

# 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

## 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン目次

### 第1章 総則

第1節	ガイドラインの目的	1
第2節	ガイドラインの内容	1

### 第2章 火山噴火緊急減災対策砂防の基本理念

第1節	火山噴火緊急減災対策砂防の目的	2
第2節	火山噴火緊急減災対策砂防の位置付け	3
第3節	火山噴火緊急減災対策砂防の内容	5
第4節	連携体制の確立	8
(1)	市町村等の地方公共団体および関係機関との連携・協力	8
(2)	火山・砂防専門家等との連携	8
(3)	地域住民との連携・協力	9

### 第3章 火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本

第1節	火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本事項	10
第2節	計画の対象火山	11
第3節	計画策定の主体および検討体制	11
第4節	計画に記載する事項	12
第5節	計画の効果評価	12
第6節	計画の実効性の確保	13
第7節	計画の見直し	13

### 第4章 火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定

第1節	計画の構成	15
第2節	計画策定の基本事項の整理	
(1)	現状の把握	16
(2)	噴火シナリオの作成	17
(3)	想定される影響範囲と被害の把握	19
第3節	対策方針の設定	
(1)	対策を検討する噴火シナリオのケースの抽出	19
(2)	対策方針の前提条件の検討	20
1)	対策開始のタイミングの設定	
2)	対策可能期間	
3)	対策可能な現象・規模	
4)	対策箇所	
5)	対策実施体制	
6)	その他	
(3)	対策方針の設定	23

第4節	緊急時に実施する対策の検討	
(1)	緊急対策ドリルの基本構成	24
(2)	緊急ハード対策ドリルの作成	25
	1) 対策工の配置の検討	
	2) 実施する工種・工法の検討	
	3) 対策工の構造の検討	
	4) 施工のための仮設などの検討	
	5) 工事などの安全管理の検討	
	6) 施工に要する時間の検討	
	7) 施工優先度の検討	
	8) 対策の効果の確認	
	9) 市町村等や関係機関との役割分担の検討	
(3)	緊急ソフト対策ドリルの作成	33
	1) 避難対策支援のための情報提供	
	2) 火山監視機器の緊急的な整備	
	3) リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	
	4) 光ケーブルなどの情報通信網の整備	
	5) 市町村等や関係機関との役割分担の検討	
(4)	火山噴火時の緊急調査	36
第5節	平常時からの準備事項の検討	
(1)	平常時からの準備の基本	37
(2)	緊急対策に必要な諸手続きの検討	37
(3)	対策に必要な土地使用する調整	38
(4)	火山山麓緩衝帯の設定	38
(5)	緊急支援資機材の備蓄・調達方法の検討	39
(6)	火山防災ステーション機能の強化	39
(7)	光ケーブル網などの情報通信網の整備	40
(8)	火山データベースの整備	40
(9)	地域住民、市町村や関係機関との連携事項の検討	41
第6節	計画のとりまとめ	42

## <参考資料編>

1. 用語解説
  
2. 近年の火山噴火に伴う災害事例（一覧表）
  
3. 既往の火山噴火に対する対策実施事例
  - 3.1 桜島（連携の体制）
  - 3.2 雲仙普賢岳（噴火時の対策事例、無人化施工の実用化）
  - 3.3 有珠山（噴火時の対策事例、各省庁による合同現地対策本部）
  - 3.4 三宅島（噴火時の対策事例）
  
4. その他関連事項
  - 4.1 無人化施工の実施例
  - 4.2 リアルタイムハザードマップ作成システム
  - 4.3 レーザープロファイラーなどの地形計測技術

# 第1章 総 則

## 第1節 ガイドラインの目的

本ガイドラインは、火山噴火時に発生が想定される火山災害の被害をできる限り軽減（減災）するために緊急時に実施する火山防災対策のうち、国及び都道府県の砂防部局が実施する対策（以下、「火山噴火緊急減災対策砂防」という。）の計画策定に関する基本的な検討項目および留意点についてまとめたものである。

### <解説>

火山噴火時の防災対策においては、地域および地域住民の安全・安心を確保するために、地元市町村ならびに関係する多くの機関がハード対策およびソフト対策を総合的に実施する必要がある。これらの対策のうち、本ガイドラインは、**国及び都道府県の砂防部局が実施する火山噴火緊急減災対策砂防**を迅速かつ効果的に実施するための計画を策定するにあたって検討すべき事項をとりまとめたものである。

このガイドラインに基づいて、各火山において緊急時に実施する対策、平常時から準備事項、市町村や関係機関との連携体制を内容とする計画を策定する。また、平常時から噴火時に備えた対策を進めておくことにより、砂防部局が中心となって実施する噴火時の緊急的な対応の円滑化を図り、噴火災害に起因する被害の軽減を目指すものである。

## 第2節 ガイドラインの内容

本ガイドラインの内容は、火山噴火緊急減災対策砂防の基本理念（第2章）、火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本（第3章）、火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定（第4章）である。

### <解説>

第2章「火山噴火緊急減災対策砂防の基本理念」では、火山防災対策全体の中で、砂防部局の実施する「火山噴火緊急減災対策砂防」の目的、対策の位置づけ、内容、関係機関との連携について解説する。

第3章「火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本」では、対象とする火山、検討体制、計画に記載する事項の基本的な考え方、計画の使い方などの火山噴火緊急減災対策砂防の「計画」について解説する。

第4章「火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定」では、具体的な計画の策定手順、計画を策定する際の注意事項など、計画の策定方法について解説する。

## 第2章 火山噴火緊急減災対策砂防の基本理念

### 第1節 火山噴火緊急減災対策砂防の目的

火山噴火緊急減災対策砂防は、いつどこで起こるか予測が難しい火山噴火に伴い発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することにより、安心して安全な地域づくりに寄与するものである。

#### <解説>

火山噴火は、噴石、降灰、火砕流、溶岩流、火山泥流、土石流、岩屑なだれなど多様で、かつそれらの規模が幅広いという特徴がある。そのため噴火災害は甚大な被害をもたらすことがあり、特に、大規模な火山泥流や降灰を原因として発生する土石流などは、広域かつ長期間に亘ることからその被害は顕著である。このため、火山砂防計画に基づき、基本対策を計画的に実施することが重要であるが、基本対策による施設の整備には長い期間と多大な費用を要する。

このため、いつどこで起こるか分からない火山噴火に備えた緊急的なハード対策とソフト対策からなる計画を策定し、これに基づき平常時からの準備を行い、噴火時の対応を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減するための火山噴火緊急減災対策砂防を実施することが重要である。この際、市町村や関係機関等と連携を図る必要がある。

ただし、施工実施期間や施工場所等の制約があることや、発生する土砂移動現象が大規模となることなどから、ハード対策施設によって災害を回避できないことがあるので、市町村や関係機関と警戒避難等の防災対策と緊密な連携により行うことが重要となる。

なお、火山噴火緊急減災対策砂防では、カルデラなどを形成するような巨大噴火など頻度が低く、現実的には対応不可能な現象については、火山噴火緊急減災対策砂防計画の緊急ハード対策の対象としない。

対象となる地域の範囲は、活火山の山麓および周辺地域で、前述の現象により災害が発生する可能性のある地域とし、火山体本体の山麓部のみでなく周辺地域においても降灰等の影響による土石流が発生することなどを考慮して、火山ごとに対象火山の活動特性、地域の社会的な状況から、火山噴火緊急減災対策砂防の対象範囲を検討する。

なお、内閣府が「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」において検討している火山情報と避難体制のあり方についてとの整合を図りつつ、対策を行うものとする。

## 第2節 火山噴火緊急減災対策砂防の位置付け

火山噴火時の防災対策は、関係省庁および地方公共団体により行われる総合的な対策であり、火山噴火緊急減災対策砂防は、火山活動の推移に対応して行われる各機関の防災対策と連携をとりつつ、適切な対策を行う。

<解説>

火山噴火時の防災対策は、火山活動状況の監視・観測と情報提供、住民避難や立ち入り禁止などによる人命の保護、社会資本や住宅等の被害の防止・軽減対策の実施など、関係機関が連携して実施するものである。このため、火山噴火緊急減災対策砂防は、各機関が実施する対策および地方自治体の防災計画等との連携・調整のもとに行うことが重要である。

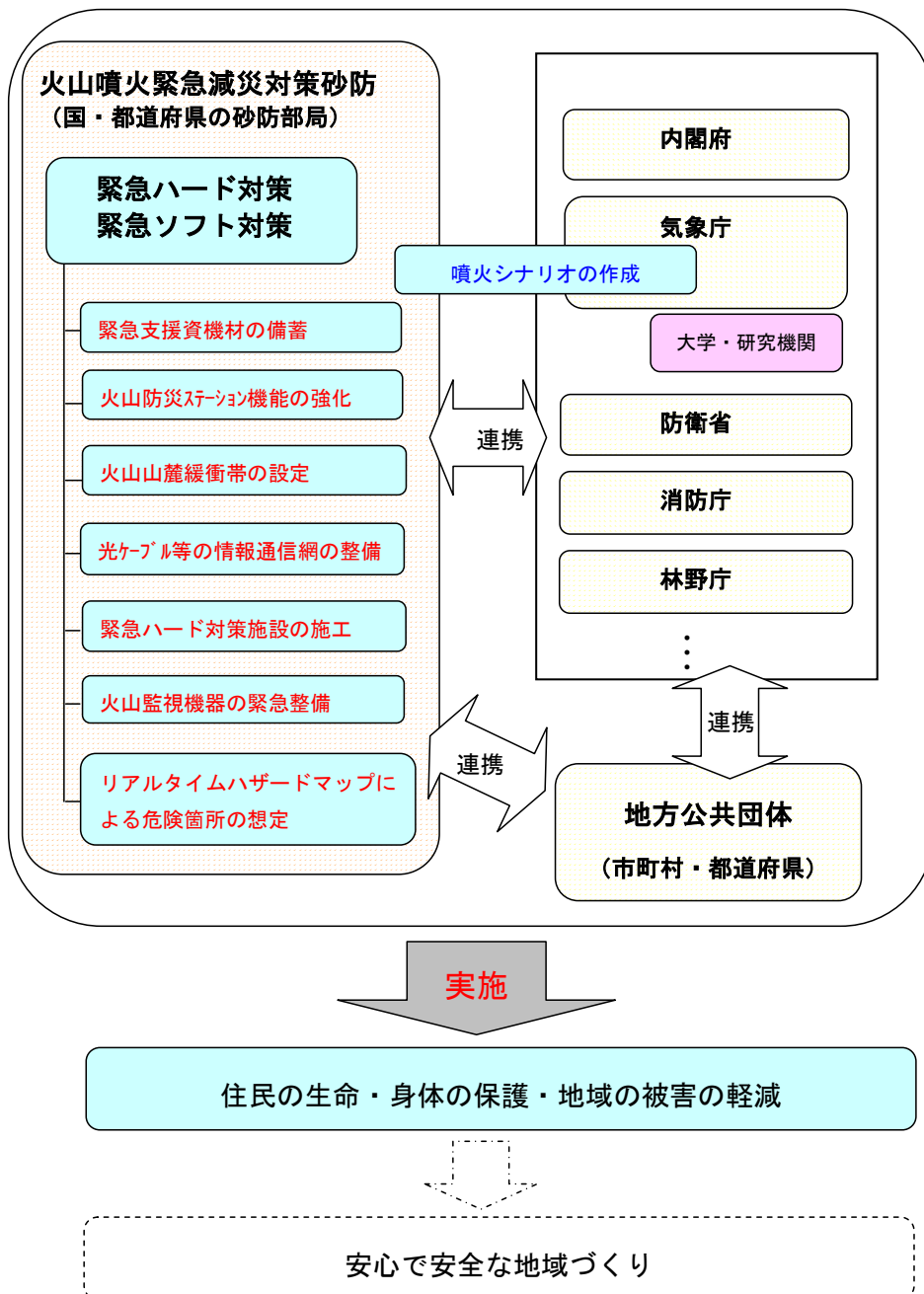


図 2-1 火山噴火緊急減災対策砂防と関係機関との連携

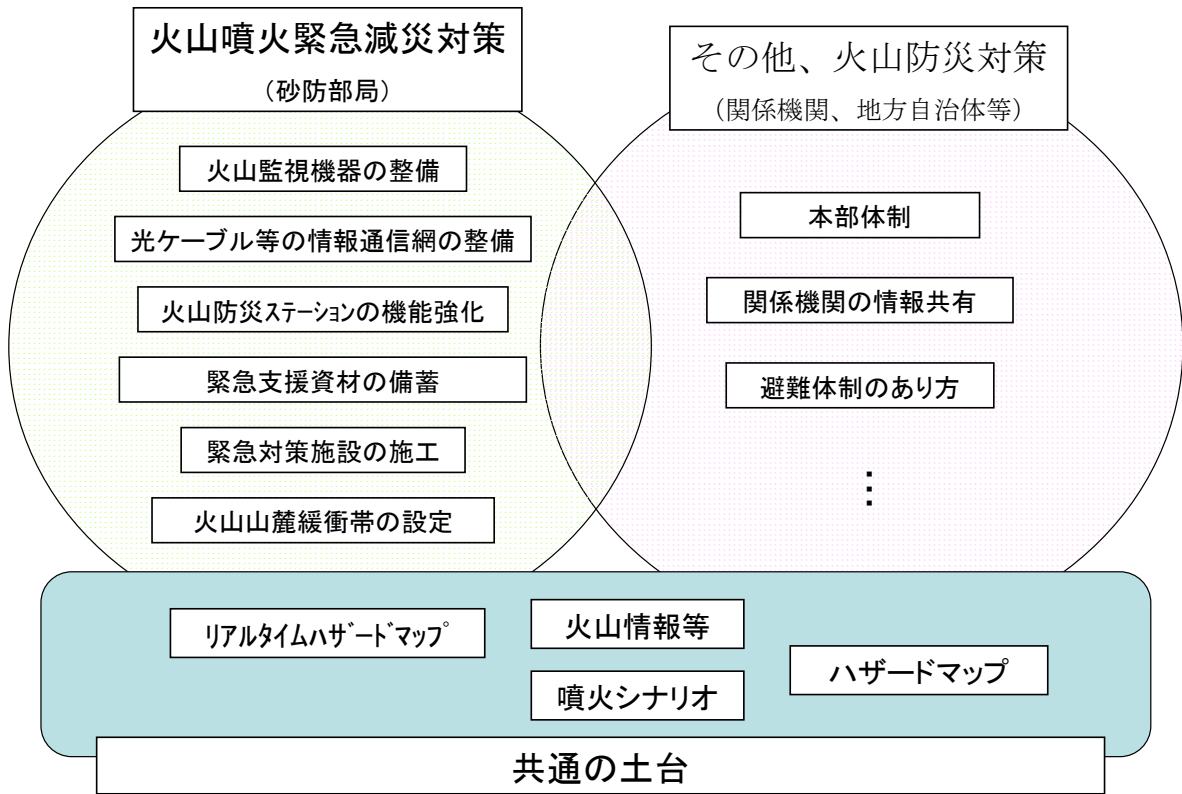


図 2-2 火山防災対策の枠組み



### 第3節 火山噴火緊急減災対策砂防の内容

火山噴火緊急減災対策砂防は、「緊急時に実施する対策」と「平常時からの準備事項」からなり、噴火シナリオと想定される被害、土地利用の状況など火山活動および地域の特性を考慮して、緊急時に最大限の効果を発揮する内容とする。

#### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防は、「緊急時に実施する対策」と「平常時からの準備事項」からなる。

「緊急時に実施する対策」とは、火山活動が活発化し、被害が発生するおそれがあると判断された時点から噴火終息までの期間において、緊急的に実施する対策をいう。

「平常時からの準備事項」とは、「緊急時に実施する対策」を迅速かつ効果的に実施して被害軽減の効果をより高めていくため、噴火の発生前からあらかじめ行っておく準備事項をいう。

火山噴火緊急減災対策砂防の主な対策の内容は、次のとおりである。

#### 〔緊急時に実施する対策〕

- ・ 緊急ハード対策施設の施工 (除石、遊砂地・導流堤の施工 など)
- ・ 火山監視機器の緊急整備
- ・ リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定
- ・ 光ケーブル網等の情報通信網の緊急整備

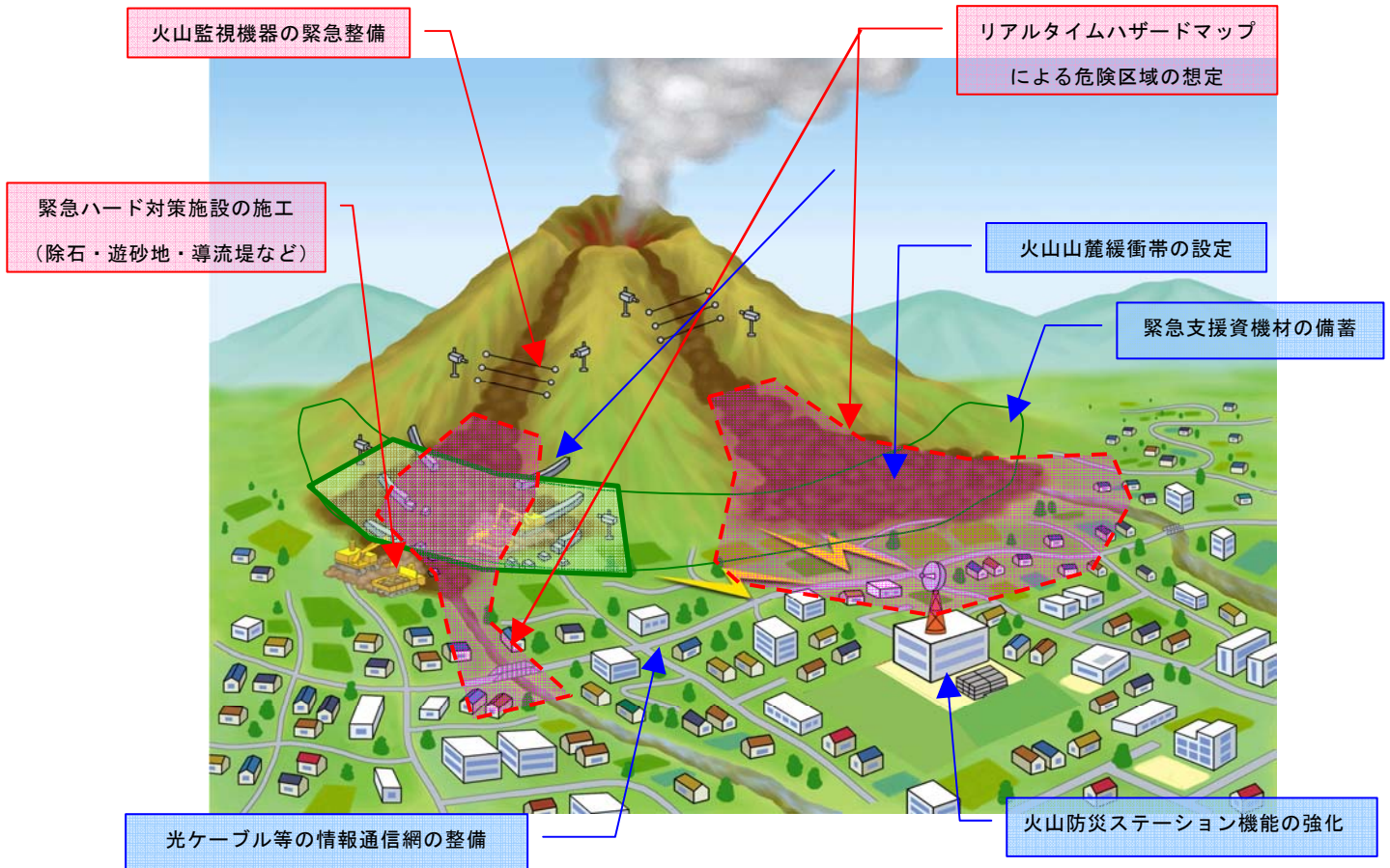
(地域住民の広域避難支援や工事の安全確保のための情報提供等)

#### 〔平常時からの準備事項〕

- ・ 緊急支援資機材の備蓄
- ・ 火山防災ステーション機能の強化
- ・ 火山山麓緩衝帯の設定
- ・ 光ケーブル網等の情報通信網の整備 (平常時からの情報交換など)

火山噴火緊急減災対策砂防により整備する火山砂防施設は、火山噴火という異常な状況下で、工期、仮設、安全確保等多くの制約条件のもとでの実施となるため、より大きな効果が発揮できる場所に、迅速に整備・設置するものである。

特に、ハード対策施設の構造は、施工性や施工時間短縮のため、仮設工的あるいは暫定的な構造とならざるを得ない。また、施工場所は、現場の安全性の確保を重視するため、保全対象区域の中となる場合もある。さらに、外的条件（噴火口、発生現象、規模）が変化すれば、作業性（期間、アクセス、安全性）、保全対象（人家、道路）も変化し、法規制や施行用地確保などを踏まえて、臨機応変な対応が必要となる。



平常時からの準備事項

緊急時に実施する対策

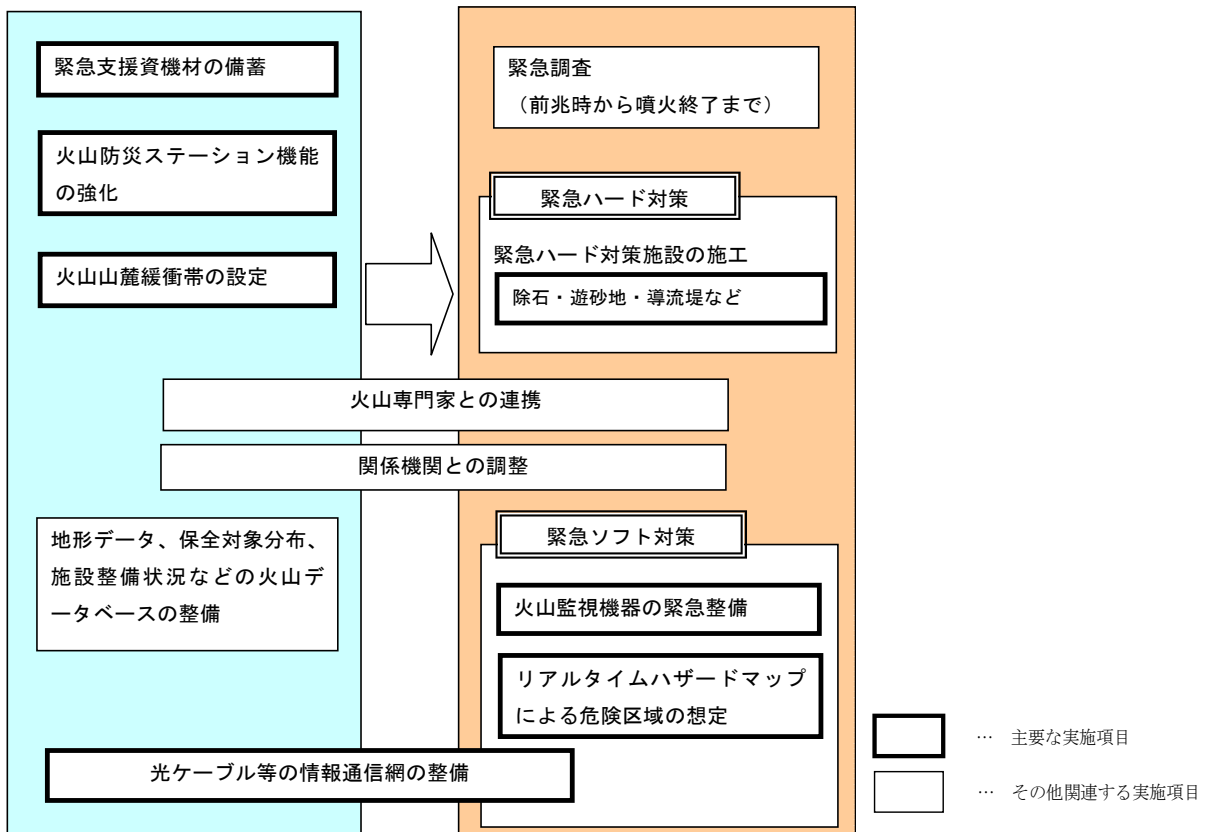


図 2-3 火山噴火緊急減災対策砂防の主な内容

「緊急時に実施する対策」は、火山情報等を参考に火山噴火の前兆現象が発生した段階で着手する。この際、必要に応じて、市町村や関係機関等との連携を図る。

また、火山噴火緊急減災対策砂防を終了する時期は、火山の専門家などの火山活動の見込みに関する集約意見を参考にして、噴火による被害や土石流の集中的発生が減少したと判断された時点までとする。

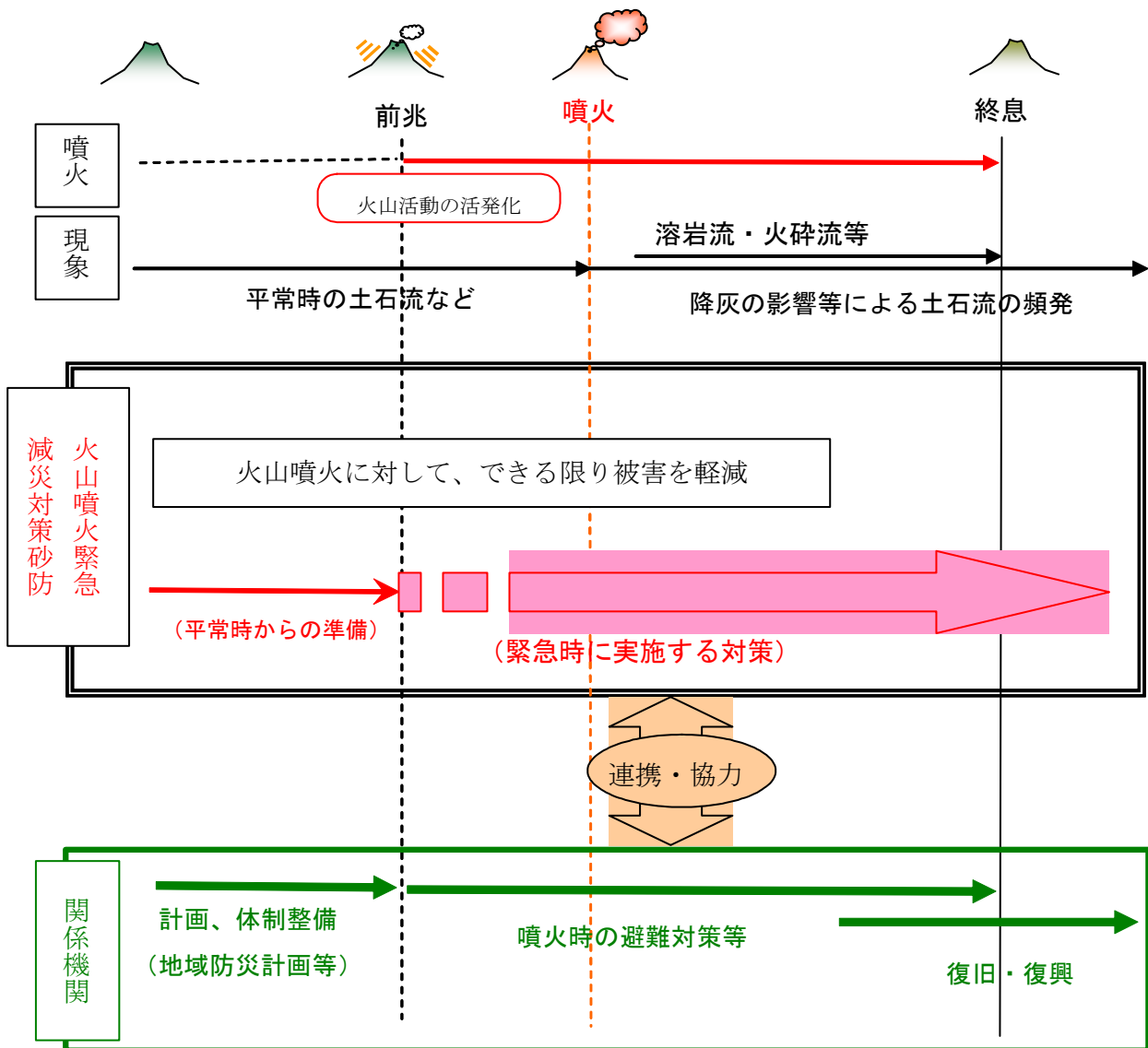


図 2-4 火山噴火の推移と火山噴火緊急減災対策砂防等の関連

## 第4節 連携体制の確立

### (1) 市町村等の地方公共団体および関係機関との連携・協力

火山噴火緊急減災対策砂防を迅速かつ効果的に実施するため、各火山において、日常的に市町村等の地方公共団体および関係機関と情報提供や各種の調整を行うための連携体制を整える。また噴火時に、より緊密な対応が図られるように連携の実行体制を整える。

#### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防の実施時には、火山活動の推移予測、対応可能な時間の判断、対策の優先度の判断、避難行動と対策工事との調整など、火山活動の観測・監視を実施する機関や地域住民の避難対策を行う機関などと連携して対応することが必要である。

また、平常時から、噴火時の対応方法などについて、定期的に情報を交換して相互の理解を深めておくことが噴火時の円滑な対策には重要である。

そのため、それぞれの火山において、市町村などの地方公共団体および関係機関と、次のような事項について、定期的に、情報提供や各種の調整を行う。

- 1) 各機関の対策の方針、役割分担
- 2) 各機関における平常時からの準備事項などの対策の進捗状況
- 3) 各機関が得た情報の共有化方法
- 4) 住民や報道機関に対する情報提供の方針・方法

なお、関係市町村等による協議会等が設置されている場合には、この協議会等と情報交換や対策方針の調整を行うなど、協議会等との連携を図る必要がある。

### (2) 火山・砂防専門家等との連携

火山噴火時に必要な助言等を得るため、各火山において、平常時から火山や砂防専門家らと情報を交換するなどの連携体制を整える。

#### <解説>

火山噴火への対応に際しては、火山活動状況や土石流発生状況の分析・判断などの点で専門的な知識が必要となる。また、円滑な災害対応を行うためには、平常時から防災担当者および地域住民等が火山活動やこれに伴う土砂災害についての理解を深めておくことが必要であるが、一般には火山の活動は特殊な現象であるため専門家の協力が欠かせない。

以上から、関係する都道府県、地元市町村のほか関係部局と共同し、対象火山の専門家との連携・協力体制を構築することが重要である。

これらの火山専門家等との連携により、平常時には火山の知識や防災について防災担当者の教育や住民啓発を行い、火山噴火時には火山活動の見込みや土石流の危険性の増加などについて分かりやすい説明・助言を得られる体制を整える

### (3) 地域住民との連携・協力

噴火時の緊急的な対応を円滑に実施するため、緊急的な対策の実施時に地域住民の協力・連携が得られるよう、日常的に、火山噴火による影響と噴火対策の効果について、地域住民への情報提供を行い、地域住民の啓発に努める。

#### < 解説 >

噴火時の避難や対策工事への協力などを円滑にするためには、地域住民が火山噴火時に被る被害や影響、火山噴火緊急減災対策砂防の目的および内容、その効果について、十分理解している必要がある。そのため、対象火山の特徴や噴火時の対策について、地域住民への具体的な周知啓発方法を検討して、その実施に努めることが重要である。

### 第3章 火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本

#### 第1節 火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本事項

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、緊急時に迅速かつ効果的な対策を実施するために、「噴火シナリオ」に基づく「緊急対策ドリル」を作成し、これに関連する平常時からの準備事項や市町村や関係機関等との役割分担などをとりまとめる。

<解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画においては、緊急的な除石、遊砂地などの緊急ハード対策や、火山活動の監視・観測体制や情報共有などの緊急ソフト対策について、緊急対策ドリルを作成し、これらの緊急対策ドリルおよび関係機関との連携事項についてとりまとめる。また、緊急時の対策を円滑に行うために平常時から実施しておくべき事項について検討する。

緊急対策ドリルは噴火シナリオにおけるケースと場面ごとの影響範囲及び被害の概略把握を踏まえて、噴火シナリオの中から具体的な対策を検討するケースを抽出した上で、対策方針を策定したケースごとに作成する。

火山噴火時には、火山活動の状況に応じて、適切な緊急対策ドリルを選択して状況に臨機応変に対応した対策を実施する。

噴火シナリオ … 対象火山において発生することが想定される現象とその規模、およびそれらの推移を時系列にまとめたもの

緊急対策ドリル … 噴火シナリオに示された噴火のケースごとに、緊急時の対応事項をまとめたもの。

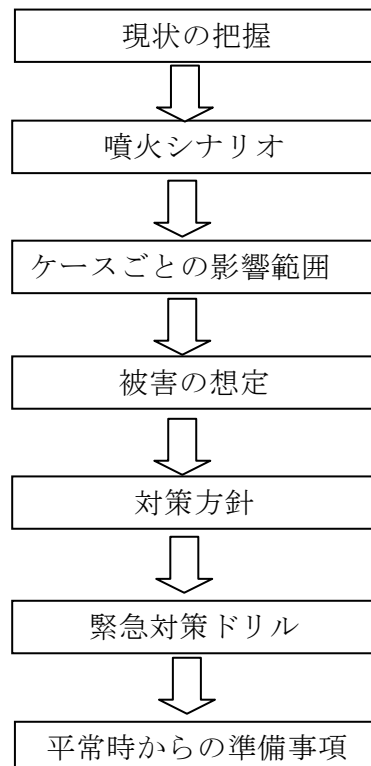


図 3-1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の検討の流れ

## 第2節 計画の対象火山

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、近い将来噴火する可能性が高いと考えられ、火山活動に伴う土砂移動現象により、大きな災害が発生するおそれがある活火山を対象に策定する。

### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画を策定すべき火山は、それぞれの火山において、今後の火山噴火の可能性、噴火発生の切迫度、噴火した場合の社会的な影響の大きさを考慮して判断する。

## 第3節 計画策定の主体および検討体制

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、火山ごとに、国および都道府県の砂防部局が策定する。

計画の検討にあたっては、火山ごとに学識経験者ならびに、関係する市町村、都道府県及び機関等により構成される検討会等を設置する。

この検討会等は、計画策定後も引き続き、平常時からの火山防災対策全般についての情報交換を行う場として活用することが望ましい。

なお、必要に応じて、本検討会等において、火山噴火時の警戒避難体制などについても検討する。

### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定にあたっては、噴火シナリオや地域特性に基づく制約条件、優先度等の計画策定に必要な検討・調整事項があることから、以下の関係機関等からなる検討会等により検討することを基本とする。特に、本計画は関係する市町村及び都道府県の防災対策に密接に関係することに十分留意する必要がある。

- \* 国および都道府県の砂防部局、国土技術総合研究所並びに（独）土木研究所等
- \* 気象庁（火山監視・情報センターおよび地方气象台）【火山監視・火山情報】
- \* 対象火山に詳しい学識経験者 【火山学、砂防学等】
- \* 都道府県の防災部局 【防災対策全般】
- \* 関係市町村及び地域防災に関する協議会等 【防災対策全般】
- \* 防衛省・自衛隊 【災害時の支援（火山活動の監視、避難救援の支援など）、演習場の管理】
- \* 警察 【災害時の避難誘導、避難地の警備など】
- \* 消防 【災害時の避難誘導・救援など】
- \* 海上保安庁〔管区海上保安本部等〕 【海上の警戒区域設定など】
- \* 環境省〔自然保護事務所等〕 【国立公園の管理】
- \* 林野庁〔森林管理局・森林管理署〕、都道府県林務部局 【国有林等の管理等】
- \* 報道機関 【住民への周知・広報】 など

噴火シナリオについては、国および都道府県の砂防部局、気象庁（火山監視・情報センターおよび地方气象台）、対象火山に詳しい学識経験者ならびに都道府県・市町村の防災部局を中心とするワーキンググループによって検討することを基本とする。

#### 第4節 計画に記載する事項

火山噴火緊急減災対策砂防計画には、次の事項について記載する。

- ・ 計画策定の基本事項
- ・ 対策方針
- ・ 緊急時に実施する対策
- ・ 平常時からの準備事項
- ・ 関係機関との役割分担 など

<解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、火山噴火時に実施する対策に共通となる基本的な事項、および砂防部局が実施する対策について、関係各機関間の共通認識とし、噴火時の対策が円滑に進められるように、これらの事項について、火山噴火緊急減災対策砂防計画に記載する。

また、それぞれの対策において、市町村等の地方公共団体や関係機関との役割分担を図る必要のある事項についてまとめておく。

記載事項の具体的な内容については、第4章火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定によって検討した内容とする。

#### 第5節 計画の効果評価

策定した計画については、対策の妥当性を判断すること、必要性を説明することなどのために計画の効果进行评估する。

火山噴火緊急減災対策砂防の効果は、対策の実施前後での被害想定の内容を比較することによって評価する。評価にあたっては可能な限り定量的な指標を用いる。

<解説>

火山噴火緊急減災対策砂防は、火山噴火という切迫した状況の中で実施するもので、噴火時には、市町村等と連携しながら必要な対策を迅速に実施することが求められる。そのため、あらかじめ、噴火が発生した場合の被害と緊急対策の効果をわかりやすく示しておくことが必要である。

計画の評価では、費用対効果などの数値だけでなく、対策による被害程度の変化などを示す。被害程度の比較をできる限り定量的に表現するために、数値シミュレーション結果を用いることを基本とし、想定される被害の範囲と被害の内容について、対策の前後の状況を整理する。



評価にあたっては、以下に示す指標を参考に、各火山の地域特性を考慮の上、適切な評価指標を選定する。

- ① 想定される被災人家戸数、被災人口および災害時要援護者数
- ② 想定被害金額
- ③ 想定氾濫の面積、想定氾濫区域内の避難関連施設数、公共施設などの重要施設数
- ④ 影響区域内の鉄道、道路延長ならびに被災時の迂回時間
- ⑤ その他定量的に被害を算出できる項目
  - ・ 土砂移動現象の流下時間の遅延による要避難時間の増加
  - ・ 風評被害を軽減することによる地域産業への被害の軽減
  - ・ 復旧・復興にかかる経費、期間 など

## 第6節 計画の実効性の確保

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、計画策定機関および関係機関の防災業務計画又は地域防災計画等へ反映するとともに、防災訓練等の実施により、噴火時に対策が円滑かつ効果的に実施できるようにその実効性の確保に努める。

### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、計画策定機関の防災業務計画等へ反映し、緊急時の対策の具体的実施体制を整備する。さらに、計画策定機関は、地方公共団体並びに関係する防災機関に本計画の周知を図り、各機関の防災計画等に反映されるように努める。

火山噴火緊急減災対策砂防の実施にあたっては、情報伝達、実施の判断、対策場所の優先度や実施内容の判断、工事の安全確保など、多くの実施事項があり、日頃から、これらの運用についての確認を行っておくことが必要である。

このため、緊急時の対策を実行するために不足している事項などの課題を把握し、計画および実行体制を改善するために、防災訓練などによって火山噴火緊急減災対策砂防計画の実効性を検証する。防災訓練については、各機関の訓練のほかに、各地域における合同の避難訓練や総合的な防災訓練など、火山防災対策全体の枠組みにおける対策の実施体制について、計画の見直しも含め、定期的に検証することが重要である。

## 第7節 計画の見直し

対象地域の社会条件や施設整備状況、土地利用状況の変化が生じた場合や、火山活動状況に関して新たな知見が得られた場合には、必要に応じて計画を見直しする。

### <解説>

計画策定時に把握した状況について、社会情勢や土地利用状況の変化や新たな知見に基づく噴火シナリオなどの見直しに応じて計画を見直すことが重要である。見直しにあたって、以下に示す項目について調査を実施し、変化状況を把握する。調査結果に基づいて、①対策の実施可能期間、②対策の実施箇所、③対策の実施体制などを検討し、計

画を見直す。

- 1) 火山監視・観測体制（前兆現象の早期検知に関わるもの）
- 2) 噴火シナリオや火山情報等  
（発生する現象の想定に関わるもの、着手判断の時期に関わるもの）
- 3) 情報伝達・共有の状況（着手判断の時期に関わるもの）
- 4) 警戒避難体制（保全対象の優先度に関わるもの）
- 5) 保全対象の位置と対策が可能な土地の範囲  
（対策可能な土地の範囲に関わるもの）
- 6) 緊急ハード対策で対処可能な規模  
（新技術・新工法など施工能力に関わるもの）

## 第4章 火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定

### 第1節 計画の構成

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、以下の内容を基本として構成する。

#### 1. 計画策定の基本事項の整理

##### 【現状の把握】

地域の社会的条件、防災対策の整備状況などについて整理する。

##### 【噴火シナリオの作成】

過去の火山活動の履歴、当該火山において発生が想定される現象について、時系列で整理する。

##### 【想定される影響範囲と被害の把握】

噴火シナリオのケースと場面ごとに、影響範囲と保全対象に対する被害の概略を把握する。

#### 2. 対策方針の設定

##### 【対策を検討する噴火シナリオのケースの抽出】

噴火シナリオのケースと場面に応じた具体的な対策を検討するために、被害が生じる噴火シナリオのケースを抽出する。

##### 【対策方針の前提条件の検討】

- ① 対策開始のタイミングの検討
- ② 対策可能期間（時間的余裕）の検討
- ③ 対策可能な現象・規模の検討
- ④ 対策場所（空間的余裕）の検討
- ⑤ 対策実施体制の検討

など、対策方針の設定の前提となる条件を検討する。

##### 【対策方針の設定】

噴火シナリオと前提条件をもとに、火山噴火緊急減災対策で対象とする現象と規模や保全対象の重要度など、対策の方針についてまとめる。

#### 3. 緊急時に実施する対策の検討

##### 【緊急対策ドリルの基本構成】

##### 【緊急ハード対策ドリルの作成】

対策方針に基づき、具体的な施設の配置、施工計画等について時系列に整理する。

##### 【緊急ソフト対策ドリルの作成】

対策方針に基づき、具体的な機器の配置、運用方法について時系列に整理する。

※ それぞれのドリルにおいては、実施の際に必要な仮設や準備を含め、具体的な方法・手続き・数量などについて整理する。

##### 【火山噴火時の緊急調査】

火山噴火時に緊急的に実施する調査の項目・内容について整理する。

#### 4. 平常時からの準備事項の検討

##### 【平常時からの準備が必要な事項】

- ・ 火山山麓緩衝帯
  - ・ 緊急支援資機材の確保
  - ・ 火山防災ステーション機能の強化
  - ・ 光ケーブル等の情報通信網の整備
  - ・ 火山データベースの整備
- など

緊急時の対策を行うために、平常時から整備しておくべき事項について検討・整理する。

また、緊急対策の効果を考慮して、平常時から進めておくべき整備水準などについてあわせて検討する。

図 4-1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の構成

## 第2節 計画策定の基本事項の整理

### (1) 現状の把握

計画の策定にあたって、次の項目について現状を把握する。

- ① 土地利用や法規制の状況
- ② 保全対象となる社会資本などの状況
- ③ 防災対策の状況（火山の監視・観測体制、情報の伝達・共有の状況、警戒避難体制、対策施設の整備状況）
- ④ 噴火時の対策の実施体制

<解説>

火山噴火緊急減災対策砂防の検討にあたっては、火山防災対策全般にわたる計画検討時点の進捗状況や現地の社会的条件などを把握する必要がある、計画策定の基本事項として、主に、次に示す事項についての現状を把握する。

#### ①土地利用や法規制の状況

- \* 山麓域および周辺地域の土地利用状況
- \* 山麓域および周辺地域に指定されている各種の法規制の状況 など

#### ②保全対象となる社会資本などの状況

- \* 被害が想定される地域の保全対象の種類・数と分布
- \* 被害が想定される地域の公共施設の種類・数と分布 など

#### ③防災対策の状況

- \* 火山活動の監視・観測体制、火山情報などの発表体制
  - ・ 監視機器の配置状況、監視・観測している内容および観測頻度
  - ・ 現状の監視・観測によって推定できる火山現象の種類と規模
  - ・ 前兆現象の検知から火山情報が発表される時期。特に噴火の切迫性を示す火山情報の発表時期と噴火までの経過時間
- \* 情報伝達・共有の状況
  - ・ 情報伝達の方法（情報伝達経路、情報システムの状況など）
  - ・ 伝達される情報の内容
  - ・ 地域住民の防災情報に対するニーズ（アンケートなどの結果がある場合）
- \* 警戒避難体制
  - ・ 地域防災計画（火山災害対策編）の記載内容
  - ・ 災害対策本部の運用方針（設置時期など）
  - ・ 避難勧告・指示の発令基準、警戒区域・避難区域の設定方法
  - ・ 関係する地方整備局、都道府県間、市町村間の広域連携体制
  - ・ 緊急時の道路通行規制

- \* 対策施設の整備状況
  - ・ 砂防事業や治山事業などによる施設の整備状況と効果量 など

#### ④ 噴火時の対策実施体制

- \* 実施機関の組織・人員などの状況
- \* 災害時の応援などの体制 など

## (2) 噴火シナリオの作成

火山噴火緊急減災対策砂防計画の基礎的な資料となる噴火シナリオを噴火履歴調査結果や火山観測記録などから作成する。

### < 解説 >

噴火シナリオとは、対象火山において発生することが想定されている現象とその規模およびそれらの推移を時系列にまとめたものである。

噴火シナリオの作成に当たっては、火山性地震の多発などの前兆現象の発生から火山活動の活発化を経て、噴火が開始してから後の火砕流・溶岩流などの現象の発生、そして噴火の終息までの流れを、時系列で整理する。想定しうる噴火規模と段階に対応して複数の現象の推移が考えられ、それらがある推移段階で分岐する可能性がある場合には、分岐図（イベントツリー）として示す。

対象火山で想定される全ての噴火の推移を示したものを噴火シナリオと呼び、このイベントツリーのうち、ある一つの噴火の推移を取り出したものを噴火シナリオの「ケース」と呼ぶこととする。また、この噴火シナリオのケースの中で、ある段階の状況を取り出したものを噴火シナリオの「場面」と呼ぶこととする。

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、噴火シナリオをもとに、次の手順で対策を検討する。

- ① 噴火シナリオのケース及び場面ごとに想定される現象の影響範囲の把握
- ② ①に基づく被害の想定
- ③ 対策方針の設定
- ④ 緊急対策ドリルの作成

なお、対象火山の噴火履歴が少ない場合は詳細な噴火シナリオが設定できない場合もある。その場合には噴火履歴調査結果に基づく概略の噴火シナリオを設定しておく。

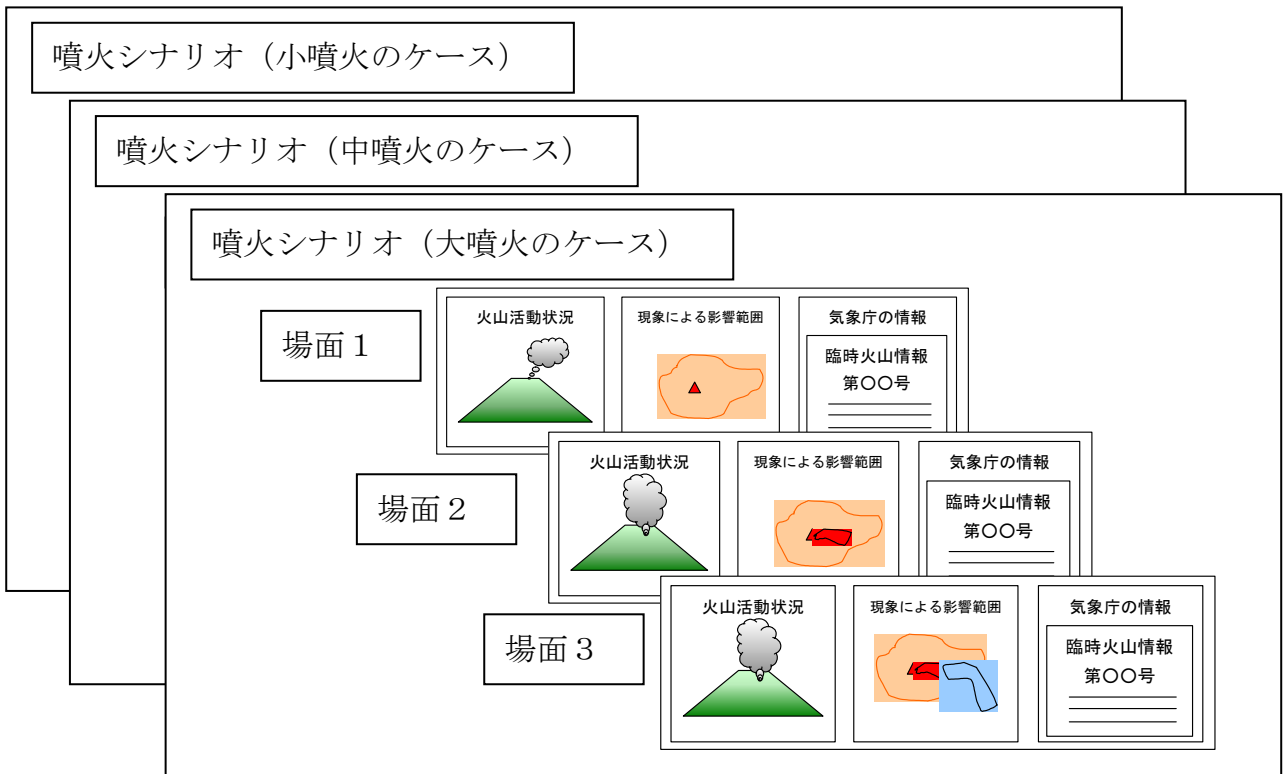
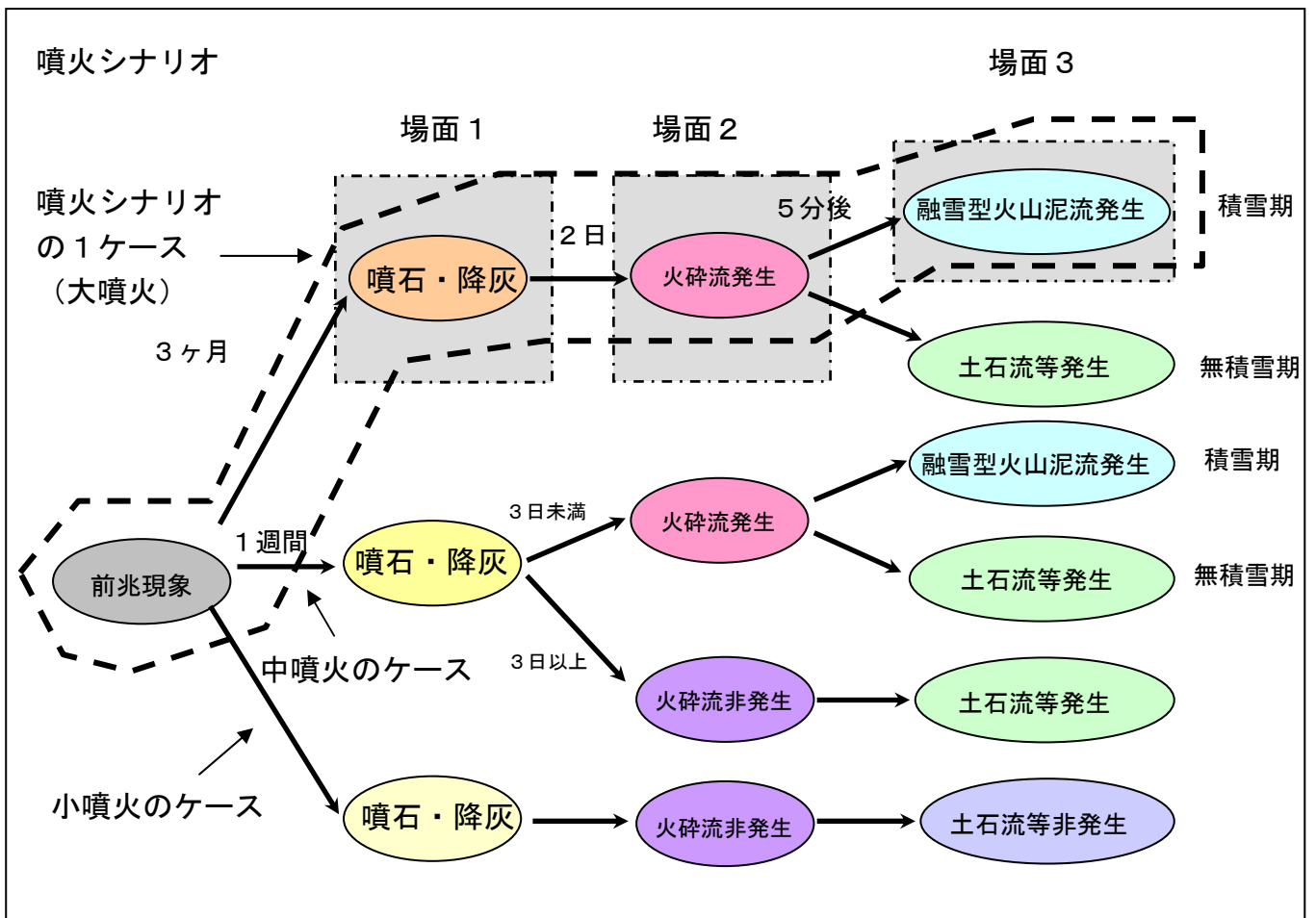


図 4-2 噴火シナリオのイメージ

### (3) 想定される影響範囲と被害の把握

対象火山において、噴火シナリオのケースと場面ごとに、影響範囲と保全対象に対する概略の被害を把握する。

#### <解説>

噴火シナリオのケースの中には、現象の特性や規模からハード対策による対応が困難な現象も含まれるが、対応方針を検討するにあたっては、これらの対応が困難なケースも含め、想定される影響範囲と災害の原因なる現象などについて整理しておく。

想定される影響範囲は噴火履歴調査結果に基づく実績あるいは数値シミュレーション等（既往の災害予想区域図の検討資料なども参考にする）によって把握する。

この影響範囲に基づいて噴火シナリオのケースと場面ごとに、想定される被害範囲と被害状況を把握する。想定される被害の範囲は地図上に整理する。

保全対象に対する概略の被害はハード対策を実施できるかなどの方針を判断するために用いることから、被害が想定される集落や公共施設などの位置関係などを概略把握することに留め、具体的な被害数量（保全人家戸数や被災道路延長）の算出は緊急対策ドリルの作成段階で詳細な整理を行う。

なお、緊急的なハード対策を詳細に検討する必要がある噴火シナリオのケースについては、対策による具体的な効果が必要となるため、本項で数値シミュレーション計算を実施しておく。

## 第3節 対策方針の設定

### (1) 対策を検討する噴火シナリオのケースの抽出

噴火シナリオのケースと場面に応じた具体的な対策を検討するために、被害が生じる噴火シナリオのケースを抽出する。

#### <解説>

被害がほとんど生じない微小噴火の噴火シナリオのケースやカルデラなどを形成するような現実的には対応不可能な噴火の噴火シナリオのケースは本計画の対象としない。したがって、対策を検討する噴火シナリオのケースは、全ての噴火シナリオのケースからこれらのケースを除いたケースを抽出する。

## (2) 対策方針の前提条件の検討

火山噴火緊急減災対策砂防計画の対策方針を検討するにあたって、緊急時に実施する対策の開始タイミング、実施可能期間、対応可能な現象の種類とその規模、実施可能場所、実施体制などの対策方針の前提条件を検討する。

### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、火山活動状況と地域の社会条件などに基づいて、被害を軽減するための対策を検討するものであり、時間的・空間的な制約などの状況を把握した上で、実施可能な対策を検討することが必要である。

そのため、対象火山地域において緊急時の対策を実施する際に制約となる条件を整理しておく。

対策の実施にあたって制約となる事項は、主に、①対策開始のタイミング、②対策を実施できる期間、③対応可能な種類と現象、④対策が可能な場所、⑤対策実施のための体制などであり、緊急時に実施可能な対策の量・規模などを具体的に検討するために、これらの制約条件について整理する。

### 1) 対策開始のタイミングの設定

対策開始のタイミングは、対策を実施することができる期間に関わるものであり、噴火シナリオに基づく火山噴火の前兆現象の観測や火山情報などの発表を参考にして設定する。また、対策開始のタイミングは、地域住民の避難対策とも関連するため、市町村、都道府県や関係機関との連携を図りながら設定する。

### <解説>

緊急対策ドリルでは、想定される被害に対して、時間的・空間的な制約の中で、緊急的に実施可能なハード対策やソフト対策を検討する。特に、時間的な制約が大きく影響するため、対策開始のタイミングの判断が重要となる。

対策開始のタイミングについては、噴火シナリオをもとに、噴火につながる明らかな現象などをもとに設定する。

なお、これらの着手判断には気象庁や火山専門家などからの詳細な情報の入手、火山活動の状況やその見込みについての綿密な情報交換が必要である。ここでは、気象台などから必要な情報が入手できる体制を構築することを前提として、対策開始のタイミングの設定を行うため、実施にあたってはこれに関わる情報伝達などの体制を整備しておく必要がある。



## 2) 対策可能期間

噴火シナリオの各ケースで想定されている現象の時系列推移とハード・ソフト対策の準備に要する日数を比較して、対策の実施に充てることのできる期間を設定する。

### <解説>

対策を実施することができる期間は、噴火につながる前兆現象を検知してから、噴火が開始して、火山泥流や溶岩流などの災害現象が保全対象に到達するまでの時間によって設定することができる。

また、前兆現象の検知から災害現象が保全対象まで到達する時間から、ハード・ソフト対策の施工準備に要する日数を差し引いておくことが必要である。

実施可能期間については、前兆現象の早期検知、施工準備期間の短縮、対象とする保全対象の選択・変更などの対応を行うことにより延長することができる性格のものであり、市町村や関係機関と調整を図りながら、対象火山での社会条件を考慮して、実施期間を可能な限り長く設定することができるように検討する。また、中・長期的な対応として、これらの制約となる条件をできる限り改善していくことが必要である。

なお、ここでの「実施可能期間」は、火山噴火緊急減災対策砂防計画上での対策工規模を設定するために、被害が発生し始めるまでの時間をもとに、便宜的に設定しているものである。従って、実際の噴火時の対応では、被害が発生した後も、被害の拡大を防ぐための対応を引き続き実施することが予想され、計画上で設定する「実施可能期間」にとらわれることなく、臨機応変の対応に努めることが必要である。

## 3) 対策可能な現象・規模

噴火シナリオのケースごとに想定されている発生現象とその規模をもとに、計画時点の施設整備状況において、緊急的な対策により対応が可能な現象とその規模を整理する。

### <解説>

緊急ハード対策により対応できる現象とその規模は、技術的・社会的な制約があり、噴火シナリオで設定されている噴火規模、発生する現象の特性、被害発生までの時間などの内容をもとに、対策可能な現象・規模についての考え方を整理する。

緊急ソフト対策についても同様に、実施項目と対応できる現象・規模についての考え方を整理する。

なお、対象とする現象とその規模は、第4節に示す対策ドリルの検討の中で具体的に設定する。

#### 4) 対策箇所

保全対象の位置、地形条件、土地利用状況・法規制などから、効果的な対策が可能な場所の範囲を抽出する。

##### <解説>

緊急ハード対策を実施する箇所は、保全対象の上流側で土砂の捕捉効果が高い地形条件（勾配など）、土砂捕捉容量を確保できる地形条件（土地の広さ）、工事中道路の確保などの施工性（アクセス性）などの条件から抽出する必要がある。

また、噴火時には安全管理上、実施可能箇所が限定される場合があり、土地利用状況や各種の法規制により、対策工事等の実施が困難な場合もあるため、周辺の土地利用状況や自然公園法などの法規制、噴火時の警戒区域の設定方法などの点にも留意して実施可能な範囲を抽出する。緊急ソフト対策についても同様に、実施項目ごとの技術的な適地と法規制などの社会的条件を考慮して、実施可能な範囲を抽出する。

なお、抽出にあたって、社会的な条件などから平常時には対応が困難な場合でも、緊急時において実施が可能となるような状況についても検討する。対象とする保全対象についても緊急時の状況を想定して、保全すべき対象の重要度を考慮し、実施箇所の範囲を検討する。

実施箇所に関しては、法規制に関する事前の調整、地権者の了解、無人化施工などの工事や作業の安全管理の配慮などの対応を行うことが前提であることから、中・長期的な対応として、これらの制約となる条件をできる限り改善していくことが必要である。

#### 5) 対策実施体制

計画検討時点において、噴火災害時に動員できる人員、調達可能な資機材などの実施体制について、状況を調査し整理する。

##### <解説>

緊急時に実施する対策は、前述の 1) から 3) に示した制約条件に加え、緊急的に調達できる資機材の種類と量、運搬経路の制約、施工業者との協定・契約、担当機関の計画・工事監督、契約などの事務処理などを実施する体制にも影響を受ける。そのため、これに関する現状や災害時の支援体制などについて、整理しておく。

なお、これらの条件を改善するために、平常時からの対策として、「緊急資機材の備蓄や調達手続きの整理」、「災害時の協定（法規制、施工体制）」などの検討を行い、事前に制約となる条件をできる限り改善しておくことが必要である。

#### 6) その他

各火山地域の自然的・社会的条件による制約について、各火山地域の特性を考慮して検討する。

##### <解説>

前述の各事項のほか、対策に要する費用は制約条件となりうるものであるが、計画検討の段

階では制約条件として扱わず、対策ドリルごとに概算費用と対策効果を算出し、実施の際の判断材料として整理しておく。

また、景観や生態系などの自然環境への影響は、緊急時に実施する対策施設の配置を検討する段階においては制約条件とはせずに、施設効果を最大限とする施設配置を検討することを基本とする。その上で、緊急対策施設などが自然環境や景観に与える影響や対策終了後の復旧の可能性とその方法などについての検討を行い、影響の程度と緊急対策の効果とを比較して対応の適否などの判断を行うことが必要である。

その他、対象火山において制約となる事項がある場合には、各地域の状況にあわせて制約となる条件などを検討しておく。

### (3) 対策方針の設定

緊急ハード対策により対応する対象現象とその規模、緊急ソフト対策の方針、保全対象の重要度など、噴火シナリオに対応した火山噴火緊急減災対策砂防の方針を設定する。

#### <解説>

ここでは、対策を検討する噴火シナリオのケースごとに想定される被害に対して、対応が可能な期間、現象・規模、土地利用などの前提の中で、火山噴火緊急減災対策砂防の方針を設定する。

対策の方針は、被害が想定される保全対象の重要度等を勘案し、対策の対象となるケースごとに緊急ハード対策、緊急ソフト対策の目標を整理する。

また、時間的・空間的制約により、砂防部局の対策により対処できる現象・規模には限界があり、砂防部局で対応が困難な噴火シナリオのケースは、他部局の対策を含めた中での対応を検討する必要があるため、火山噴火緊急減災対策砂防計画において、この点を明らかにしておくことが必要である。

以上の視点から、ここでは噴火シナリオで想定されている各種現象・規模に対して、緊急ハード対策で対応できる現象とその規模、実施箇所、実施期間など、基本的な方針を噴火シナリオと関連づけて整理しておく。

## 第4節 緊急時に実施する対策の検討

### (1) 緊急対策ドリルの基本構成

対策方針に基づいて、緊急時の対策を効果的に実施するために「緊急対策ドリル」を作成する。緊急対策ドリルとは、噴火シナリオのケースごとに実施する具体的対策を、時系列で整理したものである。

<解説>

緊急対策ドリルとは、噴火シナリオの各ケースに対応させて対策の実施事項を設定したものであり、火山活動の推移、火山情報の発表時期や災害対策本部の設置などの関係機関の動きと連携して、砂防部局が実施する対策を段階ごとに時系列でまとめたものである。

対策ドリルでは、主に火山噴火緊急減災対策砂防で実行する具体的な対策内容と工程などを整理する。

なお、実際の噴火時には、噴火シナリオの想定と現実の状況が噴火シナリオどおりには推移しないこともあるため、事前に検討しておいた対策ドリルの内容を、実際に発生している状況にあわせて、柔軟に変更・修正し、対策を実施することが必要である。

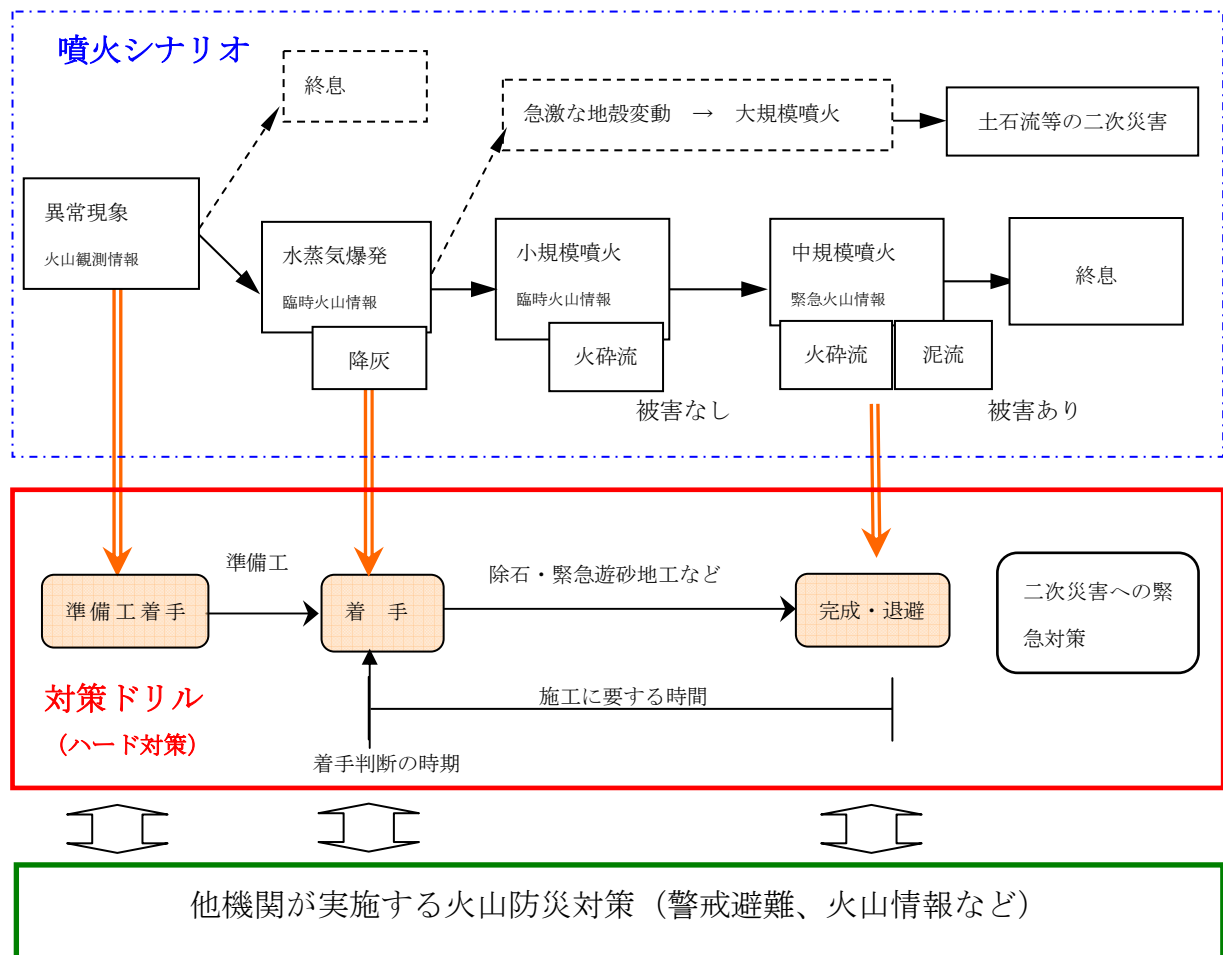


図 4-3 対策ドリルの概念図

- ※ 対応を開始すべき時期は火山ごとの特性によって異なる
- ※ 明らかな前兆が発生し対策に着手するようなケース、兆候があいまいで、準備に入りながら情報収集をして判断するケースなどが想定される

## (2) 緊急ハード対策ドリルの作成

緊急ハード対策ドリルの作成に際しては、対策工の工種・工法、基本的な構造、施設配置、施工のための仮設・資機材、工事の安全管理、施工に要する時間、対策の効果などについて検討する。

### <解説>

緊急ハード対策ドリルは、対策の方針に基づいて、噴火シナリオのケースごとに、可能な限り被害を軽減するための緊急ハード対策の実施事項をまとめるものである。

緊急ハード対策ドリルでは、発生現象に対応した具体的な工種・工法、仮設方法、施設配置などを、噴火シナリオの時系列的な推移にあわせてまとめる。噴火シナリオのケースが複数想定されている場合には、噴火シナリオのケースごとに緊急ハード対策ドリルについても複数作成する。

なお、緊急ハード対策では、想定される現象の規模や対策の実施可能な時間などから対応が困難な場合があることが想定され、この場合には、緊急的なハード対策での対応の限界などを示し、ソフト対策などの対応によることについて明確にしておく。

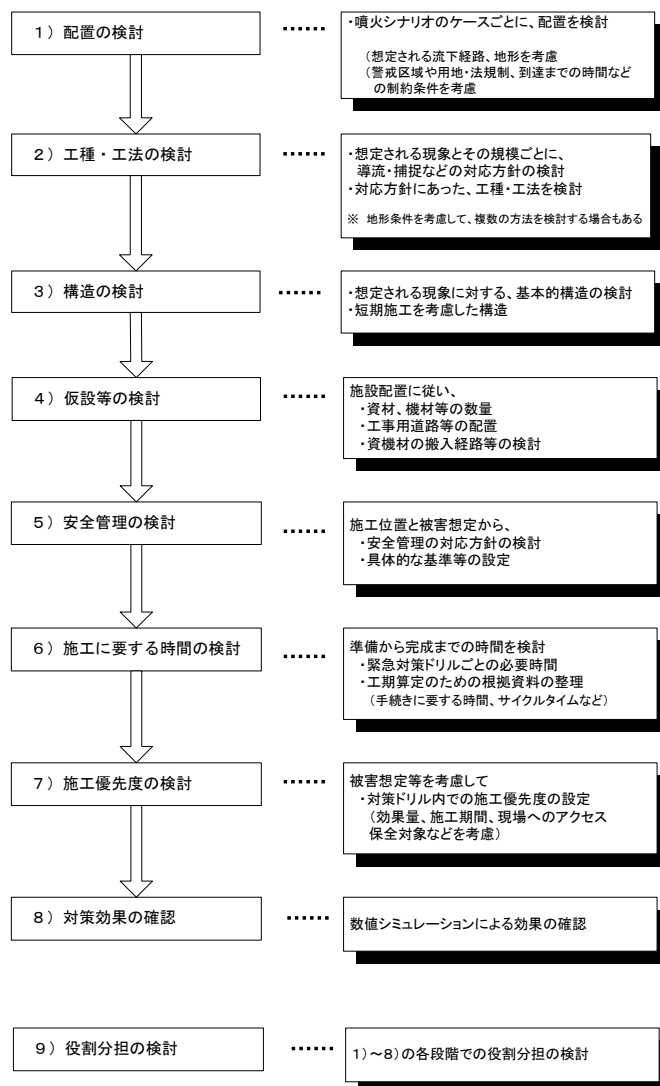


図 4-4 対策ドリルの作成手順

## 1) 対策工の配置の検討

緊急ハード対策施設は、噴火シナリオのケースごとに、発生が想定される現象に対して、制約条件の中で、泥流等の捕捉・導流などの効果を最大限発揮できる配置を検討する。

### <解説>

緊急ハード対策施設は、噴火シナリオで想定されている現象ごとに、流出範囲と規模を検討し、これに対応するための配置を検討する。

緊急時に、設置場所や設置方法についての検討を行う時間を極力短縮するためには、緊急対策ドリル作成の中で、速やかに対策に着手できるように、対策ドリル検討時の基礎資料を整えておくことが必要である。

噴火により発生する現象はその時々火山活動状況により事前の想定から相違することもあるため、これに対応できるような対応策を検討しておく。

また、火山活動により地形条件などが変化することがあるため、リアルタイムハザードマップなどにより流出範囲を再検討して、緊急対策ドリルを修正して対応することが必要である。

## 2) 実施する工種・工法の検討

緊急ハード対策で実施する工種・工法の選定にあたっては、実施可能期間に基づき対策場所ごとの地域条件を考慮して、迅速に実施可能な方法を選定する。また、対策場所までの現象到達時間が非常に短い場所での対策などについては、工事従事者の安全にも配慮した施工法を採用する。

### <解説>

具体的な工種・工法の種類については、設置場所の制約条件を考慮して選定するが、想定される火山現象ごとに、対象現象の捕捉、導流などの対応方針を検討し、これに適した工種・工法を選定する。

また、緊急時に実施する対策であることに鑑み、既設施設の除石や簡易で作業効率が高い施工方法を選択することを基本とする。

その他、火砕流の到達、噴石の到達などの作業員の退避が困難な状況が想定される地域での施工、土石流や融雪型火山泥流の発生・流下域などでの施工については、無人化施工などにより作業員の安全を確保する。

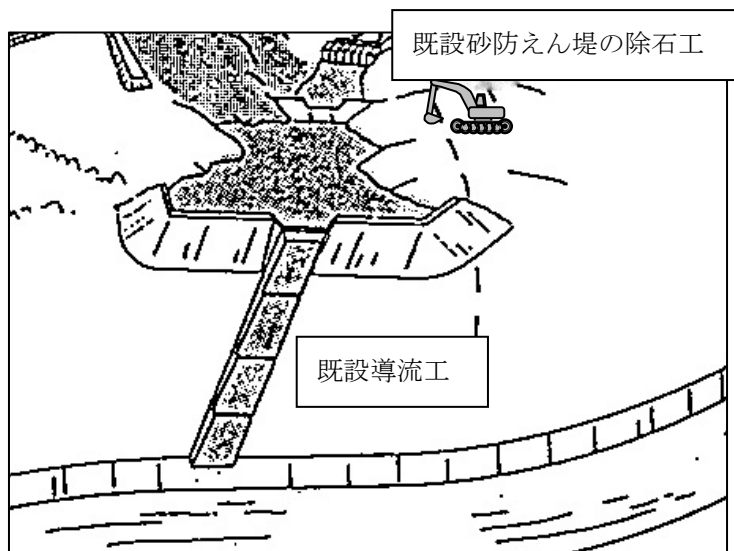
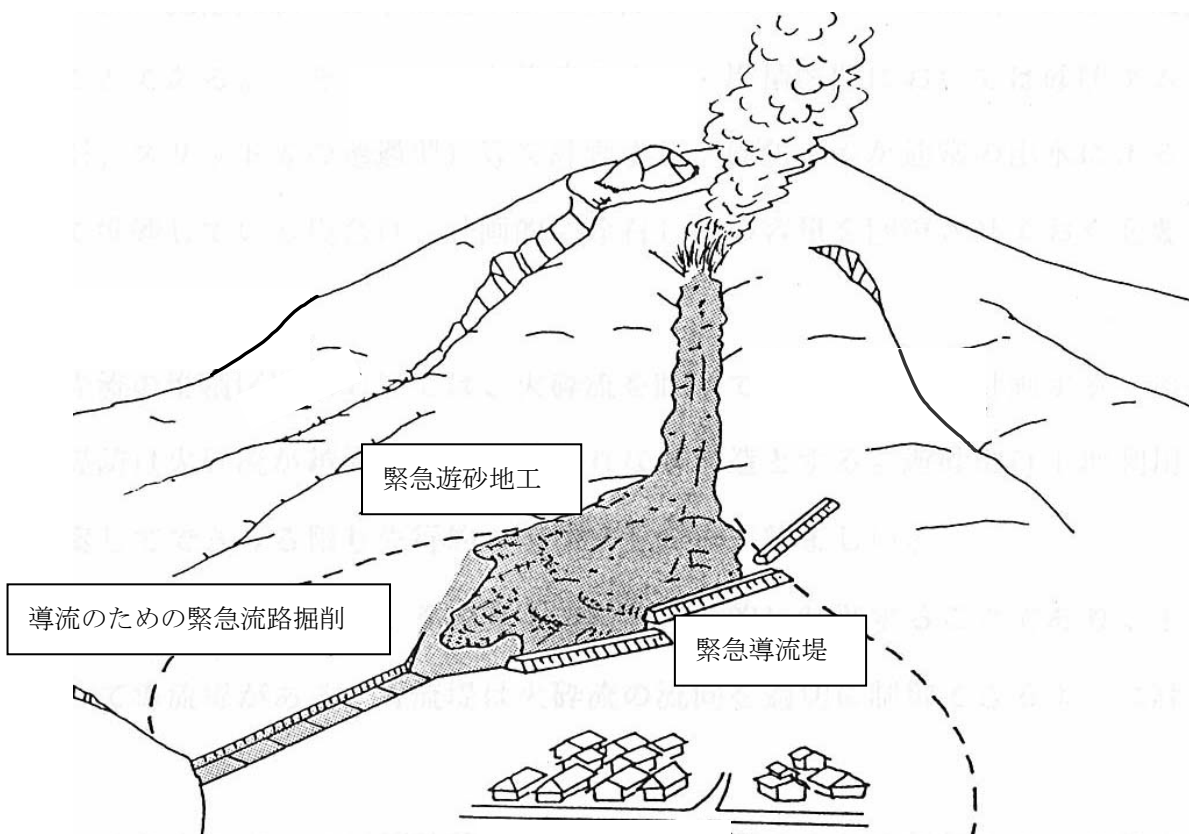


図 4-5 緊急ハード対策の工種・工法

### 3) 対策工の構造の検討

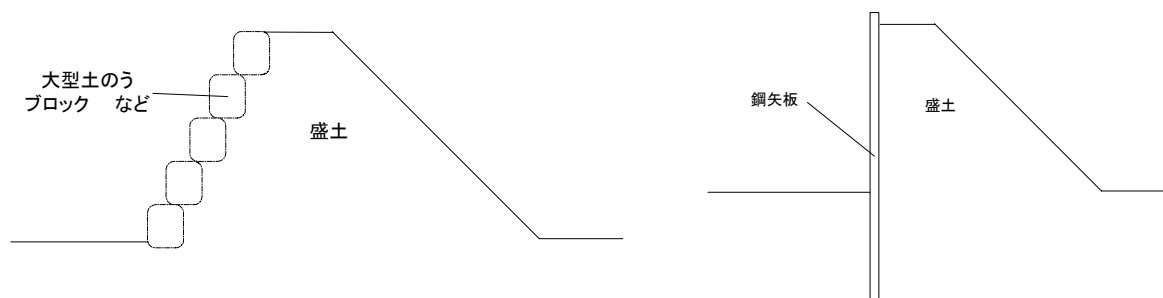
緊急ハード対策施設は、噴火シナリオで発生が想定される現象に対して効果を発揮できる構造とする。また、緊急的に実施する対策であることから、構造は迅速な設置・施工ができることを優先し、仮設的な構造とすることができる。

#### <解説>

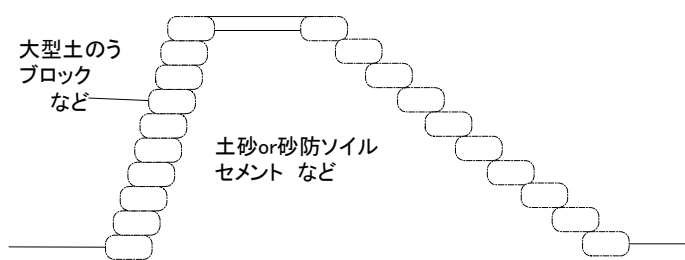
緊急ハード対策施設は、短期間に完成させること、また、場合によっては、噴火終息後に原形復旧することもあり得ることなどを考慮して、迅速な施工が可能な応急仮設的な構造を基本とする。構造の検討にあたっては、短期間に施工できることのほか、現地の施工条件や資材などの調達が容易であることなども考慮する。

噴火時に発生する現象はその時々火山活動状況によって、流下する現象の規模・流下方向などが変化することがあることも考慮して状況の変化に対応できるように嵩上げなどによる機能の強化が可能な構造としておくことも必要である。その他、溶岩流と火山泥流など複数の現象に対応する必要があるものについては、同一の施設で効果が発揮できるような構造としておく。

なお、緊急的に設置したハード対策施設の噴火終息後の扱い（恒久的な施設への改築や撤去など）は、噴火後に火山砂防計画を見直す中で検討する。



(緊急導流堤の概略構造の例)



(緊急砂防えん堤の概略構造の例)

図 4-6 緊急ハード対策の構造例



#### 4) 施工のための仮設などの検討

工事用道路の検討など仮設工の実施方法、資機材の調達・運搬などについても、具体的に検討する。また、これらの実施に関連する調整事項を確認し調整方法を検討する。

##### <解説>

緊急ハード対策施工のための仮設などについては、対策工の配置計画に基づき、必要な資機材の数量、調達・搬入方法、残土の処分方法、仮設道路の配置などとこれらに関連する手続きについて、あらかじめ検討しておく。

対策実施時には、検討や手続きなどの時間を短縮して迅速に着手することが求められるため、あらかじめこれらの事項についても対応に要する時間や事前の手続きなどを把握しておき、迅速な対応が行えるように検討しておく。なお、噴火時には、避難者の移動や立ち入り規制など平常時と異なる条件が加わる点にも留意する。

##### 検討すべき事項の例

- ・ 本体施工のための工事用道路の配置および土地の使用に関わる調整
- ・ 掘削などにより発生する土砂の量および処分場所・処分方法
- ・ 工事にかかる資材・機材の種類・数量、調達の方法及び手続き
- ・ 既存道路の道路網図の作成
- ・ 周辺の道路の災害時通行手続き（通行できるルート、障害となる橋梁などの状況、通行できる車両の規格（重量や高さの制限）、特車許可手続きなど）
- ・ 無人化施工の場合の無線通信の方法および許可などの手続き
- ・ ヘリコプター等を使用した運搬および設置
- ・ このほかにも、各火山で必要となる事項がある場合、適宜検討項目を追加する

#### 5) 工事などの安全管理の検討

噴火によって発生する現象が到達するなど、危険性が高いと考えられる範囲内で対策施設や監視・観測機器の配置などが必要な場合は、工事従事者の安全管理についても、噴火シナリオと関連づけて検討する。

##### <解説>

噴火時の緊急対策では、噴火に伴い発生する各種の現象が短時間で到達するなど、危険性が高い場合があり、工事従事者の安全管理について検討を行っておく。

工事などの安全管理では、噴火シナリオをもとに、噴石や火砕流などの現象がただ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、対応方法を検討しておく。

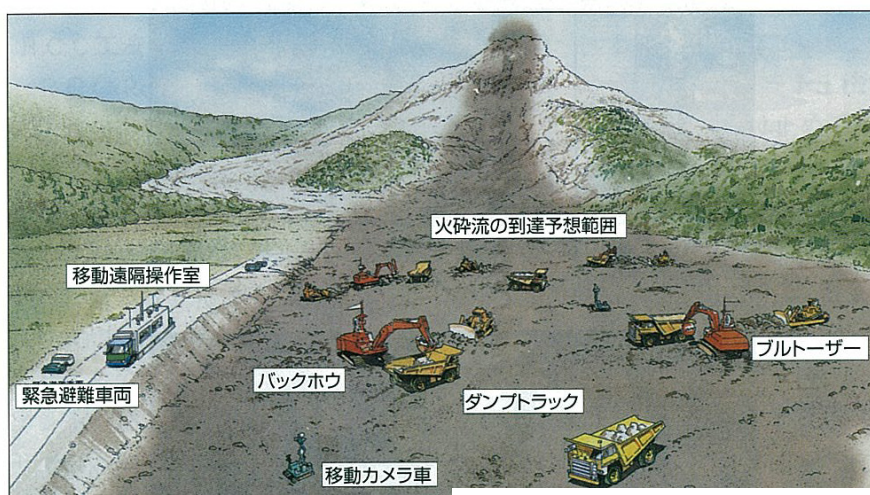
特に危険性の高い区域において対策を実施する場合には、無人化施工など作業員の安全に配慮した施工法を採用することを基本とし、緊急対策ドリルでは、その範囲、または判断方法などについて、噴火シナリオと関連づけて検討する。

作業効率や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）

また、無人化施工については、特殊な施工法であることから機材やオペレーターの調達・配置について、機材の所在場所の把握、迅速に運搬する方法の検討、緊急時に調達するための契約などの手続きなど、無人化施工を実施する際に必要となる諸手続について検討するとともに、モデル事業などを活用して、対象地域において試験的に運用するなどの対応により、運用上の課題を把握しておくことが望ましい。



無人化施工概念図

(出典：雲仙普賢岳噴火災害復興十年の歩み－雲仙復興工事事務所)

## 6) 施工に要する時間の検討

以上の検討をもとに、施工に要する時間を検討する。  
噴火時の計画変更に対応できるように、緊急対策ドリルごとの施工時間のみでなく、施工効率の算出などに関する検討結果を整理しておく。

### <解説>

前項までの検討事項をもとに、施工に要する時間を検討する。

火山噴火は想定どおりに事態が推移しない場合もあり、柔軟な対応変更を行うことや対応の変更に伴う必要時間を迅速に算出することなど、緊急時の対応の判断材料とするために、施工に要する時間、法規制手続き、資機材調達、仮設道路、本体工などの検討単位ごとに、日単位の施工量などの算出の基礎となる資料をデータベース化して整理し

ておく。緊急的な対策の実施時には、これらの資料をもとに、現場条件による作業効率の変化なども勘案しながら、施工スケジュールの見直しなどのフォローアップを行う。

## 7) 施工優先度の検討

全ての計画箇所に対して対策を実施することができない場合や、噴火が想定よりも短時間で推移した場合などを考慮して、あらかじめ実施箇所の施工優先度について、検討しておく。

<解説>

火山によっては、想定される被害の範囲が山麓の広範囲におよび、噴火前に溶岩流などの流下方向を特定することが困難な場合がある。また、時間的・空間的な制約の中で、全ての箇所に均等に対策を実施することが困難な場合も想定される。そのため、以下に示す項目を考慮して、対策箇所の施工優先度を設定する。

なお、緊急対策ドリルで設定した優先度は、実施にあたって、その時の噴火状況などを考慮して、随時見直しを行いながら対応する。

- ① 想定される土砂移動現象・規模の発生頻度
- ② 対策実施による被害の軽減効果
- ③ 保全される対象の重要度
- ④ 地域社会に与える影響

その他、緊急対策ドリルで前提とした対策可能期間は、噴火シナリオに基づく想定での実施期間を設定したものであるが、推移時間の予測は不確実なものであることから、実際の噴火時にはより短時間で状況が推移する場合も想定される。この場合、一部の施設のみの完成時点、あるいは施工中で現象の発生を受ける場合があり、その時点でできる限り高い効果を発揮させられるようにしておくことも必要である。そのため、噴火シナリオの同一ケースの同一溪流内についても、より効果の高い施設から対策に着手していく必要があり、このような視点によって、施工の優先度を設定しておくことが重要である。

## 8) 対策の効果の確認

以上の検討により作成した緊急対策ドリルについて、緊急対策ドリルごとに、対策による効果を数値シミュレーションなどにより確認する。

<解説>

緊急ハード対策による溶岩流や泥流の捕捉・導流などの土砂処理効果は、緊急対策ドリルごとに、数値シミュレーションによって確認する。これらの結果は、避難対策実行機関への情報提供に活用することも考慮して、緊急対策施設の配置前後の影響範囲の変化を地図上に図示して整理する。

対策の効果の検証結果は、より高い効果を発現させるため、対策が可能な土地の範囲などの前提条件を見直すことや、ソフト対策での対応を検討することなどに活用する。

## 9) 市町村等や関係機関との役割分担の検討

緊急ハード対策ドリルの検討をもとに、緊急ハード対策の準備・実施に関する市町村や関係機関等との役割分担を明確にする。

### <解説>

緊急対策ドリルをより効果的に機能させるためには、市町村等や関係機関との連絡や調整が必要となる。そのため、役割分担を明確にしつつ緊急ハード対策に関する連携・調整事項について整理する。

緊急ハード対策に関する連携事項は、主に次の事項などが想定される。このほかにも各火山の地域条件によって想定される事項を適宜追加して検討しておく。

- \* 保全すべき地区・対象の優先度など、地域の合意形成に関わるもの
- \* 対策箇所の土地使用など、地域住民などの協力・連携に関わるもの
- \* 平常時からの対策方針などに関する情報交換
- \* 警戒区域の設定、災害時優先道路など、災害体制に関わるもの
- \* 国有林、国立公園など、土地の使用に関わるもの
- \* 防災関係施設の配置・構造など、砂防事業で実施する緊急ハード対策施設の計画を検討するための現況での整備状況に関わるもの
- \* 資材備蓄、特殊車両の通行など、工事資機材の運搬に関わるもの など

### (3) 緊急ソフト対策ドリルの作成

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、工事現場の安全確保や避難対策を支援するための情報提供などのために必要な対策の実施方法について検討する。

#### <解説>

緊急ソフト対策ドリルは、緊急ハード対策の検討（規模決定や工事安全確保など）、避難支援のための情報提供、工事現場の安全確保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、リアルタイムハザードマップ作成、砂防部局からの情報提供と情報配信システムの整備など）を整理したものである。

#### 1) 避難対策支援のための情報提供

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、被害想定区域などの避難に関する情報の提供および市町村の避難対策の支援を行う。

そのために必要な情報収集方法および市町村などへの情報提供・支援の方法について、気象庁などの関係機関と連携して実施方法を検討する。

#### <解説>

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、さらに引き続き発生する災害についての情報提供が求められる。

砂防部局においても、火山活動が活発化し災害の発生のおそれがある場合に、避難対策を実施する市町村などや、管区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への警戒情報 など

以上のため、関係機関と連携し、市町村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
- \* 市町村、都道府県などの災害対策本部との連携体制
- \* 地域住民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しくみ など

## 2) 火山監視機器の緊急的な整備

設置する監視・観測機器の種類は、火山活動の特徴や監視・観測項目の目的に応じた観測精度などを考慮して選定する。機器の配置は、制約となる条件の下で、より効果的な位置を選定し、設置にあたっての運搬方法や設置方法についても具体的に検討する。

また、これらの機器により得られた情報の分析や提供方法についても併せて検討する。

### <解説>

火山監視機器の緊急的な整備については、緊急対策工事の安全確保などのために土砂移動現象の状況を監視する監視機器の整備について検討する。

監視機器の種類は、火山活動の特徴や監視・観測項目の目的に応じた観測精度などを考慮して選定するが、緊急対策であることに鑑み、できるだけ簡易で短期間に設置可能なもの、調達が容易であるものを優先する。また、噴火の影響のない他所からの移設も併せて検討する。

噴火シナリオで想定されている現象ごとに、地形条件などの条件により流出が想定される範囲や通信のための設備環境など勘案して、機器の配置および監視機器により得られた情報を伝達するための通信設備などの配置を検討する。これらの配置は、噴火の状況が想定から変化した場合に柔軟に対応できることも考慮して検討しておく。

なお、噴火時の監視機器の緊急整備にあたっては、被害想定範囲などから設置の際の安全確保についても十分注意を払う。

緊急時に実施する監視機器の整備については、主に次のようなものがある。

\* 監視カメラの設置

\* 雨量計の設置

\* ワイヤセンサー、振動センサーなどの検知センサーの設置 など

緊急時には具体的な場所や設置方法について検討する時間がない場合も想定されるため、緊急対策ドリルの中で、速やかに対策に着手できるように資料を整備しておく。

## 3) リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定

緊急ハード対策の検討や避難範囲の検討に使用するため、当該噴火の火山活動の状況にあわせて、リアルタイムハザードマップを作成し、必要な関係機関に情報提供する。そのための実施方法および情報提供も含めた運用体制について併せて検討する。

### <解説>

リアルタイムハザードマップは、火山災害予想区域図の一種で、噴火の前兆期以降に、火山活動状況にあわせて土砂移動現象の影響範囲、堆積深などを想定するものである。

リアルタイムハザードマップは、噴火時の状況を見ながらシミュレーション計算を実施する部分と既存の被害想定図を記録・保存しているデータベース部から構成される。

噴火から被害発生までの時間的余裕が無い場合は、実際に発生している状況に最も近似した条件に基づく計算結果の現象をデータベース部から取り出して使用し、大きな地形変化が生じた場合、今後想定される場合や想定から大きく異なった現象が発生した場合には、シミュレーション計算により、被害想定範囲を設定する。

緊急ソフト対策ドリルにおいては、噴火シナリオのケースごとに、リアルタイムハザードマップを用いて被害想定を行うことが必要な現象、数値シミュレーション計算時のパラメータの設定方法、パラメータ設定に必要な噴火時のデータの入手方法などについてあらかじめ検討しておく。また、地形変化に対応するためにレーザー地形計測などによる地形情報の取得などについても事前に検討しておく。

リアルタイムハザードマップの成果は、施工現場や市町村などの提供先、その使用目的、使用者にあわせた提供方法、提供の時期、などについて、あらかじめ検討しておく。

#### 4) 光ケーブルなどの情報通信網の整備

噴火に対応して各種の対策を実施する各機関との情報伝達の体制および伝達共有すべき情報の内容を確認し、必要に応じて、監視機器の情報を施工現場や市町村などの関係機関などに提供するため、並びに関係機関からの情報を入手するための光ケーブル網などの情報通信網の緊急整備の方針および方法について検討する。

##### <解説>

火山監視機器などから得られる情報は、緊急ハード対策工事の安全確保に資するように情報を配信するとともに、避難誘導などの関係機関に随時情報を提供する手段としくみを検討する。

また、対策実施の判断などに必要となる情報入手時の情報伝達についても関係機関と連携して、情報共有を図る情報システムを検討する。

緊急対策ドリルにおいては、噴火シナリオごとに、入手・配信すべき情報、入手・配信先、現状での入手・配信の状況と方法について整理する。現状の情報システムによって対応が困難な部分がある場合には、緊急的な情報配信や収集のための機器整備方法（情報コンセント等の配置間隔など）の検討あるいは事前の計画的な整備について検討する。

その他、施工現場や市町村など配信情報を使用する者にあわせた提供方法および情報の扱い、情報を提供できる時期の目安などについて検討しておく。

入手・提供すべき情報は、主に次のようなものがある。

- \* 火山活動状況と見込みに関する情報
- \* 想定される被害に関する情報
- \* 土砂災害の警戒避難情報
- \* 土砂移動状況の監視情報
- \* その他、関係する各機関の対策の状況 など

#### 5) 市町村等や関係機関との役割分担の検討

緊急ソフト対策ドリルの検討をもとに、緊急ソフト対策の準備・実施に関する市町村や関係機関等との役割分担を明確にする。

##### <解説>

これまで検討した緊急対策ドリルを有効に機能させるためには、関係する各機関と

の調整が必要となるため、緊急ソフト対策に関する連携・調整事項についてまとめる。

#### (4) 火山噴火時の緊急調査

火山噴火時に、そ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、火山活動の活発化を受けて実施する調査の内容・方法について、的確な危機管理対応に資するよう検討する。

なお、調査にあたっては、必要に応じて、国の機関と都道府県が連携して実施する。

##### <解説>

火山噴火は、事前の想定と同一の位置・規模での現象発生が起こることは少ない。また、社会的な条件や地形などについても噴火時点での状況を把握することが必要となる。そのため、噴火シナリオに対応して各時点で把握すべき情報とその調査方法を検討する。

これらの緊急調査を円滑に行うため、平常時から、国及び都道府県の砂防担当部局、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必要がある。

火山噴火時に実施する調査については主に次のような事項がある。

##### \*噴火後の地形把握

- ・レーザー地形計測や人工衛星データなどによる地形変化の把握 など

##### \*山腹・山地溪流の荒廃状況の把握

##### \*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）
- ・積雪深
- ・降灰深、降灰分布 など

##### \*既設砂防施設の点検

- ・土砂堆積状況
- ・施設の損傷 など

##### \*対策方針検討のための社会的な条件

- ・想定される保全対象の状況・優先度
- ・避難などの状況
- ・被害の発生状況 など

##### \*噴火後の危険度の検討

- ・リアルタイムハザードマップによる危険箇所の想定
- ・土砂災害に対する警戒基準雨量の検討 など

##### \*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

##### \*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

なお、併せて調査技術の実施や精度を向上させるための技術開発を進める。



## 第5節 平常時からの準備事項の検討

### (1) 平常時からの準備の基本

緊急対策ドリルに示した対策を実施可能なものとするために、対策を実施する際に必要となる手続きや調整事項などを把握してまとめる。

これらのうち、平常時から進めておくことによって緊急時の実効性が高まる事項について、実施しておくべき準備事項とその内容（対策用地の使用に関する調整など）を整理しておく。

#### <解説>

噴火時に各種の防災対策を迅速に実施するためには、緊急時の対応事項に加えて、これに関連する平常時からの準備が必要である。火山噴火緊急減災対策砂防計画においても、緊急時に実施する対策のために必要な平常時からの準備事項について検討する。

平常時からの準備には、各種対策を展開する際に必要となる諸手続、資機材の調達・運搬などがあり、これらの時間的制約となる事項を事前に調整することにより、緊急時に対策を展開する際の時間的制約条件などの改善を図る。

### (2) 緊急対策に必要なとなる諸手続きの検討

緊急対策ドリルで検討した砂防施設の施工等にあたって必要となる手続きなどを検討し、実施事項とその内容をまとめる。

#### <解説>

緊急対策施設の本体施工、仮設、進入路の確保、資機材の運搬などに関しては、手続きなどに要する時間の短縮のために必要な準備事項（協定・契約などの手順・方法）について検討する。なお、災害時には、避難誘導などの行動を優先するために通行や立ち入りの規制などが行われる場合もあり、これらの対応についても関係都道府県・市町村などと連携し、調整を行っておくことが必要である。

ここでは標準的に必要となると想定される主な事項を掲げる。このほかにも、各火山の社会的な条件などにより制約となる事項がある場合は、各火山の特性にあわせて必要な事項を検討し、事前の調整・準備を行っておく。

- \* 工事中資機材の運搬搬入に関する手続き（道路使用、特車許可など）
- \* 工事中資機材の調達に関する手続き（資機材に関する災害時応援協定、緊急的な手配のための契約などの手続きなど）
- \* 工事契約に関する手続き（緊急随意契約に関する検討整理、災害時応援協定など）
- \* 土砂処分などの廃棄物に関する手続き
- \* 無人化施工のための無線許可などの手続き                    など

### (3) 対策に必要となる土地利用の調整

緊急ハード対策ドリルで検討した対策施設、緊急ソフト対策ドリルで検討した監視・観測機器の設置などのために、必要となる用地の確保方法について検討しておく。

#### <解説>

緊急的な対策を実施する期間は、極めて短い場合が多く、短時間で有効な対策を実施するためには、対策実施に必要となる用地の使用について事前に検討しておくことが必要である。

用地の使用については、事前の用地買収のほか、用地に関連する資料（地番図、用地境界、地権者およびその連絡先、その他の法規制など）のデータベース化、土地利用に関する協定などの手法があり、これらの手法について、あらかじめ必要な準備事項を検討し、可能な限り調整を図っておく。

緊急的な対策において使用する土地に他法令での規制などが行われている場合、関係法令に基づく手続きが必要となる。法令によっては災害時の手続きなどが定められており、これらの手続き内容についてその方法、手順などを検討し、事前に調整が可能な事項についての調整を図る。特に、手続きに時間を要するものについては、平常時から迅速に使用できるような調整を図っておくことが必要である。

調整を要する法規制などには主に次のようなものが想定される。

- \* 国立公園内での行為許可
- \* 国有林野の貸付け等の手続き
- \* 保安林内での行為許可
- \* 砂防指定地の指定手続き
- \* その他（緑地保全地区、景観条例、鳥獣保護区など）
- \* 地権者との土地利用に関する手続き

### (4) 火山山麓緩衝帯の設定

緊急ハード対策施設の施工を実施するために、火山山麓緩衝帯等を設定するなど、平常時から対策用地の確保に努める。

#### <解説>

火山山麓緩衝帯は、火山山麓において保全すべき対象の上流側に緩衝地域を設けることで、山麓への保全対象の拡大を抑制できること、かつ、この地域を緊急時の対策実施の場として活用することで火山災害の被害を軽減する効果を期待するものである。

火山山麓緩衝帯の範囲は、施設効果を発揮できる地形条件、想定現象の影響範囲、保全対象の分布などを考慮して、他機関による法指定などによる対応も含めて、実施方法を整理しておく。火山山麓緩衝帯の設定にあたっては、関係機関との連携・調整を図っておく。この場合、他法令による法規制がなされていない土地については砂防指定地の指定を検討する。

## (5) 緊急支援資機材の備蓄・調達方法の検討

緊急的な対策施工に必要な資機材について、緊急施工が迅速に実施できるように、資機材の数量・保有場所などをデータベースなどに整理することやあらかじめ備蓄しておくことなど、緊急時の調達と平常時からの備蓄の両面から検討する。

### <解説>

緊急支援資機材の備蓄などの検討は、緊急ハード対策施設の施工を迅速かつ効果的に実施するために、必要な資機材の調達方法について検討するものである。

資機材の調達方法には、地方整備局の有する災害時応援機材の使用、火山防災ステーションなどを活用した資機材の備蓄、周辺の施設からの移設、施工業者などとの協定、資機材の調達先などのデータベース化などの手法があり、各火山の状況にあわせて、これらを組み合わせて対応方法を検討する。周辺施設からの移設については、周辺地域での施設整備にあたって、火山噴火緊急減災対策砂防施設への緊急時の移設が可能となる配置や構造を検討しておくことも必要である。

また、緊急対策ドリルをもとに、必要となるコンクリートや土工の数量、施工機械や監視機器の種類とその数量などを把握する。これらの資機材については、運搬時間や現場周辺での備蓄可能量、運搬経路(通行可能な道路の位置、通行可能な車両の規格など)、仮置き場などを検討し、前述の各手法の中から対象火山において適切な手法を組み合わせ、調達スケジュールや具体的な調達方法など、それぞれの手法ごとに必要となる事前および緊急時の契約・協定などの手続きを検討する。以上により、緊急時の調達・確保の計画、平常時からの緊急支援資機材の備蓄の計画、これらの対応を支援するデータベースの整備を行う。

## (6) 火山防災ステーション機能の強化

火山噴火時において、火山災害の被害軽減を図ることを目的に、地方公共団体などと連携して各種の防災対策の実施を支援するため、火山防災ステーション機能の強化を行う。火山防災ステーション機能は、火山活動並びに土砂移動の監視機能および監視情報の住民などへの提供機能、緊急対策資材の備蓄機能などをいう。

また、火山防災ステーション機能を有する施設は平常時には火山防災の啓発・普及の拠点として活用する。

### <解説>

火山防災ステーションは、緊急時の火山並びに土砂移動の監視情報の集約整理、関係機関への提供、資機材の備蓄などの緊急対策の支援機能などが必要である。平常時には、火山や火山防災に関する知識の啓発・普及のための拠点になることを考慮する。このような機能を既存の防災施設などへ付加するなど、各種の対策の迅速な実施や住民などの迅速かつ的確な避難への活用を図るために防災ステーション機能の強化を図る。

また、火山山麓域が広域である場合については、このような火山防災ステーション機能を有する施設を複数設定し、これらを連携して情報などを集約する施設を検討するこ

とも必要である。

## (7) 光ケーブル網などの情報通信網の整備

火山噴火に対応する各機関との情報共有体制および情報の項目を検討し、火山噴火時に監視機器の情報を施工現場や市町村などの必要な関係機関に提供するために、平常時から、光ケーブル網などによる情報通信網の整備について検討する。

<解説>

監視・観測機器から得られた情報は、緊急ハード対策の工事などの安全確保に資するように情報を提供するが、さらに、これらの情報を関係機関などに随時提供できるしくみを検討する。

また、対策実施の判断などに必要となる情報入手についても併せて検討し、必要な機関との間に情報共有を図ることができる情報システムを検討する。

情報通信網の検討にあたっては、噴火シナリオごとに、入手・配信すべき情報、入手・配信先、現状での入手・配信状況とその方法について整理し、緊急時の対応が困難な部分などについて、平常時から設置しておくべき機器などの配置および機能について検討する。

その他、火山噴火緊急減災対策砂防の実施判断に必要な情報については、平常時から関係機関と情報の入手方法についての調整を図り、情報が必要な時期・内容、情報伝達方法などについて、あらかじめ実施方法を定めておく。

また、噴火現象により光ケーブルなどの切断などが生じるおそれのある場合には、バックアップ体制を検討し、復旧までのフェールセーフ処理も構築する。

伝達・共有すべき情報については、第4節(3)緊急対策ドリル 4)光ケーブルなどの情報通信網の整備に示したとおり。

## (8) 火山データベースの整備

火山噴火緊急減災対策砂防計画の検討の基礎資料とするため、対象火山及びその周辺地域に関する火山データベースを構築し、情報の管理、共有などに活用する方法について検討する。

<解説>

火山データベースは、平常時には砂防計画の基礎資料として、また、緊急時には対象火山に関する対応策の基礎資料として利用することを想定し、標準的には以下の項目に関する情報を格納する。

- ① 火山活動履歴(年代、噴火様式とその時系列、規模、被害、またこれらに関する調査研究資料、文献など)
- ② 地形DTM(数値シミュレーション、施設配置などに対応可能なメッシュサイズとする)
- ③ 既設砂防施設、治山施設、道路など公共土木施設などの位置、規模など
- ④ 被害想定などのシミュレーション結果(無施設および施設配置後《緊急ハード対策ドリル検討結果を含む》)
- ⑤ 関係機関の砂防計画、調査資料

- ⑥ 関係する各機関の防災計画書など
- ⑦ 資機材などの備蓄・調達に関する資料
- ⑧ 対策工法の設計・計画手法に関する資料（緊急対策ドリル検討時の根拠資料など）
- ⑨ 用地に関する資料
- ⑩ その他火山砂防計画、事業実施に必要な資料

※ これらのデータベースは、これを管理する砂防部局（直轄事務所や都道府県）で利用するだけでなく、緊急時に関係機関が基礎的な情報を共有できるようにオンライン化するなど、平常時からの利活用方法と併せて利用目的と手法を明確化しておく。また、データの更新も適宜実施する。

上記のうち、②③④については、リアルタイムハザードマップのデータベース部分に対応するものを含んでおり、必要に応じてリアルタイムハザードマップシステムに組み込んでおく。

#### （９） 地域住民、市町村や関係機関との連携事項の検討

平常時からの準備事項の検討結果に基づき、地域住民や市町村、関係機関等と連携および調整すべき事項について検討する。

< 解説 >

これまで検討した緊急対策ドリルを有効に機能させるためには、関係する各機関や地域住民の理解と協力が欠かせない。そのため、緊急対策にかかる調整事項についてまとめ、可能な限りのこれらの状況を改善する取り組み方針について整理する。

## 第6節 計画のとりまとめ

以上の検討をもとに、噴火シナリオおよび対策（対策の方針、緊急ハード対策ドリル、緊急ソフト対策ドリル、平常時からの準備事項）について、それぞれの関係を整理してとりまとめる。

その際に、計画的に実施する基本対策と整合を図る。

### <解説>

火山噴火緊急減災対策砂防計画は、噴火シナリオなどの「計画策定の基本的事項」、「対策の方針」、緊急ハード・ソフト対策などの「緊急時に実施する対策」、「平常時からの準備事項」、「関係機関との連携事項」を中心に構成される。

各対策ドリルは、現象・規模別、シナリオのケース別などの検討を個々に実施したものであり、各ドリル間においては、位置の重複、同一位置の施設での噴火シナリオのケースに対応した規模変更などの場合も想定される。そのため、とりまとめにあたっては各対策ドリル間の関係を整理して、噴火シナリオのケース別にとりまとめるほか、施設ごとのとりまとめを併用するなど、緊急時の臨機応変な対応を考慮してとりまとめる。

併せて、施工のための準備など平常時からの準備事項、緊急時の施工計画検討のための基礎資料などをとりまとめる。

< 参考資料編 >

< 参考資料編 >



## 1. 用語解説

### 【火山噴火緊急減災対策砂防】

火山噴火緊急減災対策砂防とは、いつどこで起こるか予測が難しい火山噴火に伴い発生する火山災害のうち、土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することにより、安心して安全な地域づくりに寄与する砂防部局が砂防事業として実施する対策。

火山噴火緊急減災対策砂防は、「緊急時に実施する対策」と「平常時からの準備事項」からなる。

### 【噴火シナリオ】

噴火シナリオとは、対象火山において発生することが想定される現象とその規模、およびそれらの推移（火山性地震の多発などの噴火の前兆現象の発生から火山活動の活発化を経て、噴火を開始してから後の火砕流・溶岩流などの現象の発生、そして噴火の終息までの流れ）を時系列にまとめたものであり、対象火山で想定される全ての噴火の推移を示したもの。

イベントツリーとは、想定しうる噴火規模と段階に対応して複数の現象の推移が考えられ、それらがある推移段階での分岐を示したもの。

噴火シナリオの「ケース」とは、このイベントツリーのうち、ある一つの噴火の推移を取り出したもの。

噴火シナリオの「場面」とは、この噴火シナリオのケースの中で、ある段階の状況を取り出したもの。

### 【緊急対策ドリル】

緊急対策ドリルとは、噴火シナリオの各ケースに対応させて対策の実施事項を設定したものであり、火山活動の推移、火山情報の発表時期や災害対策本部の設置などの関係機関の動きと連携して、砂防部局が実施する対策を段階ごとに時系列でまとめたもの。

緊急対策ドリルは、「緊急ハード対策ドリル」と「緊急ソフト対策ドリル」からなる。

### 【緊急支援資機材】

緊急支援資機材とは、緊急的な対策施工に必要な資機材であり、バックホーなどの重機（無人化施工重機を含む）や大型土嚢袋、コンクリートブロックなどの資材。これらの緊急支援資機材は資機材の数量・保有場所などをデータベースなどに整理することやあらかじめ火山周辺に備蓄しておく。

### 【火山防災ステーション機能】

火山防災ステーション機能とは、火山活動並びに土砂移動の監視機能および監視情報の住

民などへの提供機能、緊急対策資材の備蓄機能などのこと。

#### 【火山山麓緩衝帯】

**火山山麓緩衝帯**とは、火山山麓において保全すべき対象の上流側に緩衝地域を設けることで、山麓への保全対象の拡大を抑制できること、かつ、この地域を緊急時の対策実施の場として活用することで火山災害の被害を軽減する効果を期待するもの。

#### 【緊急ハード対策施設】

**緊急ハード対策施設**とは、噴火シナリオで発生が想定される現象に対して効果を発揮するために、短期間に完成させること、また、場合によっては、噴火終息後に原形復旧することもあり得ることなどを考慮した迅速な施工が可能な応急的な砂防設備。

#### 【火山監視機器】

**火山監視機器**とは、監視カメラ、雨量計、ワイヤーセンサー、振動センサーなどの検知センサーなどのこと。

#### 【火山データベース】

**火山データベース**とは、平常時には火山砂防計画の基礎資料として、また、緊急時には対象火山に関する対応の基礎資料として利用することを想定したデータベース。

基礎資料としては、火山活動履歴（年代、噴火様式とその時系列、規模、被害、またこれらに関する調査研究資料、文献など）、地形D T M、既設砂防施設、治山施設、道路など公共土木施設諸元、被害想定などのシミュレーション結果、関係機関の砂防計画、調査資料、関係する各機関の防災計画書など、資機材などの備蓄・調達に関する資料、対策工法の設計・計画手法に関する資料（緊急対策ドリル検討時の根拠資料など）、用地に関する資料など。

#### 【リアルタイムハザードマップ】

**リアルタイムハザードマップ**とは、火山災害予想区域図の一種で、噴火の前兆期以降に、火山活動状況にあわせて土砂移動現象の影響範囲、堆積深などを想定したものである。

リアルタイムハザードマップは、噴火時の状況を見ながらシミュレーション計算を実施する部分と既存の被害想定図を記録・保存しているデータベース部から構成される。噴火から被害発生までの時間的余裕が無い場合は、実際に発生している状況に最も近似した条件に基づく計算結果の現象をデータベース部から取り出して使用し、大きな地形変化がある場合や想定から大きく異なった現象が発生した場合には、シミュレーション計算により、被害想定範囲を設定する。

## 2. 近年の火山噴火に伴う災害事例

表 2-1 日本における主な火山災害

年月日	火山名	被害の概要
1410(応永17)3.5	那須岳	噴石や埋没により死者約180人。
1640(寛永17)7.31	北海道駒ヶ岳	津波により死者約700人。
1741(寛保元)8.29	渡島大島	津波により死者約1,475人。
1779(安永8)11.8.9	桜島	溶岩流、噴石により死者153人。
1781(天明元)4.11	桜島	海底噴火。津波により死者8人、行方不明7人。
1783(天明3)8.4	浅間山	火砕流・溶岩流・火山泥流。吾妻川、利根川に洪水。死者1,151人。
1785(天明5)4.18	青ヶ島	死者130~140人。八丈島に避難し50年余り無人島に。
1792(寛政4)5.21	雲仙岳	津波と火山泥流により死者約1万5,000人。
1822(文政5)3.23	有珠山	熱雲により旧虻田集落全滅。死者50人。
1856(安政3)9.25	北海道駒ヶ岳	1村落焼死。軽石流により死者約20人。
1888(明治21)7.15	磐梯山	大泥流により山麓の村落が埋没。死者461人。
1900(明治33)7.17	安達太良山	火口の硫黄鉱山施設、山林耕地施設に被害。死者72人。
1902(明治35)8.7	伊豆島島	中央火口丘爆砕。全島民125人死亡。
1914(大正3)1.12	桜島	溶岩流出、村落埋没、焼失。地震鳴動顕著。死者58人。
1926(大正15)5.24	十勝岳	大泥流発生。2ヵ村村落埋没。死者144人。
1940(昭和15)7.12	三宅島	火山弾、溶岩流出。死者11人。
1947(昭和22)8.14	浅間山	噴石により死者11人。
1952(昭和27)9.24	ベヨネーズ列岩	海底噴火。観測船第5海洋丸の遭難により全員(31人)死亡。
1958(昭和33)6.24	阿蘇山	噴石により死者12人。
1962(昭和37)6.	十勝岳	死者4人、行方不明1人。
1974(昭和49)6.17.8.9	桜島	土石流で死者計8人。
1974(昭和49)7.28	新潟焼山	噴石により死者3人。
1974(昭和49)3.1	鳥海山	水蒸気爆発、小規模泥流発生。
1974(昭和49)6.17.8.9	桜島	土石流で死者計8人。
1974(昭和49)7.28	新潟焼山	噴石により死者3人。
1977(昭和52)8.~1987(昭和53)10	有珠山	泥流、降灰砂、地盤変動。死者3人。有珠新山生成。
1978(昭和53)5~6	樽前山	水蒸気爆発、火山灰噴出、一部粉体流。
1979(昭和54)6~7	阿蘇山	死者3人、負傷者11人。
1979(昭和54)10.28	木曾御岳	水蒸気爆発。
1983(昭和58)10.3	三宅島	溶岩流出、阿古地区家屋焼失・埋没394棟。
1986(昭和61)11.15~	伊豆大島	12年ぶりに噴火。全島民等約1万人が島外避難。
1988(昭和63)12~1989年3月	十勝岳	12月25日に火砕流、火砕サージ、小規模泥流噴出量 $7 \times 10^5 \text{m}^3$ 、白金温泉地域の住民一時避難。
1989(平成1)12.23	伊豆東部	海底噴火、住民一時避難。
1990(平成2)11.17~	雲仙岳	火砕流により死者・行方不明者44人、負傷者12人。
1990(平成2)7-8	浅間山	微噴火、小規模降灰。
1995(平成7)10.11	九重山	水蒸気爆発、小規模泥流、12月28日マグマ物質噴出、低周波地震観測。
1996(平成8)11.21	雌阿寒岳	水蒸気爆発、新火孔形成。
1996(平成8)3.5	北海道駒ヶ岳	水蒸気爆発、新火孔形成、住民の一部自主避難。
1997(平成7)11.23	阿蘇山	火山ガスにより1人死亡、1人重体。
1997(平成9)11	新潟焼山	微噴火、火山灰放出。
1997(平成9)8/16	秋田焼山	水蒸気爆発、噴出量約 $10,000 \text{m}^3$ 。
1997(平成9)9.15	安達太良山	火山ガスにより登山客4名死亡。
1998(平成10)10~	北海道駒ヶ岳	水蒸気爆発。
1998(平成10)11~	雌阿寒岳	水蒸気爆発。
1998(平成10)3~	岩手山	地殻変動、群発地震および低周波地震観測。
1998(平成10)5~	十勝岳	火山ガスにより植生枯渇、噴気活動活発化。
1998(平成10)5~	桜島	小規模噴火。
2000(平成12)3.31~	有珠山	23年ぶりに噴火。新火口形成、熱泥水・泥流発生、虻田町、壮瞥町、伊達市で約16,000人が避難、家屋771棟が被災。
2000(平成12)7.8~	三宅島	泥流、降灰により36戸が被災。全島民約4,000人が9月4日に避難。
2004(平成16)9~	浅間山	噴火、降灰。

※出典：砂防便覧（平成15年版）に加筆

### 3 既往の火山噴火に対する対策実施事例

#### 3.1 桜島

桜島は、現在発生しているような断続的な噴火だけではなく、大正，文明，安永噴火などのように大規模な噴火も想定される。鹿児島県では、桜島の火山活動が活発化した際に、地域防災計画に基づいた桜島爆発災害対策連絡会議を開催することで、多くの関係機関と防災体制が連携されている。

##### (1) 桜島爆発災害対策連絡会議の開催と防災対応

鹿児島県は、桜島火山活動に関する鹿児島地方気象台や京都大学火山活動研究センターの情報などにより、桜島爆発災害対策連絡会議を開催する。会議は県知事によって招集され、桜島の火山活動や情報、対応方針について協議を行い、対策機関間の合意形成および共通認識を図る。また、協議結果に基づき鹿児島市などの防災関連機関に助言を行う。鹿児島市長などは、助言に基づき必要に応じて警戒区域の設定や避難勧告などを迅速かつ円滑な警戒避難対策をとる。

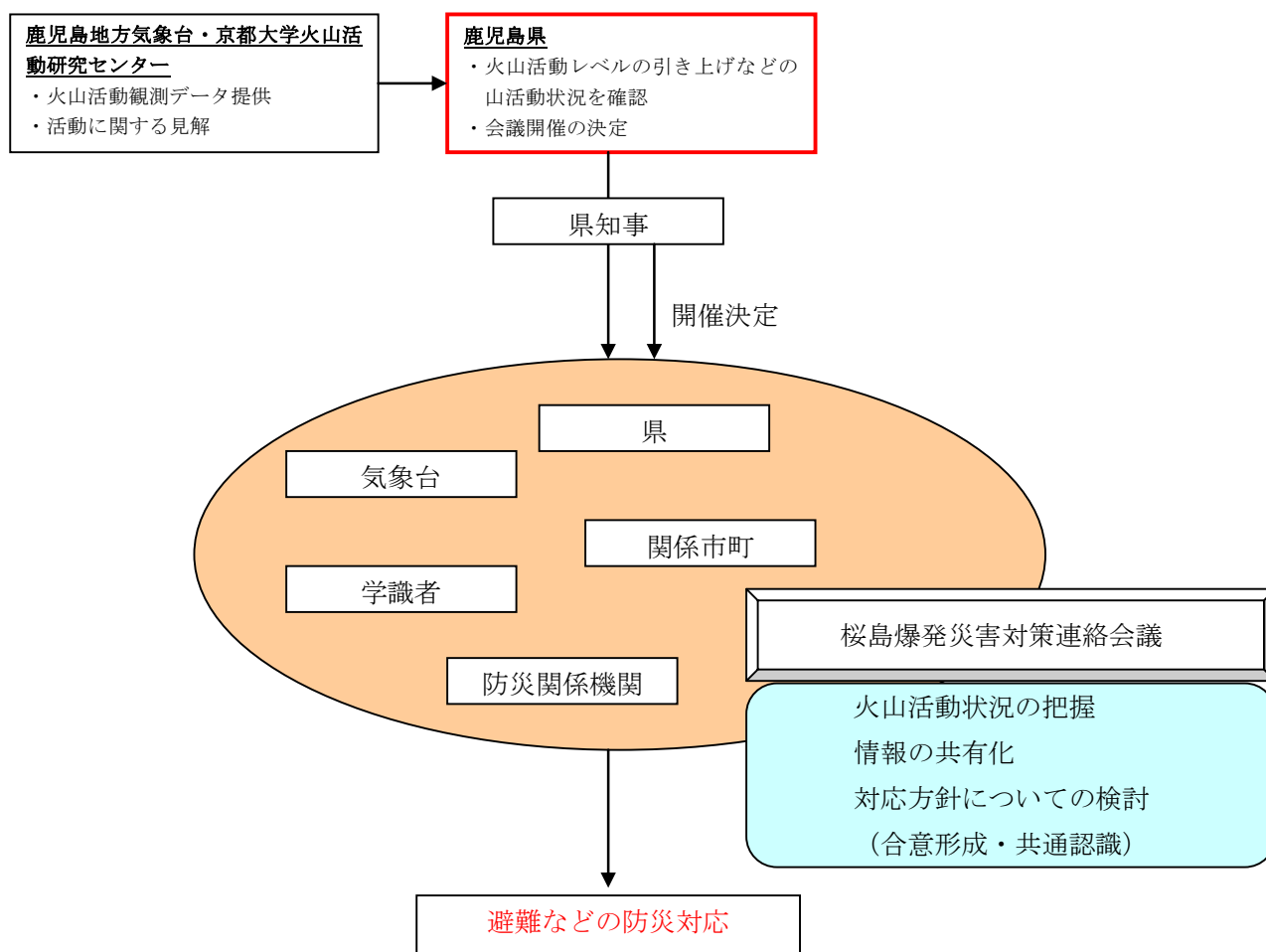


図 3-1 桜島爆発災害対策連絡会議の概要

(2) 桜島爆発災害対策連絡会議の開催事例（鹿児島県 HP より引用）

2006年6月12日（月）、18時35分鹿児島地方気象台が桜島に臨時火山情報を発表し、火山活動度レベルを2（比較的静穏な噴火活動）からレベル3（活発な火山活動）へ引き上げたことを受け、6月14日（水）14：00から県災害対策本部室で、県地域防災計画に基づく桜島爆発災害対策連絡会議が以下のとおり開催された。

1) 出席機関

鹿児島県、鹿児島地方気象台、京都大学火山活動研究センター、鹿児島市等関係市町、鹿児島市消防局等関係消防、大隅河川国道事務所、県警本部等防災関係機関 など計 23 機関

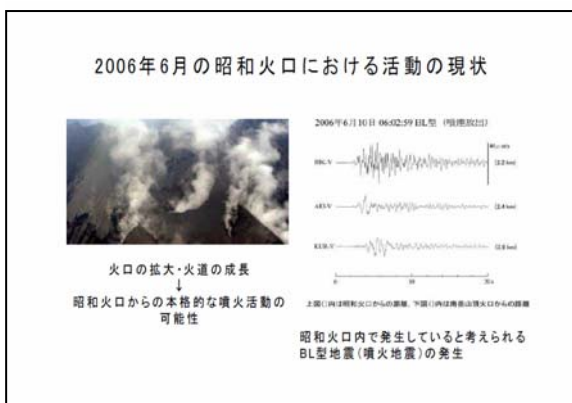
2) 主な会議概要

- 1. 鹿児島地方気象台及び京都大学火山活動研究センターが火山活動について説明し、情報の共有を図った。



レベル	火山の状態	噴火の状態	事例（活動履歴）
5	極めて大規模な噴火が発生または可能性 山麓での噴火、溶岩流出等大規模な噴火が発生。 または 上記のような噴火の発生する可能性を示す現象が見られる。	全島に噴出物等による影響の可能性があり、広域で厳重な警戒が必要。	大正噴火(1914年)山麓から溶岩を流出、火砕流も発生。 *昭和噴火(1946年)溶岩流出を伴うような噴火
4	中～大規模噴火が発生または可能性 噴石の山麓近くへの落下や小規模火砕流等噴火活動が一層活発化していることを示す現象が発生。	山麓に噴石が降下する可能性がある。風下側では多量の降灰の可能性もある。	*1986年11月23日の噴火で、火口から3kmの半径に50-90%の噴石が落下等
3	活発な火山活動 小～中規模の噴火が繰り返され、活発な噴火活動が見られる。	山麓で火山弾等が降下する可能性がある。風下側では降灰の可能性もある。	通常レベル(比較的活発) *2000年10月7日の噴火等、窓ガラスや屋根、車に被害
2	比較的静穏な噴火活動 小規模な噴火が断続的に発生するもの、火山性地震・微動の発生は少ない状態。	山麓に火山弾等が降下する可能性は低い。風下側では降灰の可能性もある。	通常レベル(2-3ヶ月程度静穏な状態)
1	静穏な火山活動 火山性地震・微動の発生はほとんどなく、火山灰の放出もない状態。	噴火可能性なし。	1950年～1955年の5%の静穏 通常レベル(1年程度静穏な状態)
0	長期間火山の活動の継続なし 噴火等も見られず桜島火山活動が完全に静息した状態。	噴火可能性なし。	過去事例なし

鹿児島地方気象台説明資料（抜粋）



- 当面の数年で予想される噴火活動
- ① 大正噴火クラス(海底噴火を含む):可能性低い  
有感地震→両山麓に多数の火口を作る
  - ② 昭和噴火クラス:可能性有り  
斜面の火口で断続的噴火→火砕流・溶岩流
  - ③ 山頂噴火活発化:可能性有り  
長期にわたり火山弾、多量の火山灰を放出
- 当面②、③→②に発展する可能性が大きい

京都大学火山活動研究センター説明資料（抜粋）

■ 2. 京都大学火山活動研究センターから、以下の2点について提案があり、会議で検討協議を行い、この提案を連絡会議の検討結果とすることとした。

- ・ 噴石に対する警戒のため、現在南岳火口から半径 2km の区域を設定している立入禁止区域を、約 500m 東側へ拡大（昭和火口から半径 2km の範囲）すること。
- ・ 小規模な火砕流による被害を防止するため、黒神河原及び有村川上流への進入路などを確認し、通行止看板を設置すること。

### (3) 住民の避難

国土交通省大隅河川国道事務所では、火山活動状況が進展している状況での住民の避難について、緊急火山情報と桜島爆発災害対策連絡会議を含めた流れを以下のとおりとし、部会や委員会などで討議している。

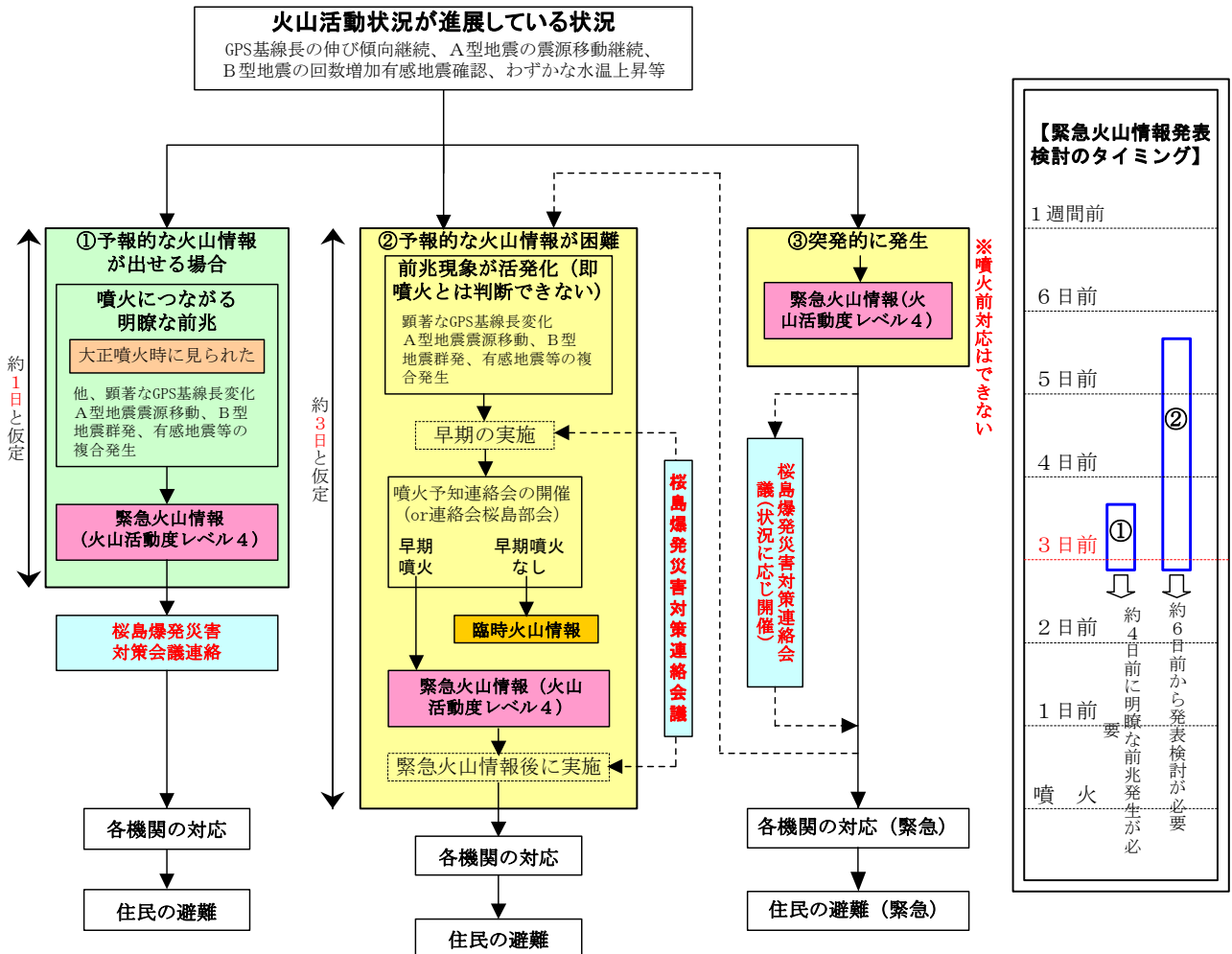


図 3-2 住民避難の流れ

### 3.2 雲仙普賢岳

雲仙普賢岳は平成2年11月17日から噴火を始め、翌平成3年には溶岩ドームを形成し、それが崩壊して繰り返し火砕流が発生した。平成3年6月3日には、火砕流により避難勧告区域で死者・行方不明者43人の犠牲がでた。そのため6月7日には災害対策基本法に基づき警戒区域が設定され立ち入りが禁止された。

その後火砕流の堆積域では降雨により土石流が頻発して下流に被害をおよぼした。

以下に、雲仙普賢岳で長崎県（のちに国土交通省雲仙復興事務所）が実施した緊急ハード対策の概要を示す。

#### (1) 実施された緊急ハード対策

雲仙・普賢岳では噴火の前兆現象が現れて以来、発生した土砂移動現象の状況に応じ、火山砂防基本計画に着手する前に第1次緊急対策と第2次緊急対策を行っている。

表 3-1 雲仙普賢岳における火山噴火時の防災対策の事例

	火山活動	災害	砂防部局の対応
前兆期	H1. 11橋湾で群発地震発生, その後震源が徐々に島原半島へと移動. H2. 7には普賢岳一帯で有感地震が頻発.		
噴火開始期	H2. 11. 17噴火 H. 3. 29九十九島火口で噴火 その後は小康状態	H3. 2. 以降, 山頂噴火, これにより山体に火山灰堆積.	H3. 3. 25より既設堰堤2基の緊急除石開始. (長崎県) H3. 3. 29ワイヤセンサー水無川本川と赤松谷川に設置. (長崎県)
最活発期	H3. 5. 火山性地震多発, 地殻変動を観測 H3. 5. 24から火砕流が発生, その後火砕流が度々発生. H3. 6. 3火砕流発生 H3. 6. 8最大規模火砕流発生 H3. 7. 2溶岩ドームさらに成長を続ける H4. , 5年も火砕流が拡大し, 土石流も頻発. ※これ以降も, 土石流発生が続く.	H3. 6. 3火砕流により死者・行方不明者43名、建物被災. H3. 6. 30水無川で土石流が発生, 建物202棟被災. 湯江川, 土黒川でも土石流発生. H3. 9. 15火砕流が大野木場地区に到達, 小学校等焼失 H5. 4. 28水無川で土石流が発生, 水無川下流では建物579棟と国道・鉄道も被災. その後も土石流が発生. H5. 6. 23中尾川方向に火砕流が発生. 水無川に土石流発生.	H3. 6. 7火砕流・土石流監視システム (監視カメラ・雨量計など) を設置開始し, 中尾川と湯江川等にワイヤセンサーを使用した警報装置設置. (長崎県) H3. 8. 22災害関連緊急砂防事業とし土黒川砂防ダムに着工. (長崎県) ※これ以降, 遊砂地等の施設設置が続く H4. 3. 21緊急遊砂土工や水路工を着工 H5. 12. 中尾川, H6. 12. 湯江川の砂防計画基本構想発表. (国) 工事予定地の用地買収や移転の斡旋等の対応. (国) ※これ以降, 直轄の遊砂地等の施設設置が続く. 無人化施工実施. H6. 3. 1無人化除石工事を実施 H6. 6. 8仮設導流堤着工
噴火活動終息期	H8. 5. 1最後の火砕流が発生. H8. 5. 31に火山観測情報発表終了 H8. 6. 3に九州大学太田教授が噴火活動終演宣言.	H7. 9. 24水無川や中尾川で土石流発生.	H7. 9. 30水無川1号砂防ダム着工. (国) H8. 3. 26水無川災害復旧助成事業完成 (長崎県) H8. 5. 30中尾川導流工を着工 (長崎県) 中尾川中小河川改修工事の低水護岸を着工. (国) H8. 8. 22南千本木町の中尾川上流部に治山ダム6基の建設開始. (長崎県)
復興期	H10. 7. から9月水無川で土石流が発生. H11. 9. 11日水無川で土石流が連続的に発生.		H9. 3. 8第11溶岩ドームの挙動開始, 水無川2号砂防ダム着工. (国) H10. 3. 13林野庁と県は治山ダム計画の見直しを発表. (長崎県)

## 【第1次緊急対策：土石流】

- 水無川、赤松谷最下流の既設ダム各1基の除石  
(3月25日に着手し、4月18日には各1基計5,000m<sup>3</sup>が完了)
- 土石流発生監視装置の設置  
(3月29日にワイヤセンサーを水無川・赤松谷川に設置)

## 【第2次緊急対策：土石流、山体崩壊等】

### [土石流]

- 土石流捕捉のため水無川本川、赤松谷川へパネル設置と鋼矢板の打ち込みにより短期間で施工できる遊砂地を設置
- ワイヤセンサーを使用した警報装置
- 水無川・赤松谷川・湯江川への雨量計設置
- 警戒避難基準雨量の設定と警戒避難方法の周知
- 土石流災害危険区域の再調査

### [山体崩壊]

- 山体崩壊時の前兆的現象、崩壊した土砂の到達時間・到達範囲等予想される状況の周知
- 前兆現象把握のための計器設置（地盤傾斜計、水位計等）
- 前兆現象把握のためのチェックリスト・定期パトロール
- 災害危険区域の設定

## (2) 緊急対策時における課題

### 1) 対策工の工種、構造

#### 【緊急遊砂地工】

- ・ 当初、上流のガリー侵食から流下する土石流に対し、分散堤等の議論や帯工的議論もあったが効果が明確でない施設の配置を避け、下流への透過型砂防堰堤配置による遊砂地により捕捉機能を増大させることにした。
- ・ 遊砂地幅は用地交渉承諾範囲内での設計となった。また水路拡幅による島原鉄道橋脚幅への影響などにより、当初予定より水路幅が狭くなった。
- ・ 現地入手可能な材料かつ、現地製作・メンテナンスが可能で、工期短縮を図れるパネル型スリット構造とした。
- ・ 最大限の効果を発揮させるために、スリット部の軸方向、幅をどのように設定するか、検討に時間を要した。

#### 【仮設導流堤】

- ・ 想定した土石流流下・侵食・堆積傾向、氾濫域や流向変化など技術的な検討に加えて、周辺住民の意見や地籍範囲などを考慮して構造・規模を設定した。
- ・ 基本構造は周辺地域の段階的安全性向上を念頭において構造、幅、導流堤（霞堤）を計画設計した。
- ・ 導流堤の高さは修景後の景観設計等から5mを基本に設計した。





写真 3-1 仮設導流堤

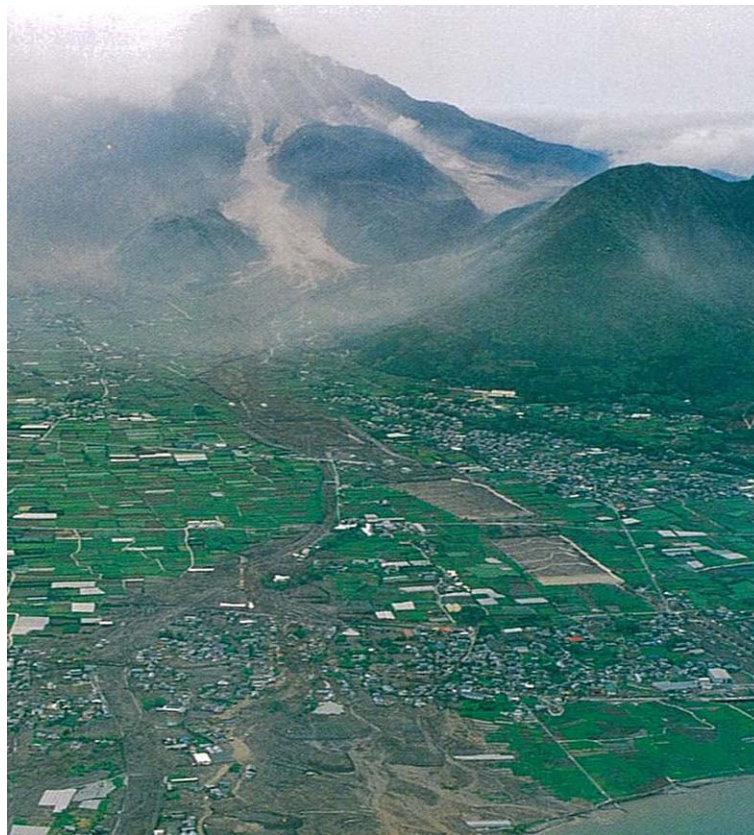


写真 3-2 緊急遊砂地工

【除石（無人）】

- ・ 地元建設業者も雲仙普賢岳の噴火により被災しており通常の業務遂行が困難であり、業者選定が困難であった。
- ・ 当初は火砕流が断続的に発生していたため、安全面から除石工区の区画割りを考慮しなければならなかった。
- ・ 流出土砂量の増加と共に除石する量も増加したため、除石ヤード確保が必要となり新たに用地の確保が必要であった。そのため海岸への埋め立てによる処理方法をとった。

## 2) 対策工の工法、対策の安全確保

### 【無人化施工】

- ・ 緊急対策として計画された水無川4号遊砂地は、警戒区域内であり対策工に着手できない状態であった。さらに3号遊砂地も土石流が堆積し満砂状況であったが、回復のための除石工事ができなかった。
- ・ そのため、一部で使用されていた建設機械の遠隔操作技術を発展させ、除石工事を実施するため無人化施工技術を開発・実用化し、平成6年から試験フィールドによる試験工事、さらに水無川3号遊砂地での無人化施工による除石を行った。
- ・ 技術的な試験後、平成7年から水無川1号砂防堰堤本体、水無川1号と2号砂防堰堤の袖部については無人化施工による構築を行った。
- ・



写真 3-3 無人化施工の状況

### 【安全管理】

- ・ 火砕流が到達するおそれのある地域は警戒区域に設定され立ち入りが禁止されていたため、対策工事は行えなかった。
- ・ ただし警戒区域外では除石等の工事が行われており、想定外の規模に対しても工事従事者の安全管理として、緊急避難体制を検討した。
- ・ 避難体制の整備として、サイレンによる監視者・自衛隊との連絡体制を整え、さらにすみやかに避難できるよう、自動車のエンジンをかけたまま下流向きに配置する等、工事用安全管理対策も実施した。また上流に、ワイヤセンサーによる警報装置も設置した。
- ・ 避難時の逃げ遅れを考慮して、火砕流に対する避難用シェルターを計画設置した。

### 3.3 有珠山

#### (1) 噴火予知の成功とハザードマップの活用

有珠山の噴火においては噴火活動の予知が極めて的確に行われ、それが噴火前の住民避難に適切に活かされている。以下に、その背景を整理した。

- ・北海道大学有珠山観測所が、長年にわたり観測・研究を続けていたため、有珠山の火山活動の特徴が事前に把握されていた。
- ・噴火予知のための観測・監視機器が高精度化していた。それらの機器を用いて有珠山の観測・監視を行えたことが、予兆現象やその後の展開を把握するのに役立った。
- ・火山の専門家が長年にわたる観測と研究の蓄積により、行政・住民に対して「噴火は一両日中」と具体的な噴火時期に及んで発言できたため、大きな説得力を持った。
- ・噴火前から住民・行政・専門家が一体となって有珠山の火山防災に取り組んでいた。特に 23 年前の噴火を教訓に 1995 年に作成されていたハザードマップが、三者の防災意識の共有に果たした役割は大きい。
- ・ハザードマップに想定された噴火活動をもとに、行政は避難計画を綿密に作成するとともに、避難訓練を繰り返すなど、住民の防災意識の高揚に努めていた。また、この過程で住民と行政の間の信頼関係が強固に築かれた。
- ・噴火前に発表された緊急火山情報が、地域全員避難を促進した。

#### (2) 国の各省庁による合同現地対策本部

平成 12 年 3 月 31 日の噴火に先立って、火山性地震などの噴火の前兆現象が観測されたため、地元の北海道や市町をはじめとする防災関係機関は噴火前から防災対応を開始し、住民避難を誘導するなどの対応をとった。

国もこれらの状況に合わせ、噴火前から初動対応を開始し、3 月 29 日に関係省庁連絡会議や同局長会議を開催し、関係省庁の職員を現地に派遣し、伊達市役所内に「有珠山現地連絡調整会議」を開催するなど、噴火に備えた体制の整備を図った。また現地連絡調整会議では、関係地方公共団体、北海道大学教授等の専門家、防災関係機関と共に監視、避難、広報などに関する各種対応について確認し、関係機関が連携しつつ実施することになった。

3 月 31 日午後、有珠山非常災害対策本部及び同現地対策本部が設置され、同夜からは現地対策本部と地元自治体（北海道・伊達市・壮瞥町・虻田町）による「第 1 回 有珠山現地対策本部合同会議」が開催された。現地の最高意思決定機関として、決定事項に対し関係者が全力で取り込むことになった。この関係機関には、41 もの関係機関が携わり、現地対策本部合同会議を中心に様々な対応が行われた。

特に現地対策本部合同会議は即断即決を旨とし、出席者は原則「決定権のある者」となっていた。このため通常では否定的な判断となるような場合でも、特例的に認められる場合もあった。このように通常と異なる意思決定プロセスと判断基準により、平常時では考えられないスピードで具体的な対策が決定され、直ちに実施された。

また伊達市役所の現地対策本部会議室との間を結び、テレビ会議を実施した。これ以外にも、自衛隊や有珠山の映像はリアルタイムで東京の官邸、国土庁(当時)などの関係省庁に電送され、被災地から遠くに離れた東京に現地状況を伝えることで、噴火後の応急処置がスムーズに進展し

た。

表 3-2 有珠山における火山噴火時の防災対策の事例

	火山活動	災害	砂防部局の対応
前兆期	H12. 3. 27火山性地震が発生。 H12. 3. 31西山西側で噴火。		3. 31以降に建設省、北海道開発庁、北海道の砂防関係部局にて、土砂災害対策専門家チームの結成。（建設省）
火山活動期	4. 1金比羅山西側山腹等で新たに噴火。 4. 2午前中小規模な熱泥流が発生を確認。5日以降、熱泥流の発生が続いた。	H12. 4. 9の熱泥流により西山川溢流。 4. 10の熱泥流により橋梁流出。  5. 31洞爺湖温泉地区降灰30～40cm程度、路面に亀裂あり。泉地区降灰2cm。	4. 11北海道、北海道開発庁、建設省および林野庁が合同で「有珠山土砂災害対策検討委員会」を設置。（道） 4. 20有珠山土砂災害対策検討委員会開催。（国） 板谷川-既設遊砂地除石 4. 24無人ヘリコプターにて板谷川の噴火堆積物調査。（国） 板谷川-流路工仮設土嚢 流路工の疎通能力の拡大 5. 1より板谷川にて無人化施工に着手。（国） 板谷川-緊急遊砂地 5. 22より西山川の無人化施工のため調査工事を着手、6. 8日より無人化施工に着手。（国）
噴火活動終息期	水蒸気爆発、マグマ水蒸気爆発が断続的に続いたが、その後終息。		西山川-流出橋床版の撤去 堆積土砂の除去 土嚢の設置 泥流分散エリアの確保 応急導流堤の設置 板屋川-応急土砂捕捉工

### （3）砂防施設（噴火前施設および緊急砂防対策）の実施状況

有珠山は、1977年の前回噴火後、西山川などで砂防施設の整備が進められていた。

今回の2000年噴火に対しても、既往施設を活用して泥流対策を緊急的に実施している。

有珠山噴火による火口群の形成と火口から流出した熱泥水によって流域の地形条件が変化し、降雨による不安定土砂の移動が予想される板谷川と西山川において、当面緊急を要する土砂流出に対する緊急砂防施設を整備した。

#### 1) 板谷川

##### ①緊急対策

- ・既設遊砂地除石による土砂捕捉容量確保
- ・流路工仮設土嚢の設置
- ・緊急遊砂地の設置（無人化施工）

##### ②応急対策

- ・流路工の疎通能力の拡大
- ・応急土砂捕捉工の設置

## 2) 西山川

### ①緊急対策

- ・流出橋床版の撤去
- ・堆積土砂の除石（無人化施工）
- ・土嚢の設置

### ②応急対策

- ・泥流分散エリアの確保
- ・応急導流堤の設置



大型土のう設置状況全景（H12.8.27 撮影）



小学校グラウンドに設置された大型土のう（H12.7.17 撮影）

### 写真 3-4 西山川における応急対策

#### （4）緊急対策時の課題

災害時の緊急施工であり、噴火により被災する可能性があったため、現地においては無人化施工を多用した。

##### 1) 無人化施工

無人化施工には映像用と操作用の二種類の無線があり、板谷川遊砂地の施工、西山川の被災した橋の撤去、河道閉塞した土砂の掘削等をおこなった。

有珠山の無人化施工は、操作位置と施工位置が1km以上も離れかつ、地形が複雑な上に施工場所が住宅地に隣接しているため建物や樹木等が電波や視界を遮るなど遠隔操作に関して厳しい施工条件であった。こうしたことから有珠山では、中継局を設けることなくダイレクトに1km以上の遠隔操作を可能とするため、緊急用建設無線として2.4GHz帯（画像伝送用）8波、400MHz帯（重機操作用）8波の免許を緊急的に取得し無人化施工に活用された。

噴火時に備え、可及的すみやかに応急的な砂防施設の施行が出来る体制をあらかじめ確保する必要がある。特に、施工時の安全を確保するために無人化施工技術の導入体制（建設機械、操作技術者、通信無線等）を確立しておく必要がある。



無人化施工による埋塞土掘削の状況 (H12.7.14 撮影)



無人化施工によるやすらぎ家付近埋塞土掘削の状況 (H12.8.30 撮影)

写真 3-5 無人化施工状況

### 3.4 三宅島

#### (1) 噴火直前から噴火に至るまでの経緯

三宅島は平成 12 年 6 月 26 日から火山活動が活発化し、東京都と三宅村は災害対策本部を設置し三宅村から一部地域住民に避難勧告が発令された。その後活動が一時沈静化したため災害対策本部は解散、避難勧告が解除された。

また三宅村では平成 6 年 3 月に火山ハザードマップ（三宅島火山防災マップ）を作成・配布を行っていた。このマップには、火口が生じやすい地域、マグマ-水蒸気爆発の発生しやすい地域、溶岩流の流下予想経路が示されていた。

ところが平成 12 年 7 月 8 日に山頂から噴火し、7 月 10 日は山頂の陥没が確認され、それ以降断続的に山頂噴火と火口陥没が発生するとともに、火山灰や火山ガスなど想定していない現象が発生した。

マップ配布後時間が経っていて防災関係者・住民の意識が低下していたこと、想定外の現象が発生したため、噴火時において火山ハザードマップが活用された事例は特に見あたらなかった。

さらに火山活動が活発化し、8 月 29 日には低温の火砕流が発生したため、急遽 9 月 1 日に東京都は全島避難を決定した。

住民の避難は平成 16 年 2 月まで 3 年以上におよび、長期化した避難による地域コミュニティの崩壊が問題となった。

また長期間放置された農地や住宅の復興、帰島後の生活再建についても公的な支援が望まれた。

#### (2) 噴火後の土石流・泥流対策

噴火活動の活発化を予知してから噴火に至るまで 2 週間程度と時間の余裕がなく、噴火活動が活発化する以前には対策は実施していない。

その後、噴火活動の規模が小さくなった頃を見計らい、応急対策及び緊急対策として、除石や簡易流木対策、無人化施工による泥流対策を実施した。

表 3-3 三宅島における火山噴火時の防災対策の事例

	火山活動	災害	砂防部局の対応
前兆期	H12.6.26火山活動に伴う地震多発		
火山活動期	H12.7.8山頂で噴火し火山灰を放出。 H12.7.14山頂で噴火し火山灰・噴石を放出。  H12.8.10山頂で噴火し火山灰を放出。 H12.8.13～15小規模な噴火など断続的に噴火。 H12.8.18最大級の噴火。	H12.7.14神着地区で降灰。  H12.7.26泥流発生。  H12.8.10神着地区で降灰。 H12.8.13阿古地区で降灰。  H12.8.15坪田地区で降灰。 H12.8.18三宅島全域で降灰。 H12.8.29海まで達する低温の火砕流が発生。	H12.7.28砂防応急復旧工事（緊急工事）着手。（都） H12.8.3土石流発生監視施設工事着手。（都） H12.8.11川田沢池6沢の災害関連緊急砂防事業採択。（都）  <b>応急対策の実施</b> ・泥流入入防止 ・流路の断面確保 ・流木対策
災害頻発期	H12.9.9以降火山ガスが継続的に発生		H12.9.1火砕流対策用シェルター設置。その後、数カ所で災害関連緊急砂防工事着手。（都） H12.9.1東京都の「三宅島土砂災害対策検討委員会」への技術的支援（国） H13.3.5以降、必要な溪流に対し災害関連緊急砂防工事着手。（都） H13.9.20三池地区の床固めブロック設置で無人化施工を実施。（都） <b>緊急対策の実施</b> ・泥流入入防止 ・流路の断面確保 ・流木対策 ・既設砂防施設の機能回復

### ① 応急対策

- ・ 民家への泥流流入防止 …土嚢、布団籠、コンクリートブロック設置
- ・ 流路の断面確保 …土嚢、布団籠設置、横断水路の新設・除石、
- ・ 流木対策 …応急流木止め設置、既設砂防堰堤の除石

### ② 緊急対策

- ・ 民家への泥流流入防止 …砂防堰堤設置
- ・ 流路の断面確保 …流路工新設、道路横断部の橋梁化、ボックスカルバート設置
- ・ 流木対策 …透過型砂防堰堤の設置
- ・ 既設砂防施設の機能回復 …除石工、ダム嵩上げ

### （3）工事の安全管理

三宅島では全島避難した住民の帰宅に先立ち、ライフラインの機能回復を目的とした応急・復旧工事を行う必要があり、火山活動が低下したとはいえ火山灰や火山ガスが噴出している状況で、工事を行わざるを得なかった。

そのため工事従事者はガスマスクの携帯を義務づけられ、また三宅支庁第二庁舎などの公共施設

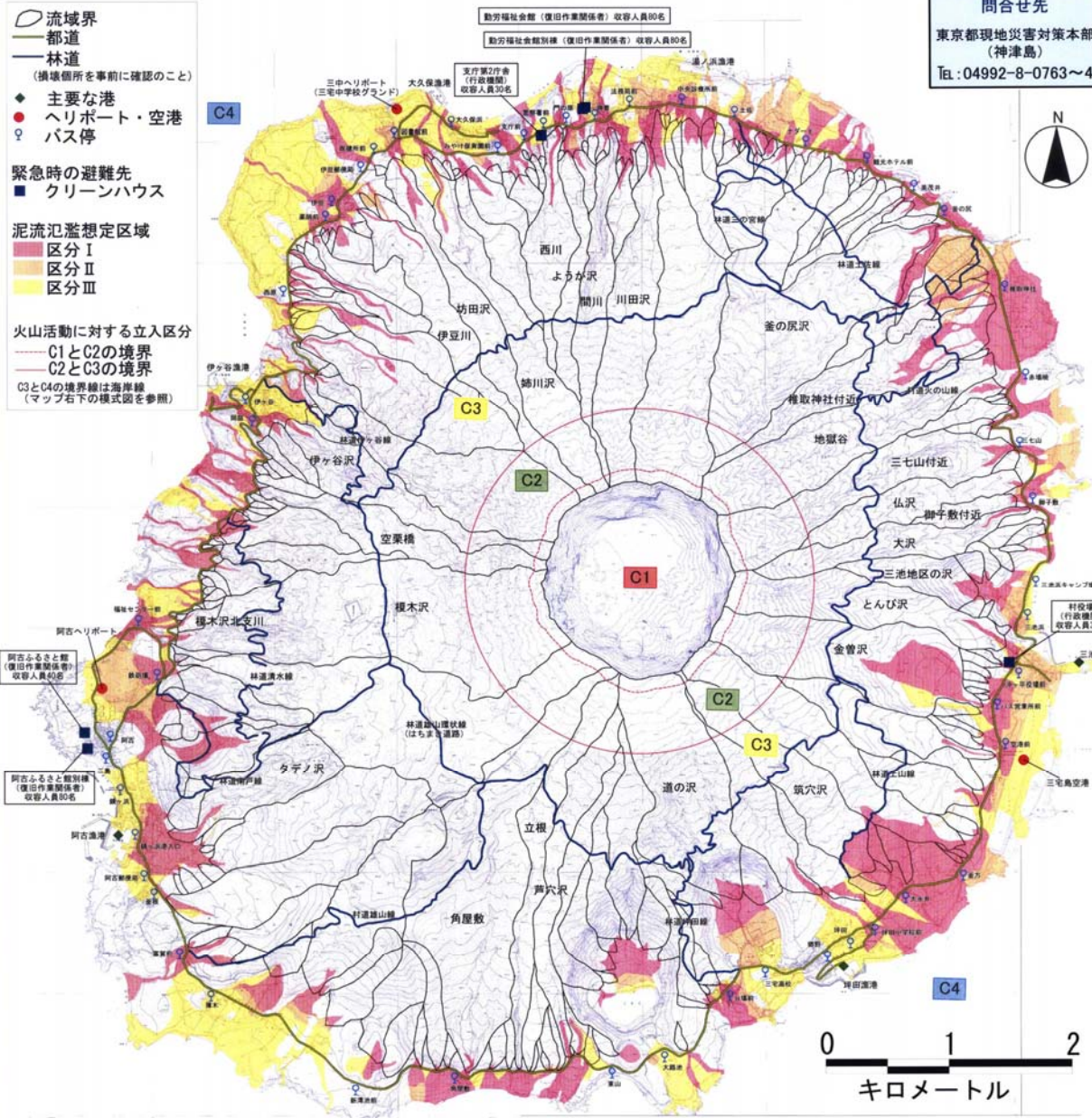


や工事従事者の宿泊場所には、脱硫装置を設置したクリーンルームが整備された。また、工事従事者の安全を確保するために、工事实施の際の留意事項や泥流氾濫想定区域等が記載された「三宅島工事施工のための作業方針と留意事項」が作成された。泥流氾濫想定区域は応急対策・緊急対策の進捗に併せて改訂され、平成 17 年 2 月の三宅村長による避難指示の解除の際にも「三宅島泥流防災マップ」が作成された。

# 三宅島工事施工のための作業方針と留意事項

- 流域界
- 都道
- 林道
- ◆ 主要な港
- ヘリポート・空港
- ♀ バス停
- 緊急時の避難先
- クリーンハウス
- 泥流氾濫想定区域
- 区分Ⅰ
- 区分Ⅱ
- 区分Ⅲ
- 火山活動に対する立入区分
- C1とC2の境界
- C2とC3の境界
- C3とC4の境界線は海岸線 (マップ右下の様式図を参照)

現地状況等に関する  
問合せ先  
東京都現地災害対策本部  
(神津島)  
TEL: 04992-8-0763~4



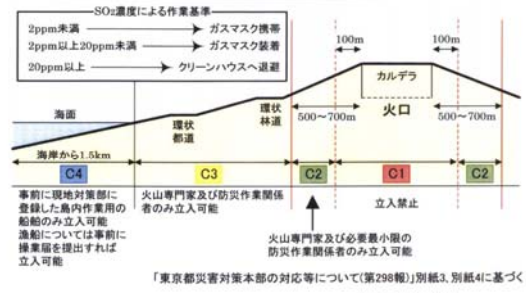
## 工事区域の作業方針について

現地での作業にあたっては、泥流氾濫の恐れがある場所を事前にこのマップで確認し、下表に示した方針にしたがってください。

	区分Ⅰ(赤)	区分Ⅱ(橙)	区分Ⅲ(黄)
予想される現象	大きな石や流木を含んだ泥流が氾濫する恐れが高い。	泥流が氾濫する恐れがある。	泥流が流下する恐れがある。
立ち入りに関する方針	泥流発生基準雨量 <sup>※</sup> を超える雨が観測された場合、もしくは予測される場合には、立ち入らない。	泥流発生基準雨量 <sup>※</sup> を超える雨が観測された場合、もしくは予測される場合には、立ち入らない。	泥流発生基準雨量 <sup>※</sup> を超える雨が観測された場合、もしくは予測される場合には、立ち入らない。
仮宿舎など設置に関する方針	仮宿舎や資材保管場所などを設置しない。	仮宿舎や資材保管場所などを設置しない。	仮宿舎や資材保管場所などを設置する場合には、予め土嚢を積んで泥水を防ぐなどの処理をする。
その他	区分Ⅰ～Ⅲに含まれない区域でも、泥流が発生すると道路の寸断などにより道路を断たれることがあるので、事前に道路の確認を十分に行うこと。		

※泥流発生基準雨量: 1時間雨量10mm、もしくは24時間連続雨量30mm

## 火山活動に対する立入区分



※東京防災対策本部の調査結果を参照。詳細は東京都防災対策本部(03-3542-1111)へお問い合わせください。

東京都 2001年8月20日作成

図 3-3 工事従事者の安全確保のために作成されたマップ (2001. 8. 20 策定)

# 三宅島泥流防災マップ

～正しい知識を身につけて、安全に避難を！～

平成 16 年 12 月 2 日策定

伊豆地区		市外局番 (0494)	
① 三宅村活動火山対策避難施設	伊豆 490-1	ℓ	2-7200
② 三宅小学校・体育館	伊豆 468	ℓ	2-0039
③ 三宅中学校・体育館	伊豆 470	ℓ	2-0049
④ みやげ保育園	伊豆 770-3	ℓ	2-0064
⑤ 伊豆老人福祉館	伊豆 1054 (番)	ℓ	5-0981
⑥ 三宅村図書館	伊豆 468-2	ℓ	2-0014

伊ヶ谷地区		市外局番 (0494)	
① 三宅村体育館	伊ヶ谷 330	ℓ	2-0338
② 伊ヶ谷老人福祉館	伊ヶ谷 480-1	ℓ	2-0338

神着地区		市外局番 (0494)	
① 神着老人福祉館	神着 197	ℓ	2-0009
② 三宅勤労福祉会館	神着 106	ℓ	2-0680

**凡**

赤色の区域は、特に大きな石や流木を含んだ泥流（水深 50cm 以上）が氾濫し、**建物に被害を与える恐れが高い**ところです。

黄色色の区域は、泥流（水深 10～50cm）が氾濫し、**建物に被害を与える恐れがある**ところです。

**例**

- 避難所
- 都道
- 林道（林道は災害復旧工事中であり、一部通行できない区間がありますのでご注意ください。）

\* 三宅島の雨量情報を i モードで提供しています。（東京都水防災総合情報システム）

<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/suibo/i/index.html>

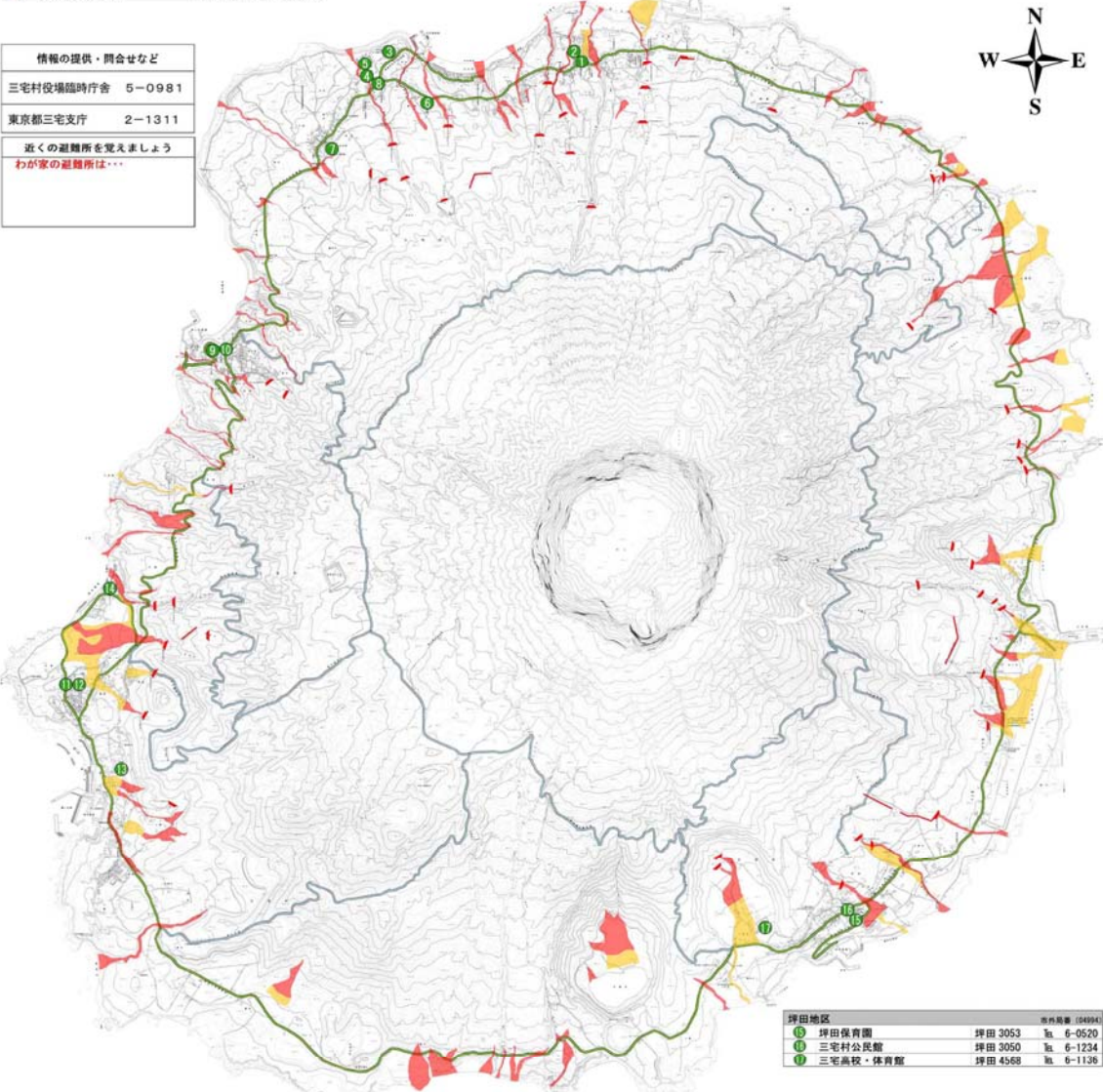
情報の提供・問合せなど

三宅村役場臨時庁舎 5-0981

東京都三宅支庁 2-1311

近くの避難所を覚えましょう

わが家の避難所は…



阿古地区		市外局番 (0494)	
① 阿古小学校・体育館	阿古 497	ℓ	5-0026
② 阿古中学校（役場臨時庁舎）・体育館	阿古 497	ℓ	5-0981
③ 阿古保育園	阿古 1906	ℓ	5-0815
④ 地域福祉センター	阿古 15	ℓ	5-0519

坪田地区		市外局番 (0494)	
① 坪田保育園	坪田 3053	ℓ	6-0520
② 三宅村公民館	坪田 3050	ℓ	6-1234
③ 三宅高校・体育館	坪田 4568	ℓ	6-1136

◎大雨注意報が発表されたら…

➡**沢筋から離れて**下さい。

➡**避難の準備**をして下さい。

◎大雨警報が発表されたら…

➡**役場の指示**に従って下さい。

**避難時の注意**

- 避難はあわてず、安全に、すみやかにいきましょう。
- 泥ですべったり、かくれた石につまずいたりしないよう、足元に注意しましょう。
- お年寄りや赤ちゃん、身体の不自由な人を助け、協力して避難しましょう。

◎避難時には、特に上のものを忘れないようにしましょう。

**泥流災害に備えて、ふだんからできること**

- 天気に関する情報（特に大雨注意・警報）に気をつける。
- 役場の防災行政無線や広報車、警察、消防などの情報に注意する。
- 家庭や職場で、避難場所や別々に避難したときの連絡の取り方を確認しておく。

図 3-4 住民の避難指示解除にあわせて作成された防災マップ（2004. 12. 2 策定）

## 4. その他関連事項

### 4. 1 無人化施工の実施例

無人化施工とは、建設機械の操縦席にオペレータが搭乗して運転操作するかわりに、危険な場所や立ち入り禁止区域から離れた安全な場所から、無線による遠隔操作（リモートコントロール）によって建設機械を制御しながら施工することをいう。

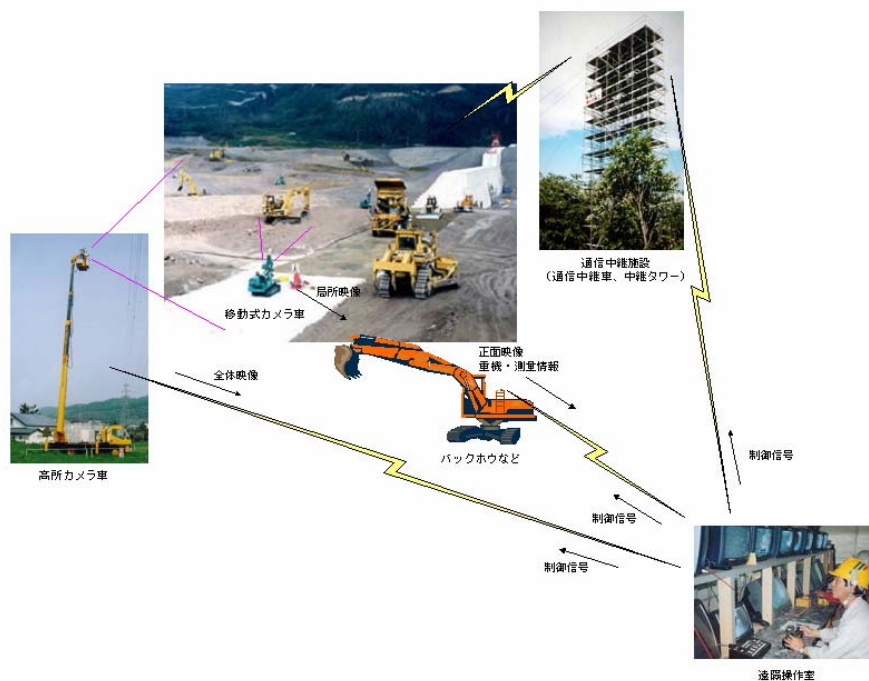


図4-1 無人化施工システムのイメージ

#### ①建設機械の制御

建設機械の制御には、通常 429MHz 帯の特定小電力無線を使う。操作範囲は、現地条件が良ければ 300m 程度である。アンテナは、建設機械が現場を自由に動き回れるように、指向性のないものが一般的に使われる。

#### ②無線による画像モニタリング

施工場所と遠隔操作する場所が遠い場合、オペレータの目の働きをする仕組みが必要となる。建設機械に取り付けた CCD カメラや施工現場を遠隔操作で自由に動き回ることのできる「移動式カメラ車」などの映像を無線伝送で、オペレータのいる遠隔操作室に送り、モニター画面を介して機械を操作する。なお、画面に映し出される映像は一般的に遠近感が乏しくなるため、実際のバーチャリアリティ技術が使われることもある。

#### ③運行状況のリアルタイム測量

施工現場では複数の建設機械の組み合わせで作業を進められる。その際、建設機械同士の接触などを避けるために、建設機械の運行状況をリアルタイムで測量し、位置確認するために、高精度の

GPS（全地球測位システム）やコンピュータグラフィクス技術等のマルチメディア技術が駆使されている。

#### ④画像・データ伝送

画像伝送やリアルタイム測量データの伝送となると情報量が膨大となるため、双方向で送受信するのに適している 50GHz 帯の簡易無線や 2.4GHz 帯の小電力データ通信（SS 無線）などが使用される。また、施工現場で複数の建設機械を操作するために、多重伝送装置も使用されている。

#### ⑤操作距離

施工場所と遠隔操作する場所との距離は、無線の場合、現地条件（見通し等）や画像・データ伝送のシステム構成にもよるが、最長で 2 km 程度である。なお、施工場所と遠隔操作する場所との距離が、100m 以下の場合には建設機械の操作は目視により行うことがある。1 km 以上離れる場合には、無線通信中継車や中継タワーといった通信中継施設を介して遠隔操作する。

#### ⑥システム構成例

##### ・中距離（300m～1km 程度）

建設機械の制御：特定小電力 429MHz

建設機械の操作：画像モニタリングによる操作

- ・ 50GHz 帯簡易無線（または 2.4GHz 帯小電力データ通信）

##### ・遠距離（1km 以上）

建設機械の制御：特定小電力 429MHz

建設機械の操作：画像モニタリングによる操作

- ・ 50GHz 帯簡易無線（または 2.4GHz 帯小電力データ通信）

中継施設の設置：通信中継施設でデータ・映像・制御信号を中継を設置

- ・ 建設機械－中継施設：1000m 程度（50GHz 帯簡易無線）
- ・ 中継施設－遠隔操作室：1000m 程度（※）

※有線（光ファイバーケーブル）を利用すると、10km までの延長が可能である。

#### ⑦無人化施工の建設機械例

##### [重機]

- バックホウ（掘削、積込）
- ブルドーザ（押土、敷均し）
- 振動ローラ（転圧、締め固め）
- クローラ・ホイールダンプ（運搬）

※バックホウに特殊アタッチメント等を装着することにより、ブロック積み（掴み）、岩塊の小割作業、散水、吹付等が可能となる。

##### [映像・通信設備]

- 高所カメラ車、移動式カメラ車

- 無人通信中継車、中継タワー
- 遠隔操作室、移動操作室

#### ⑧無人化施工の工種例

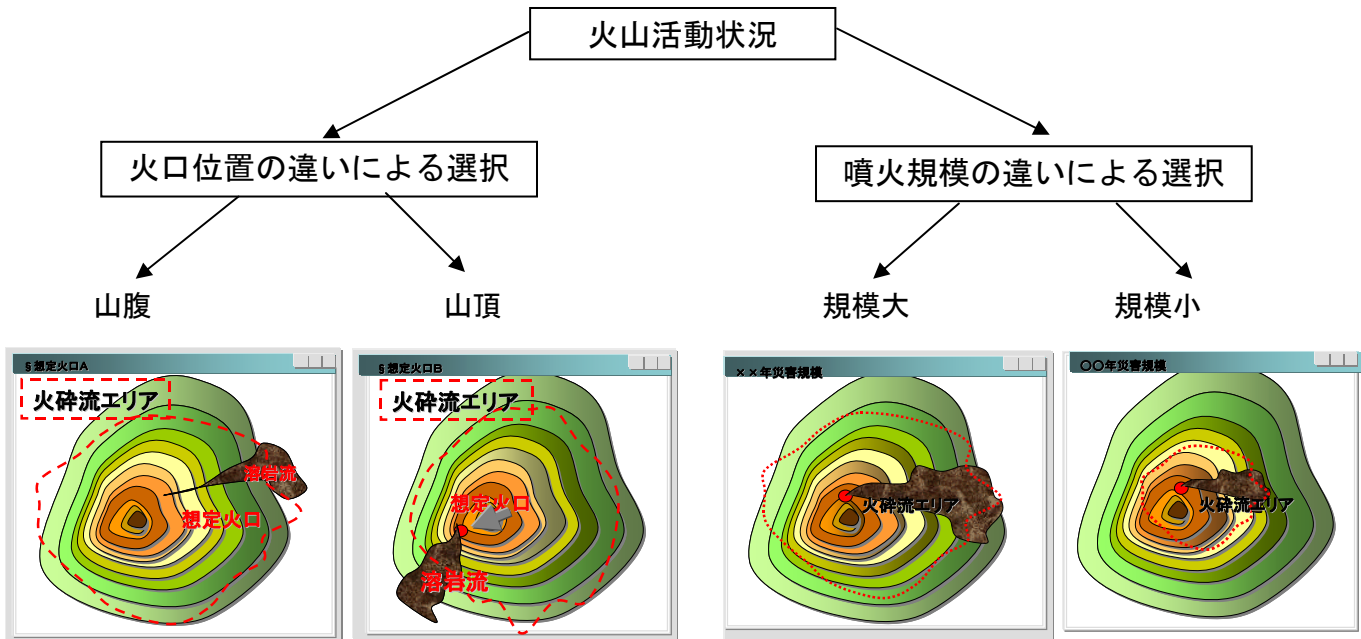
- 除石工
  - ・掘削・押土・積込み・運搬の一連作業
  - ・大型の転石や岩塊の小割作業
- 型枠工
  - ・土砂型枠の設置・撤去
  - ・ブロック型枠の設置・撤去
- 撤去工
  - ・被災した構造物や復旧の障害となる構造物の破砕、撤去  
(※特殊なアタッチメント(油圧ブレーカなど)を装着が必要)
- コンクリート工
  - ・R C C (Roller Compacted Concrete) 工法
  - ・C S G (Cemented Sand and Gravel) 工法 等
- プレキャストブロック積工
  - ・「矩形ブロック」や「異形ブロック」等の据付
- 大型土のう工
  - ・大型土のう(1 t)等の据付  
(※特殊なアタッチメント(自動玉外し機)が必要)
- 樹木伐採工
  - ・樹木・伐根の切断・運搬

#### 4. 2 リアルタイムハザードマップ作成システム

火山リアルタイムハザードマップ作成システムとは、火山ハザードマップを作成・見直しする際に必要となる、「情報収集」、「情報格納」、「情報解析」、「情報提供」に係るそれぞれの作業処理過程において、作業手順、作業手法の効率化を図ることにより、ハザードマップ作成・見直しにかかる作業時間の短縮化・最適化を図ったシステムのことをいう。

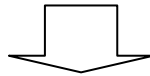
##### (1) プレ・アナリシス・システム（データベース方式）

・複数の噴火規模、現象において予めハザードエリアを特定し、その情報をGIS上に格納しておき、火山の活動状況に応じて必要となる情報を引き出すことを可能としたシステム。



ケースごとのマップはあらかじめ作成しておき、GIS上のデータベースで蓄積・検索・表示する

図4-2 プレ・アナリシス・システムによるハザードエリア選択イメージ



- 事前に作成したマップを表示するため短時間で対応可能。
- 詳細に火山活動を監視・観測しなくても、現象の種類・規模・流下方向を想定すれば、ある程度の推測が可能。
- ×想定外の現象や地形の大幅な変化など前提条件が変わり、あてはまるマップがない場合には対応ができない。

プレ・アナリシス・システムは現在、十勝岳、富士山、浅間山で基本的なシステム作成が完了しており、現在は①Web-GISを用いて誰でもアクセスできるシステムの作成、②検討している緊急減災対策施設の効果を表現するレイヤー（マップ）の取り込み、③プレ・アナリシス・システムを用いた砂防部局内での対策訓練（ロールプレイ）などの作業を行っている。

レベル	火山の状態	噴火の形態	過去の事例
5	<p>広範囲まで及び大規模噴火が発生または可能性</p> <p>遠方まで火砕流または溶岩流が到達して広範囲に影響するような大規模噴火が発生。</p> <p>または</p> <p>上記のような噴火の可能性がある。</p> <p><b>大規模</b></p>	<p>山麓まで噴出が降下、溶岩流の流出、火砕流の発生の可能性がある。</p> <p>火山ガス 噴石 溶岩 火山灰 降雨時の土石流 火砕流 熱風 酸雲型火山泥流 洪水 溶岩流</p>	<p>天に、天明の大噴火(山麓まで火砕流、岩屑なれ)</p>
4	<p>山麓まで及び中～大規模噴火が発生または可能性</p> <p>遠方まで噴石が飛散、あるいは火砕流または溶岩流など、居住地まで影響するような中～大規模噴火が発生。</p> <p>または</p> <p>上記のような噴火の可能性がある。</p> <p><b>中規模</b></p>	<p>山頂から3km以内、山麓まで噴出物降下、空振の可能性もある。小規模の火砕流も伴う噴火もあり得る。</p> <p>火山ガス 噴石 溶岩 火山灰 降雨時の土石流 火砕流 熱風 酸雲型火山泥流</p>	<p>1950年9月23日の噴火(火口から8km以上離れた場所に噴石)</p> <p>1973年の噴火</p>
3	<p>山頂火口で小～中規模噴火が発生または可能性</p> <p>小～中規模噴火が発生。</p> <p>または</p> <p>地震が誘発したり火砕・噴動が観測されるなど小～中規模噴火の発生の可能性がある。</p> <p><b>小規模</b></p>	<p>山頂火口から2～3km程度以内まで、噴石を飛散した火砕流</p> <p>酸雲型火山泥流</p>	<p>1983年4月8日の噴火(空振で山麓の村に被害)</p> <p>2000年9月、2002年5月の地震群発</p>
2	<p>やや活発な火山活動</p> <p>噴煙がやや多くなったり、火山性地震が時々多発、震動が発生するなど火山活動がやや活発である。火山性ガスの顕著な放出や小さな噴火(火山灰の放出など)もあり得る。</p> <p><b>極小規模</b></p>	<p>山頂火口付近に微量の火山灰の噴出もあり得る。火山灰(火口付近のみ)</p>	<p>2002年5月以降の噴煙活動の活発化、火口の温度上昇</p> <p>1990年、2003年の微噴火</p>
1	<p>静穏な火山活動</p> <p>噴煙は比較的少なく、火山性地震の群発が時々発生するものの規模は小さく、火山性噴動の発生もない。</p>	<p>山頂火口付近に微量の火山灰の噴出もあり得る。</p>	<p>2002年5月以降の噴煙活動の活発化、火口の温度上昇</p> <p>1990年、2003年の微噴火</p>
0	<p>長期間火山の活動の兆候なし</p> <p>噴煙がなく、火山性地震・震動もほとんど発生しない。</p>	<p>噴火可能性低い</p>	<p>-</p>

どこからでも Web 上から、アクセス可能

火山現象ごとのマップを表示するメニュー

火山活動度レベルや噴火シナリオに対応したメニュー

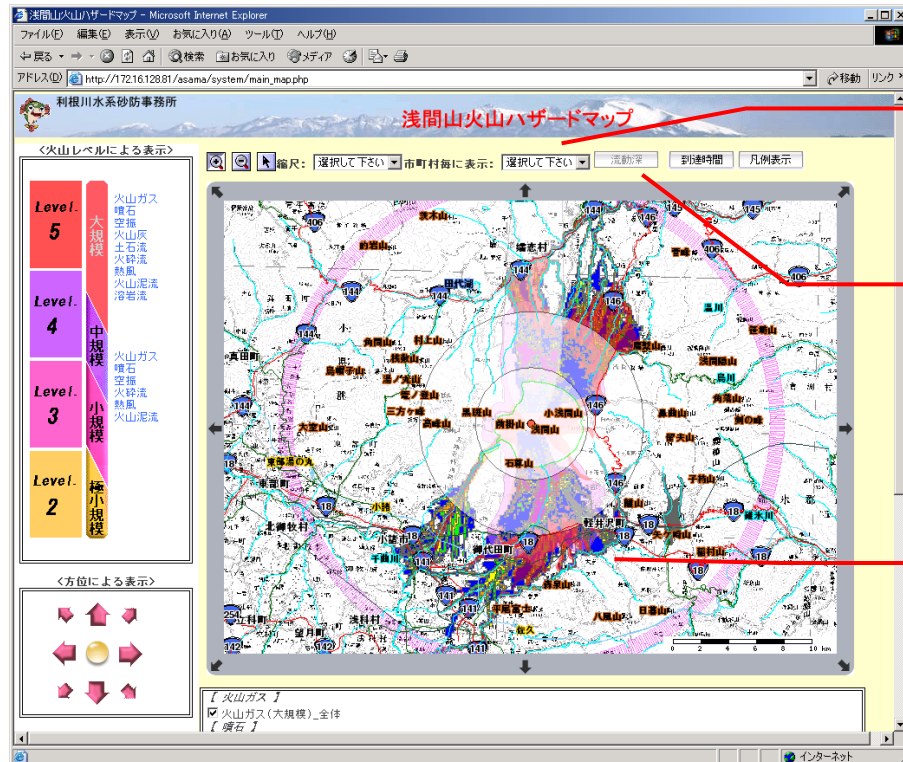


図4-3 プレ・アナリシス・システムの例（浅間山）



(2) リアルタイム・アナリシス・システム (逐次計算方式)

- ・火山活動にともなう地形の変化や、
- ・火山噴出物の物性、量、範囲等に対応して
- ・数値シミュレーション等により、随時ハザードマップを作成するシステム

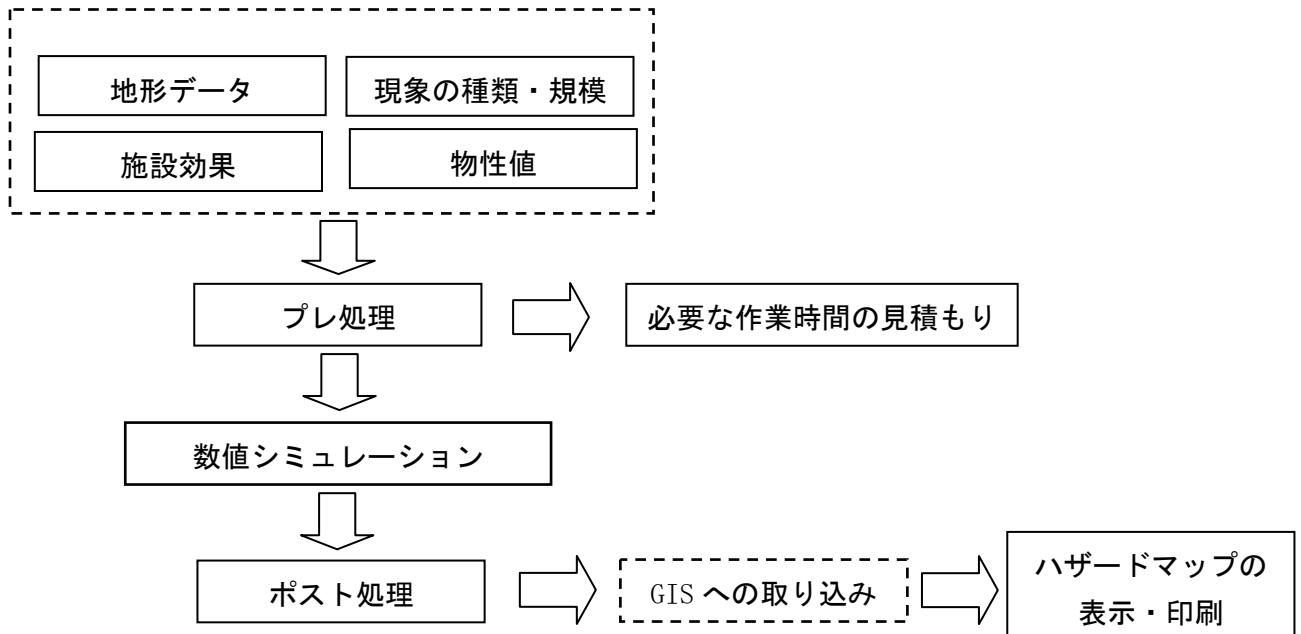
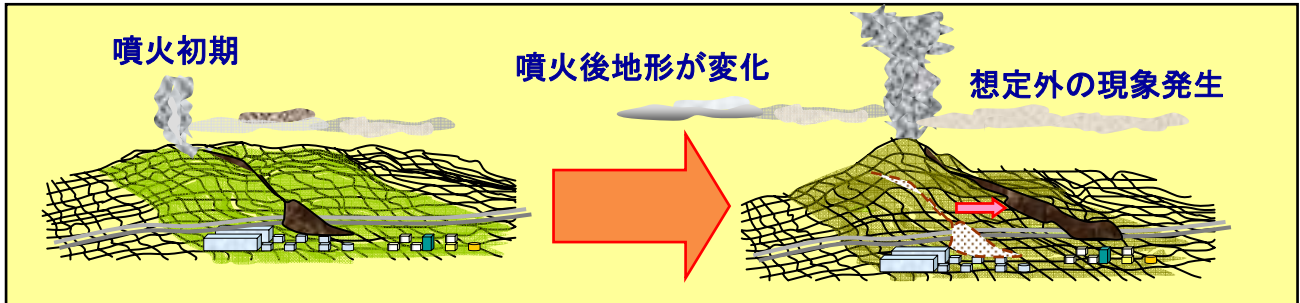


図4-4 リアルタイム・アナリシス・システムのイメージ

○地形変動や違う火口など想定外の現象が発生しても、その都度マップを作成するためキメ細かな対応が可能。

○仮想で緊急対策施設を配置した場合の効果を確認することが可能。

×数値シミュレーション計算をするために、現象の規模・継続時間・物性値など多数のパラメーターを設定する必要がある。

×数値シミュレーション計算に時間がかかる。(現状では現象の継続時間≒計算時間)

リアルタイム・アナリシス・システムは、国土技術政策総合研究所危機管理技術センターで、プレ処理、ポスト処理を中心に作成しており、現在数値シミュレーションにかかる時間の短縮方法について、補助プログラムの作成や大型計算機による試算などを行って検討している途中である。

地形データを3次元で確認しながら修正

パラメータ (単位)	設定範囲	計算結果への影響の程度	変更の必要性
比熱 (J/gK)	0.84 大きい ← 温度低下の程度 → 小さい 狭い ← 到達範囲 → 広い	中	中
溶岩の放射率 (-)	0.9(範囲が不明) 遅い ← 温度低下の早さ → 早い 広い ← 到達範囲 → 狭い	中	中
溶岩流の密度 (t/m3)	2.5 広い ← 到達範囲 → 狭い	中	中
運動量補正係数 (x方向・y方向) (t/m3)	1.0(デフォルト値) < 1.1 < 1.25 低い ← 慣性(流れの勢い)による伝搬性 → 高い 狭い ← 到達範囲 → 広い	低	低
停止判定流動深 (m)	0.0001 < 0.001(デフォルト値) < 0.01 高い ← 流動性 → 低い ホッパい ← 流わの技能 → ドスドス	低	低

数値シミュレーションのパラメータの物理的意味、設定範囲などをヘルプとして表示

既往の数値シミュレーションプログラム上で計算、到達時間ごとの氾濫範囲を求めた例

計算結果の生データをGISデータに変換し、道路網図などと重ね合わせて表示

図4-5 リアルタイム・アナリシス・システムの例

またリアルタイム・アナリシス・システムの運用にあたっては、数値シミュレーションプログラムの取り扱いや地形データや入力データの修正などある程度専門的な知識が要求される。そのため各火山のデータは所管の直轄砂防事務所や都道府県において行い、システムの運営は国土技術政策総合研究所を中心に行うことを想定している。

## 4. 3 レーザプロファイラーなど地形計測技術

### (1) 最新の地形計測技術

これまで地表面の標高データは、地表面に対して垂直に撮影された航空写真を用いて、空中三角測量によって作成されていた。この手法は、三次元の地表面を中心投影法で平面に投影した航空写真から元の地表面を再現するため、誤差を発生される様々な要因が含まれるという欠点がある。そこで、近年はレーザ等を用いて直接地形を計測する技術が開発されている。

ここでは、最新の地形計測技術として、以下の3手法について示す。

- ①航空機搭載型三次元レーザスキャナー
- ②航空機搭載型マルチラインセンサー
- ③合成開口レーダー

### (2) 航空機搭載型三次元レーザスキャナー

航空機搭載型三次元レーザスキャナーは、航空機に搭載した三次元レーザスキャナーからレーザパルスを照射し、地表面に反射し戻ってきたレーザパルスを解析し地表面のデータを三次元で計測する技術である。照射されたレーザは地表面だけでなく樹木などでも反射するが、反射したレーザパルスの到達時間を利用して地表面の標高 (DEM: Digital Elevation Model) を取得することができる。

航空機には三次元レーザスキャナーの他にGPS/IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) が搭載されており、航空機の空間座標を取得しながらレーザによって直接地表面を計測するため、空中三角測量よりも精度が高く、水平方向で0.3m、高さ方向で0.15mの精度がある。また、空中三角測量よりも作業工程が少ないため、誤差要因が少なく、且つ、短時間にデータを作成することが可能である。

近赤外線レーザを用いた三次元レーザスキャナーではレーザが吸収されるため波がない湖面などの標高データが取得できないという問題はあるが、短時間に高精度の地表面データを取得することが可能であるため、繰り返し計測することにより時々刻々と変化する地形を時系列的に把握することが可能である。

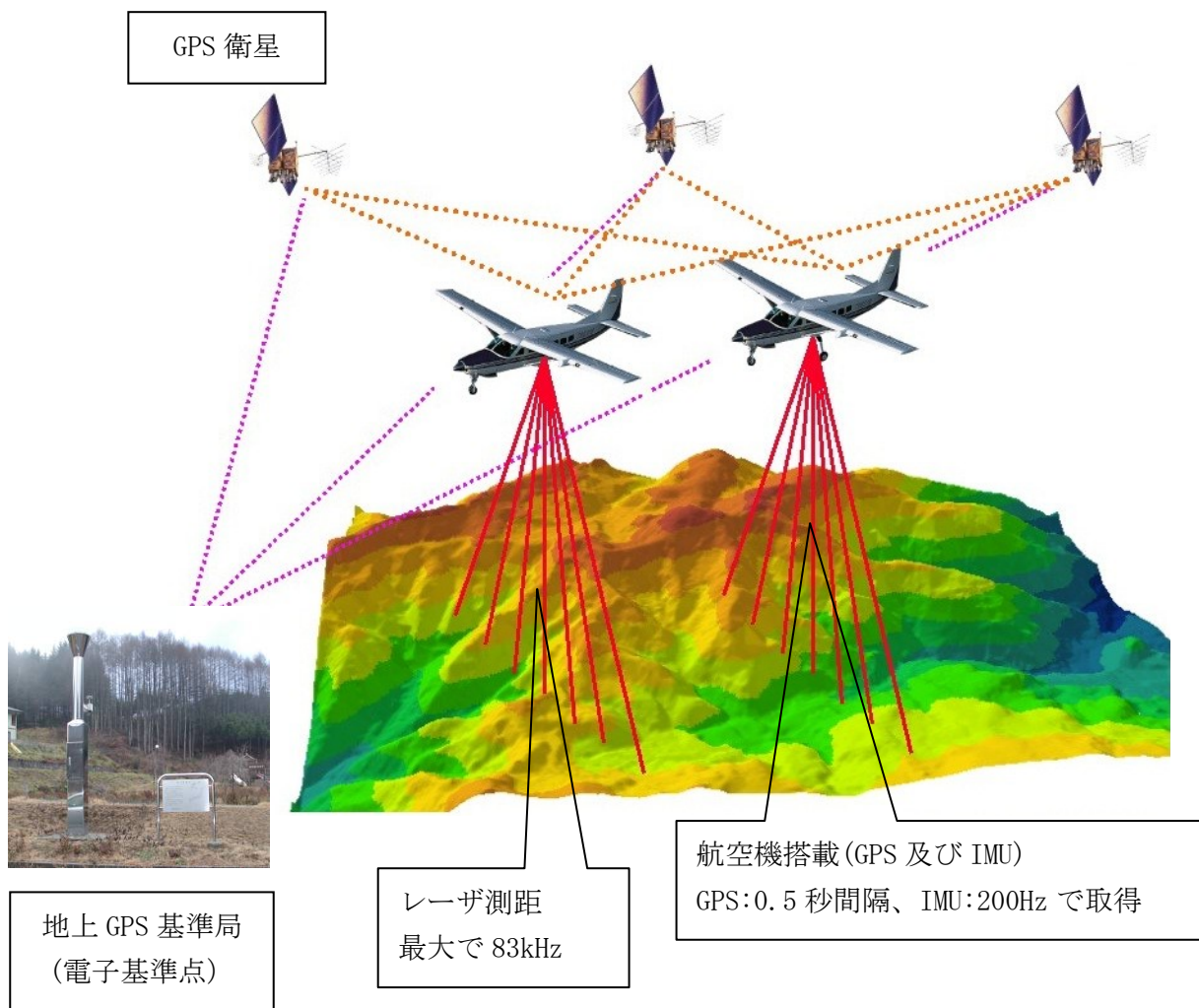


図 4-6 航空レーザー計測システムの仕組み

### (3) 航空機搭載型マルチラインセンサー

航空機搭載型マルチラインセンサーは、前方視、直下視、後方視の 3 方向を向いた CCD ラインセンサーを航空機に搭載して地表面画像を取得し、3 方向の画像を用いたステレオ図化とマッチング処理により地物表面の高さデータ (DSM: Digital Surface Model) やオルソフォトを作成可能である。

マルチラインセンサーによって計測する場合も、三次元レーザスキャナーと同様に航空機に GPS/IMU を搭載している。精度は 1/2,500 地形図と同等程度 (高さ方向で 0.5m 以内) であり三次元レーザスキャナーよりも劣るが、地物表面の高さを計測すると同時に、高精度 (地上分解能 0.2m) のカラー/近赤外カラー/パナクロマチックのオルソフォトの作成、マルチスペクトル解析による樹種の分類、植物における水分・窒素・クロロフィルの含有量解析が可能であるなど、災害発生等の緊急時に 1 回の計測で多くの情報を取得する場合に威力を発揮すると考えられる。

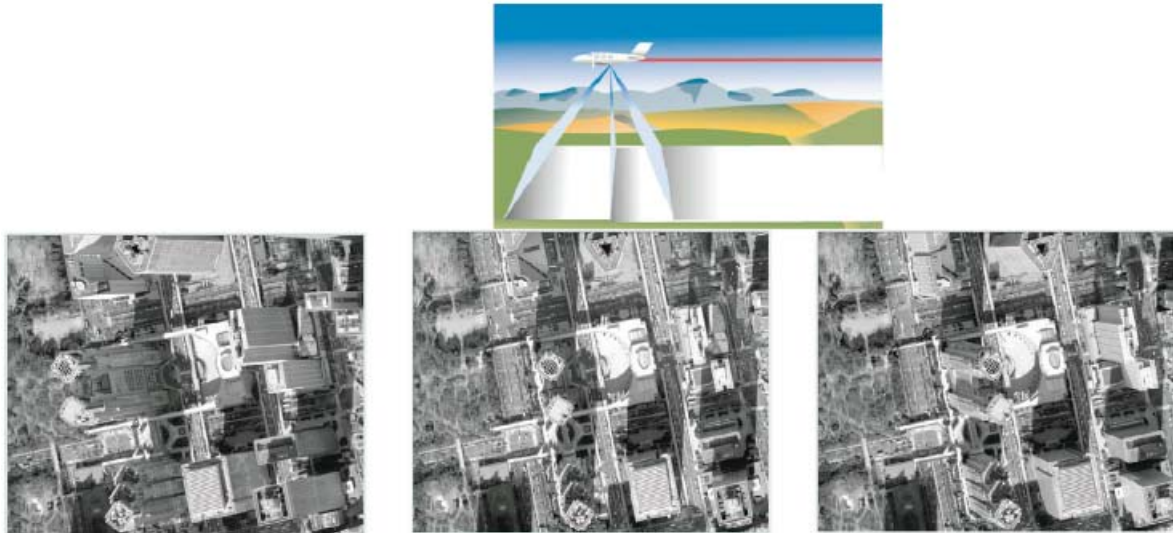


図4-7 3方向スキヤンのイメージと取得した3方向のパンクロ画像（笹川ほか、2002）

#### （4）合成開口レーダー

合成開口レーダー（SAR：Synthetic Aperture Radar）は、航空機や衛星に搭載したアンテナからマイクロ波を照射し、地表に反射して帰ってきたマイクロ波を解析して対象物の映像等を取得する技術である。使用するマイクロ波の周波数は主に L バンド（1～2GHz）、C バンド（4～8GHz）、X バンド（8～12GHz）であり、周波数が低いと空間解像度は低い物質内部まで入り、周波数が高いと空間解像度が高く物質表面で反射される。例えば、L バンドを使用した（独）宇宙航空研究開発機構の陸域観測技術衛星「だいち」の場合は 10m、X バンドを使用した（独）情報通信研究機構の航空機搭載型合成開口レーダーの場合には 1.5m である。

受信したマイクロ波を解析することにより地形の凹凸（地図作成や災害状況把握への利用）や地表面の性質（農作物管理等の農業分野への利用）、資源の分布（資源探査への利用）が判別可能であるほか、少し離れた地点から観測したデータを解析することで相対的な標高差を取得することが可能である。

合成開口レーダーの使用するマイクロ波は雲や雨などの天候に左右されにくいほか、夜間でも観測可能である。また、「だいち」では同一地点をほぼ 2 日に 1 回の割合で観測することが可能となるほか、一度に幅 40～70km もの広範囲を観測することが可能であるため、今後特に災害発生初期段階での状況把握に威力を発揮すると考えられる。

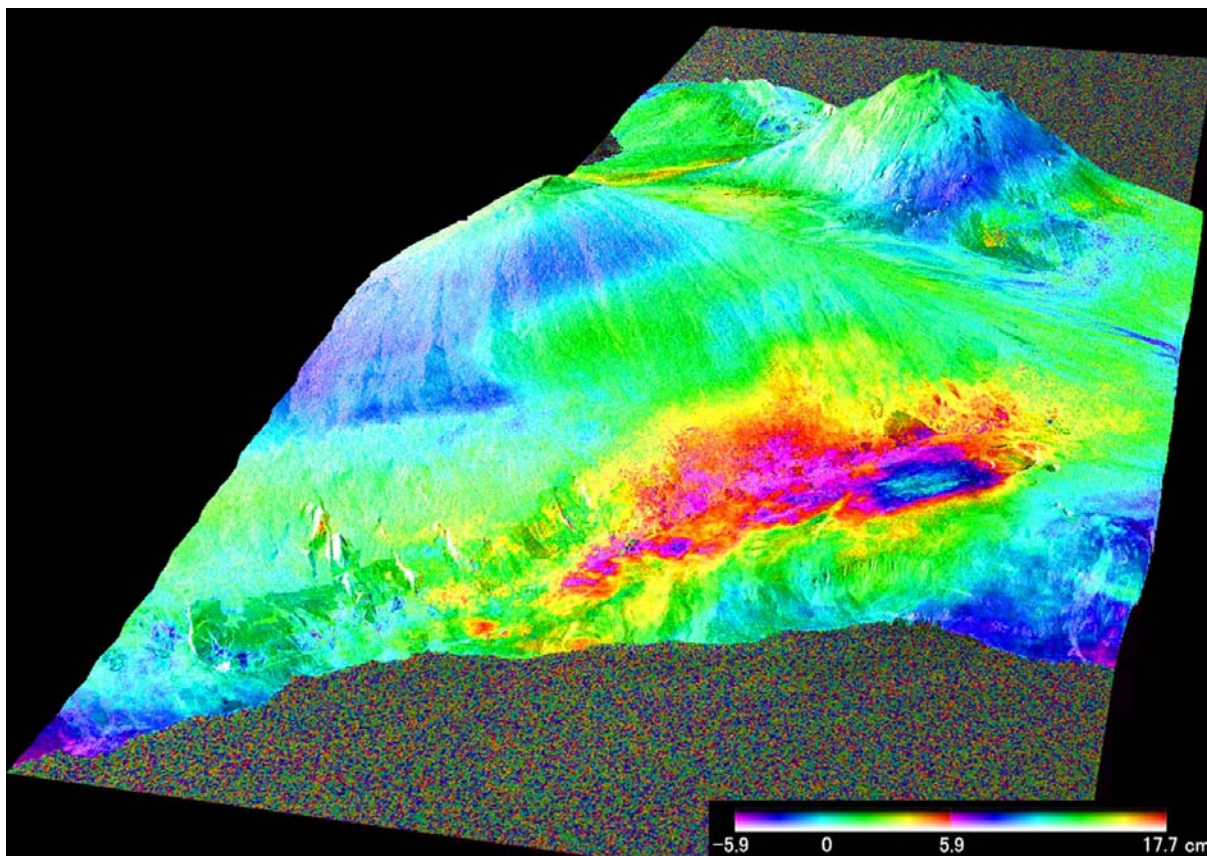


図4-8 PALSARによるハワイ島・キラウエア火山火口部の隆起検出  
(宇宙航空研究開発機構ホームページより)

#### (5) 最新の地形計測技術のまとめ

ここでは3種類の地形計測技術を紹介したが、他にも従来のフィルムを用いた航空カメラを置き換える計測技術としてエリアセンサ型の航空機搭載型デジタルカメラなどがある。このように、最新の地形計測技術を用いることにより、より速く、より高精度な地形データを繰り返し取得することが可能であり、これにより緊急時にはより迅速に、より高度な対策が実施可能になると考えられる

#### <参考資料>

- ・(独) 宇宙航空研究開発機構ホームページ ([http://www.jaxa.jp/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/index_j.html))
- ・国土交通省新技術情報提供システム  
(<http://www.kangi.ktr.mlit.go.jp/EvalNetis/NewIndex.asp>)  
登録 No. CG-020012 (航空機デジタルマルチラインセンサーシステム)  
登録 No. KT-010184-A (航空機搭載型レーザスキャナーによる高精度な3次元地形計測技術)
- ・(独) 情報通信研究機構ホームページ (<http://www.nict.go.jp/index-J.html>)
- ・(社) 日本測量協会 (2002)、国土交通省公共測量作業規程 (世界測地系対応版)
- ・(財) 日本測量調査技術協会 (2002)、航空レーザ計測ハンドブック
- ・(財) リモート・センシング技術センターホームページ (<http://www.restec.or.jp/>)
- ・笹川ほか (2002)、デジタルエアボーンセンサーADS40の精度検証、APA No. 82-11 P71-77