

火山防災マップ作成指針 骨子（案）

平成 24 年 3 月

火山防災対策の推進に係る検討会

検討会資料への意見を反映させた項目：青字で表示

新しい知見を受けての修正項目：赤字で表示

※平成 23 年度は骨子を作成し、平成 24 年度以降には、骨子に沿った本文および図表等の修正・作成を行う。

目 次

1	火山防災マップ作成指針策定作業の概要	3
1-1	目的	3
1-2	作業経緯	3
2	火山災害の概要	4
2-1	火山の分布	4
2-2	火山活動の種類	5
2-3	過去の火山災害	5
2-4	火山災害要因	6
3	火山ハザードマップと火山防災マップの作成指針	8
3-1	指針に基づく火山ハザードマップと火山防災マップについて	8
3-2	災害実績図の意義と作成方法	13
3-3	火山ハザードマップの作成手法	16
3-4	火山防災マップの作成手法	30
4	火山ハザードマップと火山防災マップの活用	33
4-1	火山ハザードマップの活用	33
4-2	火山防災マップの活用	33
4-3	リアルタイムハザードマップの活用	35
	参考	36

1. 火山防災マップ作成指針策定作業の概要

1-1. 目的

- 我が国の火山災害対策の推進方針
 - ・噴火予知等に向けての観測研究体制の整備・強化
 - ・活動火山対策特別措置法に基づく諸対策の実施
- ※「防災基本計画（平成23年度改定）」及び「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針（平成20年）」の観点の追記
(火山ハザードマップと火山防災マップ、火山防災協議会のコアグループが中心の共同検討体制下での作成、等)
- 火山噴火災害危険区域予測図の必要性
 - ・地域防災計画への反映（避難対策等）
 - ・土地利用規制等の行政施策
 - ・住民等に対する啓発
- 本指針の改訂で目指す成果
 - ・最新の火山学的な知見に基づいた火山ハザードマップ作成に向けた技術的な指針の提供
 - ・火山ハザードマップ未整備火山での整備推進
 - ・火山ハザードマップ整備火山における火山ハザードマップの見直し
 - ・避難に繋げるための火山防災マップへの記載項目の提供
 - ・噴火時における火山ハザードマップ等の活用

1-2. 作業経緯

- 火山噴火危険区域予測図作成指針（平成4年）作成からの経緯
 - ・活火山防災対策検討会（事務局：国土庁防災局震災対策課）の検討で、作成された火山噴火災害危険区域予測図作成指針（平成4年）から既に19年経過
 - ・火山ハザードマップは火山噴火予知連絡会によって火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山として選定された47火山（気象庁による常時観測火山）中37火山に整備（平成23年度現在）
- 本指針の作業経緯
 - ・「防災基本計画（平成23年度改定）」で、火山ハザードマップ及び火山防災マップを火山防災協議会における検討を通じて共同で作成することとされた。
 - ・「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針（平成20年）」の発表
 - ・「火山防災対策の推進に係る検討会」での検討を受け、火山ハザードマップ未整備火山での早期整備に向け、火山噴火災害危険区域予測図作成指針（平成4年）の改訂が必要とされた。
- 火山ハザードマップを試作するモデル火山の選定

2. 火山災害の概要

2-1. 火山の分布

● 110の活火山（平成23年度現在）

- ・火山噴火予知連絡会では「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」

● 災害のポテンシャルの高まり

- ・土地利用の高度化、観光開発、別荘地等により住民の生活域の拡大
- ・高齢化や地域コミュニティの衰退など、現代社会が抱える問題

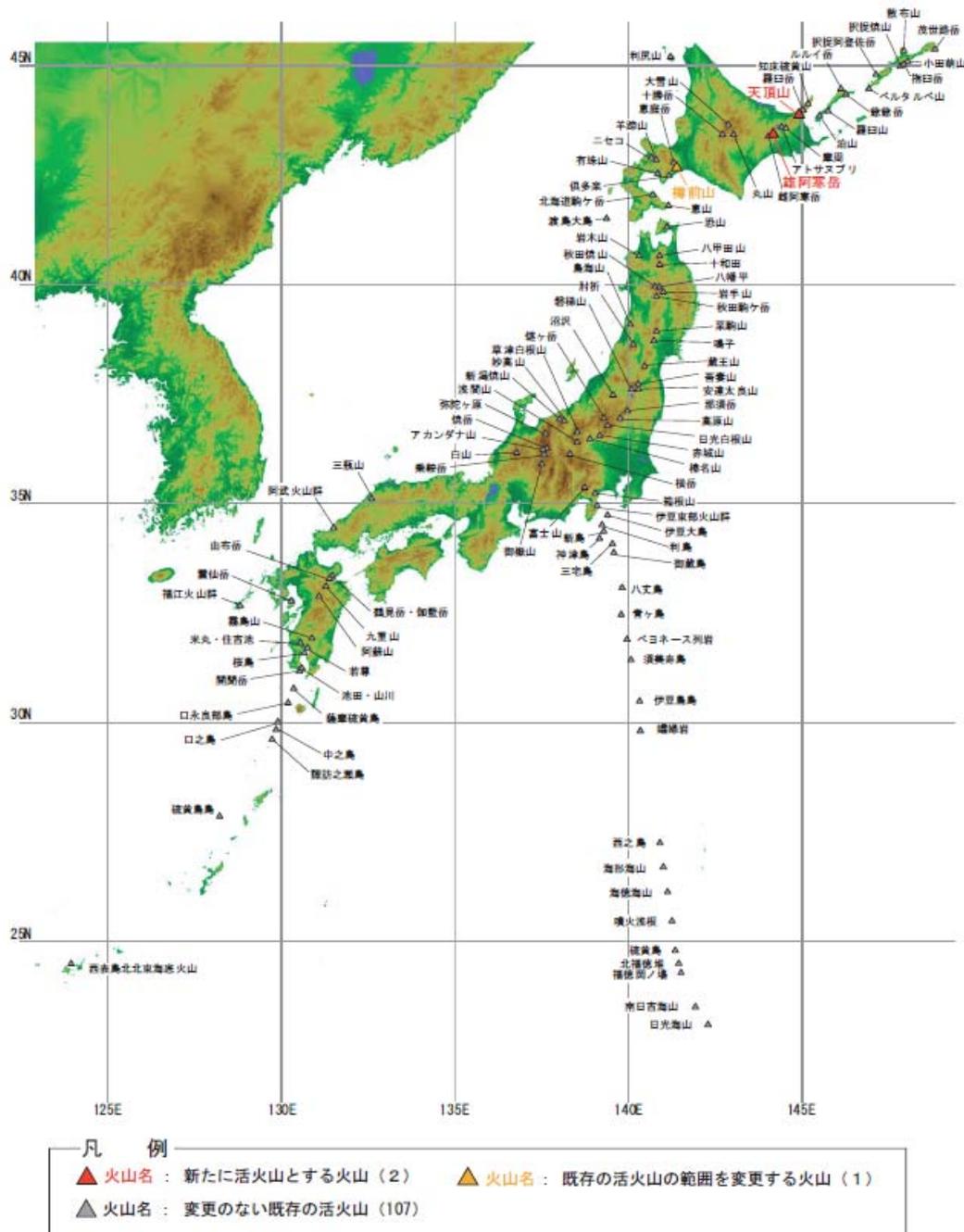


図 新しい定義に基づく活火山分布図（平成23年6月7日 気象庁報道発表資料より抜粋）

2-2. 火山活動の種類

● マグマ噴火とマグマ水蒸気噴火

- ・ マグマ噴火の種類（アイスランド式、ハワイ式、ストロンボリ式、ブルカノ式、プリニー式）と特徴
- ・ プリニー式噴火、カルデラ形成噴火の危険性について

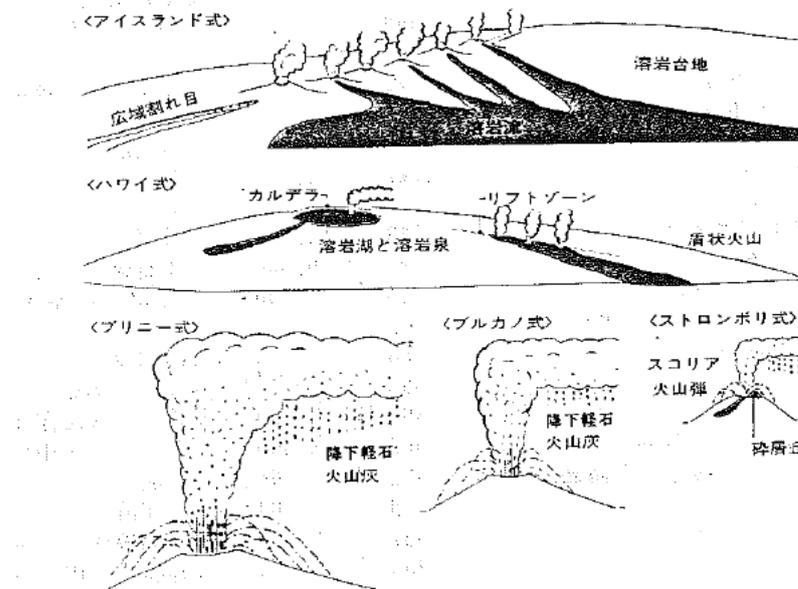


図 2-2-1 代表的な噴火形式（荒牧、1978）

2-3. 過去の火山災害

● 多数の犠牲者を出した火山災害

- ・ 国外（1586年～1986年）と国内（1410年～1990年）の災害事例
※1990年以降の火山災害事例を追記
- ・ 項目は火山名、噴火年、死者数、備考（災害要因や被害地等）

表 2-3-1 多数の犠牲者を出した火山災害（勝井、1979に加筆）

火山名	噴火年	死者数 (人)	備考
クルー（インドネシア）	1586	10,000	カルデラ形成に伴って津波発生
ベスビオ（イタリア）	1631	3,500	爆発的噴火・溶岩流・火山泥流
エトナ（イタリア）	1669	20,000	地震（溶岩流下で1.7万人が家を失う）
メラピ（インドネシア）	1672	3,000	火砕流・火山泥流
富士山（日本）	1707年	不明	餓死者多数
アウ（インドネシア）	1711	3,200	火山泥流
パパンダヤン（インドネシア）	1722	2,967	山体崩壊
渡島大島（日本）	1741	>1,475	津波
浅間山（日本）	1783	1,200	火砕流・洪水
ラカギガル（アイスランド）	1783	10,000	大規模溶岩流（餓死も発生）
雲仙岳（日本）	1792	15,000	山体崩壊・津波発生
タンボラ（インドネシア）	1815	92,000	大規模噴火（餓死・病死も発生）
ガルングン（インドネシア）	1822	>4,000	火山泥流
アウ（インドネシア）	1856	2,000	火山泥流

クラカトア (インドネシア)	1883	36,417	カルデラ形成に伴って津波発生
アウ (インドネシア)	1892	1,500	火砕流・火山泥流
プレー (西インド諸島)	1902	28,000	サンピエール市に火砕流
スフリエール (西インド諸島)	1902	1,565	火砕流
クルー (インドネシア)	1919	5,000	火山泥流
ラミントン (パプアニューギニア)	1951	3,000	爆発的噴火・火砕流
アグン (インドネシア)	1963	2,000	火砕流・火山泥流
ネバドデルルイス (コロンビア)	1985	25,000	火山泥流
ニオス湖 (カメルーン)	1986	1,700	火山ガス

2-4. 火山災害要因

●火山災害要因

・現象：

大きな噴石の落下、火砕流（火砕サージを含む）の流下、融雪型火山泥流の流下、溶岩流の流下、火砕物（大量の火山灰や小さな噴石）の降下、土石流の流化、岩屑なだれ（岩屑流）の流下、洪水、地すべり・斜面崩壊、津波、火山ガス・噴煙、空振、地震動、地殻変動、地熱活動、地下水・温泉変動

表 2-4-1 火山災害要因（勝井、1979 をもとに作成）

災 害 要 因	災 害 の 種 類
噴 石	落下衝撃による破壊、火災、埋没
火 砕 流（火 砕 サ ー ジ を 含 む）	破壊、火災、埋没
融 雪 型 火 山 泥 流	流失、埋没
降下火砕物（火山灰、火山礫）	降下、付着、破壊、埋没
溶 岩	破壊、火災、埋没
泥 流、土 石 流	流失、埋没
岩 屑 な だ れ、山 体 崩 壊	破壊、埋没、津波
洪 水	流失
地 す べ り、斜 面 崩 壊	流失、埋没
火 山 ガ ス、噴 煙	ガス中毒、大気・水域汚染
空 振	窓ガラス等の破壊
地 震 動	山体崩壊、山くずれ、施設破壊
地 殻 変 動	断層、隆起、沈降、施設破壊
地 熱 変 動	地下水温変化
地 下 水・温 泉 変 動	地下水温変化、水量変化

●被害事例

・現象ごとに被害事例を示す。

・現象：

大きな噴石の落下、火砕流（火砕サージを含む）の流下、融雪型火山泥流の流下、溶岩流の流下、火砕物（大量の火山灰や小さな噴石）の降下、土石流の流化、岩屑なだれ（岩屑流）の流下、洪水、地すべり・斜面崩壊、津波、火山ガス・噴煙、空振、地震動、地殻変動、地熱活動、地下水・温泉変動

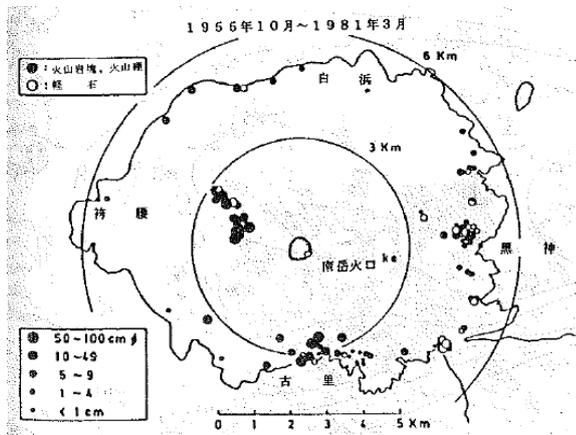


図 2-4-1 桜島での種類別、直径別噴出岩塊の落下分布（1955-1981 年） 左
写真 2-4-1 桜島南岳の噴出岩塊によって被災したホテル（1986 年 11 月） 右

3. 火山ハザードマップと火山防災マップの作成指針

3-1. 指針に基づく火山ハザードマップと火山防災マップについて

3-1-1. 指針に基づく火山ハザードマップと火山防災マップについて

- 「防災基本計画（平成23年改定）」及び「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針（平成20年）」で示された火山ハザードマップと火山防災マップについて
 - ・ 火山ハザードマップの定義
 - ・ 火山防災マップの定義
 - ・ 火山噴火災害危険区域予測図作成指針との比較

表 「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針（平成20年）」に基づく火山ハザードマップと火山防災マップについて

火山ハザードマップ	火山防災マップ
噴火の現象（火砕流、噴石、土石流、溶岩流等）に応じて、火砕流等の噴火の現象が到達する可能性がある危険な区域を地図上に特定し、避難すべき危険な地域を視覚的に分かりやすく表記したものである。	住民に避難の必要性を周知するために、火山ハザードマップに、噴火警報等の解説、避難所や避難経路、避難の方法、住民への情報伝達の方法等の防災対策上必要な情報を記載したものである。

- 災害実績図について
 - ・ 科学的手法を使い、調査研究することにより作成されるマップで、過去の災害履歴の集大成をもって災害予測とするもの
 - ・ 火山ごとに過去の活動による災害状況を把握するのに極めて重要
 - ・ 火山ハザードマップと火山防災マップの基礎となるマップ

(参考) 指針(平成20年)と作成指針(平成4年)における火山ハザードマップ等の対応

●火山噴火災害危険区域予測図作成指針(平成4年)の危険区域予測図について

- ・3種類の火山噴火災害危険区域予測図
 - ①火山学的火山噴火災害危険区域予測図(火山学的マップ)
 - (ア)過去の災害の実績図
 - (イ)将来における災害の予測図
 - ②行政資料型火山噴火災害危険区域予測図(行政資料型マップ)
 - ③住民啓発型火山噴火災害危険区域予測図(住民啓発型マップ)

・AタイプとBタイプのマップカテゴリー

Aタイプのマップ(特定の噴火に対応する火山噴火災害危険区域予測図)は、最も起こりそうな条件の組合せを想定したマップを出来るだけ多く作成し、実際の噴火の際に、最もよくあったマップを選び出し、活用する。

Bタイプのマップ(予測される災害を累積した火山噴火災害危険区域予測図)は、ある地点で発生する頻度の高そうな災害を表示したものの。

表 4-1-1 火山噴火災害危険区域予測図のタイプと特徴

	火山学的マップ	行政資料型マップ	住民啓発型マップ
目的	起こりうる火山現象の確率、物理量などを、条件を変えて正確に示し、行政資料型、住民啓発型マップの作成に資する	火山現象ごとの影響範囲、防災施設の分布、災害応急対策の手順等を示し、災害予防、災害応急対策等の防災対策に資する。	住民や観光客などに対して火山現象の及ぶ範囲、発災時の避難方法等をわかりやすく示し、防災意識の高揚を図る。
表示内容	過去の災害履歴、各災害要因ごとの影響範囲、予測の条件(噴火の規模等)、堆積物等の厚さ、到達時間等	各災害要因ごとの影響範囲、予測の条件、危険度分類、防災施設、公共施設(役所、病院、学校、道路等)、情報伝達系統、指定地等	災害の影響範囲、予測の条件、避難施設(集合場所、避難場所、避難経路)、情報収集の方法、非常携帯品、噴火時の心構え
作成主体	原則として市町村またはその協議体(都道府県またはそれらの協議体)		



火山ハザードマップ	火山防災マップ
噴火の現象(火砕流、噴石、土石流、溶岩流等)に応じて、火砕流等の噴火の現象が到達する可能性がある危険な区域を地図上に特定し、避難すべき危険な地域を視覚的に分かりやすく表記したものである。	住民に避難の必要性を周知するために、火山ハザードマップに、噴火警報等の解説、避難所や避難経路、避難の方法、住民への情報伝達の方法等の防災対策上必要な情報を記載したものである。

「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針(平成20年)」に基づく火山ハザードマップと火山防災マップについて

3-1-2. なぜ火山ハザードマップと火山防災マップは必要か

- ・火山防災マップ等の整備状況の遅れ（平成 23 年度の整備状況）
- ・火山防災マップ等の活用事例（海外事例、2000 年有珠山噴火等の日本の事例）
- ・火山防災マップ等の効果（行政の災害準備、周辺住民の火山に対する認識の高揚）
- ・実際の噴火時の活用

●火山ハザードマップの必要性について

噴火時における住民の避難を迅速に実施するために、火山ハザードマップを基礎資料として、火山防災協議会の共同検討体制の下で関係機関が避難計画を検討する必要がある。また、災害の規模等に応じて適切な範囲を対象として避難を呼びかけるにあたっては、噴火規模の異なる複数の影響範囲を示した火山ハザードマップを作成する必要がある。

さらに、噴火警戒レベルや策定した避難計画の見直し、避難所等の整備、島外避難用の港湾整備、河川砂防施設の整備等のハード防災対策を事前に効果的に進めるためにも、火山ハザードマップが必要である。

●火山防災マップの必要性について

登山者や住民に避難計画の内容（火山災害に対する避難時期、避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等）を正しく認識してもらうために必要で、避難や火山災害への備え等を示すことは、噴火時等に登山者や住民の避難を円滑に行うために不可欠である。

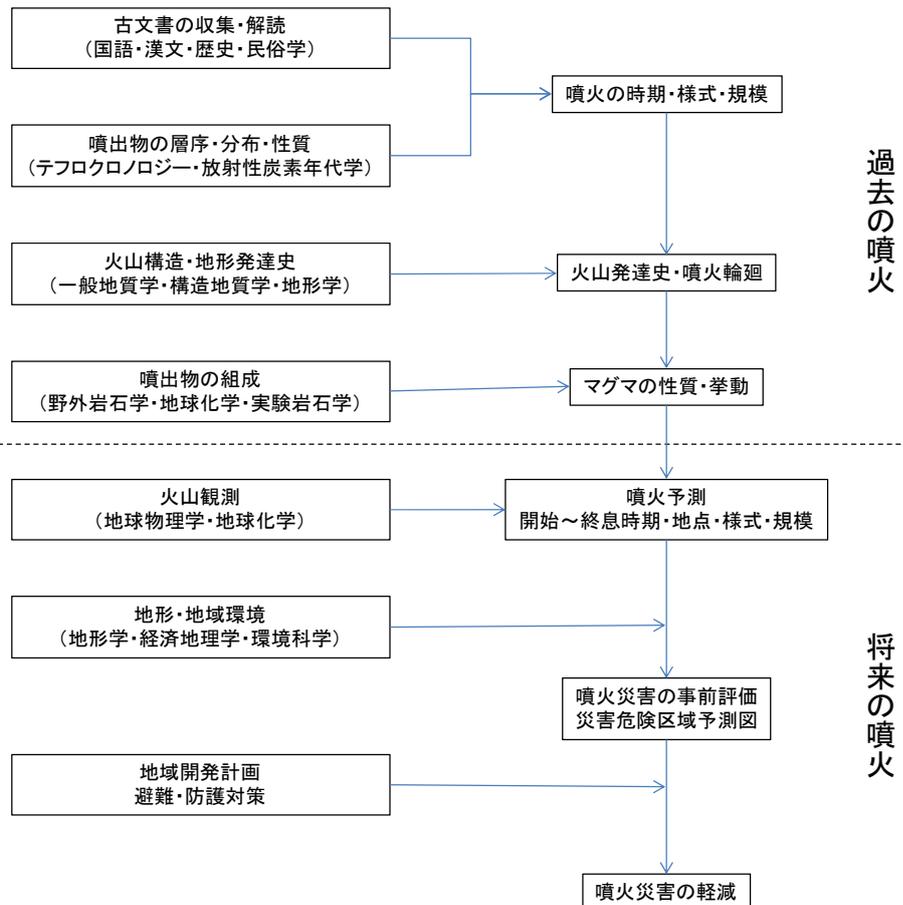
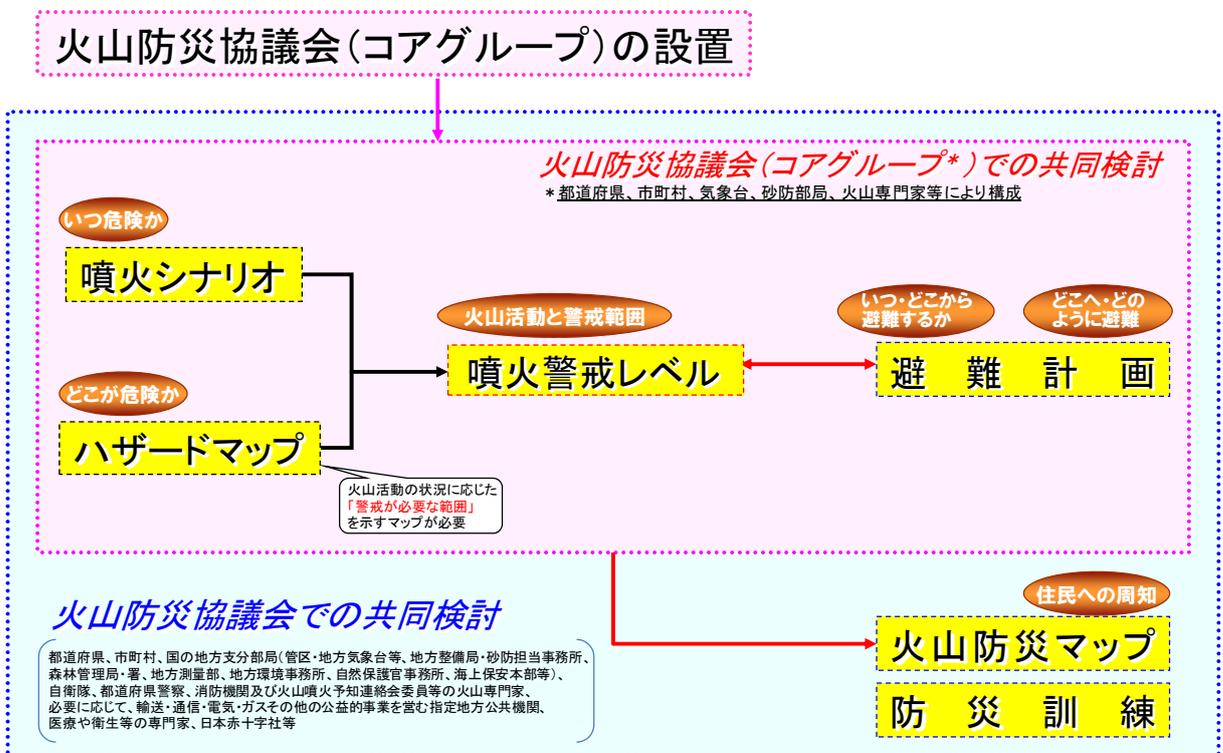


図 3-1-1 噴火災害の事前評価の方法（勝井、1979）

3-1-3. 噴火警戒レベル、避難計画との対応

- 火山ハザードマップと噴火警戒レベルの関係について
 - ・平常時の火山防災協議会において火山災害に対する避難（噴火警戒レベルや避難計画）を共同検討する際には、ハザードマップを用いて、災害の規模等に応じた適切な範囲を対象とした避難を呼びかけられるように、災害の規模等に応じて避難対象地域を段階的に複数とおとり（小規模・中規模・大規模等のそれぞれについて）設定しておく。
- 火山防災マップ等と噴火警戒レベル及び避難計画の関係について
 - ・火山ハザードマップに、噴火警戒レベル（入山規制や避難の開始タイミングとなる噴火警戒レベルの「発表基準」、噴火警報で発表される「警戒が必要な範囲」）や避難計画（火山災害に対する避難時期、避難対象地域、避難先、避難経路・手段等）の内容を反映したものが火山防災マップである。



3-1-4. 火山防災マップ作成までの手順

① 作成体制

- ・対象となる火山を研究している学識経験者や研究機関の協力が不可欠
- ・地方公共団体の関係部局や関係指定地方行政機関等の意見の調整が必要
- ・「防災基本計画（平成23年改定）」及び「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針（平成20年）」に基づき、火山ハザードマップおよび火山防災マップは、各火山の地元の都道府県・市町村・気象台・砂防部局・火山専門家等で構成される火山防災協議会において関係機関が共同で検討・作成
- ・火山防災協議会における共同検討を通じて、関係者間で顔の見える関係を構築し、火山災害への防災対応のイメージ・認識、火山に関連する異変情報の連絡手段等を共有する

② 火山防災マップ作成までの流れ

- ・事前の噴出物調査や災害実績図の作成は重要
- ・地質図、火山地質図、火山有識者が作成した火山学的マップの活用
- ・上記を基にしたシミュレーションによる影響範囲の推定
- ・リアルタイムの災害予測シミュレーション
- ・火山防災マップは、災害実績図および火山ハザードマップの中から必要な事項を抽出し編集

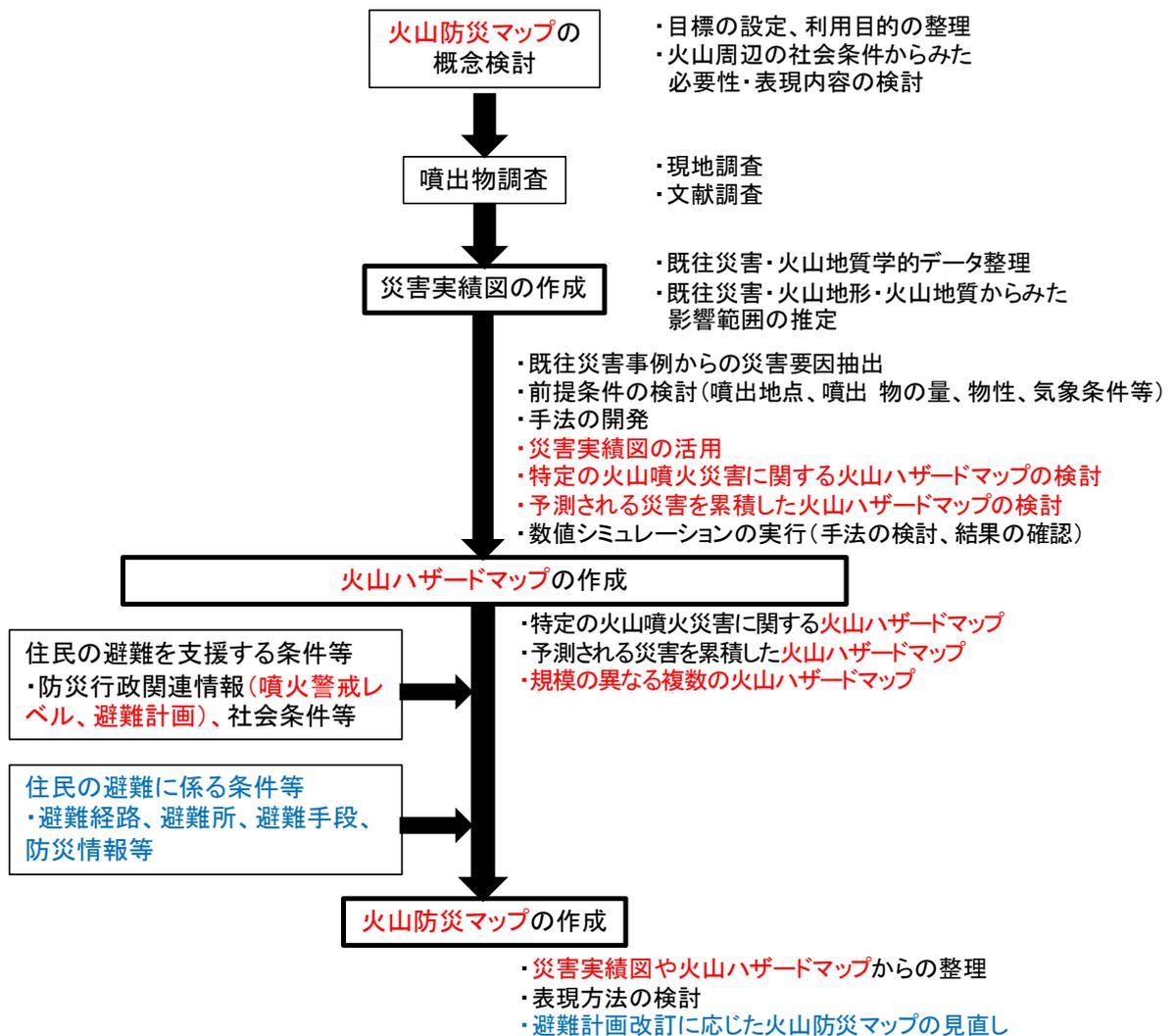


図 3-3-1 火山噴火災害危険区域予測図作成の流れ

3-2. 災害実績図の意義と作成方法

3-2-1 災害実績図の意義

- 火山災害要因、噴火のくせの把握
- 火山災害実績に関する資料の現状と重要性
- 火山現象の想定規模の把握

3-2-2 災害実績図の作成方法

- 災害実績図に記載する内容（災害要因と災害実績図に記載する内容）
 - 災害実績図作成上の注意点（資料収集時、資料整理時）
- ※火山災害実績調査に参考となる資料の表

表 3-4-1 災害実績図に記載する内容

災 害 要 因	災害実績図に記載する内容
噴 石	落下位置、噴出口、岩塊の大きさ、量、温度
火砕流（火砕サージを含む）	噴出口、厚さ、流動方向、到達時間、分布境界、温度
融雪型火山泥流	発生地点、流下経路、氾濫域、到達時間、気象
降下火砕物（火山灰、火山礫）	噴出口、厚さ、粒径（最大、平均）、等層厚線
溶 岩	噴出口、厚さ、流動方向、到達時間、分布境界、温度
洪 水	発生地点、流下経路、氾濫域、浸水深、到達時間、気象
泥 流、土 石 流	発生地点、流下経路、氾濫域、到達時間、気象
岩 屑 な だ れ、山 体 崩 壊	崩壊場所、堆積範囲、崩壊前の地形
地 す べ り、斜 面 崩 壊	発生場所、気象
津 波	浸水高さ、浸水域
火 山 ガ ス、噴 煙	発生場所、気象、被害範囲、被災物、ガス成分
空 振	被害発生地点、被災物
地 震 動	震央、マグニチュード、被災物
地 殻 変 動	断層位置、変動量、変動期間、施設破壊地点
地 熱 変 動	観測点、地下水温変化量
地 下 水 ・ 温 泉 変 動	観測点、変化水量
共 通	出典、発生年月日、時刻、データポイント

●災害実績図作成から災害危険区域予測への流れ

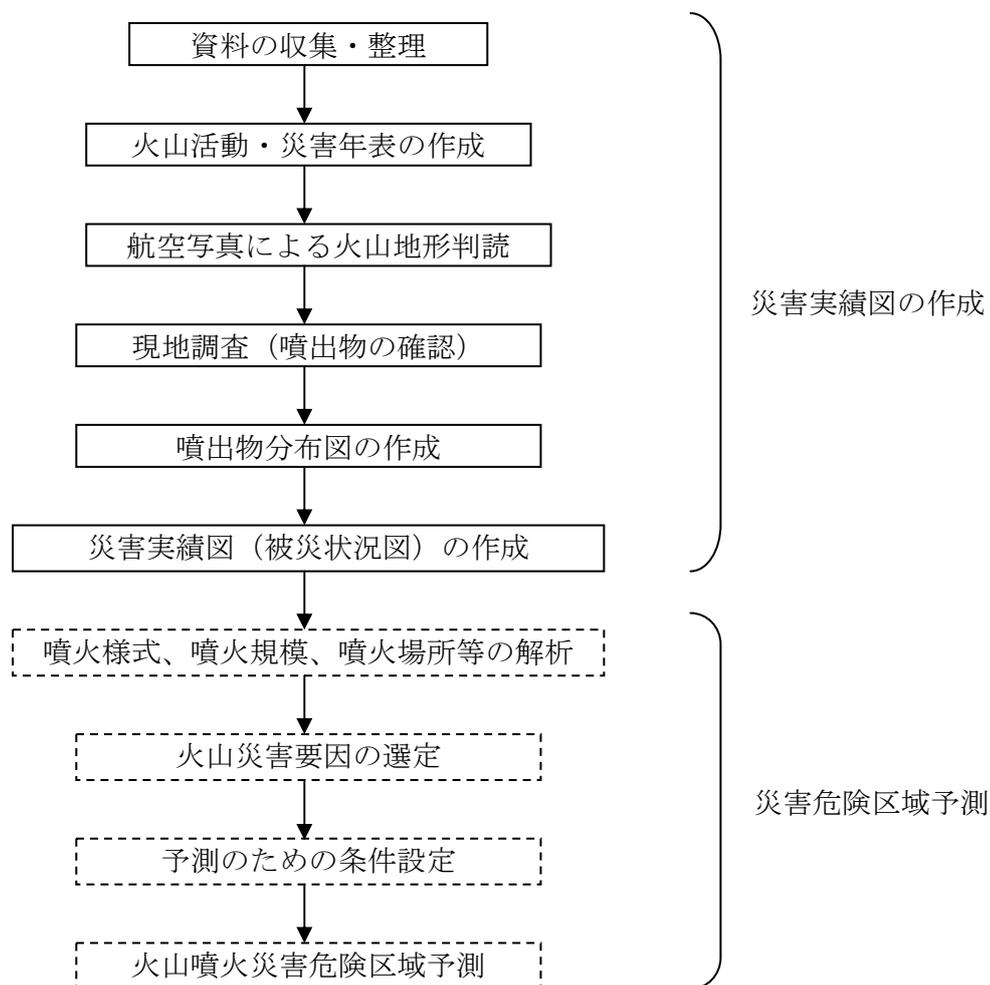


図 3-4-1 災害実績図作成から災害危険区域予測への流れ

3-2-3 災害実績図の事例

●モデル火山で作成した事例の紹介（樽前山、浅間山、富士山、桜島）

噴出物分布図、降灰分布図、空振によるガラスの破損分布図、大きな噴石の分布図、火砕流（火砕サージを含む）の分布図（雲仙普賢岳）、降灰後の降雨に伴う泥流・土石流の分布図（三宅島）など

3-2-4 火山噴火による災害予測の前提

- 予測作業上の前提条件として、火山災害要因、噴火場所、噴火規模、気象条件等の考え方、及び設定方法の説明

① 火山災害要因の選定

- 災害実績調査から将来起こりうる災害要因の選定
- 他の類似する火山の噴火事例から災害要因の選定
- 地域、社会への影響を考慮して噴火災害要因の優先度の決定
- 火山地域特有の災害要因の検討

② 噴火場所（噴出地点）

- 過去の噴火場所の分布から噴火場所の設定
- 地形・地質的特徴や地球物理学的データから噴火場所の設定
- 想定を大きく外れた位置で火口が形成する場合
- 社会的影響を考慮した噴火場所の設定

③ 噴火規模

- 最近の噴火規模
- 最頻の噴火規模
- 過去のある特定噴火の規模
- ある期間で最大の噴火規模

④ 気象条件等

- 風、雪、雨、地下水

3-3. 火山ハザードマップの作成手法

3-3-1. 特定の噴火災害に関する火山ハザードマップの作成手法

※修正の必要がある場合、「火山現象のモデリング」小屋口剛博著の知見を紹介する。
 ※簡易シミュレーションを紹介する。

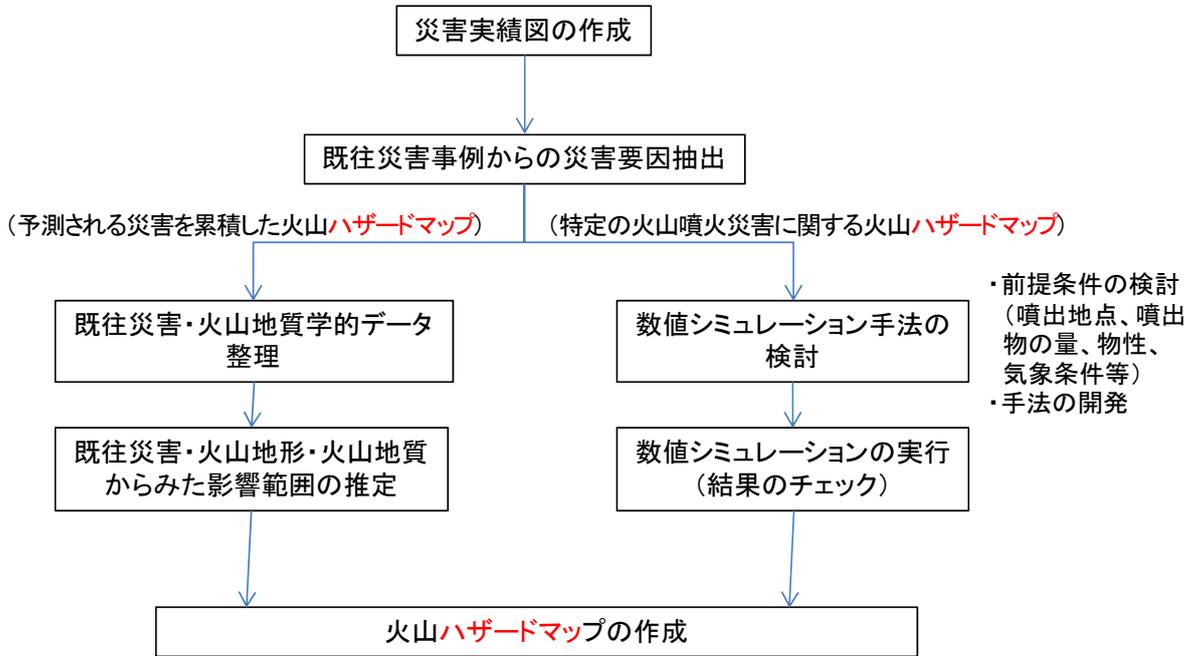


図 3-3-1 火山ハザードマップ作成の流れ

① 噴石の落下

● 予測する災害の状況

● 今までの研究例 (井口・加茂、1984)

噴出源の設定、岩塊の大きさ、初速度、噴出方向の傾き、弾道計算

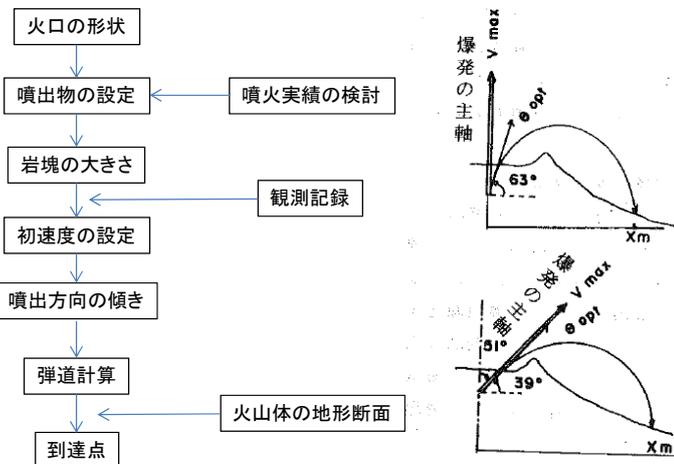


図 3-6-1 噴石の到達点の予測フロー 左

図 3-6-2 爆発の主軸の傾きと到達距離 (井口・加茂、1984) 右

●簡易事例の紹介

●今後の課題

初速度に依存するため、爆発的噴火のメカニズムの解明等が必要である。

② 火砕物の降下

●予想される災害の状況

●今までの研究例

過去の噴出物の分布から経験式を導きだす方法

空中に放出された火砕物粒子の運動を拡散方程式により追跡する方法

●予測手法の内容

噴煙柱の高さと噴出物の総量、噴出物の粒度組成、噴煙柱の形、噴煙柱内の密度分布の仮想形成時間、噴煙柱内の速度分布、噴煙柱の各高度からの拡散、火砕物粒子の降下時間、風の影響、降下火砕物の堆積量、噴煙から降り始めるまでの所要時間

●条件の設定

シミュレーションを行う際のパラメータ（噴出物総量、噴煙柱の高さ、噴火継続時間、粒径、空気の密度・粘性、風速、等）

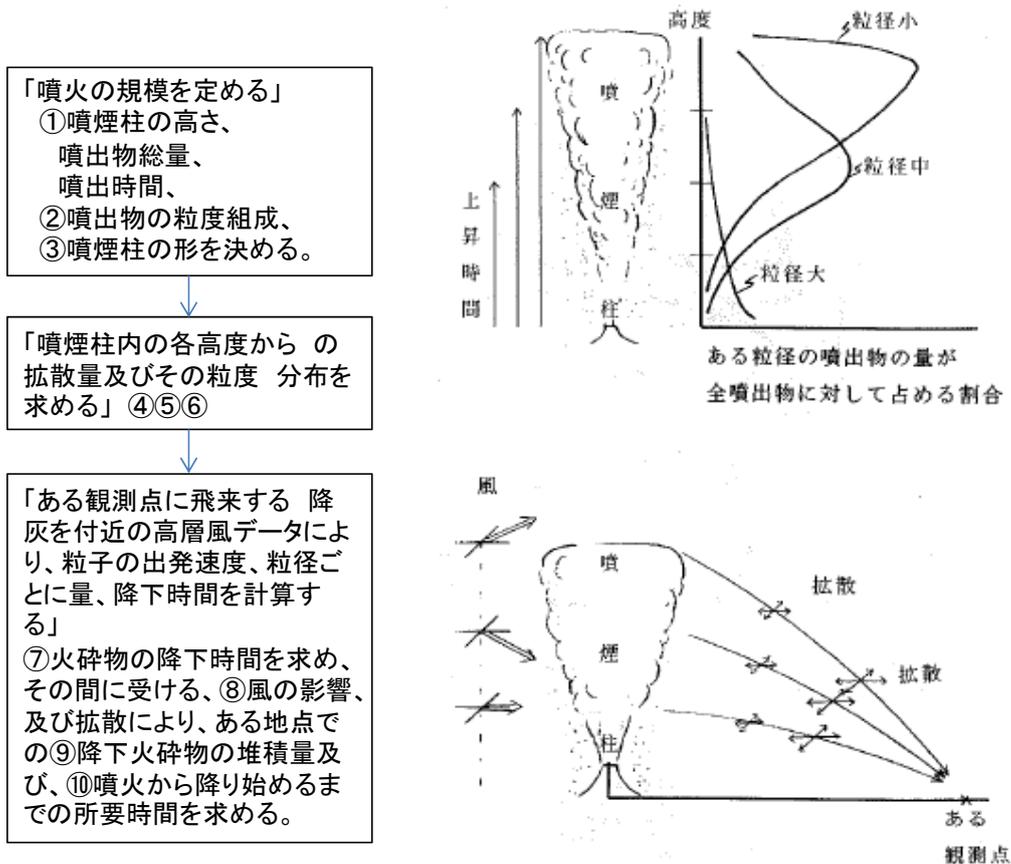


図 3-6-6 火砕物の降下シミュレーションの概略図

●簡易事例の紹介

●今後の課題

- 3次元的な風力場を入れたシミュレーションの必要性
- パラメータ設定のための研究の推進の必要性
- 航空機への影響を考慮した空中での噴煙の拡散予測の必要性

※エイヤフィヤトラヨークトル火山噴火（アイスランド）の事例紹介

③ 溶岩流の流下

●対象となる現象

●予測計算手法の研究例

- 過去の噴出物の分布から経験式を導き出す方法
- 空中に放出された火砕物粒子の運動を拡散方程式により追跡する方法

●予測計算の手法

- 流量の計算、溶岩の内部温度の計算、粘性係数の計算、降伏応力の計算

●予測計算の前提

メッシュの大きさ、噴出口の位置および大きさ、噴出レート・噴出総量・噴出継続時間、溶岩の噴出時の温度、溶岩の噴出時の粘性

- ※各噴火時の事例を記載した表あり

※国土地理院の数値地図（無料）の紹介

●予測計算実施上の留意点

数値化地形の作成、噴出口および噴出条件の設定、計算のタイムステップの設定、溶岩流流下の計算時間の設定、計算の不安定化の防止、計算対象領域の設定、計算上の溶岩流の流下状況の監視、計算の諸条件の設定に関する基本的考え方

●簡易事例の紹介

●今後の課題

- 溶岩流の流下に関する物理量の蓄積についての課題
- とくに粘性係数および降伏応力の決定法についての課題

④ 泥流・土石流の流下

●予測計算の手法

ハイドログラフの設定（流出土砂量の設定、土石流のピーク流量の設定、土石流中の土砂濃度の設定、土石流のハイドログラフの設定）※土石流対策技術指針（案）（建設省、1989）

- 数値化地形の作成（溪流および流出予測対象範囲の地形的特徴の把握、地形の読み取り）

数値シミュレーション

●予測計算の前提

- 細粒分土砂を含む泥水の密度、堆積速度、等の予測計算に用いる物理量の設定

●予測計算手法の研究例

※研究例に基づいた数式の紹介

●簡易事例の紹介

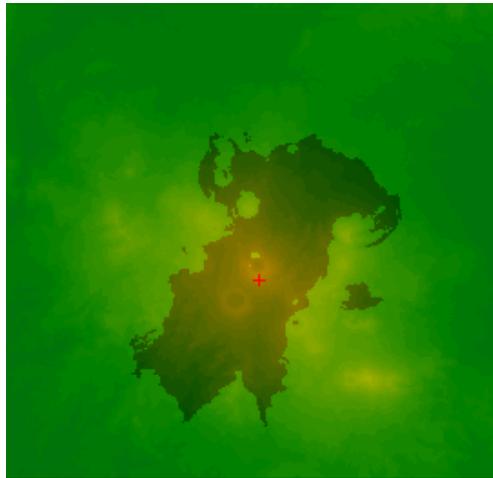


図 エネルギーコーンモデルによる噴出物分布（霧島の事例）
（東京大学地震研究所「REALVOLC」）

⑤ 津波

●予測する災害の状況

大規模な岩屑なだれや火砕流が海や湖に高速で流入し、海水や湖水を押し出し、津波を発生させる。

●今までの研究例

1970年～1984年までの研究事例の紹介（雲仙眉山、渡島大島の事例）

※最近の知見（イタリア・ストロンボリ島の噴火による津波等）を追加する。

●特定のケースの予測

崩壊場所、崩壊方向、崩壊物質の量、岩屑なだれの速度、密度、海底地形、流入点、火砕サージの特性、岩屑なだれの流入、火砕サージの推定、津波のシミュレーション

●簡易事例の紹介

●今後の課題

岩屑なだれや火砕流が海へ流入する際の火山噴出物等と海水の相互作用についての研究がまたれる。

火山噴出物等の海への流入後、海岸線や海底地形に変化が生じる。それを考慮した今後の研究が必要である。

3-3-2. 予測される災害を累積した火山ハザードマップの作成手法

※修正の必要がある場合、「火山現象のモデリング」小屋口剛博著の知見を紹介する。
※簡易シミュレーションを紹介する。

① 噴石の落下

●予測する災害の状況

主にブルカノ式噴火によって火口から噴出される岩塊
約 0.3m 以上の直径をもち風の影響を受けない岩塊

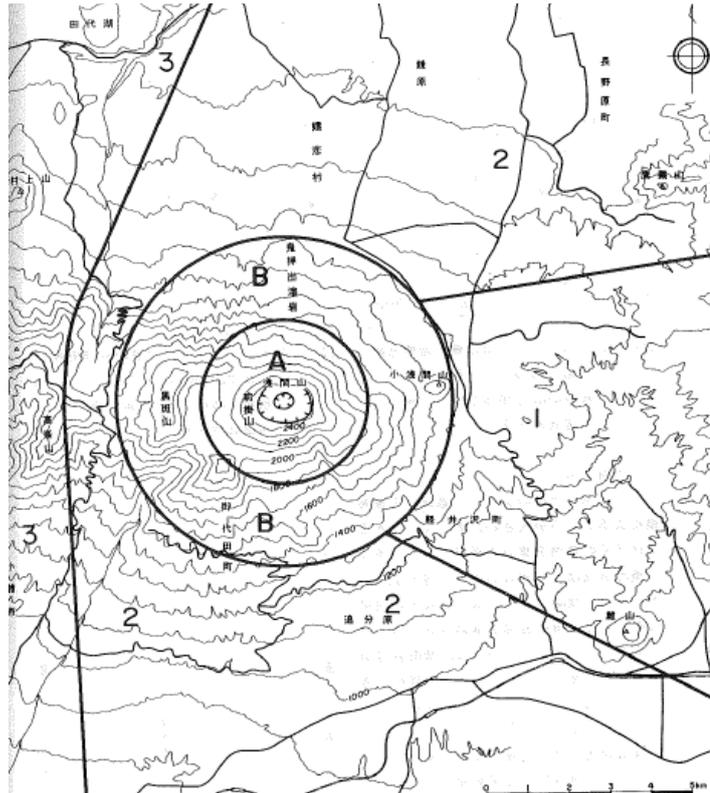


図 3-7-1 浅間山の噴石及び降下火砕物危険区域の予測。

A 区域は火口から 2km で危険度が高い。B 区域は火口から 4km で危険度がやや高い。

1,2,3 区域は降下火砕物の危険区域

1 区域 (大) ←危険性→ (小) 3 区域

●今までの研究例

噴出物の落下危険区域の予測は実測を基にしている (浅間山やカナリア諸島のテネリフェ火山など)

●予測手法

実績に基づくと記載

② 火砕流（火砕サージを含む）の流下

●予測する災害の状況

火山災害要因の中では危険性の高い要因の一つ

火口から高速で火山斜面を流下していく固気混相流

●今までの研究例

過去の火砕流の堆積物の分布と火口からの距離及び山麓部の地形から火砕流の流下予想区域を設定（北海道駒ヶ岳）

過去の火砕流や岩屑なだれの堆積物の分布状況、流下方向を規定する山頂付近の地形から火砕流と岩屑なだれの流下危険区域を設定（浅間山）

噴火規模に応じた火砕流の影響範囲（または実績図）の提示（浅間山、新潟焼山等）

※いずれのケースも発生場所は特定していない。

●予測手法

火砕流の流下方向の予測（小型火砕流： $<0.01\text{km}^3$ 、中型火砕流： $0.01\sim\text{数 km}^3$ 、大型火砕流： 数 km^3 、などに分けて記載）

火砕流の流下経路の予測（小型から中型火砕流は地形的低所を流れ、大型火砕流は100m以下の起伏に影響されることなく流下）

火砕流の到達距離の予測（高度差が大きい場合ほど、遠くまで達する。実例から、小型火砕流の場合は1-6km、中型火砕流の場合5-20km。大型火砕流の場合20-100km。）

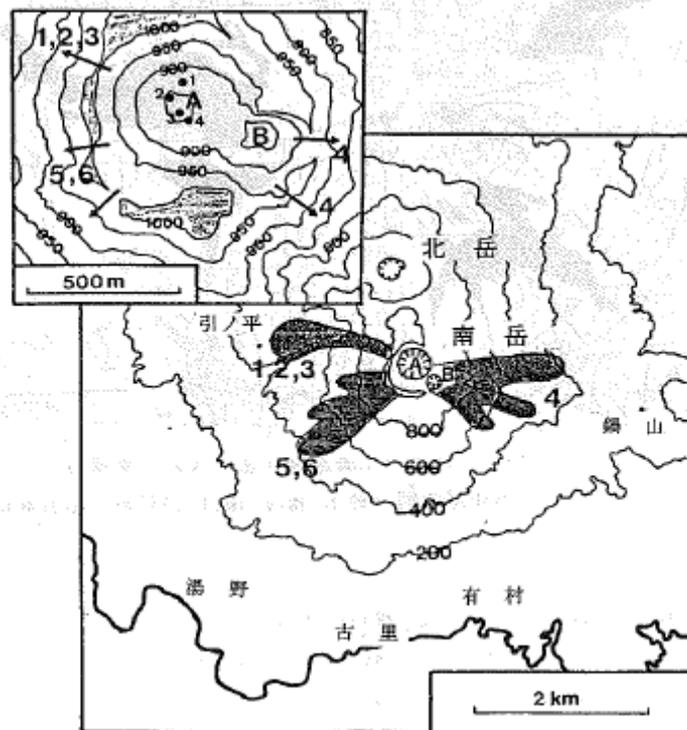


図 3-7-12 桜島で最近発生した小型火砕流の流下域と流下方向（加茂・石原, 1986）

●今後の課題

火砕サージ（火砕流の気体部分、斜面等の地形の影響を受けにくく、比較的まっすぐ進む）の影響範囲の予測が難しく、今後の研究が望まれる。

③ 融雪型火山泥流の流下

●予測する災害の状況

- ・積雪期の火砕流に伴って発生し、火山体を開析する谷に沿って流下する融雪型火山泥流と土石流を対象
- ・融雪型火山泥流等は水を多く含み、わずかな勾配でもなかなか停止せず、火山からかなり離れたところまで到達する

●今までの研究例

過去の融雪型火山泥流の堆積物の分布と厚さ、記録に残る融雪型火山泥流災害の実績、及び現在の地形を定性的、経験的に評価し、泥流の流下予測区域を設定（海外および日本での多くの事例）

※融雪型火山泥流の研究例を追加する。

●予測手法

発生場所の予測（泥流：山頂付近に大量の積雪のある火山、細粒の火山灰が地表面を覆っている火山）

影響範囲の予測（①泥流は溪床勾配が 3° 未満で溪床幅が広いところでは堆積・停止しやすい、②山麓の扇状地の範囲、③古文書等の記載）

※融雪型火山泥流の予測手法の追加

④ 火砕物（小さな噴石、火山灰）の降下

●予測する災害の状況

大気中を拡散し、風により水平に搬送され、同時に終端速度で降下し、地表に堆積するまでの現象

予測の対象は火山灰や火山礫、小さな噴石

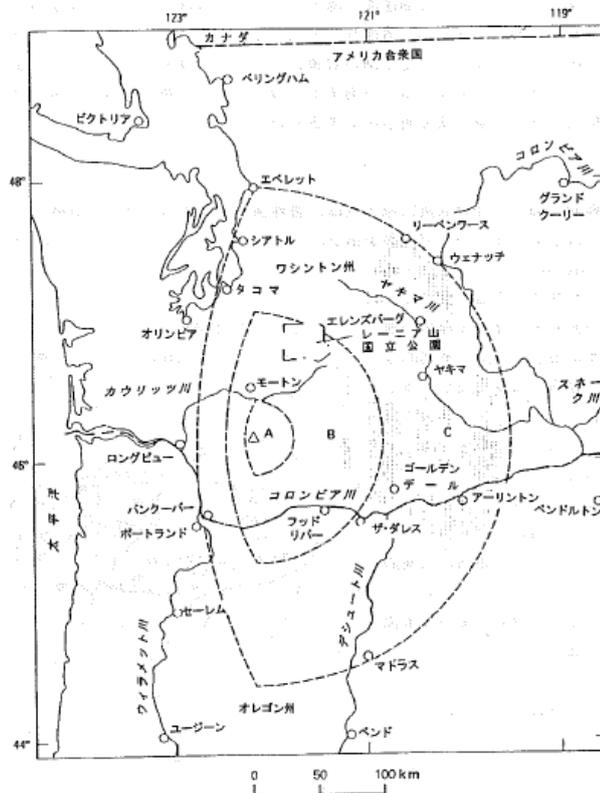


図 3-7-6 セントヘレンズ火山での降下火山灰堆積域予測図
(Crandell Mullineaux Miller, 1979)

●今までの研究例

- 厚さ 1m 以上の火山灰の降下する確率を示した図 (テネリフェ火山)
- 降下火砕物の広域的な分布の予測 (セントヘレンズ火山)
- 過去の実績と卓越風に予測図 (浅間山)

●危険区域予測手法

- 日本の場合、上層風の影響で火山の東側に火砕物が堆積
- 噴煙柱があまり高くない場合には、地上風に近い風の影響を考慮

⑤ 溶岩流の流下

●予測する災害の状況

- 火山斜面やその周辺の地形に沿って流下する溶岩流を対象
- 流動性に富む玄武岩質の溶岩に適用する

●今までの研究例

- 過去の災害実績と地形・地質的特徴から示した危険区域 (諸外国)
- 溶岩流による埋没危険度を、溶岩流の生起頻度、カルデラの存在、リフトゾーンの存在、斜面の地形から決定 (ハワイ)
- 過去の溶岩流の到達点を連ねて溶岩流到達危険区域の線引きを実施 (マヨン火山)

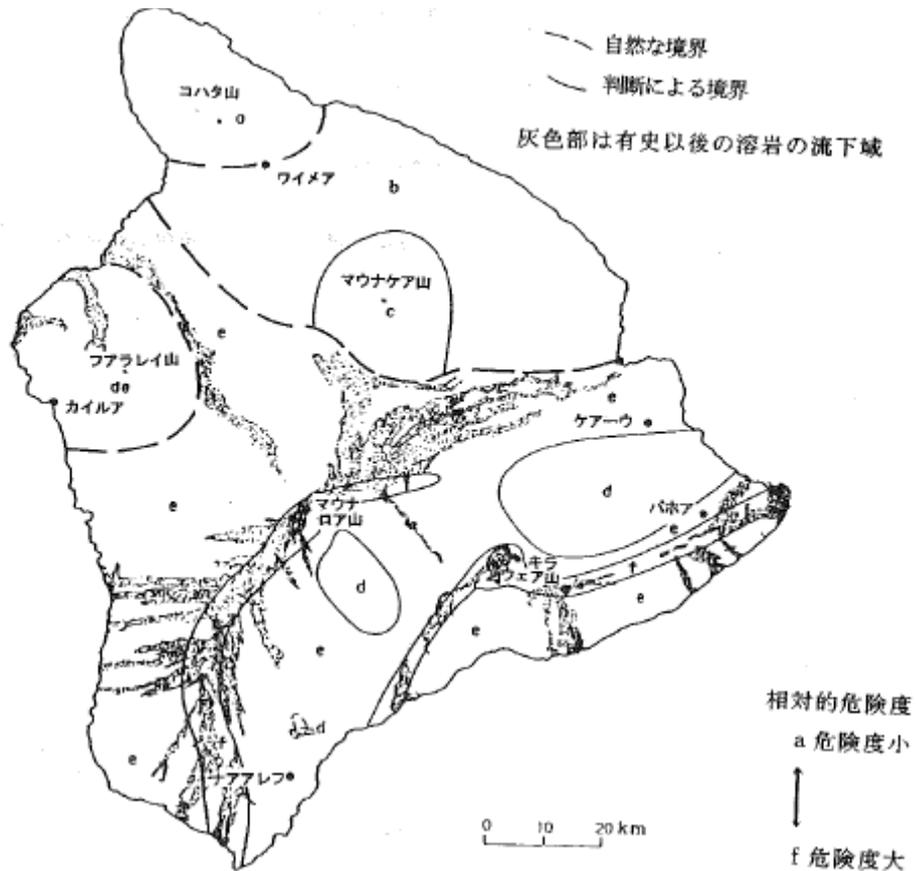


図 3-7-8 ハワイ島全島の溶岩流による埋没危険度 (Mullineaux and Peterson 1974)

●予測手法

山腹噴火（斜面分割、流下域区分、流下域ごとの火砕丘、火口の数算出、溶岩の流下危険度判定）

山頂噴火（溶岩湖の形成、地形的低所への流入）

⑥ 降灰後の降雨によって発生する泥流・土石流の流下

●予測する災害の状況

- ・降灰後の降雨によって発生し、火山体を開析する谷に沿って流下する泥流と土石流を対象
- ・泥流は火山からかなり離れたところまで到達する

●今までの研究例

過去の泥流堆積物の分布と厚さ、記録に残る泥流災害の実績、及び現在の地形を定性的、経験的に評価し、泥流の流下予測区域を設定（海外および日本での多くの事例）

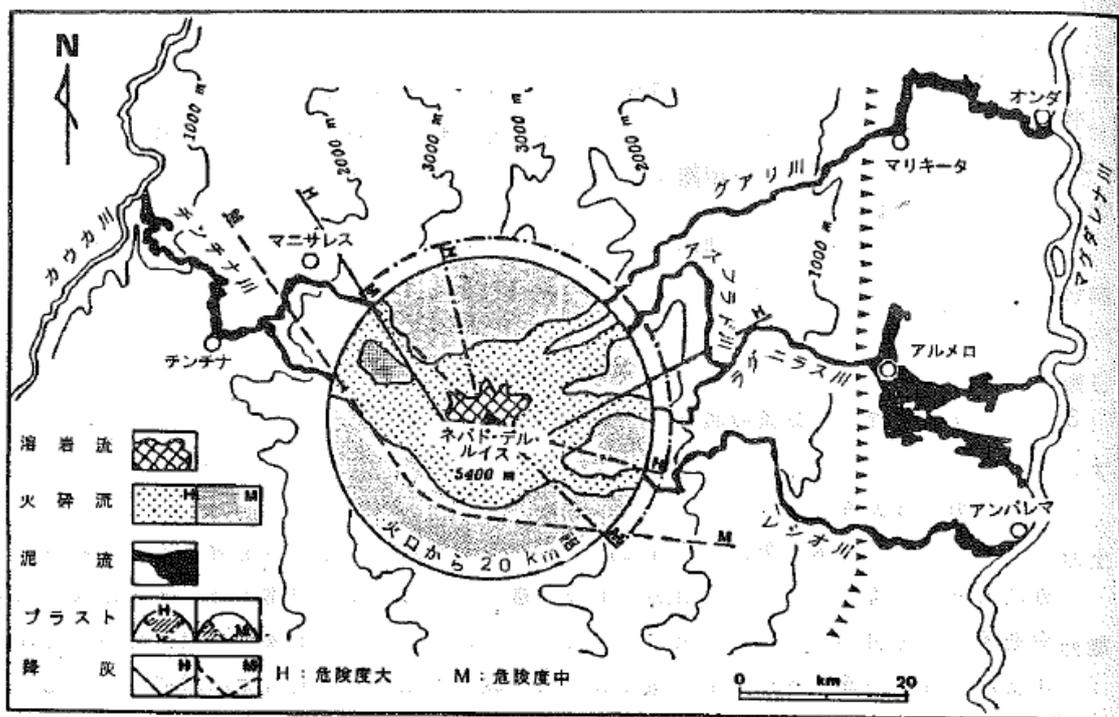


図 3-7-17 ネバド・デル・ルイス火山の火山噴火災害危険区域予測図 (INGEOMINAS, 1985)

●予測手法

発生場所の予測（泥流：山頂付近に大量の積雪のある火山、細粒の火山灰が地表面を覆っている火山、土石流：雨によって引き起こされる火山斜面の開析谷、下流部に扇状地が形成されている溪流では土石流が発生しやすい）

影響範囲の予測（①泥流は溪床勾配が 3° 未満で溪床幅が広いところでは堆積・停止しやすい。土石流は 3° 以上のところで堆積・停止しやすい、②山麓の扇状地の範囲、③古文書等の記載）

⑦ 岩屑なだれの流下

●予測する災害の状況

不安定な火山斜面が火山活動や地震で急速かつ大規模に崩壊することによって発生する岩屑なだれを対象

岩屑なだれの土石の量にもかなりの違いがある

●今までの研究例

過去の岩屑なだれの到達実績と山麓部の地形から岩屑なだれ流下予想区域を設定（北海道駒ヶ岳）

過去の岩屑なだれや火砕流の堆積物の分布状況、流下方向を規定する山頂付近の地形から火砕流と岩屑なだれの流下危険区域を設定（浅間山）

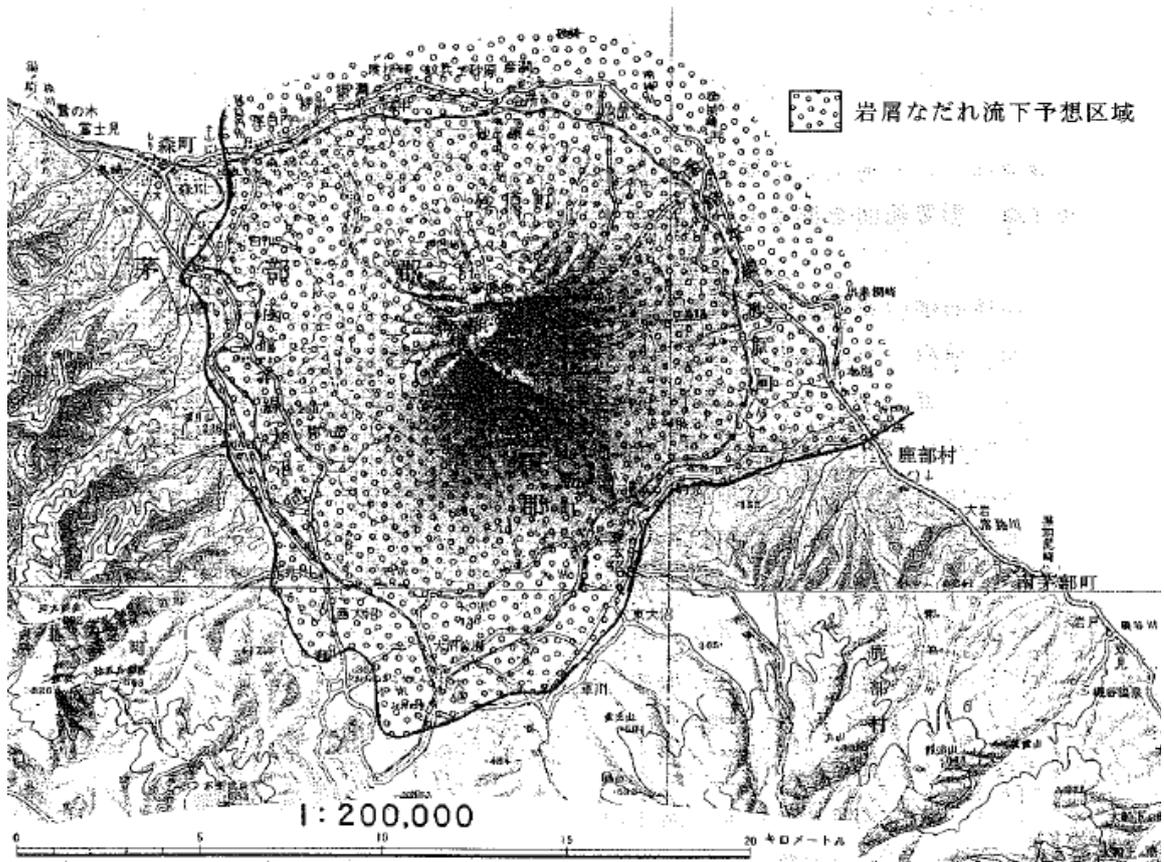


図 3-7-15 北海道駒ヶ岳の岩屑なだれ流下予想区域（駒ヶ岳火山防災会議協議会、1983）

●予測手法

山体崩壊の発生場所の予測（①山腹斜面が一方に偏って大きく傾斜しているところ、②古い火山の上に新しい火山が乗りかかっている火山、③深い開析谷が発達し、山腹斜面が不安定化しているところ、④火山体をつくっている噴出物の中に粘土質の火山灰がはさまっている場合、⑤粘性の高い溶岩が偏って貫入し、周辺斜面を不安定化しているところ）

山体崩壊によってひきおこされる岩屑なだれの影響範囲の予測（①山体崩壊の発生場所と流下する斜面の傾斜、斜面途中の起伏、②谷沿いを流下する場合、③岩屑なだれに伴う岩片まじりの高温、高速の爆風（プラスト）が発生する場合）

⑧ 地すべり、斜面崩壊

●予測する災害の状況

雨や地震によって火山斜面で起こる地すべりや斜面崩壊を対象
火山活動と直接関係するものではない

火山体は脆弱な地質と急斜面からなるため斜面崩壊が起こりやすい

●今までの研究例

火山ハザードマップで地すべりや斜面崩壊の危険箇所を示した事例はほとんどない。

過去に発生した事例を基に発生した場所の地形、地質、植生などの条件を統計的に処理し、
地すべりや斜面崩壊の危険箇所を予測するもの

斜面の安定性を力学的に解析し、地すべりや斜面崩壊の発生しやすさを求めるもの

●予測手法

広い火山斜面と開析谷を対象とする場合は統計的な手法で地すべりや斜面崩壊の危険区域
を予測する

狭い区域では、詳細な地質調査が行われているところでは力学的な安定計算を行うこと

⑨ 火山ガス・噴煙の流下

●予測する災害の状況

火口や噴気口から噴出される火山ガスと噴煙中に含まれるガス成分の流下、拡散による危険区域の予測

●今までの研究例

火山ガスの噴出地点とその周辺の地形から推定（インドネシア・ディエン山、草津白根山）

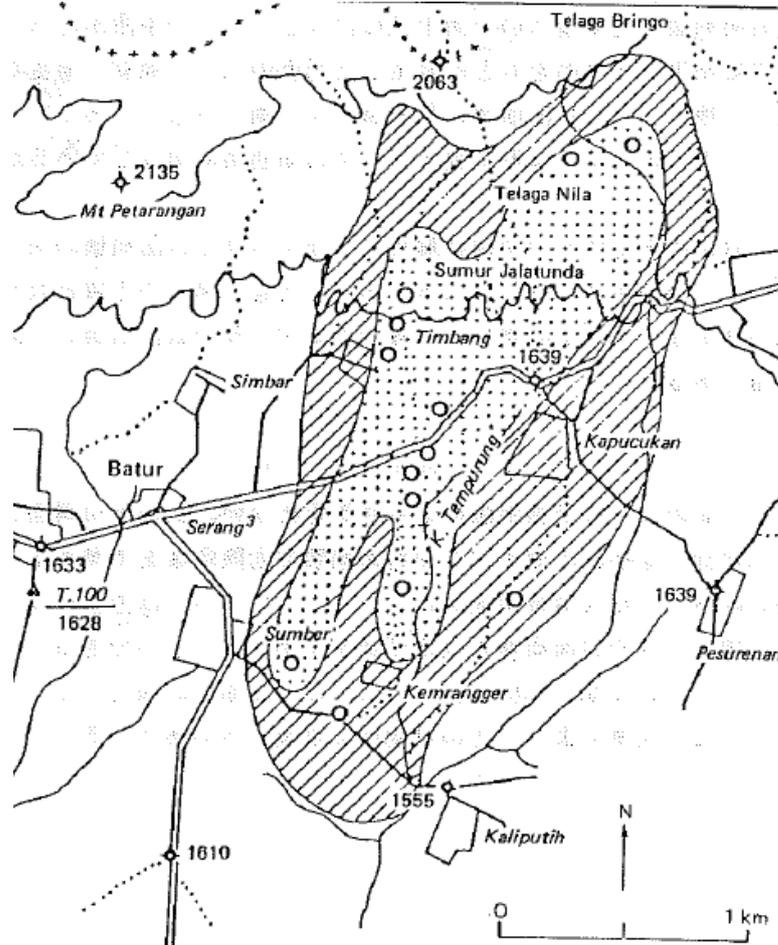


図 3-7-18 ディエン山における火山ガスの危険区域予測図（Kusumadinata, 1984）

●予測手法

噴出地点（噴出実績に基づく）

噴出地点周辺の地形（空気より密度の大きい火山ガスは噴出地点から低い地形、および凹地や谷地形）

噴出地点からの距離（拡散の効果、大噴火の際には数 100km 離れた場所でも被害発生）

風の影響（風向、風速は日時によって変化するため無視、時刻や季節を明記した上で噴出地点の風下側に危険区域を設定することができる）

●防災対策事例

三宅島の事例をいれる。

例) 火山ガス濃度のレベル化

3-3-3. 場所の予測が難しい現象の取扱い

① 空振

●記載上のポイント

- ・爆発的噴火によって発生する
- ・火山の近傍のみでなく、100km 以上離れた地域にも伝わることもある
- ・上層大気による音波の屈折による外聴域現象が起こることもある
- ・空振による窓ガラスの破壊などの被害が生ずる

② 地震動

●記載上のポイント

- ・地震と噴火との関係について過去の噴火実例を述べる
- ・火山性地震ばかりでなく、広域の応力場を反映した地震もある
- ・規模の大きな地震によって山体崩壊や斜面崩壊が起こることがある

③ 地殻変動

●記載上のポイント

- ・デイサイト質や流紋岩質の溶岩を噴出する火山では地殻変動を伴いやすい
- ・爆発的噴火のあとに新たなドームの形成及び地殻変動が起こることがある
- ・上昇してくるマグマの量によって地殻変動の程度は異なる
- ・地殻変動は数カ月から数年といった長期間にわたる現象が多い
- ・新しいマグマの上昇によって元の地形が破壊されたり、地形が変形し、それによって、山崩れ、建物の破壊、道路の変形などの災害起こりうる

3-3-4. 簡易シミュレーションを用いた火山ハザードマップの作成手法

① 作成のながれ

●火山ハザードマップ提供までの流れ

- ・システム準備、計算準備、計算実行、結果照査、出力、ハザードマップの提供

※シミュレーションの活用は、火山専門家を交えた協議会等の共同検討体制下で作成

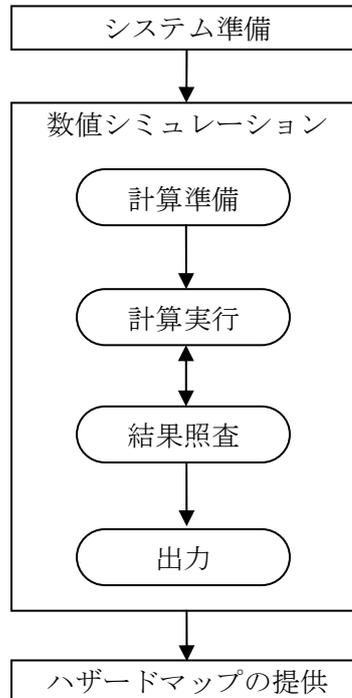


図 数値シミュレーションの提供の流れイメージ

●調査、準備

- ・災害要因の選定
- ・現象ごとのシミュレーションの選択（降灰予測：気象庁、エネルギーコーンモデル、等）
- ・計算のための入力事項（火口位置、地形、噴出量、噴出率、粒度、風向き、等）

●計算実行、照査

- ・計算実行
- ・計算結果の照査（既存事例、既存火山ハザードマップ等との比較、等）
- ・現象ごとの簡易手法の紹介

●出力、火山ハザードマップの提供

- ・出力（出力範囲、出力媒体、等）
- ・火山ハザードマップの提供（行政または住民提供用に加工、配布媒体、配布手段、等）

3-4. 火山防災マップの作成手法

3-4-1 作成のながれ

- ・災害実績図及び作成した火山ハザードマップを基に、避難計画の内容（避難時期（噴火警戒レベル）、避難対象地域（噴火警報で発表される「警戒が必要な範囲」）、避難先、避難経路・手段等）を掲載する

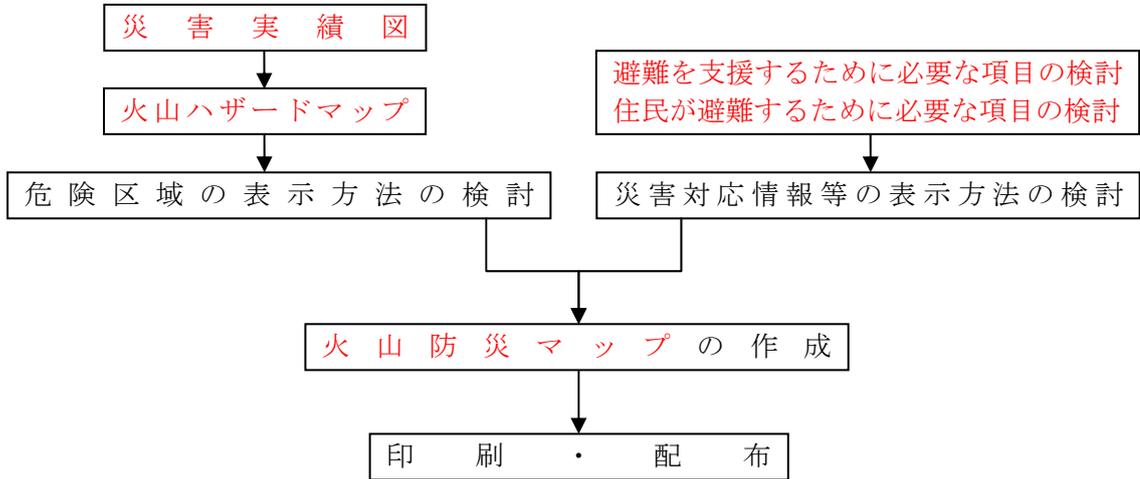


図 4-2-1 火山防災マップ作成のながれ

●災害要因の選定

周辺住民の避難を伴う災害要因、発生する可能性が高い災害要因、過去に甚大な被害をもたらした災害要因、危険区域が比較的明確な災害要因

●表示方法の検討

- ・マップの縮尺、マップの範囲、危険度区分、到達時間の表示、前提条件、火山現象の概要
- ・住民に知らせておくべき事項（防災情報、災害時の行動指示情報、避難経路、避難所、等）
- ・分かりやすいイラスト 等の工夫

表 4-1-3 火山防災マップの表示方法（災害要因に関して）

表示項目		表示方法等
マップの縮尺	都道府県全体	縮尺 1/10 万～1/100 万
	市町村単位	縮尺 1/2 万 5000～1/20 万
マップの範囲		市町村別より火山全体を範囲とした方がよい
危険度（確率・規模）区分		大、中、小の3区分程度
到達時間の表示が必要な要因		降下火砕物、溶岩流、津波
前提条件等		噴火規模、噴火場所、気象条件等を明記
火山現象の概要		それぞれの火山で起こりうる災害の概要

※火山防災マップとして必要な項目を検討して整理

●表示事項の検討

- ・住民の避難を支援するための表示事項と、住民が避難するために必要な表示事項の検討

表 4-1-5 避難を支援するために必要な表示事項

表示項目	表示内容	
	予防対策用	応急対策用
過去の噴火災害	噴火口、火砕丘、溶岩ドーム、主な噴出物（降下火砕物、火砕流、溶岩流等）の分布域、土石流・泥流流下域、洪水浸水域、津波浸水域、被災箇所	同左
災害要因ごとの影響範囲等	噴出物等による危険度（大、中、小の3区分程度）	降下火砕物の降り始め時間、溶岩の流下時間、津波伝播時間等
予測の条件	噴火規模、	同左
防災拠点	国、都道府県の機関、市町村役場	国、都道府県の機関、市町村役場、警察署、派出所、消防本部、消防署、气象台、測候所、火山観測所、水防倉庫、防災センター、車輛基地、通信・広報施設、給水場、防災行政無線網、防潮水門等
避難施設	一時集合場所、避難場所（収容施設）、避難経路、退避壕、ヘリポート、避難港等	同左
公共・公益施設	交通輸送機関（道路、鉄道、港湾、空港等）	交通輸送施設（道路、鉄道、港湾、空港等）、電力施設（発電所、変電所、送電線）、ガス供給施設、上水道拠点施設、下水道拠点施設、電信・電話施設（局舎、主要伝送路）、学校、公民館、病院、保健所、老人ホーム、幼稚園・保育園、社会福祉施設等
防災保全等法令規制区域	砂防指定地、地すべり防止区域、急傾斜崩壊危険区域、土石流危険溪流、河川区域、海岸保全区域（建設省、農水省、運輸省所管）、港湾区域（運輸省指定）、漁港区域（農水省指定）、国立公園区域、国定公園区域等	
行政界、規制箇所等	都道府県境、市町村境	交通規制箇所、登山規制箇所等

※火山防災マップとして再整理

表 4-2-1 住民が避難するために必要な表示事項

表示項目	表示内容	
	重要な事項	補助的な事項
防災拠点	市町村役場、警察署、派出所、駐在所、消防本部、消防署	防災センター、通信・広報施設、防災行政無線網（都道府県、市町村等）等
避難施設	一時集合場所、避難場所、避難経路、退避壕、ヘリポート、避難港等	
公共・公益施設		交通輸送施設（道路、鉄道、港湾、空港等）、給水場所、電信・電話局、学校、公民館、病院、保健所、等
行政界、規制箇所等	交通規制箇所、登山規制箇所	都道府県境、市町村境、市街地、河川・溪流
行動指示情報等	心構え、災害情報の種別（火山情報、避難勧告等）、避難時の注意事項、携行品の種類、非常時の連絡先等	
火山現象の わかりやすい解説	それぞれの火山で起こった現象の特徴、被害の状況及び住民啓発型マップで扱った災害要因の説明	

※火山防災マップとして再整理

4. 火山ハザードマップと火山防災マップの活用

4-1. 火山ハザードマップの活用

4-1-1 必要性

噴火時における住民の避難を迅速に実施するために、火山ハザードマップを基礎資料として、火山防災協議会の共同検討体制の下で関係機関が避難計画を検討する必要がある。また、災害の規模等に応じて適切な範囲を対象として避難を呼びかけるにあたっては、噴火規模の異なる複数の影響範囲を示した火山ハザードマップを作成する必要がある。

さらに、噴火警戒レベルや策定した避難計画の見直し、避難所等の整備、島外避難用の港湾整備、河川砂防施設の整備等のハード防災対策を事前に効果的に進めるためにも、火山ハザードマップが必要である。

特に活用においては、1985年のネバド・デル・ルイス火山（コロンビア）噴火で、火山ハザードマップが配布されていたが活用されなかったために約2万5千人の死者が出た。この事例から分かるように、作成した火山ハザードマップを火山防災協議会で平時から共有し、噴火時等の避難行動における活用方法と体制を予め構築しておくことが重要である。

4-1-2 火山ハザードマップの活用

- 火山防災協議会における噴火警戒レベルや避難計画の共同検討に際し、火山ハザードマップの成果を充分反映させ、両者の整合を図る。
- 防災面から適正な土地利用を誘導するための重要な情報を提供しうるものとする。
- 噴火時は火山ハザードマップの想定と異なる様式の噴火をする場合もある。火山現象に関する情報を積極的かつ迅速に収集し、収集した情報を基に火山防災協議会の共同検討体制下で適切に火山ハザードマップ等を活用し、噴火等への防災対応に当たる。

4-1-3 火山ハザードマップの事例

●火山ハザードマップの事例

- 浅間山の融雪型火山泥流に関するハザードマップ（浅間山ハザードマップ検討委員会 2011）
- 新潟焼山のハザードマップ（新潟焼山緊急減災対策砂防計画検討委員会 2011）
- コロンビアのネバド・デル・ルイス火山の火山噴火災害危険区域予測図（コロンビア国立地質鉱山研究所 1986年発行） など

※その他事例があれば追加

4-2. 火山防災マップの活用

4-2-1 必要性

登山者や住民に避難計画の内容（火山災害に対する避難時期、避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等）を正しく認識してもらうために必要で、避難や火山災害への備え等を示すことは、噴火時等に登山者や住民の避難を円滑に行うために不可欠である。

表 4-1-2 火山防災マップの活用

短期的活用	①避難場所や避難道路の整備、島外避難用の港湾整備 ②災害対策本部や火山活動観測場所の適地選定 ③河川砂防施設等防災施設の整備 ④防災教育
長期的活用	①土地利用計画 ②地域防災計画

※火山防災マップとして検討・再整理

4-2-2 火山防災マップの活用

●火山防災マップの活用

住民に向けた効果的な公表（単独の印刷図、パネル、防災パンフレット、野外の案内板等、広報誌、防災用のビデオ）

防災行政担当者による平時の避難訓練（図上訓練）および噴火時等の避難の呼び掛けでの活用
※防災教育素材への活用事例を紹介する。

4-2-3 火山防災マップの事例

●火山防災マップの事例

- ・かみふらの町防災計画緊急避難図、びえい町防災計画緊急避難図（避難場所や道路、サイレン等）
- ・伊東市の防災地図（火山災害現象の説明、防災関係施設の分布等）
- ・パプアニューギニアのラバウル火山の避難計画図（避難の方法、心構え等） など

※その他事例があれば追加

4-2-4 火山防災マップの公表に際しての注意事項

●火山防災マップの印刷・配布

- ・火山周辺住民の全戸配布
- ・人目につく公共施設への掲示
- ・紛失する可能性を考慮した定期的な配布
- ・観光客向けの集客地への掲示、野外での案内板等での表示

※ホテル等での配布事例の紹介（雌阿寒岳、ニュージーランド）

※その他事例があれば追加

●公表時の注意事項

- ①危険区域の表示に伴う不利益に対する調整
- ②設定条件と異なった状況で発災した場合の対応

4-3. リアルタイムハザードマップの活用

リアルタイムハザードマップは、火山活動の状況を反映したシミュレーションによって火山災害の影響範囲を想定するマップである。リアルタイムハザードマップの示す危険区域を踏まえて噴火警報を発表する必要が生じる場合も考えられる。この場合についても、平常時から火山防災協議会において関係機関が火山災害の影響範囲や防災対応のイメージを十分に共有しておくことが重要である。

●リアルタイムハザードマップの定義について

- ・桜島や浅間山等に整備されたリアルタイムハザードマップ
- ・現象ごとのシミュレーション結果で作成したハザードマップ
- ・累積図を噴火時に活用するハザードマップ
- ・緊急調査に基づくリアルタイムハザードマップ
※土砂災害防止法の一部改正に伴う緊急調査および土砂災害緊急情報の紹介

●リアルタイムハザードマップおよび簡易シミュレーションについて

- ・降灰予測（気象庁）
- ・エネルギーコーンモデル（東京大学地震研究所、等）
- ・その他（海外事例、等）

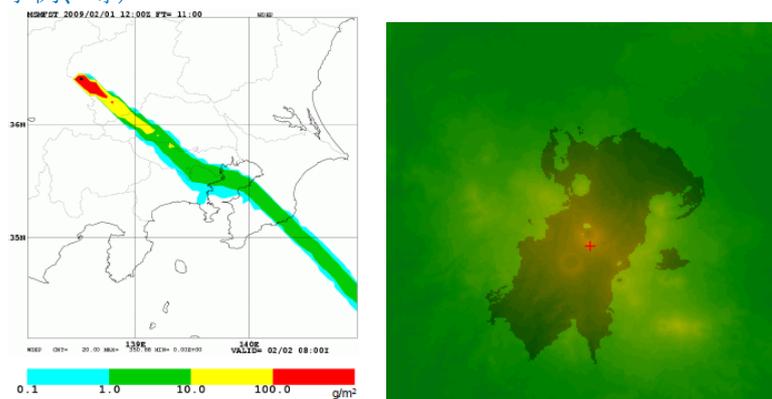


図 降灰予測（左）、エネルギーコーンモデル（右）

●リアルタイムハザードマップの活用事例について

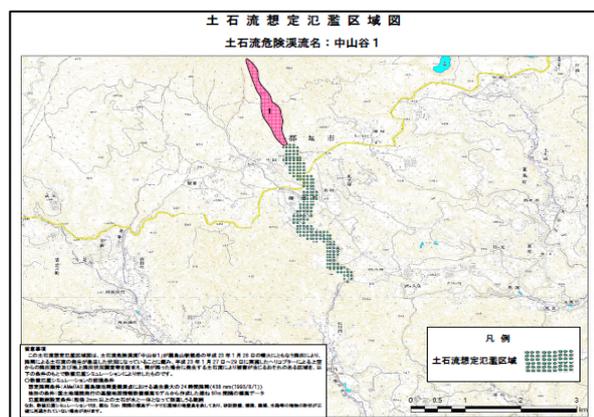


図 2011年霧島山(新燃岳)噴火時の緊急調査における土石流氾濫想定(国土交通省砂防部)

参考

目次

- ・ モデル火山での火山ハザードマップの作成事例
- ・ 用語の解説
- ・ 参考文献