

火山防災マップ作成指針

内閣府（防災担当）、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁

ま え が き

我が国は世界有数の火山国であり、活火山の数は110にのぼる（平成25年3月現在、火山噴火予知連絡会による）。最近では1990～1995年雲仙岳噴火、2000年有珠山噴火や三宅島噴火、そして2011年霧島山（新燃岳）噴火において、多くの住民や一時滞在者等が避難している。このことから、我が国においては、平常時から噴火時等に備えて避難の体制を構築しておくことが必要である。

そのために、火山災害要因（大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等）の影響が及ぶおそれのある範囲を地図上に特定し、避難等の防災対応をとるべき危険な範囲を視覚的に分かりやすく描画した「火山ハザードマップ」の作成と、火山ハザードマップに、防災上必要な情報（避難計画に基づく避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等に関する情報のほか、噴火警報等の解説、住民等への情報伝達手段等）を付加した「火山防災マップ」の作成が必要である。

本作成指針は、平成4年に当時の国土庁防災局が作成した「火山噴火災害危険区域予測図作成指針」を基に、住民や一時滞在者等の円滑な避難に資することを目的に、防災基本計画に基づく火山防災体制の在り方や最近の火山学的知見を踏まえ、地方公共団体の防災担当者等が火山防災協議会における検討を通じて、火山防災マップを作成する際に必要となる事項について取りまとめたものである。

平成25年3月

内閣府（防災担当）、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁

目 次

ま え が き

1 火山防災マップの作成に向けて.....	1
1-1 火山防災マップ作成の目的.....	1
1-2 火山ハザードマップと火山防災マップの定義.....	2
1-3 火山防災マップの作成までの流れ.....	3
1-4 火山防災マップを作成する体制.....	5
2 火山災害の概要.....	6
2-1 火山の分布.....	6
2-2 噴火の種類.....	9
2-3 火山災害要因.....	11
2-3-1 大きな噴石.....	12
2-3-2 火砕流（火砕サージを含む）.....	13
2-3-3 融雪型火山泥流.....	15
2-3-4 小さな噴石、火山灰（降下火砕物）.....	16
2-3-5 溶岩流.....	18
2-3-6 泥流・土石流.....	19
2-3-7 山体崩壊、岩屑なだれ.....	20
2-3-8 洪水.....	21
2-3-9 地すべり、斜面崩壊.....	22
2-3-10 津波.....	23
2-3-11 火山ガス、噴煙.....	24
2-3-12 空振（爆発による衝撃波）.....	25
2-3-13 地震.....	26
2-3-14 地殻変動.....	27
2-3-15 地熱変動.....	28
2-3-16 地下水・温泉変動.....	28

3 火山ハザードマップの作成方法.....	29
3-1 災害要因実績図やシミュレーションを利用した火山ハザードマップ作成手法	29
3-2 火山ハザードマップ作成の準備.....	32
3-3 火山災害要因ごとの火山ハザードマップの作成手法.....	46
3-4 影響が及ぶ範囲の予測が難しい火山災害要因の取扱い.....	66
3-5 火山ハザードマップの表示事項.....	69
3-6 火山ハザードマップの活用.....	73
4 火山防災マップの作成方法.....	76
4-1 火山防災マップ作成の流れ.....	76
4-2 避難計画の策定.....	78
4-3 火山防災マップの表示事項.....	86
4-4 火山防災マップの活用.....	98
用語の解説.....	101
あ と が き	105

1 火山防災マップの作成に向けて

1-1 火山防災マップ作成の目的

火山災害を軽減するには、噴火時等の火山活動に伴い発生する各火山災害要因（大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等）の深刻な影響が及ぶ範囲における住民や一時滞在者等の入山規制や、当該範囲からの住民や一時滞在者等の避難を円滑に実施することが最も重要である。

噴火時等に円滑な入山規制や避難等を行うには、事前に、火山活動の推移（影響が及ぶ範囲の拡大や縮小）を想定した複数の噴火規模に応じて、火山災害要因の深刻な影響が及ぶおそれのある範囲を描画した火山ハザードマップに基づき、いつ、どこから誰が、どこへ、どのように避難するかをまとめた具体的で実践的な避難計画を策定しておくことが必要である。さらに、避難計画の内容を、広く住民や一時滞在者等に周知しておく必要があり、火山防災マップはそのための有効な手段である。

住民や一時滞在者等は、平常時においては火山の特徴や避難計画の内容を把握するための手引として、噴火時等においては避難行動の手引として、火山防災マップを活用することができる。

1-2 火山ハザードマップと火山防災マップの定義

火山ハザードマップは、各火山災害要因（大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等）の影響が及ぶおそれのある範囲を地図上に特定し、視覚的に分かりやすく描画したものである。

平常時においては避難計画を検討するため、噴火時等においては入山規制や避難等の防災対応、土地利用等を検討するための基礎資料として活用される。

火山防災マップは、火山ハザードマップに、防災上必要な情報（避難計画に基づく避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等に関する情報のほか、噴火警報等の解説、住民や一時滞在者等への情報伝達手段等）を付加して作成したものである。

平常時においては住民や一時滞在者等に火山災害の危険性、避難の必要性、避難先、避難経路、避難手段等を周知するため、噴火時等においては入山規制や避難等の防災対応を実施するための資料として活用される。

また、災害要因実績図は、地質調査など科学的な調査研究を基に過去に発生した各火山災害要因の影響が及ぶ範囲等を表示したマップであり、災害実績の集大成である。当該火山の過去の火山活動による災害状況を把握するためには極めて重要なものであり、火山ハザードマップと火山防災マップの基礎となる。

1-3 火山防災マップの作成までの流れ

火山防災マップの作成までの流れを図1-1に示した。

火山防災マップは、災害要因実績図やシミュレーション等を利用して火山災害要因ごとにその影響が及ぶ範囲を描画した火山ハザードマップに、防災上必要な情報（避難計画に基づく避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等に関する情報のほか、噴火警報等の解説、住民や一時滞在者等への情報伝達手段等）を付加して作成する。

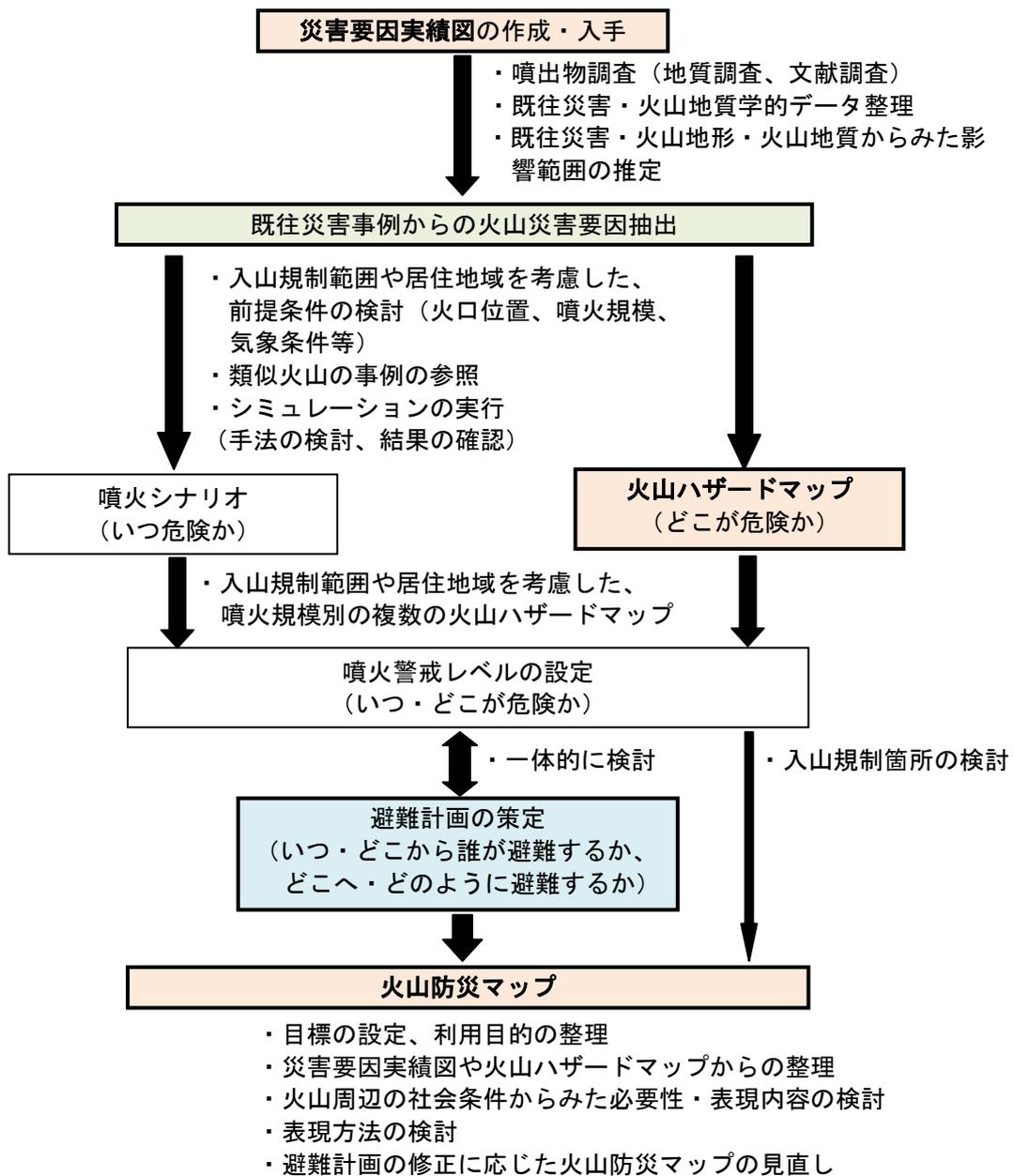


図1-1 火山防災マップの作成までの流れ

火山防災マップを作成する過程で、火山ハザードマップの作成と並行して噴火シナリオを作成する。噴火シナリオは、いくつかの噴火ケースにおいて想定される火山現象及びその規模、影響が及ぶ範囲の推移を時系列として示したものである。本作成指針で扱う噴火シナリオは、火山学において火山活動の推移を場合分けして樹形図で示したイベントツリーとは区別する。

噴火警戒レベルは、「警戒が必要な範囲（生命に危険が及ぶ範囲）」に対して市町村等及び住民や一時滞在者等が「とるべき防災対応」を5段階（「避難」、「避難準備」、「入山規制」、「火口周辺規制」、「平常」）に区分した指標であり、気象庁が噴火警報等に付して発表する。気象庁が噴火警戒レベルを発表する際に「警戒が必要な範囲」を明示することで、市町村等は「警戒が必要な範囲」に対して迅速に入山規制や避難等の防災対応をとることができる。気象庁は、火山防災協議会において、関係機関が噴火シナリオと火山ハザードマップに基づく、火山活動の状況に応じた「警戒が必要な範囲」について合意した基準に沿って噴火警戒レベルを設定する。

なお、「警戒が必要な範囲」が火口周辺に限定されるか、又は居住地域等に及ぶか、さらに、居住地域に及ぶ場合ほどの程度広域に及ぶかで、市町村等がとるべき防災対応が異なることから、噴火警戒レベルを設定するためには、「警戒が必要な範囲」が火口周辺に限定される程度の噴火規模、及び、居住地域等にまで及ぶほどの噴火規模等、複数の噴火規模の火山ハザードマップを作成する必要がある。

1-4 火山防災マップを作成する体制

各火山地域において火山防災マップを作成するためには、火山防災協議会による共同検討体制の構築が不可欠である。

火山防災協議会は、各火山地域において、都道府県や市町村、国の機関、火山専門家を中心として構成され、噴火時等に関係機関が迅速かつ円滑な防災対応をとるために、平常時から「顔の見える関係」を築き、噴火時等の「防災対応のイメージ」を共有した上で、必要な防災対応を共同で検討するための体制である。

平常時においては、関係機関が共同で、噴火シナリオや火山ハザードマップの作成、噴火警戒レベルの設定、さらに避難計画の策定などを検討するとともに、噴火時等においては、関係機関が火山活動に関する情報を共有し、「警戒が必要な範囲」の拡大、縮小、解除や住民や一時滞在者等の避難誘導その他の災害応急対策に当たり関係機関で調整が必要な事項について合意形成・意思決定を行う。

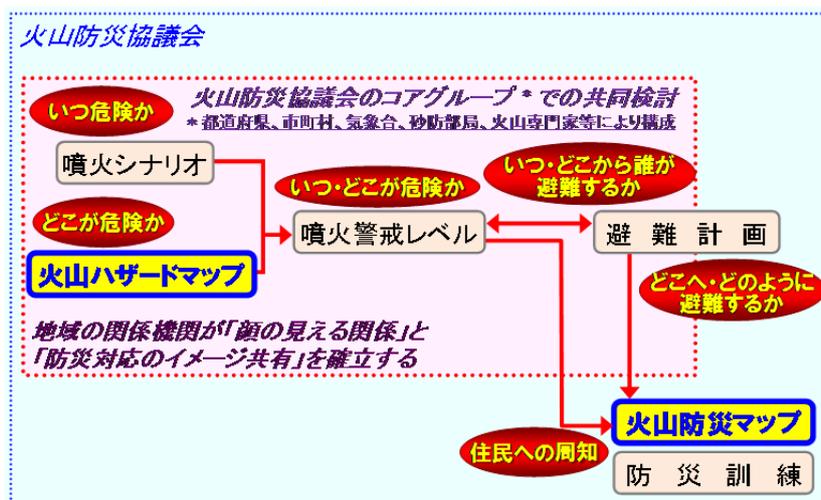


図1-2 火山ハザードマップから火山防災マップ作成に係る体制
(噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引を一部改変)

政府は、各火山地域において火山防災協議会の設置を推進するため、平成23年12月、中央防災会議において防災基本計画を修正し、各火山地域において火山災害対策を進めるための枠組みとして、火山防災協議会の必要性を明確に示したところである。なお、防災基本計画に基づく火山防災協議会は、災害対策基本法第17条に基づく地方防災会議の協議会に限るものではないことに留意する必要がある。

※本作成指針において火山専門家とは、火山に関する物理、化学、地質、砂防等の知見を有する者をいう。

2 火山災害の概要

本章では、まず火山の分布や噴火の種類等、火山についての基礎的な知識を整理した後、火山災害要因に関する一般的な事項について解説する。

2-1 火山の分布

我が国には全世界の約7%にあたる110の活火山が分布している。なお、活火山の定義は、火山噴火予知連絡会により「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」とされている(図2-1)。各火山の噴火史や過去の火山活動の特徴については、日本活火山総覧(気象庁)を参考にすると良い。

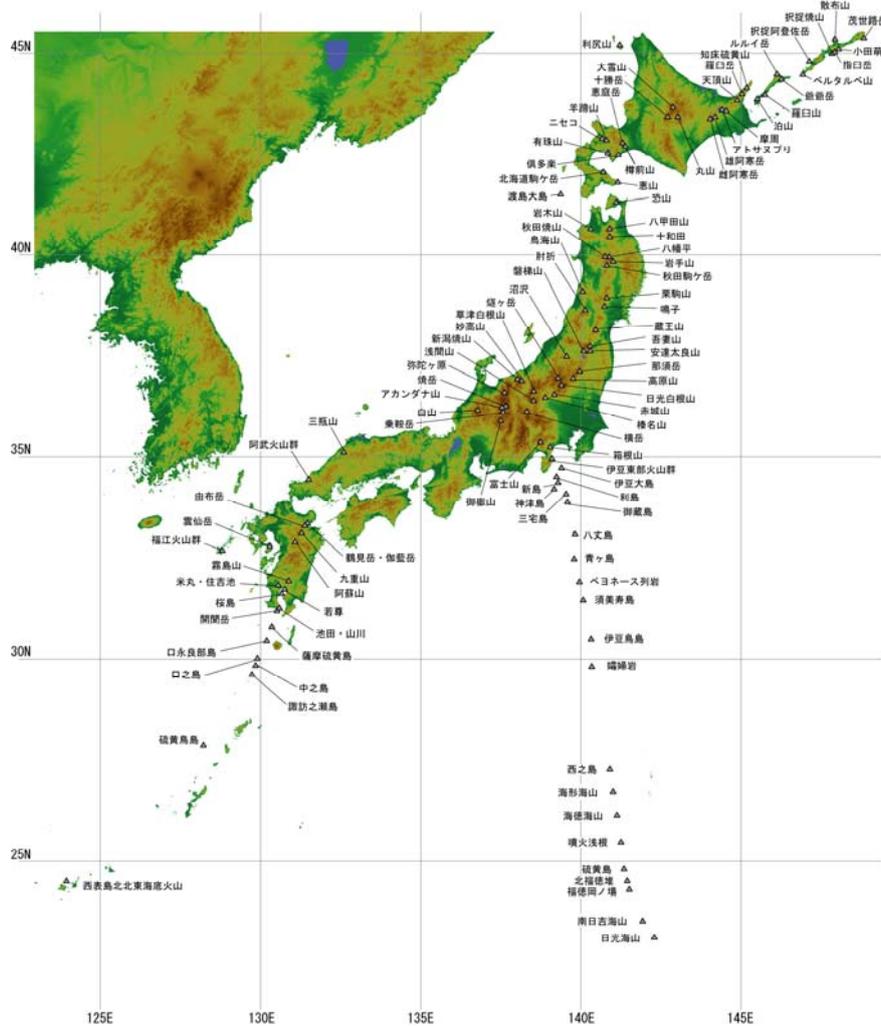


図2-1 日本の活火山分布図(日本活火山総覧(気象庁))

各火山の火山活動の観測は、気象庁をはじめ、大学等の研究機関など複数の機関において実施されている。気象庁では、「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として火山噴火予知連絡会により選定された47火山について24時間体制で常時観測を実施している（表2-1）。また、日本活火山総覧（気象庁）や活火山データベース（産業技術総合研究所）には、各火山の噴火史や噴出するマグマの主な岩質、噴火様式等が整理されているので、参考にとすると良い。

表2-1(1) 気象庁による常時観測の状況と主な岩質

No.	火山名	常時観測火山	主な岩質	No.	火山名	常時観測火山	主な岩質
1	知床硫黄山 Shiretoko-Iozan		安山岩	26	八幡平 Hachimantai		安山岩
2	羅臼岳 Rausudake		安山岩	27	岩手山 Iwatesan	○	玄武岩、安山岩
3	天頂山 Tenchozan		不明	28	秋田駒ヶ岳 Akita-Komagatake	○	玄武岩、安山岩
4	摩周 Mashu		安山岩、流紋岩	29	鳥海山 Chokaisan	○	安山岩
5	アトサヌプリ Atosanupuri	○	安山岩、流紋岩	30	栗駒山 Kurikomayama	○	安山岩
6	雄阿寒岳 Oakandake		安山岩	31	鳴子 Naruko		流紋岩
7	雌阿寒岳 Meakandake	○	玄武岩、安山岩、流紋岩	32	肘折 Hijiori		不明
8	丸山 Maruyama		安山岩	33	蔵王山 Zaozan	○	安山岩
9	大雪山 Taisetsuzan	○	安山岩	34	吾妻山 Azumayama	○	安山岩
10	十勝岳 Tokachidake	○	玄武岩、安山岩	35	安達太良山 Adatarayama	○	安山岩
11	利尻山 Rishirizan		玄武岩、安山岩	36	磐梯山 Bandaisan	○	安山岩
12	樽前山 Tarumaesan	○	玄武岩、安山岩	37	沼沢 Numazawa		流紋岩
13	恵庭岳 Eniwadake		安山岩	38	燧ヶ岳 Hiuchigatake		安山岩
14	倶多楽 Kuttara	○	玄武岩、安山岩、流紋岩	39	那須岳 Nasudake	○	安山岩
15	有珠山 Usuzan	○	玄武岩、流紋岩	40	高原山 Takaharayama		玄武岩、安山岩
16	羊蹄山 Yoteizan		安山岩	41	日光白根山 Nikko-Shiranesan	○	安山岩
17	ニセコ Niseko		安山岩	42	赤城山 Akagisan		安山岩、流紋岩
18	北海道駒ヶ岳 Hokkaido-Komagatake	○	安山岩	43	榛名山 Harunasan		玄武岩、安山岩
19	恵山 Esan	○	安山岩	44	草津白根山 Kusatsu-Shiranesan	○	安山岩
20	渡島大島 Oshima-Ohshima		玄武岩、安山岩	45	浅間山 Asamayama	○	安山岩、流紋岩
21	恐山 Osorezan		安山岩	46	横岳 Yokodake		安山岩
22	岩木山 Iwakisan	○	安山岩	47	新潟焼山 Niigata-Yakeyama	○	安山岩
23	八甲田山 Hakkodasan		玄武岩、安山岩	48	妙高山 Myokosan		玄武岩、安山岩
24	十和田 Towada		安山岩、流紋岩	49	弥陀ヶ原 Midagahara	※	安山岩
25	秋田焼山 Akita-Yakeyama	○	安山岩、流紋岩	50	焼岳 Yakedake	○	安山岩

※立山地獄谷の噴気活動活発化を受けて、気象庁では立山室堂に臨時の地震計を設置し、弥陀ヶ原の火山活動を24時間体制で監視している。（平成25年3月現在）

表 2-1 (2) 気象庁による常時観測の状況と各火山の主な岩質

No.	火山名	常時観測火山	主な岩質	No.	火山名	常時観測火山	主な岩質
51	アカンダナ山 Akandanayama		安山岩	81	鶴見岳・伽藍岳 Tsurumidake and Garandake	○	安山岩
52	乗鞍岳 Norikuradake	○	安山岩	82	由布岳 Yufudake		安山岩
53	御嶽山 Ontakesan	○	安山岩	83	九重山 Kujusan	○	玄武岩、安山岩、流紋岩
54	白山 Hakusan	○	安山岩	84	阿蘇山 Asosan	○	玄武岩、安山岩、流紋岩
55	富士山 Fujisan	○	玄武岩、安山岩	85	雲仙岳 Unzendake	○	玄武岩、安山岩
56	箱根山 Hakoneyama	○	玄武岩、安山岩、流紋岩	86	福江火山群 Fukue Volcanoes		玄武岩
57	伊豆東部火山群 Izu-Tobu Volcanoes	○	玄武岩、安山岩、流紋岩	87	霧島山 Kirishimayama	○	玄武岩、安山岩
58	伊豆大島 Izu-Oshima	○	玄武岩	88	米丸・住吉池 Yonemaru and Sumiyoshiike		玄武岩
59	利島 Toshima		玄武岩	89	若尊 Wakamiko		流紋岩
60	新島 Niijima	○	玄武岩、流紋岩	90	桜島 Sakurajima	○	安山岩
61	神津島 Kozushima	○	流紋岩	91	池田・山川 Ikeda and Yamagawa		安山岩、流紋岩
62	三宅島 Miyakejima	○	玄武岩、安山岩	92	開聞岳 Kaimondake		玄武岩、安山岩
63	御蔵島 Mikurajima		玄武岩、安山岩	93	薩摩硫黄島 Satsuma-Iojima	○	玄武岩、安山岩、流紋岩
64	八丈島 Hachijojima	○	玄武岩、安山岩	94	口永良部島 Kuchinoerabujima	○	安山岩
65	青ヶ島 Aogashima	○	玄武岩、安山岩	95	口之島 Kuchinoshima		安山岩
66	ベヨネース列岩 Beyonesu (Bayonnaise) Rocks		玄武岩	96	中之島 Nakanoshima		安山岩
67	須美寿島 Sumisujima (Smith Rocks)		玄武岩、安山岩、流紋岩	97	諏訪之瀬島 Suwanosejima	○	安山岩
68	伊豆鳥島 Izu-Torishima		玄武岩	98	硫黄島島 Io-Torishima		安山岩
69	孀婦岩 Sofugan		玄武岩	99	西表島北北東海底火山 Submarine Volcanoes NNE of Iriomotejima		流紋岩
70	西之島 Nishinoshima		安山岩	100	茂世路岳 Moyorodake		玄武岩、安山岩
71	海形海山 Kaikata Seamount		玄武岩、安山岩	101	散布山 Chirippusan		玄武岩、安山岩
72	海徳海山 Kaitoku Seamount		玄武岩、安山岩	102	指白岳 Sashiusudake		安山岩
73	噴火浅根 Funka Asane		玄武岩、安山岩	103	小田萌山 Odamoisan		安山岩
74	硫黄島 Ioto	○	安山岩	104	択捉焼山 Etorofu-Yakeyama		安山岩
75	北福德堆 Kita-Fukutokutai		不明	105	択捉阿登佐岳 Etorofu-Atosanupuri	北方領土	玄武岩、安山岩
76	福德岡ノ場 Fukutoku-Oka-no-Ba		安山岩	106	ベルタルベ山 Berutarubesan		安山岩
77	南日吉海山 Minami-Hiyoshi Seamount		安山岩	107	ルルイ岳 Ruruidake		安山岩
78	日光海山 Nikko Seamount		玄武岩	108	爺爺岳 Chachadake		玄武岩、安山岩
79	三瓶山 Sanbesan		流紋岩	109	羅臼山 Raususan		安山岩
80	阿武火山群 Abu Volcanoes		玄武岩、安山岩	110	泊山 Tomariyama		安山岩

○：気象庁常時観測火山（47 火山）

主な岩質：平成 24 年理科年表、活火山データベース（産業技術総合研究所）参照

2-2 噴火の種類

火山の噴火は、マグマ噴火と水蒸気噴火(水蒸気爆発)に大別される。地下から上昇してきたマグマが地表へ噴出して発生する噴火をマグマ噴火と呼び、マグマによって加熱された地下水やマグマが含有する水が、爆発的に地表に噴出して発生する噴火を水蒸気噴火と呼ぶ。水蒸気噴火に伴いマグマの破片も一緒に噴出する場合は、マグマ水蒸気噴火(マグマ水蒸気爆発)と呼ぶ。

マグマ噴火は、いくつかの噴火様式に区別され、噴出するマグマの粘性と大まかな関係がある(表2-2、図2-2)。アイスランド式噴火やハワイ式噴火は、玄武岩質マグマの中でも、粘性が低く流動的なマグマが線状の割れ目から大量に噴出して広大な範囲に広がるものであり、比較的粘性の高いマグマを噴出する火山の多い我が国では、伊豆大島や三宅島のような島しょ型火山に限り、見られる噴火様式である。

表2-2 噴火の種類・様式とその特徴(荒牧・1978に加筆)

	噴火様式	マグマの特徴	活動の特徴	噴出物の特徴	地形・構造	事 例
マ グ マ 噴 火	アイスランド式	玄武岩質 マグマ	広域割れ目から 大量の溶岩流下。	溶岩流、初期に火砕 物が少量噴出。	溶岩台地。 砕屑丘。	1783年ラキ、 1961年アスキア (アイスランド)
	ハワイ式	玄武岩質 マグマ	山頂及びリフト ゾーンの割れ目 から溶岩流下。	溶岩流・溶岩泉の活 動を伴うが爆発的 ではない。	楕状火山。 キラウエア 型カルデラ。	1942年マウナロ ア、1983年キラ ウエア(ハワイ) 1983年三宅島 1986年伊豆大島
	ストロンボリ式	玄武岩～ 安山岩質 マグマ	小爆発をおこし 半溶融状態の噴 石を噴出。	火山弾・スコリア・火 山灰のほか、ときに 溶岩流を流下。	成層火山。 砕屑丘。 スコリア丘。	ストロンボリ (イタリア) 1986年伊豆大島
	ブルカノ式	安山岩質 マグマ	激しい爆発。とき に火砕流を伴う。 爆発の間隔は一 般に長い。	噴石・パン皮火山弾・ 軽石・火山灰、最後 に塊状溶岩を噴出 することもある。	成層火山。 砕屑丘。マグ マの粘性が 高いと溶岩 ドーム。	1888～90年ブル カノ(イタリア) 2004年浅間山 1986年桜島 2011年霧島山
	プリニー式	安山岩～ 流紋岩質 マグマ	長い休止期の後 に極めて激しい 爆発的噴火。	大量の軽石・火山灰、 ときに火砕流を伴 う。	成層火山。 砕屑丘。大規 模なときは カルデラ。	79年ベスビオ (イタリア) 1991年ピナツボ (フィリピン) 2008年チャイテ ン(チリ) 2011年霧島山
	マグマ水蒸気 噴火		マグマと地下水 や海水の接触に よる激しい爆発。 ときにベースサ ージを伴う。	火山体を構成してい た岩片を主体とし て、一部にマグマ起 源の岩片を含む。	大きな火口 (周辺に顕 著な堆積物 の丘をもた ない)。	1983年三宅島
	水蒸気噴火		マグマによって 加熱された地下 水やマグマ中にも ともと含まれて いた水が爆発 的に地表に噴出。	火山ガスと既存の岩 石の破片からなる。	大きな火口 (周辺に顕 著な堆積物 の丘をもた ない)。	1988年磐梯山

我が国では、活火山の多くで、ストロンボリ式、ブルカノ式、プリニー式噴火が見られる。これらの様式の噴火をする火山の多くは成層火山を形成する。ブルカノ式噴火は、ストロンボリ式噴火に比べてやや粘性が高い安山岩質マグマによる。このため、噴火の際、激しい爆発を伴い火山灰や軽石を放出するほか、一部で火砕流を伴う。また、これらに続いて溶岩流を噴出したり、溶岩ドームを形成したりすることもある。島しょ型火山や水域付近においてはマグマ水蒸気噴火も発生する。

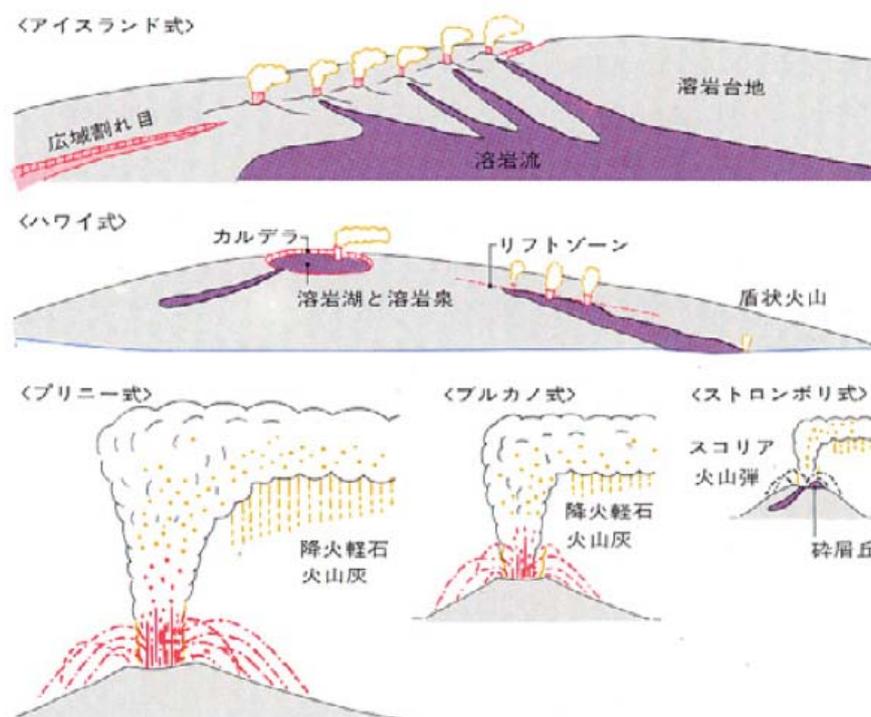


図 2 - 2 代表的な噴火様式 (荒牧, 1978)

プリニー式噴火は、激しく爆発的な噴火で、さらに粘性の高い安山岩～流紋岩質マグマの場合が多い。噴火に伴い形成される噴煙柱は成層圏にまで達する。プリニー式噴火の後には、しばしば溶岩ドームを形成する。また、大量の噴出物は軽石や火山灰として降下したり火砕流として流下したりする。1回のプリニー式噴火は、数時間から数十時間で終わることが多いが、大量の噴出物が発生すると、地下のマグマ溜りから大量のマグマが無くなり山体内部に空洞が生じ、その真上の地盤が陥没してカルデラを形成することがある。数万年前の我が国では、支笏カルデラや阿蘇カルデラ等の大型のカルデラを形成するような巨大な噴火が何度も発生している。噴火の発生前に、どれほどの規模の噴火が、どの様式で発生するのかを正確に予測することは、現在の科学技術では困難である。

2-3 火山災害要因

火山活動に関連して生じる災害は多岐にわたる。その要因（以下、「火山災害要因」）を表2-3に整理する。これらの火山災害要因と、それによって引き起こされる火山災害の種類を以下に解説する。

表2-3 火山災害要因（勝井, 1979 を基に作成）

火山災害要因	火山災害の種類
大きな噴石	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	破壊、流失、埋没
小さな噴石、火山灰 （降下火砕物）	破壊、交通麻痺、家屋倒壊、埋没
溶岩流	破壊、火災、埋没
泥流・土石流	破壊、流失、埋没
山体崩壊、岩屑なだれ	破壊、流失、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
津波	流失、破壊
空振（爆発による衝撃波）	窓ガラス等の破壊
地震	山体崩壊、地すべり、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

2-3-1 大きな噴石

噴石は、爆発的な噴火によって火口から吹き飛ばされた岩石等が落下してくる現象である。特に、直径約 50cm 以上の大きな噴石は、風の影響を受けずに火口から全方向に弾道を描いて飛散して、短時間で落下し、建物の屋根を打ち破るほどの破壊力を持っている（写真 2-1）。時には、火口から噴出する際の初速度が 200m/s を超える場合もあり、直径 1m にもなる大きな噴石が 2km も飛んで落下する事例もある。過去には、火口周辺で、登山客等が大きな噴石に当たり死傷する事例も発生しており、事前の避難が必要である。近年では、1974 年新潟焼山噴火や 1979 年阿蘇山（中岳）噴火で死傷者が発生した。

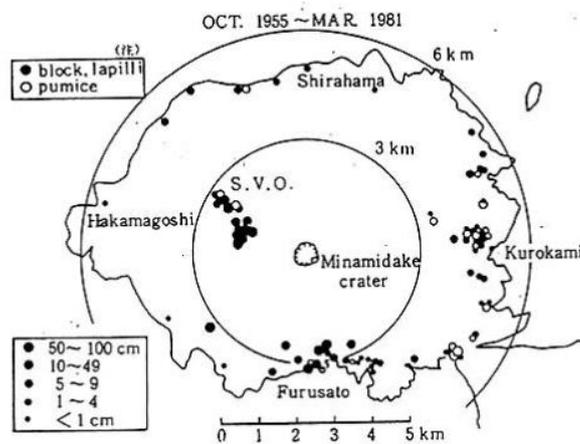


図 2-3 桜島での種類別、直径別噴石の落下点分布(1955~1981 年)(江頭, 1981)



写真 2-1 2000 年三宅島噴火の際に大きな噴石によって被災した建物
(NPO 法人環境防災総合政策研究機構)

2-3-2 火砕流（火砕サージを含む）

火砕流は、火口から噴出、又は溶岩ドームやスコリア丘から崩落した高温の岩塊、火山灰、軽石等の火砕物が高温の火山ガス（空気や水蒸気等）と混合し、それらが一体となって高速で地表を流下する現象である。最も速い所では100km/hを超えるため、火砕流が発生してから避難しては間に合わない。また、火砕流の温度は様々であるが、600℃以上の高温になることも多い。



写真2-2 桜島昭和火口からの火砕流の先端部（2010年2月3日石原和弘氏撮影）

火砕流には、噴煙柱の崩壊によって発生する「噴煙柱崩壊型」の火砕流や、溶岩ドームの崩壊によって発生する「溶岩ドーム崩壊型」の火砕流などがある（表2-4、図2-4）。最近の研究では、ストロンボリ式噴火で形成されるスコリア丘の崩壊により火砕流が発生することが報告されている。また、火砕流の周辺には、「火砕サージ」と呼ばれる低密度の火砕物と火山ガスの流れが発生することもある。火砕サージの密度は火砕流と比較してはるかに小さいが、その威力は、砂嵐程度のものから建物を破壊するようなものまで様々である。また、火砕サージによく似た現象としてベースサージがあるが、これはマグマ水蒸気噴火に伴って発生する現象であるため、火砕サージとは区別する。小規模な火砕流は谷地形に沿って流下するが、火砕サージは地形的な制約を比較的受けにくく、火砕流よりも遠方まで到達する。また、火砕流も規模が大きくなれば地形的な制約を受けにくくなり、到達距離も長くなる。大型のカルデラを形成するほどの巨大噴火ともなれば、火砕流は地形の起伏に拘らず広範囲に広がる。

火砕流による災害の事例は、1822年有珠山噴火、1856年北海道駒ヶ岳噴火、1988年十勝岳噴火、1990～1995年雲仙岳噴火等がある。1990～1995年雲仙岳噴火の際には、山頂に形成された溶岩ドームの一部が崩壊して火砕流が発生する現象が5年間続いた。現在の科学技術では、噴煙柱崩壊型の火砕流の発生時期や規模を正確に予測することは極めて困難

であり、また、溶岩ドーム崩壊型の火砕流については、溶岩ドームの大きさや形状等で流下方向や到達距離は予測できるが、発生時期の予測は困難なため、事前の避難が必要である。

表 2-4 火砕流の規模と特徴（荒牧 1978 に加筆）

噴出量の体積(m ³)	発生原因	事例
—10万—	●スコリア丘の一部が崩壊して発生。	約 1,500 年前富士山
	●溶岩ドーム・厚い溶岩流の一部が崩壊して発生。「メラピ型」とも呼ばれる。	1672, 1930 年メラピ (インドネシア)
—100万—	●溶岩ドームの一部が爆発して発生。「プレー型」とも呼ばれる。	1822 年有珠山 1902 年プレー (フランス)
	●噴煙柱が崩壊して発生。「スフリエール型」とも呼ばれる。	1902 年スフリエール (フランス)
—1000万—		1990-1995 年雲仙岳 2008 年桜島
—1億—	●大きな噴煙柱の一部又は全部が崩壊して発生。	1783 年浅間山 (吾妻火砕流) 1929 年北海道駒ヶ岳 1991 年ピナツボ (フィリピン)
	●巨大な噴煙柱が崩壊して発生。	約 7,300 年前鬼界カルデラ 形成噴火 1815 年タンボラ (インドネシア) 1883 年クラカトア (インドネシア) 1912 年カトマイ (アラスカ)
—10億—		
—100億—		
—1,000億—		
—1兆—		

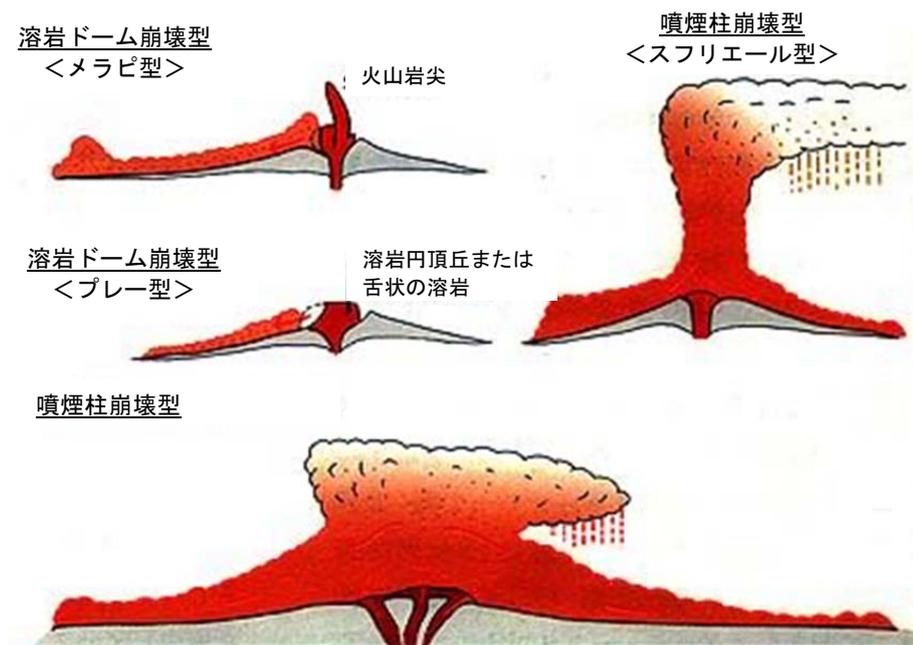


図 2-4 火砕流のイメージ（荒牧, 1978 に加筆）

2-3-3 融雪型火山泥流

融雪型火山泥流は、噴火に伴う火砕流等の高温の噴出物が、火口付近の積雪を急速に解かし、発生した大量の水が周辺の土砂等を巻き込みながら泥流化し、谷筋や沢沿いをはるか遠方まで高速で流下する現象である。最も速い所では60km/hを超え、到達距離は100kmを超えることがある。

融雪型火山泥流は極めて破壊的であり、これまで多数の事例で被害を発生させてきた。最近では、1985年コロンビアのネバド・デル・レイス火山で約25,000人の死者を出した事例がある。我が国でも、1926年十勝岳噴火に伴い融雪型火山泥流が発生している（写真2-3）。現在の科学技術では、融雪型火山泥流の発生時期や規模を正確に予測することは極めて困難であり、積雪期の噴火時等には融雪型火山泥流の発生を確認する前の避難が必要である。



写真2-3 1926年十勝岳噴火に伴った融雪型火山泥流の跡
(上富良野町郷土館 大正15年十勝岳大爆発記録写真集、1980)

2-3-4 小さな噴石、火山灰（降下火砕物）

小さな噴石（火山れき）は、噴火により噴出した小さな固形物のうち直径 2 mm 以上の小さなものであり、火山灰は、直径 2 mm 未満のものである。これらを総称して降下火砕物と言う。降下火砕物は、粒形が小さいほど火口から遠方まで風に流されて降下する。

噴火の規模が小さい場合、噴火に伴い形成される噴煙柱は成層圏まで届かず、小さな噴石や火山灰は対流圏内の風に流されるが、大規模な噴火になると、噴煙柱は成層圏に達し、高層風に流されて風下側の広範囲に降下する。小さな噴石は、火口から 10km 以上遠方まで風に流されて降下する場合もあるが、噴出してから地面



写真 2-4 桜島噴火による鹿児島市内への降灰（鹿児島地方気象台）

から、火山の風下側で爆発的噴火に気付いたら屋内に退避するなどして身を守ることができる。降下火砕物の噴出量が 10 億 m³ を超えるほどの規模になると、成層圏に達した火山灰等が地球を何度も周回し、長期にわたり地球規模で気候に影響が及ぶとも言われている。

火口に近いほど降下火砕物による被害は大きく、火口から遠い地域でも、大量の火山灰の重みで建物が倒壊する場合もある。また、交通・農業をはじめ、生活や経済活動に重大な支障を来すばかりでなく、大気中に浮遊する火山灰等により航空機の運行に支障を来すこともある。

中緯度に位置する我が国では、噴出した小さな噴石や火山灰が偏西風に流され、降下火砕物は火口から東側に細長く伸びる楕円を描く範囲に堆積する事例が多い（図 2-5）。

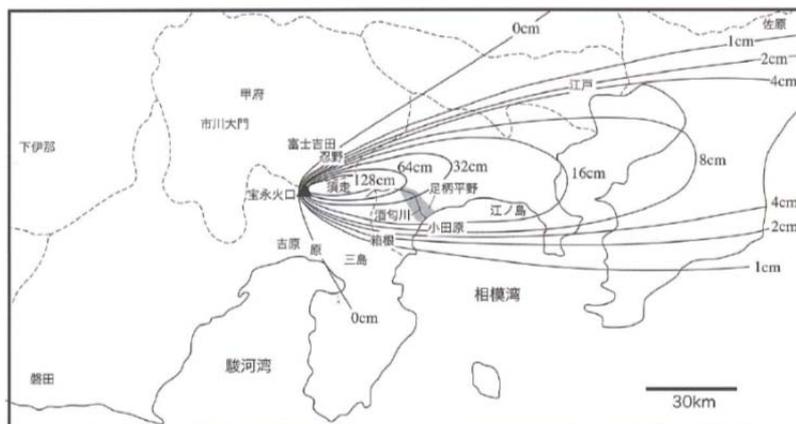


図 2-5 1707 年富士山宝永噴火における降下火砕物の堆積状況（災害史に学ぶ 災害教訓の継承に関する専門調査会編、2011）

【参考 降下火砕物による被害や影響】

表 建物への降下火砕物の影響（国会等移転審議会、平成 11 年国土交通省に加筆）

建物に降下した降下火砕物の厚さ (cm)	被害状況	火山名	噴火年
1～1.2	軽微な被害	ウラウン (バプアニューギニア)	1967
2	目・鼻・咽・気管支の異常障害	有珠山	1977
7.5～12.5	屋根の崩壊	スフリエール (西インド諸島)	1902
9.5	屋根の崩壊	タンボラ (インドネシア)	1815
15～20	クラーク空軍基地の航空機格納庫が崩れる	ピナツボ (フィリピン)	1991
15～25	屋根が崩壊	スフリエール (西インド諸島)	1812
20	住宅と農場の建物が潰れ、数戸は完全に破壊	サンタマリア (グアテマラ)	1902
30 (50mm の火山弾を含む)	エボカパで 20% の建物の屋根が崩れる	フェゴ (グアテマラ)	1971
46	家の倒壊	スフリエール (西インド諸島)	1902
80	浄水場の梁に亀裂 洞爺湖水の水質の変質	有珠山	1977
100	森林の幹の倒伏折損、湾曲倒伏、葉の変色落葉、枯死	有珠山	1977
110	教会のタイル・屋根等が崩れる	タール (フィリピン)	1754
110 (熱い小さな噴石を含む)	162 戸のうち 82 戸の住宅が破壊 (+ 52 戸が焼失)	浅間山	1783

表 降灰による項目別の被害想定の内容

項目	想定される被害
人的被害	有珠山等の事例から、2 cm 以上の降灰がある範囲では何らかの健康被害が発生する可能性がある。
建物	木造家屋の場合、火山灰が乾燥時は 45cm から倒壊が発生する可能性がある。降雨時は水を含んで火山灰の密度が約 1.5 倍になるため、降灰厚 30cm で倒壊する家屋が発生する可能性がある。
道路	湿潤時は 1 cm 以下の降灰で、乾燥時においても 2 cm 程度で道路通行に支障を来す。
鉄道	降灰で車輪やレールの導電不良による障害や踏切障害等による輸送の混乱が生じる可能性がある。
航空	降灰がある範囲では、火山灰が航空機エンジンに影響を及ぼし、エンジンの停止や損傷等のトラブルが発生する可能性がある。1 mm 以上の降灰があると、空港が数日間閉鎖する可能性がある。
港湾	船舶はディーゼルエンジンで稼働しているものが多く、火山灰の影響が想定される。
電力	降雨時に 1 cm 以上の降灰がある範囲では、送電機器の碍子に火山灰が付着し、降雨時に濡れて漏洩電流が流れ、停電が発生する可能性がある。
水道	浄水場の沈殿池の能力を上回る火山灰が流入した場合、給水能力が減少し給水ができなくなる可能性がある。
下水道	火山灰が大量に側溝に流れ込むと、下水道が機能不全を引き起こす可能性がある。
農作物	畑作物は 2 cm 以上の降灰がある範囲では 1 年間収穫が出来なくなる可能性がある。稲作は 0.5mm の降灰がある範囲では 1 年間収穫が出来なくなる可能性がある。ビニールハウス栽培は、太陽光線の透過率の低下により農作物の発育に影響する可能性がある。
森林	1 cm 以上の降灰がある範囲では、降灰付着による幹の折損、湾曲、変色、枯死等が起こる可能性がある。10cm 以上の降灰がある範囲では壊滅的な被害が発生する可能性がある。
畜産	2 cm 以上の降灰がある範囲では牧草が枯れて 1 年間牧場が使用できない可能性がある。火山灰に付着する火山ガスの成分によっては、火山灰が付着した牧草を食べる草食動物への影響も報告されている。
水産物	2 cm 以上の降灰がある範囲では海中のサンゴやエビなどが一部死滅する被害が報告されている。
商業	降灰がある範囲では、火山灰が店内に入り込み、商品が火山灰をかぶる被害や、コンピュータが故障する可能性がある。
降灰後の土石流	土石流危険渓流調査結果による危険区域に降灰があった場合、降灰範囲で土石流が発生する可能性がある。

※平成 16 年 富士山ハザードマップ検討委員会報告書、平成 24 年 広域的な火山防災対策に係る検討会資料、平成 24 年 降灰予報の高度化に向けた検討会資料を基に作成

2-3-5 溶岩流

溶岩流は、火口から噴出した溶岩が粘性の高い流体として山腹斜面を流下する現象である。溶岩流は流下経路上の農地、林地、住宅地等を完全に埋没、焼失させる。我が国の火山は安山岩質マグマを噴出する火山が多いため、溶岩流の粘性は比較的高く、時間をかけて流下することから（表2-5）、避難することが可能である。過去には、大きな人的被害は発生していないが、複数の火口から同時に溶岩流が噴出する場合には逃げ道を失うおそれもあり、警戒が必要な火山現象の一つである。

最近の我が国における代表的な溶岩流の災害の事例は、1914年桜島大正噴火、1983年三宅島噴火、1986年伊豆大島噴火等である。

表2-5 溶岩の特徴(荒牧, 1979)

溶岩の組成	玄武岩質	玄武岩質～安山岩質	安山岩質～流紋岩質
平均の厚さ	0.3m～数m	1～十数m	10～数十m又はそれ以上
流下速度	0～30km/h程度	0～数km/h程度	極めて遅い
表面の特徴	新鮮なときは平滑でガラス質。丸味を帯びた偏平な袋状、板状、なわ状、ろうそくの滴状等。	粗く、小さいとげが密集して凹凸に富む。ガラス質だが多孔質で砕けやすい、クリンカの集合からなる。	平滑で平面に近い破断面からなる多面体の集合。
断面の構造	上表面から下底面まで連続、上部に気泡濃集、一部プリスタ一、溶岩チューブ、溶岩トンネルを生成、気泡は球形に近い。	上表面と下底面はクリンカの集合からなる。中央部は連続的で、厚い場合には柱状節理を示す。 気泡はだ円形や変形したものが多い。	上表面と下底面は多面体の岩塊の集合体からなる。中央部は連続的で、厚い場合には柱状節理を示す。 気泡は変形して不規則な形を呈す。
温度	高い	中間	低い
粘性	低い	中間	高い
溶岩流の長さ 溶岩流の厚さ	50～1,000程度	>50	8～50は厚い溶岩流 8以下は溶岩ドーム

2-3-6 泥流・土石流

泥流・土石流は、主に噴火時等に火砕流や噴石、溶岩流等の高温の噴出物が火口湖等の水と混じって発生する場合と、噴火により火山灰等が堆積した山腹斜面への降雨に伴い発生する場合がある。

泥流の速度は最も速い所で 60km/h となり、極めて破壊的で、これまで多数の被害を発生させている。泥流の到達距離は 100km を超えることがあり、谷地形や沢に沿ってはるか遠方まで一気に流下するため大変危険である。

火口湖底からの噴火によって発生した泥流・土石流の事例は、1919 年インドネシアのクルー火山があり、約 5,000 人の死者を出した。1990～1995 年雲仙岳噴火や 2000 年三宅島噴火では、山腹斜面に堆積した細粒な火山灰や火砕流堆積物が降雨によって泥流・土石流となり、道路や家屋に被害をもたらした。また、桜島では、連続的な降灰により山腹斜面が荒廃し、泥流・土石流がくり返し発生している（写真 2-5）。2011 年には野尻川等で年間 30 回以上の泥流・土石流が発生した。



写真 2-5 桜島と野尻川（左）と国道 224 号野尻橋で跳ね上がった泥流・土石流（右）
（大隅河川国道事務所）

2-3-7 山体崩壊、岩屑なだれ

山体崩壊は、火山体を構成する降下火砕物や溶岩等が内部の噴気活動や地震等によって大規模に崩壊する現象で、岩屑なだれ(岩屑流)は、山体崩壊で崩落した大量の土砂が山腹斜面を高速で流下する現象である。山体崩壊は頻度としては少ないが、現在の科学技術では、山体崩壊の発生時期や規模を正確に予測することは極めて困難である。

1980年のアメリカのセントヘレンズ火山の噴火では、山体の膨張後、山体直下で発生した地震によって山体崩壊が発生し、大規模な岩屑なだれの速度は最も速い所で290km/hとなり、火山から30kmの距離まで到達した(図2-7)。我が国の代表的な岩屑なだれは、1888年磐梯山噴火の中で発生した。この時、崩壊した山体の一部(総計11億 m^3)が北麓に流下し、これに伴い461人の死者が出た(図2-8)。

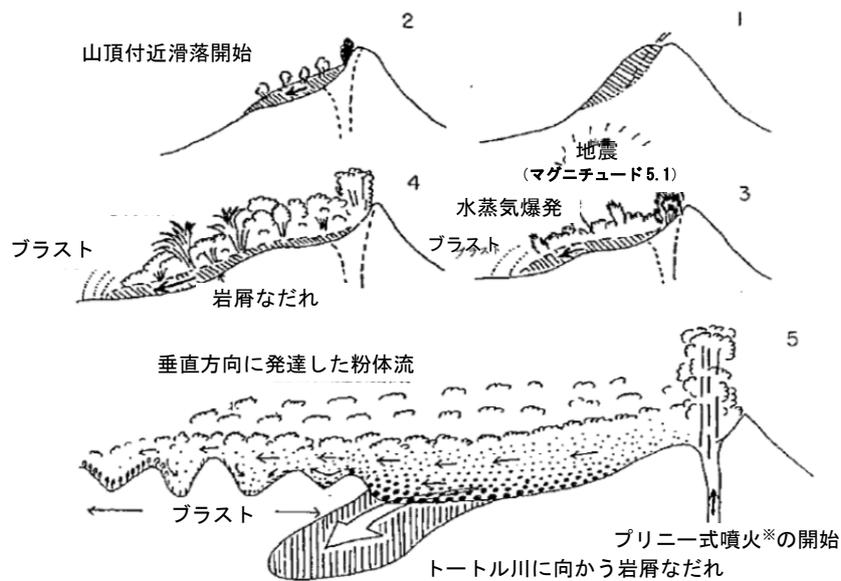


図2-7 1980年5月18日のセントヘレンズ火山大噴火の様子(荒牧・宇井, 1981)

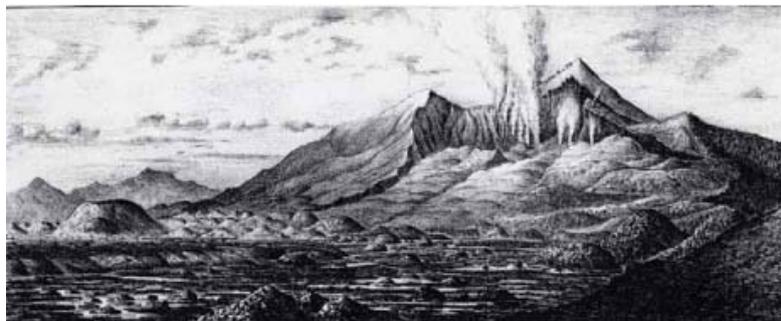


図2-8 1888年磐梯山噴火直後のスケッチ(Sekiya・Kikuchi, 1890)

2-3-8 洪水

洪水は、噴火に伴い発生した火砕流や融雪型火山泥流等が河川へ流入して、一時的に流れをせき止め、それが決壊して発生する場合のほか、火砕流等が直接湖水へ流入して発生する場合、また、火山体の中に含まれる大量の水が山体崩壊によって大量に放出されて発生する場合もある。

我が国では、1783年浅間山天明噴火により発生した鎌原火砕流及び岩屑なだれが吾妻川に流れ込んだことにより大洪水が発生し、利根川沿いに大きな被害をもたらした事例がある（図2-9）。

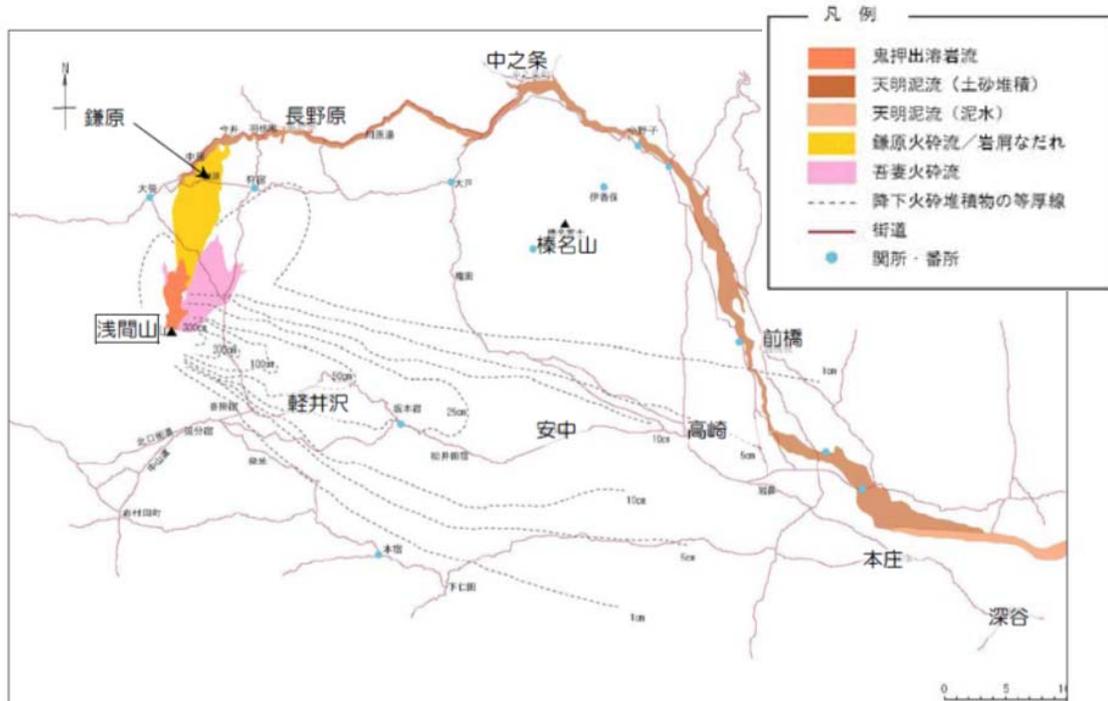


図2-9 1783年浅間山天明噴火に伴う洪水氾濫区域
(災害史に学ぶ 災害教訓の継承に関する専門調査会編、2011)

2-3-9 地すべり、斜面崩壊

斜面崩壊は、山体崩壊や岩層なだれほど大規模ではないが、火山体を構成する不安定な土砂が火山性地震や地殻変動を引き金としてすべり落ちる現象である。特に、破断面が円弧状に、時間をかけてすべり落ちる現象を地すべりと呼ぶ。

有珠山では1977～1979年にマグマの上昇による地殻変動で外輪山壁がせり出し、斜面崩壊が多発した。

2-3-10 津波

火山活動に伴う津波は、火砕流や岩屑なだれの湖や海への流入や、湖底や海底での噴火により、発生することがある。

我が国で最も甚大な被害をもたらしたのは、1792年の雲仙岳（眉山）の火山活動によるもので、約3.6億 m^3 の岩屑なだれが有明海（写真2-7の手前）に流入して津波を発生させ、約15,000人の死者を出した。

その他に、1640年北海道駒ヶ岳噴火、1741年北海道渡島大島噴火では、山体の一部が崩壊して、岩屑なだれが海に流入し、津波が発生したとされている。



写真2-7 1792年雲仙岳の火山活動による眉山の山体崩壊跡と岩屑なだれによって形成された地形（国際航業 撮影）（写真手前の山と市街地及び沿岸の小丘群）

2-3-11 火山ガス、噴煙

火山ガスは、マグマ中に含まれる揮発成分が噴気口や火口から噴出する現象である。噴出した火山ガスに含まれる有毒成分は生物に被害を与える。特に、二酸化硫黄 (SO_2)、硫化水素 (H_2S)、二酸化炭素 (CO_2) 等は有害で、短時間に多数の死者を出す危険性がある。

1986年のカメルーン・ニオス湖からの火山ガス (CO_2 等) の噴出により、約1,700人の死者が出た(写真2-8)。また、2000年三宅島噴火では、有害な二酸化硫黄等を含む火山ガスが大量に放出されて居住地域に影響が及び、島民の帰島を阻害する大きな要因となった。



写真2-8 (左) カメルーン・ニオス湖の火山ガス噴出事故による被害(平林順一氏撮影)
(右) 2000年三宅島噴火の際に火山ガスが噴出する様子(新堀賢志氏撮影)

2-3-12 空振（爆発による衝撃波）

空振は、爆発的噴火により発生した空気の急激な圧力変化が大気中を伝わる現象である。

空振により窓ガラスの破損などの被害が発生することがあるため、火山活動が活発な時には窓に近づかないようにするなどの注意が必要である。

浅間山や桜島においては、しばしばブルカノ式噴火の際に発生した衝撃波による窓ガラスの破損事故が発生している。浅間山で、火口から 18km 離れた家屋の窓ガラスが破損した事例があるほか、桜島で、対岸の鹿児島県庁等の建物の窓ガラスが破損した事例もある。図 2-10 は、2011 年霧島山（新燃岳）噴火の際に、空振による窓ガラスの破損等の被災箇所をまとめたものである。

空振や爆発の音響は、火山の近傍にとどまらず、100km 以上離れた地域にまで伝わる事例も知られている。

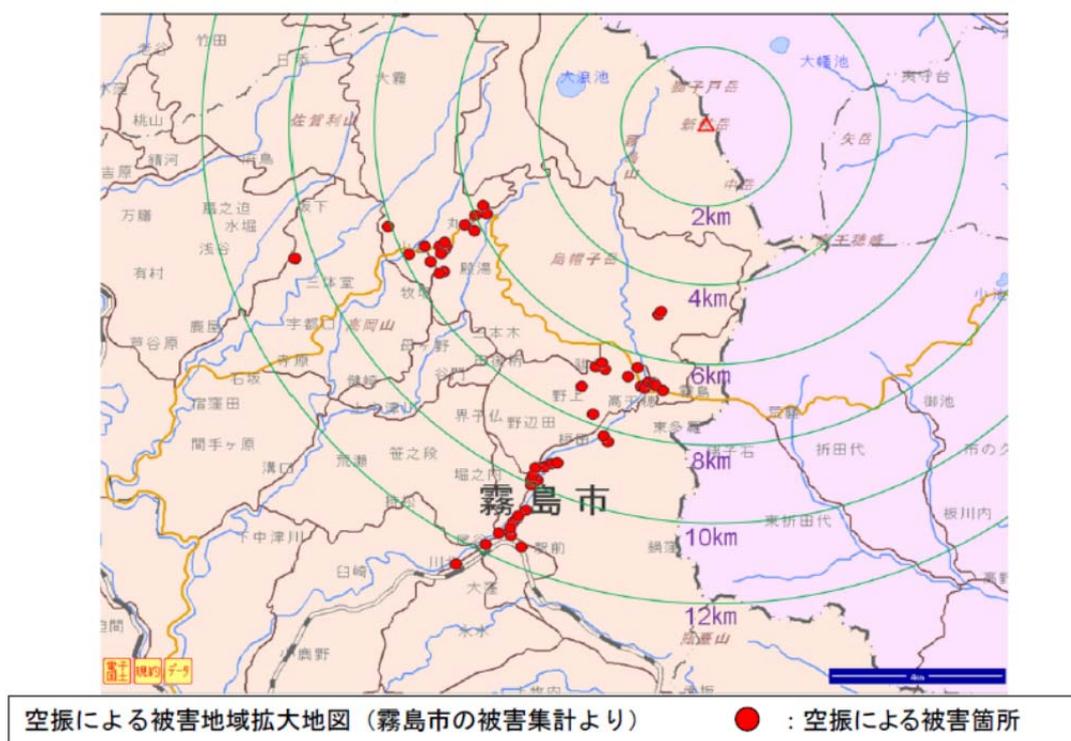


図 2-10 2011 年霧島山（新燃岳）噴火に伴う空振による被害調査（速報）
（鹿児島地方気象台 平成 23 年 3 月 9 日より）

2-3-13 地震

火山活動に伴う地震は、通常は非火山性の地震の規模よりはるかに小さいが、被害をもたらすほど大きな地震が、火山活動の最中又はその前後に発生することも珍しくない。また、地震の発生が噴火の引き金となった事例もある。屋根が厚い火山灰に覆われた状態で地震が発生すると、家屋の倒壊を引き起こすおそれがある。

1914年桜島大正噴火では、噴火の前から地震が頻発していたが、噴火開始から8時間半後にマグニチュード7.1の地震が発生した。大正噴火による死者の半数と負傷者のほとんどは、この地震によるものであった。最近では、岩手山で1998年初めから火山活動が次第に活発化に向かう最中、9月3日に南西山麓でM6.1の地震が発生した。

表2-6 火山周辺で発生したマグニチュード(M)の大きな地震(下鶴1981に加筆)

火山名	年月日	M	備考	出典
雲仙岳	☆ 1792年 5月21日	6.4	眉山大崩壊	理科年表
有珠山	☆ 1910年 7月24日	5.3	噴火前日(明治新山)	宇津(1979)
浅間山	1912年 7月16日	5.7	浅間山活動期(牙山)	Abe, K. (1979)
桜島	☆ 1914年 1月12日	7.1	大噴火	宇津(1979)
浅間山	1916年 2月22日	6.3	浅間山活動期(大笹)	Abe, K. (1979)
箱根山	1920年 12月27日	5.6		気象庁地震月報
有珠山	☆ 1944年 1月9日	5.0	噴火半年前(昭和新山)	気象庁(1980)
三宅島	☆ 1962年 8月26日	5.9	噴火終息直後(南海域)	気象庁地震月報
霧島山	1968年 2月21日	6.1	加久藤カルデラ	気象庁地震月報
有珠山	☆ 1977年 -1980年	4.3	21回 噴火活動期(有珠新山)	北海道地震火山月報
三宅島	☆ 1983年 10月3日	6.2	噴火終息直後(南海域)	気象庁地震月報
伊豆大島	☆ 1986年 11月22日	6.0	噴火終息直後(南海域)	気象庁地震月報
伊豆東部火山群	☆ 1989年 7月9日	5.5	海底噴火直前	気象庁地震月報
岩手山	1998年 9月3日	6.1	岩手山活動期	気象庁地震月報
新島・神津島・三宅島	☆ 2000年 6月26日	6.5	三宅島噴火	気象庁技術報告第128号
カトマイ(U. S. A)	☆ 1912年 6月7日	6.4	大噴火の1日後	Richter, C. (1958)
	6月10日	7.0		"
アラライ(U. S. A)	1929年 10月5日	6.5	マウナ ロアとの中間	Richter, C. (1958)
ハリケイン(メキシコ)	☆ 1943年 2月22日	7.5	噴火発生3日後	Richter, C. (1958)
イエローストン(U. S. A)	1959年 8月17日	7.1	カルデラ外	Dzurisin, D. and Newhall, C. (1984)
ガラハゴス(エカトル)	☆ 1968年 6月15日	5.4	カルデラ大陥没	岩田 孝行(1970)
キラウエア(U. S. A)	1975年 11月29日	7.1	カラパナ地震	Ando, M. (1979)
セント ヘルズ(U. S. A)	☆ 1980年 5月18日	5.1	大噴火発生(引き金)	Endo, E. et al. (1981)
ロング ハレー(U. S. A)	1980年 5月25-27日	6.1	4回 カルデラ外	Cockerham, R. S. (1984)
カンピ フレグリア(イタリア)	1983年 1月4日	4.0	カルデラ内で群発	Branno, A. et al. (1984)
マナ ロア(U. S. A)	☆ 1983年 11月16日	6.6	キラウエア噴火中	Bull. Volc. Erup. (1986)
ラパウル(バブアニューギニア)	1984年 3月3日	5.1	カルデラ内で群発	Mori, J. et al (1989)

注) ☆は噴火と関係ある地震

2-3-14 地殻変動

地殻変動は、安山岩～流紋岩質マグマのように粘性の高いマグマが大量に貫入・上昇してくることにより、地表面が変形する現象である。地殻変動が地割れや断層を引き起こすことがある。地殻変動による地盤や建物の破壊は、徐々に進行する特徴がある。

有珠山における1943～1945年の昭和火山の形成や1977～1980年の有珠新山の形成、2000年の金毘羅山と西山の隆起の際には、火山周辺地域での地盤の垂直・水平変動が著しく、多数の断層・亀裂・波状変形が生じ、建物や地下の構造物が破壊された（図2-11、写真2-9）。

大噴火により地下のマグマが多量に放出されると火山周辺の地盤が広範囲に沈下する。1914年桜島大正噴火では20億 m^3 余りのマグマが放出され、鹿児島湾及び桜島沿岸では地盤が0.5～2m沈下し、相対的に潮位が上昇した。1779年桜島安永噴火では地盤沈下による相対的な潮位上昇がさらに顕著で、満潮時には鹿児島城下や鹿児島湾北岸の田畑が海水により浸水する被害が数年間続いた。

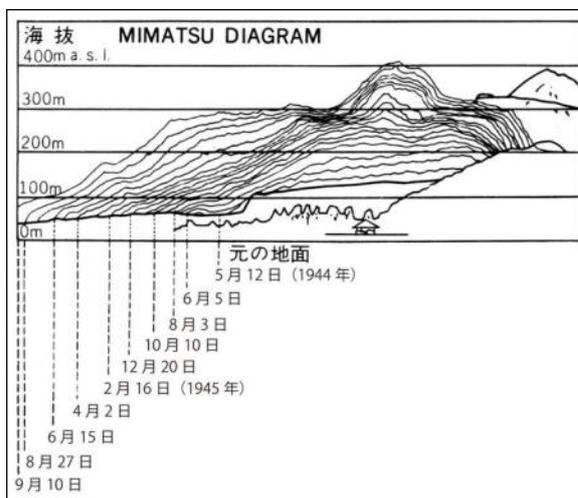


図2-11 1943～1945年昭和火山成長の経過を示すミマツダイヤグラム（三松正夫, 1948）



写真2-9 1977～1980年有珠山噴火に伴う地殻変動によって破壊された建物（石原和弘氏撮影）

2-3-15 地熱変動

地熱変動は、噴火又は火山活動が活発化する際に地下のマグマの動きに伴い、火山地域の温泉や噴気地帯で地熱活動が活発化する現象である。噴気地帯の拡大や火山ガスの噴出増加、新たな噴気口の生成を伴うことが多く、小規模な噴火や土砂噴出を伴うこともある。地熱変動により植生が破壊されるなど、環境に影響が及ぶことがあるが、大きな被害が発生することは少ない。

2-3-16 地下水・温泉変動

地下水・温泉変動は、噴火に伴い、地下の水脈が変動して地下水や温泉に異常が発生する現象である。地下水変動は水温や水質、地下水位の変化に現れ、噴火前後の現象として特徴的に発生することがある。温泉変動は水温の変化や水量の変化に現われる。1910年の有珠山の火山活動で四十三山が形成された際に、その周辺に温泉が湧き出し、以降、この地域は温泉地（洞爺湖温泉）として有名になった。

3 火山ハザードマップの作成方法

3-1 災害要因実績図やシミュレーションを利用した火山ハザードマップ作成手法

(1) 火山ハザードマップの作成手法

火山災害要因ごとの影響が及ぶ範囲を予測するに当たっては、火山ごとに火山活動の特徴が異なることを踏まえ、当該火山の災害実績を参考にすることが重要である。

災害実績の集大成である災害要因実績図を基に、発生し得る火山災害要因とその影響が及ぶ範囲を予測して、噴火シナリオの作成と並行して火山ハザードマップを作成する。

また、災害実績が確認できない火山災害要因については、シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する。

本作成指針では、次の2種類の火山ハザードマップの作成手法を紹介する。いずれの手法も、火山ごとに火山活動の特徴を的確に把握するため、火山専門家の助言を受けながら作成する必要がある。

なお、火山噴火に起因する土砂災害に関する火山ハザードマップの作成については、火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き（素案）（平成25年3月、国土交通省砂防部）も参考にすると良い。

(A) 災害要因実績図を利用した火山ハザードマップの作成手法

災害要因実績図に示された各火山災害要因の影響が及ぶ範囲を地形図に重ね合わせて描画する。

谷地形に沿って流下する火砕流や溶岩流等の火山災害要因は、噴火の前後で地形が大きく変化するため、火山専門家の助言を受けながら、現在の地形を地形図等から判読して到達距離を決める。

(B) シミュレーションを利用した火山ハザードマップの作成手法

様々なシミュレーションプログラムを用いて複雑な火山現象を単純化して計算することで、各火山災害要因の影響が及ぶ範囲を描画する。

現在、火山災害要因の影響が及ぶ範囲を計算するための様々なシミュレーションプログラムがあり、中には無償のものもある。シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する際には、対象とする火山災害要因や作成する目的に合わせて適切なシミュレーションプログラムを選択する必要がある。

最近では、国土地理院より基盤地図情報が公開され、比較的簡便に地理情報システム (GIS) 上にシミュレーション結果を表示することが可能になっている。なお、平成 24 年 6 月の災害対策基本法の改正により、災害に関する情報の収集及び伝達に当たり、GIS の活用に努めることが明記された (災害対策基本法第 51 条第 2 項)。

【参考 シミュレーションで用いる地形情報】

作成対象の火山周辺地域の基盤地図情報は、国土地理院のホームページ (<http://fgd.gsi.go.jp/download/>) で公開されている。

シミュレーションで用いる地形情報は、長さが 5 m、10m、100m 等のような単位格子で区切られている。単位格子の密度が必ずしも高いほど再現性が増すわけではないことから、火山災害要因の種類や規模、使用するシミュレーションプログラム、利用目的に応じて適切な長さの単位格子を選ぶと良い。

なお、基盤地図情報の利用方法は、国土地理院のホームページのほか、大学等の都市工学や地理学に関する研究部門のホームページから閲覧することができ、不明な点について調べることができる。

これら2つの火山ハザードマップの作成手法の利点や留意点等を表3-1に整理した。
火山災害要因ごとに適した手法を選び、火山ハザードマップを作成すると良い。

表3-1 2つの火山ハザードマップの作成手法の利点と留意点の概要

	(A)災害要因実績図を利用した火山ハザードマップの作成手法	(B)シミュレーションを利用した火山ハザードマップの作成手法
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・災害要因実績図を参考に、簡易に火山ハザードマップを作成することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・任意の噴火規模に基づいて作成できる。 ・様々な条件の噴火シナリオを再現できる。 ・GISデータとして火山ハザードマップの重ね合わせ等の二次作業が容易である。 ・噴火時等には、リアルタイムハザードマップとして作成可能である。 ・無償で入手できる、学術的に広く認知されたプログラムが存在する。 ・専門業者に委託する場合、サポートが充実している。 ・ホームページ上で実行できるプログラムが存在する。
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・噴火の前後で地形が大きく変化する可能性があるため、次の噴火が必ずしも災害要因実績図どおりの噴火とならない（火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流等）。 ・新しい火山噴出物の被覆により、災害要因実績図に、当該火山の全ての災害実績が表示されているとは限らない。 ・紙媒体で公表されている災害要因実績図を利用する場合、デジタルデータへの変換作業が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な火山災害要因を単純化して計算するため、結果の精度に限界がある。 ・シミュレーションを実行する際に入力する値によって結果が大きく異なる。 ・プログラムやGISデータのインストール等の事前準備が必要である。
火山専門家による監修ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・火山災害要因別・噴火規模別の、到達距離の決め方 	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーションの実行条件（火山災害要因、噴火規模別に入力する値、等） ・実行結果の妥当性の評価

3-2 火山ハザードマップ作成の準備

火山ハザードマップは、まず、災害実績に基づいた火山災害要因を抽出し、火口位置、噴火規模、気象条件等を決定した上で、その条件に基づいて火山災害要因ごとに影響が及ぶ範囲を描画して作成することになる。この項では、火山災害要因の抽出、火口位置、噴火規模、気象条件等の設定に当たっての考え方を示す。

(1) 災害要因実績図

① 災害要因実績図の意義と入手方法

それぞれの火山で、岩質や噴火様式、山体の形状・大きさ等が異なるため、各火山災害要因の影響が及ぶ範囲も異なる。しかし、各火山の噴火様式はある程度決まっており、それぞれの噴火様式に伴う火山災害要因にも特徴がある。災害要因実績図は、災害実績を基に整理したものであり、当該火山の特徴を知ることができる。

災害要因実績図にまとめられた各火山災害要因の特徴は、有史以降の火山活動については、古いものは古文書等から、最近のものは地質調査や災害調査など科学的研究の成果から把握することができる。また、有史以前の地質時代における火山活動についても、噴出物や地形の調査から把握することができる。

火山防災マップの作成作業において、災害要因実績図から得られる様々な情報は、シミュレーション等の予測に必要な前提条件やパラメータ等の決定を行う際の参考となるため重要であるが、各火山災害要因に関する詳細な調査を行政だけで行うことは、時間的にも予算的にも困難であることから、十分な資料収集を行い、各火山を熟知した火山専門家の協力を得ることが必要である。

災害要因実績図及びその基になる資料を表3-2に示す。

表 3 - 2 災害要因実績図及びその基になる資料

資 料	内 容	発 行 元
火山基本図	縮尺 1/5,000(有珠山、吾妻山、阿蘇山、三宅島、伊豆大島、桜島、草津白根山、浅間山、樽前山、雲仙岳、十勝岳、御嶽山)、1/10,000(十勝岳、雌阿寒岳、北海道駒ヶ岳、岩木山、秋田焼山、岩手山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、蔵王山、安達太良山、磐梯山、那須岳、焼岳、浅間山、富士山、東伊豆単成火山群、伊豆大島、鶴見岳、九重連山、霧島山、薩摩硫黄島・薩摩竹島、諏訪之瀬島)	国土地理院
火山地質図	縮尺 1/5 万、1/2.5 万等(桜島火山、有珠火山、草津白根火山、阿蘇火山、北海道駒ヶ岳火山、浅間火山、青ヶ島火山及び伊豆諸島南方海底火山、雲仙火山、那須火山、伊豆大島火山、霧島火山、三宅島火山、岩手火山、口永良部島火山、樽前火山、十勝岳火山)	産業技術総合研究所地質調査総合センター
火山土地条件図	縮尺 1/2.5 万(桜島、十勝岳、草津白根山、阿蘇山、北海道駒ヶ岳、三宅島、雲仙岳、霧島山、有珠山、樽前山、磐梯山、富士山、伊豆大島、安達太良山、くじゅう連山、雌阿寒岳・雄阿寒岳、薩摩硫黄島、御嶽山、栗駒山)	国土地理院
日本活火山総覧	各活火山の地質、火山活動史、観測状況等の概要	気象庁
火山	火山学関連学会誌	日本火山学会
地質学雑誌	地質学関連学会誌	日本地質学会
第四紀研究	地質学関連学会誌	日本第四紀学会
地理学評論	地理学関連学会誌	日本地理学会
地学雑誌	地学関連協会誌	東京地学協会
地震	地震学関連学会誌	日本地震学会
砂防学会誌	砂防学関連学会誌	砂防学会

②火山ハザードマップへの描画の対象とする火山災害要因

火山ハザードマップに描画又は説明を記載する火山災害要因を、目安として表3-3に整理した。また、火山災害要因ごとに、一定の精度を保ちつつ、火山ハザードマップをより簡便に作成するために適した手法（A：災害要因実績図を利用した火山ハザードマップの作成、B：シミュレーションを利用した火山ハザードマップの作成）を併せて示した。

表3-3(1) 火山ハザードマップに描画する火山災害要因

火山災害要因	A	B	火山ハザードマップの作成手法
大きな噴石	◎	△	大きな噴石の軌跡は単純な弾道計算で再現される。また、影響が及ぶ範囲は火口を中心に円を描く範囲となるため、災害要因実績図に基づいて、大きな噴石の落下地点データの積み重ねから想定される到達距離を決め、危険度に応じた円を描くと良い。
火砕流(火砕サージを含む)	○	◎	火砕流は谷地形に沿って流下するため、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすい。地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションが良い。 又は、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に基づいて火砕流の到達距離を決め、地形図を判読しながら、流下する経路を決めることができる。
ベースサージ	◎	△	ベースサージは、火口を中心に全方向に等距離に広がるため、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に基づいてベースサージの到達距離を決め、火口を中心とする円を描くと良い。
融雪型火山泥流	○	◎	融雪型火山泥流は谷地形に沿って流下するため、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすい。地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションが良い。 又は、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に基づいて融雪型火山泥流の到達距離を決め、地形図を判読しながら、流下する経路を決めることができる。
小さな噴石、火山灰(降下火砕物)	○	○	規模の小さい噴火の場合、噴煙は地上風の影響を受けあらゆる方向に流されるため、災害要因実績図に基づいて影響が及ぶ範囲を円や円弧で示すことができる。 成層圏に達する噴煙柱を形成するほど規模の大きい噴火の場合、噴煙は高層の偏西風の影響を受けるため、風の影響を反映して計算できるシミュレーションを用いることができる。
溶岩流	○	◎	溶岩流は粘性の高い流体が谷地形に沿って流下するため、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすい。地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションが良

			い。 又は、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に基づいて溶岩流の到達距離を決め、地形図を判読しながら、流下する経路を決めることができる。
泥流・土石流	○	○	火口付近に水源が想定される場合、泥流・土石流は水源の水とともに谷地形に沿って流下する。地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションを用いることができる。又は、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に基づいて泥流・土石流の到達距離を決め、地形図を判読しながら、流下する経路を決めることができる。 降灰後の泥流の場合、簡易な方法として各都道府県が公開している土石流危険区域と土砂災害警戒区域（土石流）を用いることができる。

◎：簡便さを考えたときに推奨する手法

○：作成可能な手法

△：簡便さを考えたときにあまり推奨しない手法

表 3-3 (2) 火山ハザードマップに描画又は説明を記載する火山災害要因の例

火山災害要因	A	B	火山ハザードマップの作成手法
山体崩壊、 岩屑なだれ	○	—	山体崩壊や岩屑なだれは火山体の大部分又は一部が崩れて、大量の土砂が急速に流下するため、その影響が及ぶ範囲は小さな地形の起伏を埋め尽くしながら広がる。災害要因実績図に基づいて、崩れやすい場所とともに影響が及ぶ範囲の説明を記載することができる。
地すべり、 斜面崩壊	○	—	地すべりや斜面崩壊は火山体の一部がそのままの形状で滑り落ちる現象であるため、災害要因実績図に基づいて、崩れやすい場所とともに影響が及ぶ範囲の説明を記載することができる。
火山ガス、噴煙	○	—	火山ガスや噴煙の発生場所は、過去に発生した場所でも繰り返し発生しやすいため、災害要因実績図に基づいて、その影響が及ぶ範囲の説明を記載することができる。
空振（爆発による衝撃波）	—	—	発生場所の予測が困難であるため、現象と被害の説明にとどめる。
地震	—	—	
地殻変動	—	—	

○：作成可能な手法

—：描画を想定しない

③火山ハザードマップに描画する火山災害要因の選定

火山災害要因には様々な種類がある。多くの火山で見られる火山災害要因がある一方で、特定の火山でしか見られないものもある。そこで、火山ハザードマップに描画する火山災害要因を選定するに当たっては、次の視点で検討する。

1) 生命に対する危険度が高い火山災害要因を選定する

噴火の開始から避難までの時間的猶予がほとんどなく、生命に対する危険度が高い、大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流は、防災上、特に重要度の高い火山災害要因として位置付けて選定する。

2) 災害実績から将来発生し得る火山災害要因を選定する

現在の火山活動は、過去から続く一連の活動であり、過去に発生した火山災害要因は将来も発生し得ると考えられるため、過去に発生した火山災害要因を選定する。

3) 類似火山（岩質や噴火様式、山体の形状・大きさ等が類似した火山）の災害実績から火山災害要因を選定する

これまで見られなかった火山災害要因が、次の噴火で突然発生する可能性もある。そこで、当該火山だけでなく、岩質や噴火様式、山体の形状・大きさ等が類似した火山で発生した火山災害要因も選定する。

(2) 火口位置

大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等の深刻な影響が及ぶ範囲を予測する際、火口位置の設定により、その範囲が大きく異なることもあるため、火口位置の設定は極めて重要である。火口位置を設定する際のコエ方を次に示す。なお、火口位置の設定には、火山専門家の助言を受けると良い。

1) 同じ火口で繰り返し噴火する場合

過去に同じ火口で噴火を繰り返してきた火山の場合は、将来も、同じ火口から噴火する可能性が高いと考えられるため、既往の火口位置に設定する。

2) 同じ火口で噴火を繰り返さない場合

同じ火口で噴火を繰り返さない火山（単成火山群、溶岩ドーム等）の場合は、過去の火口が塞がれてしまい、災害実績だけでは火口位置を設定できないが、このような場合でも、過去の火口位置が分布する範囲を把握することにより、火口位置を設定することができる。富士山の場合、北西側と南東側斜面の標高 1,500m 付近に火口が密集し、将来も図 3-1 に示された北西-南東方向に列状に伸びた範囲に火口が形成されると予想されている。このように、災害要因実績図に基づき、火口が開くと予想される範囲を火口位置として設定することができる。

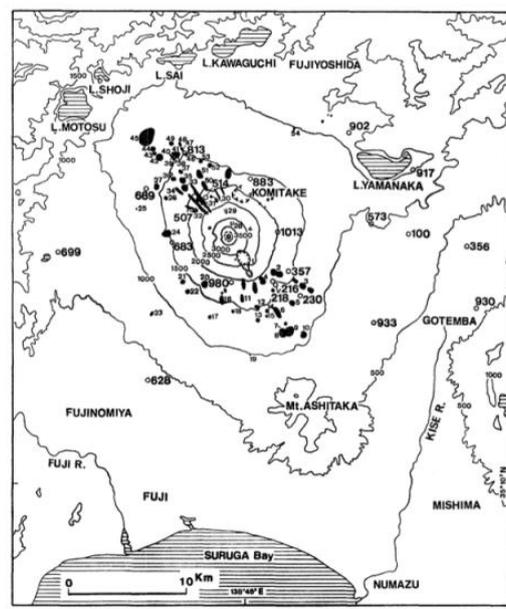


図 3-1 富士山の側火山と推定される岩脈群の分布（宮地，1988）

また、カルデラ縁にある火山においては、カルデラの形成に伴い、地下に多くの亀裂が生じているが、地下深部にあるマグマがこれらの亀裂に貫入しながら上昇し、カルデラ縁に沿って火口が開く傾向がある。このことを考慮し、火山周辺の断層の位置や地震活動が活発な領域を踏まえて、火口が開くと予想される範囲を設定することが望ましい。

火口が開くと予想される範囲の中から、火口位置としてある特定の場所を設定する際には、居住地域への火山災害要因の影響の有無も考慮する必要がある。

(3) 噴火規模

噴火規模が異なれば、噴火様式や火山災害要因が同じでも影響が及ぶ範囲や影響の程度は大きく異なる。噴火規模は、一連の火山活動による噴出物の総噴出量 (m^3) として表現するのが一般的である。

なお、災害要因実績図における噴出量の表示については、見かけの体積とマグマ換算体積の2種類があり、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図に表示された噴出量を確認すると良い。降下火砕物や火砕流等のようにマグマが発泡、又は破碎している噴出物の場合は、見かけの体積で表現することが多く、溶岩流のようにマグマが発泡も破碎もしていない噴出物の場合は、溶岩流の体積をマグマ換算体積で表現することが多い。

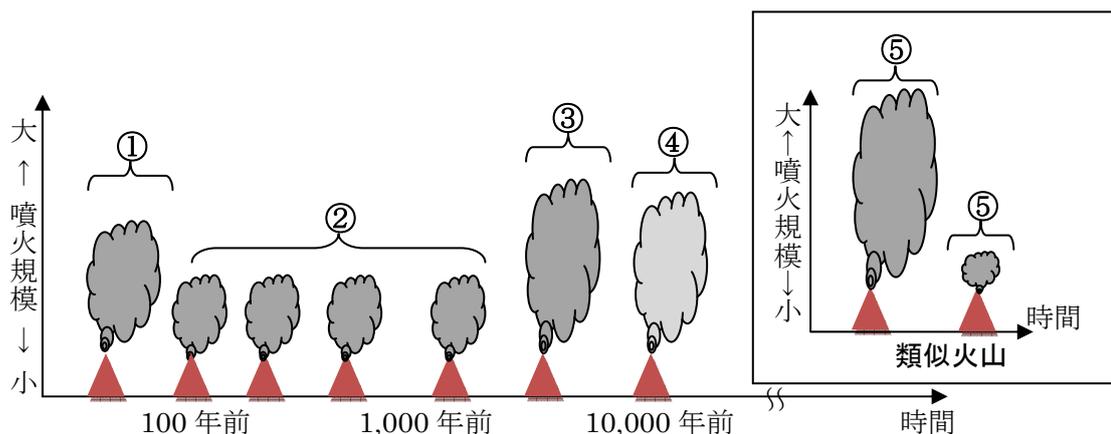
【参考 噴出量の表示について】

噴火の際、マグマは発泡、又は破碎し、噴出物の見かけの体積は実際に噴出したマグマの量よりも多く見える。そこで、噴出物の見かけの体積を元々のマグマの体積に換算したものをマグマ換算体積 (DRE: Dense Rock Equivalent) と呼び、DRE (m^3) と表示する。その際、マグマの比重を 2.5 g/cm^3 程度、降下火砕物や火砕流は 1 g/cm^3 程度、溶岩流は 2.5 g/cm^3 程度として、比重換算で見かけの体積からマグマ換算体積を計算することができる。

災害実績が詳細に把握されている火山の場合は、総噴出量の内訳（火山災害要因ごとの噴出量）を基に火山ハザードマップを作成する。しかしながら、災害実績が詳細に把握されていない火山の場合は、総噴出量の内訳まで把握されていることは少ない。そのような場合は、総噴出量の全てが火砕流や溶岩流といった特定の火山災害要因に起因すると仮定して火山ハザードマップを作成すると良い。

ある火山で次に発生し得る噴火規模を正確に予測することは不可能であることから、事前に複数の噴火規模を想定して火山ハザードマップを作成する必要がある。噴火規模を想定する際の考え方は、次の①から⑤を基本とすると良い。

その上で、火山災害要因による深刻な影響が居住地域に及ぶか否かは防災上大きな意味を持つため、噴火規模の想定に当たっては、噴火に伴う各火山災害要因による影響が及ぶ範囲が火口周辺地域に留まる噴火規模、及び深刻な影響が及ぶ範囲が居住地域にまで及ぶ噴火規模を含めると良い。



当該火山及び類似火山の災害実績と噴火規模の考え方（イメージ）

災害実績が詳細に把握されている火山の場合

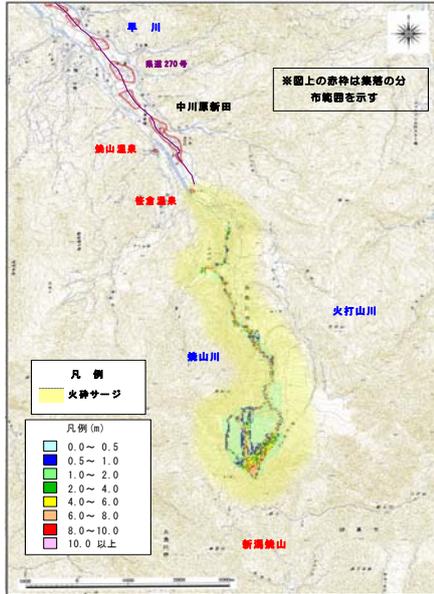
- ①最近の噴火規模
- ②過去1万年間で最頻の噴火規模
- ③過去1万年間で最大の噴火規模
- ④過去1万年間の特徴的な噴火の規模

災害実績が詳細に把握されていない火山の場合

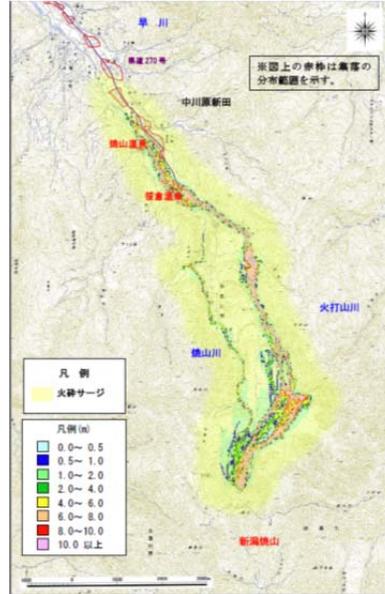
- ⑤過去1万年間の災害実績が詳細に把握されている類似火山の災害実績を踏まえた、当該火山で発生し得る噴火規模

【参考 複数の噴火規模を想定した被害影響範囲の例】

新潟焼山における火砕流の被害影響範囲は、過去の活動実績を基に4種類の噴火規模を想定して作成された。



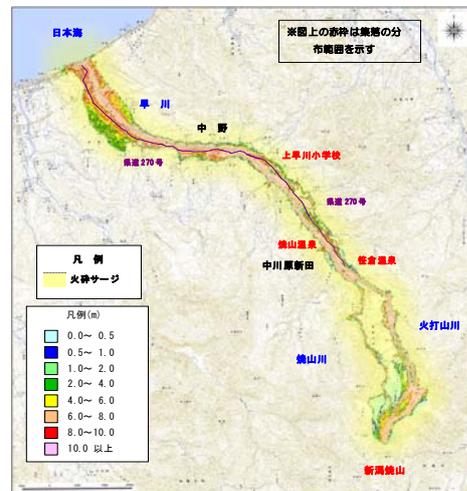
火砕流 50 万 m³ (1974 年噴火規模)



火砕流 500 万 m³ (1773 年噴火規模)



火砕流 2,000 万 m³ (1361 年噴火規模)



火砕流 2 億 m³ (887 年噴火規模)

※図中の淡色の黄色の範囲は火砕サージの影響が及ぶ範囲を示す。

(新潟焼山火山噴火緊急減災対策砂防計画 (案) 共通編, 2012)

災害実績が詳細に把握されている火山の場合

①最近の噴火規模（水蒸気噴火を除く）

最も新しい噴火の再来を想定するものである。最近に発生した噴火規模は今後も発生し得ると考えられる。また、当時の災害状況と予測結果(特に、シミュレーション結果)との比較によって予測手法の妥当性を検討できることから、科学的、技術的な面からも、この噴火規模を選択する事には意味がある。しかし、水蒸気噴火のような、あまりに規模の小さな噴火を想定しても防災上は意味がないので、被害が想定される噴火規模以上で、最近の噴火を考えることが望ましい。

②過去1万年間で最頻の噴火規模（水蒸気噴火を除く）

過去、数百年～1万年間に発生した噴火規模の中で最も頻度の高いケースを想定するものである。噴火の発生頻度が高い噴火規模は、今後も同程度の噴火規模で発生し得ると考えられる。一般に、規模の小さな噴火ほど発生頻度が高く、噴火の規模が大きくなるにつれ、発生頻度は低くなる傾向がある。このため、最も発生頻度の高い噴火規模を考えると、かなり規模の小さな噴火になる。しかし、水蒸気噴火のような、あまりに規模の小さな噴火を想定しても、防災上は意味がないので、被害が想定される程度の規模以上で、最頻の噴火規模を考えることが望ましい。

③過去1万年間で最大の噴火規模

噴火の最大規模を見極めるのは難しい場合がある。規模の大きな噴火ほど発生頻度は低いが、周辺地域への影響は格段に大きくなる。噴出物によって直接、影響を受ける居住地域等の範囲が広がるだけでなく、その範囲は数百～数千 km にも及ぶため、具体的に影響が及ぶ範囲を把握することは防災上大きな意味を持つ。予測可能な規模（総噴出量 100 億 m³ 未満を目安）については、過去に発生した最大規模の噴火を想定した火山ハザードマップを作成することが望ましい。一方、大型のカルデラを形成するような巨大噴火（総噴出量 100 億 m³ 以上）については、予測の範囲を超え、描画することが困難となるため、文章で記載せざるを得ない。

④過去1万年間の特徴的な噴火の規模

過去1万年間に発生した噴火の中には、ある程度規模が大きく、しかも特徴的な噴火があることがある。特に、1707年富士山宝永噴火や1783年浅間山天明噴火のように、

有史以降に大きな被害を出した噴火については、多くの調査がなされ、その災害状況が比較的把握されていることが多いため、除外すべきではない。

災害実績が詳細に把握されていない火山の場合

⑤過去1万年間の災害実績が詳細に把握されている類似火山の災害実績を踏まえた、当該火山で発生し得る噴火規模

災害実績が詳細に把握されていない火山では、①～④の噴火規模を特定することは困難である。このような火山においては、岩質や噴火様式、山体の形状・大きさ等において類似した特徴を持ち、災害実績が詳細に把握されている類似火山の災害実績を参照して、当該火山で発生し得る噴火規模について想定しておく必要がある。

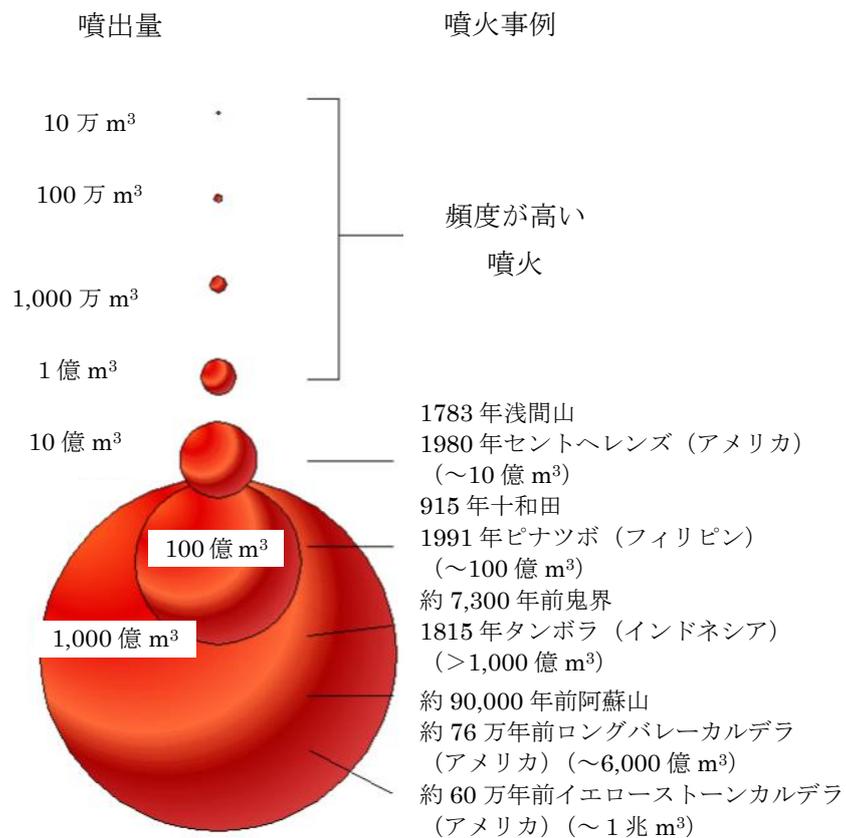


図3-2 噴火規模のイメージ (アメリカ地質調査所 USGS より一部改変)

【参考 噴火規模と噴火の発生頻度の関係】

噴火規模を表示する際、降下火砕物や火砕流の体積を基に、噴火規模を表示した火山爆発指数（VEI：Volcanic Explosivity Index）がしばしば使われる。下図のとおり、VEIが小さい噴火ほど発生頻度が高いことが分かる。

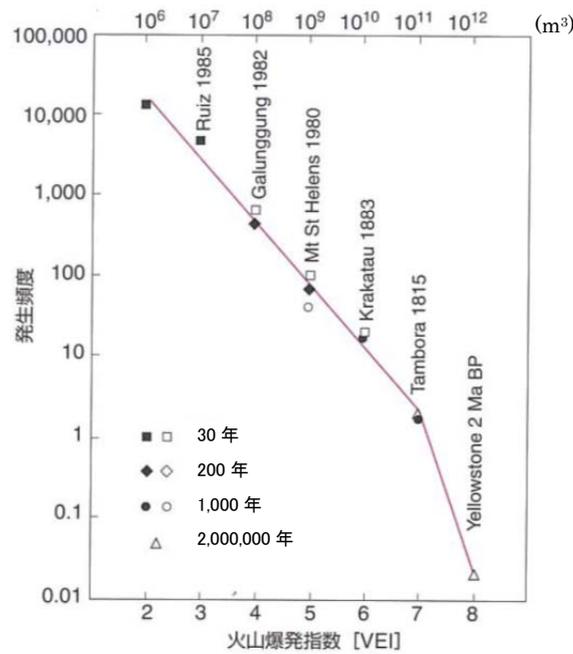


図 火山爆発指数と発生頻度の関係

※発生頻度は、地球上で1,000年間に起こる噴火の回数。

(Simkin and Siebert, 1993, Volcanoes of the world, 2nd ed. p.349.)

(5) 気象条件等

降下火砕物の影響が及ぶ範囲や融雪型火山泥流の発生する可能性は気象条件等によって大きく変化する。気象条件等の設定の考え方について、概要を示す。

1) 風

降下火砕物の影響が及ぶ範囲を予測する際、風の情報（風向及び風速の3次元情報）が必要になる。典型的な気象条件の下で降下火砕物の影響が及ぶ範囲を予測する場合は、特殊な気圧配置における風の情報は避け、季節に応じた典型的な気象条件における風の情報を利用することが望ましい。

2) 雪

融雪型火山泥流の影響が及ぶ範囲を予測する際、火口付近の積雪情報が必要である。火口付近の積雪情報がない場合、山腹の観測値から、標高や風向きによる補正を加え、火口付近の積雪の値を見積もる。

3) 雨

泥流・土石流のシミュレーションを行う場合、泥流・土石流が発生する程度の雨量を与えて計算する必要があるため、過去に泥流・土石流により被害が発生した事例における雨量を参考にする。

4) 地下水や海水

島しょ型火山や海岸や湖岸に近く、地下水の存在が推定できる火山では、マグマ水蒸気噴火の危険性を考慮する必要がある。

3-3 火山災害要因ごとの火山ハザードマップの作成手法

大きな噴石

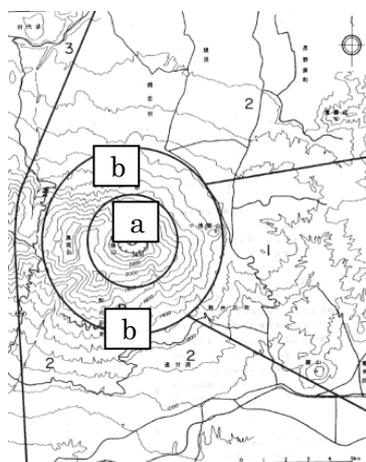
大きな噴石が飛散する際の軌跡は、比較的単純な弾道計算で再現される。大きな噴石は全方向に飛散するため、影響が及ぶ範囲も火口を中心に全方向に等距離に広がると予想される。したがって、大きな噴石の火山ハザードマップは、災害要因実績図に表示された、大きな噴石の落下場所に関する情報を基に最大到達距離を決定し、火口を中心とする円を描画することで作成できる。ここで、噴火様式の違いにより、大きな噴石の到達距離は異なることに留意する必要がある。なお、大きな噴石の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

(A) 災害要因実績図を利用した大きな噴石の火山ハザードマップの作成手法

①災害実績を踏まえると、水蒸気噴火やプリニー式、ブルカノ式噴火が想定される火山では、火口から2 km 以内の範囲を最も危険度が高い区域と考えることができる。また、頻度は比較的低い、爆発力の大きなマグマ噴火に対しては、大きな噴石は火口から4 km まで届くことが報告されており、火口から4 km 以内の範囲を危険度が高い区域と考えることができる。

また、小規模な水蒸気噴火やストロンボリ式噴火が想定される火山では、火口から1 km 以内の範囲を最も危険度が高い区域と考えることができる。

②当該火山の災害実績がある場合は、その実績も参考にして、大きな噴石の影響が及ぶ範囲を検証する。



a 区域は火口から 2 km 以内の範囲で、最も危険度が高い。

b 区域は火口から 4 km 以内の範囲で、a 区域に次いで危険度が高い。

図3-3 大きな噴石の影響が及ぶ範囲を示す火山ハザードマップ（浅間山の事例）
（火山噴火災害危険区域予測図作成指針 平成4年より改変）

【参考 噴石の到達距離の事例】

- ・ブルカノ式やストロンボリ式噴火の事例では、直径約 50cm 以上の大きな噴石の最大水平到達距離は、それぞれ約 4 km、約 1 km 程度である。

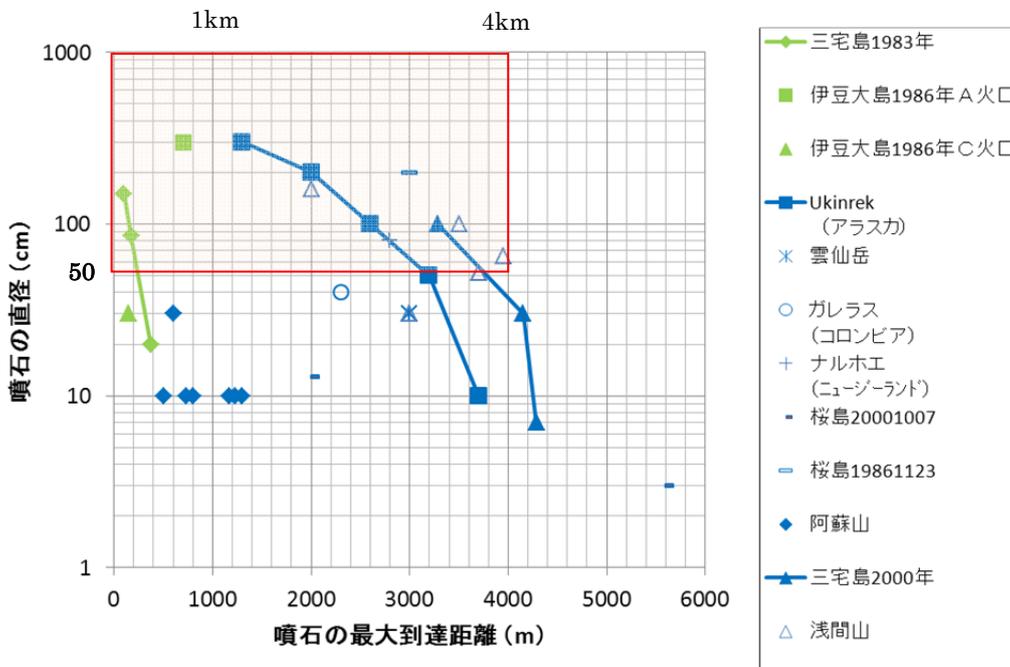


図 噴石の直径と最大水平到達距離との関係（富士山ハザードマップ検討委員会，2004）
 （緑色：ストロンボリ式噴火に伴う噴石、青色：ブルカノ式噴火に伴う噴石）

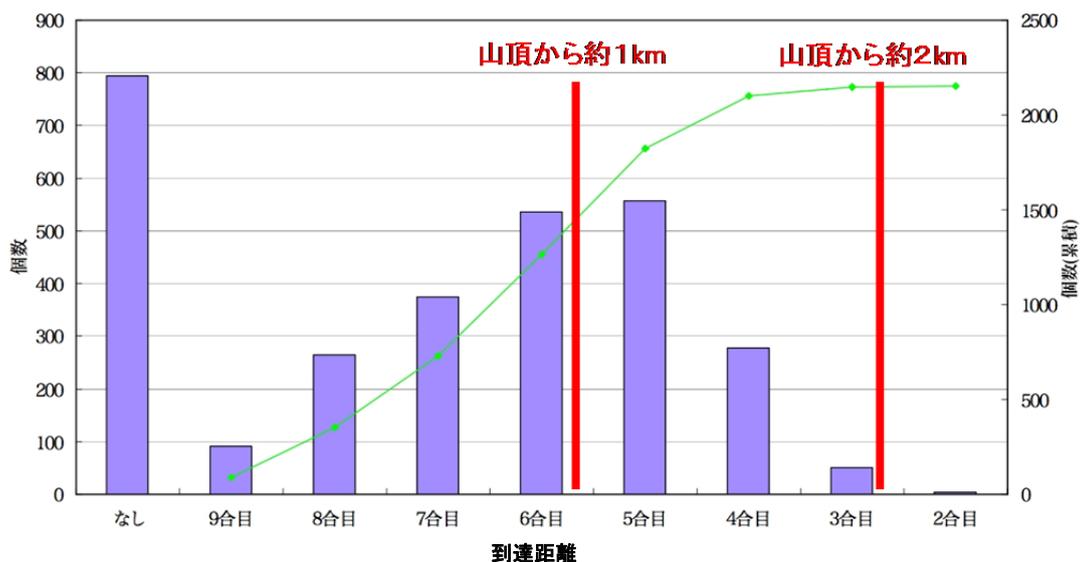


図 桜島における大きな噴石の到達距離別ヒストグラム（「桜島爆発原簿 1955～2002. 5」）

鹿児島地方気象台による1955年から2002年5月までのデータから作成。このデータは、鹿児島地方気象台からの目視観測による。（図中の「なし」は、噴火は発生したが、噴石が確認されなかった回数。「累積個数」に「なし」の回数は含まない。）

火砕流(火砕サージを含む)

火砕流は、一般的に、噴煙柱が崩壊し、高所から火砕流が流れ始める「噴煙柱崩壊型」の火砕流の方が、「溶岩ドーム崩壊型」やスコリア丘の崩壊による火砕流よりも遠方に到達する。なお、火砕流の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

火砕サージは、火砕流の本体部分とともに流下するものであり、密度が小さく、地形の影響を受けにくいいため、火砕流の本体部分よりも遠方まで到達する。火砕サージは、地形や風による影響等が複雑であるため、シミュレーションを利用することが困難である。

(A) 災害要因実績図を利用した火砕流(火砕サージを含む)の火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用して火砕流の火山ハザードマップを作成する場合、他の火山における火砕流の実績(表3-4)も参考にして、噴火規模別に流下経路と到達距離を決め、地形図で流路を判読しながら影響が及ぶ範囲を描画する。この時、噴火の前後で地形が変化することに留意する必要がある。

表3-4 火砕流の実績

火砕流の噴出量	事例	流下方向	流下経路	到達距離
～10 万 ^{m³}	2008 年桜島	火口縁の低い所、火口が開いた方向	谷地形や低所に沿う。	数百 m ～ 2 km
10 万～ 100 万 ^{m³}	1973 年浅間山 1988 年十勝岳 1991 年雲仙岳	火口縁の低い所、火口が開いた方向	谷地形や低所に沿う。	数百 m ～ 3 km
100 万～ 1,000 万 ^{m³}	1984 年桜島 1991 年雲仙岳	火口縁の低い所、火口が開いた方向	谷地形や低所に沿う。	1～5 km
1,000 万～ 数 10 億 ^{m³}	1667 年樽前山 1929 年北海道駒ヶ岳	火口縁の高い所を避けて幅広く	谷地形や低所に沿う。山麓で広がる。	5～10 km
数 10～100 億 ^{m³}	915 年十和田 1108 年浅間山	火口縁の高い所を避けて幅広く	谷地形や低所に沿う。山麓で広がる。	10～20 km
100 億 ^{m³} ～	約 2 万年前入戸火砕流 約 3 万年前支笏火砕流 約 8 万年前阿蘇 4 火砕流	全方向	小さな山や谷とは関係なく、広範囲に流下する。	20～100 km

②災害要因実績図を利用して火砕サージの火山ハザードマップを作成する場合、他の火山における火砕サージの実績や地形を考慮して、火砕流の影響が及ぶ範囲から 0.5～2 km 程度広い範囲を描画する。火砕サージは火砕流の流下方向に広く影響が及ぶため、火砕流の流下方向は広く、側方向は狭くして描画する。

③火砕流（火砕サージを含む）の火山ハザードマップは、火山専門家の助言を受けながら作成する。

(B) シミュレーションを利用した火砕流（火砕サージを含む）の火山ハザードマップの作成手法

①火砕流は、谷地形に沿って流下し、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすいため、シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する場合、地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選択する。

②専門の事業者に委託するほか、事業者に委託せず無償で公開されているシミュレーションプログラムを利用してシミュレーションを行うこともできる。次頁に、参考に無償で公開されているシミュレーションプログラムの一例を紹介した。

③シミュレーションに入力する値は火山やシミュレーションプログラムによって異なるため、火山専門家の助言を受ける必要がある。

- ・「噴煙柱崩壊型」の火砕流を想定する場合、一度に全ての火砕流が流下するものとしてシミュレーションを行う。
- ・「溶岩ドーム崩壊型」やスコリア丘の崩壊による火砕流を想定する場合、1回に流下する火砕流の噴出量を数万～500万 m³程度^{※1}と仮定して、全体として流下する噴出量になるまで繰り返し流下させる。1回に流下する火砕流の噴出量は多くても少なくとも、シミュレーションで得られる結果は、精度的にあまり変わらないため、規模の大きな火砕流を想定する場合は1回500万 m³で試行すると良い。

※1 1990年～1995年雲仙岳噴火の事例では、噴出量が1億 m³以上もの「溶岩ドーム崩壊型」の火砕流が流下した。繰り返し発生する火砕流の1回当たりの噴出量は、およそ数万～500万 m³/回であった。

④シミュレーションの結果については、災害要因実績図や他の火山における火砕流の実績（表3-4）も参考にして検証する。

【参考 無償で公開されているシミュレーションプログラムによる火山ハザードマップ作成手法の一例 (TITAN2D の場合)】

- ①当該火山の地形データを準備する。
- ②火口位置及び当該火口から噴出する火砕流の噴出量を設定する。
 - ・火口位置は、複数箇所設定することができる（火口別に噴出する火砕流の噴出量を設定することができる）。
 - ・計算時間を設定する。
- ③火砕流の特性を示す内部摩擦角及び層底摩擦角を設定する。
 - ・流体の「流れにくさ」を示す内部摩擦角、層底摩擦角の値を設定する。設定する値については、下の表を参考に計算すると良い。

現象		内部摩擦角	層底摩擦角	計算の終了条件	火山名と参考文献
火砕流	噴煙柱崩壊型	30~37°	12~16°	流速が定常状態まで	Cerro Machin Volcano等 (H.F. Murcia_JSAES_2010、Volcan de Colima (Sulpizio_JVGR_2010))
	溶岩ドーム崩壊型	30~34°	15~16°		Cerro Machin Volcano等 (H.F. Murcia_JSAES_2010)、Volcan de Colima (Sulpizio_JVGR_2010)

- ④火砕流の初速度を設定し、シミュレーションを行う。
 - ・「溶岩ドーム崩壊型」やスコリア丘の崩壊による火砕流の場合は 0m/s（火口上で崩壊を仮定）、「噴煙柱崩壊型」の火砕流の場合は 120m/s（火口から 720m で噴煙柱の崩壊を仮定）とするなど、火砕流の型を考慮して初速度を設定する。



【計算条件】
 火砕流噴出量= 1 億 m³
 内部摩擦角= 34°
 層底摩擦角= 15°
 初速度= 0m/s

図 無償で公開されているシミュレーションプログラムによる栗駒山における火砕流のシミュレーション結果イメージ例 (TITAN2D の場合)

ベースサージ

ベースサージは、海岸部におけるマグマ水蒸気噴火によって、全方向に火砕物等が飛散するため、影響が及ぶ範囲も火口を中心に全方向に等距離に広がると予想される。地形や風による影響が複雑であるため、シミュレーションを利用することが困難である。

(A) 災害要因実績図を利用したベースサージの火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用してベースサージの火山ハザードマップを作成する場合、他の火山におけるベースサージの実績（表3-5）も参考にして、火口を中心とする円を描画することで作成する。

②ベースサージの火山ハザードマップは、火山専門家の助言を受けながら作成する。

表3-5 ベースサージの到達実績

	噴火の事例	最大到達距離	参考
大きな マグマ水蒸気噴火	タール火山（フィリピン）	>10km	Blong, 1984
	タール火山（フィリピン）	6 km	Moore et al., 1966
	タラウエア火山（ニュージーランド）	6 km	Nairn, 1979
小さな マグマ水蒸気噴火	カペリンホス火山（ボルネオ）	3 km	Waters and Fisher, 1971
	ルアペフ火山（ニュージーランド）	3 km	Houghton et al., 1987
	ルアペフ火山（ニュージーランド）	2.5km	Houghton et al., 1987
	三宅島	1.5km	Sumita, 1985
	明神礁（ベヨネース列岩）	0.8~2.2km	Morimoto and Ossaka, 1955

伊藤（1993）新島火山の噴火災害予測図（解説）文部省科学研究費自然災害特別研究、計画研究「火山災害の規模と特性」報告書より改変

融雪型火山泥流

融雪型火山泥流は谷地形に沿って流下するため、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受ける。したがって、融雪型火山泥流の火山ハザードマップ作成に当たっては、地形を考慮する必要がある。さらに、融雪型火山泥流の総量を見積もるに当たっては、火砕流の噴出量に加えて積雪量を考慮する必要がある。なお、融雪型火山泥流の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

融雪型火山泥流の火山ハザードマップを作成する前の準備作業

流下する融雪型火山泥流の総量は、火砕流の噴出量と積雪量を基に設定する。火砕流による融雪量は、火砕流の熱量と積雪量から計算する。

①積雪量

積雪量については、気象庁ホームページの気象統計情報

(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) 及び、国や都道府県等が設置した積雪計から得られる情報を基に、火口付近における積雪深を見積もる。積雪量は、当該火山地域の積雪の密度を基に、積雪中の雪と水の割合や雪と空気の割合を求めて計算する必要がある。なお、避難等の防災対応の検討に資する火山ハザードマップを作成するために、最大の積雪量だけでなく、平年の積雪量も考慮するほか、想定する季節（冬、春）についても配慮する必要がある。

②融雪型火山泥流の総量とハイドログラフ

流下する融雪型火山泥流の総量は、火砕流の噴出量と融雪量の和である。融雪した水が運搬できる火砕流の総量は、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）を参考にし決定する。

【参考 富士山ハザードマップ検討委員会における融雪量の計算手法】

$$\text{数式 } W_0 = T_s \cdot C_s / ((1 - C_m) \cdot q_m) \cdot W_s$$

ここで、 W_0 ：融雪量(m^3)、 W_s ：想定した火砕流の噴出量(m^3)、 T_s ：火砕物の温度（過去の事例から $500^\circ C$ を仮定）、 C_s ：火砕物の比熱 ($=0.53 \text{ cal/g/K}$)、 C_m ：積雪中の水の割合（含水率）、 q_m ：雪の融解熱 ($\approx 80 \text{ cal/g}$) とした。

※ W_0 は融雪可能な最大水量であり、観測積雪最大深より多く見積もられる場合があることに留意する。

ハイドログラフについては、発生形態によって支配要因が異なってくるため、実績や類似火山における資料等を基に定める。

(A) 災害要因実績図を利用した融雪型火山泥流の火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用して融雪型火山泥流の火山ハザードマップを作成する場合、火山専門家の助言を受けながら、他の火山における融雪型火山泥流の実績も参考にして、噴火規模別に流下経路と到達距離を決め、地形図で流路を判読しながら影響が及ぶ範囲を描画する（図3-4）。この時、噴火の前後で地形が変化することに留意する必要がある。



図3-4 ネバド・デル・ルイス火山の火山ハザードマップ

(B) シミュレーションを利用した融雪型火山泥流の火山ハザードマップの作成手法

①融雪型火山泥流は、谷地形に沿って流下し、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすいため、シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する場合、地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選択する。

②専門の事業者へ委託するほか、事業者へ委託せず無償で公開されているシミュレーションプログラムも利用することができる。

③シミュレーションに入力する値は、火山やシミュレーションプログラムによって異なるため、火山専門家の助言を受ける必要がある。

④融雪型火山泥流の発生位置は、想定した火砕流の影響が及ぶ範囲内で谷地形に沿った最も低い場所とする。火砕流の影響が及ぶ範囲に複数の流域がある場合は、融雪型火山泥流の総量を流域の表面積で按分して流域ごとの融雪型火山泥流の量を決めて計算する。

⑤融雪型火山泥流は、大きな河川や湖等まで流下するものと考えられる。

⑥シミュレーションの結果については、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図や他の火山における融雪型火山泥流の実績も参考にして検証する。

【参考 融雪型火山泥流の火山ハザードマップの一例】

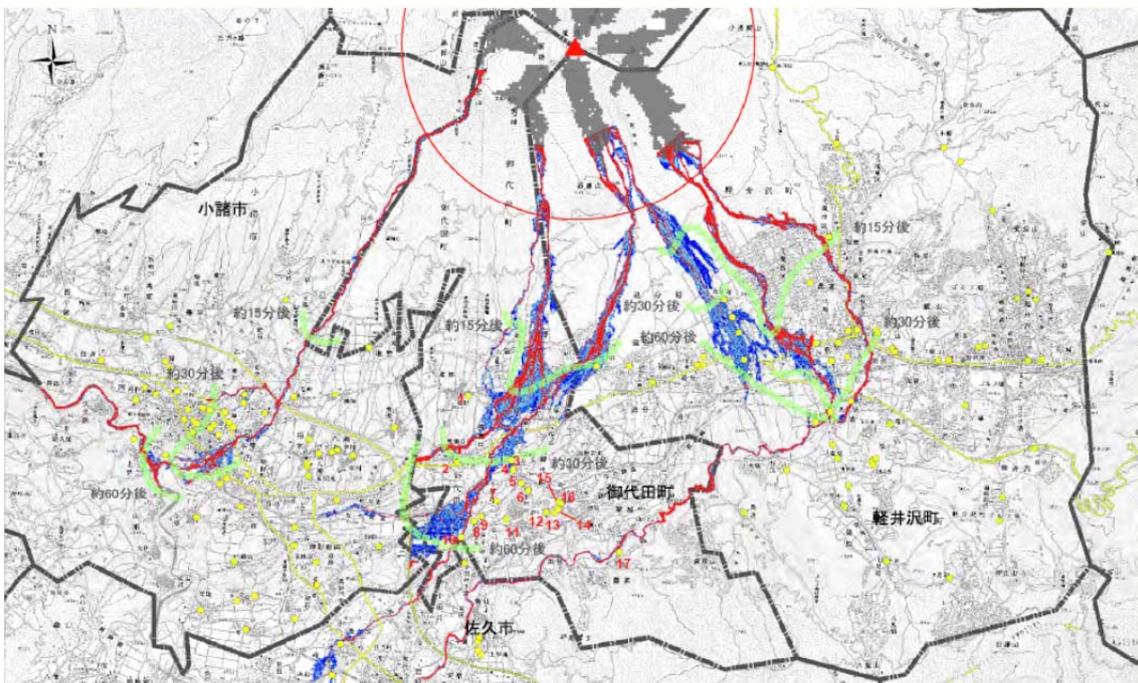


図 浅間山融雪型火山泥流マップ
(発行：浅間山火山防災対策連絡会議)

小さな噴石、火山灰(降下火砕物)

規模の小さな噴火の場合、噴火に伴い形成される噴煙柱は成層圏まで届かず、小さな噴石や火山灰は対流圏内の風に流され、全方向に降下し得る(図3-5)。一方、成層圏に達する噴煙柱を形成するほど規模の大きな噴火の場合、高層風(偏西風)に流される。

降下火砕物の火山ハザードマップは、規模の小さな噴火の場合は、全方向に広がる可能性があるため、災害要因実績図を用いて噴出量別に降下火砕物の堆積状況を測り、火口から円を描いて作成することができる。一方、成層圏に達する噴煙柱を形成するほど規模の大きな噴火の場合は、風の影響を受けずに勢い良く噴煙が上昇した後、降下火砕物は高層風(偏西風)に流されることから、風の影響を反映して計算できるシミュレーションも利用できる。表示する降下火砕物の堆積厚さは、火山ハザードマップの目的に応じて、降下火砕物による被害や影響(P17)を参考に火山防災協議会において決めると良い。なお、降下火砕物の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

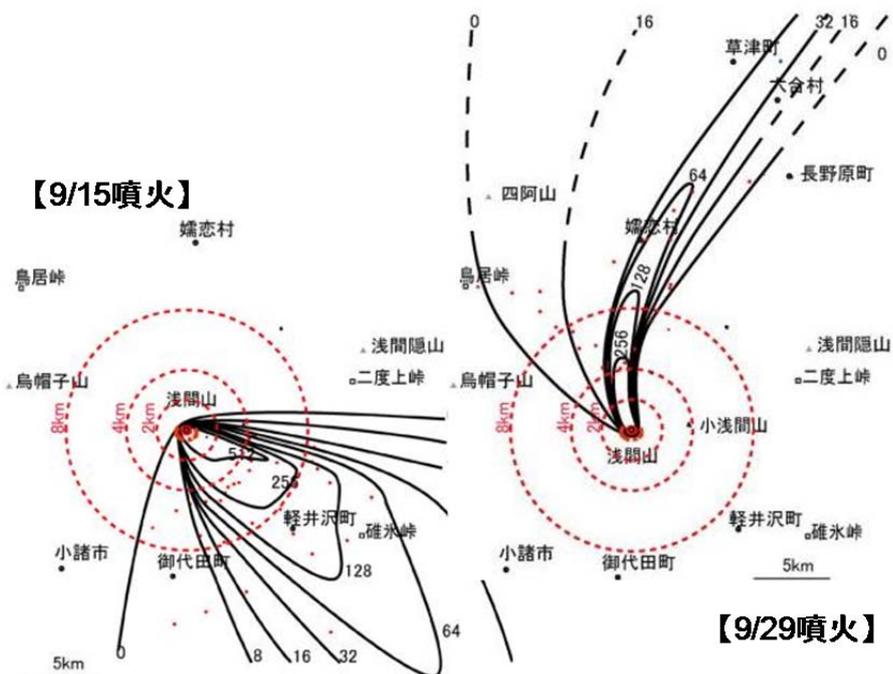


図3-5 2004年浅間山小規模噴火における降下火砕物の堆積状況(9/15と9/29)

(東京大学地震研究所)

(A) 災害要因実績図を利用した降下火砕物の火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用して降下火砕物の火山ハザードマップを作成する場合、他の火山における降下火砕物の実績も参考にして、噴火規模別に影響が及ぶ範囲を円や円弧で描画する。参考に、噴火規模と堆積厚さごとの到達距離を図3-6に示した。

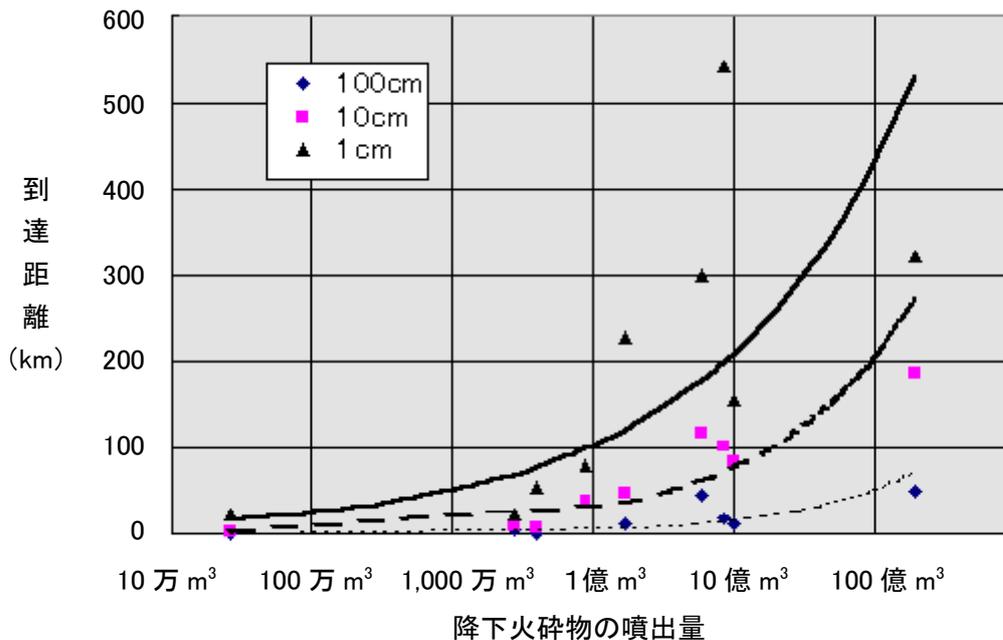


図3-6 災害要因実績図に基づく噴出量別・堆積厚さ別の降下火砕物到達距離の目安

※ 火山災害に係る検討について（国土交通省 国会等移転審議会 1999 を一部改変）
推計に用いた過去の噴火事例は、有珠山(1633年、1822年)、十勝岳(1962年)、
安達太良山(12万年前)、那須岳(1410年)、新潟焼山(1974年)、浅間山(1783年)、
富士山(1707年)、御嶽山(約9～11万年前)である。

(B) シミュレーションを利用した降下火砕物の火山ハザードマップの作成手法

①成層圏に達する噴煙柱を形成するほど大規模な噴火の場合、粒径や風の影響を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選ぶ。

②専門の事業者へ委託するほか、事業者へ委託せず無償で公開されているシミュレーションプログラムを利用してシミュレーションを行うこともできる。参考に無償で公開されているシミュレーションプログラムの一例を紹介した。

③シミュレーションに入力する値は火山やシミュレーションプログラムによって異なるため、火山専門家の助言を受ける必要がある。シミュレーションに入力する値は、噴出率、噴煙柱高度、風向・風速が重要になる。他の値はシミュレーションプログラムであ

らかじめ決まっている推奨値か初期値を利用する。噴出率や噴煙柱高度は、表 3-6 を参考とする。また、風向・風速は、気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索（高層）で紹介されている月平均値を使うと良い。

(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php>)

表 3-6 噴煙柱高度と噴出率の目安

降下火砕物の噴出量 (m ³)	100 万	1,000 万	1 億	10 億
噴煙柱高度 (km)	5	10	15	20
噴出率 (m ³ /s)	100	1,000	10,000	100,000

※Mastin et al. (2009) を基に作成。

④シミュレーションの結果については、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図や他の火山における降下火砕物の実績（図 3-6）も参考にして検証する。

【参考 無償で公開されているシミュレーションプログラムによる作成手法の一例
(Tephra 2 の場合)】

- ①該当する火山の地形データを準備する。
- ②火口を決め、風向・噴煙柱高度・噴出量等を入力し計算を開始する。

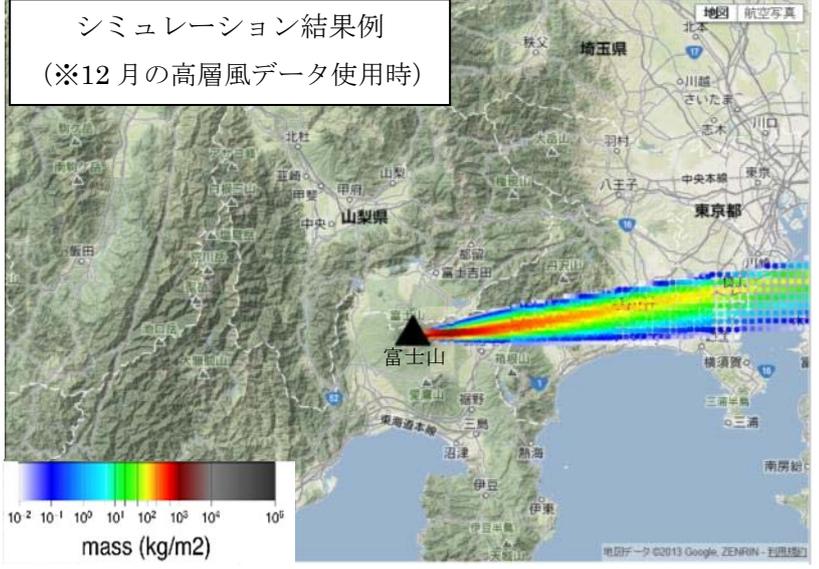
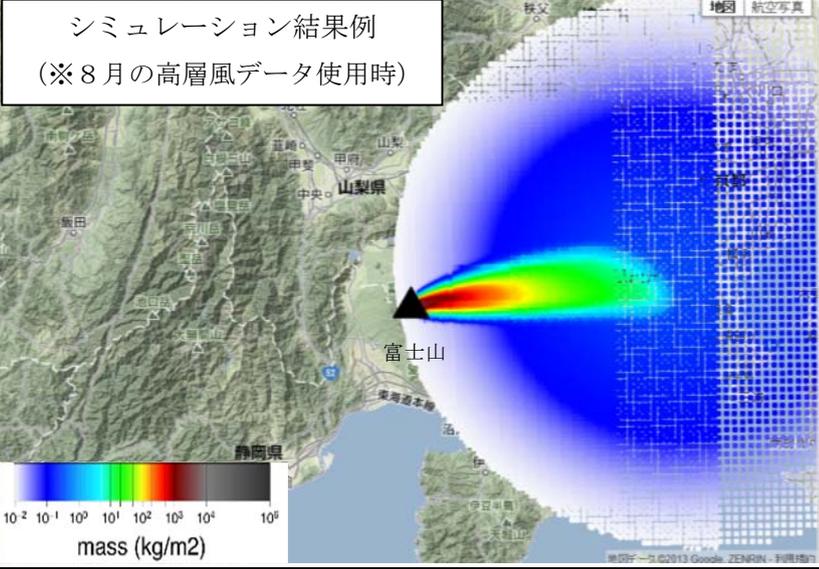
計算条件	シミュレーション結果例
噴出量 1 億 m ³ 噴煙柱高度 15km 噴出率 1 万 m ³ /s	<div style="text-align: center;"> <p>シミュレーション結果例 (※12月の高層風データ使用時)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>シミュレーション結果例 (※8月の高層風データ使用時)</p>  </div>

図 無償で公開されているシミュレーションプログラムによる富士山における
降下火砕物のシミュレーション結果例 (Tephra 2 の場合)
※火山灰の密度を 1 g/cm³ と仮定した場合、10kg/m² (黄緑色) は堆積厚 1 cm を示す。

溶岩流

溶岩流は、粘性の高い流体として地形の影響を受けながら流下するため、その影響が及ぶ範囲は火口から山腹斜面の谷地形沿いや、谷から開けた場所に広がる。このとき、流下する溶岩の岩質によって、溶岩流の速度や影響が及ぶ範囲が異なることに留意する。なお、溶岩流の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

(A) 災害要因実績図を利用した溶岩流の火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用して溶岩流の火山ハザードマップを作成する場合、火山専門家の助言を受けながら、他の火山における溶岩流の実績も参考にして、噴火規模別に流下経路と到達距離を決め、地形図で流路を判読しながら影響が及ぶ範囲を描画する。この時、噴火の前後で地形が変化することに留意する必要がある。

(B) シミュレーションを利用した溶岩流の火山ハザードマップの作成手法

①溶岩流は、谷地形に沿って流下し、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすいため、シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する場合、火山専門家の助言を受けながら地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選択する。

②専門の事業者に委託するほか、事業者に委託せず無償で公開されているシミュレーションプログラムを利用してシミュレーションを行うこともできる。参考に無償で公開されているシミュレーションプログラムの一例を紹介した。

③シミュレーションに入力する値は火山やシミュレーションプログラムによって異なるため、火山専門家の助言を受ける必要がある。

シミュレーション結果を大きく左右するのは噴出率、温度、粘性、計算時間である。

その他の値については、シミュレーションプログラムの推奨値か初期値を使うと良い。

噴出率、温度、粘性等は、流れる溶岩の岩質に応じて表3-7にある値を参考に入力する。中でも、噴出率は想定する噴火規模別に、他の火山における溶岩流の災害実績を参考にして決定すると良い。計算時間は、噴出率と噴出量で決める。

表 3-7 岩質ごとの噴出率、温度、粘性の定数項の目安

岩質 (溶岩流の特徴)	玄武岩 (速く薄く広がる)	安山岩 (流れにくく、 厚くたまる)	流紋岩 (ほとんど流れない)
噴出率の事例 ^{※1} (噴出量：事例)	$3 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.2 億 m^3 : 1950-51 年 伊豆大島) $42.8 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.1 億 m^3 : 1986 年伊 豆大島) $537 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.1 億 m^3 : 1983 年三 宅島) $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (120 億 m^3 : 1783 年ラ カギガル)	$0.23 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.01 億 m^3 : 1970 年秋 田駒ヶ岳) $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (1.7 億 m^3 : 1783 年浅間 山) $500 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.5 億 m^3 : 1914 年桜 島)	$1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.06 億 m^3 : 1934 年薩 摩硫黄島 (昭和硫黄島)) $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (- : 1953 年トライデン ト)
温度の目安 ^{※2} (岩石の温度のおお よその幅を示す)	1, 100°C (1, 000~1, 200°C)	1, 050°C (950~1, 100°C)	900°C (700~1, 000°C)
粘性 $\log \eta$ ^{※3} (岩石の粘性のおお よその幅を示す)	4 Pa · s (2~6)	7 Pa · s (6~8)	9 Pa · s (9~10)

※1：火山噴火災害危険区域予測図作成指針（平成4年）、Ishihara et al.,1990 参照

※2：マグマダイナミクスと火山噴火（朝倉書店）参照

※3：平成24年 理科年表、Maeno and Taniguchi, 2006 参照

④想定火口が複数ある場合は、全ての火口でシミュレーション計算をすることが望ましいが、噴火規模別の想定火口範囲の外縁部としても良い（図3-7）。

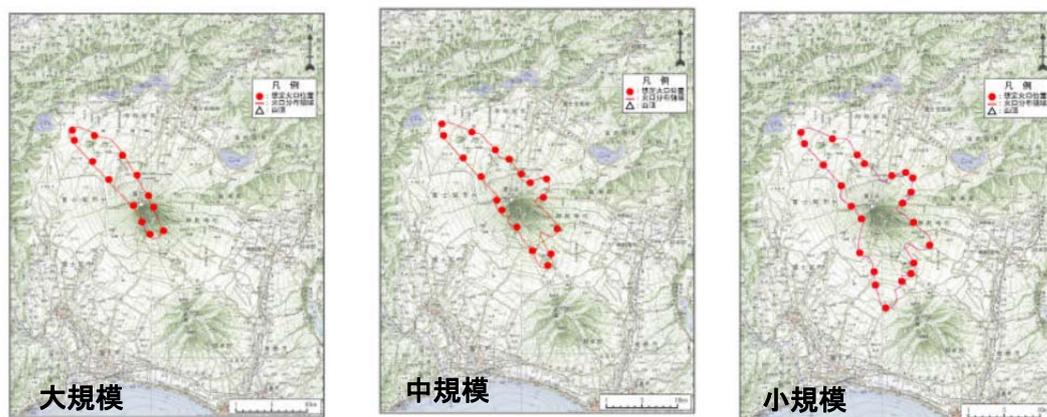


図 3-7 富士山における各規模噴火の想定火口（計算開始点）
(富士山火山ハザードマップ検討委員会, 2004 年)

⑤シミュレーションの終了は、時間が経過しても、溶岩流の流下がみられなくなったときを目安とする。

⑥シミュレーションの結果については、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図や他の火山における溶岩流の実績も参考にして検証する。

⑦シミュレーションの計算結果から得られた到達時間は、噴火時等の応急対策を検討する際に重要であるため、想定される到達時間の再現性が確保されたシミュレーションプログラムを使用する場合には、溶岩流の到達する範囲に加えて、想定される到達時間を示す。(図3-8)

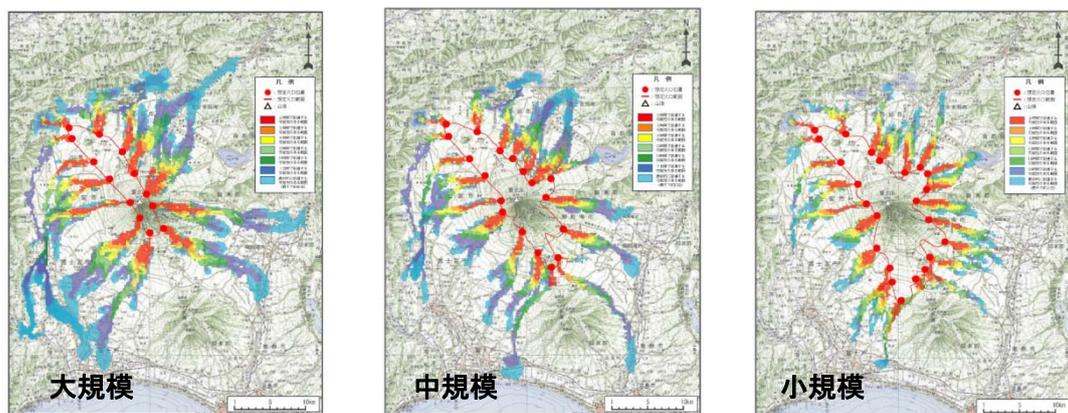


図3-8 富士山における溶岩流計算結果
(富士山火山ハザードマップ検討委員会, 2004年)

【参考 無償で公開されているシミュレーションプログラムによる作成手法の一例
(Lava Flow Simulation for Bingham Fluidの場合)】

- ①該当する火山の地形データを準備する。
- ②シミュレーション画面の地図上を選択（クリック）し火口を決める。
- ③噴出する溶岩流の粘性等を災害実績等から推定して入力し計算する。

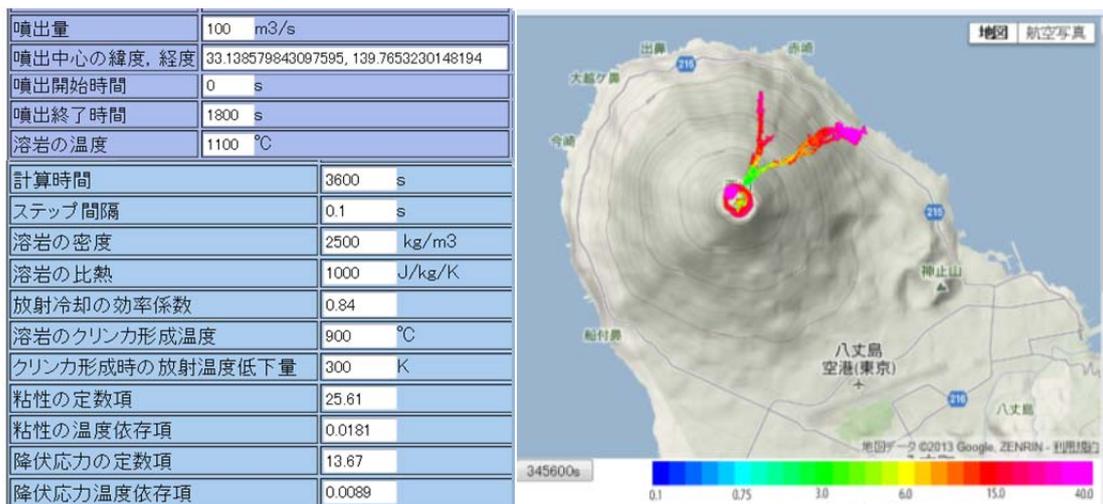


図 無償で公開されているシミュレーションプログラムの入力及び出力画面イメージ
(Lava Flow Simulation for Bingham Fluidの場合)

表 岩質ごとの噴出率、温度、粘性の定数項の目安

岩質 (溶岩流の特徴)		玄武岩 (速く薄く広がる)	安山岩 (流れにくく厚くたまる)	流紋岩 (ほとんど流れない)
噴出率	事例 ^{※1} 数字: 噴出率(総噴出量・事例)	3(0.2億m ³ :1950-51年伊豆大島) 42.8(0.1億m ³ :1986年伊豆大島) 537(0.1億m ³ :1983年三宅島) 50(120億m ³ :1783年ラカギガル)	0.23(0.01億m ³ :1970年秋田駒ヶ岳) 100(1.7億m ³ :1783年浅間山) 500(2.5億m ³ :1914年桜島)	1.2(0.06億m ³ :1934年薩摩硫黄島(昭和硫黄島)) 7(-:1953年トライデント)
温度の目安 ^{※2} (岩石の温度のおおよその幅を示す)		1100°C (1000~1200°C)	1050°C (950~1100°C)	900°C (700~1000°C)
粘性の定数項 ^{※3} (岩石の粘性の定数項のおおよその幅を示す)		25 (24~26)	26.5 (26~27)	27.5 (27~28)

※1: 火山噴火災害危険区域予測図作成指針(平成4年)、Ishihara et al.,1990
 ※2: マグマダイナミクスと火山噴火(朝倉書店)参照
 ※3: Ishihara et al.,1990、Maeno and Taniguchi, 2006 参照

泥流・土石流

泥流・土石流は、(ア) 噴火時に火口湖等の決壊等で発生する場合と、(イ) 噴火後に火山灰等が山腹斜面に堆積し、そこにある程度の雨が降り二次的に発生する場合がある。

(ア) 噴火時に火口湖等の決壊等で発生する場合

噴火時に火口湖等の決壊により発生する泥流・土石流の到達距離は、谷地形に沿って流下するため、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受ける。したがって、泥流・土石流の火山ハザードマップは、地形を考慮して作成する必要がある。流下する泥流・土石流の総量は、決壊する火口湖等の水量と、その水が運搬できる噴出物の量の和である。決壊する火口湖等の水が運搬できる噴出物の量は、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）を参考にして決定する。なお、泥流の影響が及ぶ範囲を予測するための詳細な理論については、別冊資料にまとめた。

(A) 災害要因実績図を利用した泥流・土石流の火山ハザードマップの作成手法

①災害要因実績図を利用して泥流・土石流の火山ハザードマップを作成する場合、火山専門家の助言を受けながら、他の火山における泥流・土石流の実績も参考にして、噴火規模別に流下経路と到達距離を決め、地形図で流路を判読しながら影響が及ぶ範囲を描画する。この時、噴火の前後で地形が変化することに留意する必要がある。

(B) シミュレーションを利用した泥流・土石流の火山ハザードマップの作成手法

①泥流・土石流は、谷地形に沿って流下し、その影響が及ぶ範囲は地形の影響を受けやすいため、シミュレーションを利用して火山ハザードマップを作成する場合、地形の起伏を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選択する。

②専門の事業者へ委託するほか、事業者へ委託せず無償で公開されているシミュレーションプログラムを利用してシミュレーションを行うこともできる。

③シミュレーションに入力する値は火山やシミュレーションプログラムによって異なるため、火山専門家の助言を受ける必要がある。

泥流・土石流の発生位置は想定した火口湖等とし、泥流・土石流の停止位置は、発生した泥流・土石流を受け止めることのできる大きな河川や湖等までとすると良い。

④シミュレーションの結果については、火山専門家の助言を受けながら、災害要因実績図や他の火山における泥流・土石流の実績も参考にして検証する。

(イ) 噴火後に火山灰等が山腹斜面に堆積し、そこにある程度の雨が降り二次的に発生する場合

噴火後に火山灰等が山腹斜面に堆積すると、雨水が浸透せずに地表面を流れやすくなり、泥流・土石流が発生しやすくなる。

泥流・土石流により被害が発生するおそれがある土石流危険区域及び土砂災害警戒区域（土石流）については、都道府県が調査・公表しており、降灰後の泥流・土石流の火山ハザードマップを作成するための簡易な方法として、この結果を用いることもできる。

詳細な内容は各都道府県砂防部局のホームページや国土交通省ホームページ「各都道府県が公開している土砂災害危険箇所と土砂災害警戒区域」

(http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link_dosya_kiken.html) で紹介されている。

また、降灰により大規模な土石流が急迫している状況においては、国が土砂災害防止法に基づく緊急調査（以下「緊急調査」という）を実施し、被害の想定される区域及び時期に関する情報（土砂災害緊急情報）を関係都道府県及び市町村へ通知するとともに一般に周知することとなっている。

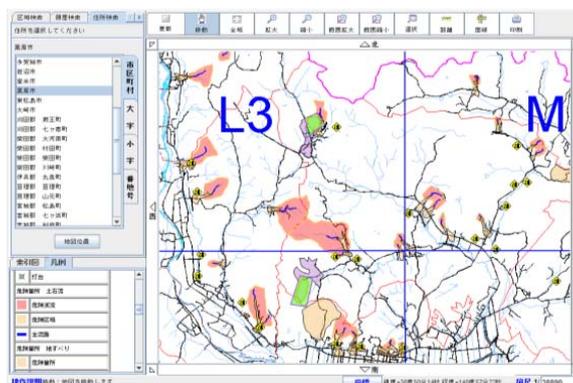


図 3-9 宮城県が公表している土石流危険溪流(栗駒市付近)

【参考 土石流危険区域、土砂災害警戒区域（土石流）】

土石流危険区域は、都道府県による基礎調査によって土石流危険溪流（土石流の発生の危険性があり、保全対象に被害を生ずるおそれがある溪流）で発生した土石流の堆積やはん濫が予想された区域である。火山砂防地域においては原則として土石流が発生する区域から河床勾配が2度（災害実績がある場合は実績値を参考に定める）になる地点までの土石流が氾濫するおそれのある区域である。平成19年の土砂災害防止法の改正により、土石流の発生のおそれのある溪流において、扇頂部から下流で勾配が2度以上の区域について土砂災害警戒区域（土石流）として指定されることとなり、順次指定が進んでいる。

火山ガス

火山ガスの中には空気よりも重い成分（ SO_2 、 H_2S 、 CO_2 ）があり、地形的に低い所を流下、又は滞留する。火山ガスの流下方向や滞留場所について、的確なシミュレーションを実施することは困難であるため、火山ハザードマップを作成する場合は、火山ガスの発生場所や災害要因実績図に基づいて、火山専門家の助言を受けながら、火山ガスが流下、又は滞留する場所を描画する。

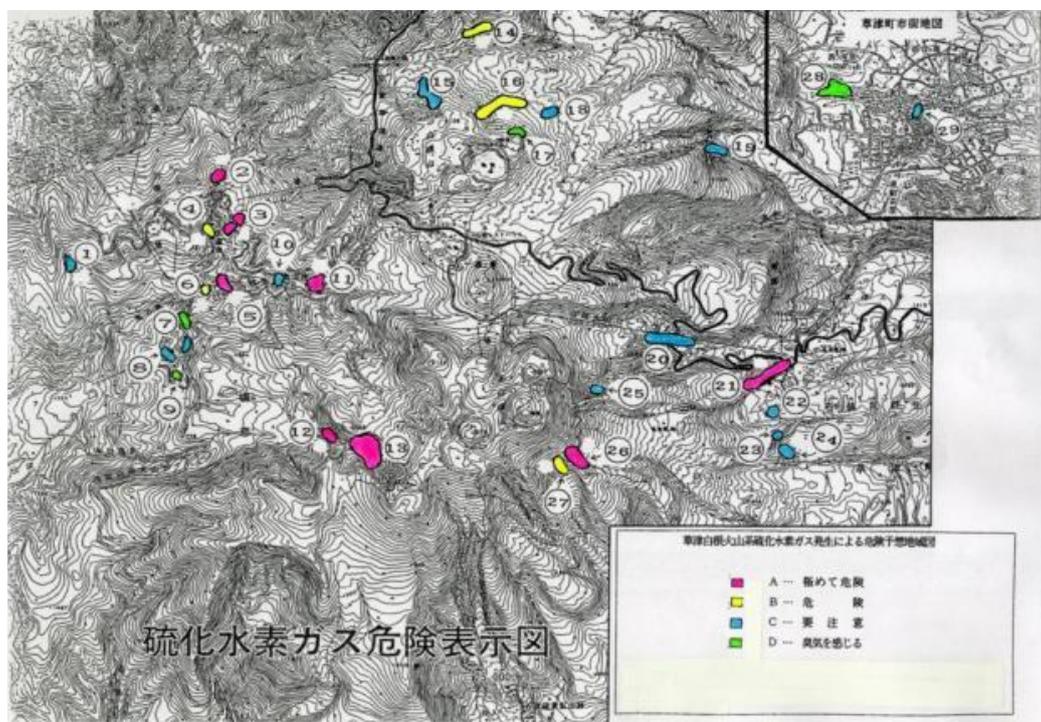


図3-10 草津町が公表している硫化水素ガス危険図(草津白根山)

3-4 影響が及ぶ範囲の予測が難しい火山災害要因の取扱い

火山災害要因の中には、その影響が及ぶ範囲の予測が極めて困難なものもある。そのような火山災害要因については、影響が及ぶ範囲を描画せずに、文章による災害の危険性の説明に止めても良い。

山体崩壊、岩屑なだれ

山体崩壊には、山頂部を含む火山体の大部分が崩壊するものから、火山体の一部が崩壊するものまで様々なものがある。また、山体崩壊の規模により、岩屑なだれとして流下する土石の量も異なる。山体崩壊が発生する場所を予測することは極めて難しい上に、山体崩壊によって生じる岩屑なだれの影響が及ぶ範囲は広域にわたることから、山体崩壊や岩屑なだれの火山ハザードマップを作成することは難しい。火山ハザードマップに、山体崩壊や岩屑なだれの危険性を示す説明を記載するに当たっては、以下に留意する。

- ① 山体崩壊や岩屑なだれの災害実績の事例を記載する。
- ② 山体崩壊が発生しやすい場所を記載する場合は、以下に示す特徴を参考に記載する。
 - a. 山腹斜面が特定方向に偏って大きく傾斜している場所では、傾斜方向に崩壊しやすい。
 - b. 古い火山の上に新しい火山が形成された火山では、新しい火山が崩壊しやすい。
 - c. 谷地形が発達し、山の斜面の傾斜が大きく、不安定化な場所は、地震等によって崩壊しやすい。
 - d. 火山体の中に粘土質の火山灰の層が挟まれる場合、火山灰の層がすべり面となって崩壊しやすい。
- ③ 山体崩壊や岩屑なだれの影響が及ぶ範囲に関する説明を記載する場合は、山体崩壊や岩屑なだれの災害実績における最大崩壊高度差と最大到達距離との関係を参考にして記載することも可能である。図3-11は、山体崩壊が発生する山腹斜面の高度の5～15倍の距離まで岩屑なだれが到達するおそれがあることを記載する。

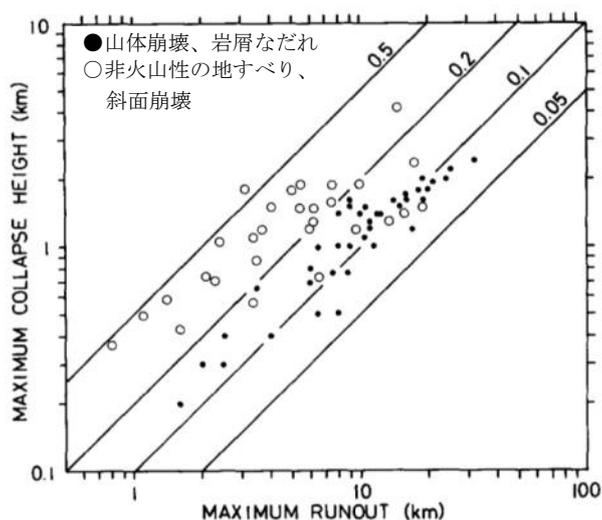


図 3-11 山体崩壊、岩屑なだれと非火山性の地すべり、斜面崩壊における最大崩壊高度差と最大到達距離との関係 (Ui et. al., 1986)

空振

空振の影響が及ぶ範囲は、必ずしも火山の近傍だけでなく、火山から遠く離れた場所でも思いがけない影響を受けることがあり、空振の影響が及ぶ範囲を一概に示すことは難しい。火山ハザードマップに、空振の危険性を示す説明を記載するに当たっては、以下に留意する。

- ①爆発的噴火により発生する。
- ②火山の近傍だけではなく、100km 以上離れた地域にも影響が及ぶことがある。
- ③空振により窓ガラスの破壊等の被害が発生する場合がある。

地震

火山の近傍やその周辺地域では、マグマの上昇や噴火に伴う地震が発生することがある。このような地震は火山性地震と呼ばれ、事前に震源位置を予測することが困難である。また、地震は火山周辺地域に広く影響が及ぶことから、地震の影響が及ぶ範囲を描画することは難しい。火山ハザードマップに、地震の危険性を示す説明を記載するに当たっては、以下に留意する。

- ①地震と噴火との関係について、災害実績の事例を記載する。
- ②火山性地震だけでなく、非火山性の地震もある。
- ③規模の大きな地震によって、山体崩壊や斜面崩壊が発生することがある。

地殻変動

地下のマグマが上昇することにより、火山やその周辺地域で地殻変動が発生することがある。特に、粘性の高いマグマが上昇すると、顕著な地殻変動が見られる。事前にマグマが上昇する場所を予測することは難しいため、マグマの上昇に伴う地殻変動の影響が及ぶ範囲を描画することは難しい。火山ハザードマップに、地殻変動の危険性を示す説明を記載するに当たっては、以下に留意する。

- ①粘性の高い溶岩を噴出する火山では、地殻変動が発生しやすい。
- ②爆発的な噴火の後、地殻変動が発生することがある。
- ③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。
- ④地殻変動は、数か月から数年にわたることが多い。
- ⑤新しいマグマの上昇により、元の地形が破壊・変形し、山体崩壊、建物の破壊、道路の変形等の災害が発生することがある。

3-5 火山ハザードマップの表示事項

火山ハザードマップには、防災対応を検討すべき火山災害要因ごとに、その影響が及ぶおそれのある範囲を描画するとともに、火山ハザードマップを作成する際の前提となる条件も分かりやすく表示しておく必要がある。

1) 火山災害要因の表示

火山ハザードマップは、火山災害要因ごとに作成すると良い。このとき、火山防災協議会において検討した噴火シナリオと整合が取れるように火山ハザードマップを作成する。

火山ハザードマップの目次

噴火シナリオは、いくつかの噴火ケースにおいて想定される火山現象及びその規模、影響が及ぶ範囲の推移を時系列として示したものである。火山災害要因別・噴火規模別に複数作成された火山ハザードマップの相互の関係を俯瞰するために、このような噴火シナリオを活用すると良い（図3-12）。

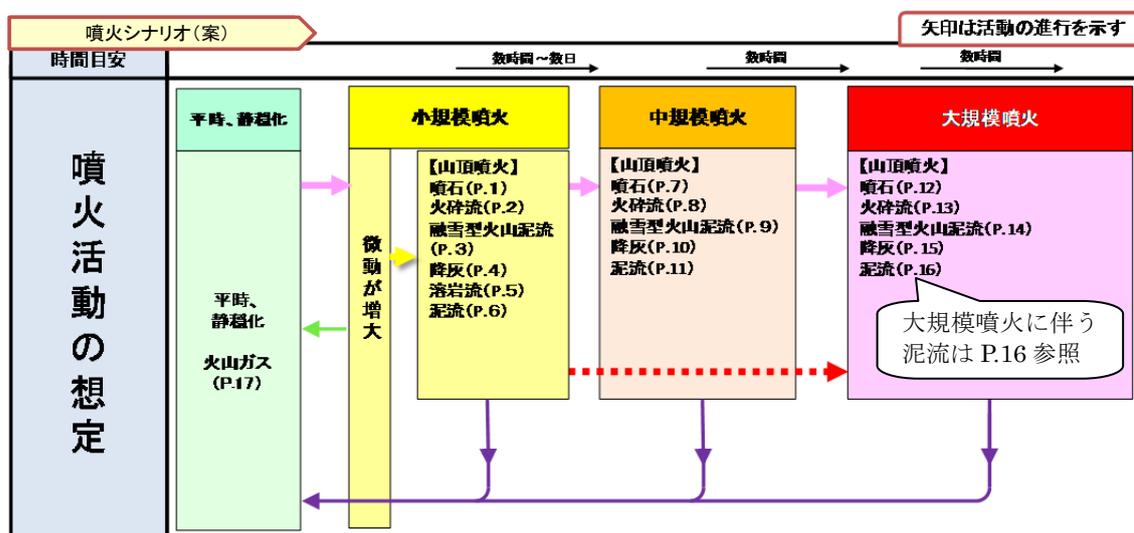


図3-12 火山ハザードマップ相互の関係を俯瞰するのに活用する噴火シナリオの例

前提条件の表示

火山ハザードマップに描画された、ある火山災害要因の影響が及ぶおそれのある範囲は、特定の前提条件に基づいた一つの事例に過ぎない。火山ハザードマップを活用する際に、描画された内容が絶対的に正しいかのような誤解を招かないように、火山ハザードマップには、予測の前提条件を表示する必要がある（表3-8）。また、火山ハザードマップの活用にあたっては、火山現象は様々であるため、火山ハザードマップと全く同じ現象が必ずしも起きるとは限らないことも併せて書く必要がある。

さらに、火山ハザードマップに前提条件を表示することで、各火山災害要因の影響が居住地域等に及ぶかどうかを検証する際など、異なる前提条件で火山ハザードマップを作成する際の参考とすると良い。

影響が及ぶ範囲の表示

基本的には、火山災害要因ごとに火山ハザードマップを作成するが、一連の火山活動において、複数の火山災害要因が発生するため、火山活動の全体像を把握するために、異なる複数の火山災害要因を重ね合わせて描画した火山ハザードマップも作成すると良い。

到達時間の表示

溶岩流は流下する速度が遅く、発生してから居住地域に到達するまで時間がかかるため、シミュレーション等を行った場合は、計算で得られた、到達するまでに要すると想定される時間の妥当性を検証した上で、計算条件や利用したシミュレーションに関する情報及び到達するまでに要すると想定される時間を、避難等の防災対応の目安として火山ハザードマップに表示しておくが良い。

表3-8 火山災害要因の表示事項

表示項目	表示内容
火山災害要因	火口、火山災害要因ごとの影響が及ぶ範囲等
予測の前提条件	火口位置、噴火規模、噴出率、気象条件等

2) 火山ハザードマップの形態

火山ハザードマップは、平常時における避難計画や土地利用の検討、噴火時等における避難対象地域の検討の際に、利用しやすい形態であることが望ましい。

縮尺

火山災害は、しばしば複数の地方公共団体の行政区域に跨って発生するため、関係する地方公共団体は、同じ縮尺の火山ハザードマップを共有し、噴火時等においては、地方公共団体間で整合のとれた入山規制や避難等の防災対応を行う必要がある。

火山災害要因により、描画に適した火山ハザードマップの縮尺は異なる。降下火砕物、融雪型火山泥流、泥流・土石流のように広域に影響が及ぶ火山災害要因については、数10万分の1程度の縮尺が良い。一方で、火山周辺に影響が及ぶ範囲が限られる他の火山災害要因については、数万分の1程度の縮尺が良い（表3-9）。

表3-9 火山災害要因を描画する火山ハザードマップの縮尺の目安

縮尺の目安	火山災害要因
1/5万～1/20万程度	降下火砕物、融雪型火山泥流、泥流・土石流等
1/1万～1/5万程度	大きな噴石、火砕流（火砕サージを含む）、溶岩流、火山ガス等

サイズ、印刷面

火山ハザードマップは平常時における避難計画や土地利用の検討等に活用するため、A3、A4サイズに加え、A0、A1等の大きい紙面があると活用しやすい。

紙以外の媒体について

電子媒体など紙以外の媒体の活用についても検討しておくが良い。

【参考 電子国土ポータル】

国土地理院の電子国土ポータルでは、地図の閲覧及び簡単な作図が可能である。作図機能で、点・線・面・円・文字を記入できる。作成した図は、インターネット上で共有することができるため、噴火時等における入山規制箇所や交通規制箇所等の共有も可能である。

(電子国土ポータル: <http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse2/index.html>)

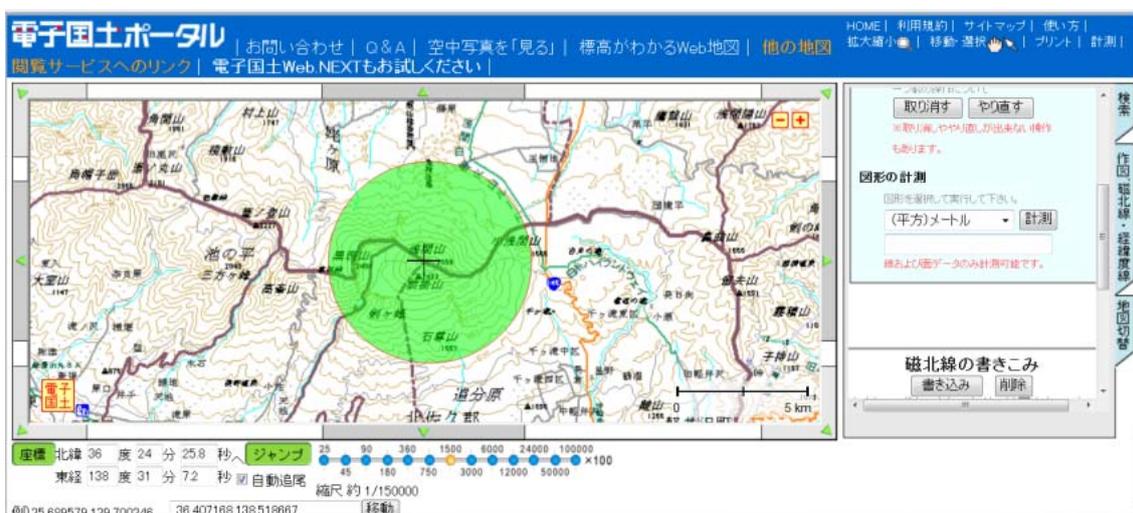


図 電子国土ポータルで作図した大きな噴石の到達距離イメージ

3-6 火山ハザードマップの活用

噴火時等において、住民や一時滞在者等を迅速かつ円滑に避難させるために、地方公共団体や関係機関は、火山防災協議会の下で、火山ハザードマップを基礎資料として、具体的で実践的な避難計画を策定する必要がある。さらに、策定した避難計画の見直し、避難先、避難道路、島外避難用の港湾、砂防堰堤等の施設整備を進める際の基礎資料としても火山ハザードマップを活用することができる。

噴火規模に応じた的確な範囲内の住民や一時滞在者等に避難を呼びかけるためには、各火山災害要因の居住地域への影響の有無を考慮した噴火規模の異なる複数の火山ハザードマップに基づいて、事前に避難計画を検討しておく必要がある。

表 3-10 火山ハザードマップの活用目的例

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">① 噴火警戒レベルの設定及び改善② 具体的で実践的な避難計画の策定③ 避難先や避難道路の整備、島外避難用の港湾の整備④ 土地利用計画の策定⑤ 河川砂防施設等の防災施設の整備⑥ 災害対策本部や火山活動観測場所の適地選定 |
|---|

<p>火山ハザードマップの活用にあたっては、火山現象は様々であるため、必ずしも火山ハザードマップと全く同じ現象が実際の噴火時等に発生するとは限らないことに留意する必要がある。</p>

【参考 リアルタイムハザードマップの活用】

(1) リアルタイムハザードマップとは

噴火時等には、事前にハザードマップで想定した火山災害要因や噴火規模と異なる状況が発生する可能性がある。噴火直前又は直後の観測から、事前の想定と異なる状況の発生が想定される場合は、速やかに当該観測情報を反映したシミュレーションを行い、新たにハザードマップ（リアルタイムハザードマップ）を作成し、防災対応に活用することが必要である。ただし、現象の進行が速い場合などは、シミュレーションの計算が間に合わない場合がある、観測情報から適切な入力条件を決定することが容易ではない、などの課題があり万能ではない。

また、事前に相当数の噴火及び火山現象の発生パターンを火山ハザードマップとして作成し、データベースに格納しておき、噴火時等に最も条件に近い火山ハザードマップを抽出し活用することもできる（プレアナリシス型リアルタイムハザードマップ）。

(2) リアルタイムハザードマップの対象とする火山災害要因と提供主体

小さな噴石、火山灰（降下火砕物）	： 気象庁（降灰予測）
降灰後の泥流・土石流	： 国土交通省（土砂災害緊急情報）
火砕流、融雪型火山泥流、溶岩流等	： 国土交通省又は都道府県砂防部局

2011年霧島山(新燃岳)噴火時等には、国土交通省九州地方整備局により土砂災害緊急情報が発表され、市町の避難指示等の判断に活用された。

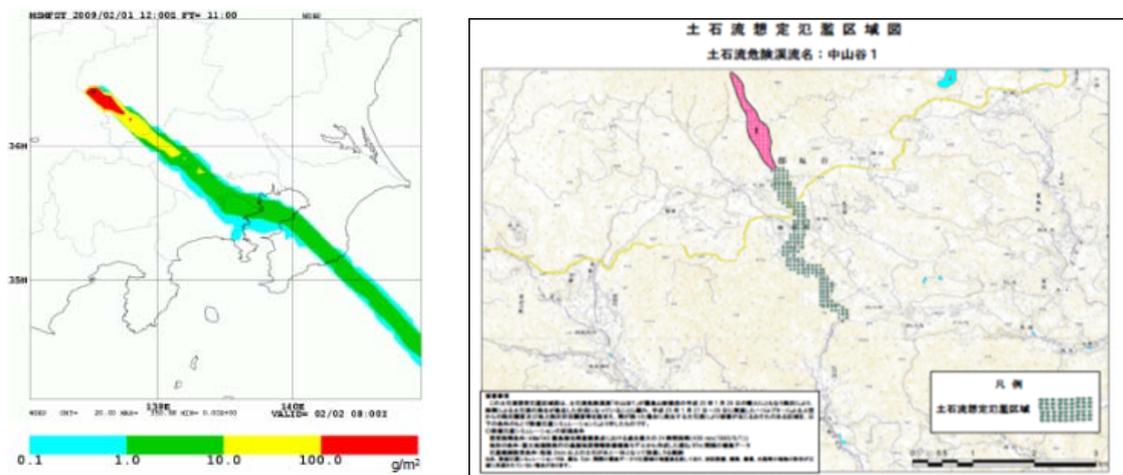


図 気象庁・気象研究所・浅間山の降灰予測（左）、国土交通省・2011年霧島山(新燃岳)噴火時の緊急調査における土石流想定氾濫区域図（右）

【土砂災害防止法の一部改正に伴う緊急調査及び土砂災害緊急情報の通知】

平成 23 年 5 月 1 日に、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法）の一部を改正する法律が施行された。

この一部改正により、火山の噴火に伴う土石流については国が緊急調査を行い、被害の想定される区域と時期に関する情報（土砂災害緊急情報）を関係都道府県及び市町村へ通知すると共に一般に周知することとなった。これに基づき、市町村長が災害対策基本法に基づいて行う住民への避難勧告・避難指示の判断を支援することが可能となった。

4 火山防災マップの作成方法

4-1 火山防災マップ作成の流れ

火山防災マップは、火山ハザードマップに、防災上必要な情報（避難計画に基づく避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等に関する情報のほか、噴火警報等の解説、住民や一時滞在者等への情報伝達手段等）を付加して作成する。そのため、具体的で実践的な避難計画の策定が重要である。

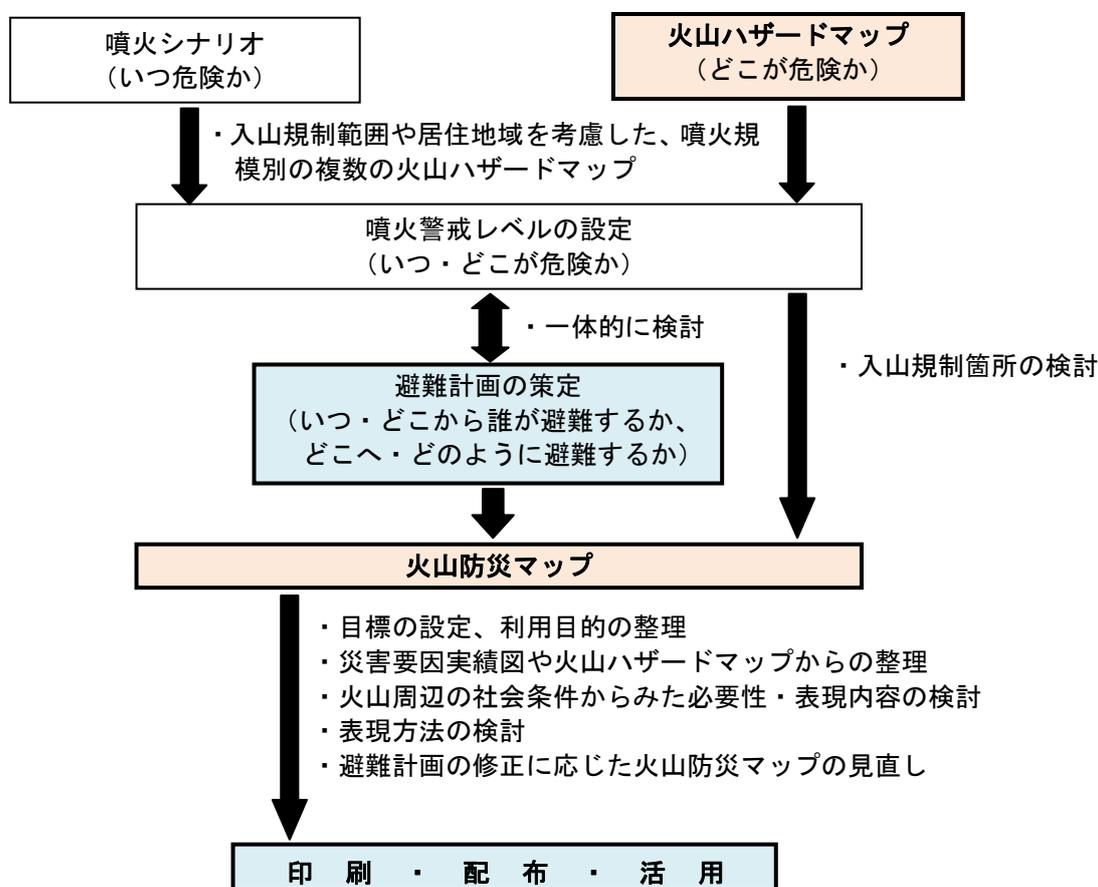


図4-1 火山防災マップ作成までの流れ

【参考 火山防災マップの事例】

桜島の火山防災マップは、火山ハザードマップに、火山防災協議会において検討した避難計画に基づく避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段等に関する情報が表示されている。また、避難開始時期の目安となる噴火警戒レベルについても表示されている。

富士山では、地方公共団体ごとに火山防災マップが作成されるとともに、外国からの観光客への対応のため、英語版の火山防災マップも作成されている。英語版の火山防災マップには、地名も英語で表示されるなど、利用者に合わせて工夫がなされている。

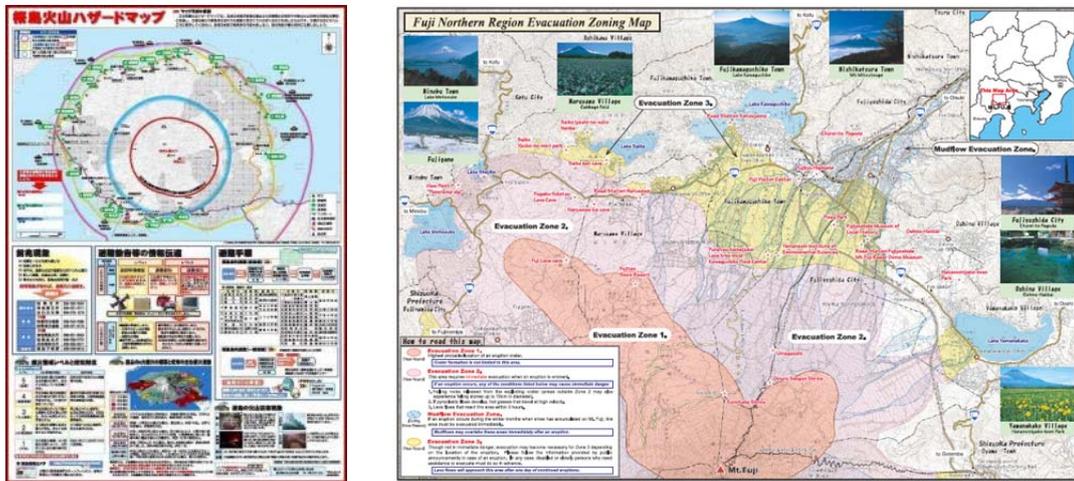


図 「桜島火山ハザードマップ」(平成 22 年 鹿児島市発行) 左、
「Mt. FUJI VOLCANIC HAZARD MAP-Being Prepared for a Possible Eruption-Fuji Northern
Region」(平成 19 年 富士山火山防災協議会発行) 右

4-2 避難計画の策定

火山ハザードマップに描画された各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲に基づいて、避難対象地域、避難先、避難経路、避難手段、ヘリポート・避難港等の避難施設、入山規制箇所や交通規制箇所等を検討し、具体的で実践的な避難計画を策定する。この避難計画に基づく防災上必要な情報を火山ハザードマップに付加して、火山防災マップを作成する。

避難計画に必要な内容と、火山ハザードマップの表示項目との関係を表4-1にまとめた。避難計画の策定方法については、「噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引(火山防災対策の推進に係る検討会)」を参考にすると良い。

表4-1 火山ハザードマップと避難計画の関係

避難の要素	火山ハザードマップの活用	避難計画の内容
避難開始時期 (いつ)	各火山災害要因が居住地域等に深刻な影響が及ぶ範囲を、火山活動の推移(拡大や縮小)を踏まえて、噴火規模別に整理	噴火警報の内容や噴火警戒レベルに対応した避難時期
避難対象地域 (どこから誰が)	各火山災害要因が居住地域等に深刻な影響が及ぶ範囲を噴火規模別に確定	各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲内の住民や一時滞在者等の人数(世帯数、災害時要援護者数等)のリスト
避難先 (どこへ)	火山災害要因による深刻な影響を受けない既存の一時集合場所、避難所・福祉避難所の抽出、及び新たな避難先の抽出	各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲外の一時集合場所、避難所、福祉避難所のリスト
避難経路・手段 (どうやって)	各火山災害要因により深刻な影響を受けない複数の避難経路・手段の決定	避難経路図、避難手段リスト、公共交通機関等との連携
避難に要する時間	シミュレーションで得られた火山災害要因の居住地域等への到達時間の推定	居住地域等から避難先までの避難に要する時間

【参考 噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引】



図 噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引 内陸型火山編（左）と島しょ型火山編（右）【手引 URL : <http://www.bousai.go.jp/kazan/kentokai2/index.html>】

(1) 火山ハザードマップを活用した避難計画策定に関する留意点

①避難開始時期（いつ）

避難開始時期には噴火警戒レベル等に合わせた以下の2つの段階がある。

・避難準備情報の発表時

「避難準備情報」は、居住地域に被害が及ぶ噴火が発生することが予想される（可能性が高まってきている）場合、市町村長等が火山ハザードマップで明確になった各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲に基づいて設定した避難対象地域内の住民や一時滞在者等に発表する。災害時要援護者は、この段階から避難を開始する。気象庁から発表される「噴火警報（居住地域）」や「噴火警戒レベル4（避難準備）」が目安となる。

・避難指示等の発令時

避難指示・勧告（以下「避難指示等」）は、居住地域に重大な被害が及ぶ噴火が発生又は切迫している状態にあり、人の生命又は身体を災害から保護し、その他災害の拡大を防止するために必要がある場合、市町村長等が避難対象地域の住民や一時滞在者等に発令する。

住民や一時滞在者等は、この「避難指示等」に基づき避難対象地域外へ避難する。気象庁から発表される「噴火警報（居住地域）」や「噴火警戒レベル5（避難）」が目安となる。

避難開始時期については、火山活動の推移に応じて住民や一時滞在者等を円滑に避難させるために、上記2つの段階を念頭に、複数の噴火規模を想定した火山ハザードマップを活用して、各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲を噴火規模別に把握し、噴火規模に応じた避難対象地域を検討しておくことが必要である。また、適時適切に避難に関する情報を住民や一時滞在者等に提供出来るように、避難対象地域ごとに避難指示等の発令基準を定めておく必要がある。

【参考 噴火警戒レベルに対応した体制等】

作成リスト（例）

噴火警戒レベル	現象（気象庁）	取るべき防災対策	体制	対応	備考
レベル5		避難	（記入例） 非常体制配備	（記入例） ・監視、関係機関連絡 ・避難指示等の発令 ・避難対象区域の立入規制 ・関係機関（バス、鉄道会社等）への連絡、協力要請	
レベル4		避難準備	警戒体制配備	・災害時要援護者の避難	
レベル3		入山規制	情報連絡体制配備		
レベル2		火口周辺規制			
レベル1		平常			

噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引 内陸型火山編

②避難対象地域（どこから誰が）

避難対象地域内の避難対象者は、住民だけではなく、登山客・観光客等の一時滞在者等、当該範囲内に居住又は滞在する者全員である。昼間及び夜間で住民や一時滞在者等の避難対象者数が異なることも想定されるため（昼間のみ避難対象地域内の学校、職場等に滞在しているなど）、昼間と夜間で分けて整理する必要がある。また、別荘地住民の滞在状況にも災害に備えて平時から把握しておくことが望まれる。

避難対象地域内の住民や一時滞在者等の数（世帯数、災害時要援護者数等）を把握し、避難対象者数のリストを作成する。避難対象者のうち、災害時要援護者については福祉部局と連携して把握しておくことが求められる。

また、避難が必要と考えられる住民や一時滞在者等を安全かつ効率的に避難先へ避難させるため、町内会、自治会、自主防災組織等、同一の避難行動をとるべき地区を事前に避難単位として設定しておくことも重要である。

【参考 避難対象者と避難誘導責任者のリスト（昼間・夜間）、別荘地住民のリスト】

作成リスト（例）

番号	区 自治会等	人数 (世帯数)	災害時要援護者数 ※所在地は別途整理	避難誘導責任者 (不在時の代行者)	備考
【区・自治会】					
1	(記入例) ●●町内会	(記入例) ●●人 (●●世帯)	(記入例) ●●人	(記入例) ●●町内会長 (●●副会長)	(記入例) 災害時要援護者の避難誘導者は、○とする。

～中略～

【別荘地住民】					
1	(記入例) ●●地区	(記入例) ●●人 (●●世帯)	(記入例) ●●人	(記入例) ●●	

噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引 内陸型火山編

【参考 火山ハザードマップに基づくゾーン・ライン図の設定】

火山ハザードマップに基づいて、噴火による影響の度合いに応じた範囲（ゾーン）や、流下する火砕流、融雪型火山泥流、溶岩流等が乗り越えることのできない尾根（ライン）ごとに火山山麓地域を分割することで、行政界や地形等を利用した住民や一時滞在者等に分かりやすい境界で区切られた避難単位を設定することができる。

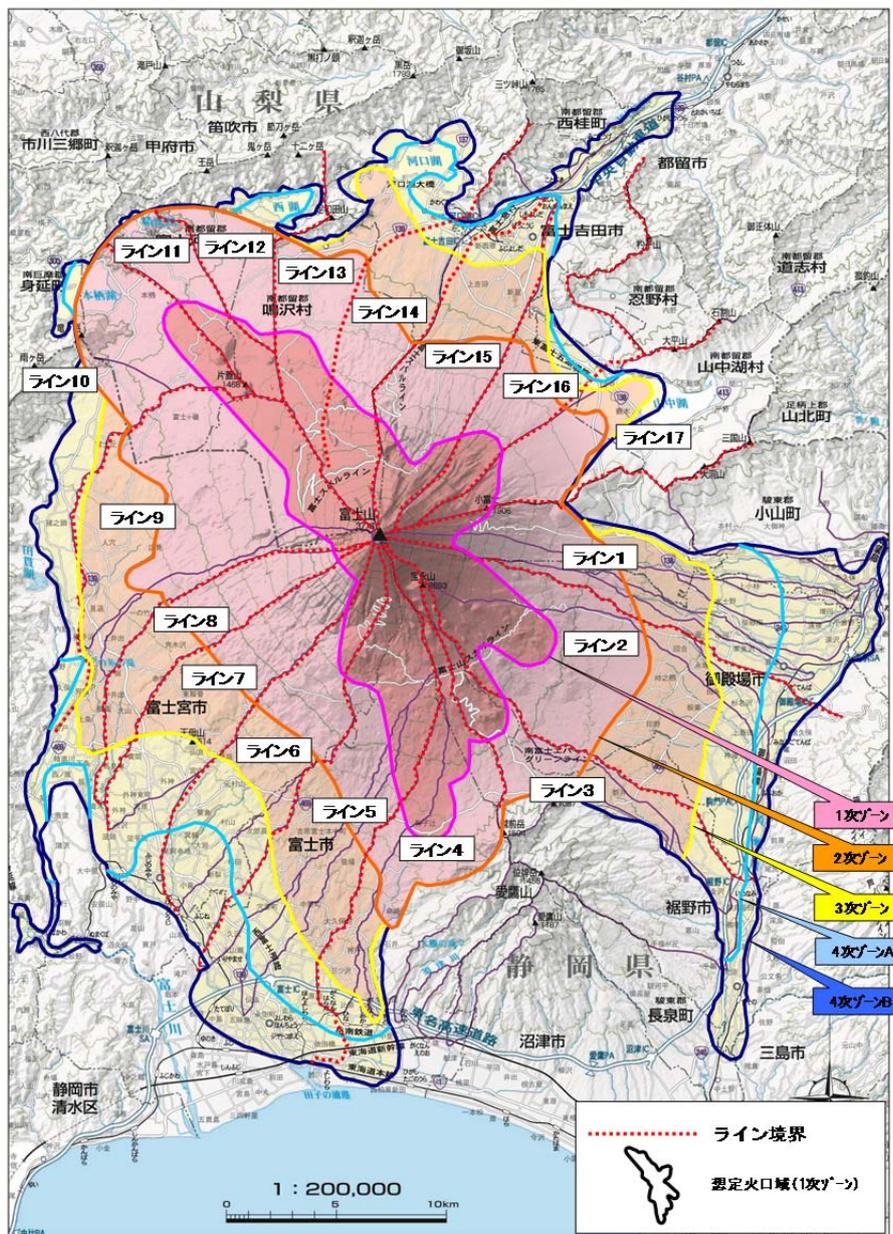


図 火山ハザードマップに基づく富士山火山防災対策基本図（ゾーン・ライン図）
（富士山火山防災対策協議会）

③避難先（どこへ）

一時集合場所、避難所、福祉避難所及び、新たな避難先は、各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲外に抽出しておく必要がある。このとき、降下火砕物の重みに耐えられる建物を選ぶ必要がある。

火山活動の開始後には、活動の推移に合わせ、最も危険の少ない避難経路を使って住民や一時滞在者等の避難対象者の移動が求められる。この際、町内会、自治会、自主防災組織等、同一の避難行動をとる地域を考慮し、避難先の収容人数に合わせた避難先の設定が重要である。特に、災害時要援護者は再度の避難が生じないように配慮する必要がある。

一時集合場所の設定に当たっては、バス等の大型車両が一時集合場所の近くまで侵入可能なこと、駐車・駐輪スペースがあること、当該地区の避難対象者数や徒歩での集合時間等を踏まえて適切な位置に設定すると良い。

【参考 居住地等と避難先、それにかかる時間のリスト】

作成リスト（例）

番号	区 自治会等	人数 (世帯数)	避難手段	一時集合場所 (避難に係る時間)	指定避難所 (避難に係る時間)	備考
1	(記入例) ●●町内 会	(記入例) ●●人(● ●世帯)	(記入例) 徒歩	(記入例) ●●公園(徒歩10 分:一番時間の係る 人の場合)	(記入例) ●●公民館 (●●バス12分)	
2						

噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引 内陸型火山編

④避難経路・手段（どうやって）

事前に各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲内から範囲外に至る複数の避難経路と避難手段を設定しておくことが望ましい。そのため、地域の事情に応じて最適な避難経路と避難手段の組み合わせを検討し、避難経路と避難手段のリストを作成し避難計画に記載する。

事前に具体的な避難経路と避難手段が設定されていない場合、噴火時等において住民や一時滞在者等はバス、自家用車等で一斉に移動することが想定される。そのため、避難経路と避難手段の検討に当たっては、避難対象地域の車両台数を把握し、車両が十分に通行可能な避難経路の候補を抽出する。通行可能な車両台数は、国土交通省平成 22 年度道路交通センサス (<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>) を参照すると良い。このとき、入山規制箇所や交通規制箇所もあわせて決めると良い。規制箇所の設定に当たっては、居住地域等や避難経路との位置関係を考慮しながら、渋滞等により住民や一時滞在者等の避難を阻害しない箇所とする。

避難経路と避難手段の組み合わせは、自宅等から各自で避難先へ向かう場合と、自宅等から一時集合場所に集まり、避難単位ごとに避難先へ向かう場合などが考えられる。地域の事情に応じた最適な組み合わせに応じて、避難手段を決める。

自宅等から各自で避難先へ向かう場合は、避難対象地域の車両台数と、抽出した避難経路ごとに通行可能な車両台数の関係から、渋滞が発生しないことを確認したうえで、自家用車での避難を検討する。自家用車での避難は、一時集合場所への集合に要する時間や避難誘導等に係る要員が最小で済むが、自家用車を所有しない避難対象者や災害時要援護者の救助が必要となることに留意する。

自宅等から一時集合場所に集まり、避難単位ごとに避難先へ向かう場合、バス等での避難が有効である。避難者の輸送には、原則として公共交通機関及び地方公共団体所有のバス等によるが、これらが不足した時には周辺地域の公共交通機関等にバス等の派遣を要請する。また、道路輸送による避難が困難な場合は、都道府県知事が要請する自衛隊の救助により大型ヘリ等で避難する。このような、市町村や都道府県を越えた避難時の避難経路及び避難手段は、火山防災協議会で事前に見当し、協定の締結等も含めて検討しておくが良い。

⑤避難に要する時間

大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等のように、発生後に居住地域に到達する時間が非常に短い火山災害要因と、溶岩流のように発生後に居住地等へ到達する時間にある程度余裕がある火山災害要因のそれぞれを考慮して全ての住民や一時滞在者等を安全に避難先へ移動させることができる避難計画を策定しなければならない。

火山災害要因の居住地域等への想定される到達時間と、当該市町村の避難対象者数、道路の交通容量等を考慮して設定した避難経路と避難手段を利用した場合の避難に要する時間を考慮して、避難開始時期を検討する必要がある。

【参考 リードタイム別の避難計画検討パターンに関する事例の紹介】

避難計画検討パターン（霧島山（新燃岳）の噴火活動が活発化した場合の避難計画策定のガイドライン）

①噴火警戒レベル3→レベル5と、避難準備段階（レベル4）を経ずに避難が必要となる場合

- ・急激な火山活動の活発化により、避難行動開始前にリードタイムが無い場合。

②噴火警戒レベル3→レベル4→レベル5と、段階的にあがる場合

- ・レベル4（避難準備）とレベル5（避難）の間にリードタイムがある場合

表 避難計画検討パターン

噴火ケース	避難計画検討パターン	噴火警戒レベルの推移	リードタイムの有無
火砕流	P-1	3 → 5	無
	P-2	3 → 4 → 5	有
溶岩流	P-3	3 → 5	無
	P-4	3 → 4 → 5	有

噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引 内陸型火山編

4-3 火山防災マップの表示事項

火山防災マップは、行政資料用と住民啓発用の2タイプが考えられる。

行政資料用の火山防災マップは、防災行政機関が、噴火時等において入山規制や避難等の防災対応を実施するための資料として、各火山災害要因の影響が及ぶおそれのある範囲と入山規制や避難等の防災対応に必要な情報を付加して作成したものである。

住民啓発用の火山防災マップは、住民や一時滞在者等が、平常時において火山災害の危険性、避難の必要性、避難先、避難経路、避難手段等を理解するための資料として、各火山災害要因の影響が及ぶ範囲と避難に必要な情報を、住民や一時滞在者等に分かりやすく表示したものである。

住民啓発用の火山防災マップの表示事項は、活用場面を念頭におきながら検討することが重要である。例えば、住民啓発用の火山防災マップは、一時滞在者等や外国人も利用対象になるため、そうした人々にも容易に理解できる火山防災マップにする必要がある。一時滞在者等は地理に不案内であるため、地理情報を正確に表示する必要がある。加えて、外国人は日本語が理解できない場合が多いため、外国語（英語等）表示や注釈も併記すると良い。

なお、利用者にとって理解しやすい火山防災マップを作成するには利用者（住民や一時滞在者等、観光事業者、学校の教師等）の意見を収集しながら、表示事項を決定することが有効である。

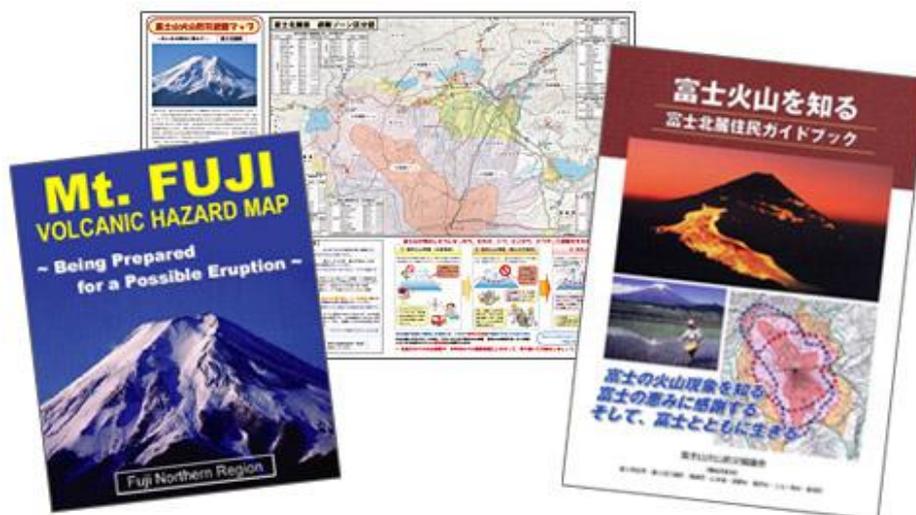


図4-2 富士山火山防災マップとガイドブック（山梨県ホームページより）

1) 取り扱う火山災害要因の表示について

作成する火山防災マップの煩雑化を防ぐため、火山防災マップでは対象火山で発生し得る火山災害要因を必ずしも全て網羅して描画する必要はない。どの火山災害要因を選定するかは、次のような点を考慮して検討すると良い。

住民や一時滞在者等の避難が必要な火山災害要因

火山防災マップは住民や一時滞在者等の生命を守ることが目的であるため、避難が必要となる火山災害要因を中心に選定する必要がある（表4-2）。噴火警戒レベルが設定されている火山では、火山災害要因だけではなく、噴火警戒レベルごとに避難対象地域を表示しても良い（図4-3）。

表4-2 火山防災マップに描画する火山災害要因の例

火山災害要因	火山防災マップに描画する理由
大きな噴石	大きな噴石は短時間で落下し、人命に直接被害を及ぼすため、事前の避難が必要。
火砕流 (火砕サージを含む)	火砕流は600℃以上の高温になることも多く、高速で流下するため、事前の避難が必要。
融雪型火山泥流	融雪型火山泥流は極めて破壊的で、高速で流下するため、積雪期の噴火時等には発生を確認する前の避難が必要。
小さな噴石、火山灰 (降下火砕物)	風下側で爆発的噴火に気付いた場合は、小さな噴石が落下するため、屋内退避等が必要。 大量の火山灰が堆積した場合は、家屋の倒壊や生活物資の供給が停止するおそれがあるため、避難経路と避難手段が確保できるときに堅牢な施設への避難が必要。
溶岩流	高温の溶岩流は流下範囲を焼失・埋没させるため、流下経路に居住する場合は避難が必要。
泥流・土石流	泥流・土石流は極めて破壊的で、高速で流下するため、泥流・土石流の発生のおそれのある降雨が予想された場合には直ちに避難が必要。



図 4-3 噴火警戒レベルごとの火山ハザードマップの表示例（阿蘇山）
（発行：熊本県土木部砂防課）

発生する可能性が高い火山災害要因

近い将来発生する可能性の高い火山災害要因を選定する。他方、発生する可能性が低い火山災害要因は描画する対象から除外しても良いが、注意を促すために文字情報で説明すると良い（図 4-4）。



図 4-4 火山災害要因とその説明の表示例（岩木山）
（発行：青森県県土整備部河川砂防課）

2) 各火山災害要因の影響が及ぶ範囲の表示について

住民や一時滞在者等に公表する火山防災マップは分かりやすく、誤解を招かないような表示内容であることが重要である。そのため、火山ハザードマップの内容を充分理解した上で、次の点を考慮しつつ各火山災害要因の影響が及ぶ範囲の火山防災マップへの表示方法を検討する必要がある。

- ①当該火山で対象とする火山災害要因を明確にする。
- ②複数の火山災害要因を選定した場合、それらの火山災害要因の相互関係を明確にする。
- ③予測に当たっての前提条件を明確にする。最低限表示の必要な条件は、火口位置、噴火規模、気象条件、季節（融雪型火山泥流の場合）である。
- ④主な火山災害要因には分かりやすい解説や図を表示する。
- ⑤災害実績を表示する場合は、災害状況を示す写真や絵図等も表示する。

3) 平常時の利用を考慮した表示内容について

火山防災マップは、平常時から避難の必要性の啓発や、防災教育の素材等として活用することができる。そのため、平常時の利用を考慮した表示事項を検討する必要がある。

情報に関する表示

様々な火山災害要因に対して、住民や一時滞在者等の避難行動に役立てるためには、避難時等に発表される情報や火山災害に対する備えに関する情報として、情報伝達経路、情報入手先、防災関係機関の連絡先、火山現象の解説、避難時の留意点等を表示すると良い。（表4-3、表4-4、図4-5）。

表4-3 火山防災マップに表示する情報例

表示項目	表示内容
避難等の情報	発表される情報の種別（噴火警報、噴火警戒レベル、避難指示等、防災情報の流れ、土砂災害緊急情報等）、心構え、避難時の注意事項、携行品の種類、非常時の連絡先等
火山現象の分かりやすい解説	それぞれの火山で発生した火山災害要因の特徴（被害の状況及び火山防災マップで扱った火山災害要因の説明）

表 4-4 発表される情報の種類及び入手先と対象となる主な火山災害要因

情報の種類 (発表元)	対象となる 主な火山災害要因	情報の概要
噴火警報・噴火警戒 レベル (気象庁)	大きな噴石、火砕流 (火 砕サージを含む)、融雪 型火山泥流、溶岩流等	生命に危険が及ぶ火山災害要因の 発生やその拡大が予想される場合 に、地方公共団体及び住民や一時滞 在者等に周知される。
降灰予報 (気象庁)	小さな噴石、火山灰 (降下火砕物)	噴煙の高さが 3,000m 以上、又は噴 火警戒レベル 3 相当以上の噴火な ど、一定規模以上の噴火が発生した 場合に、地方公共団体及び住民や一 時滞在者等に周知される。
土砂災害緊急情報 (国土交通省)	降灰後の泥流・土石流	緊急調査に基づいて、被害の想定さ れる区域と時期に関する情報を、地 方公共団体及び住民や一時滞在者 等に周知される。



霧島山周辺に点在する噴火の歴史

霧島山は、比較的小規模な火山が集まってできた火山群です。現在見られる火山のほとんどは、約30万年前に前久藤カルデラで発生した大規模火砕流(加久藤火砕流)の後に形成されたものです。霧島山は、たくさんの噴火活動が歴史記録に残されている、日本でも活動的な火山のひとつです。

噴火年	噴火地点	噴火現象	災害状況
788年	御鉢	溶岩流、火砕流	
1235年	御鉢	噴石、火砕流、溶岩流	
1566年	御鉢	噴石	死者多数
1716-1717年	新燃岳	噴石、火砕流、火山泥流	死者約60名以上 寺社、家屋焼失
1768年	硫黄山	溶岩流	
1895-1900年	御鉢	噴石	死者7名
1923年	御鉢	噴石	死者1名
1959年	新燃岳	火山灰、水蒸気噴発	
1991年	新燃岳	火山灰	
2008年	新燃岳	火山灰	

噴火警報・噴火予報とは

予報・警報の名称	予報・警報のレベル	新燃岳・御鉢の場合	えびの高原周辺・大幡池の場合
噴火警報	レベル 5	避難	居住地域厳重警戒
噴火予報	レベル 4	避難準備	入山危険
噴火予報	レベル 3	火山噴新	火山周辺危険
噴火予報	レベル 2	火山噴新	平常
噴火予報	レベル 1	平常	平常

火山活動が活発化し、避難が必要な場合は、各自治体より避難情報の伝達がなされます。指定された避難所へ避難してください。

図 4-5 噴火警報と火山災害要因の表示例 (霧島山)
(発行：環霧島会議)

4) 噴火時等の避難の際の利用を考慮した表示事項について

火山防災マップは避難計画を基にして、住民や一時滞在者等の円滑な避難行動に役立つものでなければならない。そのため、平常時の利用で紹介した表示事項に加えて、噴火時

等の利用を考慮した表示事項を検討する。

①施設に関する表示

防災拠点、避難施設や公共・公益施設は、噴火時等に利用されるため、火山防災マップには、各火山災害要因による深刻な影響が及ぶ範囲外にある防災拠点等を分かりやすく表示しておく必要がある（表4-5、図4-6）。

表4-5 火山防災マップに表示する施設例

表示項目	表示内容
防災拠点	現地災害対策本部、市町村役場、警察署・派出所、消防本部・消防署等
避難施設	一時集合場所、避難所・福祉避難所、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、電話施設（局舎、主要伝送路）、学校、公民館、病院、保健所等
規制区域等	砂防指定地、地すべり防止区域、急傾斜地崩壊危険区域、土石流危険溪流等



図4-6 施設の表示例（箱根）
（発行：箱根町）

②避難開始時期（いつ）

噴火警報・予報、噴火警戒レベル、避難指示等

気象庁が発表する噴火警報・予報、噴火警戒レベルは、市町村長が避難指示等を発令する時期を判断する根拠となる重要な情報である。そのため、噴火警戒レベルが設定されている火山においては、避難計画に記載された噴火警報・予報や噴火警戒レベル、避難指示等の解説を火山防災マップに記載し、噴火警戒レベルが設定されていない火山においては、噴火警報・予報や避難指示等の解説を火山防災マップに記載する。噴火警報・予報や噴火警戒レベル、避難指示等の情報は、避難対象地域との整合を図り表示するように留意する（図4-7）。

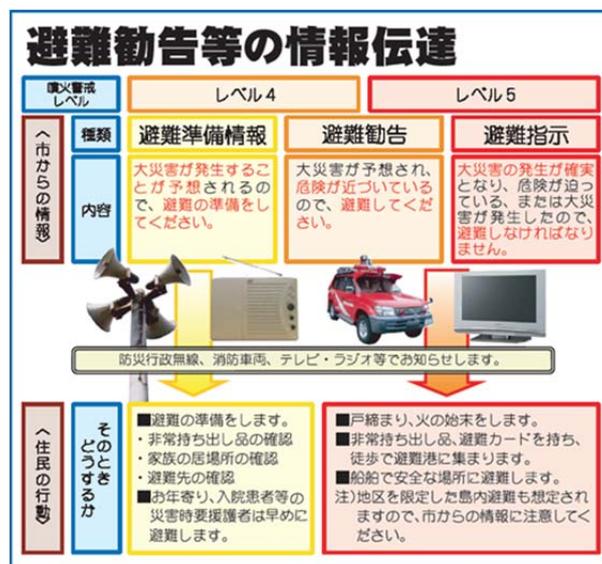


図4-7 噴火警戒レベル、避難指示等の表示例（桜島）
（発行：鹿児島市）

③避難対象地域（どこから誰が）

避難対象地域と避難対象者

噴火時等の避難対象者は、避難対象地域に居住又は滞在する住民や一時滞在者等、全員である。避難計画に記載された避難対象地域を火山防災マップに明確に表示する。避難単位を道路や地形ではなく、町内会単位、地区単位等にする場合は、避難対象地域に町内会、地区単位等の境界線（避難単位）を併せて描画すると分かりやすい（図4-8）。

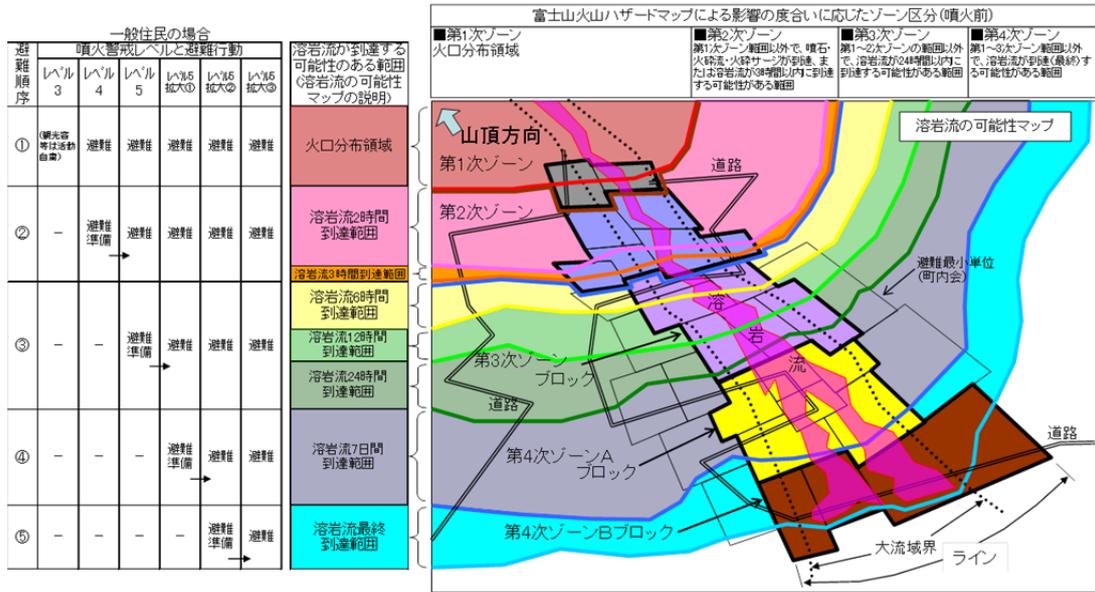


図4-8 ゾーン区分、ブロック区分による避難単位の設定と避難の考え方の例
(作成：富士山火山防災対策協議会)

④避難先（どこへ）

一時集合場所

噴火時等には、大量の避難対象者を迅速に避難させる必要がある。そのため、バス等の大量輸送交通機関は有効な避難手段である。火山防災マップには、避難計画に記載される一時集合場所（バスの配車先・船舶の配船先等）等を表示する（図4-9）。

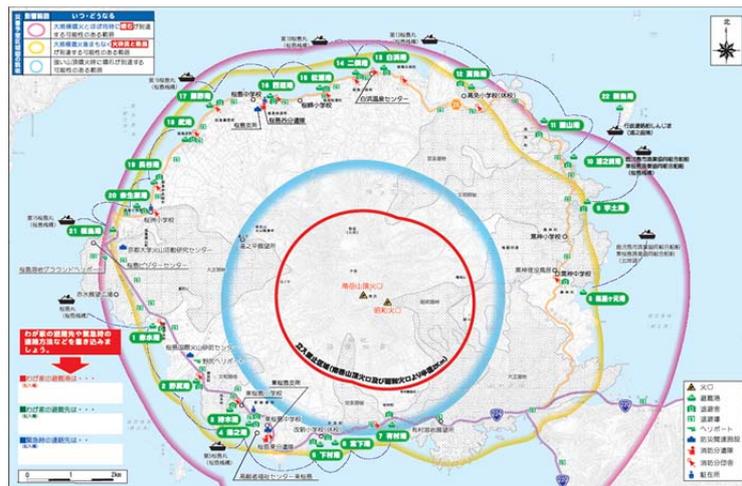


図4-9 避難先、避難手段、避難港の表示例（桜島）

（発行：鹿児島市）

避難所・福祉避難所

噴火時等には、大量の住民や一時滞在者等を避難させ、避難所・福祉避難所に収容する必要がある。そのため、避難計画に記載された避難対象者数に基づいて、避難対象者を安全かつ十分に収容できる避難所又は福祉避難所を表示する（図4-10）。



図4-10 避難先（住所、連絡先、収容人数）の表示例（草津白根山）
（発行：草津町、孺恋村、長野原町、六合村）

⑤避難経路・避難手段（どうやって）

避難経路

避難計画に記載された避難経路を、火山防災マップに表示する。避難経路は、線を太くしたり、色を付けたりするなど目立つように表示し、避難の方向を矢印等で明確に表示する。（図4-11）



図4-11 避難経路及び避難方向（概略図に矢印で表示）の表示例
（発行：阿寒町）

入山規制箇所・交通規制箇所

住民や一時滞在者等の避難を円滑にするために、火山ハザードマップを基に避難計画に記載された入山規制箇所や交通規制箇所を火山防災マップに表示する（図4-12）。

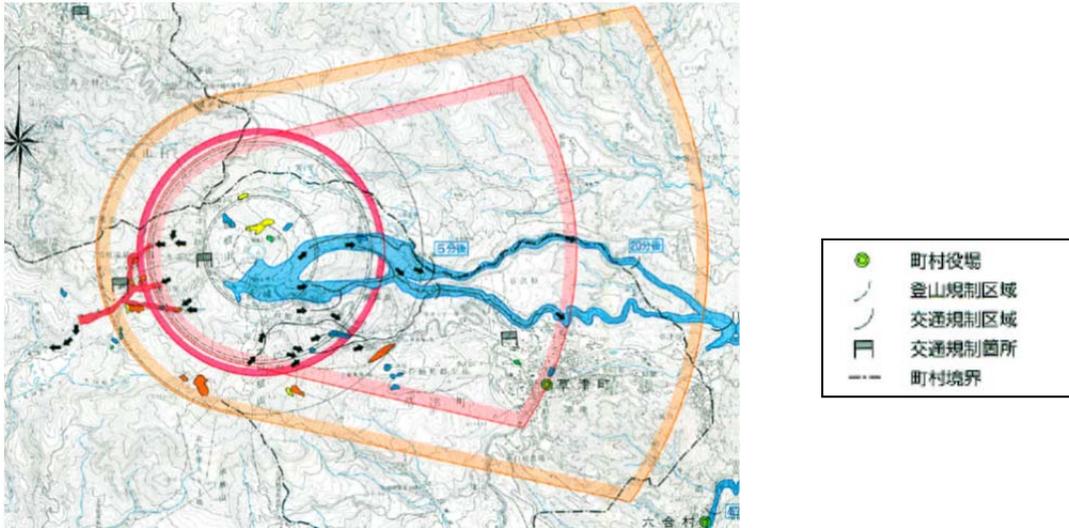


図4-12 入山規制箇所、交通規制箇所の表示例（草津白根山）
（発行：草津町、嬭恋村、長野原町、六合村）

避難手段

火山災害においては大量の住民や一時滞在者等が一斉に避難するため、避難計画に記載された避難手段を、リストやイメージ図等を用いて火山防災マップに表示するとともに、大量輸送交通機関で一斉に避難するための一時集合場所や避難港も併せて表示する（図4-13）。また、大量の降灰時は火山灰によるタイヤ等のスリップにより、車両等が使えなくなる可能性があることや、大量の車両による渋滞が発生する可能性があることも説明すると良い。



図4-13 避難手段、避難港、避難先の表示例（桜島）
（出典：鹿児島市）

5) 火山防災マップの形態について

火山防災マップは、平常時からの住民や一時滞在者等に対する周知啓発や噴火時等の避難に係る防災対応に活用しやすいように、対象と目的に応じた形態とする。

媒体ごとの形態

紙媒体： 配布や掲示、保存のし易さ等を考えると、紙媒体の火山防災マップは様々な場面で活用できる。それぞれの目的に応じて、サイズや形態を決めると良い。

配布に適したビラ・パンフレットは、登山客・観光客等の一時滞在者等が持ち帰るようにするため、A4サイズ程度が良い。

また、掲示に適した火山防災マップ（ポスター型）は、家庭に掲示する場合はA3サイズ程度、宿泊施設等に掲示する場合はA1サイズ程度とするなど、掲示する場所に応じたサイズを検討する。掲示する表面には、避難対象地域や避難先等の避難に係る項目が分かるように作成すると良い。裏面には、噴火時等に持ち運ぶことを考慮して、交通規制箇所や避難手段等を表示すると良い。

さらに、住民や一時滞在者等に加え、児童・生徒に対する平常時からの火山防災啓発のための説明会や防災教育は、噴火時等の避難に備えた重要な取り組みである。そのため、啓発活動に適した火山防災マップ（冊子、ガイドブック型）は、説明会等での教材や副読本としても活用できるように作成すると良い。

電子媒体： GIS やスマートフォン等の電子端末機器の普及により、電子媒体による火山防災マップの作成や閲覧が一般化しつつある。そのため、GISを利用して作成した火山防災マップを、地方公共団体のホームページ等を介して、スマートフォン等の電子端末機器で閲覧できるようにしておくが良い。

その他の媒体： 火山周辺は、住民に加え、登山客・観光客等の一時滞在者等が集まる場所であるため、野外の案内板・掲示板、看板等により噴火の危険があることを周知し、避難方向を表示しておく、噴火時等の円滑な避難に繋がる。そのため、火山防災マップを表示した案内板や避難方向を示した矢印看板を掲示すると良い。また、噴火時等には、登山客向けの看板を登山口に設置する。このとき、当該火山の登山道につながる登山口全てを確認する必要がある。

4-4 火山防災マップの活用

(1) 火山防災マップの印刷・配布・活用

火山防災マップは、住民や一時滞在者等に火山災害の危険性、避難の必要性、避難先、避難経路、避難手段等を周知することを目的としているため、様々な手段で公表することとなる。

①印刷・配布

火山周辺地域の住民に対しては、全戸配布する必要がある。また、新規転入者には転入届提出時等に配布する。さらに、人の集まる公共施設等、人目につきやすい場所に掲示すると良い。

都道府県や市町村の広報紙やホームページ、火山防災協議会のホームページに適時発表することなども考えられる。配布された火山防災マップを紛失してしまう場合も考慮して、定期的な再配布や、ホームページから取得できるようにしておくが良い。

登山客・観光客等の一時滞在者等に対しては、訪問する可能性の高い資料館や博物館、ホテル・旅館、駅、高速道路のサービスエリア、道の駅等に掲示すると注意を引くことができる。展望所や観光道路、登山道の入口等の野外に掲示する場合は、案内板又は掲示板として表示すると良い。さらに、スマートフォン等の電子端末機器を用いて、火山防災マップ等の電子データを取得できる取組も進めると良い。

②活用

火山防災マップは配布しただけでは活用されずに紛失されてしまう場合も多いため、定期的に活用することが重要である。特に、火山防災マップ（ポスター型）の説明や火山災害要因、火山の魅力を記載した火山防災マップ（冊子、ガイドブック型）があれば、様々な場面で活用することができる。

活用例として、住民を対象にした住民防災研修会、教員を対象にした防災学習研修会、児童・生徒への防災教育、防災関係機関（火山防災協議会の機関や報道機関等）を対象にした防災学習会等が考えられる（表4-6）。

表 4-6 媒体ごとの活用方法例

媒体	表示・周知方法	活 用 方 法
紙	火山防災マップ (ポスター型)	火山地域の住民に全戸配布し、平常時からの噴火等への意識付け、噴火時等には避難するために活用する。
	火山防災マップ (冊子、ガイドブック型)	火山防災マップ(ポスター型)に記載しきれなかった図表等を表示し、火山防災マップ(ポスター型)と対にして活用する。住民や一時滞在者等に加え、児童・生徒を対象にした防災教育の副読本として活用する。防災に係る関係機関(火山防災協議会参加機関、報道機関等)への普及啓発に活用する。
	地方公共団体の広報誌	住民へ定期的に配布することで、平常時からの噴火等への意識付けに活用する。
	ビラ・パンフレット	登山客・観光客等の一時滞在者等が、今いる場所が噴火する可能性がある地域であることを知り、噴火に際して円滑な避難行動に繋がるように、訪れる可能性の高い場所で配布する。 また、一時滞在者等が持ち帰るようにするため、観光情報も記載すると良い。
電 子	地方公共団体のホームページ	住民をはじめ、登山客・観光客等の一時滞在者等に周知し、閲覧できるようにする。
	スマートフォン等の電子端末機器	スマートフォン等の電子端末機器が利用できる場所では、住民をはじめ、登山客・観光客等の一時滞在者等に周知し、閲覧できるようにする。また、スマートフォン等の電子端末機器に電子データをダウンロードし活用する。
そ の 他	野外の案内板・揭示板	住民をはじめ、登山客・観光客等の一時滞在者等が、案内板等に表示した火山防災マップにより、当該火山で噴火のおそれがあることを把握するとともに、噴火時等には避難方向を表示することで、円滑な避難に活用する。
	看板	当該火山の全ての入山口に、火山防災マップ又は噴火する可能性がある地域であることを表示した看板等を設置し、これから登山する山が噴火するおそれのある火山であることを周知する。噴火警戒レベルが設定されている火山では、噴火警戒レベルに応じて入山規制等の周知に活用する。

(2) 火山防災マップの公表に際しての留意事項

火山防災マップが公表され、火山地域で適切に活用されることにより、災害の予防又は軽減が期待できるが、公表に際しては、次のような点について配慮する必要がある。

①火山災害要因による影響が及ぶ範囲の描画に伴う不利益に対する説明

火山地域は観光地として経済的な恩恵を受けていることが多く、火山地域の住民の中には火山災害の危険性を公表されると観光にマイナスの影響が及ぶのではないかと懸念を持つ者がいることが予想される。このため、火山防災マップの公表に当たっては、住民に対し、火山災害に対する正しい理解と火山防災マップを公表して活用することで、災害の予防・軽減につながることに理解を深めてもらうために説明会等を開催することが有効である。

②火山防災マップの配布・説明の役を担う方々への説明

火山防災マップを配布・説明するのは、住民に対しては主に市町村の職員であり、児童・生徒に対しては学校教員、登山客・観光客等の一時滞在者等に対しては観光事業者等である。火山防災マップを効果的に周知・公表するために、配布・説明の役を担う方々に対する説明会等を火山防災協議会が中心となって開催することが有効である。

③火山防災マップの作成背景や内容に関する報道関係者への説明

啓発のための最も効果的な手段は、報道機関を通じた広報である。火山防災マップの作成背景や内容は一般的に報道関係者にとり複雑であるため、報道関係者に対する説明会等を火山防災協議会が中心となって開催することが有効である。

④火山防災マップに表示した状況と異なる状況で噴火した場合の対応

住民や一時滞在者等向けの火山防災マップは、噴火規模や火口位置の設定を含めて、様々な条件の想定に基づき設定して作成した複数マップの中から通常は1つ又は2つを抽出したものであるため、予測結果が実際に発生する火山現象と異なる場合が発生し得る。そのため、火山防災マップの表示と異なる噴火が発生し得ることを火山防災マップに明記するとともに、火山防災マップに表示されていない噴火が発生した場合に備えて、発生し得る火山災害要因、避難の必要性等を表示した火山防災マップ（冊子、ガイドブック型）を用いて、住民説明会等を開催し、周知徹底させておく必要がある。

用語の解説

あ

アイスランド式噴火：噴火の様式を指す用語で、粘性の低い玄武岩質溶岩が広域の割目から流出し、溶岩台地を形成する。

安山岩・安山岩質マグマ：中間的な組成をもつ火山岩・マグマのこと。この種のマグマは玄武岩等に比べて二酸化珪素（SiO₂）を多く含み、粘性が高いため、爆発的な噴火を発生することがある。浅間山、桜島等の日本の成層火山の大部分は安山岩からなる。

S波：地震によって発生する弾性波の一種。この波は進行方向に対して横波として動く。波の速度がP波に比べて遅いため、P波のあとに到達する。

か

火砕丘（碎屑丘）：爆発的な噴火活動によって、火口の周辺に火砕物が積み重なった円錐形の火山体。山体に比べ大きな火口をもつものが多い。

火砕物（火山碎屑物）：火口から放出される固形又は半固形の岩石の破片の総称。直径 64mm 以上は火山岩塊、2～64mm は火山れき、2 mm 以下は火山灰に分類される。また多孔質で直径 2 mm 以上のものについて、白色のものを軽石、暗色のものをスコリアという。ただし、防災対応（避難や屋内退避）を検討する際には、飛散の様式によって区別し、風の影響を受けずに弾道を描いて飛散する「大きな噴石」（直径約 50cm 以上）と風に流されて遠方まで降下する「小さな噴石・火山灰」とに分類する。

表-1 火砕物の分類（久野，Fisher による）

粒子の直径	粒子が特定の外形や内部構造をもたないもの	噴石	粒子が多孔質のもの
>50cm	火山岩塊	大きな噴石	軽石 スコリア
>64mm		小さな噴石	
2～64mm	火山れき		
< 2 mm	火山灰		

火山基本図：国土地理院が作成した、火山活動の調査や防災対策の基礎資料。地形を精密に表した大縮尺地形図。

火山地質図：産業技術総合研究所で、特に活動的な活火山の噴火履歴を地質図としてまとめ、提供しているもの。

火山弾：マグマの破片が半固結のまま火口から放出されるもので、完全に固まらないうちに空中を飛行し着地するために独特な形となる。その形から紡錘形火山弾、パン皮火山弾、牛糞状火山弾等と呼ばれるものがある。 →火砕物

火山土地条件図：国土地理院が作成した、火山活動の調査や防災対策の基礎資料。土地条件等を地形学的に分類表示した中縮尺主題図。

火山噴火予知連絡会：火山噴火予知計画を推進するために設けられた、気象庁長官の私的諮問機関。

火山れき：火砕物の一種で、直径が2～64mmのもの。 →火砕物

カルデラ：火山地域に見られる大きな円形又はそれに近い形の火山性凹地のこと。一般に、直径2kmを越えるものをカルデラと呼び、直径2km未満を火口と呼ぶ。カルデラの多くは、大量の火砕物の噴出によって火口下に空洞が生じ、陥没を引き起こして形成されたと考えられている。カルデラ周辺には火砕物（火砕流堆積物）の台地を形成しているものが多い。

クリンカ：溶岩の温度が低下するときに生ずる直径数cmの団塊状をした溶岩の破片のことで、玄武岩質から安山岩質溶岩の上表面と下底面に生じる。

玄武岩・玄武岩質マグマ：二酸化珪素（ SiO_2 ）に乏しく、鉄、マグネシウムに富む火山岩・マグマのこと。二酸化珪素含有量が低いために粘性が低く、裾野の広い山体を形成する。伊豆大島の三原山、富士山は玄武岩質マグマによって形成された火山の代表例である。 →火山岩

さ

GIS（地理情報システム）：位置に関する様々な情報を持ったデータの加工や管理を行ったり、地図の作成や高度な分析などを行うシステム技術の総称。

スコリア：火砕物の一種。直径が2mm以上、多孔質で暗色、鉄・マグネシウムに富むものをいう。 →火砕物

ストロンボリ式噴火：比較的短い間隔で、周期的に火口からマグマの破片や火山弾等を放出する噴火の様式。流動性の大きい玄武岩質マグマの活動に伴うことが多い。

成層火山：中心火口から噴出した火砕物と溶岩との累積によって生じた火山。富士山のような大型の円錐形火山の多くは成層火山である。

成層圏：対流圏の上方にある大気層で高度約 10km から 55km にわたる。成層圏では気温は高さと共に上昇するために対流が生じず、大気の状態は常に安定である。

た

対流圏：大気層の最下部にあたる。対流圏では高度が高くなるほど気温が下がるため空気は不安定な状態に置かれて対流が生じる。対流圏の上限は地域によって異なるが、およそ高度 10 数 km である。

単成火山群：数時間～数年にわたる一連の噴火活動によってできる火山（単成火山）が、ある地域に集合しているもの。

は

ハイドログラフ：時間－流量の相関をとって河川流量の時間変化を示した曲線である。曲線は流域における自然条件に支配されており、河川流域における浸透、蒸発や洪水など流出の機構を考察する上で重要である。

ハワイ式噴火：噴火の様式を指す語で、玄武岩質溶岩が山頂及び山腹に伸びる長い割れ目火口から流出する。ハワイのキラウエア火山が代表例である。

P波：地震によって発生する弾性波の一種。一般に縦波と呼ばれている。体積変化、疎密変化を伝える波である。

プリニー式噴火：大量の軽石や火山灰が火山ガスとともに垂直に噴き上げられる大規模な噴火で、高度 10km 以上に達する噴煙柱が特徴的である。噴煙柱の崩壊によって火砕流が発生するおそれがあり、広範囲での避難等が必要。

ブルカノ式噴火：固結した溶岩によって塞がれていた火口が、マグマから分離したガスの圧力によって開かれ、火山弾・火山岩塊・火山灰等を爆発的に放出する様式の噴火。安山岩質マグマのように、中程度の粘性をもつマグマの活動に特徴的である。大きな噴石の飛散や火砕流の発生のおそれがあり、入山規制や避難等が必要。

噴煙柱：火山ガス、火山灰、火山れき等が濃集し、煙状を呈した噴煙が、火山噴火の際に、火口から立ち上ったものを噴煙柱という。

噴気：火口や山腹の岩石の割れ目等の隙間（噴気口）から、噴出している水蒸気、火山ガス、又はその噴出している状態。

噴出率：単位時間あたりに噴出する溶岩・火砕物の体積のこと。

偏西風：両半球の中緯度地方で吹いている西風のことで、上空ほど強くなる。また、夏よりも冬に強くなる。

ま

マグマ：地下に存在する溶融状態にある岩石物質で、おもに溶融した珪酸塩の液体からなり、少量の造岩鉱物と揮発性成分を含む。なお、マグマが地表にあらわれたものを溶岩という。

マグマ溜り：火山体の地下にあって、相当量のマグマが蓄えられている所。大型火山の直下では地下数 km にあり、そこからマグマが地表に噴出すると考えられている。

や

溶岩ドーム：粘性の大きな溶岩が広く拡がらず、噴出口の上にもり上がったドーム状の火山体をいう。

ら

流紋岩・流紋岩質マグマ：二酸化珪素 (SiO_2) に富む火山岩・マグマのこと。→火山岩

わ

割れ目火口：マグマを噴出する地表に生じた細長い割れ目のことで、流動性に富む玄武岩質マグマの活動に伴って生じる場合が多く、割れ目は数百 m～数十 km の長さにも達することもある。割れ目の方向はその場に働いている応力を反映することが多い。

※用語解説は次の文献等を参考にした。

- ・岩波講座 地球科学 (岩波書店)
- ・地学事典 (平凡社)
- ・地学辞典 (古今書院)
- ・地形学辞典 (二宮書店)
- ・土木用語辞典 (技報堂, コロナ社)

あ と が き

火山防災マップは、火山を有する世界の国々において防災のために活用され、その有用性及び必要性が広く認識されており、我が国においても一層の活用が期待される。そこで、各火山地域の地方公共団体等の担当者が、火山防災協議会において火山防災マップを検討、作成するため、さらには作成した火山防災マップを活用するために知っておくべき事項、参考にすべき事項を「火山防災マップ作成指針」としてとりまとめた。

今後、各火山地域において、本作成指針の活用により「火山ハザードマップ」及び「火山防災マップ」の作成と活用が進み、火山災害対策が一層充実することを期待する。

最後に、本作成指針の策定に当たり、ご指導をいただいた火山防災マップ作成指針ワーキンググループ各委員の皆様に深く感謝いたします。

平成 25 年 3 月

内閣府（防災担当）、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁

参考文献

- 荒牧重雄 (1978) : 火山活動と人間生活をめぐって. アーバンクボタ, 15.
- 荒牧重雄 (1979) : 火山噴出物. 岩波講座地球科学7火山, 岩波書店, 121-156.
- 荒牧重雄 (1979) : 溶岩. 岩波講座地球科学7火山, 岩波書店, 132-141.
- 荒牧重雄・宇井忠英 (1981) : 噴火のメカニズムと debris avalanche(土石なだれ)と軽石流. 研究代表者下鶴大輔, セントヘレンズ火山の噴火活動とそれに伴う災害の研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究突発災害研究成果.
- 荒牧重雄 (1993) : 火山災害の規模と特性. 文部科学研究費重点領域研究「自然災害の予測と社会の防災力」研究成果.
- 安養寺信夫・(2005)火山ハザードマップの現状と課題 火山噴火に備えて. 土木学会誌叢書5, 丸善, 146-152.
- 江頭庸夫 (1981) : 有史時代の噴火に伴った固体噴出物量の調査. 研究代表者下鶴大輔, 噴火災害の特質と Hazard Map の作製及びそれによる噴火災害の予測の研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果.
- 鍵山恒臣 (2003) マグマダイナミクスと火山噴火. 朝倉書店.
- 鹿児島地方気象台 (2011) 霧島山(新燃岳)の噴火に伴う空振による被害調査(速報).
- 火山防災対策の推進に係る検討会 (2012) 噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引(内陸型火山編・島しょ型火山編).
- 勝井義雄 (1979) : 噴火災害と噴火予知. 岩波講座地球科学7火山, 岩波書店, 83-99.
- 勝井義雄 (1986) : 南米コロンビア国ネバド・デル・ルイス火山の1985年噴火と災害に関する調査研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究突発災害研究成果, B-60-7, I-102.
- 上富良野町郷土館 (1980) : 大正15年十勝岳大爆発記録写真集.
- 気象庁 (2005) : 日本活火山総覧.
- 北原一平・中島達也・水山高久・栗原・淳一 (1989) 溶岩流の数値シミュレーションーベンガム流体モデルを用いた氾濫シミュレーションの応用ー, 砂防学会, 研究発表会概要集, 35-38.
- 工藤崇・星住英夫 (2006-) : 活火山データベースー1万年噴火イベントデータ集. 産業技術総合研究所地質調査総合センター,
(<http://riodb.ibase.aist.go.jp/db099/eruption/index.html>).
- 月刊地球総特集 (2005a) : 日本の火山ハザードマップ(上), 27, 247-330.
- 月刊地球総特集 (2005b) : 日本の火山ハザードマップ(下), 27, 333-417.
- 建設省 (1988) : 桜島の土石流.
- 建設省大隅工事事務所 (1988) : 桜島の砂防.
- 建設省河川局砂防部監修 (1988) : 日本の活火山砂防.
- 建設省河川局砂防部砂防課 (1989) : 土石流対策技術指針(案).
- 小荒井衛(2012) : テフラ GIS や地理空間情報を活用した火山防災研究. 月刊地球, vol. 34, no. 1, 19-32.
- 広域的な火山防災対策に係る検討会 (2013) : 大規模火山災害対策への提言参考資料.
- 国土庁 (1982) : 火山ガス等に関する調査報告書.
- 国土庁 (1992) : 火山噴火災害危険区域図作成指針.
- 国土交通省 (1999) : 国会等移転審議会報告書.
- 国土交通省河川局砂防部砂防計画課 (2011) : 土砂災害防止法の一部改正についてー大規模土砂災害に対する危機管理体制の強化ー, 土砂災害防止法の一部改正に基づく「緊急調査」及び「土砂災害緊急情報」の概要.
- 国土交通省河川局砂防部砂防計画課 (2013) : 火山噴火に起因した土砂災害予想区域図作成の手引き(素案).
- 小屋口剛博 (2008) : 火山現象のモデリング. 東京大学出版会.

- 小山真人 (2004) : 火山ハザードマップの役割と活用のポイント. 河川, 60 (5), 25-29.
- 下鶴大輔 (1981) : 噴火災害の特質と Hazard Map の作製及びそれによる噴火災害の予測の研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果, A-56-1, 1-186.
- 消防庁国民保護室 (2011) : 「避難実施要領のパターン」作成の手引き.
- 関谷直也・田中淳 (2008) : 土砂災害ハザードマップ 6. ハザードマップと住民意識. 土と基礎, 56 (2), 60-67.
- 高橋保 (2004) : 地質・砂防・土木技術者/研究者のための土石流の機構と対策. 近未来社.
- 谷垣内亨宣 (2005) : 洪水ハザードマップの内容に関する分析—東京都における事例をもとに—. 災害情報学会, 3, 37-49.
- 中央防災会議 (2003-2007) : 災害教訓の継承に関する専門調査会報告書.
- 中央防災会議 (2011) : 災害史に学ぶ 火山編. 災害教訓の継承に関する専門調査会, 80p.
- 中村功・廣井脩 (2004) : ハザードマップを解剖する. 月刊地球 号外, 48, 186-192.
- 中村圭吾・阿部聡 (2009) : 土砂災害ハザードマップ～手作りハザードマップのすすめ～. 砂防と治水, 41 (6), 42-47.
- 中村洋一・荒牧重雄・佐藤照子・堀田弥生・鶴川元雄 (2006) : 日本の火山ハザードマップ集. 防災科学技術研究所研究資料, 292, 1-5.
- 中村洋一 (2009) 火山ハザードマップと火山防災. 「火山爆発に迫る」(井田・谷口編集), 東京大学出版会, 183-197.
- 新潟県 (2013) : 新潟焼山火山噴火緊急減災対策砂防計画 (案) 共通編.
- 早川由紀夫 (1987) : 伊豆大島 1986 年噴火の噴出量と噴出率. 月刊地球, 9, 7, 366-371.
- 富士山ハザードマップ検討委員会 (2004) : 富士山ハザードマップ検討委員会報告書.
- 宮地直道 (1988) : 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, 94, 6, 433-452.
- 宮地直道 (1990) : 新富士火山の噴出物分布図. 富士山ワーキング資料.
- 村越真・小山真人 (2006) : 火山のハザードマップからの情報読み取りとそれに対する表現方法の効果. 4. 40-49.
- 守屋以智雄 (1987) : 磐梯山と 1888 年の大崩壊. 日本の自然 1, 岩波書店, 59-64.
- 安田敦・金子隆之・新堀賢志・藤井敏嗣 (2013) : ユーザーインターフェイスを改良した溶岩流シミュレーションシステムとその防災上の意義. 火山, 58.
- 山下伸太郎・宮本邦明・大原正則・緒統英章・水山高久 (1990) : 溶岩流の数値シミュレーション. 水工学論文集, 34, 391-396.
- Aramaki, S. (1984) : Asama volcano, Japan. Source-book for Volcanic-hazards Zonation, Unesco, 60-64.
- Bonadonna, C., C.B. Connor, B.F. Houghton, L. Connor, M. Byrne, A. Laing, and T. Hincks (2005) : Probabilistic modeling of tephra dispersion: hazard assessment of a multi-phase eruption at Tarawera, New Zealand, Journal of Geophysical Research, 110 (B03203).
- Geophysical Mass Flow Group (GMFG), University at Buffalo, NY, USA (2007) : TITAN2D User Guide Release 2.0.0, 2007.07.09.
- INGEOMINAS (1985) : Mapa de riesgos volcanicos potenciales del Nevado del Ruiz. Memoria Explicativa, Colombia.
- INGEOMINAS (1985) : Mapa de riesgos volcanicos potentials del Nevado del Ruiz. Memoria Explicativa, Colombia.
- Ishihara, K., Iguchi, M. and Kamo, K. (1990) : Numerical simulation of lava flows on some volcanoes in Japan. Lava Flows and Domes (Ed. : J.H. Flink), Springer-Verlag, 174-207.
- Maeno and Taniguchi (2006) : Silicic lava dome growth in the 1934-1935 Showa Iwo-jima eruption, Kikai caldera, south of Kyushu, Japan. Bull. Volcanol., 68, 673-688.
- Masao M. (1948) : Mimatsu-daigram. the World Volcano Conference in Oslo.
- Nakada, S., Fujii, T. (1992) : Preliminary report on the activity at Unzen Volcano (Japan),

- Novemver 1990–November 1991: Dacite lava domes and pyroclastic flows. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 54, 319–333.
- Sekiya, S and Kikuchi, Y (1890) : The eruption of Banndai–San. *Jour. Coll. Sci. of Imp. Univ. Tokyo*, 3, 91–172.
- Simkin and Siebert (1993) : *Volcanoes of the world*, 2nd ed.
- Thomas Christian Chust (2006) : *Simulation of Lava Flows using Cellular Automata*
A Term Project at the University of Iceland in Spring 2006
- Ui, T., Yamamoto, H. and Suzuki–Kamata, K. (1986) : Characterization of debris avalanche deposits in Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 29, 231–243.