

大規模土砂災害に向けた取り組み

森山 裕二

大規模土砂災害（火山噴火災害、大規模地震災害等含む）の発生に際し、より迅速な対策を実施するため、雲仙普賢岳火山噴火災害以降、危険で困難な作業については、無人化施工による工事の実施が進められてきた。

平成22年11月に土砂災害防止法が改正され、大規模な土砂災害が急迫している場合、国または都道府県が直接調査（緊急調査）を行い、市町村に対して「被害の想定される区域・時期の情報」（土砂災害緊急情報）を提供することとなった。しかし、改正された土砂法（土砂災害防止法）に基づく「緊急調査」をより迅速に、より正確に実施するためには、火山噴火活動中や大規模崩壊発生直後など、危険な状況が続いている地域に入り必要な情報収集などを行う新しい調査手法の開発が必至なのである。

キーワード：大規模土砂災害、土砂災害防止法、火山噴火、調査手法、無人化

1. はじめに

昨年わが国では、1月に霧島山・新燃岳の火山噴火災害が、3月11日には、未曾有の大災害である「東日本大震災」が発生した。追い打ちをかけるように、7月には新潟・福島の高雨災害が、9月には台風12号が襲来し、紀伊半島では多数の河道閉塞が形成するなど大規模な土砂災害が発生した。例年になく大規模な土砂災害が連続して発生し、社会経済的にも甚大な被害をもたらした。現在もなお、これらの災害に対して、復旧等の作業が続けられている。

昨年の災害の発生状況及び対策等を通じて、大規模な土砂災害は低頻度であれ必ず発生すること、災害そのものを防止することは困難であるが被害の軽減を図るための対策が社会経済的な取り組みとして必要であることが明らかになった。

2. 土砂災害防止法の改正

平成16年に発生した新潟県中越地震や平成20年に発生した岩手・宮城内陸地震では、多数の河道閉塞（いわゆる天然ダム）が形成された。国は地元自治体からの要請を受け、これらの河道閉塞に対し、支援を行ったが、そこでいくつかの課題が見えてきた。河道閉塞・火山噴火に伴う土石流・地すべり等による大規模な土砂災害は、ひとたび発生すると広範囲に多大な被害が及ぶ恐れが

ある上、時々刻々と状況が変化し、危険性の把握に高度な技術が必要となる。これらの災害が急迫している場合、

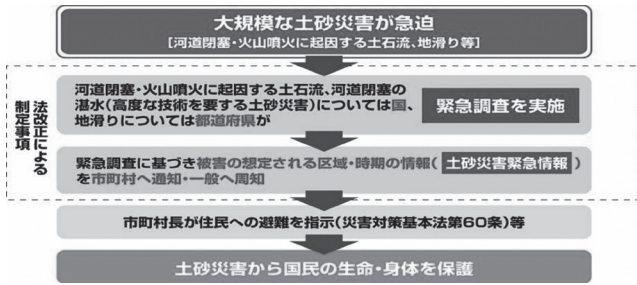
- ①住民に避難指示をだす権限は市町村にあるが、技術力の不足から避難指示の判断の根拠となる情報を自ら入手することが困難であり、国または都道府県による技術的支援が必要であること。
- ②国と都道府県の市町村支援に関する役割や関与の範囲・分担が不明確であること。

の2点の課題がある。

この課題を解決するため、「土砂災害防止法」を改正し、大規模な土砂災害が急迫している場合、河道閉塞、火山噴火に起因する土石流及び河道閉塞の湛水については国が、地すべりについては都道府県が緊急調査を実施し、緊急調査に基づき、被害の想定される区域・時期に関する情報（土砂災害緊急情報）を市町村へ通知し、一般にも周知を図ることとなった。

市町村長は、この土砂災害緊急情報を踏まえて、災害対策基本法に基づいて住民への避難を指示するなどの措置を行うこととなっている。

この法律改正により大規模な土砂災害に対して、国民の生命・身体を守る体制が拡充された。と同時に、国は、大規模な土砂災害が発生した際に、今まで以上に迅速かつ正確な住民の避難等に役立つ情報を提供する責務を負ったわけであり、そのためにも迅速に土砂災害に関する調査を実施できる体制づくりを行うことが求められこととなった（図—1）。



図一 1 改正された土砂災害防止法の概要

3. 平成 23 年に発生した大規模土砂災害への対応

(1) 霧島山・新燃岳火山噴火災害

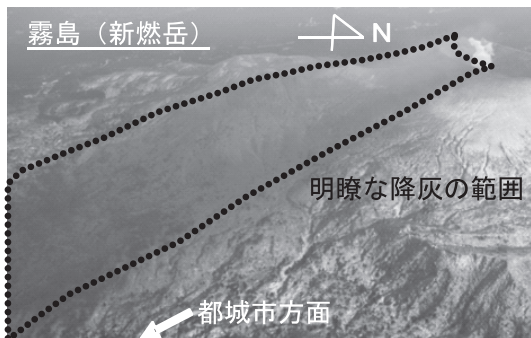
①霧島山・新燃岳の噴火と降灰調査

霧島山・新燃岳は、平成 23 年 1 月 26 日から噴火活動が活発化し、広範で降灰が確認されたことから、翌 27 日から国土交通省九州地方整備局（以下、「九州地整」という）及び独立行政法人土木研究所（以下、「土研」という）が現地調査を行い、新燃岳から南東方向に約 20 km、幅約 3 km の帯状の範囲で、降灰厚が 1 cm を超えていることが明らかになった（写真 1～6）。

降灰範囲と土石流危険渓流を照合し、35 渓流が土砂災害防止法施行令第 8 条に定める緊急調査の要件「降灰厚が 1 cm を超える範囲が 10° 以上の勾配の流域



写真一 1 霧島山（新燃岳）の噴火状況



写真一 2 ヘリからの土石流危険渓流内における降灰等の堆積状況調査



写真一 3 地上からの降灰等の堆積状況調査



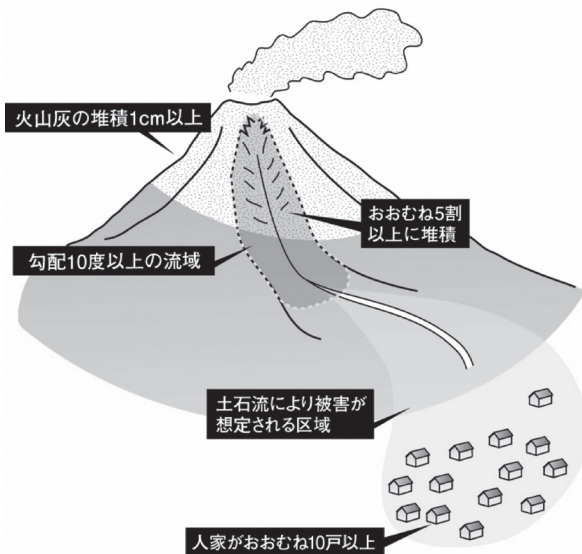
写真一 4 降灰等の堆積状況の調査



写真一 5 自動降灰量計による降灰量観測



写真一 6 上流部における降灰量等の堆積状況調査



図一 火山噴火に起因する土石流

面積の5割以上を占めていると推計される」に該当していることを確認した(図一)。

②土石流災害想定区域及び想定時期

国土交通省砂防部、九州地整及び土研は、直ちに土石流災害防止法第29条の緊急情報で通知すべき「噴火による降灰等の堆積後の降水を発生の原因とする土石流災害が想定される区域(以下、「想定区域」という)及び時期(以下、「想定時期」という)の調査に着手した。想定区域は、流域内で噴火による降灰等の堆積によって浸透能が極端に低下し、表面流が増加することによって発生する土石流が扇状地で氾濫することを想定した数値シミュレーションにより明らかにした(写真一)。



写真一 数値解析等による土石流災害緊急情報の作成

区域の調査と平行して、想定時期の調査を行った。想定時期は、降雨の状況に大きく影響を受けることから、土石流災害の発生が想定される時間雨量を明らかにすることとし、九州地整や宮崎県が35溪流周辺で観測している雨量の実績値や宮崎地方气象台等が発表する災害時支援情報等の気象情報を組み合わせて、各

市町で避難勧告等の発令時期を決定してもらうこととした。霧島山では降灰後の土石流と雨量の関係が明らかになっていないことから、雲仙普賢岳噴火災害(1990～1995年)や三宅島噴火災害(2000年)における噴火に伴う降灰後の降雨と土石流の発生状況を調査した。三宅島噴火災害における土石流発生状況から、当初は時間雨量で4mmを目安とした。

③土砂災害緊急情報の通知

土砂災害想定区域及び想定時期についての情報は、調査開始から9日後の2月4日には、35溪流に関係する宮崎県都城市、高原町に説明し通知した。

④調査の継続

1回目の土砂災害緊急情報の通知後も、九州地整及び宮崎県により雨量基準を上回る降雨が観測される度に現地調査が実施された。降雨により土石流が発生していない状況が確認された等の調査結果を踏まえ、暫時、想定時期に関する時間雨量を引き上げ、7月には、高千穂周辺の14溪流では時間雨量35mm、その他の丘陵地では「土砂災害警戒情報」が発表された場合に土石流が発生する恐れがあるということの内容とする情報を関係市町に通知した。

(2) 台風12号による紀伊半島地域における河道閉塞

①気象及び土砂災害による被害状況

台風12号は非常に大型で、ゆっくりとした速度で進んだため、台風周辺地域に長時間にわたって強い降雨をもたらした。8月30日からの総降水量は紀伊半島を中心に広い範囲で1,000mmを超え、奈良県上北山村では1,814.5mm(8月30日17時～9月6日24時 アメダスデータ)を観測するなど、年間降水量(平均値)の6割にも達したところもあり、記録的な大雨となった。台風12号に伴う豪雨により、三重県、奈良県、和歌山県など21都道府県において208件の土砂災害が発生した。土砂災害による人的被害は、三重県、奈良県、和歌山県の3県で死者49名、行方不明者13名、全壊99戸、半壊46戸に達した(国土交通省砂防部調べ)。

②国土交通省の対応

国土交通省近畿地方整備局(以下、「近畿地整」という)等は、9月6日までにヘリコプターによる上空からの調査等により、土砂災害防止法にもとづいて緊急調査を実施する必要がある河道閉塞(いわゆる天然ダム)を奈良県内に3箇所、及び和歌山県内で1箇所の計4箇所確認した。このため、同日から緊急調査に着手する旨、奈良県知事及び和歌山県知事に通知した。

近畿地整では、土研から技術的な支援を受けながら

緊急調査を行い、9月8日には第1号の土砂災害緊急情報を奈良県五條市、十津川村、和歌山県田辺市及び両県に通知した。

さらに、奈良県野迫川村でも9月13日に緊急調査に該当する河道閉塞を確認したことから、速やかに調査を行い、9月15日に土砂災害緊急情報を通知した。

なお、今回の緊急調査の実施にあたっては、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という）の職員を高度技術専門家の緊急災害対策派遣隊（TECFORCE）として、9月4日から奈良県、和歌山県、三重県にのべ7名派遣して、土砂災害の被害状況の収集・調査にあたり、緊急調査の対象となる河道閉塞が発見された（図-3）。

当該緊急調査では、岩手・宮城内陸地震時発生した河道閉塞に対して採用した調査手法に加えて、新しい調査技術も導入し、より迅速かつ正確な情報収集に努めた。

まず、河道閉塞箇所の把握について、従来夜間や悪天候時には広域的な河道閉塞（いわゆる天然ダム）の形成確認ができなかったが、今回、衛星合成開口レーダーによる観測 SAR 画像の判読技術により、夜間の悪天候下においても山間部の未確認の河道閉塞を発見することに成功した。これにより、早期に緊急調査を開始することができた（写真-8）。

河道閉塞箇所の初動調査としては、道路等が途絶していることから、ヘリコプターによる上空からの調査を行うこととした。上空から調査員が河道閉塞の位置、形状（高さ、河道幅、下流側のり勾配）、構成材料を

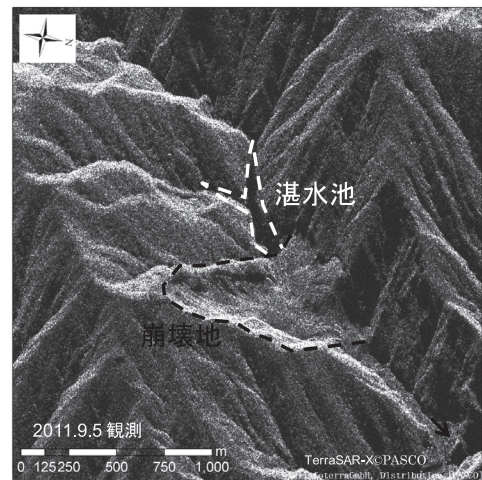


写真-8 衛星で発見された赤谷地区の天然ダム



写真-9 上空からのレーザー測距計による計測

目視及びレーダー距離計により調査した（写真-9）。

土砂災害が想定される下流の氾濫区域に関しては、河道閉塞の越流・決壊時のハイドログラフを推定し、計算シミュレーションにより推定した（図-4）。

河道閉塞の発生状況（緊急調査実施箇所）

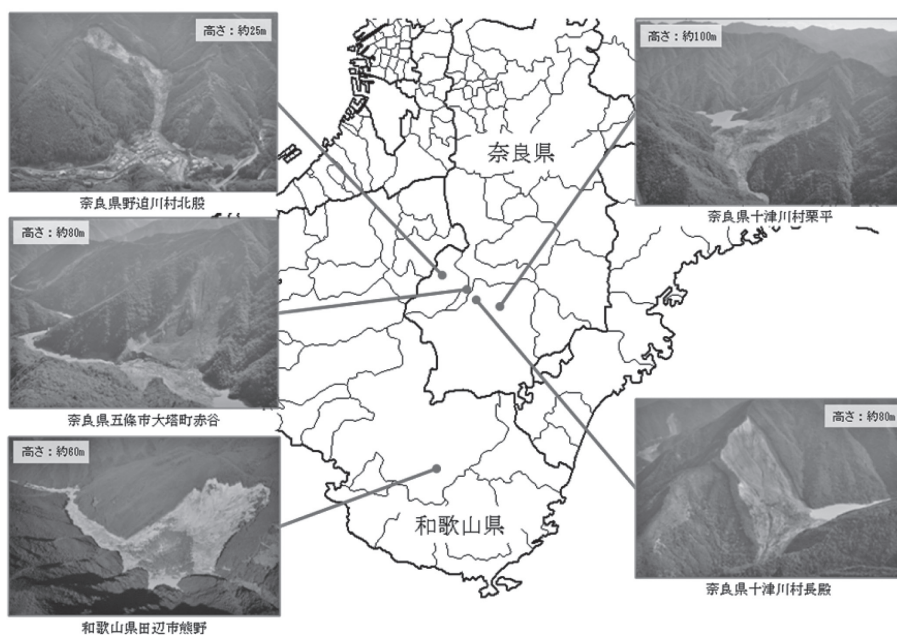


図-3 河道閉塞の発生状況（緊急調査実施箇所）

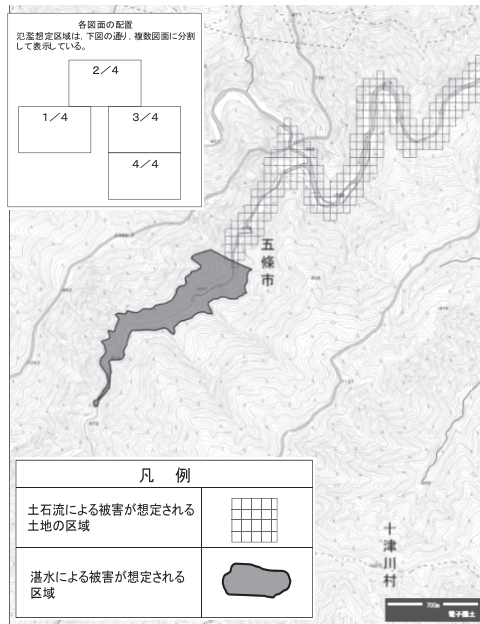


図-4 土石流等による被害が想定される土地の区域

③河道閉塞箇所の監視及び情報の共有

河道閉塞箇所について、降雨等により越流・決壊等の現象が起これば下流側の氾濫区域等で甚大な被害が発生する恐れがあることから、緊急情報に加えて河道閉塞および湛水域の状況を監視し、得られた情報を「随時情報」として提供することとした。

監視体制は、

- ・ヘリコプターによる毎日の監視（2回/日）（写真-10）
- ・「投下型水位計」による湛水深の24時間計測（写真-11）
（水位情報は1時間毎に関係自治体及びマスコミに提供）
- ・ワイヤセンサー，斜面崩壊センサーによる土石流の検知・警報発信（サイレン・回転灯）（写真-12）
- ・カメラによる常時監視（写真-13）
（関係自治体にモニターを設置，インターネットによる映像の配信）

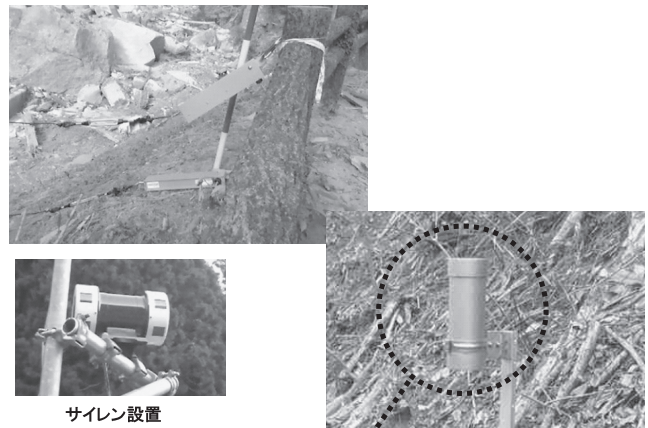
等であった。



写真-10 ヘリコプターによる監視



写真-11 投下型水位観測ブイによる水位の観測



サイレン設置

写真-12 ワイヤセンサー，斜面崩壊検知センサーによる土石流の監視



写真-13 固定カメラと衛星通信による24時間定点監視

河道閉塞に伴う土砂災害は影響範囲が非常に広く，様々な機関の活動に影響を及ぼすことから，関係省庁との情報の共有化を緊密に行った。政府非常災害対策本部会議および内閣府主催の関係省庁連絡会議において，関係省庁と現地の被災状況及び河道閉塞に関する情報と合わせて，住民避難等に関する情報を共有するとともに，近畿地整が関係自治体を総合的に支援する体制を整えた。この災害では，関係自治体において災害対策基本法第63条に基づく警戒区域が設定されたことにより，住民は長期的な避難を余儀なくされた。避難された住民から強い要望が出された「一時帰宅」

についても近畿地整の支援による万全の監視体制の下、実施された。

④緊急工事の実施

近畿地整では、奈良・和歌山両県からの要請を受け、決壊や氾濫の恐れが特に高い奈良県五條市大塔町赤谷、野迫川村北股、十津川村長殿、十津川村栗平、和歌山県田辺市熊野の5箇所(河道閉塞箇所(土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施中の箇所))において、9月16日以降、順次直轄災害関連緊急砂防事業として緊急工事に着手し、越流による土石流発生の危険性を低減させるため、流水を安全に流下させるための仮排水路の設置、ポンプによる湛水池からの排水等の作業を進めてきている。

現場では、台風12号以降にも台風15号に伴う降雨等により、越流や崩壊斜面からの土砂流出が発生するなど、非常に危険な状況が続いていることから、重機を安全な場所から無線で遠隔操作する無人化施工技術の活用や崩壊斜面の挙動等を監視・観測するための機器の設置等により、工事実施中の安全の確保に努めている。また、地上からアクセスが困難な箇所においては、小型の重機や分解可能な重機をヘリコプターにより現場に搬入した。今回は、中部地整が所有する国内



写真—14 ヘリによる小型重機の運搬状況



写真—15 無人化施工の実施状況

最大級(10 m³級)の分解型油圧ショベル(無人化施工対応タイプ)を初めて災害現場に投入するなど、作業効率の向上による対策工事の促進を図った(写真—14, 15)。

今回の紀伊半島における河道閉塞対策工事では、これまでの大規模な土砂災害への対応を通して積み重ねられた経験とそれを踏まえて開発された高度な技術力・機械力が厳しい施工環境のもとでの対策工事を可能にしている。

4. 火山噴火緊急減災対策砂防

過去最大規模の土砂移動現象に対して、人命の損失をはじめ社会経済的な基盤施設に壊滅的な被害を発生させない対策を講ずるため、災害実績を踏まえつつ、個々の土砂移動現象を想定したリスク評価を行い、「減災」の考え方に基づいたハード・ソフト両面からの対策を進めていくことが必要である。

火山噴火災害は、東日本大震災における津波災害同様、発生頻度は低いが、雲仙普賢岳の火砕流災害等に見られるように広範囲にわたって甚大な被害をこうむることから社会経済的な影響が大きい。しかし、残念ながら現在、火山噴火の発生や活動を事前に予測することは困難である。活動規模も同じ火山であっても時期によって大小変化するため、あらかじめ常に大規模な噴火活動を想定した対策施設を監視している全ての火山に整備することは適当ではないと考えられる。すなわち、噴火災害を対策施設のみで対応することは難しく、必ずしも合理的ではないのである。

そのため、社会経済的な被害を最小化する方法として、噴火活動にあわせて機動的な対策を講じていく「火山噴火緊急減災対策砂防」を実施していくこととしている。

「火山緊急減災対策砂防」とは、火山噴火災害から被害を出来る限り軽減(減災)するために、噴火活動にあわせて機動的な対策を行うことである。具体的には、「平常時」と「緊急時」に分けた施設整備を行うことであり、

平常時：最低限の基幹的な施設の整備、用地取得を行う

緊急時：噴火活動に合わせて緊急的かつ機動的に工事を行う

こととしている。

緊急時に機動的に対策工事を行う上で、必要となってくる調査事項は、①山灰等の火砕物の堆積状況、②火口の形成等の顕著な地形変化状況、③溶岩流、溶岩

ドームの形成状況，④積雪状況や火口内の湛水状況，⑤ガリー等の顕著な地表面の浸食状況などが考えられる。火山噴火活動中はもちろんのこと，停止している状況であっても上記の調査を実施することは，きわめて危険な作業となることが考えられる。

5. 「無人化調査機器」開発への期待

これまで、「土砂法」の改正に基づく緊急調査や「火山噴火緊急減災対策砂防」の緊急対策工事に必要な調査について述べてきたが，何れも危険な状況下で迅速かつ正確な調査を行うことから，工事施工と同様に，無人化された調査機の導入が求められる。すでに，河道閉塞により生じた土砂ダムの決壊等について，ITVカメラによる画像送信とあわせて，ヘリコプターから投下される「投下型水位観測ブイ」から送られる水位情報が役立っている。

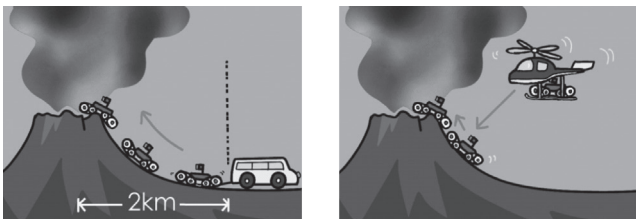
今後，火山噴火災害による甚大な被害を軽減するため，火山噴火災害緊急減災対策砂防を浅間山などの火山活動が活発な火山を対象に展開していくことが考えられており，そのような対策を進める上で無人航空機

をはじめ地上走行型ロボットなど，さらなる無人化された調査器機の開発が期待されている（図—5）。

6. おわりに

昨年の3.11東日本大震災以降，想定を超える巨大な自然災害の発生にどう取り組んでいくのかが大きな課題となっている。巨大災害そのものは防止できないが，迅速かつ正確な調査及びその情報でもって住民の避難や応急対策が図られることにより被害の軽減を図ることは可能である。砂防の分野においては，現在，発生が懸念されている東海地震，東南海，南海地震等の巨大地震によるいわゆる深層崩壊，地すべり，それによる河道閉塞などの発生や浅間山はじめ100を超える火山による噴火活動にともなう降灰や火砕流の堆積などの大規模な土砂災害の発生が予想されている。これらの災害による被害を可能な限り軽減し，国民の生命・財産を守るためにも前述の「無人調査機器」を含め，災害発生直後に迅速に必要な情報を収集する新しい調査手法の開発と導入が急務なのである。

JICMA



図—5 無人調査を目的とした小型不整地移動ロボット技術の開発



【筆者紹介】
森山 裕二（もりやま ゆうじ）
前 国土交通省
水管理・国土保全局
砂防計画課長