

特集：50年先の日本を創る土木技術

# 火山噴火時の緊急調査と緊急減災対策の展望

渡 正昭・松本直樹・小山内信智・藤村直樹

## 1. はじめに

全国では毎年約1千件以上の土砂災害が発生しており、平成26年も1,043件（10月末日現在）の土砂災害が多発し、多くの人命が失われたことは記憶に新しい。特に大規模な土砂災害が発生するたびに国土技術政策総合研究所ならびに（独）土木研究所（以下、「国総研・土研」）では災害現場へ専門技術を有する職員を派遣するなど、二次災害防止のための技術支援に総力をあげて取り組んでいる。

こうした中、本年9月27日には長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山が噴火し、噴石の直撃などにより死者・行方不明者63名にのぼる甚大な火山噴火災害が発生した（写真-1）。また、桜島、口永良部島、阿蘇山などでも活動が活発な状況が続いている。



写真-1 平成26年9月御嶽山の噴火（中部地方整備局撮影）

火山噴火時には、火山噴出物による直接的な土砂災害に加えて、流域が火山灰に覆われることにより土石流が発生しやすくなることが知られている。国総研・土研においても御嶽山の噴火直後から中部地方整備局と連携して地元自治体の災害対策への技術的助言を実施してきたところである。

本稿では、火山噴火時における土砂災害に対する現行の緊急減災対策の実績を踏まえつつ、50年先の我が国の災害に対してより安全な社会の構

築を目指し、今世紀中の発生が危惧される大規模な火山噴火への対応を見据えた技術開発等の方向性について考察することとしたい。

## 2. 火山噴火時の対応

### 2.1 火山噴火に伴う土砂移動現象

火山噴火に起因した土砂移動現象は、溶岩流や火砕流のほか、噴火に伴い二次的に誘発される降灰後の土石流、融雪型火山泥流や山体崩壊が挙げられる。このうち、近年の噴火事例で被害を生じた事例は、平成2年に噴火を開始した雲仙普賢岳、平成12年に噴火を開始した三宅島雄山など降灰後の土石流によるものがほとんどである。このため、火山噴火に伴う土砂移動現象による被害の軽減に向けた取り組みとして、降灰後の土石流への対応が重要となる。

### 2.2 火山噴火への対応

火山地域で行われる土石流対策は、基本対策と緊急対策に大別される。基本対策としては、火山砂防基本計画に基づき平常時に実施する火山砂防事業が挙げられる。一方、緊急対策としては、火山ごとに噴火時に備え策定される火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づく緊急対策（図-1）や土砂災害防止法に基づく緊急調査及びその結果に基づく土砂災害緊急情報の発表が挙げられる。

基本対策である火山砂防事業は、その事業の完了には長期間を要するため、その完了前における噴火対応として緊急対策による減災に向けた取り組みが重要となる。

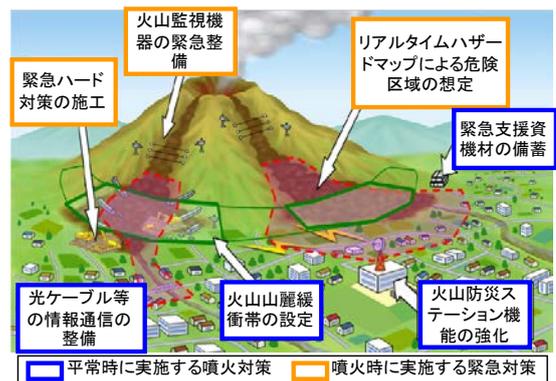


図-1 火山噴火緊急減災対策砂防計画

Scope of urgent investigation and disaster mitigation of volcanic mudflow

### 3. 近年の火山噴火への対応事例と課題

#### 3.1 平成26年御嶽山の噴火時の対応<sup>1)</sup>

ここでは、御嶽山を事例に直近の噴火時における緊急対応の現状を示す。

御嶽山では、平成26年9月27日に水蒸気爆発による噴火が生じた。この噴火によって、火口周辺の溪流では火山灰の堆積が確認されるとともに、南西側の濁沢川では小規模な火砕流の発生が確認された。その後の10月5日の台風18号による降雨時には、下流の集落への影響こそなかったものの、土石流の発生が確認されている。

国土交通省は噴火当日からヘリコプターによる上空からの調査を行うとともに、翌28日には山麓の溪流において火山灰の堆積状況の調査を行い(写真-2)、火山灰の堆積が確認された3溪流について土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施した。

また、これらの溪流について、中部地方整備局は国総研・土研と連携し土石流により被害が生じるおそれのある区域について氾濫計算による推定を行い、その結果を10月3日に公表した(図-2)。

また、緊急対策工事として、平成23年度に策定された火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づき、既設の砂防堰堤が整備されていない鹿ノ瀬川へ、



写真-2 御嶽山における火山灰の堆積状況調査



図-2 御嶽山の噴火対応で公表された土石流の氾濫シミュレーション結果の例



写真-3 御嶽山山麓の溪流に設置されたコンクリートブロック堰堤

備蓄されていた資材により、10月末にコンクリートブロック積み砂防堰堤が設置された。

#### 3.2 大規模噴火時において想定される課題

直近の御嶽山の事例では、緊急ハード対策や土砂災害防止法に基づく緊急調査が迅速に行われた。一方で、今後の火山噴火時の対応については、より大規模な噴火に対する想定が必要となる。過去の大規模な噴火の事例として、1707年の富士山の宝永噴火では、120km離れた千葉県市原市で8cmの降灰が生じたとされる<sup>3)</sup>。このように大規模な火山噴火が生じれば、広域の溪流で土石流の発生の危険度が高まるものと考えられる。これらの溪流では、火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づく緊急的な対策工事が行われることが想定されるものの、全ての箇所ですばる対応を行うことは困難となる可能性がある。このため、土砂災害防止法に基づく緊急調査等により、迅速に危険な箇所を特定し、警戒避難体制の整備を行うことが初動対応として重要となる。

このため、大規模な火山噴火への対応に向けた取り組みとして、「広範囲にわたる降灰の状況を早期に把握する方法」の技術開発が重要となる。

### 4. 技術開発の動向

ここでは、大規模な火山噴火等によって広域に火山灰が堆積した場合において、早期の堆積状況の把握に資する技術と今後の課題を整理する。

#### (1)自動降灰・降雨量計による降灰の観測技術

土研では、噴火時の降灰状況の把握のため、自動降灰・降雨量計を日本工営(株)と共同で開発している。

自動降灰・降雨量計は火山灰及び降雨を円筒状容器に収集し、同容器に備えられている水位計と重量計を用いて火山灰の堆積量と雨量を計測する

装置である。同装置は、火山噴火に伴う立入禁止区域であっても火山灰の回収等を必要とせず降灰量を継続的に計測でき、通常は携帯電話と同様の通信ネットワークを介してデータを基地局に転送する。今後、これらを火山ごとに一定のエリアごとに配置することで、面的な火山灰の堆積状況の把握が可能となることが期待される。

一方で、大規模な噴火時には、地上の通信設備の損傷等により通信ネットワークが寸断される状況が想定されることから通信手段の確保が重要となる。そこで、土研では、(独)宇宙航空研究開発機構と共同で、技術試験衛星Ⅷ型回線経由での降灰下におけるデータの伝送実験を行っている(写真-4)<sup>3)</sup>。

これまでの研究においては、顕著な降灰が無い状況でのデータ通信が概ね良好であることが確認されている。今後は、多量の降灰時におけるデータ通信の良否について検証を進める。

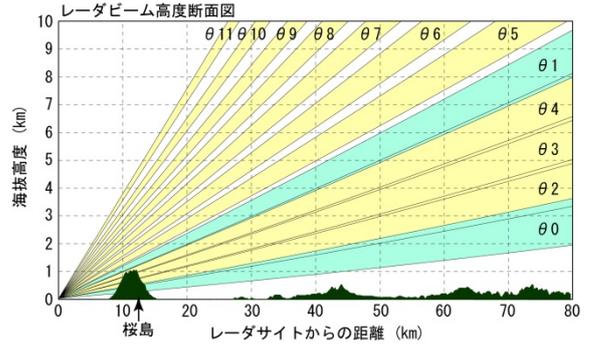


写真-4 自動降灰量計と技術試験衛星Ⅷ型を用いたデータ伝送実験

(2) XバンドMPレーダを活用した降灰の観測技術

噴火活動が活発な桜島では、流域源頭部が警戒区域に指定されており、流域源頭部での降灰量計による観測は実施できない状況である。このような状況に対して、九州地方整備局大隅河川国道事務所において、XバンドMPレーダによる降灰の観測が試みられている<sup>4)</sup>。

高頻度、高分解能の降雨観測を目的に設置されたXバンドMPレーダでは、複数の仰角について二重偏波観測を行うことが可能である。複数の仰角で観測を行うことにより(図-3)、桜島の噴煙を立体的に捉えるとともに、二重偏波観測を行うことで、レーダ反射強度のみならず、2つの偏波間の反射強度の比率や位相差、相関係数など各種の偏波パラメータを得られる。この偏波パラメー



注) θ0、θ1は降雨観測、θ0～θ11は噴煙の立体観測に使用

図-3 桜島におけるXバンドMPレーダの観測仰角

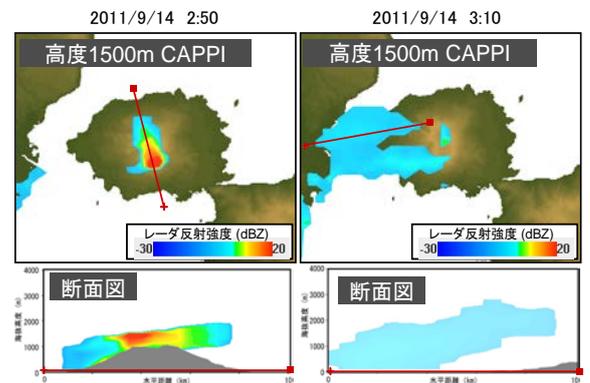


図-4 XバンドMPレーダによる噴煙の立体観測状況 2011年9月14日の事例

タの活用によって、火山灰の粒子形状などの情報を捉えることが可能となることが期待される。

これまでの観測では、XバンドMPレーダにより、図-4に示す上空1,500mにおけるレーダエコーの水平断面(CAPPI: Constant Altitude Plan Position Indicator)、鉛直断面のように噴煙柱や火山灰の拡散状況を高解像度で立体的に捉えられた事例が確認されており、この活用によって従来できなかった噴煙のリアルタイム観測が可能になると考えられる。

この情報と自動降灰・降雨量計による観測とを相互に補完することにより、より迅速に降灰分布の把握が可能となる可能性があり、今後はその手法の構築が必要である。

(3) 衛星を活用した降灰の観測技術

噴火活動中には、安全の確保のため立入禁止区域が設定され、火口に近接した地点のデータが得られないことが多い。そのため、火山に近接することなく迅速かつ安全に降下火砕物堆積物や堆積深を把握する調査手法として、リモートセンシング技術の利用が検討されている。特に、飛行制限の影響を受けず、雨雲や噴煙が被っていても観測

が可能な衛星搭載型の合成開口レーダ (SAR) の利用への期待が高い。

SARは、衛星進行方向に対して直交する斜め下方にマイクロ波を照射し、対象物から散乱された反射波を受信する能動型のセンサである。マイクロ波は大気中の粒子の大きさに比べて長い波長であるため、雲や霧、ある程度の雨を透過するとともに、火山噴火の噴煙の影響も受けにくい。こういった特徴を踏まえ、小規模な火砕流や降下火砕物の堆積範囲の把握のため、2時期に同一箇所を観測した2枚のSAR画像の相関度を示すコヒーレンス画像を作成し、コヒーレンスの低い範囲を火山灰の堆積範囲として推定する試みが行われている<sup>5)</sup>。

2011年に霧島山で発生した噴火により堆積した降下火砕物に対して、衛星搭載型合成開口レーダALOS/PALSARを用いて、コヒーレンス画像による降下火砕物堆積物堆積範囲の推定手法や適用性の検討が行われている。この手法においては、降下火砕物堆積範囲の推定5~10cm程度以上の降下火砕物堆積物の堆積範囲の推定が可能であることが示された。今後は、火砕堆積物以外のコヒーレンスの低下原因の検討やその除去方法などの開発が必要である。

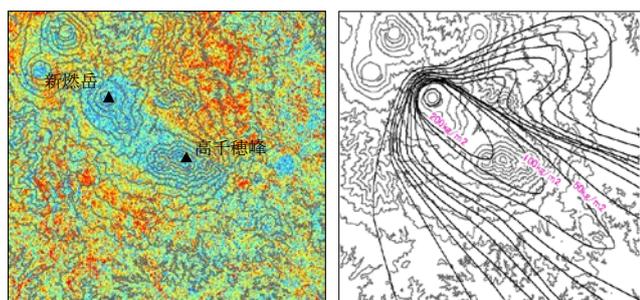


図-5 SAR画像のコヒーレンス画像と降下火砕物の等重量線図の比較(左)平成23年霧島山(新燃岳)噴火における2時期のSAR画像のコヒーレンス画像、(右)同噴火における降下火砕物の等重量線<sup>6)</sup>

## 5. おわりに

火山噴火時は、時間の経過とともに火山噴出物の堆積範囲や堆積深が変化するばかりでなく、場合によっては地形変化を伴うこともあり、土砂災害を引き起こす現象を的確に予測するには多くの困難を伴う。また、一般的に火山活動そのものの予測が難しい現状においては調査の安全性を確保することが必須である。

火山列島とも言われる我が国において火山災害は不可避であるが、大規模噴火時においても実践的な緊急減災対策を実現するため、今回紹介した無人観測やリモートセンシングなどの応用技術を引き続き発展させるとともに、迅速な状況判断と情報提供、さらには緊急対策の実施を可能にするための技術について訓練、実践ならびに改良に努めてまいりたい。

### 参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局：御嶽山噴火への対応、2014.10.31  
<http://www.cbr.mlit.go.jp/saigai/NEWS/MAIN/141030onntakepanfu.pdf>
- 2) 内閣府：1707年富士山宝永噴火、災害教訓の継承に関する専門調査会報告書、2012
- 3) 石塚忠範、森田耕司、清水武志、山越隆雄、中尾正博、橋本剛正：技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」を用いた災害対応センサデータ伝送実験、土木技術資料、第55巻、第12号、pp.42~45、2013
- 4) 坂井紀之、桃谷辰也、寺谷拓治、辻本浩史、國友優、高橋英一、下窪和洋、阿蘇修一：XバンドMPレーダによる桜島の噴煙検知に関する研究、砂防学会誌、Vol.66、No.3、pp.45~50、2013
- 5) 中野陽子、清水武志、山越隆雄、木佐洋志、石塚忠範：合成開口レーダの位相情報を活用した降下火砕物の堆積分布および堆積深の推定、砂防学会誌、Vol.66、No.4、pp.41~47、2013
- 6) (独)産業技術総合研究所・アジア航測(株)：第120回火山噴火予知連絡会資料(その1)霧島山、pp.64~67、2011

渡 正昭



国土交通省国土技術政策  
総合研究所土砂災害研究  
部長  
Masaaki WATARI

松本直樹



国土交通省国土技術政策  
総合研究所土砂災害研究  
部砂防研究室 研究員  
Naoki MATSUMOTO

小山内信智



(独)土木研究所つくば  
中央研究所土砂管理研  
究グループ長、農博  
Dr.Nobutomo OSANAI

藤村直樹



(独)土木研究所つくば  
中央研究所土砂管理研  
究グループ火山・土石  
流チーム 主任研究員  
Naoki FUJIMURA