

平成 28 年熊本地震による土砂災害に関する緊急調査に基づく提言

熊本県熊本地方を震源として平成 28 年 4 月 14 日に M=6.5 の前震に続き 4 月 16 日に M=7.3 の本震が発生し、いずれも最大震度 7 を記録した。特に熊本県の阿蘇地域およびその周辺ではこの地震により多数の斜面崩壊、地すべり、土石流等が発生し人命、家屋、道路、鉄道等に大きな被害が発生した。8 月 26 日現在、土砂災害による死者は 15 名にのぼる甚大な被害となっている。

公益社団法人砂防学会は平成 28 年熊本地震に起因する土砂移動現象の発生・流下・氾濫堆積実態を明かにするとともに、余震や梅雨期における二次災害の危険性を調査し、二次災害の軽減のために必要な緊急対応を検討することを目的として 4 月 15～17 日に先遣調査を行うと共に、「平成 28 年熊本地震に係わる土砂災害第一次緊急調査団」を組織し 4 月 22 日～24 日に現地調査等を実施した。現地調査の結果を基にした分析を行い、4 月 27 日に東京都千代田区において緊急報告会を開催し広く一般に公開した。さらに熊本地震による土砂移動現象の実態と二次災害の危険性ならびに二次災害の軽減のための対応方法を示した緊急提言を作成し、5 月 6 日に国土交通省西山砂防部長に緊急提言を手渡し、内容を説明した。その後も「第二次緊急調査団」を 5 月 14 日～15 日に、「第三次緊急調査団」を 5 月 28 日～29 日に、「第四次緊急調査団」を 7 月 22 日～24 日に現地に派遣した。

これらの緊急調査に基づき得られた地震による土砂移動現象と土砂災害、ならびにその後の降雨による二次的な土砂移動現象と土砂災害に関する知見を踏まえ、今後の地震による土砂災害対策や研究に役立てることは極めて重要と考える。このことから、今後の地震による土砂災害対策の推進および研究の進展に資することを目的として、以下の提言を行う。

1. 地震による土砂移動現象の発生

今回の熊本地震においては地震断層に近い阿蘇カルデラおよび中央火口丘の西側で地震動が大きかったと推定される。このためカルデラ内壁の西側やカルデラ内の中央火口丘の西側、ならびに外輪山の周辺において、斜面崩壊、地すべり、土石流などの多様な土砂移動現象が集中的に発生し、人命、家屋、道路、鉄道等に大きな被害を与えた。以下、地域ごとに地震による土砂移動現象について整理する。

(1) カルデラ内壁

概して斜面勾配が急であり、表層は火山灰でその下部は溶岩、あるいは

溶結凝灰岩を含む火砕流堆積物からなっている。特にカルデラ内壁の西側では、地震による強い震動により、大規模な斜面崩壊（阿蘇大橋地区）や中～小規模の斜面崩壊（南阿蘇村立野地区、阿蘇市三久保地区など）が多数発生している。これらの崩壊土砂は崩壊地内および下部に堆積しており、一部は地震時に下流に流下した。

(2) カルデラ内の中央火口丘群およびその周辺（河岸段丘を含む）

表層が火山灰、その下部が火砕物（火山灰、軽石、溶岩片）および溶岩からなる急勾配の斜面において斜面崩壊が多数発生した（火の鳥温泉など）。さらに同様の地質構造の緩斜面でも地すべり（京大火山研究センター周囲など）が多数発生した。これらの斜面崩壊や地すべりによる不安定な土砂は崩壊地内や地すべり地内に堆積した。それらの土砂の一部は土石流（山王谷川）となって流下、氾濫堆積した。

(3) 外輪山の周辺

西原村、益城町等の外輪山周辺の斜面は表層が火山灰、その下部が火砕流堆積物あるいは溶岩からなり、地震により、中～小規模の斜面崩壊が多数発生した。これらの斜面崩壊による崩壊土砂は崩壊地内や下部斜面ならびに下流の河道内に堆積した。

(4) 地震による亀裂の発生

今回の地震により発生した斜面崩壊ならびに地すべりの頭部周辺において、さらに、斜面崩壊等が発生していない斜面の上部や尾根沿いの地域においても多数の亀裂が発生した。これらは上記3地域に共通して確認された。

2. 地震後の降雨による土砂移動現象の発生

地震後の4月末、6月末には比較的大きな降雨が発生し、新たな斜面崩壊、崩壊の拡大、崩壊土砂の流出などの二次的な土砂移動現象が発生し、家屋や道路等に被害を与えた。これらは主に4月21日（アメダス阿蘇乙姫で日雨量125mm）および6月19～29日（アメダス阿蘇山で総雨量1031mm、20日の日雨量212.5mm）の降雨により生じたと考えられるが、これらはこの地域で毎年発生する程度の降雨であり、近年、阿蘇地域で大規模な土砂災害を発生させた2012年7月の降雨と比べるとやや小規模な降雨である。過去の他の地域における大地震の後でも認められているように、小規模の降雨でも地震後には土砂移動現象が発生することが確認された。すなわち、強い地震による影響を受けた阿蘇地域では土砂移動現象の発生するポテンシャルが上昇していると認められる。以下、地域ごとに地震後の降雨による土砂移動現象について整理する。

(1) カルデラ内壁

地震後の降雨により新たな斜面崩壊が多数発生するとともに、斜面内および下流に堆積していた土砂が土石流となって下流に流下した（南阿蘇村立野地区の山腹斜面、阿蘇市三久保地区の山腹斜面等）。また、地震後の降雨により崩壊が拡大するとともに、崩壊した土砂が土石流となって流下した事例（南阿蘇村立野地区の山腹斜面等）も認められた。これらの土砂移動現象により、国道や鉄道、建物が被害を受けた。

(2) カルデラ内の中央火口丘群およびその周辺（河岸段丘を含む）

地震後の降雨により新たな斜面崩壊が多数発生するとともに、斜面内および溪流内に堆積していた土砂が土石流となって下流に流下した事例（南阿蘇村山王谷川）が見られた。また、地震後の降雨により崩壊が拡大した斜面も認められ、これに伴い土石流が発生して下流で氾濫した事例（南阿蘇村東下田川）も認められた。これらの土砂移動現象により家屋や国道が被害を受けた。

(3) 外輪山の周辺

西原村、益城町等の外輪山周辺の急斜面では地震後の降雨による新たな崩壊の拡大は比較的少なかった。また、地震により斜面下部や河道内に堆積した土砂が地震後の降雨により流下した事例（布田川等）が認められたが、流出した土砂量は少なく、家屋等への被害は認められなかった。

(4) 地震による亀裂の発生とその後の亀裂の推移

地震後の降雨により崩壊地頭部や周辺部の急斜面の遷急線付近において表層崩壊が発生した事例が認められた。一方、尾根や緩斜面の亀裂は内部に土砂が流入・堆積して埋まりつつあり、崩壊は発生していなかった。亀裂については今後さらに大きな降雨が発生した場合や長期的な影響について引き続き監視していく必要がある。

(5) 流域における土砂流出の可能性

前述したように、阿蘇地域においては、小規模な降雨でも地震後には新たな崩壊、崩壊の拡大、堆積土砂の再移動による土石流の発生等の土砂移動現象が発生したことが確認された。阿蘇地域の崩壊斜面内やその下部、さらに溪流内には多量の土砂や流倒木が不安定に堆積しており、今後の強い降雨により土石流・流木となって下流に流出する可能性が高い。

3. 今後の降雨による二次災害の発生の可能性

阿蘇山は我が国有数の活火山であり、約三十万年から九万年前の巨大噴火によりカルデラ地形が形成された。約九万年前の巨大噴火では大規模な火砕流が

発生し、多量の火山砕屑物を周辺に堆積させた。さらに近年においても活発な噴火活動が続けており、周辺に多量の火山灰（降下火砕物）を堆積させている。このため、地質的には火山灰（降下火砕物）、火砕流堆積物および溶岩が表層およびその下部に厚く堆積しており、堆積年代の違いや、風化・土壌化の程度の違いにより強度や透水性が異なり、さらに火山地帯特有の地質や地質構造により多量の地下水が地層の中に存在していると推定され、斜面崩壊や地すべりが発生し易い条件にある。

このような特徴を持つ阿蘇山のカルデラ内や周辺地域では最近でも 1990 年（死者 8 名）、2001 年、2012 年（死者・行方不明者 25 名）の豪雨により大規模な土砂災害が発生している。前述したように、今回の地震により斜面崩壊等が発生した地域では小規模な降雨でも土砂移動現象が発生していることが確認された。このため、今後、地震後から 9 月末までに発生した降雨を上回る降雨が発生した場合には、新たな斜面崩壊や崩壊の拡大、斜面内や溪流内に堆積している崩壊土砂や流木・倒木等が土石流・流木となって流下する可能性が高く、これらの土砂移動により家屋や道路が被害を受ける可能性が高い。

4. 二次的な土砂災害を軽減するための対応

前述のように、今後も大きな降雨が発生すれば新たな斜面崩壊、崩壊の拡大、堆積土砂等の再移動にともなう土石流・流木が発生する危険性は依然として高い。このような二次的な土砂移動による人命や家屋等に対する被害を防止軽減するために次のような対応を講じる必要がある。特に、人家や道路、鉄道等に影響を与える可能性が高い斜面や溪流について優先的に対応を進める必要がある。

(1) 二次的な土砂災害のおそれのある危険箇所の調査

航空レーザ計測や現地調査等により危険な亀裂の分布とそれらの拡大の可能性を把握するとともに、今後の降雨により土砂移動現象の発生が予想され、下流の人家や公共施設等への影響が予想される溪流や斜面について調査を行う。

(2) 土砂災害特別警戒区域の見直し

地震により山腹斜面や溪流内に多量の不安定な土砂が新たに堆積していたり、流木や倒木が多量に存在する場合にはこれらが土石流や流木となって流下した場合の氾濫・堆積区域への影響の有無などについての検討を行い、当該斜面や溪流に関して過去に土砂災害特別警戒区域の設定がされている場合には、必要に応じて基礎調査を再度実施して土砂災害特別警戒区域の見直しを行う。

(3) モニタリングと早めの避難

二次災害ならびに新たな土砂災害の発生の可能性のある亀裂や堆積土砂について、モニタリング（監視）を行い、早めの避難により人命への被害を防止する。危険性の高い斜面上の亀裂については、伸縮計等を用いて余震の強さ、降雨の量・強さと亀裂の拡大との関係进行分析・判断し、早めの避難を行う。堆積土砂の流下については監視カメラ、ワイヤーセンサー等によりモニタリングを行い、降雨の量・強さととの関係进行分析・判断し、早めの避難を行う。

特に、緩い斜面で発生している地すべり地域では地下水の影響が大きいと考えられることから、地下水の水位や分布の調査およびモニタリングを行う。

(4) 下流の影響も含めた水系的な対応

地震とその後の降雨により、土砂と流木が下流の河川や海岸域にまで流下し、影響を与えている。この傾向は今後も続くことが予想されることから、流域全体の調査を早急に行い、その結果を踏まえ、必要な対策の検討、実施を進めて行く。

(5) 雨量観測データ等の利活用

降雨の量・強度を把握するために、短時間降雨予測やXバンドMPレーダーの雨量観測データを利活用する。

(6) 既設砂防えん堤の除石の実施

斜面崩壊、地すべりおよび土石流による土砂が堆積している溪流や斜面においては、土砂や流木の堆積状況を精査し、必要な場合には既設の砂防えん堤の緊急除石を実施するなど、極力、下流への土砂流出を抑える対策を実施する。

(7) 応急復旧工事の留意点

応急復旧工事等のために斜面崩壊や地すべりの下部に立ち入る場合には、斜面の監視を行うと共に、特に崩壊頭部の不安定な土砂の除去について検討する。また、余震による突然の崩壊や土砂の流出に備えて防護ネット等の設置を検討する。さらに、二次災害の発生の危険性が高い地区での復旧工事では無人化施工を実施する。

5. 今後の地震による土砂災害への対応

熊本地震により、特に阿蘇地域においては多数の土砂移動現象が発生し人命、家屋、道路、鉄道、公共施設等に大きな被害を与え、さらに地域の社会や経済に対し、広域的な被害を与えた。さらにその後の降雨が原因で被害が拡大し、復旧・復興をさらに困難なものとしている。今回の地震により阿蘇地域では土砂災害ポテンシャルが増大しており、以前にも増して土砂災害を受ける危険性が高くなっている。わが国では、南海トラフで発生する巨大地震や首都直下型

地震の発生に対する対策が講じられている中、地震による土砂災害についてもこれまで以上に対策を強力に推進する必要がある。このためには、調査研究の分野のみならず、行政においても、さらには住民一人一人においても地震による土砂災害の軽減についての対応が必要となる。

地震による土砂災害の対応としては、主として地震の発生前に行う震前対応と地震の後に行う震後対応があり、これらを共に進める必要がある。

今後進めるべき震前対応としては次の事項がある。

(1) 地震による土砂移動現象の発生機構に関する研究

今回の地震に起因する土砂移動現象の発生・流下・氾濫堆積の実態を明らかにするために、土砂移動現象と火山砕屑物(火山灰、軽石、溶岩片等)に代表される地質、地下水、地形、地震動、降雨といった様々な因子との関連について調査研究を推進する必要がある。さらに、過去に全国で発生した地震による土砂移動現象についても同様の調査研究を推進し、地震による土砂移動現象の発生機構を解明していく必要がある。

(2) 地震による土砂災害発生箇所に関する研究

今回の地震において多数の土砂移動現象が発生した南阿蘇村の立野地区は2012年の九州北部豪雨によっても土砂災害が発生した地域である。両者を比較すると、土砂移動現象の発生箇所について異なる点も多い。このため、今後は降雨による土砂災害発生箇所の特性とは別に、地震による土砂災害発生箇所の特性を解明していく必要がある。

(3) 地震による土砂災害に対する効果的な震前対策工法の開発

今回の地震においては、地震前に設置していた土砂災害対策施設は地震による土砂移動現象に対しても効果を発揮していた(南阿蘇村東下田川2溪流, 立野地区の新所川2溪流など)。しかしながら、地震における土砂移動現象の発生機構や発生箇所に異なる点、未解明な点があることを考えると、より効果的な震前対策工法を開発することも必要である。

(4) 地震による土砂災害に対する知識の普及

地震による土砂災害を防止軽減するための対応としては、家屋の構造補強や地震後の避難等がある。この様な対応を促進するためには地震による土砂災害および二次災害について住民や市町村の防災担当者等に知識の普及を進める必要がある。

今後進めるべき震後対応としては次の事項がある。

(5) 地震により発生する亀裂が二次的な土砂災害に与える影響の解明

今回の地震により斜面崩壊や地すべりの頭部付近、ならびに尾根部付近の斜面において多数の亀裂が発生した。これらの亀裂が地盤の強度や透水性にどの程度の影響を与え、ひいてはそれらが新たな斜面崩壊の発生や崩

壊の拡大にどの程度影響するのかについては、今回の緊急調査では明らかにすることができなかった。さらに、これらの亀裂が長期的に斜面の安定に与える影響については現時点で不明である。したがって、今後とも亀裂のモニタリングを継続すると共に、地盤の強度や透水性についても研究を進め、それらが斜面の安定に与える影響を明らかにする必要がある。

(6) 地震後の降雨による土砂移動ポテンシャルの把握手法に関する研究

今回の地震でも、立野地区を中心として地震後の降雨により多数の新たな斜面崩壊、土石流の発生、斜面崩壊の拡大、堆積土砂や流倒木の再移動が発生し、これらにより、家屋や道路が大きな被害を受けた。このような二次的な土砂移動を予測して警戒避難ならびに応急対策を効果的に実施するためには、大きな地震動により影響を受けた地域における地震後の降雨による土砂移動ポテンシャルの把握手法を開発する必要がある。

なお、火口壁から下流の中流区間や支川の一部では、堤防天端が沈下しており、今後の土砂流出に伴う河床上昇により、洪水被害の発生する危険性について、今後の詳細な調査が必要である。

(7) 地震後の二次的な土砂移動現象による災害に対する効果的な応急対策工法の開発

今回の地震では地震後の降雨により多数の二次的な土砂移動現象が発生し、大きな被害が発生した。このような二次的な土砂移動現象による災害を防止・軽減するための効果的な応急対策工法を開発する必要がある。

(8) 火山噴火等に起因する土砂災害に対する対策

阿蘇山は活発な活火山であり、2014年の夏頃から断続的に噴火を繰り返しており平成28年10月8日には比較的大きな噴火が発生し、周辺に火山灰を堆積させた。このため、地震による土砂災害への対応と共に、今後の噴火に備え、降灰後の降雨による土石流を始め、噴火に起因する土砂災害に対しても、ハード・ソフト一体となった対策を進める必要がある。

6. 土砂災害対策に関する教育・研究の強化

平成28年10月21日には鳥取県中部地震が発生しており、さらに近い将来南海トラフを震源とする巨大地震や首都直下型地震などの発生が予想されている。また、日本各地で火山噴火が発生している。今後発生する地震や火山噴火による土砂災害について早急に対策を講じる必要がある。さらに地球温暖化の影響によると見られる激しい降雨の発生頻度も増加しており、今後も土砂災害が増加していくことが予想される。頻発する多様な土砂災害の対策を効果的に計画・実施するためにはこれらの土砂災害に関する調査研究を一層進めるとともに、高度で専門的な知識を備えた人材を育成する必要がある。しかしながら、

現状では、全国の大学において土砂災害対策について専門的に教育・研究している教員の数に減少傾向にあり、山積する課題の解決や人材の育成の体制は極めて脆弱なものとなっている。このようなことから、最近、毎年のように発生する大規模な土砂災害対策を着実に実施し、将来の安全で安心な国土を築くための礎となる人材の育成と研究開発を強力に推進するためには土砂災害対策に関する教育・研究者の大幅な増員と研究開発予算の確保を図る必要がある。

以上、ここに提言する。

平成 28 年 10 月 26 日

公益社団法人 砂防学会

会長 丸谷 知己