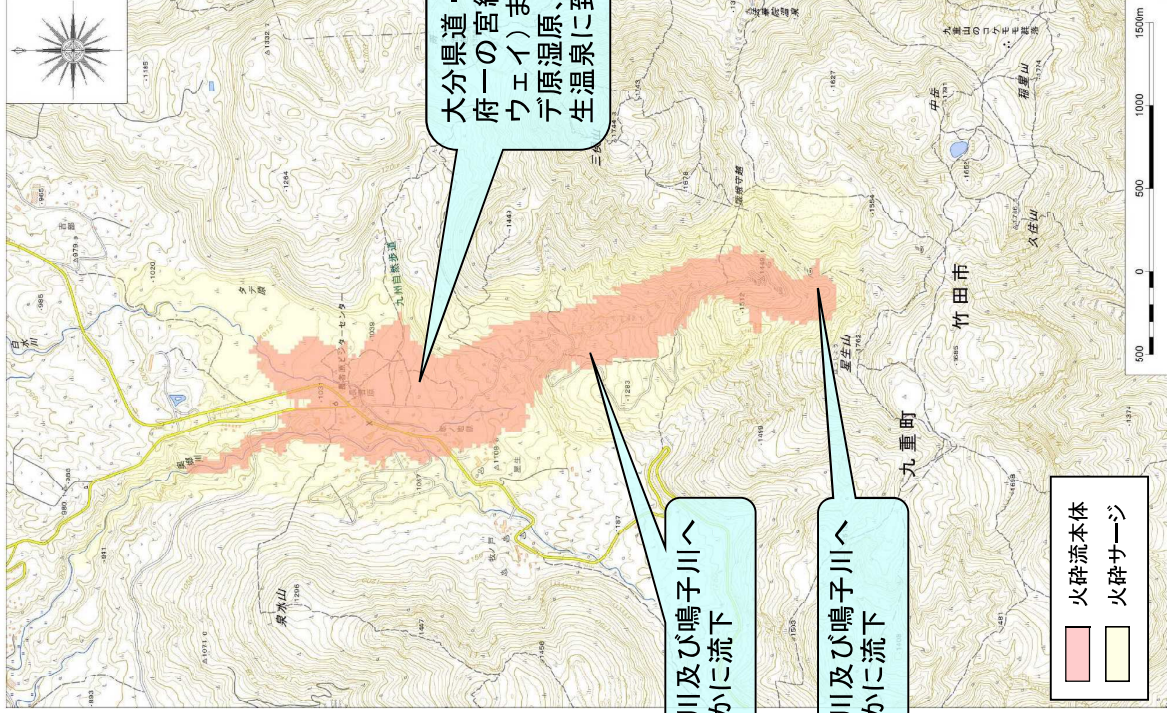


■ 溶岩ドーム崩落型火砕流による影響範囲

(硫黄山)

雲仙普賢岳で発生した規模の大きな事例の平均値 (350 万 m³)



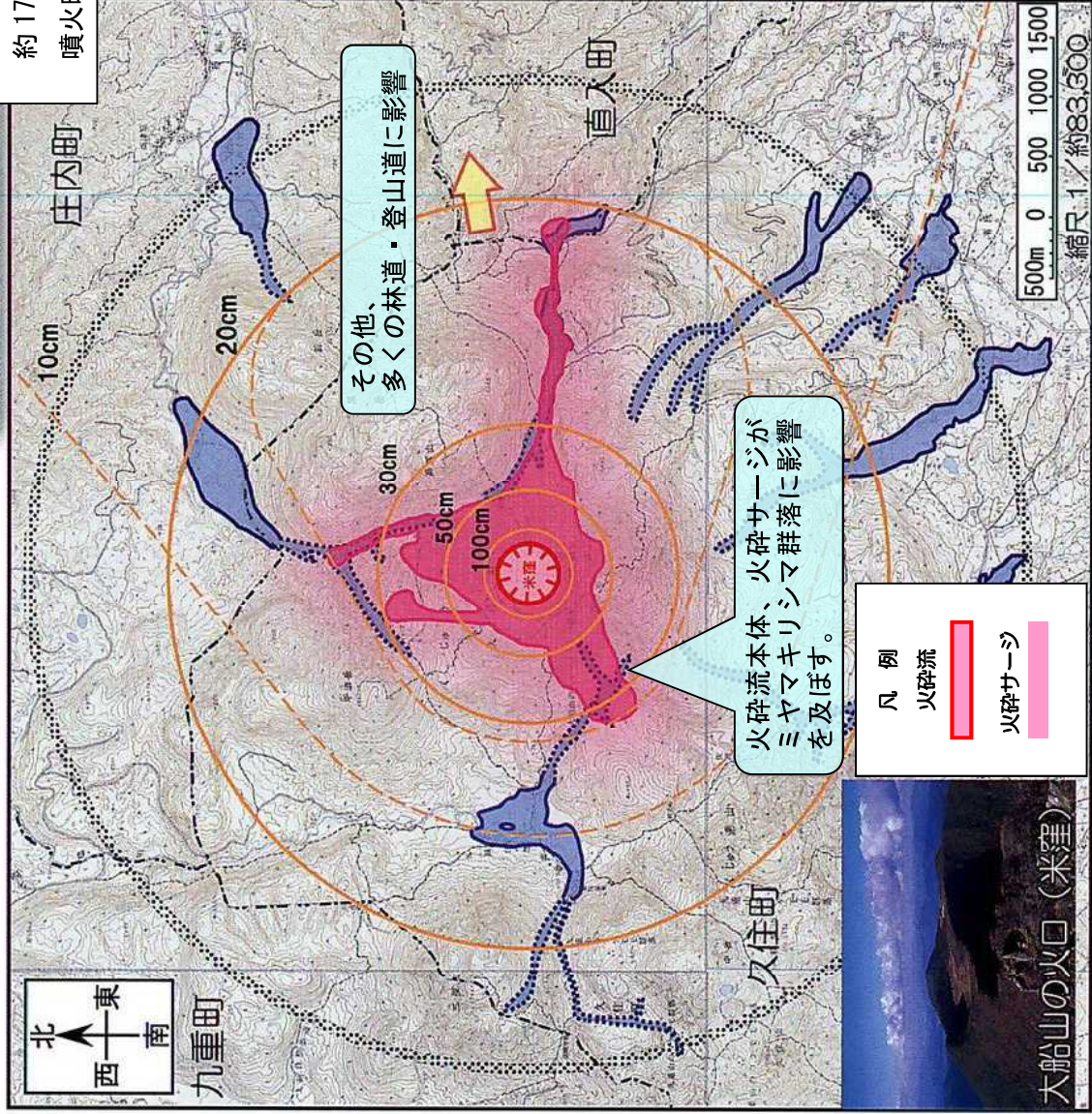
大分県道・熊本県道11号別府一の宮線(やまなみハイウェイ)まで到達。長者原タテ原湿原、寒の地獄温泉、星生温泉に到達

奥郷川及び鳴子川へわずかに流下

奥郷川及び鳴子川へわずかに流下

■噴煙柱崩壊型火砕流による影響範囲

約 17,000 年前に大船山の米窪火口で起きた
噴火時の火砕流堆積物より推定 (82 万 m³)



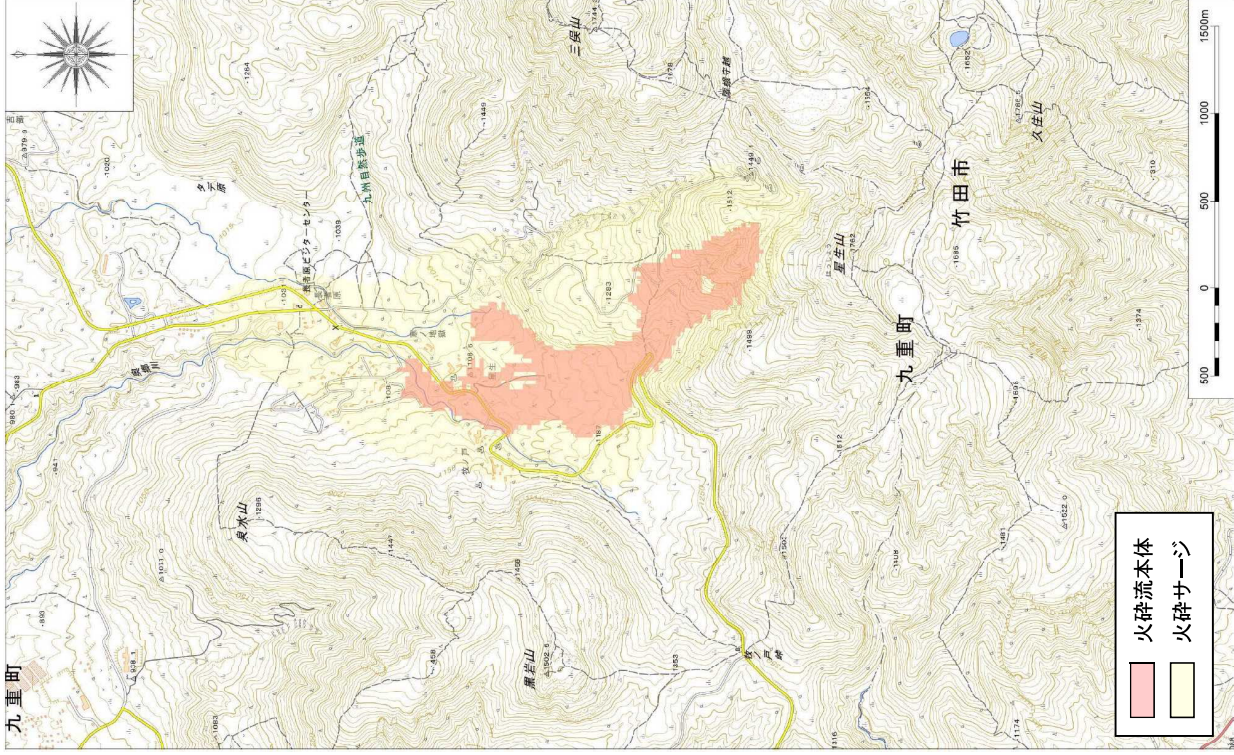
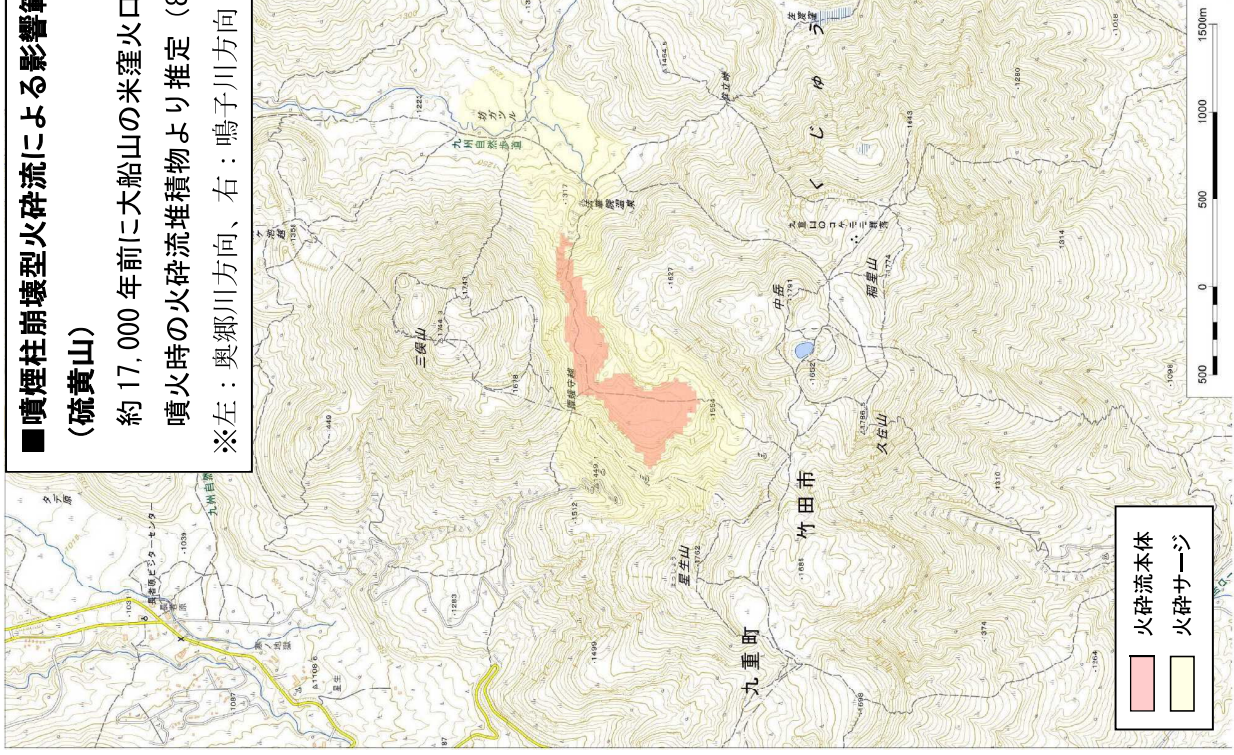
その他、
多くの林道・登山道に影響

火砕流本体、火砕サージが
ミヤマキリシマ群落に影響
を及ぼす。

- 凡例
- 火砕流
 - 火砕サージ

「くじゅう山系火山防災マップ」
(平成 16 年 3 月) より一部加筆

**■噴煙柱崩壊型火砕流による影響範囲
 (硫黄山)**
 約 17,000 年前に大船山の米窪火口で起きた
 噴火時の火砕流堆積物より推定 (82 万 m³)
 ※左：奥郷川方向、右：鳴子川方向



対象とする噴火シナリオのケース

…【計画編】 1. 緊急減災計画における計画方針(1.5)

硫黄山周辺の噴火については現況の施設整備状況を踏まえ、2年超過確率降雨により発生する降灰後の土石流に対して、緊急ハード・ソフト対策を優先的に実施する。

九重山系全体の噴火については、溶岩流及び火砕流（噴煙柱崩壊型及び溶岩ドーム崩落型）に対し、緊急ソフト対策を実施する。

【解説】

■硫黄山周辺

硫黄山周辺は、九重山のなかで今後も噴火が発生する可能性が最も高い地域である。

その噴火は、水蒸気噴火であると想定され、マグマ噴火と比較するとその規模は小さいものの、噴火による降灰によって、平年的な降雨でも土石流が発生しやすい状況となることが予想される。また、土石流の発生が想定される溪流の下流側には、宿泊施設を初め、観光施設、観光地が拡がり、また、溪流沿いには、着実に施設整備が実施されているものの、整備状況は十分なものとなっていない。このため、硫黄山周辺では、水蒸気噴火を想定した緊急ハード・ソフト対策を実施する。

なお、硫黄山以外で噴火が発生した場合の緊急ハード対策は硫黄山の考え方に準じて実施する。

■九重山系全体

九重山系全体では、有史以降にマグマ噴火は発生しておらず、硫黄山以外の地域で地震活動や噴気活動等の火山活動は観測されていない。しかしながら、中長期的には、マグマ噴火が発生する可能性が高く、1,600年前に最新のマグマ噴火を起こしており、それ以前は1,000～2,000年間隔で規模の大きな噴火を繰り返してきた。しかしながら、噴火口の位置は長期的には九重山の西部から東部へと移動しており、噴火口の位置を想定するのは難しい。

また、マグマ噴火で想定される溶岩流（溶岩ドーム）については、小規模であれば施設によって停止・導流の可能性もあるが、想定される溶岩流の規模は比較的大きく、厚さは末端部でも200mを越えることから、ハード対策施設による対策の効果は期待できない。

しかし、溶岩流の流下速度は比較的遅く、流下が確認されてからでも十分避難の時間が確保できると想定される。溶岩ドーム崩落型火砕流、噴煙柱崩壊型の火砕流については、規模によらず施設によって制御することが困難である。

このため、九重山系全体では、マグマ噴火の場合には緊急対策はソフト対策によるものとし、ハード対策は実施しない。

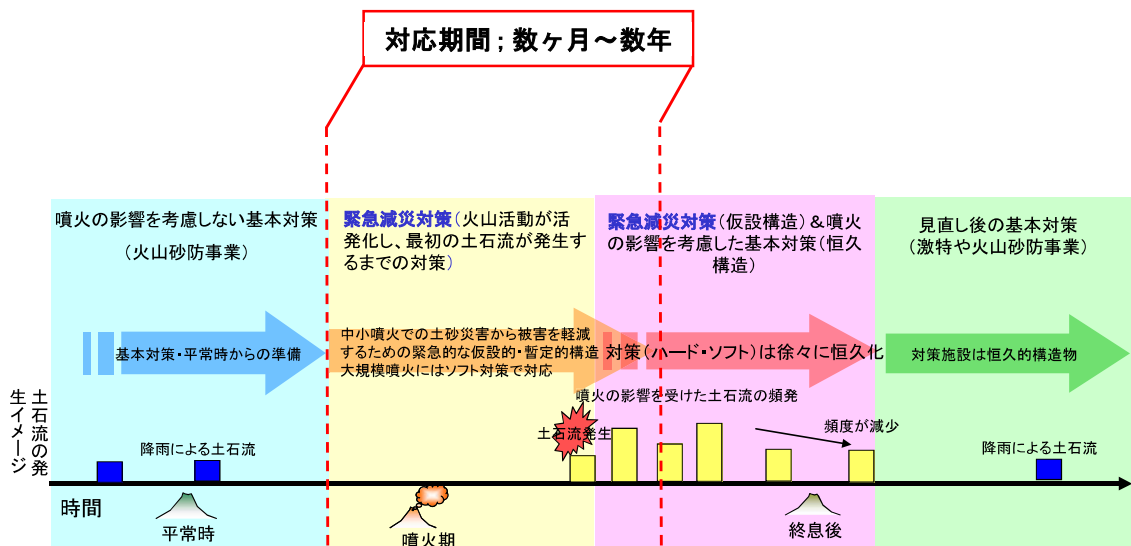
対策方針の前提条件

…【計画編】 1. 緊急減災計画における計画方針(1.2)

緊急減災対策は、噴火により土石流の発生の危険性が高まったときから、土石流発生までの初動対応（仮設的暫定的）とする。その後の対策は基本対策（恒久対策）に移行する。

【解説】

火山活動は活性化、沈静化を繰り返し推移していく可能性のある現象でありその予測は非常に困難である。沈静化の際に実行できることは、あくまでも仮設的暫定的な対応であり、雲仙岳のように火山活動が数年にわたって起こることから、対応期間を数ヶ月から数年とする。



| | | | | |
|--------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| 雲仙普賢岳 (1990) | H2/11/17 最初の噴火 | H3/4/18 既設砂防ダム2基除石完了 | H3/5/15 水無川で最初の土石流発生 | H3/5/16 災害関連緊急砂防事業えん堤5基決定 |
| 有珠山 (2000) | H12/3/31 最初の噴火 | この段階で実施できるのが理想 | H12/4/7 熱泥流が洞爺湖まで到達 | H12/4/22 除石・土のう設置着手 H12/4/25 災害関連緊急砂防事業採択 |
| 三宅島 (2000) | H12/7/8 最初の噴火 | この段階で実施できるのが理想 | H12/7/26 泥流発生 | H12/7/28 除石・ブロック・土のう設置着手 H12/8/11 災害関連緊急砂防事業採択 |

対策方針の設定

…【計画編】 1. 緊急減災計画における計画方針(1.2、1.3、1.6、1.7)

ハード対策施設は平常時に着実に整備を進め、土砂災害軽減のため、土砂整備率を向上することを前提とし、以下の対策方針に沿って進めるものとする。

- ① 砂防部局の計画として、ハード対策（施設整備）とソフト対策（監視観測、関係機関への情報提供）を行う。
- ② 対策に係るタイミングは、火山活動状況等を踏まえて、「準備開始」、「開始」、「中断」、「中止」及び「再開」の5タイミングを設定する。
- ③ 対策可能期間は、1～6ヶ月とする。
- ④ 対策箇所は、既設の火山砂防基本計画で既に計画されている場所を踏まえる。

【解説】

■砂防部局で実施する緊急対策

硫黄山周辺は水蒸気噴火（降灰後の土石流）に対する緊急ハード・ソフト対策を優先的に実施するものとし、九重山系全体でマグマ噴火に対する緊急ソフト対策を実施する。

■対策に係るタイミング

緊急ハード対策は、噴火による降灰後の降雨によって発生する土石流からの被害軽減を目的として実施する。噴火が差し迫った段階、または噴火が発生した段階で対策を実施するため、火山活動状況等を踏まえて対策を実施する必要がある。

緊急ハード対策を迅速かつ安全に実施するための、「準備開始」、「開始」、「中断」、「中止」及び「再開」の5タイミングを設定する

■対策準備開始のタイミング

対策準備開始のタイミングは、一般的に過去の噴火実績からの推定、噴火シナリオにもとづく火山噴火の前兆現象、火山情報等の発表を参考にして設定する。噴火に至るまでの前兆現象は、火山性地震の発生回数の増加、震源の上昇、火山体の膨張、噴気温度の上昇、また火山ガスの放出量の急増等で確認はできるが、噴火までの時間的余裕は現段階では分かっておらず、実際の噴火時に得られる火山活動情報をみながら、その都度判断して行かざるを得ない。

そこで、気象庁、大学からの火山活動状況に関する情報や、監視カメラや住民からの火山活動に関する情報等を総合的に判断して、緊急ハード対策実施箇所、施工機器の所在地・台数等、緊急ハード対策の準備を開始する。また、噴火警戒レベル引上げ（噴火警戒レベルが1から2に引上げられたとき）も参考とする。

■対策開始のタイミング

対策開始のタイミングは、すでに小噴火が発生している場合は、国土交通省により緊急調査が着手されたときや、土石流発生の危険性が高まったときに発表される「土砂災害緊急情報」、水蒸気噴火や噴煙高度等の噴火状況を参考にして、緊急ハード対策を開始する。また、噴火警戒レベル引上げ（噴火警戒レベルが3または4に引き上げられたとき）も参考とする。

噴火が発生していない場合は、火山性地震の急激な増加や山体膨張の顕著化等の火山活動状況を総合的に判断して、緊急ハード対策を開始する。

■対策中断・中止・再開のタイミング

・対策中断のタイミング

対策中断のタイミングについては、爆発地震の発生の増加、対策中断の基準雨量（中止基準の〇mm/hr）の予想が確認されたときとする。また、噴火活動が活発な状況下で対策工事を実施する場合は、噴火発生に伴う噴石等による被害を防ぐため、噴火状況を直接確認する体制（火山監視員の配備等）を構築し、火山監視員が中規模噴火（噴煙柱高度が3,000mに達する可能性のある噴火）の発生や、降灰予報（速報）で「多量」の降灰が予想されるときには対策中断とする。中止基準の〇mm/hrに降雨が達しない場合でも、火山監視観測機器により、土石流検知センサーが土砂移動を検知した場合、目視により土砂移動が確認されたときには対策中断とする。ただし、発生した現象、到達範囲によっては対策続行可能な箇所もあるため、状況に応じて対策を行う。

・対策中止のタイミング

対策中止のタイミングについては、噴火警戒レベルが5（または4）に引き上げられたとき、中規模～大規模噴火（噴煙柱高度が3,000m以上の噴火）が発生したとき、爆発地震が多発したときとする。

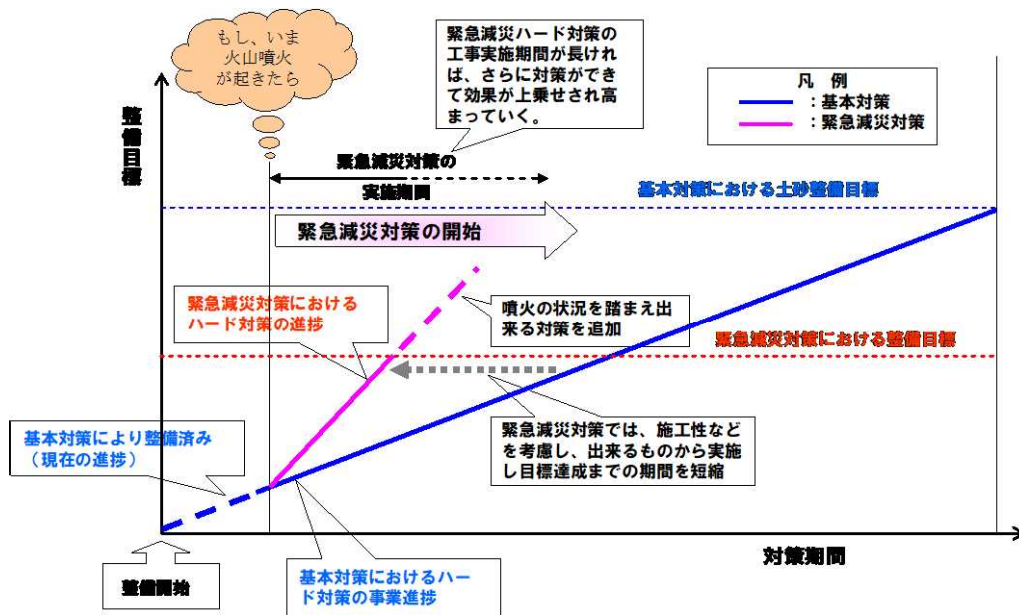
・対策再開のタイミング

対策再開のタイミングについては、噴火活動や火山活動が低調となるとし、噴火警戒レベルが5（または4）から引き下げられたとき、噴煙高度が低下したとき、爆発地震や火山性地震の発生回数の減少、噴気温度等の低下が確認されたときとする。

■対策可能期間

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、噴火シナリオ（令和3年2月改定）に沿っていくつかの対策ドリルをメニューとして想定しておき、実際の噴火状況に応じてメニューの中から最適な対策を選んで実施していく。

事前の対策ドリルを検討する際には、時間的制約として対策開始（ここでは噴火警戒レベルがあがったタイミング）から噴火に至るまでの対策可能期間を設定しておく必要がある。対策可能期間は1ヶ月～6ヶ月を想定し、その期間内で実施可能なハード・ソフト対策のメニューを検討しておくものとする。



ただし、実際の噴火では、必ずしも上記のとおり前兆現象が観測できるとは限らず、また明瞭な前兆現象を伴わずに噴火する場合も考えられる。さらに、噴火のタイミングによっては、噴火直後に土砂流出が発生する場合も想定されることから、平常時からの準備と火山砂防基本計画の着実な実施も重要となる。

■対策箇所

緊急時にハード・ソフト対策(特に監視機器の設置等)を実施する箇所を抽出する際、以下の観点に留意して平常時に候補地を選定しておくことが重要である。

○安全性

：警戒区域、立ち入り禁止区域をできるだけ避け、現象発生後の避難が可能な箇所等

○利用規制

：自然公園等の法規制、指定地、用地等の制限がないことが望ましい

○対策のしやすさ

：工事用道路、商用電源がすでにある、もしくは緊急的に設置できる箇所等

○対策効果

：土砂の捕捉効果が高い地形(勾配・狭窄部等)、カメラの見通しがよい箇所等

○保全対象との関係

：ハード対策では、基本計画の基準点、人家等の上流側が効果的。ソフト対策では、保全対象のできるだけ上流地点で監視観測が望ましい

○既設対策計画との整合性

：火山砂防基本計画や地域防災計画で選定されている箇所であることが望ましい

緊急ハード対策で対象とする現象は2年超過確率雨量に伴う降灰後の土石流とし、以下の土砂処理方針に基づき対策する。

- ① 基準点上流部では除石を基本とする。なお、除石は県で設置した砂防施設を基本とし、治山施設は除石整備からの対象外とする。
- ② 基準点下流部では基本計画を踏まえ、導流堤や堆積工等を基本とする。

【解説】

ハード対策の基本的な考え方としては、以下の順序で対策箇所と工法を選定していく。

- 1) 工事用道路が有る既設施設では、土石流に対して有効な除石を行う。
- 2) 既設施設がない箇所では火山砂防基本計画に従って計画基準点上流で施設配置を行うが、緊急対策であるため段階的な整備や仮設工等も検討する。
- 3) 工事用道路が無く、また火山砂防基本計画では対応できない場合、計画基準点下流において対策効果が発揮できる地点で対策を行う。

1)～3)の条件が満たせない場合でも、最低限人家への土石流の直撃を防止するために、保全対象直上流での土のう積み等も検討する。

■除石工

既設施設の除石を行い、捕捉量を確保する。除石可能な施設として、砂防施設であり、噴火警戒レベル2時点で、危険区域外の施設のものを選定する。

| | |
|-----|---|
| 工法 | 既存施設の捕捉量の増加 |
| 工種 | 掘削工、除石工 |
| 模式図 | |
| 概要 | ・既存施設の除石を行い、捕捉量を確保する。 |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> ・施工が容易である。 ・掘削した土砂の置き場が必要。 |

■導流堤工

資機材の調達状況を考慮し、大型土のう工及びブロック工を使用する。

| 工法 | 導流堤工 | |
|-----|---|--|
| 工種 | 大型土のう工 | ブロック工 |
| 模式図 | | |
| 概要 | <ul style="list-style-type: none"> 大型土のうで、導流堤を作成する。 | <ul style="list-style-type: none"> コンクリートブロックで、導流堤を作成する。 |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 施工時間が早い。 備蓄がブロックと比較して場所が少なく済む。 中詰め土砂を確保する必要がある。 | <ul style="list-style-type: none"> 強度があり、安定性がある。 ブロック数が多く必要となり備蓄が必要である。 撤去が容易である。 |

■仮設堤工

本計画では備蓄や強度上の優位性を考慮し、ブロック工による構造を検討するが、実際の緊急時には資機材の調達状況を考慮しソイルセメントや土構造及びその複合構造等柔軟に対応する。

| 工法 | 仮設堤工 |
|-----|--|
| 工種 | ブロック工 |
| 模式図 | |
| 概要 | <ul style="list-style-type: none"> 堤体をすべてコンクリートブロックで施工する |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 強度があり安定性がある。 ブロック数が多く必要となり備蓄が必要である。 撤去が容易であり、道路通行部を空けることも可能。 |

緊急ソフト対策

…【計画編】 3. 緊急ソフト対策

緊急ソフト対策では、降灰後の土石流を対象とした緊急対策工事の安全確保と、全ての火山現象を対象とした避難対策の支援を目的として、火山噴火時には、火山活動並びに土砂移動の監視情報を収集し、被害想定区域等の避難に関する情報提供のために「火山監視機器の整備」及び「情報通信システムの整備」等を行う。

【解説】

火山監視機器の整備では、噴火活動を直接目視により把握するための監視カメラの設置、土石流の発生非発生をモニタリングするための土砂移動検知センサーの設置、配置不足地域や工事の安全確保上必要な場所へ雨量計の設置を行う。

情報通信システムの整備では、関係機関間の円滑な情報共有・提供のための情報通信システムの整備、観測データを工事現場へ速やかに伝達するための情報通信システムの整備を行う。その他の項目として、被害想定範囲を把握するためのリアルタイムハザードマップの整備、警戒基準雨量の見直し、住民及び登山者への情報提供を行う。

緊急ソフト対策の実施項目と目的

| 実施項目 | | 実施目的 |
|-------------|------------------------------------|--|
| 火山監視機器の整備 | 噴火活動を直接目視により把握するための監視カメラの設置 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急対策工事の安全確保 ・ 避難対策の支援 |
| | 土石流の発生非発生をモニタリングするための土砂移動検知センサーの設置 | |
| | 配置不足地域や工事の安全確保上必要な場所へ雨量計の設置 | |
| 情報通信システムの整備 | 関係機関間の円滑な情報共有・提供のための情報通信システムの整備 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急対策工事の安全確保 |
| | 観測データを工事現場へ速やかに伝達するための情報通信システムの整備 | |
| その他 | 被害想定範囲を把握するためのリアルタイムハザードマップの整備 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急対策工事の安全確保 ・ 避難対策の支援 |
| | 警戒避難基準雨量の見直し | |
| | 住民及び登山者への情報提供 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 避難対策の支援 |

■関係機関間の情報共有のイメージ

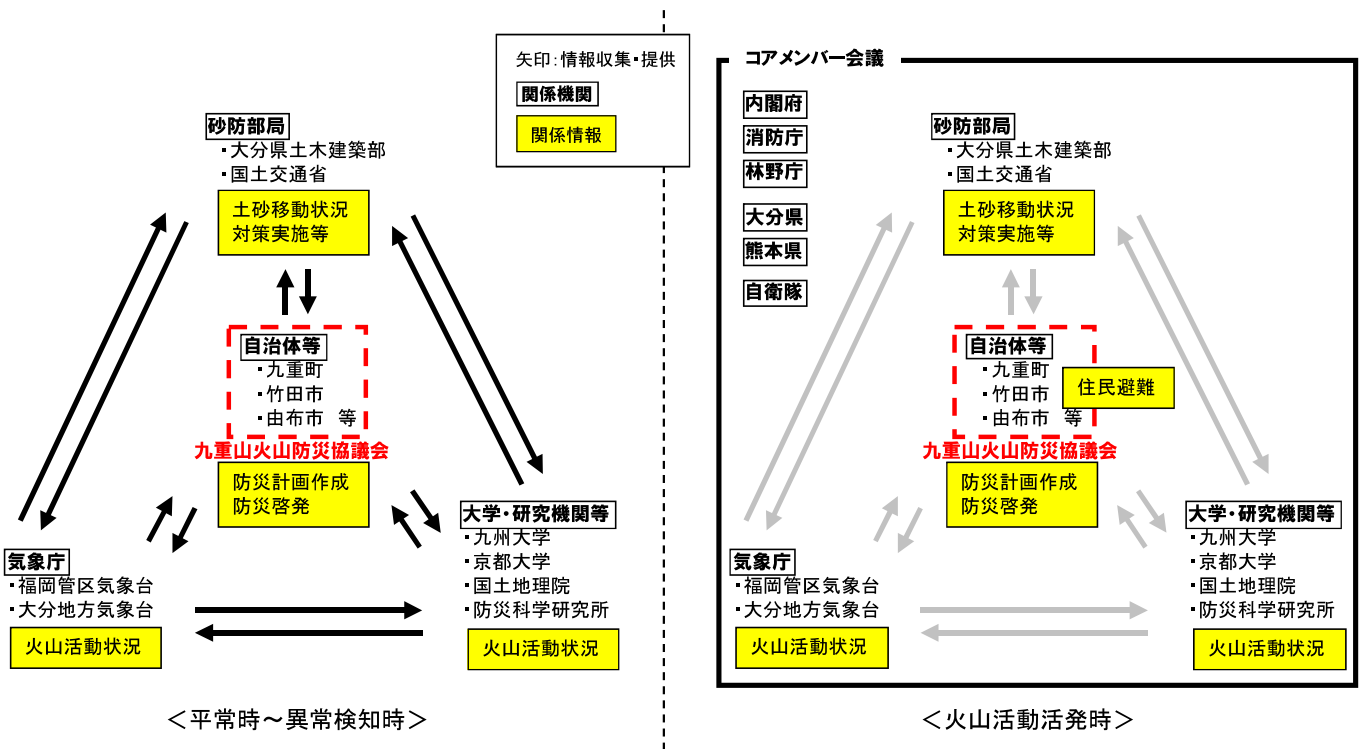
平常時及び異常検知時には、九重町、竹田市、由布市のほか警察や消防等で構成される「くじゅう山系（硫黄山）火山防災協議会」を中心として、砂防部局、気象庁、大学・研究機関等の関係機関間で必要に応じて情報収集・提供を行い、情報を共有する。

火山活動が活発化した段階では、平常時及び異常検知時と同様に情報共有をはかると共に、内閣府が主導するコアメンバー会議が開催される場合には、会議内で直接情報共有をはかる。なお、2011年1月に発生した霧島山（新燃岳）噴火では、コアメンバー会議が2月22日から12月21日までの期間に合計9回開催された。（3月10日までに5回開催。合計回数には7月21日の事務局会議を含む。）

コアメンバー会議開催の利点として以下の点が挙げられる。

- ・ 対応等の全体像の把握・・・関係機関が一堂に会し、調査結果や各機関の対応状況が発表されるため、火山活動状況や噴火対応の全体像を把握することができる。
- ・ 迅速な問題解決・・・学識者や国の専門家と直接意見交換することができ、疑問事項への回答や要請事項への対応が迅速に行われる。

九重山における平常時及び異常検知時、火山活動活発時の関係機関間の情報共有イメージを以下に示す。



九重山噴火に関わる関係機関間の情報共有イメージ

火山噴火時の緊急調査

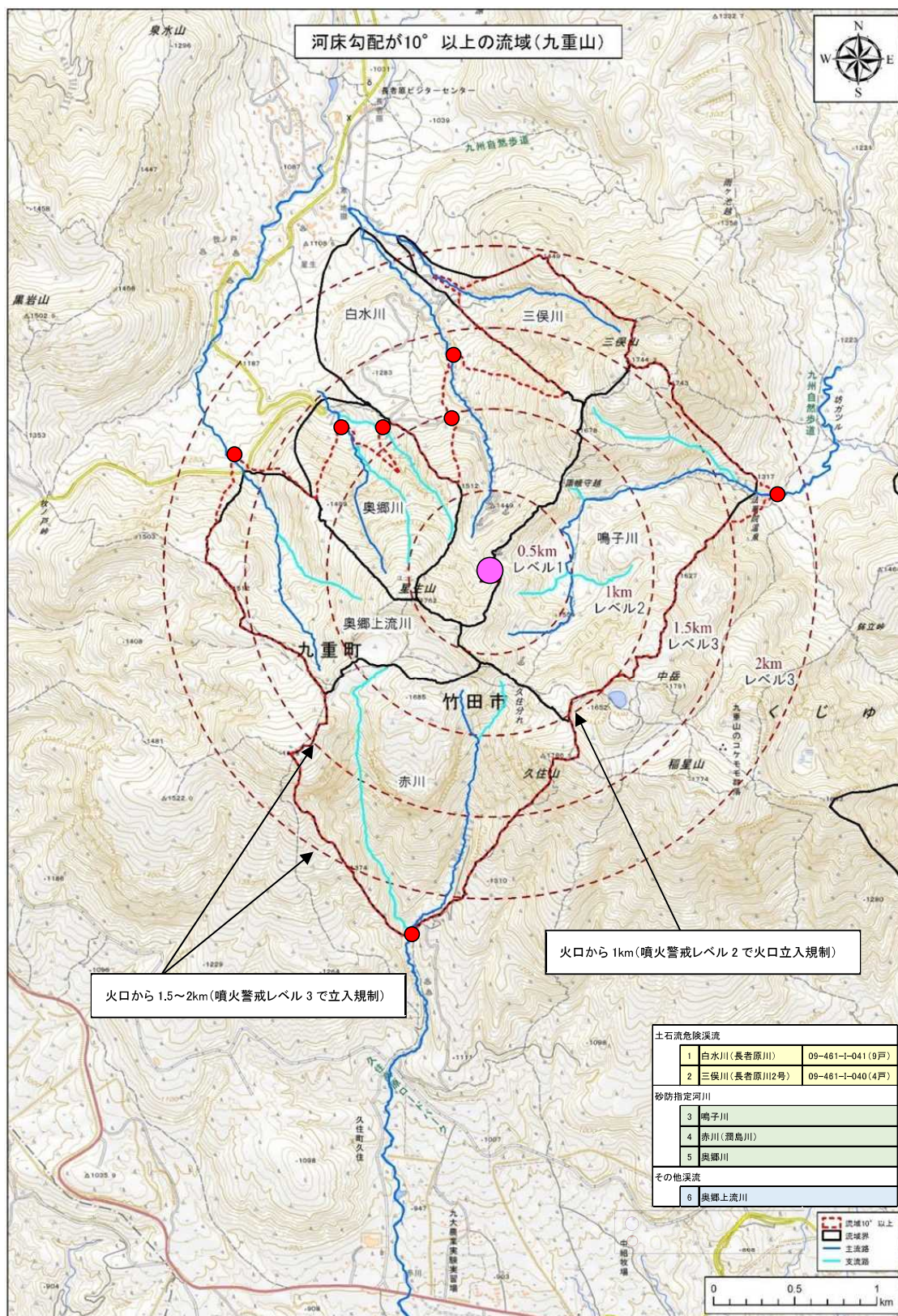
…【計画編】 3. 緊急ソフト対策(3.6)

火山噴火時には、緊急減災対策を実施するために必要な情報を適時把握し、また事前の想定と異なる噴火シナリオの発生が予想される場合には、的確な対応を取る必要がある。砂防部局が行う具体的な緊急調査として、以下の項目を行うものとする。

- ① 地形状況の把握
- ② 対策予定箇所の状況調査
- ③ 砂防施設の被災状況調査
- ④ 降灰状況・不安定土砂の把握
- ⑤ 気象状況と土砂移動のリアルタイム把握

【解説】

降灰時には、気象台、大学等の各機関または合同調査班等による降灰量調査が行われ、火山防災対策に活用される。砂防部局では航空機・衛星等による調査のほかに、現地調査及び降灰量計の緊急設置により降灰分布を把握し、降灰後の土石流対象溪流の抽出及び避難支援のための情報提供を行う。降灰量調査地点は、原則として各溪流に、調査時のアクセスを考慮し、可能な限り上流側に設定する。



降灰量調査地点(案)

「令和2年度 九重山火山噴火緊急減災対策詳細検討業務委託 報告書」に一部加筆

平常時からの準備が必要な事項

…【計画編】 4. 平常時からの準備事項

緊急減災対策の実効性を向上させるためには、平常時からの準備事項を整理し、緊急時の対応を意識しながら平常時の準備を進めておくことが重要である。したがって、緊急減災対策の円滑な実施、実施上の問題点等を考慮して、平常時からの準備が必要な事項を整理する。

また、砂防施設の整備状況や、社会環境などの変化を踏まえ、必要に応じて見直しを行うものとする。

【解 説】

ハード対策については、緊急時に堆積土砂の除石・運搬やブロックや土のうが円滑に設置できるよう、工事用道路の事前造成や工期を有する除石を平常時に行うものとする。ソフト対策では、以下の項目につき、平常時から準備を行うものとする。

- ① 無人化施工の準備
- ② 土地使用に関わる調整
- ③ 緊急資機材の準備
- ④ 監視観測機器の整備
- ⑤ 情報通信システムの整備
- ⑥ 情報共有対策の準備
- ⑦ 緊急調査の準備
- ⑧ 火山防災拠点の機能強化

噴火時の緊急減災対策の円滑な実施には、いつ発生するかを的確に予測することが難しい噴火に備えて、「平常時からの準備が必要な事項」の確実な実施が前提となる。したがって、「平常時からの準備が必要な事項」の実施にあたっては、関係機関と協力して、「平常時からの準備が必要な事項」に係る実施上の問題点を克服しつつ着実に進めることとする。

その際、緊急減災計画の実行性向上や関係機関の役割分担の確認を目的としたワーキンググループ（平成 23 年度設置）を平常時から開催し、関係機関間で問題点を共有すると共に、問題解決に向けた調整を継続的に行う。さらに「平常時からの準備が必要な事項」についてもワーキンググループを活用しながら効率的に実施できる体制を構築する。ワーキンググループは、担当者間の顔の見える関係作りの場としても活用する。

また、火山噴火や防災対策に対する知識や経験を、行政、地域住民の間で平常時から共有していくことが重要である。そのため、火山防災に関する専門家を招いた防災講演会等を平常時から開催する必要がある。

また、緊急減災対策計画は、計画策定時点の砂防施設の整備状況や社会環境などを踏

まえて、可能な限り被害を軽減するために実施可能なハード・ソフト対策からなる緊急減災対策をとりまとめたものであるが、それらの条件は時間の経過と共に変化するものである。さらに、対象とする火山に関わらず、火山噴火が発生した場合は新たな知見の蓄積や、経験に基づく改善点などが見いだされる可能性がある。

以上を踏まえ、緊急減災対策計画は、詳細検討成果や訓練成果の反映、砂防設備の整備状況や避難計画の検討の進捗、社会条件等の時点更新などの更新をPDCA サイクルにより適宜行い、継続的に実行性の向上を図るものとする。対象とする現象や対策方針などに係る事項など、計画の見直しが必要と判断される変化が生じた場合は、必要に応じて検討会を設置し、学識経験者等からの助言や関係機関における調整を行うものとする。