

第 3 章 火山リスク評価手法に関する調査

リスク評価に必要な「被害率」の評価手法については、前述のとおり研究事例は少なく、ここでは火山ハザードマップや自治体の被害想定などで、実務的に採用されている評価手法を含めて調査を行った。まず、日本の火山リスク評価において重要な「火山現象」の把握に向け、日本の火山ハザードマップの被害想定で対象とされているものを調査した(3.1)。その後、それらについての評価事例調査を行った(3.2)。

3.1 日本の火山ハザードマップで想定されている「火山現象」

3.1.1 火山ハザードマップについて

火山防災マップ作成指針(内閣府, 2013)における火山ハザードマップの定義は「火山ハザードマップは各火山災害要因(噴石、火砕流、降灰、火山泥流など)の影響が及ぶ恐れのある範囲を地図上に特定し、視覚的にわかりやすく描画したものである。平常時に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。」となっている。さらに、火山ハザードマップは火山防災マップや、噴火警戒レベル設定の基礎資料にもなるものである。

また、火山ハザードマップはその作成にあたり、当該火山で発生した災害実績を参考としている。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範囲を予測する。災害実績が確認できない火山はシミュレーションを用いてマップを作成する。いずれの場合において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されている。

このように作成されている火山ハザードマップは、日本の火山噴火に起因して発生する災害の傾向、規模や特徴等を、蓄積された災害実績データや専門家の意見を盛り込んだ上でとりまとめ、作成された地図である。したがって火山ハザードマップで取り扱われている災害要因を取りまとめることで、日本の火山において懸念すべき火山現象およびその規模を把握することができると考えられる。

このため 3.1 節では、日本の火山ハザードマップを収集し、公開されているマップにおいて想定対象となっている火山現象を 11 種類に分類し、火山ごとに整理した。

3.1.2 調査対象とする火山ハザードマップ

調査対象とする火山ハザードマップとして、2015 年 9 月現在、ハザードマップが作成されている 37 火山(表 3.1.1)について、各機関が作成した最新のハザードマップを収集対象とした。整理方法としては、同じ機関が発行しているハザードマップでも取り扱う火山現象が異なる場合は、それぞれを 1 枚として扱った。本検討では、合計 105 枚のハザードマップを収集整理した。また、表 3.1.2 には「ハザードマップで使用されている火山現象名」を類似の現象ごとに 11 種類の「想定対象火山現象」に分類し、想定対象火山現象別

の取り扱い火山数と 37 火山数に対する割合を整理し、図 3.1.1 には 37 火山のハザードマップで扱われている想定対象火山現象別の火山数をグラフで示した。

表 3.1.1 ハザードマップが作成されている 37 火山(内閣府, 2015 より抜粋)

火山名	関係都道府県	火山名	関係都道府県
アトサヌプリ	北海道	浅間山	群馬県、長野県
雌阿寒岳	北海道	新潟焼山	新潟県、長野県
十勝岳	北海道	焼岳	長野県、岐阜県
樽前山	北海道	御獄山	長野県、岐阜県
倶多楽	北海道	富士山	山梨県、静岡県、神奈川県
有珠山	北海道	箱根山	静岡県、神奈川県
北海道駒ヶ岳	北海道	伊豆東部火山群	静岡県
恵山	北海道	伊豆大島	東京都
岩木山	青森県	三宅島	東京都
秋田焼山	秋田県	鶴見岳・伽藍岳	大分県
岩手山	岩手県	九重山	大分県
秋田駒ヶ岳	秋田県、岩手県	阿蘇山	熊本県
鳥海山	秋田県、山形県	雲仙岳	長崎県
蔵王山	山形県、宮城県	霧島山	宮崎県、鹿児島県
吾妻山	山形県、福島県	桜島	鹿児島県
安達太良山	福島県	薩摩硫黄島	鹿児島県
磐梯山	福島県	口永良部島	鹿児島県
那須岳	福島県、栃木県	諏訪之瀬島	鹿児島県
草津白根山	群馬県、長野県	合計 37 火山	

表 3.1.2 想定対象火山現象と火山現象別火山数

想定対象火山現象	ハザードマップ内での現象名	火山数	当該火山現象を対象とした火山の割合 [%]
①土石流・泥流	土石流、火山性土石流、熱泥流、二次泥流、降雨型泥流、融雪型泥流、融雪型火山泥流、泥流、火山泥流	35	94.6
②噴石	スコリア、火山弾、火山岩塊、火山礫、噴石、噴出岩塊	33	89.2
③降灰	火山灰、降灰、降下火山灰、降下火砕物	30	81.1
④火砕流・火砕サージ	火砕流、火砕サージ、熱風、マグマ水蒸気爆発、ベースサージ	27	73.0
⑤溶岩流	溶岩流、溶岩ドーム	22	59.5
⑥火山ガス・噴煙	火山ガス	11	29.7
⑦岩屑なだれ・山体崩壊	岩屑なだれ、斜面崩壊、山腹崩壊、地すべり	5	13.5
⑧洪水	洪水	3	8.1
⑨津波	津波	3	8.1
⑩空振	空振	1	2.7
⑪地震動	地震動	1	2.7

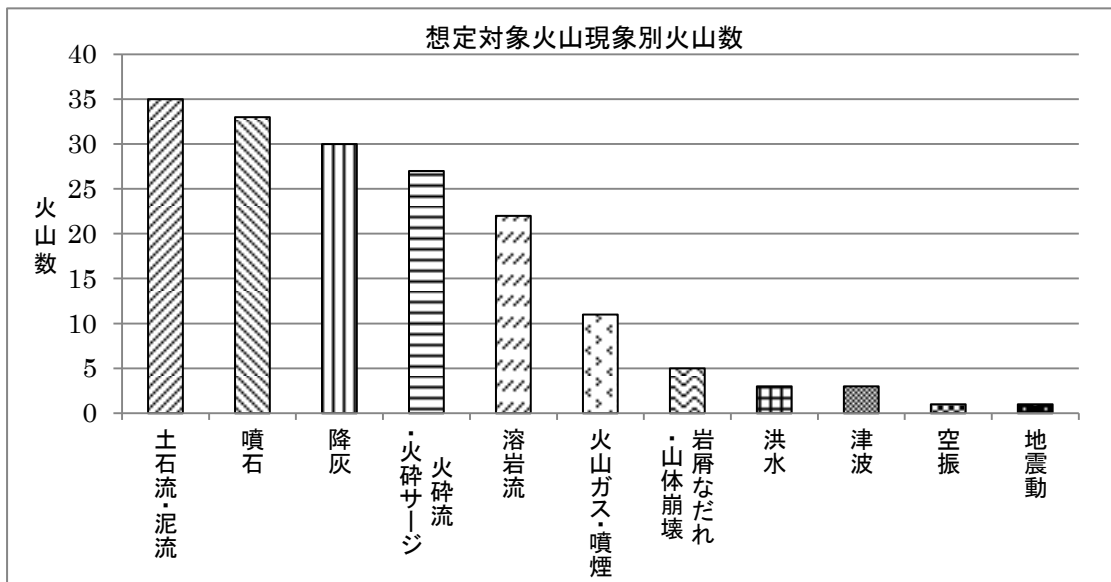


図 3.1.1 想定対象火山現象別火山数

土石流・泥流、噴石、降灰の3種類の想定対象火山現象は、日本の8割以上の火山ハザードマップで取り扱われているという結果が得られた(表 3.1.2)。火山地域における土石流は、主に降灰により火山灰等が地表に堆積し、地表面の浸透能が低下することで生じた表面流が地形を侵食することで発生すると考えられている。泥流は、火山噴出物が水と混合し流れ下る現象である。水蒸気爆発など噴火により火口から水と一緒に噴出する場合もあるが、積雪期において火口近傍に積もる雪が、高温の火山噴出物により急激に融解し、火山噴出物と混じり合って発生する場合もある(例：十勝岳 1926 年噴火など)。

噴石は、噴火によって生じる爆発によって火口から高速で噴出される火山礫、火山弾や火山岩塊を指す。気象庁ではその粒径により、大きな噴石(直径約 50cm 以上のもの)と、小さな噴石(直径約 2mm 以上)に分類している。直径 2cm の噴石が火口から 11km 先まで飛散し、車のガラスを破壊する事例も報告されている(新燃岳 2012 年噴火、気象庁)。

降灰は、上空に巻き上げられた微細な火山噴出物が風の影響で運ばれる現象で、火山現象の中でも最も広範囲かつ長期的に影響を及ぼす火山災害である。その影響は各種産業やインフラ、建物など多岐に渡る。日本では図 3.1.2 で示すように、偏西風の影響で降灰が火口から東側に堆積する傾向があり、有史時代には多くの災害を引き起こす原因となった。

以上のように、日本の火山ハザードマップにおける想定対象火山現象を調査した結果、表 3.1.2 の①～⑤の想定対象火山現象が 50%以上の火山で取り上げられており、これらの火山現象が日本にとって重要なものと考えられる。次の 3.2 節においては、これらの被害率評価手法に関する事例を調査対象とした。

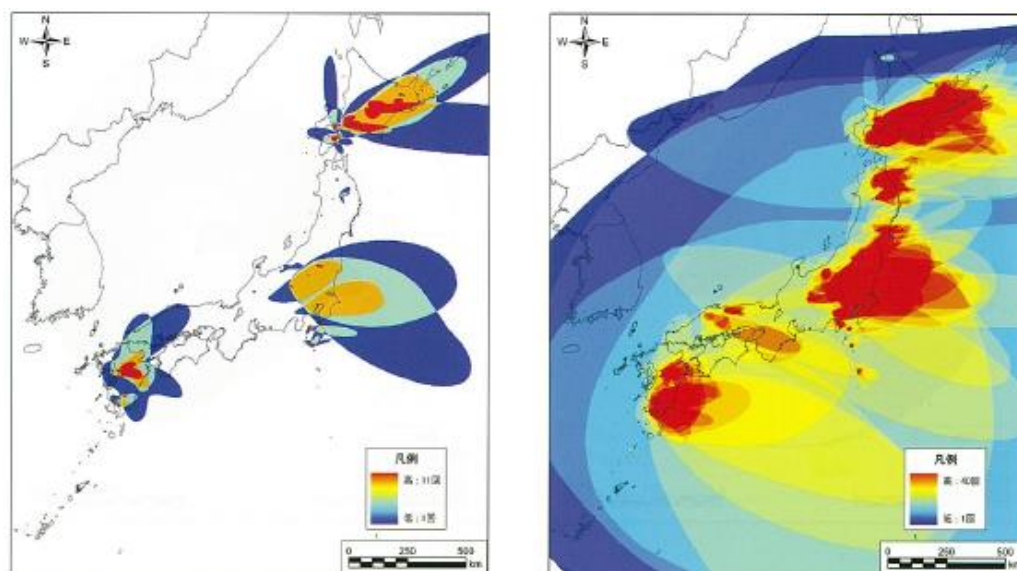


図 3.1.2 火山灰降下回数積算分布(須藤ほか, 2007)

左；最近の 1,000 年間、右；最近の 100,000 年間

3.2 火山現象別被害率評価事例

3.2.1 対象とする火山現象

前節の整理をふまえ、土石流・泥流、降灰、噴石、火砕流・火砕サージ、溶岩流の5つの火山現象について、それぞれの被害率評価の現状について調査した。

(1) 土石流・泥流

火山噴火に伴って発生する土石流・泥流は火山ハザードマップにおいてほとんどすべての火山で想定される火山現象である。しかしながら、その確率論的リスク評価は複雑であり、砂防分野での土石流・泥流に対する予測手法は存在するものの、火山噴火に起因する土石流・泥流の確率論的評価実績は本調査の範囲ではなかった。

土石流は火山噴火後の火山灰が堆積した地表面に降雨がもたらされることで発生すると考えられ、その評価には噴火確率および降灰の到達確率、さらに、降水確率が必要となる。しかしながら、土石流は、雨が降れば必ずしも発生するわけではないため、火山現象の発生メカニズムに対するさらなる理解が必要とされる。泥流は山体に積もった雪の上を高温の火山噴出物が覆い、積雪が急激に融解することで発生するため、その評価には噴火確率、降灰の到達確率に加え積雪確率が必要となる。ただし、土石流・泥流の到達確率を得るためのシミュレーションは多く行われており、事例として富士山の泥流シミュレーション計算を図 3.2.1 に示す。

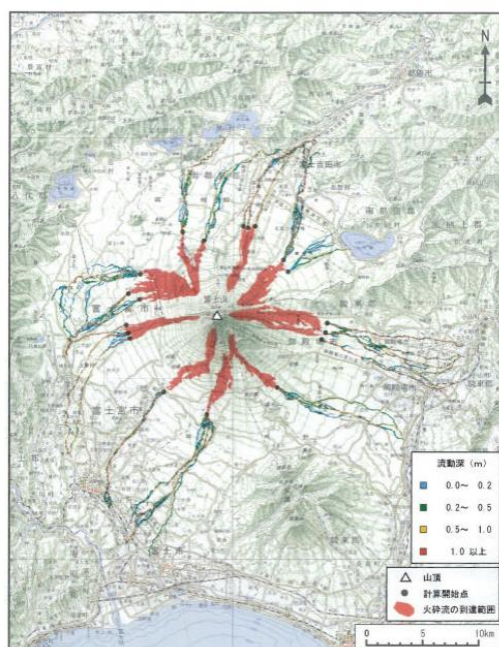


図 3.2.1 泥流シミュレーション計算(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)

土石流は広く日本の山岳・丘陵地域で発生する火山現象であり、日本の火山ハザードマップにおいても、9割以上で被害範囲が想定されている。火山噴火に起因するものとそうでないものに区分されていないが、土石流の被害想定方法は国土交通省のマニュアルで策定されている。土石流に関する被害想定は以下の資料を参照した。

- ・ 国土交通省水管理・国土保全局，(2015)，国土交通省治水経済調査マニュアル（案）、各種資産評価単価およびデフレーター
- ・ 国土交通省水管理・国土保全局，(2012)，土石流対策事業の費用便益分析マニュアル（案）

1) 被害想定事例の概要

この土石流被害想定事例は被害額の算出である。被害額の算出は、その範囲内に存在する人命、家屋、土地、道路など各項目を、それぞれ定められた式や数値に応じて計算することで求められる。

国土交通省により策定されたマニュアルでは土石流危険区域を「土石流危険渓流で発生した土石流が氾濫すると予想される範囲」と定め、過去に発生した実績やシミュレーションを参考にしている。ここで土石流危険渓流とは渓流の勾配が15度以上で土石流発生の危険性があり、人家や公共施設に被害を生じる恐れのある渓流をいう。

表 3.2.1 に被害額算出に関連した資料を示す。

2) 土石流・泥流被害算出の留意点

- ・ この被害想定事例では、到達予想範囲内に存在するすべての事物が被害を受けるとなっており、流動深や流動速度等の値と、火山現象の程度は考慮していない。これらの値は、シミュレーションツールで計算できるため、噴火規模から流動深や流動速度等の値の関係を求めることは可能と考えられる。
- ・ 土石流・泥流の程度（流動深、流動速度等の値）と被害程度に関する研究は本調査の範囲では見当たらなかった。今後、これらの値と建物被害率の関係を洪水や津波等他の災害における被害を参考に被害程度別の被害率評価の研究を行う余地はある。

表 3.2.1 土石流被害における都道府県別家屋 1 m²あたり評価額(国土交通省, 2015)
(千円/m²)

都道府県名	25 年評価額	26 年評価額	都道府県名	25 年評価額	26 年評価額
北海道	162.2	167.5	滋 賀	161.9	167.5
青 森	161.0	165.1	京 都	185.5	192.0
岩 手	157.1	161.1	大 阪	166.2	173.0
宮 城	174.0	179.6	兵 庫	168.4	174.6
秋 田	159.1	163.2	奈 良	161.4	166.4
山 形	163.3	167.4	和歌山	174.0	180.0
福 島	169.2	174.3	鳥 取	163.4	167.9
茨 城	160.3	165.3	島 根	165.5	169.6
栃 木	158.6	163.7	岡 山	171.8	177.1
群 馬	157.3	162.1	広 島	167.6	173.3
埼 玉	166.1	171.8	山 口	172.8	178.4
千 葉	176.4	182.5	徳 島	170.1	176.1
東 京	228.9	239.1	香 川	160.5	165.6
神奈川	192.3	199.8	愛 媛	157.6	162.7
新 潟	161.8	166.2	高 知	166.6	171.7
富 山	162.9	167.7	福 岡	161.0	166.9
石 川	166.8	171.5	佐 賀	153.4	158.1
福 井	170.1	175.5	長 崎	157.7	162.4
山 梨	173.3	178.5	熊 本	152.9	157.5
長 野	182.6	188.1	大 分	154.5	159.4
岐 阜	164.5	169.9	宮 崎	139.1	143.5
静 岡	177.7	184.1	鹿児島	150.5	155.1
愛 知	175.5	182.2	沖 縄	177.0	186.1
三 重	174.4	180.4			

(2) 噴石

噴石は火山口近傍で多く被害が報告される火山現象である(例:御嶽山 2014 年噴火)。噴石の到達予測に関する研究(井口・加茂, 1984)や、シミュレーションツール(例: Eject など)により噴石の到達距離は計算可能である(図 3.2.2)。その到達確率を評価した事例はないが、当該火山現象の物理モデルが比較的単純であることから、計算結果を基に噴石の到達確率を評価できる可能性はあると考えられる。

噴石の到達に関する確率論的評価や被害想定に関する研究事例は本調査の範囲ではなかった。

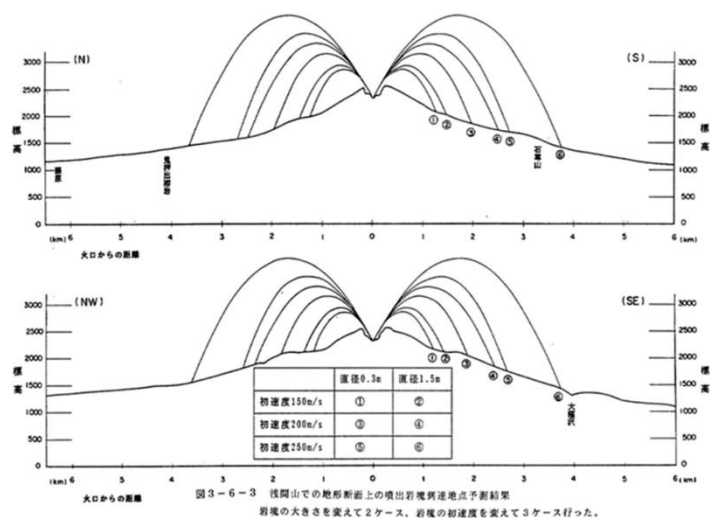


図 3.2.2 噴石シミュレーションイメージ(内閣府, 2013)

(3) 降灰

降灰ハザードは、国内外において確率論的ハザード評価が一番多く行われている火山現象である。その影響範囲を評価するため、国内外でシミュレーションツールが数多く開発されており、将来的に火山噴火が発生した際に降灰が到達する範囲やその確率の検討がされている(図 3.2.3)。また過去の降灰とその被害実績から、降灰量(厚さ、荷重)に応じた被害程度が想定される等のリスク評価がなされている。

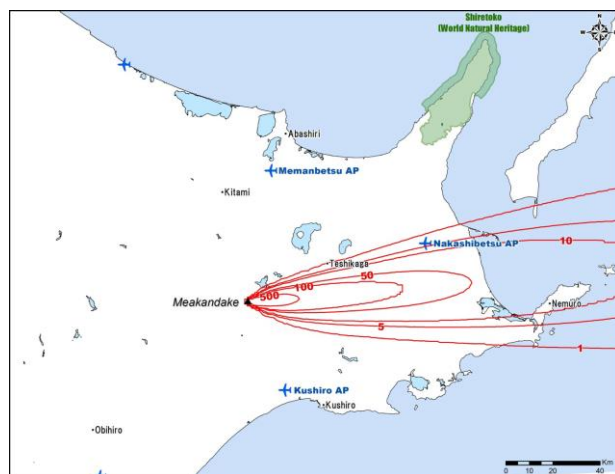


図 3.2.3 降灰シミュレーション事例(金井ほか, 2015)

前節の表 3.1.2 の想定対象火山現象の中でも、降灰に関してはその降灰の程度と被害に関する調査が進んでいる。本書では国内外の文献を調査し、それらの資料の被害想定内容について整理した。本項で参照した資料は以下のとおりである。また、各資料の概要を表 3.2.2 に示す。

- a. GVM, (2014), Volcanic ash fall hazard and risk -Technical background paper for the UN-ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015-
- b. 内閣府, (2012), 広域的な火山防災対策に係る検討会(第3回); 資料2ー大量の降灰への対策【大都市圏/山麓】ー
- c. 気象庁, (2012), 降灰予報の高度化に向けた検討会(第1回); 参考資料2

表 3.2.2 降灰被害想定資料の概要

資料名	概要	被害想定対象
資料 a GVM, (2014)	<ul style="list-style-type: none"> ・以下の内容を整理している過去の噴火事例による降灰による各想定対象被害 ・降灰厚に応じた各種社会資本・産業への影響 	健康被害 建物 インフラ(鉄道、道路、航空、電気) 農業・畜産業 経済 除灰活動
資料 b 内閣府, (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ・既存報告と関係機関ヒアリングによる調査に基づき、降灰による影響と課題を整理 	健康被害 建物 交通(道路通行、自動車、鉄道運行、航空機) 電力(送電施設、火力・水力発電、発電機、電子機器) 上下水道 農作物・水産・畜産・森林
資料 c 気象庁, (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ・富士山ハザードマップ検討委員会の内容を基に、国内外の噴火事例報告から、降灰による被害事例を収集整理 	健康被害 建物 交通(道路、鉄道、航空) ライフライン(電力、水道) 農林水産(農作物、森林、水産物) 第二・三次産業

1) 被害想定事例の概要

a. GVM

表 3.2.3～表 3.2.5 に GVM、2014 によるインフラ、住宅材質、農業タイプ別、降灰の厚さ別被害程度を示す。

表 3.2.3 降灰被害想定(インフラ別)(GVM, 2014)

被害レベル		被害なし	要清掃活動		要修理		修理不能	
インフラタイプ	空港	機能	被害なし	滑走路使用不可			無期限閉鎖	
		被害	被害なし(収益減少のみ)		滑走路面の劣化	関連施設の倒壊、滑走路面の劣化		機能停止
		降灰厚	0 mm	>0 mm			>500 mm	
	電力	機能	被害なし	一時的な途絶(例:フラッシュオーバー)		修理を要する電力途絶		再起不能
		被害	被害なし	電子部品への被害なし		基幹部の損傷、代替器投入の遅れ		構造的損壊
		降灰厚	0(0-20) mm	5(1-20) mm		20(2-100) mm		>500 mm (100-1000 mm)
	鉄道	機能	被害なし	視界不良、要牽引	信号損傷	牽引車両の安全走行困難、脱線のおそれ		通行不可
		被害	被害なし		レール、信号機の損傷及び腐食			機能停止
		降灰厚	0(0-5) mm	0.5(0.1-10) mm	1(0.1-20) mm	30(2-100) mm		100(50-200) mm
	道路	機能	被害なし	視界不良、用牽引	道路標識の視認不可	2WD車走行困難	4WD車走行困難	通行不可
		被害	被害なし		路面、標識等の劣化の恐れ	路面、標識等の劣化		機能停止
		降灰厚	0(0-5) mm	0.5(0.1-10) mm	2(1-20) mm	50(10-100) mm	150(50-300) mm	データ無し

表 3.2.4 降灰被害想定(住宅材質別)(GVM, 2014)

被害レベル		被害なし	要清掃活動	適度な修理が必要	要修理	修理不能
機能		異常なし	頻繁な清掃が必要となる。いくつかの家財で機能を損なう恐れあり	降灰の侵入あるいは屋根・壁の倒壊のため居住困難となる可能性あり		居住不可
修理費(%)		0-1	1-5	5-20	20-60	>60
構造的被害		被害なし	被害なし	主柱への被害はなし	支持構造物の部分的~完全破損 支柱などの軽微~部分的破損	屋根の崩壊および支持構造の50%が崩壊 外壁の崩壊
非構造的被害		被害なし	金属屋根の磨耗・腐食などの屋根瓦への軽微な被害	湾曲などの雨樋、屋根瓦への被害	屋根張り出し部の一部倒壊等の屋根瓦の半壊あるいは崩壊	仕切り壁の崩壊
付属品への影響		いくつかの家財への火山灰侵入の恐れ	エアコン等電化製品への火山灰侵入、潜在的な被害	深刻な火山灰侵入と被害		ほとんどの家財が使用、復旧不能
屋根形状	木材屋根:木造	1 mm?	10 mm?	200 mm(100 - 400 mm)		
	タイル屋根:木造			300 mm(150 - 600 mm)		
	シート屋根:木造			300 mm(150 - 600 mm)		
	鉄筋コンクリート			700 mm(400 - 1400 mm)		

表 3.2.5 降灰被害想定(農業タイプ別)(GVM, 2014)

被害レベル		被害なし	収穫作業の中断、放牧地の牧草が食べられなくなる	小規模な生産損失	大規模な生産損失、修復作業が必要とされる	穀物全滅、継続的な清掃作業の必要	大規模な土地の修繕作業が必要、あるいは土地を放棄する	
農業タイプ	園芸耕作	地上作物	0 mm (0-20 mm)	1 mm (0.1-50 mm)	5 mm (1-50 mm)	50 mm (1-100 mm)	50 mm (1-100 mm)	300 mm (100-500 mm)
		樹木作物	0 mm (0-20 mm)	1 mm (0.1-50 mm)	5 mm (1-50 mm)	50 mm (1-100 mm)	50 mm (1-100 mm)	300 mm (200-500 mm)
	牧畜	0 mm (0-20 mm)	3 mm (0.1-50 mm)	25 mm (1-70 mm)	60 mm (20-150 mm)	60 mm (20-150 mm)	300 mm (100-500 mm)	
	稲作	0 mm (0-50 mm)	1 mm (0.1-50 mm)	30 mm (1-75 mm)	75 mm (20-300 mm)	75 mm (20-300 mm)	300 mm (100-750 mm)	
	林業	0 mm (0-75 mm)	1 mm (0.1-50 mm)	200 mm (20-300 mm)	1000 mm (100-2000 mm)	1000 mm (100-2000 mm)	?	

b. 内閣府

図 3.2.4、図 3.2.5 に内閣府による建物・道路通行・自動車被害別降灰の厚さ別被害程度を示す。

建物の倒壊

【富士山噴火による被害想定調査 報告書 平成14年3月 内閣府】

- 過去の建物倒壊の事例(富士山(1707)、浅間山(1783)、北海道駒ヶ岳(1929)、ピナツポ(1991))での、倒壊が発生した降灰量は60cm~300cm
- 家屋の積雪に対する耐荷重基準は地域によって異なる。**静岡県では約30cm
これを灰の厚さに換算すると10cm(湿潤)~15cm(乾燥)(雪密度0.2g/cm²、灰の空隙率0.55、粒子密度2.5g/cm²の場合)
- 実際の建物は耐荷重基準を上回っていると想定**
- 別途調査による木造平屋の最も弱い部分の垂直荷重は525kg/m²
これを灰の厚さに換算すると灰の厚さは30cm(湿潤)~45cm(乾燥)
- 富士山噴火による被害想定では、
降灰が乾燥時は、45cmから倒壊が発生し、45~60cmで倒壊率30%、60cm以上で倒壊率60%と仮定
降灰が湿潤時は、30cmから倒壊が発生し、30~45cmで倒壊率30%、45cm以上で倒壊率60%と仮定

建築物の耐荷重は地域ごとに大まかな傾向があると想定される。
しかしながら、個別の建築物の耐荷重には大きく差異があるため、現状では、倒壊が発生する降灰量を一律に設定することは困難であり、避難勧告の基準を決めるには調査研究が必要。

図 3.2.4 降灰被害想定(建物)(内閣府, 2012)

道路通行

【富士山噴火による被害想定調査 報告書 平成14年3月 内閣府】

- 桜島：500g/m²(約0.5mm)以上の降灰で、**道路の白線が見えなくなると緊急体制により道路の降灰除去を実施する。**
- 有珠山：**道路上に湿潤時5mm、乾燥時2cmの降灰が堆積するとスリップ発生により通行不能となった。**

【災害復旧事業(道路)の災害査定基準

- 降灰が車の運転に支障をきたす堆積量
 - ・2000年有珠山噴火 北海道：2cm以上の堆積
 - ・2011年霧島山(新燃岳) 宮崎県：1cm以上の堆積

※現時点では、降灰に対する統一的な災害査定基準は定められておらず、災害ごとに実地調査により基準を定めることになってる。

過去の事例より、湿潤時は1cm以下の降灰で、乾燥時においても2cm程度で道路通行に支障をきたすことがわかる。実際の通行の可否は、火山灰の粒度、道路の起伏や路面状況、走行速度やタイヤの状況等にも依存し、上記数字以下でも通行止めは発生し得る。

自動車

【自動車メーカー電話ヒアリング 平成24年11月】

- 一般的なエアフィルター交換時期は5万キロごと。降灰地域では交換間隔が短くなると可能性はあるが、明確なことは言えない。**吸気量に影響するフィルターの目詰まりに関する試験は行っているが、試験結果は社外秘**

【電力中央研究所ヒアリング(平成24年10月)】

- フィルターが目詰まりするまでは運転が可能。降灰が激しい場合はフィルターの交換・清掃が頻繁に必要

どの程度の条件(降灰濃度×時間走行)まで走行可能かは、主にフィルターのパフォーマンスに依存すると考えられる。フィルターのパフォーマンスについては情報が不足しており、定量的評価のためにはさらに調査が必要。

図 3.2.5 降灰被害想定(道路交通)(内閣府, 2012)

c. 気象庁

図 3.2.6 に気象庁によるライフライン、産業、健康、建物被害別降灰の厚さ（降灰の重さ）別被害程度を示す。

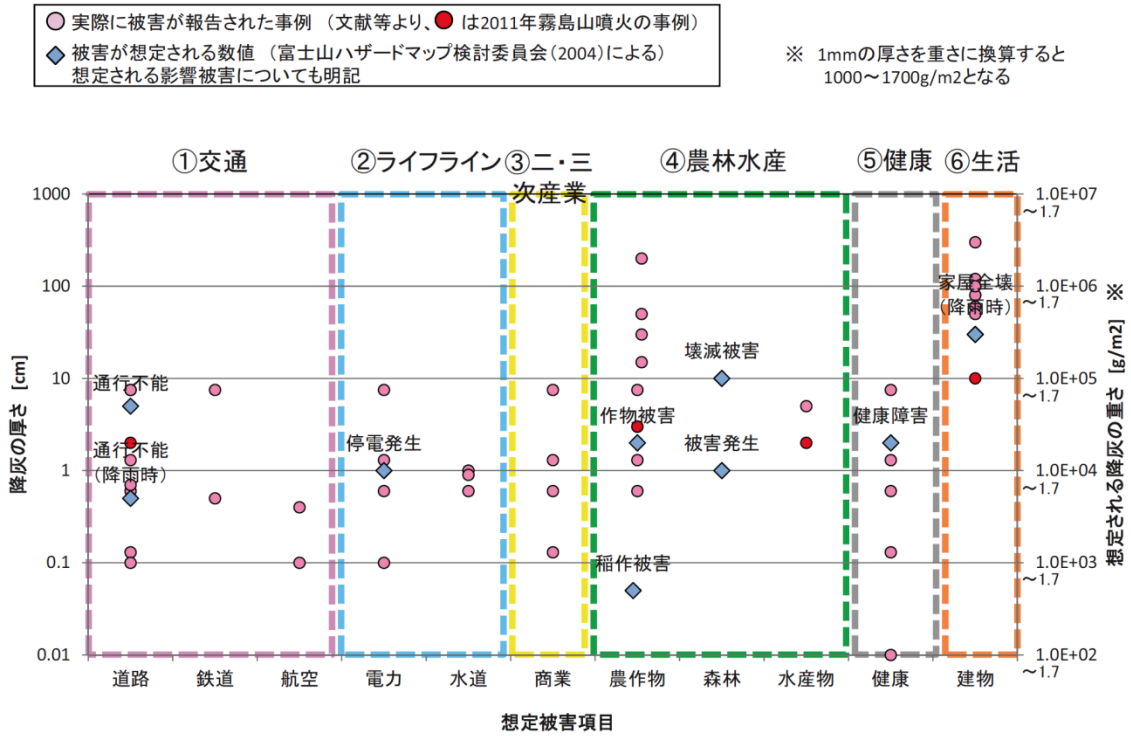


図 3.2.6 降灰被害想定一覧(気象庁, 2012)

2) 降灰被害算出の留意点

- ・ インフラ、各種産業、建物、健康などあらゆる分野で被害が出る。
- ・ 降灰による被害は、主に火山灰の物理的性質（粒径、重さ、磨損性）と化学的性質（電導性、溶解性、塩基性）によって発現する。
- ・ 降灰による被害は、火山灰の厚さあるいは荷重により程度分けされる。
- ・ 火山灰が、湿っているか乾燥しているかなど、火山灰粒子の状況により想定される被害を引き起こす火山灰量の閾値が異なる。

(4) 火砕流

火砕流は一度人家や建物に到達すれば、甚大な被害をもたらす火山現象であり、その到達範囲を計算するシミュレーションツール（例：Titan2D*）があり、評価可能である（図 3.2.7 参照）。ベイジアンイベントツリーによるシナリオの一つとしてその到達確率は評価されるものの、その到達範囲の評価解像度は現状ではあまり高くない（2.2.3 項参照）。火砕流の到達範囲は地形に大きな制約を受けるため、より詳細な確率論的ハザード評価には火砕流の到達確率および火口が形成される位置の確率（2.2.5 項参照）を考慮する必要があると考えられる。

*： 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構が無償で提供する火砕流、土石流、泥流等の流体の挙動をシミュレートするプログラム

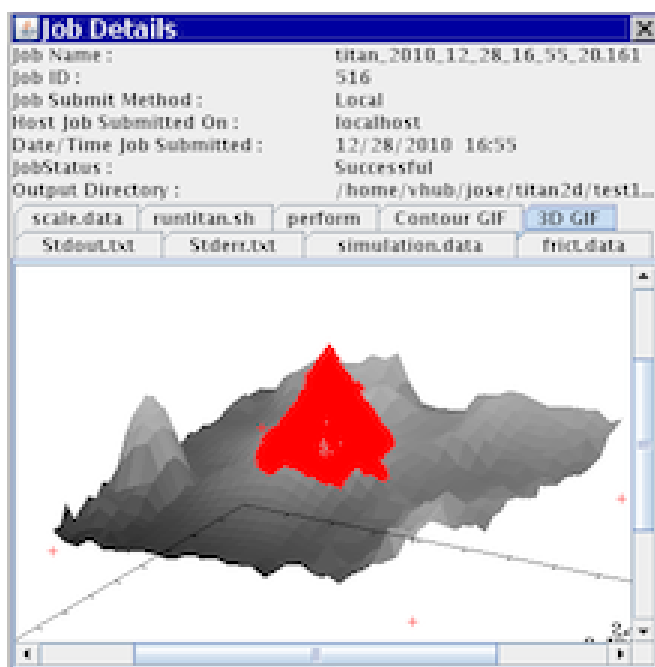


図 3.2.7 火砕流シミュレーションイメージ

火砕流はその火山現象が到達した時点で、木造建物の場合は全壊または全焼などの壊滅的な被害が想定される火山現象であるが、コンクリート造建物の被害率については、流動深（火砕流の厚さ）があまり大きくない場合には全損に至らないことも考えられる。

火砕流の圧力に着目した被害想定に関してまとめられた下記資料を参考として掲載する。

- Valentine G.A, (1998), Damage to structures by pyroclastic flows and surges, inferred from nuclear weapons effects.

1) 被害想定事例の概要

上記の文献では、建物に対する火砕流の影響は、爆発的噴火による過剰圧（爆発等に伴って発生する爆風などの大気圧より高い圧力をいう。）の関数として整理されている。建物種類別（図 3.2.8、図 3.2.9）に建物の各箇所が、過剰圧により破壊される確率を示している。たとえば、図 3.2.8 の木造住宅を例とすると、ガラス窓の破損確率は、+1 kPa（10 hPa）で 10%、+4 kPa（40 hPa）で 90%である。具体的に、ガラス窓の大きさが 1 m × 1 m と仮定するとこの窓全体にかかる力は前者で 100kg、後者で 400kg となる。

2) 火砕流被害算出の留意点

- ・ 火砕流の被害を想定する場合は、爆発により発生する爆風として圧力を考慮する。
- ・ 建物各部位に対して、それらを破壊しうる過剰圧の値が設定されている。

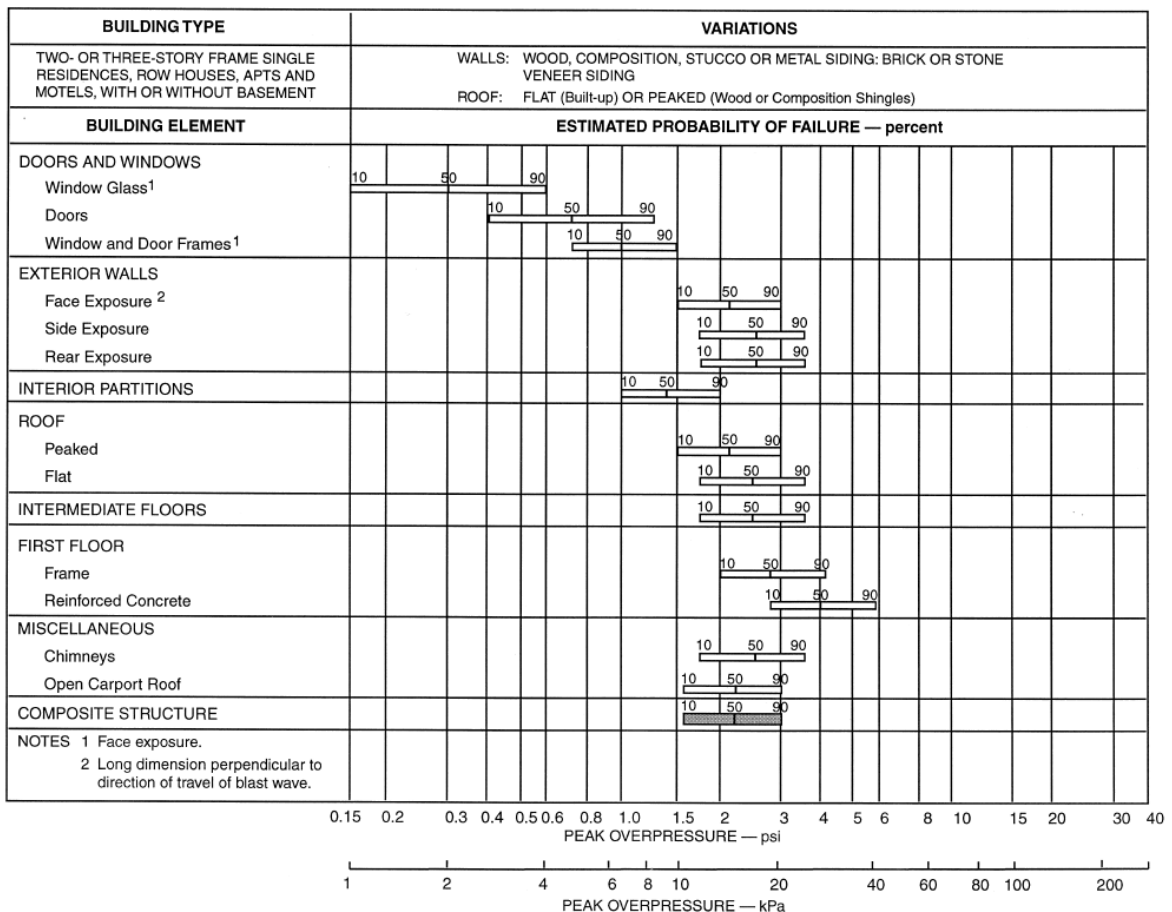


図 3.2.8 木造住宅における過剰圧に対する被害程度とその確率 (Valentine, 1998)

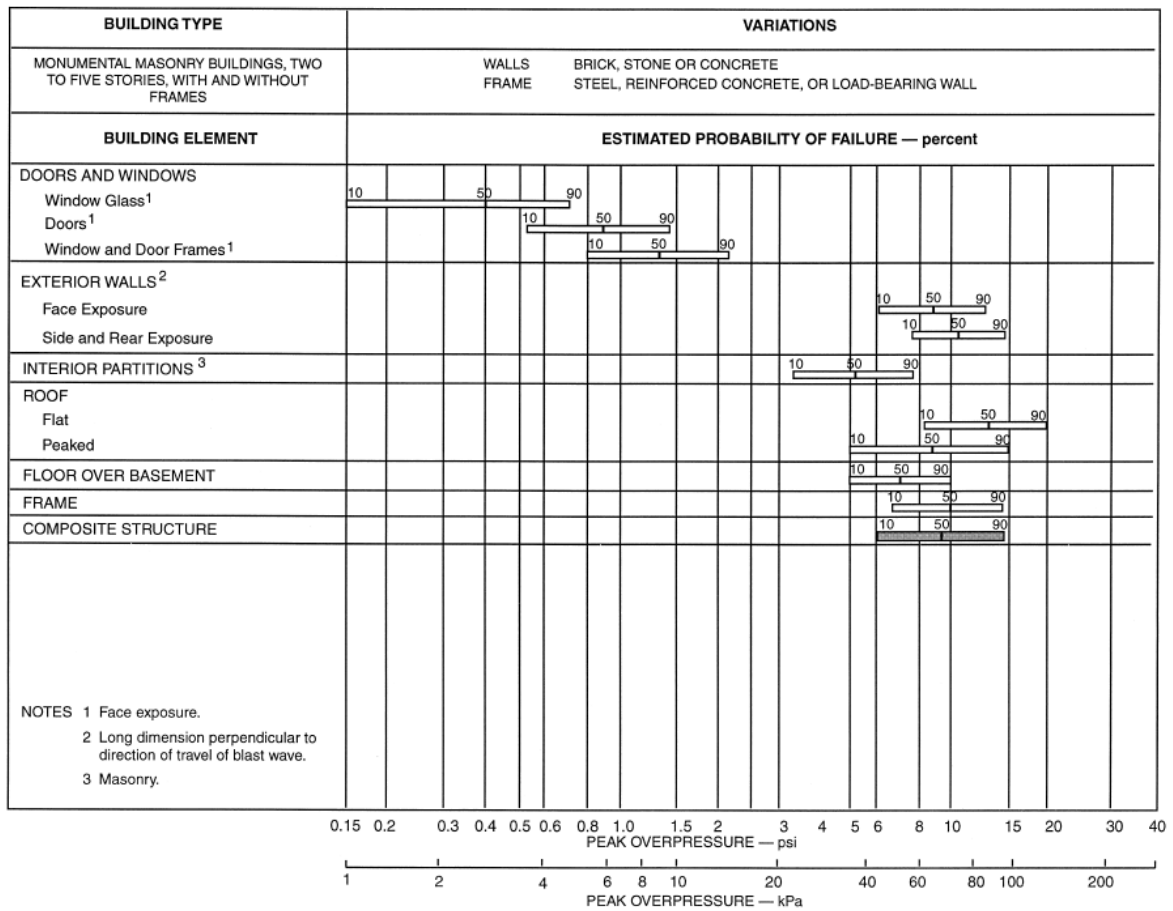


図 3.2.9 コンクリート造建物の過剰圧に対する被害程度とその確率 (Valentine, 1998)

(5) 溶岩流

溶岩流の移動速度は火砕流などに比べ遅いため、人命に係る被害は少ないものの、建物に到達すれば大きな損害を与える。その挙動はシミュレーション計算（図 3.2.10）により再現可能である。ベイジアンイベントツリーによるシナリオの一つとしてその到達確率は評価されるものの、その到達範囲の評価解像度はあまり高くない(2.2.3 項参照)。

シミュレーション計算による到達確率および噴火時の火口形成箇所の確率を組み合わせることで、より詳細なリスク評価が可能と考えられる。

ただし、溶岩流では建物が被災した場合、事象が到達した時点で建物が全壊や全焼となる（コンクリート造の場合は建物自体の損傷は少なくても、周囲が溶岩に覆われるなど、実質的に使用できなくなる等経済的全損が考えられる。）と考えられており、火山現象の程度に応じた被害率の評価は、本調査の範囲では見当たらなかった。

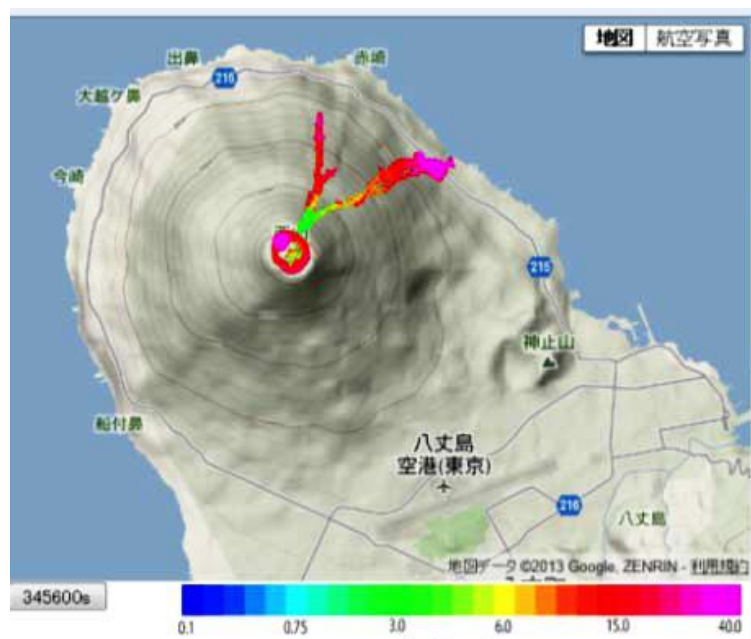


図 3.2.10 溶岩流シミュレーションイメージ(内閣府, 2013)

3.3 第3章のまとめ

ハザードマップ調査では、マップが作成されている 37 の火山に対して 105 のハザードマップを対象とし、火山現象の取り扱われ方を調査した。この結果 10 以上の火山現象が取り扱われていた。その中で、「①土石流・泥流」、「②噴石」、「③降灰」、「④火砕流・火砕サージ」、「⑤溶岩流」については、37 火山の半数以上で取り扱われており特に重要と考えられる。

「③降灰」については多くの被害率評価事例があり、被害率評価は可能である。他の火山現象については、研究事例は少ないが、実務的な採用例は散見される。「①土石流・泥流」、「④火砕流・火砕サージ」、「⑤溶岩流」についての事例はあるが、火山現象が到達した場合、すべて被害を受ける前提となっており、被害程度別の評価までは行われていない。これらの火山現象については、高度化の余地があるかもしれない。

「④火砕流・火砕サージ」および「⑤溶岩流」の場合は到達範囲内に存在するすべての木造建物は全壊あるいは全焼と想定される。しかし、コンクリート造建物の被害率については、これらの現象の程度があまり大きくない場合には全損に至らないことも考えられる。

また、「①土石流・泥流」および「②噴石」の場合はシミュレーションツールが作成されており、被害率評価の研究の可能性はある。

引用文献

- 图 2.2.1、图 2.2.2、图 2.2.3、图 2.2.4、图 2.2.5、图 2.2.7 Bear-Crozier, A. N. Newey, V., Horspool, N. and Weber, R (2014) : Emulating volcanic ash fall for multi-scale analysis: Development of the VAPHR tool and application to the Asia-Pacific region for the United Nations Global Assessment Report 2015. Geoscience Australia. 15, 39, 34, 19, 21, 47-48
- 图 2.2.6、图 2.2.8、表 2.2.5 Susanna Jenkins, C. Magill, J. McAneney and R. Blong (2012) : Regional ash fall hazard: a probabilistic assessment methodology, Bull Volcanol 74, 1699-1712
- 图 2.2.9、图 2.2.10、表 3.2.3、表 3.2.4、表 3.2.5 GVM (2014) : Volcanic ash fall hazard and risk; Technical background paper for the UN-ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015., 16, 31, 32, 33
- 图 2.2.11 GAR (2014) : Annex 1 GAR 2015, 30
- 图 2.2.12 Warner Marzocchi, Mark S. Bebbington (2012) : Probabilistic eruption forecasting at short and long time scales, Bull Volcanol, Volume 74, Issue 8, 1777-1805
- 图 2.2.13 Warner Marzocchi, Laura Sandri, Jacopo Selva (2010) : BET_VH: a probabilistic tool for long-term volcanic hazard assessment, Bulletin of Volcanol, Volume 72, Issue 6, 705-716
- 图 2.2.14 Warner Marzocchi, Laura Sandri, Jacopo Selva (2008) : BET_EF: a probabilistic tool for long- and short-term eruption forecasting, Bulletin of Volcanol, Volume 70, Issue 5, 623-632
- 图 2.2.15、图 2.2.16、表 2.2.14 Mark Bebbington, Shane J. Cronin, Ian Chapman, Michael B. Turner, (2008) : Quantifying volcanic ash fall hazard to electricity infrastructure, Journal of Volcanology and Geothermal Research 177, 1058, 1058, 1061, 1055-1062
- 图 2.2.17、图 2.2.18、图 2.2.19 Jacopo Selva, Giovanni Orsi, Mauro Antonio Di Vito, Warner Marzocchi and Laura Sandri., (2012) : Probability hazard map for future vent opening at the Campi Flegrei caldera, Italy. Bull Volcanol 74, 497-510
- 图 2.2.20 Mark. S. Bebbington and Shane. J. Cronin, (2010), Spatio - temporal hazard estimation in the Auckland Volcanic Field, New Zealand, with new event - order model. Bull Volcanol 73:55-72, 68

- ・ 表 2.2.20、図 2.2.22 Yoshiyuki Tatsumi and Keiko Suzuki-Kamata (2014) : Cause and risk of catastrophic 図 3.2.10 eruptions the Japanese Archipelago, Proc. Jpn. Acad., Ser. B Vol. 90, No. 9, 351, 348
- ・ 表 3.1.1 内閣府(2015) : 火山防災対策推進検討会議 (第 1 回) 資料 2 各機関の火山防災に係る取組について, 2
- ・ 図 3.1.2 須藤 茂・猪股隆行・佐々木 寿・向山 栄(2007) : わが国の降下火山灰データベース作成 地質調査研究報告 第 58 巻 第 9/10 号, 269, 261 - 321
- ・ 図 3.2.1 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 4.4 融雪型火山泥流のドリルマップの作成方法, 59
- ・ 表 3.2.1 国土交通省水管理・国土保全局 (2015) : 国土交通省治水経済調査マニュアル (案) 各種資産評価単価およびデフレーター, 1
- ・ 図 3.2.2 内閣府(2013) : 火山防災マップ作成指針 別冊資料, 15
- ・ 図 3.2.3 金井啓通・藤原伸也・永田直己・阪上雅之(2015) : 高層風データを用いた北海道雌阿寒岳火山の降灰分布確率評価 地球惑星連合 2015 年大会予稿集 SVC48-P02
- ・ 図 3.2.6 気象庁(2012) : 降灰予報の高度化に向けた検討会 (第 1 回) 参考資料 2 降灰の影響及び対策, 2
- ・ 図 3.2.4、図 3.2.5 内閣府(2012) : 広域的な火山防災対策に係る検討会 (第 3 回) 資料 2ー大量の降灰への対策【大都市圏/山麓】一, 8, 9
- ・ 図 3.2.8、図 3.2.9 Valentine G. A, (1998) : Damage to structures by pyroclastic flows and surges, inferred from nuclear weapons effects., 130, 135