

特別
寄稿

富士山の噴火対策は どこまで進んだか

ハザードマップ・避難計画・降灰対策・事業継続計画の現状と課題

静岡大学名誉教授

静岡大学防災総合センター客員教授

小山真人



1 はじめに

このところ、内閣府などの政府機関が富士山の大規模噴火に対する種々の対策や啓発を積極的に進めている¹⁾。桜島などのごく一部を除いて、火山はめったに噴火しないが、ひとたび噴火すれば地域社会に多大な被害をもたらすことがある。このため、近隣の火山のリスクを事前に把握し、対策を整備しておくことが自治体・事業体・個人にとって重要である。

富士山の噴火リスクが社会に注目され、ハザードマップの作成を端緒とする噴火対策の整備が始まったのは、2001年7月に国の主導によって富士山ハザードマップ検討委員会が設立されてからと言ってよい。日本の火山ハザードマップの作成は1980年代から始まったので、やや遅れたスタートであった(表-1.1)。

富士山ハザードマップ検討委員会は、3年にわたる精力的な検討作業の後、2004年6月に最終報告書とハザードマップ(富士山火山防災マップ)を公表した²⁾。それに引き続き、富士山の広域防災対策の基本方針や火山との共生方策を煮詰めていく目的で、2004年11月から富士山火山広域防災検討会が設置され、2005年7月に最終報告書がまとめられた³⁾。その中身にもとづき、中央防災会議は富士山火山広域防災対策基本方針を2006年2月に公表し⁴⁾、それをもとに富士山麓の自治体は噴火対策を推進していくことになった。

その作業はしばらくの間途絶していたが、東日本大震災発生直後の2011年3月15日に起きた富士山直下の中規模地震(M6.4)がきっかけとなって関係者の意識が高まった結果、2012年6月に山梨・静岡・神奈川の3県と富士山麓の自治体・関係機関が富士山火山防災対策協議会を設置して、2015年3月に富士山火山広域避難計画を策定した⁵⁾。

それ以降、富士山の噴火対策の流れは2つに分かれて現在に至っている。1つは2004年のハザードマップ初版の作成以降に蓄積した噴火史データに基づいてハザードマップ自体を改定し、それをベースとして避難計画の改定を進めていく流れである。もう1つは、富士山が1707年宝永噴火のような大規模かつ爆発的な噴火を起こした場合の、主として首都圏での広域降灰対策を策定していく流れである。

前者の流れについては、まず2018年7月に富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会が設置され、2021年3月に改定版のハザードマップが公表された⁶⁾。その中身に基づいて前出の富士山火山広域避難計画の改定版である富士山火山避難基本計画が2023年3月に策定され⁷⁾、それに基づいて山麓の各自治体の避難計画も改定された。

後者の流れについては、2020年3月に中央防災会議

の大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループの報告書が公表され⁸⁾、それに基づいて内閣府が2025年3月に「首都圏における広域降灰対策ガイドライン」を策定し⁹⁾、現在に至っている。

以上述べたように、富士山の本格的な噴火対策がスタートしてからすでに四半世紀が経過し、ハザードマップから避難計画や広域降灰対策に至る壮大な体系を成しているため、当初から検討委員として参加してきた筆者にも整理と備忘録が必要な時期となっている。本論では、火山防災に関する基礎知識を解説するとともに、富士山の噴火対策の現状や課題を総括的にまとめる。富士山や日本の他の火山対策に関心を持つ方々のための基礎資料として頂ければ幸いである。

表-1.1 富士山の火山防災対策のあゆみ(筆者による整理)

2000年 3月 ~	有珠山噴火
〃 6月 ~	三宅島噴火
〃 10月 ~	富士山で低周波地震の一時的増加
2001年 5月	〃 7月
〃 7月	富士山ハザードマップ検討委員会招集
2004年 6月	富士山ハザードマップ(初版)公表
2004年 ~	山麓の市町村(静岡県と山梨県)がハザードマップを住民に全戸配布
2006年	〃 7月
〃 7月	富士山火山広域防災検討会報告書の公表
2006年 2月	中央防災会議が富士山火山広域防災対策基本方針を策定
2007年 12月	気象庁が富士山に噴火警戒レベルを導入
2011年 3月	東日本大震災発生後の4日後に富士山直下でM6.4の地震
2012年 6月	富士山火山防災対策協議会の設立
2015年 3月	富士山火山広域避難計画(対策編)の策定
〃 7月	活動火山対策特別措置法(活火山法)の改正(火山災害警戒地域の指定, 火山防災協議会の義務化など)
2016年 7月	産業技術総合研究所地質調査総合センターが富士山火山地質図第2版を刊行
2018年 7月	富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会招集
2020年 3月	中央防災会議が大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ報告書を公表
2021年 3月	富士山ハザードマップ(改定版)の公表
2023年 3月	富士山火山避難基本計画の策定
〃 7月	静岡県地域防災計画の改定(第2次避難対象エリアの拡大)
2025年 3月	内閣府が首都圏における広域降灰対策検討会報告書を公表
〃 3月	気象庁が広域降灰対策に資する降灰予測情報に関する検討会報告書を公表

2 噴火に伴う危険な現象

噴火対策を進めるためには、噴火に伴う危険な現象（加害現象）の種類や特徴を理解しておく必要がある。それらは(1)火口から降る現象、(2)火口から流れる現象、(3)火口から漂う現象、の3つに大きく分けられる。

2.1 火口から降る現象

噴火によって火口から放出された物質が空から落下する現象で、物質のサイズによって大きな噴石、小さな噴石、降下火山灰（降灰）と呼ばれる（放出された物質自体を指す名称としても用いられる）^{注1)}。

大きな噴石は、火口から弾道を描いて飛び直径20～30cm以上の岩だが、到達範囲は火口からほぼ4km以内に限られる。落下時の衝撃力が大きいため、建築物の上面や壁面を貫通する被害例が桜島や有珠山などで多数知られている。

小さな噴石は、直径2mmから20～30cmの範囲の岩片で、噴煙とともに空高く舞い上がった後に数十km離れた風下に時速100km以上の速度で落下してくることがあるため^{注2)}、その降下範囲では屋内退避が鉄則となる。なお、大小の噴石は、地表への落下時においても内部が高温なため、森林や建物の火災を引き起こすことがある。

降下火山灰は、直径2mm以下の岩や火山ガラスの細片であり、その小ささゆえに体に直接当たっても害はないが、目に入れば目を痛め、吸い込むと気管支や肺に障害をもたらすことがあるため、目と呼吸器の保護が必要である。また、少量であっても飛行機のエンジン、鉄道、発電所、送電線、上下水道、農作物などに被害を与え、交通網やライフラインが麻痺状態となり得る。厚く積もれば、その重みは雪の数倍あるため、木造家屋や体育館・工場などの大型施設の屋根の崩落につながる。火山灰の被害は、6節で説明する中央防災会議の報告書や内閣府のガイドラインに詳しい。

注1) 大きな噴石・小さな噴石は、日本の気象庁だけが使用する特殊な用語であり、国際的には「大きな噴石」は弾道岩塊または投出岩塊、「小さな噴石」は降下火山礫と呼ばれる。なお、岩塊と火山礫の直径の境界は国際的には64mmであるが、気象庁は大小の噴石のサイズの境界を20～30cmとしている。

注2) 小さな噴石は終端速度（重力と空気抵抗が釣り合う速度）に達してから地上に落下するので、終端速度の計算サイト(<https://keisan.site/exec/user/1367383425>)で球形粒子を仮定して試算すると、直径1cmの緻密な岩片（密度2,500kg/m³）とスコリア（密度1,000kg/m³）の終端速度はそれぞれ時速112kmと71kmとなる。

2.2 火口から流れる現象

流れの実体や性質によって、溶岩流、火砕流、火砕サージ、ラハール、岩屑なだれの5種に分けられる（表-2.2.1）。

表-2.2.1 火山で発生する流れの種類と特徴
（筆者によるまとめ）

名前	流れの実体	流れの密度	温度	速度	発生頻度
溶岩流	熔融状態の岩石	最大	700～1150℃	速くても時速十数km (通常は人が歩く速度かそれ以下)	高い
ラハール (火山性の泥流・土石流)	水＋土石	大	0～100℃	時速数十～100数十km	高い
火砕流	気体 (火山ガス＋空気) ＋土石	中	外気温～マグマ温度 (通常は100℃以上)	時速数十～100数十km	低い
火砕サージ	気体 (火山ガス＋空気) ＋土石	小	外気温～マグマ温度	時速数十～100数十km	中程度
岩屑なだれ	土石	大	外気温～マグマ温度	時速数十～100数十km	ぎわめて低い

溶岩流は、文字通り溶けた岩石の流れで、流出当初は粘性が小さいので流下速度は速いが、温度が下がるにつれて粘性が増すとともに速度が低下し、人が歩く程度か、それよりも遅い流れになる。到達距離は噴出量や粘性によって異なるが、日本の陸上火山では火口から40km流れた例（富士山の猿橋溶岩流）が最長である。溶岩流の温度はおおよそ700～1,150℃の範囲にある。

溶岩流は、速度が遅いので避難は容易であるが、高温かつ高密度の流れであるため、建物が埋没した場合は全焼や倒壊を免れることは難しい。日本では、1983年三宅島噴火の際に溶岩流によって阿古集落の大半が埋没・全焼した例がある。溶岩の流れを遅くしたり、流向を変えたりして制御する試みが三宅島、イタリア、アイスランド等でなされたことがある。

火砕流は、火山灰や岩片混じりの気体の流れで、速度は時速数十km以上、数百度の高温に達することもある危険な現象である。噴火したての噴出物が熱いまま崩れた

り、火口上空の噴煙が浮力不足によって重力崩壊すると、火砕流が発生する。到達距離は発生様式や噴出量によって異なり、小規模なものは火口から数kmであるが、大規模な火砕流には100km以上流れたものも知られている。

火砕流は、空中に立ちのぼるはずだった噴煙が山腹を高速で流下する現象と言っても良い。そのため流れの密度は小さく、火砕流の通過によって建物が倒壊する例は少ない。しかしながら、速度が大きいために避難が困難であり、高温のために建物が焼損し、堆積物が厚い場合は建物ごと埋没して蒸し焼きとなる。また、高温のガスと火山灰を吸い込むことによって呼吸器が致命的なダメージを受け、多数の犠牲者を出すことになる。日本では1990～1995年の雲仙普賢岳の噴火にともなう火砕流によって集落に焼損の被害が出たほか、合計44名の犠牲者を出した。海外ではフランス領マルチニーク島プレー火山の1902年噴火にともなう火砕流によって、いくつかの町や村の焼損と2万8,000人も犠牲者を出した例がある。

火砕サージは、火山灰や岩片と気体が混じり合って高速で流れる現象である。火砕流と類似するが、火砕流よりも含まれるガスの割合が大きい希薄な流れであり、それゆえに到達距離も火砕流より短い(発生地点から数km以内)。火砕サージのうち、立ち上る噴煙の根元から爆風のように水平方向に広がるものはベースサージと呼ばれる。また、火砕流の上面や末端から発生する火砕サージも知られている。

火砕サージは岩片混じりの爆風と言っても良い現象であり、火砕サージに襲われた被害の例として、窓ガラスの破損、建物の損傷、船の遭難・沈没などが知られている。また、高温の湿った火砕サージは人体にも致命的であり、重度の火傷によって多数の犠牲者を出した事例(安達太良山1900年噴火など)も知られている。

ラハール(インドネシア語を語源とする世界共通語)は、火山で発生する泥流・土石流の総称で、融雪型火山泥流と降灰後土石流を含む。その実体は火山灰や土石混じりの水の流れで、融雪型火山泥流は噴火時の高熱で雪や氷が大量に溶けて発生し、降灰後土石流は降灰後の山中にまとまった降雨があった時に発生しやすい。速度はともに時速数十km以上、温度は後者が0℃～気温程度であるが、前者は100℃に達することもある。

ラハールは高密度かつ高速の流れゆえに破壊力が大きく、規模の大きいラハールに襲われた場合は建物の倒壊や埋没が広範囲で生じる。1985年に南米コロンビアのネバド・デル・ルイス火山で生じた融雪型火山泥流が麓の町を埋没させ、2万3,000人が犠牲となった例がある。また、39名の死者・行方不明者を出した伊豆大島の2013年土石流災害は、降雨にともなうラハール災害と位置づけることも可能である。

岩屑なだれは、噴火に伴う地殻変動・地震・強い爆発

などによって、火山体の一部が大規模に崩落(山体崩壊)することによって発生する土砂の流れであり、時速数十km以上の高速で山麓の広い範囲を埋めつくす。

山体崩壊はどの火山でも稀にしか起きない現象であり、発生頻度はひとつの火山で数千年～数万年に1度程度である。岩屑なだれの温度は、通常は崩壊前の山体の温度であるが、噴火に伴う場合は高温となる場合がある。岩屑なだれの速度は時速200km以上まで加速した実測例(アメリカ合衆国ワシントン州のセントヘレンズ火山1980年噴火)が知られている。

岩屑なだれは概して規模の大きな現象であり、堆積物の厚さは数十～数百mあるのが普通で、発生地点から50km付近まで到達した例(八ヶ岳の葦崎岩屑なだれ)も知られている。岩屑なだれ中には、元の山体の一部を構成していた大きな岩体が多数含まれる。これらの岩体はしばしば堆積物の表面に飛び出た小丘をつくり、流れ山と呼ばれる。

岩屑なだれは大規模かつ高速・高密度の流れであるため、流れた範囲のほぼすべての建築物が破壊・埋没され、発生後の避難は困難である。実例としては、前出のセントヘレンズ火山(犠牲者57人)がある。日本では1888年の磐梯山(犠牲者461人)、1792年の雲仙岳(犠牲者1万5,000人)、1640年北海道駒ヶ岳(犠牲者700人)などの例が有名である。なお、岩屑なだれはラハール、火砕流、津波などを付随して引き起こすため、上記犠牲者の数は複合的な要因による。

2.3 火口から漂う現象

火口、噴気地帯、あるいは噴出したばかりの溶岩や火山灰、温泉水などから立ち上る火山ガスのことである。その成分の大半は水蒸気であるが、微量成分として硫化水素、二酸化硫黄、二酸化炭素、塩化水素などの毒性の強い成分を含み、凹地や谷間などに滞留して濃度を高めるため、無風時や密閉された場所では特段の注意が必要である。

火山ガスは、地中や空気中を移動し、時には動植物や人間にダメージを与え、建物や物品を腐食させるなどの被害をもたらす。1986年にカメルーンの火口湖(ニオス湖)から放出された火山ガス(主として二酸化炭素)によって1,500人が亡くなる災害が起きた。日本でも数年に1度程度は火山ガスが原因で亡くなる人が出ている。

2000年噴火の後に火山ガス濃度が高まった三宅島では、警報システムの設置、全住民・観光客の簡易ガスマスクの携帯、建物への脱硫装置の設置などさまざまな対策が施された。また、健常者向けには、二酸化硫黄の濃度5ppmで警報、2ppmで注意報が出されたが、喘息患者などの高感受性者には健常者より一桁ほど低い濃度基準が用いられた。

3 噴火の予知と噴火警戒レベル

噴火リスクをもつ火山として、日本国内の111の活火山が気象庁によって認定されている¹⁰⁾。過去1万年間に噴火した証拠があるか、あるいはその証拠が得られていなくても噴気活動が活発であれば、活火山として認定される。このため噴火史研究の進展とともに活火山の数は少しずつ増えている。

気象庁は111活火山のうちの約45%にあたる50の火山を常時観測火山に指定した上で、さまざまな観測機器を用いた24時間監視を行い、噴火の予知を目指している¹¹⁾。監視下の火山で何らかの異常が観測され、それが噴火につながりそうな場合、あるいは噴火が確認された場

合には噴火警報が発表され、噴火警戒レベルが上げられる^{12)注)}。

噴火警戒レベルは、それぞれの火山のその時点での危険度に応じた1～5の数字で表され、対応の目安となるキーワード(レベル1:活火山であることに留意、レベル2:火口周辺規制、レベル3:入山規制、レベル4:高齢者等避難、レベル5:避難)が付されている(図-3.1)¹³⁾。

しかしながら、噴火予知の技術自体が未熟なために、噴火警戒レベルの信頼性は高くなく、その的中率は2割程度である¹⁴⁾。現に、死者・行方不明者63名となった2014年の御嶽山噴火災害は、噴火警戒レベルが1のまま発生した。噴火警戒レベルを鵜呑みにせず、あくまで目安として捉えた柔軟な防災対応が必要である。

各火山の噴火警戒レベルは判定基準とその解説が公表されているため¹⁵⁾、ある時点のレベル設定が妥当であっ

たか否かを検証することができ、必要に応じて基準の改定も実施されている。なお、富士山では噴火前の火口位置特定が困難なため、噴火の発生前にレベル2(火口周辺規制)は使用されず、いきなりレベルが1から3に上げられる点に注意すべきである。

噴火警報・噴火警戒レベルを補う情報として「火山の状況に関する解説情報」と「火山の状況に関する解説情報(臨時)」の2種が重要である¹⁶⁾。前者は噴火警戒レベルを引き上げる可能性は低いが火山活動の状況を伝える必要があると判断した場合、後者は今後の推移によっては噴火警戒レベルを引き上げる可能性があると判断した場合(またはその判断に迷う場合)に発表される。前者と後者の名称には「臨時」ラベルの有無しかなく、後者はより深刻な情報であることを知っておくべきである。

注)噴火警戒レベルが発表される火山は、気象庁が地元自治体と事前協議した上でレベルに応じた避難対策が定められている49火山(硫黄島を除く常時観測火山すべて。硫黄島には島民がいないので適用外)に限られている。なお、噴火警戒レベルが発表されない火山に対しても、噴火リスクが高まったと判断された場合には噴火警報が発表される。

平成19年12月1日運用開始
令和5年3月29日改定

富士山の噴火警戒レベル

種別	名称	対象範囲	噴火警戒レベル (アイコン)	火山活動の状況	住民等の行動及び登山者・入山者等への対応	想定される現象等
特別警報	噴火警報(居住地域)または噴火警報	居住地域及びそれより火口側	5 (避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。(状況に応じて対象地域を判断)	●噴火が発生。 宝永(1707年)噴火の事例 12月16日噴火開始:翌年1月1日にかけて16日間噴火継続、大規模噴火、大量の火山灰等が広範囲に堆積 その他の噴火事例 貞観噴火(864~866年): 北西山腹から大規模噴火、大量の溶岩を流出
			4 (高齢者等避難)	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される(可能性が高まっている)。	警戒が必要な居住地域での高齢者等の避難が必要。一部の地域では住民の避難が必要。	●体に感じる地震を含む顕著な地震活動、地殻変動の加速、噴火開始後の噴火活動の高まり等、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫している。 宝永(1707年)噴火の事例 12月15日朝~16日午前(噴火開始前日~直前): 地震多発、東京など広域で揺れ
警報	噴火警報(火口周辺)または火口周辺警報	火口から居住地域近くまで	3 (入山規制)	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	登山禁止・入山規制等危険な地域への立入規制等。一部の地域では住民の避難が必要。観光客等は帰宅。	●地震増加、地殻変動、浅部の低周波地震や火山性微動の断続的な発生など、火山活動の高まり。 宝永(1707年)噴火の事例 12月3日以降(噴火開始十数日前):山中のみで体に感じる地震が多発、鳴動がほぼ毎日あった
			2 (火口周辺規制)	火口周辺に影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	●火山活動が低下する過程などにおいて、居住地域に影響しない程度の噴火の発生等。
予報	噴火予報	火口内等	1 (活火山に留意)	火山活動が高まりがみられる。今後の活動の推移によってはレベルを引き上げる可能性がある。 火山活動は静穏。	状況に応じて登山者は下山。 住民は通常の生活。	●明瞭な噴気の出現や地震活動の高まりなどが認められる。(火山の状況に関する解説情報(臨時)等 ^{※2)} を発表してお知らせする) ●火山活動は静穏(深部低周波地震の多発も含む)。

※1) 富士山では、噴火の発生が予想される火山活動活発化の過程において、火口周辺のみに影響を及ぼす程度の噴火が発生する場所を予測することは困難であるため、火山活動活発化の過程でレベル2は発表しない。
※2) レベルの引き上げ基準に達していないが、今後レベルを引き上げる可能性があると判断した場合、「火山の状況に関する解説情報(臨時)」を発表する。また、レベルを引き上げる可能性は低いが、火山活動に変化がみられるなど、火山活動の状況を伝える必要があると判断した場合、「火山の状況に関する解説情報」を発表する。

図-3.1 富士山の噴火警戒レベル¹³⁾

4 火山のハザードマップ

前節で述べたように、噴火予知と噴火警戒レベルの信頼性は高くない。しかし、それぞれの火山には固有の噴火史があり、それらをつぶさに調べた上でコンピュータを用いた噴火現象の数値シミュレーションも採用することによって、その火山が噴火した場合にどのような現象が生じ、どの範囲が危険になりえるかを事前に把握しておくことが可能である。それらを地図上にまとめたものが火山のハザードマップである。

火山のハザードマップを作成する主体は、活動火山対策特別措置法によって火山災害警戒地域¹⁷⁾として指定された自治体が設置する火山防災協議会である¹⁸⁾。富士山では先に述べた富士山火山防災対策協議会がこれに相当する(図-4.1)。火山防災協議会は、当該自治体、気象庁、国土交通省、内閣府、警察、消防、自衛隊、鉄道、ライフライン事業者などの防災関係機関と火山専門家から構成される組織であり、ハザードマップの作成だけでなく、それに基づいた避難計画の整備や、緊急時の対応も担っている。

ハザードマップに通常描かれるのは、噴火に伴う危険な現象(2節参照)中の降下火山灰、大小の噴石、溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流、降灰後土石流である。降下火山灰と小さな噴石(およびそれに伴う降灰後土石流)の影響範囲は他の現象と比べて広い(注¹⁾)。なお、岩屑なだれの発生頻度は他の現象と比べて著しく低いため、ハザードマップには過去の履歴が示されるのみで、影響範囲の予測図として描かれないことがほとんどである。

なお、海や湖に囲まれた火山島や、陸域内でも海に面した火山のハザードマップでは、噴火に伴う津波や、火砕サージ(ベースサージ)の影響範囲が描かれることもある。

ここで注意すべきは、火山の噴火においては上記した複数の現象が同時発生しやすい点である。たとえば、風下に火山灰を降らせつつ、同時に溶岩が流れ出し、雨が降れば降灰した場所から降灰後土石流が発生し、さらに積雪期であればそこに融雪型火山泥流が加わる等のが容易にありえる。

注)4.1.3節(5)で後述するように、多くの火山のハザードマップにおいて、小さな噴石は降灰と一括した厚さ分布のみが表示されている点に注意が必要である。

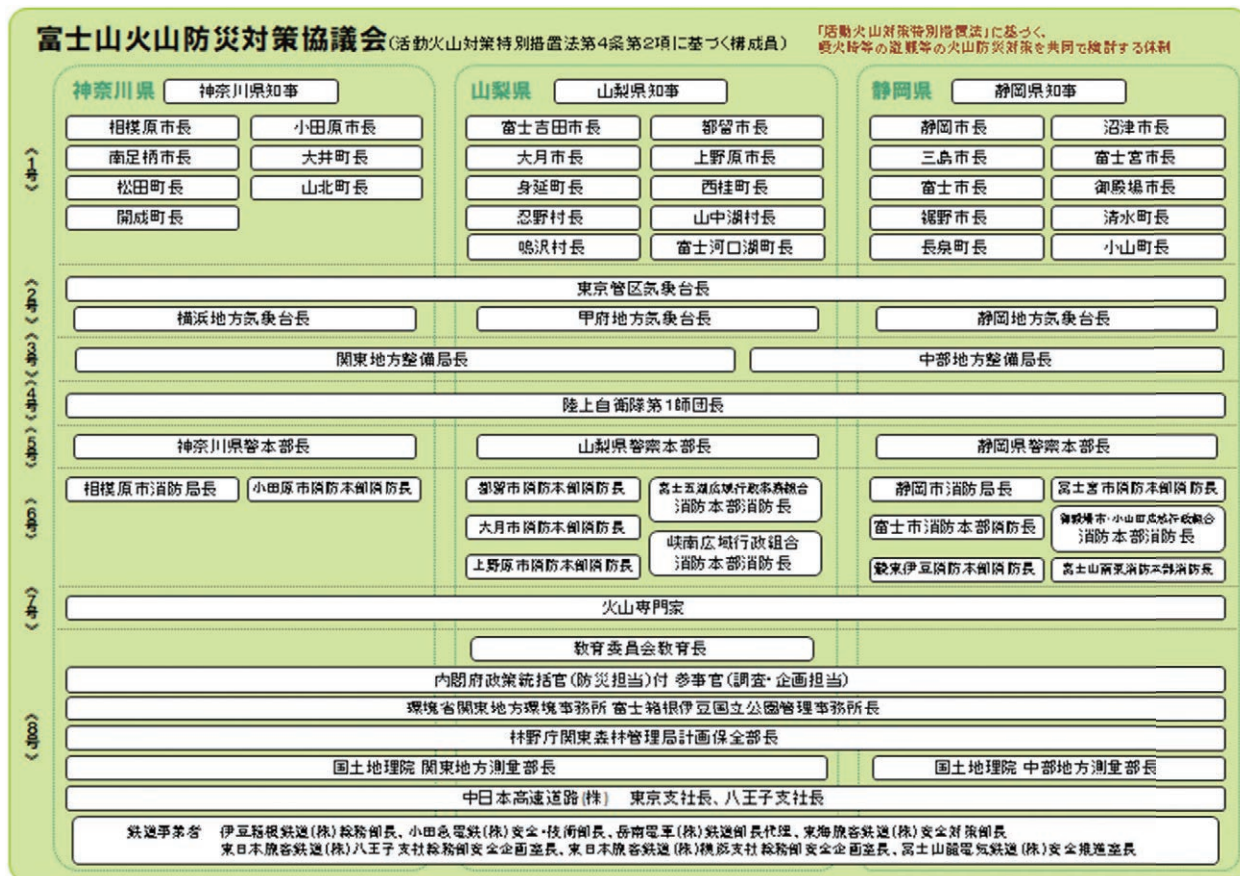


図-4.1 富士山火山防災対策協議会の構成⁷⁾

4.1 富士山のハザードマップはどのように作られたか

現行(2021年改定版)の富士山のハザードマップが、どのようにして作成されたかを以下に説明する。作成手順は2004年初版もほぼ同じであるが、研究データの蓄積によって想定火口範囲と想定最大噴火規模が拡大したこと、数値シミュレーションに用いた地形データが細密になったことによって、2021年改定版においては噴火の影響範囲が大幅に広がる結果となった。

4.1.1 考慮対象期間

ハザードマップは、過去の噴火で発生した現象の種類や規模と、被災した範囲を参考にしながら将来の噴火の影響範囲を推定したものである。よって、その火山の過去をどこまでさかのぼって考慮に入れるかが重要となる。なぜなら、さかのぼる年数が不十分だと、参考とする過去の噴火事例の数と中身も不十分となり、次に起きる噴火が容易に「想定外」となりかねないからである。

2004年初版では、その時点で判明していた噴火史に加えてハザードマップ委員会としても新規の調査を行い、富士山の噴火史を10万年～1万7,000年前(2004年当時の年代観で1万1,000年前)の古富士火山活動期と、1万7,000年前以降の新富士火山活動期に大きく分け、さらに新富士火山活動期を5ステージに区分した上で、新富士火山活動期のステージ4と5にあたる過去3,500年間(2004年当時の年代観で過去3,200年間)を考慮対象期間とした(図-4.1.1左)。

その後、主として産業技術総合研究所地質調査総合センターの調査¹⁹⁾によって多数のデータが蓄積され、富士山の噴火史は古富士火山活動期に相当する星山期と、新富士火山活動期に相当する5つの時期(富士宮期と須走a～d期)に区分され、それぞれの時期の年代がアップデートされた(図-4.1.1右)。

これにより、2021年改定版では考慮対象期間を過去5,600年間(須走b～d期)に拡大し、その期間内に起きた175の噴火事例を参考とすることになった^{注)}。その中には2004年以降の調査によって発見されたいくつかの新火口も含まれる。ちなみに8,000年～5,600年前(須走a期)は噴火頻度の小さい静穏な時期であることから、5,600年前を現在に至る活動期の始まりとみなすことが可能である。つまり、2021年改定版では、現在に至る活動期の全期間が考慮されたことになる。

注)すべての噴火とその噴出量が網羅できているわけではない。とくに山頂西側の大沢崩れの壁面には須走b期(未区分)とされる多数の溶岩流が積み重なっており、正確な噴火回数をカウントすることは難しい。未区分とされる溶岩流は他の場所にもある。よって、この噴火事例の数は最小値とみなすべきである。

4.1.2 想定火口範囲と噴火規模

次に、将来の噴火で火口が開く可能性の高い領域(想定火口範囲)が、次の手順にしたがって推測された。

(1) 考慮対象期間である過去5,600年間の噴火によって

年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の傾向	
古富士火山活動期	—	—	—	
新富士火山活動期	ステージ1	約11000年前～約8000年前	山頂と山腹等	多量の溶岩流の噴出 噴出量は、新富士火山全体の8～9割に及ぶ
	ステージ2	約8000年前～約4500年前	山頂	溶岩流の噴出はほとんどなく、間欠的に比較的小規模な火砕物噴火
	ステージ3	約4500年前～約3200年前	山頂と山腹等	小・中規模の火砕物噴火や溶岩流噴火
	ステージ4	約3200年前～約2200年前	山頂	比較的規模の大きい火砕物噴火が頻発
	ステージ5	約2200年前～	山腹等	火砕物噴火と溶岩流噴火
年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の傾向	
星山期	約10万年前～約17000年前	—	爆発的噴火 複数回の山体崩壊	
富士宮期	約17000年前～約8000年前	—	溶岩流の大量流出	
須走期	須走-a期	約8000年前～約5600年前	(静穏期)	小規模スコリアの噴出 黒土層の主要部分形成
	須走-b期	約5600年前～約3500年前	山頂と山腹	溶岩流の流出 現火山錐の形成
	須走-c期	約3500年前～約2300年前	山頂と山腹	爆発的噴火
	須走-d期	約2300年前～現在	山腹	割れ目噴火

H16年ハザードマップ

改定ハザードマップ

図-4.1.1 富士山ハザードマップ
(初版および改定版)の考慮対象期間の比較⁶⁾

できた火口の位置を、すべて地図上に描いた。

(2) 山腹火口と山頂火口の間は、地表に火口がなくても地下の噴火割れ目で連結されていることが多いので、すべての山腹火口と山頂火口を結んだ線上も既存の火口とみなした。

(3) 隣接する火口同士の距離はほとんどの場合1km以内であることから、すべての既存の火口から1kmの余裕をとった領域を想定火口範囲とした。

想定火口範囲は、過去の火口から生じた噴火の最大規模別に3つに区分して描かれた(図-4.1.2)。噴火の規模とは、ある噴火で噴出するマグマの総量(噴出量)のことであり、それが溶岩として流れた場合はその総量が溶岩流の規模となる。なお、富士山における大/中規模, 中/小

規模の境界の数値は、それぞれ便宜上2億 m^3 , 2,000万 m^3 とされた。

過去5,600年間に生じた噴火の96%は中小規模の噴火であり、大規模噴火は4%に過ぎないことも分かった(図-4.1.3)。しかしながら、歴史時代に特大とも言える貞観噴火(溶岩流が主体、規模は13億 m^3)と宝永噴火(降下火山灰が主体、規模は7億 m^3)が起きており、しかも宝永噴火は直近の噴火のため、想定外の事態を避ける上で、たとえ全体の4%であっても大規模噴火を無視することは難しい。よってハザードマップを描く上での想定最大規模は、溶岩流に対しては13億 m^3 , 降下火山灰に対しては7億 m^3 となった。

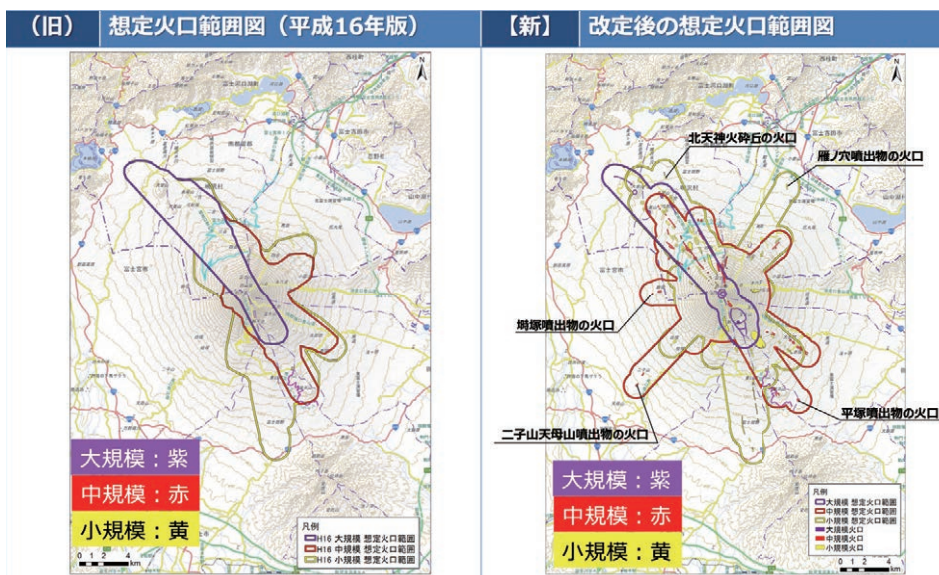


図-4.1.2 富士山ハザードマップ(初版および改定版)の想定火口範囲の比較⁶⁾

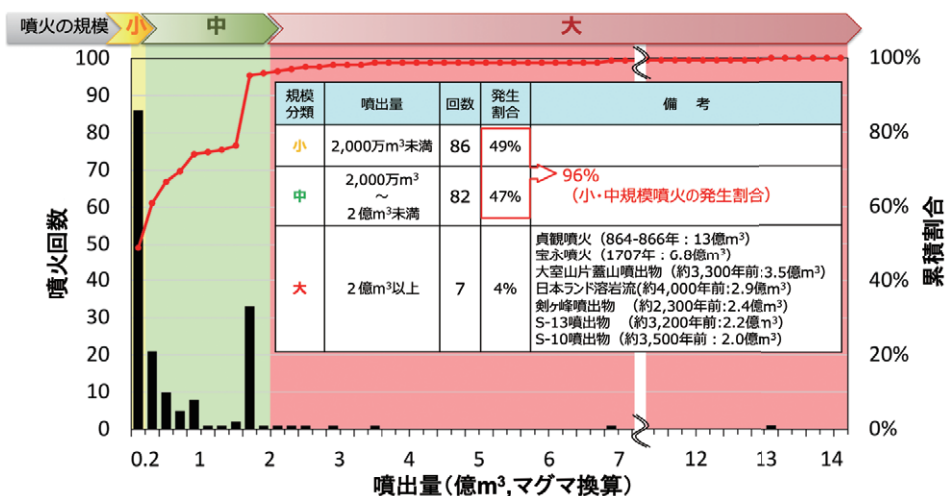


図-4.1.3 富士山ハザードマップ(改定版)が考慮対象期間とした過去5,600年間の噴火の規模と回数⁶⁾

4.1.3 各噴火現象の影響範囲

前節で述べた想定火口範囲内で噴火が生じた場合の影響範囲は、富士山の過去5,600年間の噴火で頻繁に発生してきた7種類の加害現象(溶岩流, 火砕流, 融雪型火山泥流, 大きな噴石, 小さな噴石, 降下火山灰, 降灰後土石流)のそれぞれについて以下のように推定された。

(1) 溶岩流

溶岩流については、小・中・大のそれぞれの規模の最大値(2,000万m³, 2億m³, 13億m³)を用いて、コンピュー

タ上で溶岩流出の数値シミュレーションが実施された。その際の想定火口(計算開始点)は、防災上もっとも厳しい条件とするために、最大規模別に描かれた想定火口範囲の外周上に置かれた(図-4.1.4)。

次に、数値シミュレーション結果(ドリルマップと呼ぶ)すべての中から、規模の大小と関係なく火口からもっとも短時間で溶岩流が達した地点を選んで等時線を描くことにより、富士山麓の任意の地点において溶岩流が最短で到達する時間とその範囲を色分けした図(溶岩流の可能性マップ)が作成された(図-4.1.5)。

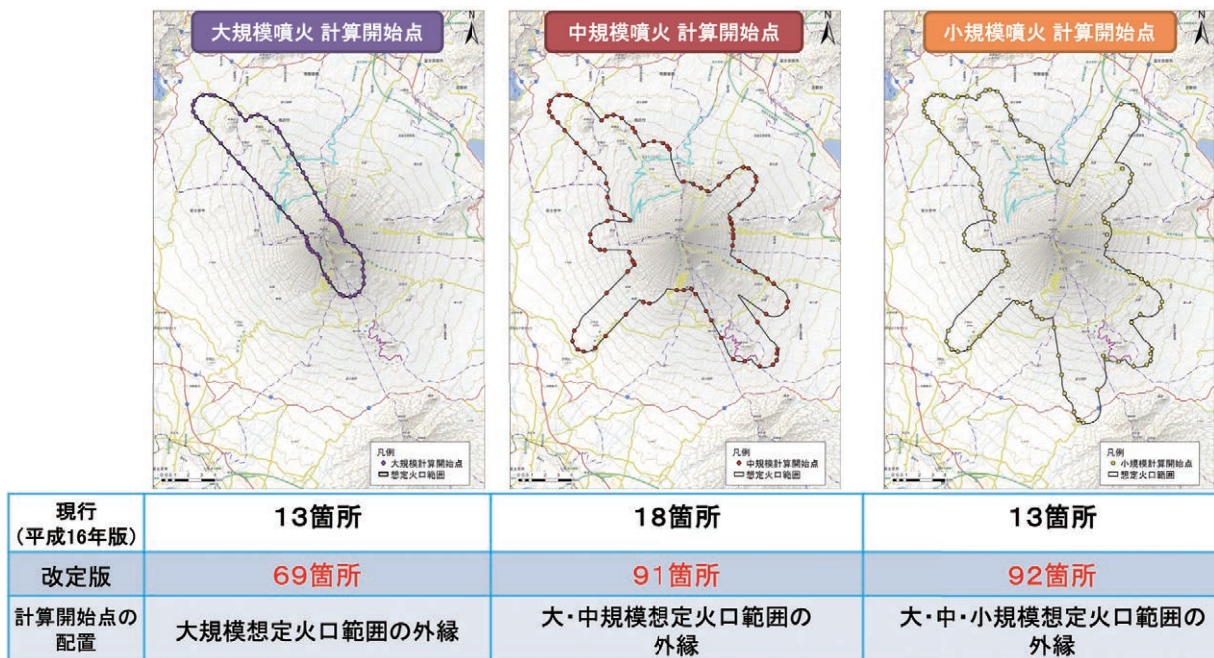


図-4.1.4 溶岩流の数値シミュレーションにおいて仮の火口として置かれた計算開始点の位置と数⁶⁾

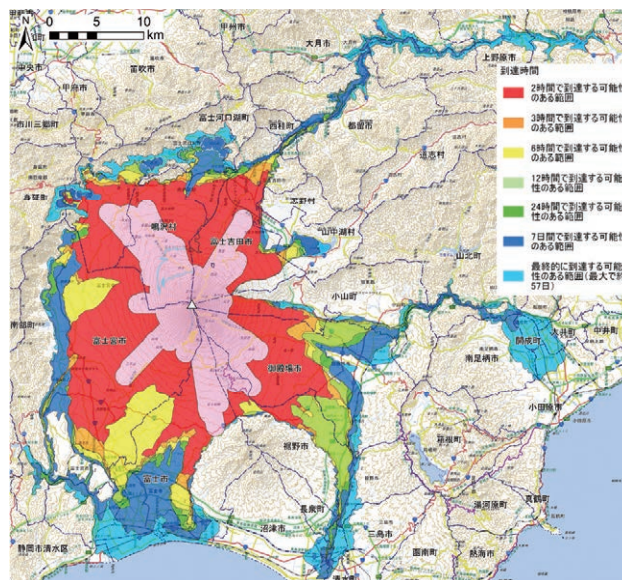


図-4.1.5 溶岩流の可能性マップ⁶⁾

(2)火砕流

富士山の火砕流の発生頻度は他の玄武岩質火山に比べて高く、急斜面にたまった噴出直後の高温の堆積物が崩壊して火砕流が発生するためと考えられている。そこで、噴火堆積物の安定角のデータにもとづいて、30度以上の急傾斜をもつ区域(火砕流発生可能領域)を抽出し、その範囲に火口が開いて火砕流が発生した場合の数値シミュレーションが実施された(図-4.1.6)。

数値シミュレーションに用いた火砕流の想定最大規模については、2004年初版では当時判明していた最大火

砕流と同じ240万 m^3 が仮定された。その後新たに発見された規模の大きな火砕流にもとづいて、2021年改定版の想定最大規模は2004年初版の約4倍の1,000万 m^3 となった。

次に、最大到達範囲の包絡線を描くことにより、富士山において火砕流(+火砕流にともなう火砕サージ)の到達可能範囲(火砕流の可能性マップ)が作成された(図-4.1.7)。なお、火砕サージの到達範囲は、他の火山での実績値にもとづいて火砕流の先端からさらに1kmの範囲とされた。

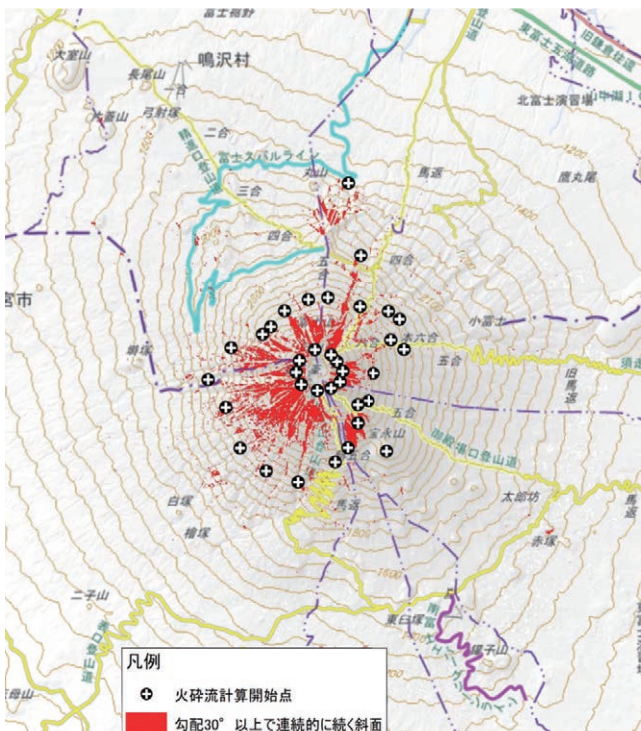


図-4.1.6 火砕流の数値シミュレーションにおいて仮の発生点として置かれた計算開始点の位置(35地点)⁶⁾

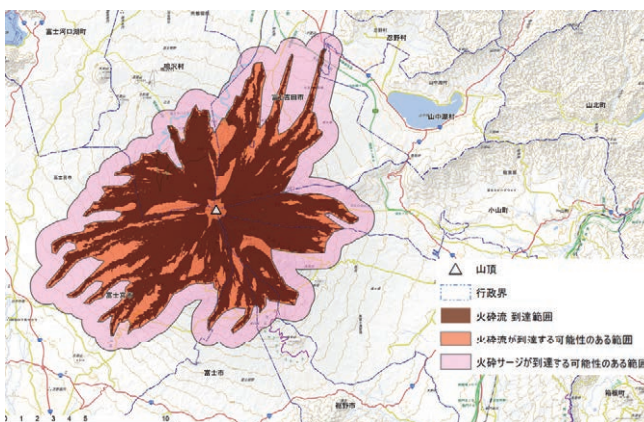


図-4.1.7 火砕流(+火砕サージ)の可能性マップ⁶⁾

(3)融雪型火山泥流

富士山麓にはおびただしい数の泥流・土石流堆積物の分布が知られており、その中に融雪型火山泥流が含まれる可能性がある。そこで、積雪期に起きた火砕流によって雪が溶かされた結果(平均積雪深を50cmと仮定)、火砕流到達域(図-4.1.7)の先端から融雪型火山泥流が発生すると数値シミュレーションをおこない、融雪型火山泥流の到達範囲と最短到達時間のそれぞれの可能性マップが作成された(図-4.1.8, 4.1.9)。

また、融雪型火山泥流に関しては、その到達範囲の全てが致命的になるとは限らないことから、避難範囲の判断に役立たせるために危険度を次の3つ、すなわち

- ・十分な注意を払った上で徒歩による避難が可能な区域(流速が1m/s未満かつ流動深が0.2m未満)
- ・事前の避難または建物内での垂直避難が必要な区域(建物の倒壊や2階への浸水は免れる区域)
- ・事前の避難が必要な区域(建物の倒壊または2階への浸水の恐れがある範囲)

に区分した数値シミュレーション結果の重ね合わせ図(危険度区分)(図-4.1.10)も作成された。

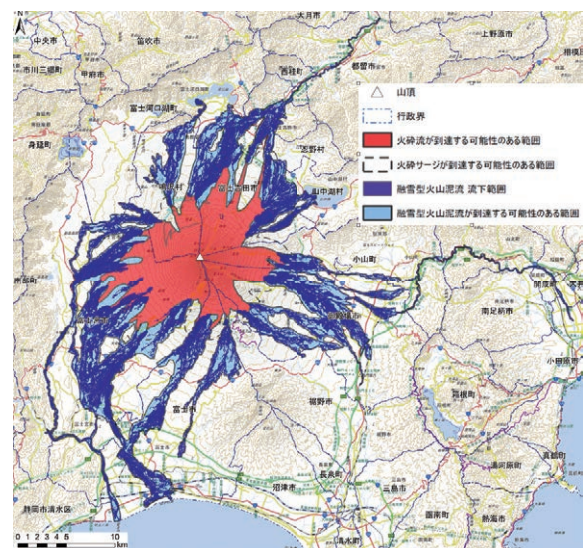


図-4.1.8 融雪型火山泥流の可能性マップ(到達範囲)⁶⁾

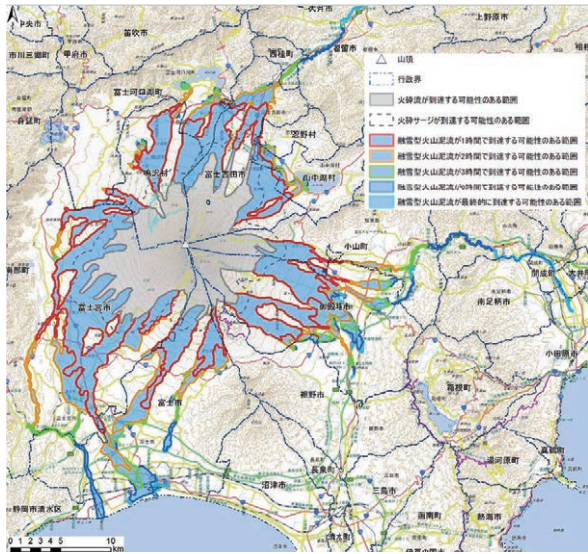


図-4.1.9 融雪型火山泥流の可能性マップ(到達時間)⁶⁾

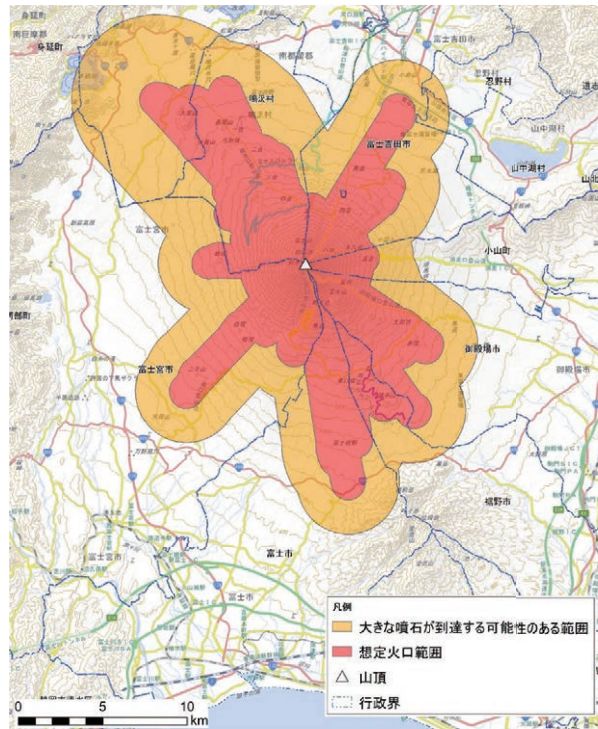


図-4.1.11 大きな噴石の可能性マップ⁶⁾

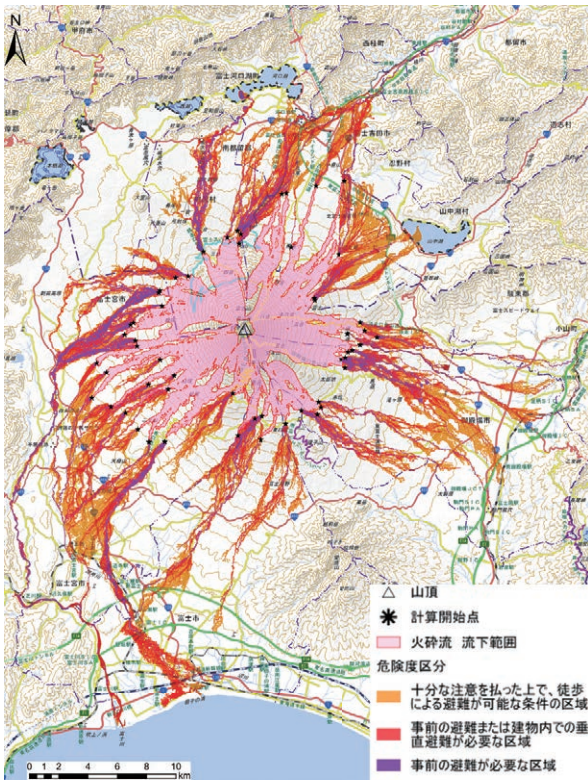


図-4.1.10 融雪型火山泥流の可能性マップ(危険度)⁶⁾

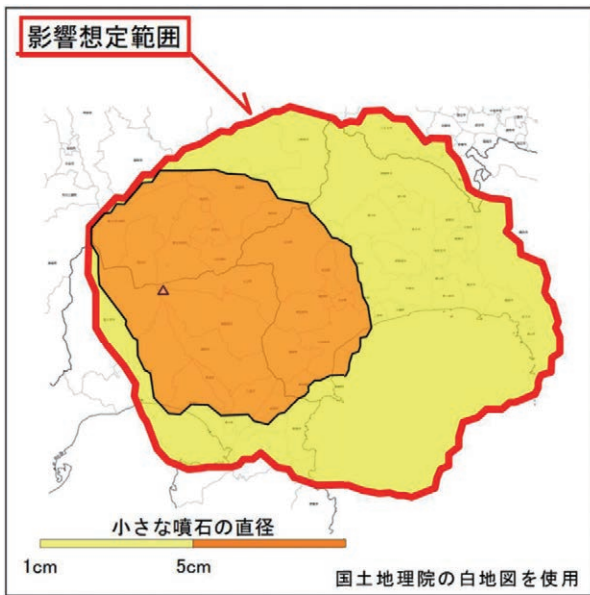


図-4.1.12 小さな噴石の影響想定範囲⁷⁾

(4)大きな噴石

大きな噴石については、国内外の火山の実績にもとづけば火口から2km(とくに大規模・爆発的な噴火においては4km)以内に落下する場合がほとんどであるため、富士山においては想定火口範囲(図-4.1.4)の外周から、大規模噴火の場合4km、中小規模噴火の場合2kmの範囲が、大きな噴石の到達しうる範囲(大きな噴石の可能性マップ)とされた(図-4.1.11)。

(5)小さな噴石

2節で述べたように、小さな噴石は条件によっては直径数cmの緻密な岩片が時速100km以上の終端速度で地表に降り注ぐため、屋内退避が鉄則となる。しかしながら、富士山を含む多くの火山のハザードマップにおいて小さな噴石は降灰と一括した厚さ分布のみが表示されているため、小さな噴石に対する警戒心が抜け落ちやすい。ハザードマップ2004年改定版の報告書では、1707年宝

永噴火の際に実際に降り積もった小さな噴石のうちの緻密な岩片の最大粒径の等値線図が示され、それに対する注意の必要性が示されてはいるが、小さな噴石の可能性マップは描かれていない。

このことは富士山の避難計画を立てる際に支障となり、気象庁による数値シミュレーションの結果に基づいた「小さな噴石の影響想定範囲」が避難対策の基礎とされている(図-4.1.12)(5.2.1節参照)^{注)}。

注)避難計画の資料には小さな噴石の密度の計算条件が示されていないが、筆者が気象庁に確認したところ平均密度を1.0g/立方cm(つまり平均的なスコリアの密度)との回答を得た。

(6)降下火山灰

ハザードマップ2004年初版の作成時に、気象庁が蓄積していた高層気象データを用いて、1月～12月の各月にそれぞれ1707年と同規模の爆発的噴火が生じたとし、それぞれの月の降灰分布が数値シミュレーションによって求められた。その結果から、年間を通じての各地点での最大降灰厚さを抜き出して等厚線図として描き直し、降下火山灰の可能性マップが作成された(図-4.1.13)。なお、このマップは2021年改定版でもそのまま踏襲された。

つまり、降下火山灰の可能性マップは、任意の季節に宝永噴火と同規模(マグマ噴出量換算で7億 m^3)の大規模な降灰が生じた場合の、最大降灰厚さを予測したものである。あくまで想定最大規模を仮定した場合のマップである点に注意が必要である。

(7)降灰後土石流

火山噴火による降灰中や降灰後にまとまった降雨があった場合、土石流の発生はまず避けられない。富士山においても1707年宝永噴火にともなう土石流やそれに付随する河川氾濫などの頻発が知られている。その際、10cm以上の降灰厚さがあった地域内に土石流の発生が限られたことから、降下火山灰の可能性マップ(図-4.1.13)上において10cm以上の降灰厚さをもつ範囲内にある土石流危険渓流とそれに伴う土砂災害警戒区域が降灰後土石流の可能性マップとされた(図-4.1.14)。



図-4.1.13 降灰の可能性マップ^{2),6)}

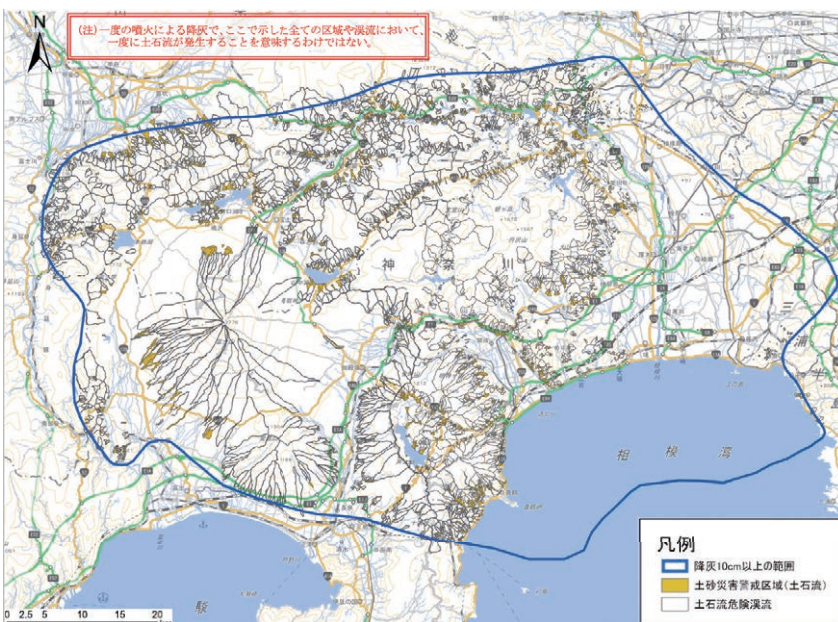


図-4.1.14 降灰後土石流の可能性マップ⁶⁾

4.2 「ハザード統合マップ」と真のハザード統合マップ

以上のように、噴火に伴って生じる加害現象毎の影響範囲である可能性マップが作成された。しかし、現象毎のマップが別個に描かれていると、実際にマップ上のある地点にどのようなリスクがあるかを一目で知ることは難しく、避難計画の立案も困難である。よって、現象毎の可能性マップをもととして、内側から外側に向かって段階的に避難行動の緊急度が下

がる4区分, すなわち

- 1) 想定火口範囲
- 2) すぐに避難が必要な範囲(火砕流の到達可能性, 大きな噴石の到達可能性, 溶岩流の3時間以内の到達可能性のいずれかに該当)
- 3) 溶岩流の24時間以内の到達可能範囲
- 4) 積雪期の融雪型火山泥流に注意が必要な範囲

を塗り分けた地図が「ハザード統合マップ」として描かれた(図-4.2.1)。

しかしながら, この地図には溶岩流の24時間以上の到達可能範囲のほか, 小さな噴石の影響範囲(図-4.1.12), 降下火山灰の可能性マップ(図-4.1.13), 降灰後土石流の可能性マップ(図-4.1.14)が描かれていない点に注意が必要である。したがって, それらについても1枚の地図に統合した真のハザード統合マップ(煩雑を避けるために降灰可能性マップのうち厚さ50cmの範囲を省略し, 降灰後土石流の可能性マップについてはその発生可能範囲である降灰厚さ10cmの範囲のみを描く)が図-4.2.2となる^{注)}。

注) 想定火口範囲と全溶岩流の到達範囲は, 富士山火山避難基本計画の第1次避難対象エリアと第2次～第6次避難対象エリアにそれぞれ相当する(5.1.1節参照)。

4.3 数値地図の精細化による影響

噴火現象の影響範囲の形状や広がりやを左右する重要な要素の一つは, 噴火現象の数値シミュレーションに用いる地形データ(数値地図)の解像度である。2004年初版作成時の数値シミュレーションに用いた数値地図は, 溶岩流が200mメッシュ(200mおきに1点の標高データ), 火砕流と融雪型火山泥流が50mメッシュであった。このためメッシュサイズより細かな谷地形があっても計算上は無視されてしまい, 到達距離の過小評価が生じていた(図-4.3.1)。

その後のコンピュータの計算速度の劇的な進歩を反映し, 2021年改定版作成時に用いられた数値地図が溶岩流・火砕流・融雪型火山泥流ともに20mメッシュとなった結果, 細い谷に沿って遠方まで到達しやすくなった(図-4.3.2に中規模溶岩流

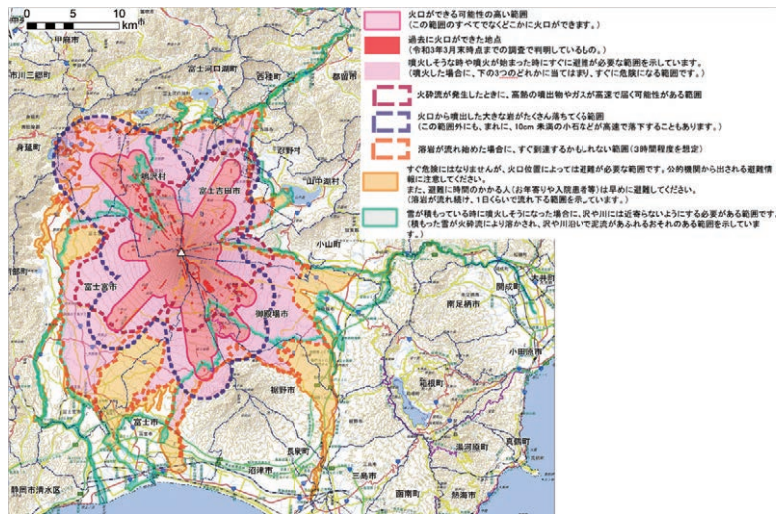


図-4.2.1 「ハザード統合マップ」⁶⁾

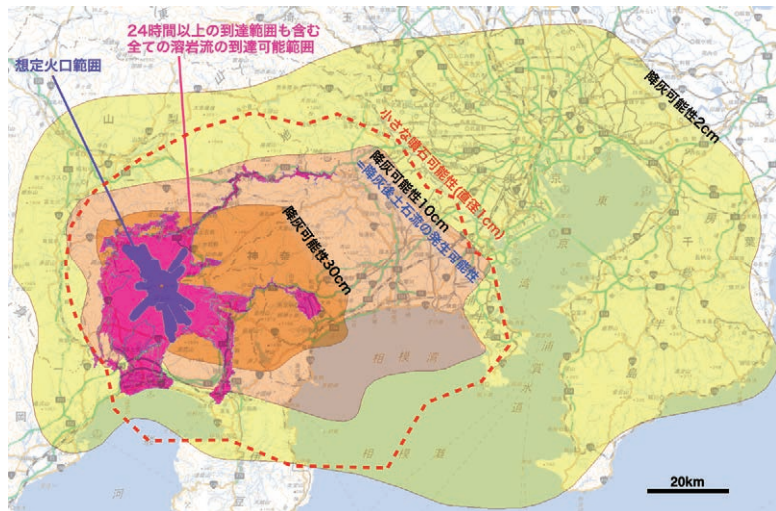


図-4.2.2 真のハザード統合マップ(筆者作成)
背景は地理院地図

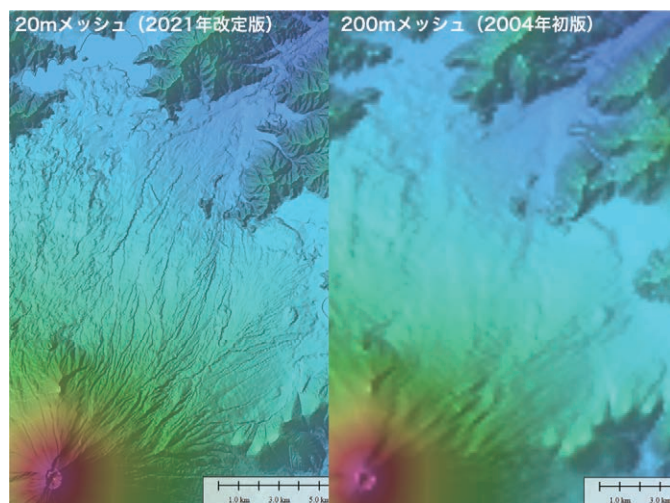


図-4.3.1 数値地図の地形解像度の比較例
(国土院の数値地図を用いて筆者が作成)

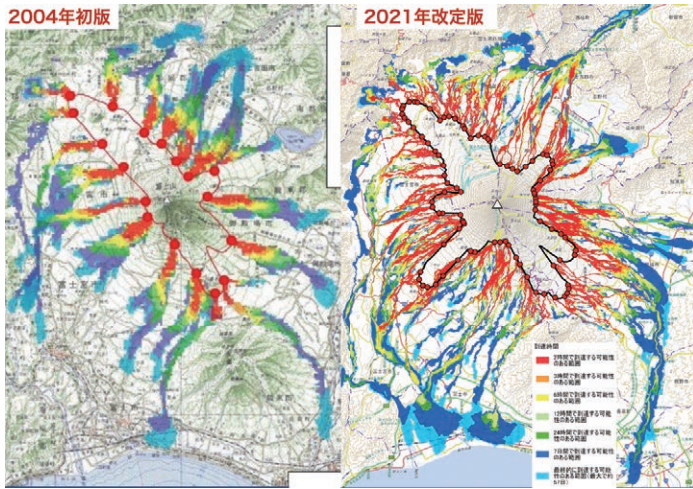


図-4.3.2 富士山ハザードマップ(初版²⁾および改定版⁶⁾作成時の中規模溶岩流シミュレーション結果(ドリルマップ重ね合わせ図)の比較

のドリルマップ比較図を示す)。2021年改定版では、中小規模の噴火でも影響範囲が初版と比べて大幅に拡大した場所があるのは、主にこの理由による。

4.4 数値シミュレーションとハザードマップの限界

精細な地形を反映したシミュレーション結果は一見リアルであり、あたかも未来の被災範囲を予見したように見えるが、注意が必要である。こうしたシミュレーションは、すべて単純化した物理モデルにもとづいている。たとえば、溶岩流は「ピンガム流体」と呼ばれる粘性の大きい液体の流れ、火砕流は硬い粒子が斜面を一団となって転げ落ちる「粒子流」と呼ばれる流れを仮定している(数値シミュレーション方法の詳細については2004年初版²⁾ならびに2021年改定版⁶⁾のハザードマップの報告書を参照)。

しかしながら、実際の自然現象は複雑である。溶岩流の場合は、冷え固まった外殻の内部に溶岩トンネルができ、その保温効果によって遠方まで溶岩が到達することがあり、実際の富士山の溶岩にも多数の溶岩トンネルが存在する。火砕流の場合は、内部に取り込まれた気体によって構成粒子が浮遊状態となって遠方まで到達する。溶岩トンネルの効果も、気体による浮遊効果のどちらも数値シミュレーションに用いた物理モデルには取り入れられていない。つまり、シミュレーションは必ずしも現実の複雑な自然現象を再現できていないわけではない。

そのため、溶岩流の場合は「冷却効率」、火砕流の場合は「粒子間摩擦係数」という係数(どちらも流れの停止タイミングに深く関わる)を変化させ、過去の富士山で生じた事例とマッチする数値の選定を試み

たが、すべての事例を過不足なく満たす数値は得られなかった。結果として選んだ数値は、大きなばらつきを許容した上での平均的なものとなっている。この結果、たとえばシミュレーションによる溶岩流の到達距離は、過去事例の到達距離とよく合うものがある一方で、まったく満たなかったり、大幅に超えたりしているものもある(図-4.4.1)。

つまり、数値シミュレーションの結果は目安程度のものであり、それにもとづいて描かれたハザードマップの影響範囲も目安に過ぎないことを十分理解しておく必要がある。たとえば、自分の家や職場が影響範囲のぎりぎり外にあって助かったとか、少し内側に入ったので悲しいなどの議論は、ハザードマップの精度を考えれば意味のないことである。

以上説明したように、ハザードマップはほんらい大雑把なものであり、その限界を十分わきまえた上で避難計画や事業継続計画を立てる上の目安とすべきである。



図-4.4.1 溶岩流の数値シミュレーション結果と過去の溶岩流の到達範囲の比較⁶⁾

5 住民・観光客の避難計画

ハザードマップに基づいて、富士山を含む日本各地の火山周辺の住民や観光客の避難計画が整備されている。2021年改定版のハザードマップをベースとして2023年に策定された富士山火山避難基本計画⁷⁾(その後の静岡県地域防災計画²⁰⁾での一部変更点も加える)を例として解説する。

富士山噴火時の避難対策は、火山災害警戒地域(4節参照)内における避難対策(主として立ち退き避難)と、火山災害警戒地域外も含む広域的な避難対策(屋内退避も含む)の2つに分けられる。

5.1 火山災害警戒地域内における避難対策

5.1.1 避難対象エリアと住民・観光客の避難指針

まず、4.2節で述べた2021年改定版ハザードマップの4区分をベースとし、溶岩流の24時間以上の到達可能範囲を2区分した合計6区分を第1次～第6次避難対象エリアとして(表-5.1.1, 図-5.1.1), それぞれの区分内にいる人々の立場(観光客等, 避難行動要支援者, 一般住民)の避難時期・移動手段・避難先を定めたものが計画の基本である。

表-5.1.1 富士山の避難対象エリアの6区分
(その後の静岡県地域防災計画²⁰⁾での改正点も加えた)

第1次避難対象エリア
・想定火口範囲
第2次避難対象エリア: 次のいずれかに属する範囲
・火砕流または大きな噴石の到達可能範囲 ・積雪期において融雪型火山泥流の到達可能範囲のうち危険度が「事前の避難が必要な区域」に属する範囲(4.1.3節(3)参照) ・静岡県内においては、溶岩流の1時間以内の到達可能範囲(溶岩流下によって孤立が見込まれる範囲を含む)
第3次避難対象エリア
・溶岩流の3時間以内到達可能範囲(静岡県内においては、第2次避難対象エリアに属する溶岩流の1時間以内到達可能範囲ならびに溶岩流下によって孤立が見込まれる範囲を除く)
第4次避難対象エリア
・溶岩流の3～24時間到達可能範囲
第5次避難対象エリア
・溶岩流の1～7日間到達可能範囲
第6次避難対象エリア
・溶岩流の7日間を超える(最大で約57日間)到達可能範囲

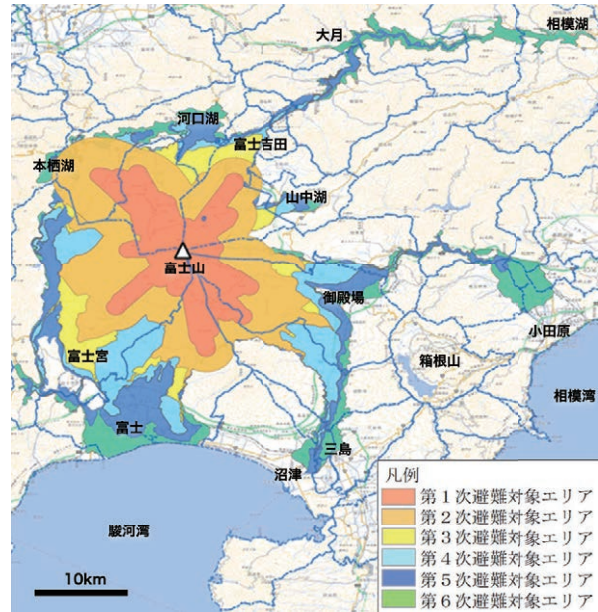


図-5.1.1 富士山の避難対象エリアの6区分²⁰⁾に地名を加筆

住民の避難行動は噴火警戒レベルが3以上となった場合に開始されるが、それに先立ってレベルが1であっても3節で述べた「火山の状況に関する解説情報(臨時)」が発表された時点で第1次～第4次避難対象エリアにいる観光客・登山者に帰宅が指示される。これは五合目以上の登山道(すべて第1次避難対象エリア)にいる登山者の避難に時間を要すること、住民避難に備えて事前に第2次～第4次エリアの滞在人口を可能な限り減少させておくためである。

避難すべき範囲は、噴火前から噴火開始直後までは事態の悪化(噴火警戒レベル1の段階では火山の状況に関する解説情報(臨時)の発表, その後は噴火警戒レベルの数字の増加)に従って山頂から全方位へと広がっていくが、火口位置や噴火の状況が定まった後(噴火状況判明後)は、危険が予測される範囲(流下方向)のみに避難範囲が縮小される(図-5.1.2)。

避難手段は、第1次～第2次避難エリアは自動車での避難, 第3次～第6次エリアは避難路の渋滞を避けるために徒歩避難(ただし、自転車やオートバイでの避難を含む)が原則であるが、避難行動要支援者についてはどの避難エリアでも自動車避難が許されている。

避難先は自治体の地区ごとに定められているので、自治体からの指示に従えばよいが、溶岩流や融雪型火山泥流は谷や川に沿って流れ下るので、周囲の地形を把握しておくことも重要である。谷間や川沿いに留まることや、それらを横断するルート避け、谷間や川筋と直角方向に最寄りの高台を目指せば、最短時間で危険範囲の外に出ることができる(図-5.1.3)。

噴火警戒レベル等	避難エリア	登山者・観光客	避難行動要支援者	一般住民
火山の状況に関する解説情報(臨時)	第1次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第2次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第3次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第4次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第5次エリア	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第6次エリア	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
レベル3	第1次エリア	帰宅	車避難	車避難
	第2次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第3次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第4次エリア	帰宅	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第5次エリア	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
	第6次エリア	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(車避難可)
レベル4	第1次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第2次エリア	帰宅済み	車避難	車避難
	第3次エリア	帰宅済み	車避難	情報収集(徒歩避難可)
	第4次エリア	帰宅済み	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
	第5次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
	第6次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
レベル5	第1次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第2次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第3次エリア	帰宅済み	避難済み	情報収集(徒歩避難可)
	第4次エリア	帰宅済み	避難準備	情報収集(徒歩避難可)
	第5次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
	第6次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
噴火直後	第1次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第2次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第3次エリア	帰宅済み	避難済み	危険地域では避難開始
	第4次エリア	帰宅済み	危険地域では避難開始	情報収集(徒歩避難可)
	第5次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
	第6次エリア	情報収集(徒歩避難可)	情報収集(車避難可)	情報収集(徒歩避難可)
噴火状況判明後	第1次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第2次エリア	帰宅済み	避難済み	避難済み
	第3次エリア	帰宅済み	避難済み	流下方向は徒歩避難
	第4次エリア	帰宅済み	流下方向は車避難	流下方向は徒歩避難
	第5次エリア	流下方向は帰宅	流下方向は車避難	流下方向は避難
	第6次エリア	流下方向は帰宅	流下方向は車避難	流下方向は避難

図-5.1.2 富士山の避難対策の全体像

火山の状況に関する解説情報(臨時)と噴火警戒レベル、避難対象エリア、避難者の立場による行動指針の整理。富士山火山避難基本計画⁷⁾をもとに筆者が作成

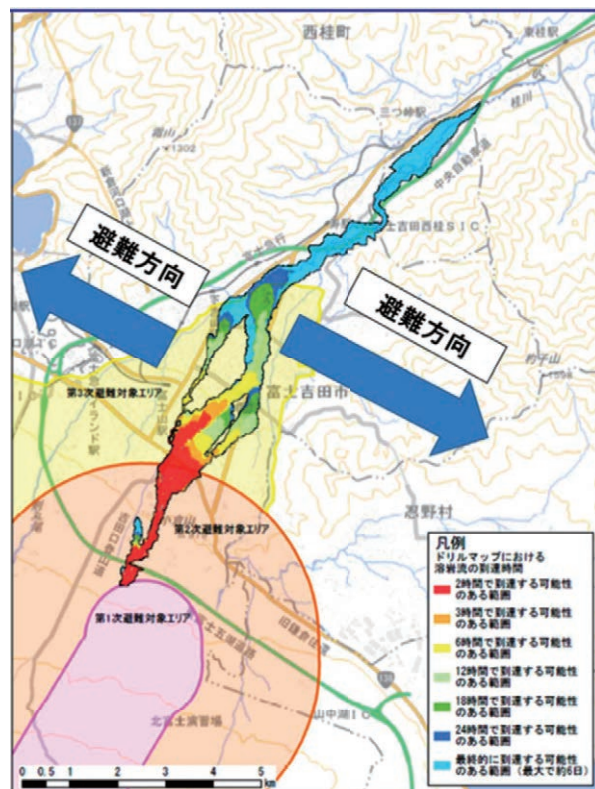


図-5.1.3 溶岩流・融雪型火山泥流からの避難の原則(流路の横断を避けて近くの高台へ避難)⁷⁾

5.1.2 溶岩流の流下パターンの利用

富士山火山避難基本計画の策定後、静岡県側においては想定火口範囲をA～Oの15に区分し、溶岩流からの避難に役立つこととなった。この区分は、溶岩流の24時間以内の流下範囲によって分類されたもので、火口位置がどの区分内にあるか判明した時点で、そこからの溶岩流の流下方向と範囲(流下パターン)が予測できるため、避難すべき範囲を判断する材料となる(図-5.1.4)。なお、火口位置のすみやかな特定は気象庁、リアルタイムハザードマップ等を用いた流下範囲の推定は国土交通省の役割とされている(富士山火山避難基本計画⁷⁾の3.9頁, 3.11頁)。

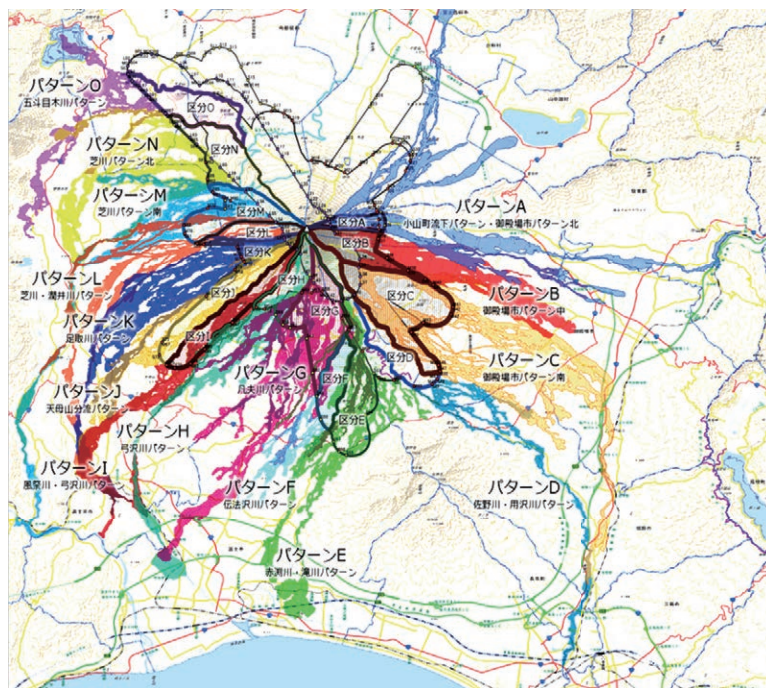


図-5.1.4 静岡県内における想定火口範囲の区分と流下パターン²⁰⁾

5.2 火山災害警戒地域外も含む広域的な避難対策

5.2.1 小さな噴石への対処

4.1.3節(5)で述べたように、小さな噴石の可能性マップは描かれていないため、気象庁が富士山上空で卓越する4風向(西南西, 西, 西北西, 北西)を仮定して小さな噴石の飛散の数値シミュレーションを行った。その結果を合成した結果(図-4.1.12)のうち、直径1cm以上の落下が想定される範囲を小さな噴石の影響範囲として、その中の住民・観光客に対して自宅や最寄りの建物への屋内退避を呼びかけることになった。

5.2.2 降灰への対処

降灰の影響想定範囲は、降灰可能性マップ(図-4.1.13)で2cm以上の降灰堆積深が想定される範囲と

されている。しかし、噴火開始前に噴火規模や噴火形態を知ることはできないため、降灰可能性マップで特に大規模な降灰が予想される地域では、火口から噴煙が立ち上った直後に緊急避難的に近隣の堅牢な建物に駆け込み、噴火状況を確認しながら避難の継続または帰宅して自宅内での屋内退避へ移行する方針が示された(図-5.2.1)。

屋内退避後に、緊急の場合は住民一人一人の判断により、ヘルメット、ゴーグル、マスクを着用し身を守りながら徒歩で別の安全な場所に移動する。緊急の場合とは、家屋倒壊の危険がある場合、溶岩流の流下範囲となる場合、近隣で火災が発生した場合、降灰後土石流の影響範囲となる場合、飲料水・食料が不足する場合などとされている。

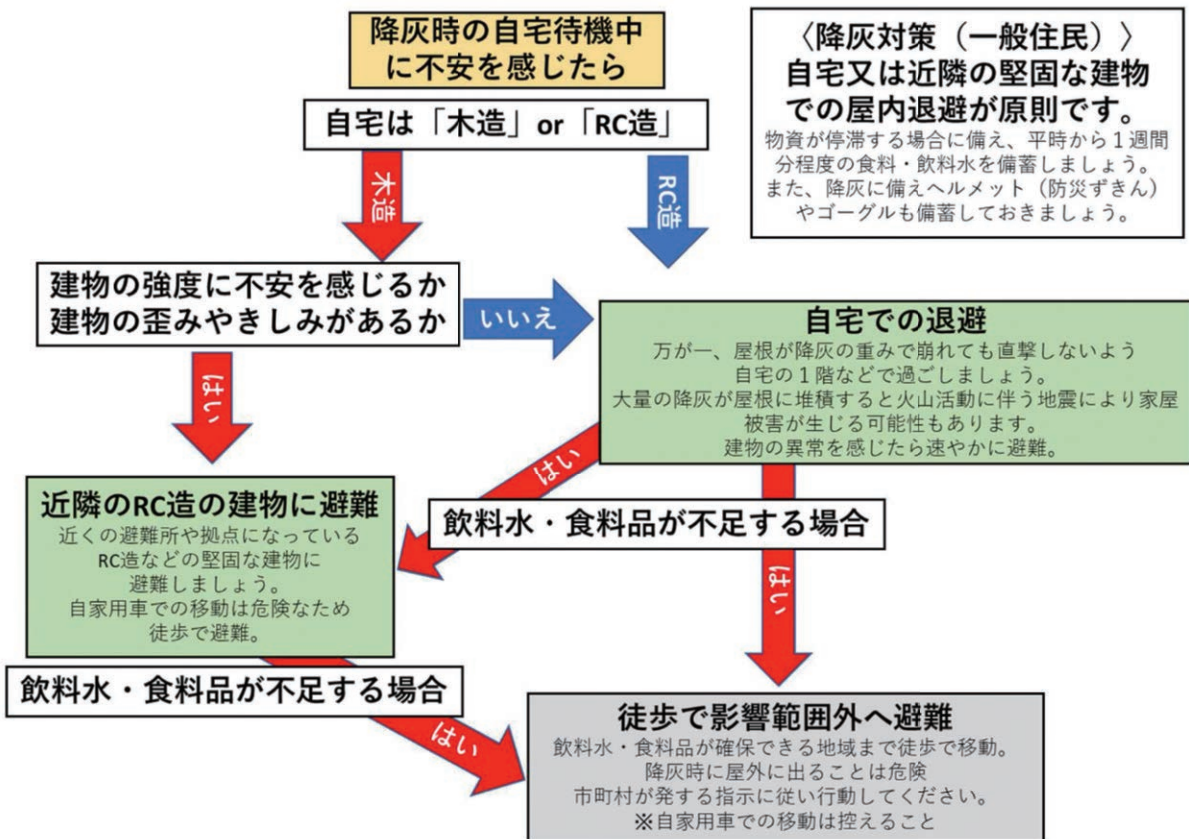


図-5.2.1 大規模降灰時の避難行動フローチャート⁷⁾

5.2.3 降灰後土石流への対処

降灰後土石流の可能性マップに示された土石流危険渓流とそれに伴う土砂災害警戒区域(図-4.1.14)が避難対象エリアとなる。降灰後に国土交通省が行う緊急調査により関係自治体等に通知される土砂災害緊急情報に基づいて避難開始基準が設定され、基準を超えた場合は

当該エリアに避難指示が発令される。

特に厚さ10cm以上の降灰が生じ、かつ時間雨量10mmを超える降雨が生じた場合には、降灰後土石流の発生危険性が高まるため、土砂災害関連の情報がなくてもすみやかに当該エリアから立ち退く必要があるとされている。

6 火山灰対策のガイドラインと「火山灰警報・注意報」への懸念

5.1節で述べた避難計画は火山災害警戒地域の自治体内の第1～6次避難対象エリアのみに適用されるものである(図-6.1)。しかし、大規模かつ爆発的な噴火が生じた場合、5.2節で述べた現象(降下火山灰と小さな噴

石、ならびに降灰後土石流)は、火山災害警戒地域内の避難対象エリアの外や、火山災害警戒地域に指定されていない自治体にも襲いかかる(図-4.2.2)。この範囲内には東京都区内を含む首都圏南部が含まれるため、被害規模が大きければ我が国の政治や経済に多大なダメージを与えかねない。それゆえ、その対策のための本格的な指針が必要となっていた。

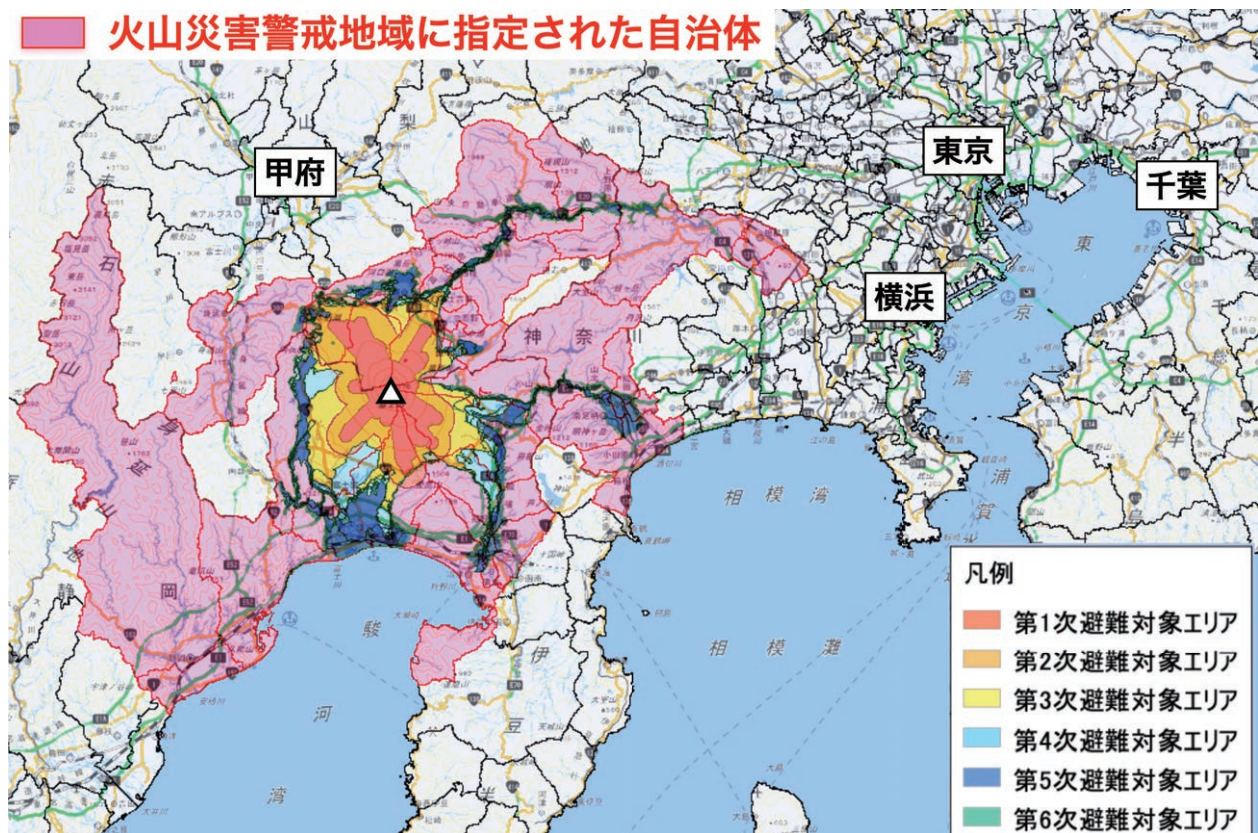


図-6.1 富士山に対する火山災害警戒地域と避難対象エリア(筆者による整理)。背景は地理院地図

内閣府は富士山の大規模かつ爆発的な噴火を想定した「首都圏における広域降灰対策ガイドライン」を2025年3月に取りまとめ、他の火山にも活用し得るものとしている²¹⁾。そこでは降灰厚さ30cm以上のステージ4、30～3cmのステージ3と2(被害の大小で区分)、3cm～微量のステージ1を設け、個々のステージに対する具体的な被害とその対策が示されている(図-6.2)。今後はこのガイドラインに基づいて自治体や事業者の具体的な対策が進むとみられる。

火山災害警戒地域外の火山灰対策を明確に定めたガイドラインの意義は大きい、なぜか小さな噴石に関する記述を全く欠いている。2.1節で述べたように、小さな噴石は条件によっては時速100km以上の終端速度で地

表に降り注ぐため、屋内退避が鉄則である。しかしながら、4.1.3節(5)でも述べたように、多くの火山で小さな噴石のハザードマップが明示されていないため、警戒心が抜け落ちやすい。小さな噴石の影響想定範囲の図(図-4.2.2)に示された通り、直径1cmの小さな噴石の降下範囲は横浜に達するほど広い点を意識すべきである。実際に、1707年宝永噴火時の藤沢と江ノ島では、噴火開始日(12月16日)に石が降ったとする記録が存在する²²⁾。

上記ガイドラインは、対策のトリガーとなる情報の導入を気象庁に求めている。これに応じて気象庁は「広域降灰対策に資する降灰予測情報に関する検討会」を開催して検討した結果、「火山灰警報・注意報」の導入方針を2025年3月に定めた²³⁾。

＜ステージに応じた被害の様相と広域降灰対策の基本的な考え方＞

事項	ステージ4	ステージ3	ステージ2	ステージ1
被害の様相 降灰量等	降灰量30cm以上 降灰後土石流が想定される範囲	降灰量3～30cm 被害が比較的大きい	降灰量3～30cm 被害が比較的小さい	降灰量微量～3cm
建物倒壊	木造家屋倒壊の可能性（降雨時）	体育館等の大スパンの大型建物は損壊の可能性		—
輸送・移動、物資・ ライフライン供給	道路通行・物資供給困難 ライフライン影響大（長期化）		道路通行・物資供給困難*1 ライフライン影響小	鉄道・航空機等運行停止 物資供給支障
住民等の*2 基本的な行動	原則避難	自宅等で生活を継続 (状況に応じ生活可能な地域へ移動)	自宅等で生活を継続	自宅等で生活を継続
	噴火直後は、自宅や堅牢な建物に退避	—	—	—
通院による人工透析や介護 サービスが必要な人等*3	原則避難	原則避難	自宅等で生活を継続 (状況に応じ医療の対応可能な地域へ移動)	自宅等で生活を継続
輸送・移動手段 及び物資供給	要救助者等がいる場合、 避難・救助を最優先 に確保	ライフライン復旧及び物資供給を 最優先 に確保	ライフライン復旧・維持を 最優先 に確保	除灰等の準備・ 影響ある分野は除灰開始
ライフライン分野の 対応	(域外に避難した地域は、 優先順位低)	障害が 長期化・影響が大きい 状況か ら、 少しでも早い復旧 に取り組む	早期の復旧 に取り組み、復旧後 は、ライフラインを 維持 する	影響は一部に留まるため、 復旧 及びライフラインの 維持 に取り組む

- *1：一時的に供給困難となることもあるが、応急対応により生活継続が可能な状況。
- *2：降灰中で視界が低下する等により屋外での行動が危険を伴う場合は、基本的に自宅等の屋内へとどまる。健康被害防止のため、屋外での行動時にはゴーグル及びマスクの着用等の対策が望ましい。呼吸器疾患等の持病等を持つ人は特に留意。
- *3：降灰に伴う社会活動の低下等により自助・共助による生活が継続できず直ちに生命に危険が及ぶ人を想定（例：通院による人工透析患者や介護サービスが必要な人等）。要配慮者のうち、自宅等で生活を継続可能な人は、一般住民と同様の行動をとる。

図-6.2 首都圏における広域降灰対策ガイドライン²¹⁾に示された降灰被害のステージ分けと対策の基本的考え方

すでに気象庁は火山灰と小さな噴石についての情報を一括して降灰予報として発表している²⁴⁾。しかし、降灰は火山灰の降下を意味するので、本来ならば「降灰・降礫予報」などとすべきであって名称に矛盾がある。その上、現行の降灰予報は火山灰の厚さ1mm以上を「多量」として一括し、小さな噴石は降下範囲を示すだけで、真に重

大な降灰や降礫を警告する機能を有していない。

こうした欠点を持つ降灰予報の高度化を目指すのが「火山灰警報・注意報」であり、技術的な実現性や精度の問題は別として、趣旨は理解できる。その導入方針では上記ガイドラインの各ステージに応じた警報・注意報の出し方を定めているが、名称の矛盾は放置し、結果とし

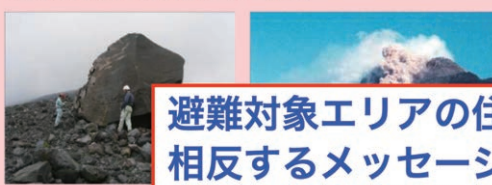



現行の噴火警報と火山灰に関する警報との比較		気象庁 Japan Meteorological Agency
	噴火警報（現行）	火山灰に関する警報（新規検討）
対象現象	大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等の避難までの時間的猶予がほとんどない現象 	火山灰 
避難対象エリアの住民にとっては相反するメッセージが重複して届く		
時間スケール・被害	噴火直後から 生命に危険を及ぼす甚大な被害 が発生	噴火数分後から 日常生活に影響を及ぼす被害 が発生 時間の経過とともに被害が拡大（生命に危険を及ぼす可能性あり）
対象範囲	火山の周辺地域（火山災害警戒地域） 事前に想定された 特定の範囲 が基本	主に風下側の 広範囲 風向き等の影響により 対象範囲は流動的
住民の対応	予想される噴火の規模に応じた現象の 影響範囲からの退避 。 	できる限り降灰域内に留まって自宅等で生活を継続することを基本 。 状況によって命の危険がある場合は降灰の影響域外への移動を検討。 

図-6.3 噴火警報と「火山灰警報・注意報」の比較²³⁾の資料に加筆

て小さな噴石への注意不足を招いている。

そもそも内閣府のガイドラインには上記の4つのステージに対応するハザードマップ(可能性マップ)が示されておらず、どの範囲で事前に何を警戒・注意すべきかや、火山災害警戒地域の避難対象エリアとの関係が不明瞭である。なお、既存の富士山の降灰可能性マップに厚さ30cmの等層厚線はあるが、厚さ3cmの線は描かれていないため上記ステージ区分との間には齟齬がある。

さらに、火山災害警戒地域にとっては従来の噴火警報と「火山灰警報・注意報」が重複して発表されることになるため、情報が複雑かつ難解となり、噴火警報の緊急性や重大性が薄れかねない。避難対象エリアの住民にとっては立ち退き避難を促す噴火警報と、屋内退避を呼びかける「火山灰警報・注意報」という相反するメッセージが重複して届くことになってしまう(図-6.3)。

よって以下の3点を提案したい。

1. 小さな噴石・降灰・各種流れ現象を統合した真のハザード統合マップ(4.2節参照)を示した上でガイドラインの各ステージとの関係も示し、すべての噴火リスクを可視化する。

2. 「火山灰警報・注意報」の名称の改善も含め、小さな噴石のリスクを明示する。

3. 噴火警報との重複を避け、「火山灰警報・注意報」の中身は噴火警報に含める。それに従って、火山災害警戒地域以外の自治体も噴火警報への対応を地域防災計画に明記する。

なお、筆者が確認したところ、すでに東京都、多摩市、埼玉県、千葉市の地域防災計画には富士山噴火時の降灰対策が記述されている。

7 富士山噴火に備えた事業継続計画

富士山麓には広い土地を確保しやすいこと、首都圏に近いこと、主要幹線道へのアクセスが容易なこと、地下水が豊富などの理由から、多数の事業体が立地している。富士山が噴火した際(噴火未遂も含む)の被害や影響を最小限にとどめ、事業復旧への時間を最短とするために、これらの事業体は事前に事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)を定めておくことが望ましい。

しかしながら、火山噴火危機を想定した事業継続計画の公的なガイドラインは、いまだに見当たらない。富士山のハザードマップや避難計画の検討委員として得た筆者の知識と経験、ならびに実際に事業体の事業継続計画に助言した経験に基づいて、噴火危機に対する事業継続計画の考え方を以下にまとめてみた。

7.1 事業体の拠点が火山災害警戒地域内の場合

7.1.1 基本的な留意点

まず注意すべきは、事業体の拠点施設が火山災害警戒地域の自治体内にあって噴火の影響範囲となる場合は、その自治体の避難計画の対象となるため、立ち退き避難のリスクがあることである。よって拠点施設やその物流ルートがどの避難対象エリアに属するかをまず把握し、どのような条件で避難指示が出るかを理解しておくことが重要である。

なぜなら、避難指示が出された時点で拠点施設から完全に立ち退かなければならないので、それまでにできることを終えておく必要がある。たとえ拠点施設に影響がなくても物流ルートが避難指示範囲となって遮断されてしまった場合には、代替のルートや手段を用意しなければならないだろう。また、避難指示が解除された後はすみやかに拠点施設に戻り、被害や安全を確認した上で業務の再開作業を実施することになるため、そのための具体的なプランも盛り込んでおく必要があるだろう。

なお、事業体の拠点施設が一定規模の集客施設の場合は、自治体の避難計画に準じた避難確保計画²⁵⁾の策定義務があるので、その点にも注意が必要である。

7.1.2 被災シナリオの重要性

4.4節で述べたようにハザードマップの精度は高くないが、それでも地域全体のおおまかな噴火災害リスクの地理的分布を示しているため、そこから自分の住居や職場が直面する加害現象の種類や程度を読み取ることができる。

しかしながら、現実の噴火危機に対応するためには、その情報だけでは不十分である。自分の家や事業所のある地区が、具体的にどのようなプロセスを経て避難の現実

化や被災に至り(あるいは被災から免れ), やがて噴火危機の終了に至るかを時系列でとらえ, 各時点での方策や備えを事前に考えておく必要がある。こうした状況推移と対応の時系列は「タイムライン」と呼ばれることもある。

台風などの他の自然災害と比べて火山噴火のシナリオは多様かつ多岐にわたるため, 噴火危機のタイムラインを想定することは一般に困難である。しかし, 実際の火山の避難計画や砂防計画では, 危険度と噴火警戒レベルが単純増加して噴火に至るシナリオを想定(噴火の規模や様式としては過去の履歴から典型的なものを仮定)した上で各時点での対応を記述している例が多い。ところが, 想定したシナリオは起きうる多様なシナリオ中のひとつに過ぎないため, 現実との乖離が生じた場合に, かえって対応の混乱や遅延を招く懸念がある。

7.1.3 富士山麓の被災シナリオ

前節で述べた問題意識に立ち, まず富士山を例として起こり得る多様な被災シナリオを一枚の図に集約・一般化した(図-7.1.1)。ここでは, 富士山噴火時に山麓の任意の地点で起こりうる状況の時系列を, T0(平常時)からT6(噴火開始)を経てT18(火山活動の終了)までの19時点に分けた。

3節で述べたように, 噴火危機ではその時々の火山の危険度を5段階で示す噴火警戒レベルが気象庁から発表される。火山の危険度は徐々に高まる場合もあれば, いきなり高まる場合もあり, 最悪の場合は何の事前情報もなく噴火に至ることもある。そのため, 噴火警戒レベルは徐々に上げられる場合もあれば, 途中の数値を飛ばす場

合もあり, 最悪の場合はレベルが1のまま噴火する。また, レベルを上げても噴火に至らない場合も数多くある。図-7.1.1では, こうした火山の危険度に関する情報発表の時系列の多様性を矢印の分岐によって表現した。

5.1.1節で述べたように, 富士山火山避難基本計画においては「火山の状況に関する解説情報(臨時)」が発表された時点で登山客・観光客に下山や帰宅が指示される(図-7.1.1のT2時点)。その後は噴火警戒レベルの数字の増加に従って避難範囲は山頂から全方位へと広がっていくが, 火口位置や噴火の状況が定まった後(噴火状況判明後)は, 危険が予測される範囲(流下方向)のみに避難範囲が縮小される(図-5.1.2)。

事業継続計画を策定する事業者の立場から見れば, 図-7.1.1で噴火前のT0時点のうちに, 噴火に対応した機材・資材の備蓄をおこなう必要がある。また, T1以後のどの時点で, どのような事態を想定し, どのような作業を行い, どのように従業員を避難させるかを決めておくことが重要である。少なくとも避難計画に従えばT1~T3の段階において第1次避難対象エリア外の居住地域に避難指示が出ることはないので, 事前に決めておいた手順に従って様々な作業を実行することが可能である。しかし, いったん事業者の拠点施設を含む地区に避難指示が出れば(T4~T14時点のどこか), ただちに立ち退く必要が生じるので以後は何もできなくなる。

噴火開始後のT6~T13の段階では, 拠点施設のある地区が徐々に噴火の影響を受ける。火口が遠ければ影響が及ばない場合もありえるが, 風向きによっては拠点施設内に降灰が生じるかもしれない。また, 拠点施設に

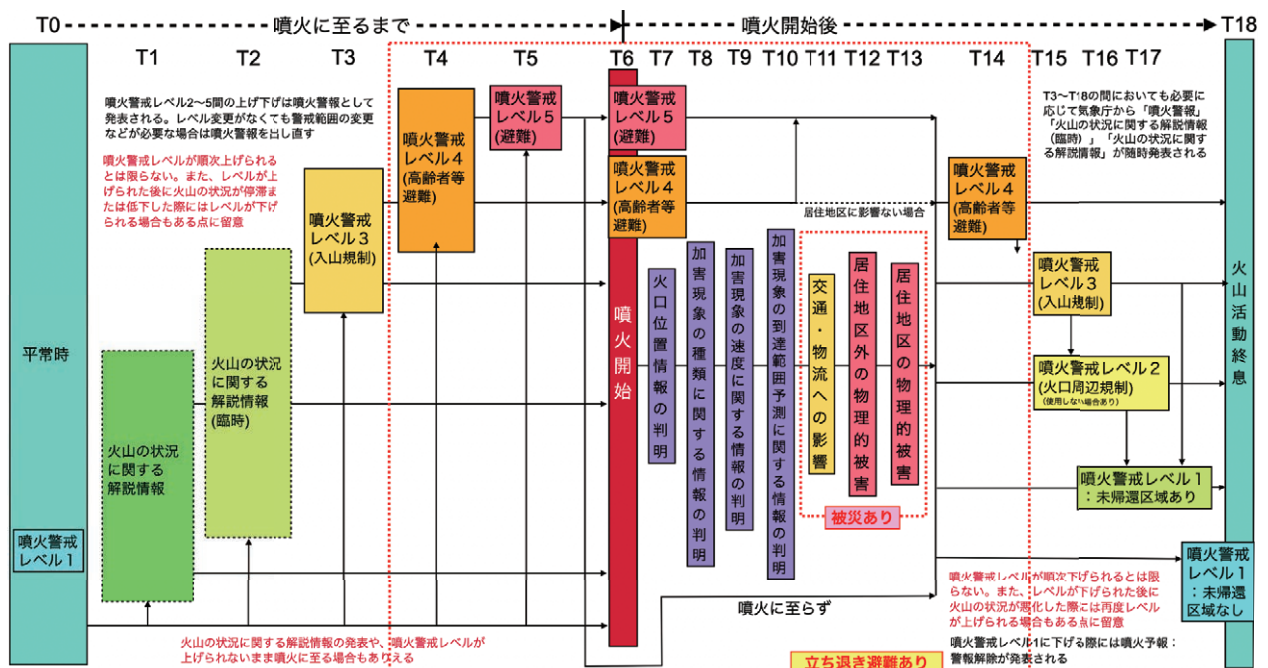


図-7.1.1 富士山噴火による山麓の任意地点の被災シナリオ²⁶⁾

影響がなくても、交通路の遮断によって物流ルートが遮断されるかもしれない。拠点施設の近傍や上流側に火口が生じるなどの悪い条件となれば、火砕流・融雪型火山泥流・溶岩流などの加害現象が接近し、拠点施設のある地区に避難指示が発令され、それらの現象によって拠点施設が被災する場合もある。

拠点施設に戻ることができるのはT11~14のどこかにおいて、火口位置や噴火の状況が判明し、拠点施設のある地区の避難指示が解かれた時点である。ここでも、まず誰が戻って何を確認し、どのような作業を行うかを事前に決めておく必要があるだろう。

7.1.4 計画策定の具体例

筆者が実際に助言を行った事業体の事業継続計画では、まずハザードマップ(2021年改定版)に基づいて富士山南西麓に立地する事業体の拠点施設に影響を及ぼしうる加害現象をすべてピックアップし、各現象の近接性と切迫性(または重大性)の2条件の組み合わせから施設の被災ケース(どの加害現象がどのように襲い、どのような被害が生じるか)を20ケース想定した上で、各ケースの具体的な被害とそれへの対応を考えた(図-7.1.2)。

火口位置	溶岩流到達時間				敷地内越流			降灰厚さ			降灰後土石流		敷地内越流				融雪型火山泥流到達時間				敷地内越流	
	24時間以上	6時間程度	2時間程度	有無	なし	数cm程度	10cm以上	有無	有無	発生なし	12時間以上	数時間	1時間以内	有無	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
施設直撃ライン	L1	L2	L3	有は*を付加	A0	A1	A2	D0またはD1	有は*を付加	M0	M1	M2	M3	有は*を付加								
その他の南西側ライン	L0	L0	L0	なし	A0	A1	A2	D0またはD1	有は*を付加	M0	M1	M2	M3	有は*を付加								
南西側以外のライン	なし	なし	なし	なし	A0	A1	なし	D0またはD1	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

現象別被災ケース	説明	想定される直接の被害	想定される対応
L3*	溶岩流が2時間程度で到達し敷地内に越流	建物の倒壊と炎上	すみやかな避難
L2*	溶岩流が6時間程度で到達し敷地内に越流	建物の倒壊と炎上	貴重品を持ち出して避難
L1*	溶岩流が24時間以上で到達し敷地内に越流	建物の倒壊と炎上	貴重品を持ち出して避難
L3	溶岩流が2時間程度で到達するが敷地内越流なし	放射熱による火災・停電・断水・ガス供給停止	初期消火、貴重品を持ち出して避難
L2	溶岩流が6時間程度で到達するが敷地内越流なし	放射熱による火災・停電・断水・ガス供給停止	初期消火、貴重品を持ち出して避難
L1	溶岩流が24時間以上で到達し敷地内越流なし	放射熱による火災・停電・断水・ガス供給停止	初期消火、貴重品を持ち出して避難
L0	溶岩流が発生するが物流ルートのみ影響	なし	物流ルートの変更
A2	敷地内の降灰10cm以上	木造建築物の破損・倒壊、屋根の損傷・破壊	すみやかに頑丈な建物へ避難
A1	敷地内の降灰数cm程度	四駆以外の車の敷地内走行困難	降灰の進行状況に応じて屋根の積灰処理または貴重品を持ち出して頑丈な建物へ
A0	敷地内の降灰なく物流ルートのみ影響可能性	なし	物流ルートの変更
D1*	降灰後土石流が発生し敷地内に越流	建物の破損と倒壊	すみやかな避難
D1	降灰後土石流が発生するが敷地内越流なし	停電・断水・ガス供給停止の可能性	土石流の発生状況に応じて貴重品を持ち出して避難
D0	降灰後土石流が発生するが物流ルートのみ影響	なし	物流ルートの変更
M3*	融雪型火山泥流が1時間以内に到達し敷地内に越流	建物の破損と倒壊	すみやかな避難
M2*	融雪型火山泥流が数時間で到達し敷地内に越流	建物の破損と倒壊	貴重品を持ち出して避難
M1*	融雪型火山泥流が12時間以上で到達し敷地内に越流	建物の破損と倒壊	貴重品を持ち出して避難
M3	融雪型火山泥流が1時間以内に到達するが敷地内越流なし	停電・断水・ガス供給停止の可能性	融雪型火山泥流の発生状況に応じて貴重品を持ち出し
M2	融雪型火山泥流が数時間で到達するが敷地内越流なし	停電・断水・ガス供給停止の可能性	融雪型火山泥流の発生状況に応じて貴重品を持ち出し
M1	融雪型火山泥流が12時間以上で到達するが敷地内越流なし	停電・断水・ガス供給停止の可能性	融雪型火山泥流の発生状況に応じて貴重品を持ち出し
M0	融雪型火山泥流が発生するが物流ルートのみ影響	なし	物流ルートの変更

図-7.1.2 事業体の拠点施設の20通りの被災ケースと想定対応²⁶⁾を一部修正

溶岩流と融雪型火山泥流については、まず拠点施設との近接性の大小によって

- 1.施設直撃ライン: 下流にある施設を直撃する谷沿いに火口ができた場合
- 2.その他の南西側ライン: 施設を直撃はしないが、施設と同じ山頂南西側に火口ができ、物流ルートに影響を与えそうな場合
- 3.南西側以外のライン: 山頂南西側以外に火口ができ、物流ルートへの影響が小さいと判断できる場合

の3ケースに分けた。次に施設被災の切迫性の大小については

- 0.非積雪期のため融雪型火山泥流の発生可能性なし
- 1.敷地に到達する時間が24時間以上(溶岩流)または12時間以上(融雪型火山泥流)
- 2.同じく6時間程度(溶岩流)または数時間(融雪型火山泥流)
- 3.同じく2時間程度(溶岩流)または1時間以内(融雪型火山泥流)

の4つに区別した上で、近接性と切迫性の両者に基づいたケース分けを行い、それぞれのケースに判別記号L0～L3やM0～M3など(敷地内越流がある場合には記号に上付き*)を付した。その上で、それぞれのケースにおいて想定される被害と、それに対する対応を考えた。

L0とL3*の具体例を挙げると、西富士道路の北山インターチェンジ付近に事業体の拠点施設があったとして、ドリルマップのS71とS72をそれぞれ火口とした場合の小規模溶岩流が相当する(図-7.1.3～7.1.4)。

降灰については、まず施設との近接性の大小によって

- 1.施設直撃ライン: 風下にある施設を直撃しうる位置に火口ができた場合
 - 2.その他の南西側ライン: 施設を直撃はしないが、施設と同じ山頂南西側に火口ができ、風下の物流ルートに影響を与えそうな場合
 - 3.南西側以外のライン: 山頂南西側以外に火口ができ、物流ルートへの影響が小さいと判断できる場合
- の3ケースに分けた。次に施設被災の重大性の大小については
- 1.降灰なし
 - 2.降灰厚さが数cm程度
 - 3.降灰厚さが10cm以上

を区別した上で、近接性と重大性の両者に基づいたケース分けを行い、それぞれのケースに判別記号A0～A2を付した。その上で、溶岩流・融雪型火山泥流と同じく、それぞれのケースにおいて想定される被害と、それに対する対応を考えた。

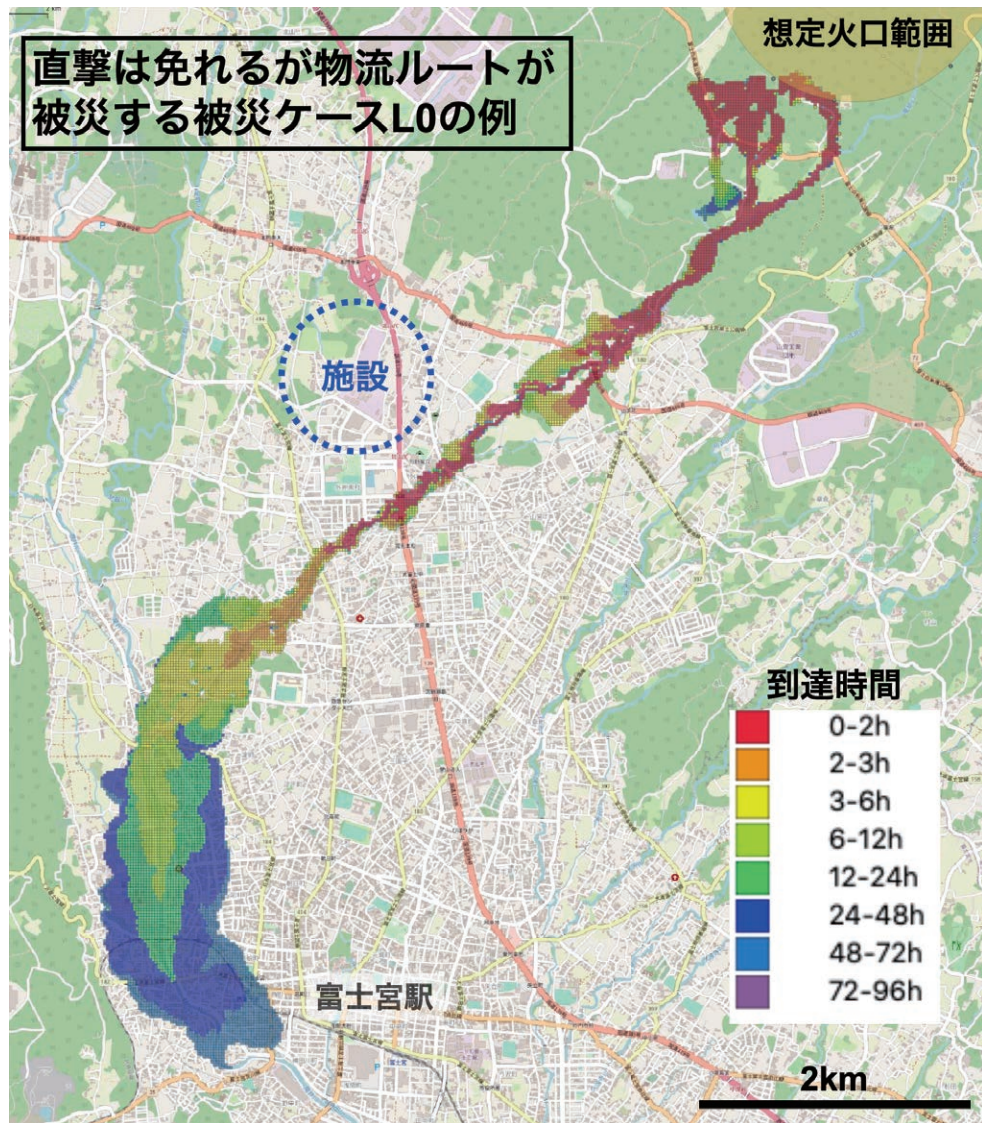


図-7.1.3 事業体の拠点施設の被災ケースL0に相当する溶岩流^⑥のデータを用いて筆者作成(背景図はOpenStreetMap)

降灰後土石流については、まず施設との近接性の大小によって

- 1.施設直撃ライン: 施設の上流側の山地に降灰をもたらしそうな位置に火口ができた場合
- 2.その他の南西側ライン: 施設と同じ山頂南西側に火口ができ、その降灰域の下流側にある物流ルートに影響を与えそうな場合
- 3.南西側以外のライン: 山頂南西側以外に火口ができ、その降灰域の下流側に物流ルートがない場合

の3ケースに分けた。次に施設被災の重大性については、まず降灰後土石流自体の発生の有無と敷地内越流の有無を区別した上で、近接性と重大性に基づいたケース分けを行い、それぞれのケースに判別記号D0またはD1(敷地内越流がある場合には記号に上付き*)を付した。その

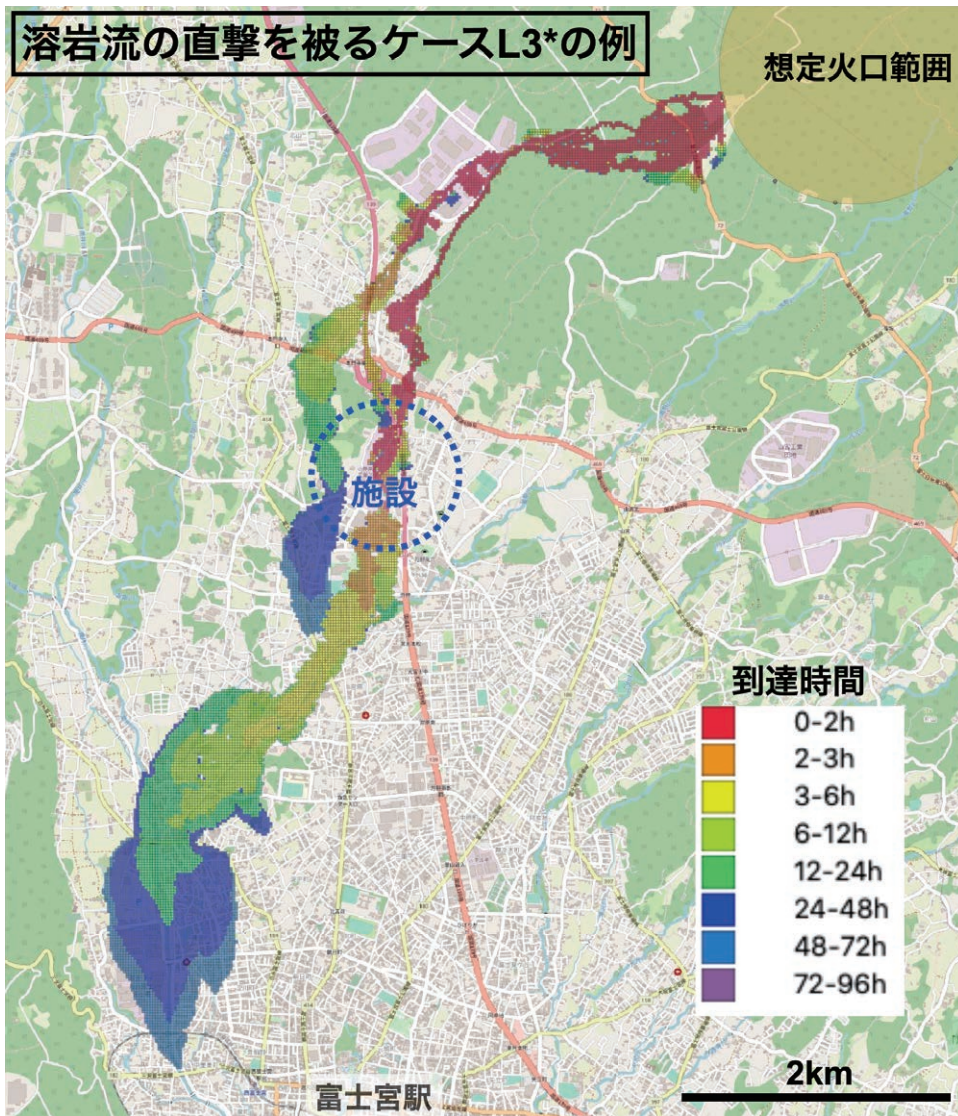


図-7.1.4 事業体の拠点施設の被災ケースL3*に相当する溶岩流^⑥のデータを用いて筆者作成(背景図はOpenStreetMap)

位置が判明することによって近接性が判断でき、T8～T9時点で発生している加害現象の種類・速度がわかり、天候も考慮することによって切迫性や重大性が判断できる(図-7.1.5)。よってT7～T9時点において火山専門家の協力を得るか、あるいは富士山の噴火と防災対策について一定程度の知識を備えた職員を養成しておけば、彼らの助言によってどの被災ケースに備えるべきかをある程度のリードタイムをもって判断することができるだろう。

7.2 事業体の拠点が火山災害警戒地域外の場合

一方、事業拠点が火山災害警戒区域の自治体でない場合、当然その場所は避難対象エリア外なので、避難計画は適用されない。しかし、その場合にも物流ルート of 状況把握は必須であるし、事業拠点が火山灰と小さな噴

上で、他の現象と同じく、それぞれのケースにおいて想定される被害と、それに対する対応を考えた。

以上の各ケースでの具体的な対応の詳細は事業体の内部資料となっているため、これ以上の説明は差し控える。

なお、被災ケースの数と中身は、施設の位置とその周囲の微妙な地形に依存するため、一律に決定することは難しい。今後異なる場所に立地する施設が事業継続計画を策定する場合には、そのつど火山専門家からの適切な助言を得ることが望ましい。

とくに被災シナリオのT7～T9時点(図-7.1.1)では噴火状況の詳細が徐々に判明するので、どの被災ケースとなりえるかを判断する段階として重要である。まずT7時点で火口

石の到達範囲内であれば、6節で述べた中央防災会議の報告書や内閣府のガイドラインに従って、被害の軽減や早期の事業復旧のためのBCPを整備しておくことが望ましい。

なお、この場合における事業継続計画に対する筆者の助言経験はまだ無いので、これ以上の議論は控えたい。

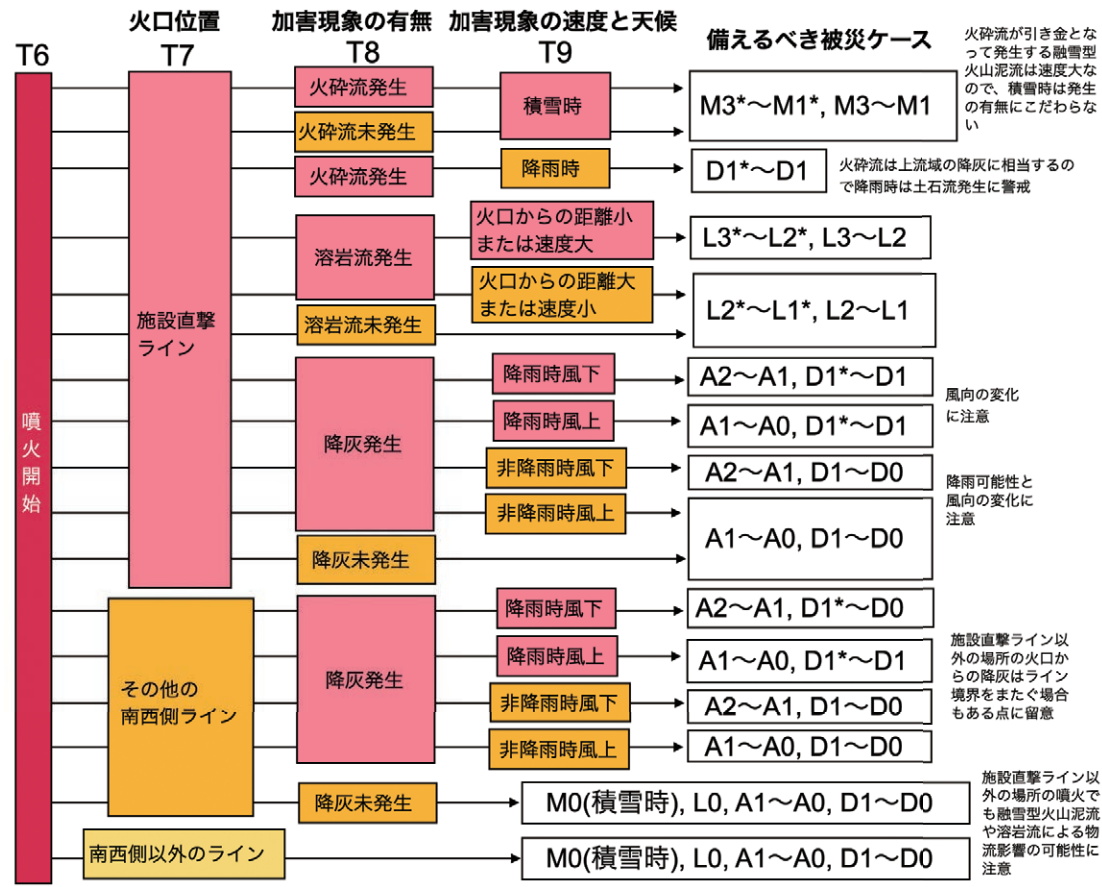


図-7.1.5 被災シナリオ(図-7.1.1)のT7~T9時点における被災ケースの判断²⁶⁾

8 まとめに代えて:複合災害への配慮

6節で述べた「首都圏における広域降灰対策ガイドライン」が想定しているのは、1707年に発生し分厚い降灰によって首都圏にも多大な被害を与えた富士山の宝永噴火である。この噴火は、同じ年に発生した南海トラフ地震の49日後から始まったため、地震が誘発したと考えられている²²⁾。

幸いにして歴史上何度も発生してきた南海トラフ地震が確かに誘発したとみられる噴火は他に見当たらないが、1703年に相模トラフで発生した元禄関東地震の直後に富士山から鳴動が聞こえた事件があり、噴火未遂とみられている²²⁾。このため、次の南海トラフ地震が富士山のマグマ活動を活発化させるリスクは否定できない。そうなれば、たとえ噴火に至らなくても、社会的には大きな騒動になるだろう。

2024年に能登半島を地震と豪雨の両方の災害が襲った事例を挙げるまでもなく、複数の災害が間髪おらずに起きたり、起きそうになったりすることは十分あり得ることである。そうした複合災害を想定した避難計画や事業継

続計画はまだ見当たらないが、そろそろ策定すべき時期が来ているのではないだろうか。

参考文献

- 1) 内閣府防災情報のページ: 火山防災に関する普及啓発映像資料
https://www.bousai.go.jp/kazan/eizoshiryo/tozansha_shisetsu.html(2025年12月27日閲覧)
- 2) 富士山ハザードマップ検討委員会報告書
https://www.bousai.go.jp/kazan/fuji_map/pdf/report_200406.pdf
- 3) 富士山火山広域防災検討会報告
https://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan/fujisan_wg.html(2025年12月27日閲覧)
- 4) 富士山火山広域防災対策基本方針
https://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan/pdf/fuji_kihon.pdf
- 5) 富士山火山広域避難計画
<https://www.pref.shizuoka.jp/bosaikinkyu/sonae/kazanfunka/fujisankazan/1030022.html>(2025年12月27日閲覧)
- 6) 富士山ハザードマップ(令和3年3月改定)
<https://www.pref.shizuoka.jp/bosaikinkyu/sonae/kazanfunka/fujisankazan/1030190.html>(2025年12月27日)

- 閲覧)
- 7) 富士山火山避難基本計画
<https://www.pref.shizuoka.jp/bosaikinkyu/sonae/kazanfunka/fujisankazan/1053271.html>(2025年12月27日閲覧)
- 8) 大規模噴火時の広域降灰対策について—首都圏における降灰の影響と対策—～富士山噴火をモデルケースに～(報告)
<https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/index.html>(2025年12月27日閲覧)
- 9) 首都圏における広域降灰対策ガイドライン
<https://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/index.html>(2025年12月27日閲覧)
- 10) 活火山とは
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kazan/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html(2025年12月27日閲覧)
- 11) 火山の監視
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/intro/gyomu/index92.html>
 (2025年12月27日閲覧)
- 12) 噴火警報・予報の説明
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kazan/volinfo.html>
 (2025年12月27日閲覧); 噴火警戒レベルの説明
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kazan/level_toha/level_toha.html(2025年12月27日閲覧)
- 13) 富士山の噴火警戒レベル
https://www.data.jma.go.jp/vois/data/filing/level/PDF/level_314.pdf
- 14) 早川由紀夫: 気象庁の火山監視業務には課題が山積み, 科学, 87, 287-293, 2017; 高木朗充: 噴火警報の発表と噴火の発生及び火山活動評価, 日本地球惑星科学連合2025年大会予稿集, SVC31-03, 2025
- 15) 噴火警戒レベルの判定基準
https://www.data.jma.go.jp/vois/data/filing/level_kijunn/keikailevelkijunn.html(2025年12月27日閲覧)
- 16) 「火山の状況に関する解説情報」の説明
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kazan/volinfokaisetsu/volinfokaisetsu.html#volkaisetsu1>(2025年12月27日閲覧)
- 17) 火山災害警戒地域
https://www.bousai.go.jp/kazan/kazan_houritsu/pdf/kazansaigaichiiki_chizu.pdf(2025年12月27日閲覧)
- 18) 活動火山対策特別措置法(昭和48年法律第61号)の概要
https://www.bousai.go.jp/kazan/kazan_houritsu/pdf/gaiyou.pdf(2025年12月27日閲覧)
- 19) 高田 亮ほか: 富士山山地質図(第2版), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016
- 20) 静岡県地域防災計画(令和7年8月修正)
https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/029/862/r7chiikibousaieikaku.pdf
- 21) 首都圏における広域降灰対策ガイドライン
<https://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/pdf/honbun.pdf>
- 22) 小山真人: 富士山噴火とハザードマップ, 古今書院, 174p, 2009
- 23) 広域降灰対策に資する降灰予測情報に関する検討会
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/2025kouhai/kouhaikentoukai.html>(2025年12月27日閲覧)
- 24) 降灰予報の説明
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kazan/qvaf/qvaf_guide.html(2025年12月27日閲覧)
- 25) 集客施設等における噴火時等の避難確保計画作成の手引き(第4版)
https://www.bousai.go.jp/kazan/tebikisakusei/pdf/20220331_tebiki_kakuho.pdf
- 26) 小山真人: 富士山の多様な噴火シナリオに対応した事業継続計画(BCP)策定の試み, 日本地球惑星科学連合2025年大会予稿集, SVC31-01, 2025