4.　緊急ソフト対策ドリル

4.1　基本方針

緊急ソフト対策は，避難対策の支援，監視・観測情報の提供・共有，対策工事の安全確保等を目的として，現状の監視・観測体制をふまえて，緊急時に必要となる監視・観測機器や情報通信システムを可能な限り整備する。

緊急ソフト対策は，避難対策支援のための情報提供，監視・観測機器の緊急的な整備，リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定，光ケーブルなどの情報通信網の整備について行うものである。具体的な内容については，その対応を緊急時のタイミング毎に整理した（表 4-1参照）

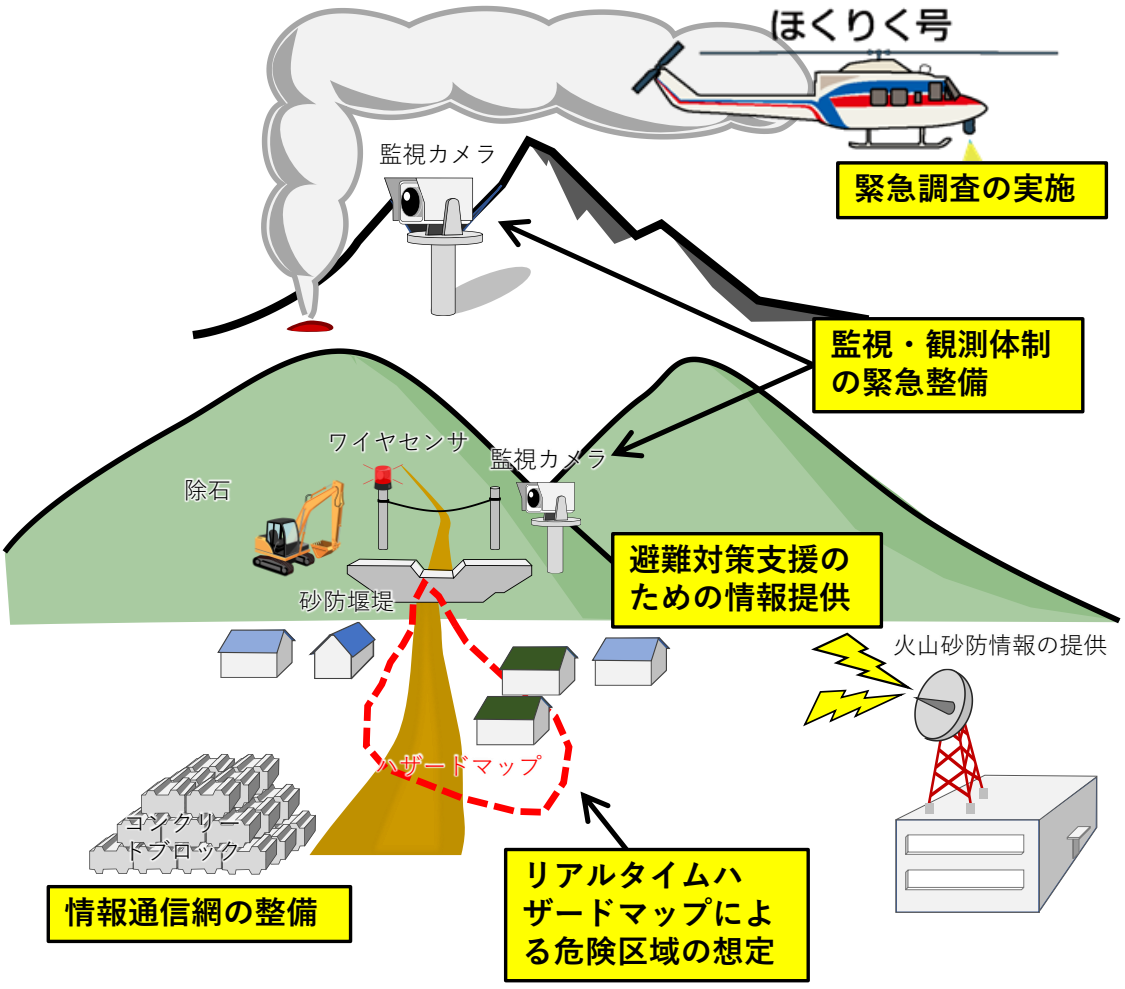


図 4-1　緊急ソフト対策のイメージ

表 4-1　緊急時の各タイミングで実施すべきソフト対策の基本事項

噴火警戒レベル		レベル1 （活火山であることに留意）		レベル2 （規制範囲；火口周辺規制）	レベル4 （高齢者等避難）	レベル5 （避難）
		静穏	火山の状況に関する解説情報（臨時）	レベル3 （規制範囲；概ね2.5km又は1.5km以内の範囲）		
時間経過（目安）		ー	前兆現象発生～6ヶ月			
緊急ソフト対策	①避難対策支援のための情報提供	住民・観光客・登山客に対する防災情報の提供 （監視カメラ・雨量・火山防災マップ等）	観光客・登山者等に周知 （監視カメラ、雨量情報等をインターネット等を通じて周知）	立入規制・避難誘導の判断材料(監視カメラ映像、緊急調査結果) 危険区域内の被災状況(ヘリ調査結果) リアルタイムハザードマップ（火口噴出型泥流・融雪型火山泥流・降灰後の土石流） 降灰後の土石流に対する対応（基準雨量、土石流検知情報）	【過去事例】 過去1万年以内になし	
	②監視・観測体制の緊急整備	監視カメラ・自動降灰量計等の準備	監視機器等の手配・動作確認	緊急ハード対策実施渓流等で土石流検知センサー、監視カメラ等を準備・設置 自動降灰量計を設置		
	③リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	プレ・アナリシス型ハザードマップの整備	-	噴火が発生した場合のハザードマップを関係機関へ提供		
	④光ケーブルなどの情報通信網の整備	耐災害性を考慮した情報通信網の整備	-	断線箇所等の早期復旧		
	⑤火山噴火時の緊急委調査	・噴火前地形データの取得 ・技術開発		ヘリ調査実施 （降灰状況・火口周辺状況・被災状況・砂防施設状況等の確認） 噴火後地形データの取得 陸上調査 （降灰深、積雪深・積雪密度、） 降雨状況 （基準雨量の見直し）		

4.2　リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定

火山活動や気象状況に応じて，事前に検討・整備した各現象のシミュレーション結果などが検索，表示できるプレアナリシス型ハザードマップを関係機関で共有する。
火山活動活発化時には，緊急調査の結果に基づいて火山活動に伴う地形の変化や火山噴出物の物性，量及び範囲などを反映し，危険区域などの情報を関係機関へ提供する。

火山噴火に伴い発生する現象の影響範囲に関する数値シミュレーション結果を，箇所ごとに整理して保管し，検索，表示できるプレアナリシス型ハザードマップシステムとして整備する。このシステムは，現象別，発生場所別，保全対象（影響を受ける）エリア別のうち見たいものから，該当するシミュレーション結果の絵を絞り込み検索して，拡大表示・閲覧・印刷する機能を有することが求められる。

なお，リアルタイムハザードマップによる影響範囲については，数値シミュレーションに基づく目安となるため，避難等を計画する場合は周辺区域を対象区域について検討する必要がある。

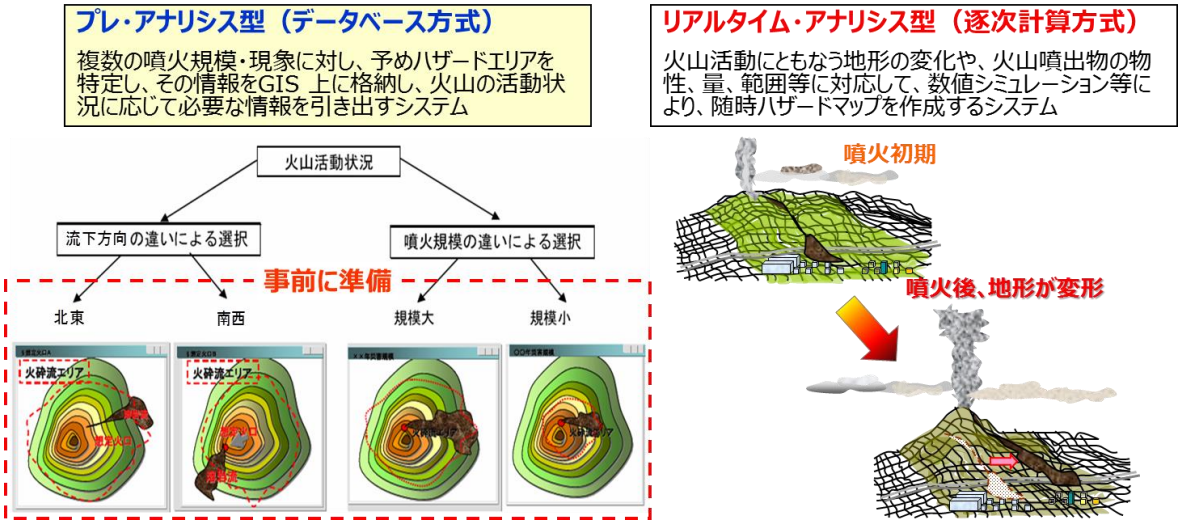


図 4-2　リアルタイムハザードマップの種類
出典：火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（平成19年4月　国土交通省砂防部）

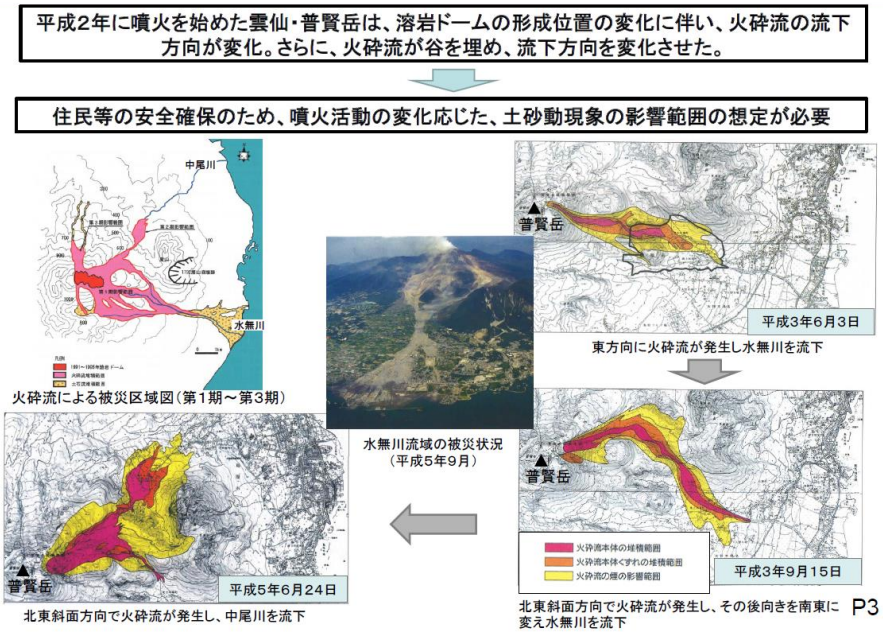


図 4-3　リアルタイムアナリシス型リアルタイムハザードマップの必要性

出典；リアルタイムハザードマップの提供について（国土交通省九州地方整備局 平成 31 年 2 月）

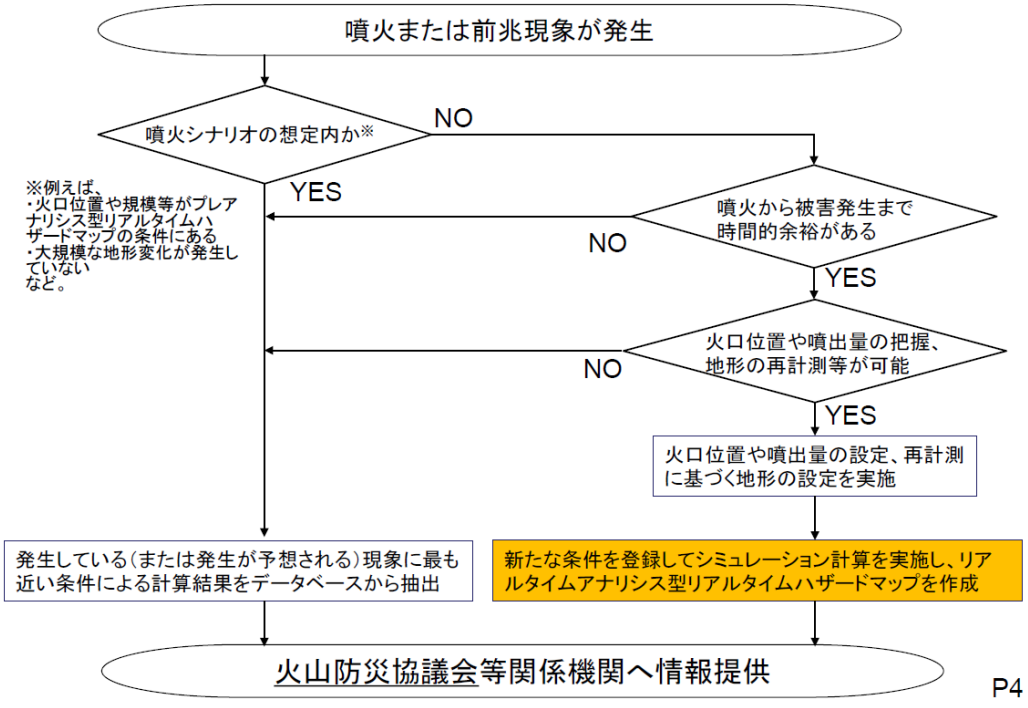


図 4-4　リアルタイムアナリシス型リアルタイムハザードマップ提供の流れ

出典；リアルタイムハザードマップの提供について（国土交通省九州地方整備局 平成 31 年 2 月）

4.3　対策工事の安全確保

噴火に伴い発生する土石流が到達するなど，危険性が高いと考えられる範囲内で対策施設や監視・観測機器の配置が必要な場合は，工事従事者の安全管理を，噴火シナリオと関連づけて検討する。

噴火時の緊急対策では，噴火に伴い発生する土石流等が到達するなど，危険性が高い場合があるため，工事従事者の安全管理について検討する。

工事などの安全管理では，噴火シナリオをもとに，大きな噴石やベースサージなどの現象が直ちに人命に関わるおそれがある場合，施工箇所に土石流などが流下するおそれのある場合など，その範囲と到達時間について把握し，対応方法を検討する。

作業効率から火口近くで精度の高い監視を行う場合など，危険性の高い地域でやむを得ず有人施工により実施する場合は，十分な安全管理を行うように配慮する。

安全管理の検討には，主に次のような項目がある。

① 想定される現象とその危険度の評価
② 火山活動状況を監視するための監視・観測機器の種類と配置
③ 監視・観測により得られる情報の内容
④ 監視・観測により情報が得られる時期
⑤ 得られた情報の伝達方法
⑥ 工事従事者の避難場所・避難路
⑦ 工事従事者の避難基準
⑧ 無人化施工の場合の運用方法（操作室や通信機材の設置方法・場所など）

弥陀ヶ原においては，降灰後土石流に対して緊急ハード対策を計画している。工事従事者の安全確保として，土石流を検知できる位置（対策箇所及び対策箇所より上流側）に，監視機器（ワイヤーセンサー・振動センサ・監視カメラ等）を配置する。

なお，作業員の退避時間を確保できない渓流，又は監視機器を配置するのに不適切な渓流（緊急ハード対策位置から源頭部までの距離が短い等）では，現地雨量状況や降水短時間予報等でハード対策工事の中止を判断することで，安全を確保する。

4.4　避難対策支援のための情報提供

住民や観光客などの来訪者（以下，来訪者）の避難を支援するために，各監視・観測結果や緊急減災対策の実施状況の情報などを関係機関で共有する。

来訪者は，土地勘がないため，情報が伝わりにくく，火山現象や土砂移動現象に関する認識も少ない場合が多いため，火山活動の活発化に関する情報や土砂災害の危険性に関する情報などを最も早く知らせる必要がある。リアルタイムでの火山の活動状況や火山噴火発生時の避難方法などを来訪者へ周知する方法（手法）及び避難誘導体制についても，今後検討し，必要に応じて整備する。

火山活動並びに土砂移動に関する情報は，高度で専門的・技術的な内容を含んでおり，更に引き続き発生する災害についての情報提供も求められる。また，日本語が理解できない外国人への支援等も火山防災協議会と協調して検討する。

火山活動が活発化し災害の発生のおそれがある場合には，避難対策を実施する市や，気象庁火山課・地方気象台等との連携を図り，適切な情報を提供する。

提供すべき情報は主に次のとおりである。

- リアルタイムハザードマップに基づく被害想定区域の範囲，被害の内容
- 噴火後の二次的な土砂災害に関する警戒情報　など

上記のため，関係機関と連携し，市との連携や支援を行うための体制を検討する。

- 火山や砂防の専門家からの情報収集の方法
- 市・県・国の災害対策本部との連携体制（情報連絡員（リエゾン）の派遣）
- 地域住民や来訪者への情報伝達などの支援の方法
- 報道機関への情報提供の仕組み　など

4.5　監視・観測機器の緊急整備

現状の監視・観測体制に対して，噴火に伴い発生する土砂移動の検知などのために不足する観測項目や観測地点などの見直しを行う。また，観測データの集約・分析，維持管理，情報提供の実施機関を調整・分担して，必要な整備に努める。

火山監視体制には，「火山活動の監視」と「土砂移動の監視」に関する2項目がある。砂防計画では主に「土砂移動の監視」を対象とし，国土交通省（砂防部局）は火山噴火に伴う土砂移動現象の監視を主体とした機器群を整備する。(4.5.2　土砂移動の監視・観測体制に該当)

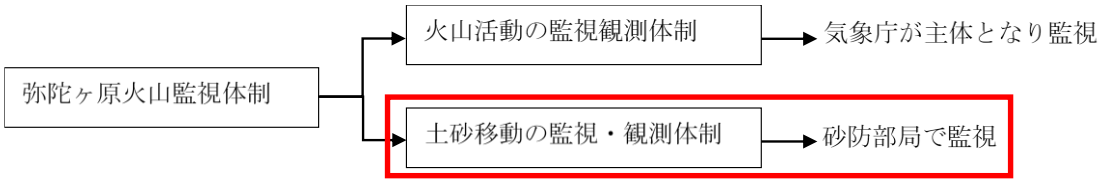
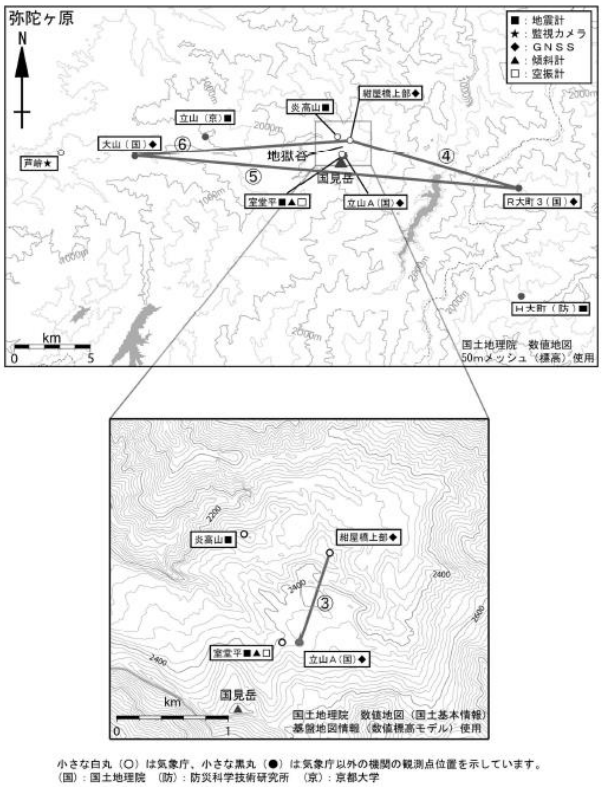


図 4-5　弥陀ヶ原における火山噴火に係る監視体制

4.5.1　監視・観測機器の配備状況

火山活動の監視は，気象庁，国土地理院，防災科学技術研究所，京都大学，富山大学で実施されいる。



出典；弥陀ヶ原の火山活動解説資料（令和４年1月）気象庁発表より

図 4-6　弥陀ヶ原における観測点配置図

表 4-2　火山監視・観測機器一覧

	火山活動の監視体制			
監視機器	GNSS	傾斜計	地震計・空振計	監視カメラ
目的	地形変形の把握	地形変形の把握	【地震計】 活動状況の把握，震源・規模等の把握 【空振計】 噴火発生の把握	地形変形・噴火・噴煙状況の把握
現在の配置状況	想定火口域から15ｋｍ圏内に点在	想定火口域に近い室堂平に1設置	地震計は想定火口域から20ｋｍ圏内に点在 空振計は想定火口域に近い室堂平に1設置	想定火口域から20ｋｍ圏内にある。
現在の配置基数	1基（気象庁） 3基（国土地理院）	1基（気象庁）	【地震計】 2基（気象庁） 1基（防災科研） 1基（京都大学） 【空振計】 1期（気象庁）	1基（気象庁）
特記事項	気象庁は，紺屋橋に設置 国土地理院は想定火口域に1基，周辺に2基設定している。	気象庁のみ設置	地震計は想定火口域周辺に2基，15km以上離れた箇所に2基設置	気象庁が芦峅に一基設置
観測機器のイメージ(写真)	 GNSS観測装置	 観測孔に埋設される傾斜計センサ	 地震計 空振計	

4.5.2　土砂移動の監視・観測体制

緊急配備の対象とする土砂移動監視機器の一覧を表に示す。

弥陀ヶ原では，火山噴出型泥流・融雪型火山泥流，降灰後土石流対策として，土砂移動を監視し，緊急対策工事施工従事者の安全を確保するために渓流上流側への簡易カメラ，ワイヤーセンサーを緊急整備する方針とする。

ただし，時間と資器材が限られた中での対応となるため，切迫性の高い場所・対策内容の選定方法，考え方について検討しておく。実際の設置については，降灰範囲や現地状況等を踏まえ，設置を判断する。

表 4-3　気象・土砂移動の監視・観測機器整備案

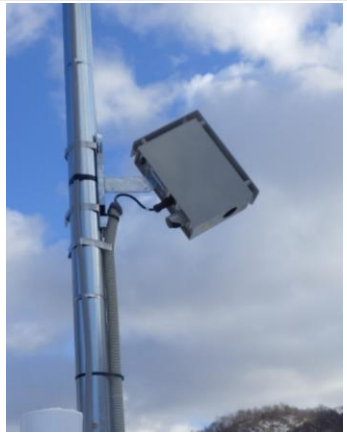
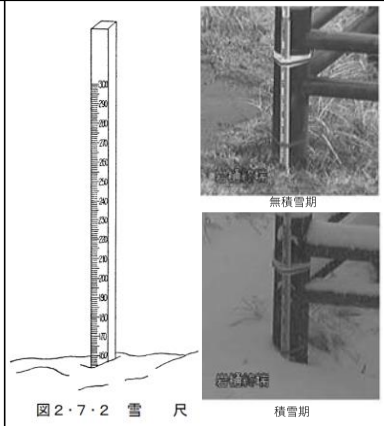
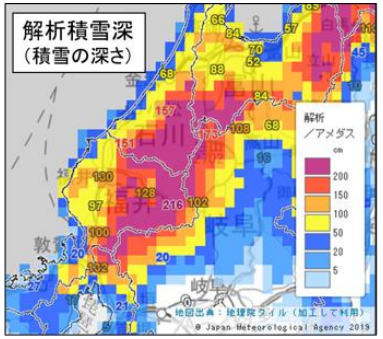
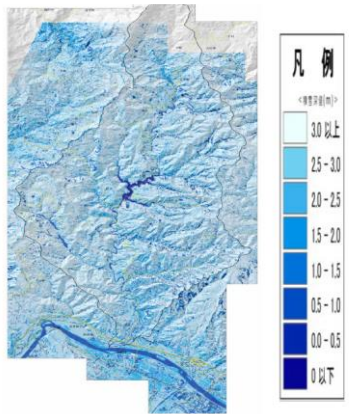
機器	現状	優先度	対応時期	メンテナンス性	整備方針
監視カメラ（土砂移動監視）	土砂移動を監視するカメラが不足	○	平常時	専門業者による定期点検が必要 メンテナンスには専門知識が必要	現状では監視状況が不十分であり，渓流源頭部の土砂移動を監視する機器を整備する。
臨時監視カメラ（工事の安全監視）	ＣＣＴＶが2基設置されているが，工事個所等の監視が必要	○	緊急時	動作確認が必要,設置･メンテナンス性等は使用機材による。	緊急ハード対策施工前に整備する。 簡易WEBカメラは入手が比較定容易であり，平常時から緊急時準備の段階で緊急整備する。
ワイヤーセンサー 振動センサ	配置されていない	○	緊急時	定期的な動作確認が必要,構造が単純でメンテナンスは容易	緊急ハード対策施工前に整備する。 ワイヤーセンサーは入手が比較的容易であり，メンテナンス等負担も考慮し緊急整備とする。
地上雨量計	夏季は室堂で観測されている。	○	緊急時	定期的な動作確認が必要,構造が単純でメンテナンスは容易	緊急ハード対策施工前に整備する。 資器材を事前に準備し，緊急時に工事個所で観測する。
積雪深計（雪尺等）	弥陀ヶ原周辺での公の観測データはない。	△	平常時	積雪深計であれば定期的なメンテナンスが必要 雪尺+監視カメラ等による監視であれば,メンテナンスはカメラのみ	噴火口周辺の積雪状況について平常時より，把握することが望ましい 機器設置による定期観測等が困難な場合は,雪尺+監視カメラでの観測や航空レーザ等による計測を検討する。
自動降灰量計	現状，配置されていない。	△	緊急時	構造が複雑で，設置･メンテナンスには専門知識が必要	降灰状況の把握に必要。 立入り規制区域内に設置する場合は，事前の設置が必要

4.6　積雪深計測手法

弥陀ヶ原周辺は，日本有数の豪雪地帯であるため融雪型火山泥流の発生規模予想等を目的に，積雪深を把握することが望ましい。

積雪深の計測手法としては，無積雪期に観測設備を設置し，積雪深の時系列的な変化を計測する積雪深計や雪尺の他，航空レーザを活用した面的な積雪深の把握手法がある。また，気象庁により解析雨量や数値予報モデルによる解析積雪深が公開されており，現地計測データの入手が困難な場合は，これら解析データの利用も有効である。

表 4-4　積雪深調査手法一覧

観測手法	積雪深計	雪尺	解析積雪深	航空レーザーによる計測
原理	観測ポールに取り付けられたセンサーからレーザーもしくは超音波を発信し、雪面までの距離を計測することで積雪深を計測する。	地盤上に目盛りのついた柱状の雪尺を設置し、目視により積雪面の高さを測定する。遠隔地での観測には別途CCTV等の監視機器が必要となる。	解析雨量や局地数値予報モデル（LFM）などの降水量、気温、日射量などを積雪変質モデルに与えて積雪の深さを計算した後、アメダスの積雪計の観測値で補正することにより作成する。	積雪期と無積雪期の航空レーザー測量により得られた積雪面標高と地表面標高の差分から積雪深の平面分布を求める。
メリット	アメダス等でも使用される一般的な積雪深の計測手法であり汎用性が高い。精度のよい積雪深の時系列データを取得可能。	雪尺本体が安価であり、雪尺本体のメンテナンスも不要である。	気象庁より公開されており、設備等を必要とせずデータ入手が容易である。	面的な積雪深データを取得可能なため、より精度の高い融雪量の推定が可能である。
デメリット	観測機器をあらかじめ設置する必要がある。 観測には商用電源が必要となる。	遠隔観測にはCCTVやUAV等と組み合わせる必要がある。 自動で観測することが困難なため、画像より積雪面高を読み取る必要である。	5kmメッシュデータのため、融雪型火山泥流の対象範囲の実測積雪深とは異なる可能性がある。	事前（無積雪期）にレーザー測量を実施し、地表面表面標高を把握する必要がある。 1回の計測費用が他案と比較し高価である。 噴火の状況によっては火口上空を飛行できない可能性がある。
メンテナンス性	定期的なメンテナンスが必要	雪尺本体のメンテタンスはほぼ不要。ただし、CCTVについては定期的なメンテナンスが必要となる。	メンテナンスは不要	メンテナンスは不要
機器画像・計測イメージ	 積雪深計計測部	 雪尺のイメージ（左）※1と計測事例（右）※2	 解析積雪深のイメージ （出典：気象庁ホームページより）	 航空LPによる積雪深分布の例※3

※1：出典独立行政法人土木研究所発刊「水文観測」より
※2：出典「富士砂防事務所内のおける積雪観測の取り組み事例」平成27年度砂防学会研究発表会概要集 P2-088
※3：出典「航空レーザ測量を用いた積雪深計測作業」国土地理院時報 2005 No.107

4.7　警戒基準雨量の検討と見直し

降灰後は，地表面の浸透能低下に伴い，少量の降雨でも土石流が発生する恐れがある。そのため降灰後の降雨による土石流発生に備えて，工事中止を判断するための暫定基準雨量値を検討する。なお、ここでの警戒基準雨とは「土砂災害の危険が高まっている状況の雨量」を示唆し、退避する余裕も考慮した雨量基準であり、土砂災害緊急情報で発表される「土砂災害が想定される時期」に関連した基準雨量とは異なることに留意する必要がある。

暫定基準雨量は，降灰状況や山腹・渓流の荒廃状況などを踏まえ，必要に応じて学識者の助言を受けて見直す。また、融雪期の基準雨量については，融雪による水量の増加を加味した基準雨量を検討する。

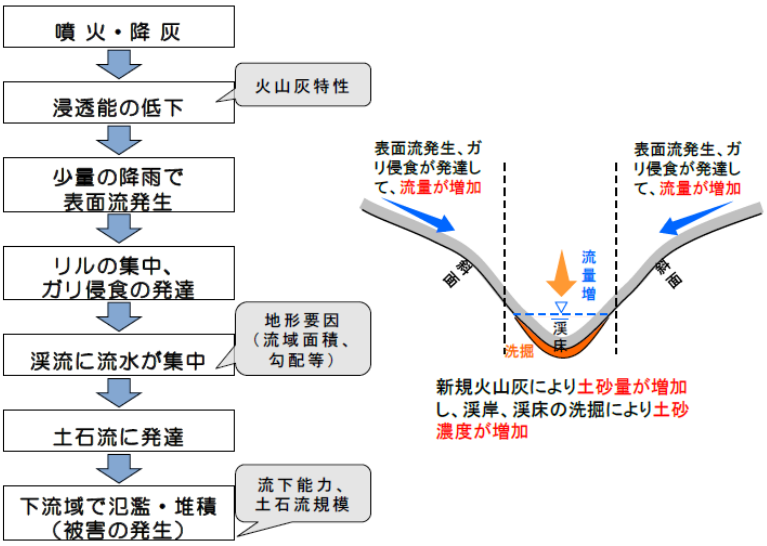
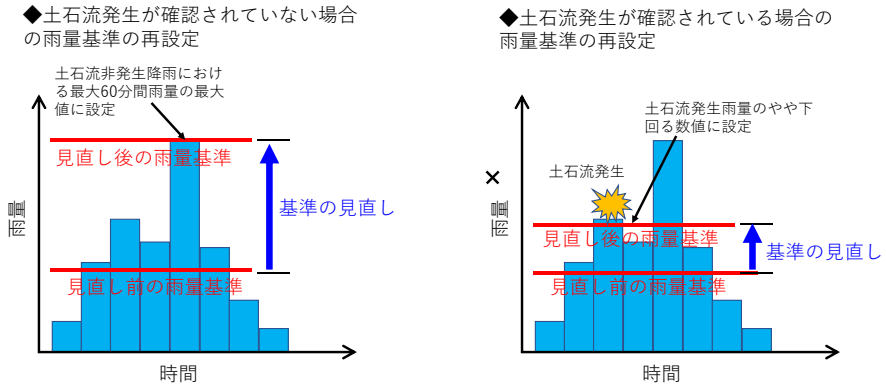


図 4.7　降灰の影響での表面流発生による土石流の発生メカニズム

出典：火山防災行政に係る調査企画委員会資料 2019.3 国土交通省砂防部砂防計画課



- 現地調査において土石流の発生が確認されていない場合には、非発生降雨の最大値を見直し後の基準雨量とする。
- 土石流の発生が確認されている場合には発生降雨をやや下回る数値に基準雨量を見直す。

図 4.8　土石流発生基準雨量の見直しイメージ

4.8　情報伝達･通信手段（無線通信装置等）の整備

緊急時の情報伝達や通信手段としては，携帯電話網の利活用と各種回線の確保，通信集中時に強い無線通信システム，災害対策テレメータなどを活用する。

光ファイバーケーブルの接続点（情報コンセント）の設置や緊急時通信手段を平常時から整備する。

情報伝達のための通信システムには，有線方式と無線方式があり，更に無線方式には地上系と衛星系がある。有線方式は監視・観測機器と観測局との間をケーブルでつなぎ，直接情報の送受信を行うものである。光ファイバーケーブルが敷設されている場合には，監視映像など大容量の情報をリアルタイムで遠隔地へ送ることができる。

地上系無線通信システムは，平常時にも使われる業務用無線通信方式であり，専用の移動通信施設として複数の周波数を多数の利用者が効率よく使える。混信に強く，無線従事者の資格が必要ないなどの特徴がある。国土交通省の移動通信システム「K-COSMOS」などが該当する。また，一般に雨量観測等で使われているテレメータ無線装置を車輌などで運搬可能にした「災害対策テレメータ」もある（図 4-9)。

衛星系無線通信システムは，衛星携帯電話など人工衛星を中継局として利用するものである。山間地でも通信可能で，広域性，同報性，耐災害性に優れ，柔軟で容易な回線設定が可能である。災害時通信実績が多く，有効性も確認されている。国土交通省は災害対策用に衛星通信車を保有している。衛星通信車は衛星通信施設，電源等を搭載しており，災害現場や防災ヘリコプター，災害対策本部等の間の中継・回線構築を行うものである。災害現場の情報収集や他の回線のバックアップに利用される。

このほか，持ち運び可能な衛星通信装置にはKu-SAT（衛星小型画像電送装置）がある。災害現場の監視映像などを，人工衛星を介して別の可搬局又は固定局（災害対策本部・事務所等）に伝送するシステムである（図 4-9)。

ＷＥＢ会議システムは，移動による時間ロスや会場設営等の調整手間が省けるため有効である。

図 4-9　国土交通省が保有する衛星通信車K-COSMOS（上）とKu-SAT（下）

4.9　土石流移動検知情報の伝達

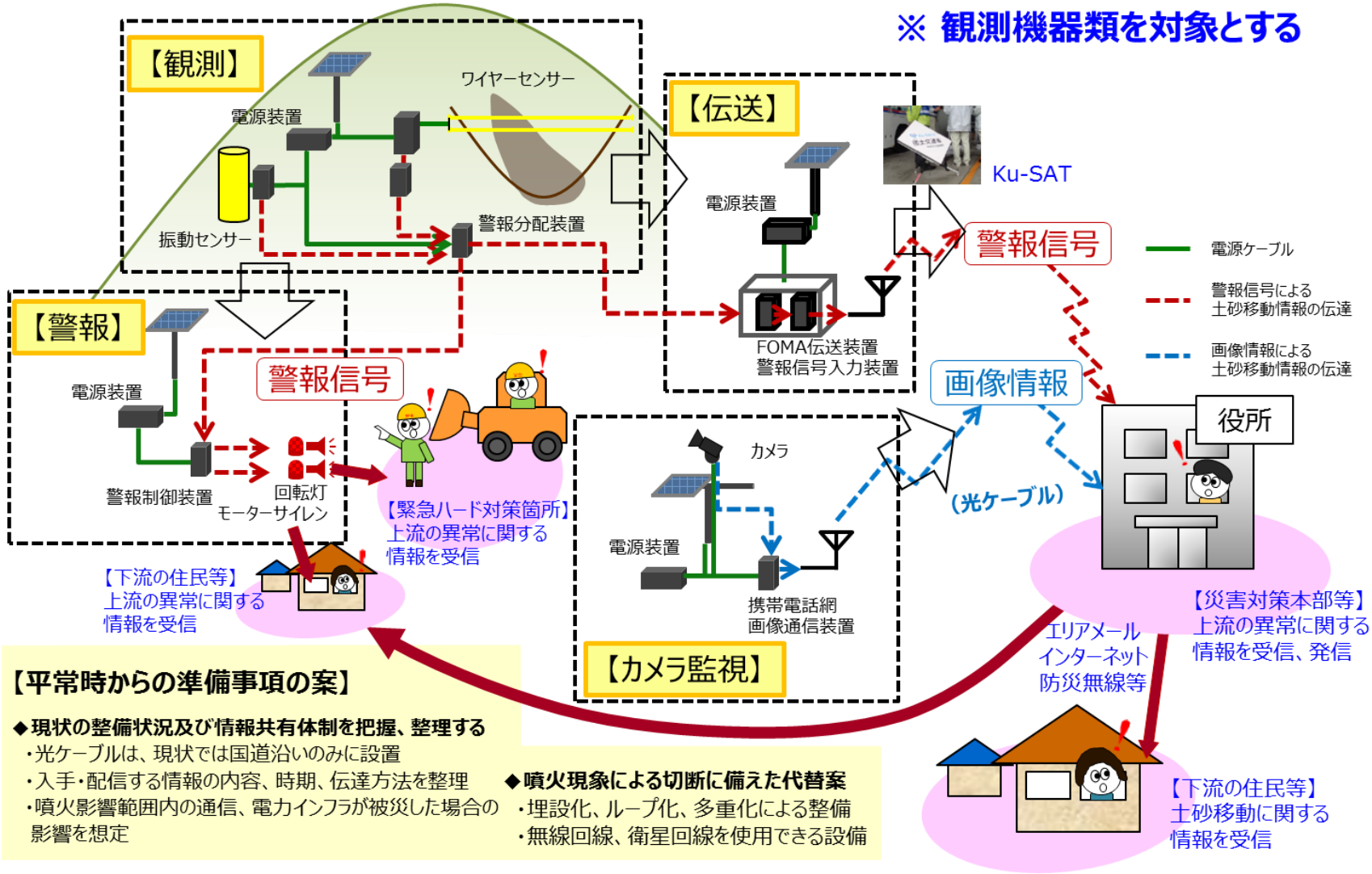
降灰後の土石流等による被害を軽減するために，降雨や渓流の状況把握に必要な観測と，センサなどにより土石流の発生検知を行う。監視・観測データは，関係機関で情報共有する。

緊急ソフト対策では，降雨や渓流の状況把握に必要な観測と，センサなどにより土石流の発生検知を行う。それらの土石流センサ等の検知データは，現在，携帯電話通信回線を用いてメーリングリスト先に一斉配信するシステムが一般的である。

携帯電話が繋がらない箇所では，衛星通信設備を使用する場合もあるが，通信可能なところまで無線や有線で中継する方法も用いられている（図 4-10）。

情報共有体制を整備することで，避難支援にも活用可能となる。

◆ 土砂移動情報の伝達の流れ イメージ



【平常時からの準備事項の案】

◆現状の整備状況及び情報共有体制を把握、整理する
- ・光ケーブルは、現状では国道沿いのみに設置
- ・入手・配信する情報の内容、時期、伝達方法を整理
- ・噴火影響範囲内の通信、電力インフラが被災した場合の影響を想定

◆噴火現象による切断に備えた代替案
- ・埋設化、ループ化、多重化による整備
- ・無線回線、衛星回線を使用できる設備

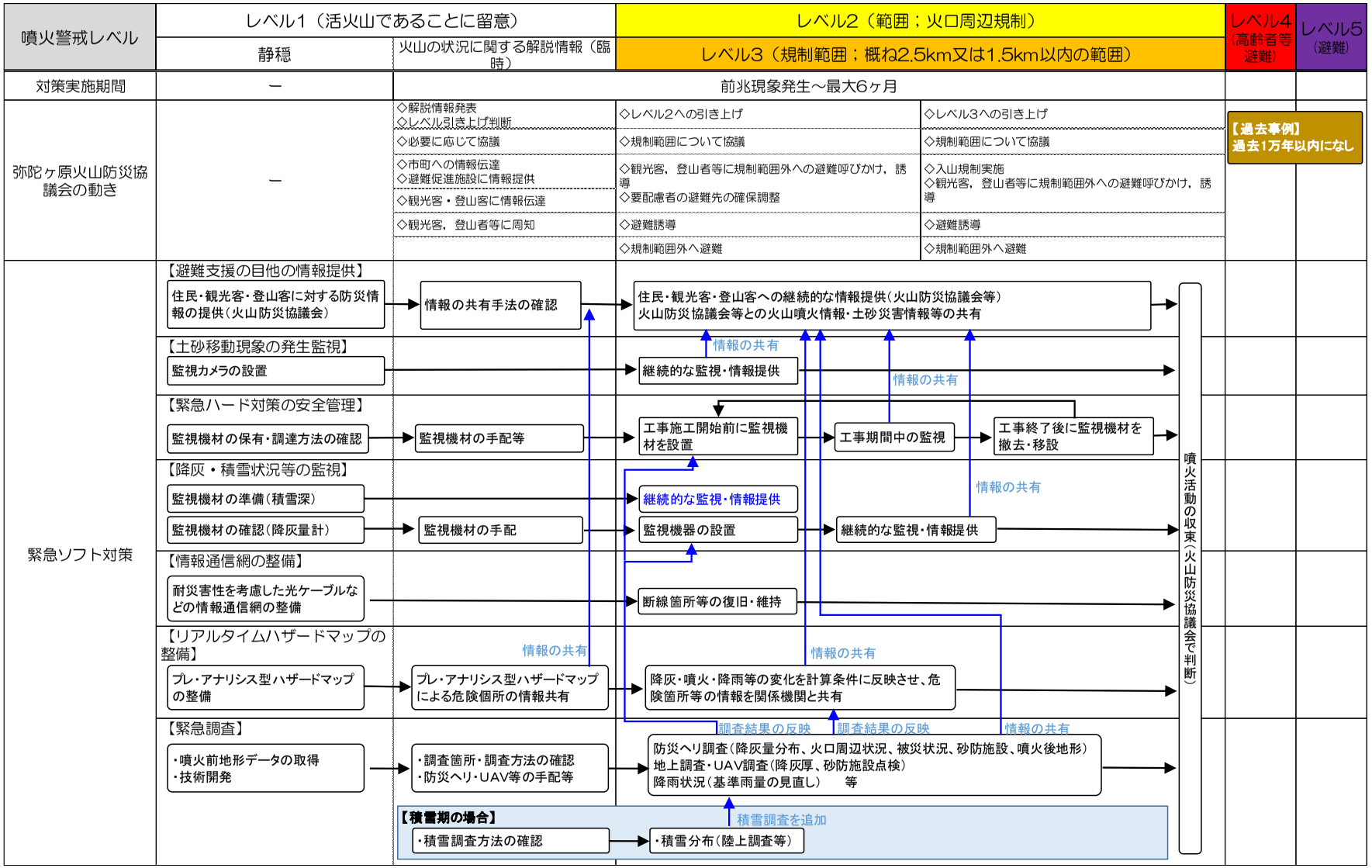
図 4-10 土砂移動情報の伝達の流れ イメージ

4.10　緊急ソフト対策ドリル

緊急ソフト対策ドリルの作成に際しては，噴火時の緊急調査，火山監視機器の緊急的な整備，噴火時のリアルタイムでのハザードマップ作成，情報配信システムの整備など，工事従事者の安全管理や避難対策を支援するための情報提供などに必要な対策の実施方法について検討する。

緊急ソフト対策ドリルは，緊急ハード対策の検討や避難支援のための情報提供，工事従事者の安全管理のための情報収集などを目的として，噴火シナリオに対応した時系列的に実施する各種の対策（火山監視・観測機器の設置）を整理したものである。

図 4-11　緊急ソフト対策の時系列方針



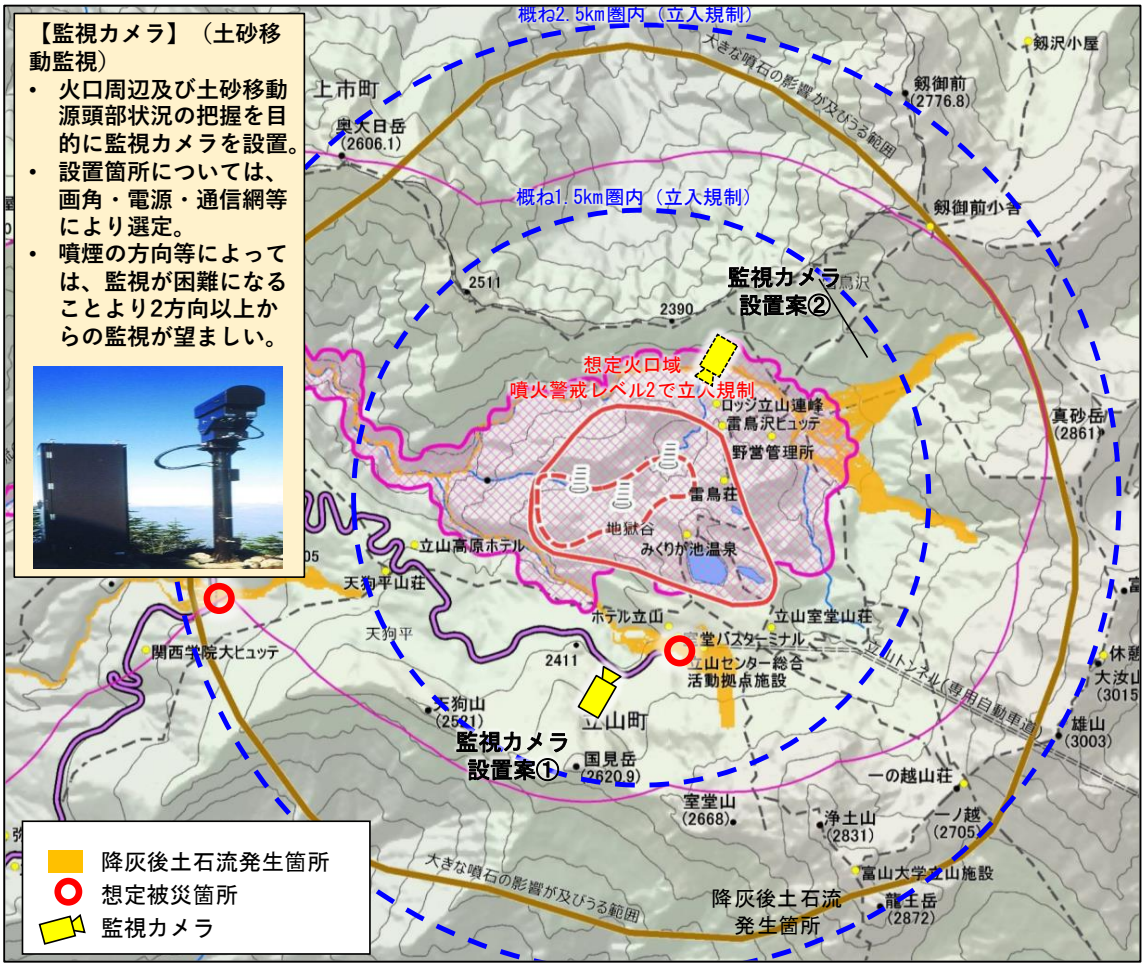
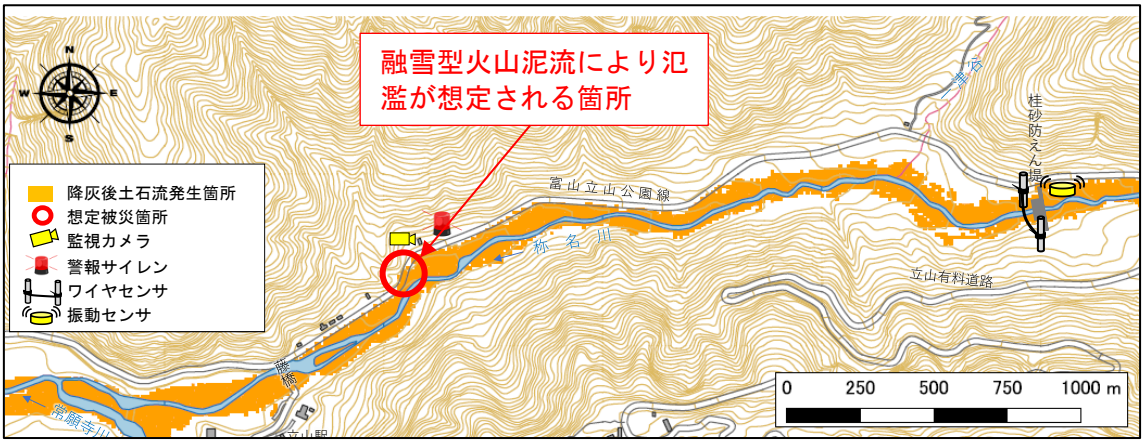


図 4-12　土砂移動監視機器設置案（立ち入り禁止区域内）



【工事施工時の安全管理】

- 工事施工箇所は，施工開始前に監視カメラ，土砂移動監視機器（ワイヤーセンサー，振動センサ等）を設置し，施工従事者の安全管理を図る。
- 工事箇所付近に警報装置を設置し，土石流発生を工事施工従事者に知らせる。
- 監視カメラ・土砂移動センサの情報はメール等で，関係者に通報可能なシステムを構築する。

図 4-13　工事安全管理を目的とした監視機器設置案（藤橋上流 融雪型火山泥流）