苫小牧市及び仙台市の救助隊の隊長に伝達した。



図4 吉野地区の崩壊現頭部に見られた軽石層の噴出口



図5 吉野地区の捜索現場のうちの一つ。左奥に崩壊地が見える。

3.2. 幌内第一現場

図6は幌内地区の二つの救助活動現場のうち、第一現場と名付けられた場所をドローンにより撮影したものである。沢の奥で崩落した土砂が、沢内を流下して集落を襲ったものである。崩落場所へ行って直接観察することは時間がかかることから、ドローンによって観察したところ、崩落場所の地形的な特徴及び崩落メカニズムは、吉野地区と同様であると分かった。また、沢沿いにドローンを飛行させ、沢の中に土砂が水せき止めて場所がないか確認した。これは、そのような場所がある場合には、時間とともに水が増えて土砂を水压で押し流したりオーバーフローして土砂を削ったりしてせき止めている土砂が不安定化し、土石流となって流れ下る現象が発生するおそれがあるからである。この沢についてはそのようなせき止めではなく、活動地点に対する危険性は、軟弱な地盤上で活動する重機の転倒やすべりなど作業に起因するもののみと評価し、現地で活動していた緊急消防援助隊青森県隊長へ伝達した。

ところがその後、帰還のために図左方向へ道路を歩いていたところ、前方から自衛隊員が2名、「鉄砲水が出た」と走ってきた。集落を襲った土砂が流出した沢の隣の沢（図6左端）から泥水が流出してきていた。ドローンで確認すると、沢の上流で土砂が崩落して沢沿いに流送してきたのは第一現場と同じだが、図7のとおり中流部分に2箇所土砂によるせき止めで水がたまっていた。こ



図6 幌内地区第一現場の状況



図7 幌内地区第一現場の西隣りの沢の土砂による湛水の状況

のうち下流側のせき止め箇所から泥水が流出を始めて道路まで到達したのであろうと考えられた。下流側のせき止め箇所は道路から約150m程度離れていた。下流側のせき止め土砂がこの後の浸食の進行によってまとまって押し流されたり、上流側のせき止め土砂が押し流されて、下流のせき止め土砂を巻き込みながら流れ下ることが考えられた。蓋然性については不明だが、これらの現象により人命に影響のある規模の土砂が道路まで到達することは考えられることから、この沢と道路が交わる箇所は危険であると判断し、活動中の隊長にその旨を伝達した。隊長は他機関と情報共有して対策を考えると言うことであった。消防研は、厚真町役場に置かれているテックフォースへ対応を依頼することを要請されたため、この箇所をよけて厚真町役場へ向かった。

4. 考察

土砂災害は、消防機関が日常的に対応している火災や事故とは異なり、影響範囲が広域にわたり、見通しがききにくく、移動がしにくい、地盤の中は見えないという理由から、情報が入手しにくいという特徴がある。その結果として、不確実性の高い情報に基づく判断が必要とされ、時間とともに質及び量とも増える情報をもとに判断を更新していくことが求められる。

4.1. 不確実性

災害の規模（土砂が崩落した場所、大きさ、流走距離、堆積の範囲）、要救助者のいた場所及び現象の状況（火災や事故車両、土砂の分布等）という基本的な「災害状況」は、通常の火災であれば、住宅地図及び現着後の偵察などで把握するが、土砂災害の場合には、住宅地図だけでは状況が把握できず、偵察も前述の特徴によって時間を要する。近年ではドローンによる上空からの把握ができるようになり、天候が許せば早期の概要把握は可能となってきている。一方、地下水の流れの変化や地盤の特徴など、二次的な崩落につながる情報は現在の技術では簡易に知ることが出来ないため、崩落した斜面の山が大規模に崩落することや崩落した斜面に隣接する斜面が崩落することを精度良く予測することは出来ない。必然的に、現場へのアプローチ及び現場土砂への侵入には慎重である必要がある。また、不確実な情報から発生した災害の機構を推察し、その結果及び現在の状況を元に次に起きうる現象を考察するには学術的な知見が必要であり、早に関係機関との連携を構築する必要がある。

情報は時間の経過とともに質量ともに増えるはずである。特に、二次災害の元として警戒が必要な、河道閉塞による湛水については、土砂災害防止法に国土交通省による緊急調査が記載されており、このような情報を積極的に入手することが重要である。

4.2. 生存救出の可能性

雪崩に埋まった人について、時間と共に生存率を調べた研究によれば、図8のように窒息を主体に生存が出来なくなっていく¹²⁾。土砂は雪よりも密度が高いために、衝突時の衝撃力及び埋没時の圧力が大きいことから、土砂災害に見舞われた人は、衝撃による物理的損傷による死亡率はより高く、また、窒息の影響も、より強く現れると考えられる。そのため、土砂に巻き込まれてしまった

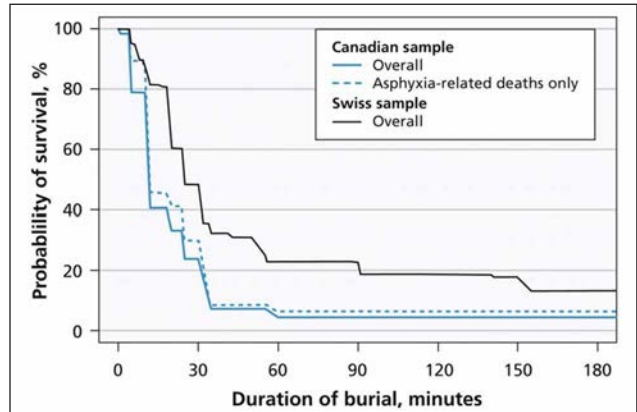


図8 カナダ（青色）及びスイス（黒色）における雪崩に巻き込まれたあとの生存率の変化 青の点線はカナダのデータのうち窒息によるもの¹²⁾

人、特に水のある場所に埋まった人の長期の生存は極めて厳しいといえよう。消防研では土砂災害における生存救出事例について収集しているが¹³⁾ 家屋の屋根の下からのものが多いようで、その他、水の無い岩の間など呼吸が確保できる場所で生存救出がなされている。このことから、生存者を救出するために次のような優先順位が考えられる。

- 1) 災害直後であれば、見える地表を全て検索する
- 2) 屋根、車、家屋痕跡の間などの空間
- 3) 岩などが集まっていて空間が大きく、かつ、水に満たされていない場所
- 4) その他

5. おわりに

土砂災害現場に限らず、大規模な自然災害の現場では、消防機関が通常扱う火災や事故とは異なり、情報の不確実性を考慮に入れる必要がある。具体的には状況の把握、今後の推移に対する考察及び対応の優先付けが重要である。本稿が、土砂災害対応における一つの事例として、参考になれば幸いである。

引用文献

- 1) 消防庁応急対策室：平成30年北海道胆振東部地震における被害及び消防機関等の対応状況（第33報）、消防庁 HP、<http://www.fdma.go.jp/bn/9520145863e888fd7b721b22266dd8c76350ec89.pdf>
- 2) 「平成29年全国の土砂災害発生状況」、国土交通省 HP、<http://www.mlit.go.jp/common/001021024.pdf>
- 3) 「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」消防庁国民保護・防災部参事官付、平成27年3月
- 4) 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）
- 5) 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
- 6) 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）
- 7) 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）
- 8) 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）
- 9) 国土地理院：斜面崩壊・堆積分布図、国土地理院HP
<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30-hokkaidoiburi-east-earthquake-index.html#10>
- 10) 新井場公德・土志田正二・尾川義雄：地震後の土砂災害地での捜索救助活動の危険管理，第55回（公社）日本地すべり学会研究発表会，2016.8.
- 11) 佐々恭二・李宋学：高速リングせん断試験機による地すべり運動時の見かけの摩擦角の測定、地すべり、第30巻、第1号、pp.1-10.
- 12) Pascal Haegeli et al., "Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland", Canadian Medical Association Journal, Vol. 183, No. 7, pp. 789-795, 2011.
- 13) 新井場公德・土志田正二：土砂災害現場における生存救出の可能性に関する考察，第57回（公社）日本地すべり学会研究発表会，2018.8