

霧島火山防災検討委員会

平成 23 年度第 3 回（通算第 7 回） 霧島火山緊急減災砂防計画検討分科会

－ 討 議 資 料 －

<（新燃岳・御鉢）緊急減災計画>

平成 24 年 2 月 23 日

国土交通省宮崎河川国道事務所
宮崎県・鹿児島県

目次

1. 前回分科会の討議概要.....	1
1.1 緊急減災対策砂防計画の検討経緯.....	1
1.2 前回分科会の討議概要.....	1
2. 霧島山（新燃岳）噴火を踏まえた土砂移動シナリオの確認.....	2
3. 緊急対応の課題と今後の対応方針（案）.....	4
3.1 緊急調査の課題と今後の対応方針（案）.....	4
3.2 緊急ソフト対策の課題と今後の対応方針（案）.....	10
3.3 緊急ハード対策の課題と今後の対応方針（案）.....	12
3.4 平常時の準備の課題と今後の対応方針（案）.....	15
4. 今後対応すべきことのまとめ.....	16
4.1 その他の課題.....	17
4.2 その他の評価事項.....	17
4.3 次回噴火にむけた準備・実施事項.....	17
5. 今後の予定.....	18
6. 参考資料.....	19
6.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要.....	19
6.2 霧島火山防災検討委員会・分科会の概要.....	19
6.3 平成 21 年度緊急減災計画の概要.....	20
6.4 緊急対応の時系列整理.....	28

1. 前回分科会の討議概要

1.1 緊急減災対策砂防計画の検討経緯

平成 20 年度～平成 21 年度

第 1 回検討分科会 (平成 21 年 2 月 2 日)

- ・計画策定の基本事項の整理 (平成 19 年度までの予測図分科会の検討成果をベース)
→現状把握、噴火シナリオの作成、噴火シナリオのケースと場面毎の影響範囲把握
- ・対策方針の設定
→対策を検討する噴火シナリオの抽出、対策対象とする現象規模や対策場所等の設定

第 2 回検討分科会 (平成 21 年 3 月 24 日)

- ・モデル溪流 (高崎川・霧島川) に対して緊急時に実施する対策の検討
→緊急ハード・ソフト対策の検討、火山噴火時に実施する緊急調査項目・内容の整理

第 1 回検討委員会 (平成 21 年 6 月 8 日)

- ・第 1 回 2 回検討分科会の内容の報告

第 3 回検討分科会 (平成 21 年 10 月 14 日)

- ・全溪流に対して緊急時に実施する対策の検討
→緊急ハード・ソフト対策の検討、火山噴火時に実施する緊急調査の項目・内容、平常時からの準備事項の整理

第 4 回検討分科会 (平成 22 年 1 月 13 日)

- ・霧島火山緊急減災対策砂防計画 (案) <新燃岳・御鉢> の作成

第 2 回検討委員会 (平成 22 年 3 月 1 日)

- ・霧島火山緊急減災対策砂防計画 (案) <新燃岳・御鉢> の確認

霧島火山緊急減災対策砂防計画 (案) <新燃岳・御鉢> (平成 21 年度版)

平成 23 年度

第 5 回検討分科会 (平成 23 年 10 月 17 日)

- ・平成 23 年 1 月以降の新燃岳噴火対応の整理
→実施した緊急ハード・ソフト対策等の対応整理と課題の抽出

第 6 回検討分科会 (平成 23 年 12 月 27 日)

- ・平成 23 年 1 月以降の新燃岳噴火対応の整理
→土砂移動シナリオの確認、ヒアリング調査に基づく対応整理、今後の対応方針の確認
- ・「(新燃岳・御鉢) 緊急減災計画」の改善案の中間報告

第 7 回検討分科会 (平成 24 年 2 月 23 日) 【今回】

- ・土砂移動シナリオの改訂版の作成
- ・平成 23 年度検討結果をふまえた「緊急減災計画 (新燃岳・御鉢)」の改善案の作成

平成 23 年 1 月
新燃岳噴火

図 1 検討の流れ

1.2 前回分科会の討議概要

項目	主な質疑内容	対応方針	対応箇所
霧島山(新燃岳)土砂移動シナリオ噴火を踏まえた確認	① シナリオの「火山活動」の中で、「10cm 以上の降灰堆積を確認」は、現在の火山活動を踏まえて、明確な数値は記載しないこととする。	該当箇所を「土石流発生の危険性が高まり」と修正する。ただし、当初の設定である「10cm 以上の降灰堆積」の根拠について、注意書きとして追記する。	討議資料 P3
	② 「緊急調査」の行の位置を入れ替えて、「火山活動」「緊急調査」「緊急ハード対策」「緊急ソフト対策」の順とすること。	現象・対策開始の順序を考慮して、「火山活動」「緊急調査」「緊急ソフト対策」「緊急ハード対策」の順番で整理する。	討議資料 P3
	③ 土砂移動シナリオは、気象庁の噴火警戒レベルと対応したものとなっているが、対策が適時に実施できない可能性があるため、レベルと砂防部局が対策を行う情報に齟齬がないように確認すること。	噴火警戒レベルと土石流発生時期が必ずしも対応していないことについても注釈として明記する。	討議資料 P3
	④ 今回の噴火では土石流発生による被害は生じていないが、今後数年間は土石流が発生する場合も想定される。土石流対策は噴火警戒レベルと対応して実施するのではなく、やらなくてはならないことを整理する必要がある。	土石流については噴火活動終息後、恒久対策を実施する必要がある旨を注釈として明記する	討議資料 P3
緊急対応の課題と今後の対応方針(案)	⑤ 噴火後の浸透能等の変化についても追跡調査するとともに、降灰直後だけではなく、噴火前の浸透能についても調査の必要があるため、追記すべきである。	今後の噴火対応方針案として、「噴火前後の」斜面の浸透能調査と修正する。	討議資料 P4
	⑥ 降灰後の土石流発生の要因が明確になっていないので、課題として加筆すること。	課題として、降灰後の土石流発生要因が不明確なことを追記する。	討議資料 P4
	⑦ 立入規制範囲内における火山灰の状況把握の方法を考えておくこと。	ヘリからの確認地点を立体マップ等に整理する。その際、降灰堆積深さの目安となる物を整理する。	討議資料 P6, 7
	⑧ 「ブロック製作に時間を要した」とあるが、直轄で所有している既設の備蓄をどのように活用したのかも追記すること。	河川災害用ブロックを含めた転用方法について、検討が必要であることを今後の噴火対応方針案に追加する。	討議資料 P12
	⑨ 大きな噴火につながる情報について整理し、今後の噴火活動の推移を確認すること。	今後の噴火活動の推移を整理する。	討議資料 P23
	⑩ 初動時の情報発信は重要なので、発信者と配信先の関係について整理すること。	関係機関間の情報の連絡体制(経路)、内容について整理する。	討議資料 P21, 22
	⑪ 緊急調査により土石流による氾濫の危険がある範囲が示されたが、その後の時間経過とともに、その範囲は変化すると考えられ、それを再評価できるような方法を確立していく必要がある。	別途検討中	-

2. 霧島山（新燃岳）噴火を踏まえた土砂移動シナリオの確認

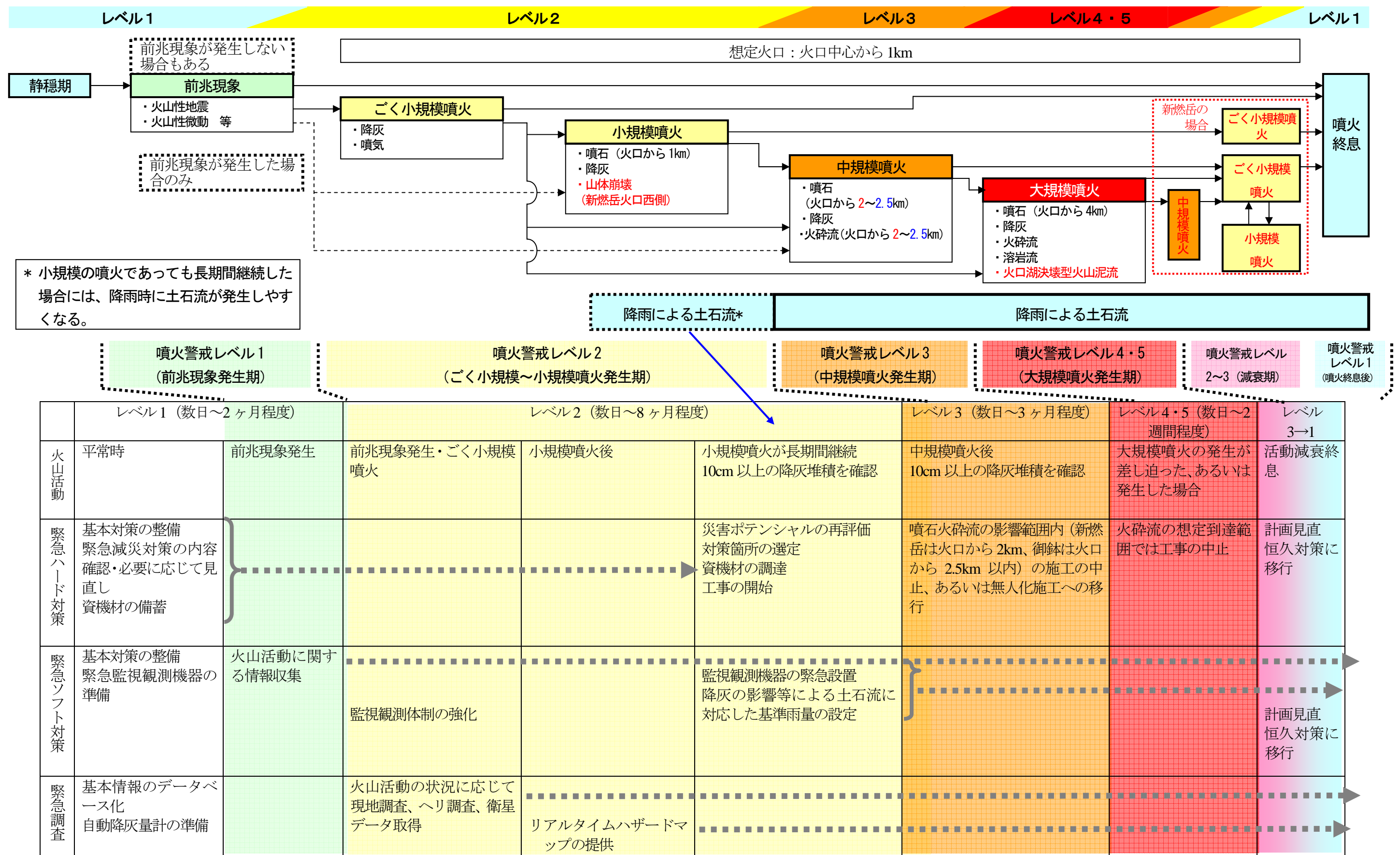
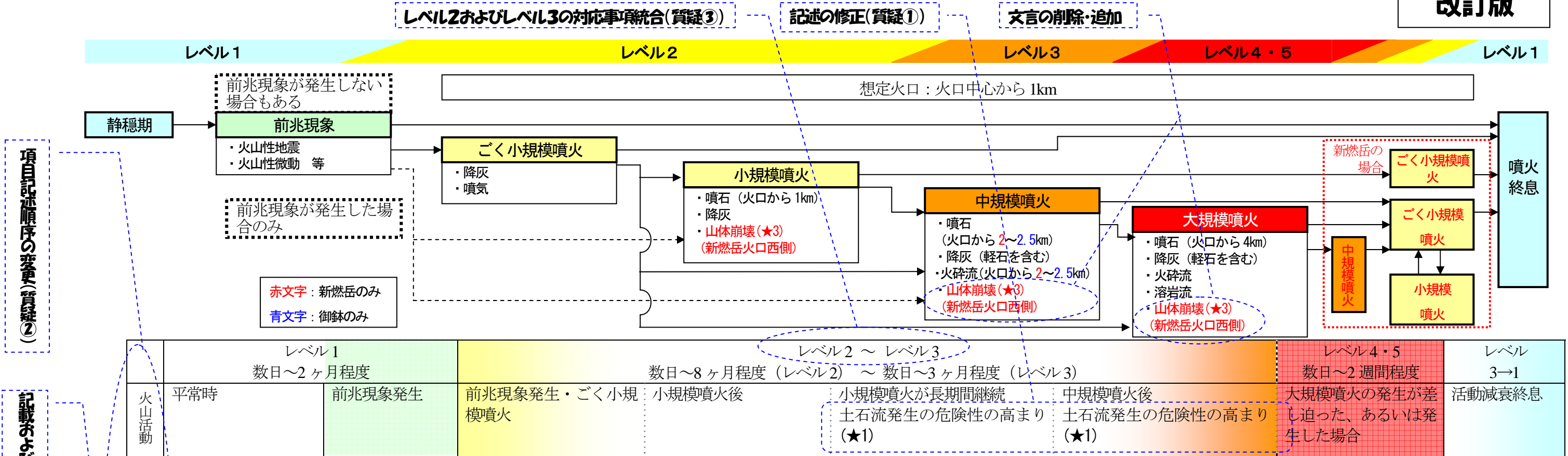


図 2 平成 21 年度計画における新燃岳と御鉢の緊急減災対策の概要 (赤文字は新燃岳のみ、青文字は御鉢のみ)



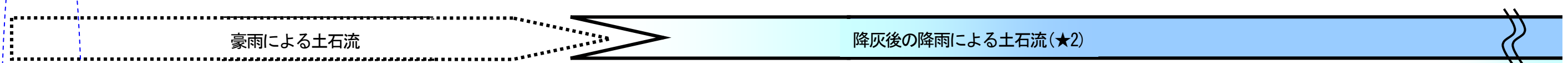
項目記順の修正(質疑②)

記載および位置の修正(質疑③)

レベル2およびレベル3の対応事項統合(質疑③)

記述の修正(質疑①)

文言の削除・追加



緊急調査	基本情報のデータベース化 自動降灰量計の準備	改正土砂法に基づく緊急調査、ヘリ調査、衛星データ取得	リアルタイムハザードマップの提供(土石流氾濫の危険が想定される範囲等の情報を提供)		
緊急ソフト対策	基本対策の整備 緊急監視観測機器の準備	火山活動に関する情報収集	監視観測体制の強化	リアルタイムハザードマップの提供(火砕流、溶岩流等の影響範囲等の情報を提供)	監視観測機器の緊急設置 降灰の影響等による土石流に対応した基準雨量の設定
緊急ハード対策	基本対策の整備 緊急減災対策の内容確認・必要に応じて見直し 資機材の備蓄			災害ポテンシャルの再評価 対策箇所の選定 資機材の調達 工事の開始	噴石火砕流の影響範囲内(新燃岳は火口から2km、御鉢は火口から2.5km以内)の施工の中止、あるいは無人化施工への移行
					火砕流の想定到達範囲では工事の中止
					計画見直し 恒久対策に移行
					計画見直し 恒久対策に移行

(★1) 有珠山、雲仙普賢岳、桜島、三宅島等の噴火に伴う降灰後の土石流発生実績から、平成21年度計画では「10cm以上の降灰堆積を確認」した時としたが、具体的な数値は設定せず、改正土砂法に基づく緊急調査結果を踏まえた降灰厚や火山灰の質(粒径等)を考慮して「土石流発生の危険性の高まり」を評価する。なお、平成23年1月以降の新燃岳噴火では、降灰厚1cm以上の範囲で下流に被害をもたらす大規模な土石流は発生していない(平成24年2月時点)。
 (★2) 噴火警戒レベルは土石流の発生時期と対応したものではない。小規模噴火による降灰が、長期間、断続的に続いて火山灰が累積した場合には、降雨時に土石流が発生しやすくなる。また、降灰後の降雨による土石流は、噴火活動終息後も発生する可能性があるため、恒久対策を実施する。
 (★3) 噴気口の形成に伴って斜面を構成する火山岩の一部が劣化している可能性があり、その付近で噴火口が形成された場合、斜面の一部が崩れる可能性がある。

図3 新燃岳と御鉢の緊急減災対策の概要(平成23年新燃岳噴火をふまえた今後想定されるシナリオを整理)

注記の修正・追加(質疑①、③、④)

3. 緊急対応の課題と今後の対応方針（案）

3.1 緊急調査の課題と今後の対応方針（案）

表 1 緊急調査に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理（1）

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画（案）		平成23年噴火後の対応			評価	課題	今後の噴火対応方針（案）	計画書 修正箇所	
項目	内容	砂防部局		その他関係機関による対応					
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県						
緊急調査	降灰・不安定土砂の把握	<p>■下流域の128地点で、改正土砂法マニュアルを試行して降灰量調査を実施（1/27-29）</p> <p>■流域面積の5割以上が火山灰が1cm以上の厚さで堆積している35溪流を抽出（1/30）</p> <p>■現場透水試験、ふるい分け試験を実施</p>	<p>【宮崎県】抽出した35溪流のうち、丘陵部の21溪流を対象として、降灰状況（浸透能等）を現地調査により確認</p> <p>【鹿児島県】29箇所の降灰量計を設置し10日ごとに観測を実施</p>	<p>【鹿児島大学】降灰地点の現場透水試験を実施</p>	調査実施により、迅速に降灰の影響による土石流発生の危険性がある溪流を抽出した	<p>■広域で調査を実施したため、適切な場所を探すのに時間を要した</p> <p>■溪流上流部に立ち入ることができなかったため、降灰状況が把握できなかった</p> <p>■降灰調査では量だけを把握し、降灰の質は整理されなかった</p> <p>■噴火前の浸透能が分からないため、噴火前後の浸透能の変化が把握できなかった</p> <p>■降灰後の土石流発生の要因が分かっていない</p>	<p>■降灰量調査地点の位置と現地写真等を事前に整理する</p> <p>■噴火前後の航空写真の比較による降灰・不安定土砂の把握</p> <p>■土石流の発生・非発生の判断ができるように調査方法を整理する。判断基準については、学識者にも相談を行う。</p> <p>＜調査方法（案）＞ →噴火前後の斜面の浸透能調査（鹿児島大学方式現場透水試験） →降灰調査：堆積構造の確認 →噴出物の物性：関係機関との情報共有によって資料を入手する。 →簡易測定手法</p> <p>1. 降下テフラの構成成分（石膏成分の有無→石膏成分が含まれている場合はモルタル化しやすい） 2. 降下テフラの比重（比重が1以下の場合、浮遊して流出しやすい）</p> <p>■降下テフラの性状（粒度分布、堆積構造、化学組成）による土石流発生メカニズムの違いを対策ドリルに反映させる（※検討中）</p>	P11~12	
	ヘリ調査	ヘリ調査を14回（のべ18時間）実施（福岡管区气象台、土木研究所、大学等が同乗）（1/21-6/14）				降灰や不安定土砂の定量的な把握はできなかった	定量的な把握に活用することは現時点では難しい	<ul style="list-style-type: none"> 目視可能な施設の概況把握調査としてヘリを用いる 山腹に降灰堆積深がわかる目印（ポール、巨岩や樹木等）を設置する ランドマークを抽出してリスト化する 	
	航空レーザ計測	高高度で実施（11月測量、解析中）			【産総研、東大地震研、防災科研、民間航測会社】レーザ測量成果を解析し、火口周辺の降灰堆積深を発表（6/7噴火予知連）	噴火後は、高高度からの航空レーザ測量を実施した	火山灰は、レーザ反射率が悪いため把握が難しい	火山灰堆積量の測定精度向上のために、今後の技術開発が期待される	
	衛星画像の利用				【JAXA】ALOSIによる衛星画像の緊急観測結果をHPで公表（撮影条件不良により詳細な活用は困難）	撮影条件不良により地形変化把握への活用はしていない	広域の地形変化状況を知ることはできるが、溪流単位の不安定土砂把握には適用が難しい	衛星画像の利用は、活用可能なデータが得られた場合に参考とする	
	土砂移動検知センサの緊急設置	ワイヤーセンサの緊急設置（2月3基、3月4基、8月までに計17基設置済み） 振動センサの緊急設置（2月1基、3月2基）			【林野庁】ワイヤーセンサを3箇所設置	<ul style="list-style-type: none"> 2月以降順次設置できた 場所により設置時期が異なり、噴火直後に設置できなかった箇所もある 	土石流発生以外の原因によりワイヤーセンサが切断された	振動センサと併用して総合的に判断する	
降雨状況・土砂移動の把握	土流発生非発生データの蓄積	抽出した35溪流のうち、国道223号より上流の14溪流を対象として、降雨後に現地調査による土砂移動状況の確認	<p>【宮崎県】丘陵部の21溪流を対象として、降雨のたびに、現地調査による土砂移動状況の確認</p> <p>【鹿児島県】6/9以降、土砂移動把握を目的とした定点観測を実施</p>	【高原町】独自の定点を降雨ごとに同一職員が確認	国と県が役割分担して、降雨毎に土砂移動の状況を迅速に調査したことは評価できる。	出水ごとの流出土砂量の把握が難しかった	<ul style="list-style-type: none"> 溪流ごとに既設施設の下流へ流下した土砂量の確認方法を確立する 流域全体の土砂収支を把握するための調査・解析手法を構築する 	P12	
(ガリー調査)	九州地整、自衛隊等が、1/21-6/29にかけて撮影した斜め写真を判読してガリーの発達状況を確認			【宮崎大学】土砂移動の定点観測を実施	ガリーの発達状況判読は、今後の土砂移動想定に有効である	定性的な把握にとどまり、定量的な把握が難しい	源頭部の不安定土砂・ガリー拡大状況等の定量的な把握方法を検討する		
(降雨状況の把握)	噴火後に既設雨量計の保守点検を行い、従来どおりに降雨量計測が可能なことを確認			【宮崎県】噴火後に既設雨量計の保守点検を行い、使用可能なことを確認 【鹿児島県】既設雨量計（3局）を降灰対応型へ改良	噴火後に保守点検が実施されたことは評価できる	噴火後の立入規制範囲の拡大により、雨量計の保守点検が実施できなかった箇所があった	立入規制範囲を考慮して、常時保守点検が可能な位置に雨量計を設置することを検討する		

□ 計画どおりに実行できた事項
 □ 実行できなかった事項
 □ 計画以外にも実行できた事項
 □ 他機関が実施した事項
 □ 主な論点
 ■ アンダーライン: 修正箇所

表 2 緊急調査に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理(2)

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画(案)		平成23年噴火後の対応			評価	課題	今後の噴火対応方針(案)	計画書 修正箇所	
項目	内容	砂防部局		その他関係機関による対応					
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県						
緊急調査	(土砂移動に 影響する) 地形変化 の把握	航空レーザ測量	高高度で実施 (11月測量、解析中)		【民間航測会社】 高高度で実施(2/26)	噴煙の影響があるため高高度からの航空レーザ測量を実施した	安全面を考慮すると、撮影時期や撮影高度が制約される	航空レーザ計測の実施可能条件を整理した上で、地形変化把握の目的に応じた実施時期等を再整理する。	
		衛星画像の利用			【JAXA】 ALOSによる衛星画像の緊急観測結果をHPで公表	撮影条件不良により地形変化把握への活用はしていない	撮影条件に左右されるため、必要な時に情報が得られないこともある。	衛星画像の利用は、活用可能なデータが得られた場合のみ参考材料とする。	
		UAV(無人航空機)による地形測量		【鹿児島県】 鹿児島県側の火口周辺部を写真撮影・写真測量(7月、10月)	【東京大学地震研究所・防災科研】 無人ヘリによる新燃岳火口内写真撮影を実施	火口周辺の状況確認ができた	UAVによる定量的地形変化把握は、実施条件に制約される。	UAVは定性的な地形変化把握の補足参考資料とする。	
		(その他調査)			【国土地理院】 GPS観測による基線変化の把握(噴火前より実施継続)	噴火前から継続的に実施することにより地形変化の把握に有効である	観測点や基線の変化量の把握には有効だが、詳細な地形変化の把握はできない	火山全体の地形変化傾向の参考資料として用いる。	
		(その他調査)	ヘリ調査を14回(のべ18時間)実施(福岡管区气象台、土木研究所、大学等が同乗)(1/21-6/14)				随時実施されたが調査の主目的が状況把握であったため、地形変化に着目した継続調査が実施されなかった。	ヘリ調査項目に土砂移動に影響する地形変化の概況把握を追加し、具体的な調査項目を設定する。	・飛行ルートと写真撮影ポイントを事前に設定し、随時斜め写真データを入手し、簡易実体視により概略地形変化を把握する。 ・現地位置確認のため、はるかぜ搭載のGPS基図に、河川名、主要砂防施設、ランドマーク等を追加する ・ランドマークを抽出してリスト化する
		(その他調査)						緊急減災計画における地形変化調査の目的と手法を明確にし、具体的な適用方法を設定する必要がある。	→ その時の実施条件に応じて適用可能な手法を適宜組み合わせる必要な地形変化データを入手する仕組みを検討する。
緊急対策予定地の状況把握	現地調査	既設砂防施設の空き容量確認	【鹿児島県】 既設砂防施設の空き容量確認(2/1-2)		立入規制区域以外での降灰分布範囲における調査が実施できた	降雨直後の堰堤の堆砂状況確認がその都度ごとに実施できなかった。	・堰堤にスケールとなる目標物を設置して監視カメラで堆砂状況を確認する ・調査可能な場所を事前に抽出する		
	ヘリ調査	ヘリ調査を14回(のべ18時間)実施(福岡管区气象台、土木研究所、大学等が同乗)(1/21-6/14)			砂防施設の点検調査はできなかった	個別地点の状況把握に活用することは難しい	斜め写真を用いた溪流案内図作成や主要施設への対空識別番号を設置する		
被災範囲の想定	現地調査	現地調査でアクセス道路の状況、大型土のう等の設置可能箇所を確認			緊急減災計画書(案)に基づき、緊急対策予定地を確認した		調査可能な場所を事前に抽出する		
	ヘリ調査	ヘリ調査を14回(のべ18時間)実施(福岡管区气象台、土木研究所、大学等が同乗)(1/21-6/14)			緊急対策予定地の状況把握はできなかった	個別地点の状況把握に活用することは難しい	・斜め写真を用いた溪流案内図作成や主要施設への対空識別番号の設置を行う ・現地位置確認のため、はるかぜ搭載のGPS基図に、河川名、主要砂防施設、ランドマーク等を追加する		
		噴火後にリアルタイムアナリシス型ハザードマップシステムを構築			・噴火後のシステム構築のため噴火時に使用できなかった ・計算ツールは整備されているため、計算は可能である(火砕流、溶岩流の計算数時間程度で可能)	適切な計算条件(規模、噴出率など)の設定が必要	・噴火・土砂移動現象ごとに活用条件等を整理する ・複数条件によるブレアナリシス型ハザードマップを準備する ・噴火数時間前に適切な計算条件(規模、噴出率など)の情報等があれば、計算に反映可能		

 計画どおりに実行できた事項
 実行できなかった事項
 計画以外にも実行できた事項
 他機関が実施した事項

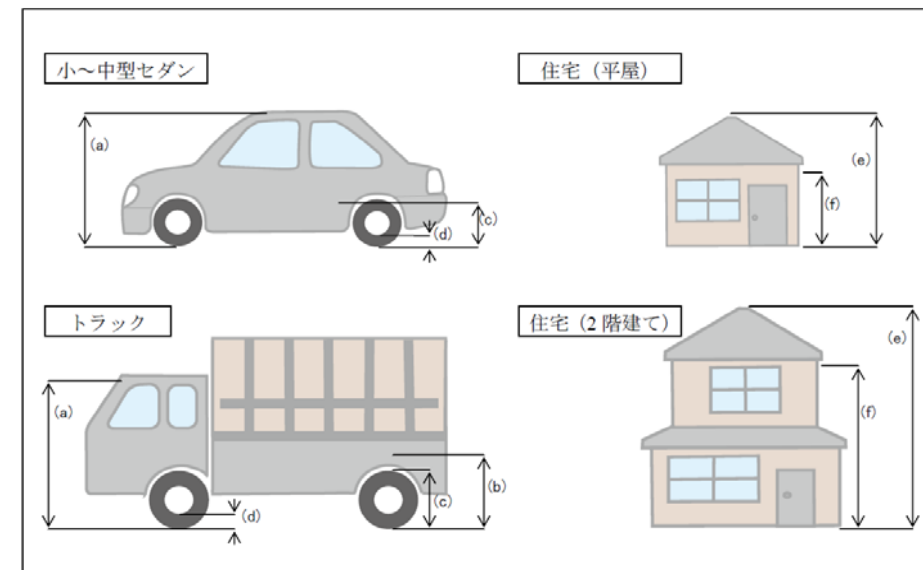
<立入規制範囲内の降灰厚等の確認①～ヘリコプター調査>

■ 以下の手順で確認する。

- I (机上作業) 事前に「目安となる物」(登山道標識、住宅、小屋、巨岩や樹木等)の位置を把握。
- II (机上作業) ヘリからの確認地点(「目安となる物」)を立体マップ等に記載。該当箇所の写真集を事前準備。
- III (ヘリ調査) ヘリ搭載 GPS および立体マップ、写真集等を参考に、目視により「目安となる物」が見えるかどうかを確認、または、望遠高解像度カメラによる写真撮影。
- IV (机上調査) ヘリ調査の結果を踏まえ、降灰厚を推定。

※ 確認作業にあたり想定される**問題等**を以下に挙げる。

- ・ 机上作業で抽出したヘリからの確認地点が、**現状で、実際にヘリから確認できるかを検証**する必要がある。
- ・ 有人ヘリが使用出来ない場合、**無人ヘリ等による飛行調査が実施可能か、事前に検証**する必要がある。
- ・ 目安となる物が少ない地域では、ポール等を落下させて目安とする。ただし、ポールが視認出来る箇所の地面に対して垂直となるように**落下させる技術(方法)を開発**する必要がある。

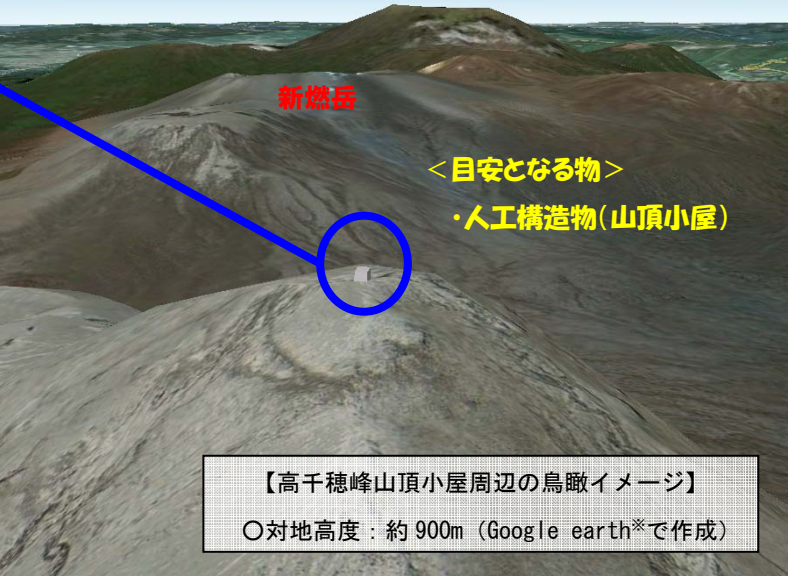
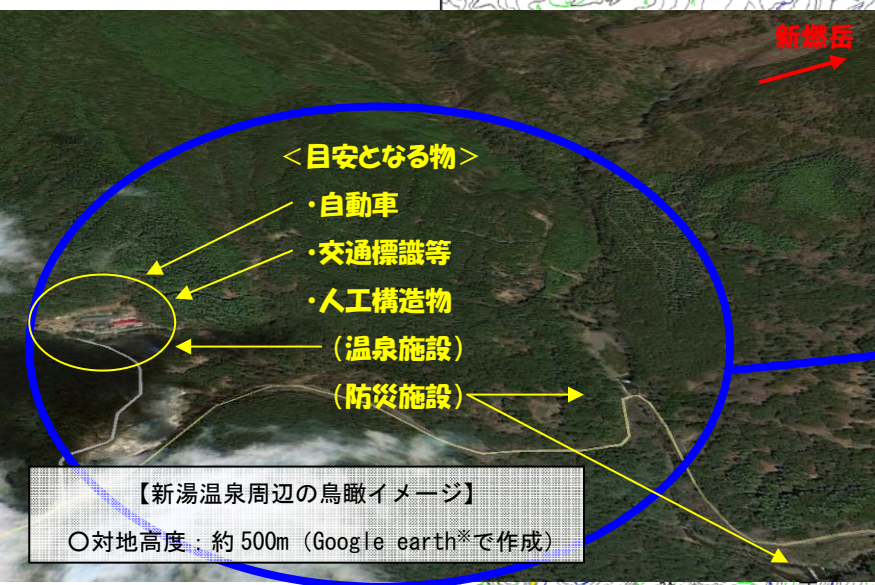
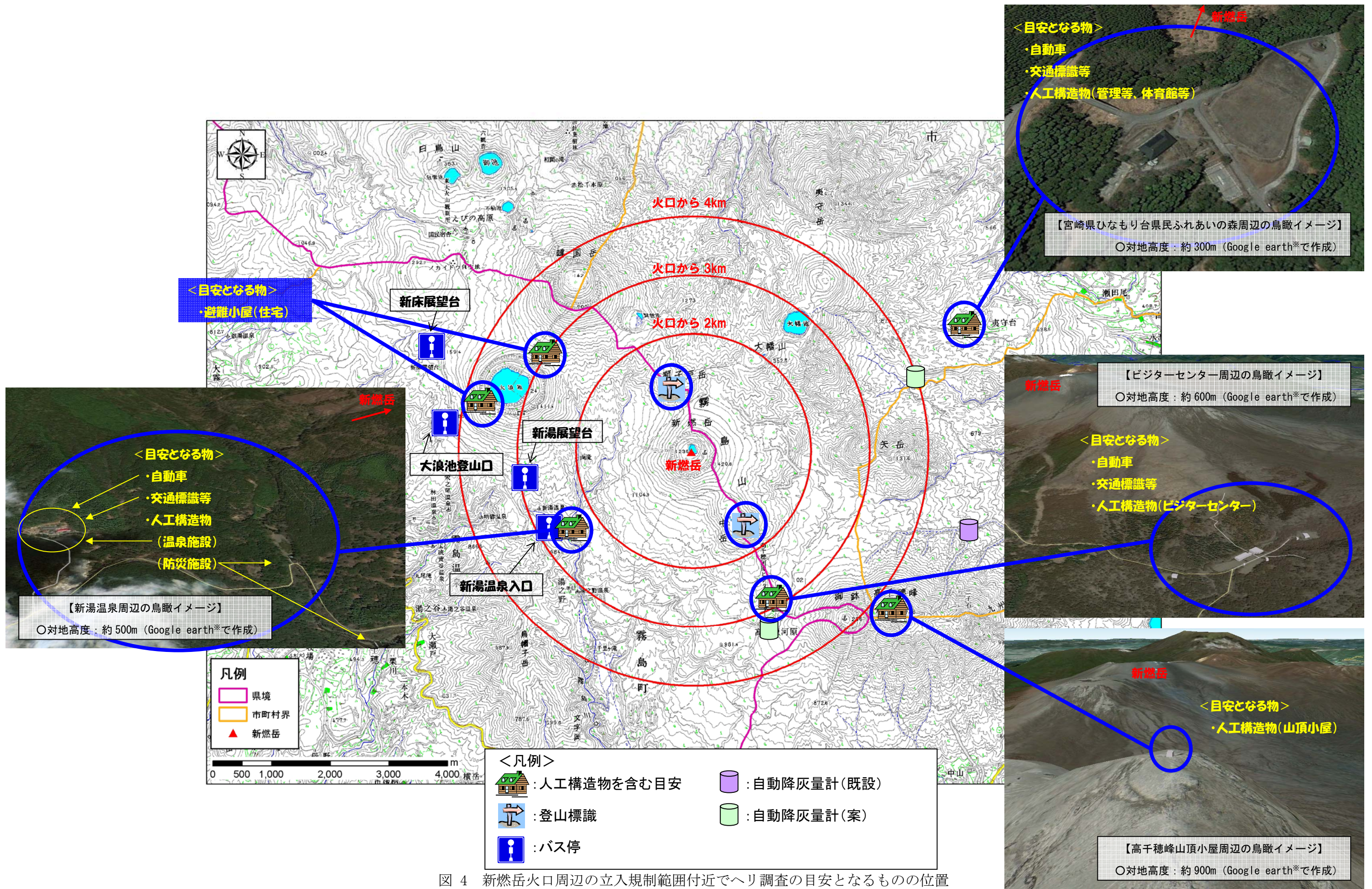


目安となる物	目安となる物の高さ	
白赤ポール	2cmの長さで20cm間隔の色分け (予め目立つ色に着色して設置し、位置情報を取得)	
自動車	車高 (a)	(小～中型セダン)150cm程度 (トラック)200cm程度
	床面地上高 (b)	(トラック)約90cm(80～100cm)
	タイヤ外径 (c)	(小～中型セダン)約60cm(50～75cm) (トラック)約90cm(80～105cm)
	設置面からの タイヤ高さ (d)	(小～中型セダン)約10cm(8～15cm) (トラック)約15cm
	道路関係・ 交通標識等	センターラインの塗装厚 0.5mm以下
	ガードレールの最下段ケーブルの高さ 43cm	
	ガードレールのビーム中心高 60cm	
	視線誘導標識(反射体)の支柱の高さ 標準90cm	
	車両防護柵(ガードレール等)上端までの高さ 原則60～100cm	
	道路標識(標識板路側式)下端までの高さ 標準180又は250cm以上	
	道路標識(標識板片持・門型式等)下端までの高さ 標準500cm	
	登山道案内標識 150cm程度	
	電柱 10m程度(9m～13m)	
	バス停 180cm程度	
人口構造物等	住宅 最高高さ (e)	(平屋)5m程度 (2階建て)8m程度
	住宅 軒高 (f)	(平屋)3m程度 (2階建て)6m程度
	防災施設高さ	2m～15m程度



霧島立体マップへの確認地点マークのイメージ

※「火山噴火緊急減災対策砂防のための緊急監視技術(案)」平成21年7月を参考として作成



<立入規制範囲内の降灰厚等の確認②～その他（遠隔ロボット技術）>

火口を含む火口から数 km 以内の危険区域内の現地情報は、以後の活動予測に大変重要な情報を与えることが考えられる。そのため、無人で危険区域内を調査できる手法を平常時に技術開発を行っておくことが望ましい。現段階で開発中の技術のいくつかを下記に示しておく。

無人火山探査移動ステーション（MOVE）の開発

<目的>

- ・火口および火口周辺の地上状況の把握
- ・地震計等の火口周辺への緊急配置



(谷口宏充 東北大学 東北アジア研究センター教授)

MOVE から送信された映像

- ※ カメラや観測機器を取り付けた無人重機。活動中の火山の火口周辺に接近してデータやサンプルを取得できるツールとして期待できる。
- ※ 火口カメラが被災したときの代替としても使用が可能

参考文献：特定領域研究『火山爆発のダイナミクス』HP より (<http://www.ganko.tohoku.ac.jp/touko/tokutei/index.html>)

無人航空機等の利用



北海道開発局が保有して多くの運用実績を持つ自律航行可能なヘリシステム



カイトプレーン (樹アトリム)



北海道開発局が開発した試料採取装置搭載の自律航行型無人ヘリ



九州大学などが雲仙普賢岳へ投下したペネトレータ

参考文献：「火山灰堆積調査法に関する共同研究報告書」、(独) 土木研究所、平成 21 年 1 月 (http://www.pwr.i.go.jp/team/volcano/kazanbai/391_4.pdf)

遠隔操作による小型クローラ移動ロボットの開発

<目的>

- ・火口および火口周辺の地上状況の把握

- ・現在、2種類のロボットを開発中

<タイプ1>→救助ロボットの改良版（“Quince (改)”）

重量：30kg 以下、クローラダンプ等で登山道からおろして登らせるタイプ

バッテリー：ビデオカメラのバッテリーで 1.5～2.0hr 程度稼働可能

走行性能：平均 25° の斜面を登坂可能、ただし、斜面横断については下へスリップしてしまうため、今後の改良が必要。
こぶし大の礫だったら乗り越え可能。



<タイプ2>（“Track Walker”）

重量：12kg、無人ヘリで持って行くタイプ（無人ヘリの最大積載重量は 20kg）

バッテリー：エネルギーで 1.5hr 程度稼働可能

走行性能：平均 25° の斜面を登坂可能、斜面横断については実験していない。

速度は 15～20cm/s 程度（現在高速化検討中）



- ※ 現在は走行実験のみで観測項目の検討まで到達しておらず、カメラを搭載して火口付近を近距離から観測することを目的としている。

参考文献：「小型クローラ移動ロボットの遠隔操作による火山活動区域の観察—浅間山での走行試験—」永谷圭司（東北大学）他、第 11 回システムインテグレーション部門講演会、平成 22 年 12 月

<国土交通省、宮崎県、鹿児島県が実施した緊急調査>



図 5 緊急調査実施状況図

3.2 緊急ソフト対策の課題と今後の対応方針（案）

表 3 緊急ソフト対策に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画（案）		平成23年噴火後の対応		評価	課題	今後の噴火対応方針（案）	計画書 修正箇所	
項目	内容	砂防部局						
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県	その他関係機関による対応				
監視観測機器の設置	土石流	雨量計を概ね5kmメッシュに1箇所	【鹿児島県】 5/11-6/3 既設雨量計を降灰対応型へ改良 (高千穂河原雨量計等の3局)	【気象庁】 雨量計を3箇所設置 (高原、山田、霧島牧園) →3/2より気象庁HPで公開	新設等は実施していないが、鹿児島県では降灰に対応した雨量計に変更した	緊急時に雨量計をくまなく追加設置することは困難である	<ul style="list-style-type: none"> 平成23年1月以降の噴火対応による監視観測機器の新規設置箇所を踏まえて、優先度や設置箇所を更新する 次期噴火を想定して、現況監視機器で不足する箇所や機器種類を絞り込む 	
		監視カメラを溪流が見渡せる地点（溪流脇、既存・新設砂防施設）に設置	土石流監視カメラを10箇所設置し、関係機関に映像を配信した	【鹿児島県】 土石流監視カメラを2箇所設置し、関係機関に映像を配信した (H24.1.30)	<ul style="list-style-type: none"> 緊急対策の土石流監視カメラは、平成21年度計画で予定地点にほぼ設置できた 監視カメラ映像を関係機関に提供 提供を受けた自治体は警戒体制中は監視カメラ映像を常時確認 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時に雨量計をくまなく追加設置することは困難である 		
		(水位・流量観測)	下流域で水位流量計を設置し、流量観測を実施した		緊急時に、計画にはない対策を柔軟に実施したことは評価できる	<ul style="list-style-type: none"> 水位流量計の設置箇所の電源確保が難しかった 平常時の溪流における降雨流出状況が不明であったため、噴火後の降灰の影響による流出率の変化を把握できなかった 		平常時から水位流量計を監視カメラとセットで設置し、平常時の降雨流出状況を把握する
	降灰	降灰量計を、直轄事務所、土木事務所、市町庁舎等に設置。当初は簡易計測、後に自動降灰量計を設置	自動降灰量計を2月に1箇所設置 (高千穂第5砂防堰堤)	【鹿児島県】 2/8-4/27 降灰量観測容器を29箇所設置	【気象庁】 自動降灰量計を3箇所設置 (皇子原、夏尾、御池)	鹿児島県は降灰観測を多地点で継続的に実施しており評価できる		
ソフト対策	避難対策を支援するための情報提供	ハザードマップを自治体へ提供			自治体で防災マップが活用された	防災マップの想定規模以外の影響範囲を示したハザードマップの希望があったが、提供体制が整っていないかった	プレアナリシス型ハザードマップの活用 (現在想定可能な現象・規模等の複数ケースを事前に計算し、提供体制を整備する)	
		(その他の対応)	改正土砂法マニュアルを試行して、土石流による被害が想定される区域の設定結果(2/4)や雨量基準を自治体へ提供			<ul style="list-style-type: none"> 関係機関との情報共有について評価できる 降雨と土砂流出状況を判断して適宜雨量基準を見直したことは評価できる 	<ul style="list-style-type: none"> 氾濫区域を設定した既往最大24時間雨量(438mm)と、基準雨量(1時間雨量4mm)との区別の説明が難しかった。 土石流想定氾濫区域が、事前想定よりも広域であり、避難情報発表範囲の設定に苦慮した。 避難対象区域の住民避難率が低かった。 	<ul style="list-style-type: none"> 現在検討中 土石流想定氾濫区域の見直しを、市町と連携して随時実施する。
		(その他の対応)	溪流監視用カメラによる土石流映像情報のインターネット配信 (宮崎県を通じて都城市、高原町にも提供)	【鹿児島県】 ・土石流監視の一環として、雨量情報を公表している。また、降灰量観測結果(2/8-)を公表している。 ・土石流監視カメラ2台の映像を関係機関に配信	【気象庁】 監視カメラを3地点に設置 (遠望・赤外：八久保・高原西麓・韓国岳)	<ul style="list-style-type: none"> 映像やデータが公表され、関係機関の情報を共有できた インターネット配信を速やかに整備できた 	土石流発生危険性のある溪流すべてには配置されていない	溪流監視カメラが整備されていない溪流の整備を進めていく。
		(その他の対応)	コアメンバー会議等の集会に参加して情報提供・共有を行った	【宮崎県・鹿児島県】 コアメンバー会議等の集会に参加して情報提供・共有を行った	【関係機関】 コアメンバー会議等の集会に参加して情報提供・共有を行った	内閣府主導のもと、政府支援チームが活動し、「霧島山(新燃岳)の噴火活動が活発化した場合の避難計画策定のガイドライン」等の成果を公表したことは評価できる		今後も、コアメンバー会議等の集会に参加するなど、平成23年噴火対応を活かして、さらに良好な情報共有体制を目指していく。
		(その他の対応)	県市町へのリエゾン(情報連絡員)の派遣	【宮崎県】 市町へのリエゾン(情報連絡員)の派遣		必要な情報を入手できたとの評価を受けた	火山や防災の専門家が望ましい	

計画どおりに実行できた事項
実行できなかった事項
計画以外にも実行できた事項
他機関が実施した事項
主な論点
■アンダーライン:修正箇所

＜国土交通省が実施した緊急ソフト対策位置＞

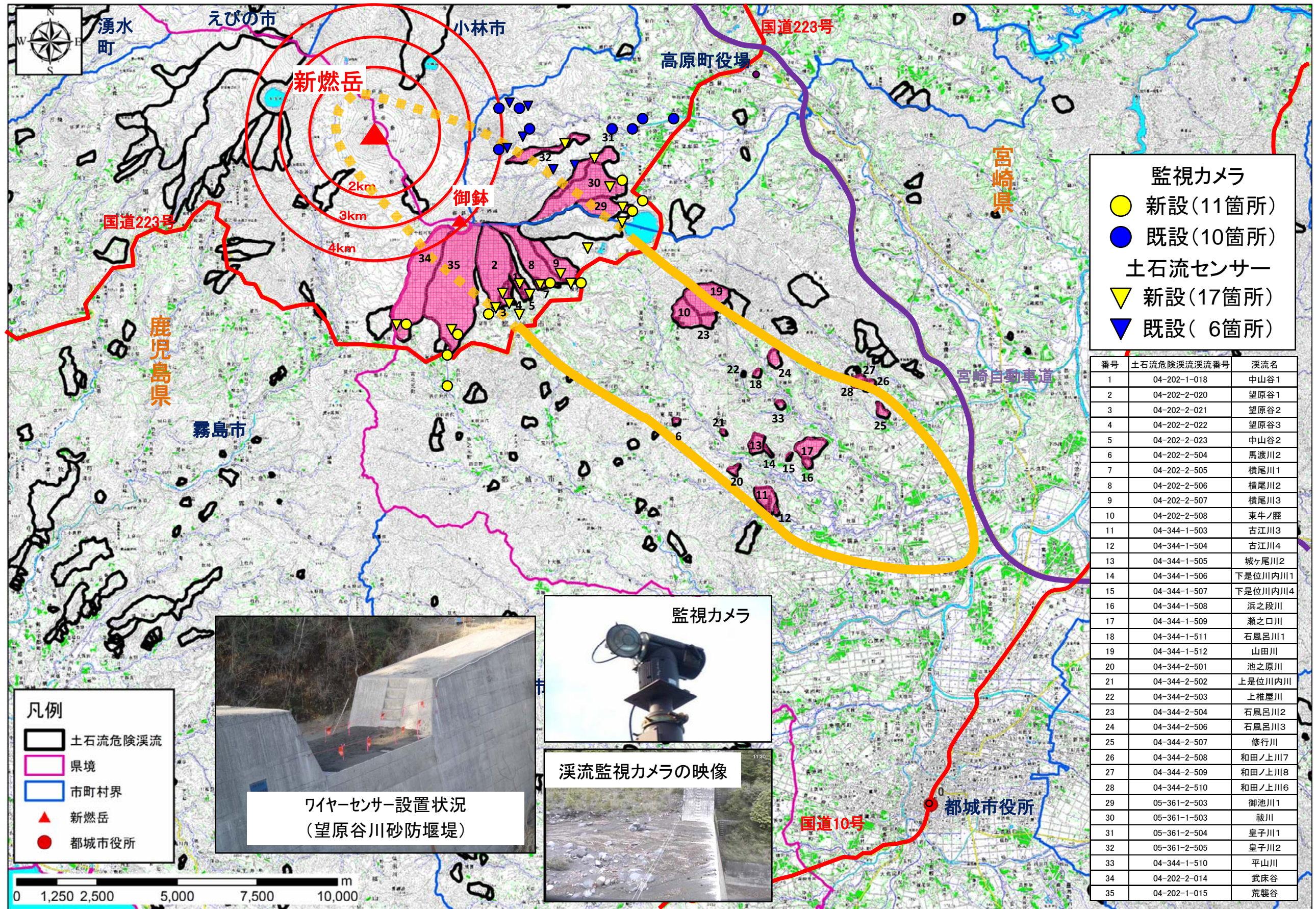


図 6 緊急ソフト対策実施位置図

3.3 緊急ハード対策の課題と今後の対応方針（案）

表 4 緊急ハード対策に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理（1）

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画（案）		平成23年噴火後の対応		評価	課題	今後の噴火対応方針（案）	計画書 修正箇所		
項目	内容	砂防部局							
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県	その他関係機関による対応					
ハード対策	対策対象とする現象規模	小降雨（2年超過確率雨量）で発生する土石流に対して減災することを第1目標とする	・諸条件を考慮して、可能な限りの規模で対策を実施した	・諸条件を考慮して、可能な限りの規模で対策を実施した	地形等の諸条件により施工可能な施設規模により対応可能な土石流規模を設定した	設定した土砂流出規模に対し、限られた施工期間と実施可能な現場条件が制約となった。	・既設施設の効果量と除石・緊急ハード施設による効果量を組合せ、実施可能な施設が対応できる土砂流出規模を緊急ハード対策の対象量として設定する。 ・工事の進捗に伴う効果量の算定方法を整理する	P10	
	工種・工法	既設堰堤の除石	2/9-5/31 既設堰堤の除石（11箇所）	【宮崎県】 既設堰堤の除石 【鹿児島県】 2/1-6/1 既設堰堤の除石（2箇所）	【林野庁】 既設治山堰堤の排土（6箇所）	計画どおりの工種・工法を採用できた	工事用道路の整備に手間取った	関係機関と連携しながら、整備を進める	P16
		仮設堰堤工（コンクリートブロック、大型土のう）	仮設堰堤工（コンクリートブロック（中山谷、武床谷））		【林野庁】 仮設横工（大型土のう）を1箇所、治山堰堤を4基設置	・計画どおり対策を実施できた。 ・土の中詰め材に火山灰を流用できた	・備蓄ブロックは、河川災害用ブロックであり平積みができないため、砂防で活用が難しかった ・砂防専用ブロックの製作に時間を要した	・砂防専用のブロックを事前製作する ・転用可能なブロック備蓄状況を確認する ・河川災害用ブロックを含めた転用方法を検討する	
		仮設導流堤（コンクリートブロック、大型土のう）	仮設導流堤（大型土のう（荒川内川、望原谷、中山谷））	【宮崎県】 -3/11 仮設導流堤（大型土のう（4 溪流））		・計画どおり対策を実施できた。 ・土の中詰め材に火山灰を流用できた			
		仮設遊砂地（仮設堰堤+掘削）	仮設遊砂地（コンクリートブロック堰堤+掘削（荒襲谷））			計画どおり対策を実施できた			
		（その他工種工法）	流木対策として鋼製牛枠を設置（祓川）			雲仙復興事務所から鋼製牛枠を搬送して、流木対策を実施したことは評価できる	宮崎河川国道事務所の自前の鋼製牛枠はない	事前準備を進める	
		（その他工種工法）	仮設氾濫防止堤（大型土のう（武床谷））			緊急時に、計画にはない対策を柔軟に実施したことは評価できる		今後も適宜実施する	
	（その他工種工法）		【宮崎県】 -3/17 河道掘削（7箇所） 【鹿児島県】 河道掘削（1箇所）		緊急時に、計画にはない対策を柔軟に実施したことは評価できる				
	対策実施箇所	既設堰堤の除石	11箇所を実施（既設堰堤計画箇所：6箇所、既設堰堤計画なし：5箇所）	【宮崎県】 降灰量調査に基づき抽出した35溪流のうち、所管の既設砂防施設等で対策実施 【鹿児島県】 霧島川、神宮川	【林野庁】 既設治山施設上流の6箇所を実施（荒襲川：4箇所、荒川内川：1箇所）	降灰の影響を受けた計画箇所の中でも、対策が実施できた箇所と対策が実施できなかった箇所がある	・工事用道路の整備に手間取った ・仮設や事前準備を実施していなかったため、対策工事を円滑に開始できなかった	他機関とも連携しながら、対策の優先箇所を検討しつつ整備を進める	
		谷出口での仮設堰堤工、仮設導流堤（砂防施設がない溪流）	仮設堰堤工（中山谷、武床谷） 仮設導流堤（荒川内川、望原谷、中山谷）	【宮崎県】 丘陵部の21溪流のうち、現地調査結果から優先度が高い4溪流で仮設導流堤を設置	【林野庁】 治山堰堤を4基設置（荒川内川（大型土のう）：1箇所、丸谷川：3基、山田川：1基）				
		（その他工種工法）	流木対策として鋼製牛枠を設置（祓川）			計画箇所周辺で実施できた			
		（その他工種工法）	氾濫防止堤（大型土のう（武床谷））			計画箇所周辺で実施できた		流下能力の調査と合わせて、適宜実施する	
（その他工種工法）			【宮崎県】 -3/17 河道掘削（7箇所） 【鹿児島県】 河道掘削（霧島川）		計画箇所周辺で実施できた				

 計画どおりに実行できた事項
 実行できなかった事項
 計画以外にも実行できた事項
 他機関が実施した事項
 主な論点
 アンダーライン: 修正箇所

表 5 緊急ハード対策に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理(2)

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画(案)		平成23年噴火後の対応			評価	課題	今後の噴火対応方針(案)	計画書 修正箇所		
項目	内容	砂防部局		その他関係機関による対応						
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県							
ハード対策	対策実施 タイミング	噴火発生後、緊急調査により降灰量・分布を確認し、降灰の影響等により土石流の発生の危険性が高まった溪流から実施(噴火警戒レベル2を想定)	爆発的噴火の発生後、降灰堆積を確認し、危険溪流を抽出して実施(噴火警戒レベル3)		危険溪流抽出後、速やかに実施できた	・噴火警戒レベルの引き上げ情報のみで対策開始のタイミングを設定することは困難である	・噴火警戒レベルとその他の情報を組み合わせた実施タイミングの設定方法を検討する ・大きな噴火につながる情報として、 <u>どういふ火山情報を受け取ったら、対応するのか整理する</u>	P16~17		
	対策実施 期間	1週間、1ヶ月、3ヶ月で効果が得られる対策	各対策現場における工事期間は約10日から2ヶ月程度であり、全工事完了まで4ヶ月程度		各現場における対策の工事期間は10日程度から2ヶ月程度と異なる。異なる現場の工事を平行して実施できなかったため、全工事完了まで4ヶ月の期間を要した	今回は1月に噴火したこともあり、噴火後は降水量が少ない期間があったが、噴火時期(梅雨期等)によっては時間的制約が生じる可能性があり、なるべく工期を短縮する必要がある	実際の対応を踏まえながら、適宜実施する	P16		
	緊急ハード対策工事の安全確保	土砂移動検知センサ(ワイヤーセンサと振動・音響センサをセット)を、緊急避難の時間を考慮し工事箇所の上流2kmより上流に設置。				平成23年1月噴火では実施していない	機器設置にあたり、電源の確保や用地の調整が必要である	事前に調整を進める	P16~17 P19	
		基準雨量の設定				緊急的に具体的な基準雨量を設定することは難しいため、暫定的な基準としては評価できる	適切な設定であったかを検証する必要がある			
		連絡体制の整備				緊急的に連絡体制が整備されており評価できる		・火山活動が活発な状況下での工事を想定し、対策工事実施の判断材料として、火山監視員による火山活動の確認、火山監視観測機器による異常検知の情報を追加する		
		(その他の対応)	安全対策会議の開催				通常工事での安全対策を実施に加えて、噴石避難壕・熱風避難壕を設置して火山対策を行っていることは評価できる	・火砕流に対する安全対策が不十分である(火砕流の監視、情報伝達方法など)		・大きな噴火につながる情報として、 <u>どういふ火山情報を受け取ったら、対応するのか整理する</u>
		(その他の対応)	噴石避難壕・熱風避難壕の設置							
(その他の対応)	火山監視員体制の構築				通常工事では火山活動を監視しないため評価できる	霧島山では谷に入ると山が見えないため、工事現場近傍で火砕流を監視することは困難な場合がある				

 計画どおりに実行できた事項
 実行できなかった事項
 計画以外にも実行できた事項
 他機関が実施した事項
 主な論点
 アンダーライン:修正箇所

＜国土交通省、宮崎県、鹿児島県が実施した緊急ハード対策＞



図 7 緊急ハード対策実施位置図

3.4 平常時の準備の課題と今後の対応方針（案）

表 6 平常時の準備に関する平成21年度緊急減災計画と平成23年噴火対応の整理

平成21年度 霧島火山緊急減災対策砂防計画（案）		平成23年噴火後の対応			評価	課題	今後の噴火対応方針（案）	計画書 修正箇所
項目	内容	砂防部局		その他関係機関による対応				
		国土交通省	宮崎県・鹿児島県					
平常時の準備	国有林内での対策に関する調整	噴火後に実施	【宮崎県・鹿児島県】 噴火後に実施	-	国土交通省と県は、2月に臨時の治山連絡協議会などにより、林野庁と調整を行った		今後も調整を進める	P21~24
	国立公園内および国有林内での観測機器設置の許可	噴火後に実施	-	-	国土交通省は、環境省と随時調整をおこなった		今後も緊密に調整を図っていく必要がある	
	土地の調整	噴火後に実施	【宮崎県】 噴火後に実施	-	県は、対策予定箇所の地権者が民地である場合、個別に調整する必要があった	地権者の了解が得られない場合、工事実施に支障をきたす可能性がある	平常時から登記確認等を実施する	
	土捨て場の確保	噴火後に実施	【宮崎県・鹿児島県】 噴火後に実施	-	県は土捨て場の調整が難航したことから、平常時からの準備の重要性が確認された	土捨て場の確保は、除石等の対策工事実施に支障をきたす可能性がある	緊急時に公有地を確保することは難しいことから、平常時から国、県、市町が調整を進める必要がある	
	無人化施工の準備	噴火後に実施	-	-	無人化施工工事の準備を迅速に実施したことは評価できる	・現場が狭隘で、複数台の機械での施工に安全面において問題があり実施できなかった ・複数台の機械での施工ができないため、施工能力が確保できなかった ・有人施工との併用も安全面から実施できなかった	無人化施工が実施できない箇所もあるため、無人化施工が適している箇所を整理する	
	工事用道路の整備・除石を行うための管理用道路の整備	噴火後に実施	【宮崎県・鹿児島県】 噴火後に実施	-	県は、対策予定箇所の地権者が民地である場合、個別に調整する必要があった	・地権者の了解が得られない場合、工事実施に支障をきたす可能性がある ・工事用道路の整備に時間がかかった	・平常時から対策予定地の地権者の確認等を進める必要がある ・平常時から対策予定箇所において工事用道路・除石を行うための管理用道路を整備する	
	緊急ハード対策資機材の備蓄・調達	噴火後に実施	【宮崎県・鹿児島県】 噴火後に実施	-	・仮設堤工や仮設導流堤工は資機材の備蓄・調達が必要であり、除石工に比べ、対策開始時期が遅くなった ・噴火後に他地域から資機材を迅速に調達したことは評価できる	・河川災害用ブロックのみの備蓄しかしておらず、砂防専用ブロックの備蓄がなかった ・砂防専用ブロックの製作に1ヶ月以上の期間が必要であるため、既設ブロックの転用方法と新たなブロック製作の組合せを検討する必要がある ・ブロック等の仮置き場を確保する必要がある	・対策に必要な資機材の確保や仮置き場の確保について調整をすすめる ・河川災害用ブロックを含めた転用方法を検討する	
	火山防災ステーション機能の強化	噴火後に実施	-	-	・大淀川砂防出張所の役割を、緊急対策工事の監督、関係機関や地権者との調整、マスコミ対応、地元自治体との合同調査の拠点として活用できた ・応援職員を追加して対応できた	机や電話等の執務環境、車両や打合せスペースの整備が必要	不足事項についての整備を進める	
	火山データベースの整備	-	【鹿児島県】 平常時から実施	-	鹿児島県は、台帳の電子化を進めており、WebGISで閲覧可能であった	・管轄によっては施設整備台帳が古く、他部局の既設施設諸元、下流河川の流下能力等が把握できなかった ・火山が宮崎県・鹿児島県にまたがっているため、火山全体の図面等を整理しておく必要がある	現在実施中である	
関係機関との連携体制の確立	平常時から実施	【宮崎県・鹿児島県】 平常時から実施	-	・平常時から継続して霧島火山防災検討委員会・分科会、霧島火山防災連絡会を開催していたことが関係機関の意思疎通に効果的であった ・噴火後も、コアメンバー会議等により、関係機関と連携して、情報共有することができた		今後も継続的に実施する		

噴火前から実施できた事項
 噴火後に実施した事項
 主な論点
 アンダーライン: 修正箇所

4. 今後対応すべきことのまとめ

項目		課題	平成 23 年度に実施済みの事項 (2 月時点)	平成 23 年度に実施予定 (検討中を含む)	平成 24 年度以降に実施 (予定)
平常時から の準備	土地の調整 (工事用道路等も含む)	地権者の了解が得られない場合、工事实施に支障をきたす可能性がある		対策計画箇所の地権者の確認	対策計画箇所の地権者の確認
	土捨て場の確保	土捨て場の確保は、除石等の対策工事实施に支障をきたす可能性がある	ストックヤード、土捨て場の確保	ストックヤード、土捨て場の確保 (随時)	ストックヤード、土捨て場の確保 (随時)
	無人化施工の準備	現場が狭隘で、複数台の機械での施工に安全面において問題があった			無人化施工に適する箇所の条件を整理し、抽出する
	緊急ハード対策資機材の備蓄・調達	河川災害用ブロックのみの備蓄しかしておらず、砂防専用ブロックの備蓄がなかった	土のう製作・備蓄	資機材の備蓄、ブロック製作	・資機材の備蓄、ブロック製作 ・河川災害用ブロックの転用方法の検討
	火山データベースの整備	管轄によっては施設台帳が古く、他部局の既設施設諸元、下流河川の流下能力が把握できなかった 火山が宮崎県・鹿児島県にまたがっているため、火山全体の図面等を整理しておく	図面等基本情報の所持状況確認、収集整理 新たな降灰により土石流発生の可能性がある 危険渓流の抽出		・火山砂防データベースの整備 ・ホームページの拡充
	防災訓練		情報伝達の噴火訓練 (12 月 26 日実施)		
緊急調査	(土砂移動に影響する) 地形変化把握	ヘリ調査項目に土砂移動に影響する地形変化の概況把握を追加し、具体的な調査項目を設定する		立入規制範囲内の降灰状況確認のための準備 (ランドマークの抽出等)	
	砂防施設の点検調査	降雨直後の堰堤の堆砂状況確認がその都度ごとに実施できなかった	堰堤堆砂域の測量調査		・堰堤にスケールとなる目標物を設置して監視カメラで堆砂状況を確認する ・調査可能な場所を事前に抽出する
	降灰・不安定土砂の把握	溪流上流部に立ち入ることができなかつたため、降灰状況が把握できなかった 降灰後、どのような要因が土石流発生のトリガーとなるのかが分かっていない	・簡易降灰量計、自動降灰量計 (1 基) の設置 ・ヘリ以外の飛行調査の準備	・自動降灰量計の追加設置 ・立入規制範囲内の降灰状況確認のための準備 ・土石流発生の危険性が判断できるような調査方法を整理する	
	降雨状況・土砂移動の把握	出水毎の流出土砂量の把握が難しかった	・ワイヤーセンサー箇所への監視カメラ設置 ・ワイヤーセンサーの追加設置	降雨流出状況の VTR 解析	・流域全体の土砂収支を把握するための調査・解析手法の構築 ・既設施設の下流へ流下した土砂量の把握手法の検討
	被災範囲の想定	適切な計算条件 (規模、噴出率など) の設定が必要			プレアナリシス型ハザードマップの改訂
緊急ソフト対策	監視観測機器の設置	水位流量計の設置箇所の電源確保が難しかった	水位計の設置 (荒襲川)		
		平常時の溪流における降雨流出状況が不明であったため、噴火後の降灰の影響による流出率の変化を把握できなかった	流下能力調査	降雨流出状況の VTR 解析	花堂橋・高千穂流路工での流量観測
		噴火後の立入規制範囲の拡大により、監視観測機器の保守点検が実施できなかった箇所があった		立ち入り禁止区域内の土石流監視センサ・カメラ等の新燃岳から半径 4 k m 外への移設検討	土石流監視センサ・カメラ等の新燃岳から半径 4 k m 外への移設実施
	避難対策を支援するための情報提供	氾濫区域を設定した既往最大 24 時間雨量と、基準雨量との区別の説明が難しかった 改正土砂法を試行した土石流想定氾濫区域が、ハザードマップによる事前想定よりも広域であり、避難情報発表範囲の設定に苦慮した	土石流の基準雨量検討	別途検討中	
緊急ハード対策	工種・工法	設定した土砂流出規模に対し、限られた施工期間と実施可能な現場条件が制約となった		新設堰堤 (恒久対策) の計画検討	・既設施設の効果量と除石・緊急ハード施設による効果量を組み合わせ、実施可能な施設が対応できる土砂流出規模を検討する ・工事進捗に伴う効果量算定方法の整理 ・新設堰堤 (恒久対策) の整備
	対策実施タイミング	噴火警戒レベルの引き上げ情報でタイミングを設定することは困難である		大きな噴火につながる情報としての火山情報と、その対応を整理する	
	対策工事の安全確保	火砕流に対する安全対策が不十分である			噴火情報の伝達方法の検討

4.1 その他の課題

緊急減災対応に関連する課題とは別に、噴火対応の中での「その他の課題」を以下に示す。

- ・ 気象庁発表の降雨予報情報が広域すぎる。土石流の発生源に近い場所での降雨予報が欲しい。(市町)
- ・ 職員の火山に関するノウハウが不足。(市町)
- ・ 噴石到達付近に避難施設(避難壕)が必要。(市町)
- ・ 家畜やペットは避難できないため、エサやり等の世話のために自宅に戻った人がいる。平常時から家畜の避難先の確保が必要。(市町)

4.2 その他の評価事項

緊急減災対応に関連する評価とは別に、噴火対応の中での「その他の評価事項」を以下に示す。

- ・ 気象台から、噴火状況に関する情報が毎日提供され、また、月に1度は直接説明があり、噴火状況の理解が深まった。(市町)
- ・ 国、県、気象台と随時情報をやりとりしながら噴火状況を確認できた。(県)
- ・ 政府支援チーム、内閣府のアドバイスが有効だった。(県)
- ・ コアメンバー会議により、関係機関との情報共有・対応の全体像を把握できた。また、国の専門家や学識者と直接意見交換ができ、疑問事項への回答や要請事項への対応が迅速に行われた。(市町)

4.3 次回噴火にむけた準備・実施事項

新燃岳の次回噴火に向けて、準備・実施している事項を以下に示す。

機関	内容
国土交通省	噴火訓練
	浸透能調査
	図面等基本情報の所持状況確認、収集整理
	簡易降灰量計、自動降灰量計の設置
	流下能力調査
	ヘリ以外の飛行調査の準備
	ストックヤード、土捨て場の確保
	関係機関への事前情報提供、協議
宮崎県砂防課	土のう製作・備蓄
	新たな降灰により土石流発生の可能性がある危険溪流の抽出
	降灰時の対応協議(小林市、えびの市、高原町、県土木事務所)
	砂防施設の点検(空き容量の確認、除石工事などの施工計画の検討等)
	県総合河川砂防情報システムの改修工事(新燃岳周辺情報機能の追加:現在作業中)
鹿児島県砂防課	砂防施設の点検(空き容量や溪流の状況把握)
	土石流の基準雨量検討
	ワイヤーセンサー箇所への監視カメラ設置
	ワイヤーセンサーの追加設置
	大規模噴火に備えた砂防堰堤の整備
鹿児島県危機管理課	霧島市以外の周辺市町への避難体制整備の呼びかけ
都城市	エリアメールによる情報提供(12月1日以降)
	降灰による土石流避難対象地区に、戸別防災無線を設置予定(現状は親局を整備中、H24.1月から3月で順次設置)
	住民説明会(西岳地区体育館、夏尾)を実施(12月19日)
	訓練実施予定
高原町	屋外拡声器を設置予定
	避難所の耐火工事を実施予定
霧島市	牧園・霧島地区(86世帯146人、2事業所、10宿泊施設)で避難訓練を実施予定(平成24年1月)
	鹿児島地方気象台による活動状況の住民説明会を同地区対象で開催(12月15日)。
	モーターサイレン、戸別受信機の整備(1月工事着工、3月完成予定)
環霧島会議	案内看板の設置(噴火警戒レベルの説明、モーターサイレン吹鳴時の対応、火山現象に応じた防災行動等(日本語、英語、中国語、韓国語の4ヶ国表記))
	避難壕設置箇所の検討

5. 今後の予定

霧島火山緊急減災砂防計画は以下に示すロードマップで検討を進める。

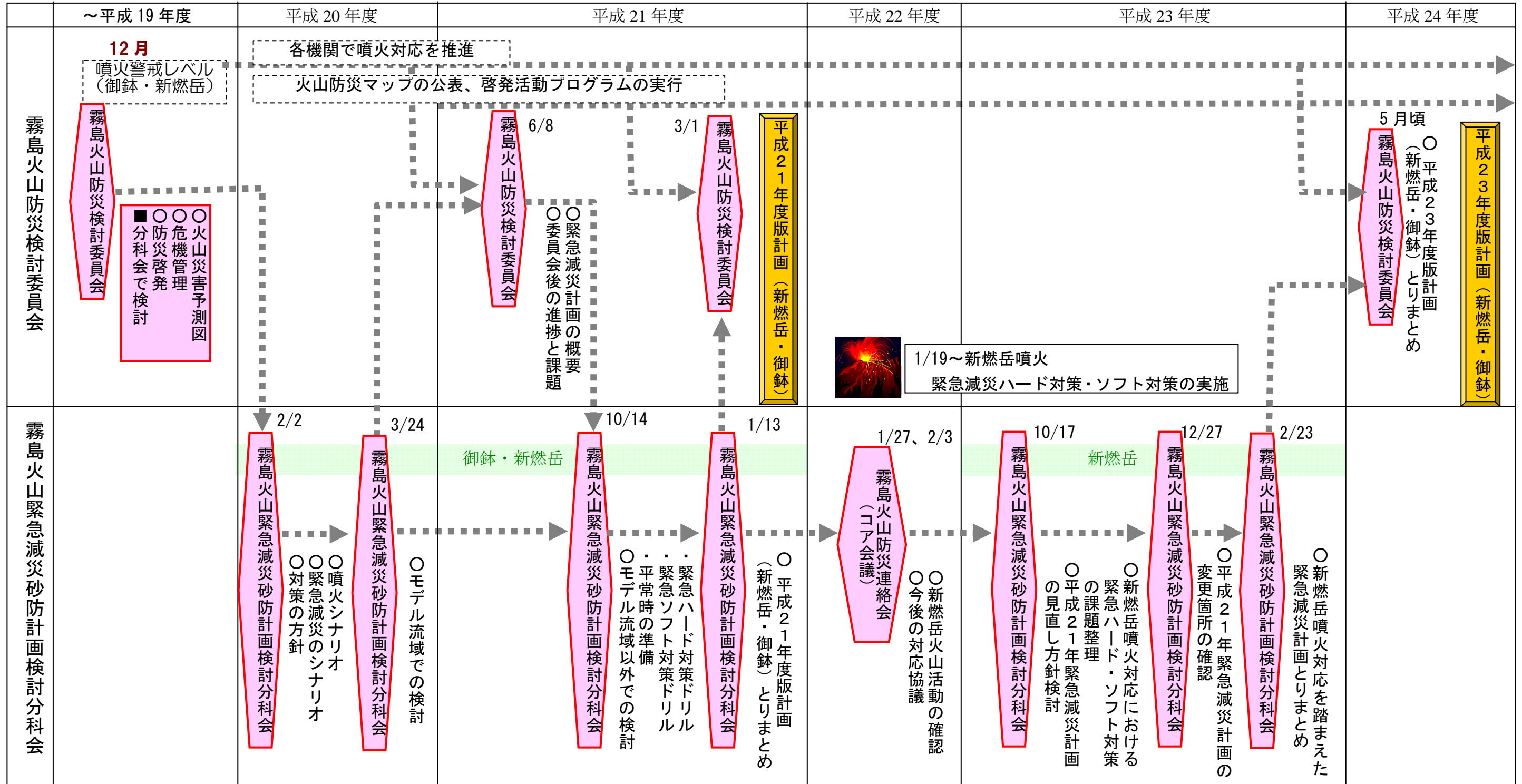


図 8 霧島火山緊急減災砂防計画検討分科会のロードマップ

6. 参考資料

6.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の概要

火山災害は風水害などの自然災害に比べ、頻繁には発生しないこと、また土砂災害の種類、発生時期、場所の予測も困難である。したがって可能な限りの平常時から基本対策の整備を図っていくとともに緊急時のオペレーション能力の向上が重要である。

霧島山では、平成 17 年度に霧島火山防災検討委員会が設置され、各分科会を通じて火山防災が検討されてきた。平成 20 年度からは、緊急減災分科会が設置され、現時点で火山噴火が活発化したときに出来る対策を、現在の砂防施設の整備状況や、社会環境などを踏まえて検討し、平成 21 年度には、可能な限り被害を軽減（減災）するためのハード・ソフトからなる緊急的な対策である霧島山火山噴火緊急減災対策砂防計画（案）をとりまとめた。

緊急減災計画は、砂防施設の整備の進捗、社会・自然環境の変化や新たな科学技術の進歩・知見を踏まえ、適宜、点検・評価、それに基づく処置・改善（PDCA サイクルの実施）を行う。今回、平成 23 年 1 月以降の霧島山新燃岳噴火における対応を受け、平成 21 年度計画の点検・評価を行うものである。

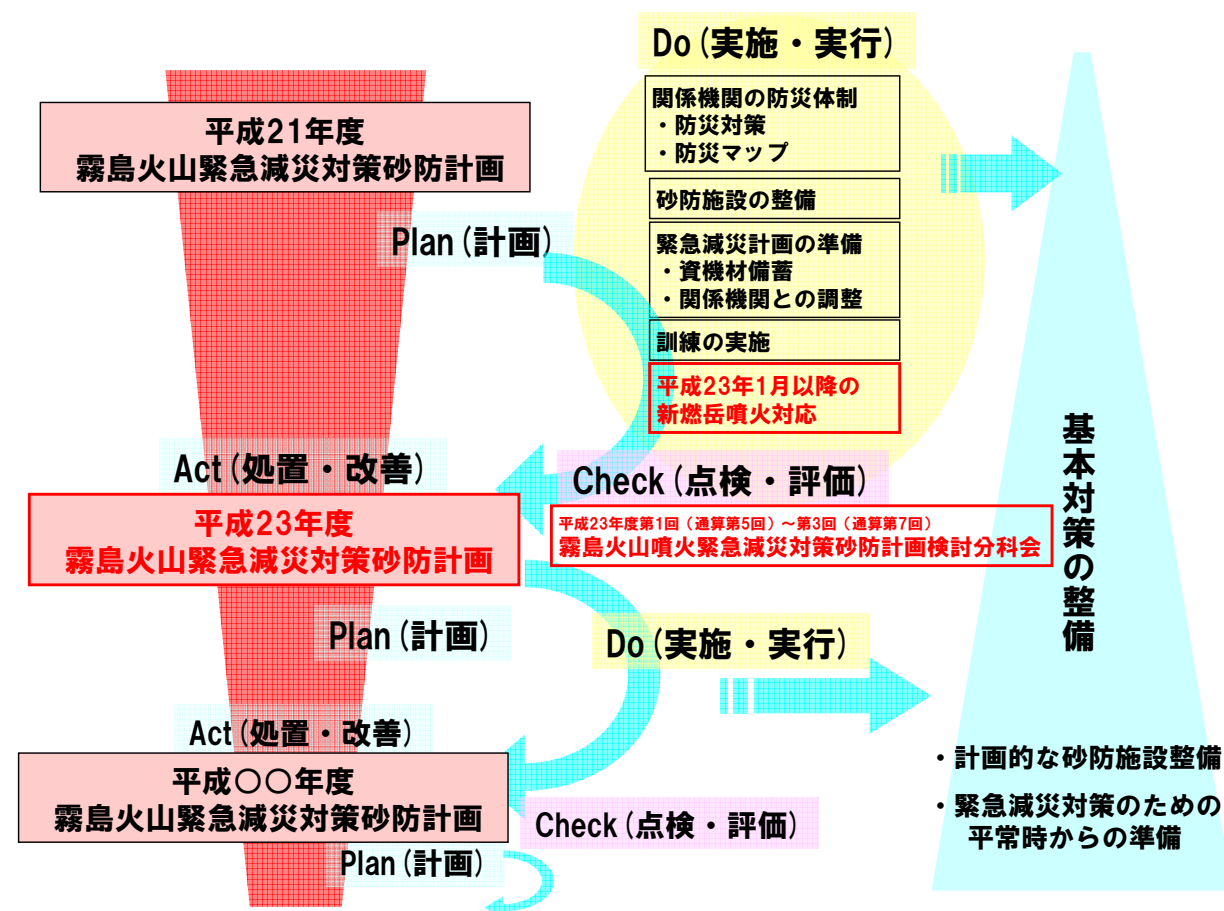


図 9 緊急減災対策砂防計画の継続的な改善のイメージ

6.2 霧島火山防災検討委員会・分科会の概要

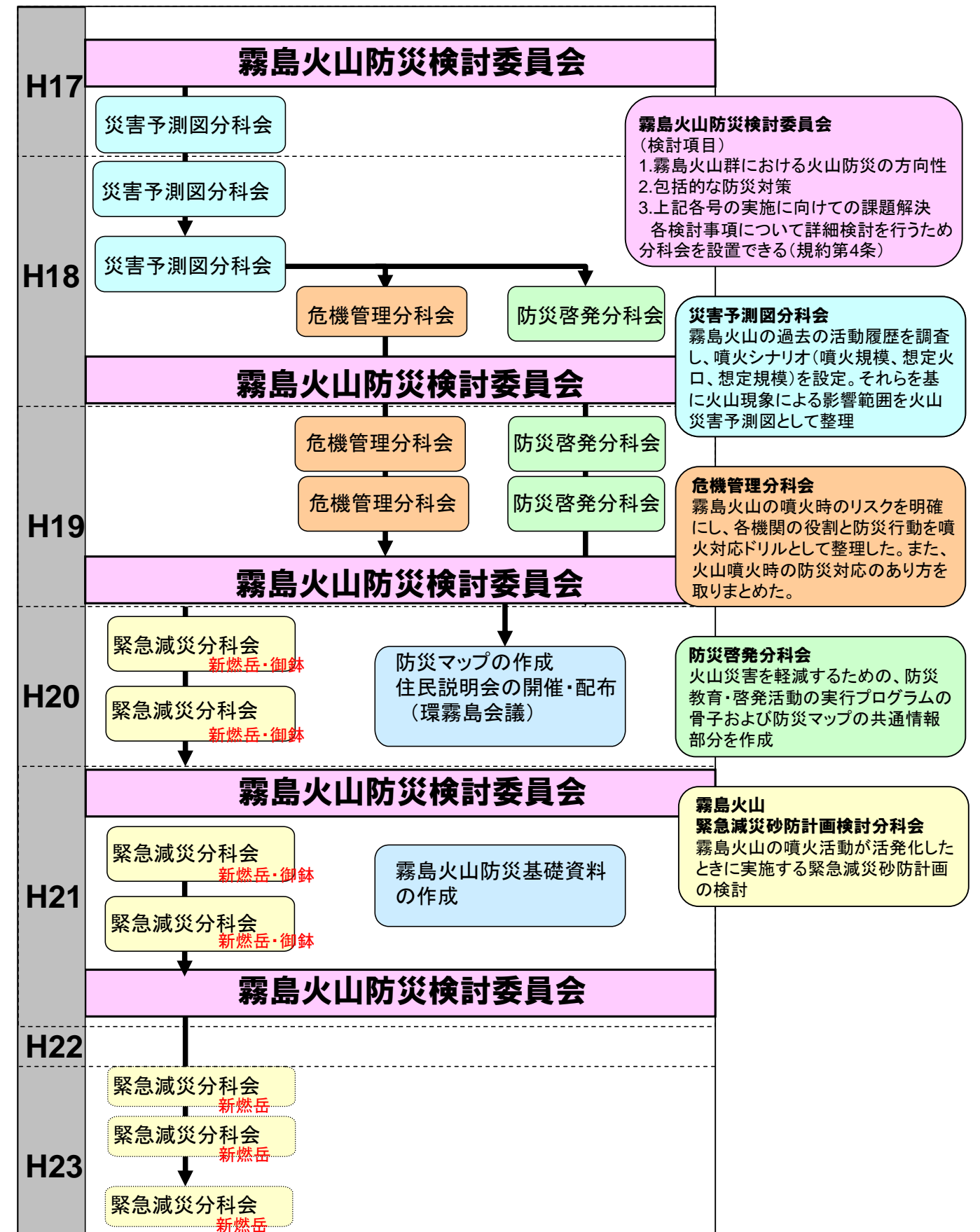


図 10 検討委員会・分科会の経緯

6.3 平成 21 年度緊急減災計画の概要

<計画の構成と内容>

1. 霧島火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定にあたって

2. 霧島火山で想定される噴火シナリオと土砂災害

- 2.1 新燃岳の噴火と土砂災害
- 2.2 御鉢の噴火と土砂災害
- 2.3 噴火シナリオと土砂災害

3. 緊急減災対策方針

- 3.1 緊急減災対策の方針
- 3.2 対策対象とする現象・規模

4. 緊急ハード対策

緊急ハード対策は、火山活動の推移（≒時間的な余裕）や荒廃状況（場所）に応じて、**砂防施設の新規設置**と**既設の機能回復（除石）・強化**を組み合わせ実施し、噴火による土砂災害の被害を軽減する。

- 4.1 対策可能期間
- 4.2 対策箇所
- 4.3 対策工の構造
- 4.4 対策開始のタイミング
- 4.5 緊急減災対策の実施
- 4.6 対策実施体制
- 4.7 緊急ハード対策の流れ

5. 緊急ソフト対策

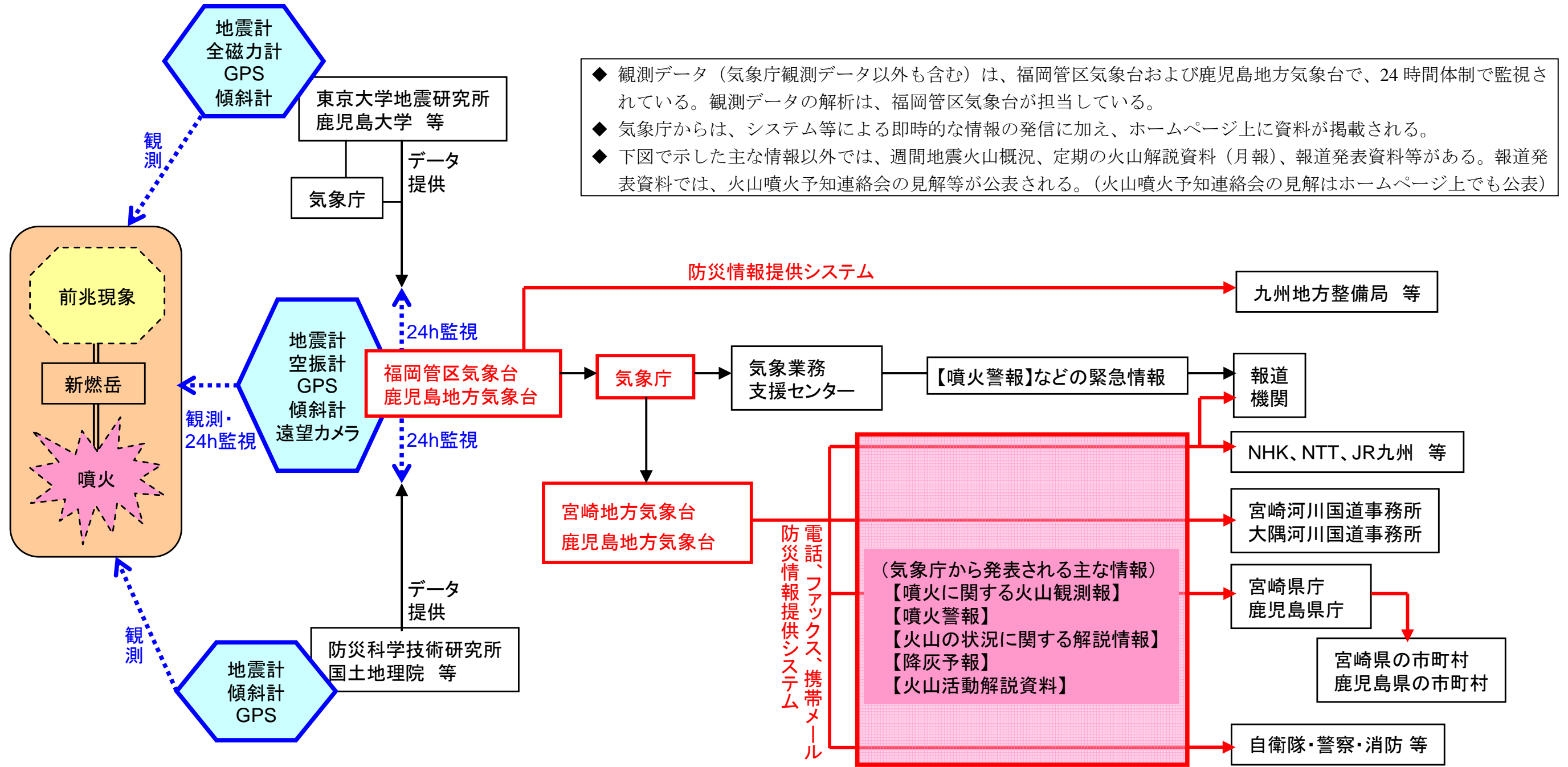
緊急ソフト対策は「噴火時緊急調査」「火山監視機器の緊急的な整備」「噴火時のリアルタイムでのハザードマップ作成」「情報配信システムの整備」など**緊急対策の工事の安全確保**や**避難対策を支援するための情報提供**について火山活動の推移に応じて実施する。

- 5.1 緊急ハード対策工事の安全確保
- 5.2 監視観測機器の緊急整備
- 5.3 火山噴火時の緊急調査
- 5.4 避難対策を支援するための情報提供

6. 平常時からの準備事項

緊急減災対策を迅速に実施するために、**必要となる諸手続きや関係機関との連携事項について整理**し調整を進める。また、**工事用道路の整備、緊急支援資機材の備蓄調達方法の検討、火山防災ステーション機能の強化、火山データベースの整備**について検討を進める。

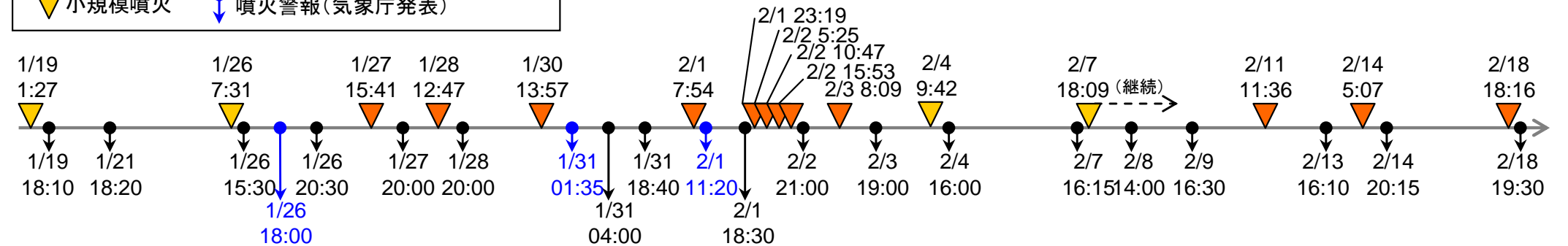
(参考) <新燃岳噴火に際し気象庁から発表される主な情報の伝達経路と、発表回数およびタイミング (平成23年1月19日～平成23年2月18日)>



- ◆ 観測データ (気象庁観測データ以外も含む) は、福岡管区気象台および鹿児島地方気象台で、24時間体制で監視されている。観測データの解析は、福岡管区気象台が担当している。
- ◆ 気象庁からは、システム等による即時的な情報の発信に加え、ホームページ上に資料が掲載される。
- ◆ 下図で示した主な情報以外では、週間地震火山概況、定期の火山解説資料 (月報)、報道発表資料等がある。報道発表資料では、火山噴火予知連絡会の見解等が公表される。(火山噴火予知連絡会の見解はホームページ上でも公表)

発表情報	発表回数
噴火に関する火山観測報	- (未確認)
噴火警報	3回
火山の状況に関する解説情報	34回
降灰予報	34回
火山活動解説資料	17回 (月報1回含む)

- <凡例>
- ▲ 爆発的噴火
 - ▼ 小規模噴火
 - 火山活動解説資料 (気象庁発表)
 - 噴火警報 (気象庁発表)



(対象期間: 平成23年1月19日～平成23年2月18日)

(参考) 平成23年1月19日から約1ヶ月間に気象庁から発表された火山活動解説資料の内容 (●は記載のある項目)

火山活動解説資料	項目	1月							2月										
		19日	21日	26日	27日	28日	30日	31日	1日	2日	3日	4日	7日	8日	9日	11日	13日	14日	18日
		18:10	18:20	15:30	20:30	20:00	20:00	4:00	18:40	18:30	21:00	19:00	16:00	16:15	14:00	16:30	16:10	20:15	19:30
活動概況 活動状況	噴煙	●	-	●	●	●	●	-	-	●	-	●	-	●	●	●	●	●	●
	地震	●	-	●	-	●	●	-	-	●	-	-	-	●	-	-	-	●	-
	火山性微動	●	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
	空振	●	-	●	-	●	-	-	-	●	-	-	-	●	-	-	-	●	-
	降灰	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
	火山灰解析	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	衛星画像解析	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地殻変動状況	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
各種観測 データ (図情報)	日最高噴煙高度	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地震	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	震源分布	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	火山性微動	●	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	空振	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	降灰	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	基線長変化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	降灰調査	●	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
地上調査	噴石調査	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-
	噴煙柱高度・噴石飛散状況	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	火口周辺温度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	火口状況	-	●	●	-	●	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
へり調査※	火口赤外熱映像	-	●	●	-	●	-	-	-	●	●	●	●	●	●	-	-	-	-
	噴石飛散状況	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
注意事項	降灰・噴石・空振	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※へり調査は、海上自衛隊、国道交通省、鹿児島県の機材を使用し、共同で実施。

霧島山(新燃岳)の火山活動解説資料
 福岡管区気象台
 火山監視・情報センター
 鹿児島地方気象台

霧島山(新燃岳)では、本日(26日)07時31分にごく小規模な噴火が発生しました。本日午前、気象庁機動調査班(JMA-MOT)は鹿児島県の協力により上空から調査を実施しました。新燃岳火口内のS15噴気孔より噴火していると思われます。

新燃岳火口周辺に影響を及ぼす程度の噴火が発生する可能性がありますので、火口から概ね1kmの範囲では噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に警戒が必要です。風下側では降灰及び風の影響を受ける小さな噴石(火山れき)に注意が必要です。

○1月26日の活動概況

- 噴煙など表面現象の状況(図1、図3、図4)
 新燃岳では本日(26日)07時31分にごく小規模な噴火が発生し、14時現在も継続しています。灰白色(火山灰混じり)の噴煙が、火口縁上200mの高さで南東へ流れています。本日(26日)午前、気象庁機動調査班(JMA-MOT)が鹿児島県の協力を得て行った上空からの調査では、火口内は、噴煙におおわれて不明瞭でしたが、火口内のS15噴気孔から噴煙が噴出しているのと思われ、灰白色の噴煙が南東へ流れていました。赤外熱映像装置¹⁾でもS15噴気孔に熱異常域がみられます。
- 地震や微動の発生状況(図2)
 振幅のやや大きな火山性微動は07時17分から発生し14時現在も続いています。
- 降灰の状況(図5)
 13時までの聞き取り調査では、降灰は新燃岳の南東方向へ分布しており、宮崎県都城付近でうっすらと積もっているのを確認しました。

1) 赤外放射温度計で観測しています。赤外放射温度計は、物体が放射する赤外線を感じて温度を測定する測器で、熱源から離れた場所から測定できる利点がありますが、測定距離や大気等の影響で実際の熱源の温度よりも低く測定される場合があります。

この火山活動解説資料は福岡管区気象台ホームページ(<http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/>)や気象庁ホームページ(<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/volcano.html>)でも閲覧することができます。資料中の地図の作成に当たっては、国土院院長の承認を得て、同院発行の『数値地図25000(行政界・海岸線)』を使用しています(承認番号 平20業使、第385号)。

2011年1月26日10時47分
鹿児島県の協力による

図3 霧島山(新燃岳) 韓国岳上空から見た新燃岳火口の状況
灰白色の噴煙が火口縁上200mの高さで、南東へ流れていました。

2011年1月26日10時47分
鹿児島県の協力による

図4 霧島山(新燃岳) 火口内の温度分布
S15噴気孔には熱異常域がみられます。

火山名 霧島山(新燃岳) 降灰予報
 平成23年1月27日 21時00分
 福岡管区気象台・鹿児島地方気象台・気象庁地震火山部

27日17時28分に霧島山(新燃岳)で噴火が発生し、噴煙は火口縁上3000mまで上がりました。噴火は現在も継続しており、今後、以下の地域で降灰が予想されます。図は27日21時からの降灰の予想される地域を表しています。

鹿児島県 宮崎県 【福岡管区気象台・鹿児島地方気象台 発表】

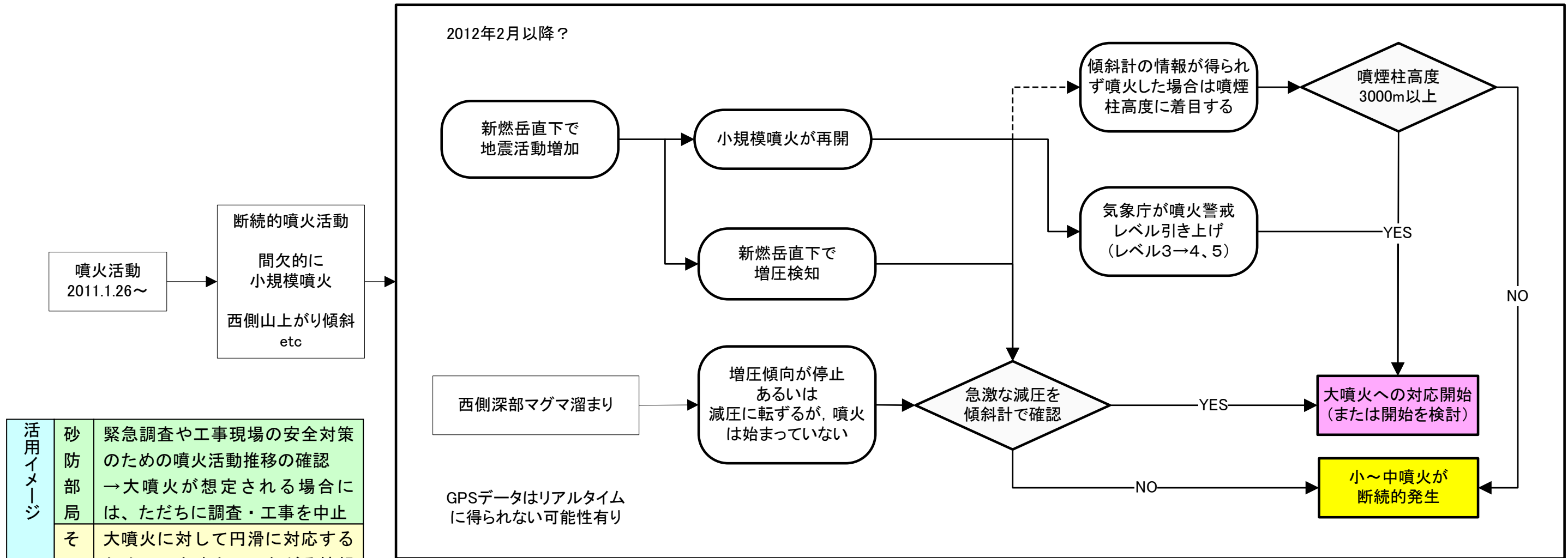
この予報は、28日3時までを対象としています。

■図の見方
 各図には、噴火発生時刻から各図に示す当該時刻までに降灰が予想される領域を赤い斜線で示しています。

○降灰予報 平成23年1月27日 21時00分発表。気象庁

参考資料

＜新燃岳マグマ噴火で今後想定される活動推移のイメージ—鍵山委員の指導のもとに作成—＞



活用イメージ	砂防部局	緊急調査や工事現場の安全対策のための噴火活動推移の確認 →大噴火が想定される場合には、ただちに調査・工事を中止
	その他機関	大噴火に対して円滑に対応するために、大噴火につながる情報発表時の参考としてもらうことも考えられる

- 調査・工事実施判断に必要な情報
- 傾斜計 (気象庁, 防災科技研, 大学)
- GPS (国土地理院, 防災課技研)
- その他 地震計, 監視カメラ, 目視等

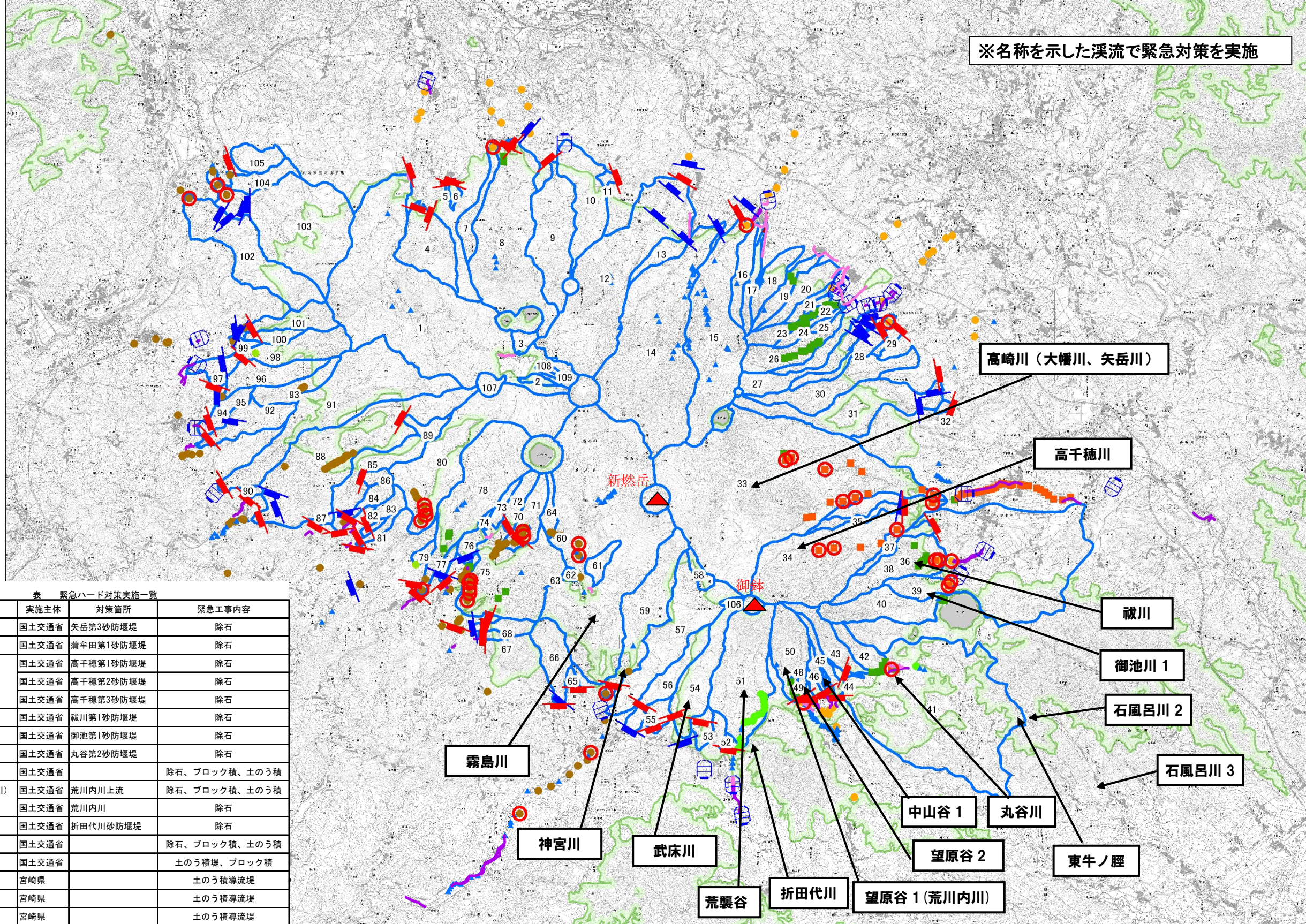
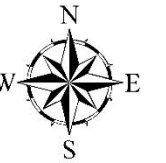
(参考) 新燃岳噴火に伴う地殻変動について

【霧島山（新燃岳）の火山活動に関する火山噴火予知連絡会拡大幹事会見解】
GPSの観測では、2009年12月から霧島山周辺では地盤の伸びが観測されていましたが、噴火活動が活発化するに伴い縮みに転じました。1月26日からは、傾斜・ひずみ観測により、顕著な噴煙活動期や火口内への溶岩の噴出期に収縮率が大きくなる傾向が認められます。収縮は、新燃岳の北西数kmの地下深くに存在するマグマだまりから新燃岳へマグマが上昇・噴出していったことを示すと推定されます。収縮に伴う地盤の縮みは、2009年12月からの伸びの4分の3程度となっています。収縮は1月31日から鈍化・停滞していますが、2月1日以降は、活発な爆発的噴火活動が続いています。
(「報道発表資料.平成23年2月3日.気象庁」より抜粋)

【「だいち」のデータから霧島山（新燃岳）の地殻変動を面的に把握】
新燃岳火口の西北西約7kmで、最大約6cmの地殻変動が観測されました。地殻変動は、鹿児島県霧島市・始良郡湧水町、宮崎県えびの市・小林市の一部を含む東西約25km、南北約15kmの範囲に及んでいます。この地殻変動分布は、新燃岳火口の数km西北西の地下にあるマグマ溜まりが1月26日からの噴火で収縮したことにより生じたと考えられます。
(「報道発表資料.平成23年2月22日.国土地理院」より抜粋)



- ◆ 平成21年度計画では、緊急ハード対策を次の二段階で計画していた。
- ◆ 第1段階：新燃岳及び御鉢からの降灰が流域内に堆積し、土石流発生のおそれが高まった溪流に対し、土石流発生前から実施する対策。
- ◆ 第2段階：新燃岳及び御鉢からの降灰量の増加や土砂流出の状況などに応じて実施する対策。



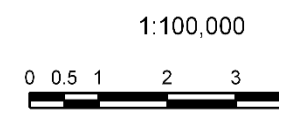
※名称を示した溪流で緊急対策を実施

- 凡例
- 新規施設
- 第1段階
- 除石
 - 堰堤工
 - 導流工
- 第2段階
- 堰堤工
 - 遊砂地工
 - 導流工
- 既存施設
- 国土交通省
 - 宮崎県砂防
 - 鹿児島県砂防
 - 林野庁
 - 宮崎県治山
 - 鹿児島県治山
 - ▲ 小林市
 - ▲ 所管不明
 - 国有林

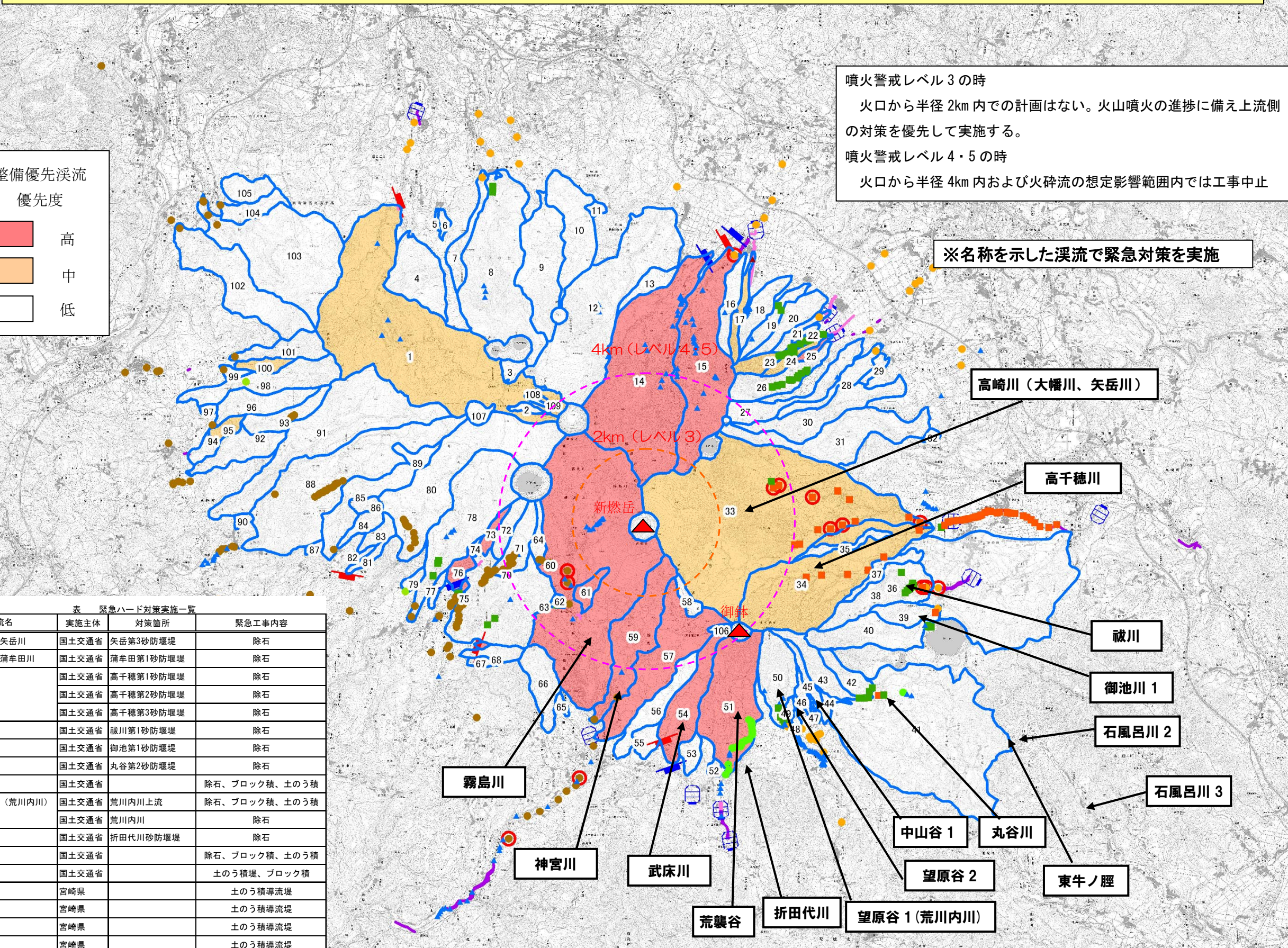
表 緊急ハード対策実施一覧

溪流名	実施主体	対策箇所	緊急工事内容
高崎川	国土交通省	矢岳第3砂防堰堤	除石
		蒲牟田第1砂防堰堤	除石
高千穂川	国土交通省	高千穂第1砂防堰堤	除石
		高千穂第2砂防堰堤	除石
		高千穂第3砂防堰堤	除石
祓川	国土交通省	祓川第1砂防堰堤	除石
御池川1	国土交通省	御池第1砂防堰堤	除石
丸谷川	国土交通省	丸谷第2砂防堰堤	除石
望原谷川3	国土交通省		除石、ブロック積、土のう積
望原谷川1 (荒川内川)	国土交通省	荒川内川上流	除石、ブロック積、土のう積
		荒川内川	除石
折田代川	国土交通省	折田代川砂防堰堤	除石
荒襲川	国土交通省		除石、ブロック積、土のう積
武床谷	国土交通省		土のう積堤、ブロック積
東牛ノ脛川	宮崎県		土のう積導流堤
石風呂川2	宮崎県		土のう積導流堤
石風呂川3	宮崎県		土のう積導流堤
城ヶ尾川2	宮崎県		土のう積導流堤
霧島川	鹿児島県	霧島川第6砂防堰堤	除石
	鹿児島県	霧島川中井手橋付近	除石
神宮川	鹿児島県	神宮川第1砂防堰堤	除石

図 11 平成 21 年度計画における緊急ハード対策計画位置図と平成 23 年噴火後の対策実施溪流



◆平成21年度計画では、自然条件、社会条件、火山噴火時の影響を指標に、火口ごとに溪流の災害の発生し易さ(災害ポテンシャル)を評価し、緊急対策(ハード・ソフト)の早期対応が必要な箇所を抽出していた。



整備優先溪流
優先度

- 高 (Red)
- 中 (Orange)
- 低 (White)

噴火警戒レベル3の時
火口から半径2km内での計画はない。火山噴火の進捗に備え上流側の対策を優先して実施する。

噴火警戒レベル4・5の時
火口から半径4km内および火砕流の想定影響範囲内では工事中止

※名称を示した溪流で緊急対策を実施

- 凡例
- 新規施設
第1段階
- 除石 (Red circle)
 - 堰堤工 (Red line)
 - 導流工 (Pink line)
- 新規施設
第2段階
- 堰堤工 (Blue line)
 - 遊砂土工 (Blue circle)
 - 導流工 (Purple line)
- 既存施設
- 国土交通省 (Orange square)
 - 宮崎県砂防 (Yellow circle)
 - 鹿児島県砂防 (Brown circle)
 - 林野庁 (Green square)
 - 宮崎県治山 (Light green circle)
 - 鹿児島県治山 (Light green circle)
 - 小林市 (Red triangle)
 - 所管不明 (Blue triangle)

表 緊急ハード対策実施一覧

溪流名	実施主体	対策箇所	緊急工事内容
高崎川	矢岳川	国土交通省 矢岳第3砂防堰堤	除石
	蒲牟田川	国土交通省 蒲牟田第1砂防堰堤	除石
高千穂川	国土交通省	高千穂第1砂防堰堤	除石
	国土交通省	高千穂第2砂防堰堤	除石
	国土交通省	高千穂第3砂防堰堤	除石
祓川	国土交通省	祓川第1砂防堰堤	除石
御池川1	国土交通省	御池第1砂防堰堤	除石
丸谷川	国土交通省	丸谷第2砂防堰堤	除石
望原谷川3	国土交通省		除石、ブロック積、土のう積
望原谷川1 (荒川内川)	国土交通省	荒川内川上流	除石、ブロック積、土のう積
	国土交通省	荒川内川	除石
折田代川	国土交通省	折田代川砂防堰堤	除石
荒襲川	国土交通省		除石、ブロック積、土のう積
武床谷	国土交通省		土のう積堤、ブロック積
東牛ノ脛川	宮崎県		土のう積導流堤
石風呂川2	宮崎県		土のう積導流堤
石風呂川3	宮崎県		土のう積導流堤
城ヶ尾川2	宮崎県		土のう積導流堤
霧島川	鹿児島県	霧島川第6砂防堰堤	除石
	鹿児島県	霧島川中井手橋付近	除石
神宮川	鹿児島県	神宮川第1砂防堰堤	除石

図 12 新燃岳の火山活動が活発化した場合の優先順位が高い溪流での緊急ハード対策計画

◆平成21年度計画では、新燃岳及び御鉢からの噴火の影響により土石流発生のある恐れがある溪流において、緊急ハード対策工事の安全確保、及び避難支援のための情報提供を目的に監視カメラ・土石流検知センサーの設置を検討した。

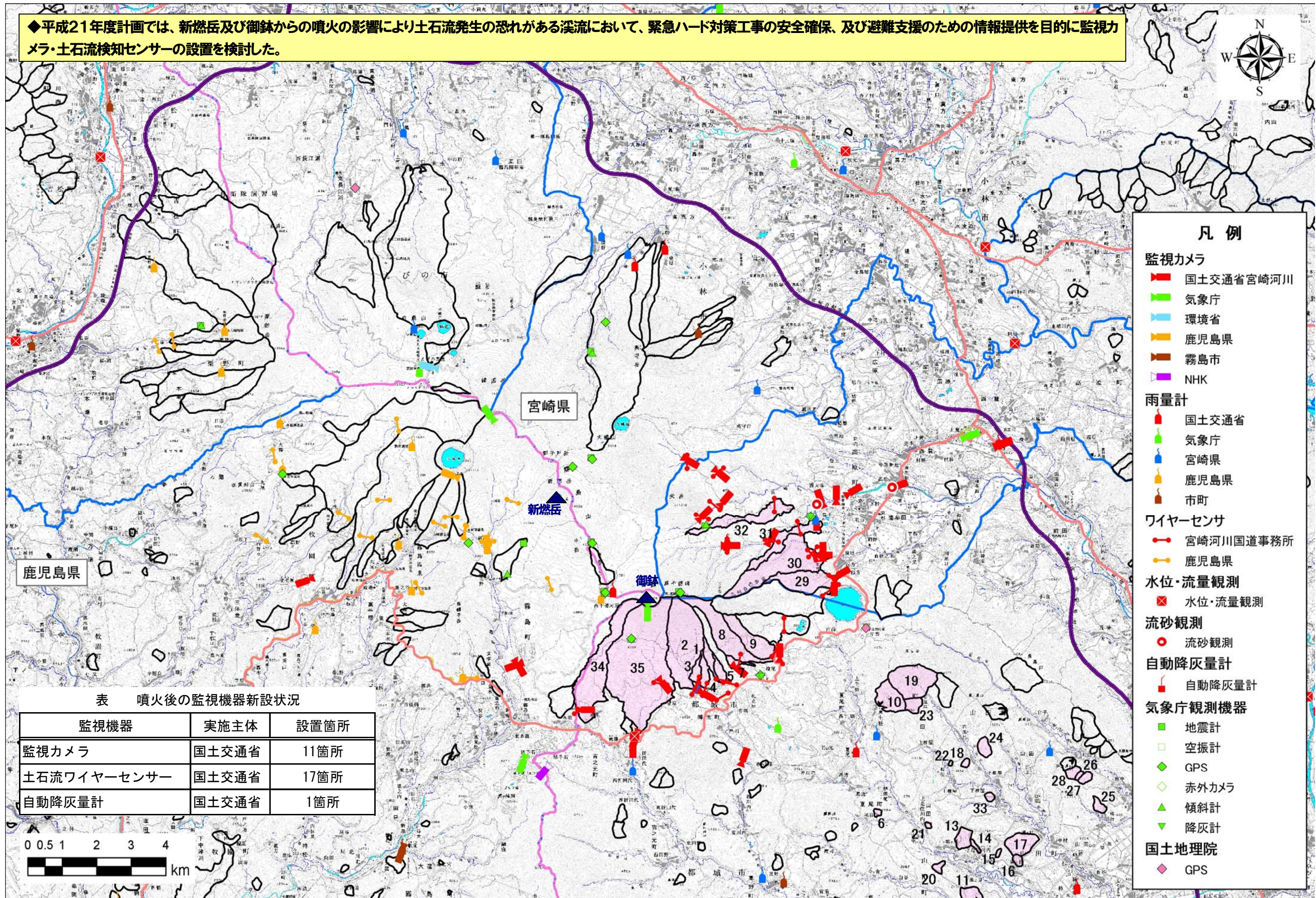


表 噴火後の監視機器新設状況

監視機器	実施主体	設置箇所
監視カメラ	国土交通省	11箇所
土石流ワイヤーセンサー	国土交通省	17箇所
自動降灰量計	国土交通省	1箇所

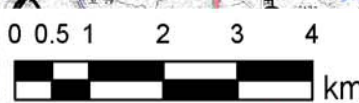


図 13 平成 21 年度計画における緊急ソフト対策計画位置図と平成 23 年噴火後の対策実施溪流 (広域版)

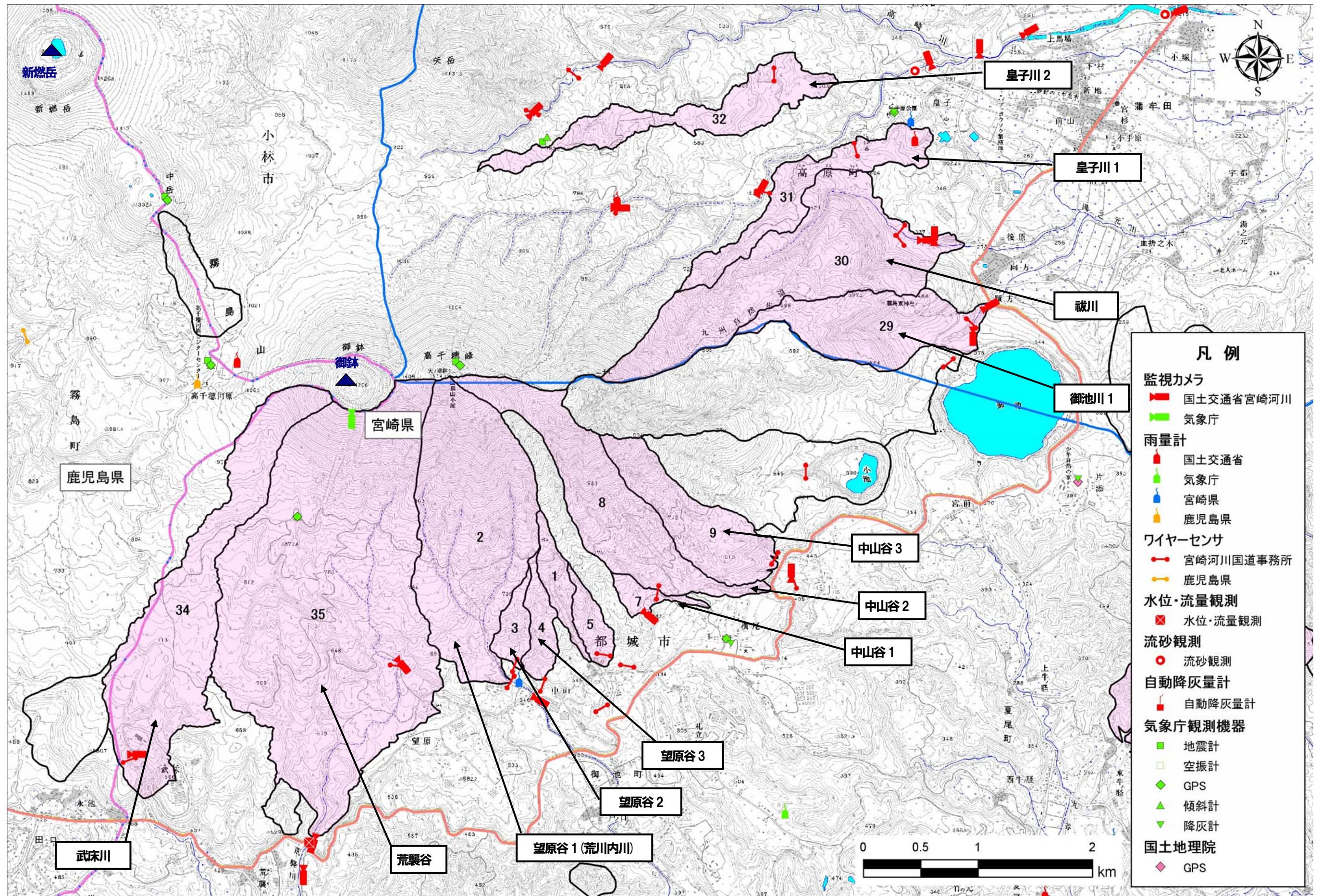


図 14 平成 21 年度計画における緊急ソフト対策計画位置図と平成 23 年噴火後の対策実施溪流 (拡大版)

6.4 緊急対応の時系列整理

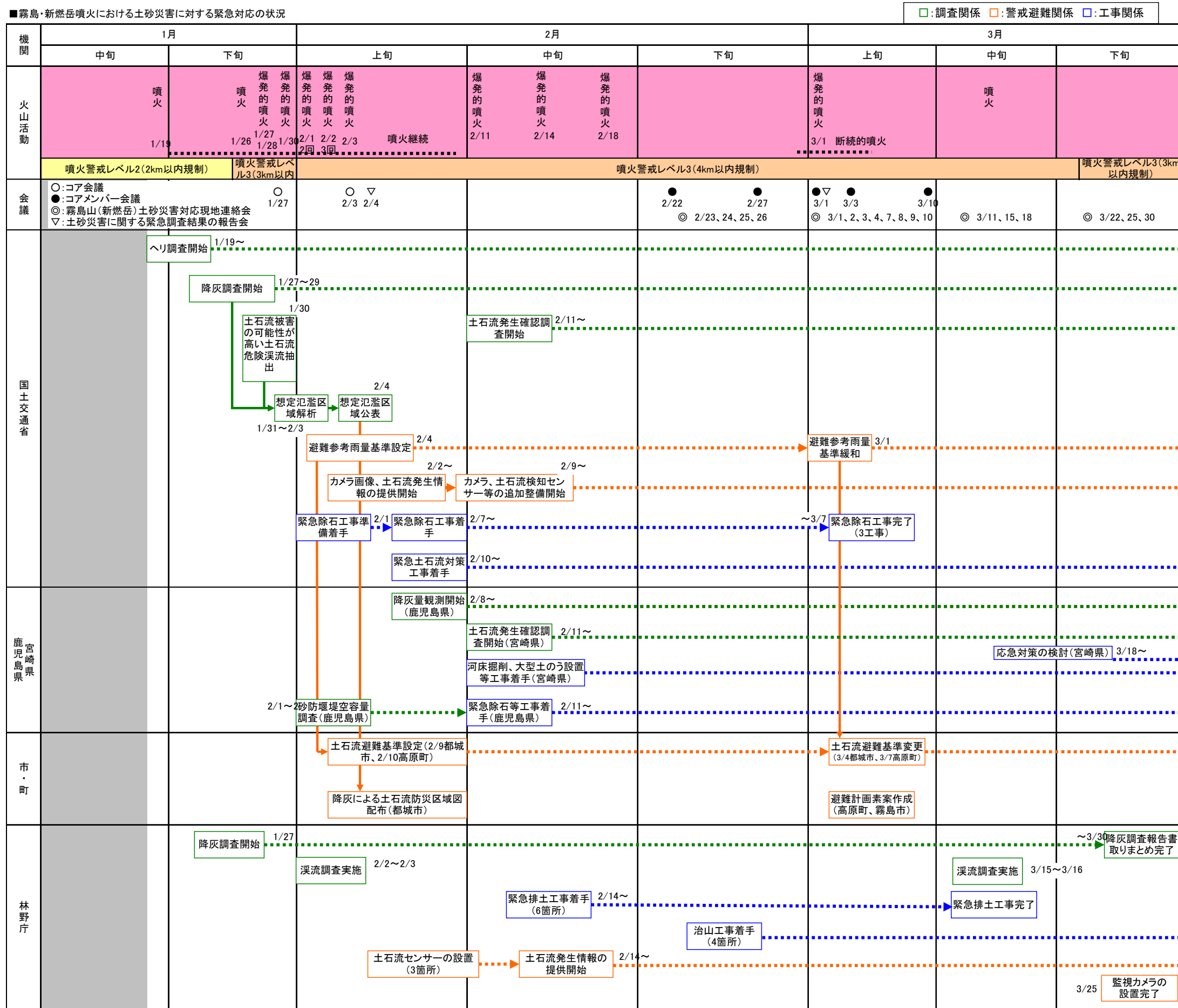
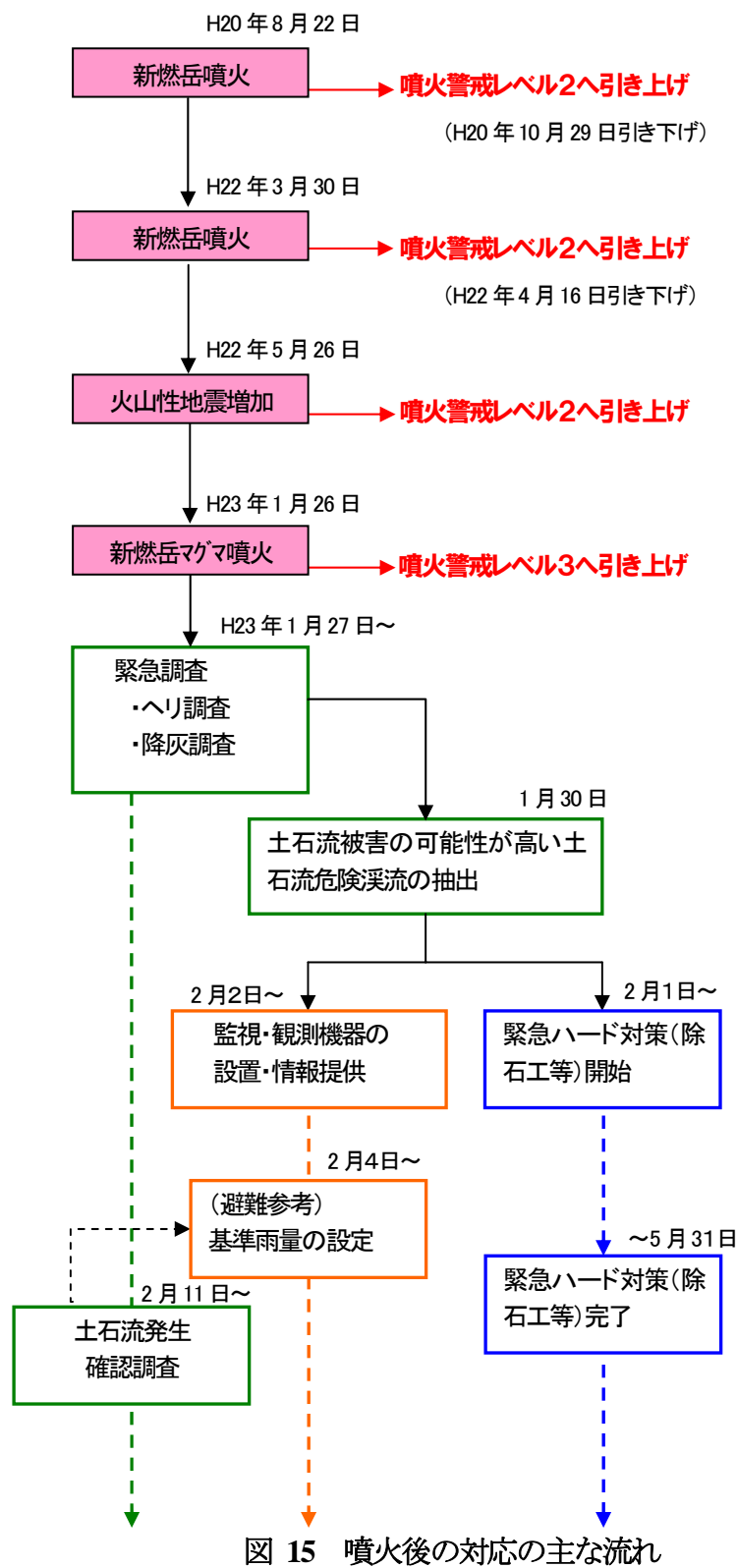


図 16 関係機関の緊急対応状況の時系列整理 (1)

機関	4月			5月			6月			7月			8月			9月			
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
火山活動	噴火 4/3	噴火 4/9	噴火 4/18					噴火 6/16	噴火 6/23	噴火 6/29	噴火継続				噴火 8/6		噴火 8/3	噴火継続	
噴火警戒レベル3(3km以内規制)																			
会議	◎ 4/5、8	◎ 4/12	● 4/25 ◎ 4/22、28	◎ 5/10	◎ 5/19	◎ 5/24、27、31	● 6/2	◎ 6/14、19	◎ 6/21、28		● 7/21 (事務局会議)							○:コア会議 ●:コアメンバー会議 ◎:霧島山(新燃岳)土砂災害対応現地連絡会	
国土交通省	ヘリ調査継続	→																	
	降灰調査継続	→																	
国土交通省	土石流発生確認調査継続	→																	
	カメラ画像、土石流発生情報の提供継続	→																	
国土交通省	土砂災害緊急情報[霧島山(新燃岳)]第1号	5/2	土砂災害緊急情報[霧島山(新燃岳)]第2号		6/6	土砂災害緊急情報[霧島山(新燃岳)]第3号		6/29											
	避難参考雨量基準緩和		避難参考雨量基準緩和			避難参考雨量基準緩和													
国土交通省	緊急土石流対策工事完了	~5/31			緊急土石流対策工事完了														
	緊急対策工事(除石)着手	7/5~			緊急対策工事(除石)完了			~8/3			緊急対策工事(除石)着手			9/29~					
鹿児島県	土砂移動観測の実施(鹿児島県)	~5/30 検討終了(宮崎県)						6/9~											
	緊急除石等工事完了(鹿児島県)	~6/1																	
市・町	土石流避難基準変更(5/6都城市、5/6高原町)	→																	
	土石流避難計画素案作成(都城市)	→																	
市・町	土石流避難計画素案作成(都城市、高原町)	→																	
	土石流避難計画作成(都城市)	→																	
林野庁	渓流調査実施	6/23~6/24																	
	治山工事完了?	→																	

図 18 関係機関の緊急対応状況の時系列整理 (2)

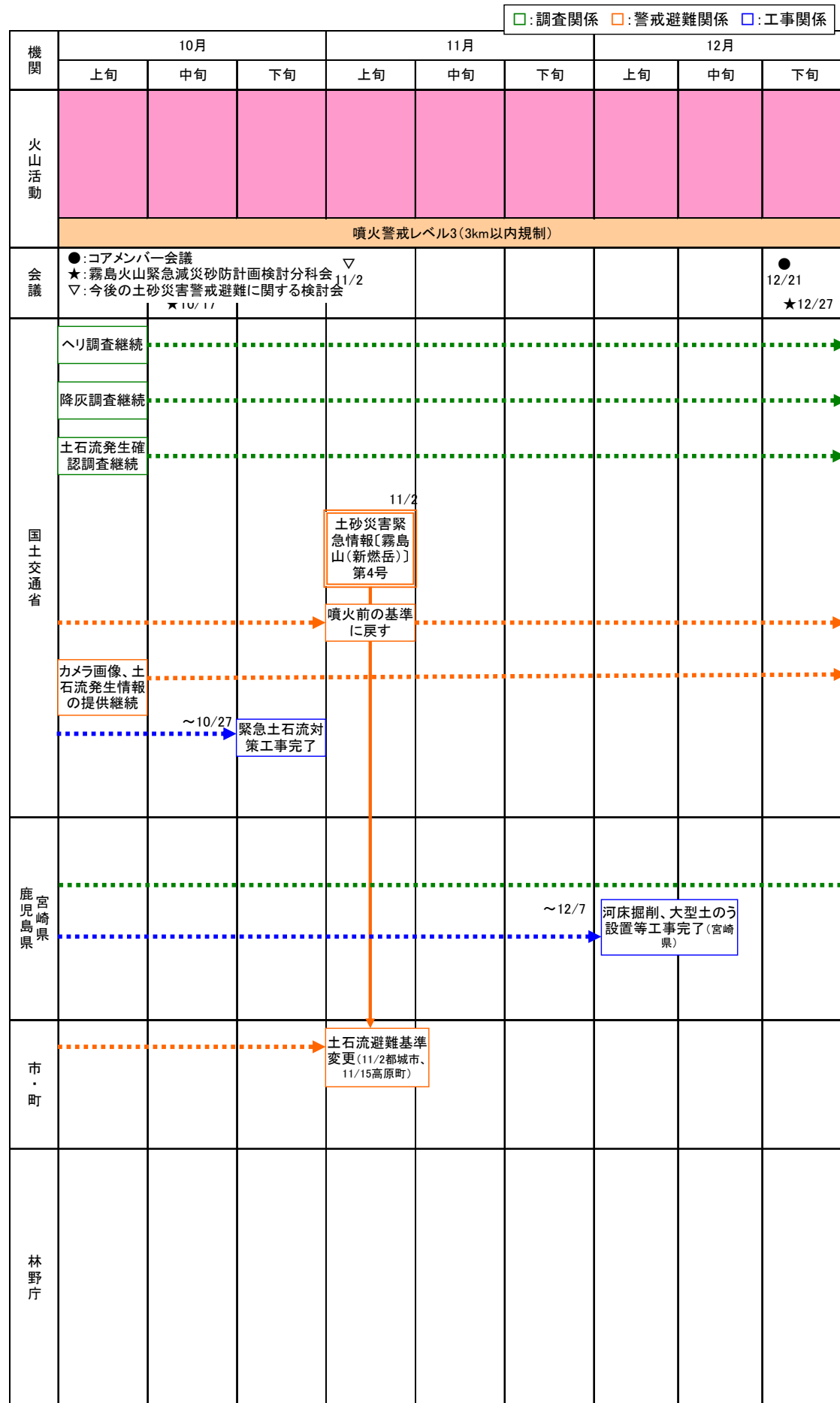


図 19 関係機関の緊急対応状況の時系列整理 (3)

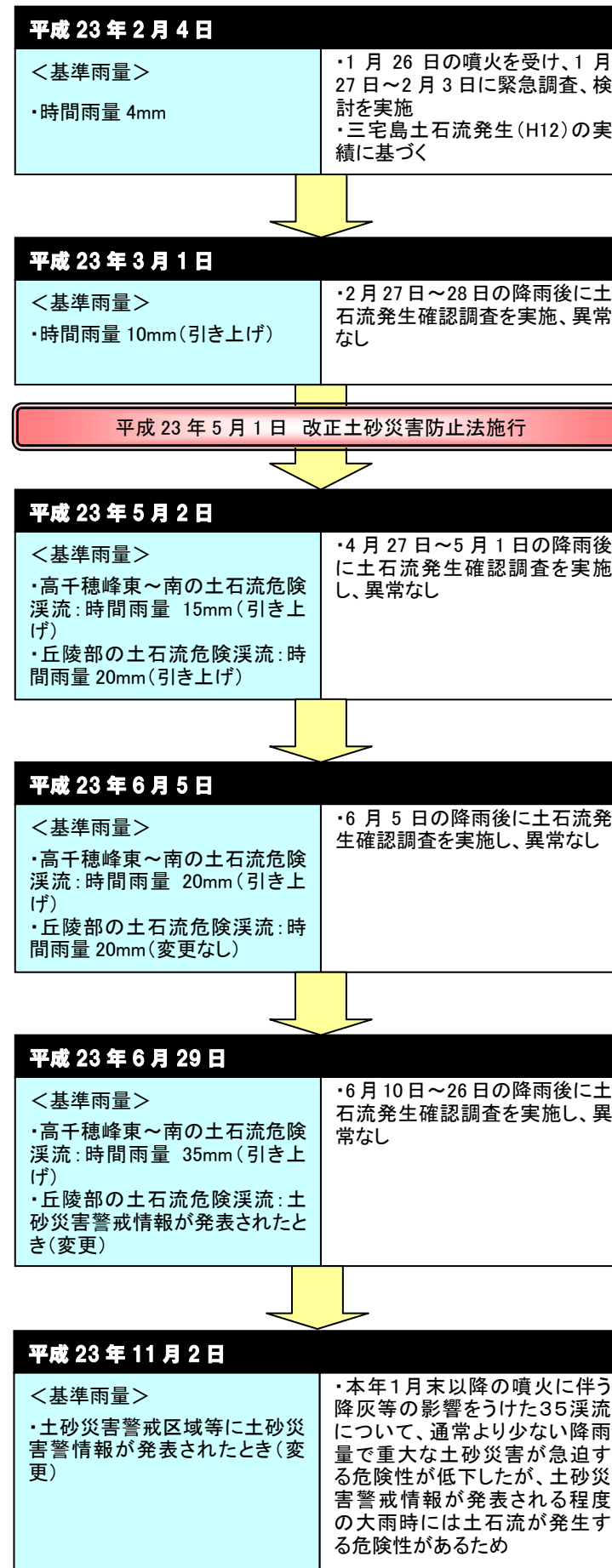


図 20 九州地方整備局が発表した警戒避難のための雨量基準

表 7 噴火後の降雨による土砂流出の状況

日時	雨量	流出土砂量*
平成 23 年 6 月 25 日~ 6 月 26 日	総雨量 76mm 時間雨量 30mm (矢岳)	高崎川流域 =26,000m ³
平成 23 年 9 月 15 日~ 9 月 20 日	総雨量 431mm 時間雨量 43mm (矢岳)	高崎川流域 =26,000m ³ 庄内川流域 =2,500m ³

* 除石堰堤の堆砂量

