

□土砂災害対応の安全管理について

消防研究センター技術研究部上席研究官

新井場 公 徳

土砂災害は、我が国では十年間の平均で約1500件発生している¹⁾。災害が発生した場合には、消防機関には、状況を把握し、巻き込まれた方がいないか、被害の拡大の恐れがないか、などを調べる活動が必要となるが、岩、泥、流木による移動障害など、対応に苦慮することが多い。また、豪雨下での避難誘導などの災害発生前の時点から危険性が潜んでおり、安全管理は重要な課題と言える。本稿では、消防研究センターが行ってきた斜面の二次的な崩壊に関する研究、災害現場における技術支援及び消防機関の活動に関する聞き取り調査の結果を踏まえ、土砂災害現場における安全管理のあり方について考察する。

1. はじめに

表1は土砂災害と交通事故について、人的被害の状況を見たものである。土砂災害による死者(行方不明者含む)と負傷者数は、国土交通省が毎年発表している資料から得たものであり、自動車事故の死者及び負傷者数は、警察庁の発表資料から得たものである。これらの値から、人的被害(死者+負傷者)に占める死者の割合をそれぞれ求めた。発生件数に大きな差があること及び調査の方法が同じではないことから、厳密な比較はできないものの、土砂災害の殺傷性の高さが伺われる。そのような災害の特性を踏まえ、災害後の救助活動においては安全管理が重要であると言える。

表1 土砂災害及び自動車事故の人的被害の状況

	土砂災害				自動車事故			
	発生件数	死者(行方不明含む)	負傷者数	死者の割合(%)	発生件数	死者	負傷者数	死者の割合(%)
平成21年	1,058	22	13	62.9%	737,637	4,979	911,215	0.54%
平成22年	1,128	11	14	44.0%	725,924	4,948	896,297	0.55%
平成23年	1,422	85	20	81.0%	692,084	4,691	854,613	0.55%
平成24年	837	24	14	63.2%	665,157	4,438	825,392	0.53%
平成25年	941	53	24	68.8%	629,033	4,388	781,492	0.56%
平成26年	1,184	81	49	62.3%	573,842	4,113	711,374	0.57%
平成27年	788	2	14	12.5%	536,899	4,117	666,023	0.61%
平成28年	1,492	18	15	54.5%	499,201	3,904	618,853	0.63%
平成29年	1,514	24	8	75.0%	472,165	3,694	580,850	0.63%
平成30年	3,459	161	117	57.9%	430,345	3,532	524,695	0.67%
令和1年	1,996	23	12	65.7%	381,237	3,215	461,775	0.69%
令和2年	1,319	21			309,178	2,839	369,476	0.76%
令和3年	972	33	13	71.7%	305,196	2,636	362,131	0.72%
13年間平均	1,393	43	26	63.2%	535,223	3,961	658,784	0.60%

土砂災害の救助活動における危険性は、その規模や発生場所に着目すると、次のように分類できる。

- ①（掘削などを伴う活動中）転倒、転落、重機との接触など動作や作業による事故
- ②（掘削などを伴う活動中）作業による力の変化に起因する土や構造物の局所的な崩壊
- ③（崩壊した斜面直下で活動中）崩壊した斜面の左右上方に隣接する斜面や崩壊した面内に残った土砂の崩壊（転石含む）
- ④（溪流内で活動中）上流にあった土砂だまり（土砂が水流を塞いで上流に池を作ったもの）の崩壊や上流の斜面で遅れて発生した崩壊による土石流

これらのうち、①及び②は作業に関連する（したがって、作業を通じてある程度の制御ができる）危険性であり、③及び④は環境に関連する（したがって、制御の困難な）危険性と言える。ここでは、前者を作業の危険、後者を環境の危険として事例を上げ、安全管理の方法について検討したい。

2. 作業の危険

図1は2008年岩手宮城内陸地震による宮城県栗駒市熊倉の崩壊地での救助活動の様子である。ここでは、崖が再度崩れてくる危険性の他に、次の2つの危険性が考えられた。

- ・急であるが踏み込むと割れてしまう軟弱な凝灰岩斜面における転倒、転落
- ・切断した倒木や掘削土砂を下方へ排除するため、下方にいる隊員にあたる危険
- ・万一崖が再び崩れた際の退避の困難さ

そのため、遠距離からの上方斜面の目視監視、確保ロープの設置、他機関含め斜面内に入る人員の確実な統制及び2方向への退避ルートのロープ設置が行われた。



図1 2008年岩手宮城内陸地震による熊倉崩壊地での救助活動の状況

図2は富山県消防学校が行った掘削訓練の様子である。要救助者に見立てたダミー人形の周辺で掘削の傾斜がきつくなったことから、矢印で示した部分に亀裂が入った。頭を下に入れないように注意喚起した数分後にこの部分は崩落した。なお、田んぼの土と砂が混ざった土質であった。

以上のように、作業の危険は気づくことができれば対策を考えることがしやすい。掘削や切断などの作業について注意が集中しがちであるが、全体をまんべんなく観察し、危険の要素を見逃さないようにすることも必要であり、訓練のときから、そのような役割を担う隊員を（いわゆるコントローラー側の安全管理員の他にプレーヤー側で）割り振ることも有効であろう。



図2 掘削訓練時に生じた亀裂（その後崩落した）



図3 高知県土佐山田町繁藤で発生した地すべり災害の様子（土佐山田町による記録誌²⁾から）

3. 環境の危険

図3は1972年に発生した高知県土佐山田町繁藤における地すべり災害である。この災害では、崩壊に巻き込まれた消防団員を救助活動中に大規模な地すべりが発生し、周辺住民もあわせ40名が亡くなった。当初の崩壊は豪雨の最中に発生したが、地すべりはそれから約4時間後の雨が弱くなってから発生した。

図4は20018年に広島県府中町で発生した土石流の動画（TBSのサイト³⁾から）の1シーンである。この土石流は、災害をもたらした7月7日早朝豪雨から3日後の10日11時頃、晴天の中で突如発生している。原因については明らかになっていないが、林道の盛土の越水による崩壊⁴⁾又は上流にあった土砂だまりが水位の上昇などによって越



図4 2018年7月10日に発生した土石流の様子（TBSのサイト³⁾より）

水決壊し土石流になって流下したものと見られる。このときは河川内で作業は行われていなかったため人的被害はなかったが、もし捜索や河川工事などが行われていた場合には二次災害になったであろう事例である。

2014年8月20日には広島市可部東六丁目で救助活動中の消防隊員の殉職事故が発生した。この事故の状況については平成26年度消防庁救助技術の高度化等検討会に報告されている⁵⁾。土砂の堆積状況から、少なくとも2回の土石流がこの場所に到来しており、救助要請時の土石流と、ちょうど隊員がこの場所に到達したときに発生した土石流

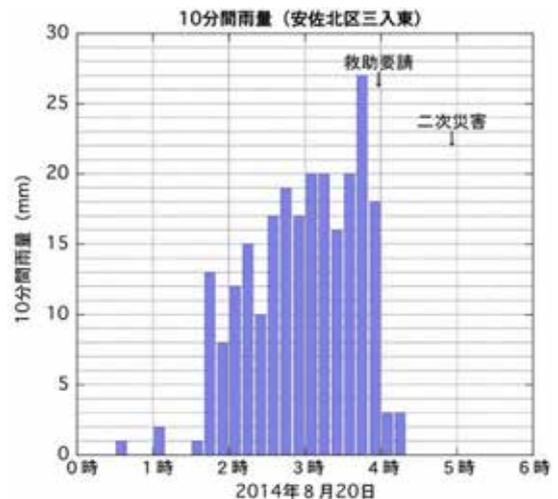


図5 2014年8月20日に発生した可部東六丁目の土石流発生前の雨量状況

に相当すると見られる⁶⁾。このときの降雨の状況を図5に示す。救助要請は豪雨のピーク時にあり、その後雨が観測されない時間が40分ほどある。降雨状況から見ると予測しにくい現象であったと思われる。

4. 安全管理に関する考察

(1) 安全管理のあり方

一般的に降雨による土砂災害では、雨がやんだあとに地表付近や地下の水の排水が進むとともに危険性は減じていくと言えるが、事例に見られるとおり地下水の横方向への移動や深部への浸透に時間がかかり遅れて土砂移動が発生することがある⁷⁾。そのことに留意して安全管理を考える必要がある。

崩れた斜面の直下に入るときには、周辺の斜面に、亀裂や段差、樹木の揺れなどの変状がないか調べ、崖に変状が現れないか、水の湧出量や色に変化がないか監視対象とする。また、落石が地面を叩いた痕跡が多い場合には、変状が続いている可能性に注意が必要である。落石の中には、乾燥によって土の表面張力が減少したり木の根が収縮することにより、二次的な崩壊とは関係なく発生するものも多いが、落石の頻度は斜面の変形の目安になるので記録しておき、増える傾向があれば地すべりを疑う必要がある。

一方、溪流内に入る際には、府中町の土石流のような現象もあることから、上流に土砂だまりがないか注意する必要がある。災害が発生する規模の降雨があった場合、都道府県の砂防や河川などの部局では溪流の荒廃状況の調査などを行うことがあることから、そのような部局に調査の進展状況などを問い合わせることが有効であろう。情報が得られない場合には、上流の橋などに偵察や監視のための隊を派遣することも考えられる。土石流の速度は、秒速30mを超える観測値もあるが、人的被害が発生して消防隊が活動するような場所

では、おおそ秒速10mを見込めばほとんどがカバーできると考えられる。その場合には500m上流に監視要員を置けば、50秒の退避時間を稼ぐことができる。

(2) 監視計器の活用

限られた時間と資材で簡便に扱える監視機器としては、レーザー距離計により対象までの距離変化を監視する機材や、地表傾斜計を複数設置して無線監視する機材がある。設置作業に危険な地域に入るリスクもあるが、継続的に監視ができれば、リスクのある地域に救助活動の隊を派遣する上で安全管理に役立つ。他に、設置には時間を要するが、2つの杭を打ちその間にワイヤーを張り、二つの杭の間の距離変化を高精度に測る伸縮計（地すべり計、移動量計とも呼ばれる）などの計器も土木分野では用いられている。

一般的な土木事業においては、地すべりなどの斜面変状が見つかった場合には、計器による観測が行われることが多い。どの計器をどこに配置するかは、専門業者によって慎重に検討される。消防活動のスケールで完全な配置を実現することは難しいが、例えば図1⁸⁾のような現場で土砂とされている部分で活動を行う場合、隊員を守るといった観点から次のような考え方で設置することが有効と考えられる。

- ・活動地点に害をなす恐れのある不安定そうな土砂（崖よりも上方斜面で亀裂がある場合にはそれより下側（図A～Bの区間））
- ・不安定な土砂の同定が困難な場合又はそこまで行けない場合には、活動地点に来る土砂が通るのであろう場所でセンサーが反応する場所（C）（溪流周辺で活動する場合には、溪流の上流にさかのぼった場所）
- ・言わずもがなであるが、無線式の警報機は無線が届く場所であることを確認する。

図7は、2019年の相模原市での災害時に、傾斜型のセンサーを隊員が設置しているところである。

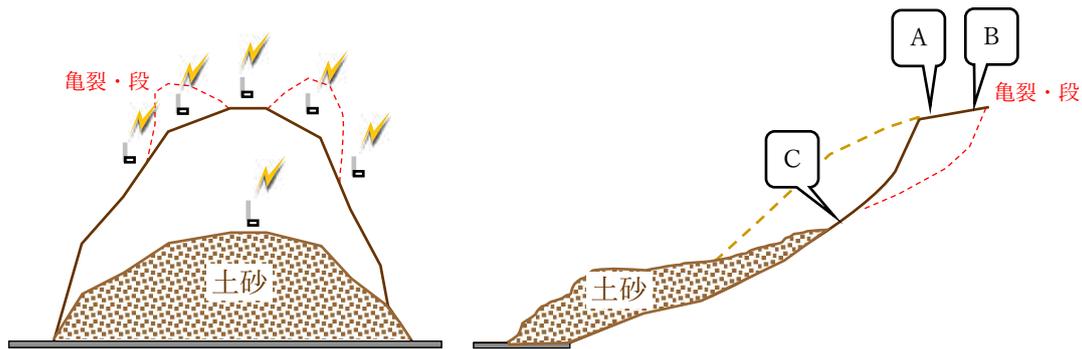


図6 監視装置（多点設置型の傾斜計）の設置場所の模式図⁹⁾



図7 2019年相模原市緑区牧野の救助活動現場におけるセンサー設置状況

この設置場所は次のように選定した。

- ①活動地点（溪流の底）のすぐ脇に急斜面があった
- ②この崖には、硬い岩盤の下に固結度の低い礫層をはさみ、安定性に懸念がある地層構造になっていた
- ③水が湧いていた形跡があり地下水の集まる場所と見られた
- ④この崖は崩れる徴候は見られていないが、万一ゆっくりと変形が進むと危険なので、機械で監視したい
- ⑤崖の上が傾斜のゆるい平坦地になっているので、その平坦地の崖に近いところ（＝斜面の変化が現れやすいところ）にセンサーを設置する
- ⑥指揮所から無線が届くことを確認した
なお、写真の隊員の向こう側が懸念された急崖

になっていて、その下で活動が行われている。

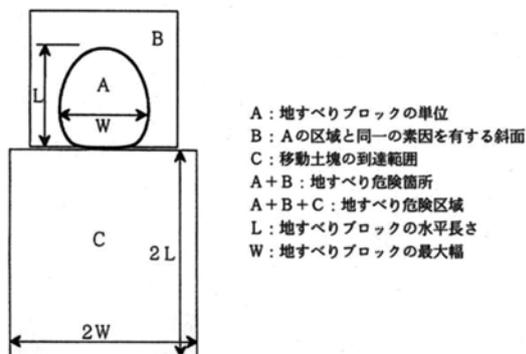
また、土石流に対しては、溪流を横切るようにワイヤーを張り、土石流が通過したときにその切断を検知するセンサーがある。設置に時間を要するが、溪流内での捜索救助活動がある場合には、上流への設置を都道府県の砂防部局に早めに要請することを検討したほうが良い。

(4) 警戒範囲

火災出動においては、火点一巡などの全容把握が早期に求められる。火災に限らず、あらゆる災害対応において、同様のことが言えよう。土砂災害は全容の把握が難しいため、現場の隊は奥行きや広がりを意識して活動を開始する必要がある。

土砂の流送範囲は、同じ土質で同じ規模の崩壊を想定すれば、はじめの崩壊と同じ範囲が一つの目安である。発生することが高い落石や崩れた面の小規模な剥落に対しては、これが適応できる。一方、まれではあるが、災害時の崩落よりも高い斜面が崩落する場合には、より遠くまで到達する可能性がある。また、土砂の規模が大きくなると、広がる範囲も大きくなる傾向があり、この場合も、はじめの土砂よりも遠くまで到達する。なお、崩落した土砂の運動は水の影響を強く受ける。地表付近の水がはじめの災害時よりも少なくなっている場合には、二次的な崩落の土砂の到達範囲は小さくなる。参考までに図8は、住民が安心して生活できるレベルの安全を考慮したものであるが、

少しずつ移動している地すべりに対してどの程度の危険箇所を想定しておくかについての、一つの案として（独）土木研究所が示しているもの⁹⁾である。



(a) 地すべり危険地域の範囲

図8 地すべりの場合の危険区域の見込み方
(消防活動用ではないことには留意)⁹⁾

(5) 専門家の活用

斜面の中の土質の分布や地下水の流れは見えな
いことから、斜面の安定性を考えるときには、安全
のための「のり代」を大きくとることが一般的
である。活動現場の安全性について専門家の意見
を求める場合には、砂防や治山といわれる分野の
研究者や技術者が適当であるが、これらの専門家
は一般的には日常生活を安心して行えるレベルの
安全を考えることに慣れており、統制された組織
が危険に備えつつ活動をするレベルの安全を考え
ることに慣れていないことが一般的である。その
ため、安全側の判断をする傾向にある。より踏み
込んだ安全性を考える必要がある場合には、「こ
この地点までこういうルートで行きたいが、懸念
される場所はどこか、監視しなければいけない斜
面はどの範囲か」などの具体的な設問をすること
により、より消防活動の実態に即したリスク分析
を得る手がかりとなると思われる。

(6) 初動期

最後に特に危険な初動期の安全管理について考
えたい。図9は2018年に発生した土砂災害の現場

の状況である（航空写真は(株)パスコによる）。こ
の災害が発生する直前に、避難の呼びかけのため
に1隊4名の消防隊が矢印の経路にそって斜面を
登ってきた。お宅の玄関で避難を呼びかけたとこ
ろ、住民の方（2名）は避難を決断され、1名が
奥（写真では上方）に荷物を取りに行った瞬間に
崩壊が発生し、家屋が倒壊した（この方は死亡）。
消防隊が登ってきた経路も土砂に覆われており、
少しでも時間が前後していれば、隊員も含めて被
災していたおそれが高い。このようなヒヤリハッ
トは救助活動の高度化等検討会のヒヤリハット事
例にも寄せられている¹⁰⁾。

避難の呼びかけなどの時期から安全管理の体制
を構築することが必要であると言える。そのため
には、管内の土砂災害の警戒区域、特別警戒区域
などを把握しておくこと、斜面に近づく際には一
旦立ち止まって状況を把握することや万一の際の
行動規範の申し合わせなどしておくことが有効
であろう。

なお、異常に気付いても逃げきれなかった事例
もある。「何かをしながら」では災害の前兆に気
づかないおそれが高い。少ない隊員数の中であっ
ても、常に周囲を把握し、自分たちに土砂が流れ
てくるとすればどちらからか、どちら側に逃げる
のが良いか、溪流の流れが異常ではないか、を観
察し考える隊員を指名することが必要と考えられ
る。



図9 土砂災害現場におけるヒヤリハットの事例

5. まとめ

災害事例をもとに、土砂災害時の安全管理のあり方や具体的な方策について検討した。救助活動だけにとどまらず、災害発生状況の確認に向かった市町村職員やインフラ事業者の職員なども二次災害に遭遇している。本稿が将来起きうる二次災害を少しでも減らすことに役立てば幸いである。

【引用文献】

- 1) 国土交通省 (2022) : 令和3年に発生した土砂災害、<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r3dosha/r3doshasaigai.pdf>
- 2) 土佐山田町 (1973) : 昭和47年7月豪雨・繁藤山くずれ災害記録
- 3) TBS ホームページ ; <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/87932> (2023年1月6日確認)
- 4) 海堀他 (2018) : 平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害、砂防学会誌、Vol. 71, No. 4 pp. 49-60.
- 5) 消防庁 (2017) : 土砂災害時の救助活動のあり方に関する検討会 (平成26年度救助活動の高度化等検討会) : https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/kento142.html
- 6) 新井場他 (2016) : 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.
- 7) 新井場他 (2022) : 二次的な土砂移動が当初の現象からしばらくたって発生した事例、第61回日本地すべり学会研究発表会、pp.22-23.
- 8) オサシテクノス・神戸市消防局・神戸大学 (2019.3) : 「土砂災害現場での捜索救助活動等における2次災害防止を目的とした監視システムの研究開発」報告書、平成30年度消防防災科学技術推進制度終了課題報告、https://www.fdma.go.jp/mission/develop/item/H30_seika_osashi.pdf
- 9) 土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム : 地すべり防止技術指針及び同解説 (提案)、土木研究所資料、第4077号、ISSN0386-5878、(平成19年9月)
- 10) 消防庁 (2020) : 土砂災害における効果的な救助手法に関する高度化検討会 (令和元年度救助活動の高度化等検討会)、https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/post-52.html