

# 平成 28 年熊本地震における土砂災害

## SEDIMENT DISASTERS OF KUMAMOTO EARTHQUAKE ON 2016

北園 芳人<sup>1</sup>・笠間 清伸<sup>2</sup>・矢ヶ部 秀美<sup>3</sup>

Yoshito KITAZONO, Kiyonobu KASAMA, Hidemi YAKABE

<sup>1</sup> ㈱中央土木コンサルタント(〒861-8030 熊本市東区小山町 1674-5)

E-mail: kitazono.y@chuodoboku.co.jp

<sup>2</sup> 九州大学大学院工学研究院(〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: kasama@civil.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup> NPO 研究機構ジオセーフ(〒810-0041 福岡市中央区大名 1-2-15 坂田ビル 4-B)

E-mail: arrowhideg@gmail.com

**Key Words:** *sediment disasters, earthquake, 7 of seismic intensity, slope failure*

### 1. はじめに

平成 28 年熊本地震が平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分、前震・最大震度 7(M6.5)と 4 月 16 日 1 時 25 分、本震・最大震度 7(M7.3)<sup>1)</sup>に発生し、多大な被害をもたらした。両震源に近い熊本県上益城郡益城町では震度 7 が 2 回記録されている。この地震の震源は益城町であったが、活断層は前震が日奈久断層帯、本震が布田川断層帯と異なっている。益城町はこの布田川断層と日奈久断層が交差するところで、熊本県の地域防災計画<sup>2)</sup>の中でも、布田川日奈久断層で地震が発生した場合の被害予測もなされていた。しかし、震度 7 の地震が続けて 2 回も発生することは予想されていなかった。そのため、前震の震度 7 では持ちこたえた家屋も本震で崩壊した例が多く、被害も大きくなった。

また、本震はマグニチュード(M)が 7.3 と大きく、被害範囲も大きく拡大した。震源地の益城町だけでなく、阿蘇地方も震度 6 強・6 弱を記録し、南阿蘇村の立野地区では阿蘇大橋を落橋させる大崩壊をはじめ、多くの斜面崩壊が発生した。ここでは地震動による斜面崩壊について調査結果をもとに平成 28 年熊本地震について報告する。

### 2. 平成 28 年熊本地震の概要

図-1<sup>3)</sup>に示すように、熊本地震の大きな特徴は前震(震度 7)と本震(震度 7)を 28 時間の間隔で、益城町

で 2 回も記録したことである。しかも平成 28 年 4 月 16 日の本震ではマグニチュード 7.3 を記録する大地震となった。前震のマグニチュード 6.5 に比較してエネルギーが 16 倍も大きかったために、各地の震度も大きくなり、被害範囲が大きく拡大した。本震では震度 7 を益城町だけでなく西原村でも記録し、震度 6 強や 6 弱を記録した地域でも大きな被害が発生した。両方の地震の各地の震度と最大加速度の主な観測点の数値を表-1<sup>4)</sup>に示す。本震においては震度 6 弱以上を観測した地点は大分県も含めて 40 地点に及ぶ(前震の場合は 11 地点)。最大加速度(合成)は前震の 816.7gal/s<sup>2</sup>に対して、本震では 1791.3 gal/s<sup>2</sup>を記

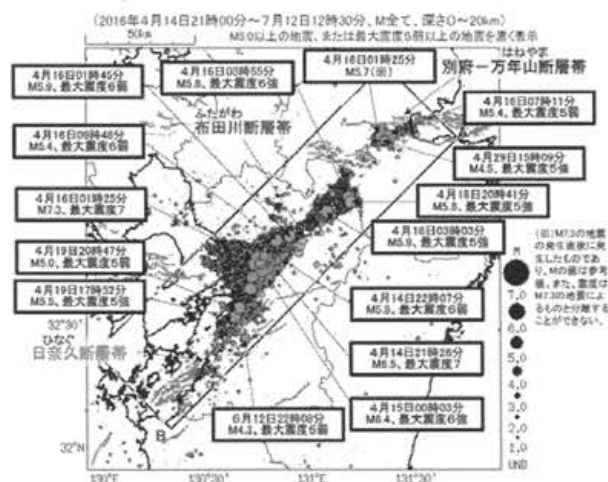


図-1「平成 28 年(2016 年)熊本地震」震央分布図<sup>3)</sup>  
(7 月 12 日 12 時 30 分現在(引用: 気象庁資料))

表-1 熊本地震における計測震度と最大加速度

4月16日01時25分(M7.3)								
市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度(gal=cm/s/s)				震央距離(km)
				合成	NS	HW	UD	
益城町	宮園	7	6.7	899.1	775.5	825.4	668.5	6.4
西原村	小森	7	6.6	904.0	742.1	770.0	531.3	15.8
菊池市	旭志	6強	6.4	977.4	799.2	857.4	535.8	22.7
南阿蘇村	河陽	6強	6.2	1316.3	1111.8	954.6	654.4	25.1
大津町	大津	6強	6.1	1791.3	1379.6	1740.1	594.7	16.8
熊本市東区	佐土原	6強	6.0	843.5	827.5	616.5	534.2	4.2
熊本市西区	春日	6強	6.0	677.5	606.0	551.6	405.3	7.5
宇城市	松橋町	6弱	6.0	564.1	492.8	342.6	313.9	14.2
宇城市	不知火町	6弱	5.9	629.4	539.0	441.9	516.6	15.1
南阿蘇村	中松	6弱	5.9	855.0	794.5	606.8	653.1	32.3
阿蘇市	内牧	6弱	5.8	517.2	511.8	165.1	318.1	35.5
南阿蘇村	河陰	6弱	5.7	927.4	920.3	557.5	361.2	26.3

4月14日21時26分(M6.5)								
市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度(gal=cm/s/s)				震央距離(km)
				合成	NS	HW	UD	
益城町	宮園	7	6.6	816.7	631.5	731.8	338.2	5.2
西原村	小森	6弱	5.7	543.7	532.3	341.0	180.2	13.4
熊本市東区	佐土原	6弱	5.9	604.0	574.2	381.4	325.8	6.0
熊本市西区	春日	6弱	5.9	737.4	658.9	432.5	261.9	12.0
宇城市	松橋町	6弱	5.7	364.5	327.1	280.9	220.9	15.8
宇城市	不知火町	6弱	5.7	565.6	513.2	305.7	269.5	16.9

気象庁作成資料より抜粋

録している。大きな土砂災害が多発した南阿蘇村や阿蘇市では、前震の時は震度6弱以上を観測していなかったが、本震では5地点で6強と6弱を記録しており、本震による土砂災害と考えられる。特に南阿蘇村河陽では震央から25kmも離れているにも係らず、益城町室園(震央からの距離6km)の最大加速度を大きく上回る1316.3 gal/s<sup>2</sup>を記録しており、南阿蘇村立野(阿蘇大橋地区)の大崩壊や河陽高野台(京都大学火山研究所)の緩傾斜斜面の崩壊に繋がったと考えられる。また、国土地理院のGPSによる観測データ<sup>9)</sup>では本震で南阿蘇村長陽では水平方向では南西へ98cm、上下方向では上向きに24cmの観測地点で最高の地殻変動がみられている。これらのデータから本震において、南阿蘇村周辺で土砂災害が多発したことが伺える。

### 3. 土砂災害の事例

熊本地震による土砂災害の形態別に分類すると表-2のように分類される。ここで、山地部の土砂災害を対象としており、宅地盛土や液状化など分類の対象とはしていない。また、表層崩壊は斜面表層を覆っている層だけが崩壊する現象、深層崩壊は表層だ

表-2 土砂災害の形態別分類

分類	崩壊形態と崩壊規模	代表的な例
火山性岩盤	①落石・トッピング・岩盤崩壊	白川・黒川合流部付近の両岸、山王谷川の両岸
	②深層崩壊	立野阿蘇大橋付近の大規模崩壊
火山灰質地盤	③表層崩壊	火の鳥温泉地区、蘇峰温泉地区
	④連続的な表層崩壊	烏帽子岳、小烏帽子
	⑤地すべり性崩壊	高野台地区
土石流	⑥崩壊土砂+河川水	山王谷川

けでなく、岩盤の層まで含んで崩壊する現象とした。

#### (1) 落石・トッピング・岩盤崩壊

代表的な例として、白川・黒川合流部付近の両岸の崩壊と山王谷川中流域の両岸の崩壊が挙げられる。まず白川・黒川合流部付近の両岸は最下部に柱状節理が発達した立野溶岩が急崖をなしており、布田川



写真-1 柱状節理の発達した立野溶岩の崩落



写真-3 立野(阿蘇大橋付近)の大規模崩壊



写真-2 山王谷川中流域の風化溶岩の崩壊



図-2 崩壊前の地形(平成24年)と崩壊地

断層帯に含まれる可能性が高く、震度6強の強い地震動により広い範囲で崩壊が見られた(写真-1)。山王谷川中流域も深い溪谷をなしており、急崖の斜面の溶岩は風化によって亀裂が発達しており、震度6弱の強い地震動で数多くの崩壊が発生した(写真-2)。

## (2) 深層崩壊

今回の地震で最も大きな崩壊は、JR豊肥線の線路を押し流し、国道57号を浸食し、さらに黒川に架かる阿蘇大橋を落橋させたといわれる崩壊である(写真-3)。その規模は崩壊長:約700m、崩壊幅:約200m、崩壊土砂量:50万 $m^3$ 、最大崩壊深約20mと推定されている。地質は表層が火山灰質粘性土(黒ぼく、赤ぼく)で岩盤は先阿蘇火山岩類に属する安山岩と火砕岩が互層をなしている。崩壊斜面上端部は35°前後の急勾配で斜面下部は崖錐堆積物が堆積する15°程度の緩勾配で畑として利用されていた。図-2は崩壊前の地形(平成24年7月撮影LPデータより作成)に、今回の崩壊域を重ねた図である。これを見ると崩壊地周辺部には以前にも崩壊したと考えられる地形が多く存在していることが分かる。そして今回の



写真-4 火の鳥温泉地区の表層崩壊

崩壊は上部の方に拡大したと見られる。

滑落崖周辺部にはまだ大きな亀裂が多数みられ、不安定な状態にあるため、現状ではこの不安定土砂を取り除く検討が行われている。

## (3) 表層崩壊

火の鳥温泉地区の表層崩壊(写真-4):南阿蘇村長陽の温泉地の上部斜面の崩壊で火の鳥温泉が被災。



写真-5 蘇峰温泉地区の表層崩壊



写真-6 烏帽子岳の連続した表層崩壊

表層は火山灰質粘性土(黒ぼく・赤ぼく)でその下に草千里ヶ浜軽石層が堆積しており、その最上部のローム層が熱水変成し白いローム層をなしており、この層がすべり層となったと考えられる。この滑落崖周辺(杉林)にも多数の亀裂が見られる。さらに上部の平坦地にも大きな亀裂が多数見られ、隣の斜面崩壊地まで断続的に続いている。

蘇峰温泉地区の表層崩壊(写真-5):南阿蘇村河陽の蘇峰温泉の東側山腹斜面の表層崩壊で表層は火山灰質粘性土で赤ぼく層と白いローム層の間で滑っている。この白いローム層は火の鳥温泉地区の崩壊地のローム層より硬い。崩壊土砂は勾配の緩くなった杉林で停止している。この崩壊斜面は山腹の中央辺りで発生しているが、亀裂は山体の上端部まで続いていた。山体の反対側は垂玉・地獄温泉であり、この両温泉地は垂玉川上流の斜面崩壊と途中の斜面崩壊で村道が塞がれており、孤立状態にある。

#### (4)連続的な表層崩壊

烏帽子岳の連続的な表層崩壊(写真-6):烏帽子岳は山頂付近を含め、全域の斜面で連続して表層(火山



写真-7 小烏帽子の連続した表層崩壊

灰質粘性土)が崩落している。烏帽子岳の溪流は昭和28年の豪雨災害で山腹崩壊が多数発生したため、溪流上部まで谷止工等の山地の荒廃対策がなされていたが、今回の地震で、急勾配の斜面はことごとく崩壊し、崩壊土砂は溪流に堆積している。崩壊時に降雨は無かったにも係らず、500m以上流下し、緩傾斜の下流の牧草地まで達し、溪流幅の狭まった所で停止している。堆積層の厚い部分は5m以上にも達しており、谷の出口と考えられる所に大量に堆積しているため、豪雨などで大量の流水が発生すると土石流化し、下流の山王谷川で大きな土石流災害をもたらす恐れがある。

小烏帽子の連続的な表層崩壊(写真-7):小烏帽子は烏帽子岳の西側の山体で垂玉温泉から草千里ヶ浜への登山道となっている。山頂付近まで植林されていたが、山頂付近から全方向に向かって表層崩壊が発生し、表層の火山灰質粘性土が植林されていた杉と一緒に溪流に流出した。降雨時以外に流水の無い溪流に流出した土砂と流木は溪流の途中で堆積して停止している。山王谷川では本流に常時流水があったため崩壊土砂や流木が土石流となって田畑に氾濫したが、幸い人家の手前で停止した。

#### (5)地すべり性崩壊

高野台地区(京都大学火山研究所の丘陵地)の崩壊(写真-8):南阿蘇村河陽の緩勾配の丘陵地で発生した地すべり性の崩壊である。斜面勾配は10°前後であるため降雨による土砂災害警戒区域の指定には該当しない地域で発生した。表層は火山灰質粘性土が厚く堆積しており、その下部には草千里ヶ浜軽石層を始め中央火口丘起源の降下火山灰が堆積している。深さ7~8mに分布していた草千里ヶ浜軽石層の粘土化した層をすべり面して滑ったと考えられる。崩壊土砂は崩壊域全体にブロック状化した表層が波打つように原形を維持しながら移動堆積している。ま



写真-8 高野台の地すべり性崩壊

た、崩壊土砂の流下方向は南西側と西側に途中で分岐して流下しており、南西側に流下した土砂は立木状態のままの土塊も見られ、県道 149 号を塞ぎ、一部ゴルフ場まで達している。西側に流下した土砂は高野台分譲地の一部に流れ込み 5 名の犠牲者を出した。その後北向きに向きを変え、河川にまで達している。緩勾配の斜面で地下水がない状態で強烈な地震動による振動で土砂移動現象が生じた。今回の地震による土砂災害の特徴ともいえる。

#### (6) 土石流

山王谷川の土石流(写真-9)は小烏帽子の連続した表層崩壊(写真-7)で発生した土砂と山王谷川中流域の両岸の溪谷の崩壊土砂(写真-2)が河川に達して土石流となり、谷の出口の砂防堰堤の一部を破壊し、氾濫した。特徴的なものは小烏帽子の斜面崩壊に見られるように表層崩壊が主だったため、土砂と流木が多く、大きな礫がほとんど見られなかったことである。また、土砂量は多かったが降雨がなかったことで、河川の水量が少なく、氾濫しても田畑に広がったが、人家の手前で停止している。ここでは、谷の出口に人家がなく、田畑だったため、土石流による人的被害がなかった。

## 4. 熊本地震による土砂災害の特徴

豪雨災害による土砂災害と地震による土砂災害の違いの特徴を纏めると以下のようにになるとされている<sup>6)</sup>。

### (1) 豪雨時

- ・ 斜面傾斜の急な所(斜面傾斜角 30°以上)
- ・ 斜面の途中で突然急になるところ(遷急点)がある斜面
- ・ 谷型(凹型)の斜面
- ・ 上方に広い緩傾斜地(集水面積が大)をもつ斜面



写真-9 山王谷川の土石流



写真-10 豪雨によって土砂災害が拡大

### (2) 地震時

- ・ 傾斜角 15~20°の緩やかな斜面でも発生
- ・ 側面からの抑えが小さい尾根、山稜、凸型斜面
- ・ 地震動は山体の全体に作用するので崩壊の規模が拡大化
- ・ 崩積土の運動に初速が加わるので、より遠くまで到達
- ・ 振動によって山体が脆くなりその後の大雨でくずれを起こしやすくなる

今回の熊本地震でも上記の地震時の土砂災害の特徴が認められたが、さらに熊本地震の場合、次の特徴が挙げられる。

- ・ 尾根・山稜・凸型斜面と思われる斜面でも過去に土砂移動があったような僅かに窪んだ地形の上部からの崩壊が多く見られた。
- ・ 表層に火山灰質粘性土が分布しており、その中に含まれる軽石層は高含水比であるため、動的な繰返し作用(強烈な地振動)によって軟弱化しやすく崩壊地の周辺に多数の亀裂が発生したことが挙げられる。
- ・ 地震時に降雨の影響が小さかったため、移動土塊が斜面勾配の緩くなる杉植林地付近で止まっている。

今後懸念されるのは二次災害である。前述したように、崩壊地周辺に多数に亀裂があることと崩壊土砂が斜面途中で止まっていることである。これらの状況は今後の豪雨や台風による大雨と強風によってさらに崩壊が拡大し、土石流化することが予想される中、実際、今年の6月の大雨で崩壊の拡大が発生した(写真-10)。

今後の対策としては崩壊箇所が多いので、ハード対策には時間と費用が掛かる。ハード対策が進むまでは、豪雨や台風等の時は早期避難で人的被害を防がねばならない。

## 5. まとめ

震度7を2回も記録した熊本地震、被害は広範囲・各方面におよび多数の犠牲者も生じた。土砂災害も液状化、ため池の堰堤の被害、盛土(宅地、道路)の被害も見られたが、この報告では斜面の土砂災害、特に阿蘇カルデラ周辺の被害について述べた。

阿蘇地方は平成24年の九州北部豪雨でも大きな被害を受け、やっと復旧の目途がついたところであった。復旧が終わった箇所の大きな被害がなかったことは幸いであり、防災対策を施した所はそれなりに効果を発揮したといえるであろう。

今回の地震による土砂災害を表-2のように分類し、代表的な例について解説した。熊本地震における土砂災害の特徴は4章で挙げたが、再度、纏めると次のとおりである。

- 1) 過去に土砂移動があったような僅かに窪んだ地形の上部からの崩壊が多かった。
- 2) 表層に火山灰質粘性土が分布しており、崩壊地の周辺に多数の亀裂が発生している。
- 3) 地震時に降雨の影響が小さかったため、移動土塊が斜面勾配の緩くなる杉植林地付近で止まっている。

最後に二次災害を防ぐために、さらに詳しく現地調査や航空レーザー測量成果を参考に地盤変状箇所の特定とその成果を公開していくことを考えている。

謝辞：今回の土砂災害の調査に当たっては、(公社)地盤工学会九州支部を中心とした災害調査団の団員・協力員各位には何回も現地に足を運んでいただきました。九州地方整備局、熊本県を始めとする被災市町村等の自治体の職員、熊本大学大学院附属減災型社会システム実践研究教育センター(減災センター)の各位にはお世話になりました。特に減災センターの鳥井真之准教授には現地調査の同行、写真の提供、地質に関するアドバイスをいただきました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 気象庁:報道発表資料「平成28年(2016年)熊本地震」について(第30報)
- 2) 熊本県:熊本県地域防災計画(地震・津波災害対策編),pp.18-20,2014.
- 3) 気象庁:平成28年(2016年)熊本県から大分県にかけての地震活動の状況・震央分布図(平成28年7月12日12時30分現在),2016.
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会:平成28年(2016年)熊本地震の評価(平成28年5月13日),pp.6-8,2016
- 5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会:平成28年(2016年)熊本地震の評価(平成28年5月13日),pp.11-12,2016
- 6) 防災科学研究所:防災基礎講座 災害の危険をどう評価するか 6.斜面崩壊  
[http://dil.bosaigo.jp/workshop/03kouza\\_yosoku/s06houkai/collapse.htm](http://dil.bosaigo.jp/workshop/03kouza_yosoku/s06houkai/collapse.htm)

(2016.7.20 受付)