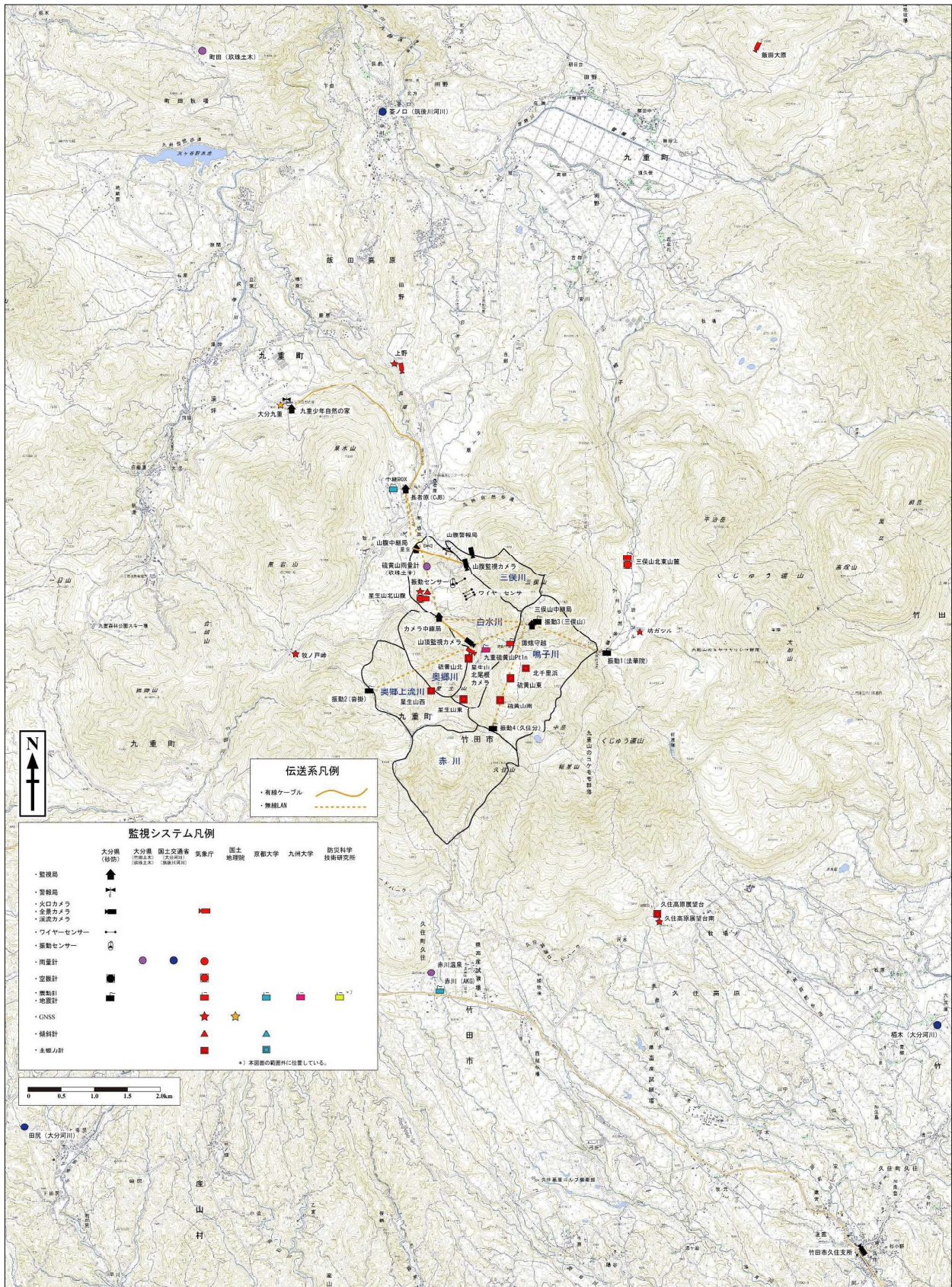


図 3.4 緊急ソフト対策の実施の流れ



① 気象庁、国土地理院、京都大学、九州大学の既設観測機器(地震計、空振計、GNSS、傾斜計、監視カメラ、全磁力計)
 出典: 気象庁 HP 九重山観測点配置図 https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/fukuoka/502_Kujusan/502_Obs_points.html
 気象庁 HP 日本活火山総覧(第4版) https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu_jma_hp.html
 Japan Volcanological Data Network HP <https://jvsn.bosai.go.jp/portal/ja/%E4%B9%9D%E8%78%BD%E5%B1%B1>
 ② 気象庁の監視カメラの位置
 出典: 気象庁 HP 日本活火山総覧(第4版) <https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/volcam/volcam.php>
 ③ 大分県の監視カメラ、警報局、中継局、雨量観測所の位置
 出典: 玖珠土木事務所管内図 R3.6 時点、竹田土木事務所管内図 R5.4 時点

図 3.6 火山監視システム全体配置図

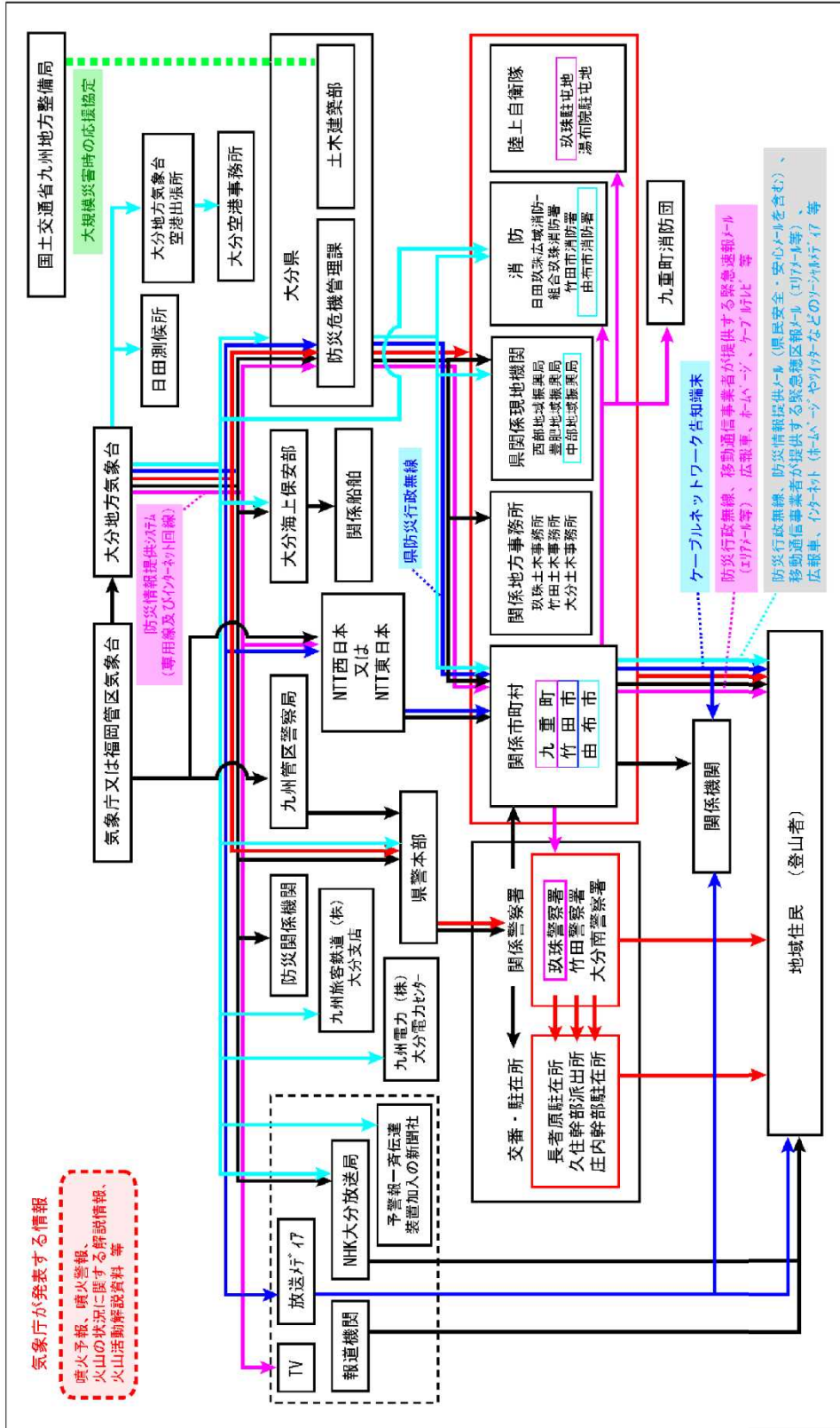


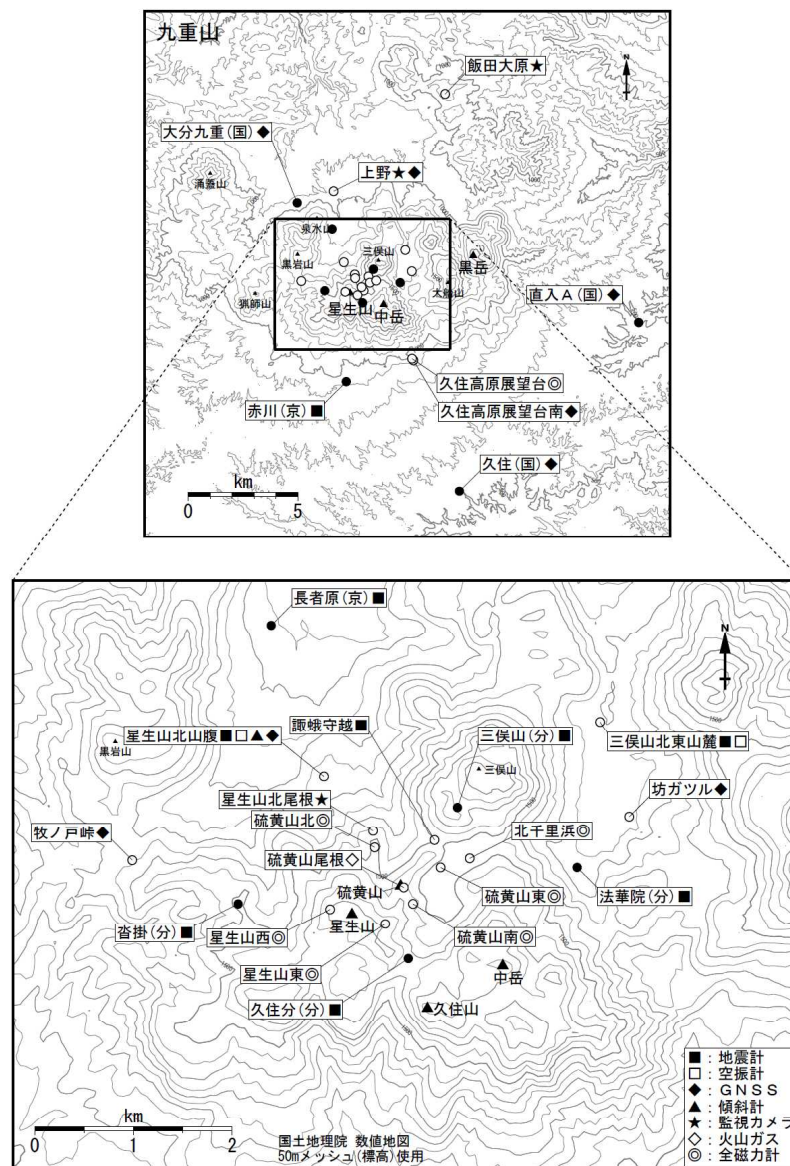
図 3.8 火山防災情報の伝達経路

(2) 気象庁およびその他期間

気象庁では、平成 14 年 3 月より、火山防災業務体制の強化として、「火山監視・警報センター」を設置（九州地方は福岡管区気象台に地域火山監視・警報センターを設置）し、専門職員による 24 時間の監視、診断を行い、迅速な情報提供を実施している。

九重山は、気象庁が定めている「常時監視火山」であり、地震計、空振計、GNSS、傾斜計、監視カメラにより監視が行われている。

また、気象庁以外に京都大学、九州大学、国土地理院、大分県、防災科学技術研究所等によって各種観測機器が設置されている。火山観測が実施されている（図 3.9、表 3.4、表 3.5）。



小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
 (国)：国土地理院、(京)：京都大学、(防)：防災科学技術研究所、(分)：大分県

図 3.9 九重山周辺における関係機関の観測点位置図

(「令和 2 年 (2020 年) の九重山の火山活動 (福岡管区気象台地域火山監視・警報センター) より引用」)

表 3.4 九重山周辺における気象庁観測点一覧表

九重山 気象庁観測点一覧表 令和2年(2020年)10月2日更新								
記号	測器種類	地点名	位置			設置高 (m)	観測 開始日	備考
			緯度	経度	標高(m)			
■	地震計	星生山北山腹	33°06.20'	131°13.78'	1,282	-98	1999.2.18	
		諏蛾守越	33°05.85'	131°14.50'	1,501	-3	2016.12.1	広帯域地震計
		三俣山北東山麓	33°06.50'	131°15.58'	1,199	-1	2017.3.22	臨時観測点
□	空振計	星生山北山腹	33°06.20'	131°13.78'	1,282	2	2010.8.2	
		三俣山北東山麓	33°06.50'	131°15.58'	1,199	1	2017.3.22	臨時観測点
◆	GNSS	星生山北山腹	33°06.20'	131°13.78'	1,282	3	2010.10.1	
		上野	33°07.96'	131°13.48'	982	4	2001.3.1	
		坊ガツル	33°05.98'	131°15.77'	1,234	2	2001.3.1	
		牧ノ戸峠	33°05.74'	131°12.53'	1,337	3	2001.3.1	
		久住高原展望台南	33°03.77'	131°15.82'	936	1.5	2018.5.17	臨時観測点
▲	傾斜計	星生山北山腹	33°06.20'	131°13.78'	1,282	-98	2011.4.1	
★	監視カメラ	上野	33°07.96'	131°13.48'	982	8	1998.3.1	
		星生山北尾根	33°05.90'	131°14.10'	1,489	2	2016.12.1	可視及び熱映像カメラ
		飯田大原	33°10.38'	131°16.75'	1,201	7	2019.11.1	
◎	磁力計	硫黄山北	33°05.81'	131°14.11'	1,509	2	2017.1.1	
		北千里浜	33°05.75'	131°14.73'	1,466	2	2017.1.1	
		硫黄山東	33°05.70'	131°14.54'	1,463	2	2017.1.1	
		硫黄山南	33°05.50'	131°14.36'	1,571	2	2017.1.1	
		星生山西	33°05.47'	131°13.82'	1,705	2	2017.1.1	
		星生山東	33°05.39'	131°14.18'	1,680	2	2017.1.1	
		久住高原展望台	33°03.81'	131°15.78'	943	2	2017.1.1	
◇	火山ガス	硫黄山尾根	33°05.59'	131°14.30'	1,559	1	2017.1.1	

*) 気象庁 Web より引用

表 3.5 九重山周辺における関係機関の観測点一覧表

火山名	観測種	icon	観測点	機関	種類	設置位置	伝送方法	緯度	経度	標高	設置高	設置年月日	備考
九重山	地震計		赤川(AKG)	京都大学		地上		33.0542	131.2309	860		2008年3月	
九重山	地震計		朝地(ASJ)	京都大学		地上		33.0229	131.4301	320		2008年2月	
九重山	地震計		長者原(CJB)	京都大学		地上		33.1172	131.2239	1010		2008年2月	
九重山	地震計		万年山(HNY)	京都大学		地上		33.2057	131.1462	610		2008年2月	
九重山	GPS		上野	気象庁	2周波	地上	ダイヤルアップ	33.1333	131.225	992	4	2001年3月	
九重山	遠望カメラ		上野	気象庁	高感度	地表	テレメータ	33.1333	131.225	992	4	1998年3月	2010年1月25日更新
九重山	地震計		墨生山北山腹	気象庁	短周期速度	埋設	テレメータ	33.1033	131.2297	1282	-98	1998年2月	火山観測、2010年8月2日更新
九重山	傾斜計		墨生山北山腹	気象庁	力平衡	埋設	テレメータ	33.1033	131.2297	1282	-98	2010年8月	
九重山	GPS		墨生山北山腹	気象庁	2周波	地上	FOMA	33.1033	131.2297	1282	3	2010年6月	
九重山	空振計		墨生山北山腹	気象庁	低周波マイクロフォン	地表	テレメータ	33.1033	131.2297	1282		2010年8月	
九重山	地震計		大分中津	気象庁	短周期速度	横坑	テレメータ	33.1250	130.8767	540			地震津波観測
九重山	GPS		坊ガツル	気象庁	2周波	地上	FOMA	33.1000	131.2617	1243	2	2001年3月	2011年9月12日更新
九重山	GPS		牧ノ戸峠	気象庁	1周波	地上	ダイヤルアップ	33.0967	131.21	1346	3	2001年3月	
九重山	地震計		九重硫黄山Pt1n	九州大学	短周期速度	地表	手動回収	33.0967	131.2381	1430		2010年6月	
九重山	GPS		久住	国土地理院	2周波	地上	VPN・FOMA	33.0090	131.2861	547	5	1996年2月	
九重山	GPS		玖珠	国土地理院	2周波	地上	VPN・FOMA	33.2703	131.1211	348	5	1997年1月	
九重山	GPS		熊本小国	国土地理院	2周波	地上	VPN・FOMA	33.1221	131.0629	436	5	1997年1月	
九重山	GPS		大分九重	国土地理院	2周波	地上	VPN	33.1278	131.2068	943	5	1997年12月	
九重山	GPS		直入A	国土地理院	2周波	地上	VPN・FOMA	33.0788	131.384	486	5	2005年2月	
九重山	GPS		湯布院	国土地理院	2周波	地上	VPN・FOMA	33.2540	131.3473	455	5	1996年2月	
九重山	地震計		九重山久住分	大分県	短周期速度	地表	テレメータ	33.0867	131.2388	1640			
九重山	地震計		九重山寄掛	大分県	短周期速度	地表	テレメータ	33.0917	131.2203	1610			
九重山	地震計		九重山三俣山	大分県	短周期速度	地表	テレメータ	33.1005	131.2442	1655			
九重山	地震計		九重山法華院	大分県	短周期速度	地表	テレメータ	33.0950	131.2572	1265			
九重山	地震計		九重	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	33.2845	131.2118	460	-163	2002年3月	Hi-net
九重山	地震計		山国	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	33.4122	131.0327	249	-203	1999年3月	Hi-net
九重山	地震計		小国	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	33.1220	131.063	430	-127	1999年3月	Hi-net
九重山	地震計		庄内	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	33.1305	131.3413	500	-233	1999年3月	Hi-net
九重山	地震計		竹田	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	32.9725	131.3983	260	-106	1999年3月	Hi-net
九重山	地震計		波野	防災科学技術研究所	短周期速度	埋設	テレメータ	32.9553	131.2207	693	-103	1999年3月	Hi-net

*) 気象庁資料より引用

なお、気象庁の監視カメラ（約 2 分間隔の静止画像、連続再生可能）は、Web（http://www.data.jma.go.jp/svd/volcam/data/volc_img.php）で公開されている（図 3.10）。



図 3.10 気象庁による監視カメラの公開状況（気象庁 Web より引用）

<参考：風向風速>

噴火時に降灰の影響を受ける方向を推測するためには、上空の風向風速を把握する必要がある。現在、硫黄山周辺では、風向風速計は未設置であるが、ウィンドプロファイラ（気象庁）による高層風の連続観測データを活用するものとする。ウィンドプロファイラによる高層気象観測は、国内 33 地点で整備されており、観測データは、気象庁のホームページで 10 分間隔のデータが公開されている（図 3.11）。日本上空における高層気象の大局的な傾向は、地形の影響を受けないために、数十 km 程度離れても大きくは変化しないことから、硫黄山付近の上空の状況は大分地方気象台（硫黄山から約 37km 程度）の観測値を用いても問題ない。ただし、噴火時のデータ提供を想定し、事前に協議を行うことが望ましい。



(ウィンドプロファイラの観測原理)

(表示画面の一例)

(大分地方気象台のウィンドプロファイラ)

(ウィンドプロファイラ配置図)

図 3.11 ウィンドプロファイラの概要（気象庁 Web ページより引用）

3.3.2 火山監視システムの問題点

(1) 監視観測機器の老朽化

大分県が硫黄山周辺に設置した監視観測機器の中にはいずれも10年以上経過し、20年に達した機器もあり、設備及びシステムの信頼性を維持するためにも定期的な維持管理を行っていく必要がある(表3.6及び表3.7)。老朽化が進んだ機器については、平常時からその性能確認を行い、必要に応じて機器の更新を行う必要がある。

表 3.6 火山災害監視システム 監視観測設備一覧(現況)

監視観測機器	名称
監視カメラ	山頂監視カメラ
	山腹監視カメラ
雨量計	山腹中継局
ワイヤーセンサー	白水川第1号堰堤
	白水川第2号堰堤
	白水川第3号堰堤
	白水川第7号堰堤
振動センサー	名称不明堰堤
警報装置	硫黄山警報局
	長者原(廃止)
震動計	震動1
	震動2
	震動3
	震動4

表 3.7 機器耐用年数一覧(参考値)

機器名称	耐用年数(約)	備考
センサー、処理装置	7~10年	電子機器類
電源設備	9~12年	蓄電池は7年程度
ケーブル類	15~20年	水中布設は5年程度
局舎(金属等)	10~20年	
局舎(コンクリート)	30年	

*) 耐用年数は維持管理の状況、環境や使用頻度等で大きく異なる

(2) 監視観測機器の配置不足

現在、硫黄山周辺では各関係機関が様々な火山監視観測機器を設置しているが、九重山周辺で噴火が発生した場合、緊急減災対策工事の安全確保、避難対策の支援を実施する上で、必ずしも十分な監視システムが構築されているとはいえない。例えば、硫黄山が噴火した場合、噴火に伴う降灰の影響により既設の監視カメラでは火山監視が十分に行えない状況や、降灰後の土石流の発生が想定されるにもかかわらず、その検知機器が未設置あるいは設置不足により必要な情報を得ることができない状況等が想定される。したがって、配置不足と考えられる監視カメラ、土砂移動検知センサー（ワイヤーセンサー、振動センサー）、雨量計については、追加設置を検討する必要がある。

3.3.3 火山監視システムの追加設置計画案

緊急ソフト対策では九重山全体の火山現象を考慮する必要がある。そこで、硫黄山周辺における火山監視機器に加えて、緊急時には、硫黄山においては降灰状況把握のため道路ステーションに監視カメラを設置するとともに、大船山においても流域各所に土石移動検知センサーを整備するものとし、降灰後の土石流に備える。また、火砕流、溶岩流に対しては、気象庁等からの情報に留意するほか、大船山西側については竹田市役所に設置された監視カメラ、東側については常時、大分県立久住高原農業高校に整備する監視カメラの情報を関係機関に提供し、情報を活用する。

なお、土砂移動検知センサーの追加設置にあたっては、以下の点に留意する。

- ・ 機器の維持管理等を考慮し、平常時には設置を行わないものとし、平常時には設置箇所の選定を行う。
- ・ 緊急時には、順次機器の設置を進め、特に緊急ハード対策工事を実施する溪流から、優先的に設置を進める。

以下に、九重山周辺及び大船山周辺における監視カメラ、土砂移動検知センサー（ワイヤーセンサー、振動センサー）、雨量計の追加設置方針と設置計画案を、図 3.12 及び以下に示す。

(1) 監視カメラ

設置目的 : 噴火活動の変化及び溪流状況の把握、
噴煙の方向から降灰エリアの把握

配置の問題点 : 配置不足

追加設置方針 : 噴火活動の変化を把握するため、大分県立久住高原農業高校においては、平常時から整備を進める。道路ステーションにおいては緊急時に整備を進め、監視カメラ設置箇所には降灰マーカール等を設置し、遠隔で降灰量が確認できるようにする。

(2) 土砂移動検知センサー（ワイヤーセンサー・振動センサー）

設置目的 : 土石流通過の検知

配置の問題点 : 土砂移動検知センサーが未設置の溪流がある。

追加設置方針 : 計画地点の硫黄山周辺及び大船山周辺のそれぞれ 6 箇所において整備を進める。平常時には、設置箇所の選定等の準備を行い、緊急時に設置作業を行う。緊急ハード対策工事の安全上、必要な箇所があれば、随時追加設置を行う。

(3) 雨量計

設置目的 : 降灰後の土石流の発生予測

配置の問題点 : 地上雨量計は局所的な豪雨を考慮すると、配置不足となる。

追加設置方針 : 地上雨量計は、長者原ビジターセンター付近に 1 箇所、南側の赤川（潤島川）に 1 箇所追加設置する。

昭和 51 年に観測が中止された旧飯田中学校（飯田こども園）にも緊急時には整備するものとし、これまでの観測データ（明治 35 年～昭和 51 年）と照合する検討も必要と考える。

3.4 情報通信システムの整備

3.4.1 情報通信システムの問題点

長者原中継局に伝送されていたデータのうち、振動系データとカメラ系データは、光ファイバーケーブル以外の回線（フレッツ ISDN）で玖珠土木事務所に送られ、以下のような問題が発生していた。

- ・カメラ系と振動系の回線を共用しているため、カメラ制御を行うと振動データが欠測する。振動データ伝送のための必要帯域（最大時）が確保されていない。
- ・最大 64kbps の回線速度であり、30 秒に 1 回程度の更新の静止画像しか伝送できない。
- ・一般のインターネット接続回線であるため、帯域保障等はなく、回線の混雑状況等の影響を受け、通信品質が確保できない場合がある。
- ・振動波形のリアルタイム表示を行うことができない。

また、長者原中継局は、土石流の氾濫が想定される範囲内に位置しており（図 3.13）、被災した場合、監視観測データが取得できなくなる可能性もあった。

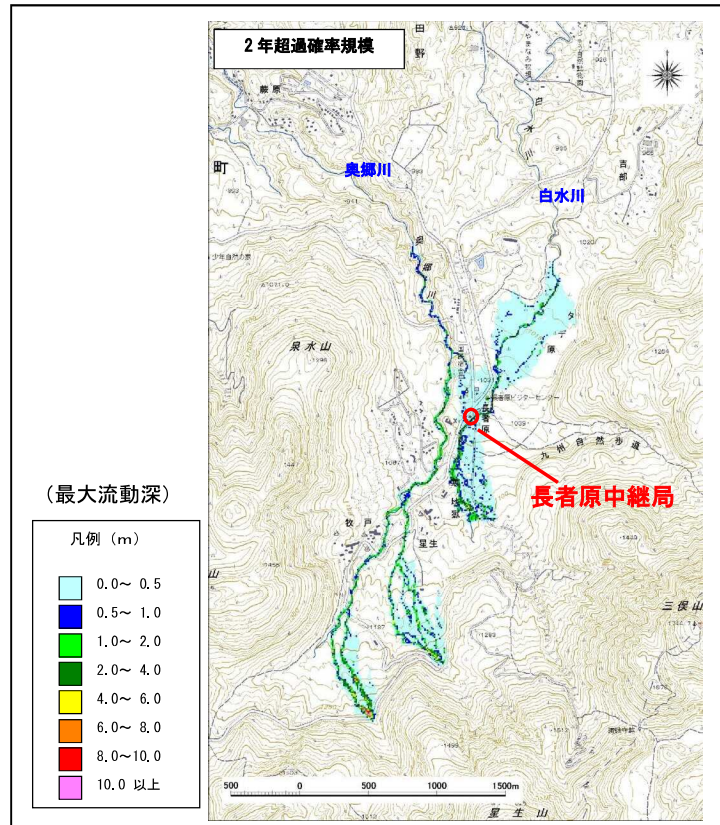


図 3.13 土石流発生時の最大流動深の例

このため現地観測局からの通信回線網の強化の一環として、九重青少年の家を新たに中継局として活用することとし、平成 26 年度から平成 27 年度にかけて、光ケーブルの布設ルートを選定・申請、光ケーブルの布設工事を実施した。今後これにより、通信拠点の強化が図られた（図 3.14）。

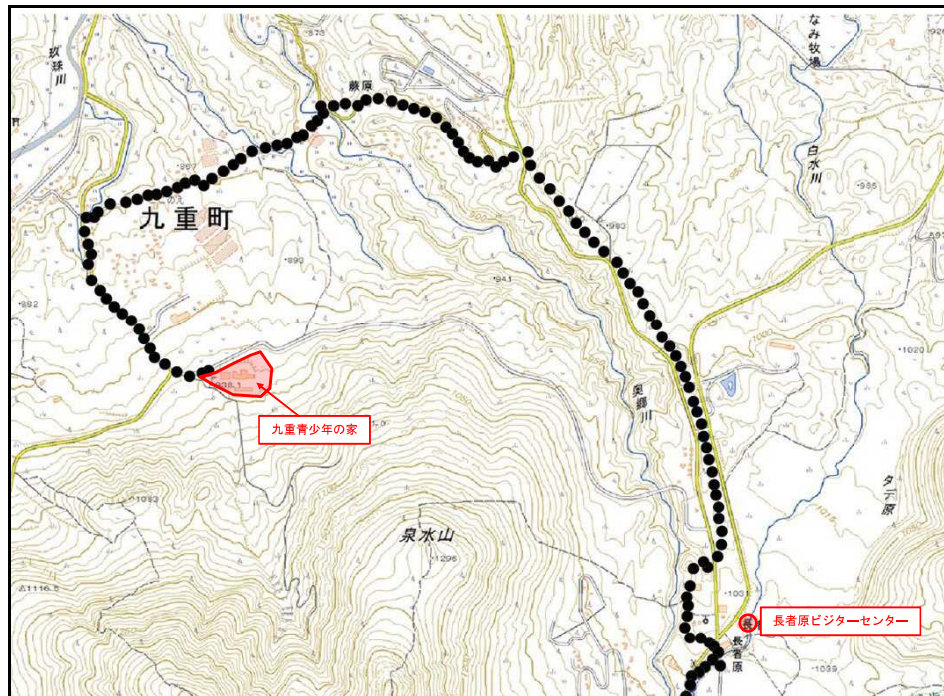


図 3.14 現地観測局－九重青少年の家間の回線ルート

3.4.2 平常時から整備が必要な事項

(1) 光ファイバーケーブル

大分県内では、県と市町村、また大学といった機関を高速・大容量の光ファイバーで結ぶ『豊の国ハイパーネットワーク』が整備されている（図 3.15）。『豊の国ハイパーネットワーク』は玖珠土木事務所付近や九重青少年の家付近まで整備されているため、100Mbps 程度の大容量高速回線が確保され、動画の配信等も可能になった。

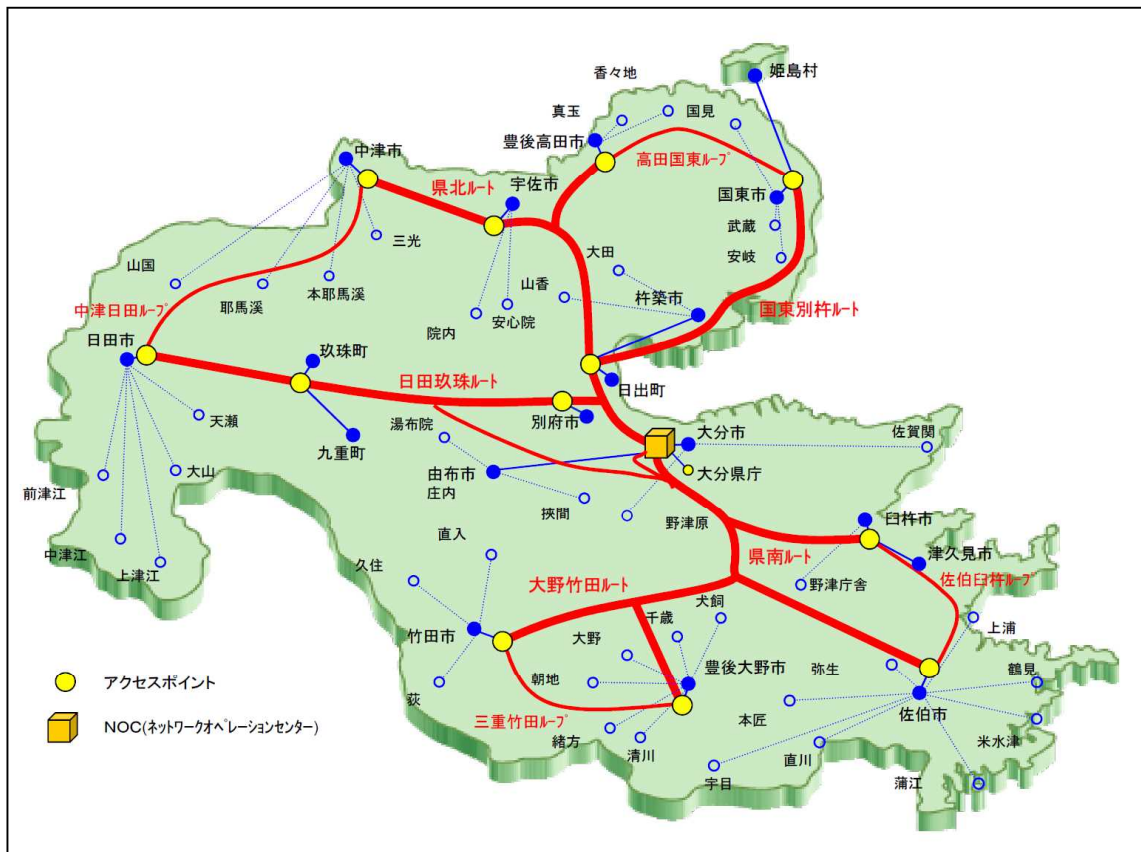


図 3.15 豊の国ハイパーネットワーク配線図

(2) インターネットの活用

光ファイバーケーブル等による関係機関への情報配信に加え、インターネット回線を活用した関係機関や一般住民への情報配信（図 3.16）についても努めるものとする。

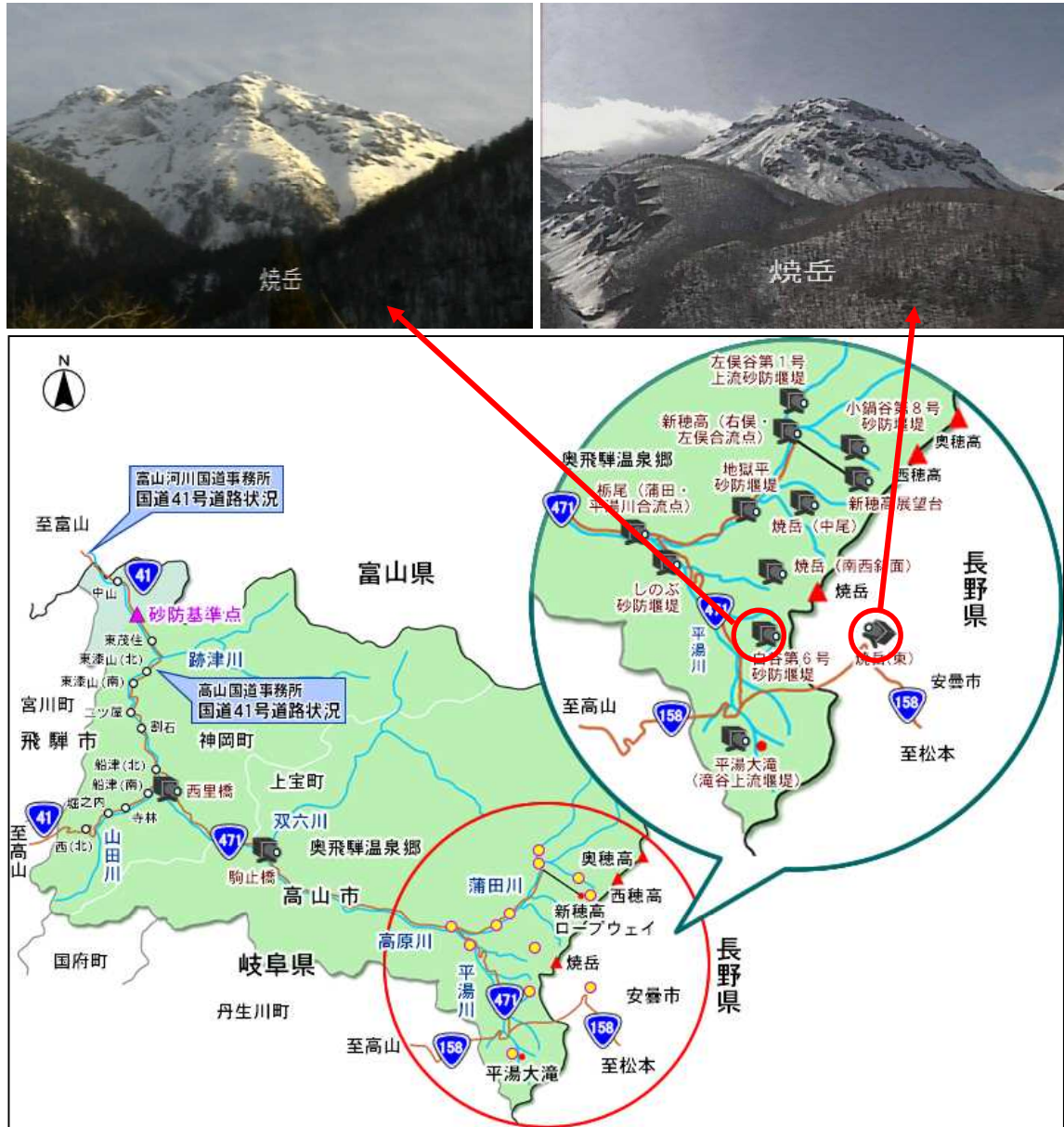


図 3.16 監視カメラ画像の配信事例（焼岳）

(「<http://www.hrr.mlit.go.jp/jintsu/bousai/index.html>」より引用)

(3) 情報コンセント

平常時には、情報コンセントを事前に整備する等して、緊急時に火山監視機器の情報を速やかに取り込める体制を整備しておく必要がある（図 3.17）。

なお、情報コンセントは、道路沿いに敷設された光ケーブルに接続するネットワーク設備で、現地からパソコン等を接続することにより、道路管理に必要な情報をリアルタイムで伝送できるシステムである。



図 3.17 有珠山における情報コンセントの例

（「北海道開発局の電気通信（他起動開発局事業振興部機械課電気通信官（H27.3）」より引用）

3.4.3 緊急時に整備すべき事項

(1) 衛星系無線通信システム

衛星系無線通信システムは、人工衛星を中継局として利用したシステムで、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。既に多くの分野で活用されており、災害時通信の有効性も広く確認されている。

衛星系無線通信システムの主な種類には、民間電話会社が提供する①衛星携帯電話を利用する方法と国土交通省が保有している②衛星通信車、③衛星小型画像伝送装置（Ku-SAT：図 3.18）を利用する方法が挙げられる。



図 3.18 Ku-Sat 立ち上げ状況

(2) 地上系無線通信システム（国土交通省移動通信システム：K-COSMOS）

国土交通省移動通信システム（K-COSMOS）は、地上系の移動無線通信システムを利用し、災害時はもとより平常時の管理業務にも使われている方式である。専用の移動通信施設としてMCA（Multi Channel Access）方式を用いており、複数の周波数を多数の利用者が効率よく使える業務用無線通信方式の一つで、混信に強く、無線従事者の資格が必要ない等の特徴がある。

マイクロ回線や衛星回線等と相互接続し迅速な災害情報収集、通報、連絡指揮を可能としている。また、災害現場が山間部等でK-COSMOSの電波が届かず通信不能な状態であった場合には、K-COSMOS通信車を出勤させ中継局とする事で、臨時にサービスエリアの確保が可能となる。

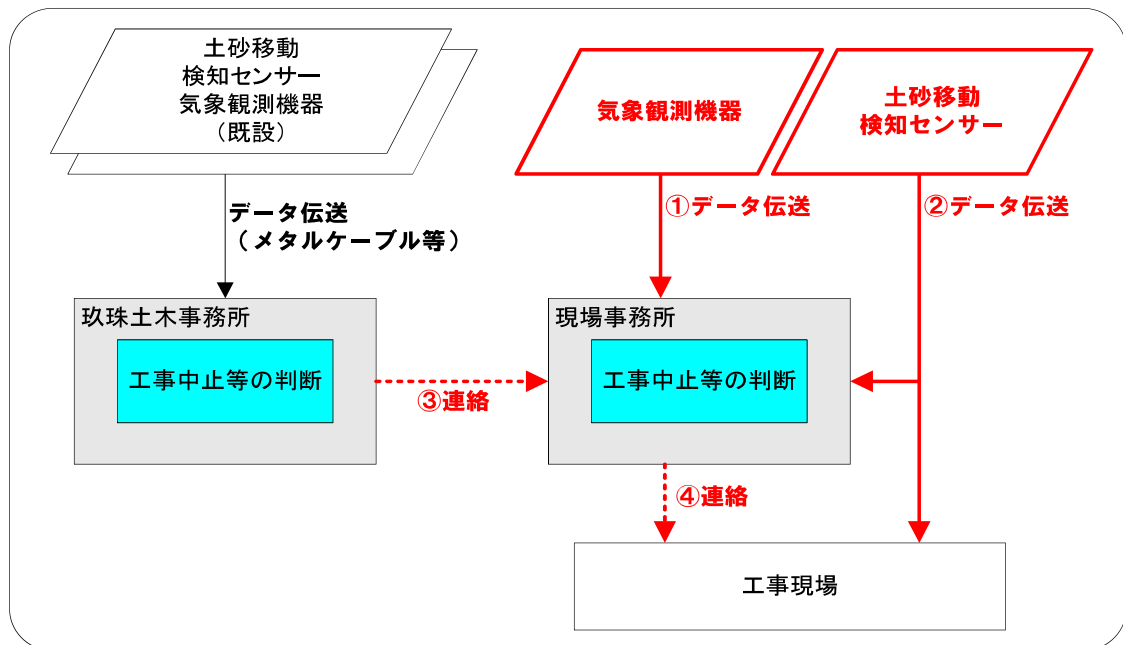
(3) 災害対策テレメータ

災害対策テレメータは、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可搬型にしたもので、災害時には車両等で搬入するシステムである。

3.4.4 工事現場作業従事者に対する通報体制構築

緊急減災対策工事の実施時には、設置済みあるいは計画にもとづいて設置される気象観測機器・土砂移動検知センサーから得られた情報を速やかに工事現場に伝える必要がある（図 3.19）。原則として、気象観測機器は経路①、土砂移動検知センサーは経路②を整備して、安全管理を行う。現場事務所から工事現場へは、携帯電話・無線・PHS 等を利用して連絡する（経路④）。

また、緊急減災対策工事の実施以前に、土砂移動検知後、即時にサイレン警報が鳴る仕組みは整備を進めるとともに、工事実施箇所においては警報装置を現場作業従事者が確認をできる位置に移動や増設する等して、工事現場作業従事者に対する通報体制についても検討していく必要がある。その際、現場監視員を配置し直接警戒する体制や、音（サイレン・作業従事者全員への無線一斉連絡等）と視覚（パトランプや振動等）による複数の方法で確実に退避の情報を伝える体制を構築する。



経路	内容	伝達方法
①	緊急設置した機器のデータを現場事務所に伝送	無線システム・光ケーブル
②	緊急設置した機器のデータを工事現場に伝送	無線システム・光ケーブル
③	玖珠土木事務所と現場事務所の連絡	携帯電話・無線
④	現場事務所と工事現場の連絡	携帯電話・無線・PHS

図 3.19 工事現場への通報体制構築イメージ

3.5 その他の項目

3.5.1 リアルタイムハザードマップの提供

関係自治体に対して、噴火活動や気象状況に合わせ、各現象のリアルタイムハザードマップ（プレアナリシス型）の提供を行う。

(1) 概要

- ・噴火シナリオに沿って想定される土砂移動現象の範囲について、予め実施した数値シミュレーションによる解析結果を災害予想区域図集として整理する。
- ・利活用しやすいPDF版として整理し、緊急時には想定される災害予測図を提供する。

(2) 構成

① トップ画面

- ・各ケース一覧（目次）
- ・噴火シナリオ
- ・数値シミュレーションの計算条件〔(土石流（表 3.8）：溶岩流（表 3.9）〕

表 3.8 数値シミュレーションの計算条件（土石流）の事例

項目	記号	単位	値	備考
代表粒径	(dm)	cm	0.5	現地調査結果
砂礫の密度	(σ)	g/cm ³	2.52	現地調査結果
泥水の密度	(ρ)	g/cm ³	1.2	標準値
内部摩擦角	(ϕ)	°	12.5	桜島土石流分析値
堆積層砂礫の容積密度	C*		0.6	標準値
マンシングの粗度係数	(n)		0.05	標準値

表 3.9 数値シミュレーションの計算条件（溶岩流）の事例

項目	単位	数値
規模（噴出量）	m ³	920,000,000
噴出レート	m ³ /s	250
溶岩流噴出温度	°C	950
溶岩密度	g/cm ³	2.5

②災害予想図集（図 3.20 及び図 3.21）

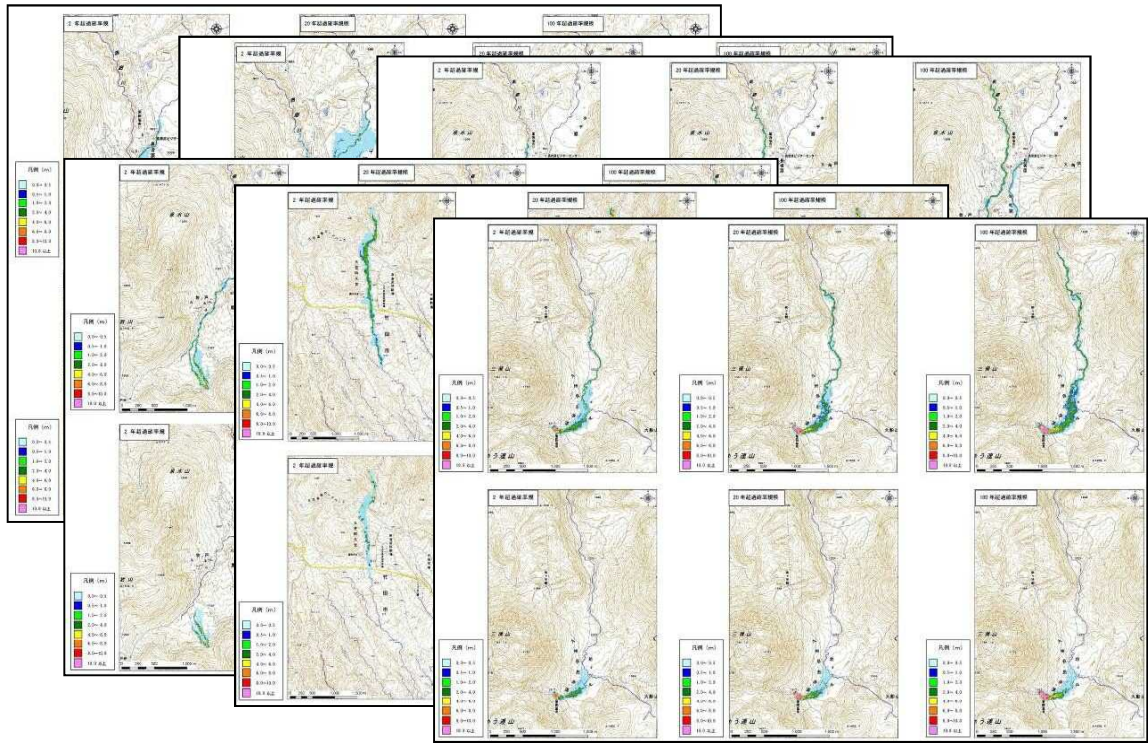


図 3.20 土石流の図集イメージ

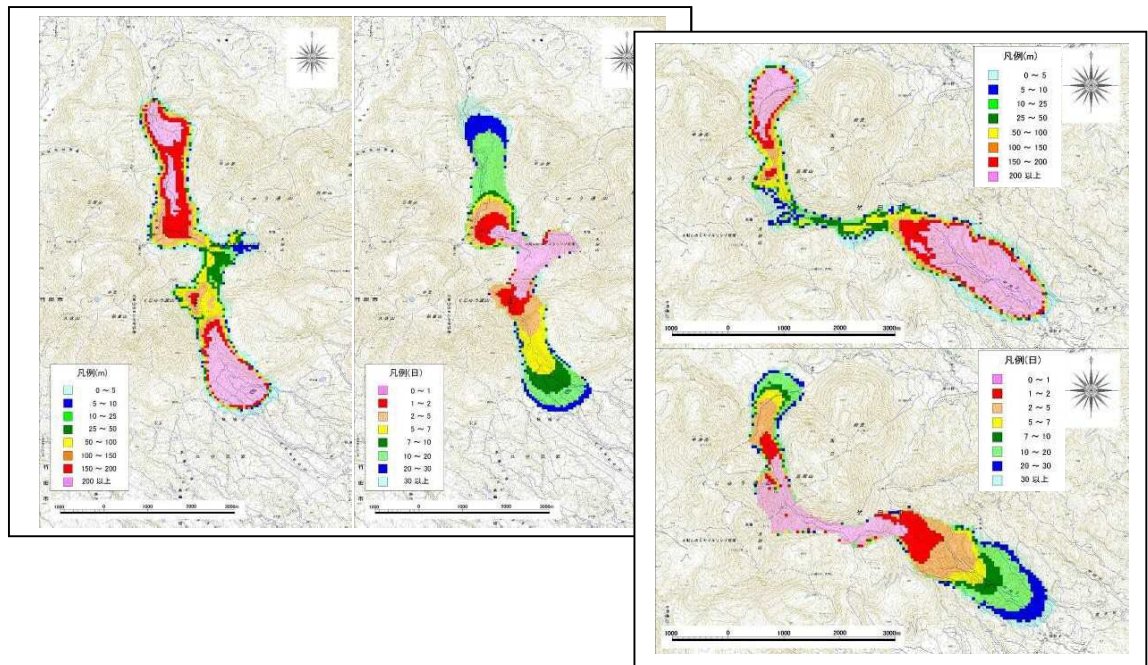


図 3.21 溶岩流の図集イメージ

なお、リアルタイムハザードマップ（プレ・アナリシス型）は、時点で、表 3.10 に示す
 総計 26 ケースを想定して作成している。

表 3.10 リアルタイムハザードマップ（プレ・アナリシス型）の準備状況

想定火口	九重山のRTHMで取り扱う現象	想定ケース数
硫黄山	火山灰(降灰)	1ケース
	噴石	1ケース
	降灰後の降雨による土石流(6溪流)	3ケース×6溪流 (計18ケース)
大船山	火山灰(降灰)	1ケース
	噴石	1ケース
	火砕流	3ケース
	溶岩流	3ケース
	降灰後の降雨による土石流(8溪流)	1ケース×8溪流 (計8ケース)
総計(九重山全体)		36ケース

3.5.2 基準雨量の見直し

降灰後は、通常より少量の降雨でも土石流が頻発するため、工事関係者の安全確保を目的として、作業基準雨量等を再検討する必要がある。そのため、土石流発生時の降雨量データを気象庁等の検討機関へ提供し、設定に活用する。

過去の火山噴火時に基準雨量等が見直された事例を表 3.11 示す。

表 3.11 基準雨量等の設定事例

対象噴火	基準雨量等	備考
有珠山 (2000年3月31日)	大雨警報 1時間5mm、連続雨量20mm (2000年4月21日設定)	4月20日の有珠山土砂災害対策検討委員会を受けて、土砂チーム、現地合同会議で暫定的に実施
	大雨警報 1時間10mm、連続雨量50mm (2000年5月19日設定)	基準設定後の降雨実績でも泥流発生実績なく、基準値を 引上げ た
	大雨警報 1時間20mm、連続雨量70mm (2001年2月28日設定)	複数回にわたる土砂移動の発生・非発生状況が蓄積されたことと、応急対策工事の施設効果を踏まえて基準降雨量を変更
三宅島 (2000年7月8日)	警戒避難基準雨量 連続雨量10mmもしくは 大雨警報が発表された場合 (2000年9月1日設定)	伊豆諸島土砂災害対策検討委員会(第1回)土石流・泥流分科会にて決定