

平成28年熊本地震による土砂災害地 における技術支援について — 南阿蘇村河陽高野台の事例 —

消防庁消防研究センター主幹研究官 新井場 公 徳

1. はじめに

筆者等は、土砂災害後の捜索救助活動（以下「活動」という。）の危険性を管理する技術を確立するため、崩壊した斜面が再度崩壊する条件の検討¹⁾、その前兆を捉える技術開発²⁾、対応のあり方に関する検討³⁾、技術支援⁴⁾、⁵⁾を行ってきた。本稿では、平成28年熊本地震（本震（Mj=7.3）発生は4月16日1時25分頃）により発生した土砂災害の現場において、消防研究センター（以下「消防研」という。）が実施した安全管理に係る技術支援について述べる。なお、ここで報告する安全管理は、消防研が現場に入った本震の約36時間後～7日後の時間帯のものであり、本震後数時間までの安全性或いは一週間以降の長期的な安全性を調べたものではなく、今回の方法は、いつでも通用するわけではないことにはご留意頂きたい。^{*}但し、着眼点や考え方は共通であり、参考にして頂けるものと考えている。

2. 土砂災害の概要と技術支援の内容

(1) 発生した災害の特徴

技術支援を行った現場の位置を図1に、概略の時系列を末尾の付表に示す。2回の上空からの偵察及び南阿蘇村の3つのサイト（河陽高野台（崩壊地は河陽5280）、河陽2064、立野）での技術支援を行った。このほか、各サイト周辺の土砂災害についても、サイトの安全性評価に関連することから調査を行った。

いずれの災害も、地質は火山からの噴出物であり、滑落崖では表面にクロボク、下部に火山灰土が見られる。堆積物はスコップでは砕くのが困難な稠密な土塊を主体とする。崩壊面からの水の流出は、河陽5280（確認時：17日午後）、立野（確認時：18日午前）、河陽2064（確認時：18日午後）とも見られなかった。

地震後の斜面は亀裂を生じつつも極めて強い振動を生き延びたもので強度があること、かつ、1週間程度の期間で強度が落ちるような地質ではないこと、高い塑性を持つような粘土は見られないこと及び地すべりの地形は見られないことか

^{*} 特に土砂災害の発生直後には、一つの溪流で続発して災害が起きる恐れ（例えば、平成26年広島市安佐北区可部東六丁目では、土石流が発生した約1時間半後（推定値）に再度土石流が発生し、消防隊員が殉職されている⁶⁾、⁷⁾。）の判定を慎重かつ迅速に行う必要がある。また、土砂災害の発生後日数が経過すると、露出した地盤の土砂の風化や劣化、地下水流の形成など、斜面の状態が長期的に不安定な方向へ変化する恐れもあることから、長期的な安定性の検討は時間をかけて丁寧に実施する必要がある。



図1 活動現場の位置図

ら、地形・地質及び亀裂の特徴からは、一般的には、二次的な崩落のおそれが極めて低いと評価した。但し、本震より強い震動が襲った場合、亀裂に地下水が浸透するような量の降雨があった場合及び粘性土が存在する場所には、水圧の作用による崩落は考えられた。

以下、字数の制約から河陽高野台における技術

支援について記述する。

(2) 南阿蘇村河陽高野台の4月17日の活動

京都大学火山研究施設（南阿蘇村河陽5280）のある丘陵で発生した土砂災害を図2に示す。丘陵が幅約150m以上にわたり崩壊し、A、B、Cで示す3方向に流下した。Sの周辺には高野台と呼

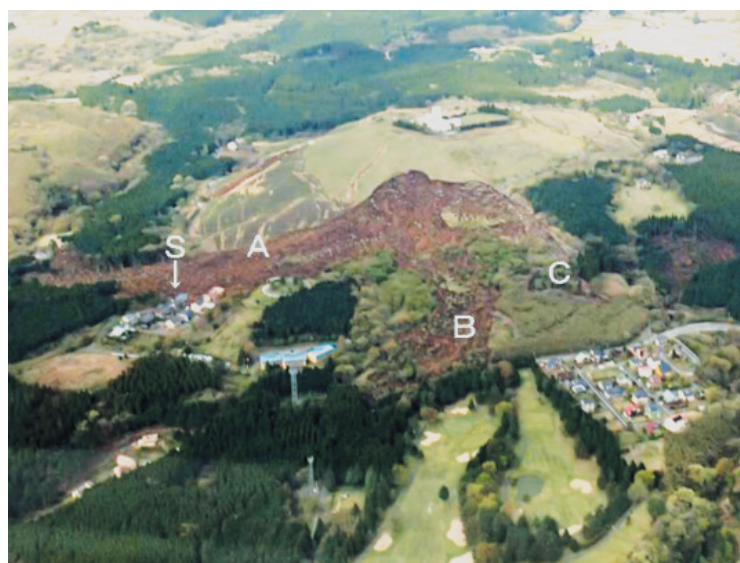


図2 河陽5280の崩壊（A、B、Cの3方向へ流動）と河陽高野台の搜索救助サイト（S）

ばれる住宅地があり、矢印の先が活動現場となった。図3に源頭部からみた活動現場を示す。残された斜面には亀裂が多く生じており、斜面の等高線に斜行するものもあり、火山研の建物周辺にまで及んでいた。崩落した土砂の大部分は西向きに10～12°に傾斜するなめらかな地層面に沿って流れたが、一部がSの住宅地へ到達し住宅4棟を押し流し埋没した（ほか2棟が移動）（図4）。

高野台では17日朝の段階で行方不明者が数名とされていた。17日午後に緊急消防援助隊山口県隊

に同行して現地入りし、次のことを観察し、（ ）内のおり評価した。

- ①【何が起きたか】堆積した土砂は、丘陵が崩壊して流走してきた土砂の一部が溢れるように流れてきたものである（この地点での流速は低かったはずである）。
- ②【サイトの安定性】土砂は火山灰のブロックを主体とし、二次的な変形などは見られない（堆積した状態で降雨がなければ安定している）。
- ③【災害の拡大危険】崩落した斜面の上部には亀



図3 崩壊の源頭部からみた捜索救助活動サイト及び亀裂の状況



図4 河陽高野台の被害の状況

裂が多数発生している（本震よりも強い振動を受けた場合には崩落するおそれがある）。

④【二次災害シナリオ】崩落土砂の大部分は西向きの谷に沿って流れた（万一、再度崩落した場合、土砂は谷を西向きに流れ、住宅地には到達するおそれは低い）。

⑤【二次災害対策】亀裂のある斜面から住宅地まで約300mある（土砂の速度を速く見積もって毎秒10mとしても30秒の余裕がある）。

以上のことから、住宅地内での活動は危険性が低いこと及び亀裂のある丘陵を監視し、異常発生時には道路方面へ退避するのが適当であることを県隊長へ伝えた。その後、丘陵西側の崩壊（図5。「長陽の丘」と呼ばれていた）の調査を行った。この崩壊は、幅約20mと規模は小さいものの、火山灰中に発生し、西向きに平滑な面を利用して流動したとみられ、発生機構は高野台を襲ったものと同様の現象と見られた。この崩壊ではペンションが被災し、この時点では1名と連絡が取れないとされていた（その後、所在確認）。土砂が斜面に残っている状態で家屋を押している状態であり、土砂を掘削する場合には上からの土砂の押し出しが懸念された。

(3) 4月20日の活動

消防研は18～19日に他の現場での技術支援を行ったが、高野台ではその後も行方不明者の捜索が続き、4月20日には夜間にも捜索救助活動が実施された。その際、要請に基づき次の技術的な助言を緊援隊各隊へ行った。

①【全体状況・二次災害シナリオ及び対策】(1)

①～④の通り

②【作業地点】掘削面が高く切り立っているので、段を切った方がよい

③【作業地点】作業区域内に、土砂に押されて傾斜し、土砂の掘削に伴い支持力が減っている樹木があり、余震時に倒れるおそれがあり切断した方がよい

④【降雨対策】雨が予報されている。連続雨量5mm程度で停止を判断した方がよい。これは、亀裂のある斜面に水がしみこむこと及び掘削面が切り立っていることを考慮して決めた。また、活動中には各隊の隊員から次の質問を受け、（ ）内の通り回答した。

④退避方向は林内としたいがどうか（適当である。）

⑤家屋の元の位置からみてどのあたりに要救助者がいそうか（分からない。）

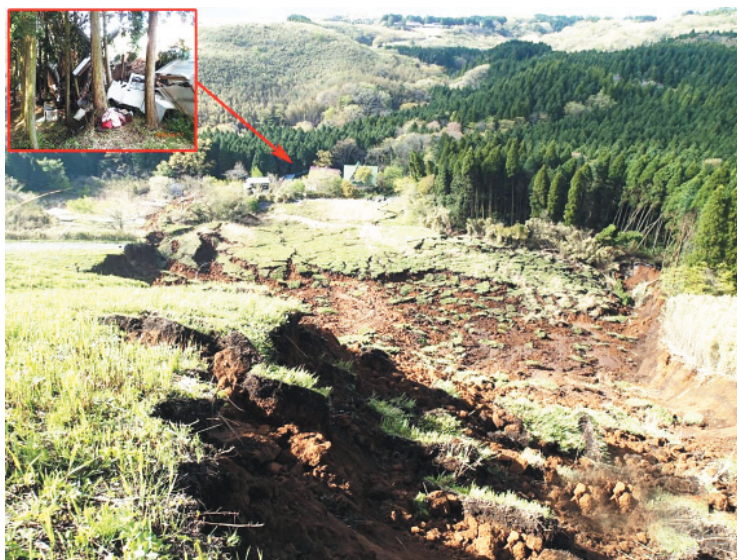


図5 河陽5280の西（「長陽の丘」）の土砂災害。崩落土砂が斜面に残り、建物に圧力をかけている。

⑥掘削は元の地盤までする必要があるか（必要がある。）

⑦土砂の流れの方向に向かって掘削したいがどうか（適当である。）

さらに、02：30頃には掘削面から水が出てきたが安定性に懸念があるか、という質問を兵庫県隊から受けた。元の地盤面と思われる深さから水が継続的に湧き出す状況であった（図6）。土砂が流走した際にすべり面で発生した間隙水又は家屋や基礎内の水道水のいずれかが考えられたが、どちらとも判別はつかなかった。いずれの場合でも、

すべる力を減じる方向の現象であることから、安定性は向上すると評価した（但し、ぬかるみを生じて作業性は著しく低下した）。

その後、降雨が始まり、暴風警報が出されたことからこの日の活動は停止された。

(4) 4月21日の降雨後の活動再開

図7にアメダス南阿蘇の4月の日雨量を示す（18～19日に一部欠損がある。）。21日は総降雨量は100ミリを超えた（阿蘇乙姫では125mm）。この降雨中は、亀裂への雨の浸透による二次的な崩壊



図6 掘削地点からの水の湧き出し状況

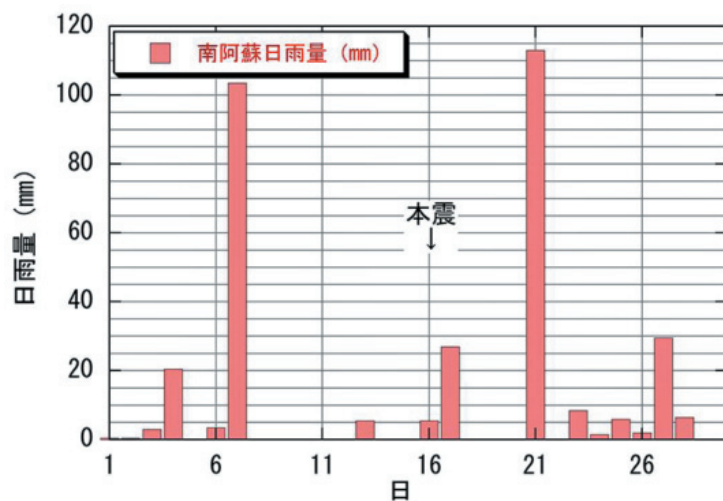


図7 アメダス南阿蘇における2016年4月の日雨量（18～19日に一部データ欠損あり）

表1 航空偵察のチェックポイント

観点	チェック項目	結果
①火山研の丘の亀裂の安定性	開口亀裂の度合い（降雨前の写真と比較）	変化無し
	雨で落ちた土塊の方向	落ちていない
	水の濁り方	地表水無し
	丘陵の新しい変形の有無	見られない
②今後丘が再崩壊した場合のサイトへの影響	距離と方向	距離と角度を計算 影響は軽微と算出
	雨で落ちた土塊の距離	落ちていない（再掲）
	地表水の流れの方向	地表水無し
	元々落ちていた土塊の移動の有無と距離	顕著な異動は無い
③サイト周辺地盤の安定性	サイト周辺の新しい亀裂等の発生	見られない（図8）
	表面の状態	分からない（地表で確認）
	新たな倒木の発生状況	見られない
④アプローチの安全性	自衛隊が開削した通路の変状	見られない
	Cの土塊の再移動の有無	先端位置変化無し
	Bの土塊の再移動の有無	先端位置変化無し
	濁川上流の河道閉塞の位置、規模	1箇所あり（図9）。小規模。 流路あり。

等を懸念して活動は中止された。22日朝、雨が上がり、高野台における活動を再開できるかどうかについて調査を行った。停止中の21日にそれまでの調査結果をまとめ、土砂の流動の特徴、亀裂の形状、サイト周辺の土砂及び樹木の状況などを把握し、航空偵察におけるチェックリストを作成し

た（表1）。

22日朝、福岡市消防局航空隊のヘリにより調査を行い、前日の大きな雨量にもかかわらず、滑落崖、堆積土砂、活動地点の地盤及び樹木（図8）に移動・変状が無いことを確認し、二次的な崩落の恐れは極めて低いと判断した。表1の確認項目



図8 21日の降雨後の河陽高野台の活動サイトの状況

のうち上空からは確認できなかった現場の表面状態については、現地で確認した（結果は「ルートを選べば移動は可能」）。

なお、サイトへのアプローチで通過する濁川橋の上流に土砂ダムがあるとの情報が消防庁危機管理センターより離陸直前に届いたことから、偵察時に濁川上流まで溪流ぞいに飛行して頂いて状況を確認し、降機後には南阿蘇村久木野庁舎に駐在していたテックフォース隊員へ情報提供を依頼した（その後、熊本県土木部職員より迅速且つ的確

な情報提供を電話で受けた。）。土砂ダムの崩壊による土石流の発生は二次災害として注意すべき事であり、情報の覚知及び関係機関による情報提供に深く敬意を表する。

以上の結果、安全性の管理については(2)と変化無く、濁川橋上流に小さな河道閉塞がある（図9）ものの流路は確保されているかつ畑地を含めても土砂量は小さいことから、危険性及び切迫性は低いと評価し、濁川橋の通行時には注意（橋では立ち止まらない）することで対応可能と判断し



図9 濁川の上流にあった河道閉塞箇所

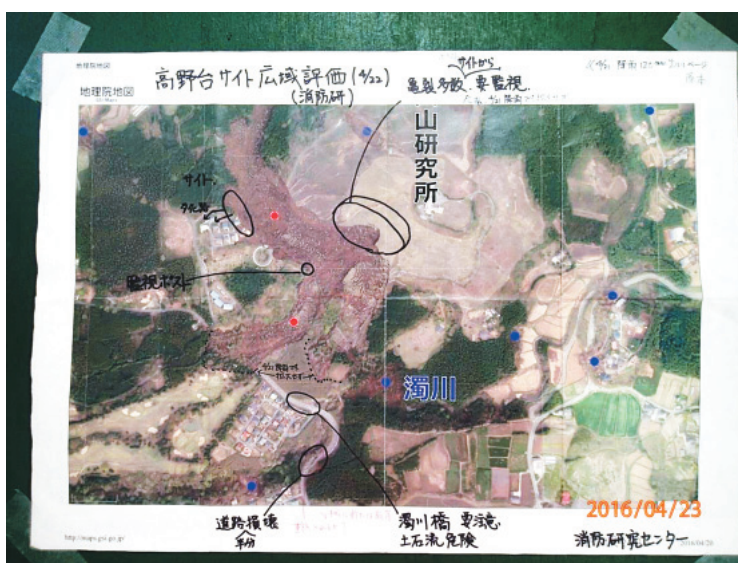


図10 河陽高野台の危険性評価結果



図11 阿蘇広域行政事務組合消防本部西岡博之消防長による河陽高野台サイトの視察

た。以上の判断を大阪府隊、陸上自衛隊第13旅団、警視庁隊に伝達した。また、帰任が近づいていたため、図10の評価図を作成し、阿蘇広域行政事務組合消防本部南部分署の指揮支援隊（北九州市）へ提供し、活動に入る隊への配布を依頼した。さらに、同消防本部西岡博之消防長の現場視察（図11）に同行し、現地の状況について説明し、技術支援活動を終えた。

3. おわりに

土砂災害は、土砂による衝撃並びに土圧及び水による窒息のおそれがあり、致命性が高い。そのため、安全性及び活動方針について迅速な判断が必要であるが、必然的に「そのときある材料で判断する」こととなる。地下は見えないため、必ず情報不足があり、不確実性が残る。今回の活動を通じて、不確実な中でもより安全な活動となるよう、現地での着目点、見方、考え方を整理し、現場でどのようにそれらを知るかについて技術を追求していく必要があると感じた。また、土砂の上の移動や土砂の排除は極めて困難であり、活動は長期化することが多いことから、「次を見据えた情報収集・分析」と「簡易な監視器具」が必

要であった。今後、継続して研究開発を進めていきたい。

各現場において、多くの隊員から「これはこう考えたら良いか」「こうしたらより良いか」等の様々な質疑があった。土砂災害という特殊な現場において、状況の把握及び状況の打破を目指そうとするものであって、各隊員の士気の高さを感じた。わが国ではどこで土砂災害が起きてもおかしくないことから、今回の活動について経験が共有されることが望まれる。

この技術支援に直接従事したのは、筆者、土志田正二研究官（16～20日）及び尾川義雄主任研究官（20～22日）の3名である。食料・水を分けて下さった方々、移動手段を提供して下さった方々、有益な情報を下さった方々にお礼申し上げます。末筆ながら、被災された方々に心よりのお見舞いを申し上げます。

文献

- 1) 新井場公德（2012）：崩壊が発生した斜面で再度崩壊が発生する条件，第51回地すべり学会予稿集，pp.49-50.
- 2) 新井場公德・酒井直樹（2013）：地表変形に基づく斜面の崩壊時間予測手法の検討，第52回地すべり学会予稿集，pp.134-135.

- 3) 新井場公德・吉原浩・座間信作・河関大祐・鄭炳表 (2007) : 土砂災害への対応活動のあり方に関する考察、消防研究所報告、第103号、pp.64-75.
- 4) 新井場公德 (2007) : 2006年7月岡谷市湊地区土石流災害対応への技術支援について、消防科学と情報、No.84、2007.1、pp. 44 - 5.
- 5) 新井場公德・田村裕之・杉井完治・喜多洋樹 (2009) : 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.
- 6) 救助技術の高度化等検討会報告書
http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h26/dosya_kyujyo/05/houkokusyo.pdf
- 7) 新井場公德・土志田正二 (2015) : 土砂災害の後は、なにに、いつまで警戒すべきか、第54回地すべり学会予稿集、pp.117-118.

付表 消防研究センターの技術支援に関する概略時系列

<p>2016年4月14日</p> <p>21 : 26 熊本地方を震源とする地震 (M6.5) (益城町で震度7)</p>	<p>隊)</p> <p>17 : 55 振興局着。調整会議</p> <p>20 : 40~03 : 00 河陽高野台における技術支援 (京都府隊、大阪府隊、兵庫県隊)</p>
<p>2016年4月16日</p> <p>01 : 25 熊本地方を震源とする地震 (M7.3) (西原村及び益城町で震度7。南阿蘇村河陽は震度6強)</p> <p>14 : 57~15 : 55 上空からの状況調査 (福岡市消防局航空隊) 福岡空港~阿蘇医療センター臨着場</p> <p>16 : 05 阿蘇広域消防本部中部署到着。情報収集、調整会議</p>	<p>2016年4月21日 (木)</p> <p>07 : 15 振興局着。降雨のため全てのサイトで活動中止</p> <p>12 : 00 自衛隊第13旅団より電話にて相談あり</p> <p>午後 明日早朝に、航空偵察を実施することを提案。偵察時にチェックする項目を選定する</p> <p>17 : 15 自衛隊第13旅団より電話にて相談あり</p>
<p>2016年4月17日</p> <p>7 : 20~09 : 30 南阿蘇村久木野庁舎。情報収集、調整会議</p> <p>13 : 00~16 : 50 河陽高野台における技術支援 (山口県隊)</p> <p>18 : 05 阿蘇地域振興局着。情報収集、調整会議</p>	<p>2016年4月22日 (金)</p> <p>宿泊場所出発前に前日の雨量を気象庁HPで確認 (阿蘇乙姫で125mm)</p> <p>08 : 45 熊本県消防防災航空隊において打合せ中「濁川上流に土砂ダムあり」という情報が消防庁リエゾンから入る</p> <p>09 : 10~09 : 45 航空偵察 (福岡市消防局航空隊) 熊本空港~白水公園臨着場。前日に作成したチェックリストを活用。目立った変状無く安全上の懸念は極小。小規模な河道閉塞確認。</p> <p>10 : 00 南阿蘇村久木野庁舎着。大阪府隊、自衛隊第13旅団、警察部隊に調査結果を伝達。最終確認を現場ですることとする。TEC FORCE に土砂ダム情報を依頼。</p> <p>10 : 45 久木野庁舎発 (大阪府隊指揮隊同行)。途中、TEC FORCE より土砂ダム情報が入る。ヘリでの偵察結果と整合しており、懸念が低いことを再確認。</p> <p>11 : 00~19 : 25 河陽高野台における技術支援 (大阪府隊、福岡県隊、警視庁隊、自衛隊第13旅団)</p> <p>20 : 10 阿蘇広域消防本部南部分署着。活動終了</p>
<p>2016年4月18日</p> <p>09 : 22~13 : 15 立野地区及び立野新所地区における技術支援 (広島県隊)</p> <p>15 : 15~21 : 50 河陽2064における技術支援 (大阪府隊)</p> <p>20 : 42 余震。地震警報器に基づき緊急待避。変状無しを確認</p> <p>21 : 50 大阪府隊が本日撤退との指示を受ける。消防研活動終了</p>	
<p>2016年4月19日</p> <p>08 : 00~16 : 50 河陽2064における技術支援 (大阪府隊)。要救助者は見つからずに完了。</p> <p>18 : 40 阿蘇地域振興局到着。調整会議</p>	
<p>2016年4月20日 (水)</p> <p>06 : 30~11 : 00 河陽高野台における家屋の位置等被災状況及び土砂流動状況の調査</p> <p>12 : 00 阿蘇地域振興局着。同局へ降雨時には図2C方面の土砂の再活動の恐れがあり、住宅地が近いことを指摘 (その後、避難指示が発出とのこと)</p> <p>13 : 35~16 : 15 立野地区における技術支援 (岡山県</p>	<p>2016年4月23日 (木)</p> <p>07 : 50 阿蘇広域消防本部南部分署着。北九州市指揮支援隊へ広域評価結果を提供。現場での支援の要請は無いとのこと。</p> <p>09 : 50~11 : 40 阿蘇広域消防本部消防長と高野台の現場視察。安全性評価について説明</p> <p>12 : 30 全ての活動を終了 (帰路へ)</p>