

平成28年 熊本地震災害合同調査団報告

檜垣大助* 綱木亮介** 寺田秀樹*** 坂口哲夫**** 上野雄一*****

1. はじめに

平成28年4月14日、16日に震度7の地震が発生し、熊本県熊本市から阿蘇地方にかけて多数の斜面崩壊等が発生した。(一社)斜面防災対策技術協会としては、(公社)日本地すべり学会の協力を得て7月6日、7日に現地調査を実施した。その概要を報告する。

2. 調査団概要

日程：平成28年7月6日、7日
場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村、西原村
調査団メンバー(写真1)：
(公社)日本地すべり学会：檜垣大助
(一社)斜面防災対策技術協会：綱木亮介、
寺田秀樹、坂口哲夫、上野雄一
協力：(一社)斜面防災対策技術協会九州支部
日本工営(株)福岡支店
生島潤一技術第二部長 稲垣裕専門部長
(株)アイエスター南九州支店
上妻良昌支店長
国土防災技術(株)九州支社
川嶋睦義管理部長 西窪文敏統括部長



写真1 調査団(斜面防災対策技術協会の腕章)

3. 調査場所と行程(図1)

第一日目(7月6日)

熊本空港集合→大切畑ダム下流地区(阿蘇郡西原村小森)→かぶと岩展望台からの阿蘇外輪山の遠景→外輪山亀裂箇所→大観峰展望台からの遠景



図1 調査箇所図

(公社)日本地すべり学会

* 弘前大学教授

(一社)斜面防災対策技術協会

** (一財)砂防・地すべり技術センター 斜面保全部長

*** 国土防災技術(株)社長室長

**** 日本工営(株)国内事業本部技師長
(災害対応支援委員長)

***** 日特建設(株)技術本部防災工学研究室長
(地すべり防止工事士)

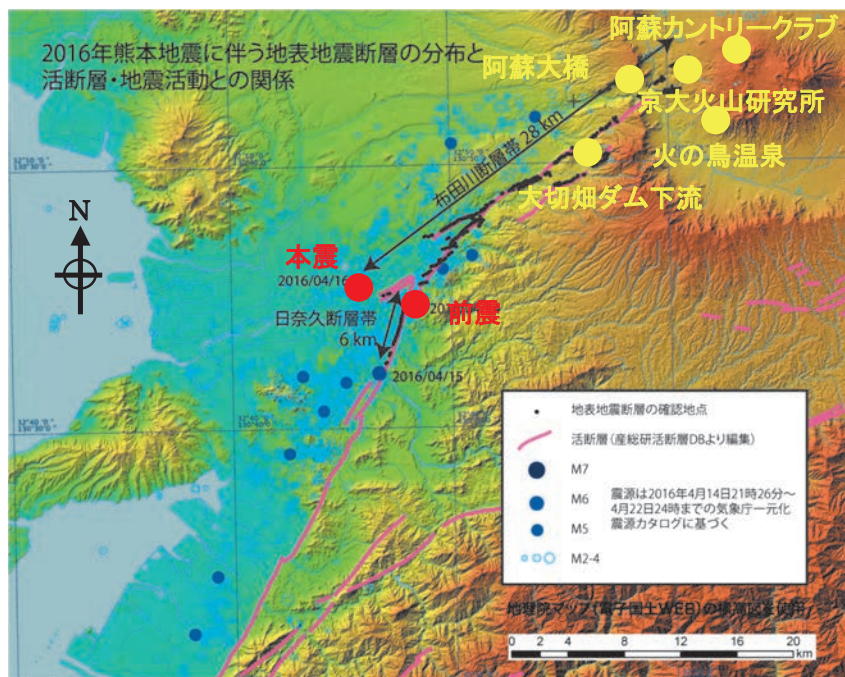


図2 地表地震断層の分布と地震活動の関係（国土地理院の図に加筆）

第二日目（7月7日）

阿蘇大橋地区大規模崩壊斜面を対岸より展望→高野台地区（阿蘇郡南阿蘇村河陽・京大火山観測所周辺）→火の鳥温泉地区（阿蘇郡南阿蘇村長野）→くまもと阿蘇カントリークラブ地区（阿蘇郡南阿蘇村河陽地区）→熊本空港解散

4. 熊本地震の概要

4月14日21時26分、熊本県熊本地方を震央とする、マグニチュード6.5の地震（前震）が発生し、熊本県益城町で震度7を観測した。さらに4月16日1時25分には、同じく熊本県熊本地方を震央とする、マグニチュード7.3の地震（本震）が発生し、熊本県西原村と益城町で震度7を観測した。その後も余震が続いた（図2）。

14日の前震は日奈久断層帯の北端部の活動、16日の本震は布田川断層帯の活動によるもので、隣接する二つの断層帯が連動することで発生した地震とみられている。

これら一連の地震により熊本県では震源に近い熊本市東区、益城町、西原村などで死者50名、重軽傷者約1,500名、全半壊家屋約5,000棟、避難者は最大約18万人などの被害が生じた（写真2、3）。さらに、熊本県、大分県、宮崎県では斜面崩壊や土石流などの土砂災害が100件近く発生した。これらの土砂災害は其後の豪雨で被害が拡大している。

なお、国土地理院の土砂崩壊地分布図（4月、図3）によると、斜面変動は最大震度7の益城町よりも、同断層帯東端の阿蘇カルデラ内外の南阿蘇村などに集中している。



写真2 益城町木山地区の家屋被災



写真3 西原村古閑地区の家屋被災

5. 調査結果

5.1 大切畑ダム下流（西原村大切畑地内）（図1）

(1) 概要

当該地区は、今回活動した布田川断層帯上で震央から北東約20kmの位置にする。大峯山の火山岩風化層を主体に、県道熊本高森線の橋梁に向かっ

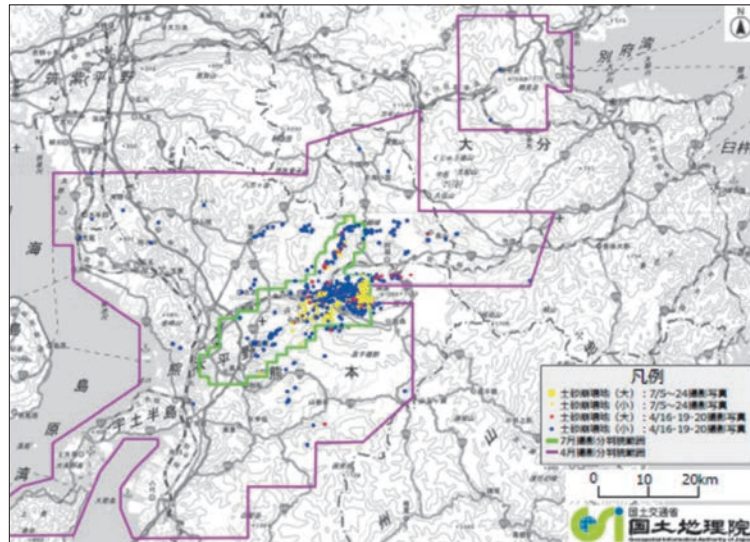


図3 土砂崩壊地分布図（国土地理院）



写真4 崩壊地全景（写真左が大切畑ダム貯水池）
（国際航業，パスコ撮影）

て長さ150m、幅250m、傾斜約38°の北向き斜面が、崩壊性地すべりを起こしたとみられる（写真4）。崩壊地末端を流れる鳥子川は一時的に閉塞された。

(2) 崩壊前の地形図

図4に示す崩壊前の地形図では、当該崩壊斜面は主尾根から左右に派生する小尾根に挟まれた斜面に相当する。このような地形箇所は地質が脆弱である場合が多く、地すべりや崩壊の発生事例が多い。



図4 崩壊前の地形図（国土地理院の図に加筆）
（黄色線は村道を示す。）

(3) 被災の状況

当斜面下部を通過している大切畑大橋は橋梁床版が50cmほど横ずれしており、震度の強さが伺える(写真5)。

県道と平行に崩壊地内を通過する村道のり面の溶結凝灰岩の急崖部には吹付工が施工されていた。ゆるい凹状となっている崩壊中央部では村道道路面も含めて崩落しているが(写真6)、崩壊地の側方では村道路面が残っており、のり面の状況から吹付工が施工されていた急崖部とその上部の表土層部の境界となる遷急線部分から崩壊が生じ、上方の表土のみならず、下方の溶結凝灰岩をも巻き込んで崩落したように見える(写真7)。

崩壊地背後の大峯山山頂部は緩斜面をなし、崩壊滑落崖に平行な亀裂(一部は段差を伴う)が複数並行して断続しているほか(写真8)、滑落崖に直交するような亀裂・段差も含め(写真9)、多くの亀裂が見られる。この状況から今後の地震や降雨で崩壊地の背後での大規模な地すべり発生が懸念される。この斜面の比高は約90m、見通し角は35°程度と急なことと、崩壊地で見える基盤岩は風化が進み脆弱なことから、この地すべりが動けば滑落する可能性があり、その場合、県道の橋梁損壊に加え、斜面下方の大切畑地区に移動土砂が到達する危険がある。

一方、崩壊地の東側の山腹斜面には東西または北北東―南南西方向の亀裂が複数見られる(写真10)。その下方は山麓へ向かって緩傾斜になる地形のため、ただちに地すべりが滑動する可能性は小さいとみら



写真7 村道路面が残る崩壊地側方部



写真8 滑落崖に平行な段差(写真右が滑落崖)



写真9 滑落崖に直交する亀裂



写真5 横ずれした大切畑大橋



写真6 村道も巻き込んだ崩壊地中央部



写真10 崩壊地東部の斜面変状

れるが、亀裂幅の変化など確認しておく必要がある。

崩壊斜面下部を流れる鳥子川の河川護岸も一部はらみ出しがみられる（写真 11）。上述したとおり崩壊斜面の側部及び頭部には、複数のクラックが点在していることから、今後の降雨で崩壊の拡大が予想され、一部河道閉塞も心配される。

(4) 今後の方針

調査担当者によると、対策は排土工が主となるが、調査結果で移動土塊が厚い場合はアンカー工も検討するとのことである。

なお、この崩壊地は 6 月 20 日の豪雨で拡大し、崩壊地内でも新たな崩壊が発生しており依然として危険性を有している。さらに、崩壊地上部斜面では滑落崖に平行な亀裂のほか直交する亀裂も認められるなど、この崩壊地には複雑な発生機構が考えられ

る。このため、今後は安全に留意した慎重かつ適切な調査、対策を行うことが必要である。

5.2 外輪山周辺の崩壊地（阿蘇市、南阿蘇村）（図 1）

かぶと岩展望台は、標高約 900m で阿蘇外輪山の北東部に位置し、外輪山や中央火口丘を一望できる場所である。展望台からの外輪山北側方向の遠景を写真 12 に示す。外輪山の外縁西側から北側には県道 339 号線が通っているが、写真からもわかるように県道沿いのカルデラ内への斜面では、特に傾斜 35° を超えるような急斜面では遷急線に沿って地震により各所に表層崩壊が発生している。平成 24 年災の傷跡も確認できる（写真 13）。

また、外輪山山腹のほか中央火口丘山腹（写真 14）にも崩壊跡が顕著に見られ、植生等の回復も遅い。再度災害を防止するためにも緑化を含め抜本的な対策を実施することが重要である。

外輪山北方の湯ノ浦地区背後の崩壊（写真 15）は、カルデラ壁を形成する溶結凝灰岩層あるいは溶岩に発生したいくつかの崩壊が横方向に連続し、長さ最大 200m、幅 300m 程度の崩壊地となったもので、その背後の牧草地に段差を伴う亀裂がほぼ直線的に約 100m に渡って形成されている。現在はブルーシートに覆われ（写真 16）、亀裂の変化が熊本県土木部の設置した伸縮計によって観測されている（写真 17）。写真 15、16 で見えるように、亀裂の延びる方向は崩壊地頭部の繋がりに平行ではない。

写真 18 は、東隣の小規模な崩壊地で、柱状節理



写真 11 河川護岸のはらみ



写真 12 外輪山西側から北側の遠景

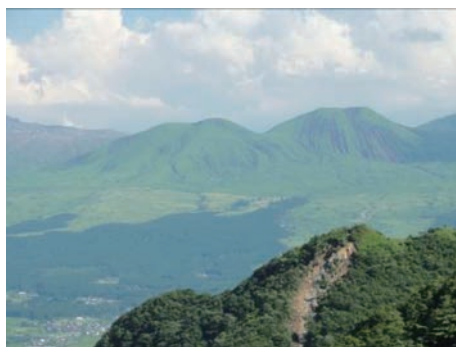


写真 14 中央火口丘山腹の崩壊跡

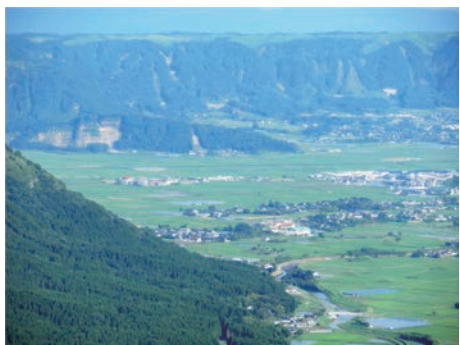


写真 13 平成 24 年災の傷跡

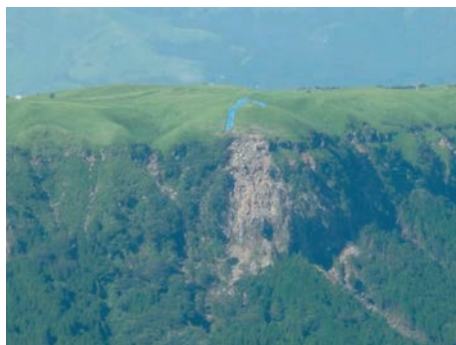


写真 15 湯ノ浦地区背後の崩壊



写真 16 ブルーシートで覆われた亀裂



写真 18 東隣の岩盤崩壊地



写真 17 計測中の亀裂

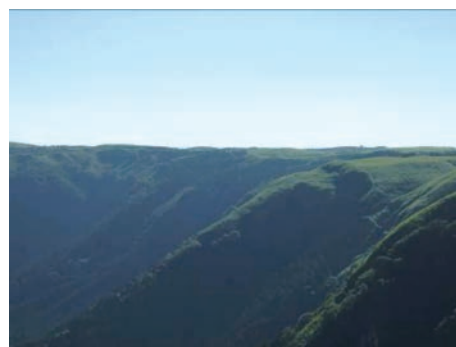


写真 19 カルデラ壁凸部の段差地形

のみられる溶結凝灰岩が崩壊しており、節理の開口が見られる。おそらく直線的な亀裂は、遷急線付近の凸型の斜面縦断形に地震動が大きく作用し、それによる節理の開口によって生じたものとみられる。

観測箇所から側方の斜面を遠望すると、外輪山頂部からカルデラ内部方向の斜面が遷急線を経て溶岩類からなる急崖を形成している中で、カルデラ壁での凸地形でいくつかの段差地形が観察された（写真 19）。過去から、カルデラ内に向けて崩壊が生じているものと考えられる。急崖斜面の下方の崖錐部は林地となっており、外輪山からの落石・崩壊に対するバッファゾーンとなっており、先人の土地利用の工夫とも考えることができる。しかし、山麓の扇状地の末端部には集落があるため、今後、豪雨時などに崩壊部の亀裂の拡大が生じないか監視する必要がある（写真 20）。

写真 21 は、大観峰展望所駐車場付近から見た阿蘇山北側山体の遠景写真である。山体には大規模なガリ侵食が発達し、桜島の野尻川上流部山体に酷似している。

5.3 阿蘇大橋上流（南阿蘇村立野地内）（図 1）

（1）概要

阿蘇大橋の西側、黒川右岸に発生した大規模崩壊（写真 22）は、斜面長約 700m、幅約 200m、深度 20m の崩壊である。大規模な崩壊により JR 豊肥本線、国道 57 号を完全に埋没させ、また、直接の因果関係は不明であるが一級河川黒川にかかっていた阿蘇大橋も消失した。

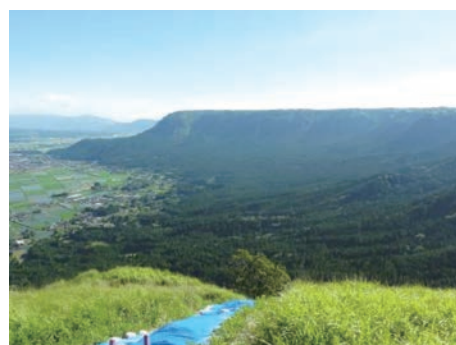


写真 20 急崖斜面下方の林地と集落

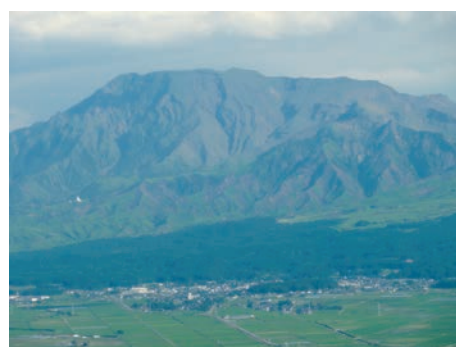


写真 21 阿蘇山北側山体の侵食

（2）崩壊発生前の地形

図 5 に示すとおり、崩壊発生場は山頂から左右に派生する小尾根に挟まれた斜面に相当する。前述の大切畑ダム下流の崩壊地に類似する地形条件にある。



写真 22 阿蘇大橋上流の大崩壊（国際航業，パスコ撮影）



図 5 崩壊前の地形図（国土地理院の図に加筆）

「新潟県中越地震」，「岩手・宮城内陸地震」，「東北地方太平洋沖地震」等相次ぐ地震で斜面崩壊が発生しており，地震による斜面崩壊危険箇所の抽出手法の確立が強く望まれるところである。

(3) 崩壊の拡大

写真 23 は，日本地すべり学会九州支部緊急調査団が 6 月に撮影したもので，今回 7 月 7 日に撮影した写真 24 と比較すると，崩壊地の北側側部（写真では右側）で拡大が生じているのが分かる。

(4) 対策工の方針

崩壊規模が大きく，周辺斜面にも亀裂が多数みられるとのことで，拡大崩壊の懸念のある不安定岩盤の範囲を調査して早急な対策工実施が必要である。その際，レーザ測量にもとづく高精度地形図の判読が有効である。排土工にあたっては計測監視を行いながら実施することが必須と思われる。

調査時は無人化施工で土堰堤 2 列が施工中であった（写真 25）。堰堤完了後，上部周辺の不安定土塊を落とし，ラウンディングした上で緑化する計画で



写真 23 6 月の崩壊地
（日本地すべり学会九州支部資料より）



写真 24 7 月 7 日の崩壊地

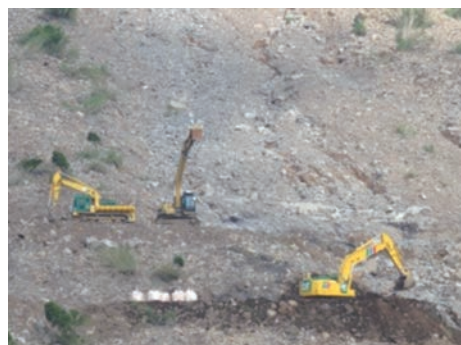


写真 25 施工中の無人重機

ある。

5.4 高野台地区（南阿蘇村河陽地内）（図 1）

(1) 地すべりの概要

中央頂部に京都大学火山研究所を載せた円丘状の火口丘の斜面で、本震時に幅 100m、深さ 10m 程度の地すべり移動が南西、西～北西、北に向かって放射状に複数（A～F ブロック）生じた（写真 26）。最も規模の大きい A ブロックでは、幅 100m、

長さ 260m、傾斜 5～10° の範囲で滑動した（写真 27）。

A ブロックの移動土塊（写真 27）は傾斜 10° 未満の緩斜面まで移動しており、流動性が高かったものと考えられる（写真 28）。一部は別荘地帯に流れ込んで、A ブロックと E ブロック（写真 29）では、全半壊 11 戸、死者 5 名という大きな人的被害・家屋被害が発生した（写真 30）。



写真 26 高野台地区の地すべり群（国土防災技術 資料）



写真 27 A ブロックの移動土塊



写真 29 E ブロックの移動土塊



写真 28 A ブロック下部の流出土砂



写真 30 土砂流下経路上の被災家屋

また、斜面下方で発生したDブロックは直下の濁川を閉塞した。地すべり滑落崖は、Dブロック以外は、頂部平坦面周囲の緩斜面から急斜面への遷急線沿いに複数発生している。

なお、Eブロックでも流出土砂により家屋が被災したが、1軒の家屋は被災しながらも移動土塊に載ったまま65m滑動したことで注目された。

(2) 地すべり斜面上方の状況

高野台地区も大切畑地区と同様、地すべりブロック上部の火山研究所が位置する円丘頂部の平坦面にも亀裂が多数発生している(写真32)。滑落崖に平行するものもあるが、むしろ頂部を横断するような亀裂が多数みられ、火山研究所の建物も被災している(写真33)。対策を行うにあたって上部のクラッ



写真32 円丘平坦面頂部の亀裂(火山研究所敷地内)



写真33 火山研究所の被災

クの変位を観測しながら行うことが望ましい。

(3) 地すべり発生前の地形

図6に示す地すべり発生前の地形図を見ると、今回の地すべり発生箇所周囲にも過去の移動痕跡と考えられる凹型の地形が見られる。しかし、当該斜面は比較的緩傾斜な斜面であり、地すべりの発生を事前に予測することは非常に難しいと思われる。

(4) 移動土塊およびすべり面の性状

地すべり発生直後には移動土塊は著しく攪乱され塊状となっていたが(写真34)、調査時点では梅雨の豪雨により、斜面上部では移動土塊が流出し、硬質の火砕流堆積物の面が露出していた(写真35)。すべり面は、この火砕流堆積物の上層の粘土化した赤褐色の軽石層上面か軽石層内と考えられる(写真36)。Aブロックでは、斜面中部の道路より上部で

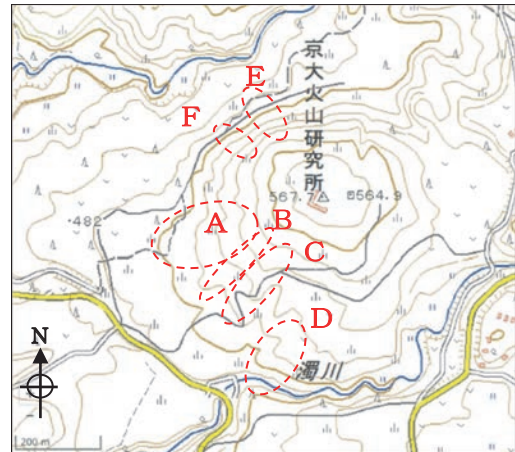


図6 地すべり発生前の地形図(国土地理院の図に加筆)
(アルファベットはブロック名を示す。)

元地表が露出しており、地すべりの発生区域はこれより上部と考えられる。

この地区の斜面は、表層は黒ボク土・火山灰層で構成され、短冊状の小土塊が折り重なるように下方部へ移動している（写真 37）。前述したとおり、上方の緩斜面には地震で多数の亀裂が発生した。これらは、山頂部では並列して何条も形成されているので、揺れによって火山灰累層中の弱面での変位が起こったトップリングによって形成された可能性がある。

また、この地区の地すべりは、勾配 10° 以下の緩斜面でも発生し、長距離移動したこと、地すべりに至っていなくても多数の亀裂が発生しているなどの特徴がある。過去の地震でも指摘されているが、風化軽石層、風化火山灰層の存在とそれらが地下水を含みやすいことも地すべり発生の一因の可能性がある。火山灰累層での地震による不安定化機構の検討が、地震による地すべり危険箇所抽出や対策工検討に重要となる。

(5) 今後の方針

対策としては、滑落崖後方のみならず側方への地すべり拡大防止対策と流水による再移動および侵食防止の対策が必要と考えられる。降雨のたびに状況が変わるということであり、これらの対策は少雨期に集中的に行うことが望ましい。また、地すべり上部斜面にも多数の亀裂が生じており、対策を行うにあたってこれらの亀裂の変位を観測しながら行う必

要がある。

5.5 火の鳥温泉地区（南阿蘇村長野地区）（図 1）

(1) 概要

ゆるい谷頭部からの幅 60 m 程度の崩壊とその凹部左岸側を形成する尾根の延長の末端付近の崩壊など 4 箇所崩壊が生じている。人家・家屋の被害が生じたのは主に、谷頭からの崩壊（A ブロック）とその東側の尾根末端付近の崩壊（B ブロック）である（写真 38）。

谷頭からの崩壊（A ブロック）は、崩壊頭部から堆積末端まで約 350 m であるが、上部 100 m 程度が崩壊域（写真 39）で、その下部 150 m が主に流下部、さらにその下部 100 m 程度が堆積域（写真 40）となっている。温泉施設の宿泊棟 4 棟を全壊させ宿泊客 2 名が犠牲となった。

一方、尾根末端付近の崩壊（B ブロック）では、崩壊頭部から堆積末端まで約 100 m である。この土砂移動により人家全壊 2 戸、一部損壊 2 戸の被害が発生している。写真 38 によると崩壊の崩壊域（写真 41）の斜面長は 25 m 程度であるが、その下方の家屋・道路等により段差のある地形を流下堆積しており（写真 42）、流動性が非常に高かったものと考えられる。ここでも、土塊が流動化したことが注目される。

また、A、B ブロックともに滑落崖背後に段差を伴う亀裂が発生している（写真 43）。



写真 34 地すべり発生直後の移動土塊（国土防災技術 資料）



写真 36 火砕流堆積物上面の風化軽石層



写真 35 露出した火砕流堆積物



写真 37 短冊状の土塊



写真 38 火の鳥温泉地区の地すべり群（国土防災技術 資料）



写真 39 Aブロックの崩壊域



写真 42 Bブロックの堆積域



写真 40 Aブロックの堆積域



写真 43 Bブロック滑落崖背後の段差

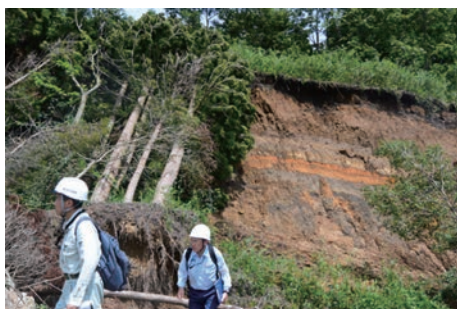


写真 41 Bブロックの崩壊域

(2) 地すべり発生前の地形

崩壊発生前の地形図（図 7）を見ると、A ブロックの発生場は左右に派生する小尾根に挟まれた斜面に相当する。また、今回の地すべり地の周辺にも、過去の崩壊・地すべりの痕跡と考えられる凹地形が見られる。

(3) すべり面の性状

B ブロックの滑落崖には、刺激で容易に泥濘化する白色の強変質した火山噴出物が断続的に見られた（写真 44）。また、ボーリング調査によると A, B

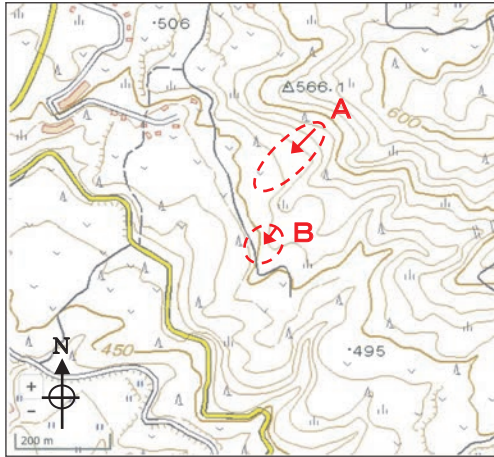


図7 地すべり発生前の地形図
(国土地理院の図に加筆)
(アルファベットはブロック名を示す。)

ブロックともすべり面が推定される深度付近にも同様の白色の土層がみられる(写真45)ということから、この白色強風化層が崩壊発生に関係したものである。



写真45 Aブロックボーリングコアのすべり面
付近にみられる白色の粘土層



写真44 Bブロック滑落崖にみられる白色の粘土層

(4) 今後の方針

災害関連緊急地すべり事業で対策を実施することとなっているが、地元要望も考慮し対策後跡地が活用できるよう工夫することが再建に向けて必要である。

5.6 くまもと阿蘇カントリー付近の地すべり (南阿蘇村河陽地区)(図1)

(1) 概要

幅100m以上、長さ200mにわたって、2方向に緩傾斜(10°程度)の斜面が流動している(写真46)。北側へ流動した土塊の一方は県道298号線ま



写真46 地すべり全景の空中写真(国際航業・パスコ撮影)



写真 47 北方の県道まで流下した土塊



写真 49 地すべり頭部の土塊



写真 48 西方の県道を越えゴルフ場まで流下した土塊



写真 50 滑落面の露出箇所

でで止まっているが（写真 47）、もう一方は西方へ流下し県道を越え頭部から 300m 程度離れた溪流・ゴルフ場にまで流入している（写真 48）。

また、写真 46 の空中写真によると、周辺には、規模は小さいが同じような形態の地すべりがいくつも発生しているのがわかる。

地すべりの土塊は攪乱され、ばらばらになって移動したように見える（写真 49）。滑落面が一部露出していたが、豪雨によって侵食された結果の可能性もある（写真 50）。

形態としては、高野台の地すべりと同じと考えられるが、傾斜がより緩いため、6 月の豪雨後も移動土塊が斜面上に残留している。今後の豪雨によって、徐々に侵食流出するものと考えられる。

(2) 地すべり前の地形

図 8 の地すべり前の地形図と比較すると高野台地区と同じように地すべりの発生を予測するのは難しい箇所と思われる。

(3) 県道の状況

県道 298 号線は地すべり土塊によって埋没しているが（写真 51）、埋没していない箇所での路面変状が著しい（写真 52）。ただし、この変状は地すべりによるものではなく、盛土部が地震によって変形し崩落したことによるものと考えられる。

5.7 調査を終えて

今回の調査では火山地域特有と考えられる特異な地すべり、崩壊等が多く認められ、これからの調査、

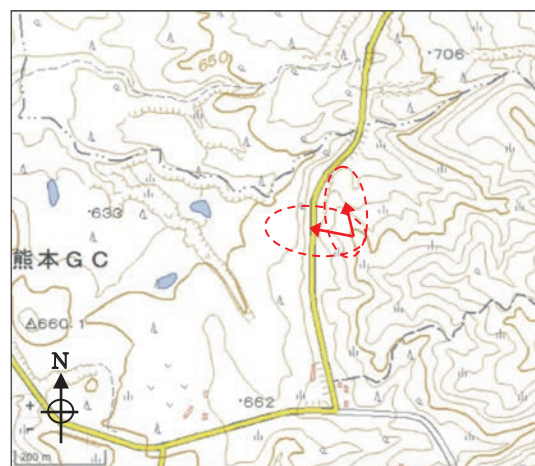


図 8 地すべり発生前の地形図（国土地理院の図に加筆）

対策の難しさが伺えた。適切な調査対策のためには知識と経験が求められるのであり、今後、調査対策が実施されるにあたっては、地すべり等に精通した「地すべり防止工事士」の活用を図ることが重要であるとする。

本調査を終えるに当たり、自ら被災されながらも現地案内や説明資料の作成にご努力されました（一社）斜面防災対策技術協九州支部の会員各位、さらに資料提供や現地立入に多大のご便宜を賜りました熊本県土木部の関係各位に厚く御礼申し上げます。

また、地震被害で犠牲になられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災地の一刻も早い



写真 51 埋没した県道 298 号線（電柱・標識の箇所）



写真 52 地震で盛土が変形したことによると考えられる県道の路面変状

復興を祈念いたします。

6. 提言

6.1 阿蘇地区周辺での斜面对策の推進

阿蘇地区では、平成に入ってからだけでも、平成 2 年、24 年の豪雨による土砂災害、そして今回、繰り返し激甚な土砂災害に襲われている。また、今回の地すべり発生後の撮影による空中写真を見ると、今回調査した各崩壊・地すべり地の周辺に、過去の崩壊・地すべりの痕跡と考えられる凹地が多く見られた。このことから、平成 2 年、24 年の災害地以外であっても、誘因は不明だが、過去から繰り返し同様の崩壊・地すべりは発生してきたものと考えられる。したがって、今後の地震や豪雨によって、新たに同様の災害が発生する可能性がある。さらに、外輪山の山頂部付近や遷急線付近の凸型斜面に、やはり今回発生した段差亀裂に類似した段差地形が認められる。その部分では、硬質な溶結凝灰岩層を含めて変位しているように見受けられるため、単に降雨が誘因となって生じた変位であるとは考えづらい。過去の地震に起因して変位した可能性が高いものと推定される。

また、今回の地震によって尾根沿いや台地周辺の遷急線沿いを中心に亀裂が多数発生していることから、こうした亀裂が斜面にゆるみを生じさせていることが考えられ、降雨・余震等による新たな崩壊・

地すべり発生や拡大の危険性が続いている。

このため、阿蘇地区全体において、国・県が計画的に事業を行うなど抜本的かつ緊急の対策が必要と考えられる。

6.2 対策工事の安全確保や今後の 2 次災害防止のための斜面変形モードの整理と監視

今回の地震による斜面災害の移動層は、比較的ルーズな火山灰や火山噴出物起源の礫混じり～転石混じり土砂から構成されるものが多いように見受けられた。しかしながら、阿蘇大橋地区の崩壊や、外輪山の頂部付近に生じた段差亀裂やその下位の斜面の大規模な崩壊跡は、溶結凝灰岩の強風化～風化部も含めて変位（崩壊）しているように見受けられる。

このような地質条件の他に、今回の地震によって、尾根沿いや台地周辺の遷急線沿いを中心に尾根や遷急線に平行した亀裂はもとより、平行しない亀裂も多数発生している。また、局部的にトップリング的な移動モードが卓越した可能性が考えられる箇所もあり、斜面の変形モードは多様である。その詳細な原因は明らかではないが、地震の振動方向と斜面の向き、尾根筋の方向、地質構造等の組み合わせが影響している可能性が高い。そして、こうした亀裂全てが直接崩壊拡大につながるか、そのまま消えてしまうかの判別は難しい。今後の豪雨によって崩壊・地すべりに発展するものかの評価の面で注目される。

また、崩壊・地すべりが発生していない斜面にも多くの亀裂の存在が予想されることから、広域を対象とした、特に林地内の亀裂の把握方法の検討も併せて必要である。

無数の亀裂にすべて監視の手を施すことは現実的ではない。可能な箇所ではトレンチ調査・長期的な追跡調査等を行って亀裂の伸張可能性を検討することにより斜面の変形モードを整理し、亀裂の中で崩壊・地すべりに結び付く可能性のあるものを専門的な視点で抽出し、必要な場所で伸縮計等での監視を行うことが、防災工事实施も含めた今後の 2 次災害の防止のために重要である。

当協会が資格付与している「地すべり防止工事士」は、斜面の変状等の解析・対応に精通しており、今後の 2 次災害の防止のためにその活用を特に要望する。

6.3 火山地域での危険箇所抽出手法の確立

高野台及びくまもと阿蘇カントリークラブ地区の斜面変状は、10～15°程度の緩勾配であっても斜面上の転石混じり火山灰層が大きく移動したもので、「地すべり」に区分することが相応しいような現象である。急傾斜でなくとも地震時に崩壊が発生し、長距離移動するという特徴は、2011 年東日本大震災での福島県南部や 1968 年十勝沖地震での青森県東部の厚い火山灰層が覆う丘陵・山地でも見ら

れた（日本地すべり学会河川砂防技術開発研究実施チーム，2013）。

また、大切畑ダム下流地区、阿蘇大橋地区、火の鳥温泉地区での急傾斜面での大規模崩壊は、事例が少ないものの、左右に派生する小尾根に挟まれた斜面での崩壊という地形上の共通点が考えられた。さらに、阿蘇外輪山のカルデラ壁では今回のほか過去の地震時も含めて急傾斜で凸状の小尾根部での斜面変形がみられた。

檜垣・林（2016）は、国土地理院の4月16、19、20日撮影空中写真の判読により作成・公開した「熊本地震発生による土砂崩壊の分布図」を用いて、土砂崩壊発生箇所の地形条件について調べた。その結果、阿蘇山地域で今回の地震により発生した土砂崩壊は、阿蘇カルデラの内壁斜面や中岳・高岳などの中央火口丘の山腹など傾斜およそ35°より急な斜面で発生する崩壊（タイプ1崩壊）と、それより緩い傾斜の地域で発生する崩壊（タイプ2崩壊）に分けられた。それらの発生した斜面の傾斜と起伏量に着目すると、タイプ1の崩壊は傾斜や起伏量が大きいほど発生しやすかったが、タイプ2の崩壊は、傾斜15°～25°、起伏量60～120m程度で多く発生し、それ以上では却って発生しにくいことがわかった。

このように地震による崩壊・地すべりは、今回の限られた調査箇所だけでも、崩壊・地すべり形態が異なることやすべり面となった土層も異なるなど多様である。火山地域近傍での人間活動が盛んな我が国では、火山灰層に覆われた山地・丘陵地での地震

による土砂崩壊危険箇所の実用的な把握手法の確立と早期実施が急務である。今回の熊本地震のような活断層による内陸地震のみならず、切迫する海溝地震への備えのためにも、地震による崩壊・地すべりのメカニズムの解明や危険箇所の抽出技術、地震時の危険度評価の確立が急務である。

すでに、日本地すべり学会では、平成23～25年度に「地震による斜面変動危険地域評価手法の開発」を行っているが、その危険箇所抽出技術を今回の熊本地震へ適用し、その改良を図ることが望まれる。さらに、地すべり学会始めとする各種学会、斜面協会のフォーラム等で多くの調査結果が公表され、共有されることが望まれる。併せて、今回の地震による崩壊・地すべりでは、土塊の流動性が高かったことが特徴であることから、危険範囲の設定方法についても検討する必要がある。

参考文献

- ・日本地すべり学会河川砂防技術開発研究チーム（2013）：東日本大震災における斜面変動発生の特徴とその類型化，日本地すべり学会誌，Vol.50-2，pp.25-30.
- ・檜垣大助・林一成（2016）：分布データによる阿蘇山における地震で発生した斜面崩壊の傾斜と起伏量から見た特徴，〔公社〕日本地すべり学会 HP 災害調査報告，<https://japan.landslide-soc.org/Reports/DisasterReports/Kumamoto3.pdf>

※斜面防災技術128号からの引用