

2. 火山噴火との緊急調査

2.1 基本方針

火山活動が活発化した際に、緊急減災対策砂防を効果的・効率的に実施するための情報を把握するため、緊急調査を実施する。

調査結果は、避難対策の支援にも有効活用するため、関係機関と情報共有する。

火山活動が活発化した際は、国が実施する「土砂災害法に基づく緊急調査」と、本計画の実施機関が行う「火山噴火緊急減災対策のための調査」がある。

【土砂災害法に基づく緊急調査】

火山活動が活発化し、大規模な土砂災害が急迫している場合は、土砂災害防止法に基づき国土交通省が緊急調査を実施し、対策実施のための状況把握や降灰後の土石流による被害のおそれのある区域などを把握する。

【火山噴火緊急減災対策砂防計画における調査】

噴火時の状況を把握し、緊急的な対策を検討するための調査など、的確な危機管理対応に資するための火山噴火緊急減災対策のための調査を、本計画の実施機関が行う。さらに、林野庁は降灰等による森林被害の確認や二次災害防止のための調査を行い、気象庁は、噴火予報及び噴火警報を行う上で重要となる噴出量やマグマの活動状況の推定、降灰予報の精度向上のための調査を行う。その他、各研究機関による火山活動状況把握のための調査が行われる。

なお、緊急調査を円滑に行うため、平常時より下記の事項について検討しておく。

- 噴火シナリオに対応した各時点で把握すべき情報とその調査手法
- 国及び県砂防部局、火山及び砂防専門家等による調査実施体制
- 困難な場所における調査手法(UAV等の活用)並びに民間施設(山小屋等)への協力依頼
- 気象庁並びに砂防部局等による、降灰後の土石流により重大な土砂災害が想定される土地の区域の設定及び雨量基準の検討

2.2 土砂災害防止法に基づく緊急調査

土砂災害防止法では、大規模な土砂災害が急迫した危険性が予想される場合は、国土交通省が緊急調査を実施し、その結果に基づき、被害が予想される区域や時期の情報（土砂災害緊急情報・随時情報）を市町村へ通知し、一般に周知することになっている（図 2-1，図 2-2）。

土砂災害防止法に基づく緊急調査の主な内容は以下のとおりである。

- 降灰調査
- 危険渓流の抽出
- 被害想定（氾濫解析）
- 調査結果の公表
- 土砂災害緊急情報の通知

なお、土砂災害防止法に基づく緊急調査は、土砂災害の危険性が低くなるまで、継続的に実施する。

平成26年（2014年）に発生した霧島山での噴火事例を図 2-3に示す。また、緊急調査に実施するUAV等による調査イメージを図 2-4に示す。

平成21年12月 「特殊な土砂災害等の警戒避難に関する法制度検討会」による提言
 平成22年11月 第176回国会にて成立(衆院・参院ともに全会一致) 法律公布
 平成23年5月 施行

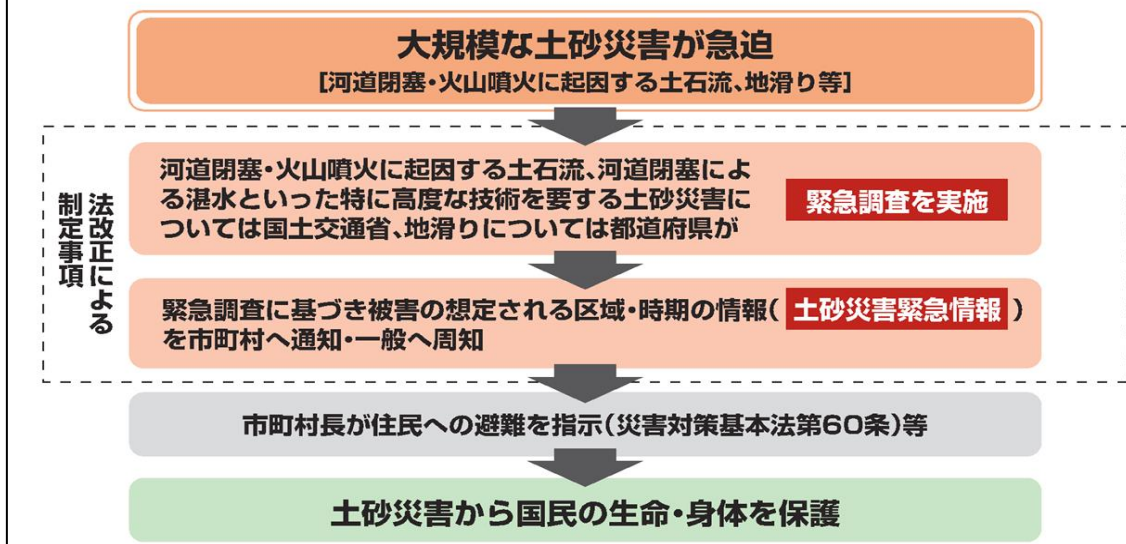


図 2-1 土砂災害防止法に基づく緊急調査の概要1

出典：土砂災害防止法の一部改正について（平成23年5月施行） パンフレット

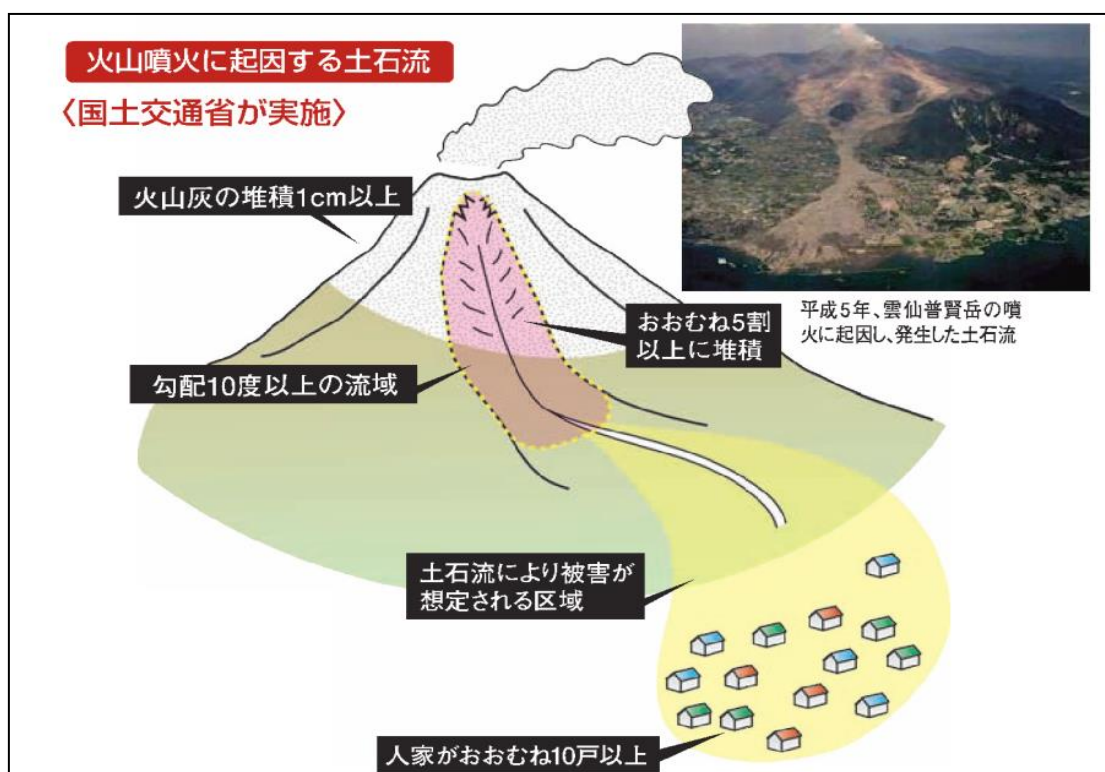


図 2-2 土砂災害防止法に基づく緊急調査の概要2

出典：土砂災害防止法の一部改正について（平成23年5月施行） パンフレット

新燃岳の噴火に伴う緊急調査の事例



2

図 2-3 噴火時の緊急調査の対応事例（平成23年（2011年）霧島山噴火）

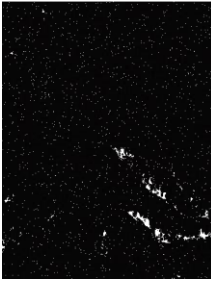
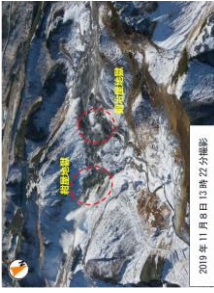
出典：気象庁公表資料



図 2-4 緊急調査に実施するUAV等による調査イメージ

また、降灰調査手法について、次ページに示す。

表 2-1 降灰量調査手法

名称	ヘリコプター	地上調査	リモートセンシング	航空写真	UAV
調査手法	 主にヘリコプターによる目視点検やカメラ撮影点検により、降灰範囲を確認する。詳細な降灰量の把握は困難であるが、火山灰範囲の把握には適している。	 地上において、調査員が降灰の堆積厚を定規等による直接計測や、定面積サンプリング法（単位面積内の火山灰をハケ、チリトリで採取し、重量を計測する方法）により降灰量を計測する。調査に必要な資機材にかかる費用が安い。	 光学衛星による可視画像あるいは雪や煙がある場合でも観測可能な全天候型レーダー（SAR）衛星による降灰エリアの推定等を行う必要がある。	 降灰による「見える方の変化」を利用した把握技術であり、降灰後に撮影した航空写真の画像範囲内におけるランドマーク（建物、道路、河川等）が含まれている場合、火山灰堆積厚を判別・推定できる可能性がある。	 人が立ち入ることのできない区域での試料採取、画像取得、継続観測等を行う。また、赤外線カメラ、レーザーセンサー、試料採取機、装置透過機能等の選択が可能である。
	概要				
調査実施の条件	・時間帯：日中のみ有視界飛行 ・気象制約（強風、視界不良等） ・噴煙、噴石等の火山活動状況	・時間帯：日中のみ ・気象制約（悪天時は不可） ・火口付近は立ち入り規制有り	・光学衛星：雲や噴煙の影響を受ける。 ・レーダー（SAR）衛星：全天候型	・時間帯：日中のみ有視界飛行 ・気象制約（強風、視界不良等） ・噴煙、噴石等の火山活動状況	・気象制約（強風、視界不良等） ・噴煙、噴石等の火山活動状況
情報収集に要する時間	・ヘリコプターの手に要する時間	・班体制を整える移動時間 ・計測地点までの移動時間 ・計測場所を選定する時間	・撮影画像等により撮影頻度が異なる。 ・撮影した画像は即時入手可能	・飛行機の手に要する時間 ・撮影した写真は即日入手可能	・UAVの手に要する時間 ・航空法に基づき手配が必要なケースもある。
費用等	・最大飛行時間4.2時間（積載重量による変動）	・通常の現地調査道具により代替可能	・新規撮影 要問合せ	・20万円～ ・撮影サイズ(1km²)	・最大飛行時間20分から270分 ・機種により異なる
連絡先	北陸地方整備局	北陸地方整備局	国土地理院、国総研あるいは各協会 ※国土地理院との協定有 ※各協会との災害における協定有 ※衛星SAR画像に関する災害時協定有	-	-
適用性	主に目視による降灰範囲と降灰厚の推定となるため、火山灰の堆積厚を把握し、初期期での活用は難しい。ただし、火口付近の立ち入り規制区域内の補完的な調査としては有効	各調査地点で火山灰堆積物が把握でき、ある程度、精度を持った降灰分布を把握する最も一般的な調査法である。既往実績も多く初期期の基本となる調査である。	現時点において、可視画像・SAR画像を用いた火山灰堆積厚の把握は学術レベルであり、初期期の調査法としての活用は難しく、補完的な調査となる。	条件のよい写真が撮影できれば、解像度が高いため地物を指標に降灰範囲、降灰厚を把握できる可能性がある。ただし、降灰範囲を把握できる情報が増えるかは不明であり、補完的な調査となる。	広範囲の撮影には適さないが、立ち入り規制区域内等の限定的なエリアでの降灰状況の把握には有効である。降灰マーカー等を組み合わせることで、降灰厚の計測も可能になる。
備考	画像出典：国土交通省北陸地方整備局ホームページより	観測者が火山の降灰域に立ち入る必要がある。	堆積厚については、実際の計測事例はなく、学術レベルである。新機軸噴火時にSAR干渉解析により火山灰の堆積厚の推定が試みられている。（防災科学技術研究所） 画像出典：JAXA HP	画像出典：弥陀ヶ原火山防災委員会資料より	画像出典：北陸地方整備局HP

2.2.1 UAVを活用した活火山調査

弥陀ヶ原周辺は、市街地から遠くアクセス路も限定されるため火山噴火時に火口付近まで現地に向かうことが困難なケースが想定される。そのため、ドローン技術を活用した調査方法を推奨する。

活火山においては、人の立入が困難な場所や、危険を伴う場所、火山活動に伴う立入規制区域等においてUAVの活用が有効である。コントローラによる操作のほか、事前に設定した航路を自律飛行できるものや、固定翼により長距離の航行が可能な機種もあり、近年活用が増加している。

機体に機器を取り付けることにより、映像の撮影のみならず、火山灰や火山ガスの採取などが可能である。これらを解析することにより、噴火による影響範囲の把握や、火山活動の推移、土石流の発生予測に役立てられる。活火山におけるUAVの活用事例を表2-2に整理した

表 2-2 活火山におけるUAV活用事例
(乗鞍岳火山噴火緊急減災対策砂防計画に一部加筆)

火山名	調査内容	調査実施年	実施主体
草津白根山（群馬県）	空中写真撮影	2018年	利根川砂防事務所
箱根山（神奈川県）	空中写真撮影	2015年	富士川砂防事務所
桜島（鹿児島県）	・レーザ計測	2011年, 2014年 など	大隅河川国道事務所
浅間山（群馬県, 長野県）	(試行実験) ・小型探査ロボットの運搬 ・土砂サンプリング	2014年	利根川水系砂防事務所 他
雲仙普賢岳（長崎県）	・火山ガスの採取 ・観測機器の投下	1991年	東京工業大学
西之島（東京都）	・空中写真撮影	2014年	国土地理院
霧島山新燃岳 (宮崎県, 鹿児島県)	・空中写真撮影 ・航空磁気測量 ・観測機器の投下	2011年	東京大学地震研究所

表 2-3火山噴火時のUAV撮影のメリットデメリット

種類	メリット	デメリット
UAV (撮影)	・無人である（人的安全が確保できる） ・撮影高度を下げて高画質で撮影することで、詳細状況が把握できる	・1日の撮影可能範囲が限定的（撮影時間・速度の制約） ・現地気象条件（視界、風）の影響を受ける

出典：「UAVを用いた火山噴火時の緊急調査について」平成30年度砂防学会研究発表会概要集 P761



図 2-5 回転翼型（電動マルチコプタ型）

出典：「無人航空機（UAV）を活用した国土地理院の災害対応」国土地理院 平成 29 年 1 月



表 1 RMAX G1 の諸元

項目	諸元
全長	3.63m
全幅	1.64m
全高	1.22m
全装備質量	94kg
最大搭載量	10kg
最大航続時間	80分
最高高度	150m

図 2-6 回転翼型（エンジン搭載小型無人ヘリ型）

出典：「火山観測の新しい技術-無人ヘリによる火山観測」日本測量協会北海道支部報 第 62 号



図 2-7 固定翼型

出典：「無人航空機（UAV）を活用した国土地理院の災害対応」国土地理院 平成 29 年 1 月

2.2.2 降灰マーカーとドローンを活用した降灰量調査

弥陀ヶ原周辺は、市街地から遠くアクセス路も限定されるため火山噴火時に火口付近まで現地に向かうことが困難なケースが想定される。そのため、ドローン技術や降灰マーカー等の新技術を活用した降灰量調査方法を推奨する。

火山噴火時の降灰により土石流が発生する危険性が高まった場合、土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施し、市町村が適切に避難指示の判断を行えるよう、土砂災害による被害の想定される区域・時期の情報（土砂災害緊急情報）を提供する必要がある。

緊急調査では、火山灰の堆積状況の把握が必要となり、噴火警戒レベルの引上げ等による立入規制で特に火口周辺の降灰量調査が困難となる場合が想定される。

そこで、弥陀ヶ原周辺の施設に降灰マーカー等を設置しておくことで、遠隔地からの無人航空機（UAV）による安全かつ迅速な調査を行うことができ、市町村への土砂災害緊急情報の迅速な提供を実施する。

火山灰堆積厚把握手法の現地試験

火山噴火後の火山灰堆積調査について、降灰マーカー及び降灰ゲージを用いた手法の現地試験を阿蘇山・霧島山の高標高地点で実施し、視認性や耐久性の確認を行う。

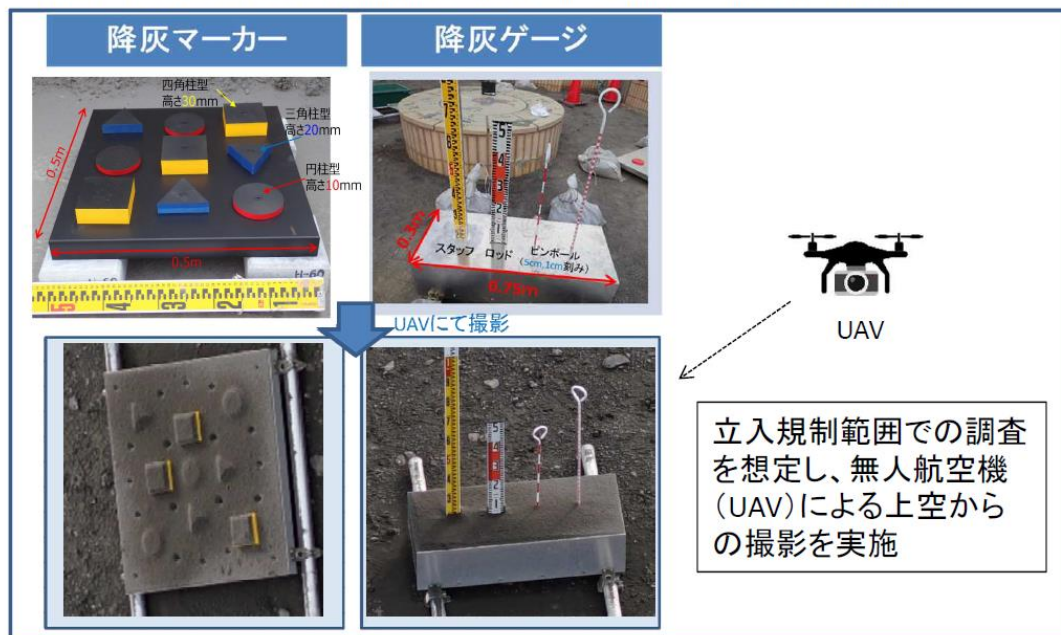


図 2-8 降灰マーカーによる降灰量調査

出典：国土交通省報道資料「降灰マーカーとドローンを活用した降灰量調査を実施！～火口周辺の降灰の量を素早く提供するための試み～」

2.2.3 自動降灰量計による降灰量調査

噴火に伴う積灰厚が刻々と変化するなかで、二次泥流発生の危険度を早急に把握するため、自動降灰量計の活用を推奨する。自動降灰量計を設置により、火山活動が活発な時期に人間が近づくことなく、積灰量を計測できるため、立入規制区域での観測も可能となる。

噴火により溪流が火山灰に覆われると、その後の降雨により土石流が発生しやすくなる。降灰量を把握することにより、降灰後の降雨による土石流が発生する溪流の場所、時期の推測に役立てることができる。しかし、噴火後に状況に応じて立ち入り規制等の範囲が変動することが予想されることから、自動降灰量計の活用を推奨する。



58

図 2-9 自動降灰量計による降灰量調査

出典；内閣府火山防災対策会議（第2回）資料「各機関の火山防災に係る取組について」

2.3 緊急減災対策砂防における調査

弥陀ヶ原の火山活動において噴火の前兆と考えられる異常現象が認められた場合、あるいは噴火した場合には、直ちに気象庁や関係機関から情報収集するとともに、土砂移動の発生有無や地形変化、既設施設の状況を把握するため、調査を実施する。更に、今後想定される気象状況の変化や、火山活動に伴う不安定土砂等の情報を関係機関より収集・整理し、緊急ハード対策実施の判断材料とする。

これらの緊急調査を円滑に行うため、平常時から、国・県の砂防部局、研究機関、火山及び砂防の専門家などからなる調査実施体制を整えておく。

緊急減災対策砂防における緊急調査の実施項目は以下のとおりである。

- a) 噴火後の地形把握
航空レーザ計測や人工衛星に搭載した合成開口レーダ（SAR）などによる地形変化の把握 など
- b) 山腹・山地溪流の荒廃状況の再把握
- c) 降灰後の土石流を除く現象について、被害想定シミュレーションのためのパラメータなどの把握
噴出した土砂の性状（粒径） など
- d) 降灰後の土石流を除く現象の危険度の検討
リアルタイムハザードマップによる危険箇所の想定 など
- e) 既設砂防施設の再点検
土砂堆積状況、施設の損傷 など
- f) 対策方針検討のための社会的な条件や想定される保全対象の状況の把握、避難などの状況、被害の発生状況 など
- g) 緊急時に実施する対策の施工条件の把握
道路の通行状況・規制状況（区間、重量・長さ・高さの規制、優先車両など）、災害時の優先道路などの指定状況 など
- h) その他
災害対策本部などの設置、体制、連絡系統、他事業での対策方針、通信の状況 など

表 2-4 緊急減災対策砂防計画における緊急調査一覧（案）

実施主体	弥陀ヶ原噴火時に収集する情報内容	調査方法
砂防部局	- 不安定土砂の把握 - 砂防施設の点検調査 - 気象状況，土砂移動状況の把握 - 地形変化の把握	- 現地調査（工事の可否判断，土砂移動状況調査，保全対象・交通網等の調査，施設被災状況調査） - 監視機器の点検，緊急整備 - 監視機器の遠方からの監視 - ヘリ，無人航空機による上空からの調査・写真撮影 - 航空レーザ計測等による地形データの取得
	緊急対策予定地の状況把握	
	- 対策予定箇所の監視機器の状態 - リアルタイムハザードマップ作成のための情報収集	
気象庁・研究機関等	- 火山噴出物の分布範囲，性質の把握 - 噴火前後の地形データ，積雪状況，火山噴出物の面的把握 - 火山活動観測データの解析，噴火の進行，予測	- 現地調査（道路状況調査等） - 航空写真，衛星写真撮影 - ヘリによる上空からの調査 - 監視機器による火山活動状況の監視
国土地理院	地形変化の把握	
道路管理者，自治体等	- アクセス道路状況 - 住民避難の状況や保全対象の被災状況	

表 2-5 緊急減災対策砂防の緊急調査の実施項目（案）

対象	監視・観測項目	目的・用途	調査方法	監視・観測時期 (想定される噴火警戒レベル目安)					
				1	2	3	4	5	終息
火口	噴気・噴煙, 火山性ガス, 地温変化, 噴火場所	火山活動変化の把握 初動対応の必要性判断	監視カメラ, ヘリ調査	●	●	●			●
地形	地形変化, 隆起・沈降	火山活動にともなう地形変化の把握, リアルタイムハザードマップの地形情報	傾斜計, GNSS, ヘリ調査, 航空レーザ計測, 人工衛星データ	●	●	●			●
地震	火山性地震, 微動, 低周波地震	マグマ・熱水等の地下での活動変化・場所の把握	地震計	●	●	●			●
気象	風速・風向	降灰堆積範囲の予測（降灰予測）	風向風速計	●	●	●			●
	降雨量	土石流による被害のおそれのある区域・時期の想定, 土石流の雨量設定基準の設定	雨量計, 雨量レーダ	●	●	●			●
既設施設・ 溪流内	土砂堆積状況, 荒廃状況, 施設損傷状況	緊急ハード対策の実施判断	監視カメラ, 地上調査, ヘリ調査	●	●	●			●
保全対象・ 既設道路	被害状況, 通行可能状況	緊急ハード対策の実施判断, 住民避難支援	監視カメラ, 地上調査, ヘリ調査	●	●	●			●
大きな噴石	発生検知, 到達範囲	立入規制（噴火警戒レベル）の提言	監視カメラ, 空振計, 地上調査, ヘリ調査		●	●			●
小さな噴石・ 降灰	堆積範囲, 堆積深, 火山灰の性状（粒径, 浸透能, 密度）	土石流の被害想定区域の把握, 降灰予報	降灰量計, 地上調査, ヘリ調査, 人工衛星画像		●	●			●
降灰後の 土石流	発生検知, 発生溪流・到達範囲, 流動深・堆積深	土砂災害緊急情報の提供, 対策工事従事者の避難の判断	土石流検知センサー, 監視カメラ, 地上調査		●	●			●
火口噴出型 泥流・融雪 型火山泥流	発生検知, 発生溪流・到達範囲	対策工事従事者の避難の判断, 融雪型火山泥流の発生規模の想定	監視カメラ, ヘリ調査, 積雪深計		●	●			●
火砕流・ 火砕サー ジ・ ベースサ ージ	発生検知, 流下方向・到達範囲	住民避難支援, 対策工事従事者の避難の判断	監視カメラ, ヘリ調査		●	●			●