

土砂災害の激甚化に対処する

岡本 敦

1. はじめに

平成 29 年 7 月の九州北部豪雨では、筑後川右岸流域の各支川において、多数の斜面崩壊と土石流が同時多発的に発生し集落に被害をもたらしたことに加え、大量に生産された土砂と流木は土砂流または洪水流として、筑後川合流点に至るまで河床上昇や橋梁閉塞等を引き起こし、住宅、田畑、生活産業基盤等に甚大な被害を及ぼした。当該地域は日本有数の林業地であり、成長した壮齢林における崩壊等が大量の流木の発生要因となった。

砂防事業の進展により一つの土砂災害で犠牲者百名を超えるものは昭和 57 年長崎大水害以降起きていないが、平成 23 年紀伊半島大水害、平成 24 年九州北部豪雨、平成 25 年伊豆大島災害、平成 26 年広島災害など集中豪雨に伴い数十名の犠牲者を伴う土砂災害は毎年のように発生している。ここでは最近の豪雨による土砂災害の特徴と課題及びこれらを踏まえた研究開発の展望について述べる。

2. 最近の豪雨による大規模土砂災害の特徴

2.1 降雨と斜面崩壊

最近の集中豪雨に伴う大規模な土砂災害では、降雨の生起確率が砂防施設の計画規模（一般に 100 年）をはるかに超えている場合が多い。土砂災害の発生が 1～3 時間程度の短時間降雨に支配される場合と 24 時間以上の長時間降雨に支配される場合等があり、土砂移動形態も表層崩壊、深層崩壊など様々あり、複合的な形態を有する場合もある。また、強い雨域の広がりによって、発生した土砂・流木が一般的な土石流の堆積範囲に留まる場合、九州北部豪雨のように、掃流区間の緩い勾配まで土砂・流木が到達し被害をもたらす場合など多様である。

災害調査資料等をもとに崩壊が極めて高密度に発生した事例について、流域面積と崩壊面積率の

関係を示すと図-1 の通りである。ばらつきが大きいのが、一つの災害事象で見ると流域面積が小さいほど、崩壊面積率が高くなる傾向にある。また、崩壊面積率が 10% を超える事例は稀である。

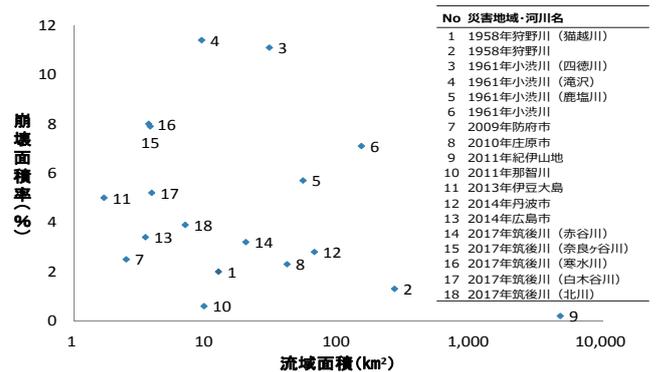


図-1 大規模災害における流域面積と崩壊面積率の関係

次に降雨と斜面崩壊の関係を調査した事例を見ると、降雨継続時間に係わらず降雨量の増加に伴い崩壊面積が増大する傾向が見られる（例えば平成 29 年九州北部豪雨¹⁾）一方、図-2 のように最大 24 時間雨量の増加とともに崩壊密度が増大しない（特定の雨量以上で崩壊密度が頭打ちとなる）傾向が見られる場合²⁾もある。

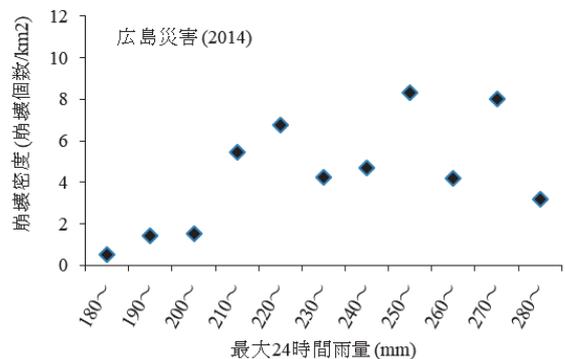


図-2 雨量と崩壊密度の関係（平成26年広島災害）²⁾

2.2 災害発生のタイミング

大規模な土砂災害の多くは降雨のピーク付近で発生している。特に表層崩壊による同時多発的な土砂災害においてその傾向が高い。一方、紀伊半島大水害のように深層崩壊を主体とする災害は、降雨ピーク後、一連の降雨の終盤に発生する場合

もある。

3. 研究開発の展望

最近の大規模な土砂災害のように、砂防施設の計画規模を超える生起確率降雨による災害は、毎年のように全国各地で発生している。降雨量の増加に伴い斜面崩壊は増加する傾向を示すのが一般的であり、このため超過現象に対するリスク管理が求められる。以下にリスク管理に向けたハード・ソフト両面からの研究開発の将来展望を述べたい。

3.1 超過現象のリスク管理（ハード対策）

砂防施設が計画上 100%整備されたとしても、計画規模を超過する現象が生じた場合は、土砂・流木等は砂防施設を乗り越え、下流へ流下し被害をもたらす可能性がある。最悪の場合、砂防施設が倒壊し、それまで捕捉していた土砂・流木を一気に吐き出し、被害を拡大させるかもしれない。このため、超過現象が生じた場合においても被害をできるだけ軽減するための流域全体での取り組みが必要となる。

このため、流域全体の最適な施設配置計画に関し、超過現象が生じた場合の土砂・流木の生産、流出、堆積プロセスを解析するための数値計算モデルと流域全体の砂防施設による土砂・流木の捕捉・調節効果等を適正に評価できるモデルの開発が求められる。それには入力条件となる土砂と流木の生産量・発生場所とタイミングを予測することが必要であり、大規模な土砂災害事例における崩壊面積率、単位面積当たりの生産土砂量、発生流木量等から推定する方法が主に使われているが、さらに、地質・地形・植生等を考慮した分析や斜面の降雨浸透過程等を考慮した斜面崩壊モデルの精緻化などが必要となろう。これらの解析技術は計画規模の現象に対しても十分に開発されたとは言えず、さらなる改善が必要である。

計画規模を上回る土砂移動現象に対する施設配置は基本的に行わないが、建設発生土を有効活用して超過現象が生じても被害を受けない避難所、避難路や防災拠点づくり等は他事業と連携して実施することが可能であり、警戒避難や防災拠点づくりなどソフト対策を含めた評価手法の開発が求められる。

流域全体のリスク管理においては、一雨の短期的な現象だけでなく、大規模な土砂生産後の数年から数十年にわたる中長期的な土砂・流木の流出・堆積プロセスも評価することが必要である。例えば紀伊半島大水害によって十津川流域では深層崩壊など大規模な土砂生産があったが、今後数年～数十年にわたり下流河川に影響を及ぼすことが想定される。流砂系一貫した土砂管理を念頭に他事業とも連携し、流砂水文観測データ等をもとに砂防施設の除石や堰堤透過部の開閉度の調整等を含む生産性向上とライフサイクルコストの観点からの最適な土砂管理技術の開発が求められる。

個々の砂防施設についても、砂防工事の生産性向上やライフサイクルコストを含む効率的な維持管理の観点から、鉄筋コンクリート造、プレキャストコンクリート工法、鋼構造とコンクリート構造を組み合わせたハイブリッド構造等について、新技術・新工法の開発が必要である。また、巨石の衝突や土石流の流体力などによる砂防施設の破壊・損傷プロセスを明らかにするとともに、材料、構造特性に対応した設計照査方法を確立することが求められる。

3.2 超過現象のリスク管理（ソフト対策）

土砂災害からの避難については土砂災害防止法及び関連する指針等に基づき、土砂災害警戒情報が発表された場合はメッシュ情報等を活用し、あらかじめ想定していた避難場所へ避難することを基本としている。最近の大規模な土砂災害（計画規模を超過する現象）では、土砂災害が集中的に発生する数時間前に土砂災害警戒情報が発表されるケースが多いが、短時間に極めて強い雨が局所的に降る場合はギリギリのタイミングとなることもある。

また、全国では年間千回を超える土砂災害警戒情報が発表されているが、実際に土砂災害が発生する事例は少ないことが課題となっている。また、避難勧告が発令されても避難しない人がいることや大雨の際に避難勧告等の情報が住民まで伝わらないこと等が課題として指摘されている。

情報を出すタイミングや内容、住民の防災意識、情報伝達手段等を同時に改善していく必要がある。住民の防災意識向上や情報伝達手段の改善については教育や消防防災部局との連携が必要である。

情報を出すタイミングや内容について、例え

ば同時多発的な大規模土砂災害をもたらす線状降水帯のリアルタイム監視にもとづく情報提供や雨量及び地下水・湧水のモニタリングに基づく深層崩壊に関する危険度情報の提供等が考えられる。

また、超過降雨に限らないが、融雪と降雨が複合的に作用する土砂災害等に関する予測技術の開発や降雨ピーク後に発生する土砂災害の特徴を分析し避難勧告等の解除に活用する取り組みも必要である。さらに、ハード対策と同様に、斜面の降雨浸透過程を考慮した斜面崩壊モデルを活用して崩壊のタイミングを予測し、警戒情報に活用する方法も将来重要となつてこよう。これまで室内実験、現地観測・実験、数値解析等の多くの研究が行われているが、安価で簡易な土壌水分等のリアルタイム監視と AI、IoT を組み合わせたシステムのモデル地域での運用・評価をもとに全国的展開を図っていくことが想定される。

極端な降雨現象が広範囲にわたる場合、生産された土砂・流木は下流河川まで流下し影響を及ぼす場合がある。土石流形態による土砂の到達範囲は土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域でカバーされており、これまでの大規模土砂災害においても概ね妥当性が確認されてきたが、今後は土砂流や掃流形態による土砂・流木の流下範囲や流木等が橋梁等を閉塞して氾濫する場合の影響範囲について、河川部局とも連携し情報提供していくことが考えられる。

3.3 災害後の緊急対応技術

大規模な土砂災害が発生した場合、迅速に災害の全容を把握することが重要である。衛星 SAR の活用による大規模崩壊の候補地等の抽出は、既に試行的な運用を開始しているが、今後は航空機 SAR やヘリ調査等を組み合わせた効率的な調査計画立案手法の開発や AI を活用した画像判読な

どの研究開発が求められる。

また、緊急ハード対策についても、迅速性、安全性、生産性等の観点から無人化施工を含む新工法・新技術の開発が必要である。

4. おわりに

崩壊、土石流、土砂流等の自然現象は複雑であり、災害をもたらす過程も多様である。現地観測、室内実験、モデル化による数値解析等の研究開発が進展し、土砂移動現象のメカニズム解明も相当程度進んできたが、今後は AI、IoT、衛星、各種センサーなど進展目覚ましい技術を土砂災害分野へ効果的に活用していくことが求められている。

新しい技術や知見を防災の実務に適用していくため、地方整備局、都道府県、市町村等の現場の声をしっかりと受け止めながら関係機関と連携し研究開発を進めてまいりたい。

参考文献

- 1) 九州地方整備局：第2回筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会資料②（その1）、pp.37～39、2017
- 2) 木下篤彦他：過去の表層崩壊の崩壊特性と降雨分布との比較、平成27年度砂防学会研究発表会概要集B、pp.116～117、2015

岡本 敦



国土交通省国土技術政策総合研究所
土砂災害研究部長
Atsushi OKAMOTO